

平成28年度 CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業
成果発表会

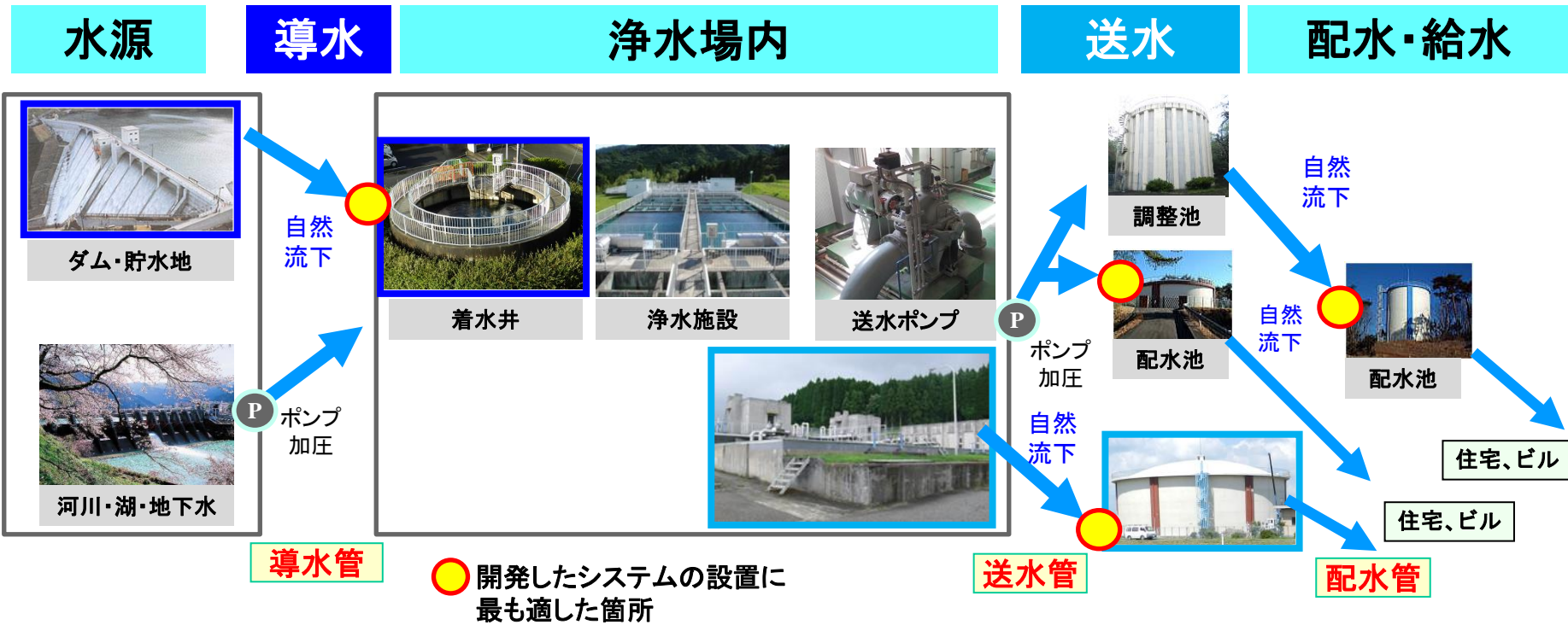
管水路用マイクロ水力発電の
高効率化、低コスト化、パッケージ化
に関する技術開発

ダイキン工業(株)

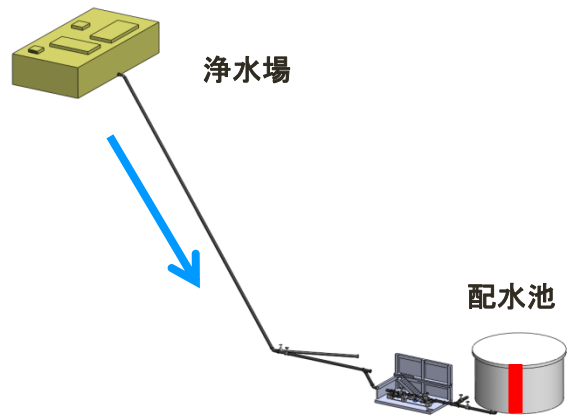
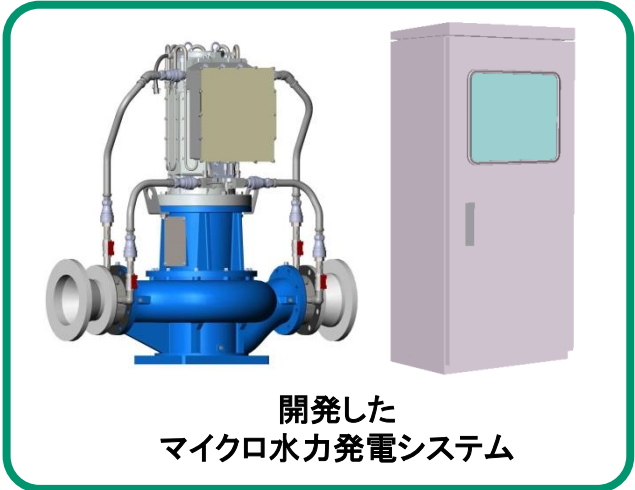
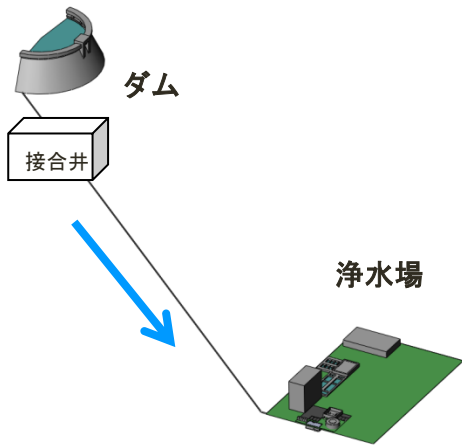
テクノロジー・イノベーションセンター

須原 淳

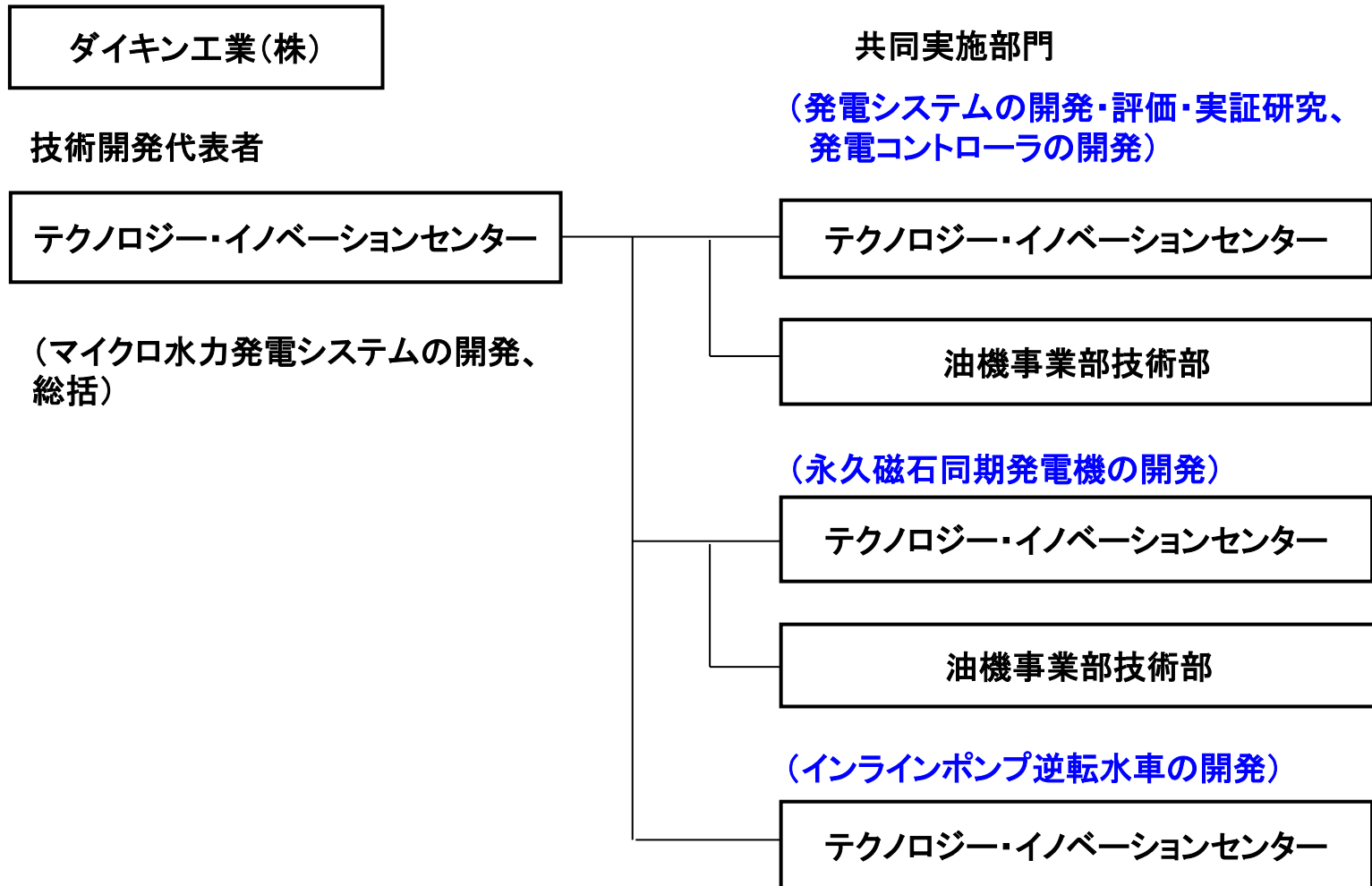
開発したマイクロ水力発電システムの設置箇所（上水道施設）



● 開発したシステムの設置に最も適した箇所



技術開発・実証事業の実施体制

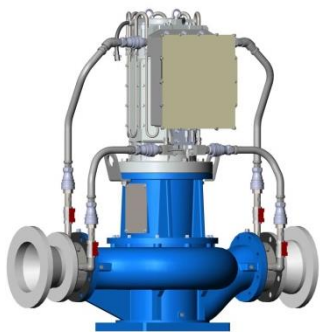


(※)

本事業開始時点では環境技術研究所が主管部門であったが、平成27年11月に環境技術研究所は発展的に解消され、テクノロジー・イノベーションセンターが継承している。

技術開発・実証事業の実施スケジュール

	平成25年度	平成26年度	平成27年度
22kWクラス 技術開発	→		
75kWクラス 技術開発		→	
実証研究① (富山県南砺市)		→ 22kWクラス	
実証研究② (福島県相馬市)			→ 22kWクラス、75kWクラス



22kWクラス



75kWクラス

実証研究①
(富山県南砺市)



22kW



75kW

22kW

22kW

実証研究②
(福島県相馬市)

管水路とは

- 配管の内部が水で満たされ、流れる水が空気と接していない水路。
- 配管を流れる水の圧力と流量で大きな発電出力が期待できる。
- 上水道、工業用水道施設、工場やプールなどの循環水処理施設や、渇水時でも最低限の河川の流量を維持するための河川維持用水などに使用されている。

マイクロ水力発電とは

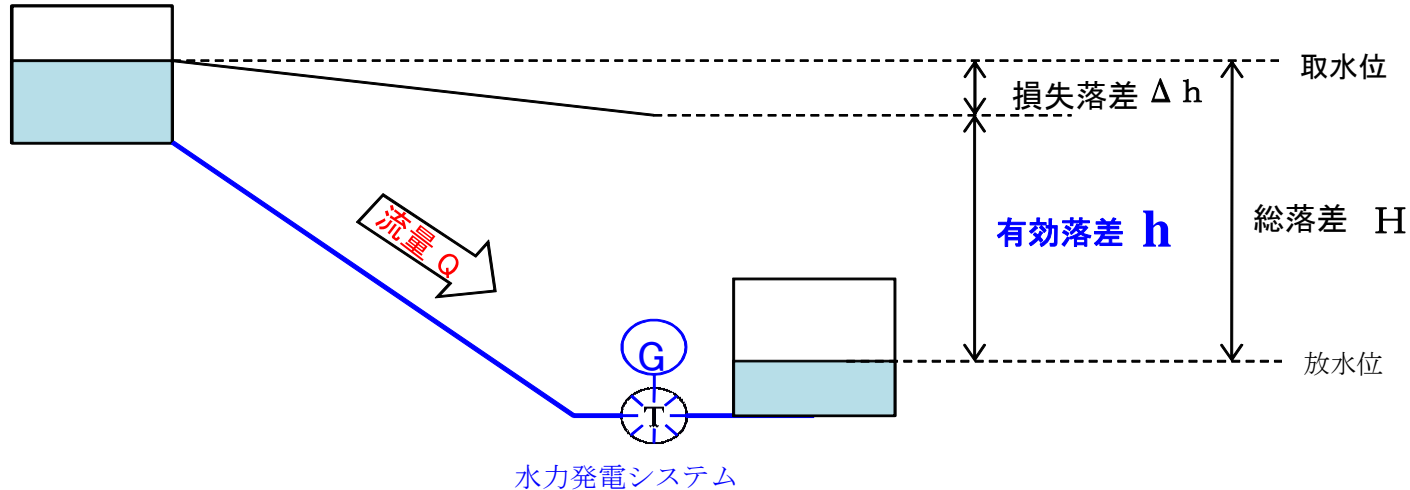
- 発電出力が100kW以下の小規模な水力発電
- 河川、農業用水、砂防ダム、上下水道などで発生する水流のエネルギーを有効活用できる。
- 発電出力が1,000～10,000kWの小水力発電は安定的な発電ができ、効率的な再生可能エネルギーとして注目されている。

区分	発電出力 (kW)
大水力	100,000 以上
中水力	10,000 ～ 100,000
小水力	1,000 ～ 10,000
ミニ水力	100 ～ 1,000
マイクロ水力	100 以下

出典：マイクロ水力発電導入ガイドブック
(2003年、新エネルギー・産業技術総合開発機構)

- 一方、マイクロ水力発電は発電規模に対してシステムのコストが高く、サイズも大きいいため、導入場所が限定され、普及が進んでいない。

- 水力発電で利用できる水のエネルギーは、落差と流量で決まる。
- 取水位と放水位によって総落差 $H(m)$ が決まり、総落差から管路の損失分 $\Delta h(m)$ を引いた**有効落差 $h(m)$** が発電に利用できる落差である。



$$\text{発電電力 (kW)} = \text{有効落差(m)} \times \text{流量(m}^3\text{/秒)} \times \text{重力加速度 } g \times \text{総合効率}$$

$$\text{年間発電量 (kWh)} = \text{発電電力(kW)} \times 8760(\text{時間}) \times \text{設備利用率}$$

計算例：

有効落差	35m
流量	0.1m ³ /s
総合効率	60%
重力加速度	9.8m/s ²
設備利用率	70%

$$\begin{aligned} \text{発電電力} &= 35 \times 0.1 \times 0.6 \times 9.8 \\ &= 20.6 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

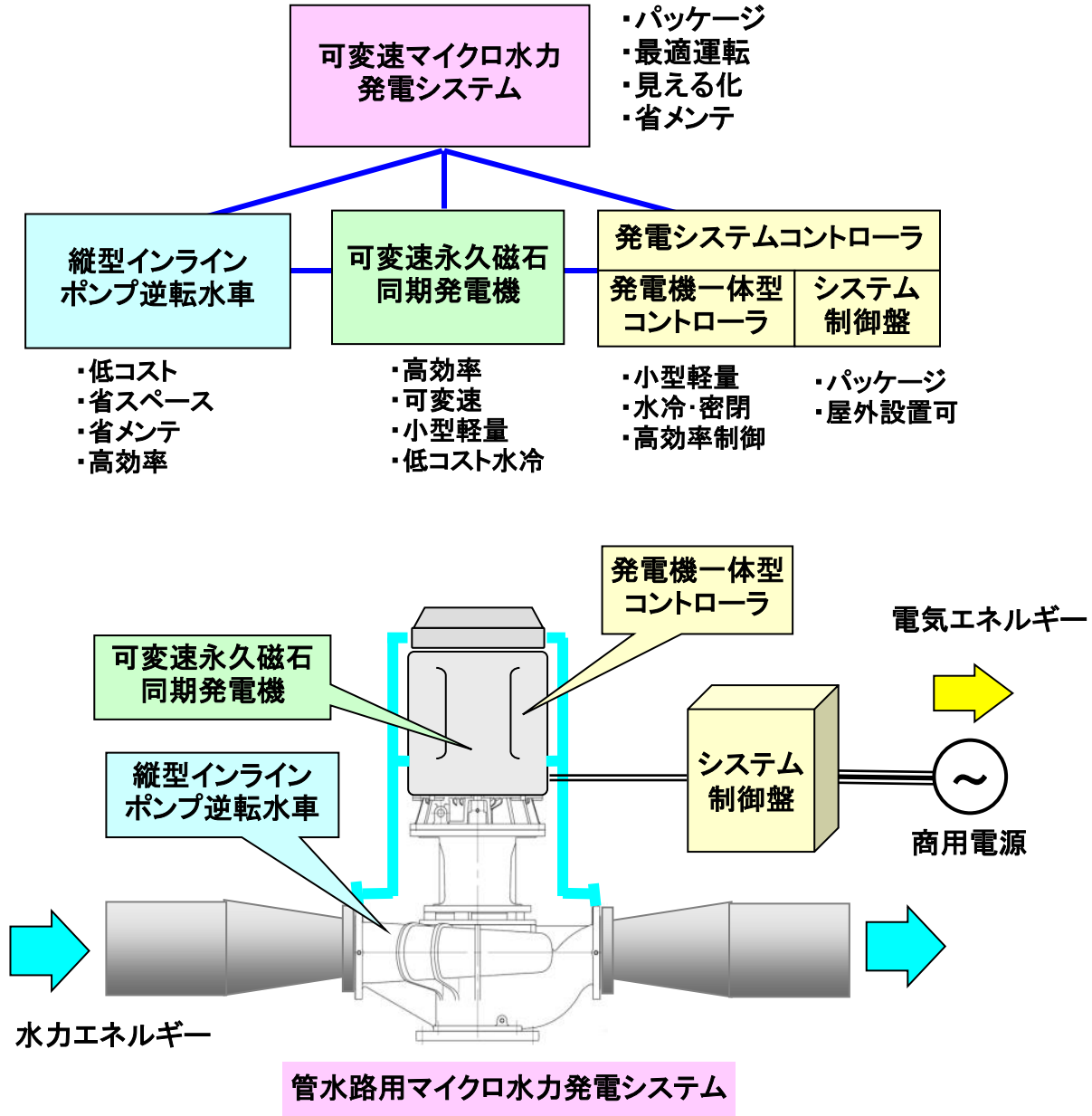
$$\begin{aligned} \text{年間発電量} &= 20.6 \times 8,760 \times 0.7 \\ &= 126,320 \text{ (kWh)} \end{aligned}$$

(全量売電で 約430万円/年に相当)

マイクロ水力発電システム の技術開発

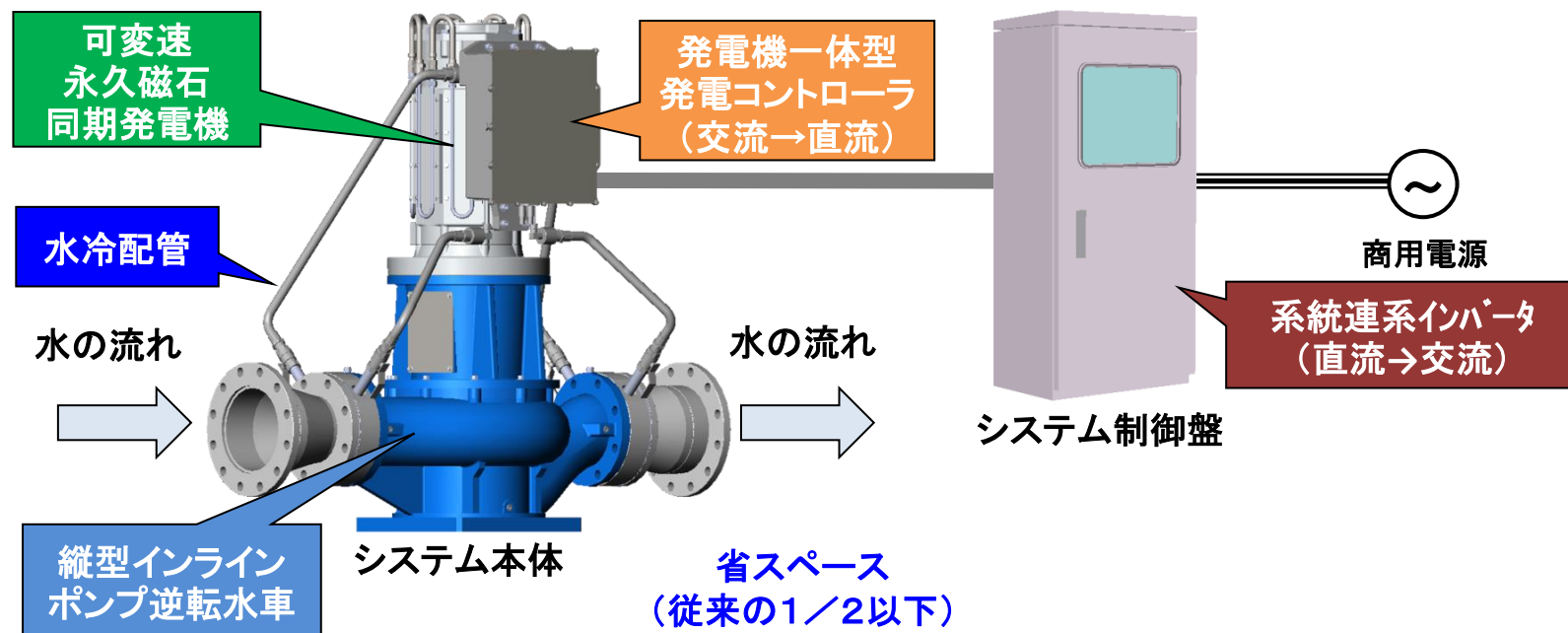


管水路用マイクロ水力発電システムの構想イメージ



開発した管水路用マイクロ水力発電システムの概要と特長

本技術開発は、上水道施設の未利用エネルギーを最大限に活用できる管水路用マイクロ水力発電システムの技術開発であり、高効率な可変速永久磁石同期発電機、立型インラインポンプ逆転水車および発電コントローラをパッケージ化することで、発電電力量を最大化し、設置スペース、導入コスト、メンテナンスコストを最小化する経済性の高いマイクロ水力発電システムの実用化を目指す。



◆従来の水力発電システムでは、発電機と別に設置する必要があったコントローラを発電機と一体化し、配管に接続した水車の上に配置することで**設置面積を極小化**
⇒**スペースに限りのある既設上水道施設などにも設置しやすい。**

◆可変速発電機とコントローラには、**空調・油圧機器の開発で培ったモータ技術、インバータ技術を応用し、高効率化を実現。**

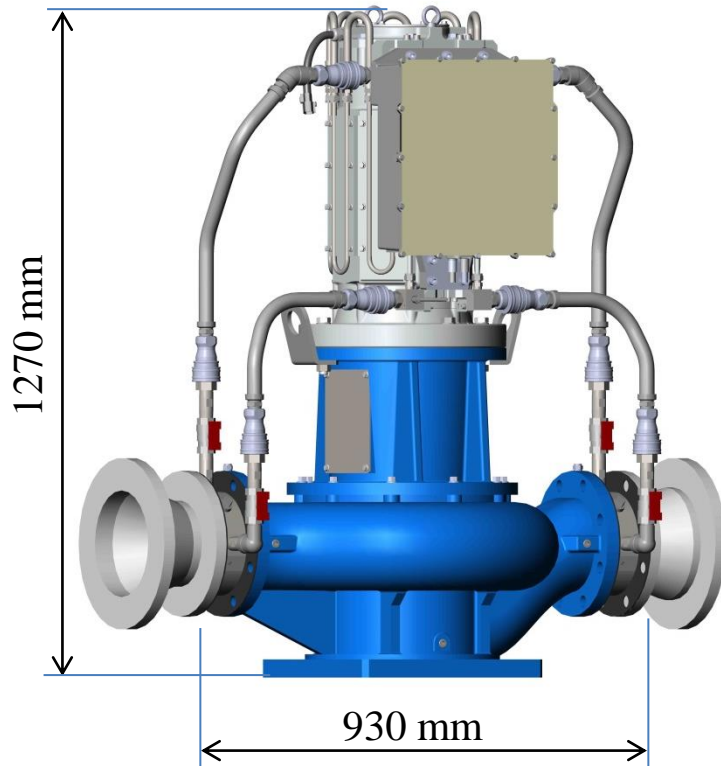
◆水車には、空調事業で培ったファンの流体解析技術を応用。
母体に汎用ポンプを使用することでコストを大幅に削減。

管水路用マイクロ水力発電システムの外形

【22kWクラス】 (11～22kW)

システム本体	システム制御盤
高さ: 1270mm	高さ: 1600mm
面間: 930mm	幅 : 1000mm
奥行: 546mm	奥行: 800mm
管口径: 150mm	

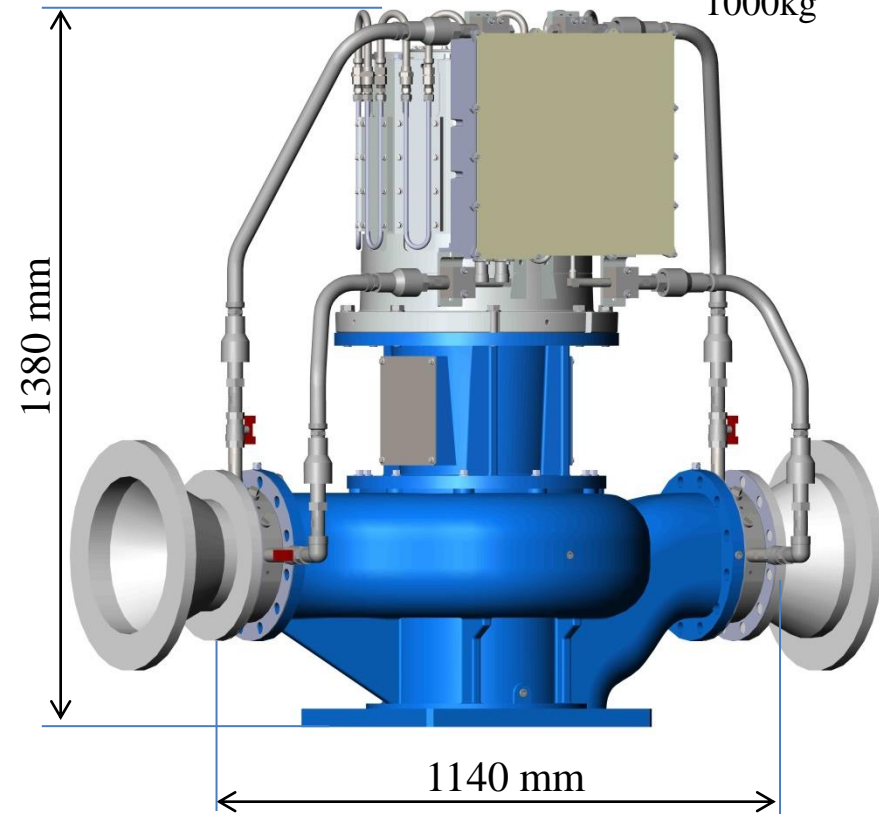
本体概略重量
500kg



【75kWクラス】 (37～75kW)

システム本体	システム制御盤
高さ: 1380mm	高さ: 1600mm
面間: 1140mm	幅 : 1000mm
奥行: 637mm	奥行: 800mm
管口径: 200mm	

本体概略重量
1000kg

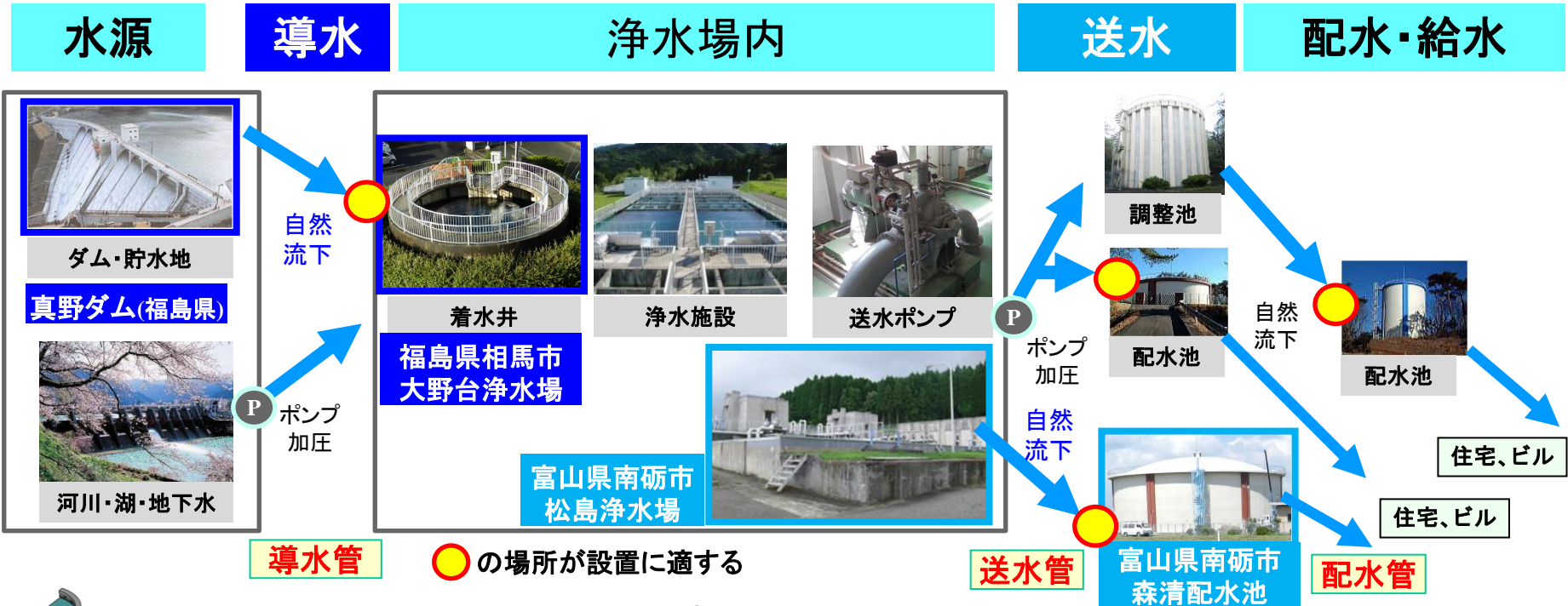


既設上水道施設における 実証研究

- ① **富山県南砺市森清配水池小水力発電所**
(砺波広域圏事務組合水道事業所)
- ② **福島県相馬市大野台小水力発電所**
(相馬地方広域水道企業団)

上水道施設における発電機設置候補箇所と実証研究の概要

- ① 富山県 南砺市 森清配水池(福野調整槽、砺波広域圏事務組合水道事業所): 22kWクラス×1台
- ② 福島県 相馬市 大野台浄水場(相馬地方広域水道企業団): 22kWクラス×2台、75kWクラス×1台



ダム

接合井

導水管 12.5 km

発電仕様	(計画)
発電電力	70.3kW
年間発電量(見込み)	610MWh
稼働率(見込み)	99%
有効落差	30.1m
流量	1370m ³ /h

浄水場

浄水場

送水管 4 km

発電仕様	(計画)
発電電力	15.5kW
年間発電量(見込み)	99MWh
稼働率(見込み)	73%以上
有効落差	31.0m~37.8m
流量	260m ³ /h

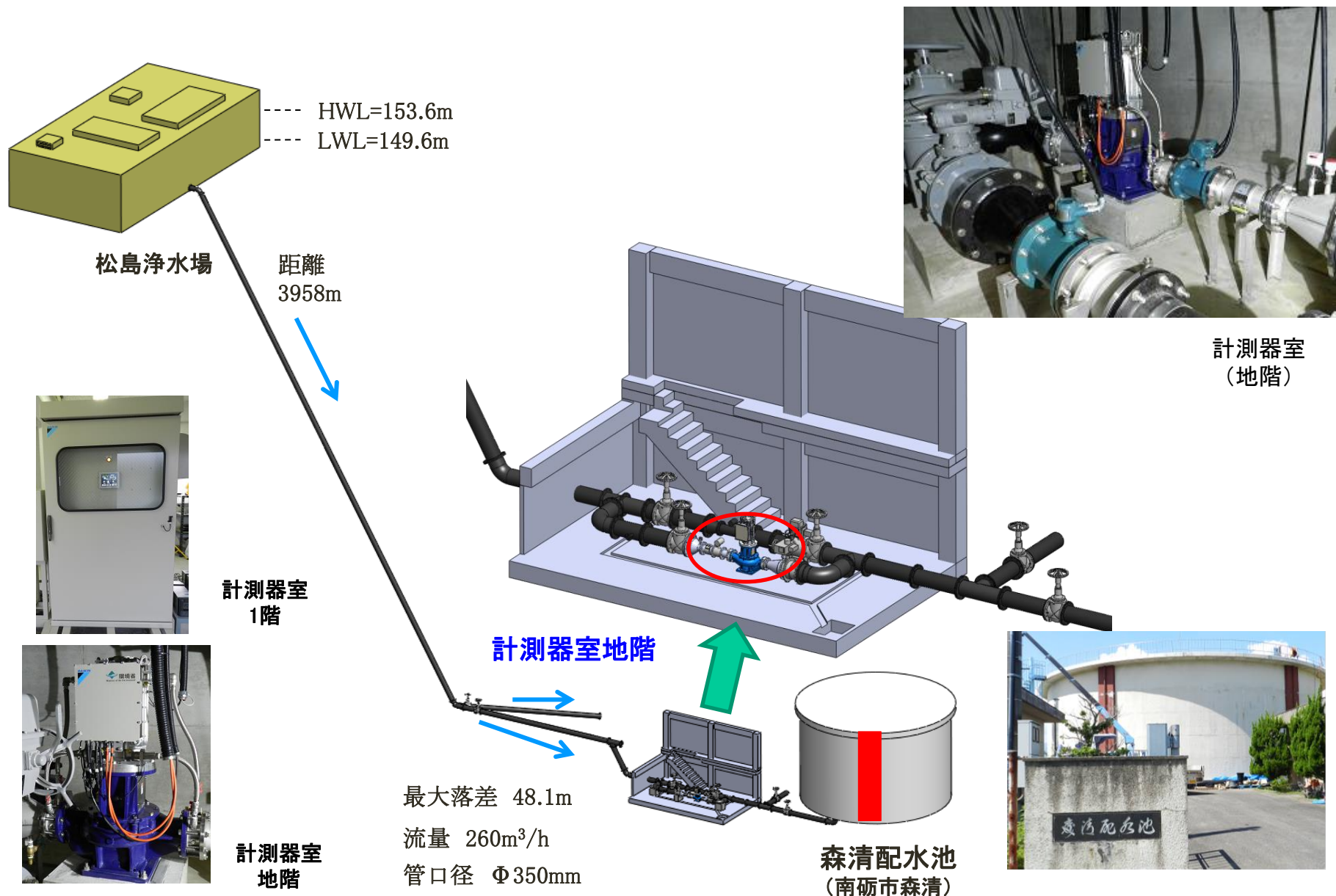
配水池

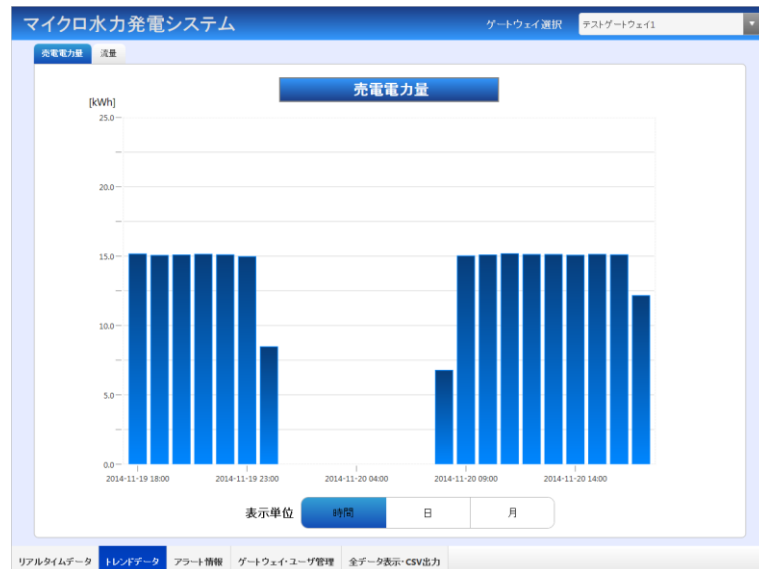
計測器室 (地階)

○の場所が設置に適する

実証研究①: 森清配水池小水力発電所の概要

・年間発電量は一般家庭27軒分に相当する 100メガワット時、年間CO2削減効果は 55t が見込まれます。





マイクロ水力発電システム

全データ表示・CSV出力

2014-11-20 ~ 2014-11-30

CSVデータダウンロード

モーター巻数モーター分	モーター巻数モーター分	モーター電流	DC電圧	系統電圧	系統電流	落差指令	流量指令	発電機コントロール巻数	システム制御巻数	ファン温度	モーター巻線温度	モーターフロート巻線温度
2055.00	-79.50	56.50	329.60	202.50	44.46	0.00	0.072	30.50	23.20	23.30	25.10	
2030.00	-79.50	55.00	329.70	201.80	44.27	0.00	0.072	30.50	23.30	23.40	25.10	3.1
1990.00	-82.50	56.00	329.60	202.30	44.63	0.00	0.072	30.50	23.30	23.60	25.10	3.1
2050.00	-78.00	53.70	329.70	202.20	44.15	0.00	0.072	30.50	23.30	23.30	25.10	3.1
2030.00	-79.50	55.00	329.70	202.10	44.04	0.00	0.072	30.50	23.30	23.30	25.10	3.1
1999.00	-82.50	57.10	329.60	201.90	44.73	0.00	0.072	30.50	23.30	23.40	25.10	3.1
2037.00	-79.50	55.10	329.60	202.00	44.18	0.00	0.072	30.50	23.30	23.40	25.10	3.1
2047.00	-78.00	53.80	329.70	202.00	44.57	0.00	0.072	30.50	23.30	23.30	25.10	3.1
2046.00	-79.50	54.90	329.70	202.30	44.88	0.00	0.072	30.50	23.40	23.40	25.10	3.1
2015.00	-79.50	55.20	329.60	201.90	44.63	0.00	0.072	30.50	23.30	23.30	25.10	3.1
2053.00	-78.00	53.70	329.60	202.00	43.53	0.00	0.072	30.50	23.40	23.30	25.10	3.1
2020.00	-81.00	55.00	329.60	202.00	44.24	0.00	0.072	30.50	23.30	23.40	25.10	3.1
2019.00	-79.50	55.10	329.60	202.20	44.63	0.00	0.072	30.50	23.30	23.40	25.10	3.1
2059.00	-78.00	54.90	329.60	201.90	44.15	0.00	0.072	30.50	23.30	23.30	25.10	3.1
2052.00	-78.00	52.70	329.70	201.80	44.00	0.00	0.072	30.50	23.40	23.20	25.10	3.1

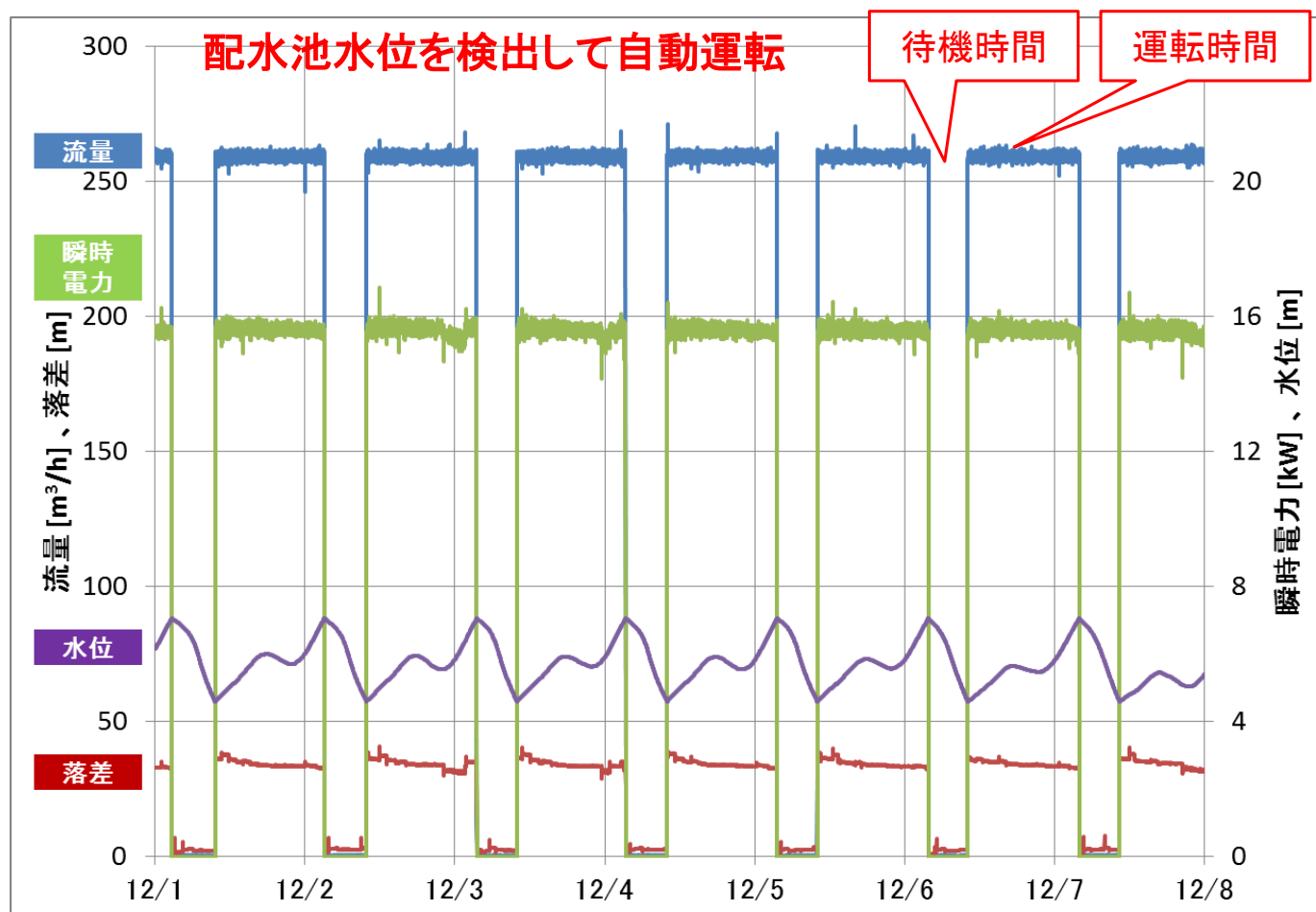
リアルタイムデータ | トレンドデータ | アラート情報 | ゲートウェイユーザ管理 | 全データ表示・CSV出力

ボタンクリックで遠隔監視取得データがCSVファイルで取り出すことが可能

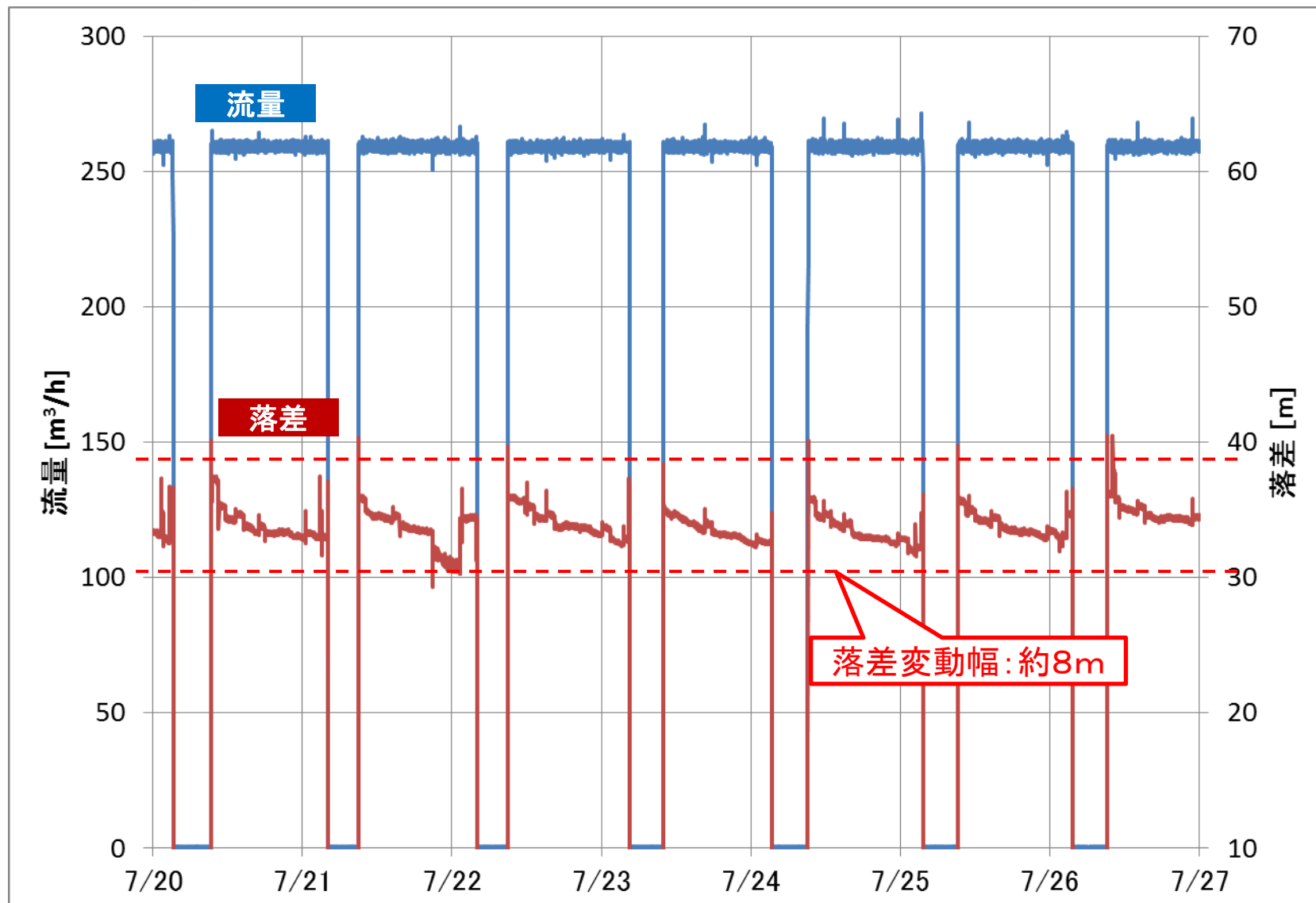


最適な運転方法の提案
メンテナンスへの活用

配水池の水位低下を検出すると電動弁が自動的に開いて送水＝発電が開始され、発電システムは運転状態になる。配水池の水位が上限に達すると電動弁が自動的に閉じられて発電が停止し、発電システムは待機状態になる。浄水場からの指令で強制的に電動弁を開閉することも可能であり、従来通り、水道水の需要状況を考慮した柔軟な運用が可能である。



- 落差は浄水池、配水池の水位で変動しているが、流量は水車の流量制御によって安定している。
 - 落差が変化する環境下でも流量調整用デバイスの代替として活用できることが確認できた。
- 通常、流量調整用のバタフライ弁は開度固定だと落差変動によって流量が大きく変化する。



発電実績(森清配水池小水力発電所 260日間の運転実績)

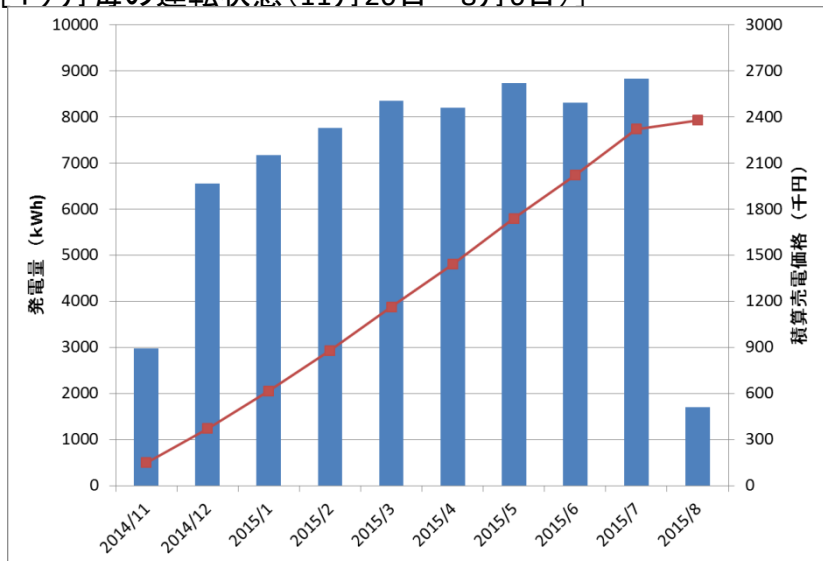
- 8月6日で実証研究を完了し、発電仕様(案)に対して、「最大発電電力」、「稼働率」、「最大年間発電量(試算値)」を満足する結果となった。
- 発電開始以降、配水池の水位調整と流入量の制御機能を充たしながら、安定した発電を継続し実証研究を終了した。

[発電仕様(案)と運転実績比較]

発電仕様(案)		11月20日-8月6日の 運転実績(260日間)
有効落差	38.8m-43.3m	29.4m-38.7m ^{※1}
最大流量	0.072m ³ /s (260m ³ /h)	0.073m ³ /s (264m ³ /h)
最大発電電力	15.3kW	16.1kW
稼働率	73%	74.5%
最大年間発電量	98MWh	101.5MWh (実績データからの試算値)

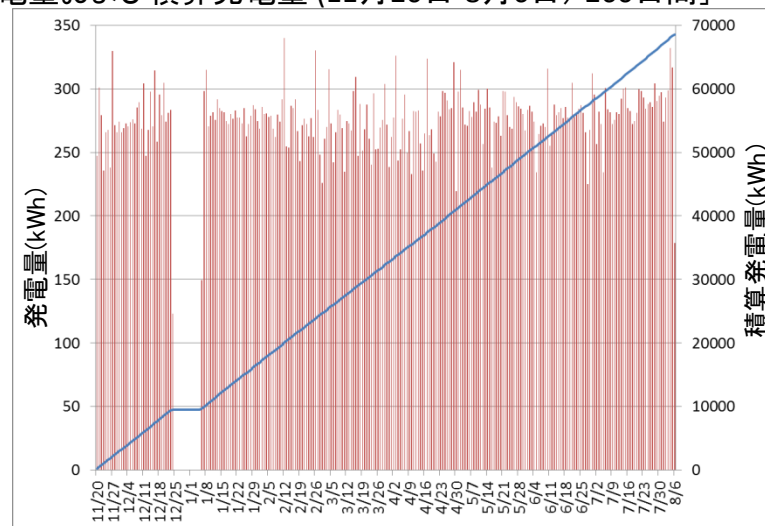
※1)配水池手前の手動流入弁を絞って運用しているため、発電仕様(案)よりも有効落差が小さくなっています。

[1ヶ月毎の運転状態(11月20日~8月6日)]



※2) 売電価格は34円/kWhで試算しています。

[発電量および積算発電量(11月20日-8月6日) 260日間]



※3) 12/24-1/6の期間は発電を停止いたしました。

[実績データと試算]

		11月20日~8月6日の集計			実績からの試算		
		最小 ^{※2}	最大 ^{※2}	平均	1日	1ヶ月(30日)	1年
有効落差	m	29.4	38.7	33.9	-	-	-
流量	m ³ /h	255	264	259	-	-	-
発電電力	kW	14.6	16.0	15.5	-	-	-
発電量	kWh	68525.9			278.0	8339	101453
運転時間	H	4409.31			17.88	536.5	6528
待機時間	H	1507.57			6.12	183.5	2232
稼働率	(%)	74.5%					

※4) 最小~最大値は福光方面への送水量変化時の瞬時変化を除いて集計しています。

森清配水池小水力発電所 開所式

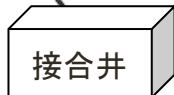
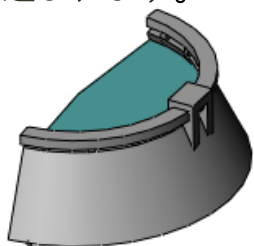


実証研究②: 大野台小水力発電所の概要

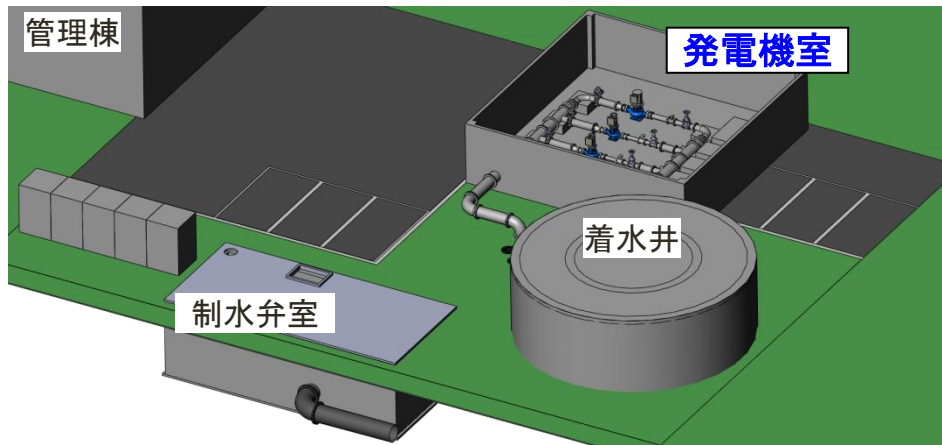
- 常時導水しているため設備利用率が高く、最大年間発電量は一般家庭172軒分に相当する616メガワット時、年間CO2削減効果339tが見込まれます。



真野ダム



12.5 km



流量 0.395 m³/s
(1422 m³/h)

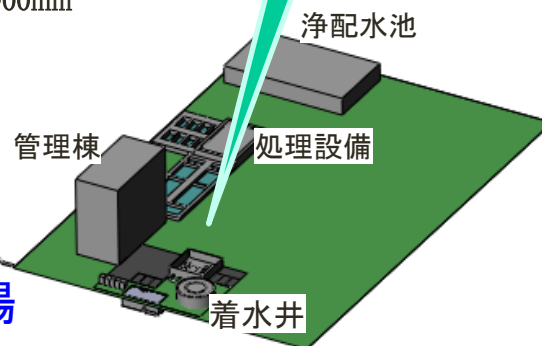
最大落差 42.1m

導水管径:
Φ800mm-Φ900mm

- 真野ダムから接合井を介して導水
- 導水施設は福島県企業局工業用水道課と相馬地方広域水道企業団の共有施設

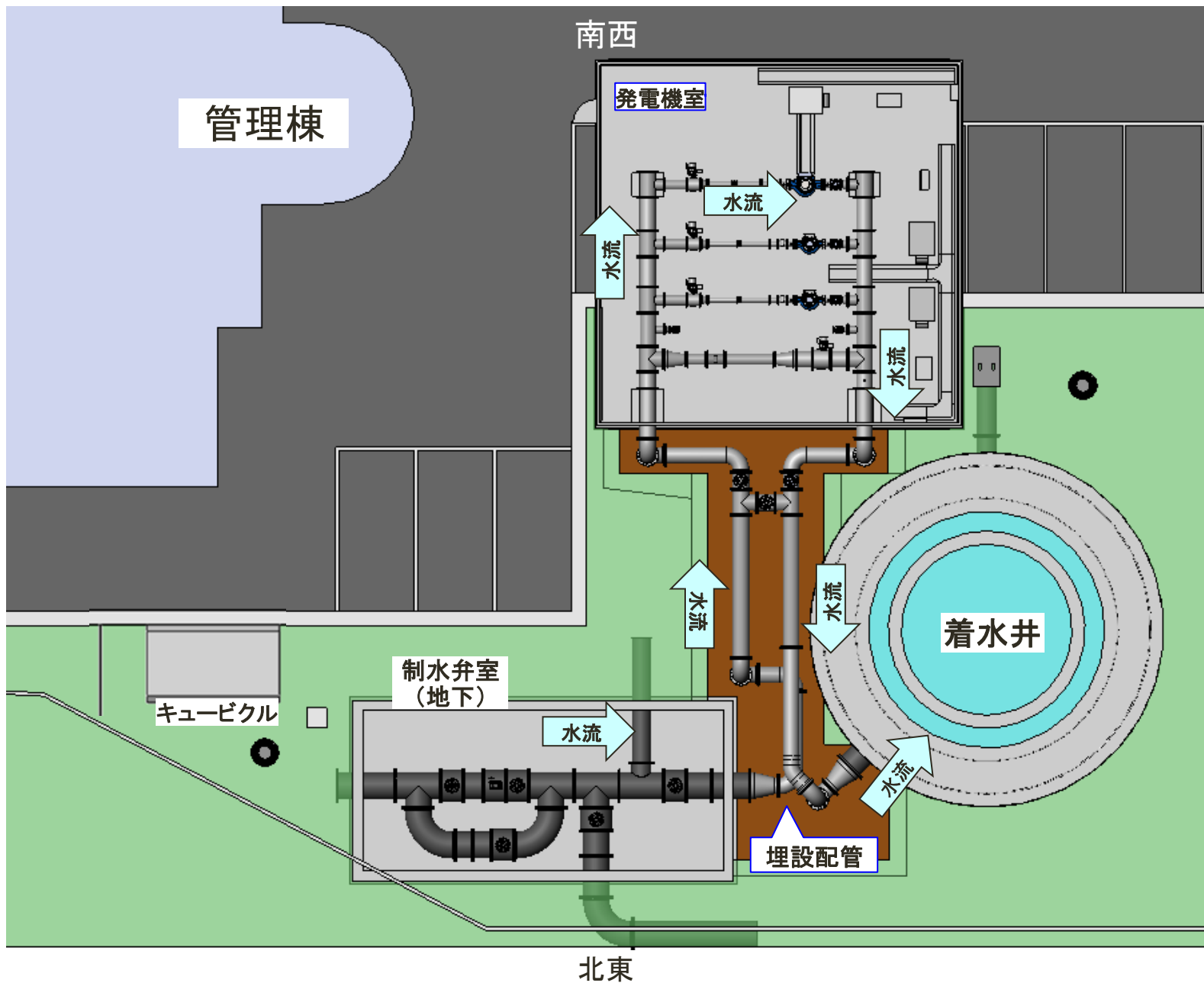


発電機室内

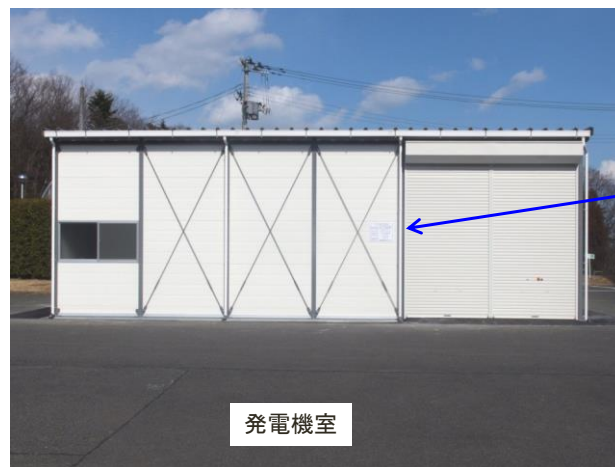


大野台浄水場

実施施設の配置(大野台小水力発電所)



発電システムの設置状況(大野台小水力発電所)



水利使用標識	
河川名	二級河川奥野川水系奥野川
登録年月日・登録番号	平成26年7月16日 福島県管中第532号
存続期限	平成28年3月31日
登録権者名	福島県知事
水利使用者名	ダイキン工業株式会社
水利使用の目的	水力発電
取水量	0.444 m ³ /s
野水施設管理者名	福島県
所轄事務所名	福島県環境建設事務所(電話 0244-26-1212)

水利使用標識



日時：平成27年7月30日(木) 10:30-11:30

参加者：

環境省環境大臣政務官 福山 守 様
 環境省大臣官房審議官 中井 徳太郎 様
 福島県企業局 局長 鈴木 清昭 様
 福島県企業局 工業用水道課長 吉野和晴様
 相馬地方広域水道企業団 企業長 立谷 秀清様
 相馬地方広域水道企業団 理事 加藤 憲郎様
 相馬地方広域水道企業団 事務局長 木下旬様
 相馬地方広域水道企業団 総務課長 齋藤喜則様

合計42名

報道関係：新聞(5社)、テレビ(4社)



実証研究施設 内覧会



テープカット

(右から中井環境大臣官房審議官、鈴木福島県企業局長、福山環境大臣政務官、立谷相馬市長、加藤新地町長、林専務)



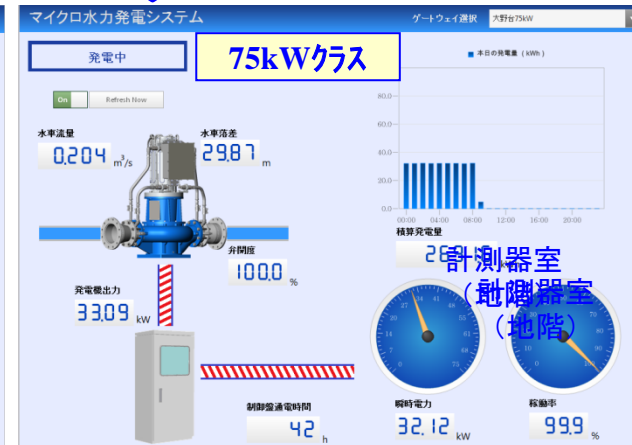
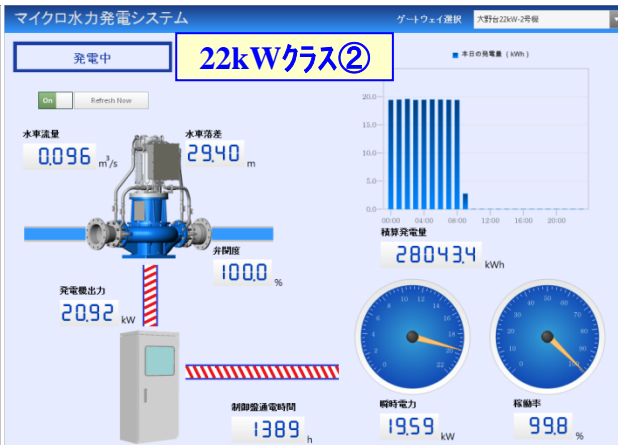
発電機室内



本格実証運転までの流れ

- これまで、22kWクラス×2台並列構成で安定した連続運転を継続していた。
- 6月に75kWクラス1台を追加設置して、3台並列構成とした。
- バイパス管の流量をほぼゼロにする試運転調整を進め、7月8日夜から連続試運転を開始。その後、安定した運転を継続している。
- 7月30日からフル稼働での本格実証運転を開始する。

有効落差が基本計画時点の想定よりも低下したため、最大発電電力75kWの半分以下の32.1kWの出力に留まっている。



計測器室
(触測器室
(地階))

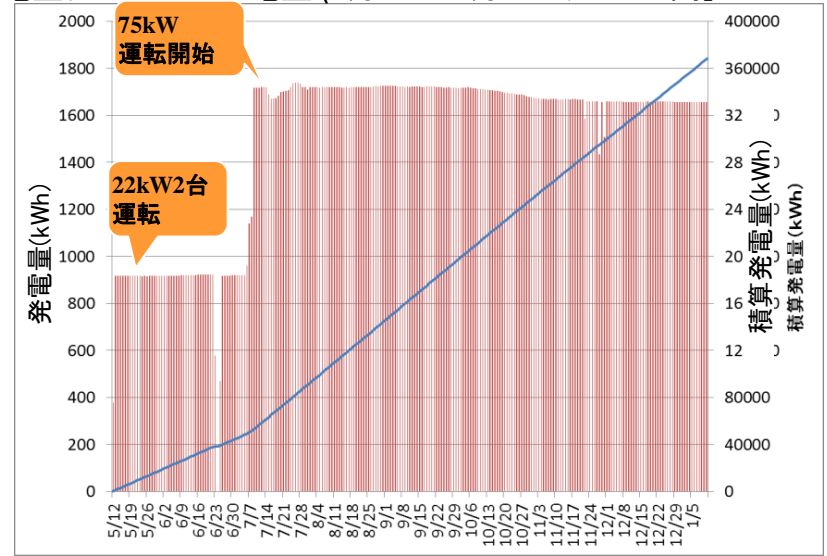
発電実績(大野台小水力発電所244日間の運転実績)

- ・運転実績としては、発電仕様(案)に対して、ほぼ同等の値で終了
- ・実証期間中に電力会社の系統トラブルによる異常停止が2回発生したが、問題なく自動停止し、復旧もスムーズに行われた。

[発電仕様(案)と運転実績比較]

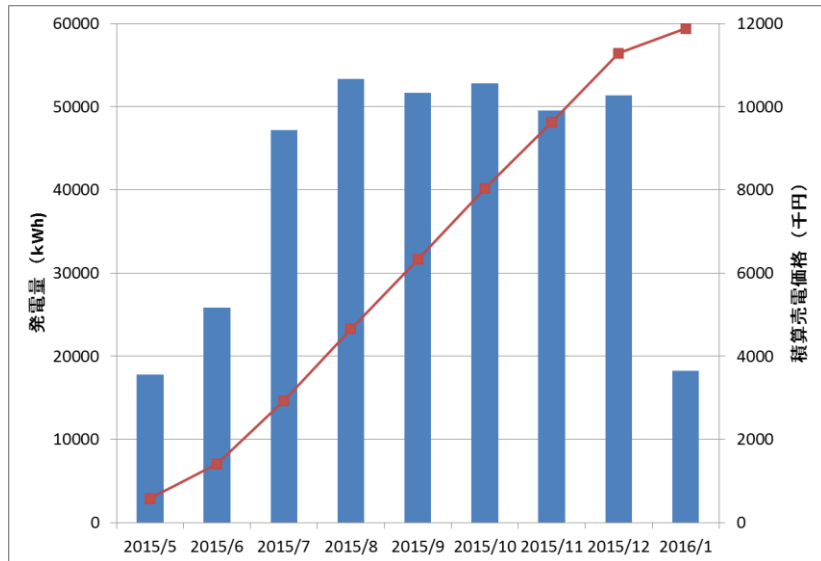
発電仕様(案)		5月12日-1月11日の 運転実績(244日間)	8月1日-1月11日の 運転実績(164日間)
有効落差	29.6m	27.0m-33.6m※1	27.4m-33.6m
最大流量	0.395m ³ /s (1422m ³ /h)	0.417m ³ /s (1503m ³ /h)	0.417m ³ /s (1503m ³ /h)
最大発電電力	71.4kW	78.9kW	78.9kW
稼働率	99%	98.7%	99.8%
年間発電量	619MWh		616.1MWh (実績データからの試算値)
年間売電価格			19,902,206円※1

[発電量および積算発電量(5月12日-1月11日) 244日間]



※3)6/24(前後1日)は清掃のため発電を停止いたしました。

[1ヶ月毎の運転状態(5月12日~1月11日)]



※2) 売電価格は34円/kWhで試算しています。

[実績データと試算]

		8月1日~1月11日の集計			実績からの試算		
		最小※2	最大※2	平均	1日	1ヶ月 (30日)	1年
有効落差	m	27.4	33.6	29.7	-	-	-
流量	m ³ /h	1356	1503	1422	-	-	-
発電電力	kW	63.6	78.9	70.6	-	-	-
発電量	kWh	276853.3			1688.1	50644	616167
稼働率	(%)	99.8%					

■2箇所での実証実験を実施した結果

- ・実際の既存水道施設に設置し、実使用環境での発電機能・性能を検証できた。
- ・安全な水道水を安定供給する水道事業に支障なく、安定な発電運転を継続した。
- ・本システムに起因するトラブルはなく、電力系統の架線事故や落雷等に起因する停電に対しては自動的に停止し、現場確認後に再起動できることを確認できた。

■得られた知見

- ・電力系統への接続制約：メガソーラー急増に伴い、高圧連系への接続が制約される場合がある。
- ・有効落差－流量の現地確認：システム構成、水車・ランナの選択に必要な基本情報であり、机上検討による推定値ではなく、現地での測定が必要がある。
- ・有効落差の変動：送水系において、上の水槽と下の水槽、それぞれの水位が大きく変動する場合がある。
- ・水道事業者ごとの対応：水道施設の設計、運用等において事業者ごとに異なる考え方への柔軟な対応が必要である。

水多消費＝電力多消費であり、消費地近くに潜在する未利用エネルギーを活用するマイクロ水力発電は、**電力の地産地消**を実現する有効な**小規模分散電源**である。

今後の普及拡大に向けては解決すべき様々な課題があり、継続的な技術開発が必要である。

■主な課題

- ①管水路用ラインナップの拡大
- ②適用箇所拡大
- ③グローバルな普及拡大



■今後も必要な技術開発

- ・管水路用小容量マイクロ水力
超小型・超低コスト化
- ・電力系統、消費サイドとの連携
各国制度・規制への対応
デマンドサイドマネジメント

ご清聴ありがとうございました。



AQUWATT

「管水路用マイクロ水力発電の高効率化、低コスト化、パッケージ化に関する技術開発」で開発した技術を活用した
22kWクラス／75kWクラス管水路用マイクロ水力発電システムを
製品化し、
株式会社DK-Powerにて事業として実施しております。

事業については以下にお問い合わせください。

問合せ先： 06-6378-8733

URL： <https://www.dk-power.co.jp/>