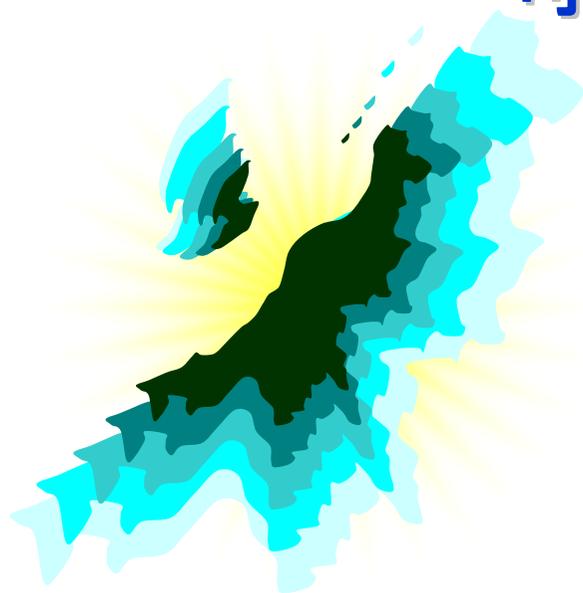


平成22年度地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定事業
新潟県地域新エネルギー重点ビジョン

小水力発電導入の 可能性調査について



平成23年7月8日(金)

東京発電株式会社
水力事業部マイクロ水力営業G
富澤 晃

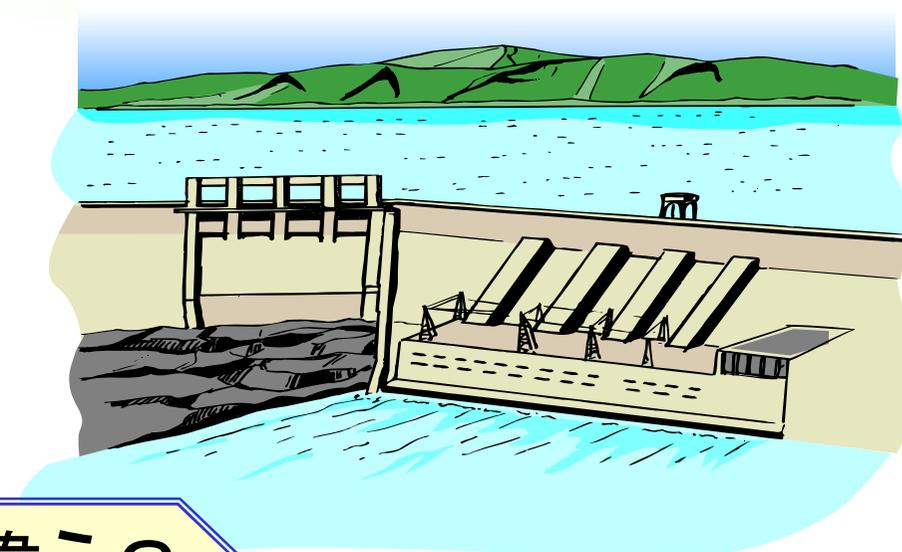
1. はじめに
2. 小水力発電導入の可能性調査
3. 報告書① 現状の整理
4. 報告書② モデル検討
5. 報告書③ 導入手順書

「水力」と問われて、
思い浮かべるものは？

水車小屋の水車？



ダムそばに作られた
大きな水力発電所？



何が違う？

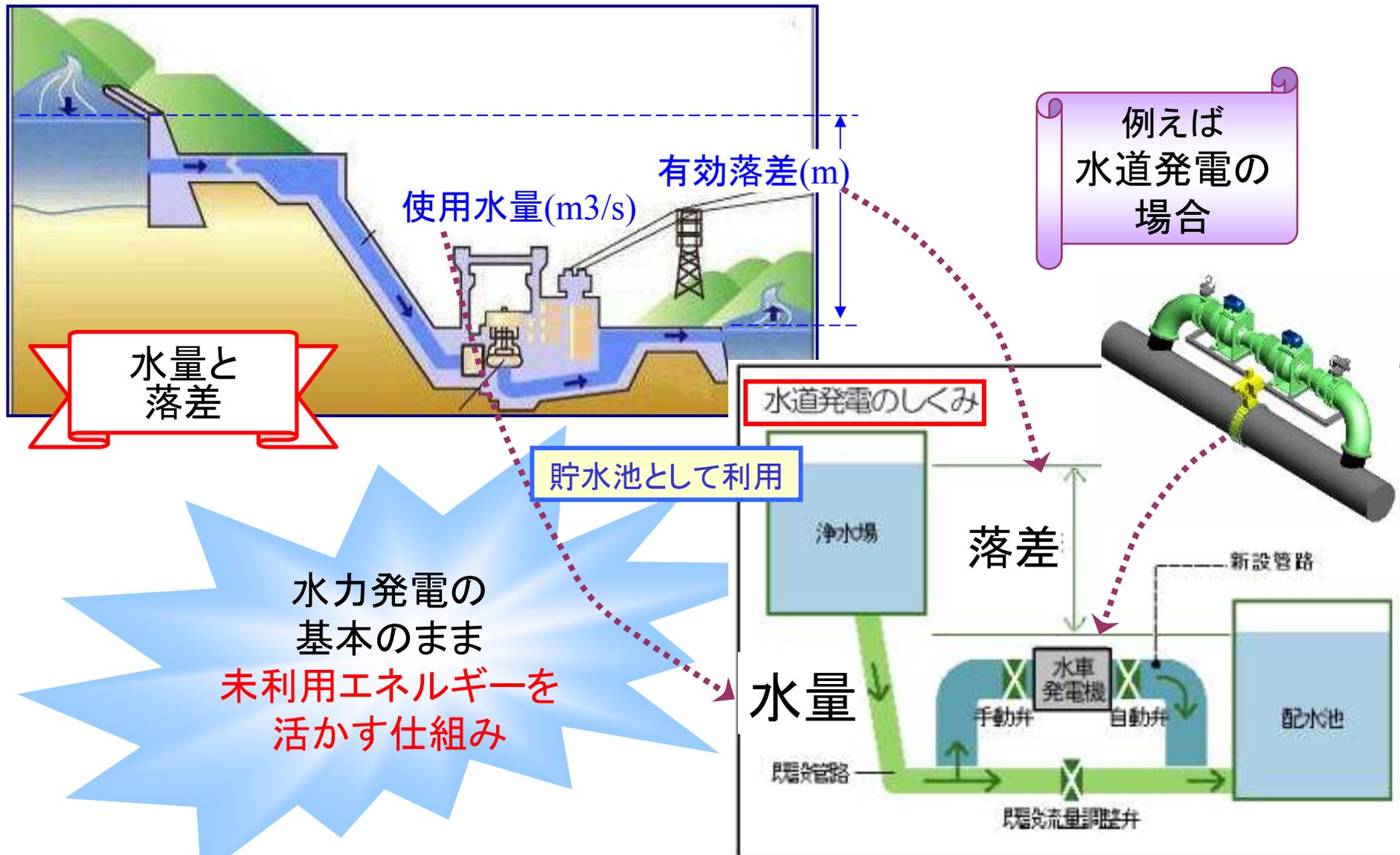
■ マイクロ水力発電の最大の特徴は、
『既に存在する水』の持つ
『未利用エネルギー』を利活用すること

今ある設備に**後から**
発電設備を**付け足す**

さらなる特徴

- **クリーン**なエネルギー：
低CO2排出量のエネルギーであることを、ライフサイクルCO2排出量にて比較
- **ローコスト**なエネルギーの可能性：
あらゆる局面でコストダウンを実施して、建設コストを下げることで、従来不可能だった地点が開発可能に

マイクロ水力発電の仕組み



発電電力[kW]

$$= 9.8 \times \text{落差[m]} \times \text{水量[m}^3/\text{s]} \times \text{変換効率}$$

- 水の圧力をエネルギーに変換する
- 落差は、上流水面から下流水面までの高低差から、配管損失を引いた有効値（もしくは差圧）
- 変換効率は、水車や発電機等における効率の合成値

出力の大小にかかわらず
水力発電の出力を求める
方程式は同一

ポイントは「水量」と「落差」

変換効率は、
設備により変動
(0.2~0.75)

$$\begin{aligned} &= 9.8 \times 9[\text{m}] \times 0.5[\text{m}^3/\text{s}] \times 0.7 \\ &= 30.9[\text{kW}] \end{aligned}$$

一例
として

- 上水道, 下水道, 農工業用水としての利水
- 砂防ダム, 治山堰堤の貯留水
- 維持放流水
- 河川, 湧水



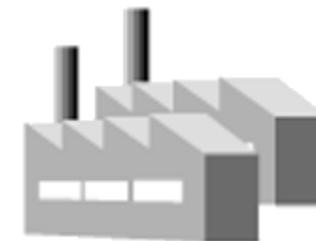
農業用水



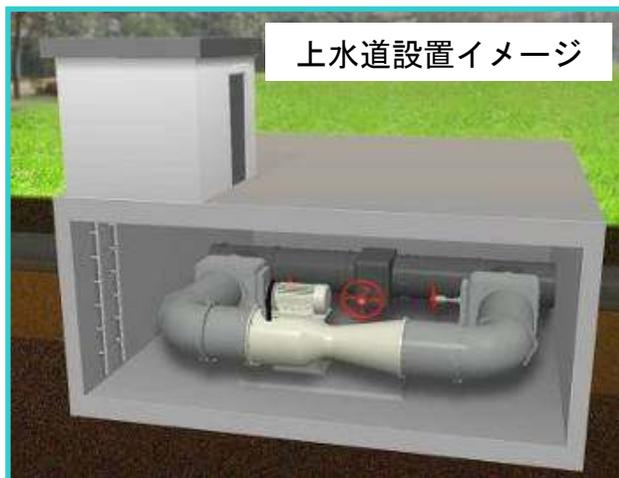
上下水道



治山堰堤の貯留水



工業用水



水力発電の現状

- 大水力から中小水力の導入にシフト
近年では新エネルギーの区分けとなる出力1,000[kW]以下の小水力の導入検討が進む
- 中小水力は、大水力の延長でノウハウの共有・蓄積があるが、出力100[kW]以下となるマイクロ水力は、まだ未開拓で今後の幅広い導入が可能

新潟県には水力発電に対する高いポテンシャル(資源エネルギー庁調査の包蔵水力量が全国第4位)

- 地域資源を有効活用した再生可能エネルギーの導入につながる可能性
- 産業面において、市場への新規参入の可能性
- 地域活性化も期待

マイクロ水力(100[kW]以下)を中心に導入可能性調査を実施
(マイクロを超える規模のものは事例等を参考記載)

本調査では「小水力発電の可能性」を

- 全国的に見ても導入事例が少ない
“未開拓”領域である“出力100[kW]以下”の
マイクロ水力発電を対象として
- 水の流れる地点に幅広く導入できることを、
県内の各候補地点にてモデル的に検証

① マイクロ水力発電の現状整理

- マイクロ水力発電 導入事例紹介
- 現状分析と展望

② 導入モデルの検討

- 導入モデル(地点)の選定
- モデル検討の手法
- 導入モデル検討

③ 資料集

- マイクロ水力発電の導入手順



マイクロ水力発電の取組・導入事例



- マイクロ水力発電設備の全国的データを取りまとめたデータはない
- 近年、発電方式や取水方式など特徴的な事例が出現

主な事例

新潟県におけるマイクロ水力発電

- 新潟県下のマイクロ水力導入事例としては、上越市上水道，魚沼市温泉水，六日町砂防ダムの3つが存在（平成23年2月現在）

マイクロ水力発電の導入事例

①マイクロ水力 現状整理

■ マイクロ水力発電の取組・導入事例 (抜粋)

小河川・砂防ダム

小河川直設置方式



都留市家中川発電所

砂防えん堤活用方式



南アルプス市金山沢発電所

農業用水



岩手県一関市照井発電所

上水道

流調弁バイパス方式



川崎市鷺沼発電所

水道原水利用方式



高崎市若田発電所

温泉水



新潟県魚沼市駒の湯山荘

写真提供: 信州大学

導入事例の詳細は報告書を参照

整理例1 ～
発電電力の使い方

使い方によって、得られるものが変化

● 電力会社への売電

- 環境価値を含めて売電
- 環境価値は残らない
- 売電単価： 平均 7.8円/kWh(現RPS法下)
- 全量買取制度へ移行した場合，売電単価は15～20円/kWh



● 自家消費

- 電力会社の電気代より**安い**電気の利用
- 『環境価値』は手元に残る
PRに利用する or 金銭に変換する
- 電力会社電気代との差額分が電気代削減効果



消費後の余りを
売電することも
可能



- コストダウン (安い電気の利用)
- 収益配分
- CO²削減 — 低CO₂エネルギーの利用
- 省エネ法(温対法) 計画値への反映
- 広報価値
グリーン電力証書以上の訴求力を発揮
- 環境学習等での利用



導入目的を
明確に!!



【参考】
400,000[kWh]の
発電所の場合

電力会社への売電

RPS法: $7.8円 \times 400MWh$
=3,120千円(年間)

全量買取制度:

1: $15円 \times 400MWh$
=6,000千円(年間)

2: $20円 \times 400MWh$
=8,000千円(年間)

CO2削減効果:

電力と共に、その価値を
売却しているため、うたえ
ない

省エネ効果:

同上

自家消費

電気代削減効果:

例1: $10円 \times 400MWh$
=4,000千円(年間)

例2: $2円 \times 400MWh$
=800千円(年間)

削減効果 =
節約代金 ×
節約電力量

CO2削減効果:

$332g-CO_2/kWh \times 400MWh$
=132,800Kg-CO₂

省エネ効果:

400MWh分を削減

電気事業法施行規則の改正（平成23年3月）

①マイクロ水力 現状整理

出力条件等	保安 規程	主任技術者		工事計 画届出
		電気	ダム水路	
ダム・堰を有する 又は200kW以上 又は最大使用水量1m ³ /s以上	要	要	要	要
ダム・堰を有さない かつ20kW～200kW未満 かつ最大使用水量1m ³ /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・堰や水路が存在しないもの	要	要	不要	不要
ダム・堰を有さない かつ20kW未満 かつ最大使用水量1m ³ /s未満	不要	不要	不要	不要

大きな
メリット

導入モデル(地点)
の選定

県内に広くマイクロ水力発電を普及させていくためには、他への波及効果が期待できる“分かりやすい”事業モデルを作り、それを情報発信していくことが重要

- 県の関係部署及び市町村がモデル検討の候補地点として、46箇所を推薦
- 46箇所のデータを基に発電想定計画を整理し、「経済性」「波及性」のほか、「水種別特徴による判断ポイント」の3つの評価基準を策定

水種ごとに評価を行い
導入モデル地点 7地点 を選出

- 河川・砂防ダム: 1地点
- 農業用水: 2地点(2種類)
- 上下水道: 各1地点 計2地点
- その他: 2地点(2種類)



選定評価一覧 例

②導入モデルの検討

地点番号		13	14	15	
市町村名		南魚沼市	南魚沼市	南魚沼市	
候補地点		3 姥沢下流排水路	4 天神川排水路	5 掛之下用水路	
種別		農業用水	農業用水	農業用水	
水利権者					
経済性	想定発電計画	想定流量 <small>m³/s</small>	0.3	0.4	0.1
		想定落差 <small>m</small>	2.2	1.5	1.0
		想定潜在エネルギー量 (水車選定前100%効率時) <small>kW</small>	6.46	5.88	0.98
		想定効率	0.6	0.6	0.3
		水況変化	灌漑期0.3, 非灌漑期?	無(灌漑期0.4)	灌漑期0.1, 非灌漑期?
	施工性	想定発電機出力 (水車発電機効率考慮時) <small>kW</small>	3.8	3.5	0.29
		設計難易度	平易	平易	平易
		土木工事量	小	小	中
		工事空間・難易度	並	並	並
		上流対策の有無	やや要	やや要	不要
その他	建柱の有無	短距離	不要	短距離	
	設備実現形態	2(落差工直設置)	2(落差工直設置)	2(落差工直設置)	
	周辺の状況	良	良	良	
	防音対策	不要	やや要	不要	
評価	経済性	○	○	△	
	モデルとしての波及性	△	△	△	
	その他	○	△	○	

各地点毎に調査し、一覧にして評価



導入モデルの選定結果

水種別	地点名	市町村名	備考
河川・砂防ダム	折立又川砂防ダム	魚沼市 下折立	湯之谷温泉郷内でアクセスも良く、多類似地点への波及効果も高い
農業用水	福島潟西部幹線水路1号落差工	阿賀野市 寺社	落差工に直設置する形式の代表として選定する
農業用水	池平水路急流工	魚沼市 中家	下流地点との合体で経済性向上も可能な地点
上水道	赤坂山浄水場	柏崎市 赤坂	上水道として見込みが高く、ぜひモデル地点として精査すべき地点
下水道	新潟浄化センター	新潟市 東区	県下で最大規模であり、課題克服により他の範となる
その他	小出市街 流雪溝放水路	魚沼市 小出島	流雪溝という独自水路ながら、課題克服により波及効果が見られる
その他	五十沢キャンプ場	南魚沼市 永松	湧水を利用した低流量高落差モデル 森林公園内で注目度も高い

(1)モデルの概略検討

- 概略検討を実施し、水車形式及び水路ルートを選定
- 発電規模、発電量を想定し、全体建設費(機器経費、工事費等)、維持管理費(電気主任技術者委託料、修繕費等)を算定

(2)検討地点に対する評価

- 「経済性」「二酸化炭素削減量」「環境学習への機会提供頻度」「地域振興への影響」「その他」の5つの評価項目を設定
- 経済性については、単年度収支(収入額-支出額(維持管理費))と投資回収年(補助金を除く建設費/単年度収支)を設定

検討の前提条件, 電力の用途等

- 売電収入については、RPS電源買取価格(7.8[円/kWh])、全量買取価格の想定価格(15or20[円/kWh])のパターンを採用
- 国の補助金が現時点で来年度以降見込めるものについては算入
- 発電電力の用途として、電力消費施設が想定されるものは全量自家消費と全量売電の2パターンを設定(それ以外は全量売電)

モデル



導入モデル地点
No.3(参考)



【発電計画】

使用水量: 0.5[m³/s]~0.3[m³/s]

有効落差: 落差10[m]に損失15%で8.5[m]

水車形式: パイプライン敷設でプロペラ水車

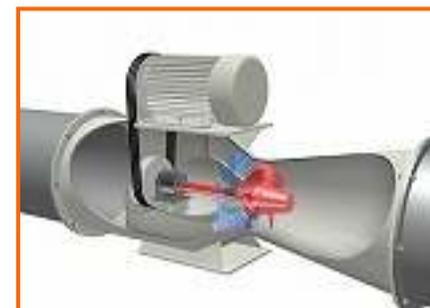
発電規模: 29[kW]~17[kW]

年間発電電力量: 176[MWh]

【費用想定】

想定工事費: 約55百万円

年経費(支出額): 900千円



評価と判断

【年収入額】

全量買取制度:

(①買取価格20円/kWhとして)年間3,520千円

(②買取価格15円/kWhとして)年間2,640千円

【単年度収支】

①の場合: 2,620千円 / ②の場合: 1,740千円

【投資回収年】

①の場合: 21年 / ②の場合: 32年

買取期間15年
以内にならず

投資回収年向上のため、
建設費削減を工夫

補助金制度
を活用

建設費50%補助を獲得

必要に応じて
その他の
評価

最終評価

【投資回収年の改善】

①の場合: 11年 / ②の場合: 16年

事業化の可能性あり

結果の一覧

種別	市町村名	地点名	出力 [kW]	発電 電力量 [MWh]	CO2削減効果 [t-CO2/ 年]	環境 学習 効果	地域 振興 への 影響	投資回収年 「() 表記は補助金制度適用後の値」					
								自家 消費	現行 RPS 制度	売電			
										全量買取制度			
										現行建設費		将来参考建設費	
15円	20円	15円	20円										
砂防 ダム	魚沼 市	折立又川 砂防ダム	31	224	125.6	○	△	—	54	19	13	14	10
農業 用水	阿賀 野市	福島潟西部幹線 用水路1号落差工	20	98	54.9	△	—	—	70 (35)	27 (14)	19 (10)	20 (10)	14 (7)
農業 用水	魚沼 市	池平用水路 急流工	17	103	57.7	△	—	—	—	70 (35)	39 (20)	53 (27)	30 (15)
			29	176	98.7	△	—	—	—	32 (16)	21 (11)	24 (12)	16 (8)
上水 道	柏崎 市	赤坂山浄水場	55	441	247.4	○	△	11	18	9	7	7	5
下水 道	新潟 市	新潟浄化センター	8	64	35.9	○	—	168 (84)	—	98 (49)	58 (29)	74 (37)	44 (22)
その 他	魚沼 市	小出市街流雪溝 放水路	6	48	26.9	○	○	—	—	114	55	86	41
その 他	南魚 沼市	五十沢キャンプ場	3	24	13.4	○	○	154	—	2000	154	1500	116

単年度収支では、すべてのモデルが黒字化
(全量買取価格15[円/kWh]の場合)

モデル1, 2, 3, 4の場合

- 全量買取価格15[円/kWh]の場合の投資回収年数は、概ね20年以内
- さらに全量買取価格が20[円/kWh]の場合や建設費の▲25%を想定した試算では、回収年数がほぼ15年以内となり、経済性が一層向上

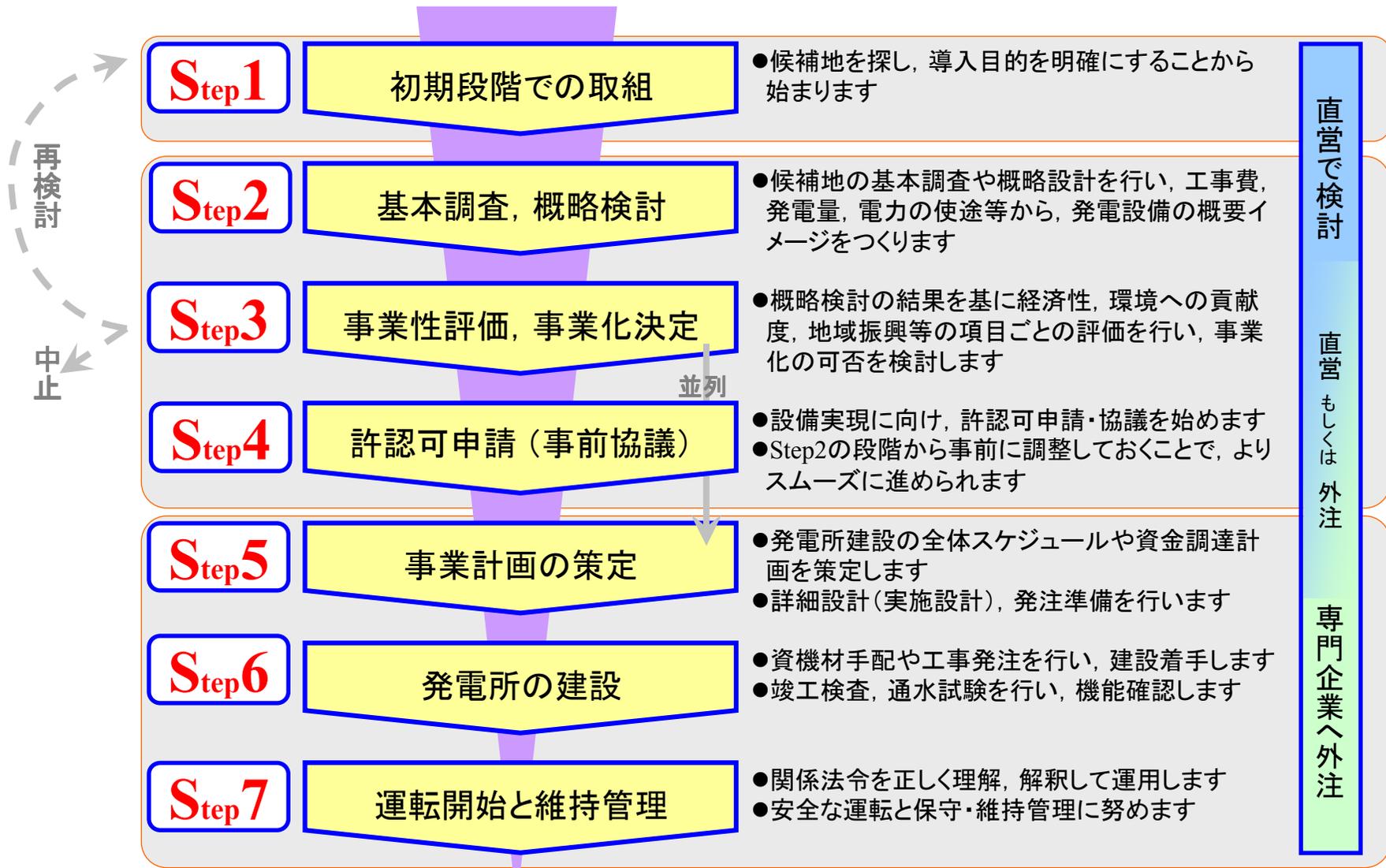
モデル5, 6, 7の場合

- 投資回収年数は、いずれの場合も20年以上
- 街おこし補助金や環境関係等の補助金の活用や、産学連携、地域の協力(無償の役務提供等)による建設コスト削減で、回収年数縮減の可能性あり

マイクロ水力発電の導入により、**エネルギーの地産地消**が図られ、地球環境の保全に貢献可能
(環境を主目的にした導入)

発電した電力を地域の魅力を高める資源として考え、**観光や街おこしに活用**することを主目的にするケースもあり、一定の経済性の確保の下での事業化の可能性

マイクロ水力発電 の導入手順



マイクロ水力発電の候補地点を探すには

マイクロ水力発電は、今ある水に潜んでいる「未利用エネルギー」を取り出す仕組みです

① 推進のための
第一歩は

いま目の前にある水、
所有している水

未利用エネルギーの大きさを『発電のポテンシャル』と言います

その水に潜んでいる「未利用エネルギー」の大きさを確かめること、です

② 発電ポテンシャルを
確かめることで

その候補地点にある水を利用して

- マイクロ水力発電が実現できるか
- 発電した電気でどんなことができるか

が分かります

『発電ポテンシャル』を確かめるには

水力発電のポテンシャルが、どこに、どれくらいあるか

地点選定のポイント

発電ポテンシャル算出の基本を理解して、概算値を求めます

【どれくらい】
発電のポテンシャルは、
その地点を流れる水の
『流量』と『落差』で
決まります

計算式

発電機出力

$$P = 9.8 \times Q \times H \times \eta$$

ここで P : 発電できる電力で、単位は[kW]
9.8 : 定数(重力加速度)
Q : 水車を通過する流量で、単位は[m³/s]
H : 有効落差(上下流水面の高低差から機器損失等を
差し引いた落差)で、単位は[m]

η : 水車と発電機の総合効率で、通常は 0.2~0.75 程度

※例えば、流量1.0[m³/s]・落差1.5[m]の水が持つ発電のポテンシャルは
上記式から $9.8 \times 1.0[\text{m}^3/\text{s}] \times 1.5[\text{m}] \times 0.6 = 8.8[\text{kW}]$ となります。

流量と落差から
得られる
発電量[kW]一覧
(参考)

		有効落差 [m]						
		0.5	1	1.5	2	3	4	5
流量 [m ³ /s]	0.1	0.2	0.5	0.8	1.1	1.7	2.3	2.9
	0.2	0.5	1.1	1.7	2.3	3.5	4.7	5.8
	0.3	0.8	1.7	2.6	3.5	5.2	7.0	8.8
	0.4	1.1	2.3	3.5	4.7	7.0	9.4	11.7
	0.5	1.4	2.9	4.4	5.8	8.8	11.7	14.7
	0.7	2.0	4.1	6.1	8.2	12.3	16.4	20.5
	1.0	2.9	5.8	8.8	11.7	17.6	23.5	29.4
	1.5	4.4	8.8	13.2	17.6	26.4	35.2	44.1
	2.0	5.8	11.7	17.6	23.5	35.2	47.0	58.8
	3.0	8.8	17.6	26.4	35.2	52.9	70.5	88.2
4.0	11.7	23.5	35.2	47.0	70.5	94.0	117.6	

発電ポテンシャルを
おおまかに把握する
ための目安です。

総合効率は、水車や
発電機の型式により
異なります

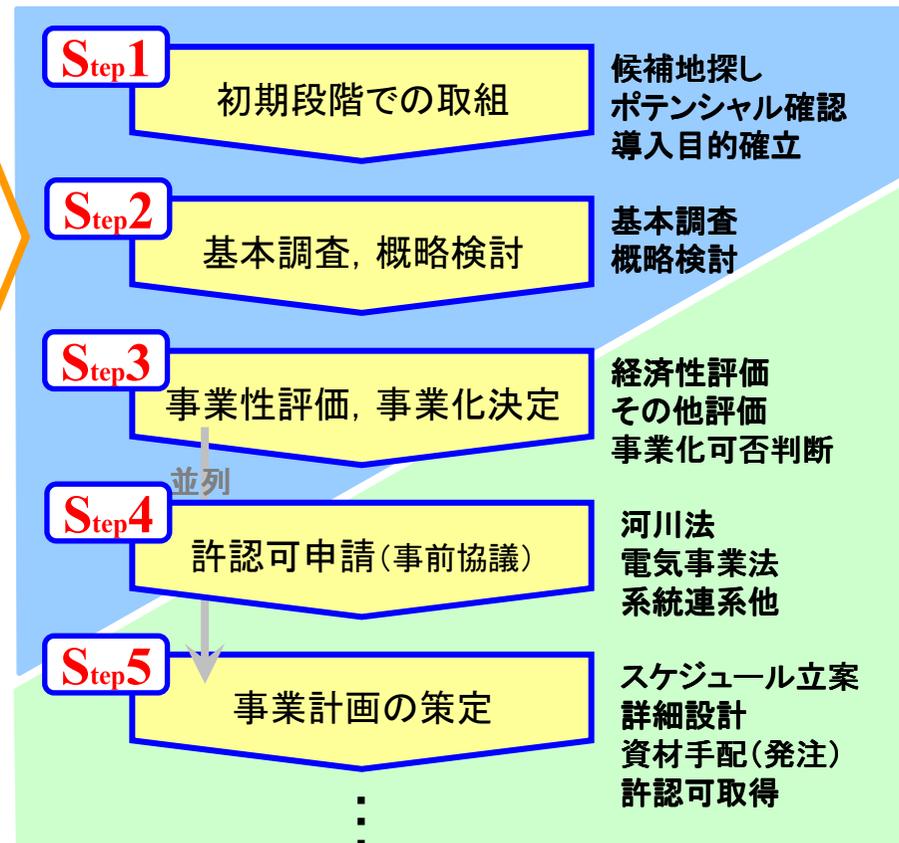
総合効率 0.6 と仮定して試算

役割分担について

マイクロ水力発電設備を導入するためには数多くのステップがあります。
役割分担をはっきりさせ、それぞれの持ち分をしっかりと推進させる必要があります

**水管理者が
自ら実践できる領域**

わからないことは、
県の相談窓口や建設
コンサルタントなどに
訊き解決します



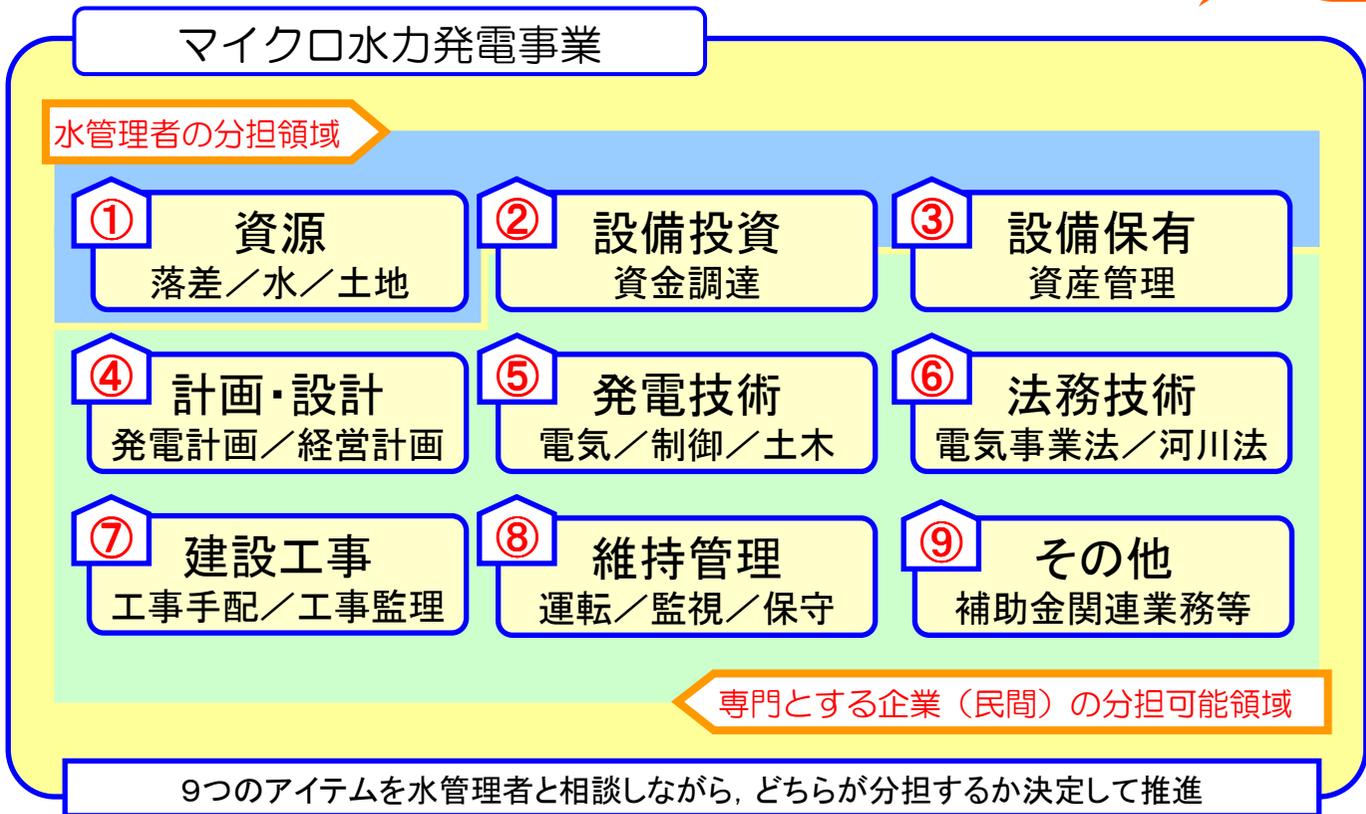
専門性が高くなる領域

できないことは
民間企業へ外注するなど
工夫が必要です

※マイクロ水力発電では、いかに低コストで各ステップを進めるかも重要な要因です

【参考】
 民間企業で、マイクロ水力発電のトータルエンジニアリングを
 請け負う“水力の専門企業”がいます
 本モデルは、役割分担を明確にして、マイクロ水力発電所の
 建設をサポートする仕組みです

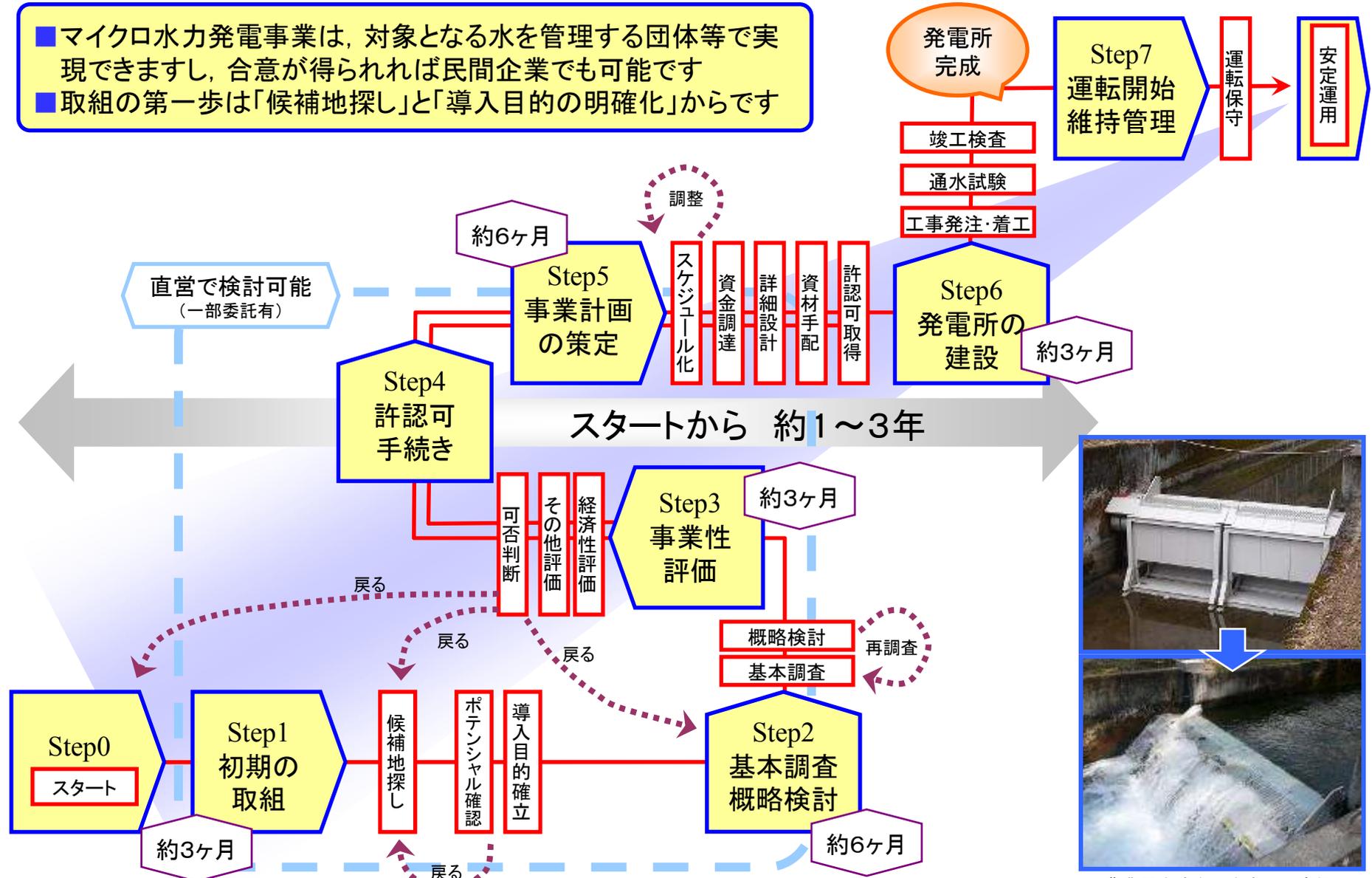
本モデルでは、
 ②～⑨の全部を
 請け負う方式から、
 一部分のみを
 外注する方式まで
 サポートしています



※このようなビジネスモデルを持つ専門企業と役割分担することで、マイクロ水力発電の事業化が進めやすくなります

マイクロ水力発電所 実現までの道のり

■ マイクロ水力発電事業は、対象となる水を管理する団体等で実現できますし、合意が得られれば民間企業でも可能です
 ■ 取組の第一歩は「候補地探し」と「導入目的の明確化」からです



農業用水路向け水車設置事例

※各Stepに記載した期間は、一般的な目安期間であって、諸処の事情により変化します



資源活用に
水力発電 ESCOに 最も適した新エネルギー
環境に
日本に



平成18年度新エネ大賞「新エネルギー財団会長賞」受賞
平成21年度日本水大賞「経済産業大臣賞」受賞
平成21年度「新エネ百選」選定事業



お問い合わせ窓口

【水力事業部 マイクロ水力営業グループ】

TEL:03-6371-5171・5173



東京発電株式会社

<http://www.tgn.or.jp/teg/>