(公社) 全国上下水道コンサルタント協会主催

下水道技術座談会

下水道事業の省エネ・創エネ・再エネ化による環境負荷の低減について

近年、国内外で自然災害が多発傾向にある。気候変動問題との関係はまだ明らかではないが、気候の変動に伴って豪雨や猛暑のリスクがさらに高まっていくことは予測され、日本においても、生態系や自然災害、産業活動等への影響が出ると指摘されている。地球温暖化を少しでも食い止めるべく各国で温室効果ガスの排出削減などが図られるなか、日本政府も 2020 年 10 月、2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする“カーボンニュートラル”を目指すことを宣言した。そこで(公社)全国上下水道コンサルタント協会ではこの時期を捉え、効率的・効果的な省エネ・創エネ・再エネ化の促進方策や下水道資源の活用、関係省庁との連携促進などについて、国と地方公共団体そしてコンサルタントが共に話し合う下水道技術座談会を開催した。ここでは、当日の議論を凝縮して紹介する。なお座談会は、新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点から、座席間隔を十分に確保したうえで座談はマスクを着用して行うなど感染防止策を講じて実施された。また、出席者の所属・役職は開催時のもの（2023 年2月 21 日開催）。

（月刊下水道編集部）

座談会出席者（順不同、敬称略）

田 隠 淳

国土交通省
水管理・国土保全局
下水道部 下水道企画課
下水道国際・技術室 室長

宗 吉 統

東京都
下水道局 計画調整部
エネルギー・温暖化対策
推進担当課長

大橋 洋明

横浜市
環境創造局
下水道施設部
下水道施設管理課 課長

藤本 裕之

(公財)日本下水道新技術機構
資源循環研究部 部長

天 野 猛

水コン協会員
㈱日水コン

亀田 由季子

水コン協会員
㈱ NJS

大 庭 勝

水コン協会員
㈱東京設計事務所

髙橋 幸彦

水コン協
技術・研修委員会
委員長（司会）
オリジナル設計㈱

髙橋　㈳全国上下水道コンサルタント協会（水コン協）では、コンサルティング技術の推進等に役立てるため、国・地方公共団体等の方々をお招きした座談会を定期的に実施しています。

今回は、「下水道事業の省エネ・創エネ・再エネ化による環境負荷の低減について」を主題に、これにかかるいくつかのテーマについて意見交換を行いたいと思います。

地球温暖化に伴う気候変動により、大雨の日と雨の降らない日が増加し、渇水の頻発化や長期化が予測され、国をはじめとし、さまざまな施策が推進されています。この時期を捉え、温暖化対策実行計画のあり方、効率的・効果的な省エネ・創エネ・再エネ化の促進方策、地域の実情を反映した施設整備・管理、下水道資源の活用、関係省庁との連携等のさらなる推進に向け、議論を深めたいと思います。

それでは、まず、国土交通省の田鴎室長から、近年の省エネルギー・創エネルギー・再生可能エネルギー化等の状況や国の動向について、ご紹介いただければと思います。

GHG 削減と資源活用の両面で

田鴎　まず、国の動きについてですが、2030 年度の温室効果ガス（GHG）排出量を 2013 年度比で 46％削減、そして 2050 年には排出実質ゼロを目指していくという高い目標が設定されています。そうした流れを踏まえ、地球温暖化対策推進法が改正され、そのなかで地方公共団体の実行計画において、下水道分野についても積極的に目標を設定することになったところです。

下水道分野での GHG 発生量については、特に水処理の電力消費量が大きな割合を占めています。それに次いで、汚泥焼却等の過程で排出する亜酸化窒素（N_2O）があります。また水処理の過程で排出された N_2O あるいはメタン（CH_4）も無視できないのが実態です。下水道では、これら GHG を減らしていく対策を講じていかねばなりません。

その一方で、下水には有機分が含まれています。有機分が含まれているということは、言い換えれば、非常に大きなエネルギーポテンシャルを持っているということであり、目標達成に向けて下水が持つポテンシャルを最大限活用することが重要です。

下水道における「2030 年」目標達成を考えた場合には、「創エネ」「焼却の高度化」「省エネ」の“三本柱”を強力に推進していく必要があります。2030 年度までに二酸化炭素（CO_2）を 208 万 t 削減することとなっており、その内訳は、創エネで 70 万 t、焼却の高度化で 78 万 t、省エネで 60 万 t となっています。こうした目標を達成すべく、さまざまな施策を推進していく必要があります。

下水道の脱炭素化施策

そういうなかで、2021 年度末に、国が設置した「下水道政策研究委員会」の「脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」でご議論いただき、今後講じていくべき対策について明らかにしたところです。そのなかで、施策展開の五つの視点として、一つはポテンシャル・取組みの見える化、２番目は戦略的な脱炭素化、３番目はイノベーション、４番目は多様な主体との連携、５番目はデジタル技術の活用――以上のような視点を持って、脱炭素化に向けた取組みを推進していくべきだという報告がなされたところです。

これを踏まえ、国土交通省では、2021 年度よりさまざまな制度を打ち出してまいりました。そのうち、先ほど３本柱として「創エネ」「焼却の高度化」「省エネ」と申し上げましたが、このうち創エネと焼却の高度化を進めるために、2022 年度に個別の補助事業「下水道脱炭素化推進事業」を創設しました。これは、創エネ事業や、焼却の過程で発生する N_2O 対策を集中的に支援していくものです。また、創エネの取組みをさらに加速化させていく手法の一つとして、地域バイオマスの受入れがありますが、これに関しては、下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ事業、いわゆる“プッシュ型の支援”として、かねてから推進しているところです。

省エネに関しては、2030年の目標達成のためには、年率２％の削減が必要となっており、創エネ、焼却の高度化に比べてもハードルが非常に高い状況です。このため、省エネの取組みを少しでも進めるべく、公募により、省エネ診断を実施していくという、プッシュ型支援の取組みも2022年度に開始したところです。ただし、この取組みは、国が直接行うものであり、実施箇所がどうしても限られてしまいます。そのため、財務省への予算要求にあたり2023年度の新規項目として「下水道温室効果ガス削減推進事業の創設」を盛り込み、認められたところです。これは、地方公共団体の実行計画の策定に必要なGHGの削減検討調査を支援していこうというものです。100％補助ではなく２分の１の補助ですが、このなかで省エネ診断の取組みも実施できるようになっています。以上のような取組みを通じて、省エネ、創エネ、焼却の高度化を強力に進めていきたいと考えています。

これらの取組みを進めていくためには「見える化」が重要となります。見える化についても検討しており、国土交通省では昨年末に、個々の処理場のGHGの排出量について公表したところです。今後、汚泥処理の部門にも“見える化”の範囲を広げたいと考えているところです。そうした見える化によって、各自治体に自らの立ち位置を把握していただき、取組みを進めていただく際の一助になればと思っています。

また、2022年度から「カーボンニュートラル地域モデル処理場計画」という取組みも新たにスタートし、昨年末に鳥取県米子市、富山市、熊本市の三団体の計画を、モデル処理場計画として登録したところです。この狙いとしては、省エネ、創エネ、再エネといった技術の導入を、この５～10年で集中的に実施していただくものです。期間内での全系列の実施は難しいと思いますが、例えば処理場のある１系列でそういった事業を集中的に実施していただいて、それを全系列に広げればカーボンニュートラルにつながるということをショーケースとして示して、全国に普及・展開を図っていきたいと考えています。

国土交通省としては、2030年の目標達成に向けて、以上のような取組みを強力に推進していきたいと考えているところです。

髙橋　続きまして、１番目のテーマ「下水道事業の省エネ・創エネ・再エネ化の最適化」についてお話をいただきます。

脱炭素社会の実現に向けて、各都市ではさまざまな省エネ・創エネ・再エネ化技術や下水道資源の有効利用によるCO_2削減策としてリンの資源化、再生水の利用、下水熱や焼却熱の利用等を推進されてきたわけですが、それらの状況、対策効果の評価について、ご紹介いただければと思います。

都庁最大のGHG排出者

宗吉　東京都下水道局では、区部において下水の処理および雨水の排除など公共下水道事業を行い、また多摩地区では市町村の公共下水道から流入する下水を処理する流域下水道事業を行っています。区部と多摩地区において、20ヵ所の水再生センターと87ヵ所のポンプ所などの施設を24時間365日休むことなく稼働し、下水道機能を確保しています。

20ヵ所の水再生センターでは、１日当たり、東京ドーム約4.5杯分に相当する約558万m^3の下水と、それに伴って発生する約20万m^3の汚泥を処理しています。かなり膨大な量の下水と汚泥を処理している状況です。そのため下水道事業は、良好な水環境を創出する一方で電力や燃料など大量

のエネルギーを必要とし、それに伴ってCO_2を排出しています。また処理工程では、CO_2の298倍に相当する温室効果を有するN_2Oや、同じく25倍に相当するCH_4が発生しています。その結果、下水道局は、都庁全体のGHG排出量の約35%を占める最大のGHG排出者になっています。

こうした状況を鑑みて、東京都下水道局は、従来から、地球温暖化対策を主要施策に位置付けて取り組んできました。具体的には、GHGの削減目標や削減方法を定めたアースプランという局独自の計画を2004年から策定して、この計画に基づいて削減に取り組んでいるところです。この計画は、京都議定書に先駆けて策定したものですが、東京都の環境基本計画の改訂に併せて、2010年と2017年にそれぞれ改訂し、GHGの削減目標等々をレベルアップしています。現行の「アースプラン2017」では、2030年度までにGHGを2000年度比で30%以上削減する目標を掲げて、取り組んでいるところです。具体的なGHG削減の取組みについてご紹介します。

官民連携での下水熱利用も

まず、省エネルギーの徹底ですが、水処理工程では、主に微細気泡散気装置と効率のよい送風機を組み合わせて送風量の最適化を図る“ばっ気システムの最適化”に取り組んでいます。また汚泥処理工程では、これまで使っていた遠心濃縮機は電力使用量が大きいことから、近年は重力を利用したろ過濃縮機の導入を進めて電力使用量を削減しています。

次に、再生可能エネルギーの利用では、建物や処理施設の上部空間を活用して太陽光発電の導入を積極的に進め、現在48ヵ所で約5,900kWの太陽光発電設備を導入しています。また処理水を放流する際の落差を利用した小水力発電を、2ヵ所で約300kW分の設備を導入しています。

一方、下水道が有するエネルギーの有効利用も非常に重要と捉えています。下水の持つエネルギー活用として、森ヶ崎水再生センターでは、汚泥消化で発生するCH_4を主成分とした消化ガスを燃料とした発電を3,200kW規模で行っています。また、東部スラッジプラントでは、汚泥から製造した炭化物を石炭の代替燃料として火力発電所で利用する取組みも行っています。さらに、下水熱の活用も図っています。下水熱は、気温と比べて、夏は冷たく冬は暖かいという下水の温度特性を活用した再生可能エネルギーであり、水再生センターの冷暖房の熱源として利用するほか、東京ドーム周辺など都内5ヵ所で、オフィスビルやホテル、あるいは高齢者医療施設などで利用していただいています。最近では、下水道管理者の許可を受ければ、民間事業者が下水道管に熱交換器を設置して下水熱を回収できるようになりましたので、そうした取組みについても、民間事業者と連携しながら進めているところです。

GHG排出量を27%削減

最後になりますが、処理工程・方法の効率化として、東京都下水道局では、環境に配慮した焼却炉の導入を推進しています。GHG排出量を大幅に削減できる省エネルギー型焼却炉、あるいはエネルギー自立型焼却炉を民間企業との共同研究により開発し、順次導入を図っているところです。省エネルギー型焼却炉やエネルギー自立型焼却炉は、脱水汚泥の含水率を低くできる高性能の脱水機と組み合わせることで、運転時の燃料が不要となります。また、燃焼温度を850℃以上にすることでN_2Oの発生量を大幅に削減できます。

電力については、省エネルギー型焼却炉では排ガスを利用したターボなどにより電力使用量を大きく削減し、エネルギー自立型焼却炉では排ガスの熱を利用した発電で運転に必要な電力を自給します。

このような取組みをあらゆる工程で徹底的に行うことで、2021年度には、GHG排出量を2000年度比で約27%削減しています。

処理場整備は後発

大橋　横浜市では、市内に11ヵ所の水再生センターと2ヵ所の汚泥資源化センターがあり、汚泥

は送泥管で集約して処理しています。送泥後には、濃縮、消化、脱水、焼却または燃料化というかたちで処理しています。南北の汚泥資源化センターにある卵形消化タンクは、横浜下水の象徴的な存在ということで、写真などでご覧になったこともあろうかと思います。

高度経済成長時の爆発的な人口増加に対応して、横浜市では急ピッチに都市インフラの整備が進められてきました。さかのぼること150年前ですが、イギリス人技師のブラントンが横浜に下水管を布設したことが横浜下水の始まりとなっています。ただ、管は150年前に布設されましたが、下水処理場の整備は意外に遅く、1962年に供用開始した中部水再生センターが最初でした。その後、1984年までの22年間で全11水再生センターが整備される、非常に急ピッチでの整備という歴史があります。

集約処理方式で汚泥100%利用

その後、1987年に北部汚泥資源化センターが供用を開始し、その2年後に南部汚泥資源化センターが供用開始し、現在のシステムが構築されました。横浜市は汚泥を集約処理する方法を採用していますが、このおかげでエネルギーや資源をより一層効率的に利用できています。例えば、北部汚泥資源化センターでは、約200万人分の市民の汚泥を集約し、12基ある卵形消化タンクから発生する消化ガスで、年間約3,000万kWhの発電を行っています。消化ガスは、発電のほか焼却炉や炭化炉の助燃材として活用しています。

北部汚泥資源化センターがある鶴見区末広地区には、水再生センターと汚泥資源化センター、さらに資源循環局のごみ焼却工場が隣接していて、1995年からは、水再生センターで発生する処理水のほか、消化ガス発電やごみ発電により生み出した電力を融通するようなかたちで、それぞれで資源の有効利用を図っています。焼却灰については、1989年運転開始の改良土プラントで有効利用を開始しました。その後、2004年から初代PFI事業というかたちで、改良土プラントのリニューアルを行いました。現在の2代目PFI事業で整備した新しい改良土プラントでも、引き続き改良土事業を継続しています。横浜市の下水汚泥は、焼却灰の建設資材利用や燃料化などによって有効利用を図っており、100%有効利用している状況です。

南部汚泥資源化センターにおいても、北部と同様の思想で、隣接するごみ焼却工場と、電力、再生水、消化ガスなどの資源の相互利用を行っています。横浜市で最初に消化ガス発電を行ったのは中部水再生センターで、1970年という記録が残っています。そこから、エネルギー有効利用の研究が始まり、現在の取組みにつながっています。

横浜市の水再生センター、汚泥資源化センターなどの下水道施設全体で使用する電力は、ポンプ場も合わせて年間約2.8億kWhです。一方、消化ガス発電やごみ発電による電力で年間約8,000万kWhを供給しているため、差し引き年間約2億kWhを小売電力事業者から調達している状況です。この電力に相当するGHGは年間約9万tになります。電力に関する排出係数は、近年は低下してきているものの、電力消費量の削減となると、乾いた雑巾を絞るように毎年努力を続けてきたものなので、削減はなかなか難しいという状況にあります。

排出量を下げる取組みとして、2022年度は、資源循環局のごみ発電の“環境価値”、これを市役所内で有効活用する取組みを行っています。市内のごみ工場で発電した電力を地産地消する取組みは以前から行っていますが、今回の取組みでは、ごみ焼却工場の非化石証書を使い、中部水再生センターと金沢水再生センターおよび所管のポンプ場で使用する電力をCO_2フリーにします。これにより、2022年度は2センターの電力消費によるCO_2排出量の全量約1万tを削減できる見込みです。

メタネーションにも着手

また横浜市はメタネーションについても取り組んでいます。CO_2と水素（H_2）を反応させて都市ガスの主成分であるCH_4を合成する技術をメ

タネーションといいますが、横浜市では東京ガス㈱と2022年1月にメタネーションの実証試験に向けた連携協定を締結しました。市内鶴見区末広町の東京ガス横浜テクノステーションにおいて行うメタネーションの実証試験に対し、横浜市の下水道施設およびごみ焼却工場からCO_2等を供給し、脱炭素化に資する技術開発を行うものです。消化ガスには、CH_4が6割、CO_2が4割含まれています。この4割という高濃度のCO_2からCH_4を生成するというものです。

東京ガス横浜テクノステーションは、北部汚泥資源化センターのちょうど向かいに位置する絶好の立地条件です。なお、横浜市の下水道施設からは、消化ガスと再生水を供給し、試験を進めていく予定です。

下水道の脱炭素化に向けたメニュー

髙橋　下水処理場の水処理や汚泥処理にかかるエネルギー消費量は、処理方式や規模によって異なり、それぞれに応じた対策を講じる必要があります。そこで、地域の実情を反映した施設整備・管理、脱炭素化の計画策定、対策効果の評価について、下水処理場におけるN_2O排出量削減技術に関する共同研究なども実施されている日本下水道新技術機構（下水道機構）の藤本部長にお話を伺いたいと思います。下水道施設での「省エネルギー診断」の実施状況や改善効果等についてご紹介いただけませんか。

藤本　下水道機構では、これまでに省エネや創エネ技術に関する技術資料を作成し、広く提供してきました。また、最新の省エネ・創エネ技術に再エネを加えて、エネルギー自立化を検討するという共同研究も行っており、こちらも技術資料としてまとめています。こうした知見を背景に、具体の下水処理場を対象に省エネ運転や省エネ機器の導入を提案する「省エネルギー診断」（省エネ診断）を行っています。

省エネ診断は、2022年度末までに59ヵ所の処理場で実施しています。効果については、処理場によって大きく異なりますが、大きなところではエネルギー使用量の5割削減、平均的には2～3割程度の削減は見込めるような結果になっています。

主ポンプや送風機は処理場の消費電力量に占める割合が大きいのですが、耐用年数も長く、すぐに更新できるものではありません。そこで、運転方法と電力消費量の関係を分析し、より省エネになる運転方法を提案しています。運転の変更なので初期投資は不要ですので、即対応可能です。下水道機構では、この省エネ診断を各処理場で行えるように、これまでの知見を取りまとめた「省エネ診断マニュアル」を昨年末に作成しました。皆さまに広く提供していますので、参考にしていただければと思います。

下水道機構では、省エネに加えて、消化ガス発電や焼却炉の排熱発電等を加えた創エネ、太陽光発電や風力発電などの再エネを組み合わせて、エネルギーの自立化・脱炭素化のメニューを作成し、さらに各機器導入のロードマップを加えた、脱炭素化計画策定についても実施しています。ただ、GHGにはエネルギー由来以外にも、水処理や焼却由来のNO_2やCH_4があるため、2050年のカーボンニュートラル達成には、さらなる技術開発が必要です。

脱炭素化には、N_2Oの対策も必要ですので、2022年度から、下水処理場におけるN_2O排出量削減技術に関する共同研究を始めたところです。焼却炉に加えて水処理からのN_2Oも対象に加えて調査しています。有用な知見が得られることを期待しているところです。

髙橋　続きまして、コンサルタントにおける取組み・提案について、ご紹介いただきたいと思います。

下水道脱炭素化計画策定での課題

天野　日水コンでは、いくつかの自治体から脱炭素化の検討業務を受託し、検討作業を行っています。また、「カーボンニュートラル地域モデル処理場計画」について、自治体の申請のお手伝いをさせていただきました。また、下水道関係の団体からの受託業務として、脱炭素化の取組事例の収集・整理、電力・エネルギー使用量の計算・分析ツールの作成などを行っています。さらに、社内の研究開発の取組みの一つとして、海外の脱炭素化技術の動向調査などを行っています。

それらの取組みのなかで、特に脱炭素化に関する計画を策定するうえで悩ましく思うことがいくつかあります。一つは、地方公共団体実行計画では対象とならない下水道事業の外部貢献（社会全体での削減効果）、特に燃料化や肥料化による貢献をどのように評価し、見せるかということがあります。また、地球温暖化対策計画の削減目標については、電源構成の見直しによる削減（電力排出係数の低減）と下水道分野における削減とを分けて整理すべきですが、自治体の担当者からは「それらを含めて下水道事業者の取組み」という声も聞かれますので、それらの見せ方をどうするかということがあります。さらに、2050年カーボンニュートラルの実現はなかなか厳しいように思われるなかで、計画のとりまとめ方や見せ方をどう工夫するかということがあります。

CH_4・N_2Oの回収等が課題

亀田　NJSも日水コンさんと同様に、複数の自治体からの委託で、下水道事業の脱炭素化に向けた検討作業を行っているところです。数年前までは、温暖化対策計画の検討内容として、現在の設備や現在の運転手法をどのように変えれば排出量をどの程度減らせるか、というところを基点にして考えてきたのですが、それですと当然、2050年のカーボンゼロは達成できません。そこで“2050年にカーボンゼロ達成”をスタートにして、そこからフィードバックしていくという計画策定を行っています。

その場合、施設整備状況や更新計画、ストックマネジメント計画との兼ね合いが大きな問題になってきます。そのため、2050年時点の理想形へ向けてどのようにアプローチしていくか、自治体の皆さんとよく検討します。ただ、2050年が理想的なかたちになってしまうので、現実との間に生じるギャップが悩ましいところです。

また、CH_4やN_2Oについては、いくら再エネ等を導入しても、どうしても残ってしまうところがあり、自治体さんでも、これらをどうしたらいいかという話がよく出ます。最終的には、排出量取引やCH_4、N_2Oの回収等が課題になってきます。

N_2Oは吸着して除去することはできますが、コストが非常に高いので、この技術開発をどう進めるか。またCH_4については、利用法を探っていくというところがありますが、水処理から出てくるCH_4は濃度が低いので、回収・利用方法についても課題かなと感じています。

熊本市での取組みをショーケースに

大庭　東京設計事務所ではいま、シンクタンクと共同で、熊本市の脱炭素化に向けた検討業務を行っていますので、その事例を踏まえて、少し紹介させていただきたいと思います。

熊本市では、19市町村と共同で、連携中枢都市圏として全国初となる「熊本連携中枢都市圏地球温暖化対策実行計画」を策定し、「くまもと脱炭素循環共生圏」実現に向けて取り組んでいるところです。熊本市が排出するGHG全体量の26%を占める上下水道事業の脱炭素化の取組みとして、2030年および2050年の削減目標を達成するために、電力の脱炭素化をはじめ、再エネ・省エネ設備の導入や施設照明LED化・公用車EV化の導入検討、AI／ICT技術や創エネ（地域バイオマス等）の有効活用など、多方面の取組検討を行いま

した。先ほどお話のあった「カーボンニュートラル地域モデル処理場計画」を策定したことから、熊本市では、ショーケースとして全国へ普及啓発しつつ、取組みを強化していきたいという目標も掲げています。

そうしたなかで、現況の話になりますが、熊本市では現状の上下水道施設における電力需要量、それから再エネ供給量、これらのデータを収集・整理して、“需要ギャップ”というものをまず把握しました。それから目標設定については、熊本市では、今後の人口減少や一人当たりの使用水量の減少などの影響による電力使用量の自然減をBAU推計によって算定することで、2030年、2050年までに必要な再エネ、省エネ、脱炭素電源調達の量を把握しました。施策検討の大きな流れですが、まず、上下水道事業のGHG削減に寄与し得る施策を網羅的に列挙したロングリストを作成しました。これを1次選定表のようなかたちで作成して、列挙された各施策の削減量、それから導入可能性評価を行い、ショートリストを作成しました。その結果を受けて、ロードマップを作成し、最後に経営に対する影響評価を、熊本市上下水道事業経営戦略に示された四つの将来像「安全安心」「環境保全」「信頼」「持続」の視点に立って行いました。地域の実情、それから特性を踏まえた計画、優先順位の考え方ですが、基本的にはストックマネジメント計画と併せて効率的に進めていくということを軸にしながら、改築計画がなくても、例えば「下水汚泥繊維利活用システム」など最新の技術を広く展開していくようなことも検討してきました。

髙橋　将来、嫌気処理と膜分離技術を組み合わせたような嫌気MBRを用いた水処理技術が実用化されるかもしれないと考えています。現状では、先ほど亀田さんがおっしゃったように、下水のような低濃度の有機排水でメタン発酵する際には、処理水中の溶存メタンの回収が課題となっていますが、下水を直接メタン発酵する技術が開発されると、脱炭素に寄与する下水道システムを構築できると考えています。

田隅　先ほどCH_4、N_2Oの話がありましたが、水処理におけるN_2Oについては排出メカニズムがそもそもよくわかっていません。水処理のN_2Oについては、大学の先生方の関心が非常に高い分野ですので、学との連携を強めていくことが重要であると考えています。

髙橋　それではテーマの2番目として、「地球温暖化対策実行計画の策定」そして「効率的・効果的な省エネ・創エネ・再エネ化の促進方法」について、ご意見いただければと思います。

2050年CO_2排出実質ゼロ見据え

宗吉　近年、地球温暖化による気候危機が一層深刻化するなか、脱炭素化への動きが国内外で非常に加速しています。東京都におきましても、2050年までにCO_2排出実質ゼロを目指す国際的な動きに貢献すべく「ゼロエミッション東京」の実現に向けて、2030年までにGHG排出量を半減するカーボンハーフを表明して、取組みを加速させているところです。

一方、東京都下水道局においては、処理水質の向上あるいは浸水対策の強化など、いわゆる下水道機能を向上する取組みによって、今後、GHG排出量の増加が見込まれています。そのため、これまで以上の削減が必要になると問題認識を高めているところです。このため、昨年4月に外部有識者で構成される「下水道カーボンハーフ実現に向けた地球温暖化対策検討委員会」を設置し、2030年カーボンハーフを実現するための方策、あるいはその先の2050年ゼロエミッションを見据えた下水道事業のビジョンなどについて検討を進め、昨年12月にこの委員会での最終報告書を取りまとめて、公表したところです。この検討委員会では、さまざまなご意見をいただきましたが、2030年までは10年を切っており、2030年カーボンハーフの実現に向けては、既存技術や早期の実用化が期待される先進技術の導入を推進していくことが重要と考えています。

省エネ型機器、あるいは環境に配慮した焼却炉の導入など、現行計画の取組みを加速させるとと

もに、新たに技術開発した設備の導入や再エネのさらなる利用、あるいは維持管理の工夫など、そういった取組みを総合的に進めることで、2030年カーボンハーフの実現に取り組んでいかなければなりません。

一方で、その先の2050年ゼロエミッションの実現に向けては、既存技術や先進技術の導入だけでは達成が困難です。このため、下水道の持つポテンシャルを最大限に活用するとともに、先進技術の導入推進、革新的技術の開発・導入なども進めて、GHG排出量を徹底的に削減する必要があります。また、外部での下水熱の利用を促進するなど、下水道資源を利用した社会への貢献も重要になってくるでしょう。

現在、国や東京都の新たな動き、さらには先ほどご紹介した外部有識者による検討委員会での議論を踏まえて、新たな地球温暖化防止計画、アースプラン2023の素案を取りまとめ、現在、パブリックコメントを行っている最中です。

N_2O対策を柱に50%削減目指す

大橋　GHGの削減目標については、令和３年に国の“排出量46%削減”からさらに高みを目指して“50%削減”という流れがあります。横浜市でも、「横浜市脱炭素社会の形成の推進に関する条例」が制定され、市、事業者および市民が一丸となって脱炭素に取り組むこととしています。

こういった状況のなか、2022年度に横浜市下水道事業の脱炭素に関する計画を改めて改訂し、公表したところです。改定した計画では、2013年度を基準とした2030年度までの目標は、市域全体、市役所、下水道部門の目標ともに50%削減と設定しています。下水道事業のGHG排出量のうち約半分は、ポンプやブロワ、焼却設備などの電力使用によるものが占めていて、残りが下水処理と汚泥処理で発生するガスで、それぞれ約４分の１ずつを占めています。特にN_2Oは削減効果が大きいため、その発生抑制は温暖化対策のうえでは非常に重要なものと考えています。水処理については、高度処理化をすることで電力消費量が増える傾向はありますが、一方で、N_2Oの発生を大幅に抑えることができます。そのため、効率的な機器を導入しつつ高度処理化を図るということで、排出量削減に取り組んでいます。

また、汚泥焼却もN_2Oの発生に大きく影響することから、焼却炉の更新に併せて、既存の高温焼却よりもさらに高温の焼却炉を導入することで、排出量の削減に努めているところです。北部汚泥資源化センターにおける汚泥処理有効利用事業においては、汚泥焼却炉と改良土プラントの更新に加え汚泥燃料化施設を整備し、2022年度から本格的に維持管理運営が始まったところです。横浜市の下水道事業全体、約15万t／年のGHG排出量のうち約8,200t／年の削減効果が、この事業で得られる見込みです。

まずは省エネ診断

藤本　まずは省エネ診断の実施が必要です。田隗室長からもお話がありましたように、2023年度からは省エネ診断が交付金対象となりましたので、ぜひ取り組んでいただきたいと思います。マニュアルも発刊しましたので、大いに利用していただければと思います。まずは省エネ診断を行って、運転方法の改善を行うのが第一段階です。

次が、省エネ機器の導入です。省エネ機器について、今まで取り組んだなかで効果の大きなものとしては、反応タンクの散気装置が挙げられます。高効率タイプの散気装置を導入し、次に適切な風量の送風機の導入が効果的です。好気タンク内に水中撹拌機を入れているケースがあるのですが、

水中撹拌機の撹拌動力がプラスアルファでかかってきますので、それを高効率タイプの散気装置に取り換えるのが省エネに効果的です。

創エネについては消化プロセスの導入が効果的です。消化ガス発電のほか、焼却炉を使っているところでは消化ガスを補助燃料の代わりに使えます。消化汚泥自体は含水率が高いため焼却炉では補助燃料が必要になりますが、現在の消化汚泥の含水率を低下させて自燃できれば、消化ガスが全量発電に使えます。そういうシステムも開発され、実機導入もされています。下水道機構としても2022年度から共同研究をしていますので、その知見を今後広く提供できればと考えています。

また再エネについては、太陽光発電が一般的です。最近、下水道分野でもPPAによる太陽光発電の採用事例が出てきました。PPAは、例えば、下水処理場用地に民間企業が太陽光発電施設を設置して、そこで生み出された電力を下水処理場が購入するといった方法です。こうした方式が効果的に採用できれば、初期投資も維持管理も必要ありませんので、再エネの活用が可能になります。環境省の補助金もありますので、有効な方法と思います。

まずは省エネをメインに

天野　2030年までについては、まずはストックマネジメント計画に基づく省エネ機器への更新、運転方法の工夫・改善など、省エネが対策のメインになると考えます。国土交通省が掲げる「年率約２％の削減」という省エネの目標は、創エネ・再エネの目標と比べて非常にハードルが高いうえに、昨今のエネルギー価格の高騰が追い打ちをかけ、省エネは喫緊の課題と言えます。

省エネについては技術的な検討と併せて、維持管理業務の包括的民間委託において民間企業の創意工夫やノウハウが発揮できるようなスキーム、具体的には電力・エネルギーに関する要求水準やインセンティブについての検討も重要と考え、先進事例の収集・整理などを行っています。ただ、昨今のエネルギー価格の高騰の影響で、インセンティブの原資を確保しづらい状況にあることから、厳しい局面にあると考えています。

2050年カーボンニュートラル実現に貢献する省エネ・再エネ・創エネ技術のメニューは、東京都や横浜市などの公表資料、B-DASHプロジェクトの技術情報資料、研究機関・団体のマニュアルなどにおいて概ね出揃っているように思いますので、その組合せや個々の処理場への適用性について検討することになると考えています。以前はどちらかというと消極的であった廃棄物分野との連携について、自治体から積極的にアイデアが出ることもあり、そのあたりはちょっと面白くなってきたと感じています。

田隗　いまインセンティブの話がありましたが、例えば、包括的管理委託を受けている維持管理事業者が省エネに取り組むインセンティブを与えることも非常に重要だと考えています。数は少ないですが、インセンティブを与えている具体事例もありますので、そういう事例をお示しして、それぞれの自治体で同様な取組みが進んでいくことを期待しています。

B／Cを踏まえて

亀田　脱炭素などの計画策定については、2050年は理想形になってしまうので、2030年に向けた話では、天野さんがおっしゃったとおり、省エネが中心になります。その際に求められるのは、B／Cを踏まえた経済性はどうなのかということです。弊社では技術導入や運転方法の工夫による省エネなどについて提案をしています。例えば、活性汚泥モデルを使ったシミュレーション利用についても提案させていただいているところですが、運転方法の変更等でGHGが大きく減少はしないので、やはり基本的にはB-DASHプロジェクト等の新技術を検討することになります。

あと、先ほど出ていました廃棄物など下水道分野以外からのバイオマスの集約処理についても、検討しています。生ごみなどのバイオマスの受入れを行い、バイオガスが増加して利用可能エネルギーが増加する、とてもいい話ではあるのですが、

「生ごみを実際どこから持ってくるのか？」が課題となります。現在ごみ焼却場で焼却発電しているところから生ごみを持ってくると、ごみ焼却場の発電量が減るなどトレードオフ的な面もあります。ごみ焼却場等の廃棄物処理施設との兼合いでは、更新時などにごみ焼却場等を少しでも小規模化できないとメリットが出にくいと非常に感じています。

また、ほかの部署での CO_2 削減でも地域全体の CO_2 の削減として見ていただければありがたいと思います。また、生ごみなどを下水処理場で処理する場合の手続きについては、なるべく簡略化していただけると非常にありがたいと常々感じています。

まずはスモールスタート

大庭　先ほどに引き続き、熊本市の事例をベースに話をさせていただきます。

2030年に向けた、さらに直近の施策として、施設照明のLED化とEV車の導入に向けた取組みを2023年度から始めようと考えています。削減効果はそれほど大きくありませんが、まずはスモールスタートを切るという考えです。

それから、例えばバイオマスの受入れ、発電設備の増設などによる下水消化ガス発電の最適化、太陽光発電設備の導入といった再生可能エネルギーの利活用のほか、浄化センターにおける省エネ機器の導入など、早期に導入可能な取組みが考えられるかと思います。このうち浄化センターにおける省エネ機器の導入については、既存の施設更新計画を考慮しながら、効率的で経済的な導入時期を検討してきています。

2030年までの施設更新計画にない設備については、老朽化の現況や削減効率を考慮して導入時期を検討してきています。その際、経営に対する影響評価も行っていますが、更新計画がない施策については、留保金の使用といったものも視野に入れながら、検討を行いました。

また2050年に向けては、下水熱など今後新たに導入可能な再生可能エネルギーの利活用、それから、ICTやAI技術を活用した運転制御技術の導入などが考えられると思います。

そのほか、熊本市脱炭素業務においては、他自治体が先進的に取り組んでいる下水管を活用したデマンドレスポンス運転など、最新動向をつかんで、熊本市にも提案してきています。

髙橋　地域のバイオマスを集約するうえでは、対象物によって異なっている法手続きの緩和ができると、汚泥の有効利用がますます促進されるように思っています。

下水道事業の省エネ・創エネ・再エネ化の最適化から効率的・効果的な促進方法まで、お話をいただいてきました。ここまでで何かご意見がありましたら、よろしくお願いします。

東京都における直近の脱炭素事例

大橋　東京都の取組みについてご紹介いただきましたが、非常にたくさんあり、まさに“脱炭素メニューのデパート”といった感じを受けました。

今日ここに来る途中、大手町にある東京都下水道局の新しい施設を拝見したのですが、例えばその銭瓶町ポンプ所など新しい施設での脱炭素の取組みやPR事項などがあれば教えていただけませんか。

宗吉　東京駅近くの銭瓶町ポンプ所は、新たに建設したビルの地下にポンプ所を移設しています。汚水の中継ポンプ所であることから一定量の汚水が流れてきますので、未処理の下水、“生下水”の熱を、ポンプ所の上部に建つビルの冷暖房

熱源として利用しています。これまでの下水熱の利用では、処理水から熱を回収するケースがほとんどです。夾雑物が多く含まれている生下水からの熱利用はトラブルのリスクも高いのですが、銭瓶町ビルディングでは、今回の建築に併せて、そういった熱も利用して省エネを図っています。

大橋　生下水というのは横浜市では事例がないのですが、確かに大変そうですよね。

宗吉　以前は、湯島ポンプ所など他のポンプ所でも生下水を使った熱利用を行っていました。私も木場ポンプ所で生下水を使った熱利用設備の維持管理に従事したことがありますが、夾雑物を取り除くストレーナで閉塞し、かなり苦労した経験があります。そうしたことから、近年では処理水からの熱利用がメインになっています。ただし、全国的に見ると、処理水だけではなくさまざまな形態で下水熱が使われています。

大橋　ありがとうございます。

宗吉　東京都では、日々の運転のなかで、エネルギー使用量を減らすため、運転管理の改善に取り組んでいます。例えば、反応槽の空気量を最適にするため、処理水質と送風電力量を二軸管理する手法も取り入れています。各水再生センターでは20年近く、こういった運転管理の改善に取り組んできましたが、そうしたなかでも省エネ診断は重要な取組みとなります。外部の目線で、私たちが気付いていないところを今一度総点検することも重要ではないかと考えています。ただし、私もビルや工場で省エネ診断を行ったことがありますが、各施設に合った提案を行うことの難しさを感じています。下水道施設も機器単体だけでなく、システムで省エネルギー診断を行う必要があり、下水処理に精通した技術者が欠かせません。マニュアル等々も出されているということなので、それらも参考にしたいと思っています。

藤本　下水道機構の省エネ診断では、現状把握、分析、提案、ディスカッション、提案の修正の順に行っています。私どもの提案について、地方公共団体や維持管理担当の方に参加いただき、情報を共有することで、提案内容を理解していただき、運転実施につなげています。また、一連のプロセスのなかで、新たな気付きがあったりしますので、コミュニケーションを取りながら進めていくのは大事だと思っています。

髙橋　ここまでについて、国土交通省の田隗室長からコメントがありましたら、よろしくお願いします。

2050年はいまの延長線上にない

田隗　省エネ診断についてのお話が多々ありましたが、省エネについては、頑張っている自治体はすでにかなり頑張っていますので、さらに省エネを進めるというのは、非常に困難な取組みではあると思います。そういうなかで、あまり過度な期待をし過ぎてはいけませんが、省エネ診断については、運転の見直しにより消費エネルギーを削減するという、ある意味、非常にお金のかからない取組みにもつながりますし、重要な取組みだと考えています。何より、いまの藤本部長のお話のように、省エネ診断を契機に関係者間で議論を行うことが非常に大事なのだと考えています。すでに頑張っていらっしゃる自治体は、さらに大幅に下げるのはかなり難しいと思いますけれども、議論を通じた気付きの部分も含めて、やはり省エネ診断のような取組みは重要だと、お話を伺いながら改めて感じました。

それから、外部貢献の話もありましたが、それをどのように見せていくのかということも大事な視点だと思いました。

もう一点は、2050年に向けた取組みでしょうか。2030年と2050年とでは全然違うアプローチが必要になってくるであろうということで、2030年に向けてやらなければいけないことは、ある程度明確になっていますが、「では2050年に向けてどうするか」となると、皆さんが言われていたように、いまの延長線では困難であることは明らかだと思います。ではどうしていけばいいのか。まさに技術開発が重要になってくるのだろうなとも思いました。しかし、実装に要する期間を考えると、2050年に向けて、それほど時間があるわけで

はないので、必要な技術開発をいかに迅速に進めていくのか――。いままでの標準活性汚泥法とは異なる、新しい視点の水処理そのものを考えていかなければいけないのではないか、そんなことを感じました。

髙橋　それでは、最後のテーマである「地球温暖化対策実行計画を予定している自治体に向けたアドバイス」と、今後に向けた展望などについて、ご意見いただければと思います。

まずは2050目標に向けた試算を！

宗吉　東京都下水道局では、現在、次期アースプランの素案についてパブリックコメントを実施していますが、これまでの地球温暖化防止計画よりもかなり進んだ計画になっていると思います。これまでは、10年先くらいを見据えた計画でしたので、ある程度、現実的な対策を積み上げることで計画を立案できたのかもしれません。しかし今回、2030年カーボンハーフに加え、その先の2050年ゼロエミッションに向けたビジョンを取りまとめましたが、2050年を見据えて計画を立案するのが非常に難しかったと感じています。

ただ、やってみて実感したことは、このまま取組みを継続したときにどの程度までGHGを削減できるのかということは、実際に試算しなければわかりませんので、各自治体の皆さまには、2030年あるいは2050年に向けて、GHGの排出量をどの程度削減できるのか、早めに試算していただいたうえで、今後を見据えて取り組んでいただいたほうがいいと思います。

2050年ゼロエミッションに向けて、やはり新たな技術が必要になると考えています。それに向けて技術開発等々も必要になりますが、実装化するには、技術開発の期間なども含めると、もう議論を始めないと間に合わないのではないか、実務者として焦りを感じているところです。

更新期を逃さず、時代に合ったシステム導入

大橋　横浜市は、先人たちが45年前に汚泥圧送方式を計画した結果、現在の私たちは南北の汚泥資源化センターという貴重な財産を持っており、半世紀たった今でもしっかり受け継がれています。

南北汚泥資源化センターの消化ガス発電は、現在は二代目が活躍しています。そろそろ次の三代目をどうするかという課題を検討していく時期になります。消化ガス発電やそのほかの最新技術についても期待するところですが、こうした更新のタイミングを逃さないように、新しい時代に合ったシステムを導入していくことが非常に重要だと考えています。また焼却設備も、次の更新に向けてチャンスを逃さないように、最適化への検討が必要な状況にあります。

近年は、CO_2の回収技術やメタネーションなど、一昔前までは夢物語のようなレベルだったものが現実的なレベルになっています。技術革新やエネルギーの価格変化など非常にめまぐるしい状況ではありますが、効果的な排出削減策をしっかり見極めて、時代に合った事業選択をしていく必要があると認識しています。

施設の現状把握とデータの整備を

藤本　下水道機構でも地球温暖化対策実行計画のお手伝いをさせていただいていますが、地球温暖化対策実行計画を策定するためには、まずは現状を把握し、対応策を検討し、メニュー化を行い、省エネ機器であれば導入計画すなわちロードマップを作成することが必要です。まずは、ご自分の処理場がどうなっているのか、省エネ的なのかどうかを確認するところから始めることが必要でしょう。

運転方法の改善を行うためには、データが必要です。例えば、主ポンプですと、各ポンプの1時間ごとの揚水量、電力消費量が必要です。電力消費量は主ポンプ全体でも結構です。このような「数字」に基づいて分析を行います。ところが、必要なデータがない、もしくは使えない場合が多々あります。分析ができないことには、対策の検討をしようがありません。

中央監視施設が更新されたものについても、中

身は旧態依然で、必要なデータが入手できない場合が多々あります。中央監視施設の更新の際には、省エネ運転に必要なデータが入手できるようにしていただくことをお願いします。

2050年カーボンニュートラル実現には、焼却炉や水処理に伴うN_2OやCH_4対応も必要です。また、今後の技術開発も大いに期待されるところです。

田隗　データが必要だというのは、そのとおりです。2023年度からスタートする「下水道温室効果ガス削減推進事業」では、まさにそうしたデータ取得も含めて、しっかりと支援していく事業になっています。運転改善等につなげられるようなデータの取得などが進んでいくことを期待しています。

CCUSなども視野に

天野　「アドバイス」ということではありませんが、真にカーボンニュートラルの議論をするのであれば、メタネーションの話も出ましたが、下水道においてもCO_2の回収・有効利用・貯留（CCUS）やカーボン・オフセットなどの議論が欠かせないと考えています。そういう意味でいうと、例えば、クレジットの議論を意識して、CO_2削減量あたりのコストに基づく施策の優先順位、技術開発のコスト目標、2050年に対する目標・計画の取りまとめ方について考えることが大切になってくると思います。

地域バイオマス受入れも視野に

亀田　NJSでは2021年度に「下水処理場におけるエネルギー自立化の状況：海外事例を中心として」という資料を編集しました。そのきっかけとなったのは、社長の村上が“海外ではエネルギー自立や下水処理場でのカーボンニュートラルが達成されているのに、なぜ日本はできないのか”と考えたことで、海外の事例を日本に持ち込むという視点でまとめたものです。結局、技術的なところはあまり変わりません。日本でも技術については実施されている事例も結構あります。ただ、やはり考え方が異なる部分があります。海外の、特

にエネルギー自立やカーボンニュートラルを達成している処理場では、他の有機物をたくさん集めて、それを下水処理場内外でエネルギーとして利用することで、エネルギー自立やカーボンニュートラルを達成するという考え方をしています。資料をまとめるなかで、そうした視点が大事だと気づきました。

若干現実離れしているかも知れませんが、そうした考え方も取り入れたほうが、今後、本当にカーボンニュートラルを推進するという点では大事になってくると思います。

田隗　地域のさまざまなバイオマスを下水処理場で集約処理してエネルギー利用を図ることは、カーボンニュートラルに向けて非常に重要な取組みだと思います。ただその一方で、廃掃法（廃棄物の処理及び清掃に関する法律）上の手続き・対応が自治体によって異なっているのが現状です。この問題については環境省と連携して自治体に向けたヒアリング等を行っていますので、ヒアリング結果を踏まえ、環境省と連携して何らかの対応方針を示していければと思っています。

小規模分散型の水循環システムに注目

大庭　今後の展望ということで、少しお話しさせていただきます。

スタートアップ企業が小規模分散型の水循環システムの実証事業をスタートさせています。各住宅がそこで発生したすべての排水を処理して再利用を試みる取組みです。まだまだ開発の余地はあると思いますが、2050年に向けた取組みという

ところでは、個人的にも注目しているところです。同社ではこの事業によって得られる効果としては、一つ目が水不足への構造的解決、二つ目が水汚染への構造的な解決、三つ目が従来型の水インフラに係る課題の構造的解決としています。

これがうまくいけば、究極的には、例えば浄水施設や下水施設といったものが不要となって、2050年のカーボンニュートラルに向けて、検討の余地があるのではないかと思っています。完全に個別処理というのは難しいのでしょうが、集合処理と個別処理という部分を組み合わせることによって途中の管路の更新が不要になるといったこともありますので、今後の動向に注目していきたいと思っているところです。

髙橋　本日は小規模下水道の話はありませんでしたが、小規模で採用されているOD法では、生物処理に多くのエネルギーを消費して有機物をCO_2にまで分解していますが、その結果、エネルギー回収が非常に難しい状況になっています。OD法による処理水質はBODで5㎎／L以下の下水処理場が多いですが、放流先の水質状況や水利用の状況などを考慮しつつ、排水基準をもう少し緩和できればエネルギー使用量がどのぐらい削減できるかという、そういう検討も必要なのかなとは、個人的に思っています。

それでは、座談会の終わりに、田隈室長から総括的なコメントをいただきたいと思います。

下水道の外側も含めた検討が重要

田隈　総括といいますか、今回の座談会の標題は「下水道事業の省エネ・創エネ・再エネ化の最適化」となっていますが、例えば省エネを進めていこうとすると、個々の機器を見るというミクロな視点のみならず、下水道システムとしての最適化、つまり全体を見る視点も大事であると思います。加えて、下水道分野内での最適化のみならず、先ほどバイオマスを受け入れる際にはトレードオフを考える必要があるというお話もありました

が、下水道の外側も含めた最適化、最終的にはそういったところも考えて検討を進めていくことが重要ではないかと感じました。

髙橋　ありがとうございました。

水コン協は、その活動方針を示す「水コン協ビジョン2015－2025」の第三期中期行動計画を公表しており、主要行動の一つとして「脱炭素化に向けての積極的な提案と実践」を掲げています。2050年目標に向かっては、関係省庁との連携を深めながら、省エネ・創エネ・再エネ化を実施し、下水処理施設を核に地域バイオマスを受け入れて消化ガス発電を行うことで、エネルギーの自立化を目指すことも重要だと考えています。また、地域特性を考慮して、温暖化対策の優先順位を決めて、財源の制約のなかで、効率的・効果的に促進するための検討を行うことが重要であると考えています。さらに、分散型汚水処理については、B-DASHプロジェクト事業のほうで災害時に応急復旧が可能な汚水処理技術の実用化に関する実証事業等の取組みについても、私は非常に注目しています。

今後とも、国や自治体の皆さまのご指導をいただきながら、我々コンサルタントは課題解決に向けて取り組んでいきたいと思っております。

以上をもちまして、下水道技術座談会を終了させていただきたいと思います。本日は貴重なご意見ありがとうございました。