

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「低炭素社会の実現とエネルギーの高効率利用に関する研究」

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」

採択年度：令和 2 年（2020 年）度/研究期間：5 年/

相手国名：タイ王国

令和 5（2023）年度実施報告書

国際共同研究期間*1

2021 年 10 月 5 日から 2026 年 10 月 4 日まで

JST 側研究期間*2

2020 年 8 月 1 日から 2026 年 3 月 31 日まで

（正式契約移行日 2021 年 10 月 1 日）

*1 R/D に基づいた協力期間（JICA ナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた年度末

研究代表者：森川正章

北海道大学・教授

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	2020年度 (8ヶ月)	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
1. ウキクサホロビオン資源研究センター（DHbRC）の創設：G1 1.1 G2, G3 から提供されるウキクサホロビオン生物資源と関連データを装備したDHbRCを創設する 1.2 DHbRCのホームページを開設する 1.3 ウキクサホロビオンバイオマスを生産するためにDHbRCに植物工場を設立する 1.4 DHbRCは他の研究グループ（G4, G5）に対してウキクサバイオマスを提供する 1.5 DHbRCは共用研究室として他の研究グループが使用する機能とサービスを提供する		←-----→	←-----→	←-----→	←-----→	←-----→
2. ウキクサホロビオンコレクションの創出：G2 2.1 ウキクサホロビオンの調査と採取を行う（7地域約20ヶ所） 2.2 ウキクサおよび共存微生物の単離取得と保存を行う 2.2.1 ウキクサと共存微生物の同時凍結保存法を開発する 2.3 ウキクサおよび共存微生物の特徴付けを行う 2.4 ウキクサ共存微生物群集を解析する 2.5 保存した個々のウキクサ、共存微生物、共存微生物群集、そしてそれらのDNA配列データの目録を作成しG1：DHbRCへ提供する	←-----→	←-----→	←-----→	←-----→	←-----→	←-----→
3. ウキクサホロビオン機能強化技術基盤の開発：G3 3.1 ポテンシャルの高いウキクサホロビオンを選抜し、G5に提供する 3.2 ウキクサと共存微生物間の		←-----→	←-----→	←-----→	←-----→	←-----→

【令和5年／2023年度実施報告書】【240531】

<p>相互作用機構を解析する</p> <p>3.3 ウキクサホロビオントの機能を強化する技術を開発する</p> <p>3.4 システム生物学の手法を用いてウキクサホロビオントを特徴づける</p> <p>3.5 ウキクサと共存微生物から活性物質を探索する</p>						
<p>4. ウキクサを原料とした有価物生産技術基盤の開発:G4</p> <p>(1)バイオ燃料 (メタン)</p> <p>4.1 バイオリクター原料ウキクサを生産する (水質測定を含む)</p> <p>4.2 ラボスケールでメタン発酵の実験を行なう</p> <p>4.3 ベンチスケールでメタン発酵の実験を行う</p> <p>(2)バイオプラスチック</p> <p>4.4 ウキクサベースバイオプラスチック原料を試作する</p> <p>4.5 ウキクサベースバイオプラスチックの特性を調べる</p> <p>4.6 ウキクサベースバイオプラスチック製品を試作する</p> <p>4.7 ウキクサベースバイオプラスチック生産をスケールアップする</p> <p>4.8 最終用途に適切なウキクサベースバイオプラスチックを生産し, その特性を調べる</p> <p>4.9 ウキクサベースバイオプラスチック製品の利用法について検討する (フィールド試験)</p> <p>4.10 消費者の許容度について調査する</p> <p>(3)家畜飼料</p> <p>4.11 ウキクサの化学組成とアミノ酸消化性を決定する</p> <p>4.12 ウキクサ給餌による鶏卵の生産性と品質を調べる</p> <p>4.13 ウキクサタンパク質の抽出および加水分解法を検証し加水分解物の生物活性を調べる</p> <p>4.14 ウキクサタンパク質加水分解物を餌としてカプセル化し, 標的器官 (下部消化管) でのタンパク質放出を調節する</p> <p>(4)機能性食品</p> <p>4.15 ヒトの健康に有効な活性物</p>						

質を開発する 4.16 ウキクサ活性物質を含む機能性食品を開発する							
5. 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:G5 5.1 様々な排水を対象に、ウキクサホロビオントによる水質浄化能力、バイオマス生産能力、および温室効果ガス発生削減能力をラボレベルで評価する 5.2 選定された排水を対象に、自然ウキクサホロビオントシステムの水質浄化効果と低炭素化効果を現場ベンチスケールで開発・実証・最適化する 5.3 G3 から提供される選抜ウキクサホロビオントシステムについて同様に開発・実証・最適化する 5.4 ウキクサホロビオント水質浄化システムの設計および運転管理のためのデータベースやハンドブックを作成（公開）する							
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:G6 6.1 タイにおけるウキクサ生産支援を行う 6.2 各研究グループで開発したウキクサ活用技術の炭素収支を評価する 6.3 ウキクサホロビオント資源活用に関する技術マニュアルあるいは提言書を作成する 6.4 ウキクサホロビオント価値とその活用技術を社会実装に向けて普及広報活動を行う							

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

*2023年9月に開催した第二回 JCC meeting において、いくつかの項目について活動期間を赤線のとおり修正した。研究活動項目「3.4 システム生物学の手法を用いてウキクサホロビオントを特徴づける」を削除した。その理由は以下の通りである。(1) 研究担当研究者が当該研究に従事する時間が非常に限られているため、2年間で研究進捗がなく今後も大きな進展がみこめない、(2) この削除は研究成果3の達成に支障はなく、むしろ限られた財源と人的資源を成果が出ている他の活動項目に投入し、加速することによってより大きな成果3が期待できる、さらに(3) この2年間で対タイパーツ円為替レートが2割程度低下したため、事業計画の見直しも必要である。

2. 計画の実施状況と目標の達成状況（公開）

(1) プロジェクト全体

本プロジェクト「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」(Be-HoBiD) では、CO₂と汚染水で生育可能かつ資源価値の高いウキクサ科植物ホロビオンの活用により、持続可能な低炭素社会の構築に貢献する。ホロビオンとは、宿主およびそこに共存する微生物の集合体であり、共存微生物の最適化により宿主の成長速度を加速することができる。具体的な事業計画は、ウキクサ-共存微生物複合生物資源研究センターの創設 (G1)、ウキクサ-共存微生物複合生物資源コレクションの整備 (G2)、ウキクサ成長速度を加速する微生物共生作用の理解と強化 (G3)、バイオ燃料・バイオプラスチック・家畜飼料・高機能性食品の開発 (G4)、低炭素型水処理技術とウキクサ生産技術の開発 (G5)、ウキクサ農家支援と低炭素化の評価 (G6)を行う。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 経済政策および我が国のカーボンオフセットに寄与する。

今年度の実施状況と目標に対する達成状況は以下の通りである。

当初の計画に従い、長期研究員(継続) 2名(北海道大学 2021年10月～博士課程在籍:国費留学生大学推薦枠および大阪大学 2022年10月～研究生:短期研究員、引き続き 2023年4月～博士課程在籍)に加えて、あらたに長期研究員(新規)として2名(山梨大学 2023年5月～9月研究生:短期研究員、2023年10月～博士課程在籍:国費留学生 SATREPS 枠および東北大学 2023年10月～博士課程在籍:国費留学生大学推薦枠)を本邦にて研修中である。また、短期研究員として延べ5名(うち学生2名)の本邦研修を実施した。事業統括者が山梨大学と大阪大学を訪問し、長期研究員の研究の進捗を確認すると共に、日本側研究者と意見交換を行った。一方、邦人研究者を延べ19名タイ国へ派遣し現地で協議および指導した。うち、2023年12月に邦人若手研究者(磯田珠奈子・県立広島大学研究員)が技術移転ワークショップ(第二回)として、タイ研究者および学生十数名を対象にウキクサの長期保存技術のひとつである開花促進技術について現地で実演し、日タイ双方の若手研究者スキルアップにも寄与した。実演の様子はオンディマンド用教材としてタイ側で随時活用できるようビデオ撮影した。9月25日、カセサート大学(KU)会議室にて第二回 JCC ミーティングを開催した。タイ側からは事業副監督 KU 理学部長ら18名、日本側からは研究者主幹ら10名が出席し、事業統括者を含むタイ側チームの各グループ代表研究者8名がG1からG6までの活動状況と成果を報告した。来賓として BCG 経済政策を推進するタイ国立科学技術開発機構(NSTDA)、在タイ日本大使館、JICA タイ事務所長らが出席した。

2023年度のタイ側の原著論文発表数は3件(うち1件は日本側との共著)、国際学会発表は4件、国内学会発表は1件(優秀発表賞)、さらに2件の国内特許を申請中であり、事業開始後2年余として十分な研究成果を挙げた。なお、日本側の原著論文発表数は5件、解説/書籍発表3件、国際学会発表6件(1件優秀発表賞)、国内学会発表は25件(3件優秀発表賞)である。また、nature portfolio “North-south collaboration” に本事業の紹介記事を掲載したところ、公開後3ヶ月間で6,061回の閲覧があり平均滞在時間が19分であったことから、内容に関心をもつ読者が多いことが分かった。主要国別閲覧数は、タイ国1,205回、米国857回、オーストラリア507回、英国502回、カナダ420回などであった。<https://www.nature.com/articles/d42473-023-00334-y>

広報活動として、2023年8月22日から24日までバンコク市内ホテルにて高等教育科学研究イノベーション省 MHESI が主催した ASEAN-Japan Innovation Week の一環として JST が共催した日 ASEAN 友好協力 50 周年記念マルチステークホルダー戦略コンサルタンシーフォーラム（第3回）において、本事業の概要および成果を発表した。さらに、8月23日にタイ国際協力機構 TICA が開催した第8回 TICA Connect “Enhancing International Development Cooperation for Sustainable Future” に Be-HoBiD 展示ブースを出展した。また、2024年2月3日に開催された KU フェアでは昨年にかけて Be-HoBiD 展示ブースを出展した。大型パネルおよびウキクサ植物工場モデルなどを使って本事業構想を分かりやすく紹介し、行政関係者および一般市民が多く訪れ大きな反響を得た。人気若手グループの飛び込み参加によるウキクサアイスの販売も大好評であり、一般市民にウキクサの価値を身近に感じてもらうことができた。また、機材供与が概ね完了したことを記念して、2024年3月18日に DHbRC のオープニングセレモニーを行いプレス発表した。

<https://www.jica.go.jp/oda/project/1905604/index.html?wovn=en>

<https://web.facebook.com/reel/911160573820778>

<https://www.facebook.com/watch/?v=1451045095835262&ref=sharing>

(2) 各研究題目

(2-1) 研究題目 1. ウキクサホロビオン資源研究センター (DHbRC) の創設: G1

研究グループ G1 (リーダー: 北海道大学 森川正章 /KU 理学部 Arinthip Thamchaipenet)

1.1. DHbRC (Duckweed Holobiont Resource and Research Center) の創設

1.3. ウキクサ植物工場の設立

1.5 DHbRC は共用研究室として他の研究グループが使用する機能とサービスを提供する

①当初計画 (全体計画) に対する実施状況 (カウンターパートへの技術移転状況含む)

当初計画: ウキクサ栽培装置, ウキクサ植物工場, 微生物培養装置, 冷蔵庫, 冷凍庫, 超低温庫, クリーンベンチ, 簡易ドラフト, オートクレーブ, 樹脂混練装置, ヒト腸管モデル, ガス計測装置, 各種分析装置類など事業推進に必要な機材をカセサート大学及びコンケン大学ほかに供与する (2021~2023 年度)。DHbRC を共通実験室として整備する。また、G4 および G5 が必要とするウキクサホロビオンを DHbRC 植物工場等で生産し提供する (2021~2025 年度まで継続)。植物工場は見学者等に公開し広報活動にも役立てる。

実施状況: 2023 年度内に当初予定供与機材の調達を植物工場を除きほぼ完了した。2024 年 3 月 18 日、2 年前にカセサート大学 (以下 KU) 理学部内に創設した DHbRC が入居する Princess Chulabhorn 60th Birthday Anniversary Science Research Center Building 6 階大会議室において、KU 学長、理学部長出席のもと開所式典を開催した。その様子は大学広報部を通して facebook 等でビデオ公開された。

<https://www.facebook.com/watch/?v=1451045095835262&ref=sharing>;

<https://www.facebook.com/scienceku/posts/pfbid02fDdgXpHhkhP2XseB7V2EgTqoZrFDcagKZPGjwWQM3VYdwLzBcPUkfzMWsJKU2eKgl>

②当該年度の目標の達成状況と成果

研究項目 1.1. 供与機材の設置を概ね完了した。研究項目 1.3. ウキクサ植物工場などについては

【令和 5 年 / 2023 年度実施報告書】【240531】

既に設計図は完成しており、2024年度内の設置を目指す。研究項目 1.5. については達成しつつある。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

今年度については特になし。

④研究のねらい（参考）

世界初となるウキクサホロビオン資源研究センター DHbRC をタイ国内に創設する。G2 および G3 から提供されるウキクサと共生微生物(群)の複合生物コレクション～ウキクサホロビオン資源を収蔵管理し、ユーザーのニーズにあわせたものを提供する。DHbRC は、各グループの活動を支援する共通実験施設という位置付けでもあり汎用的な各種分析装置類を装備する。さらに、種々のウキクサホロビオン（バイオマス）を小規模生産できる植物工場を装備し、一般見学施設としても活用する。その生産物は適宜、G4 および G5 へ提供する。

⑤研究実施方法（参考）

供与機材の整備と運用、生物資源の整備、ならびに研究題目 2～6 (G2～G6) の推進を支援する。

(2-2) 研究題目 2. ウキクサホロビオンコレクションの創出：G2

研究グループ G2-1：ウキクサ（リーダー：京都大学 小山時隆 /KU Ekaphan Kraichak）

2.1 ウキクサホロビオンの調査と採取

2.2 ウキクサおよび共生微生物の単離取得と保存

2.2.1 ウキクサと共生微生物の同時凍結保存法の開発（新規）

2.3 ウキクサおよび共生微生物の特徴付け

①当初計画（全体計画）に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

昨年度までに Dr Ekaphan らによってタイ国内のウキクサ採取が進められたが、大半の株について研究室での維持がうまくいかず死滅した。本年度は Dr Ekaphan および所属大学院生に現地にて滅菌法・培養法を指導した。新たに採取したウキクサ株については、導入した培養装置を利用することで、ウキクサ株の維持に成功している。また、Dr Peerapat らに現地にてタイ由来のウキクサの凍結保存法を実践的に指導し、現地のウキクサ株も凍結保存可能であることを示した。Dr Ekaphan および Dr. Peerapat のグループと日本のグループとの間で、ウキクサ間の生理学的特徴による分類／比較法を共有する手法を開発した。

②当該年度の目標の達成状況と成果

目標：日本およびタイにおけるウキクサの取得および保存を進める（通期）。ウキクサおよび共生微生物の長期保存法を確立する（2021～23 年度）。ウキクサと共生微生物の同時凍結保存法を確立する（G2-2 と協力：2022～23 年度）。ウキクサの各種形質の特徴づけ（～2024 年度まで）と発現遺伝子データベース構築（2022～2024 年度）を進める。

達成状況と成果：日本におけるウキクサの取得については前年度までに目標を達成した。タイ側では、昨年度までに Dr Ekaphan らが採取・分析したウキクサ株の多くが死滅したため、新たにウキクサの採取を行った。さらに、現地にて滅菌法・培養法を直接指導した結果、本年度は安定して多数の株の維持に成功した。

研究項目 2.2.1 については、前年度までに全ての属のウキクサで成功例をえた。タイ国の主要な

ウキクサの一つ *Lemna aequinoctialis* について、Dr Peerapat らとカセサート大学内で現地の株の凍結保存を試み、成功した。ウキクサの特徴づけとして、形態だけでなく耐塩性などの生理学的性質に基づいて比較できるようにし、日本とタイの研究室間でそれらの解析結果を共有できるようにした。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

東邦大学の鹿島誠博士との共同研究により、安価に多サンプル（一度に 300 サンプル以上）の RNAseq を再現性よく行うことが可能となった。それを利用することで、*Lemna* 属、*Wolffiella* 属のウキクサの発現遺伝子の同定・解析を効率よく実施できる体制が整備できた。

④研究のねらい（参考）

ウキクサホロビオントの調査と採取を行う（7 地域約 20 ケ所）。採取地点の生態学的・物理的・化学的データを収集する。必要に応じて季節あるいは年変動も調査する。G2-2 と連携し、採取したウキクサの保存法の開発および管理、ウキクサ共存微生物の単離と保存、共存微生物群集の保存、および関連する DNA 配列データを収集し、生物資源と関連情報を DHbRC に提供する（20 植物個体、400 微生物株、20 微生物群集、400DNA 配列データ以上）。さらに G3 と連携して、各水質に適したウキクサの選抜および、共存微生物のウキクサ成長促進活性など生理学的特徴付けを行う。

⑤研究実施方法

可視的な形質に加えて花成条件などの挙動の多様性および、それらの基盤となる遺伝子発現の多様性を調査する。

研究グループ G2-2：共存微生物（リーダー：山梨大学 田中靖浩 /KU 理学部 Kannika Duangmal）

2.2 ウキクサおよび共存微生物の単離取得と保存

2.2.1 ウキクサと共存微生物の同時凍結保存法の開発（新規）

2.3 ウキクサおよび共存微生物の特徴付け

2.4 ウキクサ共存微生物群集の解析

①当初計画に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

ウキクサ共生微生物の分離培養（実施期間：2021~2023 年度）については、主に系統的に新規な微生物、ウキクサに付着・定着しやすい微生物種を対象に、野生のウキクサあるいは様々な環境試料を接種したウキクサを対象に実施した。ウキクサ共生微生物群集の長期保存方法の検討（実施期間：2022~2024 年度）については、具体的には、グリセロールや DMSO といった保護剤の種類、保存温度（-80℃、-150℃以下のガラス化温度）を種々変化させ、永続的保存法の条件を見出す予定であるが、2021 年度はそのための予備的な実験を実施し、2022 年度はグリセロールの保護剤としての効果を調べるとともに、凍結保存による負の影響を受ける微生物種の特長について検討した。2023 年度は凍結温度、保存温度条件について予備的な比較・検討を行った。また、分離培養したウキクサ共存微生物の特徴づけ（実施期間：2021~2024 年度）についても、まずは系統的に新規な微生物を対象に実施中である 2021 年度に得られた、希少放線菌として知られる *Actinoplanes* 属に加えて難培養性細菌群の *Verrucomicrobia* 門細菌、*Deltaproteobacteria* 綱に属する新規微生物の取得に成功した。*Verrucomicrobia* 門細菌に関しては、ウキクサに付着・定着しやすい微生物種の一つである可能性が見出されたことから、研究室保存のウキクサ由来菌株を対象にその特性について調べた。さらに、

ウキクサ共生微生物の分離培養と併せて、分離源とするウキクサの共生微生物群集についても解析を行い、得られた解析結果については、G3 と相互に共有している（実施期間：2021～2023 年度）。なお、本プロジェクトで取得したウキクサ共存微生物および微生物群集の DNA 配列データ（16S rRNA 遺伝子、ゲノム配列等）については、今後、その目録を作成する予定である（実施期間：2024～2025 年度）。カウンターパートへの技術移転状況については、これまでにウキクサ共生微生物の分離培養条件を提供している。今後も双方で得られた結果を定期的に共有する機会を持つ予定である。タイ側の活動としては、上述の 36 ケ所から採取したウキクサ 4 種：*Lemna aequinoctialis* 32 株、*Spirodela polyrhiza* 8 株、*Landoltia punctata* 9 株、*Wolffia globosa* 10 株それぞれから、細菌を 731 株単離したが、供与機材である長期保存用の超低温庫が措置できていないため冷凍庫で簡易的に保存している。生存率および回復率については未測定である。また、タイ側サブグループリーダーの Dr. Nantana Srisuk が責任著者として報告例がほとんどないウキクサ共生真菌に関する研究成果を 2023 年 5 月に微生物学国際雑誌に発表した（Kajadpai et al., 2023）。

②当該年度の達成状況と成果

昨年度までに、(i) 山梨県内の池から採取したウキクサを対象にウキクサ共生微生物群集の凍結（-80℃）保存性について調べ、凍結保存前と比べて凍結後には CFU 値が 87%減少すること。(ii) 10%あるいは 20%グリセロールを添加することで CFU 値が 59%、68%減にとどまり、グリセロール（特に 10%）の保護剤としての効果があること。また、(iii) -80℃での保存前後に分離培養された微生物の種類を比較したところ、凍結保存により多様性が低下するとともに、*Bosea* 属細菌、*Flectobacillus* 属細菌、*Pelomonas* 属細菌、*Rhizobacter* 属細菌など特定の系統の細菌種の分離率が減少することを確認した。2023 年度は、ウキクサ共生微生物群集の凍結温度、保存温度による影響について調べ（-80℃（ディープフリーザー）と-196℃（液体窒素）の比較）、-196℃にて凍結・保存することで、-80℃による凍結・保存に対して CFU 値比で約 20%保存性が向上することが明らかとなった。今後は、本実験結果の再現性を確認するとともに、グリセロール以外の保護剤添加による影響についても検討する予定である。

研究項目 2.3. ウキクサおよび共存微生物の特徴付けについては、2022 年度はその前年度までに取得された *Deltaproteobacteria* 綱の新規細菌（③に記載の細菌捕食性細菌）についてゲノム解析を進め、この菌が少なくとも科レベルで新規であること、二次代謝産物（抗生物質等）生産に関わる遺伝子を保有していること等が明らかにした。2023 年度は、ウキクサでのウキクサに付着・定着しやすい微生物種の候補である *Verrucomicrobiota* 門細菌に関して（後述）、研究室保存のウキクサ由来菌株（55 株）を対象に多糖類の分解活性、ウキクサの生育促進活性の分布について調べたところ、20～30%の菌株がイヌリン、フコイダン、ペクチン、キサントガム、カラギーナンのいずれかの多糖類に対する高い分解活性を保有することを示唆するデータを得た。また、*Verrucomicrobiota* 門細菌の中でも特に分離例が少ない Subdivision 3 に属する 1 菌株にコウキクサに対する生育促進活性が分布することを明らかにした（ウキクサの PGPB としては *Verrucomicrobiota* 門で初の報告例となる）。

研究項目 2.4. ウキクサ共存微生物群集の解析については、環境試料（河川水）を接種することで人工的な微生物群集を形成させたウキクサ、コウキクサ、アオウキクサ、ヒメウキクサについて実施した。その結果、*Comamonas* 属、*Pelomonas* 属、*Methylophilus* 属、*Hyphomicrobium* 属、*Emticicia*

属、*Novosphingobium* 属、*Azohydromonas* 属がウキクサ科植物のコア微生物候補として見出された。また、2023 年度は 2022 年度に得た上記データと河川水以外の環境試料（土壌、活性汚泥等）を接種したウキクサ、屋外人工池で生育させたウキクサ、アオウキクサ、コウキクサの根、葉状体に生息する微生物群集データとの比較を行うことで、*Methylophilus* 属、*Hyphomicrobium* 属、*Methylibium* 属などのメチロトロフ（C1 化合物資化性細菌）が根および葉状体に高頻度で分布することが明らかとなった。さらに、門レベルでは難培養性として知られる *Verrucomicrobiota* 門の分布率が根および葉状体において接種源や生息環境試料（人工池由来環境水）よりも有意に高い傾向にあることが示された。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

①で記載した放線菌を含めたウキクサ共存微生物分離の過程で、近年、抗生物質に代わる病原性微生物制御のための新たなツールとして注目されている細菌捕食性細菌 (*Deltaproteobacteria* 綱の新規細菌) を 1 株得た。さらに、コウキクサの生育促進微生物 (PGPB) として新たに *Bradyrhizobium* 属 (MRB4 株)、*Peilonomonas* 属 (MRB1、MRB3 株)、*Rhodanobacteraceae* 科に属する新属細菌 (MRB2 株) の菌株を取得した (Makino et al. 2022)。

②に記載したように、難培養性の細菌群として知られ分離培養例が少ない *Verrucomicrobiota* 門に属する菌株の中から本門としては初のコウキクサの生育促進微生物 (PGPB) が見出された。なお、本菌株は既知種との 16S rRNA 遺伝子の相同性が 87%と非常に低く、系統的にも極めて新規である点でも興味深い。

④研究のねらい (参考)

新規有用微生物源としてのウキクサの価値を高める。

⑤研究実施方法 (参考)

ウキクサ共存微生物コレクションを更新しつつ、これを対象に、植物生育促進能、細菌捕食性、二次代謝産物生産能などを持つ菌株を検索する。

(2-3) 研究題目 3. ウキクサホロビオン機能強化技術基盤の開発 : G3

研究グループ G3-1 (リーダー : 北海道大学 森川正章 /KU 理学部 Arinthip Thamchaipenet)

3.1 ポテンシャルの高いウキクサホロビオンの選抜

3.2 ウキクサと共存微生物間の相互作用機構の解析

3.5 活性物質の探索

①当初計画 (全体計画) に対する実施状況 (カウンターパートへの技術移転状況含む)

一連の技術移転の成果としてタイ側の活動として、KU 構内 5ヶ所で採取したウキクサホロビオンを水道水に移植し、栄養枯渇条件における共存微生物構成の変化を観察した結果をタイ側のグループが植物学国際雑誌に論文発表した (Bunyoo et al. 2022)。また食用ウキクサ *Wolfia globosa* KU 株の全ゲノム配列を解読中である (KU)。2022 年度内に、機能強化ウキクサホロビオンを作製する技術について、Ms. Juthaporn Phonmakham を 4 週間にわたり北海道大学にて研修した。現在、DHbRC ウキクサ資源管理者として KU 予算で雇用されている。さらに活性物質の探索を担当する Dr. Witcha Imaram を大阪大学にて短期研修し、最新のメタボローム解析技術を供与した。

②当該年度の目標の達成状況と成果

【令和 5 年 / 2023 年度実施報告書】【240531】

2023年5月にタイ側G3のサブリーダー Dr. Chanita Boonmak を3週間にわたり複数の機関にて本邦研修した。まず、兵庫県立大と大阪大に於いてウキクサホロビオントの微生物群集解析の手法について、北海道大ではウキクサ成長促進細菌の探索技術、同機能の評価技術、さらに活性物質の分離調製法と構造解析技術について研修した。以上で習得したノウハウを生かし、KU学内畜産排水からウキクサ成長促進細菌を多数発見した。その成果をDr. Chanita Boonmakが筆頭責任著者となり日本側研究者との共著論文をまとめ上げ、2023年12月に微生物学国際誌に論文を発表した。発見した微生物群には従来報告されていないものも含まれており、今後の研究の新しい展開への手がかりを得ることができた。また、タイ側と日本側G3で協力して開発する、成長速度を高めた「3.1ポテンシャルの高いウキクサホロビオント」を、G5（ウキクサホロビオント水質浄化システム）に提供することを次年度以降の計画としている。そこで2024年2月にタイ側G3グループ博士課程学生のMr. Chakrit Bunyoo を3週間にわたって山梨大学(日本側G5担当)で研修し、タイ側のG3及びG5グループ間の連携を加速した。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

ウキクサバイオマスの野外生産において栄養競合する微細藻類の繁殖を抑える技術の開発も視野に入れた研究を開始した。すなわち、機能的ウキクサホロビオントを構成する微生物として当初計画していたウキクサ成長促進細菌に加えて新たに微細藻類成長抑制細菌の探索を始めた。

④研究のねらい（参考）

ウキクサホロビオントの共生相互作用機構を複数解析し、機能性微生物によるホロビオント機能改善および機能強化技術＝有用バイオマス高速生産技術の基盤を開発する。

⑤研究実施方法（参考）

野生ウキクサホロビオントから共生する特徴的な細菌株を選抜し、その作用分子機構を細菌側およびウキクサ側から理解することによって共生システムを理解し応用する。

研究グループG3-2（リーダー：大阪大学 池 道彦 /KU 理学部 Arinthip Thamchaipenet）

2.4 ウキクサ共存微生物群集の解析

3.1. ポテンシャルの高いウキクサホロビオントの選抜

3.3. ウキクサホロビオントの機能を強化する技術の開発

3.4. システム生物学の手法を用いたウキクサホロビオントの特徴づけ

①当初計画（全体計画）に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

コウキクサ (*Lemna minor*) を対象として、共存微生物群集構造の特徴を明らかにし、主要な系統分類を用いて、長期的に安定した構成比率を維持することのできる Synthetic Bacterial Community (SBC) を構築する手法を確立した。また、そのSBCを用いて、共存微生物群集内における相互関係の詳細な解析を進めるとともに、同属細菌の置換による水質浄化機能向上、捕食性細菌を活用した共存微生物群集の制御の可能性の検討にも取り組んでおり、着実に成果を得ている。さらに、根をもたないウキクサの代表としてミジンコウキクサ (*Wolffia globosa*) を対象とし、環境水や活性汚泥、下水二次処理水中の微生物群集による成長促進の調査ならびにそれらに由来する共存微生物群集の解析にも取り組んでいる。他方、短期研究員 Dr. Peerapat Roongsattham を受け入れ、ウキクサ共存微生物群集構成の解析技術及び共存微生物群集内における相互関係の解析手法をカウンター

パートに共有した。また、長期研究員として Ms. Yuparat Saimee を受け入れ、日タイ研究者による指導を進めている（2022年9月より研究生、2023年度より博士後期課程進学）。2024年2月に本人が筆頭著者として論文を微生物学国際雑誌に発表した（Y. Saimee et al. 2024）。

②当該年度の目標の達成状況と成果

コウキクサ共存微生物群集の主要系統に属する細菌株を用いて作製した SBC を用い、微生物間の競争・共存メカニズムを検討した。特に、構成種の1つ、*Novosphingobium olei* DW067 について相同組み換えによる遺伝子破壊法の確立に成功し、主要な代謝遺伝子の破壊株を用いた検討を進めた。また、構築した SBC を用い、捕食域の異なる捕食性細菌の適用により共存微生物群集を制御できる可能性を見出した。他方、活性汚泥及び下水二次処理水中の微生物群集によりミジンコウキクサ (*Wolffia globosa*) の成長が顕著に促進されることを見出し（無菌に対して+21~55%）、共存微生物群集の解析、ならびに100株を超える分離菌株の成長促進効果の調査を進めた（継続中）。また、新たなウキクサ成長促進細菌の作用機構を明らかにし、論文発表した（Ishizawa et al. 2023）。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

捕食性細菌を用いた細菌間相互作用がウキクサ共存微生物群集制御及びウキクサホロビオント機能強化に活用できる可能性が見出され、捕食性細菌に着目した研究を展開している。また、多様性（種数）の異なる SBC を多数作成し、そのメタトランスクリプトーム解析の結果から、微生物間の競争・共存機構の解析にも取り組んでいる。さらに、活性汚泥及び下水二次処理水中の微生物群集により想定以上のミジンコウキクサ成長促進効果が観察されたことから、群集レベルの解析及び分離菌株の機能解析を通じてその原因について調査を進めている。

④研究のねらい（参考）

Wolffia の共存微生物群集の解明及び根の有無による共存微生物群集の差異の解明、ウキクサへの微生物群集の定着機構の解明、ウキクサホロビオントにおける微生物間相互作用の解明、ウキクサ共存微生物群集制御及び機能強化に資する技術の確立。

⑤研究実施方法（参考）

複数の微生物源から *Wolffia* 表面に集積される微生物群集を特徴づけるとともに、*Lemna* 共存微生物群集と比較する。*Wolffia* 共存微生物群集から PGPB 等の有用微生物を取得し、その特性を明らかにする。*Lemna* に対して構築済の安定な SBC を用いて、微生物間相互作用の解明、共存微生物群集制御技術の検討を進める。

(2-4) 研究題目 4. ウキクサを原料とした有価物生産技術基盤の開発：G4

研究グループ G4-1（リーダー：東北大学 久保田健吾 /KKU 工学部 Pairaya Choeisai）

(1) バイオ燃料

4.1 バイオリクター原料ウキクサの生産（水質測定を含む）

4.2 ラボスケールでのメタン発酵の実験

4.3 ベンチスケールでメタン発酵の実験

①当初計画（全体計画）に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

昨年度から継続している産業廃水とウキクサの共発酵の連続運転処理実験を行い、低ウキクサ負

荷ではあるものの対象とする工場で試算されたウキクサ負荷での安定運転に成功した。その後、ウキクサ負荷を上げた状態での連続運転処理実験を行っている。また工場にウキクサ生産および産業廃水・ウキクサ共発酵プロセスのベンチスケールリアクターの設置について打ち合わせを行い、設置協力に前向きな回答を得ることができた。東北大学から久保田が2回、学生1名・1回がKKUおよびKUに行き、打ち合わせを行った。東北大学ではウキクサ単独メタン発酵の問題点を洗い出すための連続運転実験を行い、データを取得中である。なお、2023年10月よりKKUの修了生 Ms. Ardhana Zhafirah Meuthia（東北大学推薦 国費留学生）が博士後期課程学生として入学し、関連する課題で長期研修を開始した。

②当該年度の目標の達成状況と成果

産業排水とウキクサの連続メタン発酵処理運転を継続して運転し、データを取ることができている。また工場へのベンチスケールリアクター設置の検討も進んでいる。これらの成果により、当初計画に対して順調に進捗している。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

タイの産業廃水処理との融合に関する実験を展開している。

④研究のねらい（参考）

ウキクサからバイオエネルギーを生産する。

⑤研究実施方法（参考）

生産したウキクサを産業廃水と共発酵する実験系において、2つの異なるタイプのリアクターを用いて連続メタン発酵処理実験を行っている。

研究グループ G4-2（リーダー：北海道大学 松本謙一郎 /KU 農産学学部 Rangrong Yoksan）

(2) バイオプラスチック

4.4 ウキクサベースバイオプラスチック原料の試作

4.5 ウキクサベースバイオプラスチックの特性評価

①当初計画（全体計画）に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

ウキクサ由来バイオマスのプラスチック製造への応用として、糖化した後に発酵してバイオポリエステルである PHA に変換する方法（北海道大）と、PHA の物性改善を目的としてウキクサ繊維を混練する方法（カセサート大，KU）を合わせて検討することを計画。概ね計画通り実施した。カセサート大学の博士研究員が北海道大学に滞在し、ポリマーの分離と分析方法についての研修を実施した。これを通してウキクサ繊維に PHA 等のポリエステルを混練して作成した新規材料について、ポリマー組成と分子量を分析した。同時期に Dr. Rangrong Yoksan が北海道大学を訪問し、上記研修で得られた分析結果についての議論を行ったことに加えて、次年度の検討内容について計画を策定した。計画通り、ウキクサ由来糖液を原料として PHA を微生物合成することができた。また、タイ側技術によりウキクサ繊維を混練したバイオプラスチック材料を世界に先駆けて作成し、材料特性を評価した。その成果は、生物高分子分野のトップジャーナルに発表した (Yoksan et al. 2022)。

②当該年度の目標の達成状況と成果

2023年9月、松本がKUを訪問しセミナーで講演するとともに、共同で実施したウキクサ繊維に PHA 等のポリエステルを混練して作成した新規材料の成分、物性解析の実験について、論文執筆のた

めのデータの確認と議論を行った。また、作成した材料の試作品を見学した。試作品である植木鉢は、ウキクサ由来の着色および臭いがあることが確認できたため、前処理を行ったウキクサを使用することを提案した。同様の処理済みウキクサを、PHAの生合成にも用いることを計画した。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

なし

④研究のねらい（参考）

再生可能なバイオマスから優れた物性を示すバイオプラスチックを生産する。ウキクサの高い生産性と易分解性を活用したモノづくりを行う。

⑤研究実施方法（参考）

組換え大腸菌を宿主としたポリエステル合成系を用いる。ウキクサ由来糖を添加した培地で培養し、ポリマー合成量を評価する。

研究グループ G4-3（リーダー：北海道大学 森川正章 /KU 農学部 Chanwit Kaewtapee）

(3) 家畜飼料

4.11 ウキクサの化学組成とアミノ酸消化性の決定

4.12 ウキクサ給餌による鶏卵の生産性と品質評価

①当初計画（全体計画）に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

当初計画：まず、ウキクサの化学組成とアミノ酸消化性を決定する（2021～2022年度）。次に、さまざまなウキクサ配合飼料を与えた採卵鶏の卵生産性と品質および鶏の成長成績、アミノ酸消化率、見かけの代謝エネルギーを測定解析する（2022～2023年度）。

実施状況：ウキクサ配合飼料が卵黄の黄色度を上昇させる効果を予備的に確認し、ウキクサの化学組成を一部解析した。2022年度には、ウキクサ配合飼料を複数種類調合して採卵鶏に与え、卵黄の色度や高さなどについて評価した。アミノ酸消化性を評価するために不可欠なアミノ酸分析装置が当時まだ現地供与できていなかったため、当該実験を担当している修士課程学生（博士課程進学予定）を短期研究員として2022年10月から11月にかけて北海道大に4週間受け入れて、サンプルの分析ならびに関連する技術について研修を行った。

②当該年度の目標の達成状況と成果

アミノ酸分析機材供与と飼料原料ウキクサの供給体制が整備できていないため研究はやや遅れていたが、機材供与は2023年度に完了した。一方、タイ側ウキクサ機能性食品の開発メンバーであるADGreen社が2023年7月に食用ウキクサ *Wolffia* の生産規模を2,000m²に拡大し、日産100kgを見込んでいる。これによりG4-4ウキクサ機能性食品開発グループへの原料供給体制が整うとともに、本グループへの家畜飼料用ウキクサの供給体制も整備された。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

原料ウキクサの供給状況にもよるが、当初計画の「採卵鶏」に加えて、より我が国へのインパクトの大きな「肉鶏」を使った試験研究にも意欲を見せている。

④研究のねらい（参考）

ウキクサ配合飼料の有用性を検証し、ウキクサバイオマスの用途拡大をねらう。

⑤研究実施方法（参考）

【令和5年／2023年度実施報告書】【240531】

採卵鶏用の飼料を当面の開発対象とする。

研究グループ G4-4（リーダー：サラヤ株式会社：田端宏充 /KU 農産業学部 Suvimol Charoensiddhi, ADGreen 社 Metha Meetam）

（4）機能性食品

4.15 ヒトの健康に有効な活性物質を開発する

4.16 ウキクサ活性物質を含む機能性食品を開発する

①当初計画（全体計画）に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

ウキクサおよびウキクサ活性物質を含む食品開発のため、ウキクサの冷凍保存方法の検討、ウキクサ粉末の物性評価や微細化による物性改善効果の検討を実施した（R3-4 年度）。R5 年度は、ウキクサ粉末を配合した菓子や飲料、調味料などの試作検討を実施し、レオメーターでの物性測定や官能試験等の手法で評価を行った。また、ウキクサの機能性評価として、血管内皮機能に対する影響について検討するための予備試験を行った。さらに、ウキクサ由来たんぱく質のペプチド化について、抽出条件などの工程の最適化を検討した。

②当該年度の目標の達成状況と成果

ウキクサ粉末を配合した菓子や飲料、調味料などの試作検討を実施した。菓子については一般消費者が好むアイテムであるクッキー、スナックバー、グミキャンディの形態で配合検討を実施し、加工特性および嗜好性を評価した。グミキャンディではウキクサの配合量が増加するにつれて硬くなった。いずれの形態でもウキクサ配合により旨味は増すものの同時に青臭さも強くなり嗜好性が低下した。一方で、ウキクサ配合により塩味の増強がみられたことから、塩味のあるスナックに適性があることがわかった。ウキクサを高配合できる加工食品の開発を引き続き実施する。

また、先行研究により複数の抗酸化成分を含むことが報告されているウキクサの機能性評価として、脈波測定装置を用いた血管内皮機能に対する影響について評価するための予備試験を行った。さらに詳細な検討を行うため、被験者数を増やして試験を実施している。ウキクサ由来たんぱく質のペプチド化について、抽出条件などの工程の最適化に取り組んでいる。

タイ側との連携については、2023 年 7 月に ADGreen 社を訪問し、ウキクサ生産設備を視察するとともに、ウキクサの食品等への応用について協議した。また、社会実装に向けた活動として、2024 年 2 月 4 日に大阪で開催された第 31 回ワン・ワールドフェスティバル「発見！を分かち合おう。～SDGs トピックス vol.1～」では、新たなたんぱく質源としてのウキクサの可能性についてプレゼンテーションを行い、参加者と意見交換を行った。多くの参加者は次世代のたんぱく質素材であるウキクサへの関心が高いことがわかった。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

④研究のねらい（参考）

タイ国内で高品質食用ウキクサを供給可能な ADGreen 社と密接に連携し、日本国内でその付加価値を評価しつつ新たな機能性食品を開発する。そのノウハウをタイ側へ移転することにより、高品質食用ウキクサのタイ国内および国際需要の拡大をねらう。

⑤研究実施方法（参考）

【令和 5 年／2023 年度実施報告書】【240531】

タイは主に原料ウキクサの消化性および腸内菌叢の評価を担当し、食用ウキクサベンチャー ADGreen 社の活動とも連携する。日本では、主に ADGreen 社から調達するウキクサを原材料としてサラヤ（株）が新食品を試作する。試作した食品の消化性および腸内菌叢の評価はタイ側で行う。

(2-5) 研究題目 5. 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: G5

研究グループ G5 (リーダー: 山梨大学 森 一博 /KU 工学部 Chart Chiemchaisri)

- 5.1 様々な排水を対象とした、ウキクサホロビオントによる水質浄化能力、バイオマス生産能力、および温室効果ガス発生削減能力のラボレベル評価 (G6 と協力)
- 5.2 選定された排水を対象に、自然ウキクサホロビオントシステムの水質浄化効果と低炭素化効果を現場ベンチスケールで開発・実証・最適化
- 5.3 G3 から提供される選抜ウキクサホロビオントシステムについて同様に開発・実証・最適化

①当初計画 (全体計画) に対する実施状況 (カウンターパートへの技術移転状況含む)

2021~2023 年度における当初計画に従い、ウキクサホロビオントの水質浄化能力、バイオマス生産能力と温室効果ガス発生削減能力の評価と、G2 および G3 から提供される各種ウキクサと共生微生物群からなるウキクサホロビオントを対象とした各種汚染水・排水に対する処理能力の評価並びに科学的特徴付けを実施した。カウンターパートへの技術移転については、ウキクサの栽培方法やウキクサの分析に係る各種試験方法についての情報提供、実演および研修を、Zoom でのオンラインミーティング (2 回)、タイ側短期研究員の受け入れ研修 (3 件: Ms. Karnjana Ruen-Pham 2023. 5. 29 ~9. 8, Dr. Chayanid Witthayaphirom 2023. 6. 5~6. 30, Mr. Chakrit Bunyoo 2024. 2. 18~3. 4)、タイ側研究事業統括の訪問受入 (Dr. Arinthip 2024. 2. 28~3. 2)、タイ側研究室訪問研修 (2 回: 森、遠山 2023. 9. 25~27) を実施した。さらに、Ms. Karnjana Ruen-Pham を長期研究員 (2023. 10. 1. より博士後期課程: 国費留学生 SATREPS 枠) として受け入れた。

②当該年度の目標の達成状況と成果

ウキクサホロビオントの排水処理能力とバイオマス生産能力の評価試験を山梨大学とタイ側 (カセサート大, KU) が協同で進めた。その結果、タイの *Spirodelia* 属と *Lemna* 属のウキクサホロビオントによって、タイの生活排水と養豚施設嫌気性消化排水から汚濁物質を効果的に除去し、それぞれのウキクサバイオマスを生産できることを実証するとともに、その排水処理速度とバイオマス生産速度を最大化する培養条件を見出すことができた (KU・山梨大協同)。また、*Spirodelia* 属ウキクサに増殖促進微生物を接種した「ウキクサホロビオント」によって生活排水を処理しながら、効率的にウキクサバイオマスを生産できることを実証した。あわせて、その「ウキクサホロビオント」の性能に影響を及ぼす培養条件 (栽培密度等) に係る情報の整理も進めた (山梨大)。さらに、次年度から開始するベンチスケール実証試験の実施場所、ウキクサ培養槽等の条件を決定することができた (KU・山梨大協同)。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

山梨大学からタイ側への技術移転と、タイ側への実験備品供与が進み、研究計画が順調に進んでいるため、特に問題はない。

④研究のねらい (参考)

様々な排水を対象に、ウキクサホロビオントによる水質浄化能力、バイオマス生産能力、および温

室効果ガス発生削減能力を先ずラボレベルで評価する。次に、選定した排水を対象に、自然あるいは選抜ウキクサホロビオンシステムの水質浄化効果と低炭素化効果を現場ベンチスケールで開発・実証・最適化する。さらに、G3 から提供される高機能ウキクサホロビオンについても水質浄化システムの開発・実証・最適化を行う。以上の成果を総合して、ウキクサホロビオンを活用した水質浄化システム全体が現状(BAU)に比べて省エネおよび温室効果ガス発生量削減に貢献していることを検証する (G6-2 と協力)。ウキクサホロビオン水質浄化システムの設計および運転管理のためのデータベースやハンドブックを作成し公開する。

⑤研究実施方法 (参考)

タイ側の研究者と協力しながら研究を進める。ラボスケールの実験は両国で進め、ベンチ・パイロットスケールの実証試験はタイ国内で実施する。G3 から高機能ウキクサホロビオンが提供されるまでは、ウキクサを各種汚染水と接触させて得られる自然ホロビオンの水質浄化作用を調査する。

(2-6) 研究題目 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: G6

研究グループ G6-1 (リーダー: 北海道大学 森川正章 / ADGreen 社 Metha Meetam)

6.1. タイにおけるウキクサ生産支援

①当初計画 (全体計画) に対する実施状況 (カウンターパートへの技術移転状況含む)

2023年3月にサラヤ食と健康 研究所 (茨城県) および本社 (大阪市) でミーティングを実施し、研究進捗の共有のほか、サラヤの食品事業の紹介や ADGreen 社の紹介および意見交換を実施した。日本側のウキクサ機能性食品開発について社会実装の場となるサラヤのスポーツジムや飲食店施設の見学も実施した。会議を通じて、サラヤの冷凍事業や衛生事業についてもウキクサ生産における連携の可能性を議論した。

②当該年度の目標の達成状況と成果

ADGreen 社が 2023年7月に食用ウキクサ *Wolffia* の生産規模を 2,000m² に拡大し、日産 100kg を見込んでいる。今後、タイ国内の小規模ウキクサ生産農家を訪問し、生産性に関する問題点などについてヒアリングを行い助言および指導を開始する。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

④研究のねらい (参考)

タイのローカルフードとして限られた市場であった食用ウキクサの需要と供給を拡大させる。

⑤研究実施方法 (参考)

研究グループ G6-2 (リーダー: 国立環境研 蛭江美孝)

6.2 各研究グループで開発したウキクサ活用技術の炭素収支を評価する

①当初計画 (全体計画) に対する実施状況 (カウンターパートへの技術移転状況含む)

各研究グループで開発されるウキクサ活用技術の低炭素化への貢献可能性を評価するため、温室効果ガス排出係数の設定に係る検討に着手し、特に水処理システムについて、比較対象となり得る技術を含めて排出量算定モデルの基盤を構築することができた。また、タイ国での現地調査 (養豚排水処理システム) を合同で実施し、先進的な養豚排水処理システムの事例を把握するとともに、

温室効果ガス排出の計測機材、モニタリングの方法、評価手法や留意点等の技術支援を行った。

②当該年度の目標の達成状況と成果

タイ国での合同調査などを通じて、ウキクサ活用技術の低炭素化評価に係る方法論の検討や比較対象となり得る既存技術の把握など、計画通りに進めることができた。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

なし

④研究のねらい（参考）

ウキクサを活用したシステムの優位性を示すとともに、更なる低炭素化のための提言を行う。

⑤研究実施方法（参考）

本研究で新たに構築されるウキクサを活用したシステムの温室効果ガス排出特性の評価を行うことで、その優位性を示すとともに、排出量削減のキーポイントを見いだし、より効率的なシステム構築に資する提言を行う。

II. 今後のプロジェクトの進め方、およびプロジェクト／上位目標達成の見通し（公開）

本プロジェクトの目標は、「CO₂と汚染水で生育可能かつ資源価値の高いウキクサ科植物ホロビオントの活用により、持続可能な低炭素社会の構築に貢献する」ことである。具体的には、ウキクサ-共存微生物複合生物資源研究センターの創設（G1）、ウキクサ-共存微生物複合生物資源コレクションの整備（G2）、ウキクサ成長速度を加速する微生物共生作用の理解と強化（G3）、バイオ燃料・バイオプラスチック・家畜飼料・高機能性食品の開発（G4）、低炭素型水処理技術とウキクサ生産技術の開発（G5）、ウキクサ農家支援と低炭素化の評価（G6）を行う。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み、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寄与する。今後のプロジェクトの進め方に変更はない。グループ間での情報共有ならびに協力関係に配慮しながら最終ゴールを目指す。

上位目標である「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、BCG 経済への貢献が認知される」の達成の見通しについては、タイ側研究者は既にイネなどの植物に共存する微生物に関する研究やキャッサバデンプンを利用したバイオプラスチック生産の実績を有しているため、プロジェクト期間内に予定しているホロビオント技術の移転と研究環境の整備が完了すれば、研究活動の水平展開は大きな障害なく達成できると見込んでいる。また、タイ日間の企業連携が順調に進んでいることも上位目標達成に向けた力強い材料といえよう。さらに加えて、本年9月に開催した第二回 JCC においてタイ国 BCG 経済を管理運営するタイ国立科学技術開発庁 NSTDA から出席を得たことは意義深く、プロジェクト目標および上位目標の達成に向けた第一歩といえる。

III. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

- ・タイは6月から10月頃にかけて雨季を迎える。2022年9月の集中的な降雨量が想定を超えたこととバンコク都の排水インフラ整備に限界があるため、キャンパス内ポンドの水が溢れウキクサが流出する事態に遭遇した。現在、防水壁の設置あるいはウキクサ専用ポンドの整備などについて KU と今後の対策に関して協議中である。今後、開発するウキクサ水処理技術などを実用化する

際には、現場の立地条件を考慮することでこの課題は対処できる見込みである。

IV. 社会実装に向けた取り組み（研究成果の社会還元）（公開）

- ・タイ国において、ADGreen 社が既に高品質な食用ウキクサを生産し販売を開始している。
- ・サラヤ（株）が、ADGreen 社より原料を輸入調達し、機能性食品を日本国内販売する計画である。
- ・2021 年度 JST-SCORE 社会還元加速プログラム大学推進型に選定された北海道大学の学生チーム “floatmeal” が、2023 年 5 月 25 日に札幌市に法人登記を済ませスタートアップを起業した。
<https://initial.inc/companies/A-45213>

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- ・第 3 回 ASEAN-Japan マルチステークホルダー戦略コンサルタンシーフォーラム (AJMSSCF) において、研究代表者 森川正章および G5 遠山 忠が招聘を受け本事業構想ならびに成果を発表した。ASEAN 諸国へのアピールの機会になったと考えている。
<https://www.jica.go.jp/oda/project/1905604/news/20230824.html>
- ・タイ国際協力機構 TICA が開催した第 8 回 TICA Connect “Enhancing International Cooperation for Sustainable Future” では、JICA タイ事務所の要請を受けて、本事業ポスターを掲示し JICA 展示ブースでウキクサアイスクリームを提供した。各国代表者によるパネルディスカッションにおいて、鈴木和哉 JICA タイ事務所長が日本の現地活動代表例として本事業を紹介した。参加者は 600 名を超える盛況であった。
https://www.jica.go.jp/oda/project/1905604/news/20230824_02.html
- ・国際科学雑誌 Nature の nature portfolio “North-South Collaboration 特集” へ本事業紹介記事を 2023 年 12 月に掲載した。主要国別閲覧数は、タイ国 1,205 回、米国 857 回、オーストラリア 507 回、英国 502 回、カナダ 420 回などであった。
<https://www.nature.com/articles/d42473-023-00334-y>
- ・第 7 回ウキクサ研究応用国際会議 ICDRA2024 (2024. 11. 13-16. 於、バンコク市内ホテルおよび KU キャンパス) を JICA/SATREPS が共催する。
<https://www.7icdra2024.com/>

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2020	Khailina Y, Jog R, Boonmak C, Oyama T, Toyama T, Morikawa M (2021) Indigenous bacteria, an excellent reservoir of functional plant growth promoters for enhancing duckweed biomass yield on site. <i>Chemosphere</i> , 268, 129247	doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129247	国際誌	発表済	
2023	Thepubon T, Phungsai P, Choeisai P, Kubota K (2023) Dissolved organic matter composition and microbial community dynamics in two-phase multi-staged up-flow anaerobic sludge blanket treatment of tapioca starch processing wastewater. <i>Bioresour. Technol. Rep.</i> 24: 101660.	doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101660	国際誌	発表済	
2023	Boonmak C, Kettongruang S, Buranathong B, Morikawa M, Duangmal K. (2024) Duckweed-associated bacteria as plant growth-promotor to enhance growth of <i>Spirodela polyrhiza</i> in wastewater effluent from a poultry farm. <i>Arch. Microbiol.</i> 206, 43.	doi.org/10.1007/s00203-023-03778-4	国際誌	発表済	

論文数 3 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 3 件
公開すべきでない論文 0 件

下線はタイ側の論文

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2020	Iwashita T, Tanaka Y, Tamaki H, Nakai R, Yoneda Y, Makino A, Toyama T, Kamagata Y, Morikawa M, Mori K. (2021) Isolation and Characterization of Novel Plant Growth-Promoting Bacteria from the Fronds of Duckweed. <i>Jap. J. Water Treat. Biol.</i> 57(1), 1-9	doi.org/10.2521/jswtb.57.1	国内誌	発表済	論文賞受賞論文。
2021	Saimee Y, Duangmal K. (2021) <i>Streptomyces spirodelae</i> sp. nov., isolated from duckweed. <i>Int. J. Syst. Evol. Microbiol.</i> 71, 005106.	doi.org/10.1099/ijsem.0.005106	国際誌	発表済	
2021	Yoksan R, Boontanimitr A, Klompong N, Phothongsurakun T. (2022) Poly(lactic acid)/thermoplastic cassava starch blends filled with duckweed biomass. <i>Int. J. Biol. Macromol.</i> 203, 369-378.	doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.01.159	国際誌	発表済	生物高分子分野のトップレベル雑誌に掲載された、ウキクサバイオマスを使ったはじめてのバイオプラスチック製造に関する論文。
2021	Watanabe, E., Isoda, M., Muranaka, T., Ito, S., Oyama, T. (2021) Detection of uncoupled circadian rhythms in individual cells of <i>Lemna minor</i> using a dual-color bioluminescence monitoring system. <i>Plant Cell Physiol.</i> 62: 815-826.	doi.org/10.1093/pcp/pcab037	国際誌	発表済	
2021	Yoshida, A., Taoka, K., Hosaka, A., Tanaka, K., Kobayashi, H., Muranaka, T., Toyooka, K., Oyama, T. and Tsuji, H. (2021) Characterization of frond and flower development and identification of FT and FD genes from duckweed <i>Lemna aequinoctialis</i> Nd. <i>Front. Plant Sci.</i> 112: 697206.	doi.org/10.3389/fpls.2021.697206	国際誌	発表済	
2021	Acosta, K., Appenroth, K.J., Borisjuk, L., Edelman, M., Heinig, U., Jansen, M.A.K., Oyama, T., Pasaribu, B., Schubert, I., Sorrels, S., Sree, K.S., Xu, S., Michael, T.P., Lam, E. (2021) Return of the Lemnaceae: duckweed as a model plant system in the genomics and postgenomics era. <i>Plant Cell</i> 33: 3207-3234.	doi.org/10.1093/plcell/koab189	国際誌	発表済	植物科学分野のトップジャーナルに掲載された最近のウキクサを使った基礎応用研究をまとめた総説。
2021	Ueno, K., Ito, S., Oyama, T. (2022) An endogenous basis for synchronization manners of the circadian rhythm in proliferating <i>Lemna minor</i> plants. <i>New Phytol.</i> 233: 2203-2215	doi.org/10.1111/nph.17925	国際誌	発表済	形質転換ウキクサを用いた基礎研究で世界に先駆けた成果。
2021	Isoda, M., Ito, S., Oyama, T. (2022) Interspecific divergence of circadian properties in duckweed plants. <i>Plant Cell Environ.</i> (online)	doi.org/10.1111/pce.14297	国際誌	発表済	
2021	Yoneda Y, Yamamoto K, Makino A, Tanaka Y, Meng X-Y, Hashimoto J, Shin-ya K, Satoh N, Fujie M, Toyama T, Mori K, Ike M, Morikawa M, Kamagata Y, Tamaki H. (2021) Novel plant-associated Acidobacteria promotes growth of common floating aquatic plants, duckweeds. <i>Microorganisms</i> 9, 1133.	doi.org/10.3390/microorganisms9061133	国際誌	発表済	
2021	Toyama T, Mori K, Tanaka Y, Ike M, Morikawa M. (2021) Growth promotion of a duckweed <i>Spirodela polyrhiza</i> (Lemnaceae) by Ensifer sp. SP4 through enhancement of nitrogen metabolism and photosynthesis. <i>Mol. Plant-Micro. Interact.</i> 35(1), 28-38.	doi.org/10.1094/MPMI-06-21-0157-R	国際誌	発表済	植物共生微生物分野のトップジャーナルに掲載された、ウキクサホロビオント内相互作用機構の一部をはじめとして解明した成果。米国植物病理学会のニュースとしても報道された。
2022	Inoue D, Hiroshima N, Ishizawa H, Ike M. (2022) Whole structures, core taxa, and functional properties of duckweed microbiomes. <i>Bioresour. Technol. Rep.</i> 18, 101060.	doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101060	国際誌	発表済	
2022	Watanabe, E., Muranaka, T., Nakamura, S., Isoda, M., Horikawa, Y., Aiso, T., Ito, S., Oyama, T. (2023) A non-cell-autonomous circadian rhythm of bioluminescence reporter activities in individual duckweed cells. <i>Plant Physiol.</i> 193: 677-688	doi.org/10.1093/plphys/kiad218	国際誌	発表済	植物生理学分野の国際的なトップジャーナルの一つに出版され、同ジャーナルに解説論文がでるなど大きな反響があった論文。
2022	Muranaka, T., Ito, S., Kudoh, H., Oyama, T. (2022) Circadian-period variation underlies the local adaptation of photoperiodism in the short-day plant <i>Lemna aequinoctialis</i> . <i>iScience</i> 25: 104634	doi.org/10.1016/j.isci.2022.104634	国際誌	発表済	日本国内のウキクサ花成多様性と多様化機構の解明を通して、花成時期決定機構の一端を明らかにした画期的な論文。
2022	Taoka, K.-I., Kawahara, I., Shinya, S., Harada, K.-I., Yamashita, E., Shimatani, Z., Furuita, K., Muranaka, T., Oyama, T., Terada, R., Nakagawa, A., Fujiwara, T., Tsuji, H., Kojima, C. (2022) Multifunctional chemical inhibitors of the florigen activation complex discovered by structure-based high-throughput screening. <i>Plant J.</i> 112: 1337-1349.	doi.org/10.1111/tpj.16008	国際誌	発表済	
2022	Edelman, M., Appenroth K.J., Sree K.S., Oyama T. (2022) Ethnobotanical history of duckweeds in different civilizations. <i>Plants</i> 11: 2124	doi.org/10.3390/plants11162124	国際誌	発表済	世界の古文書をベースに、ウキクサ植物の人類利用(捉え方)をまとめたユニークな論文。
2022	Juma, P.O., Fujitani, Y., Alessa, O., Oyama, T., Yurimoto, T., Sakai, Y., Tani, A. (2022) Siderophore for lanthanide and iron uptake for methylotrophy and plant growth promotion in <i>Methylobacterium aquaticum</i> strain 22A. <i>Front. Microbiol.</i> 13: 921635	doi.org/10.3389/fmicb.2022.921635	国際誌	発表済	
2022	Ishizawa H, Kaji Y, Shimizu Y, Kuroda M, Inoue D, Makino A, Nakai R, Tamaki H, Morikawa M, Ike M. (2023) Spontaneous cell lysis by <i>Pelomonas saccharophila</i> MRB3 provides plant-available macronutrients in hydroponic growth media and accelerates biomass production of duckweed. <i>J. Water Environ. Technol.</i> 21(1), 49-58.	doi.org/10.2965/jwet.22-054	国内誌	発表済	論文賞受賞論文。
2022	Yamamoto K, Yoneda Y, Makino A, Tanaka Y, Meng X-Y, Hashimoto J, Shin-ya K, Satoh N, Fujie M, Toyama T, Mori K, Ike M, Morikawa M, Kamagata Y, Tamaki H. (2022) Draft genome sequence of Bryobacteraceae strain F-183. <i>Microbiol. Resour. Announc.</i> 11(1), e00453-21.	doi.org/10.1128/mra.00453-21	国際誌	発表済	
2022	Yamamoto K, Yoneda Y, Makino A, Tanaka Y, Men X-Y, Hashimoto J, Satoh N, Fujie M, Toyama T, Mori K, Ike M, Morikawa M, Kamagata Y, Tamaki H. Complete genome sequence of <i>Luteitalea</i> sp. strain TBR-22. <i>Microbiol. Resour. Announc.</i> 11(2), e00455-21.	doi.org/10.1128/mra.00455-21	国際誌	発表済	
2022	Makino A, Nakai R, Yoneda Y, Toyama T, Tanaka Y, Meng X-Y, Mori K, Ike M, Morikawa M, Kamagata Y, Tamaki H (2022) Isolation of aquatic plant growth-promoting bacteria for the floating plant duckweed (<i>Lemna minor</i>). <i>Microorganisms</i> 10(8), 1564.	doi.org/10.3390/microorganisms10081564	国際誌	発表済	
2022	Duangjaranus N, Chaiworapuek W, Rachtanapun C, Ritthiruangdej P, Charoensiddhi S. (2022) Antimicrobial and functional properties of duckweed (<i>Wolffia globosa</i>) protein and peptide extracts prepared by ultrasound-assisted extraction. <i>Foods</i> 11, 2348.	doi.org/10.3390/foods11152348	国際誌	発表済	
2022	Bunvoo C, Roongsatham P, Khumwan S, Phonmakham J, Wonnapijit P, Thamchaipenet A. (2022) Dynamic alteration of microbial communities of duckweeds from nature to nutrient-deficient condition. <i>Plants</i> 11, 2915.	doi.org/10.3390/plants11212915	国際誌	発表済	
2022	Kamal Shuvro S, Jog R, Morikawa M. (2023) Diazotrophic bacterium <i>Azotobacter vinelandii</i> as a mutualistic growth promoter of an aquatic plant: <i>Lemna minor</i> . <i>Plant Growth Regul.</i> 100, 171-180	doi.org/10.1007/s10725-022-00948-0	国際誌	発表済	大気中窒素によるウキクサ生産の可能性を示唆する先駆的な成果を報告した論文。

2023	Inoue D, Nakamura S, Sugiyama T, Ike M. (2023) Potential of predatory bacteria to colonize the duckweed microbiome and change its structure: A model study using the obligate predatory bacterium, <i>Bacteriovorax</i> sp. HI3. <i>Microbes Environ.</i> 38(3), ME23040.	doi.org/10.1264/jsme2.me23040	国際誌	発表済	捕食性細菌によるウキクサ共生細菌叢改変を初めて明らかにし、そのウキクサホロビオント制御への適用可能性を示した論文。
2023	Yoksan R, Boontanimitr A. (2023) Effect of calcium carbonate on the performance of poly(butylene adipate-co-terephthalate) filled with duckweed biomass. <i>Ind. Crops & Products.</i> 205, 117442.	doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117442	国際誌	発表済	
2023	Kaiadpai N, Angchuan J, Khunnamwong P, Srisuk N. (2023) Diversity of duckweed (Lemnaceae) associated yeasts and their plant growth promoting characteristics. <i>AIMS Microbiol.</i> 9(3), 486-517.	doi.org/10.3934/microbiol.2023026	国際誌	発表済	
2023	Saimee Y, Butdee W, Boonmak C, Duangmal K. (2024) <i>Actinomycetospora lemnae</i> sp. nov., a novel Actinobacterium isolated from <i>Lemna aquinoctialis</i> able to enhance duckweed growth. <i>Current Microbiology</i> 81, 92(3).	doi.org/10.1007/s00284-023-03595-4	国際誌	発表済	
2023	Ishizawa H, Tashiro Y, Inoue D, Ike M, Futamata H (2024) Learning beyond-pairwise interactions enables the bottom-up prediction of microbial community structure. <i>Proc. Natl. Acad. Sci. USA.</i> 121(7), e23123961.	doi.org/10.1073/pnas.2312396121	国際誌	発表済	シンプルな人工生態系を用い、ウキクサ共生細菌叢の形成に関わる微生物間相互作用を数理的に解明した論文。
2023	Ishizawa H, Tada M, Tashiro Y, Kuroda M, Inoue D, Dohra H, Futamata H, Ike M. (2024) Complete genome sequences of six duckweed-associated bacterial strains for studying community assembly in synthetic plant microbiome. <i>Microbiol. Resour. Announc.</i> 13(4), e01280-23.	doi.org/10.1128/mra.01280-23	国際誌	発表済	

論文数	29 件
うち国内誌	2 件
うち国際誌	27 件
公開すべきでない論文	0 件

下線はタイ側の論文

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2021	森川正章 (2021) ウキクサホロビオントが開くグリーンサーキュラーエコノミーへの扉、バイオインダストリー、38 (7), 2-9	雑誌特集	発表済	SATREPS事業構想を紹介した
2021	森一博, 遠山忠 (2021) 植物を活用した浄化法導入による下水処理でのエネルギー消費削減の可能性、バイオインダストリー、39 (7), 44-52	雑誌特集	発表済	
2022	森一博, 遠山忠, ウキクサホロビオントによる持続的な水質浄化とバイオマス資源回収の可能性、水処理生物学会誌、2022年、58巻4号、127-136	学会誌解説	発表済	
2022	Morikawa M. Bioremediation: From Key Enzymes to Practical Technologies. Hdb. Env. Chem. 115: 263-290 (2023)	書籍	発表済	
2022	Morikawa M. Remediation by Floating Plants. Hdb. Env. Chem. 115: 651-682 (2023)	書籍	発表済	ウキクサを用いた環境浄化技術を解説した
2023	村中智明, ウキクサを光らせて概日時計を視る、文一総合出版 植物の超階層生物学 2023 241-263	国内誌	発表済	一般書籍
2023	村中智明, アオウキクサの花成から考える光周性の局所適応と概日時計周期の関係、BSJ-Review, 2023 14 132-142	国内誌	発表済	
2023	Complexities, similarities, and differences in circadian regulation in the green lineage. (A session concerning circadian regulation in unpredictable environments, at the 33rd International Conference on Arabidopsis Research, Makuhari Messe, Chiba, Japan, 5-9 June 2023) New Phytol. published online (2023)	総説	発表済	doi.org/10.1111/nph.19323

著作物数 8 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別

招待講演 0 件
口頭発表 0 件
ポスター発表 0 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2021	国内学会	石澤秀敏、田代陽介、二又裕之(静岡大学)、井上大介、池道彦(大阪大学)、シンプルな植物-細菌共生系における群集構造と種間相互作用の関係解明、日本微生物生態学会第34回大会、新潟市:オンライン、2021.10.30.-11.2.	口頭発表
2021	国内学会	中村聡、廣嶋直人、井上大介、池道彦(大阪大学)、捕食性細菌がコウキクサの成長とその根圏細菌群集に及ぼす影響の評価、第56回日本水環境学会年会、富山市:オンライン、2022.3.16-18.	口頭発表
2021	国内学会	石澤秀敏、田代陽介、二又裕之(静岡大学)、Empirical Dynamic Modelingによる水生植物-微生物共生系の網羅的因果推定、環境バイオテクノロジー学会 2021年度大会、浜松市:オンライン、2021.9.2-3.	口頭発表
2021	国内学会	黒田祥平、Yeni Khairina Kasman、森川正章(北海道大)、ウキクサ共生細菌が有する微細藻類成長抑制能の評価、環境バイオテクノロジー学会 2021年度大会、浜松市:オンライン、2021.9.2-3.	口頭発表
2021	国内学会	須藤美瑛奈、森川正章(北海道大)、ミジンコウキクサ(W. globosa)に対する成長促進細菌の探索、環境バイオテクノロジー学会 2021年度大会、浜松市:オンライン、2021.9.2-3.	口頭発表
2021	国内学会	堀之内詞大、Rahul Jog, Desi Utami、森川正章(北海道大)、Bacillus sp. MRBTU 株が生産する細胞外分泌タンパク質のウキクサ成長促進活性評価、環境バイオテクノロジー学会 2021年度大会、浜松市:オンライン、2021.9.2-3.	口頭発表
2021	国内学会	神拓海、野野見、大谷亮、李生友、久保田健吾(東北大)、ウキクサと初沈汚泥の連続タンパク質処理に及ぼす滞留時間と混合比の影響、第56回日本水環境学会年会、富山市:オンライン、2022.3.16-18.	口頭発表
2021	国内学会	神拓海、野野見、大谷亮、李生友、久保田健吾(東北大)、ウキクサとDHSを用いた新規下水処理システムの処理性能評価、第56回日本水環境学会年会、富山市:オンライン、2022.3.16-18.	口頭発表
2021	相手国内フォーラム	Masaaki Morikawa (Hokkaido U), "Small aquatic plants, duckweeds, potential tools to realize SDGs: Thailand Bio-Circular-Green economy", Undergraduate Student Online Forum "What students can do to promote sustainable development goals (SDGs) and bio-circular-green economy (BCGE)" Bangkok: Online, 15 Dec, 2021	招待講演
2021	相手国内フォーラム	Morikawa M. (Hokkaido U), "The duckweed, a potential tool to realize SDGs: Thailand Bio-Circular-Green economy" KU Online Academic Forum: In Celebration of the 79th Anniversary of Kasetsart University Reinventing Kasetsart University "Innovative Research and Advanced Studies in Agriculture and Food" Bangkok: Online, 3 Feb. 2022	招待講演
2021	国内学会	Sajjad KS, Fernandes HDG, Ratnayake Ratnayake MSU, Morikawa M. (Hokkaido U) AI driven environmentally sustainable protein farming system from duckweed Wolffia, a potential human food of the future., Hokkaido University Cross-Departmental Symposium, Sapporo. ハイブリッド、2021.10.1.	ポスター発表
2021	国際学会	Shogo Ito, Tokitaka Oyama (Kyoto Univ) Photoperiod dependent growth cessation and turion formation in the duckweed Lemna turionifera. The 85th Cold Spring Harbor Laboratory Symposium on Quantitative Biology "Biological Time Keeping" Cold Spring Harbor, NY, USA (online) 2021.7.1-7.5	ポスター発表
2021	国際学会	Minako Isoda, Tokitaka Oyama (Kyoto Univ) Diversified influences of light/temperature conditions on the circadian rhythmicity in duckweed plants., The 85th Cold Spring Harbor Laboratory Symposium on Quantitative Biology "Biological Time Keeping" Cold Spring Harbor, NY, USA (online) 2021.7.1-7.5	ポスター発表
2021	国際学会	Tomoaki Muranaka (Kagoshima Univ), Hiroshi Kudoh, Tokitaka Oyama (Kyoto Univ) Natural variation of the circadian period contributes to fine-tuning of photoperiodic flowering. The 85th Cold Spring Harbor Laboratory Symposium on Quantitative Biology "Biological Time Keeping" Cold Spring Harbor, NY, USA (online) 2021.7.1-7.5	ポスター発表
2021	国際学会	Emiri Watanabe (Univ Tokyo), Shogo Ito, Tokitaka Oyama (Kyoto Univ) Uncoupled cellular circadian rhythms of a duckweed plant detected by a dual-color bioluminescence monitoring system. The 85th Cold Spring Harbor Laboratory Symposium on Quantitative Biology "Biological Time Keeping" Cold Spring Harbor, NY, USA (online) 2021.7.1-7.5	ポスター発表
2021	国内学会	村中智明 (鹿児島大)、伊藤照悟、工藤洋、小山時隆(京都大)局所適応におけるクロノタイプ効果:アオウキクサの開花期多様化からの検証。日本進化学会第23回東京大会 8月18-21日 オンライン	口頭発表
2021	国際学会	Tokitaka Oyama (Kyoto Univ). Evaluation of plant circadian rhythms based on the cellular circadian behaviour. Symposium 7.4 Plant circadian, The 19th Congress of the European Society for Photobiology, Salzburg, Austria September 3rd, 2021 (Online)	招待講演
2021	国内学会	磯田珠奈子、北山七海、伊藤照悟、小山時隆(京都大)ウキクサ植物Wolffiella hyalinaの低分子化合物による花成制御機構の解析。日本植物学会第85回大会、東京都立大 2021年9月16日-19日	口頭発表
2021	国内学会	波田知樹、森一博、遠山忠、田中靖浩(山梨大)、ジンコウキクサのデンプン生産に栄養塩濃度と植物成長促進微生物が与える影響、日本水処理生物学会第57回大会(関東学院大学、オンライン開催)、2021年10月28-30日	口頭発表
2021	国内学会	森下陽介、田中靖浩、岩下智貴、菅野学、玉木秀幸、鎌形洋一、遠山忠、森一博、精密ろ過膜と水生植物ウキクサを利用した難培養性細菌群 Verrucomicrobia 門細菌の集積、日本微生物生態学会第35回大会(オンライン)2021年10月30日~11月2日	ポスター発表
2021	国内学会	村中智明 (鹿児島大)、伊藤照悟、工藤洋、小山時隆(京都大)。局所適応におけるクロノタイプ効果:短日性アオウキクサの限界日長多様化からの検証。第28回時間生物学学会学術大会、沖縄県市町村自治会館、2021年11月20-21	ポスター発表
2021	国内学会	伊藤照悟、小山時隆(京都大)キタゴニコウキクサにおける光周期依存性休眠の誘導と休眠芽形成メカニズム。第28回時間生物学学会学術大会、沖縄県市町村自治会館、2021年11月20-21	ポスター発表
2021	国内学会	磯田珠奈子、小山時隆(京都大)ウキクサ植物Lemna 属とWolffiella 属の概日リズム特性の比較。第28回時間生物学学会学術大会、沖縄県市町村自治会館、2021年11月20-21	ポスター発表
2021	国内学会	村中智明(鹿児島大)早稲・晩稲水田におけるアオウキクサ開花フェノロジー 第53回種生物学シンポジウム 2021年12月3-5日 オンライン	ポスター発表
2021	国内学会	磯田珠奈子、小山時隆(京都大)ウキクサ植物の個体間花成誘導制御機構の解析 第53回種生物学シンポジウム 2021年12月3-5日 オンライン	ポスター発表

2021	国内学会	村中智明(鹿児島大), 伊藤照悟, 工藤洋, 小山時隆(京都大)。クロノタイプ効果による適応形質の多様化: 短日植物における限界日長の局所適応 第69回日本生態学会大会(福岡国際会議場、オンライン) 2022年3月14-18日	ポスター発表
2021	国内学会	村中智明(鹿児島大)3つの日長条件における短日性ウキクサの日周トランスクリプトーム 第63回植物生理学学会年会(筑波国際会議場、オンライン) 2022年3月22-24日	口頭発表
2021	国内学会	磯田珠奈子、小山時隆(京都大) ウキクサ植物の個体間花成誘導制御機構の解析 第63回植物生理学学会年会(筑波国際会議場、オンライン) 2022年3月22-24日	口頭発表
2021	国内学会	伊藤照悟(京都大)、田中 大介(農研機構)、小山時隆(京都大) ガラス化法を用いたウキクサ植物メリステムの超低温保存法の開発 第63回植物生理学学会年会(筑波国際会議場、オンライン) 2022年3月22-24日	ポスター発表
2021	国内学会	遠山忠、森一博(山梨大)、ウキクサ培養による下水および農・食品系廃棄物中の窒素の高付加価値タンパク資源への変換、第56回日本水環境学会年会(富山大学、オンライン) 2022年3月16-18日	口頭発表
2022	国内学会	村中智明(名古屋大)ウキクサ植物:花成制御多様化の古くて新しいモデル。第70回日本生態学会大会(東北大学、オンライン) 2023.3.17-21	招待講演
2022	国内学会	磯田 珠奈子、小野 肇、小山 時隆(京都大)ウキクサ植物 <i>Wolffia hyalina</i> の花成誘導メカニズム: 光周性と植物間コミュニケーション。第64回植物生理学学会年会、東北大学: ハイブリッド 2023.3.10-17	招待講演
2022	国内学会	伊藤 照悟、小山 時隆(京都大)キタゲニコウキクサにおける光周期依存性休眠の誘導に関与する遺伝子群の解析。第64回植物生理学学会年会、東北大学: ハイブリッド 2023.3.10-17	口頭発表
2022	国際学会	Shogo Ito, Tokitaka Oyama (Kyoto Univ) UAnalysis of Genes Expressed during the Flowering and the Dormancy Induction in Duckweeds. Plant and animal genome conference PAG30, San Diego, CA, USA 2023.1.13-1.18	招待講演
2022	国内学会	伊藤 照悟、小山 時隆(京都大)、キタゲニコウキクサの光周期依存性の休眠誘導と休眠芽形成時に機能する遺伝子群の解析。第29回時間生物学学会学術大会(宇都宮大学、ハイブリッド開催)、2022.12.3-4	ポスター発表
2022	国内学会	村中 智明(鹿児島大)、伊藤 照悟、工藤 洋、小山 時隆(京都大)、アオウキクサ属における長日植物と短日植物の比較トランスクリプトーム。第29回時間生物学学会学術大会(宇都宮大学、ハイブリッド開催)、2022.12.3-4	ポスター発表
2022	国内学会	村中 智明(鹿児島大)、伊藤 照悟、工藤 洋、小山 時隆(京都大)、アオウキクサ属の長日・短日植物の比較トランスクリプトーム。第54回種生物学学会シンポジウム(国立科学博物館筑波研究施設、ハイブリッド開催)、2022.12.2-4	ポスター発表
2022	国内学会	磯田 珠奈子、小山 時隆(京都大)、ウキクサ植物の他種混合培養による花成誘導解析。第54回種生物学学会シンポジウム(国立科学博物館筑波研究施設、ハイブリッド開催)、2022.12.2-4	ポスター発表
2022	国際学会	Tokitaka Oyama (Kyoto Univ), Physiology of the duckweed, Lemnaceae plants. The 1st Joint Symposium on Development of the Duckweed Holobiont Resource Values towards Thailand BCG Economy (Be-HoBiD), Century Park Hotel, Thailand, 2022.9.21	招待講演
2022	国際学会	Shogo Ito (Kyoto Univ), Long-term preservation of duckweed holobiont. The 1st Joint Symposium on Development of the Duckweed Holobiont Resource Values towards Thailand BCG Economy (Be-HoBiD), Century Park Hotel, Thailand, 2022.9.21	招待講演
2022	国内学会	村中智明(鹿児島大)、伊藤照悟、工藤洋、小山時隆(京都大)、短日性アオウキクサの花成限界日長が日本で多様化する理由とその分子機構。日本植物学会第86回大会(京都府立大学、ハイブリッド) 2022.9.25-19	招待講演
2022	国内学会	磯田珠奈子、小山時隆(京都大)、ウキクサ植物の個体間花成誘導コミュニケーション。日本植物学会第86回大会(京都府立大学、ハイブリッド) 2022.9.25-19	招待講演
2022	国際学会	Minako Isoda, Tokitaka Oyama (Kyoto Univ), Analysis on floral induction of <i>Wolffia hyalina</i> . The 6th International Conference on Duckweed Research and Applications (Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Germany), 2022.5.29-6.1	口頭発表
2022	国際学会	Shogo Ito, Tokitaka Oyama (Kyoto Univ), Development of a cryopreservation protocol for a variety of duckweed meristems by the vitrification-cryo-plate method. The 6th International Conference on Duckweed Research and Applications (Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Germany), 2022.5.29-6.1	口頭発表
2022	国際学会	Tokitaka Oyama (Kyoto Univ), Variability of chronobiological characteristics in duckweed. The 6th International Conference on Duckweed Research and Applications (Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Germany), 2022.5.29-6.1	招待講演
2022	国際学会	Nakamura S, Hiroshima N, Inoue D, Ike M (Osaka Univ.), Potential of predatory bacteria to modify duckweed microbiome, Water and Environment Technology Conference Online 2022, Online, 2022.7.9-10	口頭発表
2022	国際学会	Ishizawa H, Kaji Y, Shimizu Y, Kuroda M, Inoue D (Osaka Univ.), Makino A, Nakai R, Tamaki H (AIST), Morikawa M (Hokkaido Univ.), Ike M (Osaka Univ.), Spontaneous cell lysis by <i>Pelomonas saccharophila</i> MRB3 provides plant-available macronutrients in hydroponic growth media and accelerates biomass production of duckweed, Water and Environment Technology Conference Online 2022, Online, 2022.7.9-10	口頭発表
2022	国内学会	石澤秀紘(兵庫県大)、井上大介、池道彦(大阪大)、田代陽介、二又裕之(静岡大)、遺伝子発現から見た植物共生細菌の種間相互作用と代謝スイッチング、第74回日本生物工学会大会、オンライン、2022.10.17-20.	口頭発表
2022	国内学会	中村聡、井上大介、池道彦(大阪大)、捕食性細菌がコウキクサの根圏細菌群集構造に及ぼす影響の解析、日本微生物生態学会第35回大会、札幌市、2022.10.31-11.3.	ポスター発表
2022	国内学会	石澤秀紘(兵庫県大)、田代陽介(静岡大)、井上大介、池道彦(大阪大)、二又裕之(静岡大)、2種間を超えた微生物間相互作用の定量とモデル化、環境バイオテクノロジー学会2022年度大会、東京都、2022.11.21-22.	口頭発表
2022	国内学会	石澤秀紘、吉田菜ノ花、武尾正弘(兵庫県大)、井上大介、池道彦(大阪大)、田代陽介、二又裕之(静岡大)、ウキクサ根圏微生物の芳香族分解遺伝子は微生物間相互作用で活性化される。第57回日本水環境学会年会、松山市、2023.3.15-17.	口頭発表
2022	国内学会	杉山友美、中村聡、井上大介、池道彦(大阪大)、コウキクサ根圏の成長阻害細菌を捕食する捕食性細菌の分離と特徴付け、第57回日本水環境学会年会、松山市、2023.3.15-17.	ポスター発表
2022	国際学会	Khairina Y, Sugihara R, Jog R, Morikawa M. (Hokkaido Univ), Dual function of environmental bacteria that enable duckweed prosperity. The 6th International Conference on Duckweed Research and Applications (Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Germany), 2022.5.29-6.1	口頭発表
2022	国際学会	Kamal S, Jog R, Morikawa M. (Hokkaido Univ), A soil bacterium <i>Azotobacter vinelandii</i> contributes to growth promotion of duckweed through nitrogen fixation, bacterial synergism and EPS production. The 6th International Conference on Duckweed Research and Applications (Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Germany), 2022.5.29-6.1	ポスター発表
2022	国際学会	Meetam M (Kasetsart Univ.), Morikawa M (Hokkaido Univ.), Thamchaipenat A. (Kasetsart Univ.) Duckweed holobiont research in Thailand under Japan-Thai collaboration through SATREPS, JICA. The 6th International Conference on Duckweed Research and Applications (Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Germany), 2022.5.29-6.1	ポスター発表
2022	国内学会	Khairina Y, Jog R, 森川正章(北海道大)、微細藻類との栄養競合を回避しつつウキクサの成長を担保する環境細菌、環境バイオテクノロジー学会2022年度大会、東京都、2022. 11. 21-22.	口頭発表

2022	国内学会	Pham HTT, Morikawa M. (Hokkaido Univ.), Reconstruction of a duckweed holobiont that reduces nutrient competition with microalgae, 環境バイオテクノロジー学会2022年度大会、東京都、2022. 11. 21-22.	口頭発表
2022	国内学会	森下陽介(山梨大)、田中靖浩(山梨大)、山村英樹、菅野学、玉木秀幸、鎌形洋一、森川正章(北大)、遠山忠(山梨大)、森一博(山梨大)、ウキクサ-微生物共培養法により分離培養した新規細菌捕食性細菌の性質、日本微生物生態学会第35会大会、札幌市、2022年10月31日~11月3日	ポスター発表
2022	国内学会	牧野 彩花、中井 亮佑(AIST)、田中靖浩(山梨大)、森川 正章(北海道大)、鎌形 洋一、玉木秀幸(AIST)、日本微生物生態学会第35会大会、札幌市、2022. 10. 31.-11. 3.	ポスター発表
2022	国内学会	針生輝希、神拓海、大谷堯、李玉友、久保田健吾. ウキクサを利用した省エネルギー型下水処理システムの評価. 第57回日本水環境学会年会、松山市、2023.3.15.	口頭発表
2022	国内学会	渡邊絵美理(東京大)、村中智明(鹿児島大)、中村駿志(東京大)、磯田珠奈子、伊藤照悟、小山時隆(京都大) 「植物における同一細胞内の時計と異なる挙動を示す概日リズムの細胞非自律性」第29回時間生物学学会学術大会(宇都宮市、ハイブリッド開催)、2022.12.3-4	招待講演
2022	国内学会	村中智明(鹿児島大学)、ウキクサ植物:花成制御多様化の古くて新しいモデル、日本生態学会第70回全国大会(オンライン開催、2023.3.19)	招待講演
2022	国際学会	Daisuke Inoue, Akihiro Makita (Osaka Univ), Hidehiro Ishizawa (Univ Hyogo), Masashi Kuroda (Tokoha Univ), Michihiko Ike (Osaka Univ), Influence of sugars, amino acids and organic acids on biomass production duckweed (<i>Lemna minor</i>), 11th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industry (Hybrid) 2023.10.26-28	口頭発表
2023	国内学会	磯田珠奈子(広島県立大)、小山時隆(京都大)複数種のウキクサ植物の混合培養による花成誘導解析、令和5年度中国四国地区生物系三学会合同大会 広島、2023.5.13-14	口頭発表
2023	国際学会	Tokitaka Oyama (Kyoto Univ), Behaviors of cell-autonomous- and non-cell-autonomous circadian rhythms in the plant body, The 33rd International Conference on Arabidopsis Research (Makuhari, Japan) 2023.6.6	招待講演
2023	国際学会	Tomoaki Muranaka (Nagoya Univ), Shogo Ito, Hiroshi Kudoh, Tokitaka Oyama (Kyoto Univ), Circadian-period variation underlies the local adaptation of photoperiodism, the 33rd International Conference on Arabidopsis Research (Makuhari, Japan) 2023.6.5-9	ポスター発表
2023	国内学会	森川正章(北海道大)浮遊植物と表層共存細菌との相利共生相互作用、第60回日本生化学会北海道支部例会(北海道大学)、2023.7.5	口頭発表
2023	国内学会	伊藤照悟、小山時隆(京都大)、キタゴニコウキクサの長期成長様式解析による、短日依存性休眠誘導の日光認識部位と休眠芽発達機構の考察。日本睡眠学会第45回定期学術集会・第30回日本時間生物学学会学術大会 合同大会、横浜市、2023.9.15-17	ポスター発表
2023	国内学会	上野稜平、伊藤照悟、小山時隆(京都大)、CRISPR/Cas9誘発性の1細胞生物発光レポーター系を用いた植物個体内における細胞発光時系列の特性。日本睡眠学会第45回定期学術集会・第30回日本時間生物学学会学術大会 合同大会、横浜市、2023.9.15-17	ポスター発表
2023	国内学会	相磯豪志、中村駿志、小山時隆(京都大)、シロイヌナズナの葉の概日リズムに与える葉緑体機能阻害抗生物質の影響評価。日本睡眠学会第45回定期学術集会・第30回日本時間生物学学会学術大会 合同大会、横浜市、2023.9.15-17	ポスター発表
2023	国際学会	Tomoaki Muranaka, Shogo Ito, Hiroshi Kudoh, Tokitaka Oyama (Kyoto Univ), Circadian-period variation underlies the local adaptation of photoperiodism, Taiwan-Japan Plant Biology 2023 (Academia Sinica, Taipei, Taiwan), 2023.10.13-10.16	招待講演
2023	国際学会	Tokitaka Oyama Shogo Ito (Kyoto Univ), Long term monitoring of growth and turion development of Lemna turionifera colonies revealed the signal perception region during photoperiodic dormancy establishment, Taiwan-Japan Plant Biology 2023 (Academia Sinica, Taipei, Taiwan), 2023.10.13-10.16	ポスター発表
2023	国際学会	NOZAKI Tomoya(Kinki Univ); ITO Shogo(Kyoto Univ); KASHIMA Makoto(Toho Univ); OYAMA Tokitaka(Kinki Univ); ANO Takashi; OKANAMI Masahiro (Kinki Univ), Plant growth-promoting bacterium Y132 has diverse effects on growth and gene expression of duckweed, Taiwan-Japan Plant Biology 2023 (Academia Sinica, Taipei, Taiwan), 2023.10.13-10.16	ポスター発表
2023	国際学会	Yuta Yamamoto, So Nakamura, Daisuke Inoue, Mihihiko Ike (Osaka Univ), Effects of introducing a plant growth-promoting bacterium, <i>Aquitalea magnusonii</i> H3, into <i>Lemna minor</i> -bacterial community, 15th International Joint Workshop on Advanced Engineering Technology for Environment and Energy (Osaka, Japan) 2023.8.8-10	口頭発表
2023	国内学会	森川正章(北海道大)省エネ水質浄化と有用バイオマス生産を加速する微生物が使う3つの戦略、環境バイオテクノロジー学会2023年度大会、岡山市、2023.6.8-9	招待講演
2023	国内学会	石澤秀紘、吉田菜ノ花、古谷美樹(兵庫県大)、田代陽介(静岡大)、井上大介(大阪大)、武尾正弘(兵庫県大)、池道彦(大阪大)、二又裕之(静岡大)、人工生態系を用いたウキクサ共生微生物の資源獲得戦略の解析、環境バイオテクノロジー学会2023年度大会、岡山市、2023.6.8-9	口頭発表
2023	国内学会	小山内巧、森川正章(北海道大)水生植物成長促進細菌 <i>Chryseobacterium</i> 属細菌 27ALが産生する殺藻活性物質の同定、環境バイオテクノロジー学会2023年度大会、岡山市、2023.6.8-9	ポスター発表
2023	国内学会	武井隆、森川正章(北海道大)メタン発酵消化液の活用に向けた水生植物成長促進細菌の探索、環境バイオテクノロジー学会2023年度大会、岡山市、2023.6.8-9	ポスター発表
2023	国内学会	桑井孝祐、井上大介、池道彦(大阪大)、ミジンコウキクサ <i>Wolffia globosa</i> の表層細菌群集の特徴付け、環境バイオテクノロジー学会2023年度大会、岡山市、2023.6.8-9	ポスター発表
2023	国内学会	Tomoaki Muranaka (Nagoya Univ), Tokitaka Oyama (Kyoto Univ), Circadian rhythms in a cell: cell-autonomous and non-cell-autonomous 第61回日本生物物理学会年会 名古屋市、2023.11.14-16	招待講演
2023	国内学会	渡邊絵美理(東京大)、村中智明(名古屋大)、中村駿志(東京大)、磯田珠奈子(広島県立大)、堀川湧、相磯豪志、伊藤照悟、小山時隆(京都大)ウキクサ植物でみられる細胞非自律的な概日リズム 第61回日本生物物理学会年会 名古屋市、2023.11.14-16	招待講演
2023	国内学会	山本悠太、井上大介、池道彦(大阪大)、有用細菌導入によるウキクサ根圏細菌群集の改変の試み、日本水処理生物学学会第59回大会、鶴岡市、2023.11.17-19	口頭発表
2023	国内学会	野崎友也(近畿大);伊藤照悟(京都大)鹿児島(東邦大)小山時隆(京都大);阿野貴司;岡南政宏(近畿大)Pseudomonas属細菌Y132株がウキクサの生長および遺伝子発現に与える影響 第47回日本分子生物学学会年会、福岡市2023.11.26	ポスター発表
2023	国内学会	野崎友也(近畿大);伊藤照悟(京都大)鹿児島(東邦大)小山時隆(京都大);阿野貴司;岡南政宏(近畿大)植物生長促進細菌Y132株のウキクサの生育に対する多様な効果とウキクサの遺伝子発現について日本微生物生態学会第36回大会 浜松市、2023.11.28-30	ポスター発表
2023	国内学会	石澤秀紘(兵庫県立大)、モデル植物-微生物共生系を活用した微生物間相互作用の実態解明、日本微生物生態学会第36回大会、浜松市、2023.11.28-30	招待講演
2023	国内学会	杉山友美、中村聡(大阪大)、石澤秀紘(兵庫県立大)、井上大介、池道彦(大阪大)、捕食性細菌 <i>Bacteriovorax</i> sp. HI3及び <i>Bdellovibrio</i> sp. BIS2によるウキクサ表層細菌群集の改変効果の解析、日本微生物生態学会第36回大会、浜松市、2023.11.28-30	ポスター発表
2023	国内学会	村中智明(名古屋大) 鹿児島のアオウキクサは3タイプの開花フェロロジーを示す 第55回種生物学シンポジウム、岡崎市 2023.12.1-3	ポスター発表
2023	国内学会	遠山忠、鈴木勇晴、森一博(山梨大)水生植物ウキクサの水質浄化能力に及ぼすウキクサの栽培密度と栽培水深の影響、第58回日本水環境学会年会、福岡市、2024.3.6-8	口頭発表

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2020	2020. 1. 16.	Hult Prize On-Campus Winners	FLOATMEAL	Sajjad KS, Khairina KY ほか2名	Hult Prize Foundation	3.一部当該課題研究の成果が含まれる	学生ビジネスコンペ受賞
2021	2021. 9. 3.	トピックス賞	Bacillus sp. MRB10 株が生産する細胞外分泌タンパク質のウキクサ成長促進活性評価	堀之内詢大	環境バイオテクノロジー学会	1.当該課題研究の成果である	
2021	2021. 10. 1	銅賞	AI driven environmentally sustainable protein farming system from duckweed Wolffia, a potential human food of the future.	Sajjad KS (FLOATMEAL)	北海道大	2.主要部分が当該課題研究の成果である	学生によるウキクサ起業チーム FLOATMEALはJST SCORE事業に採択 2021. 8.
2021	2021. 11. 2	優秀ポスター賞	精密ろ過膜と水生植物ウキクサを利用した難培養性細菌群 Verrucomicrobia 門細菌の集積	森下陽介	日本微生物生態学会	3.一部当該課題研究の成果が含まれる	
2021	2021.11.21	優秀ポスター賞	ウキクサ植物 Lemna 属と Wolffia 属の概日リズム特性の比較	磯田珠奈子	日本時間生物学会	3.一部当該課題研究の成果が含まれる	
2021	2021.12.5	種生物学会ポスター賞	ウキクサ植物の個体間花成誘導制御機構の解析	磯田珠奈子	種生物学会	3.一部当該課題研究の成果が含まれる	
2022	2022. 3. 16.	優秀研究賞 Research Excellence Award	Reconstruction of a duckweed holobiont that reduces nutrient competition with microalgae	Huyen Pham	北海道大学大学院環境科学院	1.当該課題研究の成果である	長期外国人研究員の受賞
2022	2022. 7. 10.	WET Excellent Presentation Award	Water and Environment Technology Conference 2022 (WET2022)における優れた発表	Ishizawa H, Kaji Y, Shimizu Y, Kuroda M, Inoue D, Makino A, Nakai R, Tamaki H, Morikawa M, Ike M	Japan Society on Water Environment	3.一部当該課題研究の成果が含まれる	
2022	2022. 10. 13.	Honorary Doctorate (Bioscience)	Excellent achievement	Morikawa, M.	Kasetsart Univ.	1.当該課題研究の成果である	
2022	2022.11.19	日本水処理生物学会 第24回論文賞	Isolation and Characterization of Novel Plant Growth Promoting Bacteria from the Fronds of Duckweed	岩下智貴、田中靖浩、森一博、遠山忠、森川正章ほか	日本水処理生物学会	3.一部当該課題研究の成果が含まれる	
2022	2022. 12. 4.	優秀ポスター賞	キタゲニコウキクサの光周期依存性の休眠誘導と休眠芽形成時に機能する遺伝子群の解析	伊藤 照悟	日本時間生物学会	3.一部当該課題研究の成果が含まれる	
2023	2023. 7.	水ing論文賞	WET Excellent Paper Award	Ishizawa H, Kaji Y, Shimizu Y, Kuroda M, Inoue D, Makino A, Nakai R, Tamaki H, Morikawa M, Ike M	Japan Society on Water Environment	1.当該課題研究の成果である	23
2023	2023. 8.	Best Presentation Award		Yamamoto Y	The 15th International Joint Workshop on Advanced Engineering Technology for Environment and Energy (AETEE)	1.当該課題研究の成果である	

2023	2023.9.17	第21回 学術奨励賞	植物の概日時計における同期の研究	村中智明	日本時間生物学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2023	2024.3.7	第58回日本水環境学会 年会優秀発表賞	第58回日本水環境学会年会における発表「ミジンコウキクサ <i>Wolffia globosa</i> の表層細菌群集の系統分類学的特徴とそのバイオマス生産との関係」	桑井孝祐	日本水環境学会	1.当課題研究の成果である	

15 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2021	2022. 2. 23.	facebook, Twitter, 米国植物病理学会HP	New molecular mechanism promotes growth of duckweed, an important plant in aquatic ecosystems	https://www.eurekaalert.org/news-releases/944443	2.主要部分が当課題研究の成果である	ウキクサホロピオント内相互作用機構の一部をはじめて解明した

1 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2021	2021.12.15.	Undergraduate Student Online Forum "What students can do to promote sustainable development goals (SDGs) and bio-circular-green economy (BCGE)"	カセサート大学 (タイ国) online	約190名	公開	カセサート大学長が主催する「SDGsおよびBCG経済を推進するために、自分達は何ができるのか？」を考えさせる、学部生対象のフォーラム 基調講演のひとつとして、本SATREPS事業をわかりやすく解説した
2021	2022. 2. 3.	KU Online Academic Forum: In Celebration of Kasetsart University Reinventing Kasetsart University Innovative Research and Advanced Studies in Agriculture and Food	カセサート大学 (タイ国) online	148名	公開	カセサート大学長が主催する大学創立79周年祝賀記念講演会 カセサート大学の食と農に関する革新的な国際協力事業を紹介する基調講演として、本SATREPS事業を紹介した
2022	2022. 9. 21.	1st Symposium on Development of the Duckweed Holobiont Resource Values towards Thailand BCG Economy	バンコク(タイ国)	約70名	公開	プロジェクトの対面形式キックオフとして開催したシンポジウム グループ内およびグループ間での相互理解に大きく貢献すると同時に、外部への広報活動としても有益であった
2022	2023. 2.3-2.11	KU Fair	カセサート大学 (タイ国)	多数	公開	カセサート大学祭 Be-HoBiDの展示ブースを出展し、プロジェクトについて行政関係者、学生、一般市民に分かりやすく説明した
2022	2022.9.26	学びコーディネーター事業(松山南高校)	日本	170名	公開	京都大学の高校生を対象とした出前授業で、「時間生物学入門―体内時計はどこにあるのか―」というタイトルで講演した。
2022	2022.10.7	学びコーディネーター事業(兵庫県立北須磨高校)	日本	240名	公開	京都大学の高校生を対象とした出前授業で、「時間生物学入門―体内時計はどこにあるのか―」というタイトルで講演した。
2022	2023.3.5	女子高生のための京大理学部案内 - 宇宙&生物-	日本	81名	公開	京大志望の女子高生に向けて、ウキクサの花についての研究を紹介した。
2022	2022.12.16	第24回生きものサロン	日本	15名程度	非公開	九州大学津守不二夫教授からの招待で、「ウキクサっていつ咲くの?」というタイトルで講演した。
2023	2023. 8. 22	ASEAN-JAPAN INNOVATION WEEK 第3回日ASEANコンサルタンシーフォーラム	バンコク(タイ国)	100名程度	公開	本SATREPS事業の全体構想を紹介した。
2023	2023. 8. 24	ASEAN-JAPAN INNOVATION WEEK 第3回日ASEANコンサルタンシーフォーラム	バンコク(タイ国)	70名程度	公開	本SATREPS事業の社会実装技術を紹介した。
2023	2023. 1. 30.	JSTさくらサイエンスプログラム	日本	13名	非公開	札幌日本大学高等学校が推進するバングラディッシュとの国際教育プログラムの一部に協力した。
2023	2023. 8. 24	第8回TICA CONNECT	バンコク(タイ国)	600名程度	公開	JICAタイ事務所の要請により、本SATREPS事業紹介ポスターとウキクサアイスクリームを出展した。
2023	2023.9.27	Scientific Seminar on Bioplastic research	カセサート大学 (タイ国)	20名程度	公開	カセサート大学の学生を中心とする聴衆に、バイオプラスチックの最新の研究内容について紹介、解説した。
2023	2023.12.13	Scientific Seminar on circadian rhythms of duckweed	マヒドン大学(タイ国)	20名程度	公開	マヒドン大学の学生・研究者を中心とする聴衆にウキクサの1日のリズムについての研究内容を紹介した。
2023	2023.12.19	Scientific Seminar on variations of circadian systems in duckweed	カセサート大学 (タイ国)	15名程度	公開	カセサート大学の学生・研究者を中心とする聴衆にウキクサの1日の使い方の多様性についての研究内容を紹介した。

15 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2022	2022. 9. 22.	プロジェクト進捗状況の確認とPDMとPOに関する変更点等について	27	総じて当初計画通りに進捗しており、数多くの成果が得られていることを確認した PDM客観検証指標数値の確定ならびに新たな研究項目の追加と、一部の研究項目について
2023	2023. 9. 26.	プロジェクト進捗状況の確認とPDMとPOに関する変更点等について	32	総じて当初計画通りに進捗しており、数多くの成果が得られていることを確認した PDMの見直しを行い OUTPUT 3.4を削除し、一部の研究項目についてPO活動期間を修正し

2 件

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

