平成３０年度
水力発電の導入促進のための事業費補助金
(水力発電事業性評価等支援事業)のうち
人材育成等を行う事業

事　業　報　告　書

（概要版）

平成３１年２月

一般社団法人　電力土木技術協会

目　次

１. 事業目的 3

２. 事業内容 4
2.1 一般コース 4
2.1.1 研修開催実績 4
2.1.2 研修開催案内 4
2.1.3 研修時間割 4
2.2 専門コース(計画) 9
2.2.1 研修開催実績 9
2.2.2 研修開催案内 9
2.2.3 研修時間割 9
2.3 専門コース(設計) 13
2.3.1 研修開催実績 13
2.3.2 研修開催案内 13
2.3.3 研修時間割 13
2.4 水力開発セミナー 17
2.4.1 セミナー開催実績 17
2.4.2 セミナー開催案内 17
2.5 フォローアップアンケート調査 20
2.5.1 アンケート内容・様式 20
2.5.2 アンケート結果 22
2.5.3 受講者の属性 22
2.5.4 研修の効果 25

３. 研修成果（一般コース） 27
3.1 アンケート内容・様式 27
3.2 アンケート結果 33
3.2.1 受講者 33
3.2.2 研修内容 37
3.2.3 現地研修（現地研修） 39
3.2.4 研修会全体について 41

４. 研修成果（専門コース(計画)） 43
4.1 アンケート内容・様式 43
4.2 アンケート結果 48

4.2.1 受講者 48
4.2.2 研修内容 53
4.2.3 研修会全体について 54

５．研修成果（専門コース(設計)） 56
5.1 アンケート内容・様式 56
5.2 アンケート結果 62
5.2.1 受講者 62
5.2.2 研修内容（座学） 67
5.2.3 研修内容（現地研修） 68
5.2.4 研修会全体について 69

１．事業目的

我が国における一般水力の開発は昭和30年代にピークを迎え、旺盛な電力需要に対応するため大規模水力の建設が相次いだが、水力開発の適地の減少や火力発電所の建設が主流になってきたこと等から、次第に停滞していった。しかし、昭和48年のオイルショックを契機として一般水力の開発が再び見直され、「中小水力開発費補助金」などの施策により経済性を確保できる地点の開発は継続されたが、原子力発電の本格導入によりむしろその夜間余剰電力の吸収あるいはバックアップ電源としての揚水発電の開発が中心となって進められてきた。

平成23年東日本大震災以降においては、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（平成24年7月1日施行)」により、太陽光発電を中心にそれらの導入量が飛躍的に伸展した。今後、エネルギー自給率の低い我が国においては、再生可能エネルギーの中でも長期に亘って安定的な電力供給が可能な水力発電を物理的限界まで導入し、「長期エネルギー需給見通し（平成27年7月政府決定)」における8.8～9.2%程度（平成42年時点）とされた水力発電の電源構成比率達成に向けて、関係者が努力していく必要がある。

一方、水力発電の調査・計画にあたっては、地域の社会環境の実態を理解し、自然環境（地形、地質、気象、植生、林相、貴重動植物、河川流況等）を適切に把握したうえで、最適な発電所を単品制作していく必要があることから、経験と創意工夫が要求されるものである。また、水力発電所の更新・増強プロジェクトにおいても、社会・自然環境の変化あるいは電力市場の実態等を意識したうえで、求められる機能を十分に達成するように水力発電設備を改良していく必要がある。

近年では、従前、水力発電にかかわってきた技術者の大量退職により、技術者不足と併せ技術継承の重要性が叫ばれているところであり、更に水力発電を効率的・経済的に推進していくためには、技術者の育成を重点的に実施していく必要があると考えられる。

本事業では、新規水力開発のみならず、効率性・環境順応性・安全性向上につながる合理的な水力発電設備の更新・増強を担うことができる水力技術者の育成を図るため、「一般コース」として、調査、計画、設計、許認可手続き、建設、保守・運営管理、助成制度から事業性評価に亘る広範な基礎的事項を網羅した研修会を、また、「専門コース」として、高度な図上計画策定能力（経済性・事業性評価を含む）や主要な工作物の設計に関する知識を身につけるための専門的能力を重視した研修会を、更に水力発電に係る政策、技術から事業性評価等に亘る重要事項を概括的に研修する「水力開発セミナー」を開催した。

2．事業内容

2.1 一般コース

水力発電技術に関する一貫した基礎的知識をベースに、概略計画の策定ならびに事業性評価の概略が把握できるまでのレベルを習得することを目指したもので、全分野をカバーした「概論」とともに、「地域主体の小水力開発手法」を一つの軸として講義を行った。

現地研修としては、好事例と考えられる水力発電所の現場、又は測水所等において、基礎研修の更なる理解増進を図るための実務的な研修を行った。

2.1.1　研修開催実績

研修は平成 30 年 8 月から平成 30 年 10 月にわたり全国 4 地域で開催し、総受講者数は 106 名であった。各地域での開催都市、会場、受講者数などの詳細は**表 2-1** のとおりである。

表 2-1　研修開催実績

回	開催年月日	地域	開催都市	会場	予定人員	受講生	現地研修先
1	H30.8.28-31	東北	新潟市	新潟駅前カルチャーセンター	40	26	阿賀野川水系早出川
2	H30.9.11-14	関東	宇都宮市	栃木県総合文化センター	40	29	那珂川水系
3	H30.9.25-28	中国	山口市	山口県社会福祉会館	40	17	錦川水系錦川
4	H30.10.2- 5	中部	岐阜市	岐阜商工会議所	40	34	揖斐川水系揖斐川
計					160	106	

2.1.2 研修開催案内

研修開催案内は、「一般コース」、「専門コース(計画)」と「専門コース(設計)」の全 8 地域の開催予定を記載した全体版、および各地域を対象にした地域版を作成し、電力土木技術協会ホームページにより行った。

地域版では座学・現地研修の構成および各講義の内容について紹介を行った。

全体版案内は P5、地域版案内例は P6～P8 のとおりである。

2.1.3 研修時間割

各講義の時間帯、内容、講師を記載した時間割を作成し、研修第一日目に受講生に配布した。

時間割例は P8 のとおりである。

平成 30 年度　水力発電に係る人材育成のための研修会開催について
＜全体版＞

平成 30 年 7 月 25 日現在
一般社団法人 電力土木技術協会

今般、経済産業省の展開するエネルギー政策のうち、水力発電開発促進施策の一翼を担う表記の研修会を一般財団法人新エネルギー財団から受託して、当協会が開催することとなりました。

本年度は、計画に係る基礎的な知識等を網羅した「一般コース」4 個所と、高度な図上計画策定能力(経済性・事業性評価を含む)を身につけるための「専門コース(計画)」2 個所を、更に安全性はもとより施工性及び維持管理を考慮した実践的な内容とするため「専門コース(設計)」2 個所を新設し、全国計 8 個所において研修会を実施します。

参加費はいずれも無料で、一般コースについては部分的な受講も可能ですので、水力開発に熱意や興味を有する方多数の参加を歓迎致します。

開催地、日程、定員は下表に示すとおりですが、それぞれ開催日の 30 日前を予定している募集開始に合わせ、詳細な実施要領等は HP に掲示致します。

開催計画（開催地、日程及び定員）

回	実施期間	所轄 経済産業局	開催地	現地研修/演習地	定 員 (人)	備考
「一般コース」						
1	平成 30 年 8 月 28 日(火)～31 日(金)	東北	新潟市	阿賀野川水系早出川	40	
2	平成 30 年 9 月 11 日(火)～14 日(金)	関東	宇都宮市	那珂川水系	40	
3	平成 30 年 9 月 25 日(火)～28 日(金)	中国	山口市	錦川水系錦川	40	
4	平成 30 年 10 月 2 日(火)～ 5 日(金)	中部	岐阜市	揖斐川水系揖斐川	40	
「専門コース(計画)」						
1	平成 30 年 11 月 12 日(月)～16 日(金)	関東	三島市	狩野川水系	20	
2	平成 30 年 12 月 10 日(月)～14 日(金)	四国	高知市	鏡川水系	20	
「専門コース(設計)」						
1	平成 30 年 11 月 26 日(月)～30 日(金)	東北	仙台市	名取川水系	20	
2	平成 31 年 1 月 21 日(月)～25 日(金)	近畿	神戸市	武庫川水系	20	

(現地研修/演習地については、都合により変更する場合があります)

申込は電力土木技術協会ホームページ（URL：http://www.jepoc.or.jp）を開き、トップページの News に掲示中の本研修の紹介欄右端の申込を開いてお申し込みください。

（お問い合わせ先）
〒105-0011　東京都港区芝公園 2 丁目 8-2 小貝ビル 4F
一般社団法人電力土木技術協会
電話　03-3432-8905
FAX　03-3435-1778
担当：　人材育成研修事務局

平成 30 年度水力発電に係る人材育成のための研修会(東北地域)の開催について〈一般コース〉

平成 30 年 7 月 25 日
一般社団法人 電力土木技術協会

今般、経済産業省の展開する「平成 30 年度水力発電の導入促進のための事業費補助金(水力発電事業性評価等支援事業)のうち人材育成等を行う事業」に係る表記研修会を、昨年度に引き続き、一般財団法人新エネルギー財団から受託し、当協会が下記の要領で開催することとなりました。

研修は、基礎的で平易なものをベースに、ある程度実務面も重視しており、「地域主体の小水力開発手法」を一つの軸として行います。

座学研修を 3 日間、近傍の水力発電所における現地研修を半日、計 4 日間の日程で研修会を行いますので、水力開発に熱意や興味を有する方多数の参加を歓迎致します。

記

＜一般コース実施要領＞

日時　　平成 30 年 8 月 28 日（火） 9:30～17:00（座学研修）
29 日（水） 9:30～17:00（ 〃 ）
30 日（木） 9:30～17:00（ 〃 ）
31 日（金） 8:00～13:00（現地研修）

場所　　（座学研修）〒950-0087 新潟駅前カルチャーセンター 8F 802
新潟県新潟市中央区東大通 1-1-1 第５マルカビル
TEL: 025-241-4789
会場案内図　別紙 1 をご参照ください。
（現地研修）阿賀野川水系早出川の水力発電所

参加料　　無料

対象者　　・水力発電所の開発を予定する企業、団体等に属する者、若しくは個人
・地方公共団体、公的支援･融資機関等で地域振興のツールとして興味のある者
・その他、水力発電の開発に興味を有する者
（いずれも、水力発電に関する知識・経験は不問）

募集人員　40 名（応募者の総数が定員を上回った場合は、入場を制限する場合があります）

受付開始　平成 30 年 7 月 25 日(水)

応募期限　平成 30 年 8 月 23 日(木)

申込先　　一般社団法人　電力土木技術協会　ホームページのニュース欄をご覧の上、申し込み欄に必要事項を記入して申し込みください。URL：http://jepoc.or.jp
なお、都合で 4 日間すべての研修に参加できない方であっても、部分的な参加は可能ですので、その旨備考欄にご記入ください。
（記入例:初日の座学研修は不参加、最終日の現地研修は不参加等）

留意事項

① 駐車場は主催者側では準備いたしません。
② 筆記用具、電卓及び定規を持参して下さい。
③ 昼食の用意はございません。
④ 服装は、通常の執務時に着用する服装で差支えありませんが、現地研修の際は多少足場の悪いところがある模様なので、それを考慮した服装・靴の着用等をお願いいたします。
⑤ 後日、研修の効果を定量的に把握するためのフォローアップ調査等をお願いすることがあります。

・研修の構成とカリキュラム
（座学研修）

水力発電技術に関する一貫した基礎的知識をベースに、計画の策定ならびに事業性評価の概略が把握できるレベルを習得することを目指したもので、「地域主体の小水力開発手法」を一つの軸として研修を行います。

座学の第 1 日目は、初心者の方でも水力発電のしくみから、計画、関係法令まで一貫して理解できる基礎的な学習レベルに設定しています。

第 2 日目は、具体的な水力発電計画を作成する上で必要となる実務的な内容の教材を用いて、専門的な知識も会得できるレベルに設定しています。

第 3 日目は、水力開発のポイントや、総合的な Q&A、意見交換の場も用意しております。

(現地研修)

・目的：研修内容の理解増進を図るため、水力発電所等を対象に現地で実務的な研修を行うものです。

・対象：阿賀野川水系早出川の水力発電所を予定しています。随時、質疑・応答ならびに「補講的解説」を行います。

(教材)

全国共通のテキストのほか、当該地域の特徴を考慮した付属テキストを配布します。

水力開発に係る人材育成のための研修会（一般コース）時間割

平成30年8月28日～31日　電力土木技術協会

時間帯	講義テーマ	内　容	講　師
8/28(火)（第1日目）			
9:30～ 9:40	開会あいさつ・オリエンテーション		電力土木技術協会
9:40～11:00	1.水力発電概論	発電原理､歴史、計画、設計、関係法令、保守管理	電力土木技術協会
11:10～15:40	2.概略計画	計画策定手順、机上検討、現地踏査、最適規模の検討・演習	電力土木技術協会
(12:00～13:00)	（昼休み）		
15:50～17:00	3.土木設備･電気設備の設計	土木･電気設備の設計	電力土木技術協会
8/29(水)（第2日目）			
9:30～10:10	4.環境保全(1)	環境影響評価、環境保全対策	電力土木技術協会
10:10～10:40	同　上　(2)	地域環境保全対策例	地域ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ
10:50～12:10	5.地形・地質	地形･地質	電力土木技術協会
12:10～13:00	（昼休み）		
13:00～14:00	6.関係法令･手続き(1)	電気事業法、河川法等	電力土木技術協会
14:00～14:30	同　上　(2)	森林法	電力土木技術協会
14:40～17:00	7.事業性評価（1）	工事費積算演習	電力土木技術協会
8/30(木)（第3日目）			
9:30～11:00	8.事業性評価（2）	事業性評価	電力土木技術協会
11:10～12:00	9.開発事例(1)		電力会社
12:00～13:00	（昼休み）		
13:00～13:30	10.運転・保守、主任技術者の実務(1)	運転、保守管理	電力土木技術協会
13:30～14:10	同　上　(2)	ダム水路主任技術者の実務	電力会社
		電気主任技術者の実務	電力会社
14:20～14:40	11.電力系統と運用	電力系統、運用、系統連系	電力土木技術協会
14:40～15:10	9.開発事例(2)		企業局
15:20～16:50	12.水力開発のポイント	地域主体の開発モデル、意見交換	電力土木技術協会
16:50～17:00	現地研修の要領説明		電力土木技術協会
	Q&A		全員
8/31(金)（第4日目）			
8:00～13:00	現地研修		電力土木技術協会

2.2 専門コース(計画)

水力計画の策定に係る実践的な演習を中心とした研修を行うもので、座学で修得した詳細な手順・手法をベースに、地形図を用いて受講者自らが流れ込み式（水路式）発電計画を策定した。

現地調査では、各自が策定した計画地点において、実際に現地の環境(自然・社会)、地形・地質、他の利水施設との関係等を詳細に把握し、当該計画の実現可能性を評価した。なお、地形・地質調査ではクリノメーターやハンマーを用いたり、河川流量を目算するなどして理解を深めた。さらに、現地調査の成果を踏まえた見直し等の作業を通じて、計画・設計のポイントを学んだ。

2.2.1 研修開催実績

研修は平成 30 年 11 月から平成 30 年 12 月にわたり全国 2 地域で開催し、総受講者数は 32 名であった。各地域での開催都市、会場、受講者数などの詳細は**表 2-2** のとおりである。

表 2-2　研修開催実績

回	開催年月日	地域	開催都市	会場	予定人員	受講生	現地調査先
1	H30.11.12-16	関東	三島市	東京発電㈱ 三島事業所	20	17	狩野川水系
2	H30.12.10-14	四国	高知市	高知県立県民文化ホール	20	15	錦川水系
計					40	32	

2.2.2 研修開催案内

研修開催案内は、「一般コース」、「専門コース(計画)」と「専門コース(設計)」の全 8 地域の開催予定を記載した全体版、および各地域を対象にした地域版を作成し、電力土木技術協会ホームページにより行った。

地域版では座学・現地研修の構成および各講義の内容について紹介を行った。
全体版案内は P5、地域版案内例は P10～P12 のとおりである。

2.2.3 研修時間割

各講義の時間帯、内容、講師を記載した時間割を作成し、研修第一日目に受講生に配布した。

時間割例は P12 のとおりである。

平成 30 年度水力発電に係る人材育成のための研修会
(関東地域)の開催について〈専門コース（計画）〉

平成 30 年 10 月 2 日
一般社団法人 電力土木技術協会

今般、経済産業省の展開する「平成 30 年度水力発電の導入促進のための事業費補助金(水力発電事業性評価等支援事業)のうち人材育成等を行う事業」に係る表記研修会を、昨年度に引き続き、一般財団法人エネルギー財団から受託し、当協会が下記の要領で開催することとなりました。

本研修会は、水力計画の策定に係る実践的な演習を中心とした研修を行うもので、座学で修得した詳細な手順・手法をベースに、地形図を用いて自らが流れ込み式(水路式)発電計画を策定するコースとなります。

座学研修を 4 日間、現地研修を 1 日、計 5 日間の日程で研修会を行いますので、水力開発に意欲を有する方多数の参加を歓迎致します。

記

＜専門コース（計画）実施要領＞

日　時　　平成 30 年 11 月 12 日（月）13:00～17:00（座学研修）
13 日（火） 9:30～17:00（　〃　）
14 日（水） 9:30～17:00（　〃　）
15 日（木） 8:30～17:00（現地踏査）
16 日（金） 9:30～16:00（座学研修）

場　所　　（座学研修）東京発電株式会社　三島事業所
〒411-0942 静岡県駿東郡長泉町中土狩 1015-4　電話：055-988-0565
（現地研修）狩野川水系

参加料　　無料

対象者　　・本研修会(一般コース)の受講者、若しくは同等の経験を有する者
（望ましい技術レベル）
・水力発電所の計画について経験を有するか、若しくは、計画に必要な基礎的技術力(流域面積の計測や概略工事費の積算等)を備えている者

募集人員　20 名（応募者の総数が定員を上回った場合は、受付を制限する場合があります。）

受付開始　平成 30 年 10 月 2 日(火)

応募期限　平成 30 年 11 月 7 日(水)

申込先　　一般社団法人電力土木技術協会　ホームページのニュース欄をご覧の上、申し込み欄に必要事項を記入して申し込みください。
（URL：http://jepoc.or.jp）

・研修の構成とカリキュラム

(座学研修)

水力計画の策定に係る実践的な演習を中心とした研修を行います。
研修第 1 日目は、「水力発電計画に係る復習」について講義を行います。
第 2・3 日目は、専用テキストを用いて「図上計画策定演習」を行います。
第 5 日目(最終日)は、現地踏査の成果を踏まえた見直し等の作業を通じて、計画・設計のポイントを学びます。

(教材)

「図上計画策定演習」に特化したテキスト、一般コース用テキストを配布します。

（現地研修）

・目的：研修４日目は各自が策定した計画地点において、実際に現地の環境、地形・地質、他の利水施設との関係等を詳細に把握し、当該計画の実現可能性を評価します。

・対象：狩野川水系を予定しております。

留意事項

① 研修初日は、午後 0 時 30 分から受付を開始します。
② 駐車場は主催者側では準備しません。
③ 筆記用具、定規及び電卓を持参して下さい。(エクセル入りの PC が望ましい)
④ 昼食の用意はございません。
⑤ 服装は、通常の執務時に着用する服装で差支えありませんが、現地踏査の際は、それを考慮した服装・靴の着用等をお願いいたします。
⑥ 後日、研修の効果を定量的に把握するためのフォローアップ調査等をお願いすることがあります。
⑦ 専門コースは部分的な受講はできません。

水力開発に係る人材育成のための研修会（専門：計画コース）時間割

平成30年11月12日～16日　電力土木技術協会

時間帯	講義テーマ	内　容	講　師
11/12（月）（第1日目）			
13:00～13:10	開会あいさつ・オリエンテーション		電力土木技術協会
13:10～15:00	1. 水力発電計画に係る復習	・計画策定手順　・机上検討　・現地踏査 ・流量資料　・出力　・電力量　他	電力土木技術協会
15:10～17:00	2. 図上計画策定のポイント	・計画策定演習の進め方 ・計画策定の手順（留意点講義）	電力土木技術協会
11/13（火）（第2日目）			
9:30～12:00	3. 図上計画策定演習（１）	・水路ルートの検討（1河川取水案、複数河川取水案等）	電力土木技術協会
12:00～13:00	（昼休み）		
13:00～17:00	3. 図上計画策定演習（２）	・発電諸元の検討（使用水量、有効落差、出力、 電力量）	電力土木技術協会
11/14（水）（第3日目）			
9:30～12:00	3. 図上計画策定演習（３）	・計画策定（工事費、経済性等） ・最適計画案の選定	電力土木技術協会
12:00～13:00	（昼休み）		
13:00～15:00	3. 図上計画策定演習（３）	・グループ案まとめ＆発表	電力土木技術協会
15:10～17:00	4. 現地調査の留意点	・地形・地質他	ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ
11/15（木）（第4日目）			
8:00～17:00	5. 現地踏査	・計画全体範囲踏査（地形、計画ルート、アプローチ等） ・地質調査（ｸﾘﾉﾒｰﾀｰ、ﾊﾝﾏｰ） ・自然・社会環境 ・近傍参考事例等の視察　他	電力土木技術協会
11/16（金）（第5日目）			
9:30～12:00	6. 再検討（１）	・現地調査を踏まえた発電計画の見直し （ルート、使用水量、有効落差、出力、電力量、 工事費）	電力土木技術協会
12:00～13:00	（昼休み）		
13:00～14:00	6. 再検討（１）続き	・グループ発電計画発表	電力土木技術協会
14:00～16:00	6. 再検討（２）	・事業性評価の演習（発電原価、IRR） ・総合評価	電力土木技術協会
16:00	解散		

2.3 専門コース(設計)

水力発電所を構成する主要な工作物の設計に係る基礎的事項について、実践的な演習を中心とした研修を行うもので、受講者自らが出力 2,000ｋW程度の流れ込み式（水路式）発電所に係る主要工作物の設計・解析計算を演習した。

さらに、現地研修として既存の発電所を対象に設計のポイントに係る理解の増進を図るための説明等を行った。

2.3.1 研修開催実績

研修は平成 30 年 11 月から平成 31 年 1 月にわたり全国 2 地域で開催し、総受講者数は 35 名であった。各地域での開催都市、会場、受講者数などの詳細は**表 2-3** のとおりである。

表 2-3　研修開催実績

回	開催年月日	地域	開催都市	会場	予定人員	受講生	現地調査先
1	H30.11.26-30	東北	仙台市	PARM-CITY131	20	17	名取川水系
2	H31.1.21-25	近畿	神戸市	兵庫県私学会館	20	18	武庫川水系
計					40	35	

2.3.2 研修開催案内

研修開催案内は、「一般コース」、「専門コース(計画)」と「専門コース(設計)」の全 8 地域の開催予定を記載した全体版、および各地域を対象にした地域版を作成し、電力土木技術協会ホームページにより行った。

地域版では座学・現地研修の構成および各講義の内容について紹介を行った。

全体版案内は P5、地域版案内例は P14～P16 のとおりである。

2.3.3 研修時間割

各講義の時間帯、内容、講師を記載した時間割を作成し、研修第一日目に受講生に配布した。

時間割例は P16 のとおりである。

平成 30 年度水力発電に係る人材育成のための研修会
(東北地域)の開催について<専門コース（設計）>

平成 30 年 10 月 22 日
一般社団法人 電力土木技術協会

今般、経済産業省の展開する「平成 30 年度水力発電の導入促進のための事業費補助金(水力発電事業性評価等支援事業)のうち人材育成等を行う事業」に係る表記研修会を、昨年度に引き続き、一般財団法人エネルギー財団から受託し、当協会が下記の要領で開催することとなりました。

本コースは、本年度新たに設定されたもので、水力発電所を構成する主要な工作物の設計に係る基礎的事項について、実践的な演習を中心とした研修を行うものであり、出力 2,000kW 程度の流れ込み式（水路式）発電所に係る主要工作物の設計・解析計算を修得することを目標として、座学研修を 4 日間、現地研修を 1 日、計 5 日間の日程で研修会を行いますので、水力開発に意欲を有する方多数の参加を歓迎致します。

記

＜専門コース(設計) 実施要領＞

日　時　平成 30 年 11 月　26 日（月）13:00～17:00　(座学研修)
27 日（火）9:30～17:00　(　〃　)
28 日（水）9:30～17:00　(　〃　)
29 日（木）9:30～17:00　(　〃　)
30 日（金）9:00～12:30　(現地研修)

場　所　(座学研修)　PARM-CITY131 貸会議室 Room 4G
〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町 3 丁目 1-16
お問合せ先：電力土木技術協会 TEL：03-3432-8905
(現地研修)　名取川水系の発電所等

参加料　無料

対象者　・本研修会(一般コース)の受講者、若しくは同等の経験を有する者
(望ましい技術レベル)
・水力発電所の設計について経験を有するか、若しくは、設計に必要な基礎的技術力(解析計算等)を備えている者

募集人員　20 名（応募者の総数が定員を上回った場合は、受付を制限する場合があります。）

受付開始　平成 30 年 10 月 22 日(月)

応募期限　平成 30 年 11 月 20 日(火)

申込先　一般社団法人電力土木技術協会 ホームページのニュース欄をご覧の上、申し込み欄に必要事項を記入して申し込みください。
(URL：http://jepoc.or.jp)

研修の構成とカリキュラム

(座学研修)

水力発電所を構成する主要な工作物の設計に係る基礎的事項について、実践的な演習を中心とした研修を行います。

研修第 1 日目は、「水力発電構造物設計に係る復習」等について講義を行います。

第 2・3・4 日目は、工事計画の認可または届出に関する内容を基本とし、各施設の設計において考慮すべき諸条件(維持管理面への配慮を含む)を明らかにした上で、設備ごとに演習形式で研修を行います。

（教材）
「水力発電所の設計」に特化したテキスト、および「一般コース用テキスト」を配布します。

（現地研修）
目的：既存の発電所を対象に設計のポイントに係る理解の増進を図るための説明等を行います。
対象： 名取川水系を予定しています。

留意事項
① 研修初日は、午後 0 時 30 分から受付を開始します。
② 駐車場は主催者側では準備しません。
③ 昼食の用意はありません。
④ 服装は、通常の執務時に着用する服装で差支えありませんが、現地研修の際は、それを考慮した服装・靴の着用等をお願いします。
⑤ 後日、研修の効果を定量的に把握するためのフォローアップ調査等をお願いすることがあります。
⑥ 専門コースは部分的な受講はできません。

持参していただくもの（③、④、⑤の図書は講義の内容とリンクしているので持参することが望ましい。）
① 筆記用具及び電卓。（エクセル入りの PC が望ましい。）
※②『発電用水力設備の技術基準と官庁手続き（平成２３年改訂版）：電力土木技術協会』 講義で使用するので、所有されている方は持参して下さい。（省令・解釈を解説したものであれば別の図書でも可）
※③『水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編，溶接・接合編）-付解説-［平成 29 年 6 月第 5 回改訂版（第 6 版）発行］：電力土木技術協会』
※④『水門鉄管技術基準（水門扉編）-付解説- ［平成 30 年 3 月第 5 回改訂版発行（第 8 版）］：電力土木技術協会』
※⑤『水門扉管理要領［平成 29 年 5 月第 1 回改訂版発行（第 2 版）］：電力土木技術協会』
※②～⑤については数に限りがありますが、会員特価で頒布します。

水力開発に係る人材育成のための研修会（専門：設計コース）時間割

平成30年11月26日～30日　電力土木技術協会

時間帯	講義テーマ	内　容	講　師
11/26(月)(第1日目)			
13:00～13:10	開会あいさつ・オリエンテーション		電力土木技術協会
13:10～14:10	1. 水力発電計画に係る復習	・取水位、放水位の決め方　・損失落差　・有効落差　・出力　・電力量　他	電力土木技術協会
14:20～17:00	2. 構造物設計に係る基礎事項および技術基準	・構造力学・コンクリート工学・水理学の基礎 ・技術基準	電力土木技術協会
11/27(火)(第2日目)			
9:30～14:30	3. 取水ダムに係る設計演習	・設計洪水流量　・越流水深　・安定計算　・護床工および水叩き　他	電力土木技術協会
14:40～17:00	4. 取水口・沈砂池の設計演習	・容量（内空断面）　・余水吐き　他	電力土木技術協会
11/28(水)(第3日目)			
9:30～14:30	5. 水路（導水路・放水路）の設計演習	・水路勾配　・通水量　・内空断面　他	電力土木技術協会
14:40～17:00	6. 水槽の設計演習	・容量（内空断面）　・余水吐（余水路）　・被り水深　他	電力土木技術協会
11/29(木)(第4日目)			
9:30～14:00	7. 水圧管路の設計演習	・設計水圧　・水撃圧　・管厚　・固定台 ・設計のポイント ・事例検討	電力土木技術協会 鉄鋼メーカー
14:10～16:10	8. ゲート・スクリーンの設計演習	・設計のポイント ・事例検討	電力土木技術協会 鉄鋼メーカー
16:20～17:00	9. 維持管理を考慮した設計	・取水設備、水路、発電所等の実例	地域ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ
11/30(金)(第5日目)			
9:00～12:30	現地研修		電力土木技術協会
12:30	解散		

＊時間帯および内容は変更する場合があります。

2.4　水力開発セミナー

水力開発に係る技術的な側面に限定せず、政策・法制度や資金調達まで含めた広範な内容のセミナーを開催した。内容は、平易な説明を旨としつつも、実務的な情報を多く含むものとし、参加者からの質問や意見にも対応した。

2.4.1 セミナー開催実績

開催日時、会場、受講者数は以下のとおりである。

開催日時

平成 31 年 1 月 31 日（木）　10：00～16：40

開催場所

芝パークビルコンベンションホールＡＰ　Ｂ館地下１階　Ｎ・Ｏルーム

東京都港区芝公園２－４－１

受講者数

94 名

2.4.2 セミナー開催案内

セミナー開催案内は、概要版を作成し電力土木技術協会会誌「電力土木」11 月号において事前に予告するとともに、電力土木技術協会ホームページにより行った。

開催案内は P18～P19 のとおりである。

水力開発セミナーの開催について

～　水力発電をより強力に促進するために　～

平成 30 年 12 月 17 日
一般社団法人電力土木技術協会

経済産業省のエネルギー政策において、再生可能エネルギーの開発・導入は喫緊の課題とされていますが、水力発電の分野に関しては、開発に携わってきた技術者の大量退職により、絶対的な技術者不足と、その技術継承とが懸念されているところです。

一般財団法人新エネルギー財団から受託している「平成３０年度水力発電の導入促進のための事業費補助金（水力発電事業性評価等支援事業）のうち人材育成等を行う事業」においては、有望と目される開発地点について、概略計画の策定、主要工作物の概略設計並びに事業性評価が実行できる技術者の育成を図ることを目標に所要の研修を実施しています。

本セミナーでは、この人材育成研修の概要を紹介するほか、国の展開する諸支援策・国際情勢等について紹介いたします。水力開発に関心のある方、起業を検討しておられる方にとって、参考になるものと考えておりますので、多数の皆様のご参加をお待ちしています。

記

開催日時
平成 31 年 1 月 31 日（木）　10：00～16：40

開催場所
芝パークビルコンベンションホールＡＰ　Ｂ館地下１階　Ｎ・Ｏルーム
東京都港区芝公園２－４－１　（TEL　03-5405-6109）　※別紙案内図参照

定　　員
150 名（定員を上回った場合は、受付を制限する場合があります。）

参 加 費
無　料

対 象 者
水力発電関係事業者、地方自治体、電力会社、コンサルタント、その他水力発電事業に関心のある方

受付開始　平成 30 年 12 月 17 日(月)

応募期限　平成 31 年 1 月 24 日(木)

申込方法
一般社団法人電力土木技術協会 ＨＰ「行事・イベント案内欄」の Web 上からのお申込み、もしくは所定の「水力開発セミナー参加申込書」に必要事項をご記入の上、FAX にてお申込み下さい。(URL：http://jepoc.or.jp)

受付けた方には、応募締め切り後ご記入の E-mail あてに受講票を送信いたしますので、当日はご持参の上、会場受付にご提出願います。

（お問い合わせ先）
〒105-0011　東京都港区芝公園 2 丁目 8-2 小貝ビル 4F
一般社団法人電力土木技術協会
電話　03-3432-8905
FAX　03-3435-1778
URL　http://jepoc.or.jp
担当：人材育成研修　担当

水力開発セミナー プログラム

時　間	テ　ー　マ	講　　師
9:30～10:00	受　付	
10:00～10:10	開会あいさつ	一般社団法人　電力土木技術協会
	『水力開発の動向』	
10:10～10:40 (30分)	水力発電の動向について	経済産業省資源エネルギー庁 電力・ガス事業部電力基盤整備課 課長補佐　佐野　徹
10:40～11:30 (50分)	水力開発に係る世界的な動向	京都大学　防災研究所　水資源環境研究センター 教授　角　哲也
	『水力開発に係る関係法令』	
11:30～12:00 (30分)	水力開発に係る河川法手続きについて	国土交通省水管理・国土保全局　河川環境課 流水管理室 水利係長　　石田　卓也
12:00～13:00	昼 休 み	
13:00～14:10 (70分)	**『人材育成研修の概要』** 研修の内容と成果、教材の紹介	一般社団法人　電力土木技術協会 特任調査役　小松 俊夫
	『水力発電の事業性評価及び開発事例等の紹介』	
14:10～14:40 (30分)	水力発電の事業性評価の考え方、方法	一般社団法人　電力土木技術協会 特任調査役　伴　至
14:40～15:10 (30分)	「箱島湧水発電事業」の事業概要とその現状 （ＰＦＩ事業方式の適用）	群馬県東吾妻町総務課東支所 係長　大塚　徹也
15:10～15:20	休　憩	
15：20～15:40 (20分)	「箱島湧水発電事業」 事業性評価と資金調達	群馬銀行 コンサルティング営業部 法人コンサルティング室　副推進役 西尾　慶一
15：40～16:00 (20分)	〃	民間資金等活用事業推進機構 執行役員　投融資第一部長　田中　実
16:00～16:30 (30分)	「中之条町美野原小水力発電事業」 電力の地産地消と自治体新電力	一般財団法人　中之条電力 代表理事　山本　政雄
	『今後の取り組み』	
16:30～16:40 (10分)	中小水力開発に係る取り組み	一般財団法人新エネルギー財団 水力地熱本部　水力国際・技術部 部長　平松　定彦
16:40	閉会	一般社団法人　電力土木技術協会

※プログラムの内容は、変更することがあります。

2.5 フォローアップアンケート調査

平成 28 年度から開始した本研修の効果を明らかにするために、過年度の受講者に対し、成果の活用等(利活用に係る具体的調査)を主眼に追跡調査（アンケート調査）を行った。

2.5.1 アンケート内容・様式

アンケートは研修後､その成果をどのように活用しているかを把握するため､平成 28 年度(一般コース）および平成 29 年度（一般、専門（計画）コース）研修受講者を対象に行った。

内容は以下に関して５段階数値評価および記述評価により行った｡アンケート様式は次ページのとおりである。

(1)受講者の属性

①職種　②水力発電に係る経験年数　③所属　④年齢　⑤性別　⑥本研修受講実績

(2)研修の効果

①研修効果　②回答理由　③今後水力開発等に向けた計画・予定　④効果・内容構成に係る意見

「水力発電人材育成研修」に係るフォローアップアンケート

平成３０年８月３１日

一般社団法人電力土木技術協会

先般は、題記の研修にご参加いただき有難うございました。今後の研修計画の策定等に際し、研修の効果について皆様の状況をお聞かせいただきたく存じますので、御協力方お願いいたします。

Ⅰ．受講者の属性

(1)職種　（土木，農業土木,電気，機械，建築，環境,経済，その他（　　））

(2)水力発電に係る経験年数　（なし，１年未満,１年～５年未満，５年～１０年未満，１０年以上（　　年））

(3)所属　（官公庁（国，県，市町村等（　　），教育・学校関係（　　），電力・関連会社，小売

電気事業者、コンサルタント，建設業，　製造業，金融機関,ＮＰＯ，その他（　　））

(4)年齢　（１０代，２０代，３０代，４０代，５０代，６０代，７０歳以上（　　歳）

(5)性別　（男性，女性）

(6)本研修受講実績　（平成 28 年度研修、平成 29 年度一般コース、平成 29 年度専門コース）

Ⅱ．研修の効果

1.研修で得た知識等は、あなたの業務（水力開発の支援を含む）に役立っていますか。（その程度について該当箇所に〇をお付けください）

1	2	3	4	5
全く有用ではない	ほとんど有用ではない	多少は有用である	有用である	極めて有用である

2.設問 1 の回答について

(1)回答を 1、2 とした場合、その理由、事情等をご記入ください。

（記入例：実務的な内容を期待していたが、ほとんどが基礎的な内容だったため。）

(2)回答を 3、4、5 とした場合、どのように役立てているかをなるべく具体的にご記入ください。

（記入例：技術的根拠が理解でき、内外に対する説得性が増してきた。）

3.今後、水力開発等にむけた具体的な計画・予定等があればご記入ください。

（記入例：農業用水利施設を利用する発電計画を策定する予定である。）

4.その他本研修の効果・内容構成に係る御意見等をご記入ください。

（記入例：演習をもう少し増やしてほしい。また維持管理についても講義してほしい。）

2.5.2 アンケート結果

アンケートは送付可能な受講者 427 名に送付した結果、209 名から回答を得ることができた（表 2-4 参照）。分析結果は以下のとおりである。

表　2-4 アンケート回答実績

送付数	427
回答数	209
回答率	49%

2.5.3 受講者の属性

(1)職種

土木職 36%、電気職 24%でこの両職種が 60%を占めた。次に環境、機械、経済であり、営業・用地などその他は 14%であった。（表 2-5 および図 2-1 参照）。

表 2-5　職種

職　種	土木	農業土木	電気	機械	建築	環境	経済	その他	合計
人数(人)	76	7	51	13	7	14	12	29	209
比　率	36%	3%	25%	6%	3%	7%	6%	14%	100%

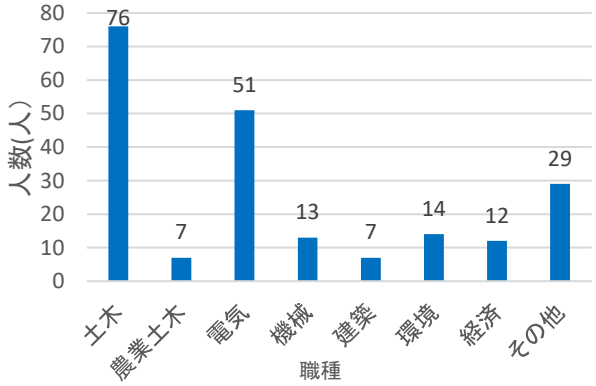


図 2-1　職種

(2)経験年数

経験なしを含め 5 年未満が 78%を占めている（表 2-6 および図 2-2 参照）。

表 2-6　経験年数

経験年数	なし	1年未満	1年～5年未満	5年～10年未満	10年以上	合計
人数(人)	44	36	83	35	11	209
比　率	21%	17%	40%	17%	5%	100%

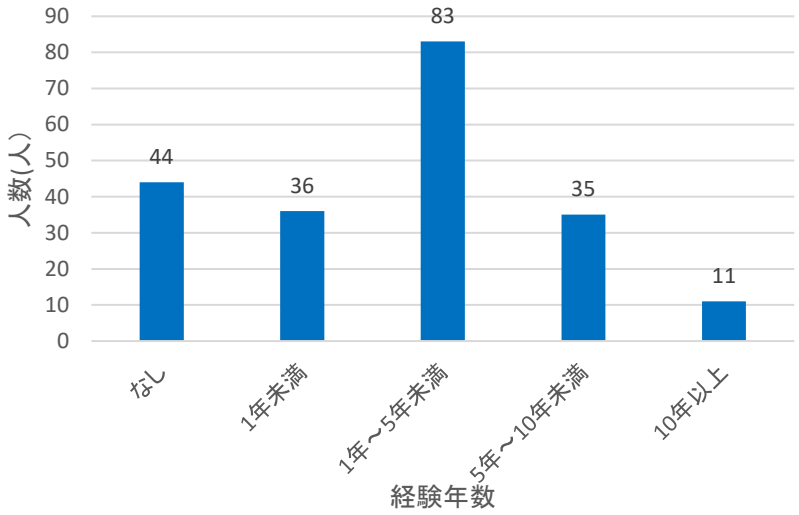


図 2-2　経験年数

(3)所属

電力・関連会社が 20%であり、次にコンサルタント 15%、県が 15%であった（**表 2-7** および**図 2-3** 参照)。

表 2-7　所属

所　属	国	県	市町村	教育・学校関係	電力・関連会社	小売電気事業者	コンサルタント	建設業	製造業	金融機関	ＮＰＯ	その他	合計
人数(人)	5	32	7	4	42	19	32	29	22	0	2	15	209
比　率	2%	15%	3%	2%	20%	9%	15%	14%	11%	0%	1%	7%	100%

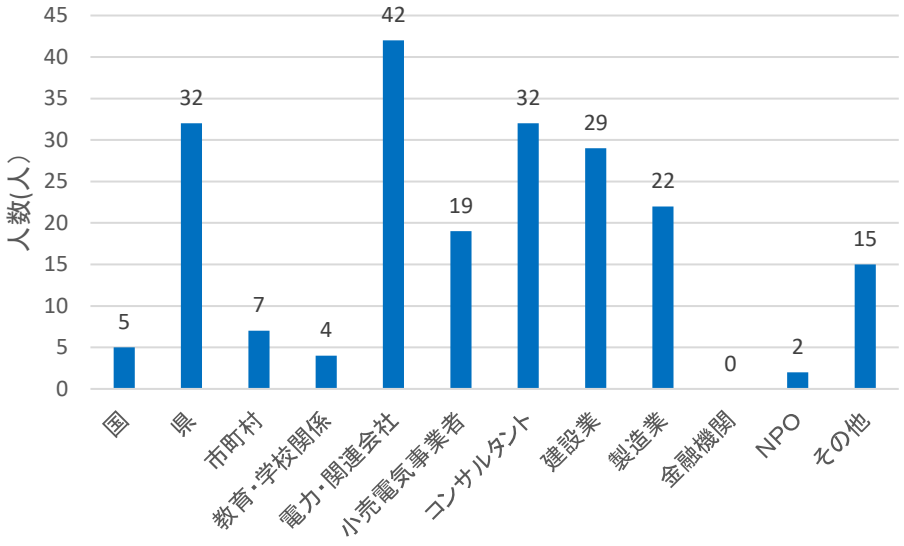


図 2-3　所属

(4) 年齢

年齢は 30 代 28%、次に 40 代 22%、50 代が 21%であった（**表 2-8** および**図 2-4** 参照）。

表 2-8　年齢

年　代	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70代	合計
人数（人）	3	34	58	46	44	18	5	208
比　率	1%	16%	28%	22%	21%	9%	3%	100%

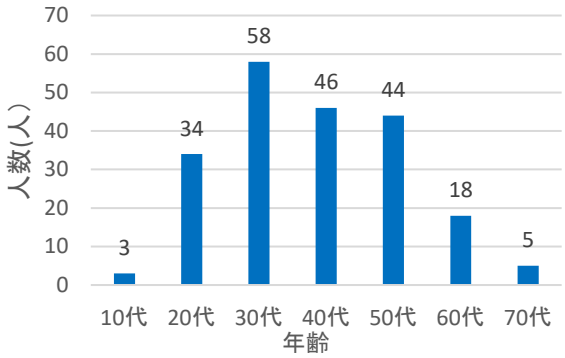


図 2-4　年齢

(5) 性別

性別は男性が 91%であり、女性は 9%であった（**表 2-9** 参照）。

表 2-9　性別

性　別	男性	女性
人数（人）	184	18
合計（人）	202	

(6) 本研修受講実績

本研修受講実績は以下のとおりである（**表 2-10** および**図 2-5** 参照）。

表 2-10　本研修受講実績

過去受講実績	平成２８年度	平成２９年度（一般）	平成２９年度（専門）	合計
人数（人）	118	75	18	211
比率	56%	35%	9%	100%

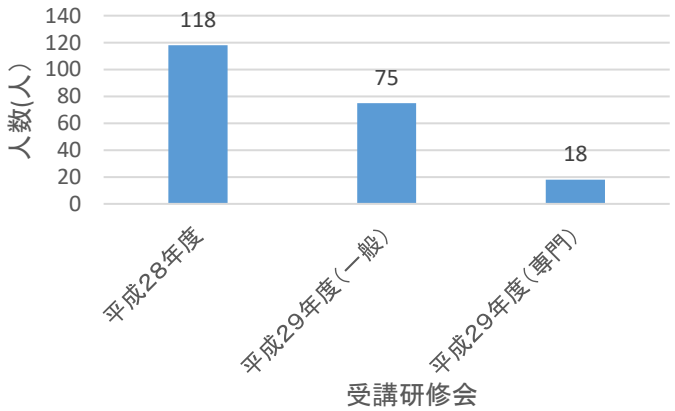


図 2-5　本研修受講実績

2.5.4 研修の効果

(1)研修の効果度

一般コースの研修効果度は有用ではない（効果度 1,2）とする比率が 9%、有用である（効果度 3,4,5）とする比率が 91%であり、その加重平均値は 3.6 であった。専門コース（計画）の研修効果度は全員が有用であるとし、その加重平均値は 3.9 であった（**表 2-11,12 および図 2-6,7** 参照）。

表 2-11【一般コース】研修効果度

効果度	1全く有用ではない	2ほとんど有用ではない	3多少は有用である	4有用である	5極めて有用である	合計	加重平均点
人 数	1	15	58	77	28	179	3.6
比 率	1%	8%	32%	43%	16%	100%	-

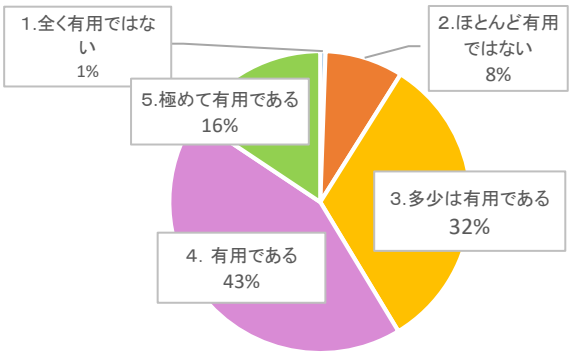


図 2-6 研修効果度

表 2-12 【専門コース(計画)】研修効果度

効果度	1全く有用ではない	2ほとんど有用ではない	3多少は有用である	4有用である	5極めて有用である	合計	加重平均点
人 数	0	0	6	7	5	18	3.9
比 率	0%	0%	33%	39%	28%	100%	-

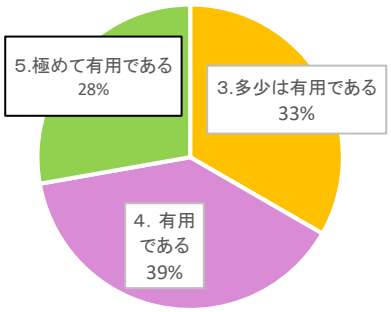


図 2-7 研修効果度

(2)有用ではなかった理由、事情等（効果度 1,2）

一般コースで有用ではなかったとする理由、事情として、ほとんどの研修生から研修で得た知識を現職場で活用する機会がないこと、知見の向上を目的としていたことがあげられていた。

(3)どのように役立てているか（効果度 3,4,5）

一般コースでは、技術的根拠、実務的根拠が理解できとし、計画の促進、対外対応・説明、プロジェクト評価、業務遂行および検討、その他に役立てていることがあげられている。

専門コース（計画）では、計画内容の理解を受け、計画実現可能性の検証評価、コスト試算など、一般コースよりも一歩進んだ業務に役立てていることがあげられている。

（4）今後、水力開発にむけた具体的な計画・予定等

一般河川、砂防ダム、農業用水などを利用する発電計画、既設発電所更新計画など回答者の 35%から具体的な計画・予定等があげられていた。

（5）本研修の効果・内容構成に係る意見

両コース共通として多くあげられていた意見は、ⅰ.維持管理に関する研修、ⅱ.電気関連技術の内容拡充、ⅲ.小規模水力を対象とした研修であり、この他に流量測定・経済性評価詳細・現地工事の実務に関する研修、その他であり、それぞれの職務に応じて多岐にわたっていた。

3. 研修成果（一般コース）

研修成果は受講者アンケート結果から判断することとし、内容の理解および研修受講前後の向上度が把握できるように工夫した。

3.1 アンケート内容・様式

アンケートは前記したこと等を目的に、次の内容に関して３段階または５段階数値評価、および記述評価により行った。アンケート様式は P28～P32 のとおりである。

⑴受講者

①職種　②水力発電に係る経験年数　③所属　④所属する学協会　⑤年齢　⑥性別

⑦過去に受講した水力発電に関する研修　⑧本研修の情報取得方法　⑨今回の受講動機

⑵講習内容（座学全科目）

①時間配分　②理解度　③能力向上度　④さらに必要な内容

⑶現地研修

①時間配分　②参考度　③今後希望する見学箇所

⑷研修会全体について

①受講満足度　②全体を通じての感想　③水力開発促進に必要と思われるポイント・意見

④今後の研修の必要性

水力発電人材育成研修会（一般コース：〇〇地域）
ア　ン　ケ　ー　ト　票

平成〇〇年〇〇月〇〇日～〇〇日
一般社団法人電力土木技術協会

今後の研修会の企画・運営に際し、参加した皆様のご意見を参考にしたいと考えておりますので、お手数とは存じますが、本研修会に対するご意見、ご希望などを下記様式にご記入お願いいたします。

Ⅰ．受講者について（該当箇所に〇をお付けください）

(1)職　種　　（土木，農業土木,電気，機械，建築，環境，　経済，その他（　　））

(2)水力発電に係る経験年数　　（なし，1 年未満,1 年～5 年未満，5 年～10 年未満，10 年以上（　　年））

(3)所　属　　（官公庁（国，県，市町村等（　　），教育・学校関係（　　），電力・関連会社，小売電気事業者,コンサルタント，建設業，　製造業，金融機関，ＮＰＯ，その他（　　））

(4)所属する学協会　　（土木学会，ダム工学会，電気学会，電力土木技術協会，技術士会，その他（　　））

(5)年齢　（10 代，20 代，30 代，40 代，50 代，60 代，70 歳以上（　　歳））

(6)性別　（男性，女性）

(7)過去に受講した水力発電に関する研修
（電土協 H28 本研修会，電土協 H29 本研修会,NEF 実務研修会,NEF 水力発電に関する基礎研修会，その他（　　））

(8)本研修会をどのようにして知りましたか
（電土協のホームページ，電土協からのメール，既受講者からの紹介，その他（　　））

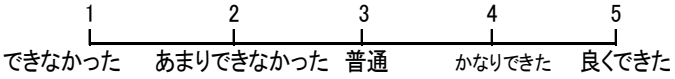
(9)今回の受講動機をご記入ください。

Ⅱ．講習内容について（座学）

【１．　水力発電概論】

(1) 時間は適当でしたか。

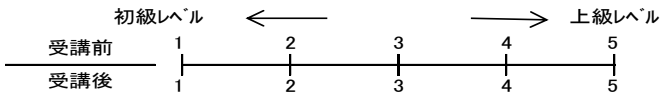
(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

---

(1) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。

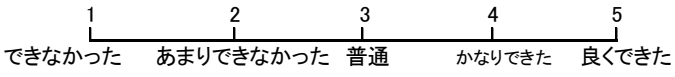


(2) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【２．　概略計画】

(1) 時間は適当でしたか。

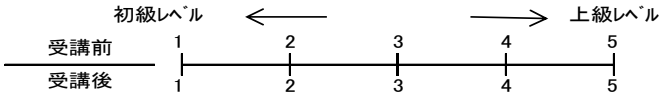
(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

---

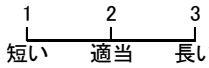
(3) 受講後の能力向上について該当番号
に〇を付けてください。



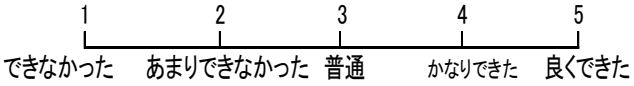
(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【３．　土木設備・電気設備の設計】

(1) 時間は適当でしたか。



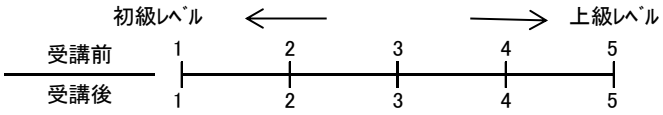
(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

---

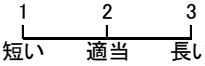
(3) 受講後の能力向上について該当番号
に〇を付けてください。



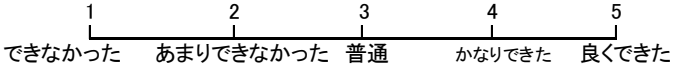
(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【４．　環境保全(1),(2)】

(1) 時間は適当でしたか。



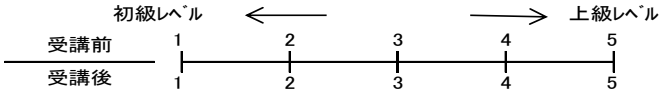
(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

---

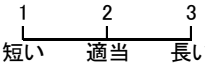
(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。



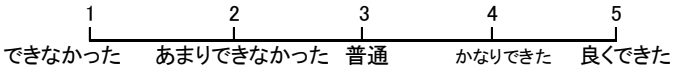
(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【５．　地形・地質】

(1) 時間は適当でしたか。



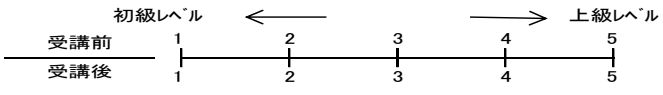
(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

---

(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。

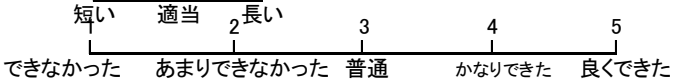


(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【６．　関係法令・手続き(1),(2)】

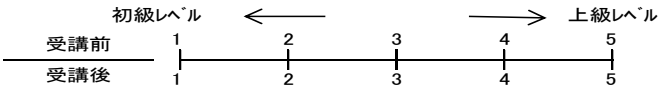
(1) 時間は適当でしたか。

(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。

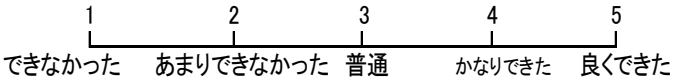


(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【７．　開発事例　(1),（２),（３)】

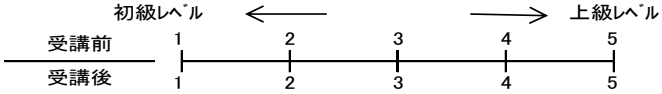
(1) 時間は適当でしたか。

(2) 理解できましたか。



理解できなかったこと
または理解できたことをご記入ください。

(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。

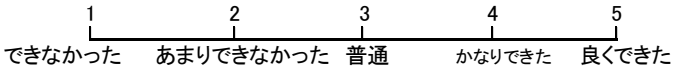


(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【８．　事業性評価(1)：工事費積算演習】

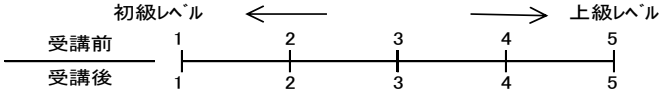
(1) 時間は適当でしたか。

(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

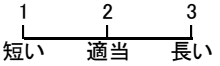
(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。



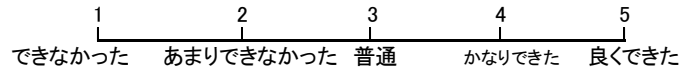
(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【９．　事業性評価(2)：事業性評価】

(1) 時間は適当でしたか。

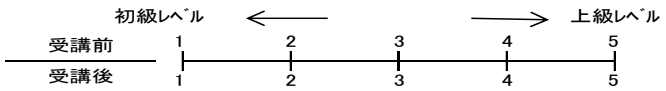


(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

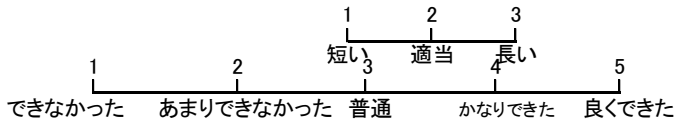
受講後の能力向上について該当番号
に〇を付けてください。



(3) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【１０．運転・保守管理、主任技術者の実務、１１．電力系統と運用】

(1) 時間は適当でしたか。

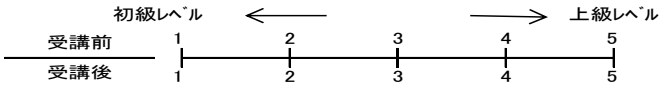


(2) 理解できましたか。

理解できなかったこと
または理解できたことをご記入ください。

---

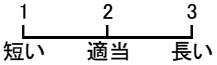
(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。



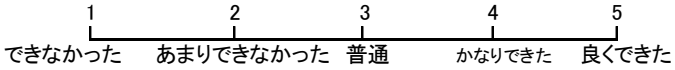
(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【１１．水力開発のポイント】

(1) 時間は適当でしたか。



(2) 理解できましたか。

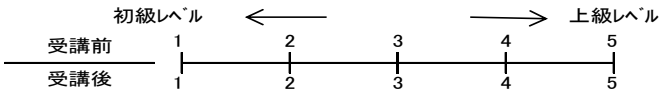


理解できなかったこと

または理解できたことをご記入ください。

---

(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。

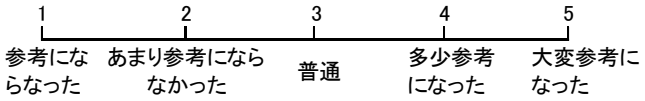


(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

Ⅲ．現地研修について

(1) 時間は適当でしたか。

(2) 見学や解説は参考になりましたか。

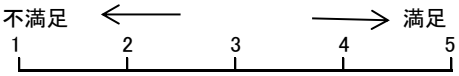


参考になったことをご記入ください。

---

(3) 今後希望する見学箇所をご記入ください。

Ⅳ．研修会全体について



(1) 今回受講されて受講動機は満足されましたか。

(2) 満足できなかった点または満足できた点をご記入ください。

(3) 研修会全体を通じての感想をお書きください。

(4) 今後の水力開発促進に必要と思われるポイントやご意見をお聞かせください。

(5) 今後このような研修は必要だと思いますか。

ご協力ありがとうございました。

3.2 アンケート結果

アンケートは全受講者 106 名のうち、88 名から回答を得ることができた（**表 3−1** 参照)。総ての研修会を集約した実績は以下のとおりである。

表 3−1 アンケート回答実績

地　域	東北	関東	中部	中国	合計
受講者	26	29	34	17	106
アンケート回答数	21	23	28	16	88
同 回答率	81%	79%	82%	94%	83%

3.2.1 受講者

(1)職種

土木職 43%、電気職 27%であり、両職種合計 70%であった（その他は 17%：**表 3−2** および **図 3−1** 参照)。

表 3−2 職種

	土木	農業土木	電気	機械	建築	環境	経済	その他	合計
合計(人)	38	1	24	2	3	4	1	15	88
比　率	43%	1%	27%	2%	3%	5%	1%	17%	100%

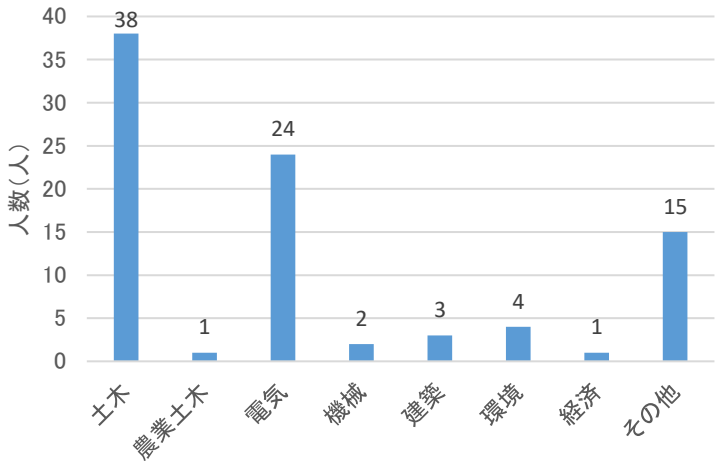


図 3−1 職種

(2) 水力発電に係る経験年数

経験なしを含め 5 年未満が 84%を占めている（**表 3－3** および**図 3－2** 参照)。

表 3－3 水力発電に係る経験年数

経験年数	なし	1年未満	1年～5年未満	5年～10年未満	10年以上	合計
合計(人)	17	29	27	9	5	87
比率	20%	33%	31%	10%	6%	100%

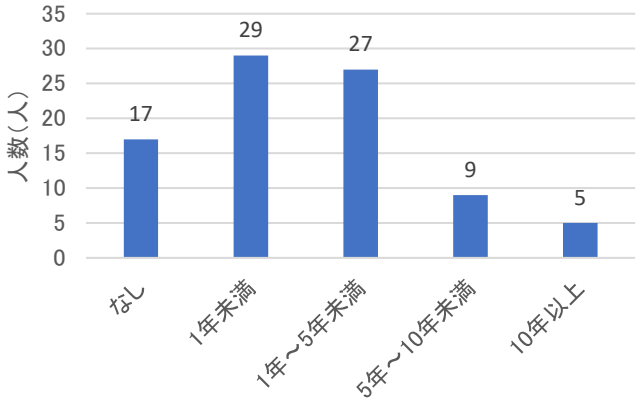


図 3－2 水力発電に係る経験年数

(3) 所属

電力・関連会社が 24%であり、次にコンサルタント 20%、建設業が 18%であった（**表 3－4** および **図 3－3** 参照)。

表 3－4 所属

所属	国	県	市町村等	教育・学校関係	電力・関連会社	小売電気事業者	コンサルタント	建設業	製造業	金融機関	NPO	その他	合計
合計(人)	1	11	0	1	20	3	17	15	6	0	0	10	84
比率	1%	13%	0%	1%	24%	4%	20%	18%	7%	0%	0%	12%	100%

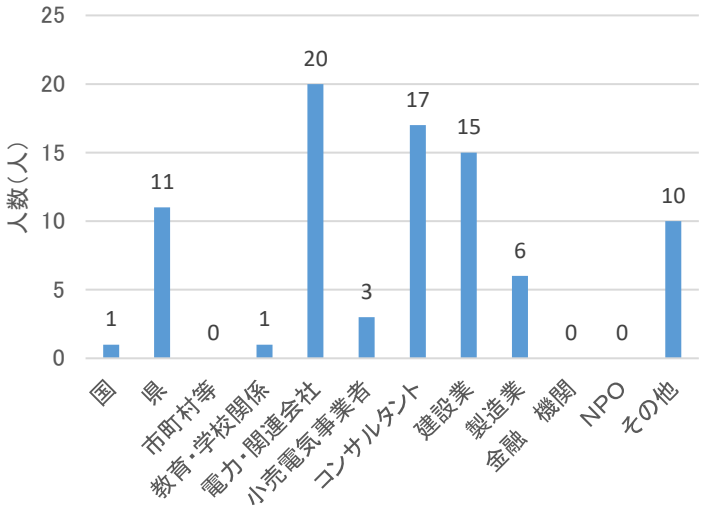


図 3－3 所属

(4)所属する学協会

土木学会が 38%であり、次に電力土木技術協会（以下、電土協と記す）が 29%であった（その他は 20%：**表 3−5** および **図 3−4** 参照)。

表 3−5 所属する学協会

学協会	土木学会	ダム工学会	電気学会	電力土木技術協会	技術士会	その他	合計
合計(人)	17	0	3	13	3	9	45
比率	38%	0%	7%	29%	7%	20%	100%

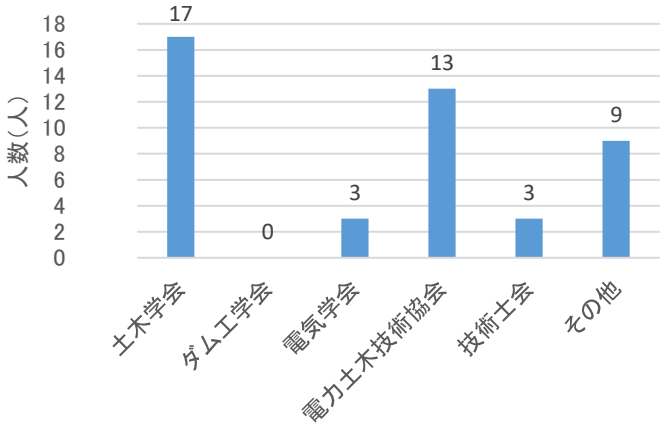


図 3−4 所属する学協会

(5)年齢

年齢は 20 代、30 代、40 代がそれぞれ 20%以上で、合計 75%と大半を占めた。一方 60 代以上も 9%の参加者数であった（**表 3−6** および**図 3−5** 参照)。

表 3−6 年齢

年齢	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70歳以上	合計
合計(人)	0	25	20	21	14	5	3	88
比率	0%	28%	23%	24%	16%	6%	3%	100%

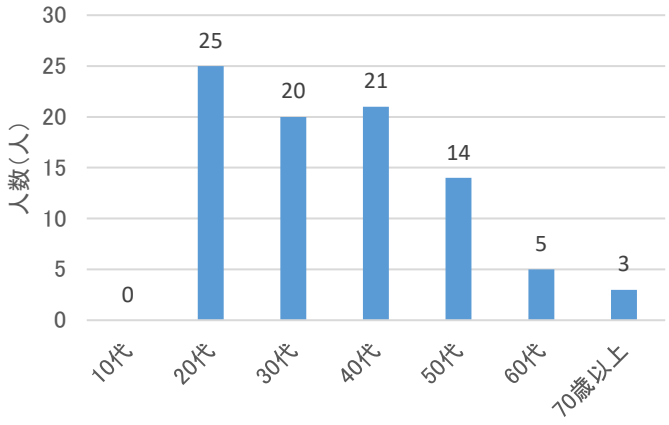


図 3−5 年齢分布

(6)性別

性別は男性が 90%、女性が 10%であった（**表 3－7** 参照)。

表 3－7 性別

性別	男性	女性	合計
合計(人)	79	9	90
比率	88%	10%	100%

(7)過去に受講した水力発電に関する研修

電土協、NEF、その他の研修など、過去に水力発電に関する研修を受講した参加者は 21%であった。水力発電に関する研修は、昨年度から実施した（一社）電力土木技術協会（以下、電土協と記す）による人材育成研修会が多い（**表 3－8** および**図 3－6** 参照)。

表 3－8 過去に受講した水力発電に関する研修

研修会	H28 電土協	H29 電土協	NEF実務 研修会	NEF基礎 研修会	その他	未記入	合計
合計(人)	4	3	2	3	4	60	76
比率	5%	4%	3%	4%	5%	79%	100%

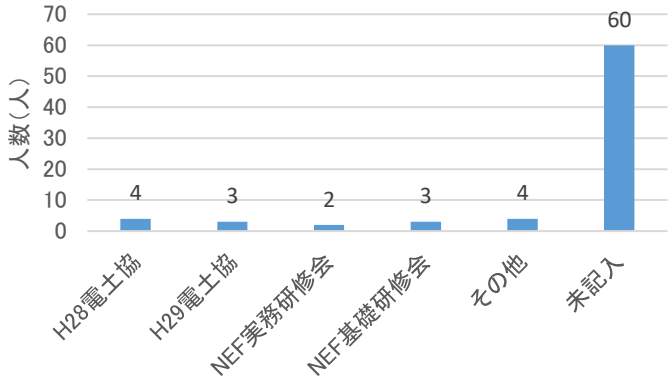


図 3－6 過去に受講した水力発電に関する研修

(8)本研修会をどのように知りましたか

本研修会の情報取得は、既受講者からの紹介が 40%と最も多かった（**表 3－9** および**図 3－7** 参照)。

表 3－9 本研修会をどのように知りましたか

	電土協のホームページ	電土協からのメール	既受講者からの紹介	その他	合計
合計(人)	15	13	34	22	84
比率	18%	15%	40%	26%	100%

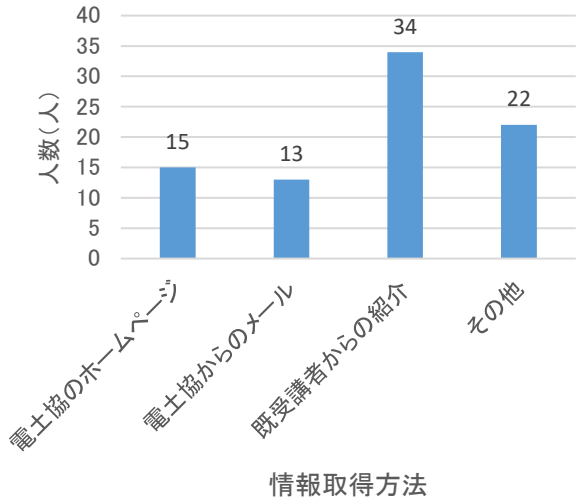


図 3－7　本研修会をどのように知りましたか

(9)今回の受講動機

さまざまな動機があげられている。各地域で共通している動機は、業務に役立てるため、また小水力発電事業を推進するための基礎知識習得である。この他に部署異動や改修工事に従事するための知識習得などがあげられている。主な具体例を以下に示す。

①会社で水力事業に取り組むことになり、基礎から勉強したかったため（建築：経験年数なし)。

②小水力の地域振興への活用に関心があったため（環境：経験年数 1 年未満)。

③今まで発電所の維持管理に携わってきたが、新規開発については携わったことがなく、知識がないから（電気職：経験年数 13 年)。

3.2.2 研修内容

各科目の結果概要は次のとおりである。

【1.水力発電概論】

・水力発電の仕組み、各発電設備の構造や特徴が理解できたとされている。理解できなかったこと、またさらに必要な内容として専門用語とその説明があげられている。

【2.概略計画】

・実習した流域面積の算出や発電電力量の計算は理解できたとされているが、計画の検討に関して実習時間の延長が必要とされている。

【3.土木設備・電気設備の設計】

・各設備の設計・選定の留意点は理解できたが、計算式の内容が理解できなかったとされている。

・電気設備は水車発電機効率などに係る理解不足があげられている。さらに水車の特徴と選定条件に関する工学的理由について詳しく知りたいとしている。

【4. 環境保全（1）、（2）】

・環境影響評価が必要となる条件、生態系、景観への配慮点は理解できたとされている。

・具体的な事例が多くわかりやすかったとされている一方、一つの発電所を例にとって、手続きを要する理由・必要性を理解する必要性があげられていた。

【5.地形・地質】

・留意すべき地形や各地質の特徴と注意点が理解されたとされる一方、岩石の種類や地質構造など理学的な面の理解が困難であったとされている。

・また、それらの知識をどのように調査や設計に活用するかについての説明が今後必要とされている。

【6.関係法令・手続き（1）、（2）】

・関係法令・手続きのポイントは理解できたとされているが、さらに手続きや手順、許可の取り方などの具体的内容が必要とされている。

【7.開発事例（1）、（2）、（3）】

・計画・設計・施工のポイント、トラブル事例は参考になったとされているが、さらに開発後の運用に係る説明が必要とされている。

【8.事業性評価（1）：工事費積算演習】

・実際に演習したことで積算手順、費用の要因が理解されたとされているが、さらなる内容理解のためには時間が必要とされている。

【9.事業性評価（2）：事業性評価】

・IRR の考え方や計算方法の理解には個人差がみられる。理解するためには更なる演習が必要とされている。

【10.運転・保守管理、主任技術者の実務、１１.電力系統運用】

・主任技術者の実務内容、保守管理の仕方が理解できたとされているが、さらに点検ポイントや点検状態など具体的な内容が必要とされている。

・電力系統運用については、系統接続のプロセス・手順に係る具体的内容についての理解が必要とされている。

【12. 水力開発のポイント】

・実例により水力開発における地域貢献の重要性とその方法が理解できたとしているが、さらに資金調達、運営形態、地域が開発促進するに至ったプロセスの内容が必要とされている。

3.2.3 研修内容（現地研修）

(1)研修時間

現地研修時間は、大多数が適当と回答している（**表 3－10** および**図 3－8** 参照)。

表 3－10　現地研修時間

	短い	適当	長い	合計
合計(人)	9	53	0	62
比率	15%	85%	0%	100%

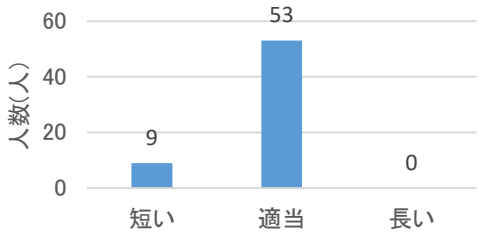


図 3－8 現地研修時間

(2)参考度

88%の受講者が「多少参考になった」および「大変参考になった」と回答している（**表 3－11** および**図 3－9** 参照)。

表 3－11 参考度

参考になりましたか？	1.参考にならなかった	2.あまり参考にならなかった	3.普通	4.多少参考になった	5.大変参考になった	合計
合計（人）	0	1	6	22	30	59
比率	0%	2%	10%	37%	51%	100%
加重平均点	4.4					–

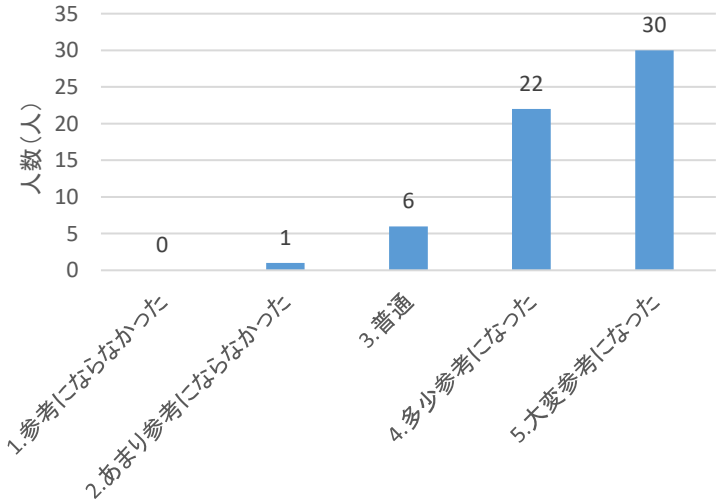


図 3－9 参考度

各地域において共通した点は、実際の発電所設備を見学してその規模感、仕組み、役割等が理解できたことである。

地域別にみると東北地域では早出発電所の更新工事を見られたこと、関東地域では現地管理人から除塵の苦労話を聞き、さらにその状況が見られたこと、中国地域では工事中の平瀬ダム・発電所を見られたことなどが参考になったとされている。

(3)今後希望する見学箇所

全地域で小水力発電施設の見学が希望されていた。特に、小水力発電所のさまざまな形態、また小水力発電が地域のまちづくりと一体となって成功した事例の見学があげられていた。

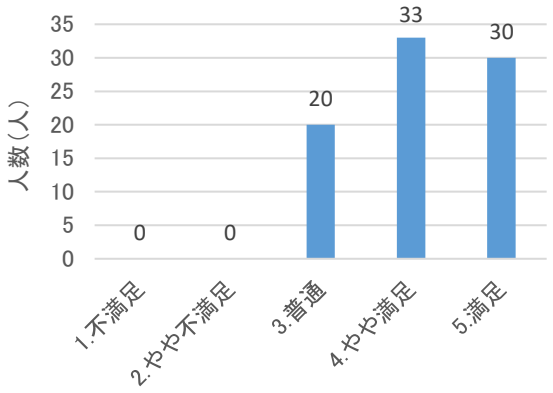
3.2.4 研修会全体について

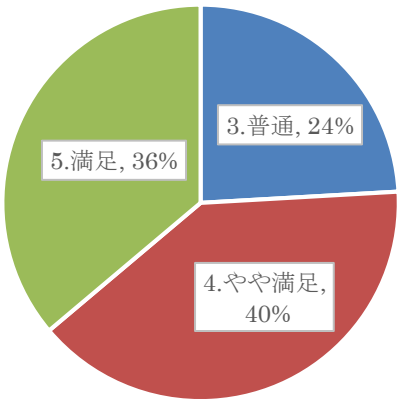
(1)受講動機に対する満足度

受講動機に対する満足度の加重平均値は 4.1 であり、かなり高いと評価できる（**表 3－12** および**図 3－10 参照**）。

表 3－12 受講動機に対する満足度

満足度	1.不満足	2.やや不満足	3.普通	4.やや満足	5.満足	合計
合計(人)	0	0	20	33	30	83
比率	0%	0%	24%	40%	36%	100%
加重平均点	4.1					





加重平均点　4.1

図 3－10 受講動機に対する満足度

(2)満足できた点、満足できなかった点

・水力開発から運用に至る全体について、基礎的な事項を学ぶことができたとしている。特に実際に手を動かす演習や、さまざまな事例紹介、体系的な説明により理解が深めることができたとしている。また現地研修で多くの施設を見学したことについて満足されている。

・一方、講義量が多く、理解しにくかったこと、初心者にとって専門用語が理解しづらかったこと、維持管理や小水力へ特化した研修の希望があげられている。その他に研修期間の短縮、およびその代替方策の検討が希望されている。

(3)研修全体を通じての感想

・水力発電未経験者または経験が浅い研修生は、幅広く基礎知識が習得でき、今後活かしていきたいとしている。一方で初心者には難解な部分もあったようである。

・すでに水力発電業務に従事している研修生にとっては、業務に係る幅広い知見を習得することができ、有意義であったとしている。

・研修内容については、さらに図や写真、映像の多用など視覚化すること、また研修生同士の意見交換が望まれている。

(4)今後の水力開発促進に必要と思われるポイント、意見

・保安林、自然公園における環境規制をはじめとした法規制の緩和。

・FIT 期間の延長。

・水力発電事業者に対する官公庁・自治体の理解および各種支援、諸手続きの簡素化。

・系統連系接続の迅速化、送電枠の増大。

・水力発電の重要性について、国民や地元に対する広報活動の強化。

・水力開発を促進するための仕組みやネットワークづくり。また水力発電に対する有識者の活用。

(5)今後このような研修の必要性について

当項目回答者全員が必要であるとしている。

・有意義な研修だと思うので必要と感じる。担い手不足にならないよう，早目の人材育成に期待したい。

・経験者が引退し、経験する機会の少ない今、このような研修は非常に有意義。ステップアップ形式でこのような研修は拡充していくべきものと考える。

・新規の水力発電だけでなく，既存の水力発電設備の維持管理についての研修やメニューを取り入れてほしいと思う。

4. 研修成果（専門コース(計画)）

研修成果は演習結果および受講者アンケート結果から判断することとし、一般コースと同様に内容の理解および研修受講前後の向上度が把握できるように工夫した。

4.1 アンケート内容・様式

アンケートは前記したこと等を目的に、次の内容に関して３段階または５段階数値評価、および記述評価により行った。アンケート様式は P44～P47 のとおりである。

(1)受講者

①職種　②水力発電に係る経験年数　③水力計画に関する経験年数　④所属　⑤所属する学協会　⑥年齢　⑦性別　⑧過去に受講した水力発電に関する研修　⑨本研修の情報取得方法　⑩受講動機

(2)講習内容（座学全科目）

①時間配分　②理解度　③能力向上度　④さらに必要な内容

(3)現地研修

①時間配分　②参考度　③今後希望する見学箇所

(4)研修会全体について

①受講満足度　②全体を通じての感想　③水力開発促進に必要と思われるポイント・意見　④今後の研修の必要性

水力発電計画作成研修会(専門（計画）コース：〇〇地域)
ア　ン　ケ　ー　ト　票

平成〇〇年〇〇月〇〇日～〇〇日
一般社団法人電力土木技術協会

今後の研修会の企画・運営に際し、参加した皆様のご意見を参考にしたいと考えておりますので、お手数とは存じますが、本研修会に対するご意見、ご希望などを下記様式にご記入お願いいたします。

Ⅰ．受講者について（該当箇所に〇をお付けください）

(1)職　種　　（土木，農業土木,電気，機械，建築，環境，　金融，その他（　　））

(2)水力発電の経験年数　　（1 年未満,1 年～5 年未満,5 年～10 年未満,10 年以上（　　年））

(3)水力計画に関する経験年数(1 年未満,1 年～5 年未満,5 年～10 年未満,10 年以上　　年))

(4)所　属　　（官公庁（国，県，市町村等（　　），教育・学校関係（　　），
10 電力・卸電力及び関連会社，新電力，コンサルタント，建設業，　製造業，
金融機関,ＮＰＯ，その他（　　））

(5)所属する学協会　　（土木学会，ダム工学会，電気学会，電力土木技術協会，技術士会，
その他（　　））

(6)年齢　　（10 代，20 代，30 代，40 代，50 代，60 歳以上（　　歳）

(7)性別　　（男性，女性）

(8)過去に受講した水力発電に関する研修
（電土協 H28,29 本研修会,NEF 実務研修会，NEF 水力発電に関する基礎研修会，その他（　　））

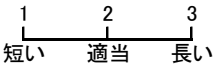
(9)本研修会をどのようにして知りましたか
（電土協のホームページ，電土協からのメール，既受講者からの紹介，
その他（　　））

(10)今回の受講動機をご記入ください。

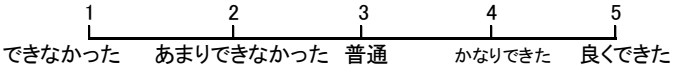
Ⅱ．研修内容について

【１.水力発電計画に係る復習】

(1) 時間は適当でしたか。



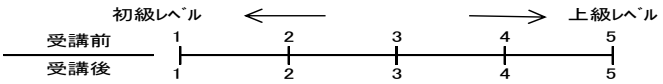
(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

---

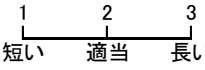
(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。



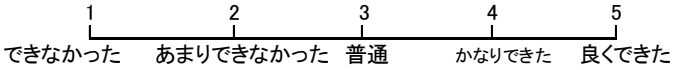
(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【２.図上計画策定のポイント】

(1) 時間は適当でしたか。



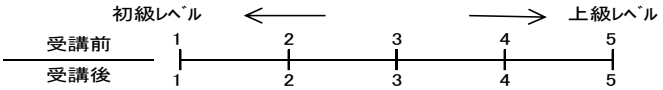
(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

---

(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。

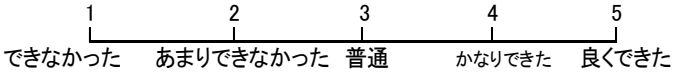


(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【３.図上計画策定演習(1)】水路ルートの検討

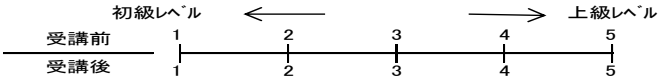
(1) 時間は適当でしたか。

(2) 理解できましたか。



理解できなかったこと
または理解できたことをご記入ください。

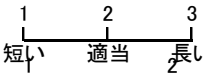
(3) 受講後の能力向上について該当番号に○を付けてください。



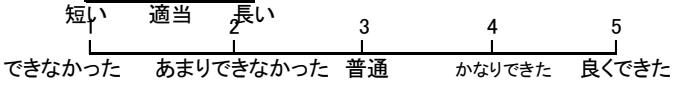
(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【３. 図上計画策定演習(2)】発電諸元の検討

(1) 時間は適当でしたか。

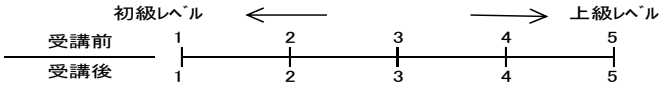


(2) 理解できましたか。



理解できなかったこと
または理解できたことをご記入ください。

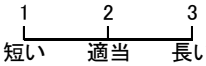
(3) 受講後の能力向上について該当番号に○を付けてください。



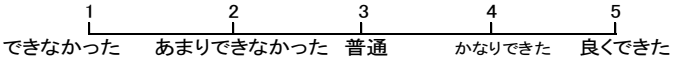
(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【３. 図上計画策定演習(3)】計画策定、最適計画案の選定、グループ案まとめ＆発表

(1) 時間は適当でしたか。

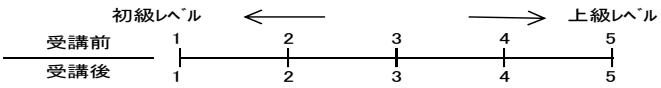


(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

(3) 受講後の能力向上について該当番号に○を付けてください。

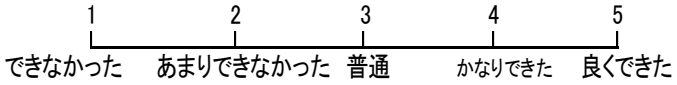


(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【４.現地調査の留意点】地形・地質他

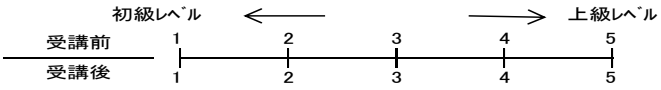
(1) 時間は適当でしたか。

(2) 理解できましたか。



理解できなかったこと
または理解できたことをご記入ください。

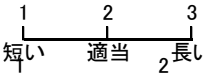
(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。



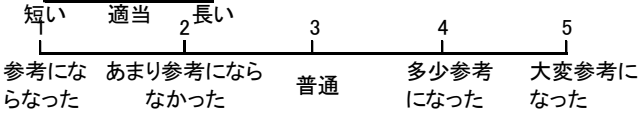
(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【５.現地調査】

(1) 時間は適当でしたか。

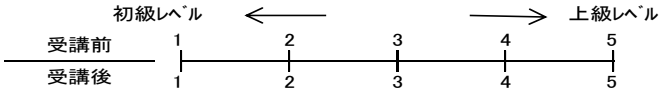


(2) 調査は参考になりましたか。



参考にならなかったこと
または参考になったことをご記入ください。

(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。

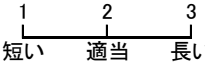


(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

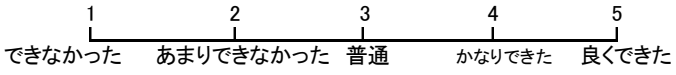
(5) 現地調査全体について感想・要望をご記入ください。

【６.再検討(1)】発電計画の見直し

(1) 時間は適当でしたか。

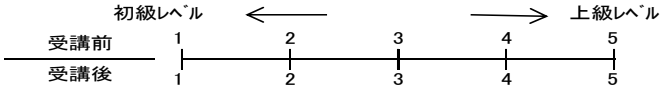


(2) 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

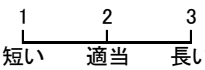
(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。



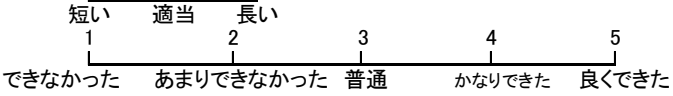
(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【６.再検討(2)】事業性評価の演習、総合評価

(1) 時間は適当でしたか。

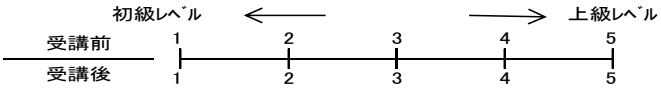


(2) 理解できましたか。



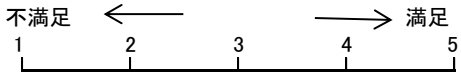
理解できなかったことまは理解できたことをご記入ください。

(3) 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。



(4) さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

Ⅲ. 研修会全体について



(1) 今回受講されて受講動機は満足できましたか。

(2) 満足できなかった点，満足できた点をご記入ください。

(3) 研修日数は適当でしたか。

(4) グループ制による進め方、グループ編成について感想をお書きください。

(5) 専門コースとして今後希望する内容をお書きください。

(6) 研修会全体を通じての感想をお書きください。

(7) 今後の水力開発促進に必要と思われるポイントをお聞かせください。

(8) 今後このような研修は必要だと思いますか。

ご協力ありがとうございました。

4.2 アンケート結果

アンケートは全受講者 32 名のうち､29 名から回答を得ることができた(**表 4－1** 参照)。総ての研修会を集約した実績は以下のとおりである。

表 4－1 アンケート回答実績

地域	関東	四国	合計
受講者	17	15	32
アンケート回答数	15	14	29
同回収率	88%	93%	91%

4.2.1 受講者

(1)職種

土木職が 31%であり、次に建築職 10%であった（その他は除く)。

（**表 4－2** および **図 4－1** 参照)。

表 4－2 職種

	土木	農業土木	電気	機械	建築	環境	経済	その他	合計
合計(人)	9	0	2	2	3	1	0	12	29
比率	31%	0%	7%	7%	10%	3%	0%	41%	100%

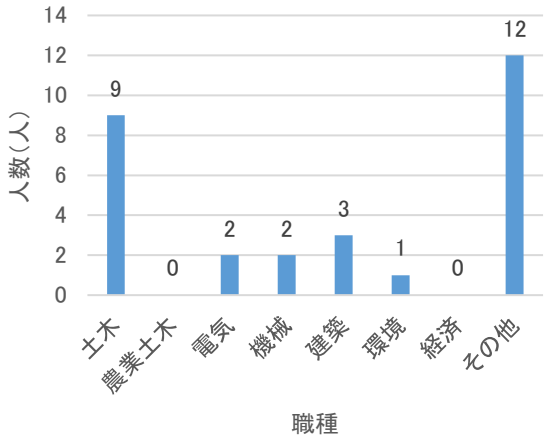


図 4－1 職種

(2)水力発電に係る経験年数

経験なしを含め 1 年未満が 97%を占めている（**表 4－3** および**図 4－2** 参照)。

表 4－3 水力発電に係る経験年数

経験年数	なし	1年未満	1年～5年未満	5年～10年未満	10年以上	合計
合計(人)	15	13	1	0	0	29
比率	52%	45%	3%	0%	0%	100%

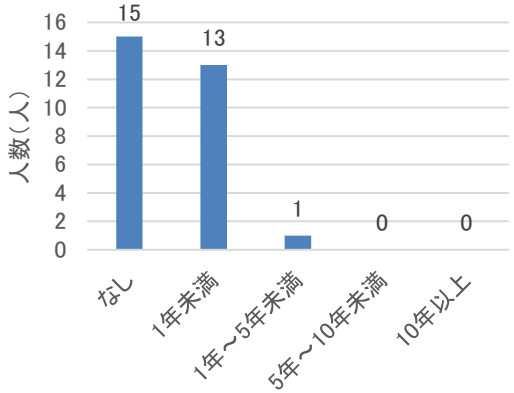


図 4－2 水力発電に係る経験年数

(3)水力計画に係る経験年数

経験なしを含め 1 年未満が 100%を占めている（**表 4－4** および **図 4－3** 参照)。

表 4－4 水力計画に係る経験年数

経験年数	なし	1年未満	1年～5年未満	5年～10年未満	10年以上	合計
合計(人)	18	11	0	0	0	29
比率	62%	38%	0%	0%	0%	100%

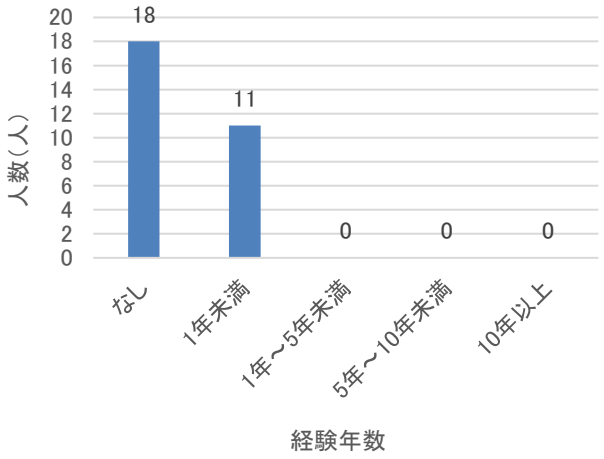


図 4－3 水力計画に係る経験年数

(4)所属

電力・関連会社が 31%であり、次にコンサルタント 21%、小売電気事業者が 17%であった（**表 4－5** および**図 4－4** 参照)。

表 4－5 所属

	国	県	市町村等	教育・学校関係	電力・関連会社	小売電気事業者	コンサルタント	建設業	製造業	金融機関	NPO	その他	合計
合計(人)	0	1	0	0	9	5	6	2	3	0	0	3	29
比率	0%	3%	0%	0%	31%	17%	21%	7%	10%	0%	0%	10%	100%

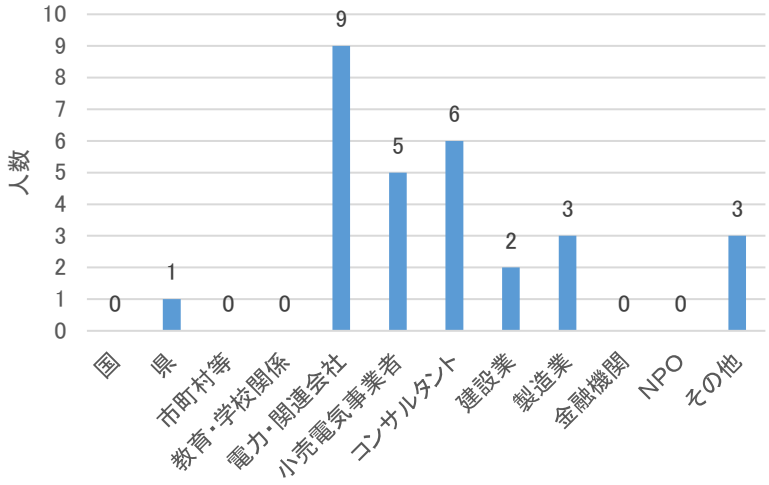


図 4－4 所属

(5)所属する学協会

（一社）電力土木技術協会が 71%であり、次に土木学会が 14%であった（**表 4－6** および**図 4－5** 参照)。

表 4－6 所属する学協会

	土木学会	ダム工学会	電気学会	電力土木技術協会	技術士会	その他	合計
合計(人)	1	0	0	5	0	1	7
比率	14%	0%	0%	71%	0%	14%	100%

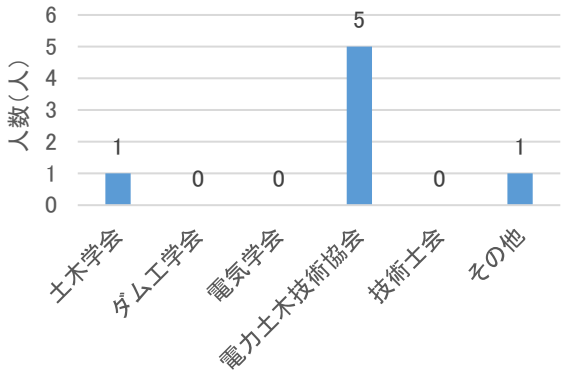


図 4－5 所属する学協会

(6) 年齢

年齢は 40 代が 31%であり、次に 30 代が 28%であった（**表 4－7** および **図 4－6** 参照）。

表 4－7 年齢

	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70歳以上	合計
合計(人)	0	6	8	9	5	1	0	29
比率	0%	21%	28%	31%	17%	3%	0%	100%

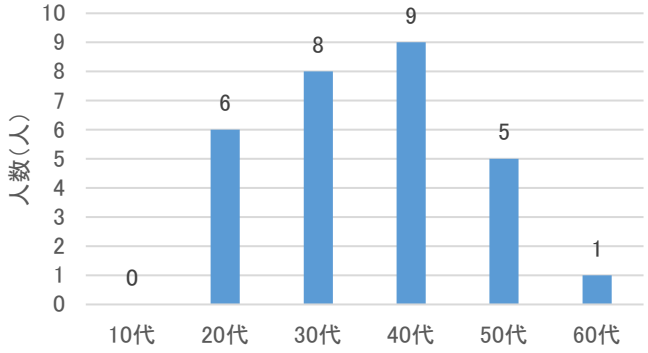


図 4－6 年齢

(7) 性別

性別は男性が 79%であり、女性が 21%であった（**表 4－8** 参照）。

表 4－8 性別

	男性	女性	合計
合計(人)	23	6	29
比率	79%	21%	100%

(8)過去に受講した水力発電に関する研修

過去に受講した水力発電に関する研修は、昨年度から実施した（一社）電力土木技術協会による人材育成研修会が多い（**表 4－9** および**図 4－7** 参照）。

表 4－9 過去に受講した水力発電に関する研修

	H28電土協	H29電土協	NEF実務研修会	NEF基礎研修会	その他	合計
合計(人)	4	7	0	7	2	20
比率	20%	35%	0%	35%	10%	100%

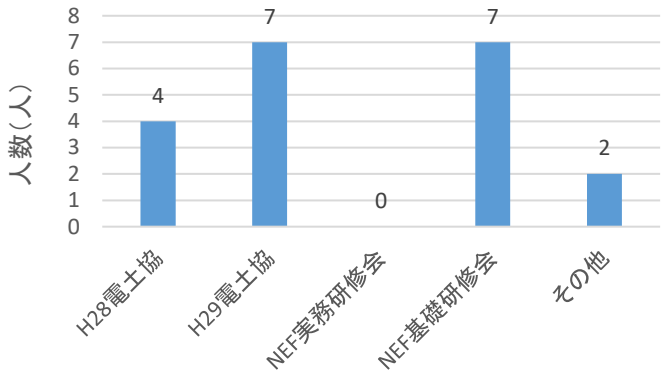


図 4－7 過去に受講した水力発電に関する研修

(9)本研修会をどのように知りましたか

電力土木技術協会のホームページで 37%、既受講者からの紹介が 27%、同協会からのメールで 23%が研修会開催の情報を得ている（**表 4－10** および**図 4－8** 参照）。

表 4－10 本研修会をどのように知りましたか

	電土協のホームページ	電土協からのメール	既受講者からの紹介	その他	合計
合計(人)	11	7	8	4	30
比率	37%	23%	27%	13%	100%

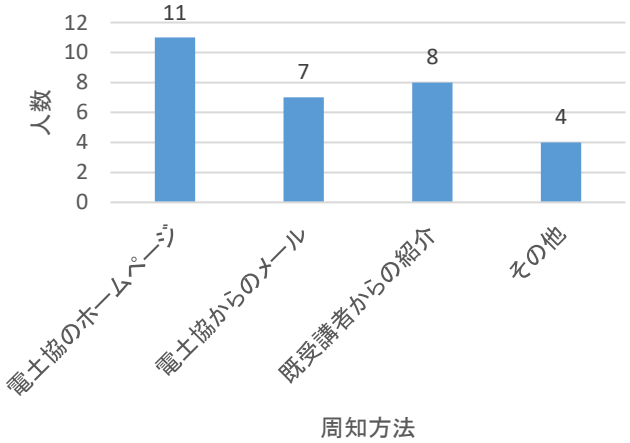


図 4－8 本研修会をどのように知りましたか

(10)今回の受講動機

さまざまな動機があげられているが、業務上必要であること、また小水力発電の導入を検討していることなどが多くあげられている。また、水力発電に係る基礎知識の習得および技術力の向上も受講動機にあげられている。

4.2.2 研修内容

各科目の結果概要は次のとおりである。

【1.水力発電計画に係る復習】

・復習を通して、計画の策定から現地調査までの一連の流れを理解することができたとしている。

【2.図上計画策定のポイント】

・等高線を意識して計画を策定することが新たに意識化された。さらに必要と考えられる内容としては、地形図や既設の設備から発電の適地を見つけ出す能力の向上があげられている。

【3.図上計画策定演習(1) 】水路ルートの検討

・地図を見ながら、水路ルートを試行錯誤することにより、どのような所に水路を通すのが適切かがわかった。さらに必要と考えられる内容としては、道路の水路ルートへの活用があげられている。

【３.図上計画策定演習(2)】発電諸元の検討

・発電所全体としてのコスト感も含め、水圧管路、導水路にコストがかかることなどがよくわかった。また、地形図を見ながら行ったことにより、適切な地点としてのポイントが理解できたとされている。

【３.図上計画策定演習(3)】計画検討、最適計画案の選定、グループ案まつめ＆発表

・流量設備利用率の影響について理解できたが、もう少しグループで協力して、良い案を出したかった。さらに必要と考えられる内容としては、流量設備利用率を数ケース増やして分析することもあげられている。

【４現地調査の留意点】

・杉林や竹林等、留意すべき地形・地質を理解できた。また、クリノメーターの使用方法や留意点を理解することができた。一方で、初心者にとっては、内容が過多に感じた。さらに必要と考えられる内容としては、地質図の読み方、断層破砕帯やチャート等に係る施工リスクの説明が欲しいとの要望があった。

【５.現地調査】

・リアリティーがあり、大変参考になった。また、地質の見方、現地調査の着目点が理解できたとされている。

【６.再検討(1)】発電計画の見直し

・同上での計画と現地調査した場合では、建設費に大きなひらきを生じかねない状況が把握される場合があり、現地調査の大切さがわかった。一方、この段階でどこまで現地のことを反映するべきかが分からなかったとの意見があった。

【６．再検討(2)】事業性評価の演習、総合評価

・IRR、発電原価、キャッシュフローについて、丁寧に説明していただき分かりやすかったとの意見があった一方で、理論については理解しきれなかったとされ、基本知識が必要であるとの意見があった。

4.2.3 研修会全体について

(1)研修日数は適当でしたか

大多数の受講者が、研修日数を適当と答えている（表 4－11 および図 4－9 参照）。

表 4－11 日数は適当でしたか

	短い	適当	長い	合計
合計(人)	1	25	2	28
比率	4%	89%	7%	100%

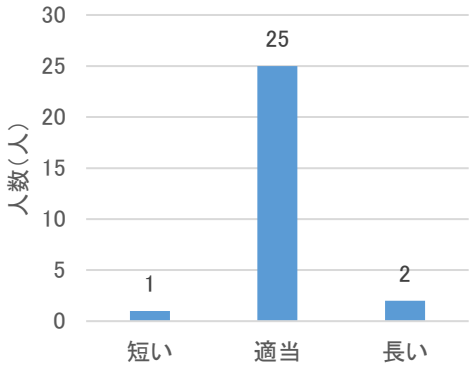


図 4－9 研修日数は適当でしたか

(2)受講動機に対する満足度

受講動機に対する満足度は、かなり高いと評価できる（表 4－12 および図 4－10 参照）。

表 4－12 受講動機に対する満足度

満足できましたか	(1) 不満足	(2) やや不満足	(3) 普通	(4) やや満足	(5) 満足	合計
合計(人)	0	0	1	6	21	28
比率	0%	0%	4%	21%	75%	100%
加重平均点	4.7					

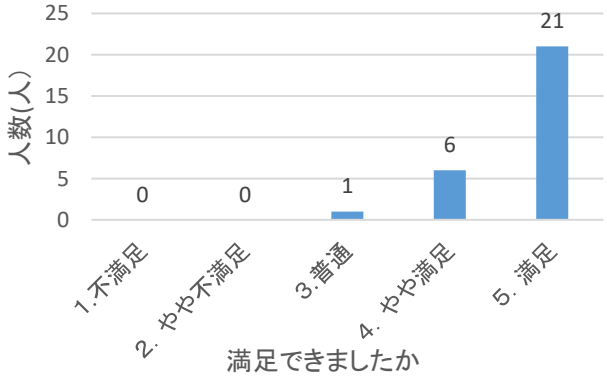


図 4－10 受講動機に対する満足度

(3)満足できた点、満足できなかった点。

・満足できた点として、ⅰ）自分で答えを出すということで理解が深まり、自信になったことがあげられている。

・満足できなかった点としては、研修内容が濃く良かったが、やや日数が長かったとの意見があった。

(4)グループ制について。

・グループ内で議論することで相互理解が深まり、自分では考えられなかった案を議論できたなど、大半の受講生が有益であったとしている。

(5)今後希望する内容。

・流量計測コース、並びに建設時に 100 年継続できる水力発電所を作るという観点から、保守保守・運転に関するコースが望まれている。

(6)全体を通じての感想。

・ⅰ）初級レベルで入ってきたが大いに学べ、レベルが向上したと思う、ⅱ）グループ制にすることで責任感が生じ、理解が深まり充実した時間を過ごせた、および ⅲ）1 週間という時間を掛けてじっくり演習することで、計画の手順などの理解が定着した、などの意見があげられている。

・講師陣の対応も評価されており、安心して学ぶことができたとの意見があった。

(7)今後の水力開発促進に必要と思われるポイント。

・水力発電は、開発のリードタイムの長い水力発電にとって、計画の骨子が見えた時には系統に接続できないという事柄が多いため、系統の上手な運用方法や仕組みが必須であるとの意見があった。

・河川流量データの公開・測水所の増加。FIT の維持などが必要との意見があった。

(8)今後このような研修の必要性について。

当該項目回答者全員が必要としている。

主な意見は、以下のとおりである。

・会社ごとで研修を行うより効率がよく、さらに異業種の人たちと触れ合えるため、実のある研修だと思う。

・実際に手を動かし、わからないところを質問して理解を深め、現地を見ての状況を踏まえながら計画案を改良するのは、一連の作業として大きな意味がある。

・とても良い研修であった。今後はレベル別に、もっと選択肢があるとよいとの意見があった。

5. 研修成果（専門コース(設計)）

研修成果は演習結果および受講者アンケート結果から判断することとし、一般コースと同様に内容の理解および研修受講前後の向上度が把握できるように工夫した。

5.1 アンケート内容・様式

アンケートは前記したこと等を目的に、次の内容に関して３段階または５段階数値評価、および記述評価により行った。アンケート様式はP57～P61 のとおりである。

⑴受講者

①職種　②水力発電に係る経験年数　③水力設計に関する経験年数　④所属　⑤所属する学協会　⑥年齢　⑦性別　⑧過去に受講した水力発電に関する研修　⑨本研修の情報取得方法　⑩受講動機

⑵講習内容（座学全科目）

①時間配分　②理解度　③能力向上度　④さらに必要な内容

⑶現地研修

①時間配分　②参考度　③今後希望する見学箇所

⑷研修会全体について

①受講満足度　②全体を通じての感想　③水力開発促進に必要と思われるポイント・意見　④今後の研修の必要性

水力発電人材育成研修会(専門（設計）コース：〇〇地域)
ア ン ケ ー ト 票

平成〇〇年〇〇月〇〇日～〇〇日
一般社団法人電力土木技術協会

今後の研修会の企画・運営に際し、参加した皆様のご意見を参考にしたいと考えておりますので、お手数とは存じますが、本研修会に対するご意見、ご希望などを下記様式にご記入お願いいたします。

Ⅰ．受講者について（該当箇所に〇をお付けください）

(1)職　種　　(土木，農業土木,電気，機械，建築，環境，　金融，その他
(　　))

(2)水力発電の経験年数　　(1 年未満,1 年～5 年未満，5 年～10 年未満，10 年以上
(　　年))

(3)水力設計に関する経験年数　　(1 年未満,1 年～5 年未満，5 年～10 年未満，10 年以上
(　　年))

(4)所　属　　(官公庁（国，県，市町村等（　　），教育・学校関係（　　），
10 電力・卸電力及び関連会社，新電力，コンサルタント，建設業，　製造業，金融機関,ＮＰＯ,
その他（　　))

(5)所属する学協会　　(土木学会，ダム工学会，電気学会，電力土木技術協会，技術士会,
その他（　　))

(6)年齢　　(10 代，20 代，30 代，40 代，50 代，60 歳以上（　　歳)

(7)性別　　(男性，女性)

(8)過去に受講した水力発電に関する研修
(電土協 H28,29,30 本研修会(一般コース),H29,H30 本研修会(専門計画コース),NEF 実務研修会,
NEF 水力発電に関する基礎研修会，その他（　　))

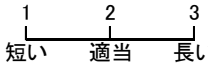
(9)本研修会をどのようにして知りましたか（電土協のホームページ，電土協からのメール,
既受講者からの紹介，その他（　　))

(10)今回の受講動機をご記入ください。

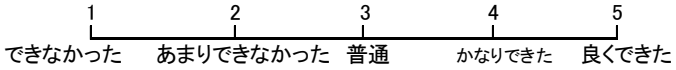
Ⅱ．研修内容について

【１.水力発電計画に係る復習】

(1)時間は適当でしたか。



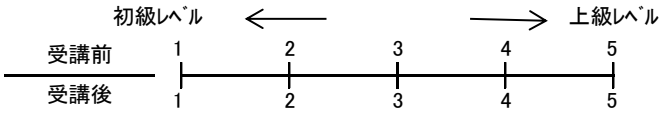
(2)理解できましたか。



理解できなかったこと
または理解できたことをご記入ください。

---

(3)受講後の能力向上について
該当番号に〇を付けてください。



(4)さらに必要と考えられる
内容についてご記入ください。

【２.構造物設計に係る基礎事項および技術基準】

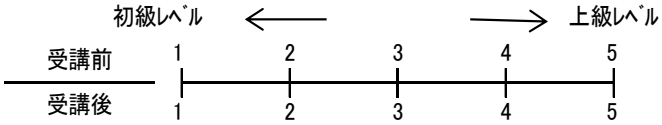
(1)時間は適当でしたか。

(2)理解できましたか。

理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

---

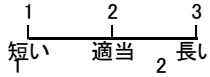
(3)受講後の能力向上について該当番号
に〇を付けてください。



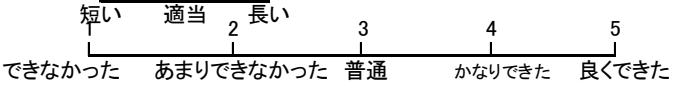
⑷ さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【３．取水ダムに係る設計演習】

⑴ 時間は適当でしたか。

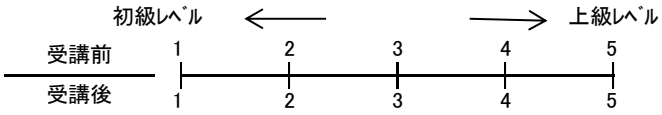


⑵ 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

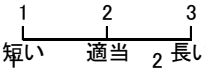
⑶ 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。



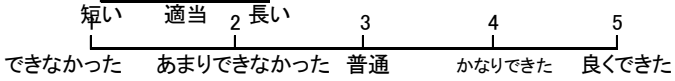
⑷ さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【４．取水口・沈砂池・水槽の設計演習】

⑴ 時間は適当でしたか。

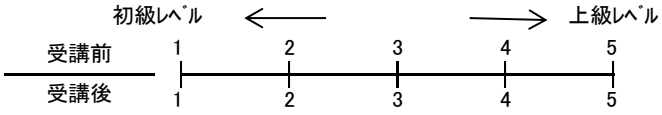


⑵ 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

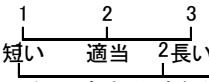
⑶ 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。



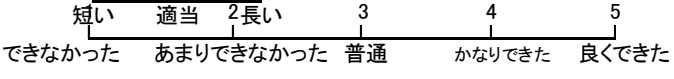
⑷ さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【５．水路（導水路・放水路）の設計演習】

⑴ 時間は適当でしたか。

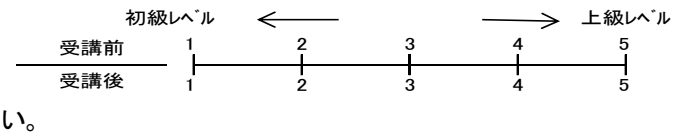


⑵ 理解できましたか。



理解できなかったこと，理解できたことをご記入ください。

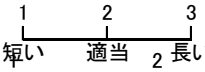
⑶ 受講後の能力向上について該当番号に〇を付けてください。



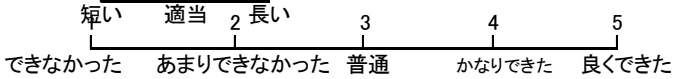
⑷ さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【６．水圧鉄管の設計演習】

⑴ 時間は適当でしたか。

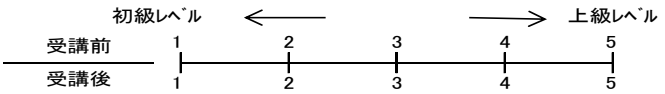


⑵ 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

⑶ 受講後の能力向上について
該当番号に○を付けてください。

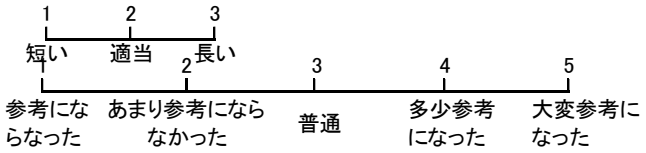


⑷ さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【７. 固定台の設計演習】

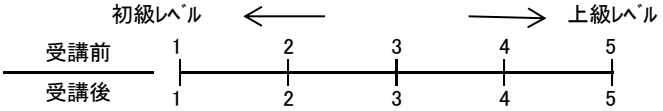
⑴ 時間は適当でしたか。

⑵ 調査は参考になりましたか。



参考にならなかったことまたは参考になったことをご記入ください。

⑶ 受講後の能力向上について
該当番号に○を付けてください。



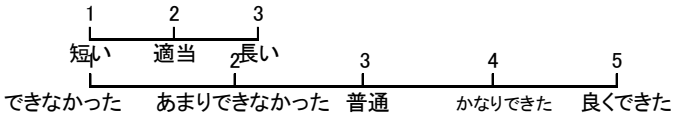
⑷ さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

⑸ 現地調査全体について感想・要望をご記入ください。

【８. ゲート・スクリーンの設計演習】

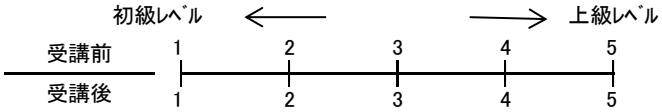
⑴ 時間は適当でしたか。

⑵ 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

⑶ 受講後の能力向上について
該当番号に○を付けてください。

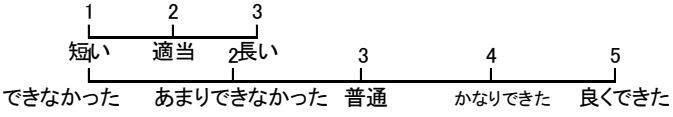


⑷ さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【９. 水車の選定】

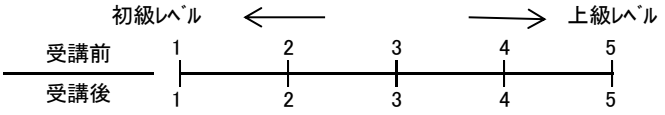
⑴ 時間は適当でしたか。

⑵ 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

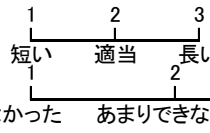
⑶ 受講後の能力向上について
該当番号に○を付けてください。



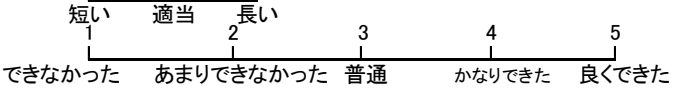
⑷ さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

【１０．維持管理を考慮した設計】

⑴ 時間は適当でしたか。

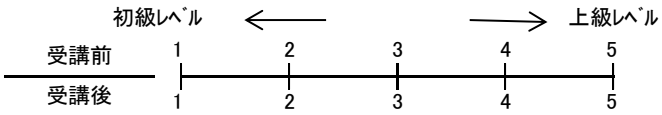


⑵ 理解できましたか。



理解できなかったことまたは理解できたことをご記入ください。

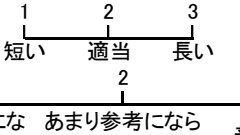
⑶ 受講後の能力向上について
該当番号に○を付けてください。



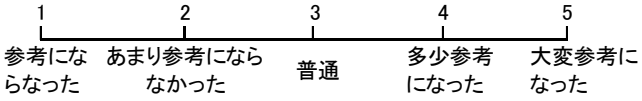
⑷ さらに必要と考えられる内容についてご記入ください。

Ⅲ．現地研修について

⑴ 時間は適当でしたか。



⑵ 見学や解説は参考になりましたか。

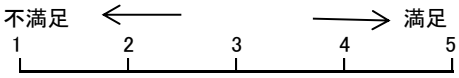


参考になったことをご記入ください。

⑶ 今後希望する見学箇所をご記入ください。

Ⅳ．研修会全体について

⑴ 今回受講されて受講動機は満足できましたか。



⑵ 満足できなかった点，満足できた点をご記入ください。

⑶ 研修日数は適当でしたか。

⑷ グループ制による進め方、グループ編成について感想をお書きください。

⑸ 専門コースとして今後希望する内容をお書きください。

⑹ 研修会全体を通じての感想をお書きください。

⑺ 今後の水力開発促進に必要と思われるポイントをお聞かせください。

⑻ 今後このような研修は必要だと思いますか。

ご協力ありがとうございました。

5.2 アンケート結果

表 5−1 アンケート回答実績

	東北（仙台）	近畿（神戸）	合計
受講者	17	18	35
アンケート回収数	17	18	35
同回収率	100%	100%	100%

5.2.1 受講者

(1)職種

土木職が 54 %であり、次に電気職 20 %であった（表 5−2 および図 5−1 参照）。

表 5−2 職種

	土木	農業土木	電気	機械	建築	環境	経済	その他	合計
合計(人)	19	1	7	0	1	1	0	6	35
比率	54%	3%	20%	0%	3%	3%	0%	17%	100%

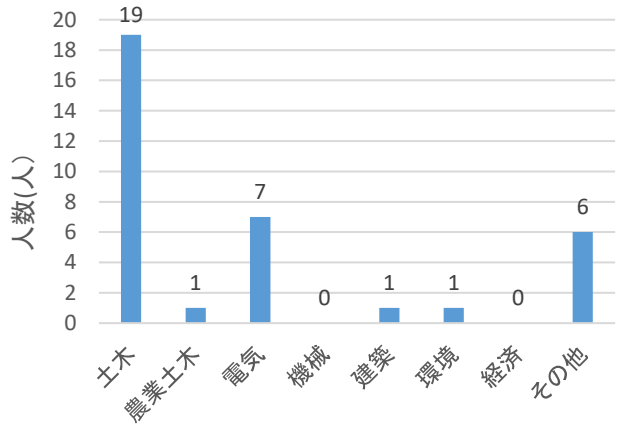


図 5−1 職種

(2)水力発電に係る経験年数

経験なしを含め1年～5年未満が 60 % を占めている。また1年未満が37%を占めている（表 5−3 および図 5−2 参照)。

表 5−3 水力発電に係る経験年数

	1年未満	1年～5年未満	5年～10年未満	10年以上	合計
合計(人)	13	21	0	1	35
比率	37%	60%	0%	3%	100%

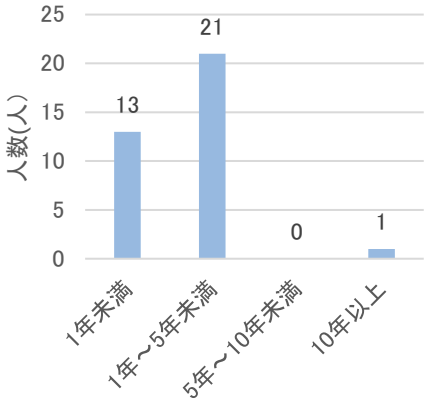


図 5−2 水力発電に係る経験年数

(3)水力設計に係る経験年数

全員が5年未満であり、そのうち1年未満が54 % を占めている（表 5−4 および図 5−3 参照)。

表 5−4 水力設計に係る経験年数

	1年未満	1年～5年未満	5年～10年未満	10年以上	合計
合計(人)	19	16	0	0	35
比率	54%	46%	0%	0%	100%

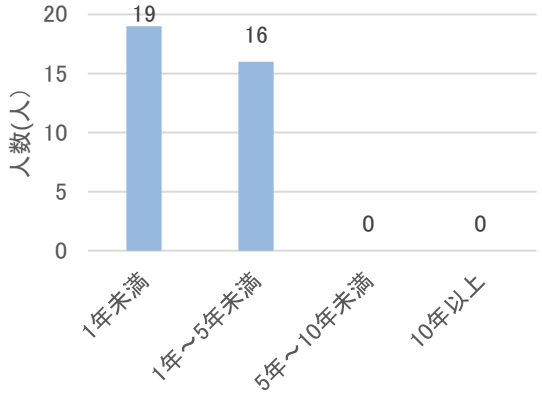


図 5−3 水力設計に係る経験年数

(4)所属

コンサルタントが 31 %であり、次に電力・関連会社が 23 %、さらに建設業が 17 %と続く（表 5−5 および図 5−4 参照)。

表 5−5 所属

	国	県	市町村等	教育･学校関係	電力･関連会社	小売電気事業者	コンサルタント	建設業	製造業	金融機関	NPO	その他	合計
合計(人)	0	1	0	0	8	5	11	6	2	0	0	2	35
比率	0%	3%	0%	0%	23%	14%	31%	17%	6%	0%	0%	6%	100%

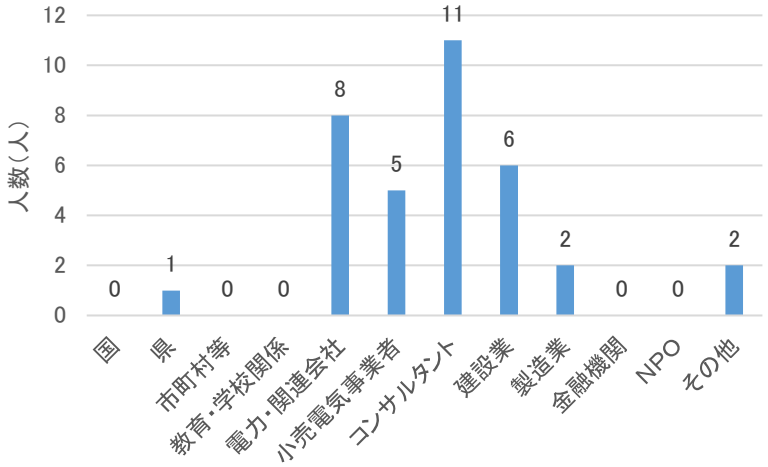


図 5−4　所属

(5)所属する学協会

電力土木技術協会が 30 %であり、次に技術士会が 20 %であった（表 5−6 および図 5−5 参照)。

表 5−6 所属する学協会

学会	土木学会	ダム工学会	電気学会	電力土木技術協会	技術士会	その他	合計
合計(人)	3	0	3	6	4	4	20
比率	15%	0%	15%	30%	20%	20%	100%

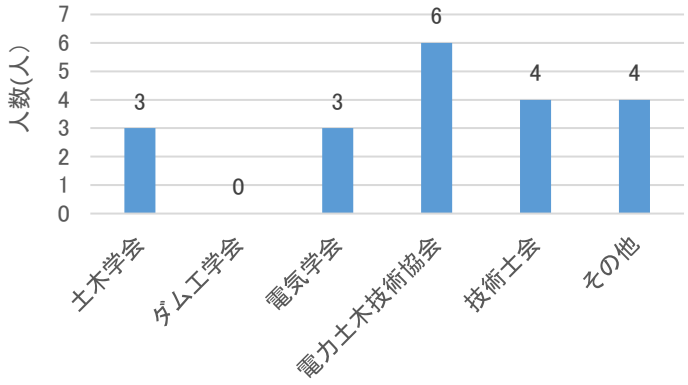


図 5−5 所属する学協会

(6)年齢

年齢は20代が31%であり、次に30代と40代がともに 23 %であった（表 5−7 および図 5−6 参照)。

表 5−7 年齢

	10代	20代	30代	40代	50代	60代	合計
合計(人)	0	11	8	8	4	4	35
比率	0%	31%	23%	23%	11%	11%	100%

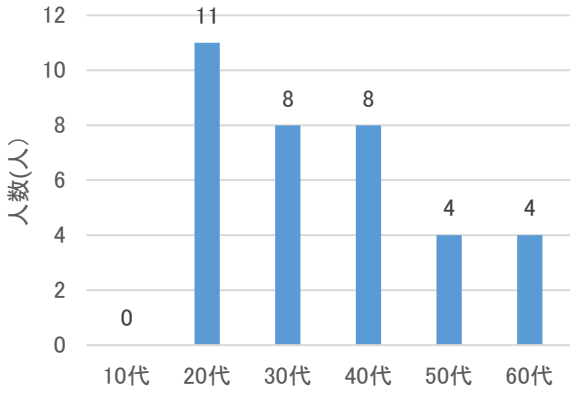


図 5−6 年齢

(7)性別

性別は男性が 91 %であり、女性は 9 %であった（表 5−8 参照)。

表 5−8 性別

	男性	女性	合計
合計(人)	32	3	35
比率	91%	9%	100%

(8)過去に受講した水力発電に関する研修

過去に受講した水力発電に関する研修は、昨年度から実施した（一社）電力土木技術協会（以下、電土協と記す）による人材育成研修会が多い（**表 5−9** および**図 5−7** 参照)。

表 5−9 過去に受講した水力発電に関する研修

	H28 電土協一般	H29 電土協一般	H30 電土協一般	H29 電土協専門	H30 電土協専門	NEF 実務研修会	NEF 基礎研修会	その他	合計
合計(人)	7	6	9	5	11	1	0	7	31
比率	23%	19%	29%	16%	35%	3%	0%	23%	100%

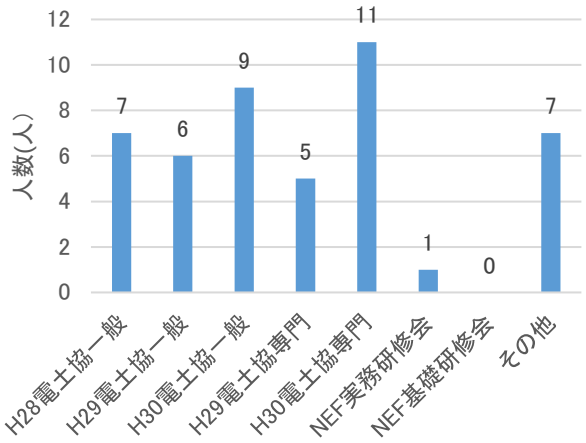


図 5−7 過去に受講した水力発電に関する研修

(9)本研修会をどのように知りましたか

電力土木技術協会からのメールで 51 %が、同協会のホームページから 26%が研修会開催の情報を得ている（**表 5−10** および**図 5−8** 参照)。

表 5−10 本研修会をどのように知りましたか

研修会	電土協のホームページ	電土協からのメール	既受講者からの紹介	その他	合計
合計(人)	9	18	4	4	35
比率	26%	51%	11%	11%	100%

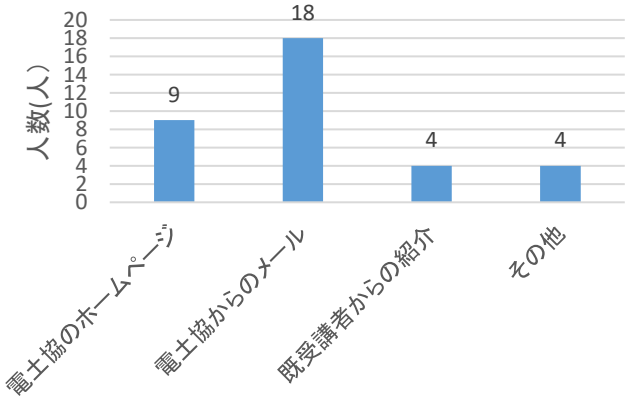


図 5−8 本研修会をどのように知りましたか

(10)今回の受講動機

さまざまな動機があげられているが、会社が水力発電に参入予定であること、および水力発電の設計のノウハウの習得が受講動機として多くあげられている。さらに、水車の開発に当たり土木設計などの知識を得たいとの受講動機もあげられている。

5.2.2 研修内容（座学）

各科目の結果概要は次のとおりである。

【１．水力発電計画に係る復習】

・一通り復習でき、これから受講するにあたって必要な内容を認識できた。

【２．構造物設計に係る基礎事項および技術基準】

・構造物を設計する上で必要な要素を理解できた。また、技術基準で「堰の適用除外についての補足説明」があって良かったとの意見があった。さらに必要と考えられる内容としては、揚圧力の算出等、書面にあまり書かれていない部分をもう少し掘り下げて欲しいとの要望があった。

【３．取水ダムに係る設計演習】

・取水ダムの作用荷重や設計洪水位の算出方法、並びに確率洪水量の計算が有用であった。さらに必要と考えられる内容としては、安定計算演習の希望があった。

【４．取水口・沈砂池・水槽の設計演習】

・取水口の損失計算、土砂吐き高の設定や取水口形状の決定の考え方が理解できた。さらに必要と考えられる内容としては、水面低下している状況を示した写真があるとわかりやすいとの要望があった。

【５.水路（導水路･放水路）の設計演習】

・基本的な設計方針について理解することができた。また、水理特性曲線の演習を通して水路断面の評価方法が理解できた。さらに必要と考えられる内容としては、異なる周辺地質状況における設計モデル（土圧・地盤バネ・水圧などの荷重の設定）に関する説明や演習が望まれるとの意見があった。

【６.水圧鉄管の設計演習】

・事例検討が充実し、グループワークもあり大変良かった。また、鉄管振動の原因と対策について未経験であり、今回演習できて良かったとされている。さらに必要と考えられる内容としては、水撃圧の計算に関する演習があげられる。

【７．固定台の設計演習】

・不平衡力の仕組み、曲率半径の考え方、および安定計算について理解できたこと、並びに固定台を通じてすべての力を支える構造をとることが理解できたとの意見があった。さらに必要と考えられる内容としては、地中埋設の場合の計算方法が望まれている。

【８.ケート・スクリーンの設計演習】

・扉体・開閉装置形体の特徴を理解できたほか、トラブル事例を実際に見ることができ，非常に勉強になったとの意見があった。さらに必要と考えられる内容としては、小サイズのゲート設計、及びスクリーンの塵芥対策事例が望まれている。

【９.水車の選定】

・比速度やキャビテーションについて理解ができたとの意見があった。さらに必要と考えられる内容としては、水車の効率特性や算定に関する演習が望まれている。

【１０.維持管理を考慮した設計】

・発電所が周辺の状況に応じた設計をされていることを知ることができたとの意見があった。さらに必要と考えられる内容としては、除塵対策のコスト削減実施例が望まれている。

5.2.3 研修内容（現地研修）

(1)研修時間

現地研修時間は、73%が適当と回答している（**表 5−11** および**図 5−9** 参照)。

表 5−11　現地研修時間

	短い	適当	長い	合計
合計(人)	8	22	0	30
比率	27%	73%	0%	100%

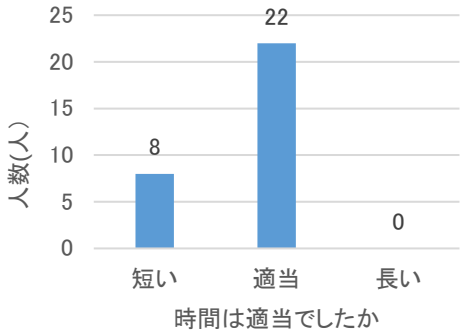


図 5−9 現地研修時間

(2)参考度

80%の受講者が「多少参考になった」および「大変参考になった」と回答している（**表 5−12** および**図 5−10** 参照)。

表 5−12 参考度

参考度	1	2	3	4	5	合計
	参考にならなかった	あまり参考にならなかった	普通	多少参考になった	大変参考になった	
合計(人)	0	0	6	13	11	30
比率	0%	0%	20%	43%	37%	100%
加重平均点	4.2					

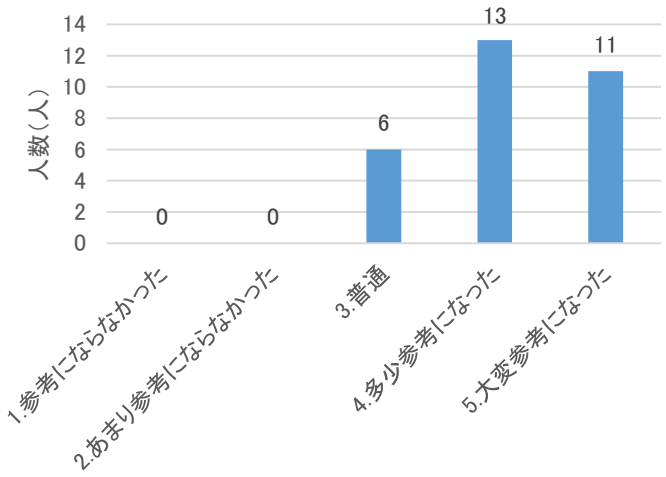


図 5−10 参考度

「参考」になったこととして、取水口や水車等実際に設備を見て座学で学んだことがイメージできたこと、ゴム堰等様々な型式の設備を見たこと、また発電所を実際に管理している人から直接話を聞いたことなどがあげられている。

(3) 今後希望する見学箇所

チロリアン取水など小水力発電特有の設備見学が希望されている。

5.2.4 研修会全体について

(1) 研修日数は適当でしたか

88%の受講者が、研修日数は適当と答えている（**表 5−13** および**図 5−11** 参照)。

表 5−13 研修日数は適当でしたか

	短い	適当	長い	合計
合計(人)	2	29	2	33
比率	6%	88%	6%	100%

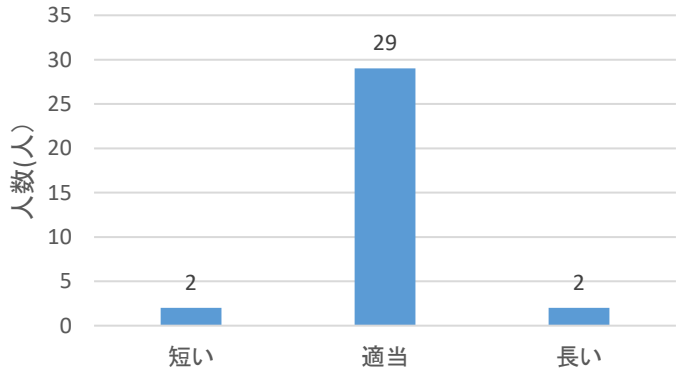


図 5−11 研修日数は適当でしたか

(2) 受講動機に対する満足度

受講動機に対する満足度は、かなり高いと評価できる（**表 5−14** および**図 5−12** 参照)。

表 5−14 受講動機に対する満足度

満足度	1. 不満足	2. やや不満足	3. 普通	4. やや満足	5. 満足	合計
合計(人)	0	0	10	17	7	34
比率	0%	0%	29%	50%	21%	100%
加重平均点	3.9					−

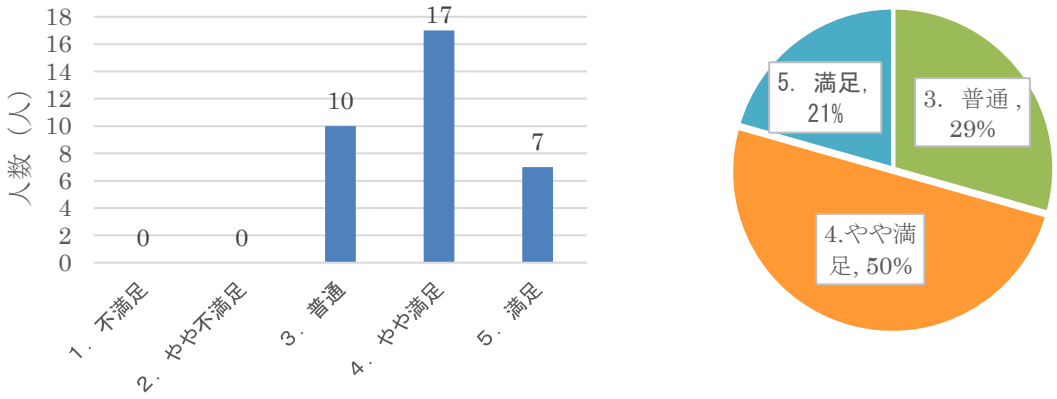


図 5−12 受講動機に対する満足度

(3) 満足できた点、満足できなかった点

・満足できた点として、ｉ）水力発電所の設計に対しての様々な知識を得ることができたこと、ii）設備毎の設計法，基づいた法令を体系的に勉強できたこと、iii）基礎的な内容も含まれており、テキストが充実していたこと、iv）設計を学ぶ良い機会となった。特に鉄管、ゲート、スクリーンの設計について詳細に学べたことなどがあげられている。

・満足できなかった点として、ｉ）研修会日数は、内容が多いので，2 回に分けた方が良い、ii）受け身の内容が多く，自分でやる内容を増やしてほしい、などがあげられる。

(4)グループ制について

・設計コースの内容は、計画コースの時に比べてグループ制の役割は小さかった様に思うが、それでも個人ベースよりも優れた体制であったとされている。

(5)今後希望する内容

・頻度の高い不具合・故障個所の例、ダムの安定計算の実習などが望まれている。また、ターゲットをもう少し小さな発電所（1,000kW 程度以下）に絞ったコースも作って欲しいとの希望があった。また、流量観測などの実施や正常流量調査に関する研修も望まれている。

(6)全体を通じての感想

・ｉ）実際の計算事例に触れられたこと、ii）課題解決の演習が勉強になったこと、iii)理論的な根拠も提示されたこと，及び iv）演習があったことは有益であったとされている。また、水力発電は初心者であったがとても理解しやすく有益であったとの意見もあった。

(7)今後の水力開発促進に必要と思われるポイント

・小水力の利用価値について PR，及び地域の活性化に貢献した事例等を紹介することで市町村の積極参加を期待したい。また、既設水力発電所の再開発、更新計画・設計に関する研修も望まれている。

⑻今後このような研修の必要性について

当該項目回答者全員が必要としている。

・今後も水力の知識のインプットの場として定期的に研修が必要であり、特に現地研修は電力土木技術協会と関係各所との繋がりがあってこそであり、今後とも研修会の実施をぜひお願いしたいとの要望があった。

水力発電人材育成研修会

テ　キ　ス　ト

一般財団法人　新エネルギー財団
一般社団法人　電力土木技術協会

目　　次

１．はじめに …… 1- 1

２．水力発電概論 …… 2- 1

2.1　発電原理と分類 …… 2- 1

2.2　わが国の水力の歴史 …… 2- 2

2.3　日本の包蔵水力 …… 2- 7

(1) 理論包蔵水力 …… 2- 7

(2) 包蔵水力 …… 2- 7

2.4　開発目標 …… 2- 8

３．概略計画と事業性評価 …… 3- 1

3.1　水力発電計画の策定手順 …… 3- 1

3.2　机上検討 …… 3- 2

(1) 水路ルートの検討 …… 3- 2

(2) 取水地点の流域面積 …… 3- 4

(3) 地点選定 …… 3- 5

(4) 減水区間 …… 3- 6

(5) 河川維持流量 …… 3- 7

(6) 自然および社会環境 …… 3- 7

3.3　現地踏査 …… 3- 8

(1) 現地踏査の目的 …… 3- 8

(2) 計画地点の地形及び地質確認 …… 3-10

(3) 地質踏査 …… 3-14

(4) 工事条件 …… 3-21

(5) 自然・社会環境条件 …… 3-22

3.4　流量資料 …… 3-23

(1) 流量資料の基本事項 …… 3-23

(2) 流量資料に係る最近の運用 …… 3-24

(3) 流量調査に関わる用語 …… 3-26

(4) 測定記録の単位及び数字の取扱い …… 3-26

(5) 測水所の設置に適した場所及び設備 …… 3-27

(6) 主な水位測定設備 …… 3-29
(7) 河川流量の測定 …… 3-30
(8) 流量調査結果の整理 …… 3-40
3.5 発電計画諸元の検討 …… 3-43
(1) 落差関係 …… 3-43
(2) 使用水量の決定 …… 3-45
(3) 発電力の算定 …… 3-49
(4) 発電電力量の算定 …… 3-52
(5) 水車の選定 …… 3-57
(6) 最適発電規模の決定 …… 3-60

3.6 概算工事費、経済性評価および事業性評価 …… 3-61
(1) 工事費の積算 …… 3-61
(2) 経済性の評価 …… 3-65
(3) 事業性の評価 …… 3-71
3.7 工事費積算および事業性評価の演習 …… 3-73

4. 地形・地質 …… 4- 1
4.1 「土砂災害」からみた地形・地質について …… 4- 1
(1) 我が国における「土砂災害」について …… 4- 1
4.2 地形・地質の基礎知識 …… 4- 5
(1) 土質地盤と岩盤 …… 4- 5
(2) 地質年代 …… 4- 5
(3) 地盤の構成物 …… 4- 7
(4) 岩石の種類と特徴 …… 4- 8
(5) 風化と変質 …… 4-12
(6) 地質構造 …… 4-13
(7) 地形判読 …… 4-16
4.3 中小水力開発で実際に行われる地質調査について …… 4-19
(1) 各設備に適した地形地質条件 …… 4-19
(2) 地形地質調査の流れ …… 4-20
(3) 調査手法 …… 4-20
(4) まとめ …… 4-27

５．環境保全 ･･･ 5- 1
5.1　水力発電所の環境問題 ･･･ 5- 1
5.2　環境影響評価制度 ･･･ 5- 1
(1) 環境影響評価法 ･･･ 5- 2
(2) 発電事業に係る環境影響評価制度 ･････････････････････････････ 5- 3
(3) 環境影響評価の実施と手続き ･････････････････････････････････ 5- 3
(4) 環境影響評価の項目 ･･･ 5- 6
(5) 電気事業法等による特例 ･････････････････････････････････････ 5- 6
5.3　環境保全関係法令 ･･･ 5- 8
(1) 自然公園法･･･ 5- 8
(2) 自然環境保全法 ･･･ 5-12
(3) 鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律 ･････････ 5-18
(4) 文化財保護法 ･･･ 5-20
5.4　減水区間に対する環境保全対策 ･････････････････････････････････ 5-22
(1) 減水区間に対する維持放流 ･････････････････････････････････････ 5-22
(2) 減水区間における魚類・水生生物対策 ･･･････････････････････ 5-25
(3) 減水区間に対する河川景観対策 ･････････････････････････････ 5-31
(4) 水質対策 ･･･ 5-32
5.5　水力発電設備の環境保全対策 ･･･････････････････････････････････ 5-34
(1) 魚類の迷入防止対策 ･･･ 5-34
(2) 魚道 ･･･ 5-35
(3) 水力発電設備の景観対策 ･････････････････････････････････････ 5-38
(4) 騒音・振動対策 ･･･ 5-40
5.6　新たな環境の創造と価値評価 ･････････････････････････････････ 5-43
(1) 新たな環境の出現 ･･･ 5-43
(2) 環境価値の分類と評価方法 ･･･････････････････････････････････ 5-44
(3) 貨幣価値換算（環境経済の計量） ･････････････････････････････ 5-44

６．関係法令・手続き ･･･ 6- 1
6.1　関係法令・基準 ･･ 6- 1
6.2　電気事業法 ･･･ 6- 4
(1) 電気事業法の体系および目的 ･････････････････････････････････ 6- 4
(2) 電気工作物 ･･･ 6- 4
(3) 電気工作物に係る主要な条項 ･････････････････････････････････ 6- 5

(4) 各開発段階における手続き …… 6- 6
(5) 発電設備の実態に応じた要否 …… 6- 7
6.3 河川法 …… 6- 8
(1) 河川法の体系および目的 …… 6- 8
(2) 河川法に係る主要な条項 …… 6- 8
(3) 小水力発電に係る許認可手続きの簡素化 …… 6-10
6.4 固定価格買取制度 …… 6-11
(1) 固定価格買取制度の概要 …… 6-11
(2) 改正 FIT 法における新固定価格買取制度 …… 6-12
6.5 森林法 …… 6-14
(1) 森林法とは …… 6-14
(2) 保安林とは …… 6-14
(3) 保安林の種類 …… 6-14
(4) 保安林の面積 …… 6-21
(5) 保安林における制限 …… 6-22
(6) 転用に係る保安林解除申請 …… 6-23
(7) 林地開発許可制度（普通林） …… 6-25

7．土木設備・電気設備の設計 …… 7- 1
7.1 土木設備の設計 …… 7- 1
(1) 取水ダム …… 7- 1
(2) 取水口 …… 7- 5
(3) 沈砂池 …… 7- 7
(4) 導水路 …… 7- 8
(5) 水槽（ヘッドタンク） …… 7-10
(6) 余水路 …… 7-11
(7) 水圧管路 …… 7-13
(8) 発電所 …… 7-22
(9) 放水路・放水口 …… 7-22
7.2 電気設備の設計 …… 7-23
(1) 水車の種類 …… 7-23
(2) 水車型式の選定における留意事項 …… 7-23
(3) 水車の特性 …… 7-24
(4) 水車・発電機効率 …… 7-30

(5) 発電機の種類と特徴 …… 7-34
(6) スクリーン …… 7-36
(7) 送変電設備 …… 7-37

８．運転・保守管理および主任技術者の実務 …… 8- 1
8.1 運転・監視制御 …… 8- 1
(1) 運転制御方式の種類 …… 8- 1
(2) 監視制御方式の分類 …… 8- 2
8.2 保守管理 …… 8- 4
(1) 保安規程に基づく保守管理 …… 8- 4
(2) 保守業務 …… 8- 4
(3) 報告 …… 8- 4
8.3 主任技術者の実務 …… 8- 5
(1) 主任技術者の職務 …… 8- 5
(2) ダム水路主任技術者 …… 8- 5
(3) 電気主任技術者 …… 8- 7

９．電力系統と運用 …… 9- 1
(1) 電力系統 …… 9- 1
(2) 運用 …… 9- 1
(3) 系統連系 …… 9- 1
(4) 誘導発電機 …… 9- 2

１０．水力開発のポイント …… 10- 1
10.1 水力発電の価値および開発の隘路 …… 10- 1
(1) 水力発電の価値 …… 10- 1
(2) 水力開発の隘路 …… 10- 1
(3) 隘路の解決に向けて …… 10- 2
10.2 制度・政策における地域貢献の要素 …… 10- 2
(1) 制度・政策における地域社会への貢献のねらい …… 10- 2
(2) 地域社会への貢献の要素 …… 10- 4
10.3 水力発電の地域貢献事例 …… 10- 5
(1) 農協による小水力発電 …… 10- 5
(2) 土地改良区による小水力発電 …… 10- 6

(3) 自治体による小水力発電の普及啓発 …… 10- 7
(4) 特定電気事業による集落への電力供給 …… 10- 8
(5) 電力会社によるダム湖の観光利用への協力と環境保全 …… 10- 9
(6) 電力会社による国の治水ダムと連携した洪水対策 …… 10-10
(7) 電力会社による被災水力発電所の復旧と河川の再生 …… 10-11
(8) 民間企業による環境と調和した小水力発電 …… 10-12
(9) 温泉事業者による小水力発電 …… 10-13
10.4 水力発電の地域貢献の可能性と課題 …… 10-14
(1) 地域経済の活性化 …… 10-14
(2) 地域インフラの整備 …… 10-14
(3) 地域へのエネルギー供給 …… 10-16
(4) 地域環境の保全・改善 …… 10-16
(5) 地域社会の活性化 …… 10-17
(6) 地域への定着 …… 10-17
10.5 地方創生に資する水力開発の考え方 …… 10-18
(1) 地域社会に永続的に貢献する総合的な水力開発の実現に向けて …… 10-18
(2) 地域が主体となった水力開発の推進体制 …… 10-19
(3) 地域が主体となった総合的な水力開発事業モデルの構築に向けて …… 10-21
［参考文献］ …… 10-24
［参考］再生可能エネルギーとしての水力の価値 …… 10-26

巻末資料

参考資料１　「水力発電事業性評価等支援事業」（人材育成等を行う事業に係る業務）」に関する「地域環境等の概観」について

参考資料２　環境保全関連

参考資料３　電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン

参考資料４　全国の代表的な流況

参考資料５　現地調査野帳例

１．はじめに

水力発電は再生可能なエネルギーであり、エネルギー源の大半を海外からの輸入に頼っているわが国にとって、貴重な純国産エネルギーである。また他の電源に比べCO_2の排出量が非常に少ないクリーンなエネルギーでもある。

経済産業省は、このような水力発電を促進する施策の一環として「水力発電に係る人材育成のための研修会」を平成28年度から引き続き平成30年度においても実施することになった。研修会の目的は有望と目される水力開発地点（再開発を含む）に関し、必要な調査（地形・地質、流況および水利や送配電系統の状況等）を計画・実施するとともに、その成果に基づいて、概略計画の策定ならびに事業性評価が実行でき、さらに効率的・経済的な水力発電の促進を進める上で必要な技術を有する人材等の育成を図ることである。

本テキストはこの研修会のために作成したものであり、開発計画から保守運営まで、今後新たに水力開発を始める人が理解できるよう入門書的な内容としている。

本テキストが水力開発に携わる多くの人材に活用され、わが国の水力開発の促進、さらにはエネルギーセキュリティの向上に寄与できれば幸いである。

２．水力発電概論

2．水力発電概論

2.1 発電原理と分類

水力発電は、河川水の有する主として位置エネルギーを水車によって機械エネルギーに変換し、発電機によって電気エネルギーを発生させるものである（図2-1-1参照）。

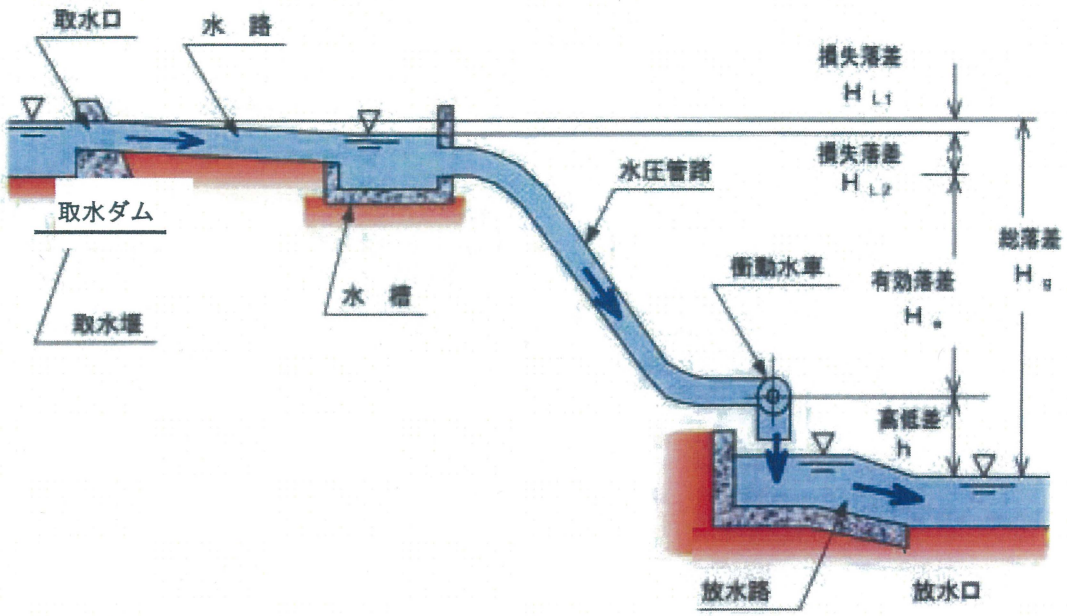


図2-1-1　水力発電の原理

出典）ハイドロバレー計画ガイドブック　平成17年3月　P3-1

注）“JEC-4001-1992”に基づく 衝動水車および反動水車 における総落差，静落差，有効落差 の関係は、後述する「３．概略計画と事業性評価」の図3-5-5および図3-5-6に示す。

水力発電は、落差を得る方法（発電形式）、並びに水の利用方法（発電方式）によって分類される。

(1) 発電形式による分類（落差を得る方法）

ｱ. 水　路　式：川の上流に取水ダムを造って水を取り入れ、水路により落差を得て発電する形式

ｲ. ダム・水路式：ダムの貯水位に加えて水路により落差を得る形式

ｳ. ダ　ム　式：主としてダムの貯水位により落差を得る形式

(2) 発電方式による分類（水の利用方法）

ｱ. 流れ込み式：河川水を調整せずに発電する方式。

ｲ. 調 整 池 式：日あるいは週間の調整を行う方式。

ｳ. 貯 水 池 式：季あるいは年間の調整を行う方式。

ｴ. 揚 水 式　：上池と下池を結ぶ発電所によって、電力の需給状況に即応して発電、又は揚水を行う方式。
上池の流域面積が狭い「純揚水式」と、流域面積が大きく年間流入量の多い調整池を上池に持ち、上池の自然流量と下池から揚水した流量を用いて発電を行う「混合揚水式」とがある。

本テキストは、これらのうち、中小水力発電所として今後も多く開発されるであろう「流れ込み式」、「水路式」発電を主な対象としている。

2.2 わが国の水力の歴史

(1) 明治～第二次世界大戦

明治維新以降におけるわが国の産業用動力は水車・人力・汽力であったが、明治中期になると、主要都市で電灯需要が急速に増加してきた。当時供給力の主体は石炭を燃料とした汽力発電であったが、交通が不便で石炭輸送に費用がかかったため、水力電源地帯に近い地方都市から殖産興業用として水力発電が始まった。

わが国における水力発電は、紡績業の自家発電用として1888年（明治21年）に運転を開始した三居沢発電所（宮城県：5 kW）が始まりとされており、1890年（明

治23年）には鉱山業として足尾銅山の間藤発電所（栃木県）が開発され、引続いて出力が数百kW程度の小規模な水力発電所が日本各地で開発された。一般電気事業用としては、1891年（明治24年）に京都市の琵琶湖疏水を利用した蹴上発電所（160 kW）が始まりとされている。

日清戦争(1894年～1895年)・日露戦争(1904年～1905年)を経て、日本の工業化が促進され、工場動力も蒸気機関から電力へと転換される動力革命が進展した。また、一般家庭の電灯が普及し、電気市場も拡大した。1899年（明治32年）広発電所（広島県：750kW)、沼上発電所（福島県300 kW）において高電圧での長距離送電が始まると、地方都市への電灯電力供給を目的として多数の電気事業者が誕生した。さらに、1907年（明治40年）駒橋発電所（山梨県：15,000 kW）の完成を契機として、送電圧がさらに高められ、送電距離も延長されて、遠隔地大型水力開発が本格化した。この結果、出力規模が数万kW の発電所の開発が行われるようになり、1911年（明治44年）には電力供給の主体が火主水従から水主火従に転換した。国では技術的に信頼できる水量、落差に基づいて水力開発の促進を図るため、渇水量（年間355日流量）を標準とした第１次発電水力調査（1910年～1913年）を全国規模で実施した。これによりわが国の包蔵水力の概況が初めて明らかにされた。

第一次世界大戦（1914年～1918年）期に産業用電力の需要がますます増大し、他方長距離送電による大規模水力の開発が可能となったことから、日本各地でそれらの開発が活発に行われた。1914年（大正3年）に竣工した猪苗代第一発電所（福島県：37,500 kW）は、日本初の電圧115kVで東京まで225.3kmの送電に成功した。

発電方式も従来は水路式が主であったが、ダム式やダム水路式がさかんに採用されるようになり、また、使用水量も渇水量から平水量（年間185日流量）程度まで利用される傾向となってきた。1918年（大正7年）野花南発電所（北海道：5,100 kW）は、日本で最初のダム式の水力発電所であり、1924年（大正13年）には大井発電所（木曽川：ダム水路式42,900 kW）が、わが国初のダム高53mを有する本格的ダム式水力発電所として建設された。これらを契機として1920年代中期（大正末期）からは出力規模数万kWの大容量水力開発が全国で行われた。この時期に平

水量を標準とした第２次発電水力調査（1917年～1921年）が実施されている。

昭和初期から第二次世界大戦前までは使用水量を平水量程度とする開発が継続され、各地で水路式に加え、ダム式・ダム水路式による発電所が相次いで建設された。1934年（昭和9年）には日本初の揚水式発電として池尻川発電所（関川：2,340 kW）が運転開始した。また、水力技術の進展に伴い、1931年（昭和6年）に当時世界最高の落差621.1mを有する小口川第三発電所（富山県：14,000 kW）が運転を開始している。

一方、1920年代初期からは、大都市への人口集中や産業活動の進展に伴って、上水道や工業用水道など新しい水需要が発生し、利水用の高ダムが建設されるようになってきた。また流域の土地の高度化利用によりダムによる洪水防御の要請も高まり、高ダムを利用して、河川を治水・利水両面から総合的に開発しようとする河水統制事業に基づく地点調査を含めた調査が第３次発電水力調査（1937年～1941年）として実施された。第二次世界大戦中は国が電力を管理することとなり、各地で数万kW規模の発電所が多数開発された。

(2) 第二次世界大戦～石油危機

戦後の急増する電力需要に対処するには、電力の量的確保が必要であることから国家的見地に基づく大規模電源開発が要請された。電気事業体制は1951年(昭和26年)に戦時中の国家管理から９電力会社に再編成され、また1952年(昭和27年)に「すみやかに電源開発及び送電変電施設の整備を行うことにより、電気の供給を増加し，もってわが国産業の振興及び発展に寄与する」（第１条）ことを目的として，電源開発促進法が公布された。これに呼応して，同年９月に電源開発株式会社が設立され，豊富で貴重な水力資源を有効に活用するため，貯水池式あるいは調整池式発電所の開発が強力に進められた。

1950年代半ばから1960年代にかけては、わが国資本主義の高度成長（神武景気、岩戸景気）に伴い電力需要も急増した。これに対応するため建設期間が水力よりも短期で、スケールメリットを有する高能率大容量火力発電所の開発が促進されることになった。火力発電所は設備の特性上、負荷の変動に対する即応性に乏し

く、また、設備が大容量化するにしたがって万一の事故の場合、送電系統への影響が大きい。一方、水力発電所の貯水池・調整池は、電気エネルギーを貯留水のかたちで備蓄できる特性がある。そこで水力は電力系統においてピーク供給力としての新しい役割をになうことになり、大容量火力と見合った大規模水力発電所の開発が促進されることになった。この時期は設計、施工技術の発達とも相まって、高さ100m以上のコンクリートダムやロックフィルダムによる大規模貯水池・調整池式およびそれに連なる大型の流込み式発電の開発が全国各地で展開された。国としても極力貯水池・調整池を計画し、水系一貫開発による河水の有効利用、河川総合開発事業への参画を図ること等を基本方針とした第４次発電水力調査（1956年～1959年）を実施している。

1960年代はベース供給力としての大容量火力発電の急速な進展に対し、ピーク供給大規模貯水池式発電に加えて揚水式発電の開発が要請されるようになった。

前述したように、日本で最初の揚水式発電所は、1934年(昭和９年)に運転開始した池尻川発電所（出力2,300kW）であるが、当時は豊水期の余剰水力を利用して揚水（野尻湖）し、渇水期にその貯えられた水を利用して発電するという河水の季節調整を目的としたものであり、その当時は開発地点も少なかった。1960年代に入ると、上部調整池（上池）へ流入する河水の流量も多い混合揚水式発電所が多く建設された。一方、大容量火力発電所の開発が急ピッチで進められた結果、1962年(昭和37年)には火力設備の容量が水力設備を上回り、1911年(明治44年)から続いていた水主火従は火主水従に再び転ずることとなった。

電力需要量の年間ピークは、1968年(昭和43年)を境にして冬から夏に移行した。これは家庭用クーラー、ビルなどの空調設備の急速な普及により冷房需要量が急増したことが要因となっている。この傾向は年を追って顕著になるとともに、夏期における電力需要のピークは、ますます尖鋭化していった。このように、電力需要量の急増に対応するため大型火力発電所の建設が進む中で、尖鋭化するピークに対し、新たに大規模な揚水式発電所の投入が要請さるようになった。

以後、1970年代から経済的な地点が少なくなってきた混合式揚水発電所に替わり、流域面積の小さい上部調整池で構成する純揚水式発電所が建設されるように

なり、コストダウンを主眼に、水圧鉄管、ポンプ水車の技術開発に応じて、揚程が500m～800m程度を有する超高落差の純揚水式発電所の開発が進められた。

(3) 石油危機～現在

1973年(昭和48年)および1979年(昭和54年)の２度にわたる石油危機により、日本政府は石油依存度の高い電力供給構造を改革するため、1980年(昭和55年)「石油代替エネルギーの開発および導入の促進に関する法律」を施行した。

この法律の中で水力は非枯渇性の国産エネルギーとして位置づけられ、石油代替エネルギーとしての観点から発電電力量（kWh）の開発に重点をおき、自然・社会環境との調和に配慮した第５次発電水力調査(1980年～1986年)が実施された。この結果、策定された計画地点は,平均出力4,600kWの中小規模が中心となり、スケールメリットが得られにくくなることから、国として交付金制度や中小水力用の技術開発など各種の開発促進体制の整備を図った。

近年では、水力発電は地球温暖化防止対策としてクリーンな再生可能エネルギーとして位置づけられ、2003年（平成15年）に施行された「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」（RPS法）により、出力1,000kW以下の中小水力発電が新エネルギーに含まれることになり、農業用水・水道用水などを利用した数十～数百kW程度の開発も行われるようになった。また、2012年（平成24年）からは再生可能エネルギーで発電した電気を、電力会社が一定価格で買い取る「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」（FIT制度）が創設され、水力も30,000kW未満のものはその対象となっている。

2.3 日本の包蔵水力

(1) 理論包蔵水力

地表に降った雨や雪が、蒸発、浸透などで失われることなくすべて海に注ぐものとしたとき、海面に対して持っている位置エネルギーの総和を「理論包蔵水力」といい、我が国の理論包蔵水力は、7,176億kWhと推計されている（出典：中小水力発電ガイドブック（新訂５版）新エネルギー財団 水力地熱本部 P24)。

(2) 包蔵水力

理論包蔵水力のうち技術的・経済的に開発可能なものが、一般にいわれる「包蔵水力」である。具体的な個別地点を積み上げて求めたものであることから、その値は技術の進歩、経済尺度の変化に応じて変動するものである。

平成28年度現在の我が国の包蔵水力を、経済産業省 資源エネルギー庁のホームページから引用して、表2-3-1 に示すが、現時点での包蔵水力（1,356億kWh）は理論包蔵水力（7,176億kWh）の約19%に相当する。

表2-3-1　全国の包蔵水力

区分	地点数	最大出力（万kW）	年間可能 発電電力量（億kWh）
既開発	2,005	2,804	954
工事中	59(5) △1	34 △109	11 △4
未開発	2,716 △267	1,886 △109	469 △74
合計	4,775 △268	4,630	1,356

△は新規発電所の建設に伴い廃止となる発電所
( )内は工事中のうち既開発地点の増設、改造中地点数
平成29年3月31日現在

出典）資源エネルギー庁　ＨＰ
http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/hydroelectric/database/energy_japan003/

2.4 開発目標

わが国エネルギー政策の枠組みとなる長期エネルギー需給見通しは，経済産業大臣の諮問機関である総合資源エネルギー調査会によって策定され，これまで数次にわたって改訂されてきた。平成２７年（２０１５年）７月には，エネルギー情勢の変化，地球温暖化対策や新エネルギーの導入状況等を踏まえ，中長期的な視点から，２０３０年のエネルギー需給見通しが公表された。

これによれば，まず，経済成長や電化率の向上等による電力需要の増加を見込む中，徹底した省エネルギー（節電）の推進を図り，２０３０年度時点の電力需要については２０１３年度とほぼ同レベルまで抑えることを見込んでいる。

中で、重要な低炭素の国産エネルギー源である再生可能エネルギーについては，２０１３年から３年程度，導入を最大限加速していき，その後も積極的に推進していくこととしており，我が国の自然条件等を踏まえつつ，各電源の特性に応じた再生可能エネルギーの最大限の導入を行う観点から，自然条件によらず安定的な運用が可能な地熱・水力・バイオマスにより原子力を置き換えるものとしている（図 2-4-1 参照）。

これによって，東日本大震災後の原子力発電所の運転停止によって約６％にまで大きく低下した我が国のエネルギー自給率は２４％程度に改善し，エネルギー起源のCO_2排出量は，２０１３年度総排出量比約２２％減を目指している。

「再生可能エネルギー各電源の導入の動向について　平成２７年３月 資源エネルギー庁」によれば、水力発電の導入量に関して以下のとおりとしている。

- 現在進行中の案件又は経済性のある案件のみ開発が進む場合、大規模 19 万 kW、中小規模 16 万 kW の導入が見込まれ、既導入量と合計すれば 4,780 万 kW（825 億 kWh）の導入が見込まれる。なお、2020 年までには 23 万 kW が見込まれる（大規模のうち、既に建設が進められており 2020 年までに運転開始する 17 万ｋＷと中小規模の年数按分 6 万ｋＷの合計）。
- また、既存発電所の設備更新による出力増加、未利用落差の活用拡大等が進んだ場合、2030 年までに大規模 35 万 kW、中小規模 42 万 kW が導入されると見込まれ、既導入量と合計すれば、4,822 万 kW（845 億 kWh）となる。

・ さらに、自然公園法や地元調整等自然・社会環境上の障害や規制を受けるもののうち、それらが解決可能とされる地点の開発等が進んだ場合、それぞれ大規模 91 万 kW、中小規模 206 万 kW が想定され、既導入量と合計すれば 5,041 万 kW（953 億 kWh）の導入が見込まれる。

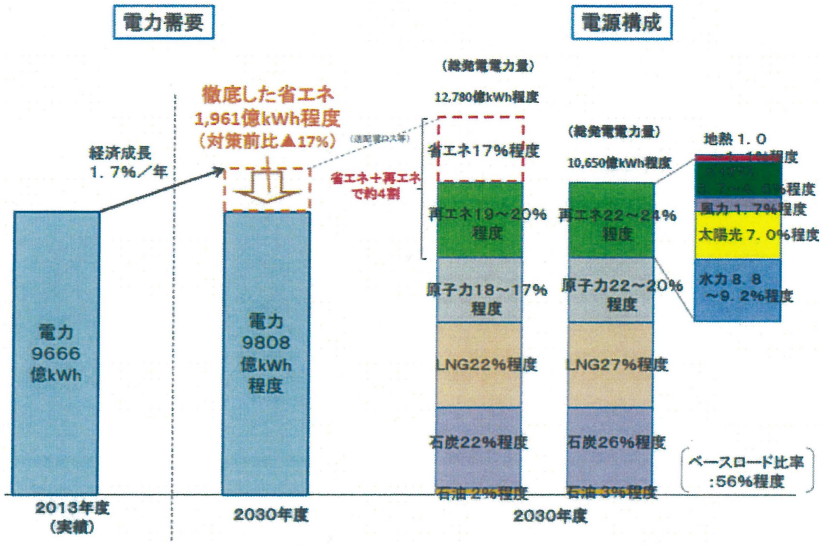


図 2-4-1　電力需要・電源構成

出典）再生可能エネルギー各電源の導入の動向について
平成２７年３月 資源エネルギー庁

・ http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/004/pdf/004_06.pdf
・ http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/011/pdf/011_07.pdf

３．概略計画と事業性評価

3．概略計画と事業性評価

3.1　水力発電計画の策定手順

水力発電計画は、取水ダム、取水設備、導水路、水槽、水圧管路、発電所及び発変電機器、放水路、放水口といった主要設備の設計はもとより、それらを実際に施工するのに必要な仮設備についても慎重に検討して、工事費の節減に努めるとともに、全体として最も合理的なものとする必要がある。

実際に発電計画の策定にあたり、すべての資料、情報を収集して詳細な作業から進めることは得策ではないので、通常は、実現性の見通しに応じて徐々に精度を高めた計画策定作業を重ねていく方法が採用されている（表 3-1-1 参照）。

表 3-1-1 水力発電計画の策定手順

設計段階	地形図	検討内容
可能性調査	1/50,000～1/25,000	• 多数の発電計画を策定し、有望地点を抽出する。（経済性の相対比較）。 • 概略の発電諸元、概略の水路ルートを検討する。
概略設計	1/5,000程度	• 発電諸元及び水路ルートを検討する。 • 測量範囲を設定する。 • 地質調査範囲を設定する。
基本設計	1/500程度 （実測図）	• 主要構造物の設計 • 概略設計の妥当性の検証 • 関係者との合意形成 • 関係機関との事前協議
実施設計	1/500～1/200程度 （実測図）	• 構造物・機器類の設計 • 官庁手続き • 工事の発注 • 電気関係設備の発注
詳細設計 （細部設計）		• 電気関係の機器が決定したことで追加して必要となる細部の設計　等

本テキストは、主に「可能性調査」と「概略設計」の一部に係る「机上検討」を中心に、そのポイントを述べる。

3.2　机上検討

(1) 水路ルートの検討

① 水路ルートとは、取水設備、導水路、水圧管路、発電所及び放水路のルートを総称したものをいう（図3-2-1 参照）。

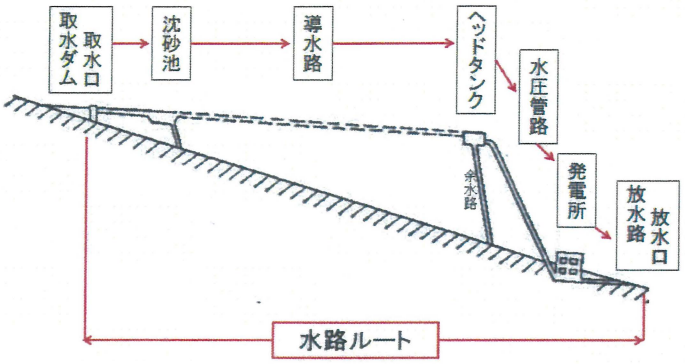


図 3-2-1 水路ルート

② 流れ込み式（水路式）発電計画では、取水地点における流域面積を大きく損ねない範囲で、できるだけ短い水路で高い落差が得られるルートを選定する。図 3-2-2 に水路ルートの比較案を例示する。

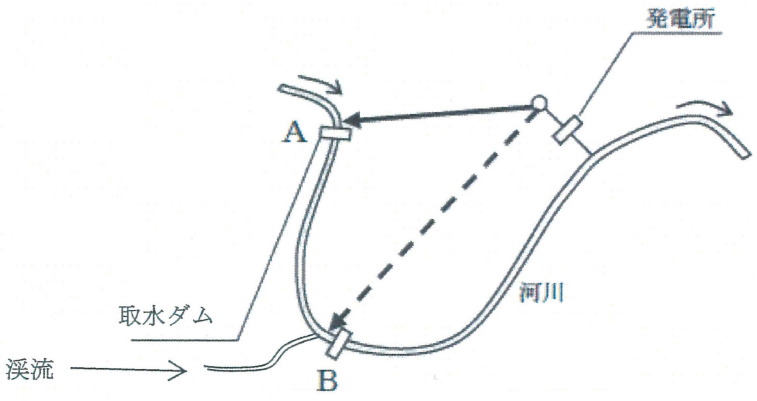
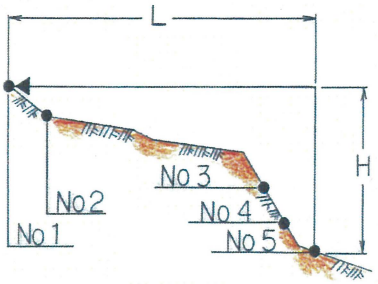


図 3-2-2 水路ルートの比較検討

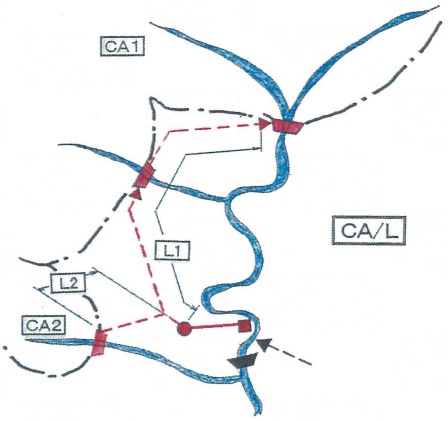
③ 農業用水を利用する発電計画では、いくつかの連続した落差工の区間に対して、比較的短い水路で大きな落差が得られる地点に発電設備を設置するのが得策である。

④　計画初期段階では水路効率（H／L）、及びＣＡ／Ｌ等を判断指標となる。

ここに、
H／L　＝落差／水路延長 ： 極力大きな地点が有利（水路効率の良い地点）
ＣＡ／Ｌ＝流域面積／水路延長: 極力大きな地点が有利



H／L



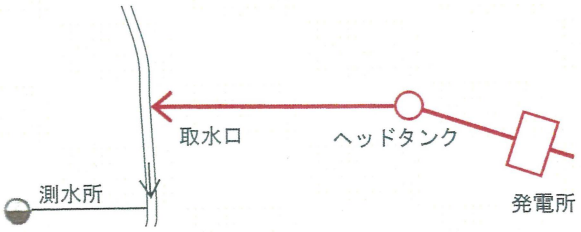
ＣＡ／Ｌ

⑤　本川以外の渓流取水など、他流域から取水することの適否は、H／L、ＣＡ／Ｌ等の指標の他、増分工事費と増分発電電力量の比(kWh当たり増分建設単価)により判断する。

⑥　水圧管路は，極力地山の尾根部に計画する。

【 参考：水路ルートのシンボル 】

発電計画における水路ルートは朱書きとし、通常、下記のシンボルを使用する。



(2) 取水地点の流域面積

取水地点の流域面積は、設計洪水流量の算定や既存の測水所流量を計画地点の流量に流域比で換算するためなどに用いる重要な資料であり、計画初期段階から把握しておかなければならない。

流域面積は、国土地理院の1/50,000、又は1/25,000地形図を用い、流域の境界（分水嶺、分水界）を明らかにした上で、その面積をプラニメーターで計測する。

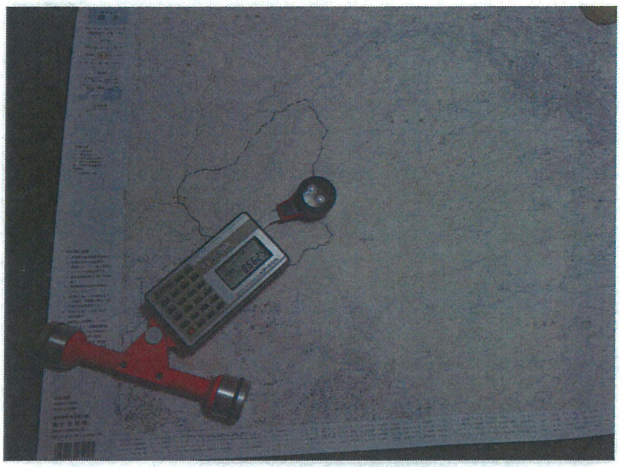


写真 3-2-1 1/25,000地形図とプラニメーター

注）プラニメータ（Planimeter）とは、地図など平面上の図形の輪郭をなぞることにより、その面積を計測する装置である。面積計ともいう。

流域面積の計測は、プラニメーターを用いることが原則であるが、計画初期段階で複数の地点を比較するような場合では、参考値として国土地理院が公表しているウエブ地図の利用も考えられる（図3-2-3 参照）。

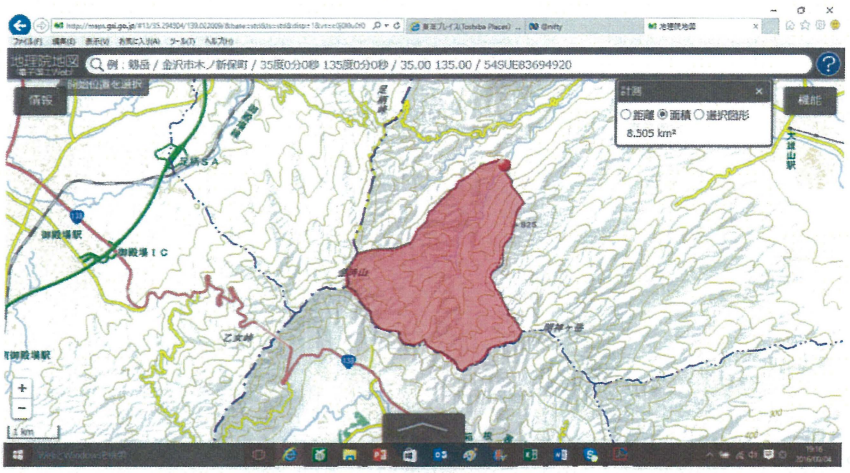


図 3-2-3 地理院地図を利用した流域面積の把握の例
地理院地図ウエブサイト；http://maps.gsi.go.jp/help/index.html

農業用水路など既設水路を利用した発電計画では、流域面積が明確になっているので、これを把握すればよい。

(3) 地点選定

① 取水ダム，発電所などを設置する場所は，河道の流下断面を確保しなければならない（改定 解説・河川管理施設等構造令 第37条 P188)。

② 導水路トンネルは、30m程度以上の土被りを極力確保する。導水路トンネルは、坑口あるいは中間作業坑（片押し3km程度以内になるよう作業坑を設定する）までのアクセスに留意する（出典：中小水力発電ガイドブック（新訂５版）新エネルギー財団 水力地熱本部 P36)。

③ 導・放水路は、トンネル以外に開渠や暗渠またサイフォン・水路橋を設置することも考慮する。

④ 発電所は、水車・発電機等の据付・保守管理が必要となるため、進入路を確保するための費用の削減を考慮する。

⑤ 水路ルート全般にわたり、地山の崩壊状況について留意する。

参考：河川の計画規模

河川の重要度と計画規模は、参考として表3-2-1に示す。

表3-2-1 河川の重要度と計画の規模

河川の重要度	計画の規模（計画降雨の降雨量の超過確率年）＊
A 級	200 以上
B 級	100～200
C 級	50～100
D 級	10～ 50
E 級	10以下

＊）年超過確率の逆数

出典）河川砂防技術基準（案）・同解説 計画編 P12

(4) 減水区間

① 水力発電所を設置することにより図 3-2-4 に示すように、取水地点下流において河川に減水区間が生じる場合がある。このような場合は、河川環境保全の目的で減水区間の河川流量を確保するために、取水地点より下流へ河川維持流量分を放流する必要がある。

② 河川環境保全対策として、取水ダムには魚道の設置が必要となる場合がある。

③ かんがい用水等の取水が行われている場合は、これら必要水量の確保も必要となる。

④ 河川維持流量は発電に利用できないので、流量資料からあらかじめ差引いておく。

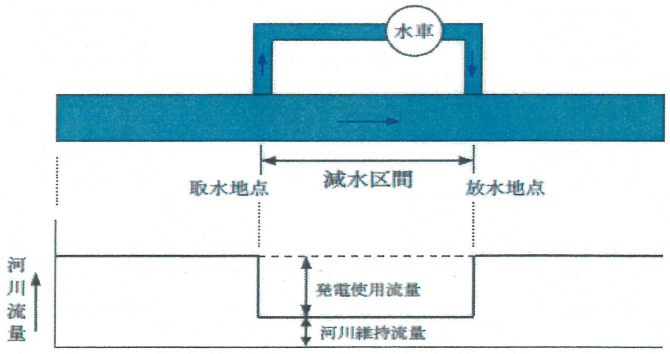


図 3-2-4 河川維持流量と発電使用流量の関係
出典）ハイドロバレー計画ガイドブック P5-5

(5) 河川維持流量

前述のとおり、取水地点と発電所の放水口までの減水区間には、通常、河川維持流量を放流する。

河川維持流量は、「正常流量検討の手引き(案)平成19年9月 国土交通省河川局 河川環境課」において、必要流量の検討項目として①動植物の生息地又は生育地の状況、②漁業、③景観、④流水の清潔の保持、⑤舟運、⑥塩害の防止、⑦河口の閉塞の防止、⑧河川管理施設の保護、⑨地下水位の維持の9 項目を挙げている。

また、「発電ガイドラインについて　平成15年7月18日　国土交通省河川局」では、

発電取水口等における集水面積（流域面積）が200km^2 以上の既設発電所の水利権の許可更新時における河川維持流量として、流域面積100km^2 当たり概ね0.1～0.3m^3/s程度とするものとしているが、近年開発された流れ込み式発電所では、計画地点の環境条件等を踏まえ、発電ガイドラインでの値よりも多い100km^2 当たり0.5～0.6 m^3/s程度を河川維持流量とする例もある。

したがって、計画の実施に際しては、地元関係者や河川管理者との十分な協議を行って、河川維持流量を決定する必要がある。

(6) 自然および社会環境

自然環境保全に係る法規制等（自然公園法等）に留意する。例えば、自然公園法で定められている特別保護地区（及び第１～３種特別地域）や鳥獣保護区など貴重な動植物の種の分布が認められる地域では、水力開発が困難となる場合もあるため、計画初期段階にあってもこれらを把握しておくことが望ましい。

3.3 現地踏査

(1) 現地踏査の目的

現地踏査は、計画段階、調査・設計段階、及び施工段階など各ステップでの調査対象や目的・内容・精度に応じた方法が要求される。そのねらいは次のとおりである

1) 計画段階

計画初期の計画段階では、机上の検討を補完するためにも現地調査を実施し、計画の精度向上を図ることが必要である。現地調査を実施するに当たっては、以下に示す項目等に着目して行うことがポイントである。

① 既存道路の状況や土地所有者区分

② 既設電力系統の状況（既設系統の有無、電圧・容量・発電所からの距離等）

③ 河川水の利用状況（既得水利権、河川を利用したマス釣り場やキャンプ場などレクリエーション施設等の有無）

④ 取水地点近傍の転石状況などから、出水時の河道状況を推測する。

⑤ 取水地点の河床及び左右岸の地質状況（例えば岩盤露頭など）を確認する。

⑥ 取水地点近傍上流における橋梁の有無を確認する。

⑦ 取水地点付近における取水設備の有無を確認する。

⑧ 河川水のｐＨ（水素イオン濃度）を把握する。

⑨ 法規制（河川法、自然公園法、自然環境保全法、国有林野法、森林法、砂防法他）

⑩ その他の開発計画（宅地開発、道路計画、観光開発等の有無）

⑪ 地形図や地質図などから、計画した水路ルート及びその近傍の地質状況を推定する。また、既設の切土のり面の状況（掘削勾配、変状の有無）は今後の有用な情報となる。

なお、上下水道、工場内水利用の発電方式では、既設施設内での発電計画となる場合が多く、これら現地調査項目の多くは必要にはならない。

2) 調査・設計段階

調査・設計段階では、計画地点を含む広範囲の地形・地質・土質・水理・災害現象などを巨視的に観察し、既存情報の確認や新たな現地情報を収集する。また、それらをもとに完成後のイメージを構築し、とりわけ土工に対する将来予測などを総合的に判断して、(a)土工上の問題点 (b)土工地点の地形・地質条件 (c)今後の調査や施工計画の立案に係る留意点などを整理する（図 3-3-1 参照)。

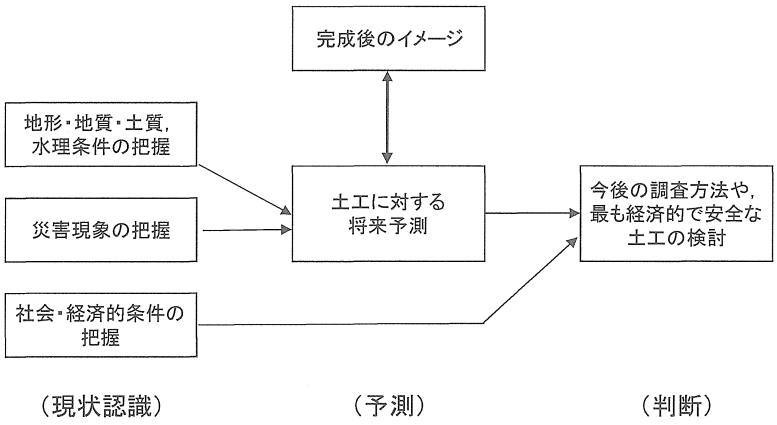


図 3-3-1 現地踏査の目的
出典) 土木技術者のための現地踏査 鹿島出版会 P2

3) 施工段階

切土や盛土など土工作業の進捗に応じて、設計時の想定と現場の実態が一致しているかどうかを常に確認する。特に、地すべりや斜面崩落の予想される個所は入念に確認・点検して事故防止を図る。また、施工中の切土のり面や擁壁などの変状、湧水の変化などにも注意する。

施工中に地すべりや斜面崩落が起きた場合には、直ちに踏査して発生機構等を推定し、全体としての変位状況の把握、ボーリング調査などによる地下構造や地下水位の確認などを行い、その結果にもとづいて所要の対策を検討する。

以上のとおり、現地踏査は計画初期段階（可能性調査）から施工段階に至るまで連続性を保ちながら継続して行われる極めて重要な作業であるが、ここでは、計画初期段階で行われる現地踏査について、その留意事項を述べる。

(2) 計画地点の地形及び地質確認

1) 地形及び地質情報

地形情報に関しては、国土地理院発行の1/25,000又は1/50,000地形図、地質情報は地質調査総合センター発行の1/25,000 地質図、又は各都道府県別にまとめている1/50,000 地質図を利用するのが一般的である。

2) 注意が必要な地形

地形は地質を反映していることが多いことから、建設・保守に際して問題になる地質や、不安定な斜面の存在をある程度推定できることがある。

一般に、地形判読は、地形図や空中写真を用いて行うものであるが、開発予定地点の近傍に注意を要する地形があれば、必ず現地で確認することが肝要である。ここでは、とくに注意を要する地すべり、土石流、断層地形について紹介する。

まず、図3-3-2に示す地形図（模式図）上で傾斜が急変する線に注目する。高度が高い地区に対して低い地区が急傾斜であれば遷急線、逆に低い地区が緩傾斜であれば遷緩線と呼ぶ。この図では、破線が遷急線、実線が遷緩線を表している。

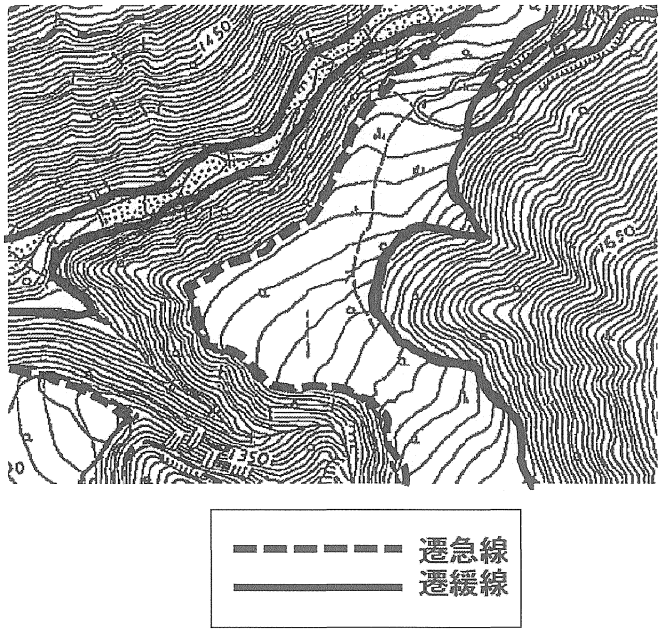


図 3-3-2 地形図上の遷急線と遷緩線

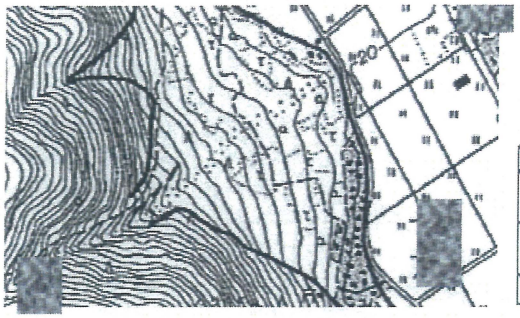


図 3-3-3 扇状地・沖積錐地形（平面図）

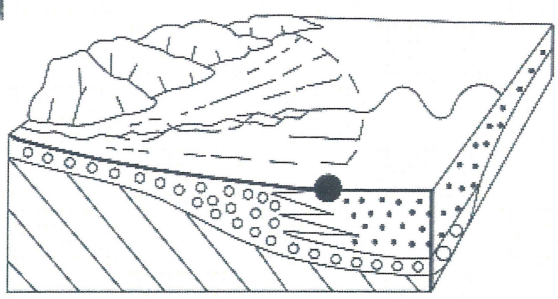


図 3-3-4 扇状地・沖積錐地形（立体断面図）

図3-3-3および図3-3-4は、扇状地・沖積錐地形と呼ばれている。●は、遷緩点を表す。扇状地は、上流からの土石流が堆積して形成されることが多いといわれている。

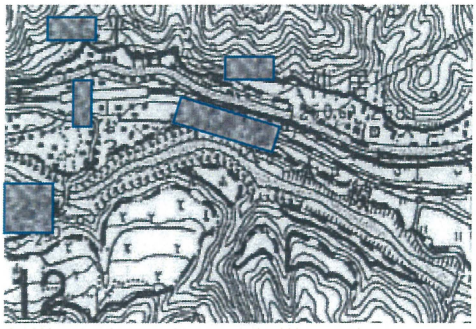


図 3-3-5 側方浸食地形（平面図）

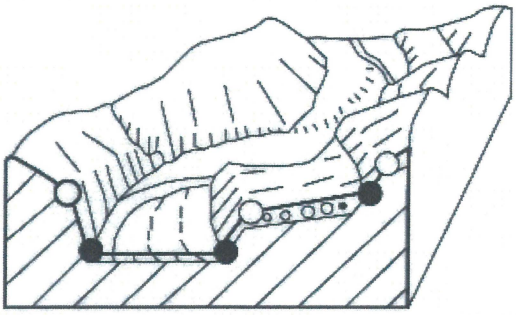


図 3-3-6 側方浸食地形（立体断面図）

図3-3-5および図3-3-6は、側方浸食地形と呼ばれている。○は、遷急点を表す。側方浸食は、水平方向に働く浸食作用で、広い蛇行帯を形成する要因になる。

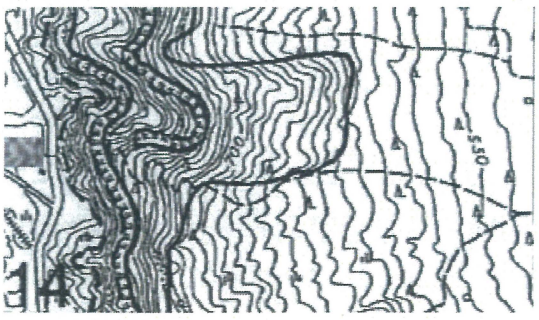


図 3-3-7 差別削剥斜面地形と崖錐（平面図）

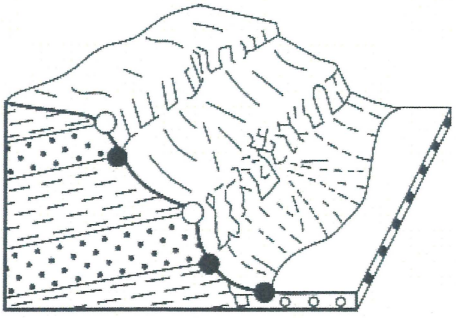


図 3-3-8 差別削剥斜面地形と崖錐（立体断面図）

図3-3-7および図3-3-8は、差別削剥斜面地形と崖錐を示している。差別削剥斜面は、断層などの弱線に沿うことが多い。

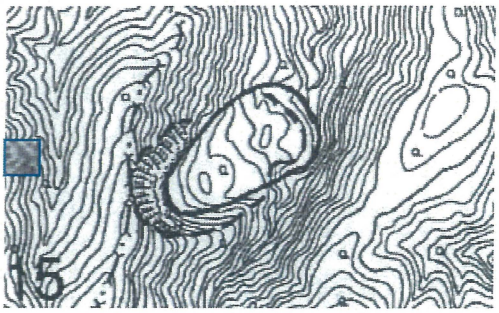


図 3-3-9　地すべり地形（平面図）

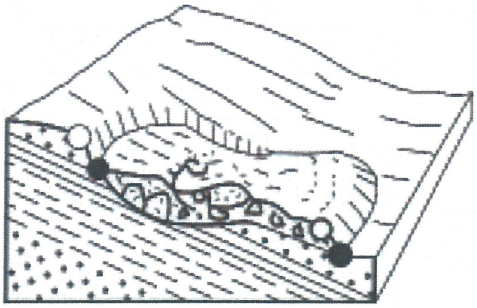


図 3-3-10　地すべり地形（立体断面図）

図3-3-9および図3-3-10は、地すべり地形を示している。地すべり地形は、まわりの地形にくらべ、等高線が著しく乱れているのが特徴である。また、斜面上位に崖があり、下位には緩斜面がみられるなど、多段式の地形を形成している。

3）地形や地質分布と植生の関係

地形や地質の分布と植生の間には、ある程度の相関が認められることが知られている。例えば、「湿潤した崖錐堆積物の厚いところにはスギ林が発達し、やせて乾燥したところには松が多い。」、「含水比が高い未固結堆積物が厚いところに竹林が発達する。」などと言われている。また、スギやヒノキは、一般的に根の深さは地上からの木の高さの１／５～１／７に達するといわれており、これを目安に表層の厚さ（表土厚）を推定することも可能である（表 3-3-1 参照）。

表 3-3-1 関東地方山岳地の土被りと代表的な樹木

土被り	代表的な樹木
薄い	アカマツ，シャクナゲ，ツツジ
中間	クヌギ，ナラ，クリ
厚い	スギ，ヒノキ

出典）これだけは知っておきたい斜面防災１００のポイント
奥園誠之 著 鹿島出版会

写真3-3-1 山間部における植林（杉）の事例

写真3-3-1は、山間部の杉植林の状況を示している。写真から、常緑針葉樹である杉は沢沿いあるいは緩傾斜部にみられ、当該地盤は前述のように湿潤した厚い崖錐堆積物が分布しているものと判読できる。その他の落葉している広葉樹林帯は尾根や急傾斜部に発達しており、乾燥した、すなわち保水を許容しない比較的硬質な地盤であることが推定される。

その他として、「根曲り」や「木の立ち枯れ」も重要である。

「根曲り」は積雪の圧力による場合と地層が移動した場合に見られる。両者の見分け方は難しいものであるが、後者は注意を要するものである。

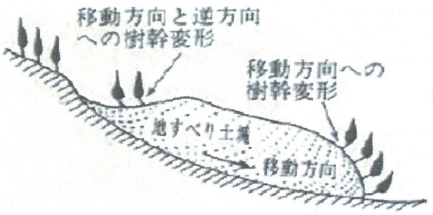


図 3-3-11 地すべり土塊上の樹幹変形

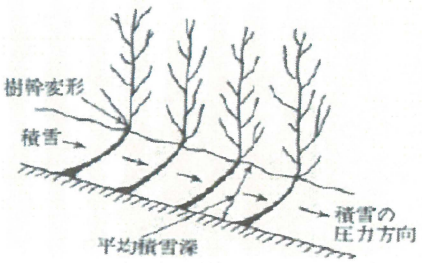


図 3-3-12 積雪の圧力による樹幹変形

連続して見られる木の立ち枯れは、地すべり箇所であることを疑ってみる必要がある。地面に亀裂（テンションクラック）があると、木の根の発達が不十分となり立ち枯れを起こすことがあるからである（図 3-3-13 参照）。

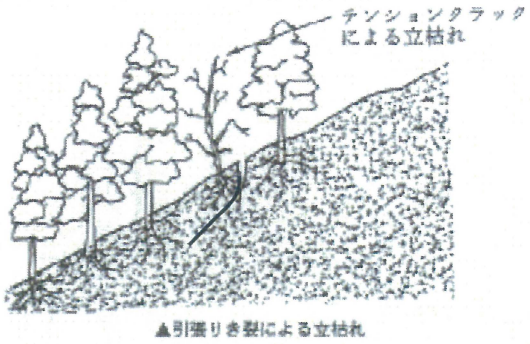


図 3-3-13 引張り亀裂（テンションクラック）による立枯れ

出典）これだけは知っておきたい斜面防災１００のポイント 奥園誠之 著 鹿島出版会

以上のような関係が、地形・地質と植生の間に認められている。ただし、植生の生育には広域的な気候や地域特性、湿地などの局部的な地形要素、あるいは人工的な改変による影響があらわれていることがあり、植生がその地点の地質のみに支配されているものではないことに留意しなければならない。

(3) 地質踏査

現地踏査のひとつとして行う地質踏査について、注意すべきポイントについて以下に記す。

1) 事前準備

調査地点の地質踏査を安全かつ効率的に進めるためには、事前の準備が重要である。

① 調査地点が含まれる既往の地質図や文献などをできるだけ調べて、大まかな地形・地質の特徴を頭に入れておく。

② 衛星写真や、さらに精度が高い空中写真が入手できれば、写真判読によって地形の特徴を把握しておく。

③ S＝1/25,000～1/50,000 地形図を使って、現地までのアクセスを確認しておく。

④ 調査地点周辺では、一般道路のほか林道や農道、あるいは沢沿いや尾根筋の

踏査ルートを、S＝1/5,000 程度のスケールの地形図であらかじめ確認しておく。必要に応じて、入山許可を得ておくこと。

⑤ 地質調査用の道具を点検、準備する。・・・岩検ハンマー、たがね、クリノメーター、スケール、高度計、双眼鏡、ルーペ、カメラ、野帳、筆記具、地形図（S＝1/5000)、サンプルケース、調査袋、温度計、pH 試薬、ヘルメット、防寒服、懐中電灯など。

写真 3-3-2 岩検ハンマーの例

写真 3-3-3 クリノメーターの例

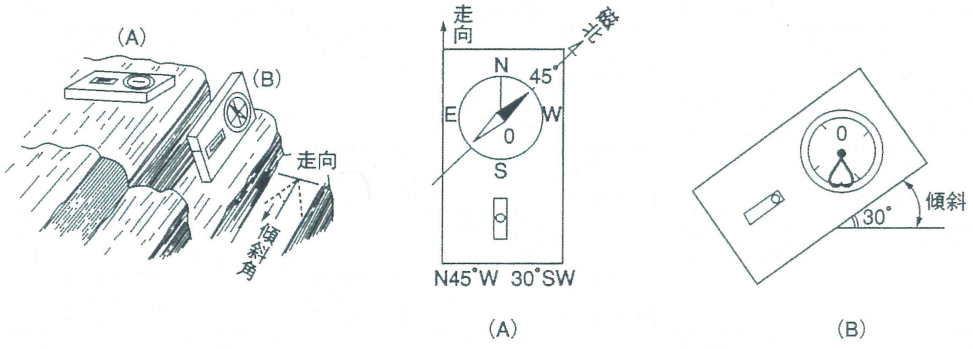


図 3-3-14 クリノメーターの測定方法

注1. 走向傾斜の「走向」とは、地層の面が水平と交わる線の方向のことで、北を基準として表現する。たとえば（A）では、北から西方 45° を指しているので、N45° W と書き表わす。なお、クリノメーターの E（東）と W（西）は、読み取りの関係で逆になっているので注意すること。

注2. 走向傾斜の「傾斜」とは、水平線と直角報告の地層面の傾斜角度のことで、走行が N-W の場合は傾斜が NE または SW 方向か、また走向が N-E の場合は傾斜が NW または SE 方向かを、明確に記録する。たとえば（B）で

は、南方に30° 傾斜しているので、30° SWと書き表わす。

注3. 以上を踏まえ、図に示す地層面の走向傾斜は、N45° W30° SWと書き表わす。なお、走向がNSの場合の傾斜はEかWの方向を、また走向がEWの場合の傾斜はNかSの方向を記録する。

2) 地質踏査

① 地質踏査の前に、対岸や尾根の高位標高部から対象地点を概観し、目印や調査順序などをあらかじめ決めておく。

② 地形は、地質構造や地質現象を反映している場合が多い。地すべりの滑落崖地形はその典型である。また、不自然な鞍部地形は、断層の存在が推定されるので注意を要す。

③ 斜面地形を調査する際には、地盤の傾斜や沈下・隆起・段差などの微地形に注目する必要がある。

④ 植生は、風化して軟質化した堆積物の層厚を反映する場合がある。岩盤の上盤に存在する軟質層の被りを推定するのにも役立つ。

⑤ あらかじめ決めておいた踏査ルート沿いの露頭を探す。露頭が見つからない場合は沢沿いを歩き、河床露頭を調査する。

⑥ 地質踏査で得たデータは、スケッチやルートマップ、あるいはS＝1/5,000程度のスケールの地形図に詳細に記録する。これらは、最終的に必要となる地質図の重要な基礎資料となる。

⑦ とくに必要な地質情報は、地質・岩質（岩種名・色・硬軟・割れ目の頻度・風化の度合い等）・地質構造・断層及び破砕帯・特徴的な亀裂（異方性をもつ亀裂）の分布と走向傾斜・岩盤分類（表 3-3-2 参照）などで、できるだけ詳しく記録しておく。

⑧ 必要に応じて代表的な岩石のサンプルを採取し、岩相の同定や岩石鑑定に使用する。

⑨ 水力発電に関する地質踏査を行う上で、沢における流水の有無や湧水箇所などの水理地質情報を得ておくことは重要なポイントである。とくに地山

の透水性、地下水の分布、透水層や不透水層の分布、水みちの有無等を把握しておくことは重要である。なお、沢水の流量を目測で測って記録しておけば、後に役に立つことがある。

⑩ 地形図に記載されていない構造物や崩壊地、あるいは山道などは、できるだけ詳細にルートマップ等に書き込んでおく。

表 3-3-2 電力中央研究所式岩盤分類

名 称	特 徴
A	・極めて新鮮なもので造岩鉱物および粒子は風化，変質を受けていない。節理はよく密着し，それらの面にそって風化の跡はみられないもの。 ・ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
B	・岩質堅硬で開口した（たとえ1mmでも）きれつあるいは節理はなく，よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化，変質がみられる。 ・ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
C_H	・造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は比較的堅硬である。 ・一般に褐鉄鉱などに汚染され，節理あるいはきれつの間の粘着力はわずかに減少しており，ハンマーの強打によって割れ目にそって岩塊が剝脱し，剝脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。 ・ハンマーによって打診すればすこし濁った音を出す。
C_M	・造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており，岩質も多少軟らかくなっている。 ・節理あるいはきれつの間の粘着力は多少減少しておりハンマーの普通程度の打撃によって，割れ目にそって岩塊が剝脱し，剝脱面には粘土質物質の層が残留することがある。 ・ハンマーによって打診すれば多少濁った音を出す。
C_L	・造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており岩質も軟らかくなっている。 ・節理あるいはきれつ間の粘着力は減少しており，ハンマーの軽打によって割れ目にそって岩塊が剝脱し，剝脱面には粘土質物質が残留する。 ・ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。
D	・造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく軟らかい。 ・節理あるいはきれつの間の粘着力はほとんどなく，ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。 ・剝脱面には粘土物質が残留する。 ・ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。

※引用　改訂新版「建設工事と地盤地質」古今書院（2013 年 10 月）pp.42

3）簡易測量

地質踏査を行う場合、現地で得たデータは、スケッチやルートマップ、あるいはＳ＝1/5,000程度のスケールの地形図に記録することが必要であることは前述した。たとえば、数10メートル規模の地層の幅は巻尺などを使えば測定は可能であるが、数百メートル規模になると容易ではない。この場合は、自分の歩幅をあらかじめ知っておくと、歩測によっておおよその距離が測定でき便利である。

さらには、斜面の高所に存在する断層の位置（標高）等を測量する場合、仰角による簡易測量技術を用いれば、これを容易に求めることができる。

① 歩測

図 3-3-15 に示すように、50m～100m の巻尺を直線道路に伸ばし、この長さを何歩で歩くかを数える。これを数回繰り返し、平均の歩数を求める。たとえば、100m に対する平均歩数が 160 歩であれば、1 歩の歩幅は 62.5 cm と計算される。

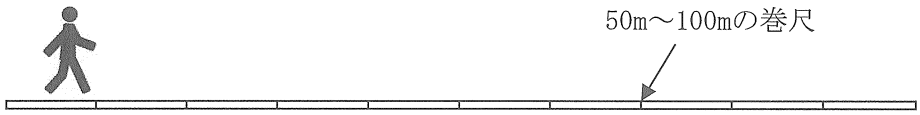


図 3-3-15 歩幅の図り方

② 仰角を使った簡易測量

図 3-3-16 に示すように、A 点（斜面上に露出している断層の位置と仮定する）の高さ H_0 を求める。この場合、C 点からの仰角 α と、10m 離れた D 点からの仰角 β を求める。

ここで、△ABC では、次式が成立する。

$$H_0 = X \cdot \tan\alpha$$

また、△ABD では、次式が成立する。

$$H_0 = (X+10) \cdot \tan\beta$$

$$\therefore X \cdot \tan\alpha = (X+10) \cdot \tan\beta$$

$$\therefore X = 10 \cdot \tan\beta / (\tan\alpha - \tan\beta)$$

仮に、α=20°、β=10°、とすると、X ≒9.4m となる。

よって、H_0=3.4m が導かれる。

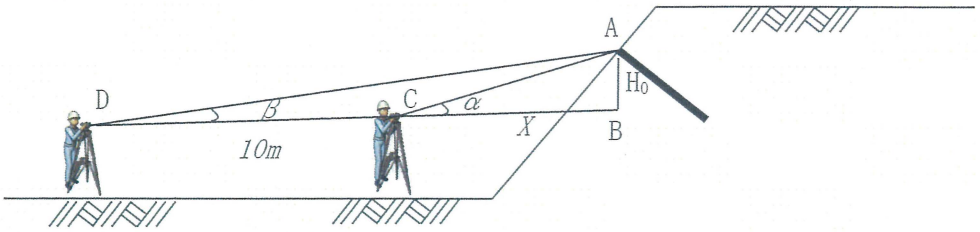


図 3-3-16　仰角を使った簡易測量

4) 安全上の留意点

① 地質踏査の時期は、下草が少ない降雪前の冬季がもっとも適している。

② 天候や道路工事に伴う通行止めの有無など、あるいは大型車両が頻繁に通行する可能性があるので、林道沿いの伐採状況に注意する。

③ 長袖・長ズボン・帽子などを着用し、直接の皮膚の露出を少なくする。

④ 狩猟期間に地質踏査を実施する場合は、誤射を避けるため目立つ色の服装を心がける。

⑤ 非常事態を想定し、当日の行程・ルートは関係者に周知しておく。さらに緊急連絡先等はあらかじめ決めておく。

⑥ 落石が予想される危険個所ではヘルメットを着用し、斜面に背を向けて休憩しないこと。雪融け時期や降雨後は、とくに注意を払う必要がある。

⑦ 沢沿いを歩くときはすべりやすいので、足元にとくに注意が必要。斜面の上り下りでは、浮石など不安定な足場にはとくに注意を払う必要がある。

⑧ 坑道や竪穴・井戸は酸欠空気や有毒ガスが充満している可能性があるので、単独では絶対に入らないこと。

⑨ マムシやハブなどの毒蛇やスズメバチなどには特段の注意を払う。クマが出没する地域では、鈴やラジオを鳴らすなどして警戒する。

⑩ タバコの投げ捨ては絶対に行わない。火の後始末は確実に行うこと。

5）湧水

たいていの地すべりには地表水や地下水が関与している。既存の地すべり地では、高所から流下してきた水が、地すべり塊のところで伏流していたり、その両側又は片側を流下しているケースが多い。すなわち、地下水が湧出している箇所付近については、地すべり地である可能性を検討してみる必要がある。

6）林道の利用計画

山間部の計画では、既存の林道に導水管路や水圧管路を埋設しようとする計画がある。新たに地山を掘削して水路を建設するよりは容易に思えるが、この場合であっても、地質的にいくつか留意すべき事項がある。

林道は岩盤に設けられている場合が多い。また、切土のり面には、ガレ場など岩塊が不安定に堆積している箇所がある。既存の林道に水路を埋設する場合には、必要な土被りを確保する深さで掘削することになるが、掘削箇所が岩盤の場合、通常はブレーカー掘削（図 3-3-17、写真3-3-5 参照）や発破掘削など、強い振動を与える工法を採用することになる。このような場合、落石防止など安全対策を行ってからの掘削施工となり、この安全対策に要する工事費も考慮しなければならない。

さらに、掘削部に強い振動を与えることで林道自体を壊してしまうことも有り得るので、計画の初期段階から慎重に検討しておくことが必要である。

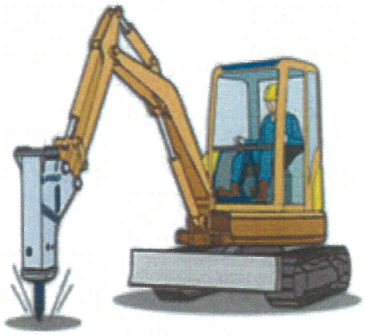


図 3-3-17 ブレーカー掘削機

写真3-3-4 ガレ場

写真3-3-5 ブレーカー掘削機を使った掘削状況

(4) 工事条件

工事のために現地踏査で確認すべき主な事項は、以下のとおりである。

① アクセス道路の有無

② 既存道路の規格（幅員構成）

③ 既存道路トンネル断面（建築限界注)）

④ 既存橋梁の規格（建築限界、許容荷重）

⑤ 工事用電力事情

⑥ 工事用水・飲料水事情

⑦ 法規制

⑧ 生コン工場の有無

⑨ 地下埋設物の有無（水道管等）

⑩ 地上障害物の有無（電柱の位置、配電線の高さ等）

注）建築限界とは
道路や鉄道において、構造物等により車両や歩行者の交通の安全性・円滑性に支障をきたすことを防ぐため、構造物を配置してはならない一定の幅、一定の高さの範囲をいう。

また、“⑤ 工事用電力事情”と重複するが、発電した電力を系統と連系するためにも、既設電力系統の状況を把握しておく必要があることは前述のとおりである。

(5)　自然・社会環境条件

① 自然環境保全に係る法規制等（自然公園法等）に留意する。

② 例えば、自然公園法で定められている特別保護地区（及び第１～３種特別地域）や鳥獣保護区など貴重な動植物の認められる地域では、水力開発が困難となる場合もあるため、計画初期段階からこれらを把握しておくことが望ましい。

3.4 流量資料

(1) 流量資料の基本事項

水力発電の開発において最も基礎となる発電水力調査(流量資料の調査)については、電気事業法第101条及び第102条に規定されており（**図3-4-1参照**)、計画地点毎に「発電水力流量調査の手引き（社団法人電力土木技術協会 2001 年版)」(以下、「手引き」と略記する）などに基づきその成果が整理、蓄積されることにより、発電計画の信頼性が確保されてきた。

以下に主な基本事項を記す。

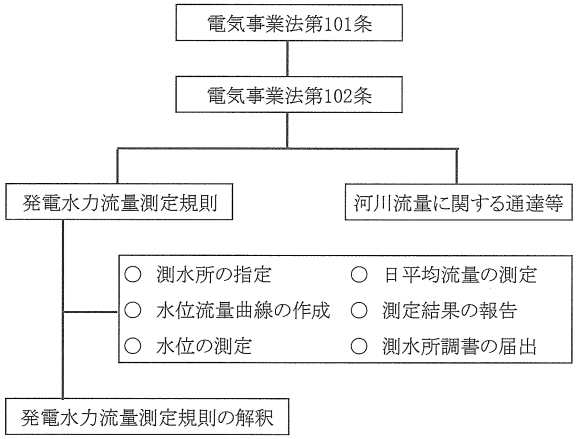


図3-4-1 発電水力調査に関わる関係法令の構成

① 流量資料は、原則として「発電水力流量測定規則 最終改正：平成12年10月31日通商産業省令第310号」に基づいて作成される。

② 流量資料の整備期間は、原則として至近10ヶ年以上の実測流量(日平均流量）であること。

③ 流量資料があっても、かなり隔たった他の河川流域のものであったり、短期間のものや欠測の日が入っていたりするものでは、確実な発電計画は望めない。

④ 取水口地点付近に測水所の無い場合は、近傍測水所の流量資料から流域比により算定する。この換算については流域比が0.5～1.5の範囲を原則とするよう指導されている（出典：手引き P45)。

ここに、取水地点流量は、次のとおり算定する。

[取水地点流量]＝[測水所流量データ] ×[流域比Ｃ]

[流域比Ｃ] ＝[計画地点の流域面積]／[測水所地点の流域面積]

⑤ 近年、水力開発地点の小規模、奥地化に伴い流域比を0.5～1.5の範囲内とすることができない場合がある。このような場合は、計画地点付近の既設測水所などの流量資料を流域比換算するなりして発電計画を概略策定し、開発可能と判断した時点で、当該取水サイト付近で１年～２年測水を行い、計画に使用した既存の流量資料との照合を行うという手順を踏むことが多い（中小水力発電ガイドブック（新訂５版）新エネルギー財団 水力地熱本部 P38)。

(2) 流量資料に係る最近の運用

近年、水力開発に新規参入を計画する事業者も増えてきており、流量資料の整備についても簡素化が求められていることから、一般財団法人 新エネルギー財団は、経済産業省 資源エネルギー庁 から受託して、流量資料の整備について既存の内容を部分的に見直すことを含め、より合理的な流量資料の整備方法について平成24、25、及び26年度に検討を行った。“流量資料の整備期間”及び〝測水所（観測所）の種類”については、以下のとおり記載されているので参考として示す。

出典）平成26年度中小水力開発促進指導事業調査
（発電水力調査（流量資料整備に関する調査）報告書
（以下、H26年度報告書と記す）
http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2015fy/000100.pdf

参考１：流量資料の整備期間

電気事業法48条に基づく工事計画の届出に関して、電気事業法及び関連する省令において、当該届出の作成に必要な流量資料の整備期間は規定されていない。したがって、必ずしも10ヵ年の流量資料を整備する必要は無い。

流量資料の整備期間とバラツキの関係については、12地点の測水所を対象として、“河川の総流量の経年変化“と〝移動平均[注1)]法を用いた変動係数[注2)]“の関係で示している（**図3-4-2参照**）。同図に示すとおり、整備期間が長くなるほど変動係数が小さくなり、10ヵ年の流量整備は十分に信頼性が高いことを示している。

発電計画や設計を行ううえで、これまで必要とされてきた「10 ヵ年」の流量資料整備は十分に信頼性が高いものと言える一方で、自然現象（確率現象）である流量を決定論的に扱うことは困難であるため、事業者は確保すべき信頼性と整備に要する費用のバランスを考え流量資料を整備する必要がある。

注１）移動平均
時系列データ（一般的には時系列に限らず系列データ）を平滑化する手法で、金融分野をはじめ、気象、水象などの計測分野で広く使われている。平均をとる期間を徐々にずらしていく平均法であり、観測データを一定の期間のデータ（N 個）の平均値に置き換えて変動を平滑化することで、経年的なトレンドを把握する方法である。

注２）変動係数
流量資料を整備する期間が1年、2年、3年、・・・・・・・と長くなるにつれて、移動平均のバラツキがどのように変わるのかを確認するために、移動平均年ごとの変動係数（CV）を算出した。この変動係数を当該年数整備された流量資料そのものが有する発電事業に対する信頼性を示す指標として扱っており、0に近いほど信頼性が高いことを示す。

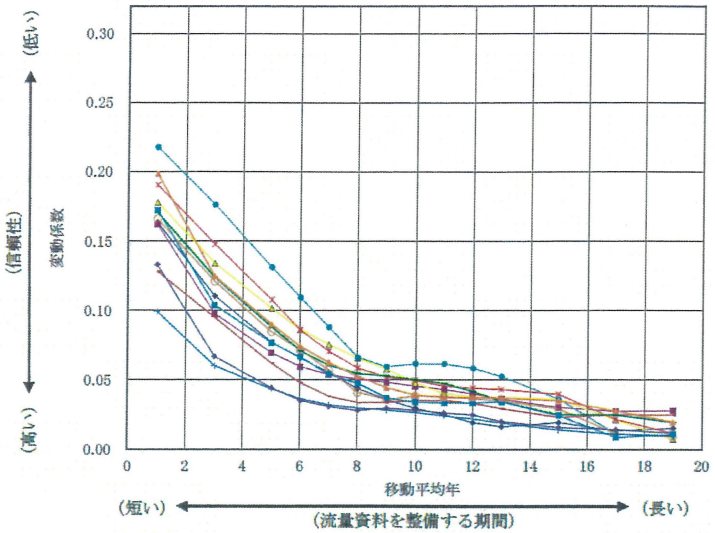


図 3-4-2　移動平均法による検討結果（12地点の測水所の例）

参考２：測水所（観測所）の種類

現在設置されている測水所（観測所）の種類は、以下のとおりである。

①　電気事業法にもとづき設置された測水所（指定測水所）

電気事業法第 101 条、第 102 条にもとづき指定を受け、一般・卸電気事業者等が発電水力測定規則等に準じて流量測定を行っている。

②　国土交通省水管理・国土保全局が所管する観測所

河川管理、防災監視、国土保全、開発のための基礎調査を行うために、国土交通省水管理・国土保全局が、全国 109 の一級水系及び沖縄地方のダム管理に関連する二級水系等において、水位、流量、雨量等の観測を行っている。

これらに関して、以下の資料が公開されている。

・水文水質データベース：http://www1.river.go.jp/

・ダム諸量データベース：http://mudam.nilim.go.jp/home

③　水力発電所の新規開発を計画している事業者が設置した測水所

新規開発を計画している事業者が、必要に応じて設置した測水所である。特別な事情がない限り、前述の電気事業法に基づき指定される測水所とする必要はないが、流量の測定方法や整理の方法は、測定精度の確保のため、「発電水力流量調査の手引き（社団法人電力土木技術協会 2001 年版）」などに基づき行うことが必要である。

(3) 流量調査に関わる用語

流量測定に関わる用語及び定義を表 3-4-1 に示す。

表 3-4-1 流量測定に関わる用語の定義

用語	定義
水位測定	当該測水所の水位測定横断面における河川水位を測定し、流量算定の基礎とする。基準面は東京湾中等潮位(T.P)を用い、水位は基準面からの高さで測定し、ある時刻の瞬時値で求められる。
流量算定	流量は1秒間に当該測水所の水位測定横断面を通過する水の量で定義される。流量は計測された時刻の値であり、連続した流量値は水位流量曲線式を用いて、水位の連続測定値から求められる。
測水所	流量の測定を行う場所をいう。
測定義務者	「規則」第1条で規定する水力を原動力とする発電用の電気工作物を設置している者であって、経済産業大臣が指定する者をいう。
渇水量	1年のうち355日以上発生する流量をいう。
低水量	1年のうち275日以上発生する流量をいう。
平水量	1年のうち185日以上発生する流量をいう。
豊水量	1年のうち95日以上発生する流量をいう。
35日流量	1年のうち35日以上発生する流量をいう。
高水量	1年のうち発生した最高水位及び2、3番目の出水時の流量をいう。
既往最大洪水量	現在までに発生した最大の流量をいう。
渇水位	水位流量曲線図から求めた渇水量に相当する水位をいう。
低水位	水位流量曲線図から求めた低水量に相当する水位をいう。
平水位	水位流量曲線図から求めた平水量に相当する水位をいう。
豊水位	水位流量曲線図から求めた豊水量に相当する水位をいう。
洪水位	水位流量曲線図または洪水の跡から求めた洪水量に相当する水位をいう。

出典） 手引き P47

(4) 測定記録の単位及び数字の取扱い

測定の記録に用いる単位及び数字の取扱いは、原則として表 3-4-2 のとおりとする。

表 3-4-2 記録表の単位及び数字の取扱い

項目	単位	数字の取扱い
水位	m	小数点以下第3位を四捨五入する。
平均流速	m/s	小数点以下第4位を四捨五入する。
断面積	m^2	小数点以下第3位を四捨五入する。
流量	m^3/s	有効数字は3桁以上とし、小数点以下第3位に及ぶ場合は、小数点以下第3位を四捨五入する。

出典） 手引き P49

(5) 測水所の設置に適した場所及び設備

設置場所の選定に当たっては、以下について考慮する。

① 流路が直線的で、流量が変化しても流れの状態が著しく変化しない場所。

② 河床が安定しており、河道部の変化が少ない場所。

③ 逆流、滞水または潜流がない場所。

④ 危険が少なく観測しやすいこと。

⑤ 洪水時においても観測に支障のない場所。

測水所の設備は、次に示す３つの設備から構成されている。**図3-4-3**及び**写真3-4-1** にキャリアを用いた場合の測水所設備の概要を示す（出典：手引き P55)。

＜水位測定設備＞

①水位計、②観測小屋、③水位標、④準水準拠標、⑤横断線拠標、⑥こう配標

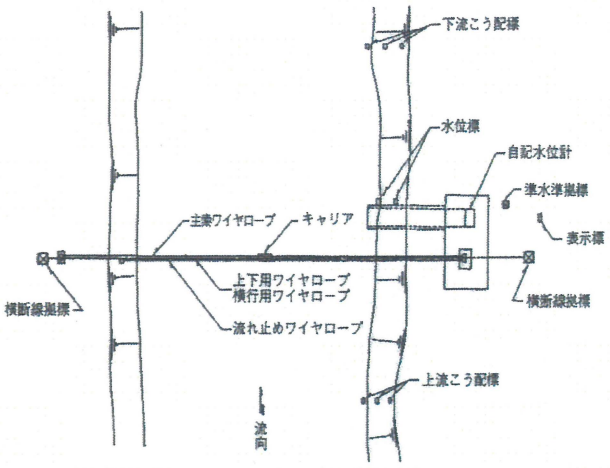
＜流速測定設備＞

①吊箱、②キャリア、③舟、④測水橋、⑤浮子投下装置

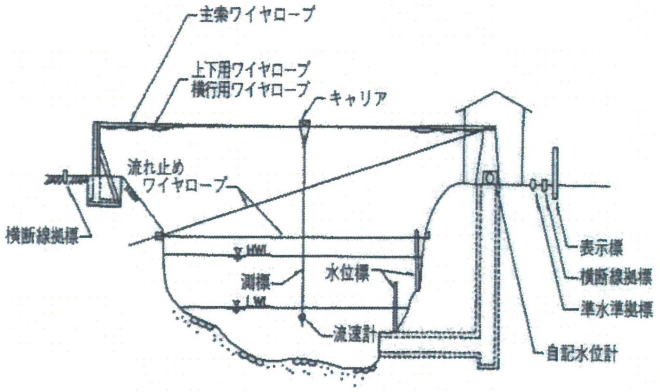
河川の水深が浅く河川内への進入が可能な場合は、流速測定のための設備を設けず、徒渉により測定を行っている（**写真 3-4-2 参照**)。

＜その他設備＞

①表示標、②保安施設（立入禁止表示・柵等）



キャリアを有する測水所の平面図



キャリアを有する測水所の横断面図

図3-4-3　測水所設置設備の概要

写真 3-4-1 キャリヤによる流量測定設備

写真 3-4-2 徒渉による流量測定状況

(6) 主な水位測定設備

1) 水位計

① 水位計は、測水所の水位を連続測定（原則的に1時間間隔）するものであること。

② １ｃｍの水位変動までの記録が可能であること。

③ 過去に発生した最低水位から最高水位までが記録できる性能を有するもの。低水位用と高水位用の２段に計器を設置しても差し支えない。

④ 水位計の設置に当たっては、必ず水位標を併設して、水位計の記録と比較できること。

2) 水位標

① 水位標は木材その他適切な材料を用いて、堅固に、かつ漂流物等による障害を受けないように設置する。

② 目盛の零点は最低水位以下とし、その零点高を付近の準水準拠標に結び、標高を決定しておく。また、目盛の最高位は洪水位以上とする。

③　水位標の目盛板は、ほうろう加工をした鉄板等の錆びにくいものであって、最小目盛を2ｃｍ以下としたで刻んだものを用いる（図3-4-4参照）。

④　河岸の形状により水位標を傾けて設置する場合には、垂直高を読めるようにする。

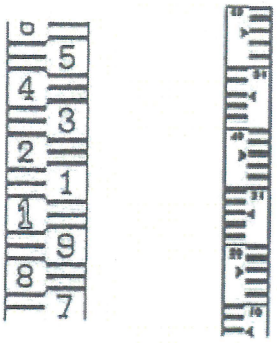


図3-4-4　水位標の一例

(7) 河川流量の測定

1)　流量測定フロー

参考として、経済産業大臣より、指定を受けた測水所（指定測水所）における流量測定の代表的なフローを図3-4-5に示す。

算出された“毎日の平均流量”を１年単位で所定の書式に取りまとめる。

この１年毎のデータ１０ヶ年分が、水力発電計画の策定に必要な流量資料となる。

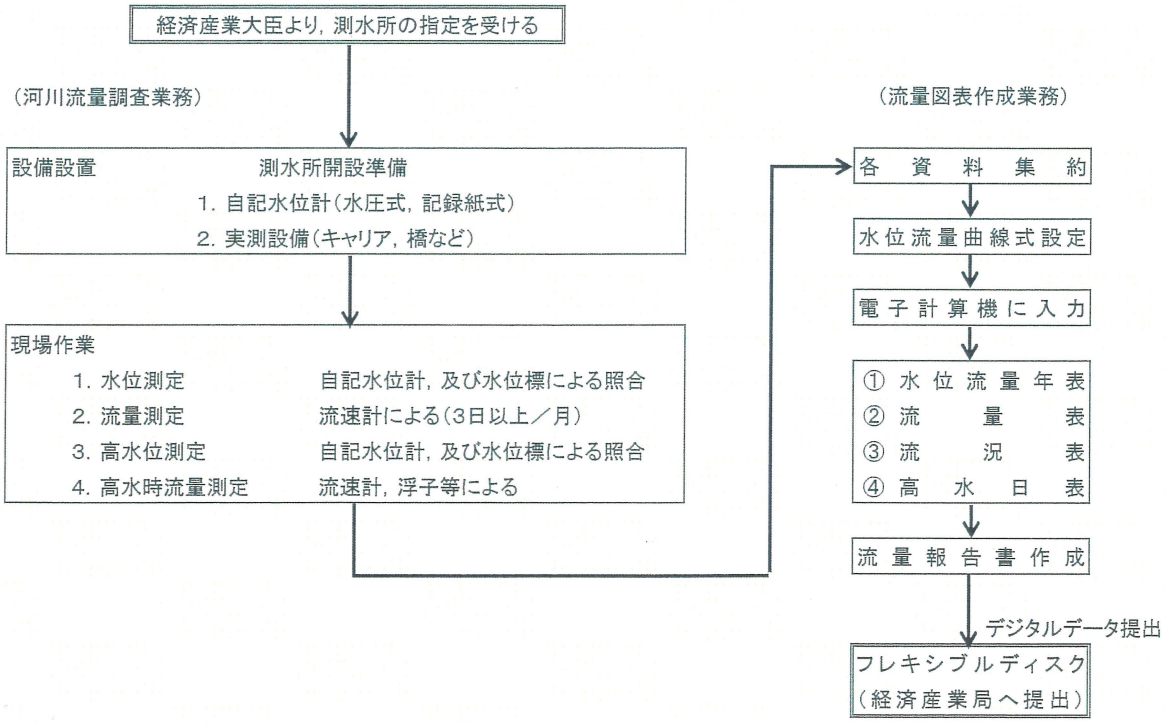


図3-4-5　指定測水所における流量測定フロー

2)　流速計による流量測定

流速計には回転式流速計のほか、電磁式、電波式、超音波式などがあるが、計測すべき水深、流速のレンジに応じた適切な機種を使い分けることが重要である。

ここでは、最も一般的に使用される回転式流速計について述べる。

回転式流速計は、流速や水深によって、適切な大きさのものを使い分ける。写真 3-4-3 に示す上段の回転計は１型といい、流速が0.15m/s～3.3m/s程度で使用する。下段は２型といい、水深が浅く流速が0.04m/s～0.65m/s程度と比較的遅い場合に用いる。

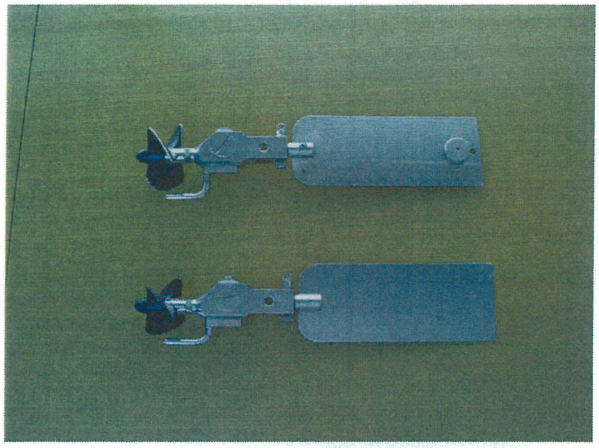


写真 3-4-3 回転式流速計の種類

3)　流速測定間隔

一般的な河川の流速分布を図 3-4-6に示す。

河川横断面の水平方向及び水深の垂直方向の流速測定間隔については、河川の流速分布を考慮して定める。

河川横断面における流速分布は、図3-4-6に示すように流速が位置によって異なるが、これは主として河川潤辺との摩擦と流水の粘性とによるものである。

最大流速は、この影響の最も少ない位置、すなわち河川潤辺から最も遠い中央付近の部分に生じることが多い。

水面には表面張力の影響があるため、風等の影響が無ければ、中央の水面から少し下がった位置に生じる。

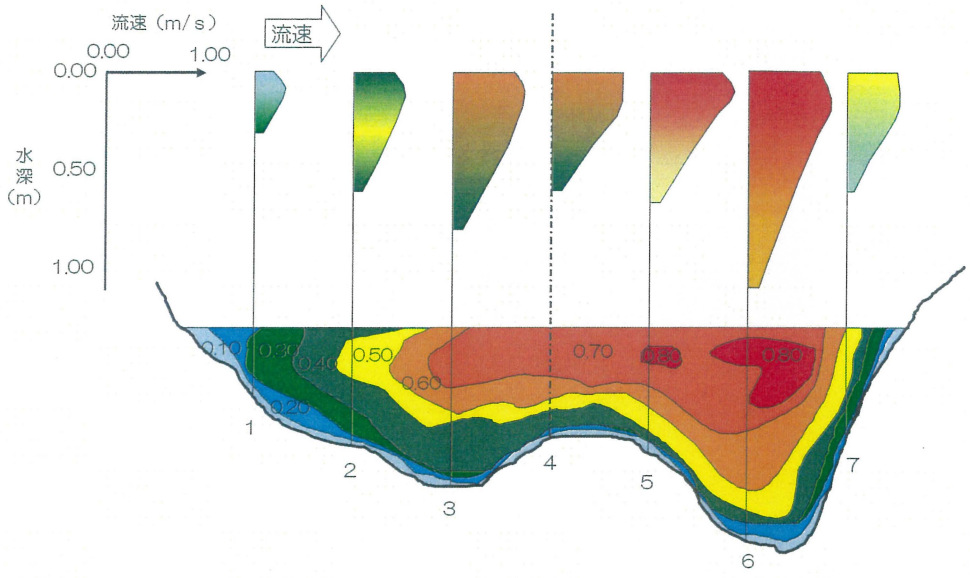
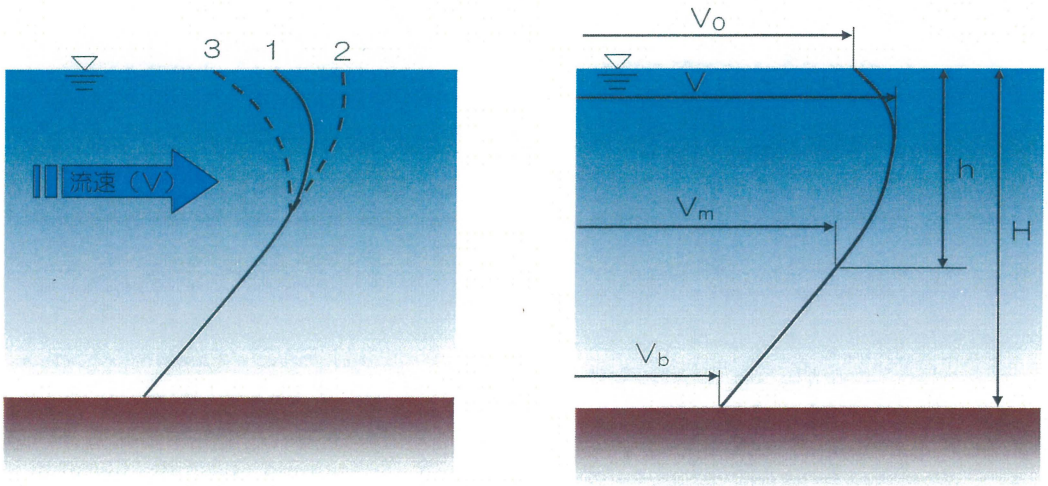


図 3-4-6 河川における流速分布図（例）

垂直方向の流速分布については、側壁や底面の粗度、水面幅と水深との関係、その他いろいろな状況によって異なるが、一般的には、図 3-4-7（①図）の曲線-1 に示すような放物線で表される。しかし、風が上流から吹くときは曲線-2 のように、また、下流から吹くときは曲線-3 のように変化するが、平均流速の大きさと、その生じる位置はほとんど変わらない。

図 3-4-7（②図）に示すように、[V；最大流速、V_0；表面流速、V_b；水底流速、V_m；全体の平均流速、H；水深、h；平均流速までの水深] とすれば、通常の場合の各流速は、以下のとおりとされている。

V	；0.1H～0.4H
V_b	；最小流速
V_m	；0.2Hと0.8Hとの２箇所の流速の平均$0.8V_0$
h	；0.5H～0.65h（一般には0.6H）



① 一般的な流速分布　　② 流速分布の特徴

図 3-4-7 河川における垂直流速分布曲線図

4)　回転式流速計による計測方法

回転流速計の計測方法には、主に「精密法」と「精密２点法」の二つの計測方法がある。

両者の測定精度に大差は無いことは確認されており、「精密法」又は「精密２点法」の採用は、河川状況に応じて測定義務者が判断することができる。 出典）手引き P32

これを踏まえ、近年開設された測水所では、「精密２点法」による計測が主流となっている。

以下に、精密２点法の横断方向の測定間隔、並びに垂直方向の測定間隔を示す。

①　横断方向の測定間隔

ｱ.　水位測定横断面は11測線以上（図3-4-8参照）とし、適切な水平間隔で行う。

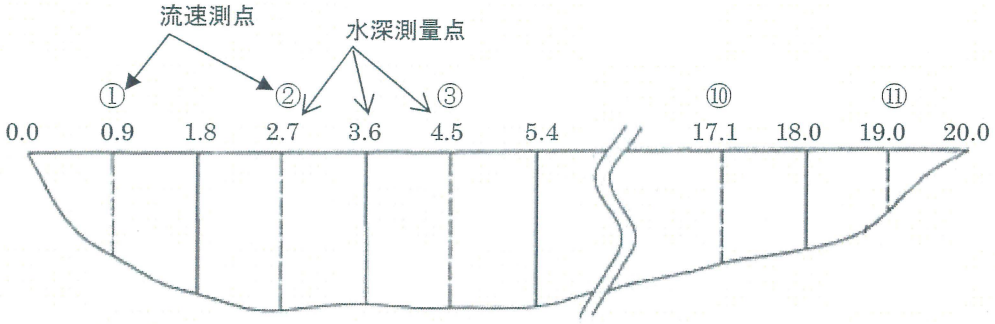


図3-4-8　精密２点法における流速測点と水深測量点の例

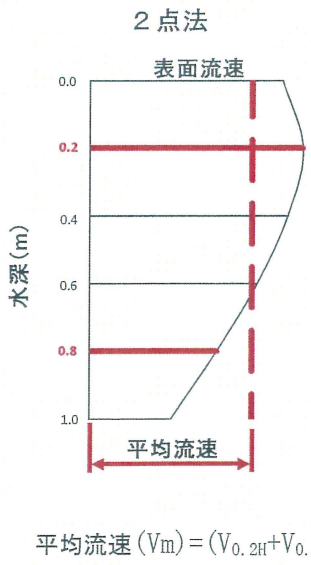
ｲ.　ただし、測定作業上支障が想定される場合には、最小測線間隔を50cmとすることができる。　出典）手引き P71

② 垂直方向の測定間隔　　出典）手引き P69、P71

ｱ. 流速測定間隔は、水深測量点のうち一つおきの点をそれぞれ流速測定点とし、その点における垂直線に沿って流速を測定する（図3-4-8参照）。

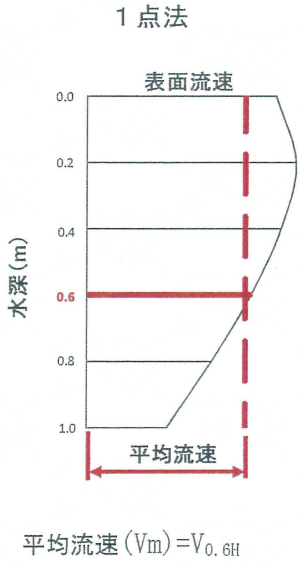
ｲ. それぞれ水面から水深２割及び８割の点の２点の流速を測定する（図3-4-9）。その際には、流速計の回転が一様となるのを待ち、30秒以上の計測時間における流速計の回転数を基に流速を求める。

ｳ. 水位の変動が著しいとき、その他やむを得ない事由がある場合は、１点法又は表面法のいずれかを用いる（一般的に簡単法という　：図3-4-10 参照）。なお、表面法は、流水が高速のため流速計を所定の水深に維持することができない場合のみ許される方法である。



平均流速(Vm)=(V0.2H+V0.8H)/2

図3-4-9　２点法の流速測定点の例
（垂直線方向）



平均流速(Vm)=V0.6H

図3-4-10　１点法の流速測定点の例
（垂直線方向）

以上を整理して、表 3-4-3 に示す。

表 3-4-3　精密２点法の測定要領

	横断方向	垂直線方向	
		平常時	水位の変動が著しいとき，その他やむを得ない事由がある場合
精密２点法	(1) 流速測線は、水位測定横断面において11断面以上とする。 (2) ただし、測定作業上支障が想定される場合には、最小測線間隔を50cmとすることができる。 手引きP71	(1) 流速測点は、水面から水深の2割、8割の位置とする。 (2) 測定時間は、流速測点ごとに30秒以上とする。 手引きP29	1点法 表面法 } いずれかの方法をとる。 手引きP71

5)　表面流速法による流量の測定

表面流速法とは、河川の表面流速の測定値からその断面の平均流速を算定する方法である。洪水時のように回転式流速計による流量の測定が困難な場合に流量を測定する方法であり、その測定方法も流量測定規則で明確に定められている。以下にその概要を示す（出典：手引き P32)。

① 測定は、横断面がほぼ一様である河川の直線部で行うこと。

② 浮子を流下させる流下距離は30m以上とし、かつ水面幅より大きくすること。

③ 浮子を流下させる区間には、流心に直角に２本の見通線を設け、見通線上に見通標（ポール又は白線）を設置し、見通線にそれぞれ観測者において相互に信号させること。

④ 上流の見通線から10m以上上流の場所で浮子を投下し、浮子が上流の見通線を通過して、下流の見通線に至るまでの流下時間を測定する（図3-4-10参照)。

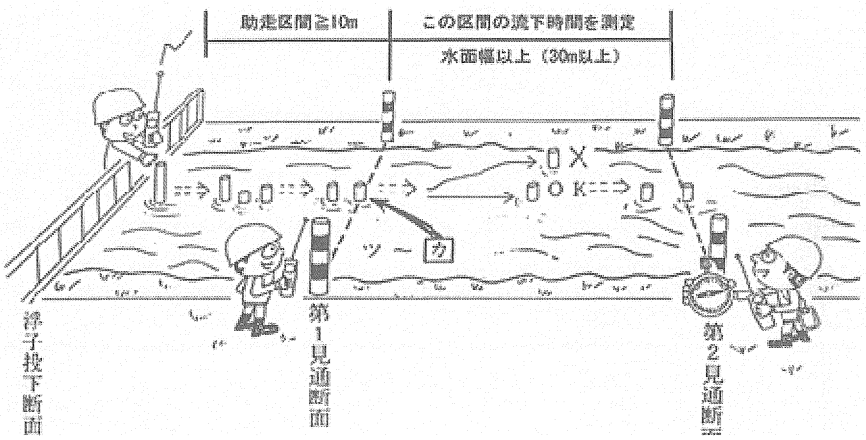


図3-4-10　浮子による表面流速測定要領

⑤　測定区間を流れに平行に適当に区分し、各区分でそれぞれ浮子を流下させ、その流下時間を平均したものを流下時間とする。

⑥　流量の計算に用いる河川の断面積は、上流の見通線及び下流の見通線における断面積の和の平均とするか、又はその中間の横断線における断面積とする。洪水の際に流速を測定した場合は、減水後直ちに横断面測量を実施し、新断面積で流量を算定する。

⑦　浮子測定区間の左・右岸に流水を妨げる雑木や雑草がある場合は、測定前に伐採しておくこと。

⑧　表面浮子を用いた場合の各区分の平均流速は次式による。

$$Vm = \alpha \times L / T$$

ここに、Ｖｍ；平均流速（ｍ／ｓ）

Ｌ；浮子流下区間距離（ｍ）

Ｔ；流下時間（秒）

α；係数（=0.8）ただし、河川の状況により別の係数を用いることが適切と判断される場合はその係数

6)　公式測法による流量の測定

流速計測法や表面流速法による流速測定が困難な場合や流水横断面に変化が生ずるおそれが少ない場合若しくは水路に設置された測水所では、マニング公式又はクッター公式を用いることができる。

当該公式を用いるに当たっての留意事項は、以下のとおりである。

① 測定は、横断面が一様である河川の直流部であって、かつ、河底のこう配に変化の少ない場所で行う。

② 水面こう配の測定は、横断線を含め、できる限り長距離にわたって精密に行う。

③ こう配標の零点と水位標の零点とは、同一標高とする。

④ 流量の計算に用いる河川の断面積は、水面こう配を測定する区間の上流端断面及び下流端断面の断面積の和の平均とするか、又はその中間の横断面における断面積とする。

出典）手引き P81

マニング公式

$$Vm=1/n(R^{2/3}\cdot I^{1/2})$$

クッター公式

$$Vm=\frac{(23+1/n+(0.00155/I)\cdot(RI)^{1/2})}{I+(23+0.00155/I)n/R^{1/2}}$$

ここに、Vm：平均流速（m/s）　n　：粗度係数

I　：水面勾配　R　：径深（m）

河川及び構造物の粗度係数は、次表に定めるもの又は観測若しくは模型実験により算定されるものを用いること（表 3-4-3 、表 3-4-4 参照）。

表 3-4-3 河川の粗度係数

潤 辺 の 状 態	n の範囲	平均値
線形、断面共に規則正しく水深が大きいもの	0.025～0.033	0.030
同上、ただし礫床草岩	0.030～0.040	0.036
蛇行線形、淵瀬あるもの	0.033～0.045	0.040
蛇行、多少石礫及び草あるもの	0.035～0.050	0.042
同上、水深が小さいもの	0.040～0.055	0.050
同上、石礫床、水深が小さいもの	0.045～0.060	0.055
蛇行及び淵瀬の変化が甚だしく、水草が多いもの	0.050～0.080	0.070
同上、水草が繁茂し流勢が鈍いもの	0.075～0.150	0.080
桑笹等が茂っている洪水敷 （水深が草木の高さの２倍以上）	0.050～0.080	0.070
同上、（水深が草木の高さ以下）	0.080～0.150	0.100
急な谷川	0.060～0.080	0.070

出典） 手引き P34

表 3-4-4 構造物の粗度係数

潤 辺 の 状 態	nの範囲
自由表面をもって流れる暗渠	
平滑な鋼表面(塗装なし)	0.011～0.014
セメント(モルタル)	0.010～0.015
木材	0.013～0.018
コンクリート(コテ仕上げ)	0.011～0.015
コンクリート(グナイト、良好断面)	0.014～0.023
アスファルト	0.014～0.018
人工水路	
鋳鉄(塗装なし)	0.011～0.016
コンクリート(仕上げたもの)	0.011～0.014

出典） 手引き P35

(8) 流量調査結果の整理

流量調査（実測）で得た成果（流量調査結果）は、図 3-4-11 に示すとおり整理する。

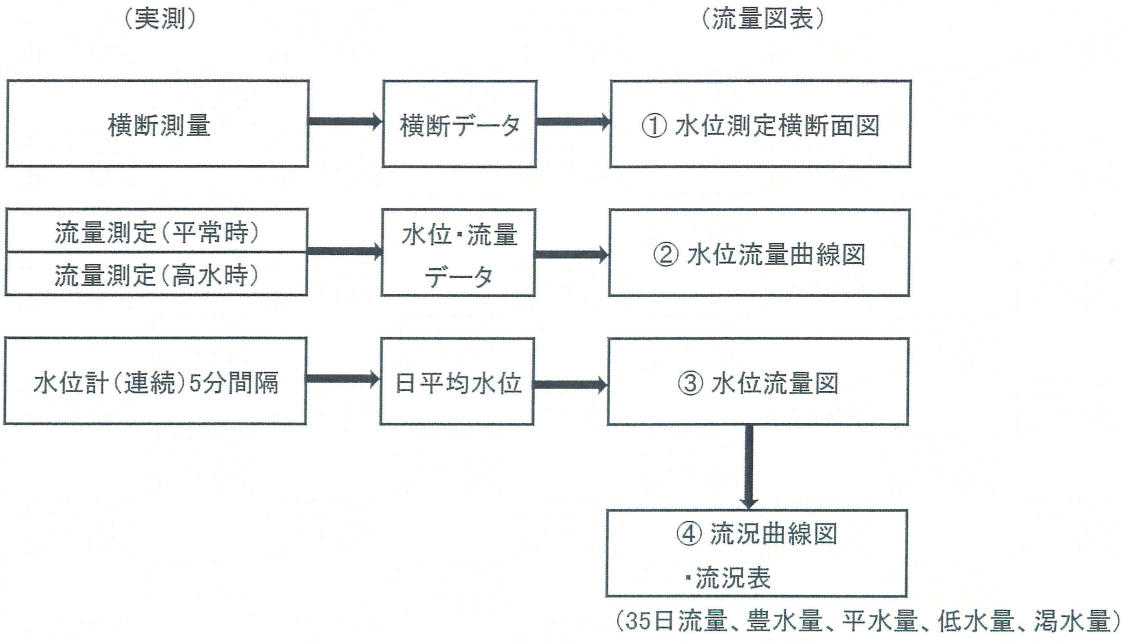
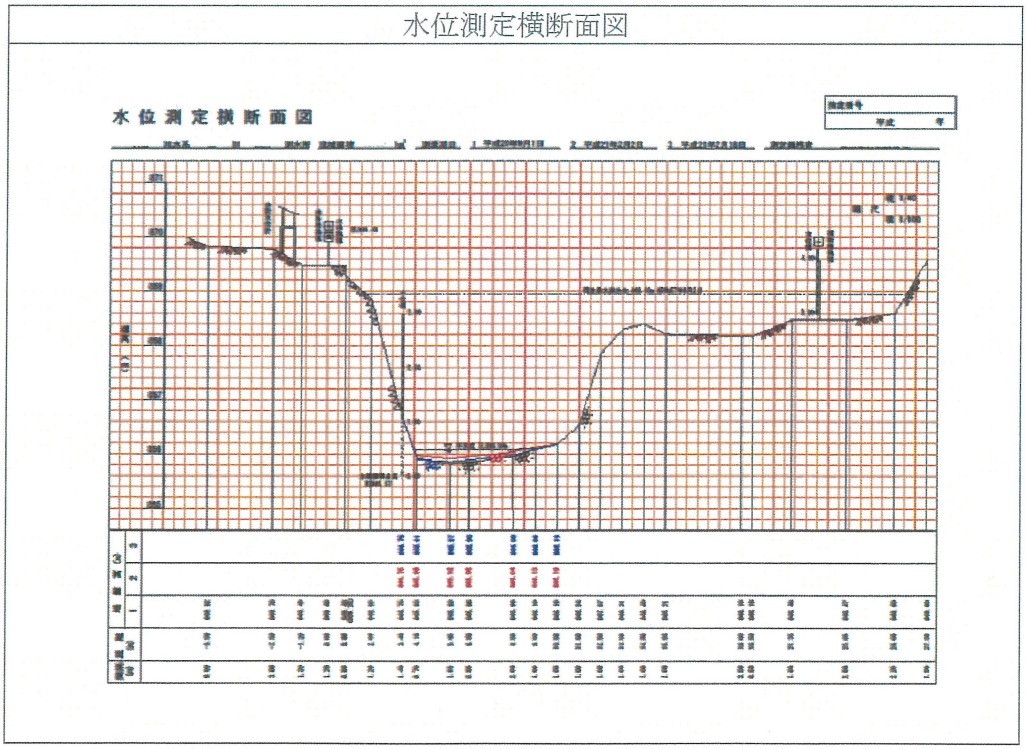


図3-4-11　流量調査で得た資料の図表としての整理

① 水位測定横断面図

水位流量曲線の変化が認められた場合、ただちに横断測量を実施し、横断図に記載する（主に出水後）。

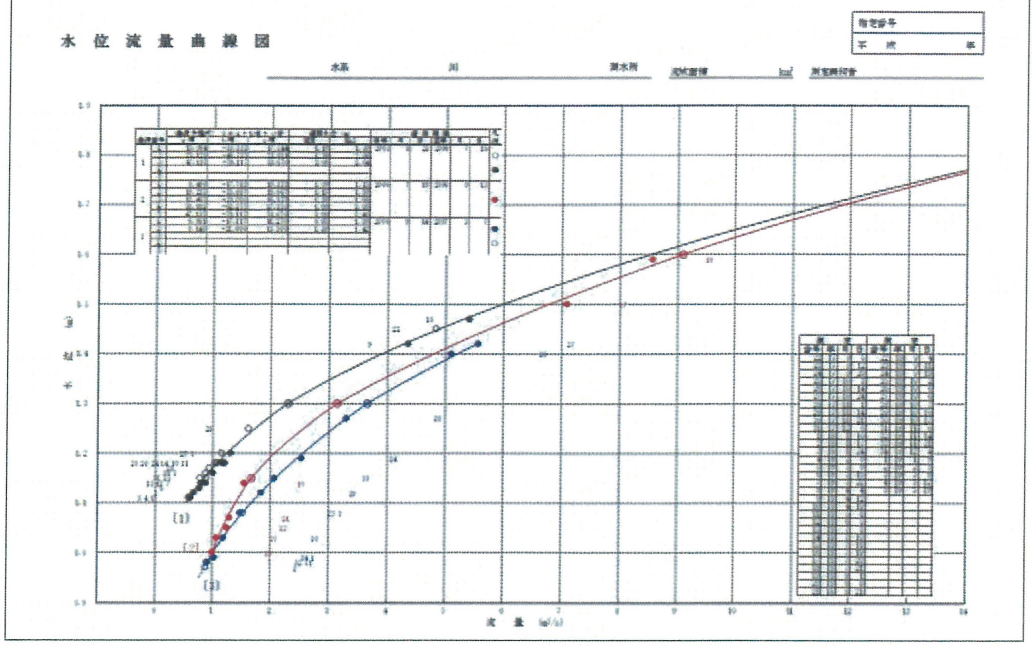
水位測定横断面図



② 水位流量曲線図

流量測定した結果（水位 対 流量）をプロットし、曲線図を作成する。

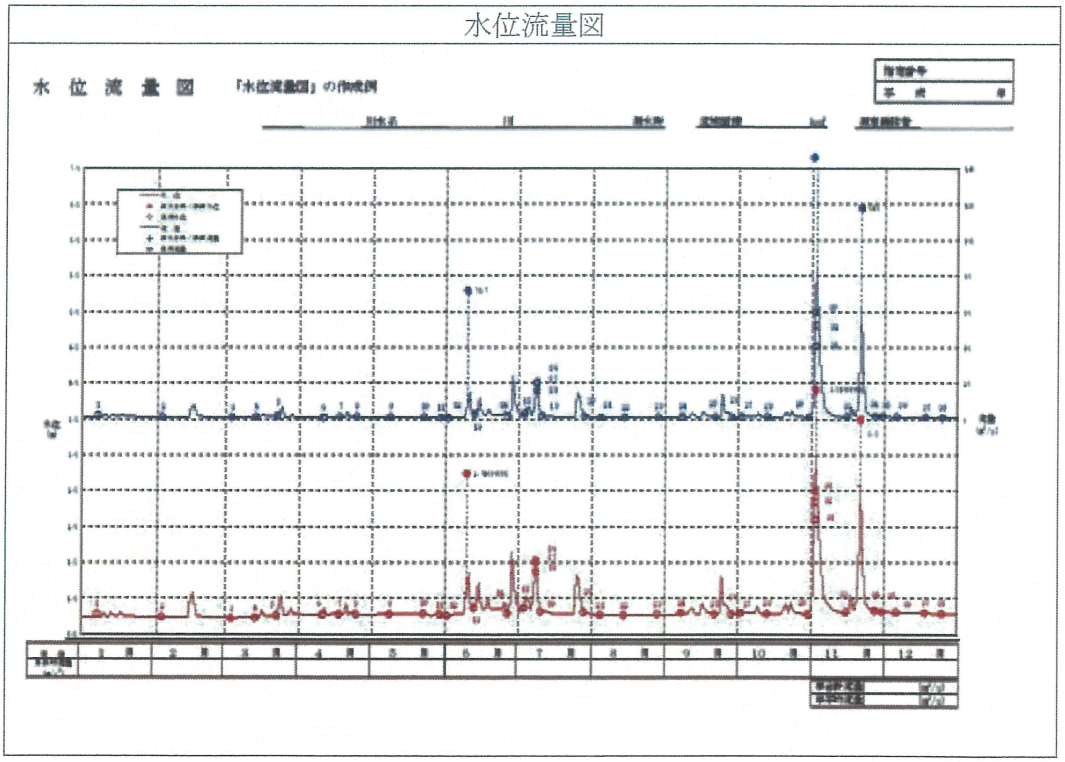
水位流量曲線図



③ 水位流量図

自記水位計の日平均水位から流量を換算し、年間の（日水位）対（日流量）を図化する。

水位流量図



④　流況曲線図

年間の日流量を最大値から最小値まで並べ、図化する。

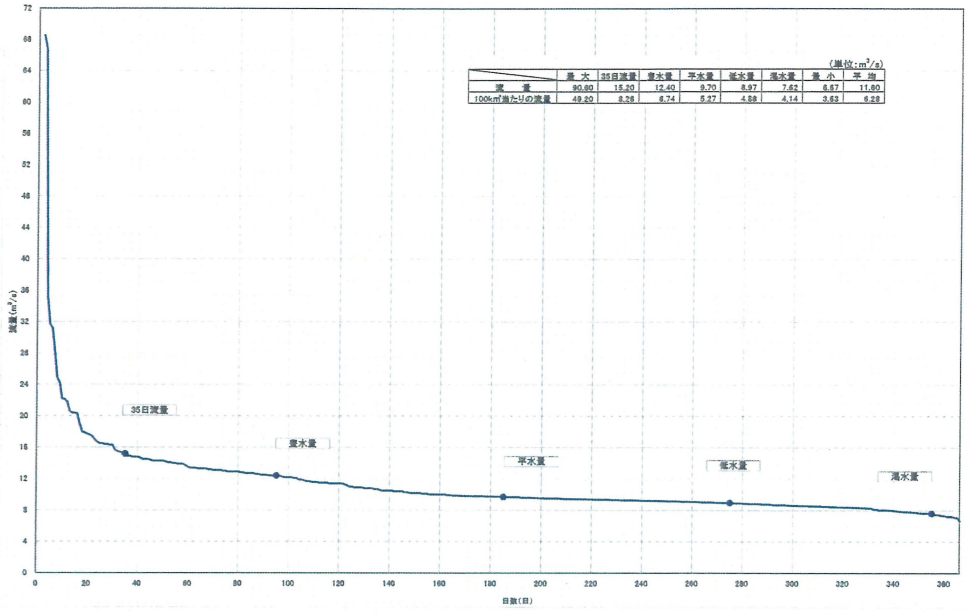
流況曲線図

流　況　曲　線　図　「流況曲線図」の作成例

指定番号

平　　年

川水系　　川　　測水所　　流域面積　　km²　　測定義務者



3.5　発電計画諸元の検討

水力発電計画を支配する主な要素は落差と使用水量である。そこで本節では計画策定に必要な有効落差および使用水量の決め方について説明し、次にそれらに基づいて求められる発電力と発電電力量の算定方法を概説する。また落差と使用水量の関係に基づいた適切な水車型式の選定およびこれらの三者をパラメータとして検討する最適規模の決定方法について説明する。

(1)　落差関係

1)　総落差

総落差とは、発電所の取水口水面（取水位）と放水口水面（放水位）との標高差をいう（JEC-4001-1992）。

（参考）流れ込み式発電における取水位・放水位

取水位　：　取水ダム越流天端標高

放水位　：　最大使用水量時の河川水位、又は最大使用水量時の放水口出口の限界水位のうち高い方の水位
（計画初期段階では、放水地点の河川における平水時の標高とする）

2)　損失落差

①　損失落差は、水路工作物の構造に応じて水理計算により算定する。損失落差の基本式は、下記のとおりQの二乗に比例する。

$$h_l = f\frac{V^2}{2g} \propto Q^2$$

ここに、　h_l　：損失水頭（m）

f　：損失係数

V　：管内平均流速（m/s）

g　：重力加速度（9.8m/s^2）

Q　：流量（m^3/s）

② 水理計算によって求める損失落差は、衝動水車、反動水車にかかわらず以下の区間を対象とする。

ｱ. 水車の上流側：取水口～水車入口弁まで

ｲ. 水車の下流側：放水庭から放水口まで

③ 可能性調査段階では、略算式（中小水力発電ガイドブックP-81～82又はP-147）を用いる場合が多い。

ｱ. 最大使用水量時の損失落差

最大使用水量時の損失落差は、以下のとおり算定する。

$$h_l = a \cdot L_1 + b \cdot L_2 + c \cdot L_3 + \Delta h_l$$

$$= \frac{1}{1{,}000} \cdot L_1 + \frac{1}{200} \cdot L_2 + \frac{1}{1{,}000} \cdot L_3 + (0.5 + \alpha)$$

ここに、

h_l	：	損失落差（m）
L_1	：	導水路延長（m）
L_2	：	水圧管路延長（m）
L_3	：	放水路延長（m）
Δh_l	：	その他損失（m）＝0.5＋α αは＋0.1mの範囲で端数調整。 損失落差は0.1m単位でまとめる。
$a = c =$	：	無圧水路＝1/1,000
$b =$	：	1/200（水圧管路）

イ．常時又は任意の使用水量時の損失落差

損失落差は，Ｑの二乗に比例する次式によって算定される。

$$h_{lf} = \left(b \cdot L_2 + \Delta h_l\right)\left(\frac{Q_i}{Q_{max}}\right)^2 + c \cdot L_3$$

$$= \left(\frac{1}{200} \cdot L_2 + 0.5 + \alpha\right)\left(\frac{Q_i}{Q_{max}}\right)^2 + \frac{1}{1{,}000} \cdot L_3$$

ここに、 Q_{max} ： 最大使用水量（m^3/s）

Q_i ： 常時、又は任意の使用水量（m^3/s）

h_{lf} ： 常時、又は任意の損失落差（m）

3) 有効落差

有効落差とは、運転中の水車に実際に作用する全水頭をいう（図2-1-1参照）。

・**最大使用水量時**の有効落差は、総落差（取水位－放水位）から最大使用水量時の損失落差を控除して算定する。

・**常時又は任意の使用水量時**の有効落差は、（水槽水位－放水位）から常時又は任意の使用水量時の損失落差を控除して算定する。

ここに、水槽水位は取水位－導水路の損失落差である。

(2) 使用水量の決定

1) 流れ込み式における基本的な考え方

① 発電計画の取水可能量（すなわち、発電計画の対象となる流量）は、取水地点の河川流量から河川維持流量あるいは減水区間の責任放流量を控除した流量となる。

② 使用水量は、最大使用水量と常時使用水量の２つがある。最大使用水量は発電所で使用する最大の水量であり、最大出力はこれによって定まる。常時使

用水量は１年中を通じて常時使用しうる流量(流れ込み式にあっては355日流量）であり、常時出力はこれによって定まる。

2)　最大使用水量の決定法

①　最適な発電規模は、流れ込み式の場合、表3-5-1 に示す流量設備利用率の範囲内で最適値（最大使用水量）が求められる場合が多いので、この範囲を目安として複数（3～5例程度）の発電規模（最大使用水量）を検討することを基本とする。

なお導水路トンネル案で最大使用水量が小さい場合、トンネル断面は施工可能な最小断面で決まるので、その場合は最大使用水量を比較的大きめに設定するのが得策であることが多い。

表3-5-1 比較検討における流量設備利用率の目安
（中小水力発電ガイドブックP-56）

発電方式	流量設備利用率
流れ込み式	40～60%

②　最大使用水量は、原則として発電コスト（kWh当たり建設単価）を最低とするものとして決定する（図 3-5-1 参照）。ただし、発電コストの差が僅かならば、その単価と代替電源単価とを比較しながら、若干規模を大きくするのが推奨される。

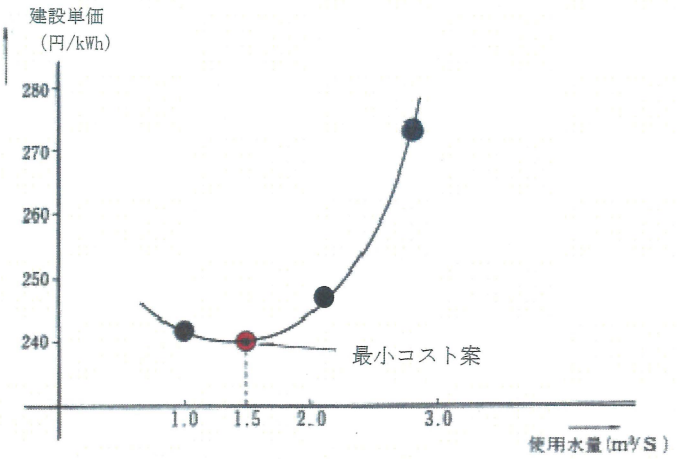


図 3-5-1 最大使用水量の決定

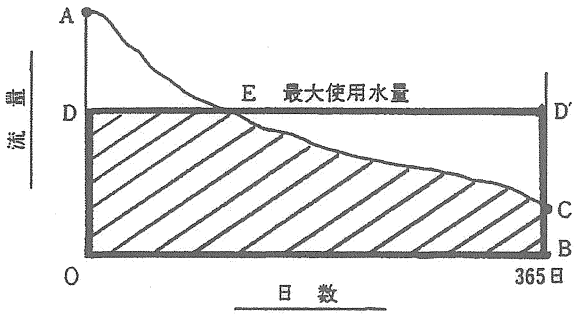
3）流量設備利用率、設備利用率及び河水利用率

出典）中小水力発電ガイドブックP-58～60

① 流量設備利用率

流量設備利用率とは、年間を通じて最大使用水量が使えると仮定した場合の水の総量に対し、実際に取水できる流水の総量が占める割合をいう。

$$\text{流量設備利用率} = \frac{\text{面積ＤＯＢＣＥ}}{\text{面積ＤＯＢＤ′}} = \frac{\text{面積ＤＯＢＣＥ}(m^3/s-day)}{\text{ＤＯ}\times 365(m^3/s-day)}$$



注）“$m^3/s-day$”の説明

河川の年間総流入量を100,000,000m^3とした場合の日平均流量は、

日平均流量＝100,000,000m^3／（365日×86,400秒）＝3.17 m^3/s

年間総流入量（100,000,000m^3）を“$m^3/s-day$”で表すと、

年間総流入量＝3.17m^3/s×365日＝1,157.05$m^3/s-day$

ここに、１日＝24時間＝86,400秒

② 設備利用率

設備利用率とは、発電設備が年間を通じてフル（100%）に運転できたとした場合の電力量総量（最大出力（kW）×24時間×365日）に対し、実際に発電可能な電力量（年間可能発電電力量）が占める割合をいう。電力量は水路の損失及び水車・発電機の合成効率が影響するため、設備利用率は、通常、流量設備利用率に比べ5～10%程度低くなり、発電可能な最小流量に対し最大使用水量の比を大きくするほどその差が大きくなる。

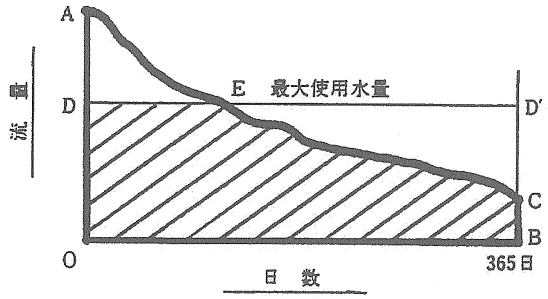
$$\text{設備利用率} = \frac{\text{年間可能発電電力量}}{\text{最大出力(kW)} \times 8,760\text{(hr)}}$$

設備利用率 ＝ (95%～90%) ×流量設備利用率

③　河水利用率

河水利用率とは、取水地点の河水流量（総流量）に対し、実際に取水し使用できる流量の合計量が占める割合をいう。

$$\text{河水利用率} = \frac{\text{面積ＤＯＢＣＥ}(m^3/s-day)}{\text{面積ＡＯＢＣ}(m^3/s-day)}$$



(3) 発電力の算定

① 理論水力

流量Q（m^3/s）の水が落差He（m）を落下して単位時間（1秒間）になす仕事を理論水力（Po）という。1 m^3の水の重量を1,000kgとすると、理論水力（Po）は以下のとおり算定される。

$$Po = 1{,}000QH \ (kgm/s)$$

ここに、1kgm/s＝9.8（J/s）であり1kWs＝1,000（J）であるから、上式は以下のとおり表すことができる。

$$Po = \frac{1{,}000QH \times 9.8}{1{,}000} = 9.8QH \ (kW)$$

したがって、理論最大水力及び理論常時水力は、下式のとおり表せる。

理論最大水力 ＝9.8×Qmax×Hemax

理論常時水力 ＝9.9×Qf×Hef

② 発電力

最大発電力 (kW)：Pmax＝理論最大水力×水車・発電機合成効率

＝9.8×Qmax×Hemax×η (最大使用水量時)

常時発電力 (kW)：Pf ＝理論常時水力×水車・発電機合成効率

＝9.8×Qf ×Hef×η (常時使用水量時)

③ L（エルゴ）5出力

水力発電所の発生電力を評価するための出力で、発電方式により多少定義が異なるが、“流れ込み式”では最近10ヶ年の流量資料を基に計算した各月の最低５日平均日出力の平均値をいう。

【参考１】

ｱ.　調整池式発電所のＬ５出力

最近10か年以上の流量資料を基に計算した各月の最低５日の尖頭出力（尖頭時間４時間以上）の平均値から停止出力を差し引いたものの年間平均値とする。

ｲ.　貯水池式発電所のＬ５出力

最近10か年以上の流量資料を基に計算した各月の最低半旬の平均尖頭出力の平均値から停止出力を差し引いたものの年間平均値とする。

出典）廃止発電所補償基準運用要領　補償問題研究会
平成11年5月31日改定

④　有効出力

発電計算では、年間365日フル稼働した場合の計算値が得られるが、現実の発電所においては、事故や補修のため運転できない日時が生じる。そのため、その停止により損失する出力や電力量を差し引いて評価する必要があり、Ｌ５出力から停止出力を差し引いた後の出力の年間平均値を有効出力という。

有効出力＝Ｌ５出力×（1－停止率）

＝Ｌ５出力×利用率

ここに、（1－停止率）＝利用率

流れ込み式の利用率≒0.95

貯水池式の利用率≒0.97～0.98

出典）中小水力発電ガイドブック P-91、P214

【参考２：水圧管路延長が長い場合の出力】

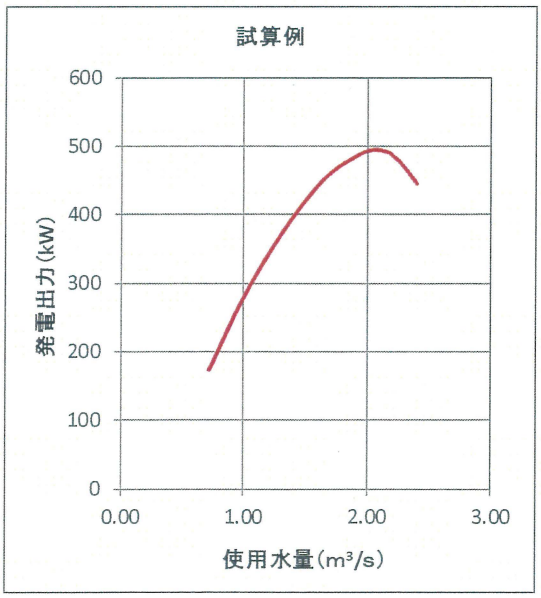
水道用水路、あるいは農業用水路を利用するような場合、水圧管路の延長が相当長い場合は、最大使用水量よりも少ない使用水量で最大出力が得られる場合があるので注意を要する。

以下に、試算値を示すが、試算例では、延長3ｋｍ、内径1.0ｍの圧力管路において、最大使用水量を2.40m^3/ｓとした場合である。表 3-5-2 に示すとおり、使用水量は最大時よりも少ない2.04m^3/ｓとした場合のほうが、損失落差が小さくなるため発電出力は大きくなる。

すなわち、水圧管路延長が相当に長い場合は、使用水量と有効落差の関係に特に留意する必要がある。

表3-5-2 水圧管路が長い場合の出力特性

項　目	単位	諸　元	
使用水量：Q	m^3/s	2.40 (100%)	2.04 (85%)
水圧管内径：D	m	1.00	
管路延長：L	m	3,000.00	
水圧管断面積：A	m^2	0.785	
流速：V	m/s	3.057	2.599
粗度係数：n		0.012	
f		0.017928	
損失水頭：hf	m	25.70 m	18.60 m
総落差：H	m	50.00	
有効落差：He	m	24.30 m	31.40 m
合成効率：η		0.78	0.8
出力：P	kW	450	500



(4) 発電電力量の算定

ｱ. 発電電力量は、Σ〔発電力；P（kW)〕×〔発電時間；(h)〕で算定され、単位はkWhである。

ｲ. 発電電力量の算定は、物価の変化に影響を受けないため、一般に工事費算定精度よりも高い精度の結果が当初より得られるように心掛けられている。

出典）中小水力発電ガイドブック P-84

ｳ. 発電電力量は、年間可能発電電力量と年間発電電力量に分けられる。

① 年間可能発電電力量

年間可能発電電力量とは、発電所が年間を通じて事故停止もせず、点検維持補修停止も生じないものと仮定した場合に、１ヶ年に発電が可能な電力量をいう。経済性の指標となるkWh当たり建設単価は、建設費を年間可能発電電力量で除して算定する。

流れ込み式発電における可能性調査において、年間可能発電電力量を概算する場合、次式により大略求めることができる。

$$E = 24\text{時間} \times 365\text{日} \times P \times \alpha \times \beta$$

ここに、 E： 年間可能発電電力量（kWh）
P： 最大出力（kW）
α： 流量設備利用率
β： 効率低下を考慮した係数（表3-5-3 参照）

表3-5-3 効率低下を考慮した係数

最大使用水量	35日流量程度	65日流量程度	95日流量程度	185日流量程度
β	0.8	0.9	0.93	0.95

出典）中小水力発電ガイドブック P-148

② 年間発電電力量（有効電力量）

年間発電電力量は、有効電力量あるいは発電端電力量ともいい、点検停止、補修停止あるいは事故停止などによって生じた損失電力量を控除した、実際に発電する電力量をいう。発電原価は、１ヶ年間に必要な発電所の総経費を実際に発電する電力量、すなわち年間発電電力量で除して算定する。年間発電電力量は、下記の利用率（出典：中小水力発電ガイドブックP-91），又は地域別・月別利用率（出典：中小水力発電ガイドブックP-214）により算定する。

年間発電電力量＝年間可能発電電力量×利用率

流れ込み式の利用率≒0.95

貯水池式の利用率≒0.97～0.98

出典）中小水力発電ガイドブック P-91

【参考３：年間可能発電電力量の算定方法】

年間可能発電電力量の算定方法は、中小水力発電ガイドブック（P-85～P-91）に記載のとおり各種あるが、その求める精度に応じ「流量～効率法」、あるいはパソコンなどによる日単位計算を行う。なお、「平均電水比法」は最も単純な算定方法であり、短時間で概略の値が算定できる。

以下に、「平均電水比法」、および「流量～効率法」を示す。

1)　平均電水比法

電水比とは、発電力（kW）と使用水量（m^3/s）の比をいい、

$$最大電水比＝\frac{最大発電力}{最大使用水量}\ 〔kW/m^3/s〕$$

$$常時電水比＝\frac{常時発電力}{常時使用水量}\ 〔kW/m^3/s〕$$

$$平均電水比＝\frac{1}{2}〔(最大電水比)＋(常時電水比)〕$$

$$＝\frac{1}{2}\left(\frac{最大発電力}{最大使用水量}＋\frac{常時発電力}{常時使用水量}\right)$$

で表される。すなわち電水比は、使用水量１m^3/s当たりの発電力（ｋW）を表すものであるから、使用水量にこれを乗ずると、それによる発電力が得られることとなり、ある発電計画での年間合計使用水量；ΣＱ（m^3/s-day）がわかれば、年間可能発電電力量；Ｅ（kWh）は、

Ｅ＝ΣＱ（m^3/s-day）×平均電水比（$kW/m^3/s$）×24（hr）

として求められる。**表 3-5-4** に同方法の算定方法を例示する。

表 3-5-4 平均電水比法

項　　目	諸　　元	算定式
①　有効落差	45.00 m	与条件
②　最大使用水量	3.00 m^3/s	与条件
③　常時使用水量	0.60 m^3/s	与条件
④　最大出力	1,100 kW	9.8×②×①×η （η＝0.84）
⑤　常時出力	158 kW	9.8×③×①×η （η＝0.60）
⑥　最大電水比	367 kW／m^3/s	④／②
⑦　常時電水比	263 kW／m^3/s	⑤／③
⑧　平均電水比	315 kW／m^3/s	〔⑥＋⑦〕／2
⑨　発電使用水量総量	650m^3/s-day	与条件
⑩　年間可能発電電力量	4,914,000 kWh	⑧×⑨×24時間
⑪　年間発電電力量	4,668,000 kWh	⑩×利用率（利用率＝0.95）
⑫　設備利用率	51 %	⑩／〔④×24時間×365日〕×100

2)　流況～効率法

①　年間可能発電電力量は、１年間あたりの最大使用水量以下の使用水量で発電される電力量（図3-5-4 のａ０ｂｃｄ）をいい、区分された使用水量（一般的には最大・豊水・平水・低水・渇水・最小流量で区分）ごとに水車発電機の合成効率を考慮して電力量（ 図3-5-4 のⅠ～Ⅵ）を求める。

②　区分された使用水量ごとの発電電力量は、近似計算して求め、図 3-5-4 においては次式となる。

③　Ⅲ面積（ＡＢＣＤ）の計算例：（$P_i + P_{i-1}$）／ 2 ×（Ｃ－Ｂ）× 24

④　本概算法での計算要領を表 3-5-5 に示す。

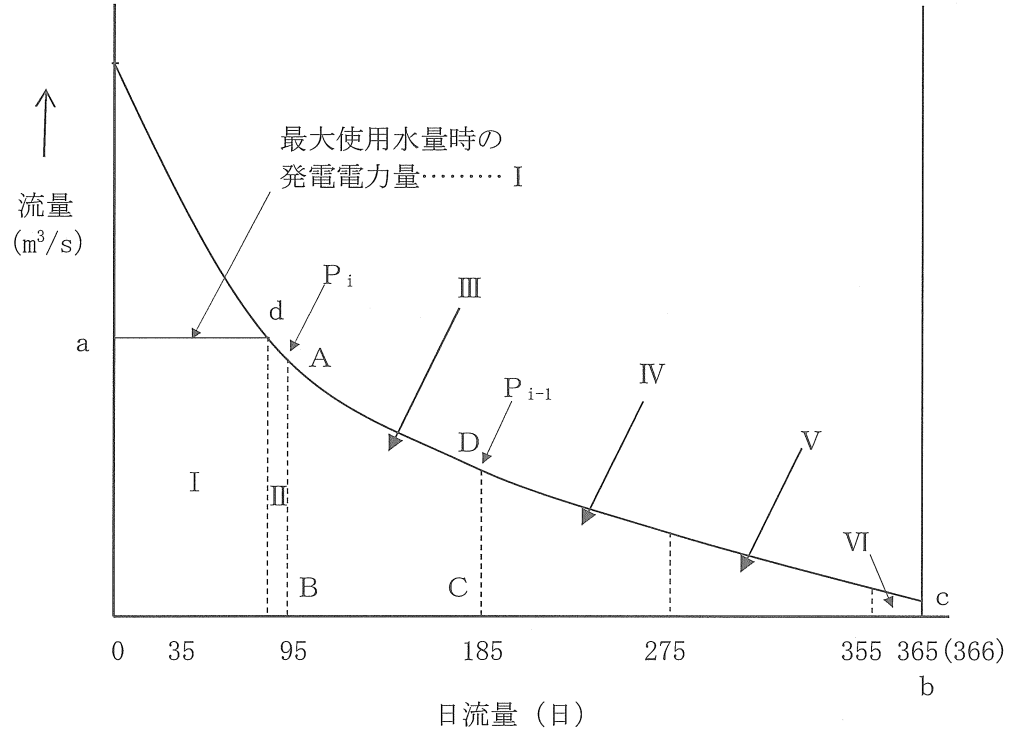


図 3-5-4 区分された使用水量ごとの発電電力量の計算方法

表 3-5-5 流況～効率による年間可能発電電力量計算要領

最大使用水量（Qmax）＝○.○○ m^3/s　　有効落差（He）＝○.○○ m

① 日順	② 日数 （日）	③ 使用水量 (m^3/s)	④ 入力 負荷率 ③/Qmax	⑤ 合成効率	⑥ 発電力 (kW) 9.8×Q ×He×④	⑦ 平均発電力 (kW)	⑧ 発電電力量 (kWh) ②×⑦×24
最大頭 切日数							
95	95－						
185	185－95 90						
275	275－185 90						
355	355－275 80						
365	365－355 10						
計	365						

①：最大頭切日順は、最大使用水量の取水可能日数を記入する。
④：使用水量を最大使用水量で割ったものを入力負荷率とする。

出典）中小水力発電ガイドブック P-89

(5) 水車の選定

1) 水車の種類

- 水車の種類
  - 衝動水車
    - ペルトン水車
    - クロスフロー水車
    - ターゴインパルス水車
  - 反動水車
    - フランシス水車
    - プロペラ水車
      - カプラン水車
      - 斜流水車
      - チューブラ水車
      - ストレートフロー水車

衝動水車　：　圧力水頭を持つ水をノズルから噴出させて、すべて速度水頭にかえ、噴出水の衝動によりランナを回転させる構造の水車（図 3-5-5 参照）。

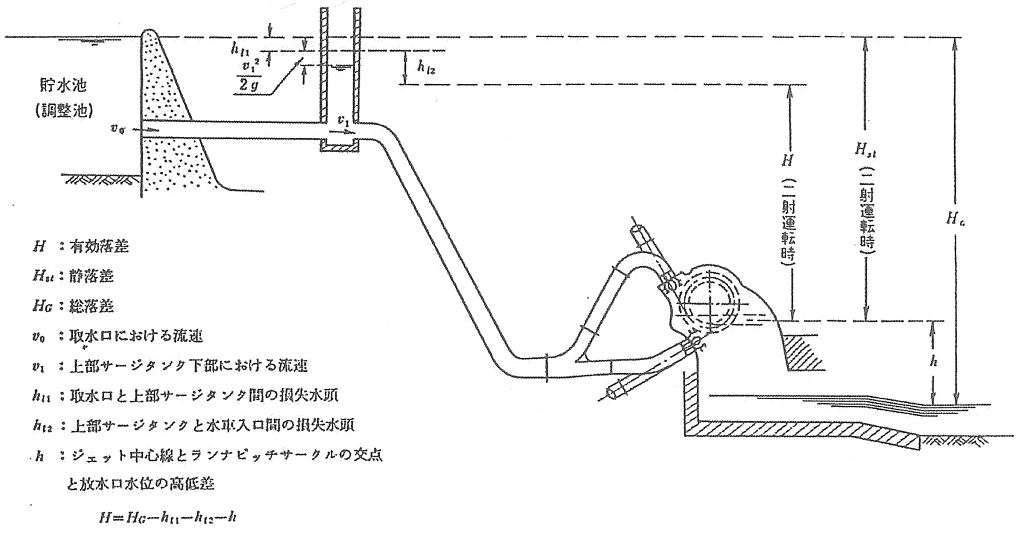


図 3-5-5 衝動水車の例（ペルトン水車）　　(出典：JEC-4001-1992)

反動水車　：　圧力水頭を持つ流水の水圧をランナに作用させる構造の水車（図 3-5-6 参照）。

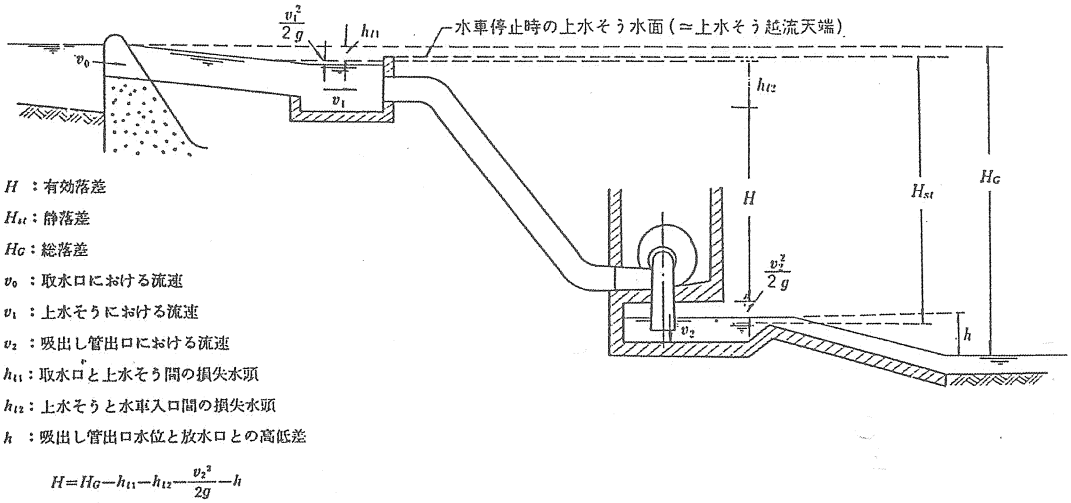


図 3-5-6 反動水車の例（横軸フランシス水車）　　（出典：JEC-4001-1992）

2)　水車の選定

水車は、使用水量の大小や落差の大小によってその適用機種が異なるため、その条件に合ったもののうちから多面的な検討を行って、最も経済的な水車を選定する。

水車の型式は、最大使用水量と有効落差の適用範囲によって定まり、一般的には、「中小水力発電ガイドブック（P-108)」、あるいは「中小発電計画導入の手引き 平成26年2月 経済産業省 資源エネルギー庁(P4-16)」記載の水車型式選定図が参考となる。

図 3-5-7 に１例として「中小水力発電ガイドブック」記載の水車型式選定図を示す。

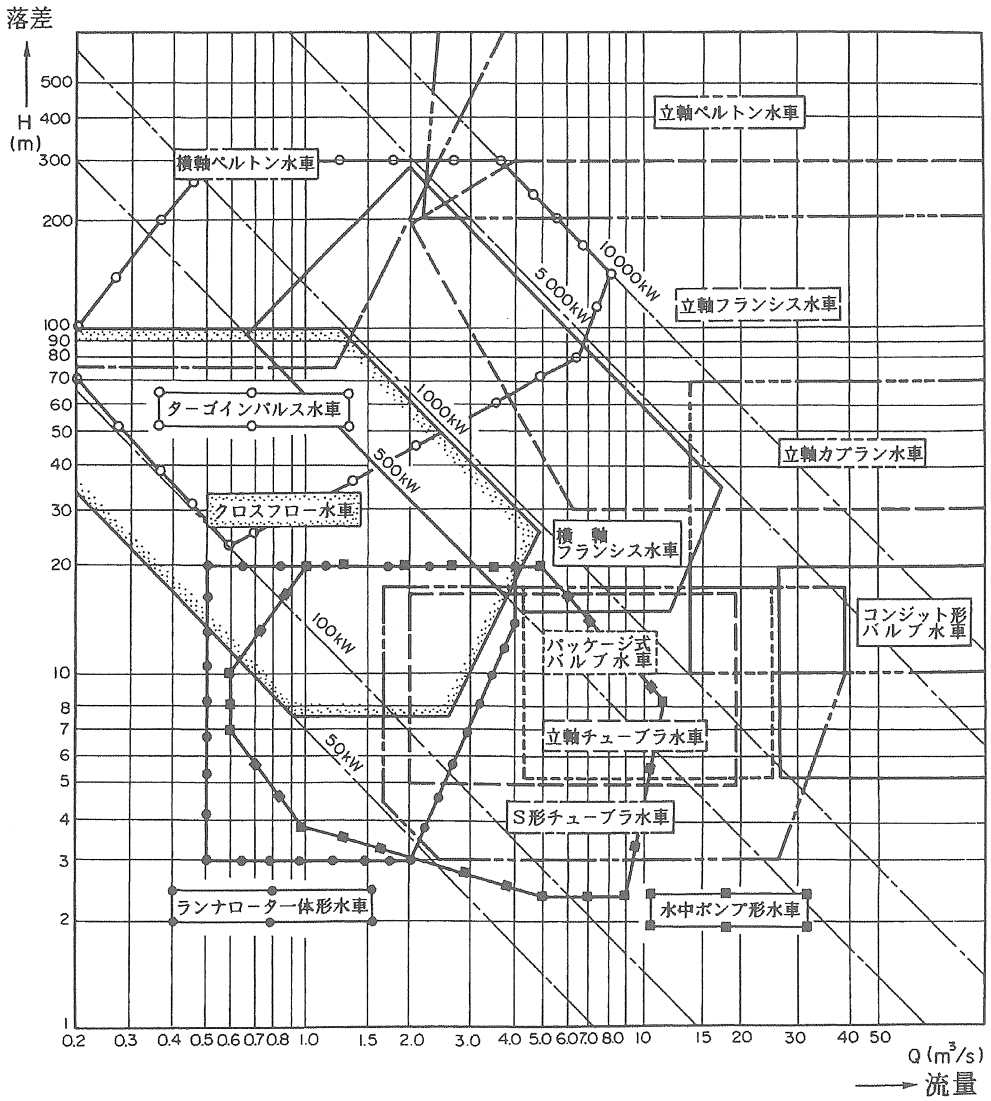


図 3-5-7 水車形式選定図

出典）中小水力発電ガイドブック（新訂５版） P108

(6) 最適発電規模の決定

出典）中小水力発電ガイドブック　P-150～P-152

発電規模は、主に最大使用水量、有効落差及び水車型式によって決定されるため、これに関するパラメータを変化させた比較検討を行う。

流れ込み式発電計画では、パラメータごとに概算工事費及び年間可能発電電力量を求め、kWh当たり建設単価が最小となる案を最適発電規模とする。以下に流れ込み式発電計画における比較項目を示す。

① 取水ダムおよび発電所の位置を変化させた代替案（水路ルートの選定）

② 最大使用水量を変化させた代替案（P3-45（2）使用水量の決定の項参照）

③ 水車型式を変化させた代替案

④ 水車台数を変化させた代替案

（注）④は、必要に応じて検討する。

3.6 概算工事費、経済性評価および事業性評価

(1) 工事費の積算

1) 工事項目の分類

水力発電所の建設工事は、直接現場で工事するものだけでも、土木、建築、電気と分かれ、しかも土木工事一つとっても、ダム、取水設備、水路（トンネル）、水槽、水圧鉄管、発・変電所基礎、放水路、並びにそれに伴う仮設備工事といったように、正に総合土木工事の観を呈することになり、実際に着工するためには、経験豊富な技術者による合理的かつ経済的な施工法に基づく積算が要求される。施工法如何によって同じ地点でも経済性が随分異なる場合があるので、特に仮設備計画を中心に入念な検討が必要となる場合が多い。更に、用地関係、建設所運営関係、建設中の工事資金の金利や発電所の直接的な建設をバックアップする事業所の事務経費も含まれてくる。

一般的には、表 3-6-1 に示すような工事項目について、その工種内容（例えば掘削、切取り、コンクリート、型枠、鉄筋等、更に掘削では土石か岩か、コンクリートでは無筋コンクリートか鉄筋コンクリートか等）の数量を算出し、それに工程、施工方法を考慮した単価を乗じて積算することになる。

表 3-6-1 水力発電所建設工事に係わる工事項目

項目		備　考
用地	土地 無形固定資産 補償費	立木伐採補償を含む。 水利願出願費、漁業権補償、電話加入権。 公共補償（建設に伴う自治体への各種補償）と一般補償（関係者への実害補償）。
建設	主要建築工事 別途工事	発・変電所の建屋工事（発電所内場合は通常発電機床より上部）。 建屋の付属設備（換気、給排水等）、ダム管理用見張所等,付属建物。
土木	主要土木工事 ダム 取水口 沈砂池 導水路 水槽 水圧管路 余水路 発・変電所敷地造成 発・変電所基礎 放水路 放水口 その他 別途工事 ダム 取水口 沈砂池 導水路	主要土木工事は構造物別にその構造物をつくるに当たり直接的土木工事費を計上する。請負者独自の仮設備も含む。 その他には通常、本工事で生じる残土処理的ための土捨場工事とその緑化対策費が織込まれる。 通常金物類（ゲート、鉄管等）グラウト等は専門とする請負者が別におり、主要土木工事と契約は別になっている。 基礎グラウト、継目グラウト、ゲート、バルブ等。 スクリーン、ゲート等。 スクリーン、ゲート等。 トンネルの場合には地質によって破砕帯や湧水が何処で何時生じるかわからないので、その都度、精算できるよう、主要土木工事とは別に扱う。 グラウト工事、横坑閉塞工事。

	水槽	スクリーン、ゲート等。 サージタンクで、鉄管で内張する場合の鉄管工事。
	水圧鉄管	鉄管工事。 地下埋設の場合はグラウト工事も含む。
	余水路	鉄管工事。
	発・変電所基礎	基礎グラウト。
	放水路	ゲート、トンネルの場合はグラウト工事を含む。
	放水口	角落し又はゲート等。
電気	主要機械 機械装置 諸装置	水車、発電機およびそのコントロールをする配電盤・開閉装置。 主要変圧器、制御装置、屋外鉄構主機内コントロールに関係のない配電盤・開閉装置等。 通信電灯電気装置および発電所周辺雑施設、（地下発電所の場合には地下空洞やアクセストンネル、ケーブルトンネルもここに含まれる）。
機械装置基礎		水車廻りケーシングバレル周辺のてん充コンクリート等、機械装置の基礎周辺工事。
仮設備		発注者側の建設所として必要な仮建物（事務所、合宿、倉庫等）、通信、電灯、電力用の変電、配電、通信設備の工事、および発注者側が設けるケーブルクレーンやプラント等仮設備や、工事に必要な道路、橋りょう工事、 トランシット等各種計測器具を含む工事用備品並びに請負者に支給する工事用電力に関する一切の費用。
総係費		発注者側の建設所人員の給与、厚生賛、出張費用、事務用品、消耗品、当地点の開発のための調査費用等一切の運営関係費用。
建設中利子		当工事的資金を全額又は一部借入れた場合の建設中期間の利子。
分担関連費		当工事をバックアップする発注者側の本・支店内関連事務経費。
予備費		工事中における出水対策費用や物価変動（特に高騰時）の工事費増額に対処するための費用。
転出		仮建物や工事用備品は当工事完了後、未償却額分相当を次の工事に転用できる場合にはその分を減額する。

電源開発に伴う工事費の項目分類の大要は、以上のとおりであるが、その詳細については、電気事業会計規則によって厳密に管理されており、工事資金の合理的並びに明朗な運営が義務づけられている。

このような詳細な積算は、開発の前段階ではどうしても必要となる業務であるが、図上計画段階（最適ルートおよび最適規模の検討時）では、後述するとおり、一般にはより簡略化した方法がとられる。

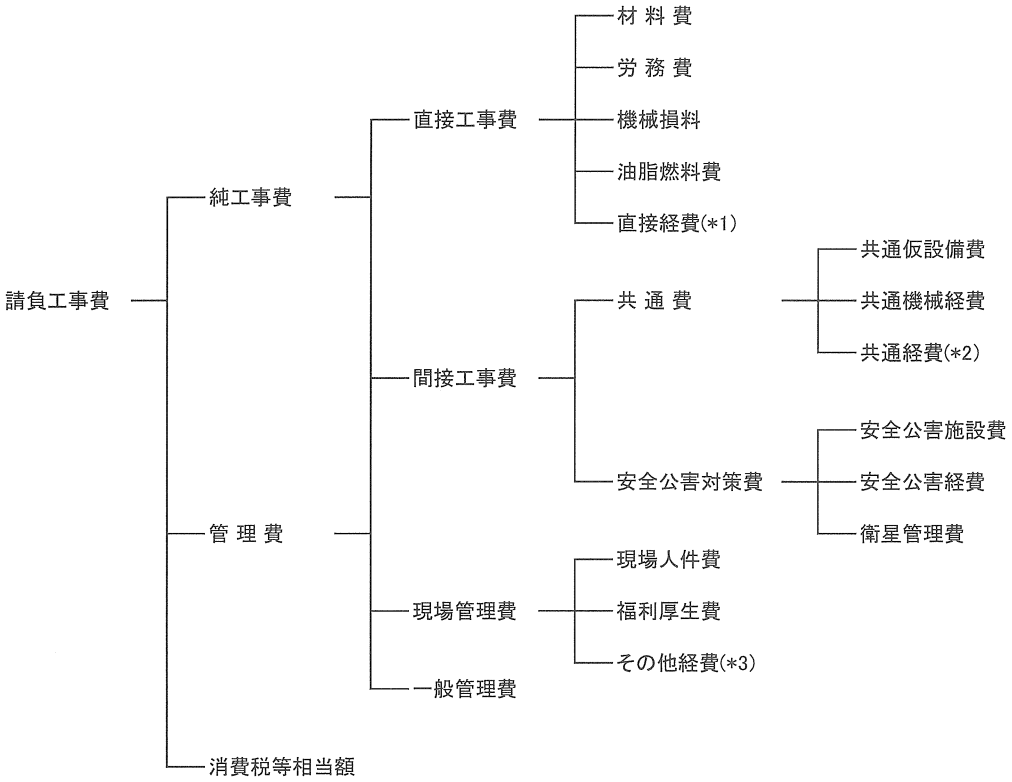
この簡略化した方法としては、「水力発電計画工事費積算の手引き 平成 25 年 3 月　経済産業省資源エネルギー庁、 一般財団法人新エネルギー財団」があげられる。この手引きは、ある程度の精度を保持し、簡便かつ迅速な作業によって効率的な積算が行えるよう基本的に数量と単価を分けずに計画諸元から直接、項目別工事費が算定出来る方式である。この積算の手引きは以下の適用範囲を対象としている。

- 新設および既設設備を利用した発電所工事を対象とする。
- 最大出力は 50,000kW 程度までを対象とする。
- ダムはローダムを対象とする（高さが 15m を超えるハイダムは対象外）。

なお、当該手引き平成 25 年度に作成されており、工事単価設定年度は平成 23 年度時点であり、使用する時点の工事費は、補正が必要である。

2) 工事費の構成

表 3-6-2 諸負工事費の構成例



(*1) 工事に伴う現場での材料の小運搬，軽微な仮設機器損料，用水・光熱費，雑消耗品費等。
(*2) 請負者側の仮建物，仮設備の供用に伴う維持修繕費，地代家賃，用水・光熱費等。
(*3) 請負者側の労務管理費，租税公課，保険料，事務用品費等。

3) 概算工事費の積算方法

図上計画段階における工事費の積算方法は，一般的には中小水力発電ガイドブック（P160）に参考として記載されている平成 6 年 3 月に示された「未開発地点開発最適化調査規模選定工事費積算基準」があげられるが、これは平成 5 年度に作成されたものであることから、最近は、「水力発電計画工事費積算の手引き 平成 25 年 3 月 経済産業省 資源エネルギー庁 一般財団法人 新エネルギー財団」が利用されている。

「水力発電計画工事費積算の手引き 平成 25 年 3 月」は、“1 規模選定工事費積算の手引き”、“2 発電計画工事費積算の手引き”および“3 電気設備選定の手引き”の 3 部で構成されている。

1　規模選定工事費積算の手引きについて

ｱ　本手引きは、中小水力開発調査で策定する発電計画のうち、発電計画の検討（最適ルート、最適規模の検討）における工事費の積算に用いる。

ｲ　発電計画の検討における最適ルートおよび最適規模の検討は、複数のケースを選定し、発電電力量計算、工事費積算を行って経済性の比較検討をすることから、本積算の手引きは、ある程度の精度を保持し、簡便かつ迅速な作業によって効率的な積算が行えるよう基本的に数量と単価を分けずに計画諸元から直接、項目別工事費が算定できる方式としている。

ｳ　工事費は最大使用水量、取水ダムの高さなどの諸元から図表で工事費が算定できる。水圧管路や余水路は、1/25,000 地形図などから延長を求め、最大使用水量から求まる水圧管路の単位当たり単価を図表から求め、両者を乗じて工事費を算定する。

2　発電計画工事費積算の手引きについて

ｱ　本手引きは、前述の“1　規模選定工事費積算の手引き”を用いて発電計画の検討（最適ルート、最適規模の検討）で選定した最適計画案に基づいて発電計画の策定を行う際に用いるものである。工事費の算定は工種ごとに数量、単価を算定して積算を行う方式であり、より精度の高い積算を行うことができる。

ｲ　本手引きでは計画精度に応じ、次のように分類している。

「発電計画Ⅰ」：1/5,000 より詳細な地形図による計画。数量は設計図から、単価は単価算定図表からそれぞれ算定。

「発電計画Ⅱ」：1/25,000 より詳細な地形図による計画。数量は数量算定図から、単価は単価算定図表からそれぞれ算定。

3　電気設備選定の手引きについて

「電気設備選定の手引き」は、小水力発電の概略設計などに対応できる水車・発電機効率の算定図などについてとりまとめ、1,000kW 以下の小水力発電所に対応できるように作成されている。

(2) 経済性の評価

水力開発計画の経済性を評価する手法について、ここでは通常流れ込み式発電に用いられる「建設単価法」を概説する。

また、国が行う水力ポテンシャル調査（第５次発電水力調査等）で用いられる評価手法（限界建設単価法及び費用便益法（C/V法））についても、参考として後述する。

経済性の評価で選定された発電計画が、将来的にどのような収益性や継続性を有しているかについては、キャッシュフロー及び内部収益率（IRR）などを用いて「事業性の評価」を行う（後述 **(3) 事業性の評価**の項参照）。

1) 建設単価法

流れ込み式発電は、出力（kW）の価値が低いため、経済性の評価は発電電力量（kWh）当たり建設単価を指標とする。年間可能発電電力量当たりの建設単価は、次式で算定する。

発電電力量（kWh）当たり建設単価　＝　建設費／年間可能発電電力量（円／kWh）

計画した流れ込み式発電所の発電原価は、kWh 当たり建設単価に均等化経費率を乗ずることによって略算できる。

参考１　限界建設単価法

限界建設単価法とは、一般水力に kWh 価値に加え極力 kW 価値を併せもたそうという観念から検討されたものであり、「第５次発電水力調査」では、経済性ランクを a、 b、 c と区分し、それぞれ発電型式ごとに kWh 当たり建設単価の限度を決めているが、ここでは参考としてその考え方を紹介する。

出典）中小水力発電ガイドブック（新訂５版）P140　新エネルギー財団

① 計算条件

モデル火力として**表 3-6-3** に示す諸元の石油火力を想定し、その代替電源としての水力について**表 3-6-4** に示す水力関連諸元を設定した。

水力及び火力の比較ポイントは、**表 3-6-5** に示すとおり、モデル火力から 500kV、275kV の流通設備をとおり、275kV/154kV 又は 275kV/66kV の変電所で水力発電所からの送電線と接続されるものとし、更に当該水力発電所用に 154kV または 66kV の送電線が 1 回線 10km 新設されるものとして、送変電経費、ロス補正を施している。原価の算定に当たっては、**表 3-6-6** に示す経済指標の下に 15 年間均等化を図っている。

その結果、得られた kW 価値及び kWh 価値は以下のとおりとなる

kW 価値　　：　44,200 円/kW
kWh 価値　：　　27.2 円/kWh

② 限界建設単価

kW 価値を織り込んで対比電源発電原価を

$$\frac{\text{kW価値}\times\text{kWh有効化率}}{\text{年間発電時間}}+\text{kWh価値}$$　　ただし，kW有効化率＝有効出力／最大出力

で求め、これを経費率で割ると、一般水力の開発のための指標となる限界建設単価を計算できる。例えば、設備利用率 50%、kW 有効化率 30%、経費率 0.1229 の流れ込み式発電所の場合の限界建設単価は、

$$\frac{\dfrac{44,200\ \times\ 0.3}{8,760\ \times\ 0.5}+\ 27.2}{0.1229}=246\text{円／kWh}$$

となり、この方式で kW 有効化率、設備利用率を種々与えて限界建設単価のマトリックスをつくると、表 3-6-7 のようになる。表中破線で囲んだ①、②、③のゾーンは、ほぼ貯水池式、調整池式及び流れ込み式に相当するゾーンであり、これらにより「第５次発電水力調査」における kWh 当たりの建設限界単価は、以下のとおりとしている。

貯水池式の限界建設単価＝400 円／kWh
調整池式の限界建設単価＝300 円／kWh
流れ込み式の限界建設単価＝250 円／kWh

③ 経済性ランク

「第５次発電水力調査」では、至近年に開発可能なものを a ランクとし、概ね 20 年後で開発可能と思われるものを b ランク、それ以外のものを c ランクとして整理している（表 3-6-8 参照）。

表 3-6-3 モデル火力

電源種別		石油火力
ユニット容量		1,000 MW×2
建設単価		168,000 円／kW
燃料費	条　　件	年率 10 %up (15 年)
	初年度価額	6.07 円／Mcal
	15 年均等価額	11.79 円／Mcal
所　内　率		(kW) 2.8 % (kWh) 3.0 %
kW 補正率		(年間バランス)　20 %
経　費　率		15.99 %
熱　効　率		39.0 %

表 3-6-4 水力関連諸元

発電経費率		12.29 %
送電経費率		12.32 %
有効出力	流れ込み式	各月 L5 出力の年平均
	調整池式	各月最低 5 日平均流量をベースに 7 時間ピーク相当の年平均
	貯水池式	7 時間ピーク化し月別出力の年平均
有効電力量		ロス率、停止率を考慮して、年間可能発電電力量の 95%

表 3-6-5 送変電諸元

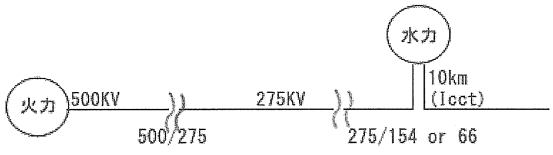
送電	建設単価	(500kV) 29,800 円/kW,	(275kV)4,400 円/kW	
	経費率	12.32%		
	ロス率		(kW)	(kWh)
		(500kV)	4.4%	3.5%
		(275kV)	1.0%	0.8%
変電	建設単価	(500/275)9,200 円/kW,	(275/66)11,400 円/kW	
	経費率	14.23%		
	ロス率		(kW)	(kWh)
		(500/275)	0.3%	0.2%
		(275/66)	0.5%	0.4%
比較ポイント				

表 3-6-6 経済指標

利　子　率	年率　8%
割　引　率	年率　8%
物価上昇率	年率　6%

出典）中小水力発電ガイドブック（新訂 5 版）P140　新エネルギー財団に加筆

表 3-6-7 開発限界単価マトリックス

単位：円／kWh

		設備利用率				
		20%	30%	40%	50%	60%
kW有効化率	100%	426	358	324	303	290
	90%	406 ①	344	314	295	283
	80%	386	331	303	287	276
	70%	365	317	293	279	269
	60%	344	303 ②	283	271	262
	50%	323	290	272	262	255
	40%	303	276	262	254	249
	30%	283	262	252	246	242
	20%	262	249	242 ③	238	235
	10%	242	235	232	229	228

ここに、kW 有効化率＝有効出力／最大出力

出典）中小水力発電ガイドブック（新訂５版）P141　新エネルギー財団

表 3-6-8　発電方式別基準値（経済性ランク）

（単位：円／kWh）

級 / 発電方式	a	b	c
流れ込み式	250 以下	250 を超えて 500 以下	500 をこえるもの
調整池式	300 以下	300 を超えて 600 以下	600 をこえるもの
貯水池式	400 以下	400 を超えて 800 以下	800 をこえるもの

出典）中小水力発電ガイドブック（新訂５版）P141　新エネルギー財団

【参考１　kW 価値、kWh 価値の算出】

kW 価値及び kWh 価値は、以下のとおり算出される。

$$\text{kW価値：}\ \frac{(\text{火力建設単価}\times\text{経費率}+\text{送変電建設単価}\times\text{経費率})}{(1-\text{火力側kWロス率})}\times(\text{kW補正率})-(\text{水力側送電線経費})$$

$$=\left[\frac{168{,}000\times0.1599+29{,}800\times0.1232+9{,}200\times0.1423+4{,}400\times0.1232+11{,}400\times0.1423}{1-0.028-0.044-0.01-0.003-0.005}\right]$$

$$\times1.2-640=44{,}204\text{円}\longrightarrow44{,}200\text{円/kW}$$

$$\text{kWh価値：対比電源燃料費}=\frac{(\text{燃料価値})\times0.86\text{Mcal/kWh}}{(\text{熱効率})\times(1-\text{火力kWh所内率})}\times(1+\text{事業税})$$

$$=\frac{6.07\times0.86}{0.39\times(-0.03)}\times1.01523=14.0\text{円/kWh}$$

15年均等化してさらに火力側kWhロス率補正をする

$$25.9\text{円/kWh}\ (1-0.035-0.002-0.008-0.004)=27.2\text{円/kWh}$$

出典）中小水力発電ガイドブック（新訂５版）P140　新エネルギー財団

参考２　費用便益法（C/V 法）

費用便益法（C/V 法）は、戦後貯水池式の水力によるピーク発電が求められたときに、kW 価値をうまく織り込んだ手法として考案され、第４次発電水力調査以後全国的に利用されてきた。昭和 30 年代から 40 年代にかけて建設された水力発電所は、C/V 評価による所産である。

しかし、最近のように流れ込み式を主体とする水力開発の傾向にあっては、kW 価値が小さいためC/V 法を経済性の評価手法として活用するまでに至っていないが、ここではその考え方を参考として紹介する。

C/V 法は、計画している水力発電所と、それと同当の電力を供給する水力以外の代替電源、主として大規模石油火力（基準火力）との比較で経済性を評価しようとする手法であり、貯水池式や調整池式水力によるピーク発電が求められたときに kW 価値を織り込んだ手法として考案され、第４次発電水力調査以後全国的に採用された。算出した費用（C）と便益（V）との比、すなわちC/V≦1 であれば基準火力に対して計画水力地点が等価ないしは優れた経済性を有していることになり、C/V＞1 ならば基準火力より経済性が劣るという判断になる。

① 年経費（C）

年経費（C）とは、水力発電所に必要となる年間の経費であり大略以下のとおりである。

C ＝ 総建設費×経費率（8～12%）

出典）中小水力発電ガイドブック（新訂５版）P137　新エネルギー財団

② 便　益（V）

便益（V）とは、計画した水力地点が受け持つ負荷を、代替電源（基準火力）が代替した場合の年経費である。

V ＝ kW価値＋kWh価値

ここに、　kW価値　：　水力の有効出力×基準火力のkW当たり固定費

kWh価値　：　水力の有効電力量×基準火力のkWh当たり可変費

「第５次発電水力調査」における基準火力のkW価値（単価）及びkWh価値（単価）は、前掲「参考１」で示すとおり、以下の値としている。

ｋ Ｗ 単 価 ： 44,200円／kW

ｋ Ｗ ｈ 単 価 ： 27.2円／kWh

経　費　率 ： 12.29%

出典）中小水力発電ガイドブック（新訂５版）P139　新エネルギー財団

(3) 事業性の評価

事業性の評価は、計画した発電計画について、事業の収益性、継続性、資金計画などを評価するものであり、キャッシュフロー、及び内部収益率などが代表的な評価手法として挙げられる。

1) キャッシュフロー

キャッシュフローとは、開発する発電所における費用（経費）と収益のことであり、その差が純益となる。

キャッシュフロー計算は、発電所運転開始後何年間で資本回収ができるか、あるいは想定する期間内でどの程度純益が期待できるか予測する経済性の評価手法である。水力発電所の法定耐用年数を念頭におきつつも、固定価格買取期間である経過20年時点や、さらに発電を継続するものとして20年以降も運転を継続した場合、どの程度の純益が見込めるのかを予測し、経営計画を検討する手法である。

2) 内部収益率（IRR）

事業期間中に発生する費用の現在価値の累計と便益の現在価値の累計が等しくなる割引率を内部収益率という。すなわち、純現在価値（NPV）が 0 となる割引率のことで、IRR が大きければ投資する事業は経済性が優れている。さらに、事業者がどのプロジェクトに投資するのが有利かを判断するのに利用可能である。

内部収益率は、事業自体の収益性を評価するプロジェクト内部収益率（Project IRR）と、事業の出資金（資本金等）のみを対象として収益性を評価する自己資本内部収益率（Equity IRR）に分類される。それぞれの収益率の概要や事業実施の判断基準については以下に記す。

① プロジェクト内部収益率（PIRR：Project IRR：Project Internal Rate of Return）

事業期間を通じた事業に投じられる投資額全体に対する内部収益率で、事業を行うことでどれ位の収益性を得られるかを評価する指標。事業に必要な建設費等の投資額に対して当該事業から得られる内部収益率を求めるもの。事業に投じられる投資額には自己資金に加えて銀行等からの融資も含まれる。

② 自己資本内部収益率（EIRR：Equity Internal Rate of Return）

事業期間を通じた自己資本（出資金等）に対する内部収益率で、投資家が投資した資金に対してどれだけの収益が得られるかを判断するための指標。プロジェクト IRR と異なり金融機関等からの借入に相当するものは含めないものであることから、100%自己資金で事業を行った場合のプロジェクト IRR と等価となる。出資者が求める最低限の自己資本 IRR の水準は、事業のリスク等に応じて異なる。

事業の実施に関係する主な参加者として、「事業主体」、「株主」、「金融機関」を考えた場合、それぞれの立場で事業への参画の目的が異なる。株主は、出資に対する配当金等の利益を得ることを目的とし、金融機関は事業への融資債権の保全を図りつつ適切な利息収入を得ることが目的となる。また、当然に事業主体では、安定した収入・利益を得ることによる事業安定性を担保することが目的となる。この中で、「事業主体」及び「株主」について、事業の採算性を判断する材料として使用されている指標が PIRR と EIRR である。事業参加者の事業参画目的と判断指標の考え方を表 3-6-9 に示す。

表 3-6-9 事業参加者の事業参画目的と判断指標

事業参加者	目的	目的に適する指標	評価基準
事業主体	事業全体の安定性、収益性の確保	プロジェクト内部収益率（PIRR）	PIRR＞資本コスト
株主	出資に対する収益性の向上	自己資本内部収益率（EIRR）	EIRR＞株主の期待する利回り

内部収益率の計算式、項目については以下のとおりである。

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{Bt}{(1+i)^{t}} = \sum_{t=1}^{n} \frac{Ct}{(1+i)^{t}}$$

項目	要　素
便益（Bt）	各年の電力販売額
費用（Ct）	設備投資額＋運転資金＋燃料費＋修繕費＋人件費＋固定資産税＋電気税＋事業税＋法人税等
割引率(i)	市場の利子率以上

注）割引率とは

割引率は、各年の経費を現在価値に換算する時に用いられるもので、投資に対する期待収益率をいう。企業が達成すべき投資利回りの基準となる数値であり、少なくとも限界的な運用金利以上の割引率でなければ、他の投資機会を選好すると仮定し、市場の利子率以上とする。

3.7　工事費積算および事業性評価の演習

本項では、架空の発電計画地点を設定し、規模選定段階における工事費を積算するとともに、その結果を用いて事業性評価を行うものである。

工事費積算は「水力発電計画工事費積算の手引き　平成 25 年 3 月」（経済産業省資源エネルギー庁、一般財団法人新エネルギー財団）にもとづいて算定することとし、算定に必要な計画諸元および関連資料は研修当日に配布する（表 3-7-1 参照）。

表3-7-1　積算項目

積算項目			摘要
(1)	土地補償費		水没家屋，田畑，山林，付替道路，鉄道，漁業，公共補償，無形固定資産等
(2)	建物関係		発電機床面以上の発電所本館建物（半地下式，地下式の場合は内装を含む），付属建物（本館以外）。
(3)	土木関係		
	① 水路	a．取水ダム	土砂吐き、排砂ゲート、護岸工，護床工，魚道を含む。
		b．取水口	ゲート、スクリーンを含む。既設堤体穴開け方式の場合は、堤体穴開け工事費を含む。サイフォン方式の場合は、真空ポンプ工事費のみとし、サイフォン管は水圧管路に計上する。
		c．沈砂池	排砂ゲート、スクリーンを含む（露出式を対象）。
		d．排砂路	沈砂池（水槽）で排砂ゲートを設置できない場合の代替設備として設置する。
		e．導水路	
		f．水槽	ヘッドタンク又はサージタンクのどちらかを示す。排砂ゲート、スクリーンを含む。
		g．余水路	
		h．水圧管路	既設管路との分岐管、バルブ室、バルブ、流量計室、流量計、グラウト、法面保護工等を含む。
		i．放水路	
		j．放水口	ゲートを含む。
		k．代替放流設備	既設ダムの放流設備途中に発電設備を設置し、バイパス放流設備が必要な場合の放流バルブ
		l．雑工事	土捨場、水路に係わる緑化工事、自記量水設備等。
	② 貯水池又は調整池		（ダム高15m 以上の）ダム本体、洪水吐、雑工事
	③ 機械装置	m．基礎	発電機床面以下（半地下式、地下式の場合は、床面以上を含む）の土木工事
		n．諸装置	取付道路、構内整備、機械装置に係わる緑化工事等
(4)	電気関係		水車、発電機、主要変圧器、配電盤開閉装置等
(5)	仮設備費		工事用道路・橋梁、仮建物、工事用電力、備品等
(6)	総係費		人件費、調査委託費、事務関係費等
(7)	（小計）		Σ1)～6)
(8)	建設中利子		建設工事期間中の工事資金に係わる利子
(9)	分担関連費		発注者の現場以外の組織全体に係わる事務経費
(10)	送配電設備費		架空又は地中送電設備
(11)	(計)		Σ7)～10)

出典)「水力発電計画工事費積算の手引き　平成25年3月　P3 」(経済産業省資源エネルギー庁、一般財団法人新エネルギー財団)

概算工事費集計表

単位:百万円

積算項目			工事費	備考
(1)	土地補償費			〔(2)+(3)+(4)+(5)〕×5%
(2)	建物関係			
(3)	土木関係			①+②+③
	①水路			Σ(a～j)
		a.取水ダム		
		b.取水口		
		c.沈砂池		
		d.導水路		
		e.水槽		
		f.余水路		
		g.水圧管路		
		h.放水路		
		i.放水口		
		j.雑工事		Σ(a～i)×10%
	②貯水池または調整池			
	③機械装置			k+l
		k.基礎		
		l.諸装置		〔①+②+k〕×10%
(4)	電気関係			
(5)	仮設備費			〔(2)+(3)+(4)〕×5%
(6)	総係費			〔(2)+(3)+(4)+(5)〕×7%
(7)	(小計)			Σ〔(1)～(6)〕
(8)	建設中利子			(7)×0.4×利子率2%×T/12
(9)	分担関連費			(7)×1%
(10)	送配電設備費			
(11)	(計)			
最大出力(kW)				
年間可能発電電力量(kWh)				
kW当たり建設費(千円/kW)				
kWh当たり建設費(円/kWh)				

４．地形・地質

4. 地形・地質

4.1 「土砂災害」からみた地形・地質について

水力発電事業を推進する過程で地域のさまざまな自然環境条件を調査することは、電源開発の初期段階ではもっとも重要なことである。その中でも開発地点においてとりわけ重視されるのは、地形・地質条件であることはいうまでもない。安定した強固な地盤上に電源施設を建設することが、電力の安定供給には必要不可欠の条件と考えられるからである。本章では、電源開発における地形・地質条件に注目し、我が国でもっとも多い災害の一つである「土砂災害」の見地から、この分野の現状や基礎知識を紹介する。

(1) 我が国における「土砂災害」について

山間部が国土の約 70%を占める我が国では、台風や大雨、地震等が引き金となって、がけ崩れや土石流、地すべりなどの土砂災害が発生しやすい自然環境にある。土砂災害は一瞬にして、尊い生命や家屋などの貴重な財産を奪うなど、甚大な被害をもたらすことはいうまでもない。

過去 10 年間の土砂災害発生件数をみると、平均して 1 年間におよそ 1,000 件もの土砂災害が発生している。平成 28 年の土砂災害の発生件数は 1,492 件であり、図 4-1-1 に各都道府県別の発生件数を示す。この図からも分かるように、ほとんどの都道府県で土砂災害が発生している。

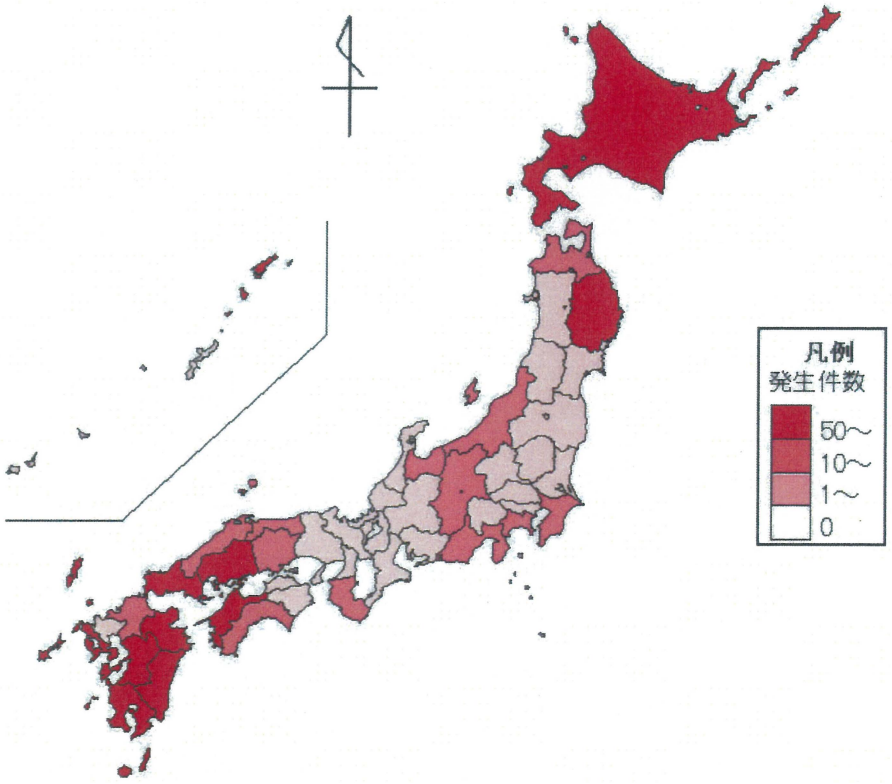


図 4-1-1　平成 28 年の各地の土砂災害発生件数（政府広報オンラインから引用）

さらに特筆されるのは、土砂災害が発生するおそれのある危険箇所は、日本全国で約 67 万区域以上も存在することである。（平成 28 年度末時点の推計値）

国土交通省や都道府県では、土砂災害による被害を防ぐため、砂防えん堤などの施設整備や警戒避難体制の整備などの対策を実施しているが、これらと併せて私たち一人ひとりが土砂災害に対して日頃から備えておくことも重要である。加えて、ここでは知っておくべき次の 3 点のポイントを紹介する。

① 当該地点が「土砂災害危険箇所」にあるかどうか確認する。

土砂災害発生のおそれのある地区は「土砂災害危険箇所」とされている。当該地点が土砂災害危険箇所にあるかどうか、国土交通省・都道府県が公開している情報で確認することができる。

※　国土交通省　水管理・国土保全局　砂防部の HP
http://www.mlit.go.jp/river/sabo/link_dosya_kiken.html

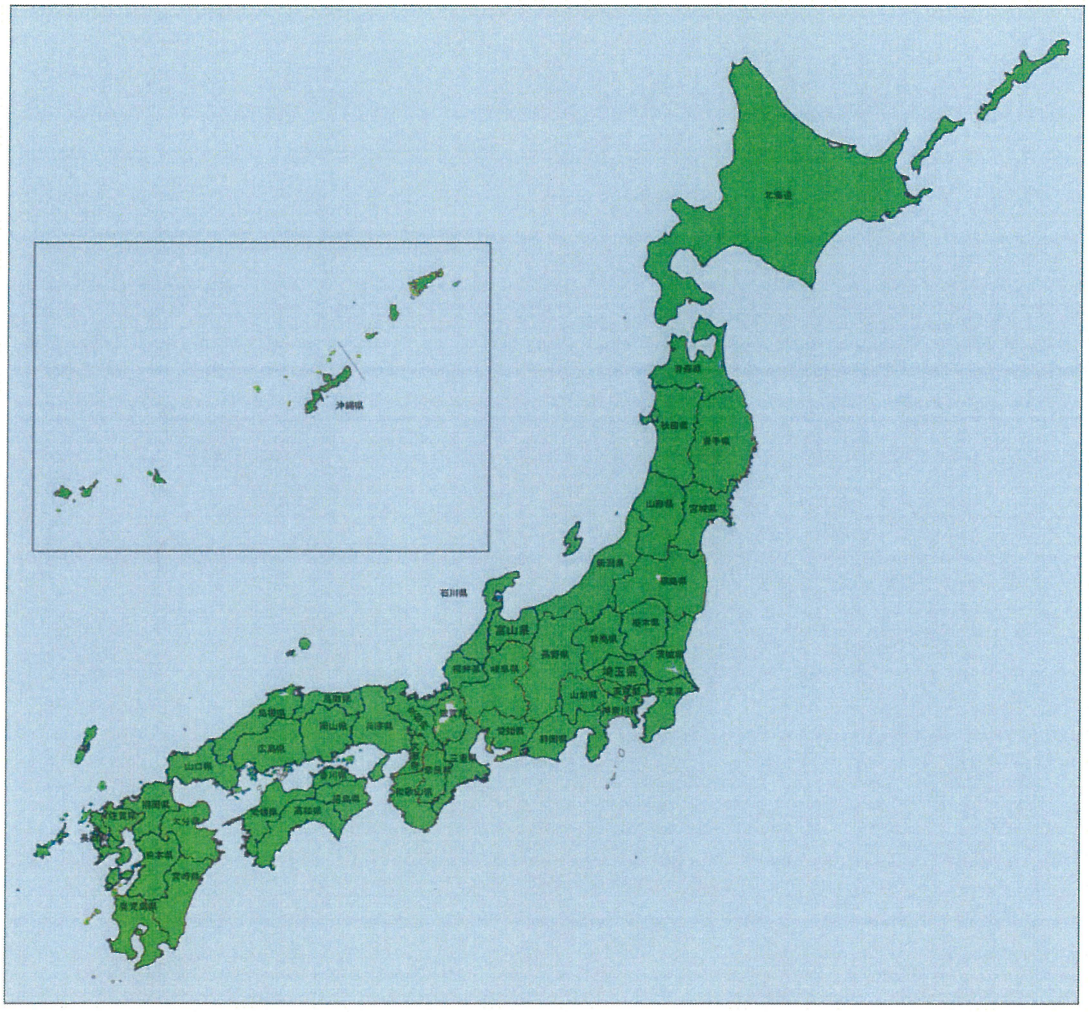


図 4-1-2　都道府県別土砂災害危険箇所（国土交通省資料から引用）

※　図 4-1-2 の都道府県をクリックすると、図 4-1-3 のような土砂災害危険箇所マップが示される。

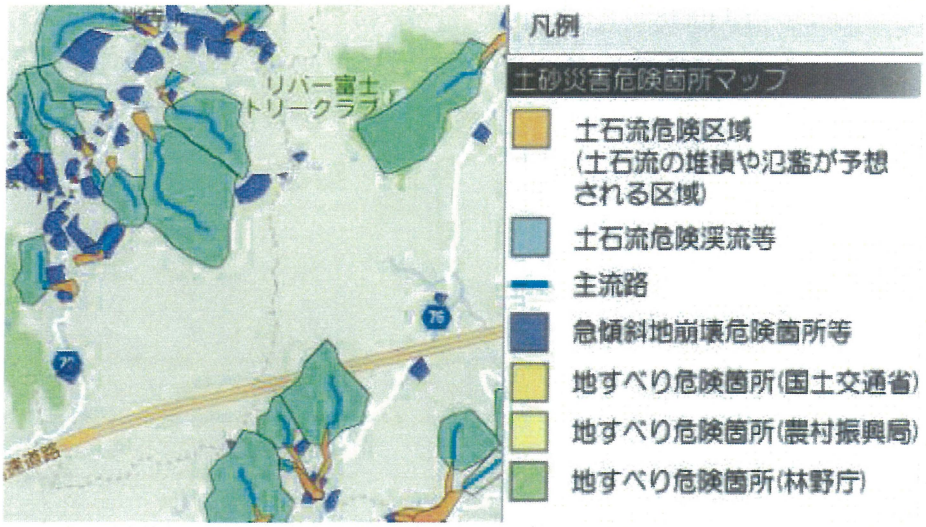


図 4-1-3　土砂災害危険箇所マップの事例

② 雨が降り出したら「土砂災害警戒情報」に注意する。

「土砂災害警戒情報」は、大雨による土砂災害発生の危険度が高まったときに、市町村長が避難勧告などを発令する際の判断や住民の自主避難の参考となるよう、都道府県と気象庁が共同で発表する防災情報である。気象庁ホームページや各都道府県の砂防課などのホームページで確認できるほか、テレビやラジオの気象情報でも発表される。大雨による電波障害や停電など、いざというときのために携帯ラジオを持っておくとよい。都道府県や市町村によっては、携帯電話などに自動的に土砂災害警戒情報を教えてくれるサービスもある。さらに、土砂災害警戒判定メッシュ情報など、1～5km のメッシュ単位のきめ細かな情報が気象庁や都道府県のホームページで確認できる。

※　気象庁ホームページ　http://www.jma.go.jp/jp/dosha/

※　土砂災害警戒判定メッシュ情報　http://www.jma.go.jp/jp/doshamesh/

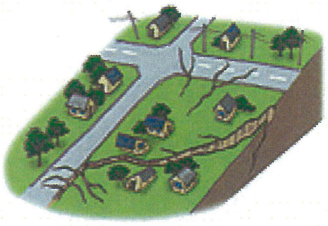
土砂災害警戒判定メッシュ情報は、土砂災害警戒情報及び大雨警報・注意報を補足する情報である。 5km 四方の領域（メッシュ）ごとに土砂災害発生の危険度を 5 段階に判定した結果を表示している。 避難にかかる時間を考慮して、危険度の判定には 2 時間先までの土壌雨量指数等の予想が用いられている。土砂災害警戒情報や大雨警報（土砂災害）が発表されたときには、土砂災害警戒判定メッシュ情報により、対象市町村内で土砂災害発生の危険度が高まっている詳細な領域を把握することができる。

③ 「土砂災害警戒情報」が発表されたら、早めに非難する。

当該地域に土砂災害警戒情報が発表されたら、早めに近くの避難場所など、安全な場所に避難すること。また、強い雨や長雨のときなどは、市町村の防災行政無線や広報車による呼びかけにも注意が必要である。

一方、土砂災害には、がけ崩れや地すべり、土石流などの種類がある。表 4-1-1 に、これらの特徴や前兆現象を示す。当該地点でこうした前兆現象がみられたら、電源施設建設の再検討が必要である。

表 4-1-1　土砂災害の種類とそれぞれの特徴・前兆現象

土砂災害の種類	がけ崩れ	地すべり	土石流
模式図			
特徴	斜面の地表に近い部分が、雨水の浸透や地震等でゆるみ、突然、崩れ落ちる現象。崩れ落ちるまでの時間がごく短いため、人家の近くでは逃げ遅れも発生し、人命を奪うことが多い。	斜面の一部あるいは全部が地下水の影響と重力によってゆっくりと斜面下方に移動する現象。土塊の移動量が大きいため甚大な被害が発生。	山腹や川底の石、土砂が長雨や集中豪雨などによって一気に下流へと押し流される現象。時速 20～40km という速度で一瞬のうちに人家や畑などを壊滅させてしまう。
主な前兆現象	●がけにひび割れができる ●小石がパラパラと落ちてくる ●がけから水が湧き出る ●湧き水が止まる・濁る ●地鳴りがする	●地面がひび割れ・陥没 ●がけや斜面から水が噴き出す ●井戸や沢の水が濁る ●地鳴り・山鳴りがする ●樹木が傾く ●亀裂や段差が発生	●亀裂や段差が発生 ●山鳴りがする ●急に川の水が濁り、流木が混ざり始める ●腐った土の匂いがする ●降雨が続くのに川の水位が下がる ●立ち木が避ける音や石がぶつかり合う音が聞こえる

（政府広報オンラインから引用）

なお、毎年、6 月 1 日～30 日は「土砂災害防止月間」である。（6／1～7 は、がけ崩れ防災週間）

月間中は、「みんなで防ごう土砂災害」を運動のテーマとして、土砂災害危険箇所や砂防設備などの点検や避難訓練、土砂災害防止に関する講習会、現場見学会などが実施される。土砂災害防止月間を機に、自分の地域の危険な場所を確認したり、避難場所までの経路を歩いてみたりするなど、万が一の事態に備えておくことも必要である。

4.2 地形・地質の基礎知識

(1) 土質地盤と岩盤

建設工事において対象となる地盤は、**土質地盤**と**岩盤**とに分けられる。土質地盤は沖積世や洪積世に属する新しい地質年代の堆積物で、土木との関係では都市土木が対象となる。また岩盤は地質年代にかかわらず、山岳土木の主な対象となる。両者の中間的なもので岩盤が風化して土砂状になったものや軟岩がある。この場合、問題に応じて土質地盤にしたり、岩盤として扱われたりすることが多いが、後述するように、必要な場合は軟岩としての性状や物理的特性を適切に扱うことが必須のケースもある。

建設技術に関する地盤地質を理解するうえでのポイントは、次のような内容に関する知識を身につけることである。

土質地盤では、構成粒子の大きさとそれに伴う性質の違いや水との関係がポイントとなる。例えば砂礫層と粘土層とが互層している場合、前者は地下水を胚胎する層となるし、後者はそれを遮断する層となるので、施工上まず重要視すべきことになる。

また岩盤に対しては、次のような知識が必要とされる。

① 堆積岩、火成岩、変成岩各々に特有な構造と性状
② 堆積岩における地質年代や原材料から推定される性状
③ 火成岩における産状、成分から推定される性状
④ 割れ目や不連続面（断層、層理、片理、節理など）からくる異方性
⑤ 岩石の違いによる風化、変質などの特徴

建設工事では、岩盤の問題を硬岩、中硬岩、軟岩というように硬さ主体で考える傾向がもっとも一般的である。これは誰にでもわかりやすいこと、積算に反映させやすいことなどが理由であろう。しかし発生する種々の問題をみると、硬さよりも岩盤の有する地質構造（断層、層理、片理、節理などの割れ目や不連続面）に起因するものが多い。岩盤に特有な地質構造の知識を持ち、その構造を読み取って、構造物との関係を理解できれば、大半の問題とその解決策を見つけることができると考えてもよい。

岩石は大きく火成岩・堆積岩・変成岩に分けられ、さらに火成岩は地下のマグマが冷却して岩石になった場所によって、深成岩・半深成岩（脈岩）・火山岩（噴出岩）に分けられる。そして深成岩の代表的な岩石として花コウ岩、また噴出岩の代表として安山岩が一般的に知られている。

ここでは、各土木構造物の地盤地質に共通し、かつこれだけは知っておいてほしいと考える基礎的な内容について解説する。

(2) 地質年代

宇宙のチリが集まって地球が太陽系の中に誕生したのは、約 46 億年前といわれている。その後表面が冷え固まり、水や大気などが出現し、さらにさまざまな変遷をした結果が現在の地球の姿である。したがって、現在われわれがみている地盤地質は場所によって生成された時代が異なり、その歴史を表現するために**地質年代**（相対年代）が命名されている。その地質年代は、生物の歴史上大変革のあった時期を区切りとしている。人間生活の歴史は遺跡や古文書などで推定・解明されるのに対し、地質の歴史は化石や放射性炭素などによる年代測定によって前後関係が明らかにされる。

地質年代の区分は次のような単位で示される。左側ほど大きな単位で、例えば中生代の中に白亜紀などの紀があるという関係である。

代 era・・・・・紀 period・・・・・世 epoch・・・・・期 age
（界 erathem）　（系 system）　（統 series）　（階 stage）

それぞれの地質年代の地層のことを呼ぶ場合には、厳密には（　）内のような表現となる。例えば地質年代は古生代で、その地層は古生界というようにである。ただし建設工事の場面で地層をいう場合には、単に古生層としていることも多い。

表 4-2-1 に地質年代区分を示すが、地質調査で必要な地盤の性状に関しては、同表に示すようなおおまかな地質年代でとらえて構わない。ただしこの性状は堆積岩についていえるもので、火成岩では地質年代はあまり関係ないと考えてよい。

表 4-2-1　地質年代区分

代	紀		世	年代 (百万年)
新生代	第四紀		沖積世	0.012
			洪積世	2.59
	第三紀	新第三紀	鮮新世	5.33
			中新世	23.00
		古第三紀	漸新世	33.90
			始新世	55.80
			晩新世	65.50
中生代	白亜紀		後期	
			前期	145.50
	ジュラ紀		後期	
			中期	
			前期	199.60
	三畳紀		後期	
			中期	
			前期	251.00
古生代	二畳紀			299.00
	石炭紀			359.20
	デボン紀			416.00
	シルル紀			443.70
	オルドビス紀			488.30
	カンブリア紀			542.00
原生代・始生代	先カンブリア紀			4,600.00

(3) 地盤の構成物

地質技術者が岩石の名前を付けるときには、野外で見られる岩盤露頭のような大きいスケールの中で産状その他の情報から判定するものであり、小さな岩片だけでは顕微鏡鑑定でもしない限り難しいことがある。また、岩石図鑑でもわかるケースは少ない。

大ざっぱではあるが、岩石の名前を付ける時のポイントは次のようなことである。

・堆積岩、火成岩、変成岩の何に相当するかを見極めること

堆積岩：水の作用により粒子が円形をしていたり、堆積した時の構造が見える

火成岩：粒子が角張っている

変成岩：変性作用のための縞状構造が見える

・鉱物の種類、粒子の粒径の大きさ、色、縞模様などによる判定

ここではすでに調査が行われていて岩石名がわかっている場合に建設工事の設計・施工計画の検討に際しての注意するポイントは何かを解説する。

建設工事の場面で問題となる地盤の性状は、次のような内容で決まる。

① その岩石を構成する物質が何であるか、ということ

例えば堆積岩で、砂が固まってできた砂岩と粘土が固まってできた泥岩や粘板岩とは性状が異なる。もっとも、性状の違いは岩石名だけで決まるのではなく、例えば強度で評価すると新しい地質年代では（砂岩＜泥岩）であることが多いのに対し、古い地質年代では（砂岩＞粘板岩）となることが多い。また火成岩では、例えば白っぽい石英・長石などからなる花崗岩と、有色鉱物が優勢な玄武岩とでは、比重が異なることや、風化生成物が前者は砂状、後者は粘土状となる、などの違いがある。

② その岩石がいつ、どのような場所で、どのようにしてできたかというような生成条件

堆積岩の場合の、地質年代による特徴は表 4-2-2 に記した。火成岩では、その生成場所および生成時の状況が、その岩石の性状に影響している。すなわち、花崗岩のように地下深所でゆっくり冷え固まった深成岩は密実であるが、安山岩のように火山からの噴出岩では節理が顕著であったり、ガスが抜けたため多孔質であることが多い、などの違いを生じる。

③ 破砕・風化・変質など岩石生成後に被った変化

これは、上記①②のような状況で生成された岩石が、その後に被った破砕・風化・変質などの変化の程度に応じて性状が変化するということである。

表 4-2-2　地質年代からの岩盤性状のイメージ（堆積岩の場合）

中生界・古生界	古い時代にできたものなので、それだけ固結度がよく硬質である。反面、何回もの地殻運動を被ったキャリアを有するので、それによるキズ（断層、割れ目など）も多い。
新生界古第三系	固結度がよく硬質なもの（例えば砂岩）と、やや軟質なもの（例えば泥岩や頁岩）とが混在（互層）することが多い。
新生界新第三系	一般に軟質であるが、断層や割れ目などのキズは、時代が新しいだけに少ない。
新生界第四系洪積統	未固結である。一般には段丘と呼ばれる砂礫層が特徴的である。

(4) 岩石の種類と特徴

①堆積岩

堆積岩の工学的性質は、それが生成された地質年代との関連が強い。一般に古生代・中生代などの時代が古い岩石ほど硬質であるが、反面それだけ破砕や変質を被る機会も多く、断層破砕帯や割れ目の発達が顕著となる。新生代の新第三紀以降の堆積岩は、概して固結度が低く断層破砕帯などは少ないことが特徴で、軟岩に区分されることが多い。

・砕屑岩

河川などの流下によって浸食・運搬された砕屑物が、海底や湖底に堆積し、固結したものである。この砕屑岩の分類は砕屑物の粒径によるが、土木工学的には礫岩・砂岩・泥岩の区別で十分である。このうち泥岩については、その生成年代によって表 4-2-3 のように使い分けされている。ただし、純粋地質学の立場で命名する場合には、頁岩・粘板岩という名称は使わず単に泥岩とすることがある。関東地方で実務上「土丹（どたん）」と称せられる地盤があるが、これは新第三紀～第四紀洪積世の砂岩、泥岩などの砕屑岩の総称である。

表 4-2-3　年代による泥岩の使い分け

	泥岩	頁岩	粘板岩
新生代	○	○	—
中生代	—	○	○
古生代	—	—	○

・化学的沈殿岩・生物岩

この分類によく出てくるのは、石灰岩とチャートである。石灰岩は中・古生層中にレンズ状（数 km 規模）に分布することが多く、地下水中の酸の作用で溶解されて空洞が生じていることがしばしばある。これがいわゆる鍾乳洞である。沖縄に分布する石灰岩は琉球石灰岩と呼ばれ、新しい時代（第四紀洪積世）のもので空隙が多く、本土の一般の石灰岩とは異なる。

チャートは非常に硬質であるが、層理面が発達していて異方性が顕著であることが多い。

・火山砕屑岩

新第三紀は、とくに東日本を中心に火山活動が活発であったが、この時代の火山灰を起源とする凝灰岩類をグリーンタフと呼ぶ。緑泥石の含有による緑色が特徴的なための名称であるが、すべてが緑色系という訳ではない。

中生代より古い地質年代の凝灰岩類は、純粋地質学では緑色岩類と称されるが、建設工事の地盤地質の分野では慣例的に輝緑凝灰岩と呼ばれる。濃緑色、黄緑色、紫赤色などを呈することが多い。名称は似ているが、その工学的性質は第三紀の軟質な凝灰岩とは異な

って、一般に硬質の岩盤である。また、やはりよく似た名称の熔結凝灰岩は、高熱の火山灰が堆積後に自らの熱で再溶融・固結したもので、火成岩の中の火山岩の性状に類似する。硬質ではあるが節理の発達が著しく、透水性が高い場合が多い。

②火成岩

火成岩の分類は、表 4-2-4 に示す通りである。基本的には産出状態（表の縦軸）と造岩鉱物の量比（表の横軸）の組合せにより岩石名が決定される。

産出状態とは、その岩石が固化したときの状況を意味している。すなわち深成岩は、マグマと呼ばれる地球内部の岩石溶融体が地下深部でゆっくり冷え固まったもので、鉱物結晶は大きく成長しており肉眼で確認できる。花崗岩は深成岩の代表的な岩石である。火山岩はマグマが火山活動により地上（あるいは海底）に運ばれて急冷された岩石である。鉱物粒子は肉眼で確認できないほど細かく、安山岩や玄武岩などがこれに属する。これらは、急冷されたために生じる節理が一般に顕著である。半深成岩は、既存の岩盤の割れ目の中にマグマが貫入してできたものであり、深成岩と火山岩の中間的な場所での生成物である。したがって岩脈状の産出が一般的である。以上のような産出状態の差が、鉱物粒子の大きさや節理の発達形態などの違いとなる。

一方、造岩鉱物量比とは、その岩石を構成している鉱物の組合せを表したものである。表 4-2-4 の左側にいくにつれて石英、長石類が多く含まれる酸性岩と呼ばれるもので、色調が白い。右側は、鉄やマグネシウムなどを多く含む雲母、角閃石、輝石（これらを有色鉱物と呼ぶ）の含有量の多い塩基性岩と呼ばれるもので、色調は黒っぽく、また比重も大きくなる。超塩基性岩とは、珪酸分の含有量が非常に少なく、かんらん石や輝石を主要構成鉱物とする岩石のことを指し、かんらん岩がその代表的岩石である。またこのかんらん岩が変質作用を受けると、膨張性岩石で有名な蛇紋岩となる。この造岩鉱物の量比の差は、比重、色調のほか、風化生成物が酸性岩の場合は砂状であったり、塩基性岩では粘性土状である、というような違いにもなる。

地質学的な火成岩の分類は表 4-2-4 に示すが、建設工事に係る工学的な性状として整理すると、表 4-2-5 の６タイプを考えておけば通常は十分である。工学的性状の違いは産状（火山岩・半深成岩・深成岩）が大きく関連するのでこれを優先し、次いで組成で意味を持つ境界が引かれている。

表 4-2-4　火成岩の分類

産出状態＼造岩鉱物	石英 Quartz / カリ長石 Potassium / 雲母 Mica	斜長石 Plagioclase / アルカリ長石・准長石 (Alkali feldspar・Feldspathoid) / 角閃石 Amphibole	輝石 Pyroxene / かんらん石 Olivine	その他の鉱物
深成岩的 Plutonic	花崗岩 Granite　花崗閃緑岩 Granodiorite	閃緑岩 Diorite (閃長岩 Syenite)	斑れい岩 Gabbro (アルカリ斑れい岩 Alkali gabbro)	超塩基性岩類 Ultrabasic rock
半深成岩的 Hypabyssal	花崗斑岩 Granite-Porphyry	ひん岩 Porphyrite	輝緑岩 Diabase (粗粒玄武岩 Dolerite)	かんらん岩 Peridotite
噴出岩的 Effusive	流紋岩 Rhyolite　石英安山岩 Dacite	安山岩 Andesite (粗面岩 Trachite / 響岩 Phonolite)	玄武岩 Basalt (霞石玄武岩 Nepheline basalt)	蛇紋岩 Surpentine
SiO_2 (%)	66%	52%	45%	
色指数 (有色鉱物の量)	10%	40%	70%	

岩石名の(　)内はアルカリの多い岩石の場合の名前。その時は造岩鉱物の斜長石の所に，(　)内の鉱物が出現する。

表 4-2-5　土木工学的に意味のある火成岩の分類

	酸性岩	中性岩	塩基性岩	超塩基性岩
火成岩	流紋岩 石英粗面岩	安山岩	玄武岩	
半深成岩	花崗斑岩	ひん岩	輝緑岩	
深成岩	花崗岩	閃緑岩	はんれい岩	蛇紋岩

③ 変成岩

変成岩は、原岩の堆積岩や火成岩が生成後に受けた高い圧力や温度条件によって、もともとの組織や鉱物が変化して生じた岩石であり、その変性作用のタイプによって表 4-2-6 に示すように大きく３つに分類される。

広域変成岩は、山地などを形成する際の地殻の運動により高い圧力を受けて生成されたものであり、片岩類や片麻岩類がこのグループに属する。片岩類は、片理面と称する規則的な板状の割れ目が発達しており、工学的に異方性を呈する岩盤の代表的なものである。一般に総称として結晶片岩と呼ばれるほか、含有鉱物を冠して石英片岩・石墨片岩・緑泥石片岩や、あるいは色調をとって黒色片岩・緑色片岩などとも称される。片麻岩は花崗岩に類似しているものが多く花崗片麻岩と称されることが多い。有色鉱物の多い部分と石英、長石の多い部分の黒白の縞状配列が見られるのが特徴的である。

接触変成岩は、地下深部のマグマが地表付近に上昇してできる火成岩体の周辺部でその熱によって変成した岩石であり、ホルンフェルスが代表的なものである。ホルンフェルスは原岩である砂岩や泥岩が熱変成を受けてできた岩石で、一般に塊状・硬質である。

このほか、動力変成作用という断層運動に関連して生成される変形作用がある。著しく破砕された岩片や鉱物の集合体であるが、固結したものもある。ミロナイト（マイロナイ

ト、圧破岩ともいう）はこの過程を経た岩石である。この種の岩石の分布範囲は、地域が限定される。

表 4-2-6　変成岩の分類

変成作用のタイプ	原　岩	変　成　度　→　上　昇		
広域変成作用 Regional metamorphism	泥質岩	黒色片岩 Black schist	黒雲母片岩 Biotite schist	片麻岩 Gneiss
	塩基性岩	緑泥石緑色片岩 Chlorite green schist	角閃石片岩 Hornblende schist	透輝石角閃石片麻岩 Diopside -hornblende gneiss
接触変成作用 Contact metamorphism	泥質岩		黒雲母ホルンフェルス Biotite hornfels	黒雲母菫青石ホルンフェルス Biotite-cordierite hornfels
	塩基性岩		角閃石ホルンフェルス Hornblende hornfels	透輝石角閃石ホルンフェルス Diopside -hornblende hornfels
	炭酸塩岩		大理石 Marble	
菫変形作用 Dislocation metamorphism	各種岩石		ミロナイト Mylonite	ブラスト・ミロナイト Blast mylonite

④ 岩種から推定される問題点

ある程度の地盤地質の知識があり、かつ施工におけるトラブルを経験した者であれば、岩石の名前からそれが有する問題点を列挙することができる。これは岩石の成因、組成、経歴などに関する理解があると、定量的ではないにしろ工学的な問題の予測がある程度可能となるからである。例えば玄武岩と聞けば硬質で節理が多く、ダム基礎の場合には漏水に要注意とか、石灰岩なら工事に支障を与えるような大規模な空洞の存在を考えねばならないということなどである（**表 4-2-7**）。

表 4-2-7　岩種から推定される性状・問題点

予測される性状・問題点 ＼ 岩種		火成岩						堆積岩															変成岩		凡例
								中・古生層						古第三紀層				新第三紀層				四紀			
		花崗閃緑岩	花崗はんれい岩	流紋石英粗面岩	安山玄武岩	輝緑はんれい岩	蛇紋岩	礫砂岩	粘板岩	頁輝緑凝灰岩（シャールスタイン）	チャート・ホルンフェルス	石灰岩	礫岩	頁岩	泥灰岩	角礫凝塊岩	礫岩	泥灰岩	角礫凝塊岩	熔結凝灰岩	結晶片岩	花崗片麻岩	凡例 ●可能性大 ○可能性あり 可能性小 ×可能性なし ＊類似の現象
岩石の硬軟	新鮮部は硬岩である	●	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●			○	×	×	○	●	○	●	施工対象	
	新鮮部は中硬岩である			○			●		●				○	●	○	●		○	●	○	●		○関連が強い △やや関連する ×関連しない	
	新鮮部は軟岩である	×	×		×	×	○	×		×	×	×		○	●		●	●	○			×		
岩盤状況	層理・片理が発達している	×	×	○*	×	×	×	○	●		●		○	●	○						●	○*		
	節理が発達している	●	○	○	●	○	○	●	○	○	○		○			○				●	○	●		
	断層が発達している	○		○		○	●	○	●	○	○	○	○	●	○	○					●	○	ダム	地下空洞トンネル	明かり土工掘削法面
	塊状を呈する	●	○	○	○	○		●		●	○	●	●		○	●	●	●	●	●	○	●			
	破砕している	○	○		○		○		○	○	○			○		○			○	○	○				
	深層まで風化している	●	○	○		●		○		●			○								○	●			
施工上の問題点	新鮮部でもコンクリート骨材として不向きである		○	○	○		●		●		○		○	●	●	●	●	●	●	●	●		○	△	×
	基礎としての強度・変形性が低い						●		○					○	●	○	●	●	○		○		○	△	△
	空洞が存在する				○							●	○*	○*	○*	○	○*	○*	○				○	○	△
	漏水する		○		●			○				●				○			○	●			○	×	×
	グラウチングの限界圧力が低い						○		○					○	○	○	●	●	●		○		○	△	×
	切羽が自立しない		○				●		○		○			○	○	○	●	○	○		●		×	○	×
	山はねを起こす	●				○		○		○											○	●	×	○	×
	湧水が多い	○	●	○	●	○	○	●		○	○	●	●			○	●		○	●	○		△	○	△
	膨潤性・スレーキング性を有する	×	×		×	○	●	×		×	×	×	×	●	●	○		●	○	×		×	○	○	○
	有毒ガスが存在する	×	×			×	×			×	×	×	○	●	●	○	○	●	○		×	×	×	○	×
	余掘りが大きくなる	●		○	●			○		●	●		○			○			○	●	●	●	△	○	△
	掘削ずりが大塊となる	●			●	○		●		○	○		○			○	×	×	○	●	○	●	△	○	△
	火薬量が多くなる					●	○			○						○	×	×					△	○	△
	路盤が泥ねい化する					○	●		●					●	●	○	●	●	○		●		△	○	○
	地すべりを起こす				○		●		●					●	●	○	○	●	○		●		△	△	○
	流れ盤すべり・トップリングを起こす	○	○	●	●	○		○	●		●		○	●	○	○		○		●	●	○	△	△	○
	リッピングが困難である	●	○	●	●	●	○	○		●	●	●	○			○						●	×	×	○
	盛土材として不安定である						●		○					○	●	○	●	●	○		●		△	△	○

＜表 4-2-7 から類推できること＞

・鍾乳洞があり、ダム基礎としては要注意・・石灰岩

・硬質で冷却節理が発達し、ダム基礎の場合には漏水に要注意・・安山岩、玄武岩、熔結凝灰岩

・層理や片理等が発達し地すべりを起しやすい・・蛇紋岩、粘板岩・頁岩、泥岩・凝灰岩、結晶片岩

・層理や冷却節理が発達し流れ盤すべり・トップリングを起しやすい・・流紋岩、安山岩・玄武岩、粘板岩・頁岩、チャート・ﾎﾙﾝﾌｪﾙｽ、頁岩、熔結凝灰岩、結晶片岩

(5) 風化と変質

風化は、岩石が主として地表面からの熱、大気（酸素）、水などの影響により物理的・化学的変化をする現象で、一般には長期にわたる変化をいう。新第三紀の泥岩などの岩盤掘削面が空気にさらされてボロボロになる現象を「風化が早い岩」などと称しているが、これは水侵あるいは吸水によって岩石組織が壊れて泥土化するスレーキングである場合が多く、厳密には風化とはいわない。

風化現象を説明するうえで、最も代表的なものは花崗岩や閃緑岩の風化産物のマサである。このマサは元の岩石の組成鉱物が等粒状でかつ各鉱物の熱膨張係数が異なることから、結合が崩れ砂状になったものである。深成岩では、鉱物粒子が大きいことが深部まで風化が進む現象につながっている。

また原岩の組成鉱物の違いによって、風化したものが砂質となるか、粘性土質となるかというような差異も生じる。花崗岩のマサは砂状であるのに対し、はんれい岩や輝緑岩の風化生成物は粘性土となる。

風化が地表からの作用による現象であるのに対し、変質は地球内部からの熱、化学的物質などの作用による変化である。変質の結果、建設工事の分野で問題となる性質として、水分によって岩石が堆積膨張する膨潤がある。この現象には変質によって生成された粘土鉱物（モンモリロナイトなど）が関係しており、トンネル工事や法面掘削、構造物基礎などで問題となる。また変質土の代表的なものとして温泉余土があるが、これは凝灰岩や玄武岩などが温泉ガスなどによって変質し粘性土状になったもので、地すべりや膨張性トンネルなどの不安定問題を起こす。

※熱水変質作用は、高温のガスや水蒸気が岩盤の割れ目や断層に沿って上昇することによって発生する。このような現象の過程で、まわりの岩石中に粘土鉱物が生成されることが多い。このようにしてできた粘土を温泉余土と呼んでいる。とくにスメクタイトを主成分とする粘土は膨潤性が大きく、岩石が非常に脆くなることがある。さらには、岩盤中の割れ目に沿ってみられることから、斜面の変状を引き起こすなど問題になりやすい。

(6) 地質構造

地盤の構造には、地盤ができるときに生成されたものと、できあがってから以降に種々の外力が加えられたことによるキズとがあり、その大きさには大陸規模のものから顕微鏡対象のものまである。

建設工事の分野で対象となるような地質構造を規模の順に並べると、次のようになる。地質学的用語としては並べるのに不適当なものもあるが、イメージとしてこのような規模の順であると考えてよい。

大規模：構造線、褶曲（背斜軸・向斜軸）整合・不整合

中規模：断層あるいは破砕帯、シーム、層理（堆積構造）

小規模：片理、節理、葉理、片麻状構造

このような地質構造は、構成する岩石・岩盤に異方性を与える。異方性とは、強度・変形性・透水性などの性状が方向によって異なることで、とくに強度については力のかかる方向との関係で大きな差を示すことがあり、建設工事の調査・設計・施工では見逃せない性質である。

① 大規模な地盤構造

構造線とは、地質構造区を区画するような大規模な断層のことである。図 4-2-1 に日本列島の主要な大構造線を示すが、糸魚川・静岡構造線（フォッサマグナ）や中央構造線（中部・紀伊・四国・九州）がとくに有名である。これらの構造線沿いには地すべり地帯が多く分布し、地盤が脆弱である。

褶曲とは、層状構造をもつ岩石が曲げられた状態をいう。圧縮による変形と考えられる。褶曲は、**図 4-2-2** に示すように、上に凸な形の背斜と凹な形の向斜とがあり、一般に対になって出現することが多い。

褶曲軸の近傍では変形時のひずみが集中して亀裂の多い傾向があり、脆弱で高透水性となりやすい。広域な褶曲は全体を一目で見ることが難しいが、ごく小規模のものはしばしば観察される。

整合・不整合は岩盤の場合には地下水の経路や被圧などに影響するので考慮することが必要になることがある。

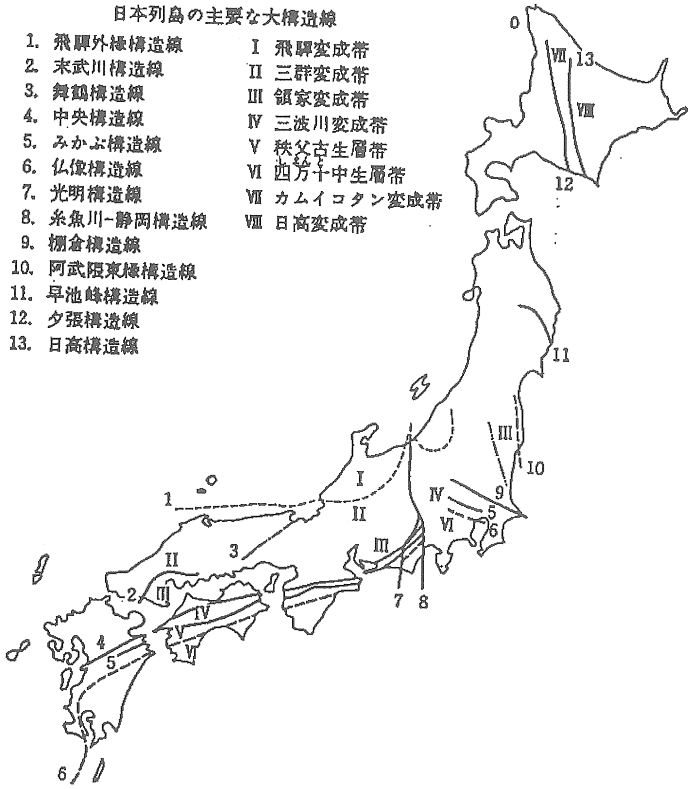


図 4-2-1　日本列島の主要な大構造線（土木学会 [1)]）

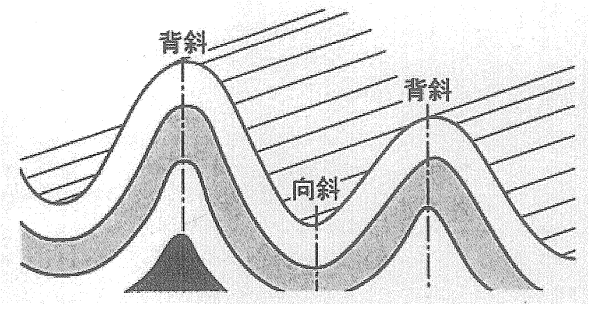


図 4-2-2　褶曲の背斜と向斜

② 断層

地盤がせん断されることによって、ある面を境にして両側の岩盤が相対的に変位している場合、この不連続面を断層という。

断層に沿ってせん断時の破砕・劣化や、その後の風化などによってある幅の脆弱なゾーンが形成されるが、これを断層破砕帯と呼んでいる。また、いくつかの断層が集まってひ

とまとめにできるゾーンの場合にも断層破砕帯という。断層破砕帯の内部は、図 4-2-3 に示すように粘土化した部分、破砕されて礫状になった部分、破砕を免れた部分などで構成される。

断層破砕帯は、力学的には低強度・高変形性が問題となるため、岩盤における建設工事での設計・施工に際して大きな関心事となる。また、地下水を滞留させやすい部分と、遮断する部分とが混在するため、トンネル工事などでは大量突発出水の原因となることがある。

「活断層」については、地質年代の第四紀（原子力関連の施設では後期更新世）に入って活動した痕跡のある断層という定義が一般的であり、「第四紀断層」とか「地震断層」とも呼ばれる。前述の糸魚川・静岡構造線や中央構造線はこれに該当し、1995 年 1 月に発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）では野島断層が脚光を浴びた。

シームは、規模の小さい断層のことで一般に数㎝幅の粘土で構成されているものを指す土木用語である。断層との区分が不明なこともある。

なお断層に関連した「鏡肌」とか「スリッケンサイド」は断層が変位したときにできた面やひっかき傷のことで、平滑で粘土が付着しておりきわめて滑りやすいため、トンネル切羽や法面で問題となることがある。

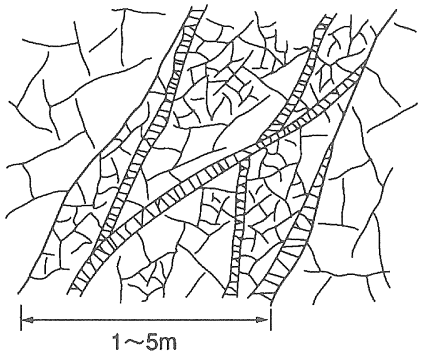


図 4-2-3　断層破砕帯のイメージ

③ 片理・層理・節理などの割れ目・不連続面

岩盤中に見られる亀裂や分離しやすい面のことを「割れ目」または「不連続面」と呼ぶ。これらの割れ目・不連続面は、生成原因によって片理・層理・節理などに分類される。

片理とは、変成岩に特有の不連続面で、圧力変成の結果生じたものである。とくに結晶片岩と呼ばれる岩石の片理面は薄い板状を呈することが多く、異方性が著しい。

層理は、堆積岩の堆積面を示す不連続面である。チャート・粘板岩・頁岩などでは、これによって異方性を呈することが多い。

節理とは、一般に規則性のある分布をした比較的平滑な割れ目をいうが、そのような特徴をもたない単なる亀裂を含めることもある。火成岩では、その岩石生成時の温度変化によって生じた安山岩・玄武岩での柱状節理や板状節理、花崗岩の方状節理などがある。堆積岩・変成岩では、断層と同じく地殻運動の結果生じた割れ目を節理と呼ぶ。

以上をまとめると、表 4-2-8 となる。

表 4-2-8　岩盤中の不連続面

種類	火成岩	堆積岩	変成岩	特　　徴
断層・シーム	○	○	○	規模によって構造線・断層破砕帯・シームなど
片理			○	結晶片岩
層理		○		チャート・粘板岩・頁岩
節理	○	○	○	火成岩では安山岩・玄武岩での柱状節理や板状節理、花崗岩の方状節理

(7) 地形判読

自然地形には、地盤の構成物や地質構造などの地盤地質性状が反映されたものがあり、建設工事の問題点を予測するうえでヒントを得られることがある。地形図や空中写真を判読したり、現地視察によって地形ができた根拠を判断することが重要である。

① 地形図の入手

地形図は、施工箇所に範囲を限定した大縮尺（例えば千分の１）のものだけでなく、次のような小縮尺の地形図も入手したほうがよい。地すべりをはじめ特徴ある地形は、この程度の縮尺のほうが読み取りやすいことが多いからである。

・5 万分または 2.5 万分の 1 地形図：国土地理院の発行で大きな書店で販売

・1 万分または 5 千分の 1 地形図：市町村で都市計画用などに作成されており、一般に購入可能

また空中写真は（一財）日本地図センターで購入でき、重複部を有する２枚の写真を用いて立体視することができる。

② 特徴のある地形

調査および設計業務や建設工事に関する特徴ある地形としては次のものがある。

・地すべり地形

図 4-2-4 のように、上部に急崖をなす滑落崖があり、下部にはこんもり盛りあがったような緩斜面がある場合、地すべり地形である可能性が高い。小段差の繰返しのような形状のこともある。山間部で見られる棚田は地すべり地である箇所が多い。地すべり地のような場所の利用は、人は避けると思いがちであるが、緩い傾斜と土砂地盤であるため人力での造成が容易で、しかも地下水が豊富という条件もあり、変動が大きくなければ実際には水田等に利用されていることも多い。

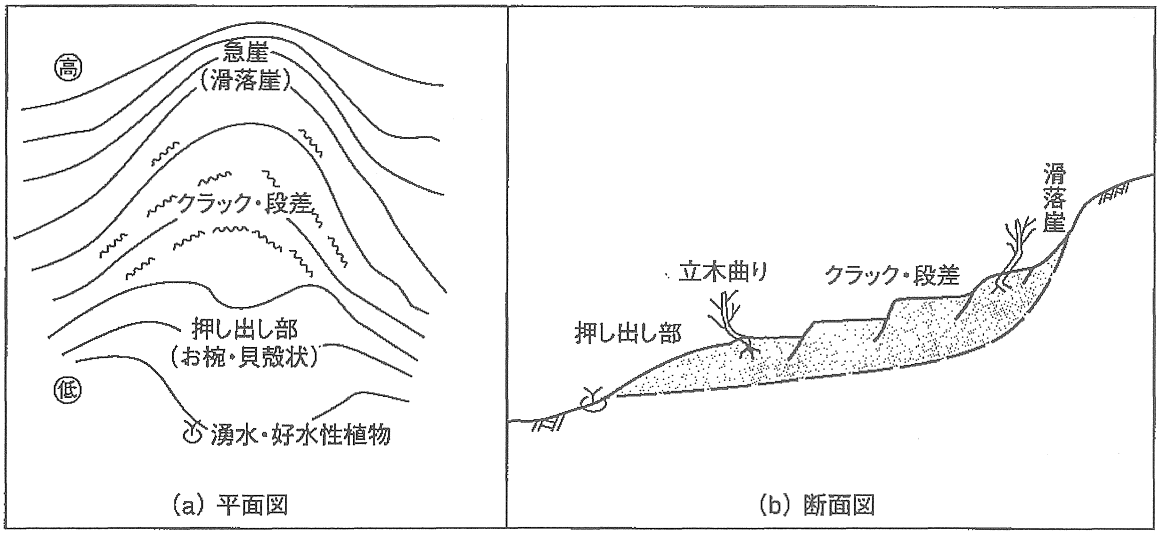


図 4-2-4　地すべり地形

・崖錐地形

図 4-2-5 のように、崖錐は斜面上部からの崩壊物が山裾や斜面上に堆積したもので、上部の山腹斜面を構成する地盤地質の破砕物から成る。

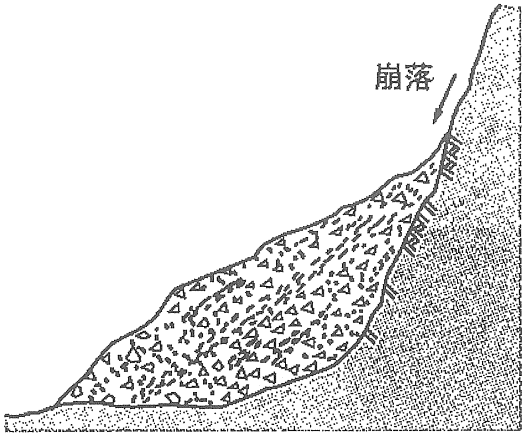


図 4-2-5　崖錐地形

・断層地形

断層の存在が推定される地形には図 4-2-6 のケルンコル・ケルンバットや、図 4-2-7 に示す断層崖などがある。地形図や空中写真によるリニアメント（連続する線構造）の抽出からも推定できる。

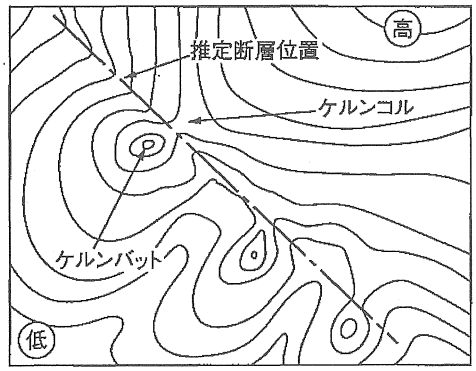


図 4-2-6　ケルンコルとケルンバット

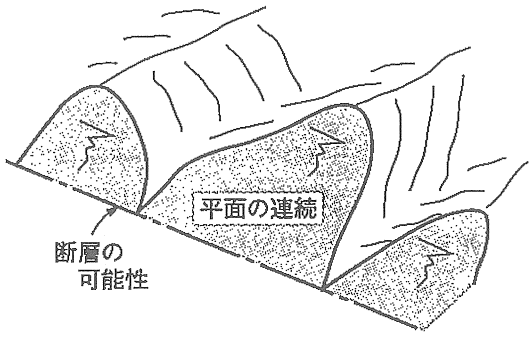


図 4-2-7　断層崖

・段丘地形

図 4-2-8 に示すように、過去の河床堆積面が隆起して、現在中位標高に平坦面を形づくっている地形である。段丘堆積物と下部の基岩との境界に地下水が集まりやすい。

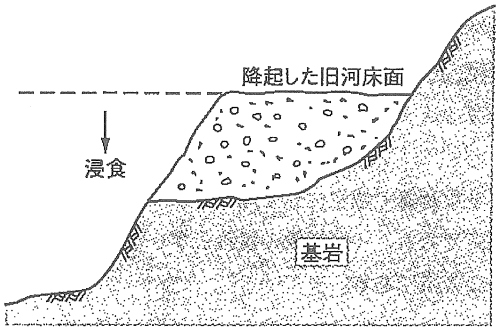


図 4-2-8　段丘地形

・異常な緩斜面地形

周辺に比べて異常に緩い傾斜の地形である場合、そこを構成する地盤地質が、緩斜面でしか安定できないような弱い地盤地質性状であることがある。地すべり地であることもある。

・遷急線付近

図 4-2-9 に示すように、地形勾配の変化部である遷急線より上では風化層が厚く、不安定であることがある。

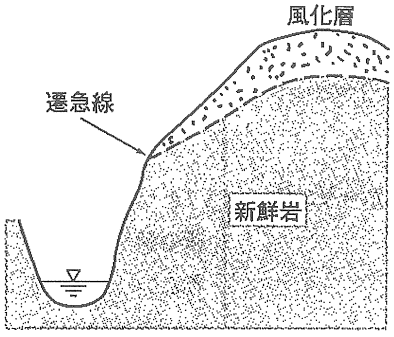


図 4-2-9　地形の遷急線

・集水地形

図 4-2-10 に示すように、明確な水系であればその処理がなされるが、あまり明確でないため見逃した場合、集中豪雨などにより問題となることがある。とくに法面上部に広範囲の山腹が存在するときには、その表面水の経路を調べておくことが必要である。

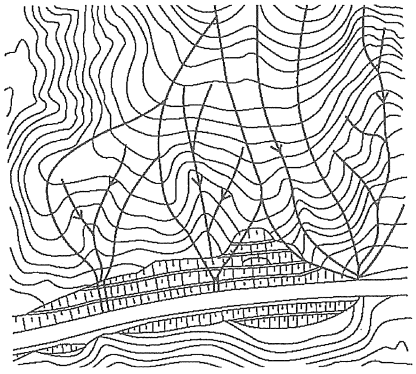


図 4-2-10　背後の集水地形

・ケスタ地形

図 4-2-11 に示すように、左右が非対称の傾斜を持つ斜面が繰り返す場合、緩斜面側の掘削が要注意である。このような地形をケスタ地形と呼ぶ。これは、堆積岩の地層の傾きを反映したものであることが多い。

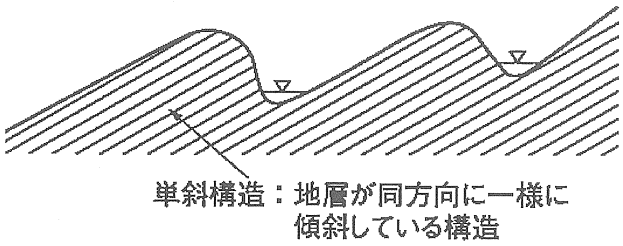


図 4-2-11　ケスタ地形

・崩壊地形

現地においては、比較的最近の崩壊は植生の剥げた部分で簡単に見分けられる。規模が大きいものは地形図にも表現がなされている。これらが建設工事箇所の上部にあるときには、防護を検討する必要がある。

※出典　改訂新版「建設工事と地盤地質」古今書院（2013 年 10 月）pp.1～21

4.3 中小水力開発で実際に行われる地質調査について

本項では、中小水力開発で実際に行われる地質調査について、事例を挙げながら具体的に紹介する。

地質調査で得られた成果は、設計や施工計画を策定する上で極めて重要である。対象施設の規模に係らず、事業の成否を左右する可能性があるので、適切に実施する必要があることはいうまでもない。また、森林法など調査工事等に伴う各種手続きに多大な時間を要する可能性もあるので、1 ルートに絞り込んだ調査スコープとせず、代替ルートに対する調査も併せて行っておくことが望ましい。

(1) 各設備に適した地形地質条件

表 4-3-1 は、中小水力発電所の各設備に適した一般的な地形地質条件を整理したものであるが、個々の施設に係る状況に応じて設計上の工夫や対策工等を適切に行うことが肝要である。

表 4-3-1　各設備に適した地形地質条件

設備		設置に適した地形・地質条件
取水ダム		岩盤が浅い。周辺の斜面が安定していること。
水路	開水路	地すべり地や膨張性地山など、水路の掘削や運転開始後に支障を生じるような地形・地質ではないこと。
	トンネル水路	坑口の斜面が安定している。 大規模断層や膨張性地山など、トンネル掘削に不利な地質ではないこと。
水槽		安定した尾根筋であって、岩盤が浅いこと。
水圧管路		ルート全体を通じて、安定した尾根筋であって、岩盤が浅いこと。
発電所		十分な支持力を有する基礎地盤であって、地すべり地形など、とくに注意を要する地形でないこと。

(2) 地形地質調査の流れ

地形地質条件の概略を把握した後、表 4-3-2 に示す流れで実際の地形地質調査を行う。

・まず初めに、候補地点選定のために、机上調査を行う。机上調査は、地形図や地質図などの文献調査が中心となる。

・次に、実際に現地に出向き、概略調査を行う。概略調査では、詳細調査を計画するための基礎データを収集する。

・詳細調査では、ボーリング調査や弾性波探査などを行い、必要なデータを収集する。

表 4-3-2　地形地質調査の流れ

段階	目的	調査手法	数量	対象設備
机上調査	候補地点の選定	文献調査	—	設備全体
概略調査	地点の選定	地質踏査	候補地点周辺	設備全体
詳細調査	設計のためのデータ取得	ボーリング調査	4孔前後	取水ダム 水圧管路 発電所
		ルジオンテスト	1～2孔	取水ダム
		ボアホールテレビ	全ボーリング孔	取水ダム
		弾性波探査	水圧管路区間全長	水圧管路
		電磁探査	導水路全長	導水路

(3) 調査手法

① 文献調査

文献調査では、候補地点に係る 5 万分の 1～20 万分の 1 の広域地質図を用いて、大まかな地質分類、分布する岩石の特徴や留意点、地質構造等を把握する。図 4-3-1 に、広域地質図の事例を示す。

② 地形判読

次に 2 万 5 千分の 1～5 万分の 1 の地形図に基づき、山地の標高、河川や沢の分布、遷急線と遷緩線に注目するとともに、地質踏査ルートなどについても調べておく。また、空中写真による地形判読も併せて実施することが望ましい。図 4-3-2 に地形図の例を示す。さらに、図 4-3-3 と図 4-3-4 に示す地すべり地形等、特に注意が必要な地形の有無を調べる。

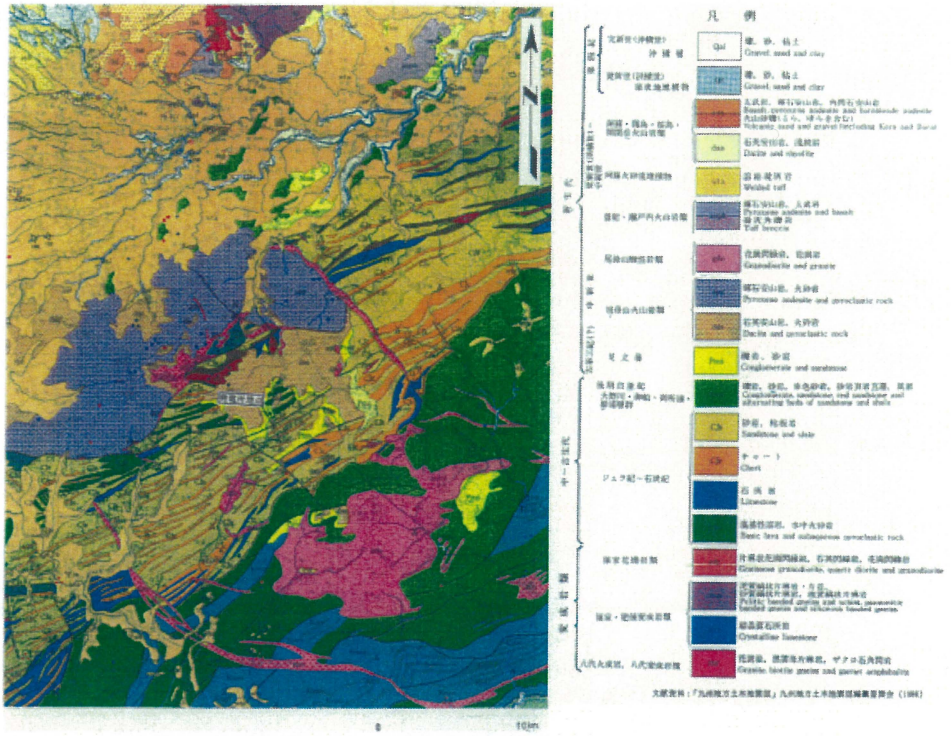


図 4-3-1　20 万分の 1 の広域地質図の例

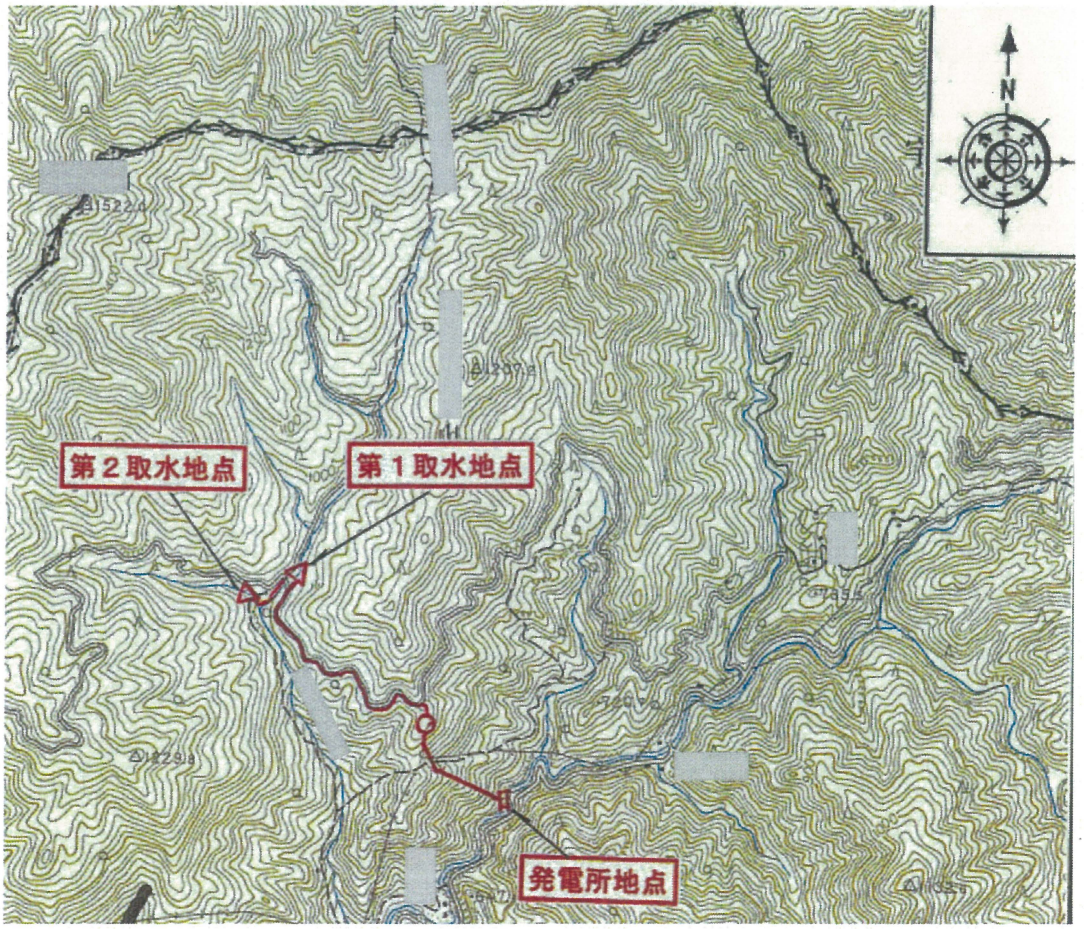


図 4-3-2　5 万分の 1 の地形図の例

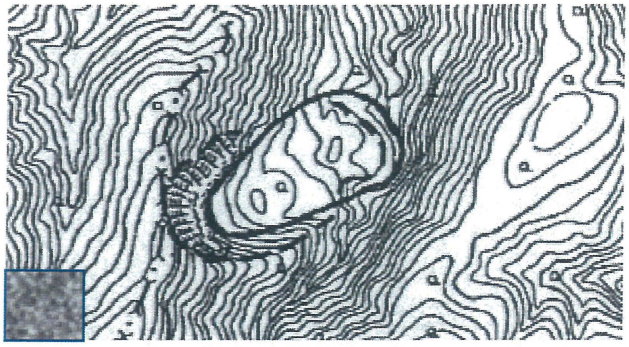


図 4-3-3　地すべり地形の例（平面図）

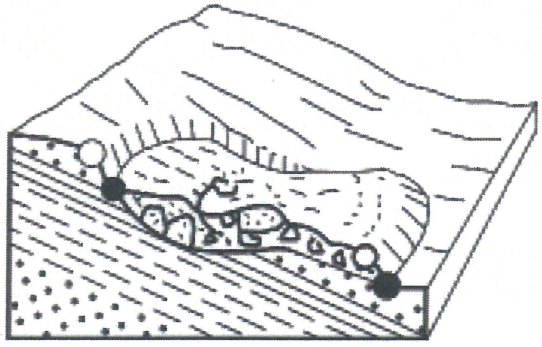


図 4-3-4　地すべり地形図の例（立体断面図）

③ 地質踏査

上記①と②の段階を経て、水力発電施設の主要設備の候補地点を絞り込む。次に、実際に現地に行って、取水地点、導水路ルート、水槽、発電所の周辺を含めた地質踏査を行う。調査面積としては、図 4-3-5 に示すように、0.3～0.5km^{2}程度が一般的である。

地形は、地質状況を反映していることが多いので、まずはじめに遠方から全体を見渡してみることが重要である。その後、調査対象を各施設の近傍へと徐々に絞り、写真 4-3-1 や写真 4-3-2 のように、道路や沢沿いの露頭を観察する。観察の結果は、地形図の当り込み地点に、以下の事項を記録する。

・岩石の種類・・・岩石の名称
・硬さの程度・・・ハンマーで打診したときの音や感触
・割れ目の特徴・・規則性の有無、節理や層理などの割れ目の種類、挟在物の有無、走向・傾斜等
・湧水点や沢水・・位置、量、色調、濁りの有無、水温など
・地形・・・・・・段差、鞍部、流れ盤など
・その他・・・・・植生の種類、根曲がりなどの状況

踏査で入手した岩石の名称が分からないときは、薄片を作り、顕微鏡で観察して同定する方法もある。

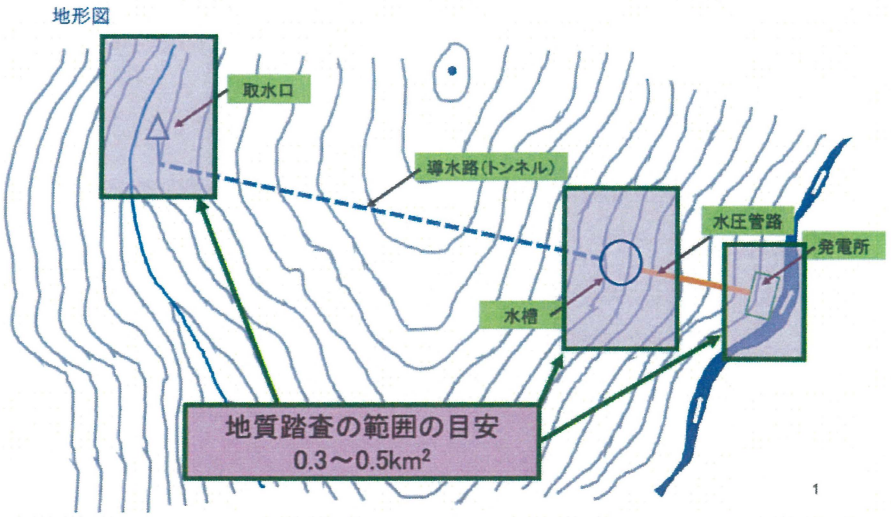


図 4-3-5　地質踏査の範囲の目安

写真 4-3-1 ｸﾘﾉﾒｰﾀｰを使った走行傾斜の計測状況

写真 4-3-2 岩検ﾊﾝﾏｰを使った岩石調査

④ ボーリング調査

地質踏査などの概略調査が終わった段階で、詳細な地質調査に移行する。ボーリング調査もその一つで、ボーリングマシンによって地盤中のサンプルを採取し、必要な地質情報を入手するためのものである。

ボーリングによって得られるサンプルをボーリングコアという。ボーリングコアは、専用のコア箱に深度別に収納し、目視によって観察する。なお、ボーリングコアを使って、三軸圧縮試験や超音波速度試験などを行うこともできる。

ボーリング調査の本数は、**取水地点で 2 孔、水槽地点と発電所地点でそれぞれ 1 孔、合計 4 孔程度実施する。**深度方向の調査範囲は 10m～20m 程度とするのが一般的であるが、巨礫を岩盤と誤認することがあるので、5m 程度は連続性を確認することが望ましい。

写真 4-3-3　ボーリング足場架台

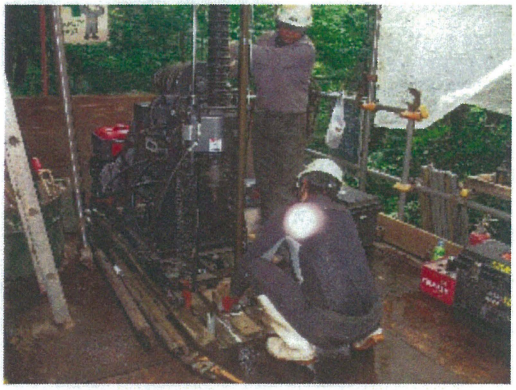


写真 4-3-4　ボーリング作業状況

写真 4-3-5　ボーリングコアの取り出し

表 4-3-3　ボーリング本数の目安

地点	本数
取水ダム	2
水槽	1
発電所	1
合計	4

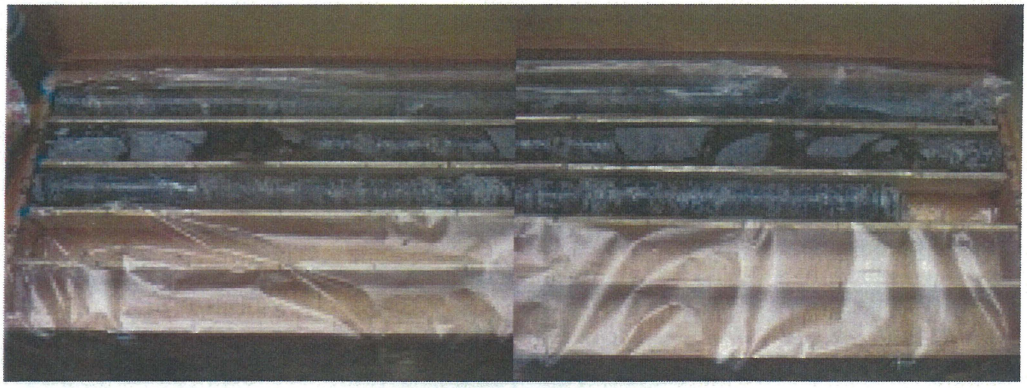


写真 4-3-6　ボーリングコアのコア箱への収納状況

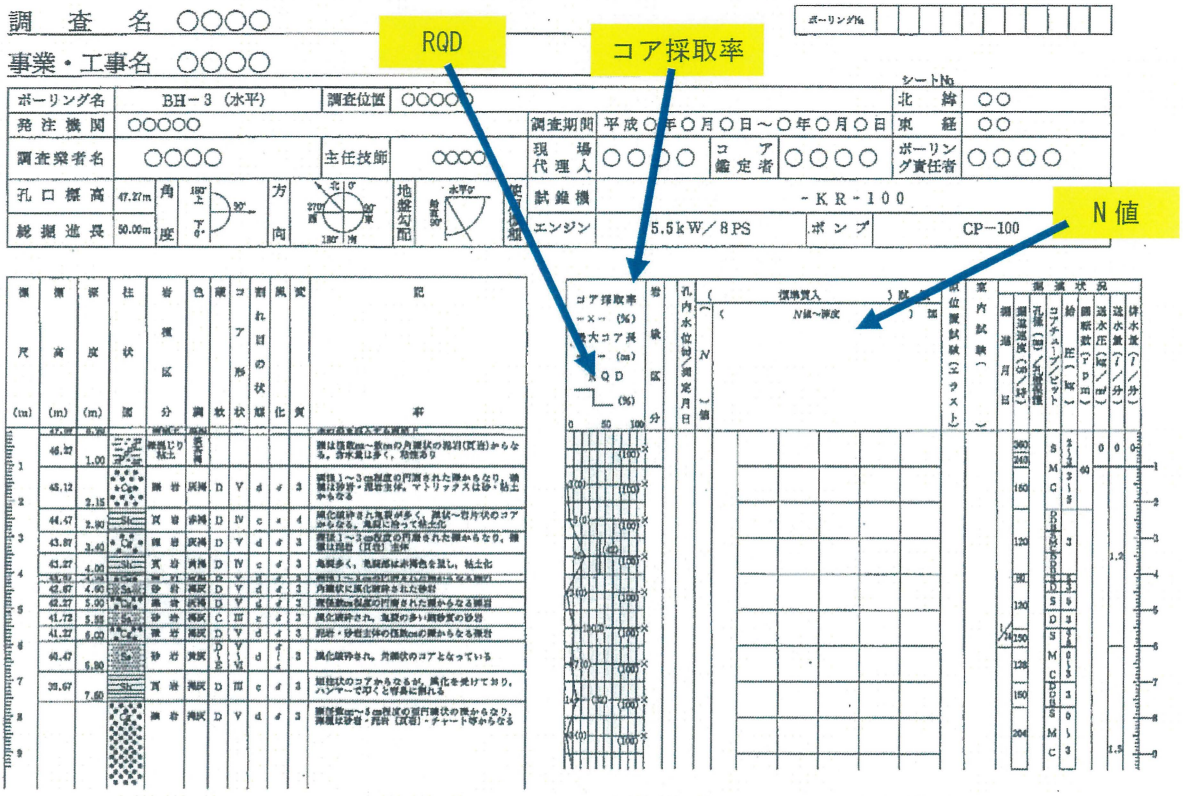


図 4-3-6　ボーリング柱状図の例

ボーリングコアの観察結果は、所定のボーリング柱状図に記録する。柱状図には、コアの観察から得られるさまざまな地質情報を記載することが決められている。ここでは、一般的によく利用される用語の意味を解説する。

・RQD･･･Rock Quality Designnation の略で、長さ 10 cm以上の棒状コアの総和が削孔長 1m 中に占める割合を％で示したものである。RQD の大きさに応じて、土砂状のものから、亀裂が少なく硬い岩盤であることを表している。

・コア採取率･･･削孔水により流失しない堅岩の占める割合を示す。コアが流失する恐れがあり、サンプル試験の必要性が高い場合は、採取率を高める工夫が別途必要になる。

・N 値･･･標準貫入試験で求められる数値のこと。N 値に応じて支持力の高い地盤であることを示す。なお、N 値の最大は 50 である。

⑤ ボアホールテレビ

ボーリング孔を利用して地質・地質構造を詳細に観察する方法として、ボアホールテレビ観察がある。これは、**写真 4-3-8** に示すように、CCD カメラを内蔵したプローブをボーリング孔内に挿入し、深度別に 360 度の展開画像を撮影して観察する方法である。

写真 4-3-7 に示すように本体のモニターに展開画像が表示される。このデータを解析することによって、断層・節理・層理などの割れ目の観察や走向・傾斜の評価、緩み領域や空洞の確認、などが可能である。**写真 4-3-7** と**写真 4-3-8** は、実際に撮影した孔内の 360° 展開画像である。

写真 4-3-7　モニター観察状況

写真 4-3-8　ボアホールカメラ挿入状況

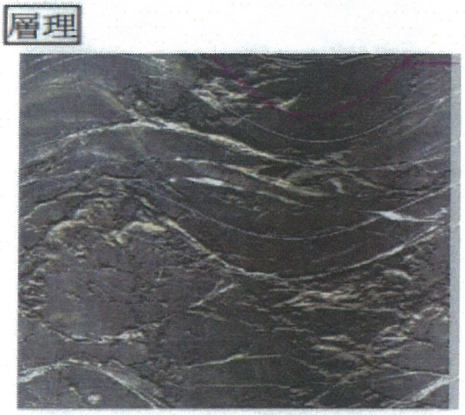


写真 4-3-9　360° 展開画像（層理）

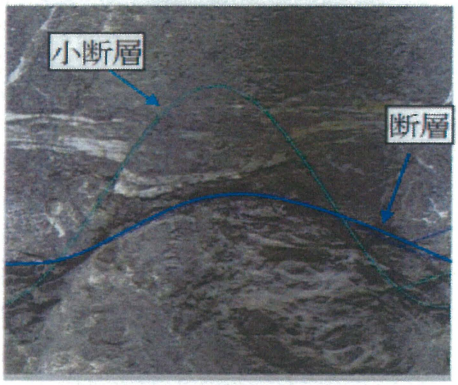


写真 4-3-10　360° 展開画像（断層）

写真 4-3-11　流量・圧力制御装置の操作状況

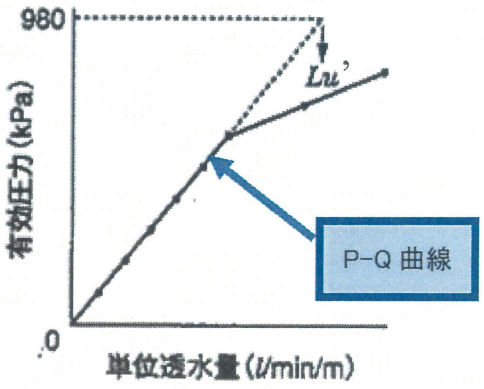


図 4-3-7　P-Q 曲線図

⑥ ルジオンテスト

ボーリング孔を利用して岩盤の透水性を調べる手法として、**写真 4-3-11** に示すルジオンテストがある。これはボーリング孔内で、パッカー（止栓）を使って止水した区間に加圧水を注水することにより、透水量と有効圧力の関係から当該地山の透水性を評価するものである。

図 4-3-7 に示す P-Q 曲線図の例を示す。ルジオン値は、1 分間、孔長 1m、有効圧力 980kPa あたりの透水量（ℓ）のことで、*Lu* を単位として、岩盤の透水性の指標として使われる。P-Q 曲線が折れ曲がった場合には、圧力増加過程で屈曲した限界圧力を明示すると共に、980kPa に対応する単位透水量を換算ルジオン値（*Lu'*）として表記する。ルジオンテストの結果は、断面図上にルジオンマップとしてまとめる。

一般に、ダムでは、基礎岩盤の遮水性を改良するためにカーテングラウチングを実施するが、この場合の改良目標値は、おおむね 2～5 *Lu* に設定される。なお、1*Lu* は、透水係数 *k* では約 1.3×10^{-5}cm/s に相当している。

⑦ 弾性波探査

弾性波探査とは、地盤に発破やハンマー打診によって振動を与えて、弾性波の伝播速度を測定することにより、当該区間の地盤の硬さ、断層や弱層の位置を推定するものである。測線に沿って連続的なデータが得られることから、水圧管路や発電所に係る調査手法としては一般的である。取水ダムやその他の設備においては、必要に応じて実施されている。

スタッキング法による弾性波探査の手順は、以下の通りである。

・探査を行う測線の測量を行う。
・地震計を設置する場所に杭を打ち込む。
・杭の位置に地震計を設置。
・ハンマーで打診する場所を整地し、鉄板を敷く。
・ハンマーで打診して、弾性波を測定する。

なお、スタッキング法では、車両等の振動のノイズを除去するために、10 回～20 回程度の打診を行う。（スタッキングとは、重ね合わせるという意味）

弾性波探査では、弾性波の伝播距離を横軸にとり、伝播時間を縦軸にとって走時曲線を作成する。これを解析し、深度別の速度層を導く。

なお、電力中央研究所式岩盤分類と岩盤の弾性波速度との関係は、概ね次のように示される。

・A 級～B 級・・・3.7km/s 以上
・C_H 級・・・・・3.0～3.7km/s
・C_M 級・・・・・1.5～3.0km/s
・C_L 級～D 級・・・1.5km/s 以下

弾性波速度が速ければ、割れ目が少ない硬質で均質な岩盤である。中小水力発電所においては、おおむね C_L 級以上の岩盤基礎が目安となるが、小規模な弱層等に対しては地盤改良などの対策工で対応するのが通例である。

写真 4-3-12　地震計の設置状況

写真 4-3-13　地震計の配線状況

写真 4-3-14　ハンマーによる打診

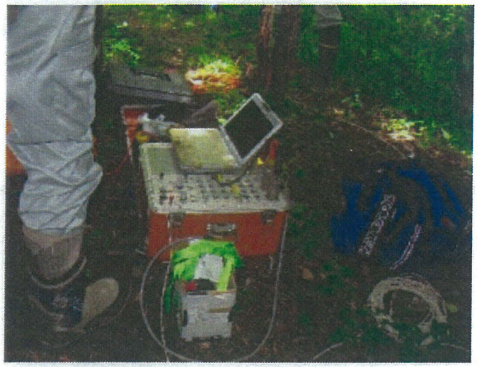


写真 4-3-13　弾性波測定機器

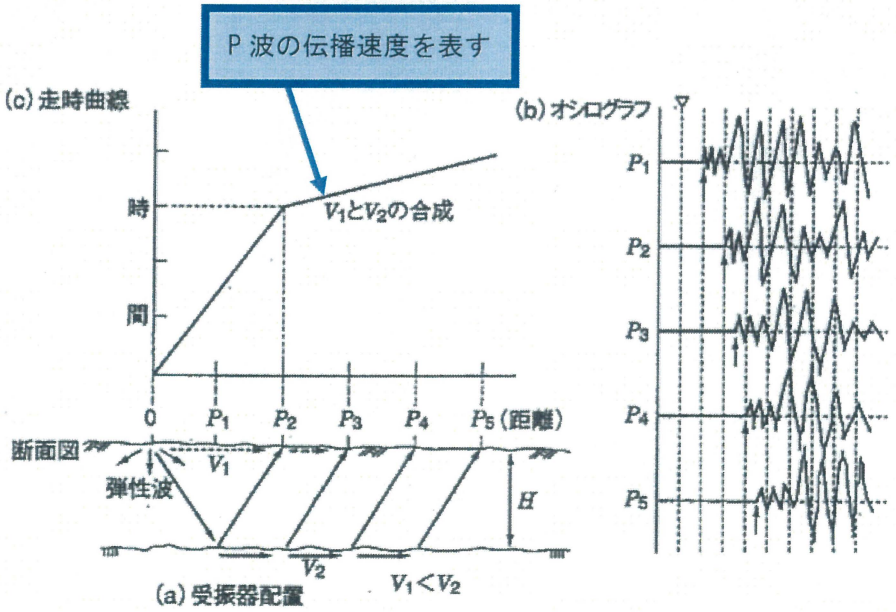


図 4-3-8　弾性波の解析図

(4) まとめ

ボーリング調査や弾性波探査に関しては、図 4-3-9 に示すように、それぞれ柱状図と弾性波速度分布図を断面図上に整理して、整合性を検討することが重要である。柱状図において、連続性のある硬質で亀裂が少ない岩盤であっても、弾性波速度が遅い場合は、断層破砕帯などの弾性波速度が低下する要因が測線上に存在すると推定されるので、更なる詳細な地質調査をする場合もある。

地質調査の成果は、中小水力発電所の設計や施工上、極めて重要と考えられるので、それぞれの段階で適切に利用できるようにデータの整理を行うことが肝要である。

わが国では、近年、集中豪雨や地震などに起因する土砂災害があとを絶たない。今後、ますます地質調査の重要性は認識されるであろうが、地質調査の成果が当該水力地点の成否を左右する可能性があるので、適切な規模と精度で実施することは極めて重要である。

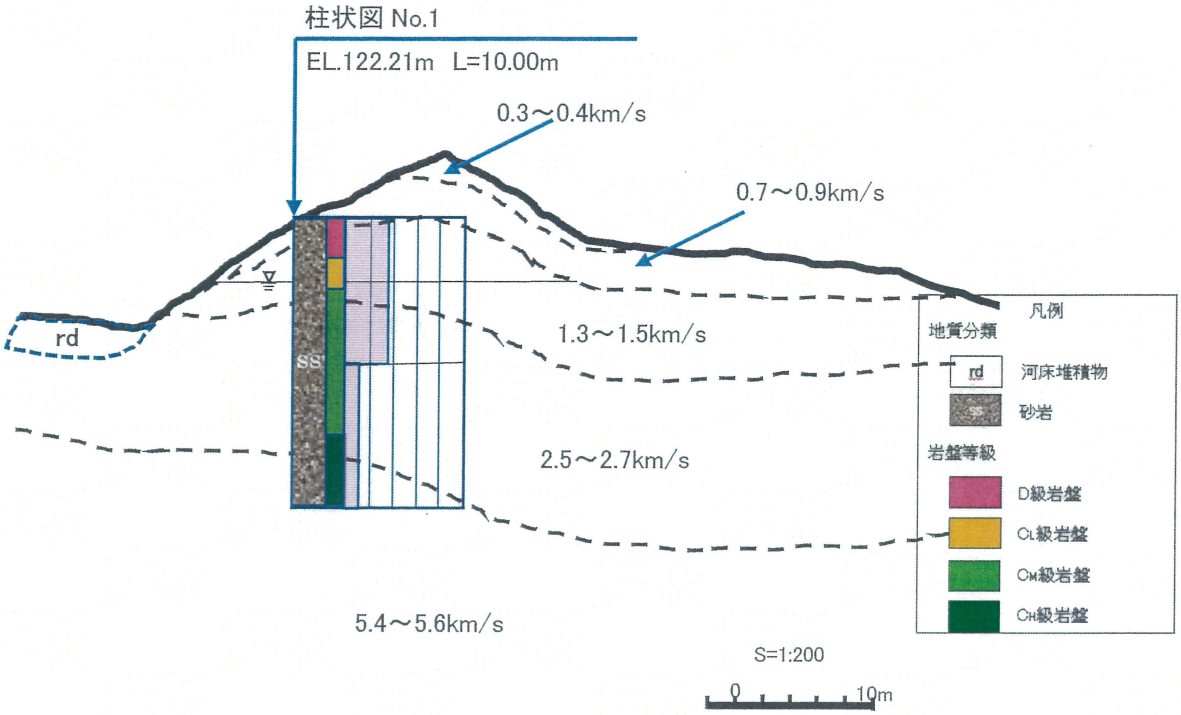
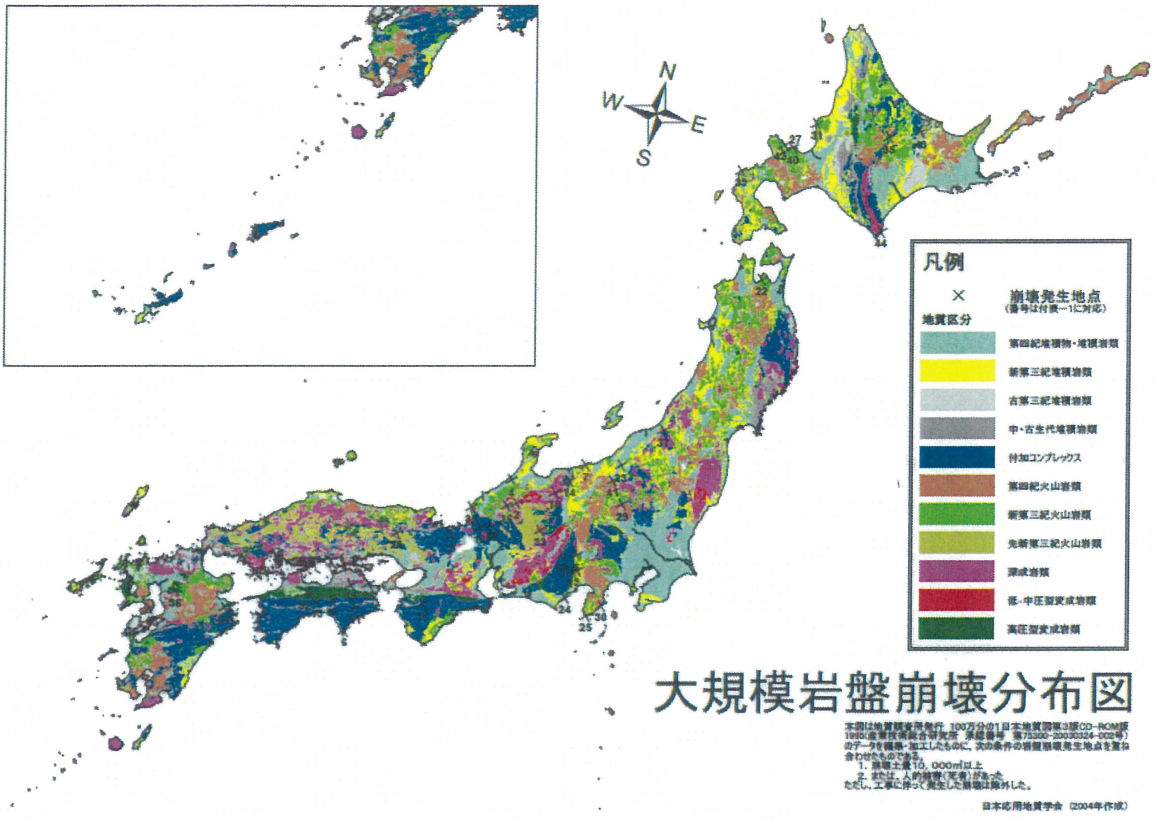


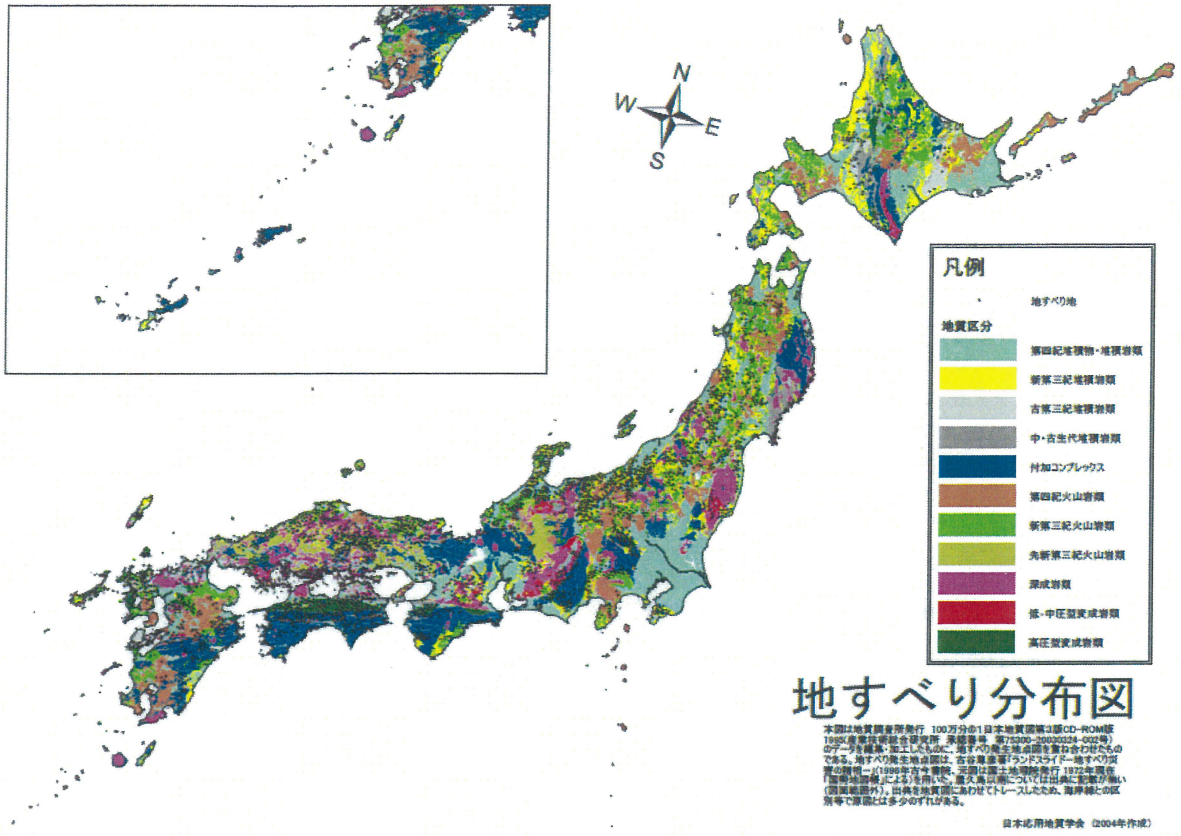
図 4-3-9　柱状図と弾性波探査結果の突合せの事例

参考資料



※　　出典　一般社団法人日本応用地質学会　応用地質用語集

図 4-3-10　日本の大規模岩盤崩壊分布図



※　　出典　一般社団法人日本応用地質学会　応用地質用語集

図 4-3-11　日本の地すべり分布図

５．環境保全

5　環境保全

5.1 水力発電所の環境問題

水力発電は、自然に循環する水を利用して発電を行い、その発電過程で有害な物質を創出したり排出するようなことがないため、基本的にはクリーンエネルギーであるが、立地する位置が自然豊かな環境で行われることも多く、自然との関わりあいなどで問題視されることがある。

水力発電所の設置、運用に伴う環境問題として次のようなことが挙げられる。

- ダム、発電所など大規模の土木構造物の設置、ダム・貯水池の設置による土地の改変、水没による植生の消滅、動物の生息域に及ぼす影響。
- 貯水池、調整池等の設置に伴う停滞水域の発生による水質への影響。
  - ： 流入水の貯留に伴う中低層水の水温が低下し、その放流による、下流域の魚類、稲作等に及ぼす影響。
  - ： 洪水時等に大量に流入してくる濁水を貯留・放流することに伴う下流域の濁水の長期化が魚類、かんがい、都市用水等に及ぼす影響。
  - ： 貯水池に流入するチッソ、リン等の栄養塩類が停滞域の発生によって蓄積・濃縮化され、淡水赤潮、藻類の発生など富栄養化による水質の悪化を招くこと。
- ダム等の設置により魚類移動への障害が生ずること。
- 水路式発電所の設置、運用に伴い、取水口から放水口までの間の河川区間が減水することによる河川景観、水生生物、水質等に及ぼす影響。
- 水車、発電機等の回転等による騒音、振動、低周波振動等が発生することがある。
- 発電所及び調圧水槽、水圧鉄管など発電用設備の設置による自然景観への影響。
- 発電所の設置工事に伴う濁水、騒音、振動等の発生、工事用資機材、発生土の運搬による地域の生活環境、交通等に及ぼす影響　　等々

現実には、設置地点の地形、自然環境、地域社会等の状況、特性等により影響の程度、範囲、性質が異なるものの周辺環境に対して何らかの影響を与えることは避けられない。

水力開発は環境保全上特に配慮が求められる自然環境の豊かな山間部で行われることが多く、自然環境の保全、調和には十分な配慮が必要とされる。また、最近は、開発地点も上流山間部から中下流域に広がり人の生活圏の近傍で開発されることも多くなり、相応の対策も必要となってきた。

5.2　環境影響評価制度

水力発電所を設置しようとする場合、一定規模以上の出力を有し、周辺の状況により環境対策が必要となるものは、「環境影響評価」（いわゆる「環境アセスメント」）を行い、法定による手続き、環境保全対策を行うことが必要となる。

(1) 環境影響評価法

環境影響評価とは、環境影響評価法（平成 9 年 6 月 13 日 法律第 81 号）2 条第 1 項で、「事業（特定の目的のために行われる一連の土地の形状の変更（これと併せて行うしゅんせつを含む。）並びに工作物の設置及び増改築をいう。以下同じ）の実施が環境に及ぼす影響（当該事業の実施後の土地又は工作物において行われることが予定される事業活動その他の人の活動が当該事業の目的に含まれる場合には、これらの活動に伴って生ずる影響を含む、以下単に「環境影響」という。）について環境の構成要素に係る項目ごとに調査、予測及び評価を行うとともに、これらを行う過程においてその事業に係る環境の保全のための措置を検討し、この措置が講じられた場合における環境影響を総合的に評価することをいう。」と規定されている。

対象となる発電所は、電気事業法（昭和 39 年 7 月 11 日　法律第 170 号―以下「電事法」という）第 38 条に規定されている事業用電気工作物であって発電用のものの設置又は変更の工事の事業で、環境影響評価法第 2 条第 2 項及び第 3 項に規定されている。第 1 種事業と第 2 種事業の区分を表 5-2-1 に示す。

第 1 種事業　　規模（改変面積、工作物の大きさ等）が大きく、環境影響の程度が著しいものとなるおそれがあるもの。

第 2 種事業　　規模が第 1 種事業に準ずる程度であって、環境影響の程度が著しいものとなるおそれがあるかどうかの判定が必要なもの。

表 5-2-1　発電所の第 1 種、第 2 種区分（環境影響評価法施行令別表第一）

発 電 所 区 分	第 1 種事業	第 2 種事業 （簡易なアセスメントで十分か個別に判断する事業）
水力発電所	出力 3 万 kW以上 出力 2.25 万 kW以上 3 万 kW未満（大規模ダムの新築、大規模堰の新築、大規模堰の改築のいずれかを伴う事業	出力 2.25 万 kW以上 3 万 kW未満
火力発電所（地熱発電所を除く）	出力 15 万 kW以上	出力 11.25 万 kW以上 15 万 kW未満
地熱発電所	出力 1 万 kW以上	出力 7500kW以上 1 万 kW未満
原子力発電所	すべて	
風力発電所	出力 1 万 kW以上	出力 7500kW以上 1 万 kW未満

環境影響評価は、第 1 種事業はすべて行う必要がある。第 2 種事業について環境影響評価を実施させるかどうかは、当該事業を所管する行政機関の長が都道府県知事の意見を聴

き事業内容、地域特性に応じて判定を行うが、加えて簡易な影響評価を実施してその結果を踏まえて環境アセスメントの要否の判断を行うこととなっている。

(2) 発電事業に係る環境影響評価制度

発電所に係る主務省令としては、「発電所の設置又は変更の工事に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令（平成 10 年 6 月 12 日　通商産業省令第 54 号、最終改正 平成 28 年 3 月 23 日経済産業省令第 27 号）（以下「アセス省令」という。）がある。

アセス省令の第 16 条第 1 項各号で環境影響評価を行うべき「対象事業」について規定されている。ここでいう「対象事業」とは、全ての第 1 種事業と、第 2 種事業のうち環境影響の程度が著しいものとなるおそれがあると認められたものである。（環境影響評価法第 4 条第 3 項第 1 号）

環境影響の程度が著しいものとなるおそれがあると認められたものの判定の基準は、水力発電所においてはおおむね以下のような場合とされている。（アセス省令第 16 条 1 項）

- 周囲 1 キロメートルの範囲内に工事時期が重なる水力又は地熱発電所があり、それらを合わせた規模が第 1 種事業規模に達する場合。
- 当該水域における水質の汚濁に係る環境上の条件が、環境基本法における規定を超える場合。
- 取水地点が存在する水域が第 2 種事業の実施により減水区間となる場合において、取水地点におけるＢＯＤの予測値が環境基本法に定める基準を超える場合。
- 水際線が人工改変を受けていない河岸、野生動植物の重要な生息生育の場が、事業が実施される区域の周囲 1 キロメートルの範囲内に存在し減水区間となる場合。

(3) 環境影響評価の実施と手続き

環境影響評価法に基づく環境影響評価（環境アセスメント）を行う必要がある発電所は、図 5-2-1（第 1 種事業）、図 5-2-2（第 2 種事業）に示すような手続きフローにより環境影響評価を行わなければならない。

1) 計画段階環境配慮書

第 1 種事業については、事業者は当該事業の実施が想定される区域における当該事業に係る環境の保全のために配慮すべき事項についての検討を行い、「計画段階環境配慮書」を作成し主務大臣に届けるとともに、関係地方公共団体への送付、公表して一般の意見の聴取を行わなければならない。

第 2 種事業については、簡易な環境影響評価を実施しその結果を主務大臣に届け、主務大臣が関係都道府県知事の意見の聴取をしたうえで、環境影響評価を実施すべきか否かを判定することとなっている。

判定の結果、必要とする場合は、第1種事業と同様の「環境影響評価方法書」の作成以降の手続きに入る。必要なしとなった場合は手続きは不要となる。

2)　環境影響評価方法書の作成

環境影響評価を実施することとなった事業者は、事業の名称、原動力の種類、出力、実施区域、設備の配置計画、既に決定されている事項の内容の変更により環境影響が変化するもの等の事項、及び対象事業に係る環境影響評価の項目、並びに調査・予測及び評価の手法等についての方法を記載した「環境影響評価方法書」（以下「方法書」という。）を作成し、関係地域を管轄する都道府県知事及び市町村長に送付されるとともに、それらの協力を得て公告・縦覧に供する。

環境の保全の見地からの意見を有する者は、環境保全上の意見を提出する。意見の概要は、関係の都道府県知事及び市町村長に送付する。都道府県知事は、市町村長の意見を聴いた上で、事業者に対し、環境保全上の意見を提出する。

3)　環境影響評価の実施

事業者は、都道府県知事の意見や環境の保全の見地から意見を有するものの意見を踏まえ、環境影響評価の項目並びに調査、予測及び評価の手法を選定し、これに基づいて環境影響評価を実施する。またそれらの選定に当たり、必要があれば主務大臣の技術的助言を受けることができる。

環境影響評価の項目並びに調査、予測及び評価の手法を選定するための指針、環境保全のための措置に関する指針については、環境大臣が基本的事項を定め、これに基づき主務大臣が環境大臣に協議して省令で定められている。

実際に水力発電所の環境影響評価を行う場合の実務的な手法についての解説書として、次のものがあり、いずれも経済産業省のホームページで公開されている。

・「環境影響評価方法書、環境影響評価準備書及び環境影響評価書の審査指針」
（平成26年1月24日－最終改正:平成27年6月1日－経済産業省大臣官房商務流通保安審議官名）

・「改定・発電所に係る環境影響評価の手引」（平成29年5月　経済産業省電力安全課）

4)　環境影響評価準備書の作成、公告・縦覧

事業者は、環境影響評価の結果について、環境影響評価準備書（以下「準備書」という。）を作成し、関係地域を管轄する都道府県知事及び市町村長に送付するとともに、準備書を公告・縦覧し、説明会を開催する。

環境の保全の見地からの意見を有する者は、環境保全上の意見を提出し、その意見の概要及びそれに対する事業者の見解を関係都道府県知事及び市町村長に送付する。都道府県知事は、市町村長の意見を聴いた上で、事業者に対して環境保全上の意見を提出する。

5)　環境影響評価書の作成、届出、公告・縦覧

事業者は、環境影響準備書の手続きを踏まえ、環境影響評価書（以下「評価書」という。）を作成して許認可権を持つ者へ送付する。評価書について、環境大臣は、必要に応じて許認可権を持つ者に対して環境の保全上の意見を提出し、許認可権者は、その意見を踏まえて事

業者に環境保全上の意見を提出する。

事業者は、環境大臣の意見や許認可権者の意見を受け、評価書を再検討し、必要に応じて追加調査等を行った上で評価書を補正し、この最終的な評価書を公告・縦覧する。

1．第１種事業

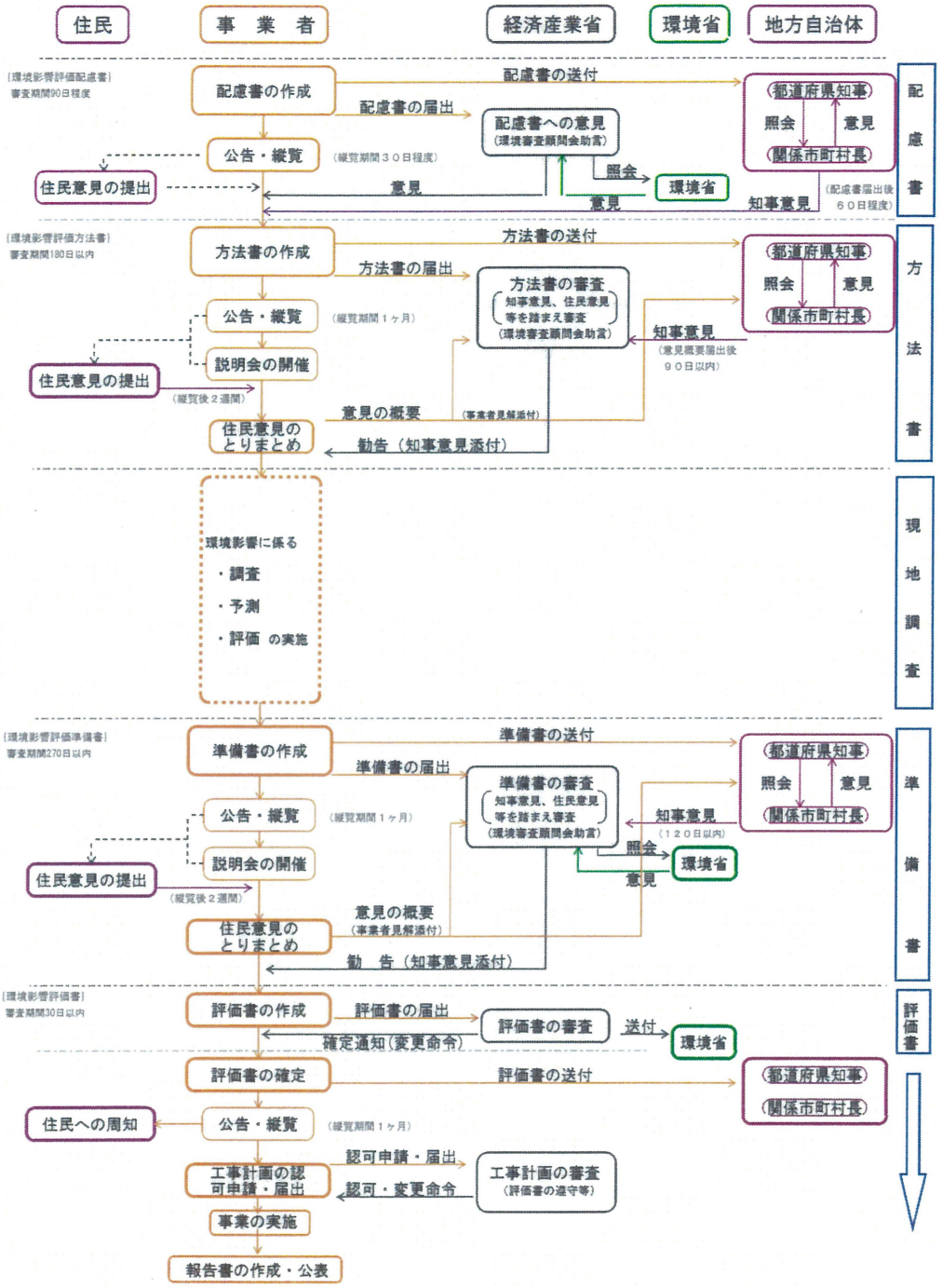


図 5-2-1　環境影響評価の手続きフロー（第１種事業）

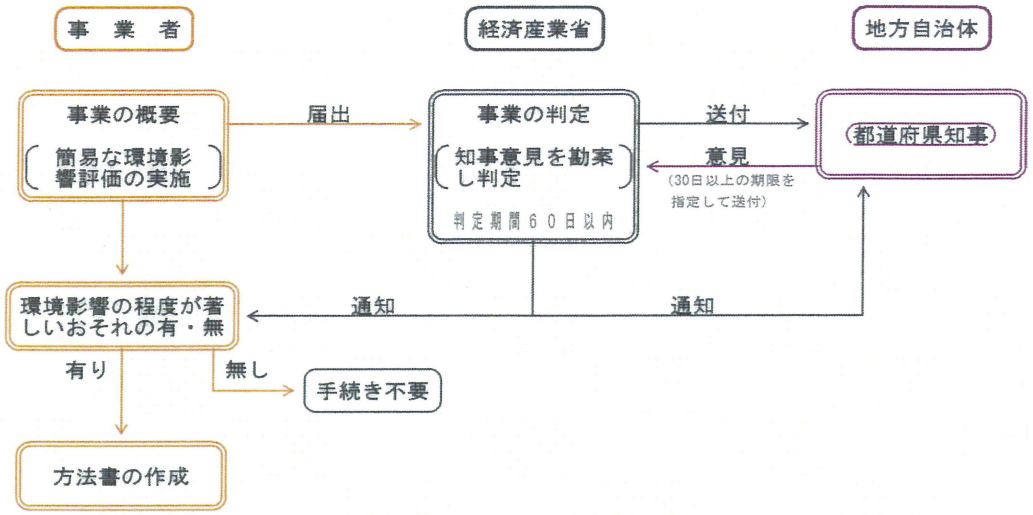


図 5-2-2　環境影響評価の手続きフロー（第 2 種事業）

(4)　環境影響評価の項目

水力発電所に係る環境影響評価を行うべき項目、手法については、「アセス省令」等に参考項目、手法等が規定されている。

具体的な審査の項目、基準等については行政通達で「審査指針(*1)」 が定められおり、その中で定められている水力発電所に係る環境影響評価の審査対象となる一般的な項目を参考資料 2.1 に掲載している。

また、一般的な項目のうち環境影響評価を実施すべき項目の選定と、評価手法について定めたものとして「発電所に係る環境影響評価の手引き(*2)」があり、実際の環境影響評価はそれぞれの発電所の事業特性および立地特性等を踏まえて選定する必要がある。

(*1)「環境影響評価方法書、環境影響評価準備書及びの環境影響評価書の審査指針」経済産業大臣官房商務流通保安審議官（平成 26 年 1 月 24 日－最終改正平成 27 年 6 月 1 日）
(*2)「改定発電所に係る環境影響評価の手引（平成 29 年 5 月経済産業省商務流通グループ電力安全課）」

(5)　電気事業法等による特例

現在、水力発電所の環境影響評価は、環境影響評価に関する特例として電事法第 46 条の 3（第 2 種事業）及び第 47 条第 3 項第 4 号の規定により、環境影響評価法及び関係政省令の規定に従い、一定要件以上の発電所の設置に際し義務づけられ実施されている。

また、電気事業法による上乗せとして、経済産業大臣の「方法書」に対する勧告（電事法第 46 条の 8)、「準備書」に対する勧告（電事法第 46 条の 14)、「評価書」に対する変更命令（電事法第 46 条の 17)、発電所の設置又は変更の工事、維持運用における環境保全についての適正な配慮（電事法第 46 条の 20）評価書の結果の工事計画認可の要件化（電事法第 47 条第 3 項第 3 号及び第 4 号）が規定されている

「環境影響評価法」と「電気事業法」との関係、環境影響評価を行う場合の実務に関する

規定、通達、手引等の関連を図 5-2-3 に示す。

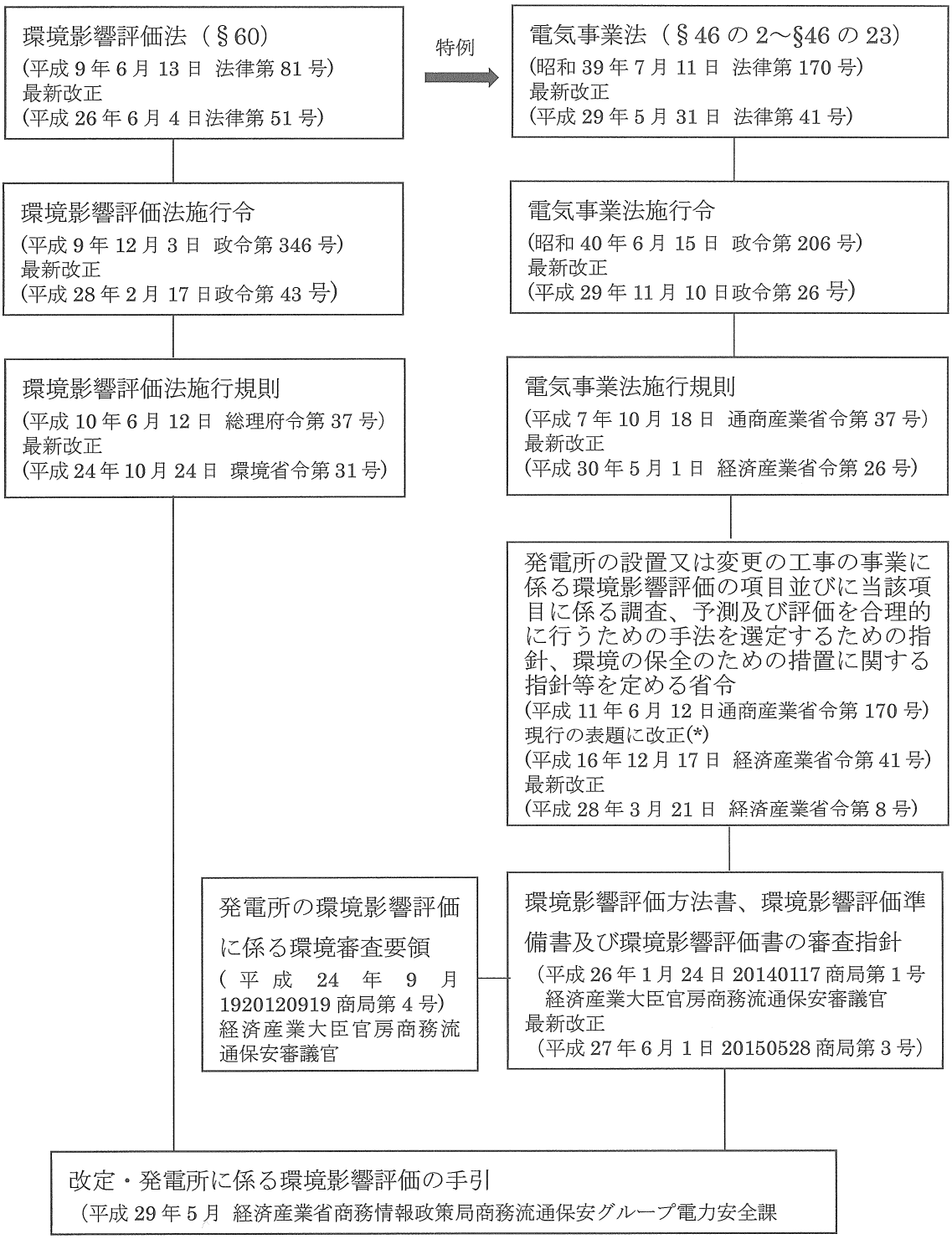


図 5-2-3　環境影響評価法と電気事業法の体系、関連諸規定

5.3　環境保全関係法令

水力発電所の設置が、環境保全を目的として開発行為を規制する諸法令の指定地域、地区等である場合には、所定の許可申請、届出等の手続きが必要となる。以下、水力発電所を設置する場合に関連する環境関連法規類の主なものの内容を概説する。

本章においては、各法令の条項を以下のように表記する。
　法律⇒「法」　施行令(政令)⇒「令」　施行規則(省令)⇒「則」
条⇒「§」　項⇒「○囲み数字」　号⇒「漢数字」
　例えば「○○法第１条第２項第三号」は「法§1②三」のように表記
文中　“・・・”で囲まれた部分は法令文をそのまま引用した箇所

(1)　自然公園法

自然公園法は、“優れた自然の風景地を保護するとともに、その利用の増進を図ることにより、国民の保健、休養及び教化に資するとともに、生物の多様性の確保に寄与すること”を目的としている。（法§1）

1)　概要

（公園の種別）

自然公園には、次の３種の公園がある。（法§2）

・国立公園：我が国の風景を代表するに足りる傑出した自然の風景地であって、環境大臣が指定したもの

・国定公園：国立公園に準ずる優れた自然の風景地であって、環境大臣が指定したもの

・都道府県立自然公園：優れた自然の風景地であって、都道府県知事が指定したもの

これらの自然公園の面積は、**表 5-3-1** に示すとおり約 556 万 ha 強に及び、我が国の国土面積の約 14.7%を占めている。

自然公園区域は山間など自然豊かな場所にあり、自然環境を守るためにこれらの地域の中での開発行為に対し諸々の禁止、制約が課せられている。水力発電所の適地は自然公園地域と重なるところが多くあると思われ、自然公園に係る諸規制、制約に関わるケースはかなり多い。

現在、各自然公園に指定されている公園の位置、箇所一覧を**参考資料 2.2** に掲載している。

表 5-3-1　自然公園数と面積　　（平成 30 年 3 月 31 日現在）

区分	箇所数	面積（ha）	対国土面積割合(%)	備考
国立公園	34	2,190,792	5.8	参考資料 2.2 に所在地一覧を掲載
国定公園	56	1,409,727	3.7	
都道府県立自然公園	311	1,967,324	5.2	
計	401	5,567,843	14.7	
国土面積		37,797.389		

（公園内の地域区分）

それぞれの自然公園内において、地域の自然の風致を守る観点から環境保全の状況、重要性の度合い等を勘案して以下のような種別に区分されている。

・特別保護地区（原生状態を保持）

公園の中で最も中心となる景観地が指定され、現状維持を原則とし落葉、落枝の採取も規制される厳格な管理が行われ、地区内での行為はほとんど禁止されていている。

・第一種特別地域（現在の景観を極力維持）

特別保護地区に準ずる地域で、現在の景観を極力維持する必要のある地域 。

・第二種特別地域（農林漁業活動との調和に努めて調整）

良好な自然状態を保持している地域で、農林漁業との調和を図りながら自然景観の保護に努めることが必要な地域。

・第三種特別地域（通常の農林漁業活動は容認）

特別地域の中では風致を維持する必要が比較的低い地域であり、通常の農林漁業活動については風致の維持に影響を及ぼすおそれが少ない地域。

・普通地域（景観の維持を図る）

特別地域と一体的に風景の保護を図ることが必要な地域。

普通地域は特別地域の緩衝地帯として、一定の行為については事前の届出が必要。

2)　規制行為

①　特別地域

特別地域当該公園の風致を維持するため、国立公園については環境大臣、国定公園については都道府県知事が、その区域（海域を除く。）内に「特別地域」を指定することができることとなっている。（法§20①）

特別地域（特別保護地区を除く。）内において、以下のような行為を行う場合は、国立公園にあっては環境大臣、国定公園にあっては都道府県知事の許可が必要となる。（法§20③）

1.工作物の新築、改築、増築　2.木竹の伐採　3 木竹の損傷　4.鉱物採掘、土石採掘　5.河川・湖沼の水位・水量の増減　6 湖沼・湿原及び周辺 1 ㎞以内における汚水・排水の排出　7.広告物の設置、又は工作物等へ広告の表示　8.屋外への土石等の集積、貯蔵　9.水面の埋立て、干拓　10.土地の開墾、形状変更　11.高山植物等の採取、損傷　12.生育地でない植物の植栽、種子まき　13.山岳等に生息する動物の捕獲、殺傷、損傷　14.本来の生息地でない動物を解放、家畜の放牧　15.屋根、壁面、塀、橋、鉄塔、送水管等の色彩の変更　16.湿原等への立入り　17.道路、広場、田畑、牧場、宅地以外の地への車馬・動力船・航空機の発着　18.その他特別地区の風致の維持に影響を及ぼすおそれのある行為

②　特別保護地区

当該公園の景観を維持するため特に必要があるときは、特別地域内に「特別保護地区」を、国立公園については環境大臣、国定公園については都道府県知事が指定してその環境の保全が図られている。（§21①）

特別保護地区内において、以下のような行為を行う場合は、国立公園あっては環境大臣、国定公園にあっては都道府県知事の許可が必要となる。（法§21③）

1.特別地域での 1.2.4.5.6.7.9.10.15.16 の行為　2.木竹の損傷　3.木竹の植栽　4.動物の開放、家畜の放牧　5.屋外への土石等の集積、貯蔵　9.火入れ、たき火　7.木竹以外の植物の採取、損傷、落葉・落枝の採取　8.木竹以外の植物の植栽、種まき　9.動物の捕獲、殺傷、卵採取、損傷　10.道路、広場、田畑、牧場、宅地以外の地への車馬・動力船・航空機の発着　11.その他特別地区の風致の維持に影影響を及ぼすおそれのある行為

③　利用調整地区

当該公園の風致又は景観の維持とその適正な利用を図るため、特に必要があるときは、環境大臣は国立公園について、都道府県知事は国定公園について特別地域又は海域公園地区内に「利用調整地区」を指定することができることとなっている。(法§23①)

利用調整地区内には、何人も環境大臣が定める期間内は、非常災害のために必要な応急措置を行うため、公園事業を執行するため、認定生態系維持回復事業等を行うため”等以外は「立入禁止」となっている。（法§23①）

④　普通地域

国立公園又は国定公園の区域のうち特別地域、海域公園地区に含まれない区域は「普通地域」となる。

普通地域内において、以下のような行為を行う場合は、国立公園にあっては環境大臣に対し、国定公園にあっては都道府県知事に対し、環境省令で定めるところにより行為の種類、場所、施行方法及び着手予定日その他環境省令で定める事項を届け出る必要がある。(法§33①)

1.環境省令で定める基準(則§14 一)(*)を超える工作物の新築、改築、増築　2.特別地域内の河川・湖沼等の水位・水量に増減を及ぼすこと　3.広告物の設置、工作物等へ広告の表示　4.水面の埋立て、干拓　5.水面の埋立て、干拓　6.土地の形状変更　7.海底の形状変更

(*) 環境省令(則§14)で定める基準.

ｲ.建築物:高さ:13m又は延べ面積1,000㎡　ﾛ.送水管:長さ70m.　ﾊ.鉄塔:高さ30m　ﾆ.船舶係留施設:長さ50m　ﾎ.ダム:高さ20m　ﾍ.～ﾇ.:略

⑤ 都道府県立自然公園

都道府県知事は、区域を定めて条例で「都道府県立自然公園」を指定することができることとなっている。(法§72)

都道府県知事は、都道府県立自然公園の風致を維持するため区域内に「特別地域」、特別地域内に風致の維持とその適正な利用を図るための「利用調整地区」、以上に含まれない「普通地域」を設定し、それぞれにおける行為について、国立公園及び国定公園における行為規制を定める法§20～§27の規定の範囲内で、条例を定めて規制することができることとなっている。(法§73①)

3) 許可、届出

それぞれの地域、地区内で規制されている行為、許可基準に係る条項と、許可申請、届出先等をまとめたものを表5-3-2に示す

表 5-3-2　地域・地区別行為禁止、許可届出、許可基準等に関する条項一覧

行為区分	対象地域	該当条項	主な規制行為	許可基準
許可	特別地域	法§20③	工作物設置、木竹伐採、水量･水位変動等	則§11①～㉙
	特別保護地区	法§21③	同上、ただし殆ど禁止	則§11㉚～㉜
	海域公園地区	法§22③	略	
	利用調整地区	法§23①	立ち入り不可	
	普通地域			
届出	特別地域	法§20⑥⑦⑧	既設･既着工、災害時の応急対策、自然保護･景観等を妨げないもの等	
	特別保護地区	法§21⑥⑦		
	海域公園地区	法§22⑥⑦		
	普通地域	法§33①	土地の改変、水位水量の増減、他法令基準準拠等	則§14 一～三
不要	特別地域	法§20⑨	溝、井堰等軽微な増改築	則§12 一～三一
	特別保護地区	法§21⑧	動植物、鳥獣の保護等	則§13-一～二八
	海域公園地区	法§22⑧	略	則§13-3 一~二八
	普通地域			則§15 一～一七
上表各行為別の許可申請先、届出先 国立公園：環境大臣 国定公園及び都道府県立自然公園：都道府県知事（法§73①）				

(2)　自然環境保全法

自然環境保全法は、“その他の自然環境の保全を目的とする法律と相まって、自然環境を保全することが特に必要な区域等の生物の多様性の確保その他の自然環境の適正な保全を総合的に推進することにより、広く国民が自然環境の恵沢を享受するとともに、将来の国民にこれを継承できるようにし、もつて現在及び将来の国民の健康で文化的な生活の確保に寄与すること”を目的としている。（法§1）

1)　概要

①　自然公園との相違

「自然環境保全地域」は、原生の状態を維持している地域や優れた自然環境を維持している地域を、今後も極力人為を加えずに後世に伝えることを目的として指定されている地域である。

「自然公園」は、自然風景地の保護とともに自然とのふれあいを図ることを目的として指定される地域であり、計画的に整備され、快適で適正な利用、質の高い自然を活かした環境

教育の場として保全、整備が行われている。

② 地域及び地区の種別分類

自然環境保全法による区域の指定には以下のようなものがある。

・原生自然環境保全地域

立入制限地区

・自然環境保全地域

特別地区

野生動植物保護地区

海域特別地区

普通地区

・都道府県自然環境保全地域

③ 地域の要件

・原生自然環境保全地域

人の活動の影響を受けることなく原生の状態を維持している地域(1,000ha 以上、島嶼は 300ha 以上)

・自然環境保全地域

1.高山・亜高山性植生(1,000ha 以上)、

2.優れた天然林(100ha 以上)

3.特異な地形・地質・自然現象(10ha 以上)

4.優れた自然環境を維持している湖沼・海岸・湿原・河川(10ha 以上)

5.優れた自然環境を維持している海域(10ha 以上)

6.植物の自生地・野生動物の生息地のうち、1..～5..と同程度の自然環境を有している地域(10ha 以上)

・都道府県自然環境保全地域

自然環境保全地域(上記)に準ずる自然環境を維持している)地域(ただし、海域を除く)

④ 指定箇所

現在自然環境保全地域に指定されている地域数、面積を**表 5-3-3** に示す。また、その所在箇所一覧、位置図を**参考資料 2.2** に掲載している。

表 5-3-3　自然環境保全地域数と面積

区分	箇所数	面積（ha）	対国土面積割合(%)	備　考
原生自然環境保全地域	5	5,631	0.015	参考資料 5.2 に所在地一覧を掲載
自然環境保全地域	10	21,593	0.057	
都道府県自然環境保全地域	537	76,403	0.202	
計	552	103,627	0.274	
国土面積		37,797.389		

2)　規制行為

①　原生自然環境保全地域

「原生自然環境保全地域」は“自然環境が人の活動によって影響を受けることなく原生の状態を維持しており、かつ政令で定める面積、要件等を備えた区域で、当該自然環境を保全することが特に必要なもの”として環境大臣が指定する地域をいう。（法§14、令§1）

原生自然環境保全地域内においては、自然生態系に影響を与える行為は原則として禁止されているが、次の各号のような行為は許可が必要とされている。（法§17①）

1.建築物その他の工作物の新築、改築、増築　2.宅地造成、土地の開墾、土地の形質変更　3.鉱物掘採、土石採取　4.水面埋立て、干拓　5.河川･湖沼の水位･水量の増減　6.木竹の伐採、損傷　7.木竹以外の植物の採取、損傷、落葉･落枝の採取　8.木竹の植栽　9.木竹以外の植物の植栽、種子蒔き　10.動物の捕獲、殺傷、動物の卵採、損傷　11.動物の解放、家畜の放牧　12.火入れ、たき火　13.廃棄物投棄、放置　14.屋外での物の集積、貯蔵　15.車馬･動力船の使用、航空機の着陸　16.そのほか、原生自然環境保全地域の自然環境の保全に影響を及ぼすおそれがある行為

②　立入制限地区

「立入制限地区」は、原生自然環境保全地域のうち自然環境の保全のために特に必要があると認め、原生自然環境保全地域に関する保全計画に基づいて”環境大臣が立入を制限している地区をいう。（法§19①）

立入制限地区には、学術研究その他公益上の事由、非常災害のために必要な応急措置のため以外、何人も立ち入ることはできない。（法§19③）

③　自然環境保全地域

「自然環境保全地域」は、“原生自然環境保全地域以外の区域で次の各号のいずれかに該当するもののうち、自然的社会的諸条件からみてその区域における自然環境を保全することが特に必要なものと認め”環境大臣が指定した地区で、一定の要件を備えたもの“をいう。（法§22①、令§4①～④）

ただし自然公園法に規定する自然公園の区域は、自然環境保全地域の区域には含まれない。（法§22②）

④　特別地区

「特別地区」は、“自然環境保全地域に関する保全計画に基いて”、環境大臣が指定した地区をいう。

”特別地区内においては、次に掲げる行為は、環境大臣の許可を受けなければ”行うことが禁止されている。（法§25④）

1.法§17①一～五号に掲げる行為（*）　2.木竹の伐採　3.木竹の損傷　4.本来の生育地でない植物の植栽、種まき　5.本来の生息地でない動物の解放、家畜の放牧　6.湖沼･湿原及び周辺 1km 区域内の排水設備の設置･排出　7.道路、広場、田、畑、牧場、宅地以外の地域で車馬･動力使用、航空機の着陸　8.そのほか、特別地区の自然環境の保全に影響を及ぼすおそれがある行為

（*）法§17①一～五号に掲げる行為

1.建築物その他の工作物の新築、改築、増築　2.宅地造成、土地の開墾、土地の形質変更　3.鉱物の掘採、土石採取　4.水面埋立て、干拓　5.河川･湖沼の水位･水量の増減）

⑤　野生動植物保護地区

環境大臣が、“特別地区内における特定の野生動植物の保護のために特に必要があると認めるときは、自然環境保全地域に関する保全計画に基づいて、その区域内に、当該保護すべき野生動植物の種類ごとに、「野生動植物保護地区」を指定することができる”こととなっていている。（法§26①）

野生動植物保護地区内においては、当該野生動植物保護地区に係る野生動物（動物の卵を含む。）の捕獲、殺傷、野生植物の採取、損傷が禁止されている（法§26③）

⑥　普通地区

自然環境保全地域の区域のうち特別地区及び海域特別地区に含まれない区域を「普通地区」という。

「普通地区」において“次の各号に掲げる行為を行う場合は、環境大臣に対し、環境省令で定めるところにより、行為の種類、場所、施行方法及び着手予定日その他環境省令で定める事項を届け出”が必要となる。（法§28①）

1.環境省令で定める基準（*）をこえる建築物その他工作物の新築、改築、増築　2.宅地造成、土地の開墾、土地の形質変更　3.鉱物掘採、土石採取　4.水面埋立て、干拓　5.河川･湖沼の水位･水量の増減

（.*）環境省令（則§27）で定める基準

ｲ.建築物:：高さ 10m又は床面積 200 ㎡　ﾛ.道路：幅員 2m　ﾊ.鉄塔、煙突、電柱等：高さ 30m　ﾆ.ダム：高さ 20m　ﾎ.送水管、ガス管等：長さ 200m又は水平投影面積 200 ㎡　ﾍ.その他の工作物：高さ 10m又は水平投影面積 100 ㎡

⑦　都道府県自然環境保全地域

都道府県が、“その区域における自然環境が自然環境保全地域に準ずる土地の区域で、その区域の周辺の自然的社会的諸条件からみて当該自然環境を保全することが特に必要なもの”として条例で指定した地域を「都道府県自然環境保全地域」という。（法§45①）

ただし、自然公園の区域は都道府県自然環境保全地域の区域に含まれない。(法§45②)

都道府県自然環境保全地域における自然環境を保全するため、都道府県が条例で「特別地区（野生動植物保護地区を含む。）」として指定し、当該特別地区における行為を規制することができる。

都道府県自然環境保全地域の区域のうち特別地区に含まれない区域内を「普通地域」とし、当該地域における行為についても規制することができる。

それぞれの規制は、自然環境保全地域の特別地区（野生動植物保護地区を含む。）、普通地区における行為に関する規定による規制の範囲内において必要な規制を定めることができる。この場合、“当該地域に係る住民の農林漁業等の生業の安定及び福祉の向上に配慮しなければならない”こととなっている。（法§46①）

3)　許可、届出

それぞれの地域、地区における指定の要件、許可申請先、規制の原則・程度び許可権者等をまとめたものを表 5-3-4(1)～(3)に示す。

表 5-3-4（1）　原生自然環境保全地域（法§14～§21）

指定等	地域の指定(環境大臣) 【指定要件】 ・原生状態を維持 ・面積 1,000ha 以上(島嶼の場合は 300ha 以上)の土地の区域 ・国公有地(保安林を除く)※自然公園の区域を除く
	保全計画の決定(環境大臣) ・規制又は施設に関する計画
行為規制	全域 ・自然生態系に影響を与える行為は原則禁止 ・工作物の新改増築,土地の変質変更等も原則禁止（環境大臣が許可した場合等を除く）
	立入制限地区 ・立入は原則禁止（環境大臣が許可した場合を除く）

表 5-3-4(2)　自然環境保全地域（法§22～§35）

指定等	地域の指定(環境大臣) 【指定要件】 1.高山・亜高山性植生(1,000ha 以上) 2.優れた天然林(100ha 以上) 3.特異な地形・地質・自然現象(10ha 以上) 4.優れた自然環境を維持している湖沼・海岸・湿原・河川(10ha 以上) 5.優れた自然環境を維持している海域(10ha 以上) 6.植物の自生地・野生動物の生息地のうち、上記と同程度の自然環境を有している地域(10ha 以上)
	保全計画の決定(環境大臣) ・規制又は施設に関する計画
行為規制	特別地区 ・工作物の新改増築、土地の変質変更等は環境大臣の許可が必要 ・各種行為は一定の基準に合致するもののみ許可
	野生動植物保護地区 ・特定の野生動植物の捕獲、殺傷、採取等は原則禁止（環境大臣が許可した場合等を除く）
	海域特別地区 ・工作物の新改増築、海底の形質変更、指定動植物の採捕・殺傷等は環境大臣の許可が必要
	普通地区 ・一定規模以上の工作物の新改増築、土地の形質変更等は環境大臣への届出が必要

表 5-3-4(3)　都道府県自然環境保全地域（法§45～§50）

指定等	都道府県知事が条例で定めるところにより、自然環境保全地域に準ずる土地の区域を指定
行為規制	・特別区域(野生動植物保護地区を含む)の指定が可能・自然環境保全地域における規制の範囲内で、条例で定めるところにより規制が可能 ・普通地区における各種行為は届出 ・規制された行為に対する許可は都道府県知事

5-3-4(1)～(3)各表：環境省 HP「自然環境保全法の概要」から抜粋

(3) 鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律

水力発電開発において留意すべき法規定による行為規制地域として、**鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律に基づく**「鳥獣保護区」がある。

鳥獣保護区は、“鳥獣の保護及び管理を図るための事業を実施するとともに、猟具の使用に係る危険を予防することにより、鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化を図り、もって生物の多様性の確保、生態系の保護、生活環境の保全及び農林水産業の健全な発展に寄与することを通じて、自然環境の恵沢を享受できる国民生活の確保及び地域社会の健全な発展に資すること”を目的としている。(法§1)

1) 概要

鳥獣保護区は、鳥獣の保護の見地から環境大臣が指定する「国指定鳥獣保護区」と、都道府県知事が指定する「都道府県指定鳥獣保護区」がある。

鳥獣保護区の区域内で特に鳥獣の保護又はその生息地の保護を図るため特に必要があると認められる区域については、環境大臣又は都道府県知事は、それぞれの鳥獣保護区内に「特別保護地区」に指定することができ、狩猟が認められない。そのほか、特別保護地区内においては一定の開発行為が規制される。

2) 規制行為

「鳥獣保護区」の区域内にある土地又は木竹について、“所有権その他の権利を有する者は、正当な理由がない限り、環境大臣又は都道府県知事が当該土地又は木竹に鳥獣の生息及び繁殖に必要な営巣、給水、給等の施設を設けることを拒んではならない”(法§28⑪)

「特別保護地区」の区域内においては、次に掲げる行為は、法§29①の規定により環境大臣が指定する「国指定特別保護地区」にあっては環境大臣の、同項の規定により都道府県知事が指定する「都道府県指定特別保護地区」あっては都道府県知事の許可を受けなければはならない。

1. 建築物その他の工作物の新築、改築、増築(*1)　2. 水面の埋立て、干拓(*1)
3. 木竹伐採　4. 特別保護地区内の鳥獣の保護に影響を及ぼすおそれがある行為として政令で定めるものを行うこと“(法29§⑦、令§2)　(*2)

(*1) 1ha以下の埋立、干拓、住宅の設置等、鳥獣の保護に支障がない行為

(*2) 許可を要する行為(法§29⑦四により令§2で定める行為)

1.木竹以外の植物の採取・損傷、落葉の採取、動物の捕獲・殺傷・卵採取　2.火入れ・たき火　3.車馬の使用　4.動力船の使用　5.犬その他鳥獣に害を加えるおそれのある動物の開放　6.鳥獣の営巣に影響を及ぼすおそれのある撮影・録画・録音　7.球具その他の器具を使用する野外スポーツ・野外レクリエーション

3) 許可、届出

許可を受けようとする場合は、国指定特別保護地区にあっては環境大臣に、都道府県指定特別保護地区にあっては都道府県知事にそれぞれ許可の申請をしなければならない。(法§29⑧、則§38①一～四)

環境大臣又は都道府県知事は、前項各号の許可の申請があったときは、当該申請に係る行為が下記の各号のいずれかに該当する場合を除き許可をしなければならない。

“一　当該行為が鳥獣の保護に重大な支障を及ぼすおそれがあるとき。

二　当該行為が鳥獣の生息地の保護に重大な支障を及ぼすおそれがあるとき。

ただし、鳥獣の保護又は鳥獣の生息地の保護を図るため必要があると認めるときは、許可に条件を付することができる。“(法§29⑨⑩)

制度、規制等の概要を表 5-3-5 に示す・

表 5-3-5　鳥獣保護区制度の概要

区分	制度の概要	規制の概要	存続期間
鳥獣保護区 (法§28)	鳥獣の保護を図るため、必要があると認められる地域	狩猟が認められない	20 年以内 (期間更新可能)
特別保護地区 (法§29)	鳥獣保護区の区域内において、鳥獣の保護及びその生息地の保護を図るため、必要があると認められる地域	許可を要する行為 ・工作物の新築等 ・水面の埋立、干拓 ・木竹の伐採 ＊1ha 以下の埋立、干拓、住宅の設置等、鳥獣の保護に支障がない行為は許可を要しない	鳥獣保護区の存続期間の範囲内
特別保護指定区域(令§2)	特別保護地区の区域内において、人の出入り、車両の乗り入れ等により、保護対象となる鳥獣の生息、繁殖に悪影響が生じるおそれのある場所	許可を要する行為 ・工作物の新築等 ・水面の埋立、干拓 ・木竹の伐採 ＊1ha 以下の埋立、干拓、住宅の設置等、鳥獣の保護に支障がない行為は強化を要しない	特別保護地区において区域と期間を定める

(環境省 HP「野生鳥獣の保護及び管理—鳥獣保護区制度の概要—」を基に作成)

(4) 文化財保護法

文化財保護法の目的は、“文化財を保存し、且つ、その活用を図り、もつて国民の文化的向上に資するとともに、世界文化の進歩に貢献すること”である。（法§1）

水力発電開発において留意すべき規定としては、「埋蔵文化財」（法§92～§108)、「史跡名勝天然記念物」（法§109～§133)、「重要文化的景観」（法§134～§142）等に係る規定がある。

それぞれの規制内容、許可手続き等については、ほぼ同様の規定であるので、これらを代表して最も多いケースと考えられる「埋蔵文化財」、「史跡名勝天然記念物」にかかる規定について概説する。

A　埋蔵文化財

1)　概要

埋蔵文化財とは、その名の通り土地に埋蔵されている主に古墳、遺跡、貝塚等を指し、その取扱い方は「文化財保護法」で定められている

2)　規制行為

既に周知の埋蔵文化財包蔵地において土木工事などの開発事業を行う場合には、都道府県・政令指定都市等の教育委員会に事前に届出る必要がある。(法§93①)

工事の過程で新たな遺跡など埋蔵文化財に該当するような遺物が発見された場合は、直ちに上記同様の機関に届け出なければならない。(法§96①)

併せて、出土した遺物は所有者が明らかな場合を除き、発見者が所管の警察署長へ提出する必要がある。（法§100）

届出を受けた都道府県・政令指定都市等の教育委員会は発掘物が文化財として認められるか否かの鑑査を行い(法§102)その取り扱い方法を協議して決めることとなっている。その間、遺跡部分の工事は中断して現状を保存する必要がある。(法§96)

発掘調査等に要する経費については開発事業者が負担することとなる。

出土品は原則としては遺失物の取り扱いとなり｛遺失物法｝の適用となるが、鑑査の結果これが文化財認められる場合は、届出を受けた都道府県・政令指定都市及び中核市の教育委員から所管の警察署長への通知のみでよく、所有者が判明しないものは原則として都道府県の帰属となる。

3)　許可、届出

届出があつた場合、文化庁長官は“当該届出に係る遺跡が重要なものであり、かつ、その保護のため調査を行う必要があると認めるときは、その土地の所有者又は占有者に対し、

期間及び区域を定めて、その現状を変更することとなるような行為の停止又は禁止を命ずることができることとなっている。（法§96）

届け出があった場合は、文化庁長官はあらかじめ関係地方公共団体の意見を聞き、届出があつた日から起算して1月以内に禁止の命令をしなければならず、禁止区間は最大3月以内とされている。（法§96）

出土した埋蔵文化財が”歴史上又は学術上の価値が特に高く、かつ、その調査が技術的に困難なため国において調査する必要があると認められる埋蔵文化財については”、文化庁長官は“その調査のため土地の発掘を施行することができる。”（法§98）

同様に、以上のほか地方公共団体が土地の発掘を施行することができる。（法§99）

B　史跡名勝天然記念物

1)　概要

文化財保護法で規定される「史跡名勝天然記念物」として対象になるものは、以下に例示する文化財をいう。（法§2）

史跡；貝塚、古墳、都城跡、城跡、旧宅等の遺跡で我が国にとって歴史上または学術上価値の高いもの

名勝：庭園、橋梁、峡谷、海浜、山岳等の名勝地で我が国にとって芸術上または鑑賞上価値の高いもの

天然記念物：動物、植物及び地質鉱物で我が国にとって学術上価値の高いもの

そのうち特に重要なものについては、それぞれ「特別史跡」、「特別名勝」、「特別天然記念物」に指定されている。(法§109②)

2)　規制行為

“史跡名勝天然記念物に関しその現状を変更し、又はその保存に影響を及ぼす行為をしようとするときは、文化庁長官の許可”が必要となる。

例外的に、“現状変更については維持の措置又は非常災害のために必要な応急措置を執る場合、保存に影響を及ぼす行為については影響の軽微である場合”は許可を必要としない。（法§125）

3)　許可

文化庁長官は、特に“史跡名勝天然記念物の保存のため必要があると認めるときは、地域を定めて一定の行為を制限し、若しくは禁止し、又は必要な施設をすることを命ずることができる”こととなっており、命令が出されて場合はそれに従った所要の措置を講じなければならない。(法§128)

5.4　減水区間に対する環境保全対策

水力発電所の設置、運用による自然環境、社会環境に対する影響について、「**5.1　水力発電所の環境問題**」で挙げた諸問題のうち、中小水力発電所の場合にも該当する主な問題に対する環境影響緩和対策についての実態、調査・研究の成果、実例等を紹介する。

(1)　減水区間に対する維持放流

1)　維持放流の実態

河川から取水する水力発電所では、放水地点までの間、取水した分だけ流量が減ずる「減水区間」が生じ、その環境影響と対策が水力発電所の環境問題の中では最大のものとなっている。そのため水利権設定の際に許可の条件として、一定量の放流が義務付けられるケースがほとんどである。

全国の電気事業用水力発電所における減水区間に対する維持流量等の放流、河川環境の形態維持等について、平成15～16年に電力土木技術協会が事業用の全水力発電所1､603箇所を対象に悉皆調査を行っている。それ以降、実態についての悉皆調査は行われておらず唯一の調査であり、現状でもこの状況が大きく変っていないので、この調査結果と、その後に行った減水区間等に対する環境対策に関する諸調査の成果等を交え、実態、対応策について述べてみることとする。

減水区間がある発電所は1,349箇所あり、そのうち維持放流を行っているのは558箇所で、放流の目的についての回答は635件（複数回答）あった。

維持放流を行っていると回答があった558件の放流量を100ｋｍ^{2}当たりの比流量で比較すると、**表5-4-1**及び**図5-4-1**に示すとおり、0.3m^3／ｓ台が卓越していて多く155件あり全体の約28%を占め、その前後0.25～0.35m^3／ｓまで含めると約半数がこの範囲に入る。1988年に当時の建設省から出された「ガイドライン」(*)（以下、「ガイドライン」という。）による数値による影響が顕れ、このような結果になったものと思われる。

(*)「発電水利権の期間更新時における河川維持流量の確保について（河川維持流量確保のガイドライン）」
1988建設省（現国土交通省）河川局長通達

許可水利権の更新年代別を回答してきた所が400箇所あり、これらについて維持放流の比流量を見てみると**表5-4-2**、及び**図5-4-2**に示すとおり1980年代以前の方がむしろ高くなっていて、1981年以降に更新のものは平均して0.3m^3／ｓ前後を中心にそれ以下のものが多くなっている

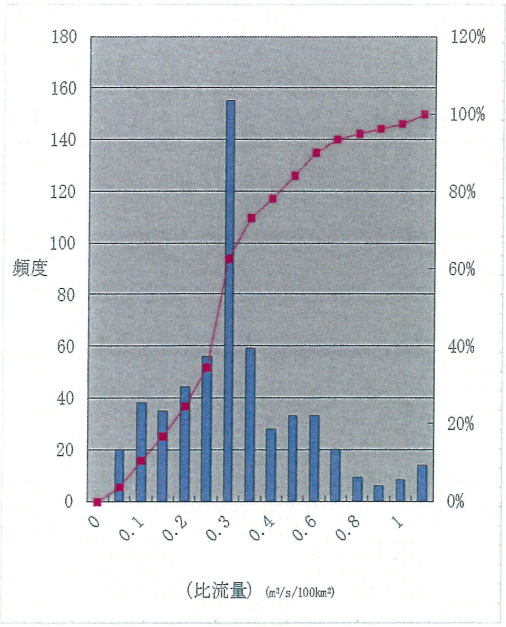


図 5-4-1　100 km ² 当り維持流量

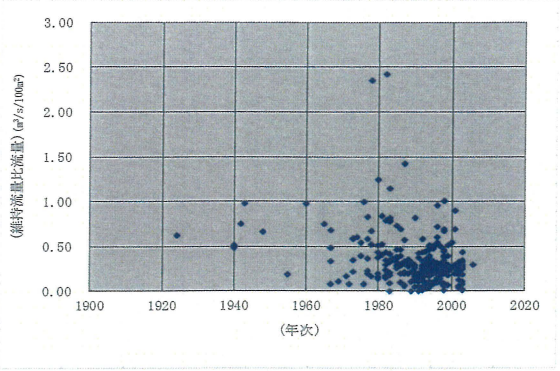


図 5-4-2　維持放流比流量年代別分散

流速については、表 5-4-3 最小 10cm/s から最大 41cm/ s までで、30 cm/ s というのが一番多く約 6 割を占る 24 件、次いで 20 cm/ s が 11 件となっている。

水深については、最小の 10cm から最大 40cm まであり、20 cmが約半数の 74 件、次いで 30 cmが 19 件となっており、20 cmから 30 cmに範囲が全体の約 8 割を占めている。

表 5-4-1　100 km ² 当り維持流量（比流量換算）

比流量 (m³/ s /100km²)	件数	件数比 (%)	比率累計 (%)
0.05 以下	20	3.6	3.6
0.05 を超え ～ 0.1 以下	38	6.8	10.4
0.1 ～ 0.15	35	6.3	16.7
0.15 ～ 0.2	44	7.9	24.6
0.2 ～ 0.25	56	10.0	34.6
0.25 ～ 0.3	155	27.8	62.4
0.3 ～ 0.35	59	10.6	73.0
0.35 ～ 0.4	28	5.0	78.0
0.4 ～ 0.5	33	5.9	83.9
0.5 ～ 0.6	33	5.9	89.8
0.6 ～ 0.7	20	3.6	93.4
0.7 ～ 0.8	9	1.6	95.0
0.8 ～ 0.9	6		
0.9 ～ 1.0	8		
1.0 を超えるもの	14		
計	558		

表 5-4-2　更新年代別比流量

更新年代	箇所数	比流量
1966 ～ 1970	5	0.35
1971 ～ 1975	10	0.42
1976 ～ 1980	23	0.90
1981 ～ 1985	35	0.23
1986 ～ 1990	46	0.23
1991 ～ 1995	100	0.21
1996 ～ 2000	123	0.24
2001 ～	49	0.23
平　均	400	0.29

表 5-4-3　水深、流速の現状

水　深（cm）		流　速（cm/s）	
水　深	件　数	流　速	件　数
10	13	10	1
11	1	15	1
15	11	20	11
20	74	30	24
22	4	40	2
24	1		
25	4		
29	9		
30	19		
40	1		
計	137		39

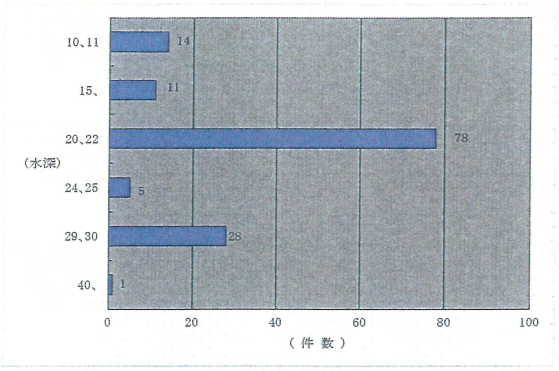


図 5-4-3(1)　水深設定状況

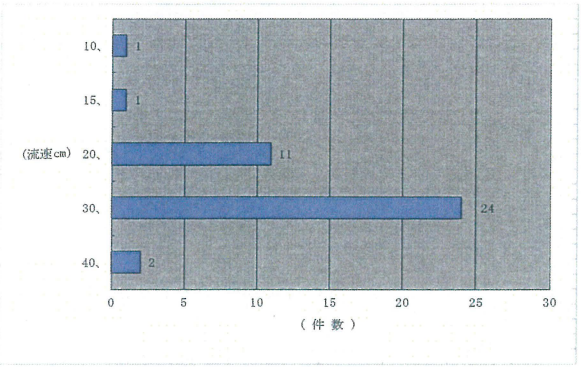


図 5-4-3(2)　流速設定状況

維持放流を行う目的の約半数を「動植物の保護」、「景観」が占めており、それらの目的のために設定された水深、流速の規模別設定件数を、表 5-4-3、及び図 5-4-3 (1)、(2)に示す。

2)　維持放流の目的

維持放流を行っている目的別の内訳・根拠を表 5-4-4 に示す。

「魚類等の水生動植物類の保護」を目的とするものが約半数を占める 317 件あり、対象魚種としては、東日本ではオショロコマ、カジカ、ヤマメ、イワナ、アメマス等が多く、西日本ではアマゴ、カワムツ、ハゼ等が多く挙げられている。そのほかウグイ、オイカワ、ヨシノボリなどは全国的に挙げられている。

続いて「景観の保持、観光対策」とするものが約 26%の 165 件で、この二つで全体の 4 分の 3 を占めている。

その他、維持放流設定の根拠として「比流量」、「基準流量」、「渇水量」等の流量がらみ、「水利使用規則」、「地元との協定」、「ガイドライン」準拠等の約束ごと、「かんがい用水等既得利水権」、「内水面漁業」対応と続いている。

一方、慣習放流については 232 箇所で行われているが、そのうち 111 箇所から目的を特定して回答が得られ、回答件数は 123 件（複数回答）あった。「かんがい用水」に対するものが一番多く 51 件で全体の 41.5%を占め、続いて「動植物の保護」が 42 件で 34.2%とな

っている。そのほかは維持放流量と同様の傾向を示している。

慣習放流量は「動植物の保護」、「景観、観光」など利用権とは結びつかない自然環境対策等の要請から放流されるものもあるが、本来の利用権に対し義務的に放流されている「かんがい用水」等に対するものが一番多いのは権利外の特別の放流を地元の要請、かんがい組合等との協定等で行っている実態等が現れているものと思われる。続いて多い「魚類など動植物の保護」42 件の多くは魚道放流である。

表 5-4-4　維持放流の目的（複数回答）

放流の目的・根拠	維持放流		慣習放流	
	件数	比率(%)	件数	比率(%)
魚類など動植物の保護	317	49.9	42	34.2
景観、観光	165	26.0	10	8.4
流水の清潔の維持、水質保全	10	1.6	1	0.8
農業、かんがい用水	5	0.8	51	41.5
内水面漁業	7	1.1	3	2.4
各種利水権、河川利用	14	2.2	8	6.5
水利使用規則、協定、ｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ等	16	2.5	6	4.6
河川機能の維持、事故防止、基準流量	32	5.0	1	0.8
渇水流量、比流量等	41	6.5	1	0.8
その他（特定できず、不明等）	28	4.4		
計	635	100.0	123	100.0

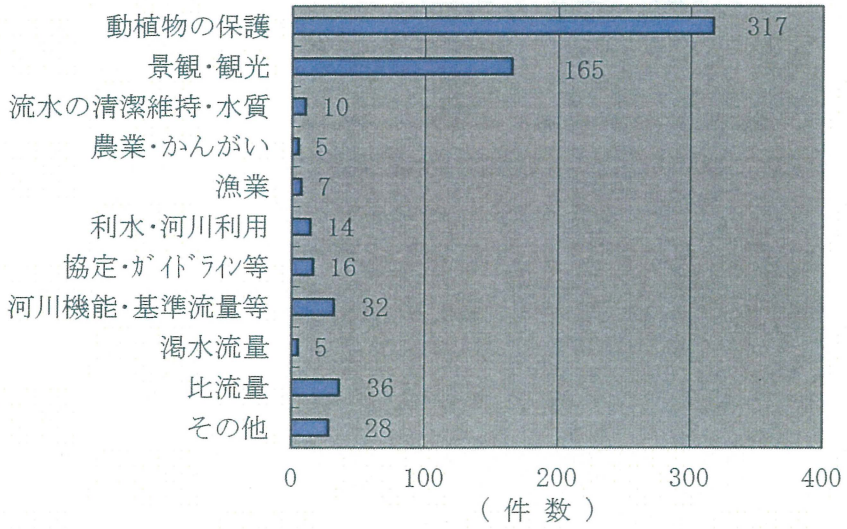


図 5-4-4　維持放流の目的

(2)　減水区間における魚類・水生生物対策

1)　河川流量と魚類対策

表 5-4-4 で見る通り、既設発電所における維持放流を行う目的のうち、かんがい用水など各種水利権等に対する義務的放流以外で一番多いのは「魚類など動植物の保護」である。

「魚に優しい水力発電所に関する調査」（電力土木技術協会）の調査結果では、魚類に配慮した対策を要望する内容として、「減水区間での維持流量放流・増量」、「取放水口への迷入防止対策」、「魚道設置・改修」等が多い結果となり、減水区間に対する維持放流の目的の

中で一番多く、ほとんどの河川で要望される問題であった。

維持放流は定常的に行われるため、河川流況の低水量の領域に当たり、水力発電にとって貴重な流量で、特に中小水力発電にとってその多寡は計画の可否、存亡を決する重要な問題でもある。そこで必要最小限の水量で減水区間における河川環境を保持、特に魚類など水生動植物の生息環境を維持、回復する方策について様々な調査、対策が行われている。

2) 河川環境保全対策（ワンド）

河川における生物のうち食物連鎖の最上位に位置するのが魚類であり、親水活動や水産上の人間生活との関わり合いにおいても重要な生物でもある。

鳥類も河川と関わり合いのある種については、餌場、営巣の場、休息の場などで河川が重要な役割を果たしており、特に餌となる魚類との関係が最も強いと考えられる。

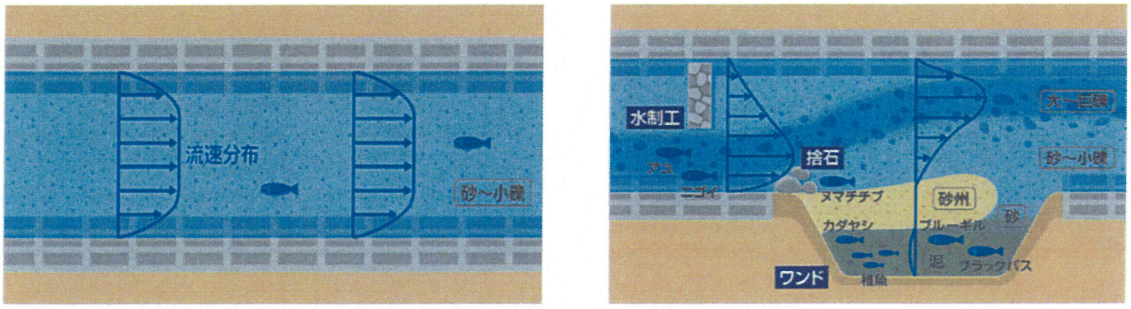
河川流量の増加を図ることなく、出水の利用し、自然の営力による魚類に取って良好な河川環境保持するためには、これまでの観察、調査によると、連続する瀬（流れ）、淵（淀み）の連なりによって、僅かな水量でも魚類の生息環境を保持できるのではないかと考えられる。特に 淀み は魚類にとって絶好の隠れ場、休息、営巣の場となり得ることからこの形成を自然の形で行うことが有効な方策となる。この 淵 = 淀み を「ワンド」と呼び、「湾処」とも書かれる。

ワンドは淀川にあるものが有名で、ワンドとしての形、効用が認められた最初のものである。水制工と水制工の間に挟まれた場所に淀みが生じ周りに砂が堆積し、その上の水際には草木が茂り現在のワンドとなったものである。

中小河川におけるワンドの調査・実施例としては国立研究法人土木研究所が 2007 年から 2008 年にかけて庄内川水系谷田川で行った例がある。

工法導入後、数回の中小出水を経て砂州が発達し（写真 5-4-1）、7 ヶ月後にはワンド上流部を閉塞するに至った。水生生物は、2007 年には 13 分類群 1.6 個体/m² 確認されていたのに対して、2008 年には、23 分類群 9.3 個体/m² に増加した。これらの増加にはアユやニゴイ等の在来種やコイ科稚仔魚の増加が大きく寄与しており、前者は瀬において、後者はワンドにおいて多く確認されている。(同所ＨＰ)

写真 5-4-1　工法導入後半年が経過した施工地



（導入前：流速が一様に単調で水生生物相が貧弱）　　（導入後：環境が多様になり生息生物が増加）

図 5-4-5　ワンド造成後の変化　　（研究法人土木研究所 HP）

3)　水力環境回復技術

水力発電所の減水区間問題は、ダム式発電所、他目的ダム、砂防ダム、農業用水路、上水道など他の施設等に付着して設置する発電所等を除き、規模の大小を問わず大方の水路式、ダム水路式発電所では避けて通れない課題である。

ここでいう「環境回復技術」とは河川流量が減じた河川の環境（魚類の生息場）の質を回復する技術を指し、出水を利用し、自然の営力により新たな瀬・淵構造を創出する技術、隠れ家等の機能（稚魚の生育場、洪水時の避難場、夜間の休息場）を創出し影響を緩和する技術等のことである。

水力発電所の減水区間では、出水時には自然河川状況となるため、自然の営力を期待することが可能であり、これを利用しつつ環境影響を回復、緩和する技術、工法を目指し、電力土木技術協会では国からの委託を受け平成 13 年から 16 年にかけて、減水区間における魚類等水生生物への影響緩和策についての技術を確立することを目的とした実証的な「環境回復技術最適化調査を以下の 3 発電所の減水区間で実施した。本調査で目指したのは、河川上、中流部に位置する水路式発電所の減水区間で生ずる魚類等の生息環境の質を緩和、回復する実用的な技術の確立である。調査は、国内の気候風土の相違を勘案して以下の 3 地点で実施した

・東日本：北上川水系迫川　山内発電所（東北電力）、P:2,000kW　Q:2.78m^3/s

・中日本：新宮川水系川原樋川　川原樋川発電所（関西電力）P:11,400kW　Q:8.00m^3/s

・西日本：斐伊川水系深野川　川手発電所（中国電力）P:900kW　Q:3.00m^3/s

①　技術・工法の選定及び調査方法

検討の対象とした技術・工法は以下の 6 種とし、調査対象河川の地形的特性、流況、魚種とその生態等を考慮し、調査の対象として適用する技術・工法を選定した。（各工法の概要は**参考資料 2.3** に掲載しているので参照されたい。）

・水制によるリップルプール工（*）

・水制によるプール工
・置石によるプール工
・置石によるステップルプール工
・置石によるシェルター工
・置石によるワンド工

(*)： リッフルプール（Riffle Pool）とは、Riffle（瀬、早瀬、急流など）とPool（淵、水溜りなど）を組合わせたもの。

② 設計の基本方針
・自然の力の利用（人為的な掘削などできるだけ避け、川流による洗堀力を利用。）
・天然材料の利用（河川敷内の岩石、転石などを利用。）
・安定性の確保（掃流、流体力の作用による転がり、めくれの防止。）

③ 調査成果の評価方法と効果
・ 環境回復技術適用前後で、種類数、個体数（密度）、全長、多様性指数等の生物指標を比較し出現種の変化や行動様式の変化が技術適用による変化かどうかを考察した。
・ Physical Habitat Simulation System／Model（PHABSIM）(*)により技術・工法適用前後の重みつき生息可能面積を全体・河床型ごとに比較し、魚種ごとに効果のある物理環境が創造されたかを評価するとともに、メッシュごとの合成適正値 Composite Suitability Index（CSI）の分布を比較し、適正な物理環境の分布が技術・工法適用後の変化予測との整合性について検討した。

(*) 「PHABSIM」とは、“Physical Habitat Simulation System／Model”の略で、ピーハブシムと呼ぶ。アメリカで開発された魚類の定量評価ツールで、「生息場の物理環境評価法」と訳され、物理環境のデータからどの程度まで対象魚種が生息可能であるか評価するものである、

北上川水系迫川　山内発電所減水区間で実施した置石ワンド工の施工により形成されたワンド工の状況を**写真 5-4-2(1)、5-4-2(2)**にに示す。施工後効果を**表 5-4-5** に示すが全魚種とも増加している。

写真 5-4-2(2) 着工前の流れ

写真 5-4.2(2) 竣工(形成されたワンド)

表 5-4-5　施工前後の季節を考慮した魚類密度変化率（迫川）　　（単位：倍）

地点		区分	イワナ		ヤマメ		カジカ
			未成魚	成魚	未成魚	成魚	成魚
対照地点	増減率	春季	∞	0.50	0.45	0.23	2.35
		夏季	0.00	1.90	0.00	0.61	1.09
穴の原調査対象区間	増減率	春季	0.85	1.00	1.05	0.25	0.23
		夏季	∞	1.96	2.80	2.11	1.49
	相対増減率	春季	－	**2.00**	**2.33**	**1.09**	*0.10*
		夏季	∞	**1.03**	∞	**24.13**	**1.37**

1)「対照地点」とは、河川環境回復技術の適用による変化か自然変化かを判別するために減水区間に設けた何ら手を加えない地点である。
2)「増減率」は施工前の平均密度を１とした時の施工後の値を、「相対増減率」は対照地点の増減率を１とした時の値を示す。
3)「相対増減率」の数値で**太字表記のものは効果があったもの**、*イタリック体表記のものは効果が無かったもの*、を示す。また「－」は判定できないもの、「∞」は当該季節に対象魚種が出現せず比較できなかったことを示す。

④　河川環境回復技術・工法の選定、施工、維持管理

河川環境回復技術・工法については、河川の形態、減水区間の状況、魚種の生態等を勘案して瀬・淵構造を創出するため最も適したものを選定する必要がある。また、工法の設計、施工に際して、河川環境影響緩和の趣旨をよく理解し、できるだけ当該施工区間内の河川域に点在する土石等を利用するよう心掛け、域外からの資材の利用は最小限に抑えるような創意、工夫も必要である。

維持管理に入ってからも、出水等で創成された淵や瀬が流出、損傷を受けることも考慮し修復についての方策も検討しておく必要がある。

以上、河川環境回復技術（ミチゲーション技術）を活用する際の基本的な考え方、留意点まとめると、以下のようになる。。

・河川環境回復の目的、趣旨を勘案して最適の技術の適用すること。
・できるだけ河川域内の材料を利用し、外部からの持ち込みを最小限にと留めること。
・完成後も、出水等での変形、流出を予測し、監視、修復に努めること。

⑤　河川法上の手続き

減水区間の河川環境を回復するためワンド、リッフル・プール等を形成する作業を行う場合、作業域は河川区域内となるため河川法の規定に留意する必要がある。河川法で関係する条項と、留意すべき点をを以下に示す。

第 24 条（土地の占用の許可）
第 26 条第 1 項（工作物の新築等の許可）
第 27 条（土地の掘削等の許可）

河川区域内に点在する土石等を利用したワンド、リッフル（瀬）、プール(淵)などを形成する作業は、河川流水の減水による河川環境への影響を緩和、回復することを目的に行うものであり、形成された瀬や淵は河川そのものを構成するものである。また、人為的な掘削等

はできるだけ避け、河川流水の作用による掘削、堆積等に期待して施工するものであることから、上記各条項の適用、手続きの要否については、具体的な作業内容に照らし十分な検討が必要である。

いずれにせよ、関係各条項の適用の有無などについては河川管理者への問い合わせ、相談、協議等が必要である。

なお、施工後出水等で形状が変わり、これを回復する作業を行う場合、又はその後河川管理上の支障が生じた場合等対応についても検討を行っておく必要がある。関係する条項としては次のようなものがある。

第 20 条（河川管理者以外の者が施工する工事等）

第 29 条（河川の流水等について河川管理上支障を及ぼすおそれのある行為の禁止、制限又は禁止）

また、参考資料として次のようなものがあり、いずれも国土交通省のホームページで公開されているので参考にされたい。

・「小水力発電を行うための水利使用の登録申請ガイドブック」（平成 26.6　国土交通省）

・「小水力発電設置のための手引き」（平成 26.6 国土交通省）

⑥　環境回復技術調査成果の応用

水力発電の減水区間においても河川としての機能を守るため、河川の縦断面、横断面共に河川の流水を途切れさせる“瀬切れ”を無くすことが重要であり、そのために、本調査で検討され実証的に得られたワンド、リッフルプール等の形成技術を生かし、減水区間における河川環境に対する影響を緩和を図ることが望まれる。

そのモデルのイメージを図 5-4-6 に示す。減水区間の所々に魚類、餌となる水生昆虫等の生息、繁殖の場となる環境を整えた水溜まり（淵）を配置し、上下流の淵と淵を一筋の澪筋（瀬）で結び瀬切れが無いような配置とする。そして河川としての本来の機能を確保しながら、必要最小限の河川維持流量とすることで河川環境の保持、魚類の生息、繁殖と水力発電の両立を図ることを目的とする。

上下流双方の可視範囲内にそれによって結ばれた水量感のある淵が複数存在させることで、併せて河川景観も保持できるものと考えられる。

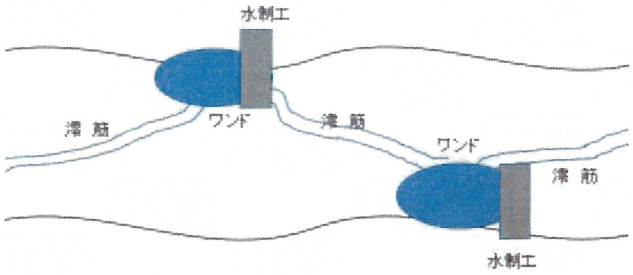


図 5-4-6　ワンド形成後の形成後のイメージ

以上のこの調査内容と調査対象全地点における全工法の成果について、参考資料 2.3 に掲載している。

(3)　減水区間に対する河川景観対策

1）河川流量と景観

減水区間に対する維持流量の目的として「魚類など動植物の保護」に次いで 2 番目に多いのが「景観対策」であった。

眺望・景観については、河川空間を構成する河川水面や河川岸、堤防、橋や桟橋などの河川構造物、さらに遠景や逆さ風景などを含む、様々な要素が関係する。また、河川流量変動や季節毎の風景なども関係する。

河川流量との関係については、河川横断では河川空間に占める水面幅が支配要因であるが、植生や岩の露頭形状なども考慮する必要がある。縦断では、蛇行形状や早瀬、淵の構成を考慮する必要がある。

滝など一部の観光資源を除いて、眺望・景観と流量の関係が重要となる地点は限られている。局所的な地点のおける、早瀬部分の水面幅を確保するための必要流量が最も支配的になることが多い。

2）減水区間における景観対策

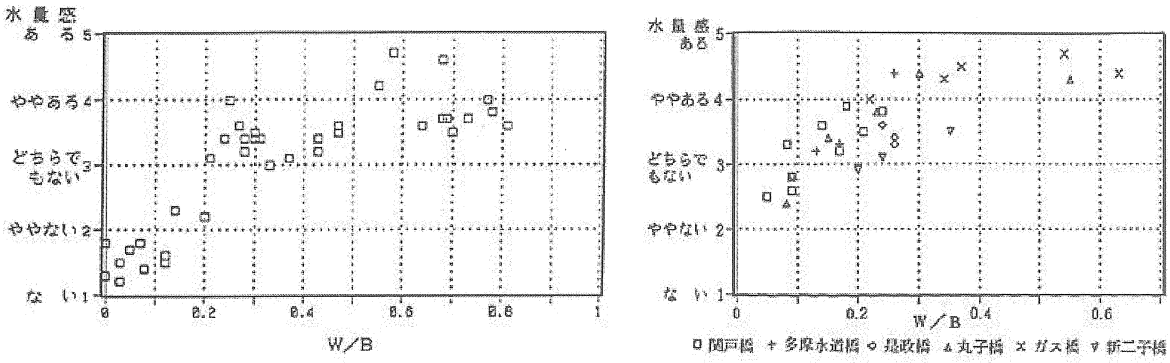
河川区間の景観については、「ガイドライン」(*)では「視覚的に満足を与える程度の流量と水質が要求される。」といている

(*) 5.4 (1) 1)維持放流の実態　(*)ガイドライン　参照

「ガイドライン」では、景観保持については、上記のとおり簡単な抽象的な記述がなされているが、観光放流が行われている所では、それぞれの観光の状況に応じて季節的、時間的等の変化を持たせるなど、地域特性を考慮した運用が行われている所が多い。

景観保持のために川幅の確保が考慮されている所が多く、図 5-4-7 に示すとおり通常の川幅の 20%程度を保持できるような流量が求められているが、河川景観として違和感が生じないようにするため、流水の量にのみ限ることなく、必要な一定区間の止水域を形成できるよう工夫を施し、止水域を保持しつつ止水域間をつなぐ澪筋ができる程度の必要最小放流について検討すべきであろう。

減水区間全体にわたって景観の対象となる所はまれであり、景観対策、配慮は名所、観光的スポットなどでは視点の対象となるスポットからの景観の保持のため、一定量の水量感が重視されれることは国土交通省のアンケート調査にも表れてお、そのための措置として、上下流両方向に複数の淵を配置するなど、先述したワンド、水生プールなどの創出が有効な手段と考えられる。



（全国）　　（多摩川）

図 5-4-7　水量感－水面幅(W)/川幅(B)

（出典：国土交通省河川局河川環境課「正常流量検討の手引き」平成 19 年 9 月）

(4)　水質対策

減水区間における水質問題としては、水力発電所の設置に伴い減水区間となる河川の水質が、当該公共水域に適用される水質基準値に適合しない場合、その対策が必要となる。

環境影響評価を実施する必要がない 3 万 kW 未満 2.25kW 以上の第 2 種事業のうち、環境影響の程度が著しいものとなるおそれがあると認められたものは第 1 種事業と同様の環境影響評価を行う必要がある。水質に関しては以下のような条件が示されている。

- 当該水域における水質の汚濁に係る環境上の条件が、環境基本法における規定を超える場合。
- 取水地点が存在する水域が第 2 種事業の実施により減水区間となる場合において、取水地点におけるＢＯＤの予測値が環境基本法に定める基準を超える場合。

既に減水区間となる以前から基準値に適合していない場合には、環境影響評価を実施し、必要な対策を講じなければならない。

現状では基準値を充足しているが、減水区間となることによって流量が減少して希釈力が低減し基準値を上回るようになる場合には、汚濁源が他の生活排水等であっても環境影響評価を実施し、必要に応じその対策が必要となってくる。

環境基準については、環境基本法（平成 5 年法律第 91 号）第 16 条で規定され、具体的な数値については**表 5-4-6** に示すとおり環境省告示で定められている。

表 5-4-6　別表第 2　生活環境の保全に関する環境基準（河川）

昭和 46.12.28 環境庁告示第 59 号(終改正 平成 28.3.30 日 環境省告示第 7 号)

項目類型	利用目的の適応性	基準値					該当水域
		水素イオン濃度（ｐH）	生物化学的酸素要求量(BOD	浮遊物質量(SS)	溶存酸素量(DO)	大腸菌群数	
			(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(NPN/100L)	
ＡＡ	水道１級 自然環境保全 及びＡ以下の欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	1 以下	25 以下	7.5 以下	50 以下	第１の２の(2)により水域類型型ごとに指定する水域
Ａ	水道２級 水産１級 水浴 及びＢ以下の欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	2 以下	25 以下	7.5 以下	100 以下	
Ｂ	水道３級 水産２級 及びＣ以下の欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	3 以下	25 以下	5.0 以下	1,000 以下	
Ｃ	水産３級 工業用水１級 及びＤ以下の欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	5 以下	50 以下	5 以下		
Ｄ	工業用水２級 農業用水 及びＥの欄に掲げるもの	6.0 以上 8.5 以下	8 以下	100 以下	2 以下		
Ｅ	工業用水３級 環境保全	6.0 以上 8.5 以下	10 以下	ごみ等の浮遊が認められないこと	2 以下		
測定方法		略	略	略	略	略	

備考 1.　基準値は、日間平均値とする（湖沼、海域もこれに準ずる。）。

2.　農業用利水点については、水素イオン濃度 6.0 以上 7.5 以下、溶存酸素量５mg/L 以上とする（湖沼もこれに準ずる。）。

3.　水質自動監視測定装置とは、当該項目について自動的に計測することができる装置であって、計測結果を自動的に記録する機能を有するもの又はその機能を有する機器と接続されているものをいう（湖沼海域もこれに準ずる。）。

4　最確数による定量法とは、次のものをいう（湖沼、海域もこれに準ずる。）。

試料 10ml、1ml、0.1ml、0.01ml……のように連続した４段階（試料量が 0.1ml 以下の場合は 1ml に希釈して用いる。）を５本ずつ BGLB 醗酵管に移殖し、35～37℃、48±３時間培養する。ガス発生を認めたものを大腸菌群陽性管とし、各試料量における陽性管数を求め、これから 100ml 中の最確数を最確数表を用いて算出する。この際、試料はその最大量を移殖したものの全部か又は大多数が大腸菌群陽性となるように、また最少量を移殖したものの全部か又は大多数が大腸菌群陰性となるように適当に希釈して用いる。なお、試料採取後、直ちに試験ができない時は、冷蔵して数時間以内に試験する。

（注）１　自然環境保全：自然探勝等の環境保全

２　水道１級：ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの

水道２級：沈殿ろ過等による通常の浄水操作を行うもの

水道３級：前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの
3　水産１級：ヤマメ､イワナ等貧腐水性水域の水産生物用並びに水産２級及び水産３級の水産生物用
水産２級：サケ科魚類及びアユ等貧腐水性水域の水産生物用及び水産３級の水産生物用
水産３級：コイ、フナ等、β-中腐水性水域の水産生物用
4　工業用水１級：沈殿等による通常の浄水操作を行うもの
工業用水２級：薬品注入等による高度の浄水操作を行うもの
工業用水３級：特殊の浄水操作を行うもの
5　環境保全：国民の日常生活(沿岸の遊歩等を含む。)において不快感を生じない限度

5.5　水力発電設備の環境保全対策

(1)　魚類の迷入防止対策

水力発電所の取水口、放水口迷入してくる魚類も多くみられ、これまでも多くの水力発電所で多種の迷入防止対策が講じられている。

1）迷入防止対策の分類

取放水口などにおいて魚類の迷入に対し、どの段階で対応するかという観点から基本的な考え方を分類する場合、以下の４種類に分類することができる（図 5-5-1)。

①　取放水口接近防止対策

取放水口に近づかないように河川、湛水池内において迷入防止対策を行う。

迷入防止装置例としては、スクリーンやネット等を取放水口前面に設置し魚類を取水口に向かわないように誘導する施設が挙げられる。また、取水流速を河川流速より遅くすること、河川の澪筋を取水口から遠ざける等の本体施設の設計に接近防止対策を織り込む場合もある。

②　取放水口侵入防止対策

魚類が取放水口に接近しても侵入できないよう迷入防止対策を行う。

迷入防止装置例しては、スクリーン・ネットの設置、赤色板・赤色照明、気泡カーテン、電気スクリーンなど魚類の忌避反応を促す装置、落差の創出や水噴流などにより魚類の遊泳力を超える流況を発生させることにより侵入できないようにするものがある。

③　自力帰還による迷入防止対策

魚類が取水口に侵入した場合に、行動習性や忌避反応により方向を転じ、自らの遊泳力により河川に戻ることを可能とする迷入防止対策である。

この対策では、行動習性や忌避反応を促す装置が取放水口内にあり、取放水口流速が対象魚の遊泳速度以下であることが必要である。

④　強制帰還による迷入防止対策

取放水口に侵入した魚類を、強制的に河川に戻す迷入防止対策である。

迷入防止装置としては、トラベリングスクリーンなどのように除塵装置を用い、塵芥と魚類を分離し帰還水路を通じて河川に戻すものがある。沈砂池などにおいて魚類の走光性を利用して水面付近に仔魚を集め、河川に戻す方法もある。

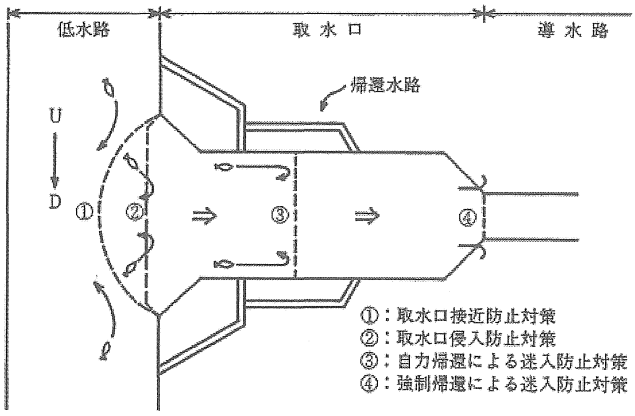


図 5-5-1　魚類迷入対策概念図

2) 迷入防止対策の手法と概要

水力発電所の取放水口における迷入防止対策は、減水区間と並んで魚類保護のための施策としてこれまで各地の水力発電所で対策が行われてきている。

対策法は音波や電磁力の利用、気泡の発生など高度な手法から、迷入口の壁に魚類が忌避する色彩をペインティングする、網目の細かいスクリーンを設置する、ビニール製の吹き流しを設置するなど単純な手法まで様々な方法が講じられている。

これまで行われた事例では、後者の単純な手法を講じている発電所が多いが、中小規模の水力発電所でもその経済性を考慮しながら、これまでの事例を参考に何らかの方策を講ずることが魚類保護上、地元対策上必要と思われる。

魚類の取水口、放水口への迷入対策のための、主な手法の概要等を**参考資料 2.4** に掲載している。

(2)　魚道

ダム等の設置により、河川が縦断方向に分断され、それまでに生息していた魚類の環境を維持できなくなる可能性がある場合には魚道の設置が必要となってくる。

また、魚道設置後についても、その効果を確認しながら維持・管理，改良等の管理を必要に応じて行っていく必要がある。魚道設置及び改良の効果は、地元住民や漁協などの地元関係者も注目するところから、特に慎重な対応が求められる。

1)　魚道の分類

①　目的別分類

魚道設置の目的別分類としては以下のようになものがある。

・ 遡上用魚道（次の形状、水理などによる分類の魚道各種がある）

通常の魚道は遡上を主目的としている。水位が変動する貯水池では遡上魚の出口から水面への落下に留意する必要がある。魚の水面への衝突速度が 15cm／s 程度を超えると体長に関わりなく損傷を受けるという実験結果の報告等もあり、水位変動による落差が大きいダム、堰等では水位変動対応の出口等が必要となる。

・ 降下用魚道（主にバイパス水路式魚道）

降下専用の魚道の例は数は少ないが、設置事例では延長を長く取って勾配を緩くしたバイパス水路式となるものが多い。

魚が、バイパス水路口を見つけることが難しく発電用等の取水口に向かうこともあるため誘導壁、水流による誘導などの対策も併せて必要となる。

・ 捕獲用魚道（トラップシステム）

高落差で、魚道の設置が難しい場合に、下流側で魚を捕獲し、トラック等で上流側に運搬して放流するなど採捕式、フィッシュポンプ式等がある。

② 形状・水理メカニズムによる分類

形状・水理メカニズムによる分類としては以下のように分類される。

・ プールタイプ魚道（階段式、潜孔式、アイスハーバー式等）

水路を階段状にして水溜まり（プール）を作り出し遡上する魚類の休息の場とするタイプの「階段式」、水路に流れを阻害する隔壁を並べて配置し、隔壁の形状で「アイスハーバー式」、「潜孔式」などがある。我が国の魚道一番多いタイプは階段式となっている。

・ 水路タイプ魚道（緩勾配水路、バイパス水路、斜路等）

止水構造やプールが無く、勾配を緩くして魚が遡上しやすいようにするタイプの魚道で、ダム周辺を迂回する「バイパス式」、ダムと一体化して粗石等を張って流れを緩める「斜路式」などがある。

・ 阻流板(壁)式魚道（導流壁、阻流式等、デニール式等）

水路式の形状であるが、流れを制御する壁構造等によって緩流部分を作りだし魚の休息場とする「導流壁方式」、水路に隔壁を重ねて配置し、隔壁間に緩流部を生み出す「デニール式」などがある。

・ ロック式魚道（閘門式、ポーランド式等）

隔壁水槽を設け門扉等によって魚を囲い込み、水圧、水位等を変動して遡上させる方式の魚道で「閘門式」、「ポーランド式」、堤内にシャフトを貫通させ魚を移動させる「シャフト式」などがある。

・ エレベーター式魚道（エレベーター式、リフト式等）

門扉によって魚を囲い込みエレベータで上昇させる「エレベーター式」、そのほかリフト、エスカレーター、インクライン等によって上昇させる方式などがある。

魚道の主なものの形状図、写真等を**参考資料 2.5** に掲載している。

2) 魚道の事例

以上のうちプールタイプ魚道として、「アイスハーバー型魚道」を設置した「第二藪神発電所（東北電力）」の事例を以下に示す。

既設藪神発電所の藪神ダムを利用して取水するもので、既設魚道の改良を伴い、その際、

魚類の遡上をしやすくするため、従来の「階段式」から「アイスハーバー式魚道」に改良された。

水系・河川	信濃川・破間川
発電形式	ダム式
最大出力	4,500 kW
最大使用水量	300 m^3/s
有効落差	17.85 m
運転開始	平成 28 年 6 月

写真-5-5-1　階段式魚道(改良前)

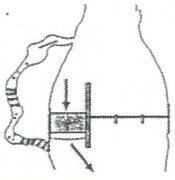
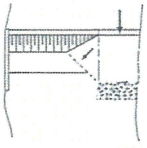
写真 5-5-2 アイスハーバー型魚道(改良後)

3)　多自然型魚道

最近は、「多自然型魚道」が提唱され、設置されることが多くなってきた。その種類として表 5-5-1 に示す 3 種類の構造に分類されている。

多自然型魚道の代表例として、複数の魚道を組み合わせた兵庫県武庫川水系青野川「青野ダム」の事例を参考資料 5.5 に示す。

表 5-5-1　多自然型魚道の種類

①早瀬状床止め斜面及び緩勾配床止め斜面	②近自然迂回水路	③フィッシュ・スロープ（粗石付き斜路式）
河床の段差を埋めるために出来るだけ川を緩やかな勾配にして、川の全幅に凹凸を付けた落差工である。さらに、これらと同様に本体が緩やかな勾配を持ち、目の粗い工法で作られている場合は、固定堰もこれに含む。	堰をバイパスして、自然に近い姿に作られた小川である。堰は何の変更もなく維持されるので、堰の水理的役割には影響を及ぼさない。堰に影響を受ける川の全範囲をこの迂回水路によって迂回させることができる。	魚の遡上を確保するために、できる限り緩やかな勾配で堰に直接一体化された工作物である。これは川幅の一部のみを占める。勾配とは無関係にスロープと呼ばれ、通常は流速を弱めるための阻流石や石固めが必要である。
		

「多自然型魚道ﾏﾆｭｱﾙ」(社)ﾄﾞｲﾂ水資源・農業土木協会原著，(財)ﾘﾊﾞｰﾌﾛﾝﾄ整備ｾﾝﾀｰ翻訳・編集）による。

(3) 水力発電設備の景観対策

景観については、減水区間における景観対策で述べているので、ここではそれ以外の水力発電所設備の景観対策について検討を行うこととする。

1) 景観につての一般概念

景観という言葉は、一般的には「風景、外景、景色、眺めまたはその美しさ」等に主に可視的事象として使われているが、風景、景色という可視事象に加えて、土地、地方という空間的概念が含まれており、ここから景観は「風景の示す像」、「地域的広がり」の二つの概念を持つと考えられる。

景観を構成する要素について見ると、景観は眺められる対象（モノ）としての＜景＞と眺める（ヒト）としての＜観＞が密接に絡み合って形成されるものであり、人間の評価を離れては意味を持たない。このことから、景観は「人間という観察者の存在を前提とした環境系において、人間の視覚によってとらえられる地域での形象、色彩、質感、雰囲気等の視覚的事象」と理解され、眺められる対象空間が都市地域の場合を「都市的景観」、自然地域の場合を「自然的景観」等として言い表すことができる。

また、景観構成要素とは景観資源とも呼ばれ、「自然景観構成要素」（自然景観資源）と「人文景観構成要素」（人文景観資源）と「自然人文景観構成要素」（自然人文景観資源）に大別される。

「自然景観構成要素」とは、空、山、岩石、海、河川、湖沼、水辺、田園、広葉樹林、針葉樹林、動物、植物、ふるさと的風景などの自然物をいう。

「人文景観構成要素」とは、歴史的建物、橋梁、ダム、道路、港湾、鉄塔、電柱、電線、造成地、裸地、草地、耕地、集落、寺、神社、教会、塔、城跡、庭園、船舶、列車、自動車、看板などの人工物をいう。

「自然人文景観構成要素」とは、渓谷を背景にした橋梁、丘陵と集落、海と航行中の船舶、道路と走行中の自動車、森林と神社、山岳と史跡、田園と城跡などのように、自然要素と人文要素が一体になったものをいう。

2) 水力発電設備の景観要素

水力発電所に関連した自然河川について、景観構成要素を整理すると以下のようになる。

・「自然景観構成要素」

空、山、河川、森林、湖沼　等

・「人文景観構成要素」

ダム堤体（ゲート、取水塔、管理棟等を含め）、貯水池・調整池、調圧水槽、水圧鉄管、発電所、放水口・逆調節ダム、公園、駐車場、護岸　等

・「自然人文景観構成要素」

自然地形の形状によるスカイラインの見え方やダム、発電所等の人工的工作物の見え方や配置、自然景観と人工物との相対的な見え方

周辺交通から視認される水圧鉄管、発電所建屋等の景観は、周辺住民等の視覚的イメージを左右することから、魚類保護等の河川環境と同様に重要である。設備の色彩や形状の決定に際しての判断材料は地点によって異なるが、設備が自然公園内に位置している場合には事業者の自主判断により茶色等の目立たない色彩が施され、自治体の整備地域に含まれる場合のような公共性が高い問題については、主に地方自治体の意向が反映されることが多いようである。発電所施設については電気工作物があり、一般者の立ち入りを制限せざるを得ない側面があるが、地元住民に設備を開放し、発電所自体を公園化するとともに、設備のデザインを公募する等、要望への応答にとどまらず、地元に問い掛けていく姿勢が、地元に愛着をもたれる発電所の実現につながる可能性がある。

発電所施設や土捨場の存在が地域住民に違和感を与える恐れがある場合には、緑化等による修景を実施する必要がある。植栽自体が違和感を与えないために、植栽においては地域特性に合った品種を選ぶ必要がある。また土捨場自体の形状についても、現状地形を大きく変化させることなく地形なりの形態に盛土するとともに、主たる視点場である林道沿い等に植樹を行うことも有効である。

3）景観対策の事例

これまで、水力発電所で実施された景観対策の代表的事例として、発電所景観に趣向を凝らした例を以下に示す。

嵐山保勝会小水力発電所（京都府）

京都観光に欠かせない代表的な観光地である嵐山の中心となっている渡月橋の上流部の既設一の井堰に、渡月橋常設灯電源として設置された発電所で、周辺の景観が損なわれないよう堰と一体となった発電所として設計された。また、河川流水の流れを変えず、減水区間を生じないようサイフォン式プロペラ水車（チェコスロバキア製）が採用された。

水系・河川	淀川・桂川
最大出力	5.5 kW
最大使用水量	0.55 m^3/s
有効落差	1.74　m
運転開始	平成 17 年 12 月
事業者	京都嵐山保勝会

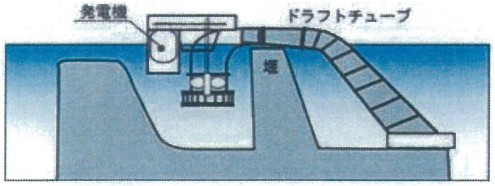


図 5-5-2　サイフォン式水車、発電機

写真 5-5-3　嵐山小水力発電所　　（京都嵐山古勝会資料）

竜宮滝発電所（熊本県）

熊本県山都町の緑川にある観光名所矢部48滝の一つである竜宮滝周辺で灌漑用水路を利用した発電所で、周辺景観との調和に配慮し、発電所の屋根、壁は原色を避け自然になじむ色とした。　また、河川敷を公園空間して利用できるよう放水路護岸を親水護岸とした。

水系・河川	緑川・大矢川
発電形式	水路式
最大出力	200 kW
最大使用水量	1.4 m^3/s
有効落差	19.53 m
運転開始	平成27年3月
事業者	九州電力㈱

写真5-5-4　竜宮滝発電所

その他の水力発電施設修景の事例

周辺環境を考慮して創意を凝らした発電施設は多数あり、その代表的事例として以下に2例を示す。その他各施設の事例を**参考資料2.6**に掲載している。

写真5-5-5　柏台発電所建屋（岩手県）

：景勝地にあり人通りも多く、集落や生活場に近接していて常に人の視野に入る。

写真5-5-6　忍野発電所水圧鉄管（東京電力）

国立公園内にあるため環境調和色として茶系の塗装を行っている。

(4)　騒音・振動対策

1)　概要

騒音、振動に関する対策については、本章「5.2環境影響評価制度」で行うべき環境影響評価の項目の一つして、該当する事業者が行うべき環境影響評価とその結果に対応した対策の基準等が定められている。

騒音、振動の環境影響評価を行う参考項目とする可否について、経済産業省「発電所に係

る環境影響評価の手引き」（*1）で発生要因別に以次のような判断が示されている。

①　評価項目

ｲ.　工事中の資材等の搬出入

工事中の資材等の搬出入に使用する車両から騒音、振動が発生するが、その影響は輸送経路の近傍に限られる。しかし、輸送経路の近傍に民家等が存在する場合が想定されることから、参考項目として設定する。

ﾛ.　工事中の建設機械の稼働

工事中の建設機械の稼働に伴い騒音、振動が発生するが、その影響は工事場所の近傍に限られる。しかし、工事場所の近傍に民家等が存在する場合が想定されることから、参考項目として設定する。

ﾊ.　供用時の水車発電機等

水車発電機等からの騒音、振動が想定されるが、一般的に発電所は地下に設けられることが多く、小規模の発電所では住宅地等に接近していない限り影響は軽微であると想定されることから、参考項目として設定しない。

ﾆ.　低周波振動

低周波音の発生は、ダムからの放水、水車・発電機の稼働等が想定されるが、これまでの実績並びに全国における低周波音の苦情件数を踏まえれば、一般的には環境保全上の支障は想定しにくいことから、参考項目として設定しない。

（*1）（改定・発電所に係る環境影響評価の手引き－H27.6－）　5.2 で前出②

②　講ずべき対策の程度

影響を及ぼす範囲、地域の状況から、講ずべき対策の程度について以下のような基準が示されている。（*2）

ｲ.　工事中の資材等の搬出入

工事用資材等の搬出入に使用する自動車から発生する騒音に係る環境影響が、当該自動車の運行の予定される路線の周辺地域における環境影響評価法§16①の規定による騒音に係る環境上の条件についての基準（基準が設定されていない場合は、地域の状況を踏まえ基準の類型あてはめによる。）の確保に支障を及ぼすものでないこと。

ﾛ.　建設機械の稼働に伴って発生する騒音に係る環境影響が、法令等で定める規制基準（基準が設定されていない場合は、地域の状況を踏まえ基準の区域の区分のあてはめによる。）に適合しないものでないこと。

工事場所の付近に住居等がある場合においては、建設機械の稼働に伴って発生する騒音に係る環境影響が当該地域における生活環境の保全に支障を及ぼすものでないこと。

（*2）「環境影響評価方法書、環境影響評価準備書及びの環境影響評価書の審査指針」経済産業大臣官房商務流通保安審議官（平成 26 年 1 月 24 日－最終改正平成 27 年 6 月 1 日－）　5.2 で前出

2）　規制行為

騒音、振動による環境影響に及ぼす行為を規制する法令としてそれぞれ「騒音規制法」（昭和 43 年 6 月 10 日　法律第 43 号）、「振動規制法」（昭和 51 年 6 月 10 日　法律第 64 号）が

あり、その目的は、“この法律は、工場及び事業場における事業活動並びに建設工事に伴って発生する相当範囲にわたる騒音（振動）について必要な規制を行なう”ことにより、“生活環境を保全し、国民の健康の保護に資することと”としている。（法§1）

規制を受ける施設、工場又は事業場に設置される施設のうち、著しい騒音を発生する施設で「特定施設」と呼ばれる。建設工事として行なわれる作業のうち、著しい騒音を発生する作業で「特定建設作業」と呼ばれる。（「特定施設」法§2、令§1、「特定建設作業」法§2、令§2）

また、特定施設を設置する工場又は事業場を「特定工場等」という。）

① 規制対象施設、作業等

規制される施設、作業の主なものは以下のとおりとおり。

（騒音に係る特定施設）

金属加工機械　空気圧縮機及び送風機　土石用又は鉱物用の破砕機・摩砕機・ふるい及び分級機　織機　建設用資材製造機械(コンクリートプラント・アスファルトプラント)　穀物用製粉機　木材加工機械　抄紙機　印刷機械　合成樹脂用射出成形機　鋳型造型機

（騒音に係る特定建設作業）

くい打機・くい抜機・くい打くい抜機　びょう打機　さく岩機　空気圧縮機　コンクリートプラント・アスファルトプラント　バックホウ　トラクターショベル　ブルドーザー

（振動に係る特定施設）

金属加工機械　圧縮機　土石用又は鉱物用の破砕機・摩砕機・ふるい及び分級機　織機　コンクリートブロックマシン・コンクリート管製造機械・コンクリート柱製造機械　木材加工機械(ドラムバーカー・チッパー)　印刷機械　ゴム練用又は合成樹脂練用のロール機　合成樹脂用射出成形機　鋳型造型機

（振動に係る特定建設作業）

くい打機・くい抜機・くい打くい抜機　鋼球使用の建築物その他の工作物破壊　舗装板破砕機　ブレーカー

以上、騒音振動、振動の規制対象となる各施設、作業についてはその容量、内容等による適合条件がある。詳細は**参考資料 2.7** に掲載している。

② 規制基準値

規制される「特定施設」、「特定建設作業」についての具体的な施設、建設作業及び規制の基準値等についいては政令で定められている。（令§2①、③）

規制される地域については、“住居が集合している地域、病院又は学校の周辺の地域その他の騒音（振動）を防止することにより住民の生活環境を保全する必要があると認める地域”として都道府県知事（市、特別区にあっては市町、区長）が指定した地域とする。

（法§3）

規制基準値については、都道府県知事が“環境大臣が特定工場等において発生する騒音について規制する必要の程度に応じて昼間、夜間その他の時間の区分及び区域の区分ごとに定める基準の範囲内において、当該地域について、これらの区分に対応する時間及び区域の区分ごとに規制基準”を定めることとなっている。（法§4）

「特定施設」、「特定建設作業」に該当する機械器具、作業及び規制地域区分と規制値等は**参考資料 2.7** に掲載している

3）届出等の手続き、

“指定地域内に特定工場等を設置している者は、当該特定工場等に係る規制基準を遵守しなければならない”となっていて遵守義務を課している。(法§5)

指定地域内において工場又は事業場（特定施設が設置されていないものに限る。）に特定施設を設置しようとする者は、その特定施設の設置の工事の開始の日の30日前（特定建設作業は作業を行う7日前）までに、市町村長に届け出なければならない。(法§6)）

4）電気工作物等に係る取扱い

電気事業法（昭和39年法律第170号）§2①十八（*）に規定する電気工作物である特定施設を設置する者については、騒音（振動）規制法§6から§11、§12②並びに§13の規定（法§9に係る部分に限る。）を適用せず、電気事業法の相当規定の定めるところによることとされている。(法§21①)

(*) 電気事業法§2①第十八
電気工作物、発電、変電、送電若しくは配電又は電気の使用のために設置する機会、器具、ダム、水路、貯水池、電線路その他の工作物

5.6 新たな環境の創造と価値評価

(1) 新たな環境の出現

水力発電所、ダム・貯水池、調整池等の出現で新たな環境が生まれ、周辺環境と合わせて新たな価値を生み出している例は全国各地の水力発電所周辺で多く見られる。新たに生じた自然環境、社会的機能等の主な事例と地点としては以下のようなものがある。

- 貯水池、調整池等の新たな水域環境の出現で、魚類を始めとした水生動物、渡り鳥、留鳥等の鳥類等の生息、繁殖の場が創生された。

  （雨竜、小諸、神流川、有峰第一、黒部川第四、大河内、新帝釈川、一ツ瀬、天山）
- 発電所、ダム・貯水池等が、新たな景観、観光のポイントとなり、観光地、保養地、スポーツ、レクリェーション、学習・教養等の場が生まれた。

  また、発電所、ダム・貯水池等の施設、構内を利用した地域のコミュニケーションの場が生まれ、イベント、祭りの会場等として利用されるようになった。

  （奥清津、井川、黒西第一・第二・第三、黒東第三、津賀）

また、新たな環境の創造とは多少異なるが、障害に対する対策の効果が発揮されている次のような事例も見られる。

- 発電所、ダム・貯水池等の用地として一部分の植生等は消失したものの、これを契機に、残された周辺の植生、動物の成育環境の保護、監視が行われるようになり、従前の機能の回復、さらに新たな自然環境の保全が行われるようになった。

  （富村、藻岩、滝里、奥只見、沼原）
- 発電所、ダム・貯水池等が、周辺環境に配慮したデザイン、色彩で構築された人工美を産み出し、新たな景観が生まれた。

(2) 環境価値の分類と評価方法

最近、新たに創造された環境、景観等の価値について、これを経済価値に算定し評価する手法が検討されるようになってきた。

ダム・貯水池、水力発電施設等の環境整備による波及効果（価値評価）を考える場合、その価値を得る消費者（世帯部門）が自らの財を投入する必要の有無で分類する方法が考えられ、この視点から分類すると「存在価値」と「利用価値」の二つの価値概念がある。

・利用価値：利用することによって生ずる価値。（将来、他社、次世代等の利用も含め。）
・存在価値：利用しなくても存在しているという情報によってもたらされる価値。

自然環境や、自然本来が持つ公益的機能の価値は市場価値が存在しない非市場財であるため、直接、その価値評価を行うことができず、代わって市場価値、貨幣価格等を評価する様々な手法が考え出されている。現在、用いられている各種の評価手法は以下のようなものがある。

・表明選好法（stated preferences）
　：ＣＶＭ（仮想市場法）Contingent Valuation Method
　：コンジョイント分析 Conjoint Analysis
・顕示選好法（revealed preferences）
　：ヘドニック法 Hedonic Method
　：ＴＣＭ（旅行費用法）Travel Cost Method
・その他
　：代替法
　：原単位法

(3) 貨幣価値換算（環境経済の計量）

水力発電所、ダム・貯水池等の水力発電施設の設置に際しても、これまで外部不経済として算入されていなかった公益的機能、社会的機能等の外部不経済、開発後の創生された新たな環境、社会的機能等の外部経済も取り入れた総合的な費用対効果の判定を行い、経済、社会的に効果的な開発、運用を行うことも必要となってくるものと考えられる。

設置前後の自然環境、社会環境の変容を定量的に推計し、両者の価値を比較することで、新たな環境の創造の価値を評価できれば、今後新規に建設を行う場合のみならず、既設水力発電所の運用においても周辺住民、国民の理解と協力を得る材料として大いに役立つものと考えられる。

新たに創出された環境の価値につての一試算を含む価値評価について、本件についての全体内容を**参考資料 2.8** に掲載している。

６．　関係法令・手続き

6．関係法令・手続き

6.1　関係法令・基準

水力発電には、自然河川を利用する場合（一般発電）と農業用水路など既設構造物の遊休落差を利用する場合（従属発電）とがあげられる。関係する主要な法令は電気事業法および河川法であり、その他関係する法令は以下に示すとおりである。なお、地点特性および発電施設の設置位置によっては、適用を受けない法令もあるため、個別の検討に当たっては、どの法令の適用を受けるかについて、当該所管官公庁の指導を受けることが必要である。

【電気事業法】（昭和 39 年法律第 170 号）

【河川法】（昭和 39 年法律第 167 号）

【その他関連法令】

① 自然公園法（昭和 32 年法律第 161 号）
② 自然環境保全法（昭和 47 年法律第 85 号）
③ 森林法（昭和 26 年法律第 249 号）
④ 砂防法（明治 30 年法律第 29 号）
⑤ 建築基準法（昭和 25 年法律第 201 号）
⑥ 道路法（昭和 27 年法律第 180 号）
⑦ 国有林野の管理経営に関する法律（昭和 26 年法律第 246 号）
⑧ 文化財保護法（昭和 25 年法律第 214 号）
⑨ 消防法（昭和 23 年法律第 186 号）

これらのほか、鳥獣保護及び狩猟の適正化に関する法律（昭和 25 年法律第 108 号）、土地収用法（昭和 26 年法律第 219 号）、農地法（昭和 27 年法律第 229 号）、農業振興地域の整備に関する法律（昭和 44 年法律第 518 号）、水産資源保護法（昭和 26 年法律第 313 号）、国土利用計画法（昭和 49 年法律第 92 号）、国有財産法（昭和 23 年法律第 73 号）、地すべり等防止法（昭和 33 年法律第 112 号）等が挙げられる。

表 6-1-1 に各法令の手続き内容を示す。

また、主な基準類としては、次のものがあげられる。

① 発電用水力設備に関する技術基準及び同解説	（経済産業省）
② 電気設備技術基準	（経済産業省）
③ 土地改良事業計画設計基準	（農林水産省）
④ 鋼構造物計画設計技術指針	（農林水産省）
⑤ 電気設備計画設計技術基準	（農林水産省）
⑥ 日本工業規格（ＪＩＳ）	（経済産業省）
⑦ 河川管理施設等構造令・同施行規則	（国土交通省）
⑧ 労働安全衛生規則	（厚生労働省）
⑨ 水門鉄管技術基準	（電力土木技術協会）
⑩ 河川砂防技術基準	（国土交通省）

⑩ 河川砂防技術基準　（国土交通省）
⑪ 電気規格調査会標準規格（ＪＥＣ）　（電気学会）
⑫ 日本電機工業会規格（ＪＥＭ）　（日本電気工業会）

許認可と届出

【許可】法令に基づき一般的に禁止されている行為について、一定の「要件」が具備した場合、その禁止を解く法律上の措置

【認可】行政機関が第三者の行為に同意を与え、その行為を法律上有効に完成させる行為

【届出】行政機関に対し一定の事項の通知をする行為であって、法令により直接に当該通知が義務付けられているもの

表 6-1-1 水力発電事業に係る主な関係法令

法　令	手　続	所　管
環境影響評価法	環境影響評価手続	環境省
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内の行為許可	国土交通省
建築基準法	建築確認申請	国土交通省
国土利用計画法	土地売買届出手続	国土交通省
砂防法	砂防指定地内行為許可手続	国土交通省
森林法	林地開発許可等手続 伐採及び伐採後の造林の届出手続	農林水産省
地すべり等防止法	地すべり防止区域の開発前許可申請手続	国土交通省
自然公園法	行為許可申請等手続	環境省
自然環境保全法	自然環境保全地域内での開発許可申請手続等	環境省
消防法	消防法に基づく申請等	総務省
振動規制法	振動規制に関する届出手続	環境省
水質汚濁防止法	水質汚濁に関する施設設置の届出手続	環境省
水産資源保護法	保護水面での工事許可	農林水産省
絶滅のおそれがある野生動植物の種の保存に関する法律	国内希少野生動植物種の捕獲等の許可手続 生息地等保護区の管理地区内等における行為許可等手続	環境省
騒音規制法	騒音規制に関する届出手続	環境省
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	特別保護地区内における行為許可手続	環境省
土地改良法	土地改良財産の他目的への使用、収益等の承認手続	農林水産省
都市計画法	開発許可手続	国土交通省
道路法	道路の占用許可手続等	国土交通省
農地法	農地転用許可手続等	農林水産省
農業振興地域の整備に関する法律	農用地区域からの除外手続	農林水産省
文化財保護法	埋蔵文化財包蔵地土木工事等届出手続 史跡・名勝・天然記念物指定地の現状変更の許可手続等	文部科学省

（「事業計画策定ガイドライン（水力発電）」平成 29 年 3 月資源エネルギー庁より）

6.2 電気事業法

(1) 電気事業法の体系および目的

電気事業法は次のように体系づけられている。

第一章 総則　第二章 電気事業　第三章 電気工作物　第四章 土地等の使用　第五章 電力・ガス取引監視等員会　第六章 登録安全管理審査機関、指定試験機関及び登録調査機関、第七章 卸電力取引所　第八章 雑則　第九章 罰則

また、電気事業法の目的は第1条で次のように定められている。

第1条（目的）

この法律は、電気事業の運営を適正かつ合理的ならしめることによって、電気の使用者の利益を保護し、及び電気事業の健全な発達を図るとともに、電気工作物の工事、維持及び運用を規制することによって、公共の安全を確保し、及び環境の保全を図ることを目的とする。

(2) 電気工作物

電気工作物は、以下のとおり、「事業用電気工作物」と「一般用電気工作物」に分類されている。また、電圧30Ｖ未満の発電は、電気工作物から除外される（電気事業法第38条）。

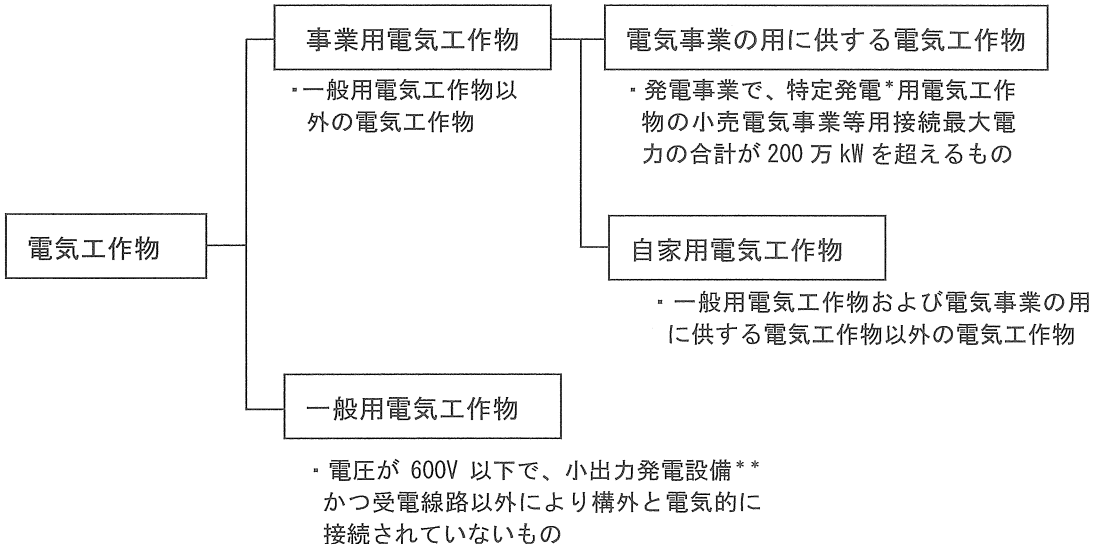


図 6-2-1　電気工作物の分類

＊特定発電

①出力が1,000kW以上であること、かつ②出力の値（kW）に占める小売電気事業用等接続最大電力の値が50%を超えること、かつ③1年間の発電電力量（kWh）に占める小売電気事業等の用に供する電力量が50%を超えると見込まれること

＊＊小出力発電設備

出力が20KW未満で、特定施設（土地改良法、水道法、下水道法、工業用水道事業法に掲げられる施設）内に全ての水力設備が設置されるもの

(3) 電気工作物に係る主要な条項

事業用電気工作物に係る主要な項目は技術基準への適合、自主的な保安、工事計画及び検査である。

[技術基準への適合]

技術基準への適合については以下のとおり第 39 条で定められており、技術基準に適合していないと認められているときは適合命令を受ける。

第 39 条（事業用電気工作物の維持）

事業者は自主保安体制の整備を図るため、常に技術基準に定めるところにしたがい、電気工作物を正常な状態に維持しておかなければならない。

第 40 条（技術基準適合命令）

主務大臣は、事業用電気工作物が前条一項の主務省令で定める技術基準に適合していないと認めるときは、事業用電気工作物を設置する者に対し、その技術基準に適合するように事業用電気工作物を修理し、改造し、若しくは移転し、若しくはその使用を一時停止すべきことを命じ、又はその使用を制限することができる。

[自主的な保安]

自主的な保安を行うために、設置者は保安規程を定めるとともに主任技術者を選任しなければならない。

第 42 条（保安規程）

事業用電気工作物を設置する者は、事業用電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安を確保するため、主務省令で定めるところにより、保安を一体的に確保することが必要な事業用電気工作物の組織ごとに保安規程を定め、当該組織における事業用電気工作物の使用（第 51 条第 1 項の自主検査又は第 52 条第 1 項の事業者検査を伴うものにあっては、その工事）の開始前に、主務大臣に届け出なければならない。

⇒保安規程に定めるべき事項については 8.2 保守管理を参照のこと。

第 43 条（主任技術者）

事業用電気工作物を設置する者は、事業用電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安の監督をさせるため、主務省令で定めるところにより、主任技術者免状の交付を受けている者のうちから、主任技術者を選任しなければならない。

＊水力発電では「電気主任技術者」と「ダム水路主任技術者」の選任、届出が必要である。

＊＊主任技術者免状の種類

「電気主任技術者」第 1 種、第 2 種、第 3 種

「ダム水路主任技術者」第 1 種、第 2 種

⇒各免状の監督範囲については「8.3 主任技術者の責務」別表 8-3-1,8-3-2 を参照のこと。

[工事計画]

事業用電気工作物設置者は工事計画を作成して認可または事前届出しなければならない。

第 47 条（工事計画）

事業用電気工作物の設置又は変更の工事であって、公共の安全の確保上特に重要なものとして主務省令で定めるものをしようとする者は、その工事の計画について主務大臣の認可を

受けなければならない。ただし、事業用電気工作物が滅失し、若しくは損壊した場合又は災害その他非常の場合において、やむを得ない一時的な工事としてするときは、この限りでない。

第 48 条

事業用電気工作物の設置又は変更の工事（前条第一項の主務省令で定めるものを除く。）であって、主務省令で定めるものをしようとする者は、その工事の計画を主務大臣に届け出なければならない。その工事の計画の変更（主務省令で定める軽微なものを除く。）をしようとするときも、同様とする。

2　前項の規定による届出をした者は、その届出が受理された日から三十日を経過した後でなければ、その届出に係る工事を開始してはならない。

(4) 各開発段階における手続き

事業用電気工作物については、各開発段階において、次のような手続きが必要である。

○計画段階（設置の工事の場合）

・保安規程届出　・電気主任技術者の選任・届出　・ダム水路主任技術者の選任・届出

・工事計画届出

○工事段階

・使用前自主検査　・使用前自己確認（及び結果の届出）　・安全管理審査の受審

○運用管理

・保安規定に従った運営管理→巡視・点検及び検査による技術基準適合の確認

・事故報告

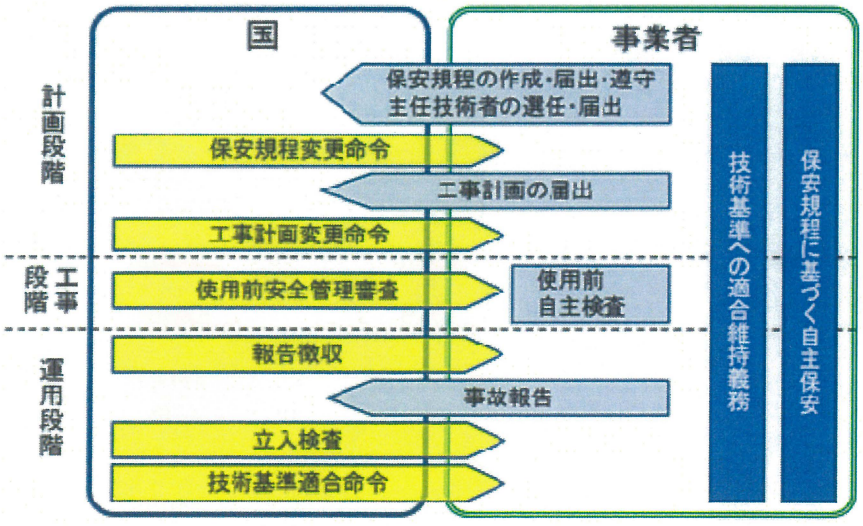


図 6-2-2 事業用電気工作物の手続き

(5) 発電設備の実態に応じた要否

発電設備の実態（出力条件等）に応じた手続きの要否は表 6-2-1 のとおりである。

表 6-2-1　発電設備の実態に応じた要否

出力等条件	保安規程	主任技術者選任		工事計画届
		電気	ダム水路	
ダムを伴う 又は最大出力200kW以上 又は最大使用水量1m³／s以上	要	要	要	要※
【小型のもの】 ダムを伴うものを除き かつ最大出力20kW～200kW未満 かつ最大使用水量1m³／s未満	要	要	不要	不要
【特定の施設内に設置されるもの】 ・農業用用排水施設（ダムを除く。）に設置されるもの ・水道法、工業用水道事業法に定める導水施設、浄水施設又は送水施設に設置されるもの　＊ダムは有しない ・下水道法に定める終末処理場に設置されるもの　＊ダムは有しない	要	要	不要	不要
＜一般用電気工作物＞ ダムを伴うものを除き かつ最大出力20kW未満 かつ最大使用水量1m³／s未満又は特定の施設内に設置されるもの	不要	不要	不要	不要

特定の施設：土地改良法、水道法、下水道法、工業用水道事業法に係る施設

6.3 河川法

(1) 河川法の体系および目的

河川法は次のように体系づけられている。

第一章 総則　第二章 河川の管理　第三章 河川に関する費用　第四章 監督　第五章 社会資本整備審議会の調査審議等及び都道府県河川審議会　第六章 雑則　第七章 罰則

また、河川法の目的は第1条、河川管理の原則については第2条で次のように定められている。

第1条（目的）

この法律は、洪水、津波、高潮等による災害の発生が防止され、河川が適正に利用され、流水の正常な機能が維持され、及び河川環境の整備と保全がされるようにこれを総合的に管理することにより、国土の保全と開発に寄与し、もつて公共の安全を保持し、かつ、公共の福祉を増進することを目的とする。

第2条（河川管理の原則等）

河川は公共用物であって、その保全、利用その他の管理は、前条の目的が達成されるように適正におこなわなければならない。

2 河川の流水は、私権の目的となることができない。

表 6-3-1　河川管理区分

管理区分	区　分　内　容	管　理　者
一級河川	国土保全上または国民経済上特に重要な水系	（直轄区間）国土交通大臣 （指定区間）都道府県知事
二級河川	一級河川以外で公共の利害に重要な関係があるものに係る河川	都道府県知事
準用河川	一級河川および二級河川以外で河川法の規定の一部を準用する河川	市町村長
普通河川	上記以外の小河川	市町村長

(2) 河川法に係る主要な条項

水力発電に係る主要な項目は流水の占用、土地の占用、工作物の新築等である。

[流水の占用]

河川の流水を発電の目的のために新たに利用するためには河川管理者の許可を（水利権の取得）、また農業用水等を利用する場合は河川管理者の登録を受けなければならない

第23条（流水の占用の許可）

河川の流水を占用しようとする者は、国土交通省令で定めるところにより、河川管理者の許可を受けなければならない。たたし、次条に規定する発電のために河川の流水を占用としようとする場合は、この限りではない。

＊水利権の分類

特定水利使用：最大1,000kW以上、準特定水利使用：最大200 kW以上、

その他：最大200Kw未満

第 23 条の 2　（流水の占用の登録）

前条の許可を受けた水利使用（流水の占用又は第 26 条第 1 項に規定する工作物で流水の占用のためのものの新築若しくは改築をいう。以下同じ。）のために取水した流水その他これに類する流水として政令で定めるもののみを利用する発電のために河川の流水を占用しようとする者は、国土交通省令で定めるところにより、河川管理者の登録を受けなければならない。

＊慣行水利権を利用した従属発電用水利権への登録制の適用

慣行水利権を利用した従属発電用水利権については、その従属関係が確認できれば、登録制を適用できるとされている。従属関係を確認する方法については、国土交通省より「慣行水利権に係る小水力発電の水利使用手続の簡素化について」（平成 25 年 12 月 11 日付け国土交通省水管理・国土保全局水政課水利調整室長）により通知されている。

http://www.mlit.go.jp/river/riyou/syosuiryoku/131211_kankou_kansoka.pdf

［土地の占用］

第 24 条（土地の占用の許可）

河川区域内の土地（河川管理者以外の者がその権原に基づき管理する土地を除く。以下次条において同じ。）を占用しようとする者は、国土交通省令で定めるところにより、河川管理者の許可を受けなければならない。

［工作物の新築］

第 26 条（工作物の新築等の許可）

河川区域内の土地において工作物を新築し、改築し、又は除却しようとする者は、国土交通省令で定めるところにより、河川管理者の許可をうけなければならない。河川の河口附近の海面において河川の流水を貯留し、又は停滞させるための工作物を新築し、改築し、又は除却しようとする者は、同様とする。

［その他］

工事において河床掘削、掘削土石を捨てる行為などが発生する場合には、次の許認可手続きが必要である。

・土砂等の採取（第 25 条）　・土地の掘削等（第 27 条）　・河川保全区域における行為の許可（第 55 条）

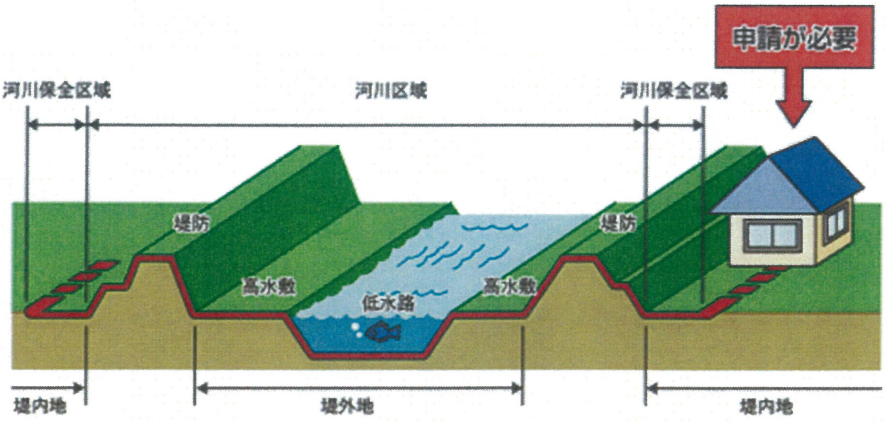


図 6-3-1　河川区域・同保全区域

(3) 小水力発電に係る許認可手続きの簡素化

国土交通省は、小水力発電（1,000kW）のために行う水利使用について、一級河川の指定区間では従来大臣許可としていたものを、より地域に身近な都道府県知事等の許可で足りること等とし、許可期間の短縮および申請者の負担の軽減を図っている。具体的な手続きは表6-3-2のとおりである。

表 6-3-1 水利使用区分ごとの手続き　（国土交通省 HP より）

区分		特定水利使用（最大出力1,000kw以上）			準特定水利使用（最大出力200kw以上1,000kw未満）			その他（最大出力200kw未満）
		処分権者	認可等	協議等	処分権者	認可等	意見聴取	処分権者
一級河川	指定区間	国土交通大臣（整備局長）	—	関係行政機関の長の協議 関係都道府県知事意見聴取	都道府県知事	整備局長認可	—	都道府県知事
					指定都市の長		指定都市の長が関係都道府県知事意見聴取	指定都市の長

区分		特定水利使用（最大出力1,000kw以上）			特定水利使用以外（最大出力1,000kw未満）		
		処分権者	認可等	協議等	処分権者	認可等	意見聴取
一級河川	直轄区間	国土交通大臣（整備局長）	—	関係行政機関の長の協議 関係都道府県知事意見聴取	整備局長	—	—
二級河川		都道府県知事	国土交通大臣同意付協議（整備局長同意付協議）	(大臣が)関係行政機関の長の協議 (知事が)関係市町村長意見聴取	都道府県知事	—	—
		指定都市の長		(指定都市の長が)関係都道府県知事及び関係市町村長意見聴取	指定都市の長		

：発電について新たに水利使用区分が設けられたところ

[一級河川の指定区間]

・準特定水利使用

許可等の処分の権限を国土交通大臣から都道府県知事等へ委譲。

関連手続きは、関係行政機関の長（経済産業大臣等）との協議や関係地方公共団体の長からの意見聴取の手続きを不要とし、国土交通大臣による認可のみ（指定都市の長が許可する場合は、関係都道府県知事への意見聴取有）。

・その他の水利使用

許可等の処分の権限を国土交通大臣から都道府県知事等へ委譲。

協議、意見聴取及び国土交通大臣による認可手続きは不要。

[一級河川の直轄区間]

・特定水利使用以外

協議及び意見聴取の手続きは不要。

[二級河川]

・特定水利使用以外

協議、意見聴取及び国土交通大臣による同意付協議の手続きは不要。

6.4 固定価格買取制度

（電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法：FIT 法）

(1) 固定価格買取制度の概要

平成 24 年 7 月 1 日に施行された「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」は，太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスによって発電した電力を、電気事業者に一定の期間、価格で買い取ることを義務づけるとともに、再生可能エネルギーを買い取る費用を、電気を使用する者がそれぞれの使用量に応じて、「賦課金」という形で電気料金の一部として負担するというものである。

FIT 法の導入により、再生可能エネルギーの導入は飛躍的に伸びたが、安全性の確保や発電能力の維持のための十分な対策が取られない、防災・環境上の懸念等をめぐり地域住民との関係が悪化する等、種々の問題が顕在化してきた。そこで、適切な事業実施の確保を図るため、資源エネルギー庁は平成 28 年 6 月に FIT（Feed-in Tariff）法を改正し、平成 29 年 4 月から施行されている。

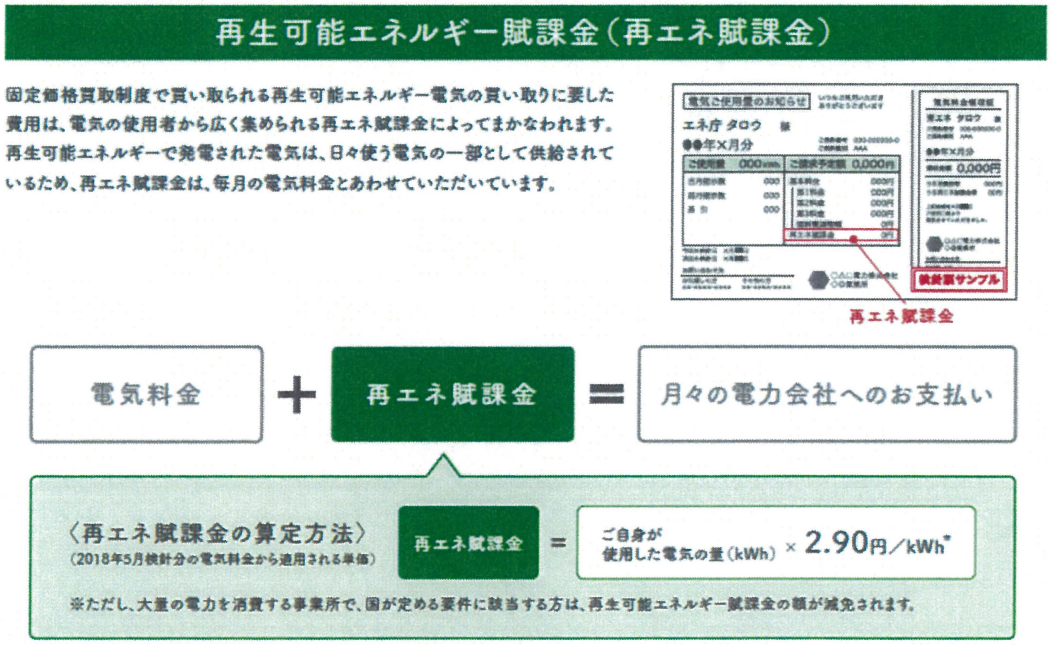


図 6-4-1 再生可能エネルギー賦課金

（「再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック」2018（平成 30）年度版資源エネルギー庁）

電気事業者が買い取る価格・期間については、再生可能エネルギー源の種類や設置形態、規模等に応じて、中立的な第三者委員会（調達価格等算定委員会）が公開の場で審議を行い、経済産業大臣がその委員会意見を尊重して、買取価格・買取期間を毎年度告示することが定められている。

平成 29 年度～31 年度の 3 ケ年における水力発電に係る買取価格・買取期間は表 6-4-1 のとおりである。

表 6-4-1 発電電力量ごとの買取価格及び期間（平成 29 年度時点：税抜）

調達区分	5,000 kW 以上 30,000kW 未満	1,000kW 以上 5,000kW 未満	200kW 以上 1,000kW 未満	200kW 未満
買取価格	20 円/kWh	27 円/kWh	29 円/kWh	34 円/kWh
買取期間	20 年間	20 年間	20 年間	20 年間

(2) 改正 FIT 法における新固定価格買取制度

FIT 法の改正により、固定価格買取制度も新しく見直された。主な新しい内容は次のとおりである。

1) 設備認定から事業計画認定へ

従来は発電設備に対する基準に基づいて設備認定していたが、新制度では①事業内容の適切性（運転開始後も含めて）、②事業実施の確実性、③設備の適切性に関する基準を加えて事業計画を認定することになった。

2) 認定基準

新制度による認定基準は改正 FIT 法第 9 条第 3 項および同施行規則第 5 条に規定されている。水力発電に係る主な認定基準は次のとおりである。

【事業の内容が基準に適合すること】
①適切に保守点検及び維持管理するために必要な体制を整備し、実施するものであること
②系統安定化等について適切に発電事業を行うこと
③外部から見やすいように事業者名等を記載した標識を掲げるものであること
④設置に際し要した費用、運転に要する費用、発電量等に関する情報について経済産業大臣に提供するものであること
⑤発電設備の廃棄その他事業を廃止する際の設備の取扱いに関する計画が適切であること
【事業が円滑かつ確実に実施されると見込まれること】
①接続することについて電気事業者の同意を得ていること
②設置する場所について所有権その他の使用の権原を有するか、またはこれを確実に取得することができると認められること
【設備が基準に適合すること】
①発電設備に関する法令（条例を含む）の規定を遵守していること
②発電量を的確に計測できる構造であること

3) 買取義務者の見直し

電力を買い取る主体は、従来は小売電気事業者であったが、新制度では送配電事業者へ移行する。すなわち、従来は買取義務があるのは小売電気事業者であり、接続義務があるのは送配電事業者であったが、買取と接続の両方とも送配電事業者が担うことになる。そして送配電事業者は買い取った電力を小売電気事業者に供給する義務を負う。

4) 事業計画策定ガイドライン（水力発電）

再生可能エネルギー発電事業者における適切な事業実施の確保を図るため、認定基準として規定される保守点検及び維持管理の実施や関係法令遵守等について具体的に示すとともに、法令の規制が及ばない事項についてその適切な実施を促す趣旨で規定している。

（目次と内容）

第1章　総則

・本ガイドラインに記載する事項については、全て再生可能エネルギー発電事業者の責任において実行すべきものである

・水力発電事業者の他に、機器メーカー、設計事業者、施工事業者、保守点検及び維持管理を行う事業者及びコンサルタント事業者等についても本ガイドラインを参考にすること

第2章　適切な事業実施のために必要な措置

第1節　企画立案

・地域と共生した形で事業を実施することが重要であり、電気事業者は自治体や地域住民と積極的にコミュニケーションを図ること

第2節　設計・施工

・長期的な安全の確保及び発電の継続に留意した設計を基本とし、防災、環境保全、景観保全に配慮した設計、施工を適切に実施すること

第3節　運用・管理

・発電を継続して行うために、発電設備を適切に保守点検及び維持管理すること

第4節　撤去及び処分（リサイクル、リユース、廃棄）

・計画的な積立等により、事業終了後の撤去及び処分費用の適切な確保に努めること

本ガイドラインは平成29年3月に施行されたものであるが、翌平成30年4月に①発電所構内立入防止のための具体的な措置方法（柵塀・施錠等）、②地域住民との十分なコミュニケーションについての解説等、一部改訂されている。

6.5 森林法

(1) 森林法とは

森林法（昭和 26 年 6 月 26 日施行）とは、第一章　総則　第 1 条で「この法律は、森林計画、保安林その他の森林に関する基本的事項を定めて、森林の保続培養と森林生産力の増進とを図り、もって国土の保全と国民経済の発展とに資することを目的とする。」と明示されている。つまり森林法の目的は、『森林の公益的機能の保全』と『林業の活性化』に大きく区分され、森林は、水源かん養、山地災害の防止、レクレーションの場の提供などをはじめ、多大な公益的な機能を果たしている。

また、森林法における「森林」とは、

① 木竹が集団して生育している土地及びその土地の上にある立木竹
② ①のほか、木竹の集団的な生育に供される土地

と定義されており、土地と立木竹を一体とする概念である。（法第 2 条第 1 項⇒通称 2 条森林）

そのため、②のように、伐採跡地で立木竹が生育していない場合や、産生地（立木竹がまばらに生えている土地）の場合等であっても、「供される土地」ならば「森林」となる。

このように、森林法における「森林」は現況主義であるため、不動産登記規則第 99 条に規定されている地目の「山林」とは必ずしも一致しない。

森林には、地域森林計画の対象となる民有林（森林法第 5 条対象森林）と国有林で構成され、保安林指定された保安林とそうでないもの（普通林）に区分される。

(2) 保安林とは

保安林とは、水源の涵養、土砂の崩壊その他の災害の防備、生活環境の保全・形成等、特定の公益目的を達成するため、農林水産大臣又は都道府県知事によって指定される森林のこと。保安林では、それぞれの目的に沿った森林の機能を確保するため、立木の伐採や土地の形質の変更等が規制される。

(3) 保安林の種類

保安林の種類は、その指定の目的により 17 種類に分類される。

①水源かん養保安林

流域保全上重要な地域にある森林の河川への流量調節機能を安定化し、その他の森林の機能とともに、洪水・渇水を防止したり、各種用水を確保したりする。

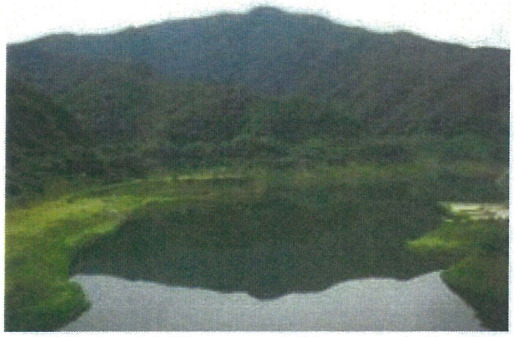


写真 6-5-1　石川県加賀市

写真 6-5-2　熊本県菊池市

②土砂流出防備保安林

下流に重要な保全対象がある地域で土砂流出の著しい地域や崩壊・流出のおそれがある区域において、林木及び地表植生その他の地被物の直接間接の作用によって、林地の表面侵食及び崩壊による土砂の流出を防止する。

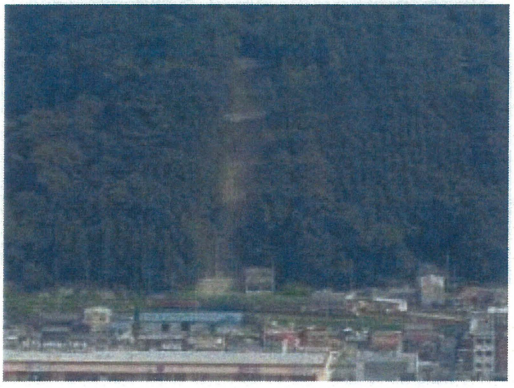


写真 6-5-3　徳島県三好市

③土砂崩壊防備保安林

崩落土砂による被害を受けやすい道路、鉄道その他の公共施設等の上方において、主として林木の根系の緊縛その他の物理的作用によって林地の崩壊の発生を防止する。

写真 6-5-4　北海道増毛町

④飛砂防備保安林

海岸の砂地を森林で被覆することにより飛砂の発生を防止し、飛砂が海岸から内陸に進入するのを遮断防止することにより、内陸部における土地の高度利用、住民の生活環境の保護を図る。

写真 6-5-5　秋田県由利本荘市

⑤防風保安林

林冠をもって障壁を形成して風に抵抗してそのエネルギーを減殺し、これを防止撹乱することにより風速を緩和して風害を防止する。

写真 6-5-6　長野県南牧村

⑥水害防備保安林

河川の洪水時における氾濫にあたって、主として樹幹による水制作用及びろ過作用並びに樹根による侵食防止作用によって水害の防止軽減を図る。

写真 6-5-7　京都府福知山市

⑦潮害防備保安林

津波又は高潮に際して、主として林木の樹幹によって波のエネルギーを減殺するほか、空気中の海水塩分を捕捉して被害を防止する。

写真 6-5-8 沖縄県石垣市

⑧干害防備保安林

洪水・渇水を防止し、又は各種用水を確保する森林の水源涵養機能により、局所的な用水源を保護する。

写真 6-5-9　福井県池田町

⑨防雪保安林

飛砂防備や防風保安林と同様の機能によって吹雪（気象用語では「飛雪」と呼ぶ）を防止する。

写真 6-5-10　北海道稚内市

⑩防霧保安林

森林によって空気の乱流を発生させて霧の移動を阻止したり、霧粒を捕捉したりすることで霧の害を防止する。

写真 6-5-11　北海道厚岸町

⑪なだれ防止保安林

森林によって雪庇の発生や雪が滑り出すのを防いだり、雪の滑りの勢いを弱めたり、方向を変えたりする等により雪崩を防止する。

写真 6-5-12　新潟県魚沼市

⑫落石防止保安林

林木の根系によって岩石を緊結固定して崩壊、転落を防止したり、転落する石塊を山腹で阻止したりすることで、落石による危険を防止する。

写真 6-5-13　岐阜県白川町

⑬防火保安林

耐火樹又は防火樹からなる防火樹帯により火炎に対して障壁を作り、火災の延焼を防止する。

写真 6-5-14　兵庫県赤穂市

⑭魚つき保安林

水面に対する森林の陰影の投影、魚類等に対する養分の供給、水質汚濁の防止等の作用により魚類の棲息と繁殖を助ける。

写真 6-5-15　愛媛県愛南町

⑮航行目標保安林

海岸又は湖岸の付近にある森林で地理的目標に好適なものを、主として付近を航行する漁船等の目標となって航行の安全を図る。

写真 6-5-16　長崎県対馬市

⑯保健保安林

森林の持つレクリエーション等の保健、休養の場としての機能や、局所的な気象条件の緩和機能、じん埃、ばい煙等のろ過機能を発揮することにより、公衆の保健、衛生に貢献する。

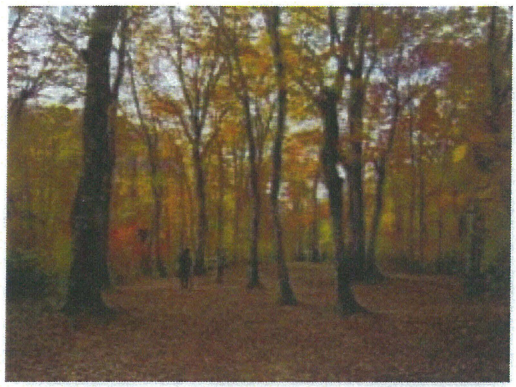


写真 6-5-17　群馬県みなかみ町

⑰風致保安林

名所や旧跡等の趣のある景色が森林によって価値づけられている場合に、これを保存する。

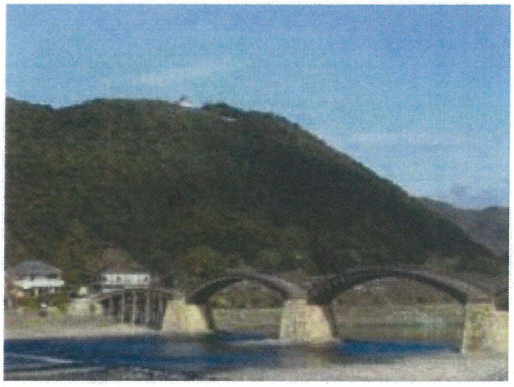


写真 6-5-18　山口県岩国市

(4) 保安林の面積

保安林の面積は、我が国の森林面積の約 5 割、国土面積の約 3 割を占めている。図 6-5-1 に保安林面積の推移を示す。さらに図 6-5-2 に保安林の種類別面積（延べ面積）を示す。

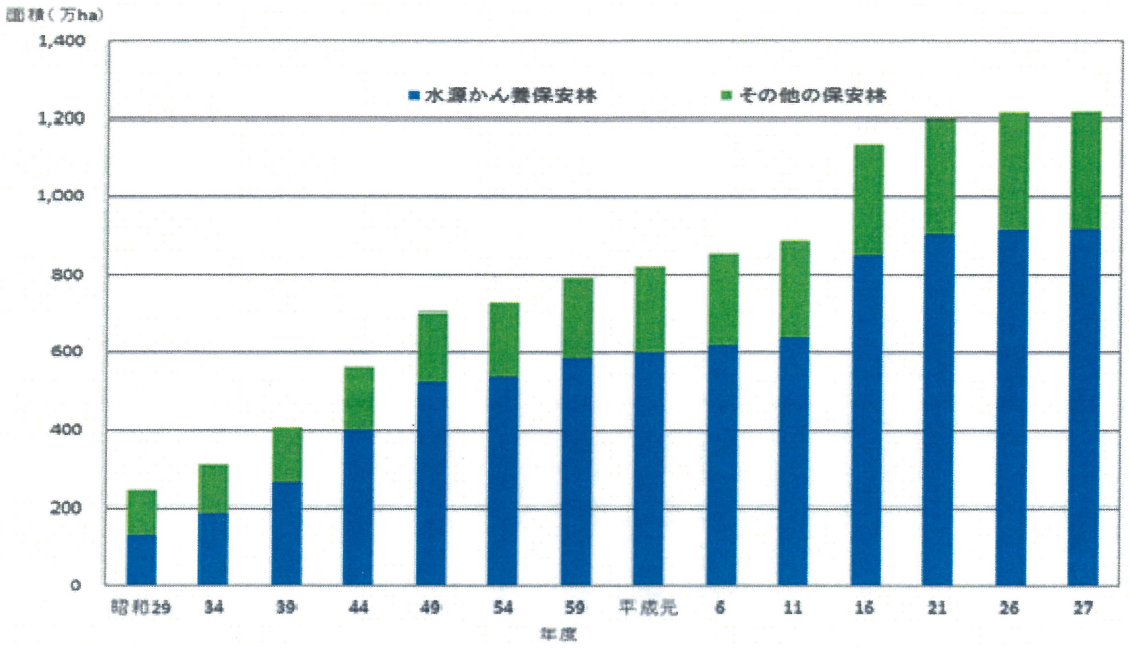


図 6-5-1　保安林面積の推移（実面積）

注：実面積とは、複数の保安林種が同一の森林に重複して指定されている場合に、重複関係を排除して算出したもの。

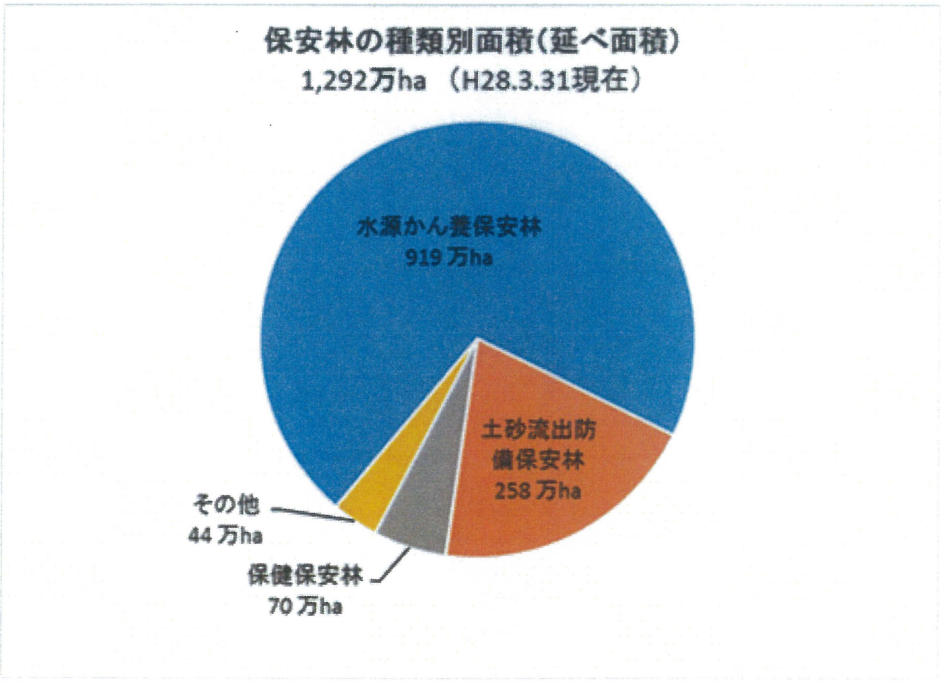


図 6-5-2　保安林の種類別面積（延べ面積）
1,292 万 ha（平成 28 年 3 月 31 日現在）

(5)保安林における制限

1）保安林内作業許可

森林法第34条第2項に定める保安林内における立木の伐採、流木の損傷、家畜の放牧、下草・落葉・落枝の採取、土砂又は樹根の採掘、開墾その他の土地の形質を変更する行為は、都道府県知事の許可が必要である。

【土地の形質の変更行為許可基準】

森林の管理に必要な施設（林道等）、森林の保健機能の増進に資する施設や森林の有する機能を維持代替する施設以外の目的で、

① 施設等の幅が1m未満の線的なものを設置する場合（Ex.水路、へい、柵等）

② 変更行為に係る区域の面積が0.05ha未満で、切土又は盛土の高さがおおむね1.5m未満の点的なものを設置する場合（Ex.標識、電柱、送電用鉄塔、水道施設、簡易な展望台等）

③ 一時的な行為であって次の5つのすべての要件を満たす場合（ただし、一般廃棄物又は産業廃棄物を堆積する場合は除く）

ア 変更行為の期間が原則として2年以内のもの

イ 変更行為の終了後には植栽され確実に森林に復旧されるものであること

ウ 区域面積が0.2ha未満のものであること

エ 土砂の流出または崩壊を防止する措置が講じられているもの

オ 切土又は盛土の高さがおおむね1.5m未満のものであること

＊国有保安林において行為を行う場合、土地の売払いを要しないときは作業許可の手続き、土地の売払いを要するときには解除手続きが必要となる。

参考：保安林の指定・解除の権限者

保安林の指定及び解除の権限は、表6-5-1に示すように、民有林のうち国土保全の根幹となる重要流域にある流域保全のための保安林(水源かん養保安林、土砂流出防備保安林、土砂崩壊防備保安林）及び国有林の保安林にあっては農林水産大臣、その他の民有保安林にあっては都道府県知事となっている。

表 6-5-1　保安林の指定・解除の権限者

<table>
<tr><th>所有区分</th><th>保安林の種類</th><th>流域区分(注)</th><th>指定・解除の権限者</th></tr>
<tr><td>国有林</td><td>全ての保安林</td><td>全流域</td><td rowspan="2">農林水産大臣</td></tr>
<tr><td rowspan="3">民有林</td><td>水源かん養保安林
土砂流出防備保安林
土砂崩壊防備保安林</td><td>重要流域内</td></tr>
<tr><td>重要流域外</td><td>都道府県知事
（法定受託事務）</td></tr>
<tr><td>その他の保安林</td><td>全流域</td><td>都道府県知事
（自治事務）</td></tr>
</table>

(注)重要流域：2 以上の都府県の区域にわたる流域その他の国土保全上又は国民経済上特に重要な流域で農林水産大臣が指定したもの

(6)転用に係る保安林解除申請

1）保安林級地区分

保安林解除審査の対象地として、①第 1 級地と、②第 2 級地に区分される。

① 第 1 級地

ア　事業施工後 10 年以内の治山事業施工地及び保安林整備事業、防災林造成事業等により森林の整備を実施した区域は事業施工後 20 年以内のもの

イ　傾斜度が 25゜以上のもの（25゜以上の部分が局所的に含まれるものを除く）その他地形、地質等からして崩壊しやすいもの

ウ　人家、校舎、農地、道路等国民生活上重要な施設等に近接して所在する保安林であって、当該施設等の保全又はその機能の維持に直接重大な関係があるもの

エ　海岸に近接して所在するものであって、林帯の幅が 150m未満（本州の日本海側及び北海道の沿岸にあっては 250m未満）であるもの

オ　保安林の解除に伴い残置し、又は造成することとされたもの

②第 2 級地

第 1 級地以外の保安林

第 1 級地については、「公益上の理由」による解除のうち、転用の様態、規模等からみて国土の保全等に支障がないと認められるもの除き、原則として解除は行わない。

2）保安林解除の理由

保安林解除の理由として、森林法で定められている要件は、保安林の指定理由が消滅したとき、公益上の理由により必要が生じたときの二つの場合であり、これ以外の理由で保安林の解除が行われることはない。

「指定理由の消滅」による解除とは、

① 受益の対象が消滅したとき

② 自然現象等により保安林が破壊され、かつ、森林に復旧することが著しく困難と認められるとき

③ 当該保安林の代替する機能を果たすべき施設等（代替施設）が設置されたとき又はその設置が極めて確実と認められるとき

④ 森林施業を制限しなくても受益の対象を害するおそれがないと認められるとき

「公益上の理由」による解除とは、

① 土地収用法その他の法令により土地を収用し又は使用できることとされている事業のうち、国等（国、地方公共団体、地方公共団体の組合、独立行政法人、地方独立行政法人、地方住宅供給公社、地方道路公社及び土地開発公社）が実施するもの

② 国等以外の者が実施する事業のうち、特定の事業に該当するもの（Ex.特定規模電気事業者による電気工作物の設置）

③ ①又は②に準ずるもの

3）保安林解除の要件

① 指定理由の消滅による解除（森林法第 26 条の 2 第 1 項）

ア 用地事情等：他に適地が求められない（公的土地利用計画に合致）

イ 面積：必要最小限の解除面積であること（期別実施計画）

ウ 実現の可能性：事業等を行うことが確実であること（用地の確保、他法令許認可、資金等）

エ 利害関係者の意見

オ その他：保安林の有する機能の代替施設の設置（技術基準）、残置又は造成する森林の確保、代替保安林の指定

② 公益上の理由による解除（森林法第 26 条の 2 第 2 項）

ア　前記アと同じ

イ　前記イと同じ

ウ　前記ウと同じ

エ　前記オと同じ

(7) 林地開発許可制度（普通林）

1）林地開発許可制度の趣旨

森林は、水源の涵養、災害の防止、環境の保全といった公益的機能を有しており、国民生活の安定と地域社会の健全な発展に寄与している。また、これらの森林は、一度開発してその機能が破壊されてしまった場合には、これを回復することは非常に困難なものとなる。従って、これらの森林において開発行為を行うに当たっては、森林の有する役割を阻害しないよう適正に行うことが必要であり、なおかつ、それが開発行為を行う者の権利に内在する当然の責務でもある。林地開発許可制度は、このような観点から、これらの森林の土地について、その適正な利用を確保することを目的としている。

2）林地開発許可制度の内容

①許可制の対象となる森林

林地開発許可制度の対象となる森林は、森林法第5条の規定により都道府県知事がたてた地域森林計画の対象民有林（保安林、保安施設地区、海岸保全区域内の森林を除く。）である。

②許可制の対象となる開発行為

許可制度の対象となる開発行為は、土石又は樹根の採掘、開墾その他の土地の形質を変更する行為であって、次の規模をこえるものとする。

ア　専ら道路の新設又は改築を目的とする行為でその行為に係る土地の面積が1haを超えるものにあっては道路（路肩部分及び屈曲部又は待避所として必要な拡幅部分を除く。）の幅員3m

イ　その他の行為にあっては土地の面積1ha

③許可権者

開発行為をしようとする者は、農林水産省令で定める手続に従い、都道府県知事の許可（自治事務）を受けなければならない。

④許可基準

都道府県知事は、許可の申請があった場合において、次のいずれにも該当しないと認めるときは、これを許可しなければならないとされている。

ア　当該開発行為をする森林の現に有する土地に関する災害の防止の機能からみて、当該開発行為により当該森林の周辺の地域において土砂の流出又は崩壊その他の災害を発生させるおそれがあること（災害の防止）

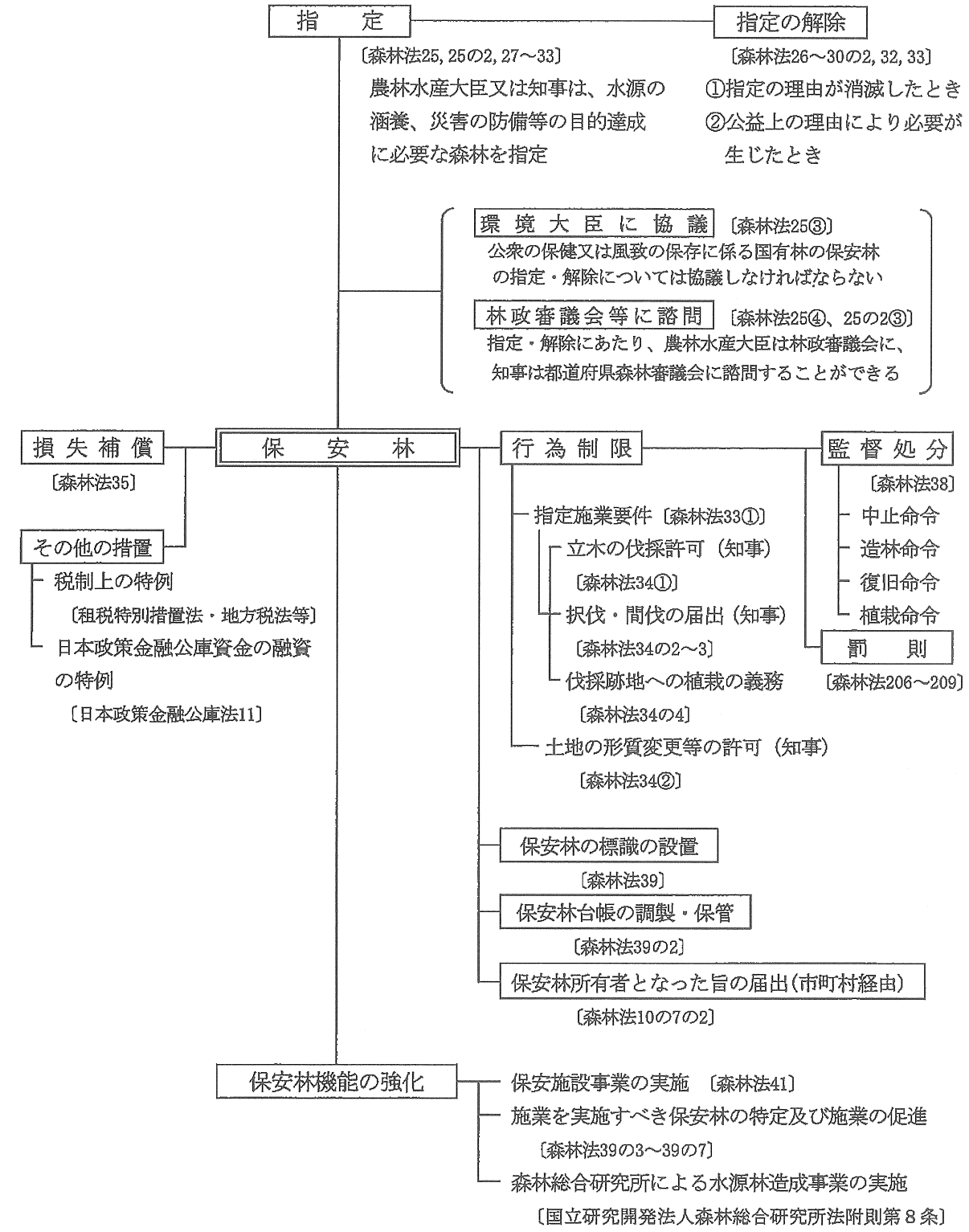
イ　当該開発行為をする森林の現に有する水害の防止の機能からみて、当該開発行為により当該機能に依存する地域における水害を発生させるおそれがあること（水害の防止）

ウ　当該開発行為をする森林の現に有する水源の涵養の機能からみて、当該開発行為により当該機能に依存する地域における水の確保に著しい支障を及ぼすおそれがあること（水の確保）

エ　当該開発行為をする森林の現に有する環境の保全の機能からみて、当該開発行為により当該森林の周辺の地域における環境を著しく悪化させるおそれがあること（環境の保全）

※出典　林野庁 HP　http://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/con_2.html

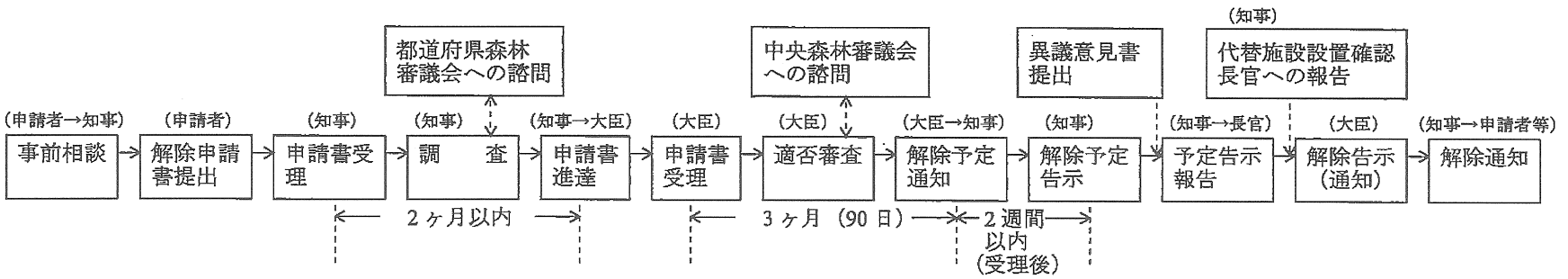
参考資料



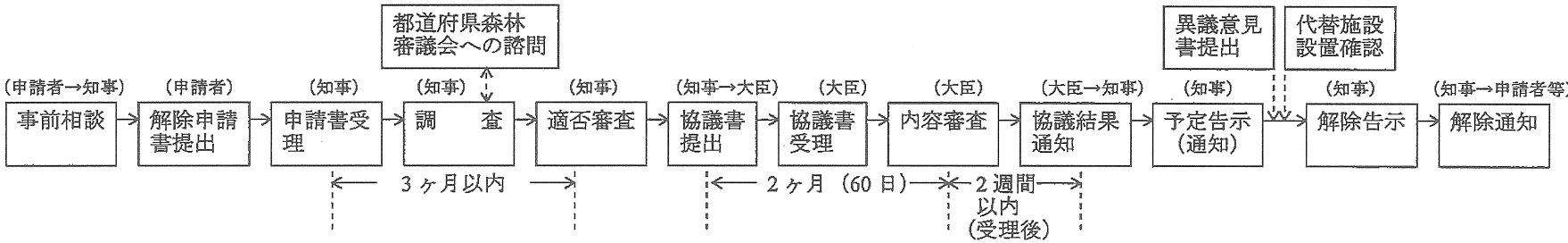
注：〔　〕は根拠法及び規定条文

図 6-5-3　保安林制度の体系

1　農林水産大臣の権限に係る保安林の指定の解除（重要流域内に存する１号～３号民有保安林、国有保安林（森林管理局長の上申及び都道府県知事の認定による解除を除く））



2　都道府県知事の権限に係る保安林の指定の解除が行われるもののうち、法第26条の２第４項の規定による大臣協議を必要とするもの
(1)重要流域以外の１号～３号民有保安林であって、①法第26条の２第１項による指定の解除（指定理由の消滅による場合は１ha以上）、②法第26条の２第２項による指定の解除（公益上の理由による場合は５ha以上）であるもの。
(2)重要流域以外の１号～３号民有保安林又は４号以下の民有保安林であって、法第26条の２第４項第２号による保安施設事業等の施行に係る土地の区域内にある保安林の指定の解除であるもの。



3　都道府県知事の権限に係る保安林の指定の解除（法第26条の２第４項の規定による大臣協議を必要とするものを除く）
(1)重要流域以外の１～３号民有保安林であって、上記２の(1)及び(2)に該当しないもの。
(2)４号以下の民有保安林であって、上記２の(2)に該当しないもの。

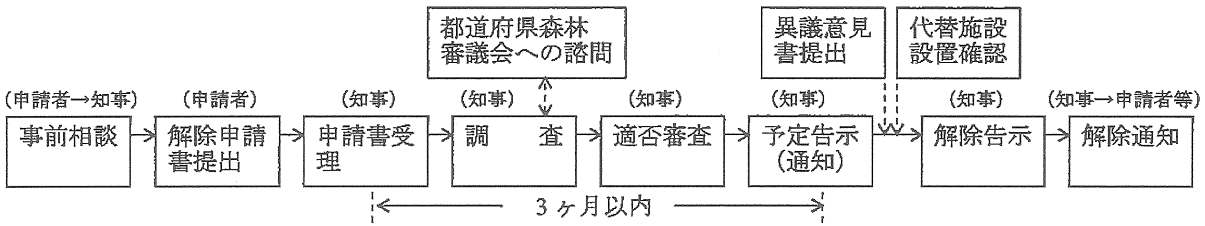


図 6-5-4　保安林の指定の解除手続き図と標準処理期間

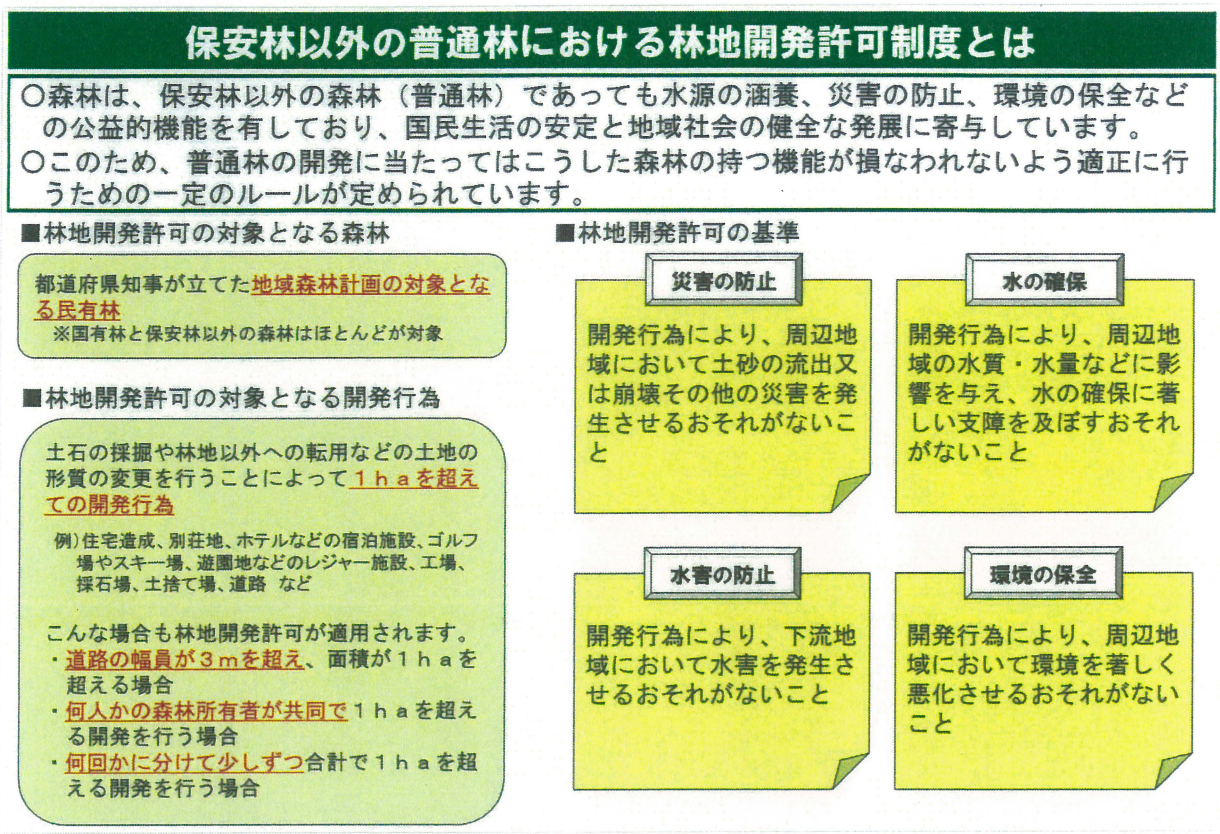


図 6-5-5　保安林以外の普通林における林地開発許可制度の概要

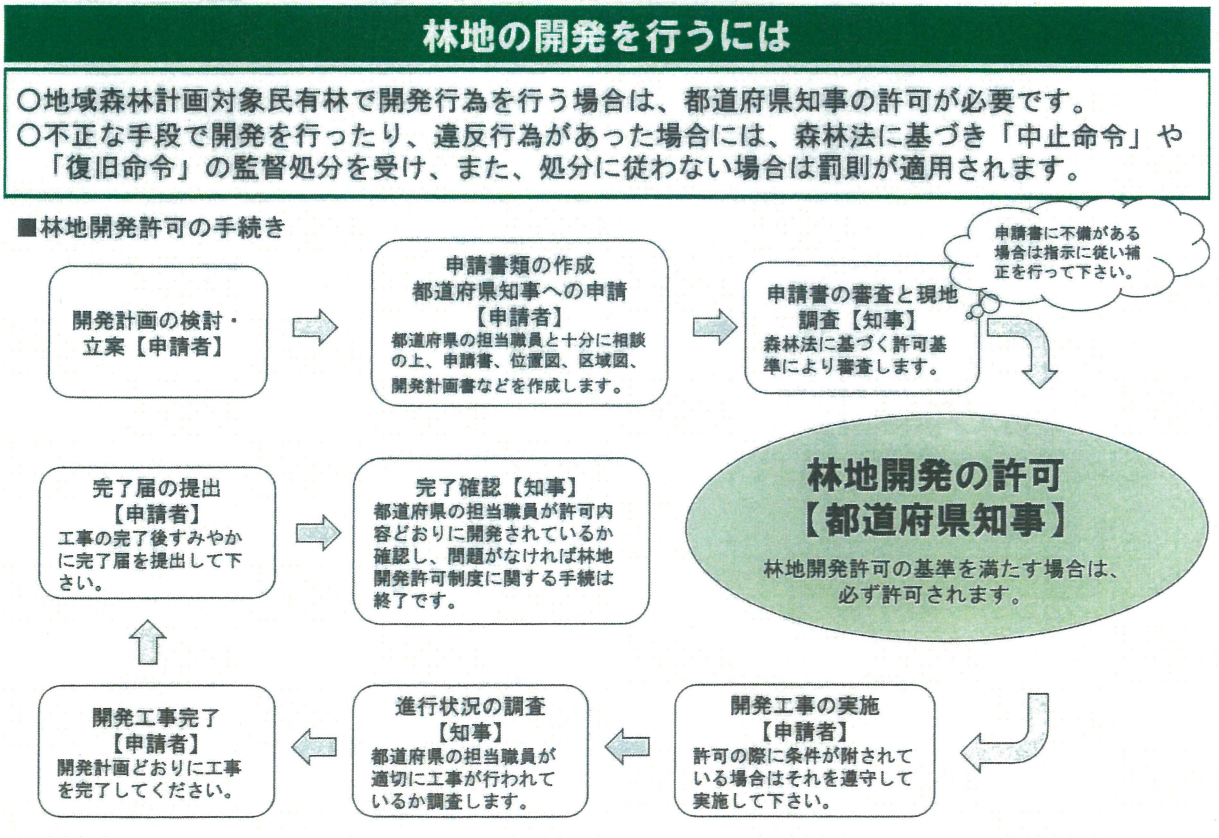
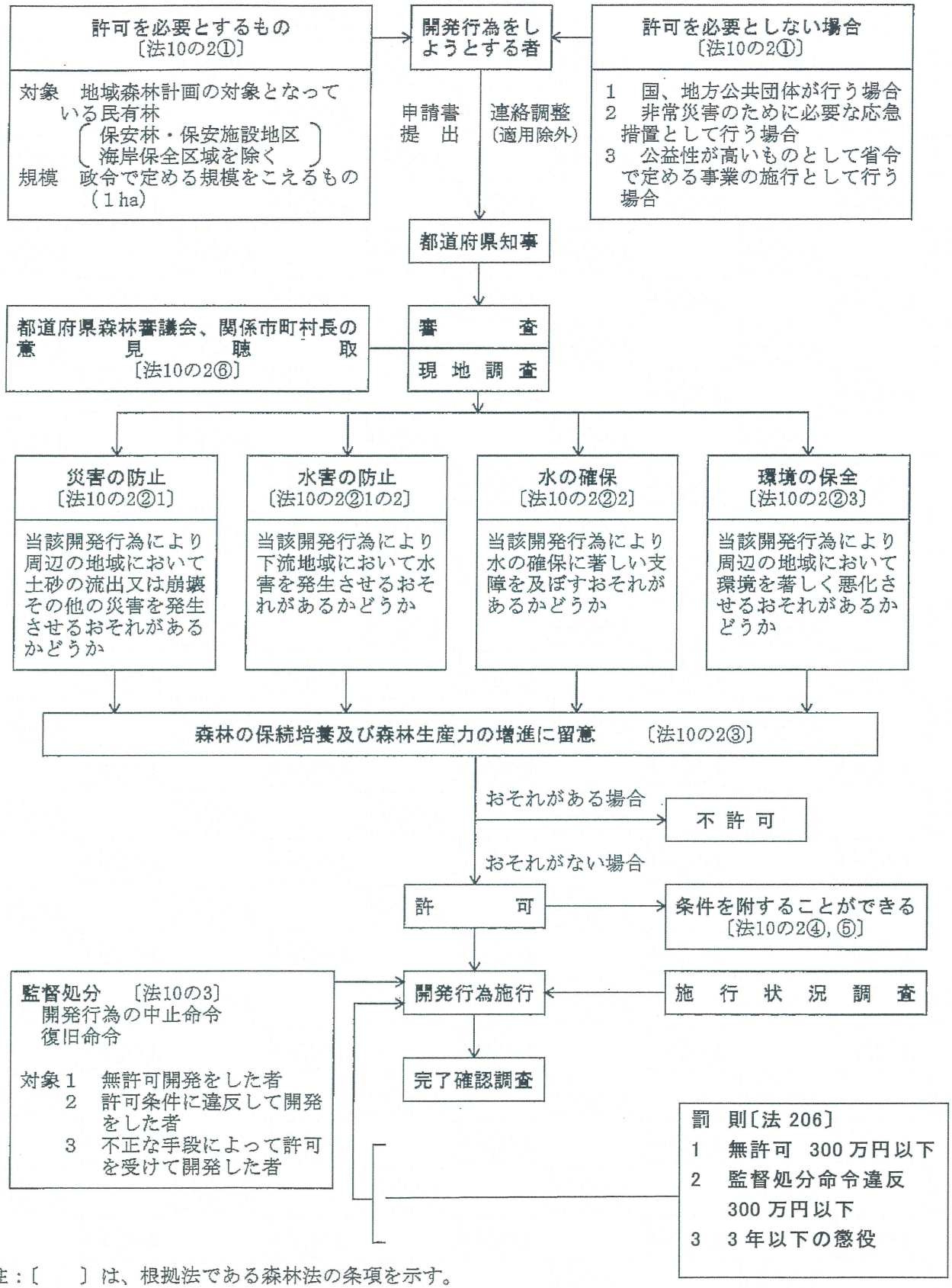


図 6-5-6　林地開発許可制度の概要

林地開発許可制度の体系図



注：〔　　〕は、根拠法である森林法の条項を示す。

図 6-5-7　林地開発許可制度の体系図

表 6-5-2　林地開発許可処分の推移表

区分 / 年度 / 開発行為の目的	件数 (件)										
	S49～H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	計
工場・事業場用地の造成	3,117	84	75	72	61	43	46	70	175	302	4,045
住宅用地の造成	2,089	19	29	15	9	8	6	10	10	9	2,204
別荘地の造成	281	0	2	2	1	0	0	0	0	0	286
ゴルフ場の設置	1,760	1	1	2	0	1	1	0	0	0	1,766
レジャー施設の設置	1,167	11	8	6	7	5	4	4	4	2	1,218
農用地の造成	11,164	41	61	58	44	48	53	38	18	23	11,548
土石の採掘	10,218	119	108	111	82	94	85	79	103	109	11,108
道路の新設又は改築	156	6	15	18	11	21	19	10	13	12	281
その他	3,803	47	34	27	23	27	24	17	35	28	4,065
計	33,755	328	333	311	238	247	238	228	358	485	36,521

区分 / 年度 / 開発行為の目的	面積 (ha)										
	S49～H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	計
工場・事業場用地の造成	15,687	407	518	465	297	213	128	489	869	1,934	21,007
住宅用地の造成	20,045	72	111	34	38	36	35	28	-14	-37	20,348
別荘地の造成	1,776	0	10	12	1	0	0	-1	0	0	1,798
ゴルフ場の設置	78,339	-1	9	9	0	1	3	8	0	-29	78,339
レジャー施設の設置	7,211	59	23	-33	9	22	11	53	29	13	7,397
農用地の造成	44,769	211	292	231	223	184	195	205	126	128	46,564
土石の採掘	49,926	1,054	1,009	899	788	879	784	720	1,066	1,144	58,269
道路の新設又は改築	1,644	47	249	87	146	170	215	133	89	66	2,846
その他	14,299	253	181	186	102	84	87	146	169	90	15,597
計	233,696	2,102	2,402	1,890	1,604	1,589	1,458	1,781	2,334	3,309	252,165

注１　面積は、土地の形質の変更に係る面積であって、開発区域に残置する森林は含まない。
　２　件数は、新規許可処分に係るものであって、面積は、当該年度の新規許可処分面積に当該年度の変更許可処分による増減面積を加えたもの。
　３　「その他」の項には産業廃棄物処理場、残土処理場、福祉施設、墓地等が含まれる。

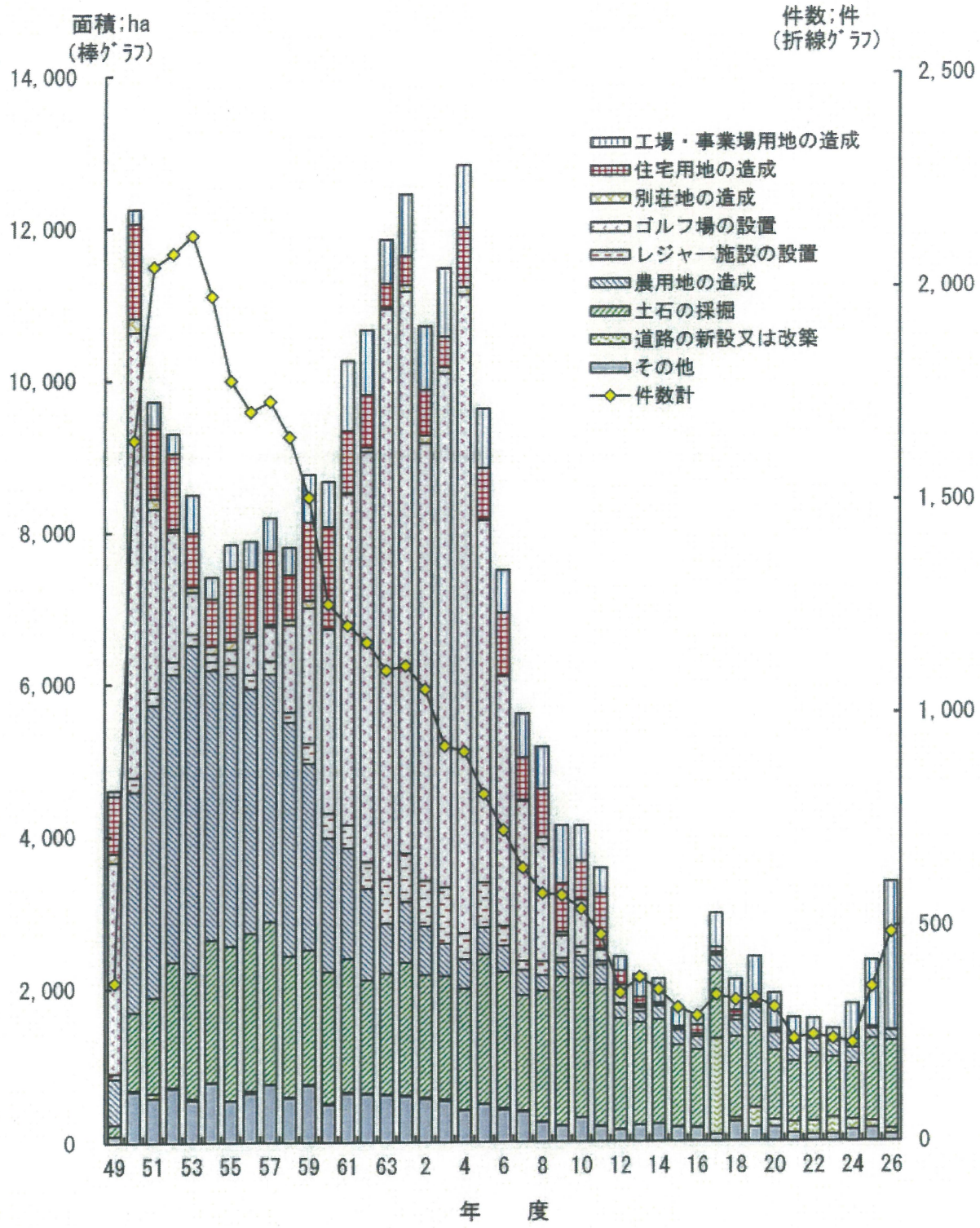


図 6-5-8　林地開発許可処分の推移

※出典　林野庁 HP　http://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/con_2.html

７．土木設備・電気設備の設計

7．土木設備・電気設備の設計

7.1　土木設備の設計

(1) 取水ダム

1)　取水ダムとは、水路式（流れ込み式）の発電所において、河水の水を取り入れるために設置する堤高の低いダムであり、高さ15m以上のものをハイダム、未満のものをローダムと通称している。取水ダム（ローダム）を 図 7-1-1 に例示する。

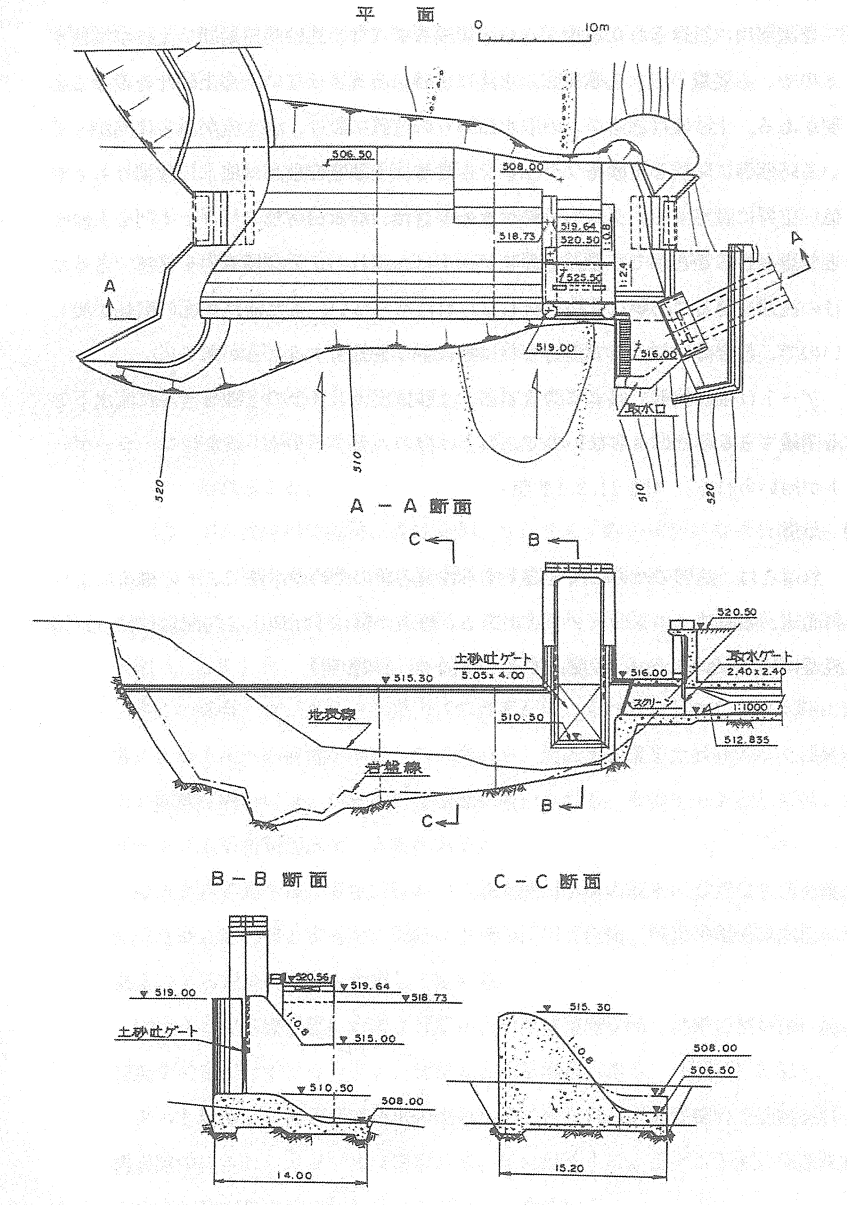


図 7-1-1 取水ダムの例（固定ダム）

出典）水力開発ガイドマニュアル P11-26 財団法人 新エネルギー財団

2)　「ダムの高さ」とは、基礎地盤（カットオフがある場合はカットオフ直下流の堤体と接触部、カットオフがない場合は堤体の上流端との接触部）から堤頂までの高さをいう（図 7-1-2 参照）。この場合において、堤頂とは非越流部がある場合は非越流部頂をいい、非越流部がない場合は越流部頂をいう。

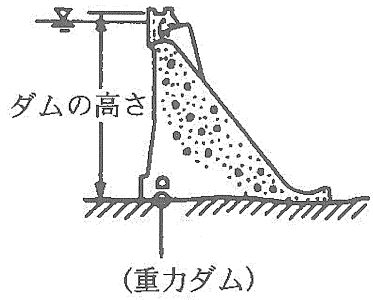


図 7-1-2　ダムの高さ

出典）平成 23 年改訂版 発電用水力設備の技術基準と官庁手続き
（一社）電力土木技術協会 P218

参考として、非越流部を有さないダムのひとつとして、砂防ダムの例を図 7-1-3 に示す。

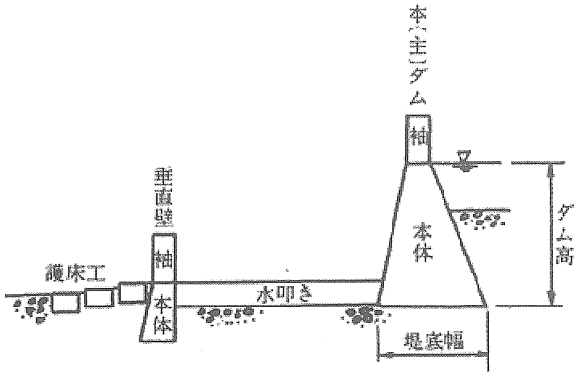


図 7-1-3　非越流部のないダムの例（砂防ダム）

出典）改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説　設計編［Ⅱ］P4

3) 電気事業法における「ダム」とは、発電用として河川の流水を貯留又は取水するための土木工作物のことをいい、堤高は問わない。

出典）電気事業法における「ダム」の取扱いについて　平成 24 年 11 月
経済産業省商務流通保安グループ電力安全課

4) 取水ダムの設置位置は、一般的には、基礎岩盤が浅いこと、ダムによる上流部への背水（堰上げ）の影響が少ないこと、維持管理が容易なことなどを勘案して計画する。また、河道のわん曲部などでは偏流により取水が不安定となる場合があること、及び洪水時の流勢で河岸の損傷を誘発する危険性があるため、極力河道の直線区間を選定することが望ましい。

5) 取水ダムの体積を少なくするためには河川幅が狭いことが望ましいが、狭すぎると設計洪水位（堰上げ水位）が高くなり、護岸やゲートピア高、並びに上流に既設橋梁がある場合は桁下高などに支障を及ぼす可能性がある。

6) 取水ダムの設計洪水位は、「水力設備に関する技術基準を定める省令、同技術基準の解釈及び解説 第１章総則 第２条」により“ダムの直上流の地点において、①200 年につき１回の割合で発生するものと予想される洪水の流量、②当該地点において発生した最大の洪水の流量、③当該ダムに係る流域と水象若しくは気象が類似する流域のそれぞれにおいて発生した最大の洪水に係る水象若しくは気象の観測の結果に照らして当該地点に発生するおそれがあると認められる洪水流量のうちいずれか大きい流量の流水が、ダムの洪水吐きを流下する場合におけるダムの非越流部の直上流における最高の水位をいう”とされている。

ただし、高さ15m未満の流量調節を目的としないダム及び河川管理施設等構造令第五章の規定の適用を受けるダムにあっては、“当該ダムに係る流域の水象又は気象の観測結果により求めた当該ダムの直上流の地点における洪水の流量の流水がダムを流下する場合におけるダムの直上流における最高の水位をいう”としている。

出典）平成 23 年改訂版 発電用水力設備の技術基準と官庁手続き
（一社）電力土木技術協会 P167

7) 設計洪水流量及び洪水位は前記のとおりであるが、工事計画等を決定するに際しては、取水地点の流域面積及び周囲の開発状況等を踏まえ、河川管理者とも

十分協議して決定する。

8) 構造的には、ダムに作用する「自重」、「静水圧」、「動水圧」、「泥圧」、「地震力」及び「揚圧力」による合力の作用点が、常時においては中央１／３以内、地震時においては中央２／３以内でなければならない。

出典）平成 23 年改訂版 発電用水力設備の技術基準と官庁手続き
（一社）電力土木技術協会 P177

9) 取水ダムには適切な位置に土砂吐（排砂門）を設ける。

10) 取水ダムに設ける魚道は、河川維持流量放流設備を兼用させる場合が多い。

11) 一般的には、ダムは堅固な岩盤に設けるが、流れ込み式発電所の高さの低いダムにおいても、ハイダムと同様の基礎岩盤の調査、試験、及び基礎処理等が必要となる場合もあり、経済性を比較するとフローティングダムとする方が有利となる場合がある。フローティングダムの例を図 7-1-4 に示す。

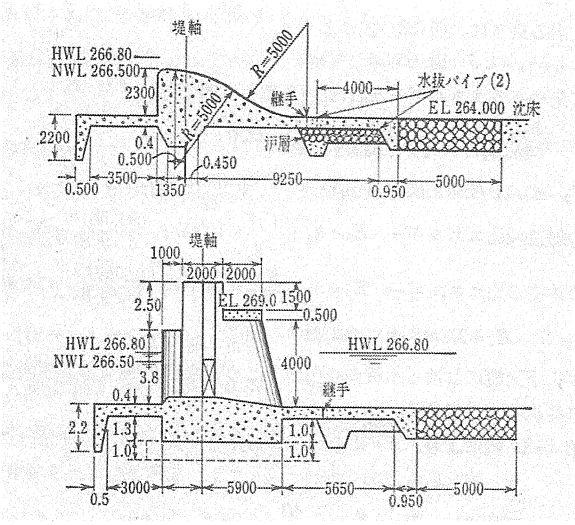


図 7-1-4 フローティングダムの例
出典）発電水力演習 千秋信一著 学献社 P244）

注）フローティングダムとは、砂礫層上に設けられた越流型コンクリートダムをいう。フローティングダムの設計では、「転倒」「地耐力」「滑動」の安定性に加えパイピング（基礎砂礫層内の浸透流によって引き起こされる基礎の破壊現象）を防止するために必要なクリープ長（構造物と基礎との接触面に沿う流線の長さ）を十分に確保した形状のダムをいう。

(2) 取水口

1) 取水口は、一般に川の流れが直線的な所で、土砂や漂流物が流入しないように、河川に直角か、やや上流向きに設ける。

2) 取水口入口は、土砂の流入を防ぐため幅を広くして流入流速が0.3m/s～1.0m/s程度となるように設計する。(スクリーンに付着する塵芥を勘案すると、流入流速は0.5m/s程度が目安となる)。

3) 取水口の前面には、スクリーンを設ける。また、流木の接近を防ぐため「網場(あば)」を設けることもある。

4) 入口の敷高は、土砂の流入防止のため、取水ダムの土砂吐高よりも1m程度高くする（図 7-1-5 参照)、あるいは入口前面にもぐり堰を設ける。

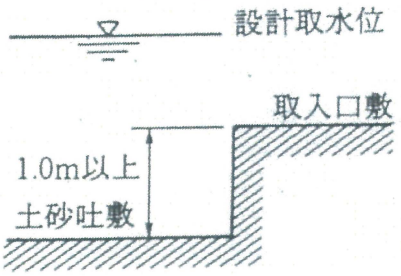


図 7-1-5 取水口の縦断形状

出典）土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「頭首工」P193

5) 渓流での取水方法として、堤頂部から取水する型式（チロリアン方式）も挙げられる。なお、既設の砂防ダムにチロリアン方式の取水設備を設置する場合は、砂防ダムにかかわる各種技術基準に抵触しないような配慮が必要である（写真7-1-1、写真7-1-2 参照)。

6) 必要に応じ、適切な個所に制水門、若しくは 角落しグルーブ を設ける。

写真 7-1-1 チロリアン方式による取水設備の例（その１）
http://h-2a-go.sakura.ne.jp/benri/damu_3/cina.html

写真 7-1-2 チロリアン方式による取水設備の例（その２）
既設砂防ダムを利用した
梶並発電所（岡山県企業局）の取水設備

(3) 沈砂池

1) 取水ダム直近には沈砂池を設置する。沈砂池はコスト及び施工性から地上式で計画するが、やむを得ない場合にはトンネル内に設置する場合もある。

2) 沈砂池は、取水とともに流入した掃流砂を沈殿させ、導水路内への土砂流入を防ぐものである。沈砂池内に堆積した土砂は、排砂時に掃流力で排除できる敷勾配とすることが得策である。

3) 沈砂池の必要長の計算は、次式による。この式は理論式であり、実際の設計では、余裕を見て算定された長さの２～３倍とするのが一般的である。

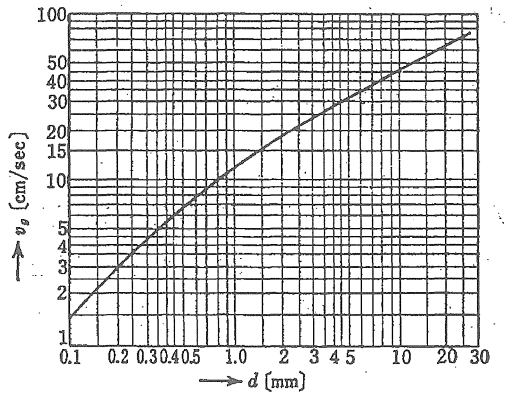
$$L \geq \frac{H}{v_g} V = \frac{Q}{B \cdot v_g}$$

$$L' = L \times \ (2 \sim 3)$$

$$L' = L \times \ (2 \sim 3)$$

ここに，

L	：	沈砂池の最小所要長（m）
L'	：	設計時の沈砂池の長さ（m）
H	：	沈砂池の水深（m）
B	：	沈砂池の幅（m）
V	：	沈砂池内の平均流速（m/s） （0.3m/s以内とする）
v_g	：	沈降すべき最小粒径の限界沈殿速度（m/s） （Vgの値は、通常砂粒径d＝0.5～1mmに対する値0.1m/sec程度をとる）
Q	：	流量（m^3/s）



砂粒子の平均径 d と
限界沈降速度 v_g との関係

出典）発電水力演習　千秋信一著　学献社

4) 必要に応じ、適切な個所に排砂門、角落しグルーブ等を設ける。

(4) 導水路

1) 水路式発電所における導水路は、特殊な箇所（サイフォン工等）を除き無圧水路が一般的である。

2) 導水路の勾配は、急過ぎると有効落差を減じ、また、流速が速くなるため水路内の摩耗が懸念され、逆に緩やか過ぎると土砂が水路内に堆積しやすいなどの支障を及ぼす。導水路勾配の目安を以下に示す。

施工可能最小断面の場合　　：ｉ＝1／1,000～1／3,000

Qmax で決まる断面の場合　　：ｉ＝1／800～1／1,000

3) 山岳地帯における導水路トンネルの施工方法としては、発破工法とＴＢＭ工法が挙げられる。発破工法における最小施工断面は幅1.8m×高1.8m程度であるが、最近はこのような小断面トンネルの施工技術者の不足が顕在化しつつある。

4) ＴＢＭ工法の最小施工断面は、掘削径2.6m程度である。なお、ＴＢＭ工法は施工速度が速いが機械設備費が嵩むため、一般的には延長が2.5～3ｋｍ程度以上の場合にその経済的メリットが得られる。

5) 開渠による導水路については、以下の事項に留意する。

① 側壁高は、水槽余水吐越流水位からの背水上昇を考慮した余裕高を設定する。

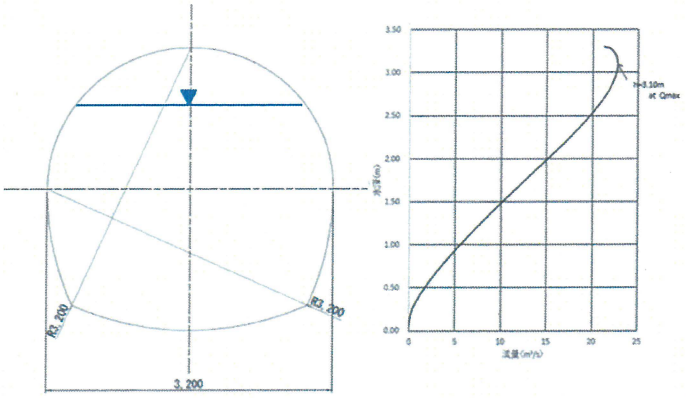
② 導水路終端に接続する水槽の水面に、ハンチング現象などの悪影響を与えない導水路線形や流速とする。

③ 地下水位による浮力に対し、安全な躯体重量とする。

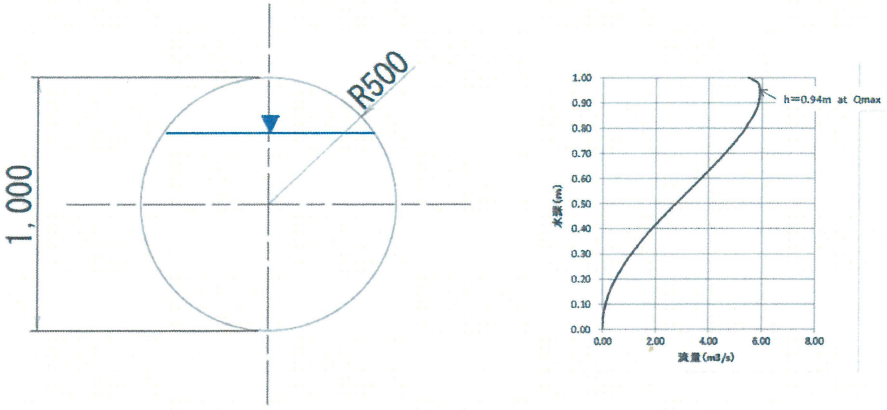
④ 降雪地帯では積雪が水路を閉塞しないように、あるいは山岳地帯では枯葉が多量に流入しないように蓋渠とするなどの配慮が必要である。

6) 馬蹄形及び円形断面水路の水理特性曲線

馬蹄形や円形断面の水路で開水路流を流下させた場合の水理特性曲線の例を**図 7-1-6** に示す。同図に示すとおり、天端付近に水位があるときは通水能力が減少するため、この特性を踏まえた上で通水時の設計水位及び余裕高を設定する必要がある。



標準馬蹄形における水理特性曲線



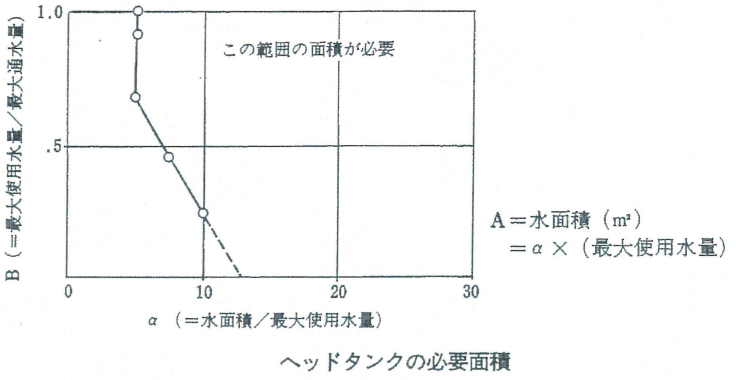
円形断面における水理特性曲線

図 7-1-6　馬蹄形及び円形断面水路の水理特性曲線

(5) 水槽（ヘッドタンク）

1) 水槽は、極力地山の安定した尾根部を選定する。

2) 水槽の水位調整器がハンチング現象を起こさないために必要な水面積（A＝5～10×Qmax）を確保する（図 7-1-7 参照、出典：中小水力発電ガイドブック P300）。



ヘッドタンクの必要面積

図 7-1-7 ヘッドタンクの必要面積

3) 水車ランナ等にゴミや夾雑物が絡まることによる水車性能低下やランナの損傷を防ぐ目的で、水槽にはスクリーンを設ける。

4) 水槽には、取水口からの流入量と水車を通過させる流量を一致させるためなどに必要な容量（水調運転容量）を確保する（図 7-1-8 参照）。

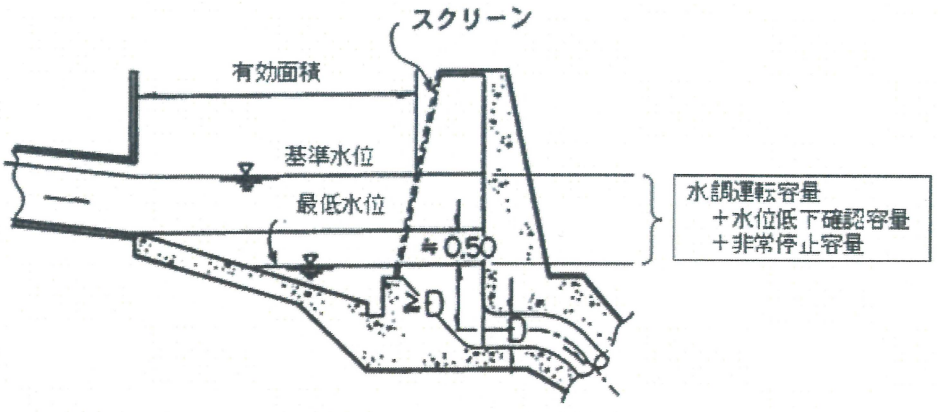


図 7-1-8 水槽模式図

出典）中小水力発電ガイドブック　P300

5)　水圧管の呑口は、渦が発生して空気が水圧管内へ連行されることがないように、常時の水位に対し２～３×Ｄ（Ｄ＝水圧管呑口の直径）のかぶり水深を確保する（図 7-1-9 参照）。

出典：水力発電所取水口における渦防止対策
https://www.chuden.co.jp/resource/corporate/news_88_N08815.pdf

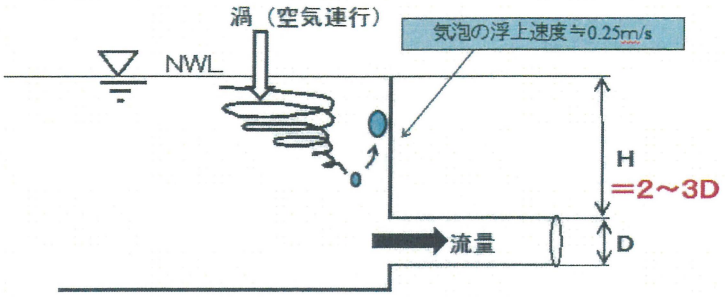


図 7-1-9 被り水深

気泡の浮上速度：出典：発電水力演習 P268

(6) 余水路

1)　余水路の配置

①　水槽の余水路は、水車が急に停止した場合（負荷遮断、水車急停止時や負荷急増時等）に水槽の余水吐きから越流した流水を河川に放流させる設備である。

②　余水路を流下する流れは、高速の射流となるのが通例であり、水路の屈曲部では衝撃波や空洞現象（負圧）を生じる恐れがあるため、できる限り直線的な配置が望ましい。

③　余水路が管路の場合、呑口部や屈曲部には十分な給気が必要であることから、空気管を設けることを前提として、流水中に空気の混入を考慮した管径を確保する。空気混入水流の空気混入量及び見かけの水深（空気の混入によってふくれ上がった水深）の算定は、例えば、Gumensky（ガメンスキー）の式が挙げられる（出典：発電水力演習　千秋信一著 学献社 P-263）。

④　余水路の終端部には、流水のエネルギーを適切に減殺する減勢工を設置する。

2)　余水路の省略

水力発電所のコストダウン方策として、「余水路の省略」が挙げられる。余水路省略のための代表的な方法を以下に示す。

①　導水路の空容量を利用する方法

導水路断面に余裕がある場合は、この余裕を利用して上流の取水地点付近（主として沈砂池）から余水を放流させる。

②　デフレクタ[注1)]を利用する方法

「デフレクタ放流」と呼称されるもので、ペルトン水車などデフレクタを装備する水車では、これを動作させることにより水脈がバケットに作用することを即時中断できることから、負荷遮断時等の過渡時に即応したニードルバルブ操作を行うことが避けられる。この方法は、極めて緩やかにニードルバルブを閉止するもので、水槽水位の上昇を大幅に抑えようとするものである。

注１）デフレクタとは
ノズルとランナバケットの間にあって、ジェット水流の向きを変えてそのエネルギーが水車に作用しないようにする装置をいう。

(7) 水圧管路

1) 水圧管路と動水勾配線

水圧管路は、いかなる場合でも、上流端の呑口水位を始点とする動水勾配線以下に水圧管路全体があるように設計しなければならない。動水勾配線以下に水圧管路を設計すれば、始点から終点までの縦断線形に凹凸があっても流水は流下するが、水圧管路からの抜水や排砂も配慮した縦断線形とするのが得策である。

動水勾配線とは、流下方向にピエゾ水頭（$E_p = p/(\rho g) + z$）の高さを連ねた線をいう。

また、ピエゾ水頭に速度水頭（$\alpha \cdot u_m^2/2g$）を加えた線をエネルギー線という。

ここに、ρ＝水の密度、g＝重力加速度、α＝エネルギー係数(一般的には1.1)、u_m＝管内平均流速、d＝管の直径、z＝位置水頭、ℓ ＝管路の延長、h_f＝摩擦損失水頭である（図 7-1-10 参照)。

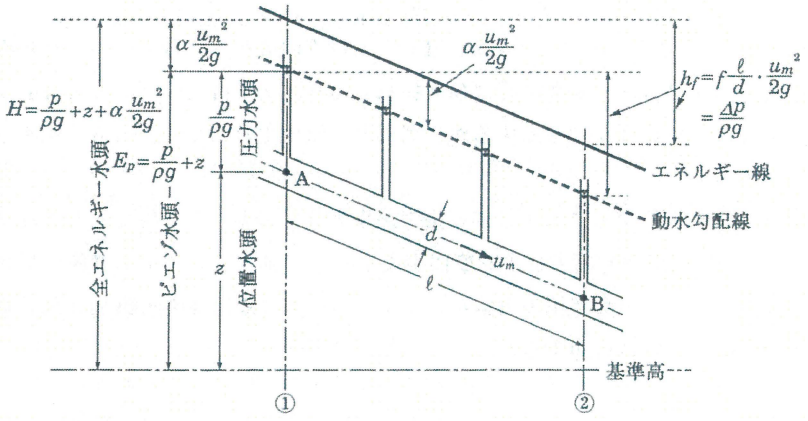


図 7-1-10 動水勾配線、及びエネルギー線

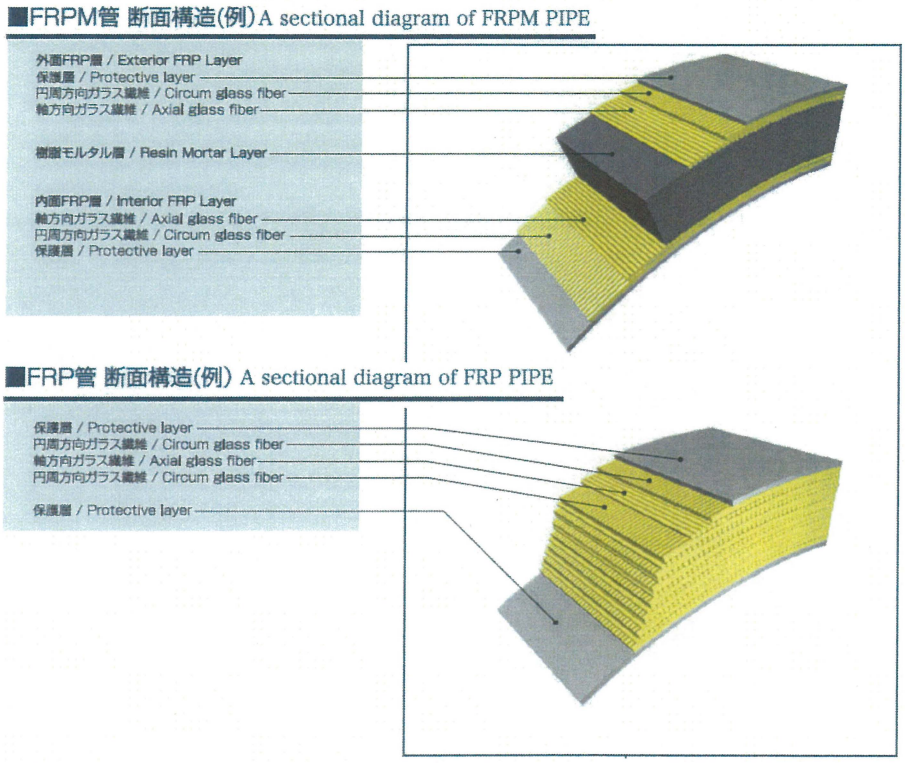
2)　管種及び管径

①　管種

発電用水圧管は、一般に鋼管、ダクタイル鋳鉄管及びＦＲＰＭ管[注2)]が採用されている。

注２）ＦＲＰＭ管及びＦＲＰ管（強化プラスチック複合管）

ＦＲＰＭ管は、強化プラスチック複合管（Fiberglass Reinforced Plastic Mortar Pipes）の略称で、ガラス長繊維及び不飽和ポリエステル樹脂からなる「ＦＲＰ層」と、珪砂及び不飽和ポリエステル樹脂からなる「樹脂モルタル層」を複合的に配置した構造となっている。また、外圧荷重が少ない場合では、「樹脂モルタル層」を含まない高圧用ＦＲＰ管を採用する場合もある。



ＦＲＰ（Ｍ）管の断面構造図

出典）水力発電用クリモトＦＲＰ（Ｍ）管 ㈱栗本鐵工所 カタログ

また、発電用水圧管に用いる管種として、平成22年9月に「水力発電設備の樹脂管（一般市販管）技術規程（社）日本電気協会 JEAC2601-2010」が制定された。同技術規程は、農業、上水道、下水道等において使用されている硬質塩化ビニル管等の安価で施工性の良い樹脂管を水力発電設備の水圧管路に適用する場合の、計画・設計・施工・保守管理について示した民間規定である。

表 7-1-1 に規定された樹脂管を示す。

表 7-1-1 管胴本体の材料

管　種		規　格
塩ビ管	硬質塩化ビニル管	JIS K 6741（2004）
	水道用硬質塩化ビニル管	JWWA K 127（2004）
	水道用ゴム輪形硬質ビニル管	JWWA K 129（2004）
	水道用ゴム輪形衝撃性硬質ビニル管	JIS K 6741（2004）
	水道用ゴム輪形硬質ビニル管	AS 31（2001）
	水道用ゴム輪形衝撃性硬質ビニル管	AS 33（2001）
	農業用水用厚肉硬質塩化ビニル管	AS 60（2000）
押出ポリ管	一般用ポリエチレン管	JIS K 6761（2004）
	水道用ポリエチレン二層管	JIS K 6762（2004）
	農業用高密度ポリエチレン管	農水ポリエチレン管協会規格 ISO 4427－2（2007）
リブ管	耐圧ポリエチレンリブ管	JIS K 6780（2003）
	内圧用高耐圧ポリエチレン管（ハウエル管）	高耐圧ポリエチレン管協会規格（HIPPAS－P01）

出典）水力発電設備の樹脂管（一般市販管）技術規程　P9

② 管径

水圧管の内径は、建設費と損失落差への影響を考慮して発電力及び発電電力量を求め、最も経済的な管径を選定する。普通、管内流速は約2～4m/s程度としているが、低落差の場合には管径を大きくし損失落差を少なくするほうが有利である。一方、高落差の場合には、ある程度有効落差を犠牲にしても、管径を小さくするほうが有利となることが多い。

3)　露出管路

水圧管路は、露出管路と埋設管路に分けられる。

露出管路は、以下のとおり計画する。

① 水圧管路は、極力地山の安定した尾根部を選定する。また、平面線形は、施工性を考慮して極力直線的になるよう計画する。

② わん曲部（勾配変化部）では、水圧管をコンクリート製のアンカーブロックで固定する。**写真 7-1-3** に露出管路の例を示す。

写真 7-1-3 真加子発電所（岡山県企業局）の
水圧管路、及び余水管路（露出管路）

③ アンカーブロック間の直線区間（**図 7-1-11** 参照）は、コンクリートサドル（一般的には 6m間隔　**図 7-1-12** 参照）、又はリングガーター（一般的には 18m間隔　**図 7-1-13** 参照）で支持する。

④ これらの支持間隔は、単管の長さ、現地までの輸送条件や仮設条件などを考慮して定める。

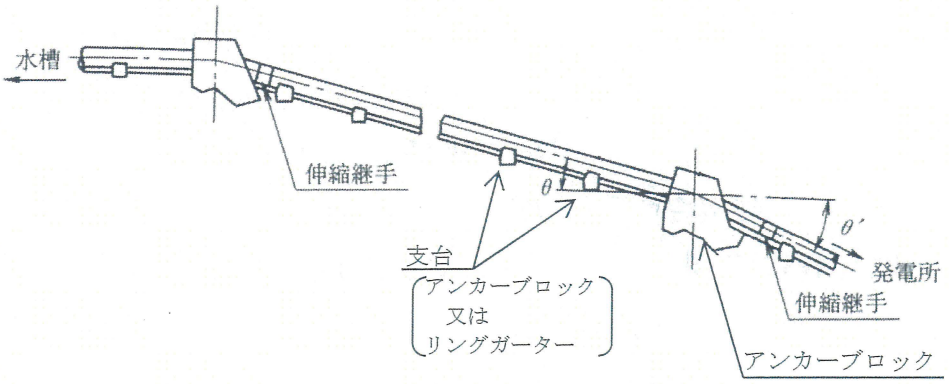


図 7-1-11 水圧管路のアンカーブロック及び支台

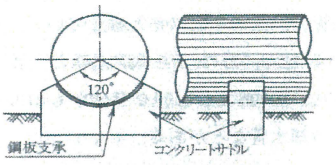


図 7-1-12 コンクリートサドル

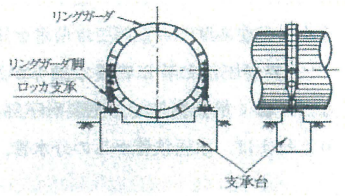


図 7-1-13　リングガーター

⑤　アンカーブロックは、水圧管に作用する荷重を確実に基礎に伝達するものでなければならない。そのため、十分な支持力をもつ基礎地盤の上に設けなければならない。これが困難な場合は適切な基礎工を施工し、十分な支持力を確保しなければならない(出典:水門鉄管技術基準　水圧鉄管・鉄鋼構造物編 P204)。また、ＰＳアンカー工法を用いることもある。

⑥ 小口径でわん曲部の不平衡力が小さい場合に、わん曲部以外の位置にアンカーブロックを設け、その間を曲管を含む連続梁として取扱い、わん曲部にアンカーブロックを設けない場合もある（出典：水門鉄管技術基準　水圧鉄管・鉄鋼構造物編 P203）。

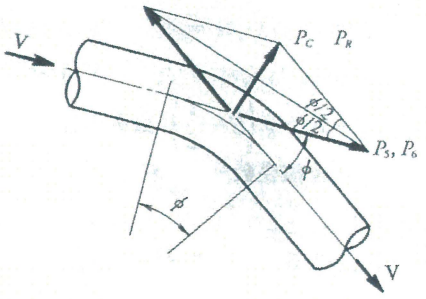
⑦ アンカーブロックの安定計算に考慮する荷重は、表 7-1-2 のとおりである。荷重の向きや組合せを適切に行うこと。

表 7-1-2 アンカーブロックの安定計算に考慮する荷重

荷　重	
(1) アンカブロックの質量	
(2) アンカブロックが支承する管及び水の質量	
(3) 管軸方向の推力	
	1) 管の自重による推力
	2) 管内水の摩擦による推力
	3) 漸縮管に作用する内圧による推力
	4) 伸縮接手に作用する内圧による推力
	5) 支承部摩擦力
	6) 伸縮接手摩擦力
	7) わん曲部に作用する遠心力による推力
	8) わん曲部に作用する不平衡力による推力
(4) 地震力	

出典）水門鉄管技術基準　水圧鉄管・鉄鋼構造物編 P209）

⑧ アンカーブロックの安定計算に考慮する荷重のうち、わん曲部に作用する推力を図 7-1-14 に示す。同図に示すとおり、遠心力（P_c）及び不平衡力（P_R）はわん曲部の外側方向へ働く。遠心力は管内流速（V）の２乗に比例し、不平衡力はわん曲部に働く水圧（P）に比例する。



P_c：わん曲部の遠心力
P_R：わん曲部の不平衡力
P5：わん曲部に作用する遠心力による推力
P6：わん曲部に作用する不平衡力による推力
ϕ：わん曲部の合成角

図 7-1-14 わん曲部に作用する力

4)　埋設管路

埋設管路は、以下のとおり計画される。

① 水圧管路を既設の道路に埋設することができるならば、地形の改変もほとんど不要であり、経済的となる場合が多い。

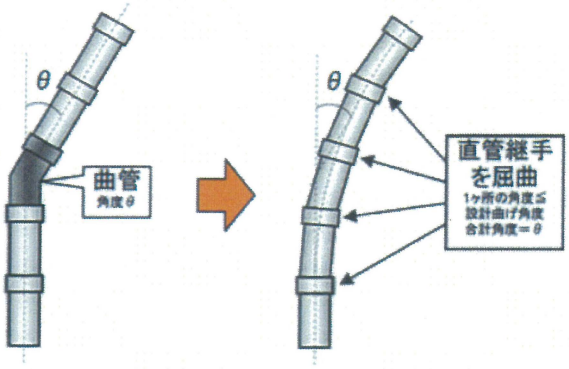
② 延長が長い埋設管路は、水中の浮遊土砂等が管内に沈殿することを避けるため、管内流速の最少限度は、設計時流量で 0.3m/s 以上とする（出典：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」P174)。

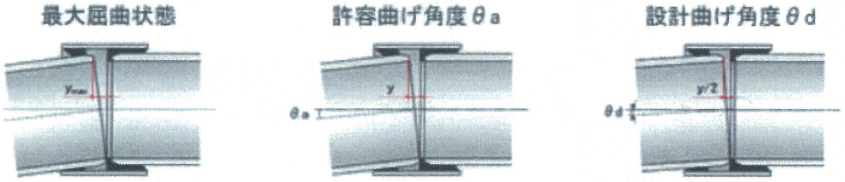
③ 埋設管路は、前掲表 7-1-1 に示す一般市販管の採用事例が増えてきている。これらの管は直線配管が原則であるが、継手部の設計曲げ角度内の曲げ配管も可能である。当該角度については、強化プラスチック複合管協会の資料を示すが（図 7-1-15 参照）、実施に際しては管種に応じ製造メーカーの技術資料等によること。

【参考　ＦＲＰＭ管の曲げ配管工法】

出典）強化プラスチック複合管協会

http://www.kyopla.com/magehaikan.html





呼び径	許容曲げ角度θa	設計曲げ角度θd
200～400	6° 00′～4° 30′	3° 00′～2° 15′
450～800	4° 00′	2° 00′
900～1000	3° 30′	1° 45′
1100	3° 00′	1° 30′
1200	2° 50′	1° 25′
1350	2° 40′	1° 20′
1500～3000	2° 30′	1° 15′

図 7-1-15 ＦＲＰＭ管の曲げ配管工法

④ 傾斜部管路の勾配の上限は、土と管の摩擦係数（μ）と管路勾配（上限）の関係は表 7-1-3 のとおりである。この角度以上の場合は上流管路の滑動力を埋設固定台などで受けるものとしている（出典：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」P422）。

表 7-1-3 土と管の摩擦係数μと管路勾配（上限）の関係

基礎の種類	管の種類	μ	上限管路勾配の目安
土基礎	コンクリート管 鋼管 ダグタイル鋳鉄管	0.5	0.5/1.5=0.33→18°
	硬質ポリ塩化ビニル管 ポリエチレン管 強化プラスチック複合管	0.3	0.3/1.5=0.20→11°
コンクリート基礎		tanδ	tan 25° →0.47/1.5=0.31→17° tan 30° →0.58/1.5=0.38→21°

注 1）コンクリートと土の摩擦係数は、μ=tanδ（δ：摩擦角）とする。
2）場所打ちコンクリートの場合は、$\delta=\phi$（基礎地盤の内部摩擦角、25° ～30° ）とする。

⑤ 埋設深さは、地質、地盤の状況、載荷重、地下水位、及び凍結深などを考慮して決定する。道路や農地では埋設深さの設計基準が定められており、当該基準に準拠しなければならない。

⑥ 地下水位が高く管内空虚時に浮力が作用する恐れがある場合には、管上部の土かぶりを深くし、寒冷地では凍結深度[注3)]より深く埋設する。

注３）凍結深度とは、地盤の凍結が起こらない地表面からの深さをいう。地面が凍結すると膨張して地盤が押し上げられるため、埋設している水圧管は凍結深度より深いところに設置する必要があり、凍結深度より浅く敷設すると基礎がゆがんだり水圧管が破裂するおそれがある。凍結深度は、地域によって異なり、定められた基準（例えば、道路土工　排水工指針 社団法人 日本道路協会）によっても異なる。

(8) 発電所

1) 発電所は、以下の事項に留意して計画する必要がある。

① 基礎地質が良い所

② 洪水により被害を受けず、河流の衝突しない所

③ 山崩れや、雪崩の恐れのない所

④ 屋外変電所や、送電線設備と取り合わせの良い所

⑤ 建設資材や、機器の運搬が容易で将来の維持・管理が容易な所

2) 発電所の平面寸法は、機器の配置、及び分解点検時の部品仮置スペースを考慮して決定する。

3) 近年の小規模な発電所では、建屋の簡素化や省略などが行われてきている。また、民家等に近接して発電所が計画されることも増えているが、このような場合は、発電所から生じる騒音についても十分な配慮が必要である。

(9) 放水路・放水口

1) 放水路の流速は、1m/s～2m/s程度を目安として計画する。

2) 放水口の位置は、以下の事項に留意して計画する必要がある。

① 河流中の土砂の堆積によって放水口が閉塞される恐れのない所

② 河流が直接衝突しない所

③ 洪水時に水面が著しく上昇せず、また洪水による被害の恐れのない所

④ 放水口下流近くで川幅が狭くなる部分がない所

7.2　電気設備の設計

(1) 水車の種類

水車の種類は、前掲「3.5 (5)水車の選定」の項に記すとおり、衝動水車と反動水車に大別される。

代表的な水車を**写真7-2-1～写真7-2-5** に示す。

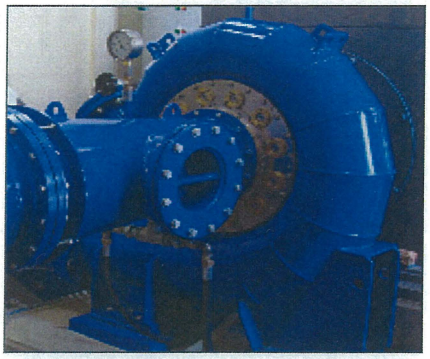


写真7-2-1 横軸フランシス水車

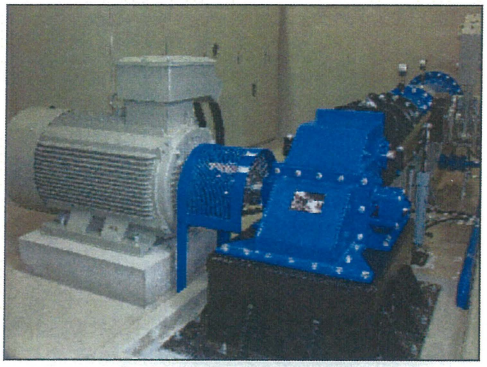


写真7-2-2 クロスフロー水車

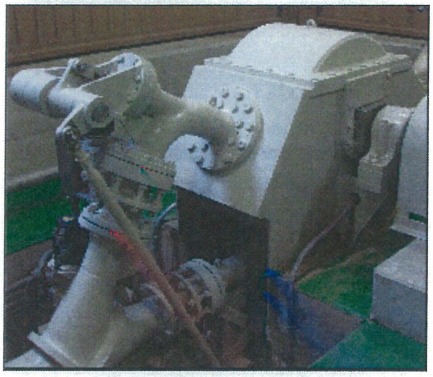


写真7-2-3 ペルトン水車

写真7-2-4 ポンプ逆転水車

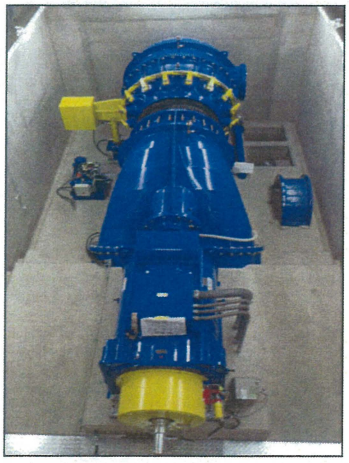


写真7-2-5
S型チューブラ水車（プロペラ水車）

(2) 水車型式の選定における留意事項

水車型式適用範囲が重なる場合の選定方法は、下記の事項が参考となる。

① 水車の出口圧の有無（衝動水車のランナは、構造・原理上水没状態にできない）

② ペルトン水車とフランシス水車の比較

ア 部分負荷で運転する時間が多い場合は、軽負荷時に効率のよいペルトン水車が有利である。

イ 水圧管路の勾配が比較的緩やかで長いときは、水圧管路の経済性を考え、負荷遮断時の水圧上昇率を少なくできるペルトン水車が有利となる。

ウ 発電所地点の洪水位が高いときや直接貯水池・調整池に放水路がつながっている場合などは、フランシス水車が有利である。

エ 比速度（N_s）は、フランシス水車の方が高くとれるので、発電機器価格及び建物等の工事費が軽減できる。

オ 水質の悪い河川や浮遊砂が多い場合では、摩耗・侵食に対する保守の容易なペルトン水車が有利である。

③ フランシス水車とクロスフロー水車（ガイドベーン分割型）の比較

ア 放水位の変動が大きい場合、及び洪水位が高い場合は、フランシス水車が有利である。

イ 効率は、低負荷領域ではクロスフロー水車の方が高く、全負荷領域ではフランシス水車の方が高くなるため、流量変化の少ない場合にはフランシス水車が有利である。

ウ 保守管理については、ガイドベーン枚数の多い複雑なフランシス水車よりガイドベーン枚数が２枚で分離の容易なクロスフロー水車の方が簡単である。

エ クロスフロー水車は、高落差になるほどN_sは小さくなり、極度にN_sが小さくなるとランナ幅が小さくなることから、ガイドベーンの分割が困難になる。

④ ポンプ逆転水車

ア ポンプ逆転水車とは、反動水車の一種で、一般的に使用されているポンプ（渦巻きポンプあるいは軸流ポンプ）を逆方向に回転させることで発電に使用する水車である。

イ ランナの羽根形状以外はポンプと同じ部品を使うことが可能であるため安価である。また寸法、質量なども小さく、設置が容易であり、維持管理についても通常のポンプと同様である。出力10～200kW程度、落差６～80m程度、流量0.02～1.0m^3/sが適用範囲とされている。

ウ 最高効率は75～80%未満と低く、ガイドベーンを有せず、流量や落差が常

時安定している箇所への設置が要求される。

ｴ　ポンプ逆転水車の採用に当たっては、価格面のメリットと効率面とのデメリットを総合的に考慮する必要があるが、水道施設やかんがい施設のパイプライン等で採用実績が多い。

(3) 水車の特性

出典）中小水力発電ガイドブック　P-105

1) 比速度（N_s）

比速度とは、ランナの形状を幾何学的に相似な状態で小さくして、１ｍの落差で１kWの出力を発生する水車を作った場合の回転速度である。落差と出力を一定とした場合には、回転速度の高低を表すことから比速度といわれる。

$$N_S = N \times \frac{\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

ここに、　N_s ：　比速度（m－kW）

N ：　定格回転速度（r/min）

H ：　有効落差（m）

P ：　有効落差Hにおける出力（kW）

比速度のとり得る上限値は次のとおりである。

ペルトン水車　　$N_s \leqq \dfrac{4,300}{H+200}+14$

フランシス水車　　$N_s \leqq \dfrac{23,000}{H+30}+40$

斜流水車　　$N_s \leqq \dfrac{21,000}{H+20}+40$

プロプラ水車　　$N_s \leqq \dfrac{21,000}{H+16}+50$

クロスフロー水車　　$N_s \leqq \dfrac{4,000}{H+14}+16$

注）比速度の算出に用いる出力は、フランシス水車、射流水車及びプロペラ水車ではランナ１個当たり、ペルトン水車ではノズル１個当たりの出力をとるものとする。

2) 回転速度

水車発電機の回転数（N）は接続する送電系統の周波数（Hz）と磁極（ポール）数によって次式で算定される。

$$N = \frac{120 \times f}{P}$$

ここに、　N　：　回転数（r/min）

f　：　系統の周波数（Hz）

P　：　発電機の磁極（ポール）数

ここで、回転数（N）は、主として発電機製作上から表7-2-1 に示すように標準回転速度が決められている。

水車の採り得る回転速度の上限値：N_ℓは、採り得る比速度の上限値：$N_{s\ell}$から次式でもとめられるが、これ以下でもっともこれに近い標準回転速度を選択するのが一般的である。

$$N_\ell = N_{s\ell} \times \frac{H^{5/4}}{\sqrt{P}}$$

表7-2-1 標準回転速度（JEC-4001）

（単位　r/min）

極　数	50Hz	60Hz	極　数	50Hz	60Hz	極　数	50Hz	60Hz
4	1,500	1,800	28	214	257	60	100	120
6	1,000	1,200	30	200	240	64	94	113
8	750	900	32	188	225	70	86	103
10	600	720	36	167	200	72	83	100
12	500	600	40	150	180	80	75	90
14	429	514	42	143	171	84	71	86
16	375	450	48	125	150	88	68	82
18	333	400	50	120	144	90	67	80
20	300	360	54	111	133	96	63	75
24	250	300	56	107	129	100	60	72

3) 吸出し高さ（H_s）

吸出し高さとは、反動水車の吸出し管出口水位から水車ランナ基準面（図7-2-1参照）までの高さをいい、ランナの基準面が吸出し管出口水位より高い場合には正号（＋）をとり、低い場合は負号（－）をとる。

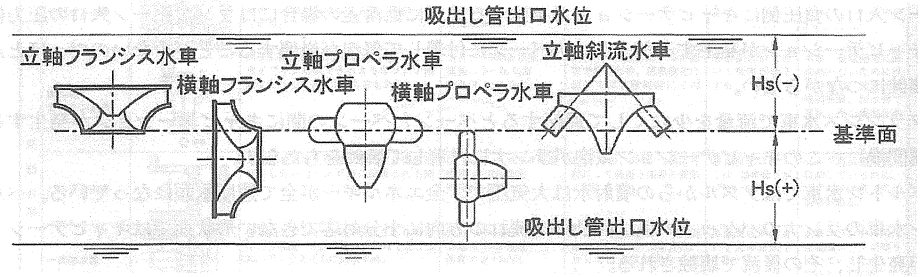


図7-2-1 吸出し高さ

出典：鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）平成26年12月

4) 無拘束速度

水車が出力運転中に負荷の急遮断など界磁による拘束がなくなると回転速度が急上昇し、当該時点での水力による水車への入力と発電機を含めた機械的な回転力の釣合いがとれるまで回転速度が上昇する（図 7-2-2参照）。この回転速度を無拘束速度という。通常の状態では無拘束速度となることはないが、事故などにより無拘束速度となる可能性はあるので、水車・発電機は、一定時間はこれに耐えられる設計を要求するのが通例である。

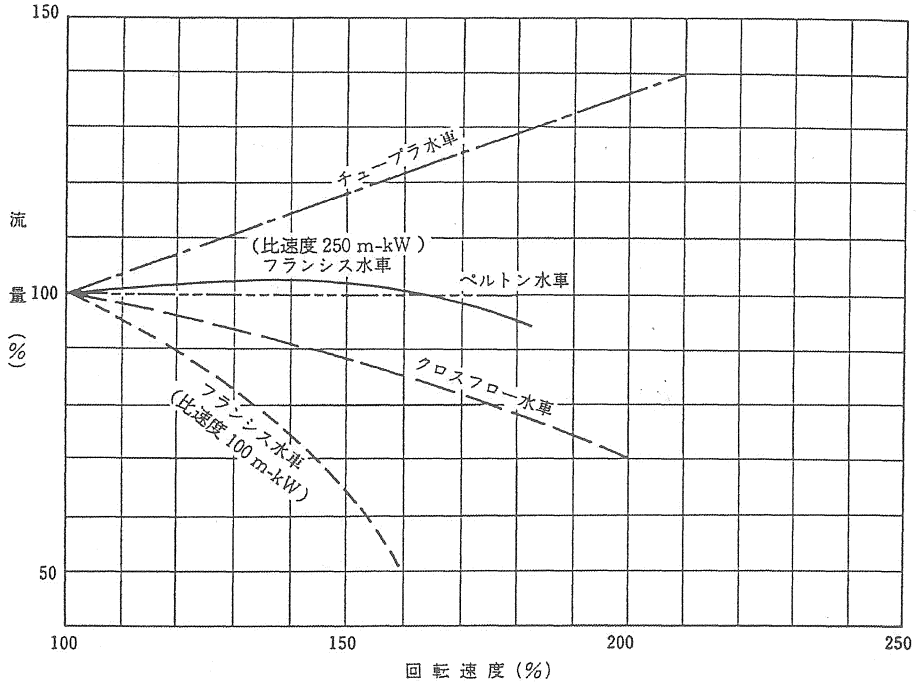


図7-2-2 各種水車の速度に対する流量特性図

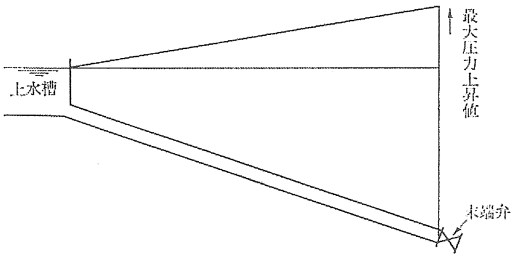
出典：鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）平成26年12月 P-71

5) 水撃圧

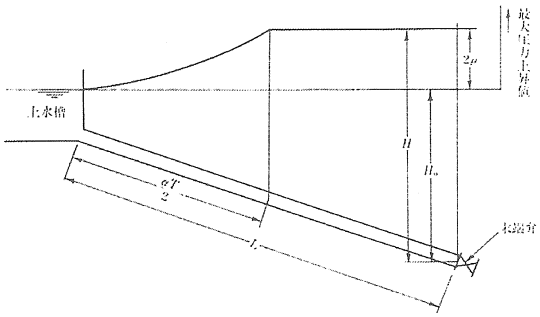
主としてガイドベーンの操作により、負荷を増減するときに生じる管内流速の変化に応じて圧力波が生じる。これに伴う圧力を水撃圧といい、最大値は閉塞器の中心位置（フランシス水車ではガイドベーン、ペルトン水車ではニードルバルブ）で最大値となり、上部に行くに従って漸減し水圧管呑口の水面で 0 となる。

一般に、水を非圧縮性流体とし、管路中の水を「水の柱」と仮定し、圧力波の伝播速度等を用いて水撃圧を算定する。

以下に、水車が負荷遮断した時に水圧管路に働く最大圧力分布を、緩閉塞時（通常の場合）と、急閉塞時（クロージングタイムが水圧管路を伝搬する圧力波の往復時間より短い場合）を模式図で対比する。



緩閉塞領域の最大圧力上昇



急閉塞領域の最大圧力上昇

出典：水撃作用と圧力脈動　秋元徳三著　日本工業新聞社 P-22, P-24

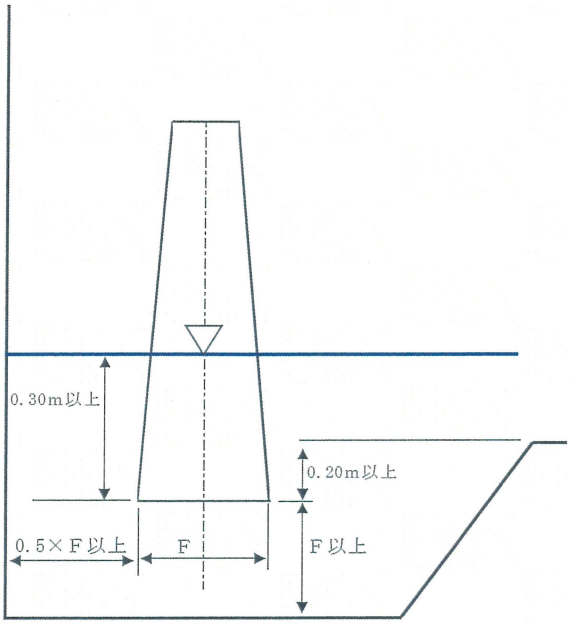
緩閉塞とは　　水車のガイドベーン閉塞時間　＞　水圧管路を往復する圧力波の時間

急閉塞とは　　水車のガイドベーン閉塞時間　＜　水圧管路を往復する圧力波の時間

また、水圧管路の延長が相当に長い場合、ガイドベーンのクロージングタイムを長くとったとしても、負荷遮断時において水車の特性上、急激な流量変化が水圧管路に生じ、大きな水撃圧（急閉塞に類似の水理的挙動）が生ずる場合もある。このような場合は水車・発電機の回転軸に質量を付けることで「はずみ車効果：GD^2」の増加を図り急激な回転上昇、すなわち急激な流量変化を抑制する。

【参考：吸出し管（コーン型ドラフトチューブ）に対する放水庭の基本形状】

反動水車のドラフトチューブ（吸出し管）は先端を水没させなければならない。横軸フランシス水車では一般的なコーン型ドラフトチューブにおける放水庭の基本形状を、図 7-2-3 に示す。



出典）昭和６１年度ダム管理用発電設備設置計画の手引き　P93

図7-2-3 コーン型ドラフトチューブの場合の
放水庭の基本形状

(4) 水車・発電機効率

1) 水車・発電機の変流量効率（中小水力発電ガイドブック P-108～P-126）

水車・発電機効率（合成効率）は、流量の変化（変流量効率）及び落差の変化（変落差効率）を考慮する必要がある。

ここに、　合成効率 ＝ 水車効率×発電機効率

図 7-2-4 に例として比速度（Ns）の異なる４機の横軸フランシス水車の相対構成効率曲線[注1)]を示すが、最大使用水量に対し使用水量が少なすぎると水車にキャビテーションが発生し損傷を与えることになるため、このような水量のときは発電を停止することになる（図 7-2-5 参照）。すなわち、この範囲を考慮して、後述する水車・発電機の合成効率を用いて発電電力量を算定する。

このように使用水量（Q）と最大使用水量（Q_{max}）の比（流量比）に応じて効率が変化することを変流量効率という。

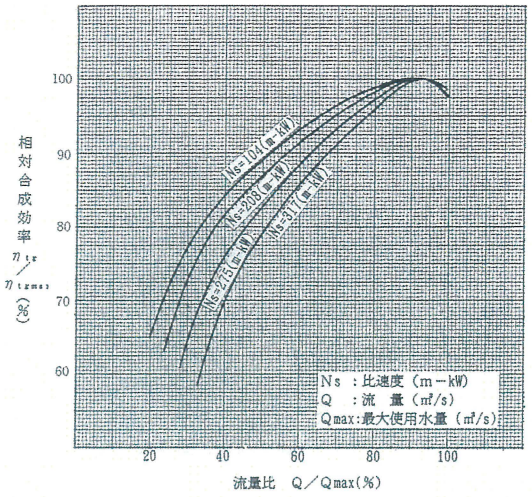


図 7-2-4
横軸フランシス水車の相対合成効率曲線

注１）相対合成効率曲線
100％出力時の合成効率を100％として各部分負荷時の合成効率を表している曲線をいう。

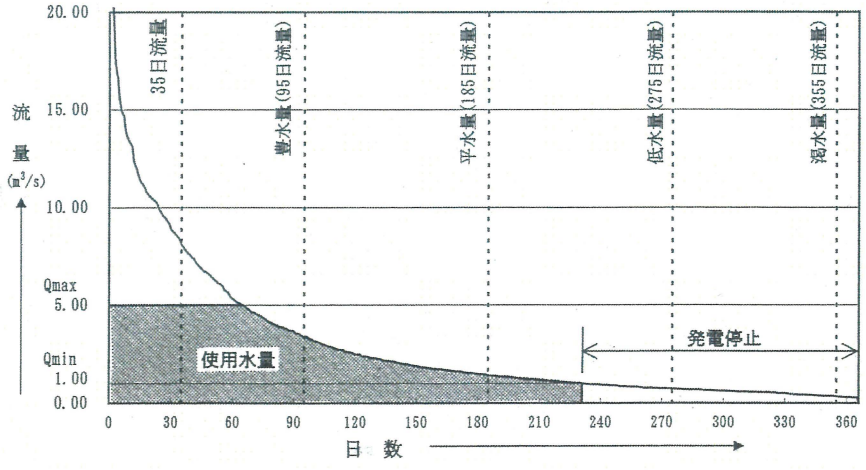


図 7-2-5 使用水量と流況（維持流量控除後）

2) フランシス水車の等効率曲線図（中小水力発電ガイドブック P-127）

図7-2-6 は，フランシス水車の等効率曲線図といわれるもので，通称“目玉カーブ”とも呼ばれているものである。横軸は流量，縦軸は有効落差を示し，Ａ－Ａ断面は基準有効落差[注2)] 時における変流量効率である。

ちなみに，Ｂ－Ｂ断面は基準有効落差を挟む変落差効率である。

注２）基準有効落差とは

水車を設計する場合の基準となる落差をいい，一般的には，日々変動する流量の頻度などを勘案して、最も効率良く発電できる落差として定める。

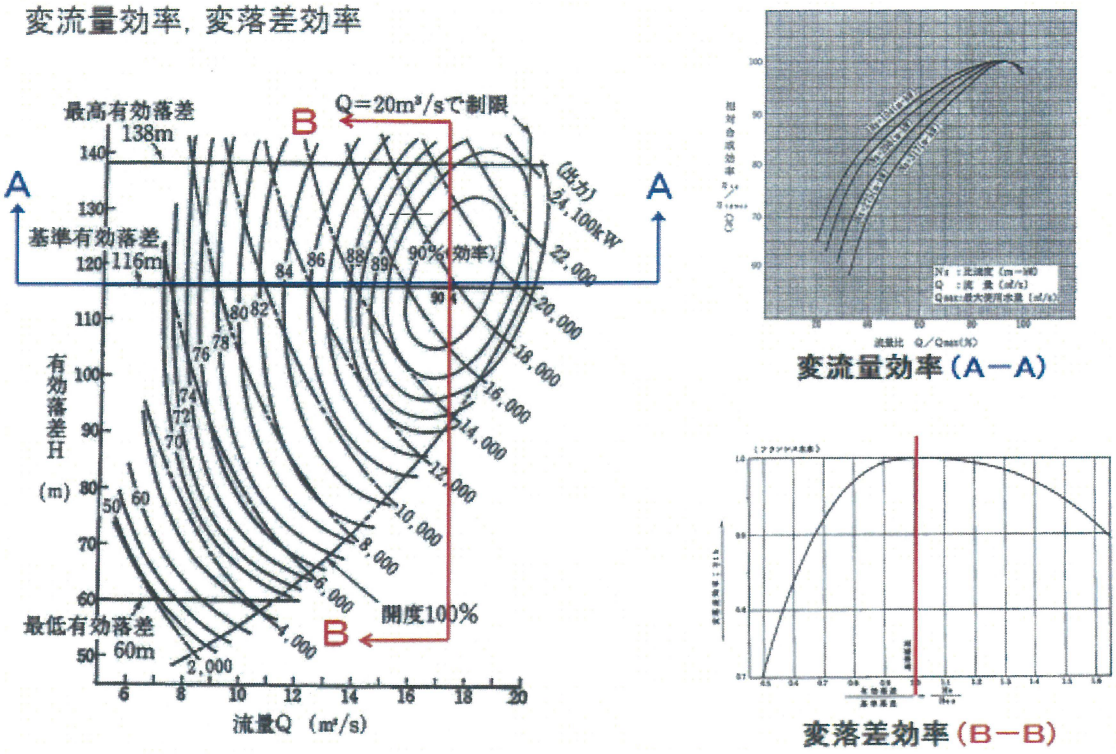


図 7-2-6 フランシス水車の等効率曲線図

注２）ペルトン水車、クロスフロー水車等の効率曲線図は割愛するが、必要に応じ中小水力発電ガイドブック（P120～126）を参照されたい。

3) 発電機効率

定格出力時における発電機効率の目安を図 7-2-7 に示す。同図は、定格電圧、定格力率（95%時）、及び最大出力時（100%出力）の効率である。

同図に示すとおり、発電機出力が小さくなるにしたがい、発電機効率は低下する。

図 7-2-7 から発電機の定格出力時の効率を求め、図 7-2-8 により同期発電機と誘導発電機の部分負荷効率の概算値を求めることができる。

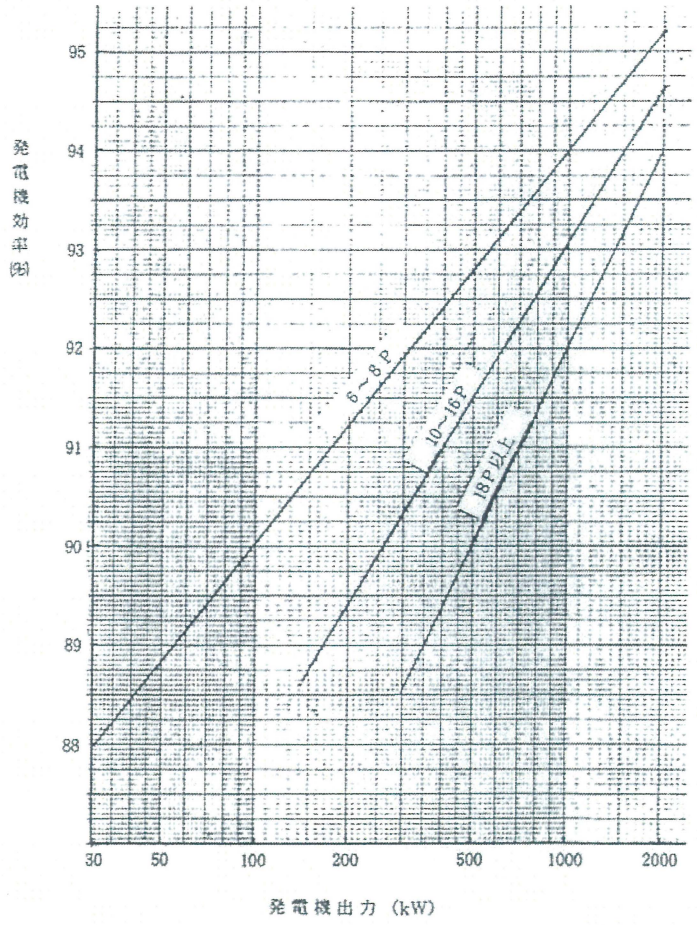
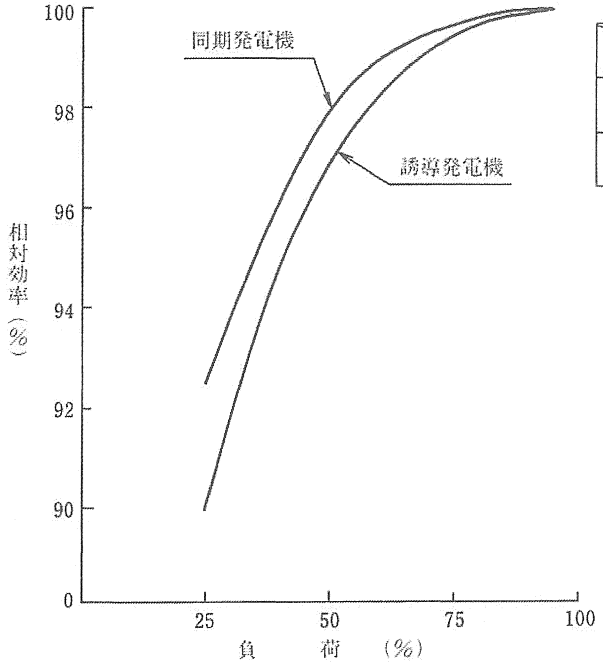


図7-2-7 発電機定格出力時の効率（目安値）

出典：鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）平成26年12月 P-79



種類＼負荷(%)	100	75	50	25
同期発電機	100	99.7	98.0	92.5
誘導発電機	100	99.5	97.0	90.0

（注）相対効率：100％出力時の効率を100％として各部分負荷時の効率を表わしている。

図7-2-8 発電機部分負荷効率（目安値）

出典：鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）平成26年12月 P-80

(5) 発電機の種類と特徴

1) 誘導発電機と同期発電機の比較

発電機には、同期発電機と誘導発電機が代表的であり、一般には前者のものが使用されるが、しっかりした電力系統に接続される小容量の水力発電には後者が使用される場合も増えてきている。誘導発電機と同期発電機の比較を表 7-2-2 に示す。

なお、誘導発電機の採用の可否は、連系する送電系統における保安の確保等を前提として、地元電力会社との協議により決定すべき事項である。

表7-2-2 誘導発電機と同期発電機の比較

	誘導発電機	同期発電機
回転子の構造	かご形回転子で簡単。	界磁巻線や交流励磁機（又はスリップリング）をもち複雑。
励磁装置	不要。	必要。
保守	構造が簡単で励磁装置もなく保守が容易。	界磁巻線や励磁装置等の保守点検を要す。
価格	安価であるが低速機は割高。	誘導発電機よりは高価。
効率	良いが低速機は悪くなる。	良い。
容量	大容量機は製作困難、数千kW以下が適当。	大容量機でも問題ない。
並列時の同期合せ	不要。	必要。
並列時の突入電流	強制並列なので大きな過渡電流が流れる。系統の電圧降下を抑えるためにリアクトルの必要な場合がある。	同期を合わせて並列に入れるので過渡電流は小さく系統の電圧降下に問題ない。
無効電力	負荷に供給できないうえに励磁電流分を系統から取り込む。	定格力率以内は負荷に合わせて供給可能。
力率	力率が悪いため、力率改善コンデンサが必要となる場合が多い。	通常、定格力率 0.90～0.98（遅れ）とする。
単独運転	通常できない。	常に可能。

出典）中小水力発電ガイドブック　P-102

2) 誘導発電機の運転上の問題

① 並列時の突入電流による電圧降下

誘導発電機を系統に並列する時は、回転速度を系統の周波数に対応する同期速度にできるだけ近づけ発電機用遮断器を投入するが、この場合定格電流の約5～10倍の突入電流が数サイクル程度流れたのち定格電流以下まで減衰する。系統の容量によっては、この突入電流により系統の電圧降下が大きく他の設備に影響を与えることもあるので、あらかじめその影響を検討する必要がある。

② 力率の改善

誘導発電機は接続される系統から励磁電流を取って運転するので、単独運転はできず力率も調整できない。

この励磁電流の分だけ系統に無効電力の負担を及ぼす。力率を改善する場合には発電機に並列にコンデンサを接続する必要がある。

③ 自己励磁現象

誘導発電機の力率改善用コンデンサなどが接続され発電機と並列に接続されるコンデンサ容量が大きな状態で負荷遮断が行われると、コンデンサの進み電流により発電機が励磁され、高い電圧を誘起する自己励磁現象を発生する場合がある。

これを防止するため発電機の無負荷飽和特性とコンデンサの電圧、負荷特性を十分検討し、コンデンサの容量を適切に選定する必要がある。

自己励磁現象を検討する際の静電容量としては、力率改善コンデンサ、他需要家及び線路に設置されているコンデンサ、配電線及び発電機回路に使用されているケーブル等がある。したがって、線路停止時に自動的に発電機を解列する装置が必要となる。

(6) スクリーン

水車ランナにゴミや夾雑物が絡まることによる水車性能低下やランナの損傷を防ぐ目的で、取水口及び水圧管の呑口にスクリーンを設ける。

スクリーンの有効間隔（目幅）は、水車の種類や寸法、及びゴミ等の量や質を考慮して決定する必要があるが、入口弁口径がφ200㎜～φ800㎜程度でのスクリーンの有効間隔は20～30㎜程度である（図 7-2-9 参照）。

なお、実際には、各機器により要求もあるため、メーカー技術資料等を参考とすることも必要である。

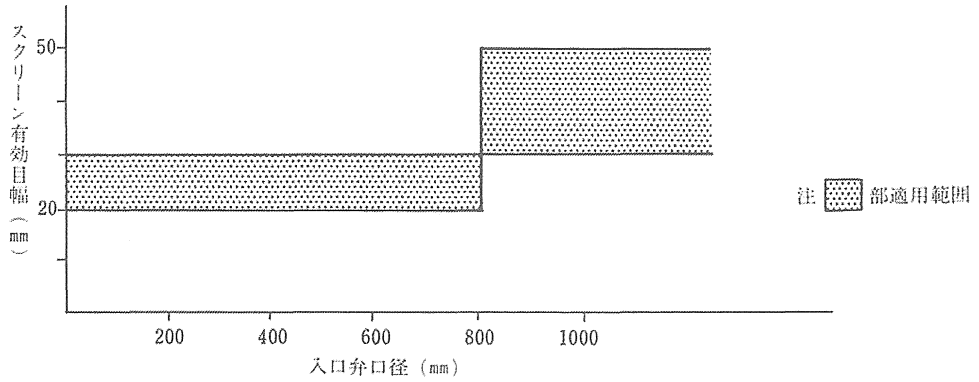


図7-2-9 スクリーンの有効間隔（目幅）参考値

出典）鋼構造物計画設計技術指針
（小水力発電設備偏　農水省構造改善局 昭和61年 P43）

また、フランシス水車の場合、経験的に水車ランナ径の５％程度を目安とする場合もある（中小水力発電ガイドブック P-65）。

ここに、水車ランナ径の概算値は、中小水力発電ガイドブック P-110 記載のフランシス水車諸元算定手順によって概略値（D_1の値）が算定できる。

(7) 送変電設備

本項については、「鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）平成26年12月 例えば技術参考資料 P115を参考とした。

1) 発電規模と系統電圧

発電機の電圧は、接続される系統電圧及び主変圧器の有無等の主回路接続方式並びに変圧器、遮断器、開閉装置及びケーブル等による経済性を検討して決定されることになるが、2,000kW以下の小規模な水力発電では、次の容量区分が一般的である。

発電機容量	発電機電圧
2,000～300kVA	6,600又は3,300V
300kVA以下	440又は220V

注）系統とは、電気事業者が電気の需要に応じるため電源（水力、火力及び原子力発電所など）から電力輸送設備（変電所、送電線及び配電線）を経て負荷にいたるまでの全ての要素が有機的に密接に連系され、電力の発生から消費まで行っているものを総称したものである。

系統連系規程では、電圧階級と１つの系統構成について、以下のとおり定めている。

低圧とは	600V以下
高圧とは	600Vを超えて7,000V以下
特別高圧とは	7,000Vを超えるもの

2) 系統電圧の変動

配電線の電圧は、需要家に影響を与えないよう電気の供給地点において維持すべき変動の幅が法規で規定されている。したがって、発電所を接続することにより、この規定値を超過しないように考慮しなければならない。

このため、最も大きな電圧変動が予想される並列投入時については、線路特性も含めて検討し、同期発電機の場合には同期投入装置の設置、誘導発電機の場合には突入電流を抑えるためのリアクトルの設置を考慮する必要がある。

3) 系統力率の保持

誘導発電機の場合は、系統より無効電力の供給を受けるため系統の力率を低下させる。力率低下の程度は、発電機が低速機となるほど大きい。系統によっては、この力率低下

を改善するため発電機に並列に電力用コンデンサを設置することを電気事業者より要求される場合がある。

なお、このコンデンサを設置した場合は、解列時自己励磁現象により高電圧を発生することがあるので、その容量の決定に当たっては十分注意する必要がある。

4) 負制動現象

同期発電機の場合、発電機を含めた線路のリアクタンスXと抵抗Rの関係X/Rが大きくなると発電機が乱調を起こすことがある。特に、配電線に接続される制動巻線なしの発電機によく生じるので、接続される配電線の特性を調査の上、発電所側の対策が必要となる場合がある。

5) 保護方式

発電所内の故障による配電線に影響を及ぼさぬようにすることや、配電線故障に対する対応方法、発電機の単独運転防止等、電気事業者と保護方式について協調をとる必要がある。保護装置の種類については、ここでは割愛するが「系統連系規程 （社）日本電気協会」等を参照されたい。

6) 配電盤及び制御盤

① 盤の構成

盤構成（７面構成）の１例を表 7-2-3 に示す。

表7-2-3 標準的な盤構成

	盤名称
高圧盤	ＶＣＴ盤
	送電遮断器盤
	発電機遮断器盤
	所内盤
低圧盤	発電機盤
	保護継電器盤
	ＡＶＲ盤
	自動制御盤
	直流電源盤

高低圧配電盤配置図（７面構成）及び概略寸法・概略重量を図 7-2-10 に示す。

② 配置図

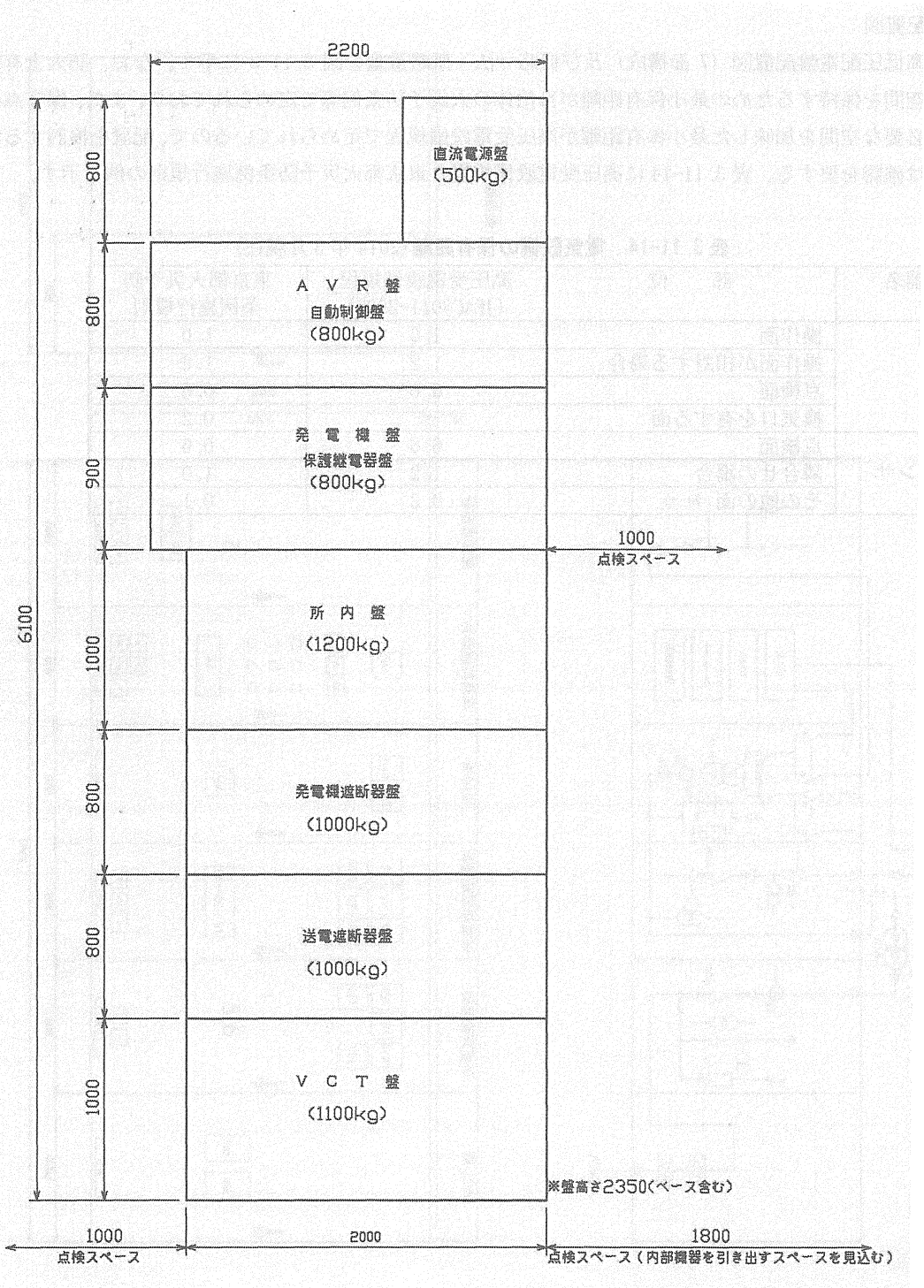


図7-2-10 高低圧配電盤配置図（７面構成）

出典)「鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）平成26年12月
技術参考資料 P279

８．運転・保守管理
および主任技術者の実務

8．運転・保守管理および主任技術者の実務

8.1 運転・監視制御

従来の大規模水力発電所では高度な制御ならびに保護を行っている場合が多いが、中小規模の発電所は電力系統に対する重要度が低いので、系統運営の障害とならない範囲で、制御、保護方式の簡略化を図ることが必要である。

(1) 運転制御方式の種類

出典）「鋼構造物計画設計技術指針(小水力発電設備編) 平成 26 年 12 月
技術参考資料 P228

1)操作場所による運転制御方式

(ｱ)機側操作方式

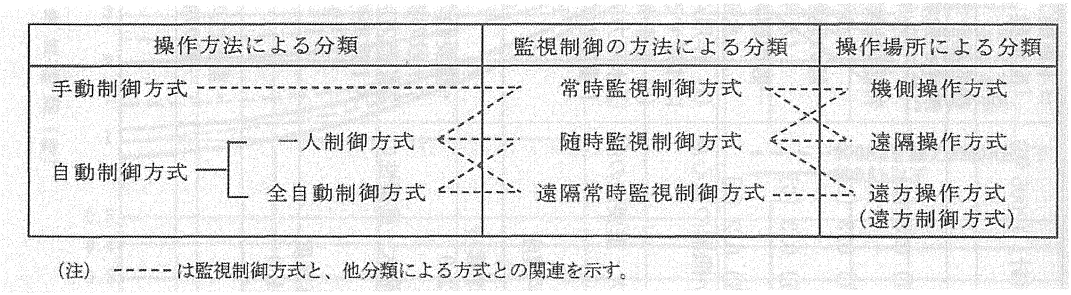
水車、発電機、補機等を直接監視することのできる場所で操作する方式で、一般に配電盤が主機の単独操作によって行われることが多く、運転員が各種器の正常な動作を確認しながら、各機器を単独に操作（手動制御）することになる。

(ｲ)遠隔操作方式

水車、発電機、補機等を配電盤室等から遠隔に操作する方式で、監視制御盤が主機の位置から離れた配電盤室に設備される場合に採用される。この操作方式は、水車等の運転状態を監視制御盤上に表示して、これらの計器を目視しながら水車等を連動操作（一人制御）によって行うものである。

(ｳ)遠方操作方式（遠方制御方式）

発電所から離れた制御所から水車等を運転操作する方法で、通常故障の場合には自動停止して、制御所に警報するように設備された自動運転方式である。



2)操作方法による運転制御方式

(ｱ)手動制御方式（単独操作方式）

水車、発電機の始動・運転・停止並びに諸制御を機側で運転員の判断と操作によって行う方式である。水車、発電機及び附属機器等が直接監視できる場所で、換作する配電盤が主機の近くに設置される場合に採用される。この方式の場合には、各機器の操作手順はそれぞれ単独操作によって行われることが多く、運転員が各機器の正常

な動作を確認しながら、それぞれの機器を単独に操作することになる。

(ｲ)一人制御方式（連動操作方式）

この方式は水力発電所の自動制御方式の基本形であり、多くの発電所で採用されている。配電盤室で、運転員が操作スイッチを操作することによって補機類の始動を行い、始動条件が満足されると水車の始動、発電機の電圧発生、並列など電力の発生に必要な操作が順序よく自動的にできるようになっている。配電盤上の主制御スイッチを「運転」に操作し、運転条件が満足されると水車が自動的に始動する。

(ｳ)全自動制御方式

運転員が操作しなくても、あらかじめ定められた条件（例えば水位が規定値、始動の設定時刻、送電線が規定電圧など）により、水車、発電機を自動始動させて系統に並列に入れる。出力調整は水位調整器や予定のスケジュール（プログラム運転）などにより、自動的に行われ、事故時やあらかじめ定められた条件（例えば水位が規定値以下、停止の設定時刻、送電線が無電圧など）で自動停止を行う方式である。

(2) 監視制御方式の分類

監視制御方式は「電気設備に関する技術基準」第46条（常時監視をしない発電所等の施設）に基づき定められた発変電規程第2－1条（日本電気協会）に、次の4種類に分類されている。

① 常時監視制御方式
② 遠隔常時監視制御方式
③ 随時監視制御方式
④ 随時巡回方式

すなわち、常時監視しない発電所の監視制御方式は、上記②から④である。近年は、電力用機器の信頼度の向上、保護装置の充実により、ほとんどの発電所が、常時人がいない発電所となっている。

表 8-1-1 に水力発電所の監視制御方式を分類して示す。各監視制御方式の適用条件は、発変電規程で表 8-1-2 のとおり規定されている。

水車及び発電機の運転・停止を監視操作する装置、水車及び発電機の負荷を調整する装置、運転操作に常時必要な遮断器の開閉を監視する装置については、監視制御方式の種類に応じて施設する場所が、発変電規程で規定されている（表 8-1-3 参照）。

表 8-1-1 水力発電所の監視制御方式

区　分	種　　類	定　　義
発電所において常時監視をするもの	常時監視制御方式	技術員が発電所又はこれと同一構内に常時駐在し、発電所の運転状態の監視及び制御を行うものをいう。
発電所において常時監視をしないもの	遠隔常時監視制御方式	技術員が制御所に常時駐在し、発電所の運転状態の監視及び制御を遠隔で行うものをいう。
	随時監視制御方式	自動負荷調整装置又は自動負荷制限装置を施設する発電所であって、技術員が発電所に出向き、監視又は制御その他必要な措置を行うものをいう。
	随時巡回方式	自動負荷調整装置又は自動負荷制限装置を施設する発電所であって、技術員が適当の間隔をおいてその発電所を巡回し、運転状態の監視を行うものをいう。

表 8-1-2 水力発電所の監視制御方式の適用条件

（発変電規程第 2-2 条）

項　目	常時監視制御方式	遠隔常時監視制御方式	随時監視制御方式	随時巡回方式
発電所の出力	制限なし	制限なし	制限なし	2,000kW 未満
発電所に施設する変圧器の使用電圧	制限なし	制限なし	170kV 以下	170kV 以下
切替操作頻度	制限なし	制限なし	送電系統の切替操作頻度が少ないこと。ただし、制御所又は技術員駐在所から切替操作を監視し、かつ、操作する装置を施設する場合はこの限りではない。	送電系統の切替操作が非常に少ないこと。

表 8-1-3 水力発電所の監視操作装置等の施設箇所

（発変電規程第 4-15 条）

種類 / 項目	常時監視制御方式	遠隔常時監視制御方式	随時監視制御方式	随時巡回方式
水車及び発電機の運転・停止を監視及び操作する装置	当該発電所	当該発電所 制御所	当該発電所	当該発電所
水車及び発電機の負荷を調整する装置	当該発電所	当該発電所 制御所	当該発電所	当該発電所
運転操作に常時必要な遮断器の開閉を監視する装置及び操作する装置	当該発電所	当該発電所 制御所	当該発電所	当該発電所

8.2 保守管理

(1)保安規程に基づく保守管理

保守管理にあたっては次のような事項について保安規程を定め、主任技術者の責任監督のもとに運営管理する。

保安規程に定めるべき事項（施行規則第 50 条第 3 項）

①電気工作物の工事、維持、又は運用に関する業務を管理する者の職務及び組織に関すること
②電気工作物の工事、維持、又は運用に従事する者に対する保安教育に関すること
③電気工作物の工事、維持、又は運用に関する保安のための巡視、点検及び検査に関すること
④電気工作物の運転又は操作に関すること
⑤発電所の運転を相当期間停止する場合における保全の方法に関すること
⑥災害その他非常の場合に採るべき措置に関すること
⑦電気工作物の工事、維持、又は運用に関する保安についての記録に関すること
⑧電気工作物の法定事業者検査又は使用前自己確認に係る実施体制及び記録の保存に関すること
⑨その他事業用工作物の工事、維持及び運用に関する保安に関し必要な事項

(2)保守業務

保守業務は設備の機能を保ち、劣化・損傷等から守ることであり、主とした日常的な業務は次のようなものである。

表 8-2-1 保守業務の主な内容

種　類	内　　容
巡　視	設備を巡回して異常の有無、補修の要否を把握する （定期、臨時、細密）
点　検	設備の状態把握及び機能確認を行う（定期、臨時、細密）
計測試験	設備の安全性及び性能確認を把握するため点検等に合わせて行う
補修作業	発見された設備及び関連構造物の不具合を補修する

土木設備の保守管理にあたっては、構成する各設備の構造、特徴を熟知し、日常の巡視ならびに点検、手入れを入念に行うとともに、ゲート等の適切な操作によって、事故を未然に防止し、発電が支障なく行われるよう努めなければならない。

電気機械設備の保守点検においては、設備の性能、構造及び部品の異常の有無を調査し、その傾向を把握することで設備の健全な維持につなげていくことが大切である。

(3)報告

電気事業者は電気関係報告規則により、定期報告（第 2 条）、事故報告（第 3 条）および必要な報告をすることが定められている。

定期報告：発受電月報（電気事業者）

自家用発電所運転半期報（自家用電気工作物（出力千 kW 未満の発電所を除く）を設置する者）

事故報告：感電、電気工作物の破損、電気工作物の誤操作、電気火災事故、社会的に影響を及ぼした事故等

【速報】24 時間以内に所定事項を電話、ファックス等の方法で報告する

【詳報】30 日以内に所定の報告書により報告する

8.3 主任技術者の実務

(1)主任技術者の職務

主任技術者は、通常の業務執行における指揮・監督関係とかかわりなく、電気工作物の工事、維持および運用に関する保安監督の責任と権限を有し、保安規程に基づいて次のような職務を誠実に行う。

①保安のための諸計画の立案にあたり、関係責任者に指示、指導・助言を行う。

②保安上必要な場合には、関係責任者に指示、指導・助言を行う。

③保安活動の実施状況の記録内容を点検・確認する。

④使用前自主検査等において、検査の指導、監督を行う。

⑤所管官庁が行う立入検査に立会う。

また、ダム水路主任技術者と電気主任技術者は、常に密接にコミュニケーションを図り、連係することが肝要である。

(2)ダム水路主任技術者

1)ダム水路主任技術者の選任

水力発電所（小型のもの又は特定の施設内に設置されるものであって別に告示されるものを除く）であって、高さ 15m 以上のダムもしくは圧力 392kPa 以上の導水路、サージタンクもしくは放水路を有するものまたは高さ 15m 以上のダムの設置工事を行うものはダム水路主任技術者の選任を行う。（電気事業法施行規則第 52 条）

2)ダム水路主任技術者の監督範囲および資格要件

監督範囲および資格要件は**別表 8-3-1** のとおりである。

3)ダム水路主任技術者の選任形態

主任技術者免状を有する者を自社の従業員から選任することが原則である。ただし、一定の条件を満たせば、以下の例外制度の利用が可能である。

【外部選任制度】

設置者は、主任技術者の保安上の意見を尊重する旨の契約を締結するなどを条件に、主任技術者を自社の従業員以外（派遣労働者等）から選任できる制度

（根拠規程）規則第 52 条第 1 項「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）」

【統括事業場制度】

主任技術者が「水力発電所そのもの」に常駐するのではなく、保安人員とともに「水力発電所を統括する事業場」に常駐し、近接の複数の水力発電所を統括して管理できる制度（ダムの高さが 15m 未満等の水力発電設備に限る）

（根拠規程）規則第 52 条第 1 項、＊運用内規を明確化（平成 28 年 3 月）

【兼任制度】

大臣の承認を受けて、近隣の複数事業場を兼任できる制度

（根拠規程）規則第 52 条第 3 項「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）」

【外部委託承認制度】

小規模な電気工作物であれば、外部の主任技術者や保安法人（主任技術者を擁し、保安サービスを提供する法人）へ保安管理業務を委託できる制度

（根拠規程）規則第 52 条第 2 項（電気）、＊外部委託制度を創設（平成 28 年 3 月）

【許可選任制度】

大臣の許可を受けて、主任技術者免状を持たない者から主任技術者を選任できる制度

（根拠規程）法第 43 条第 2 項、「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）」

表 8-3-1 対象施設等の実態に応じたダム水路主任技術者選任等の要否

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2"></th><th colspan="3">自家用電気工作物</th><th rowspan="2">電気事業の用に供する事業用電気工作物</th></tr>
<tr><th>500kW未満</th><th>2,000kW未満</th><th>2,000kW以上</th></tr>
<tr><td rowspan="4">免状保有者</td><td>外部選任制度（自社・派遣労働者）</td><td>○（※1）</td><td>○（※1）</td><td>○（※1）</td><td>×</td></tr>
<tr><td>統括事業場制度（自社）</td><td colspan="4">（※2）
＊ダムの高さ15m未満又は導水路の圧力が392kPa未満等のものに限る</td></tr>
<tr><td>兼任制度（自社）</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>外部委託承認制度（他社）</td><td colspan="2">（※2）
＊水路式かつダムの高さ15m未満のものに限る</td><td>×</td><td>×</td></tr>
<tr><td>免状を保有しない者</td><td>許可選任制度</td><td>○</td><td>○（※3）
＊対象は2,000kW以下。水路式かつダムの高さ15m未満、経済産業省の要件に適合する講習会修了者。</td><td>×</td><td>×</td></tr>
</table>

※1 平成24年3月30日付けで改正（発電所に常時勤務）
※2 平成28年3月22日付けで改正（原則2時間以内に到達体制）
※3 平成28年12月26日付けで改正

4)ダム水路主任技術者に求められること

水力発電設備に事故・トラブルがあった際、急激な溢水、相当量の漏水、土砂崩れ等による人的傷害、公共施設の損壊等が懸念される。また、水力発電設備の構造は、設置地点ごとに設計仕様が異なることもあり、ダム水路主任技術者には、現場に応じて次のようなことが求められる。

・技術基準に適合していることを判断する
・定常運転時における設備の異常を発見する
・自主点検等において設備の健全性を判断する
・事故・トラブル時において適切に対応する
・発電所の運転操作を指導する

(3) 電気主任技術者

1) 電気主任技術者の選任

水力発電所（小型のもの又は特定の施設内に設置されるものであって別に告示されるものを除く）、変電所、送電線路又は需要設備の設置工事を行う事業場、又はそれらを管理する事業場を直接統括する事業場は電気主任技術者の選任を行う。（電気事業法施行規則第 52 条）

2) 電気主任技術者の監督範囲および資格要件

監督範囲および資格要件は**別表 8-3-2** のとおりである。

3) 電気主任技術者の選任形態

【選任届出】（電験有資格者を 1 事業場に）

原則として、自家用電気工作物である事業場に、そこに常時勤務している電気主任技術者免状の有資格者を選任する形態

＊監督する事業場が掛け持ちの事業場ではないため、「専任」ともいう

【選任許可】（免状がない者を 1 事業場に）

自家用電気工作物である事業場に、そこに常時勤務している電気主任技術者免状を有していない者を選任することの許可を受けた形態

【兼任承認】（電験有資格者を複数事業場に）

自家用電気工作物である事業場に、すでに別の事業場に選任している電気主任技術者免状の有資格者を兼任させることの承認を受けた形態

【外部委託承認】（委託して選任しない事業場）

中小規模の自家用電気工作物である事業場に、保安管理業務を所定の条件を満たす外部の法人（電気保安法人）又は個人（電気管理技術者）に委託して、自らの役員や従業員等から電気主任技術者を選任しないことの承認を受けた形態

表 8-3-2 自家用電気工作物に係る電気主任技術者の選任形態

選任形態	主な条件	需要設備の最大電力			
		100kW未満	100kW以上 500kW未満	500kW以上 2000kW未満	2000kW以上
選任	電気主任技術者免状	○	○	○	○
選任許可	第1種電気工事士又は認定校卒	○	○	×	×
	第2種電気工事士等	○	×	×	×
兼任	電気主任技術者免状	○	○	○	×
外部委託承認	保安業務委託	○	○	○	○

＊外部委託については、電圧 7 千 V 以下で受電するものに限る

＊発電所、配電所等は、それぞれの選任形態により設備規模の上限が異なる

4)電気主任技術者に求められること

ダム水路主任技術者と同様であることに加え、電気機械設備の保守点検では、機械の音・振動・温度状態等、設備の性能、構造及び部品の異常の有無を確認・調査し、その傾向を把握することで設備の健全な維持につなげていくことが大切である。

5)電気事故防止について

電気事故を防止するための日常的な取り組みは以下のとおりである（経済産業省九州産業保安監督部 HP)。

①保安教育の実施
②工事着工前の連絡の実施
③キュービクル等の扉の鍵の管理
④停電作業が基本
⑤検電の実施
⑥絶縁防護具の着用等

【主任技術者の監督範囲および資格要件】

別表 8-3-1　ダム水路主任技術者

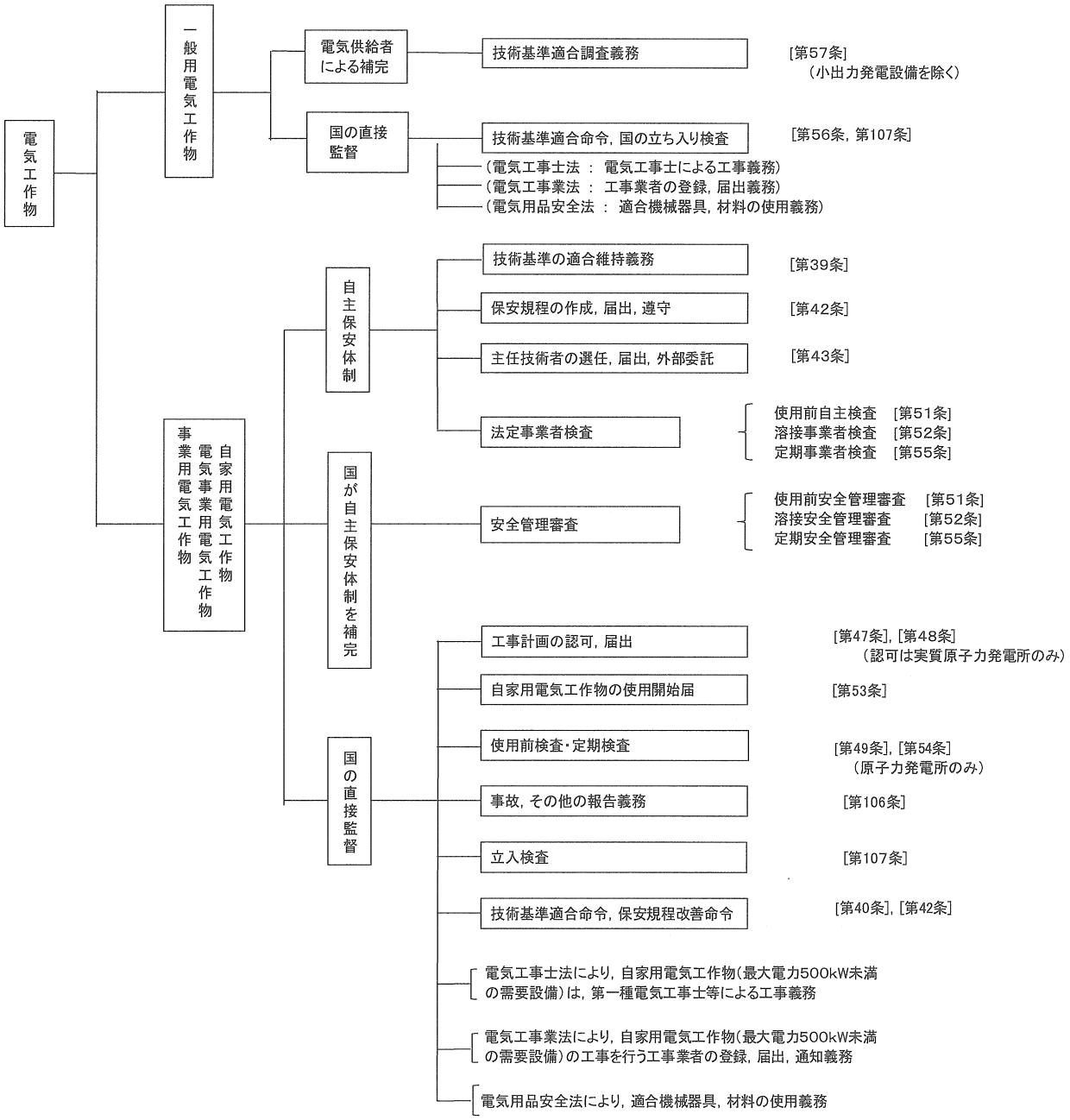
	第一種ダム水路主任技術者	第二種ダム水路主任技術者
監督範囲	水力設備の工事、維持及び運用	水力設備（ダム、導水路、ｻｰｼﾞﾀﾝｸ及び放水路を除く）、高さ 70m 未満のダム並びに圧力 588kPa 未満の導水路、ｻｰｼﾞﾀﾝｸ及び放水路の工事、維持及び運用
資格要件	・大学（土木工学）　5[3]年 ・大学　9[3]年 ・短大、高専（土木工学）　6[4]年 ・短大、高専　10[4]年 ・高等学校（土木工学）　10[5]年 ・高等学校　14[5]年 ・中学　20[10]年 [ ]は、高さ 15m以上のダムの工事、維持又は運用の経験年数	・大学（土木工学）　3[3]年 ・大学　5[3]年 ・短大、高専（土木工学）　3[3]年 ・短大、高専　5[3]年 ・高等学校（土木工学）　5[3]年 ・高等学校　7年[3]年 ・中学　12[10]年 [ ]は、水力設備の工事、維持又は運用の経験年数

別表 8-3-2　電気主任技術者

	第一種電気主任技術者	第二種電気主任技術者	第三種電気主任技術者
監督範囲	事業用電気工作物の工事、維持及び運用*	電圧 17 万ﾎﾞﾙﾄ未満の事業用電気工作物の工事、維持及び運用*	電圧 5 万ﾎﾞﾙﾄ未満の事業用電気工作物(出力 5 千 kW 以上の発電所を除く)の工事、維持及び運用*
資格要件	【実務経験】電圧 5 万ﾎﾞﾙﾄ以上の電気工作物の工事、維持又は運用 〈大学〉（経済産業大臣認定の電気工学で規定の科目） ・・・卒業前の経験の 1/2 と卒業後の経験の和が 5 年以上 〈第二種電気主任技術者〉 ・・・免状交付後の経験が 5 年以上	【実務経験】電圧 1 万ﾎﾞﾙﾄ以上の電気工作物の工事、維持又は運用 〈大学〉（同左） ・・・卒業前の経験の 1/2 と卒業後の経験の和が 3 年以上 〈短大、高専〉（同上） ・・・卒業前の経験の 1/2 と卒業後の経験の和が 5 年以上 〈第三種電気主任技術者〉 ・・・免状交付後の経験が 5 年以上	【実務経験】電圧 500 ﾎﾞﾙﾄ以上の電気工作物の工事、維持又は運用 〈大学〉（同左） ・・・卒業前の経験の 1/2 と卒業後の経験の和が 1 年以上 〈短大、高専〉（同上） ・・・卒業前の経験の 1/2 と卒業後の経験の和が 2 年以上 〈高等学校〉（同上） ・・・卒業前の経験の 1/2 と卒業後の経験の和が 3 年以上
	第一種電気主任技術者試験合格者	第二種電気主任技術者試験合格者	第三種電気主任技術者試験合格者

＊第一種ダム水路主任技術者に係る範囲は除く

【参考】電気保安体系


電気工作物
一般用電気工作物
電気供給者による補完
技術基準適合調査義務
[第57条]
（小出力発電設備を除く）
国の直接監督
技術基準適合命令，国の立ち入り検査
[第56条，第107条]
（電気工事士法 ： 電気工事士による工事義務）
（電気工事業法 ： 工事業者の登録，届出義務）
（電気用品安全法 ： 適合機械器具，材料の使用義務）
自家用電気工作物
電気事業用電気工作物
事業用電気工作物
自主保安体制
技術基準の適合維持義務
[第39条]
保安規程の作成，届出，遵守
[第42条]
主任技術者の選任，届出，外部委託
[第43条]
法定事業者検査
使用前自主検査 [第51条]
溶接事業者検査 [第52条]
定期事業者検査 [第55条]
国が自主保安体制を補完
安全管理審査
使用前安全管理審査 [第51条]
溶接安全管理審査 [第52条]
定期安全管理審査 [第55条]
国の直接監督
工事計画の認可，届出
[第47条]，[第48条]
（認可は実質原子力発電所のみ）
自家用電気工作物の使用開始届
[第53条]
使用前検査・定期検査
[第49条]，[第54条]
（原子力発電所のみ）
事故，その他の報告義務
[第106条]
立入検査
[第107条]
技術基準適合命令，保安規程改善命令
[第40条]，[第42条]
電気工事士法により，自家用電気工作物（最大電力500kW未満の需要設備）は，第一種電気工事士等による工事義務
電気工事業法により，自家用電気工作物（最大電力500kW未満の需要設備）の工事を行う工事業者の登録，届出，通知義務
電気用品安全法により，適合機械器具，材料の使用義務

９．電力系統と運用

９．電力系統と運用

(1) 電力系統

発電所から各需要先までのネットワークを電力系統という。電力系統は、図 9-1 に示すとおり、電源から変電所、開閉所等を経て工場、事業場さらには各家庭まで超高圧の変電所から配電線に至るネットワークを形成している。

また、基幹送電網については、50c/s と 60c/s を仲介する周波数変換所(F／C:Frequency Converter) や海峡を接続する直流送電線を介して、沖縄電力を除くすべての電力会社を連系している（図 9-2 参照)。

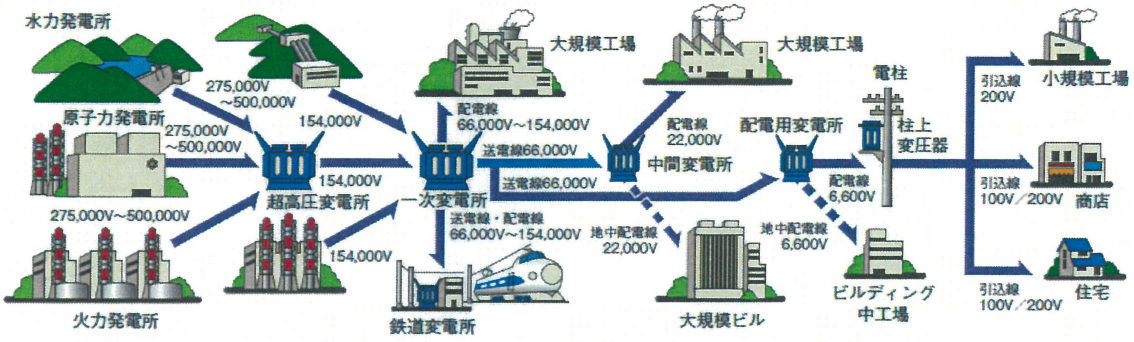


図 9-1　電力系統の模式図

出典）電気事業連合会 HP
http://www.fepc.or.jp/library/data/infobase/

(2) 運用

電力会社は、それぞれ中央給電指令所を中心にネットワークの運用を図っており、需要の調整、事故時の対応、ならびに周波数の維持等を図っている。

(3) 系統連系

水力発電所を設置した場合、全量を自家消費する場合を除いて、電力系統へ接続することになる。概して出力が大きい場合は送電線が対象となるが、規模の小さい場合は配電線へ直接つなぎ込むことになる。実際には、当該時点の系統の状況や後述する誘導発電機の系統保護上の問題等により、委細は電力会社と十分な調整が必要である。本件に関しては平成２８年度７月に資源エネルギー庁が「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン　平成２８年度７月２８日 」を定めているので、巻末に「参考資料１」として示す。

図 9-2　全国基幹連系系統

出典）電気事業連合会 HP
http://www.fepc.or.jp/library/data/infobase/

(4) 誘導発電機

通常、電力系統に接続されている発電機は同期発電機であるが、500kW 程度以下の発電所（システム）では、構造がシンプルで価格の安い誘導発電機が有利となることが多い。

ただし、誘導発電機を採用した場合には、励磁装置が不要なものの、系統並列時の突入電流（ラッシュカレント）対策、力率改善用コンデンサの要否等の問題がある。

10.　水力開発のポイント

10. 水力開発のポイント

水力開発の主要な隘路である地域の合意形成に注目して、その要となる地域貢献の要素と貢献事例について調査し取りまとめるとともに、事業者と地域が利益背反となる従来の関係から脱却し、地域が主体となって専門家や外部資本との協働で地域に公益をもたらす水力開発を推進するための考え方をとりまとめた。なお、本資料は公益財団法人河川財団による河川基金の助成を受けた研究成果（代表者井上素行）を利用している。

10.1 水力発電の価値および開発の隘路

（1）水力発電の価値

水力はCO_2や大気汚染物質の排出が非常に少ないクリーンなエネルギーである。太陽光や風力と異なり安定した発電が可能で、長期的な持続性や経済性に優れている。調整池式や貯水池式の水力は出力変動が激しい再エネ導入に対して系統の安定にも寄与し、これからの我が国の電力供給に大切な役割を果たす再生可能エネルギーである。地域のくらしや経済への貢献、防災や環境の改善などと一体的に開発することによって多様な価値を創出することが可能である（P10-26 参照）。しかし、このような水力の価値と可能性については十分に理解されておらず、総合的に価値を生かすための方法論が確立されてない状況である。

（2）水力開発の隘路

全国の水力開発経験者および水力に強い関心を有する個人を対象として、水力開発の隘路および解決方策に関するアンケート調査を行った（「再生可能エネルギーとしての水力の価値の評価と開発推進方策に関する調査研究（平成 26 年度河川財団助成研究）」[1]）。

アンケート調査において水力開発が十分進まない理由について尋ねた結果、主な要因として「経済性が低い」、「地元の合意が得られにくい」および「総合的な水力開発の推進戦略・推進体制が不十分」があげられた。また、「規制緩和」、「支援制度・水力利用技術」および「ダム式水力」についても様々な課題があることが明らかになった。

特に、水力開発の地元合意については回答者の約 2/3 が水力開発の進まない理由にあげており、地域の共有財産である河川水を発電利用する際の大きな課題となっている。対策・要望の主な内容は以下のとおりであった。

1） 地域貢献

地場産業や観光振興等による地域の活性化・持続的な収益につながる地元のメリット、災害時の電気供給等の防災・減災面での地元への貢献、地域と共生する地域参加型の水力開発事業スキームなどが不足している。

2） 環境との調和

国・自治体等による支援・調整、漁協や用水組合、住民等の地域社会との調和、自然環境の保全対策などが不十分である。

3） 水力の価値の理解と活用

水力の電力価値や地域貢献の先進事例の理解・活用、地元の推進リーダーの育成、地域の問題や要望への事業者の対応力などが不足している。

（3）隘路の解決に向けて

開発現場で生じている主な隘路は経済性と地元合意であるが、この背景原因を追究すると、水力の特性をふまえた総合的な開発戦略・推進体制と水力関係者への専門的な支援の弱さがある。さらに、これらの背景には、関連情報を分析し政策につなげるための専門家や研究者、実務者などからなる推進支援体制の弱さがある。これらを分析すると、図 10.1 に示す相互に関連する 4 つの主要な隘路に整理することができる。

今後、再生可能エネルギーとしての水力の優れた電力価値、環境価値、および社会的価値を生かして、永続的に地域と共存し、電力の安定供給に貢献するための水力開発を実現するためには、相互に関連している 4 つの隘路を総合的に解決する必要がある。

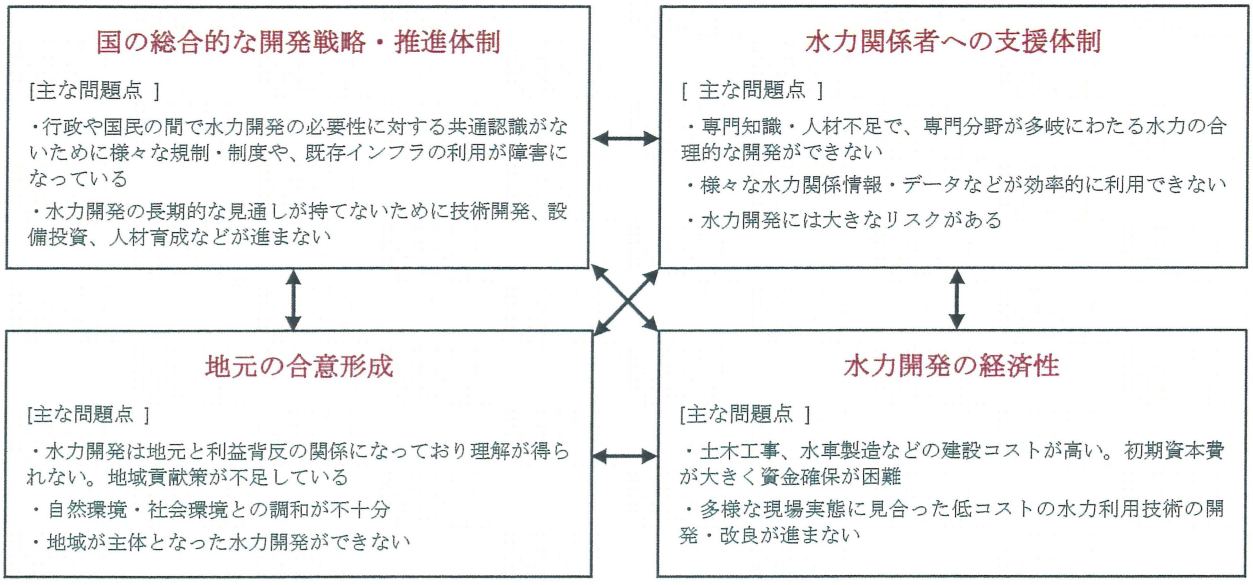


図 10.1　相互に関連している水力開発に係る 4 つの主要な隘路

10.2　制度・政策における地域貢献の要素

（1）制度・政策における地域社会への貢献のねらい

発電設備等の設置、運用による地域社会への貢献については、これまでも国のエネルギー政策や地域政策に盛り込まれてきた。それらは、電源立地促進のための地元対策の考え方から、地域資源を活用した立地地域の活性化、すなわち再生可能エネルギープロジェクトの便益を立地地域が共有し、発電所と地域の持続的な共生を図る考え方に変化している。表 10. 1 は、これまでの主な制度・政策における地域社会への貢献の狙いを、経済的効果と社会的効果に分けて整理したものである。

第一次石油危機直後の 1974 年に創設された電源三法（「電源開発促進税法」「電源開発促進対策特別会計法」「発電用地域周辺施設整備法」）交付金は、非化石燃料電源として、原子力・水力・地熱の各発電施設の立地促進と運転の円滑化を図るために、立地地域の自治体に交付されるもので、当初は使途が公共用施設の整備事業等に限定されていたが、2003 年以降は、「電源立地地域対策交付金」として、地域振興や地域活性化に資する様々な事業に拡充されている [2)]。

2009 年創設の「グリーンニューディール基金」は、温暖化対策として、地域主導による再生可

表 10.1　地域社会とエネルギーに関わる国の主な制度・政策とその狙い

制度・政策	主管官庁	経済的効果	社会的効果
電源三法交付金 (1974～)	経済産業省	・産業振興施設の整備 ・地場産業の支援	・公共用施設等の整備 ・地域の魅力向上 ・福祉サービス提供 ・環境維持・保全・向上 ・生活利便性向上 ・人材育成
電源地域振興事業 (1985～)	経済産業省	・産業育成ビジョン策定 ・マーケティング調査 ・技術導入	・人材育成 ・地域活性化イベント
地域再生制度 (2005～)	内閣府	・地域経済基盤の強化 ・地域再生計画・事業の支援 -地場産業創造 -地場産品のブランド化 -農水産物の 6 次産業化 -観光・宿泊施設の整備	・再生可能エネルギーを活用したまちづくり ・生活環境の整備 ・中山間地や農山漁村における地域活力の維持向上
グリーン電力証書需要創出(2009～)	環境省	・住宅用太陽光発電のグリーン電力市場の形成・維持支援	・自治体・市民・企業の参加
地域グリーンニューディール基金(2009～)	環境省	・地域の環境保全 -省エネ改修 -エネルギーインフラ整備 ・地域主導の自立・分散型エネルギーの導入 -風力・地熱発電の導入 ・売電収入の維持管理への還元	・地域の環境保全 -公共交通機関の利便性向上 -廃棄物処理 ・地域主導の自立・分散型エネルギーの導入 -防災拠点となる公共施設等への再生エネ導入
地域創造施策 (2010～)	総務省	・地域資源の活用・事業化 -再生エネ事業化 -森林と林業再生 -農業再生と 6 次産業化 -歴史・文化等の観光資源化 ・地域内循環の促進 -地産地消 -地域ファンド，市民出資 -企業・NPO 等との協働	・定住自立圏の形成 ・過疎地域の医療・交通の確保 ・人材育成・交流の促進 ・地域情報化の推進
地域主導による再生可能エネルギー等導入事業化推進(2011～)	環境省	・地域資源や資金の活用・循環 ・地域経済と一体の持続的な低炭素事業の実現	・地域主導の低炭素・循環・自然共生社会づくり ・事業化組織・人材の育成
再生可能エネルギー発電事業による地域活性化(2012～)	経済産業省	・事業収益性の確保 ・自治体施策ツールや地域資源の活用	・地域整備や人的交流の促進
農山漁村への再生可能エネルギー導入推進 (2012～)	農林水産省	・農山漁村の地域資源の活用 ・地域主導の再生可能エネルギーの導入 ・地域への利益還元 ・6 次産業化の促進 ・雇用・所得の創出	・農林地等の適正な利用 ・農林漁業者等の参加 ・人材・後継者育成
分散型エネルギーインフラプロジェクト (2013～)	総務省	・電気と熱の分散型エネルギーインフラ整備による産業振興 ・FIT 活用による利益の地域還元	・災害に強いまちづくり ・官民連携による地域活性化

能エネルギー導入を促進するための基金で、2011 年以降は、東日本大震災被災地域の復興支援も含めて拡充されている。単に設備の導入を促進するだけでなく、エネルギーインフラ整備や売電収入による地域への経済的効果、防災拠点づくりなどの社会的効果も狙っている[3)]。

一方、2005 年の「地域再生法」に基づく支援制度は、地域経済基盤の強化と住みよい生活環境の整備を図るために、地域が主体となって行う様々な事業を支援するもので、その対象に、再生可能エネルギー事業や省エネ事業も含まれている。さらに、2010 年からの地域創造施策では、「緑の分権改革」[4)]を中心に、再生可能エネルギー等の地域資源を活用した地域活性化事業が進められている。

また海外でも、IEA 水力実施協定が「水力発電と環境に関わるガイドライン」(2000 年)[5)]において、水力プロジェクトの便益を立地地域が共有することの重要性を勧告している。さらに同協定は、各国の水力プロジェクトにおける地域との便益の共有事例を調べ、地域への主要な便益として、発電(地域への電力供給)、ダム機能(多目的ダム)、地域インフラ整備、地域産業振興の 4 つを挙げ、水力開発における地域社会への貢献の実例を示している[6)]。この考え方は、「発電所立地のための地元対策」ではなく、「発電所と地域との持続可能な共生策」を示している点が重要である。

地域主導で再生可能エネルギーを開発する場合には、事業リスクが低く導入が容易であることや、エネルギーインフラとして長期持続性が確保されることも重要な要素と考えられる。

(2) 地域社会への貢献の要素

上述した制度・政策等に関する調査結果を踏まえ、再生可能エネルギーの地域社会への貢献として検討する要素を、地域経済の活性化、地域インフラの整備、地域へのエネルギー供給、地域環境の保全・改善、地域社会の活性化、地域への定着の 6 つに分け、表 10.2 のように整理した。貢献内容は事業主体、開発の形態・規模および地域の特性によって異なるものになる。

表 10.2　地域社会への貢献要素

分類	貢献要素		分類	貢献要素	
Ⅰ地域経済の活性化	A	税・交付金等の収入	Ⅳ地域環境の保全・改善	A	森林・生態系保全
	B	事業収益の地域還元		B	水環境保全
	C	投資・生産誘発，雇用・産業創出		C	廃棄物削減・リサイクル
Ⅱ地域インフラの整備	A1	道路・公園等の整備，土地の活用	Ⅴ地域社会の活性化	A	地域の魅力・知名度の向上
	A2	河川・水路・ダム湖等の整備		B	観光・レクリエーション・文化資源
	B	設備の防災機能		C	教育・研修・人材育成，イベント・交流
Ⅲ地域へのエネルギー供給	A1	事業所電力・公共施設・街路灯・鳥獣害対策・農業電化・充電インフラ・非常用電源等	Ⅵ地域への定着性	A	事業リスクの低さ，導入の容易さ
	A2	熱利用など		B	事業の長期持続性
	B	自家発電，局地配電・単独供給などによる地域への電力供給			

10.3　水力発電の地域貢献事例

水力発電は地域社会に対して様々な社会的・経済的価値をもたらすことが可能であり、具体的な事例を以下に示す。使用したデータは 2014 年～2016 年時点のものである。

（1）　農協による小水力発電

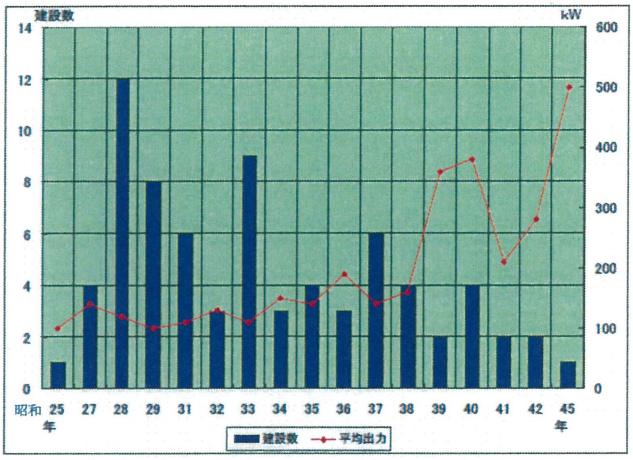
－売電収益による農村の振興（中国地方の農協等）[7] －

1）概要

自家用発電を除いて電力会社以外には発電事業が認められなかった時代に、1952 年の「農山漁村電気導入促進法」の下で、中国地方の農業協同組合や電化農業協同組合を事業主体とする小水力発電の売電事業が活発に進められ、約 20 年間に 90 ヵ所計 12.2MW の小水力発電所が建設された。これは、農業電化のためではなく、地域の資源である水力を利用して、その売電収益を農協等の活動を通じて地域に還元し、農村地域の発展を図ることが目的で、中国電力株式会社出身の織田史郎氏が、小水力発電の計画から機器製造、建設、保守までを一貫して行うイームル工業株式会社を 1950 年に設立し開発を主導した。

2）事業による地域への貢献

- 発電所建設により、建設期間中 1 ヵ所当り数百人の雇用が発生。
- 発電所運転要員は交代制で農家が兼業。
- 売電収益は農協による農業施設整備等を通じて地域経済に大きく寄与。



中国地方の小水力発電所建設の推移
（沖武宏「中国地方の小水力発電」）

3）課題と今後の展開

多くの発電所が建設開始から 50 年以上経過しており、設備の老朽化、維持管理費用の増大、豪雨・土砂災害からの復旧などで採算性が悪化した発電所は廃止されたが、現在も半数以上の 53 発電所が運用されている。

今後これらの発電所を長期的に維持・運用していくためには、低コスト維持管理技術の開発や改修・更新の財政的補助等の支援制度が必要である。

所在地	広島県東広島市
河川	太田川水系関川
事業者	志和堀電化農業協同組合
発電方式	水路式
有効落差	25.76m
最大使用水量	0.5m³/s
最大出力	95kW
運転開始	1954.10

志和堀発電所の建屋および諸元

（2） 土地改良区による小水力発電

－売電収益の農家への還元（那須野ヶ原土地改良区連合）[8]－

1）概要

那須野ヶ原は栃木県北東部の那珂川と箒川に挟まれた約 4 万 ha の広大な複合扇状地であり，1995 年に総延長 340km の那須野ヶ原用水が完成。農業用水路を利用した発電事業は 1992 年から開始され，2014 年 3 月現在，6 発電所・合計出力 1.5MW が稼働している。売電による事業収益は、受益農家の賦課金軽減、施設の維持管理費軽減、用水路や遊水地の整備等に充てられている。地域の自然エネルギーの更なる活用に向けて、EV 充電インフラの設置や、畜産廃棄物のバイオガス化利用による環境負荷低減を目指した実証試験等も行っており、地域資源の活用や環境保全への取り組みにより、地域の知名度と観光価値の向上や、環境・エネルギー教育・研修にも貢献している。

2）事業による地域への貢献

- 売電収益を農家や土地改良施設整備に還元。
- 地域資源を活用した人と環境にやさしい那須野ヶ原の地域ブランドと観光価値の向上。
- 那珂川からの取水調整や扇状地内の水循環の管理による環境保全型農業の実践。
- 設備見学等による環境・エネルギー教育・研修の推進。

那須野ヶ原土地改良区連合の水力発電所

発電所名	有効落差 (m)	最大使用水量(m^3/s)	最大出力 (kW)	運転開始
那須野ヶ原	28	1.6	340	1992.3
百村第一	2	2.4	30	2006.4
百村第二	2	2.4	90	2006.4
蟇沼第一	29	1.6	360	2009.2
蟇沼第二	16	1.6	180	2009.2
新青木	44	1.4	500	2014.3
合　計	－	－	1000	－

3）課題と今後の展開

那須野ヶ原用水路の未利用落差を利用した採算性の見込まれる小水力賦存量は、那須塩原市の 2010 年度の調査で 560 ヵ所、5.9MW、31GWh と推定され、今後、電力の自家消費とともに、公共施設や農産物直売所、EV 充電スタンド等への電力供給も可能とするさらなる小水力開発が期待される。

那須野ヶ原発電所の建屋

従属発電については、水利使用許可手続きの簡素化や、売電収入を発電施設だけでなく土地改良施設全体の維持管理にも充当できるなど、規制緩和が進んでいる。しかし現在、農水省補助事業では、売電収入がこれらの支出を上回る場合、国庫返納が義務付けられており、今後さらに従属発電を拡大するには、売電収入を地域のその他の公益的事業にも還元できるようにするなど、一層の規制緩和が望まれる。

（3） 自治体による小水力発電の普及啓発

－小水力による町おこし（山梨県都留市）[9) 10)] －

1）概要

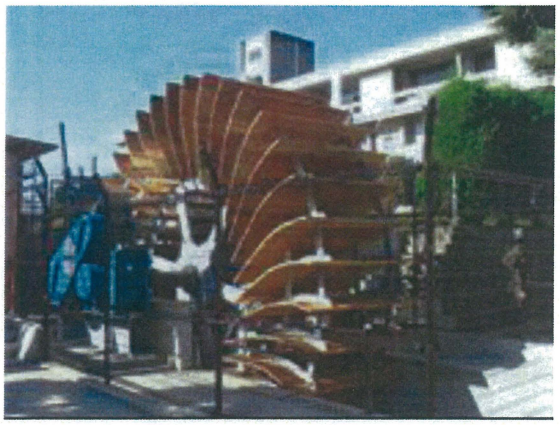
山梨県都留市は、2004 年 4 月の市制 50 周年を記念して、水のまち都留市のシンボルとして、豊富な水資源を活用した小水力発電の普及・啓発を図ることを目的に、市役所を供給先とする水車方式による小水力発電所を市民参加型で導入することとした。市内を流れる相模川水系家中川に、2006 年以降、出力 7.3～20kW の異なる 3 タイプの水車発電機を設置した。大きな効果として、3 タイプの運用や維持管理等の実績データを公開することにより、全国の自治体や民間企業等の関心を集め、毎年多数の見学者が来訪し、「小水力発電のまち」というイメージを定着させたことが挙げられる。その他、設備建設費の市民公募債による調達や、グリーン電力証書の販売などの先進的取り組みも、市の知名度を高めている。

山梨県都留市の家中川小水力市民発電所

発電所名	有効落差 (m)	最大使用水量(m^3/s)	最大出力 (kW)	水車	運転開始
元気くん１号	2.0	2.0	20	開放型下掛け水車	2006.4
元気くん２号	3.5	1.0	19	開放型上掛け水車	2010.5
元気くん３号	1.0	1.0	7.3	開放型らせん水車	2012.3
合　計	－	－	46.3	－	－

2）事業による地域への貢献

- 「小水力発電のまち」としての都留市の知名度・魅力の向上。
- 運用実績データの公開や設備視察・見学等による環境・エネルギー教育・研修の推進。
- 自治体や学術機関との連携，研究会の開催等による人材交流・育成の促進。
- 自家発電による市役所の電気代削減および余剰電力の売電収入。



開放型下掛け水車「元気くん１号」
http://www.city.tsuru.yamanashi.jp

（3）課題と今後の展開

家中川は、農業用水に利用されるため流量の季節変動が大きく、また生活河川としてゴミの流入も多い。このため、「元気くん１号」には、流量変動に応じた効率的な発電をするための可変速水車や、自動除塵システムなどが導入されている。１号はすでに約 10 年の運転実績があるが、タイプの異なる２号と３号を含め、さらに長期間の運転・維持管理を実証することにより、今後のわが国における小水力発電の普及に大きく貢献することが期待される。また、「小水力発電のまち」として確立した都留市の地域ブランドを、地域の発展につなげていくことも重要な課題である。

（4） 特定電気事業による集落への電力供給

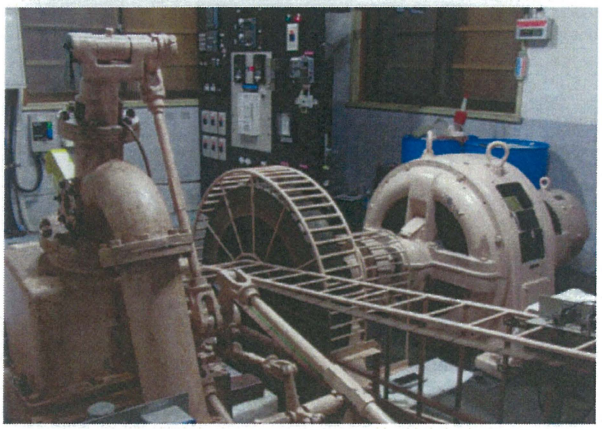
－過疎地域の生活を支えるエネルギーインフラ（住友共同電力）[11] －

1）概要

愛媛県新居浜市別子山地区（旧・別子山村、現在の人口約 200 人）では、古くから別子銅山事業に伴う地域電力供給が行われており、1957 年から森林組合により、電力会社の系統とは独立した約 1MW の小水力発電による地域電力供給が行われ、2003 年以降は住友共同電力株式会社により、特定電気事業として継続されている。水車発電機は、現在まで約 60 年間更新されることなく、低コストかつ適切な維持管理により安定して運用されてきた。運用する住友共同電力は、別子山地区の設備以外に、水力・火力計約 659MW の発電設備を保有し、新居浜地区の住友グループ企業への電力供給や、電力会社等への卸供給も行っている電気事業者であり、別子山地区の事例は、地産地消的な地域電力供給というよりも、長年行ってきた小集落への電力供給を特定電気事業として継続しているもので、他に例のない珍しい事例といえる。

住友共同電力の特定電気事業用水力設備

発電所名	別子山	小美野
発電方式	水路式	水路式
運用開始	1955.1	1959.10
有効落差(m)	103	96.9
最大使用水量(m^3/s)	0.1	1.3
最大出力(kW)	71	1000



別子山発電所の建屋（上）と水車発電機（下）

2）事業による地域への貢献

- 別子山地区という山間の集落に、約 60 年にわたり安価で安定した電力供給を継続し、現在は過疎化が進む同地域にとって、不可欠のエネルギーインフラとなっている。

3）課題と今後の展開

別子山地区の水力発電所は約 60 年にわたって運転されてきたが、設備の大規模な更新が必要となっており、別子山発電所では更新工事が行われている。これまでと同様に小水力発電による地域電力供給が継続されるかどうかは、単に事業の採算性だけでなく、過疎化による電力需要の減少、国のエネルギー政策の見直し、2016 年度からの電力小売り全面自由化の影響等、様々な不確実な要因が関係する。この地域において、小水力発電の低コストで安定した電力品質、環境適合性、長期持続性などの価値が総合的に評価され、事業の継続につながるかどうかが注目される。

（5） 電力会社によるダム湖の観光利用への協力と環境保全

－地域の観光資源と自然環境に配慮した再開発（中国電力）[12) 13)] －

1）概要

中国電力株式会社の帝釈川ダム周辺は、比婆道後帝釈国定公園第 1 種特別地域内に位置し、ダム湖は釣りや観光船などに利用され、地元の貴重な観光資源となっている。流域から生活排水や畜産排水などの汚濁負荷があるため、ダム湖の水質は必ずしも良好とは言えず、中国電力は水質の継続的なモニタリング等により水質保全に努めている。また、2003～2006 年の新帝釈川発電所新設工事(4.4MW→11MW への再開発とダムの大規模改修)では、地元の湖面利用に配慮して利用水深を設定し、また構造物の色や形状を周辺景観と調和させるなど、地元や環境に配慮して事業を推進した。技術的には、完成後約 80 年と老朽化した既設帝釈川ダムの堤体の構造補強と洪水処理能力の向上によるダムの再生が主な特徴である。

2）事業による地域への貢献

- 地元の貴重な観光資源であるダム湖の利用、および周辺環境に配慮した再開発により、観光価値の維持と自然環境保全を図った。
- 発電所が立地する広島県神石高原町には電源立地地域対策交付金が交付され、町道の舗装工事や法面保護工事等に充当されている。

新帝釈川発電所の計画諸元

	既設	再開発後	
発電所名	帝釈川	新帝釈川	帝釈川
発電方式	ダム水路式	ダム水路式	水路式
流域面積(km²)	213	120	92
有効落差(m)	95.2	129	95.2
最大使用水量(m³/s)	5.7	10	3.1
最大出力(MW)	4.4	11	2.4
運用開始	1924	2006.6	2006.6

帝釈川貯水池(神竜湖)
水源地環境センター「ダム湖百選」

帝釈川ダム

3）課題と今後の展開

ダム湖を観光資源として活用している事例は全国に数多くあり、水力発電の重要な社会的価値の一つである。帝釈川ダムの場合は、水力発電の長期持続性と環境保全によって、ダム湖の観光利用が可能になっている。しかし、流域からの汚濁負荷の流入による水質悪化は、ダム管理者だけでは解決できないため、行政や地域住民と連携した継続的な取り組みが必要である。

また、水力発電の長期持続性という点で、本事例の再開発のように、既存の堤体を活かしつつ、

異常出水への対応と耐震強化を図った先進的技術は、今後の既設ダムの有効活用や長寿命化に大きく貢献することが期待される。

（6） 電力会社による国の治水ダムと連携した洪水対策

－発電用ダムの空き容量を治水に活用（東京電力）[14] －

1）概要

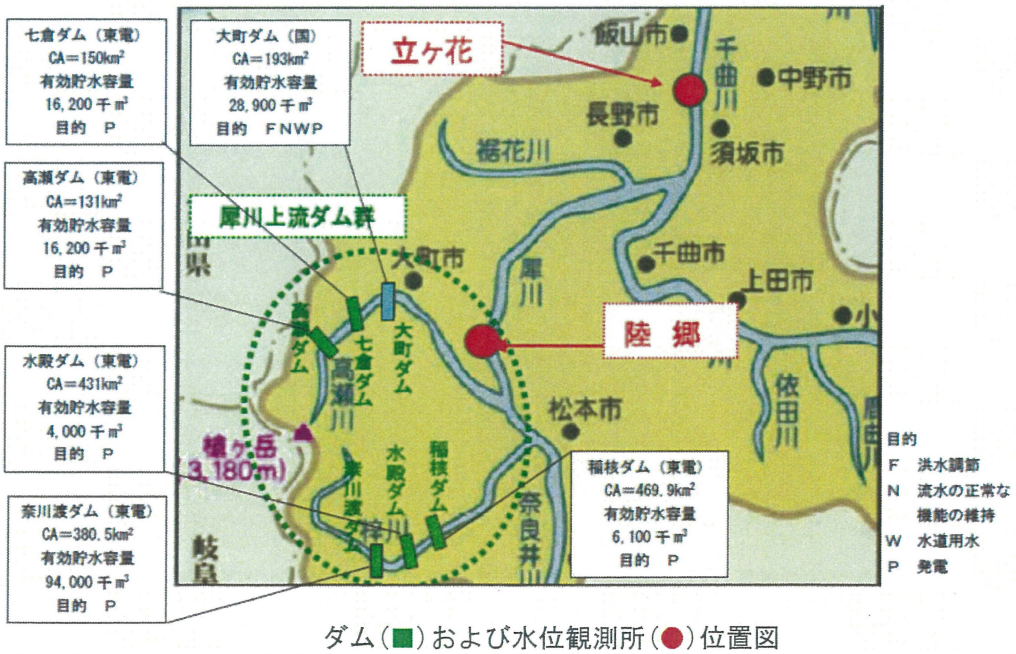
東京電力株式会社は、信濃川水系高瀬川に高瀬ダムと七倉ダム、同水系梓川に奈川渡ダム、水殿ダム、稲核ダムの、計５ヵ所の発電専用ダムを保有しており、これらのダムには本来治水機能は義務付けられていない。近傍で治水機能を持つのは、高瀬川中流の国土交通省の大町ダムのみである。しかし、2006 年７月の豪雨により下流の犀川で氾濫の恐れが生じた際、河川管理者からの要請を受け、東京電力は大町ダムと連携して、発電用５ダムの空き容量を利用した特例的な洪水調節運用を行い、犀川での氾濫を防いだ。こうした特例的な運用には当然限界があるが、発電用ダムでも、運用の範囲内で、ある程度の治水効果を発揮できるという実例である。

2）事業による地域への貢献

- 信濃川水系犀川の出水時に、上流域にある本来は治水義務のない東京電力の発電用ダム（混合揚水式）の空き容量を利用して、国の治水ダムと連携した特例的な洪水調節運用により、下流危険個所（陸郷地点）での氾濫を防いだ。

3）課題と今後の展開

発電用ダムの治水機能は、再生可能エネルギーの中でも水力発電だけが持つ重要な社会的価値である。近年の異常出水の増加により、今後ますます発電用ダムの治水機能の活用への期待が高まることが予想される。一方で、水資源の有効活用の観点から、治水ダムの発電への活用など、貯水容量の多面的活用が期待される。



ダム（■）および水位観測所（●）位置図

水源地環境センター「ダム・堰危機管理業務顕彰」平成 15～21 年度

（7）　電力会社による被災水力発電所の復旧と河川の再生

－水力発電所を核とする地域防災と河川の再生・維持（九州電力）[15] －

1）概要

九州電力株式会社は、宮崎県の耳川水系に7ヵ所計340MWの水力発電所を保有しているが、2005年9月の台風14号による豪雨で同水系の発電所・集落などに甚大な被害が出たため、同社は、宮崎県・漁業者・地域住民と連携して、被災した発電所の復旧と防災、および出水時のダムの通砂運用を柱とする総合土砂管理による地域の安全・安心確保と、多様な生物との共生に配慮した耳川の上流～河口域までの再生を目指した事業を、2007年から開始した。まずは、下流の山須原ダムと西郷ダムに通砂のための大型ゲートを設置する改造工事を行い、2016年以降に運用を開始することとしている。この事業は、単に電力会社の発電所の復旧に止まらず、地域の防災や流域の環境保全を含めた先進的取り組みであることが注目される。

耳川水系の水力発電所

（加来他：平成23年度中小水力発電技術に関する実務研修会，2011.7.）

発電所	ダム高さ (m)	有効落差 (m)	最大使用水量(m^3/s)	最大出力 (MW)	運転開始
上椎葉	110	144	73	93	1955
岩屋戸	58	80.4	75	51	1942
塚原	87	100.1	74.7	63	1938
諸塚	59	226.4	27	50	1961
山須原	29	40.8	120	41	1932
西郷	20	27.3	120	27	1929
大内原	26	16.2	120	16	1956
合計	－	－	－	340	－

2）事業による地域への貢献

- 洪水対策の強化による地域住民の安全・安心確保。
- 地域社会にとって重要な河川である耳川の総合土砂管理による河川の機能の再生。
- 発電所が立地する宮崎県日向市、椎葉村など4市町村には電源立地地域対策交付金が交付され、町道や林道の舗装工事、公共施設の整備、公園整備など、地域の様々な事業に活用されている。

3）課題と今後の展開

本事業のように、水力発電所を核として、河川の上流から河口、海岸域までの再生を目指す本格的な取り組みは、わが国初の試みである。ダムの通砂運用、森林・斜面の保全、河川生態系の保全など、個別には他の地域でも先例はあるものの、技術的、経済的な課題も多く、それらを解決して河川の再生につなげていくためには、事業者と地域社会が連携した長期的かつ継続的な取り組みが必要と考えられる。

（8） 民間企業による環境と調和した小水力発電

－地域環境保全と観光・産業振興（日本工営）[16] －

1）概要

日本工営株式会社は、鹿児島県伊佐市にある観光名所「曽木の滝」の落差と流量を利用した国内初となる490kWの小水力発電事業に参入した。事業の実施に当たり、伊佐市と協定を結び、曽木の滝の観光振興や発電所周辺の環境保全に配慮する他、伊佐市が進める地域資源を活用した学習型観光・教育啓発活動にも協力することとしている。具体的には、滝の景観を守るために河川流量が少ない時に発電取水を制限する他、竣工後に工事用道路を公園の遊歩道として提供し、伊佐市の環境教育施設への展示や地域の自然環境の紹介、明治時代に建設された旧曽木発電所遺構の保全などに協力している。また、建設工事や保守業務等の地元企業への委託により、地域の雇用・産業の創出にも貢献している。

新曽木発電所

所在地	鹿児島県伊佐市
河川	川内川水系川内川
事業者	(株)工営エナジー*
発電方式	水路式
有効落差	11.6m
最大使用水量	5.5m³/s
最大出力	490kW
運転開始	2013.4

* 日本工営株式会社が100%出資する発電事業会社

曽木の滝(奥)と新曽木発電所の取水口(手前)

2）事業による地域への貢献

- 地域の観光名所である曽木の滝の景観を守るため、発電所を地下式とし、河川流量が 20m³/s を下回った場合は発電を停止。
- 伊佐市が進める旧発電所遺構等と組み合わせた学習型観光・教育啓発活動への協力。
- 車椅子の利用者も滝の観光ができるように、工事用道路をバリア振りの遊歩道として整備。
- 発電所建設や機器の設置、運開後の保守業務等を地元企業に委託し、地域の雇用・産業創出に貢献。

3）課題と今後の展開

民間企業が自治体と連携して主導する、地域の観光振興や自然環境保全に配慮した公益的小水力発電事業の一つのモデルとして注目される。旧曽木発電所設備の一部の活用と固定価格買取制度(FIT)による売電収入で事業性を確保しているが、維持管理コストの低減や観光振興等を通じた地域社会とのつながりの強化によって、FIT 期間終了後も長期的に地域貢献型発電事業として定着することが期待される。

（9） 温泉事業者による小水力発電

ー売電収益による温泉町の復興（つちゆ清流エナジー）[17] ー

1）概要

福島県土湯温泉町は、東日本大地震による原子力発電所事故の風評被害により、旅館の休廃業など地域の衰退の危機に瀕したことから、町全体で復興再生に取り組み、その中核事業として、地域資源である水力や地熱を活用した再生可能エネルギー発電を、2015 年度から行っている。既設の砂防堰堤を利用した水力発電事業は、地元が設立した SPC が運営し、売電収益は土湯地区のまちづくりに活用される予定である。地域が主体となった地域の発展のための事業であることから、地元の合意形成や許認可手続きは円滑に進められ、また、推進体制の迅速な構築や、過去に国交省が行った水力発電事業の可能性調査結果の活用、建設資金への国の補助金の活用等により、事業の経済性も高められている。

2）事業による地域への貢献

- 地域主体の再生可能エネルギー事業により、地域の活性化、雇用・産業創出に貢献。
- 発電設備を利用した環境・エネルギー体験学習による交流人口の増加、地域の知名度の向上。
- 温泉熱を利用した農水産物の栽培・養殖事業（実証試験中）。
- 電気バス導入や再生可能エネルギーの地産地消など、環境保全と防災に取り組む先進的なまちづくり事業（構想中）。

東鴉川発電所

所在地	福島県土湯温泉町
河川	阿武隈川水系東鴉川
事業者	つちゆ清流エナジー(株)*
発電方式	水路式
有効落差	44.4m
最大使用水量	0.45m³/s
最大出力	140kW
運転開始	2015.4

* 地元の温泉組合や NPO 等が間接出資する発電事業会社

3）課題と今後の展開

地域の温泉事業者ら地元の関係者が主体となり、地域の復興と発展を目的として実施された本事業は、推進体制や合意形成、資金調達などの事業スキームが、我が国の従来型の水力開発とは様々な面で異なっている。地元関係者の強い決意と知識の蓄積は目を見張るものがあった。一方で水力開発に関する専門知識・経験の乏しさが懸念材料の一つだったが、設計・施工を担う専門業者との密接な連携を図ったことで、事業を円滑に推進できた。今後、地域が主体となった地方創生に資する新たな水力開発のモデルとして、全国各地への展開が期待される。

東鴉川発電所の取水に利用した既設砂防堰堤

10.4　水力発電の地域貢献の可能性と課題

10.3 で紹介した地域貢献事例と 10.2 に示した地域貢献要素の関係をまとめると、表 10.3 のようになる。これらも参考に水力発電の地域貢献の可能性と課題を整理した。

（1）地域経済の活性化

表 10.2 に示した貢献要素 A(税・交付金等)では、設備の固定資産税等が自治体の収入になる。また、出力 1MW 以上・年間発電電力量 5GWh 以上で運用開始後 15 年以上経過した水力発電は、「電源立地地域対策交付金」の対象となり、水力の場合は交付期間が最長 30 年と長く、立地地域とその周辺自治体への経済的貢献が大きい[2) 18)]。

貢献要素 B(事業収益の地域還元)、C(投資・生産、雇用・産業)では、地域が主体となった取り組みや事業者が協力することによって貢献が可能となる。収益の地域還元については、単に発電所の収益金の一部を提供するのではなく、収益金を使って地域の伝統・文化の保存や環境改善、地域の未来を考える活動などを、地域と一緒に支援する取り組みに活用することが大切である。水力開発にあたっては、専門能力を最大限生かして、リスクが少なく採算性がよいものとし、地銀等の融資を最大限活用することが求められる。また、調査・設計や建設工事については最大限地元業者を活用して行うとともに、水力開発に関わる土木建築や水車発電機関係等の技術を地元に移転し、これからの水力開発とメンテナンスを地元中心で行えるようにすることが大切である。巡視点検や取水口の塵芥処理などのメンテナンスについても安易に自動化するのではなく、地元の高齢者の活用等によりトータルでの発電コストの低減と雇用の確保を目指すべきである。山間地域が衰退が進行する中で、水力開発が地元との共生を図るためには地域外の企業や金融機関等が行う事業においても B、C の貢献への配慮が重要である。

（2）地域インフラの整備

貢献要素 A(道路・公園等、土地の活用、河川・水路・ダム湖等)では、水力開発に伴う工事用の仮設道路や将来の発電所の運転保守に必要な管理用道路を地元の林業や観光用に活用できるように配慮して建設すれば地域に大きな貢献を果たす可能性がある。また、ダム湖や水路の巡視路などは、Ⅳ．B(水環境保全)、Ⅴ．B(観光・レクリエーション・文化資源)との関連で、公園や遊歩道等への利用が考えられる。ダム湖では、水力発電設備の周辺を含めて地域のインフラとして利用できるようにしている実績も多い[12)]。既存水力発電所の増出力などの再開発にあたっては、設備の安全性の向上、河川環境との調和を図るとともに、地域の特性をふまえて発電所と地域の持続可能な共生策を考える機会とすべきである。

貢献要素 B(設備の防災機能)では、本来治水機能が義務付けられていない水力発電用ダムでも運用によって、出水時に洪水調節効果を発揮し、渇水時に下流への利水補給等に貢献することが可能である[19)]。このことは、近年地球温暖化の影響によって洪水や渇水現象が激甚化する傾向にある中で、下流域の防災・減災のために万が一の場合は発電用の貯水池を総合的に活用することが望まれる。このためには、ダムを弾力的に運用するための出水予測技術、運用システムの高度化や制度の改善が必要である。また、洪水時に上流域から流出する土砂をダムで適切に制御する技術と制度が必要である。土砂をダム貯水池に貯め込まずに下流へ流す運用をすれば、堆砂によるダムの寿命が延伸するとともに、ダム上流の河床が上昇することによる氾濫を防止し、下流の河

表 10.3　水力発電による地域貢献と貢献要素の関係

カテゴリー	貢献要素	好事例			事例NO.
		概要	地域	事業主体	
地域経済の活性化	事業収益の還元	売電収益を土地改良施設の維持管理費や受益農家の賦課金軽減に充当	栃木県 那須塩原市	那須野ヶ原土地改良区連合	(2)
		売電収益を温泉町のまちづくり事業に活用	福島県 土湯温泉町	つちゆ清流エナジー（株）	(9)
	地域雇用の創出	地域による小水力発電事業の運営保守	福島県 土湯温泉町	つちゆ清流エナジー（株）	(9)
	地域産業振興	「農山漁村電気導入促進法」で開発された小水力の売電収益により農業振興に貢献	中国地方	電化農業協同組合等	(1)
		地元の重要な観光資源であるダム湖の環境保全や貯水位の安定化に貢献	広島県比婆郡	中国電力(株)	(5)
		地元の重要な観光資源である滝の景観に配慮した取水運用で観光振興に貢献	鹿児島県 伊佐市	新曽木水力発電(株)	(8)
地域インフラの整備	防災機能	国交省の多目的ダム治水容量と発電用 5 ダム空き容量を活用して下流の氾濫防止に貢献	長野県 千曲川	東京電力(株)	(6)
		水害で被災した発電所群の水系総合土砂管理により河川の洪水・土砂災害対策を強化	宮崎県 耳川	九州電力(株)	(7)
地域へのエネルギー供給	単独供給	水力発電で過疎地の集落にかけがえがない安価な電力を特定供給	愛媛県 新居浜市	住友共同電力(株)	(4)
地域環境の保全・改善	水環境・景観保全	ダム周辺が国定公園内に位置することから構造物の景観やダム湖の水質保全に配慮	広島県比婆郡	中国電力(株)	(5)
	河川環境保全	発電所群の水系総合土砂管理により河川の上流～河口までの環境・生態系の再生を図る	宮崎県 耳川	九州電力(株)	(7)
地域社会の活性化	地域資源の創出	市民参加型の小水力発電に先進的に取り組む自治体として地域の魅力・知名度を向上	山梨県 都留市	都留市	(3)
		地域が主体となった地域の復興・発展のための小水力開発のモデル事業として全国に発信	福島県 土湯温泉町	つちゆ清流エナジー（株）	(9)
	地域交流促進	自治体が運営する小水力発電設備の視察・教育・研修	山梨県 都留市	都留市	(3)
		土地改良区が運営する農業用水を利用した水力発電設備の視察・教育・研修	栃木県 那須塩原市	那須野ヶ原土地改良区連合	(2)
		地元 SPC が運営する小水力発電設備視察・教育・研修	福島県 土湯温泉町	つちゆ清流エナジー（株）	(9)
地域への定着	事業の持続性	農協等により 1950～75 年に開発された約 90 の小水力のうち現在も 53 ヵ所が稼働	中国地方	電化農業協同組合等	(1)
		約 60 年にわたり安価で安定した電力供給を過疎地の集落に継続	愛媛県 新居浜市	住友共同電力(株)	(4)

床環境の回復や堤防・橋脚の侵食防止、さらに海岸侵食を緩和することにもつながる[20]。また、災害発生時に、ダムや水力発電所の監視・通信システムを災害情報の提供に利用することや、管理用道路を物資の輸送に利用することも考えられる。また、Ⅲ. A1(地域電力需要)との関連で、災害時等の非常用電源としての貢献が考えられる。農水省は、停電時に自立運転可能な小水力発電による重要施設への電力・熱供給や、マイクロ水力発電による避難時・停電時の安全確保、緊急車両（EV）への充電機能の確保など、いくつかのモデルを設定して、非常用電源として利用するための課題と解決策を検討している[30]。現状では、需要地に近い水路等に設置される小規模水力発電設備にそのような役割が期待されているが、今後は更に、ディーゼル発電機等の通常の非常用電源に比べてリスク管理面(故障や燃料不足への対応等)での効用や系統連系から単独供給への切り換えに要するコストなどの課題を総合的に捉えて、水源地域への貢献策を検討する必要がある。

（３）地域へのエネルギー供給

ここでの「地域供給」とは、分散型電源・熱供給源などの「地産地消」への貢献である。

貢献要素 A1(事業所電力等)では、太陽光発電や風力発電は単独では出力変動が大きく、安定供給のためには蓄電池や他の電源との併用が必要であるが[21]、水力は安定した発電が可能で制御性にも優れている。比較的消費電力の少ない街路灯などの電源や、災害時に避難場所となる道の駅などの非常用電源として、小水力発電が使われている例も見られる。

貢献要素 A2(熱利用など)では、水力は古くから水車小屋や農業水路のらせん水車などで粉ひきや脱穀などの動力源として利用されてきた歴史があるが、近年はほとんど見られなくなっている。熱利用については地熱発電やバイオマス発電において熱併給等が行われているが、水力についても電力供給源として利用するだけではなく、地域の特性をふまえて、直接、熱源として利用することが考えられる。水力による圧縮空気を用いて断熱条件で温熱・冷熱を作り、温室栽培や食料の保存に利用するとともに、圧縮空気のエアレーションによって水質の浄化や生物環境を改善する研究も行われている[22]。また、水力発電で水を電気分解し水素を製造・利用することも考えられる。

貢献要素 B(地域電力供給)では、かつては水力発電の電源地帯で局配用の設備が整備されていたが、近年では電力系統と配電網が整備されたことによってほとんどその機能は消滅している。近年、発電が不安定な太陽光や風力と、安定性が期待できる水力、地熱、バイオマスを組み合わせて利用するスマートグリッドの研究が始まっており、貯水池を有する水力は発電の制御性と系統を安定化させる負荷追随性を有しているために魅力的な電源である。ただし、このようなローカルで需給バランスを考える場合は、供給の信頼性やコスト面での課題が残っている。

（４）地域環境の保全・改善

貢献要素 A(森林・生態系)では、森林整備で発生する未利用間伐材等を有効利用するバイオマス発電では森林の保全に貢献することが可能になるが[23]、水力発電にとっても水源の涵養や土砂・流木の流出防止の観点から水源林の保全は有益であるため、事業者や地域の協力を得て積極的に水源林の維持管理や植林、水源地の環境保全などの形で地域に貢献することが大切である

[24)25)]。森林保全は地域環境の保全に止まらず、CO_2の固定促進による地球環境の保全という意義も大きい。

貢献要素 B(水環境)では、Ⅱ．A2(河川・水路・ダム湖等の整備)との関連で、水力発電所周辺の水環境が改善される可能性がある[18)]。

貢献要素 C(廃棄物削減・リサイクル)では、大量に発生する鶏糞や建物の解体廃材、庭木の選定材などの廃棄物を利用するバイオマス発電が該当するが、水力発電では、ダム堆砂の掘削・浚渫土砂を建設材料等に利用することにより、川砂利や山砂利の代替資源として国土の環境保全に貢献している。その他、取水口のスクリーンに漂着した塵芥を除去することによって河川のごみ掃除を行っている実態がある。

（5）地域社会の活性化

貢献要素 A(地域の魅力・知名度)では、発電施設そのものや、事業モデルの独自性・先進性などをアピールすることで注目され多くの人が訪れるようになる。

貢献要素 B(観光・レクリエーション・文化資源)では、自然環境が豊かな中山間地に設置される水力発電所では、自然・文化資源や周辺施設を活用したレクリエーション、スポーツ、エコツアー、ビュースポット等の提供の場として貢献可能と考えられる。これまで大規模水力はダム湖が環境資源として活用されることが多く、年間 100 万人以上の観光客が来訪する富山県の黒部ダムを始めとして、地域経済・社会の活性化に貢献している例も多い[18)]。

また、C(教育・研修・人材育成、イベント・交流)も、再生可能エネルギーに対する社会の関心が高いことから、環境教育や研修、イベント等の場としての貢献が可能である。

（6）地域への定着

貢献要素 A(事業リスクの低さ、導入の容易さ)では、太陽光発電が設備の設置や資金調達が比較的容易で、開発のリードタイムが大規模集合型でも 1 年以内と短いが、最近は景観破壊が問題となって開発が難航するケースが見られるようになっている。風力発電も陸上部では、低周波騒音や猛禽類のバードストライク、景観影響などの環境問題から開発が難航するようになっている。地熱発電は資源探査の不確実性や厳しい環境規制、地元温泉事業者の反対などで開発のリードタイムが 10 年以上と長い[8)]。また、建築廃材等を燃料とするバイオマス発電は、すでに原材料の国内流通量が限界に近く、海外からの輸入も法的規制があること、さらに今後は国内の木材利用との関係も懸念材料である。いずれの再生可能エネルギー発電も地域の環境影響と合意形成が導入の鍵になっている。水力発電は、河川の流量調査や地元の合意形成、許認可のためにこれまでは開発にかなりの時間を要しているが、既存の流量資料データを有効活用し、地域と一体になって地域に総合的に貢献する水力発電を目指すように変われば、開発はさらに容易になるものと考えられる。

貢献要素 B(事業の長期持続性)では、水力発電設備の実際の寿命が水車発電機 50～60 年、土木設備 100 年以上と長く、初期投資回収後も設備を継続して運用できることから長期的には非常に経済性が高く[18)]、他の発電方式に比べて長期的な持続性が高い特徴がある。

地域の共有財産である河川水を利用する水力開発は、地域の自然・社会環境と調和するととも

に低廉なエネルギーを生み出し、地域と地球の未来に永続的に貢献するものとなるように、地域自らが考え、水力の多様な価値を総合的に生かすように推進する必要がある。地域に不足している技術・知識・経験・資金などについては地域外の専門家や企業等と協働で事業を進めることも考慮すべきである。

このような認識を国レベルで共有し、省庁横断の連携体制で地域に貢献する総合的な水力開発を推進することが必要である。「エネルギー基本計画」では、原子力の推進についてのみ立地地域との共生が謳われているが、再生可能エネルギー発電についても地域との持続可能な共生について明記することが必要である。主な注目点は以下のとおりである。

① 利益を地域に還元し、地域の活性化に貢献する
② 地域の防災と環境の保全・改善に貢献する
③ 水力発電の長期持続性を確保する維持管理
④ 既設水力施設の性能を高め、設備の安全と河川環境の改善、地域活性化に貢献する再開発
⑤ ダム貯水容量の柔軟かつ多面的な活用

10.5 地方創生に資する水力開発の考え方

我が国の水力開発は、自然・社会環境の変化に対する合意形成の難しさなどから、技術的に可能な地点は多くあっても実際に開発できる地点は非常に限られていると考えられてきた。このような状況を打破し、水力の優れた電力価値、環境価値、社会的価値を総合的に生かすためには、地域と開発主体が利益背反の関係になっている従来型の水力開発から脱却する必要がある。

水力が低廉な電力の安定供給に貢献し、かつ地域から愛されるものとなるための水力エネルギー利用・地域の活性化・防災・環境改善を含めた新たな環境調和型の総合的な水力開発事業モデルと国民全体の共通認識が必要である。

（1） 地域社会に永続的に貢献する総合的な水力開発の実現に向けて

水力発電は地域の共有財産である河川水を利用するものであり、かつ設備の寿命が非常に長いために地域のインフラの一部として将来にわたって超長期に地域とともに歩み続ける特徴がある。このために、開発にあたっては地域の自然環境や暮らしの実態と調和がとれたものとなるように十分配慮することが必要である。水力開発の立地地点となる農山村地域では、農林水産業が衰退して人口の減少や高齢化が進み、若い世代の雇用の場が確保できない状況になっている。このため、地域の文化や伝統を継承し、地域の将来を見通すことが非常に難しくなっており、水力の開発にあたっては地域に永続的に貢献する新たな役割が求められるようになっている。

１） 地域貢献の充実

設備の形態や規模、それぞれの地域の実情などによって異なるが、水力の売電収益や地場産業育成による地域経済の活性化、水力開発に伴うインフラ施設の整備や維持管理費低減、地域へのエネルギー供給、治水機能の充実、河川環境の改善、観光資源の充実、さらに、収益を地域の伝統・文化の継承や地域の将来像を模索する活動への支援などがあげられる。このために、それぞれの地域の特色を生かした水力開発を地域の問題として捉え、地域の関係者が主体となって公益をもたらす取り組みを推進する。（「地域が主体となった水力開発」は地域単独の開発だけでなく地域外の関係者と協働で取り組む事業を含んでいる）

2）　自然・社会環境との調和

これからの水力は長年に亘る設備の運用・保守の経験や技術の蓄積を生かして、地域の自然・社会環境に調和した持続可能なものとして安価でクリーンな純国産エネルギーの増大に寄与する必要がある。このために、地域の住民や漁協なども事業に参画し、行政・研究者等の協力を得て、環境の保全と水力利用の両立を図るための減水区間での維持流量の評価や、ダム式水力の活用と水質や堆砂に対する環境保全対策のあり方について自ら考え判断する活動を推進する。合意形成にあたっては地域の開発推進リーダーの存在と理解の促進が重要であり、そのための支援体制を構築する。また、これらの取り組みを通じて我が国の水源地域の環境を守る。

3）　地域が主体となった水力開発の推進支援

身近なエネルギーである水力の利用を広げるためには、それぞれの地域の特色を生かして水力以外の水利用、観光などの様々な用途と共存できるような開発を自治体や地域住民が主体となって推進することが重要である。しかし、地域の関係者には水力開発の経験や知識、資金が不足している場合が多い。このために、水力設備の規模や形態によって後述する技術・人材の支援体制や財政支援の仕組みを充実させるとともに、モデル地点での成功事例を全国大で共有化し地域が主体となった水力開発の事業スキームを確立する。

（2）地域が主体となった水力開発の推進体制

水力発電を通じた地域貢献を実現するためには、地域の人々が自ら、エネルギーの利用と環境、そして地域のくらしと水力開発を結び付けて考え、地域のためのかけがえがない水力利用となるように取り組む必要がある。地域が水力開発に主体的に取り組むことによって様々な経済的利益と社会的利益を地域にもたらすことが可能になる。

前述したように地域の関係者は水力開発に関する知識・経験と技術が不足しており、事業リスクが高いことから資金の調達も難しく、地域への利益の還元を可能とする収益を確保することの不確実さ等の様々な課題がある。地域の人々による水力開発は自らの力だけでは不十分なことが多い。このため、開発全体にわたって、自然・社会環境との調和、経済設計、地域貢献等の課題を共に考え解決する専門家などの支援体制・協働事業化体制が必要である。また、地域と共生する水力開発を進める上で、事業の立ち上げ段階から自治体による公的な支援も必要である。

水力資源を活用した地方創生事業の構成要素と開発ステップの関係の例を表 10.4 に示す。これは、最近の開発事例や各地の取り組み状況を分析して、開発地点の発掘から開発基本構想の策定、基本設計・許認可の取得、設備の建設、運用保守の各段階の構成要素の関わりを示したものである。個別地点ごとにそれぞれの特性をふまえて各要素が果たす役割を具体化する必要がある。図 10.2 に開発基本構想の検討体制例を示す。

自治体の支援に関しては、長野県飯田市が 2013 年 4 月に施行した「再生可能エネルギー導入による持続可能な地域づくりに関する条例」[26] が、地域住民による地域の再生可能エネルギー資源の活用を自治体が支援する先進的な取り組みとして注目される。同条例は、地域の再生可能エネルギー資源を市民の総有財産と捉え、市民がそれらを優先的に利用する権利として「地域環境権」を保障し、市民による「地域公共再生可能エネルギー活用事業」を市が協働事業化して支援することを定めたものである。具体的には、法務・環境経済・金融・再生可能エネルギー等の専門家で構成する「再生可能エネルギー導入支援審査会」を設けて、事業計画の指導・助言や適格

表 10.4　水力資源を活用した地方創生事業の構成要素例

構成要素	開発ステップ				
	計画・調査・設計段階			建設段階	運用保守段階
	開発地点の発掘	開発基本構想の立案・実施判断	基本設計・許認可取得		
地元住民・地元企業	◎（地元のやる気）	◎（環境保全、地域貢献、合意形成、実施判断）	◎（環境対策、地元の正式合意）	◎（地元企業による工事の実施）	◎（運転保守の実務、地方創生活動）
自治体	○	○（推進主体への支援）	○（推進主体・発電事業者への支援）	△	○
地方創生水力ファンド	○	◎（地方創生事業への参画判断）	○	○	△
発電事業者	－	－	◎（地元の発電会社設立、設計・許認可申請）	◎（建設工事、地元対応）	◎（運転保守・地域貢献の推進）
専門家・研究者	◎（水力の価値の啓発、開発候補地点の発掘）	◎（事業構想の立案、情報提供）	◎（基本設計、許認可支援）	○	○
備　考（キーワード）	地元のやる気、リーダーの存在 水力の価値の理解 経済性が高い地点 自然・社会環境との調和 地域貢献の方向性の明確化 地元の合意形成 水力開発の全体観がある専門家の支援 地元・ファンド・専門家の三位一体の取組		行政・電力会社の理解・支援 大手の建設・メーカー・電力等は事業者として参加しノウハウ・経営資源を活用 環境調和とコストダウン 地方創生に資する永続的な貢献策 設計・工事に地元企業の活用・育成		地元住民・企業の活用・育成 計画・調査・設計・施工・運用保守、地域貢献の PDCA サイクルの確立 モデルの全国展開

◎　中心的な役割　　○　重要な役割　　△　支援、監理

＊「地域が主体となった環境調和型水力開発研究会（代表者京都大学井上素行）」作成資料

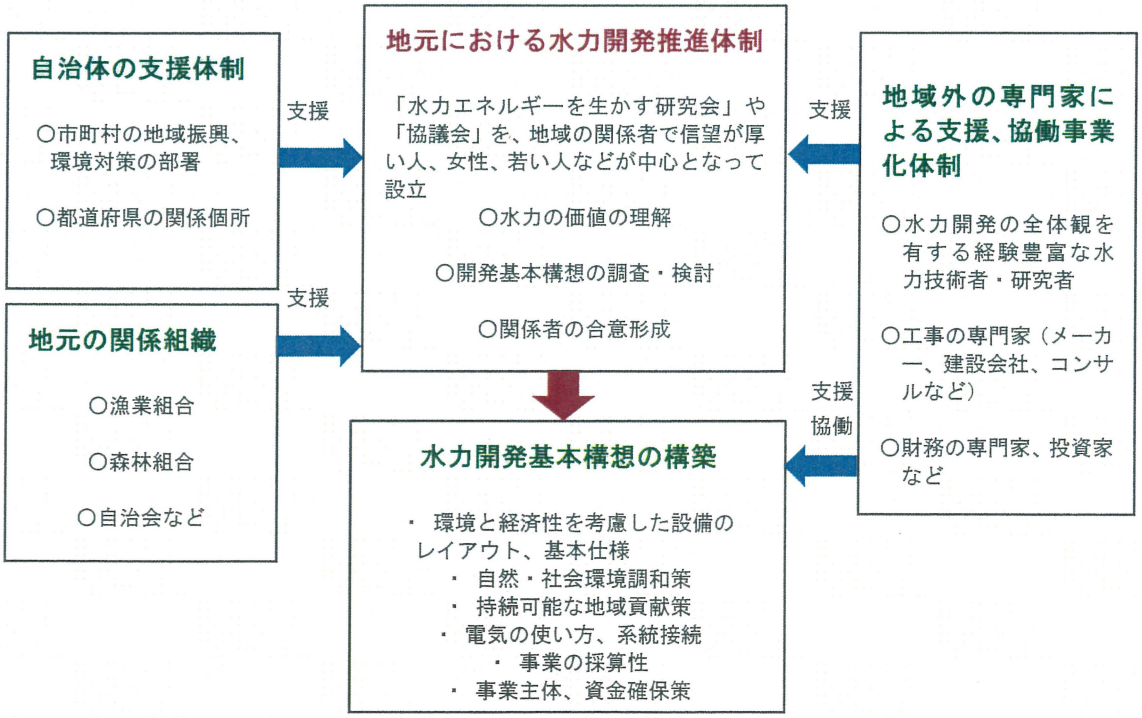


図 10.2　水力の多様な価値を生かす開発基本構想の検討体制例

＊「地域が主体となった環境調和型水力開発研究会（代表者京都大学井上素行）」作成資料

性認証等を行うことや、基金を設けて事業化調査後の基本設計費用を補助することなどが規定されている。これにより、事業に対する公共的な信用付与が可能になり、金融機関による融資など資金調達の安定化や許認可手続き等の円滑化が期待される。栃木県は、2012年11月に計画が認定された「地域活性化総合特別区域計画」[27]において、地域の活性化を図るため、総合特区における規制の特例措置等を活用し、農業用水路水利権協議の簡素化や主任技術者要件の緩和により小水力発電事業の促進を目指している。また、長野県では部局を横断して「地域密着型小水力発電事業」[28]を積極的に推進支援する取り組みが行われている。このように、各自治体で地域による水力開発を積極的に推進支援する活動が始まりつつある。

その他、栃木県が民間事業者に委託して、2013年5月から開始した県営寺山ダムにおける日本初の「ダムESCO事業」[29]は、BOT(建設・運営・譲渡)方式により、自治体と民間事業者の双方が利益を共有できる事業モデルの1つと考えられる。

（3） 地域が主体となった総合的な水力開発事業モデルの構築に向けて

水力開発地点の発掘から、計画策定、許認可申請、設計、施工、運用保守のすべての段階において、外部の専門家や企業と協働して地域が水力開発について自ら考え、地域に貢献する水力を実現するための総合的な水力開発事業モデルを構築する必要がある。このため、開発推進体制の構築、基礎資料の収集、現地の確認調査、設備計画の基本構想、自然環境の保全と地域貢献策の調査、合意形成のプロセス、建設コストの低減、運転保守管理体制の基本構想、事業の採算性の評価、事業主体と資金確保策、建設、運転保守などの水力開発全体のプロセスについて具体的な地点で課題解決のための実践研究を行う。

水力発電の計画は広範な専門分野にまたがっていること、また近年開発が進んでいなかったことから経験豊かな人材が乏しい現状にある。このため、電力、建設、コンサル、大学、行政、小水力推進組織等のOBおよび現役の実力者の力を結集して取り組む必要がある。

1） 開発地点の発掘段階

○ 開発推進体制の構築

地域の関係者による水力開発推進体制をつくる。最初は水力発電の勉強会や研究会の形でもよい。地域の人々に信望が厚い人、若い世代や女性層の参加を得て、水力発電の環境面、電力供給面、地域への貢献などの社会的な面での価値と可能性の理解を共有する。自治体の理解を得た協議組織ができれば様々な協力や支援を受けることも可能になる。

地元のやる気と推進リーダーの存在が不可欠であり、水力開発の多様な価値を理解している専門家が地域の理解啓発やリーダーの育成に支援する必要がある。

○ 開発地点の発掘

水源の涵養や土砂・流木の流出、斜面崩壊などに関連する流域の地形・地質、降雨や積雪などの気候条件、道路や堰堤などの既存インフラ、水利用・土地利用の状況、動植物、景観、地域の歴史・文化、規制による制約条件などを踏まえて、開発候補地点を発掘する。出力・設備利用率、災害リスク、系統連系などを考慮して採算性が取れる地点を選定するために、水力開発の全体観を有する専門家の支援が不可欠である。

2）　基本構想の検討段階

○　現地調査

取水箇所、水路ルート、発電所・放水箇所、減水区間の河川の流況・動植物・景観・水利用、上流域からの土砂や流木の流出、周辺の民家、地域のくらし・文化・歴史などを調査する。これによって、複数の発電所案の中から最適な発電所レイアウトを抽出する。

また、現地の関係者と協働で河川および周辺環境を調査し、水力開発による利水、治水、漁業、生態系、暮らしや景観への影響を考えるとともに、将来の水力設備を利用した観光資源の充実、建設やメンテナンス、発電収益の活用などを通じた地域産業・雇用の活性化などの地域貢献策について総合的な議論を行い、地域の自然・社会環境に調和した水力開発の在り方を検討する。

○　水力開発基本構想の策定

環境と経済性を考慮した取水口、水路構造物、発電所、放水口などのレイアウトと設備の基本仕様、施工方法、系統接続、発電所の運転保守などに関する発電設備基本構想とともに、自然・社会環境保全策と地域貢献策の基本方針を立案する。地元の建設・製造業の活用、メンテナンスを考慮した簡素な設備、海外製品の導入と技術移転などのコスト低減策、河川や暮らしの環境保全と地域貢献、農業・観光などと一体的に捉えた開発など、総合的な水力開発の基本方針をとりまとめる。また、地域が主体となった持続可能な水力発電の事業主体と資金確保策を固めて、地域貢献を考慮した総合的な水力開発事業の採算性の評価を行う。事業主体には個人、漁協、農協、企業などの地元関係者が参加するとともに、開発の趣旨に賛同し地方創生を支援する外部企業、金融機関などの協働事業者（地方創生水力ファンド）を考慮する必要がある。そしてこれらについて関係者への合意形成を図る。これらの課題を合理的に解決するためには、地元の関係者と総合的な水力開発に知見を有する水力専門家、地方創生水力ファンドの三位一体の取り組みが必要である。また、このような取り組みを通じた次世代の人材育成が重要である。

3）　基本設計・許認可取得段階

○　基本設計

計画地点の自然・社会条件と調和した合理的な設計・施工計画を策定する。低コストで地域の自然・社会環境と調和した総合的な水力開発を合理的に進めるためには、流域の水文特性や地形・地質、施設の設計・施工、運用保守、環境保全、許認可、系統接続、地域貢献・合意形成、資金調達などについて水力開発全体にわたる経験と専門知識が不可欠である。専門家の知識と経験をフルに活用して現場プロジェクトの全体を後押しする明確な支援体制の構築が必要である。これからの水力開発にあたっては、建設会社・メーカー・コンサルタント会社等も水力開発に事業者として参加し、設計・施工や環境・安全等に関するノウハウを合理的な水力開発の実現に生かすとともに、地元の建設会社や工事会社、コンサルタント、測量会社等の育成に貢献することが望まれる。

○　許認可取得等

地球環境と国のエネルギーセキュリティに貢献する地域による地域のための水力開発を実現するための各種許認可や系統接続には、手続きに精通した専門家の支援とともに自治体

による理解と積極的な協力・支援が重要である。

4） 建設段階

○ 工事の実施

地元の建設会社や工事会社等が主体となって建設工事を実施する。地元業者を育成するための支援が必要であり、大手の建設会社やメーカーなどは事業者として参画して地域に貢献することが望まれる。

○ 工事の管理

地域が主体となった発電事業者が工事の品質・安全・環境および資金の管理を適切に行うためには工事等の専門家による支援が必要である。

5） 運用保守段階

○ 運転保守

地域が主体となった運転保守管理体制について検討を行う。設備の点検保守や改良工事に高齢者や地元業者を積極的に活用するとともに、水力発電の建設から運用保守にわたる改善サイクルを回す方策を検討する。また、地域における電力関係会社などの既存の保守体制との連携についても検討する。

○ 地域貢献

地域が主体となった発電会社は、水力発電所の運転・保守・会計管理を行うだけでなく、地元の公益要望を把握し、収益の一部を地域に還元するなど、地域の活性化の取り組みを支援する地域貢献センター的な役割も果たす。

○ 総合的な水力開発モデルの展開と支援

成功モデルの全国への紹介や全国の水力開発の関係者への啓発や支援活動を実施する。

6） 全体を通じて

○ 水力開発に対する支援の在り方

モデル地点の実践研究を通じて、地域が主体となった水力開発に対する開発現場と行政への支援の在り方を検討する。個別地点の結果を全国で共有し、次期地点に生かすとともに、水力開発の制度・技術の改善提言につなげるための仕組みについても検討が必要である。

○ 水力開発の総合的な価値評価

地域が主体となった環境調和型水力開発における電力・環境・社会的側面の全体から見た総合的な価値評価基準について考察する。

以 上

【参考文献】

1) 井上素行，再生可能エネルギーとしての水力の価値の評価と開発推進方策に関する調査研究、河川財団助成研究報告書，2015 年：http://www.kasenseibikikin.jp/promotion/

2) 電源地域振興センター：電源立地制度の概要，2010.3.

3) 環境省：地域グリーンニューディール基金の創設，2009.7.

4) 椎川忍：緑の分権改革，学芸出版社，2011.

5) IEA：Hydropower and the Environment，Implementing Agreement for Hydropower Technologies and Programmes Annex III，2000.

6) IEA：Hydropower Good Practices: Environmental Mitigation Measures and Benefits，Implementing Agreement for Hydropower Technologies and Programmes Annex VIII，2006.

7) 藤本穣彦・皆田潔・島谷幸宏：中国地方の小水力エネルギー利用に観る自然エネルギーに基づく地域づくりの思想，中山間地域研究センター，No.8，2012.

8) 農林水産省：「立ち上がる農山漁村」平成 18 年度選定事例.

9) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：新エネ百選，2009.6.

10) 経済産業省九州経済産業局：九州における環境・エネルギー・リサイクル産業の現状とビジネスモデル調査報告書，2011.2.

11) 駒宮博男：小水力を核とした脱温暖化の地域社会形成，社会技術研究開発事業 平成 20 年度研究開発実施報告書.

12) 水源地環境センター：ダム湖百選，
http://www.wec.or.jp/library/100selection/index.html

13) 沖田俊治・吉岡一郎・市原昭司：新帝釈川発電所建設工事の概要，電力土木，No.309，2004.1.

14) 水源地環境センター：大町ダム，高瀬ダム，七倉ダム，奈川渡ダム，水殿ダム，稲核ダム 平成 18 年 7 月豪雨時の直轄ダムと利水 5 ダムによる下流水位上昇の抑制，ダム・堰危機管理業務顕彰，平成 20 年度.

15) 加来睦宏・市丸義次・江藤公彦：耳川水系の災害と整備計画、並びに上椎葉発電所水車・発電機更新工事等の計画，設計，施工について，平成 23 年度中小水力発電技術に関する実務研修会，新エネルギー財団，2011.7.14.

16) 全国小水力利用推進協議会： 新曽木発電所，小水力発電事例集 2013.

17) つちゆ清流エナジー株式会社：土湯温泉町東鴉川水力発電所事業概要，2015.5.

18) 資源エネルギー庁：水力発電に関する研究会中間報告，2008.7.

19) 水源地環境センター：ダム・堰危機管理業務顕彰，平成 15～21 年度.

20) Morris，G. L. and Fan，J.（Reservoir Sedimentation 研究会翻訳，角哲也・岡野眞久監修）：貯水池土砂管理ハンドブック，技報堂出版，2010.

21) 山家公雄：迷走するスマートグリッド，エネルギーフォーラム，2010.

22) 楳田真也，石田啓，富澤洋介，安田成夫，川崎秀明，開水路流れにおけるクロスフロー水車を用いた圧縮空気生産実験，ダム工学 17(2)，2007.

23) 山家公雄：再生可能エネルギーの真実，エネルギーフォーラム，2013.

24) 東京電力：尾瀬戸倉山林，森林認証 FSC 取得，2010.2.25.

25) 九州電力：社有林の適切な管理，環境アクションレポート，2008.
26) 長野県飯田市：飯田市再生可能エネルギー導入による持続可能な地域づくりに関する条例，2013.3.25.
27) 栃木県：「栃木発再生可能エネルギービジネスモデル創造特区」総合特別区域計画，2012.11.30 認定.
28)長野県：地域密着型小水力発電事業の進め方，
http://www.pref.nagano.lg.jp/ontai/kurashi/ondanka/shizen/susumekata.html
29) 栃木県砂防水資源課：ダム ESCO 事業，2012.10.
30) 農水省「平成 23 年度災害対応バイオマス有効活用モデル策定調査事業」
http:// www.maff.go.jp/j/biomass/saigai_taio/

［ 参考 ］再生可能エネルギーとしての水力の価値

＊平成 26 年度河川財団助成研究（代表者井上素行）による作成資料

価値の分類		内　容
環境価値	CO_2 排出量	設備の製造・建設から運用、廃棄までを含めたライフサイクルにおいて、発電電力量当たりの CO_2 排出量が化石燃料発電に比べて極めて少ない低炭素電源であり、水力発電は再生可能エネルギー発電の中でも排出量が最少レベルである。
	大気汚染物質排出量	ライフサイクルにおける発電電力量当たりの大気汚染物質排出量が、化石燃料発電に比べて大幅に少ないクリーンな電源であり、水力発電は再生可能エネルギー発電の中でも排出量が最少レベルである。
	河川環境負荷	水路式発電による河川の流況変化や減水区間の発生、ダムによる魚類の移動阻害、堆砂と下流域の流砂の減少、ダム湖の濁水長期化・富栄養化等があげられる。近年、このような問題に対して河川維持流量の放流や堰への魚道の設置、ダムへの選択取水設備や排砂設備の設置などの対策が取られ改善されてきている。今後の開発においては、減水区間における適切な河川維持流量の設定およびダムからの排砂を含めた総合土砂管理が重要な課題である。
電力価値	量	第 5 次包蔵水力調査結果によれば、未開発地点は 2706 地点、約 1,207 万 kW、456 億 kWh である。また、既設構造物の未利用落差を利用する発電包蔵水力として 1389 地点、33 万 kW、16.6 億 kWh が抽出されている。さらに、既存ダムを水力発電に徹底活用した場合には 324 億 kWh の新たな発電量が試算され、これらを合わせると合計で約 800 億 kWh に及ぶ非常に大きな賦存量がある。
	経済性	初期投資が高いが、耐用年数が長くほぼ計画通りの発電量を安定して得られるため、長期的に見れば最も安価な電源である（図表 1－1）。 しかし、短期的に見れば、経済性が既存の火力発電より劣る場合があり、更なる建設コストの低減が必要である。但し、再生可能エネルギーの中では最も経済性に優れている。
	品質	太陽光や風力と異なり、安定した発電が可能であり制御性に優れている。このために、系統の安定に寄与し、系統安定化の費用は不要である。さらに、調整池式や貯水池式水力は負荷調整が容易であり、電力系統の周波数および電圧の安定維持に貢献する。このため、貯水池を有する水力は出力変動が激しい再エネ導入に対して調整力を持った再生可能エネルギーである。
社会的価値	地域の経済・産業	地域が水力事業経営を行うことによる収益の地域への還元、地場産業の育成と活用による雇用の創出、ダム湖等の水力施設を観光資源として活用などが行われており、さらに水力発電を活用した 6 次産業などの取り組みが考えられる。
	インフラの整備	水力発電用水路と農業用水路を共同利用する総合開発、ダムの総合的な活用による河川環境・エネルギー・洪水調節機能の改善、水力発電の収益を多目的ダムや農業用施設等のインフラの維持・整備に活用、建設工事に伴う河川・水路・道路の整備、地域電力供給などが行われている。
	環境・防災機能の改善	再開発によって発電所の設備・運用を環境調和型に改良し安全性も向上、ダム排砂によって山地から海域までの流砂系環境を改善、環境教育の推進、発電用ダム貯水池を洪水時の治水に活用などが行われている。
	持続性	他の再エネと異なり、設備の寿命が非常に長く、設備の部分改修や機能向上により、半永久的に設備が持続し地域に定着することが可能である。

【参考資料１】

平成２８年度
「水力発電事業性評価等支援事業」（人材育成等を行う事業に係る業務）」に関する「地域環境等の概観」について

平成２８年度

一般社団法人　電力土木技術協会

≪目次≫

1. 自然・社会環境概況……1
(1) 地形・地質（特殊土を含む）
(2) 月別降水量（県庁所在地 1981 年－2010 年平均：気象庁 HP 参照）
(3) 一級河川・二級河川

2. 自然環境規制状況……6
(1) 自然公園概況（環境省・各県 HP 参照）
(2) 自然環境保全区域概況（環境省・各県 HP 参照）
(3) 鳥獣保護地区概況（各県 HP 参照）
(4) 特別天然記念物概況（環境省・各県 HP、既存文献参照）

1. 自然・社会環境概況

(1) 地形・地質（特殊土を含む）

① 北海道

当地域は千島弧と東北日本弧の会合部に当たり、地形・地質の特徴から、西部・中央部・東部に区分して説明される。

西部は、山地と小規模な丘陵、山間盆地、海岸平野などが火山地形と混在して分布している。地質的には、中生代の堆積岩類や白亜紀の花こう岩類を基盤として、古第三紀末から第四紀にかけての火山岩類と堆積岩類が主に分布している。

中央部には、本道の背骨にもたとえらるほぼ南北に伸びる山地や丘陵地からなる山地帯が分布している。地質的には南北の帯状配列を示す複雑な地質帯が分布する。すなわち、日高変成岩類・深成岩類、蛇紋岩体・高圧型の神居古潭変成岩類、さらには白亜紀層や古第三紀層、新第三紀層が複雑な褶曲構造をつくりながら分布している。

東部は、阿寒－知床火山列の標高 1,500m 前後の火山山地を中軸として、その北側には比較的小規模な平野が分布し、南側では釧路平野や根釧台地など広大な低地帯が発達する。地質的には白亜紀～釧路炭田の炭層を含む古第三紀層が地域で最も古い地層として分布する。

【特殊土壌】

一方、北海道には、かっては特殊土壌と呼ばれた重粘土・火山性（灰）土・泥炭土の 3 種類の土壌が分布している。

② 東北

当地域には、太平洋に面して非火山性古期岩類からなる北上・阿武隈両山地が雁行配列し、その西側にグリーンタフ地域と称される新第三紀の火山性堆積盆がある。グリーンタフ地域の奥羽山脈と出羽丘陵は２つの隆起帯で、その間には山間盆地が南北に配列する。

地質の構成からみると、北上・阿武隈山地は、第三紀以降の非活動域となっており、中・古生層と貫入する花崗岩類から構成され、北西－南東方向のほぼ並列した多くの断層によって分割されている。西側のグリーンタフ地域は、新第三系中新統下部の厚い緑色凝灰岩類と、その上位に連なる堆積層の構成によって特徴づけられる堆積盆である。

③ 北陸

富山県の地質構成は、大きく第四紀堆積物、新第三紀堆積物、白亜紀末－古第三紀火成岩類、中生界、中生代以前の火成岩類・変成岩類に分類される。これらはほぼ帯状に配列し、富山湾を中心にほぼ同心円状の起伏を示す。

石川県は、飛騨変成岩類と船津花崗岩類からなる飛騨帯に位置し、その上盤に中生代や新生代の火山岩類等がみられる。

福井県は、北から飛騨帯・飛騨外縁帯・美濃帯・丹波帯・超丹波帯の地質帯が分布している。飛騨帯には飛騨変成岩類がみられる。飛騨外縁帯には中・古生代の地層が含まれる。美濃帯・丹波帯にはジュラ紀の緑色岩や層状チャート・砂岩・頁岩、あるいは石灰岩が含まれる。超丹波帯は緑色砂岩や石灰質砂岩などを含む。

④ 関東

当地域は本州弧の中央部にあって、西南日本弧と東北日本弧の会合部にあたっている。そして、関東地方の西部にある関東山地は西南日本の外帯の延長であり、北部の三国山脈や足尾～

八溝山地は地形的には東北日本の奥羽山脈へつながる山地である。これらの山地にいだかれて、その南東側にわが国でもっとも広い関東平野が拡がっている。

足尾および三国山地の周辺には、那須火山帯の諸火山がある。また関東山地の南～西部には富士火山帯にぞくする火山群がある。さらに、関東地方の北西隅は上記の 2 つの火山帯と鳥海火山帯とが会合する地域にあたり、そこでは浅間火山と草津白根火山がそびえたっている。

当地域の地質系統は、前述の地形にほぼ対応している。すなわち、関東・足尾・帝釈・三国・八溝の各山地と日立地域には、地向斜で堆積した地層を主とする中・古生界とその変成相およびこれらにともなう各種の火成岩類が分布している。そのほか、ところによっては前者を基盤とした非海成～浅海成の中生界などが分布している。このほか、那珂湊には白亜系、銚子や関東平野下には中・古生界がある。また、丹沢・ 関東・三国・足尾・八溝の各山地および関東平野などの縁辺部、房総半島南端部や三浦半島、関東平野の北西部の地下などには、新第三系が分布している。

⑤ 中部

⑥ 関西

当地域の地形は、中央構造線を境に大きく異なっているのが特徴である。この南部域は紀伊半島の南部に相当し、比較的高い山々とリアス式海岸で特徴づけられる。地質学的には西南日本外帯と称され、中生代の付加体が分布している。中央構造線の北部域は、南北方向の断層によって山地と盆地が混在している。地質学的には西南日本の内帯と呼ばれ、花コウ岩が広く分布している。

⑦ 中国

当地域の地形は、1,000～1,500m 程度の高度をもつなだらかな脊梁山地が東西に走り、その南北に標高 400～700m を中心とした高度に吉備高原や世羅台地などの低平な侵食性台地が数段分布している。さらにその南北外側には海岸平野が分布する。

一方、中国地方の構成地質は多様であり、付加体として形成された地層が、南西部を中心に分布している。砂岩、泥岩、チャート等に加えて、変成岩や石灰岩体が含まれている。中国山地の大半は花崗岩類およびそれと前後する後期中生代の火砕岩類が占めるが、一部には中生代～古第三紀の浅海成ないし湖成の地層群―成羽層群や美祢層群のような地層が断片的に分布しており、これらは砂岩、泥岩とともに一部には石炭層が含まれている。

【特殊土壌】

特殊土（施工に際して不良な土、あるいは厄介な土）の観点からみると、中国地方は花崗岩類が多いことが特徴で、いわゆるまさ土といわれる砂状風化物に変化している地域が多い。

⑧ 四国

当地域の中央部には四国山地が東西方向に伸びており、四国の脊梁を形成している。四国の地質は、中央構造線や御荷鉾構造線・仏像構造線をはじめとする大規模な構造線を境にして多種多様な地質構成になっている。

⑨ 九州

九州中部の阿蘇火山の南には、非火山性の高く大きな山地（九州山地）が連なり、火山を含む台地・丘陵をなす地域との間に明瞭な境界線が走っている。これが四国の中央構造線の続きとみられる臼杵－八代線である。そのすぐ北方には大分－熊本線がほぼ平行に走っている。これによって九州は大きく北部と南部に区分できる。

九州の土台をなす第三紀より前の基盤岩類の構造は、基本的には西南日本弧の帯状構造の続きである。中国・四国地方とほぼ同様、九州では主に古生代・中生代の秋吉帯、三郡帯、領家帯、秩父累帯、四万十累帯(第三紀層を含む)の堆積岩・変成岩および白亜紀の花崗岩などが基盤を構成している。基盤岩類はいくつかの構造線(断層)によって切断され転位し、帯状構造は乱れあるいは屈曲し琉球弧に続く。九州はほぼ九州中部を斜めに横断する臼杵一八代構造線によって二分されている。その北側が西南日本弧の内帯であり、南側(南部九州)が西南日本弧の外帯である。なお、北側地域の南部は火山や断層で特徴づけられる特異な地帯であり、中部九州と呼ぶ。

【特殊土壌】

当地域の特殊土は、地質条件によって大きく分類すると、火山成岩土：温泉余土・島原焼土・ぼく・赤ぼく・赤ほや・よな・灰土・阿蘇溶岩・しらす・ぼら・こら、河成土：そうら層、海成土：有明粘土である。

⑩ 沖縄

沖縄本島北部では、中生代白亜紀の泥岩が変成した泥質（黒色）千枚岩を主体とする**名護層**と、新生代第三紀の砂岩，砂岩泥岩互層及び粘板岩を主体とする**嘉陽層**が大部分を占めている。このうち嘉陽層は、複雑な褶曲構造を成している特徴がある。沖縄本島中・南部は、新生代第三紀の海成堆積岩類である**島尻層群**および新生代第四紀（主に更新世）の石灰岩である**琉球層群**が大部分を占めている。

久米島には新生代第三紀の安山岩溶岩を主体とする**火山岩類**が広く分布する。

石垣島では於茂登岳周辺に新生代第三紀の**花崗岩の貫入岩**が分布し，また平久保崎周辺に県内で最も古いとされている**トムル層**（泥質片岩，苦鉄質片岩）が分布している。

西表島では，中生代第三紀の**八重山層群**（泥岩・砂岩互層）が広く分布している。

【特殊土壌】

沖縄県では上記の母材を基質とした国頭マージ，島尻マージ，ジャーガル，沖縄土壌と呼ばれる特殊土壌が分布する。

(2) 月別降水量（県庁所在地 1981 年－2010 年平均：気象庁 HP 参照）

① 北海道

札幌管区気象台における至近の 30 年(1981～2010 年)統計による降水量の平均値は 1,106.5mm となっており、全国平均と比較すると少雨傾向である。

② 東北

年平均降水量で比較すると、日本海側の秋田・新潟では全国平均とほぼ同等であるが、その他の都市では下回っている。

③ 北陸

いずれの都市においても年間平均降水量は約 2,300 mmで、全国平均である約 1,700 mmを大きく上回っている。これは、冬季の降雪が影響しているものと考えられる。

④ 関東

年平均降水量で比較すると、いずれの都市においても概ね 1,100～1,600 mmで、全国平均とほぼ同等か、やや下回っている。

⑤ 中部

⑥ 関西

年平均降水量で比較すると、いずれの都市においても概ね 1,200～1,600 ㎜で、全国平均とほぼ同等か、やや下回っている。

⑦ 中国

山陰に位置する松江市と鳥取市は、年間を通して平均的に降水があり、年間降水量は瀬戸内海側より多く、全国平均と同等程度の 1,700～1,900 ㎜。瀬戸内海側に位置する２県及び山口県は夏季に降水量が多く冬季に少なく、特に岡山県は 1,100 ㎜程度と降水量が少ない。

⑧ 四国

当地域は四国山地を境に著しく異なっており、降水量の上でも、瀬戸内側では年平均 1,000～2,000 ㎜、太平洋側は 2,500～3,000 ㎜とその差が顕著に現れている。

⑨ 九州

当地域は梅雨期の６、７月の降水量が多く、次に台風の影響を受ける８、９月が多い。年間降水量では、福岡県が最も少なく 1,612mm、宮崎県が最も多く 2,508 mm を示す。

⑩ 沖縄

沖縄県では，5～6 月に梅雨前線の影響を受け，8～9 月に台風の接近数が多いことから，降水量が多くなっている。年降水量は 2040.8mm で，国内では降水量の多い区域である。

(3) 一級河川・二級河川

① 北海道

石狩川、天塩川、十勝川などの 13 水系 1,129 の一級河川、新川などの 230 水系 467 の二級河川、78 水系 429 の準用河川、そのほかに多くの普通河川がある。この内もっとも流域面積が広いのは石狩川で、14,330Km² である。

② 東北

国内有数の流域面接をもつ北上川（10,150km²）をはじめ、多くの一級河川・二級河川がある。

③ 北陸

富山県：2,720km² の流域面積をもつ神通川をはじめ、5 水系の一級河川と 29 水系の二級河川がある。

石川県：809km² の流域面積をもつ手取川をはじめ、2 水系の一級河川と 60 水系の二級河川がある。

福井県：2,930km² の流域面積をもつ九頭竜川をはじめ、2 水系の一級河川と 22 水系の二級河川がある。

④ 関東

国内最大の流域面積をもつ利根川（16,840km²）をはじめ、多くの一級河川・二級河川がある。

⑤ 中部

⑥ 関西

当地域は、8,240km² の流域面積をもつ淀川をはじめ、15 の一級河川がある。当地域には 232 の二級河川がある。

⑦ 中国

中国地方には一級河川が 13 水系あり、このうち江の川（島根県、広島県）は、幹川流路延長、流域面積ともに、規模が最も大きい。一方、二級河川は各県に多く存在し、最も多いのは山口

県で108水系である。

河川の分布を見ると、山口県を除く4県は、県中央部の中国山地から沿岸部にかけて一級河川が流れており二級河川は沿岸部に短い河川が分布しているが、山口県は沿岸部に河川延長の短い二級河川が分布するほか、二級河川の多くは河川延長が長く、県中央部から沿岸部にかけて流れている。

⑧ 四国

四国の瀬戸内海側に流れる河川は一般に流路が短いのに対し、太平洋側は吉野川、四万十川など比較的長い流路を持つ河川が多いのが特徴である。

⑨ 九州

九州には20水系の一級河川がある。筑後川が2,863 ㎢の流域面積を有し、最大となっている。二級河川の水系数・河川数は長崎県が最も多い。流域面積・河川総延長では鹿児島県が一番となっている。

⑩ 沖縄

沖縄県には一級河川は無い。地理的条件から，いずれの河川も流域面積および流路延長が小さく、急勾配となっている。

2. 自然環境規制状況

(1) 自然公園概況

自然公園とは、すぐれた自然の風景地を永久に保護し、その中でだれでも自由に風景を楽しみ、休養し、レクリエーションを行い、また動植物や地質などの自然を学べるように「自然公園法」に基づいて指定、管理されるもので、国立公園、国定公園及び都道府県立自然公園をいう。

【国立公園】

わが国の風景を代表するに足りる傑出した自然の風景地で、環境大臣が指定し、国が管理する。

【国定公園】

国立公園に準ずる自然の風景地で、都道府県の申し出を受けて環境大臣が指定し、都道府県が管理する。

【都道府県立自然公園】

国立・国定公園に次ぐ、都道府県を代表する自然の風景地。都道府県が指定し、自ら管理する。

それぞれの自然公園には、その自然景観の特色に応じた保護の方法や利用の仕方が、「公園計画」として定められている。そして、この計画に基づいて、木竹の伐採、建築物の設置など、自然環境に影響を及ぼす行為が規制される。

特別地域

公園の風致を維持するための地域。用途に応じて、第一種から第三種まで区別がある。以下の行為には、許可が必要となる。

工作物の新築・改築、樹木の伐採、鉱物の採取、河川・湖沼の取水・排水、広告の掲示、土地の埋立・開墾、動植物の捕獲・採取、本来の生息地でない動物の放鳥獣、本来の生育地でない植物の植栽、施設の塗装色彩の変更、指定区域内への立入、指定区域内での車の使用など

第一種特別地域

特別保護地区に準ずる景観を有し、特別地域のうちでは風致を維持する必要性が最も高い地域であって、現在の景観を極力保護することが必要な地域

第二種特別地域

特に農林漁業活動については努めて調整を図ることが必要な地域

第三種特別地域

特に通常の農林漁業活動については原則として風致の維持に影響を及ぼすおそれが少ない地域

特別保護地区

特別地域の内、特に重要な地区。以下の行為には、許可が必要となる。

特別地域で許可を要する行為、樹木の損傷、動物の放鳥獣（家畜の放牧を含む）、植物の植栽・播種、物の集積・貯蔵、たき火

海域公園地区

海域の景観を維持するための地区。1970年（昭和45年）の改正で、「海中公園地区」として設定された。以下の行為には、許可が必要となる。

工作物の新築・改築、鉱物の採取、広告の掲示、動植物の採取、埋立・干拓、海底の形状の変更、物の繋留、排水、環境大臣が指定する区域・期間内の動力船の使用

普通地域

特別地域や海域公園地区に指定されていない自然公園の地域。以下の行為には、届出が必要となる。

工作物の新築・改築、特別地域の河川・湖沼へ影響を及ぼすこと、広告の掲示、水面の埋立・干拓、鉱物の掘採、土地や海底の形状の変更

① 北海道

【国立公園】阿寒・大雪山・支笏洞爺・知床・利尻礼文サロベツ・釧路湿原の6か所。

【国定公園】網走・大沼・ニセコ積丹小樽海岸・日高山脈襟裳・暑寒別天売焼尻の5か所

【道立自然公園】厚岸・富良野芦別ほか全13か所

【世界遺産】知床

② 東北

【国立公園】複数の県に属するが、十和田八幡平国立公園ほか全8か所。

【国定公園】青森県：下北半島・津軽の2か所、岩手県：栗駒・早池峰の2か所、秋田県：男鹿ほか全4か所、宮城県：蔵王・栗駒の2か所、山形県：鳥海・蔵王・栗駒の3か所、福島県：越後三山只見の1か所、新潟県：2か所

【県立自然公園】青森県：浅虫夏泊ほか全7か所、岩手県：花巻温泉郷ほか全7か所、秋田県：八森岩舘ほか全8か所、宮城県：松島ほか全8か所、山形県：庄内海浜ほか全6か所、福島県：霊山ほか全11か所、新潟県：13か所

【世界遺産】白神山地

③ 北陸

【国立公園】複数の県に属するが、白山国立公園がある。

【国定公園】複数の県に属するが、越前加賀海岸国定公園がある。石川県：能登半島、福井県：若狭湾がある。

【県立自然公園】富山県：朝日・有峰・五箇山の3か所、石川県：山中大日山・獅子吼手取・碁石ケ峰・白山一里野・医王山の5か所、福井県：奥越高原の1か所

④ 関東

【国立公園】複数の県に属するが、日光・尾瀬・秩父多摩甲斐・小笠原・富士箱根伊豆・南アルプスの６か所の国立公園がある。

【国定公園】群馬県：妙義荒船佐久高原、茨城県：水郷筑波、山梨県：八ヶ岳中信高原、千葉県：水郷筑波ほか全2か所、神奈川県：丹沢大山、東京都：明治の森高尾

【県立自然公園】茨城県：奥久慈ほか全9か所、栃木県：益子ほか全8か所、山梨県：県立南アルプス巨摩ほか全2か所、埼玉県：狭山ほか全10か所、千葉県：養老渓谷奥清澄ほか全8か所、神奈川県：丹沢大山ほか全4か所、東京都：滝山ほか6か所

【世界遺産】小笠原諸島

⑤ 中部

⑥ 関西

【国立公園】複数の県に属するが、山陰海岸・瀬戸内海・吉野熊野がある。

【国定公園】京都府：京都丹波高原ほか全 4 か所、大阪府：明治の森箕面ほか全 2 か所、滋賀県：琵琶湖ほか全 2 か所、奈良県：金剛生駒紀泉ほか全 4 か所、兵庫県：氷ノ山後山那岐山、和歌山県：金剛生駒紀泉ほか 2 か所がある。

【府県立自然公園】京都府：笠置山ほか 3 か所、大阪府：北摂ほか全 2 か所、滋賀県：三上・田上・信楽ほか全 3 か所、奈良県：矢田ほか全 3 か所、兵庫県：多紀連山ほか全 11 か所、和歌山県：高野山町石道玉川峡ほか 11 か所がある。

⑦ 中国

【国立公園】複数の県に属するが、当地域には山陰海岸・瀬戸内海・大山隠岐の 3 か所の国立公園がある。

【国定公園】複数の県に属するが、当地域には氷ノ山ほか 5 か所の国定公園がある。

【県立自然公園】鳥取県：西因幡ほか全 3 か所、島根県：断魚渓・観音滝ほか全 11 か所、岡山県：高梁川上流ほか全７か所、広島：南原峡ほか全６か所、山口県：豊田ほか全４か所、

⑧ 四国

【国立公園】1 府 10 県にまたがる「瀬戸内海国立公園」、四国西南部（愛媛県、高知県）に属する「足摺宇和海国立公園」の２か所がある。

【国定公園】徳島県と高知県に属する剣山と室戸阿南海岸国定公園、愛媛県と高知県に属する石鎚国定公園がある。

【県立自然公園】香川県：大滝川の 1 か所、徳島県：箸蔵ほか全 6 か所、高知県：手結住吉ほか全 18 か所、愛媛県：四国カルストほか全 7 か所

⑨ 九州

【国立公園】福岡県や大分県に一部が属している 1 府 10 県にまたがる「瀬戸内海国立公園」がある。長崎県には、雲仙天草と西海の 2 か所がある。熊本県や大分県には、阿蘇・くじゅう国立公園がある。宮崎県や鹿児島県には、霧島錦江湾や屋久島国立公園がある。

【国定公園】福岡県：北九州ほか全 3 か所、佐賀県：玄海国定公園、長崎県：壱岐対馬、熊本県：耶馬日田英彦山ほか全２か所、大分県：祖母傾ほか全３か所、宮崎県：日南海岸ほか全４か所、鹿児島県：甑島ほか全３か所、

【県立自然公園】福岡県：筑豊ほか全 5 か所、佐賀県：黒髪山ほか全６か所、長崎県：多良岳ほか全６か所、熊本県：金峰山ほか全７か所、大分県：国東半島ほか全５か所、宮崎県：尾鈴ほか全６か所、鹿児島県：吹上浜ほか全８か所

⑩ 沖縄

【国立公園】西表石垣国立公園がある。

【国定公園】沖縄海岸・沖縄戦跡の 2 か所がある。

【県立自然公園】久米島の 1 か所。

(2) 自然環境保全区域概況

ほとんど人の手が加わっていない原生の状態が保たれている地域や優れた自然環境を維持している地域については、自然環境保全法及び都道府県条例に基づきそれぞれ、原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、または都道府県自然環境保全地域として指定し、自然環境の保全に努めている。

【原生自然環境保全地域】

人の活動の影響を受けることなく原生の状態を維持している地域(1,000ha 以上、島嶼は 300ha 以上)

【自然環境保全地域】

ア. 高山・亜高山性植生(1,000ha 以上)、すぐれた天然林(100ha 以上)

イ. 特異な地形・地質・自然現象(10ha 以上)

ウ. 優れた自然環境を維持している湖沼・海岸・湿原・河川・海域(10ha 以上)

エ. 植物の自生地・野生動物の生息地のうち、ア～ウと同程度の自然環境を有している地域(10ha 以上)

【都道府県自然環境保全地域】

自然環境保全地域(上記)に準ずる自然環境を維持している地域(ただし、海域を除く)

【保全のための規制】

原生自然環境保全地域	自然生態系に影響を与える行為は原則禁止 立入制限地区:原則立入禁止
自然環境保全地域　及び都道府県自然環境保全地域	特別地区:各種行為は一定の基準に合致するもののみ許可
	野生動植物保護地区:特定の野生動植物の捕獲、採取は原則禁止
	普通地区:各種行為は届出

【行為の許可・届出】

・原生自然環境保全地域・自然環境保全地域:環境大臣、各地方環境事務所長

・都道府県自然環境保全地域:都道府県知事

① 北海道

【原生自然環境保全地域】遠音別岳など 2 か所が指定。

【自然環境保全地域】大平山の 1 か所が指定。

【道自然環境保全地域】大千軒岳など 7 か所が指定。

さらに、北海道自然環境等保全条例に基づき、環境緑地保護地区等及び記念保護樹木を指定している。

② 東北

【県自然環境保全地域】青森県：然ケ岳ほか全 9 か所、岩手県：県内 14 か所、秋田県：県内 18 か所、宮城県：県内 16 か所、山形県：今神山ほか全 5 か所、福島県：県内 47 か所、新潟県：県内 23 か所

③ 北陸

【県自然環境保全地域】富山県：沢杉ほか全 11 か所、石川県：杉の水ほか全 7 か所、福井県：池河内ほか全 2 か所

④ 関東

【県自然環境保全地域】栃木県：大佐飛山、群馬県：利根川源流部の 2 か所。

⑤ 中部

⑥ 関西

【府・県自然環境保全地域】京都府：男山ほか 12 か所、大阪府：本山寺ほか全 6 か所、奈良県：玉置山、兵庫県：阪神北ほか全 15 か所、和歌山県：立神社社寺林ほか全 7 か所

⑦ 中国

【県自然環境保全地域】鳥取県：菅野ほか 15 か所、島根県：西谷川オオサンショウウオ繁殖地ほか全 6 か所、岡山県：塩滝地域ほか全 3 か所、広島県：龍頭峡ほか全 27 か所

⑧ 四国

愛媛県と高知県に属する笹ヶ峰自然環境保全地域がある。地域全体 537ha が特別地域に指定されており、そのうち 259ha が「野生動植物保護地区」となっている。

⑨ 九州

【県自然環境保全地域】福岡県：猪野ほか全 4 か所、佐賀県：樫原湿原、長崎県：虚空蔵山ほか全 15 か所、熊本県：染岳ほか全 4 か所、大分県：武多都ほか全 6 か所、宮崎県：樫葉ほか全 2 か所、鹿児島県：稲尾岳ほか全 4 か所

⑩ 沖縄

【県自然環境保全地域】嘉津宇岳・安和岳・八重岳の３か所。

(3) 鳥獣保護地区概況

鳥獣保護区は、鳥獣の保護の見地から「鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律」に基づき指定されている。鳥獣保護区は、環境大臣が指定する国指定鳥獣保護区と、都道府県知事が指定する都道府県指定鳥獣保護区の 2 種類があり、環境大臣又は都道府県知事は、鳥獣保護区の区域内で鳥獣の保護又はその生息地の保護を図るため特に必要があると認める区域を特別保護地区に指定することができる。鳥獣保護区内においては、狩猟が認められないほか、特別保護地区内においては、一定の開発行為が規制される。

① 北海道

【国指定鳥獣保護区】大規模生息地 1 か所、集団渡来地 8 か所。

【道指定鳥獣保護区】森林鳥獣生息地 193 か所、大規模生息地 3 か所、集団生息地 20 か所、集団渡来地 4 か所、希少鳥獣生息地 2 か所、身近な鳥獣生息地 76 か所。

② 東北

【県指定鳥獣保護区】青森県・岩手県・秋田県・新潟県の各ホームページに掲載されている。

③ 北陸

【国指定鳥獣保護区】複数の県に属するが、白山や片野鴨池など 7 か所がある。

【県指定鳥獣保護区】富山県：ねいの里ほか全 38 か所、石川県：キゴ山ほか全 47 か所、福井県：永平寺ほか全 31 か所

④ 関東

【国指定鳥獣保護区】複数の県に属するケースもあるが、浅間や渡良瀬遊水地など 11 か所がある。

⑤ 中部

⑥ 関西

【国指定鳥獣保護区】京都府：冠島沓島の 1 か所、兵庫県：浜甲子園・円山川下流域の 2 か所

【府県指定鳥獣保護区】京都府：笠置ほか全 63 か所、大阪府：箕面勝尾寺ほか全 18 か所、奈良県：大台山系ほか全 21 か所、兵庫県：伊丹ほか全 92 か所、和歌山県：友ケ島ほか全 98 か所

⑦ 中国

【国指定鳥獣保護区】鳥取県：大山ほか 2 か所、島根県：中海ほか全 2 か所

【県指定鳥獣保護区】鳥取県： 20 か所、島根県：80 か所、岡山県：65 か所、広島県：101 か所、山口県：81 か所

⑧ 四国

【県指定鳥獣保護区】香川県：阿弥陀越ほか全 13 か所、徳島県：剣山山系ほか全 53 か所等

⑨ 九州

【国指定鳥獣保護区】長崎県： 1 か所、宮崎県：2 か所

【県指定鳥獣保護区】福岡県：46 か所、佐賀県：42 か所、長崎県： 20 か所、熊本県：105 か所、大分県：66 か所、宮崎県：107 か所、鹿児島県：132 か所

⑩ 沖縄

【国指定鳥獣保護区】沖縄本島：国頭村のやんばる（安田）ほか全 4 か所、石垣島：名蔵アンパルの 1 か所、西表島：西表の 1 か所

【県指定鳥獣保護区】沖縄本島：国頭村の西銘岳ほか全 9 か所、久米島：仲里・具志川の 2 か所

(4) 特別天然記念物概況

① 北海道

野幌原始林、大雪山、昭和新山、アポイ岳高山植物群落、阿寒湖のマリモ、タンチョウ

② 東北

青森県：小湊のハクチョウおよびその渡来地、岩手県：夏油温泉の石灰華・根反の大珪化木・焼走り溶岩流・早池峰山および薬師岳の高山帯・森林植物群落

秋田県：玉川温泉の北投石、

宮城県：鬼首の雌釜および雄釜間歇温泉

山形県：羽黒山の杉並木・東根の大ケヤキ

③ 北陸

富山県：薬師岳の圏谷群、ホタルイカ群遊海面、ライチョウ、カモシカ、魚津埋没林、白馬連山高山植物帯

石川県：カモシカ、岩間の噴泉塔群

福井県：オオサンショウウオ、カモシカ、コウノトリ、タンチョウ

④ 関東

栃木県：日光杉並木街道附並木寄進碑、コウシンソウ自生地

群馬県：浅間山溶岩樹型、尾瀬

山梨県：鳴沢溶岩樹型

埼玉県：牛島のフジ、田島ケ原サクラソウ自生地、御岳の鏡岩

東京都：大嶋のサクラ株、アホウドリ

千葉県：鯛ノ浦タイ生息地

⑤ 中部

⑥ 関西

滋賀県：長岡のゲンジボタルおよびその発生地

奈良県：春日山原始林

⑦ 中国

鳥取県：大山町のダイセンキャラボク純林

島根県：松江市の大根島の溶岩隧道

山口県：美祢市の秋吉台

山口県：美祢市の秋芳洞

山口県：周南市・下松市の八代のツルおよびその渡来地

⑧ 四国

香川県：宝生院のシンパク

徳島県：加茂の大クス

高知県：ミカドアゲハ・杉の大スギ

愛媛県：八釜の甌穴群

定めず：土佐のオナガドリ

⑨ 九州

福岡県：古処山ツゲ原始林・立花山クスノキ原始林

熊本県：相良のアイラトビカズラ

宮崎県：青島亜熱帯性植物群落・内海のヤッコソウ発生地・都井岬ソテツ自生地

鹿児島県：ツルおよび渡来地・枇榔島亜熱帯性植物群落・蒲生のクス・喜入のリュウキュウコウガイ山地・鹿児島県のソテツ自生地・屋久島杉原生林

⑩ 沖縄

コウノトリ、ノグチゲラ、イリオモテヤマネコ、カンムリワシ、アホウドリ

【参考資料２】

環境保全関連

目　　次

2.1　水力発電所に係る環境影響評価項目 …… 1
2.2　自然公園、自然環境保全地域等一覧 …… 4
2.3　水力環境回復技術最適化調査 …… 9
2.4　魚類迷入防止対策手法の概要 …… 17
2.5　魚道の形式、事例 …… 23
2.6　水力発電設備の景観対策事例 …… 28
2.7　騒音・振動に係る環境基準等 …… 32
2.8　水力発電所の新たな環境の創出と価値評価 …… 37

2.1　水力発電所に係る環境影響評価項目（本編 5.2(4)）

影響要因の区分	環境要素の区分				審査の指針
工事の実施	環境の自然的構成要素の良好な状態の保持に区分される環境要素	大気環境	大気質	窒素酸化物	工事用資材等の搬出入に使用する自動車から排出される窒素酸化物に係る環境影響が当該自動車の運行の予定される路線の周辺地域における生活環境の保全に支障を及ぼすものでないこと。
				粉じん等	イ 工事用資材等の搬出入に使用する自動車から発生する粉じん等に係る環境影響が当該自動車の運行の予定される路線の周辺地域における生活環境の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 建設機械の稼働に伴って発生する粉じん等に係る環境影響が工事場所の周辺地域の生活環境の保全に支障を及ぼすものでないこと。
			騒音	騒音	イ 工事用資材等の搬出入に使用する自動車から発生する騒音に係る環境影響が当該自動車の運行の予定される路線の周辺地域における環境基本法第１６条第１項の規定による騒音に係る環境上の条件についての基準（基準が設定されていない場合は、地域の状況を踏まえ基準の類型あてはめによる。）の確保に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 建設機械の稼働に伴って発生する騒音に係る環境影響が法令等で定める規制基準（基準が設定されていない場合は、地域の状況を踏まえ基準の区域の区分のあてはめによる。）に適合しないものでないこと。 ハ 工事場所の付近に住居等がある場合においては、建設機械の稼働に伴って発生する騒音に係る環境影響が当該地域における生活環境の保全に支障を及ぼすものでないこと。
			振動	振動	イ 工事用資材等の搬出入に使用する自動車から発生する振動に係る環境影響が当該自動車の運行の予定される路線の周辺地域における生活環境の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 建設機械の稼働に伴って発生する振動に係る環境影響が法令等で定める規制基準（基準が設定されていない場合は、地域の状況を踏まえ基準の区域の区分のあてはめによる。）に適合しないものでないこと。 ハ 工事場所の付近に住居等がある場合においては、建設機械の稼働に伴って発生する振動に係る環境影響が当該地域における生活環境の保全に支障を及ぼすものでないこと。
		水環境	水質	水の濁り 水素イオン濃度	造成等の施工による一時的な影響による水の濁り及び 水素イオン濃度に係る環境影響が工事の場所及びその周辺における水域の水質の保全に支障を及ぼすものでないこと。
		その他特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素			特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素の保全について適正な配慮がなされているものであること。
	生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全に区分される環境要素	動物	重要な種及び注目すべき生息地		イ 造成等の施工に係る一時的な環境影響が対象事業実施区域の周辺区域及び当該河川における重要な種及び注目すべき生息地の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 造成等の施工において、対象事業実施区域における重要な種及び注目すべき生息地の保全について適正な配慮がなされているものであること。
		植物	重要な種及び重要な群落		イ 造成等の施工に係る一時的な環境影響が対象事業実施区域の周辺区域における重要な種及び重要な群落の保全に支障を及ぼすものでないこと。

影響要因の区分	環境要素の区分				審査の指針
工事の実施	生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全に区分される環境要素	植物	重要な種及び重要な群落		ロ 造成等の施工において、対象事業実施区域における重要な種及び重要な群落の保全について適正な配慮がなされているものであること。
		生態系	地域を特徴づける生態系		イ 造成等の施工に係る一時的な環境影響が対象事業実施区域の周辺区域における地域を特徴づける生態系の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 造成等の施工において、対象事業実施区域における地域を特徴づける生態系の保全について適正な配慮がなされているものであること。
		その他特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素			特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素の保全について適正な配慮がなされているものであること。
	人と自然との豊かな触れ合いに区分される環境要素	人と自然との触れ合いの活動の場	主要な人と自然との触れ合いの活動の場		工事用資材等の搬出入に用いる自動車の運行に係る環境影響が当該自動車の運行の予定される路線の周辺区域における主要な人と自然との触れ合いの活動の場の保全に支障を及ぼすものでないこと。
		その他特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素			特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素の保全について適正な配慮がなされているものであること。
	環境への負荷に区分される環境要素	廃棄物等	産業廃棄物		イ 造成等の施工による一時的な影響により発生する産業廃棄物が事業者の実行可能な範囲内において可能な限り低減されていること。 ロ 法令等の定めるところにより保管、運搬、処分等が行われるものであること。
		その他特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素			特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素の保全について適正な配慮がなされているものであること。
土地又は工作物の存在及び供用	環境の自然的構成要素の良好な状態の保持に区分される環境要素	水環境	水質	水の汚れ 富栄養化 水の濁り 溶存酸素量 水温	イ 貯水池における水の汚れ、水の濁り及び溶存酸素量に係る環境影響が当該水域における環境基本法第１６条第１項の規定による水質に係る環境上の条件についての基準（基準が設定されていない場合は、水域状況を踏まえ基準の類型あてはめによる。）の確保に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 貯水池における富栄養化、水温に係る環境影響が当該水域の水質の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ハ 河水の取水による当該河川の水の汚れに係る環境影響が当該水域における環境基本法第１６条第１項の規定による水質に係る環境上の条件についての基準（基準が設定されていない場合は、水域状況を踏まえ基準の類型あてはめによる。）の確保に支障を及ぼすものでないこと。
		その他の環境	地形及び地質	重要な地形及び地質	イ 地形改変及び施設の存在に係る環境影響が対象事業実施区域の周辺区域における重要な地形及び地質の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 貯水池の存在に係る環境影響が貯水池の周辺区域における重要な地形及び地質の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ハ 地形改変及び施設の存在又は貯水池の存在において、対象事業実施区域における重要な地形及び地質の保全について適正な配慮がなされているものであること。
		その他特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素			特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素の保全について適正な配慮がなされているものであること。

影響要因の区分	環境要素の区分			審査の指針
土地又は工作物の存在及び供用	生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全に区分される環境要素	動物	重要な種及び注目すべき生息地	イ 地形改変及び施設の存在、貯水池の存在又は河水の取水に係る環境影響が対象事業実施区域の周辺区域及び当該河川における重要な種及び注目すべき生息地の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 地形改変及び施設の存在、貯水池の存在又は河水の取水において、対象事業実施区域における重要な種及び注目すべき生息地の保全について適正な配慮がなされているものであること。
		植物	重要な種及び重要な群落	イ 地形改変及び施設の存在、貯水池の存在又は河水の取水に係る環境影響が対象事業実施区域の周辺区域及び当該河川における重要な種及び重要な群落の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 地形改変及び施設の存在、貯水池の存在又は河水の取水において、対象事業実施区域における重要な種及び重要な群落の保全について適正な配慮がなされているものであること。 ハ 対象事業実施区域内において、発電設備の設置に必要な部分以外は、可能な限り緑化が図られるものであること。 ニ 緑化計画は、地形、表層の土壌、気候等植物の生育条件を考慮し、周辺の環境と調和するよう留意されるものであること。
		生態系	地域を特徴づける生態系	イ 地形改変及び施設の存在、貯水池の存在又は河水の取水に係る環境影響が対象事業実施区域の周辺区域及び当該河川における地域を特徴づける生態系の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 地形改変及び施設の存在、貯水池の存在又は河水の取水において、対象事業実施区域における地域を特徴づける生態系の保全について適正な配慮がなされているものであること。
		その他特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素		特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素の保全について適正な配慮がなされているものであること。
	人と自然との豊かな触れ合いに区分される環境要素	景観	主要な眺望点及び景観資源並びに主要な眺望景観	イ 地形改変及び施設の存在又は貯水池の存在に係る環境影響が対象事業実施区域の周辺区域における主要な眺望点及び景観資源並びに主要な眺望景観の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 地形改変及び施設の存在又は貯水池の存在において、対象事業実施区域における主要な眺望点及び景観資源並びに主要な眺望景観の保全について適正な配慮がなされているものであること。
		人と自然との触れ合いの活動の場	主要な人と自然との触れ合いの活動の場	イ 地形改変及び施設の存在、貯水池の存在又は河水の取水に係る環境影響が対象事業実施区域の周辺区域における主要な人と自然との触れ合いの活動の場の保全に支障を及ぼすものでないこと。 ロ 地形改変及び施設の存在、貯水池の存在又は河水の取水において、対象事業実施区域における主要な人と自然との触れ合いの活動の場の保全について適正な配慮がなされているものであること。
		その他特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素		特定対象事業特性又は特定対象地域特性により環境保全上特に配慮する必要がある環境要素の保全について適正な配慮がなされているものであること。

（出典）「環境影響評価方法書、環境影響評価準備書及びの環境影響評価書の審査指針」経済産業大臣官房商務流通保安審議官（平成 26 年 1 月 24 日－最終改正平成 27 年 6 月 1 日－）

2.2　自然公園、自然環境保全地域等一覧（本編 5.3(1)(2)）

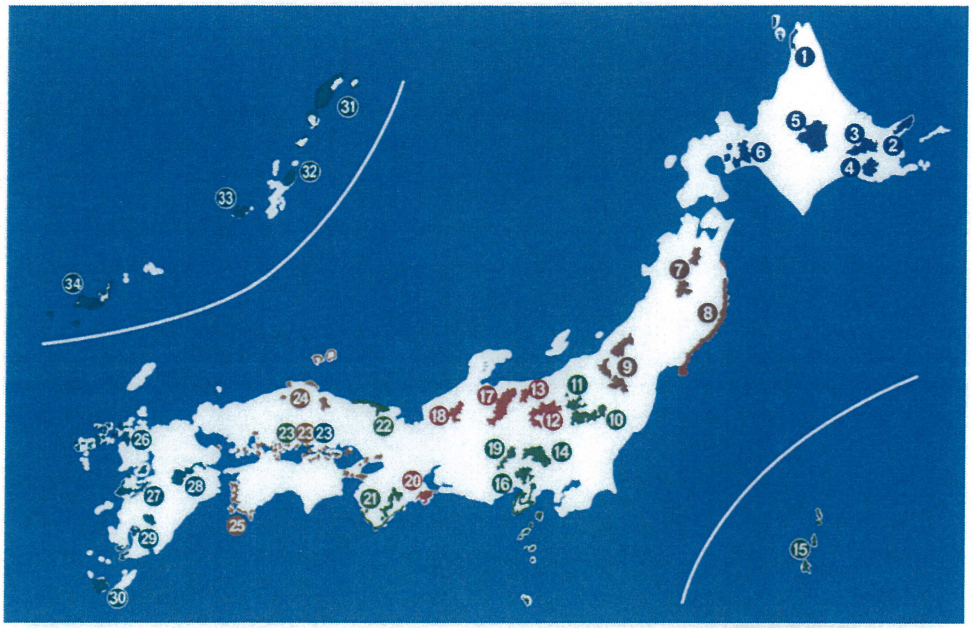


図 2-2-1　国立公園一覧　（出典：環境庁 HP－日本の国立公園－）

1 利尻礼文サロベツ（北海道）
2 知床（北海道）
3 阿寒摩周（北海道）
4 釧路湿原（北海道）
5 大雪山（北海道）
6 支笏洞爺（北海道）

7 十和田八幡平（岩手、秋田）
8 三陸復興（岩手、宮城）
9 磐梯朝日（山形、秋田、福島）
10 日光（栃木、群馬）
11 尾瀬（福島、栃木、群馬、新潟）
12 上信越高原（群馬、新潟、長野）
13 妙高戸隠連山（新潟、長野）
14 秩父多摩甲斐（東京、山梨、長野）
15 小笠原(東京)
16 富士箱根伊豆（神奈川、山梨、静岡）
17 中部山岳（新潟、富山、長野、富山）

18 白山（石川、福井、岐阜）
19 南アルプス（山梨、長野、静岡）
20 伊勢志摩（三重）
21 吉野熊野（三重、奈良、和歌山）
22 山陰海岸（兵庫、鳥取）
23 瀬戸内海（兵庫、和歌山、岡山、広島、山口、徳島、香川、愛媛、福岡、大分）
24 大山隠岐（岡山、鳥取、 島根、）
25 足摺宇和海(愛媛、高知)
26 西海（長崎）
27 雲仙天草（熊本、鹿児島）
28 阿蘇くじゅう（熊本、大分）
29 霧島錦江湾（宮崎、鹿児島）
30 屋久島（鹿児島）
31 奄美群島（鹿児島）
32 やんばる（沖縄）
33 慶良間諸島（沖縄）
34 西表石垣（沖縄）

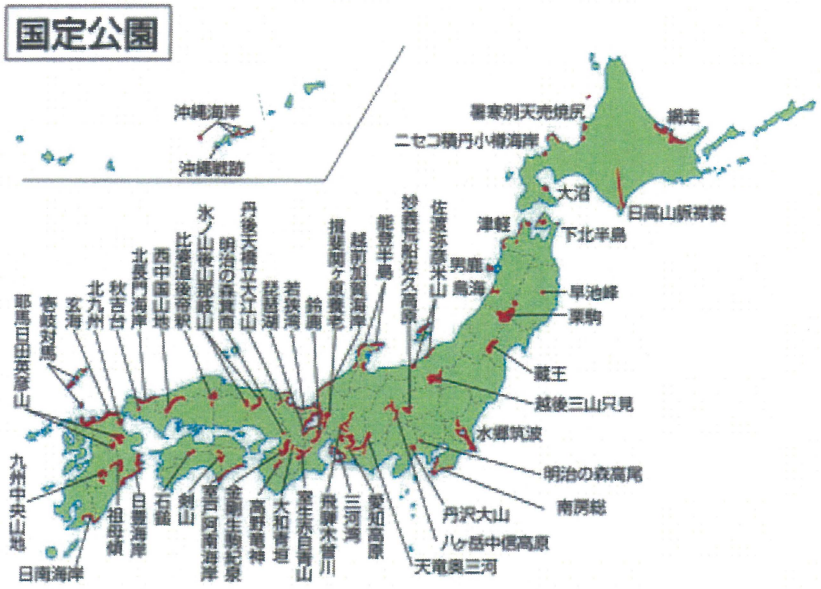


図 2-2-2　国定公園一覧　　（出典：Web-Kotobank）

1 暑寒別天売焼尻（北海道）
2 網走（北海道）
3 ニセコ積丹小樽海岸（北海道）
4 日高山脈襟裳（北海道）
5 大沼 昭和（北海道）
6 下北半島（青森）
7 津軽（青森）
8 早池峰（岩手）
9 栗駒（岩手、宮城、秋田、山形）
10 蔵王（宮城、山形）
11 男鹿（秋田）
12 鳥海（秋田、山形）
13 越後三山只見（福島、新潟）
14 水郷筑波（茨城、千葉）
15 妙義荒船佐久高原（群馬、長野）
16 南房総（千葉）
17 明治の森高尾（東京）
18 丹沢大山（神奈川）
19 佐渡弥彦米山（新潟）
20 能登半島（富山、石川）
21 越前加賀海岸（石川、福井）
22 若狭湾（福井、京都）
23 八ヶ岳中信高原（山梨、長野）
24 天竜奥三河（長野、静岡、愛知）
25 揖斐関ケ原養老（岐阜）
26 飛騨木曽川（岐阜、愛知）
27 愛知高原（愛知）
28 三河湾（愛知）
29 鈴鹿（三重、滋賀）
30 室生赤目青山（三重、奈良）
31 琵琶湖（滋賀、京都）
32 丹後天橋立大江山（京都）
33 京都丹波高原（京都）
34 明治の森箕面（大阪）
35 金剛生駒紀泉（大阪、奈良、和歌山）
36 氷ノ山後山那岐山（兵庫、鳥取、岡山）
37 大和青垣（奈良）
38 高野龍神（奈良、和歌山）
39 比婆道後帝釈（鳥取、島根、広島）
40 西中国山地（島根、広島、山口）
41 北長門海岸（山口）
42 秋吉台（山口）
43 剣山（徳島、高知）
44 室戸阿南海岸（徳島、高知）
45 石鎚（愛媛、高知）
46 北九州（福岡）
47 玄海（福岡、佐賀、長崎）
48 耶馬日田英彦山（福岡、熊本、大分）
49 壱岐対馬（長崎）
50 九州中央山地（熊本、宮崎）
51 日豊海岸（大分、宮崎）
52 祖母傾（大分、宮崎）
53 日南海岸（宮崎、鹿児島）
54 甑島（鹿児島）
55 沖縄海岸（沖縄）
56 沖縄戦跡（沖縄）

表 2-2-1　都道府県立自然公園一覧

都道府県	公園数	公　　園　　名
北海道	12	厚岸、富良野芦別、桧山、恵山、野付風蓮、北オホーツク、松前矢越、野幌森林公園、狩場茂他、朱鞠内、天塩岳、斜里岳
青森	7	浅虫夏泊、大鰐碇ヶ関温泉郷、名久井岳、芦野池沼群、岩木高原、黒石温泉郷、赤石渓流暗門の滝
岩手	7	久慈平庭、外山早坂高原、花巻温泉郷、湯田温泉郷、折爪馬仙峡、五葉山、室根高原
宮城	8	松島、旭山、蔵王高原、二口峡谷、気仙沼、船形連峰、硯上山万石浦、阿武隈渓谷
秋田	8	田沢湖抱返り、きみまち坂藤里峡、八森岩館、秋田白神、森吉山、4太平山、田代岳、真木真昼
山形	6	庄内海浜、御所山、県南、加無山、天童高原、最上川
福島	11	磐城海岸、奥久慈、霞ヶ城、南湖、霊山、只見柳津、勿来、松川浦、阿武隈高原中部、大川羽鳥、夏井川渓谷
茨城	9	大洗、太田、水戸、御前山、奥久慈、花園花貫、笠間、吾国愛宕、高鈴
栃木	8	益子、太平山、唐沢山、前日光、足利、宇都宮、那珂川、八溝
群馬	—	—
埼玉	10	奥武蔵、黒山、狭山、長瀞玉淀、上武、比企丘陵、武甲、安行武南、両神、西秩父
千葉	8	大利根、九十九里、高宕山、嶺岡山系、養老渓谷奥清澄、富山、印旛手賀、笠森鶴舞
東京	6	滝山、高尾陣場、多摩丘陵、狭山、羽村草花丘陵、秋川丘陵
神奈川	4	奥湯河原、丹沢大山、真鶴半島、陣馬相模湖
新潟	13	阿賀野川ライン、魚沼連峰、奥早出粟守門、久比岐、小佐渡、五島連峰、瀬波笹川流れ粟島、胎内二王子、白馬山麓、米山福浦八景、直峰松之山大池、長岡東山山本山、親不知子不知
富山	6	朝日、有峰、五箇山、白水水無、医王山、僧ケ岳
石川	5	獅子吼・手取、山中・大日山、碁石ヶ峰、白山一里野、医王山
福井	1	奥越高原
山梨	2	四尾連湖、南アルプス巨摩
長野	6	中央アルプス、御岳、三峰川水系、塩峰王城、聖山高原、天竜小渋水系
岐阜	15	恵那峡、胞山、千本松原、揖斐、宇津江四十八滝、奥飛騨数河流葉、裏木曽、伊吹、奥長良川、位山舟山、土岐三国山、野麦、せせらぎ渓谷、天生、御嶽山
静岡	4	浜名湖、日本平・三保の松原、奥大井、御前崎遠州灘
愛知	7	渥美半島、南知多、石巻山多米、桜渕、段戸高原、振草渓谷、本宮山
三重	5	赤目一志峡、伊勢の海、香肌峡、水郷、奥伊勢宮川峡
滋賀	3	三上・田上・信楽、朽木・葛川、湖東
京都	3	笠置山、保津峡、るり渓
大阪	2	北摂、阪南・岬

兵庫	11	猪名川渓谷、清水東条湖、多紀連山、朝来群山、音水ちくさ、西播丘陵、但馬山岳、出石糸井、播磨中部丘陵、雪彦峰山、笠形山千ヶ峰
奈良	3	矢田、吉野川津風呂、月ヶ瀬神野山
和歌山	11	高野山町石道玉川峡、龍門山、生石高原、西有田、白崎海岸、煙樹海岸、城が森鉾尖、果無山脈、大塔日置川、白見山和田川峡、古座川
鳥取	3	西因幡、三朝東郷湖、奥日野
島根	11	断魚溪・観音滝、浜田海岸、青野山、江川水系、鬼の舌震、清水月山、宍道湖北山、立久恵峡、蟠竜湖、竜頭八重滝、千丈溪
岡山	7	吉備史跡、高梁川上流、湯原奥津、吉備路風土記の丘、備作山地、吉備清流、吉井川中流
広島	6	南原峡、山野峡、竹林寺用倉山、仏通寺御調八幡宮、三倉岳、神之瀬峡
山口	4	石城山、長門峡、豊田、羅漢山
徳島	6	大麻山、奥宮川内谷、中部山溪、土柱・高越、箸蔵、東山溪
香川	1	大滝大川
愛媛	7	肱川、金砂湖、奥道後玉川、篠山、四国カルスト、佐田岬半島宇和海、皿ヶ嶺連峰
高知	18	入野、奥物部、白髪山、宿毛、手結住吉、横倉山、横浪、興津、須崎湾、中津溪谷、龍河洞、安居溪谷、四国カルスト、北山、梶ヶ森、魚梁瀬、鷲尾山、工石山陣ヶ森
福岡	5	大宰府、筑後川、筑豊、矢部川、背振雷山
佐賀	6	黒髪山、多良岳、天山、八幡岳、背振北山、川上金立
長崎	6	多良岳、野母半島、北松、大村湾、西彼杵半島、島原半島
熊本	7	金峰山、小岱山、芦北海岸、三角大矢野海辺、矢部周辺、奥球磨、五木五家荘
大分	5	国東半島、神角寺芹川、祖母傾、津江山系、豊後水道
宮崎	6	尾鈴、西都原杉安峡、祖母傾、母智丘関之尾、わにつか、矢岳高原
鹿児島	8	阿久根、蘭牟田池、吹上浜、坊野間、川内川流域、大隅南部、高隈山、甑島
沖縄	4	久米島、伊良部、渡名喜、多良間
計	311	

原生自然環境保全地域

1.遠音別岳（北海道）

2.十勝川源流部（北海道）

3.南硫黄島（東京都）

4 大井川源流部（静岡県）

5.屋久島（鹿児島県）

自然環境保全地域

6.大平山（北海道）

7.白神山地（青森県、秋田県）

8.早池峰（岩手県）

9.和賀岳（岩手県）

10.大佐飛山（栃木県）

11.利根川源流部（群馬県）　12.笹ヶ峰（愛媛県）　13.白髪岳（熊本県）

14 稲生岳（鹿児島県）　15.崎山湾・網取湾（沖縄県）

図 2-2-3　自然環境保全地域所在地　（環境省ＨＰ「自然環境保全地域」）

2.3　水力環境回復技術最適化調査（本編 5.4(2) (3)）

水力発電所の減水区間問題は、ダム式発電所、他目的ダム、砂防ダム、農業用水路、上水道など他の施設等に付着して設置する発電所等を除き、規模の大小を問わず大方の水路式、ダム水路式発電所では避けて通れない課題である。

ここでいう「環境回復技術」とは、河川流量が減じた河川の環境（魚類の生息場）の質を回復する技術（ミチゲーション（Mitigation＝緩和）技術）を指し、要望の多い河川流量の増加を図ることなく、出水を利用し、自然の営力により新たな瀬・淵構造を創出する技術、隠れ家等の機能（稚魚の生育場、洪水時の避難場、夜間の休息場）を創出し影響を緩和する技術等のことである。

本調査で目指したのは、河川上、中流部に位置する水路式発電所の減水区間で生ずる魚類等の生息環境の質を緩和、回復する実用的な技術の確立である。

水力発電所の減水区間では、出水時には自然河川状況となるため、自然の営力を期待することが可能であり、これを利用しつつ環境影響を回復、緩和する技術、工法を目指した。

電力土木技術協会では国からの委託を受け平成 13 年から 16 年にかけて、減水区間における魚類等水生生物への影響緩和策についての技術を確立することを目的とした「水力環境回復技術最適化調査を以下の 3 発電所の減水区間で実施した。

東日本：北上川水系迫川　山内発電所（東北電力）、P:2,000kW　Q:2.78m^3/s

中日本：新宮川水系川原樋川　川原樋川発電所（関西電力）P:11,400kW　Q:8.00m^3/s

西日本：斐伊川水系深野川　川手発電所（中国電力）P:900kW　Q:3.00m^3/s

この調査で実施した内容と成果は次のとおりである。

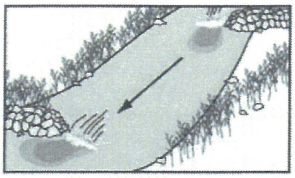
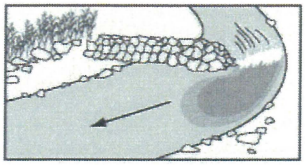
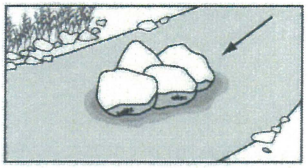
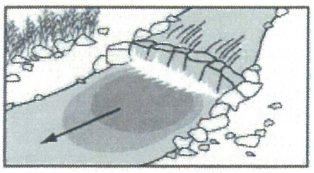
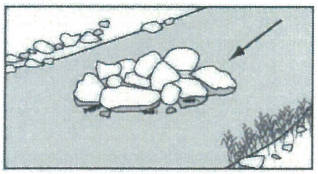
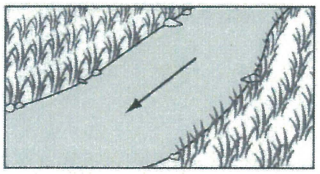
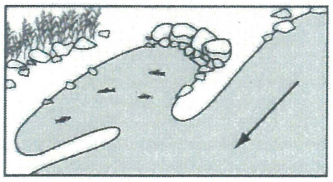
1．　技術・工法の選定及び調査方法

(1)　検討対象の技術・工法

検討の対象とした技術・工法は 7 種あり、それらの技術内容と構造の概略図を表 5-3-6 に示す。

それらの中から調査対象河川の地形的特性、流況、魚種とその生態等を考慮し、調査の対象として適用する技術・工法を選定した。その概要を表 2-3-1、目的を表 2-3-2 に示す。

表 2-3-1　河川環境回復技術の概要

河川環境回復技術			技術の説明	概略図
隠れ家等の機能を創出する技術	瀬・淵構造を創出する技術	水制によるリッフルプール工(*)	流水部に水制を複数施工することにより流路を蛇行させるとともに、出水時に水制の周辺を深掘れさせることにより瀬・淵構造を創出する。	
		水制によるプール工	流水部に水制を施工し、出水時に水制の周辺を深掘れさせることにより瀬・淵構造を創出する。	
		置石によるプール工	流水部に置石を行い、周辺を深掘れさせ小規模なR型淵を創出する。 (R型淵：p5-28(*)参照)	
		置石によるステッププール工	流水部に置石による帯工をアーチ状に施工し、階段状の瀬・淵構造を創出する。	
	置石によるシェルター工		流水部の浅瀬化した場所に置石を組み合わせることにより、石と石の間に魚類の隠れ家としての空間を創出する。	
	水際植生工		水際部に植生工を施工し、水際部に魚類の隠れ家を創出する。	
	置石によるワンド工		川原に置石を行い、出水時に置石の周囲を深掘れさせることによりワンドを創出する。	

(*)：　リッフルプール（Riffle Pool）とは、Riffle（瀬、早瀬、急流など）とPool（淵、水た溜まりなど）を組合わせたもの。

表 2-3-2　各工法の概要と目的

置石によるワンド工	概要	低水路に置石をして、出水時に置石の周囲を深掘れさせることにより緩流域であるワンドを創造する。
	目的	ワンド(緩流域)という環境の創造により、魚類、底生生物および両生類の新たな生息環境を付加し、単調となった環境を多様な環境とするものである。例えば「稚魚の生育場」、「止水性の底生生物の生息環境」が出現することとなる
水制によるリッフルプール工	概要	低水路に置石をして水制を施工し、出水時に水制の周囲を深堀れさせ、また、水制により流路を蛇行させることにより、周辺に早瀬を創造する。
	目的	深みや強調された早瀬という環境の創造により、水深変化を増加させ、流速を増大させることで、魚類、底生生物の生息環境を多様な環境とし、さらに付着藻類の生育環境を改善するものである。例えば「魚類の行動範囲の増大」、「底生生物・付着藻類の現存量の増大」などにつながる。
擬岩によるプール工	概要	景観的にも配慮して低水路に擬岩で構造物を施工し、出水時に構造物の周囲を深掘れさせることにより、周辺に淵を創造する。
	目的	規模の大きい淵:という環境の創造により、魚類等の生息環境を多様な環境とするものである。例えば「魚類の隠れ場・餌場の増大」につながる。
置石によるシェルター工	概要	低水路の浅瀬化した場所に置石を組み合わせることにより、石と石の関の空間を創造する。
	目的	石と石の間の空間という環境の創造により、魚類の生息環境を多様な環境とするものである。例えば「魚類の隠れ場の増大」につながる。
置石によるステッププール工	概要	低水路に置石をして帯工を施工し、階段状の早瀬を創造する
	目的	深みや強調された早瀬という環境の創造により、水深変化を増加させ、流速を増大させることで、魚類、底生生物の生息環境を多様な環境とし、さらに付着藻類の生育環境を改善するものである。例えば「魚類の行動範囲・隠れ場・餌場の増大」、「底生生物・付着藻類の現存量の増大」などにつながる。

(2)　設計の基本方針

・自然の力の利用（人為的な掘削などできるだけ避け、川流による洗堀力を利用。）

・天然材料の利用（河川敷内の岩石、転石などを利用。）

・安定性の確保

：　想定される以下の破壊形態に対し置石が出水時に流されないための必要粒径を求める。対象とする河川流量は、過去 10 箇年の最大規模とする。

：　掃流：石が流体力の作用により転がり移動する現象に対する検討。

：　めくれ：流体力の作用により石がめくれる現象に対する検討。

(3)　対象生物及び評価方法

・魚類

：　ミティゲーション技術適用前後で、種類数、個体数（密度）、全長、多様性指数等の生物指標を比較する。また、出現種の変化や行動様式の変化については、生態的知見からミティゲーション技術適用の変化かどうかを考察する。

：　Physical Habitat Simulation System／Model（PHABSIM）(*)によりミティゲーション技術適用前後の重みつき生息可能面積 Weight Usable Area（WUA）を全体・河床型ごとに比較し、魚種ごとに効果のある物理環境が創造できたのかを評価するとともに、メッシュごとの合成適正値 Composite Suitability Index（CSI）の分布を比較し、適正な物理環境の分布がミティゲーション技術適用後の変化予測との整合性について検討する。

：　魚種ごとの適正曲線は当該河川が減水する前の状態に近いと推測される自然度の高い地点での調査結果から作成する。

・底生生物、付着藻類、両生類

：　ミティゲーション技術適用前後で、種類数、個体数、湿重量、多様性指数等の生物指標を比較する。

：　出現種の変化については、生態的知見からミティゲーション技術適用による変化かどうかを考察する。

・流下昆虫

：　ミティゲーション技術適用前後で、供給される流下昆虫の総数が変化するかどうかを比較する。

・物理環境

：　変化する物理量について、ミティゲーション技術適用後の変化予測との整合性について検証する。

(*)　Physical Habitat Simulation System／Model（PHABSIM）

「PHABSIM」とは、“Physical Habitat Simulation System／Model”の略で、ピーハブシムと呼ぶ。アメリカで開発された魚類の定量評価ツールで、日本語では「生息場の物理環境評価法」と訳されている。

PHABSIM 解析は、物理環境のデータからどの程度まで対象魚種が生息可能であるか評価するもので、その手順は以下のとおりである。

1)　河川の対象区間をメッシュ群に分け、各メッシュごとの物理特性値を（水深、流速、底質、隠れ家）を測定する。

2)　各メッシュごとの出現魚種の個体数を確認することにより、各物理特性値(SI:Suitability Index)を評価し、0～1 の範囲内で数値化した各物理特性値に対応数る適正曲線を作成する。

3).　各適正値(SI)を掛け合わせて各メッシュごとの合成適正値(CSI:Composit Suitability Index)を求め、この合成適正値（CSI）に対象面積を乗じたものが「重み付き生息可能領域（WUA：Weighted Usable Area)」となる。

4)　合成適正値（CSI）から生息可能個体数を推定し、以下のように区分するする。

CSI≧0.85	最適な場所(a)
0.25≧CSI≦0.85	利用可能な場所(c)
CSI<0.25	不適当な場所(b､d)

以上により求められた値の独立性について Thomas&Bover による「χ^2検定法」により、以下の二つの仮

設を立てて検定基準値を計算して検定行い、次々に棄却されることで独立性の検定結果を求めている。
第1仮説　(a)も(c)も同じ割合で魚に利用されている。これが棄却されると→第2仮説
第2仮説　{(a)＋(c)}と{(b)+(d)}も同じ割合で魚に利用されている。これが棄却されると→結論へ。
結論は、魚が利用する可能性は「利用可能な場所(c)」より「最適な場所(a)」の方が高い.,
魚が利用する可能性は「不適当な場所(b)+(d)」より「適した場所(a)+(c)」の方が高い.

2．　調査の成果

置石によるワンド工（北上川水系迫川　山内発電所）

(1)　河川概況

調査個所は、減水区間の丁度中間に位置する穴の原地点に設定した。調査範囲の河床は、上流から早瀬、淵、早瀬、平瀬と連続し、上流側は右岸岩盤を水衝部とする最大水深3.0m程度の淵が形成され、その下流は平瀬、早瀬が短い区間で連続していた。

平均勾配は10／1,000程度で、水面幅は約20mと比較的広い。

(2)　地点選定と設計・施工

対照地点として右岸側の水たまりに着目し、このたまりの部分に置石をして出水時に置石の周囲を深堀させることにより「ワンド」という緩流域を創出することを目的とした。

置石の状態は出水でも変形、移動がなくワンド部分は出水時の流水で目的どおり掘れていた。ワンド部分は流況により水没したり、本流と切り離されて「溜まり化」したりするが、稚魚の成育の場,、隠れ家としての機能を発揮するためには、稚魚が孵化・孵出する春季又は秋季にはワンド部分が本流と繋がり緩流域を形成するよう、流況、設置（置石）場所等を考慮した。

写真2-3-1　発生した穴の原地点の淵

写真2-3-2　発生した穴の原地点の早瀬

(3)　効果

迫川で確認された魚類は季節を通じてイワナ、ヤマメ、カジカの3種のみであった。その効果を比較するため近辺の標準的な観測地点で観測値と比較した魚類の密度率の結果は表2-3-3に示す通り効果が確認された。

表 2-3-3　施工前後の季節を考慮した魚類密度変化率（迫川）　　（単位：倍）

地点		区分	イワナ		ヤマメ		カジカ
			未成魚	成魚	未成魚	成魚	成魚
対照地点	増減率	春季	∞	0.50	0.45	0.23	2.35
		夏季	0.00	1.90	0.00	0.61	1.09
穴の原調査対象区間	増減率	春季	0.85	1.00	1.05	0.25	0.23
		夏季	∞	1.96	2.80	2.11	1.49
	相対増減率	春季	－	**2.00**	**2.33**	**1.09**	*0.10*
		夏季	∞	**1.03**	∞	**24.13**	**1.37**

1)「対照地点」とは、河川環境回復技術の適用による変化か自然変化かを判別するために減水区間に設けた何ら手を加えない地点である。
2)「増減率」は施工前の平均密度を１とした時の施工後の値を、「相対増減率」は対照地点の増減率を１とした時の値を示す。
3)「相対増減率」の数値で**太字表記のものは効果があったもの**、*イタリック体表記のものは効果が無かったもの*、を示す。また「－」は判定できないもの、「∞」は当該季節に対象魚種が出現せず比較できなかったことを示す。

３．　河川環境回復技術・工法の選定、施工、維持管理

河川環境回復技術・工法については、河川の形態、減水区間の状況、魚種の生態等を勘案して瀬・淵構造を創出するため最も適したものを選定する必要がある。その際の一般的な留意点（問題点）などを表 2-3-4、表 2-3-5 に示す。

表 2-3-4　瀬・淵構造を創出する技術の選定条件及選定上の留意点（問題点）

瀬･淵を創出する技術	選定条件	選定上の留意点（問題点）
水制によるリッフルプール工	・川幅が広く、単調な河川に瀬・淵構造を創出する地点。 ・河床勾配がやや急である地点。 ・川幅が比較的広く、比較的流量が多い地点。	・河道変化を利用した瀬･淵構造であるため、上下流を含めた周辺への影響を考慮する必要がある。
水制によるプール工	・流下断面積を縮小する事により瀬・淵構造が創出できる地点。 ・河床に砂礫が堆積し、洪水時の掃流力により淵が創出できる地点。 ・河床変動が比較的大きく、河床材料が、主に砂利、粗砂である地点。	・河道変化が生じるため、水制工の上下流の流心変化を予測しておく必要がある。 ・水制による流下断面積の縮小により洪水時の衝撃力の増大に注意しておく必要がある。
置石によるプール工	・単調な河川に、小規模な瀬・淵構造を創出できる地点。 ・出水時に主流部となる地点。	・河床に岩盤が存在し、出水時に河床砂礫が掃流され淵が創出できる場所を選定する。 ・給砂量により、置き石が陸化、埋没する心配のない場所を選定する。
置石によるステッププール工	・河川勾配が急で、単調な河川に瀬・淵構造を創出できる地点。 ・河床勾配が急であり、射流状態である地点。 ・河川幅が比較的狭い、もしくは縮小が可能な地点。	・河川勾配が急であるため、洪水時の転石等による構造物の安定性を考慮する必要がある。 ・給砂量の多い地点では、設備の埋没について事前に検討しておく必要がある。

表 2-3-5　隠れ家等の機能を創出する技術の選定条件及び選定上の留意点（問題点）

隠れ家機能を創出する技術	選定条件	選定上の留意点（問題点）
・水制によるリッフルプール工 ・水制または置き石によるプール工 ・置石によるステッププール工 （これらの技術により創出される淵は隠れ家としての機能も併せ持つ。）	・隠れ家となる淵を創出する必要がある地点。 ・リッフルプール工、ステッププール工については、瀬・淵構造創出の選定条件を参考とする。	・河床に岩盤が存在し、洪水時の大流量によって河床砂礫が掃流され岩盤が露出する必要がある。 ・給砂量が多い場合は、置き石等が陸化、または埋没する可能性がある。
置石によるシェルター工	・稚仔魚の生息場を確保する必要がある地点。 ・河辺林等魚類の隠れ家がない地点。 ・河原にワンド等の稚仔魚の隠れ家がない地点。	・河床に岩盤が存在し、シェルター工が沈下しない場所を選定する。 ・給砂量に対し、埋没、陸化の心配のない地点を選定する。
水際植生工	・水際に稚仔魚の生息場を創出できる地点。 ・水際が緩勾配になっている地点。	・洪水時に水際植生の着層部が流出する恐れがない場所を選定する。 ・水位変動に対応した水際植生を選定する。
置石等によるワンド工	・河原が存在し、稚仔魚の生息場ができる地点。 ・洪水時に緩流域を創出する必要がある地点。	・水位変化に対し、干上がり又は水没の影響がない流況の地点を選定する。

工法の設計、施工に際して、河川環境影響緩和の趣旨をよく理解し、できるだけ当該施工区間内の河川域に点在する土石等を利用するよう心掛け、域外からの資材の利用は最小限に抑えるような創意、工夫も必要である。

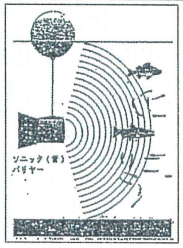
維持管理に入ってからも、出水等で創成された淵や瀬が流出、損傷を受けることも考慮し修復についての方策も検討しておく必要がある。

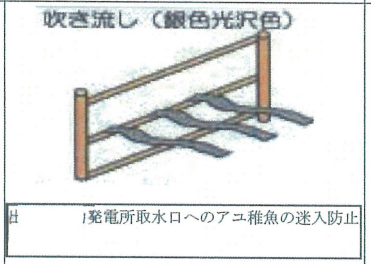
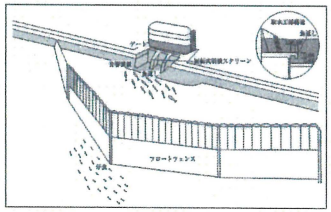
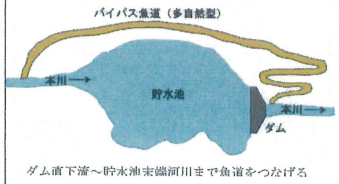
施工、維持管理上の留意すべきこと等を表 2-3-6 に示す。

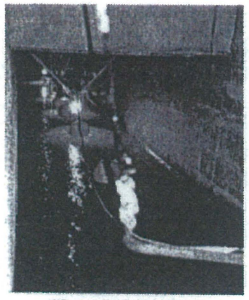
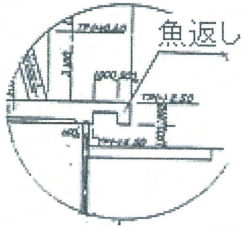
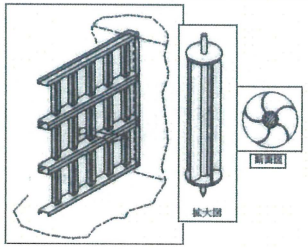
表 2-3-6　施工・維持管理上の留意点

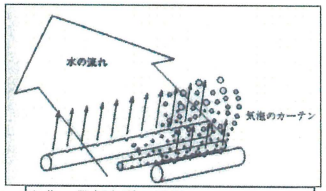
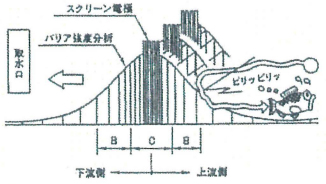
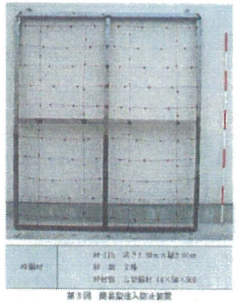
河川環境回復技術	施工・維持管理上の留意点
・水制によるリッフルプール工及び水制によるプール工	①水制工は先端部が洗掘されるため、路床工等を検討する必要がある。 ②連結ブロックを使用する場合は水制全体を一体化するようチェーン等連結金具で連結する必要がある。 ③特に先端部については、大きな力が加わり洗掘される部分であり、補修など維持管理が必要となる場合がある。
置石によるプール工	①河床に岩盤が存在し、構造物が沈下しない場所を選定する必要がある。 ②出水により構造物が流失しないよう、チェーンやアンカー等で岩着させる必要がある。 ③砂防河川等給砂量が多い河川では構造物が陸化、または埋没する可能性がある。
置石によるステッププール工	①河川勾配が急であるため、洪水時に転石等が衝突し構造物が流失しないよう固定する必要がある。 ②出水により流下してきた土砂がプール内に堆積することもあり、砂防河川等、土砂の供給量の多い河川では、流下してくる土砂により埋没しないような場所を選定する必要がある。
置石によるシェルター工	①河床に岩盤が存在し、構造物が沈下しない場所を選定する必要がある。 ②出水により構造物が流失しないよう、チェーンやアンカー等で岩着させる必要がある。 ③砂防河川等給砂量が多い河川では構造物が陸化、または埋没する可能性がある。
置石によるワンド工	①年間の出水の状況によりワンド部分は水没したり、本流と切り離されて、溜まり化したりする。稚仔魚の生育場、隠れ家としての機能を発揮させるため、特に稚仔魚がふ出する春季、または秋季に、ワンド部分が本流とつながり緩流域が形成されるよう、流況、設置場所等を考慮して施工する必要がある。また、湧水箇所への設置が有効である。
水際植生工	①実証試験では実施していないが、植物を植栽する際には出水により流失しないような植栽基盤を検討する必要がある。 ②水位変動に対応した水際植生を選定する必要がある。

2.4　魚類迷入防止対策手法の概要（本編 5.5(1)）

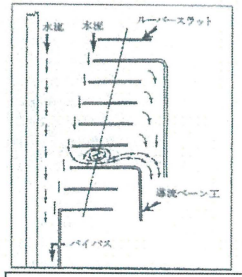
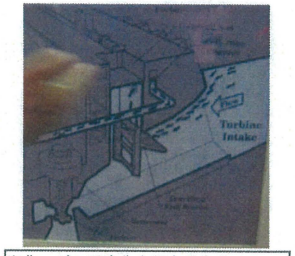
対策	対策施設	概要	概要図	長所・効果	短所	設置発電所事例
①取放水口接近防止	(1)取水流速制限	・取水口に魚類が接近または迷入しても、自らの遊泳力により河川に戻れるよう、取水流速を抑える方法。		・遊泳力のある全魚種への適用が可能。 ・自力帰還を期待する全ての迷入防止対策の前提条件となる。	・取水口の規模が大きくなりやすい。	・阿賀野川／只見川 奥只見（電源開発）
	(2)選択取水施設	・流下、降下する魚類の主要な流下位置（鉛直または平面）を避け取水する方法。		・特に遊泳力のない流下仔魚に効果がある。	・通常の取水口に比べ高コストとなる。	・貫気別川／貫気別川 貫気別(ほくでんｴｺｴﾅｼﾞｰ)
	(3)音響装置	・超音波を水中に発射し、魚体に通電状態に似たショックを与え、これにより取放水口への接近を防止する。	 出典：魚の迷入の実態とその対策へのアプローチ，全国内水面漁業協同組合連合会，1996	・対象魚にあった音（周波数，音圧等）を選択し、複数の音種を用い、単発音（無音間隔）とすることで“慣れ”を防止することができる。	・同一の音色を一定に鳴らすと“慣れ”が生じ、効果が低減するとの報告もある。	・阿賀野川／只見川 沼沢沼（東北電力） ・阿賀野川／只見川 奥只見（電源開発） ・江の川／江の川 明塚（中国電力）

対策	対策施設	概要	概要図	長所・効果	短所	設置発電所事例
	(4)吹き流し	・赤色や銀色のテープ状の吹き流しを流水中に漂わせることで、魚類の忌避行動を促す対策。	 出　　]発電所取水口へのアユ稚魚の迷入防止	・低コストで簡易に設置できる。	・出水等による流失，付替等のメンテナンスが必要。 ・慣れが生じるとの報告がある。	・櫛田川／櫛田川 波多瀬（三重県） ・物部川／物部川 川口（住友共同発電） ・鏡川／鏡川 鏡川（四国電力）
	(5)フロートフェンス	・ダム湖の取放水口前面に設置する「網場」のように水面にフロートを浮かべ、その下にスクリーンを垂らし、物理的に魚類を取水口に近づけない方法。	 出典：最新魚道の設計， (財)ダム水源地環境整備センター	・特に、遊泳力がなく、取水量比で迷入する流下仔アユへの効果が期待できる。	・設計対象魚の鉛直方向の密度を把握する必要がある。 ・河川内に大規模な施設を設置することとなる。	―
	(6)降下バイパス（含む放流管）	・遡上・降下する魚類を取放水口以外の呑口から取り込み、これを経由して上流または下流に導く方法。 ・バイパス水路，洪水吐によるバイパス，捕獲・輸送によるバイパスがある。	 ダム直下流～貯水池末端河川まで魚道をつなげる 図－11 バイパス魚 出典：ダム魚道の現状と改良点， ダム技術，2002	・バイパス水路（放流管）の場合、魚類が取放水口付近および貯水池を通過しないため、非常に効果的な方法である。	・降下バイパス水路の場合、魚道上流端における降下魚のバイパスへの誘導が課題となりやすい。また、ダムを迂回させる場合、水路延長が長くなり設置コストが高い。	

対策	対策施設	概要	概要図	長所・効果	短所	設置発電所事例
	(7)光誘導	・魚類は一般的にはある程度の照度範囲では、光に集まる正の走光性がある。この性質を利用し、特に遊泳力の弱い仔魚などを迷入防止施設に誘導したり、取放水口から遠ざけたりする方法。	 出典：ダム貯水池におけるサクラマスの光誘導 ダム技術，1998	・サクラマスおよび仔アユの流下魚への適用・実験事例がある。	・仔アユについては光集魚性が確認された文献が多いが、サクラマス（スモルト）については忌避行動が確認されたとの文献もある。	・貫気別川／貫気別川 貫気別(ほくでんｴｺｴﾅｼﾞｰ) ・江の川／江の川 ・明塚（中国電力）
②取放水口侵入防止	(1)魚返し	・武者返しとも言われ、主に取放水口の壁沿いに上がってくる底生魚の迷入を防止するものである。		・忌避行動を促す対策との併用により、より高い効果が得られる。		7伊尾木川／伊尾木川 伊尾木川（四国電力）
	(2)回転羽根スクリーン	・流水中で回転するスクリーンの視覚刺激により忌避行動を促す対策。	 出典：最新魚道の設計， (財)ダム水源地環境整備センター	・物理的に侵入させないスクリーンに比べ目合いが大きく、効果も高い。	・後付の場合、通水面積が減少により所定の流量が取水できない場合が生じる可能性がある。	－

対策	対策施設	概要	概要図	長所・効果	短所	設置発電所事例
	(3)エアカーテン	・取放水口前面の底部から水面にかけて空気でカーテンを作り、魚類の侵入を防止する対策。 ・水噴流との併用策もある。	 出典：最新魚道の設計， (財)ダム水源地環境整備センター	・気泡で形成されるカーテンの視覚・聴覚刺激によって魚類の忌避反応を促す。	・濁水時に効果が薄れるとの報告あり。 ・魚種または地点によっては効果がないとの報告もある。	・木曽川／飛騨川 新七宗（中部電力） ・庄川／和田川 和田川（富山県）
	(4)電気スクリーン	・交流方式(AC)と直流方式(DC)があり、さらに後者は常時通電方式とパルス方式に分類される。電気スクリーン方式は、魚類の体内を電気が通過することにより忌避行動を促すものである。	 出典：電気スクリーンによる 水力発電所取水口への魚類迷入防止， 関西電力㈱総研報告，No.50	・対策地点の形状や流況に左右されにくい。	・高電圧による死亡や骨折等魚体の損傷が報告されている。	・利根川／赤岩川.利根川 岩本（東京電力） ・仁淀川／仁淀川 面河第一（四国電力）
	(5)磁力ネット	・アユは磁場の影響により母川に帰ると考え開発された磁力を利用した迷入防止装置。	 出典：水力発電所取水口用磁力ネットの開発， 中部電力㈱技術開発ニュース，No.71	・効果が報告されている。		・利根川／利根川 綾戸（東京電力） ・大井川／大井川 川口（中部電力）

対策	対策施設	概要	概要図	長所・効果	短所	設置発電所事例
	(6)塗装・色彩ライト	・魚類は赤色や白色を嫌う性質が報告されており、取放水口付近を塗装、色彩ライトの投光、塗装された板を張る方法等が用いられている。		・仔アユは一定量以上の光量を投光すると忌避する反応が報告されている。	・藻類の付着などにより効果が低下することがある。 ・慣れにより効果が低下する。	・貫気別川／貫気別川 貫気別(ほくでんｴｺｴﾅｼﾞｰ) ・旭川／下和川 真加子（岡山県） ・一ッ瀬川／一ッ瀬川.板谷川 村所（九州電力）
	(7)スクリーン、ネット	・目合いの細かいバースクリーやネットにより強制的に侵入を防止する		・物理的に侵入を阻止するため効果が高い。 ・可動式により除塵を図るケース報告されている。	・魚類の遊泳力以上の箇所に設置すると、河川に戻ることが出来ない。 ・目合いが細かいため目詰まりを生ずる。	・木曽川／飛騨川 新七宗（中部電力） ・信濃川／犀川 生坂(東京電力) ・耳川／耳川 耳川（関西電力） ・日高川／日高川 新高津尾（関西電力） ・紀の川／紀の川 吉野（関西電力） ・日野川／日野川 新幡郷（鳥取県） ・渡川／四万十川 佐賀（四国電力）

対策	対策施設	概要	概要図	長所・効果	短所	設置発電所事例
	(8)ルーバースクリーン	・河川流下方向に対しある角度でおかれた一連の垂直平板により構成され、ルーバー内で生ずる渦により魚の迷入を回避しスクリーン下流へ誘導する。	 出典：北米魚類施設調査報告書 (財)ダム水源地環境整備センター	・物理的に侵入を阻止する目合の細かいスクリーンに比べ、取水ロスが少なくてすむ。	・別途バイパス水路（帰還水路）を設ける必要が生じるケースが多い。	・設置事例が見当たらない。
③自力帰還による迷入防止		・取放水口に侵入した魚類を行動忌避により反応により自ら遊泳力を利用して河川に戻す。 ・取放水口なの流速が対象魚類の遊泳速度以下であること。			・取放水口内に忌避反応を起こす装置が必要。	・設置事例が見当たらない。
④強制帰還による迷入防止	(1)トラベリングスクリーン	・回転式のスクリーンで、ダムの発電用水路内で降下魚がタービンへ向かうのを阻止し、降下用水路へ誘導するために用いられる。	 出典：ダム環境北米調査報告書, (財)ダム水源地環境整備センター	・コロンビア川では使用例が多い。	・後付は不可能であること。	日本での設置事例はない。

2.5　魚道の形式、事例　（本編 5.5(2)）

１．魚道形式

階段式魚道

魚道の水路を階段状にして水流を抑え魚が登りやすくする形式の魚道で、我が国で一番多くみられるタイプの魚道である。階段の間隔をやや広く取りプール状にして魚が休息する場とするプール付階段式もある。

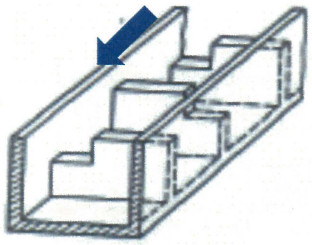


図 2-5-1　階段式魚道

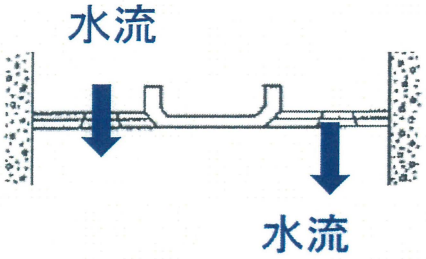


図 2-5-2　アイスハーバー魚道

下の写真は階段式魚道をアイスハーバー型魚道に改良した事例である。

（前出：東北電力第二薮神発電所の事例・本編 5.5(2)魚道）

写真 2-5-1　階段式魚道（改良前）

写真 2-5-2　アイスハーバー式魚道（改良後）

アイスハーバー式魚道

階段式魚道の一種で、魚道水路の中に上流側に向けて凹状の隔壁を並べて配置し、各隔壁の間を滞留域（プール）として遡上途中の魚休息出来る場所を設け、弱い魚でも遡上しやすくしたタイプの魚道である。アメリカのアイスハーバーダムで初めて用いられ、その後各国でも多く設置されるようになった。

潜航式魚道

魚道の水路に仕切り板を並べて配置し、隔壁下部、ゲート下部などに孔をあけ魚が遡上できるようにした部分と、隔壁で仕切られた流れの弱い部分を作り、遡上と休息ができるよう

にした形式の魚道。

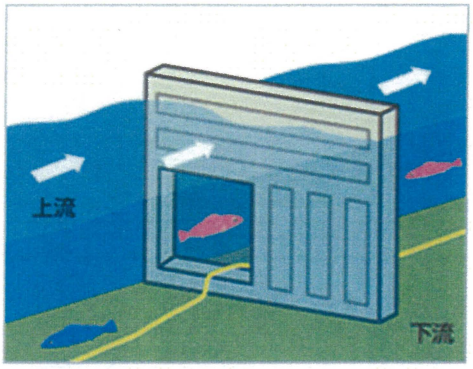


図 2-5-3　潜航式魚道（関西電力ＨＰ「環境に優しい水力発電」）

デニール式魚道

1908 年にベルギー人のデニール（G.Denil）が開発した魚道で、魚道となる水路に将棋の駒を逆さにしたような阻流板を取り付け、表層の流れは速いが下層の流れは緩やかとなり弱い魚でも上りやすくするようにした形式の魚道で、勾配が急でも機能する。

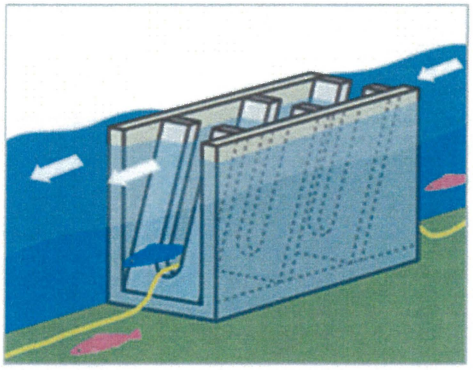


図 2-5-4　デニール式魚道

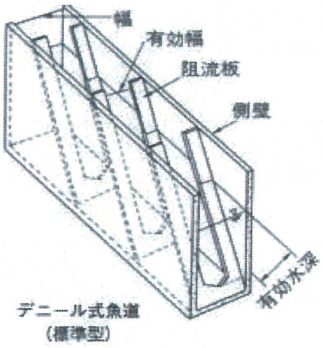


図 2-5-5　デニール式魚道模式図
（関西電力ＨＰ）「環境に優しい水力発電」）

ポーランド式魚道

ダムなど堤高の大きい場合、貯水池水位が変動する場合に、堤体内、側部などにエレベーターを設けエレベーターに魚を載せて上下するのがエレベーター式であるが、エレベーターホールに相当する部分を魚道として、中に魚を呼び込んで入り口部のゲートを閉じて、内部に水を充満させて上昇する水面とともに魚を遡上させる形式の魚道である。スコットランド発電公社の水力発電所に多く取り付けられている。

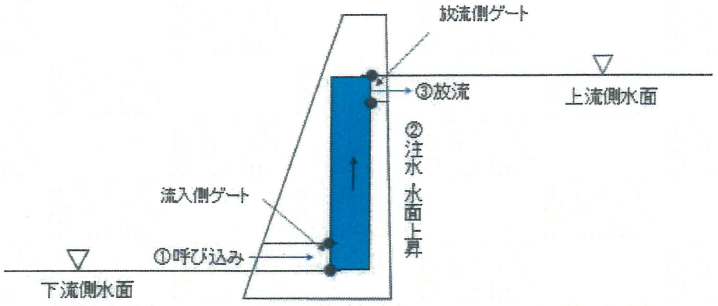


図 2-5-6　ポーランド式魚道模式図

2．魚道の事例

アイスハーバー型魚道（白丸発電所の事例）

白丸調整池から下流の多摩第三発電所までの間に観光目的の維持放流が行われていたが、その放流を有効利用する目的で白丸発電所が設置され平成 14 年から運転が行われている。白丸調整池ダムは堤高が 30.5m と高いため、魚道も地下トンネル部と地上開水路部の 2 段となっていて、アイスハーバー式が選ばれた。

水系・河川	多摩川水系多摩川
発電形式	ダム式
最大出力	1,100kW
最大使用水量	5.3m³/s
有効落差	24.05m
運転開始	平成 12 年 11 月
魚道設置	平成 14 年 4 月
事業者	東京都交通局

写真 2-5-3　魚道全景（白丸発電所）

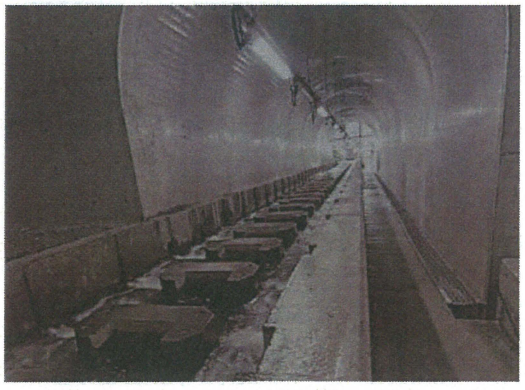


写真 2-5-4　アイスハーバー式魚道（白丸発電所）

魚に優しい魚道の事例（兵庫県　青野ダム）

中小水力発電所で比較的堰高が低い取水堰等では、魚類への影響が比較的少なく環境にやさしい多自然型魚道が採用されることが多いが、堤高の高いダムで、魚道を3段階に分けて多自然型の魚道を設置した例として青野ダムがある。

水系・河川　　武庫川・青野川
所在地　　兵庫県三田市
型式　　コンクリート重力式
堤高　　29m
堤頂長　　286m
総貯水量　　1,510 万m^3
魚道総延長　　726m

青野ダムでは726mという日本有数の延長を持つ多自然型魚道を設置し、魚道を中心に公園化している。

魚道の構造は、上流部、中流部、下流部と3つの部分に分かれている。

上流部は生物の生息環境を意識し、かつ景観に配慮することにより、自然石等を用いた石張りの階段式魚道を基本構造としている。

中流部は、周辺の自然環境との調和を図った多自然型河道の魚道としなっている。

下流部は、急勾配の条件下で、あらゆる生物に対応できる魚道として透水性隔壁魚道が採用されている。

表 2-5-1　青野ダム・魚道諸元

形式：魚道勾配	上流部：階段式魚道（自然石張り）　：　1/20～1/30 中流部：多自然型魚道　：　約 1/150 下流部：透水性隔壁魚道　：　約 1/15
延長：落差	726m　：　18m

図 2-5-7　青野ダム魚道平面図

写真 2-5-5　上流部魚道全景

写真 2-5-6　隔壁･側壁の粗石張

写真 2-5-7　中流部魚道

写真 2-5-8　下流部魚道

（出典：青野ダム魚道パンフレット）

2.6　水力発電設備の景観対策事例（本編 5.5(3)）

これまで水力発電所で実施された水力発電設備の主な景観対策事例を以下に示す。

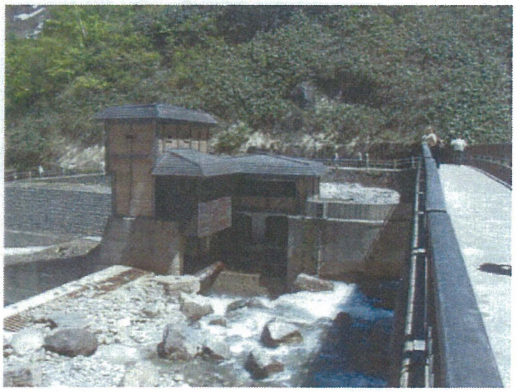
＜ダム、貯水池＞

鷹の巣ダム（東北電力）

背面巻上式のラジアルゲートを採用し，地上部の露出を極力抑えた構造とした。また，ゲート塗装色は周辺環境に合ったこげ茶色を採用した。

称名川ダム（北陸電力）

景観対策として、取水設備上屋を山小屋風にアレンジし、外壁に擬木、腰の部分に石積みを使用した。また、屋根の色彩は「こげ茶」とした。



＜水槽＞

関西電力　（坂上発電所）

水槽外面に魚、花の絵を描いた。

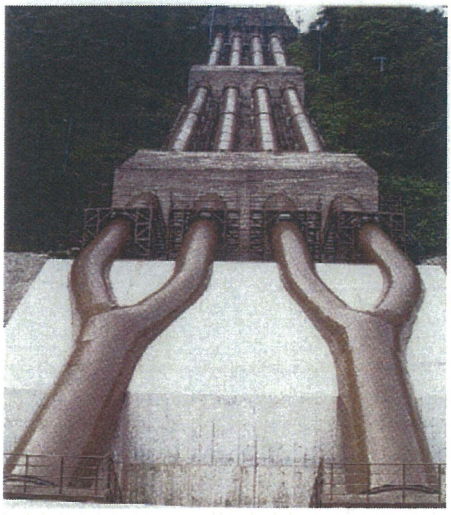
中部電力＜平穏第一発電所＞

発電所の水圧鉄管及び、水槽（コンクリート製サージタンク）を環境に配慮した色彩（こげ茶）を採用した。

＜水圧鉄管＞

瀬戸発電所　（中部電力）

外面の塗り直し時に、景観に配慮した色彩（こげ茶）を採用した。



実川発電所（東北電力）

水圧鉄管を自然景観に配慮してこげ茶で塗装した。

＜発電所＞

荒谷発電所（関西電力）

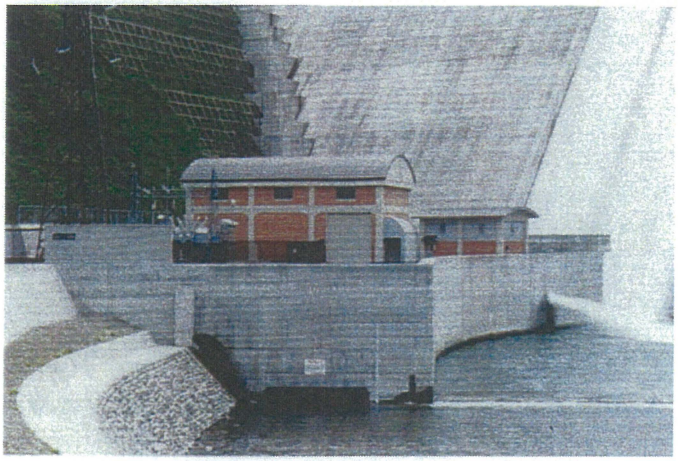
森林が景観資源となっていて、レクリエーション、余暇などの人通りが多い。

黒東第三発電所（北陸電力）

既設発電所は，大正ロマンを感じさせるデザインで入善町が資料館，工房として，使用することから，既設発電所に合わせた雰囲気を出すよう切妻屋根，レンガ造り風とした。（グッドデザイン賞受賞）

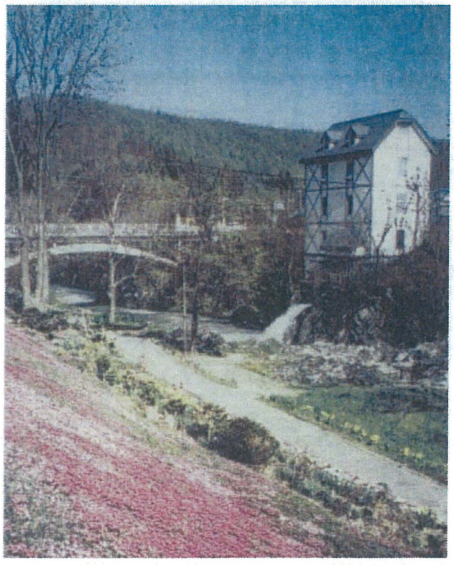
久婦須川発電所 （日本海発電）

発電所建屋屋根形状を半円筒形とし色は「こげ茶色」，外壁をレンガ造り風にした。



北海道電力＜滝の上芝桜ざくら発電所

発電所の本館を、この地の景勝「芝桜」の景観に合わせ、洋風な建物にし」名称も「滝の上芝さくら発電所」と改名した。



2.7　騒音・振動に係る環境基準等　（本編 5.5(4)）

１．規制対象施設、作業

(1)　騒音

特定施設（特定工場・事業場）　（騒音規制法§2①→令§1別表一）

一　金属加工機械

イ　圧延機械（原動機の定格出力の合計が 22.5kW 以上のものに限る。）

ロ　製管機械

ハ　ベンディングマシン（ロール式のものであつて、原動機の定格出力が 3.75kW 以上のものに限る。）

ニ　液圧プレス（矯正プレスを除く。）

ホ　機械プレス（呼び加圧能力が 294KN 以上のものに限る。）

ヘ　せん断機（原動機の定格出力が 3.75kW 以上のものに限る。）

ト　鍛造機

チ　ワイヤーフォーミングマシン

リ　ブラスト（タンブラスト以外のものであつて、密閉式のものを除く。）

ヌ　タンブラー

ル　切断機（といしを用いるものに限る。）

二　空気圧縮機及び送風機（原動機の定格出力が 7.5kW 以上のものに限る。）

三　土石用又は鉱物用の破砕機、摩砕機、ふるい及び分級機（原動機の定格出力が 7.5kW 以上のものに限る。）

四　織機（原動機を用いるものに限る。）

五　建設用資材製造機械

イ　コンクリートプラント（気ほうコンクリートプラントを除き、混練機の混練容量が 0.45m³以上のものに限る。）

ロ　アスファルトプラント（混練機の混練重量が 200 kg以上のものに限る。）

六　穀物用製粉機（ロール式のものであつて、原動機の定格出力が 7.5 kW 以上のものに限る。）

七　木材加工機械

イ　ドラムバーカー

ロ　チッパー（原動機の定格出力が 2.25kW 以上のものに限る。）

ハ　砕木機

ニ　帯のこ盤（製材用のものにあっては原動機の定格出力が 15kW 以上のもの、木工用のものにあっては原動機の定格出力が 2.25kW 以上のものに限る。）

ホ　丸のこ盤（製材用のものにあっては原動機の定格出力が 15kW 以上のもの、木工用のものにあっては原動機の定格出力が 2.25kW 以上のものに限る。）

ヘ　かんな盤（原動機の定格出力が 2.25kW 以上のものに限る。）

八　抄紙機

九　印刷機械（原動機を用いるものに限る。）

一〇　合成樹脂用射出成形機

一一　鋳型造型機（ジョルト式のものに限る。）

特定建設作業　　（騒音規制法§2③→令§2別表第二）

一　くい打機（もんけんを除く。）、くい抜機又はくい打くい抜機（圧入式くい打くい抜機を除く。）を使用する作業（くい打機をアースオーガーと併用する作業を除く。）

二　びよう打機を使用する作業

三　さく岩機を使用する作業（作業地点が連続的に移動する作業にあっては、一日における当該作業に係る二地点間の最大距離が 50mを超えない作業に限る。）

四　空気圧縮機（電動機以外の原動機を用いるものであつて、その原動機の定格出力が 15 kW 以上のものに限る。）を使用する作業（さく岩機の動力として使用する作業を除く。）

五　コンクリートプラント（混練機の混練容量が 0.45m³ 以上のものに限る。）又はアスファルトプラント（混練機の混練重量が 200 kg以上のものに限る。）を設けて行う作業（モルタルを製造するためにコンクリートプラントを設けて行う作業を除く。）

六　バックホウ（一定の限度を超える大きさの騒音を発生しないものとして環境大臣が指定するものを除き、原動機の定格出力が 80kW 以上のものに限る。）を使用する作業

七　トラクターショベル（一定の限度を超える大きさの騒音を発生しないものとして環境大臣が指定するものを除き、原動機の定格出力が 70kW 以上のものに限る。）を使用する作業

八　ブルドーザー（一定の限度を超える大きさの騒音を発生しないものとして環境大臣が指定するものを除き、原動機の定格出力が 40kW 以上のものに限る。）を使用する作業

(2)　振動

特定施設（特定工場・事業場）　　（振動規制法§2①→令§1別表一）

一　金属加工機械

イ　液圧プレス（矯正プレスを除く。）

ロ　機械プレス

ハ　せん断機（原動機の定格出力が 1kW 以上のものに限る。）

ニ　鍛造機

ホ　ワイヤーフォーミングマシン（原動機の定格出力が 37.5kW 以上のものに限る。）

二　圧縮機（原動機の定格出力が 7.5kW 以上のものに限る。）

三　土石用又は鉱物用の破砕機、摩砕機、ふるい及び分級機（原動機の定格出力が 7.5kW 以上のものに限る。）

四　織機（原動機を用いるものに限る。）

五　コンクリートブロックマシン（原動機の定格出力の合計が 2.95kW 以上のものに限る。）並びにコンクリート管製造機械及びコンクリート柱製造機械（原動機の定格出力の合計が 10kW 以上のものに限る。）

六　木材加工機械

イ　ドラムバーカー

ロ　チッパー（原動機の定格出力が 2.2kW 以上のものに限る。）

七　印刷機械（原動機の定格出力が 2.2kW 以上のものに限る。）

八　ゴム練用又は合成樹脂練用のロール機（カレンダーロール機以外のもので原動機の定格出力が 30kW 以上のものに限る。）

九　合成樹脂用射出成形機

十　鋳型造型機（ジョルト式のものに限る。）

特定建設作業　（振動規制法§2③→令§2別表第二）

一　くい打機（もんけん及び圧入式くい打機を除く。）、くい抜機（油圧式くい抜機を除く。）又はくい打くい抜機（圧入式くい打くい抜機を除く。）を使用する作業

二　鋼球を使用して建築物その他の工作物を破壊する作業

三　舗装版破砕機を使用する作業（作業地点が連続的に移動する作業にあっては、一日における当該作業に係る二地点間の最大距離が 50ｍを超えない作業に限る。）

四　ブレーカー（手持式のものを除く。）を使用する作業（作業地点が連続的に移動する作業にあっては、一日における当該作業に係る二地点間の最大距離が 50ｍを超えない作業に限る。）

２．規制基準値の範囲

(1)　騒音

表 2-7-1　騒音規制基準値（特定工場・事業場）　(単位：dB)

区域	昼間	朝夕	夜間
第１種	45～50	40～45	40～45
第２種	50～60	45～50	40～50
第３種	60～65	55～65	50～55
第４種	65～70	60～70	55～65

環境基準は、地域の類型及び時間の区分ごとに基準値の欄に掲げるとおりとし、各類型を当てはめる地域は、都道府県知事（市の区域内の地域については市長）が指定する。
第１種区域…　良好な住居の環境を保全するため、特に静穏の保持を必要とする区域
第２種区域…　住居の用に供されているため、静穏の保持を必要とする区域
第３種区域…　住居の用にあわせて商業、工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を保全するため、騒音の発生を防止する必要がある区域
第４種区域…　主として工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を悪化させないため、著しい騒音の発生を防止する必要がある区域

表 2-7-2　騒音規制基準値（特定建設作業）

規制の種類	第１号区域	第２号区域
騒音の大きさ	敷地境界において 85dB を超えないこと	
作業時間帯	午後７時～翌日午前７時に行われないこと	午後 10 時～翌日午前６時に行なわれないこと
作業時間	１日当り 10 時間以内	１日当り 14 時間以内
	連続６日以内	
作業日	日曜日、その他の休日でないこと	

第１号区域…　良好な住居の環境を保全するため、特に静穏の保持を必要とする区域他
第２号区域…　指定地域のうちの第１号区域以外の区域

表 2-7-3　騒音規制基準値（自動車）　(単位：dB)

区分	a 区域		b 区域		C 区域
	１車線	２車線以上	１車線	２車線以上	１車線以上
昼　間	65	70	65	75	75
夜　間	55	65	55	70	70

幹線交通を担う道路に近接する区域（２車線以下の車線を有する道路は道路の敷地の境界線から 15m、２車線を越える車線を有する道路の場合は道路の敷地の境界から 20m までの範囲）については、昼間 75dB、夜間 70dB
（時間区分）
昼間：午前６時~午後 10 時
夜間：午後 10 時～翌日午前６時
（区域区分）
a 区域：専ら住居の用に供される区域
b 区域：主として住居の用に供される区域
c 区域：相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される区域

(2)　振動

表 2-7-4 振動規制基準値（特定工場・事業場）　（単位：dB）

区域	昼間	夜間
第 1 種	60～65	55～60
第 2 種	65～70	60～65

昼間及び夜間とは下記の範囲内において都道府県知事や市長・特別区長が定めた時間をいう。
昼間　午前 5 時～午前 8 時の間から午後 7 時～午後 10 時の間まで
夜間　午後 7 時～午後 10 時の間から翌日午前 5 時～午前 8 時の間まで
第 1 種区域…　良好な住居の環境を保全するため、特に静穏の保持を必要とする区域及び住民の用に供されているため、静穏の保持を必要とする区域
第 2 種区域…　住居の用に併せて商業、工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を保全するため、振動の発生を防止する必要がある区、及び主として工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を悪化させないため、著しい振動の発生を防止する必要がある区域

表 2-7-5　振動規制基準値（特定建設作業）

規制の種類	第 1 号区域	第 2 号区域
振動の大きさ	敷地境界において 75dB を超えないこと	
作業時間帯	午後 7 時～翌日午前後 7 時に行なわれないこと	午後 10 時～翌日午前 6 時に行なわれないこと
作業時間	1 日当り 10 時間以内	1 日当り 14 時間以内
	連続 6 日以内	
作業日	日曜日、その他の休日でないこと	

第 1 号区域：
- 良好な住居の環境を保全するため、特に静穏の保持を必要とする区域
- 住居の用に供されているため、静穏の保持を必要とする区域
- 住居の用に併せて商業、工業等の用に供されている区域であって、相当数の住居が集合しているため、振動の発生を防止する必要がある区域
- 学校、保育所、病院、患者の収容施設を有する診療所、図書館及び特別養護老人ホームの敷地の周囲おおむね 80m の区域内

第 2 号区域：指定地域のうち第 1 号区域以外の区域

表 2-7-6　道路交通振動に係る規制基準値　（単位：dB）

区　分	昼　間	夜間
第 1 種区域	65	60
第 2 種区域	70	65

（時間区分）
昼間：午前 5.6.7.8 時～午後 7.8.9.10
夜間；午後 7.8.　9.10 時～翌日 5.6.7.8
（区域区分）
第 1 種区域：良好な住居の環境を保全するため、特に静穏の保持を必要とする区域及び住民の用に供されているため、静穏の保持を必要とする区域
第 2 種区域：住居の用に併せて商業、工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を保全するため、振動の発生を防止する必要がある区域及び主として工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を悪化させないため、著しい振動の発生を防止する必要がある区域

2.8　水力発電所の新たな環境の創出と価値評価（本編 5.6）

１．環境価値の分類と便益

(1)　環境価値の分類

ダム・貯水池、水力発電施設等の環境整備による波及効果（価値評価）を考える場合、その価値を得る消費者（世帯部門）が自らの財を投入する必要があるかないか、その有無で分類する方法が考えられ、この視点から分類すると「存在価値」と「利用価値」の二つの価値概念がある。(*1)

さらに利用価値は、利用の形態で以下のように細分できる(*2)

利用価値 ―― 直接的利用価値（利することによって生ずる価値）
　　―― オプション価値（将来利用するであろうかもしれないことに対して一つの可能性を残すことに関する価値）
　　―― 代位価値（自分は利用してなくても他者が利用することに対して可能性を残す価値）
　　―― 遺贈価値（次の世代の人が利用することに対しての可能性を残す価値）
存在価値 ―― 存在自体の有する価値（利用しなくても存在しているという情報によってもたらされる価値）

(*1) 肥田野登「環境と行政の経済評価　ＣＶＭ(仮想市場法)マニュアル」(勁草書房)

(*2) 森杉壽芳著「社会資本整備の便益評価 - 一般般均衡理論によるアプローチ-」(勁草書房)

「存在価値」は、景観のように、直接利用しなくても存在するだけで得られる便益で、機能別では公益的機能による効果がこれに相当する。存在価値を貨幣価値に換算した概念を「存在便益」とする。

「利用価値」は、公園のようにその施設を利用することによって得られる便益で、機能別では社会的機能による効果がそれに相当する。利用価値を貨幣換算したものが利用便益である。

ダム、貯水池等水力発電施設の周辺環境改善の効果の計測方法をこれらで分類すると、自然環境の効果が「存在便益」に、観光資源の創出効果は「利用便益」に相当する。

(2)　自然環境の効果（存在便益）

水力発電施設の周辺環境はそれが存在するだけでも自然環境としての公益的効果を発揮するが、新たな環境の創出によってその効果は増大することも期待される。そこで、自然環境の効果は「自然環境の公益的効果の変化」と、「自然環境の創出効果」に分けて考える必要がある。

① 自然環境の公益的効果の変化

森林や宅地等がダム、貯水池等に変化することによる公益的機能の変化、具体的には、もともと森林や原野だったものが湖水面等に変化したことにより、森林や原野本来の公益的機能として発揮していた便益が、湖水面としての公益的機能に変化する効果を対象としている。

事業の結果として、変化する環境の状態の変化に伴い発生する便益が存在便益である。森林の機能の評価で指摘されている効果は、その内訳まで個別の機能単位で算定する方法が提示され、水資源貯留機能、洪水緩和機能、水質浄化機能、土砂流出防止機能、表面浸食防止機能、保健・リクレーション機能、二酸化炭素吸収機能、化石燃料代替機能、野生鳥獣保護機能で整理される。河川環境や湖水環境の自然環境効果はこれらの一部をピックアップして計上する方法によっている。

② 自然環境の創出効果

森林や宅地等がダム、貯水池等に変化することによる自然環境の変化のうち、魚類、鳥類、その他生物などを中心とした生物種の生活環境の変化による効果である。この効果は事業の結果として発生する環境の状態の変化に伴って継続的に波及する。

森林環境には「野生鳥獣保護機能」が含まれているが、貯水域からはこの機能を除いている。これに代わる形でそれぞれの生物種単位でこの効果を計測する。

③ 自然環境の効果

上記２種の効果をあわせ、自然環境の効果を以下のように定義する。

自然環境の効果＝（事業後の自然環境の公益的効果）－（事業前の自然環境の公益的効果）＋（自然環境の創出効果）

自然環境の公益的効果を考える場合、もともとダム・貯水池、水力発電所等に整備される前にどのような土地利用をされていたかを調査し、その状態からの変化でとらえる必要がある。

新たな水力発電施設等の整備によって、森林などが湖水面に変化するが、森林は湖水面と比べて自然環境としての存在の効果が高いため、自然環境の公益的効果だけを抽出すると、その便益は負となることも多い。自然環境の創出効果も合わせて、自然環境の効果とすることが必要である。

(3) 観光資源の創出効果（利用便益）

ダム・貯水池等を設置したことにより、周辺環境に特徴的な変化が生じ、これによって新たな価値が創出される効果である。

黒部ダムのように、水力発電施設に固有の観光価値が生まれる場合、観光資源としての価値はきわめて大きくなる例もある。

利用便益は、存在便益と異なり、観光資源としての価値を引き出すための社会活動あるいは企業活動を経てはじめて便益となる点に留意する必要である。

様々な事業の効果が複合して効果を発生している場合、どこまでが「ダム、貯水池等」による効果なのかを分離することは、一般には困難であり、その点で一定の限界がある。

２．　環境価値の評価方法

自然環境等の効用を貨幣価値に換算する手段として、最近は、公共事業等で行われている「政策評価」、「費用対効果」で、環境価値、政策効果等を貨幣価値に換算するための「代替法」、「ヘドニック法」等の各種の手法が用いられるようになってきた。水力発電所、ダム・貯水池等の設置前後の外部コストとしての環境価値、公益的機能等の定量的な計測、比較を行う方策について、これらの手法を参考に、開発前後の環境価値比較、開発後の効果の計量的な測定方法が各方面で検討されている。

自然環境、自然本来が持つ公益的機能の価値は市場価値が存在しない非市場財であるため、直接、その価値評価を行うことができず、代わって市場価値、貨幣価格等を評価する様々な手法が考え出されている。現在、用いられている各種の評価手法は以下のようなものがある。　（ｱﾝｿﾆｰ・E・ﾎﾞｰﾄﾞﾏﾝほか「費用・便益分析（公共ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄの評価手法の理論と実践」）

表明選好法（stated preferences）
ＣＶＭ（仮想市場法）Contingent Valuation Method
コンジョイント分析 Conjoint Analysis
顕示選好法（revealed preferences）
ヘドニック法 Hedonic Method
ＴＣＭ（旅行費用法）Travel Cost Method
その他：代替法、原単位法

(1)　表明選好アプローチによる便益の計測

表明選好アプローチとは、計測しようとする効用について、「その効用を得るため、あるいは失わないために支払う意志額」をアンケートなどによって収集し、これを分析することで直接計測する手法である。

最も代表的な表明選好法の手法は仮想市場法（ＣＶＭ）である。

ＣＶＭでは、計測対象となる「事業による効用」そのものについて、直接、アンケートによって直感的に問うため、回答者がバイアスに強い影響を受けるなど計測精度の問題はあるものの、計測された便益は、目的とする効用を金銭価値化したそのものである。

コンジョイント法も基本的な概念はほぼ同じである。

(2)　顕示選好アプローチによる便益の計測

顕示選好アプローチとは、計測しようとする効用に対し、「その効用によって波及した経済効果」を定量的に把握することによって、これを、元の効用に遡及して適用しようとする

取り組みである。代表的な顕示選好アプローチとして、ヘドニック法、トラベルコスト法（ＴＣＭ）がある。

ヘドニック法では、「地域の魅力による効用」を地価などの関数として把握しようとする方法であり、トラベルコスト法は「地域の魅力による効用」を、地域を訪れる旅行者の支出で把握しようとする方法である。このように、顕示選好アプローチでは、計測しようとする効用を、「効用が波及した結果」としての市場財の価格や支出の変化で計測している。

(3)　その他の方法による便益の計測

代替法は、当該の事業が実施されなかった場合に、代替となる行動に必要なコストとの差で便益を計測する方法である。計算が容易なメリットがあるが、消費者の行動の選択肢を一方的に限定せざるを得ないなどモデルとしての完成度は低いため、その他の概念が確立されているモデルが適用しにくい場合を中心に適用される。

原単位法は類似の便益計測結果を当てはめるもので、本質的には上述した様々な計測手法の成果を引用する方法である。適用元の便益の精度の制約に当てはめ、精度の制約が上乗せされるなどのため厳密さには欠けるものの、便益を考える上での制約が小さく、実用上使いやすいことが最大の利点である。

今回の調査では原単位法を用いているが、これらの原単位はさかのぼれば、代替法、トラベルコスト、支払い意志額法などの方法で計測されているので、投入の考え方はそれぞれの計測手法に従って決めることとする。

(4)　主な計測法の特徴

以上の、各計測法のうち、主に使われている代表的な手法の特徴、長所と欠点等を表 2-8-1 に示す。

表 2-8-1　環境に係る経済性評価の代表的な手法の特徴

手法	内容	各手法の一般的な特徴	
		長所	短所
仮想的市場評価法(CVM)	アンケート調査により事業の効果に対する回答者の支払意思額を尋ね、これをもとに便益を計測する方法	・　適用範囲が広く、歴史的・文化的に貴重な施設の存在価値をはじめとして、原則的にあらゆる効果を対象にできる。	・　アン'ケートにおいて価格を直接的に質問するため、適切な手順、アンケート内容としないとバイアスが発生し推計精度が低下する。 ・　仮想的な状況に対する回答であるため、結果の妥当性の確認が難しい。 ・　回答者の予算に制約があることを認識し.てもらう必要がある。 ・　負担の支払意思額を推計することができない。
旅行費用法(TCM)	施設を訪れる人が支出する交通費や、費やす時間をもとに便益を計測する方法	・　客観的なデータ（来訪者数、旅行費用など）を用いて分析を行うため、分析方法や効果の妥当性を確認しやすい。 ・　レクリエーション行動に基づく分析手法であるため、観光地などのレクリエーションに関する価値の分析に適する。	・　利用実態に関するデータ（事業がある場合とない場合の出発地別の来訪者数等）の入手が困難な場合がある。 ・　レクリエーション行動に結びつかない価値（歴史的・文化的に貴重な施設の存在価値）の計測は困難。 ・　複数の目的地を有する旅行者や長期滞在者の扱い、代替施設の設定などの分析が困難。
代替法	評価対象とする事業と同様の便益をもたらす他の市場財の価格をもとに便益を計測する方法	・計算方法が埋解しやすく、　比較的簡易に分析が可能。	・　適切な代替財が設定できない場合は適用できない。

出典：「河川に係る環境整備の経済性評価の手引き（国土交通省河川局河川環境課）H19.9」

３．価値評価の算出方法

(1)　水力発電所の外部コストと外部便益

森林、田畑等それぞれの土地が持つ公益的な機能は、数値的な価値の計測が難しく、理論的には価値を認識していても、これらの価値評価が本格的に行われることはなかった。しかし、近年では、自然環境、公益的機能等の価値を貨幣価値に換算する各種手法として前述したような手法が開発され、環境価値の貨幣価値換算が容易になってきた。

これまで社会資本の整備に伴って発生する公益的機能、社会経済等の外部不経済は、概念的には社会全体で負担してきたものを、公共事業の効果を判定する「費用・便益比」の算定において、これも費用に組み入れた総合的な費用を算定し、当該事業の効果と比較して採否を判定されるようになってきた。

（「政策評価に関する基本方針（平成 17.12.13 閣議決定、平成 19.3.30 一部改正）

事業者以外の経済主体（国、地方公共団体、住民、企業、諸団体・組合等）の財産、権利を侵害する場合、通常は、土地買収等の所有権の移転、地役権の設定、賃貸等の売買、補償という形で相手方の損害、不利益の解消が図られ、この補償額は当該事業の実施に要する調査設計費、工事費等とともに事業投資額の一部として、当該事業に要する「内部コスト」として算入されていたが、さらに、間接的、波及的に発生する不利益（消失、減殺される森林、原野、田畑、湖沼、河川、海岸、農村集落地等の土地本来の属性として有している「公益的機能」、動植物、生態系、地下水、自然景観等の「環境資源」等）で相手を特定することはできない社会全体に帰する不利益についても「外部コスト」として、「費用便益比」算定上では費用に加えて比較されることとなった。

以上の考え方の例として森林に当てはめた場合の概念を図 2-8-1 に示す。また、事業の政策評価に用いられる費用便益の比較と、コストの構成内容を図 2-8-2 に示す。

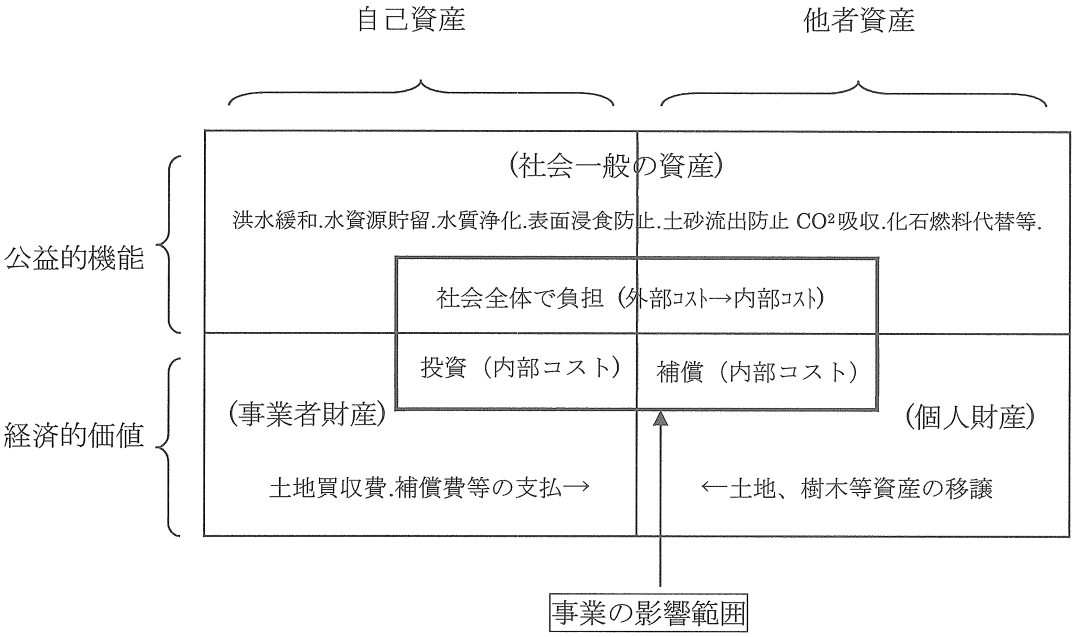


図 2-8-1　外部コスト、内部コスト負担の概念（森林の例）

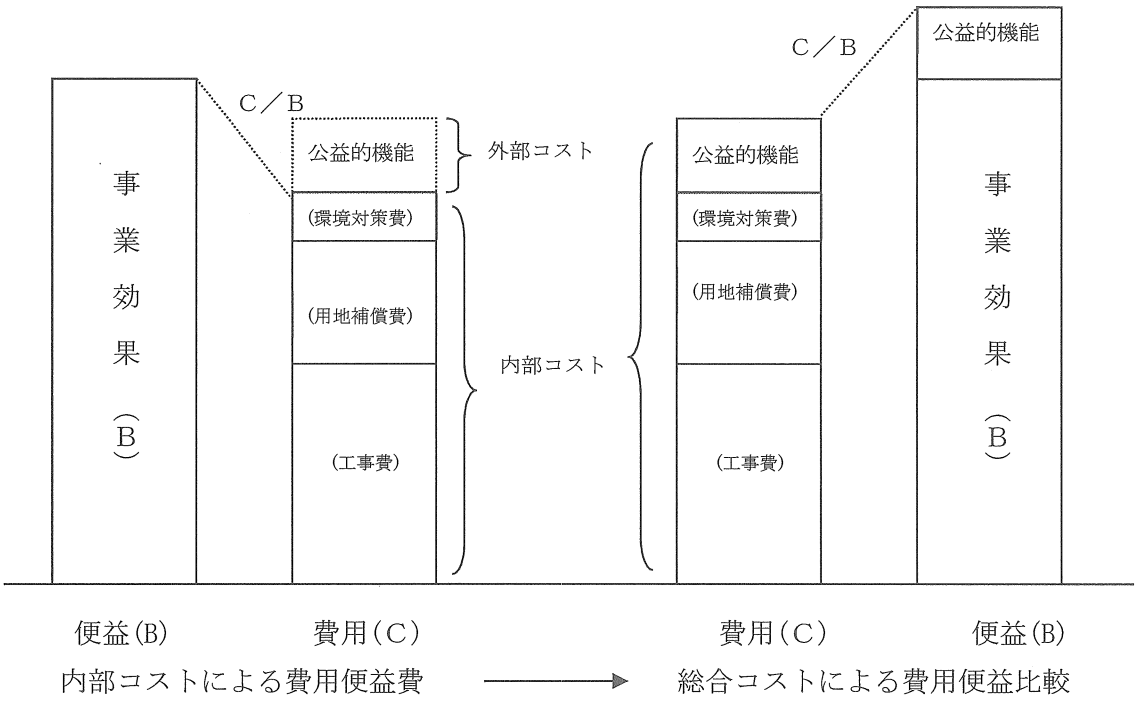


図 2-8-2　公共事業における費用便益分析

水力発電所、ダム・貯水池等の水力発電施設の設置に際しても、これまで外部不経済として算入されていなかった公益的機能、社会的機能等の外部不経済、開発後の創生された新たな環境、社会的機能等の外部経済も取り入れた総合的な費用対効果の判定を行い、経済、社会的に効果的な開発、運用を行うことも必要となってくるものと考えられる。

また、図 2-8-3 に示すように、設置前後の自然環境、社会環境の変容を定量的に推計し、両者の価値を比較することで、新たな環境の創造の価値を評価できれば、今後新規に建設を行う場合のみならず、既設水力発電所の運用においても周辺住民、国民の理解と協力を得る材料として大いに役立つものと考えられる。

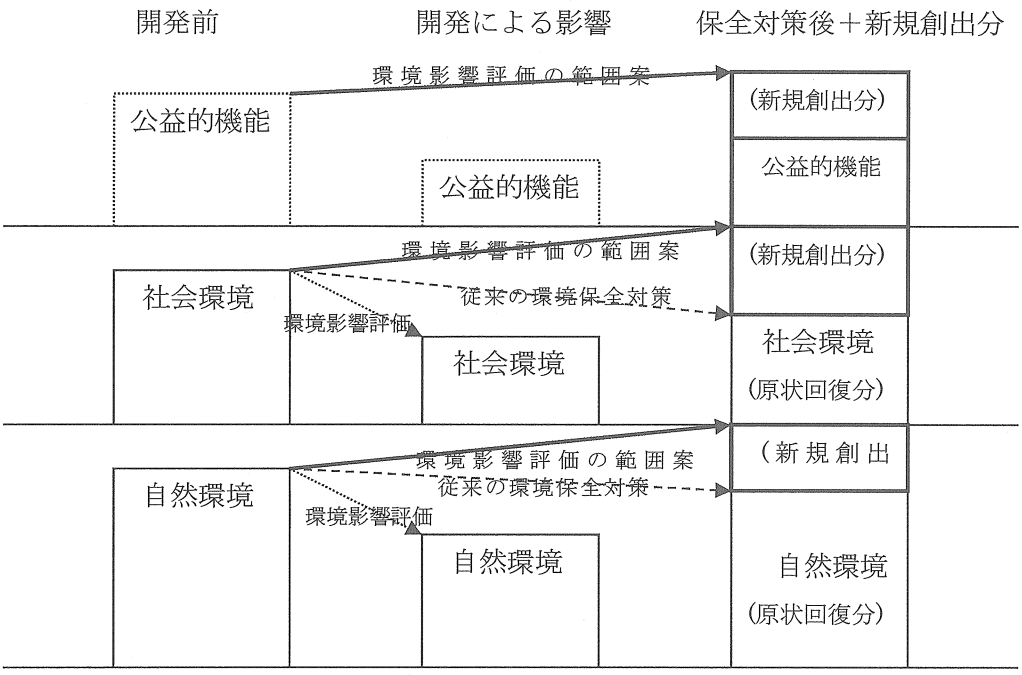


図 2-8-3　環境種別・機能別　便益評価比較方法

(2)　貨幣価値換算の一例　（環境経済の計量）

代表的な 24 箇所の水力発電所を抽出してその開発に伴う環境経済の変化を貨幣価値に換算して比較した試算例を以下に紹介する。

水力発電所、ダム・貯水池等の水力発電施設を新たに設置した場合、新たに出現した環境が、従前の土地が有していた公益的機能、自然環境等より勝っている事例が全国各地で多く見られる。前項で紹介した中から典型的な事例をモデルとして、仮定条件の下に開発以前の状態（Without）と、開発後の状態（With）を比較し、開発による効果を求めることとした。

効果は、直接的な効果（1 次便益）、波及的に発生する間接的な効果（2 次便益、3 次便益等）が考えられるが、最初はこれらの効果すべてを含めた便益額を推計してみる。

なお、ここで取り上げる各発電所の推計値は、典型的なモデル発電所として取り上げたものすべてを同一の原単位を用いて算出したものであり、当該発電所地点における実態の数値を表しているものではないことに留意しておく必要がある。

対象として取り上げたモデル発電所は 24 地点で、出力規模では、1 万 kW 未満が 1 地点、1 万 kW以上 10 万 kW 未満が 10 地点、10 万 kW以上 50 万 kW 未満が 5 地点、50 万 kW以上

100万kW未満が4地点、100万kW以上が4地点と大小様々な規模が含まれる。

形式別では「ダム式」が4地点、「ダム水路式」が9地点、「揚水式」が8地点、「水路式」が3地点で水力発電所の形式すべてを網羅している。

算出する項目は、大きく分けて、土地、水域等が本来持っている公益的機能、自然環境として有する属性、本来の公益的機能や自然環境等の属性を利用して成り立つ社会環境等の各項目とし、以下に今回試算した具体的項目を示す。

公益的機能－土地の属性－（森林、農地、原野、住宅地、集落地、市街地等）

自然環境（魚類生息環境、鳥類生息環境、野生動物生息環境、植生、景観等）

社会環境（観光、保健、レクリエーション、スポーツ、イベント・祭り等）

モデル発電所として、それぞれの立地場所、諸元等を当てはめた24の発電所を選び、それぞれに同じ原単位を用いて1次便益額としての直接効果額を算出した。

24地点全体の開発前の公益的機能便益額の年額を表2-8-2に示す。公益的機能に係る便益額は、開発前の年額約178億円と算出された。これに対し開発後の公益的機能便益額は年額で約197億円と見積もられ、平均で約1.11倍と増加している。これにさらに社会的機能としての便益額として年額約85億円が加わり、便益額総額は年額で約282億円となり、開発前に対し約1.59倍となっている。

表2-8-2　発電形式別開発前後の便益額（年額）　（単位：千円）

発電形式	件数	開発前	開　発　後			対比
		公益的機能	公益的機能	社会的機能	計	
ダム式	4	1,771,295	1,841,946	77,250	1,919,196	1.12
ダム水路式	9	15,148,812	16,739,058	8,151,438	24,890,496	1.64
揚水式	8	894,112	1,103,547	236,619	1,340,166	1.50
水路式	3	32,330	65,351	17,042	82,393	2.55
計	24	17,786,549	19,749,902	8,482,349	28,232,251	1.59

ダム式、ダム水路式、揚水式などダム・貯水池を有する発電所では、新たに生まれた水域により創造された自然環境の価値が大きく、加えて、観光、景観、保養、レクリエーション、スポーツ、学習等の社会的機能が付加され、訪れる人も多くなり、便益額の前後比較ではすべての地点でプラスとなっている。

また、ダム・貯水池を持たない水路式発電所でも、発電所構内にＰＲを兼ねた資料館を設け、施設を公開する、水路敷等を整備して緑地帯や小規模の公園を設けるなど、社会的公益機能を付加しているところでは、便益額の前後比較ではプラスとなっている。

個別のモデル発電所ごとの便益額で、開発前後の差が大きいもの、特色のあるものとして2、3地点を挙げると以下のようなところがある。

「小諸発電所」については、開発前が河川敷と原野で公益的機能はそれほど大きくなかったのに対し、開発後は調整池湛水域として、特に鳥類の生息環境が整備されたことによる評価額が大きくなって6.2倍となり、それに観測、休養等で訪れる人が多くなったため社会的機能が加わり、全体では8.8倍の効果が生まれている

「黒東第三発電所」は、隣接する旧発電所棟が地元町に譲渡され、美術館として活用されているため、この入場料収入が社会的便益額としてカウントされ、もともと農地としての公益的機能のみであったところに社会的機能が大きく加わり、15.3倍の効果が生まれている。

「黒部川第四発電所」は、黒部ダムが全国的に有名な観光スポットとなっていて全国から年間約 100 万人もの観光客が訪れ、ダムまで簡単に入り込めるようになり便益額を大きく押し上げて、8.9倍となっている。

(3) 便益額の分析

ダム・貯水池等水力発電所を設置した場合、新たに発生する公益的機能、社会的機能等の便益額試算結果をベースに、直接的効果（1次便益額）、経済波及効果としての間接的効果（2次便益額、3次便益額）の関連性、便益の波及配分過程について、設置前後を比較した，**表 2-8-2** の年便益額（28,232,251 千円－17,786,549 千円＝10,445,702 千円）について分析してみる。

全 24 モデル発電所の外部経済上の効果額として、価値の区分け（存在価値と利用価値）による便益額、直接効果（1次便益額）、間接効果（2次、3次便益額）を算定した結果を価値の種類別で見てみると、

「存在価値」は、ダム・貯水池を持たない水路式発電所を除き全地点に発生している。貯水池面積が大きいほど便益額も大きくなり、年額ベース（以下、すべて年額とする）で、最大は貯水池面積が 2,373 ha の雨竜ダムで約 10 億円、そのほか大型貯水池を有する有峰、一ツ瀬、御母衣、黒部、帝釈川の各ダムが続いている。

「利用価値」の方では、観光地として名を馳せている黒部ダムが飛び抜けて大きく、約 71 億円、続いて雨竜、有峰、帝釈川、奥清津、奥只見など全国ブランドの観光地となっている各ダムが名を連なっている。

全 24 地点合計値では、「存在価値」19 億 6,335 万円、「利用価値」が 84 億 8,235 万円で比率としてはそれぞれ 19%、81%と「利用価値」が「存在価値」の約 4.3 倍と圧倒的に大きくなっている。

(4) 産業連関分析による 1 次、2 次、3 次別効果

環境改善による効果が、2次的に波及していく過程について具体的に算定する方法としては、経済波及効果を算定するツールとしての「産業連関分析」の適用が考えられる。産業連関分析は、外生部門（最終需要部門と粗付加価値部門）を定めることで、内生部門の値が算

出され、これが生産誘発効果として算出される。さらに、労働分配率などの係数を適用することで、生産誘発効果を部門別に算定するなど、波及効果を把握することができる。

産業連関分析の諸表は、国レベルでの取り組みによる調査を通じて使いやすい形で公開されており、前提条件としての制約を受け入れる限り、その利用と算出が極めて容易である点が大きなメリットである。

しかし、産業連関分析は、実経済における経済活動による投入と算出の波及の状態を示すモデルであって、価格と財の投入の関係を根拠とした分析を行うものである。これに対して、今回計測しようとする環境改善による便益は、経済活動の外的効果、すなわち、価格と財の投入の関係では完全には説明できない部分を取り扱っていることもあり、互いに関係しあう概念であるものの、その適用に限界がある。言い換えれば、外部経済による便益の波及過程を算出する過程で必要となる便益と需要、価格の関係については、十分に一般化、かつ客観的に合理化されたデータは存在せず、個別の研究によらざるを得ないのが現状である。

そこで、このような状況を念頭に、「産業連関分析」により便益の発生と波及の過程を相応的に把握、評価するための方法を探るべく、以下のような考え方、手順で検討を行った。

- 便益の算定という調査目的にかんがみ、各種の産業連関表のうち最も使いやすいものとして、総務省統計局の提供する平成17年度、108部門表を活用することとする。
- 水力発電施設による周辺環境の変化によって生起しうる経済波及効果の算定に投入するデータは便益の評価値になるため、便益の計測法の違いに合わせて適切な投入の計算法を工夫する。
- 水力発電施設の整備による社会的便益の波及過程のモデルを示し、「便益帰着構成表」の形で表現する方法を検討する。
- 便益帰着構成表による波及効果の計測には、本来、社会における便益の波及状況を計測した実測データが必要であるが、現時点で得られているサンプルデータから可能な範囲での試算とし、概念を提示することを目指すものとする。

2次便益額及び3次便益額については、ここでは建設補修、公共事業、道路輸送、観光を含む娯楽サービスの 4 業種の産業連関表の係数から割り出した値を使用しているので、直接効果額に対する間接的な波及効果額の割合は、環境の構成比率による違いはあるものの大きな差ではなくおおむね同じであるため、直接効果額が大きいほど波及効果も大きくな

全24モデル発電所の合計値から算出した直接効果額に対する波及効果額とその平均的な割合は、直接効果額の1次便益額1.0に対し、波及効果額の2次便益額の割合が最大0.96から最小0.45で平均0.55、3次効果額は最大0.70から0.60で平均は0.68となっていて、2次、3次合わせた波及効果全体では1.56から1.15で平均は1.23倍となっている。この中には雇用者所得の割合0.64が含まれている。

以上のことから、本調査対象の24モデル発電所の平均値を見る限りでは、水力発電所の設

置に伴う公益的機能、自然環境、社会環境の価値を貨幣価値換算額で評価した値は、直接的な1次便益額に対し、1.23倍の波及的な便益額を生み出したと評価される。

以上をまとめると

開発前後の年間便益額の比較では公益的機能では0.87倍で低下するが、新たに創出された自然環境（魚類、鳥類等の生息環境）が加わり1.11倍と向上し、さらにダム湖等の社会的機能が加わり、トータルでは1.59倍となった。

	開発前(Without)	開発後(With)	効果(影響)額	倍率
公益的機能	17,786,549千円	15,463,566千円	-2,322,983千円	0.87
新規出現自然環境		4,286,336	4,286,336	
自然環境計	17,786,549	19,749,902	1,963,353	1.11
社会環境		8,482,349	8,482,349	
計	17,786,549	28,232,251	10,445,702	1.59

効果の発生、波及効果の分析結果はについて、上記試算された便益額を分析した結果、直接効果（1次便益額）は44.8%、波及効果（2次、3次便益額）56.2%で、1次便駅額に対し2次便益額段階で1.55倍、3次便益まで加えると2.23倍となった。

	便益額	（比率）	1次便益額に加えた倍率
1次便益額	4,681,874千円	（44.8%）	
2次便益額	2,595,273千円	（24.9%）	1.55倍
3次便益額	3,168,555千円	（30.3%）	2.23倍
計	10,445,702千円		

なお、上記便益額104億4,570万円に含まれる、雇用者所得の合計額は29億7,575万円と算定され、波及効果額全体の28.5%に当たる。

便益帰着表による部門別の効果額の分析結果は、地域資源として蓄積された分が48.8%を占め、世帯部門が46.9%、産業部門は4.3%と算出された。

４．新たな環境創出の事例

水力発電所、ダム・貯水池、調整池等が、周辺環境と合わせて新たな価値を生み出している例が全国各地の水力発電所周辺で多く見られる。それらのうち、新たな環境の創造の代表的な事例を以下に紹介する。

雨竜発電所　（北海道電力株式会社）

雨竜第一ダム、第二ダム及び雨竜発電所は、雨竜電力㈱によって 1928 年から 16 年間、測量、調査、工事が行われ、1943 年から運転を開始、1951 年に北海道電力㈱に引き継がれたもので、現在、最大出力 51,000kWの発電が行われている。

雨竜第一ダム（朱鞠内湖）と雨竜第二ダム（宇津内湖）は、連絡水路によって結ばれている。中心となる朱鞠内湖は、標高 284m、水深約 40m、湖面積 23.7 km^2 で人造湖としては日本最大の湛水面積を有し、周辺を原生林に囲まれ、北海道大学の演習林が展開している。1974 年には湖全体が「朱鞠内道立自然公園」に指定され、ピッシリ山とその山麓の原生林を映す雄大な景観が最大の魅力となっていて訪れる人も多く、朱鞠内湖観光、キャンパー、遊漁等を目的に年間約 8 万 2,000 人程度が訪れている。

電所概要	水系・河川名	石狩川・大釜別川、宇津内川
	ダム名（貯水地名）	雨竜第一、第二ダム（朱鞠内湖・宇津内湖）
	発電所形式	ダム水路式
	出力	51,000ｋW
	運転開始年月	1943 年 8 月
	所在市町村	北海道　名寄市
事例	対象施設	雨竜ダム貯水池
	創出環境	水域環境、周辺自然環境、親水空間等
	対策・対応	周辺地整備、公園化
	効果	自然環境、周辺利用、地域社会への貢献
	備考	

写真 2-8-1 雨竜ダム朱鞠内湖全景（雨竜）

図 2-8-4 朱鞠内湖畔キャンプ場付近

小諸発電所　（東京電力株式会社）

小諸発電所第一調整池では、1993 年から 1995 年にかけて、自然との共存を目指し、生き物の新たな生存環境の創出「地域に親しまれる設備」をテーマに調整池周辺の水辺や雑木林などの複合した多自然型環境の創造に取り組み、調整池の中に浮島を設け、周辺には野鳥のエサになるような樹木、ねぐらとなるような植物等の植栽を配し、野鳥、小動物の生息の地として整備され、また、周辺は地域に親しまれる様な公園、アメニティ空間として整備され、「来訪者が安全に自然に親しめる施設」、「野鳥、小動物の生育環境が向上する施設」として一般に開放されている。

（調整池水面）

約 7.4 ヘクタールの調整池湖面には、ヤシ繊維や電柱などの古材を利用した浮島を設け、周辺に自生するアシなどと合わせ水鳥の休息の場、ねぐらとなるように配置されている。また、浮島には、小魚や水生昆虫などの小動物など浅瀬を好む生物のために水中には浅瀬が設けられている。

調整池周りのうち自然が残されている部分を「エコロジーエリア」として、雑木や、小鳥が好む木の実をつける樹木を配し、野鳥や昆虫、カエルなどの小動物が生息するエリアが設けられている。

飛来する野鳥等を観察するためのスペースとして、調整池の周りには、あずまや、バードウォッチングの場等の景観、野鳥観測の場を配置した「アメニティ空間」が整備され、現在では 136 種の野鳥の生息、飛来が確認されるようになった。

以上のような整備が図られたことにより、地元を始め遠くからも年間約 13,000 人の人々が訪れるようになっている。

発電所概要	水系・河川名	信濃川・千曲川、湯川、繰谷川
	ダム名（貯水地名）	第一調整池
	発電所形式	水路式
	出力	16,200ｋW
	運転開始年月	1927 年 9 月
	所在市町村	長野県　小諸市
事例	対象施設	第一調整池
	創出環境の種別	水域環境、周辺自然環境、親水空間等
	対策・対応	公園整備
	効果	多自然型環境の創造、地域社会への貢献
	備考	

写真 2-8-2 第一調整池全景（小諸）

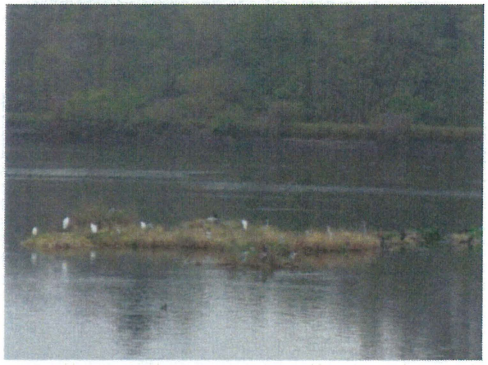


写真 2-8-3 第一調整池内の浮島（小諸）

黒部川第四発電所　（関西電力株式会社）

黒部川第四発電所の中核をなす黒部ダムは、1956 年に着手、世紀の難工事と言われた苦闘の末、7 年の歳月を掛け、1961 年に完成した。中でも、長野県大町市から現場に入り込む資材ルートとして開削された大町トンネルは、大破砕帯に遭遇して大量の出水に悩まされながらの難工事であった。この工事に要した総工費は当時の金額で約 513 億円、延べ 1,000 万人の人手によって完成したものである。

黒部ダムは、高さが 186ｍと国内最高の高さで、堤頂長は 496ｍに及ぶアーチ式ダムである。付近は中部山岳国立公園となっているため、発電所は地下 140ｍの山中に設けられた地下式発電所で、最大出力は 335,000kW、年間の発電量は約 10 億 kWh となっている。

黒部ダムによって堰き止められてできた貯水池－黒部湖－は、総貯水量約 2 億m^3、湛水面積は 349　ha となっている。観光シーズンには黒部ダムから最大 10m^3／秒という大量の放流が行われ、その圧巻な様子は黒部観光の目玉となっている。

黒部ダムの完成によって、それまで人を寄せ付けなかった秘境に、誰でも簡単に入れるようになり、訪れる観光客は年間約 100 万人に及び、観光で入れるようになった 1964 年以来これまでに延べ約 4,000 万人が訪れている。

発電所概要	水系・河川名	黒部川・黒部川
	ダム名（貯水地名）	黒部ダム（黒部湖）
	発電所形式	ダム水路式
	出力	335,000ｋW
	運転開始年月	1961 年 1 月
	所在市町村	富山県　黒部市
事例	対象施設	黒部ダム貯水池
	創出環境の種別	水域環境、周辺自然環境、親水空間等
	対策・対応	周辺地整備、公園化
	効果	自然環境、周辺利用、地域社会への貢献
	備考	

写真 2-8-4 黒部ダム放流状況（黒部川第四）

奥清津発電所　（電源開発株式会社）

奥清津発電所は、電源開発㈱が 1972 年に着工し 1978 年から運転を開始、続いて奥清津第二発電所が 1996 年から運転が開始された。奥清津発電所が最大出力 1,000,000kW、奥清津第二発電所が同じく 600,000kWの出力を持つ純揚水式発電所である。二居調整池はその下池で、上池のカッサ調整池との間で揚水、発電が繰り返されている。二居調節池の周辺は広葉樹を中心とした国有林が展開しており、緑豊かな自然環境となっている。

電源開発㈱では、下池の二居調節池と発電所付近を解放し「ＯＫＫＹ」と名付けて一般に

公開している。解放されている部分は、「ダムゾーン」と「のびのび広場」と命名された二つのゾーンがあり、また発電所内にも解放施設が設けられていて、4月から11月までの毎日（月曜日は休館、屋外施設はオープン）、無料で開放されている。

発電所概要	水系・河川名	信濃川・清津川
	ダム名（貯水地名）	二居ダム
	発電所形式	純揚水式
	出力	1,600,000ｋW
	運転開始年月	第一 1978年7月、第二 1996年6月
	所在市町村	新潟県　湯沢町
事例	対象施設	ダム･貯水池、発電所
	創出環境の種別	観光、教養･学習
	対策・対応	発電所施設の開放、資料館公開
	効果	地域社会への貢献、学習効果
	備考	

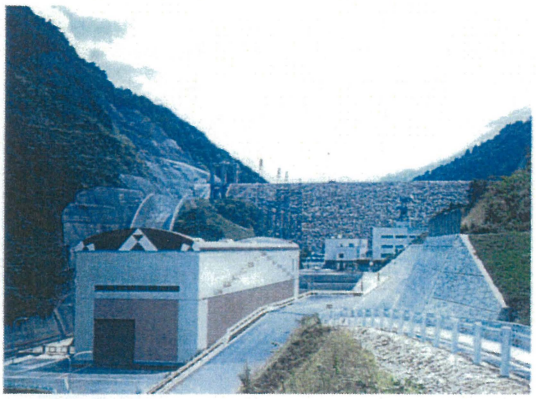


写真 2-8-5 二居ダムと発電所（奥清津）

写真 2-8-6 発電所資料館ＯＫＫＹ（奥清津）

【参考資料３】

電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン

平成２８年７月２８日

資源エネルギー庁

目次

第１章 総則 1
１． ガイドラインの必要性 1
２． 適用の範囲 1
３． 用語の整理 2
４． 連系の区分 5
５． 協議 6
第２章 連系に必要な技術要件 6
第１節 共通事項 6
１． 電気方式 6
２． 発電出力の抑制 6
第２節 低圧配電線との連系 7
１． 力率 7
２． 電圧変動 7
３． 不要解列の防止 9
第３節 高圧配電線との連系 9
１． 力率 9
２． 自動負荷制限 10
３． 逆潮流の制限 10
４． 電圧変動 10
５． 不要解列の防止 12
６． 連絡体制 12
第４節 スポットネットワーク配電線との連系 13
１． 力率 13
２． 自動負荷制限 13
３． 電圧変動 13
４． 不要解列の防止 14
５． 連絡体制 15
第５節 特別高圧電線路との連系 15
１． 力率 15
２． 単独運転時における適正電圧・周波数の維持 16
３． 自動負荷制限・発電抑制 17
４． 電圧変動 17
５． 不要解列の防止 18
６． 発電機運転制御装置の付加 18
７． 連絡体制 19

第１章 総則

１．ガイドラインの必要性

系統連系技術要件ガイドラインの整備は、コージェネレーション等の分散型電源を電力系統に連系する場合の技術要件として、昭和６１年８月に策定され、その後数次の改定を行ってきた。同ガイドラインは、分散型電源の導入に向けた環境整備の観点から、電力系統への連系を可能とするための商用電力系統（以下「系統」という。）側の電気事業者と発電設備等設置者の間における技術的指標を提示してきたものである。

元来、発電設備等の系統連系については、系統運用者である一般送配電事業者と発電設備等設置者の両者間で、その条件について個別に協議を行い設定されるものである。しかしながら、

① 発電設備等設置者は、系統運用を日常的に行っているわけではないので、系統に係る情報が不足しがちであること

② 系統運用者には、系統を運用する上で系統内の発電設備等に係る情報を把握する必要があること

から、連系に係る協議が円滑に行われるようにするためには、系統連系に係る情報の透明性及び公平性が確保されることが必要である。

かかる観点を踏まえ、本ガイドラインは、系統に連系することを可能とするために必要となる要件のうち、電圧、周波数等の電力品質を確保していくための事項及び連絡体制等について考え方を整理したものである。系統連系に際しての一般送配電事業者の対応についての考え方については、電気事業法に基づく広域的運営推進機関においても、一般送配電事業者がルールとして定めるべき事項として、系統を利用する者等による議論も踏まえ送配電等業務指針が策定されているが、本ガイドラインは、当該指針とも相まって、分散型電源等の系統連系に係る環境整備を図ろうとするものである。

２．適用の範囲

このガイドラインは、一般送配電事業者がその供給区域内で設置する発電設備等以外の発電設備等を系統と連系する場合に適用する。この場合、系統連系時間の長短にかかわらず、原則として適用する。また、既設の発電設備等で系統と連系しないで運転していたものを新たに改造して連系する場合にも適用する。

ここで、系統と発電設備等との連系は、電気的に交流回路で接続している状態を指し、整流器等を介して直流回路を接続する状態は除かれる。ただし、発電

そのものは行っていない設備であっても、二次電池などで放電時の電気的特性が発電設備と同等である場合、系統に与える影響を考慮しなければならないため、本ガイドラインの適用範囲に含まれる。

なお、発電設備等の系統への連系に当たっては、感電の防止等の電気工作物の安全に関する対応も必要となる。これについては、電気事業法第３９条及び第５６条に基づく電気設備に関する技術基準を定める省令（通商産業省令第５２号）により、公共の安全の確保の観点から設置者及び一般送配電事業者及び送電事業者が遵守すべき基準として定められている。

３．用語の整理

（１）系統の種類

①低圧配電線

低圧需要家に電力を供給する低圧の配電線をいう。一般には、単相２線式：１００Ｖ、単相３線式：１００Ｖ／２００Ｖ、三相３線式：２００Ｖ、及び三相４線式：１００／２００Ｖの方式がある。

②高圧配電線

高圧需要家に電力を供給する役割と、配電用変電所から柱上変圧器等を介して低圧需要家に電力を供給するまでの送電を行う役割を兼ね備えた高圧の配電線をいう。一般には、三相３線式：６．６ｋＶ。また、特定の一需要家への電力供給を目的に施設される専用線もある。

③スポットネットワーク配電線

２回線以上の２２ｋＶ又は３３ｋＶ特別高圧地中電線路から需要家がそれぞれの回線ごとに施設した変圧器の２次側母線で常時並行受電する配電線をいう。

④特別高圧電線路

７ｋＶを超える特別高圧の電線路であって、特別高圧需要家に電力を供給する役割と変電所まで電気を送電する役割とがある。なお、電圧が３５ｋＶ以下の場合は、配電線扱いもある。また、特定の一需要家への電力供給を目的に施設される専用線もある。

（２）系統の状態等

①並列

発電設備等を系統に接続すること。なお、本ガイドラインにおいては、発電設備等を系統への接続を交流回路で行うものについて記述している。

②解列

発電設備等を系統から切り離すこと。

③連系

発電設備等が系統へ並列する時点から解列する時点までの状態。

④逆潮流

発電設備等設置者の構内から系統側へ向かう有効電力の流れ（潮流）。

⑤単独運転

発電設備等が連系している系統が、事故等によって系統電源と切り離された状態において、連系している発電設備等の運転だけで発電を継続し、線路負荷に電力供給している状態。

⑥再閉路

系統の事故等が発生した場合、配電用変電所等において、通常、当該系統を系統電源から切り離すが、早期復旧を図るために、一定時間経過後に、自動的に当該系統と系統電源とを接続して再送電を行うことをいう。

（３）装置

①逆変換装置（インバータ）

電力用半導体素子のスイッチング作用を利用して、直流電力を交流電力に変換する装置。転流の方法によって、転流電圧がインバータの構成要素から与えられる自励式とインバータの外部から与えられる他励式とがある。

②転送遮断装置

変電所遮断器の遮断信号を専用通信線や電気通信事業者の専用回線で伝送し、発電設備等設置者の連系用遮断器を動作させる装置

③自動同期検定装置

同期発電機を用いた発電設備等の系統への並列に際して、系統側と発電設備等側との周波数、電圧及び位相を自動的に合わせて投入する装置。

④保安通信用電話設備

電気工作物の保安のために発電設備等設置者と系統運用者との間等に施設される通信用電話設備。

⑤専用回線電話

通信事業者の電話交換機を介さない電話

⑥スーパービジョン

発電機の運転情報、遮断器の開閉情報、保護継電器の動作などの情報を遠方へ伝送・表示する装置。

⑦テレメータ

電圧、電流、電力などの計測値を遠方へ伝送・表示する装置。

（４）機能・方式

①進相無効電力制御機能

逆変換装置を用いる場合、自動的に発電設備等の電圧を調整する対策の一つとして用いられる機能。発電装置から系統に向かって、電圧より電流の位相が進んだ無効電力（進相無効電力）を制御することにより、自動的に電圧を設定値に調整する機能。

②出力制御機能

逆変換装置を用いる場合、自動的に発電設備等の電圧を調整する対策の一つとして用いられる機能。逆潮流がある場合には、発電装置の出力を制限することにより電圧を調整する機能となる。逆潮流がない場合には、受電電力を常時監視し、発電装置の出力を自動的に設定値に制御する機能。

③自動同期検定機能

系統側と発電設備側との周波数、電圧及び位相を自動的に合わせて投入する機能。

④スポットネットワーク受電方式

一般送配電事業者の変電所から、スポットネットワーク配電線（通常３回線の２２ｋＶ又は３３ｋＶ配電線）で受電し、各回線に設置された受電変圧器（ネットワーク変圧器をいう。）を介して二次側をネットワーク母線で並列接続した受電方式をいう。

電気方式には、一次側は２２ｋＶ（又は３３ｋＶ）三相３線式、二次側２００～４００Ｖ級三相４線式（低圧スポットネットワーク方式）と二次側６.６ｋＶ三相３線式（高圧スポットネットワーク方式）とがある。

（５）その他

①発電設備等の一設置者当たりの電力容量

受電電力の容量又は系統連系に係る発電設備等の出力容量のうちいずれか大きい方。なお、「受電電力の容量」とは、契約電力であり、契約電力は常時の契約電力と予備の契約電力（自家発補給電力等）の合計をいう。また、「発電設備等の出力容量」とは、交流発電設備を用いる場合にはまずその定格出力を指し、直流発電設備等で逆変換装置を用いる場合には、逆変換装置の定格出力をいう。

②再閉路時間

系統の事故等が発生した場合であって、事故復旧の迅速化のために、系統運用者側が遮断器を開放した時点から当該遮断器を自動投入（再閉路）するまでの時間。

③発電抑制

連系された系統の事故時（例えば、２回線の系統で１回線事故時）に、健全な系統の過負荷を回避するため、系統側に必要に応じて過負荷検出装置を設置して、発電設備等の出力を抑制させること。

④二次励磁制御巻線形誘導発電機

二次巻線の交流励磁電流を周波数制御することにより可変速運転を行う巻線形誘導発電機

４．連系の区分

（１）低圧配電線との連系

発電設備等の一設置者当たりの電力容量が原則として５０ｋW未満の発電設備等は、第２章第１節及び第２節に定める技術要件を満たす場合には、低圧配電線と連系することができる。ただし、同期発電機・誘導発電機・二次励磁制御巻線形誘導発電機を用いた発電設備の連系（逆変換装置を介した連系を除く。）は、原則として逆潮流がない場合に限る。

（２）高圧配電線との連系

発電設備等の一設置者当たりの電力容量が原則として２，０００ｋW未満の発電設備等は、第２章第１節及び第３節に定める技術要件を満たす場合には、高圧配電線と連系することができる。

（３）スポットネットワーク配電線との連系

発電設備等の一設置者当たりの電力容量が原則として１０，０００ｋW未満の発電設備等は、第２章第１節及び第４節に定める技術要件を満たす場合には、スポットネットワーク配電線とスポットネットワーク受電方式により連系することができる。

（４）特別高圧電線路との連系

第２章第１節及び第５節に定める技術要件を満たす場合には、発電設備等を特別高圧電線路（（３）に定めるスポットネットワーク配電線を除く。）と連系することができる。ただし、３５ｋＶ以下の特別高圧電線路のうち配電線扱いの電線路と連系する場合に限り、高圧配電線との連系に係る技術要件に準拠することができる。また、この場合、連系できる発電設備等の一設置者当たりの電力容量は原則として１０，０００ｋW未満とする。

（５）下位の電圧連系区分に準拠した連系

発電設備等の出力容量の合計が契約電力に比べて極めて小さい場合には、契約電力における電圧の連系区分より下位の電圧の連系区分（一段下の連系区分に限定するものではない。）に準拠して連系することができる。

ここで、発電設備等の出力容量の合計が契約電力に比べて極めて小さい場合の

考え方としては、個々のケースにより異なるのでケースごとに考えるべきではあるが、発電設備等の出力容量の合計が契約電力の５％程度以下であることが一般的な目安と考えられる。

５．協議

このガイドラインは、系統連系において電力品質を確保するための技術要件についての標準的な指標であり、実際の連系に当たっては、発電設備等設置者及び系統側電気事業者は誠意を持って協議に当たるものとする。

第２章 連系に必要な技術要件

第１節 共通事項

１．電気方式

（１）発電設備等の電気方式は、（２）に定める場合を除き、連系する系統の電気方式と同一とする。

（２）発電設備等の電気方式は、次のいずれかに該当する場合には、連系する系統の電気方式と異なってもよいものとする。

① 最大使用電力に比べ発電設備等の容量が非常に小さく、相間の不平衡による影響が実態上問題とならない場合。

② 単相３線式の系統に単相２線式２００Ｖの発電設備等を連系する場合であって、受電点の遮断器を開放したときなどに負荷の不平衡により生じる過電圧（中性線に対する両側の電圧を監視し、そのどちらか１２０Ｖを超える場合をいう。）に対して逆変換装置を停止する対策、又は発電設備等を解列する対策を行う場合。

２．発電出力の抑制

逆潮流のある発電設備のうち、太陽光発電設備、風力発電設備及びバイオマス発電設備には、一般送配電事業者からの求めに応じ、発電出力の抑制ができる機能を有する逆変換装置やその他必要な装置を設置する等の対策を行うものとする。

第２節 低圧配電線との連系

１．力率

低圧配電線との連系については以下のように考えるものとする。

① 逆潮流がない場合の受電点の力率は、適正なものとして原則８５％以上とするとともに、系統側からみて進み力率（発電設備等側からみて遅れ力率）とはならないようにする。ただし、逆潮流がない発電設備等のうち、逆変換装置を介して連系する発電設備等については、受電点での力率調整を行うために、発電設備等設置者全体の負荷、家電機器の増減に対応した無効電力の調整を発電設備等に負わせることは困難である。したがって、発電設備等自体の運転力率で判断することとし、力率を系統側からみて遅れ９５％以上とすればよいものとする。

② 逆潮流がある場合の受電点の力率は、適正なものとして原則８５％以上とするとともに、電圧上昇を防止するために系統側から見て進み力率（発電設備等側から見て遅れ力率）とならないようにする。ただし、次のいずれかに該当する場合には、受電点における力率を８５％以上としなくともよいものとする。

ア．電圧上昇を防止する上でやむを得ない場合（この場合、受電点の力率を８０％まで制御できるものとする。）

イ．逆変換装置を用いる場合であって、その定格出力が低圧配電線との連系の場合の連系実績を踏まえ、単相２線式では２ｋＶＡ以下、単相３線式では６ｋＶＡ以下、三相３線式では１５ｋＶＡ以下を目安とした小出力である場合、又は、一般住宅の負荷のように、負荷の使用状態にかかわらず、負荷力率が極めて１に近く、発電設備等を連系している状態でも受電点の力率が適正と想定できる場合（この場合、発電設備等の力率を、無効電力を制御するときには８５％以上、無効電力を制御しないときには９５％以上とすればよいものとする。）

２．電圧変動

（１）常時電圧変動対策

発電設備等を低圧配電系統に連系する場合においては、電気事業法第２６条及び同法施行規則第３８条の規定により、低圧需要家の電圧を標準電圧１００Ｖに対しては１０１±６Ｖ、標準電圧２００Ｖに対しては２０２±２０Ｖ以内に維持する必要がある。

発電設備等設置者から逆潮流を生じることにより、低圧配電線各部の電圧が上昇し、適正値を逸脱するおそれがある場合は、当該発電設備等設置者が

他の需要家を適正電圧に維持するための対策を施す必要がある。なお、構内負荷機器への影響を考慮すれば、設置者構内も適正電圧に維持することが望ましく、特に、一般家庭等に小出力発電設備等を設置する場合には、設置者の電気保安に関する知識が必ずしも十分でないため、電圧規制点を受電点とすることが適切である。しかし、系統側の電圧が電圧上限値に近い場合、発電設備等からの逆潮流の制限により発電電力量の低下も予想されるため、他の需要家への供給電圧が適正値を逸脱するおそれがないことを条件として、電圧規制点を引込柱としてもよい。

電圧上昇対策は、個々の連系ごとに系統側条件と発電設備等側条件の両面から検討することが基本となるが、個別協議期間短縮やコストダウンの観点から、あらかじめ対策について標準化しておくことが有効である。発電設備等からの逆潮流により低圧需要家の電圧が適正値（１０１±６Ｖ、２０２±２０Ｖ）を逸脱するおそれがあるときは、発電設備等設置者において、進相無効電力制御機能又は出力制御機能により自動的に電圧を調整する対策を行うものとする。なお、これにより対応できない場合には、配電線の増強等を行うものとする。

（２）瞬時電圧変動対策

発電設備等の連系時の検討においては、発電設備等の並解列時の瞬時電圧低下は、コンピュータ、ＯＡ機器、産業用ロボット等の情報機器が、定格電圧の１０％以上の瞬時電圧低下により機器停止等の影響を受ける場合があることも勘案し、常時電圧の１０％以内（１００Ｖ系では９０Ｖが下限値）とすることが適切である。瞬時電圧低下対策を適用する時間は２秒程度までとすることが適当である。これは、落雷等により発生した故障点を除去するまでの間、故障点を中心として電圧が低下することがあるが、配電系統において、この電圧低下状態が継続する時間は、一般的には０．３～２秒程度となっていることにかんがみたものである。このような前提の下、以下のような対策を行うものとする。

① 自励式の逆変換装置を用いる場合には、自動的に同期がとれる機能を有するものを用いるものとする。また、他励式の逆変換装置を用いる場合であって、並列時の瞬時電圧低下により系統の電圧が常時電圧から１０％を超えて逸脱するおそれがあるときは、発電設備等設置者において限流リアクトル等を設置するものとする。なお、これにより対応できない場合には、配電線の増強を行うか、自励式の逆変換装置を用いるものとする。

② 同期発電機を用いる場合には、制動巻線付きのもの（制動巻線を有しているものと同等以上の乱調防止効果を有する制動巻線付きでない同期発

電機を含む）とするとともに自動同期検定装置を設置するものとし、二次励磁制御巻線形誘導発電機を用いる場合には、自動同期検定機能を有するものを用いるものとする。また、誘導発電機を用いる場合であって、並列時の瞬時電圧低下により系統の電圧が常時電圧から１０％を超えて逸脱するおそれがあるときは、発電設備等設置者において限流リアクトル等を設置するものとする。なお、これにより対応できない場合には、同期発電機を用いる等の対策を行うものとする。

③ 風力発電設備等を連系する場合であって、出力変動や頻繁な並解列による電圧変動（フリッカ等）により他者に影響を及ぼすおそれがあるときは、発電設備等設置者において電圧変動の抑制や並解列の頻度を低減する対策を行うものとする。なお、これにより対応できない場合には、配電線の増強等を行うか、一般配電線との連系を専用線による連系とするものとする。

３．不要解列の防止

（１）保護協調

連系された系統以外の短絡事故やループ切替時の瞬時位相ずれなどによる系統側で瞬時電圧低下等が生ずることがあるが、この場合に極力不要な解列を防ぐため、電圧低下時間が不足電圧継電器の整定時限以内の場合は発電設備等は解列せず、運転継続又は自動復帰できるシステムとする。系統の電圧低下の継続時間が不足電圧継電器の整定時限を超える場合は、発電設備等を解列する。

（２）事故時運転継続

発電設備等が、系統の事故による広範囲の瞬時電圧低下や瞬時的な周波数の変化等により一斉に停止又は解列すると、系統全体の電圧や周波数の維持に大きな影響を与える可能性があるため、そのような場合にも発電設備等は運転を継続するものとする。

第３節 高圧配電線との連系

１．力率

高圧配電線との連系のうち、逆潮流がない場合の受電点の力率は、標準的な力率に準拠して８５％以上とし、かつ系統側からみて進み力率とはならないこととする。逆潮流がある場合の受電点の力率は、低圧配電線との連系の場合と同様に取り扱う。

２．自動負荷制限

発電設備等の脱落時等に連系された配電線路や配電用変圧器等が過負荷となるおそれがあるときは、発電設備等設置者において自動的に負荷を制限する対策を行うものとする。

３．逆潮流の制限

配電用変電所におけるバンク単位で逆潮流が発生すると、系統運用者において系統側の電圧管理面での問題が生ずるおそれがあることから逆潮流のある発電設備等の設置によって、当該発電設備等を連系する配電用変電所のバンクにおいて、原則として逆潮流が生じないようにすることが必要である。

ただし、当該発電設備等の設置によって、当該バンクに逆潮流が生じる場合は、系統側の電圧管理面で問題が生じないよう、当該発電設備等を連系する配電用変電所に設置されている電圧調整装置が逆潮流に対応できるような措置を講じることや、配電線に電圧調整装置を設置するなどの対策を行うものとする。

４．電圧変動

（１）常時電圧変動対策

発電設備等を一般配電線に連系する場合においては、電気事業法第２６条及び同法施行規則第３８条の規定により、低圧需要家の電圧を標準電圧１００Ｖに対しては１０１±６Ｖ、標準電圧２００Ｖに対しては２０２±２０Ｖ以内に維持する必要がある。

しかし、発電設備等が連系された場合には、解列による電圧低下等により系統側の電圧が適正値を維持できなくなる場合も考えられる。また、逆潮流有りの発電設備等が連系された場合には、系統側の電圧が上昇し適正値を維持できない場合も考えられる。

電圧変動の程度は、負荷の状況、系統構成、系統運用、発電設備等の設置点や出力等により異なるため、個別に検討することが適切であるが、需要家への電気の安定供給を維持していくため、電圧変動対策が必要な場合には、以下に示す電圧変動対策のための装置を発電設備等設置者が設置するものとし、これにより対応できない場合には、配電線新設による負荷分割等の配電線増強を行うか、又は専用線による連系を行う。

① 一般配電線との連系であって、発電設備等の脱落等により低圧需要家の電圧が適正値（１０１±６Ｖ、２０２±２０Ｖ）を逸脱するおそれがあるときは、発電設備等設置者において自動的に負荷を制限する対策を行うものとする。

② 発電設備等からの逆潮流により低圧需要家の電圧が適正値（１０１±６Ｖ、２０２±２０Ｖ）を逸脱するおそれがあるときは、発電設備等設置者において自動的に電圧を調整する対策を行うものとする。

（２）瞬時電圧変動対策

発電設備等の連系時の検討においては、低圧の場合と同様、発電設備等の並解列時の瞬時電圧低下は常時電圧の１０％以内とし、瞬時電圧低下対策を適用する時間は２秒程度までとすることが適当であることを前提として、以下のような対策を行うものとする。

① 同期発電機を用いる場合には、制動巻線付きのもの（制動巻線を有しているものと同等以上の乱調防止効果を有する制動巻線付きでない同期発電機を含む。）とするとともに自動同期検定装置を設置するものとし、二次励磁制御巻線形誘導発電機を用いる場合には、自動同期検定機能を有するものを用いるものとする。また、誘導発電機を用いる場合であって、並列時の瞬時電圧低下により系統の電圧が常時電圧から１０％を超えて逸脱するおそれがあるときは、発電設備等設置者において限流リアクトル等を設置するものとする。なお、これにより対応できない場合には、同期発電機を用いる等の対策を行うものとする。

② 自励式の逆変換装置を用いる場合には、その構成（変圧器、フィルタ等）や並列方法によっては変圧器の励磁突入電流が流れ、また、系統と逆変換装置出力が同期していないと、並列時に大きな突入電流が流れる。したがって、この場合には、自動的に同期が取れる機能を有するものを用いるものとする。また、他励式の逆変換装置を用いる場合であっては、逆変換装置自身に突入電流を抑制する機能がない。したがって、並列時の瞬時電圧低下により系統の電圧が常時電圧から１０％を超えて逸脱するおそれがあるときは、発電設備等設置者において限流リアクトル等を設置するものとする。なお、これにより対応できない場合には、自励式の逆変換装置を用いるものとする。

③ 風力発電設備等を連系する場合であって、出力変動や頻繁な並解列による電圧変動により他者に影響を及ぼすおそれがあるときは、発電設備等設置者において電圧変動の抑制や並解列の頻度を低減する対策を行うものとする。なお、これにより対応できない場合には、配電線の増強等を行うか、一般配電線との連系を専用線による連系とするものとする。

５．不要解列の防止

（１）保護協調

連系された系統以外の短絡事故等により系統側で瞬時電圧低下等が生ずることがあるが、連系された系統以外の事故時には、発電設備等は解列されないようにするとともに、連系された系統から発電設備等が解列される場合には、逆電力継電器、不足電力継電器等による解列を自動再閉路時間より短い時限、かつ、過渡的な電力変動による当該発電設備等の不要な遮断を回避できる時限で行うものとする。ここで、「不要な遮断を回避できる時限」とは、発電設備等を継続的に安定運転させるため、単独運転時の逆潮流と単独運転以外の一時的な逆潮流（構内の急激な負荷変動や連系された系統の電圧・周波数の変動によって起きる一時的な逆潮流）を判別できる時限のことをいう。

（２）事故時運転継続

発電設備等が、系統の事故による広範囲の瞬時電圧低下や瞬時的な周波数の変化等により一斉に停止又は解列すると、系統全体の電圧や周波数の維持に大きな影響を与える可能性があるため、そのような場合にも発電設備等は運転を継続するものとする。

６．連絡体制

発電設備等設置者の構内事故及び系統側の事故等により、連系用遮断器が動作した場合等には、一般送配電事業者と発電設備等設置者との間で迅速かつ的確な情報連絡を行い、速やかに必要な措置を講ずることが必要である。このため、系統側電気事業者の営業所等と発電設備等設置者の技術員駐在箇所等との間には、保安通信用電話設備を設置するものとする。ただし、保安通信用電話設備は次のうちのいずれかを用いることができる。

①専用保安通信用電話設備

②電気通信事業者の専用回線電話

③次の条件を全て満たす場合においては、一般加入電話又は携帯電話等

ア．発電設備等設置者側の交換機を介さず直接技術員との通話が可能な方式（交換機を介する代表番号方式ではなく、直接技術員駐在箇所へつながる単番方式）とし、発電設備等の保守監視場所に常時設置されているものとすること。

イ．話中の場合に割り込みが可能な方式（キャッチホン等）とすること。

ウ．停電時においても通話可能なものであること。

エ．災害時等において当該電気事業者と連絡が取れない場合には、当該電気事業者との連絡が取れるまでの間発電設備等の解列又は運転を停止するよう、保安規程上明記されていること。

第４節 スポットネットワーク配電線との連系

１．力率

スポットネットワーク配電線との連系については、高圧配電線との連系の逆潮流がない場合と同様に扱う。なお、線路の作業等で１回線停止後、再送電したときに、発電設備等の出力状態によっては、ネットワーク継電器の差電圧投入ができない場合が生じるので、この場合は、発電設備等の出力・力率制御を行って、差電圧投入を促すこととする。

２．自動負荷制限

発電設備等の脱落時等に主として連系された配電線路や配電用変圧器等が過負荷となるおそれがあるときは、発電設備等設置者において自動的に負荷を制限する対策を行うものとする。

３．電圧変動

（１）常時電圧変動対策

スポットネットワーク配電線の電圧は、後述の特別高圧電線路への連系の場合と同じ管理基準が用いられるので、常時電圧変動の適正値は常時電圧の概ね±１～２%以内とする。

また、スポットネットワーク配電線には、特別高圧需要家のほか、変圧器室やレギュラーネットワークによる低圧需要家も存在する。このため、発電設備等をスポットネットワーク配電線に連系する場合には、系統に連系する低圧需要家の電圧を、電気事業法第２６条及び同法施行規則第３８条の規定に基づき、標準電圧１００Ｖに対しては１０１±６Ｖ、標準電圧２００Ｖに対しては２０２±２０Ｖ以内に維持する必要がある。

しかし、発電設備等が連系された場合には、発電設備等の解列による電圧低下等により系統の電圧が適正値を維持できないおそれがある。

電圧変動の程度は、負荷の状況、系統構成、系統運用、発電設備等の解列点や出力等により異なるため、個別に検討するものとするが、発電設備等の脱落等により系統の電圧が適正値を逸脱するおそれがある時は、発電設備等設置者において自動的に負荷を制限する対策を行うものとする。

（２）瞬時電圧変動対策

本受電方式の需要家では高度な情報機器が用いられることが多く、これら機器は、定格電圧の１０%以上の瞬時電圧低下で機器停止等の影響を受ける場合

があるため、発電設備等の並解列時の瞬時電圧低下は１０％以内とすることが適切である。

① 同期発電機を用いる場合には、制動巻線付きのもの（制動巻線を有しているものと同等以上の乱調防止効果を有する制動巻線付きでない同期発電機を含む。）とするとともに自動同期検定装置を設置するものとし、二次励磁制御巻線形誘導発電機を用いる場合には、自動同期検定機能を有するものを用いるものとする。また、誘導発電機を用いる場合であって、並列時の瞬時電圧低下により系統の電圧が常時電圧から１０％を超えて逸脱するおそれのあるときは、発電設備等設置者において限流リアクトル等を設置するものとする。なお、これにより対応できない場合には、同期発電機を用いる等の対策を行うものとする。

② 自励式の逆変換装置を用いる場合の取扱は、「第３節 高圧配電線との連系」における要件に準ずる。すなわち、自励式の逆変換装置を用いる場合には、その構成（変圧器、フィルタ等）や並列方法によっては変圧器の励磁突入電流が流れ、また、系統と逆変換装置出力が同期していないと、並列時に大きな突入電流が流れる。したがって、この場合には、自動的に同期がとれる機能を有するものを用いるものとする。また、他励式の逆変換装置を用いる場合であっては、逆変換装置自身に突入電流を抑制する機能がない。したがって、並列時の瞬時電圧低下により系統の電圧が常時電圧から１０％を超えてを逸脱するおそれのあるときは、発電設備等設置者において限流リアクトル等を設置するものとする。なお、これにより対応できない場合には、自励式の逆変換装置を用いるものとする。

４．不要解列の防止

（１）保護協調

発電設備等の故障又は系統の事故時に、事故範囲の局限化を行い、需要家への電気の安定供給を維持していくためには、以下の考え方を基本とするものとする。

① 連系された系統の事故及びプロテクタ遮断器までの事故に対しては、事故回線のプロテクタ遮断器を開放し、健全回線との連系は原則として保持して、発電設備等は解列しないこと。

② 連系された系統以外の事故時や系統側の瞬時電圧低下等に対し、発電設備等は解列されないこと。

（２）事故時運転継続

発電設備等が、系統の事故による広範囲の瞬時電圧低下や瞬時的な周波数の変化等により一斉に停止又は解列すると、系統全体の電圧や周波数の維持に大きな影響を与える可能性があるため、そのような場合にも発電設備等は運転を継続するものとする。

５．連絡体制

発電設備等設置者の構内事故及び系統側の事故等により、連系用遮断器が動作した場合等には、電力会社と発電設備等設置者との間で迅速かつ的確な情報連絡を行い、速やかに必要な措置を講ずることが必要である。このため、系統側電気事業者の営業所等と発電設備等設置者の技術員駐在箇所等との間には、保安通信用電話設備を設置するものとする。ただし、保安通信用電話設備は次のうちのいずれかを用いることができる。

①専用保安通信用電話設備

②電気通信事業者の専用回線電話

③次の条件を全て満たす場合においては、一般加入電話又は携帯電話等

ア．発電設備等設置者側の交換機を介さず直接技術員との通話が可能な方式（交換機を介する代表番号方式ではなく、直接技術員駐在箇所へつながる単番方式）とし、発電設備等の保守監視場所に常時設置されているものとすること。

イ．話中の場合に割り込みが可能な方式（キャッチホン等）とすること。

ウ．停電時においても通話可能なものであること。

エ．災害時等において当該電気事業者と連絡が取れない場合には、当該電気事業者との連絡が取れるまでの間発電設備等の解列又は運転を停止するよう、保安規程上明記されていること。

第５節 特別高圧電線路との連系

１．力率

特別高圧電線路に連系する場合には、高圧配電線との連系に準ずる。ただし、逆潮流がある場合には、発電設備等設置者の受電点における力率は、系統の電圧を適切に維持できるように定めるものとする。

２．単独運転時における適正電圧・周波数の維持

特別高圧電線路との連系時においては、低圧・高圧配電線との連系と異なり、逆潮流有りの場合に対して原則として単独運転は可能である。これは、特別高圧電線路には、発電事業者の発電設備等が連系される状況となっており、特別高圧電線路へ連系される発電設備等に対して系統安定・維持に資することが期待されるようになったためである。

上位系統事故や連系された系統の事故等により電圧や周波数の維持に資する大規模な電源が喪失した場合であって、発電設備等設置者が単独運転を実施する場合にも、適正な系統電圧･周波数を維持することが必要である。そこで、以下の対策を講ずることとする。なお、単独運転時における適正な電圧や周波数の値については、系統構成等が影響し、一義的に決めることはできないため、一般送配電事業者と発電設備等設置者との協議によることとする。

（１）保護装置の設置

① 逆潮流有りの条件で連系する場合、適正な電圧・周波数を逸脱した単独運転を防止するため、周波数上昇継電器及び周波数低下継電器、又は転送遮断装置を設置する。なお、周波数上昇継電器及び周波数低下継電器の特性は、単独運転の結果、系統電圧が定格電圧の40%程度まで低下した場合においても、周波数を検知可能なものとする。周波数上昇継電器又は周波数低下継電器が上記特性を有しない場合は、単独運転状態になった場合に系統等に影響を与えるまでに低下した系統電圧を検知可能な不足電圧継電器と組み合わせて補完しながら使用すること。

② 逆潮流無しの条件で連系する場合、単独運転を防止するため、周波数上昇継電器及び周波数低下継電器を設置する。ただし、発電設備等の出力容量が系統の負荷と均衡する場合であって、周波数上昇継電器又は周波数低下継電器により検出・保護できないおそれがあるときは、逆電力継電器を設置するものとする。

（２）保護装置の設置場所

（１）の保護継電器は、受電点又は故障の検出が可能な場所に設置する。ここで、「故障の検出が可能な場所」とは、具体的には、発電設備等の引出口、受電点と発電設備等との間の連絡用母線、受電用変圧器二次側等のことである。

（３）解列箇所

（１）の保護装置が動作した場合、次の箇所のいずれかで発電設備等を系統から解列する。なお、解列にあたっては、発電設備等を電路から機械的に切り離すことができ、かつ、電気的にも完全な絶縁状態を保持しなければならないた

め、原則として、半導体のみで構成された電子スイッチを遮断装置として適用することはできない。

① 受電用遮断器
② 発電設備等出力端遮断器
③ 発電設備等連絡用遮断器
④ 母線連絡用遮断器

（４）保護継電器の設置相数

（１）の継電器のうち、周波数低下継電器、周波数上昇継電器及び逆電力継電器は一相設置とする。また、不足電圧継電器は、三相設置とする。

３．自動負荷制限・発電抑制

発電設備等の脱落時等に主として連系された電線路や変圧器等が過負荷となるおそれがあるときは、発電設備等設置者において自動的に負荷を制限する対策を行うものとする。また、原則として１００ｋＶ以上の特別高圧電線路と連系する場合には、必要に応じて過負荷検出装置を設置し発電抑制を行うものとする。

４．電圧変動

（１）常時電圧変動対策

電圧階級、負荷の軽重、負荷の力率、系統の線路定数、系統側の短絡容量、系統運用等の要因により、連系しようとする電線路個別の条件によって電圧変動の程度は変化するが、特別高圧電線路への連系においては、発電設備等の連系による電圧変動は、常時電圧の概ね±１～２％以内を適正値とし、この範囲を逸脱するおそれがある場合には、発電設備等設置者において自動的に電圧を調整するものとする。

（２）瞬時電圧変動対策

発電設備等の並解列時において、瞬時的に発生する電圧変動に対しても、常時電圧の±２％を目安に適正な範囲内に発電設備等設置者においてこの瞬時電圧変動を抑制するものとする。

① 同期発電機を用いる場合には、制動巻線付きのもの（制動巻線を有しているものと同等以上の乱調防止効果を有する制動巻線付きでない同期発電機を含む。）とするとともに自動同期検定装置を設置するものとし、二次励磁制御巻線形誘導発電機を用いる場合には、自動同期検定機能を有するものを

用いるものとする。また、誘導発電機を用いる場合であって、並列時の瞬時電圧低下により系統の電圧が常時電圧から±２%程度を超えて逸脱するおそれがあるときは、発電設備等設置者において限流リアクトル等を設置するものとする。なお、これにより対応できない場合には、同期発電機を用いる等の対策を行うものとする。

② 自励式の逆変換装置を用いる場合には、自動的に同期が取れる機能を有するものを用いるものとする。また、他励式の逆変換装置を用いる場合であって、並列時の瞬時電圧低下により系統の電圧が常時電圧から±２%程度を超えて逸脱するおそれがあるときは、発電設備等設置者において限流リアクトル等を設置するものとする。なお、これにより対応できない場合には、自励式の逆変換装置を用いるものとする。

５．不要解列の防止

（１）保護協調

発電設備等の故障又は系統の事故時に、事故範囲の局限化等を行い、需要家への電気の安定供給を維持していくためには、安全確保上の対応を講じることは前提として、

①連系された系統以外の事故時には、原則として発電設備等は解列されないこと。

②連系された系統から発電設備等が解列される場合には、逆電力継電器、不足電力継電器等による解列を自動再閉路時間より短い時限、かつ、過渡的な電力変動による当該発電設備等の不要な遮断を回避できる時限で行うこと。

が適切である。

（２）事故時運転継続

発電設備等が、系統の事故による広範囲の瞬時電圧低下や瞬時的な周波数の変化等により一斉に停止又は解列すると、系統全体の電圧や周波数の維持に大きな影響を与える可能性があるため、そのような場合にも発電設備等は運転を継続するものとする。

６．発電機運転制御装置の付加

原則として１００ｋＶ以上の特別高圧電線路と連系する場合であって、系統安定化、潮流制御等の理由により運転制御が必要な場合には、発電設備等に必要な運転制御装置を設置する。

７．連絡体制

(1) 発電設備等設置者の構内事故及び系統側の事故等により、連系用遮断器が動作した場合等には、系統運用者と発電設備等設置者との間で迅速かつ的確な情報連絡を行い、速やかに必要な措置を講ずることが必要である。このため、系統側電気事業者の給電所等と発電設備等設置者の技術員駐在箇所等との間には、保安通信用電話設備（専用保安通信用電話設備又は電気通信事業者の専用回線電話）を設置するものとする。ただし、保安通信用電話設備は、３５ｋＶ以下の特別高圧電線路と連系する場合には、次のうちのいずれかを用いることができる。

①専用保安通信用電話設備

②電気通信事業者の専用回線電話

③次の条件を全て満たす場合においては、一般加入電話又は携帯電話等

ア. 発電設備等設置者側の交換機を介さず直接技術員との通話が可能な方式（交換機を介する代表番号方式ではなく、直接技術員駐在箇所へつながる単番方式）とし、発電設備等の保守監視場所に常時設置されているものとすること。

イ. 話中の場合に割り込みが可能な方式（キャッチホン等）とすること。

ウ. 停電時においても通話可能なものであること。

エ. 災害時等において当該電気事業者と連絡が取れない場合には、当該電気事業者との連絡が取れるまでの間発電設備等の解列又は運転を停止するよう、保安規程上明記されていること。

(2) ６０ｋＶ以上の特別高圧電線路と連系する場合には、系統側電気事業者の給電所と発電設備等設置者との間に、必要に応じ、系統運用上等必要な情報が相互に交換できるようスーパービジョン及びテレメータを設置するものとする。なお、このような機器を設置することは、発電設備等設置者の過度の負担となりかねないので、逆潮流の有る場合に限定することとする。また、このための伝送路は保安通信用電話設備回線と兼用することを前提とする。

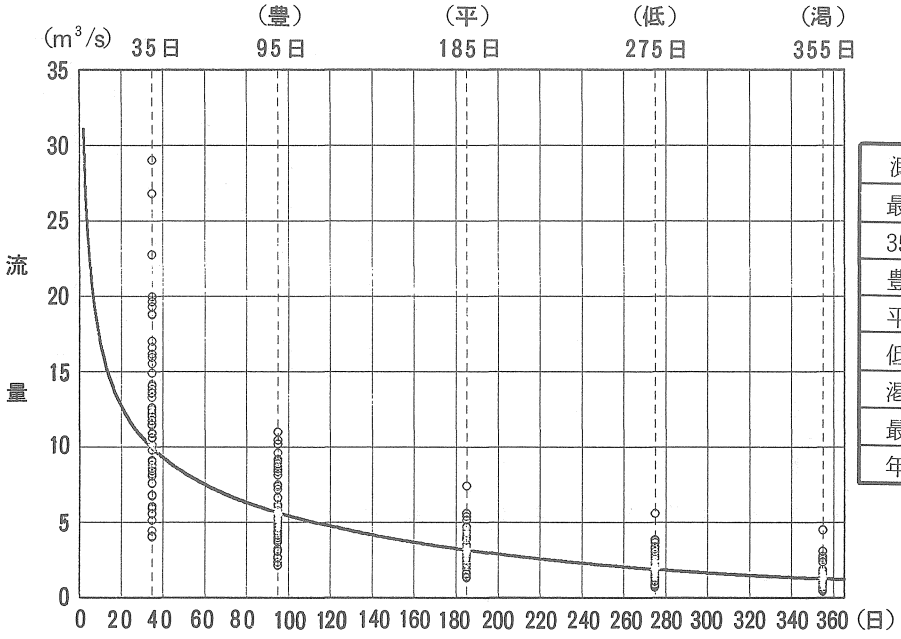
【参考資料４】

全国の代表的な流況

出典）第５次発電水力調査報告書 資料編

地域別流況（100km²当たり）

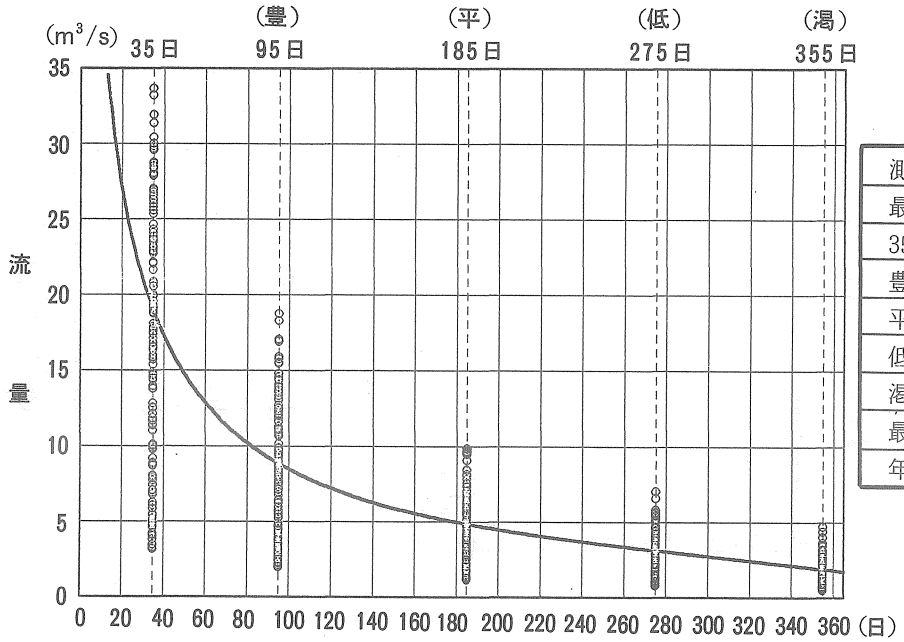
（札幌通産局）



測水所数	66
最大	48.75㎥/s
35日流量	11.72 〃
豊水量	5.66 〃
平水量	3.17 〃
低水量	1.89 〃
渇水量	1.26 〃
最小	1.10 〃
年平均	5.12㎥/s

図—6.8(1)

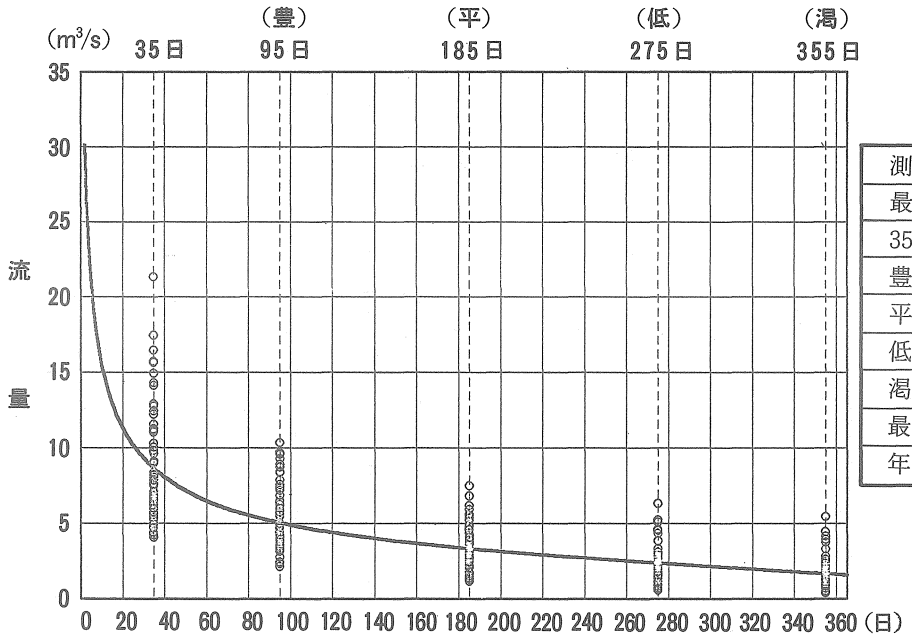
（仙台通産局）



測水所数	168
最大	64.10㎥/s
35日流量	18.20 〃
豊水量	8.85 〃
平水量	4.84 〃
低水量	3.11 〃
渇水量	1.89 〃
最小	1.59 〃
年平均	7.80㎥/s

図—6.8(2)

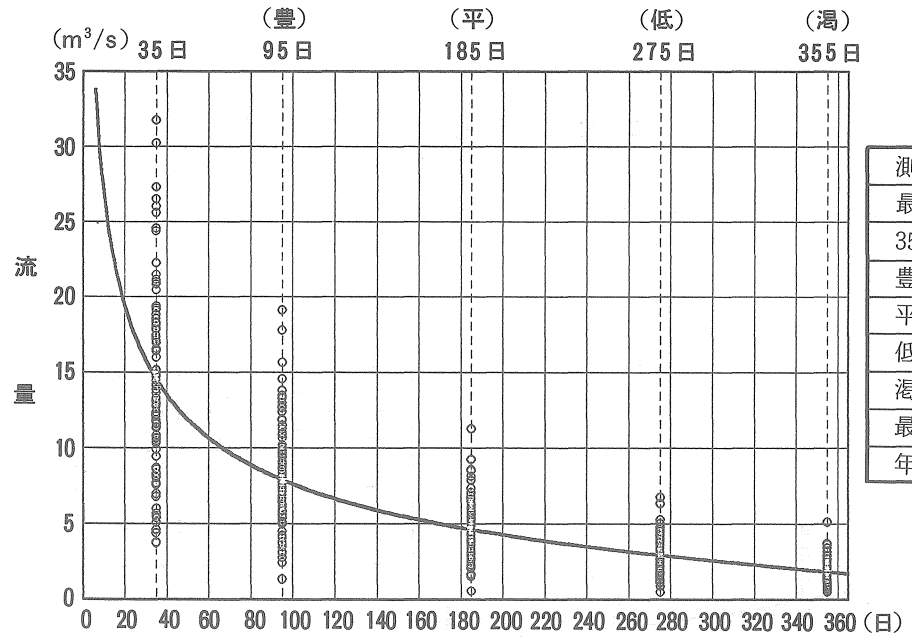
（東京通産局）



測水所数	80
最大	46.84㎥/s
35日流量	8.41 〃
豊水量	5.05 〃
平水量	3.34 〃
低水量	2.40 〃
渇水量	1.69 〃
最小	1.43 〃
年平均	4.58㎥/s

図—6.8(3)

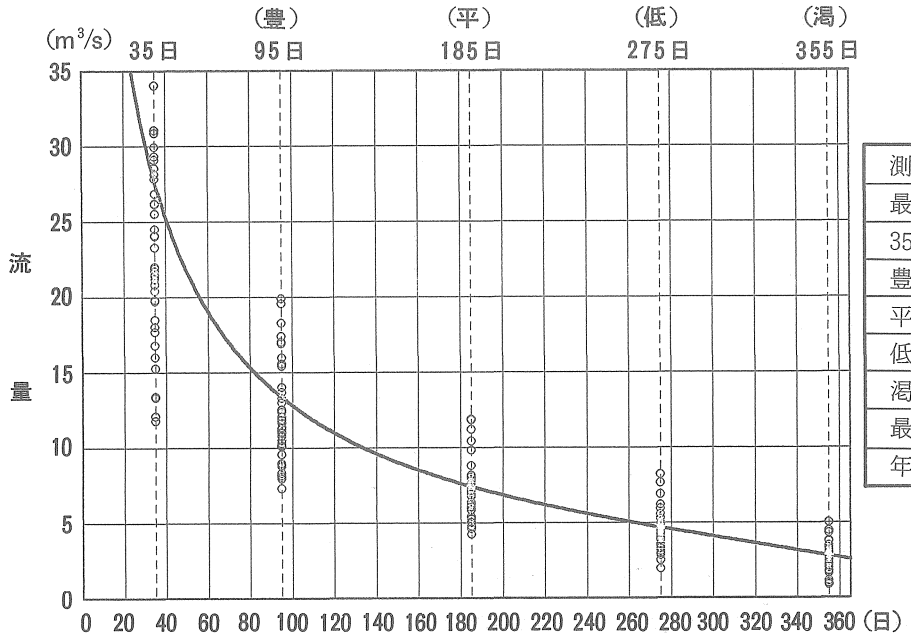
（名古屋通産局）



測水所数	115
最大	97.66㎥/s
35日流量	14.41 〃
豊水量	7.89 〃
平水量	4.62 〃
低水量	2.92 〃
渇水量	1.82 〃
最小	1.59 〃
年平均	7.30㎥/s

図—6.8(4)

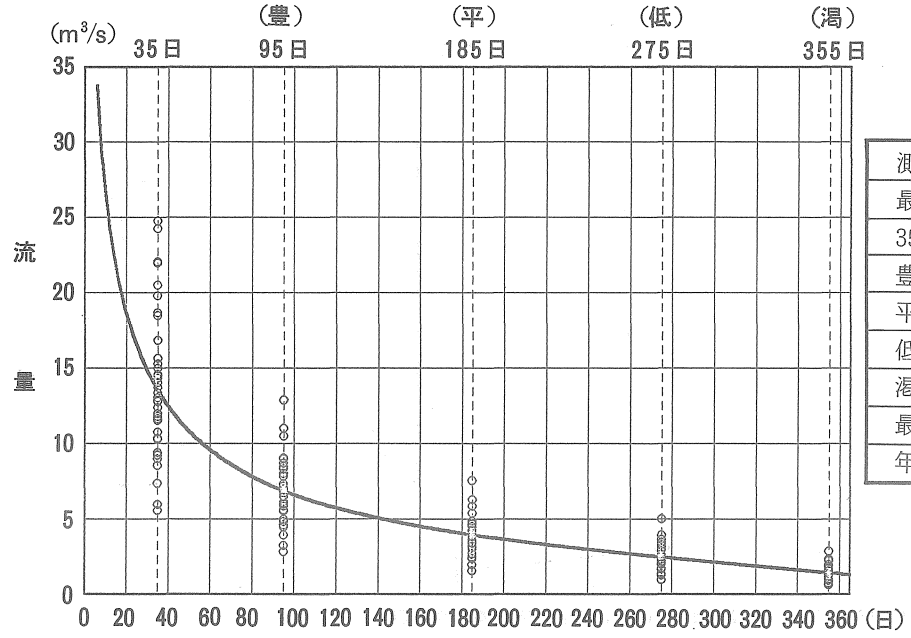
（富山支局）



測水所数	49
最大	105.88㎥/s
35日流量	25.08〃
豊水量	13.34〃
平水量	7.40〃
低水量	4.67〃
渇水量	2.77〃
最小	2.31〃
年平均	11.21㎥/s

図—6.8(5)

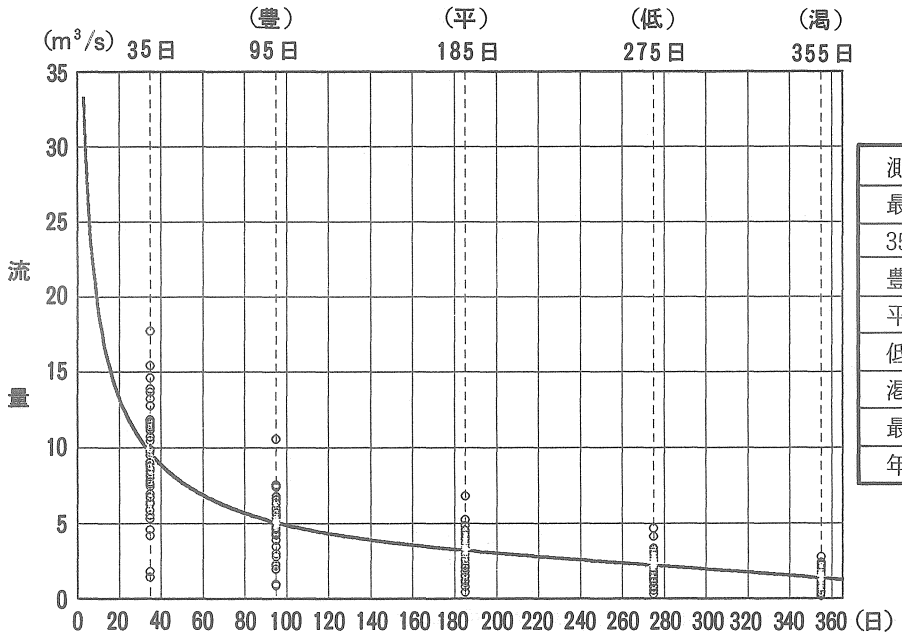
（大阪通産局）



測水所数	38
最大	147.15㎥/s
35日流量	14.02〃
豊水量	6.90〃
平水量	3.95〃
低水量	2.48〃
渇水量	1.44〃
最小	1.16〃
年平均	7.14㎥/s

図—6.8(6)

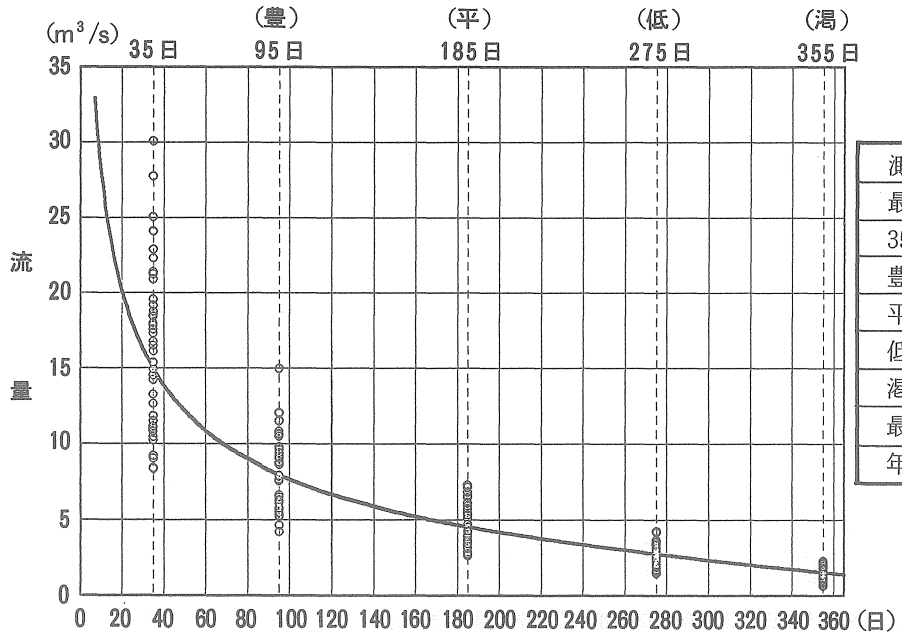
（広島通産局）



測水所数	67
最大	72.45㎥/s
35日流量	9.23 〃
豊水量	5.06 〃
平水量	3.19 〃
低水量	2.21 〃
渇水量	1.36 〃
最小	1.10 〃
年平均	4.90㎥/s

図—6.8(7)

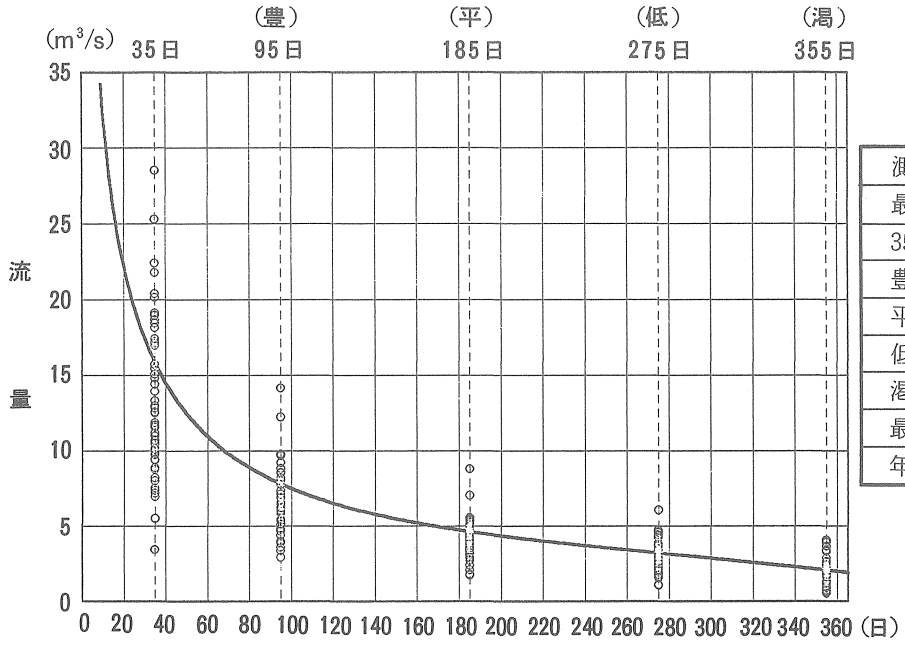
（四国通産局）



測水所数	40
最大	230.15㎥/s
35日流量	16.48 〃
豊水量	7.97 〃
平水量	4.53 〃
低水量	2.73 〃
渇水量	1.51 〃
最小	1.29 〃
年平均	8.92㎥/s

図—6.8(8)

（福岡通産局）



測水所数	61
最大	163.39㎥/s
35日流量	16.23 〃
豊水量	7.80 〃
平水量	4.64 〃
低水量	3.18 〃
渇水量	2.05 〃
最小	1.75 〃
年平均	8.43㎥/s

図—6.8(9)

【参考資料５】

現地調査野帳例

地　点　名		
所　在　地		
水系・河川名	水系	川
	水系	川
	水系	川
	水系	川
調査年月日	平成　年　月	日
	平成　年　月	日
最大出力		kW
使用水量		㎥／s
有効落差		m
流域面積	取水ダム(1)	㎢
	取水ダム(2)	㎢
	取水ダム(3)	㎢
	取水ダム(4)	㎢
	合　計	㎢

-1-

特　記　事　項

-2-

取水ダム(1)
・施設設置位置変更必要性の有無
・代替位置の有無
・地形・地質の状況(掘削の多寡、護岸・護床工の必要性等)
・河川、河床の状況（河川断面形状）
・施設規模の確認（堤高、堤頂長等）
・アクセス方法　(道路、ケーブルクレーン、インクライン等)

-3-

・魚道の位置
・新技術採用の可能性
・ゴム堰（洪水時の上流への影響）
略　図　等

-4-

沈　砂　池　(1)
・施設設置位置変更必要性の有無
・代替位置の有無
・地形・地質の状況(周辺地山の安定性、掘削の多寡等)
・アクセス方法　(道路、ケーブルクレーン、インクライン等)
・規模縮小化及び省略の可能性
(流下土砂の多寡、上流崩落地の有無等)

-11-

略　図　等

-12-

導　水　路
・ルート変更必要性の有無(坑口、開きょ・暗きょのルート)
・代替ルートの確認
・経過地の地形・地質の状況
・アクセス方法　(道路、ケーブルクレーン、インクライン等)

-19-

略　図　等

-20-

水槽・水圧鉄管・余水路
・施設設置位置・ルート変更必要性の有無
・代替位置・ルートの確認
・地形・地質の状況(掘削の多寡、露出・埋設の検討、斜面勾配等)
・水圧管路と余水路併設の確認
・アクセス方法　(道路、ケーブルクレーン、インクライン等)

-21-

略　図　等

-22-

発　電　所
・施設設置位置変更必要性の有無
・代替位置の確認
・地形・地質の状況(発電所形式の確認、掘削の多寡、スペースの確認等)
・アクセス方法　(道路、ケーブルクレーン、インクライン等)

-23-

略　図　等

-24-

放　水　路　・　放　水　口
・河川の状況(放水口位置の確認)
・ルート変更必要性の有無(坑口、開きょ・暗きょのルート)
・代替ルートの確認
・経過地の地形・地質の状況
・アクセス方法　(道路、ケーブルクレーン、インクライン等)

略　　図　　等

そ　の　他
①　減水区間の状況(既得水利、地元状況等)

そ　の　他
②　自然環境調査等
ア．自然公園法
イ．自然環境保全法
ウ．鳥獣保護及び狩猟に関する法律
エ．温泉法
オ．森林法
カ．水質汚濁防止法
キ．景観に関する事項
ク．その他

その　他
③　自然環境調査等
ア．土地利用基本計画
イ．文化財保護法
ウ．漁業権
エ．鉱業権
オ．観光開発
カ．宅地開発
キ．史跡、名勝等
ク．その他

その　他
④　交通事情

無断複写, 転載を禁ず

平成３０年度　水力発電人材育成研修会

専門コース（計画）

演 習 用 テ キ ス ト

一般財団法人　新エネルギー財団

一般社団法人　電力土木技術協会

平成 30 年度専門コース（計画）

図上計画策定演習の進め方

図上計画策定演習はおおむね次の流れによって進めることとする。

１．水路ルートの検討

1/50,000 および 1/25,000 地形図を用い合理的なルート案を検討する。

（例）①上～下流を通したシリーズ計画案（マスタープラン）、②単独計画案など。

またそれぞれ、水路近傍の渓流を取水することも検討すること。

２．検討手順

①取水地点、導水路ルート、水槽、水圧管路ルート、発電所地点および放水路ルートの選定

②取水地点の流域面積の計測

③取水地点の流況表と流況図の作成

④最大使用水量の検討

⑤有効落差の算出

⑥最大出力、年間可能発電電力量の算定

⑦工事費の積算

⑧経済性の検討（kWh 当たり建設単価）

なお、本演習では河川維持流量は考慮しないものとする。

３．最適規模の決定

選定した水路ルートについて最大使用水量を変化させ、最適規模を決定する。検討は最低でも４ケースについて行う。

４．代替案の検討

現地調査の結果、取水地点や発電所地点等が不適切であるか、またはより設置上有利なサイトが特定できることも想定し、代替地点を準備しておくこと。

５．作業の進め方

・作業はリーダーを中心に進める。

・基本的に作業はまず個人で行い、その後グループで評価・検討し、その結果をグループ最適計画案としてまとめる。

・グループ最適計画案は、研修３日目午後に策定根拠などを含めて発表する。

・グループ内での議論は自由とする（他グループに迷惑をかけない範囲で）。

図上計画策定の手順

1. 等高線の読み方

等高線間隔

縮　尺	主曲線	計曲線	補助曲線①	補助曲線②
1/25,000	10m	50m	5m	2.5m
1/50,000	20m	100m	10m	5m

2. 水路ルート選定の留意点

(1) 取水地点

・流域面積をより大きく確保しつつ、できるだけ短い水路で高落差が得られる地点を選定する。

・渓流の合流点付近に着目する。

・渓流取水による経済性向上に留意する(水路ルート上近傍に比較的大きな流域が確保できる地点がある場合)。

(2) 取水ダム

・洪水の流下断面を確保する。

・河川縦断面に留意する(緩やかな勾配から急勾配に変化する直上流に着目)。

・これらの条件を満足できる範囲でできるだけ川幅の狭い地点が望ましい。

・取水口、沈砂池のスペース確保に留意する。

(3) 導水路

・水路効率 H/L および CA/L を考慮する(テキスト P3-3)。

・トンネルの場合、必要な土被り(30m 以上)の確保および坑口、中間作業坑までのアクセスに留意する(テキスト P3-5)。

(4) 水槽(ヘッドタンク)

・取水位に対応する標高に選定する。

・水圧管路が尾根を通過する位置となるように選定する。

・できるだけ水圧管の長さが短くなるような位置を選定する。

(5) 発電所

・洪水時の河川水位の上昇、重量物搬入・管理用道路の確保もしくはコスト低減を考慮する。

(6) 放水口

・水衝部は避ける。

3. 流域界の決定

取水ダム左右岸における「最大傾斜線」の連続として地形図上に記入する(尾根、峠、鞍部、三角点、独立標高点、行政境界などにも着目)。

4. 流域面積の計測

プラニメーターを用いて流域面積を計測する(テキスト P3-4)。

5. 取水地点の流況曲線作成

測水所流量のうち、主に最大流量(1 日流量)、35 日流量、豊水量(95 日流量)、平水量(185 日流量)、低水量(275 日流量)、渇水量(355 日流量)に流域面積比(取水地点/測水所)を乗じて取水地点の流況曲線を作成する。

6. 最大使用水量の決定

最大使用水量は5. で作成した流況曲線に基づいて決定する。決定にあたっては最大使用水量以下の年間取水可能量から求められる流量設備利用率(テキスト P3-47) 40%を目安として決定する。

7. 有効落差の算出

有効落差＝総落差(取水位－放水位)－損失落差

損失落差＝$1/1{,}000L_1+1/200L_2+1/1{,}000L_3+(0.5+\Delta)$

ここで L_1:導水路延長(m)、L_2:水圧管路延長、L_3:放水路延長(m)

Δ は＋0.1m の範囲で端数調整⇒損失落差は 0.1m 単位でまとめる

(テキスト P3-44)

8. 水車選定

テキスト図 3-5-7(P3-59)から水車型式を選定する。

9. 最大出力の算定

$P=9.8\times Q_{max}\times He_{max}\times \eta_{GT}$

ここで η_{GT}:水車発電機合成効率 0.83 とする。

10. 年間可能発電電力量

6. で求めた流量設備利用率を用いて次式から算出する。

E＝24 時間×365 日×最大出力×α ×β

ここに E:年間可能発電電力量(kWh)

α :流量設備利用率

β :効率低下を考慮した係数 0.9 とする

11. 工事費積算

「工事費積算資料」を使用して工事費を積算し、「概算工事費集計表」としてまとめる。

12. 合理的な水路ルートの選定

複数の水路ルート案について検討を行い、経済性はもとより、社会・自然環境への影響、技術的成立性さらには種々のコストダウン方策の採用なども考慮して、合理的な水路ルートを選定する。

13. 発電計画の決定

合理的な水路ルートの選定後、当該案について最大使用水量を変化させ(最低でも 4 ケース)、工事費単価(kWh 当たり建設単価)が最低となる最大使用水量を選び、それによる発電計画を最終案とする(テキスト P3-46、60)。

【有効数字の取り方】

(1)使用水量(単位:m^3/s)

・小数点以下 2 位までとする(3 桁目 4 捨 5 入)

・$1m^3/s$ より小さい場合には、有効数字 2 桁(3 桁目 4 捨 5 入)とする

(2)有効落差(単位:m)

・0.1m とする

(3)発電所出力(単位:kW)

・1 万 kW 未満の場合・・・有効数字 2 桁(3 桁目 4 捨 5 入)

・1 万 kW 以上の場合・・・有効数字 3 桁(4 桁目 4 捨 5 入)

(4)発電電力量(単位:10^3kWh)

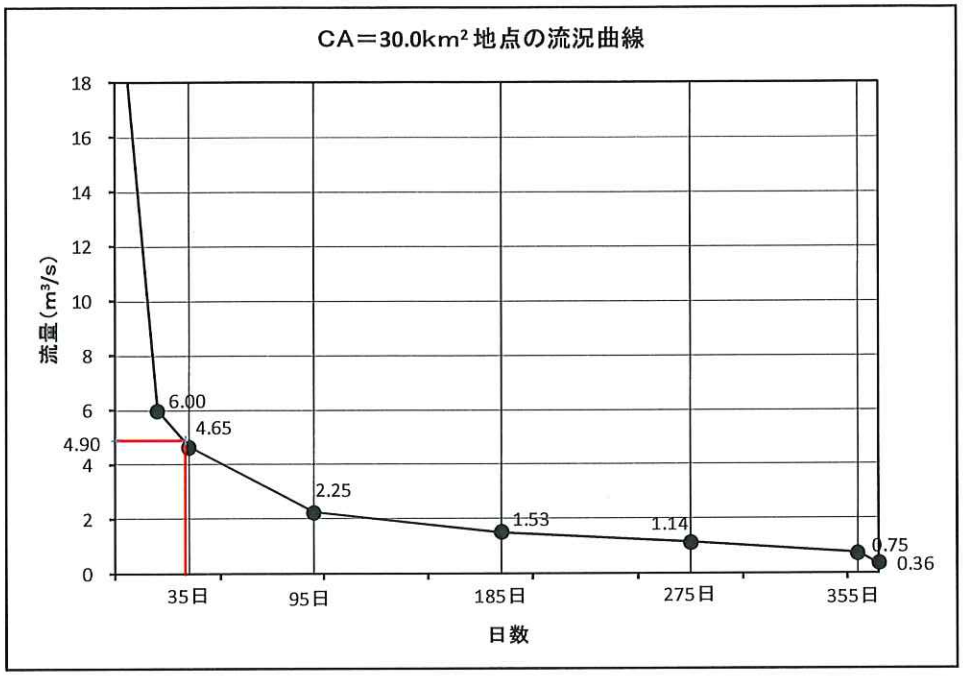
・有効数字 3 桁(4 桁目 4 捨 5 入)

以 上

流況の整理ならびに流量設備利用率算定の演習

流量設備利用率の計算例

CA = 30.0 k m^2



最大使用水量　4.90 m^3/ s

幾日　33 日　　流量設備利用率 ＝ 42.0%

Qmax＞ 35日流量

流量設備利用率の計算

最大使用水量(Qmax)＝　　4.90 m^3/s

① 日順	② 日数 (日)	③ 使用水量 (m^3/s)	④ 平均使用水量 (m^3/s)	⑤ ＝②×④ 発電流量 (m^3/s-d)
33	33	4.90	4.90	33 日 × 4.90 m^3/s ＝ 161.7
35	2	4.65	4.78	2 日 × 4.78 m^3/s ＝ 9.6
95	60	2.25	3.45	60 日 × 3.45 m^3/s ＝ 207.0
185	90	1.53	1.89	90 日 × 1.89 m^3/s ＝ 170.1
275	90	1.14	1.34	90 日 × 1.34 m^3/s ＝ 120.6
355	80	0.75	0.95	80 日 × 0.95 m^3/s ＝ 76.0
365	10	0.36	0.56	10 日 × 0.56 m^3/s ＝ 5.6
計	365			365 日　750.6
流量設備利用率				42.0%

$$\text{流量設備利用率} = \frac{\text{発電流量合計}}{\text{最大使用水量} \times 365\text{日}}$$

$$= \frac{750.6\ \text{m}^3/\text{s-d}}{4.90\ \text{m}^3/\text{s} \times 365\text{日}\ (=1,788.5\ \text{m}^3/\text{s-d})} = 42.0\%$$

設備利用率 ＝ α（流量設備利用率） × β（本演習ではβ＝0.9とする） ＝37.8%

【計算用紙】

100km² 当たり流況表

CA = 100.0 k m²　　（単位：m³/s）

項　　目	最大流量	35日	豊水量 (95日)	平水量 (185日)	低水量 (275日)	渇水量 (355日)	最小流量 (365日)
平均年	75.00	15.50	7.50	5.10	3.80	2.50	1.20
河川維持流量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
発電対象流量	75.00	15.50	7.50	5.10	3.80	2.50	1.20

検討ケース別流況表

ケース＿＿＿＿＿＿

ＣＡ＝　　k m²　流域比＝　　／100 k m²＝　　（単位：m³/s）

項　　目	最大流量	35日	豊水量 (95日)	平水量 (185日)	低水量 (275日)	渇水量 (355日)	最小流量 (365日)
平均年							
河川維持流量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
発電対象流量							

ケース＿＿＿＿＿＿

ＣＡ＝　　k m²　流域比＝　　／100 k m²＝　　（単位：m³/s）

項　　目	最大流量	35日	豊水量 (95日)	平水量 (185日)	低水量 (275日)	渇水量 (355日)	最小流量 (365日)
平均年							
河川維持流量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
発電対象流量							

ケース＿＿＿＿＿＿

ＣＡ＝　　k m²　流域比＝　　／100 k m²＝　　（単位：m³/s）

項　　目	最大流量	35日	豊水量 (95日)	平水量 (185日)	低水量 (275日)	渇水量 (355日)	最小流量 (365日)
平均年							
河川維持流量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
発電対象流量							

ケース

ＣＡ＝　　k m^2　流域比＝　　／100 k m^2＝　　（単位：m^3/ｓ）

項　　目	最大流量	35日	豊水量 (95日)	平水量 (185日)	低水量 (275日)	渇水量 (355日)	最小流量 (365日)
平均年							
河川維持流量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
発電対象流量							

ケース

ＣＡ＝　　k m^2　流域比＝　　／100 k m^2＝　　（単位：m^3/ｓ）

項　　目	最大流量	35日	豊水量 (95日)	平水量 (185日)	低水量 (275日)	渇水量 (355日)	最小流量 (365日)
平均年							
河川維持流量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
発電対象流量							

ケース

ＣＡ＝　　k m^2　流域比＝　　／100 k m^2＝　　（単位：m^3/ｓ）

項　　目	最大流量	35日	豊水量 (95日)	平水量 (185日)	低水量 (275日)	渇水量 (355日)	最小流量 (365日)
平均年							
河川維持流量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
発電対象流量							

ケース

ＣＡ＝　　k m^2　流域比＝　　／100 k m^2＝　　（単位：m^3/ｓ）

項　　目	最大流量	35日	豊水量 (95日)	平水量 (185日)	低水量 (275日)	渇水量 (355日)	最小流量 (365日)
平均年							
河川維持流量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
発電対象流量							

流量設備利用率

流量設備利用率の計算

ケース　　，CA＝　　km^2　，最大使用水量(Qmax)＝　　m^3/s

① 日順	② 日数 (日)	③ 使用水量 (m^3/s)	④ 平均使用水量 (m^3/s)	⑤ ＝②×④ 発電流量 (m^3/s-d)
				日 × m^3/s ＝
				日 × m^3/s ＝
95				日 × m^3/s ＝
185	90			日 × m^3/s ＝
275	90			日 × m^3/s ＝
355	80			日 × m^3/s ＝
365	10			日 × m^3/s ＝
計	365			
流量設備利用率				

$$\text{流量設備利用率} = \frac{\text{発電流量合計}}{\text{最大使用水量}\times 365\text{日}} = \frac{\qquad}{\qquad} =$$

流量設備利用率の計算

ケース　　，CA＝　　km^2　，最大使用水量(Qmax)＝　　m^3/s

① 日順	② 日数 (日)	③ 使用水量 (m^3/s)	④ 平均使用水量 (m^3/s)	⑤ ＝②×④ 発電流量 (m^3/s-d)
				日 × m^3/s ＝
				日 × m^3/s ＝
95				日 × m^3/s ＝
185	90			日 × m^3/s ＝
275	90			日 × m^3/s ＝
355	80			日 × m^3/s ＝
365	10			日 × m^3/s ＝
計	365			
流量設備利用率				

$$\text{流量設備利用率} = \frac{\text{発電流量合計}}{\text{最大使用水量}\times 365\text{日}} = \frac{\qquad}{\qquad} =$$

流量設備利用率の計算

ケース　　，CA＝　　km^2 ，最大使用水量(Qmax)＝　　m^3/s

① 日順	② 日数 (日)	③ 使用水量 (m^3/s)	④ 平均使用水量 (m^3/s)	⑤ ＝②×④ 発電流量 (m^3/s-d)
				日 × m^3/s ＝
				日 × m^3/s ＝
95				日 × m^3/s ＝
185	90			日 × m^3/s ＝
275	90			日 × m^3/s ＝
355	80			日 × m^3/s ＝
365	10			日 × m^3/s ＝
計	365			
流量設備利用率				

$$\text{流量設備利用率} = \frac{\text{発電流量合計}}{\text{最大使用水量}\times 365\text{日}} = \frac{\qquad}{\qquad} =$$

流量設備利用率の計算

ケース　　，CA＝　　km^2 ，最大使用水量(Qmax)＝　　m^3/s

① 日順	② 日数 (日)	③ 使用水量 (m^3/s)	④ 平均使用水量 (m^3/s)	⑤ ＝②×④ 発電流量 (m^3/s-d)
				日 × m^3/s ＝
				日 × m^3/s ＝
95				日 × m^3/s ＝
185	90			日 × m^3/s ＝
275	90			日 × m^3/s ＝
355	80			日 × m^3/s ＝
365	10			日 × m^3/s ＝
計	365			
流量設備利用率				

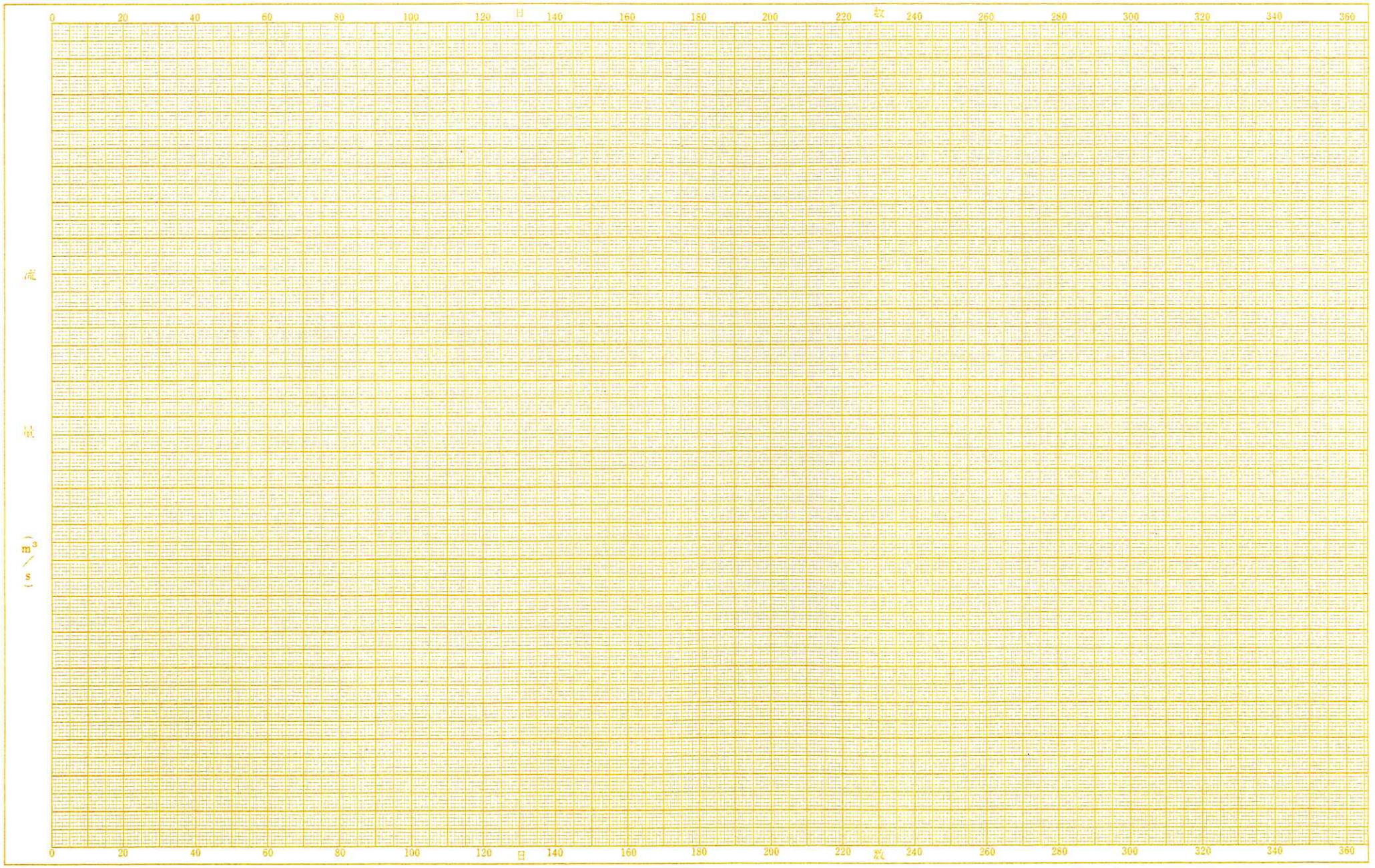
$$\text{流量設備利用率} = \frac{\text{発電流量合計}}{\text{最大使用水量}\times 365\text{日}} = \frac{\qquad}{\qquad} =$$

様式第8

流況曲線図

指定番号
年

川水系　　川　　測水所　　流域面積　　km²　　測定義務者



備考　1. 35日流量、豊水量、平水量、低水量および渇水量を横線でかし、それぞれの流量および流域100平方キロメートル当りの流量を()を附して記入すること

2. 流量は、有効数字3桁とし、小数点以下第3位に及ぶ場合は、小数点以下第2位まで記入すること

計画諸元一覧表

検討ケース						
流域面積		(km^2)				
取水位		(EL.)				
放水位		(EL.)				
総落差		(m)				
有効落差		(m)				
最大使用水量		(m^3/s)				
最大出力		(kW)				
年間可能発電電力量		(10^3kWh)				
流量設備利用率		(%)				
取水ダム(H、L)		(m)				
導水路	延長	(m)				
	内径	(m)				
水圧管路	延長	(m)				
	内径	(m)				
余水路	延長	(m)				
	内径	(m)				
放水路	延長	(m)				
水車型式		—				
送配電線延長		(km)				
総工事費		(百万円)				
kW当たり建設費		(千円/kW)				
kWh当たり建設費		(円/kWh)				
kW当たり建設費(送電線費用を除く)		(千円/kW)				
kWh当たり建設費(送電線費用を除く)		(円/kWh)				

概算工事費集計表

工期 T＝　　ヶ月

積算項目			工事費(百万円)	備考
(1)	土地補償費			〔(2)+(3)+(4)+(5)〕×5%
(2)	建物関係			
(3)	土木関係			①+②+③
	①水路			Σ(a～j)
		a.取水ダム		
		b.取水口		
		c.沈砂池		
		d.導水路		
		e.水槽		
		f.余水路		掘削工事
				管工事
		g.水圧管路		掘削工事
				管工事
		h.放水路		
		i.放水口		
		j.雑工事		Σ(a～i)×10%
	②貯水池または調整池			
	③機械装置			k+l
		k.基礎		
		l.諸装置		〔①+②+k〕×10%
(4)	電気関係			
(5)	仮設備費			〔(2)+(3)+(4)〕×5%
(6)	総係費			〔(2)+(3)+(4)+(5)〕×7%
(7)	(小計)			Σ〔(1)～(6)〕
(8)	建設中利子			(7)×0.4×利子率2%×T/12
(9)	分担関連費			(7)×1%
(10)	送配電設備費			
(11)	(計)			
最大出力(kW)				
年間可能発電電力量(10^3kWh)				
kW当たり建設費(千円/kW)				
kWh当たり建設費(円/kWh)				
kW当たり建設費(千円/kW)(送配電費用を除く)				
kWh当たり建設費(円/kWh)(　　〃　　)				

水力発電人材育成研修会

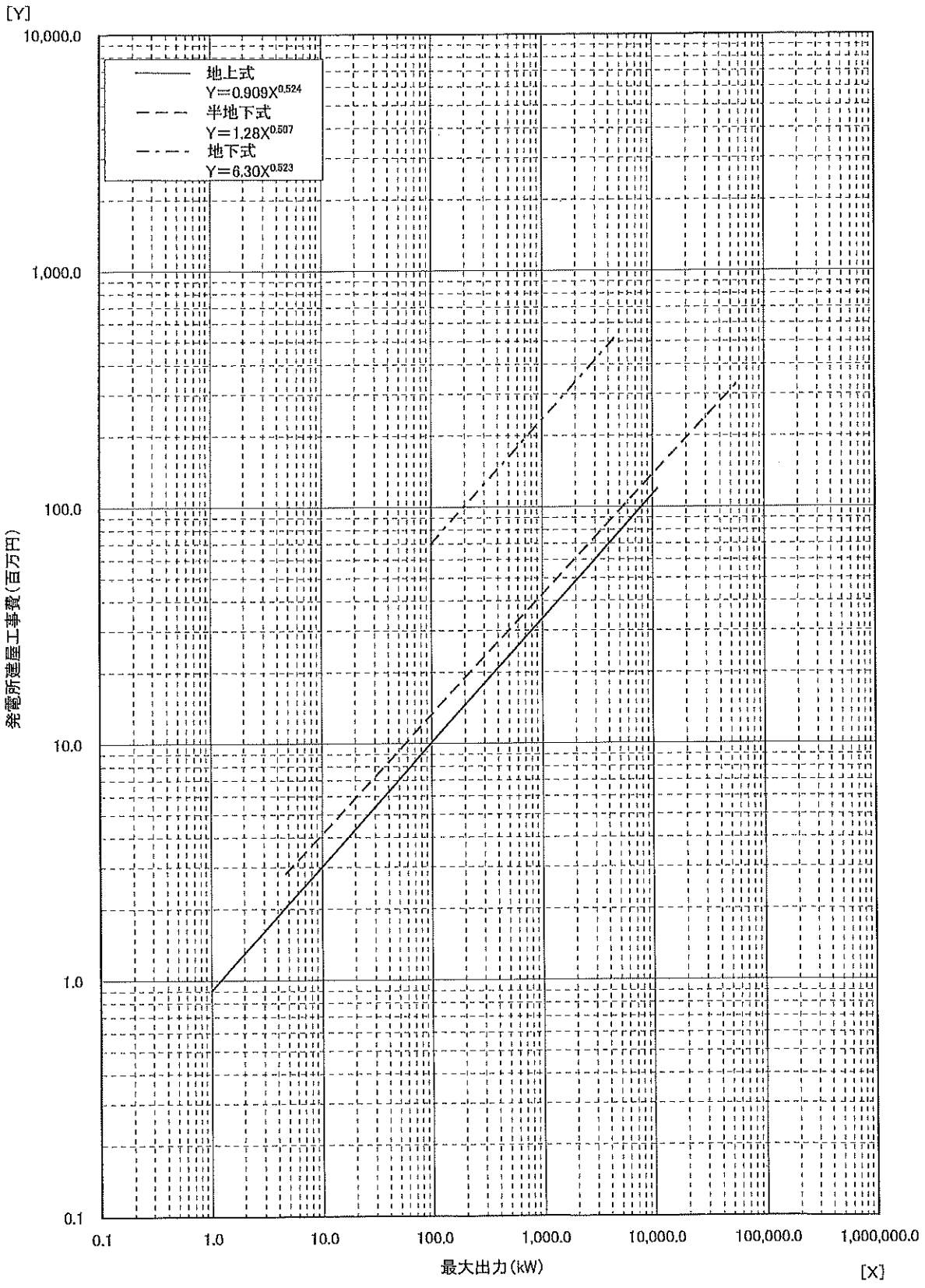
工 事 費 積 算 資 料

「水力発電計画工事費積算の手引き」
平成 25 年 3 月
経済産業省　資源エネルギー庁
一般財団法人　新エネルギー財団

目　　次

図－1.1　発電所建物工事費 …… 添 1-1
図－1.2　取水ダムコンクリート量（ダム基準） …… 添 1-2
図－1.3　取水ダムコンクリート量（堰基準） …… 添 1-3
図－1.4　取水ダム工事費 …… 添 1-4
図－1.5　魚道工事費 …… 添 1-5
図－1.6　水路内径 …… 添 1-6
図－1.7　取水口工事費（無圧式） …… 添 1-7
図－1.8　取水口工事費（圧力式） …… 添 1-8
図－1.9　取水口工事費（チロリアン式） …… 添 1-9
図－1.10　取水口工事費（堤体穴開け式） …… 添 1-10
図－1.11　堤体部工事単価 …… 添 1-11
図－1.12　取水口工事費（サイフォン式　真空ポンプ工事費） …… 添 1-12
図－1.13　沈砂池工事費 …… 添 1-13
図－1.14　トンネル工事単価 …… 添 1-14
図－1.15　暗きょ・開きょ断面寸法 …… 添 1-15
図－1.16　暗きょ工事単価 …… 添 1-16
図－1.17　開きょ工事単価 …… 添 1-17
図－1.18　ヘッドタンク工事費 …… 添 1-18
図－1.19　サージタンク工事費 …… 添 1-19
図－1.20　余水路内径 …… 添 1-20
図－1.21　余水路鉄管単位長重量 …… 添 1-21
図－1.22　余水路工事単価＜鉄管除く＞ …… 添 1-22
図－1.23　余水路鉄管単価 …… 添 1-23
図－1.24　水圧管路内径 …… 添 1-24
図－1.25　水圧管路鉄管単位長重量 …… 添 1-25
図－1.26　水圧管路工事単価（露出式）＜鉄管除く＞ …… 添 1-26
図－1.27　水圧管路工事単価（埋設式）＜鉄管除く＞ …… 添 1-27
図－1.28　水圧管路鉄管単価 …… 添 1-28
図－1.29　分岐管工事費 …… 添 1-29
図－1.30　水道等パイプライン分岐管(通常工法)工事費 …… 添 1-30

図－1.31　水道等パイプライン分岐管(不断水工法)工事費……添 1-31
図－1.32　バルブ工事費（バルブ室を含む）……添 1-32
図－1.33　水道等パイプラインバルブ設置(通常工法)工事費……添 1-33
図－1.34　水道等パイプラインバルブ設置(不断水工法)工事費……添 1-34
図－1.35　流量計工事費（流量計室を含む）……添 1-35
図－1.36　放水口工事費（無圧式）……添 1-36
図－1.37　放水口工事費（圧力式）……添 1-37
図－1.38　代替放流設備工事費……添 1-38
図－1.39　機械装置基礎工事費……添 1-39
図－1.40　電気関係工事費……添 1-40



図－1.1　発電所建物工事費

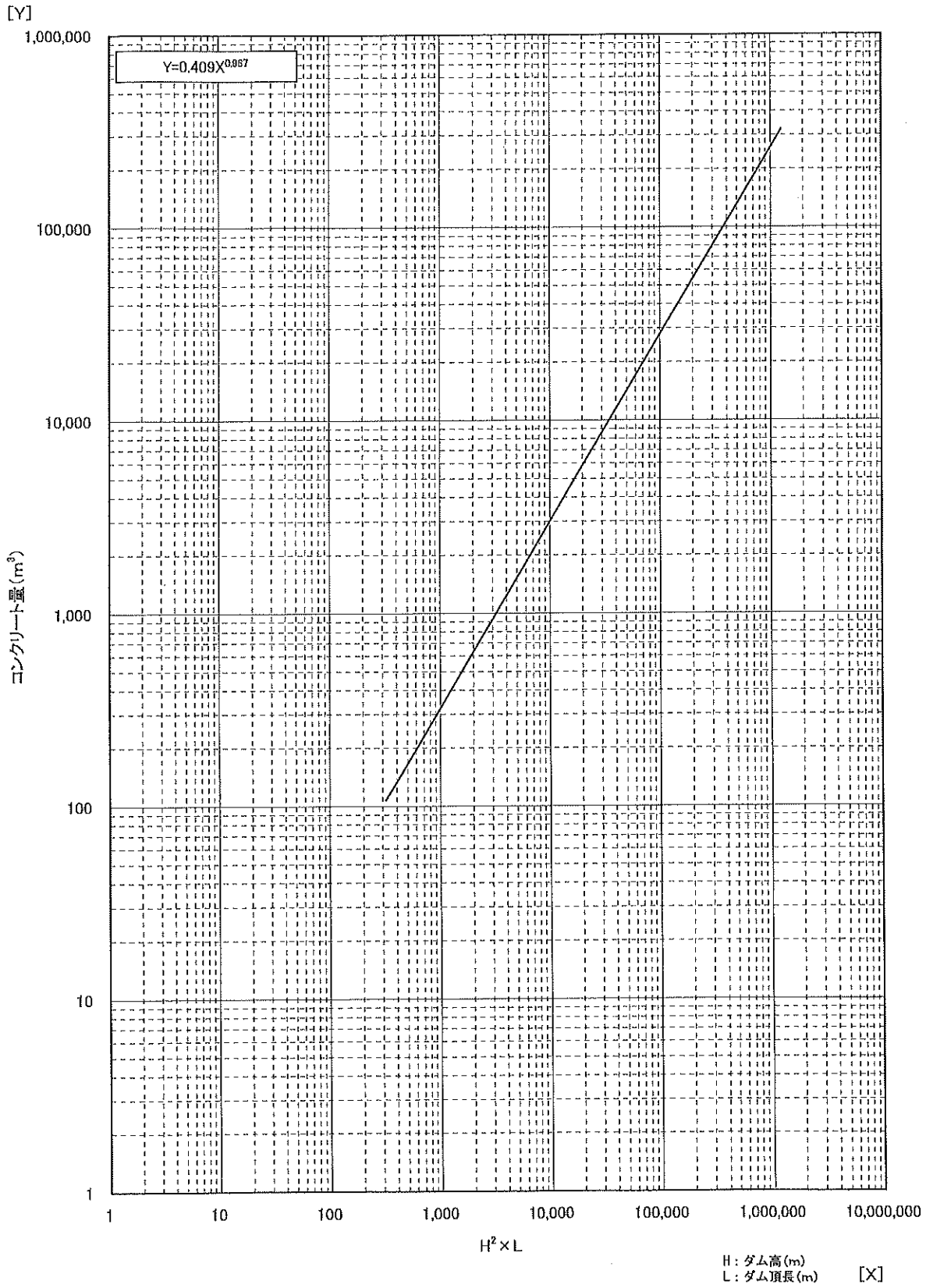
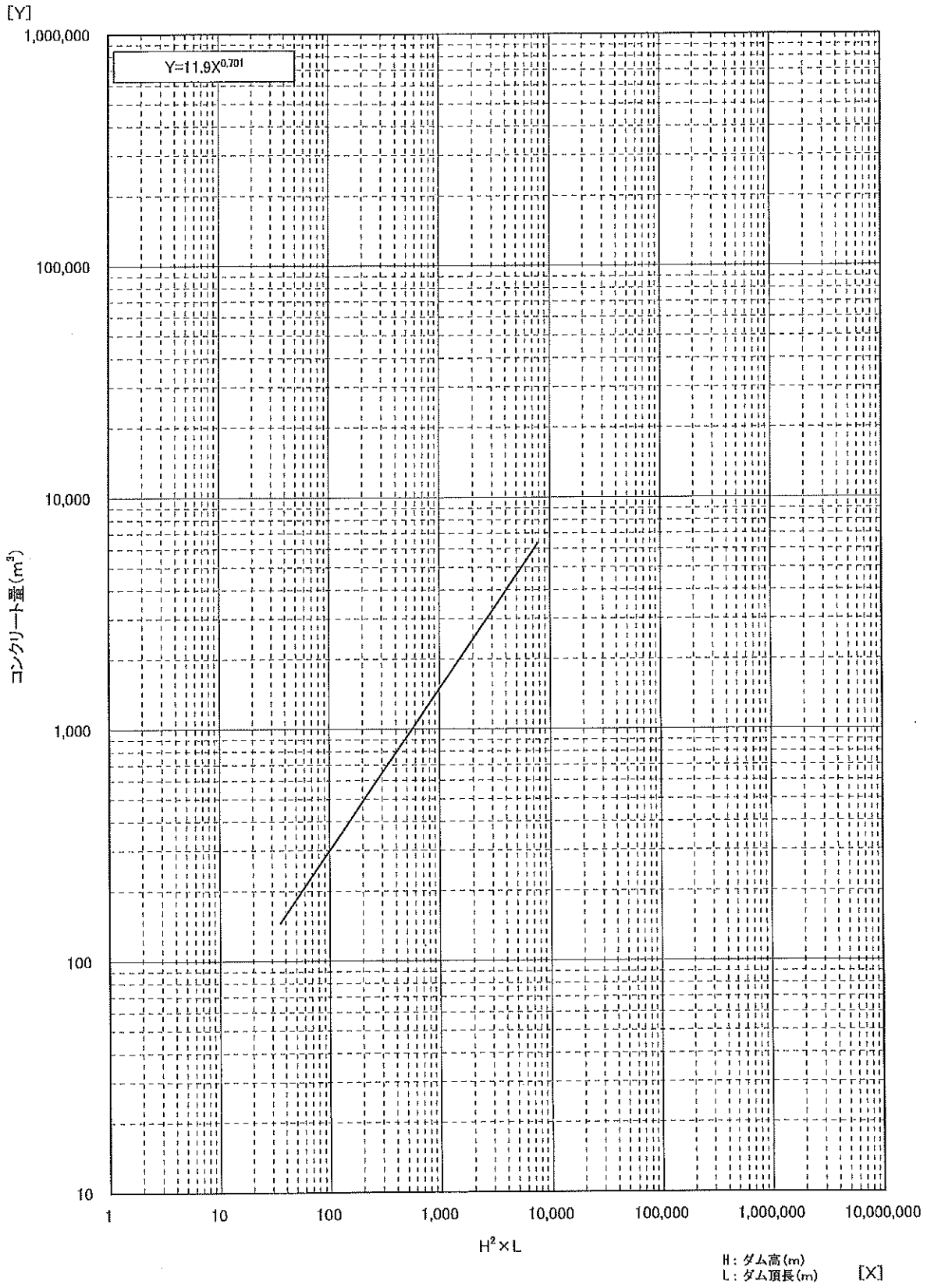
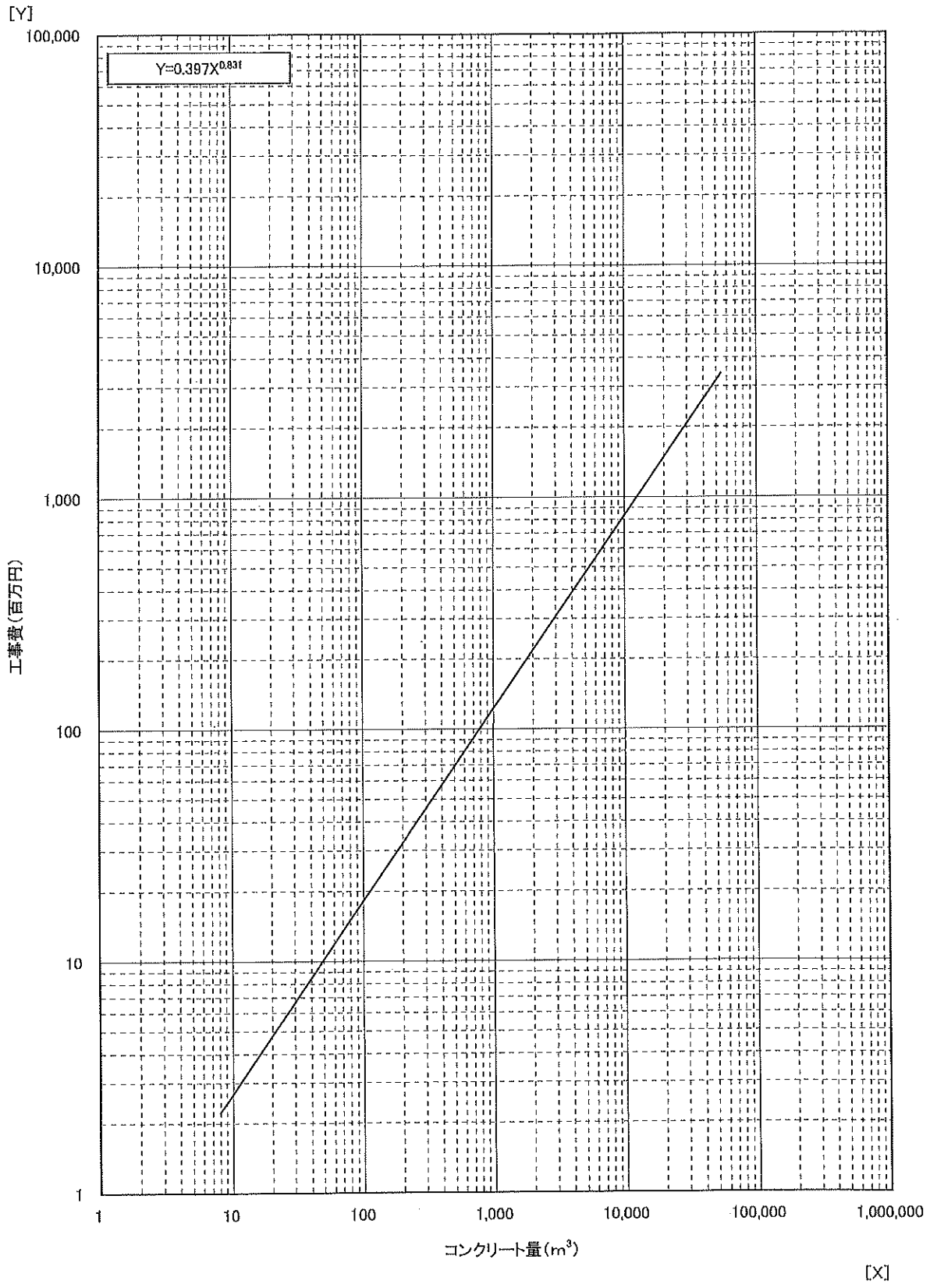


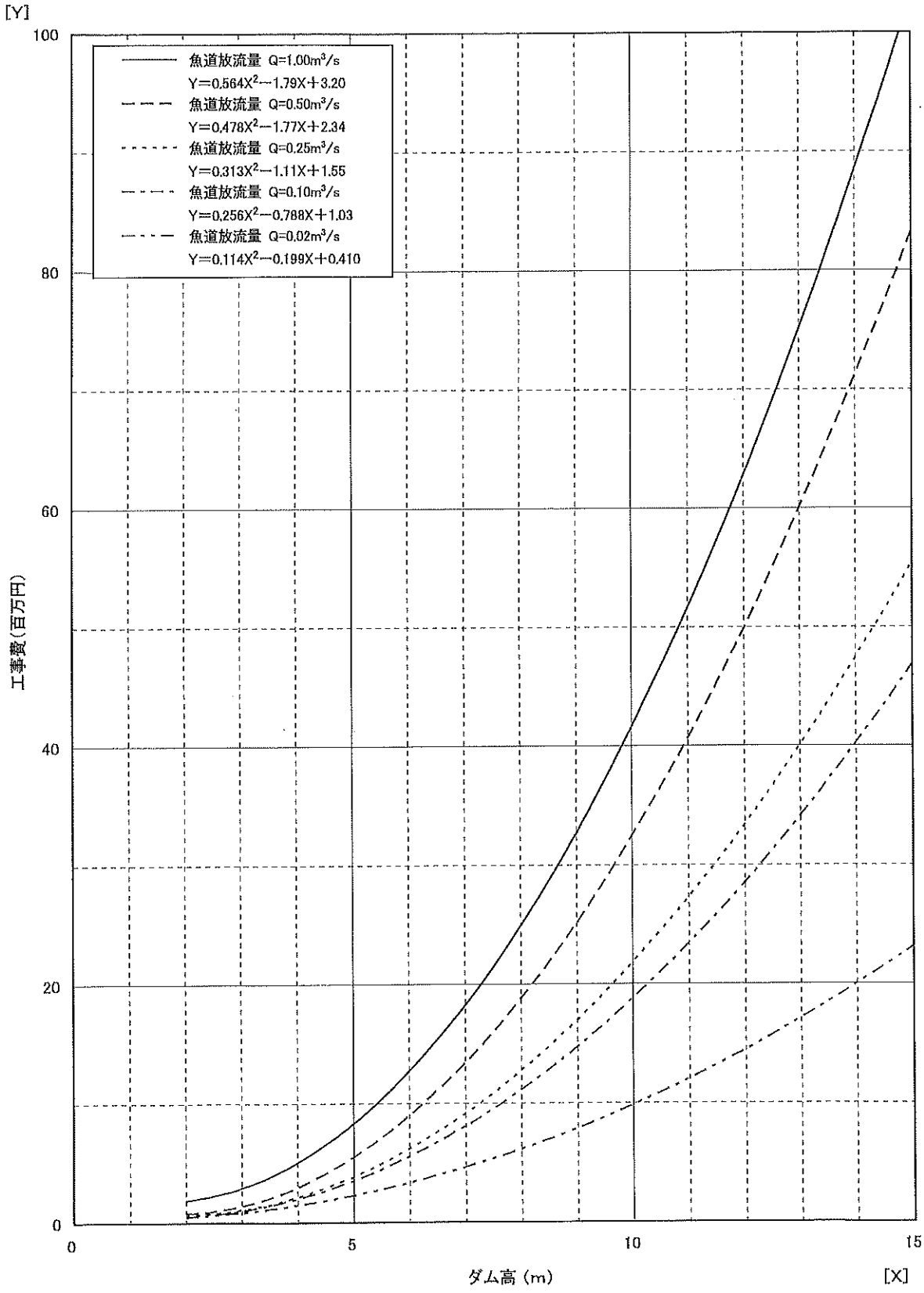
図--1.2　取水ダムコンクリート量（ダム基準）



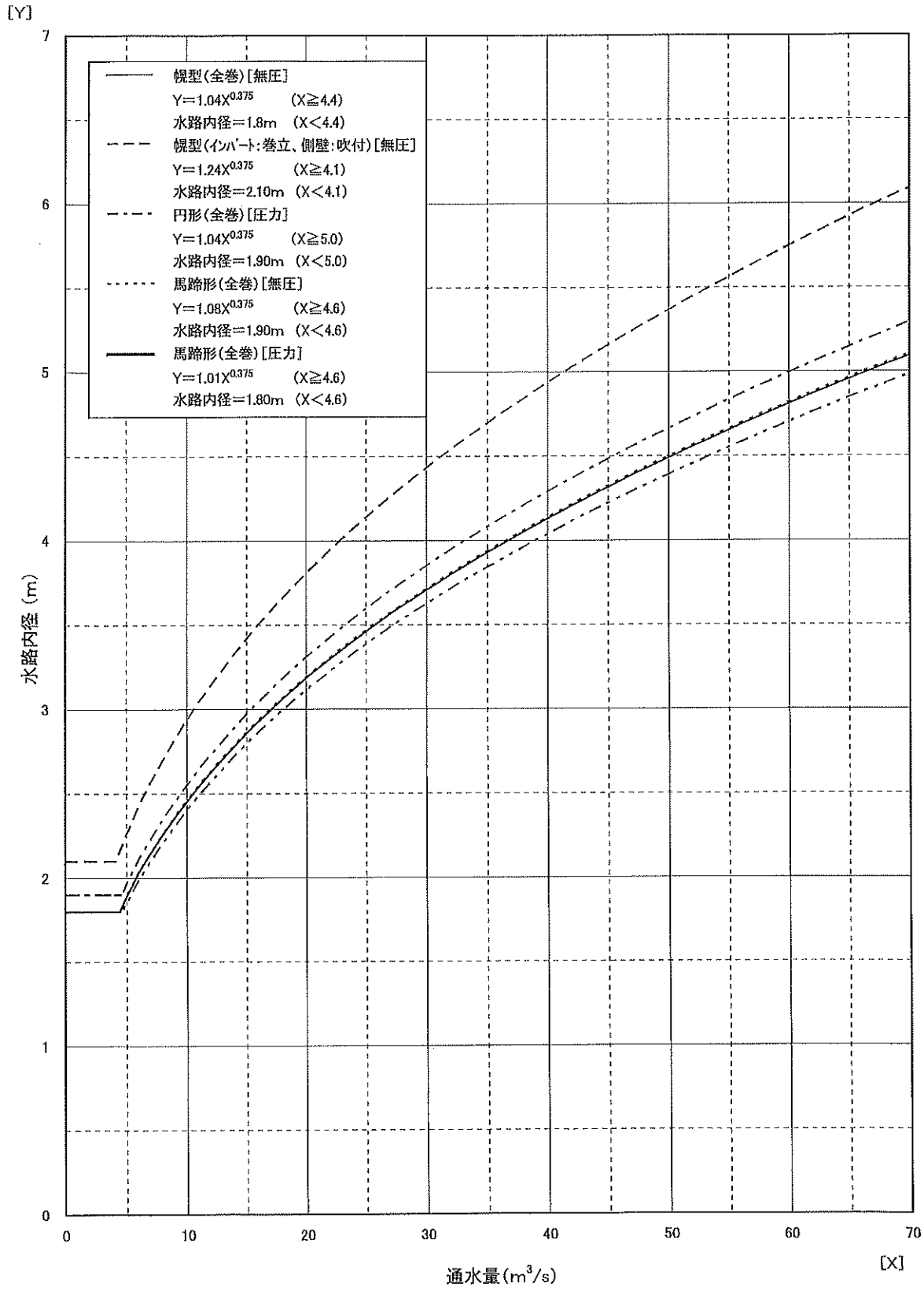
図－1.3　取水ダムコンクリート量（堰基準）


[Y]
100,000
Y=0.397X^0.831
10,000
1,000
100
10
1
工事費(百万円)
1
10
100
1,000
10,000
100,000
1,000,000
コンクリート量(m³)
[X]

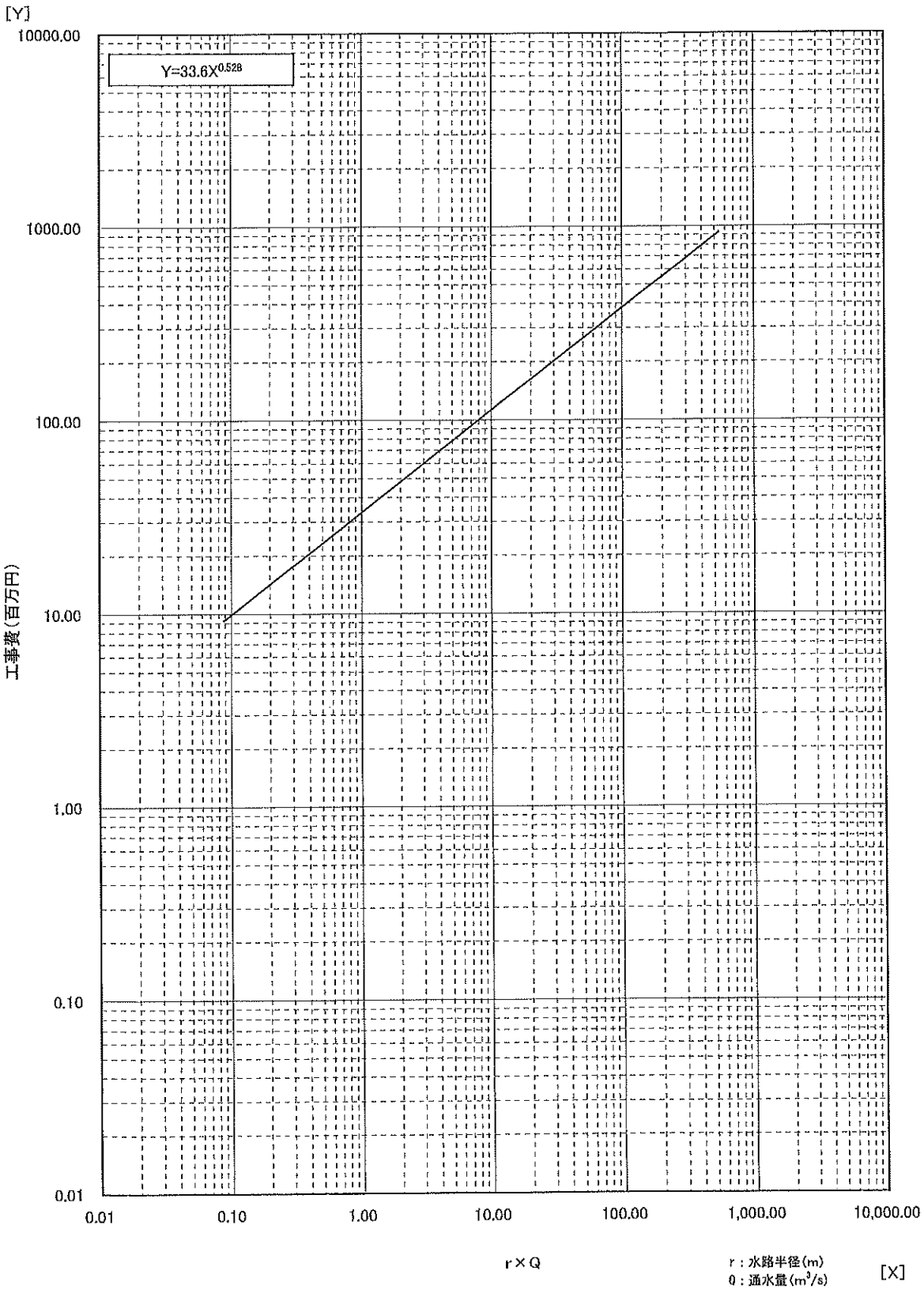
図－1.4　取水ダム工事費


[Y]
100
80
60
40
20
0
工事費(百万円)
魚道放流量 Q=1.00m³/s
Y=0.564X²−1.79X+3.20
魚道放流量 Q=0.50m³/s
Y=0.478X²−1.77X+2.34
魚道放流量 Q=0.25m³/s
Y=0.313X²−1.11X+1.55
魚道放流量 Q=0.10m³/s
Y=0.256X²−0.788X+1.03
魚道放流量 Q=0.02m³/s
Y=0.114X²−0.199X+0.410
0
5
10
15
ダム高 (m)
[X]

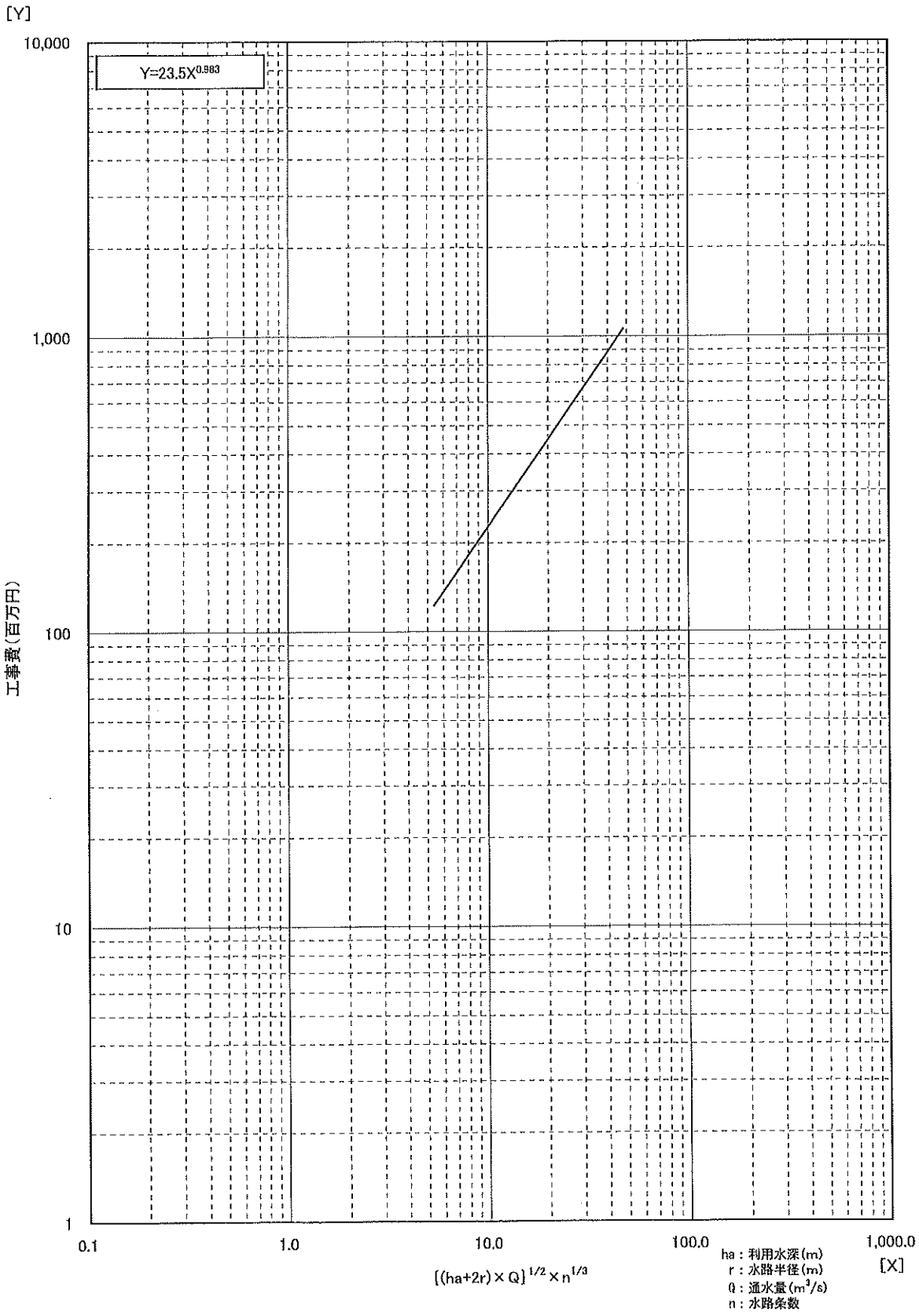
図−1.5　魚道工事費


[Y]
7
6
5
4
3
2
1
0
水路内径（m）
0
10
20
30
40
50
60
70
[X]
通水量(m³/s)
幌型(全巻)[無圧]
Y=1.04X^0.375 (X≧4.4)
水路内径=1.8m (X<4.4)
幌型(ｲﾝﾊﾞｰﾄ:巻立、側壁:吹付)[無圧]
Y=1.24X^0.375 (X≧4.1)
水路内径=2.10m (X<4.1)
円形(全巻)[圧力]
Y=1.04X^0.375 (X≧5.0)
水路内径=1.90m (X<5.0)
馬蹄形(全巻)[無圧]
Y=1.08X^0.375 (X≧4.6)
水路内径=1.90m (X<4.6)
馬蹄形(全巻)[圧力]
Y=1.01X^0.375 (X≧4.6)
水路内径=1.80m (X<4.6)

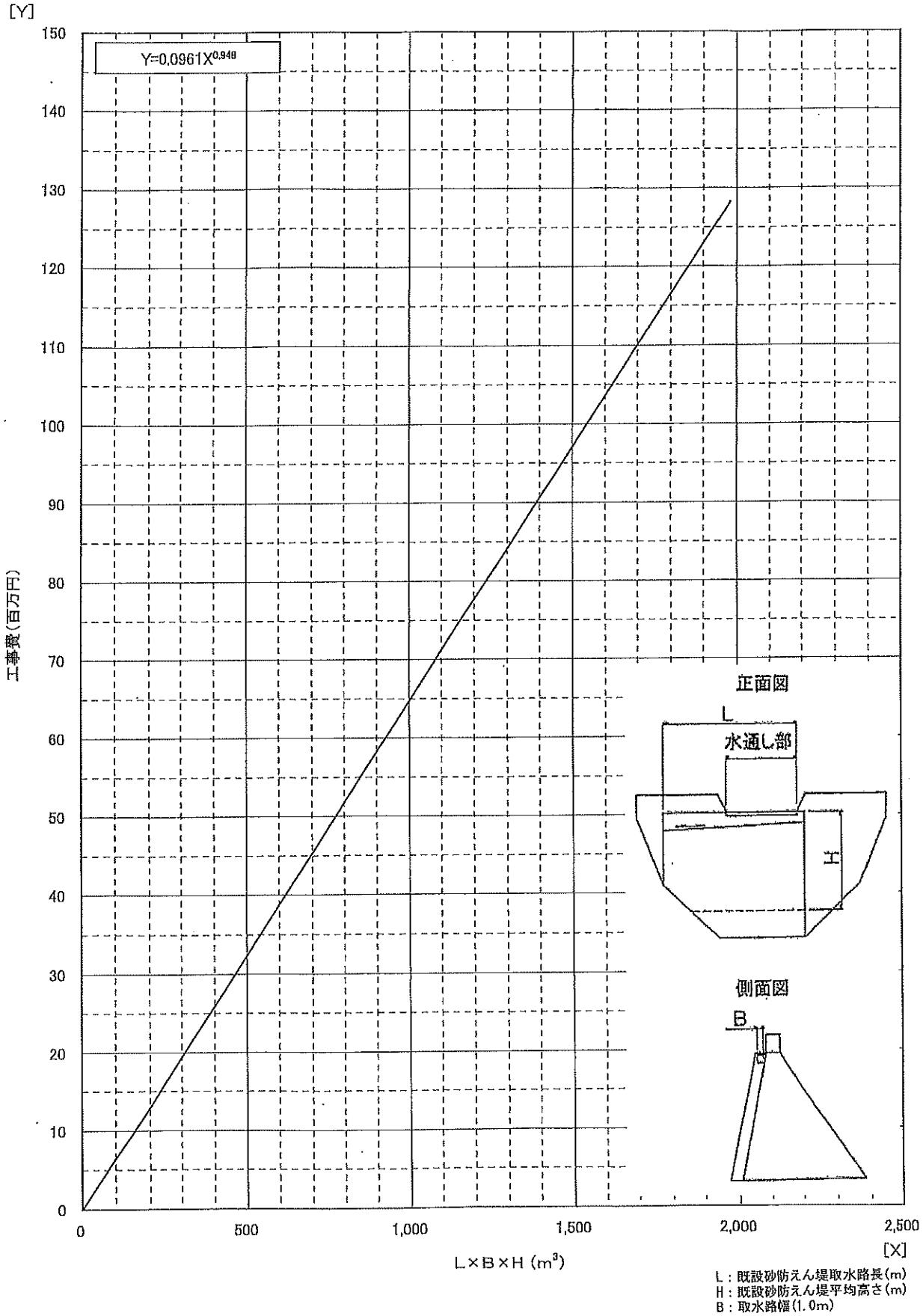
図－1.6　水路内径



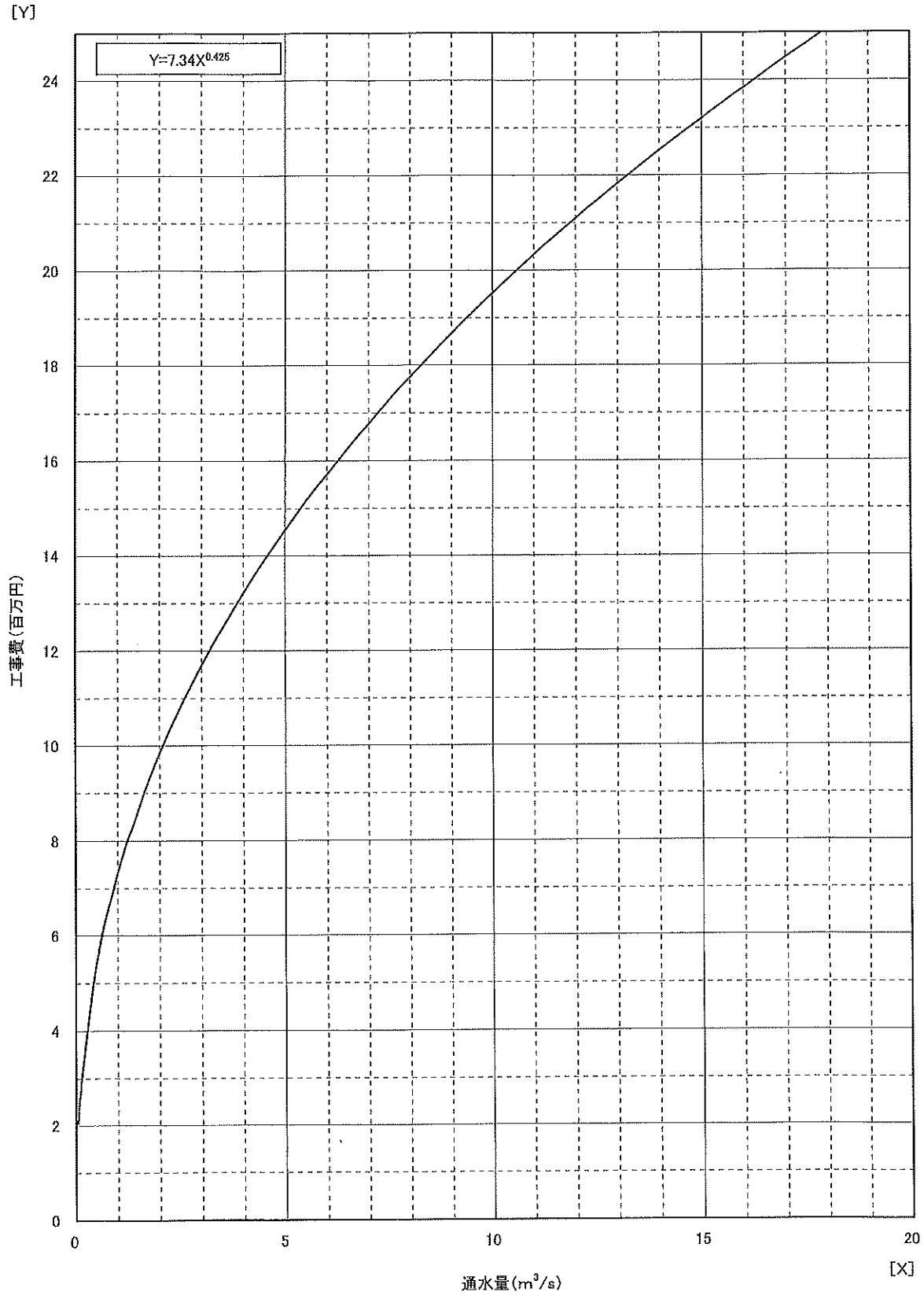
図—1.7　取水口工事費（無圧式）



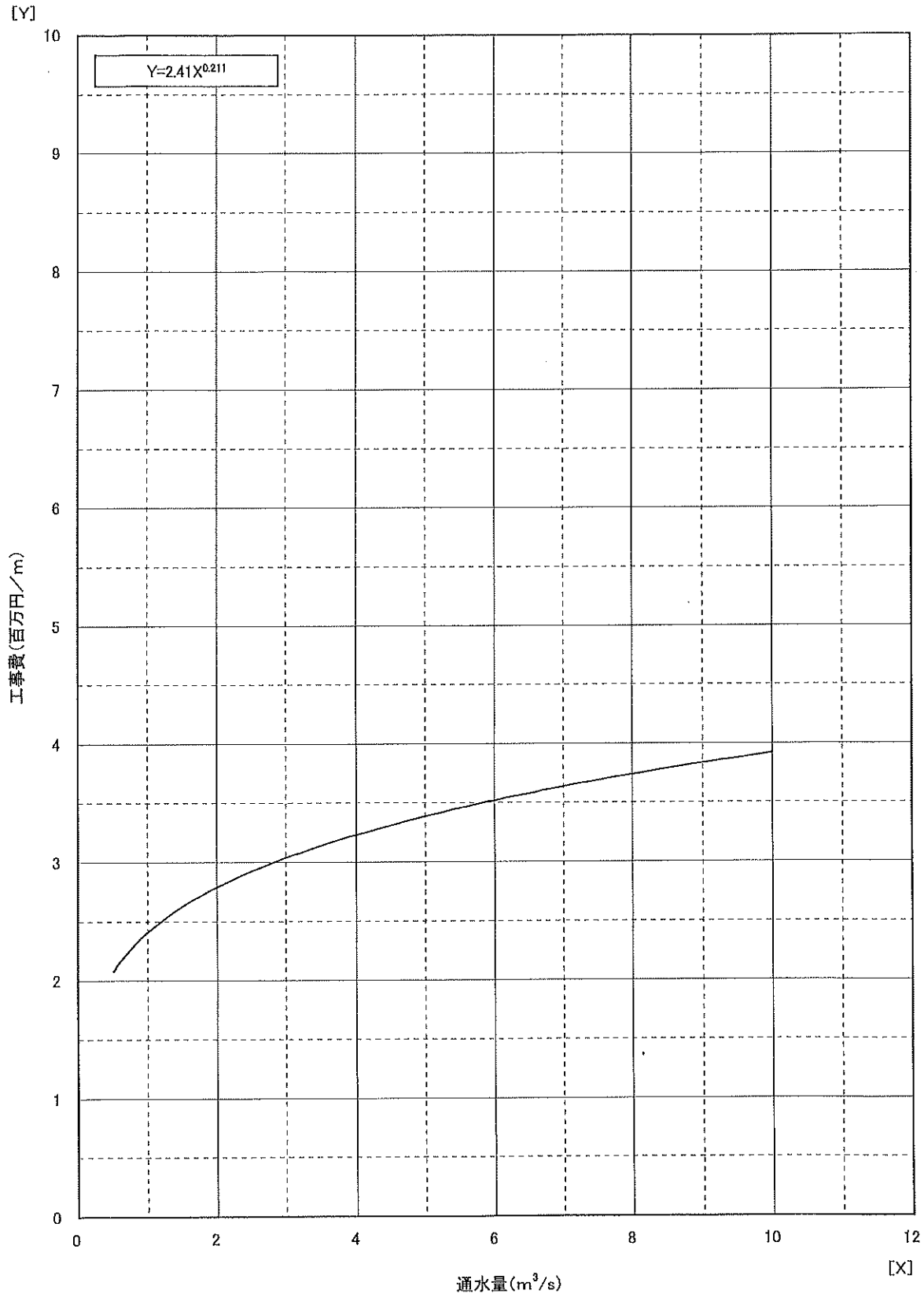
図－1.8　取水口工事費（圧力式）



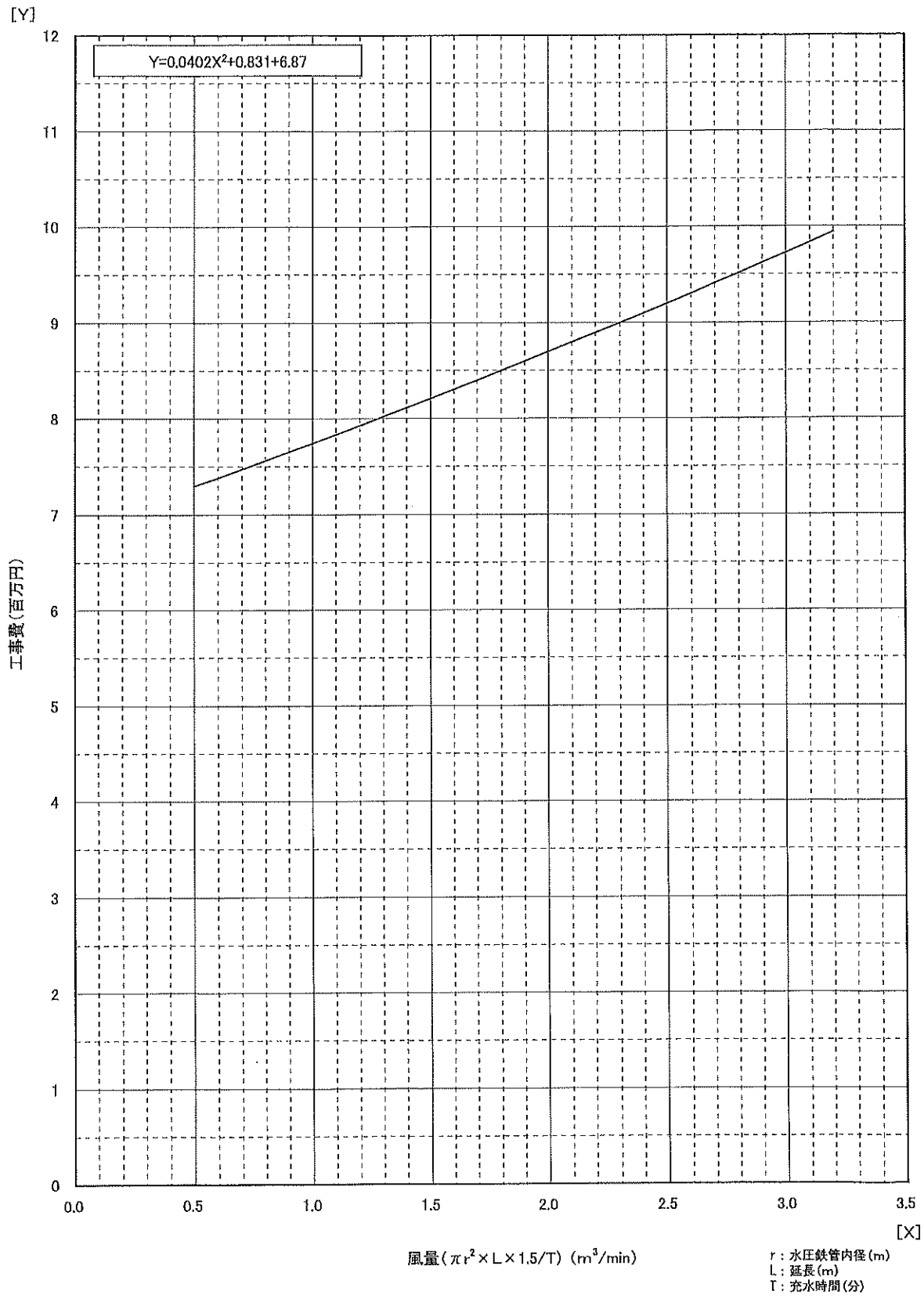
図－1.9　取水口工事費（チロリアン式）



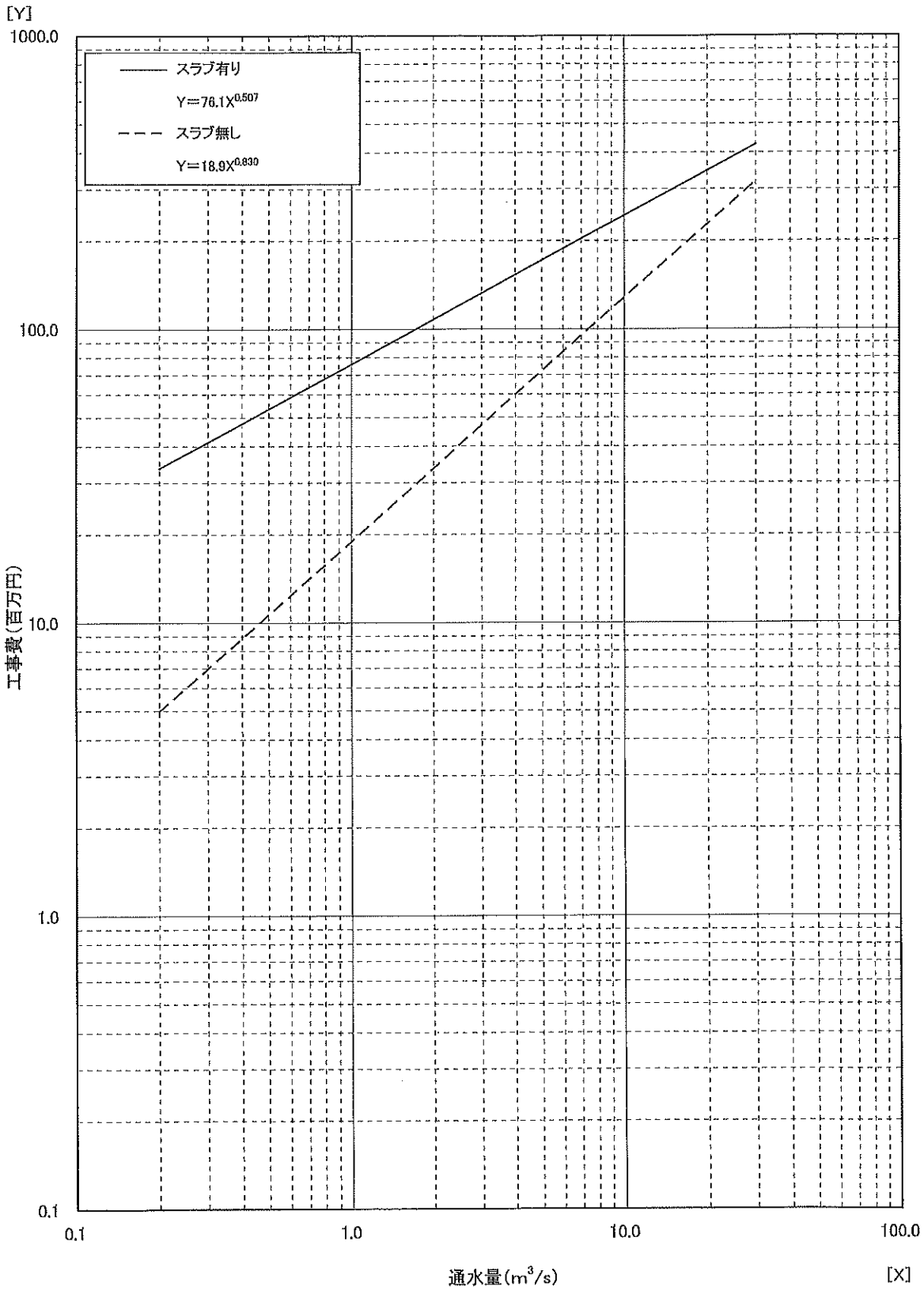
図―1.10　取水口工事費（堤体穴開け式）



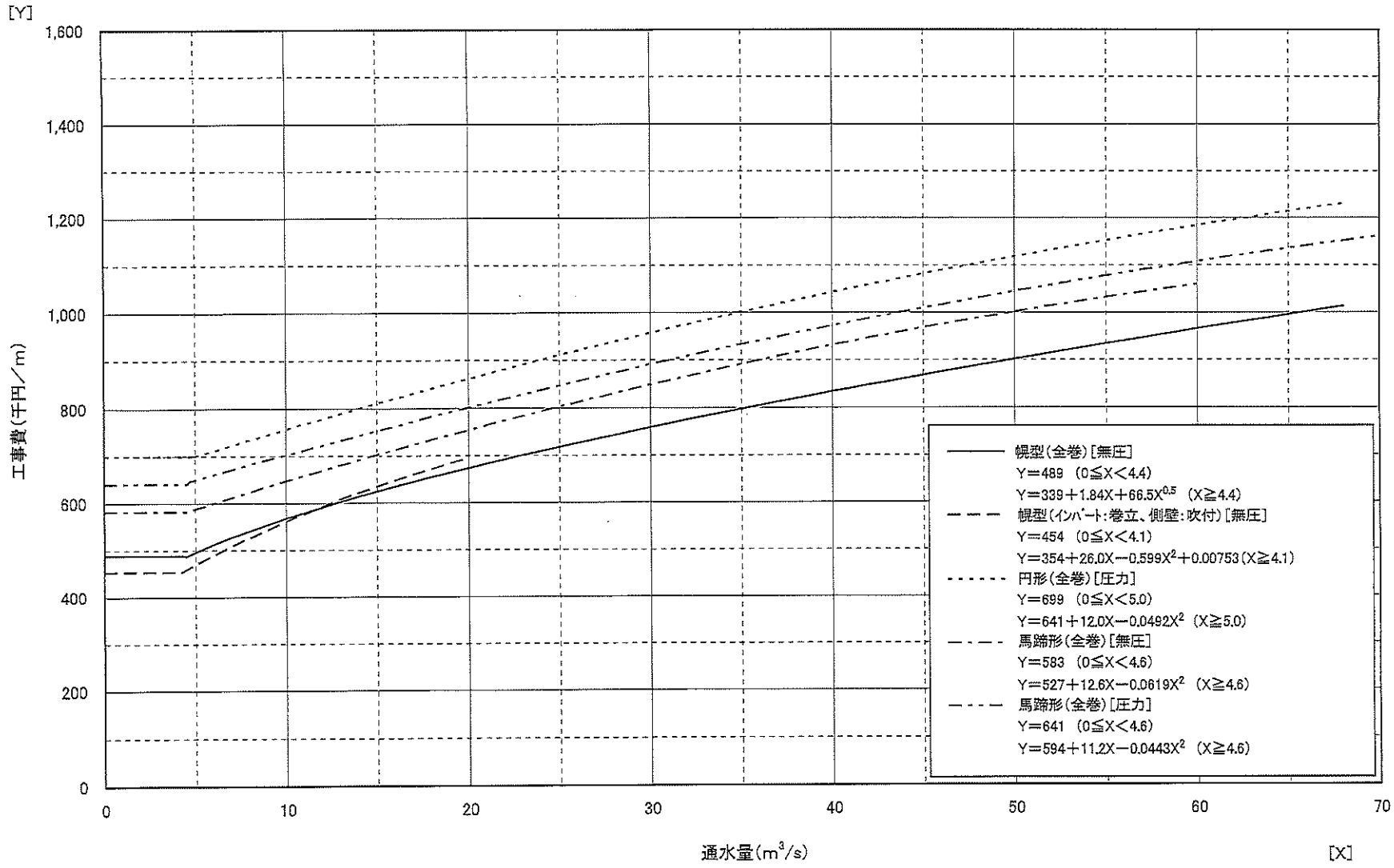
図－1.11　堤体部工事単価



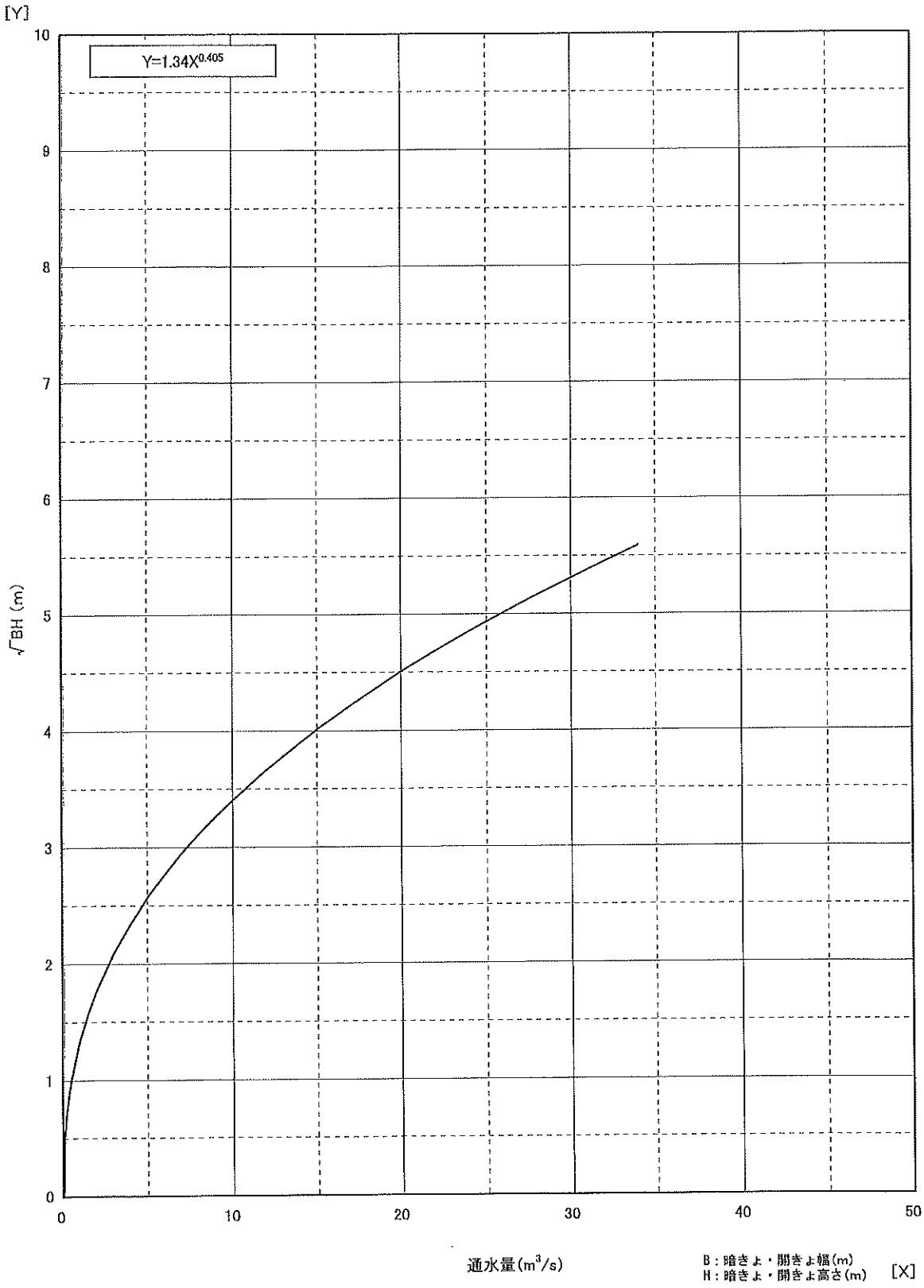
図－1.12　取水口工事費（サイフォン式　真空ポンプ工事費）


[Y]
1000.0
100.0
10.0
1.0
0.1
スラブ有り
Y=76.1X^0.507
スラブ無し
Y=18.9X^0.830
工事費(百万円)
0.1
1.0
10.0
100.0
通水量(m³/s)
[X]

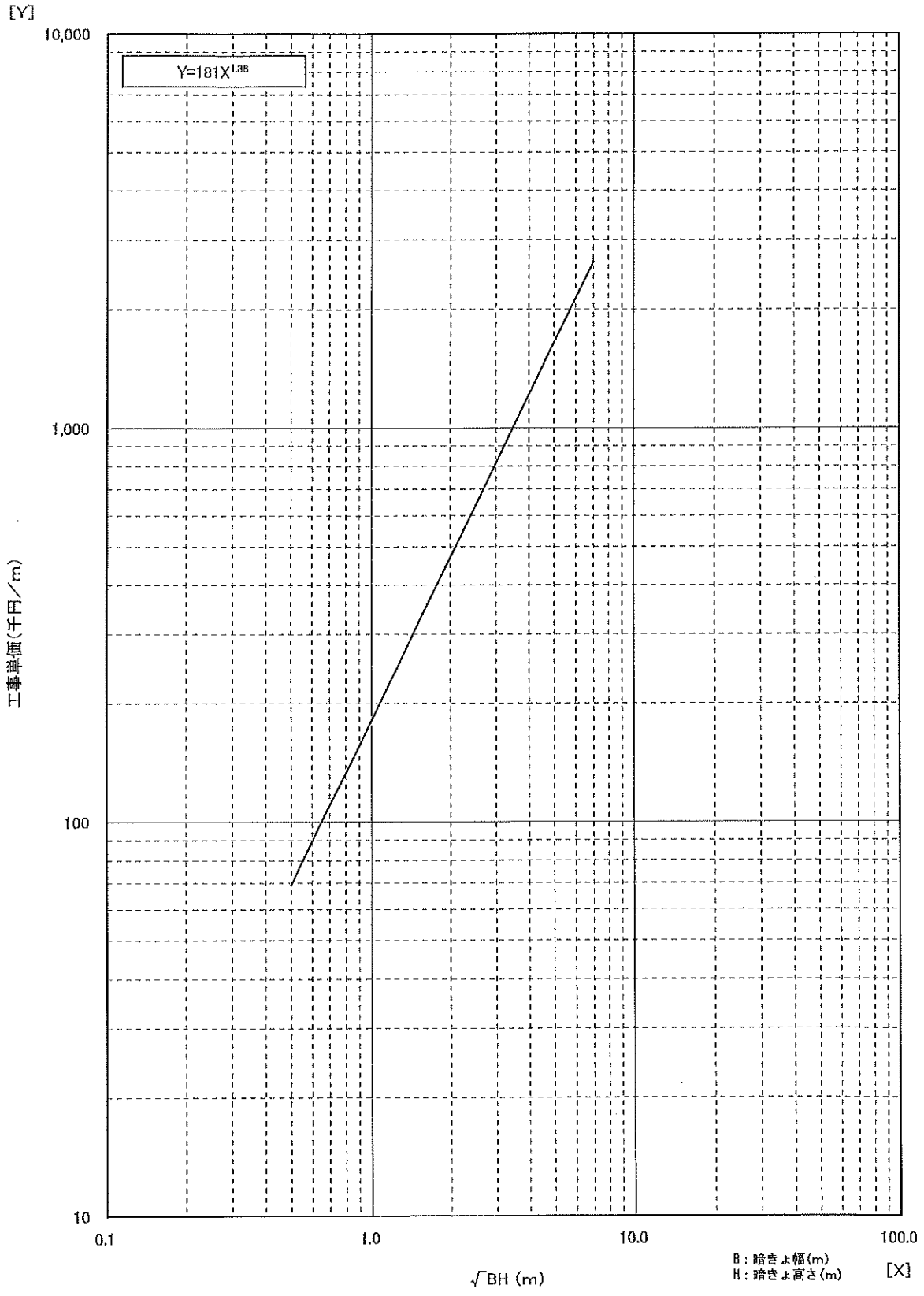
図－1.13　沈砂池工事費



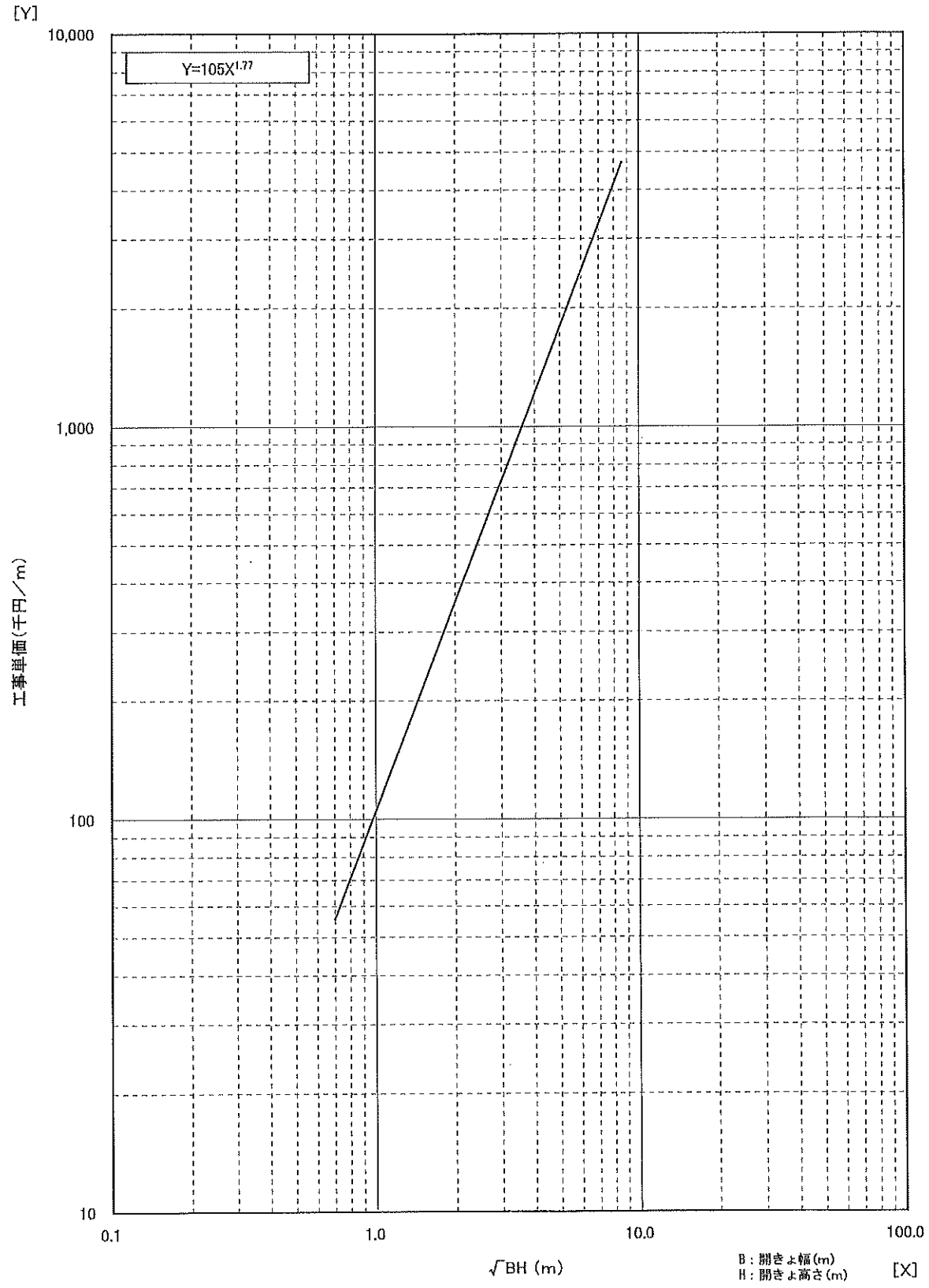
図−1.14　トンネル工事単価



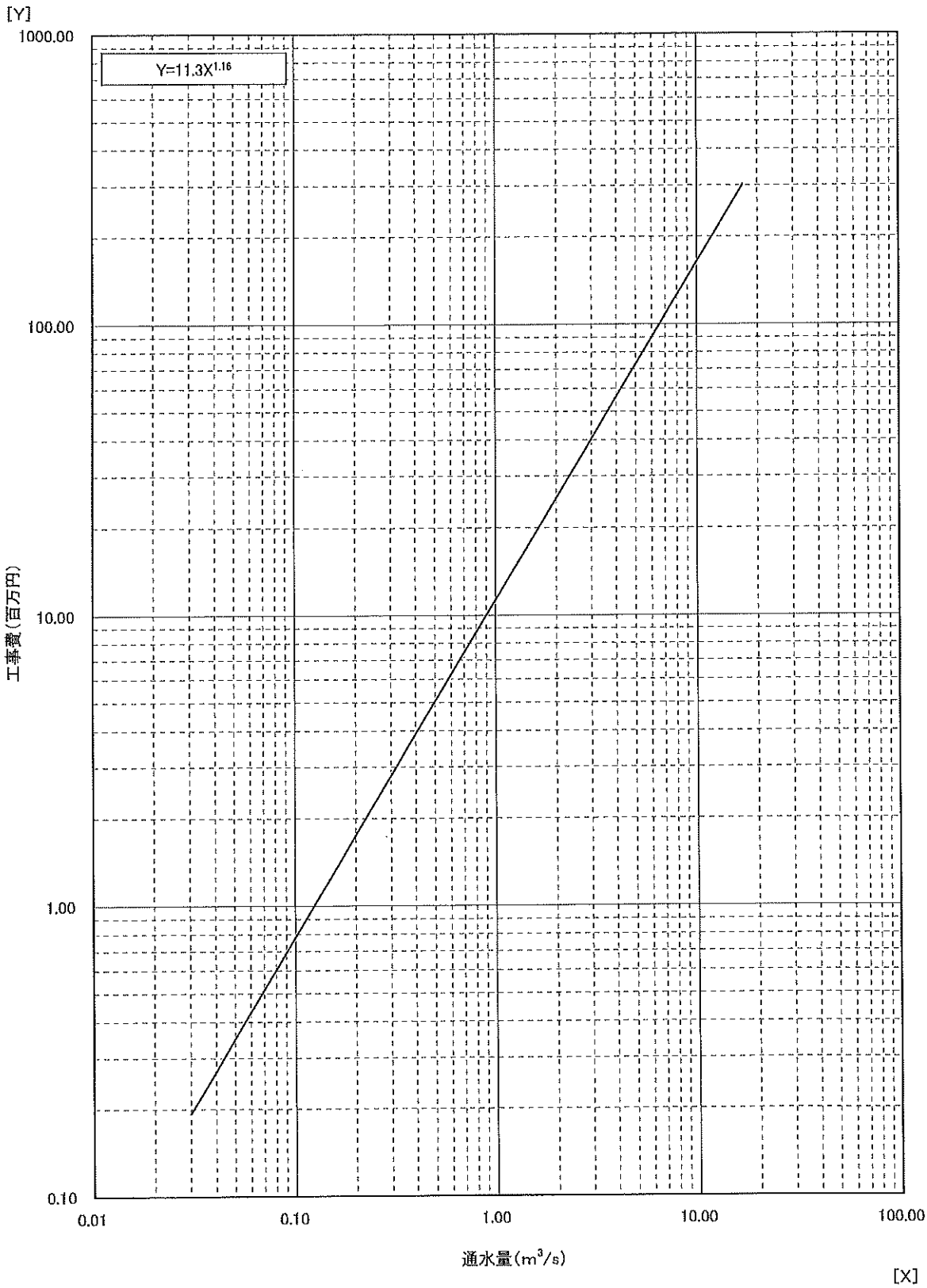
図－1.15　暗きょ・開きょ断面寸法



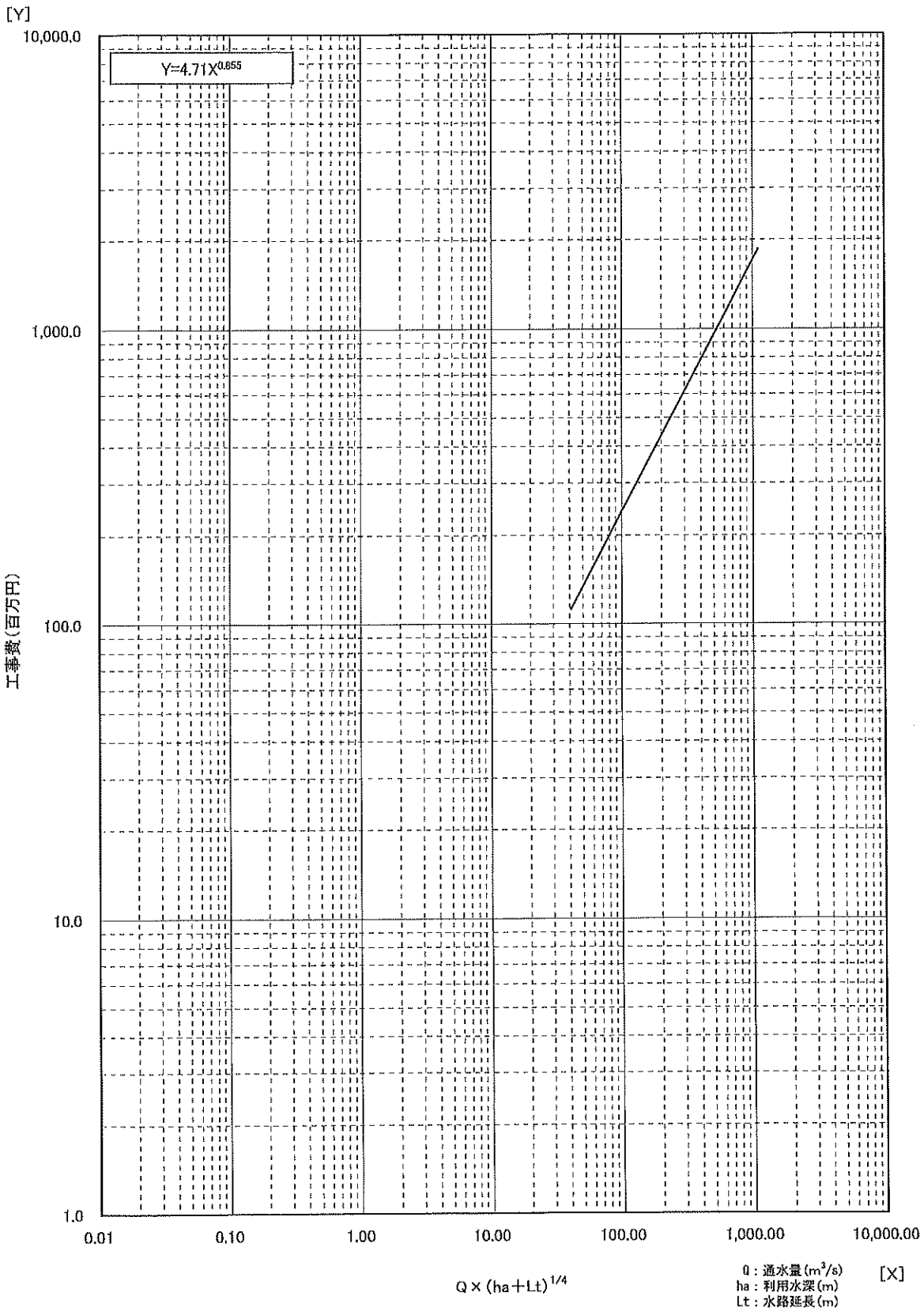
図－1.16　暗きょ工事単価



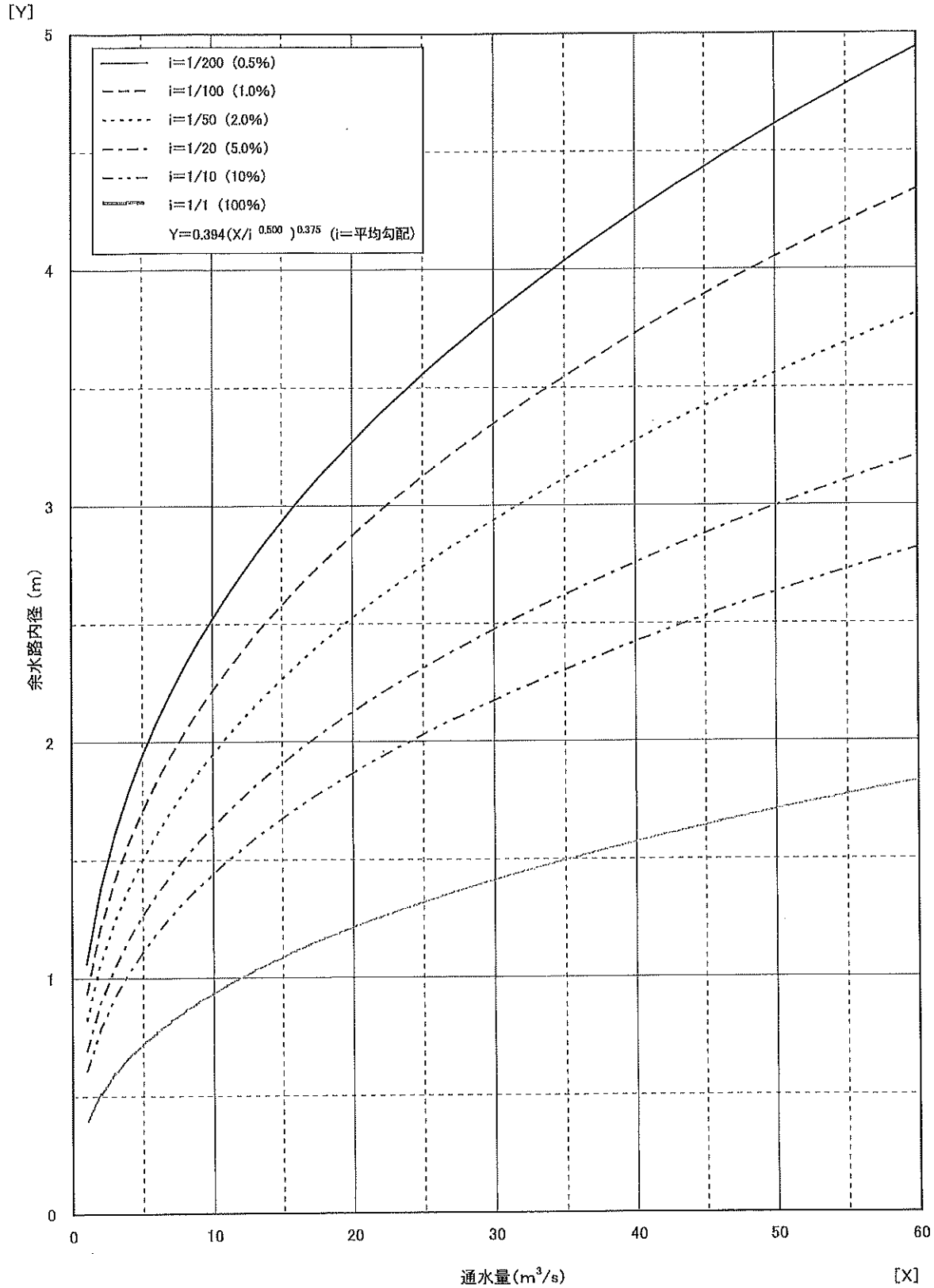
図－1.17　開きょ工事単価



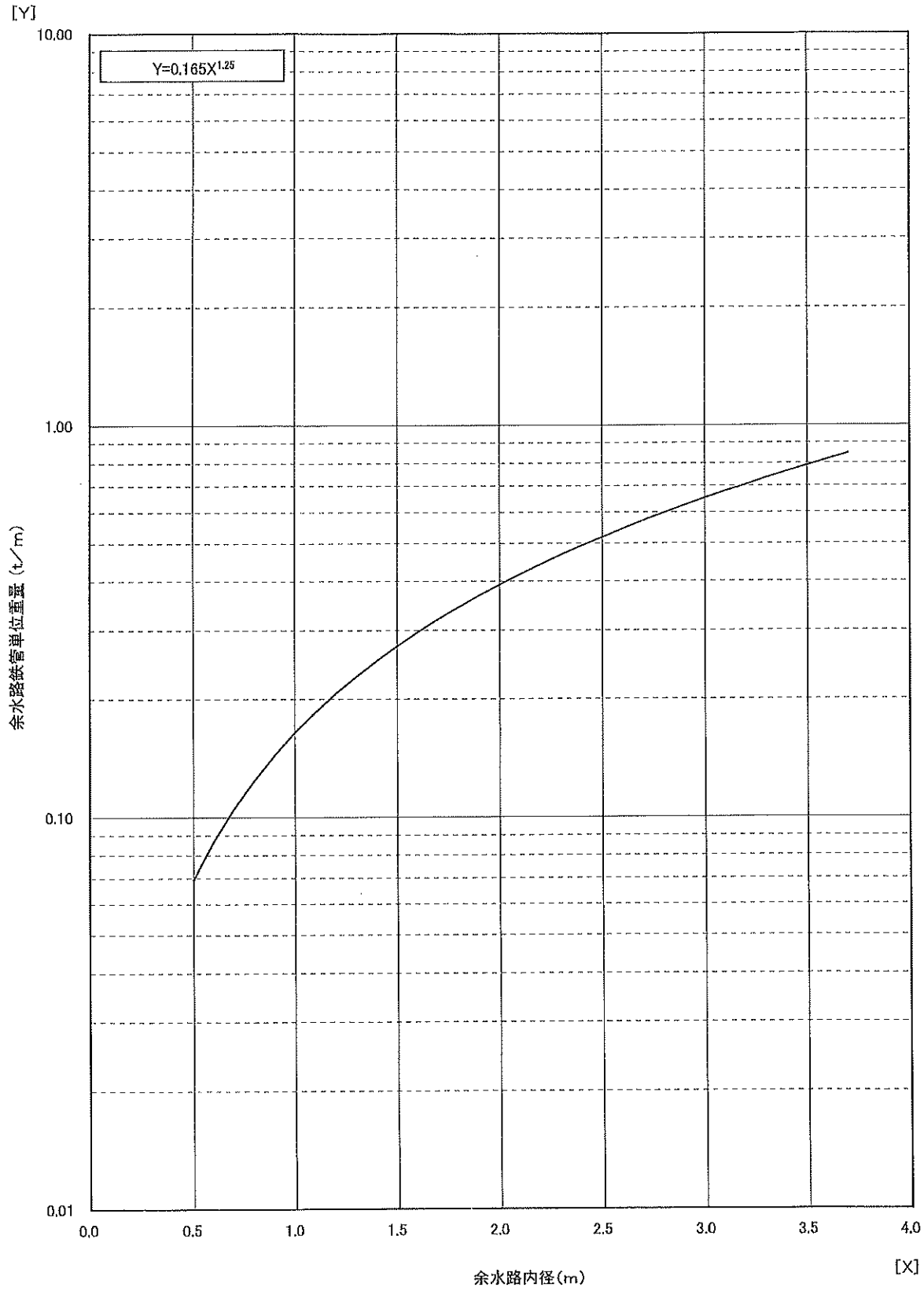
図－1.18　ヘッドタンク工事費



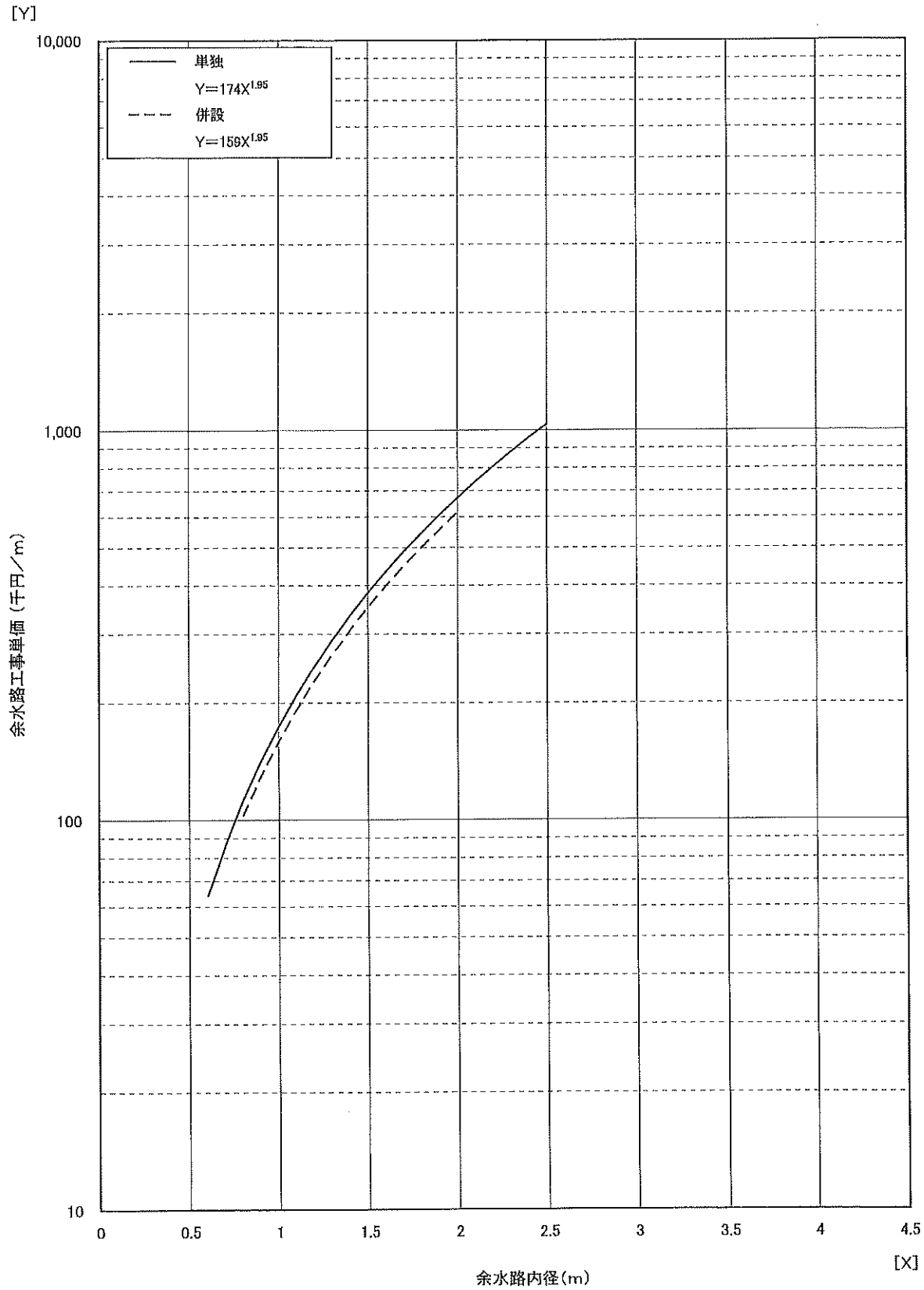
図－1.19　サージタンク工事費


[Y]
5
4
3
2
1
0
余水路内径（m）
i=1/200 (0.5%)
i=1/100 (1.0%)
i=1/50 (2.0%)
i=1/20 (5.0%)
i=1/10 (10%)
i=1/1 (100%)
Y=0.394(X/i 0.500)0.375 (i=平均勾配)
0
10
20
30
40
50
60
通水量(m3/s)
[X]

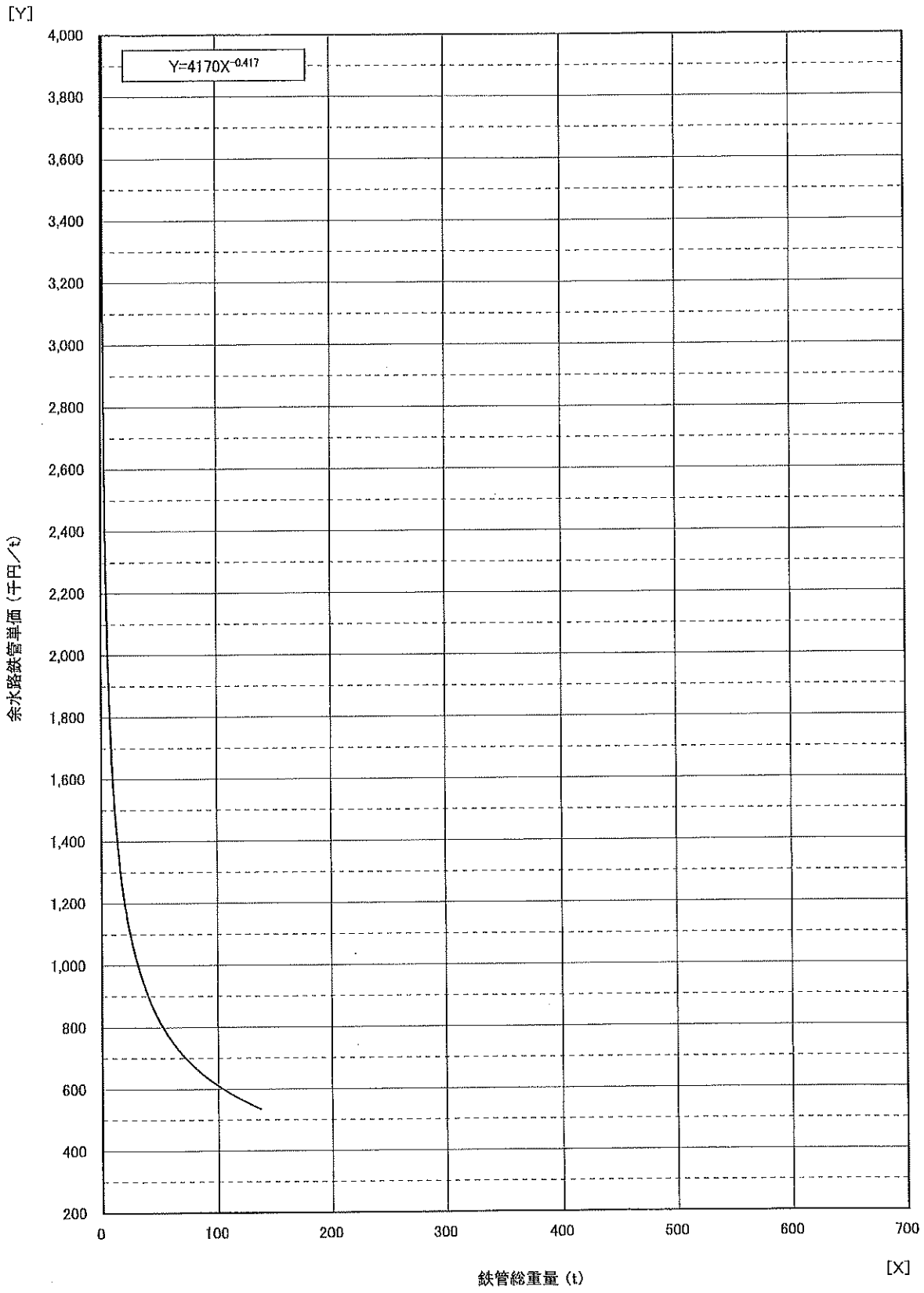
図－1.20　余水路内径



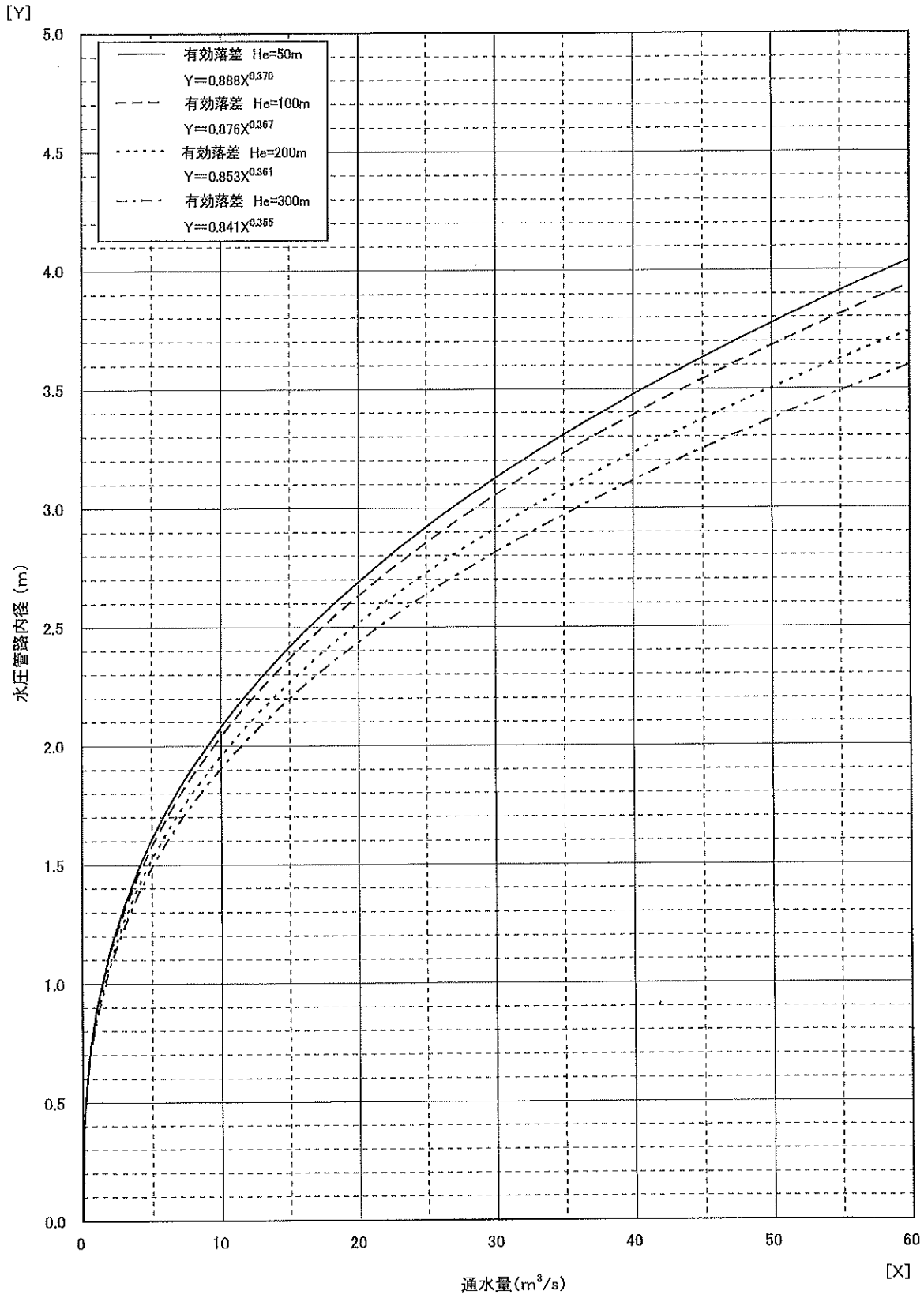
図－1.21　余水路鉄管単位長重量



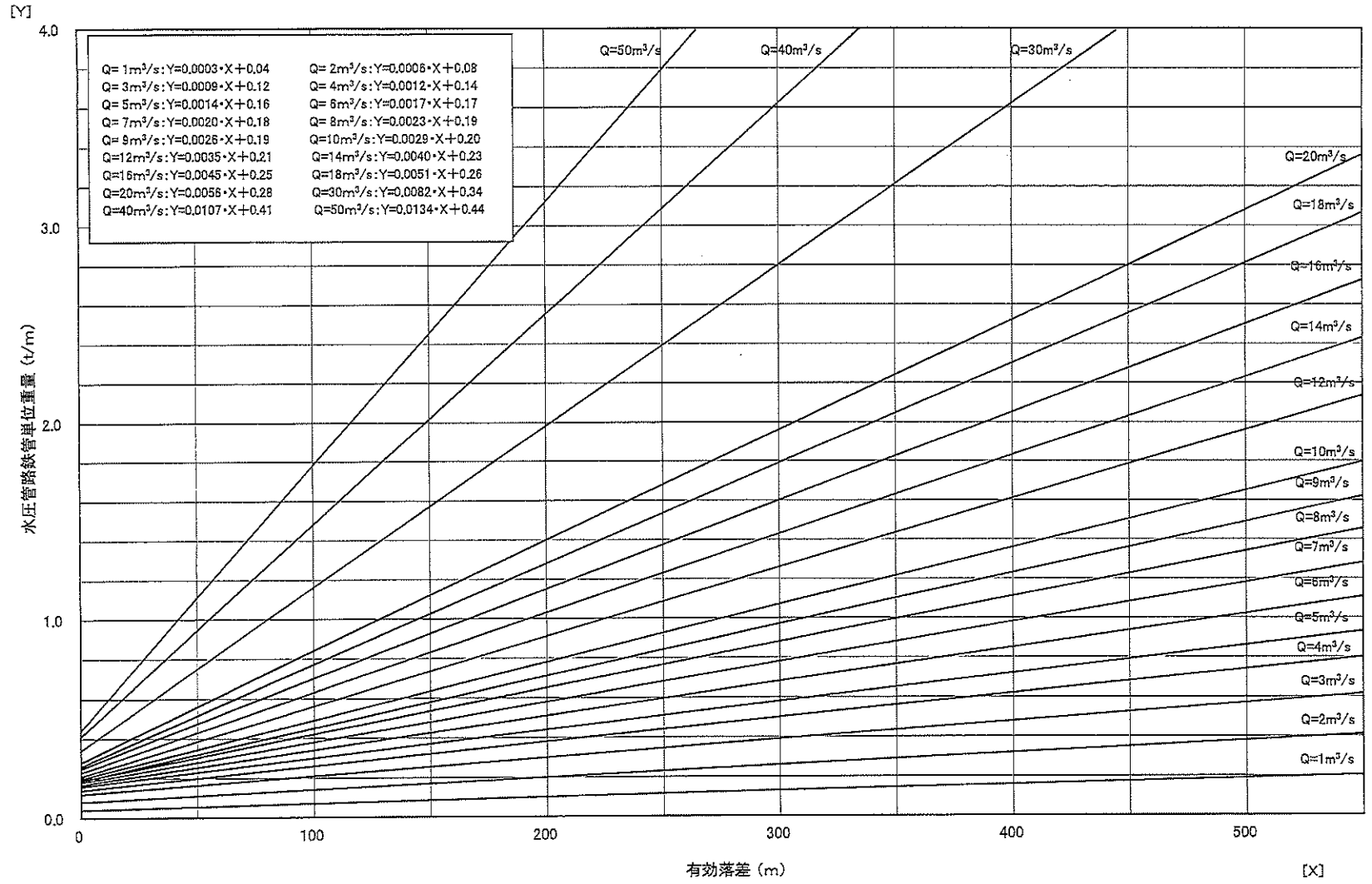
図－1.22　余水路工事単価＜鉄管除く＞



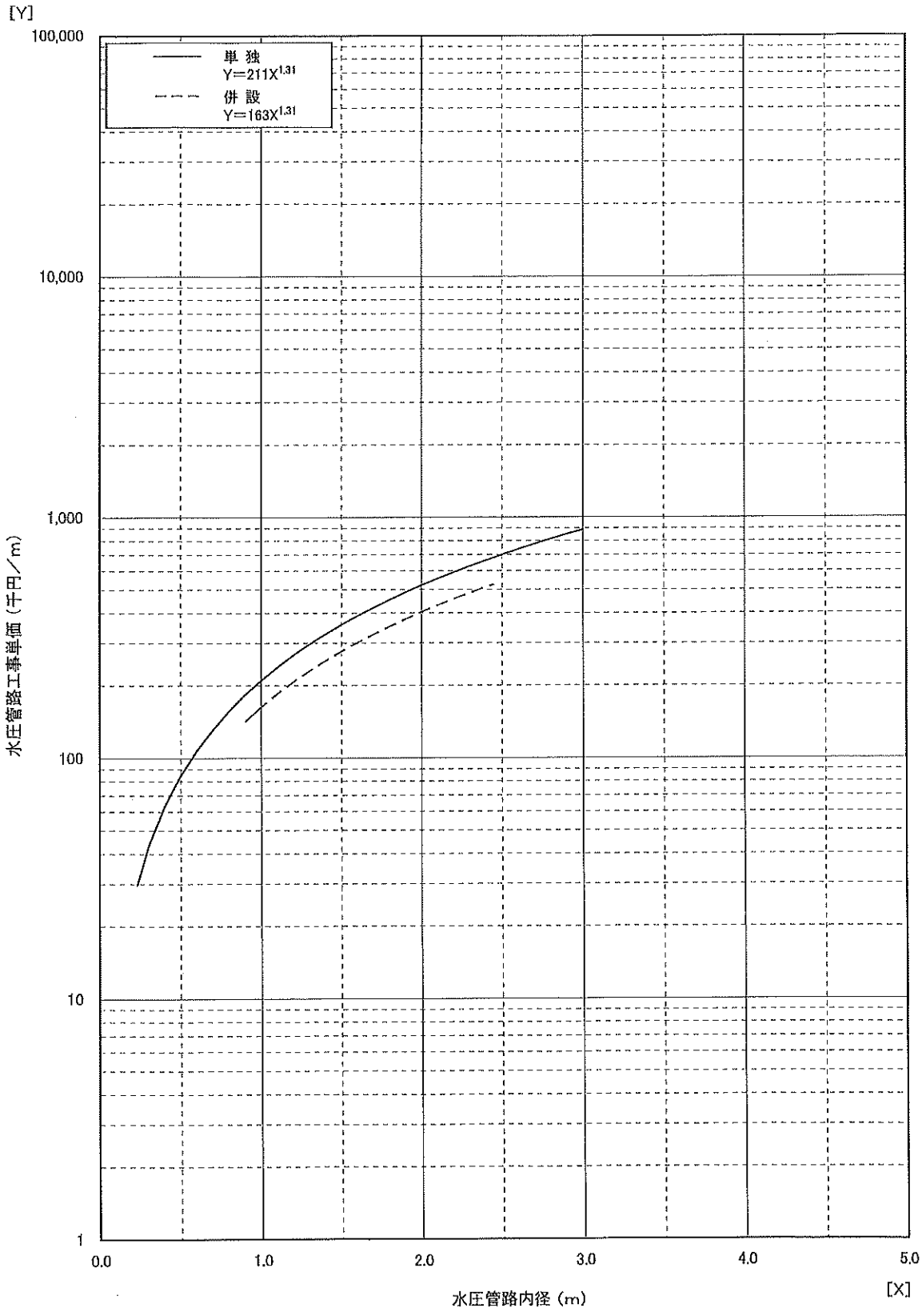
図－1.23　余水路鉄管単価


[Y]
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
水圧管路内径（m）
有効落差 He=50m
Y=0.888X^0.370
有効落差 He=100m
Y=0.876X^0.367
有効落差 He=200m
Y=0.853X^0.361
有効落差 He=300m
Y=0.841X^0.355
0
10
20
30
40
50
60
[X]
通水量(m³/s)

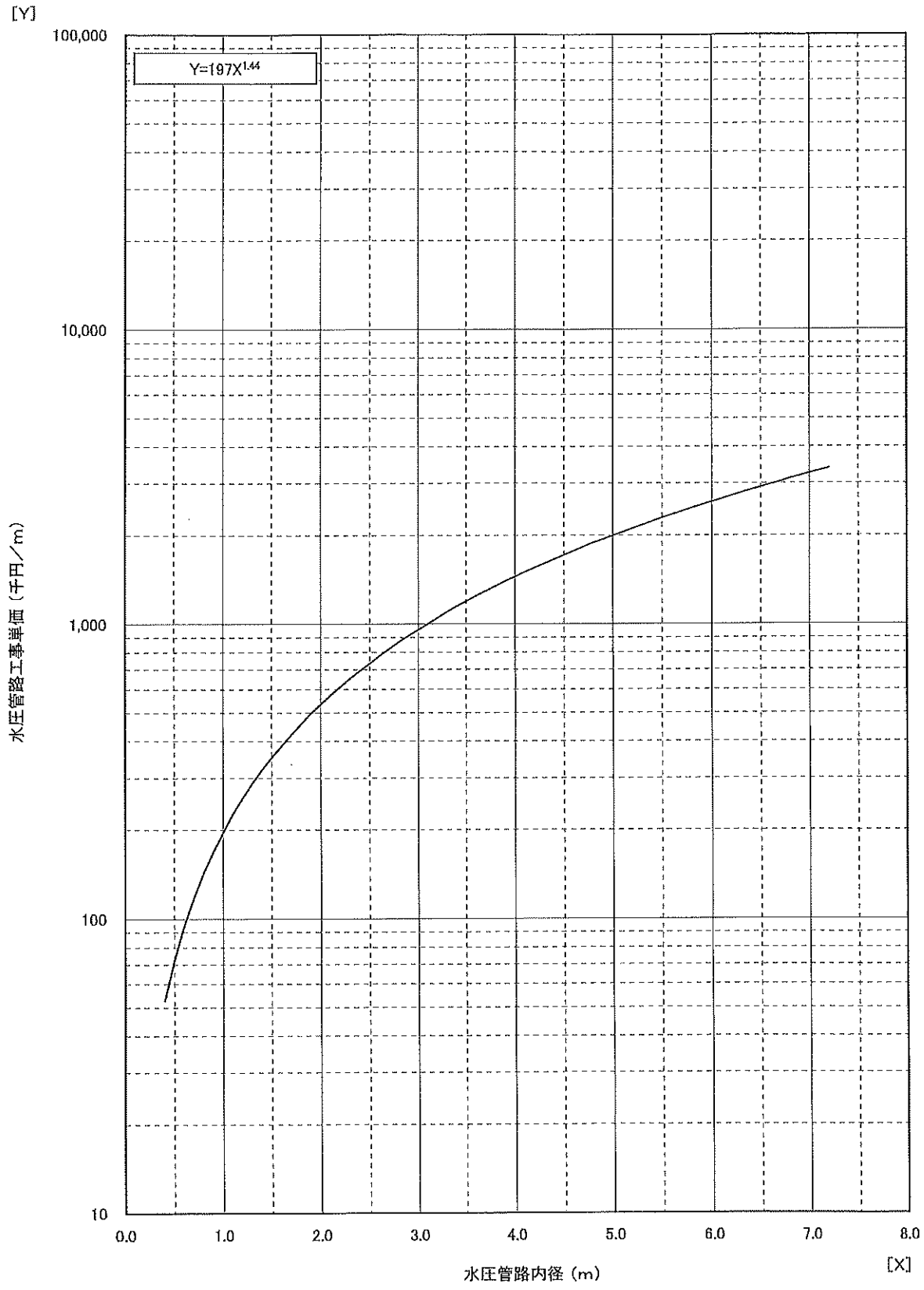
図－1.24　水圧管路内径



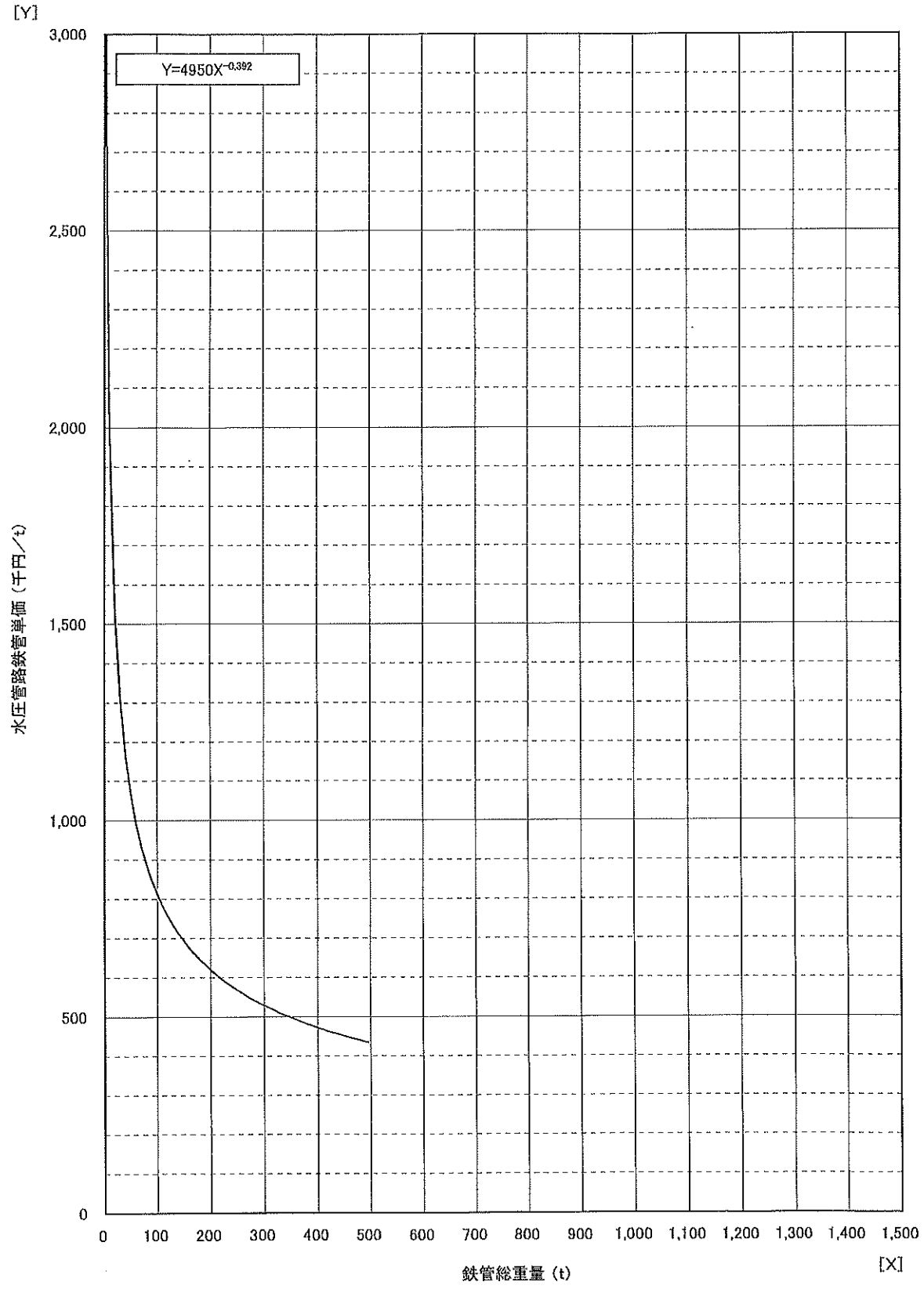
図－1.25　水圧管路鉄管単位長重量



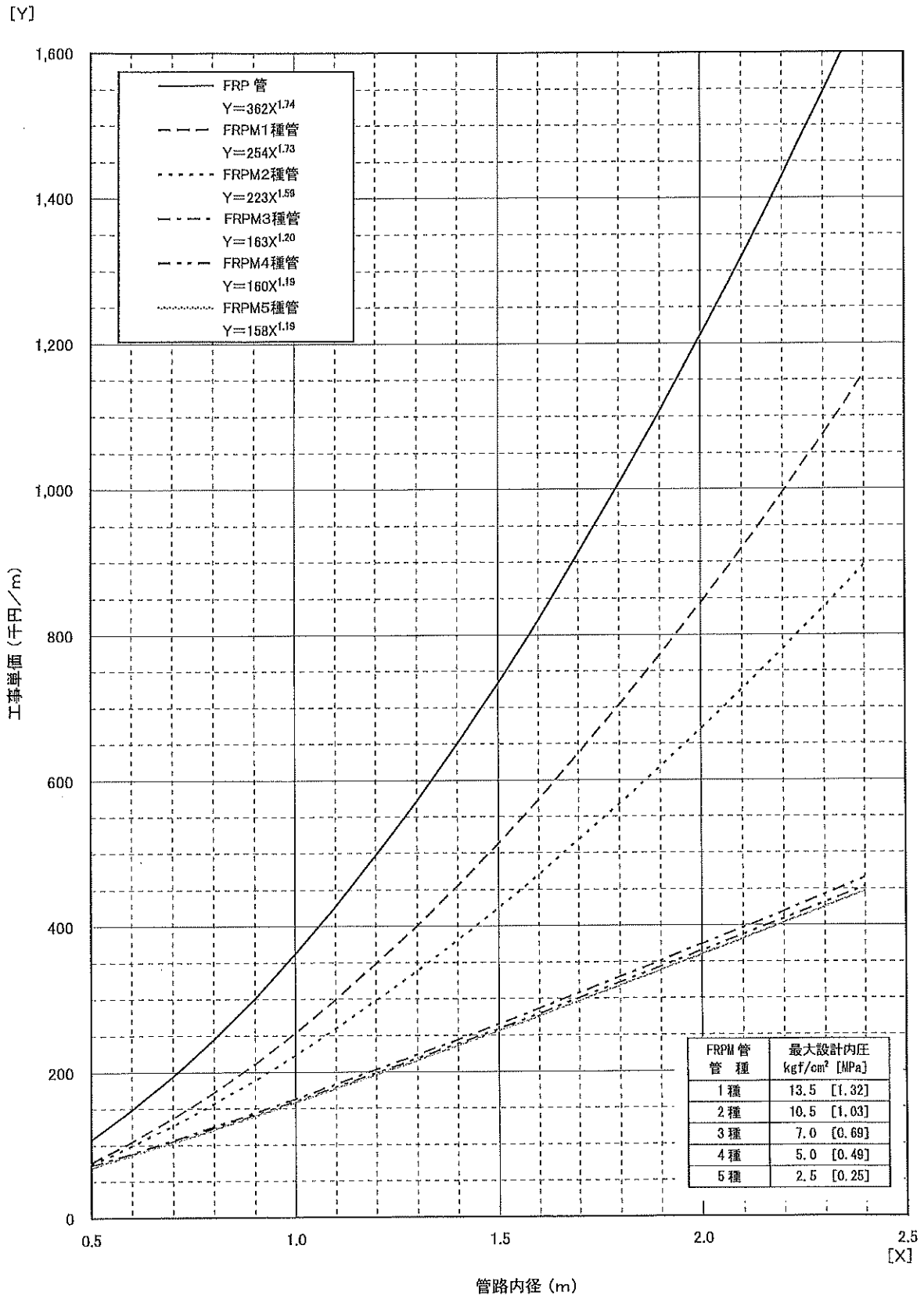
図－1.26　水圧管路工事単価（露出式）＜鉄管除く＞



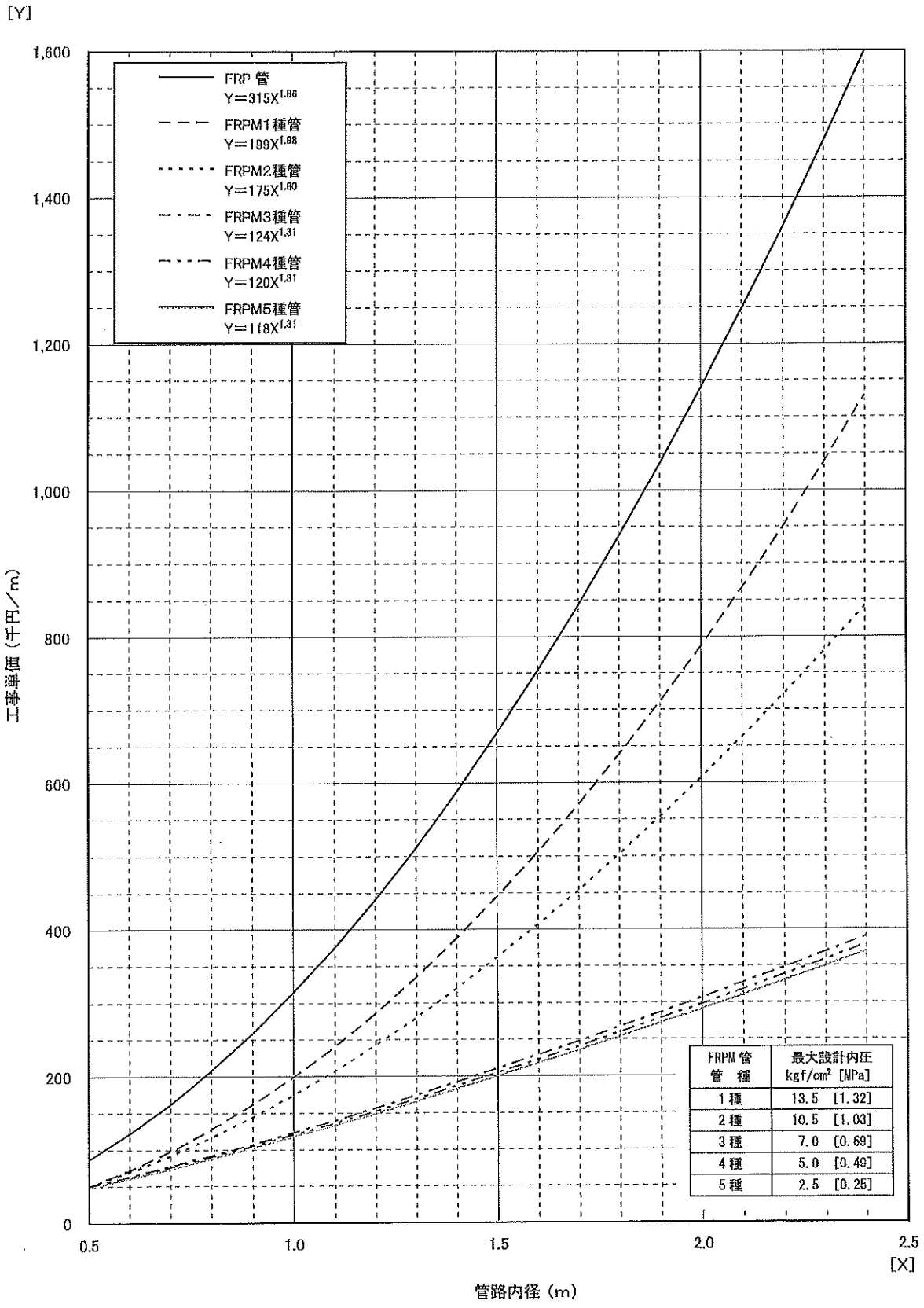
図－1.27　水圧管路工事単価（埋設式）＜鉄管除く＞



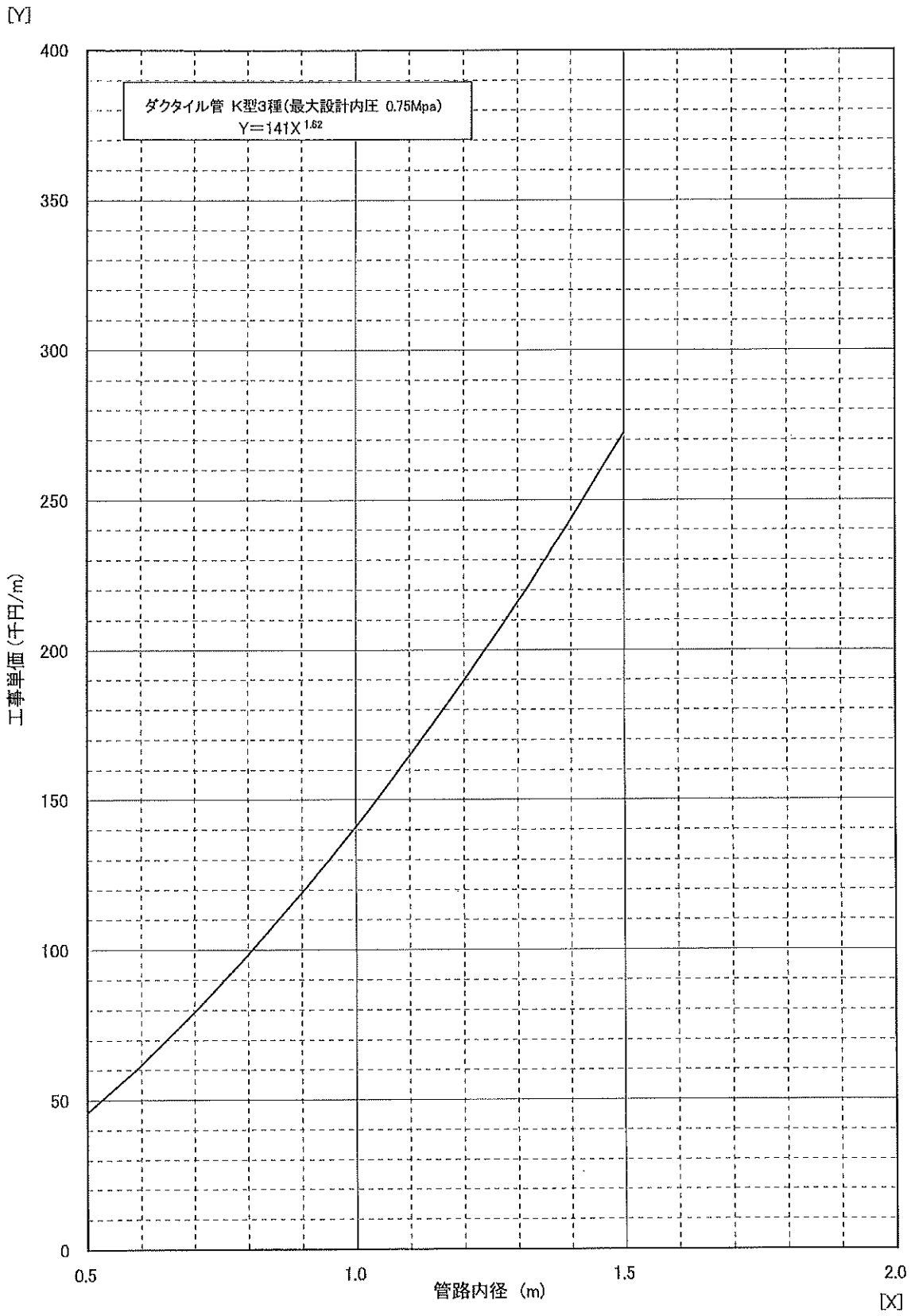
図－1.28　水圧管路鉄管単価



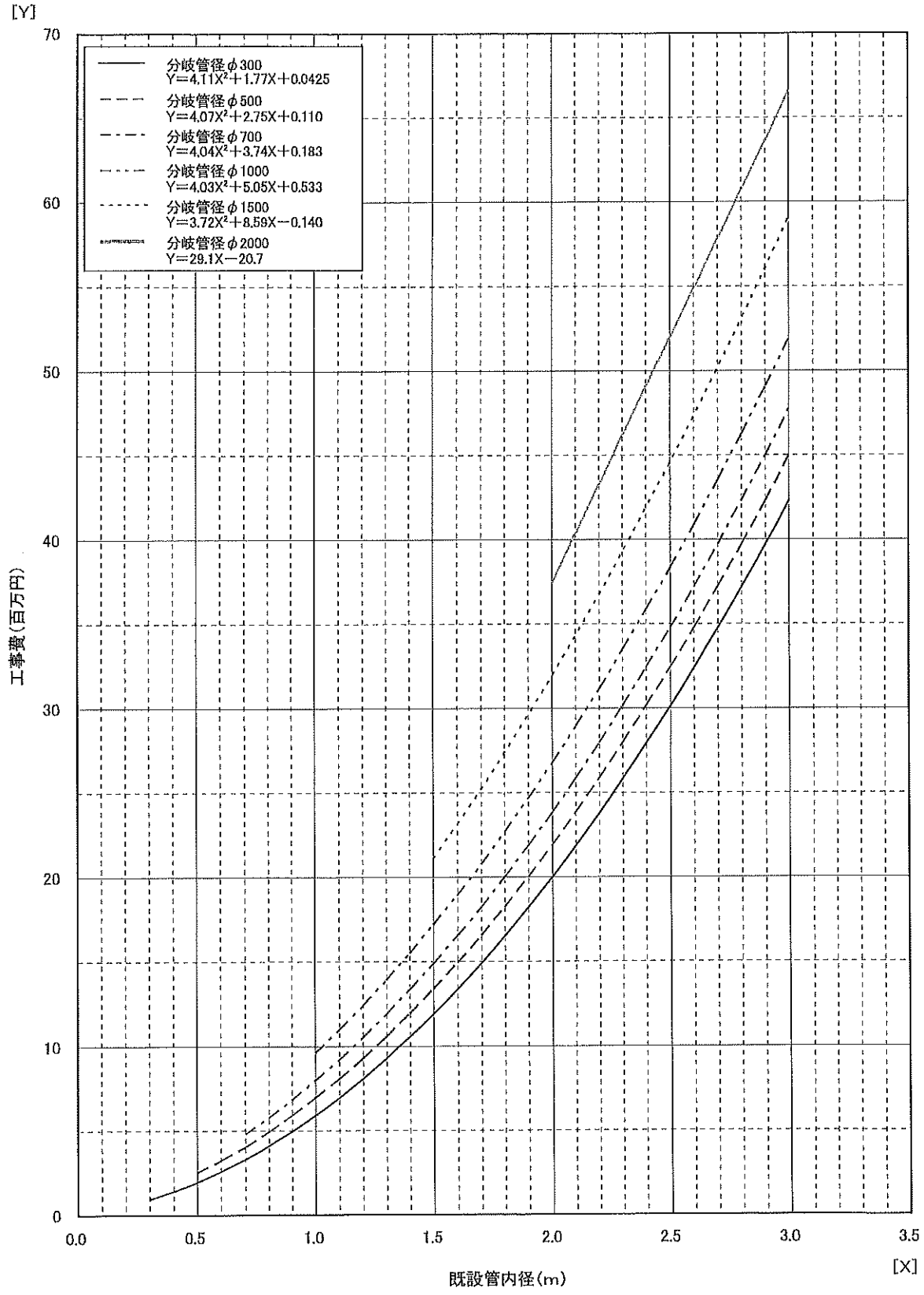
図－2.58　FRP(M)管工事単価（露出式）



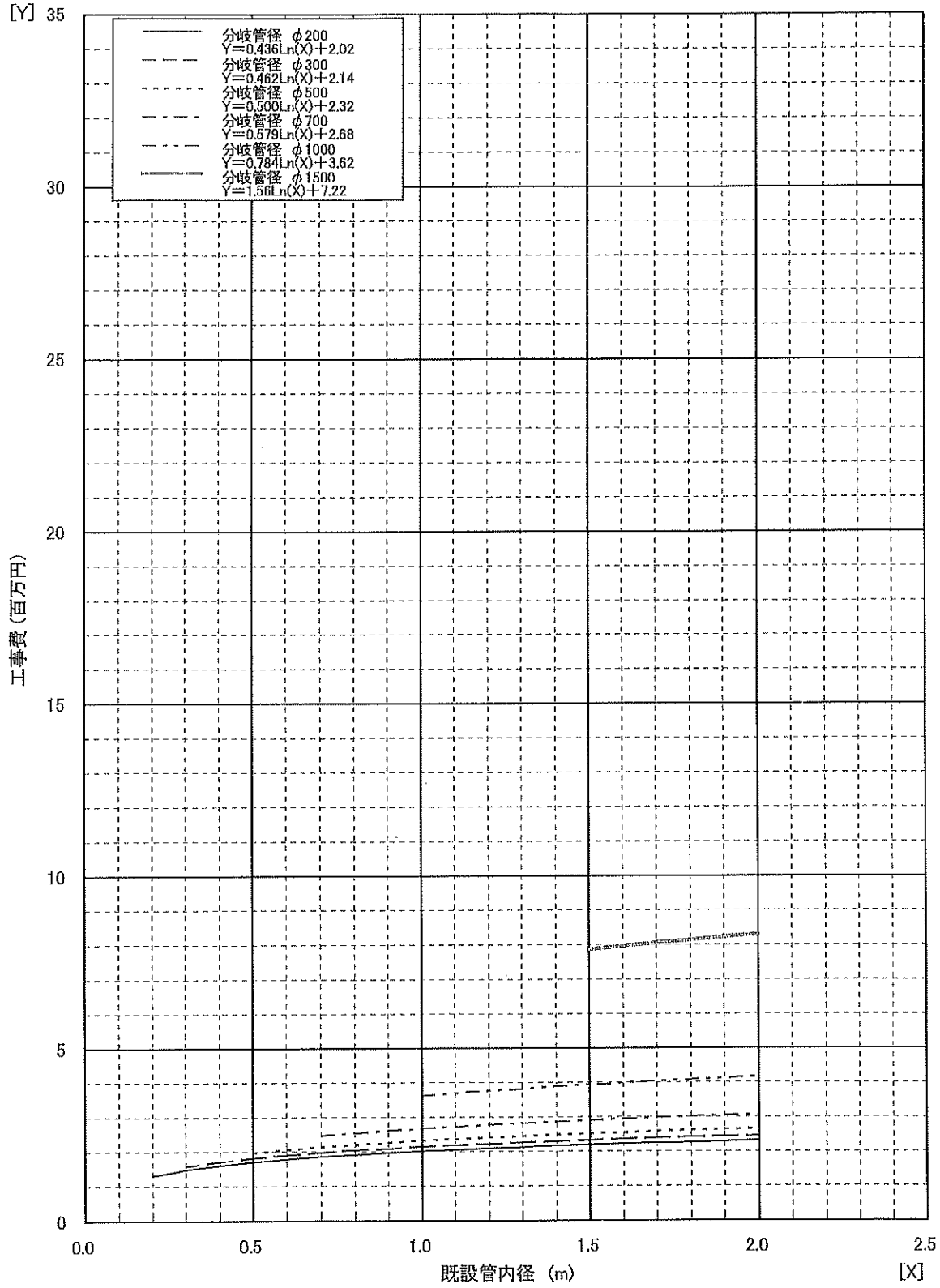
図－2.59　FRP(M)管工事単価（埋設式）



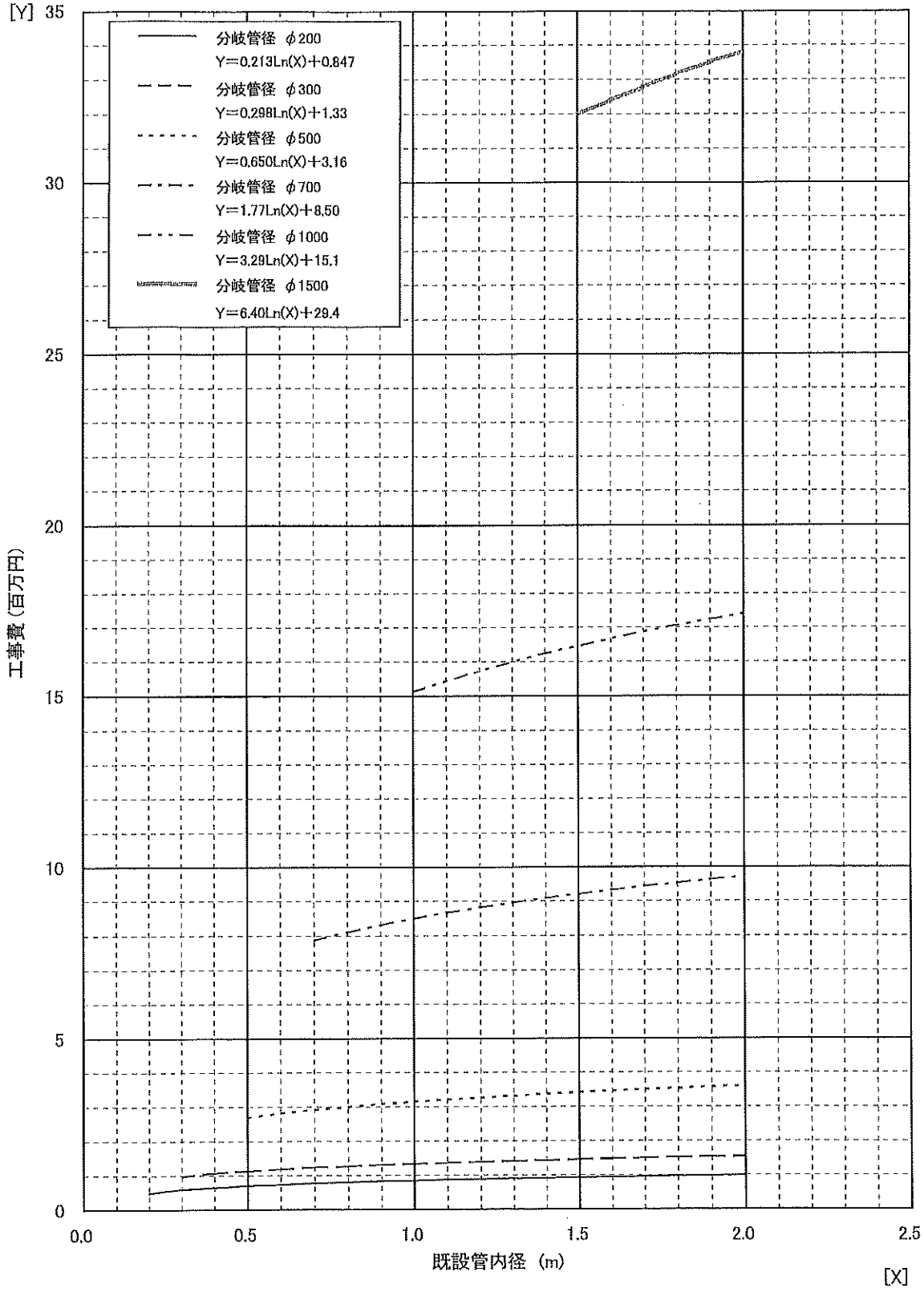
図－2.60　ダクタイル鋳鉄管工事単価（埋設式）


[Y]
70
60
50
40
30
20
10
0
工事費(百万円)
分岐管径φ300
Y=4.11X²+1.77X+0.0425
分岐管径φ500
Y=4.07X²+2.75X+0.110
分岐管径φ700
Y=4.04X²+3.74X+0.183
分岐管径φ1000
Y=4.03X²+5.05X+0.533
分岐管径φ1500
Y=3.72X²+8.59X−0.140
分岐管径φ2000
Y=29.1X−20.7
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
[X]
既設管内径(m)

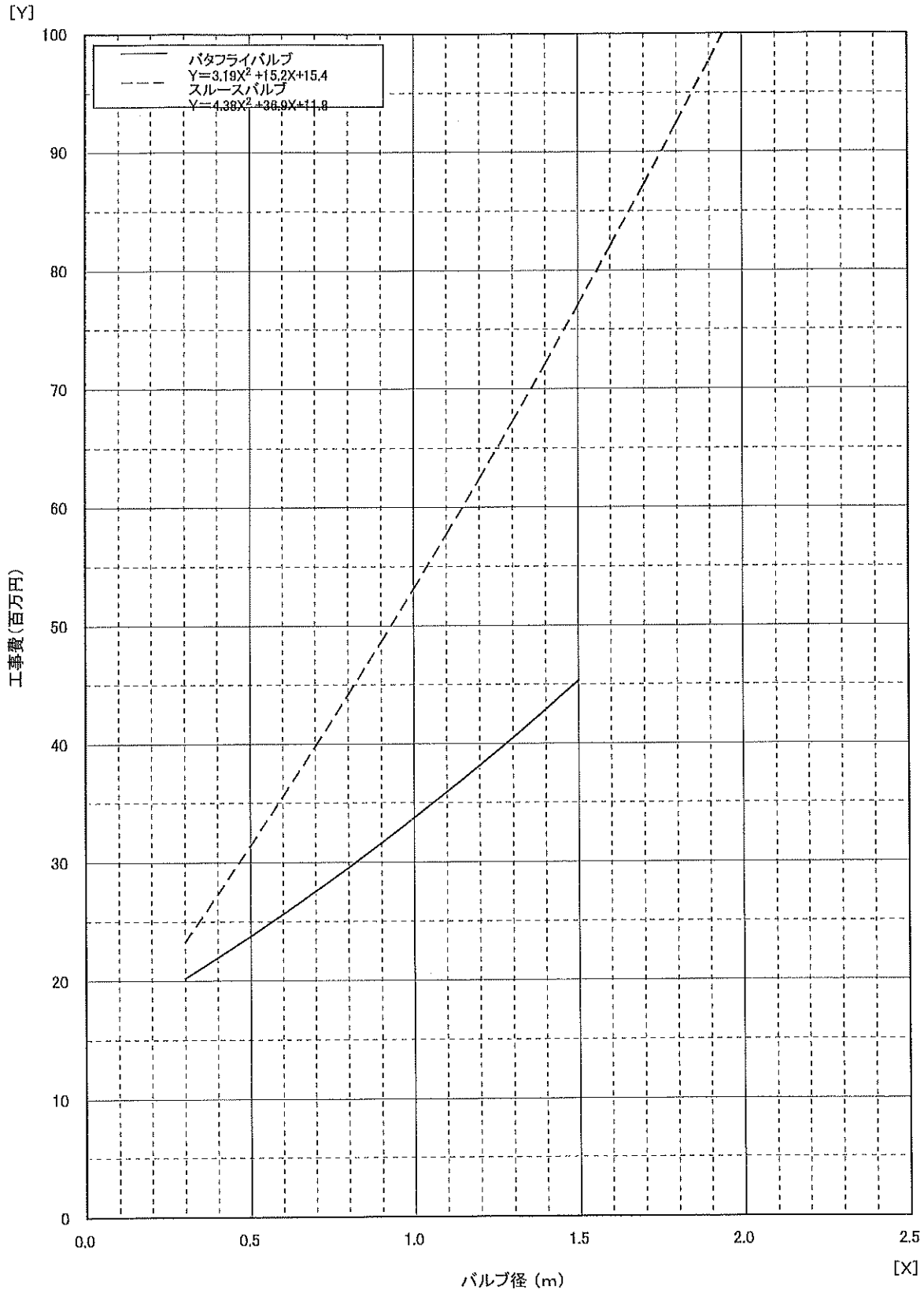
図−1.29　分岐管工事費



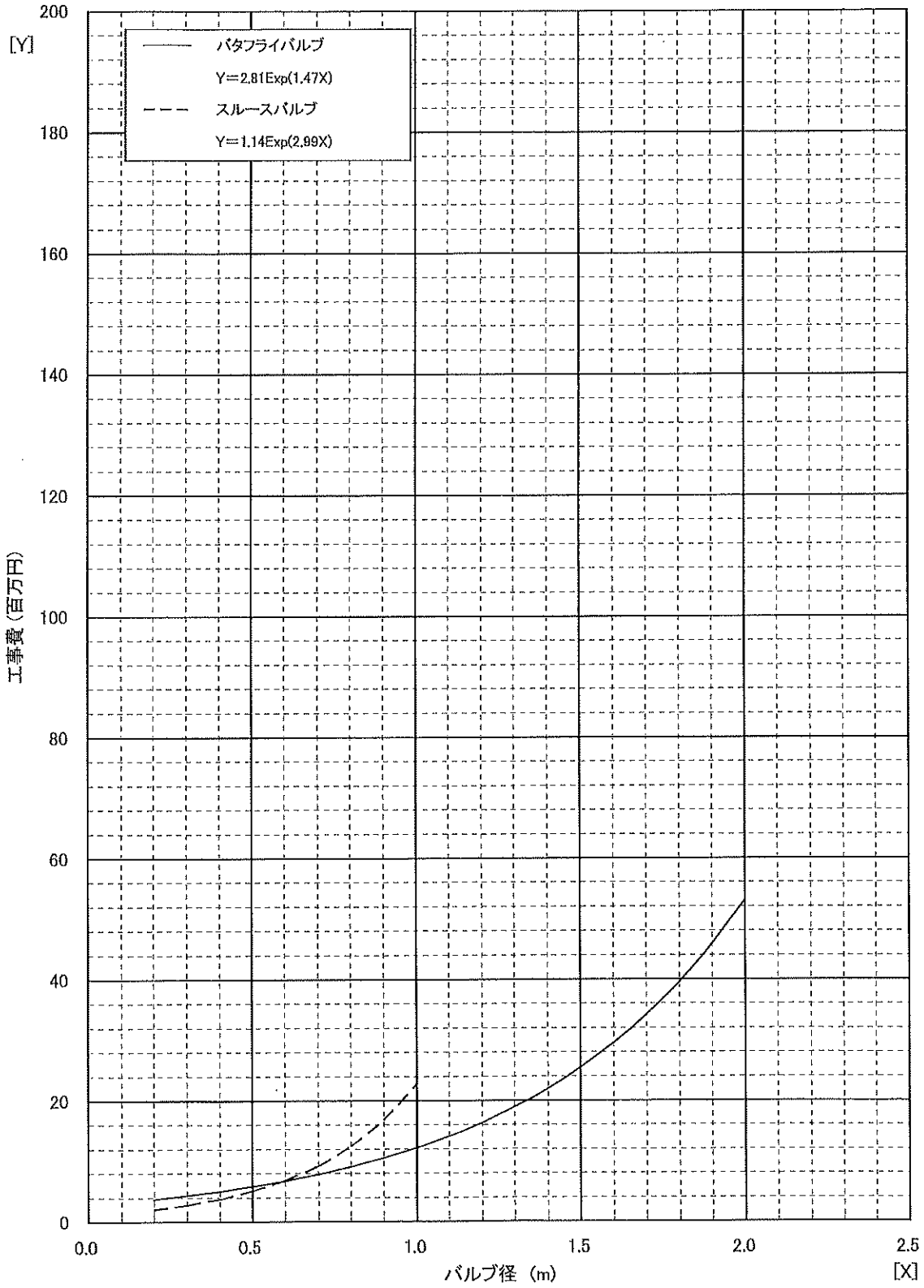
図－1.30　水道等パイプライン分岐管（通常工法）工事費



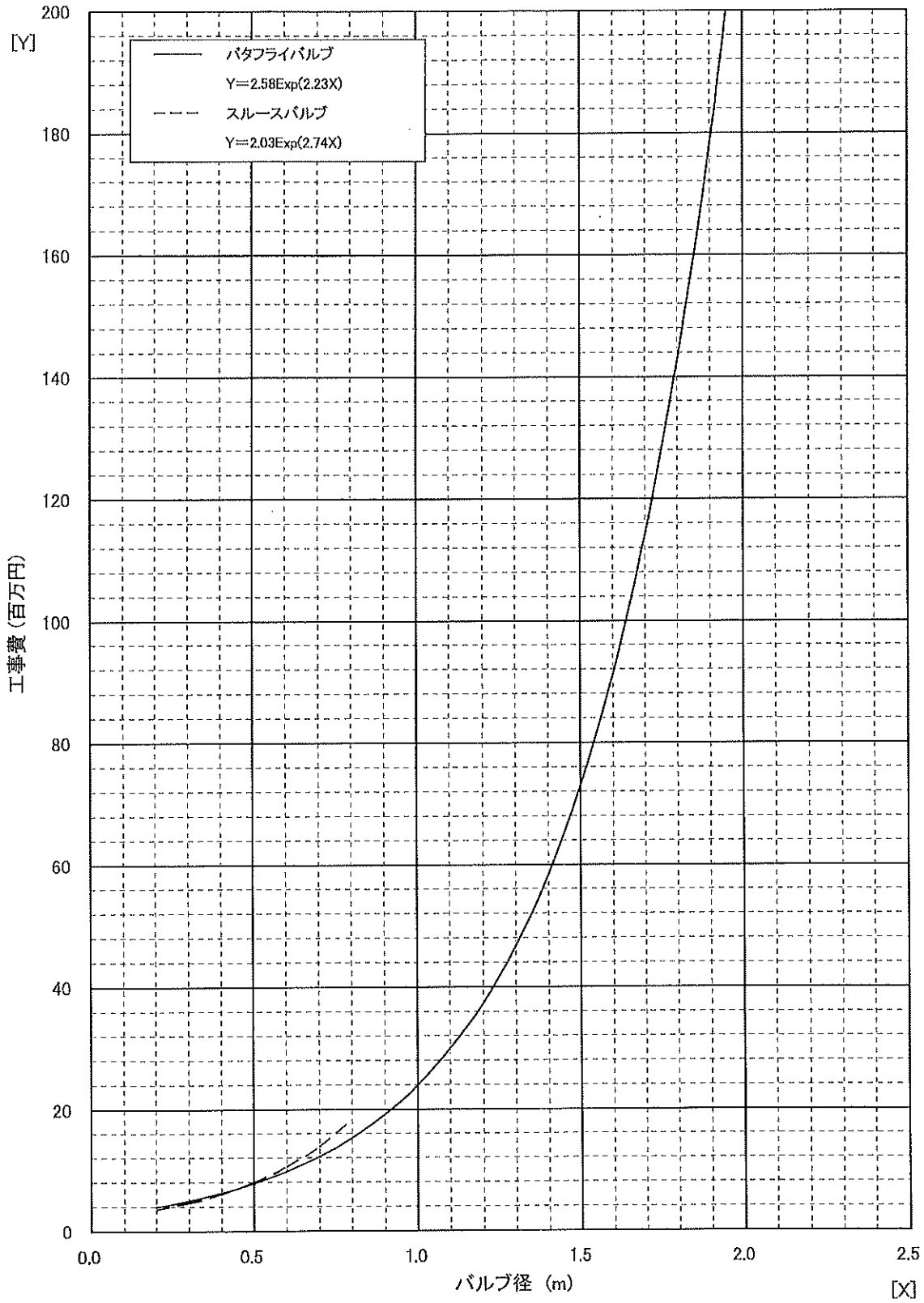
図－1.31　水道等パイプライン分岐管（不断水工法）工事費



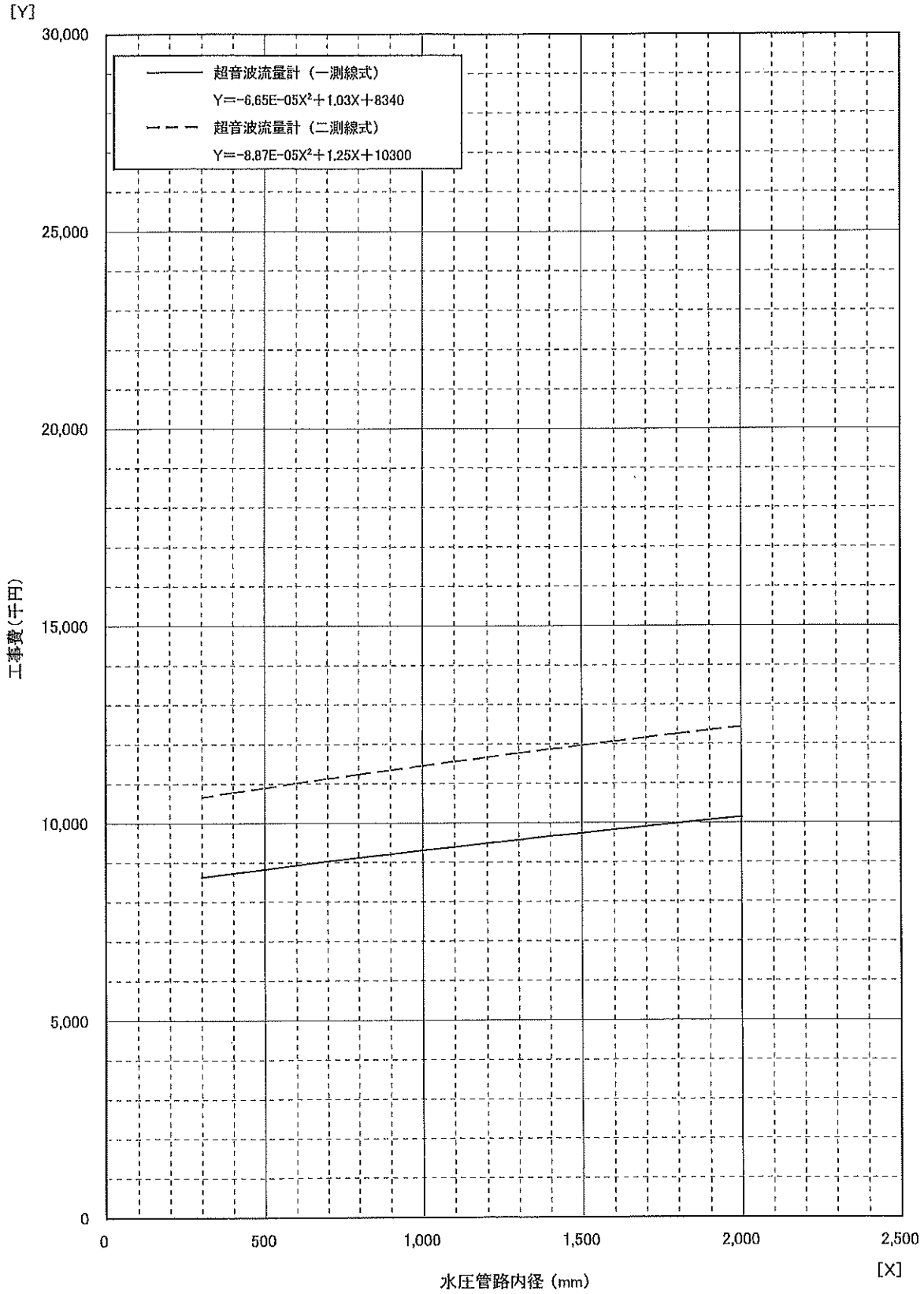
図－1.32　バルブ工事費（バルブ室を含む）



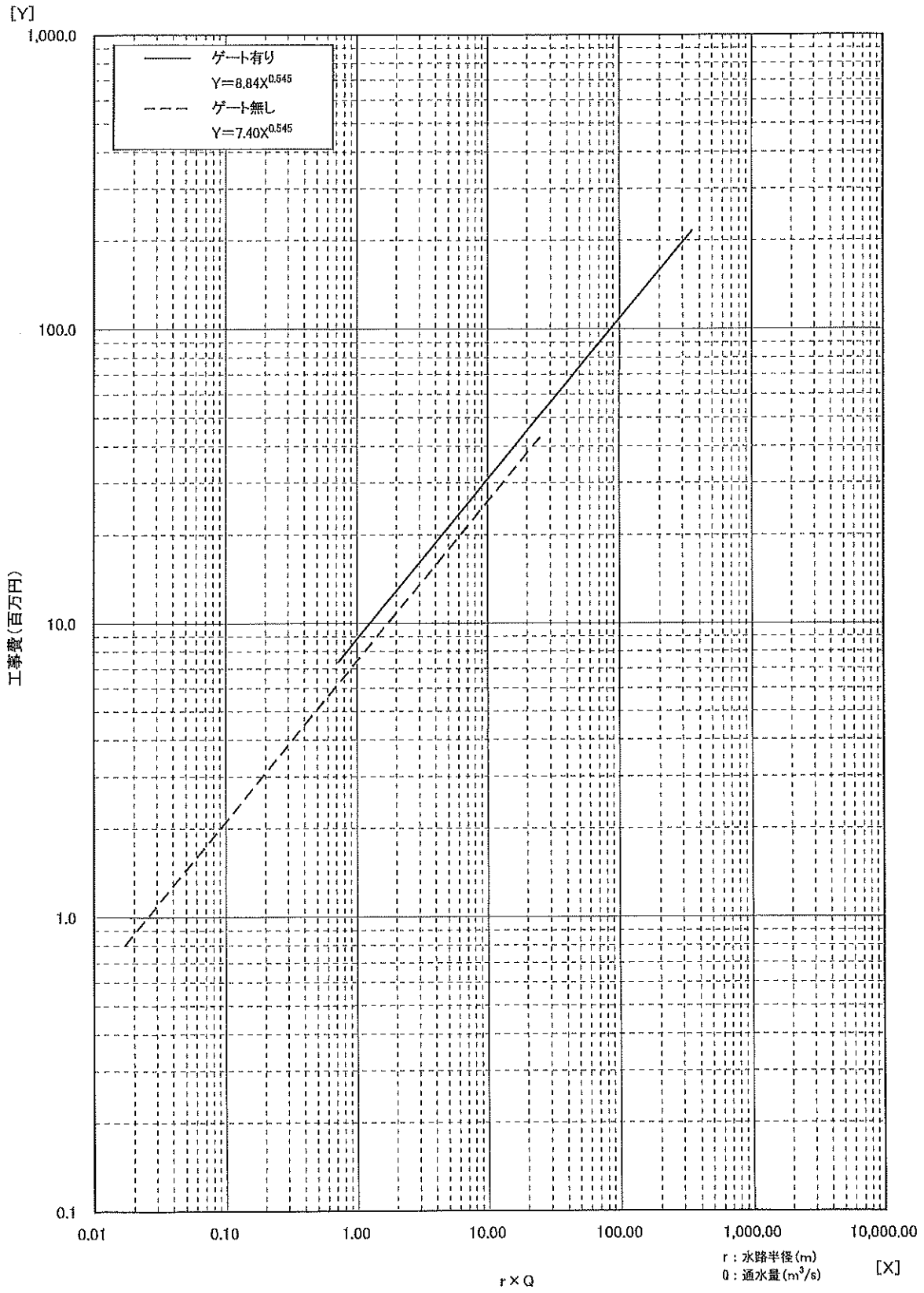
図－1.33　水道等パイプラインバルブ設置（通常工法）工事費



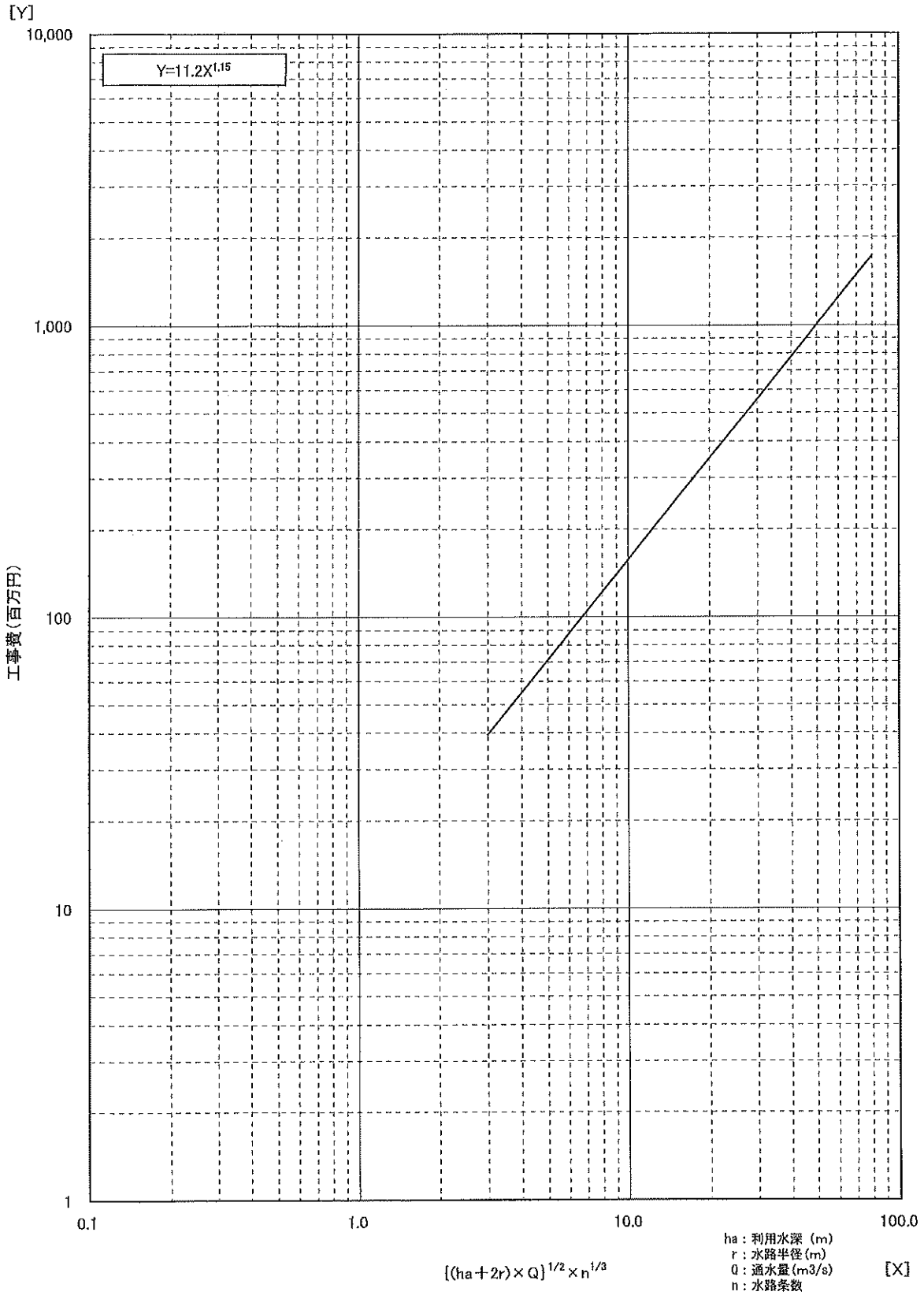
図－1.34　水道等パイプラインバルブ設置（不断水工法）工事費



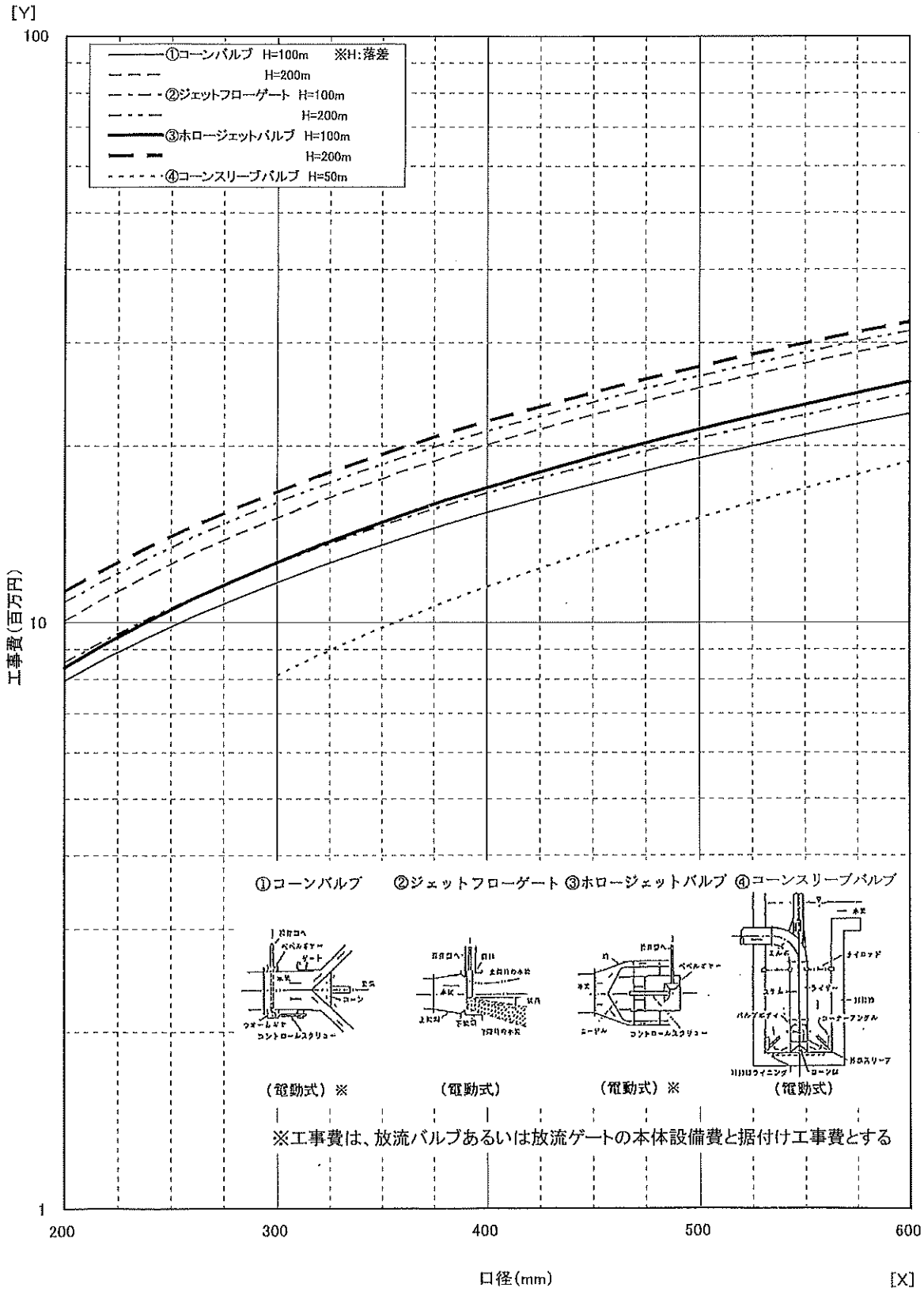
図－1.35　流量計工事費（流量計室を含む）

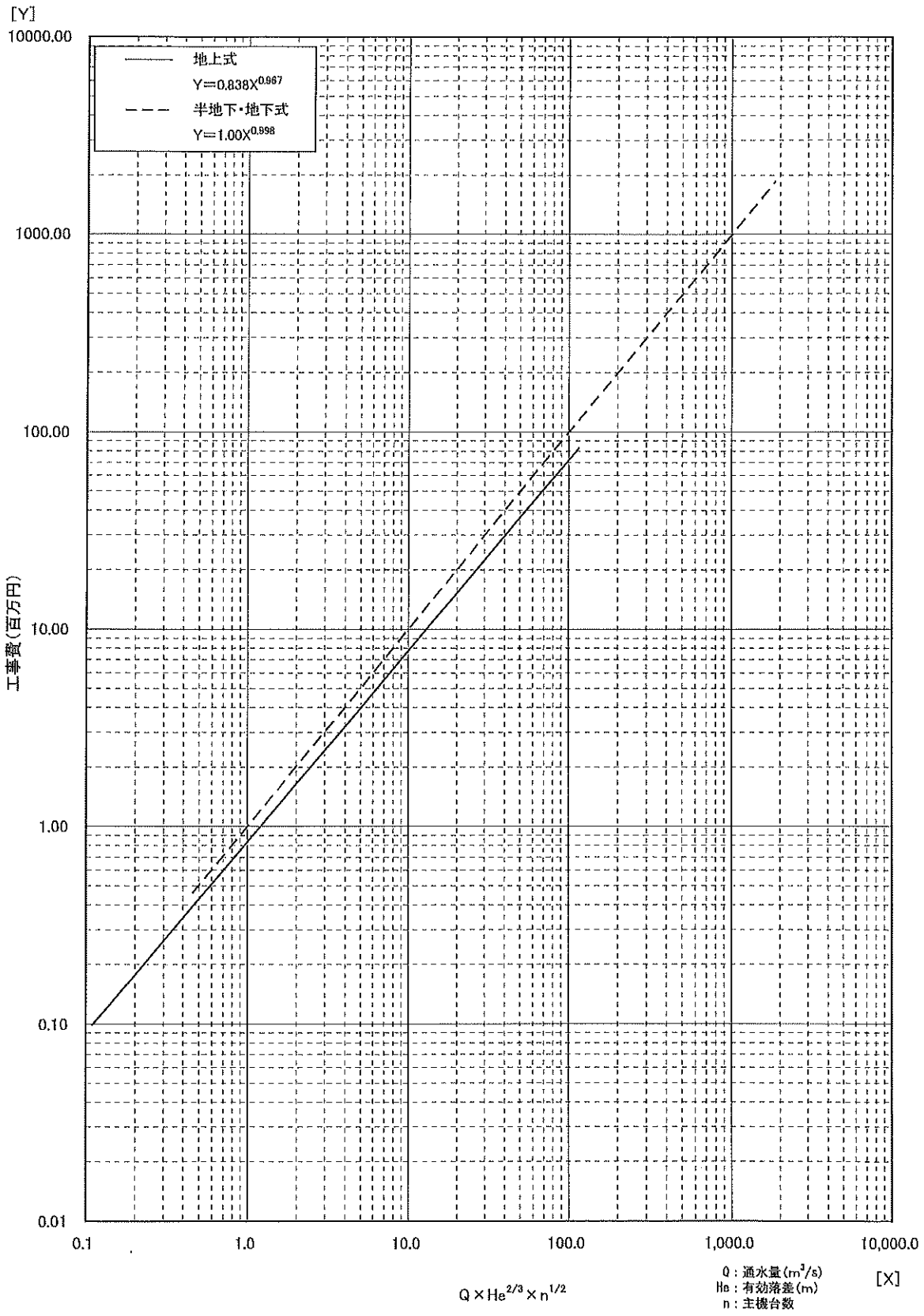


図－1.36　放水口工事費（無圧式）

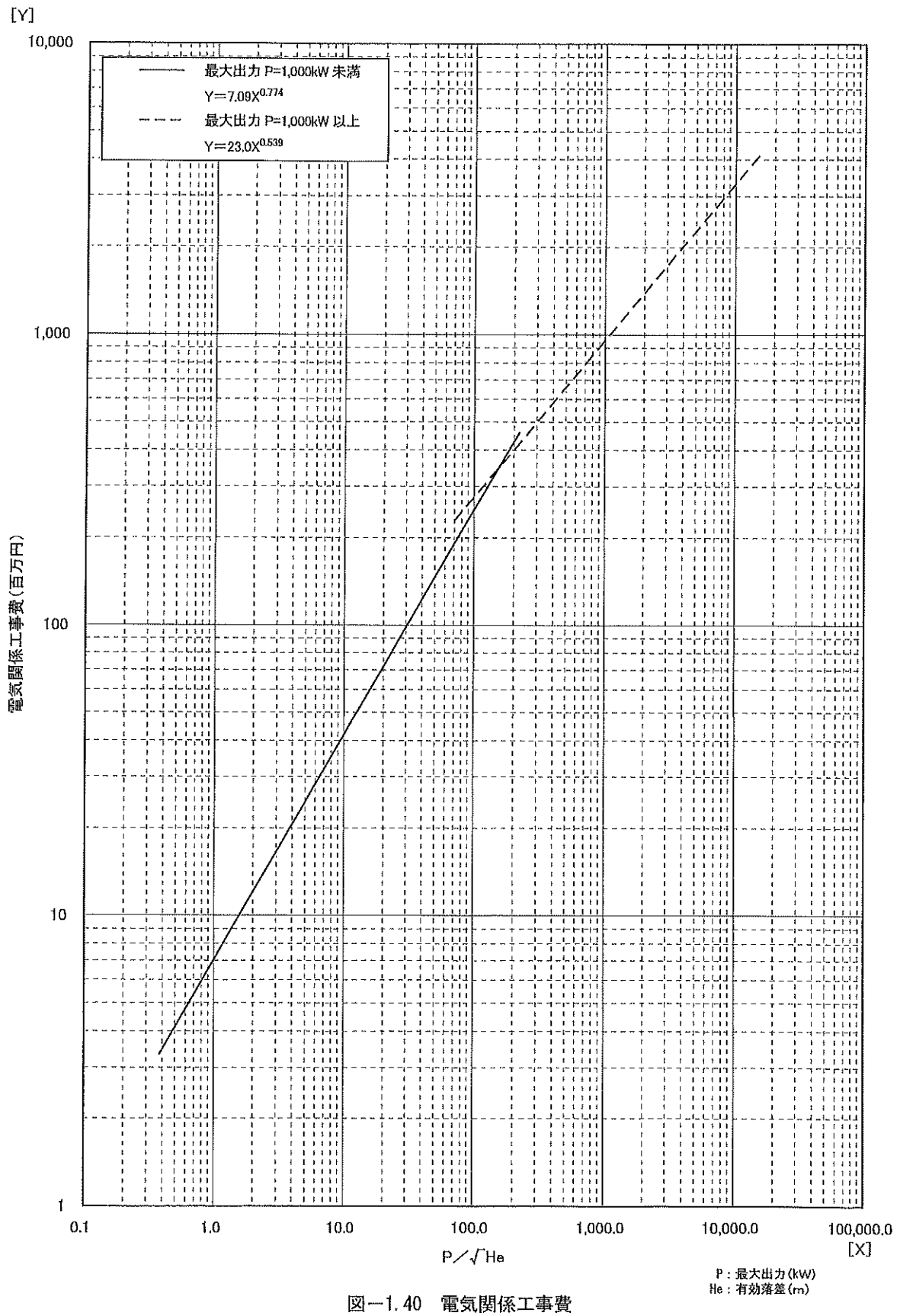


図－1.37　放水口工事費（圧力式）


[Y]
100
10
1
工事費(百万円)
①コーンバルブ H=100m ※H:落差
H=200m
②ジェットフローゲート H=100m
H=200m
③ホロージェットバルブ H=100m
H=200m
④コーンスリーブバルブ H=50m
200
300
400
500
600
口径(mm)
[X]
①コーンバルブ
②ジェットフローゲート
③ホロージェットバルブ
④コーンスリーブバルブ
(電動式) ※
(電動式)
(電動式) ※
(電動式)
※工事費は、放流バルブあるいは放流ゲートの本体設備費と据付け工事費とする



図－1.39　機械装置基礎工事費

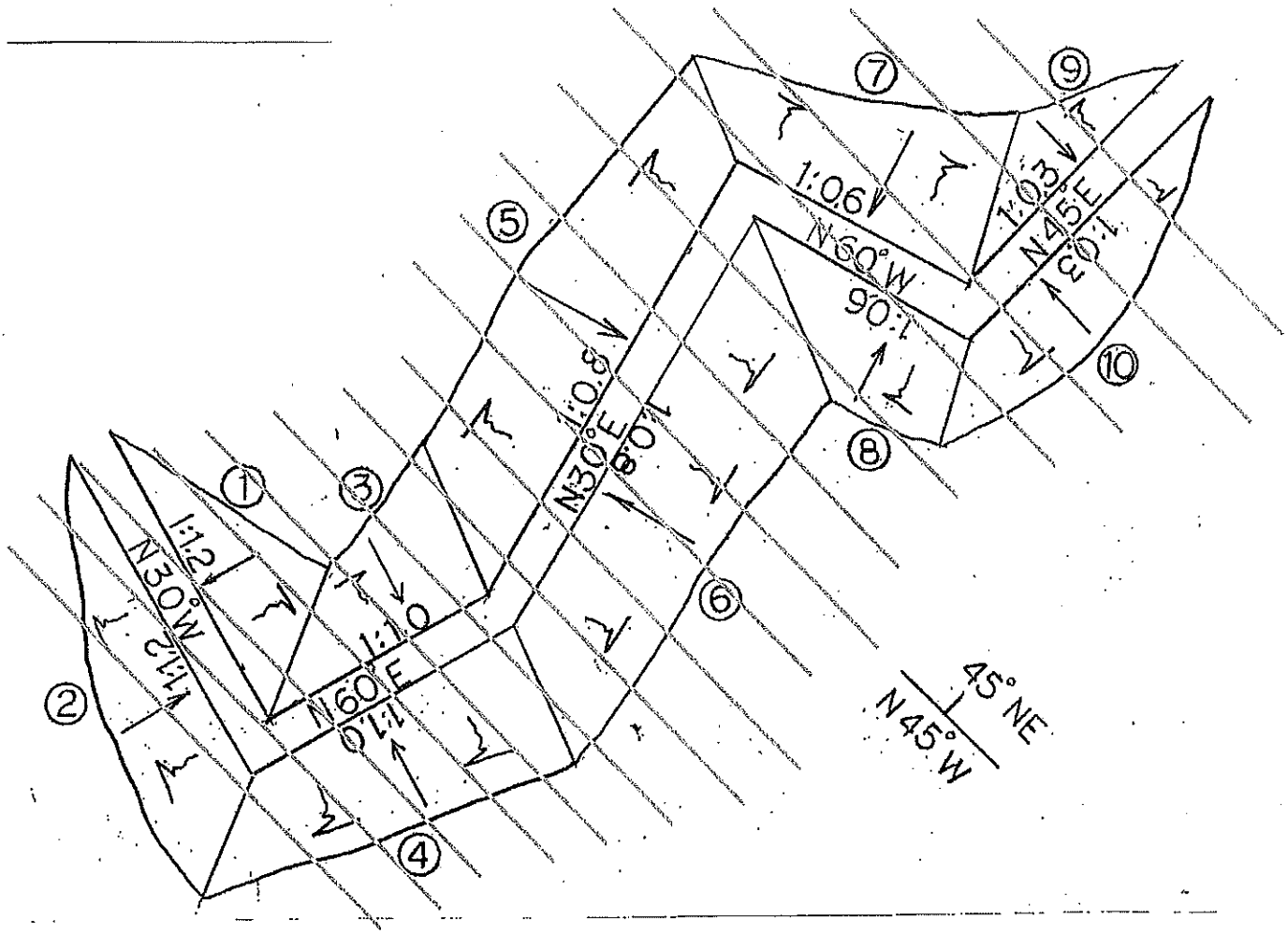


図―1.40　電気関係工事費

演習　流れ盤すべりの判定

20181212

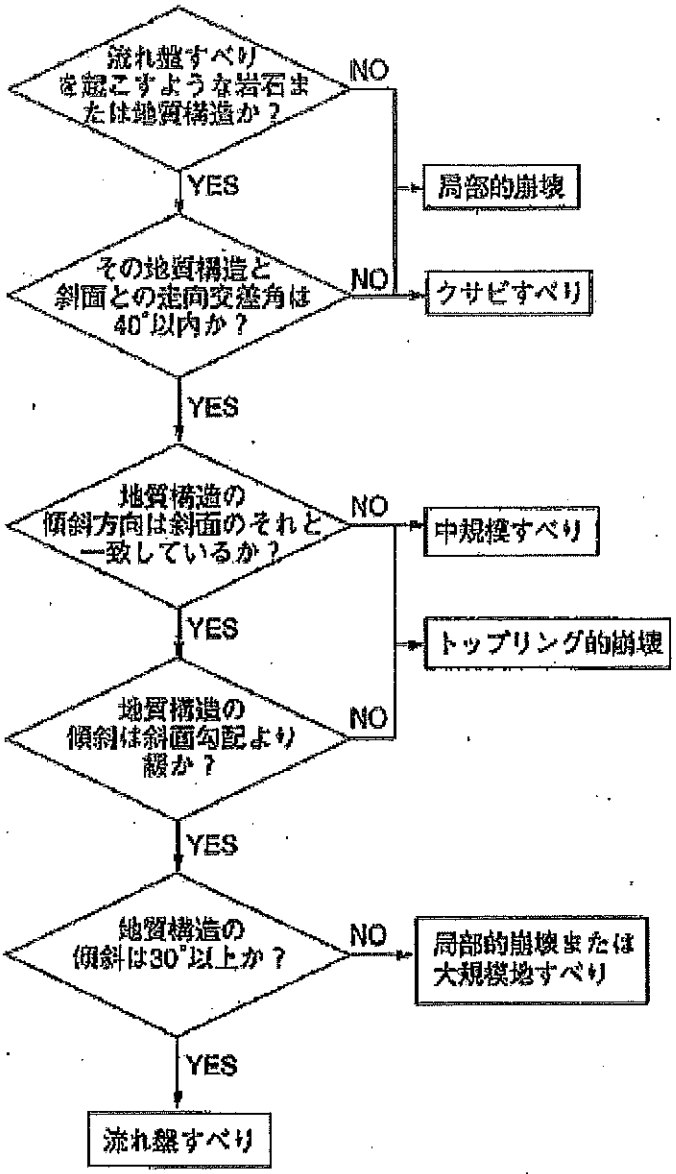
下図のような走向・傾斜の片理面を有する結晶片岩の分布地域に、屈曲する道路を施工するため、10 面の法面が計画されている。流れ盤すべり判定フローに従って、各法面で考えられる崩壊（流れ盤すべり）を判定せよ。



チェック項目	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
流れ盤すべりを起こすような岩石か？										
その地質構造と法面との交差角は 40° 以内か？										
地質構造の傾斜方向は法面のそれと一致しているか？										
地質構造の傾斜は法面勾配より緩か？										
地質構造の傾斜は 30° 以上か？										
考えられる崩壊形態 （流れ盤すべり、ﾄｯﾌﾟﾘﾝｸﾞのみ記入）										

YES：○　NO：×

番号＿＿＿＿＿＿＿＿氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿



流れ盤すべり判定フロー

平成３０年度　水力発電人材育成研修会
専門コース（設計）

演 習 用 テ キ ス ト

一般財団法人　新エネルギー財団
一般社団法人　電力土木技術協会

水力発電計画に係る復習

平成30年度
水力発電人材育成研修
専門コース（設計）

1

1．計画と設計の関わり（P3-1）

設計段階	地形図	検討内容
可能性調査 （規模選定） （発電計画Ⅱ）	1/50,000～1/25,000	• 多数の発電計画を策定し、有望地点を抽出（経済性の相対比較）。 • 概略の発電諸元、概略の水路ルートを検討
概略設計 （発電計画Ⅰ）	1/5,000程度	• 発電諸元及び水路ルートの検討 • 測量範囲の設定 • 地質調査範囲の設定
基本設計	1/500程度 （実測図）	• 主要構造物の設計 • 概略設計の妥当性の検証 • 関係者との合意形成 • 関係機関との事前協議
実施設計	1/500～1/200程度 （実測図）	• 構造物・機器類の設計 • 官庁手続き • 工事の発注 • 電気関係設備の発注
詳細設計 （細部設計）		• 電気関係の機器が決定したことで追加して必要となる細部の設計　等

2

2. 計画検討手順

①取水地点、導水路ルート、水槽、水圧管路ルート、発電所地点および放水路ルートの選定

②取水地点の流域面積の計測

③取水地点の流況表と流況図の作成

④最大使用水量の検討

⑤有効落差の算出

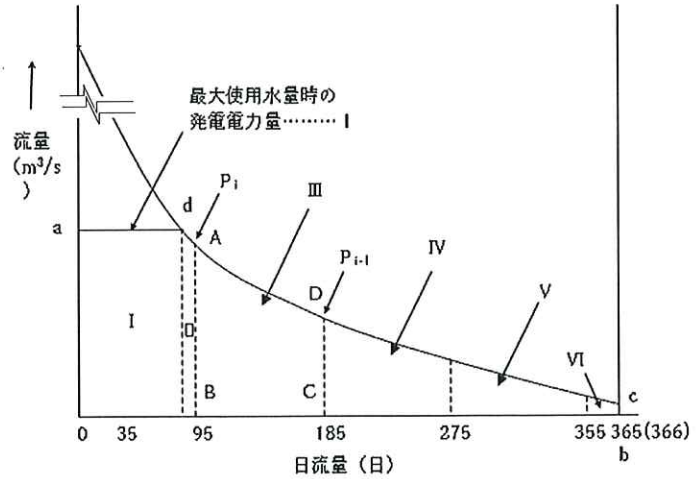
⑥最大出力、年間可能発電電力量の算定

⑦工事費の積算

⑧経済性の検討（kWh当たり建設単価）

3

3. 使用水量



・最大使用水量＝最大出力時の使用水量 ⇒ **発電設備の規模を決定する**

・常時使用水量＝渇水量（**355日流量**）

4

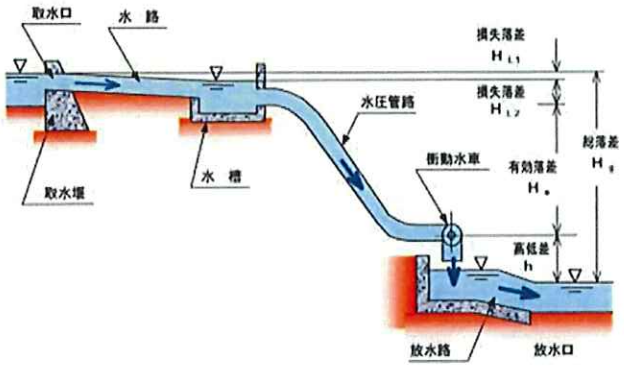
4. 落差関係

・総落差　＝ 取水位－放水位

・有効落差

最大使用水量時：総落差－最大使用水量時損失落差

常時使用水量時：(水槽水位－放水位)－常時使用水量時損失落差



ﾃｷｽﾄP2-1　図2-1-1　衝動水車(例)

5. 出力 (P3-49)

(1) 理論水力＝9.8・Q・H(kW)

理論最大水力(kW)：P_{emax}＝ $9.8 \times Q_{max} \times H_{emax}$

理論常時水力(kW)：P_{ef} ＝ $9.8 \times Q_f \times H_{ef}$

(2) 出力

最大出力 (kW)

P_{max}＝理論最大水力×水車・発電機合成効率

常時出力 (kW)

P_f ＝理論常時水力×水車・発電機合成効率

6. 発電電力量 (P3-52)

(1) 発電電力量

Σ[出力 P(kW) × 発電時間(h)]

(2) 年間可能発電電力量(計画レベル)

E = 24時間 × 365日 × α × β

α : 流量設備利用率

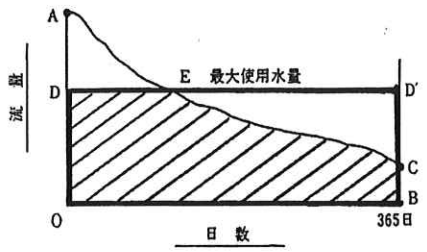
β : 効率低下を考慮した係数(0.90～0.95)

7

7. 流量設備利用率と設備利用率 (P3-48)

$$\text{流量設備利用率} = \frac{\text{面積DOBCE}}{\text{面積DOBD'}} = \frac{\text{面積DOBCE}(m^3/s-day)}{DO \times 365(m^3/s-day)}$$

単位 : m^3/s-day



$$\text{設備利用率}(\%) = \frac{\text{年間可能発電電力量(kWh)}}{\text{最大出力} \times 365\text{日} \times 24\text{時間}}$$

8. 工事費削減、維持管理への考慮

工事費削減

(1) 余水路省略
(2) 水圧管路における材料の使い分け
- FRPM管（第1種～5種）　・鋳鉄管
- 配管用アーク溶接炭素鋼管（STPY400）
- その他

維持管理への配慮

(1) 流水の状況に適した構造物の設計
(2) 土砂流入対策、効率的な除塵等
(3) 点検スペース、重量物の取扱いに係る配慮
(4) その他

問　題

① 1日の総秒数　＝

② 1㎥/s - day　＝　　㎥

③ 1年間に1億㎥を貯水するために必要な日平均流量　＝

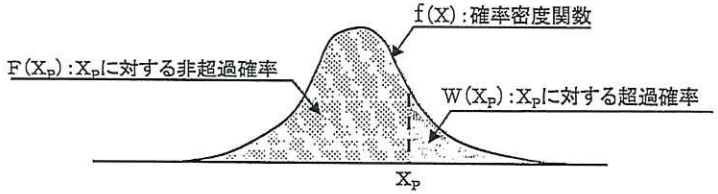
④ 1年間の総時間数　＝

⑤ 有効落差20m、水車・発電機合成効率0.83とした時の発電力P（kW）
および 年間可能発電電力量E(kWh)

P ＝
E ＝

設計洪水流量算定演習

超過確率及び非超過確率(1)



非超過確率 ： Xがある特定値X_p以下となる確率

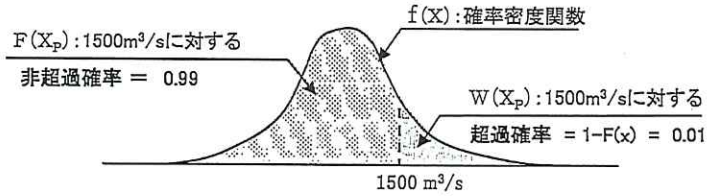
$$F(X_p)=\int_{-\infty}^{X_p} f(x)\,dx$$

超過確率

$$W(X_p)=1-F(X_p)$$

超過確率及び非超過確率(2)

(例)



非超過確率:1500m3/s以下となる確率　F(1500)= 0.99
超過確率: 1500m3/s以上となる確率　W(1500)=0.01

リターンピリオド(再現期間) T(=超過確率Wの逆数)
T = 1/W = 1/0.01 = 100(年)
⇒1500m3/sは100年確率洪水である

プロッティング・ポジション

(確率紙による簡略推定法)

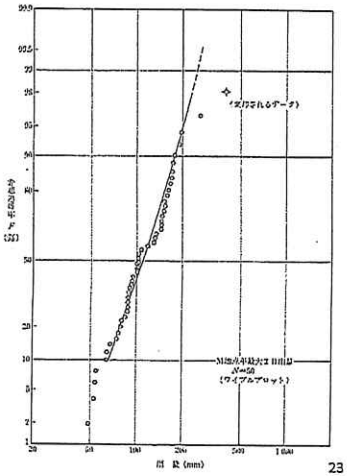
➢年最大値のデータを変数とする

➢ワイブルプロット

$$P(X_i)=\frac{i}{N+1}$$

ここに

- $P(X_i)$:水文量の特定の値X_iの非超過確率
- i : データの小さいほうから数えたX_iの順位
- N : データの大きさ(数)



Creager(クリーガー)近似式

➢ある地域で起こり得る最大洪水流量を、その地域で発生した既往洪水の最大記録をもとに推定しようとする方法

$$Q = q \cdot A$$

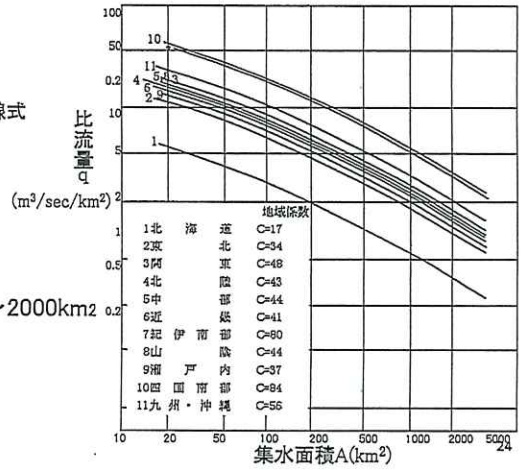
$q=C\cdot A^{(A^{-0.05}-1)}$ 比流量曲線式

q:比流量($m^3/s/km^2$)

A:集水面積(km^2)

C:地域係数

➢適用範囲は集水面積10～2000km2とされている



【演習-1】確率紙による簡略推定法

表-1には、Aダム地点におけるH1～H19年までの年最大ダム流入量が示されています。Aダム地点における100年確率洪水量を確率紙により推定して下さい。検討は以下の手順により行ってください。

①表-1の流量を、表-2に小さい順に並び替え、非超過確率Pを計算します。
非超過確率Pの計算にはワイブルプロットを用います。

②表-3の確率年を、該当する非超過確率により確率紙右余白部に目盛って下さい。

③表-2の値を確率紙にプロット(横軸に流量)し、相関直線を引き、それを基にして100年確率洪水量を求めて下さい。

表-1

観測年	最大流量 (m^3/s)
H 1	109.0
H 2	109.0
H 3	59.8
H 4	44.0
H 5	68.0
H 6	176.0
H 7	43.0
H 8	40.0
H 9	78.9
H 10	16.9
H 11	18.9
H 12	31.1
H 13	43.3
H 14	37.0
H 15	54.9
H 16	23.4
H 17	28.6
H 18	24.2
H 19	30.0

表-2

i	最大流量 (m^3/s)	非超過確率 P(%)	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			P= i /N+1
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			

表-3

確率年	非超過確率 P(%)
2	50.0
5	80.0
10	90.0
20	95.0
50	98.0
100	99.0
200	99.5

取水口・沈砂池・水槽・余水路の設計演習

4.1　取水口

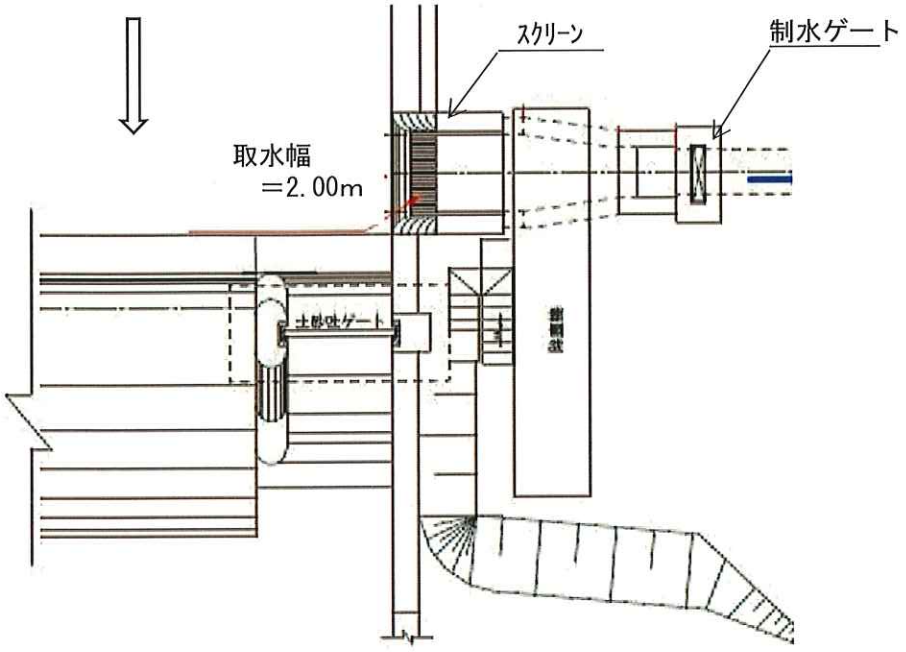


図 4.1.1　取水口の例（平面図）

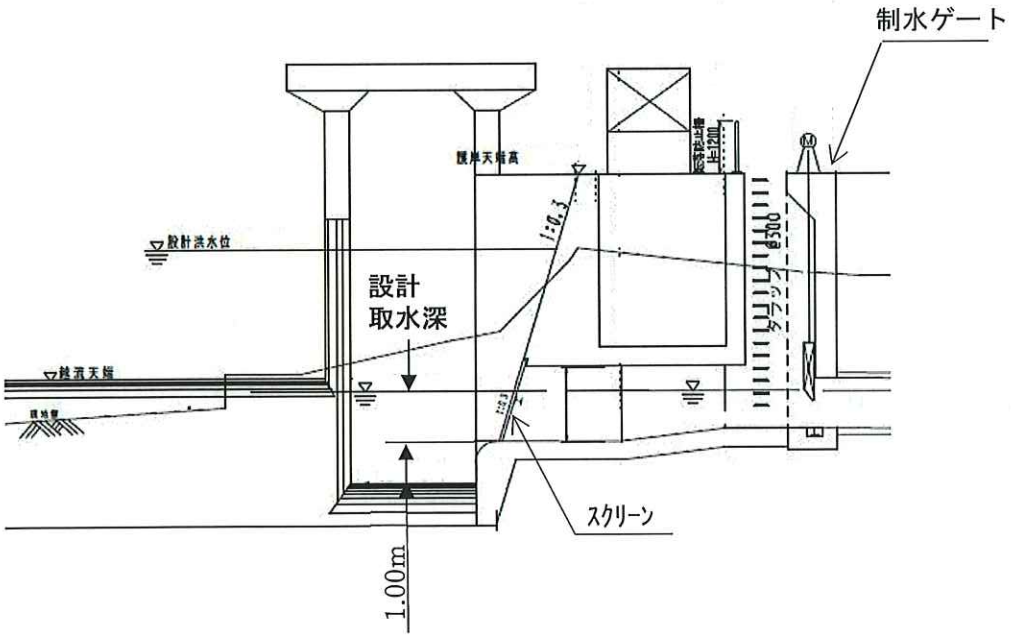


図 4.1.2　取水口の例（縦断図）

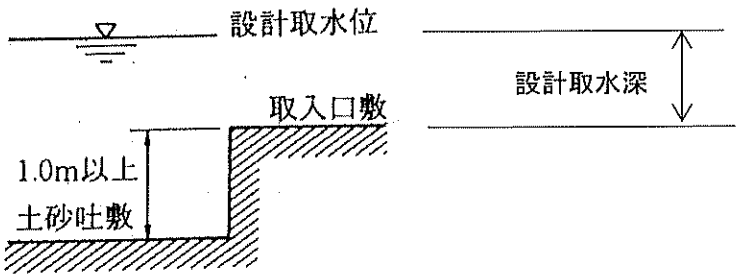


図 4.1.3　取水口の縦断形状

出典）土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「頭首工」P193

(1) 取水口の形状及び流入流速

1) 取水口は、一般に川の流れが直線的な所で、土砂や漂流物が流入しないように、河川に直角か、やや上流向きに設ける。

2) 取水口入口は、土砂の流入を防ぐため幅を広くして流入流速が0.3m/s～1.0m/s程度となるように設計するが、スクリーンに付着する塵芥を勘案すると、流入流速は0.5m/s程度が目安となる。

3) 取水口の前面には、スクリーンを設ける。スクリーンは付着した塵芥のかき上げを考慮して、一般的には60～70° の角度を持たせる。

4) 自然流下式導水路（開水路）に連なる取水口では、出水時に設計以上の流量が流入するのを防ぐために制水門を設ける。また、制水門は導水路などの点検・修理をするために完全に流水をしゃ断するためにも必要である（出典：最新発電工学 P151）

5) 入口の敷高は、土砂の流入防止のため、取水ダムの土砂吐高よりも１m程度高くする（図4.1.3 参照）。

6) 取水口の形状は，隣接する取水ダムの形状，とりわけ基礎の根入れ深さを考慮する必要がある。取水ダムの基礎の根入れ深さは，以下の値が参考となる。

硬岩・中硬岩　1.0m～1.5m
軟岩　1.5m～2.0m

出典）例えば，土木設計マニュアル 砂防編 福島県土木部

7) 渓流での取水方法のひとつとして，堤頂部から取水する型式（チロリアン取水方式）も挙げられる。なお，既設の砂防ダムにチロリアン取水設備を設置する場合は，関連する法規法令、各種技術基準等[注1)]に抵触しないような配慮が必要であり、例えば、砂防ダムの本・副ダム間距離、あるいは既設の水通しの通水能力が挙げられる（図4.1.4 砂防ダムの側面図参照）。

注１）例えば、改定 河川管理施設等構造令 第74条 （計画高水流量等の決定又は変更があった場合の適用の特例を参照のこと。

8) 取水口に限らず，構造物の設計に際しては，各種技術基準を順守しなければならない。

チロリアン方式による取水設備
既設砂防ダムを利用した梶並発電所（岡山県企業局）

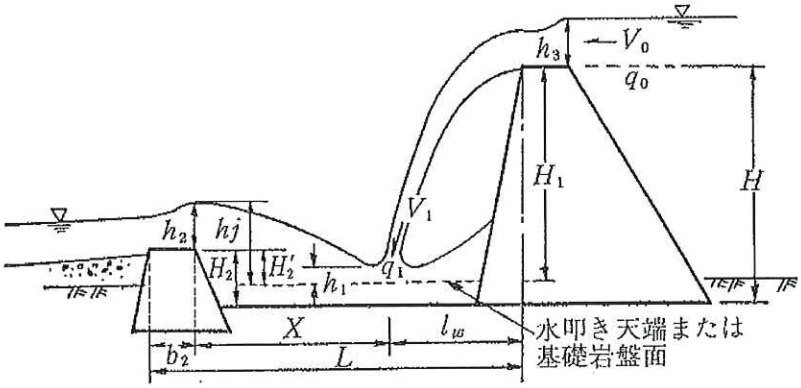


図 4.1.4 砂防ダム側面図の例
出典）改訂新版 建設省河川砂防技術規準（案）同解説
設計編【Ⅱ】P15

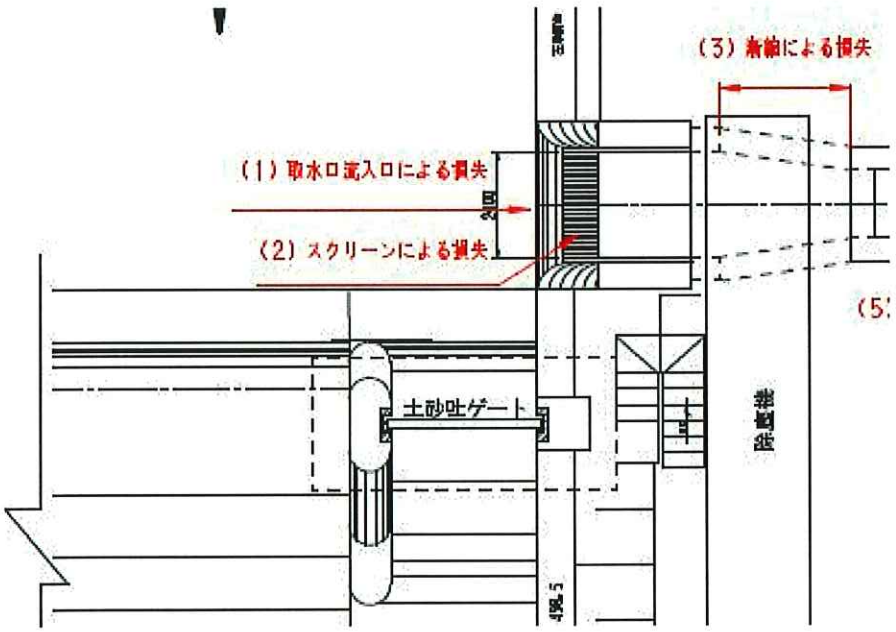
注２）ダム基礎およびその下流が硬岩で、亀裂が少なく、また、砂礫基礎であっても想定される最大洗堀深よりダムの基礎が深く、かつ両岸の崩壊および下流洗堀に対しても支障がなければ、水叩きを設置する必要はない。
出典）改訂新版 建設省河川砂防技術規準（案）同解説　設計編【Ⅱ】P16

(2) 取水口の水面低下量（損失落差）

取水口において考慮すべき水面低下量は、次の５種である。

- もぐりせきによる水面低下量
- 流入口による水面低下量
- ピヤーによる水面低下量
- スクリーンによる水面低下量
- 取合部（漸縮）による水面低下量

ここでは、これらのうち 1)取水口流入口による水面低下量、2)スクリーンによる水面低下量、及び 3)取合部（漸縮）による水面低下量を解説する。



1)　流入口における水面低下量

$$h_c = f_c \frac{V_2^2}{2g} + \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.2)$$

［水理公式集 S60 年版　P395］

ここに、$\left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}\right)$　＝ 0 とする。

ここに，h_c；流入口における水面低下量（m）

f_c；流入口の形状による流入損失係数＝（図－7.1 参照）

Q；流量（m^3／s）

h_1；取水深（m）

b_2；流入後の幅（m）

A_1；流入前の流積（m^2）＝∞

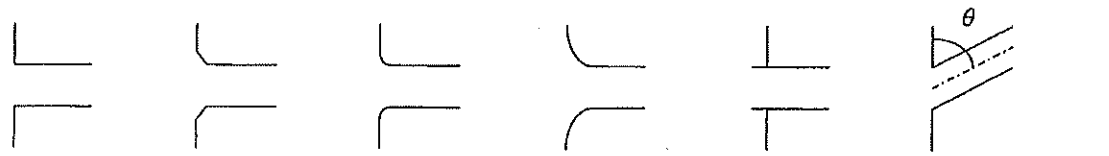
A_2；流入後の流積（m^2）＝$b_2 h_2$

V_1；流入前の平均流速(m／s)＝Q／A_1（＝0m／ s と見なす。）

V_2；流入後の平均流速（m／s）＝Q／A_2

h_2；流入後の水深（m）＝$h_1 - h_c$

g；重力加速度（m／s^2）＝9.8



f_c ＝0.5　f_c ＝0.25　f_c ＝0.1　f_c ＝0.01~0.05　f_c ≒1.0　f_c ＝0.5+0.3cos θ +0.2cos² θ

(i) 角　端　(ii)隅切り　(iii)丸味つき　(iv)ベルマウス　(v)突出し　(vi)傾斜角端

図 4.1.5　流入損失係数

［水理公式集 S60 年版　P395］

2)　スクリーンによる水面低下量

$$h_r = f_r \frac{V_2^2}{2g} + \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (7.4)$$

［水理公式集S46年版　P252］

ここに、$\left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}\right) = 0$ とする。

$$f_r = \beta \sin\theta \left(\frac{t}{b}\right)^{4/3}$$

ここに，h_r；スクリーンによる水面低下量（m）

f_r；スクリーンによる損失係数

β；スクリーンバーの断面形状による係数（図－7.3参照）

θ；スクリーンの傾斜角（度）

b；スクリーンバーの純間隔（m）

t；スクリーンバーの厚さ（m）

ゴミ付着による流積減少を20%とした場合

$$\frac{t'}{b'} = \frac{t+0.2b}{b-0.2b}$$

Q；流量（m^3／s）

b_1；スクリーン直前の幅（m）

h_1；スクリーン直前の水深（m）

b_2；スクリーン直後の幅（m）

V_1；スクリーン直前の平均流速（m／s）$=Q/A_1$

A_1；スクリーン直前の流積（m^2）$=b_1h_1$

V_2；スクリーン直後の平均流速（m／s）$=Q/A_2$

A_2；スクリーン直後の流積（m^2）$=b_2h_2$

h_2；スクリーン直後の水深（m）$=h_1-h_r$

g；重力加速度（m／s^2）$=9.8$

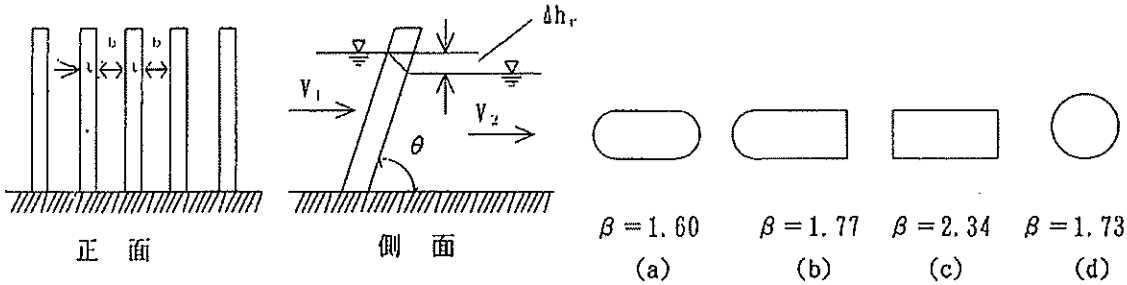


図4.1.6　バーの形状と係数

［水理公式集S46年版　P252］

3)　断面変化（漸縮）による水面低下量

$$h_{gc}=f_{gc}\frac{V_2{}^2}{2g}+\left(\frac{V_2{}^2-V_1{}^2}{2g}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (7.5)$$

［水理公式集 S46 年版　P246］

ここに、$\left(\frac{V_2{}^2-V_1{}^2}{2g}\right) = 0$ とする。

ここに，h_{gc}；断面変化（漸縮）による水面低下量（m）

f_{gc}；漸縮による損失係数（図－7.4 参照）

Q；流量（m^3/s）

b_1；漸縮前の幅（m）

h_1；漸縮前の水深（m）

b_2；漸縮後の幅（m）

ℓ；漸縮区間長（m）

V_1；漸縮前の平均流速（m／s）$=Q/A_1$

A_1；漸縮前の流積（m^2）$=b_1h_1$

V_2；漸縮後の平均流速（m／S）$=Q/A_2$

A_2；漸縮後の流積（m^2）$=b_2h_2$

h_2；漸縮後の水深（m）$=h_1-h_{sc}$

g；重力加速度（m/s^2）$=9.8$

θ；漸縮角（度）$=2\tan^1((b_1-b_2)/2\ell)$

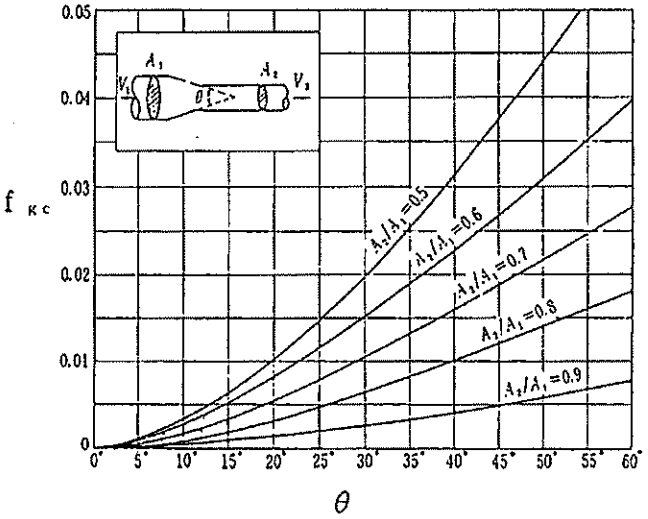


図 4.1.7　漸縮損失係数

［水理公式集 S46 年版　P246］

(3) 取水口の演習問題

【問題 1】

最大使用水量＝1.85m³/ｓ、取水口幅を 2.00mとしたときの取水口の設計取水深を求め、その決定理由を述べよ。

基本式

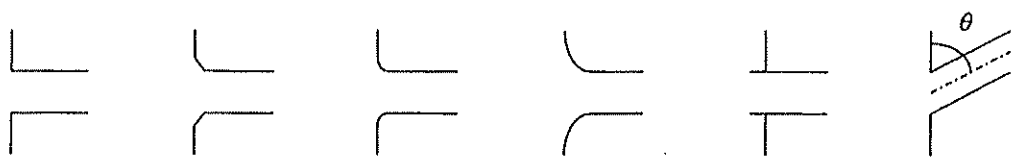
$$\text{流速（m/s）} = \frac{\text{流量（m}^3\text{）}}{\text{通水断面積（m}^2\text{）}} = \frac{1.85}{\text{取水幅} \times \text{設計取水深}}$$

【問題 2】

下記の条件にて、取水口流入口による水面低下量（ｈ１）を求めよ。

- 流量　　$Q = 1.850$ (m³/s)
- 流入損失係数　　$f_e = 0.2$ (丸味つき方形)
- 流入面積　　$A = 1.2 \times 2.0$
  $= \quad$ m²
- 流入後の断面の平均流速　　$V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{\quad}{\quad} = \quad$ (m/s)
- 重力加速度　　$g = 9.8$ (m/s²)

$$h_1 = f_e \times \frac{V_2^2}{2g} = 0.200 \times \frac{\quad}{2 \times 9.8} = \quad \text{(m)}$$



$f_e = 0.5$　$f_e = 0.25$　$f_e = 0.1$　$f_e = 0.01 \sim 0.05$　$f_e \fallingdotseq 1.0$　$f_e = 0.5 + 0.3\cos\theta + 0.2\cos^2\theta$

(i) 角　端　(ii)隅切り　(iii)丸味つき　(iv)ベルマウス　(v)突出し　(vi)傾斜角端

図 4.1.5　流入損失係数（再掲）

【問題 3】

下記の条件にて、取水口スクリーンによる水面低下量（h2）を求めよ。
なお、ゴミの付着率は無視する。

(2)スクリーンによる損失水頭　h_2

・$h_2 = fr \times \frac{V^2}{2g} =$　　（発電水力演習　p. 94）

fr ： $\beta \times \sin\theta \times \left(\frac{t}{b}\right)^{4/3} =$

β ： 1.60　（水力発電演習p. 94、3. 20図）

θ ： スクリーンの鉛直方向角度 ＝ 73 °

t ： スクリーンバーの太さ ＝ 0. 009 m

b ： スクリーンのバーの目の大きさ ＝ 0. 06 m

V ： スクリーンの上下流の平均流速 $= \frac{Q}{A} = \frac{1.850}{2.400} =$ 0. 771 m/s

g ： 重力加速度 ＝ 9. 8

ここに、$\sin\theta = \sin 73° = 0.956304$

【問題 4】

漸縮損失係数を下図から求め、漸縮による水面低下量（h3）を求めよ。

・$h_3 = f_{gc} \times \frac{V^2}{2g} =$ 《発電水力演習》p83

f_{gc} ： 漸縮損失係数 ＝ □

V ： 漸縮後の流速 ＝ $\frac{Q}{A} = \frac{1.850}{0.90 \times 1.2} = 1.71$ (m/s)

漸縮後断面積／漸縮前断面積 ＝ (0.9 × 1.2) ／ (1.2 × 2.0)

＝ 0.45

漸縮角度 θ ： 20 °

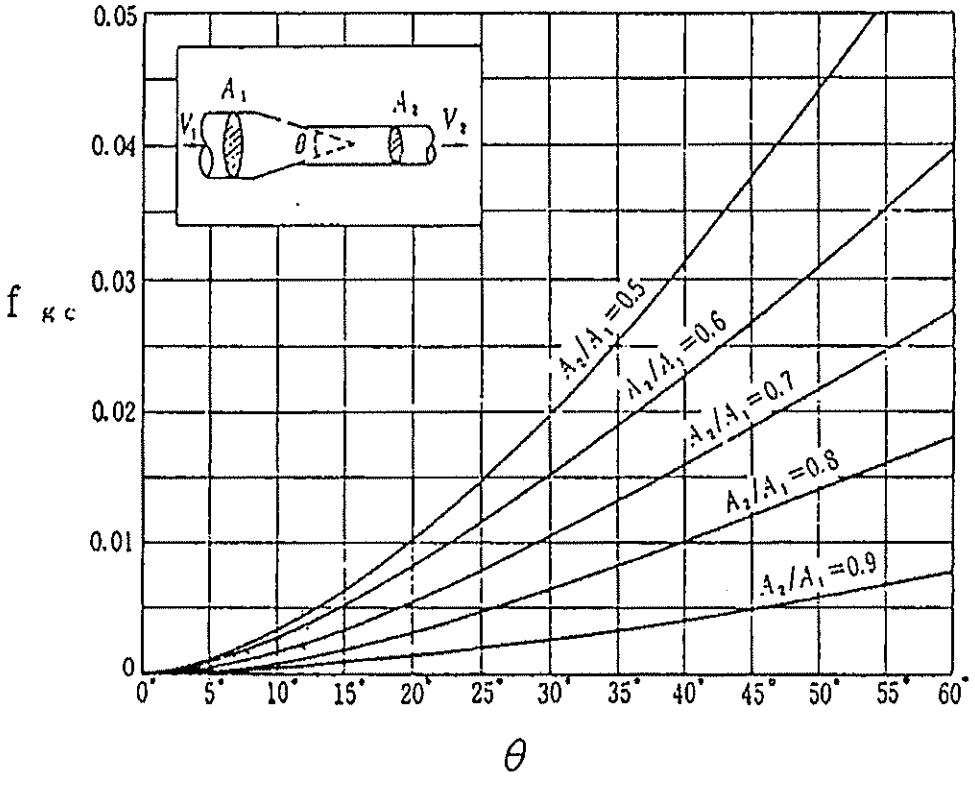


図 4.1.8 漸縮損失係数

【問題 5】

問題 3 から問題 5 まで計算した水面低下量、すなわち取水口の水面低下量の合計値を求めよ

取水口の流入口による水面低下量（h1）　＝
取水口スクリーンによる水面低下量（h2）＝
漸縮による水面低下量（h3）　＝
以上合計　＝

4.2 沈砂池

(1) 沈砂池の形状及び流速

1) 沈砂池は，洪水時に沈砂池内へ流入した掃流砂を沈殿させ，導水路内への土砂流入を防ぎ沈砂池内に滞積した土砂を，掃流力で排除できる敷勾配とする。
2) 沈砂池内の平均流速は、0.3m/s程度とする。
3) 沈砂池上流部の断面の拡大移行部の広がり角は10° 以下とすることが望ましい（図 4.2.1参照)。広がり角が40° ～ 60° あるいはそれ以上になる沈砂池の流入拡大移行部では、適切な整流方法を講ずることが必要である。

出典）土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計　「頭首工」P561

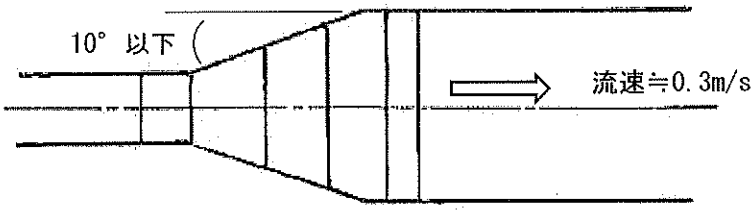


図 4.2.1　沈砂池上流部の断面の拡大移行部

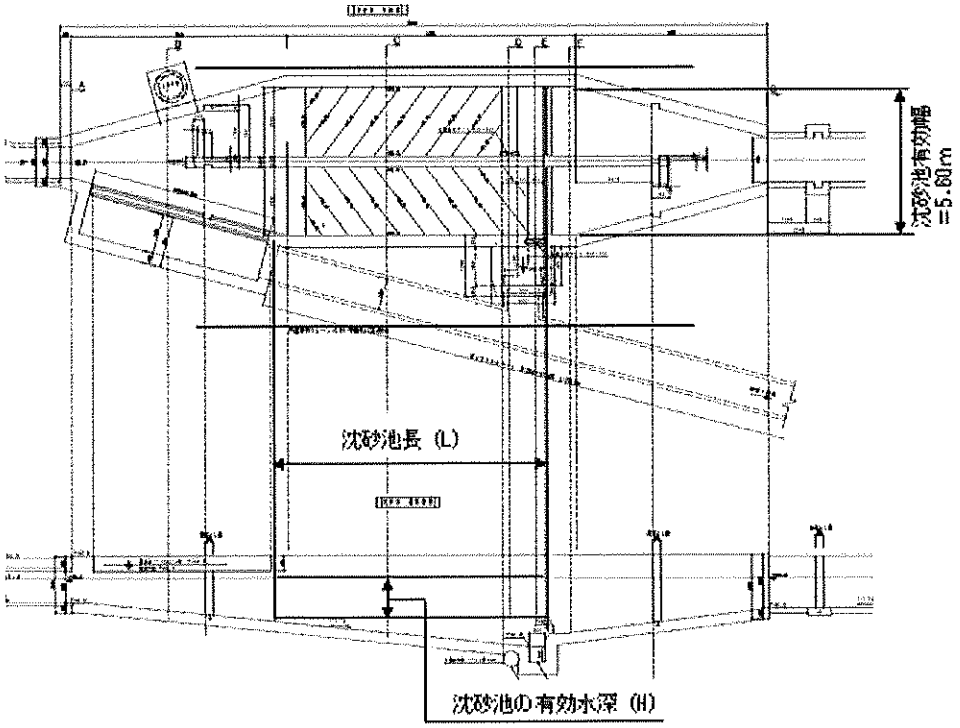


図 4.2.2　沈砂池の縦断形状 例

(2) 沈砂池長さの計算

沈砂池の必要長の計算は，次式により算定する。

なお，次式は理論値である。しかし、沈砂池内の流れを一様な流速にすることは実際上困難なので、沈砂池の長さは計算値の２～３倍とする。

$$L \geqq \frac{H}{Vg} \quad V = \frac{Q}{B \cdot Vg} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.2.1)$$

［発電水力演習（学献社） P.251］

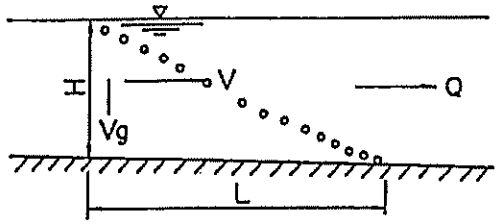


図 4.2.3　沈砂池の最小所要長のとり方

ここに，L；沈砂池の最小所要長（m）

H；沈砂池の有効水深（m）

B；沈砂池の有効幅（m）

V；沈砂池内の平均流速（m／s）

V＝0.3 m/s 以内とする

Vg；沈降すべき最小粒子の限界沈降速度（m／s）

（図 4.2.4 参照）

Vg の値は，通常、砂粒径 d＝0.5～1mm に対する値 0.1m/sec 程度をとる場合が多い

Q；流量（m^3／s）

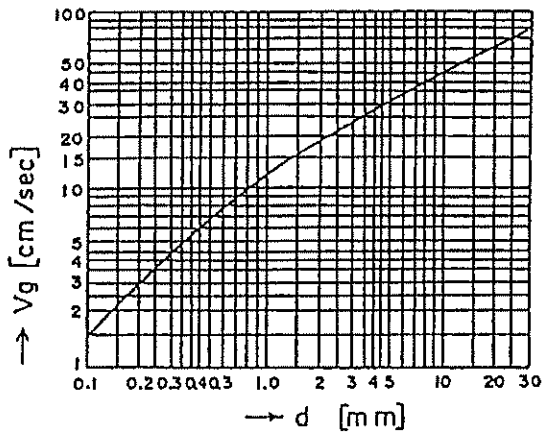


図 4.2.4　砂粒子の平均径 d と限界沈降速度 Vg との関係

(3) 沈砂池の演習問題

【問題 6】

図 4.2.5 を参考として、下記の設計条件から、~~沈砂池の有効水深（H）、及び~~長さ（L）を求めよ。

L′；沈砂池の最小所要長（m）	
L ；沈砂池の長さ（m）＝α・L′ ここに、α＝2 とする。	
H；沈砂池の有効水深（m）	1.40 m
B；沈砂池の有効幅（m）	5.60 m
V；沈砂池内の平均流速（m／s）	0.30 m/s とする
Vg；沈降すべき最小粒子の限界沈降速度（m／s）	0.1 m/ s
Q；流量（m^3／s）	1.85 m^3/s

基本式

$$L' \geqq \frac{H}{Vg} V = \frac{Q}{B \cdot Vg}$$

$L = \alpha \times L' =$ m

沈砂池の設計

沈砂池有効幅 ＝ 5.60 m

有効水深（H） ＝ 1.400 m

断面積 ＝ m^2

Qmax ＝ 1.85 m^3/s

沈砂池内流速 ＝ m/s ＜ 0.30 m/s OK

砂池最小所要長 $\geqq \dfrac{Qmax}{B \times Vg}$ ＝ $\dfrac{1.85}{\quad \times \quad}$ ＝

沈砂池長＝沈砂池最小所要長× 2 ＝

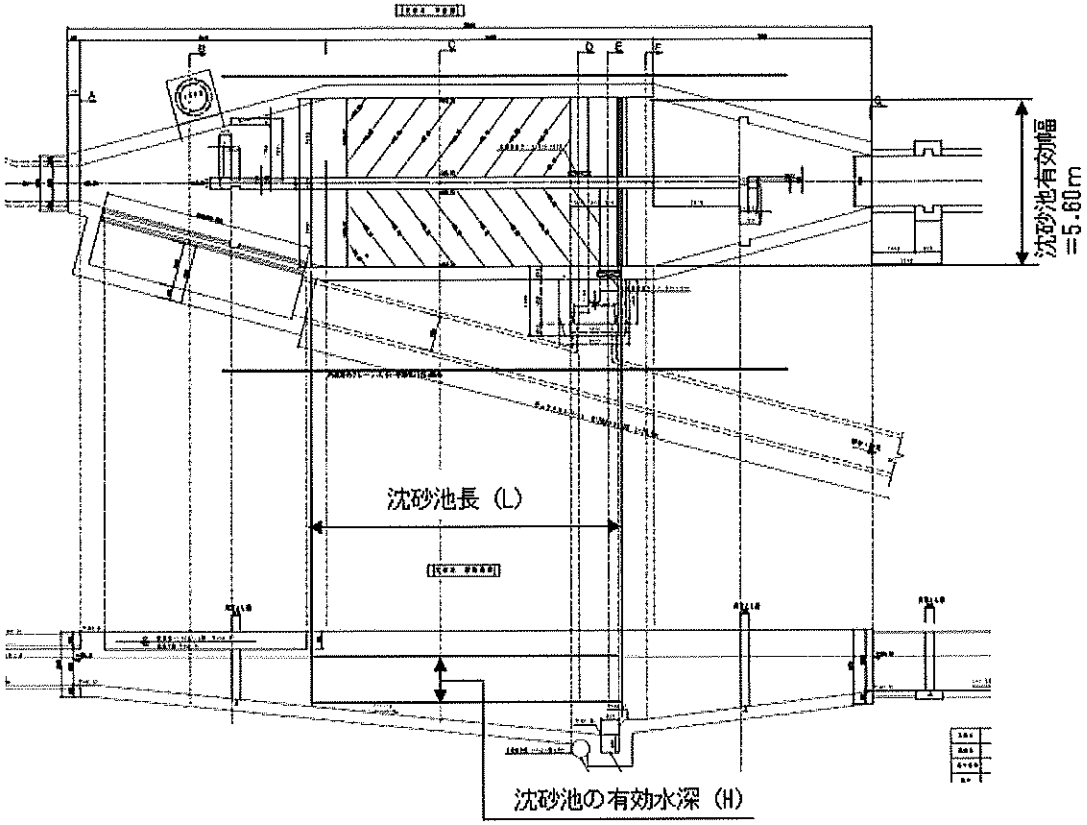
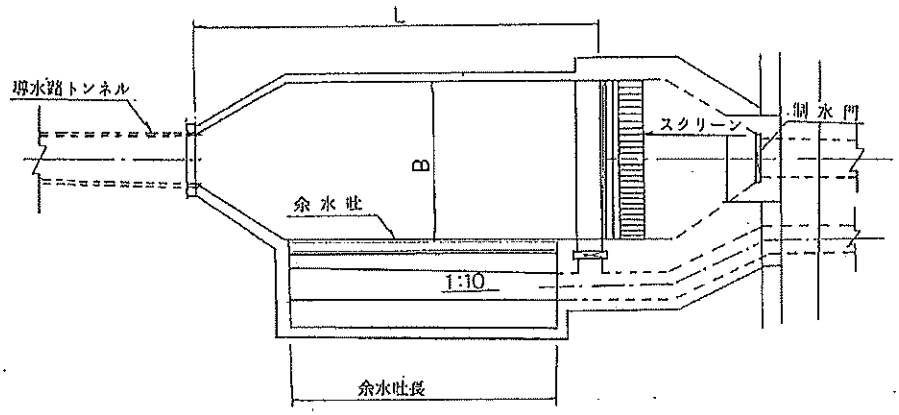
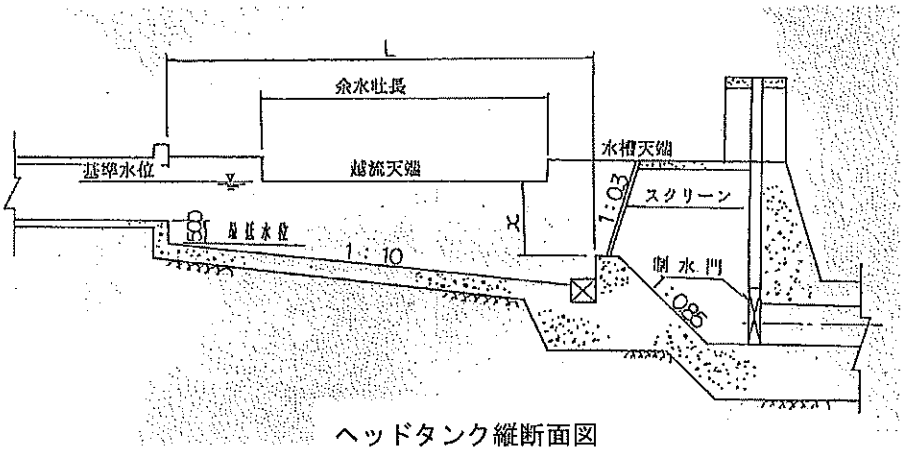


図 4.2.5　沈砂池の形状

4.3 水槽（ヘッドタンク）



ヘッドタンク平面図



ヘッドタンク縦断面図

図 4.3.1 ヘッドタンクの参考例

(1) 導水路と水圧管との接合点に設ける流れ込み式の無圧導水路に接続して設けるものを水槽（以下、ヘッドタンクと記す）とよび、圧力トンネルと水圧管との接合点に設けるサージタンク（調圧水槽）とは機能、構造の面で著しく相違する。

(2) ヘッドタンクは、発電所の負荷の変動に伴う水圧管流量と導水路流量との差を調整するとともに、流水中の土砂をここで最後に沈でん除去し、水車に障害を与えないようにするものである。

(3) 水槽及び水圧管路は，極力地山の安定した尾根部を選定する。

(4) 導水路とヘッドタンクとの取付部は漸次ゆるやかに拡大して渦流が起こらないようにする。取付部がわん曲し、あるいは著しく非対称であると、流心が一方にかたよって渦流を生じ、空気が水圧管に吸い込まれるなどヘッドタンクの機能が低下する。

(5) 水槽の水位調整器がハンチング現象を起こさないために必要な水面積（A＝５～10×Qmax）を確保する（中小水力発電ガイドブック P-300)。

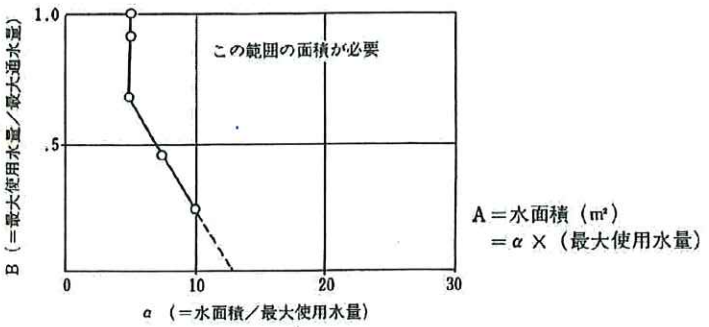


図 4.3.2　ヘッドタンクの必要水面積
出典）中小水力発電ガイドブック P300

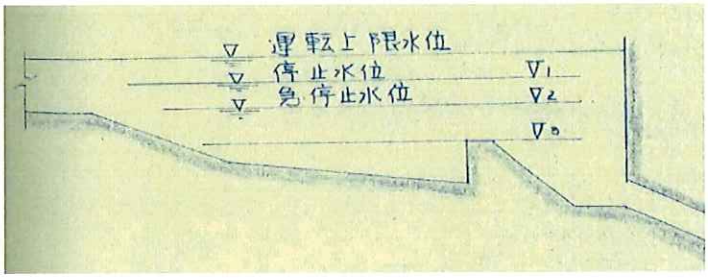
(6) 水車ランナにゴミや夾雑物が絡まることによる水車性能低下やランナの損傷を防ぐ目的で，水槽にはスクリーンを設ける。

(7) ヘッドタンクの容量は、以下の容量を確保する。

① 起動時又は定常運転時に必要な「水調運転容量」(V1)

② 異常な水位低下を生じた場合に非常停止を開始する“非常停止設定水位”までの余裕である「水位低下確認容量（V2)

③ 非常停止のための容量（V3)



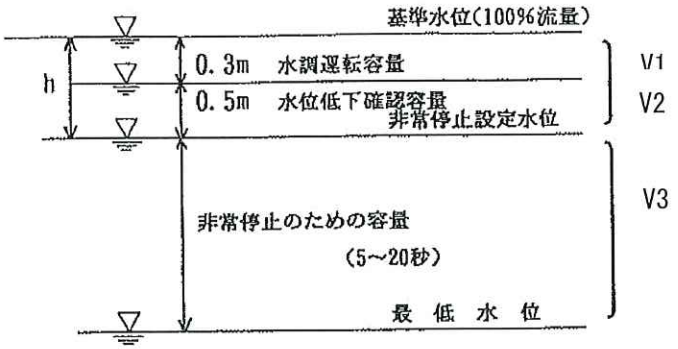
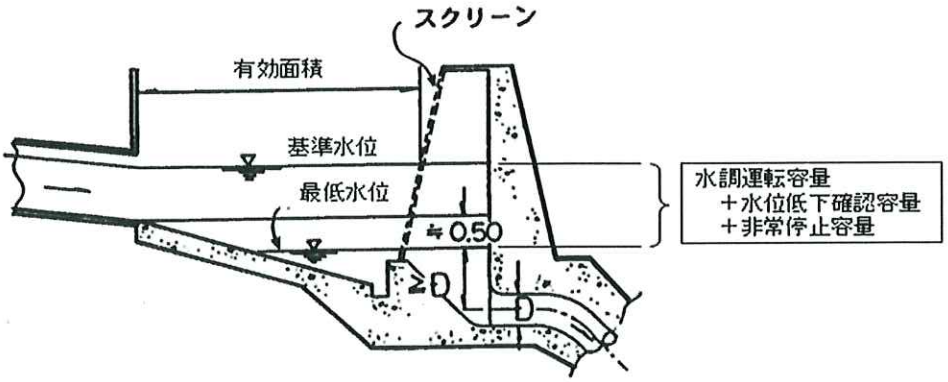


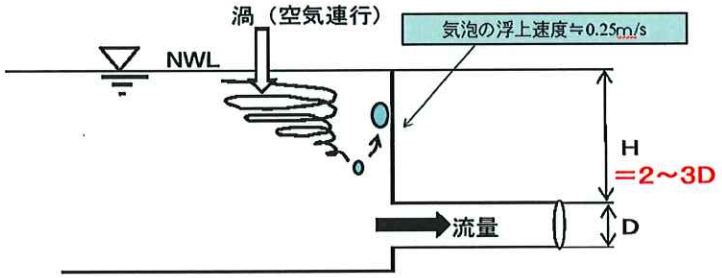
図 4.3.3　ヘッドタンク容量図
出典）小水力発電ガイドブック P301

(8) 水圧管の呑口は，渦が発生して空気が水圧管内へ連行されることがないように，かぶり水深を確保する（中小水力発電ガイドブックP-300）。



水槽模式図

基準水位時の被り水深



圧力管路は，空気を混入させてはいけない。

(9) ヘッドタンクの敷には導水路終端（水槽入口）から1/10～1/50の下りこう配をつけ、その末端に排砂ゲートを設けて排砂できるようにする。

(10) ヘッドタンクの終端、水圧管の呑口直前に取水庭を設け、その敷はヘッドタンク敷の最低部より1.0～1.5m程度高くし、ヘッドタンク内に沈殿した土砂が水圧管に流入するのを防ぐ。

(11) 水圧管呑口に接して制水ゲートを設ける場合は、制水ゲートを急速に閉じて流れをしゃ断した場合、水圧管内に真空を生ずるおそれがあるから、制水ゲートの背後に通気管（エアベンド）を設ける。

(12) この通気管はいくつかの経験公式があるが、この公式で得られる内径は必要な最小寸法と考えるべきであって、寒冷地では凍結による有効断面の減少を考慮して十分な余裕を見込むことが必要である。

4.4　ヘッドタンクの余水路

(1) ヘッドタンクには、一般的には余水路を設置する。負荷の変化によって水車の使用水量が減少するとき、あるいは送電系統などに事故があると全負荷がしゃ断されるので、このときヘッドタンクの余水吐から余水が余水路へ放流される。

(2) ヘッドタンクの余水吐は、横越流型余水吐が一般的であり、越流水深は、次式により求められる。

$$Q = 1.84 \cdot B \cdot H^{3/2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.4.1)$$

[発電水力演習　P255]

ここに，H；越流水深（m）
Q；最大使用水量（m^3／s）
B；越流長（m）

水路に沿った横越流ぜきから流れと直角方向に越流する場合、越流頂に沿う越流水深は一定でなく、その越流量の算定は横越流ぜきの流量公式{例えば、De Marchi（デマルキ）公式（水理公式集 昭和60版 P292など）}によって行うべきであるが、ヘッドタンクの設計に当たっては全負荷しゃ断時の全使用水量の越流を考えるので、水槽内の流れは厳密な意味での横越流性状を示さず、上記（4.4.1）式のような越流水深を一定とした全幅ぜき流量公式を適用する。

上式中の流量係数　C=1.84は、刃形全幅ぜきに対するFrancis（フランシス）公式の係数である。地形等の状況に応じ、越流ぜきの長さ(B)をできるだけ長くとって越流水深(H)を小さくすることがのぞましい。

(3) ヘッドタンク余水路の配置

① ヘッドタンクの余水路は、水車が急に停止した場合（負荷遮断、水車急停止時や負荷急増時等）にヘッドタンクの余水吐きから越流した流水を河川に放流させる設備である。

② 余水路を流下する流れは、高速の射流となるのが通例であり、水路の屈曲部では衝撃波や空洞現象（負圧）を生じる恐れがあるため、できる限り直線的な配置が望ましい。

③ 余水路が管路の場合、呑口部や屈曲部には十分な給気が必要であることから、空気管を設けることを前提として、流水中に空気の混入を考慮した管径を確保する。空気混入水流の空気混入量及び見かけの水深（空気の混入によってふくれ上がった水深）の算定は、例えば、Gumensky（ガメンスキー）の式が挙げられる（出典：発電水力演習　千秋信一著 学献社 P-263)。

④ 余水路の終端部には、流水のエネルギーを適切に減殺する減勢工を設置する。

(4) ヘッドタンク余水路の減勢工

発電所が緊急停止した場合には、水車が止められ、水圧管路内の流水は行き場を失い、水槽から溢れて余水路を経由して、河川に放流される。この時の余水路出口部の流れは、毎秒数十メートルの高速流となる。

このような速い流れが河川に放流されると、強い水勢のために河床や河岸に損傷を与えたり、釣り人など一般の人に危険を及ぼすおそれがあるため、この高流速のエネルギーを減勢させて河川に放流しなければならない。このエネルギー減勢のための設備が余水路減勢工である。

減勢工には、跳水型、衝撃型、及び立坑型などが挙げられるが、ここでは、代表的な減勢工型式として、跳水型及び衝撃型を図 4.3.4 に示す。

なお、衝撃型減勢工は、流量 10m³/ s 程度、流速 10m/ s 以上の場合に有効な減勢工である。

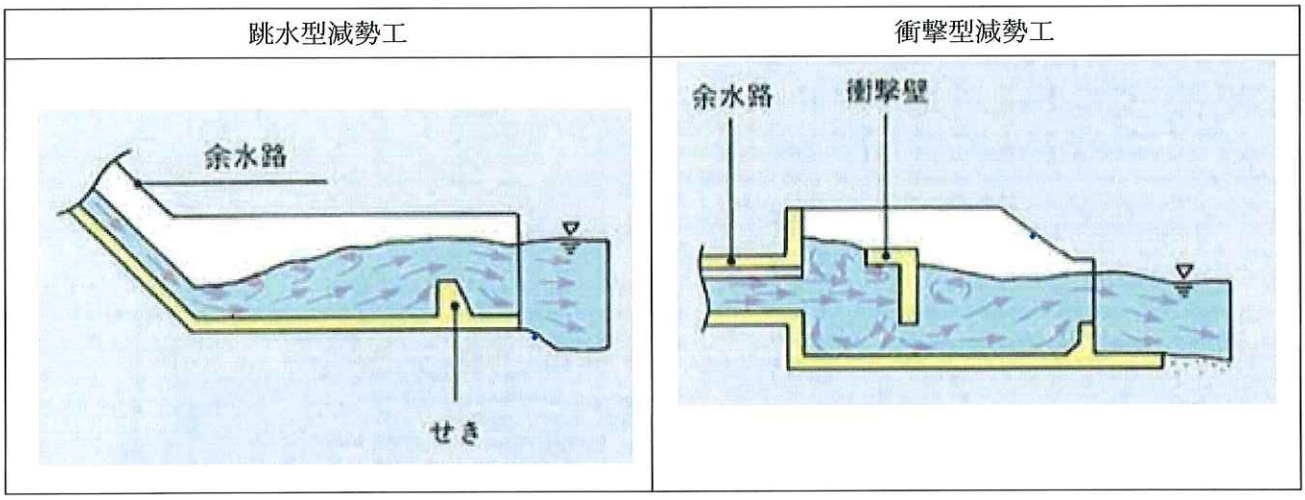
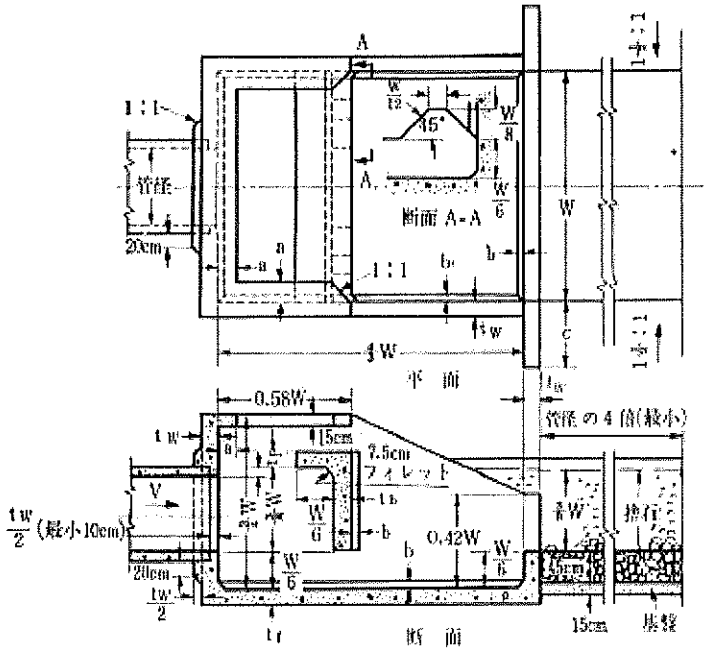


図 4.3.4 ヘッドタンク余水路減勢工（模式図）

参考文献 1) 水理公式集 昭和 60 年版 P319
参考文献 2) 水理公式集 昭和 46 年度改訂版 P310

参考として、減勢工の１形型式として衝撃型減勢工の基本形状を図 4.3.5 に示す。



各部コンクリート推奨厚（単位cm）

Q (m^3/s)	a	b	c	t_w	t_f	t_s	t_p
2.8	23	8	90	20	20	23	20
5.7	30	10	90	25	28	25	20
8.5	35	15	90	30	30	30	20
11.3	40	15	90	30	33	30	20

減勢池幅 W と Q の関係

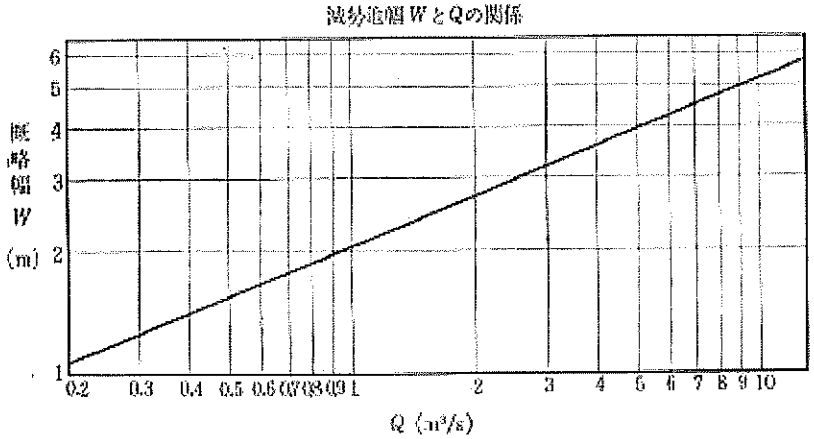


図 6.28 衝撃型減勢工の諸元

図 4.3.5 衝撃型減勢工

出典）水理公式集 昭和 46 年度改訂版 P310

(5) 余水路の省略

水力発電所のコストダウン方策として、「余水路の省略」が挙げられる。余水路省略のための代表的な方法を以下に示す。

① 導水路の空容量を利用する方法

導水路断面に余裕がある場合は、この余裕を利用して上流の取水地点付近（主として沈砂池）から余水を放流させる。

② デフレクタ[注3)]を利用する方法

「デフレクタ放流」と呼称されるもので、ペルトン水車などデフレクタを装備する水車では、これを動作させることにより水脈がバケットに作用することを即時中断できることから、負荷遮断時等の過渡時に即応したニードルバルブ操作を行うことが避けられる。この方法は、極めて緩やかにニードルバルブを閉止するもので、水槽水位の上昇を大幅に抑えようとするものである。

注3) デフレクタとは

ノズルとランナバケットの間にあって、ジェット水流の向きを変えてそのエネルギーが水車に作用しないようにする装置をいう。

【参考　ガメンスキーの公式】

余水路は、一般に急傾斜面上に設けられるもので、高速流となり空気が混入する。そのため、普通の流れよりも水深が大きくなる。空気量の算定のひとつとして、ガメンスキーの公式が挙げられる。

$$m = \frac{1}{200}\frac{V^2}{gh} \quad .$$

ここに、m：混入された空気量と水量の比
V：平均流速（m/s）
h：空気を混入しない場合の水深
g：重力加速度

ここで、純流積をA（m^2）とすると、空気混入後の流積は、(1＋m)・A（m^2）となり、余水管の断面積（A_0）に対して　(1＋m)・A／A_0 となる。表 4.4.1に試算例を示す。

なお、表中 h、V、A は、余水管路の水面形追跡計算（不等流計算）を行って与えたものである。

一般的には余水路は、一般に急傾斜面上に設けられるもので、高速流、すなわち射流となる。射流の場合、常流の場合とは逆に上流断面の水位に支配されるので、不等流計算は上流から下流へ計算をすすめる。

表 4.4.1　ガメンスキー公式による空気混入量の算定例

通水量　　＝　3.73 m^3/s
余水管路の内径＝　0.75 m
余水管路の断面積(A_0)＝　0.442 m^2

No.	h (m)	V (m/s)	m	A (m^2)	(1＋m)A	A_0 (m^2)	$\frac{(1+m)A}{A_0}$
2	0.586	10.073	0.088	0.370	0.403	0.442	0.91
3	0.456	13.266	0.197	0.281	0.336		0.76
4	0.369	17.237	0.411	0.216	0.305		0.69

(6) ヘッドタンク余水路の演習問題

【問題 7 】

最大使用水量（Q）＝1.85m³/ｓのヘッドタンクにおいて、横越流型余水吐を設計した場合、越流長（B）を7.00mとしたときの、越流水深（H）を求めよ。

基本式

$$Q = 1.84 \cdot B \cdot H^{3/2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.4.1)$$

［発電水力演習　P255］

ここに，H；越流水深（m）

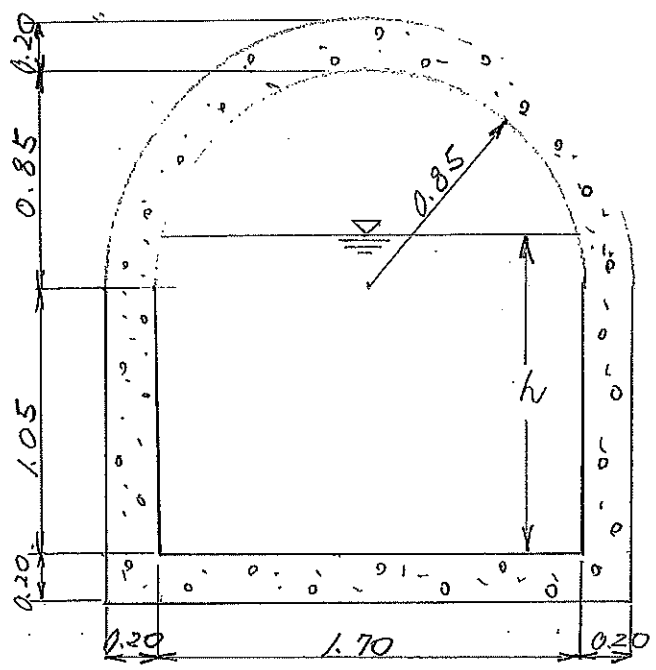
Q；最大使用水量（m^3／s）

B；越流長（m）

38

水理特性曲線演習

【水路：演習問題】次の水路トンネルの水理特性曲線（Q, v, A, R)を求めなさい。



$n = 0.015$

$i = 1/2{,}000$

$Q = A \cdot v$

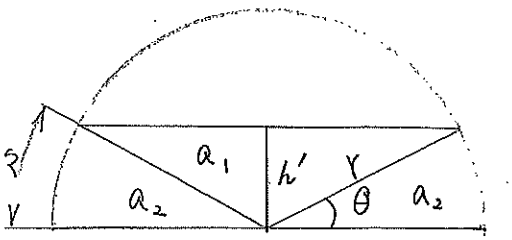
$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$

$R = \frac{A}{S}$

$A = B \cdot h$

$S = B + 2h$

h (m)	A (m2)	S (m)	R (m)	R2/3(m)	v (m)	Q (m3/s)
0.20						
0.40						
0.60						
0.80						
1.00						
1.20						
1.40						
1.60						
1.80						
1.90						



$$\theta = \sin^{-1}\frac{h'}{r} = \sin^{-1}\frac{h'}{0.85}$$

$$a_1 = \tfrac{1}{2} \times r\cos\theta \times h' \times 2 = 0.85h'\cos\theta$$

$$a_2 = \pi r^2 \times \frac{\theta}{360^\circ} \times 2 = 2.27\frac{\theta}{180^\circ}$$

$$A = (1.70 \times 1.05) + a_1 + a_2 = 1.785 + a_1 + a_2$$

$$s = 2\pi r \times \frac{\theta}{360^\circ} \times 2 = \pi r \frac{\theta}{90^\circ} = 2.67 \times \frac{\theta}{90^\circ}$$

$$S = (2 \times 1.05 + 1.70) + s = 3.80 + s$$

h	h'	θ	a1	a2	A	s	S
1.20	0.15						
1.40	0.35						
1.60	0.55						
1.80	0.75						
1.90	0.85						

水車の選定

9.1　水車の種類

- 水車の種類
  - 衝動水車
    - ペルトン水車
    - クロスフロー水車
    - ターゴインパルス水車
  - 反動水車
    - フランシス水車
    - プロペラ水車
      - カプラン水車
      - 斜流水車
      - チューブラ水車
      - ストレートフロー水車

衝動水車　：　圧力水頭を持つ水をノズルから噴出させて、すべて速度水頭にかえ、噴出水の衝動によりランナを回転させる構造の水車　（図 9.1 参照）。

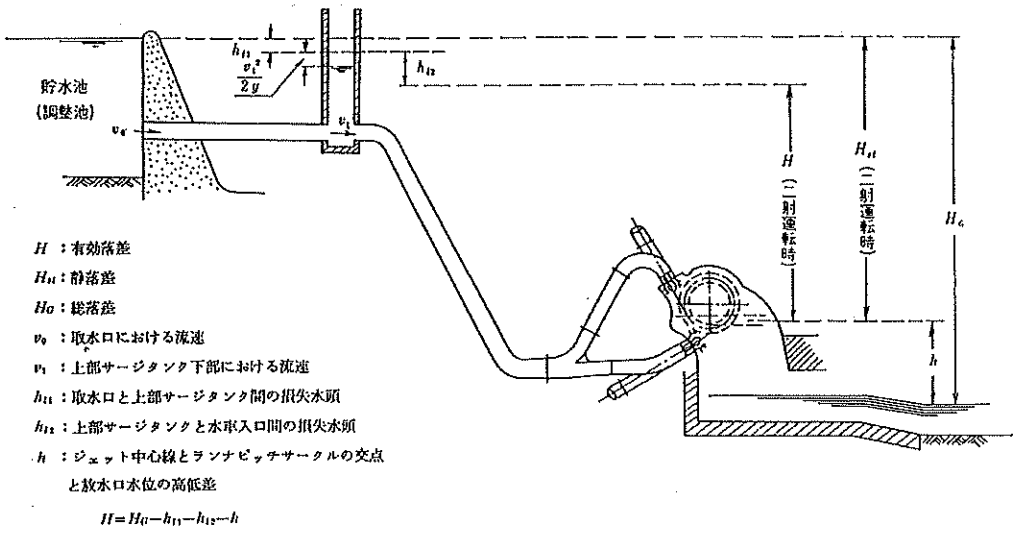


図 9.1 衝動水車の例（ペルトン水車）　　(出典：JEC-4001-1992)

反動水車　：　圧力水頭を持つ流水の水圧をランナに作用させる構造の水車(図9.2 参照)。

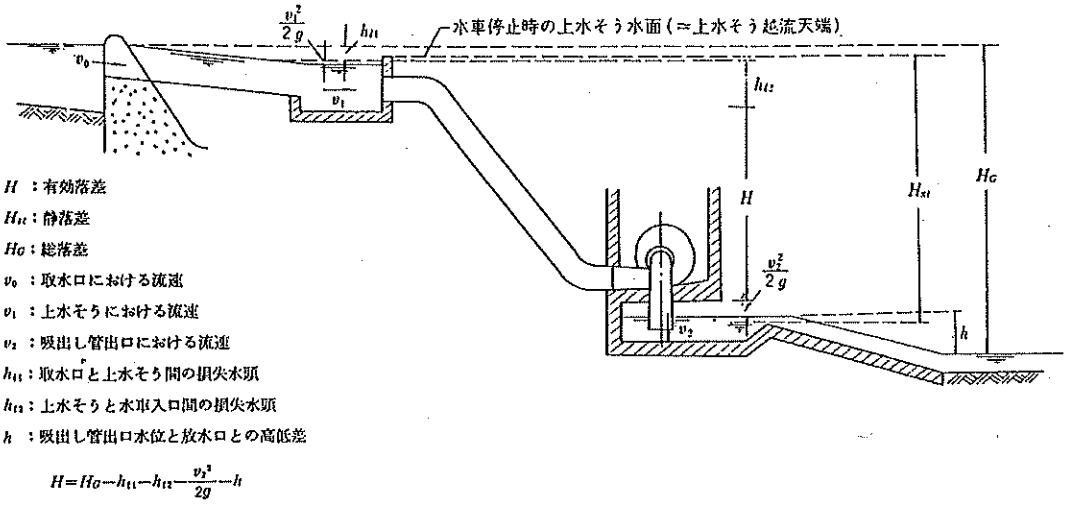


図 9.2 反動水車の例（横軸フランシス水車）　　(出典：JEC-4001-1992)

9.2　水車選定図

水車は、使用水量の大小や落差の大小によってその適用機種が異なるため、その条件に合ったもののうちから多面的な検討を行って、最も経済的な水車を選定する。

水車の型式は、最大使用水量と有効落差の適用範囲によって定まり、一般的には、「中小水力発電ガイドブック (P-108)」、あるいは「中小発電計画導入の手引き 平成26年2月 経済産業省 資源エネルギー庁 (P4-16)」記載の水車型式選定図が参考となる。

図 9.3 に１例として「中小水力発電ガイドブック」記載の水車型式選定図を示す。

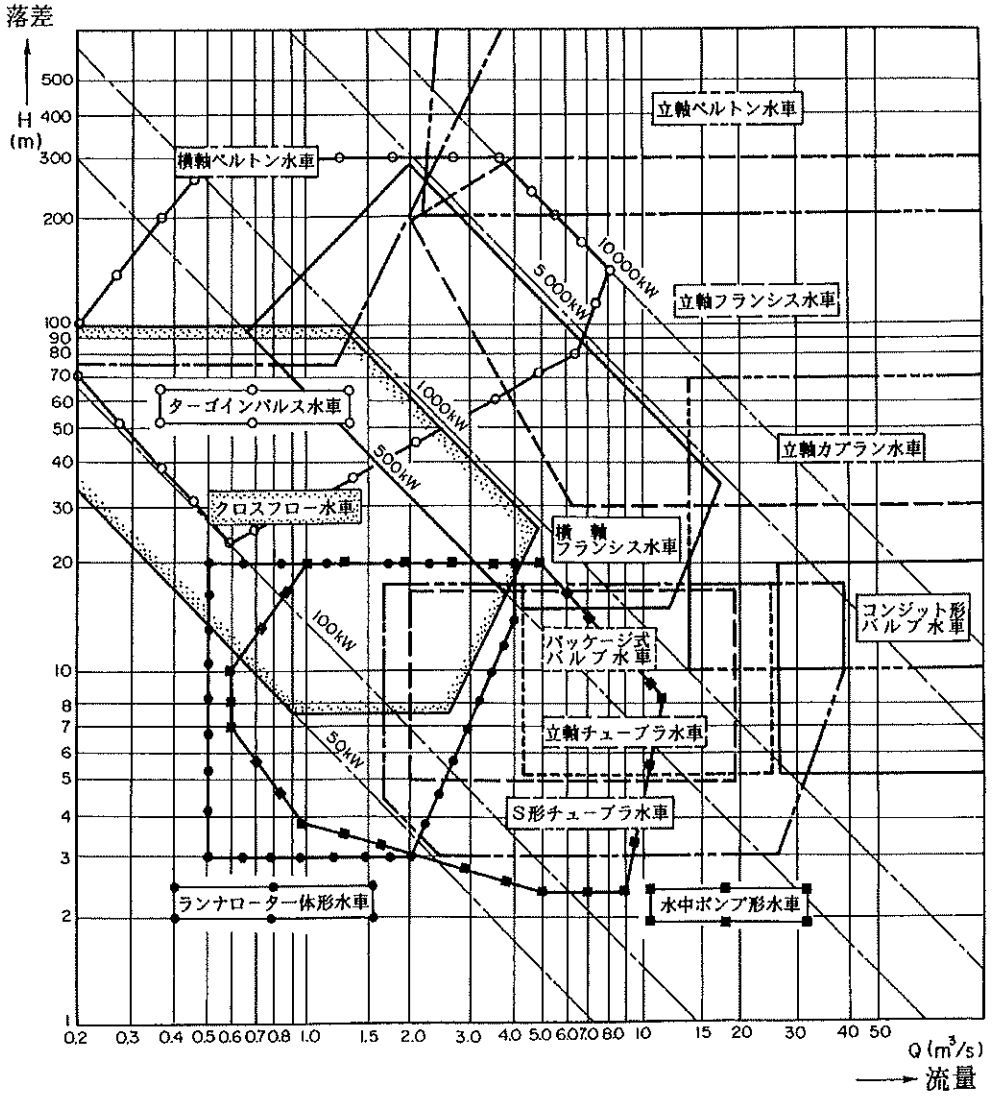


図 9.3 水車形式選定図

出典）中小水力発電ガイドブック（新訂５版） P108

9.3 水車の特性

出典）中小水力発電ガイドブック　P-105

(1) 比速度（N_s）

比速度とは、ランナの形状を幾何学的に相似な状態で小さくして、１ｍの落差で１kWの出力を発生する水車を作った場合の回転速度である。落差と出力を一定とした場合には、回転速度の高低を表すことから比速度といわれる。

$$N_S = N \times \frac{\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

ここに、　N_s ：　比速度（m－kW）

N ：　定格回転速度（r/min）

H ：　有効落差（m）

P ：　有効落差Hにおける出力（kW）

比速度のとり得る上限値（限界比速度）は次のとおりである。　JEC-4001:2018

ペルトン水車　　$Ns \leqq \frac{4,500}{H+150} + 14$

フランシス水車　　$Ns \leqq \frac{33,000}{H+55} + 30$

デリア（斜流）水車　　$Ns \leqq \frac{21,000}{H+20} + 40$

プロペラ（軸流）水車　　$Ns \leqq \frac{21,000}{H+13} + 50$

クロスフロー水車　　$Ns \leqq \frac{7,000}{H+35} + 35$

比速度の算出に用いる出力は、フランシス水車、斜流水車及びプロペラ水車ではランナ１個当たり、ペルトン水車ではノズル１個当たりの出力をとるものとする。

ここに、有効落差 H m、最大出力 P kW、回転速度 r / min の２ノズルのペルトン水車の Ns は、次式のようになる。

$$N_s = N \times \frac{\sqrt{P/2}}{H^{5/4}}$$

(2) 回転速度

水車発電機の回転数（N）は接続する送電系統の周波数（Hz）と磁極（ポール）数によって次式で算定される。

$$N = \frac{120 \times f}{P}$$

ここに、　N　：　回転数（r/min）

f　：　系統の周波数（Hz）

P　：　発電機の磁極（ポール）数

ここで、回転数（N）は、主として発電機製作上から表7-2-1 に示すように標準回転速度が決められている。

水車の採り得る回転速度の上限値（回転速度限界）：N_ℓは、採り得る比速度の上限値：$N_{s\ell}$から次式でもとめられるが、これ以下でもっともこれに近い標準回転速度を選択するのが一般的である。

$$N_\ell = N_{s\ell} \times \frac{H^{5/4}}{\sqrt{P}}$$

表 9.1 標準回転速度（JEC-4001）

（単位　r/min）

極　数	50Hz	60Hz	極　数	50Hz	60Hz	極　数	50Hz	60Hz
4	1,500	1,800	28	214	257	60	100	120
6	1,000	1,200	30	200	240	64	94	113
8	750	900	32	188	225	70	86	103
10	600	720	36	167	200	72	83	100
12	500	600	40	150	180	80	75	90
14	429	514	42	143	171	84	71	86
16	375	450	48	125	150	88	68	82
18	333	400	50	120	144	90	67	80
20	300	360	54	111	133	96	63	75
24	250	300	56	107	129	100	60	72

(3) 吸出し高さ（H_s）

吸出し高さとは、反動水車の吸出し管出口水位から水車ランナ基準面（図7-2-1参照）までの高さをいい、ランナの基準面が吸出し管出口水位より高い場合には正号（＋）をとり、低い場合は負号（－）をとる。

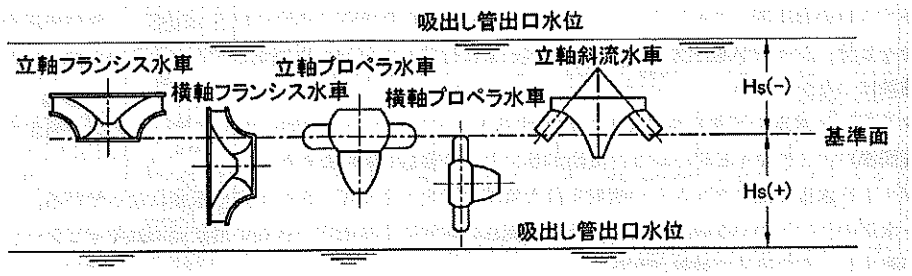


図 9.4 吸出し高さ

出典：鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）平成26年12月

(4) 無拘束速度

水車が出力運転中に負荷の急遮断など界磁による拘束がなくなると回転速度が急上昇し、当該時点での水力による水車への入力と発電機を含めた機械的な回転力の釣合いがとれるまで回転速度が上昇する（図 9.5 参照）。この回転速度を無拘束速度という。通常の状態では無拘束速度となることはないが、事故などにより無拘束速度となる可能性はあるので、水車・発電機は、一定時間はこれに耐えられる設計を要求するのが通例である。

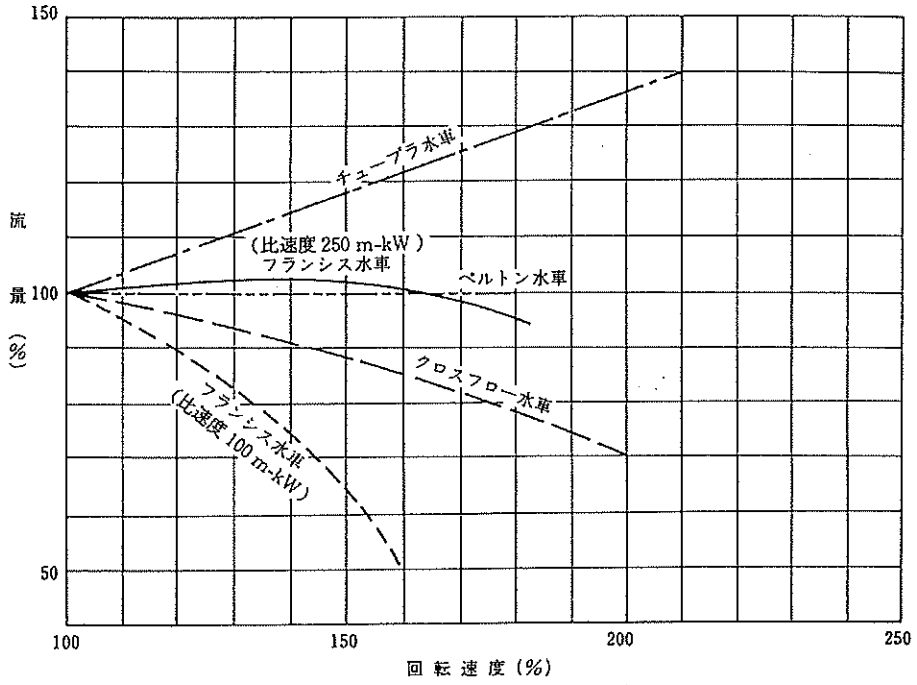


図9.5 各種水車の速度に対する流量特性図

出典：鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）平成26年12月 P-71

(5)　水車・発電機効率

1)　水車・発電機の変流量効率（中小水力発電ガイドブック　P-108～P-126）

水車・発電機効率（合成効率）は、流量の変化（変流量効率）及び落差の変化（変落差効率）を考慮する必要がある。

ここに、　合成効率　＝　水車効率×発電機効率

図 9.6 に例として比速度（Ns）の異なる４機の横軸フランシス水車の相対構成効率曲線[注1)]を示すが、比速度が異なると水車の変流量効率特性も異なってくる。

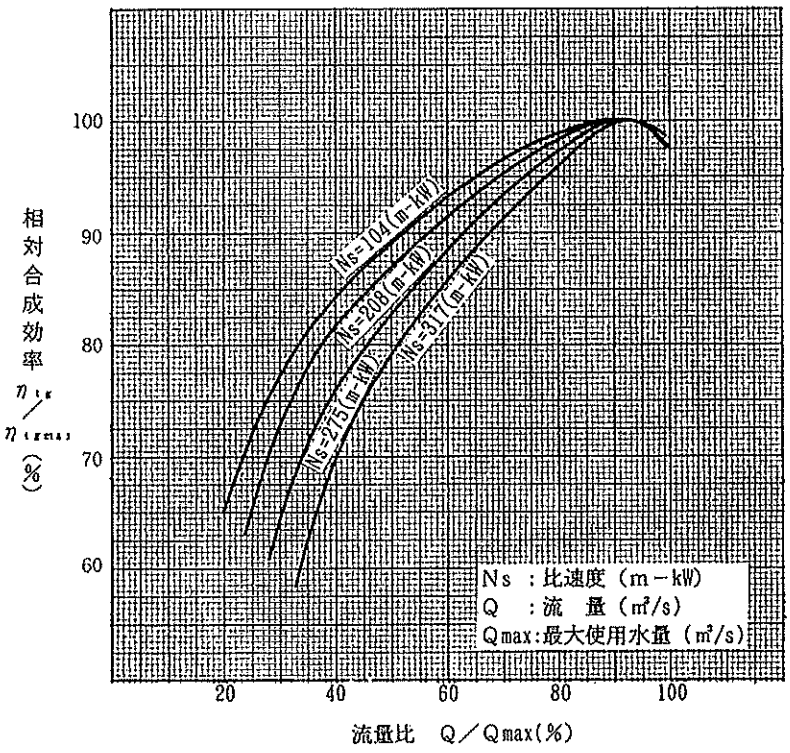


図 9.6　横軸フランシス水車の相対合成効率曲線

注１）相対合成効率曲線
100%出力時の合成効率を100%として各部分負荷時の合成効率を表している曲線をいう。

2) 水車・発電機の効率換算式

発電電力量を算定するなどの場合，水車・発電機の効率を２次関数で表すことが通常行われている。

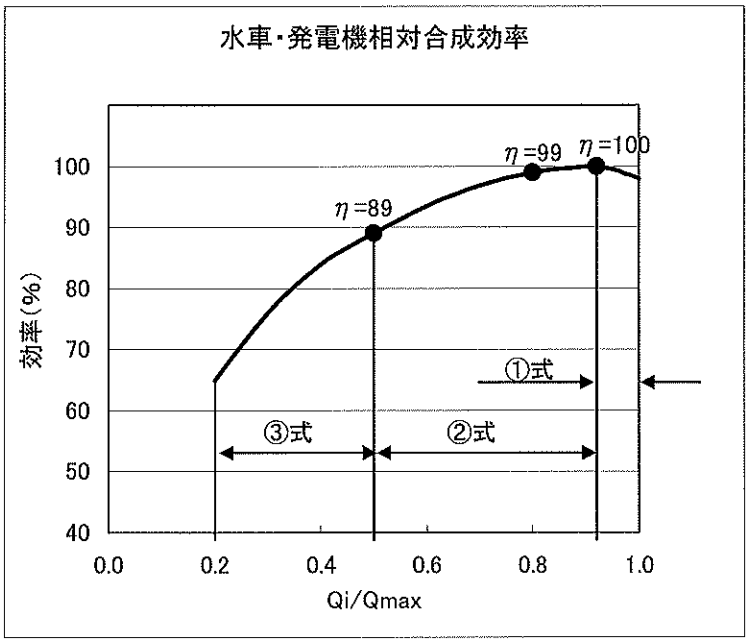
水車・発電機の相対合成効率を例として下図に示すが，換算式が近似する範囲を設定し（下図では，①式区間，②式区間，③式区間），各区間別に既知の効率カーブから３点を求め，２次の連立方程式から各区間ごとのα，β，γを求めることにより任意の変流量時（Qi/Qmax）の当該効率（η）を算定する。

効率式（η）＝$\alpha \times X^2 + \beta \times X + \gamma$

η：水車・発電機相対合成効率（Y軸）

α，β，γ：固定値

X：Qi/Qmax



ここに，②式では，以下の連立２次方程式から算定される。

$$\begin{cases} 1.000 = \alpha \times (0.92)^2 + \beta \times 0.92 + \gamma & \text{------ a式} \\ 0.990 = \alpha \times (0.80)^2 + \beta \times 0.80 + \gamma & \text{------ b式} \\ 0.890 = \alpha \times (0.50)^2 + \beta \times 0.50 + \gamma & \text{------ c式} \end{cases}$$

【消去法による計算手法】

（a式－b式）及び（a式－c式）の２式から一旦γを消去してα及びβを求め，このα，βを方程式に代入することによって，γを算定する。

この計算手法は，変流量効率のみならず変落差効率，放水位など２次曲線で表現できる場合に良く用いられ，発電計算上応用範囲が広い。

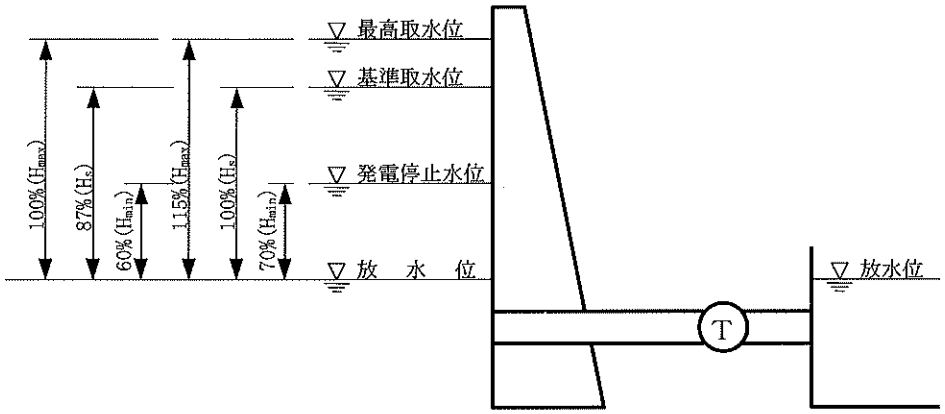
3) 水車の変落差効率（ガイドブック P-127）

ダム式発電所等，取水位が大きく変化する場合には，変流量効率に変落差効率を乗じて水車効率を求める。

落差変動に対応する水車の運転可能範囲

$$1.15 \geqq \frac{H_e}{H_s} \geqq 0.7$$

H_e ： 有効落差
H_s ： 基準落差



フランシス水車
チューブラ水車 } $\frac{H_{min}}{H_{max}} \geqq 0.6$

クロスフロー水車 $\frac{H_{min}}{H_{max}} \geqq 0.7$

ペルトン水車 上記水車に比べ変落差特性は多少悪い

注：最高取水位は，水車の運転可能範囲を勘案しながら，ダムの常時満水位（NWL）よりも多少高い水位とする場合が多い。これによってダムのクレストから越流するような出水時でも，発電を行うことができる。

4)　フランシス水車の等効率曲線図（中小水力発電ガイドブック P-127）

図 9.7 は，フランシス水車の等効率曲線図といわれるもので，通称“目玉カーブ”とも呼ばれているものである。横軸は流量，縦軸は有効落差を示し，Ａ－Ａ断面は基準有効落差[注2)]時における変流量効率である。

ちなみに，Ｂ－Ｂ断面は基準有効落差を挟む変落差効率である。

注２）基準有効落差とは

水車を設計する場合の基準となる落差をいい，一般的には，日々変動する流量の頻度などを勘案して、最も効率良く発電できる落差として定める。

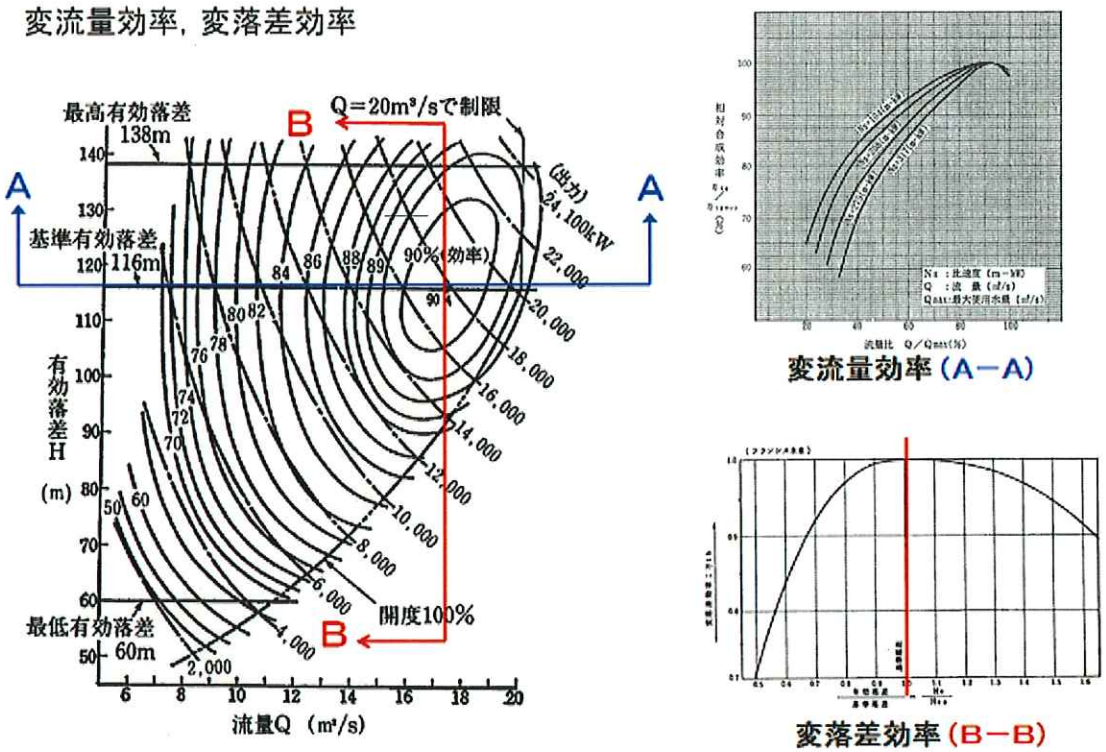


図 9.7 フランシス水車の等効率曲線図

9.4　水車のキャビテーション

出典）鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）平成16年12月
技術参考資料 P-13

(1) キャビテーション

キャビテーションとは，水の流れによって水車のランナのある部分の圧力が低下して，その部分の水が常温において減圧沸騰して水蒸気の気泡を形成し，続いてこの気泡が崩壊する現象をいう。

一般に，キャビテーション発生場所の後部で，気泡がランナの面で崩壊するとその部分が壊蝕を受ける。

キャビテーションは，通常の運転状態では周囲の圧力の低いランナベーンの出口付近で発生する。したがって，キャビテーションの壊蝕もランナベーン出口付近の負圧側が多い。

また，設計点に対して大幅にずれた領域で運転を行うと，キャビテーションの発生を伴い，思わぬ場所に壊蝕を生ずることがあるので注意が必要である。

(2) 吸出し高さ（Hs）とキャビテーション

反動水車の通常の運転範囲（変落差運転などがない場合）では，ランナベーン出口に発生するキャビテーションを防止すればよく，このため水車の据付高さ，すなわち吸出し高さ（Hs）を制御している。

水車の形式や比速度（Ns）などが決まると，ランナ出口部に生ずる圧力低下は運転する有効落差に比例する。この圧力低下が飽和蒸気圧より大きくなるとキャビテーションが発生する。

落差に対する圧力低下の場合，キャビテーション係数をσとすると，圧力低下は σH となり，次式がキャビテーション発生の限界となる。

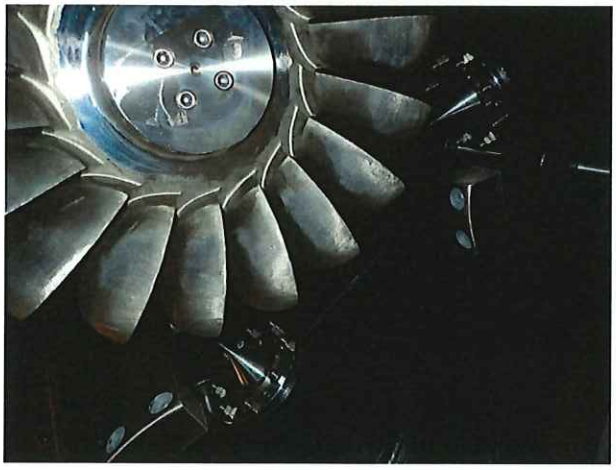
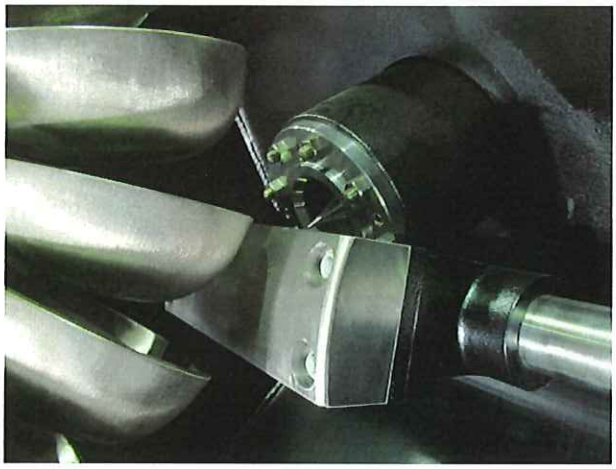
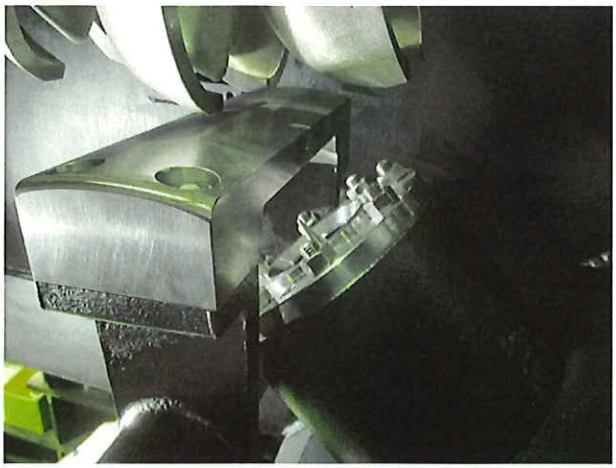
$$Ha - Hs - \sigma \cdot H = Hv$$

σ　：キャビテーション係数
H　：有効落差(m)
Hs　：吸出し高さ(m)
Ha　：大気圧力(m)
Hv　：飽和蒸気圧(m)

上式を書き直すことで，キャビテーション係数σが求まる。

$$\sigma = \frac{(Ha - Hv) - Hs}{H}$$

横軸ペルトン水車の
デフレクタ

デフレクタ　閉

デフレクタ　開