特集

# 明日につなぐ下水道研究

提　言

# 未来の社会に貢献する研究とするために

東京大学 下水道システムイノベーション研究室 特任准教授　**加藤　裕之**

## 1 はじめに

地球温暖化、大災害、食糧とエネルギーの世界的な不足が社会的な課題となる一方、下水道をはじめとするインフラは、老朽化、担い手不足、財源等の問題を抱えている。未来の社会に向けては、これらの問題解決を図りながら、新たな産業を創り出すようなイノベーションを起こす必要がある。

そのため、産官学の連携が求められているが、それぞれの立場や役割は異なる。例えば、学は主に基礎的な研究を行い、企業および官の研究機関等が実用化に向けた実証試験等による技術開発を担い具体的な使用条件等のマニュアル化や設計条件を明確化し技術は商品化され、最後に自治体が受け入れることで普及していく。国土交通省による技術開発や民間への支援等は、主に開発段階以降を対象としていると考えられる（図－１参照）。

研究と開発の間、そして、商業化と普及の間には、プレイヤーが変わることによる「すき間」があり、ここを埋めないと普及まで辿り着かない。

本稿では、大学が行う研究と開発の「すき間」をどう埋めるかなど、大学を中心とする研究段階から、開発・商品化を経て、技術をどのように普及につなげていくか、産と官と学のすき間を埋める難しさと、考えられる対応について持論を述べることとする。

図－１　研究から社会実装までの一般的な流れ

## 2 未来を担う若い研究者と行政・産業界のハードル解消のための提言

### 2.1　若手研究者のジレンマ

本稿の読者は、行政、企業の関係者が多いと思われる。そして、読者の皆さんのなかには、大学の研究者は社会実装よりも自分の興味が最優先、または自分の成果となる論文を書くことだけを目的に試料提供を求めてくる、と感じている人がいるかも知れない。しかし、学との連携を行うには学側の事情も理解しておく必要がある。

まず、研究者の評価軸は基本的に論文数である。しかも、日本の行政等が見る機会の少ない海外ジャーナルに掲載された論文ほど評価が高い。研

究者は、属する学会の規範や既存研究の流れに従い、新たな発見を論文にすることで実績を積んでいく。また、近年では、研究費を確保するための提案書の作成等に相当の労力を費やしている。未来を担う若い研究者等は、まずは論文数を積み上げなければ研究者としての基盤だけでなく、生活基盤も成り立たないという現実に直面している。

若い研究者と話すと、好きな研究どころか実績づくりのため、または研究資金が確保しやすい特定テーマを選んで研究をやらざるを得ない場合もあると聞く。行政とのつながりを作る余裕などないのが普通である。そして、学のなかで最も高い評価を受けるのは、社会実装ではなく、依然として基礎的な理論の発見である（長岡技術科学大学のように社会実装を最大の目的とする大学はまだ少ない）。また、上下水道は、極めて地域性が強い分野であるが、企業等の資金援助による社会実装を目的とした研究プロジェクトを見ると、特定大学や大都市の大学に偏っているというようにも見える。

### 2.2 未来を担う研究者との協働のために

未来を担う若い研究者と、行政や産業界の融合の仕組みについて明確な答えはないが、まずは、目的は共有しつつも、それぞれの立場や事情、特にお互いの成果の評価軸を理解し合うことが必要である（学は研究成果の学会発表、行政はコスト低減や地域貢献、企業は一定収益の説明など）。具体的には下記のような取組みが考えられる。

#### (1) フィールド提供とデータの公開

研究者にはフィールドが不足している。生下水で研究することにも苦労しているので、一部の自治体は下水処理場等を地元大学に開放している。下水疫学では東北大学に仙台市が下水を提供するなどの協力関係を築き、研究成果である感染症の流行予測を市民に周知することで社会還元しているし、論文も学で高い評価を得ている。これらは、すぐに行うことができる協働である。そして、本事例が優れている点は、自治体がデータ公開に積極的だったことである。官側は場合によっては、水質データ公開、特に、安全基準が定められていないデータの公開には慎重になる。検出されたことだけを騒ぎ立てられる風潮があるからである。学との連携を考える際には、データの提供だけでなく、その公開と説明についての協力関係を日頃からつくっておく必要がある。

#### (2) 研究支援と開発支援の連結

失敗を繰り返しながら研究成果を出していくことが認められる（失敗も研究成果となりうる）学に対して、行政や産業界は失敗をそう簡単に認められる状況にない。よって、国土交通省のB-DASHプロジェクト等もほぼ成功が見込まれる技術の実証段階・マニュアル化というステージにせざるを得ないし期間も２年間で自由度が少ないという制約がある。室内実験等による理論構築を主とする大学研究はまずは文部科学省の科研費によることが多いので、科研費からB-DASHプロジェクト等の現場実証的な制度へのバトンタッチが省を跨ぎスムーズに行われるような仕組みがあると、基礎研究から実証までの長期的な研究が可能となる。

#### (3) 行政や産業界の宝探し

大学の研究でも資金確保のために社会的意義を明確にすることが求められているが、果たして、20～30年後にどのような研究や技術が社会に必要になるのか判断できる人はいるのだろうか。ましてや、研究に没頭すべき若い研究者に社会的意義まで説明を求めるのは酷であるし、研究の幅を狭めることになりかねない。私はむしろ、研究者には自由に興味ある研究に没頭できる環境を整えて、研究の成果も失敗も社会実装できそうなシーズを探し出す“宝探し”は行政や産業界の役割、という割り切りが結果的に全体として効率的で大きな成果が得られると感じている。行政や産業界は新たな、目立つ研究成果に飛びつく前に、膨大な過去の研究成果をリサーチすべきである。

#### (4) 構想段階からの産官学連携体制の構築

研究から、商品化、普及までに、メインプレイ

ヤーは学、企業、自治体と移り変わることで、「すき間」が発生する。これを埋めるためには、はじめから利用者である自治体等を巻き込みながら研究をすることで「すき間」を作らないという方法もありうる。このメリットは、使用者の声を絶えず聞きながら研究、技術開発を進めることで普及までスムーズにつなげられることである。高知大学と地元自治体、日本下水道事業団、前澤工業㈱等が一体となってプロジェクトを進めた二点DO制御技術はこの好例である。ただ、この体制を組むには、前述した互いの立場を尊重し合うことと、立場の違う関係者をまとめあげるリーダーが必要になる。

## 3 未来社会に普及する研究とするための提言

前章では、未来に向けて若手研究者と行政等との関係について述べた。本章では、未来の社会に普及する研究とするためのテーマや具体的なアプローチと工夫について述べる。

### 3.1 研究テーマを考える２つの視点

未来を考える際に、例えば下水道自身が抱えている課題解決からアプローチする視点と、社会の安全や快適性のために下水道がどう貢献すべきかという視点がありうる。老朽化、職員の減少等のためにAIを使用する技術開発は前者になるし、20～30年先の社会、地球を見た時の課題として、カーボンニュートラル、地震等による大災害、食とエネルギーの確保は、主に後者のテーマである。そして、市民の関心を高めビジネスにしたいテーマのキーワードとなるのは、「美・食・健康」である。地域の食を考えるビストロ下水道や微生物を培養した化粧品や健康食品の商品化等はこのカテゴリーのテーマである。

### 3.2 未来社会に貢献し普及する研究とは

#### ⑴ 資産を増やさない、費用対効果の高い研究

新たなインフラ資産増は、地域経営の負担となりうる。今後の研究テーマや技術開発は、なるべく施設等の資産を増やさないものが望ましい。下水疫学や老朽箇所を統計解析により推測するなどの情報解析系、施設増強せずに能力増減を図るものや微生物コントロールで省エネするような分野は受け入れられやすい。また、施設を増強するなら一つの施設で複数の便益を持ち、コストが発生してもＢ／Ｃを高める説明ができれば有効である（例えば処理水の景観利用と熱利用、下水汚泥からのリン回収で肥料化と高度処理、浸水対策と景観利用のグリーンインフラ等）。

#### ⑵ 他分野との協働

過去の研究成果をリサーチする重要性はすでに述べたが、効率的に下水道の抱える問題を解決するための技術、または社会貢献するための下水道システムを考えるうえで、他分野の研究成果等の活用も重要である。近い分野で言えば化学工学では下水処理にも活用できるさまざまな素材開発をしているし、下水道資源の有効利用の先が農業（図－２）やエネルギー、医学などの他分野であると考えれば、下水道関係者は先方が来るのを待つのではなく、こちらから門を叩く姿勢が必要である。

実は、歴史ある学会は異分野の学会との連携は得意ではない。役所も縦割りと言われている。他分野とつなぐのは産業界の役割が大きいと思われる。また、例えばIT技術の導入であれば、下水道の問題や可能性を積極的にPRし他分野の研究者を下水道界に引き付けるようなことまで考えるべきである。

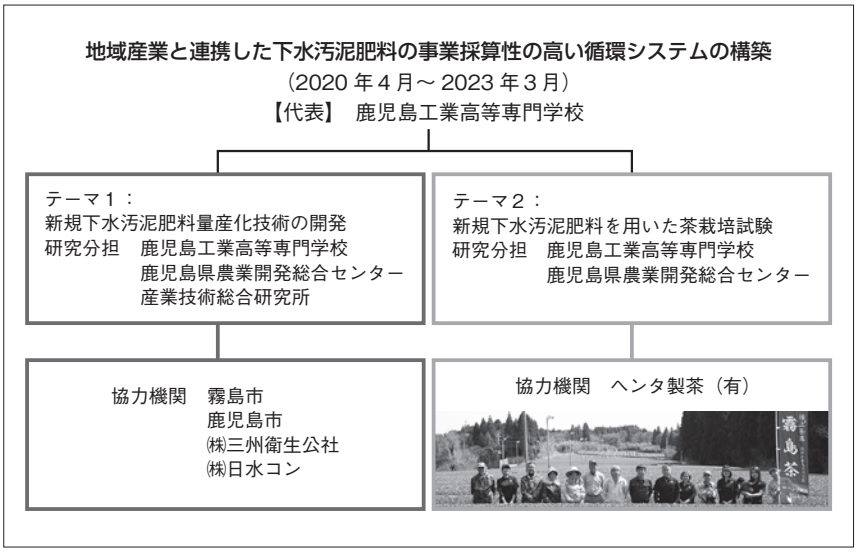
#### ⑶ ベンチャー企業とのかかわり

最近、水の世界でも下水処理水の再利用や老朽管の検知、漏水探索等でベンチャー的な企業が生まれてきている。これはとても喜ばしいことであるし私も一定のお付き合いをしている。しかしながら、これらの企業は素晴らしいシーズを有しているものの、下水道の法規制や財政制度、あえて言えば業界の構図や役割分担を当然のことながら知らない。資金ではなく、彼らに本業界の行政制度や良い意味での流儀を伝え、逆に、彼らから規

制緩和などの提案を受けることも必要である。

### (4) 新技術の設計コスト設定

研究から生まれたばかりの新技術は一般的に実績が少ないために設計が煩雑になると考えられる。そのため、設計を行う者にとって負担が大きく、自治体に積極的に提案したくないという可能性がないとも言えない。B-DASHプロジェクト等もマニュアル作成にとどまらず、新技術の設計については、手間に応じた適正な設計コストを設定し、これに対して国も財政支援するような仕組みがあっても良いのではないか。




図－2 鹿児島高専と肥料使用者・地元製茶会社等の連携
（農林水産省モデル事業による下水汚泥の肥料化研究）

写真－1 日本発明大賞を受賞した
全速全水位型横軸水中ポンプ

### (5) ユーザーや市民との対話によるシステム開発

今後の下水道施設は、新規ではなく改築が中心となる。新規では維持管理した履歴がないので、標準的な設計指針に頼らざるを得ないが二周目以降では維持管理データを活用した研究からの開発による最適システムによる改築を行うことが求められる。また、新たなシステムの研究と開発に際しては、定期的に維持管理者等の声を聞きながら、使いやすいシステムの開発を行うことで効率的に最適システムを造ることが可能となる。㈶日本発明振興協会の発明大賞（発明功労賞）を受賞した㈱石垣の全速全水位型横軸水中ポンプ・フラッドバスター（**写真－1**）は、この対話により研究と開発を繰り返して実用化された技術である。

将来は市民が自ら下水道施設を管理できるシステムとする必要があるかも知れない。そのシステム開発は市民との対話により、市民が操作しやすいものとする必要がある。

## 4 おわりに

本稿では、未来社会に貢献する研究のあり方として、産官学の「すき間」をどのように埋めていくか、そして、どのような研究テーマを考えるべきかなどについて持論を述べてきた。まだまだ、やるべきこと、やれることは多い。一歩を踏み出すために、本稿が少しでもお役に立てば幸いである。