

厚生労働行政推進調査事業（厚生労働科学特別研究事業）  
「水道システムにおけるカーボンニュートラル実現に向けた緩和策と  
気候変動影響に対する適応策の推進のための研究」  
令和4年度分担研究報告書

大阪市水道局におけるCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルの推計

研究分担者 小坂浩司 国立保健医療科学院生活環境研究部  
研究協力者 早川生馬 大阪市水道局工務部

研究要旨

これまで、水道事業を対象としたCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルの概算は示されているが（厚生労働省令和2年度脱炭素水道システム構築へ向けた調査等一式報告書）、推計にあたり仮定も多く、事業者が対策を行うには各水道システムに応じたCO<sub>2</sub>削減方策の選定とCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルの精緻な推計が必要となる。そこで、上記の報告の中で削減ポテンシャルの大きい「インバーターの導入」、「受水圧力の活用」に注目し、大阪市水道局の浄配水システムに対し、CO<sub>2</sub>削減ポテンシャル推計を行い、その手順の整理を試みた。その結果、必要なデータを入力すれば、水輸送に活用している圧力の推移を見える化し、削減可能なエネルギーを概算できるツールを作成した。また、本ツールを活用した結果、制御弁にて流量を制限している箇所においてCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルが存在することがわかった。

A. 研究目的

これまで、水道事業を対象としたCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルの概算は示されているが（厚生労働省令和2年度脱炭素水道システム構築へ向けた調査等一式報告書）（以下、「既報告」）、推計にあたり仮定も多く（エネルギー原単位分析等）、事業者が対策を行うには各水道システムに応じたCO<sub>2</sub>削減方策の選定とCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルの精緻な推計が必要となるが、そのような研究は行われていない。

政府の地球温暖化対策計画に基づいて、今後、CO<sub>2</sub>排出削減は、全分野、全事業者に課されていくが、削減対策を一つ一つ探していくのではなく、どこに削減ポテンシャルがあるかを明らかとすることは、実情に応じて優先して取り組むCO<sub>2</sub>削減対策を選択し、実施することができるため、今後のCO<sub>2</sub>削減において有利となる。またそれを、水道事業者自ら実施可能とすることは、当該計画の大きな推進力となり得ると考えられる。

そこで本研究では、水道事業者である大阪市水道局における取水から配水までの系統において、実際の運転データに基づきCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル

の推計を行い、その手順について、水道事業者自ら検討できることを視野に、整理を試みた。

B. 研究方法

1. 精緻化項目の対象選定

既報告でのCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルの評価項目は表1のとおり。

「H 位置エネルギーの利用（広域化等）」は、相対評価が最も大きいものの、水道事業者単独では検討し辛い。また、「G 位置エネルギーの利用（施設統廃合等）」についても、施策の実施が困難なものが多い。

以上のことから、各事業者が自律的にCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルを検討するという目的に鑑み、GとHについては今回の検討から除外した。残った項目の中で、相対評価が大きい「A インバーターの導入」及び「D 受水圧力の活用」について検討することとした。

2. 推計ツールの作成

上記で整理した項目について検討でき、かつ次の機能を満足するような推計ツールを作成した。

- ・水位高低に対し、ポンプがどの程度の圧力で圧送しているかが視覚的にわかる（現状運用において実際の高低差に対し、無駄な運転となっていないか）
- ・流量制御方法について、弁制御を実施している箇所がわかる（弁制御をおこなっている箇所の洗い出し）
- ・流量の程度がわかる（エネルギー算出に必要となる）
- ・各設備の仕様、特に流量制御弁の形式がわかる（損失の算出に必要）

#### （1）主な仕様

- ・水量、圧力（水位）、消費電力量、弁開度について、単年度の1時間データを収集し、平均値を用いて評価することを基本とした。これは削減ポテンシャルとしては、どれだけ水量や圧力に変動があったとしても、トータルでどの程度エネルギーを消費するかが重要なためである。なお、変動の程度も併せて記入させておくことで、水力発電等再生可能エネルギー回収設備の導入可否の目安となるため、標準偏差を算出し、記入する様式とした。
- ・同時稼働数は、各データの0を除外した稼働日数を算出し、その合計日数を365日で除した値である。

例) 連続運転が前提の3台設置のポンプのうち、2台が200日ずつ運転していた場合

$$(200+200+0) / 365 = 1.1 \text{ 台}$$

- ・消費電力の計算は、式（1）による。

$$P \text{ (kW)} = \frac{g \text{ (m/s}^2\text{)} \times \gamma \text{ (kg/m}^3\text{)} \times Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times H \text{ (m)}}{\eta} \quad \cdot \cdot \cdot \text{式 (1)}$$

- P (kW) : 1時間あたりの仕事量
- g (m/s<sup>2</sup>) : 重力加速度 9.8
- γ (kg/m<sup>3</sup>) : 比重（水なので1）
- Q (m<sup>3</sup>/s) : 時間流量の平均値/3,600
- H (m) : 圧力の平均値
- η : 効率※（ポンプ効率×モーター効率0.7程度）

（受水弁制御の場合は潜む電力として1）

※率は1と仮定しているが、影響が大きい場合は別途考慮が必要

- ・消費電力量の計算は、消費電力（平均）×24時間×稼働日数で算出。

- ・CO<sub>2</sub>排出量の計算は、算出された電力量に対し、電気事業者別排出係数を乗じて算出。

#### （2）系統

- ・取水、浄水1、浄水2、送水・配水1、配水2と区分し、単一系統について評価可能とした。
- ・多系統については、重複する部分を削除することで、後で合算できる形とした。

#### （3）入力項目と役割

##### 【基本情報】

- ・「実際圧力」と「水位」について0.P.レベルで統一し、水位高低図としてグラフ化することで、相対的な圧力推移について、圧送点と受水点の差を見える化した。これにより、適正な運転をおこなえているか（概ね5m程度の差となっているか）評価可能となった。
- ・「圧力（弁損失含む）」において、「実際圧力」に後述の吐出し弁や受水弁での損失を合算し、削減可能な圧力損失を見える化した。
- ・水量も併せてデータより記入できる様式とした。
- ・受水点の圧力は計測されていないことが多いと想定し、配管損失を実揚程の10%を見込み、実際圧力として算出されるものとした。（計測圧力が空白になっているところに適用）（実際に当該場所での圧力を想定する場合、配管損失が必要となるが、配管径、長さが別途必要となり、調査労力の割に推計に与える影響が小さいため、事業体での自律検討という目的に鑑み、自動計算とした。）

##### 【設置ポンプ】

- ・流量制御方式について記入、その他設置しているポンプの基礎情報を記入。
- ・インバーター制御の場合、同時稼働数、消費電力量をデータより記入。消費電力量が不明な場合は基本情報の圧力と流量を式（1）により算出して入力。

##### 【吐出し弁（弁制御の場合）】

- ・上記の設置ポンプにおいて、弁制御を行っている場合に用いる。
- ・吐出し弁の型式を記入。
- ・弁開度、同時稼働数、稼働日数、弁制御機消費電力をデータより記入。消費電力量が不明な場合は基本情報の圧力と流量を式（1）により算出して入力。

- ・弁制御の介入目的を記入。流量制御なら単純に削減可能だが、台数制御を鑑みた場合に過流量防止を目的に制御している場合は削減可能か検討が必要となる。
- ・吐出し弁 1 台あたりの流量を記入。
- ・損失係数について、吐出し弁の型式及び開度から、水道用バルブハンドブックや製品仕様から読み取って記入。
- ・以上の入力により、弁制御機の消費電力のうち、吐出し弁の絞りによってどの程度の電力を消費しているか算出され、これが削減ポテンシャルとして計上される。

#### 【受水圧力制御弁】

- ・受水点において、弁制御を行っている場合に用いる。
- ・入力は【吐出し弁（弁制御の場合）】と同様。
- ・以上の入力により、受水における流量制御によってどの程度の電力を消費しているか算出され、これが削減ポテンシャルとして計上される。

### 3. 推計ツールを用いた評価

以上で作成した推計ツールを用いて、大阪市水道局の実際の浄配水システムに対し評価を行った。

#### (1) 系統の選定

- ・浄水場内が複数系統に分かれていて、かつ 2 次配水場を持つ系統について評価できれば、各事業体の浄配水システムにも適用可能性が高いと考え、大阪市水道局内で上記に合致する系統として、庭窪浄水場を選定した。
- ・実際の系統の評価としては、取水ポンプに弁制御を導入している庭窪浄水場 2 系をベースに、1 次配水場である異配水場、2 次配水場である長居配水場へと流れる系統を選定し、評価した。

(図 1)

- ・また、別系統の評価としては、比較対象として、取水ポンプにインバーター制御を導入している庭窪浄水場 1 系を選定し、評価した。(図 2)
- ・選定フローは図 3 のとおり。

#### (2) 使用データ

令和 3 年度の実績で、表 2 のとおり。

### C. 結果および D. 考察

#### 1. 推計ツールを用いた評価結果

##### (1) 庭窪浄水場 2 系 (図 1)

- ・水位高低図より、実際圧力と水位差は 5m 程度に収まっており、水位と圧力のバランスは適切に運用されている（長居配水場は後述）。
  - ・取水ポンプの流量制御に弁制御が用いられ、平均 33%の開度で、約 5.6m の損失、電力にして 125kWh、年間 110 万 kWh が当該弁制御により消費していることがわかった。
  - ・揚水ポンプの流量制御に一部弁制御が用いられ、平均 52%の開度で、約 2.2m の損失、電力にして 43kWh、年間約 35 万 kWh が当該弁制御により消費しているが、調査の結果、固定速号機の過流量防止のために作動していることが分かり、現設備構成においては、削減が困難と判明している。ただ、削減ポテンシャルではあるため、削減ポテンシャルとして計上している。
  - ・異配水場の流入弁において、弁での絞りが確認され、平均 40%の開度で、約 3.3m の損失、電力にして 94kWh、年間約 82 万 kWh が当該弁制御により消費している。当該弁は、送水途中の水管橋を超える際に必要な水頭を確保するため常時絞っている弁であり、送水ポンプの出力調整が及ばない箇所となっているため、水力発電などによる電力回収が望まれる箇所であるが、圧力が低く、回収には課題が多いと想定される。
  - ・長居配水場の受水点において、実際圧力と水位に約 30m の乖離が生まれているが、当該場所には既に水力発電設備が設置されているためである。なお、弁制御した場合の損失を 25m (30m から 5m 余裕を除いた値) とした場合の弁による電力消費の試算が 204kWh、実際に水力発電による発電量が平均 171kWh となっており、発電効率を考慮すれば概ね妥当な算出結果となっていることが分かる。
  - ・庭窪浄水場 2 系～長居配水場においては、年間消費電力約 3618 万 kWh に対し、削減ポテンシャルが 227 万 kWh 存在することがわかった。また、CO<sub>2</sub>削減ポテンシャルは、基礎排出係数で 678t-CO<sub>2</sub>、調整後排出係数で 705t-CO<sub>2</sub>となった。
- #### (2) 庭窪浄水場 1 系 (図 2)
- ・取水ポンプ～揚水ポンプ吸水井までが評価対象のため、取水ポンプのみの評価となっている。
  - ・1 系の取水ポンプへはすでにインバーター制御が導入されているため、削減ポテンシャルは 0 kWh となっている。

- ・庭窪浄水場 1 系においては、年間消費電力約 75 万 kWh に対し、削減ポテンシャルは 0 kWh であることがわかった。

### (3) 結果の合成

- ・以上の結果は、図 3 より重複していない部分の検討となっており、単純に合算することが可能である。
- ・従って今回の検討範囲においては、庭窪浄水場 1・2 系～異配水場～長居配水場の水輸送に係る電力削減ポテンシャルは、(1)、(2)の結果を足し合わせ、3693 万 kWh に対し、227 万 kWh、CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルは、基礎排出係数で 678t-CO<sub>2</sub>、調整後排出係数で 705t-CO<sub>2</sub> となった。
- ・以上のように、図 3 で示されていない範囲についても同様に推計を行うことで、浄配水系統全体の評価をおこなうことが可能となる。

## 2. 活用にあたっての留意事項

- ・今回の推計ツールは、広く事業者が使用できることを視野にいれてはいるものの、作成のひな形として大阪市水道局の実績データを入力することを前提に作成している。
- ・そのため、広く適用する場合は、推計ツール内の計算や、グラフ化の方法を修正する必要があることは注意すべき点である。

## E. 結論

- ・浄配水場の水輸送における電力削減ポテンシャル推計ツールを作成した。
- ・当該推計ツールを用いて、大阪市水道局庭窪浄水場 1・2 系～異配水場～長居配水場について令和 3 年度運用データを用いて評価した結果、庭窪浄水場 2 系取水ポンプ、揚水ポンプ、異配水場流入弁において電力削減ポテンシャルが存在することがわかった。
- ・また全体として、3693 万 kWh の使用電力に対し、電力削減ポテンシャルが 227 万 kWh、CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルは、基礎排出係数で 678t-CO<sub>2</sub>、調整後排出係数で 705t-CO<sub>2</sub> 存在することがわかった。

## F. 参考文献

- 厚生労働省医薬・生活衛生局水道課, (株)日水コン. 脱炭素水道システム構築へ向けた調査等一式報告書 (令和 2 年 6 月). 厚生労働省, 2020.
- 環境省. 電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用)ーR3 年度実績ー. 環境省, 2023.
- (公社) 日本水道協会. 水道用ポンプマニュアル 2015 年版. (公社) 日本水道協会, 2016.
- (公社) 日本水道協会. 水道用バルブハンドブック 2015 年版. (公社) 日本水道協会, 2016.

## G. 健康危険情報

なし

## H. 研究発表

なし

表 1 既報告における評価項目

評価項目	削減ポテンシャル (百万 kWh/年)	相対評価
A インバーターの導入	481	大
B 高効率モーターの導入	134	中
C 位置エネルギーに優れる水源からの優先取水	0.1	小
D 受水圧力の活用	312	大
E 受変電設備の更新	33	小
F 配水ブロックの見直し	7	小
G 位置エネルギーの利用 (施設統廃合等)	317	大
H 位置エネルギーの利用 (広域化等)	1070	特大

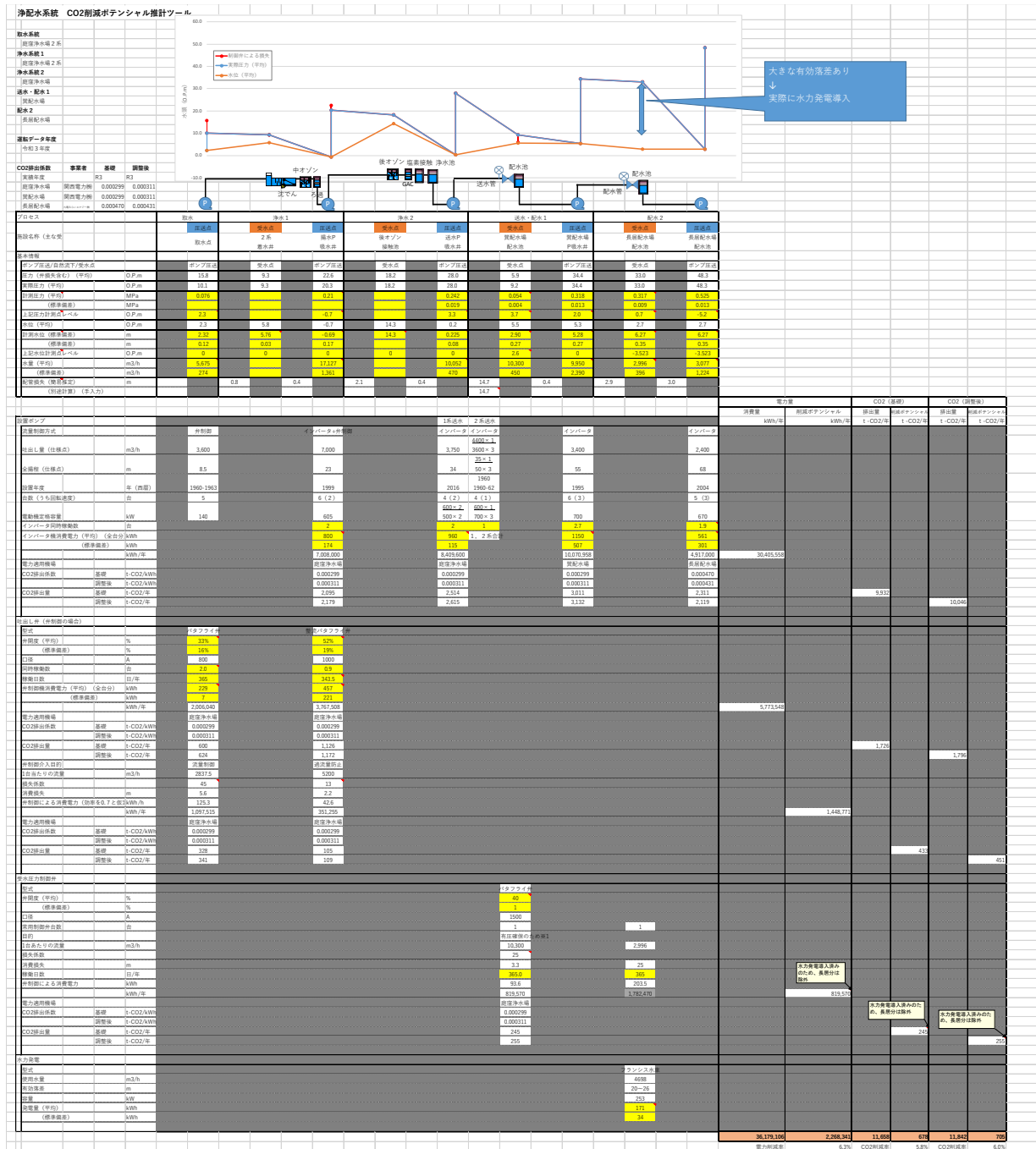


図1 CO<sub>2</sub>削減ポテンシャル推計ツール (庭窪浄水場2系)



# 庭窪浄水場 系統図

今回主検討ライン  
 追加検討ライン

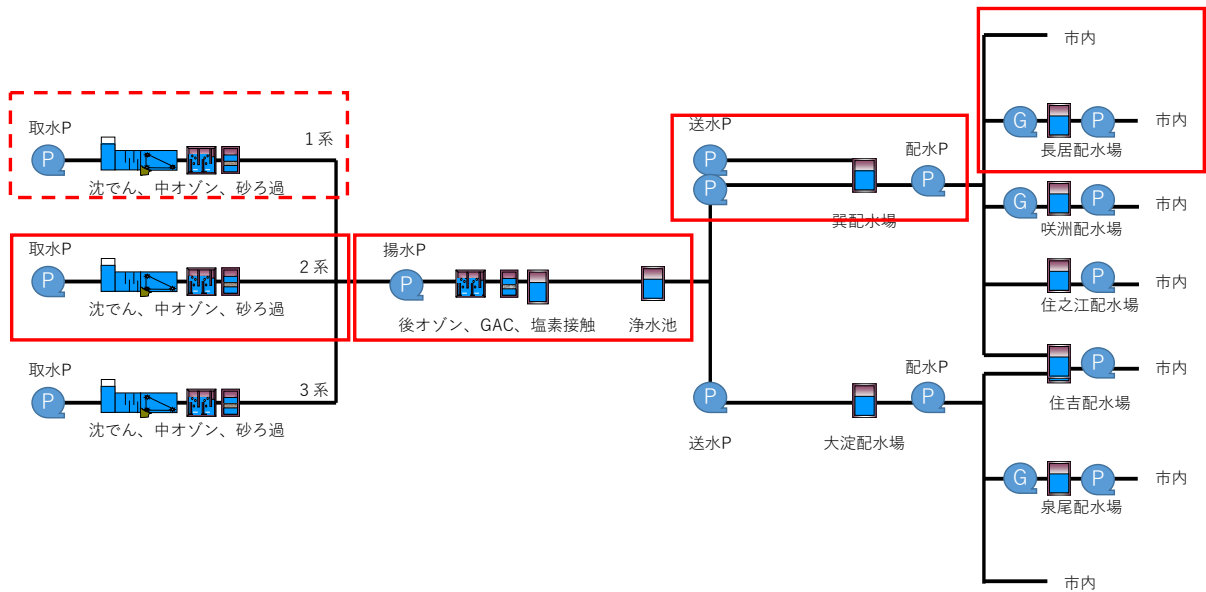


図3 庭窪浄水場系統図（今回の検討対象を図示）

表2 庭窪浄水場 評価に用いた資料

必要となる資料	データの期間	必要な項目	備考
水位高低に関する資料	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・受水点標準レベル</li> <li>・圧送点標準レベル</li> </ul>	水位計自体が標準レベルを示す点については不要
ポンプ諸元	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・仕様点</li> <li>・設置年度</li> <li>・台数</li> <li>・電動機定格容量</li> <li>・性能曲線</li> <li>・システムカーブ</li> </ul>	吐出し圧力のデータがない場合、流量をもとに性能曲線から算出するために必要
制御弁諸元	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・型式</li> <li>・口径</li> <li>・台数</li> <li>・損失係数</li> <li>・制御目的</li> </ul>	損失係数は、型式から水道用バルブハンドブックで一般的な損失係数を探しても可
時別取水量、送水量、配水量	R3年度		号機別が望ましい
時別水位	R3年度		号機別が望ましい
時別圧力（水压）	R3年度		号機別が望ましい
時別電力使用量	R3年度		号機別が望ましい
小水力発電事業による時別発電量	R3年度		号機別が望ましい