

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

タイ国・生物循環グリーン経済実現に向けたウキクサホロビオン資源価値の包括的開拓
(2021年10月～2026年10月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：森川 正章（北海道大学 大学院地球環境科学研究院 教授）
2. 2. 相手側研究代表者：Arinthip THAMCHAIPENET（カセサート大学 理学部 教授）

3. 研究概要

本プロジェクトでは、高濃度 CO₂ と汚染水で生育可能で資源価値の高いウキクサ科植物の活用により、持続可能社会構築に貢献する。

ウキクサを基軸とした生物資源整備から新産業創出まで一貫通貫に取り組むことで、タイ国政府が推進する生物循環グリーン（BCG）経済政策およびカーボンオフセットに貢献する。

プロジェクトは下記の6つの研究題目で構成されている。

- (1) ウキクサホロビオン資源研究センター（DHbRC）の創設
- (2) ウキクサホロビオンコレクションの創出
- (3) ウキクサホロビオン機能強化技術基盤の開発
- (4) ウキクサを原料とした有価物生産技術基盤の開発
- (5) ウキクサホロビオン水質浄化システムの低炭素化効果の検証
- (6) ウキクサの農家生産支援とウキクサを活用した技術の実用化推進

4. 評価結果

総合評価：A+

（所期の計画をやや上回る取り組みが行われ、大きな成果が期待できる。）

本プロジェクトは、CO₂ と汚染水で生育可能なウキクサホロビオンを利用し、低炭素社会の構築に寄与するものであり、タイ国の推進する BCG 経済にも合致している。コロナ禍の影響で機材の導入が遅れるなどの影響はあったものの、両国の研究代表者がリーダーシップを発揮してプロジェクトを牽引し、研究者間では良好なコミュニケーションが図られ、体制構築も進んでいる。相手国側の若手を中心とした研究者のモチベーションも高く、特にウキクサホロビオンの保存法、生産性向上、機能解明等でいくつかの顕著な成果が得られている。

ウキクサホロビオン資源研究センター（以下、DHbRC）の創設や、バイオ燃料・バイオプラス

チックの開発など多岐にわたる成果が学術、産業化の両面で得られつつあり、今後は機材を活用した研究の継続により、更なる成果が期待できる。

しかしながら、バイオ燃料やバイオプラスチックについては、ウキクサの面積あたりの生産性の限界などの実用化に向けた障壁の克服、日本人若手研究者の育成、相手国側との持続的な共同研究のための体制や仕組みの構築を検討する必要があると考えられる。以上の懸念点に対応することで、今後さらなる成果が期待できる。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

コロナ禍にあっても、DHbRC がカセサート大学に設置されるなど、相手国側の研究体制構築が所期の計画どおりに進んでいる。本格的な共同研究としては、これからの部分が多いと思われるが、相手国側が積極的に推進していること、日本側に過去の研究プログラムからの蓄積があることから、全体として順調である。各研究題目については以下のとおりである。

研究題目(1)の「ウキクサホロビオン資源研究センター (DHbRC) の創設」については、上述のとおり順調であり、今後設置予定の機材を含め、プロジェクトに参画する全ての研究者が使用可能である。プロジェクト終了後も、ウキクサホロビオンの収集・研究交流・研修の場として、理学部所管で継続して運用するための財源も得ているため、今後の研究環境の土台が構築されたことは評価に値する。

研究題目(2)の「ウキクサホロビオンコレクションの創出」については、タイ国内 36 地域からウキクサを採取し、葉緑体の DNA バーコードで種を同定することで、生態的多様性を確認している。2023 年 6 月のタイ植物学会で、本プロジェクトの成果を発表するなど、既に成果が上がっている。また、天然ウキクサから微生物 749 株、放線菌 573 株、酵母 252 株、廃水で生育したウキクサから微生物 131 株、放線菌 15 株を分離し、そのうち、微生物 249 株及び放線菌 151 株、酵母 252 株を同定している。それに関連し、相手国側で論文 2 報を発表した点も評価できる。

研究題目(3)の「ウキクサホロビオン機能強化技術基盤の開発」については、水と食品工場廃水でウキクサを増やし、共生する微生物を解析しており、今後は、相手国側でメタゲノム解析、トランスクリプトーム解析、メタボローム解析を実施する予定であり、今後の成果創出が期待される。また、栄養素 (N) の欠乏によるストレス条件下で、ウキクサに出現する微生物の種類の変化を調査したところ、廃水処理またはウキクサの成長促進には窒素固定細菌が活用できるということを発見した点も評価に値する。

研究題目(4)の「ウキクサを原料とした有価物生産技術基盤の開発」については、日本側研究者からオンラインで指示を受けながら、メタン発酵のためのラボスケールのリアクター装置を設置し、タピオカ澱粉廃水を用いた起動試験を実施した。今後、ウキクサを添加したメタン発酵の連続運転データ取得を進める予定であり、今後の進捗に期待する。また、熱可塑性キャッサバ澱粉にウキクサをブレンドし作成したバイオプラスチックは、引張強度、ヤング率、硬度が増加するが、成形時に加熱すると匂いが残るといった課題が出てきたとの報告であった。実際に、社会で

の活用を見据えるとその対策が必要だと思われる。さらに、ミジンコウキクサ (*Wolffia globosa*) の科学的知識と応用のための試作から、食品用途としての機能性、健康増進成分を引き出すことに成功している。高プロテインの機能性食品という特長に加えて、その他の機能付与、香りや味についても検討を重ね、食品開発に繋げることを期待する。

研究題目(5)の「ウキクサホロビオント水質浄化システムの低炭素化効果の検証」については、廃水を供給できる第三者の協力による技術の導入、定期的な現場での排出物の監視が必須であり、廃水源側と協議し、廃水処理の改善だけでなく、温室効果ガス低減技術としても採用が有益である点を認識してもらう必要があり、今後の活動に期待するところである。

研究題目(6)の「ウキクサの農家生産支援とウキクサを活用した技術の実用化推進」については、ウキクサの養殖を、国家イノベーション基金(NIF)、マヒドン大学、企業インキュベータの協力で実装を進める計画だが、低コスト化および大規模化が今後の課題である。一方、ミジンコウキクサ (*Wolffia globosa*) の販路開拓のため、イベントでの試食提供やTVでの紹介を実施し、アンケートではタイ人口の10%に認知されている点は評価でき、今後は他国へもアプローチを進めてほしい。

以上、各研究題目において興味深い知見が得られており、論文発表や口頭発表も多数行われている。大雨で池のウキクサが流されてしまうなどの事象があったが、他には大きな問題なく進捗している。特に、ウキクサホロビオントの保存法、生産性向上、機能解明、ならびに有価物等の生産等でいくつかの顕著な成果が得られているため、引き続き研究を進めてほしい。

4-2. 国際共同研究の運営体制について

両国の研究代表者がリーダーシップを発揮してプロジェクトを牽引しており、両国において研究体制も活性化している。題目ごとにそれぞれ自主的に研究を進める体制も構築されている。一方、タイ側とどのように研究成果を共有するのかについて不明確なところが残されており、知財の取り扱い、産業化する場合の方法など、知財戦略を立てておいてほしい。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

微生物と植物の共生という学問的にも興味深い研究であることに加え、汚泥処理と有価物生産の組み合わせ、あるいは高付加価値な食品・医療品への展開は、将来的に市場が大きく広がる可能性が感じられる。ただし、バイオ燃料やバイオプラスチックに関しては、ウキクサの面積あたりの生産性の限界が実用化に向けた障壁となる可能性があり、検討が必要である。また、応用分野によっては競合技術があるので、それらに対する優位性を明らかにすることを期待する。さらに、ウキクサの供給や廃水の質、温度管理など不確定要素が多くあることから、一つ一つ解決して持続性を追及してほしい。低コストで安定なウキクサ栽培法を確立できれば、社会的なインパクトは非常に大きいと思われる。

本プロジェクトは、サーキュラーエコノミーのモデルケースとして、東南アジアの類似気候の条件で、持続可能な経済社会の実現に貢献できる可能性が認められる。日本においてはウキクサの栽培は難しいと思われるが、本研究で得られたサーキュラーエコノミー実現の手法の知見が日本でも活かせる可能性がある。また、タイでの水質浄化システムにおいて日本の技術が温室効果ガス排出削減につながる、あるいはバイオ燃料の生産が進むことは、日本にもメリットがあると考えられる。さらに、本プロジェクトで研究されたことがウキクサだけでなく、広く植物と微生物の共生の理解と強化、さらには新しい共生システムの構築などにつながるならば、画期的な研究成果になると思われる。新たなバイオマス産業の構築に繋がる可能性がある。

人材育成においては、日本では得られない現場での実データを活かした共同研究を通じて、より強力に推進していただきたい。特に、日本人若手研究者の育成を進めていただきたい。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

相手国側研究機関にとって、本分野の研究の位置づけが高いことから、相手国の研究機関の自立性・自主性、共同研究として相互交流の持続性も期待できる。DHbRC が設立されるなど、相手国側の研究基盤も整っており、本プロジェクト終了後の研究継続が期待できる。相手国側の自助努力により、早々に相手国内研究予算を獲得したことも評価できる。

また、基礎研究、応用研究双方に良い成果が出ており、相手国でのプロジェクトに従事した若手研究者との連携の発展は大いに期待できる。既に帰国した留学生も含め、相手国からの留学生が複数人来日しており、今後も人的交流が進むと思われる。相手国側には他国（欧米）帰りの若手研究者も多くいることから、彼らのグローバルな視点やネットワークを利用することで、世界中で研究成果や製造する有価物の活用が一層進むのではないかと期待される。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

- 1) 低炭素の観点では、水質浄化による CO₂ 排出削減に大きな可能性があると考えられるので、特定のシナリオでも良いので、その効果を定量的に明示して、インパクトをアピールしてほしい。
- 2) 個々の研究だけでなく、論文、特許、ビジネスモデルや人材育成など、俯瞰的な取り組みを期待したい。
- 3) 本研究は、サーキュラーエコノミーの貴重なモデルケースとなることが期待されるので、基礎的なデータの分かり易い整理と、政策立案側や企業にとっても有用性を判断し易いような情報発信をお願いしたい。

- 4) 共同研究への参加も含め、様々な機会を与えることにより、日本の学术界に貢献できる若手人材のより一層の育成をお願いしたい。

- 5) プロジェクト後半では成果やリスクを考慮して研究題目(1)から(6)までに対してある程度の優先順位をつけ、リソースや時間を重要な活動に集中させることが重要になると思われる。SATREPS 後を視野に、タイと日本の研究機関との連携が強化されることも期待したい。

以上

成果目標シート

研究課題名	タイ国・生物循環グリーン経済実現に向けたウキクサホロビオント資源価値の包括的開拓
研究代表者名 (所属機関)	森川正章 (北海道大学 地球環境科学研究院 教授)
研究期間	R2採択(令和2年8月1日~令和8年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	タイ王国/カセサート大学
関連するSDGs	目標15: 陸域生態系の保護、持続可能な利用を推進する。 目標13: 気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる。目標12: 持続可能な生産消費形態を確保する。

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 日本企業による成果事業化による経済効果 パリ協定順守に向けた新たな取り組み 日本の高齢社会対策への貢献
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 熱帯生物資源の開拓と保全 植物-微生物共生系の統合理解と応用技術開発 資源循環型産業基盤の創出
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> ウキクサ植物および共存微生物の複合生物資源バンク創設(国際標準化) 水生植物-微生物共生工学技術 燃料、バイオプラスチック、食品・飼料の製造技術
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクト関連テーマを論文内容とする博士学位取得者を5名以上輩出。若手研究者が筆頭著者の国際共著論文10報以上発表
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> 年間6回以上の研究者交流および事業期間内3回の公開シンポジウム開催による成果の発信とネットワークの構築
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"> ウキクサホロビオントセンターと収蔵生物資源目録 ウキクサ生産技術&水処理技術マニュアル 低炭素型水処理システム(ベンチプラント) ウキクサ原料有価物(バイオ燃料、バイオプラスチック、飼料、機能性食品)製造技術マニュアル プロジェクト成果に関する論文・解説20編以上

上位目標

ウキクサ産業がASEAN諸国でも導入され、低炭素・循環型成熟社会へのスムーズな移行に寄与し、日本がアジア熱帯バイオ資源産業振興の中心国と認識される

ウキクサホロビオント資源研究センター:DHbRCでの研究活動が継続・発展し、研究がウキクサ以外の生物資源にも適用されるとともに、生物循環グリーン(Bio-Circular-Green:BCG)経済促進への貢献が認知される

プロジェクト目標

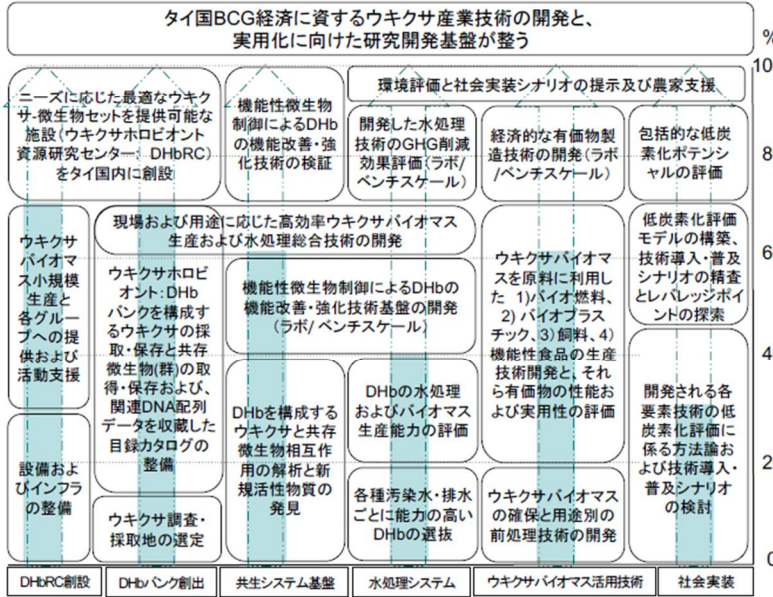


図1 成果目標シートと達成状況(2023年11月時点)