

# 【事業名】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

【代表者】(会社名)ダイキン工業(株) (氏名)沢田 祐造

【実施予定年度】平成25～27年度

## (1)技術開発概要

### ①【技術開発の概要・目的】

提案する事業は、上水道施設等の余剰水力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る。

高効率な永久磁石同期発電機、立型インラインポンプ逆転水車と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開発と実証を目指す。

### ②【技術開発の詳細】

#### (1)マイクロ水力発電システムのパッケージ化技術開発と実証研究

- ・水車、発電機、発電コントローラ等の要素技術の特性を最適に組合せた全体システム設計
- ・水車・発電機モデルと発電コントローラ内部情報を活用した運転・管理状態の見える化、インターネットを介した遠隔操作・監視する機能等を有する制御システムの開発
- ・(実証研究)上水道施設等の管水路に設置し、システム全体の機能・性能を検証

#### (2)発電コントローラのパッケージ化技術開発

- ・永久磁石同期発電機の出力を高効率に電力変換する発電制御コンバータ、システム制御機能、通信機能を内蔵する発電コントローラのパッケージ化
- ・水冷密閉・発電機一体型コントローラ筐体の開発
- ・余剰流量・水圧の変動に対応した水車の最適発電制御とシステム全体の制御機能開発

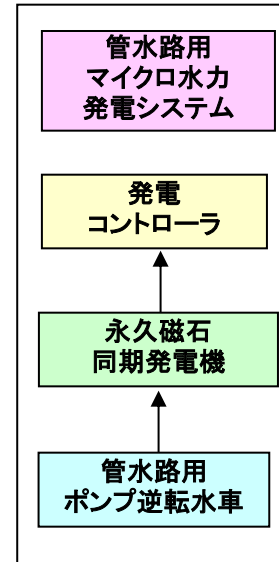
#### (3)永久磁石同期発電機の高効率化、低コスト化技術開発

- ・広い回転数・負荷範囲で高効率な発電機能を有する可変速発電機の開発
- ・永久磁石同期モータ最新技術の発電機適用と大出力化、磁石コストの低減
- ・低コスト水冷密閉構造発電機の開発

#### (4)管水路用水車の高効率化、低コスト化技術開発

- ・省スペース、設置・メンテの容易なインラインポンプ逆転水車の高効率化
- ・逆解法設計技術等を活用した既製ケーシングにマッチした3次元ランナの最適化
- ・既製立型インラインポンプ活用による低コスト化

### ③【システム構成】



#### パッケージ化(省メンテナンス)

- ・管水路用マイクロ水力発電システムの設計と評価技術
- ・運転・管理の見える化、遠隔操作・監視機能(ネット対応)

#### パッケージ化(小型化、省メンテナンス)

- ・可変速永久磁石同期発電機の出力制御、センサレス制御
- ・水冷密閉・発電機一体型筐体(系統連系インバータを除く)

#### 高効率化、低コスト化(小型化)

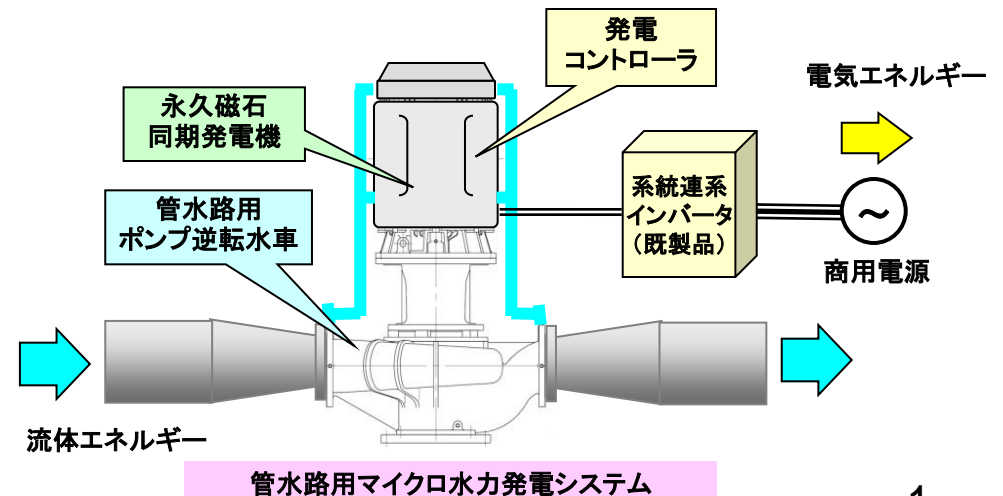
- ・省Dy(テイスホロシウム)磁石採用高効率IPM発電機
- ・低コスト新構造モータ(磁石補助型リアクタンス)の発電機適用
- ・水冷密閉構造発電機(小型、外扇ファンレス)

#### 高効率化

- ・高効率ポンプ逆転水車
- ・3次元ランナ

#### 低コスト、省メンテ、省スペース

- ・立型インラインポンプ(既製品)ケーシングの活用



## (2)技術開発計画

### ①【実施体制】

ダイキン工業(株)

技術開発代表者

環境技術研究所※  
(滋賀製作所)

(マイクロ水力発電  
システムの開発、総括)

共同実施部門

環境技術研究所  
油機事業部  
(滋賀製作所)

(発電システムの開発・評価・実証研究  
発電コントローラの開発)

油機事業部技術部  
(淀川製作所)

環境技術研究所  
(滋賀製作所)

(永久磁石同期発電機の開発)

油機事業部技術部  
(淀川製作所)

環境技術研究所  
(堺製作所)

(管水路用ポンプ逆転水車の開発)

※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(淀川製作所)が継承

### ②【実施スケジュール】

	H25年度	H26年度	H27年度
マイクロ水力発電システムの開発 (基本設計、仕様決定、 システム開発・評価試験)	①22kWクラス 68,285千円	②75kWクラス 56,904千円	①+② 33,505千円
実証研究(調査、準備、実証試験) ①口径φ150(22kWクラス) ②口径φ200(75kWクラス)	調査 225千円	①準備・実証試験 79,500千円	①+② 準備・実証試験 15,763千円
発電コントローラの開発 ①22kWクラス ②75kWクラス	① 25,580千円	② 43,556千円	 18,802千円
永久磁石同期型発電機の開発 ①22kWクラス ②75kWクラス	① 35,860千円	② 42,960千円	 2,393千円
管水路用ポンプ逆転水車の開発 ①口径φ150(22kWクラス) ②口径φ200(75kWクラス)	① 22,250千円	② 30,540千円	 3,817千円
その他経費(間接経費)	22,830千円	38,019千円	11,142千円
合計	175,030千円	291,479千円	85,422千円

### ③【目標設定】

○最終的な目標:

1)マイクロ水力発電システムのパッケージ化技術開発と実証研究

- ・22kW、75kWクラス発電システムの単体、複数台運転時の機能・性能評価、実証試験完了
- ・運転・管理状態の見える化、遠隔操作・監視機能の開発、評価と実証試験を完了

(2)発電コントローラのパッケージ化技術開発

- ・22kW、75kWクラス発電機用発電コントローラの開発、機能・性能評価を完了
- ・ポンプ逆転水車発電機の最適発電制御技術を確立

(3)永久磁石同期発電機の高効率化、低コスト化技術開発

- ・22kW、75kWクラス発電機の開発、機能・性能評価完了。最高効率90%以上(発電機単体)
- ・構造の異なる2種発電機の特長比較、水車との最適組合せについて設計指針体系化

(4)管水路用水車の高効率化、低コスト化技術開発

- ・φ150-22kW、φ200-75kWクラス立型インラインポンプ逆転水車の開発、性能評価を完了
- ・ポンプ逆転水車設計手法の体系化

### ④【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

- ・有効性、経済性、事業性が検証されれば、2016年度中を目処に関連企業の販売ネットワークを活用し、公共施設へのモデル事業等に商品の生産と販売の開始が見込まれる。
- ・2017年度を目処に磁石補助型リタックス発電機用磁石の低コスト量産技術を開発する。
- ・2020年までに発電機出力容量、開放水路用を含む水車、発電機のラインナップ拡充、および系統連系コンバータを中心としたシステム全体の低コスト化に取り組み、販売台数を拡大する。

○事業展開における普及の見込み

- ・実用化段階コスト目標:50万円/kW(22~75kWクラス設備)、維持費4万円/kW/年
- ・実用化段階単純償却年:5年程度(実用化段階24円/kWhと想定した場合)

○普及に向けた障害、課題

- ・エネルギー政策における再生可能エネルギーの導入目標、FIT(固定価格買取制度)、助成制度等の導入促進施策の今後の動向が、中長期の事業計画に影響する。
- ・電力系統への接続制約が導入計画立案の障害に、小水力発電用系統連系インバータの認定制度の早期確立が導入手続き上の課題になると認識している。
- ・シリーズ展開(容量、水車・発電機仕様)のための継続的な技術開発・実証実施が必要

年度	2016	2018	2020	2025
目標販売台数(台) (22kW換算)	50	500	2,400	4,300
目標販売価格(円/台) (22kW換算)	1,100	990	990	880

### (3)技術開発成果

#### ①【これまでの成果】

- ・管路用マイクロ水力発電システムの要素技術および全体システムの開発を完了
- ・水車による流量・差圧制御技術、複数台水車の直・並列運転時の制御技術を開発
- ・22kWクラス、75kWクラスシステム試作機の開発および機能・性能評価試験を完了
- ・同マイクロ水力発電システム評価に必要な運転評価試験環境を構築
- ・富山県南砺市、福島県相馬市の既存水道施設にて実運転時の実証試験を完了
- ・運転・管理状態の見える化基本技術を開発し、実証研究で検証
- ・実用化段階機器導入コスト50万円/kW、維持コスト4万円/kW/年の目標達成の目途
- ・設置面積目標1/2以下(従来の横型両吸込み渦巻きポンプ逆転水車比)を達成

#### ②【CO2削減効果】

##### ○2020年時点の削減効果

(試算方法パターン C, II-i)

- ・国内潜在市場規模: 105万kW (2020年時点の累積設備容量、1000kW以下)
- ・2020年度に期待される最大普及量: 約9.3万kW、約4,300台(出荷累積、22kW換算)  
(生産能力の段階的増強計画の実行と容量展開が前提)
- ・年間CO2削減量: 約31.6万t-CO2 (2016年度～2020年度累積設備による2020年度削減量)

##### ○2025年時点の削減効果

(試算方法パターン C, II-i)

- ・国内潜在市場規模: 227.5万kW (2020年時点の累積設備容量、1000kW以下)
- ・2025年度に期待される最大普及量: 約47.5万kW、約22,400台(出荷累積、22kW換算)  
(生産能力の段階的増強計画の実行、容量展開に加え、水車・発電機のシリーズ展開が前提)
- ・年間CO2削減量: 約164.4万t-CO2 (2016年度～2025年度累積設備による2025年度削減量)

#### ③【成果発表状況】

##### ■実証試験

- ・富山県南砺市森清配水池において発電所の開所式を開催(2014年11月19日)
- ・福島県相馬市大野台浄水場において、発電所の完成式を開催(2015年7月30日)
- ・いずれも、地元新聞・テレビ等で報道され、インターネットの関連HPでも多数紹介

##### ■学会・講演会での発表、学会誌への掲載

- ・「マイクロ水力発電用永久磁石同期発電機の開発」、安田 善紀、大澤 康彦、丸山 要、電気学会 回転機リアドライブ家電・民生合同研究会(2015年8月6日)
- ・「管路用マイクロ水力発電システムの開発と実証事例」、沢田祐造、びわ湖環境ビジネスメッセ2015(2015年10月21日)
- ・「マイクロ水力発電システムの実用化に向けた実証試験」、沢田祐造、日本冷凍空調学会誌「冷凍」2016年3月号

##### ■その他新聞、テレビ、雑誌、HP

- ・フジサンケイビジネスアイ「管路用マイクロ水力発電の開発に挑む」(2015年11月27日)、日経エコロジー「小水力発電」(2016年1月号)、
- ・びわこ放送: テレビ滋賀プラス1 「新しいエネルギー社会づくり」(2015年10月10日)、
- ・「県民と知事との県政テレビ対話」(テーマ「エネルギーの未来」)(2015年10月12日)

#### ④【技術開発終了後の事業展開】

##### ○量産化・販売計画

- ・2016年度に関連企業の販売ネットワークを活用し、水道施設へ導入するパイロット事業として商品の生産・販売を開始し、PFI方式等も含めたリスクの少ない導入方法を提案
- ・マイクロ水力発電は新規事業分野のため、早急にビジネスモデルの検討を進め、2018年度中を目途に、他社協業も含めたエンジニアリング・販売・供給体制を構築
- ・2020年までに生産能力の段階的増強計画の実行と容量展開
- ・2020年までに系統連系機能を含むシステム制御盤、新構造初電機用磁石の低コスト量産技術を中心に、システム全体の低コスト化を推進
- ・2025年までに発電機出力容量、開放水路用を含む水車、発電機のラインナップを拡充
- ・2025年までに、東南アジアを中心に海外展開体制を構築

##### ○事業拡大シナリオ

年度 導入累計(kW)	2016	2018	2020	2025 (最終目標)
パイロット事業 (PFI方式含む)	198 kW	↓ (以下に含む)	↓	
販売・供給体制 構築による拡販		15,400 kW	85,000 kW	↓
機種展開・低コスト 化技術開発			8,000 kW	475,000 kW
海外展開体制 の構築				5,000 kW

##### ○シナリオ実現上の課題

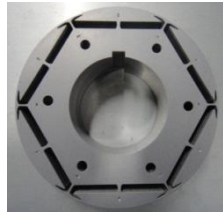
- ・マイクロ水力発電は新規事業分野のため、事業性の検証のためのパイロット事業での実績を踏まえてビジネスモデルを確定し、本格的な事業体制、販売・供給体制を構築
- ・エネルギー政策における再生可能エネルギーの導入目標、FIT(固定価格買取制度)、助成制度等の導入促進施策の今後の動向による、中長期事業計画への影響
- ・販売力、エンジニアリング力、工事施工力強化のための他社連携の推進
- ・導入計画立案の障害になっている、電力系統への接続制約の緩和
- ・導入手続き簡素化に向けた小水力発電用系統連系インバータの認定制度の早期確立
- ・シリーズ展開(容量、水車・発電機仕様)のための継続的な技術開発・実証の実施
- ・系統連系機能を含むシステム制御盤、新構造初電機用磁石の低コスト量産技術を中心としたシステム全体の低コスト化技術開発
- ・海外事業展開に向けた海外の技術動向・市場の調査・分析と事業体制構築の検討

○参考資料①

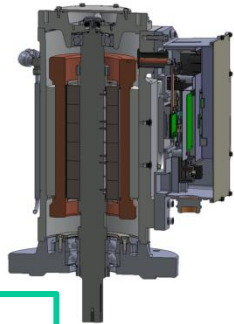
開発したマイクロ水力発電システムの概要と要素技術  
(22kWクラス)

機器開発目標

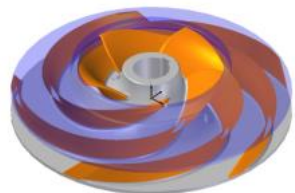
- 導入・維持費用:従来比1/2
- 単純償却年:5年(従来比1/2以下)
- 設置スペース:従来比1/2



省Dyネオジム  
埋込み磁石同期モータ



永久磁石  
同期発電機

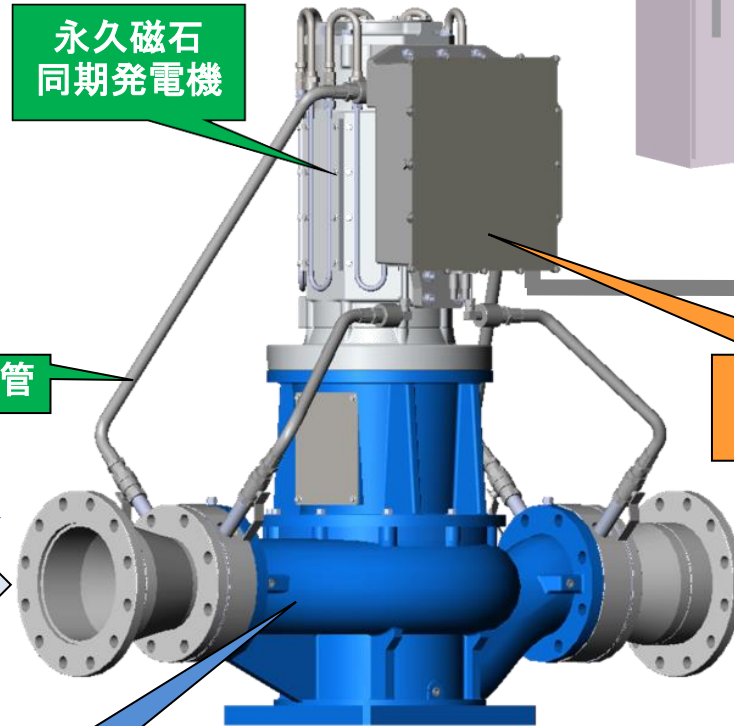


水車ランナ

水の流れ



縦型インライン  
ポンプ逆転水車



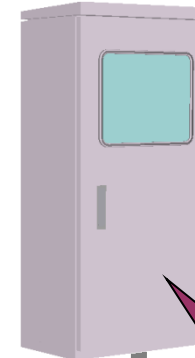
水冷配管

発電機一体型  
発電コントローラ

水の流れ



発電コントローラ



システム制御盤  
(系統連系インバータ)



見える化・遠隔監視

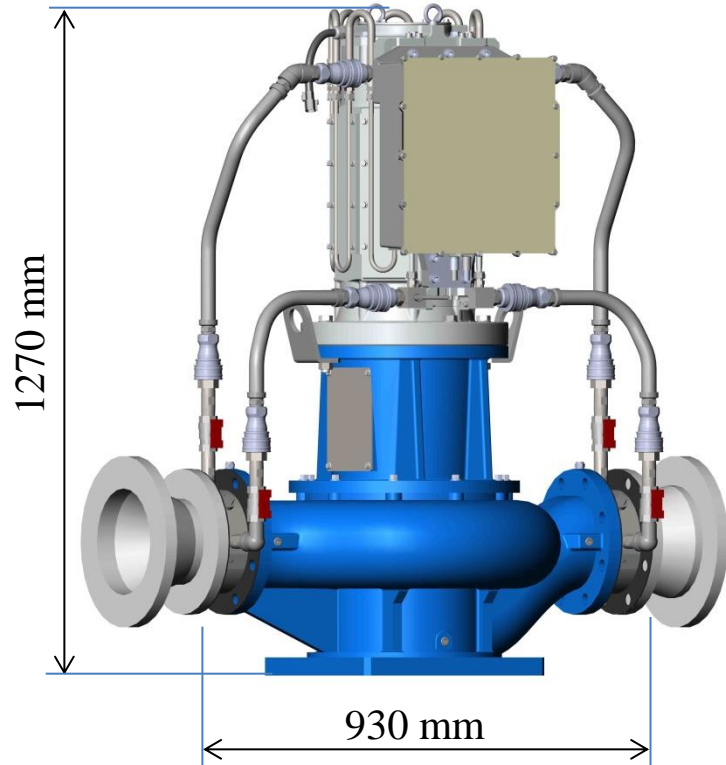
○参考資料②

開発した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	

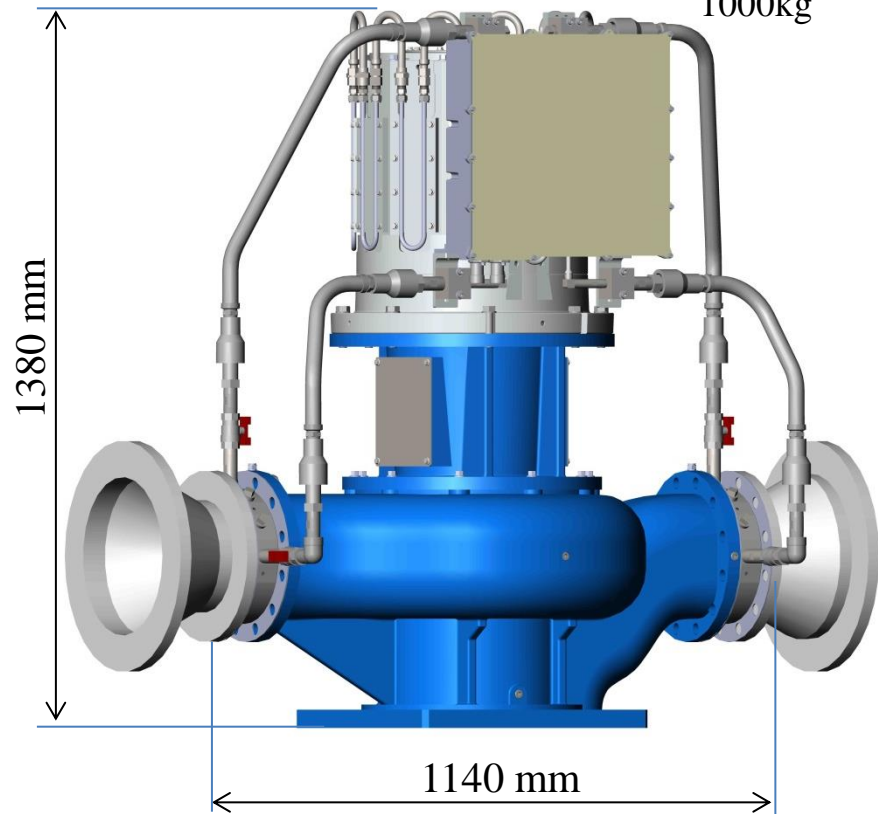
本体概略重量  
500kg



【75kWクラス】  
(37～75kW)

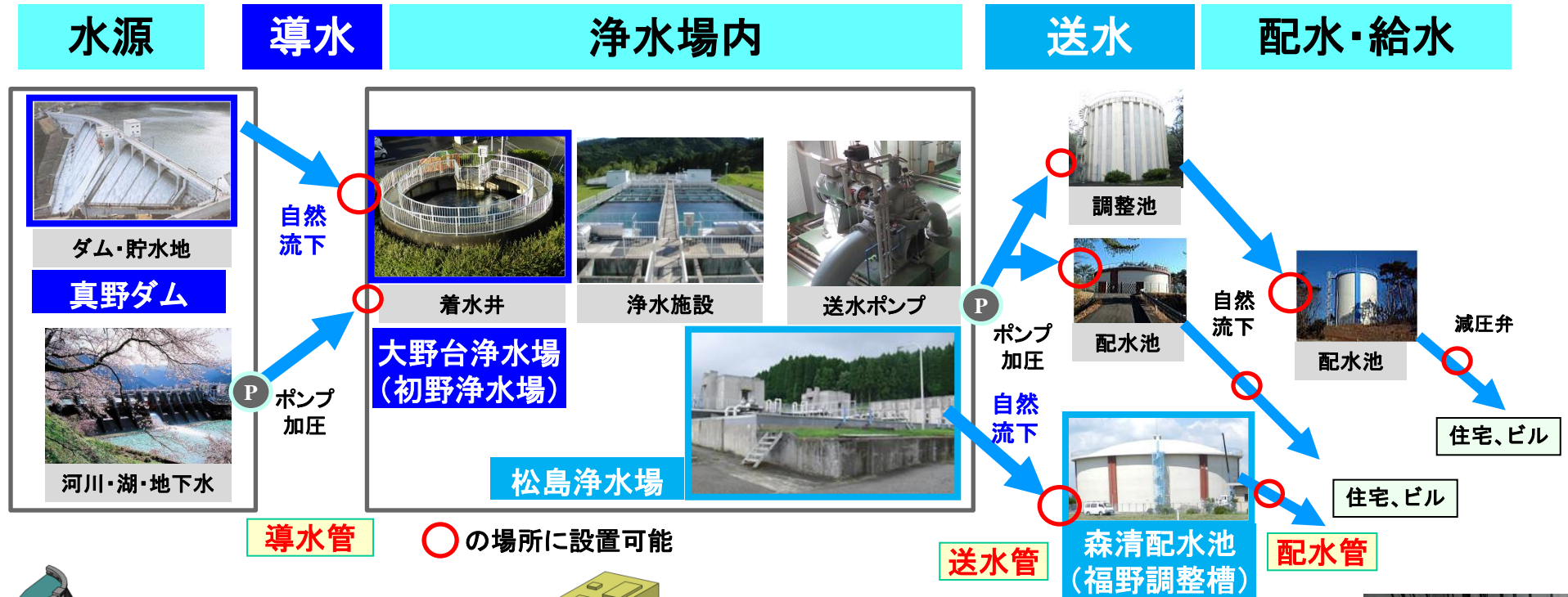
システム本体	システム制御盤
高さ:1380mm	高さ:1600mm
面間:1140mm	幅 :1000mm
奥行:637mm	奥行:800mm
管口径:200mm	

本体概略重量  
1000kg



○参考資料③

上水道施設における発電機設置候補箇所と実証研究先



導水管 ○の場所に設置可能

送水管 配水管

導水管 12.5 km

接合井

発電仕様	
発電電力	70.3kW
年間発電量(見込み)	610MWh
稼働率(見込み)	79%
有効落差	30.1m
流量	1370m <sup>3</sup> /h

送水管 4 km

発電仕様	
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 <sup>3</sup> /h

計測器室 地階

## CO<sub>2</sub>排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 7.2点（10点満点中）
- 評価コメント
  - － 当初の技術目標をクリアし、低コストの管水路用マイクロ水力発電システムを開発し、実証実験も順調に進み、実用化に近い段階まで進んでいることは高く評価する。
  - － 地方自治体において、本システムの上水道への設置が進んでいることも評価できる。今後も事業成果の普及に努めるとともに、更なるコストダウンを図り、早期の実用化に向けた取組を進めることを期待する。
  - － 本事業の実施内容について積極的に成果を広く公表し、その際は環境省「CO<sub>2</sub>排出削減強化誘導型技術開発・実証事業」である旨を周知することを求める。
  - － 環境省補助金要項に従い採択時に告知したように、補助事業により整備された施設、機械、器具、備品その他の財産には、環境省補助事業である旨を必ず明示すること。