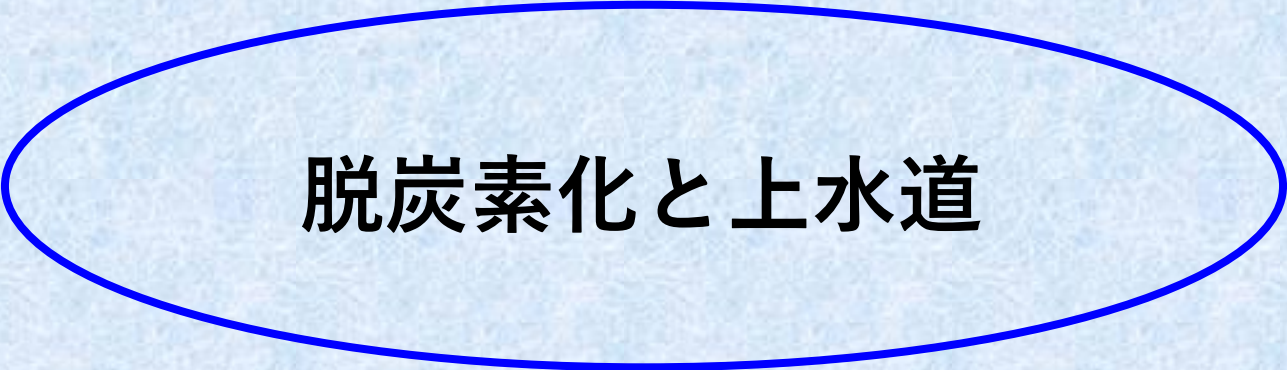


京都大学環境衛生工学研究会第44回シンポジウム
企画セッション
「脱炭素化と都市代謝系社会インフラ」

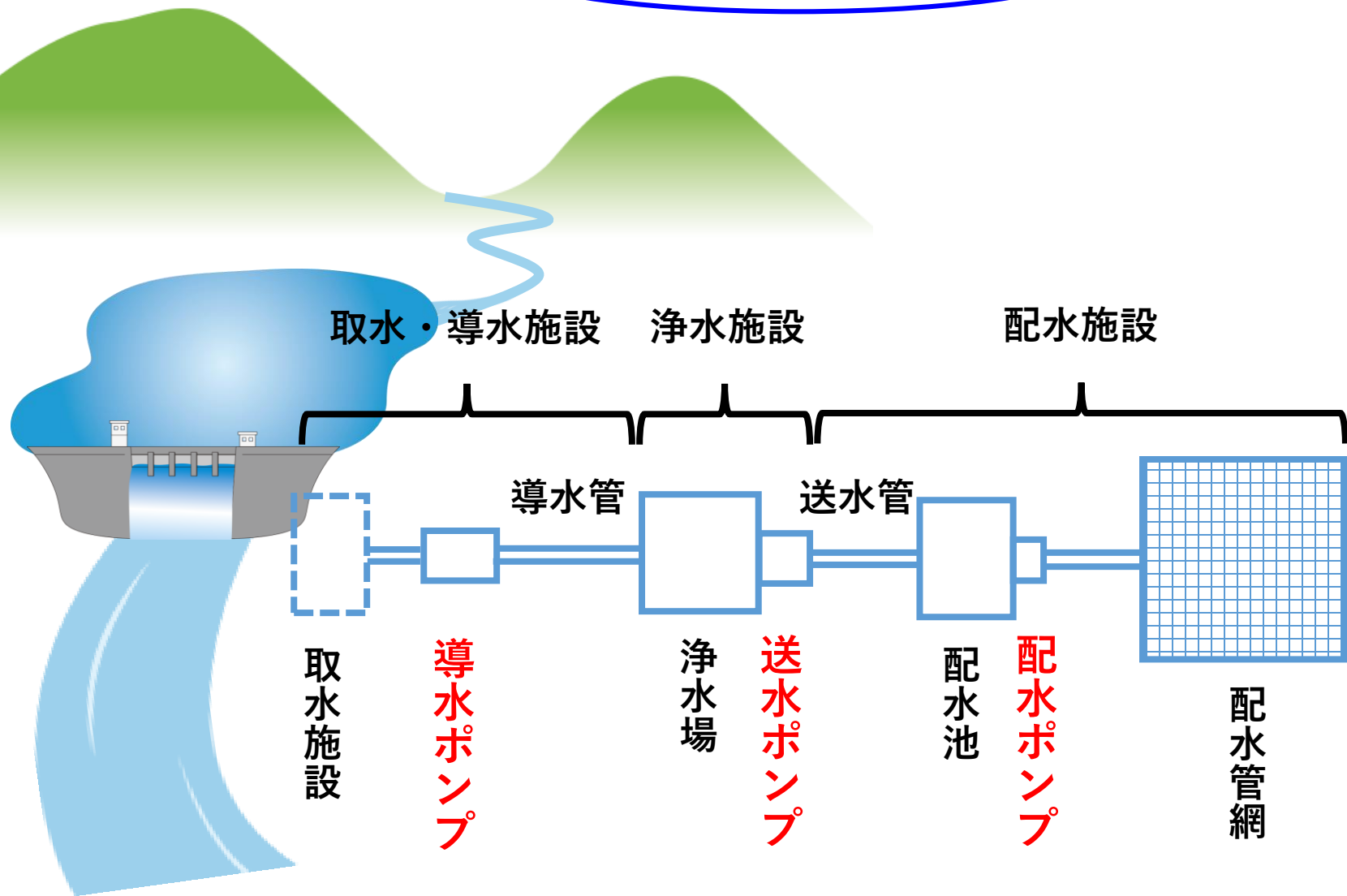


脱炭素化と上水道

京都大学大学院 伊藤 禎彦

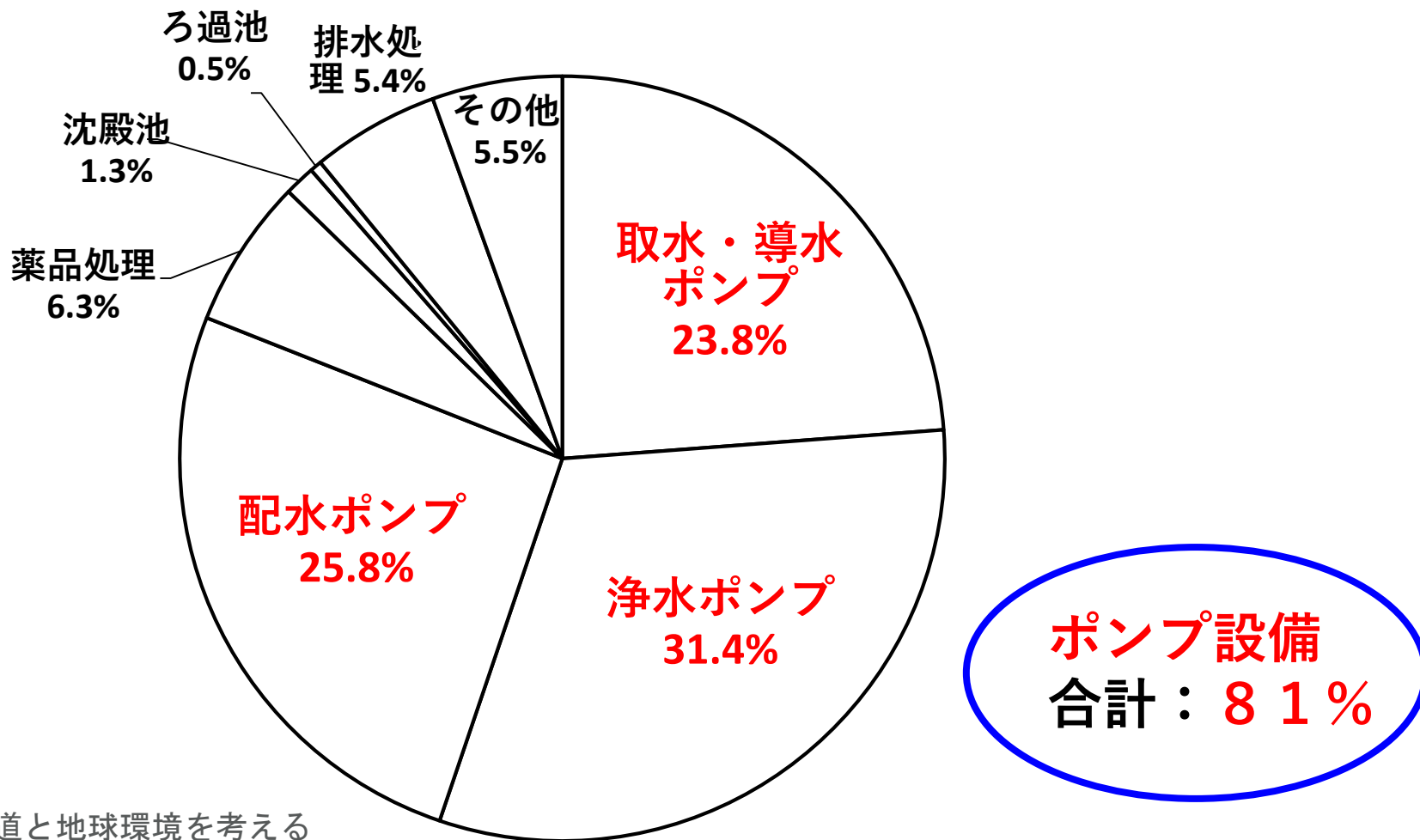
2022年7月29日

水道施設の構成



●水道事業の電力使用量：全体の**0.8%**

水道施設別ランニングエネルギー比率



考えられる観点や論点

上下水道のカーボンニュートラルへ

学識者の提言

京都大学大学院
工学研究科教授
藤原 拓

◆所属 京都大学大学院工学研究科教授
◆経歴 1980年、東京大学工学部機械工学科卒業。1982年、同大学大学院工学研究科修士課程修了。1984年、同大学大学院工学研究科博士課程修了。1985年、同大学工学部助教授。1990年、同大学工学部教授。1995年、同大学工学部学部長。2000年、同大学工学部学長。2005年、同大学工学部学長。2010年、同大学工学部学長。2015年、同大学工学部学長。2020年、同大学工学部学長。

「カーボンニュートラル」を達成するために、社会全体の脱炭素化が求められている。その中でも、上下水道の脱炭素化は重要な課題である。本提言では、上下水道の脱炭素化に向けた取り組みについて、学識者としての提言を行う。



京都大学大学院工学研究科教授 藤原 拓

他分野との連携で脱炭素検討を

産官学民金一体の共創が必要

脱炭素化に向けた取り組みは、単に技術的な課題だけでなく、社会全体の連携と共創が必要である。産官学民金一体の取り組みが、脱炭素化の鍵となる。

京都大学大学院
工学研究科教授
越後 信哉



京都大学大学院工学研究科教授 越後 信哉

無理のない水供給システムに

水源の質的变化の理解も不可欠

水供給システムの持続可能性を確保するためには、水源の質的变化を理解し、適切な対策を講じる必要がある。無理のない水供給システムの構築が求められる。

京都大学大学院
工学研究科教授
伊藤 禎彦



京都大学大学院工学研究科教授 伊藤 禎彦

環境負荷情報が値上げ容認度を改善

情報提供やPRは自信をもつて

環境負荷情報の提供やPRは、消費者の理解を促進し、値上げの容認度を改善する効果がある。事業者は自信を持って取り組むべきである。

寄稿者 26名

〈 識者が提示した観点・論点 〉

| 分 類 | 内 容 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 水道のシステムの視点 | <ul style="list-style-type: none"> ・ ダウンサイジングを含む施設統廃合等による位置エネルギーの利用 ・ 広域化や共同化による位置エネルギーの利用 ・ 中山間地水道の見直し |
| 技術的視点 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 省エネルギー技術、蓄エネルギー技術、創エネルギー技術の導入（本稿4. 参照） ・ 安定給水の確保とエネルギー削減の両立を目指す水運用の最適化 ・ 二酸化炭素吸収技術の導入が必要 |
| 上水道の枠を超えた対応 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 水セクターとしての上下水道の協力（水道システムと下水道システムは上流・下流の関係にあって水循環系を形成している） ・ 都市計画全体の中で上下水道を活用することでカーボンニュートラルを可能にするという考え方がよい ・ 流域圏を超えた超広域連携も必要ではないか（東北と関西など） ・ 市民との環境コミュニケーションの推進 |
| その他コメント | <ul style="list-style-type: none"> ・ 上水道は多くの困難な課題を抱えている。それだけでも大変なのに、さらにカーボンニュートラルを目指すというのは困難といわざるをえない。 ・ システム的視点と技術的視点の両輪が必要。 ・ 上下水道事業において目標を達成できるかどうか、地方公共団体全体のカーボンニュートラル達成の成否に大きな影響を及ぼすことが知られている。 ・ 本来カーボンニュートラルである水文大循環に合わせて社会をデザインするという観点が必要。 ・ ダウンサイジングは、取水位置を上流に移動させて理想的な自然流下システムに戻すチャンスでもある。神奈川県などに好例あり。 ・ 上下水道の脱炭素化の動きは、単に温暖化ガス排出量を削減するのみではなく、システムの理想化を後押しするものと受け止めるべき。 ・ 二酸化炭素の排出削減量は、電力の排出係数に大きく左右されることから、わが国のエネルギー政策に大きく依存している。 |

位置エネルギーを有効活用した 水道システムの再構築

首都圏における検討例

「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」

(社)日本水道工業団体連合会

「首都圏水循環検討委員会」組織（2009年度）

首都圏

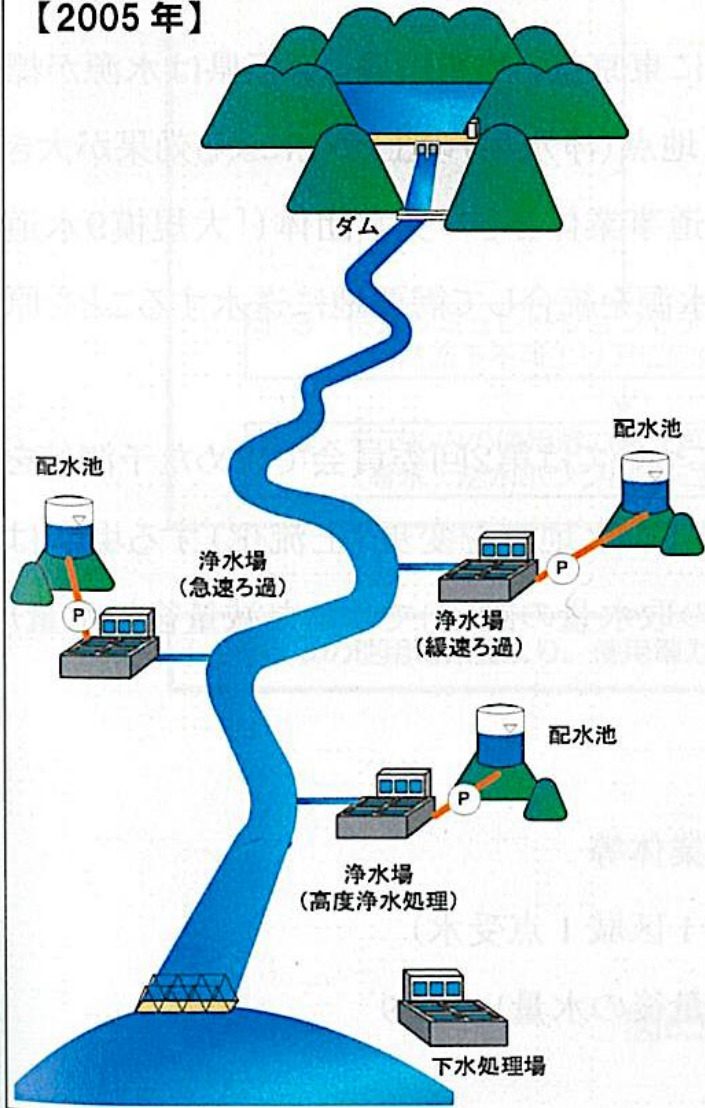
東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県、茨城県、群馬県、
栃木県の1都6県
を対象

文献：社団法人日本水道工業団体連合会：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「首都圏水循環検討委員会」報告書，2010.

水道システムにおける対策案

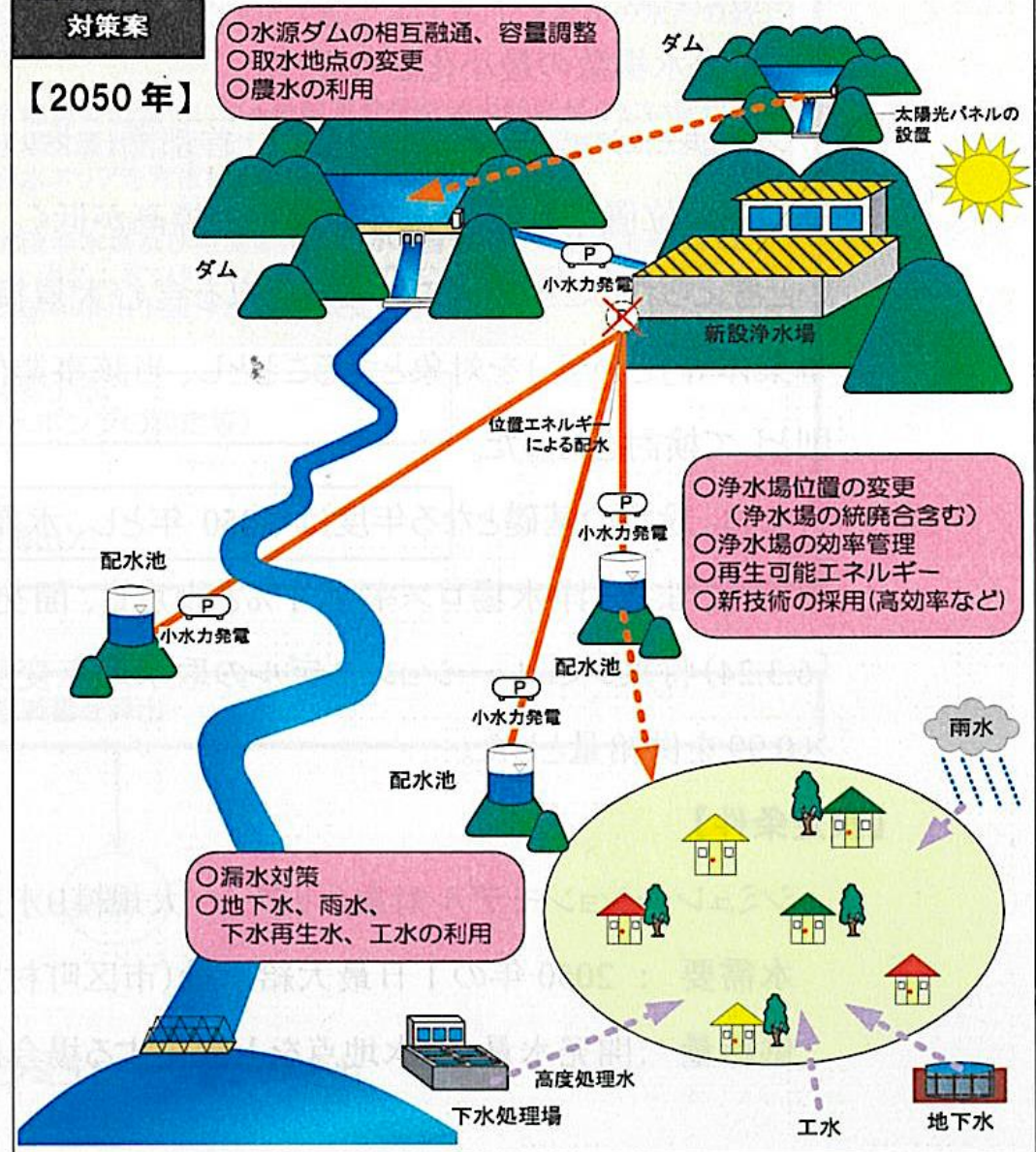
現況

【2005年】

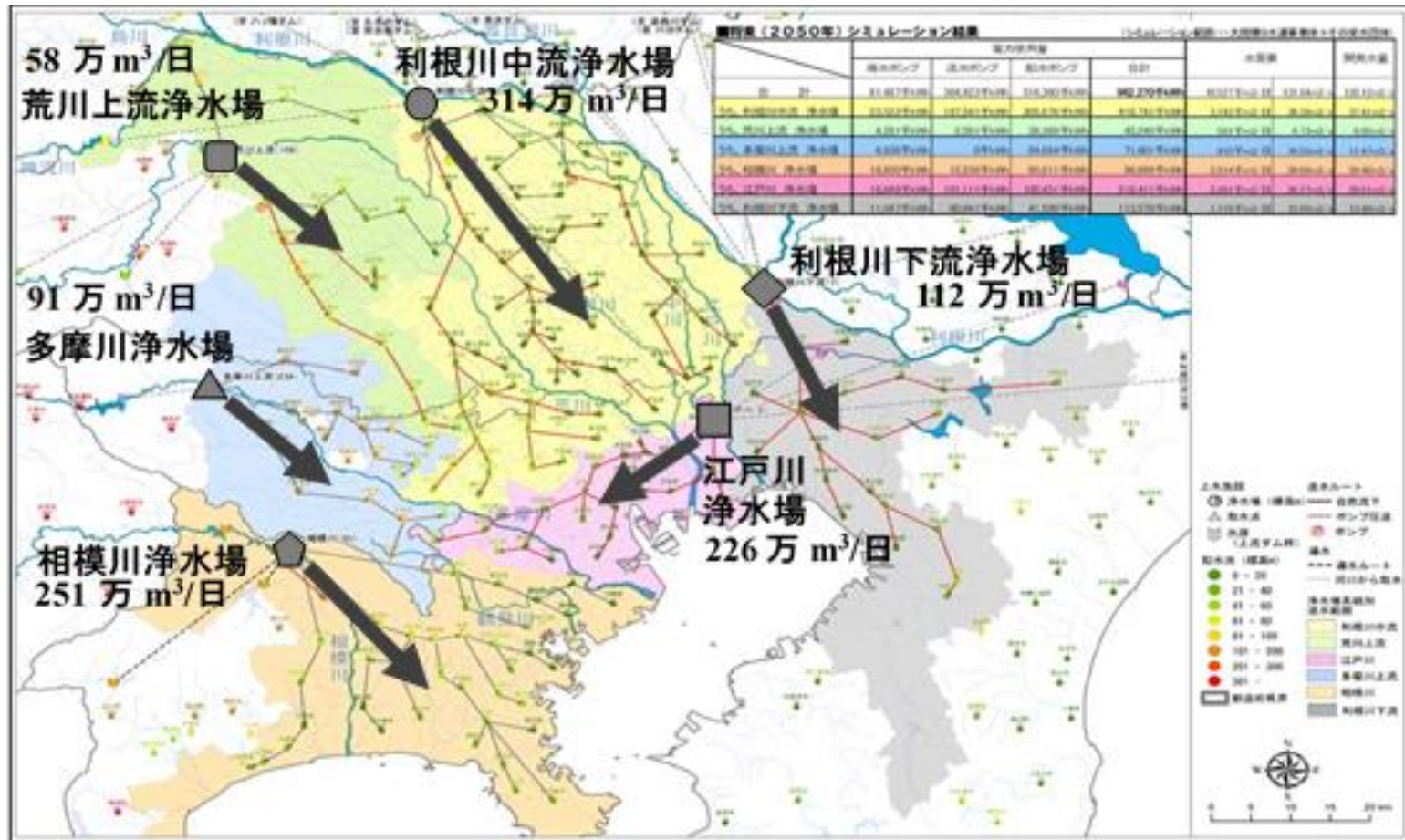


対策案

【2050年】



首都圏における浄水場の再配置



矢印は配水地域を示す

水輸送ポンプに係る電力使用量：**47%削減**

その他、取水原水清浄化による浄水処理方式の簡素化、
高効率機器の採用、再生可能エネルギーの活用(太陽光発電、小水力発電)、
中小水道事業者の広域化

→ 水道システムとしての削減率 **64%**

電力使用量削減試算結果（総括）

【人口減少による削減率 **19%減**】

■現況(2005年)首都圏電力使用量合計
(現況水道システム)
約 **27億2千万 kwh/年**

■将来(2050年)首都圏電力使用量合計
(人口減少⇒現況水道システム継続)
約 22億 kwh/年

仮に2050年の電力排出係数が2005年に比べ30%削減されると二酸化炭素排出量は80%の削減となる。

【水道システムによる削減率 **64%減**】

■将来(2050年)首都圏電力使用量合計
(人口減少⇒エネルギー最適化案)
約 **7億9千万 kwh/年**

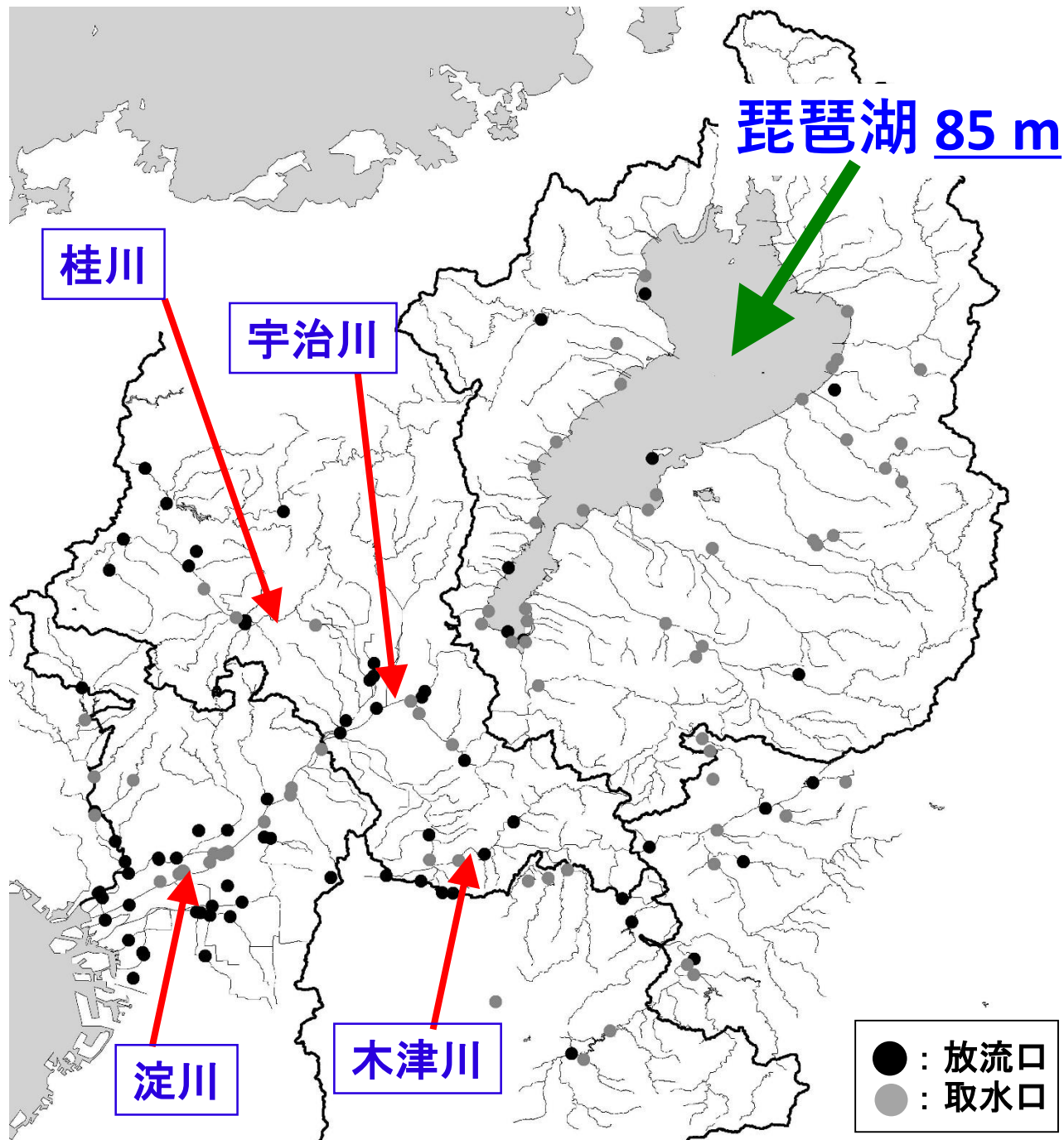
【2005年からの削減率 **71%減**】

※ランニングエネルギー(電力使用量)のみでの算出結果

琵琶湖・淀川水系

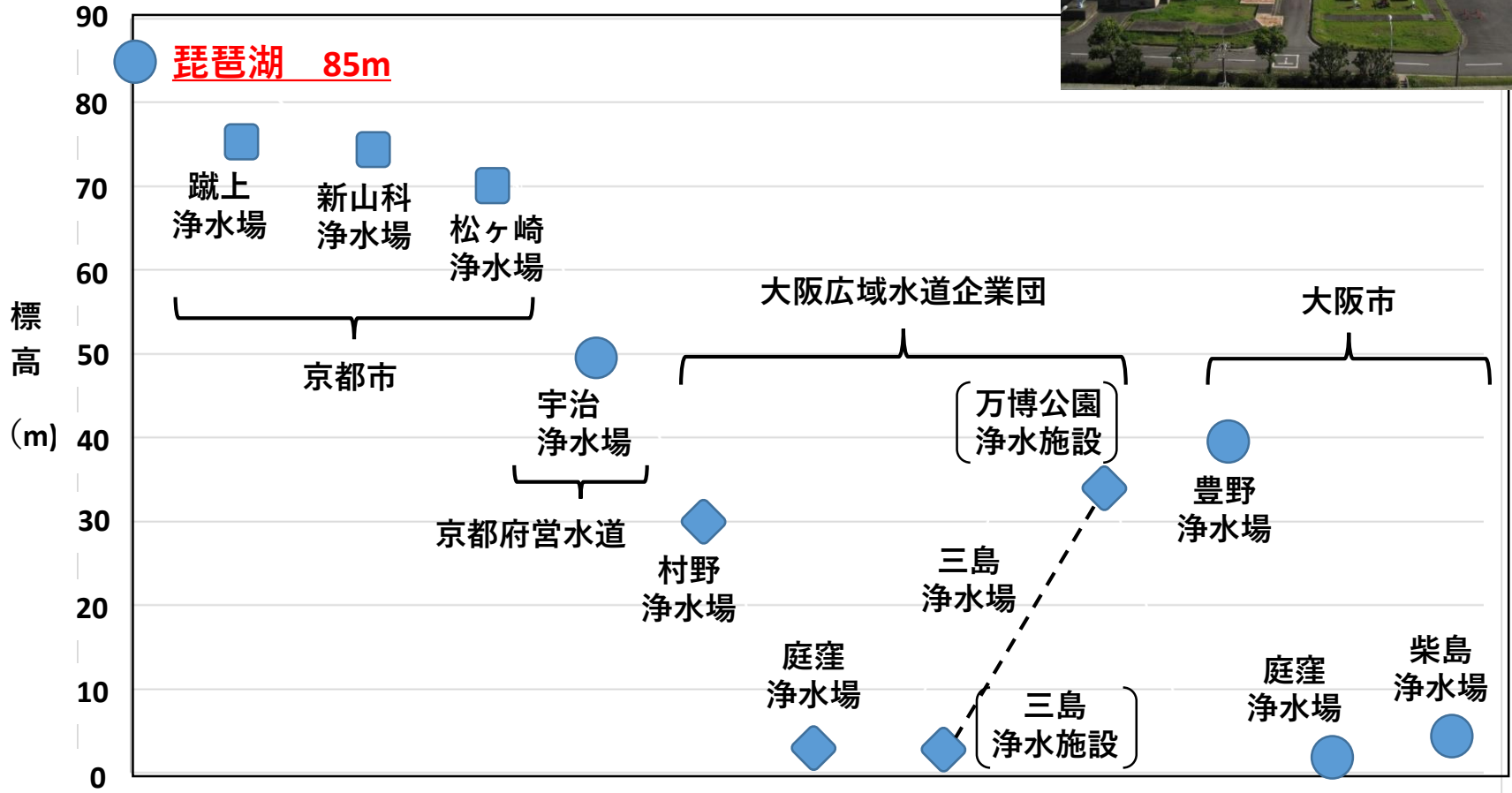
主要な浄水場取水口と下水処理場放流口の位置

BYQ水環境レポート-琵琶湖・淀川の水環境の現状-平成22年度





琵琶湖と主要浄水場の高低関係図



蹴上発電所

1891年(明治24年)運転開始

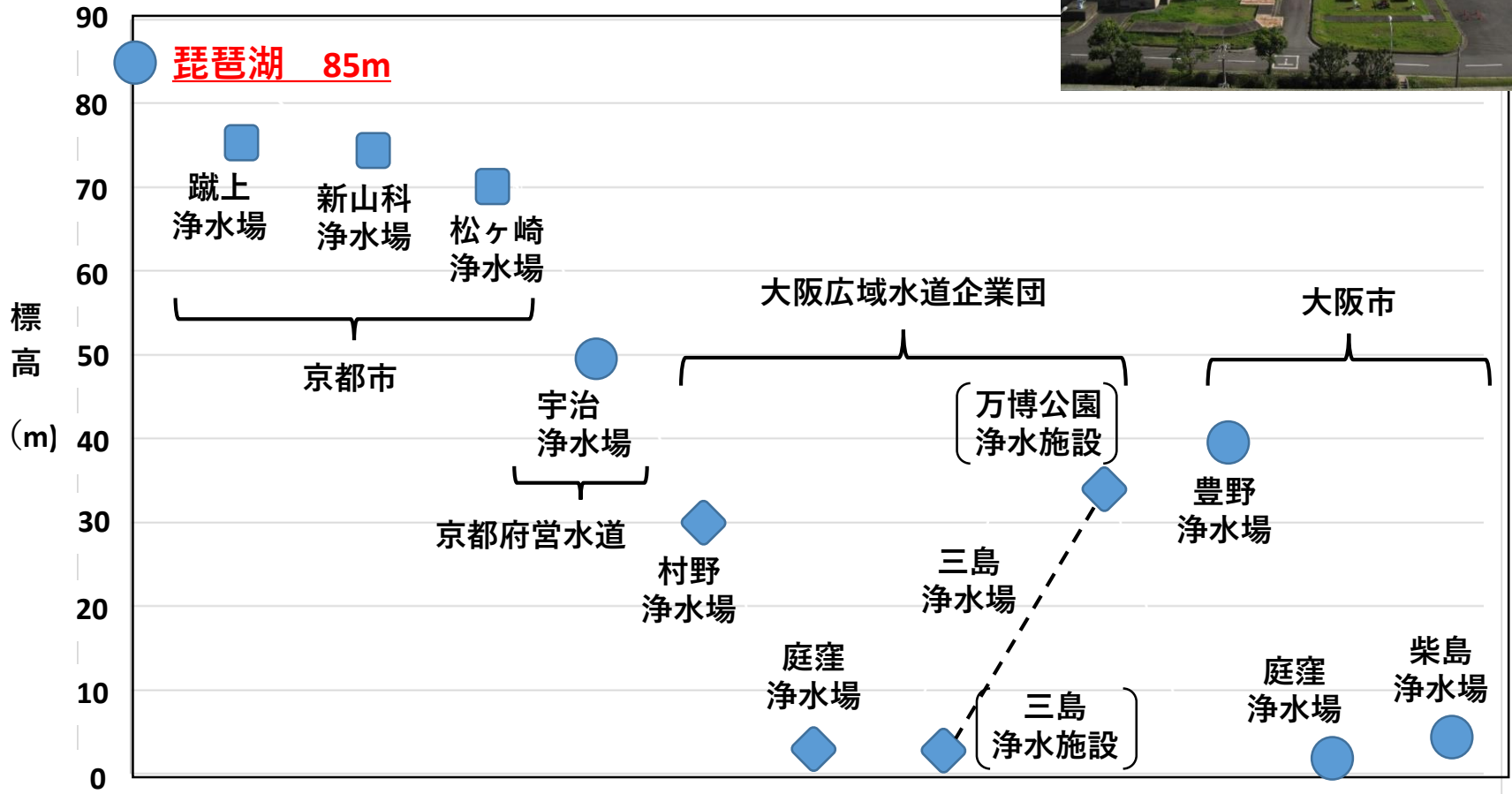


わが国初の一般
供給用水力発電

写真:琵琶湖疏水沿線魅力創造協議会



琵琶湖と主要浄水場の高低関係図



地元管理されている小規模水供給システム訪問市町村

2017年～2022年

- ・ 北海道 富良野市
- ・ 青森県 五戸町、新郷村
- ・ 長野県 松本市
- ・ 静岡県 静岡市
- ・ 愛知県 設楽町
- ・ 滋賀県 長浜市
- ・ 京都府 福知山市
- ・ 奈良県 十津川村
- ・ 広島県 広島市、安芸太田町
- ・ 高知県 いの町、本山町、大豊町

京都府 福知山市

奥北原地区

5軒に配水するものとして整備されたが、現在は2軒のみ

上向流式緩速ろ過装置
と配水池



塩素注入設備なし

配水

取水施設



“山水”と呼ばれる

電源なし

究極の脱炭
素水供給シ
ステム

高知県 本山町：瓜生野地区

うりうの

配水戸数24~25戸、給水人口40~50人



水源地



集水管埋設



取水柵

浄水処理施設



塩素注入設備あり
(使用していない)

着水井

緩速ろ過槽
(但し砂は撤去
されている)



集落を臨む



伊藤禎彦，堀さやか：住民との連携による水供給システムの維持管理手法とそれらの知見共有方策に関する検討、平成30年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）小規模水供給システムの安定性及び安全性確保に関する統合的研究（H29-健危-一般-004）総括研究報告書，pp. 82-89，2019. 3

伊藤禎彦，堀さやか：地元管理されている小規模水道の実態と課題、平成31年度（令和元年度）厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）小規模水供給システムの安定性及び安全性確保に関する統合的研究（H29-健危-一般-004）分担研究報告書，pp. 108-141，2020. 3

伊藤禎彦，曾潔，武藤陽平：分担研究報告書 小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保法、令和2年度厚生労働科学研究費補助金 健康安全・危機管理対策研究事業「小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究」研究報告書，pp. 3-1-3-15，2021. 3

伊藤禎彦，曾潔：小規模水供給施設の管理実態と課題，令和3年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究（20LA1005）分担研究報告書，2022. 3.

省電力に有効な各種方策

公益財団法人水道技術研究センター
産官学共同研究プロジェクト

「しなやかな浄水システムの構築に関する研究」

(愛称J-Step, 2012年度～2014年度)

課題のひとつ：「水道における省電力等に関する研究」

背景

東日本大震災 (2011年3月) 後

全国の原子力発電所が稼働停止。電力需要が逼迫し、**計画停電**が実施された。これによって、**実際、電力供給の停止**を主な**原因とする断水被害**が少なくなかった。

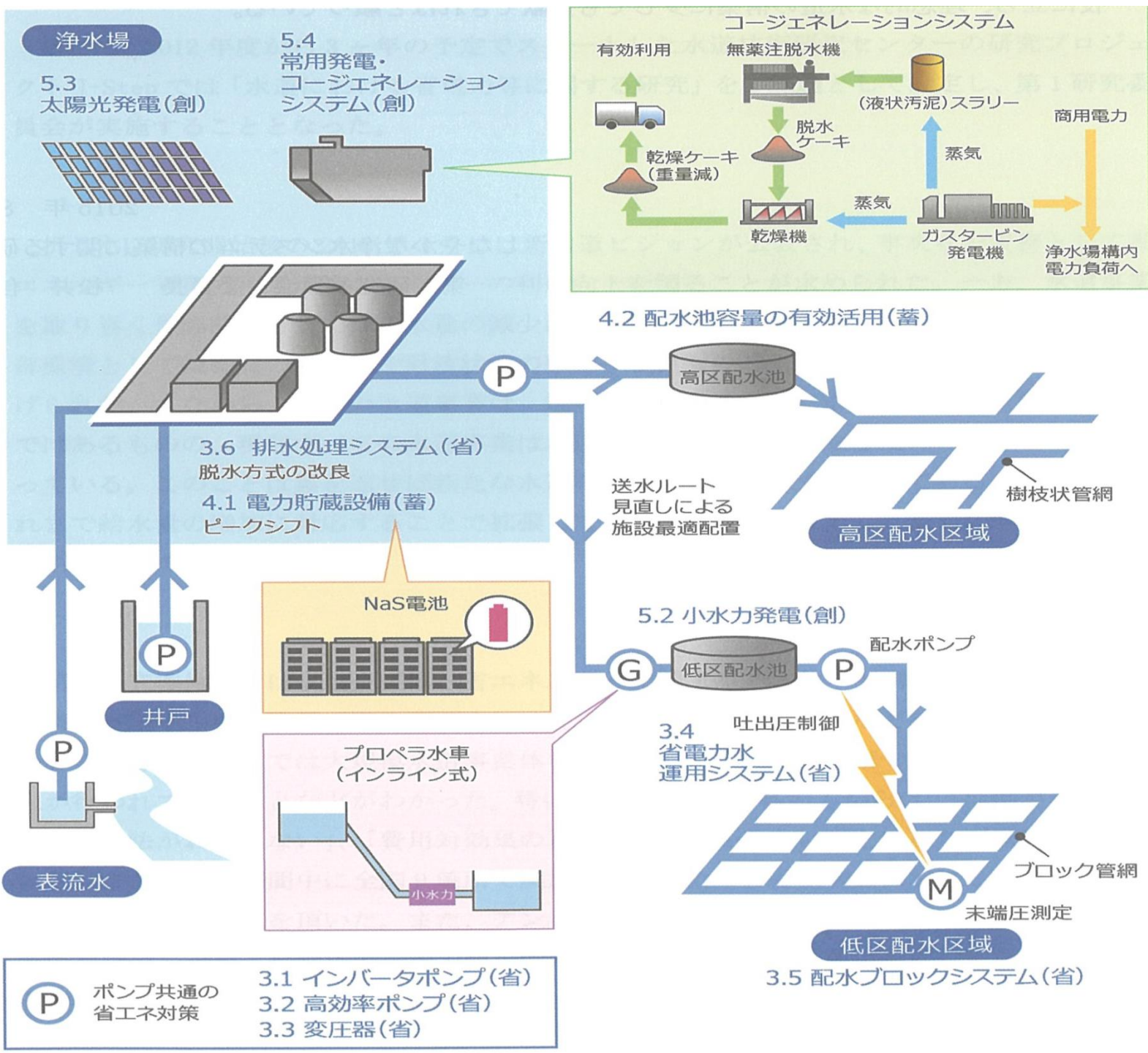
さらに、2011年7月には**電力使用制限令**が発動。

主な省電力技術等

| 分類 | 技術等 |
|----------|----------------------------------------------------|
| 省エネルギー技術 | インバータポンプ、高効率ポンプ、変圧器、省電力水運用システム、配水ブロックシステム、排水処理システム |
| 蓄エネルギー技術 | 電力貯蔵設備、配水池容量の有効活用 |
| 創エネルギー技術 | 小水力発電、太陽光発電、常用発電、コージェネレーションシステム |

公益財団法人水道技術研究センター：「水道における省電力ハンドブック」，
156p., 2015.

省電力技術の適用ポイント



省電力技術のイメージ

省エネ

高効率ポンプ

インバータポンプ

変圧器

排水処理システム

配水ブロックシステム

省電力水運用システム

蓄エネ

配水池容量の有効活用

電力貯蔵設備

創エネ

太陽光発電

小水力発電

常用発電

コージェネレーションシステム

容易
安価

取り組みやすさ・費用

高度
高価

日本水道協会

「水道事業ガイドライン JWWA Q100」

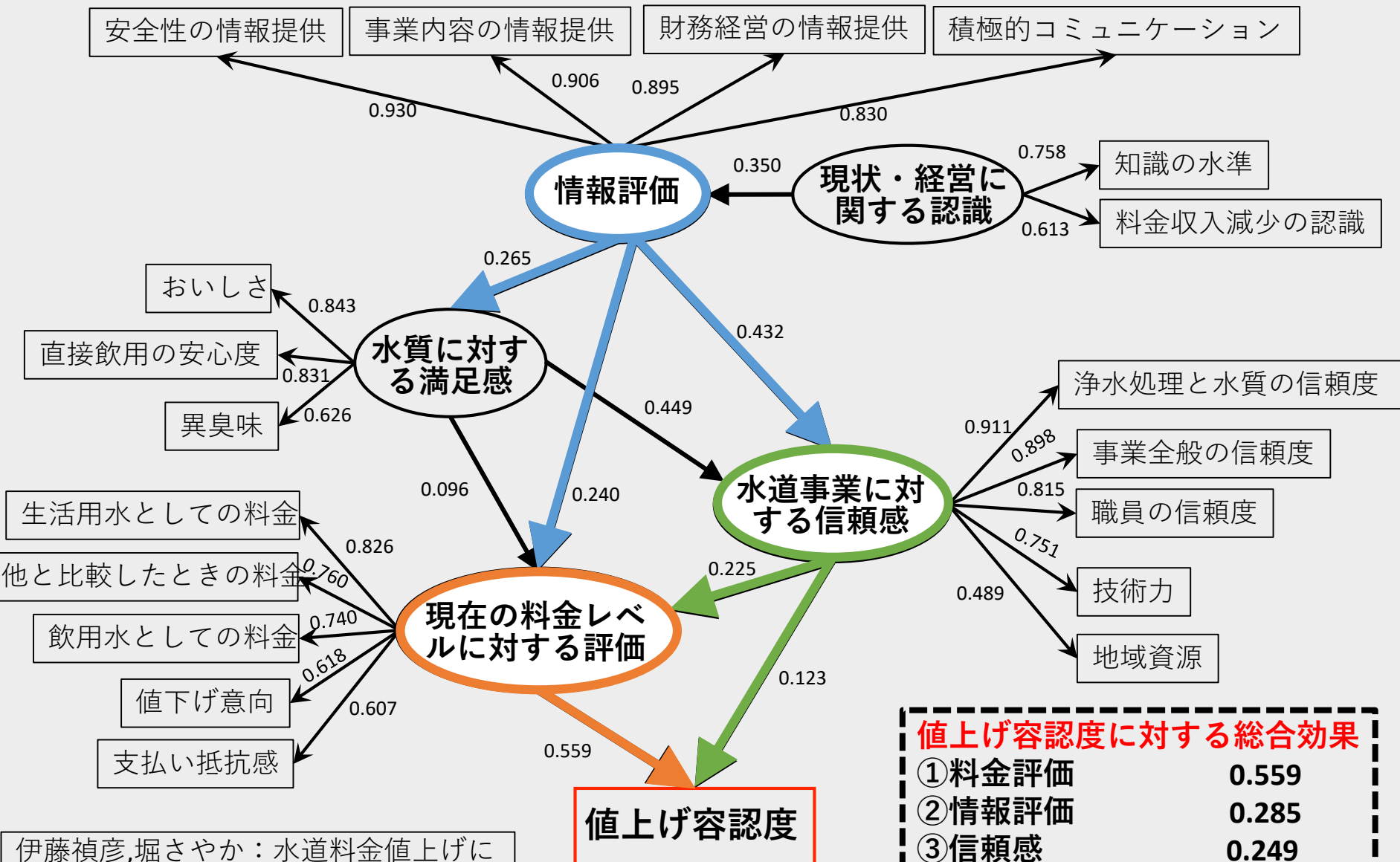
(2016年改正)

環境対策に関連する業務指標

- ①配水量1 m³当たり電力消費量 (kWh/m³)
- ②配水量1 m³当たり消費エネルギー (MJ/m³)
- ③配水量1 m³当たり二酸化炭素排出量 (g・CO₂/m³)
- ④再生可能エネルギー利用率 (%)
- ⑤浄水発生土の有効利用率 (%)
- ⑥建築副産物のリサイクル率 (%)

水道料金値上げと市民意識

「値上げ容認度」に関する因果モデル



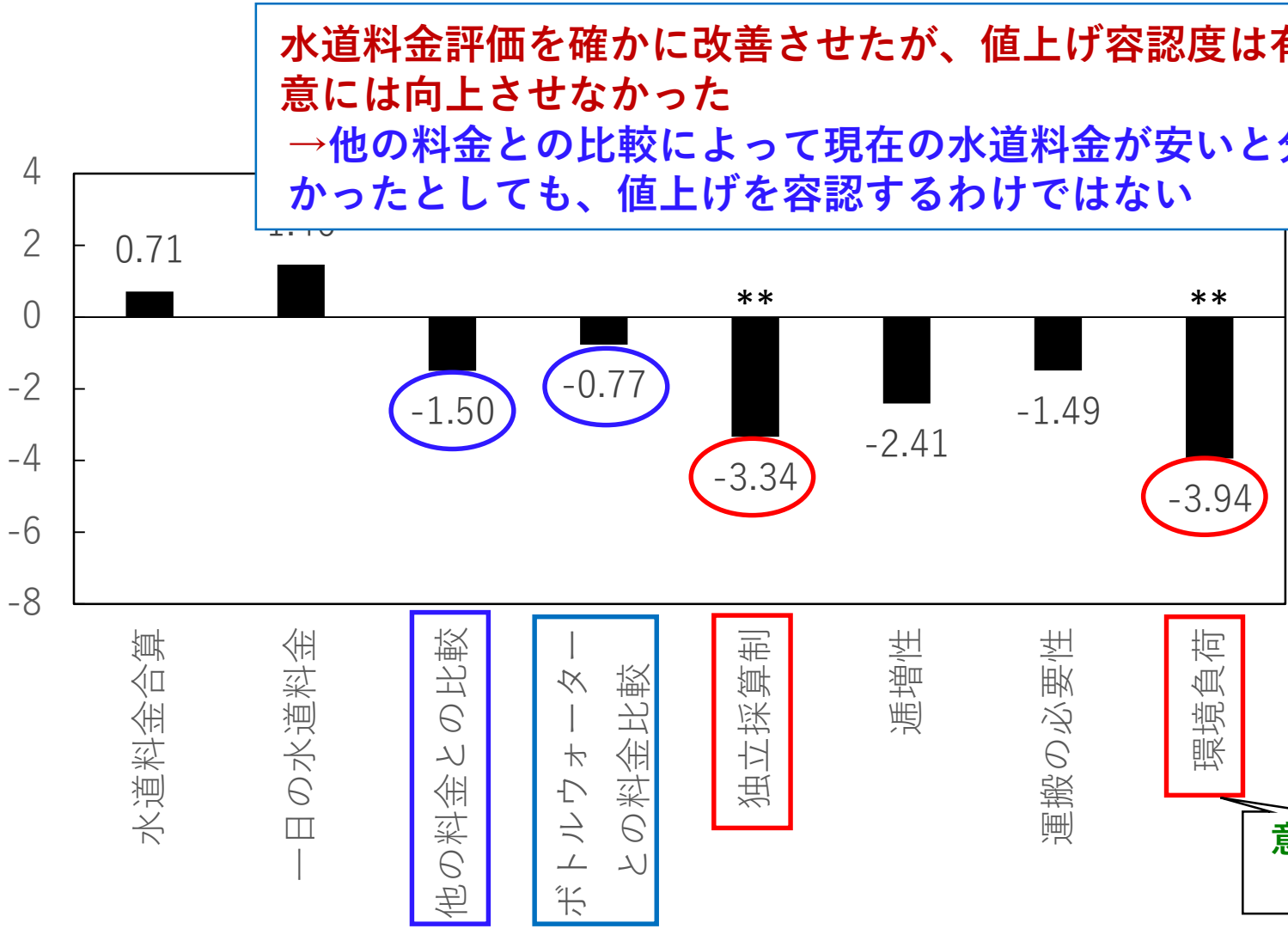
| 値上げ容認度に対する総合効果 | |
|----------------|-------|
| ①料金評価 | 0.559 |
| ②情報評価 | 0.285 |
| ③信頼感 | 0.249 |
| ④満足感 | 0.165 |
| ⑤経営に関する認識 | 0.100 |

伊藤禎彦,堀さやか：水道料金値上げに対する市民の容認度増大に係る要因分析,土木学会論文集G, Vol. 77, No. 4, pp. 132-143, 2021.

情報提供による「値上げ容認度」への効果



提供情報による
値上げ容認度への効果



水道料金評価を確かに改善させたが、値上げ容認度は有意には向上させなかった
 →他の料金との比較によって現在の水道料金が安いと分かったとしても、値上げを容認するわけではない

意外な結果

伊藤禎彦, 中山信希: 情報提供による水道料金評価の改善効果に関する分析, 水道協会雑誌, Vol.91, No.10, 2022 (印刷中).

将来の料金値上げに対する容認度を高めるためにはこれらの情報を提供することが有効

「環境負荷に関する情報」全文

「産業革命以後、温暖化ガス排出量が増加したために地球温暖化が進行し、環境に重大な影響を与えていると言われています。

私たちが飲み水や生活用水として使う水に関しても、浄化処理や配水、あるいは容器の製造のために温暖化ガスを排出してしまいます。

この温暖化ガスの排出量を**二酸化炭素の量**としてみると、水1リットルあたり、**ボトルウォーター**の容器である2リットルペットボトルの場合**128グラム**ですが、**水道水**では**0.47グラム**です。」

推察できること・・・

- 気候危機が身近に体感されるような段階に入ってきたこと
- COP（国連気候変動枠組条約締約国会議）の議論の行方に関する報道
- 大人の無作為に対する若者たちからの抗議の声
-

●わが国上水道をめぐる諸問題

- ①人口減少と水需要の減少
- ②施設の更新需要の急増と投資額の減少
- ③管路の老朽化の進行
- ④耐震化の遅れ
- ⑤事業経営と水道料金の設定水準上の問題
- ⑥職員数減少と技術継承の困難さ

・ ・ ・
・ ・ ・

⑦脱炭素化の遅れ ・ ・ ・ ?

文献：1)総務省自治財政局公営企業経営室：水道事業経営の現状と課題， 34p., 2018.
2)水道事業基盤強化方策検討会：水道事業の基盤強化方策に盛り込むべき事項,2016.