

第 5 章

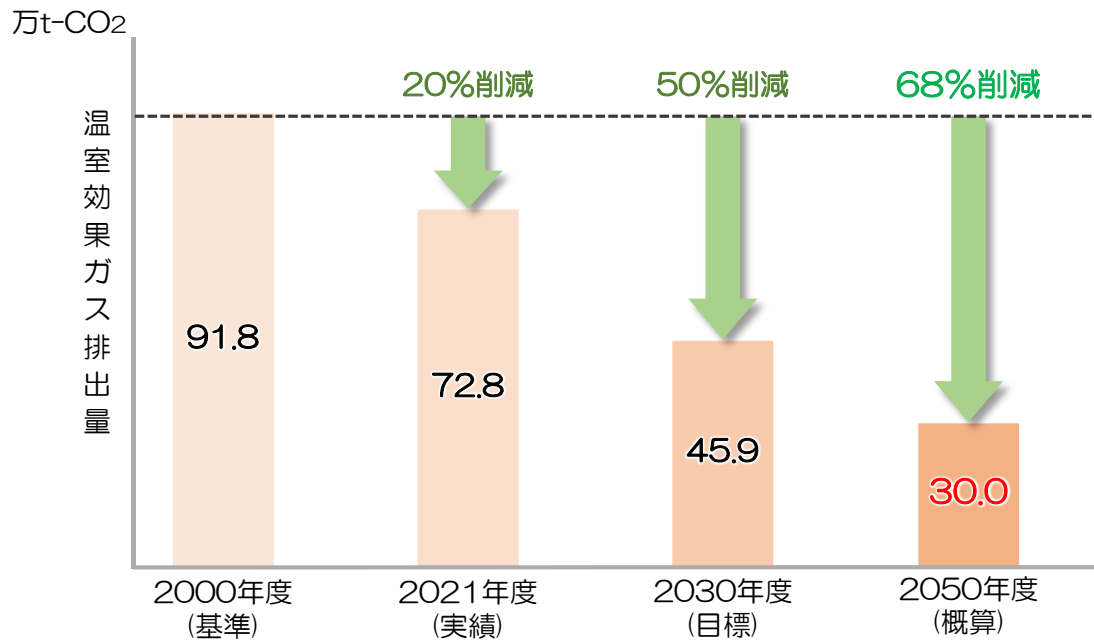


2050年ゼロエミッション実現に向けたビジョン

5-1 ゼロエミッション実現に向けた課題

(1) 2050年度の温室効果ガス排出量の見込み

2030年カーボンハーフの実現に向けては、既存技術の導入拡大に加え、新たに技術開発した先進技術の導入により実現を目指します。一方で、これらの技術の導入を継続しても2050年度における温室効果ガス排出量（概算）は30万t-CO₂にとどまる見込みであり、2050年ゼロエミッションの実現は困難です。



2050年度の温室効果ガス排出量の見込み

2050 年度における 30 万 t-CO₂ の温室効果ガス排出量（概算）の各工程における内訳とそれぞれの課題は以下のとおりです。

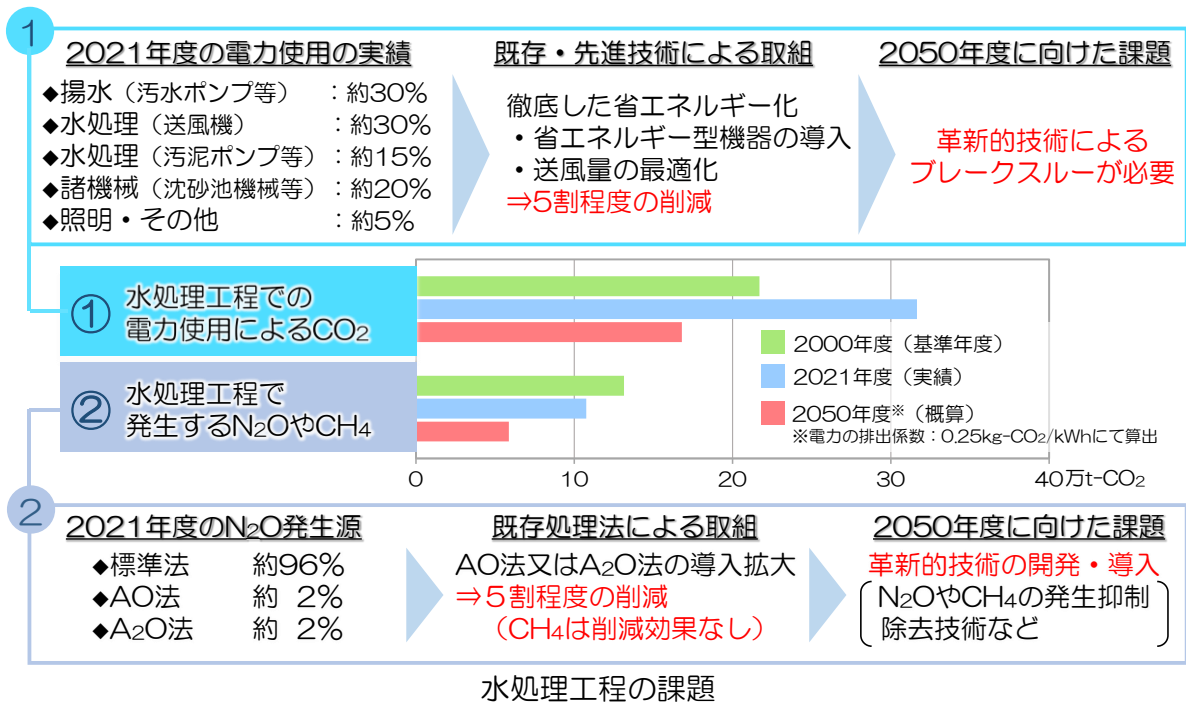
（2）水処理工程の課題

①水処理工程での電力使用による CO₂

水処理工程の電力使用の内訳は、2021 年度実績において、揚水（污水ポンプ等）で約 30%、水処理（送風機）で約 30%、水処理（汚泥ポンプ等）、諸機械（沈砂池機械等）、照明・その他で約 40% となっています。今後、引き続き省エネルギー型機器の導入や送風量の最適化を図り、電力の排出係数の影響を考慮しても 2050 年度の CO₂ 排出量は 5 割程度の削減にとどまる見込みです。

②水処理工程で発生する N₂O や CH₄

N₂O 発生源の内訳は、2021 年度実績において、標準活性汚泥法（標準法）が約 96%、AO 法が約 2%、A₂O 法が約 2% です。今後、標準法から N₂O の排出係数が小さい AO 法又は A₂O 法の導入を拡大することで N₂O 排出量は 2021 年度に対して 8 割程度削減されます。一方で、CH₄ の排出係数は処理法により変化しないため、CH₄ 排出量は削減されません。そのため、2050 年度の N₂O 及び CH₄ 排出量は 5 割程度の削減にとどまる見込みです。



(3) 汚泥処理工程の課題

③汚泥処理工程での電力使用によるCO₂

汚泥処理工程における電力使用の内訳は、2021年度実績において、濃縮・脱水・焼却が約80%、照明・その他が約20%です。今後、省エネルギー型機器や焼却廃熱発電などを導入し、電力の排出係数の影響を考慮しても2050年度のCO₂排出量は2021年度に対して7割程度の削減にとどまる見込みです。

④汚泥処理工程での燃料使用によるCO₂

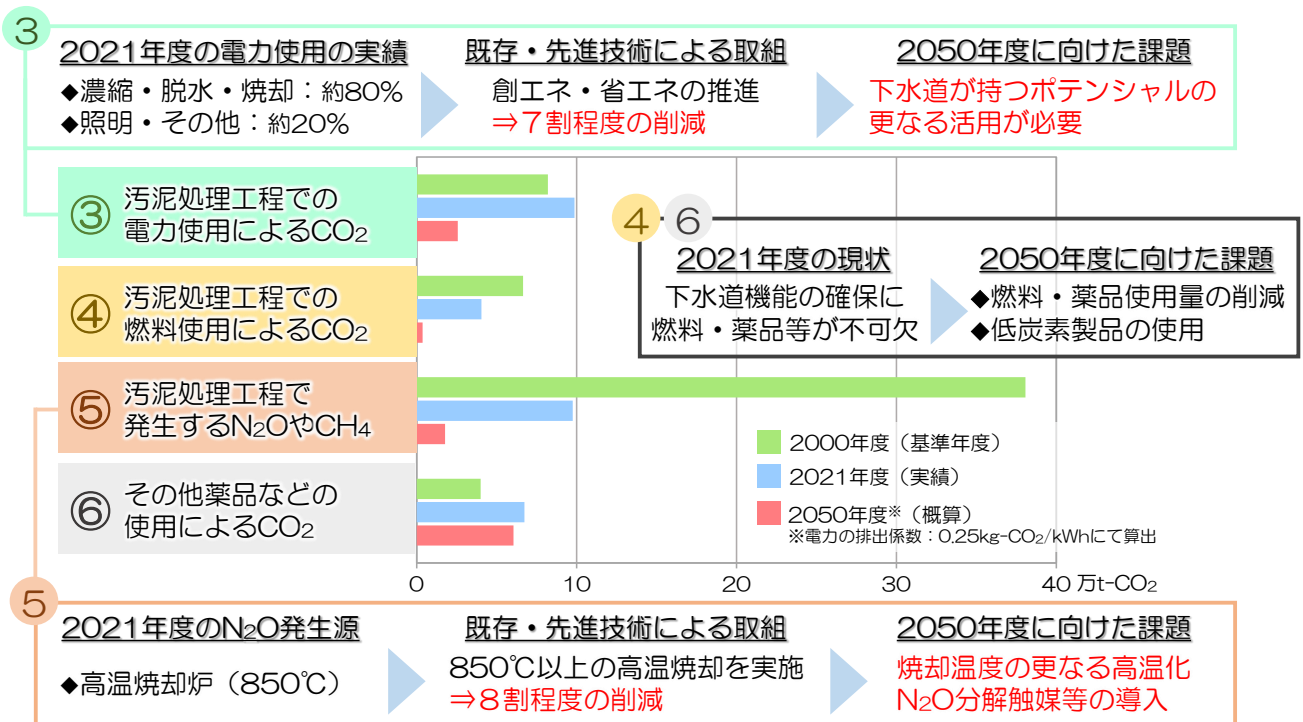
脱水汚泥の低含水率化により燃料使用量が削減されたとしても、焼却炉の起動時等に燃料を使用するため、2050年度のCO₂排出量はゼロにならない見込みです。

⑤汚泥処理工程で発生するN₂OやCH₄

汚泥処理工程で発生するN₂Oについては、今後、850℃以上の高温焼却を実施することで8割程度削減されます。一方で、CH₄の排出係数は燃焼温度により変化しないため、CH₄排出量は削減されません。そのため、2050年度のN₂O及びCH₄排出量は2021年度に対して8割程度の削減にとどまる見込みです。

⑥その他薬品などの使用によるCO₂

非常用発電設備で使用する燃料や、水処理・汚泥処理工程で使用する薬品等は、下水道機能の確保に不可欠であるため、2050年度のCO₂排出量は2021年度と同水準にとどまる見込みです。



汚泥処理工程の課題

5-2 ゼロエミッション実現に向けた考え方

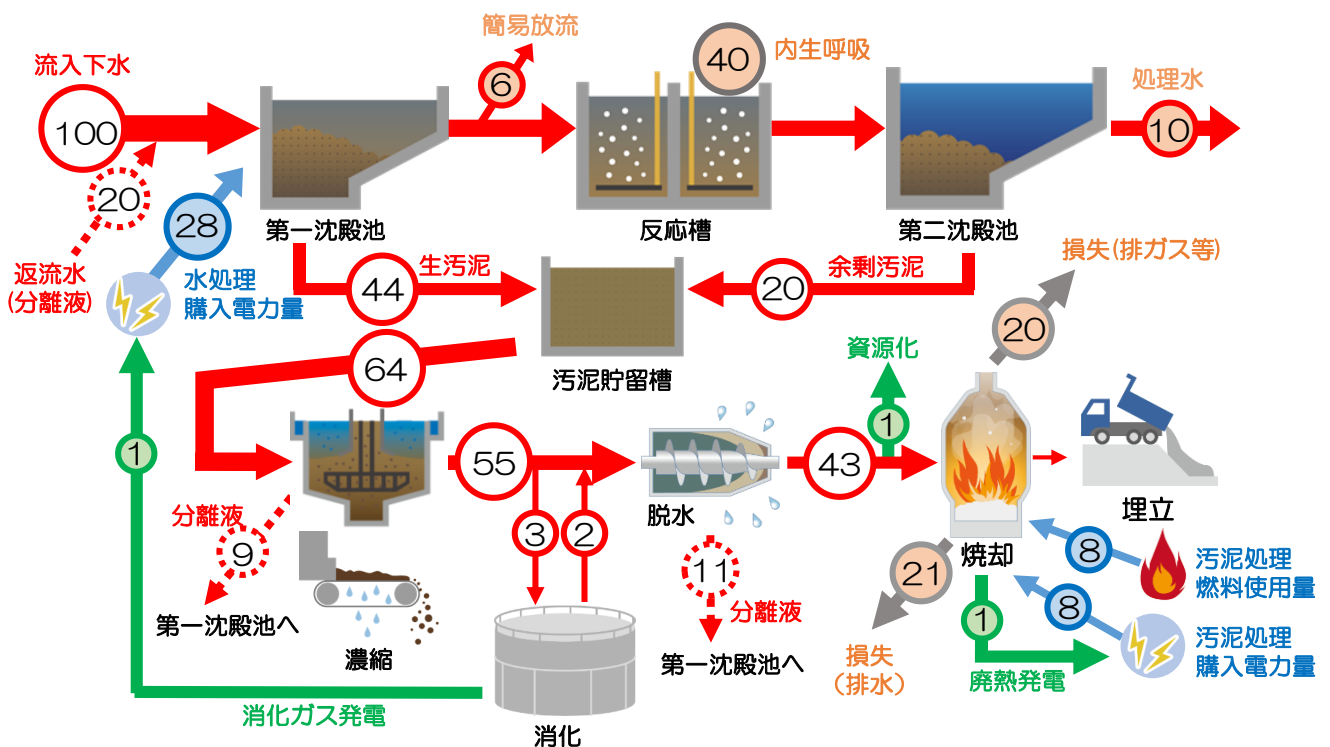
2050年ゼロエミッション実現に向けては、水処理工程・汚泥処理工程の課題を踏まえ、温室効果ガスの徹底的な削減に取り組む必要があります。そのためには、下水道が持つポテンシャルや下水道資源を最大限に活用する必要があります。

(1) 下水道が持つポテンシャルの最大限の活用

下水道が持つポテンシャルを把握するため、エネルギーポテンシャルを有機物の観点から整理します。流入下水（有機物）が有するポテンシャルを100%とした場合、現状、消化ガス発電や廃熱発電、資源化により有効利用できている割合は3%です。残りの97%は、簡易放流や処理水による排出が16%、焼却時の排水・排ガス等の放出が41%、反応槽での内生呼吸¹が40%であり、利用できていません。

また、下水処理に要する電気・燃料のエネルギーは44%相当であり、水処理に関するものが28%、汚泥処理に関するものが16%となります。

このようにポテンシャルを可視化することにより、省エネルギー型機器や再生可能エネルギー設備の導入効果を試算し、未利用ポテンシャルの活用により電気・燃料等のエネルギーの使用を更に削減する、革新的技術の開発・導入に向けた検討を進めます。



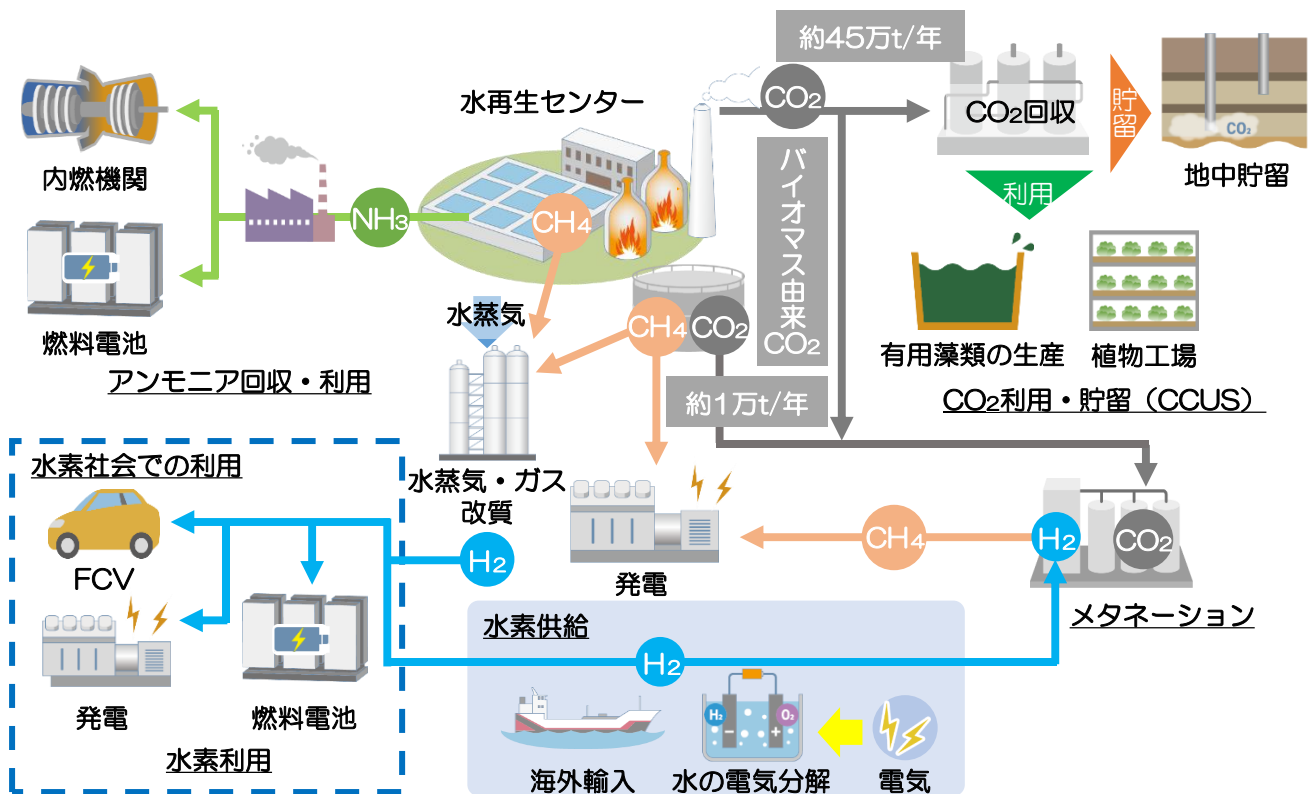
下水道のエネルギーポテンシャル（2020年度の区部実績から試算）

¹ 内生呼吸：細菌等の利用できる有機物が少なくなったときに、生活に必要なエネルギーを得るために自己の細胞物質を酸化分解すること。

(2) 下水道資源の最大限の活用

下水にはアンモニア (NH₃) が含まれており、また下水処理工程では温室効果ガスである CH₄ が発生しています。これらを取り出し、燃料や水素(H₂)として利用する革新的技術の開発・導入は、エネルギー消費量やコスト等の課題がありますが、ゼロエミッション実現に向けて有効と考えられます。

また、バイオマス由来 CO₂¹を回収し、利用・貯留する革新的技術であるネガティブエミッション技術は、カーボンオフセットに有効と考えられます。例として、下水汚泥の嫌気性消化で発生する消化ガスを利用した発電ではバイオマス由来 CO₂ が約 1 万 t/年排出されています。さらに、汚泥焼却ではバイオマス由来 CO₂ が約 45 万 t/年排出されています。これらのバイオマス由来 CO₂ を全て利用・貯留できれば、約 46 万 t の CO₂ 排出量をオフセットすることができます。

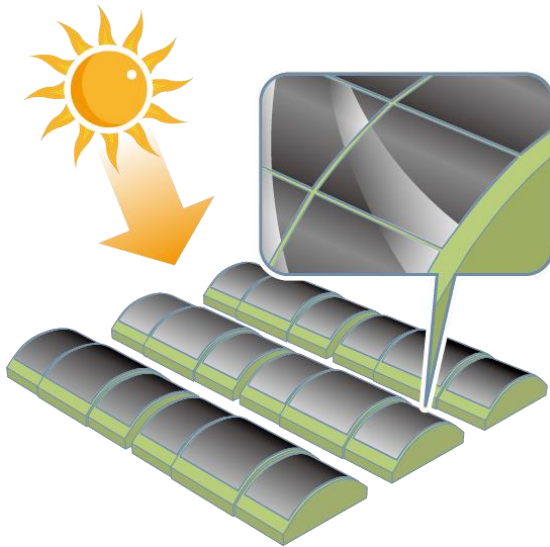


下水道資源の活用イメージ

¹ バイオマス由来 CO₂：動植物などから生まれた生物資源より作られる燃料を燃やすことにより排出される CO₂。生物資源の生成過程における CO₂ 吸収量と、燃焼による CO₂ 排出量が等価とみなされるため、大気中の CO₂ の増減に寄与しない。

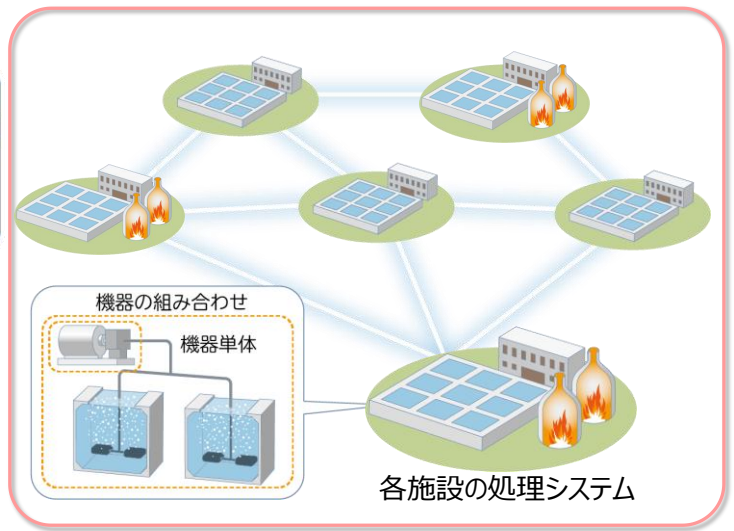
5-3 ゼロエミッション実現に向けたビジョン

2050年ゼロエミッション実現に向けては、下水道が持つポテンシャルや下水道資源を最大限に活用した革新的技術を開発・導入する必要があります。このような革新的技術の例として、従来の処理方式に捉われない有機物回収効率の高い水処理・汚泥処理技術、AIを活用した汚泥処理の最適制御技術、アナモックス細菌¹を活用した窒素除去効率の高い水処理技術、次世代型太陽電池（ペロブスカイト太陽電池等）、下水道エネルギーマネジメントシステムなどがあります。スタートアップの技術も含め革新的技術を活用し、省エネルギー・創エネルギーを推進していきます。



カバー等へ設置

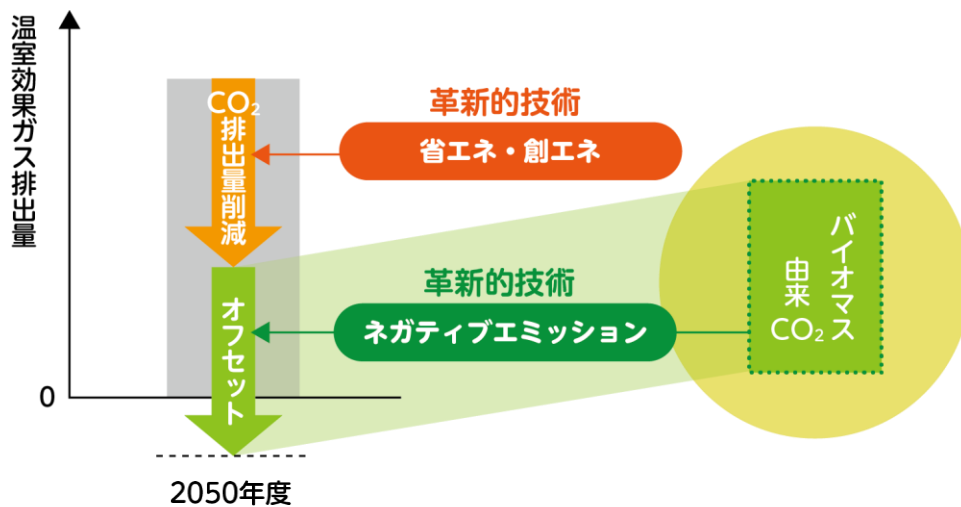
ペロブスカイト太陽電池のイメージ



全施設の処理システム

下水道エネルギーマネジメントシステムのイメージ

これらの革新的技術に加えて、バイオマス由来CO₂を回収し、利用・貯留するネガティブエミッション技術を用いたカーボンオフセットにより、2050年ゼロエミッションの実現に貢献します。



ゼロエミッション実現に向けた革新的技術の導入イメージ

¹ アナモックス細菌：アンモニアと亜硝酸から直接窒素ガスを生成する嫌気性アンモニア酸化反応（anammox）を担う、活動に有機物を必要としない独立栄養性細菌

5-4 社会への貢献

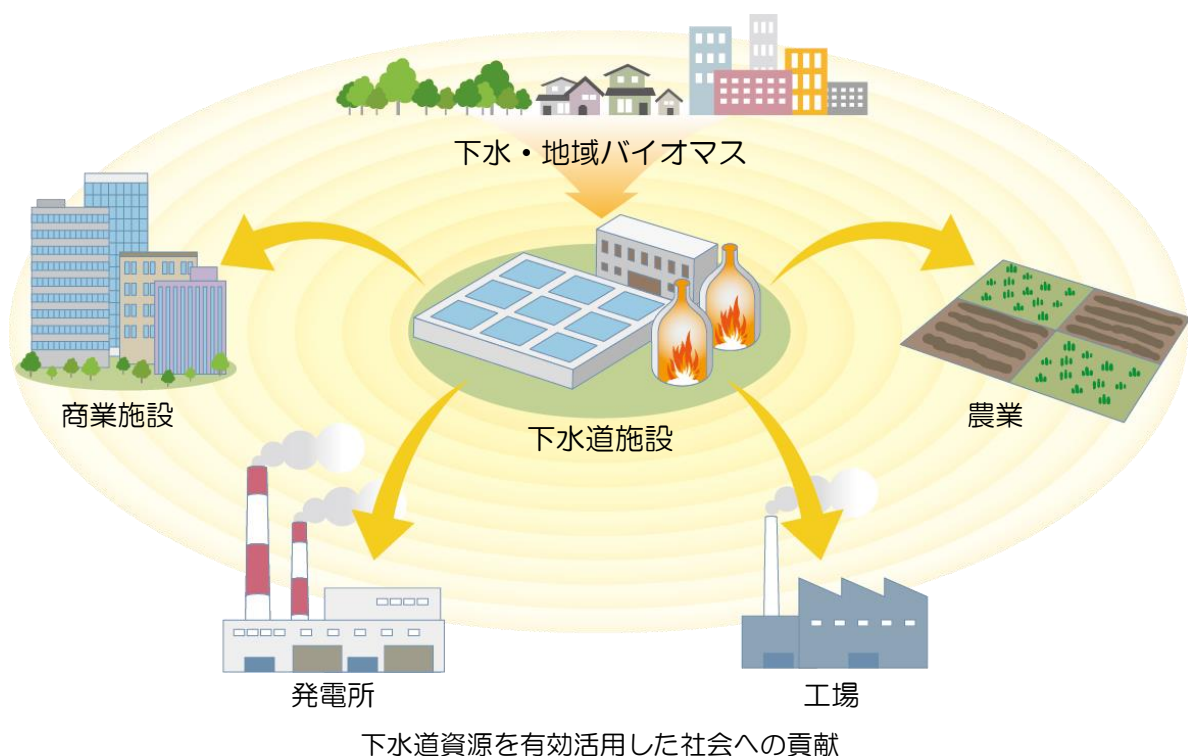
下水道事業は、浸水対策、公共用水域の水質保全などの都市インフラの役割を果たすのに温室効果ガスを多く排出している一方、前述のように下水道施設には多くのポテンシャルや未活用の資源を有していることから、脱炭素社会の実現に向けた社会的要請や期待が寄せられています。

処理水、汚泥（バイオマス）、熱などの多くの利用可能な資源・エネルギーを効率的に取り出し、下水道施設の内外を問わず利用することができれば、社会全体の省エネルギーや再生可能エネルギーの利用拡大を促進し、温室効果ガス排出量の削減に寄与することができます。

既に取り組み始めている例として、商業施設等の空調用熱源として下水や処理水が有する熱を利用することで省エネルギー化に貢献しています。これまでは水再生センターやポンプ所周辺での熱利用に取り組んできましたが、近年、下水道管から下水の熱を直接利用することも可能となったため、今後は地域への熱供給を拡大し、下水道が持つエネルギーを利用した社会への貢献に努めてまいります。

また、下水道事業では、老朽化した下水道管の再構築など、多くの工事を実施することから、低炭素製品の活用による温室効果ガス排出量の削減にも取り組む必要があります。

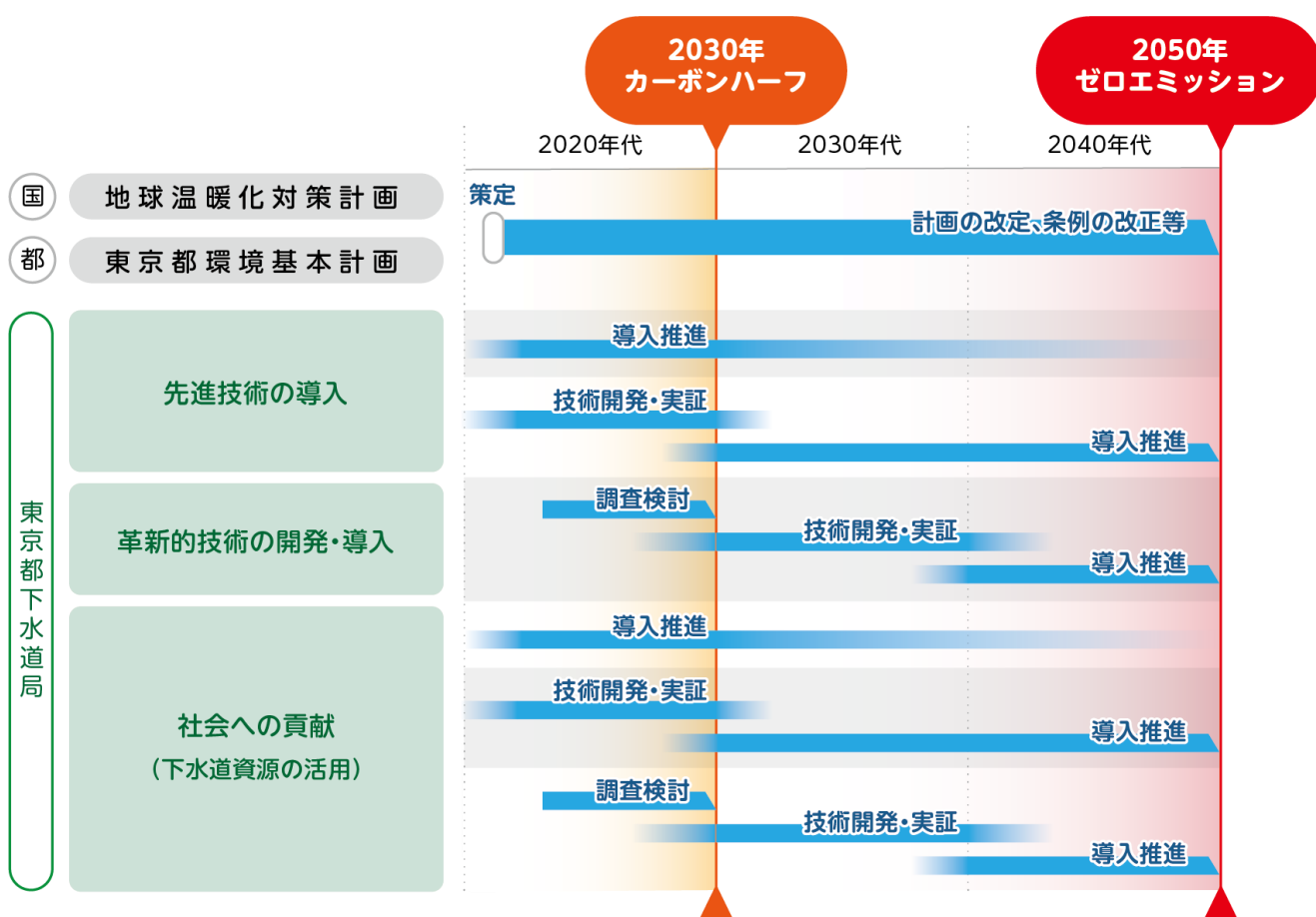
このように、下水道事業の境界（バウンダリー）にとらわれず、下水道施設の外部における資源・エネルギー利用の効率化や脱炭素化の取組とも連携し、社会全体のゼロエミッションに貢献する取組を推進していきます。



5-5 ゼロエミッション実現に向けたロードマップ

下水道局においては、エネルギー・地球温暖化対策を推進し、2050年ゼロエミッション実現に貢献するため、「先進技術の導入推進」及び「革新的技術の開発・導入」、「社会への貢献」を推進していきます。

2050年ゼロエミッションを実現するためには、関連する計画や制度の時間軸を意識するとともに、技術開発には時間を要することから、導入時期を的確に捉える必要があります。そのため、2050年を待たずに技術の導入、取組の拡大を図っていく必要があります。遅くとも2040年頃までには導入を開始する必要があります。さらに、技術開発や実証を2030年頃までに開始できるように、今から調査検討を行っています。



ゼロエミッション実現に向けたロードマップ

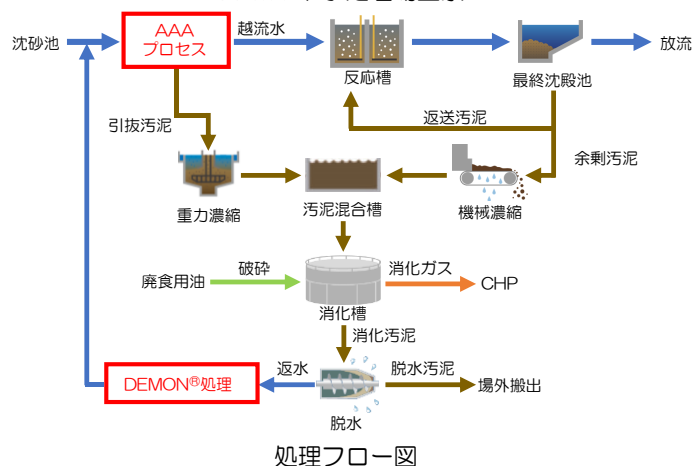
海外における先進事例

(1) オーストリア Strass 下水処理場（処理能力：23,000m³/日）

Strass 下水処理場は、AAA（Alternating Activated Adsorption）プロセス、DEMON[®]（アナモックス細菌を使った窒素処理）、CHP（Combined Heat and Power）¹、廃食用油の受入等によりエネルギー自給率 136%を達成しています。



Strass 下水処理場全景^{※1}



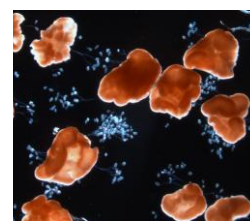
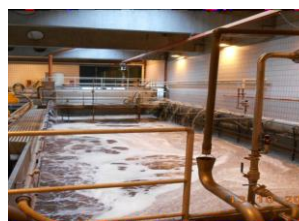
AAA プロセス^{※2}

有機物を活性汚泥に吸着させ、生物が有機物を分解する前に消化槽に投入し、消化ガス発生量を増加



DEMON[®]処理^{※2}

アナモックス細菌を利用した窒素処理により、従来より送風電力を 60%削減



出典：^{※1} AIZHP <http://www.aiz.at/web/index.html>

^{※2} Strass 下水処理場からの提供資料

¹ CHP：発電した電力を供給するとともに、発電時に発生した熱を供給するシステム

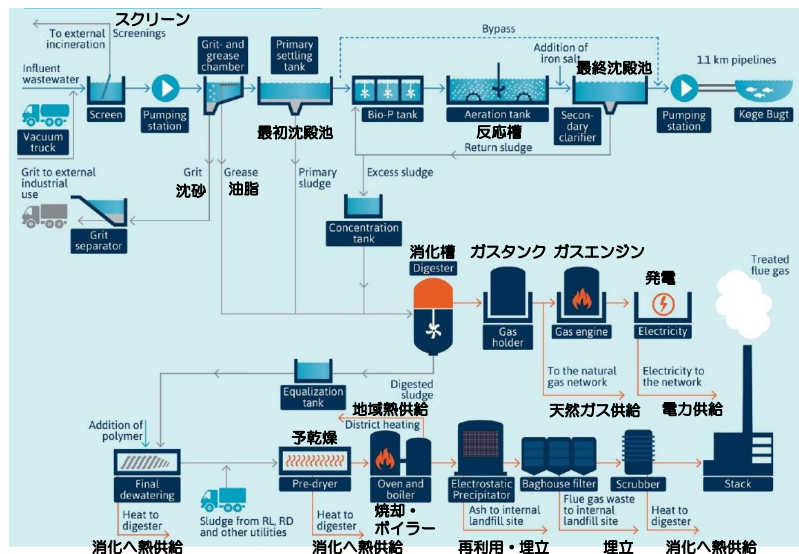
海外における先進事例

(2) デンマーク Avedøre, Damhus å en & Lynetten 下水処理場 (処理能力: 315,000m³/日)

Avedøre, Damhus å en & Lynetten 下水処理場は、污泥焼却システムの効率化、CHP、太陽光発電、省エネルギー型機器 (散気装置等) 等によりエネルギー自給率 173%を達成しています。



Avedøre 下水処理場全景※1



Avedøre 下水処理場処理フロー図※2

太陽光発電 (Damhus å en 下水処理場) ※3

太陽光発電により年間 751MWh を発電
(下水処理場の使用電力量 9%に相当)



出典: ※1 BIOFOS (2020) From wastewater to sludge ash

※2 BIOFOS (2015) Heidi Nafis (2019) EXPLORING VALUE METRICS IN THE ECO-EFFICIENCY ASSESSMENT OF WASTEWATER TREATMENT

※3 BIOFOS (2015) Frem mod det energineutrale vandselskab

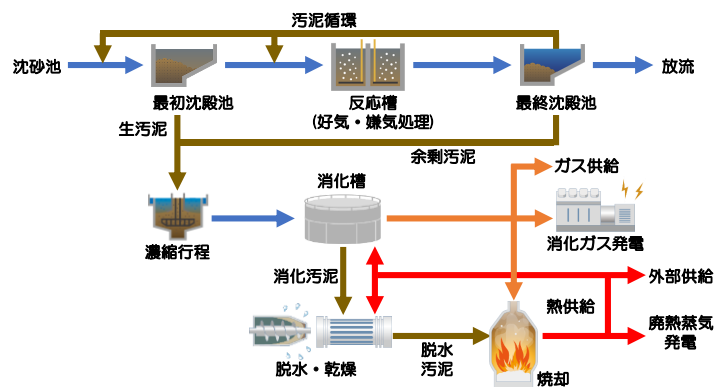
海外における先進事例

(3) ドイツ Köhlbrandhöft, Dradenau 下水処理場（処理能力：410,000m³/日）

Köhlbrandhöft, Dradenau 処理場では、汚泥焼却システムと消化ガス発電のAI制御による効率化、省エネルギー型機器（散気装置等）、風力発電等によりエネルギー自給率約130%を達成しています。



Köhlbrandhöft 下水処理場全景※1



Köhlbrandhöft 下水処理場処理フロー図

風力発電（2.5～3MW×3基）※1

風力発電により、年間24,000MWhを発電



出典：※1 Hamburg wasser HP <https://www.hamburgwasser.de/privatkunden/startseite>

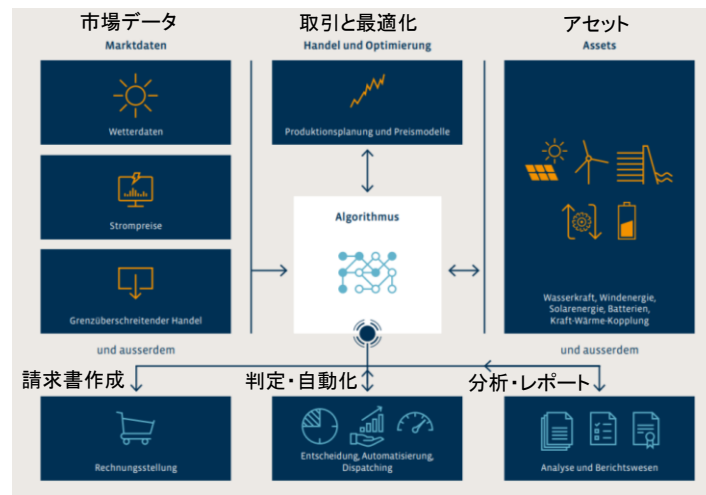
海外における先進事例

(4) スイス Zürich Werdhözli 下水処理場（処理能力：254,000m³/日）

Zürich Werdhözli 下水処理場では、下水汚泥の焼却が義務化されており、汚泥焼却発電、AI を活用した CHP 等の最適化運転、省エネルギー型設備への更新、外部バイオマス利用等によりエネルギー自給率 100%を達成しています。



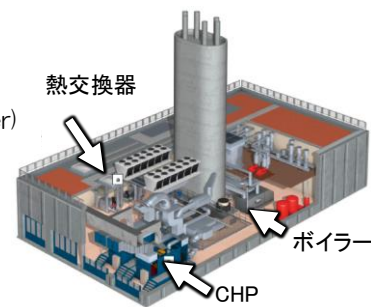
Zürich Werdhözli 下水処理場全景※1



AI 制御※2 のイメージ

焼却施設※1

バイオガスから熱と電力を生産供給
(CHP : Combined Heat and Power)



出典：※1 チューリッヒ市 HP

https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/entsorgung_recycling/publikationen_broschueren/werdhoezli.html

※2 Alpig 社 HP Direktvermarktung erneuerbarer Energien in der Schweiz

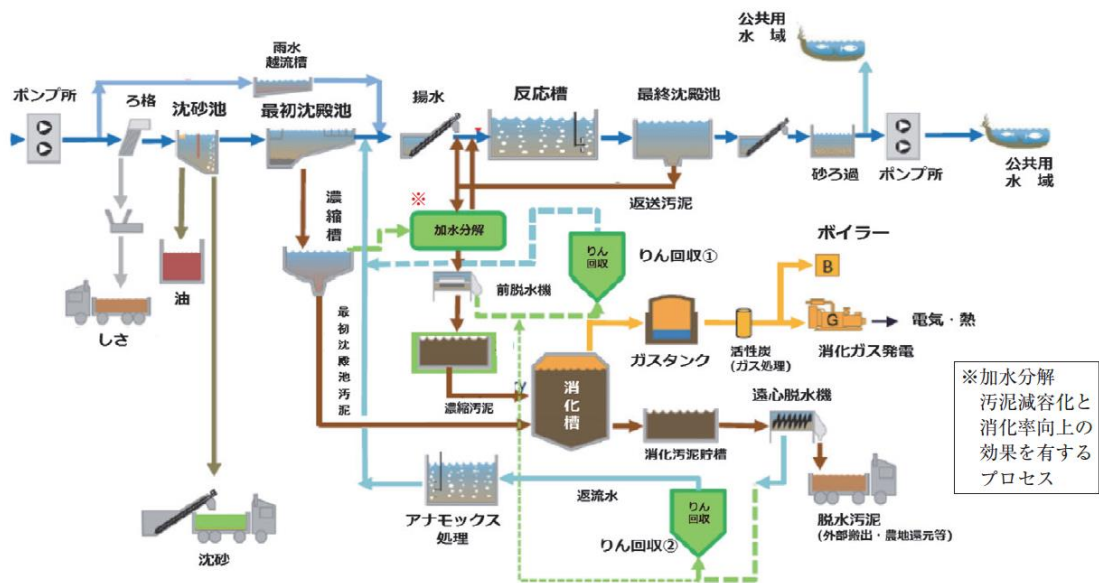
海外における先進事例

(5) デンマーク Marselisborg 下水処理場（処理能力：30,000m³/日）

Marselisborg 下水処理場は、ターボコンプレッサー、最適化制御システム、高効率遠心分離機、高効率バイオガスエンジン等によりエネルギー自給率 153%を達成しています。



Marselisborg 下水処理場全景※1



処理フロー図※2

ターボコンプレッサー※3

ターボコンプレッサーなど曝気設備の更新による省エネ



高効率遠心分離機※3

高効率遠心分離機への更新による省エネ



高効率バイオガスエンジン※3

高効率バイオガスエンジンの導入による創エネ



出典： ※1 <https://www.aarhusvand.dk/en/international/our-solutions/wastewater/marselisborg-wwtp-turning-wastewater-into-green-energy/>

※2 東京都下水道局 「デンマーク王国の下水道先進事例調査報告」下水道協会誌 Vol.57 No.688 (2020)

※3 Aarhus Vand The Energy Positive WWTP Wastewater as a major challenge and a great opportunity

第 6 章

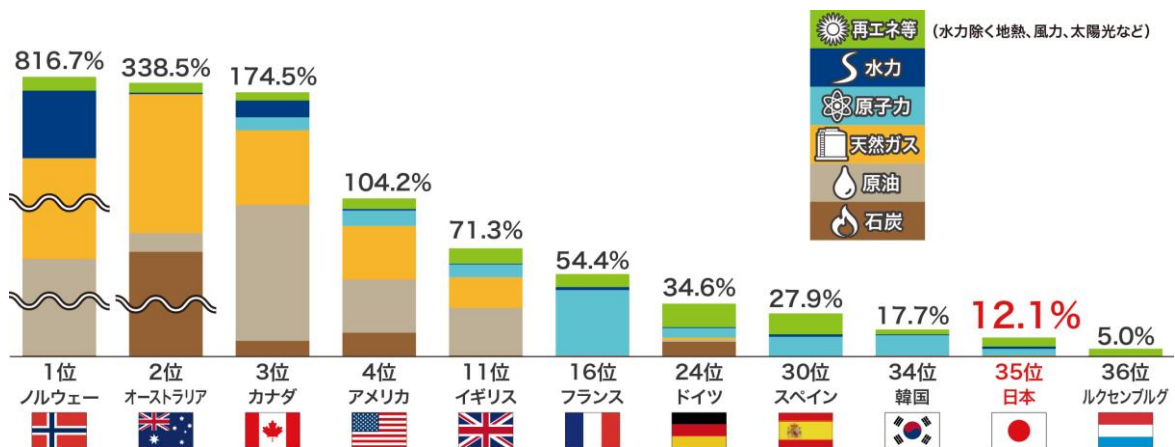
エネルギー危機管理の強化

6-1 エネルギー危機管理の背景

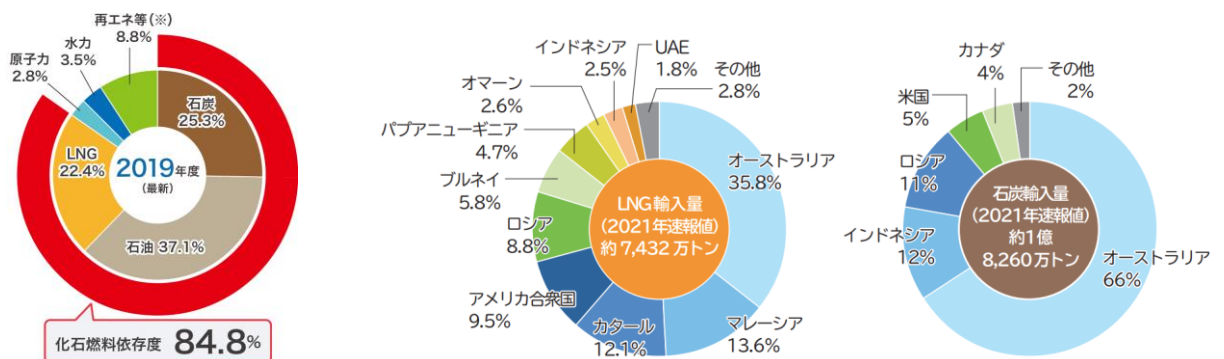
2011年に発生した東日本大震災では、発電所が甚大な被害を受けて東京電力や東北電力の電力供給能力が大幅に低下し、計画停電や夏季における電力の使用制限などが実施され、下水道局においても汚水処理や雨水排除など最小限の機能を維持した上で停電などへの対応を迫られました。さらに、大震災の影響で流通網が混乱し、燃料確保が困難になったことから、非常用発電設備の燃料の消費を抑えるため、計画停電時に可能な限り汚水を下水道管内に貯留することにより水再生センターのポンプの運転台数を約3割まで抑制するなど、困難な運転を余儀なくされました。

一方、2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻は、多くの国の生活や経済活動へ甚大な影響を及ぼしています。日本においては、一次エネルギー自給率は約12%で、他の経済協力開発機構（OECD）加盟国と比べても低い水準にあります。特に、ロシアを含む海外から輸入している石油、天然ガス（LNG）、石炭などの化石燃料への依存度が高く、資源エネルギー庁の「日本のエネルギー2021」によると、2019年度は85%近くに達しています。

2022年4月、日本はロシアに対する経済制裁措置として石炭輸入を段階的に削減し、最終的に輸入を禁止することを決定しましたが、国際的な石炭価格の上昇による電気料金の価格上昇要因となる恐れがあるなど、エネルギー資源の供給不安が長期的に続くことが懸念されています。



主要国の一次エネルギー自給率比較（2019年）
（資源エネルギー庁「日本のエネルギー2021」）



日本の一次エネルギー供給構成及び化石燃料輸入先
（左：資源エネルギー庁HP「日本のエネルギー2021」、右：東京都「環境基本計画」、2022年9月）

このようなロシア・ウクライナ情勢等に起因するエネルギー単価の上昇、国際的な化石燃料の供給不足に加え、円安等の影響により、2022年10月の大手電力会社10社の標準家庭向けの電気料金は過去5年間で最も高い水準に達しています。さらに、東京電力管内では、2022年3月22日、初めての電力需給ひっ迫警報¹が発出されました。その後も2022年6月27日に電力需給ひっ迫注意報²が発出され、ひっ迫状況は同年6月30日まで継続しました。東京都は、直面する夏や冬の電力需給ひっ迫に備え、「HTT<電力を④減らす・①創る・①蓄める>」の観点からあらゆる対策を講じ、都民、事業者とともに総力戦で危機を乗り越えていくとともに、いかなる危機にも揺らぐことのない真に持続可能な都市の実現に向けて、省エネルギー対策と再生可能エネルギーや水素の導入拡大などの脱炭素化施策を抜本的に強化・徹底し、エネルギー安全保障の確保にも不可欠となるエネルギーの脱炭素化に取り組んでいます。

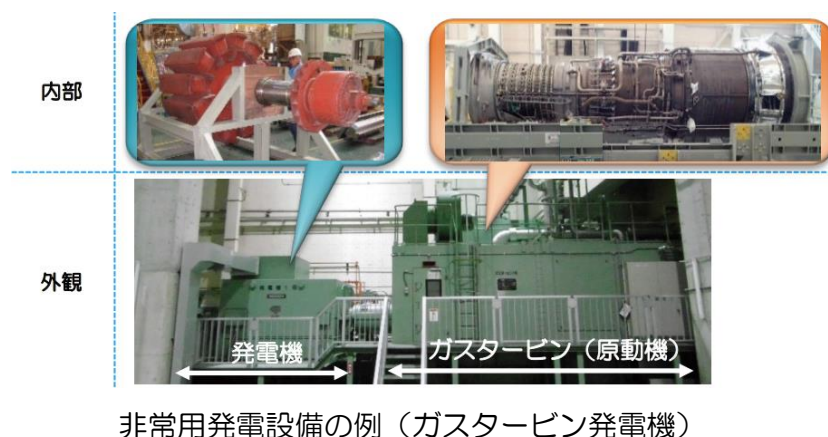
6-2 取組方針

下水道局では、停電などの非常時においても下水道事業を安定的に継続するため、水再生センターやポンプ所等において非常用発電設備を整備するとともに、灯油等と都市ガスのどちらでも運転可能なデュアル燃料発電設備を導入するなど燃料の多様化を進めてきました。

また、電力貯蔵設備（NaS電池等）や、再生可能エネルギーである太陽光発電や小水力発電等を分散型電源として水再生センター等に導入し、電源の多様化を図ってきました。

今後も施設の安定的な運転に必要な電力を確保するため、非常用発電設備の増強に取り組むとともに、太陽光発電設備の導入拡大、老朽化した電力貯蔵設備の再構築などによる電源の多様化や、デュアル燃料発電設備の導入による燃料の多様化を推進していきます。

さらに、ロシア・ウクライナ情勢により顕在化したエネルギー安全保障に対する課題や、老朽火力発電所の計画外停止などに対する取組である「HTT<電力を④減らす・①創る・①蓄める>」においても、計画的な電力使用のピークシフト等により社会の電力の安定確保に貢献していきます。



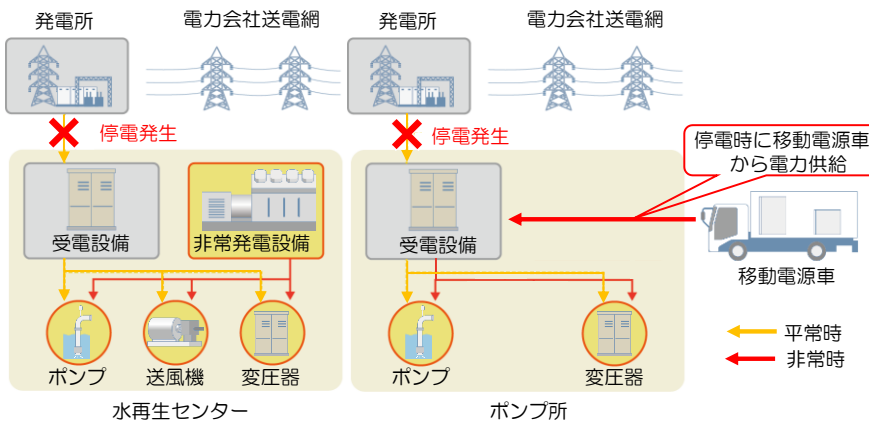
¹ 電力需給ひっ迫警報：計画停電や大規模停電を防ぐことを目的とし、電力供給の余力を表す予備率が3%を下回る見通しとなった場合、資源エネルギー庁から発令される警報

² 電力需給ひっ迫注意報：計画停電や大規模停電を防ぐことを目的とし、電力供給の余力を表す予備率が5～3%の見通しとなった場合、資源エネルギー庁から発令される注意報

6-3 取組方針に基づく対策

(1) 施設の安定的な運転

①非常用発電設備の整備



継続

- ・アースプラン2023
- ・スマートプラン2014

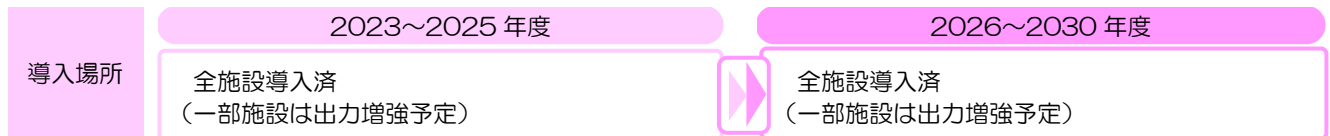
取組

水再生センターやポンプ所への非常用発電設備の整備に加え、移動電源車の配備等を実施

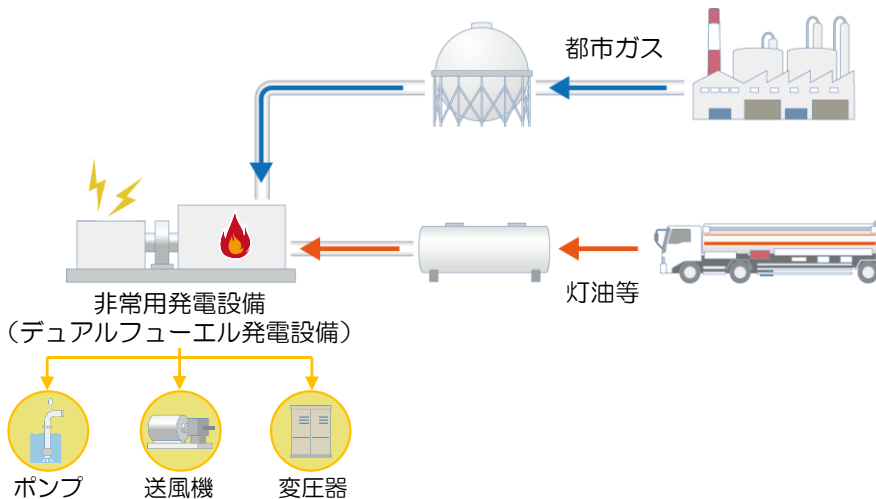
効果

非常用発電設備を整備することで、停電時にも施設の安定的な運転を確保

【非常用発電設備の整備イメージ】



②燃料多様化の推進



継続

- ・アースプラン2023
- ・スマートプラン2014

取組

灯油等と都市ガスどちらでも運転可能な非常用発電設備（デュアルフューエル発電設備）を水再生センターに導入

効果

燃料の多様化を推進することで、震災時にも燃料の安定的な確保が可能となり、施設の安定的な運転を確保

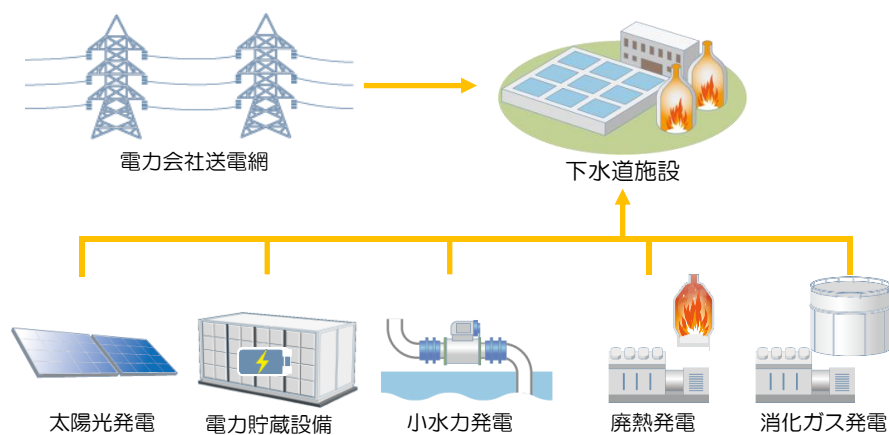
【燃料多様化のイメージ】



6-3 取組方針に基づく対策

(1) 施設の安定的な運転

③電源多様化の推進



継続

- ・アースプラン2023
- ・スマートプラン2014

取組

分散型電源として太陽光発電や電力貯蔵設備等を水再生センターやポンプ所に導入

効果

電源の多様化を推進することで、震災時にも施設の安定的な運転を確保

【電源多様化のイメージ】

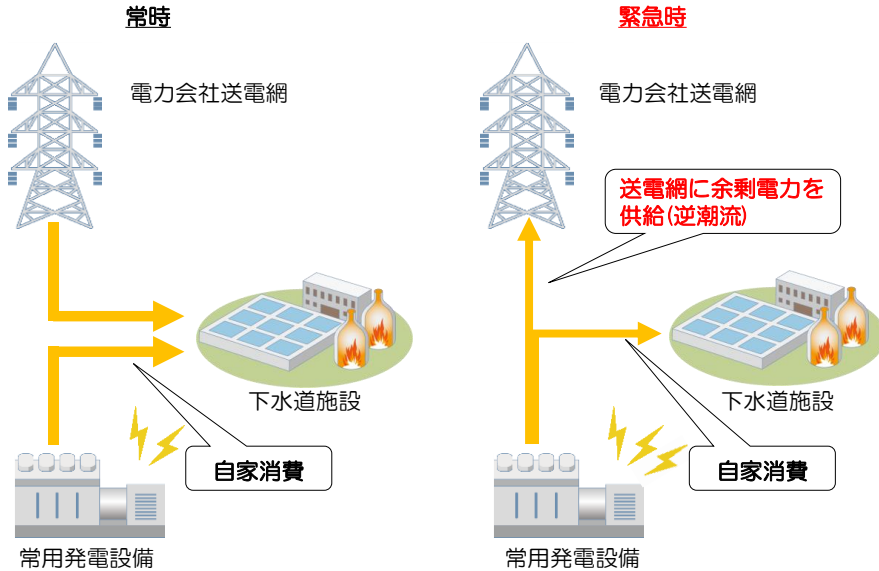
	2023~2025 年度	2026~2030 年度
導入場所	東尾久浄化センター	砂町水再生センター 南部スラッジプラント 他導入検討



6-3 取組方針に基づく対策

(2) 社会への貢献

① 逆潮流



【逆潮流のイメージ】

新規 ・アースプラン2023

取組

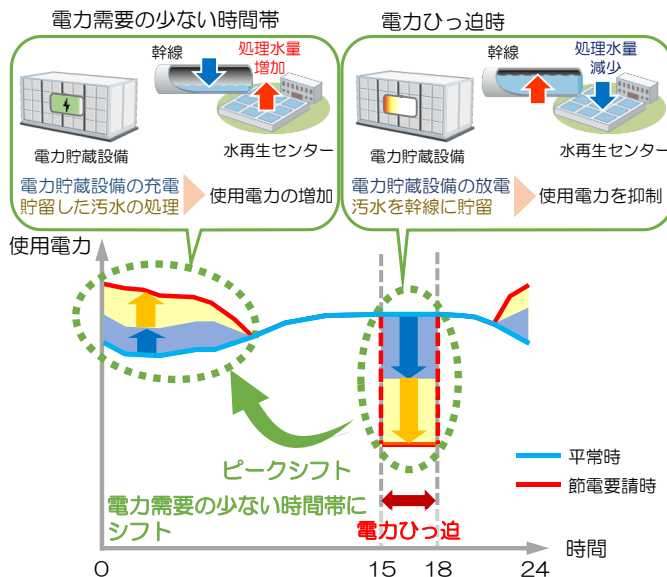
施設内で使用する電力を減らし、常用発電設備を常時よりも出力増加することで、送電網に余剰電力を供給（逆潮流）

効果

逆潮流することで電力需給調整に貢献

	2023~2025 年度	2026~2030 年度
導入場所	継続実施	継続実施

② ピークシフト



【ピークシフトのイメージ】

継続 ・アースプラン2023
・スマートプラン2014

取組

電力会社などからの節電要請に応じて、電力貯蔵設備の活用や汚水を幹線などに貯留して処理水量を調整するなど、ピーク時間帯の電力使用量を抑制する、ピークシフトを実施

効果

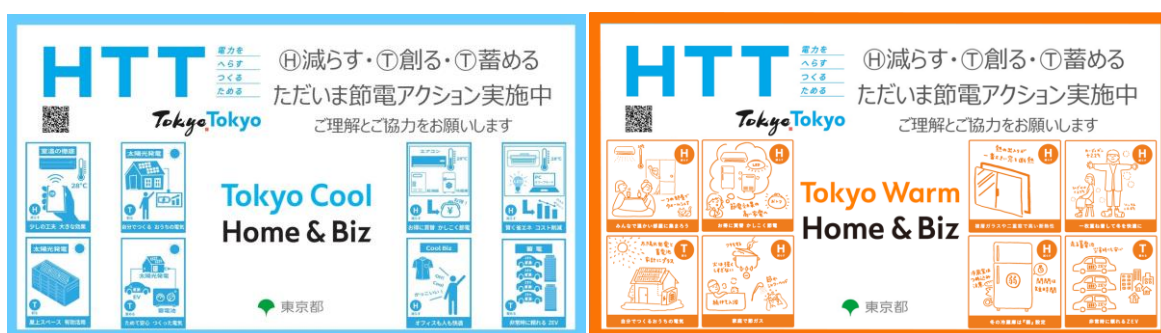
計画的なピークシフトをすることで、電力需給調整に貢献

	2023~2025 年度	2026~2030 年度
導入場所	継続実施	継続実施

HTT<電力を④減らす・①創る・①蓄める>

東京都では、ロシア・ウクライナ情勢等を契機としたエネルギー危機等の社会構造変化への対応やその先の脱炭素化に向け、全庁一丸となってその取組を加速化するため、「エネルギー等対策本部」を2022年5月24日に設置し、「HTT」を推進しています。

「HTT」は、電力を「④減らす」、「①創る」、「①蓄める」の三つの切り口で家庭や企業の対策を促すものであり、都庁一丸となって率先行動を実施しています。これにより、夏冬の電力逼迫への対応、原油・原材料価格等の高騰や円安の進行に伴う物価高騰等による産業界・都民生活への影響への対応、脱炭素化に向けた取組の推進を図ります。



2022年の夏におけるHTT推進期間の取組事例を都民・事業者から募集した結果、家庭部門は1,571件、事業者部門は57社（5,816事業所）の応募があり、都を挙げての取組となっています。

応募結果の概要【事業者部門】

- **サービス業**
 - ・ 集配用EV車両に係るエネルギーマネジメント実証実験
 - ・ 自社スタジアムでの**節電**実施
- **金融・保険業**
 - ・ 全社をあげた節電対策の実施
 - ・ 電力需給ひっ迫時の**節電**への協力
- **総合商社**
 - ・ **使用電力量の見える化**、スマートメーター等の活用等
- **情報通信業**
 - ・ 自身のエコな行動による**CO₂削減量を可視化**するシステムを導入
 - ・ エコ委員会を設置し、毎月開催
- **小売業**
 - ・ 店舗毎の節電実施
 - ・ 加盟店舗への**省エネ動画**・**省エネカウンセリングツール**の配信
- **製造業**
 - ・ 工場への**太陽光発電設備導入**
 - ・ 工場稼働日の削減
 - ・ 工場使用電力の**ピークカット**
- **不動産業**
 - ・ 賃貸物件・テナント等での**節電**、空調・照明の**デマンドレスポンス**
 - ・ **コジェネレーションシステム**の稼働等による系統からの**購入電力削減**
- **運輸業**
 - ・ 運営基地・各駅・商業施設での**節電**
 - ・ H T T 広報スペースの提供
 - ・ 乗務員の制服にクールビズ（開襟シャツ）を導入
- **飲食業**
 - ・ 楽しみながら省エネや節電を考える「**キャンドルナイト**」開催
 - ・ 本社で**エネルギー削減目標の設定**、**節電アイデアの募集**・実施

