

戦略的創造研究推進事業
－CREST タイプ－

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」

研究領域中間評価用資料

平成 26 年 3 月 20 日

目次

1. 研究領域の概要	1
(1) 戦略目標	1
(2) 研究領域	4
(3) 研究総括	5
(4) 副研究総括	5
(5) 採択課題・研究費	6
2. 研究総括のねらい	7
3. 研究課題の選考について	8
4. 領域アドバイザーについて	11
5. 研究領域の運営について	12
6. 研究の経過と所見	16
7. 総合所見	20

1. 研究領域の概要

(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」（平成 21 年度設定）

1) 具体的内容

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は 2007 年に発表した第 4 次評価報告書において、地球温暖化はもはや疑う余地がなく、その原因のほとんどは人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性がかなり高いとの評価を科学的根拠とともに示した。

気温の上昇は、水を取り巻く環境に対しても影響を与えている。多くの地域において、1900 年から 2005 年にかけての降水量には長期変化傾向が観測され、降水量がかなり増加した地域や厳しい干ばつに見舞われる地域が拡大している。また、湖沼や河川等では、水温上昇が原因となる水温分布の変化や水質の悪化が生じている。地球温暖化による将来の影響に関する現在の知見としては、干ばつの影響を受ける地域の面積が増加する可能性が高いこと、強い降雨現象の頻度が増す可能性が非常に高く、洪水リスクが増加すること、海面上昇によって沿岸地下水が塩水化すること等、今後全地球的に地域ごとの水資源の存在形態が大きく変わることが予測される。

水は、農業・食糧、生態系・生物多様性、資源・エネルギー、保健衛生とも密接に関連していることから、地球温暖化に伴う水循環の変化は、直接的にも間接的にも地球規模の全人類的な問題の原因となる。人口の増減や都市への人口集中、ライフスタイルの変化等に起因する世界的な水問題の激化を地球温暖化がさらに加速させ、先進国・途上国を問わず経済成長の鈍化、食糧危機、水を巡る紛争等人類の安全保障とも直結する問題を引き起こす可能性にも繋がる。

地球温暖化の原因物質とされる温室効果ガス排出に対して最も厳しい緩和努力を行っても、今後数十年間は気候変動のさらなる影響を回避することは難しく、IPCC 第 4 次評価報告書でも警告されているように、短期的な影響に対して何らかの適応策を講じることが特に必要不可欠である。例えば、我が国においても気候変動によって極端な少雨や多雨の現象等が多発し、洪水・渇水リスクの増大が見込まれたり、河川・湖沼の水質悪化が危惧されるなど、水の量・質の両面にわたって将来の国民生活の安全・安心を脅かす問題が生じることが予測されている。このような気候変動に伴う水環境の変化により生じる水問題に対しては、精度の高い水循環予測に基づく中長期の水の需給バランスを考慮した利用・管理計画を地域レベルで立てることが重要であるとともに、水問題の緩和や適応に資する技術の開発とそれら技術の社会への効果的な適応が必要である。

本戦略目標は、気候変動などによって激化する水問題事例を具体的に設定し、実社会への適用性を十分に考慮した上で、水に関わる新たな技術の開発や成熟度の高い複数の技術を統合化する技術の開発等を行うものである。なお、本戦略目標では、我が国における個

別の地域問題の解決を目指す取組も対象となるが、その様な研究であっても、得られるであろう普遍的な知見によって、広く世界の水問題解決に展開が期待できる取組を重視する。

2) 政策上の位置付け

平成 20 年 7 月の G8 北海道洞爺湖サミット首脳文書においては、水に関する知見と技術について、開発途上国との共有や気候変動への適応等の必要な行動等によって統合水資源管理及び「水の良いガバナンス」を推進することとされており、平成 20 年 6 月沖縄で開催された G8 科学技術大臣会合の議長サマリーにおいては、「今後重点的に科学技術協力を進めていく研究分野として、開発途上国にとって特に重要な水等の持続的供給の発展がある」と指摘されている。

また、「科学技術外交の強化に向けて」（平成 20 年 5 月総合科学技術会議）においては、科学技術外交を推進するために取り組むべき課題として、我が国の優れた科学技術を活用したアフリカ等の開発途上国における水に対する取組の実施が挙げられている。

これらに向けた取り組みは、第 3 期科学技術基本計画の個別政策目標「③-11 健全な水循環と持続可能な水利用を実現する」に対応し、分野別推進戦略における環境分野の「水・物質循環と流域圏研究領域」及び社会基盤分野の重要な研究開発課題「水循環・物質循環の総合的なマネジメント」に位置づけられるものである。

「地球環境科学技術に関する研究開発の推進方策について」（平成 20 年 8 月科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会）において、地球規模水循環変動により水資源供給に過不足が生じて人間社会が被る悪影響を回避、あるいは最小化する等のための基礎的・基盤的研究開発として、流域規模から地球規模の水循環変動の先進的な観測技術の開発や水資源管理に係わる研究開発等の推進が必要であるとされている。

3) 本研究事業の位置付け、他の関連施策との切り分け、政策効果の違い

環境科学技術は、単に真理の探究や高度な技術開発のみにとどまるものではなく、実際に環境問題の解決に繋がる、社会環境を変えるようなものでなければならない。そのためには、基礎・基盤的研究であっても環境改善に導くものを含んでいなければならない。問題の解明や解決に資する科学的知見の集積、要素技術の開発、技術の社会への適用方策、社会システム設計等の様々な分野を考慮し、総合的な視点で戦略的に取り組む必要がある。

環境分野に関連した戦略的創造研究推進事業としては、平成 7 年度開始の「環境低負荷型の社会システム」、平成 9 年度開始の「地球変動のメカニズム」、平成 10 年度開始の「資源循環・エネルギーミニマム型社会システム技術」、平成 13 年度開始の「水の循環系モデリングと利用システム」がある。それらの中で水分野に関連した「水の循環系モデリングと利用システム」では、気候変動・水循環等のメカニズム解明のための研究や、社会における持続可能で効率的な水利用システムのための技術開発等が行われてきた。

水問題に対処する新たな社会を実現するための基礎を築くためには、関係省庁・研究機関が取り組む対策技術開発や個別分野で行われている影響評価研究等の枠を超えて、自然

科学や技術開発の分野から人文・社会科学の分野まで、分野横断的で総合的な視野に立った研究・技術開発を推進することが求められる。このためこれまでの戦略的創造研究推進事業において取り組んできた水循環の諸過程の解明に向けた取組と効率的な水利用システムに関する研究・技術の開発をさらに発展させるとともに、IPCC 第4次評価報告書等で指摘された地球温暖化に関する科学的知見や社会情勢を踏まえ、予測される深刻な水問題を克服できる社会を実現するための研究・技術開発を推進する。

4) 将来実現しうる成果等のイメージ

社会が抱える水問題の解決には、その問題の多様な背景を的確に把握した上で問題解決に資することが期待できる革新的な技術や既存の複数の技術の最適な組み合わせ、さらにそれら技術を社会の中に効果的に適用させることが求められる。

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

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。

5) 科学的裏付け

かつて我が国は深刻な水質汚染の問題に直面し、汚染問題の解決を図るため様々な水質の改善や処理に係わる技術の開発を行ってきた。これら水質改善・処理技術に関する我が国の現状と国際比較については、「科学技術・研究開発の国際比較 2008年版（環境技術分野）」（平成20年2月科学技術振興機構研究開発戦略センター）に詳しくまとめられている。その報告によれば、我が国では、産業排水に対して条例や地域協定等でより厳しい放流水質を求められるケースが多いことから、水処理企業での技術開発水準や産業技術力は高い。大学や国立研究機関における研究では、生物学的排水処理における微生物叢解析等の特定分野の研究は活発であり、下水や生活排水の処理を対象とした研究が多い。特に、水処理に関連した膜ろ過材料分野においては、ナノテクノロジー技術による逆浸透膜の製造シェアは日本が先導している。

また、我が国は降水や水賦存量等水循環に関する観測・予測や生活に利用する水の検査

等については高い技術を持つが、それら技術をより高精度化し標準化することによって、気候変動に伴う水問題の克服に活用することが可能である。一方、水循環において重要な役割を果たすとともに、貴重な水資源として活用されている地下水に関しては、その実態の把握は不十分であり今後のさらなる研究が必要とされている。

我が国には水問題の解決に資する技術については優れたものが多い。それら技術をさらに高めるとともに、水問題の解決に取り組む様々な科学技術、人文・社会科学等の分野横断的連携を促進して、対象とする水問題に適合した技術体系やシステムを構築し普及するための研究・技術開発を展開することによって、気候変動や社会活動形態の変化に伴いさらに激化する水問題の克服が可能となる。

6) 留意点

本戦略目標では、様々な水問題のうち、社会的重要性・緊急性が高く、かつ問題解決のために革新的な技術開発が要求される水問題に焦点を絞って実施する。また、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の創出のためには革新的技術の開発が不可欠であるが、単なる技術開発に留まることなく、それぞれの技術をどのような形で社会へ実装させていくのか、その形を見極めつつ進めることが必要である。したがって、本戦略目標に基づく研究事業においては、個別課題の技術的深化のみに留まらない運営に十分留意するものとする。

(2) 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」(平成 21 年度発足)

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する。

具体的には、膜、オゾン、セラミックスなどによる高度処理および海水淡水化に関する基盤要素技術開発とそれらの利用システム技術、水質評価手法、成熟度の高い技術と革新的技術との統合化による上水、下水、工業用水、農業用水、工場排水などの造水・処理・循環・資源回収システム、地下水の利用も含めた水圏の総合的水資源・水環境管理、水質管理システム、また、新しい原理による革新的な浄水・造水・水利用技術の開発などに関する研究が含まれる。

(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)

(4) 副研究総括

依田幹雄(株式会社日立製作所 インフラシステム社 技術主管)

(5) 採択課題・研究費

(百万円)

採択年度	研究代表者	中間評価時 所属・役職	研究課題	研究費*
平成 21 年度	岡部聡	北海道大学 教授	水循環の基盤となる革新的水処理システムの創出	324
	恩田裕一	筑波大学 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	235
	鼎信次郎	東京工業大学 教授	世界の持続可能な水利用の長期ビジョン作成	220
	田中宏明	京都大学 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	495
	中尾真一	工学院大学 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	448
	藤原拓	高知大学 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	248
	古米弘明	東京大学 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	417
平成 22 年度	池田幸	宇都宮大学 教授	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	253
	伊藤禎彦	京都大学 教授	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	213
	小松登志子	埼玉大学 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	312
	澁澤栄	東京農工大学 教授	超節水精密農業技術の開発	197
	嶋田純	熊本大学 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	237
	三宅亮	東京大学 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	178
平成 23 年度	大村達夫	東北大学 教授	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	395
	沖大幹	東京大学 教授	安全で持続可能な水利用のための放射性物質移流拡散シミュレータの開発	246
	小杉賢一朗	京都大学 准教授	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	206
	都留稔了	広島大学 教授	多様な水源に対応できるロバスト RO/NF 膜の開発	296
			総研究費	4,959

*研究費：平成 25 年度上期までの実績額に平成 25 年度下期以降の計画額を加算した金額

2. 研究総括のねらい

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」を達成するためには、世界と日本の水利用の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。

水は人類が必要とする資源の一つであるが、他の資源とは異なる特性を持つ。箇条書きに示せば、①人の生命と健康に直結する、②自然と生態系を構成する必須の要素である、③地球規模の気候と密接に関連する、④生活と生産のためには上下水道、灌漑などのインフラが必須である、⑤循環している資源である、⑥多くの利害関係者との対話が必要な資源である、などである。この多様な特異性を持つ「水利用」に関わる科学技術の開発を、本研究領域として与えられる期間と予算の中で、最適の公募研究を採択し、成果を生み出す研究領域として組み上げることが必要である。この領域からの研究成果は、生活と生産のあらゆる場所と状況(平常時も災害時も)において水利用が確保される社会、そして、その技術とシステムが自然と調和している社会を作り上げることに貢献するはずである。

本研究領域は、実用確度の高い研究と挑戦的・革新的課題をバランス良く採択し、革新的な科学技術、あるいは、実社会や産業への貢献が明確であるものを採択することを狙った。

なお、海水淡水化に関する研究については、FIRST(最先端研究開発支援プログラム)の「Mega-ton Water System」など、海水淡水化に関する大型プロジェクトが同時期に開始されたことから、研究投資の重複を避ける観点からCREST「水利用」領域内では採択の対象外とした。

また本研究領域は、科学技術イノベーションとしてこれまでのCREST研究領域と比較して新しい概念の分野である。図-1に示すように、社会的課題から新技術・システムと新サービスを想定し、その研究の中で科学的な知見の発見と発明が生まれ、その成果が社会のイノベーションを起こすというような構造になることを目指している。これは発明、発見がまずあり、その社会への応用を研究するという従来のイノベーションの概念とは異なる挑戦である。社会的課題としての水問題を広く解決するには、分野を超えた研究体制と連携が必要であるため、水利用全体の中でその位置づけが明解な研究チームを採択することを狙った。

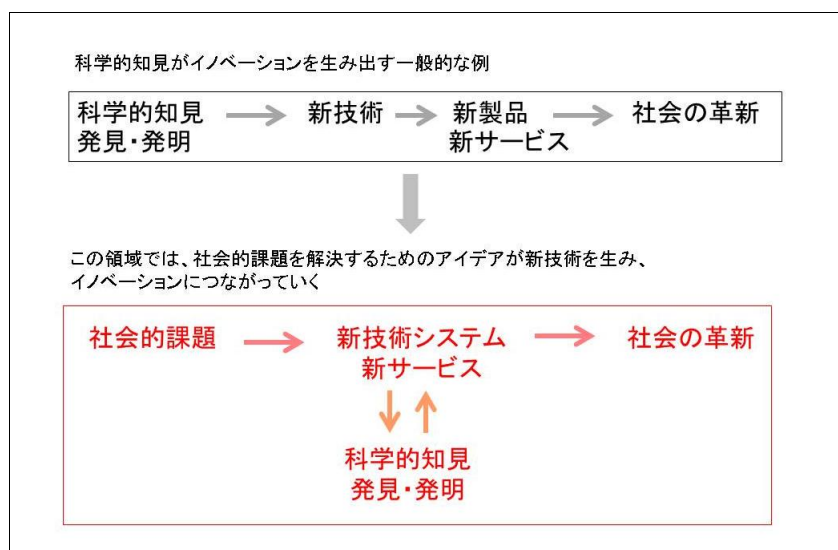


図1 イノベーションを生み出す過程の比較

3. 研究課題の選考について

(1) 募集・選考の方針

2. でも述べた通り、実用確度の高い研究と挑戦的・革新的課題をバランス良く採択すること、また、革新的な科学技術、実社会や産業への貢献が明確である研究、水利用全体の中でその位置づけが明解な研究を採択することを目指した。その上で、年度毎に具体的な採択方針を策定し、研究提案募集のホームページや要項冊子を通じて研究提案者に周知した。

1) 平成21年度(初回)の採択方針

初年度の選考では、研究テーマを敢えて絞ることはせず、持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステムに関する研究提案を広く募った。

2) 平成22年度(2回目)の採択方針

2年目の選考では、従来の方法論などにとらわれない革新的な理論、技術、システムについて、焦点を絞った研究課題の提案を募った。

具体的な例としては、大都市・人口集積地域の水管理に関する研究、地下水の新しい利用・管理システムに関する研究、水利用とエネルギー利用の融合による省資源・省エネルギーシステムに関する研究、水利用に伴い発生する無機・有機汚泥の資源有効利用に関する研究、人の健康の安全性に関する水質評価に関する研究、農業における高度水管理に関する研究、社会の水利用と自然生態系保全との共生に関する研究、産業における水利用の高度化の研究などである。

多様な要素のうち既存のプロジェクトでは欠けている分野、あるいは連携の強化のため

に必要な分野、さらには新しい視点を領域に持ち込むような分野を加えていく方針とした。

3) 平成 23 年度(3 回目)の採択方針

3 年目かつ最終となる選考では、2 年目に引き続き、従来の方法論などにとらわれない革新的な理論、技術、システムについて、焦点を絞った研究課題の提案を募った。

具体的な例としては、人の健康の安全性に関する水質評価に関する研究(特に下水処理水の直接飲料などの安全性評価と社会的受容に関する科学技術など)、都市人口集積地域の水管理に関する研究(特に環境配慮型都市の設計における水システムのあり方に関する科学技術など)、水利用に伴い発生する無機・有機汚泥の資源有効利用に関する研究、水利用とエネルギー利用の融合による省資源・省エネルギーシステムに関する研究、社会の水利用と自然生態系保全との共生に関する研究、などである。

(2) 募集・選考のプロセス

研究総括と領域アドバイザーが研究領域の方針を共有し、研究課題の選考に当たった。また、提案者と利害関係を有する評価者が当該提案の選考に関与することを避けること、提案者が他の大型研究助成と重複することを避けることとし、そのための調査、調整を JST 事務局が行った。

平成 21 年度から 23 年度にわたり合計 3 回の募集・選考を行った。審査は書類審査(一次選考)、面接審査(二次選考)の 2 段階で実施した。まず書類審査では、提案された書類を評価者が事前に査読した上で書類審査会を開催し、10 件前後の面接審査対象に絞り込んだ。次に面接審査では、これら 10 件前後の研究提案について、研究提案者による口頭発表と質疑応答からなる面接審査会を実施した。書類、面接ともにアドバイザーが評価コメントとともに評価点数を付与し、評価点の上位から採択候補にすることを原則とした。ただし、評価点が僅差の研究提案については、アドバイザーによる評価コメントを参考にして十分な議論を経た上で、採択候補リストを作成した。このようなプロセスを経て、候補リストから最終的には研究総括の責任において採択課題を決定した。

(3) 選考過程と結果

本研究領域への募集に対して、平成 21 年度は 43 件、平成 22 年度は 27 件、平成 23 年度は 20 件の応募があった。世界の水利用長期ビジョンに関する提案、都市の水利用の革新的なシステムに関する提案、農業用水と都市用水の総合管理を目指す提案、森林管理と水資源に関する提案、地下水の有効利用に関する提案など、幅広い分野からの提案多数寄せられた。これらの提案を研究総括と副研究総括およびアドバイザーが共に一次選考(書類審査)を行い、平成 21 年度は 14 件、平成 22 年度は 11 件、平成 23 年度は 7 件の面接対象者を選出した。最終的に平成 21 年度は 7 件、平成 22 年度は 6 件、平成 23 年度は 4 件の研究課題を研究総括の責任において採択した。応募総数は 90 件、採択課題数 17 件であり、平

均採択率は19%であった。

以上3回の募集によって本領域で採択された研究課題を分類すると、図-2の通りである。本研究領域の核となる水処理システム系の提案、それを取り巻く農林系の水管理に関する提案、加えてスケールの異なる全球規模の水問題を考える提案など、水利用領域全体を網羅する研究課題を揃えることができた。地下水に関する研究についても、様々な角度からとらえた研究を採択することができた。空間的な統合型の研究については、都市流域で統合するものや地球規模で統合する研究を採択することができた。また、水分野で研究実績のある研究代表者のみならず、准教授クラスの若手の研究代表者の挑戦的な課題も採択することができた。産・学・官が連携して研究を推進するものも多く、実社会へ適用可能な革新的な技術とシステムを提起するために相応しい研究領域の体制を整えることができたと言える。

なお、海水淡水化に関する研究については、2.でも述べた通り、別途同時期に開始した大型研究プロジェクトで実施されており、特筆すべき応募課題もなかったことから、採択には至らなかった。

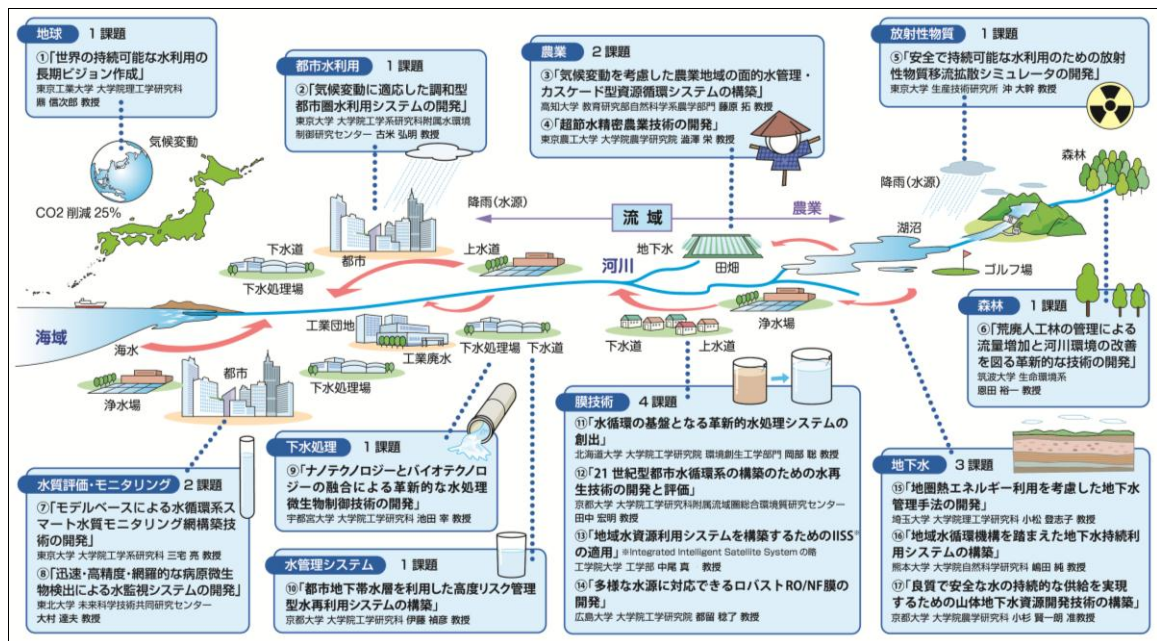


図2 採択研究課題の領域内での相互関係

4. 領域アドバイザーについて

領域アドバイザー名	現在の所属	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	平成 21 年 6 月～平成 29 年 3 月
国包章一	元静岡県立大学(※平成 25 年 3 月まで)	元教授	平成 21 年 6 月～平成 29 年 3 月
清水慧	(株)日水コン	名誉顧問	平成 21 年 6 月～平成 29 年 3 月
砂田憲吾	山梨大学	名誉教授	平成 21 年 6 月～平成 29 年 3 月
津野洋	大阪産業大学 (※平成 24 年 3 月までは京都大学大学院工学研究科教授)	教授	平成 21 年 6 月～平成 29 年 3 月
宮晶子	水 ing(株)	法務・審査室室長	平成 21 年 6 月～平成 29 年 3 月
宮崎毅	一般財団法人 日本水土総合研究所 (※平成 24 年 3 月までは東京大学大学院農学生命科学研究科 教授)	理事長	平成 21 年 6 月～平成 29 年 3 月
渡辺正孝	慶應義塾大学	教授	平成 21 年 6 月～平成 29 年 3 月
渡辺義公	中央大学 (※平成 25 年 3 月までは北海道大学環境ナノ・バイオ工学研究センター 特任教授)	機構教授	平成 21 年 6 月～平成 29 年 3 月

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が関連している。よって、それぞれの分野において高い先見性と優れた研究実績を有し、各学会において先導的な立場で活躍されている研究者の中から、領域アドバイザーを選定した。また、本研究領域は社会との接点が大きいため、産業界からの視点を重視し、民間企業出身者を積極的に選定した。また、国際的視点の重要性から、米国カリフォルニア州在住の浅野孝カリフォルニア大学名誉教授を選定した。

アドバイザーの専門分野を考慮し、各研究課題について、下記の通りアドバイザー担当課題を設定することにより、各研究チームがより具体的・効果的なアドバイスを受けられる体制とした。

アドバイザー担当表

分野	対象チーム	浅野	国包	清水	砂田	津野	宮	宮崎	渡邊(正)	渡辺(義)
国際	全チーム	◎								
地球	鼎チーム								◎	
	沖チーム								◎	
都市／水質管理	古米チーム			○		◎				
	池田チーム			○		◎				
	伊藤チーム			○		◎				
	三宅チーム			○		◎				
	大村チーム			○		◎				
循環	岡部チーム		○				○			◎
	田中チーム		○				○			◎
	中尾チーム		○				○			◎
	都留チーム		○				○			◎
農業	藤原チーム							◎		
	渋澤チーム							◎		
森林	恩田チーム				◎					
地下水	小松チーム		◎	○	○					
	嶋田チーム		◎	○	○					
	小杉チーム				◎			○		

(◎は主担当、○は副担当)

5. 研究領域の運営について

(1) 研究総括の研究領域運営方針

水利用にかかわる科学技術は、他の科学技術に比べて非常に多様な要素から構成されている。このため、研究領域内の個々のプロジェクトが、研究領域全体として有機的に連携していることが重要である。そこで、本研究領域では、17 チーム、600 名を超える研究参加者で構成される「バーチャル・ネットワーク型研究所」としての領域運営を強く意識し、個々のチームが抱えている課題を他のチームと協力して解決していくチーム横断的な連携体制の構築を目指し、チーム合同のワークショップやシンポジウムなどチーム間の連携を促進するための取り組みを積極的に推進している。

(2) 「バーチャル・ネットワーク型研究所」としての研究領域のマネジメントについて

1) チーム合同シンポジウムの促進

チーム間の連携を促進するため、チーム合同シンポジウムの開催を積極的に推奨している。特に、平成 25 年度は総括裁量経費によるチーム合同シンポジウムの開催経費を支援した。合同シンポジウムの開催実績は下記の通りである。(予定含む)

開催日	主催したチーム
平成 23 年 12 月 22 日	藤原チーム・渋澤チーム(第 1 回)
平成 24 年 11 月 17 日	小松チーム・嶋田チーム
平成 24 年 12 月 14 日	藤原チーム・渋澤チーム(第 2 回)
平成 25 年 3 月 15 日	田中チーム・伊藤チーム
平成 25 年 7 月 25 日	田中チーム・藤原チーム・伊藤チーム
平成 25 年 12 月 14 日	藤原チーム・渋澤チーム(第 3 回)
平成 26 年 1 月 24 日	中尾チーム・都留チーム
平成 26 年 3 月 10 日～11 日	沖チーム・鼎チーム・古米チーム
平成 26 年 3 月 30 日	恩田チーム・小杉チーム・嶋田チーム

2) 膜関連チームの連携

平成 22 年度より、膜ファウリング物質等の特性評価をチーム間で連携して実施している。田中チームが中心となって、岡部チーム・中尾チーム・古米チームと連携し、膜ファウリングに関する操作因子の解明や、新規指標・規格の提案につなげることを目指す。このために、各チームで稼働させている水処理装置・プラント等において膜処理前後の水試料のサンプルを収集し、有機物分画や分子量分布(HPSEC-TOC)測定に供し、膜ファウリング物質の特性評価を継続して行っている。

3) 研究チーム横断的ワークショップ

病原微生物に関わる各研究チームの成果をもとに持続可能な水利用の実現を議論することを目的とし、大村チーム主導で、岡部チーム、田中チーム、中尾チーム、古米チームが合同で、平成 25 年 6 月 12 日(於：東北大学)及び 10 月 22 日(於：京都大学)に横断的ワークショップを開催した。これらの会議を経て、チーム合同でリサーチペーパーを出すという動きが始まっている。

4) 国内外への情報発信について

①国内への情報発信

水事業に関わる地方自治体(水道事業体、下水道事業体)や産業界を対象とした業界紙である「日本水道新聞」、「日本下水道新聞」及び「水道産業新聞」において、全 17 研究課題を紹介する企画を実施した(日本水道新聞：平成 23 年 7 月 28 日～12 月 3 日及び平成 24 年 11 月 15 日～12 月 3 日の期間に連載、水道産業新聞：平成 23 年 9 月 29 日及び平成 25 年 1 月 3 日に特集記事として掲載)。また、研究拠点の地元の地方紙(高知、沖縄、栃木など)を通じて対象地域への情報発信を行った。

公開シンポジウムを「InterAqua 国際水ソリューション総合展」(於：東京ビッグサイト)

に合わせて、平成 25 年 1 月 30 日(第 1 回)及び平成 26 年 1 月 29 日(第 2 回)の 2 回開催した。第 1 回は 400 名以上、第 2 回は 300 名近くの参加者があった。

②海外への情報発信

専門ライターを起用し、一般読者にも分かり易い内容で、領域紹介及び 17 研究課題の紹介記事作成を行った。本記事は情報ウェブサイト「Maxims News Network」(<http://www.maximsnews.com/>)や領域ホームページに掲載し、一部の記事は雑誌「Asian Water」にも掲載された。

IWA(International Water Association)のアジア太平洋会議(ASPIRE)が平成 23 年 10 月に東京で開催されたのを機会に、本領域の内容を紹介するセッションを企画し発信した。また、研究総括が国際学会での招待講演などの機会(台湾、中国(予定))に本領域の成果を紹介している。

さらに、IWA が発行する機関雑誌「Water21」にも、平成 26 年 4 月頃、領域紹介記事が掲載される予定である。

(3)研究進捗状況の把握と評価、それに基づく研究課題の指導について

1)チェックアップミーティングの開催

研究開始直後に、個別の研究チームごとに研究計画の検討のためのチェックアップミーティングを実施した。研究総括、副研究総括、領域アドバイザー、研究代表者が成果を見据えた活発で深い議論を行い、研究の進め方についての方針を確認した。(平成 21 年度採択チームは実施せず。平成 22 年度採択チームについては平成 22 年 11 月 18 日・平成 23 年 1 月 18 日・26 日に、平成 23 年度採択チームについては平成 24 年 1 月 25 日に実施。)

2)キックオフミーティング及び成果報告会の開催

各年度の研究開始直後にキックオフミーティングを開催し、各研究チームの研究計画発表を行い、研究総括、副研究総括、領域アドバイザーからのコメントを研究計画に反映した。また、研究進捗状況報告としての成果報告会も年 1 回開催している。

3)サイトビジットの実施

原則として研究開始 2 年目及び 4 年目にサイトビジットとして、研究総括、副研究総括・領域アドバイザーが各研究代表者の研究実施場所もしくは研究フィールドを訪問し、特に研究を実施している若手の研究者とも意見交換を行い、指導を実施した。

4)アドバイザー主導の勉強会の開催

成果報告会など、全体会議では質疑応答の時間も限られており、十分な議論ができないことから、アドバイザーが主体的に各研究チームを訪問し、個別に議論する機会を設定し

た。本勉強会は、アドバイザーが研究に対する理解を深め、また、研究代表者にとっても具体的なアドバイスを受けられる機会として有意義であった。

開催日	研究チーム	訪問アドバイザー
平成 24 年 10 月 24 日	田中チーム	浅野、国包、清水
平成 24 年 10 月 29 日	古米チーム	浅野、国包、清水
平成 24 年 11 月 2 日	岡部チーム	浅野、清水、宮、渡辺(義)
平成 25 年 2 月 5 日	小松チーム	浅野、国包、清水、砂田
平成 25 年 2 月 7 日	伊藤チーム	浅野、国包、清水、砂田
平成 25 年 10 月 7 日	小松チーム	国包、清水

5) 特許出願の啓蒙と積極的な出願要請

発明の保護及び社会へ成果の還元を図るためにも特許は知的財産として非常に重要なものであることの啓蒙と積極的な特許出願要請を全チームに行った(平成 24 年 7 月に研究代表者宛て研究総括通達を発行)。特許権の取得により、研究者や企業が安心して今後の応用研究に取り組めるとともに日本の産業進展につながることを重視した運営方針とした。

6) 地方自治体等との交流の場の設定

地方自治体等との協力関係が重要となる研究プロジェクトについては、研究代表者・研究分担者と水道局担当者等とのネットワーク構築のため、積極的に橋渡しの機会を設定した。

開催日	研究チーム	訪問先
平成 22 年 11 月 22 日	恩田チーム	横浜市水道局水源林管理事務所
平成 22 年 12 月 9 日	恩田チーム	東京都庁(東京都水道局長)
平成 23 年 2 月 3 日	恩田チーム	東京都水道局水源林管理事務所
平成 24 年 10 月 2 日	三宅チーム	岡山市水道局
平成 24 年 10 月 3 日	三宅チーム	広島市水道局
平成 24 年 10 月 5 日	都留チーム	福岡地区海水淡水化センター

7) 個別の研究課題の指導について

本研究領域では、共同研究グループが 2 つという研究チームから、大きいところでは 9 つという研究チームまで規模が幅広い。また、研究分野が幅広く、研究成果の評価はその指標が多様なものとなる。研究論文数や特許数など単純な指標で一律には評価できない。よって、これらの研究チームの特性を十分理解したうえで、それぞれの成果が最大になるように鋭意対応を進めている。

(4) 研究費の配分について

(2)でも述べたとおり、チーム間連携を促進するために総括裁量経費を活用している。また、田中チームについては、沖縄での実証試験を予定より前倒しでの実施、及び糸満市へ移転後の装置運転費の予算追加を行った。

(増額の一部例)

内容	配分額(千円)
チーム合同シンポジウム(6回分)	4,966
膜関連チーム連携(平成22～25年度)	13,950
田中チーム沖縄実証試験前倒し	30,000
田中チーム沖縄実証試験移転後装置運転費	7,000

この他にも、研究項目の追加や、研究進捗に伴う必要性に応じて、総括裁量経費から研究費の増額を行っている。

6. 研究の経過と所見

(1) 研究総括のねらいに対する研究の状況

平成26年1月時点において、平成21・22年度採択チーム計13チームの中間評価を終えた。全体として、概ね計画通りに進捗していると言える。平成21年度採択チームがまとまった成果を出し始めており、領域全体としての研究上の連携が強くなってきている。

研究成果を2つの側面から整理すると次のとおりである。

学術面への貢献として論文などの発表状況を示すと、研究領域全体として、平成25年12月末現在で、論文発表件数は464編(国際誌319編、国内誌145編)、特許出願件数は25件(内、外国出願は2件)である。掲載された国際誌もこの分野ではImpact Factorが高いものが多い。多様な分野にわたる研究チーム群であり、それぞれ学術的研究成果の発信方法も特性が異なる。実社会の課題解決への貢献の面で優れている研究者も多く、全体として優れた成果を挙げている。特筆すべき成果の例示として、5つの成果を下の(2)に列記する。科学技術イノベーション、特に各種産業への貢献面でも幅広く成果を上げているが、4つの成果について、項目(3)に例示する。革新的な成果であり今後が期待できる。

(2) 国際的に高い水準において特筆すべき研究成果と見通し

1) IPCCへの貢献(鼎チーム)

全球氷河の長期変動に関する算定結果など本研究課題で得られたいくつかの研究成果が、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)第5次評価報告書中のいくつかの章で本文への引用文献もしくは図表の一部として使用される予定である。IPCCは、地球温暖化に関して最も多くの専門家の科学的知見を集約し、かつ国際的に広く認められた報告書であるため、ここに引用されることは、本研究課題成果の世界規模での社会への展開・実装としては十分に大きな意義をもつと言える。

2) 北東アジア標準協力フォーラムにおける再生水利用マネジメント規格および ISO PC253 再生水農業利用の規格への成果、ISOTC282 発足への貢献(田中チーム)

国内外での今後の利用拡大が期待される再生水の水質や処理基準が統一されることが望ましいことから、本研究課題における再生水のリスクの定量的評価方法の成果をもとに、下水再生水利用に関する国際標準化戦略として再生水基準を制定する際のマネジメント規格を日中韓での北東アジア標準協力フォーラムで日本側から提案されており、現在中国、韓国との共同作業と国際シンポジウムを田中チームのメンバーが協力している。また、ISO PC253 再生水農業利用の規格に対しても本研究課題の研究成果が反映され始めている。具体的には、初沈越流水(非生物処理下水)を直接膜処理して得られた水が農業利用可能であることを提案するための、根拠となるデータを提供した。また、平成 25 年、田中チームの研究内容、チームメンバーの活動などが、日本が初めて幹事国として ISO TC282 再生水の規格の発足へつながった。田中研究代表者はこの国内審議委員会の委員長に選任された(平成 25 年 12 月)。このように、本研究課題で行った研究成果が、日本からの国際規格への貢献に反映され始めている。

3) 放射性物質の針葉樹人工林内における動態に関する調査(恩田チーム)

福島第一原発事故に伴って環境中に放出された放射性セシウム及びヨウ素 131 について、原発事故直後の針葉樹人工林内における動態について詳細な調査を行った。原発事故直後の林外雨には高濃度の放射性セシウムが含まれていたが、時間経過と共に指数関数的に減少する傾向を示した。一方、林内雨に含まれる放射性セシウムの含有量は、大気からの沈着が停止した後も依然として高い値を示した。また、本研究課題で観測された針葉樹樹冠から林床への放射性セシウムの移行速度は、チェルノブイリ原発事故の影響を受けたトウヒ林と比べて遅いことが示された。我が国の針葉樹人工林においては、樹冠が放射性セシウムの 2 次供給源となり、樹冠から林床への連続的な放射性セシウムの移行・供給により、林床の放射能汚染が長期化する可能性が示された。本成果の論文が掲載された Geophysical Research Letter は、地球物理学分野の中でも評価の高い雑誌である(IF : 3.982)。

4) 水中の医薬品類を下水マーカーとした都市地下水汚染の解明(古米チーム)

医薬品類(pharmaceuticals and personal care products; PPCPs)の水環境中の分布や、その下水マーカーとしての有効性については既に報告が見られるが、複雑な帯水層中における報告は少ない。本研究課題では、東京都区部の不圧帯水層から深さ 500m の被圧帯水層までを対象に 50 地点の地下水から PPCPs を分析した。その結果、PPCPs は不圧帯水層だけでなく深さ 50m までの被圧帯水層からも多く検出され、下水による広範囲な地下水汚染が示唆された。下水マーカーとしては、保存性の高い carbamazepine は下水混入の定量評価に有効である一方、下水混入の定性的評価には検出されやすい crotamiton も有効とわかった。下水による地下水汚染は下水管からの下水の漏水に起因すると考えられ、19mm/年、

漏水率にして 1%程度と推定している。都市地下水構造の解明に貢献する内容である。Environmental Science & Technology(IF=5.257)に発表されている。

5) ノロウイルスを特異的に捕捉する腸内細菌の存在を世界で初めて証明(岡部チーム)

感染性胃腸炎の被害をもたらすノロウイルスは、ヒト腸管上皮細胞表面に提示される血液型決定抗原を認識することが報告されている。岡部チームは、ある種の腸内細菌が血液型決定抗原様物質を細胞外に分泌していることを見出した。単離された腸内細菌(*Enterobacter* sp. SENG-6)は、自らが分泌した血液型決定抗原様物質を介してノロウイルスを特異的に捕捉することが可能であった。本研究課題で発見された腸内細菌由来血液型決定抗原様物質は、環境サンプルからノロウイルスを回収・濃縮・検出する際のウイルス吸着材として使用可能である他、ノロウイルス感染に対する予防薬として活用できるものである。本研究成果は「Journal of Virology」に掲載され、北海道大学がプレスリリースを行い、NHK や読売新聞など、主要メディアに取り上げられた。

(3) 科学技術イノベーションに寄与する卓越した成果と見通しについて

1) 気候変動を考慮した面的水管理・カスケード型資源循環システムの構築(藤原チーム)

農業生産地域の革新的な水管理システムの構築を目指し、クリーニングクローブを用いた農業系面源汚染の制御技術の開発、家畜およびヒト糞尿の分離型・混合型処理システムの開発、水質汚染抑制と付加価値創出を同時に実現するカスケード型資源循環システムの構築を、具体的に高知県ならびに岡山県において、実態に即して詳細に実験、調査し、地域における付加価値を創造するシステムとして提案している。技術開発のみならずバイオマス資源の収集戦略を含む経済性についても展開を進めている。これらの成果も広く認識され、国際学会の専門家グループ国際会議(AGRO 2014 9th IWA International Symposium)を高知に招致することに成功している。

2) 開発技術の沖縄県再生水等循環利用型農業モデル事業の開始および県営事業への進展(田中チーム)

沖縄で開発した、カリフォルニア Title22 で規定された技術の衛生学的機能を満たしつつ、エネルギー消費量を削減可能な水再生技術に関して、平成 25 年度から沖縄県がこの技術を利用する「再生水等循環利用型農業モデル事業」を田中チームと連携して実施することとなった。この事業は、日本初となる再生水による畑地灌漑事業のフィジビリティ調査であり、沖縄県糸満市下水処理場の下水処理水を利用した県営灌漑事業が 3 年後を目途に実施されると期待されている。

3) 省エネルギー-MBR の開発について(岡部チーム)

処理水量あたりのエネルギー消費量が大きいため導入が進まない MBR を改良し、従

来型 MBR に対して 50%程度のエネルギー消費量削減が見込める仕切板挿入型 MBR を開発した。現在も進行している仕切板挿入型 MBR のモデル化が進めばフルスケール MBR としての最適設計および運転が可能となり、MBR 導入を加速することができる。本研究課題で確立した膜ファウリング多糖の構造解析がさらに進行すれば、従前とは全く異なる膜ファウリング制御が可能になるとともに、新たな耐ファウリング膜の設計も視野に入る。本研究課題の成果は、現時点で限定された適用に留まっている膜処理のウィークポイントを解消し、膜処理導入へのハードルを一気に下げるものである。

4) ロバスト膜の開発による膜処理技術の革新(都留チーム)

膜法における水処理トラブルの主要因として、特にバイオフィアウリングによるトラブルが報告されている。バイオフィアウリングトラブルの対策の一つとして塩素を用いた殺菌方法が挙げられるが、現在の汎用ポリアミド膜では塩素に対する耐性が乏しいため殺菌法として用いることができない。そこで耐塩素性を有する膜を開発することにより、塩素殺菌が可能となり、膜洗浄頻度の低減、および洗浄薬品の削減が行え、ランニングコストの低減と安定的な水処理の両立が可能となる。従って排水回収用途などでの膜法の幅広い展開が期待される。

(4) 研究成果によってもたらされた国内外の顕彰・受賞等について

嶋田チームの熊本市の「UN-Best water practices award」受賞への貢献を以下に説明する。熊本市がこれまでに取り組んできた持続的な地下水利用法の構築に関する実績が、国連による「UN-Best water practices award」において、2013年3月に水管理部門において熊本市が世界1位に表彰された。

(<http://www.un.org/waterforlifedecade/winners2013.shtml#Kumamoto>) (図3参照)

この推挙にあたり、地域地下水状況を説明できる科学的関連研究として本研究課題による成果が多く提出されており、受賞の背景に本研究成果が大きく貢献している。



図3 熊本市が国連 Best water Practices award 2013 を受賞(嶋田チームが貢献)

(5) 今後の期待及び展望について

平成 21 年度採択チームについては、平成 26 年度末で研究終了の時期を迎えることになり、終了に向けて成果の取りまとめを進めている。平成 22 年度・23 年度採択チームも主要な研究成果が出始めているところである。

領域内でもチーム間の連携が進んでおり、領域全体としての一体感も醸成してきており、研究の相乗作用も増してきている。引き続き各研究チームの目標達成を目指しつつ、チーム間の連携による相乗効果も生み出していくような領域運営を心掛けたい。

7. 総合所見

(1) 研究領域としての研究成果の見通し

平成 21・22 年度採択チーム計 13 チームの中間評価結果も踏まえ、全体として、概ね計画通りに進捗していると言える。引き続き、会議やサイトビジット等の機会を捉えてアドバイスをしながら、順調な研究推進を図っていく。

(2) 研究領域のマネジメントについて

本研究領域では、「バーチャル・ネットワーク型研究所」としての領域運営を強く意識し、チーム間の連携を促進するための取り組みを積極的に推進した。その結果、チーム間の共同研究や、合同シンポジウム・合同ワークショップなどが多数開催され、領域としての一体感が強いものとなってきている。

成果報告会や公開シンポジウムなどの領域内全チームが集まる機会のみならず、サイトビジットや個別勉強会等の機会に合わせ、研究総括や領域アドバイザーから研究代表者にアドバイスを行うことで、順調な研究進捗に貢献することができたと言える。また、領域アドバイザーの参加率も高く(延べ 177 人・日、延べ 43 日間)、アドバイザーの知見を研究に十分に反映することができた。

個別の研究者は十分、論文などで国際発信を行なっているが、領域全体としても、浅野孝領域アドバイザーのアドバイス等を有効に生かし、国際的俯瞰の中にこの領域を位置づけマネジメントを進めることができています。特許については、今後レビューを行い、研究代表者と協議し、基本特許を網羅的に出願したい。

なお、本研究領域では、共同研究グループが 2 つという研究チームから、大きいところでは 9 つという研究チームまで規模が幅広い。また、研究分野が幅広く、研究成果の評価の指標は多様なものとなる。研究論文数や特許数などで一律に評価できない。よって、これらの事情を十分理解したうえで、それぞれの研究チームが大きな成果を上げられるように鋭意対応を進めている。

(3) 本研究領域を設定したことの意義

平成 13 年度開始の研究領域「水の循環系モデリングと利用システム」領域では、気候変

動・水循環等のメカニズム解明のための研究や、社会における持続可能で効率的な水利用システムのための技術開発等が行われてきた。これらの研究・開発等をさらに発展させるとともに、地球規模気候変動に関する科学的知見や社会情勢を踏まえ、予測される深刻な水問題を克服できる社会を実現するための研究・技術開発を推進する本研究領域を設定した意義は大きい。

水分野の研究は、「すべてが繋がったまとまり」として見渡していくことが重要であり、研究が個別の細分化された成果で終わってしまうなら、社会への貢献につなげることはできない。本研究領域を設定することにより、多岐に渡る水分野の研究が地方自治体(水道事業体、下水道事業体など)や産業界と連携して社会的課題を解決していくための重要な機会を提供することができたと言える。今後の社会インフラの整備と制度設計を行う上で必要となる科学的な根拠を提供することにもつながると確信している。

(4) 今後への期待や展望

今後も、引き続き各研究チームがそれぞれの目標を達成でき、加えてチーム間の連携による相乗効果も生み出していくことが期待される。チーム横断的な連携の成果として、この研究領域から提案できる見通しの内容は、

- ・「下水処理水の再利用における諸課題への提案」
- ・「微生物(ウイルスを含む)汚染および再増殖問題のための新しい水質指標の提案」
- ・「地球規模から地域スケールまでの量質水統合モデルの提案」
- ・「地下水利用制度の設計根拠の提案」
- ・「農林業生産における革新的水利用管理手法提案」
- ・「流域統合水管理手法の提案」
- ・「革新的膜処理技術とシステムの提案」
- ・「高度な自律分散型水供給排水管理システムの提案」

などを考えている。これらの観点から、各研究チームの成果を領域として取りまとめる方向で、今後の運営を進めていきたい。

以上