

水道システム内への 水力発電導入の取組

札幌市水道局計画課

1. はじめに

札幌市の水道システムは豊平川により形成される扇状地上に構築しています（図1）。標高の高い地域に浄水場を建設し、扇状地特有の緩やかな傾斜を有効活用し、平坦な市街地に給水をしています。浄水場と配水エリアの標高差は、大きいところでは100mを超えており、この地形特性により、給水区域の約8割を自然流下方式で配水しています。

この高低差を生かした水道システムに存在する

未利用エネルギーを活用するため、昭和59年、藻岩浄水場の導水管を利用して、札幌水道としては初めての水力発電を導入しました。令和5年には、浄水を利用した水力発電を、平岸配水池へ流入する送水管に設置しました。また、令和7年度より運用を開始する「豊平川水道水源水質保全事業」においても、現在水力発電の導入を進めています。

本稿では、脱炭素社会の実現に向けて、未利用エネルギーの有効活用と経済性を考慮した、本市水道システムへの水力発電導入の取組みを紹介します。

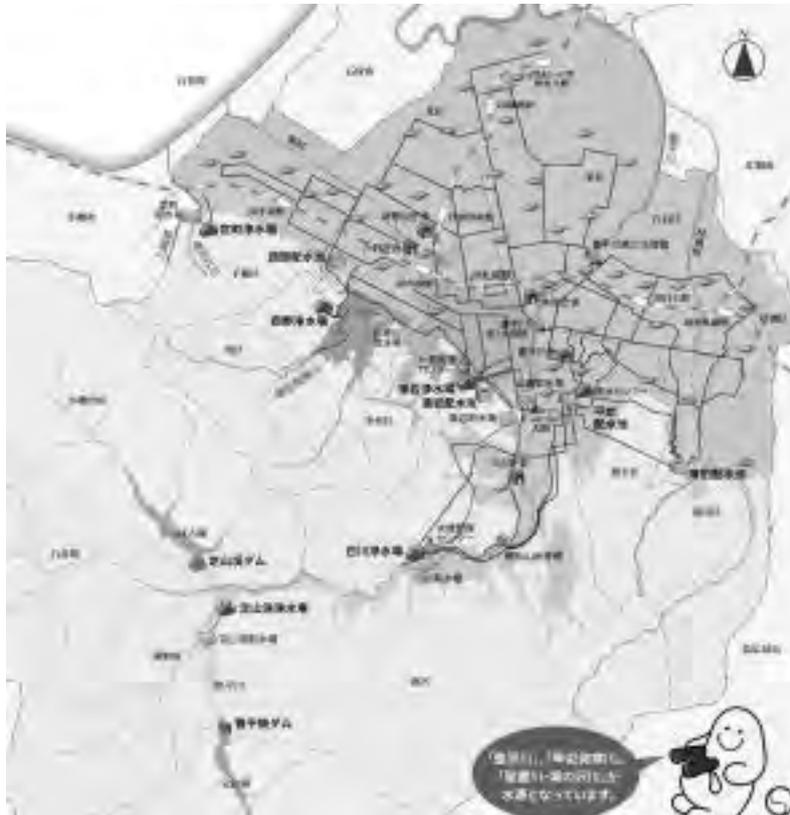


図1 札幌市の地形及び水道施設配置図

2. 藻岩浄水場 導水管への水力発電導入

藻岩浄水場（給水能力129,000m³/日）は、昭和12年に通水を開始した、本市で最も歴史のある浄水場です。昭和57年度の取水導水施設改修に合わせ、約61mの落差を利用した水力発電の導入を検討しました。導入に当たっては、浄水場管理が複雑にならないことや人員増とならないこと、また、発電した電力を藻岩浄水場で消費すること等による経済効果も十分あることが確認できたため、導入を決定しました。発電機出力330kW、年間発電電力量は約290万kWhの計画のもと、昭和59年に発電を開始しました。

平成13年には、藻岩浄水場の改修工事において新たに整備された着水井の水位が既存よりも高くなり、当時の発電設備のままでは発電できなくなるため、一時的に休止し、水力発電を継続するかどうかについて検証しました。検証の結果、より出力の高い発電機の存在や、経済性、CO₂排出量削減効果等の観点から、発電を継続する意義があると判断し、発電機出力400kW、年間の計画発電電力量約300万kWhの水力発電の導入を決定しました（写真1）。



写真1 藻岩浄水場水力発電 水車

また導入後の運転管理に当たっては、水道局による「直営方式」と、民間事業者との「共同事業方式」とで比較検討を行いました。本件における「共同事業方式」とは、水道局が浄水場内の発電設備の設置場所と導水管等の施設を提供し、民間事業者が水車・発電機等を設置し、発電した電力を藻岩浄水場等に供給し、その対価として「エネ

ルギーサービス料」という形で、水道局から民間事業者者に支払う方式です。

検討の結果、経費削減や建設に係る初期投資額の平準化といったメリットが得られることから「共同事業方式」を採用しました（図2）。また、共同事業のパートナーとして、水道事業にも知見があり、この水力発電を運用するために必要な「ダム水路主任技術者」等の資格保有者を有する企業として、北海水力発電株式会社（現：ほくでんエコエナジー株式会社）を選定しました。契約期間は、平成19年9月から平成39年（令和9年）3月までの約20年間です。なお、水力発電施設の建設に当たっては、経済産業省から補助を受け実施しています。



図2 共同事業のイメージ

現在、発電した電力は、藻岩浄水場や併設する水質管理センター、旧藻岩浄水場を改修し水道の仕組み等を学べる展示型ミュージアムである水道記念館や、藻岩浄水場職員が使用する電気自動車の使用する電力に対し、発電した電力の約2/3を使用しています。残りの約1/3の電力は、FIT制度（固定価格買取制度）を活用し北海道電力株式会社に売電しています。

3. 平岸配水池 送水管への水力発電導入

平岸配水池（有効容量96,260m³）は、本市給水能力の約8割を担う白川浄水場（給水能力542,000m³/日）からの送水を137,244m³/日（令

和3年度実績) 受けている、本市の主要な配水池の一つです。

白川浄水場と平岸配水池を繋ぐ送水管の落差が約51mあることから、この未利用エネルギーを有効活用するため、平成16年に経済産業省の補助を受け導入可能性調査を行いました。調査の結果、売電による経済効果が見込まれることが確認されたため、導入に必要な検討を本格的に進めました。

前項でご紹介した藻岩浄水場水力発電では、導水管に接続し、水道原水にて発電を行っています。当該発電施設では浄水を用いた水力発電となるため、万が一事故が発生し送水不能となった場合には、浄水が配水池に流入せず、各家庭への給水に直接影響を与える可能性があります。また、当該発電施設に繋がる上流側の送水管は、布設後約40年が経過していることから、水車が緊急停止した際の水撃圧に耐えられるか等、安全性の確認が不可欠でした。このため、自走型塗装診断システムにより非開削で鋼管外面塗装の損傷の恐れがある箇所を特定し、開削により当該箇所を露出させ、管体腐食面積や深さ等を測定した後、腐食状況と、想定される水撃圧から耐圧能力を評価した上で、安全性に問題がないことを確認しました。

その後も、さらなる安全性追求のため、上流の送水管の更新が完了し、運用開始される令和元年度以降に、更新後の送水管を用いた水力発電を行えるよう、事業計画の変更も行いました。さらに、電気事業法が改正され、水道施設の落差を利用する水力発電の運用に対し、ダム水路主任技術者が不要となったことを受け、水道局直営による運営に支障がなくなったことに加え、FIT制度が開始されさらなる経済性が見込まれたことから、導入を決定しました。

発電機出力は670kW、年間の計画発電電力量は約491万kWhです。前述の藻岩浄水場とは異なり平岸配水池は電力消費量が少ないため、経済性が最も高い全量売電を採用しました。平成30年度から着工し、令和5年2月に運用を開始しました(写真2)。



写真2 平岸配水池水力発電 水車

4. 豊平川水道水源水質保全事業 バイパス水路への水力発電導入

豊平川水道水源水質保全事業は、本市水道水源の9割以上を占める豊平川の水源水質改善事業です。豊平川上流域には、水道原水の水質を悪化させる要因となる、ヒ素やホウ素などを含む自然湧水が河床から湧出しています。また、水源域にある定山溪地区の下水処理水も、豊平川に排出しているため、この排水を自然湧水と併せてバイパス水路に取り込み、白川浄水場及び藻岩浄水場の取水地点より下流まで迂回(バイパス)し、放流することで、より良質な原水を取水することが可能となります(図3)。

本事業では約70mの落差があることから、未利用エネルギーの有効活用に加え、売電収入による経済性が見込まれることを受け、導入を決定しました。



図3 豊平川水道水源水質保全事業 概要

本水力発電は、河川水中に含まれる砂等による摩耗の影響を考慮した水車の選定や、河川の流量が一定ではないことから、その変動を加味した最

適規模の決定等が求められました。その中で、河川流量調査の結果を踏まえ、最大使用水量0.7～1.862m³/s（12ケース）と自家消費や売電手法等の電力用途（4ケース）との組み合わせ、計48ケースを比較し、最終的に最も経済性の高い組み合わせである、最大使用水量1.40m³/s、発電機出力770kW、年間計画発電電力量約432万kW、全量売電方式による導入を決定しました。工事は令和4年度に着工しており、施設は令和8年度から稼働予定です。

5. 水力発電導入の効果

本市の特色である扇状地特有の高低差を活用し、導水管・送水管・バイパス水路といった水道システム内への水力発電導入を進めてきたことで、買電による支出を減らし、売電による収入を得ることが可能となり、経営効率化が図られています。また、自家消費・売電に関わらず、未利用エネルギーを活用することでCO₂の排出量削減が期待され、環境負荷の低減にも寄与しています。

これまで紹介した水力発電が全て完成する令和

8年には総出力1,840kW、年間総発電電力量は本市水道事業の電力使用量の約5割に相当する約1,250万kWh、CO₂削減量は約6,860t-CO₂（0.549kg-CO₂/kWhとして換算）となります（表1）。

6. 終わりに

本稿では、札幌市水道局における水力発電導入の取組みを紹介してきました。一方で本市水道システムにおけるポンプ場や配水池の流入部には、約10～40mの有効落差を持つ未利用エネルギーが未だ多く潜在しています。

札幌市では、2050年までにCO₂等の温室効果ガス排出量を実質ゼロ（ゼロカーボン）にする取組みを積極的に進めており、令和4年には環境省の「脱炭素先行地域」として選定される等、CO₂排出のさらなる削減が求められています。本市水道局においても、経済面・環境面・安全面を考慮の上、引き続き導入可能性の検討を進め、水道事業者として健全な経営と環境負荷の低減を目指してまいります。

表1 本市水道に導入済、または導入予定の水力発電施設一覧

設置場所	藻岩浄水場 (改修後)	平岸配水池	豊平川水道水源 水質保全事業（予定）
最大出力	400kW	670kW	770kW
有効落差	45.5m	46.7m	69.0m
最大使用水量	1.057m ³ /s	1.800m ³ /s	1.400m ³ /s
年間発電電力量	306万kWh（R3実績値）	491万kWh（計画値）	432万kWh（計画値）
CO ₂ 削減量	1,680t-CO ₂	2,696t-CO ₂	2,372t-CO ₂
電力用途	自家消費+売電	全量売電	全量売電