

### 第3章 地球温暖化対策計画での2030年度目標達成のために導入すべき技術及び技術開発項目

本章においては、地球温暖化対策計画における下水道の削減目標と当該削減目標を達成するために導入すべき技術及び技術開発項目に対する取組の方向性等について示す。

#### (1) 地球温暖化対策計画における削減目標

地球温暖化対策計画が改定され、2021（令和3）年10月22日に閣議決定された。その中では、下水道事業において、2030年度の温室効果ガスの排出量は、2013年度との比較で208万t-CO<sub>2</sub>削減することが目標として示された<sup>※1</sup>。また、2050年カーボンニュートラルに向けて更なる高みを目指すこととなっている。表3-1に地球温暖化対策計画に示された下水道事業における温室効果ガス削減等の目標を示す。

表3-1 地球温暖化対策計画(令和3年10月22日閣議決定)に示された下水道事業の温室効果ガス削減目標等

省エネの促進	下水汚泥のエネルギー化（創エネ）
<p>現状：電力消費量が増加傾向                      目標：年率約2%の削減を確保し、約60万t-CO<sub>2</sub>を削減                      進捗見通：省エネ法に基づく取組（年率1%削減）よりも一層の取組加速が必要</p>	<p>現状：下水汚泥エネルギー化率：24%                      （令和元年度）                      目標：エネルギー化率を37%まで向上させることで、約70万t-CO<sub>2</sub>を削減                      進捗見通：自治体の導入計画の確実な実施、更なる取組の拡大が必要</p>
焼却の高度化	再エネ利用の拡大
<p>現状：高温焼却実施率：約73%（令和元年度）                      目標：高温焼却実施率100%、新型炉への更新により、約78万t-CO<sub>2</sub>を削減                      進捗見通：改築更新時に高温焼却への確実な更新、更なる排出削減に向けた取組が必要</p>	<p>現状：太陽光：約0.7億kWh                      小水力：約0.02億kWh                      風力：約0.07億kWh                      下水熱：約90千GJ                      目標：導入促進により、約1万t-CO<sub>2</sub>を削減                      進捗見通：達成見込み</p>

※1：2030年度の全電源平均の電力排出係数：0.25kg-CO<sub>2</sub>/kWh<sup>1)</sup>が使われている。そのため、地球温暖化対策計画における2013年度の下水道分野の温室効果ガス排出量は約406万t-CO<sub>2</sub>となることに注意が必要。

これらの温室効果ガス削減目標を達成するための整備量等を検討した。

例えば、省エネの促進については、運転方法の改善とともにメンブレン式散気装置の導入等の省エネ機器やB-DASHプロジェクトで実証した省エネ、創エネに資する技術を全国の処理場に導入していくことが必要になる。また、下水汚泥のエネルギー化については、現状に加え、日最大汚水量5万m<sup>3</sup>/日の下水処理場を基準にすると、約440箇所において、汚泥固形物量6.1t/日の汚泥を消化することに相当する取組が必要になる。

## (2) 導入すべき技術及び技術開発項目の議論における意見

2030年目標達成のために導入すべき技術及び技術開発項目について議論する中で、委員からは、以下の意見をいただいた。

なお、いただいた意見には、分科会で議論すべき技術的な視点だけではなく、制度的な視点を含むものもあった。制度に関する意見の中に技術的な検討が必要なことも含まれ、単純な分類は困難であるため、特にそれらを区別すること無く記載する。(第4章も同様。)

### 1) 脱炭素社会に向けた下水道のあり方について

- ・2030年に向けては、B-DASHプロジェクトで実証された技術等の温室効果ガス削減対策技術を実装していくことが、一つの現実的な手段であると考ええる。
- ・脱炭素化について、下水道・流域管理・社会システム全体の最適化の観点で、評価方法も含めて考える必要がある。また、その効果について積極的に発信していくべきである。
- ・下水道のCO<sub>2</sub>削減効果だけではなく、社会全体でCO<sub>2</sub>排出削減に資することも考えていくべきである。また、カーボンオフセットが機能する仕組みを考えることも重要。
- ・CO<sub>2</sub>排出に関するベンチマーク指標を検討する必要がある。
- ・地方公共団体は、老朽化対策、雨水対策など、並行して取り組むべき課題を様々に抱えている。地方公共団体が取り組みやすいように具体的な方策を示すべきである。
- ・独自技術を採用してもらうためにも、設計-施工一括発注(Design-Build:DB)、設計-施工-維持管理一括発注(Design-Build-Operate:DBO)などの発注制度の転換も進めるべきである。
- ・現在の改築更新やストックマネジメント制度の中で進めていくと、部分的な取組が中心になってくる。システム全体としての取組を進めにくい仕組みになっている。処理場や地域の特性に応じたランドデザインを描きながらリノベーションを進めていくべきである。
- ・下水道の中だけではなく、関係する他分野にも貢献するという視点でランドデザインを描くべきである。
- ・積極的にカーボンニュートラルの技術を海外に売り出していく政府戦略が重要。
- ・間欠運転は省エネ目的には良いが土木躯体に悪影響な場合がある。資産管理の観点も留意すべきである。
- ・脱炭素のために下水道使用料の単価を上げることは難しい。法律等による義務化等が施策推進の動機付けになると思う。また、脱炭素化の推進が各下水道事業管理者のメリットと感じられるようにすることも課題。
- ・電源構成の変化により温室効果ガスは減るが、それに関わらず省エネ等によりエネルギー使用量を削減していくことが重要。

### 2) 下水道資源が有する資源・エネルギーの有効活用について

- ・消化ガス発電の効率は、現状では40%程度。廃熱を十分に利用する必要がある。
- ・廃熱利用ができる場所にて発電するなど、技術開発とともに、社会の仕組みを考える必要がある。

### (3) 導入すべき技術及び技術開発項目に対する取組の方向性

第2章 下水道事業における温室効果ガス排出に関わる現状に示す課題及び上記(2)で提起された意見等を踏まえ、2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目として、以下を取りまとめた。

#### 1) 省エネ

近年の電力使用量原単位は横ばいからやや増加傾向であり、国土交通省が実施した省エネに関するアンケートから省エネ対策にはその取組の余地を多く残していることがわかった。そのことを踏まえ、2030年目標を達成するために、現状の省エネ対策として改善寄与率の高い効果的・効率的な技術の導入と2030年までに実装可能な技術開発を中心に引き続き取り組むなど、一層の取り組みの推進が必要である。具体的には以下について取り組む。

- ・ 水処理設備について、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として寄与率の高い反応タンク設備関連の効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。
- ・ 汚泥処理設備については、重油等石油系燃料利用が減少していることなど省エネ対策の効果がみえているものの、未対策の処理場もあることから処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として寄与率の高い汚泥濃縮機、消化タンク攪拌機、汚泥脱水機の省エネ化等の効果的・効率的な技術の導入・開発を推進する。
- ・ システム全体としての対策が不十分な現状を踏まえ、対策効果を一層上げるために、水処理、汚泥処理についてシステム全体として省エネ対策を推進する。
- ・ あまり猶予のない2030年までの時間的制約や地方公共団体の厳しい経営状況等から、省エネ設備への更新が困難な処理場が存在することを踏まえ、消費電力や運転状況の見える化などのエネルギーマネジメントを通じて、運転管理の工夫により消費電力を削減するなど、ハード整備だけに頼らない総合的な取組を徹底する。

#### 2) 創エネ・再エネ

- ・ 創エネルギーについては、そのポテンシャルを踏まえると活用の余地が大きく、固形燃料化技術やバイオガス利用等、下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術の導入や2030年までに実装可能な技術の開発を推進する。
- ・ 特に、あまり猶予のない2030年までの時間制約等から、大がかりな創エネ施設の導入が困難な処理場が存在することを踏まえると、例えば、小型発電設備の導入など比較的簡易な設備の付加による未利用バイオガスの活用を推進する。
- ・ 2030年目標を達成するために、引き続き下水熱利用等の効果的・効率的な技術の導入や2030年までに実装可能な技術の開発を推進する。

#### 3) 下水汚泥焼却に伴い発生するN<sub>2</sub>Oへの対策

- ・ 図2-17に示すように、高温焼却の実施等により汚泥焼却に伴い発生するN<sub>2</sub>Oは減少傾向であるため、引き続き、下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少な

い焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するとともに、2030年までに実装可能なより効果的・効率的な技術の開発を推進する。

- ・焼却熱を有効活用し、焼却炉のエネルギーの自立化を促進する。

#### 4) 水処理に伴い発生する N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub> への対策

- ・ N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub> 発生メカニズム解明やそれを踏まえた抑制対策手法に関する調査研究については 2050 年を見据え、引き続き推進する。

#### 5) 技術実証

- ・ 令和 4 年度 B-DASH プロジェクトテーマ 2 件も含め、2030 年までに実装可能な効果的・効率的な技術の実証を推進する。

#### 6) 下水道のシステム最適化

- ・ 2030 年だけではなく、2050 年も見据え、調査研究等も含めた技術開発やモデル事業を通じ、部分最適にとどまらず、下水道のシステム全体で最適化を推進する。
- ・ 脱炭素化に向けたランドデザインを各下水道事業で描き、それらをストックマネジメント計画や地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく実行計画等にも反映して、着実に推進する。

#### (4) 導入すべき技術とその事例

表 3-2 に取組の方向性を踏まえた導入すべき技術の事例を処理規模別に示す。また、図 3-1 に施設ごとに導入すべき技術の事例を示す。

これらの他にも下水道における地球温暖化対策マニュアル表 5-1<sup>2)</sup> 等に記載の取組を処理場・ポンプ場の実態に応じて導入する。

表 3-2 取組の方向性を踏まえた導入すべき技術の事例

	導入すべき効果的・効率的な技術の内容	導入すべき技術の例（下線は運転管理による工夫）			
		超大規模処理場 （A <sub>2</sub> O法： 日最大流入水量 20万 m <sup>3</sup> /日）	大規模処理場 （A <sub>2</sub> O法： 日最大流入水量 10万 m <sup>3</sup> /日）	中規模処理場 （標準法： 日最大流入水量 5万 m <sup>3</sup> /日）	小規模処理場 （OD法： 日最大流入水量 1万 m <sup>3</sup> /日以下）
省エネ	<p>水処理について、処理方式や処理規模に応じた反応タンク設備関連などの寄与率の高い省エネ技術。</p> <p>汚泥処理については、処理方式や処理規模に応じた汚泥濃縮機、消化タンク攪拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い省エネ技術。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メンブレン式散気装置</li> <li>・省エネ型反応タンク攪拌機</li> <li>・高度センサー制御システム</li> <li>・監視制御システムにおけるエネルギー管理システム</li> <li>・主ポンプ、送風機等の運転方法の見直し</li> <li>・送風量の適正化</li> <li>・水中攪拌機、貯留槽攪拌機の間欠運転</li> <li>・ベルト型濃縮機</li> <li>・スクリープレス脱水機</li> <li>・省エネ型遠心脱水機</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・メンブレン式散気装置</li> <li>・高度センサー制御システム</li> <li>・監視制御システムにおけるエネルギー管理システム</li> <li>・主ポンプ、送風機等の運転方法の見直し</li> <li>・送風量の適正化</li> <li>・貯留槽攪拌機の間欠運転</li> <li>・ベルト型濃縮機</li> <li>・スクリープレス脱水機</li> <li>・省エネ型遠心脱水機</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・センサーを用いた自動制御技術</li> <li>・<u>間欠運転</u></li> </ul>
創エネ、再エネ	<p>固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる技術。</p> <p>下水熱利用等の技術</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・消化ガス利用（発電等）</li> <li>・固形燃料化</li> <li>・廃熱発電</li> </ul> <p>・下水熱利用、太陽光発電、風力発電、水力発電</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・消化ガス利用（発電等）</li> <li>・固形燃料化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・消化ガス利用（発電等）</li> </ul>
下水汚泥焼却に伴い発生する N <sub>2</sub> O 対策	下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多段吹込燃焼式流動炉</li> <li>・二段燃焼式循環流動炉</li> <li>・ストーカ炉</li> <li>・過給式流動炉</li> <li>・固形燃料化</li> </ul>			
下水道システムの最適化	部分最適にとどまらず、水処理・汚泥処理システム全体で最適化する技術。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・B-DASH技術など下水道のシステムとして評価できる有効技術。</li> </ul>			

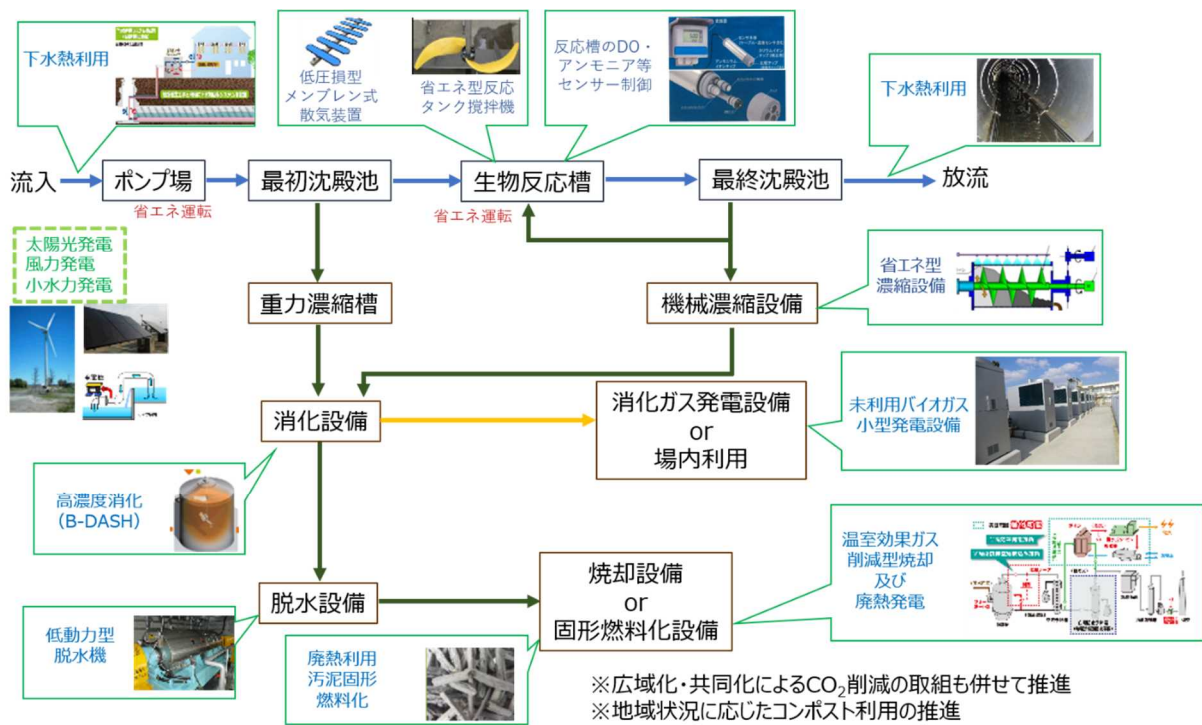


図 3-1 施設ごとに導入すべき技術の事例

### (5) 導入すべき技術の効果試算例

省エネに資する運転方法の改善や省エネ機器の導入、さらには創エネの導入により、どの程度の温室効果ガス削減の効果を見込むことができるのかについて、エネルギー収支及びCO<sub>2</sub>排出量を試算した。いずれのケースも標準活性汚泥法、日最大流入水量5万m<sup>3</sup>/日で検討した。

ケース1：対照系フロー 従来型の機器が導入されているケース

ケース2：対照系（省エネ）フロー 省エネに資する運転方法の改善及び省エネ機器を導入するケース

ケース3：導入系1（省エネ+創エネ）フロー 省エネに資する運転方法の改善、省エネ機器の導入、消化設備の導入及び消化ガス発電を導入したケース

ケース4：導入系2（省エネ+創エネ+B-DASH）フロー 省エネに資する運転方法の改善、省エネ機器の導入、消化設備の導入、消化ガス発電の導入及びB-DASHプロジェクトで実証された省エネ・創エネに資する技術を導入したケース

上記のケース1からケース4の処理フローを図3-2から図3-5に示す。

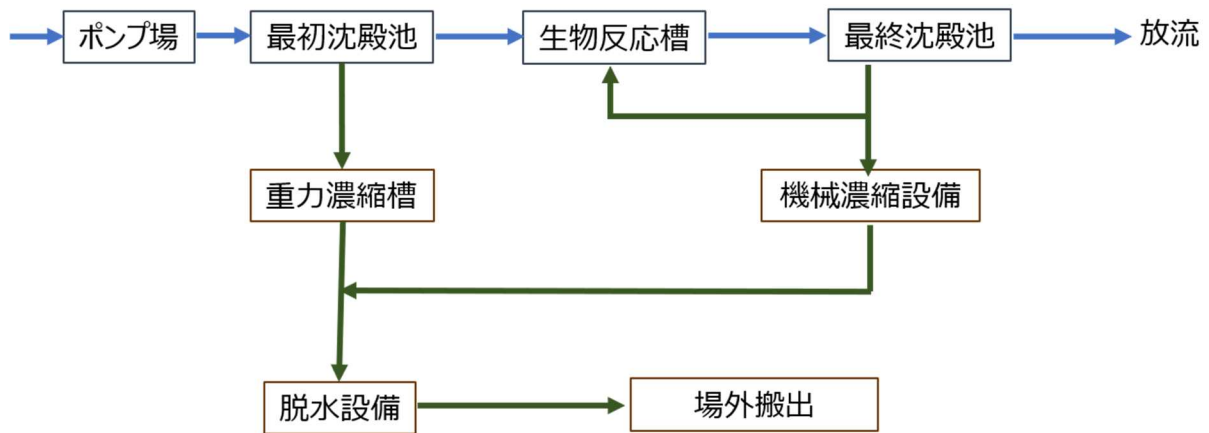


図 3-2 ケース 1(対照系フロー)

ケース 1 において、生物反応槽の散気装置には散気板、機械濃縮設備には遠心式濃縮機、脱水設備には遠心脱水機が導入されていると仮定している。

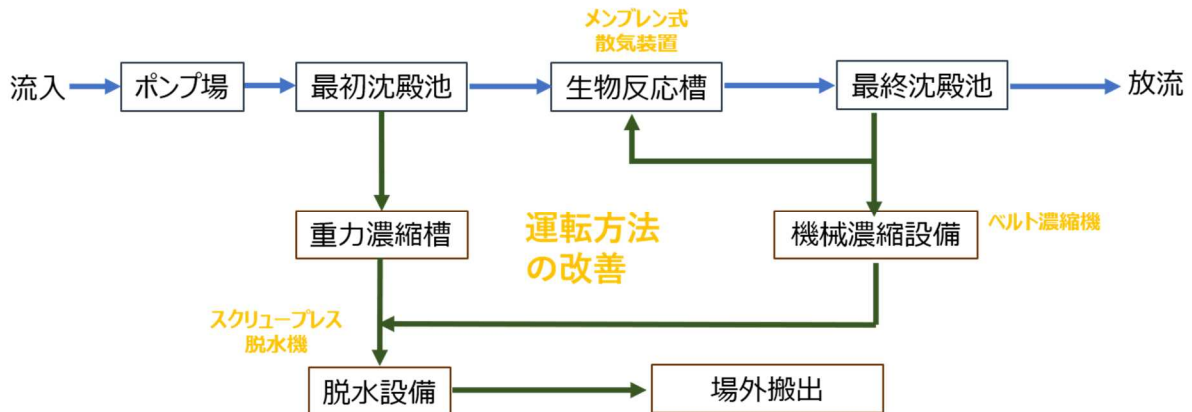


図 3-3 ケース 2(対照系(省エネ)フロー)

ケース 2 では、ケース 1 に対して、省エネ機器を導入するとともに省エネに資する運転方法の改善を実施していることを仮定している。

省エネ機器について下記のとおり設定。

- ・反応槽の散気装置について、散気板からメンブレン式散気装置に更新。
- ・機械濃縮設備について、遠心式濃縮機からベルト濃縮機に更新。
- ・脱水設備について、遠心脱水機からスクリュープレス脱水機に更新。

省エネに資する運転方法の改善については、以下を実施したものと設定。

- ・主ポンプについて、複数のポンプがある場合に流入量の変化に合わせて、稼働させるポンプを変更し、最も省エネが達成できるポンプを運転する。
- ・送風機について、必要な空気量に応じた適切な送風量を確保するとともに、複数の送風機がある場合には稼働させる送風機を変更し、最も省エネが達成できるような送風機を運転する。
- ・汚泥貯留槽の攪拌機については、必要に応じた間欠運転を行う。





量を増加させるとともに、生物反応槽に流入する有機物を減少させ、生物反応槽で必要空気量も減少させる。

- ・生物反応槽には、流入する有機物を減少させて空気量を減少させるだけでなく、ICTを活用した効率的な硝化運転制御技術<sup>4)</sup>を導入し、適切な送風量に制御することで電力使用量を削減する。
- ・汚泥の濃縮、消化については、高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術<sup>5)</sup>の高濃度消化技術を導入し、汚泥の高濃度化と消化槽の小型化により、汚泥移送量、汚泥循環量及び温水循環量を減少させ、ポンプ動力を低減することにより、電力使用量を削減するとともに、消化ガス発生量を増加させている。

図 3-6 にケース 1 に対して、ケース 2 からケース 4 に取組むことによるエネルギー消費量の低減効果を示す。棒グラフの青い部分は水処理、茶色い部分は汚泥処理に伴うエネルギー消費量を示している。ケース 1 からケース 2、すなわち省エネ機器の導入と運転方法の改善により、エネルギー消費量を約 43%削減できる可能性を示している。また、ケース 3 は、消化設備と消化ガス発電の導入による創エネの効果エネルギー消費量から差し引くことで、ケース 1 に対して約 86%のエネルギー消費量を削減できる可能性があることを示している。さらに、ケース 4 では、B-DASH プロジェクトで実証した技術の導入による省エネ効果と創エネ効果を勘案することで、ケース 1 に対して約 106%のエネルギー消費量の削減、いわゆるエネルギー自立の可能性を示している。

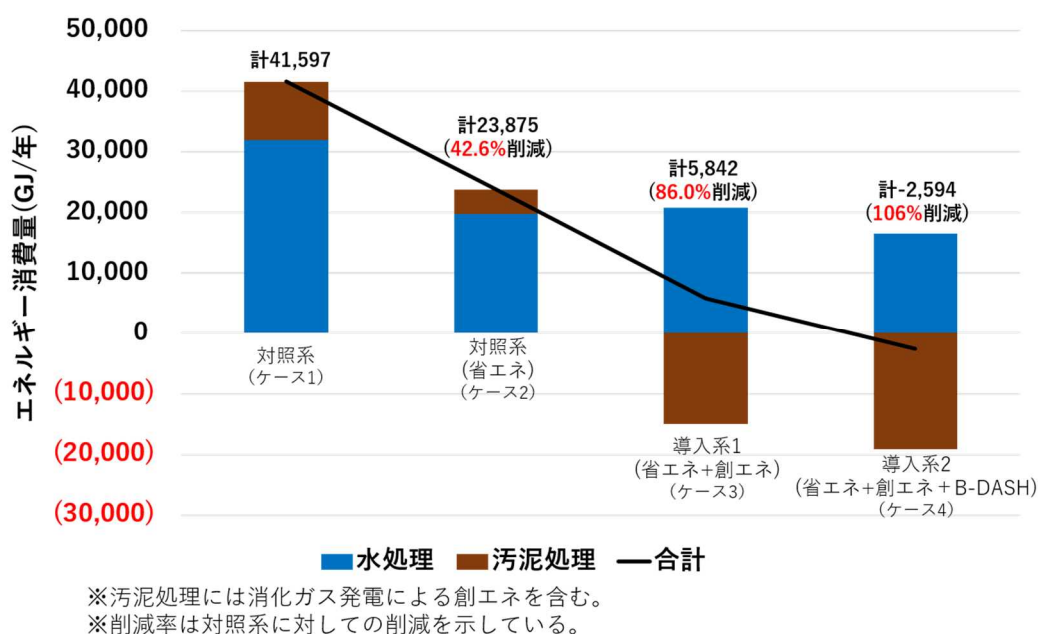
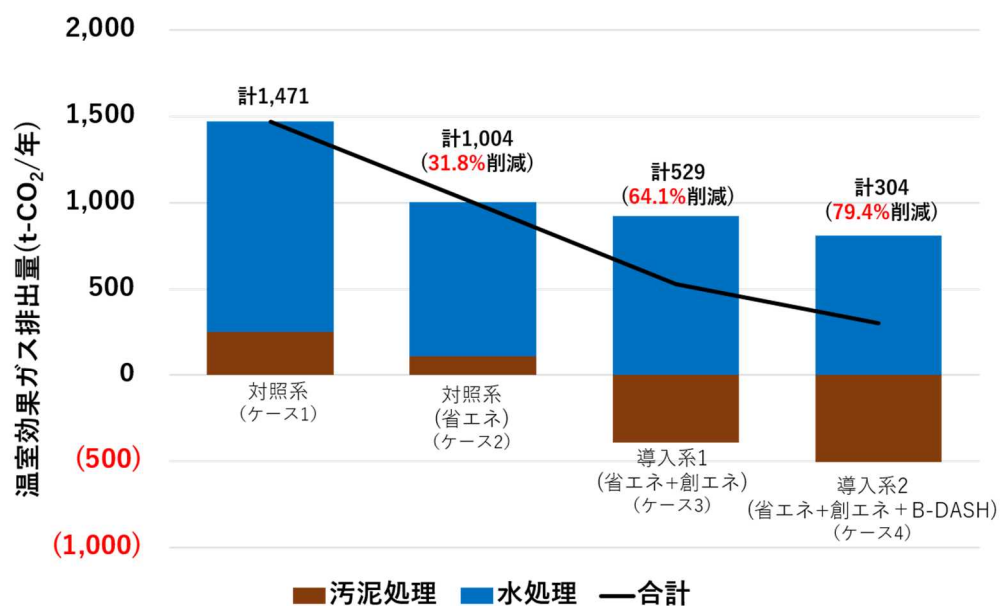


図 3-6 ケース 1 からケース 4 に取組むことによるエネルギー消費量の低減効果

図 3-7 では、ケース 1 に対して、ケース 2 からケース 4 に取組むことによる温室効果ガス排出量の低減効果を示す。棒グラフの青い部分は水処理、茶色い部分は汚泥処理に伴う温室効果ガス

排出量を示している。ケース1からケース2、すなわち省エネ機器の導入と運転方法の改善により、温室効果ガスの排出量を約32%削減できる可能性を示している。また、ケース3は、消化設備と消化ガス発電の導入による創エネの効果を温室効果ガス排出量から差し引くことで、ケース1に対して約64%の温室効果ガス排出量を削減できる可能性があることを示している。さらに、ケース4では、B-DASHプロジェクトで実証した技術の導入による省エネ効果と創エネ効果を勘案することで、ケース1に対して約79%の温室効果ガス排出量の削減の可能性があることを示している。

これらのことから、2030年目標の達成に向けては、個別の省エネ機器による対策も重要であるとともに、下水道システム全体でエネルギー消費量や温室効果ガス排出量の改善が期待できるB-DASHプロジェクトで実証した技術の導入が効果的であることを示している。



※汚泥処理には消化ガス発電による創エネを含む  
 ※電力排出係数0.25 kg-CO<sub>2</sub>/kWhを使用  
 ※削減率は対照系に対しての削減を示している。

図 3-7 ケース1からケース4に取り組むことによる温室効果ガス排出量の低減効果

## 参考文献

- 1) 環境省 HP：<https://www.env.go.jp/press/files/jp/102972.pdf>、2022.3.28 参照
- 2) 環境省、国土交通省：下水道における地球温暖化対策マニュアル、p27、pp65-68、平成 28 年 3 月
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料 No.736\_B-DASH プロジェクト No.1\_超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム導入ガイドライン (案)、平成 25 年 7 月
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料 No.938\_B-DASH プロジェクト No.14 ICT を活用した効率的な硝化運転制御技術導入ガイドライン (案)、平成 28 年 12 月

- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料 No.1139\_B-DASH プロジェクト No.31\_高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術導入ガイドライン（案）、令和2年12月