

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

水道システムにおけるCO₂削減ポテンシャルの推計と推計手順の提案

研究代表者	小坂浩司	国立保健医療科学院生活環境研究部
研究分担者	秋葉道宏	国立保健医療科学院生活環境研究部
	下ヶ橋雅樹	叡啓大学ソーシャルシステムデザイン学部
	酒井宏治	東京都立大学都市環境学部

研究要旨

モデル事業体を対象に、電力使用量の把握や削減ポテンシャルの推計に必要なデータや情報を入手し、解析を行った。CO₂削減ポテンシャルの推計を行う対策オプションは、①管理強化、運用見直しとして、①-1 受水圧力を活用した配水、①-2 ポンプ運転台数の見直しを、②設備改善、設備付加として、②-1 ポンプのインバータ化を、③プロセスの変更、高効率機器の導入として、③-1 自己水源の廃止、用水供給事業から浄水場への直接受水と配水池の位置エネルギー活用を、④再生可能エネルギーの導入として、④-1 太陽光発電、④-2 小水力発電の導入を採り上げた。その結果、CO₂削減量は、対策オプションが①-1 の場合は 14.3 t-CO₂/年（インバータ導入後では 9.1 t-CO₂/年）、①-2 の場合は 21.7 t-CO₂/年、②-1 の場合は 98.4 t-CO₂/年、③-1 の場合は 538.7 t-CO₂/年、④-1 の場合は 35.8 t-CO₂/年、④-2 の場合は 31.5 t-CO₂/年と推計された。また、検討結果を踏まえ、他の事業体が自らのCO₂削減ポテンシャルを推計するための手順について、情報収集から削減ポテンシャルの推計方法までを整理し、その手順を示した。

A. 研究目的

水道事業を対象としたCO₂削減ポテンシャルの概算は示されているが¹⁾、推計にあたり仮定も多く（エネルギー原単位分析等）、事業体が対策を行うには各水道システムに応じたCO₂削減方策の選定とCO₂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、CO₂排出削減は、全分野、全事業者に課されていく。どこに削減ポテンシャルがあるかが明らかとなれば、水道事業体は削減対策を一つ一つ探していくのではなく、実情に応じて優先して取り組むCO₂削減対策を選択し、実施することができる。

本研究では、モデル水道事業体を選定し、必要な情報（例：エネルギー原単位分析に必要な電力機器の消費電力量とその因子の詳細）を入手して、CO₂削減ポテンシャルの精緻な推計を行う。また、その結果を踏まえて、CO₂削減ポテンシャルの精緻な推計手順を整理する。

B. 研究方法

F 事業体の F1 浄水場（地下水を水源）、F2～F4 送水所（用水供給事業から受水、F3 は一部、F1 への連絡送水）の送配水システムを対象に、解析を行った。対象解析年度は 2020 年度とした。

F 事業体から以下のデータや情報を入手した。

- ・水道事業年報
- ・ポンプ、電動機一覧と諸元
- ・省エネルギー対策の実施状況
- ・浄水池、配水池の諸元（容量、標高、HWL、LWL）
- ・年間の電力使用量
- ・運転日報（特別の水位、圧力、水量、電力使用量、電圧、電流値、ポンプ運転時間が把握できるもの）
- ・単線結線図
- ・ポンプの試験成績結果（特性曲線含む）
- ・ポンプに接続する管路の諸元（口径、延長）

CO₂削減ポテンシャルの推計を行う、対策オプションとして、以下を採り上げた。

①管理強化、運用見直し

- ・受水圧力を活用した配水

F4では、現在は受水した浄水を配水池で圧力開放し、その後配水ポンプにより配水をしているが、受水圧を活用して配水を行うことにより、電力使用量を削減する。

- ・ポンプ運転台数の見直し

F1の配水ポンプは、全体効率が最も高くなる吐出量の時に運転台数が1台から複数台へととなり、全体効率が低下している。運転台数を1台とすることにより効率の高い状態で運転する。

②設備改善、設備付加

- ・ポンプのインバータ化

固定速となっているF4のポンプをインバータ化することにより、電力使用量を削減する。

③プロセスの変更、高効率機器の導入

- ・自己水源の廃止、F1直接受水とF1第2配水池の位置エネルギー活用

井戸からの取水ポンプとF3からF1への送水ポンプを廃止し、F1において直接受水する。

F1第2配水池の水位を送水ポンプの一次側として、位置エネルギーを活用し、ポンプの全揚程を低下させることで電力使用量を削減する。

④再生可能エネルギーの導入

- ・太陽光発電の導入

F1の敷地に太陽光発電を導入する。

- ・小水力発電の導入

受水地点に小水力発電を導入する。

また、F事業体での解析を踏まえて、CO₂削減ポテンシャルの精緻な推計手順を作成し、提案した。

C. 結果およびD. 考察

1. 電力使用量とエネルギー効率の把握とCO₂削減ポテンシャルの推計

1. 1 電力使用量とエネルギー効率の把握

(1) 電力使用量の把握

水道施設における2018年度の電力使用量は491万kWhであった。F1での電力使用量が全体の50%を占め、F1の場外にある井戸の取水のための動力

が全体の10%を占めていた。F4、F3、F2の占める割合はそれぞれ13%、15%、12%であった。

F1～F4の設備・工程毎の電力使用量を整理した(表1)。F3、F2、F1では配水ポンプによる電力使用量がほとんどであるが、F1では井戸からの取水ポンプの電力使用量が配水ポンプの電力使用量と同程度であった。また、その他浄水施設による電力使用量も全体の25%を占めていた。

(2) エネルギー効率の把握

F1～F4の4つの施設の配水量と電力量から電力量原単位を算定して、エネルギー効率を比較した。4つの施設の水位高低図を作成したところ、以下のことが示された。

- ・F1の配水圧が他の3つの施設よりも高いが、4つの配水系統には大きな配水圧の差はなかった(給水区域は平坦で高低差が小さく、配水圧に差はない)。
- ・F4とF2は、受水圧の最大値と配水圧の最大値が同程度で、受水圧を加圧しないで配水可能となる時間帯があることから、時間帯によっては直接受水圧で直接配水することが考えられた。
- ・F3とF2は、高低差も配水圧もほぼ同じで、電力量原単位が同程度となっていることの裏付けとなっていた。

F1～F4の各ポンプについて、日報等の運転管理情報から、電力使用量の把握を行った。配水日報毎時記録では、以下の式^{2,3)}を用いて、ポンプ全体効率の算定(電力量に対する仕事量の割合)を行った(表2)。

$$\begin{aligned} \text{ポンプ全体効率(\%)} &= \text{仕事量(kWh)} \div \text{電力量(kWh)} \\ &= \text{配水量(m}^3\text{/h)} \times \text{実揚程(m)} \times 0.002724 \\ &\quad \div \text{実揚程(m)} \\ &= \text{ポンプ吐出圧(m)} - \text{ポンプ吸込圧(m)} \\ &\quad \div \text{ポンプ吐出圧(m)} \\ &= \text{配水圧力(m)} + \text{水圧計地盤高(m)} \end{aligned}$$

ポンプ吸込圧 (m)

$$= \text{配水位 (m)} + \text{配水池最低水位、LWL (m)}$$

F 事業体の配水ポンプの稼働状況について、ポンプ全体効率、流量の確認を行った。配水ポンプでは同じ仕様のポンプでは、全体効率に大きな差はないことが確認できた。現在の運転状況では、同じ稼働状況でポンプの性能が低下しているポンプはなく、ポンプ全体効率を改善するために、整備、交換等の必要はないと考えられた。また、F4の固定速ポンプの流量は、バルブ開度で流量を調整していることから、ポンプ全体効率も小さい値となっていた。さらに、定格流量に対する平均流量の割合が約30%以下であることから、ポンプ容量を現在のものから小さいものへ交換することも考えられた。

送水所の配水量（流量）ごとに運転時間、全揚程、運転台数、電力量、水動力、ポンプ全体効率を算定し、効率が悪くなる流量条件を確認し、少ない流量での効率が低いことを確認した。F4では、ポンプのインバータ化、他の送水所では、可能であれば、夜間は受水水圧の活用や他系統接続によるポンプ停止（高い効率の送水所の優先運転）を検討することが対策として考えられた。

また、F1の配水ポンプについてポンプ特性曲線上に実際の運転点をプロットしたところ、ポンプは性能通りの能力を発揮していることが確認された。7~8 m³/min となる時間数の割合が最も大きい、3 m³/min 未満となる時間数の割合も1割程度あった。また、ポンプ吐出し量が8~12 m³/minの運転区間においては、ポンプの全体効率が性能試験の結果よりもやや低い値となっていた。ポンプ吐出し量が8~12 m³/minの運転区間では、ポンプの運転台数が2台以上となっており、並列運転のために全体効率が低下している可能性が考えられた。

1. 2 CO₂削減ポテンシャルの推計

1. 2. 1 電力使用量削減ポテンシャルの推計

(1) 管理強化、運用見直しによるCO₂削減ポテンシャル

①受水圧力を活用した配水

F4において、夜間は受水圧で直接配水し、配水ポンプを停止して、電力使用量を削減することを検討した。配水位の実績最低が31 mであることから、受水圧が31 m以上かつ夜間の3号ポンプのみ稼働している時間帯を停止することとして、削減量を算定した。3号ポンプのみ稼働している夜間の電力使用量の74,334 kWh/年の内、受水圧が31 m以上となっている時間帯の電力使用量の32,332 kWh/年が削減可能となる。なお、後述するインバータ導入により電力使用量が削減されている場合は、20,660 kWh/年が削減可能となる。

②ポンプの運転台数の見直し

F1、F3、F2の配水ポンプは可変速のものが複数台設置されており、回転速度制御と台数制御の組み合わせとなっている。

F1の配水ポンプの諸元は、全揚程60 m、吐出し量10 m³/minであるが、ポンプの運転実績を整理したところ実際の運転では全揚程が48 m程度に抑えられているため、現在の全揚程を前提とすれば配水ポンプ1台で吐出し量12 m³/minまで対応できる可能性がある。実際の運転状況を確認すると、吐出し量8~12 m³/minの範囲は並列運転となっており、その間のポンプ全体効率は、ポンプ性能試験結果の全体効率よりも低くなっていた。この運転範囲においてポンプを単独運転とすれば、回転速度が並列運転の時よりも上昇し、ポンプの全体効率が現状よりも高くなる（全体効率70~75%程度になる）ことが期待される。

以下の式により配水ポンプを単独運転とした場合の電力使用量を推計し、運転台数の見直しによる電力使用量の削減効果を算定した。

単独運転とした場合のポンプ軸動力(kW)

$$= \text{水動力(kW)} \div \text{単独運転の場合の全体効率 (0.7 ~ 0.75)}$$

電力使用量(kWh)

$$= \text{ポンプ軸動力(kW)} \times \text{運転時間(h)}$$

吐出量 8~12 m³/min の範囲ではポンプ単独運転とすることにより、49,315 kWh の電力使用量の削減が期待された。

(2) 設備改善、設備付加による CO₂ 削減ポテンシャル

①ポンプのインバータ化

固定速から可変速へと変更した場合の省エネルギー量は以下の式⁴⁾により算定される。

$$Pe = Pn \times \{ (Hm - Px) - (Hm - 1) \times Qx^2 \} \times Qx$$

Pe : 省エネルギー電力量 (kW)

(インバータ導入前後のエネルギー量の差分)

Pn : 定格軸動力

Px : 計測圧力比率

(計測圧力 ÷ ポンプの全揚程)

Hm : 締め切り圧力比

(締め切り圧力 ÷ ポンプの全揚程)

Qx : 計測流量比率

(計測流量 ÷ ポンプの定格流量)

固定速制御となっている F4 の配水ポンプについて、可変速制御 (インバータ制御) を導入することによる、電力量の削減効果を時間毎に算定した。全体の削減量の算定では、計測流量ごとに省エネルギー電力量を算定したものをインバータ導入前の電力量で除すことで求めた。

表 3 に F4 のポンプのインバータ化による電力使用量の削減ポテンシャルを示す。年間で 223,061 kWh/年の削減が可能となった。

(3) プロセスの変更、高効率機器の導入による CO₂ 削減ポテンシャル

①自己水源の廃止、F1 直接受水と F1 第 2 配水池の位置エネルギー活用

自己水源の廃止による取水ポンプの電力使用量および F1 直接受水による F1 への送水ポンプの電力使用量を削減した場合について検討した。なお、F1 では用水供給事業の水を F1 第 2 号配水池で受水することから、第 2 配水池の水位を配水ポンプの一次圧とすることによりポンプの全揚程を低下させた場合 (ポンプを更新した場合) の電

力使用量の削減量を求めた (表 4)。その結果、自己水源廃止により 851,482 kWh/年、F3 から F1 への送水停止により 207,344 kWh/年、ポンプ更新により 162,665 kWh/年の電力使用量の削減となり、合計 1,221,491 kWh/年の削減が推計された。

なお、ポンプ更新した場合の電力使用量の削減量は、計画水量、ポンプ台数、1 台当たり吐出量は現状と同じとし、全揚程を 8.9 m 低下させた場合として、以下の式により試算した。

電力使用量の削減量 (kWh)

$$= 0.163 \times Q (\text{m}^3/\text{min}) \times \Delta H (\text{m}) \\ \div (\text{ポンプ効率} \times \text{電動機効率}) \\ \times \text{年間運転時間 (h)}$$

(4) 再生可能エネルギーの導入による CO₂ 削減ポテンシャル

①太陽光発電

太陽光発電システムの年間システム発電電力量の推計方法は、JIS C8907⁵⁾に規定されている。以下の式を用いて、発電電力量を推計した。

$$EPm = HAm / Gs \times PAS \times K$$

$$K = K' \times KPT$$

$$KPT = 1 + \alpha Pmax \times (TCR - 25) / 100$$

$$TCR = TAV + \Delta T$$

EPm : 年間発電量 (kWh/月)

HAm : 月積算傾斜面日射量 (kWh/m²月)

Gs : 標準試験条件における日射強度 (kW/m²)
(= 1.0 kW/m²)

PAS : アレイ出力 (kW)

K : 月別総合設計係数

K' : 基本設計係数

(総合設計係数から温度補正係数を除いたもの)

KPT : 温度補正係数 (-)

$\alpha Pmax$: 最大出力温度係数 (%/°C)

TAV : 月平均気温

TCR : 加重平均太陽電池モジュール温度 (°C)

ΔT : 加重平均太陽電池モジュール温度上昇 (°C)

Google map より、太陽光発電システムの設置可能面積 A を 870 m² とした場合の発電量について検

討した。その結果、年間システム発電電力量は、81,235 kWh/年と算出された。

太陽光発電設備を設置できる面積 $A=870 \text{ m}^2$
太陽光発電の出力 $PAS=870 \times 0.0833=72 \text{ kW}$
基本設計係数 $K'=0.76$

(系統連系形の場合を想定)

方位角 0° (南向き)

傾斜角：年間最適傾斜角

②小水力発電

F2 について、以下の式により発電機の出力を求めた⁶⁾。発電電力量は、71 千 kWh と算定され、F2 における電力使用量の 12% となった。

$$P=9.8 \times Q \times H \times \eta_t \times \eta_g$$

P：発電出力 (kW)

Q：使用水量 (m^3/s)

H：有効水頭 (落差) (m)

η_t ：水車効率 (0.75~0.9)

η_g ：発電効率 (0.82~0.93)

1. 2. 2 CO₂削減ポテンシャルの推計

前項で整理した電力使用量削減ポテンシャルを基に、CO₂削減ポテンシャルを算定した。

表 5 に、削減ポテンシャルとして、F4 ポンプの可変速制御導入、受水圧活用を採り上げた場合の、電力使用量、CO₂削減ポテンシャルを示す。CO₂排出係数は、環境省・経済産業省が公表した資料⁷⁾から代替値 (0.000441 t-CO₂/kWh) を用いた。CO₂削減量は、対策オプションが「受水圧を活用した配水」の場合は 14.3 t-CO₂/年 (インバータ導入後では 9.1 t-CO₂/年)、「ポンプ運転台数の見直し」の場合は 21.7 t-CO₂/年、「ポンプのインバータ化」の場合は 98.4 t-CO₂/年、「自己水源の廃止、F1 直接受水と F1 第 2 配水池の位置エネルギー活用」の場合は 538.7 t-CO₂/年、「太陽光発電の導入」の場合は 35.8 t-CO₂/年、「小水力発電の導入」の場合は 31.5 t-CO₂/年と推計された。

なお、F 事業体における、2020 年度の CO₂排出量 (2020 年度実績) は、F1 (場内) が 1,023 t-CO₂/年、F2 が 348 t-CO₂/年、F3 が 278 t-CO₂/年、

F4 が 292 t-CO₂/年で、合計 1,941 t-CO₂/年であった。

2. 事業体における CO₂削減ポテンシャル推計の手順の提案

これまでの検討結果を踏まえ、他の事業体が自らの CO₂削減ポテンシャルを推計するための手順について、情報収集から削減ポテンシャルの推計方法までを整理した。水道事業体における CO₂削減ポテンシャルを推計する際の検討フローを図 1 に示す。

(1) 検討に必要なデータの収集

CO₂削減ポテンシャルの推計に必要と考えられる情報を表 6 に示す。

(2) 現状把握 (実績整理) と対策検討に向けた分析

1) 収集データ (実績) の整理による現状把握

①施設・設備諸元の整理

設置されている配水池等の施設に加え、ポンプや電動機等の設備諸元を、系統ごとに整理する。この際、インバータが設置されている設備や三相式の設備については、併せて表に整理する。

②水位高低図の作成

収集したデータを踏まえ、水位高低図を作成する。

③系統別・工程別・設備別電力使用状況の整理

系統別・工程別・設備別の電力使用量を整理し、見える化する。また、施設別の電力使用量と配水量・送水量から、配水量・送水量当たりの電力使用量を整理する。この結果を踏まえて、電力使用原単位が大きく優先的に対策を取るべき施設の絞り込みを行う。なお、日報においてポンプ設備の電力使用量が計測されていない場合には、電流、電圧、力率、運転時間より電力量を推計し、各設備の電力使用量を推計する。

④再生可能エネルギーによる発電量の整理

既に再生可能エネルギーによる発電を実施している事業体については、実績データの整理を行う。

2) 収集データを基にした分析と対策の抽出

①工程別・設備別の電力量原単位の評価

・電力量原単位の整理

工程別・設備別に電力量原単位を算定し、エネルギー効率を比較する。

・実際の運用状況を踏まえた電力量原単位に関する考察の実施

当該事業体の施設に関する水位高低図を作成し、電力量原単位の違いへの追加情報、施設間の高低差を整理し、ポンプによる揚水エネルギーの使用状況との関係を考察する。

②ポンプ運転効率の評価

先に整理したポンプについて、日報等の運転管理情報から電力使用量を把握し、ポンプ運転効率を試算する。日報の毎時記録を基に、ポンプが単独運転している時間帯を抽出の上、ポンプの全体効率を明らかにする。算出したポンプ運転効率と、ポンプの吐出量との関係をグラフにプロットして整理する(図2)。このグラフをポンプ毎に作成していくことで、運転効率の改善に向けた分析に繋がる。

③ポンプ運転性能の評価

ポンプの特性曲線上に実際の運転点をプロットする。このような整理から、ポンプが規定通りの性能を発揮しているかを把握することができる。

(3) 対策の検討

1) 管理強化・運用見直し

①受水圧力を活用した配水

I) 検討余地の把握

受水圧力の活用による消費電力量の削減については、図3に示す系統に対して検討の余地があると考えられる。

II) 削減ポテンシャルの定量化

水道事業体が受水圧力を活用した場合の削減ポテンシャルを定量化する。

②ポンプ運転台数の見直し

I) 検討余地の把握

インバータを導入したポンプを複数台設置している場合に検討の余地があると考えられる。

II) 削減ポテンシャルの定量化

実際の運転状況を確認した時、並列運転となっている期間のポンプ全体効率がポンプ性能試験結果の全体効率よりも低くなっている場合には、ポンプを単独運転とすると、並列運転の時よりも上昇し、ポンプの全体効率が現状よりも高くなることが期待される。このような場合には、以下の式によりポンプを単独運転とした場合の電力使用量を推計し、運転台数の見直しによる電力使用量の削減効果を算定する。

2) 設備改善、設備付加

①ポンプのインバータ化

I) 検討余地の把握

インバータ導入による消費電力量の削減については、図4に示す系統に対して検討の余地があると考えられる。

II) 削減ポテンシャルの定量化

水道事業体がインバータ導入を行った場合の削減ポテンシャルを定量化する。

3) プロセスの変更、高効率機器の導入

①ポンプ設備の更新

I) 検討余地の把握

電動機の更新による消費電力量の削減については、図5に示す系統に対して検討の余地があると考えられる。

II) 削減ポテンシャルの定量化

水道事業体がポンプ更新を行った場合の削減ポテンシャルを定量化する。電動機の効率については、既掲載のような対比表を用いて評価する。更新するポンプ形式が決まっている場合には、メーカーカタログより、ポンプの吐出し量と全揚程から、原動機出力求める方法もある。

②水道システムの変更

a. 施設統廃合による消費電力の削減

I) 検討余地の把握

施設統廃合による消費電力量の削減については、図6に示す系統に対して検討の余地があると考えられる。

II) 削減ポテンシャルの定量化

水道事業者が施設統廃合を行った場合の削減ポテンシャルは、単純な机上計算では算出できない。このため、既に計画を立案し検討を行っている事業者においてのみ、対策前後の電気使用量削減ポテンシャルを整理する。

b. 配水ブロック見直しによる消費電力の削減

I) 検討余地の把握

配水ブロックの見直しによる消費電力量の削減については、図7に示す系統に対して検討の余地があると考えられる。

II) 削減ポテンシャルの定量化

水道事業者が配水ブロックの見直しを行った場合の削減ポテンシャルは、単純な机上計算では算出できない。このため、既に計画を立案し検討を行っている事業者においては対策前後の電気使用量削減ポテンシャルを整理する。

4) 再生可能エネルギーの導入

①太陽光発電の導入

I) 検討余地の把握

太陽光発電の導入または拡充による使用電力量の相殺については、図8に示す系統に対して検討の余地があると考えられる。

II) 削減ポテンシャルの定量化

水道事業者が太陽光発電の導入または拡充を行った場合の削減ポテンシャルについて、各月の発電量を定量化する。

②小水力発電の導入

I) 検討余地の把握

小水力発電の導入または拡充による使用電力量の相殺については、図9に示す系統に対して検討の余地があると考えられる。

II) 削減ポテンシャルの定量化

水道事業者が小水力発電の導入または拡充を行った場合の削減ポテンシャルを定量化する。

III) 経済性の検討

予測される年間発電量を基に経済性の検討を行う必要がある。発電原価を算出し、電力会社から購入している買電単価と比較することにより、発電計画の経済性をおおよそ判断することができる。

(4) CO₂削減ポテンシャルの推計

前段で整理した各対策における削減電力使用量を用いて、当該事業者におけるCO₂削減ポテンシャルを算定する。電力使用量の削減ポテンシャルに、当該事業者が契約している電気事業者別排出係数を掛け合わせて算出する。排出係数は、検討段階で公表されている最新値を用いる。なお、排出係数には、基礎排出係数と、再生可能エネルギー電力の調達等の取組みが反映された調整後排出係数の2種類がある。当該事業者の地球温暖化対策実行計画などの諸計画で用いられている排出係数を使用することを第一に検討する。

E. 結論

モデル事業者を対象に、電力使用量の把握や削減ポテンシャルの推計に必要なデータや情報を入手し、解析を行った。CO₂削減ポテンシャルの推計を行う対策オプションは、①管理強化、運用見直しとして、①-1 受水圧力を活用した配水、①-2 ポンプ運転台数の見直しを、②設備改善、設備付加として、②-1 ポンプのインバータ化を、③プロセスの変更、高効率機器の導入として、③-1 自己水源の廃止、用水供給事業から浄水場への直接受水と配水池の位置エネルギー活用を、④再生可能エネルギーの導入として、④-1 太陽光発電、④-2 小水力発電の導入を採り上げた。

その結果、CO₂削減量は、対策オプションが①-1 の場合は14.3 t-CO₂/年（インバータ導入後では9.1 t-CO₂/年）、①-2 の場合は21.7 t-CO₂/年、②-1 の場合は98.4 t-CO₂/年、③-1 の場合は538.7 t-CO₂/年、④-1 の場合は35.8 t-CO₂/年、④-2 の場合は31.5 t-CO₂/年と推計された。

また、検討結果を踏まえ、他の事業者が自らのCO₂削減ポテンシャルを推計するための手順について、情報収集から削減ポテンシャルの推計方法を整理し、その手順を示した。

F. 謝辞

解析に必要なデータの提供、関連する情報について、調査対象の水道事業者からご協力をいただいた。本報告書の作成にあたり、株式会社日水コンにご協力をいただいた。公益社団法人日本水道協会工務部、公益財団法人水道技術研究センター、大阪市水道局からは、報告書のレビュー、助言をいただいた。ここに記して深く謝意を表する。

G. 健康危険情報

該当なし

H. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

該当なし

I. 知的財産権の出願・登録状況（予定も含む。）

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

J. 参考文献

- 1) 厚生労働省医薬・生活衛生局水道課，株式会社日水コン．脱炭素水道システム構築へ向けた調査等一式報告書．2020．
- 2) 社団法人日本水道工業団体連合会．首都圏水循環検討委員会報告書．首都圏における低炭素化を目標とした水循環システム実証モデル事業，2008．
- 3) テラル株式会社．参考資料 単位換算表．https://faq.teral.net/attachment_file/faq?id=490.pdf&site_domain=public
- 4) 東芝シュネゲール・インバータ株式会社．インバータアプリケーションマニュアル，インバータ駆動による省エネ効果（ファン・ポンプ制御）．
- 5) 日本産業規格．太陽光発電システムの発電電力量推定方法（JIS C8907）．2005．
- 6) 公益社団法人日本水道協会．水道施設設計指2012年版．2012．
- 7) 環境省，経済産業省．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）-R3 年度実績- R5.1.24．<https://www.env.go.jp/content/000049975.pdf>

表1 設備・工程毎の電力使用量 (2020年度)

		F1 (場内)	F3	F2	F4	計
電力使用量 (kWh/年)	取水ポンプ計	851,482				851,482
	揚水ポンプ計	19,493				19,493
	配水ポンプ計	868,059	716,677	524,544	584,052	2,693,332
	その他浄水施設等	579,906	71,832	106,586	78,454	836,778
	合計	2,318,940	788,509	631,130	662,506	4,401,085

表2 単独運転時のポンプ全体効率

施設名称	設備名称	ポンプ 製造年	電動機定格 電圧 (V)	力率 (%)	ポンプ全体効 率 (最大) (%)	ポンプ全体効 率 (最小) (%)	ポンプ全体効 率 (加重平 均) (%)
F1 (可変速)	1号	H10	440	76	144.4	21.2	61.1
	2号	H10	440	76	71.9	20.4	58.8
	3号	H10	440	76	73.3	21.0	59.5
	4号	H10	440	76	71.4	20.6	58.2
F2 (1~3号可変速) (4号固定速)	1号	H25	440	98	81.6	7.6	44.5
	2号	H25	440	96	90.3	10.7	43.9
	3号	H25	440	96	85.3	10.9	43.9
	4号 (送水)	H25	440	84	57.2	-5.7	48.4
F3 (可変速)	1号	S58	3,300	91	102.4	14.2	55.0
	2号	S58	3,300	—	休止	休止	休止
	4号	S58	3,300	99	104.0	12.7	49.1
	5号	S58	3,300	97	108.6	10.9	53.1
	6号	S58	3,300	99	102.3	13.1	51.0
F4 (固定速)	1号	S58	440	83	28.8	3.1	16.5
	2号	S58	440	82	30.3	3.9	16.5
	3号	S58	440	86	14.4	0.0	4.6

表3 F4のポンプのインバータ化による電力使用量の削減ポテンシャル

項目	1号ポンプ	2号ポンプ	3号ポンプ	合計
インバータ導入前、電力使用量 (kWh/年)、単独運転時	250,561	231,387	74,334	556,282
インバータ導入後、削減電力使用量 (kWh/年)、単独運転時	99,863	85,836	26,811	212,510
インバータ導入による電力使用量の削減割合 (%)	39.9%	37.1%	36.1%	38.2%
令和2年度電力使用量 (kWh/年)	261,796	242,041	80,215	584,052
令和2年度削減電力使用量 (kWh/年)	104,341	89,788	28,932	223,061

表4 F1のプロセス変更による電力使用量の削減ポテンシャル

項目	廃止対象または削減対象施設	数値	単位
自己水源廃止	1号取水ポンプ	163,363	kWh/年
	2号取水ポンプ	204,985	kWh/年
	3号取水ポンプ	207,749	kWh/年
	5号取水ポンプ	275,385	kWh/年
	小計	851,482	kWh/年
送水廃止	中央4号配水ポンプ (送水)	207,344	kWh/年
2号配水池活用	配水量 (時間平均)	469.7	m ³ /h
	1号配水池年間平均水位	4.5	m
	2号配水池年間平均水位	13.4	m
	配水ポンプ総合効率	61	%
	削減電力使用量=0.163×Q/60×ΔH/全体効率×年間運転時間	162,665	kWh/年
合計		1,221,491	kWh/年

表 5 F 事業体における電力使用量と CO₂ 削減ポテンシャル（検討対象施設）

区分	対策メニュー	対策の内容	削減電力量 (kWh/年)	CO ₂ 削減量 (t-CO ₂ /年) ※
管理強化、 運用見直し	受水圧力を活用した配水	F4 では、現在は用水供給事業から受水した浄水を配水池で圧力開放し、その後配水ポンプにより配水をしているが、受水圧を活用して配水を行うことで、電力使用量を削減する。	32, 332 (インバータ導入後の場合 20, 660)	14. 3 (9. 1)
	ポンプ運転台数の見直し	F1 の配水ポンプは、全体効率が最も高くなる吐出量の時に運転台数が 1 台から複数台へとされており、全体効率が低下している。運転台数を 1 台とすることにより効率の高い状態で運転する。	49, 315	21. 7
設備改善、 設備付加	ポンプのインバータ化	固定速となっている F4 のポンプをインバータ化することにより、電力使用量を削減する。	223, 061	98. 4
プロセスの 変更、高効率 機器の導入	自己水源の廃止、F1 直接受水、F1 第 2 配水池の位置エネルギー活用	井戸からの取水ポンプと F3 から F1 への送水ポンプを廃止し、F1 で用水供給事業の水を直接受水する。 F1 第 2 配水池の水位を送水ポンプの一次側として、位置エネルギーを活用し、ポンプの全揚程を低下させることで電力使用量を削減する。	1, 221, 491	538. 7
再生可能エ ネルギーの 導入	太陽光発電の導入	F1 の敷地に太陽光発電を導入する。	81, 235	35. 8
	小水力発電の導入	受水地点に小水力発電を導入する。	71, 374	31. 5

※CO₂ 排出係数は 0.000441 t-CO₂/kWh を用いた⁹⁾

表 6 収集すべき情報一覧

No	資料名	収集目的
1	水位高低図	対策検討（位置エネルギーの活用）
2	電力使用量	現状把握（効率的な運転の実施有無）
3	対策の取組状況	対策検討（今後実施できる対策のリストアップ）
4	系統別の浄水量、送水量、配水量（時別）	現状把握（効率的な運転の実施有無）
5	工程別の電力使用量（時別）	現状把握（効率的な運転の実施有無）
6	再生可能エネルギーによる発電量（時別）	現状把握（再生可能エネルギーの活用余地を把握） 対策検討（再生可能エネルギーの活用）
7	ポンプ運転状況（日報レベル）	現状把握（効率的な運転の実施有無）
8	水道事業経営計画	対策検討
9	メーカー技術資料（ポンプの特性曲線）	現状把握（効率的な運転の実施有無） 対策検討（ポンプ効率化等による削減ポテンシャルの推定）

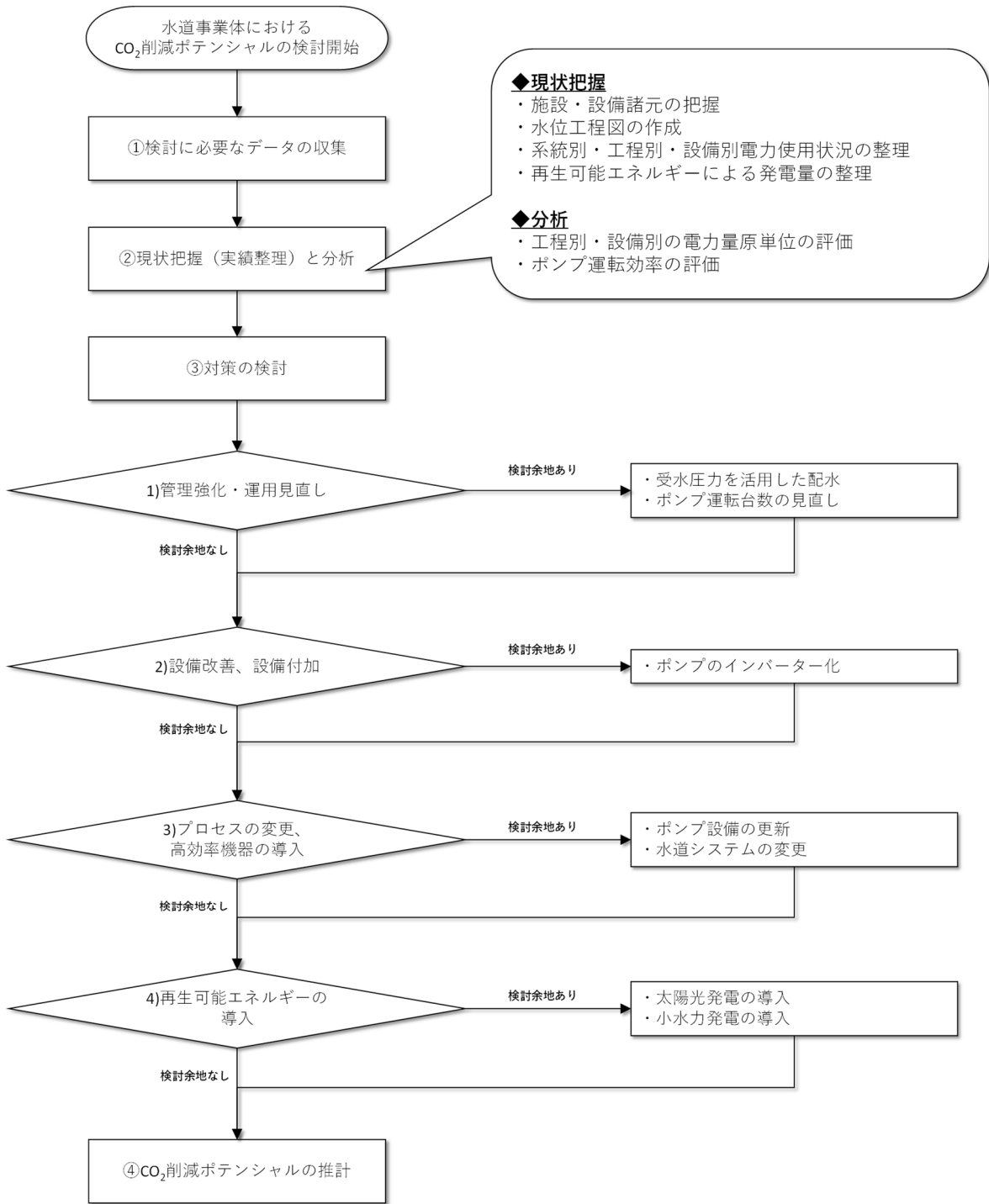


図1 水道事業体における CO₂削減ポテンシャルの検討フロー

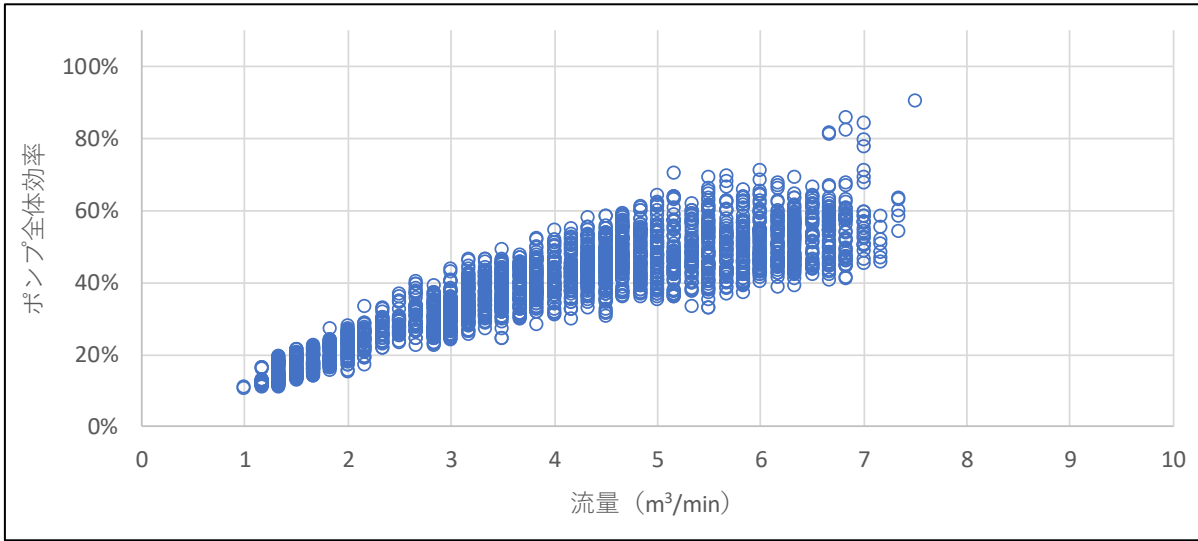


図2 ポンプ運転効率の見える化

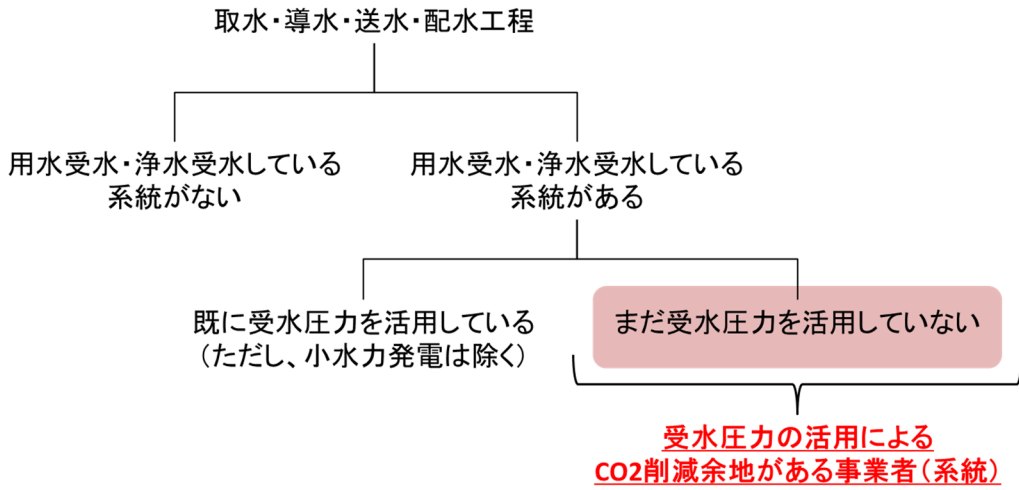


図3 受水圧力活用の検討余地

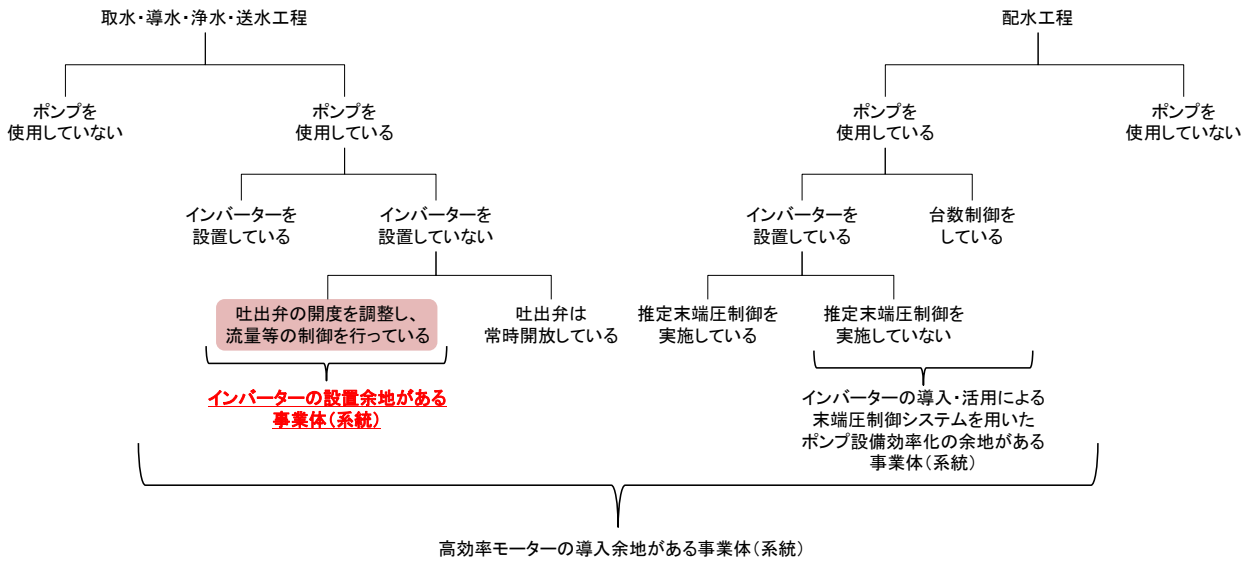


図4 インバータ導入の検討余地

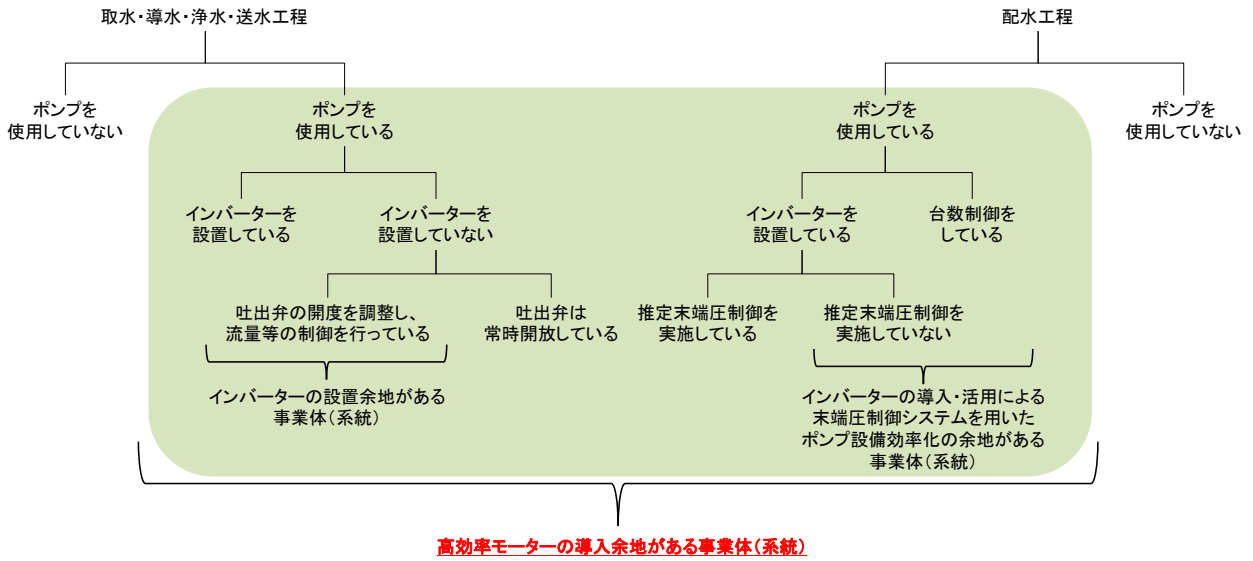


図 5 電動機更新の検討余地

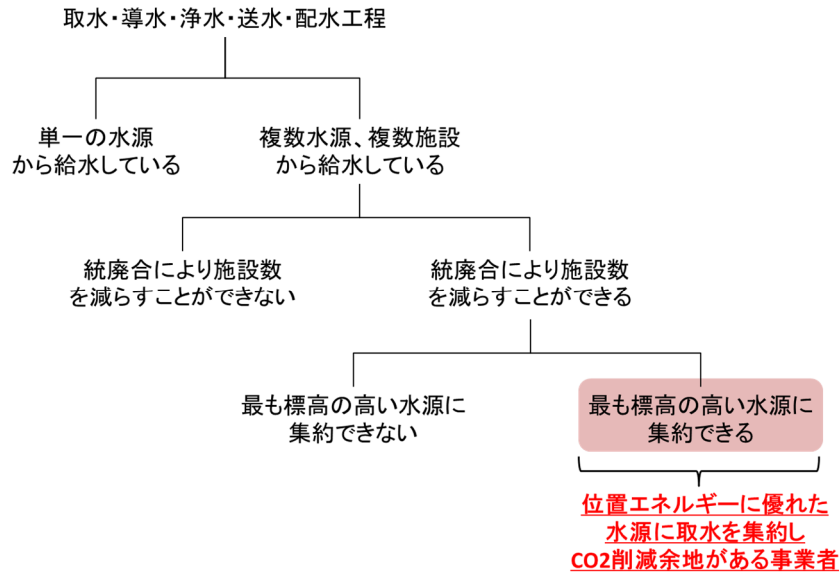


図 6 施設統廃合による削減の検討余地

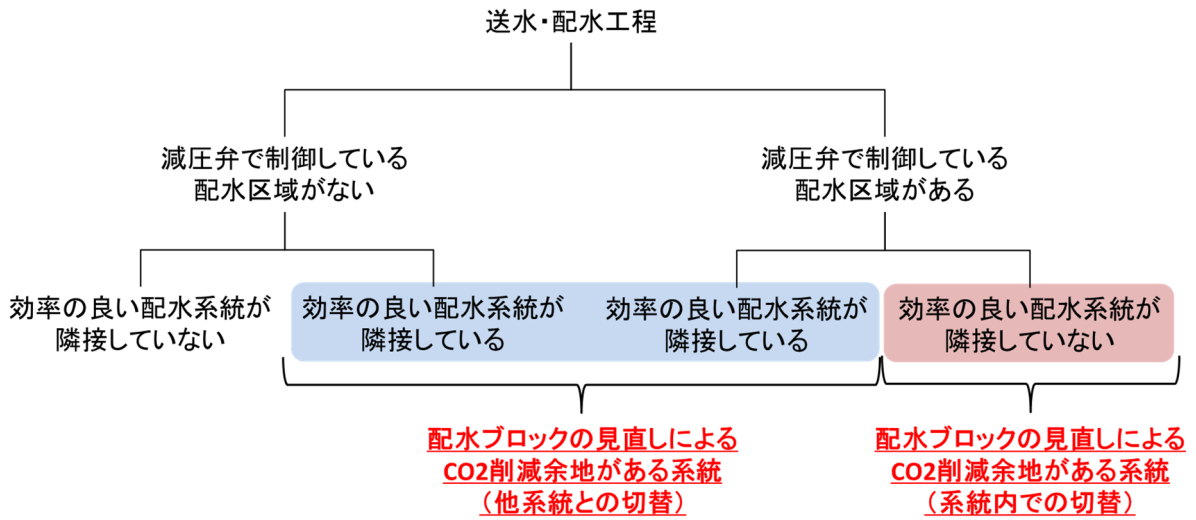


図7 配水ブロック見直しによる削減の検討余地

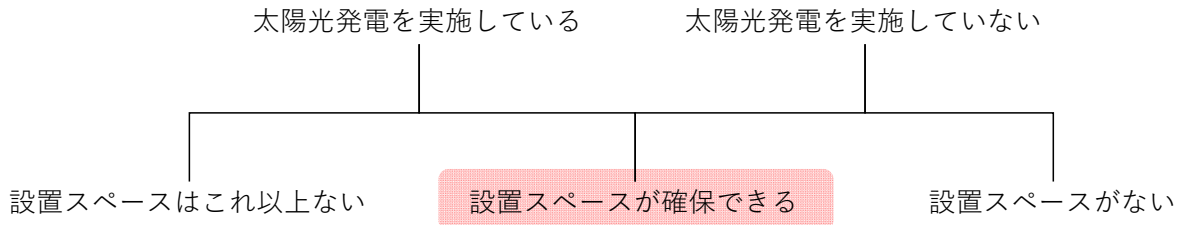


図8 太陽光発電導入または拡充の検討余地

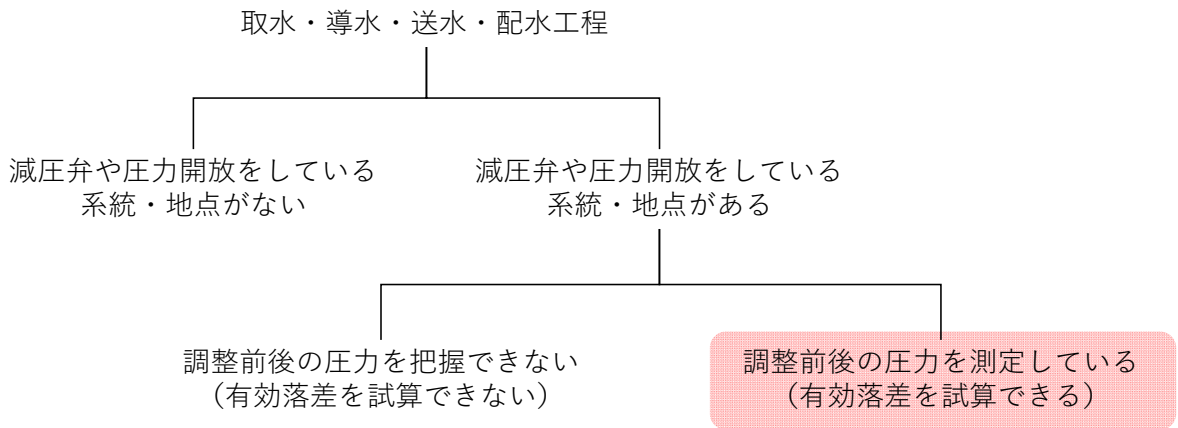


図9 小水力発電導入または拡充の検討余地