

下水道における温室効果ガス排出の現状と その削減に向けた取組

三宮 武・田嶋 淳

1. はじめに

世界的な課題である温室効果ガスの排出削減に向け、我が国では2021（令和3）年6月に「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」が公布され、2050年までの脱炭素社会に向けた基本理念の規定や、地方公共団体が策定する実行計画の中に施策実施に関する目標を定めることなどが盛り込まれた。同年10月には地球温暖化対策計画が閣議決定され、2030年度において温室効果ガス排出46%削減（2013年度比）を目指すことなどが示された。また、第5次社会資本整備重点計画の中でも、重点目標6に「インフラ分野の脱炭素化・インフラ空間の多面的な利活用による生活の質の向上」が位置づけられている。

これらを踏まえ、下水道分野でも温室効果ガス排出削減に積極的に取り組む必要がある。以下、下水道における温室効果ガス排出の現状とその削減に向けた取組について述べる。

2. 下水道分野の温室効果ガス排出の現状

2018（平成30）年度における下水道分野から排出される温室効果ガスは、約600万t-CO₂¹⁾であり、国内の総排出量約12.4億t-CO₂の0.7%に相当する。実行計画を策定する地方公共団体の事務事業活動における下水道分野からの排出が占める割合は比較的高く、例えば東京都下水道局では35%との報告²⁾がある。水処理、汚泥処理における電力や燃料の使用に伴う間接的な排出が過半を占め、他に下水汚泥の焼却工程で排出される一酸化二窒素（N₂O）、水処理工程で排出されるメタン（CH₄）、N₂Oがある。

全国の下水处理場では、電力使用量は微増、処理水量当たりの電力使用量は一時的に減少したが、再び微増傾向にある（図-1）。この原因は明らかではないが、高度処理水量の伸び（1割程度増加）

³⁾ がその一因であると考えられる。

3. 下水道分野の温室効果ガス排出削減に向けた取組

地球温暖化対策計画に下水道分野の取組も盛り込まれている。電力や燃料使用量の削減（省エネ）、水処理や汚泥処理工程で排出されるN₂O等の削減、さらには、有機物を多く含む下水汚泥のエネルギー源としての活用（創エネ）の推進が主要な対策に位置づけられている。省エネ、創エネの技術開発については、基礎研究段階から実証段階に近い技術が幅広く存在していると考えられる。一方、水処理工程のN₂O等の排出については、未解明な部分も多い。

国総研下水道研究部は、下水道の技術政策の基本となる情報を収集・分析し、その結果に基づき技術的課題を明らかにした上で、必要な技術開発の方向性を示すとともに、技術開発が効率的に行われるようにマネジメントする役割を担っており、それぞれの技術の熟度に応じた取組を進めている。これらの役割を念頭において、実証段階に近い技術が幅広く存在する省エネ、創エネ技術については、下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）において、また、未解明な部分が多い下水処理で排出されるN₂Oについては、まずは実態把握等に取り組んでいる。

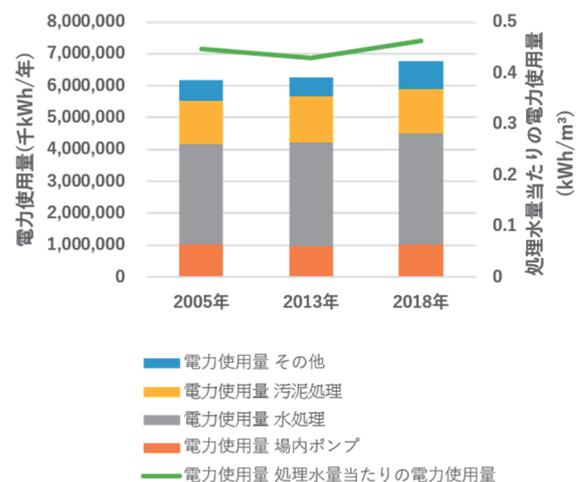


図-1 全国の下水处理場における電力使用量の推移¹⁾

3.1 新技術の普及展開を目指すB-DASHプロジェクトの推進

3.1.1 新技術の実証

B-DASHプロジェクトは、新技術の研究開発及び実用化を加速し、下水道事業における課題を解決しようとするものであり、低炭素・循環型社会の構築やライフサイクルコスト縮減、効果的な都市浸水対策や施設の老朽化対策等をテーマとして進めている。国土交通省下水道部が公募テーマを設定し、選定された応募技術について、実規模施設設置の上、国総研において建設費、維持管理費、温室効果ガス削減効果等の技術的な検証を行い、導入ガイドラインを策定している。これまでのテーマを図-2に示す。52技術を採択し、33技術のガイドラインを策定（令和3年4月時点）してきた。30技術（うち2件は事業中）が温室効果ガス排出削減に資する技術である。（表-1。重複含め、省エネ技術20件、創エネ・再エネ技術17件。）

省エネ関連の水処理技術については、①ICTを活用した水処理技術、②無曝気の水処理技術、③返流水を対象とした水処理技術に大別できる。

また、省エネ、創エネのいずれにも関連する技術を、下水汚泥の有するエネルギーの利用用途に

着目すると①消化ガス精製技術、②消化ガス発電に関する技術、③消化ガスを水素自動車に活用する技術、④下水汚泥から固形燃料を製造する技術、⑤焼却廃熱を発電に活用する技術に大別できる。

さらに、下水汚泥焼却に伴い発生するN₂O対策や下水道の資源利用を通じて農林水産業のゼロエミッション化に寄与する技術の実証も行ってきた。

3.1.2 新技術の普及展開

下水道事業は、地方公共団体の事務であり、地方公共団体職員が、開発技術を理解し、事業に導

表-1 B-DASHプロジェクト実証事業数と技術分野
(温室効果ガス削減技術関連)

採択年度	実証事業数	技術分野			
		省エネ	創エネ・再エネ	農業利用・再生水	焼却炉N ₂ O対策
H23	2	2	2		
H24	5	2	3	2	
H25	2	2	2		2
H26	5	4	1		
H27	3	0	1	2	
H28	3	3	2	2	
H29	3	2	2		1
H30	4	2	3		
H31	1	1			
R2	1	1	1		
R3	1	1			
計	30	20	17	6	3

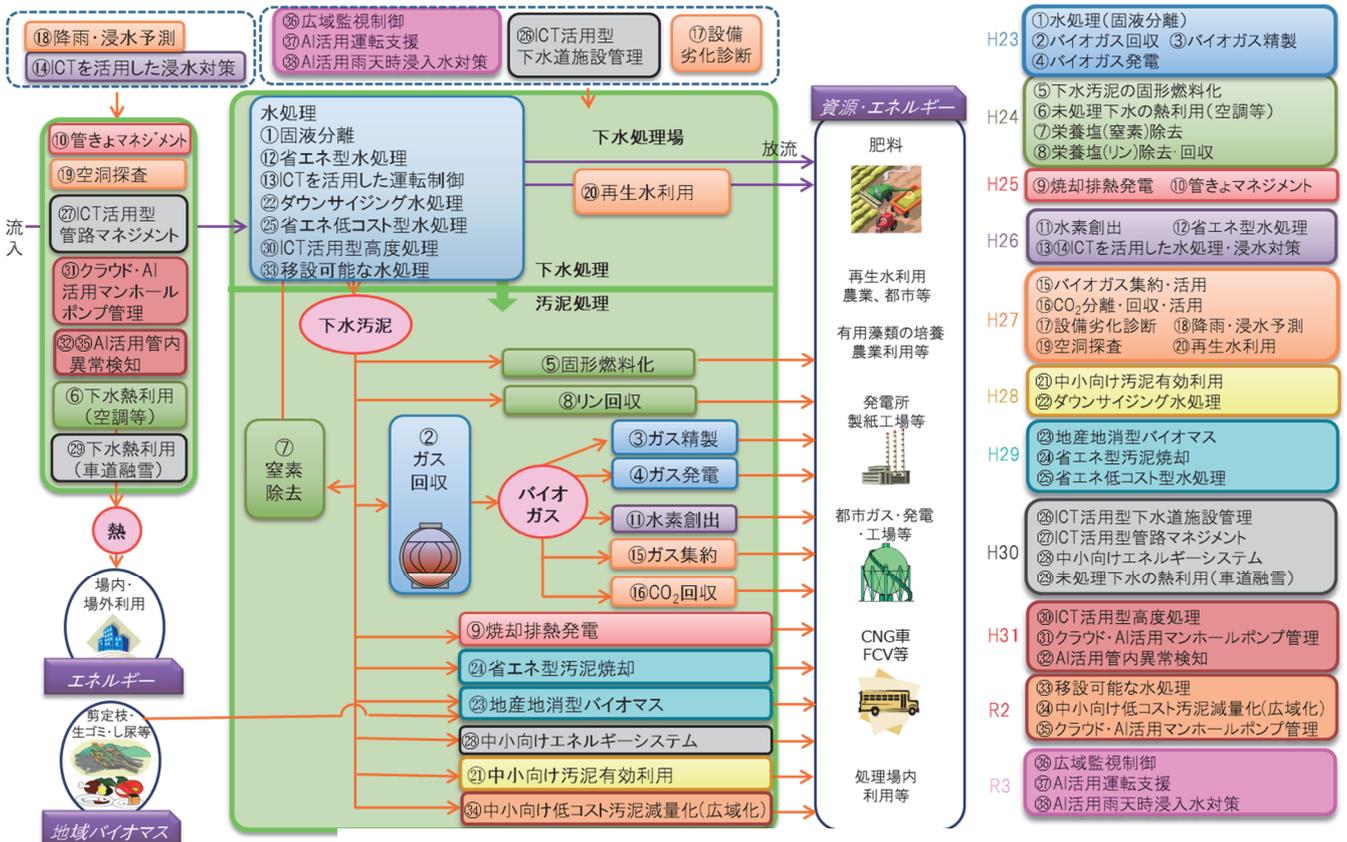


図-2 B-DASHプロジェクト（実規模実証）のテーマ

入していくことが重要である。そのため、B-DASHプロジェクトの成果も踏まえ、国土交通省下水道部では、2014（平成26）年3月及び2017（平成29）年9月に「下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について」を地方公共団体等に対して通知し、汚泥処理施設等について、省エネ、創エネに関して一定の性能指標を満たす設備等を交付金の対象とし、施設の設置、改築の機会を捉えて、従来技術よりもエネルギー効率に優れた処理技術の導入を進めるトップランナー方式を採用することとした。

なお個別の施設の性能とともに、システム全体の性能の最適化が重要であるため、同通知には、引き続き、水処理・汚泥処理システム全体としての評価を可能とするよう指標の設定、提示等を進める予定が示されている。

また、B-DASHプロジェクトで実証し、ガイドラインを公表した技術（B-DASH技術）については、国土交通省主催のガイドライン説明会を開催する等、普及展開を促進する以下の取組も実施している。

○B-DASH技術導入検討の交付要件化

2020（令和2）年度より、全ての地方公共団体において、施設の新設・増設・改築（原則として概算事業費3億円以上）を行うに当たり、予めB-DASH技術の導入に係る検討の実施を交付要件化

○B-DASH技術適用表・発注仕様書例・効果算定ツールの公開

全国の水処理場について、現有施設や規模に応じて適用可能性を明確化するとともに、発注仕様書例や効果算定ツールを公開⁴⁾

○B-DASH技術情報資料の公開

技術テーマごとに適用施設規模、技術分野、適用範囲、導入効果及び導入時の留意点等を提示⁵⁾

○ガイドラインのフォローアップ

ガイドライン策定済みのB-DASH技術について、実証研究終了後に実施する自主研究の成果に基づき、第三者委員会でガイドライン見直しを審議

これらにより、優れていても「実績が少ない」、「技術資料や積算資料が不足している」などの理由で採用されづらかった新技術が導入されやすい環境が整えられてきている。

今後は、「技術シーズを有する事業者が設定した開発目標について、下水道事業への適用性等の

技術的な検証・評価」を行う現行制度に対し、「国の施策を実現する上で必要な技術分野について、予め満たすべき開発目標値を付与した公募テーマを設定し、検証・評価」することも、引き続き検討すべき課題と捉えている。

3.2 下水処理工程で発生するN₂O排出削減の検討

現在は電力使用に伴う温室効果ガスの排出割合が高いが、電源構成が再エネ等に置き換わっていくと、N₂O等の排出割合が相対的に高まることも想定される。特に水処理工程で排出されるN₂Oに関しては未解明な部分があり、B-DASH技術でも実績がない等、現状では十分な対策を取ることが困難な状況にある。

国総研では、これまで10年以上にわたり、全国の延べ30箇所以上の下水処理場におけるN₂Oの排出量調査を行っており、実測データの蓄積を通じて、下水処理によるN₂O排出量の実態把握及び温室効果ガスインベントリへの反映、さらには発生メカニズムの検討を行っている。表-2に近年の国総研下水道研究部の主な調査を示す。

表-2 水処理工程で排出されるN₂Oに関する近年の国総研下水道研究部による調査

年度	調査名
H23～25	生物処理過程におけるN ₂ O発生抑制手法に関する検討 ⁶⁾
H26～28	下水道における一酸化二窒素抑制型処理手法に関する検討 ⁷⁾
H29～R1	下水道における温暖化ガス排出削減に関する調査 ⁸⁾

2013（平成25）年度までの実態調査の結果、処理方式ごとにN₂O排出量が異なっており、標準活性汚泥法と比較し、窒素除去を目的とした処理方式でN₂O排出量が少ないことが判明した⁶⁾。これらの調査結果の一部は、温室効果ガスインベントリにおけるN₂O排出係数の改定（平成25年）にも反映され、単一であった排出係数が処理方式別に設定されることとなった。

また、処理工程を詳細に見ると、嫌気や無酸素条件と比較し、好気条件下でN₂Oが多く排出されていることが明らかとなった。このため、平成26年度より、既設の標準活性汚泥法の施設を活用し、運転管理の工夫により窒素除去に取り組む処理場を対象に、運転方法がN₂O排出量に与える影響の調査を行った結果、疑似AO法等の前段曝気制限運転などによりN₂O排出量を低く抑えられる可能性が示された⁷⁾（図-3）。さらに、平成30年度より、年間を通じた調査を行った結果、調査

時期（季節）によってN₂O排出量が大きく変動することが確認された⁸⁾。

以上を踏まえ、下水処理工程におけるN₂O排出量の実測データを今後も蓄積し、現行の排出係数の妥当性について引き続き検証する。また、水処理に関わる生物反応系とその制御因子について、微生物種との関係も含めて明らかにし、温室効果ガスの排出を抑制しつつ、処理効率を確保・向上させる水処理運転操作方法に関して検討する。

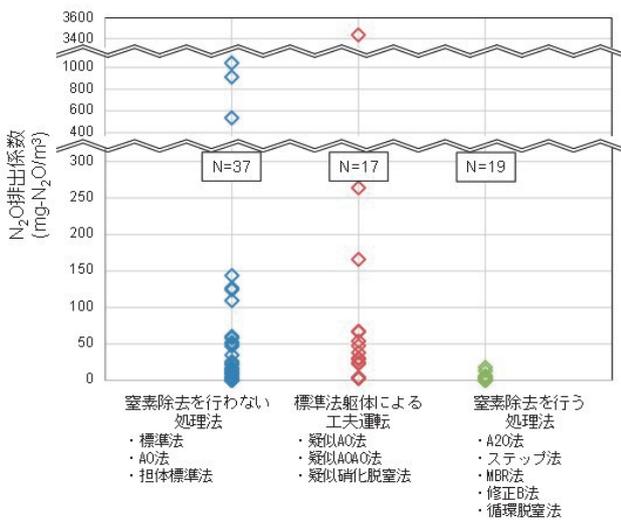


図-3 単位水量当たりのN₂O排出量の比較（国総研調査）

4. 温室効果ガス排出削減に向けた今後の技術開発の方向性に関する検討

国土交通省では下水道の技術分野ごとに今後の技術開発の方針を示した下水道技術ビジョンを策定し、その進捗をフォローアップして技術開発の推進方策を検討するため、下水道技術開発会議を設置している。その検討のうち、下水道資源・エネルギーなどの新技術の開発、導入促進のために、下水道技術開発会議エネルギー分科会（座長：国総研下水道研究部下水道エネルギー・機能復旧研究官）（以下「分科会」という。）を設置し、これまでに小規模下水処理場の省エネ対策等の検討を進めてきた。令和3年度からは、下水道分野からの温室効果ガス排出削減に関し、「2030年度という中期的な目標に対する効果的な技術の再整理」、「2050年度という長期的な目標に対して、今後の下水道において期待される技術開発等に関する検討」を進めている。この分科会は、国土交通省下水道部と（公社）日本下水道協会が、脱炭素社会の実現に向けて目指すべき下水道の在り方や必要

な方策、ロードマップ等を検討する目的で設置した「下水道政策研究委員会 脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会（委員長：花木啓祐 東洋大学教授）」とも連携し、技術開発の方向性について検討を進めている。

5. おわりに

本稿では、温室効果ガス排出削減に向け、省エネ・創エネ技術の実証、普及のための取組、また、下水処理工程でのN₂O排出のインベントリの整備と削減対策の提案に向けた取組、そして、今後の技術開発の方向性を示すための取組を紹介した。これらについては引き続き、国総研の役割を踏まえた取組を進めるとともに、これまで下水道分野との関係性が薄かった技術分野の動向も注視しつつ、温室効果ガス排出削減に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所HP：
http://www.nilim.go.jp/lab/eag/pdf/20211008_2-4_ondanka.pdf
- 2) 東京都下水道局：アースプラン2017、p7、平成29年3月
- 3) （公社）日本下水道協会：平成25年度版下水道統計、p97及び平成30年度版下水道統計、p102
- 4) 国土交通省HP：
https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000450.html
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所HP：
<http://www.nilim.go.jp/lab/eag/bdash/bdash.html>
- 6) 国土交通省国土技術政策総合研究所：生物処理過程におけるN₂O発生抑制手法に関する検討、国土技術政策総合研究所資料、No.823、2015.1
- 7) 国土交通省国土技術政策総合研究所：下水道における一酸化二窒素発生抑制型処理方法に関する検討、国土技術政策総合研究所資料、No.1032、2018.5
- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所：下水道における温室効果ガス排出削減に関する調査、国土技術政策総合研究所資料、No.1146、2021.2

三宮 武



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部
下水道エネルギー・機能復旧研究官
SANNOMIYA Takeshi

田嶋 淳



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部
下水処理研究室長
TAJIMA Atsushi