特集

カーボンニュートラルに向けて

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　三宮　武

１．はじめに

近年、世界各地で頻発する豪雨災害、森林火災、大雪などは、地球温暖化による気候変動が大きな原因とも言われている。地球温暖化への対応は、喫緊の課題であり、かつ一朝一夕では解決できない課題でもある。

今年４月に開催された気候変動に関する首脳会議（サミット）において、菅総理が2030年度における温室効果ガスを2013（平成25）年度から46％削減することを目指すと表明した。「野心的な目標」という言葉もあった通り、これまでの目標が26％であったので、大幅な上方修正になる。

また、５月には地球温暖化対策推進法の一部を改正する法律が国会で可決成立した。この中では、2015（平成27）年12月に採択されたパリ協定に定める目標を踏まえて、環境・経済・社会の発展を統合的に推進しつつ、2050年までの脱炭素社会の実現に向けて、国民、国、地方公共団体、事業者及び民間団体等が密接に連携していくことが、地球温暖化対策を推進する上での基本理念として規定された。また、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等が追加された。

下水道からの温室効果ガス排出量は約643万ｔ-CO_2（2015年度）で、日本全体の排出量の約0.5％[1)]である。また、自治体の事務事業活動における温室効果ガス排出量において、下水道の占める割合が高い自治体もあり、例えば、東京都下水道局は35％[2)]（2014（平成26）年度）である。

地球温暖化は、誰もが被害者になり得、また、加害者でもあると言える。自らが頑張らなくても、誰かが頑張って解決してくれる可能性があり、誰かが頑張ると思っていると、誰もが手を抜く可能性もある。

「上下水道事業の対応力～困難に立ち向かう～」のテーマをいただいたので、カーボンニュートラルに向けた国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部（以下「国総研」という。）、国立開発研究法人土木研究所の下水道関連部局（以下「土研」という。）の取組等をご紹介する。

２．下水道技術開発会議と下水道が置かれた現状

（１）下水道技術開発会議

下水道の中長期的な方向性や未来像を示す「新下水道ビジョン（平成26年７月）」では、『循環のみち下水道』の成熟化の実現を促進するため、国、事業主体、研究機関が連携し、他分野の技術も積極的に取り入れ、計画的・効率的な技術開発を実施すると共に、開発された新技術を国内外に普及させる目標が掲げられた。

また、2015年２月の社会資本整備審議会答申「新しい時代の下水道政策のあり方」（以下「社整審答申」という。）では、地方公共団体のニーズの把握、他分野を含めた幅広い技術シーズを踏まえ、産官学連携のもと、中期的な下水道技術ビジョンを策定すること、同ビジョンにおいては、今後開発すべきハード・ソフト技術の分野・内容等を明確にし、分野ごとに技術の熟度に応じたロードマップを作成することが示された。

また、新下水道ビジョンや社整審答申を受け、国総研では下水道技術ビジョン検討委員会を設置し、同年12月に「下水道技術ビジョン」を策定した。また、下水道技術ビジョンのフォローアップと技術開発の推進方策を検討するため、産官学連携の議論の場として、2016（平成28）年１月に下水道技術開発会議を設置した。

さらに、2017（平成29）年８月には「新下水道ビジョン加速戦略」（以下「加速戦略」という。）が策定された。その中では、『第４次社会資本整備重点計画で掲げた下水汚泥エネルギー化率30％（2020（平成32）年度末）の目標達成とともに、下水道施設の省エネ化や下水熱利用の推進などにより、電力購入費の削減及びCO_2排出削減対策を進め、概ね20年で下水道事業における電力消費量の半減を目標として取り組んでいくことが重要である』ことや『下水道技術ビジョンを踏まえた省エネ・創エネ技術、資源利用技術の基礎研究レベルから実用化段階までの技術開発、普及展開・導入促進及びそのための検討体制を強化』すべきことが示された。そのため、2018（平成30）年10月に下水道技術開発会議エネルギー分科会を設置し、下水道資源・エネルギー技術などの新技術の開発及び導入促進、これまでの取組や課題の整理等を行ってきた。

（2）下水道の置かれた現状

下水道事業において、温室効果ガスの排出に関係する主な数値について、下水道統計2013（平成25）年度版と2018（平成30）年度版[3]を比較した。

2013年度に約69億９千万kWhであった下水処理場及びポンプ場の電力使用量は、2018年度には約73億３千kWhと約4.9%増加している。

この間、処理水量は約146億m^3から約146億４千m^3と１%も増加しておらず、単位処理水量に対する電力使用量（電力使用量原単位）についても0.48kWh/ m^3から0.50 kWh/ m^3へと増加している（**表－１**）。

一方、主な燃料（重油（特A、A）、灯油、都市ガス）の使用量は、この間でいずれも減少している（**表－２**）。

また、汚泥処理過程で発生するメタンを主成分とする消化ガスの発生量と使用量は、同期間に大きく増加している（**表－３**）。

汚泥の焼却過程等で発生し、温室効果が大きい一酸化二窒素（N_2O）は、焼却温度を高温にすること（以下「高温焼却」という。）で排出量が減少するが、国内で基数の多い流動焼却炉に着目したところ、燃焼温度（年平均）850℃以上との報告（基数）の割合は、約54%から約60%という進展である（**表－４**）。（高分子系流動焼却炉の排出係数は、約800℃で焼却する場合は、1,508g-N_2O/t、約850℃の場合は645gt-N_2O/t）[4]

下水道におけるCO_2排出の約62%が処理場及びポンプ場で使用する電力に起因（2016（平成28）年度）[1]することから、加速戦略の中で「概ね20年」と言っている電力使用量の削減を“加速”することが喫緊の課題とも言える状況になっている。

再生可能エネルギーの普及等により、電力の製造に伴って排出されるCO_2の発生原単位（CO_2排出係数）が減少すれば、電力使用量が減少せずとも、温室効果ガス発生量は減少するということにもなるが、下水道管理者とすれば、維持管理コストを削減するインセンティブにつながるものであることからも、各処理場等において、自らの電力使用量を分析し、減少させる“他人任せでは無い”取組が必要であると考える。

燃料消費は、化石燃料の燃焼により、直接温室効果ガスを排出することになるため、その使用量の減少やバイオマスたる下水汚泥から発生する消化ガス量を増やし、利用を進めることは、評価されてしかるべきと考える。

高温焼却については、その実施により、増加する熱負荷による炉本体や排ガス処理装置への影響、補助燃料の増加が懸念されるとともに、下水道システム全体を対象に施設管理を最適化するストックマネジメント計画と整合を図るという点からも、各自治体の計画の中で、必ずしも高い優先順位に位置づけられていない可能性もあると考える。

高温焼却炉の基数の増加に対して、“マクロ”では燃料使用量は減少しており、効率的な施設に転換しているということも示唆される。改築更新に際して、熱利用の効率化などを追求することが重要ではないかと考える。

表－１　下水道（処理場、ポンプ場）における電力使用量等の変化[注1)]

	電力使用量 千kWh （A）	処理水量 千m^3 （B）	電力使用量原単位 kWh/m^3 （A）／（B）
2013年度	6,991,996	14,600,645	0.48
2018年度	7,334,153	14,641,549	0.50
2018年度 ÷2013年度	1.049	1.003	1.044

注１：2018年度の電力使用量については、異常値（単位の誤表記）と思われる値を補正した。

表－２　下水道（処理場、ポンプ場）における主な燃料の使用量の変化

	重油 （特A、A） kℓ	灯油 kℓ	都市ガス 千m^3
2013年度	53,530	20,740	48,801
2018年度	49,488	12,795	45,853
2018年度 ÷2013年度	0.924	0.617	0.940

表－３　下水道における消化ガスの発生量と使用量の変化

	発生量 m^3	使用量 m^3
2013年度	292,020,604	260,504,596
2018年度	340,607,825	313,100,310
2018年度 ÷2013年度	1.166	1.202

表－４　下水道の流動焼却炉のうち、焼却温度（年平均）850℃以上と報告されている焼却炉基数の変化[注2)]

	流動焼却炉 基数 （A）	うち850℃ 以上で燃焼 （B）	割合 （B）／（A）
2013年度	218	117	0.537
2018年度	214	128	0.598

注２：気候変動枠組条約（UNFCCC）への報告に直結している数字ではないが、いくつかの自治体に伺う中で、例えば、炉を保温中の温度も年平均に含めるなど、必ずしも実態を反映していない可能性もあるので、再確認が必要かもしれない。

３．カーボンニュートラルに向けた今年度の国総研、土研の取組

上記以外にも温室効果ガスの排出に対して、下水道が置かれた状況を示すものとして、水処理で発生するN_2O、汚泥燃料化などの創エネの取組状況などもある。

これらも踏まえた国総研、土研の今年度の取組を示す。課題への対応が網羅できているものではないが、技術の熟度等により、現状把握、研究開発、実証段階、技術支援・技術指導への活用の各段階の調査等がある。

（１）国総研の取組

○現状把握

昨年度に引き続き、現地調査等により、水処理の過程で発生するN_2Oの発生因子の検討を行う。温室効果ガスインベントリへの反映に向けて、四季変動などの知見を蓄積する。

○研究開発

今年度から、下水道を核とした資源循環システムの広域化・共同化に関する研究を行う。この研究では、生ゴミ等の地域バイオマスを下水道に受け入れる場合の施設に与える影響等に関する技術的な検討、地域バイオマスを対象とした資源循環システムの経済性、環境性、維持管理性等の評価手法を策定することとしている。

○実証事業

昨年度に引き続き、下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）[注3]の一環として、「中小規模処理場間の広域化に資するバイオマスボイラによる低コスト汚泥減量化技術」の実証を行う（**図－１**）。

この事業は、脱水乾燥システムとバイオマスボイラにより、発生汚泥を大幅に減量化するとともに、バイオマスボイラの排熱を乾燥機等で活用することにより、エネルギー効率の向上に期待するものである。木材等の多様なバイオマスの受け入れが可能である。

また、「ヒートポンプで低LCCと高COPを実現する下水熱融雪システム」のガイドラインを作成した。

これは、高い熱伝導性能を持つ採熱管や舗装等を利用し、ヒートポンプ等、熱を増幅する機器を使用せずに下水から回収した熱だけを用いることで、従来よりも省エネ・低コストで車道融雪を可能とする技術である。

○技術支援・技術指導へ活用する調査

昨年度に引き続き、下水処理のフローや機器構成の違いが電力消費量に与える影響を検討する。また、運転方法の見直しによる電力消費量の削減効果を検討する。

特に小規模処理場についても、下水道技術開発会議等の議論を踏まえて、運転の工夫等による省エネを試行しており、今年度も引き続き、その調査に取り組む。

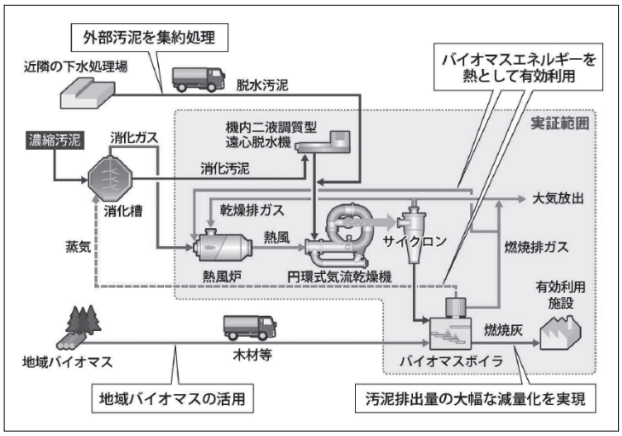
注３：事業の実施に当たっては、国土交通省（本省）にて有識者の審議を経て事業を採択し、国総研からの委託研究として、民間企業が必要に応じて地方公共団体や大学等と連携しながら、実証研究を行っている。その成果を踏まえ、国総研において技術の一般化を図り、普及展開に活用するため技術ごとに技術導入ガイドラインを策定している。

（２）土研の取組

○研究開発

昨年度に引き続き、伐木や剪定枝を下水汚泥焼却施設の補助燃料等に活用する技術の開発、伐木や刈草を汚泥脱水助剤として適用する技術の開発を行う。

また、下水で培養した藻類をメタンガス化する技術の開発を行う。



図－１　中小規模処理場間の広域化に資するバイオマスボイラによる低コスト汚泥減量化技術実証事業（国総研ホームページから引用）

４．おわりに

今では“使えて当然”となった下水道をこれからも持続的に維持していくことに関係者は力を注いでおり、また、降雨に伴う災害を軽減するため、浸水対策に力を入れている自治体もある。山積する課題に取り組む必要がある中で、地球温暖化対策をさらに加速させることは、負担になることも想定できる。

地域によって、置かれた状況、取ることができる対応は異なる中で、これまで培ってきた知見と、これから磨き上げられる様々な技術なども駆使して、関係者が一丸となって、この課題に取り組んでいかなくてはならないと考える。ピンチはチャンスかもしれない。「見せましょう、下水道の底力を」といった感じだろうか…。

参考文献

１）公益社団法人 日本下水道協会：日本の下水道 p 114、令和元年度

２）東京都下水道局：アースプラン2017 p 7、平成29年3月

３）公益社団法人 日本下水道協会：下水道統計、平成25年度版及び平成30年度版

４）環境省：UNFCCCへの報告及び審査 温室効果ガスインベントリ、2021年　他