

# 地域で小水力発電を開発する方法 ～導入の道筋～

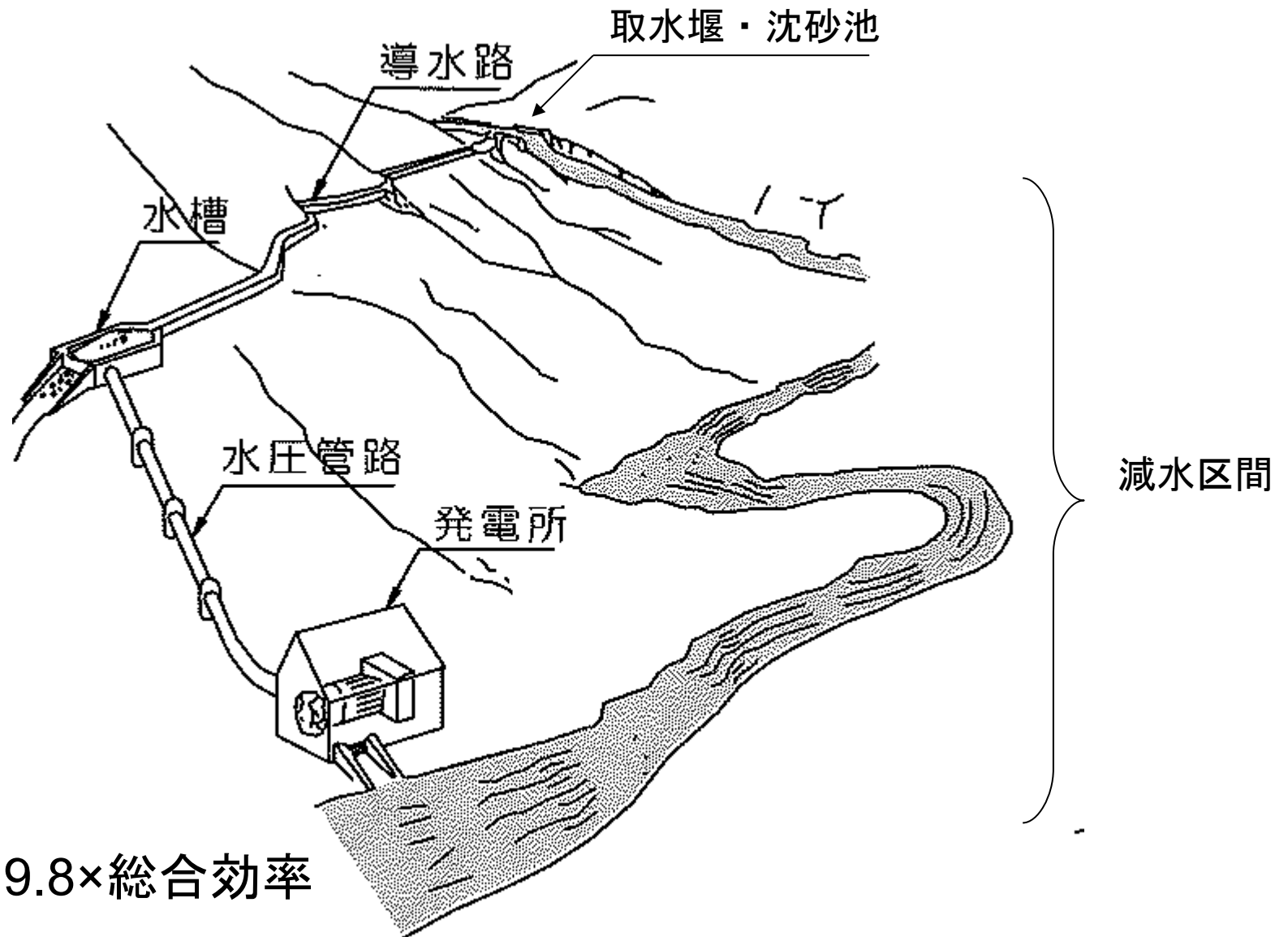


一般社団法人小水力開発支援協会  
代表理事 中島 大

2009/ 5/19 14:33

# 【はじめに】 小水力発電のしくみ

# 水力発電所（大～小）



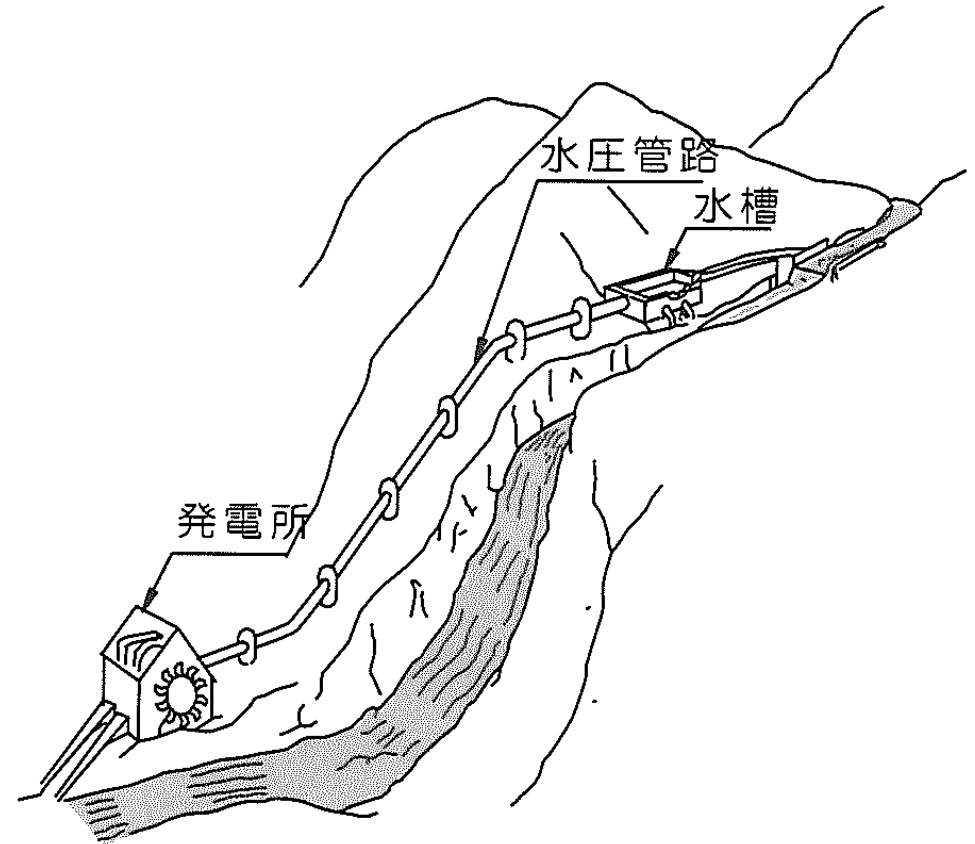
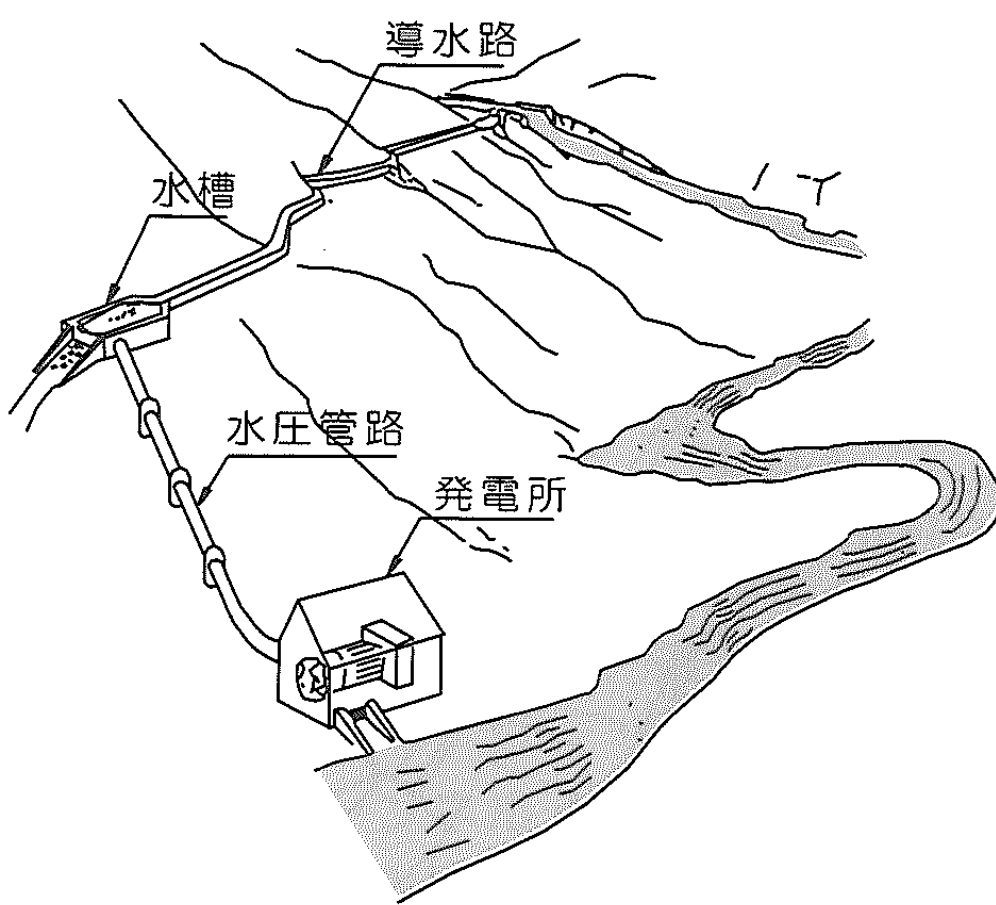
出力＝

落差×流量×9.8×総合効率

ここがポイント（太陽光は日射、風力は風速）

図はNEDO『マイクロ水力発電導入ガイドブック』より

# 導水路と水圧管路



出典：NEDO『マイクロ水力発電導入ガイドブック』より

左の図が基本形。

右は、水圧管路を道路下に埋設する場合など（小水力に多い構造）。

# 水力発電用の主な設備

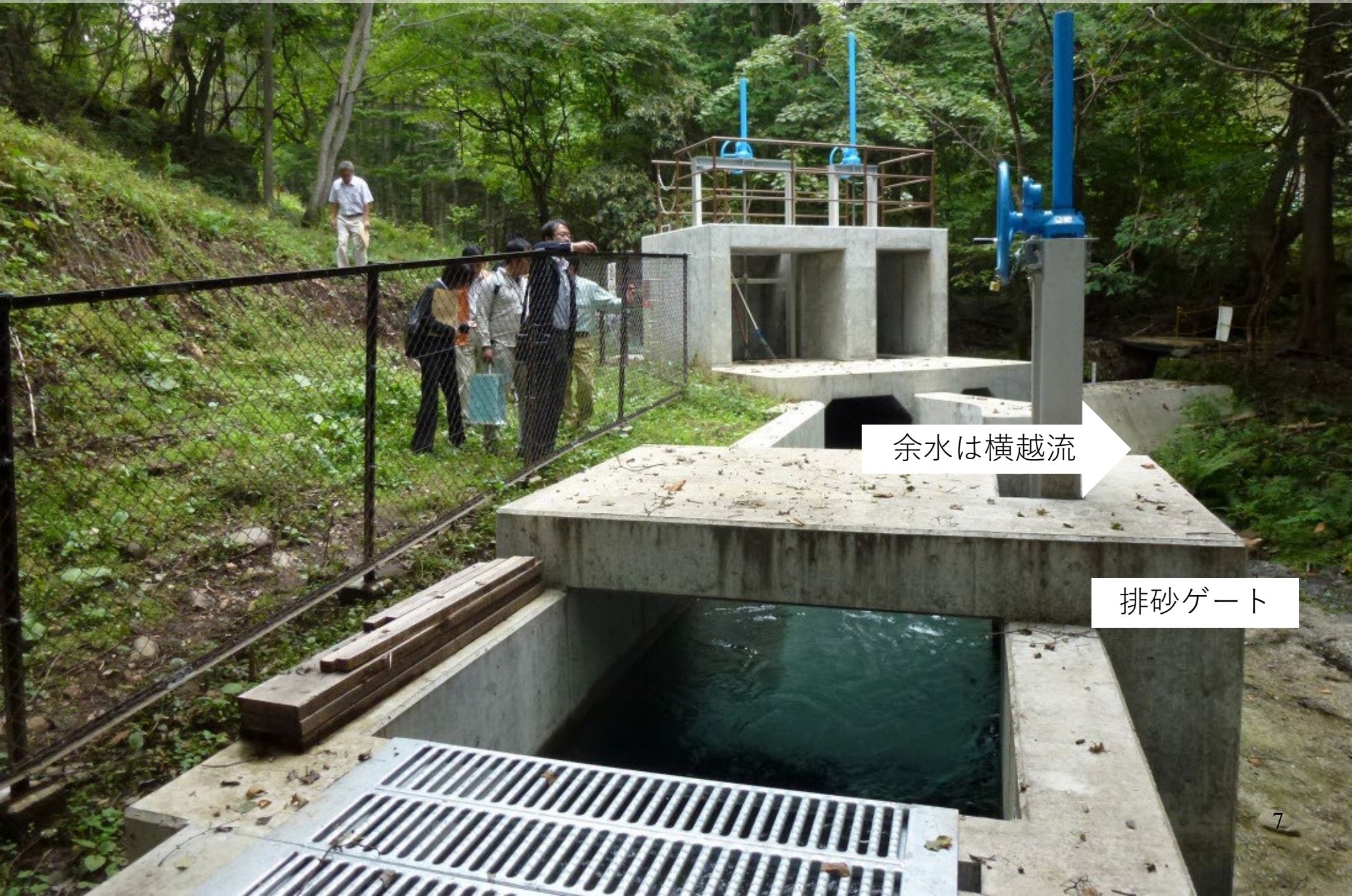
- 取水設備（堰堤・ダム）
- ゴミ取り設備（沈砂池・除塵機）
- 導水路
- 水槽（ヘッドタンク）
- 水圧管路
- 水車発電機
- 発電所建屋
- 放水路

# 取水堰

川をせき止めて取水する

取水口

# 沈砂池



余水は横越流

排砂ゲート

# 導水路

A group of people are walking away from the camera on a metal grate walkway that runs through a lush green forest. The walkway is made of silver-colored metal grates and is bordered by concrete. The people are dressed in casual to semi-formal attire, including t-shirts, jeans, a bucket hat, and a suit. In the background, a small sign is visible on a post. The overall scene is a natural, wooded environment.

旧発電所の開放水路に  
蓋をかけて使用

# 導水路終点



水槽（ヘッドタンク）

導水路

# 水槽（ヘッドタンク）

水車の流入量制御には  
水槽水位を利用する  
のが一般的

余水は横越流

# 除 塵 機



ごみが溜まると、熊手（レーキ）  
を使って自動掻き上げ

# 上水槽から水圧管へ

溜まったごみ（ほとんどが落ち葉や小枝）はコンベアから堆積所へ

# 水圧管路

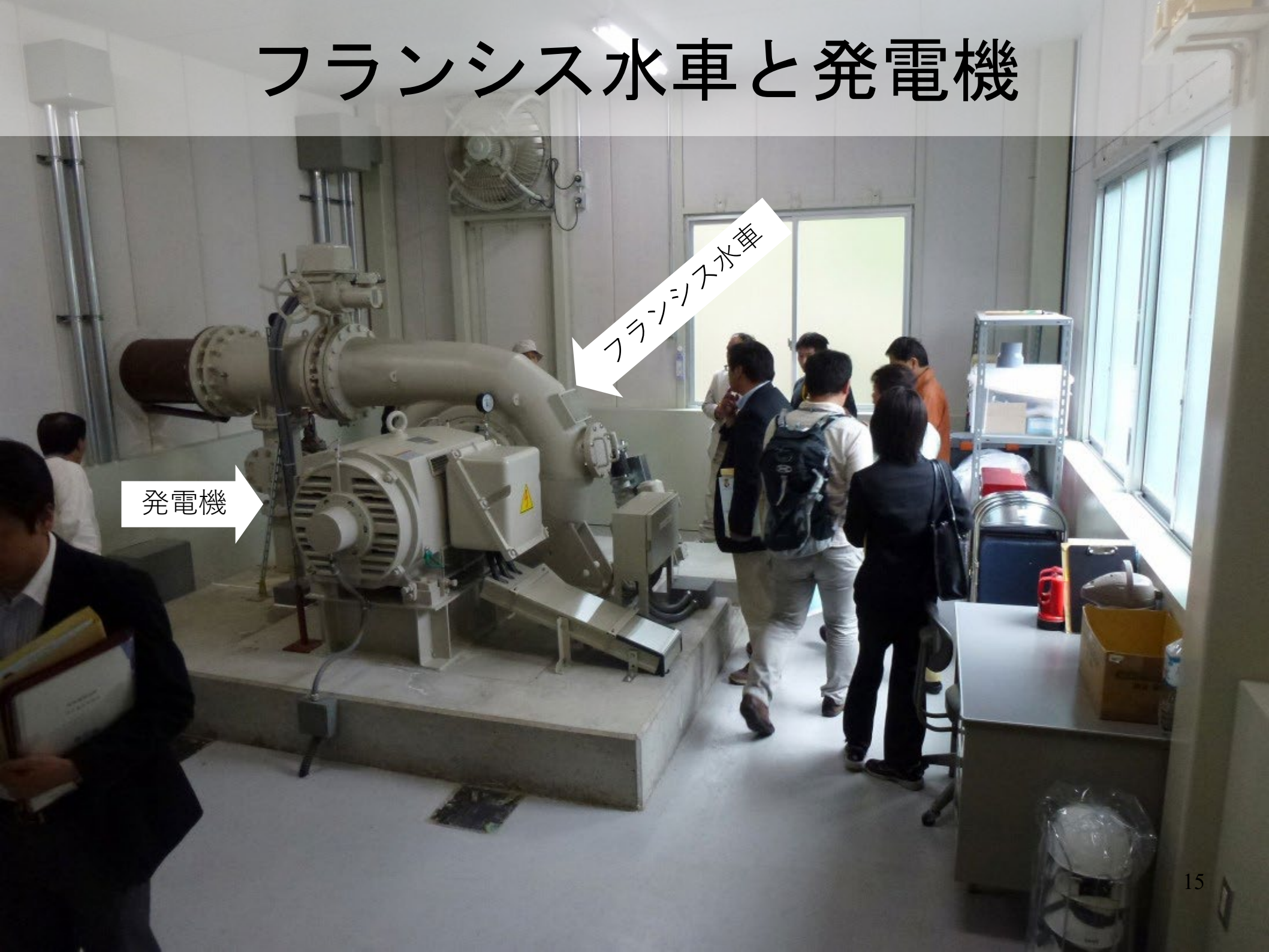


埋設ルート

# 水圧管路



# フランス水車と発電機



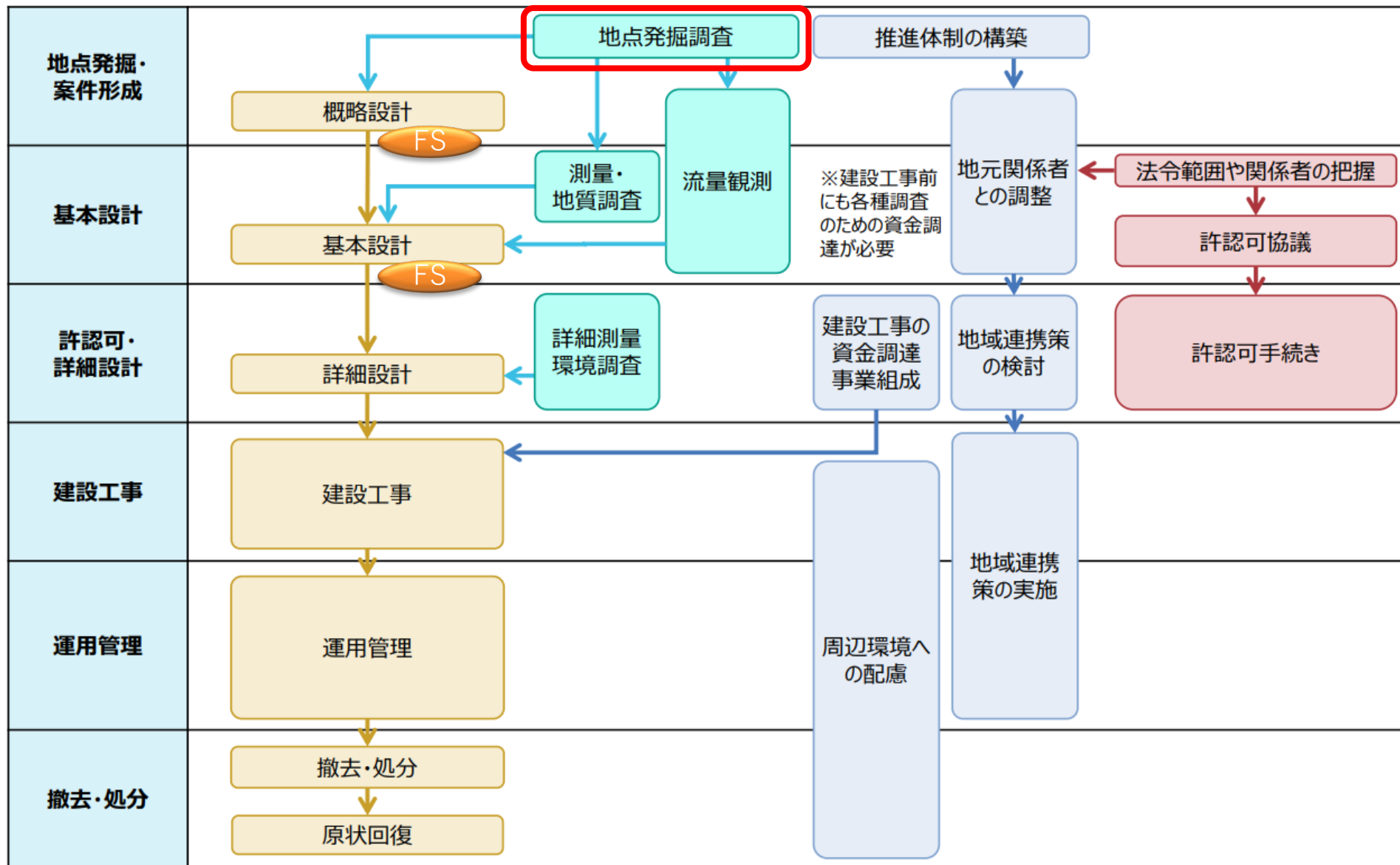
フランス水車

発電機

# フランスス水車



# 運開までのプロセス



出典) 中小水力発電の導入促進に向けた手引き (資源エネルギー庁 2024年2月)

FS は中島が付記 (Feasibility Study／事業化可能性調査)

# 分析ツールでの図上調査

- 地形落差を調べる



出力 =  
落差 × 流量 × 9.8 × 合成効率

- 河川流量を調べる



# 図上調査後の主な調査項目

## 現地踏査

取水構造物～水槽の建設(経済合理性のある)は可能か？

水路ルートに支障はないか？

発電所建設に支障はないか？

系統連系に支障はないか？

発電所運用に支障はないか？

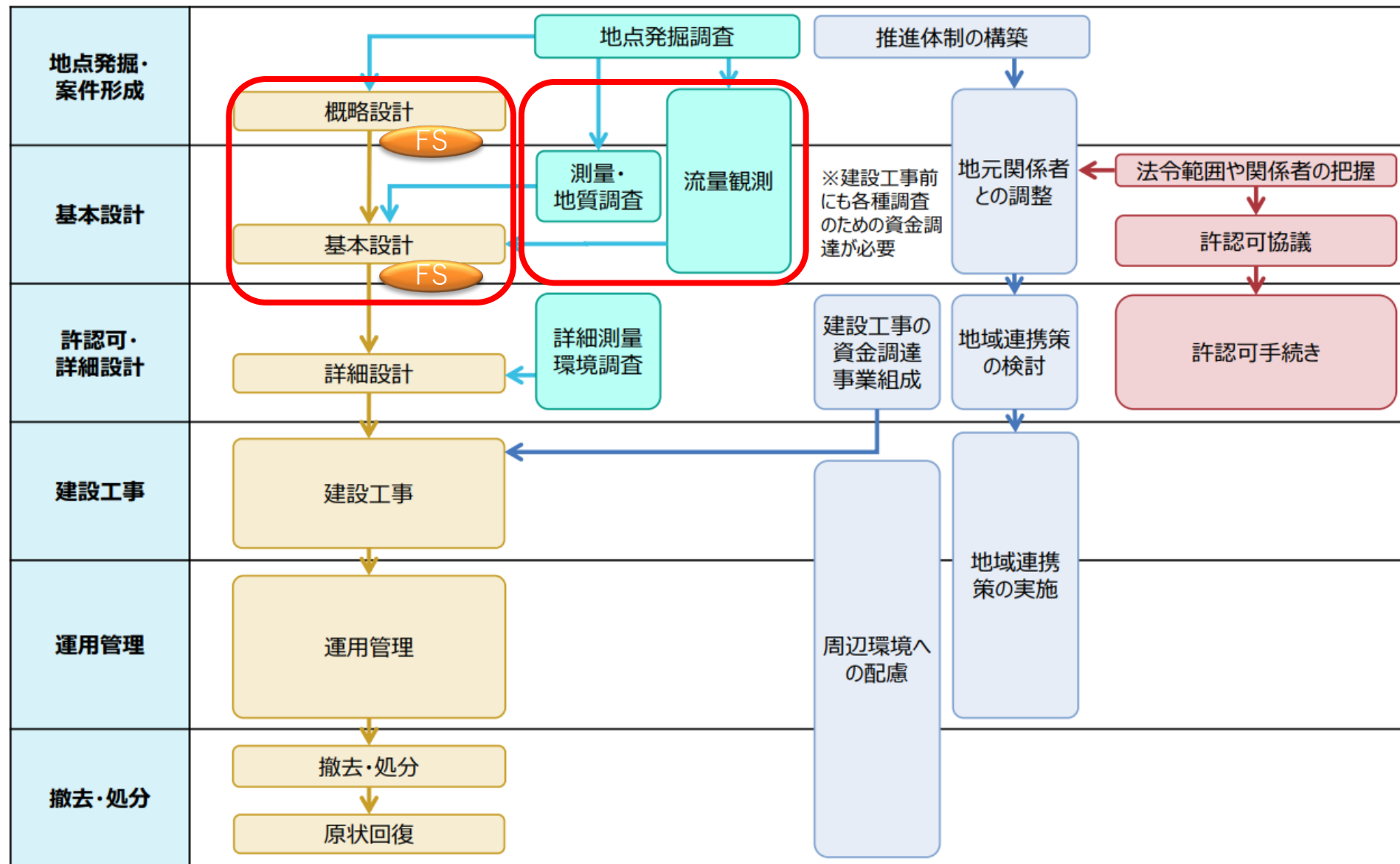
既存利水の状況はどうか？

...

## 制度的制約・地権者等

## 流量観測（１年間）

## 地形測量・地質調査



出典) 中小水力発電の導入促進に向けた手引き (資源エネルギー庁 2024年2月)

は中島が付記 (Feasibility Study／事業化可能性調査)

# FS調査報告書の事例

## 【R5調査結果公表】「福島県地域再エネポテンシャル調査事業（小水力）」の調査結果の公表について

### 1 調査概要

県内の河川、農業水利施設、上下水道から調査対象を選定したうえで、図上調査、現地調査、事業可能性調査を実施するとともに、事業化可能性があると評価された地点について、計画策定を行いました。

### 2 調査結果

#### （1）事業可能性調査

県内の河川、農業水利施設、上下水道について事業可能性調査を実施しました。その結果、1地点（福島市荒川（土湯温泉町））において事業化可能性が確認されました。

調査結果

|        | 図上調査の対象 | 現地調査対象 | 事業可能性調査対象 | 事業化可能性あり |
|--------|---------|--------|-----------|----------|
| 河川     | 37地点    | 15地点   | 1地点       | 1地点      |
| 農業水利施設 | 90地点    | 4地点    | 2地点       | 0地点      |
| 上下水道   | 1地点     | 1地点    | 0地点       | 0地点      |

#### （2）計画策定

（1）事業可能性調査の結果を受け、福島市荒川（土湯温泉町）において事業計画案を作成するとともに、地元市町村や事業者からなるワーキンググループを組成し、事業化に向けた検討を実施しました。

年間発電電力量と売電収入の試算

| 項目       | 値                    | 項目                | 値            |
|----------|----------------------|-------------------|--------------|
| 1 最大使用水量 | 1.2m <sup>3</sup> /s | 5 年間発電電力量         | 3,412,000kWh |
| 2 有効落差   | 72.5m                | 6 FIT/FIP期間中の売電収入 | 98,900千円/年   |
| 3 合成効率   | 79.8%                | 7 FIT/FIP期間後の売電収入 | 47,700千円/年   |
| 4 最大出力   | 680kW                |                   |              |

↓ 報告書取り寄せ可能です

出典）福島県エネルギー課HP <<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/11025c/suiryoku-fs-r5.html>>

# 事業化可能性の判定方法

| 項目       | 値       | 備考                              |
|----------|---------|---------------------------------|
| ①初期費用    | (円)     | 建設費は設計⇒積算で算出                    |
| ②年間発電電力量 | (kWh/年) | 設計と水理計算で有効落差算出<br>使用水量シミュレーション  |
| ③年間売電収入  | (円/年)   | 標準的にはFIT単価<br>売電方法によってはシミュレーション |
| ④操業費     | (円/年)   | 人件費・保険料・水利使用料ほか                 |
| ⑤長期保守費用  | (円/年)   |                                 |
| ⑥粗利      | (円/年)   | ③－④－⑤                           |
| ⑦回収年数    | (年)     | ①÷⑥                             |

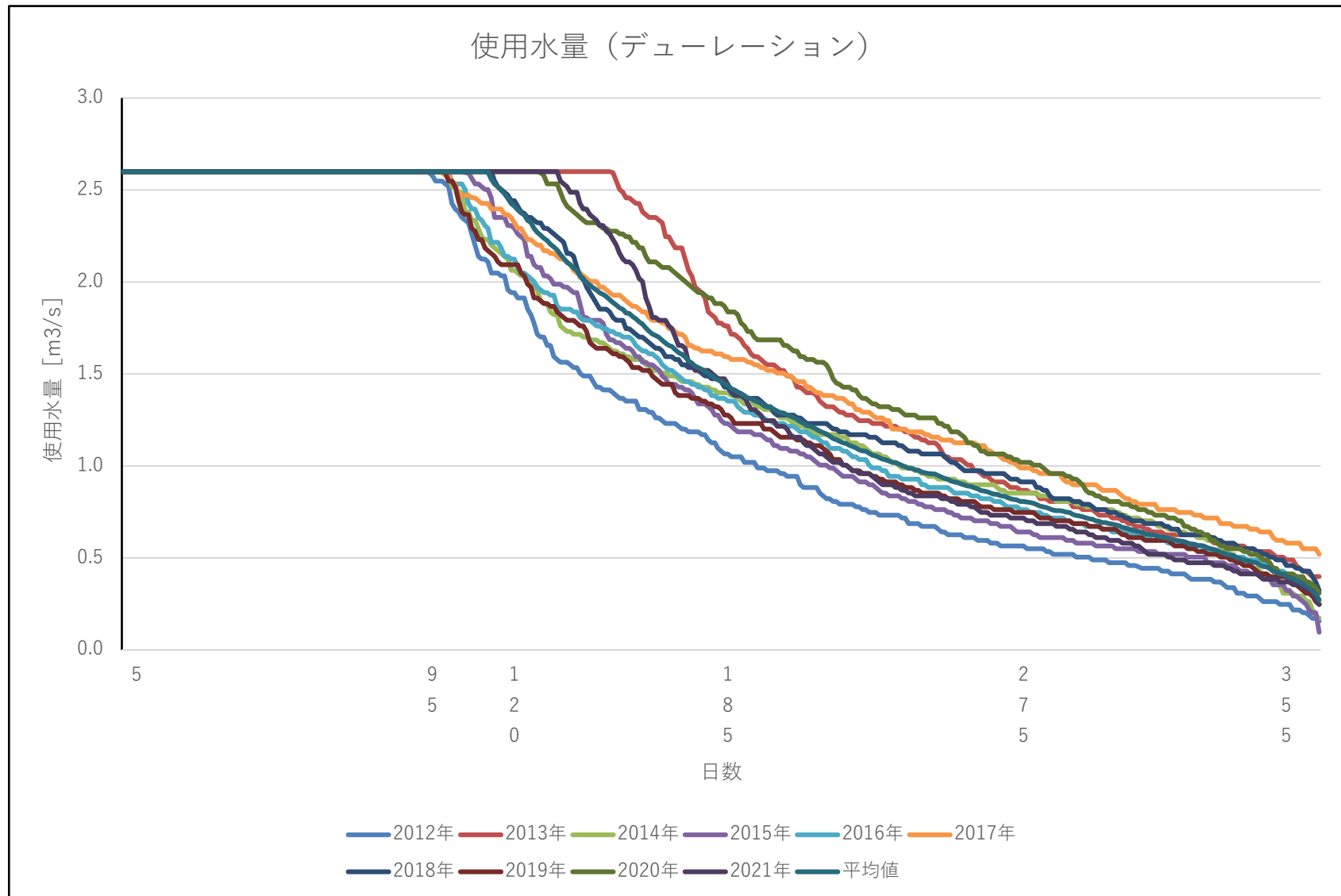
安価で大まかな判定：回収年数による（10年以内が目処）

費用を掛けて高精度：キャッシュフロー表を作成

# ①初期費用：積算例

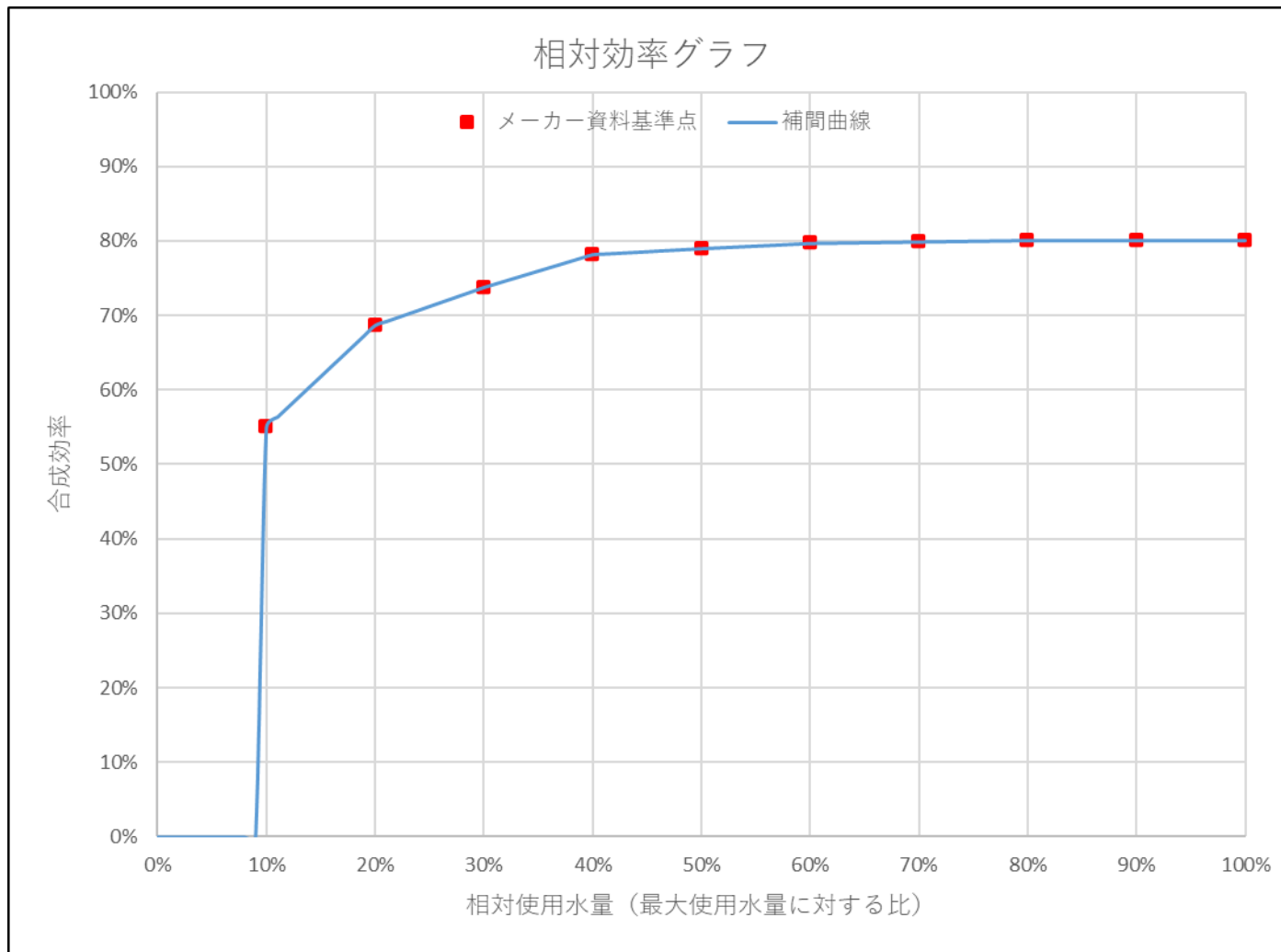
| ■初期費用       |  |         |
|-------------|--|---------|
| 建設費         |  | 400,000 |
| 設計費         |  | 40,000  |
| 電気・機械設備費    |  | 380,000 |
| 送電設備費       |  | 2,000   |
| 建築設備費       |  | 50,000  |
| 系統接続検討費     |  | 400     |
| 系統接続負担金     |  | 10,000  |
| 建設中利子       |  | 80,000  |
| ファイナンス関係手数料 |  | 10,000  |
| 初期費用合計      |  | 972,400 |

## ②年間発電電力量：使用水量



デューレーションと使用水量については用語集参照

## ②年間発電電力量：合成効率・出力



$$\text{出力} = \text{落差} \times \text{流量} \times 9.8 \times \text{合成効率}$$

# ③年間売電収入

FITなら簡単

FIPシミュレーション例

2018～直近年度まで  
河川流量でシミュレーション  
ルールに基づき算出  
任意設定。市場取引との比較も可能

| 日付    | コマ | 発電電力量 | 市場価格  | プレミアム  | 電力価値  | 環境価値 | 収入合計   |
|-------|----|-------|-------|--------|-------|------|--------|
| 4月1日  | 1  | 237.1 | 5.84  | 22.310 | 12.00 | 2.00 | 8,611  |
| 4月1日  | 2  | 237.1 | 9.40  | 22.310 | 12.00 | 2.00 | 8,611  |
| 4月1日  | 3  | 237.1 | 10.13 | 22.310 | 12.00 | 2.00 | 8,611  |
| }     | }  | }     | }     | }      | }     | }    | }      |
| 3月31日 | 46 | 499.4 | 9.35  | 9.831  | 12.00 | 2.00 | 11,902 |
| 3月31日 | 47 | 499.4 | 9.09  | 9.831  | 12.00 | 2.00 | 11,902 |
| 3月31日 | 48 | 499.4 | 8.03  | 9.831  | 12.00 | 2.00 | 11,902 |

|        | 発電電力量     | 月収         | 平均単価  |
|--------|-----------|------------|-------|
| 4月     | 550,169   | 6,602,031  | 32.33 |
| 5月     | 628,923   | 7,259,389  | 30.59 |
| 6月     | 684,363   | 8,212,360  | 36.03 |
| }      | }         | }          | }     |
| 1月     | 76,227    | 879,963    | 31.40 |
| 2月     | 407,870   | 4,894,442  | 29.55 |
| 3月     | 520,825   | 6,249,902  | 23.44 |
| 年合計・平均 | 4,969,878 | 58,790,231 | 32.40 |

この年度はFIP単価（29円）を大きく上回る

## ④操業費

計算例

| 操業費（保守業務費は年次毎にCF計上） |             |           |    |           |  |
|---------------------|-------------|-----------|----|-----------|--|
|                     | 技術者人件費      | 2,740,000 |    |           |  |
|                     | 管理人件費       | 440,000   |    |           |  |
|                     | 巡視・除塵点検管理費  | 1,000,000 |    |           |  |
|                     | アンシラリーサービス費 | 772,000   | 単価 | 71.5円/kW  |  |
|                     | 発電側課金（kW料金） | 1,005,000 | 単価 | 93.04円/kW |  |
|                     | 一般事務経費      | 0         |    |           |  |
|                     | 流水占用料       | 1,214,000 |    |           |  |
|                     | 保険料         | 1,000,000 |    |           |  |
|                     | 地代、権利料等     | 0         |    |           |  |
|                     | 以上合計        | 8,171,000 |    |           |  |

## ⑤長期保守費用

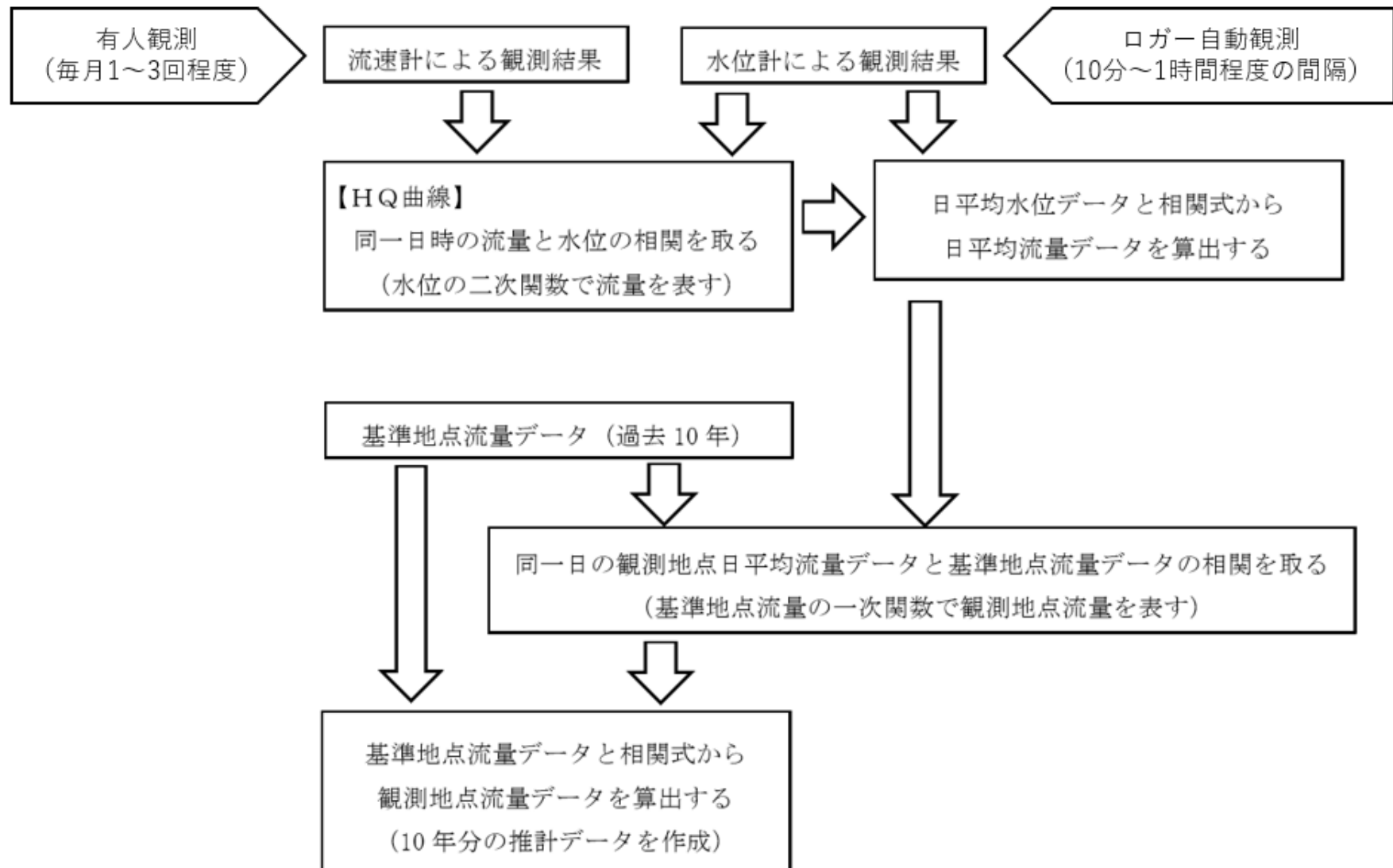
| 項 目       | 費 用         | 頻 度  |
|-----------|-------------|------|
| ①年次点検費    | 200,000     | 毎年   |
| ②大規模点検費   | 5,000,000   | 5年ごと |
| ③オーバーホール小 | 50,000,000  | 15年目 |
| ④オーバーホール大 | 120,000,000 | 30年目 |
| ⑤設備更新小    | 50,000,000  | 15年目 |
| ⑥設備更新大    | 120,000,000 | 30年目 |

長期保守計画はメーカーと相談しながらパターン化を進めています。  
上表は30年計画の数字ですが、60年計画が作れないか相談中。  
「100年の計」を立てましょう！

# 水位ロガーを使った流量観測の原理

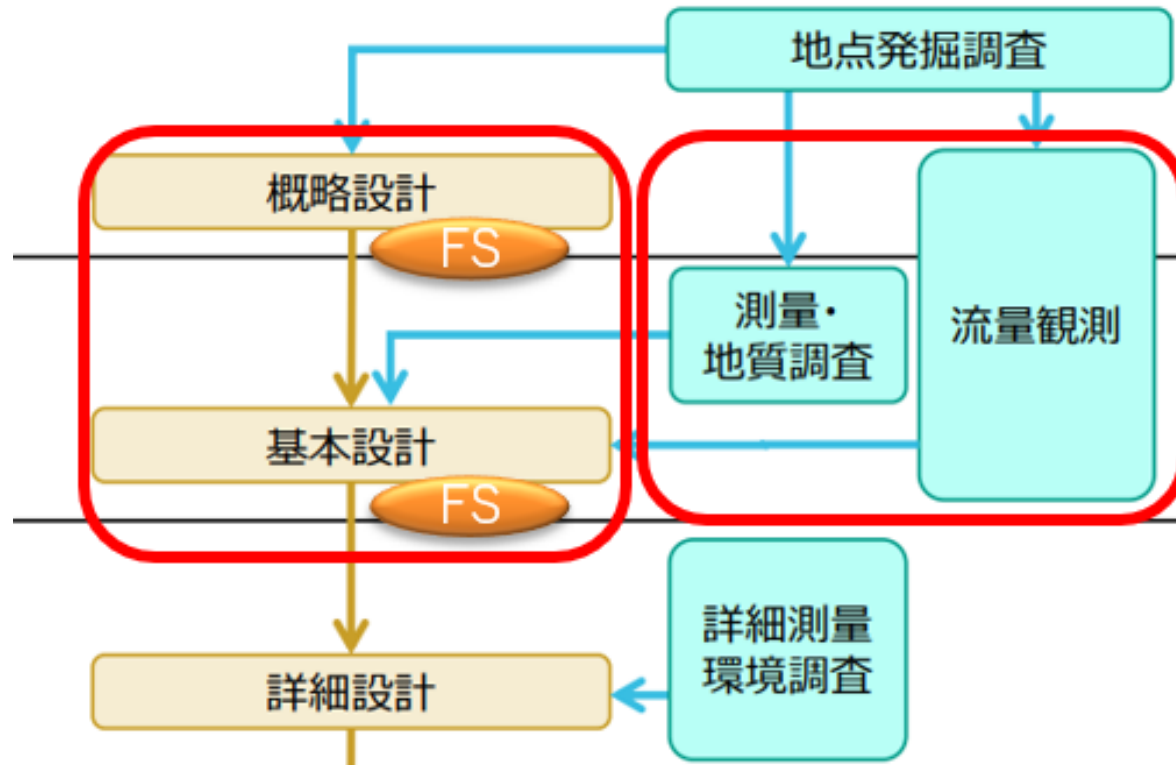


# 水位ロガーを使った流量観測の原理



# 概略設計と基本設計

なぜFSを2回やるのか？



⇒精度と費用の問題

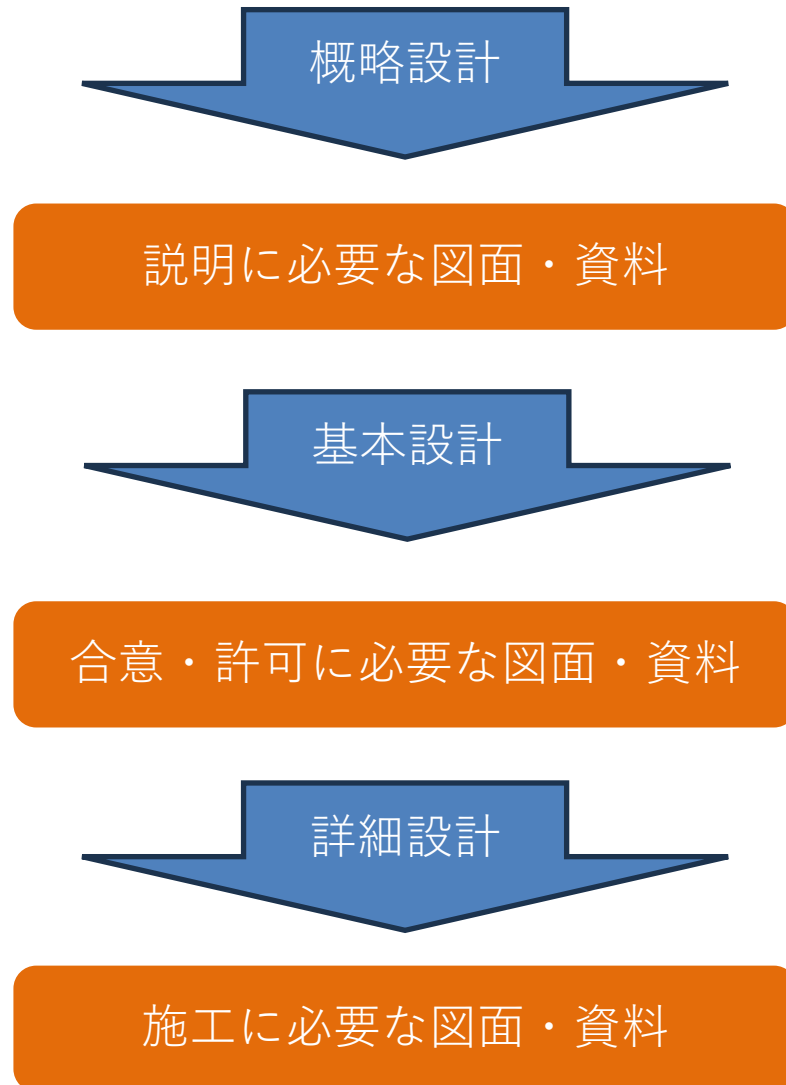
# 事業化可能性の判定方法

| 項目       | 値       | 備考                              |
|----------|---------|---------------------------------|
| ①初期費用    | (円)     | 建設費は設計⇒積算で算出                    |
| ②年間発電電力量 | (kWh/年) | 設計と水理計算で有効落差算出<br>使用水量シミュレーション  |
| ③年間売電収入  | (円/年)   | 標準的にはFIT単価<br>売電方法によってはシミュレーション |
| ④操業費     | (円/年)   | 人件費・保険料・水利使用料ほか                 |
| ⑤長期保守費用  | (円/年)   |                                 |
| ⑥粗利      | (円/年)   | ③－④－⑤                           |
| ⑦回収年数    | (年)     | ①÷⑥                             |

安価で大まかな判定：回収年数による（10年以内が目処）

費用を掛けて高精度：キャッシュフロー表を作成

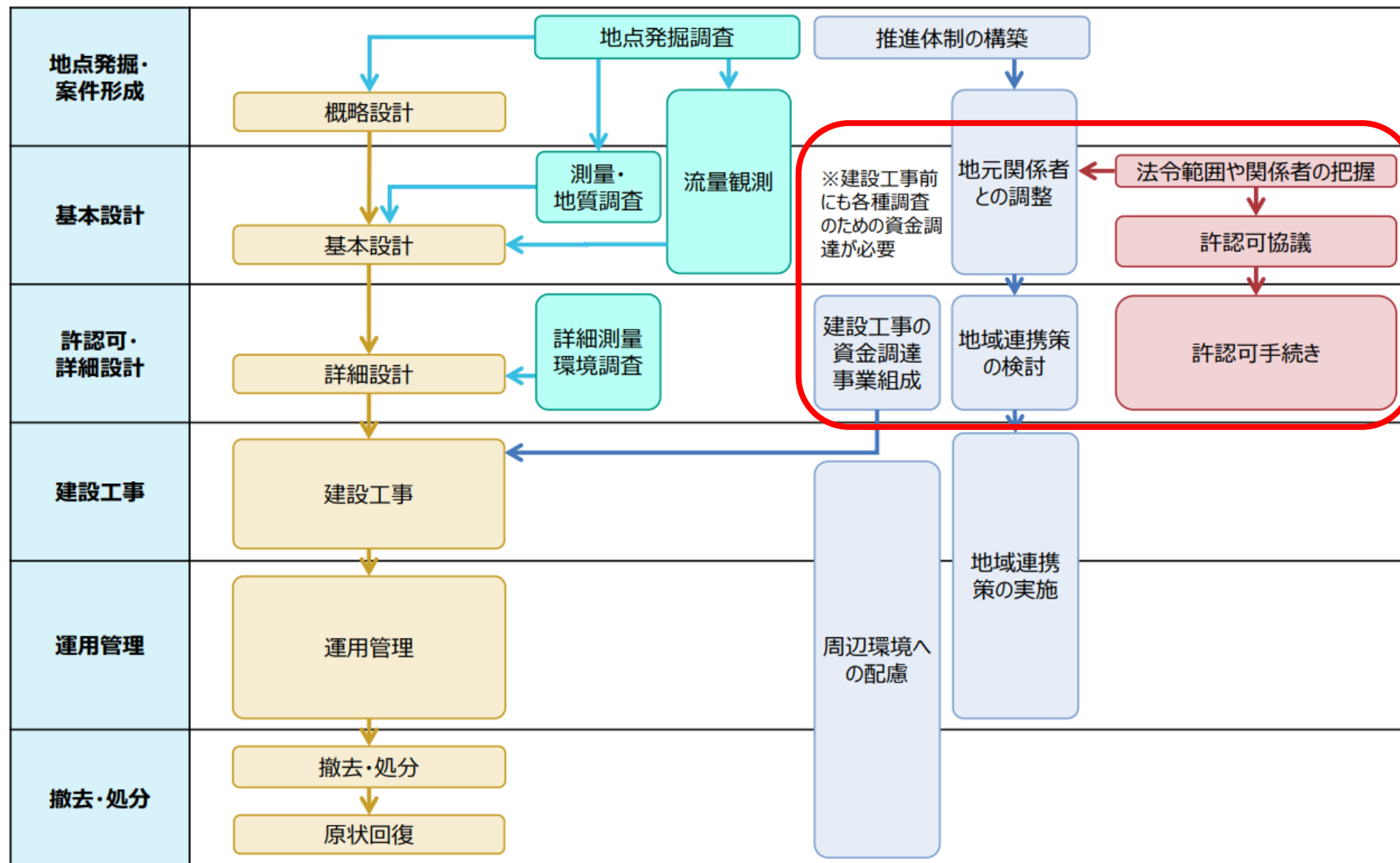
# 概略設計 ⇒ 基本設計 ⇒ 詳細設計



# 進行管理としての「設計業務」

## 01

## 事業の基本的な流れ



# 詳細設計

どこまで基本設計でカバーするか  
⇒ NEF補助金との関係

# NEF補助金「基本設計」

令和6年度「水力発電導入加速化事業費（水力発電の事業初期段階における支援事業（初期調査等支援事業）のうち水力発電の事業性評価に必要な調査及び設計等を行う事業）」（新規事業分）の公募について

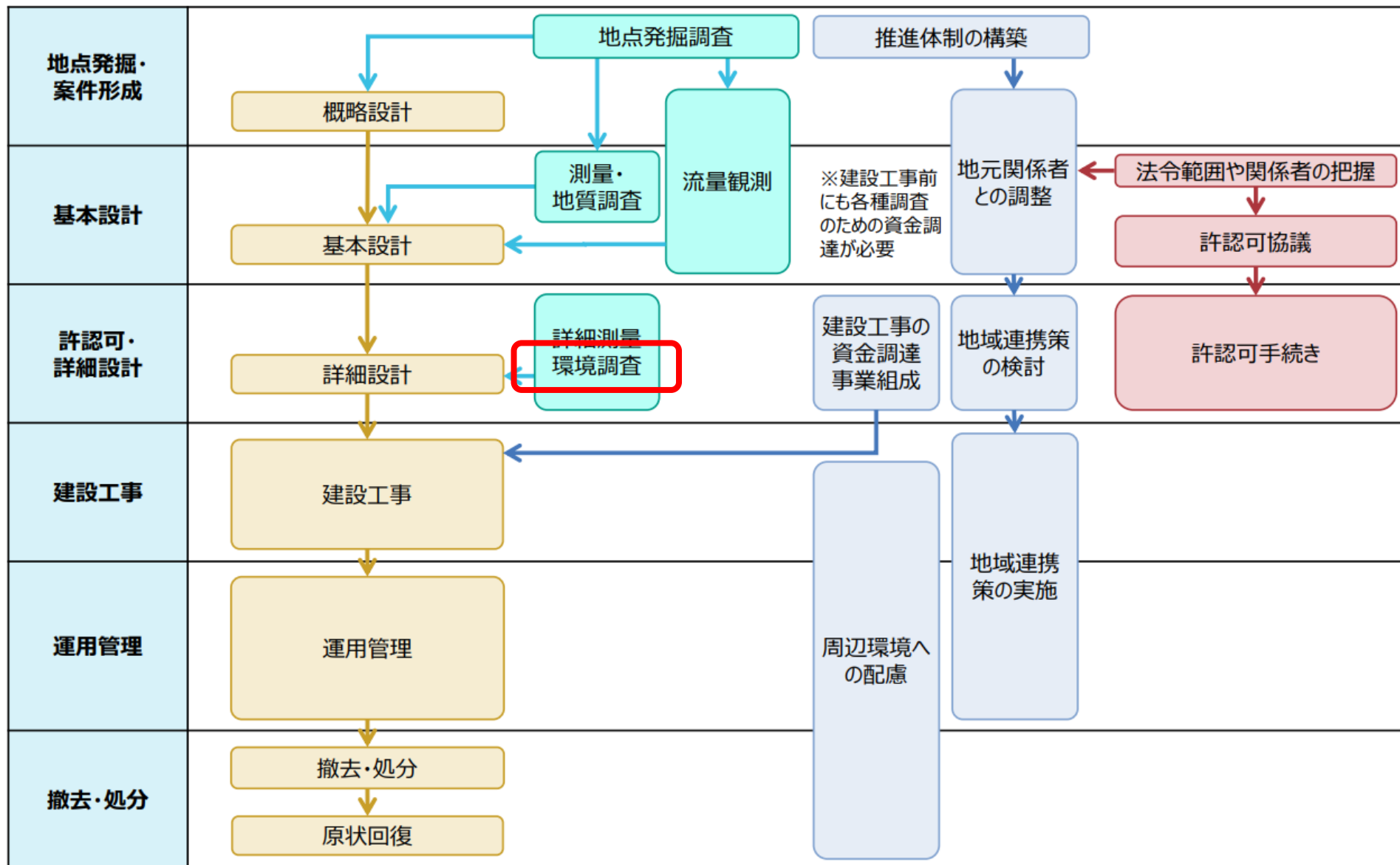
令和6年4月23日  
一般財団法人 新エネルギー財団

一般財団法人新エネルギー財団（NEF）では、令和6年度水力発電導入加速化事業費（水力発電の事業初期段階における支援事業（初期調査等支援事業）のうち水力発電の事業性評価に必要な調査及び設計等を行う事業）（新規事業分）の公募を以下のとおり実施します。

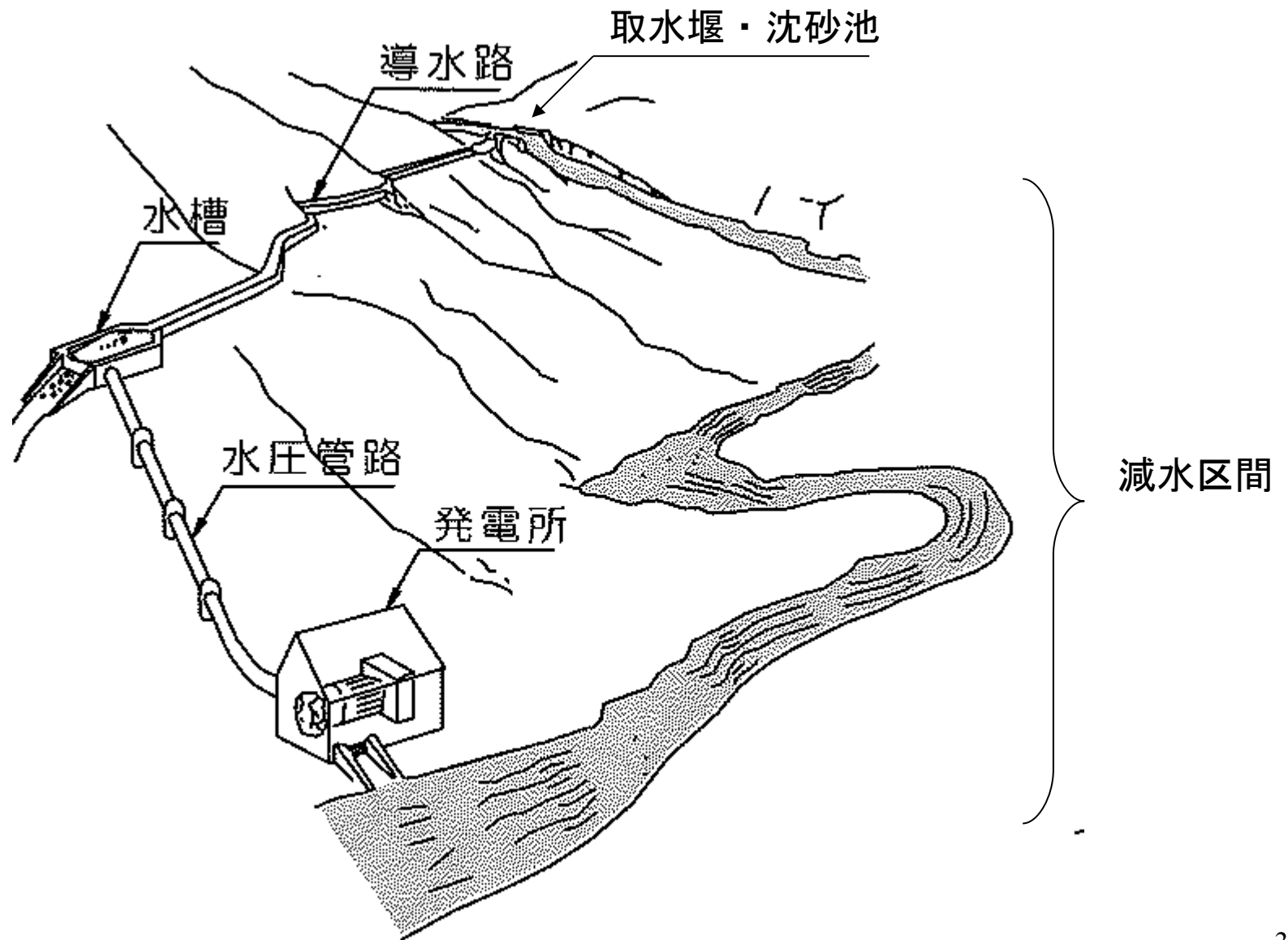
# 河川環境

## 01

## 事業の基本的な流れ



# 減水区間



# 河川環境

正常流量 = 水利流量 + 河川維持流量

## 水利流量

減水区間における水利権の調査

## 河川維持流量

ガイドラインに従って算出

# ガイドライン

⇒河川法はアセス法よりめっちゃ強い

動植物の生息地又は生息地の状況

景観

流水の正常の保持

舟運

漁業

塩害の防止

河川の閉塞の防止

河川管理施設の保護

地下水位の維持

観光（景観であったり、舟運であったり、、）

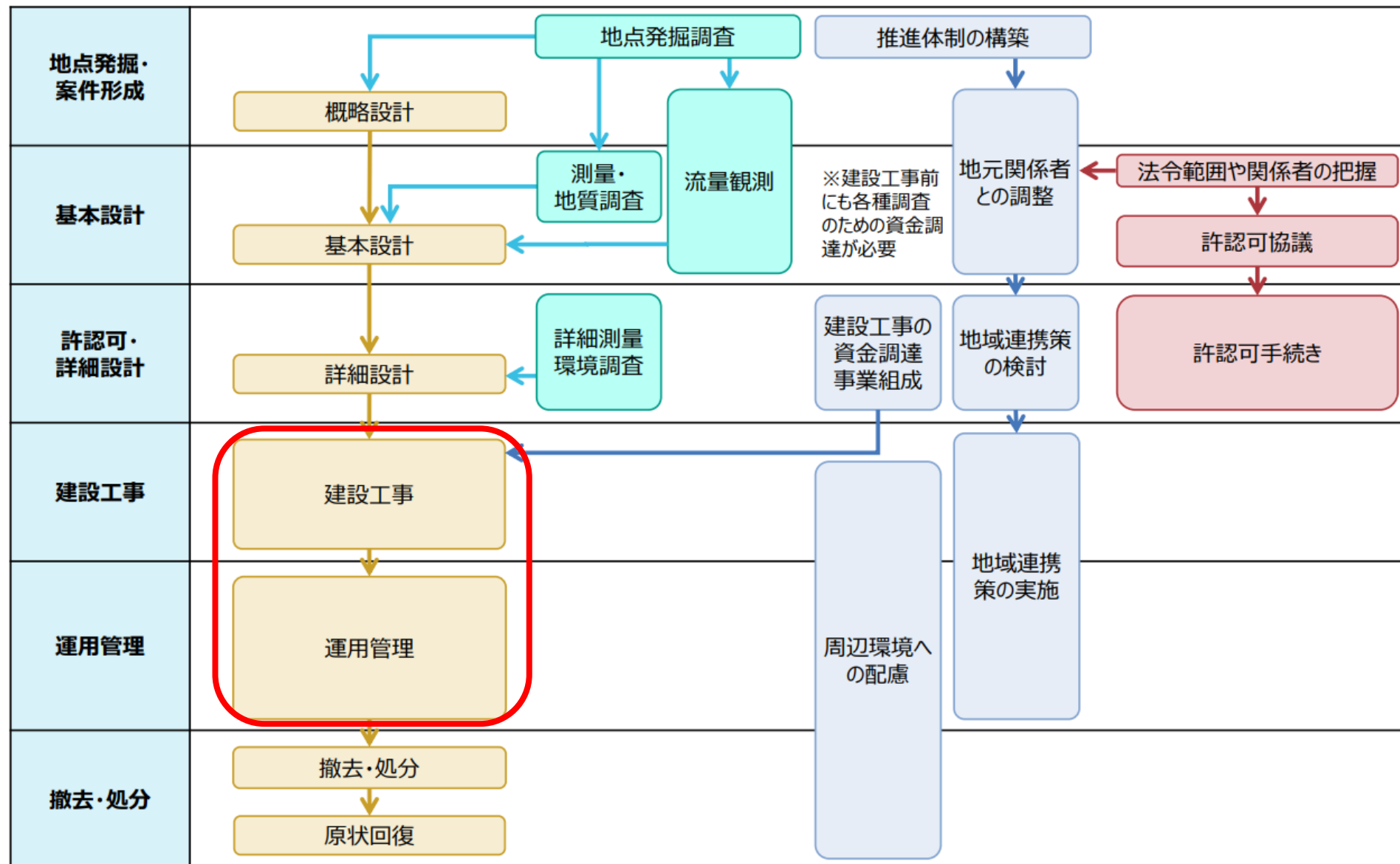
人と河川との豊かなふれあいの確保

# 建設と運用

⇒省略します

## 01

## 事業の基本的な流れ

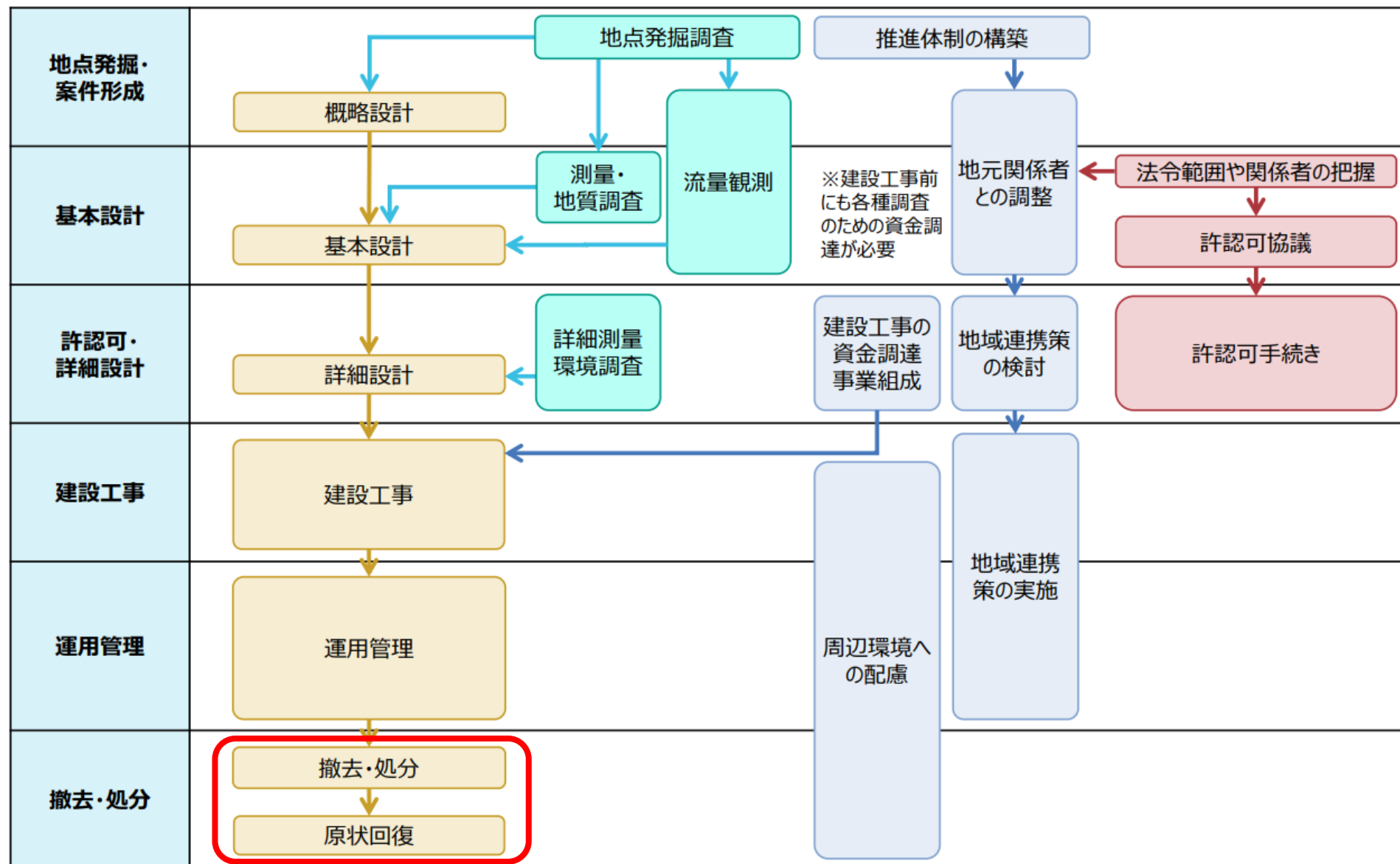


# 撤去と処分

⇒ 永続させます（廃止の「備え」はします）

## 01

## 事業の基本的な流れ



廃止せず、永続させましょう

約100年前（大正1～10年）稼働発電所の80%以上が現役

事業性判断時に、長期保守計画を盛り込みましょう

ご相談は、、、  
図上調査レベルの電話相談・メール  
相談であれば、中島が無償で応じま  
す。

脱炭素まちづくりアドバイザーなの  
で、利用したければ地域脱炭素事務  
局に申請してください。

【一般社団法人小水力開発支援協会】

〒170-0002東京都豊島区巣鴨2-11-4 第三高橋ビル8階

電話：03-5980-7820

メール：nakajima@jasha.jp

# 空断面＋相乗りで 農業用水路を維持する

人口減少社会に向け水インフラ維持への一提案

1

## 維持管理が困難になる山間地の水路

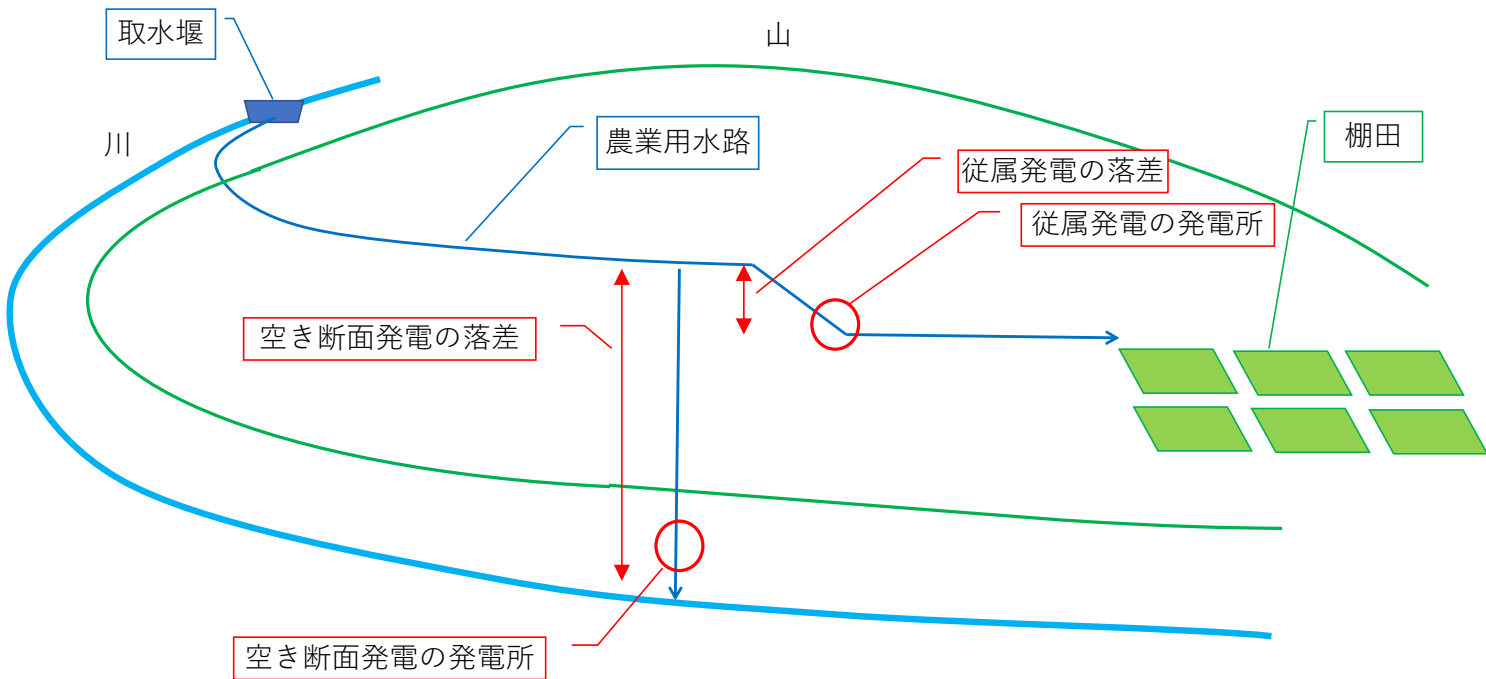


※水害を頻繁に受ける山間地の農業用水路例（山形県内）

- 崩落しても再構築する余力がなく、仮設復旧を繰り返すのが現状
- 発電事業が**相乗りする**（後述）ことで、水路の全面的な再構築が可能になる
- 山間地の水田が使う水量は少なく水路が細いため、多くの場合発電事業の採算性確保のため**水路の拡幅**が必要になる（もちろん、農業用水を優先的に供給する）

2

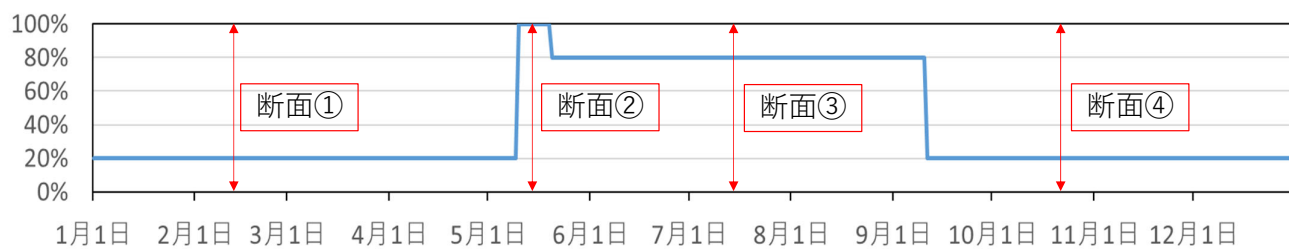
従属発電・空き断面発電



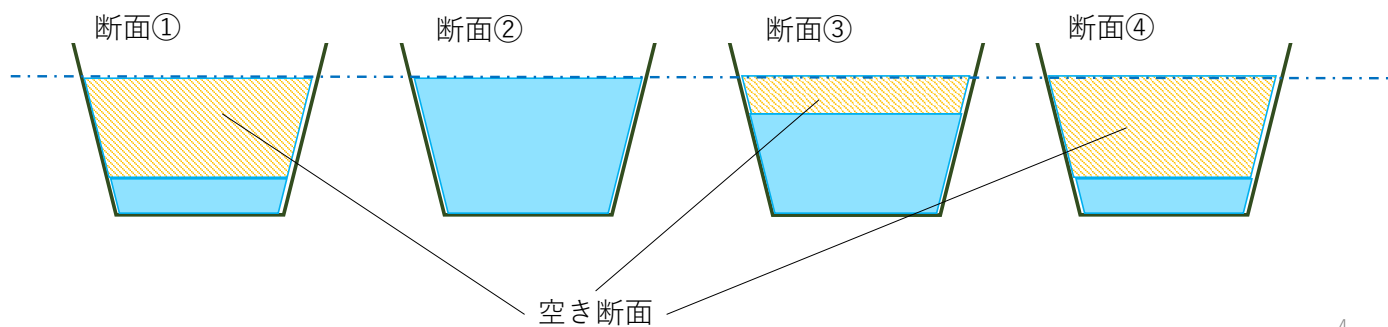
3

空き断面

田んぼの必要水量（模式図）

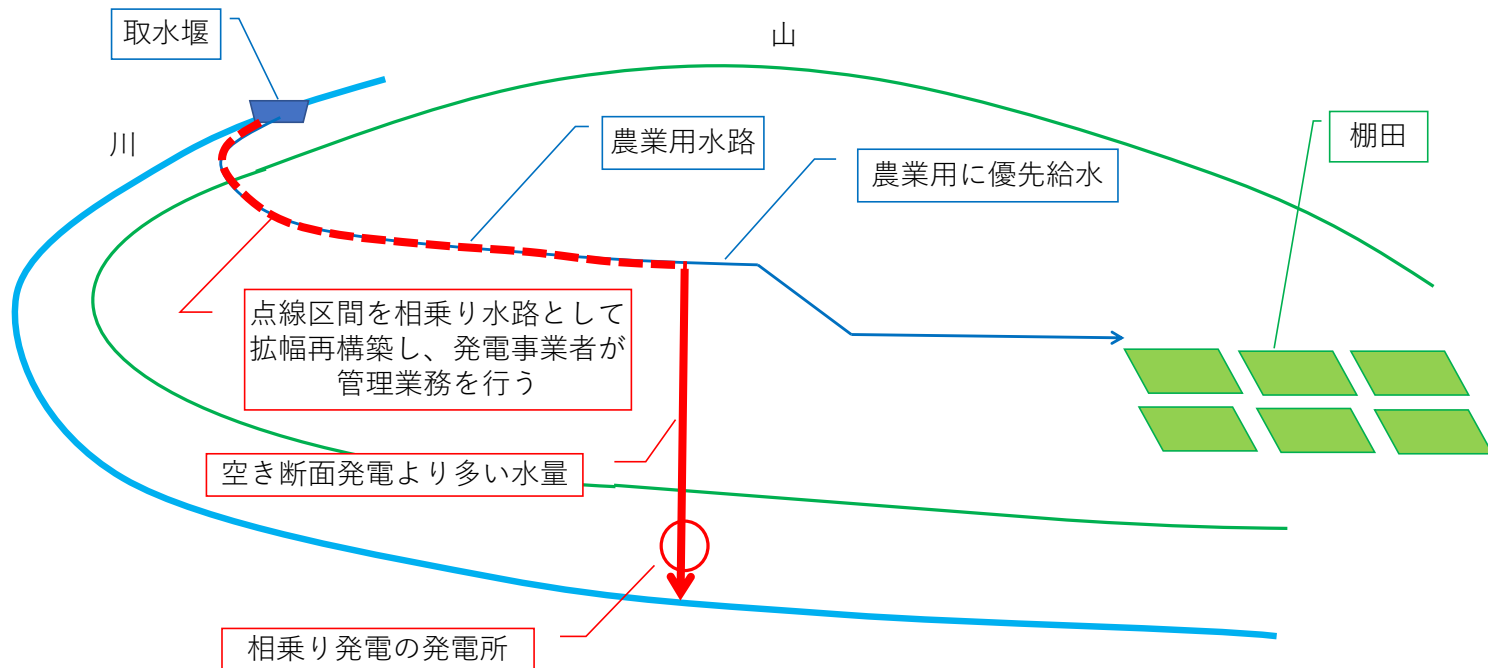


農業用水路の断面（模式図）



4

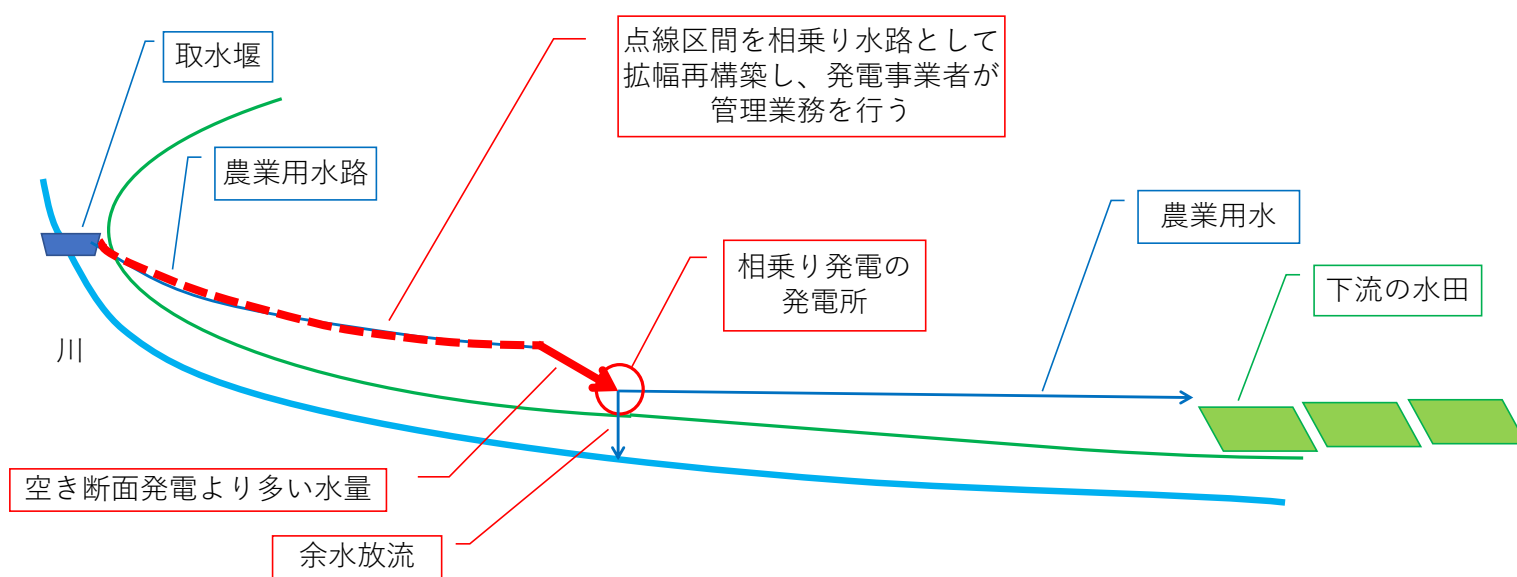
## 相乗り発電



5

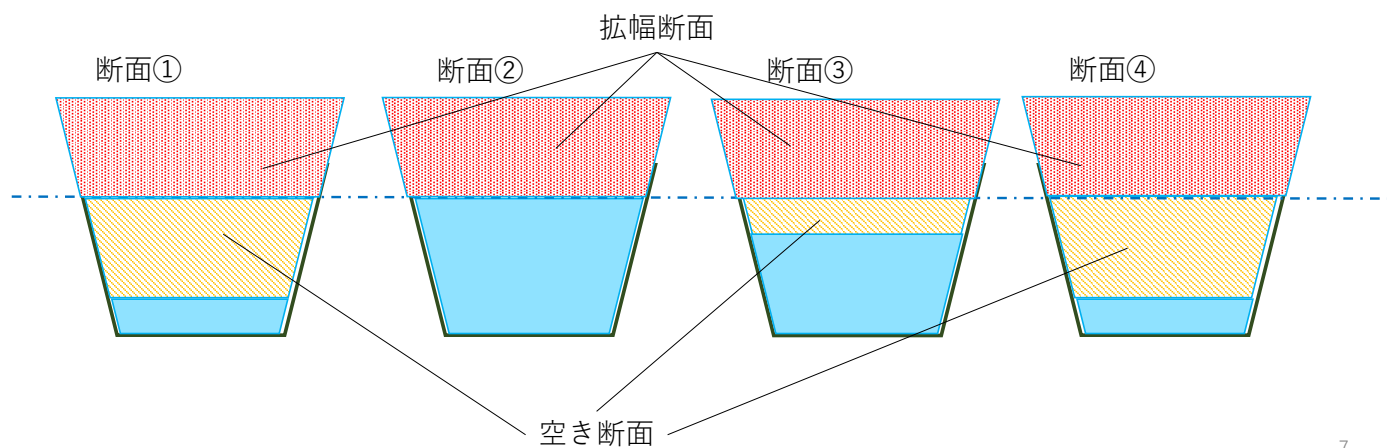
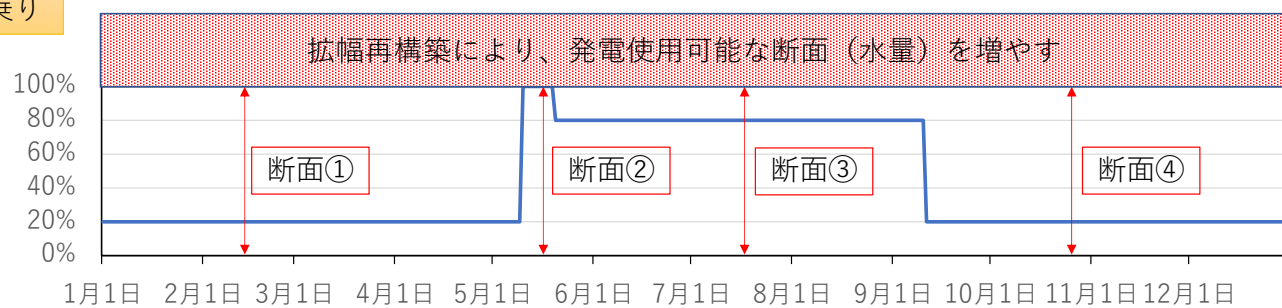
## 相乗り発電（扇状地等低落差）

事例：小鷹水力発電所  
（鹿児島県薩摩川内市）



6

相乗り



# **小水力発電関連 用語集**

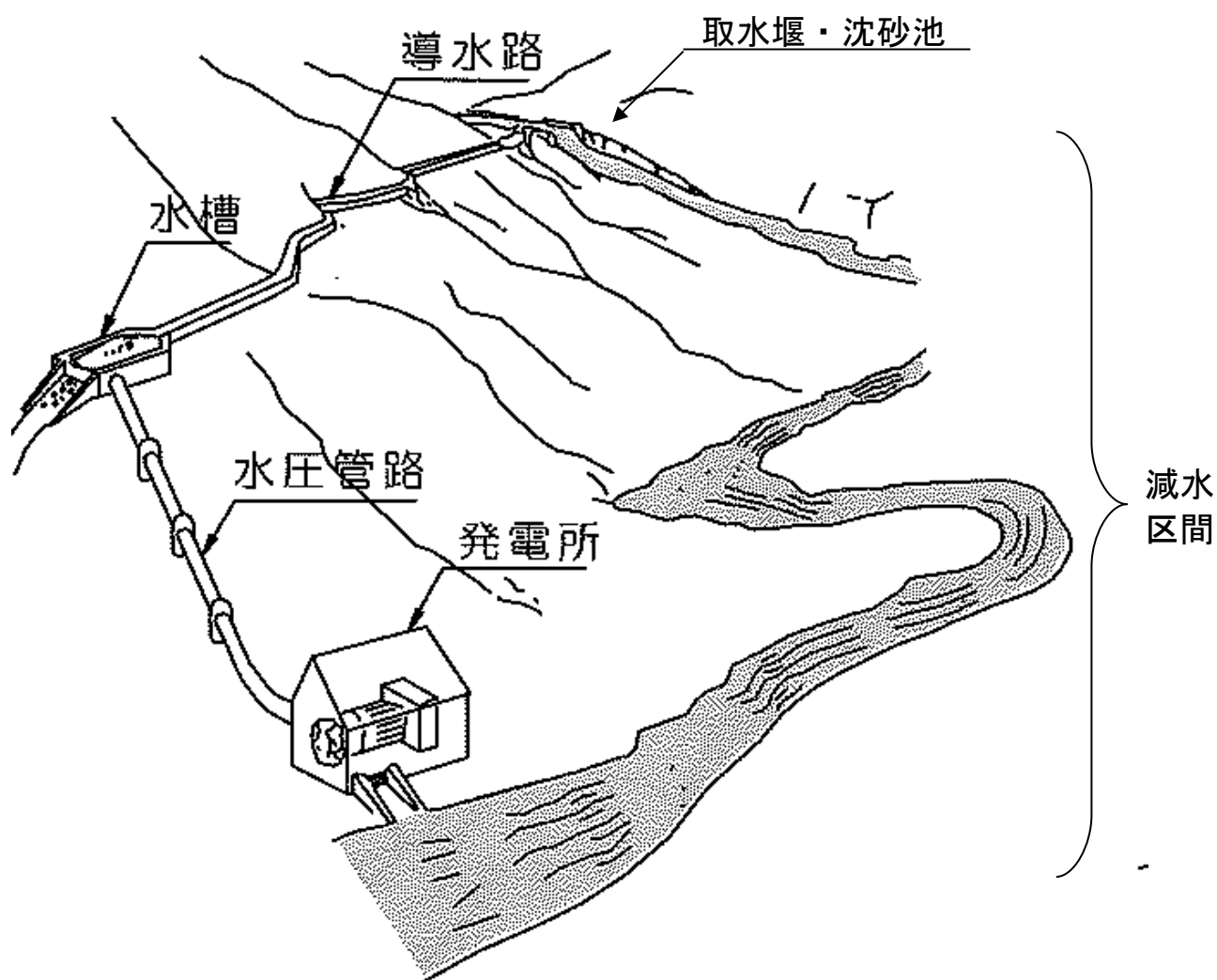
一般社団法人小水力開発支援協会

## 1. 減水区間

水力発電所の取水地点から発電後の放流地点までの河川区間では、発電所を迂回する水量の分だけ河川流量が減少する。この区間のことを「減水区間」とよぶ。

後述するように、発電計画を立案する際には減水区間の正常流量に充分注意する必要がある。

図 減水区間



図の出典：NEDO『マイクロ水力発電導入ガイドブック』

## 2. 正常流量・維持流量・水利流量

国土交通省『正常流量検討の手引き（案）』（平成19年9月）には「正常流量（流水の正常な機能を維持するために必要な流量）とは、動植物の保護、漁業、景観、流水の清潔の保持等を考慮して定める維持流量、および水利流量から成る流量であり、低水管理上の目標として定める流量である」と記されている（同書「はじめに」）。

小水力発電計画においては、減水区間で取水する水利（農業用水・水道用水等）があればその必要量を水利流量として流下させる必要があり、またその取水を前提に漁業や景観等への影響を考慮した維持流量もそれに加えなければならない。両者を合わせたものが正常流量である。

同手引きに書かれている標準的な維持流量は、集水面積100km<sup>2</sup>あたり0.8m<sup>3</sup>/sとされているが、魚類への影響等河川状況に応じて河川管理者と個別協議し、許可条件を定めるものである。

## 3. かんがい期・非かんがい期

農業用の水利流量について、稲作用の取水が行われる時期を「かんがい期」、それ以外の時期を「非かんがい期」という。

かんがい期は、さらに「しろかき期」と「普通期」に分けられる。しろかき期は田植え直前の最も多くの水量を必要とする期間であり、多くの場合1週間から10日程度である。

## 4. 比流量法

過去の流量データがある既存ダム・観測所等の流量から集水面積比で当該地点流況を推計する方法。

河川手続において、比流量法により既存資料のみで作成した（実測を行わない）流量資料が受理される場合もあるが、個別ケースごとに文献①を基礎として河川管理者と協議し定める必要がある。

一方内部検討用の流量資料であれば、②に書かれているように、既存観測点に対する当該地点集水面積が0.5～1.5倍の間場合比流量法で精度の高い流量資料を作ることができると考えられる。

なお、集水面積と同じ意味で『流域面積』という言葉も使われる。

### 文献① 国土交通省『水利使用許可の判断基準』（3. 河川の流量資料）

<<https://www.mlit.go.jp/river/riyou/main/suiriken/kyoka/index.html>>

#### 2. 推定方法

流量の推定を行う場合、取水予定地点の河川流量に最も類似した流量資料を用いる必要がありますが、類似性の判断は、降雨量、地形等で行い、推定による計算流量と取水予定地点の短期間の実測との間の相関度を検討しておかなければなりません。

〔中略〕

このように、いずれかの地点における取水予定河川の比流量から取水予定地点における流量を推定します。これらを含めて、推定によって求められた流量は、推定方法が妥当である旨の検証等のチェックが必要です。例えば、流域比換算による推定の場合は、取水予定地点との同時流量観測あるいは流量と降雨量の相関等のチェックが必要です。

## 文献② 資源エネルギー庁ほか『ハイドロバレー計画ガイドブック』

### (5.3 河川等流量資料の整理)

<<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/8556468/www.enecho.meti.go.jp/hydraulic/data/dl/G02.pdf>>

発電計画を立案する上で最も重要な流量資料を整備する方法として、

- ① 取水地点で流量測定を行って流量資料を整備する方法
- ② 近傍の測水所(流量観測所)からの流域面積比により流量資料を整備する方法

があります。

[中略]

同一河川あるいは近傍河川の測水所の流域面積A (km<sup>2</sup>)との流域比C (= B/A)を、測水所の流量に乗じたものを取水地点の流量とします。ここで、流域比が0.5～1.50の範囲と指導されています

## 5. 流況曲線・流況表・日数・デューレーション

1年間365日の日平均河川流量<sup>(注1)</sup>について、大きい順に並べ替えて作成したグラフを「流況曲線」と呼び、大きい方からの順番を「日数」と呼ぶ。したがって1年で1番大きい流量が1日流量、小さい流量が365日流量ということになる。

河川特性を代表する流量として「豊水流量(95日)」「平水流量(185日)」「低水流量(275日)」「渇水流量(355日)」を用いることが多い。このような代表的な日数と流量、または365日分全日数と流量等を一覧表にまとめたものを流況表と呼ぶ。

流量データについて、流況表のように大きい順に並べたデータを「デューレーション」、1月1日から12月31日までの日付順データを「時系列」と呼ぶ。またデューレーションのグラフを「流況曲線」と呼ぶ。

## 6. 合成効率(総合効率)

落差に応じた圧力を持って流れる水のパワーは次式で表され、これを理論出力と言う。

$$\bigcirc \text{ 理論出力} = \text{落差} \times \text{流量} \times \text{重力加速度} \ (9.8 \text{m/s}^2)$$

理論出力に対して実際の発電システムでは、主に次の各段階での効率により、得られる電力は理論出力より小さくなる。

- ① 水車効率 = 1 - 水車のエネルギー変換にともなう損失率
- ② 伝達効率 = 1 - 軸受けや増速機等での摩擦損失・変形損失率
- ③ 発電効率 = 1 - 発電機で動力を電力に変換する際の損失率

得られる電力の、理論出力に対する比率を合成効率(総合効率も言う)と言い、次式で表される。

$$\begin{aligned} \bigcirc \text{ 合成効率} &= \text{電気出力} \div \text{理論出力} \\ &= \text{水車効率} \times \text{伝達効率} \times \text{発電効率} \end{aligned}$$

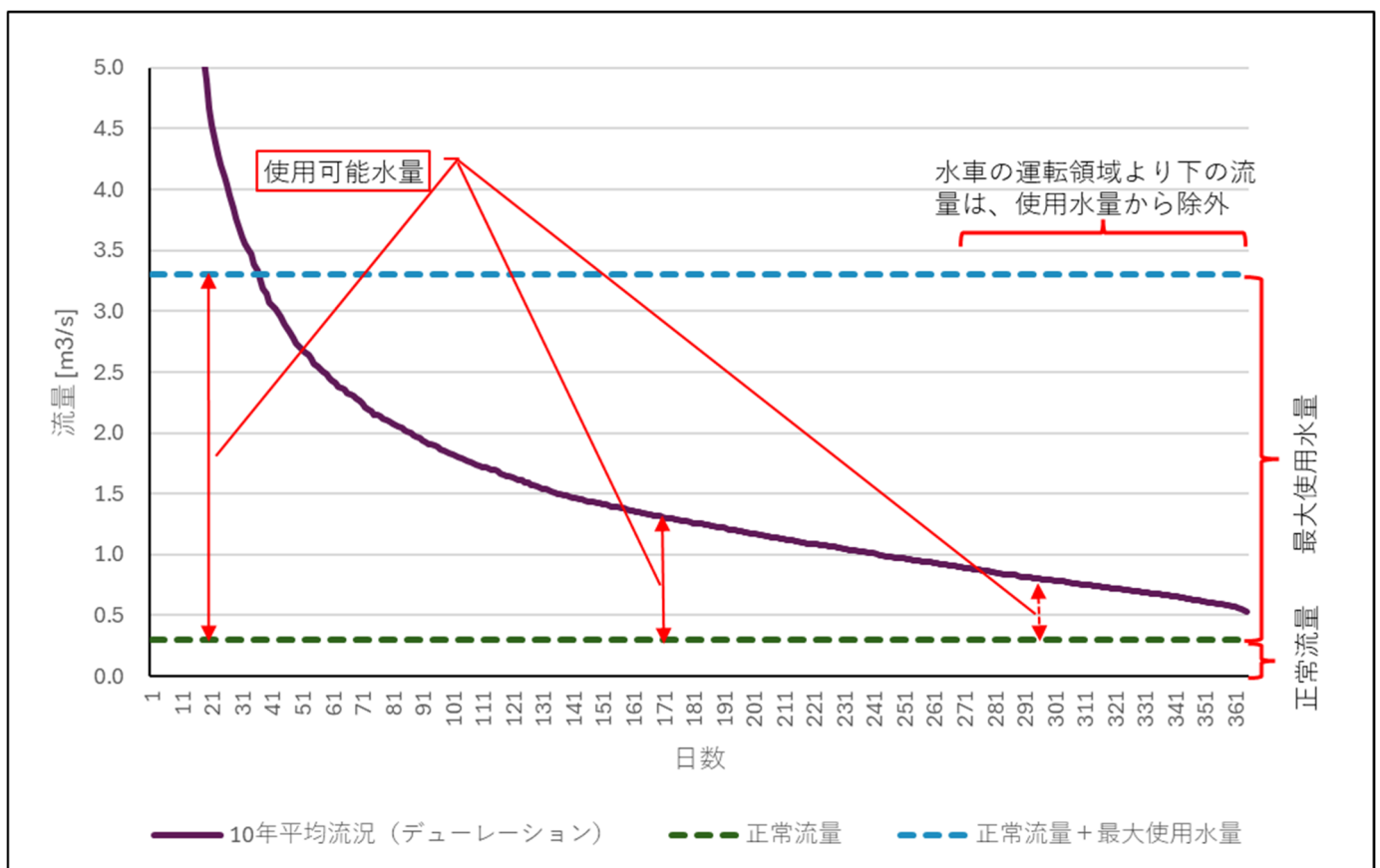
## 7. 最大使用水量・使用可能水量・使用水量

水車が発電に使用することのできる最大の水量を、「最大使用水量」という。このときの発電出力が最大出力である。

河川流量から、正常流量等水車に流すことができない水量を控除し、また最大使用水量を越える水量も水車に流れないという制約条件の下で、水車に流すことのできる水量を、当協会資料では「使用可能水量」と呼ぶ。発電水車には運転できる水量の下限があるが、使用可能水量の算出においてその条件は考慮しない。

発電シミュレーション（多くの場合日平均流量を用いて日発電電力量を算出・集計する）では、水量の下限も考慮した上で水車に流入する水量、すなわち「使用水量」を定め、使用水量ごとの合成効率を用いて、日発電電力量を算出している。

図 7-1 流況曲線における正常流量と使用可能水量の関係



## 8. 停止率・年間可能発電電力量

発電可能な流量（水車が停止しない水量）が流れている期間を通じて、常に流量に応じた効率で発電し続けた場合の年間発電電力量を「年間可能発電電力量」と言う。

実際には、定期点検、大雨による濁水、故障等の理由で発電可能であるにもかかわらず停止することがある。これによる機会損失（電力量）の年間可能発電電力量に対する比率を「停止率」と言い、次式が成り立つ。

$$\bigcirc \text{ 年間発電電力量} = \text{年間可能発電電力量} \times (1 - \text{停止率})$$

## 9. 設備利用率・流量設備利用率

発電所の設備利用率は、次の①式で定義されるが、②式でも同じ値となる。

- ① 設備利用率 = 年間発電電力量 ÷ (最大出力×24 時間×365 日)
- ② = 年間平均出力 ÷ 最大出力

流量設備利用率は、使用水量について同様に算出したものであり、当協会資料では③式で定義する：

- ③ 流量設備利用率 = 年平均使用可能水量 ÷ 最大使用水量

(注) 使用可能水量ではなく使用水量を用いた次の定義もあり得るが、当協会資料では採用しない：

○流量設備利用率＝年平均使用水量÷最大使用水量

## 10. 地理院地図

国土地理院が発行している 25000 分の 1 地形図を、「地理院地図」と略称する。当協会資料で出典を特記しない地形図は、原則として地理院地図である。

ただし、電子データで入手した上で必要に応じて拡大・縮小するので、印刷物における縮尺は 25000 千分の 1 にはならない。

## 11. 水文水質データベース・ダム諸量データベース

国土交通省が流量観測所やダム流入量等のデータを公開しているサイトとして、「水文水質データベース」「ダム諸量データベース」がある。それぞれの URL は下記のとおり。

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：<https://mudam.nilim.go.jp/home>

## 12. 中小水力発電ポテンシャル分析ツール（分析ツール）

環境省が「再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS）」で提供している、GIS を用いたツール。当協会資料では、特定地点の流況に関連する表示（流域面積・使用可能水量）と、水路ルートを表示（累積距離・累積落差）を用いる。

使用可能水量の算出方法については、環境省 REPOS『平成 21 年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書』（<https://repos.env.go.jp/web/data/reportdetail/h25-05>）120 ページに下図表の記述があるので、表示される「使用可能水量」が次の 2 つの条件を満たすことがわかる。

- ① 河川維持流量は、流域面積 1km<sup>2</sup>あたり 0.002m<sup>3</sup>/s としている
- ② 流量設備利用率が 60%になる値を、使用可能水量としている

当協会資料では、このツールを「分析ツール」と略記する。

図表 分析ツールにおける使用可能水量の算定手順

