

戦略的創造研究推進事業
CREST(チーム型研究)
追跡評価用資料

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」
(2009 年度～2016 年度)

研究総括: 大垣 眞一郎

2023 年 3 月

目次

要旨	1
第 1 章 研究領域概要.....	2
1.1 戦略目標.....	2
1.2 研究領域の目的.....	2
1.3 研究総括.....	3
1.4 領域アドバイザー.....	3
1.5 研究課題および研究代表者.....	3
第 2 章 追跡調査	9
2.1 追跡調査について.....	9
2.1.1 調査の目的.....	9
2.1.2 調査の対象.....	9
2.1.3 調査方法	9
2.2 追跡調査概要.....	10
2.2.1 研究助成金.....	10
2.2.2 論文	14
2.2.3 特許	15
2.2.4 共同研究や企業との連携.....	15
2.2.5 実用化・製品化.....	17
2.3 研究成果から生み出された科学技術や社会・経済への波及効果.....	18
2.3.1 研究領域の展開状況(まとめ図).....	18
2.3.2 研究成果の科学技術や社会・経済への波及効果.....	20

要旨

本資料は、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST) 戦略的創造研究推進事業におけるチーム型研究(CREST)「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」(2009年度～2016年度)において、研究終了後一定期間を経過した後、副次的効果を含めて研究成果の発展状況や活用状況を明らかにし、事業及び事業運営の改善等に資するため、追跡調査を実施した内容をまとめたものである。

第1章では、本研究領域の概要を記述する。本研究領域は、水資源、浄・造水処理、農・工・生活用水としての水利用、下・排水処理などを対象とし、水循環と水利用に関わる重要課題を推進した。

第2章では、追跡調査方法とその結果について記述する。調査対象は、研究期間中および研究終了後の研究助成金、発表論文、また国内外への特許出願および登録状況等について調査した。また、研究課題に対して、科学技術や社会・経済への波及効果の調査結果をまとめた。

科学技術や社会・経済への波及効果としては、例えば、膜分離活性汚泥法のウイルス/化学物質除去が国際規格(ISO/TC282 SC3「リスクと性能評価」)への利用、気候変動の分析/解析が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組みプロジェクト、ISI-MIP(Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project)等に利用、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などが挙げられる。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、様々な水問題に対して適応技術、システムを取り扱い、研究成果は喫緊の社会的課題である気候変動への適応したものであった。

第 1 章 研究領域概要

1.1 戦略目標

「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」

本戦略目標では、

- ・利用に適さない水や排水を安全・安心な水として利用するため、膜や生物処理による造水・水浄化技術、サニテーション技術等の水の質の問題を解決する技術、
- ・気候変動に伴う水循環の変化によって生じる水の偏在によって引き起こされる諸問題を緩和するため、これまでにない水貯留技術、水再循環利用技術、緑化等による保水能力強化、節水型農業・栽培技術等の水の量の問題を解決する技術など、

水の質や量に係わる問題の解決に資する革新的技術の開発を進める。また、社会への効果的な適用を念頭に置いた要素技術の統合化のための研究・技術開発を進めることによって、気候変動などで今後より激化する水問題を克服できる社会を実現するためのイノベーションを創出することを成果として想定する。これにより、我が国において世界に先駆ける革新的な水資源管理を実現するとともに、日本の高度な科学技術を活用して深刻な水問題に直面する開発途上国を初めとする世界へ貢献することによる国際的なリーダーシップの発揮、日本発の水ビジネスの国内外への展開を支援することも可能となる。

1.2 研究領域の目的

「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」（2009年度発足）

戦略目標を達成するためには、世界と日本の水利用に関するこれからの課題を把握し、その課題解決のための革新的技術とシステムを、普遍的な科学技術として提案する必要がある。

本研究領域は、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。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もっと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、実社会への適用性を十分に配慮した研究を対象とした。

具体的には、解決すべき社会の課題あるいは社会の要求を、

- ① 気候変動に水利用を適応させたい
- ② 山林を水利用の観点から合理的に管理したい。山間地域に安全な水源を確保したい
- ③ 地下水と地下をよりよく利用したい
- ④ 農業用水利用と環境を調和させたい。下水処理水を農業用水に活用したい
- ⑤ 水中のウイルスの挙動を把握し、感染を制御したい

- ⑥ 放射性物質から飲料水を守りたい
- ⑦ 膜による水処理における膜のファウリングを抑制し制御したい
- ⑧ 水質情報を的確に計測し把握したい
- ⑨ 生物化学的水処理における微生物を選択し制御したい

として取りまとめ、これらの社会的に解決すべき課題に向けて、科学的知見の深化、新技術の開発、社会への適用の手法の開発を実施した。

1.3 研究総括

大垣 眞一郎 (公益財団法人水道技術研究センター 理事長)¹

副研究総括: 依田 幹雄 (株式会社日立製作所 サービス&プラットフォームビジネスユニット 技術主管)¹

1.4 領域アドバイザー

本研究領域は、膜処理技術、都市水利用、地下水利用、農業用水利用など幅広い分野から、領域アドバイザーを選定した。表 1-1 に領域アドバイザーを示す。

表 1-1 領域アドバイザー一覧¹⁾

氏名	終了時の所属・役職	任期
浅野 孝	カリフォルニア大学デービス校・名誉教授	2009年6月～2017年3月
国包 章一	元静岡県立大学・教授	2009年6月～2017年3月
清水 慧	(株) 日水コン・名誉顧問	2009年6月～2017年3月
砂田 憲吾	山梨大学・名誉教授	2009年6月～2017年3月
津野 洋	大阪産業大学・教授	2009年6月～2017年3月
宮 晶子	水ing (株)・執行役員	2009年6月～2017年3月
宮崎 毅	東京大学・名誉教授	2009年6月～2017年3月
渡辺 正孝	中央大学研究開発機構・教授	2009年6月～2017年3月
渡辺 義公	中央大学研究開発機構・教授	2009年6月～2017年3月

1) 所属および役職は研究領域終了時

1.5 研究課題および研究代表者

各研究課題と研究代表者を表 1-2 にまとめた。

¹ 所属および役職は研究領域終了時点

表 1-2 研究課題と研究代表者

採択年	研究課題	研究代表者	研究終了時の所属・役職	研究期間	追跡調査時の所属・役職
2009	水循環の基盤となる革新的な水処理システムの創出	岡部 聡	北海道大学・教授	2009/10/1 － 2013/3/31	北海道大学工学研究院・教授
	荒廃人工林の管理により流量増加と河川環境の改善を図る革新的な技術の開発	恩田 裕一	筑波大学・教授	2009/10/1 － 2015/3/31	筑波大学生命環境系・教授
	世界の持続可能な水利用の長期ビジョン作成	鼎 信次郎	東京工業大学・教授	2009/10/1 － 2015/3/31	東京工業大学環境・社会理工学院・教授
	21世紀型都市水循環系の構築のための水再生技術の開発と評価	田中 宏明	京都大学・教授	2009/10/1 － 2015/3/31	京都大学・名誉教授
	地域水資源利用システムを構築するための Integrated Intelligent Satellite System (IISS) の適用	中尾 真一	工学院大学・教授	2009/10/1 － 2015/3/31	工学院大学・教授
	気候変動を考慮した農業地域の面的水管理・カスケード型資源循環システムの構築	藤原 拓	高知大学・教授	2009/10/1 － 2015/3/31	京都大学大学院工学研究科・教授
	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	古米 弘明	東京大学・教授	2009/10/1 － 2016/3/31	東京大学大学院工学系研究科・教授
2010	ナノテクノロジーとバイオテクノロジーの融合による革新的な水処理微生物制御技術の開発	池田 宰	宇都宮大学・教授	2010/10/1 － 2016/3/31	宇都宮大学・学長
	都市地下帯水層を利用した高度リスク管理型水再利用システムの構築	伊藤 禎彦	京都大学・教授	2010/10/1 － 2016/3/31	京都大学大学院工学研究科・教授
	地圏熱エネルギー利用を考慮した地下水管理手法の開発	小松 登志子	埼玉大学・教授	2010/10/1 － 2016/3/31	埼玉大学・名誉教授
	超節水精密農業技術の開発	澁澤 栄	東京農工大学・教授	2010/10/1 － 2015/3/31	東京農工大学卓越リーダー養成機構・特任教授
	地域水循環機構を踏まえた地下水持続利用システムの構築	嶋田 純	熊本大学・教授	2010/10/1 － 2016/3/31	熊本大学・特任教授
	モデルベースによる水循環系スマート水質モニタリング網構築技術の開発	三宅 亮	東京大学・教授	2010/10/1 － 2016/3/31	東京大学大学院工学系研究科・教授

2011	迅速・高精度・網羅的な病原微生物検出による水監視システムの開発	大村 達夫	東北大学・教授	2011/10/1 — 2017/3/31	東北大学・シニアリサーチフェロー
	安全で持続可能な水利用のための放射性物質移行拡散シミュレータの開発	沖 大幹	東京大学・教授	2011/10/1 — 2017/3/31	東京大学大学院工学系研究科・教授
	良質で安全な水の持続的な供給を実現するための山体地下水資源開発技術の構築	小杉 賢一朗	京都大学・教授	2011/10/1 — 2017/3/31	京都大学大学院農学研究科・教授
	多様な水源に対応できるロバストRO/NF膜の開発	都留 稔了	広島大学・教授	2011/10/1 — 2017/3/31	広島大学大学院先進理工系科学研究科・教授

2021年8月31日調査

各研究課題チームの主たる共同研究者を表 1-3 にまとめた。

表 1-3 各研究課題チームの主たる共同研究者リスト¹⁾

採択年	研究代表者	主たる共同研究者（所属・役職）
2009	岡部 聡	木村 克輝（北海道大学大学院工学研究院・准教授） 山崎 弘太郎（大阪市水道局・浄水統括担当部長） 小林 健一（阪神水道企業団・技術部長） 大和 信大（メタウォーター株式会社・研究員） Ingmar Nopens（ゲント大学・准教授）
	恩田 裕一	大槻 恭一（九州大学大学院農学研究科・教授） 竹中 千里（名古屋大学大学院生命農学研究科・教授） 蔵治 光一郎（東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林・准教授） 五味 高志（東京農工大学共生科学技術研究院・准教授） 小杉 賢一朗（京都大学大学院農学研究科・准教授） 芳賀 弘和（鳥取大学農学部・准教授） 野々田 稔郎（三重県林業研究所森林環境研究課・主幹研究員）
	鼎 信次郎	長野 宇規（神戸大学大学院農学研究科・准教授） 遠藤 崇浩（大阪府立大学現代システム科学域 環境システム学類・准教授） 吉村 千洋（東京工業大学理工学研究科・准教授） 花崎 直太（国立研究開発法人国立環境研究所地球環境研究センター気候変動リスク評価研究室・主任研究員） 山田 朋人（北海道大学大学院工学研究院・准教授） 平林 由希子（東京大学大学院工学系研究科附属総合研究機構・准教授）
	田中 宏明	清水 芳久（京都大学大学院工学研究科・教授） 田中 祐之（東レ株式会社地球環境研究所・主任研究員） 加藤 康弘（メタウォーター株式会社事業戦略本部 R&D センター新事業開発部・マネージャー） 小越 眞佐司（「国土交通省」国土技術政策総合研究所・研究官） 鈴木 穰（国立研究開発法人土木研究所材料資源研究グループ・研究グループ長） 水野 忠雄（京都大学大学院工学研究科・講師） 田中 周平（京都大学地球環境学堂・准教授）

	中尾 真一	中村 裕紀 (株式会社日立製作所・部長) 船津 公人 (東京大学・教授) 高羽 洋充 (工学院大学・准教授) 陳 文清 (四川大学・教授) 木村 克輝 (北海道大学・准教授)
	藤原 拓	船水 尚行 (北海道大学大学院工学研究院・教授) 山田 正人 (独立行政法人国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター・室長) 前田 守弘 (岡山大学大学院環境学研究科・准教授) 永禮 英明 (岡山大学大学院環境学研究科・准教授) 高岡 昌輝 (京都大学大学院地球環境学堂・教授) 赤尾 聡史 (鳥取大学大学院工学研究科・助教) 長谷 隆仁 (埼玉県環境科学国際センター資源循環・廃棄物担当・専門研究員) 深堀 秀史 (愛媛大学農学部・助教)
	古米 弘明	石平 博 (山梨大学大学院附属国際流域環境研究センター・准教授) 谷口 健司 (金沢大学理工研究域・准教授) 矢島 啓 (鳥取大学大学院工学研究科・准教授) 小川 文章 (「国土交通省」国土技術政策総合研究所・室長) 屋井 裕幸 (公益社団法人 雨水貯留浸透技術協会・技術第二部長) 滝沢 智 (東京大学大学院工学系研究科・教授) 林 武司 (秋田大学教育文化学部・准教授) 荒巻 俊也 (東洋大学国際地域学部・教授) 大瀧 雅寛 (お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科・教授)
2010	池田 宰	加藤 紀弘 (宇都宮大学大学院工学研究科・教授) 野村 暢彦 (筑波大学生命環境系・教授)
	伊藤 禎彦	浅見 真理 (国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域・上席主任研究官) 大河内 由美子 (麻布大学生命・環境科学部・准教授) 柳生 眞喜男 (大阪市水道局・浄水統括担当部長) 小林 健一 (阪神水道企業団・技術部長)
	小松 登志子	大西 純一 (埼玉大学大学院理工学研究科・教授) 竹村 貴人 (日本大学文理学部地球システム科学科・准教授) 斎藤 広隆 (東京農工大学大学院農学研究院・准教授)
	澁澤 栄	杉本 恒美 (桐蔭横浜大学大学院工学研究科・教授) 藤田 豊久 (東京大学大学院工学系研究科・教授)
	嶋田 純	河原 正奏 (熊本大学大学院自然科学研究科・教授) 北野 健 (熊本大学大学院自然科学研究科・准教授)
	三宅 亮	津留 英一 (株式会社日立製作所 インフラシステム社 機械システム事業本部・主任技師) 横山 新 (広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所・教授) 村上 裕二 (豊橋技術科学大学電気電子情報工学系・准教授)
2011	大村 達夫	押谷 仁 (東北大学大学院医学系研究科・教授) 渡部 徹 (山形大学農学部・教授)
	沖 大幹	芳村 圭 (東京大学大気海洋研究所・准教授) 末木 啓介 (筑波大学数理物質系・教授) 村上 道夫 (福島県立医科大学・准教授)
	小杉 賢一郎	勝山 正則 (京都大学学際融合教育研究推進センター・特定准教授) 松四 雄騎 (京都大学防災研究所・准教授) 中村 公人 (京都大学大学院農学研究科・准教授) 佐山 敬洋 (京都大学防災研究所・准教授) 藤本 将光 (京都大学学際融合教育研究推進センター・助教) 山川 陽祐 (筑波大学農林技術センター・助教)

都留 稔了	大下 浄治（広島大学大学院工学研究院・教授） 西嶋 渉（広島大学環境安全センター・教授） 安藤 雅明（日東電工株式会社メンブレン事業部開発部・部長） 堤 行彦（福山市立大学都市経営学部・教授）
-------	---

1) 主たる共同研究者の所属および役職は研究終了時

2021年8月調査

各研究課題の科学技術研究の性格と社会的課題群による領域内関連を図 1-1²に示した。

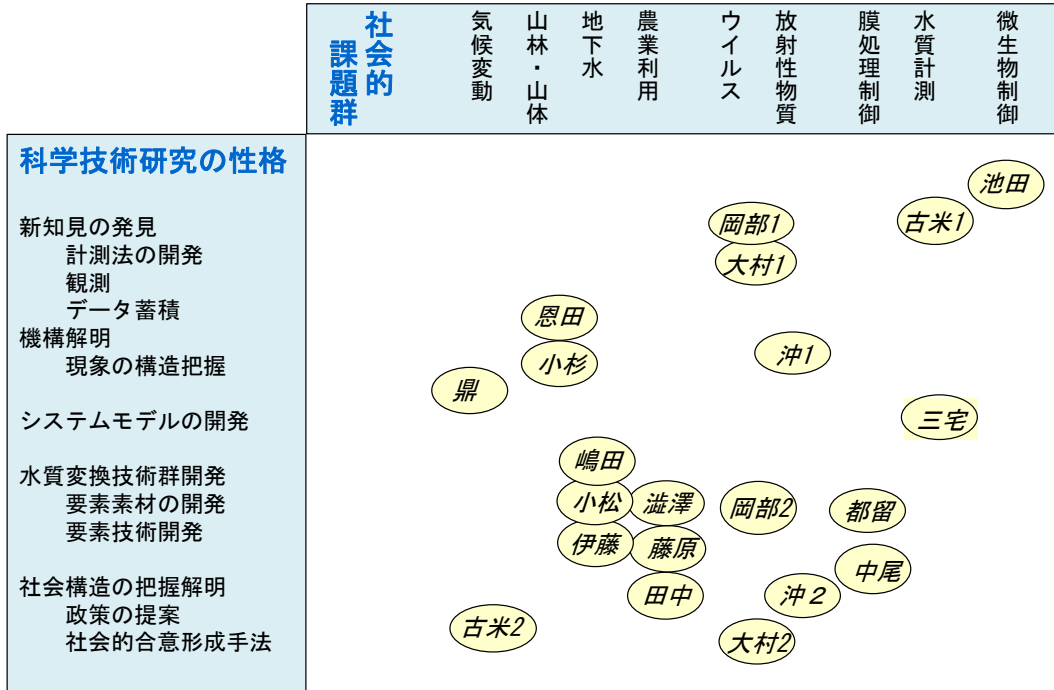


図 1-1 研究領域と社会課題群との関連図²

また、研究課題の本研究領域内での相互関係を図 1-2²に示した。

² 領域事後評価用資料

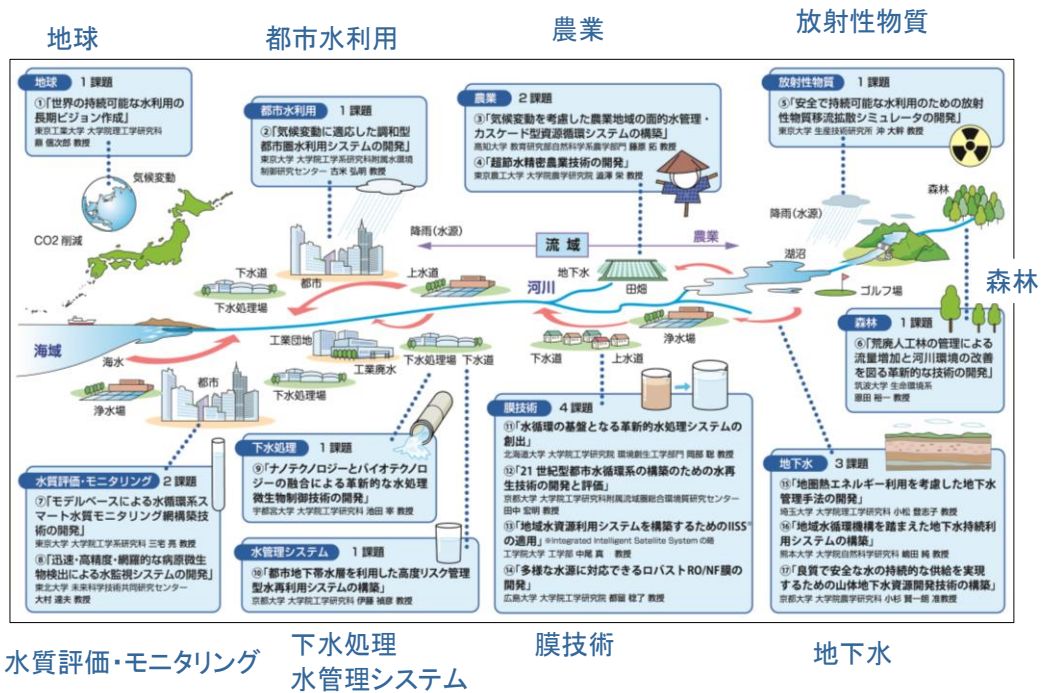


図 1-2 研究課題の本研究領域内での相互関係²

第 2 章 追跡調査

2.1 追跡調査について

2.1.1 調査の目的

追跡調査は研究領域終了後、一定期間を経過した後、副次的効果を含めて研究成果の発展状況や活用状況を明らかにし、JST の事業および事業運営の改善に資するために行う。

2.1.2 調査の対象

本追跡調査は、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」(2009 年度～2016 年度)を対象とし、各研究課題について CREST 研究期間中/研究終了後から調査時点 (2021 年 8 月末) までを調査対象期間とした (表 1-2 参考)。

2.1.3 調査方法

(1) 研究者アンケート

研究代表者に、研究終了後の研究成果の発展状況や波及効果等についてアンケートを送付した。回収 17 名/17 名 (回収率 : 100%)。

(2) 研究助成金

研究者アンケートにおいて、研究終了後からの研究助成金の獲得状況についての回答をもとにした。調査対象期間は、本研究領域の期間中を含めて調査対象月とし、本研究領域の研究代表者が研究の代表を務める研究助成金を調査した。その中から、原則、研究助成金の総額が 1 千万円/件以上のものを抽出した。

ただし、各研究課題の開始後に研究助成を受け、当該研究課題が終了する前に、その助成期間が終了してしまう事案および当該研究課題終了と同年度に助成期間が終了する事案に関しては対象外とした。

なお、研究代表者の研究助成資金の獲得状況の調査については、主に以下の WEB サイトも利用した。

- ・ 調査対象研究代表者所属大学の研究者データベース
- ・ 調査対象研究代表者の所属する研究室、本人の WEB サイト
- ・ 科学研究費助成事業データベース
- ・ researchmap (<https://researchmap.jp/>)
- ・ 日本の研究.com (<https://research-er.jp/>)
- ・ 公益財団法人助成財団センター (http://www.jfc.or.jp/grant-search/ap_search.php5)

(3) 論文

論文の抽出は、文献データベースとして Scopus を用い、文献タイプは Article、Review、Conference Paper を対象とした。研究期間中から調査時点まで、研究代表者が著者になっている論文を著者名より検索し出力した。各著者名から論文リストを作成し、①CREST の成果（終了報告書に記載、および助成金情報もしくは対象者の所属機関に本調査対象となるプロジェクト/プログラム名が入っていた場合）、②CREST の発展（①の論文を引用しているもの、および論文のタイトル及び抄録等から判断）、および③CREST と無関係と考えられるものに分類し、論文数を求めた。また、各論文については評価指標 FWCI³および FWCI TopX%⁴、および Journal の指標となる CiteScore についても収集した。

(4) 特許

PatentSQUARE 及び、補完的に Espacenet を利用し、検索を行い、研究代表者が発明者になっており、出願日（もしくは優先権主張日）が研究開始以降の特許を収集した。その後、課題終了報告書との照らし合わせを行い、不足分については追加を行い、リストを作成した。研究課題の終了報告書にある特許については、基本的に、CREST の関連特許とし、それ以外について、発明の名称及び抄録を確認した上で、CREST の成果と関連があるかを判断した。

(5) 共同研究や企業との連携等

研究代表者へのアンケートにより得た情報から収集した。

2.2 追跡調査概要

2.2.1 研究助成金

本研究領域の研究課題開始以降、各研究代表者が獲得した助成金のリストを表 2-1 に示した。

³ FWCI(Field-Weighted Citation Impact) : 1 文献あたりの被引用数を世界平均(年別・分野別・文献タイプ別に算出)で割った数値。

⁴ FWCI が全論文の中で上位 X%以内に含まれる論文。

表 2-1 研究助成金獲得状況¹

研究代表者	研究期間 (年度)	研究種目	研究課題
岡部 聡	2019- 2022	科研費（基盤研究（A））	バイオ燃料電池駆動型エネルギー自立式 Anammox MEC システムの開発
恩田 裕一	-	-	
鼎 信次郎	2015- 2017	科研費（基盤研究（B））	世界水需給アセスメントと社会科学・社会 制度研究の融合
	2020- 2022	科研費（基盤研究（B））	温暖湿潤アジアにおける大気陸面相互作用 観の構築
	2012- 2016	環境研究総合推進費（S-10- 3）	S-10-3 クリティカルな気候変動リスクの分 析に関する研究
田中 宏明	2015- 2017	科研費（基盤研究（A））	水再生処理での水系感染微生物と指標微生 物の動態とサロゲートの開発
	2018- 2021	科研費（国際共同研究加速基 金（国際共同研究強化 （B）））	英国テムズ川における抗生物質の水環境中 動態のモデル化
	2018- 2021	JST（未来社会創造事業 探索 加速型）	重要管理点での高規格水処理によるバイオ リスク低減
中尾 真一	-	-	
藤原 拓	2016- 2018	科研費（基盤研究（A））	逆浸透濃縮排水処理の省エネルギー化を実 現する回転円板型促進酸化装置の開発
	2021- 2022	環境研究総合推進費 S-19-3	陸域からの排出インベントリ作成と流出抑 制技術開発
古米 弘明	2016- 2018	基盤研究（A）	都市沿岸域における雨天時越流水に起因す る糞便汚染の評価手法の開発
	2017- 2019	JST（未来社会創造事業探索加 速型）	都市浸水リスクのリアルタイム予測・管理 制御
	2019- 2022	基盤研究（B）	都市沿岸親水空間における雨天時越流水に よる糞便汚染の予測と制御
	2020- 2023	国際共同研究加速基金（国際 共同研究強化（B））	画像解析によるマングローブ水域におけるプ ラスチック汚染実態把握と生態系への影響 評価
池田 宰	-	-	
伊藤 禎彦	2016- 2016	受託研究費	大阪広域水道企業団から受託研究「高度浄 水処理プロセスにおける臭素酸制御の高度 化調査委託（2016）」

	2018- 2019		「浄水フローの更新を見据えた高度浄水システムにおける処理性能調査（2018～2019）」
小松 登志子	-	-	
澁澤 栄	2013- 2015	NEDO バイオ燃料製造の有用要素技術開発事業	バイオ燃料製造の有用要素技術開発事業、ゲノム育種及び高効率林業によるバイオマス増産に関する研究開発（共同代表）、
	2016- 2018	農林水産省 革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）	農業 IoT による県特産野菜「サトイモ」の高品質安定多収技術の確立と地域への展開
嶋田 純	-	-	
三宅 亮	2017- 2021	JST (A-STEP)	水処理インフラ遠隔水質管理システム構築に向けた IoCT 技術基盤の開発
大村 達夫	2017- 2018	国土交通省（応用研究）	流入下水中の病原ウイルス観測による総合的感染症流行防止対策の確立
	2018- 2021	科研費（基盤研究（A））	ノロウイルス感染症制御を可能とする水インフラの実現
沖 大幹	2015- 2021	JST (SATREPS)	タイ国における統合的な気候変動適応戦略の共創推進に関する研究
	2015- 2019	環境研究総合推進費	気候変動の緩和策と適応策の統合的戦略研究
	2016- 2021	科研費（特別推進）	グローバル水文学の新展開
	2018- 2022	SIP	災害時や危機的渇水時における非常時地下水利用システムの開発
	2021- 2023	e-ASIA 共同研究プログラム	ダム貯水池の動的運用による統合水資源管理
	2021- 2025	科研費（基盤研究（S））	衛星地球観測による新たな全球陸域水動態研究
小杉 賢一朗	2019- 2021	国土交通省 河川砂防技術研究開発公募制度	降雨の既往最大値超過を基軸とした革新的な警戒避難情報提供技術の開発
	2020- 2024	科研費（基盤研究（A））	高精度土砂災害予測のための山体地下水を考慮した水文モデルの開発と展開手法の構築
都留 稔了	2012- 2016	科研費（基盤研究（A））	Molecular-Net Sieving 提案と超薄膜分離膜の創製

2015- 2017	科研費（基盤研究（A））	シリカ膜のナノチューニングと超薄膜製膜 プロセスの確立
2018- 2020	科研費（基盤研究（A））	革新的シリカ膜の開発と触媒膜型反応器に よるプロセス強化
2021- 2024	科研費（基盤研究（A））	触媒と膜分離の高度化によるグリーンアン モニア革新プロセス
2020- 2021	環境研究総合推進費・委託費 【問題対応型】 【革新型】 【課題調査型】	水蒸気回収膜を用いた新規な環境配慮型廃 棄物処理システムの実証

1) 「-」は該当なし

20121年8月調査

ほとんどの研究代表者は、研究終了後に新たな研究助成金を獲得し、CRESTの研究成果を展開させている。具体例として、鼎、藤原、沖また都留は、環境省環境研究総合推進費によりそれぞれ研究成果を展開している。田中は、国土交通省下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）プログラムにおいて、開発した水処理技術を用いて、沖縄県糸満市における再生水の農業利用、また JST（未来社会創造事業 探索加速型）において、高規格水処理によるバイオリスク低減等を進めている。澁澤は、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）バイオ燃料製造の有用要素技術開発事業等において、バイオマス増産に関する研究を進めている。三宅は、CREST「環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出」において、開発した水質モニタをもとに植物の生育環境観測技術を開発している。沖は JST（SATREPS）や内閣府 SIP で研究を展開している。

なお、池田チームの主たる共同研究者である筑波大学の野村暢彦は、2015年に ERATO「野村集団微生物制御」プロジェクトの研究総括に採択され、微生物間相互作用について研究を展開している。

2.2.2 論文

研究代表者の論文を、①CRESTの成果、②CRESTの発展に分類し、それぞれについての領域全体の論文数および平均FWCI値、Top10%、Top1%、Top0.1%以内の論文数を表2-2にまとめた。

表 2-2 CRESTの成果および発展の論文数¹⁻²⁾

領域全体	① CRESTの成果		② CRESTの発展	
	論文数	Top10%論文数	論文数	Top10%論文数
	633	68	569	75

1) 論文数は重複論文を含む。

2) 各 Top10%論文数は“以内”を意味する。

2021年8月調査

領域全体では、CRESTの成果論文数は633報(このうちTop10%以内は68報)であり、CRESTの発展論文数は569報(このうちTop10%以内は75報)であった。

研究代表者別では、ばらつきはあるが、CRESTの成果論文では、恩田、沖および都留が50報以上と多い。一方、CRESTの成果のTop10%以内論文数で、岡部、恩田および都留が10報以上である。また、CRESTの発展論文に関しては、岡部、恩田、田中、古米および都留が50報以上である。Top10%以内の論文数は、岡部と沖が10報以上である。

2.2.3 特許

表 2-3 に特許の出願や登録数を一覧表にまとめた。

表 2-3 研究期間中・終了後の特許の出願と成立状況^{1,2)}

領域全体	研究期間中				研究終了後			
	出願件数		登録件数		出願件数		登録件数	
	国内	海外	国内	海外	国内	海外	国内	海外
	51	5	38	1	34	10	10	1

2021年8月調査

領域全体では、出願件数、登録件数のいずれも研究期間中に対し、研究終了後では少ない。一方で、研究終了後、海外特許出願数は増加している。

各研究代表者別では、ばらつきはあるが、研究期間中および終了後を通し、田中、中尾および都留の出願数が多い。

2.2.4 共同研究や企業との連携

研究代表者へのアンケートをもとに、大学/研究機関また民間企業との共同研究、また国際共同研究について、表 2-4 に示した。

表 2-4 大学/研究機関また民間企業との共同研究および国際共同研究の状況^{1,2)}

研究代表者	他の研究機関と共同研究	民間企業と共同研究	国際共同研究（人事交流、論文等の共著を含む）
岡部 聡	-	トーケミ株式会社、旭化成株式会社、セルスペクト株式会社	韓国の企業、ドイツ、欧米諸国・中国、韓国
恩田 裕一	-	株式会社サントリー	米国・デラウェア大学
鼎 信次郎	東京大学、国立環境研究所、名古屋大学、香川大学、JAMSTEC	-	ドイツ・マックスプランク研究所、米国・ミシガン州立大学、タイ・王立灌漑局、タイ・カセサート大学、インド・プレジデント大学、中国・上海大学、米国・コロンビア大学、エジプト・E-JUST 大学、英国・オックスフォード大学、オランダ・アムステルダム自由大学、オランダ・デルフト工科大、英国・ブリストル大学など

田中 宏明	B-DASH プロジェクトで糸満市、民間企業	-	英国・水文生態研究所や中国・清華大学 深圳国際研究院
中尾 真一	-	-	-
藤原 拓	愛媛大学、岡山大学、九州大学	企業2社	-
古米 弘明	秋田大学・立正大学・山梨大学・熊本大学・富山県立大学・東京都水道局	メタウォーター株式会社、栗田工業株式会社、株式会社クボタ、横河電機株式会社	タイ・Khon Kaen University, Prince of Songkla University、ニュージーランド・RSNZ、ベトナム・ハノイ土木工学大学、スリランカ・Ruhuna 大学、インド・Tezpur University と IIT/ Gandhinagar、南アフリカ・国立土壌・気象・水利農業研究機関及び Witwatersrand 大学
池田 幸	-	国内外の企業(キリンビール株式会社、花王株式会社、TOTO株式会社、三菱ケミカル株式会社、ロレアル株式会社、BASF株式会社等)	米国、フランス、スイス、中国の大学
伊藤 禎彦	京都大学と国立保健医療科学院	-	-
小松 登志子	埼玉大学、東京大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所	企業2社	フランス・グルノーブル大学、デンマーク・オールボー大学、米国・カンザス州立大学
澁澤 栄	-	トヨタ自動車株式会社	-
嶋田 純	熊本大学・くまもと地下水財団	サントリー株式会社	-
三宅 亮	-	株式会社日立製作所、オルガノ株式会社、株式会社NCE	-
大村 達夫	仙台市、株式会社日水コン	株式会社日水コン	-
沖 大幹	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構	-	タイ王国の政府機関官僚ならびに大学、英国・University College London

小杉 賢一 朗	京都大学防災研究所	1社に対し技術指導	-
都留 稔了	-	10社以上の民間企業	中国・大連理工大学

1) 「-」は該当なし

2021年8月調査

ほぼすべての研究代表者において、国内外の大学/研究機関あるいは民間企業との共同研究が行われている。

このうち、岡部、鼎、田中、池田、古米、小松また沖は、それぞれ数カ国以上の大学/研究機関との共同研究を進め、成果を共著論文として発表している。民間企業との共同研究や技術指導を行っている研究代表者も多く、このうち、都留は10社とシリコン系サブナノ多孔膜の製膜技術について、実施許諾を与えながら技術移転とともに共同開発を行っている。

2.2.5 実用化・製品化

岡部らによる簡易大腸菌分析キットはセルスペクト株式会社から販売されている。

池田らによる、ほぼ全ての細胞が持つ自家蛍光を顕微鏡で立体的にスキャンし、各々の細胞の自家蛍光シグネチャーを取得することで微生物の細胞集団における一細胞の性質を非破壊的に分析できる細胞分析技術(CRIF)は、ニコン株式会社より顕微鏡システムが発売済みとなっている。

澁澤とトヨタ自動車株式会社との共同研究によるリアルタイム土壌センサーの開発と農家への土壌マップサービスは事業実証を開始されている⁵。

三宅らが開発したモデルベース型マイクロ流体回路設計解析技術は、株式会社オンチップバイオテクノロジー社の細胞分析装置のフロー系設計解析に適用された。

また、都留らが開発したシリコン系サブナノ多孔膜が商品化されている⁶。

なお、ベンチャー設立例はない。

⁵ <https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/27316103.html>

⁶ イーセップ株式会社 HP：https://esep.kyoto/silicamembrane_400/

2.3 研究成果から生み出された科学技術や社会・経済への波及効果

2.3.1 研究領域の展開状況(まとめ図)

本研究領域では、2009年から2011年にかけて計17件の研究課題を採択し、「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」という戦略目標の下で研究を遂行した。展開と発展のまとめを図2-2に示した。

戦略目標、達成目標	体制	アクティビティ/アウトカム (short/mid-term)		アウトカム (long-term) /インパクト
		～追跡調査時点	今後予想される展開	今後想定される波及効果
<p>戦略目標： 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</p> <p>達成目標： ①気候変動に水利用を適応させたい ②山林を水利用の観点から合理的に管理したい。山間地域に安全な水源を確保したい ③地下水と地下をよりよく利用したい ④農業用水利用と環境を調和させたい。下水処理水を農業用水に活用したい ⑤水中のウイルスの挙動を把握し、感染を制御したい ⑥放射性物質から飲料水を守りたい ⑦膜による水処理における膜のファウリングを抑制し制御したい ⑧水質情報を的確に計測し把握したい ⑨生物化学的水処理における微生物を選択し制御したい</p>	<p>研究総括： 大垣 眞一郎</p> <p>副研究総括： 依田 幹雄</p> <p>研究代表者</p> <p>岡部 聡 恩田 裕一 鼎 信次郎 田中 宏明 中尾 真一 藤原 拓 古米 弘明 池田 幸 伊藤 禎彦 小松 登志子 澁澤 栄 嶋田 純 三宅 亮 大村 達夫 沖 大幹 小杉 賢一郎 都留 稔了</p> <p>17名</p>	<p>科学技術的および社会・経済的な波及効果</p> <p>全球水資源モデルの高解像度化、季節スケールの水資源・洪水予測技術の開発、全球高解像度氷河モデルの開発と水資源アセスメントへの応用（鼎） 都市における雨水管理・利用の高度化と浸水リスクの制御システムの開発（古米） 全球から市町村スケールのシームレスな洪水予測（沖）</p> <p>水・炭素循環統合解析による森林管理最適化システム（恩田） 流量データや水質データを用いた地下水資源探査、土砂災害予測方法の開発（小杉）</p> <p>熊本地震による地域地下水の水量・水質変化を観測データの解析（嶋田） 水質汚染、事故の発生源と原因物質の特定（伊藤） 土壌中のヒ素の高精度で容易に判定する方法（小松）</p> <p>下水処理水のUF+UV再生処理システムの実証研究、国際標準規格TC282 水の再利用への規格反映（田中） 廃水中の微量化学物質除去技術（藤原） 土壌センサーの開発と農家への土壌マップ（澁澤）</p> <p>感染性胃腸炎（ノロウイルス）や新型コロナウイルスの感染状況の下水監視システム（大村） 下水からのSARS-CoV-2の検出（岡部）</p> <p>シリコン系サブナノ多孔膜の製膜技術（都留） タンパクや多糖類に対する高いファウリング防止性を示す水処理用ファウリング防止膜（中尾）</p> <p>バイオフィーム除去および形成阻害（池田/野村）</p> <p>展開</p> <p>科研費（基板研究（A））（岡部、田中、藤原、古米、大村、小杉、都留） JST未来社会事業（田中、古米） JST SATREPS、内閣府 SIP、科研費(特別推進)（沖） 環境研究総合推進費(鼎、藤原、沖、都留)</p> <p>実用化・製品化</p> <p>細胞分析技術(CRIF)（池田/野村） リアルタイム土壌センサーの開発と農家への土壌マップサービス（澁澤） デルバース型マイクロ流体回路設計解析技術（三宅） シリコン系サブナノ多孔膜（都留）</p> <p>人材育成等</p> <p>池田の主たる共同研究者、野村暢彦（筑波大学）：ERATO「野村集団微生物制御プロジェクト」研究総括（2015年度～）</p>	<p>・気候変動影響評価や洪水リスクアセスメント</p> <p>・水災害に備える観測・予測技術 ・森林管理技術や土砂災害警戒情報</p> <p>・大規模地震が地下水環境へ与えた影響の解明、農用地土壌汚染対策、水質汚染、事故の発生源と原因物質の特定、農用地土壌汚染対策 ・水利用の新しい管理手法</p> <p>・再生水事業、次世代型施設園芸農業、土壌マップサービス</p> <p>・感染症のモニタリング/監視システム</p> <p>・工業プロセスにおける物質の分離精製</p> <p>・微生物間相互作用の解明、バイオフィームの利用</p>	<p>持続可能な開発目標（SDGs） ゴール3「すべての年代の人に健康的で快適な生活を」 ゴール6「すべての人に安全な水と衛生的環境を」への貢献/波及</p> <p>安全・安心な社会 ・地球規模の環境変動・異常気象の予測と社会・生産活動への影響の予測 ・自然災害予測・防災、被害の予測、ハザードマップの作成などの自然災害・防災シミュレーション ・安定/安全な水供給による農業生産性の向上と環境負荷軽減 ・社会インフラの提供 ・感染症予防</p> <p>省エネ・カーボンニュートラル脱炭素社会の実現</p>

図 2-2 まとめ図

2.3.2 研究成果の科学技術や社会・経済への波及効果

研究終了後も各研究者はそれぞれ異なるアプローチにより、持続可能な水利用を実現する革新的技術に向けて取り組んだ。

2015年9月の国連サミットで加盟国の全会一致で採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」に記載され、2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標である「持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）」では、17のゴール・169のターゲットから構成されているが、本研究領域とはゴール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、社会実装を十分に考慮した適応技術、システムを取り扱っている。また、近年の気候変動による洪水あるいは東日本大震災や熊本地震など、我々をとりまく環境も大きく変化があった。これらの点を踏まえ、社会・経済的に波及効果が見られる事例について下記に取り上げる。



図 2-3 持続可能な開発目標（SDGs）

恩田らが開発した、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は、斜面から広域スケールで森林管理が材積量変化、林内環境や樹木活性変化による、水文プロセスと炭素循環、また斜面や小流域スケールで間伐による遮断や蒸散、林床植生による蒸発散量、林床植生の生育による遮断量の変化の評価が可能である。また流域流出量から、間伐による蒸散量や遮断の変化を、従来の年単位から季節変動性とあわせて評価する。このシステムにより、森林簿の広域情報を用い、水収支観測データが得られない流域も、立木密度や樹高などの森林状態と蒸発散の相関関係から、広域森林状態を考慮した水循環の評価ができ、近年の土砂災害による流木流出は森林の炭素蓄積量に大きく影響を及ぼすことを示した。林野庁により森林管理技術として使用される予定である。

鼎らが開発した気候変動の分析/解析は、様々な他のプロジェクト等とも関連する中で研究を発展させ、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、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、国内の災害保険会社における洪水リスクアセスメント、などに利用されている。

田中は、B-DASHプロジェクトでの下水処理水の再生処理システムにおいて、西原環境、東京設計事務所、京都大学、沖縄県糸満市と共同で実証研究を進めた。UF（限外ろ過）+UV（紫外線）の実証施設による農業用再生水は、糸満市において

1000m³/日の規模で安全性、農業利用性が実証され、農業灌漑事業としての実施段階にある⁷。また、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」）に利用された。

藤原らが開発したクリーニングクロップ（CC）は、施設園芸における除塩、窒素溶脱抑制、資源回収を同時に実現する技術として、導入・活用技術の開発を継続しており、高知県の協力のもと、農家への普及・実装を目指した研究へと展開している。

古米らは、近年頻発する都市型洪水の対策として、雨水浸透や貯留の導入など幅広い視点での雨水の管理や活用システム、さらには浸水・氾濫に備えるために、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を構築する研究を展開している。また、途上国都市圏における雨水利用を含む適切な水供給と生活排水処理システムの計画や方法論の検討を現地調査に基づいて実施している。

沖らは、気候変動による水災害被害を減らすため、タイのカセサート大学との国際共同研究で、さまざまな気象現象の観測とシミュレーションによる予測を組み合わせた統合的な気候変動適応戦略を構築している（図2-5）⁸。2018年度には、タイ政府の気候変動適応策を所

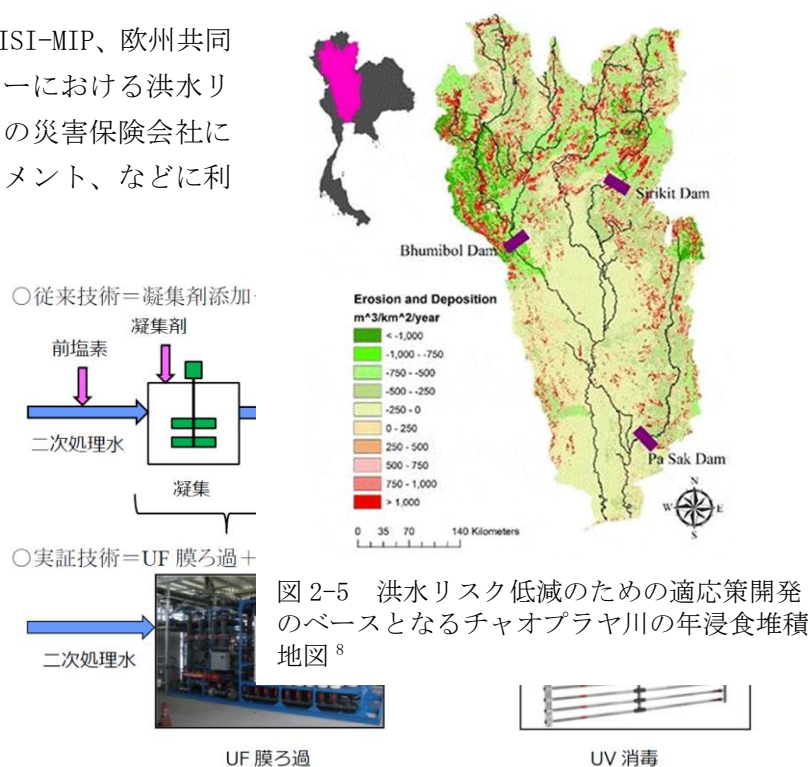


図2-4 再生水システムの従来技術とUF膜ろ過+UV消毒との比較⁷

図2-5 洪水リスク低減のための適応策開発のベースとなるチャオプラヤ川の年浸食堆積地図⁸

⁷ 国総研資料 第1011号 B-DASHプロジェクト No.19 UF膜ろ過と紫外線消毒を用いた高度再生水システム導入ガイドライン（案）<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn1011.htm> Lee Suntae, Yamashita Naoyuki, Tanaka Hiroaki How Fiber Breakage Reduces Microorganism Removal in Ultrafiltration for Wastewater Reclamation 2019, Food and Environmental Virology DOI10.1007/s12560-019-09372-6

⁸ <https://www.jst.go.jp/EN/achievements/research/bt2020-08.html>

掌する機関の要請で、特別報告書をまとめ適応策がタイの治水・利水政策へ反映されるよう、タイ政府関係者や同国内の自治体、専門家、市民らと地域ワークショップ等を開いて気候変動適応策の理解を促すなど、社会実装に取り組んでおり、観測・予測技術で水災害に備えるタイの治水・利水政策に貢献している。

大村らは病原微生物の網羅的同定及び絶対定量技術を開発し、現行の医療機関の報告に基づく監視システムよりも、下水監視システムの方が早期に感染性胃腸炎（ノロウイルス）の流行を検知できることを示した⁹⁾。この手法を展開し、最近の新型コロナウイルスの感染状況を下水監視システムによって早期に検知について水環境学会 COVID-19 タスクフォースを主導して進めており、各自治体で実証が進められている¹¹⁾。2次感染、3次感染が発生し

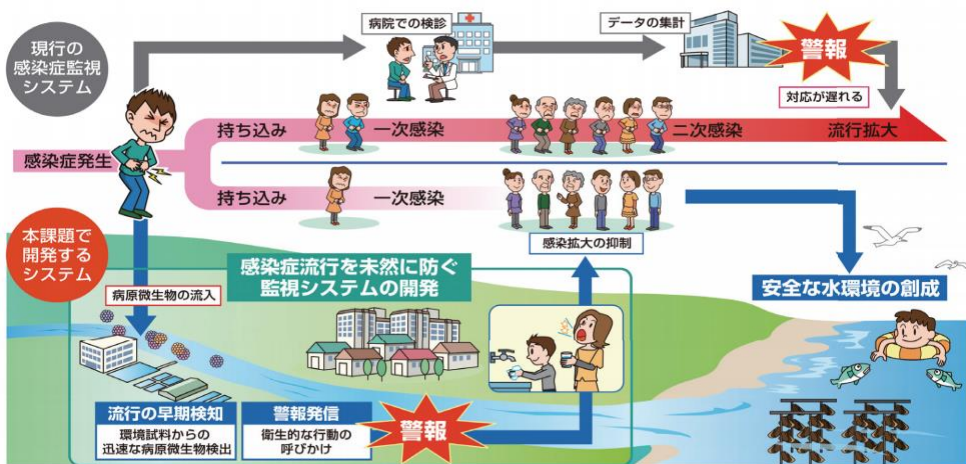


図 2-6 感染症監視システム⁹⁾

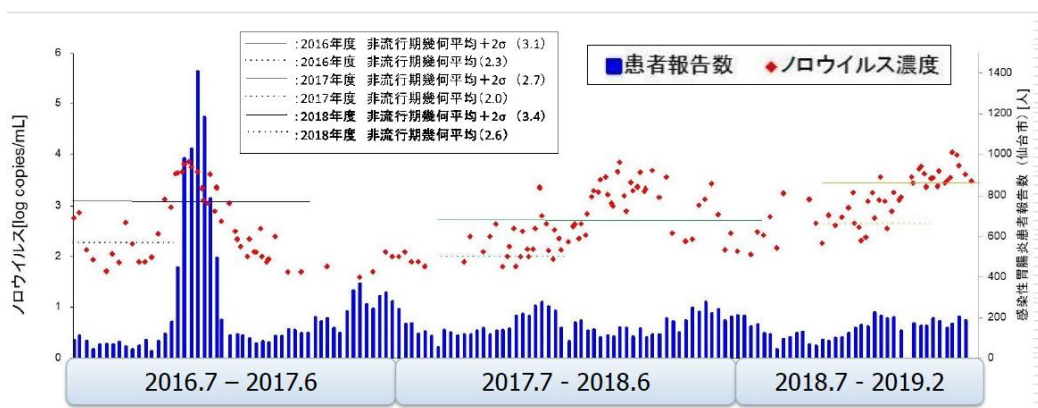


図 2-7 下水中ノロウイルス濃度と感染性胃腸炎患者報告数⁹⁾

⁹⁾ <https://www.jswe.or.jp/aboutus/covid19.html>,

<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/content/001361063.pdf>

¹⁰⁾ 情報発信のためのサイトを東北大学に開設している (<https://www.novinsewage.com>)

¹¹⁾ <https://www.water.city.nagoya.jp/file/36389.pdf>

てしまった際の拡散状況把握に貢献するものとしてメディアにも大きく取り上げられており、大きな社会的関心を集め期待されている¹²。

また、2.2.5 で取り上げたように、岡部らによる簡易大腸菌分析キットはセルスペクト株式会社から販売、池田らの細胞集団における一細胞の性質を非破壊的に分析できる細胞分析技術 (CRIF) が顕微鏡システムとしてニコン株式会社より発売済みであり、澁澤とトヨタ自動車との共同研究によるリアルタイム土壌センサーの開発と農家への土壌マップサービスが事業実証、三宅らのモデルベース型マイクロ流体回路設計解析技術が株式会社オンチップバイオテクノロジーズの細胞分析装置のフロー系設計解析に適用、都留らが開発したシリコン系サブナノ多孔膜が商品化された例などもあげられる。

¹² 例えば、<https://www.nikkei.com/article/DGXMZ059249320Y0A510C2000000/>、<https://kahoku.news/articles/20200704kho000000039000c.html>