

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

上水道施設等の既設管水路に存在する未利用水流エネルギーを最大限に活用するため、永久磁石同期発電機、縦型インラインポンプ逆転水車と発電コントローラ(コンバータ、系統連系インバータ)を全て一体化した超小型・超低コストのマイクロ水力発電システムを新たに開発、実証することによる10kW以下の小容量領域対応と標準ポンプを最大限活用する技術開発によってマイクロ水力の適用範囲拡大を図り、上水道分野等における更なるCO2排出削減を実現する。

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

- A1. 【ポンプ逆転水車発電機】(5.5kWクラス)
 - ・主要課題: 超小型・超低コスト化
 - ・取組方針: 水車は量産標準ポンプ(羽根車含む)を活用し、発電機は社内製品用の既存量産モータを活用する。
 - ・進捗状況: 水車および発電機(油圧用量産モータを活用)の仕様設定、設計・試作、性能評価を完了し、実証に供した。
 - ・実用化レベル時期: 2019年度到達見込
- A2. 【発電コントローラ】(5.5kWクラス発電機一体型のコンバータ、系統連系インバータ)
 - ・主要課題: 超小型・超低コスト化
 - ・取組方針: 系統連系インバータ(従来購入)の新規開発による小型・低コスト化社内製品用量産インバータの部品を最大限活用
 - ・進捗状況: 仕様設定、設計・試作、性能評価を完了し、実証に供した。
 - ・実用化レベル時期: 2019年度到達見込

その他の技術開発:

既開発の22kW-75kWクラス発電機と量産標準ポンプを最大限に活用し、適用範囲を拡大するための技術開発を完了した。

B. 開発要素のシステム統合【マイクロ水力発電システム】(5.5kWクラス)

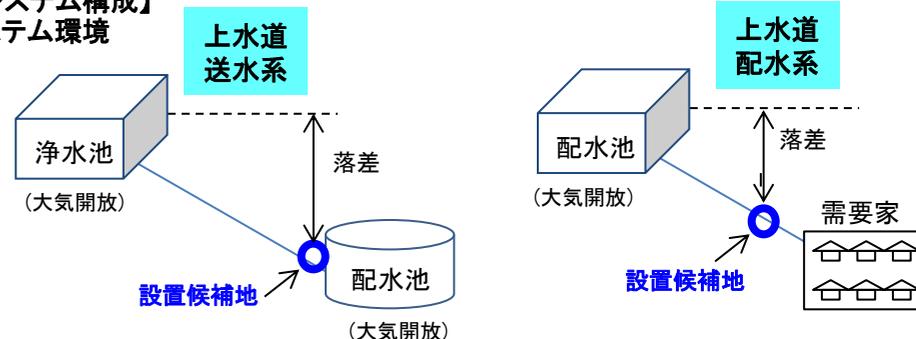
- ・主要課題: 上記要素技術を組み合わせ合わせたパッケージ化技術開発、システム制御(①導水・送水系、②配水系 それぞれに適したパッケージ化)
- ・対応策: ①導水・送水系: 既開発発電機での実績を基に改善点を盛り込む
②配水系: 神戸市水道局の協力を得て、周辺機器を含めたシステム設計
- ・進捗状況: ①に対応のうえ、②配水系でのシステム設計・評価を完了し、実証に供した。

C. 実証【水道配水系における実証】

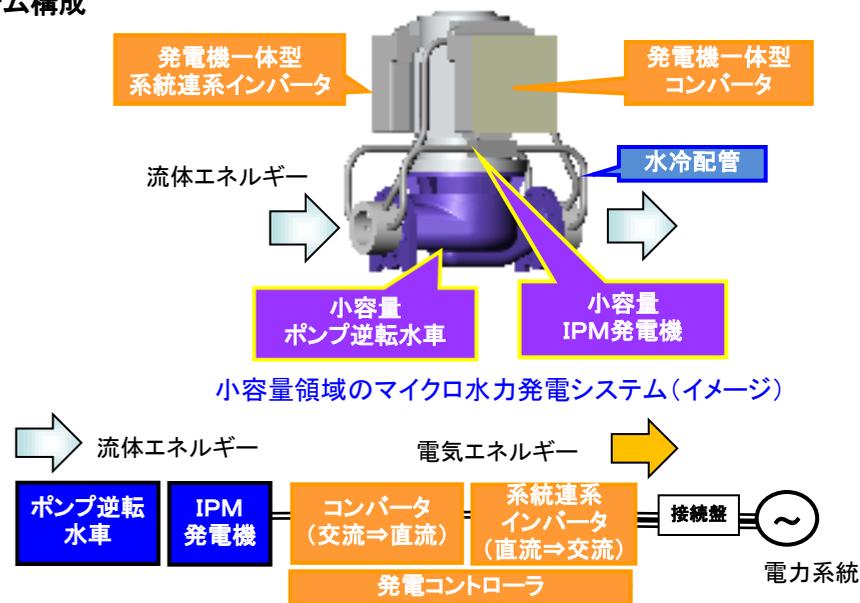
- ・主要課題: 配水系減圧弁代替発電システムのパッケージ化
- ・取組方針: 神戸市水道局との共同研究で運用実態を反映したシステムを協議
- ・進捗状況: 実証先と協議の上、システム構成・運用を決定し、実証を完了した。

③【システム構成】

・システム環境



・システム構成



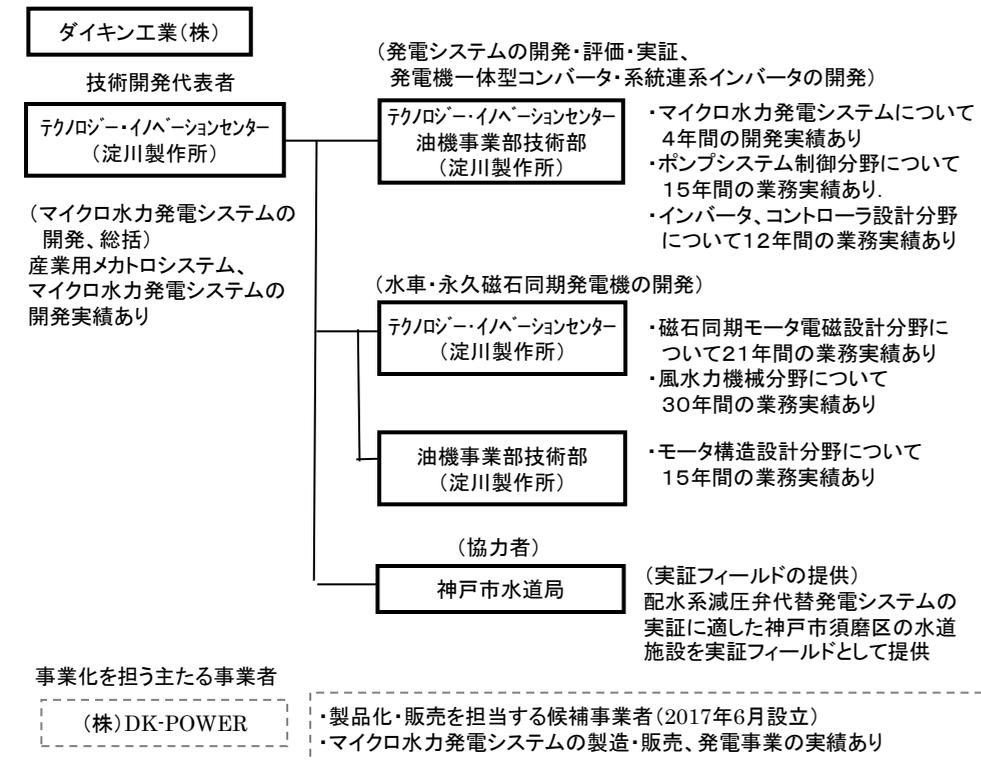
小容量領域のマイクロ水力発電システム(イメージ)

④【技術開発の目標・リスク】

- 想定ユーザ・利用価値: 上水道事業者、水道管の未利用エネルギーを活用した発電
- 目標となる仕様及び性能:
 - ・マイクロ水力発電システムの適用領域の拡大: 7.5kW以下の小容量領域
20m以下の中落差領域
 - ・システムの超低コスト化: 45万円/kW(5.5kWクラスシステム本体)
- 開発工程のリスク・対応策:
 - 実証時、新規開発した系統連系インバータについて、電力会社の系統連系接続の承認が得られないリスクを想定。その場合は、既製系統連系インバータ等により対処する。

(2)実施計画等

①【実施体制】



②【実施スケジュール】

	H28年度	H29年度	H30年度
マイクロ水力発電システムの開発 (仕様決定、システム開発、評価試験)	55,035千円	51,799千円	34,215千円
実証研究(小容量領域) (現地調査、準備・実証試験)	864千円	880千円	13,716千円
発電コントローラの開発 (コンバータ・系統連系インバータ)	17,205千円	33,827千円	30,523千円
ポンプ逆転水車発電機の開発	33,218千円	31,734千円	17,544千円
その他経費(間接経費)	15,942千円	17,725千円	14,399千円
合計	122,264千円	135,965千円	110,397千円

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者 (株)DK-POWER

- ・開発したマイクロ水力発電システムについて、有効性、経済性、事業性の検証のうえ、2019年度を目途に上記事業者からの販売開始を目指す計画である。
- ・2025年までに、開放水路用を含む水車、発電機のラインナップ拡充、および発電機、発電コントローラを中心としたシステム全体の更なる低コスト化に取り組み、発電モジュールの他用途への展開によって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(5.5kWクラスシステム本体):45万円/kW(従来品100万円以上)
- ・実用化段階単純償却年(5.5kWクラスシステム本体):5年程度(従来品10年以上)

○年度別販売見込み(5.5kWクラスシステム換算台数)

年度	2020	2022	2025	2030
目標販売台数(台)	1,400	3,300	4,700	5,400
目標累積販売台数(台)	1,600	7,500	20,400	49,000
目標販売価格(円/台)	2,480,000	2,480,000	2,370,000	2,200,000

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・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)と顧客ニーズに合致する改善等のための継続的な技術開発・実証実施が今後も必要である。
- ・系統連系規則等についての更なる規制緩和が必要と考える。

④【エネルギー起源CO2削減効果】

開発品(装置/システム)1台当たりのCO2削減量(t-CO2/台・年) 19.5

年度	2020	2022	2025	2030
CO2削減量(万t-CO2/年)	2.7	6.4	9.2	10.5
累積CO2削減量(万t-CO2)	3.1	14.6	39.8	95.7
CO2削減コスト(円/t-CO2)(2020年度は不要) =環境省から受ける補助総額(円)÷当該年度までの 累積CO2削減量(t-CO2)		2,525	926	385

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・永久磁石同期発電機、縦型インラインポンプ逆転水車と発電コントローラ(コンバータ、系統連系インバータ)を全て一体化した超小型・超低コストの小容量管路用マイクロ水力発電システム(5.5kWクラス)の要素技術および全体システムの仕様設定、設計、試作機開発と機能・性能評価を完了した。
- ・開発した小容量マイクロ水力発電システム(5.5kWクラス)を活用した、配水系減圧弁代替発電システムの仕様設定、設計、試作機開発と機能・性能評価を完了した。
- ・マイクロ水力発電システム単体の機能・性能評価と配水系減圧弁代替発電システムの機能・性能評価に必要な評価試験環境を構築した。
- ・兵庫県神戸市の既存配水系水道施設にて、配水系減圧弁代替発電システムの実運転時の実証業務を完了し、特に2次圧の安定性と遠隔監視によるデータ取得について、神戸市水道局から高い評価を得た。
- ・実用化段階での5.5kWクラスシステム本体のコスト45万円/kW、単純償却年5年程度(いずれも従来比1/2以下)の目標達成の目途を立てた。

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: 1.4万kW (2020年時点の累積設備容量、10kW以下)
- ・2020年度に期待される最大普及量: 約0.9万kW、約1,600台(出荷累積、5.5kW換算)
(販売・供給体制構築の実行が前提)
- ・開発システム1台当たりのCO2削減量: 19.5t/年(5.5kWクラス、想定設備稼働率70%)
- ・年間CO2削減量: 約3.1万t-CO2 (2019~20年度累積設備による20年度削減量)

○2022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: 5.9万kW (2022年時点の累積設備容量、10kW以下)
- ・2022年度に期待される最大普及量: 約4.1万kW、約7,500台(出荷累積、5.5kW換算)
(生産能力の段階的増強計画の実行、容量展開が前提)
- ・開発システム1台当たりのCO2削減量: 19.5t/年(5.5kWクラス、想定設備稼働率70%)
- ・年間CO2削減量: 約14.6万t-CO2 (2019年度~22年度累積設備による22年度削減量)

○2030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: 34.7万kW (2030年時点の累積設備容量、10kW以下)
- ・2030年度に期待される最大普及量: 約27.1万kW、約49,000台(出荷累積、5.5kW換算)
(生産能力の継続的増強計画の実行に加え、水車・発電機のシリーズ展開が前提)
- ・開発システム1台当たりのCO2削減量: 19.5t/年(5.5kWクラス、想定設備稼働率70%)
- ・年間CO2削減量: 約95.7万t-CO2 (2019年度~30年度累積設備による30年度削減量)

③【成果発表状況】

- ・IWA2018(IWA国際水協会開催の国際会議@東京)(2018年9月18日)
“Development of an Innovative Micro Hydropower System and Field Tests at the Waterworks Facilities in KOBE” (発表者: 沢田祐造、他共著4名)
- ・IWA2018展示会@東京ビッグサイトにて、子会社の(株)DK-Powerがパネル展示 (2018年9月16日~21日)

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- ・2017年に設立したマイクロ水力発電システムの製造・販売および発電事業を業務とする子会社(株)DK-Powerを活用して商品の生産・販売を開始
- ・比較的小規模な上水道導水・送水施設や工場用受水施設への導入を中心に営業活動を開始し、PFI方式等も含めたリスクの少ない導入方法を提案
- ・2020年度中を目途に、小容量システムの大量販売に適合したビジネスモデルおよびエンジニアリング・販売・供給の体制を検討・構築を開始
- ・2022年までに生産能力の段階的増強計画の実行と容量展開を開始
- ・2025年までに周辺機器を含む、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の構築を検討

○事業拡大シナリオ

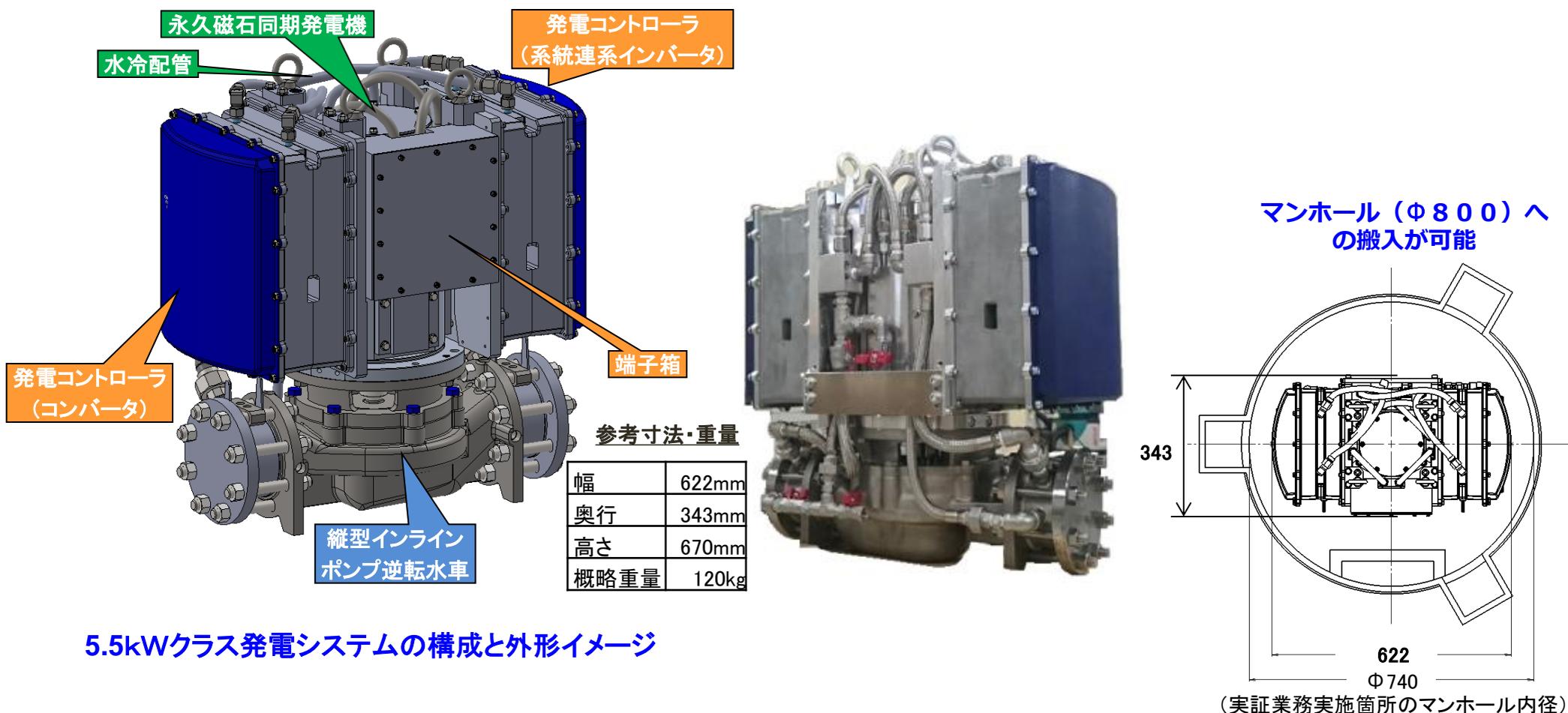
年度	2020	2022	2025	2030
販売・供給体制を構築し、商品の生産販売を開始	9,000 kW	↓ (以下に含む)	↓	↓
生産能力の段階的増強と容量展開を開始		41,000 kW	↓	↓
システム全体の低コスト化とラインナップ拡大			113,000 kW	271,000 kW

○シナリオ実現上の課題

- ・小容量システムで採算が取れる事業体制、販売・供給体制の構築
- ・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確立
- ・ラインナップ拡大とコストダウンのための継続的な技術開発・実証の実施
- ・海外事業展開に向けた海外の技術動向・市場の調査・分析と事業体制の構築

○参考資料②： 開発した超小型・超低コスト小容量マイクロ水力発電システム(5.5kWクラス)

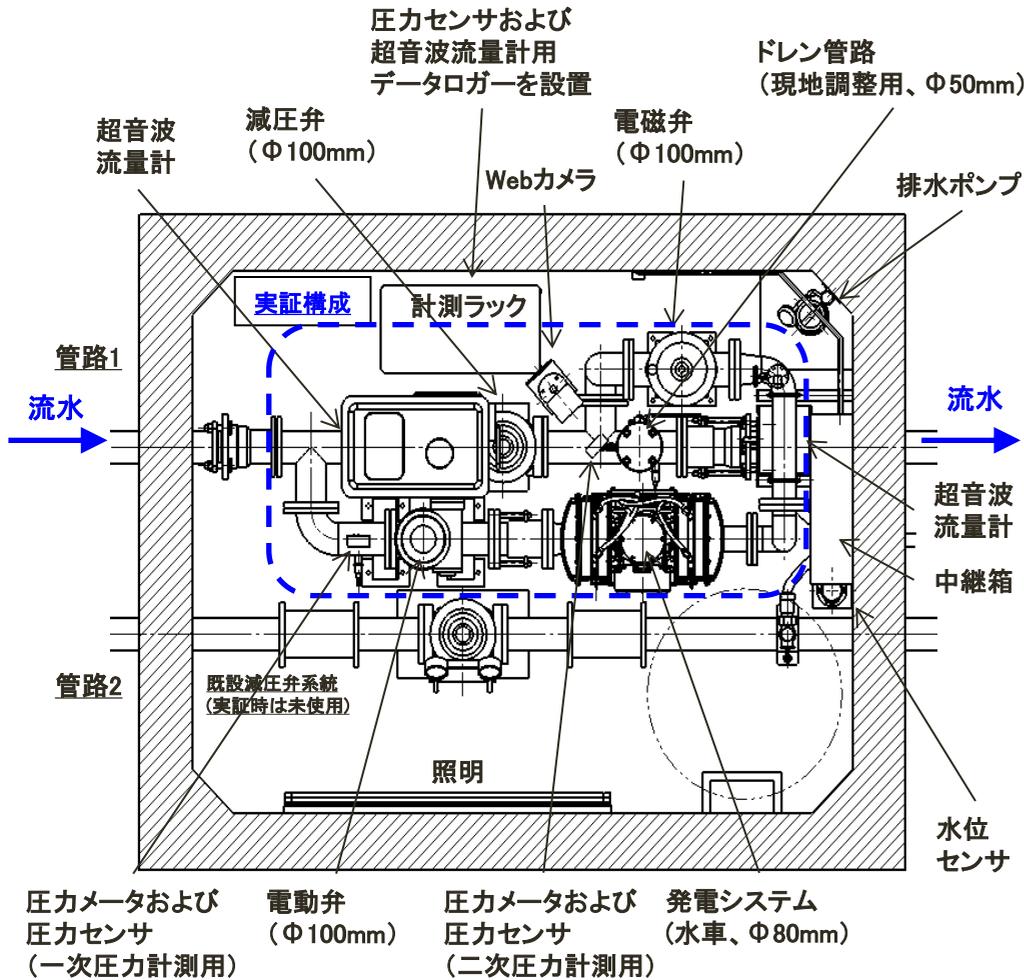
- ・開発した小容量マイクロ水力発電システム(5.5kWクラス)は、世界初のコンバータ・系統連系インバーター一体型で、 $\Phi 800$ のマンホールから搬入可能な超小型軽量システムである。
- ・量産モータ、標準ポンプの活用と系統連系インバータの新規開発、発電機一体化で超低コストを実現した。



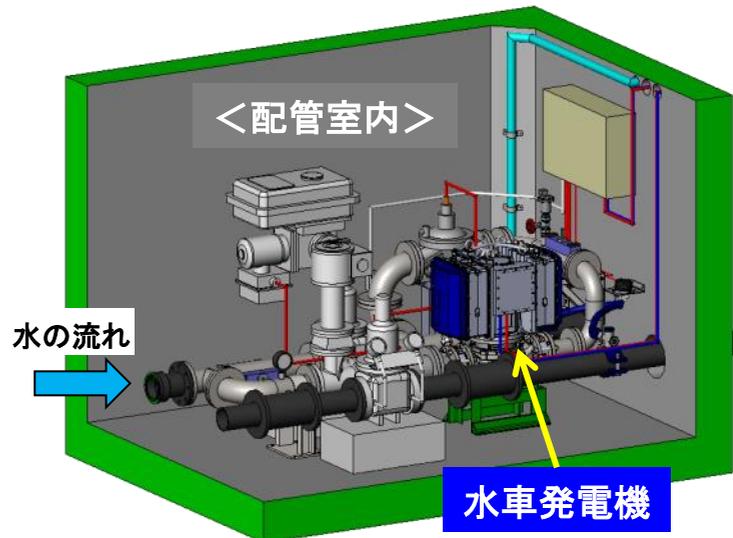
5.5kWクラス発電システムの構成と外形イメージ

○参考資料③： 世界初の配水系減圧弁代替発電システムの構成と設置

- ・神戸市須磨区の配水系水道施設に設置した実証用システムの設置状況を示す。
- ・神戸市水道局と合意した異常時でも断水が発生しないシステム構成である。



実証構成設置時の配管室内の平面図



○参考資料④： 世界初の配水系減圧弁代替発電システム（遠隔監視と二次圧力変動の改善）

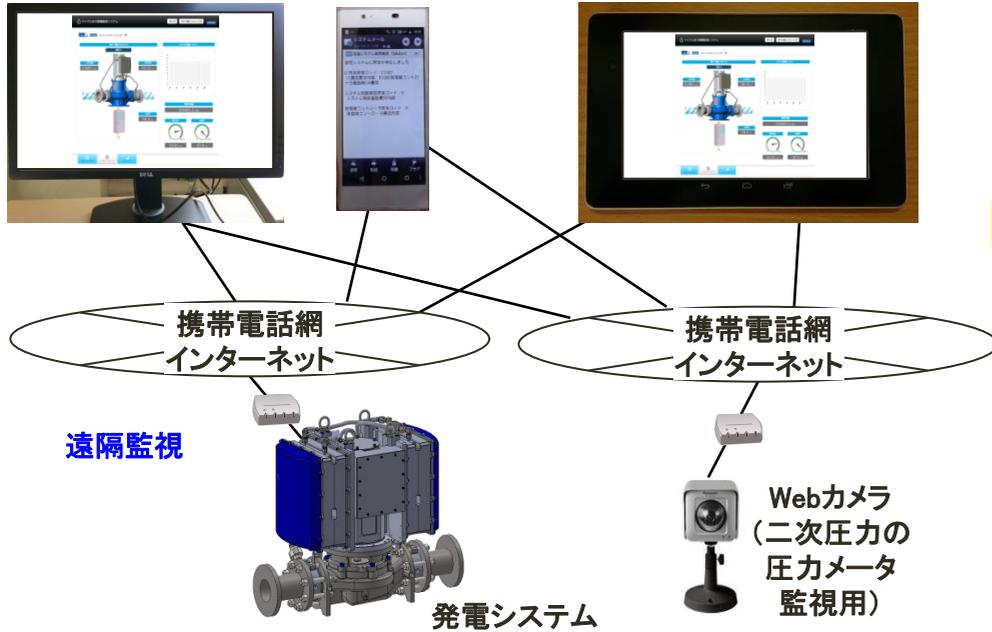
- ・遠隔監視による圧力・流量データの取得と発電機制御による2次圧の安定性、追従性が神戸市水道局に高く評価された。

＜ダイキン工業＞

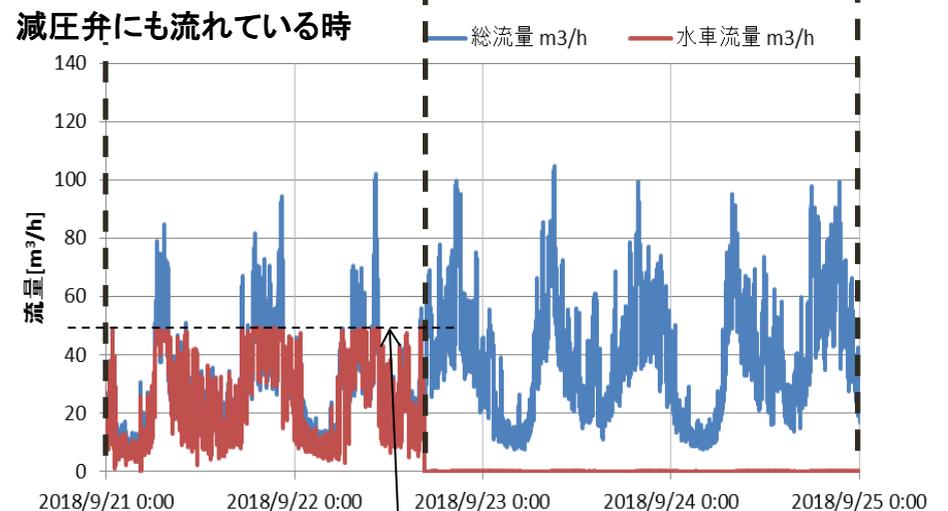
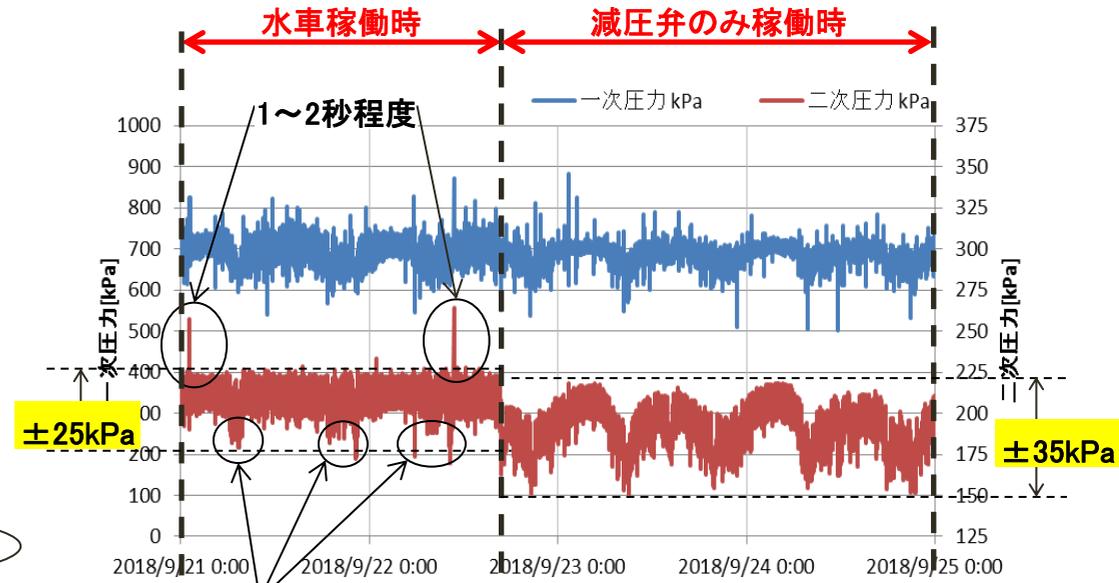
個別のPCやスマートフォンなどで、遠隔監視画面の確認および異常メールの受信を行う。

＜神戸市水道局＞

専用のタブレットを準備し、遠隔監視画面の確認および異常メールの受信を行う。



実証業務で構築した遠隔監視システム



水車稼働時と直動式減圧弁のみ稼働時の圧力および流量

水車系統の最大流量

データサンプリング：5sec

CO₂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 7.4点 (10点満点中)

▪ 評価コメント

[評価された点]

- 未利用であった配水管などにおけるエネルギー回収のため、マイクロ水力事業において最も設備利用率の高い上水道における発電機を開発し、更に需要の多いマンホール内に設置できるコンパクトな仕様の小型機を開発し、コストや単純償却年等所期の発電システム目標を達成している点について評価できる。
- 更に販売会社まで立ち上げ、商品の製造・販売を開始した点は非常に評価できる。

[今後の課題]

- マイクロ水力の需要先となる水道設備への普及拡大を図るためには、既存の小水力発電導入ポテンシャル調査報告書等も踏まえつつ、発電システムの設置箇所選定、システムコスト、軽易な部分改良工事の適用といったノウハウを蓄積することが望まれる。
- FITの買取価格などを含む周辺環境の状況によって投資回収年数がどのように変化するのかを定量的に示す等により、普及に向けた事業化計画を具体化することが望まれる。

[その他特記事項]

- 導水・送水のエネルギー効率を上げるには、ポンプ圧力を下げることが適切であり、本システムを導水・送水の残圧に導入する際には、このことも併せて検討することが望まれる。