

厚生労働行政推進調査事業費補助金（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

気候変動の緩和策、適応策に関する最新の知見・情報、事例の整理

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水管理研究領域
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水管理研究領域
	浅田 安廣	国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域
	酒井 宏治	東京都立大学都市環境学部
	下ヶ橋雅樹	叡啓大学ソーシャルシステムデザイン学部
	真砂 佳史	国立環境研究所気候変動適応センター
研究協力者	三浦 尚之	国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域
	小島 昇	名古屋市上下水道局経営企画課
	早川 生馬	大阪市水道局工務部施設課
	金子 誠司	公益社団法人日本水道協会工務部規格課
	清塚 雅彦	公益財団法人水道技術研究センター
	村山 俊平	国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域
	大内 智博	福島県中保健所
	土井 史樹	兵庫県川西市上下水道局
	西片 一成	神奈川県内広域水道企業団

研究要旨

水道分野等における気候変動への緩和策、適応策について、国内外の研究、報告書、学会発表、ウェブサイト、聞き取り等を基に整理した。各情報の内容は、整理表により取りまとめた。緩和策については、国内外の水道事業者の事例（省エネルギー、再生可能エネルギーの導入等）、エネルギー政策等に関する文献・情報を39の整理表にまとめた。水災害による断水の予防策および対応策に関する検討については、水害に関する文献・情報を4つの整理表に、気候変動に対する影響評価手法ならびに対策技術に関する調査については、水質、災害、水道等を対象とした将来予測、影響評価、および検知技術に関する34の整理表にまとめた。これら収集した文献・情報は、国内の水道事業者に関するものは他事業者に対して、国外あるいは水道以外の情報については国内の水道事業者に対して、今後の取り組みを考える上で役立つ内容が多いと考えられた。

A. 研究目的

地球温暖化が一因と考えられる異常気象が世界各地で報告され、我が国でも人々の生活や社会経済活動に大きな影響を及ぼしている。この対策として2050年までにカーボンニュートラルを目指すことが政府によって宣言され、2030年に温室効果ガスを2013年度比で46%削減することを目指すことが表明された。また、気候変動による影

響を防止・軽減するため、2018年に気候変動適応法と気候変動適応計画が策定された。

水道事業は、人々の生活に必要な基幹インフラで国内総電力消費量の約0.8%を占めている。近年では、豪雨・巨大台風等の気象災害で毎年のように水道施設も被害を受け、気候変動適応計画の分野別施策に水道インフラが明記されている。すなわち水道分野では、気候変動に関し温

室効果ガスの排出を抑制する緩和とその影響に備える適応の両面からの対策が求められている。

本報告書では、水道分野等での気候変動への緩和策、適応策について、最新の情報を整理した。

B. 調査方法

水道分野等における気候変動への緩和策、適応策について、国内外の研究、報告書、学会発表、web サイト、聞き取り等を基に整理した。各情報の内容は、以下に示す項目で構成した整理表により取りまとめた。

- ・ No.
- ・ 対応策
- ・ 対象分野
- ・ 分類
- ・ タイトル
- ・ 文献
- ・ 内容
- ・ 備考

本研究班では、以下の4点を目的とし、本分担報告書は、①に該当する。整理する情報は、②～④のいずれかに属しているため、No. では、○-Xとした(○:①～③、X:通し番号)。ただし、②に関しては、緩和策について幅広く対象とした。対応策は、緩和策か適応策を、対象分野は、水道等の分野を、分類は、関連するキーワードを記載した。

- ①気候変動の緩和策、適応策に関する最新の知見・情報、事例の整理
- ②CO₂削減ポテンシャルの推計の精緻化
- ③水災害による断水の予防策および対応策に関する検討
- ④気候変動に対する影響評価手法ならびに対策技術に関する調査

C. 結果およびD. 考察

C 1. 緩和策

CO₂削減も含む、緩和策に関連する情報については、39の文献を整理した(②-1～②-39)。

19事業体の緩和策に関する事例は、エネルギー消費や削減の状況、削減に関する計画、再生可能エネルギーの導入状況等について整理した(②-1

～②-28)。事業体の環境報告書や環境会計の情報を基に整理した場合もあり、事例によっては環境に対する取り組みも含まれている。省エネルギーに関しては、ポンプ等設備の更新以外に、管路整備によるエネルギー効率化、位置エネルギーを利用した施設更新事例もあった。グリーン購入を推進している事業体も確認された。ガスコジェネレーションの導入やオゾン注入の自動制御による電力消費量の削減を行っている事業体もあった。

再生可能エネルギーの導入事例は、(小)水力発電や太陽光発電が多いが、風力発電を導入している事例もあった。また、導入に際し、官民連携方式を採用しているところもあった。

対策分野は、適応策、対象分野は、水質が多く、流域管理、災害、水道、水資源・水環境に関するものも整理した。内容は、将来予測、影響評価、および検知技術(リモートセンシング)が中心で、将来予測については長期的な研究とゲリラ豪雨の短期予測に関する内容の両方があった。これらの手法や技術は、今後、国内の水道での活用可能性があるものも多いと考えられた。

4つの海外の情報(②-29～②-32)は、対象分野はいずれも水道で、エネルギー消費、再生可能エネルギーについての内容である。採り上げた文献では、再生可能エネルギーは、太陽光発電を対象とし、現状のエネルギー消費量の評価と対策の効果(シナリオ解析)について報告されていた。

水道分野ではなく、エネルギー政策、エネルギー利用等として各再生可能エネルギー(水力発電、太陽光発電、風力発電)の状況、動向に関する文献の整理も行った(②-33～②-38)。また、下水道分野での下水が有する熱の利用についても紹介した(②-39)。

C 2. 水災害による断水の予防策および対応策に関する検討

水災害による断水の予防策および対応策に関する検討については、4つの文献を整理した(③-1～③-4)。

対応策は適応、対象分野は水道が2件(大分市、大阪市)、下水道が2件、分類は水害であった。

下水道分野の内容は、下水道管内水位の情報提供とリアルタイムハザードマップシステムについてであり、いずれもIoTを活用する研究であっ

た(③-1~③-2)。水道分野の内容は、緊急時連絡管の整備、浸水時想定被害の推定と評価に関するものであった(③-3~③-4)。

C 3. 気候変動に対する影響評価手法ならびに対策技術に関する調査

気候変動に対する影響評価手法ならびに対策技術に関する調査については、34の文献を整理した(④-1~④-34)。

採り上げた対策分野は、適応策、対象分野は、水質が多く、流域管理、災害、水道、水資源・水環境に関するものも整理した。内容は、将来予測、影響評価、および検知技術(リモートセンシング等)が中心で、将来予測については長期的な研究とゲリラ豪雨の短期予測に関する内容の両方があった。これらの手法や技術は、今後、国内の水道での活用可能性があるものも多いと考えられた。

E. 結論

水道分野等における気候変動への緩和策、適応策について、文献・情報を整理した。このとき、各文献・情報は、利用しやすいように、整理表の形で取りまとめた。

緩和策については、国内外の水道事業体の事例(省エネルギー、再生可能エネルギーの導入等)、エネルギー政策等に関する文献・情報を39の整理表にまとめた。水災害による断水の予防策および対応策に関する検討については、水害に関する文献・情報(水道、下水道)を4つの整理表に、気候変動に対する影響評価手法ならびに対策技術に関する調査については、水質、災害、水道等を対象とした将来予測、影響評価、および検知技術に関する文献・情報を34の整理表にまとめた。

これら収集した文献・情報は、国内の水道事業体に関するものは他事業体に対して、国外あるいは水道以外の情報については国内の水道事業体に対して、今後の取り組みを考える上で役立つ内容が多いと考えられた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定も含む。)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

I. 参考文献

収集、整理した各情報の参考文献は整理表に記載

No.	②-1
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	地球温暖化対策、環境保全、環境会計
タイトル	2020 年度版環境報告書
文献	札幌市水道局. 2020 年度版環境報告書. 2022.
内容	<p>●札幌市の環境への取組計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・持続可能な脱炭素社会の構築に向け、気候変動対策（緩和策・適応策）を推進するため、札幌市気候変動対策行動計画を策定。2050 年には温室効果ガス排出量を実質ゼロとする“ゼロカーボン”を目標とする。 ・2001 年度から環境マネジメントシステム（EMS）の運用を始め、実状に合わせた効果的・効率的な温暖化対策の推進を図るために札幌 EMS を構築・運用。 ・札幌水道ビジョンの重点取組項目の一つとして「エネルギーの効率的な活用」を掲げ、水力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーの導入を進めるとともに、EMS の運用など環境配慮の取組を推進。 <p>●環境保全の取組</p> <ol style="list-style-type: none"> ①地形を活かした施設づくり 川の上流や丘陵地などの高い場所に浄水場や配水池などを建設し、全給水量の約 8 割を自然流下方式で配水することにより、ポンプ施設などのエネルギー使用量を抑制。 ②再生可能エネルギーの活用 水力・太陽光発電設備を導入し、水道施設で使用するとともに、水力発電の余剰電力は売電を実施。 ③省エネルギーの推進 電気自動車の導入や施設電灯の LED 化、室温管理の徹底、ポンプ施設等の更新の際は、複数の施設を一つにまとめることでポンプの台数を削減。 ④漏水防止活動、直結給水の推進 漏水防止により環境負荷を低減するとともに、札幌市は比較的配水圧が高いという地形的な利点を生かした直結給水により、受水槽の設置や清掃、水質管理などの衛生上の管理削減、ポンプ運転に必要な電力及び二酸化炭素排出量の削減。 ⑤水源の水質保全 毎日欠かさず水質検査を実施するとともに、水源を守るため、河川流域の巡回パトロールや水質自動測定器による 24 時間連続監視を実施。 ⑥リサイクルの実施 水道メーターや消火栓の再利用、水道工事で発生する土や木材の再資源化などを積極的に推進。 <p>●環境保全の取組結果</p> <ol style="list-style-type: none"> ①電力・エネルギー使用量の推移

・2020年度は2,631万kWhの電力を消費（札幌市役所全体の約4%）。うち再生可能エネルギーによるものは、水力発電で195万kWh、太陽光発電で4.4万kWhを消費。ここ数年は横ばい傾向。

・2020年度は6,745kLのエネルギー使用量（原油換算）となり、9割以上を電力が占めるため、電力使用量の削減が効果的。

②廃棄物の推移

・2020年度の一般廃棄物処分量は、48.8t。再利用可能な廃棄物についてリサイクルするための分別徹底を継続的に実施。

・2020年度の産業廃棄物処分量は、90.2千t。公共工事により発生したアスファルト塊などや浄水処理により発生した浄水発生土（工事数や配水量により変化）などが該当するため、可能な限りのリサイクルを実施。

③エネルギーの使用による温室効果ガス排出量の推移

・2020年度のCO₂排出量は11,460t-CO₂。エネルギー使用量はほぼ横ばいだが、電力自由化により、購入先の電気小売事業者のCO₂排出係数が異なったため、CO₂排出量は2016年度より5,000t-CO₂以上減少。

●各目標に対する達成状況

①エネルギー削減目標と達成状況

≪目標≫2009年度から毎年平均1%以上（2009～2022年で13%）

*2020年度は、2009年度比11%以上削減の目標に対して、17.7%削減

②温室効果ガス削減目標と達成状況

≪目標≫2030年までに温室効果ガス排出量を2016年比で60%削減

*2030年に60%削減の目標に対して、2020年度は32.3%の削減（進捗率54%）

③配水量1m³あたりのエネルギー使用量の達成状況

≪目標≫中長期的にみて年平均1%以上低減

*2016～2020年度の5年度間の平均原単位変化は、平均原単位低減率1.0%以上の低減の目標に対して1.5%の低減

●環境会計

①環境保全コスト（環境保全を目的とした投資及び費用額）（2020年度決算）

・1)+2)：3,605,939千円（前年度32億3,719万円）

1)：433,942千円（環境保全のための設備導入に対する支出額）

2)：2,829,640千円（人件費、減価償却費等の当期費用発生額）

・1)の主な取り組みの内容は、廃棄物の再資源化、浄水発生土の減量化等

・2)の主な取り組みの内容は、地下水の水質測定等の公害防止、水源パトロール等の水源管理、水道メーターの再利用等の資源循環対策、次世代自動車導入等の地球環境保全対策

②環境保全効果（環境保全の取組による環境負荷削減量）*代表を例示

・CO₂排出量削減：1,308t-CO₂

・建設発生土の再資源化量：192,112m³

・アスファルトの再資源化量：73,763t

	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの再資源化量：4,478 t ③経済効果（環境保全の取組による経費削減量） <ul style="list-style-type: none"> *法令で定められている活動や事業運営<u>以外</u>の活動 ・約33億円で、次世代自動車導入や水力・太陽光発電の設置・運転管理など地球環境保全対策、水道メーター等の再利用や建設発生土等の再資源化などの資源循環対策で得られた ・費用対効果（経済効果-環境保全コストの費用額）は約4億5千万であった
備考	

No.	②-2
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	風力発電、再生可能エネルギー、CO2削減（浄水場）
タイトル	稚内市水道事業風力発電設備の導入等に関する聞き取り調査
聞き取り	日時：令和4年11月11日（金）9:00～11:30 出席者：稚内市建設産業部水道企業室水道施設課、国立保健医療科学院生活環境研究部特任研究官 秋葉道宏 場所：稚内市建設産業部水道企業室、萩ヶ丘浄水場、風力発電施設、蓄電池設備
内容	<p>秋葉より、本研究と今回訪問の趣旨について説明した。</p> <p>以下、稚内市建設産業部水道企業室水道施設課ご担当者から、資料に基づいて説明を受けた。</p> <p>1. 導入に至る背景</p> <ul style="list-style-type: none"> ・稚内市は、日本の最北端に位置し、日本有数の強風地帯である。平成7年度に新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）風力発電フィールドテスト事業に採択。稚内公園で風況調査の結果、地上20m地点の年間平均風速7m/秒であり、全国有数の風力発電適地と判明。平成10年2月、稚内公園風力発電施設（民間）が稼働（400kW×2基）。 ・水道事業においても、浄水場の動力費削減による減収対策として、風力発電施設導入の機運が高まった。当時、風力発電施設の導入には、NEDOから建設費の1/2以内の補助金が交付されることやエコシティ稚内のブランド化、温室効果ガス抑制への寄与等も後押し。 <p>2. 風力発電設備の選定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・当初は、売電を主目的ではなく、自家消費を目的に、水道施設全体の電力量と同じ電力を発電する規模を設定。先の風力発電所の運転実績から、設備利用率24%で設定。平成9年度の水道事業全体の消費電力量410万kWh。 $4,100,000 \text{ kWh} \div (24\text{h} \times 365 \text{ 日} \times 24\%) = 1,950 \text{ kW}$ <p>風力発電所出力：1,950 kW → 風力発電設備：650 kW × 3基</p> <p>3. 風力発電施設導入に向けての経済性の評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一般的に建設コスト250千円/kW及び発電コスト8.6～13.9円/kWhから判断(NEDO)。 <p>風車の規模：1950kW（650kW×3基）</p> <p>事業費：500,535千円</p> <p>発生電力量：4,099,000 kWh/年</p> <p>平均年間経費：20,959千円（平均年間金利2,171千円＋年平均減価償却費13,288千円＋メンテナンス及び管理費5,500千円＋固定資産税0千円）</p> <ul style="list-style-type: none"> → 建設コスト（事業費/風車規模）：256千円/kW → 発電コスト（平均年間経費/発生電力量）：5.11円/kWh <ul style="list-style-type: none"> ・風力発電施設を導入した場合、建設コスト及び発電コストは経済性に優れている。

また、余剰単価においても 5.11 円/kWh で発電したものを 8.91 円/kWh で売電されるので、その差がメリット。

4. 計画から稼働までの流れ

- ・平成 11 年 4 月 機種選定（機種選定委員会）、生態系調査と景観調査（稚内大沼白鳥の会）、騒音調査、稚内空港運用へ与える影響調査（稚内空港事務所）を開始
- ・5 月 電波障害調査（テレビ：NHK 旭川放送局）、北海道電力（株）事前打合わせ（連系について）
- ・6 月 北海道通商産業局（現北海道経済産業局）事前打合わせ
- ・7 月 平成 11 年地域新エネルギー等導入促進対策費補助金の公募説明会（NEDO）に参加、応募
- ・9 月 地域住民説明会を開催
- ・10 月 平成 11 年度地域新エネルギー等導入促進対策費補助金の交付決定（NEDO）、事業発注
- ・平成 12 年 3 月 事業完了、平成 11 年度地域新エネルギー等導入促進対策費補助金の確定検査（NEDO）

5. 風力発電設備の仕様

・風力発電設備の仕様

風車メーカー：ヴェスタス（デンマーク）

機種名：V47-660 kW

発電所出力：660 kW × 3 基 = 1,980 kW

計画発電電力量：4,260 千 kW/年（3 基合計）

・風力発電事業費用

総事業費（うち補助交付額）：550,672,500 円（271,389,297 円）

6. 風力発電システムの構成

- ・稚内市水道事業体は、大正 14 年創設開始、現在では、給水人口 31,814 人、普及率 99.8%（令和 3 年末）である。
- ・水道システムの流れは、北辰ダム（水道水源専用ダム、総貯水量 670 万 m³）→ 大沼導水ポンプ場→ 萩ヶ丘浄水場（急速砂ろ過方式、処理水量 48,000m³/日）→ 配水池。
- ・風力発電設備（写真 1）は、萩ヶ丘浄水場内（写真 2）に設置されており、萩ヶ丘浄水場と大沼導水ポンプ場の動力源として使用。
- ・風力発電システムは、風力発電設備 — 変圧器盤 — 萩ヶ丘浄水場（回路盤-既設受電盤-既設引入盤-MOF 盤） — 引込柱 — 北海道電力（株）声間変電所から構成されている。
- ・発電した電力量が場内で使用する電力量を上回った場合、余った電気は系統連系されている電力会社へ売電。足りない分は、電力会社から購入。

7. グリーン電力証明システム

- ・平成 18 年 7 月からグリーン電力証明システムを導入しており、グリーン電力認証機構よりグリーン電力発電設備として認定を受け、証書の売却仲介をする日本自然エ

エネルギー株式会社（東京都）と発電業務委託を交わしている。このシステムの利用により年間自家消費電力量の一部の環境付加価値分を日本自然エネルギー株式会社へ譲渡している。萩ヶ丘浄水場で自家消費した電力量のうち、約 60 万 kW 時相当分を証書として発行しており IT 関連企業などが購入している。



写真 1 風力発電設備



写真 2 萩ヶ丘浄水場（耐震補強工事中）

8. 風力発電設備の稼働状況

・平成 13 年度

設備利用率：26.4%

年間平均風速：6.3 m/秒

発電電力量：4,567,500 kW

風力発電による温室効果ガス削減量：2,240 t-CO₂/kWh

電気代 導入前：年間約 4,100 万円 →導入後：年間約 900 万円

・平成 18 年度

設備利用率：20.4%

年間平均風速：5.6 m/秒

発電電力量：3,532,274 kW

風力発電による温室効果ガス削減量：1,691 t-CO₂/kWh

・平成 23 年度

設備利用率：14.8%

年間平均風速：5.8 m/秒

発電電力量：2,562,484 kW

風力発電による温室効果ガス削減量：1,242 t-CO₂/kWh

・平成 28 年度

設備利用率：18.5%

年間平均風速：5.6 m/秒

発電電力量：3,199,011 kW

風力発電による温室効果ガス削減量：2,047 t-CO₂/kWh

・令和 2 年度

設備利用率：10.2%

年間平均風速：5.3 m/秒

発電電力量：1,756,512 kW

風力発電による温室効果ガス削減量：1,152 t-CO₂/kWh

9. 風力発電設備を活用した自己託送

稚内市では、平成 29 年度に採択された北海道エネルギー地産地消モデル支援事業で、水道事業風力発電設備で発電した電力を、蓄電池システム（写真 3）や託送システムを介し、既存電力会社の送電網を使い、萩ヶ丘浄水場を含む 20 施設に電力の最適融通を行う。自己託送により、地域外に流出していた電気料金を地域内に循環することが可能となるほか、クリーンな電力を市立病院、下水終末処理場、市庁舎、総合体育館、図書館などの公共施設に供給することで、年間 1,115 t/CO₂（一般家庭の約 383 世帯分）の温室効果ガス削減。この事業は、令和 4 年 3 月から本格的に始動。



写真3 蓄電池設備

10. その他

・平成10年2月に稚内市内に建設された風力発電施設（民間）が景観を損ねるとした住民と論争が巻き起こった。同市では、再生可能エネルギー拡大と市民と地域の安全・安心の確保と生活環境の保全を図るために、平成12年4月（平成15年4月改正）「風力発電ガイドライン」、平成29年12月「稚内市小型風力発電設備等の設置及び運用の基準に関する条例」を制定した。

・風力発電ガイドラインは、市内全域を「航空法、自然公園法、農地法などの法規制により建設が不可能な場所」、「法規制、自然保護から原則建設禁止」、「建設が好ましくない場所」、「建設にあたって調整を要する場所」、「制限指定のないところ」に区分し、風車建設場所選定の参考としている。

・「稚内市小型風力発電設備等の設置及び運用の基準に関する条例」は、平成30年から再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT)により風力発電の買取価格が一律になったことにより、関連法令等で規制を受けない出力20kW以上、50kW未満の風力発電設備の設置が予想されることから、小型風力発電設備の設置及び運用に関して適切な状況に誘導することを目的に制定された。

備考

No.	②-3
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	再生可能エネルギー、太陽光発電設備、小水力発電設備
タイトル	再生可能エネルギー
文献	<p>仙台市水道局. 仙台市水道局の再生可能エネルギーの活用事例. https://www.suidou.city.sendai.jp/nx_html/01-jigyuu/01-605.html</p> <p>仙台市水道局. 仙台市水道局の再生可能エネルギーの活用事例. https://www.suidou.city.sendai.jp/nx_html/01-jigyuu/01-606.html</p>
内容	<p>●再生可能エネルギーの活用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仙台市水道局では、環境負荷のより一層の低減を目的として、再生可能エネルギーの活用に取り組み、多くの施設で太陽光発電や小水力発電を導入 <p>●各設備の設置状況及び年間発電量等（全施設の数値）</p> <p>上追沢沈砂池発電設備 定格出力：199 kWh、年間発電量：約 1,280,000kWh/h 安養寺配水所発電設備 定格出力：25 kWh、年間発電量：60,000～175,000 kWh/h 国見浄水場太陽光発電設備 定格出力：49 kWh、年間発電量：約 49,000 kWh/h 茂庭浄水場太陽光発電設備 定格出力：20 kWh、年間発電量：約 20,000 kWh/h 中原浄水場太陽光発電設備 定格出力：10 kWh、年間発電量：約 10,000 kWh/h 福岡浄水場太陽光発電設備 定格出力：10 kWh、年間発電量：約 10,000 kWh/h 安養寺配水所太陽光発電設備 定格出力：5 kWh、年間発電量：約 5,000 kWh/h 水道局本庁舎太陽光発電設備 定格出力：10 kWh、年間発電量：約 10,000 kWh/h</p> <ul style="list-style-type: none"> ・用途：全量売電（官民連携）、全量売電、自家消費、余剰売電、庁舎全量自家消費（PHEV 公用車充電等） ・運転開始：平成 21 年度～29 年度 <p>●上追沢沈砂池での小水力発電の導入</p> <ul style="list-style-type: none"> ・民間事業者の技術力や管理運営に係るノウハウを有効活用するため、官民連携方式を採用 ・「公募型プロポーザル方式」により、最も優秀な提案があった参加希望者を小水力発電事業のパートナー（発電事業者）として選定 <p>●事業内容及び仙台市水道局の再生可能エネルギー設備設置状況等</p> <p>①事業内容</p> <p>発電事業者（事業統括：株式会社東芝東北支社、施設建設・運営・管理：株式会社シグマパワー仙台水力）は、上追沢沈砂池の敷地内において、ダムから取水した水を発電に利用し、その事業実施のための企画、資金調達、設備の設計・建設・管理運営を行い、売電収入の一部を水道局に納付</p> <p>②発電施設概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施設名称：上追沢発電所 ・所在地：仙台市川崎町大字支倉地内（上追沢沈砂池内）

	<ul style="list-style-type: none">・計画最大出力：199 kWh・契約期間：平成27年10月から平成47（令和17）年9月末日
備考	

No.	②-4
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	CO ₂ 削減、資材のリサイクル、グリーン購入、環境コミュニケーション
タイトル	環境報告書 2021
文献	埼玉県企業局. 環境報告書 2021. 2022.
内容	<p>●埼玉県企業局の組織運営（水道用水供給事業、工業用水道事業、地域整備事業）において、「企業局経営5か年計画」で環境の保全や創造に取り組むべく、5つの取り組み（①省エネルギー・温室効果ガスの削減、②リサイクル・循環型社会への貢献、③地域環境の保全、④エコオフィス活動・グリーン購入の推進（事務部門）、⑤環境コミュニケーション）を推進</p> <p>《内容》</p> <p>①浄水場におけるポンプのインバータ化や天然ガスを燃料とする常用発電機の導入、設備の効率的な運転により、電力使用量の削減を図る</p> <p>②浄水発生土の園芸用土やグラウンド用土等としての有効利用や、建設資材のリサイクル（他自治体の公共工事等で発生する建設発生土を含む）を図る</p> <p>③近隣水道事業者と連携した水源河川の水質調査等、産業団地等での緑化の推進により地域環境の保全を図る</p> <p>⑤水源わくわくセミナー（水源地の上・下流域の交流）により、水源地の方々の親睦や相互理解を図り、水の大切さを理解してもらう</p> <p>●環境会計の集計・公表</p> <p>埼玉県企業局の事業活動において、環境保全の取組に係る設備投資や費用などのコスト（令和2年度は716,030千円）、その取組による利益や経費節減額などの経済効果、およびCO₂削減量などの環境保全効果を公表する</p> <p>《主な環境保全効果》*（ ）は令和元年度数値</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CO₂削減量：17,506 t-CO₂ (16,317 t-CO₂) ・NO_x削減量：4,127 kg (2,962 kg) ・SO_x削減量：1,061 kg (987 kg) ・浄水発生土有効利用：52,143 t (45,869 t) <p>《環境保全活動に伴う経済効果》*（ ）は令和元年度数値</p> <ul style="list-style-type: none"> ・509,433千円 (572,249千円) *利益または経費節減額として <p>《環境保全活動の経営への影響》</p> <p>環境保全費用と環境保全活動に伴う経済効果額の差は-206,597千円であった。これは浄水場内の緑化、植栽管理、ダム湖周辺の環境調査などの管理活動コストの上昇が原因と考えられるが、浄水場の維持管理費や建設コストの縮減、企業債の抑制による支払利息の軽減などに取り組み、水道用水供給事業としては全国で3番目に安い供給単価（61.78円/m³）を維持している。</p>
備考	

No.	②-5																									
対応策	緩和																									
対象分野	水道																									
分類	マイクロ水力発電、再生可能エネルギー、地球温暖化防止																									
タイトル	マイクロ水力発電																									
文献	千葉県企業局. マイクロ水力発電について. https://www.pref.chiba.lg.jp/suidou/jousui/microhatsuden2.html																									
内容	<p>●給水場へのマイクロ水力発電の導入</p> <ul style="list-style-type: none"> 平成 20 年度から幕張給水場（千葉市）と妙典給水場（市川市）にマイクロ水力発電を設置 北船橋給水場（船橋市）に同施設を 2 基設置し、平成 26 年 2 月から稼働を開始 共同事業者である「東京発電株式会社」が発電所を建設・運転・保守を行い、千葉県水道局が水力エネルギーを提供する共同事業方式で、発電した電力は、それぞれの給水場内に供給される マイクロ水力発電は、浄水場から給水場へ水を送る際の水圧と水量のエネルギーを利用して発電機を回す設備で、既設の送水管に水車発電機を設置 <p>●事業の効果</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>場所</th> <th>出力(kW)</th> <th>年間計画 発電量(kWh)</th> <th>年間削減 CO₂(t)</th> <th>事業開始</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>幕張給水場</td> <td>350</td> <td>約 137 万</td> <td>およそ 636</td> <td>H20. 4</td> </tr> <tr> <td>妙典給水場</td> <td>300</td> <td>約 105 万</td> <td>およそ 487</td> <td>H20. 5</td> </tr> <tr> <td>北船橋給水場</td> <td>1 号機：160 2 号機：75</td> <td>約 92 万</td> <td>およそ 427</td> <td>H26. 2</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>885</td> <td>334 万</td> <td>およそ 1,150</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*年間計画発電量の合計は、一般家庭およそ 930 軒分に相当 *発電量は年度により差があり、二酸化炭素抑制量も電力会社の排出係数により変動</p>	場所	出力(kW)	年間計画 発電量(kWh)	年間削減 CO ₂ (t)	事業開始	幕張給水場	350	約 137 万	およそ 636	H20. 4	妙典給水場	300	約 105 万	およそ 487	H20. 5	北船橋給水場	1 号機：160 2 号機：75	約 92 万	およそ 427	H26. 2	合計	885	334 万	およそ 1,150	
場所	出力(kW)	年間計画 発電量(kWh)	年間削減 CO ₂ (t)	事業開始																						
幕張給水場	350	約 137 万	およそ 636	H20. 4																						
妙典給水場	300	約 105 万	およそ 487	H20. 5																						
北船橋給水場	1 号機：160 2 号機：75	約 92 万	およそ 427	H26. 2																						
合計	885	334 万	およそ 1,150																							
備考																										

No.	②-6
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	CO ₂ 削減、資源の有効活用、グリーン購入、エコオフィス推進
タイトル	第4次地球温暖化対策実行計画～令和3年度実施状況報告～
文献	北千葉広域水道企業団. 第4次地球温暖化対策実行計画～令和3年度実施状況報告～. 2022.
内容	<p>●計画の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成27年度に策定した第4次実行計画（平成28年度～令和7年度の10年間）の実施状況を毎年点検し、結果を公表 ・実行計画は松戸庁舎、取水場、浄水場、中継ポンプ場を対象とし、個別の取組み（省エネルギーの推進、資源の有効活用、その他環境に配慮した取組）を実施することによる、温室効果ガス排出量削減が目標 <p>●事業活動に伴うエネルギー使用の状況*（ ）は平成27年度比</p> <p>①電気使用量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電気使用量は5,976万 kWh（14.5%の増）、1m³の水道用水を供給するのに要した電気使用量を表す原単位は0.3571 kWh/m³（2.9%の増）。増加の原因は、年間送水量の増加と考えられる。 ・浄水場が電力使用量全体の78.8%を占め、うち送水ポンプで61.1%、中間ポンプで20.9%と浄水場全体の82.0%を占めており、水を送るためのポンプ設備で消費されている。 <p>②その他エネルギー使用量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・松戸庁舎の空調等に都市ガス、浄水場及び取水場の給湯等にLPガスを使用しており、ガス使用量は7,789m³（50.7%の増）。増加の原因は、新型コロナウイルス対策として事務室を分散させたこと等が原因と考えられる。 ・公用自動車の燃料として使用しているガソリンは4,311 L（31.5%の減）、軽油は135 L（85.0%の減）、非常用自家発電設備の燃料として使用しているA重油は4,180 L（31.5%の減）となった。 <p>●事業活動に伴う温室効果ガス排出の状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・事業活動に伴う温室効果ガス総排出量（二酸化炭素換算）は28,432t（7.5%の増）であり、総排出量の内訳は、二酸化炭素由来が99.8%、その他温室効果ガス（メタン、一酸化炭素、ハイドロフルオロカーボン、六フッ化硫黄）由来が0.2%。 ・1m³の水道用水を供給するのに排出した温室効果ガス量（二酸化炭素換算）を表す原単位は0.1699 kg-CO₂/m³（3.4%の改善）。 <p>●自然エネルギーの活用</p> <p>高度浄水処理施設棟の屋上に太陽光発電設備を設置し、発電量（10万 kWh）の一部は高度浄水処理運転に使用した。これは、発電量相当を買電した場合と比較して二酸化炭素排出量を49t削減。</p>

	<p>●事業活動に伴う環境への負荷</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コピー用紙（古紙パルプ配合率 100%の製品）使用量は 331,500 枚（18.1%の減） ・大雨などによる河川原水の濁りの状況によって、年度ごとに変化する浄水発生土は 4,977t（12.1%の増）で、セメント原料や粒状改良土として 100%有効利用。 ・浄水発生土を除く廃棄物発生量は、一般廃棄物が 11,366 kg（6.3%の減）、産業廃棄物が 32,008 kg（53.6%の増）。 <p>●評価</p> <p>令和 3 年度、年間総水量の増加に伴う電気使用量の増加等により温室効果ガス総排出量は平成 27 年度に対して 7.5%増加したが、省エネに配慮した設備機器の導入や効率的な運転管理などにより、排出量原単位は 3.4%改善した。</p> <p>事業活動における取組みとして、用紙類の使用削減やごみの減量化、浄水発生土の 100%有効利用など、環境負荷の低減にも努めた。</p>
備考	

No.	②-7
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	CO ₂ 削減、水循環と緑の保全、持続可能な資源利用、環境コミュニケーション
タイトル	東京都水道局環境5か年計画2020-2024
文献	東京都水道局. 東京都水道局環境5か年計画2020-2024. 2020.
内容	<p>●環境保全と良好な事業経営の両立を目指した環境基本理念に基づき、局事業に伴う環境負荷低減を実効的・総合的に推進していくことを目的として、5年間の取組と目標を明らかにしたもの。都条例等におけるCO₂削減義務(目標)の着実な履行を前提に、都や局の上位計画等とも整合を図った本計画を着実に推進することにより、環境基本理念を実現し、さらにはSDGsの実現に貢献。</p> <p>●重要課題に位置付けたSDGsから4つの重要分野を特定し、水道局のあるべき姿を描いた*()は各重要分野に対して定めた環境基本方針としての項目</p> <p>①脱炭素(CO₂排出量の削減)</p> <p>安全でおいしい高品質な水の安定供給とCO₂排出量の削減を両立し、気温上昇を1.5℃未満に維持する脱炭素社会の実現の一翼を担っている</p> <p>②水循環と緑(健全な水環境と豊かな緑の保全)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・事業に不可欠な水資源の保全や、水の有効利用等を通して、将来にわたる健全な水循環の形成に寄与している ・水道水源林や水道施設における豊かな緑を将来にわたり守り続け、生物多様性の保全に配慮した事業を展開している <p>③資源循環(持続可能な資源利用)</p> <p>環境に配慮した資源を調達するとともに、その利用及び廃棄に係る環境負荷を最小化するなど、持続可能な資源利用を推進し、循環型社会の形成に寄与している</p> <p>④環境コミュニケーション(多様な主体との環境コミュニケーション)</p> <p>活発な環境コミュニケーションにより、環境取組に対する関係者の理解が十分に得られ、環境施策が持続的に展開されている</p> <p>●具体的取組として、4つの環境基本方針の下、11の施策の方向性と37の取組事項を設定し、環境基本理念の実現を目指す。</p> <p>①CO₂排出量の削減での3つの施策の方向性と取り組み事項は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・省エネルギー化の推進 <ul style="list-style-type: none"> 導・送水管整備に伴うエネルギー効率化 常用発電設備の高効率化 直結配水ポンプ設備の導入 省エネ型ポンプ設備の導入 高効率機器への更新 オフィス活動における使用電力量の抑制 効率的な水運用の推進

	<ul style="list-style-type: none"> ・再生可能エネルギーの導入拡大 <ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電設備の導入 小水力発電設備の導入 ・社会全体の脱炭素化の促進 <ul style="list-style-type: none"> 環境に配慮した電気の調達 ゼロエミッションビークル（ZEV）等の導入 直結給水の推進 <p>●具体的な取組による5年後の到達目標*（ ）は2018年度数値</p> <p>①CO₂排出量の削減</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電設備の能力：10,000 kW（8,558 kW） ・小水力発電設備の能力：2,500 kW（2,281 kW） ・都内大規模事業所のCO₂排出量削減：25%（15%） <p>②健全な水環境と豊かな緑の保全</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水道水源林の保全作業面積：600 ha/年（500 ha/年） ・多摩川水源森林隊参加者数：延べ37,600人（延べ28,607人） ・局施設の緑化面積合計：24,000 m²（21,029 m²） <p>③持続可能な資源利用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・浄水発生土のリサイクル率：70%（44%） ・コピー用紙使用量：25%削減（31百万枚/年） ・請求書等の紙使用量：2022年度からオールペーパーレス化を開始（58百万枚/年） <p>④多様な主体との環境コミュニケーション</p> <ul style="list-style-type: none"> ・東京水道～企業の森活動受入人数：延べ1,300人（延べ349人） <p>●以上の取組はSDGs目標1（貧困をなくそう）、目標2（飢餓をゼロに）、目標5（ジェンダー平等を実現しよう）、目標8（働きがいも経済成長も）、目標10（人や国の不平等をなくそう）を除く目標実現に貢献</p> <p>●計画推進の仕組みと体制</p> <p>水道局全部署に推進担当者を設置するなど、局全体を挙げた推進体制を構築し、PDCAサイクルを活用した計画の着実な推進を図り、専門的知識を有する第三者による評価を受け、お客様をはじめとした関係者等と双方向のコミュニケーションを実施する</p>
備考	

No.	②-8
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	再生可能エネルギー、CO ₂ 削減、ダム湖の環境対策
タイトル	再生可能エネルギー
文献	横浜市水道局. 水道局と環境〈環境への取り組み〉. https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/sumai-kurashi/suido- gesui/suido/torikumi/kankyohozen/kankyo-houkokusyo.html
内容	<ul style="list-style-type: none"> ●再生可能エネルギーの利用 <ul style="list-style-type: none"> ・横浜市の温室効果ガス総排出量のうち約 90%が二酸化炭素 (CO₂) だが、CO₂ のうちエネルギーの使用に伴い排出されるものが約 55% ・CO₂ の排出抑制にはエネルギーの消費を抑えるとともに、化石燃料に頼らない再生可能エネルギーの利用割合を高めることで、環境にやさしい水道システムを構築 ●太陽光発電設備の導入 <ul style="list-style-type: none"> ・平成 12 年度、日本で最初にろ過地の上部へ可動式太陽光発電設備を小雀浄水場に設置 ・発電容量：1,570 kW (令和 2 年度末) ●小水力発電設備の導入 <ul style="list-style-type: none"> ・令和 3 年度末現在、6 カ所に、水道管路を流れる水の力を利用した小水力発電設備を設置 (港北配水池、川井浄水場、青山水源事務所、峰配水池、恩田配水池、今井配水池) ・発電容量：728 kW (令和 2 年度末) ●ダム湖の環境対策 <ul style="list-style-type: none"> 藻類の増殖を防ぐため、湖水を循環させるエアレーション装置を相模湖に 8 基、津久井湖に 5 基設置
備考	

No.	②-9												
対応策	緩和												
対象分野	水道												
分類	再生可能エネルギー、太陽光発電、小水力発電												
タイトル	再生可能エネルギー												
文献	横浜市水道局．再生可能エネルギー（2019年3月8日最終更新）． https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/sumai-kurashi/suidogesui/suido/torikumi/kankyohozen/saiseikanouenergy.html												
内容	<p>●再生可能エネルギーの導入</p> <ul style="list-style-type: none"> ・横浜市の温室効果ガス排出量の9割以上は、エネルギーの使用に伴う二酸化炭素であるため、温室効果エネルギーの消費を抑え、化石燃料によらない再生可能エネルギーの利用割合を高めることが必要 ・浄水場やポンプ場では多くの電力を使用しており、電気エネルギーへの依存度が非常に高いため、環境にやさしい水道システムを構築するため、小水力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーを導入 <p>●太陽光発電事業</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太陽によるエネルギーを太陽光発電パネルで受けることで発電 ・施設面積を有効に活用するため、ろ過地の可動式アーチ型ふた、沈でん池の遮光板、濃縮槽・排水地のふたに太陽光発電パネルを設置 <p>（表1）設置している太陽光発電設備の発電量等の合計</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>発電容量(kW)</th> <th>予想発電量(kWh)</th> <th>CO₂削減量(t-CO₂)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,570</td> <td>1,650,384</td> <td>803</td> </tr> </tbody> </table> <p>●小水力発電事業</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水道管を流れる水の力を利用して水車を回し、水車につながった発電機を回転させて発電。配水池や浄水場等に設置 <p>（表2）設置している小水力発電設備の発電量等の合計</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>発電容量(kW)</th> <th>予想発電量(kWh)</th> <th>CO₂削減量(t-CO₂)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>728</td> <td>4,025,000</td> <td>1,956</td> </tr> </tbody> </table>	発電容量(kW)	予想発電量(kWh)	CO ₂ 削減量(t-CO ₂)	1,570	1,650,384	803	発電容量(kW)	予想発電量(kWh)	CO ₂ 削減量(t-CO ₂)	728	4,025,000	1,956
発電容量(kW)	予想発電量(kWh)	CO ₂ 削減量(t-CO ₂)											
1,570	1,650,384	803											
発電容量(kW)	予想発電量(kWh)	CO ₂ 削減量(t-CO ₂)											
728	4,025,000	1,956											
備考													

No.	②-10
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	CO2 削減
タイトル	取水から蛇口までのトータル水輸送エネルギー評価手法とその活用
文献	吉備隆光, 小野好信, 中山重昭, 筏大典, 宍戸由範, 高橋俊介. 取水から蛇口までのトータル水輸送エネルギー評価手法とその活用. 第 61 回全国水道研究発表会, 100~101, 2010.
内容	<p>横浜市水道局では、「取水から蛇口までの水輸送にて消費するエネルギー（配水量 1 m³ 当たりの電力消費量）」を体系的に評価する手法として「配水原単位」を独自に定義し、評価手法を作成した。</p> <p>各施設（工程）の原単位を基に、水源から蛇口までに使用する電力量及び原単位電力量を算出したところ、39 ブロックにおける H19 年度実績の配水原単位は、49.6~1,357.6 Wh/m³ の範囲であった。また、長期計画（H32 年度）における排水原単位を比較したところ、市内全体では 425→414 Wh/m³ と低くなった。</p> <p>配水原単位が高いブロック内の減圧弁エリアについて、省エネルギー対策を検討したところ、原単位は 850→390 Wh/m³ と低下し、配水原単位マップは、省エネルギー型水運用計画立案に有効であると示された。</p>
備考	横浜市水道局

No.	②-11
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	CO2 削減
タイトル	川井浄水場「セラロック」の完成及び給水開始
文献	<p>蒲谷昌好. 川井浄水場「セラロック」の完成及び給水開始. 第 63 回全国水道研究発表会, 82~83, 2012.</p> <p>横浜市水道局. 川井浄水場施設概要. https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/sumai-kurashi/suido- gesui/suido/suishitsu/josuijo/kawai/gaiyou.html</p>
内容	<p>横浜市水道局川井浄水場再整備事業で、膜ろ過施設（セラロック）が完成し、H26 年 4 月、給水開始。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・省スペースで建設でき、既存の浄水場を稼働させながら新規施設を建設。 ・日本初の PFI 事業による浄水場更新（建設・運転・維持管理含めてコストカット） ・水源からの高位差を有効活用し、膜ろ過装置への加圧ポンプが不要。 ・太陽光発電設備を併設し、使用電力量削減 ・川井浄水場の処理能力増強により、給水地域の拡大（小雀系の電力依存度が高いエリアが自然流下系による給水となり、環境負荷低減と災害に強い給水区域に拡大） ・小水力発電設備：相模湖系導水管の 2 本の管それぞれに水車・発電機を設置（年間の予想発電量：115 万 kWh、一般家庭の年間使用量の約 335 軒分に相当）。
備考	

No.	②-12
対応策	緩和
対象分野	水道、工業用水道、下水道
分類	CO ₂ 削減、地球温暖化対策、環境保全、公害対策、環境会計
タイトル	川崎市上下水道局 環境計画
文献	川崎市上下水道局. 環境計画年次報告書令和3(2021)年度版. 2022.
内容	<p>●川崎市上下水道環境計画の策定と概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・川崎市上下水道ビジョン、川崎市上下水道事業中期計画の下位計画として、川崎市環境基本計画との整合を図りながら、これまでの環境施策や社会情勢等を踏まえ、「川崎市上下水道環境計画」を策定（期間：平成29年～令和3年）し、引き続き環境に配慮した事業運営を行う <p>●環境方針に対する施策の取組（工業用水道、下水道を含む）</p> <p>①地球温暖化対策の推進</p> <ul style="list-style-type: none"> ・省エネルギー型危機の導入、自然流下方式による取水・送水・配水、下水汚泥の二段燃焼による温室効果ガスの削減により、省エネルギー及び温室効果ガスの削減を推進する ・小水力発電の実施、太陽光発電システムの導入により、再生可能エネルギー源の有効利用を推進する ・施設における植栽の保全と緑化整備により、ヒートアイランド現象の緩和を推進する <p>②資源・エネルギーの循環促進</p> <ul style="list-style-type: none"> ・浄水発生土の有効利用（改良土やセメント原料）、下水汚泥の有効利用（セメント原料として焼却灰）、建設副産物のリサイクルを推進する ・汚泥焼却熱を利用した温水プール、再生紙の製造過程で水資源（下水処理で発生した高度処理水）を有効利用（企業に提供）する <p>③健全な水循環・水環境の創出</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水源地の水質確保、水源から給水栓までの安全な飲料水の確保、漏水防止により、水資源の確保・有効利用を推進する ・下水道未普及地域の解消及び水洗化の促進、下水道を使用する事業場等指導及び水処理センターの適切な水質管理、下水道での高度処理の推進、合流式下水道の継続的な改善により良質な水環境を創出する <p>④環境に配慮した行動の促進</p> <ul style="list-style-type: none"> ・市役所の率先した環境配慮の取組（低燃費車導入）、省エネ法に基づくエネルギー管理の取組（エネルギー使用量の把握及び適正管理、年平均1%以上の原単位削減）、温室効果ガス削減の取組（CO₂排出量を削減、高効率型機器の採用等）により、事業活動における適正な環境管理を推進する ・下水処理における省エネルギー化及び温室効果ガス排出量削減効果のある技術研

備考	<p>究、水環境技術を生かした国際展開の推進により、環境技術などの研究開発を推進する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・環境計画年次報告書の公表、職員の環境意識の向上、市民の環境学習の推進と広報活動の充実により、環境意識の向上に向けた取組を推進する <p>●R2 年度の上下水道局における電力使用量* () は R 元年度の数値</p> <ul style="list-style-type: none"> ・①+②+③ : 129,495,258 kWh (128,147,537 kWh) ①執務室 : 1,016,480 kWh (937,638 kWh) ②上水・工水施設 : 27,813,540 kWh (26,070,355 kWh) ③下水道施設 : 100,665,238 kWh (101,139,544 kWh) <p>●環境会計 (R2 (2022) 年度決算版)</p> <p>①環境保全コスト (事業活動における環境負荷を抑制することを目的とした投資及び費用)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 投資 : 2,438 千円 (水源監視、施設の緑化・植樹管理、水道メーターの再利用、下水高度処理水の有効利用) 2) 費用 : 2,950,038 千円 (漏水修理工事・調査、水道メーターの再利用、下水高度処理水の有効利用、下水汚泥焼却施設の排ガス対策、下水道施設の臭気対策等) <p>②環境保全対策に伴う経済効果 (環境保全対策の実施により、得られた収益、回避できた費用を金額に換算して算出)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 収益 : 81,849 千円 (再生水の供給による料金収入、鉄くず等不用品売却) 2) 費用削減 : 771,974 千円 (漏水防止対策、再生可能エネルギーの有効利用) <p>③環境負荷低減効果 (環境保全コストに計上した取組による主な低減効果)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 硫黄酸化物 (Sox) : 482 t * 主な取組内容 : 汚泥焼却炉の排ガス制御、燃焼効率の向上 2) 二酸化炭素 (CO₂) : 1,856 t * 主な取組内容 : 再生可能エネルギーの有効利用、汚泥焼却余熱の利用
----	---

No.	②-13
対応策	緩和
対象分野	水
分類	温暖化対策に向けての取組み
タイトル	温暖の状況と対策計画
文献	神奈川県内広域水道企業団. 第3次地球温暖化対策実行計画. 2022.
内容	<p>〔計画策定の背景〕</p> <p>地球温暖化への対策として、平成27(2015)年12月に、国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)がフランス・パリにおいて開催され、新たな法的枠組みである「パリ協定」が採択された。また、SDGs(平成27(2015)年9月に、国連サミットで採択)の目標13「気候変動に具体的な施策を」として、地球規模で取り組むべき持続可能な開発目標の一つに掲げられている。</p> <p>国の動向として、平成10(1998)年に地球温暖化対策の推進に関する法律(平成10年法律第117号)(以下「温対法」という。)が制定され、国、地方公共団体、事業者、国民が一体となって地球温暖化対策に取り組むための枠組みが定められた。</p> <p>神奈川県内広域指導企業団の動向として、平成25(2013)年度～令和2(2020)年度までを計画期間、基準年を平成18(2006)年度とした「第2次地球温暖化対策実行計画(改訂版)」(以下「前実行計画」という。)のもとで、省エネルギー・創エネルギーなど温室効果ガスの排出量削減に取り組んだ。</p> <p>〔基本的事項〕</p> <p>本実行計画は、温対法第21条第1項に基づき、企業団の事務事業に関し、温室効果ガスの総排出量を削減することを目的とする。温室効果ガスの削減目標の設定にあたり、令和32(2050)年の温室効果ガス総排出量の削減目標(長期目標)及び令和12(2030)年度の温室効果ガスの削減目標(中間目標)を、国の計画に準じて設定する。対象施設は、本庁舎、浄水場、取水管理事務所及びポンプ場の全てとし、電力、燃料、ガス等の使用量を削減対象とする。</p> <p>〔温室効果ガスの排出状況〕</p> <p>計画年度の開始時期である平成25(2013)年度の温室効果ガス排出状況を算出した。年々減少傾向にある給水量に比例し、温室効果ガス総排出量も減少の傾向にある。しかし、企業団及び構成団体水道事業者が進める水道施設の再構築により、今後、企業団の供給水量や使用電力量も増加することが見込まれるため、温室効果ガスの総排出量も増加していくものと想定している。</p> <p>今後の課題として、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電力の消費を抑えるため、設備更新においてエネルギー効率の良いものを導入。 ・小水力発電等の再生可能エネルギーを導入 ・発電で発生する余剰電力の蓄電・活用などについて検討 ・施設の管理に使用する公用車のハイブリッド化 ・ペーパーレス化や、環境に配慮した紙代替素材の導入を推進

・廃棄物の排出の削減と有効利用

〔目標達成に向けたロードマップ〕

国の計画に準じて、令和 12（2030）年度に平成 25（2013）年度比 46%削減（中期目標）、令和 32（2050）年度のカーボンニュートラル（長期目標）を達成するため、省エネルギー・再（創）エネルギー・蓄エネルギーの 3 つの柱を軸に、6 つの施策の方向性に沿った具体的な施策を定めた。

〔温室効果ガス削減に向けた取組み〕

ロードマップで示した施策のうち、本計画期間で実施する枠組みは以下のとおり。

省エネルギー化の推進	上流取水の利用
	省エネルギー機器の導入
	建築物の ZEB 化
再生化のエネルギーのさらなる活用	太陽光発電設備の増設
	再生可能エネルギー由来の電力調達
	蓄電池の導入検討
日常業務における取組	庁用車へのエコカー導入
	ペーパーレス化に向けた推進
	節電・節水等の枠組み
環境保全の取組み	水源林保全活動へのさらなる貢献
	環境コミュニケーション
その他の取組み	排水処理工程のさらなる低炭素化
	資源の有効活用の推進
新たな挑戦	新たな枠組みへのチャレンジ

〔計画の推進〕

実行計画は、Plan(計画)→Do(実行)→Check(評価)→Action(改善)の 4 つのステップを繰り返すことで、計画全体の点検・評価・見直しを行う。

事例・実績

【事業者】

神奈川県内広域水道企業団

【効果】

平成 18（2006）年度比で温室効果ガス総排出量は 8.5%増加し、取水量 1 m³当たりの温室効果ガス総排出量についても 17.1%増加した。理由として、これは、水需要の減少により処理水量は減少傾向である中で、節電や省エネ、新エネルギーの活用などの取組みを推進してきたものの、一方で、基準年度（H18(2006)年度）に対して、後年次の排出係数が増加したことが主な要因と考えられる。

備考

No.	②-14
対応策	緩和
対策分類	水道
分類	省エネルギー、環境対策
タイトル	環境報告書 2021
文献	神奈川県内広域水道企業団. 環境報告書 2021. 2021.
内容	<p>〔環境マネジメント〕</p> <p>企業団は安全で良質な水道水を送り続けるため、水源保全の取組みを関係団体と協力して行うとともに、良好な水環境を将来にわたって維持していくため、温室効果ガス排出量の削減などの環境保全の取組みを行っている。具体的な内容として、①温室効果ガスの総排出量を令和3年度までに平成18年度比で6.0%削減。②取水量1m³あたりの温室効果ガスの排出量を令和3年度までに平成18年度比で1.0%削減。</p> <p>〔事業概要〕</p> <p>〔水道水が届くまでの環境負荷〕</p> <p>企業団で使用しているエネルギーは以下のとおりとなる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・取水・導水 <p>ポンプ設備等の運転電力使用量 128,817 千 kWh 設備機械の運転燃料使用量 ガソリン 80L、灯油 5,016L、軽油 0L 薬品使用料 活性炭 134 t</p> ・浄水 <p>ポンプ設備等の運転電力使用量 11,097 千 kWh 設備機械の運転燃料使用量 ガソリン 132L、灯油 395,554L、軽油 0L A 重油 0L、LPG 24kg、都市ガス 270,193m³ 薬品使用料 PAC 8,326 t、次亜塩素酸ナトリウム 4,798 t 活性炭 120 t、硫酸 4,726 t</p> ・取水・導水 <p>送水設備等の運転電力使用量 146 千 kWh 設備機械の運転燃料使用量 灯油 4,012L</p> ・オフィス・車 <p>事務活動の運転電力使用量 28,012 千 kWh 公用車の燃料使用量 ガソリン 20,834L、軽油 153L オフィスの燃料使用量 灯油 1,873L、都市ガス 59,140m³</p> <p>これらの数値を基に各温室効果ガスの排出量を算出すると以下のとおりとなる。</p> <p>CO2 排出量 78,581,168kg、CH4 排出量 5,326kg、N2O 排出量 6,608kg、 HFC 排出量 624kg、SF6 排出量 3,696kg</p> <p>〔生産活動における環境保全の取組み〕</p> <p>企業団の生産活動により排出される温室効果ガスの99%以上がCO2で占められており、温室効果ガス削減のためには、CO2の削減が重要である。このため、企業団では、</p>

	C02 の削減を主とした様々な施策を実施し、目標達成に努める。
備考	

No.	②-15
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	再生可能エネルギー、太陽光発電
タイトル	浄水場に「オンサイト PPA 太陽光」、新潟スワンエナジーが供給
文献	日経 BP. 浄水場に「オンサイト PPA 太陽光」、新潟スワンエナジーが供給. 2022.
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業者：新潟スワンエナジー（新潟市） 2019 年 7 月設立（出資比率：JFE エンジニアリング 85%、新潟市 10%、第四北越銀行 5%） ・ 新潟市水道局が管理運営する満願寺浄水場にオンサイト型 PPA（電力購入契約）モデルによる自家消費型太陽光発電設備を導入し、2 月から発電を開始 ・ 同社のオンサイト型 PPA は、新潟市中央卸売襟市場に続く第 2 号案件 <p>太陽光パネル出力：645kW パワーコンディショナー（PCS）出力：460kW 年間発電量：約 65 万 kWh（見込み）（同浄水場の使用電力の 20%弱を想定） CO2 削減効果：304t</p>
備考	

No.	②-16
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	省エネルギー、再生可能エネルギー、環境対策
タイトル	令和2年度版環境報告書
文献	新潟市水道局. 令和2年度版環境報告書.
内容	<p>〔水道水をお届けするまでの環境負荷〕</p> <p>エネルギー消費量によって算出した温室効果ガス等の排出量は以下のとおり。</p> <p>電気使用量：3,329万Wh 燃料：ガソリン39kL、軽油6kL、灯油・A重油82kL ガス；16万2千m³</p> <p>温室効果ガス排出量： 二酸化炭素 8,101.6t、NOx 6.6t、SOx 4.0t 廃棄物：浄水発生土 11,811.8t、建設副産物 122,309.1t、 一般廃棄物 51.9t</p> <p>〔環境に関する主な取り組み〕</p> <p>(1) 省エネルギー化の推進</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施設内の緑化整備 本庁舎や水質管理センターなどで、壁面緑化などの緑化整備を行い、景観保持と二酸化炭素の削減に努める。 <p>(2) 地球温暖化の防止</p> <ul style="list-style-type: none"> ・浄水発生土の天日乾燥処理 河川水を水浄処理する際に発生する浄水発生土については、環境に配慮し、機械による脱水処理から、天日乾燥処理への切り替えを進めた。 (天日乾燥処理により削減された電力使用量に係る二酸化炭素排出削減量 17.9t) ・再生可能エネルギーの活用による二酸化炭素の削減 信濃川浄水場、水質管理センター、本庁舎で太陽光発電設備が稼働。令和2年度の発電量は115,557kwh(信濃川浄水場86,525kwh、水質管理センター18,948kwh、本庁舎10,084kwh)となり、全量を施設の電力として使用した。 ・効率的な管工事 水管等の布設工事において、従来の深さよりも管を浅く埋める浅層埋設を行っている。これにより、掘削土量と埋め戻しのための土量を削減することができ、建設機械に使用する燃料が削減されるため、二酸化炭素の排出量を抑えることができる。(効率的な管工事により削減された燃料使用量に係る二酸化炭素排出削減量 45.5t) ・公用車の排出ガス対策

	<p>公用車の入れ替えに合わせて、環境負担の少ない低燃費、低排出ガスのハイブリッド車を導入した。</p> <p>(低公害車の導入による二酸化炭素削減量 0.5 t)</p> <p>(3) 資源の有効利用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建設副産物の再利用 <p>配水管等の布設工事などから発生する建設発生土やアスファルト塊、コンクリート塊などの建設副産物は、再生プラントを活用して有効利用を進めた。</p> <p>(建設副産物 リサイクル量 118,930 t、リサイクル率 97.2%)</p> ・浄水発生土の有効利用 <p>原発事故を由来とする放射性物質を含む浄水発生土のうち、放射性物質の濃度が200 ベクレル/kg以下のものは、セメント材料や土木工事における建設改良土として有効利用。(浄水発生土リサイクル量 11,969 t)</p> ・水道メーター外枠の再利用 <p>計量法の規定により 8 年ごとに取り換えを行っているが、状態の良い外枠を再利用し、廃棄物を削減。再利用できなかったメーター外枠は売却し、再資源化を図っている。(再利用メーター 42.0 t (42,105 個))</p> <p>(削減されたメーター購入費 43,282,420 円)</p> <p>(メーター外枠の売却量 7.6 t)</p> ・漏水の防止 <p>定期的に配水管等の漏水調査を実施し、漏水を早期に発見し、修理することで貴重な水資源の有効活用を図っている。また、古くなった配水管等を計画的に取り替えることで漏水防止に努めている。(漏水調査により削減された漏水減少相当分の浄配水に係る二酸化炭素排出量 0.6 t)</p> <p>(防止した漏水量(推定) 7,989 m³)</p>
備考	

No.	②-17
対応策	緩和・適応
対象分野	水道
分類	水運用の変更 高効率設備、機器等の導入、維持管理の工夫
タイトル	名古屋市上下水道局 水道事業 温室効果ガス削減施策
文献	名古屋市上下水道局. 温室効果ガス排出削減中期計画 2030. 2018. https://www.water.city.nagoya.jp/file/31168.pdf
内容	<p>水道事業は温室効果ガス排出削減中期計画により、温室効果ガス排出量を 2013 年度 40,709[t-CO₂]に対し 2030 年度は 26,176[t-CO₂]と目標をたて、-35.7%温室効果ガスを削減することを目標としている。主な実績施策を以下に示す。</p> <p>なお、削減量算出にあたって電力の排出係数は地球温暖化対策計画における 2030 年度目標値である 0.370[kg-CO₂/kWh]を用いている。</p> <p>【水運用の変更】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・配水区域の見直し 配水区域の見直しを行う地区と温室効果ガス削減量は以下の通りである。なお、数値の後に「増」とあるのは、温室効果ガス増加量を示す（以下、同様）。 <ul style="list-style-type: none"> ・瑞穂区域拡大 1：274[t-CO₂] ・中川西区域拡大 1：280[t-CO₂]増 ・島田減圧復元：607[t-CO₂] ・自然流下による送水幹線の運用 自然流下による送水幹線の運用を行う地区と温室効果ガス削減量は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> ・春日井浄水場→瑞穂配水場：526[t-CO₂]増 ・鳴海配水場への直接送水 直接送水を行う地区と温室効果ガス削減量は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> ・春日井浄水場→鳴海配水場：714[t-CO₂] <p>【高効率設備、機器の導入】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・送水ポンプ能力の適正化 送水ポンプ能力の適正化を行う場所と温室効果ガス削減量は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> ・春日井浄水場（第 2 ポンプ所）：1110[t-CO₂] ・高効率の変圧器の導入 高効率の変圧器の導入を行う場所と温室効果ガス削減量は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> ・大治浄水場（第 1 ポンプ所）：5[t-CO₂]

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中川西配水場：2[t-CO₂] ・ 鍋屋上野浄水場（設備棟）：5[t-CO₂] ・ 鳴海配水場：7[t-CO₂] ・ 春日井浄水場（揚水ポンプ所）：4[t-CO₂] ・ 鍋屋上野浄水場（急速ろ過池）：5[t-CO₂] ・ 朝日取水場：1[t-CO₂] ・ 犬山取水場（共同取水口）：1[t-CO₂] ・ 鍋屋上野浄水場（本館）：8[t-CO₂] ・ 志段味配水場：5[t-CO₂] <p>・ 高効率モーターの採用 高効率モーターの採用を行う場所と温室効果ガス削減量は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 志段味配水場（高区）：7[t-CO₂] <p>・ LED 照明の採用 建物の整備に合わせて LED 照明を採用することで、温室効果ガスを 41[t-CO₂]削減する。</p> <p>【維持管理の工夫】 各浄水場や水処理センター等の施設で、個別電力系の設置、有効率の確保、実践的検証等を行い、温室効果ガスを 393[t-CO₂]削減を行う。</p>
備考	

No.	②-18
対応策	緩和
対策分野	水道、下水道
分類	省エネルギー、環境対策
タイトル	京都市水道事業・公共下水道事業 環境報告書 2021
文献	京都市上下水道局. 京都市水道事業・公共下水道事業 環境報告書 2021.
内容	<p>○再生可能エネルギーの利用</p> <p>浄水場や水環境保全センター等の敷地を利用して太陽光発電設備を設置、運用。石田水環境保全センターでは、放流水の落差を利用し、小水力発電を実施。</p> <p>○省エネルギーの推進</p> <p>機械の運転管理を工夫し、水処理に影響を与えない範囲で運転時間を短くすることで電力使用量を削減。全体の電力使用量に占める割合の多いポンプや送風機を、効率の良い機器に交換し、電力使用量を削減。照明設備の LED 器具への取替えや人感センサーを取り付けることで照明電力の削減。</p> <p>○温室効果ガス、大気汚染物質の排出抑制</p> <p>鳥羽水環境保全センターの汚泥焼却炉では、焼却温度を 840～850℃にし、一酸化二窒素の排出を抑制。汚泥焼却炉に排煙処理設備を設置し、大気汚染物質の排出を抑制。</p> <p>○資源の有効利用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・消化ガスの有効利用 <p>下水汚泥からの消化ガスを汚泥焼却炉の燃料などに有効利用。消化タンクを再整備し、温室効果ガス排出量の削減に寄与する想定。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・汚泥の減量化、有効利用 <p>鳥羽水環境保全センターで、脱水汚泥を焼却し、1日あたり約 13t の灰に減量化を実施。処理工程で発生する熱、脱水汚泥、焼却灰の有効利用を促進。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・漏水防止 <p>定期的な調査による漏水の早期発見、老朽化した水道管の計画的な取替え等を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・下水処理水の有効利用 <p>水環境保全センターでは、機械用水や洗浄水のほぼ全てに下水処理水を有効利用。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・環境マネジメントシステム <p>「グリーン購入」を推進。公用車の購入（買替え）時に、市の基準を満たす低排出ガス・低燃費車を選定し、用途に応じ電気自動車や軽自動車の導入も促進。</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒートアイランド対策 打ち水、ミスト装置の設置及び施設の緑化を促進。 ・使い捨てプラスチック製品の使用抑制の取組 マイボトルの使用を促進。市内の様々な施設にマイボトルで利用できる水道直結式の給水機の設置拡大を推進。 ○環境にやさしい取組の計画（2018～27年） 平成30年度に策定した「京（みやこ）の水ビジョン（2018-2027）」及び「中期経営プラン（2018-2022）」では、下水をきれいにして市内河川や下流域の水環境を保全することや、地球環境にやさしい事業運営により、まちやこころを「ゆたかにする」ことを方針として掲げている。 創エネルギー・省エネルギーによる低炭素社会の実現や、循環型まちづくりへ貢献することを目標。 ○電力使用量と温室効果ガス排出量削減の推移 <ul style="list-style-type: none"> ・水道事業 給水量が最大であった平成2年度の電力使用量に比べ、省エネ・高効率機器の導入、給水区域再編等により、電力使用量は47.0%（3,130万kWh）削減。 ・下水道事業 電力使用量がピークであった平成10年度に比べ、処理施設の運転管理の工夫や省エネ・高効率機器の導入等により、令和2年度の電力使用量は、33.7%（4,410万kWh）削減。 ・温室効果ガス 令和2年度の水道事業、公共下水道事業による温室効果ガスの排出量は8万8,100t。平成16年度と比べ、39,500t（31.0%）の削減となった。
備考	

No.	②-19
対応策	緩和
対象分野	水道、エネルギー
分類	CO2 削減（配水）、再生エネルギー
タイトル	配水場への水力発電設備の導入
文献	事業体事例（大阪市水道局）
内容	<ul style="list-style-type: none"> 大阪市では、市内各所の配水場から、それぞれの給水区域に配水しているが、市域全体がほぼ平坦なため、ほとんどの地域がポンプ圧送方式となっている。 市内全域において配水圧のみで建物の3階までの給水を行う3階直結直圧給水を実施している（一部地域で5階直結直圧給水を実施）。 配水管より引水を行う配水場の配水池流入水には、配水池の流入に必要な圧力に加えて、市内配水に必要な圧力と、配水池流入管から配水池水面までの落差を残存水圧として有しており、この圧力を未利用エネルギーとして有効かつ効率的に電力として回収することで、環境に配慮した水道システムの構築を図るべく、水力発電設備の導入を進めることとした。 水力発電の概要を図1に示す。 平成16年度に長居配水場、平成27年度に泉尾配水場、そして平成30年度に咲洲配水場（図2）にそれぞれ水力発電設備を導入した。導入状況は表1のとおり。なお、長居、泉尾配水場は建設時に、咲洲配水場は稼働施設への追加でそれぞれ導入した。

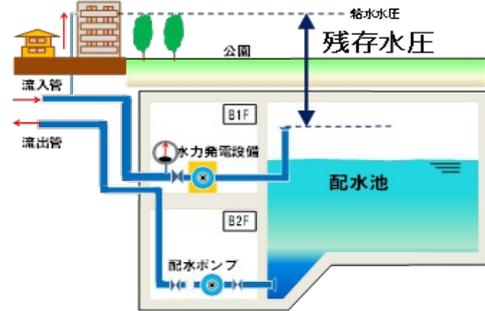


図1：水力発電の概要

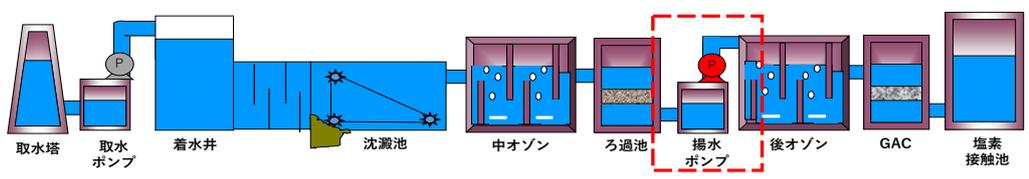


図2：咲洲配水場水力発電設備

表1：水力発電設備の導入状況

	形式	容量 [kW]	発電利用	補助金	設置費用 (税込) [百万円]	発電実績 (R3) [万kWh]	受電実績 (R3) [万kWh]
長居配水場	フランス 水車	253	場内	設置費用の 約1/5	157	150	418
泉尾配水場	ポンプ逆転 水車	110	売電	FIT	138	47	159
咲洲配水場	ポンプ逆転 水車	43	場内	設置費用の 約1/3	124	24	100

備考	
----	--

No.	②-20																																	
対応策	緩和																																	
対象分野	水道、エネルギー																																	
分類	CO2 削減（浄水）、回転速度制御																																	
タイトル	浄水過程揚水ポンプへの回転速度制御装置導入																																	
文献	事業体事例（大阪市水道局）																																	
内容	<ul style="list-style-type: none"> 大阪市では、各種ポンプ設備に対し、回転速度制御方式の導入を行うことで、省エネルギー施策の推進を図っている。 需要に対する変動が大きい配水ポンプへは優先的に整備を行い、令和4年度現在、有効性が確認された全ての配水ポンプへ回転速度制御を導入済み。 更なる省エネルギー施策の一環として、配水ポンプに比べ変動は少ないものの、浄水処理過程において有効性が認められた揚水ポンプ（図1）への回転速度制御の導入を行うこととした。 <div style="text-align: center;">  <p>図1：浄水処理フロー</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> 平成26年度に庭窪浄水場、平成28年度に柴島浄水場下系（図2）、平成30年度に豊野浄水場へそれぞれ回転速度制御装置を導入した。導入状況は表1のとおり。 <div style="text-align: center;">  <p>図2：揚水ポンプ（柴島浄水場下系）</p> </div>																																	
	<p>表1：揚水ポンプへの回転速度制御装置の導入状況</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">仕様点</th> <th rowspan="2">容量 [kW]</th> <th rowspan="2">台数 (うち 回転速度制 御台数)</th> <th rowspan="2">設置費用 (税込) [百万円]</th> <th rowspan="2">水量 (R3実績) [万m3/日]</th> <th colspan="2">電力原単位※ [kWh/m3]</th> </tr> <tr> <th>更新前</th> <th>更新後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>柴島浄水場 下系</td> <td>93.3m3/min×14m</td> <td>275</td> <td>5(2)</td> <td>74</td> <td>30.2</td> <td>0.062</td> <td>0.043</td> </tr> <tr> <td>庭窪浄水場</td> <td>116.7m3/min×23m</td> <td>605</td> <td>6(2)</td> <td>77</td> <td>41.4</td> <td>0.096</td> <td>0.071</td> </tr> <tr> <td>豊野浄水場</td> <td>109.4m3/min×20m</td> <td>495</td> <td>4(2)</td> <td>82</td> <td>16.5</td> <td>0.083</td> <td>0.038</td> </tr> </tbody> </table> <p>※電力原単位は更新直前直後の値</p>	仕様点	容量 [kW]	台数 (うち 回転速度制 御台数)	設置費用 (税込) [百万円]	水量 (R3実績) [万m3/日]	電力原単位※ [kWh/m3]		更新前	更新後	柴島浄水場 下系	93.3m3/min×14m	275	5(2)	74	30.2	0.062	0.043	庭窪浄水場	116.7m3/min×23m	605	6(2)	77	41.4	0.096	0.071	豊野浄水場	109.4m3/min×20m	495	4(2)	82	16.5	0.083	0.038
仕様点	容量 [kW]						台数 (うち 回転速度制 御台数)	設置費用 (税込) [百万円]	水量 (R3実績) [万m3/日]	電力原単位※ [kWh/m3]																								
		更新前	更新後																															
柴島浄水場 下系	93.3m3/min×14m	275	5(2)	74	30.2	0.062	0.043																											
庭窪浄水場	116.7m3/min×23m	605	6(2)	77	41.4	0.096	0.071																											
豊野浄水場	109.4m3/min×20m	495	4(2)	82	16.5	0.083	0.038																											
備考																																		

No.	②-21
対応策	緩和
対象分野	水道、エネルギー
分類	CO2 削減（配水）、ポンプ容量の見直し
タイトル	配水ポンプの更新に伴う省エネルギー化
文献	事業体事例（大阪市水道局）
内容	<p>【背景】</p> <ul style="list-style-type: none"> 大阪市の中央付近に、「上町台地」と呼ばれる地盤高さがとりわけ周囲より高い地域があり、その一部を「高地区」と称し、1つの配水区域としている。 高地区へは、柴島浄水場からは大手前配水ポンプ場（以下、「大手前」）、豊野浄水場からは城東配水場を経由し、真田山加圧ポンプ場（以下、「真田山」）にてそれぞれ配水しており、当該配水区域では、大手前、真田山2つのポンプ場による相互融通により一体的な水量管理が可能となっている。（図1参照） 大手前配水場のポンプ設備が経年による更新時期を迎えたため、最適なポンプ設備の容量、制御方式について検討し、令和2年度に更新を行った。 <p>【検討】</p> <ul style="list-style-type: none"> 高地区の配水状況は図2のようになっており、朝、夕2つのピークが存在する一方、夜間の水量が極端に少ないという特徴がある。真田山はインバータによる回転速度制御機能を有しており、水量変動は全て真田山で担い、大手前を夜間停止、日中は一定配水量とすることで運用している。この運用を踏襲し、今後も高地区の水量変動は真田山が担うものとする事で、制御弁の開度をほとんど絞ることなく効率的な運用ができると想定し、大手前の制御方式は弁制御と

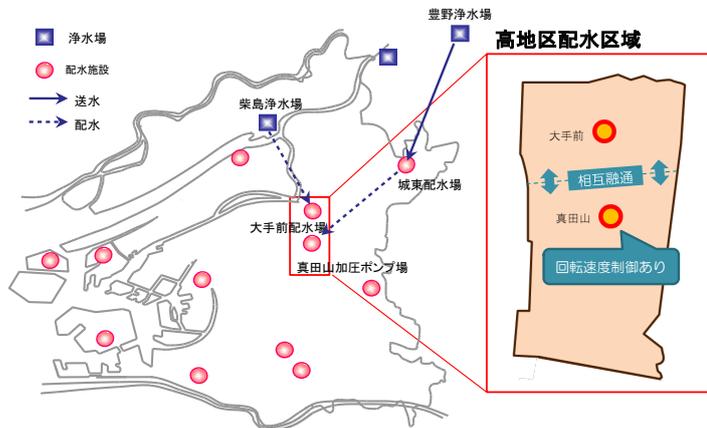


図1：大阪市内における水道施設と高地区への配水状況

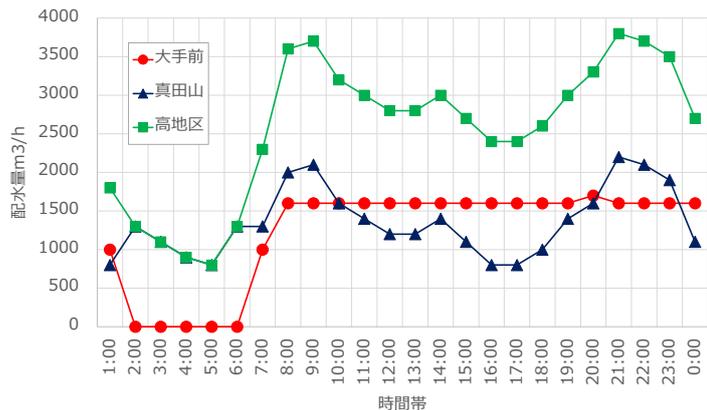


図2：高地区における配水状況

し、回転速度制御の導入は不要とした。

- また、大手前のポンプ設備は設置当初に比べ運用方法も変わり、圧力が余剰となっており、手動弁で一部減圧して使用していた。更新に伴い仕様点における圧力を35m⇒27mに見直すことで、ポンプ容量の適正化を図った。

【結果】

- 以上により、大手前のポンプ設備の更新およびその後の運用状況は、表1のとおりとなり、一定の電力削減効果が得られた。

表1：大手前配水ポンプの更新前後と高地区における電力原単位の変化

	仕様点	台数 (うち回転速度 制御台数)	高地区全体	
			水量実績 [m3/年]	電力原単位 [kWh/m3]
更新前	大手前：25m3/min×35m 真田山：23m3/min×25m	4(0) 3(3)	21,579,000 (R1)	0.102 (R1)
更新後	大手前：25m3/min×27m 真田山：23m3/min×25m	3(0) 3(3)	20,506,600 (R3)	0.091 (R3)

備考

No.	②-22
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	省エネルギー
タイトル	環境に優しい水づくり
文献	大阪広域水道企業団. 環境に優しい水づくり. https://www.wsa-osaka.jp/joho/jigyogaiyo/kankyoku/index.html
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃棄物の減量化 浄水発生土を“あくあふれん土”（水のともだち）として販売。 ・ 省エネルギーの取組み、自然エネルギーの利用促進 村野浄水場太陽光発電設備 最大発電電力(公称)：360kW 年間発電電力量：約 27 万 kWh 三島浄水場太陽光発電設備 最大発電電力(公称)：360 kW 年間発電電力量：約 31 万 kWh ・ 水道施設を活用した仮想発電所(VPP)事業への参加 VPP 事業者である関西電力株式会社からの負荷調整の指令に基づき、浄水池の調整能力（貯留量）を活用し、ポンプ設備を部分的に停止させることで調整力を提供する。負荷調整は、水道水の安定供給に影響を与えない範囲で実施。 ・ カーボンニュートラルの推進等に関する包括連携協定 経営戦略 2020-2029 において、「環境にやさしい水道事業者」をめざすことを取組方針として定めている。令和 4 年 3 月 29 日に、関西電力株式会社と「カーボンニュートラルの推進等に関する包括連携協定」を締結。 協定に基づく取り組み： (1) 太陽光発電設備、(2) 蓄電池設備。(3) 電気自動車及び充放電設備 (4) おまか Save-Air（おまか Save-Air は、制御用コンピューターで空調の室外機を自動制御し、快適性を維持しながら省エネを実現する、新しい次世代の省エネサービス）
備考	

No.	②-23
対応策	緩和
対象分類	水道
分類	再生可能エネルギー
タイトル	水道局のポンプ場と産業用蓄電池による神戸ローカル VPP 実証を開始
文献	神戸市水道局, 出光興産株式会社, 横河ソリューションサービス株式会社. 水道局のポンプ場と産業用蓄電池による神戸ローカル VPP 実証を開始～地域の電力需給バランスを調整、再生可能エネルギーの導入拡大を支援～. 2021.
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・目的：バーチャルパワープラント(VPP)の構築により、需要を創出する仕組みを活用し、より多くの再生可能エネルギーを効率的に出力する。 ・神戸市内の水道施設にあるポンプ設備と出光興産が同市に設置する蓄電池（蓄電設備）を、高度なエネルギーマネジメント技術とデジタル技術により遠隔・統合制御（横河ソリューションサービス株式会社）することで、ポンプ設備にかかる消費電力を蓄電設備により賄う仕組みを目指したものである。（地域協力型のバーチャルパワープラント(VPP)構築実証実験）
備考	

No.	②-24
対応策	緩和
対象分類	水道
分類	高効率設備、機器等の導入、維持管理の工夫
タイトル	環境への取組（令和2年度版）
文献	阪神水道企業団．環境への取組（令和2年度版）．2022．
内容	<p>●環境保全のための主な取組</p> <p>① 回転速度制御型ポンプの採用 企業団の使用電力のうち約8割が、導水、送水及び配水のためのポンプ設備運転。ポンプ設備の取替時には、必要な送水量に応じてポンプの回転数を増減できる回転速度制御装置を備えたポンプを採用することにより、管路の系統連絡とも合わせ、使用電力量の大幅な削減（全使用電力の約2割）を図っている。（全ポンプ設置台数77台中、約6割の43台が回転速度制御型ポンプ）</p> <p>② ガスコージェネレーションシステムの導入 尼崎浄水場では、都市ガスを燃料としてエンジン発電機を運転することで、必要電力の一部を浄水場内で発電。エンジン発電機の運転により発生する熱エネルギーを用いて、蒸気や温水を生成し、これらを浄水場内における排水処理の能力向上や機器の冷却、建物の空調などに利用することで省エネルギー化。（年間発電量5,469,480kWh、排熱利用量65,601GJ）</p> <p>③ オゾン注入の自動制御化 オゾン濃度の自動連続測定とフィードバックによるオゾン注入量の自動制御により、使用電力量を削減。（削減電力量1,277,486kWh）：【猪名川及び尼崎浄水場のオゾン手動注入時にかかる年間使用電力量の約2割】</p> <p>④ 浄水発生土及び粒状活性炭の再資源化 浄水発生土を、園芸用土原料やグラウンド用土、セメント原料として再資源化。高度浄水処理で使用した粒状活性炭も、園芸用土原料として再資源化。（年間再資源化量：浄水発生土8,480t、粒状活性炭745m³）</p> <p>⑤ 太陽光発電設備 尼崎浄水場のろ過池屋根部分に、発電出力20kWの太陽光発電設備を設置。甲山調整池の管理棟屋上部分にも発電出力19kWの太陽光発電設備を設置し、発電電力の一部を売電（年間発電量46,434kWh）。</p> <p>⑥ エネルギー管理の強化 電力需要期に、尼崎浄水場の常用ガスエンジン発電機2台の連続運転や高効率ポンプを優先運転し、電力抑制を実施。</p> <p>⑦ 事務所の省エネルギー対策 電気式の空調機器の更新時に、高効率タイプの冷暖房機や発電機付きガスヒートポンプ式エアコン等を採用。センサー付きLED照明など省電力照明機器も採用。昼休みの消灯、パソコンの省電力モード設定や事務所内の適切な空調温度の管理、</p>

	<p>夏季軽装（クールビズ）期間の拡大等を実施。</p> <p>⑧ 工事施工対策、その他 水道管の浅層埋設、発生土の再使用及び環境に配慮した省電力機器やエコケーブル等を採用。水道施設内の緑化維持、古紙の売却、再生紙の使用、会議のペーパーレス化推進等。甲東ポンプ場第 1 調整池の上部の貸付けを行い、太陽光発電事業者と契約を締結。</p> <p>●環境会計による主な効果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・令和 2 年度に、環境保全のための取組により削減されたエネルギーは、電気が 47,093,525 kWh、都市ガスが 1,029,826 Nm³、各種資源として上質紙が 5 t。削減した電気の総量は、一般家庭約 1 万 1 千世帯の年間電力消費量に相当。（環境省ホームページ「家庭部門の CO2 排出実態統計調査（家庭 CO2 統計）のご紹介」記載数値に基づき換算）。
備考	<p>CO2 排出量算出係数（電力（kg-CO2/kwh）</p> <p>H26 : 0.522, H27 : 0.531, H28 : 0.509, H30 : 0.435, R1 : 0.352, R2 : 0.340</p>

No.	②-25
対応策	緩和
対象分類	水道用水供給事業
分類	高効率設備、機器等の導入、太陽光発電、小水力発電
タイトル	環境会計集計表（令和2年度版決算）
文献	奈良県水道局．環境会計集計表（令和2年度版決算）．
内容	<p>●環境会計</p> <p>⑨ 事業エリア内コスト</p> <ul style="list-style-type: none"> ・公害防止コスト 水質汚濁等の防止として、土砂・濁水等の流出防止対策にて雨水調整池を設置し、土砂を沈殿させ雨水を放流することで水道用地外に影響を与えない取組。（雨水調整池の設置、浸透性舗装の採用） 環境保全コスト：1,388千円　経済効果：不明 ・地球環境保全コスト 小水力発電の導入、太陽光発電の導入、インバータ制御による運転の効率化、コンデンサー導入による力率制御。（電気使用量削減 3,561千kwh、CO2排出抑制量 1,250t） 環境保全コスト：127,196千円　経済効果：48,551千円 ・資源循環コスト 浄水汚泥の有効活用（脱水ケーキの有効利用量 2,503t）、建設発生土の有効活用。 環境保全コスト：8,929千円　経済効果：39,072千円 <p>⑩ 上流・下流コスト</p> <p>グリーン商品を優先的に購入。 環境保全コスト：1,739千円　経済効果：不明</p> <p>⑪ 管理活動コスト</p> <p>水道施設等の除草管理等によって環境負荷を抑制する。 環境保全コスト：27,589千円　経済効果：不明</p> <p>⑫ 社会活動コスト</p> <p>事業の広報活動、水源・水質保全関係団体との活動等の社会活動の取組。 環境保全コスト：3,153千円　経済効果：不明</p>
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・費用額は、対象設備等の減価償却費と点検費や修繕費を含む維持管理費の合計額を計上。 ・経済効果は、省エネルギー化による費用削減額と脱水ケーキの売却益等実質的に算出できる効果のみを計上。 ・CO2排出抑制効果の換算係数は、関西電力が公表したものを参考。

No.	②-26
対応策	緩和
対象分類	水道
分類	再生可能エネルギー、太陽光発電
タイトル	太陽光発電システム
文献	奈良県水道局. 太陽光発電システム. https://www.pref.nara.jp/7179.htm
内容	<p>●太陽光発電について</p> <p>環境と共生する水づくりを推進するため御所浄水場に太陽光発電を導入</p> <p>太陽光発電パネル設置面積：6272 m² 公称最大出力：790 kW 年間発電量：約 81 万 kWh（一般家庭薬 218 世帯分に相当） 年間 CO2 削減量：208 t-CO2</p> <p>●太陽光発電による発電実績・二酸化炭素削減量について（10/13 時点）</p> <p>令和 4 年 4 月 1 日からの発電量：401,900 kWh 令和 4 年 4 月 1 日からの CO2 削減量：127.80 t-CO2 稼働日（H17.4.27）からの発電量：12,493,512 kWh 稼働日（H17.4.27）からの CO2 削減量：4,636,66 t-CO2</p>
備考	太陽光発電の取組は、平成 16 年度環境省（二酸化炭素排出抑制事業費等補助金 対策技術率先導入事業）からの補助及び関西グリーン電力基金からの助成を受けた事業である。

No.	②-27
対応策	緩和
対象分類	水道
分類	再生可能エネルギー、小水力発電システム
タイトル	小水力発電システム（桜井浄水場）
文献	奈良県水道局．小水力発電システム（桜井浄水場）． https://www.pref.nara.jp/18375.htm
内容	<p>●小水力発電及びシステム概要について</p> <p>奈良県桜井浄水場では平成 22 年 4 月から接合井と原水貯留地との標高差を利用し、小水力発電システムを導入。年間発電量は約 156 万 kWh を見込んでいる（一般家庭 420 世帯が 1 年間に使用する電力量に相当）。</p> <p>桜井浄水場の原水貯留池流入管に設置された水車を回して発電する仕組み（水車形式：管路内設置型水車）で、公称最大出力は 197kw、年間発電量は 1,562,000kwh。</p> <p>●二酸化炭素の削減について</p> <p>システムの運用で見込まれる二酸化炭素削減効果は年間最大 467t-CO2。</p> <p>●同浄水場内の電源として利用</p> <p>システムでつくられた電気は、電力会社から購入した電気と合わせて浄水場内の機械設備・薬品注入設備・ポンプ設備・排水処理設備で利用されている。</p> <p>●太陽光発電による発電実績・CO2 削減量について（10/13 時点）</p> <p>令和 4 年 4 月 1 日からの発電量：585,800 kWh 令和 4 年 4 月 1 日からの CO2 削減量：186.28 t-CO2 稼働日（H22.4.1）からの発電量：14,225,713 kWh 稼働日（H22.4.1）からの CO2 削減量：5962.68 t-CO2</p>
備考	この事業は、平成 20、21 年度、新エネルギー・産業技術総合開発機構、新エネルギー導入促進協議会（地域新エネルギー等導入促進対策費補助金）からの補助を受けて行った。

No.	②-28
対応策	緩和
対象分類	水道
分類	再生可能エネルギー、環境対策
タイトル	環境報告書(令和3年度版)
文献	広島市水道局. 環境報告書(令和3年度版). 2022.
内容	<p>●水道事業と環境負荷について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・インプット（投入）：水道事業活動に費やす資源及びエネルギー。 電力：5.903 万 kWh 燃料：重油・灯油 8 kL、LPG 149 m³、都市ガス 17 m³、 ガソリン・軽油 70 kL 薬品：4,169 t ・アウトプット（排出）：水道事業活動により排出される CO2 や廃棄物。 CO2：3 万 321 t-CO2（森林吸収分を勘案した場合：2 万 8,487 t-CO2） NOx：14.76 t Sox：8.85 t 廃棄物等：13 万 4,370 t（うち有効利用：13 万 3,308 t） <p>●環境マネジメントシステムと推進体制</p> <ul style="list-style-type: none"> ・広島市では平成 23 年度から構築し、環境負荷の低減に取り組んでいる。 ・水道局環境委員会の設立 平成 22 年に環境委員会を設立し、下部委員会としてエネルギー管理委員会を設置し、水道局全体で環境に優しい水道を推進する体制を構築。 <p>●環境保全への取組</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水源かん養林の整備 平成 10 年度、太田川の源流域に森林 355ha を取得し、下刈り、間伐などの森林整備を実施。消費者への水源かん養の啓発活動を実施。令和 2 年度、森林による二酸化炭素吸収効果は 1,834 t。 ・水資源の再利用 令和 2 年度は、473 万 m³ の取水量を削減し、電力を 103 万 kWh 削減。 ・汚泥の有効利用 令和 2 年度は、1,350 t（乾燥重量）の汚泥を有効利用。 ・省エネルギーの取組 高効率電動機の採用やインバーター制御装置の設置、県市共同取水場における取水量配分にバルブ制御を用いた効率的運転を行うための改造や水道管内の残存水圧の利用を行うなど、ポンプ運転の効率化に努めている。水資源の再利用や漏水の防止により、合計 766 万 kWh の電力使用量を削減。

- ・漏水防止
令和2年度は、13万m³（約0.3日分の取水量に相当）の漏水を防止し、新しく水をつくるために必要な電力を5万kWhと、薬品を4t、それぞれ削減。
- ・建設副産物の再利用
令和2年度は、発生建設副産物のうち、99.2%の13万1,157tを再利用。
- ・メーターケースの再利用
8年ごとに取り替えを行っているが、良好なメーターケースを再利用し、廃棄物を削減。令和2年度は、5万4835個のメーターケースを再利用。
- ・低公害車の導入
令和2年度は、電気自動車の使用により、0.25tのCO₂を削減した。
- ・グリーン購入の推進
「広島市役所グリーン購入方針」、「広島市グリーン購入ガイドライン」に基づき、環境に配慮した物品を調達。公共工事の請負事業者に対し、発注仕様書に方針・ガイドラインに準じたグリーン購入を推進するよう記載し、環境に配慮するよう働きかけを実施。令和2年度、広島市グリーン購入ガイドラインに定められた購入目標を達成したものは9分野のうち5分野。
- ・環境に関する研修・広報
「広島市環境マネジメントシステム」での一般職員研修や「太田川源流の森職員体験研修」を実施。また、「エネルギー管理士」などの資格の取得や漏水防止講座を受講。消費者の環境意識を高めるため、ホームページやリーフレット、庁舎内におけるパネル展示等により、広報活動を実施。
- ・再生エネルギーの取組
高陽浄水場に、再生可能エネルギーである風力と太陽光を利用したハイブリッド発電設備を設置。令和2年度は237kWhの電力を発電。発電電力は、浄水場玄関正面入り口に設置された浄水場案内パネルの電力として使用。

●環境コミュニケーション

- ・社会活動や情報公開などの取組事例
 - ・水道モニター制度
年間を通して施設見学会やアンケートなどを実施。令和2年度は、99名が対象。
 - ・地球環境システム/陸水監視部門（GEMS/Water）への協力
GEMS/Waterは、UNEPやWHOなどによって進められている淡水域の水質監視を行うプロジェクトで、戸坂取水口の水質データを提供。
 - ・環境報告書の公表
平成22年度から公表。
- ・環境教育への取組
 - ・すいどう教室（小学生対象）
 - ・図面・ポスターコンクール（小・中学生対象）
 - ・水のフォトコンテスト

備考	広島市グリーン購入ガイドラインには、「特定調達品目の購入目標の算定基準（報告対象の品目に限る。）及び購入目標」があり、紙類、文具類、オフィス家具や機器、照明、自動車等さらに災害備蓄用品、公共工事等といった分類に対し、購入目標%が示されている。
----	---

No.	②-29
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	CO2 削減、再生可能エネルギー、モデル、海外
タイトル	Water -energy -carbon nexus approach for sustainable large-scale drinking water treatment operation
文献	Bukhary, S., Batista, J., Ahmad, S., 2020. Water -energy -carbon nexus approach for sustainable large-scale drinking water treatment operation, Journal of Hydrology 587, 124953.
内容	<p>コロラド川の原水を1日当たり1Mm³処理する大規模な飲料水処理施設(DWTP)において、既存の土地所有と太陽光発電(PV)システムの費用対効果の両方を考慮したモデリング研究を実施した。具体的には、(a) 水処理に使用されるプロセスのエネルギー消費量を決定し、(b) 経済的考慮に基づいて処理施設のエネルギー源としてPVを使用し、(c) PV開発による炭素排出の純減少量を定量化した。</p> <p>各処理工程におけるエネルギー消費量を測定した結果、単位処理プロセスでは、オゾン処理(19.6Wh m⁻³)、凝集(1.3Wh m⁻³)、凝集(1.22Wh m⁻³)、ろ過(1.24Wh m⁻³)、次亜塩素酸ナトリウム生成システム(31.7Wh m⁻³)、塩素添加ポンプ(1.27Wh m⁻³)、残り(0.07Wh m⁻³)の割合でエネルギーを利用していた。</p> <p>DWTPの総運転エネルギー消費量は約577MWh day⁻¹(508Wh m⁻³)、配水ポンプを除く水処理に必要な運転エネルギー消費量は約65.5MWh day⁻¹(57.7Wh m⁻³)となっており、ポンプ運転が最も大きなエネルギー消費であることが分かった。配水ポンプのエネルギー消費量は約512MWh day⁻¹(450.4 Wh m⁻³)、飲料水処理のためのポンプ運転は5.71MWh day⁻¹(5.1 Wh m⁻³)で、全運転エネルギー消費量の約89.6%を使用していた。</p> <p>シナリオ1(SC-1)では、PVの導入、さらに、オゾン処理(シナリオ2(SC-2))、次亜塩素酸ナトリウムシステム(シナリオ3(SC-3))、オゾン・次亜塩素酸ナトリウムシステム(シナリオ4(SC-4))の除外を検討した。その結果、SC-1、SC-2、SC-3、SC-4のエネルギー消費量は、それぞれ65.5、43.3、28、5.8MWh day⁻¹と決定された。</p> <p>さらに、工場の立地を米国南西部(日射量が多い)から米国東海岸(日射量が少ない)に変更すると、より大きなPVシステムサイズと蓄電池容量が必要になることも分かった。また、この結果は、2つの場所で異なるパラメータ(売上税、州所得税、固定資産税、電気料金)のうち、固定資産税の税率に最も影響を受けることも分かった。従って、固定資産税の免除や固定資産税の一部優遇措置は、この地域の太陽光発電開発に有望な影響を与えることが分かった。</p> <p>炭素排出量の正味削減量は、蓄電池を使用するPVと使用しないPVで、それぞれ980~11000、480~5200[tCO₂/年]の範囲であると推定された。</p>
備考	

No.	②-30
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	CO2 削減、再生可能エネルギー、モデル、海外
タイトル	A review of solar-powered water pumping systems
文献	Aliyua, M., Hassana, G., Saida, A. S., Siddiquic, M. U., Alawamid, A. T., Elamind, I. M., 2018. A review of solar-powered water pumping systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews 87, 61-76.
内容	<p>農地や草地の灌漑には、ディーゼルエンジン式のポンプが広く使われている。しかし、燃料の供給が不安定で高価であること、メンテナンスコストが高いこと、寿命が短いことなど、信頼性や稼働率に問題がある。また、ディーゼルエンジンによる環境への影響も懸念されており、灌漑用水の揚水に代わる動力源の確保が求められている。化石燃料の代替やハイブリッドシステムの補助として、再生可能エネルギーが注目されている。その中でも、太陽光発電システムは注目されている。太陽光発電システムは、農村部の電力供給、コミュニティーの給水、灌漑、家畜の給水など、さまざまな用途で多くの遠隔地に導入されている。一般に太陽光発電システムは投資コストが高いが、揚水ポンプの代替電源として魅力的な特徴を多く持っている。太陽光発電は、二酸化炭素の排出がなくクリーンであること、騒音がないこと、運用・保守コストが低いことなどが挙げられる文献で報告されている太陽電池駆動の水ポンプシステムに関する詳細なレビューを行った。</p> <p>その結果、ほぼすべての太陽光発電水ポンプシステムの水頭は 200 メートルを超えていないこと、また、そのうちの 3 分の 1 がアフリカの国々であることなどが分かった。さらに、太陽電池を利用した揚水システムに関する文献によると、ディーゼルや風力による揚水システムと比較して、揚水容量が低い場合には経済的であること、太陽電池による揚水システムは、全体コストが 5 ドル/アンペア未満であれば他の発電システムとの競争に勝つことができることが指摘されていることなどが分かった。</p>
備考	

No.	②-31
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	CO2 削減、再生可能エネルギー、モデル、海外
タイトル	An Analysis of Energy Consumption and the Use of Renewables for a Small Drinking Water Treatment Plant
文献	Bukhary, S., Batista, J., Ahmad, S., 2020. An Analysis of Energy Consumption and the Use of Renewables for a Small Drinking Water Treatment Plant, Water 12, 28.
内容	<p>既存の飲料水処理施設 (DWTP) のエネルギー消費を分析し、そのエネルギー消費を相殺するために太陽光発電 (PV) を使用し、排出量を削減するためのモデリング研究を行った。対象となるプラントは米国南西部に位置し、凝集、ろ過、消毒のプロセスを利用して、毎秒 0.425m³ の地下水を処理するものである。各単位プロセスで個別に決定されたエネルギー消費量 (DWTP のデータを用いて検証) に基づき、DWTP を PV 用にサイズ調整した。</p> <p>具体的には、凝集 (0.15 Wh m⁻³)、ろ過 (0.72 Wh m⁻³)、塩素処理 (0.05 Wh m⁻³)、石灰混合 (0.93 Wh m⁻³)、ブースターポンプ (150.6 Wh m⁻³) からなる。貯水用のブースターポンプ (150.6Wh m⁻³) の運転エネルギー消費量が最も大きく、処理 (ブースターポンプを除く) は、全運転エネルギー消費量の 2% (3.1Wh m⁻³) であった。処理の中では、石灰添加とろ過のプロセスが、最も大きかった (それぞれ 0.93 と 0.72 Wh m⁻³)。</p> <p>モデリング調査の結果、DWTP が独立したシステムとして機能するには、30MWh の蓄電池容量を持つ 1.5MW の太陽光発電が必要であると算出された。なお、蓄電池を使用せず、グリッドに接続する場合には、総負荷の約 60% を相殺することができることが分かった。太陽光発電による炭素排出量の正味削減量は、蓄電池あり、なしそれぞれ 950、570[tCO₂/年]であった。</p>
備考	

No.	②-32
対応策	緩和
対象分野	水道
分類	CO2 削減、再生可能エネルギー、モデル、海外
タイトル	Design Aspects, Energy Consumption Evaluation, and Offset for Drinking Water Treatment Operation
文献	Bukhary, S., Batista, J., Ahmad, S., 2020. Design Aspects, Energy Consumption Evaluation, and Offset for Drinking Water Treatment Operation, Water 12, 1772.
内容	<p>既存の飲料水処理施設（DWTP）のエネルギー消費を分析し、そのエネルギー消費を相殺するために太陽光発電（PV）を使用し、排出量を削減するためのモデリング研究を行った。対象となるプラントは、米国南西部に位置し、凝集、凝集、沈殿、ろ過、塩素消毒を行い、毎秒 3.94m³ の地元河川水を処理しています。各単位プロセスで決定されたエネルギー消費量（プラントのデータで検証）とプラントの利用可能な土地面積に基づき、システムアドバイザーモデルを使用して太陽光発電（モデリングスタディとして）用にサイズを設定した。</p> <p>総運用エネルギー消費量は、配水ポンプを含む DWTP では 56.3MWh day⁻¹、配水ポンプを含まない DWTP では 2661kWh day⁻¹ と推定された。その結果、配水ポンプ（158.1Wh m⁻³）に次いでエネルギーを消費するのは、凝集（1.95Wh m⁻³）とフロック形成（1.93Wh m⁻³）の工程であることがわかった。</p> <p>さらに、シナリオ S-2 については、工場のエネルギー消費を相殺するための太陽光発電の経済性について評価を行った。75MWh の蓄電池を備えた 500kW の太陽光発電システムの開発の場合、連邦および州のインセンティブを分析に組み込んだ場合のみ、正味現在価値が 0.24M ドルプラスになることが分かった。なお、さらに、電池の価格が下がれば、太陽光発電が 24 時間稼働の発電源として存続できるようになることが示された。</p> <p>ただし、これらの分析は財務関係のパラメータに依存する。感度解析を行ったところ、太陽光発電の経済性は、負債%、インフレ率、ローン期間、ローン金利、割引率の変化に敏感であることが分かった。</p> <p>最終的に、太陽電池を用いた設計による炭素排出量の正味削減量は、蓄電池の設置の有り無しの場合で、それぞれ 450[tCO₂/year] および 240[tCO₂/year] であることが判明しました。また、工場の位置を南西（日射量が多い）から東海岸（日射量が少ない）に変更すると、より大きな PV システムサイズとバッテリーストレージ容量が必要となり、コストが増加すること、固定資産税の税率に影響を受けること、従って固定資産税の免除や固定資産税の一部優遇措置は、太陽光発電の開発にとって有望な意味を持つことが示された。</p>
備考	

No.	②-33
対応策	緩和
対象分野	エネルギー政策
分類	水力発電、再生可能エネルギー、CO2削減、流域
タイトル	流域の水資源を有効活用した水力発電の拡大に向けて
文献	角哲也，2022. エネルギーレビュー 42(4)，11-15.
内容	<p>・水力発電は、太陽がもたらす流域の水循環からエネルギー取り出すものである。</p> <p>・日本の水力発電は、戦後の電気事業再編以降、電力会社や公営電気事業が中心に開発・運用されてきた。高度経済成長期には電力需要が急増したが、水力発電は規模が小さく発電原価が割高、規制が厳しく地元の合意形成が困難、開発に長期間を要する等ことから、電源の主役は火力・原子力発電であり、これらとセットで利用する揚水式水力へと変わっていった。その結果、一般水力の本格的な開発はここ30年以上も行われいない。今後、水力発電の拡大に向けて、日本の現状と課題を整理した。</p> <p>・日本の理論包蔵水力はドイツの約6倍で、水力エネルギーに非常に恵まれた国土であるが、出力1万kW以下の小水力発電所の数は、ドイツの約7,500箇所の五分之一にも満たない。</p> <p>・米国はオバマ大統領政権時代に再生可能エネルギー活用拡大の一環として、2050年までに水力発電を1.5倍するという目標を掲げた。水力開発の柱は、「ノンパワードダム（NPD: Non-Powered dam）＝未発電ダム」をパワードダム（PD: Powered dam）＝発電ダム」にしていくという施策である。その他、既存の発電所のパワーアップ、農業用水路での発電など新規の小水力開発、揚水発電所の建設することが上げられる。</p> <p>・日本の国土、すなわち流域に潜在する水力発電のポテンシャルを有効活用するために、官民一体となって以下の3つの観点から取り組む必要がある。</p> <p style="text-align: center;">環境に調和した中小水力発電の新規開発</p> <p>自然の滝が美しい観光地に、滝の落差を利用した水力発電所を開発し、滝の未開発エネルギーを、地域の環境と調和し、地域に貢献するように適切なコストで開発（鹿児島の新曾木水力発電所など）</p> <p>① 発電用以外の既存ダムの総合的な水力エネルギー利用</p> <p>国土交通省所管の全国445基の多目的ダムの中で、NPDの282基を発電ダムへの転換。</p> <p>② 既存の水力発電所の機能と環境適合性を高める再開発</p> <p>既存のダムでありながら、再開発によって「電力価値」を高める（中国電力の帝釈川ダム）</p> <p>・今後、水力発電の拡大を実現するためには、スキーム（制度）、スキル（技術）、スペシャリスト（人材）の開発と、これを実現していく社会全体の支持が重要。また、水力開発は地方創生の切り札になる可能性があるが、それを成功させるためには、地域のやる気と創意工夫が必要である。</p>
備考	

No.	②-34
対応策	緩和
対象分野	エネルギー政策
分類	水力発電、再生可能エネルギー、CO2 削減
タイトル	小水力発電～開発の現状と今後への期待～
文献	黒川昌彦, 2022. エネルギーレビュー 42(4), 16-19.
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・第6次エネルギー基本計画の中で、再生可能エネルギーについては、2030年のエネルギーミックスにおける電源構成比率36～38%の実現を目指し(水力構成比率11%)、主力電源化に向けた課題と方向性が示された。水力発電は、再生可能エネルギーの中でも電力供給の基礎を担うベースロード電源として位置づけられている。水力発電の特徴を整理し、導入拡大に向けた取組みを解説。 ・水力発電は、純国産の資源であることから、エネルギー自給率の向上に寄与し、発電コストが安価で天候に左右されず、CO2排出量が極めて少ないなど、安定供給、経済効率性及び環境への適合のいずれにも貢献することができる。また、建設後は適切な維持管理を行うことで、長期にわたって活用することが可能。さらに、防災時における地域への電力供給、自治体あるいは地域内の事業者が主体となった水力開発など地域の防災・レジリエンス向上と地産地消型のエネルギー供給に貢献する地域共生型の電源である。 ・水力開発は、その100年を超える歴史の中で、経済性の良い地点から順次開発が進められてきたことから、FIT制度導入以降の実績で見ると、開発地点が小規模化し、初期投資の負担、特に土木工事費用や系統接続に係る費用負担が課題となっている。また、計画から運転開始まで10年程度を要する発電所も多く、他の電源と比べてもリードタイムが長いことから、その間の社会・経済環境(エネルギー政策、資源価格、為替相場、経済政策など)の変化により、事業そのものが中止になるというリスクを有している。 ・経済産業省の調べ(2021年)では、1万kW以上の新規発電所に関しては、従来方式の取水えん堤、導水路トンネルなどの大規模工事の開発事例がみられる。未開発地点の多くは、5,000kW以下であり、近年の5,000kW以下の開発に関しては、初期投資の軽減、地域ニーズなどにより、大規模タイプではなく、既設インフラを活用して初期投資の抑制を図るとともに、地域資源を取り込んだ開発事例が多くみられる。既設インフラは、既設ダム、砂防ダム、農業用水、上下水道設備、廃止発電所の再生である。 ・上下水道設備の活用事例としては、浄水場と配水池の連絡水路は、水撃圧を減衰させる減圧弁や流量調整弁が設置されている。その流量調整弁を迂回させ水車発電機で減圧させることで発電するタイプや、下水処理場が海岸に面して設置され、施設内の放流水位と海面との落差を利用して発電するタイプなどがある。
備考	

No.	②-35
対応策	緩和
対象分野	エネルギー利用、環境
分類	太陽光発電、再生可能エネルギー
タイトル	太陽光発電の現状と今後への期待
文献	櫻井啓一郎, 2022. エネルギーレビュー 42(5), 11-14
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・2022年現在、化石燃料の価格高騰や戦争の発生で、電力のおよそ四分之三を化石燃料で賄う日本では、エネルギーの安全保障が脅かされている。また、気候変動による災害が世界各地で増加し、その対策として、温室効果ガス排出量の削減が求められている。主要なゼロエミッション電源の一つとして普及が進む太陽光発電の国内外の状況、また、再生可能エネルギー導入促進にも関連する蓄電池やBEV（電気自動車）についても解説を加えた。 ・第6次エネルギー基本計画（資源エネルギー庁、2021年10月）では、2030年度までに電力に占める再生可能エネルギー割合を36-38%程度に増やすという目標が設定されているが、2019年度時点で約18%である。 ・世界全体の温室効果ガス排出量90%を占める国々が電源のゼロエミッション化を掲げ、国境炭素税（排出量の多い製品に関税を課す）も議論されている中で、国内の低炭素化の遅れは、輸出にも支障をきたすことが懸念される。 ・日本の電源のゼロエミッション化は急務であり、再生可能エネルギー、原発、省エネ（建造物の断熱も含む）、各種工業プロセスの低炭素化等、すぐに使える手段は全て活用することが望ましい。 ・太陽光発電はかつて非常に高価で、海に浮かぶ標識や宇宙開発等に用途が限定された。しかし現在では発電コストが世界的に最安の部類となり、多様な形態で設置でき、導入のリードタイムが概して短いことから、主要なゼロエミッション電源の一つとして普及が進んでいる。 ・太陽光発電の市場は、原発事故後のエネルギー政策の混乱の中で、大幅に過熱し、様々な問題を引き起こした。この影響は10年以上及ぶものの、現在では法規制の網が強化されるとともに、新規事業用設備の入札価格も10円/kWを切るまでになった。 ・地域とのトラブルを抑えるために促進区域の設定（ポジティブゾーニング）や、荒廃農地の活用、ソーラーシェアリングの推進等も打ち出している。住宅用の太陽光では住宅新築の減少に伴う導入量の減少が見られ、既築案件への導入促進の必要性が指摘されている。 ・太陽光発電は、天候に左右されるため、夜間や雨天でも発電する風力、水力、原子力等の他のゼロエミッション電源とバランスよく組み合わせ、かつ送電網、電気自動車等の蓄電資源の活用等、様々な組み合わせが必要である。
備考	

No.	②-36
対応策	緩和
対象分野	エネルギー利用
分類	風力発電、再生可能エネルギー
タイトル	風力発電の現状と今後への期待
文献	牛山泉, 2022. エネルギーレビュー 42(5), 15-18.
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・第6次エネルギー基本計画の中で、再生可能エネルギーを主力電源化に向けて、最大限の導入に取り組むことが示された。世界と日本の風力発電導入の現状と今後の展開について解説。 ・世界の風力発電の累積導入量は、2020年末現在、約34万基であり、設備容量734GW（1GW=100万kW、原子力発電730基に相当）に到達し、世界の電力需要の7~8%を供給するに至っている。 ・累積導入量の多い国は、中国288GW、米国122GW、ドイツ63GWの順で、日本は4.4GW（2,521基）、22位と低迷している。その国の電力に占める風力発電の比率については、デンマーク48%、アイルランド38%、ドイツ27%、英国27%であるのに対して、日本はわずか1%にすぎない。 ・今後の風力発電は、洋上が中心となる。特に欧州においては、陸上の風況の良いサイトの欠乏から、2000年代英国、ドイツを中心に本格的に洋上風力発電がはじまった。2020年現在、欧州主要5カ国で、5,400基が稼働している。世界の累積導入量のトップ5は、英国1,021万kW（28.9%）、中国1,000万kW（28.3%）、ドイツ773万kW（21.9%）、オランダ261万kW（7.4%）、ベルギー226万kWである。 ・欧州洋上風力発電のメーカーは、シーメンスガメサ（Siemens Gamesa）3,674基（68%）を占め、次いでヴェスタス（Vestas）1290基（24%）で、この2社の寡占状態である。 ・国内の洋上風力発電の動きとしては、2008年よりNEDOを中心に実証研究が実施されている。また、2016年には港湾法を改定し、港湾内洋上風力発電の設置が可能となり、2019年4月からは、「海洋再生可能エネルギー発電に関わる海域利用促進法」も施行され、一般海域での洋上風力発電の開発環境が整った。 ・国際エネルギー機関（IEA）は、洋上風力発電を今後の脱炭素社会の最強の切り札と分析している。また、洋上風力の開発可能量ポテンシャルは、欧州、米国、日本が大きく、特に日本は、電力需要の9倍もの大きなポテンシャルを有する。政府の2040年までに3,000万~4,500kWという導入計画を達成すると、2040年には、世界3位ないし4位の洋上風力発電国となり、再生可能エネルギーを主力電源とする第6次エネルギー基本計画が実現される。 ・従来の国内のエネルギー政策では、市場があまりにも小さく将来展望が全く開けないことから、国産風車メーカーの撤退と部品メーカーの衰退といった状況が生じている。019年以降、国内の洋上風力活性化の中で、国内風力関連産業の再興しうるかどうか、岐路に立たされている。
備考	

No.	②-37
対応策	緩和
対象分野	エネルギー政策、エネルギー制度
分類	再生可能エネルギー、地域住民、合意形成
タイトル	地域エネルギー利用促進は安全保証上も重要～エネルギー問題に携わる立場から～
文献	松本真由美, 2022. エネルギーレビュー 42(7), 11-15.
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・温室効果ガス削減の上積みが求められる中、世界各国でエネルギー転換投資が活発化している。2020年、エネルギー転換投資が初めて5,000億ドル(約55兆円)を超え、再生可能エネルギーへの投資額は3,000億ドル(約33兆円)となった(ブルームバーグ・ニューエナジーファイナンス:NEF)。 ・我が国では、太陽光発電を中心に再生可能エネルギーの導入が進んでいる状況だが、地域での再生可能エネルギー設備と住民とのトラブルの増加が喫緊の課題となっている。再生可能エネルギーの普及を地域社会との関係で解説。 ・経済産業省に寄せられた相談件数は、2016年10月から2022年末までに850件に上る。①コミュニケーション不足(土地開発前)、②立地場所に関する懸念(土地開発前)、③関係法令順守違反(土地開発、運転開始後)、④適切な事業実施への懸念(運転開始後)、⑤適切なパネル等の廃棄への懸念などである。 ・こうした事態を受けて、地方自治体は条例などにより、再生可能エネルギー設備の建設を抑制する区域を設定する動きが広がっている。2016年度に26件だったものが、2021年度には184件に増加し、全国の自治体の約1割が再生可能エネルギー条例を制定している。 ・2022年4月、「地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律案」が施行された。この法律には、再生可能エネルギー促進区域の設定による太陽光発電・風力発電等の導入拡大を目指すことが盛り込まれており、都道府県、政令指定都市、中核市には再生可能エネルギー導入目標値の設定を義務化している。 ・自治体が意欲的な再生可能エネルギー導入目標を定量的に設定した上で、市町村が「再生可能エネルギー促進区域」を設定し自治体が関与する形で適地を確保することを促す。地域住民との合意形成を図り事業者に対して適地への誘導を促す仕組み「ポジティブゾーニング」の考え方を採用したのが特徴である。 ・「促進区域」の設定には、環境省令や都道府県が設定した環境配慮基準に基づくエリアを除外することや、白地なエリア(調整エリア)のうち、再生可能エネルギーを促進するエリアを促進区域として抽出する。地域の協議会には住民もメンバーとして参画し、促進区域を決定することが進められる。 ・環境省は、再生可能エネルギーを経済的に開発・導入できるポテンシャルデータ「再生可能エネルギー情報提供システム=REPOS(リーボス)」を地域ごとに公表しており、これを参考に目標設定することを促している。 ・一般に再生可能エネルギー事業の多くは、リスクを被る地域と利益を得る事業者が異なるため、地域住民にとってリスクに見合う便益があるかどうかは、受け入れる際

	の判断の重要な要素となるだろう。
備考	

No.	②-38
対応策	緩和
対象分野	エネルギー利用、環境
分類	自然電力、エネルギーマネジメントシステム
タイトル	日本のカーボンニュートラルと自然電力の挑戦
文献	川島 悟一, 2023. エネルギーレビュー 43(1), 7-10.
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・我が国の再生可能エネルギーの導入が進まないのは、諸外国に比べて気象条件が悪く、コスト高で不安定なものとなっているからである。しかし、世界的な太陽光発電・風力発電のコストの低下、IoT (internet Thinking) 技術などの進展によって、我が国においても再生可能エネルギーが経済合理的な選択肢になっているものと考えられる。自然電力で行った簡易的な試算と取組みの一部を紹介した。 ・簡易的な試算とは、1年365日24時間の1時間ごとに、電力需要と太陽光・風力発電設備のVRE (Variable Renewable Energy) 発電量、蓄電池の充放電量を計算 (横軸) し、再生可能エネルギー率 (縦軸) との関係から求める。電力需要: エリア実績値に電化による電力需要増加分を加えたもの。電化は、家庭部門と業務部門の熱利用と運輸部門の自家用車については100%電化されたという前提。それらの電力増加分の消費時刻は、系統需給バランスに応じて制御されたものとして計算。この結果、太陽光・風力発電及び蓄電池のコストが海外レベルになれば、太陽光発電/風力発電+電化+蓄電池によって、日本全体のCO2排出量を経済的な範囲で半減。 ・我が国のカーボンニュートラル政策が進まない要因は、これまでのエネルギーシステムにおける「大規模化」という志向が未だに残っている、また、再生可能エネルギー単独でカーボンニュートラルを実現させようと考えている点にある。 ・今後のエネルギーシステムの在り方は、より小さい単位で最適化運用しながら、上位の系統と融通を行うことで、社会全体での最適化が実現していくものと考えられる。我が国の気象条件の特性から分散型電源だけでエネルギーを賄うことができず、洋上風力やアンモニア火力のような大規模電源も必要であろう。小規模分散型システムを大規模集中型の電源が補うような形になると考えられる。 ・再生可能エネルギー拡大には、太陽光発電・風力発電に合わせて需給することが不可欠である。エネルギーマネジメントシステム「Shizen Connect」は、分散して存在する太陽光発電・風力発電設備、蓄電池、需要設備を最適に制御することができる。 ・2022年冬から、実証研究が実施される。複数の小売電気事業者の顧客が持つ住宅用蓄電池を、小売電気事業者が「Shizen Connect」を介して制御することで、需要者の需要カーブを小売電気事業者にとって望ましい形に変えることである。
備考	

No.	②-39
対応策	緩和
対象分野	下水道
分類	下水熱の利用、エネルギー効率向上
タイトル	名古屋市ささしまライブ 24 での下水熱利用
文献	<p>[1] コージェネ財団 HP, 2023. 愛知県名古屋市 コージェネ等省エネ複合熱源システムと下水再生水の活用により街区の省エネ・防災性を向上～ささしまライブ 24 への導入事例～（コージェネ大賞 2019 優秀賞資料）。URL. https://www.ace.or.jp/web/introductory/index.php?Kiji_List=&pageID=4 (2023 年 5 月時点)</p> <p>[2] 下水道機構情報記事、2018. 全面地下式の高度処理施設に改築 再生水を多目的利用、下水道機構情報 12(26)2018.1 冬季号、32-35. (https://www.jiwet.or.jp/jiwet/wp/wp-content/uploads/2018/01/no26-017c.pdf)</p>
内容	<p>名古屋駅南約 1km にあるささしまライブは、笹島貨物駅跡地で再開発された、有識者等で構成する協議会にて省 CO2 先導地区としての活動を進化させている地区であり、露橋水処理センターと、愛知大学、グローバルゲート、中京テレビを含む電力と熱のエネルギーシステムを構築している。</p> <p>需要特性を踏まえた制御でコージェネによる電力ピークカット率が約 77%となり、水蓄熱槽等の利用により中間冷房に対する電力を平準化している。エネルギーセンターはガスエンジンコージェネを始めとする、電力・都市ガスの高効率熱源機器で構成され、両者が協調稼働するシステムである[1]。</p> <p>露橋水処理センターからは下水再生水（高度処理水）をエネルギーセンター内に 30 千 m³/日導入され、夏期は冷凍機冷却水、冬期はヒートポンプ熱源水として利用されている。これは全国初の高度処理下水再生水の地域冷暖房での活用であった。夏期の冷却塔の代替をできるだけ下水再生水で行うことで、冷却に関わる送水ポンプ動力、冷却塔ファン動力等を削減している[1]。処理水は熱源利用された後、約 25 千 m³ は中川運河堀止部に放流、約 5 千 m³ はせせらぎ施設の修景用水として利用した後、中川運河堀止部に放流される[2]。処理水は年間を通して水温が安定（概ね 16～25℃）しており、名古屋都市エネルギーが、外気温と下水温の差（下水熱）を地域冷暖房の熱源に利用し、冷房に用いる冷水（16℃）と暖房に用いる温水（45℃）を製造している[2]。同社では、高度処理水の利用により年間で杉林約 68 ha が吸収する CO2 相当量を削減できると試算している[2]。</p>
備考	

No.	③-1
対応策	適応
対象分野	下水道
分類	水害
タイトル	ICT を活用した下水道管内水位の情報提供について
文献	田淵史也, 室屋健太郎, 2022. ICT を活用した下水道管内水位の情報提供について. 第 59 回 下水道研究発表会講演集, 283-285.
内容	<p>近年、気候変動の影響と考えられる集中豪雨が多く観測され、下水道の整備水準を上回る降雨により、内水氾濫による被害が増大している。これを背景に、下水道の水位情報等を基に、浸水被害の危険を周知する「水位周知下水道」の制度が新たに創設された。</p> <p>下水道管内の水位状態を把握・分析し「見える化」を図ることが重要となったことから横浜市では、ICT を活用した下水道管内水位の情報提供という新たな危機管理ツールの導入検討が行われた。</p> <p>水位の計測には、都市部では新たに地上構造物を設けることが難しいことから、蓋の裏にバッテリーや通信装置が設置され、蓋の交換を行うだけでリアルタイム監視が可能となる「マンホールアンテナ」が採用された。当市が平成 29 年より 3 年間実施されたデータ蓄積の結果、当該機器による計測は、シミュレーション解析の結果との整合も取れており、当市は当該機器について正確かつ安定した計測が行えていると結論づけている。</p> <p>計測データの一般公開は令和 3 年 6 月より行われており、静岡県熱海市で土石流災害を引き起こした記録的降雨の際には、閲覧回数が 1、300 回/日を記録し、ヒアリングでも「今まで見えなかったものが見える化されたことで、止水板設置等の判断材料になる」との意見もあがっており、適応策として有用であるかと思われる。</p> <p>【事業者】 横浜市 環境創造局 下水道計画調整部 下水道事業マネジメント課</p>
備考	

No.	③-2
対応策	適応
対象分野	下水道
分類	水害
タイトル	AI モデルを活用したリアルタイムハザードマップシステムの開発
文献	宮部貴志, 浅田勇次, 富永昌伸, 宇田怜亜, 木村誠, 川口智也, 李星愛, 2022. AI モデルを活用したリアルタイムハザードマップシステムの開発. 第 59 回 下水道研究発表会講演集, 289-291.
内容	<p>近年、局地的な大雨や集中豪雨の増加に伴い、浸水被害などの防災・減災を目的とした ICT 活用の必要性が高まっている。</p> <p>浸水リスクのシミュレート技術では高スペックのコンピューターが必要になることや、システムの導入・維持に大きなコストがかかるといった課題が挙げられる。このことから、内水域を対象として、計算負荷が小さくリアルタイム性が確保可能な AI モデルと物理モデルを組み合わせた下水道管内水位・浸水水位の予測技術と地表面の浸水息が表示可能なリアルタイムハザードマップシステムの開発が行われた。</p> <p>当該予測技術の精度検証の結果、30 分程度先まで浸水リスクを予測できることが確認された。また、継続的なデータ蓄積を行い、定期的に AI モデルを更新することで、予測精度の担保や向上も期待できるとしている。</p> <p>またリアルタイムハザードマップシステムでは、上記の水位予測結果を浸水平面図として表示するとともに、水防関係者へ浸水リスク情報のアラート配信を行う機能が備わっている。これら浸水域やアラートの情報提供により、避難行動や水防活動の開始、ゲート操作等のリードタイムの確保につながるとしている。</p> <p>【事業者】 株式会社 日水コン</p>
備考	

No.	③-3
対応策	適応
対象分野	水道
分類	水害
タイトル	浄水場間の相互融通機能強化の取組み
文献	大村竜司, 2022. 浄水場間の相互融通機能強化の取組. 令和4年度全国会議(水道研究発表会)講演集, 9-2, 714-715.
内容	<p>大分市は、3つの主要浄水場を有している。これら浄水場は、市内需要の大半を賄っており、自然災害や施設事故等で各浄水場の運転に支障が生じた場合、大規模な断水に繋がるなど、市民生活に重大な影響を及ぼすこととなる。近年の異常気象等により、その備えが一層重要視されており、大分市では主要浄水場の相互融通（バックアップ）機能の構築が図られることとなった。</p> <p>主要浄水場間の相互融通を可能とするため、緊急時連絡管を整備することとした。市内西側に位置するえのくま浄水場と古国府浄水場は北側のエリアを介して融通体制は整っていたものの、さらなる融通機能の強化を目的に、「古国府・えのくま緊急時連絡管」を新たに整備することとした。また、市内東側に位置する横尾浄水場と古国府浄水場に関しても同様に「古国府・横尾緊急時連絡管」を整備することとしている。</p> <p>「古国府・横尾緊急時連絡管」の整備により二つの浄水場間の融通が可能となるほか、横尾配水場から森岡山配水池系や市内中心部エリアに向けたバックアップも可能となり、緊急時対応策の選択肢も広がる見通しである。</p> <p>【事業者】 大分市上下水道局</p>
備考	

No.	③-4
対応策	適応
対象分野	水道
分類	水害
タイトル	水道施設における浸水被害想定と水運用への影響分析
文献	梅崎大陸, 2022. 水道施設における浸水被害想定と水運用への影響分析. 令和 4 年度全国会議（水道研究発表会）講演集, 9-28, 766-767.
内容	<p>近年、甚大な被害をもたらす豪雨災害が全国で相次いでおり、水道施設においても、浸水に伴う設備の稼働停止を原因とした広域断水が多数報告されている。こういった被害を受け、平成 27 年には水防法が一部改正され、浸水想定区域の算定にかかる降水量の定義が見直されたことから、大阪市でも河川ごとの浸水想定区域の見直しが行われ、その結果が平成 28 年より順次公表された。</p> <p>浸水想定区域等は、主に自治体などからハザードマップとして公表されるが、浸水高さが一定の幅を持って色分け表示されているものが一般的である。しかし、例えばハザードマップ上の標記が「0.5m～3.0m」とされている時、0.5m と 3.0m とでは対策の内容・規模が変わってくるため、水道施設における浸水被害を想定するには情報として不十分であると言える。そこで大阪市水道局では、河川管理者等から、より詳細なメッシュデータを入手し、メッシュごとの最大浸水高さや標高レベルを確認し、各水道施設における必要対策高さを算出することとした。</p> <p>これにより得られた結果から、現時点で被害が見込まれる施設も明確となった。被災時にそれら施設が停止することを想定したシミュレーションでは、A川の氾濫時にはバックアップの活用により断水を回避できるが、B川の氾濫時には回避しきれないといった結果も得られている。これらの結果を取り入れ、大阪市水道局では今後、減圧・減水を一定許容することを前提に、他の施設からのバックアップ応援により市内の断水が回避できることを目指した施設整備を最優先に進めていくとのことである。</p> <p>【事業者】 大阪市水道局</p>
備考	

No.	④-1
対応策	適応
対象分野	水質（河川）
分類	気候変動影響、将来予測
タイトル	河川水中の医薬品等濃度の将来予測と水道水質への影響
文献	Sjerps, R.M.A., ter Laak, T.L., Zwolsman, G.J.J.G., 2017. Projected impact of climate change and chemical emissions on the water quality of the European rivers Rhine and Meuse: A drinking water perspective. Science of the Total Environment 601-602, 1682-1694. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.250
内容	<p>排出量の変化と気候変動に伴う流量低下による河川及び水道水質の変化を評価した。経験則モデルにより、ライン川とムーズ川（オランダ）のあわせて3つの観測点において、河川水中の7つの医薬品、除草剤とその代謝物、人工甘味料（Glyphosate、AMPA、Carbamazepine、Metoprolol、Sulfamethoxazole、Diatrizoic acid、Acesulfame K）の濃度を予測した。気候変動（降水の変化に伴う河川流量の変化）及び排出量の増加により河川水中の濃度は2～4倍に増加し、特にmetoprolol及びacesulfameKにおいては、全てのケースにおいて基準値を超える日が50%以上となることが予測された。将来、排出量が十分に削減されず、処理効率が改善されない場合、これらの化合物は、人の健康を脅かすレベルではないにせよ、飲料水中にますます多く含まれるようになると考えられる。</p>
備考	

No.	④-2
対応策	適応
対象分野	水質（貯水池）
分類	気候変動影響、実験的検討
タイトル	メソコスム実験による富栄養化への気候変動影響の評価
文献	Richardson, J., Feuchtmayr, H., Miller, C., Hunter, P.D., Maberly, S.C., Carvalho, L., 2019. Response of cyanobacteria and phytoplankton abundance to warming, extreme rainfall events and nutrient enrichment. <i>Global Change Biology</i> 25, 3365-3380. https://doi.org/10.1111/gcb.14701
内容	<p>浅い湖のメソコスムを用いて、温暖化（常温対+4℃上昇）、多雨（フラッシング）イベント（イベントなし対季節イベント）、栄養負荷（富栄養対富栄養）の組み合わせが、植物プランクトンの総クロロフィル a およびシアノバクテリア量と組成に与える影響を検証した。植物プランクトンとシアノバクテリアの総量は、加温メソコスム増加し、一般的なブルーム形成分類群である <i>Microcystis</i> 属と <i>Dolichospermum</i> 属が増加した。フラッシングからの回復は冬に最も遅く、加温や高い栄養負荷に影響されることはなかった。シアノバクテリアとクロロフィル a の両方について、温暖化と栄養塩濃縮の間に拮抗的な相互作用が検出され、環境の状況次第で生態系に変化が生じる可能性があることが示された。地球温暖化に対する緩和の必要性を明らかにする一方で、シアノバクテリアに対する地球変動の影響を単純化しすぎることは避けるべきであり、ストレス要因の勾配や季節的影響を、反応を形成する重要な要因として考慮する必要がある。</p>
備考	

No.	④-3
対応策	適応
対象分野	水質（湖沼）、流域管理
分類	影響評価、将来予測、適応策検討
タイトル	気候変動による印旛沼とその流域への影響と流域管理方法の検討
文献	成果報告 2-3 気候変動による印旛沼とその流域への影響と流域管理方法の検討（気候変動適応情報プラットフォーム） https://adaptation-platform.nies.go.jp/conso/report/2-3.html
内容	<p>印旛沼は、気候変動の影響による気温の上昇、短時間強雨や大雨の発生頻度の増加等によって、水質悪化や洪水のリスクが高まっている。特に水質は、上水・農業用水・工業用水としても利用され改善が期待されているものの、気候変動が水質に与える影響の詳細は明らかにされていない。本調査では、気候変動が印旛沼の水質に与える影響とその関連性を明らかにし、その適応策として、河川・農林・環境分野が連携した流域管理方法を検討した。</p> <p>印旛沼の年平均 COD・T-N・T-P は、将来いずれも濃度が高くなると予測された。また、水温の上昇に伴い、アオコ発生の原因となる藍藻類の優占する期間が、現在から 21 世紀末にかけて、約 2 ヶ月長くなる可能性があり、アオコが問題となる期間が長期化する可能性があることが示唆された。</p> <p>適応策として、雨水貯留浸透機能の保全・再生、流域からの負荷の削減、河川や沼の水環境改善や沼の水管理などが考えられる。</p>
備考	

No.	④-4
対応策	適応
対象分野	水質（河川）
分類	影響評価、将来予測、指標微生物
タイトル	ノルウェーの水源の衛生学的な水質に与える気候変動の影響
文献	Skaland, R.G., Herrador, B.G., Hisdal, H., Hygen, H.O., Hyllestad, S., Lund, V., White, R., Wong, W.K., Nygård, K. 2022. Impacts of climate change on drinking water quality in Norway. <i>Journal of Water and Health</i> . 20(3), 539-550. doi: 10.2166/wh.2022.264
内容	<p>既往研究が示す（Guzman Herrador et al, 2021）天候と原水の水質との関係性を用いて、混合効果線形回帰モデルを構築し、気候シナリオをインプットし、ノルウェーの3地域（北部、西部、東部）に分けて、水質（大腸菌、大腸菌群、腸内連鎖球菌、色、濁度）の将来予測を行った。</p> <p>降水量の変化により、将来期間（2071-2100）では、基準期間（2006-2014）と比較して、年間を通じて水質指標の濃度が統計的に有意に高くなると推定された。すべての指標について、指標濃度の増加率が最も大きかったのは西部と北部地域であった。将来の流出量の変化による影響は一貫した傾向は見られなかった。</p> <p>将来の最高気温の変化による影響については、年間を通してみると水質指標に統計的に有意な変化は見られなかった。しかし、冬期については、最高気温の上昇による明確な影響が推定された。大腸菌、大腸菌群、濁度、腸内連鎖球菌については、東部と西部ですべての地域で増加が見られた。また、冬から春にかけて、最高気温の上昇に伴い、すべての地域で濁度が上昇していることが分かった。</p>
備考	

No.	④-5
対応策	適応
対象分野	水質（湖沼）
分類	影響評価、観測
タイトル	世界 393 の温帯湖沼の溶存酸素濃度の変化
文献	Jane, S.F., Hansen, G.J.A., Kraemer, B.M. et al., 2021. Widespread deoxygenation of temperate lakes. Nature. 594, 66-70. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03550-y
内容	<p>沿岸・海域における溶存酸素濃度の長期的な低下は、気候温暖化や人間活動との関連が指摘されているが、湖沼における溶存酸素濃度の変化についてはほとんど分かっていない。ここでは、1941 年から 2017 年までの 393 の温帯湖について、45,148 の溶存酸素と温度のデータを合わせて分析し、傾向を調べた。</p> <p>本研究では、溶存酸素の減少が表層水と深層水の生息域で広く見られることを見出した。表層水における減少は、主に水温上昇に伴う溶解度の低下に関連しているが、生産性の高い温暖化湖の一部では、おそらく植物プランクトンの生産量の増加により、表層水の溶存酸素が増加した。一方、深層水の減少は、温度成層の強さと水の透明度の低下に関連しているが、ガスの溶解度の変化には関連していない。この結果は、気候変動と水の透明度の低下が、湖沼の物理・化学環境を変化させていることを示唆する。淡水における溶存酸素の減少は、世界の海で観測される 2.75 倍から 9.3 倍であり、湖沼生態系サービスを脅かす可能性がある。</p>
備考	

No.	④-6
対応策	適応
対象分野	水質（貯水池）
分類	影響評価、適応策評価
タイトル	貯水池の取水方法変更による気候変動影響の低減効果
文献	Feldbauer, J., Kneis, D., Hegewald, T., Berendonk, T.U., Petzoldt, T., 2020. Managing climate change in drinking water reservoirs: potentials and limitations of dynamic withdrawal strategies. Environmental Sciences Europe 32, 48. https://doi.org/10.1186/s12302-020-00324-7
内容	<p>気候変動により、飲料水用貯水池の表面水温が上昇し、夏季の成層が長期化している。ほとんどの飲料水用貯水池には、異なる深度から様々な速度で水を引き出せるような出口構造がある。したがって、これらの貯水池の温度構造は、動的な取水計画によって積極的に管理することができる。本研究では、ドイツの3つの貯水池（Eibenstein、Lichtenberg、Saidenbach）を対象に、取水方法の変更により水温上昇を低減できるかをシミュレーションにより評価した。</p> <p>その結果、表層（水深3m）の温度上昇は取水戦略の変更ではほとんど補正できないことがわかった。一方、深度25mの水温と成層の終わりについては（LBとSBにおいて）、戦略間の最大差は、過去30年間に観測された平均シフトと同じオーダーであることがわかった。したがって、これらの2つの状況については、理論的には低減可能であるといえる。</p>
備考	

No.	④-7
対応策	適応
対象分野	水質（河川）
分類	影響評価、将来予測、適応策評価
タイトル	海面上昇等による塩水遡上の河川への影響調査
文献	成果報告 4-3 海面上昇等による塩水遡上の河川への影響調査（気候変動適応情報プラットフォーム） https://adaptation-platform.nies.go.jp/conso/report/4-3.html
内容	<p>京都府舞鶴市では、日本海に注ぐ一級河川である由良川から上水の取水を行っている。取水場やさらに上流の地点まで塩水が遡上する現象が発生しており、対策が必要となっている。また、将来の気候変動による海水面の上昇や降水量の変化により、塩水遡上距離がさらに延びる可能性がある。特に渇水期においては、通常より上流まで塩水が遡上し、一時的に取水を停止せざるを得ない状況が発生している。本調査では、由良川をモデル河川として、気候変動による海面上昇等が塩水遡上に与える影響の評価を実施することを目的として調査を行った。</p> <p>海面水位上昇を踏まえた河川内の塩水遡上のシミュレーションを行ったところ、将来は塩水遡上距離がさらに延びるとともに、取水場付近の高塩分が長時間継続する恐れがある。特に 21 世紀末においては、流量が比較的多いケースにおいても、各取水場付近の塩分は現在よりも高くなり、遡上距離も延びることが予測される。</p> <p>適応策としては、適切なタイミングでの防潮幕の設置、流量の調整、取水高さの変更／取水口の移設／貯水池の設置、河川内構造物（堰等）の設置／河床形状の変更等などが考えられた。</p>
備考	

No.	④-8
対応策	適応
対象分野	水質（湖沼）
分類	リモートセンシング技術、水質評価
タイトル	衛星データに基づく湖沼の水質（懸濁物質、COD、全窒素、全リン、クロロフィル a、透明度）評価技術
文献	萩原圭一, 小泉俊雄, 2018. 衛星画像による湖水の水質計測に関する研究. 応用測量論文集, 18, 55-58.
内容	富栄養化現象が顕著である霞ヶ浦と印旛沼、そして比較的水質が良好な高滝ダムを対象として、衛星画像（LANDSAT/TM、ETM）と湖沼の水質との相関を解析し、環境評価のための水質モニタリングにおける実用性を検討した。解析した水質項目は、湖沼の環境基準で定められている懸濁物質（SS）、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（T-N）、全リン（T-P）、クロロフィル a（chl-a）及び透明度（Trans）とした。その結果、1) 測定日や水域によって相関が変化すること、2) バンド3（赤色可視域）とバンド4（近赤外域）のスペクトル比を用いると相関が向上するが、単波長に比べ相関が悪くなる場合があること、3) 全窒素または全リンとバンド3/4 スペクトル比の相関は平均して0.75以上となることが示された。これらの水質指標項目は、衛星画像により精度の高い測定が可能であることが確認された。
備考	

No.	④-9
対応策	適応
対象分野	水質（河口域）
分類	リモートセンシング技術、水質評価
タイトル	航空リモートセンシングデータに基づく河口域の水質（濁度、溶存有機炭素（DOC）、クロロフィル a）評価技術
文献	Fichot, C.G., Downing, B.D., Bergamaschi, B.A., Windham-Myers, L., Marvin-DiPasquale, M., Thompson, D.R., Gierach, M.M., 2016. Environmental Science & Technology 50(2), 573-583. DOI: 10.1021/acs.est.5b03518
内容	<p>サンフランシスコ湾デルタ河口域は、カリフォルニア州の淡水の主要な供給源であり、人為的な影響を強く受けている環境である。ここでの水質モニタリングは、主に特定地点の水質モニタリングステーションに依存しているが、空間的な範囲が限られている。そこで、航空画像解析により、非常に高い空間分解能で複数の水質指標を同時に推定した。</p> <p>航空機搭載型リモートイメージング分光計（PRISM）を用いて、濁度、溶存有機炭素（DOC）およびクロロフィル a 濃度の高空間分解能の分布を推定した。また、現地調査によるサンプルを用いて溶存性メチル水銀と DOC の関係を構築し、この海域の表面メチル水銀濃度をリモートセンシングデータにより推定することが可能となった。この結果は、高解像度イメージング分光法が、点源および非点源汚染の検出を容易にし、湿地の復元と気候変動が水質と生態系の生産性に及ぼす複雑な影響を評価するためのデータを提供し、重要な内陸および河口水域の管理と政策立案に役立つことを示している。</p>
備考	

No.	④-10
対応策	適応
対象分野	水質（湖沼）
分類	リモートセンシング技術、水質評価、経年変化
タイトル	衛星データに基づく湖沼の水質（透明度）評価技術
文献	Xu, X., Huang, X., Zhang, Y., Yu, D., 2018. Long-Term Changes in Water Clarity in Lake Liangzi Determined by Remote Sensing. Remote Sensing 10(9), 1441. https://doi.org/10.3390/rs10091441
内容	水の透明度（SDD）は、水質と湖沼生態系の健全性を示す重要な指標であり、長期的なモニタリングは、水質評価や湖沼管理にとって不可欠である。本研究では、Landsat の衛星画像データを用いて、SDD の推定モデルを開発し検証を実施した。開発した SDD 推定アルゴリズムを 2007 年から 2016 年における Landsat ETM+および OLI 画像に適用し、傾向を解析した。Mann-Kendall 検定及び線形回帰のどちらにおいても、梁子湖の SDD は調査期間中に有意な減少傾向を示した。人為的な活動が長い時間スケールで SDD 減少傾向の原因となっている可能性があり、短期的には洪水事象が SDD に影響を与えている可能性がある。梁子湖の SDD の減少傾向は、将来の人為的活動や気候変動下でも継続する可能性がある。
備考	

No.	④-11
対応策	適応
対象分野	水質（湖沼）
分類	リモートセンシング技術、水質評価、空間的変動、経年変化
タイトル	衛星データに基づく湖沼水質（透明度）評価技術
文献	Wang, S., Li, J., Zhang, B., Lee, Z., Spyrakos, E., Feng, L., Liu, C., Zhao, H., Wu, Y., Zhu, L., Jia, L., Wan, W., Zhang, F., Shen, Q., Tyler, A.N., Zhang, X., 2020. Changes of water clarity in large lakes and reservoirs across China observed from long-term MODIS. Remote Sensing of Environment 247, 111949. https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111949 .
内容	MODIS データ（Terra 及び Aqua）から取得した 2 つの水の色度パラメータ、Forel-Ule Index (FUI) と色相角 α を用いて、中国全土の湖沼を対象とした透明度（ZSD）アルゴリズムを開発・検証した。MODIS ZSD モデルは、17 の湖の実測値と比較したところ、検証データセットにおける平均相対誤差が 27.4% と良好な結果を示した。続いて、このアルゴリズムを MODIS の測定に適用し、中国全土の大きな湖（N = 153）の水の透明度の包括的な評価を行った。2000 年から 2017 年の調査対象湖の夏の平均 ZSD は、顕著な空間的・時間的変動を示した。空間的には、大型湖沼の ZSD は中国全土で「西高東低」の明確な空間パターンを呈した。この空間パターンは、中国の人口、GDP、気温、降水量分布もある程度寄与している一方で、中国西部と東部の湖の深さと高度の大きな違いと関連していることがわかった。時間的には、この期間にほとんどの湖の ZSD は増加した。湖沼の ZSD 値は中国西部で有意な増加が見られ、気温と湖沼表面積の増加と相関があることが判明した。
備考	

No.	④-12
対応策	適応
対象分野	水質（湖沼）
分類	リモートセンシング技術、水質評価、空間的変動、経年変化
タイトル	衛星データに基づく水質（クロロフィル a、フィコシアニン）評価技術
文献	Duan, H., Tao, M., Loiselle, S.A., Zhao, W., Cao, Z., Ma, R., Tang, X., 2017. MODIS observations of cyanobacterial risks in a eutrophic lake: Implications for long-term safety evaluation in drinking-water source. Water Research 122, 455-470. https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.06.022
内容	シアノバクテリアの発生とそれに関連するリスクは、過去 40 年間に世界中で増加している。本研究では、経験的直交関数 (EOF) 解析に基づくアルゴリズムを用いて、中国の淡水湖である巢湖の MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer、米国の地球観測衛星 Terra 及び Aqua のセンサ) のデータを用いてクロロフィル a (Chla) および藍藻類のバイオマーカー色素フィコシアニン (PC) 濃度を推定した。2000 年～2014 年の MODIS 画像を用いてアルゴリズムを開発・検証した結果、藍藻優占の指標である PC と Chla 比に大きな空間・時間変動が見られた。Chla 及び PC の推定結果から、決定木分類モデルを用いてシアノバクテリアのリスクマッピングを行い、取水域としての利用可能性を特定するのに役立つための水質決定マトリクス (WQDM) を作成した。
備考	

No.	④-13
対応策	適応
対象分野	水質（湖沼）
分類	リモートセンシング技術、政策決定
タイトル	衛星データに基づく水質評価技術の導入可能性についてのアンケート調査
文献	Schaeffer, B.A., Schaeffer, K.G., Keith, D., Lunetta, R.S., Conmy, R., Gould, R.W., 2013. Barriers to adopting satellite remote sensing for water quality management. International Journal of Remote Sensing 34(21), 7534-7544. https://doi.org/10.1080/01431161.2013.823524
内容	<p>本研究では、水質モニタリングに衛星リモートセンシングを使用することについての課題や障壁を特定するために、EPA 内部で選ばれた 15 人を対象としてインタビューを実施した。その結果次のような課題が見いだされた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 衛星画像の取得に必ず費用が必要になるという誤解 ・ 衛星データによる推定結果の検証や、対象水域での精度保証が必要 ・ 衛星データが継続的に入手できるかどうかという懸念 ・ サポートやトレーニングなどの技術的支援が必要 <p>このような新しい技術を最大限に活用するためには、科学者、政策立案者、環境管理者、連邦・州・地方レベルの利害関係者の間で、オープンで効果的な対話が必要である。また、持続可能性の問題に対して包括的なデータソリューションを提供するために、現場とリモートセンシングの両方のリソースを組み込んだネットワーク作りが重要である。</p>
備考	

No.	④-14
対応策	適応
対象分野	水質（湖沼）
分類	リモートセンシング技術、水質監視ツール
タイトル	シアノバクテリア評価ネットワーク (CyAN)
文献	U.S. Department of the Interior. Cyanobacteria Assessment Network (CyAN). https://eros.usgs.gov/doi-remote-sensing-activities/2017/usgs/cyanobacteria-assessment-network-cyan (accessed on April 12, 2023)
内容	<p>USGS は、シアノバクテリア評価ネットワーク (CyAN) プロジェクトで、米国環境保護庁 (EPA)、米国航空宇宙局 (NASA)、米国海洋大気庁 (NOAA) と協力し、全国の湖と貯水池の環境管理と公共利用をサポートするために、衛星データを利用してシアノバクテリアの有害な藻類の繁殖 (藻類ブルーム) を検出及び定量化している。Landsat、MERIS、Aqua、Sentinel-2、Sentinel-3 などの複数の衛星プラットフォームによるデータを使用して、シアノバクテリアの藻類ブルームの早期の特定を図っている。</p> <p>Landsat などの最高解像度の衛星は、1 ヘクタールを超える湖の 62%と、公共の飲料水取水場所がある湖の 95%を捉えることができる一方で、飛行頻度が低く、またシアノバクテリアを他のタイプの藻類ブルームと区別できるセンサーが装備されていない。より低解像度の衛星は、水域の 1%未満と飲料水の摂取量の 33%しか捉えられていないが、より頻繁に飛行し、シアノバクテリアを識別できる。</p> <p>EPA が提供する Cyanobacteria Assessment Network モバイルアプリケーション (CyAN アプリ) は、使いやすくカスタマイズ可能なアプリで、米国内の 2,000 を超える最大規模の湖と貯水池のシアノバクテリア藻類ブルームに関する衛星データへのアクセスを提供している。これは地方および州の水質管理者がシアノバクテリア藻類ブルームに関連する管理上の意思決定をより迅速に、より多くの情報に基づいて行うために役立つアプリとして開発した。</p> <p>ユーザーは、シアノバクテリアの濃度に関する情報を全国規模で表示し、湖や貯水池の特定のデータを詳細に閲覧できる。州や地方によって、有害な藻類ブルームへの対処方法が異なる場合があるため、ユーザーはシアノバクテリア濃度の独自の閾値を設定し、設定した値により該当エリアを抽出することができる。ユーザーは一度に複数の水域を比較することもでき、特定の場所での最近の変化に基づいて、より適切な情報に基づいた決定を下すことができる。</p>
備考	

No.	④-15
対応策	適応
対象分野	水質（湖沼）
分類	リモートセンシング技術、水質監視ツール
タイトル	衛星データに基づく水質監視ツール eoApp
文献	Sawyer, G., Oligschläger, C., Khabarov, N., 2021. Lake Water Quality Management in Germany. European Association of Remote Sensing Companies (EARSC). https://earsc.org/sebs/wp-content/uploads/2021/06/Water-Quality-Management-in-Germany-final-1.pdf
内容	<p>ドイツの企業 EOMAP は、Sentinel と Landsat 8 などのデータを組み合わせ、様々なユーザーに地域の水域に関する環境情報を提供している。オンライン上でデータにアクセスできるウェブアプリケーションである eoApp を通じて、水質評価のための衛星データ処理機能である eoLytics が提供されている。</p> <p>eoApp の無料デモ版は、World Water Quality Portal (WWQP) で提供され、すべての内陸水域と沿岸域の水質パラメータを 90m の分解能でグローバルに取得することができる。eoLytics は、1996 年から DLR (the German Space Agency) とミュンヘン大学によって開発され、2006 年から EOMAP によって運用されているアルゴリズム (MIP - Multiple Inversion and Processing) を用いて、独自の水質分析を実行するためのツールを提供する。ユーザーは、関心のある地域、使用する衛星データを定義すれば、新しい衛星データが利用可能になったときにもデータを自動的に更新することができる。</p> <p>提供されるデータは、クロロフィル-a、有害藻類発生状況 (HAB) 指標、透視度、表面水温、全吸収量、懸濁物質、栄養状態指数、濁度、貯水量である。</p>
備考	

No.	④-16
対応策	適応
対象分野	水質（原水）
分類	リモートセンシング技術、浄水場、意思決定支援ツール
タイトル	リモートセンシングと高速学習技術を用いた浄水場における意思決定支援システム
文献	Imen, S., Chang, N.B., Yang, Y.J., Golchubian, A., 2018. Developing a Model-based Drinking Water Decision Support System Featuring Remote Sensing and Fast Learning Techniques. IEEE Systems Journal 12(2), 1358-1368. https://doi.org/10.1109/JSYST.2016.2538082
内容	<p>飲料水処理において、自然および人為的な水質変動に対応して運転戦略を適時に調整することは、技術的に大きな課題となっている。そのためには、センシング、モニタリング、モデリングを統合した技術を開発・適用し、プラントオペレータに早期警報メッセージを提供することが重要なアプローチの一つである。この論文では、手法に関する徹底的な文献調査を行い、モデルベースの意思決定支援システム（DSS）を開発した。この DSS は、水源水への影響分析を通じて水処理作業を支援することを目的としている。リモートセンシングと高速学習技術を用いたこのモデルベース DSS は、エンドユーザーが容易に適用でき、水源水中の注目すべき水質パラメータの時空間変化を視覚的に表現することが可能である。このシステムは、特定地点の 1 日先の水質傾向を予測し、取水地点の現在の水質を可視化することができるため、処理目標に対する最終的な水質評価を支援することができる。モデルベースの DSS は、米国ラスベガスの浄水場でのケーススタディで評価された。米国ネバダ州とアリゾナ州の州境にある自治体の主要な水源であるミード湖を対象に、2005 年に発生した大規模森林火災時の有機炭素（TOC、total organic carbon）を推定したところ 2 つの予測方法は類似した値を示し、実際の観測値に近いものであった。</p>
備考	

No.	④-17
対応策	適応
対象分野	その他（災害）
分類	影響評価、水害
タイトル	Increase in the Number of Tropical Cyclones Approaching Tokyo Since 1980
文献	Yamaguchi, M., Maeda, S., 2020. Increase in the Number of Tropical Cyclones Approaching Tokyo Since 1980. Journal of the Meteorological Society of Japan 98(4), 775-786.
内容	<p>台風による被害を最小化していくためには、日本の各地域での台風の接近数（台風の中心が全国のいずれかの気象官署等から 300km 以内に入った場合と定義）について知ることは非常に重要である。本論文では、1980 年から 2019 年の過去 40 年分の観測データや気象データに基づき、台風の接近数や特徴の変化について調査している。</p> <p><u>使用データ・モデル等</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ JMA best-track data, Japanese 55-year reanalysis ・ Centennial Observation-Based Estimates of Sea Surface Temperature ・ Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme <p><u>主な成果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 東京に接近する台風の数が増加している。（後半 20 年で前半 20 年の 1.5 倍） ・ 強い強度の台風の接近頻度も増加している。（中心大気圧 980hPa より低い状態で接近する頻度が後半 20 年間で 2.5 倍） ・ 後半 20 年は前半 20 年と比較して、台風の発達に都合が良い気象条件となっている。 ・ 台風の移動速度が約 36%減速しており、台風による影響時間が長くなる。 ・ 東京以外でも、静岡、名古屋、和歌山、高知など、太平洋側の都市でも同様の傾向が確認された。
備考	

No.	④-18
対応策	適応
対象分野	その他（災害）
分類	影響評価、水害
タイトル	150年連続ランによる梅雨期極端降雨の将来変化と段階的適応に向けた解析
文献	中北英一，原田茉知，小坂田ゆかり，2021. 150年連続ランによる梅雨期極端降雨の将来変化と段階的適応に向けた解析，京都大学防災研究所年報 64B, 335-342.
内容	<p>平成30年7月に発生した西日本豪雨など、近年、梅雨豪雨が頻繁に発生しつつある。本論文では、将来を見据えるにあたり、段階的な気候変動への適応に有用な気候変動予測情報の重要性について指摘しており、梅雨に関する様々な気候変動研究が取り組まれている中で、現在から将来への時間連速的(タイムシームレス)な将来変化予測に取り組んでいる。</p> <p><u>使用データ・モデル等</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・150年連続ラン*(RCPシナリオに基づくAGCM60及び20を用いて、過去気候(1950-2014年)と将来気候(2015-2099年)が連続して計算されたデータセット)の内のAGCM20のデータセットを使用 <p><u>主な成果</u></p> <p>梅雨前線降雨帯(平均日雨量を用いて評価)の北方への浸潤の傾向について、2010年代までは変化が見られず、2020年代から2050年代までは変動しながら徐々に北上している。2060年代以降では北緯39度-41度の間での変動幅が小さくなり、東北地方北部まで梅雨前線降雨帯が安定的に北上する。2095年では、北海道での降雨帯の浸潤が確認され、将来気候で北海道まで梅雨の影響が強まることが示唆された。</p> <p>地方別に見た平均日雨量の将来変化では、どの地域においてもおよそ2060年代以降は雨量の増加が見られるが、2010-2060年までは地域によっては雨量が減少する傾向も確認された。ただし、梅雨による降雨量の変動と台風の除外日数に一部で対応が見られることから、台風の上陸位置や台風の強度を考慮した解析の必要性が指摘された。</p> <p>極端降雨について、発生場所は2000年以降、東北、北海道と徐々に拡大することとなり、さらに継続時間、時間あたりの積算雨量についても増加していくことが示された。</p>
備考	*文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム(2020):令和元年度報告書

No.	④-19
対応策	適応
対象分野	水道、その他（災害）
分類	影響評価、水害
タイトル	Simultaneous flood risk analysis and its future change among all the 109 class-A river basins in Japan using a large ensemble climate simulation database d4PDF
文献	Tanaka, T., Kobayashi, K., Tachikawa, Y., 2021. Simultaneous flood risk analysis and its future change among all the 109 class-A river basins in Japan using a large ensemble climate simulation database d4PDF. Environ. Res. Lett. 16, 074059(Article Number).
内容	<p>近年、日本ではほぼ毎年深刻な洪水に見舞われている。深刻な洪水では、複数の河川流域で河川の越流と堤防の決壊によって発生しており、このような同時多発的な洪水発生は、サプライチェーンに対しても壊滅的な被害をもたらした。洪水災害リスクに対する気候変動の影響については、国レベル、地域レベルのスケールでの評価は行われているが、問題となる複数河川流域での洪水の同時発生への影響についてはほとんど議論されていない。本論文では、この問題点に対し、日本の全 109 の A 級河川流域における同時洪水発生確率の将来変化とその地理的特性の推定を試みている。</p> <p><u>使用データ・モデル等</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・rainfall-runoff model 1K-DHM（モデルパラメータは、1981年から2017年まで各流域で最も深刻な洪水事例を用いて校正） ・non-hydrostatic regional climate model (NHRCM)で20kmスケールまでダウンスケールした d4PDF のデータセットを利用 ・降雨量は、radar AMeDAS rainfall (RAR) を参照。 <p><u>主な成果</u></p> <p>同じ年に年間最大流量が流下能力を超えた河川の数（同時多発洪水と定義）を頻度分析した結果、日本の 4 度上昇シナリオでは将来の気候で同時多発洪水のリスクが増加し、その増分は海面水温予測の変動よりも大きくなることが示された。このように、大量アンサンブル気候予測データとインフォマティクス技術の組み合わせは、同時多発の洪水リスク解析に対して強力なアプローチとなることを示した。</p>
備考	

No.	④-20
対応策	適応
対象分野	その他（災害）
分類	影響評価、渇水
タイトル	気候変動が淀川水系の渇水リスクに及ぼす影響
文献	伊藤昌資，菅野豊，大八木豊，西澤諒亮，川瀬宏明，佐々井崇博，杉本志織，川崎将生，中北英一，2020. 気候変動が淀川水系の渇水リスクに及ぼす影響，水文・水資源学会誌 33 (3)，83-97.
内容	<p>豪雨、洪水に関する気候変動の影響については多く取り組まれている。一方で、渇水は主要なリスクの一つであり、淀川水系でも渇水リスクについて検討をする必要がある。気候変動が渇水リスクに及ぼす影響を評価するには、降水量、気温の上昇だけでなく、水循環の視点から河川流量の変動を分析して影響を評価する必要があり、本論文では、アンサンブル気候予測データを用いて、気候変動が淀川水系の渇水リスクに及ぼす影響を評価している。</p> <p><u>使用データ・モデル等</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）*において、d4PDF の日本地域モデルデータを 5 km メッシュに力学的ダウンスケーリングされたデータ（SI-CAT データ） ・積雪・融雪，蒸発散等の水循環過程を反映した分布型流出モデル <p><u>主な成果</u></p> <p>琵琶湖が水資源開発量のうち大きな割合を占めていることから、琵琶湖水位を渇水リスクの評価指標とした。その結果、定常的に 4 °C 上昇した将来では、琵琶湖水位の低下幅が大きく、気候変動による渇水リスクは、大幅に増加する傾向が見られた。淀川水系は、琵琶湖総合開発を含む水資源開発の結果、現時点において一定の利水に関する安全性が確保されているが、今後の渇水リスクの高まりに対して、対応を検討していく必要性が見出された。</p>
備考	*文部科学省 気候変動適応技術社会実装プログラム 2018. https://si-cat.jp/ .

No.	④-21
対応策	適応
対象分野	水道、水資源・水環境
分類	影響評価、水質（藻類）
タイトル	気候変動による琵琶湖の水環境への影響調査
文献	国立環境研究所. 成果報告 4-6 気候変動による琵琶湖の水環境への影響調査, 地域適応コンソーシアム事業, 2020. (URL: https://adaptation-platform.nies.go.jp/conso/report/4-6.html) (2023年4月24日時点)
内容	<p>本調査では琵琶湖における過去約30年間分の観測データ（生物、気象、水質等）を用いて、環境要素と植物プランクトンの関係解析を行い、植物プランクトンの予測を試み、得られた結果に基づいて影響評価を行い、適応策について検討している。</p> <p><u>使用データ・モデル等</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・気候シナリオ：NIES 統計 DS データ ・気候モデル：MRI-CGCM3、MIROC5 ・琵琶湖における観測データ（1979-2018年） ・植物プランクトン予測モデル（観測データより構築） <p><u>主な成果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在と比較して21世紀中頃及び21世紀末では、気温上昇の大きいRCP8.5シナリオの場合は、アオコ形成種及びカビ臭原因種の増加が予測された。 ・月別の将来予測結果では、アオコ形成種及びカビ臭原因種は年間を通して増加、生ぐさ臭原因種は気温の高い時期は抑制する傾向が確認された一方で、寒候期は現在よりも増加する傾向が確認された。 ・1年間に大量発生が起こる確率及びその月数は、アオコ形成種及びカビ臭原因種で将来的に増加する傾向が確認された。 ・得られた影響評価結果に基づき、適応策について①アオコの早期発見、②湖流の調整、③水道における対応の3項目について検討した。
備考	

No.	④-22
対応策	適応
対象分野	水資源
分類	影響評価、水資源
タイトル	Changes in extremely heavy and light snow-cover winters due to global warming over high mountainous areas in central Japan
文献	Kawase, H., Yamazaki, T., Sugimoto, S., Sasai, T., Ito, R. Hamada, T., Kuribayashi, M., Fujita, M., Murata, A., Nosaka, M., Sasaki, H., 2020. Changes in extremely heavy and light snow-cover winters due to global warming over high mountainous areas in central Japan, Progress in Earth and Planetary Science 7, 10(Article Number), 2020.
内容	<p>地球温暖化の進行により日本の広範囲で総降雪量が減少すること、厳冬期に北海道内陸の一部地域では降雪量が増加するなどの予測結果が出ている。本論文では、中部山岳地域を対象とし、超高解像度（1km メッシュ）の地域気候シミュレーションにより、多雪年と少雪年の将来変化について分析を行っている。</p> <p><u>使用データ・モデル等</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・d4PDF データの 20km メッシュデータ（予測は 5km メッシュで実施） ・気象研究所が開発した地域気候モデル（1km までダウンスケーリング） <p><u>主な成果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・「4 度上昇時」において、多雪年の降雪量は 12 月後半から 2 月前半にかけて多くなり一方で、少雪年では「現在」と比べて降雪量が少ない傾向にある。 ・「4 度上昇時」において、多雪年では「現在」と比較して、全ての標高で降水量が増加する。そのため、標高の低い地域の降雪量は減少する一方で、標高の高い地域（2000 m 以上）の降雪量は増加している。少雪年では「現在」と比較して、降水量の変化は小さく、ほぼ全ての標高で冬の降雪量が減少している。 ・「4 度上昇時」において、多雪年で「現在」と比較して降水量が増加するのは、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加により、冬型の気圧配置時の降水量が増加し、特に標高の高い地域（2000 m 以上）においては降雪量として増加する。一方、少雪年では地球温暖化に伴い冬の季節風が弱まることで降水量が減少することと、気温上昇による降雪にならない状況が増えることが重なり、全体的な降雪量が減少する。
備考	

No.	④-23
対応策	適応
対象分野	災害
分類	検知・短期予測技術、水害
タイトル	ゲリラ豪雨の早期探知・予報システムの開発
文献	中北英一，西脇隆太，山口弘誠，2014. ゲリラ豪雨の早期探知・予報システムの開発，河川技術論文集 20，355-360.
内容	<p>ゲリラ豪雨をもたらすような積乱雲の寿命は30分～1時間であり、このタイムスケールの短い災害では、可能な限り早急な注意喚起が防災上、必要不可欠である。本論文では、上空で早期にゲリラ豪雨のタマゴを自動探知すること、探知したタマゴの段階で危険性を過度により予測し、3次元的に自動追跡することを統合し、早い時刻に危険性を定性的に予測する手法について開発を行っている。</p> <p><u>技術のポイント等</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・既存のレーダ雨量計よりも時間・空間ともに高解像度でかつ精度良く降雨強度を推定できる X バンド MP (マルチパラメーター(ドップラー偏波)) レーダーを配備し、3次元ドップラー観測をも標準としたゲリラ豪雨災害への観測体制を強化 ・35機による観測ネットワーク (XRAIN) を構築 <p><u>主な成果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・タマゴの早期探知手法と追跡手法、並びに危険性予測手法を統合した一連のゲリラ豪雨予報システムの構築を行い、実利用の視点を考慮したゲリラ豪雨予測システムを構築した。 ・ゲリラ豪雨の早期定量評価についても、検証が始まった。 ・得られた成果は、ゲリラ豪雨の危険性予測システムとして、国土交通省内で採用された。
備考	

No.	④-24
対応策	適応
対象分野	水道、災害
分類	検知・短期予測技術、水害
タイトル	Applicability of a nationwide flood forecasting system for Typhoon Hagibis 2019
文献	Ma, W., Ishitsuka, Y., Takeshima, A., Hibino, K., Yamazaki, D., Yamamoto, K., Kachi, M., Oki, R., Oki, T., Yoshimura, K., 2021. Applicability of a nationwide flood forecasting system for Typhoon Hagibis 2019, Scientific Reports 11, 10213(Article Number).
内容	<p>国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センターと国立大学法人東京大学 生産技術研究所の共同研究グループは、日本中の河川の流量や氾濫域を推定・予測できるシステム「Today's Earth - Japan」(以下、TE-Japan)を開発・運用してきた。本論文では、2019年に生じた台風19号の洪水被害について、TE-Japanの実用性の検証を行なっている。</p> <p><u>技術のポイント等</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・気象庁が提供する全国合成レーダー降雨量及び数値気象予測データを入力値として用い、降雨流出過程モデルと河川流下過程モデルを組み合わせた数値モデルに与え、日本全国0.05度(約5km)間隔で、1日8回(3時間毎)土壌水分量や蒸発散量、河川流量、河川水位等の陸域水文量の現況解析及び39時間後までの予測を行う数値洪水予測システムを構築 ・河川水位については、過去10数年間のシミュレーションについて、日本全国約850箇所の水位観測所において予測精度を検証 ・統計的な「珍しさ」を示す再帰年数(～年に一度)を示すことで、予測された河川水位の危険性を示すシステムを構築(本論文の検証では、200年に一度のレベルを超えた時を「アラート」と定義) <p><u>主な成果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・実際の堤防決壊地点142箇所中130箇所(約91%)について、決壊の30時間以上前から警戒情報を出すことができていたことを確認 ・国の洪水予報は6時間までであるが、TE-Japanでは30時間以上前から予測可能に ・国の機関以外による洪水予報の可能性を示唆
備考	

No.	④-25
対応策	適応
対象分野	水道、災害
分類	短期予測技術、渇水
タイトル	気候予測を用いた水供給システム
文献	国立環境研究所, 2021. 適応策データベース 気候予測を用いた水供給システム, (URL: https://adaptation-platform.nies.go.jp/db/measures/report_113.html) (2023年4月24日時点)
内容	<p>米国フロリダ州のタンパ湾では、干ばつ、暴風雨、塩水の侵入等の多くの気候変動による影響を受けている。特に、2000年代初頭の長期にわたる干ばつによる水不足から水源として地下水を活用することとなった。しかし、地下水の汲み上げは近隣の湿地等の生態系に影響を及ぼすこととなった。そこで、タンパ水道公社では環境への配慮も考慮するために、地表水供給の潜在的な現象を予測するツールの開発を検討した。</p> <p><u>技術のポイント等</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・NOAA 気候予測センターが提供する予測情報を利用して、数週間後から数か月後の気温と降水量のパターンの把握を行い、予測された重要な見識を水道管理者に提供した。 <p><u>主な成果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・提供された予測情報に基づき、地表水の不足する時期に水道管理者は助言を受け、地下水の節約や生態系保護のための判断が適時に可能となった。 ・複数の水源（地表水、地下水、海水淡水化）を使用した新しい戦略と、気象の予測情報により、3つの水源のバランスをとりながら供給が可能となり、多くの湿地や湖で自然資源の回復が確認された。(図)
備考	

No.	④-26
対応策	適応
対象分野	水質
分類	検知技術、水質
タイトル	航空ドローンを用いた常呂川河口周辺における懸濁物質濁度とクロロフィル a 濃度の同時推定方法の検討
文献	松永智拓, 朝隈康司, 熊倉あを, 2022. 航空ドローンを用いた常呂川河口周辺における懸濁物質濁度とクロロフィル a 濃度の同時推定方法の検討, 日本リモートセンシング学会第 73 回学術講演会論文集, 147-149.
内容	<p>河口域などでは、植物プランクトン、様々な懸濁物質等により水の色が複雑に変化していくことから、これらの同時推定が必要となる。本論文では、ドローンで撮影した水面の画像から、濁度とクロロフィル a 濃度の推定を試みている。</p> <p><u>技術のポイント等</u></p> <p>ドローン(DJI 社のドローン Phantom 4)で撮影した水面画像を利用して、R, G, B 各チャンネルの反射率を算出した。水面の反射モデルを用いて TensorFlow V2. 3. 0 と Keras Ver. 1. 0. 8 を用いて、Momentum 法で学習させ、モデルに適用する重み係数を算出した。</p> <p><u>主な結果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・懸濁物質の濁度の推定モデルを常呂川で用いるためには精度向上が必要であることが明らかとなった。 ・クロロフィル a 濃度についても懸濁物質と同様に精度の向上が必要であると考えられた。
備考	

No.	④-27
対応策	適応
対象分野	水質
分類	検知技術、水質
タイトル	多波長励起蛍光光度計（9 バンド）を用いたシク物プランクトン調査方法の現地適用性に関する検討
文献	服部啓太, 平山考浩, 對馬育夫, 山下洋正, 2023. 多波長励起蛍光光度計（9 バンド）を用いたシク物プランクトン調査方法の現地適用性に関する検討, 第 57 回日本水環境学会年会講演集, 279.
内容	<p>水質調査での藻類組成の把握に対して、複数波長の励起光を用いて植物プランクトンの種が持つ蛍光特性から、藻類組成を推定する手法が取り上げられている。本調査では、霞ヶ浦を対象として多波長励起蛍光光度計を用いて植物プランクトンの調査を行っている。</p> <p><u>技術のポイント等</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・多波長励起蛍光光度計（9 波長：375, 400, 420, 435, 470, 505, 525, 570, 590 nm）を用いた測定 <p><u>主な結果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・435 nm と 470 nm の蛍光強度とクロロフィル a 濃度の関係では海洋での調査と比較して少し相関関係が低い結果となったことから、陸域由来の成分の影響が示唆された。 ・採水地点が異なる箇所、各波長の蛍光強度の変動幅が異なることから、各地点で植物プランクトンの組成の変化の傾向が異なる可能性が示唆された。
備考	多波長励起蛍光光度計（JFE アドバンテック社製、Multi-Exciter） （URL: https://www.jfe-steel.co.jp/research/giho/037/pdf/037-26.pdf ）

No.	④-28
対応策	適応
対象分野	河川流量、地下水位
分類	モデル
タイトル	セルビア Toplica 川の水資源への影響
文献	Idrizovic, D., et al., 2020. Impact of climate change on water resource availability in a mountainous catchment: A case study of the Toplica River catchment, Serbia. Journal of Hydrology 587, 124992.
内容	<p>本研究では、セルビア南部の Toplica 川の流域（流域面積 2,052 km²）にて、気候変動が流域の水文に及ぼす潜在的な影響が検討された。気候変動予測は EURO-CORDEX プロジェクトによる RCP4.5 及び 8.5 下での 7 モデルによる 2021～2100 年の降水量、気温のアンサンブルが用いられた。流出量計算には HBV-light model (conceptual model) が、地下水位と流出量の相関関係解析には人工ニューラルネットワークが用いられ、基準期間（1971～2000 年）と近未来（2021～2050 年）、及び遠未来（2071～2100 年）の比較が統計学的に行われた。</p> <p>結果として年スケールでの顕著な変化はないが、現在の月別水量分布はより偏在化するものと推測している。特に遠未来の夏季、RCP8.5 では流出量が減少しつつ、地下水までの距離が増加し、飲料水供給などへの悪影響の懸念が示された。</p>
備考	EURO-CODEX : http://www.euro-cordex.net/

No.	④-29
対応策	適応
対象分野	河川流量・大腸菌濃度予測
分類	モデル
タイトル	ノルウェーBrusdalsvatnet 湖に流入する川の水文・微生物濃度解析
文献	Mohammed, H., et al., 2019. Modelling the impact of climate change on flow and E. coli concentration in the catchment of an ungauged drinking water source in Norway. Journal of Hydrology 573, 676-687.
内容	<p>本研究では、ノルウェー、Ålesund の飲料水源の未計測集水域における局所的な気候変動の流況と大腸菌流出に与える影響が、シミュレーションモデルにより評価された。気候予測には Norwegian Centre for Climate Service の Møre and Romsdal 地域モデルが使用され、シナリオ RCP8.5 のもとでの 2045 年、および 2075 年の影響が評価された。流況と大腸菌流出の計算には SWAT (Water and Soil Assessment Tool) が用いられた。</p> <p>パラメータ補正ツールである SWAT-CUP の SUFI2 にてパラメータ補正を行った後のモデルの予測性能は、流量については良好であったが、大腸菌に対しては低かった。感度解析の結果から、樹冠蓄積量と植物吸収補償係数が、流域の流出生成に対して最も感度の高いパラメータとして示された。また河川中の大腸菌に対しては主に河道内の土砂量を制御するパラメータの影響が高く、河川内土砂の再懸濁や輸送堆積過程が、大腸菌の保護や栄養補給に役立っているためと考察されている。2045 年と 2075 年において、現在春と秋に見られるピーク流量はそれぞれ夏と冬に移行する可能性が示された。また現在、夏に見られる高濃度の大腸菌が、将来的には減少するが、初秋に高濃度になる可能性が示された。これらの結果は、主に温帯気候地域の流域や水道事業者にとって管理上の示唆を与えるものであると述べられている。</p>
備考	

No.	④-30
対応策	適応
対象分野	河川流量、地下水位予測
分類	モデル
タイトル	欧州の3湖、4河川流域における気候等の変化の影響のケーススタディ
文献	Mack, L., et al., 2019. The future depends on what we do today - Projecting Europe's surface water quality into three different future scenarios. Science of the Total Environment 668: 470-484.
内容	<p>本研究では、Vansjg 湖（ノルウェー）、Lepsamanjoki 川（フィンランド）、Vrtsjrv 湖（エストニア）、テムズ川（イギリス）、オーデンセ川（デンマーク）、エルベ川中流域（ドイツ）、ベエヒル湖（トルコ）を対象として、二つの気候シナリオと、土地利用、管理、人為的開発を説明する三つのストーリーラインのもとでの、2030年と2060年の全窒素、全リン、及びクロロフィル a 濃度が、プロセスモデル、及び経験モデルにて予測された。将来の気候は、空間分解能と状態変数が異なる2つの全球気候モデル GFDL-ESM2M と IPSL-CM5A-LR が用いられた。各地域の気象データには、$0.5^\circ \times 0.5^\circ$ グリッドの日々の気象データを与える Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project が用いられた。なお、三つのストーリーラインとは、SSP2 と RC04.5 に基づくコンセンサスワールド、SSP5 と RCP8.5 に基づくテクノワールド、SSP3 と RCP8.5 に基づくフラグメンテッドワールドであり、環境保護の観点からそれぞれ最良、中間、最悪のケースを表す。</p> <p>現在は、水域はほとんどが良好な生態学的状態にないが、テクノ・ワールドとフラグメンテッド・ワールドでは、将来各濃度はさらに上昇し、コンセンサス・ワールドでは概ね低下することが示された。さらにその影響は、湖沼よりも河川でより深刻であった。一方、コンセンサス世界では古典的な緩和策（例：水辺の遮光）、テクノ世界では技術的改善（例：廃水処理効率の向上）、フラグメンテーション世界では農業の拡大によって生態系の状態にプラスの効果があることが示された。</p>
備考	

No.	④-31
対応策	適応
対象分野	河川水温予測
分類	モデル
タイトル	米国、ポーランドの河川の水温予測
文献	Piotrowski, A. P., et al., 2021. Influence of the choice of stream temperature model on the projections of water temperature in rivers. <i>Journal of Hydrology</i> 601: 126629.
内容	<p>単一モデルを用いた将来の水温予測のリスク軽減のため、本研究では、米国北部の3流域 (Cedar River, WA, Fanno Creek, OR, 及び Irondequoit Creek, NY) と、ポーランドの2流域 (Biala Tarnowska River と Suprasl River) を対象に、河川の流量と水温に対する気候変動の影響予測の比較が行われた。気候変動モデルは米国では4つ (CNRM-CM5-OURANOS-CRCM5, MPI-ESM-LR-OURANOS-CRCM5v1, NorESM1-M-GERICS-REM02015, UQAM_GEMatm_ESMsea-UQAM-CRCMS)、ポーランドでは5つ (CNRM-CM5-RCA4, EC-EARTH-RACMO22E (EC-EARTH), IPSLCM5A-MR-WRF331F, MPI-ESM-LR-CCLM4-8-17, NorESM1-M-DMI-HIRHAM5v2) を使い、シナリオ RCP8.5 のもとでの影響を評価した。地域気象としては、過去データは Thiessen Polygons 法によるダウンスケーリングデータを、将来データは Coordinated Regional climate Downscaling Experiment (CORDEX) イニシアティブによるヨーロッパ領域 12.5 km、北米領域 25 km の日々データを用いた。河川流量予測には集中型の conceptual モデルである GR4J (Perrin et al., 2003) が、水温予測には empirical モデルである多層パーセプトロンニューラルネットワークモデル、プロダクトユニットネットワーク、ロジスティック回帰、ならびに準経験的な Physically based モデルである air2stream が用いられた。</p> <p>河川水温の予測結果は、2021-2050 年では約 1-2°C、2071-2100 年では約 2-3°C 上昇の上昇となった。またそれは年間を通じて一様ではなく、米国では夏に、ポーランドでは春と秋に最も大きな温度上昇が予測された。またモデル間の予測水温の違いも見られ、プロダクトユニットニューラルネットワーク、ロジスティック回帰ベースモデル、あるいは air2stream は時としてほかのモデルで得られた予測値と 2°C の差を生じることもあり、少なくともいくつかの河川水温モデルを使用する必要性を示している。</p>
備考	<p>Perrin, C. et al., 2003. <i>J. Hydrol.</i> 279, 275-289.</p> <p>Devi et al., 2015. <i>Aquatic Procedia</i> 4, 1001-1007.</p> <p>Piccolroaz et al., 2016. <i>Hydrol. Process.</i> 30, 3901-3917.</p>

No.	④-32
対応策	適応
対象分野	地下水塩水化予測
分類	モデル
タイトル	ナイルデルタ東部の地下水塩分濃度
文献	Abd-Elhamid, H. et al., 2016. Simulation of seawater intrusion in the Nile Delta aquifer under the conditions of climate change. Hydrology Research, 47(6), 1198-1210.
内容	<p>本研究では、帯水層への海水流入をシミュレートするための有限要素連成モデル(2D-FEST)が作成され、これを用いた世界最大級の地下淡水貯水地である Nile Delta 帯水層のシミュレーションが行われた。</p> <p>灌漑水とナイル川と灌漑網からの漏水による淡水で涵養される上部協会では、TDS 濃度は淡水の濃度と等しく、濃度勾配はゼロとされた。海側境界では、濃度は海水濃度と等しく、境界を越える流束は内側に向けられ、ゼロ分散流束境界とされた。流れの方向は海に向かって外向きである。この境界では、圧力は静水圧で、大気圧とされた。海面での圧力ほかのモデルでの計算結果との比較や先行研究との比較によりこの結果が検証された。さらに気候変動によってもたらされるであろう海面上昇と大規模な地下水汲み上げに伴う遷移帯の位置と移動を計算した。シナリオとして、海面 100 cm 上昇、過剰な揚水による圧密水頭 100 cm 低下、および両者の複合、が仮定された。</p> <p>結果として、地中海の水位が 100 cm 上昇すると、ナイルデルタ帯水層への約 10km の海水侵入、地下水過剰汲み上げによる陸側の圧密水頭 100 cm 低下により 8km の浸入、両方の組み合わせにより 15 km の浸入が発生するものと推算された。</p>
備考	

No.	④-33
対応策	適応
対象分野	水質予測
分類	モデル
タイトル	スコットランド泥炭地からの飲料水供給における DOC 濃度変化
文献	Ferretto, A., et al., 2021. Climate change and drinking water from Scottish peatlands: Where increasing DOC is an issue? Journal of Environmental Management 300: 113688.
内容	<p>気候変動による気温上昇や夏季降水量の減少、干ばつ期間の延長により泥炭地がストレスにさらされ、泥炭を蓄積する能力を失い、何千年にもわたって封じ込めてきた炭素を放出しはじめる可能性がある。本研究では、こういった泥炭地を集水域とする飲料水貯水池での気候変動に伴う溶存態有機炭素 (DOC) 増加の浄水処理への影響を懸念し、スコットランドの少なくとも 1 つ以上の飲料水用貯水池を有するすべての流域を対象として、そのブランケット湿原 (スコットランドで泥炭地全体の 92%を占める高層湿原) を対象として、経験的な 2 つの生物多様性エンベロープモデルである Blanket Bog Tree Model および Lindsay Modified Model (Ferretto et al., 2019) を適用して消失の危機にあるブランケット湿原面積を抽出した。気候モデルは 25×25 km の解像度をもつ UKCP09 Spatially Coherent Projections が用いられ、低・高排出量の双方が計算された (Ferretto et al., 2019)。</p> <p>2050 年代に水域で DOC として放出されるリスクのある炭素量を推定したところ、DOC の影響を受けない流域がある一方で、季節によって DOC が大幅に増加する流域もあり、流域によって大きなばらつきがあることが示された。このことから、大きな問題が発生する可能性のある集水域にある貯水池の DOC 濃度を頻繁に監視し、必要な対策を講じる必要があることを示している。</p>
備考	Ferretto, A., et al., 2019. Regional Environmental Change 19(7), 2101-2111.

No.	④-34
対応策	適応
対象分野	水質予測
分類	モデル
タイトル	浄水場のトリハロメタン (THM) 発生確率に対する気候変動の影響評価
文献	Cool, G., et al., 2019. Climate change and drinking water quality: Predicting high trihalomethane occurrence in water utilities supplied by surface water. Environmental Modelling & Software 120: 104479.
内容	<p>気候変動に伴う気温と降水量の将来変動が、飲料水中の総トリハロメタン (TTHM) 濃度に与える影響に注目し、本研究では、カナダのケベック州にある 108 の飲料水事業者 (DWU) における TTHM 濃度の閾値超過が推定された。気候変動予測には、カナダ気候モデル解析センターが開発した、第 4 世代気候モデル Canadian Earth System Model version 2 が用いられ、2006~2009 から 3 つの予測期間 (2010-2039 年、2040-2069 年、2070-2099 年) までの、RCP2.6, 4.5 及び 8.5 での日最高気温の季節平均値と日降水量をもとに、マルチレベルロジスティック回帰モデル (Cool et al., 2015) にて TTHM の閾値 (80 μg/L) 超過確率が計算された。飲料水事業者は、塩素消毒のみを行うものと、塩素処理に加えて少なくともろ過、オゾン処理、活性炭、あるいは紫外線の 1 種類以上の処理を行う、より高度な処理に分類している。</p> <p>各期間にて各シナリオで TTHM が閾値を超える確率を見ると、TTHM 濃度が閾値を超える確率の、RCP2.6 から RCP8.5 に向かっての、特に 2080 年における増加が示された。塩素処理のみを行う DWU とより高度な処理を行う DWU における TTHM 濃度の閾値超過確率を見る。各期間、各季節において、塩素処理のみを行う DWU の TTHM 濃度が閾値を超える確率は、より高度な処理を行う DWU よりも有意に高い (スチューデント t 検定、p 値 < 0.001)。また、塩素処理のみを行う DWU はより高度な処理を行う DWU に比べて TTHM の年内変動が大きい (より高度な処理を行う DWU の約 30% から、塩素処理のみの DWU の約 40% に増加)。総変動 (現在の期間と 2080 年の予測期間の差分) も、塩素処理のみを使用している DWU では約 6.1% と、より高度な処理を使用している DWU の 3.8% より大きいとその差は年内変動の差よりはるかに小さく、より高度な処理を行う DWU の確率の低下や、DWU 事業者が現在対処している年内変動と比較すると、将来的な確率の上昇は比較的小さいことを示した。まとめとして、TTHM 濃度が閾値を超える確率が将来においてわずかではあるが統計的に有意に増加すること、また、より高度な処理を行う DWU が気候変動に対してより強いことが証明された。</p>
備考	Cool, G., et al., 2015. Environ. Monit. Assess. 187 (12), 746-1-18.