

# 地域で取り組む小水力発電

2015年7月17日

全国小水力利用推進協議会

石坂 朋久

# 今回お話しさせていただく内容

- 小水力発電の基礎知識
- 小水力発電の特徴
- 小水力発電を取り巻く状況
- 規制緩和と普及促進策
- 事業推進の心構え
- 全国の実進事例

# 小水力発電の基礎知識

# 小水力発電のエネルギー源

水力発電って、どうやって電力を得るの？



流水の位置エネルギーを  
電気エネルギーに変える

明治時代には、「水を使って明かりを灯せるわけがない」と、  
“ペテン師”扱いされるケースも...

# 小水力発電で得られるエネルギー

水力のエネルギーって、どうやって求めるの？



「落差」と「流量」で出力が決まります

出力 (kW) =

落差<sub>(m)</sub> × 流量<sub>(m<sup>3</sup>/秒)</sub> × 9.8 (重力加速度) × 効率(%)/100

## 実際に出力を求めてみましょう

- 落差40m、流量0.5m<sup>3</sup>、効率70%として先ほどの式に当てはめると...

$$40 \times 0.5 \times 9.8 \times 70 / 100 = 137.2 \text{ kW}$$

※効率は規模が小さくなるほど悪くなります

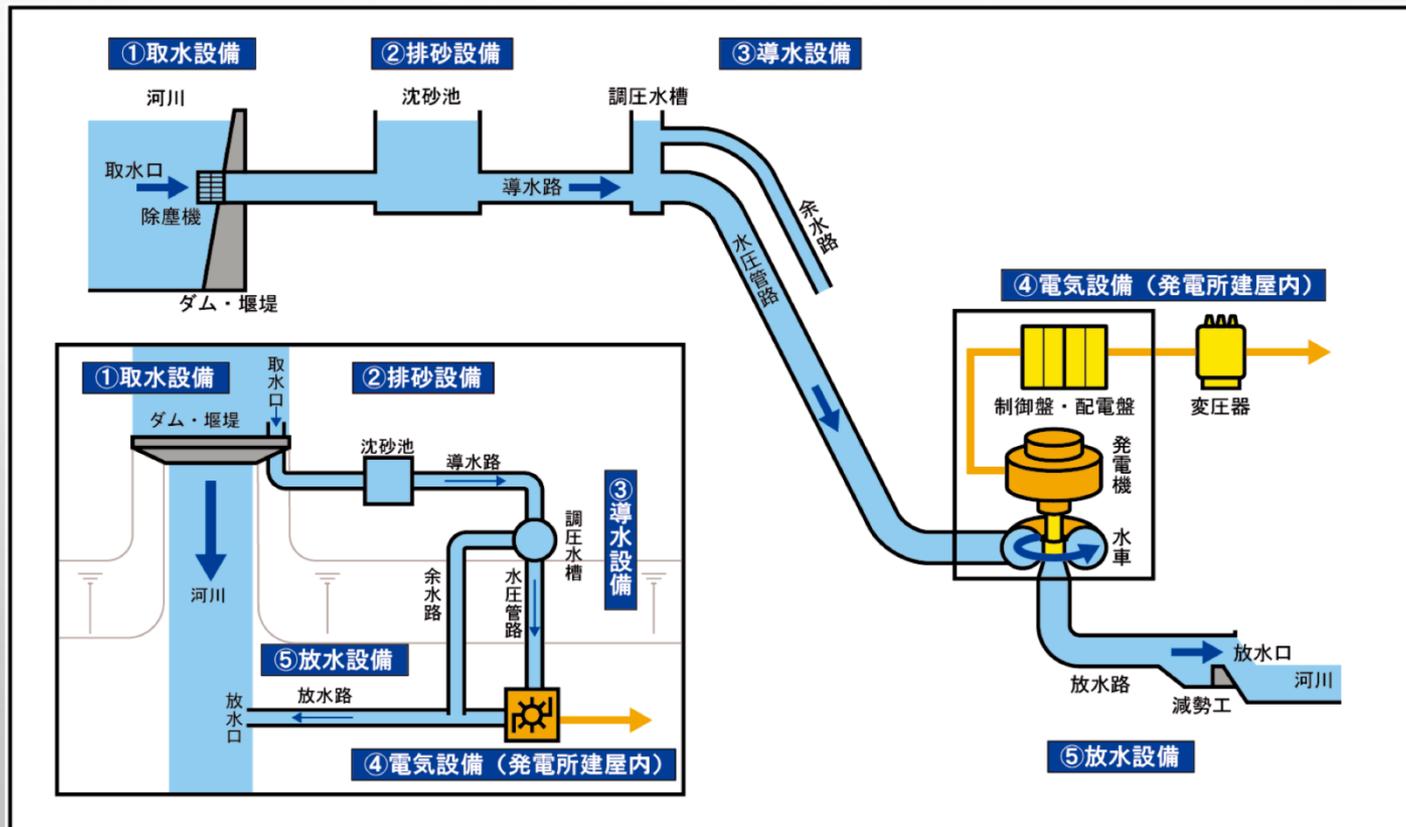
- 求めた出力に年間の運転時間を掛けたものが年間発電量です。先に求めた出力から、設備利用率70%として発電量を求めると...

$$137.2 \text{ kW} \times 365 \times 24 \times 70 / 100 = 84 \text{ 万 } 1310 \text{ kWh}$$

- ちなみに、一般家庭の年間消費電力を3600kWhとすると、この発電所では233世帯分の電気を賄える計算になります

# 小水力発電に必要な設備

- 立地や規模に応じて一部を省略するケースも



出典：資源エネルギー庁「中小水力発電計画導入の手引き」2014年2月版

# 主な設備とその役割

## ①取水設備

- 水路から水を取り入れるための設備。既存の砂防堰堤などを活用することも多い

## ②排砂設備

- 取り入れた水から砂を除く設備。調圧水槽と一体されたり、除塵機をこちらに設けるケースもある  
(ごみと砂は水力発電の大敵！)

## ③導水設備

- 水車に水を導くための設備（いわゆる水圧管など）

## ④電気設備

- 電気を得るための設備（水車や発電機、変電設備など）

## ⑤放水設備

- 取り入れた水を元の水路に戻すための設備

# 水車は「適材適所」が大切

- 水車にも多くの種類があります。「適材適所」が大切です
  - 流量や落差などの条件に応じ、適切な形式を選択することが必要
- 水力発電は「枯れた技術」
  - 新たな技術開発により、出力が劇的に改善される余地は少ない
  - 技術開発や工夫の細かな積み重ねで効率を高める方向性

# 主な水車の種類

## ① フランス水車

- 一般小水力向き。中～高落差（数十メートル以上）に適している。

## ② ペルトン水車

- 一般小水力向き。高落差（200メートル以上）に適している。

## ③ ターゴインパルス水車

- 一般小水力向き。中落差に適す。

## ④ カプラン水車

- 一般小水力向け。低落差対応だが流量が必要で、マイクロ水力には不向き。

## ⑤ クロスフロー水車

- 一般小水力向け。低落差にも対応（マイクロ水力でも適用例あり）

## ⑥ プロペラ水車

- マイクロ水力向け。

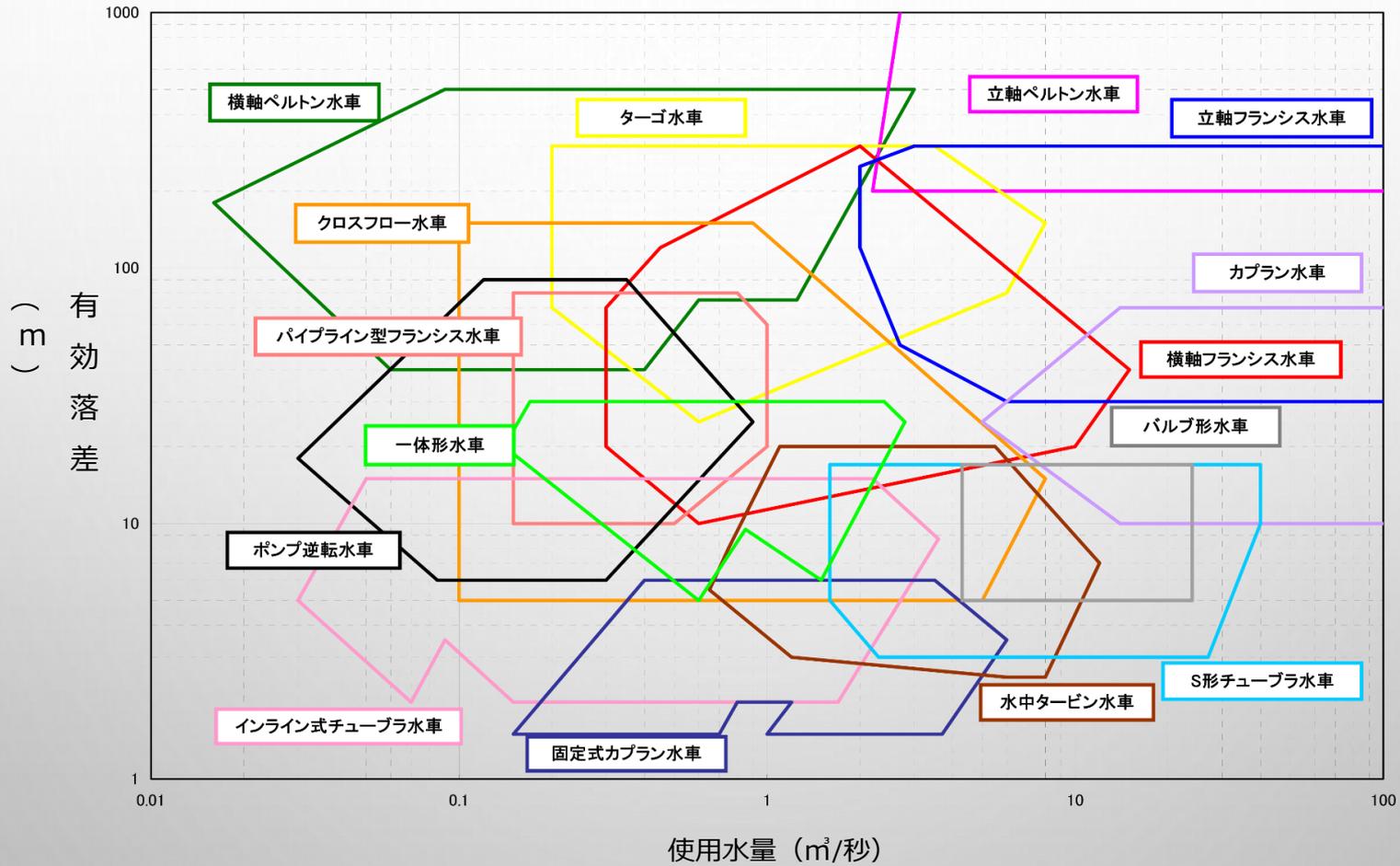
## ⑦ ポンプ逆転水車

- ポンプの逆回転バージョン

このほか、さまざまな種類があります

# 水車選定表の例

- 色付きの線で囲まれた内側が、その水車の“守備範囲”



出典：資源エネルギー庁「中小水力発電計画導入の手引き」2014年2月版

# 法律で異なる「小水力」の定義

- F I Tでは出力3万KW未満が買い取り対象
- 世界的には1万KW未満を対象とするケースが多い
- 日本の政策では1000KW未満を指す場合が多い



ここでは出力1000kW未満を  
小水力発電として扱います

# 小水力発電の歴史

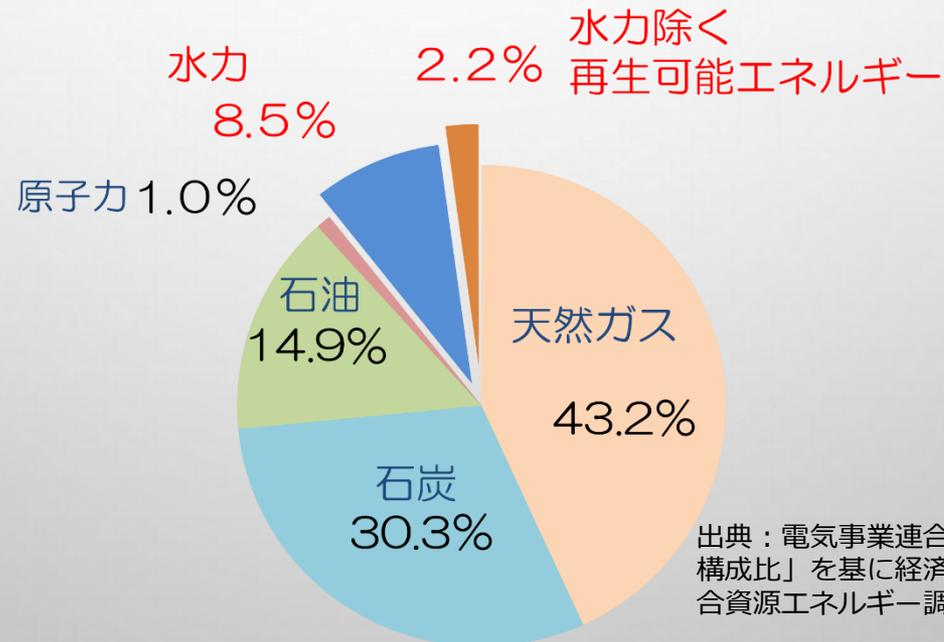
- 日本における電力黎明期には、需要地の近くに水力発電所を造り、そこから電気を供給する例が多かった  
(例=日本初の商用発電所である京都・蹴上発電所)
- 戦後の9電力体制確立を機に電源の集中化が進み、いつしか忘れられた存在になったが、地球温暖化に対する意識の高まりや東日本大震災による電力ひっ迫を契機に、再び脚光を浴びる
- 現在、国内でおよそ600カ所が稼働。静岡や長野など全国各地で、1世紀以上稼働を続けている発電所が存在

# 小水力発電を取り巻く状況

# 日本の再生可能エネルギーの現状

- まだまだ少ない日本の再生エネの割合
  - 「太陽光発電ブーム」でも2.2%
  - 平成23年度は1.8%だった

わが国における発電電力量の構成（2013年度）

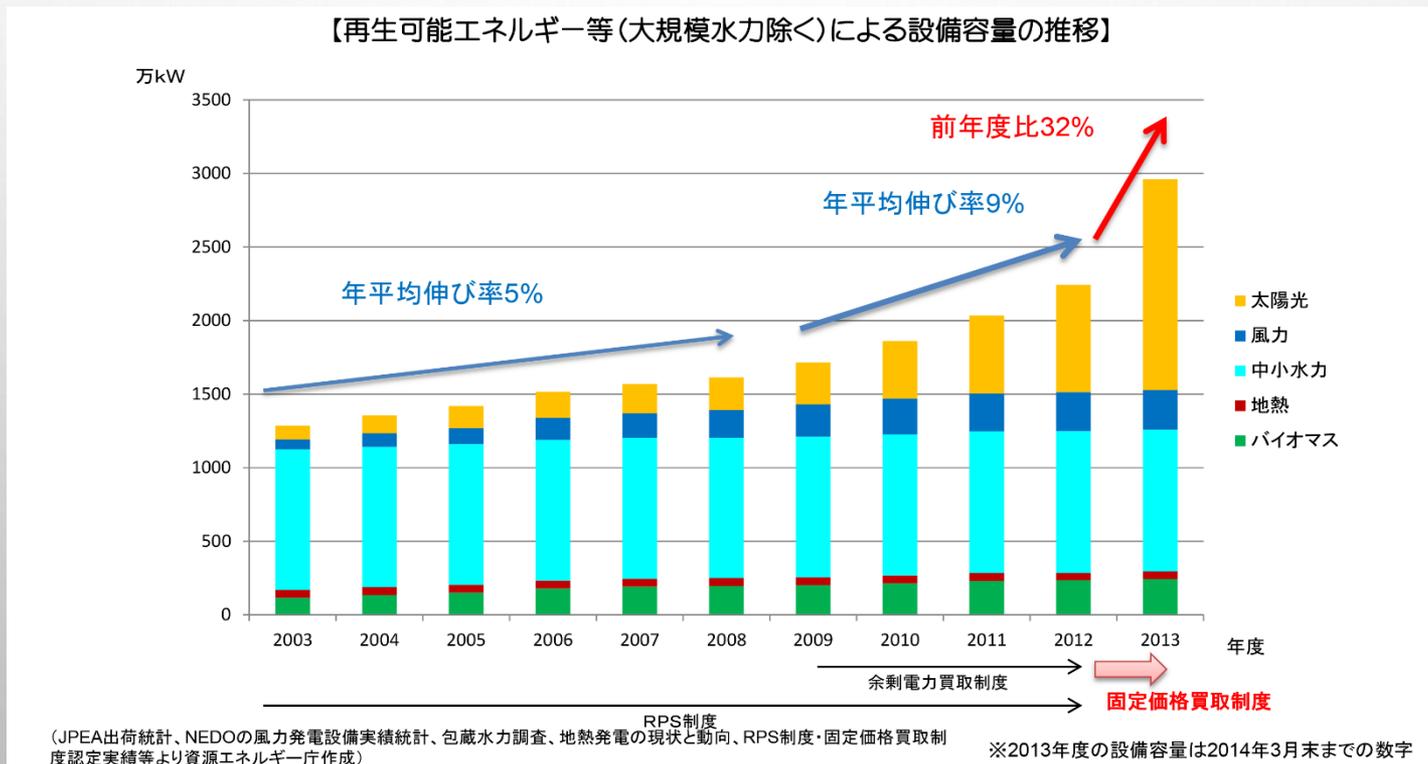


# 日本における小水力の現状

- 今年2月末時点で、日本国内において既に稼働している出力1000KW未満の水力発電設備は、約600カ所、出力約23万KWと推定
  - このほか、固定価格買取の設備認定を受け稼働待ちとなっている案件が約220件、出力約5万8千KW存在する
- 稼働済み案件のうち、固定価格買取の対象となっているのは約220件、出力5万2千KW程度
  - 固定価格買取対象が少ないのは、稼働済み案件の多くが稼働後20年以上の経年設備であることに起因する

# F I T の効果

- F I T の効果で稼働・認定の件数や出力は増加傾向だが、太陽光発電のような急激な伸びではない



# 増える新規参入

- 小水力発電への注目が高まり、新規参入する事業者が増加傾向
  - その多くは、国の政策変更で太陽光発電に見切りをつけた事業者
- 新規参入してくる事業者の中には、水力の資源特性を理解せず、太陽光発電で見られる強引な開発手法を持ち込み、地域との摩擦を招く事例が増加しつつある



太陽光発電の「二の舞」の恐れ

# 多様化するファイナンス手法

- これまでは、一部の大手事業者を除き銀行借入れが困難だった
  - 高利が珍しくない市民ファンドなどに頼る結果、事業性が損なわれる事例も過去に存在
- 案件の増加に従い、地域金融機関（地銀、信金、信組）でも積極的に融資する事例が増えてきた
  - 政府系金融機関（政投銀や日本公庫、商工中金）と地域金融機関の協調融資事例も



**金融機関を納得させられる事業計画が必要**

# 長期化する水車の納期

- F I Tの施行により、小水力向け水車メーカーは史上空前の活況を見せ、多くの会社で2年分程度の受注残を抱えている
- このため水車の納期も以前に比べて大幅に長くなっており、大半の案件で発注から運転開始まで2年以上の期間を必要とする状況に陥っている
- 水車納期の長期化により事業者の資金が固定され、事業性を損なう事例が出ている

# 小水力発電の特徴

# 小水力と大規模水力の違い

- 小水力は、基本的にダムや大規模な取水設備を用いない（農業用水や小河川など身近な水の流れを活用）
- 取水方式や発電設備の構造、コスト低減などに小水力独自の工夫
- 施工は地域の建設会社で対応可能
- 地域資本の事業者が多い



小水力は大規模水力の  
ミニチュアではない

# 小水力発電の長所と短所

長 所	短 所
<p>①太陽光発電や風力発電と比較して安定性が高く、出力変動が小さい</p> <p>②設備利用率が50～90%程度と高い (太陽光発電は12%程度)</p> <p>③未利用の包蔵出力が大きい(国内の小水力では、まだ300万kW程度が手つかず?)</p> <p>④設置面積が少なくて済む</p>	<p>①設置地点が、落差や流量のある場所に限られる</p> <p>②水の利用に関しては、歴史的な経緯も含めてさまざまな利害関係が絡み合う(太陽光にはほとんどなし)</p> <p>③複数の省庁にまたがる法的な規制があり、手続きが煩雑</p> <p>④流量と落差の2要素からの技術・機器開発が必要</p> <p>⑤水力独特の保安資格者を選任する義務がある</p>

# 小水力発電の立地

- 規模を問わなければ、落差が取れるあらゆる地点で展開可能
  - 一般河川のほか、農業用水、上下水道、ビルの冷却水など、開発地点の多様化が進む
  - 最近では「旧発電所の再開発」も増加
- 問われる電気の使い道
  - F I Tによる売電収入や、得られた電力の用途も多様化
  - 小水力では地域活性化に活用する例が多い
  - 売電先の選択肢も増加。特定規模電気事業者（P P S）では、F I T単価を上回る金額を提示する例が増えている

# 小水力の立地例（1）

## ①農業用水

- 農業用水の流れを発電に活用  
（落差工が利用できる）
- 規制緩和で開発期間が短縮され、参入希望は増加傾向

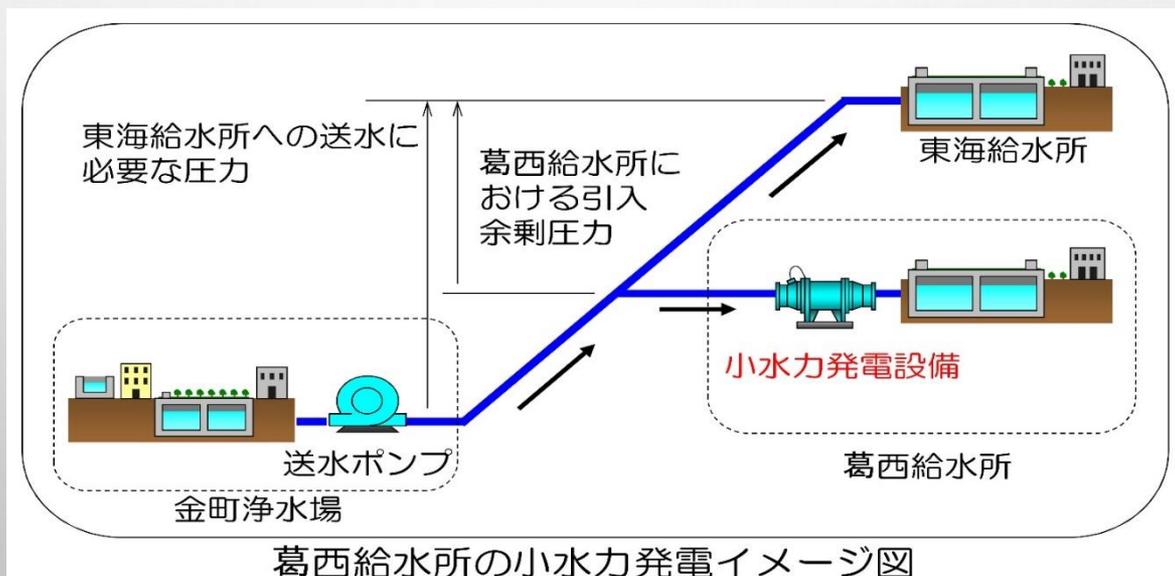


写真：落差工が整備された農業用水（静岡県富士宮市）

## 小水力の立地例（2）

### ②上下水道施設

- 上下水道の余剰圧力や落差を活用
- 水量が安定しており、年間を通じ出力の変動が少ない
- 都市部でも立地が可能  
(東京都水道局の発電能力はトータルで2000KW以上)

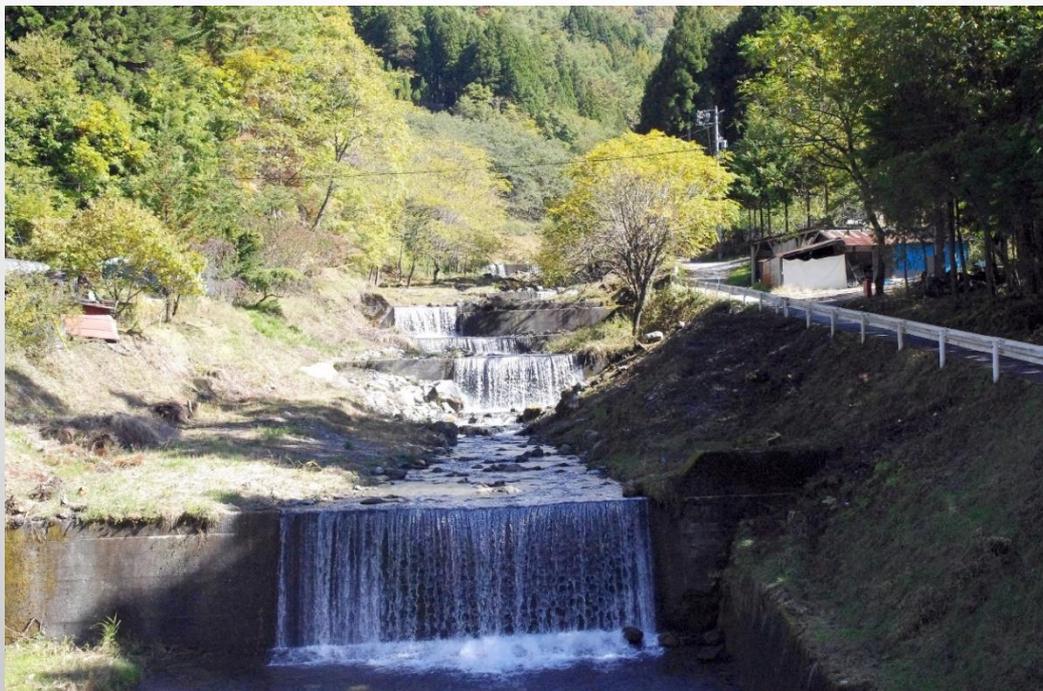


出典：東京都水道局のニュースリリース

## 小水力の立地例（3）

### ③砂防・治山堰堤

- 既存構造物から取水してコスト削減
- 落差を取りやすいことから出力が増し、採算性が向上



写真：治山堰堤を活用した小水力発電を計画中の小沢川  
（長野県飯田市）

## 小水力の立地例（４）

### ④一般河川

- 身近な流れでも、細かく調査すれば立地可能な地点は多い
- 流量と落差だけでなく、地形にも目配りが必要  
（一般小水力では、谷の深い地形は不向き）
- 水をめぐるとの権利関係に注意が必要



写真：栃木県内の山間部を流れる一般河川

# 規制緩和と普及促進策

## F I Tで変わる政策・規制の方向性

- 「いかに規制するか」から、「いかに推進するか」に行政が舵を切った
- 普及に向けた支援政策では、固定価格買取制度（F I T）の施行に併せ、ソフト的な支援を重視する方向性が強まっている
- 資金調達面では、公的ファンドからの「出資」で事業者を支援する枠組みも



**事業者の創意工夫を生かす制度へ**

# ダム水路主任技術者制度の変更

- ダム水路主任技術者は、水力発電所（小水力含む）の土木設備の保安業務を行うための資格
- 出力2000KW未満の発電所では、一定の要件を満たしていれば免状がなくても経済産業大臣の許可を得て選任が可能（許可選任制度）。許可選任に必要な学歴要件も大幅に緩和されている
  - 500KW以上2000KW未満では、経産省が定める3日間（座学2日、実地1日）の講習受講が必須

## 新たなダム水許可選任要件

- 「学歴主義」から「要件主義」に転換
  - 土木に関する所定の科目・学科を履修し単位を修得していれば、4年制大学の農学部や農業・工業系高校の卒業生も許可選任が可能に
  - 単位修得証明と講義概要（シラバス）で履修内容を個別に判断
- 土木施工管理技士（級別は問わないが免許保有者に限る）や技術士（建設部門または農業土木）も許可選任の対象になっている

## ダム水の学歴要件

- 大学では下記から7分野、高校・高専では4分野以上の履修が必要
  - 具体的には、単位修得証明書とシラバス（講義概要）などを基に経産局で個別判断

### 必要とされる履修内容

- ①材料力学に関する科目（材料力学、構造力学など）
- ②構造工学に関する科目（橋梁工学、コンクリート工学など）
- ③土質工学に関する科目（土質力学、土質工学など）
- ④河海工学に関する科目（水理学、河川工学、港湾工学など）
- ⑤交通工学に関する科目（道路工学、鉄道工学など）
- ⑥衛生工学に関する科目（上下水道学など）
- ⑦材料及び施工に関する科目（測量学、施工法、土木材料など）
- ⑧土木計画に関する科目（交通計画、都市計画、国土計画、農村計画など）
- ⑨その他実習等（土木設計、製図、測量実習など）

## 法律で異なる「ダム」の定義

- 河川法では「高さ15メートル以上」
- 電気事業法では「発電目的で水がたまる構造を有するもの」
  - 「高さ1センチでも水がたまればダム」が公式見解
  - 出先機関によって解釈が異なり、再エネ分野の裁量行政の象徴ともされてきた
  - 小水力では、「緊急時のゲート閉鎖」と日常のごみ除去くらいしか役割がないのも事実

# ダム水選任の基準

ダム水路主任技術者の選任等の要否について

電気工作物の分類	出力等条件	保安 規程 届出	主任技術者選任		工事 計画 届出
			電 気	ダム水路	
事業用電気 工作物	ダムを伴う 又は最大出力200kW以上 又は最大使用水量1m <sup>3</sup> /s以上	要	要	要	要
	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1m <sup>3</sup> /s未満	要	要	不要	不要
	上水道施設、下水道施設、工業用水道施設 の落差を利用する水力発電設備 かつ敷地外にダムや水路が存在しないもの	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1m <sup>3</sup> /s未満	不要	不要	不要	不要

出典:経産省「電気事業法における『ダム』の取扱いについて」

[http://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/oshirase/2012/11/241130-4.html](http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2012/11/241130-4.html)

# 水利権関連の規制緩和

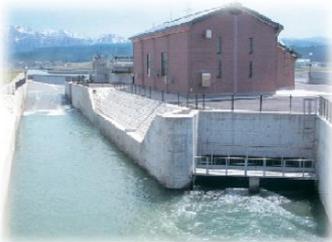
- 農業用水などでの発電（従属発電）の水利権手続きが、登録制に移行
- 出力1000KW未満では、水利区分を見直して手続きを簡素化

## 従属発電のイメージ

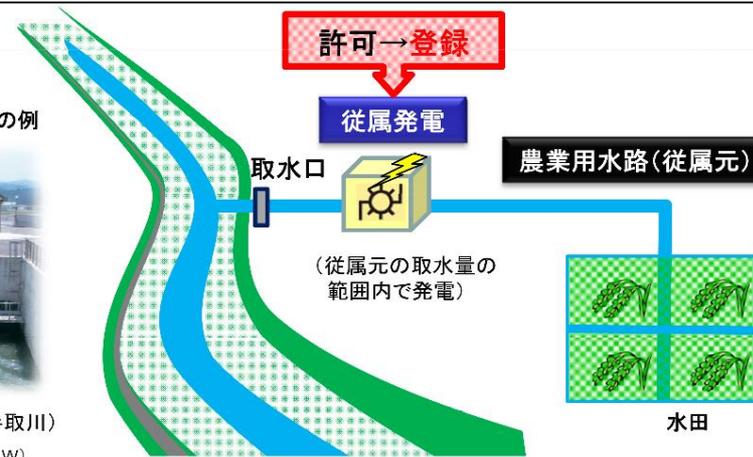
**（登録制の内容）**

- 審査要件・審査内容の明確化・簡素化（一定の要件を満たせばすべて登録）
- 関係行政機関との協議や関係利水者の同意が不要

農業用水路を利用した従属発電の例



七ヶ用水発電所（手取川水系手取川）  
（有効落差5.45m、最大出力640kW）



許可→登録

従属発電

取水口

農業用水路(従属元)

(従属元の取水量の範囲内で発電)

水田

出典:国交省「小水力発電に係る従属発電に関する手続の簡素化・円滑化（登録制の導入）」

## 従属発電の登録制移行

- 農業用水や水道用水など、発電目的以外の水利権に“相乗り”（従属）して発電する場合の水利権手続きが、これまでの許可制から登録制に移行
- 従属発電の登録制は、許可水利権のほか、慣行水利権でも条件付きで認められている（水量の把握が条件）
- 手続きに必要な書類やデータが明文化され、出先の裁量権が排除された（手戻りの減少）。標準処理期間は1カ月



**農業用水や水道用水に注目集まる**

# 水利区分の見直し

- 200kW未満は「その他水利」、200kW以上1000kW未満は「準特定水利」に
- 許可権限が一部都道府県知事へ。関連行政機関との協議も不要に。

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	(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	(整備局長 同意付協議)	(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

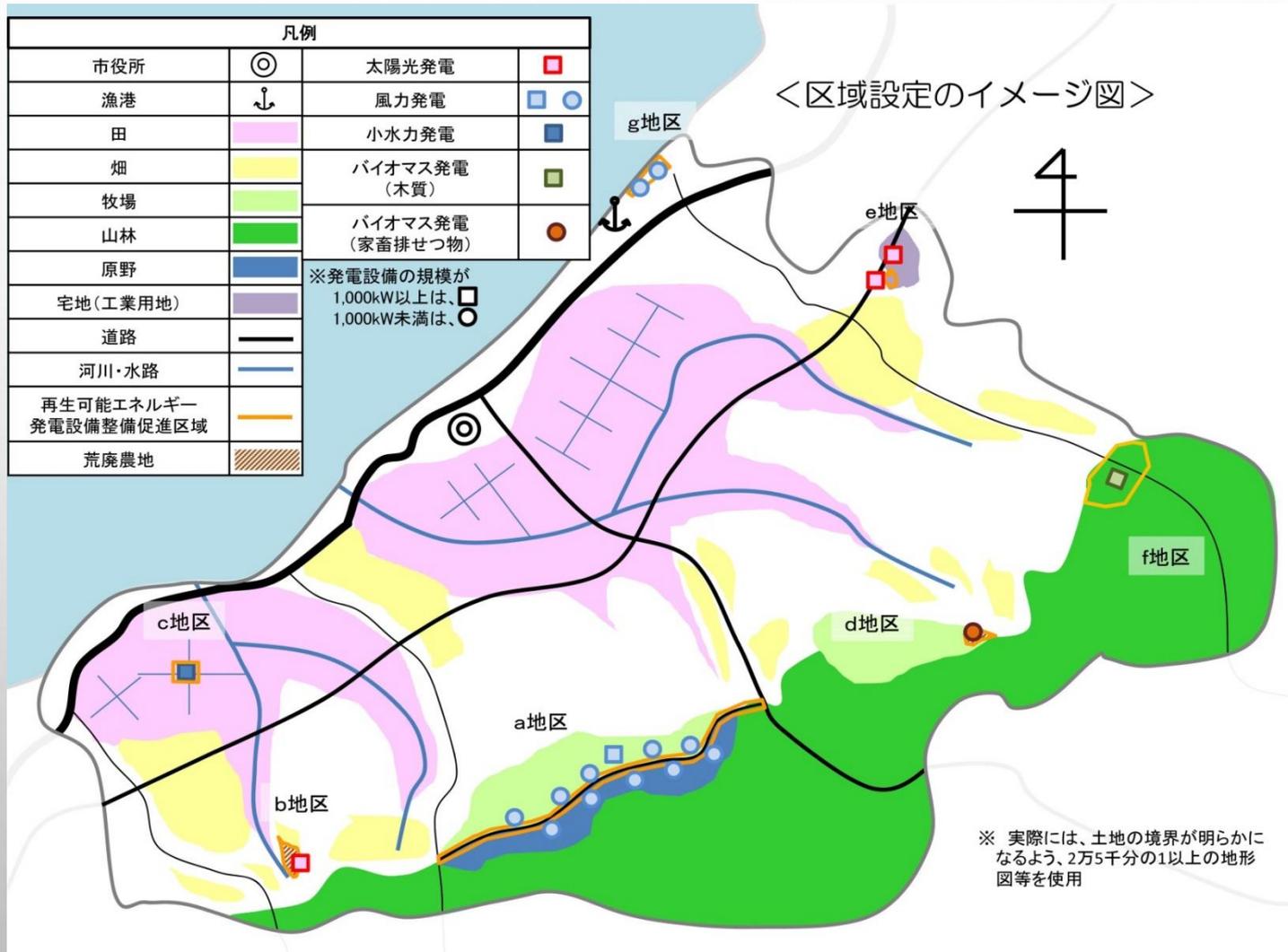
出典:国交省「河川法施行令の改正について」

# 農山漁村再エネ法と小水力

- 地域における取り組みを支援
  - 協議会で認められた案件には大きなメリット

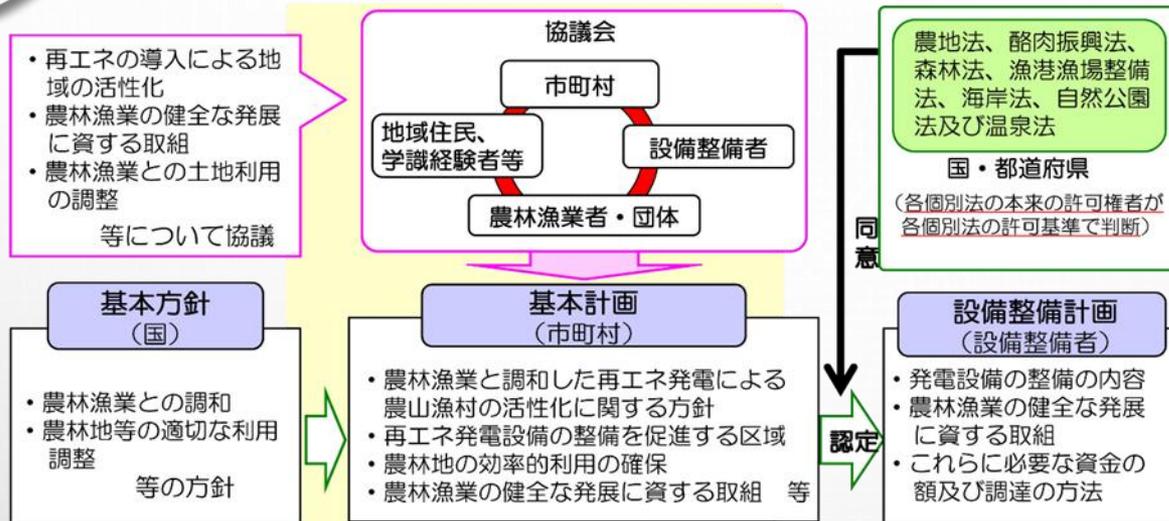
森林法や自然公園法など、小水力に関連する法的手続きがワンストップ化対象に  
小水力では耕作放棄地でなくても第1種農地の転用が可能

# 農山漁村再生エネ法に基づく基本計画のイメージ



出典：農林水産省「農山漁村再生可能エネルギー法について」2014年1月版

# 農山漁村再エネ法に基づく協議会の役割



出典: 農林水産省「農山漁村における再生可能エネルギー発電をめぐる情勢」2014年3月版

## 【協議会の構成員と期待される役割】

構 成 員		主 な 役 割
市町村		<ul style="list-style-type: none"> <li>協議会の主宰</li> <li>基本計画の作成と実施の責任主体</li> </ul>
当該市町村の区域内において再生可能エネルギー発電設備の整備を行おうとする者		<ul style="list-style-type: none"> <li>発電設備の整備計画、予定している「農林漁業の健全な発展に資する取組」の内容を説明</li> </ul>
当該市町村の区域内の関係農林漁業者・農林漁業者の組織する団体		<ul style="list-style-type: none"> <li>発電設備の整備予定地やその周辺地域における農林漁業生産の状況・計画の説明</li> <li>「農林漁業の健全な発展に資する取組」への知見の提供や協働</li> </ul>
関係住民（隣接市町村の関係住民を含む。）		<ul style="list-style-type: none"> <li>発電設備が居住地域に整備される場合、自然環境、生活環境等への影響を踏まえたものとなるよう意見の表明</li> <li>市民出資等を通じた協働</li> </ul>
学識経験者		<ul style="list-style-type: none"> <li>再生可能エネルギーや地域活性化などに関する専門的な知識の提供や協働</li> </ul>
その他の当該市町村が必要と認める者（任意）	金融機関の方	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電事業の事業性、リスク等について、ファイナンス面から把握・評価</li> </ul>
	都道府県の担当者	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域における資源の賦存状況の調査結果や当該都道府県の支援措置、各種の土地利用、規制立法の内容等についての紹介</li> </ul>

出典: 農林水産省「農山漁村再生可能エネルギー法について」2014年1月版

# 農村再エネ法に基づく手続きのワンストップ化

## 【ワンストップ化の対象となる行為の一覧】

法律名	条項	行為	手続	(参考)本来の許可権者等
農地法	第4条第1項	農地の転用	許可	都道府県知事、農林水産大臣
	第5条第1項	農地又は牧草放牧地の転用のための権利移動	許可	都道府県知事、農林水産大臣
酪農及び肉用牛生産の振興に関する法律	第9条	集約酪農地域の区域内の草地の形質変更	届出(事前)	都道府県知事
森林法	第10条の2第1項	地域森林計画の対象となっている民有林における開発行為	許可	都道府県知事
	第34条第1項	保安林における立木の伐採	許可	都道府県知事
	第34条第2項	保安林における土地の形質を変更する行為	許可	都道府県知事
漁港漁場整備法	第39条第1項	漁港区域内の水域・公共空地における工作物の建設等	許可	漁港管理者(市町村・都道府県)
海岸法	第7条第1項	海岸保全区域(公共海岸に限る。)における施設又は工作物を設けての占用	許可	海岸管理者(都道府県知事・市町村長・港湾管理者の長)
	第8条第1項	海岸保全区域における施設の新設等	許可	海岸管理者(都道府県知事・市町村長・港湾管理者の長)
自然公園法	第20条第3項	特別地域区域内における工作物の新築・改築等	許可	都道府県知事、環境大臣
	第33条第1項	普通地域内における工作物の新築・改築等	届出(事前)	都道府県知事、環境大臣
温泉法	第3条第1項	温泉を湧出させる目的で土地を掘削すること	許可	都道府県知事
	第11条第1項	温泉の湧出量の増掘、又は温泉の湧出量を増加させるための動力の装置	許可	都道府県知事

## 【ワンストップ化のメリット】

- ・ 個別法の許可権者である国の出先機関や都道府県の関係部署に出向く時間の短縮
- ・ 身近な市町村から助言を受けながらの申請書類の作成(書類の補正を行う時間の短縮)

## 【都道府県、市町村の皆様へのお願い】

- ・ 認定や協議に関する申請窓口の一本化

出典：農林水産省「農山漁村再生可能エネルギー法について」2014年1月版

# 事業促進の心構え

# 大切なのは「志」

- 「FITで電気を高く買ってくれるから」「環境にやさしいから」などといった漠然とした理由で合意形成を行うのは、経験則上極めて困難
- 逆に、「保育所や学校の維持」、「地域農業での活用」など、売電収入や電気の用途を明確に打ち出したケースでは、用途にもよるが合意形成は比較的容易（公共物からの利益は公共に還元）



「使い道」の明確化が成功への道

# 「水利用の歴史」に理解を

- 日常生活、農業、工業など多面的に活用される水資源は、その利用をめぐる地域ごとに複雑な歴史を積み重ねてきた  
(水争いにまつわる伝承がその一例)
- 地域に暮らす人々には、さまざまな歴史を持つ地域の水資源に対してさまざまな“こだわり”を持つ人が多い
- 水力発電は、そうした地域の水資源を使って利潤を得るという側面を持つため、関係者から批判を受けやすい面がある

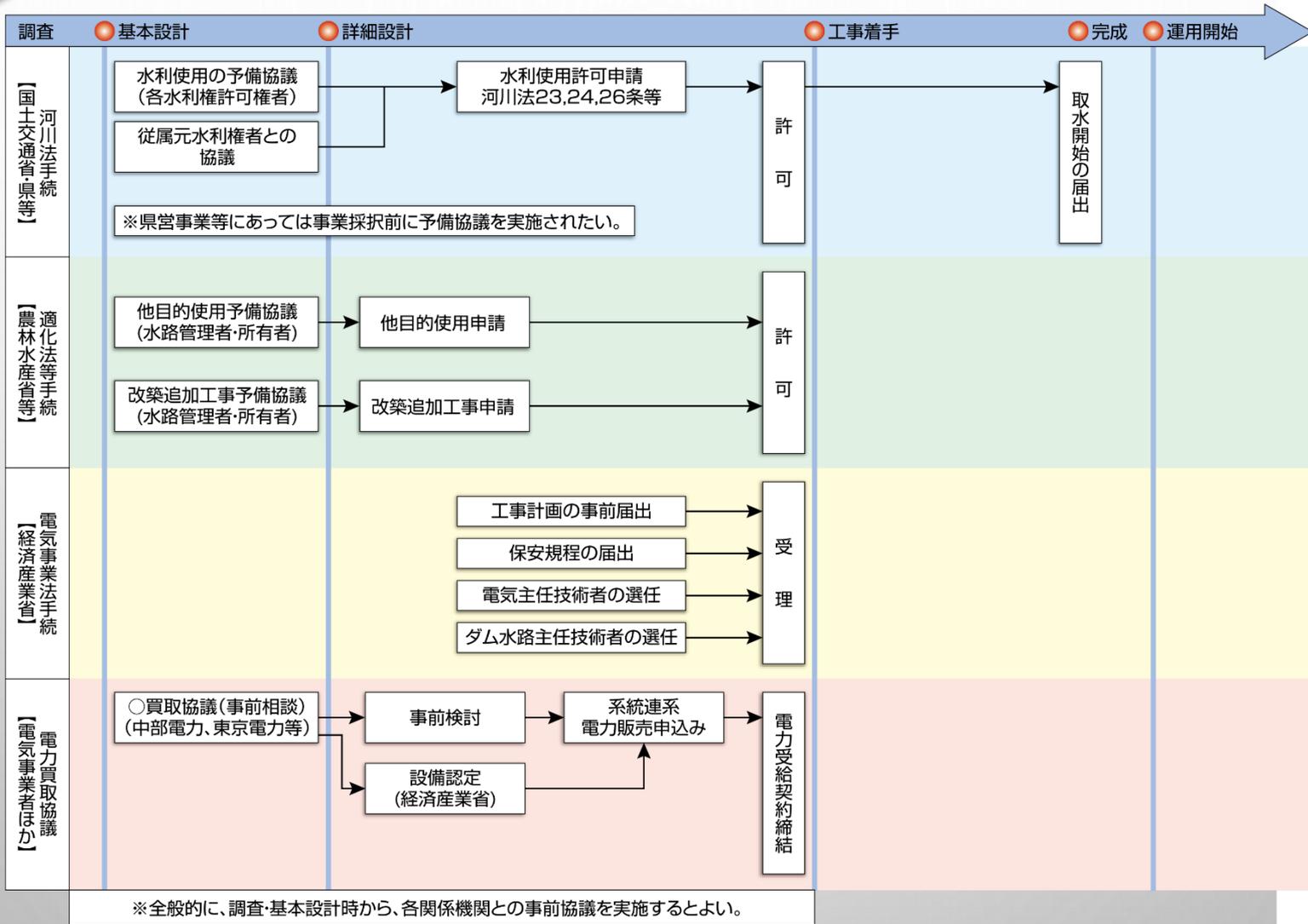
# 小水力発電開発の流れ

## 運転開始までのステップ



出典：新潟県「マイクロ水力発電の導入手順」

# 農業用水を利用して発電する場合の手続き



出典：静岡県「農業水利施設を活用した小水力発電に関するガイドライン」平成25年3月版

# 適地の見つけ方

## • 見極めのポイント

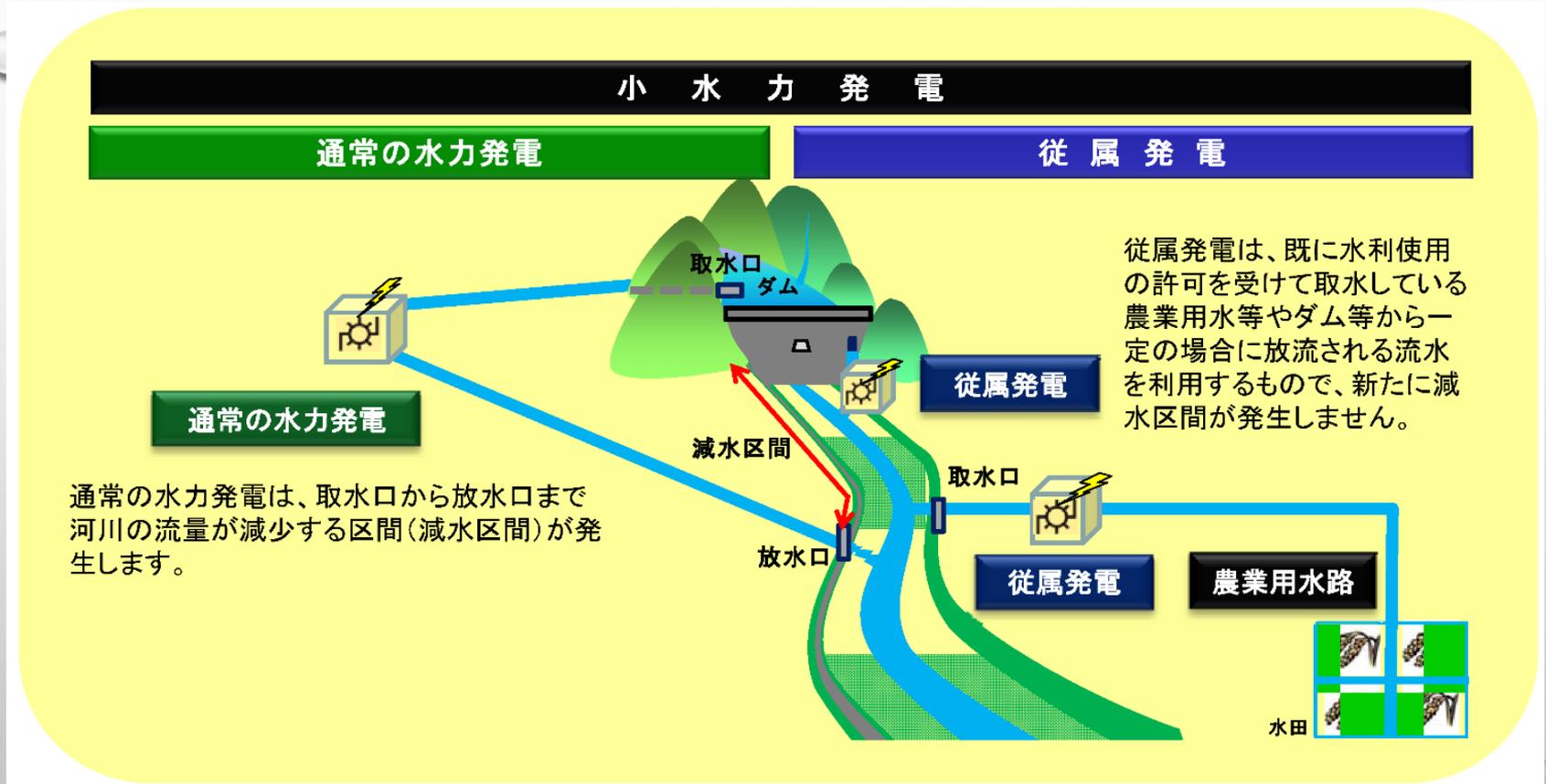
- 落差や流量が十分確保できるか
- 既存の水利権や漁業権との調整が可能か
- 減水区間をなるべく短くできるか
- 大がかりな構造物を設けなくても取水が可能か
- 導水路や水圧管を設置する土地が確保できるのか

## • 一般河川などの場合は下記も重要

- いわゆる「暴れ川」に該当しない
- 谷が深い地形ではない
- 周辺の地質や地形に問題はないか

(現地調査の時に山の状況をよく観察することが大切)

# 減水区間のイメージ



出典：国土交通省「小水力発電設置のための手引き」第2版

## ファイナンスも「域内循環」重視で

- 他の再生可能エネルギーと比べて利害関係者が多くなる小水力発電では、初期投資や運転資金のファイナンスも財貨の域内循環に考慮する必要がある
- 事業体の法人形態選択も、ファイナンスの視点を重視する
- 金利も地域から出ていくお金の一種。できるだけ地元地銀や信金・信組との関係を深め、支払った金利が地域内で循環する仕組みが不可欠
- 市民ファンドは白衣の騎士ではない
  - 資金の出し手が都市部住民となっている場合、資金の域外流出を招くことになる

# 経営者感覚を持った人材が必要

- 安定した事業運営にはコストの低減策が不可欠
  - 赤字垂れ流しでは地域還元は難しく、事業に対する理解も得にくい
- 地域還元の極大化には、売電収入の拡大とコスト削減の双方が不可欠
- 大手電力以外への売電も視野に入れる  
( P P S は高く買う傾向がある)



しっかり稼いで地域還元を

# 全国の先進事例

# 売電収益で農家負担を軽減

## <那須野ヶ原土地改良区連合（栃木県）>

- 国営事業で整備された農業用水を活用し、1000KWを越す規模で小水力発電を展開
- 売電収益で農家に対する賦課金の軽減を図り、現在では当初の2割以下の水準に。農家の所得向上や地域活性化を縁の下で支える
- 設備の運用や保守では、できる限り「自前主義」を貫くことで、コスト削減とノウハウ蓄積を両立

# 再エネを観光資源に

## <土湯温泉（福島市）>

- 震災による長期停電と、原発事故の風評被害による観光客減に直面し、再生可能エネルギーを観光資源とする地域活性化を目指す
- 温泉街を流れる沢を利用した小水力発電と、高い源泉温度を活用した温泉熱（バイナリー発電）を併用し、温泉街の使用電力の大半を賄うことを計画
- 再エネ関連のコンベンション誘致や、発電設備を活用した人材育成なども検討

ご清聴ありがとうございました  
皆様の事業の成功を願っております  
不明な点などありましたら、  
[ishisaka@j-water.org](mailto:ishisaka@j-water.org)までご連絡下さい

