



資料 1

小水力発電の基礎講座

平成27年7月29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

- 小水力発電の原理と仕組み
- 小水力発電を取り巻く現状
- 小水力発電の特徴
- 小水力発電と法規制
- 小水力発電事業の進め方

小水力発電の原理と仕組み

小水力発電のエネルギー

- 小水力発電によって得られるエネルギーは、水の量（流量）と落差で決まる

→位置エネルギーを電気エネルギーに変換

- 位置エネルギー以上の発電はできない
- 理論的な出力は次の式で求められる
出力(kW) = 流量(m³/秒) × 落差(m) × 9.8 × 効率
 - 効率は取水形態や地点などにより異なる
 - 一般的に小規模になるほど効率は悪くなる

実際に出力を求めてみましょう

- 落差40m、流量0.5m³、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ることが多い

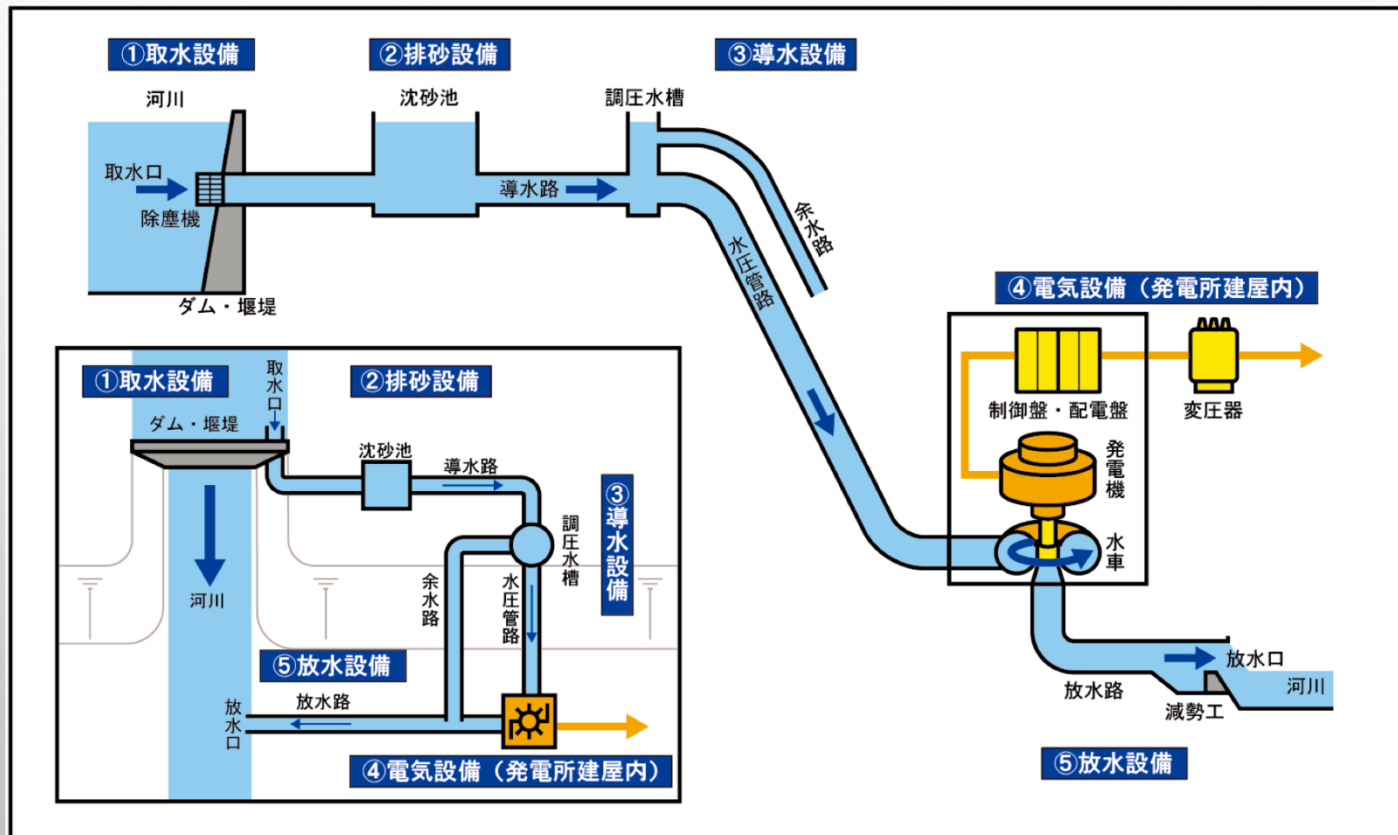
- 求めた出力に年間の運転時間を掛けたものが年間発電量。
先に求めた出力から、設備利用率70%として発電量を求めると...

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

- 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る
(戸建て住宅の場合は年間消費電力が多くなる)

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。水槽と一体にしたり、除塵機をこちら側に設けたりするケースもある
(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、「適材適所」が重要
 - 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。

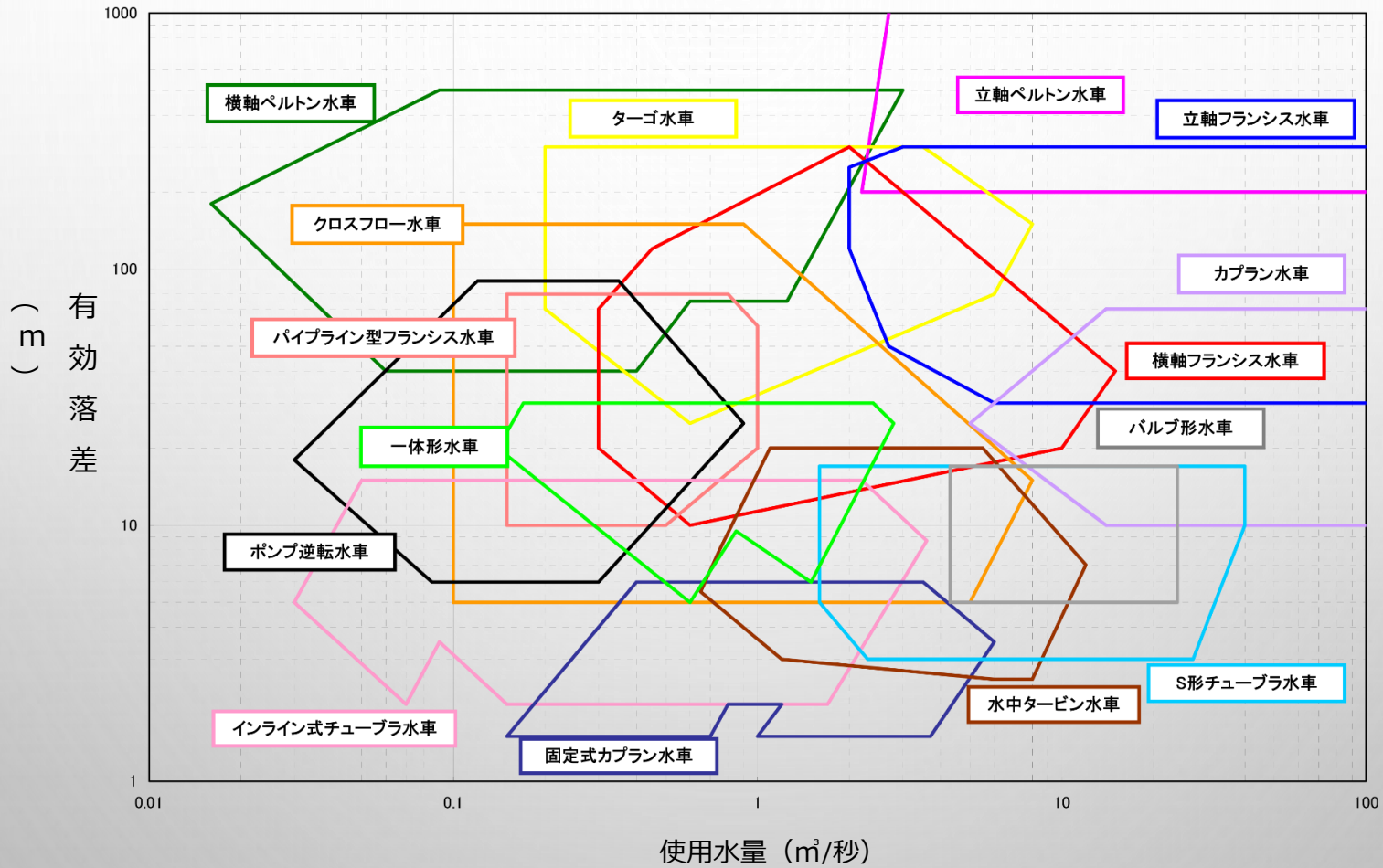
⑦ ポンプ逆転水車

- 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

小水力発電を取り巻く現状

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」と定義

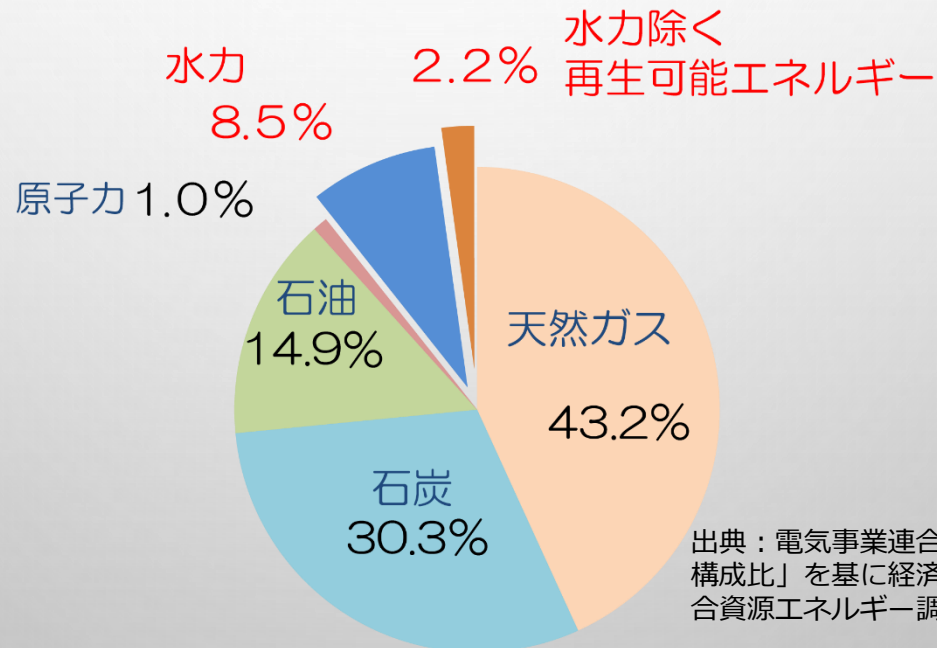
小水力発電の歴史

- 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
- 現在は国内でおよそ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

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）

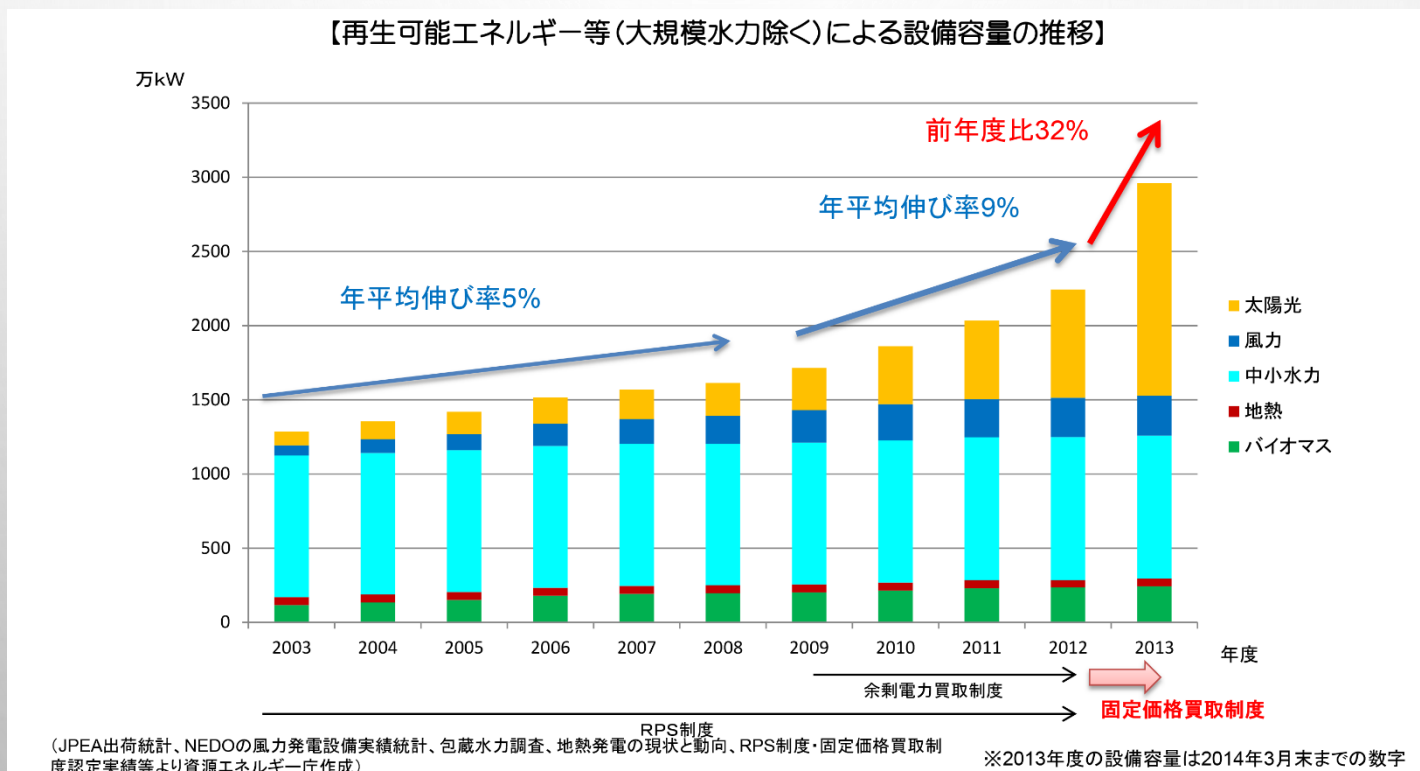


日本における小水力の現状

- 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力所、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



買い取り価格の動向

- 運転開始事例が少ないこともあり、FIT施行後の買い取り単価は据え置きが続いている
- 固定価格買取制度は、水力の場合は出力3万kW未満を対象に、出力に応じ3通りの区分を設けている

水力発電の買取区分（2015年度）

水力	1000kW以上 30000kW未満	200kW以上 1000kW未満	200kW未満	既設導水路 活用水力	1000kW以上 30000kW未満	200kW以上 1000kW未満	200kW未満
調達価格	24円+税	29円+税	34円+税	調達価格	14円+税	21円+税	25円+税
調達期間	20年間	20年間	20年間	調達期間	20年間	20年間	20年間

※「既設導水路」は、既存設備の更新を対象とした区分

既設と新設の“分かれ目”

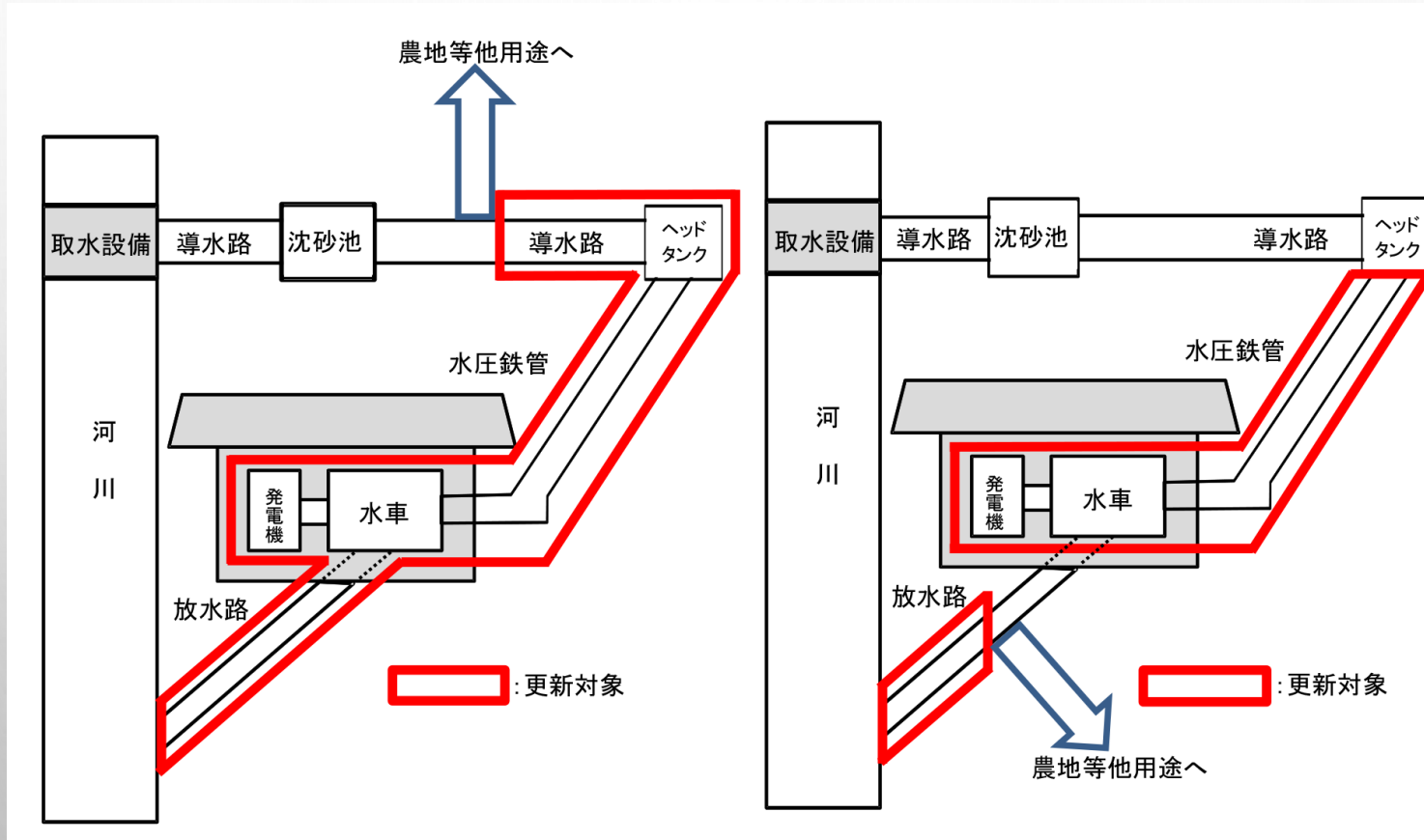
- 今年7月から、既設発電所を改修した際に、FITの手続き上で新設扱いとするための要件が明確化
- 水車や発電機を更新するほか、水路等の改修延長の要件を満たすと新設扱いになる

既設発電所更新案件における「新設扱い」の要件(抜粋)

発電所の出力	200kW未満	200kW以上 1000kW未満	1000kW以上 3000kW未満
水車・発電機の更新	必須	必須	必須
導水路・水圧管等の 更新距離	100m	500m	1500m

更新が必要な設備

- 農業用水など他用途への分水に注意



出典：資源エネルギー庁資料

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

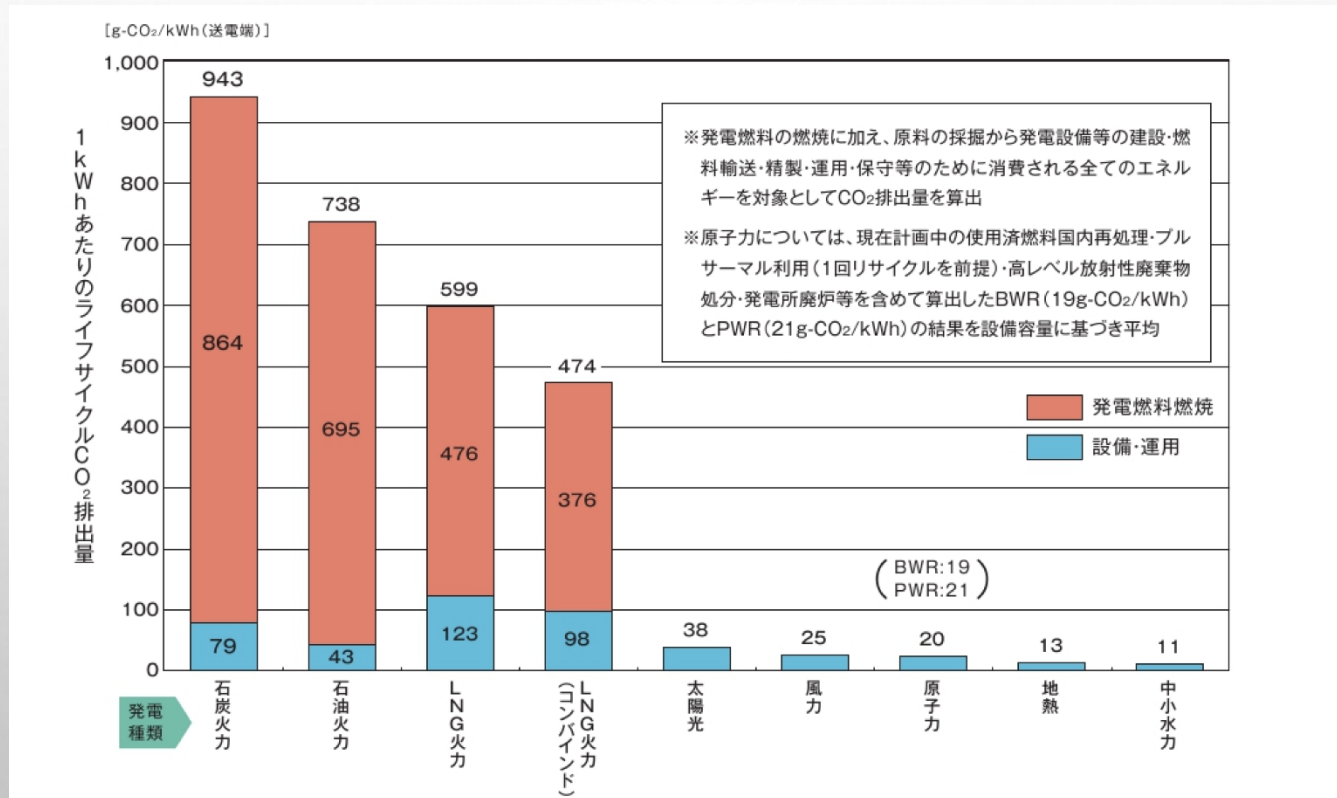
長期化する水車の納期

- 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

地球温暖化問題への貢献

- 発電量1kWh当たりのCO₂排出量は、石炭火力の1.2%



資料：電気事業連合会統計

安定電源としての価値

- 太陽光や風力に比べ出力変動が小さく、安定して発電を行うことができる
- 設備利用率は太陽光の4～5倍程度

電源別に見た再生エネの設備利用率	
電源	設備利用率 (%)
太陽光	10～15
陸上風力	20～30
小水力	50～90
地熱	70～80
バイオマス	70～80

地産地消型電源としての価値

- 小水力発電所の維持・管理には人手が不可欠で、集落から極端に離れた場所には立地しにくい
- 発電所の付近まで送電線（配電線）が来ていないと、立地が困難



長距離送電するのではなく、
地域での地産地消に向いている

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>

小水力発電と法規制

小水力発電の各種規制

- 規制の根拠に着目すると、次の3種類に分けられる
 - ①法律や条例に基づく規制
 - ②電力会社の規定に基づく規制
 - ③地域における水利用の歴史に基づく既得権益
 - このうち、法律や条例に基づく規制は見直しが進んでいる

規制の根底にあるもの

- 水は環境保全や地域住民の暮らしに不可欠なもので、
その利用には一定の制約が加えられる
(100%の規制自由化はあり得ない)
- 水利用を歴史的にみると、小水力は「新参者」
 - 地域との合意形成に努めなくてはいけない
- 「規制 = 事業の邪魔者」と考えている限り、事業は進まない

小水力発電をめぐる規制の特徴

- 規制官庁が多岐にわたる
- 一つの行為について複数の法律の規制がかかる
例→取水をめぐる、河川法と自然公園法の二重規制
- 「地域での合意」を許認可の前提としているケースが多い

小水力発電に係る主な法規制


法律名	小水力発電に関連する規制内容
河川法	<ul style="list-style-type: none">・取水に関する規制・工作物設置に関する規制、構造基準
電気事業法	<ul style="list-style-type: none">・発電事業に関する安全の確保・電気工作物等の技術および構造の基準・主任技術者の資格要件
農地法	<ul style="list-style-type: none">・農地転用の制限
農振法	<ul style="list-style-type: none">・農用地域の指定および除外
土地改良法	<ul style="list-style-type: none">・土地改良施設（農業用水など）の用途制限・土地改良施設の活用に係る収入の使途
森林法	<ul style="list-style-type: none">・林地の開発行為・保安林の指定や解除、開発行為
自然公園法	<ul style="list-style-type: none">・自然公園（国立公園など）内における開発の規制
砂防法	<ul style="list-style-type: none">・地すべり防止区域内における開発の制限

水利権の基本的な考え方

- 用途ごとに手続きを必要がある
(農業用水と発電用水は別の許可)
- 発電用水利権は、出力に応じて区分が異なる点に注意
- 水を100%使えるわけではない
- 既存利水者等への配慮が不可欠

発電用水利権の種類

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

出典:国土交通省「河川法施行令の改正について」

従属発電の考え方

- 発電用以外の水利権に相乗りして、本来用途で認められた水量の範囲内で発電を行うことを「従属発電」と呼ぶ（対象は農業用水だけではない）
 - この場合の水利権は「登録制」（標準処理期間 1 カ月）
 - 従属元が慣行水利権でも利用可能（流量観測の必要あり）

（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)

出典:国土交通省「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）」

電気事業法に基づく規制

- 発電設備の安全確保や電気の安定供給の観点から、多方面にわたって規制をかけている
- 保安に関する規制は、発電所の出力や取水形態によって細かく区分されており、一律のものではない
- 保安業務を司る 「主任技術者」は、原則として発電所ごとに選任する
 - 水力の主任技術者は「電気」と「ダム水路」の2種類
 - 発電所の出力などに応じて、選任の要件が決まっている
(免状を持たない場合は許可選任)

ダム水路主任技術者制度について

- ダム水路主任技術者は、**電気事業法の規定に基づく**水力発電に係る土木設備の保安を司る責任者
 - これまでは、出力規模を問わず一律の学歴要件等を課し、人材確保が困難になっていた
 - 平成26年4月から出力500kW未満の発電所を対象に**学歴要件を大幅に緩和し、形式主義から実質主義**に転換
 - 昨年秋からは、出力500kW以上～2000kW未満についても上記要件を満たした者が一定の講習（**実地講習**を含め3日間）を受ければ、許可選任の対象に

ダム水路主任技術者の学歴要件

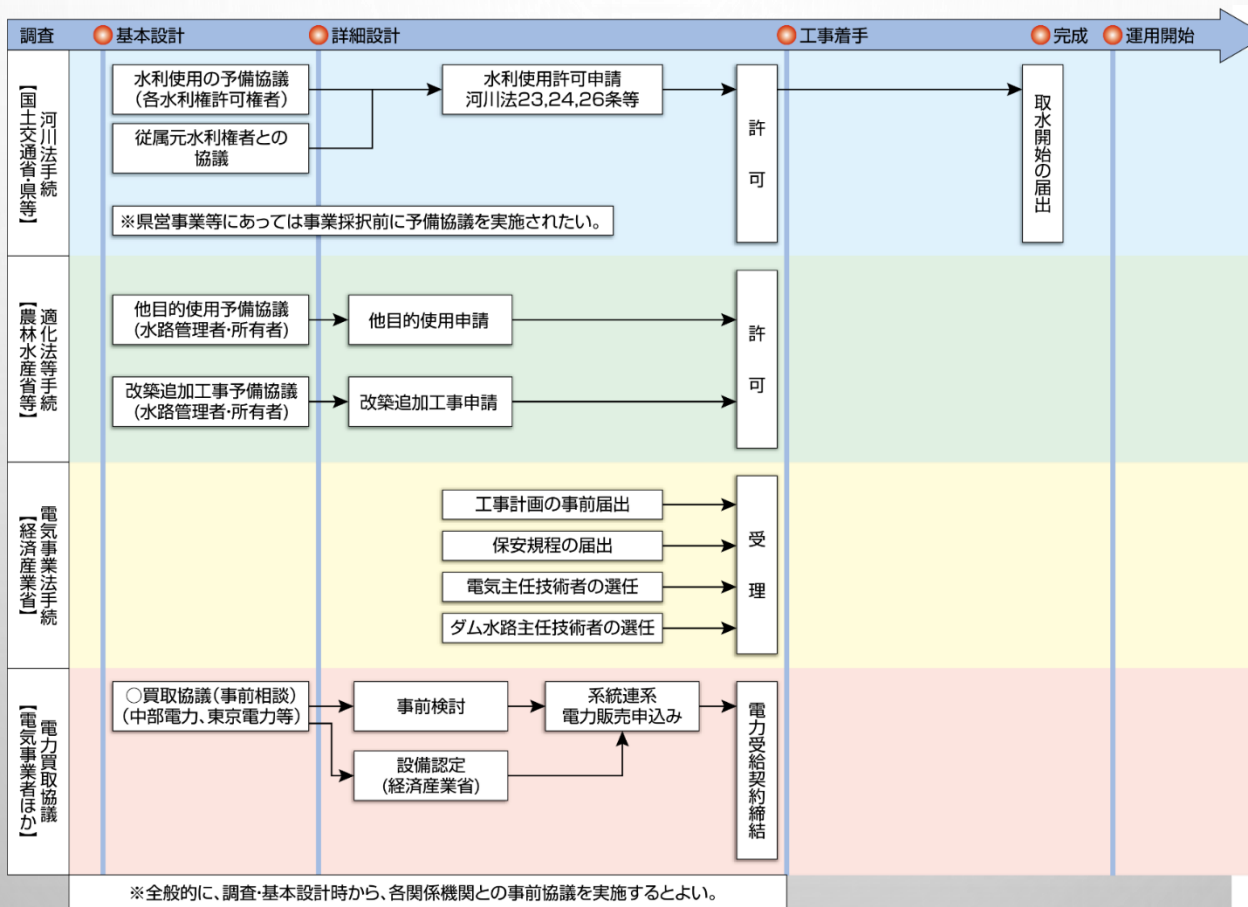
- 大学では下記から7分野、高校・高専では4分野以上の履修が必要
 - 具体的には、単位修得証明書とシラバス（講義概要）などを基に経済産業局で個別判断

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）

農業用水を利用する場合の法的手続き

- 比較的規制が緩い農業用水発電でも下記の規制がある



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」2013年3月版

小水力発電事業の進め方

段階ごとに慎重かつ謙虚な判断を

- 小水力発電の開発ステップは何段階にも分かれており、太陽光に比べて複雑
- 図上だけの判断は不可能。自分たちの目で現場を確認する姿勢が大切
- 発電設備や取水・導水設備に多額の費用がかかるため、事業の見極めは慎重に行う必要がある
- 地域における合意形成が事業の成否を分ける

一般的な小水力の開発ステップ



出典：新潟県「マイクロ水力発電の導入手順」

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

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)

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



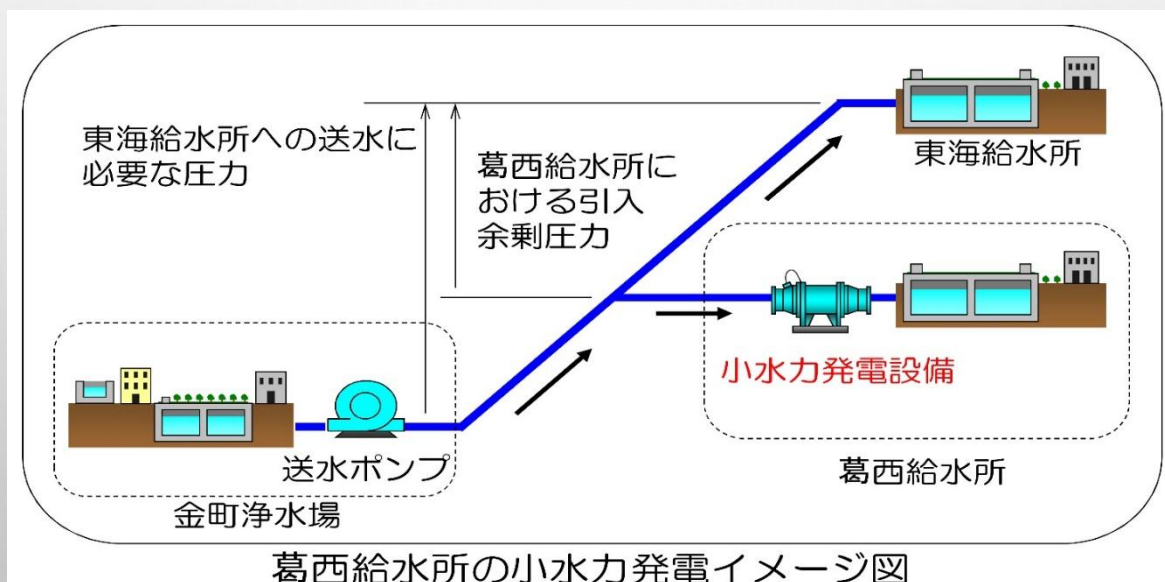
写真：落差工が整備された農業用水（静岡県富士宮市）

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）

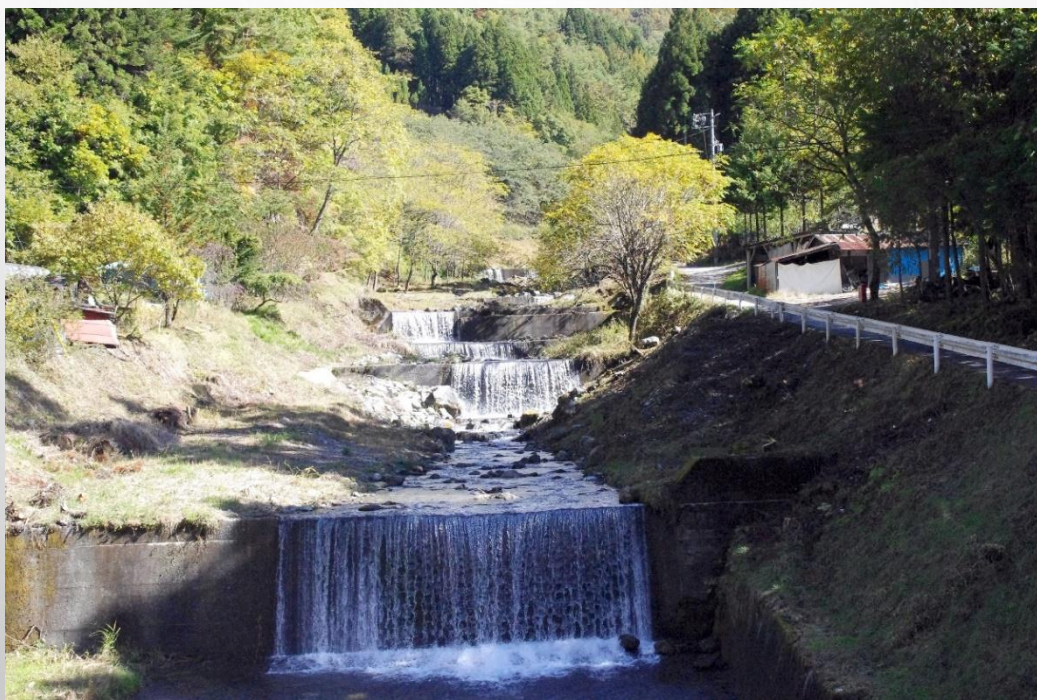


出典：東京都水道局のニュースリリース

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

「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“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

合意形成の目的

- 地域における合意形成は、「申請手続きの必須条件」としてではなく、「**地域との共生を図る手段**」として捉える必要がある
 - 過去の失敗事例を教訓にする
- 合意形成の成否や過程は、申請手続きばかりではなく、**運転開始後の事業運営を左右すること**にも留意する
- 合意形成は事業着手の可否だけではなく、事業主体の**枠組みに関する部分も対象になる**

合意形成の対象

- 河川法などでは次の関係者との合意形成を求めている
 - 既存利水者
 - 漁業権者
 - 地権者など
- 地域の河川における水利用にはさまざまな歴史的経緯（いわゆる水争いなど）が存在することを踏まえ、地域社会全体を合意形成の対象とし、地域の視点に立って時間をかけて粘り強く合意形成を進める必要がある（**お金を積むだけではダメ**）
- 電力との交渉も合意形成の側面を持つ

合意形成の時期

- 合意形成には相当の時間がかかる
- 合意形成の相手側は多岐にわたる事例がほとんど
- 河川法をはじめとする許認可の申請は、合意形成をクリアしていることが前提となる



早い段階からの取り組みを

再エネ特措法に基づく手続き

- 再生可能エネルギー固定価格買取制度の適用を受けるためには、再生可能エネルギー特別措置法に基づく「**設備認定手続き**」を行う必要がある
- 設備の仕様が固まった段階で、地域を管轄する経済産業局と協議を始めるのが望ましい
- 設備認定時に発行される「認定ID」は、電力会社との手続きに必要なので、適切な管理が必要

電力会社との連系手続き

- 電力会社との連系申し込みに先立ち、「事前相談」と「接続検討」の手続きを踏む必要がある
 - 接続検討には20万円（税別）の費用が必要
- 計画の進行度合いを見ながら適時・適切な情報共有を行うことが重要
- 連系手続きに際しては現実的な視点を持って対応する（理想論だけを振り回すと話がこじれる）

政策は「再エネの地産地消」にシフト

- 経産省などは、発送電分離をにらみ、再生可能エネルギー電源についてはできるだけ地産地消させる方向に舵を切りつつある
 - 小水力はそもそも長距離送電に向かない
- 経産省の検討会では、再エネ電気を需要地に近接した地域で連系する場合に適用される託送料金の割引を、拡充する方向性を打ち出した



「地域で電気を売る」仕組み作りが必要

「20年後」を見据えた事業計画を

- 水力発電の機器は、保守をしっかりと行うことで50年程度の使用が可能
- 一般的には、FIT「卒業」後の売電価格は大幅下落

(東京電力の例)

小水力発電（新設案件）のFIT単価 25～34円/kWh

相対契約による再エネ電気購入単価 9円98銭/kWh

(この額より低くなる場合もある)



**FIT終了後のビジネスモデルを
事業計画に盛り込む必要がある**

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

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までご連絡下さい

