

この素晴らしき下水道の技術



国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部長 岡本 誠一郎

1. 下水道技術は間口が広い

皆さんは下水道の「技術」と聞いて、何を連想されるでしょうか。

下水道という仕組みは、管きょ、ポンプ場、処理場などに分かれていますが、それぞれの施設を支える技術分野は、土木、建築、機械、電気など幅広です。さらに下水や下水汚泥の処理に目を向ければ、物理（例えば沈殿処理）、化学（消毒）、生物（活性汚泥処理）などなど、関連技術の分野はさらに広がります。

下水道は、他のインフラと比べても、かなり幅広い分野の技術に支えられて機能していると言えます。またそれゆえに、下水道は新技術の活用でその機能や価値が飛躍する可能性を秘める、夢のあるインフラとも言えます。

今春に下水道分野の企業・団体に就職された皆さんや、初めて下水道部局に異動して来られた方々には、下水道技術といっても想像もつかないかもしれません。この特集で、知れば知るほどおもしろい下水道技術の幅広さ、奥深さを感じていただければと思います。

2. 何が、どこまでが下水道技術？

幅広く奥深いと言っても、いったい下水道にはどんな技術があって、これからどんな技術が必要なのでしょうか。ここでは参考図書として「下水道技術ビジョン」¹⁾の助けを借りながら、探っていきましょう。

この「ビジョン」では、下水道でこれから必要とされる技術を11の分野別にロードマップとして整理しています（表-1）。このなかから誌面の都合上、数を絞って紹介しますが、下水道技術の間口の広さを感じていただけるのではないかと思います。なお、以下の丸数字は表-1の番号に対応しています。

表-1 「下水道技術ビジョン」における技術分野の一覧

大分類	技術分野
(1) 施設の管理と機能向上	① 持続可能な下水道システム（再構築） ② 持続可能な下水道システム（健全化・老朽化対応、スマートオペレーション）
(2) 防災・危機管理	③ 地震・津波対策 ④ 雨水管理（浸水対策） ⑤ 雨水管理（雨水利用、不明水対策等）
(3) 水環境と水循環	⑥ 流域圏管理 ⑦ リスク管理
(4) 資源循環・地球温暖化対策	⑧ 再生水利用 ⑨ 地域バイオマス ⑩ 創エネ・再生可能エネルギー ⑪ 低炭素型下水道システム

2.1 ①持続可能な下水道システム（再構築）

タイトルからは技術の中味が想像しにくいですが、分野①には下水道の計画、設計に関する技術が含まれます（図－1）。

例えば、下水管を埋めない露出配管や、道路に合わせた曲がった管の設置などで、整備費を大幅ダウンする技術（正確にはその技術改良）が、設計分野の必要技術として書き込まれています。これはあとで紹介する国交省の技術開発プロジェクト「下水道クイックプロジェクト（QP）」により開発されたものです²⁾。

下水管は地中に埋まっているもの、管はまっすぐなものなど設計の常識を覆して、コストを抑えようという斬新な発想の技術で、地方都市などで多く活用されています。

2.2 ④雨水管理（浸水対策）

分野④には、市民生活の安全・安心にも密接に関わる技術が多くあります。

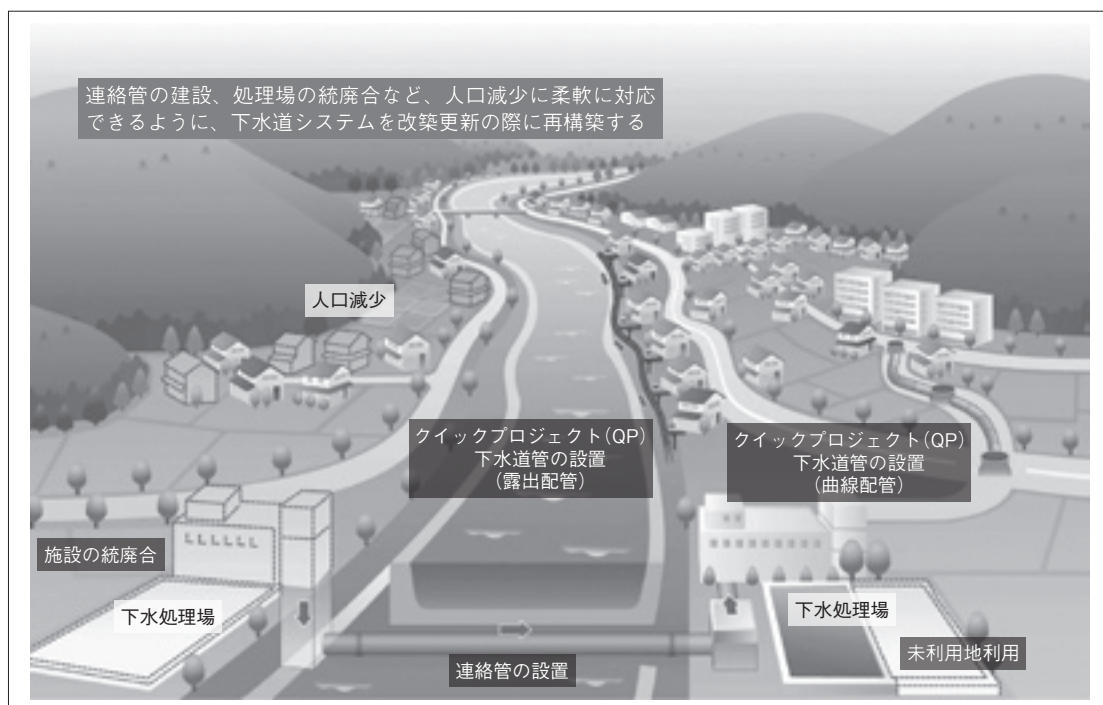
例えば、近年頻発するゲリラ豪雨の対策として、レーダー雨量情報から雨の分布を予測し、さらにリアルタイムで下水管への流入量を予測して、浸水が予測された時には住民避難のために情報を提供したり、ポンプ施設などを先行待機運転させたりするシステムがあります。これだけでは月並みな感じもしますが、下水道が排水を受け持つエリアは市街地に限られていて、河川と比べると豪雨から浸水までの時間は短く、それが分単位の場合もあります。

そこで、降雨予測から情報提供までが「リアルタイム」なことには重大な意味があり、技術的な難易度もぐっと上がります。この技術は、あとで紹介する国交省の「B-DASH プロジェクト」により開発されました³⁾。

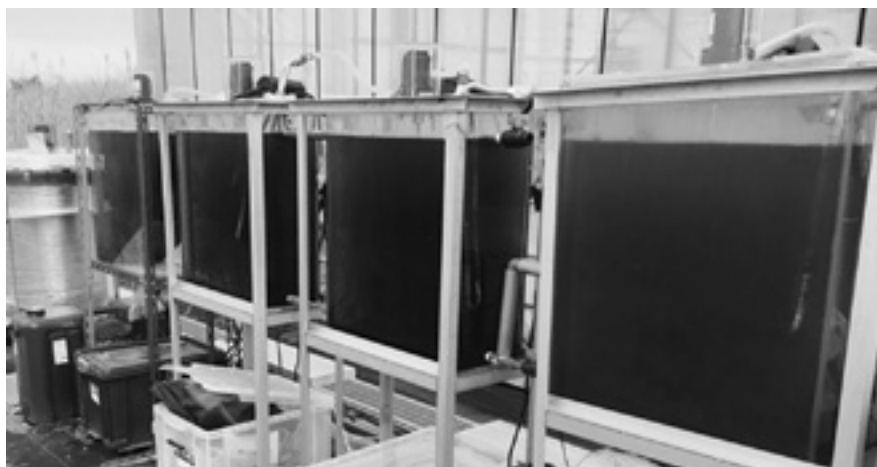
時に人の生命・財産に関わる場面で活躍するこうしたシステムも、大切な下水道技術の一つです。

2.3 ⑥流域圏管理

下水道技術は施設関連のものばかりではあり



図－1 「①持続可能な下水道システム（再構築）」技術イメージ



下水処理水で微細藻類を培養、これを濃縮回収して汚泥消化タンクに投入し、バイオガス（メタン）発生量の増加を目指している。なお、この実験ではバイオガスから膜分離回収したCO₂や下水処理水からの回収熱も装置に供給し、藻類の培養を促進している

写真-1 (国研)土木研究所における「密閉縦型藻類培養装置」による実験

ません。下水道の目的の一つに「水質保全」がありますが、その関連技術の対象は施設を離れ、水域ばかりか流域全体にも及びます。

分野⑥の技術例として、下水処理場の栄養塩管理を紹介しましょう。瀬戸内海などでは、かつての水質汚濁から状況は一変し、今では海苔の色落ちなど、水中の栄養不足と思われる影響も指摘されています。そこで下水処理場では、放流水質基準は守りつつも、必要な時期に窒素やリンをふだんより余分に放流する取組みも行っています。

「ビジョン」では、この取組みが放流先の水質や生物にどのような効果や影響を与えるかの評価技術も必要だとしています。下水道と海苔や魚たちがこんな技術でつながるのですね。

2.4 ⑨地域バイオマス

下水道では、もともと汚泥処理の一部として、メタンガスなどのエネルギー回収やさまざまな資源利用を行ってきました。近年、これをさらに高度利用したり、生ゴミや木屑刈草などのバイオマスも受け入れたりして、資源・エネルギー化するための技術開発も盛んです。今まで捨てていたものが資源・エネルギーに変わる技術というのは、何だかワクワクしますよね。

分野⑨の技術には、例えば下水処理水で飼料米を栽培して、高栄養価の家畜飼料づくりを目指したり⁴⁾、下水処理場の資源を有効活用して藻類を培養し、エネルギー利用を目指したり⁵⁾(写真-1)といったものがあります。

こうした植生利用の技術は、方法によっては大気中のCO₂固定という効果も期待できるので、今後のカーボンニュートラル実現に向けても注目です。

3 下水道技術は どう開発されてきたか

下水道と技術の関わりについて、いくつかの例を見てきました。こうした技術は産学官によりさまざまなかたちで開発が進められ、時に淘汰され、そして実際に活用されてきました。国交省でも下水道の技術開発の重要性を意識して、いくつかの技術開発プロジェクトを先導してきたので、少しPRさせていただきます。

表-2は、下水道に関する主な技術開発プロジェクトの概要です。各プロジェクトは、その時代の下水道が置かれた社会情勢や、直面した問題に応じて開発目標を掲げてきました。

例えば「バイオフィーカス WT」では、その当

表－２ 下水道分野の主な技術開発プロジェクトの概要

プロジェクト名		概要
バイオフィォーカス WT (バイオテクノロジーを活用した新排水処理システムの開発)		1985年より開始。発展するバイオテクノロジーを活用して、排水処理の省エネルギー・低コスト化、処理水質の向上、有価資源（バイオガスを含む）の回収、有用微生物の活用等を目的に実施
SPIRIT21 (下水道技術開発プロジェクト)	合流式下水道の改善対策に関わる技術開発	2002年より開始。開発技術の早期かつ幅広い実用化を目的とした産学官の連携による技術開発プロジェクト。第1弾の課題として合流式下水道の改善対策に関わる技術（スクリーン、高速ろ過、消毒、凝集分離、計測制御）を選定し、技術開発を実施
	LOTUS プロジェクト：下水汚泥資源化・先端技術誘導プロジェクト	2004年より開始。SPIRIT21の第2弾として、汚泥処分コストより安いコストでリサイクルできる技術（スラッジ・ゼロディスチャージ）および下水汚泥等のバイオマスを使い、買電価格と同等か安いコストで電気を生産できる技術（グリーン・スラッジエネルギー）の開発を実施
下水道クイックプロジェクト (QP)		2006年より開始。下水道の未普及地域の早期解消のため、「人口減少下における下水道計画手法」「地域特性を踏まえた新たな整備手法の導入」等について技術的な検討を行い、低コストかつ機動的な整備手法を検証し、実地での社会実験等による普及を目指した
A-JUMP (日本版次世代 MBR 技術展開プロジェクト)		2008年より開始。世界的にも高い技術・ノウハウを有する膜処理技術の下水道への適用とともに、国内企業による水ビジネスの海外展開に向けて、既設下水処理施設の改築における膜分離活性汚泥法適用化実証事業とともに、膜分離活性汚泥法を用いたサテライト処理適用化実証事業などの技術開発プロジェクトを実施
B-DASH (下水道革新的技術実証事業)		2011年より開始。新技術の研究開発および実用化を加速することにより、下水道事業における創エネルギー、省エネルギー、浸水対策、老朽化対策等を推進し、本邦企業による水ビジネスの海外展開も支援するための技術実証プロジェクトとして、現在も継続中。実規模実証とともに、2016年からはFS調査も実施

時、発展著しかったバイオテクノロジーの下水道への応用を目指し、「SPIRIT 21 プロジェクト」では、当時、合流式下水道からの雨の日の未処理放流が大きな社会問題となり、対策技術を一刻も早く世に出そうとしました。また、先ほどの「QP」技術は、下水道整備から取り残されてしまった未普及地区を少しでも早く解消するために、低コストの整備手法を現場で実証してきました。そして、2011年度から実施している「B-DASH プロジェクト」では、下水道を管理する地方公共団体のニーズに応じて開発テーマを変えながら継続されて、現在に至っています。

その時々々のニーズやシーズ（技術の「種」）の存在が、素晴らしい下水道技術を生み出す素地だったということが出来ます。

4 先端技術も活用されています

技術イノベーションは、時に既存の製品やサービスを一変させる可能性があります。ここでは、下水道への活用により、今後のサービスや性能を大きく変えるかもしれない（個人の見解です）2つの例を紹介しましょう。

4.1 AI (Artificial Intelligence : 人工知能)

今やニュースでこの名を聞かぬことはない注目技術ですが、実は下水道にもさまざまに活用されています。前出の「B-DASH プロジェクト」から拾っただけでも、15もの技術（開発中を含む）にAIが活用されており、なかにはディープラーニング機能をもつものもあります。

主な活用目的は、下水処理施設に取り付けたセンサー情報の学習などによる運転の自動化・最適化、ポンプ設備などの運転管理情報の学習による異常の早期検出、施設のカメラ点検画像の学習による劣化診断のスピードアップ、管内の音響や水温の情報学習による雨天時不明水の探査などが挙げられます。下水道の技術領域が広いがために、AIのような技術の横断的な活用の幅も広いといえそうです。AI活用による今後の成果が大いに期待されます。

4.2 ゲノム解析

AIに比べると知る人ぞ知る分野ですが、いまAIにも劣らぬ技術革新が進んでいます。ゲノムとは生物のもつ遺伝情報全体を指すことばですが、特にその解読技術(ゲノムシーケンシング)は、飛躍的な進化を遂げています。

下水の処理や汚泥処理の消化(メタン発酵)プロセスなどは、微生物の働きに頼っていますが、これまではその働きと、それを生み出す微生物(群集)の変化との関係を解き明かすことは大変な労力が必要で、ほとんど不可能でした。ところがいまゲノム解析によって、それが容易に行われようとしています。この技術は、すでに下水道の研究分野では、有用微生物の探査などさまざまに活用されています。

そしてごく近い将来には、医療分野でサービスが始まった「がんゲノム治療」と同様に、ゲノム解析によって個々の患者さん(下水処理場)向けに最適化されたがん治療(トラブル解決(あるいはスーパー機能の付加も!))を行う、といったカスタムメイドな活用が広がるのではないかと期待しています。

5 おわりに

ここまで、さまざまな下水道技術のごく一部を紹介してきましたが、さらに具体的な技術については、このあとの報文をご覧ください。

また、先に紹介した「B-DASH プロジェクト」の技術のうち、話題性や技術の着眼点から「面白い」技術を管路、下水処理、汚泥処理それぞれ一つ選んで(著者の独断です)、その概要などを国総研講演会でも紹介しています。興味のある方はぜひご視聴下さい(今年は新型コロナ対策のため、オンライン配信中です。「令和2年度国総研講演会」で検索下さい)。

本稿が、今春から下水道初体験となる方々をはじめ、一人でも多くの皆さんに、下水道の技術ワールドに関心を寄せていただくきっかけとなれば幸いです。

(参考文献)

- 1) 国土交通省下水道部、国土技術政策総合研究所下水道研究部、下水道技術ビジョン(最終改定2021.3)、[http://www.nilim.go.jp/lab/eag/gesuidougijyutsuvison\(honbun\)_oyobi_kaiteireki.html](http://www.nilim.go.jp/lab/eag/gesuidougijyutsuvison(honbun)_oyobi_kaiteireki.html)
- 2) 国土交通省ホームページ、早く来い来い下水道!~下水道の社会実験~下水道クイックプロジェクト <https://www.mlit.go.jp/crd/sewerage/mifukyu/>
- 3) 国土技術政策総合研究所下水道研究部ホームページ、下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト)、都市浸水対策技術の実証(2014-2015、2015-2016)、<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/b-dash.html>
- 4) 渡部徹、倉島須美子、Pham Duy Dong、堀口健一、佐々木貴史、浦剣：下水処理水の連続灌漑による飼料用米の栽培とその栄養特性、土木学会論文集G(環境)、72(7)、2016
- 5) 山崎廉予、重村浩之：下水道資源を用いた微細藻類培養技術とそのエネルギー化、土木技術資料、63(2)、2021