

**地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)**  
**研究課題別中間評価報告書**

**1. 研究課題名**

熱帯地域に適した水再利用技術の研究開発

**2. 研究代表者**

2. 1. 日本側研究代表者：山本和夫（東京大学・環境安全研究センター・教授）
2. 2. 相手側研究代表者：Suwanna Tiansuwan（タイ国環境研究研修センター（ERTC）・所長）

**3. 研究概要**

本研究は、タイの研究機関と共同して熱帯地域に適した水再利用技術を開発し、水資源の脆弱性の解消と安全な水の確保に資することを目的とする。同時に、タイの研究開発能力の強化を図るとともに熱帯地域水再利用技術研究開発センターを設立し、本研究開発成果のタイでの実用化、さらには東南アジア諸国の水処理に関する研究開発能力の向上、システムの維持管理・リスク管理を担う人材養成、技術の普及に資する。

**4. 中間評価結果**

**総合評価（A：所期の計画と同等の取組が行われている）**

熱帯地域に適した水再利用技術の開発とその普及の枠組み構築に向けて、着実に研究が進められており、最終的に優れた成果が期待できる。本プロジェクトで掲げる排水の再利用、再資源に対する技術的コンセプトは適用対象とする地域に適したものであると認められる。

現在までに水再利用技術システムの2つのプロトタイプがチュラロンコーン大学（CU）とカセサート大学（KU）で完成し、技術の実証とタイでの成果発信が実現できる見通しである。さらに、相手国側の人材のみならず日本側の若手人材が育っていること、近隣諸国への技術の普及の仕組みが準備されていることなども評価できる。

これらの進捗状況に鑑み、研究計画は適切であり、その計画が着実に実施されていると判断される。

開発された技術、システムの普及のためには、技術的に優れていることのほかに、経済性が重要であり、今後タイ側と協力し明らかにしてもらいたい。さらに、公共性・公益性の高い水処理・水利用の分野では、広く実施者や住民に認知してもらうことも必要である。

この点で、日本側研究者が多くの地方自治体等を回って水再生利用に関する啓蒙活動をしている努力を高く評価したい。新技術の社会実装に向けて、タイ政府の法律や制度を含む行政面からの誘導策、あるいは産業界との連携も必要である。本プロジェクト終了後に残されるこれらの課題も念頭に置き、引き続き研究開発活動が進められることを期待する。

#### 4-1. 国際共同研究の進捗状況について

本プロジェクトでは、熱帯地域に適した水再利用技術の開発として、4つの研究題目、すなわち、(1)熱帯地域における水再利用技術の開発・普及促進に係わる枠組み作り（相手国担当機関は ERTC）、(2)省エネルギー（あるいはエネルギー自立）分散型水再生利用のための新技術開発（同 CU、ERTC）、(3)資源生産（あるいは地球温暖化ガス発生抑制）型水再生利用のための新技術開発（同 KU、ERTC）、(4)地域水再利用のための効果的な管理・モニタリング手法の開発（同 ERTC、CU、KU）で構成されている。一時期、機材の調達が遅れなどがあったが、現在は、日本側・相手側研究代表者による強力なリーダーシップの下、全体として当初の計画通りに進んでいる。

一時期、相手国での研究において、研究題目(2)の省エネルギー型と資源循環型の水再生利用のための新技術開発に関する研究に一部の遅れがあった。しかしながら、当初の計画では2ステップであった研究実施プロセスを1ステップに統合する（ベンチスケールとパイロットスケールを統合し、設置場所を大学キャンパスにした）などの対応により、遅れを回復することができ、既にチュラロンコーン大学において省エネルギー分散型水再生パイロットプラント（回収したメタンは大学構内レストランで燃料として利用のための試行開始準備中、再生水は構内の景観灌漑に利用のための試行開始）が稼働している。また、研究題目(3)の資源生産型（あるいは地球温暖化ガス発生抑制）の水再生利用のための新技術開発においては、一般廃棄物処理場に傾斜管（機能としては汚泥濃縮）付膜分離活性汚泥法（itMBR）と逆浸透（RO）膜を組み合わせた水再生利用システムのパイロットプラントを完成させ、運転最適化・有機物除去・メタンガス生成制御等の性能に関するデータの取得が進んでいるなど、当初予定通りの進捗である。また、日本での研究も、日本側研究代表者らの考案による微細目スクリーン等の前処理と汚泥濃縮という後処理を要さない革新的な水処理技術（itMBR）に関する実験装置を完成させ、基礎データが着実に取得されている。

論文誌への発表（国内2件、国際7件）や国内外の学会等での口頭発表（国内13件、国際27件）が数多くなされ、研究代表者は国際水協会から Membrane Technology Award を受賞するなど、この研究は国際的に高く評価されている。また、第7回東南アジア水環境国際シンポジウムを初めとする積極的な研究成果の発信のほか、itMBR や逆浸透（RO）に関する企業との意見交換などを積極的に進めており、今後の発展、実用化促進が期待される。

上記に加えて、研究題目(4)の地域水再利用のための効果的な管理・モニタリング手法の開発において、人工湿地の活用とそこでの過酸化水素発生機能を持つ自生植物の検索等の

対象地域のニーズに合ったオリジナルティのある研究が、タイ側研究チームから提案され、積極的に展開されている。

#### 4-2. 国際共同研究の実施体制について

研究代表者がリーダーシップを発揮して研究チームを良く把握するとともに、日本側と相手側の十分な話し合いの下で研究を進める雰囲気が醸成されている点が高く評価できる。また、タイ側代表機関である ERTC が力をつけつつある上、政府関係者（天然資源環境省）が十分バックアップすることを表明している点は心強い。ERTC がタイや東南アジアにおける水再利用技術開発の中心となるセンターとなるよう、ERTC と参加大学（チュラロンコーン大学、カセサート大学）との研究実施面での更なる連携の強化が望まれる。

投入機材については、多くの分析機器等がタイ側のカウンターパート（ERTC）に設置され、研究実施にあたる実験手順マニュアル等が整備され、その習熟が行われている段階である。同様に、日本国内においても、東京都水再生センターに設置された itMBR プロセスの性能評価のために追加投入された実験装置を含め、有効に活用されているようである。また、バイオハザードなどに関するタイ側の規則を理解し、双方の十分な話し合いの下で調査・研究を進めている。

#### 4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

本研究課題は日本側研究代表者の考案による新しい排水処理装置（itMBR：汚泥濃縮機能付膜分離活性炭法）を熱帯適応型に発展させて、タイにおける排水処理やその再利用に結びつけようとするものである。これらの成果は、タイ国内だけではなく、多くの課題を抱える近隣アジア諸国への適用が期待できる。また、このような小規模分散型の水処理の考え方は、我が国の今後の排水・下水処理を計画する上で有益な情報をもたらすと期待できる。

従来の MBR（膜分離活性炭法）の前段にインライン・シックナーを導入し、効率よく固形分を回収することは、MBR での省エネと、回収した固形分の有効利用が可能な、新たな水処理システムとして期待できる。凝集剤添加による除去に比較して、経済的メリットがあると考えられ、この装置・技術が実証できれば、他への展開も期待できる。これらの優位性についての定量的な評価を明確にすることが望まれる。

現地に長期滞在する日本側の副リーダーを初め若手研究者が主体的に関与していること、本課題で育った研究者（特任准教授）がテニユアポスト（准教授）に採用されたこと、各研究グループに博士課程、修士課程の学生が多数参加しているなど日本側の人材育成も順調と判断される。

また、本プロジェクトで目指している東南アジアにおける水再利用技術開発の中心となるタイ国のセンターの設立は、東南アジア地域における水問題の解決に大きく資すると考えられ、今後の研究の発展が期待される。

#### 4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

本研究課題は、長年にわたる我が国とタイ側のこの分野での協力関係の上に成り立っており、人的な繋がりは開始段階ですでにかなり確立されていた。本プロジェクト開始後も相手国側の研究者と日本側代表者の間で非常に良好な関係が維持されており、今後とも人的交流は継続するものと考えられる。しかしながら、本事業で ERTC に設立される熱帯地域水再利用技術研究開発センターが永続的に COE として機能するためには、ERTC の少数の研究者が意欲的になっただけでは不安である。現在も、ERTC と参加大学（チュラロンコーン大学、カセサート大学）研究者間の交流を推進している点は評価できるが、更なる連携強化を期待する。

水の再利用は、地球規模の大きな課題であり、多くの要素技術およびそれらのシステム化の手法の開発が望まれている。ここで開発する要素技術は、他のシステムへの適用や他の要素技術開発の誘発も期待できる。

新技術の社会実装へ向けては、タイ政府の法律や制度を含む行政面からの誘導策、あるいはビジネスとの連携が期待される。

これまで順調に研究が推移しており、今後も継続的に発展していく見込みは高いが、熱帯地域における有効性や、性能の定量的な評価はこれからである。今後の活動に期待する。

#### 4-5. 今後の研究の課題

1) 熱帯地域での有効性・優位性（例：省エネ、環境負荷、処理コスト、処理水の水質改善等）を明確にする必要がある。そのために、研究開発課題ごとに、プロジェクト終了時までに目指す技術面での成果目標を、今一度、定量的・具体的に提示してもらいたい。（例：インライン・シックナー方式による性能向上の定量化など）

2) itMBR に関し、実装置ではシックナーに浮上するスカムの処理が問題となる懸念があり、発生するとすればどの程度か、また発生した場合、スカムが移送される MBR の好気処理で問題なく処理されるのか、十分観察する必要がある。実装置では、メインの装置（MBR）よりも周りの付属施設が問題となる事が多いので、その点にも留意してもらいたい。また、食品廃棄物の消化プラントなどは、簡単なプロセスを選択すべきであり、5%や10%の効率上昇より、トラブルが起らないことが重要と考えられる。そのため、実装された場合を想

定し、プラントを制御する現場技術者の技術レベルに配慮した運転マニュアルについても検討する必要がある。

3) 計画的に特許を出願・取得することを期待する。また、早い時期に企業との連携を強化することが望ましい。

4) ERTC に立ち上げる新しい熱帯地域水再利用技術開発センターをタイ、更には東南アジア地域における水再利用分野の COE にするためにも、タイ国内の大学研究者との連携は欠かせない。ERTC と共同研究機関であるチュラロンコーン大学およびカセサート大学の間の連携をさらに強化する必要がある。

5) 研究成果の実用化やその普及にあたっての受入れ地域の社会的条件（法律・規則などの制度）の洗い出しも今後の研究課題として取り組んでもらいたい。制度的枠組みの構築の考え方についても日本の経験を含めて提示されることを期待する。

6) 「熱帯地域に適した技術開発」という課題に対しての成果を十分に説明できる結果を期待したい。その上で、わが国への成果のフィードバックを期待する。

以上

## Output 相関図

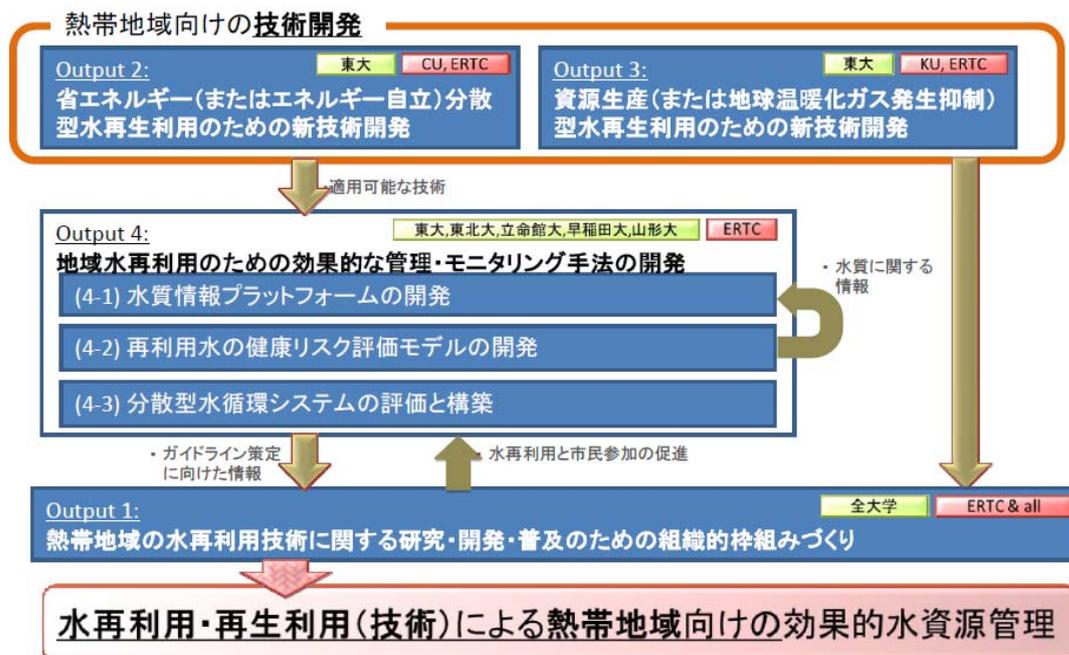


図1 プロジェクト・アウトプット相関図

付随的成果

- ・日本の若手人材の育成
- ・特許出願
- ・査読付き論文誌への掲載
- ・技術や研究成果の日本へのフィードバック

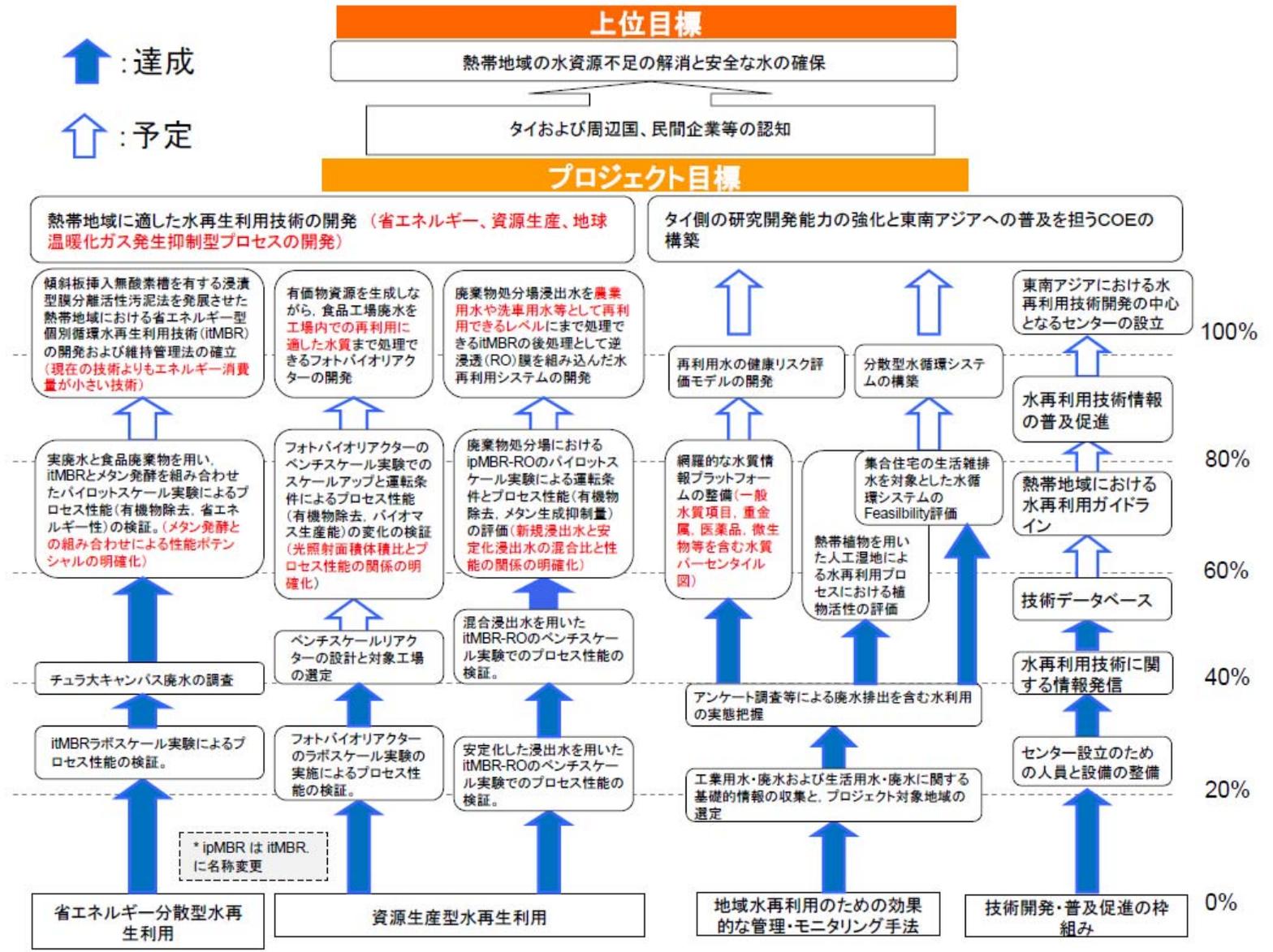


図2 成果目標シートと達成状況(2011年5月時点)