

**CREST 研究領域「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」  
追跡評価報告書**

**1. 研究成果の発展状況や活用状況**

本研究領域は、「気候変動等により深刻化する水問題を緩和し持続可能な水利用を実現する革新的技術の創出」の戦略目標の下、進められた。現在抱えている、あるいは気候変動などによって将来さらに深刻化すると予想される国内外の様々な水問題への適応策となる、物理的・社会的な水利用システムの創出を目指すものであった。本研究領域では解決すべき現行の社会課題および気候変動によって将来においてさらに深刻化する課題として、以下の9課題を取り上げた。

- ① 気候変動に水利用を適応させる。
- ② 山林を水利用の観点から合理的に管理し、山間地域に安全な水源を確保する。
- ③ 地下水と地下をよりよく利用する。
- ④ 農業用水利用と環境を調和させ、下水処理水を農業用水として活用する。
- ⑤ 水中のウイルスの挙動を把握し、感染を制御する。
- ⑥ 放射性物質から飲料水を守る。
- ⑦ 膜による水処理における膜のファウリングを抑制する。
- ⑧ 水質情報を的確に計測し把握する。
- ⑨ 生物化学的水処理における微生物を選択・制御する。

これらの課題に対して、革新的な水処理技術や水資源管理システムによって、水供給、排出、再利用、資源回収における、水の質と量の統合的な最適化を行い、エネルギー、コスト、環境負荷、健康・環境への安全性、地域社会の状況などの観点から最も合理的で持続可能な水資源の利用システムを提起する研究で、かつ、実社会への適用可能性を十分に配慮した研究を対象とし、気候変動下における微生物制御、水質計測、膜処理制御、放射性物質、ウイルス、農業利用、地下水、山林・山体などを要素とした研究が広範に展開され、得られた研究成果及びその活用は多岐にわたっている。

研究終了後も、各研究者は持続可能な水利用を実現する革新的技術・システムに向けて、科研費、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の未来社会創造事業や戦略的創造研究推進事業（CREST）、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）または環境省や国土交通省の各種事業で研究を継続しており、研究期間中の研究成果をさらに発展させていると判断される。

各研究者の発表論文数にばらつきは見られるが、領域全体では研究終了後の論文数はおよそ600報に達しており、研究期間中とほぼ同じ数の論文が発表されている。このことから研究が継続され一層発展していると判断される。また、Top10%論文の割合に着目すると、研究期間中の10.7%から終了後は13.2%に向上している。このうち、Top10%論文の割合が20%から30%にも達する研究者が含まれており、非常に質の高い研究が継続していること

が端的に示されている。これらから国際的に著名な学術誌へ多数の論文が掲載され学術的に高い評価を国際的に得ていると判断される。

知的財産権（特許）に着目すると、領域全体における研究終了後の特許出願件数および登録件数は、いずれも期間中に対して少なくなっている。しかし、国際出願特許数は、十分に多いとは言えないものの、研究期間中に比べて研究終了後の出願数が倍増していることは特筆される。研究期間中で得られた成果を実証段階に進展させる過程で、特許化に必要なデータや情報などが有効に蓄積されたことによると判断される。また特許に基づいて産学が連携した共同研究や実証試験の例も多く見受けられる。

本研究領域での取り組みは、将来課題へのアプローチであり、追跡評価時点での貢献を判断することは容易ではないが、独自性の高い技術開発が行われ、その後も継続的な研究が実施されていること、また他の研究者によっても追隨的な研究がなされていること、そして国際的に著名な学術誌へ多くの研究論文が発表されていること、国際特許出願数が研究領域終了後も増加していることなどは高く評価できる。

国際目標である「持続可能な開発目標（SDGs: Sustainable Development Goals）」は本研究領域発足の約6年後に国連総会で採択されているが、本研究領域の内容はSDGsの基本的姿勢と同様であり、特定ゴールの課題とも一致している。多くの研究のベースとなる研究を先駆けて実施しており、研究成果は本研究領域参加研究者による展開だけでなく、他の研究者のSDGsに向けた取り組みの推進においても重要な知見の提供を通して貢献している。

## 2. 研究成果から生み出された科学的・技術的および社会的・経済的な波及効果

### (1) 研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

本研究領域では、気候変動下における微生物制御、水質計測、膜処理制御、放射性物質、ウイルス、農業利用、地下水、山林・山体などを要素とした研究が広範に展開されてきた。このようにして実施されてきた本研究領域において得られた研究成果及びその活用は多岐にわたっており、研究成果の科学技術への貢献も多分野に渡っている。

田中らの実施した下水処理水再生処理システムで得られた、UF膜ろ過+UV消毒による膜分離活性汚泥法のウイルス、化学物質除去の成果や考え方は、再生水を安全に利用するための処理方法に関する国際規格（ISO/TC282 SC3「リスクと性能評価」）に利用されている。

水環境や土壌環境に関わる新規簡易センサーによる検出技術が三宅らや澁澤らによって検討され、その後社会実装に向けてJSTの研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）などで継続的に研究されている。近年のAIやICTといった技術の水環境への適用において、簡易センサーの開発は必須であり、新たな研究アプローチを継続している。

大村らのウイルス知技術は、多くの国内研究者と連携して継続的に研究されている。また、CREST終了後のチーム横断的な連携のひとつとして、2018年開始のJST事業（未来社会創造事業 探索加速型）において田中が研究代表者のプロジェクト「重要管理点での高規格水処理

によるバイオリスク低減」の中には、大村らとの連携をとっている研究者によるCOVID-19検出技術の開発が含まれている。この手法を展開し、新型コロナウイルス感染状況の下水監視システムによる早期検知について、公益社団法人日本水環境学会の「COVID-19タスクフォース」を主導し、検出感度を10万人に数人レベルの感染者数まで高め、いくつかの自治体で実証が進められている。これらの蓄積された知見・経験と要素技術は、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）感染症の拡大による深刻な社会状況下において、下水および水環境中の新型コロナウイルスの検出・追跡にいち早く応用されている。また、2022年6月にイギリスで下水からポリオウイルスが検出されたが、検出自体への直接的な関与ではないとしても、本研究グループによる研究に基づく知見が貢献していることも評価できる。COVID-19によるパンデミックが2020年に起こるかは当然予測できない状況であった中、研究が継続的に進められ社会的な貢献へと結びついた結果であり、将来に起こりうるリスクに対する備え的な課題への基礎研究の重要性が浮き彫りにしたと言える。

本研究領域では、対象としたウイルス、膜処理制御、地下水、農業といった水に関わる社会的課題ごとに複数の研究チームが強く連携しつつも各チームが並列的に研究を進めた。課題解決のための研究推進や技術開発は分野を横断した連携協力を要することとなり、それが課題解決に資する個別の科学技術の確立に貢献してきたと判断される。持続可能な水利用を実現するという本研究領域の性質上、最終的には研究成果の社会実装が期待されるため、水利用に関わる各種の課題解決に資する科学技術の開発と応用に力点が置かれていることが特徴となっている。このような分野を連携横断した研究の推進は、新たな研究分野の開拓をもたらすものでもあり、また従来は見られなかった新たな切り口での研究の成果を社会に発信することとなった。研究終了後もそのような研究の展開が推進されたものと判断される。

振り返って、当研究領域の戦略目標は「気候変動等により深刻化する水問題を緩和し持続可能な水利用を実現する革新的技術の創出」の達成であった。気候変動は、世界各地において極端な洪水や渇水による深刻な水資源問題をもたらしている。これに対して2020年に産業界主導で水資源の保全・回復に取り組む活動としてWRC(Water Resilience Coalition)が設立された。これに先立つこと2009年には当研究領域の研究チームによって「世界の持続可能な水利用の長期ビジョン作成」および「気候変動に適応した調和型都市圏水利用システムの開発」が開始されていた。当研究領域による活動や研究成果は、水環境・水資源や水道関係の国際学会や国際学術誌を通して発信されてきたことから、新分野や新たな潮流の創出に貢献してきたものと判断する。

## (2) 研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

本研究領域では、SDGsのうちゴール3「すべての年代の人に健康的で快適な生活を」およびゴール6「すべての人に安全な水と衛生的環境を」に関連した社会的課題を含み、様々な水問題に対し社会実装を考慮した適応技術とシステムを取り扱ってきた。また、気候変動に

伴って近年は洪水・渇水が頻発しているが、本研究領域の研究期間中の研究成果、さらに研究終了後の発展的な研究成果は、喫緊の社会的課題である気候変動への適応にも貢献しているものである。

例えば、IWA(International Water Association)のHealth Related Water Microbiologyの研究グループには大垣研究総括が以前から深く関与し、その後も国内研究者が研究グループの中心的ポジションを継続的に担って活動を行っている。

鼎らの開発した気候変動の分析／解析は、さらなる研究の発展により、国連での気候変動に関する政府間パネルの資料、気候変動影響評価の世界的取りまとめプロジェクト ISI-MIP (Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project)、欧州共同委員会・共同研究センターにおける洪水リスクアセスメントなどに利用されており、世界的な評価を得ている研究成果である。また、森林集水域における水・炭素循環統合解析による森林管理最適化システムの開発(恩田)、下水処理水の再生処理システムや再生水処理方法に関する国際規格(田中)、施設園芸におけるクリーニングクロープによる除塩、窒素溶脱抑制、資源回収技術(藤原)、雨水の管理活用システムや浸水シミュレーションに基づく河川と下水道の一体的な管理制御システムの構築(古米)、気象現象の観測とシミュレーションを組み合わせた統合的な気候変動適応戦略による治水・利水政策への提言(沖)、リアルタイム土壌センサーの開発と土壌マップサービス(澁澤)、また病原微生物の網羅的同定及び絶対定量技術の開発とそれを用いた下水監視システムによる感染性胃腸炎や新型コロナウイルスの検知(大村)、などはすでに自治体や官公庁を含めた各機関での実証、また使用や実装がなされていることから、社会的関心を集めており、社会に対する大きな貢献に繋がったと判断される。

企業との共同研究も多く、簡易大腸菌分析キット、非破壊的に分析できる細胞分析技術を用いた顕微鏡システム、またシリコン系サブナノ多孔膜等、すでに商品化された例もある。

また本研究領域では研究を効果的・効率的に推進するため各チームには大学、研究機関、自治体、水道企業体、民間企業等で構成される平均5名程度の共同研究者が配置されており、基礎研究成果に基づく研究開発と社会実装までを見据えた効果的・効率的な連携体制をとった。このような体制に多くの学生、大学院生、研究員等が参画することから、研究コミュニティの形成と人材育成、キャリアアップにふさわしい場が確立されていたと思われる。

以上により、本研究領域は研究成果の発展や活用が認められ、科学的・技術的および社会的・経済的な波及効果が十分に生み出されている。

—以上—