

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)
研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

「トンレサップ湖における環境保全基盤の構築」(2015年6月～2022年3月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：吉村 千洋（東京工業大学 環境・社会理工学院 准教授）
2. 2. 相手側研究代表者：OM Romny（カンボジア工科大学 学長）

3. 研究概要

本プロジェクトは、トンレサップ湖とその周辺流域を対象に、環境保全に不可欠なモニタリングシステムの構築に必要な基盤整備を行い、①環境データベースの構築、②環境評価、予測のための水環境解析ツールの開発、ならびに③これらを社会実装するための組織である水環境プラットフォームの設立、を通じて、カンボジアにおける水環境保全分野の研究基盤の確立、延いては環境行政の機能強化への貢献を目指す。

具体的には、現地研究者と共同で湖沼環境のモニタリング調査を実施し、データ収集およびデータベース化を進めるとともに、湖の水文・水理、土砂・基礎水質、化学物質、病原微生物の各水質項目にかかるモデルを構築し、それらを健康リスク評価、生態系リスク評価の各モデルと統合することにより、新規性の高い水環境解析ツールを作成する。さらに、環境データベースと水環境解析ツールを活用して、研究者、行政機関、市民が共同で湖沼環境を保全するための水環境プラットフォームを立ち上げる。本プラットフォームは、環境行政に携わる各省庁と連携し、健康および生態系に関するリスク評価とシナリオ解析、汚水処理の基準策定、水質環境基準の実質的な導入、流域ダム建設の定量的な環境影響評価等を支援することで、科学的根拠に基づく水環境管理の実現を目指す。また、本プラットフォームは、研究終了後も継続的に活動するための拠点としての機能を果たす。

プロジェクトは下記の7つの研究題目で構成されている。

- (1) トンレサップ湖およびその周辺における水文・水理プロセスの解明
- (2) トンレサップ湖における土砂動態および水質形成過程の解明
- (3) トンレサップ湖における化学物質動態の解明
- (4) トンレサップ湖における病原微生物動態の解明
- (5) トンレサップ湖を対象とした水環境管理ツールの開発
- (6) トンレサップ湖を対象としたリスク評価とシナリオ解析
- (7) カンボジアにおける水環境管理ツールの社会実装

4. 評価結果

総合評価：A

(所期の計画と同等の取組みが行われ、成果が期待できる)

本プロジェクトでは、トンレサップ湖およびその周辺流域において広範な現地調査を行い、観測データを一元的に管理するとともに、得られたデータに基づき、湖沼環境の改善に資するモニタリングとモデリングのシステムを確立した。本プロジェクトの調査研究により、熱帯湖沼としてのトンレサップ湖の現況が記述され、貴重な学術的知見が得られたことは高く評価される。さらに、環境保全基盤構築のための継続的な調査研究の核となり、また、環境行政に携わる政府機関との連携の核ともなる水域生態系研究プラットフォーム (PAER) を、カンボジア工科大学 (ITC) 内に組織化した。PAER は、行政によるトンレサップ湖の継続的なモニタリングを技術的に支援し、湖沼環境の解析を請け負う機能を有している。ITC が研究機関として、事業を継続する役割を担う機能を備えたことは特筆すべき成果と言える。

一方で、具体的な社会実装の視点からは、今後、行政がどのように PAER との連携を推進し、本プロジェクトによる提言を環境政策に取り入れていくのか、現時点では明確な見通しが見えておらず、プロジェクト終了後の課題として残された。本プロジェクトの成果物である提言書が政府のしかるべき組織に受理され、広く認知されるよう継続的に働きかけていくことが望まれる。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

東南アジア最大の湖であるトンレサップ湖は、季節的変動性が高く、熱帯湖沼の中でも極めて特徴のある湖沼であるが、広大な氾濫原を含む全域の調査は地理的に容易でなく、体系的な研究は遅れていた。また、トンレサップ湖は、観光業、水産業などカンボジアにとって重要な環境資源であるが、近年、富栄養化等による湖沼環境の劣化が大きな問題となっているにもかかわらず、行政による環境評価が適切に行われているとは言えず、有効な環境改善施策も講じられていない状況であった。本プロジェクトでは、トンレサップ湖の水文、水理、水質の観測・調査、および、土砂、栄養塩、微生物叢、汚染物質等の動態解析を、長期間かつ広域に行い、それら個別の研究成果を統合して、接続河川の逆流、湖水・底泥の相互作用、さらに水上集落の健康リスクを組み込んだ氾濫原水質モデルを作成し、リスク評価とシナリオ解析を可能とする水環境解析ツール (WEAT) を開発した。これにより、同湖の継続的な観測と分析のためのシステムを整備したことは高く評価される。

本プロジェクトによるこれらの研究成果は、公刊図書『トンレサップ湖の水と生活』 (*Water and Life in Tonle Sap Lake, 2022, Springer Singapore*) として出版予定である。本書は、トンレサップ湖を陸水学や環境工学の観点からまとめた書籍としては世界初であり、熱帯陸水学・水環境学の発展に大いに寄与すると期待される。特に熱帯域の湖沼を対

象に多様な項目についての時空間分布が記述された点、また、研究の統合化という点で、プロジェクト実施の意義は高く、類似した環境の湖沼への水平展開も可能と予想される。

プロジェクトの活動および成果は、国際シンポジウム等を通じて国内外の専門家に広く紹介された。加えて、プロジェクトの一環として設立された PAER は、東南アジア陸水学ネットワーク (SEALNet) に参画し、国際湖沼環境委員会 (ILEC) とも連携していることから、国際社会での認知および成果の活用が期待される。メコン川流域の国々に対しては、共通の課題解決へ向け、研究レベルでの貢献が見込まれる。トンレサップ湖は国際河川としてのメコン川に繋がっており、仮に大規模な流域の改変の提案があれば周辺の国々に多大な影響が及ぶことは避けられない。本プロジェクトではメコン川流域とトンレサップ湖の関係を定量評価し、湖沼環境の現状把握とその将来予測を示しており、その研究成果はメコン川流域隣接国との水資源問題に関する協議にも資するものである。PAER ではメコン川委員会 (MRC) と合同セミナーを開催しているが、今後も連携を強めていただきたい。

4-2. 相手国ニーズの充足

カンボジアにおいては、政府内にトンレサップ庁が設置されていることに示されるように、トンレサップ湖の重要度は極めて高い。本プロジェクトの成果によりその環境改善に向けた一歩が踏み出され、水上生活者、漁業従事者、その他の地域住民の健康および生活の維持に貢献することは間違いない。本プロジェクトでは、科学的調査研究に基づく政府への提言として、2冊の政策ガイドブック（「トンレサップ湖とその氾濫原における環境変化：現状と政策提言」および「持続可能でレジリエントなトンレサップ湖：政策行動のための将来シナリオ」）を作成・公開した。これらの政策ガイドブックは、重要な成果の一つである。ただし、目指す環境改善は、政府機関の仕組みにその方策が組み込まれない限り実現することは難しく、本プロジェクトの継続的発展も、どこまでその関与が組織化されるかに掛かっている。よって、提言・情報の公開にとどまらず、その導入・利用による問題改善への貢献にまでつなげることが求められる。

他方、本プロジェクトはカンボジアの若手人材の育成に大きな成果を上げている。トンレサップ湖の研究・調査という課題を通じて学内に PAER という研究の基盤を作り、それを運用していく過程で、ITC では教育と研究という両輪の役割に対する意識改革や制度改革が成し遂げられた。同大学では今後も組織的な対応が期待できることに加え、本プロジェクトで育成された若手研究者が、行政官庁に配属されたり、MRC といった国際機関や環境コンサルタント会社に就職したりするなどして、活動の場を広げることで、長期的には、カンボジア全体における研究レベルの向上につながることが期待される。

なお、今後の研究課題として、トンレサップ湖の環境保全という大きな目標達成のためには、有機物、重金属とも汚染源の同定は不可欠であると思われるが、本プロジェクトでは、汚染源の推定につながる成果を得るに留まっている。カンボジア側の研究者が中心となり、その観点からデータの整理を行い、シナリオ解析を踏まえた環境改善施策の提言へと進め

ることが望まれる。

4-3. 付随的成果

本プロジェクトの研究成果は、流域水文、物質循環や微生物動態といった陸水学の発展、そして環境モニタリング、環境保全、リスク管理に有効となる環境工学の発展に大きく貢献したと言える。また、本プロジェクトでは、トンレサップ湖の残留農薬の定量方法の確立や、環境中の薬剤耐性菌の広域での調査など、カンボジアで初となる成果も数多く認められる。PAER におけるデータベースの運用や、モデルの新たな展開方策など、カンボジア独自の進化方策は今後の課題となるが、ITC の研究者は、水処理技術や環境微生物、モデル開発等の研究を自ら推進する能力を十分に備えたと判断される。

本プロジェクトにおける、国際会議議事録を含む発表論文総数は 122 編（すべて査読付き）であり、その多くはカンボジアとの共著である。今後の発展が期待できるカンボジアにおいて、若手研究者の育成に貢献したことは、両国の人的ネットワークの構築と日本のプレゼンス向上の点で効果があったと言える。特にプロジェクトの前半においては、現地での調査実験等に日本人の学生を含む若手研究者が多数参加し、現場において相手国の若手研究者とノウハウを共有できたことは意義があったと認められる。

さらに、トンレサップ湖周辺地域は 1993 年 11 月の国王令によって環境保全のための多目的利用管理地域に指定されているが、それに加えて、現在、カンボジア政府はトンレサップ湖を世界遺産条約に指定するための協力を UNESCO へ依頼している。カンボジアにおけるそのような機運を後押しする上でも、本プロジェクトのトンレサップ湖に関する研究成果は大変有用であると考えられる。

4-4. プロジェクトの運営

研究開始当初には、環境省やトンレサップ庁の本プロジェクトへの関与が薄く、研究の進展が懸念されたが、関係諸機関と協議を重ねることで強固なプロジェクト実施体制を構築し、ここまで維持することができたのは、ひとえに両研究代表者のリーダーシップによるものである。プロジェクト成果の活用に向けて、行政官向けの研修プログラムやセミナー、合同調査等を精力的に実施したことが評価される。今後は成果の社会実装を実質的に担う環境省やトンレサップ庁をはじめ、その他の行政官庁にも連携を拡大・維持し、いわゆる縦割り行政の弊害を除去することが、上位目標の達成には欠かせない。その点において、開発途上にあるカンボジアという国の特性を考慮すると、大学を核としてプラットフォームを構築し、科学技術に関する情報ネットワークを充実させたことは、プロジェクトの推進に有効であったと判断される。このプラットフォームは、MRC 等の他の機関を巻き込む仕組みとしても良く機能すると考えられる。

また、本プロジェクトは、様々な機会やメディアを活用した研究成果の発信に精力的に取り組んだ。プロジェクト主催の「熱帯湖沼の保全と管理に関する国際シンポジウム」は初年

度から毎年度（全6回）開催され、両国の若手研究者に多くの発表機会を与えた。加えて、主に水上集落の住民を対象とした健康リスクに関する啓発活動の一環として、安全な水利用を推奨する動画を配信したり、イラストで分かりやすく説明したポスターを、目に付きやすいようにカレンダーの形で配布したりするなど、住民の健康維持のための適応策を周知したことも意義のある活動と認められる。新型コロナウイルスの感染拡大の影響を受け、プロジェクト後半に予定されていた成果の普及に係る活動が大幅に制限されたことは惜しまれるが、同様の活動を、PAERが関係機関を巻き込んで継続することを期待する。

最後に、SATREPSプロジェクトの運営に資する成功事例として、研究機材の継続的な活用に関し、発展途上国では往々にして最新の分析機器を導入しても消耗品や修理等の現地調達に困難を伴うことがあるが、本プロジェクトでは、ITCに導入した高度な化学分析機器について、日本国内のメーカーに働きかけを行い、プノンペンに代理店の設置を支援するなど、供与機材の活用に関しても十分な配慮がなされた。カンボジアにおける研究力向上を後押しする努力として高く評価する。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

- ・プロジェクトで構築したモニタリングの方法論やモデリングによる予測・評価の方法論が、PAERにおいてカンボジア側の研究者のみによって実施できる体制が確実なものとなるまで支援を継続して欲しい。さらに、これまで得られたデータやモデルを活用してプロジェクト終了後も共同で研究が継続できるような仕組みと体制を検討して欲しい。
- ・プロジェクトの活動状況は全体的に高く評価できるが、環境保全の観点からはやや不満が残る。すなわち、汚染源データの整理、水質モデルの更なる精度向上と一層の充実、シナリオ作成とリスク評価について、環境保全策の提案という次のステップに進めるために十分な成果が用意されたとまでは言えず、今後に期待するところが大きい。トンレサップ湖のモニタリング体制に関しては、基礎は作られたと判断できるので、観測点や観測のタイミングの設定、必要な観測項目の推奨についての検討をもう少し続けて欲しい。
- ・プロジェクト成果の社会実装の一つとして、地域住民の健康に関するリスク評価を地域社会に伝達する際には、保健省などの行政機関と十分に連携して進めて欲しい。
- ・本プロジェクトではカンボジアの若手を中心とする研究者の研究力の向上に貢献したことが特筆され、この経験を他のSATREPS対象国にも波及させる価値は高いと考えられる。特に独自性の高い研究を企画し実行する能力において、ITCの教員および学生を中心に、カンボジアの若手研究者の研究意欲を高めることに大きな成果をあげたことは、SATREPSが目指す国際連携にとっても非常に重要であったと言えよう。本プロジェクトに参加したメンバーは、科学技術面での成果発表の機会などを含め、今回のSATREPSプロジェクトでの経験を情報として積極的に発信して欲しい。

以上

JST成果目標シート

研究課題名	トンレサップ湖における環境保全基盤の構築
研究代表者名 (所属機関)	吉村 千洋 (東京工業大学 環境・社会理工学院)
研究期間	H27年度採択(平成28年4月1日～令和4年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	カンボジア王国/カンボジア工科大学、プノンペン国立大学、水資源気象省、環境省、教育省、トンレサップ庁

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・インドシナ半島の持続可能な発展に貢献 ・カンボジアへの日本企業の進出を支援
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> ・世界に先駆けた水文から微生物動態までを含めた統合型水質モデルの開発 ・高濃度湖沼の生態系の解明とモデル化(主に水文・水理・水質、微生物関連プロセスの解明) ・メコン川流域の生態系・生物多様性の解明に寄与
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> ・高濃度水域における水質モデルの構築およびその国際標準化の促進 ・統合型水質モデルを用いた湖沼環境保全方法の確立と周辺各国への普及の促進
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> ・国際的に活躍可能なカンボジアおよび日本の若手研究者の育成(環境保全活動における指導力、国際会議での指導力、国際学術誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・環境工学分野における日本・カンボジアの研究者・技術者・行政官の連携を構築 ・カンボジアにおける環境科学・環境工学分野での大学と政府機関の連携を強化
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> ・トンレサップ湖の水文・水理・水質データの整備 ・水環境解析ツール(含プログラム、マニュアル) ・高濃度水域における水文、水理、水質、病原微生物関連プロセスの解明(論文)

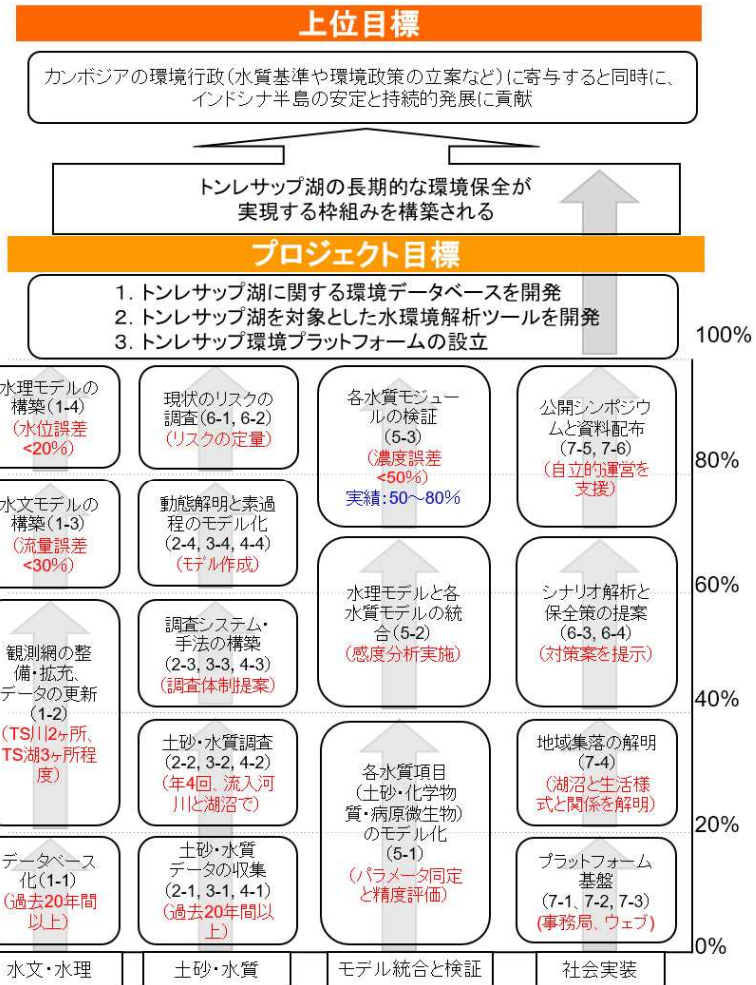


図1 成果目標シートと達成状況(2022年1月時点)