



下水道事業における持続性の確保

国土交通省／水管理・国土保全局／下水道部／
下水道事業課／事業マネジメント推進室／室長

石崎隆弘



1. はじめに

ここ数年、政府や経済界を中心として、スーツの襟元に円形でカラフルなバッチを付けている方を多く見かけるようになりました。ご存じの方も多いと思いますが、このバッチは“SDGsバッチ”と呼ばれ、国連が提唱する2030年までに達成すべき17のゴールと169のターゲットから構成され、国際社会共通の目標として掲げられた「持続可能な開発目標（SDGs）」を表したものです。このSDGsは2015年9月の国連サミットで決定されたものですが、国連ではこの直前はMDGsという「ミレニアム開発目標」を掲げておりました。このMDGsは発展途上国の目標であったため、先進国にはあまり浸透していませんでしたが、SDGsは途上国だけでなく、先進国も含めた世界共通の目標となったため、政府だけにとどまらず、民間企業も自らの企業活動をSDGsに重ね合わせた取組を行っています。

話を下水道に戻しますと、下水道事業を取り巻く状況は、人口減少等に伴う厳しい経営環境、執行体制の脆弱化、施設の老朽化等の多くの課題を抱えており、下水道事業においても、この「持続」というキーワードが様々な施策の根底にあると考えております。そこで、本稿では、下水道事業における持続性の確保に向けて、目標年度を明示した計画や施策について紹介します。

2. 目標年度を明示した計画／施策

(1) 耐水化計画の策定（令和3年度）

近年、全国各地で豪雨等による水害が頻発し、甚大な被害が発生しております。その中でも、令和元年東日本台風（台風19号）では、長野県、福島県を中心に下水道処理場16か所、ポンプ場28か所が浸水により機能停止となるような大規模な被害が発生しました。

この被害を受けて、国土交通省では、気候変動を踏まえた下水道による浸水対策等について議論を深めることを目的として、令和元年12月に「気候変動を踏まえた都市浸水対策に関する検討会」を設置し、その中で、下水道施設の耐水化の推進についての対応の基本方針をとりまとめました。

これを受けまして、令和2年5月に全ての下水道管理者に対し「下水道の施設浸水対策の推進について」の通知を發出し、全ての雨水ポンプ場等、被害時のリスクの高い下水道施設については、対策浸水深や対策箇所等の優先順位等を明らかにした耐水化計画を令和3年度までに策定し、その内容に沿って順次耐水化を進めるように要請しております。また、この通知では、耐水化の対象外力の設定、効率的・効果的な対策手法及び段階的な対策の進め方といった、ハード・ソフトによる施設浸水対策の考え方も示しております。そのなかでも、「段階的な対策の進め方」では、災害時のリスクの大きさや設備の重要度に応じて、段階的に耐水化を推進し、災害時における必要な下水道機能を継続して確保するため、耐水化計画に定める対策スケジュールでは、5年程度で受変電設備やポンプ設備等の耐水化を完了し、揚水機能を確保するとともに、10年程度で余剰汚泥ポンプ等の耐水化を完了し、沈殿機能を確保することと基本とするとしております。

この通知により5年程度で確保するとしている揚水機能について、令和元年12月時点の状況は図-1に示す通りであり、洪水、内水による浸水想定区域内に立地している施設のうち、処理場で40%、ポンプ場で45%にとどまっております。令和3年5月に公布された流域治水関連法と関連して、下水道施設の耐水化については、事業計画の「施設の設置に関する方針（様式1）」への記載内容とすることを考えております。流域治水関連法では、事業計画に関する下水道法改正も行われたところであ

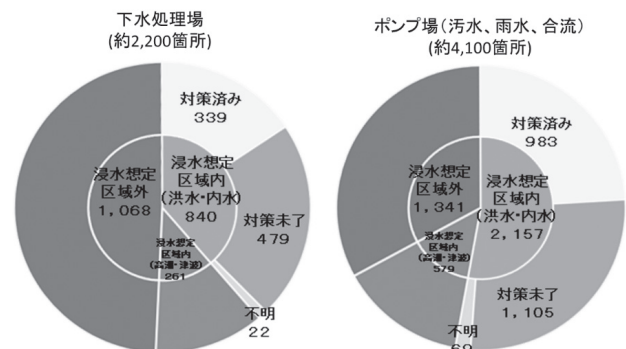


図-1 下水道施設の耐水化状況（揚水機能）

り、この改正事項は法施行後6カ月以内に施行されることとなっており、事業計画の運用にかかる通知の中で下水道施設の耐水化に関する内容も含める予定としております。

(2) 広域化・共同化計画の策定（令和4年度）

職員の減少や施設の老朽化等が顕在化している中、持続的な下水道事業の運営体制確立に向けて、行政界を超えた複数の地方公共団体間における広域化・共同化、さらには、他分野との連携により一層図ることにより、スケールメリットを活かしながら、限られた人材の有効活用や管理の効率化を図ることが重要です。

このようなことから、国土交通省としては、地方公共団体での広域化・共同化の取組を促進しており、平成30年1月に関係3省（総務省、農林水産省、環境省）との連名通知で、全ての都道府県において、速やかに管内の市町村等とともに検討体制を構築し、令和4年度までに「広域化・共同化計画」を策定いただくよう要請しております。また、この通知では、計画策定時の留意事項として以下のことを示しております。

- ・都道府県の強力なリーダーシップのもと、行政界を超えた、持続的な運営が可能な全体最適を目指すこと。
- ・処理場の改築にあわせた統廃合のみならず、ICTによる集中監視等維持管理や事務の共同化等についても検討すること。その際、下水道や集落排水等との統廃合といった事業間の連携も含むこと。
- ・中長期だけでなく短期的な目標も設定し、できることから取り組むこと。

さらに、令和3年1月には、関係する4省連名の通知により、システム標準化を含むデジタル化の推進に関する事項や必要に応じて多様なPPP/PFIの活用に関する事項を広域化・共同化計画に盛り込むことを追加で要請したところです。

また、平成30年8月には、下水道事業の持続性を確保するため、行政界を超えた複数の地方公共団体間における広域化・共同化を一層図っていくことが期待されてことから、「下水道事業における広域化・共同化の事例集」を示しております。具体的な内容としては、下水道事業における広域化・共同化には、ハード連携として「施設の共同化・統廃合」、ソフト連携として「維持管理の共同化」及び「事務の共同化」の3つの形態を示すとともに。広域化・共同化の検討主体として、①都道府県が主体的に県内市町村の広域連携の取組を促進するもの、②政令市や連携中枢都市が周辺市町村との広域連携を促進するもの、③同規模市町村同士が各々をパートナーとして広域連携に取り組むもの、④第三者機関による技術補完等を介し広域連携を実現するものを4つに分類し、個別の取組事例を紹介しております。さらに、令和2年度には2事例を追加したところです。

現時点において、本計画を策定した都道府県は、山形県、埼玉県及び広島県となっております。本年4月にWEBでの開催となりました、令和3年度下水道主管課長会議では、令和2年度に策定された広島県に「広域化・共同化計画」の策定について事例発表をして頂きました。広島県の計画では、表-1の通り、県内に3つある流域下水道の処理場に市の単独公共下水道や農業集落排水施設と接続し、市の処理場等を廃止するなどの市域を超えた6つのケースの統合検討とともに、1つの流域下水道の処理場に共同設置の意向のあった市町等から汚泥を収集し、汚泥燃料化施設の設置を検討することが位置づけられております。広島県の事例では県がイニシアティブを発揮していただき、広域化・共同化の取組を強力に推進されている好事例であると考えております。

計画策定の期限まで残り2年を切り、今年度は計画策定における重要な時期となることから、計画策定後の事業実施を見据えて、地方共同法人日本下水道事業団とも

表-1 広島県の「広域化・共同化計画」における具体的取組

具体的取組		内容
・ 施設の広域化	・ 施設の統合	・ 市域の枠を超えた6ケース及び市域内で完結する7ケースについて統合を検討
	・ 汚泥燃料化施設の共同設置	・ 共同設置の意向があった10市町及び県により県流域下水道へ整備を検討
・ 維持管理の共同化	・ 水質検査業務の共同発注	・ 18市町及び県により業務の共同発注を検討
	・ 業務基準の統一	・ 集落排水事業を実施する17市町により業務基準の統一を検討
	・ 更なる公民連携の推進	・ 施設の広域化の取組についてPPP/PFIの導入可能性を検討 等
・ 危機管理の共同化	・ DXの推進	・ データ連携システムの実用化に向けた取組や県の上下水道DX推進の取組を踏まえシステムを整備
	・ 災害時支援協定、災害合同訓練	・ 市町、県及び関係団体で災害時支援協定の締結や災害合同訓練を実施
・ 執行体制の共同化	・ 保有資機材の相互融通	・ 応急復旧資機材の保有状況等を市町、県で情報共有するとともに、相互融通できる仕組みを整備
	・ 執行体制の共同化	・ 市町の意向に応じ、市町間や県内水道事業の統合の受け皿として新たに設置予定の水道企業団への事務委託を実施
・ 技術研修等の共同実施	・ 技術研修等の共同実施	・ 下水道技術の体系的習得が可能な広島市実施の技術研修に、全市町が参画できる仕組みを構築

連携して、地方整備局等のブロック単位で都道府県との意見交換会を実施します。第一回の意見交換会は7月下旬から開催し、8月中には全てのブロック単位で開催する予定としております。二回目以降については、現時点で確定しておりませんが、例えば、解決すべき課題別に参加する都道府県を分類するなど、年度内を目途に都道府県単位で最大3回の意見交換会を実施し、より実効性のある計画の策定を促進してまいります。

(3) 汚水処理未整備区域の10年概成（令和8年度）

直近の令和元年度末における全国の汚水処理施設の処理人口は1億1,636万人で、汚水処理人口普及率が91.7%となりましたが、一方、約1,050万人が汚水処理施設を利用できない状況にあります。この汚水処理施設を利用できない人口を都道府県別に見ると、滋賀県が最小で約2万人を切っている一方、千葉県、静岡県及び愛知県は60万人台となっています。

この汚水処理施設整備は、市町村が、下水道、集落排水、浄化槽等それぞれの汚水処理施設の有する特性、経済性等を総合的に勘案し、地域の実情に応じた効率的かつ適正な整備手法を選定した上で、都道府県が主体となり、市町村と連携して策定している都道府県構想に基づき、適切に事業を実施しているところです。

この都道府県構想については、平成10年までに全ての都道府県において策定されましたが、人口減少等の社会情勢の変化等を踏まえて、平成14年、平成19年と見直しを要請してきました。直近では、関係する3省（国土交通省、農林水産省、環境省）が連携し、平成26年1月30日にとりまとめた「持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル」を提示するとともに、同日付で「持続可能な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想の見直しの推進について」を通知しております。

この策定マニュアルでは、汚水処理施設の未整備区域については、汚水処理施設間の経済比較を基本としつつ、時間軸の観点を盛り込むことや、新規整備のみならず既整備地区の改築・更新や運営管理手法についても併せて検討するなど新たに記載しました。特に、時間軸の観点からは、10年程度を目途に汚水処理の「概成」（地域のニーズ及び周辺環境への影響を踏まえ、各種汚水処理施設の整備が概ね完了すること）を目指し、先程の通知により、今後10年程度の令和8年度までに汚水処理の概成を目指したアクションプランの策定を含む都道府県構想の見直しを要請しました。

この要請を受けて、全ての都道府県で令和元年に都道

府県構想の見直しが完了したところです。この見直しにより、全国では下水道等の集合処理区域の残整備面積は、東京23区の面積の約2.5倍に相当する約16万3千haが縮小し、率にすると24%減となりました。

国土交通省が令和2年度にアクションプランの進捗状況に関するヒアリングを実施したところ、令和8年度の概成を確実に実現するため、下水道整備区域の見直しや、整備方法の工夫に積極的に取り組む市町村がある一方、更なる人口減少の進展や整備スピードの鈍化により、アクションプランに定めた目標値から大きく乖離している市町村が多数見受けられました。

そこで、今年度で10年概成の前半の5年が経過することを踏まえ、近々、関係する3省の連名により、各市町村のアクションプランの目標値と実績値が大きく乖離する等の市町村を主として、令和3年度中のアクションプランの点検・見直しをお願いする予定です。

3. おわりに

本稿では、令和3年度までの策定期限である「耐水化計画」、令和4年までの策定期限である「広域化・共同化計画」、さらには令和8年度目途の10年概成についての紹介を行いました。2つの計画については、正確な状況の分析に基づき、計画策定後の実効性のある実施内容を盛り込んだ計画となるよう、それぞれの関係者と連携した取組を期待しているところです。また、10年概成については、未だ汚水処理施設の恩恵を受けることができない方が1,000万人程度いることを踏まえると、10年概成の目標年度である令和8年度に向けて、汚水処理施設の恩恵を受ける方が一層多くなるよう積極的に対応を頂きたいと考えております。

下水道は時代の変遷とともに、その役割を大きく変化するとともに、下水道が担う役割も徐々に広がっていると考えています。役割が拡大すると、下水道事業の中でも特定の分野に重点化せざるを得ないという事情は理解する一方、本稿で紹介したことを確実に実施していただき、市民の生命や生活に関わる重要なライフラインである下水道を将来世代に引き継いでいくことは我々が果たすべき使命であると考えております。国土交通省としては、予算制度、法制度等を駆使しながら、全国の下水道管理者さらには水コン協会の皆様方をはじめとする下水道関係者と連携した取組を通じて、下水道事業の持続性を確保に向けた取組を行ってまいりますので、引き続きのご支援とご協力をお願いします。

水道事業における事業管理

厚生労働省／医薬・生活衛生局／水道課／課長 熊谷和哉

1. はじめに

「上下水道事業の対応力、困難に立ち向かう。」今回の全体テーマをそういただいた上で、水道事業に関しての依頼をいただきました。各論でいろいろなキーワードをいただいたものの、真っ先に思い浮かんだの「事業管理」というもの。対応力を生む基本は組織力で、それをどのようにマネジメントするかというものと理解していますが、常々、管理とマネジメント、そしてその類語がたくさんあり、どのようにそれを認識・理解しているのか、同じ言葉を使っても意外と異なる認識で使われていないかと思わされる場面があります。

方策、方針を求められているのかも知れませんが、水道事業の長期的な将来を考えると、それらを生む組織力、それを発揮させる事業管理、そんなものを中心に述べさせていただきます。

2. 水道事業の概況

水道事業においてのこの30年間は、1億2千万人強から1億2千8百万人を経て、1億2千万人強に戻る、人口構造や給水人口としてはほとんど変化のない30年間といえます。1980年代に高普及期の水道事業のありようといった議論が起こり、そこで「維持管理の時代」と整理したことが、その象徴であったかと思います。

多少結果論的なところがないわけではないですが、それでも1990年代、少なくともその後半には、この30年間が単なる維持管理の時代ではなく、次なる長期人口減少社会に向けた遷移期という認識をもう少し深く持つべき時期だったと思います。

また、維持管理という言葉自体も、かなり曖昧に遣われた言葉で、広義・狭義が混在した形で用いられてきています。施設の運転管理、水道サービスの提供といった側面と点検、保守に始まる施設維持管理を明確に分け、水道事業についての管理体制についての整理と認識を深めるべきだったと考えます。

そのような認識に基づき、事業管理を整理するとどのような図式となるでしょうか。

収入と支出を意識した全体的な「経営管理」があり、

人員配置や労務管理を重視した「運営管理」、具体的な水運用により水道サービスを行うことに主眼をおいた「運転管理」、水道事業の基本となる水道という施設資産の維持を図る「維持管理」、私個人の語感での解釈ですので、異論や違和感もおありかも知れませんが、少なくとも管理にまつわる幾つかの言葉とその定義を作り、精緻な議論が必要だったというところをご理解いただきたいところです。いわゆる人と施設、資金といったものの何を主眼に議論するかについて、もう少し細かい定義と認識に基づく議論が、結果的には水道事業の将来像をもう少し早い時期に議論できたのではないかと思います。

次なる問題意識です。「困難に立ち向かう。」ですが、何を困難としているのかです。いつの時代にも困難はありました。それでは現在でいう困難とは何なのかです。

国内にはじめて街が形成された時、周辺から水を運ぶ必要にかられ上水・水道という言葉がそれを指す土木構造物とともに生まれています。いわば日本水道の第一世代です。江戸末期以降の海外交易の負の側面として、コレラ、赤痢といった外来水系感染症が国内に入り、浄水処理と圧力給水を必須要素とする近代水道、水道第二世代に移行します。戦後の人口増加と都市化、大都市圏の形成といった、社会・産業・都市構造の変化に対応するため、新規の水資源開発をよぎなくされ、その結果として用水供給事業が生まれ、水源開発・用水供給事業・末端供給事業といった水道事業の分割・三層構造化が生まれました。いわば水道事業の第三世代です。

はじめて水道を考え創った困難、浄水処理・有圧給水を輸入した困難、急激な需要増大への対応の困難、そして今般の困難の中心は、少子高齢化極まって生じた長期人口減少社会への対応ということではないでしょうか。

当然、水道事業の事業環境について大きな局面変化が起きているわけですから、困難な局面であることは確かですが、これまでの事業管理手法の延長戦で無意識的に考えていることもあるのではないのでしょうか。局面変化に適応・順応して、まったく別の事業管理を新たに考え直す。言ってみれば、水道事業の次世代、第四世代の水道を新たに創る、その生みの苦しみというべき時期と考えます。

3. 水道事業の今後

事業管理を細分化して・・・何もこれまでが未熟な対応だったとは思いません。絶対的に行わざるを得ない事業であれば、資金や人材・資材・技術、それらがおぼつかなくてもやらざるをえません。それぐらい、切羽詰まった状況が、これまで3度経験した局面変化でした。近代水道創生の時期、市全体予算の数倍もの予算が見込まれる中でもやらざるをえなかった・・・各所の事業史に出てくる内容です。資材を全て輸入に頼り、外国人技士を高額で雇い、近代水道を創らざるを得ない状況でした。そんな状況の中で、言葉を厳密に分け、定義し、将来展望と共に事業を考える、そのことにより得られるものと考えれば、不問とするのも1つの選択であったと思います。戦後の人口増と都市化、高度成長の時の水不足を考えれば、まずはなりふりかまわず水源確保を優先するというのも頷けます。

このような状況に比べれば、現状において将来に対して持ちうる情報がたくさんあります。百数十年にわたって人口が3.5倍になるなか、普及率ゼロの近代水道を完全普及させた先人の遺業を考えれば、それなりの遺産を前提に今後を考えられないものではないと思います。

問題は、意識的・無意識的に、需要増の中で培った方法論の延長線上で将来を憂うことでしょう。新たな局面に対して新たな方法論を構築する、暗中模索とその試行錯誤の時期と割り切ることから始まるように思います。

現在ならでは困難は、現状の人口を支えつつ、将来的に減少する人口をどう支えるか、単に減った需要に対応するのであればそれほど難しさはないように思います。ある時点を設定し、そこに向けて最適化のプロジェクトを管理する。これまで行ってきた、第何期拡張事業といったものがそれで、まさにプロジェクト管理の知見を集積してきた1世紀以上です。

今後は、目標となるべき需要が時々刻々減少へ動き、それに合わせた経過管理が求められます。言ってみればプロジェクト管理からプログラム管理への移行です。最適化という発想自体も目標需要の長期減少を考えれば大きな意味を持たなくなります。施設容量と運転管理能力によって、高コスト化しない80点の時期をどれだけ長期に取れるかといったことを問われる時代です。

1億2千万人強を支えた現状施設容量は当然過剰。問題は徐々に過剰化していくという時間変化と共に顕在化するこの課題にどのように臨むかです。施設の統廃合ももちろんのこと、施設配置そのものを再考することになりますし、それに対応するためには、不確定要素の大きい需要対応の配水系と水源の位置と量に支配される導・送

水系を分離する必要もあります。象徴的に見られる浄水容量ですが、送水系の再編がなければ浄水施設の統廃合は不可能なのは、当然お分かりのことかと思えます。

これから求められる事業体制に対して、これまでの知見・情報が使えるのか使えないのか、このレベルから考え直さなければならない。これこそがこれから求められる、対応力とそれを得るための困難性だと考えます。

試行錯誤の結果としての事例収集の時代。マニュアル、ガイドラインといった教科書作成のための知見蓄積の時代。そういう意味では、各所の取組の情報流通が非常に重要な時期です。小さな工夫や取組、それをぜひとも機会を捉えみんながみんなに対して発信することをお願いしたいと思います。時代の最先端は、地方と中小事業にあります。情報流通の方向性する見直さざるを得ない時期です。

一方、現状の水道施設や運営方式は、個々の事業ごとに行われたオーダーメイド型です。加えて、市街部の拡大などに合わせた足し算型で、現状を支える施設としても理想的な構成とは言い難いものでしょうし、対災害性の観点からも改善の余地があります。

施設の高度化と今後の事業環境に合わせた施設の再構成、この二つを同時に考えて行くのがこれからの水道事業の中心課題となります。それを減少する担い手で扱えるようなものとしなければなりません。

水道事業の範囲内で考えればデジタルトランスフォーメーション以前の問題として、事業運営や施設形式・運転管理方式の標準化、共通化、統一化が先に立つものと考えます。これまで、個々の事業環境に合わせたオーダーメイドから、マンパワーに合わせた汎用性確保という意味での標準化へどのように移行していくかが問われているように思います。事業と施設に合わせた人材育成から人にやさしい、標準化された方式へということでしょう。技術継承がよく問題となりますが、継承すべき、また継承できる情報量に技術を集約していくという、観点を取り入れていかなければ、今後の内部環境には対応できないものと思われれます。

4. 最後に

内部、外部の事業環境が変われば、それに順応して水道の姿も当然変わります。現在の延長線上で無意識的に考えてしまうこと、そのことがとても危険なことです。事業環境をよく見定め水道計画の本論に戻り、既存施設の延命化で今を支えつつ、将来に備えた水道の再構築という五十年、百年の大仕事。当然大変ですが、やりがいのある時代と思います。



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ことを表明した。「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-CO₂（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、誰かが頑張ってくれてくれる可能性があり、誰かが頑張っていると思っていると、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。）の取組等をご紹介します。

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CO₂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73億3千万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 /t⁴⁾）

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、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。



特集

カーボンニュートラル下水道を 目指して

公益財団法人日本下水道新技術機構/
資源循環研究部/部長

藤本裕之



1. はじめに

2050年のカーボンニュートラル達成に向けた取り組みが求められています。(公財)日本下水道新技術機構では、これまでに省エネ設備や創エネ設備の技術資料作成、処理場の「省エネ診断」など、省エネ、創エネをテーマに業務に取り組んできました。令和元年度及び令和2年度において、下水処理場におけるエネルギー自立化(処理場の消費エネルギーを処理場における創エネで100%賄う)の可能性を検討するため、2件の共同研究を実施しました。ここでは、その概要を紹介させていただきます。

なお、エネルギー自立化率については、定義を以下の様にしています。

$$\text{エネルギー自立化率} = \frac{\text{創エネルギー量}}{\text{消費エネルギー量} - \text{省エネによるエネルギー削減量}}$$

2. 下水処理場におけるエネルギー自立化に関する共同研究(共同研究1)

(1) 概要

本共同研究は、令和元年度に実施し、5か所の下水処理場において、運転手法改善及び最新省エネ技術を適用し消費電力量を削減すると共に、消化ガス発電等の下水

由来の創エネや太陽光発電・風力発電など自然由来の創エネを想定し、エネルギー自立化の可能性について検討を行いました。共同研究者は、秋田県、群馬県、株式会社石垣、JFEエンジニアリング株式会社、株式会社タクマ、月島機械株式会社、メタウォーター株式会社、クボタ環境サービス株式会社、株式会社ウォーターエージェンシー、日本工営株式会社、株式会社日水コン、および(公財)日本下水新技術機構です。また、神奈川県および愛知県の協力を頂きました。

(2) 検討内容

主ポンプ、送風機について、データ分析を行い、省エネとなるような運転方法を検討し、省エネ効果を算定しました。また、低圧損型メンブレン散気装置や、嫌気槽・無酸素槽への省エネ型反応槽攪拌機の導入を検討し、省エネ効果を算定しました。

汚泥処理については、省エネ、創エネ施設の導入を検討しました。汚泥消化システム(焼却あり)には下水汚泥由来繊維利活用システム、汚泥消化無しの場合はダイレクト型圧入式スクリープレス脱水機による濃縮一体化脱水法の導入を検討しました。下水由来の創エネ施設については、消化ガス発電及び発電型焼却システムの導入を検討しました。消化については高濃度対応型ろ過濃縮・中温消化システム、焼却については、省エネ・創エネ型汚泥焼却システム、発電型汚泥焼却技術、階段炉に

表-1 ケーススタディのメニュー(共同研究1)

処理場	水処理	汚泥処理	創エネ
A処理場	運転方法改善 省エネ設備導入	高濃度消化施設 下水汚泥由来繊維利活用システム 省エネ・創エネ型汚泥焼却システム	消化ガス発電 太陽光発電 風力発電
B処理場	運転方法改善 (OR制御含む) 省エネ設備導入	高濃度消化施設	消化ガス発電 太陽光発電
C処理場	運転方法改善 省エネ設備導入	高濃度消化施設	消化ガス発電 太陽光発電
D処理場	運転方法改善 省エネ設備導入	濃縮一体化脱水法 発電型汚泥焼却技術	廃熱発電 風力発電
E処理場	運転方法改善 省エネ設備導入	高濃度消化施設 下水汚泥由来繊維利活用システム 階段炉による下水汚泥焼却発電技術	消化ガス発電 廃熱発電 太陽光発電

よる下水汚泥焼却発電技術を処理場の条件により選定し、検討を行いました。さらに自然由来の創エネ技術として、太陽光発電、風力発電の導入検討を行いました。各処理場におけるケーススタディのメニューを表-1に示しました。

(3) 検討結果

ケーススタディの結果を表-2に示しました。下水由来の創エネを創エネA、自然由来の創エネ（太陽光発電、風力発電）を創エネBとし、エネルギー自立化率を算定しました。エネルギー自立化率Aは、18%~63%となりました。消化ガス発電を想定した4処理場を見ると、28%~63%となっており、消化ガス発電の効果が分ります。敷地の制約により消化ガス発電を設定できなかったD処理場では、汚泥焼却炉の廃熱発電による創エネにより18%と、消費エネルギーの2割近くの創エネ効果がある事が分りました。このように、エネルギー自立化率Aは処理場の条件により大きく異なりますが、最大で消費エネルギーの約3分の2を下水由来のエネルギーで賄えることになりました。エネルギー自立化率を100%にすべく創エネBの算定を行いました。結果を創エネ（A+B）として示しました。その結果、敷地の制約により消化ガス発電や太陽光発電を設定できなかった処理場Dを除

き、エネルギー自立化が可能となりました。

3. 下水処理場におけるエネルギー自立化ケーススタディに関する共同研究（共同研究2）

(1) 概要

本共同研究は、令和2年度に、5か所の下水処理場を対象に実施しました。目的は、共同研究1と同じく、エネルギー自立化の可能性を検討したものです。共同研究者は、富山市、神戸市、大阪府、岡山県、八千代エンジニアリング株式会社、株式会社明電舎、新明和工業株式会社、JFEエンジニアリング株式会社、株式会社石垣および（公財）日本下水新技術機構です。

(2) 検討内容

主ポンプ、送風機の省エネとなる運転方法の検討、低圧損型メンブレン散気装置や、嫌気槽・無酸素槽への省エネ型反応槽攪拌機（プロペラ式）の導入検討に加え、省エネ型送風機（高速軸浮上式ターボブロワ）の導入検討及び返送汚泥ポンプのプーリー交換による回転数変更による省エネの検討を行いました。さらに、ヒートポンプによる下水熱の空調利用についても検討を行いました。

表-2 ケーススタディ結果（共同研究1）

項目	単位	A 処理場	B 処理場	C 処理場	D 処理場	E 処理場
エネルギー消費量（省エネ対策前）	千 kWh/年	12,927	17,609	2,626	69,873	59,504
エネルギー消費量（省エネ対策後）	千 kWh/年	10,349	14,331	2,626	56,300	40,834
省エネ率	%	20	19	-	19	31
創エネA	千 kWh/年	6,159	8,980	733	10,374	18,083
創エネB	千 kWh/年	4,190	5,351	1,893	5,771	22,751
エネルギー自立化率（A）	%	60	63	28	18	44
エネルギー自立化率（A+B）	%	100	100	100	29	100

注) 創エネAは下水由来のエネルギー、創エネBは自然由来のエネルギー

表-3 ケーススタディのメニュー（共同研究2）

処理場	水処理	汚泥処理	創エネ
F 処理場	運転方法改善 省エネ設備導入	消化施設	消化ガス発電 バイオマス受入 太陽光発電
G 処理場	運転方法改善 省エネ設備導入 エネルギー監視システム導入	検討対象外	消化ガスの都市ガス利用等 太陽光発電
H 処理場	運転方法改善 省エネ設備導入 下水熱利用	発電型汚泥焼却技術	廃熱発電 太陽光発電
I 処理場	運転方法改善 省エネ設備導入	濃縮一体化脱水法 階段炉による下水汚泥焼却発電技術	廃熱発電 太陽光発電
J 処理場	運転方法改善 省エネ設備導入 下水熱利用	消化施設 下水汚泥由来繊維利活用システム	消化ガス発電 太陽光発電

注) G 処理場の都市ガス利用等は既設含む。H・I 処理場の太陽光発電は既設。

表-4 ケーススタディ結果（共同研究2）

項目	単位	F 処理場	G 処理場	H 処理場	I 処理場	J 処理場
エネルギー消費量（省エネ対策前）	千 kWh/年	1,305	25,649	22,435	11,675	30,191
エネルギー消費量（省エネ対策後）	千 kWh/年	1,184	24,071	18,958	8,590	23,073
省エネ率	%	9	9	15	26	24
創エネA	千 kWh/年	886	5,327	2,119	907	11,445
創エネB	千 kWh/年	298	249	1,768	1,843	11,628
エネルギー自立化率（A）	%	75	22	11	11	50
エネルギー自立化率（A+B）	%	100	23	20	32	100

注）創エネAは下水由来のエネルギー、創エネBは自然由来のエネルギー

汚泥処理については、下水汚泥由来繊維利活用システムの導入検討やダイレクト型圧入式スクリーンプレス脱水機による濃縮一体化脱水法の導入を検討しました。処理場の状況により、消化ガス発電、発電型焼却技術及び階段炉による下水汚泥焼却発電技術の導入を検討しました。F処理場において地域バイオマス（生ごみ）を受け入れた場合の、消化ガス発電の検討を行いました。自然由来の創エネとしては太陽光発電の導入検討を行いました。なお、風力発電については風速条件により全箇所が不適となりました。既にメガソーラーを設置しているH処理場、I処理場の発電量は実績値を採用しました。各処理場におけるケーススタディのメニューを表-3に示しました。

（3）検討結果

ケーススタディの結果を表-4に示しました。表-2と同様に、下水由来の創エネを創エネA、自然由来の創エネを創エネBとしてエネルギー自立化率を算定しました。エネルギー自立化率Aは、11%~75%となりました。消化ガス発電を想定したJ処理場で50%、生ごみ利用による消化ガス発電を想定したF処理場で75%と、自立化率Aは大きくなりました。なお、ここでは生ごみについても便宜上下水由来に含めました。敷地に余裕がなく消化施設を想定できなかったH処理場、I処理場では、汚泥焼却炉の廃熱発電による創エネにより、自立化率Aは共に11%となりました。自立化率（A+B）は、太陽光発電を利用することで、2処理場で100%となりました。敷地に余裕の無い3処理場では、自立化率（A+B）は20%~32%となりました。省エネ率については、9%~26%と省エネの余地があることが分かりました。

4. まとめ

この2件の共同研究により、まずは省エネ（運転改善、省エネ機器導入）、そして消化ガス発電の導入または廃熱発電の導入がエネルギー自立化のポイントということが確認できました。併せて、太陽光発電や風力発電なども最大限に活用することで、下水処理場におけるエネルギー自立化の可能性が確認できました。

共同研究の成果は、「下水処理場におけるエネルギー自立化に関する技術資料」、「下水処理場におけるエネルギー自立化ケーススタディに関する技術資料」としてまとめてありますので、詳細についてはそちらをご覧ください。

5. おわりに代えて

共同研究や、省エネ診断などでは、分析用のデータを入手するのですが、「使えるデータがない」ことが往々にしてあります。電力量については以下のようなケースです。

- ・個々の機器には電力量計があるが、中央監視盤に送られていない。
- ・中央監視盤には電力値が表示されるが、記録していない。
- ・多数の機器の電力量を一括して測定している。例えば「送風機棟」の電力量は測定しているが、送風機以外のものも含まれており、送風機の値が不明。
- ・時間毎の値がなく、1日毎の値しかない。

また、データの精度が粗く、分析できない場合があります。例えば、100kWh単位でしかデータがない場合などです。0、100、200、・・・のデータしかないので、プロットすると連続せず、離散した線になってしまいます。これは、表示する桁数が限られていたアナログ時代の伝統が脈々と引き継がれているものと推察されます。今はデジタル時代ですから、表示は100kWh単位としても、データは小数点以下も含めた正確な数字を記録・保管して欲しいものです。実際は、各機器から中央監視盤に送る信号自体が100kWh毎になっていますので、そちらも改良または取り換える必要があります。

中央監視盤は更新され近代的な姿なのですが、中身は昔のまま。ICT、AIの時代には、データがないと話になりません。中央監視盤を更新する際には、データの使用目的をエネルギー監視の観点からも十分に吟味し、システム全体を再検討する必要があります。次の更新まで待っていたのでは、2050年のカーボンニュートラル達成には、遅きに失してしまいます。