

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 4（2022）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



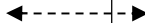



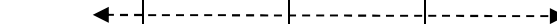

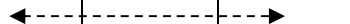
I. 国際共同研究の内容 (公開)

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 ケ所) 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	←-----→	←-----→	←-----→	←-----→	←-----→	←-----→

<p>3. ウキクサホロビオント機能強化技術基盤の開発:G3</p> <p>3.1 ポテンシャルの高いウキクサホロビオントを選抜し、G5に提供する</p> <p>3.2 ウキクサと共存微生物間の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 (4)機能性食品</p> <p>4.15 ヒトの健康に有効な活性物質を開発する</p> <p>4.16 ウキクサ活性物質を含む機能性食品を開発する</p>						
<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p>						
<p>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</p> <p>6.1 タイにおけるウキクサ生産支援を行う</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p>						

(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)

*2022年9月に開催した第一回 JCC meeting において、あらたな革新的技術の開発を目指すために研究項目 2.2.1 を追加した。一方、新型コロナの影響が長期化したことなどに伴い、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。

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気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。

2022年5月25日にJICA業務調整専門家 錦織 明がバンコクに着任した。以後、6月から2023年3月までの10ヶ月間で延べ20名（うち学生2名）の日本人研究者を短期専門家としてカセサート大学 (KU)、コンケン大学 (KKU)、ADGreen 社等へ派遣し、現地状況の確認と現地指導を精力的に進めた。一例として、2名の邦人若手研究者（石澤秀紘・兵庫県立大学助教、磯田珠奈子・京都大学学振PD）が技術移転ワークショップとして、タイ研究者および学生十数名にウキクサホロビオン研究に不可欠な基盤実験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。一方、長期研究員としてタイ研究者を2名（北海道大学2021年10月～(国費)および大阪大学2022年10月～研究生、2023年4月～博士課程在籍）、短期研究員として延べ15名（うち学生1名）の本邦研修を実施した。事業監督：KU学長、事業副監督：理学部長、事業統括の3名は研修期間中に大阪大学、京都大学、北海道大学の各総長と面会する機会も得た。さらに、2022年5月にはタイ研究者1名を第6回ウキクサ研究応用国際会議ICDRA2022（ドイツ）に派遣してBe-HoBiDの紹介および次回会議招致のプレゼンを行い、満場一致で第7回会議ICDRA2024のタイ招致に成功したことは特筆に値する。同会議は2024年11月13～16日、KUキャンパスにて開催予定であり、KUとJICA/SATREPSの共催とする。2022年9月21日に、バンコク市内ホテルにてBe-HoBiD第一回シンポジウムを公開形式にて開催した。参加者は約70名を得た。翌9月22日、KU会議室にて第一回JCCミーティングを開催した。タイ側からはKU学長ら18名、日本側から10名が出席し、事業統括を含むタイ側研究者8名がG1からG6までの活動状況と成果を報告した。

2022年度のタイ側の原著論文発表数は3件、国際学会発表1件、国内学会発表4件（1件優秀発表賞）であり、事業開始1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10件、解説/書籍発表3件、国際学会発表11件（1件優秀発表賞）、国内学会発表は19件（1件優秀発表賞）である。さらに、JCCミーティングではプロジェクト計画概要書PDMの客観検証指標の数値をそれぞれ決定し、プロジェクト活動計画POの一部を修正した。10月13日には、研究主幹の森川正章に対しタイ国王女よりカセサート大学名誉博士号(生物科学)が授与された。

【令和4年／2022度実施報告書】【230531】

広報活動として、2023年2月3日から11日まで開催された KU フェアにおいて、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。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。

<https://www.jica.go.jp/project/thailand/044/news/index.html>

(2) 研究題目 1. ウキクサホロビオント資源研究センター(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トを 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: 供与機材の調達は当初計画より遅れているが、上記のうち、供与機材第一バッチとして微生物培養装置, 冷蔵庫, 冷凍庫, オートクレーブ, 精密天秤などを現地調達によって設置した。特注メタン発酵リアクター (KKU, 一式) およびウキクサ栽培装置 (KU, 3 台) については、日本国産製の性能が優れているため、本邦調達し輸出によって設置を完了した。技術移転のために KU 学長、理学部長、事業統括の 3 名を短期研究員として京都大学、大阪大学、北海道大学に招き、ウキクサホロビオント研究施設の整備と運用に関する研修を実施した。2022 年 9 月 23 日には、G2 と G3 (日本側若手研究者 2 名) が必要な機材を持参して技術移転ワークショップを現地開催した。さらにウキクサ植物工場の設計に向けて、短期研究員 Dr. Weerasin Sonjaroon を京都大学および北海道大学に受け入れ、ウキクサの生理生態および栽培管理・収穫のために必要な知識と基盤技術に関する研修を行った。

②当該年度の目標の達成状況と成果

研究項目 1.1. 供与機材の一部について設置を完了した。超低温庫, クリーンベンチ, 簡易ドラフト, 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 および研究項目 1.3. ウキクサ植物工場などについては、第二バッチとして調達の準備中であり、2023 年度内の設置を目指す。研究項目 1.4. 1.5. については 2023 年度内に開始できる見込み。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

DHbRC に隣接する小部屋が本プロジェクトスペースとして KU より追加供与されたため、ウキクサ保存室として使用する。ウキクサ保存に必要な照明付き棚を 7 台追加購入済み。室内空調設備については、KU より予算措置された。

④研究のねらい (参考)

世界初となるウキクサホロビオント資源研究センター DHbRC をタイ国内に創設する。G2 およ

【令和 4 年 / 2022 年度実施報告書】【230531】

び G3 から提供されるウキクサと共存微生物(群)の複合生物コレクション～ウキクサホロビオント資源を収蔵管理し、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ト（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。

(3) 研究題目 2. ウキクサホロビオント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トの調査と採取

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

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）

タイ研究者 3 名 (Dr. Weerasin Sonjaroon, Dr. Ekaphan Kraichak, Dr. Peerapat Roongsattham) を短期研究員として受け入れ、ウキクサ植物の多様性調査（種／株および性質）について検討するとともに、彼らに対してウキクサ単体保存・維持の基本となるウキクサ滅菌手法および培養方法について技術移転した。Dr. Weerasin には、ウキクサ維持のための培養手法と成長／花成等の生理学的解析のための実験室内での培養法の技術移転をおこなった。さらに、凍結保存法を実際に見学してもらった。Dr. Ekaphan とは、彼のグループで採取・解析したタイ国の多数のウキクサの遺伝的および生理学的な性質の検討を共同でおこなった。また、ウキクサ滅菌法と実験室内でのウキクサ培養環境整備について技術移転を行った。Dr. Peerapat にはウキクサ凍結保存法とウキクサの形質転換法について技術移転をおこなった。さらに、ウキクサのゲノム解析のための DNA 抽出法および配列解析法についての技術移転を行った。他に、ADGreen 社の Dr. Metha Meetam に実験室内でのウキクサの培養技術および花成や成長制御技術を移転した。また、新たな革新的技術の開発を目指して、研究項目 2.2.1 ウキクサと共存微生物の同時凍結保存法の開発 にも取り組むことにした。

②当該年度の目標の達成状況と成果

目標：ウキクサホロビオントの調査と採取（7 地域 20 ケ所） 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(2021~22 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（2021 年度）までに目標を達成したが、本年度は日本産コレクションに国内各所のウキクサ 36 株を新たに追加した。その中には、これまでなかった 2 つの種 (*Lemna minuta* (静岡)、*Lemna gibba* (宮城)) が含まれ、国内で自由に使える日本産ウキクサの選択肢が増えた。タイ側では、新たに G3 と協力しつつ、タイ北部 3 ケ所、北東部 1 ケ所、南西部 9 ケ所、半島部 3 ケ所、中央部 13 ケ所、南東部 7 ケ所の合計 36 ケ所を

調査し、ウキクサ 4 種：*Lemna aequinoctialis* 32 株、*Spirodela polyrhiza* 8 株、*Landoltia punctata* 9 株、*Wolffia globosa* 10 株を採取した。しかしながら、ウキクサの無菌化および継代培養に関する技術が未熟であるため、多くのものは死滅した。そこで、上述の短期研究員研修に加えて現地ワークショップを実施することにより当該技術移転を行った。

研究項目 2.2.1 については、前年度にすべての属のウキクサについて凍結保存の成功事例を作ったが、同じ種内でも株（産地）ごとに保存するための条件が異なることが明らかになった。タイ国の主要なウキクサの一つ *Lemna aequinoctialis* については、日本産のものは凍結保存可能だが、低緯度地方の株の凍結保存は現時点で困難であることがわかった。共生バクテリアとウキクサ個体を同時に凍結保存することに成功した。一方で、ウキクサの多様性について、遺伝子発現、概日リズム、花成様式について明らかにし、ウキクサの個体（クローン）内・種内・種間の多様性を解明した（Muranaka et al. 2022; Isod et al. 2022; Watanabe 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

文部科学省科学研究費助成事業、学術変革領域研究「学術研究支援基盤形成」先進ゲノム解析研究推進プラットフォーム（先端ゲノム支援）にキタグニコウキクサ(*Lemna turionifera*)と *Wolffiella hyalina* の全ゲノム配列解析が採択され、両種のゲノム DNA 配列を決定することができた。特に、日本にもいるキタグニコウキクサでは精密な配列決定とアノテーションができたため、遺伝子発現解析やゲノム多様性などの研究が今後大きく進展すると期待される。

④研究のねらい（参考）

ウキクサホロバイ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中である。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。また、分離培養したウキクサ共生微生物の特徴づけ（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。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生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ヶ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。

②当該年度の達成状況と成果

2022年度はまず、ウキクサ共生微生物群集の凍結（-80℃）保存性について検討すべく、山梨県内の池から採取したウキクサを対象に実施した。その結果、凍結保存前と比べて凍結後にはCFU値が87%減少した。さらに、保護剤の添加効果を確認すべく、10%あるいは20%グリセロールを添加した場合についても検討したところ、それぞれ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確認された。また、-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減少が確認された。今後は、グリセロール以外の保護剤による影響、液体窒素保存による影響について検討する予定である。

研究項目2.4. ウキクサ共生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。昨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となった。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

①に記載した放線菌を含めたウキクサ共生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), *Pelomonas* 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)。

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。

(4) 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)

一連の技術移転の後に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論文発表した (Bunyoo et al. 2022)。また食用ウキクサ *Wolffia globosa* KU 株の全ゲノム配列を解読中である (KU)。一方、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。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

窒素固定土壌細菌 *Azotobacter vinelandii* がウキクサと安定に共生可能な植物成長促進細菌 (PGPB) であることを発見した (Sajjad et al. 2022)。その定着安定性はこれまでに取得した PGPB の中では最も高いことが判明した。本成果は、大気中窒素を利用した環境低負荷型のウキクサバイオマス生産技術に活路を拓くものである。一方、成長阻害細菌 B10X (PGIB: 植物病害細菌) の取得に成功した。ゲノム解析の結果、BX10 は既に取得している成長促進細菌 B10 と同属同種であること、遺伝子配列の違いはわずかに 0.05% であることが判明した。また、B10 および Ps6 (PGPB) がウキクサの遺伝子発現に与える影響を評価するために RNAseq データ解析を行った結果、Ps6 について成長促進効果の作用点 (経路) に目処がつきつつある (京都大)。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

今回新たに得られた B10X について、ごく限られた遺伝子の違いによってウキクサに対する影響が、正: 成長促進 (B10) から負: 成長阻害 (B10X) に逆転する現象は興味深い発見といえる。さらに、ウキクサ種によって B10X による成長阻害の程度が異なることも示唆されており、ウキクサと共存微生物間の多様な相互作用機構の理解に新たな視点を与える成果が得られた。

④研究のねらい (参考)

ウキクサホロビオン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の選抜

3.3. ウキクサホロビオン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、捕食性細菌を活用した共存微生物群集の制御の可能性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、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 2022 年 9 月に研究生として受け入れ、各種実験技術の共有を進めた (2023 年度より博士後期課程進学)。

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、2 ヶ月以上の長期間にわたり安定な Community を維持可能であることを明らかにした。この安定した群集が成立する機構を各菌株の炭素源資化能の観点から解析した。また、構築した SBC を用い、捕食性細菌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、ミジンコウキクサ (*Wolffia globosa*) を対象とした共存微生物群集の解析を進めた。

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、SBC の安定化には構成菌株が異種の存在下で利用する炭素源を切り替える現象が重要な役割を果たすことを見出し、その機構解明にも取り組んでいる。

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

物群集制御技術の検討を進める。

(5) 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

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)

ウキクサ共発酵のための基質として産業廃水に着目し、工場の視察を行い、産業廃水を用いたウキクサ生産の可能性と廃水のウキクサとの共発酵について検討を行った。メタン発酵リアクターに用いるウキクサの供給体制については、下水処理ラグーンを利活用することが難しいことが判明したため、実験室前にウキクサ生産体制を整えた。メタン発酵システムについては、制作および輸出を行い、コンケン大学 (KKU) に設置して運転を開始した。東北大学から久保田が 2 回、学生 2 名が KKU に行き、これらを共同で行った。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 長期研究員 (国費留学生大学推薦枠) を東北大学に受け入れ研究指導を行う計画である。

②当該年度の目標の達成状況と成果

バイオリクターを設計及び製作し、KKU に輸出し、連続メタン発酵処理運転を開始した。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。

②当該年度の目標の達成状況と成果

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)。

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: 昨年度、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。今年度は、ウキクサ配合飼料を複数種類調査して採卵鶏に与え、について評価した。なお、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まだ現地供与できていないため、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北海道大学に受け入れて、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

分析機材供与と飼料原料ウキクサの供給体制が十分でないため、研究はやや遅れている。

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

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)

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)

ADGreen 社の乾燥ウキクサ粉末を用いた食品試作のため、ウキクサ粉末の物性評価を実施した。また、加工 (加熱) による色調や味への影響を官能試験などの手法で評価した。ウキクサ粉末を配合した菓子や飲料、塩などの試作検討を実施した。ウキクサたんぱく質のペプチド化検討では、抽出などの工程について条件の最適化に取り組んでいる。2023 年 3 月にカセサート大学の Dr. Suvimol Charoensiddhi と ADGreen 社の Dr. Metha Meetam を短期研究者として研修ならびに情報交換を行った。なお、ADGreen 社からは Dr. Wisuwat Songnuan も同行した。

②当該年度の目標の達成状況と成果

乾燥ウキクサ粉末の物性評価については、ADGreen 社の乾燥ウキクサ粉末について、乳化力や起泡力、吸水・吸油力などの物性を評価した。また、加熱による色調や味への影響を評価し、さまざまなアプリケーションに利用できる特性を見出した。昨年度の検討では微粉碎化することで水溶液における分散性向上を確認した。今回、混合特性を確認するためクッキー生地に応用すると均一な色を呈した。その他の食品試作については、ウキクサを配合した菓子や飲料、塩を試作し、試食評価を行った。ウキクサたんぱく質のペプチド化検討では、抽出などの工程について条件の最適化に取り組んでいる。

ウキクサを配合したスムージーを開発試作し、2022 年 11 月に東大阪市で開かれた大阪万博プレイベントで来場者に提供してウキクサの特徴や魅力を発信した。サラヤが展開している飲食店でもウキクサを配合したスムージーを試験的に提供した。これらの活動を通じて、ウキクサを一般の方に知ってもらう機会となった。

サラヤ食と健康 研究所 (茨城県) および本社 (大阪市) で Dr. Suvimol と Dr. Metha および Dr. Wisuwat とミーティングを実施し、互いの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。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できた。一方、タイ側の活動としては、ADGreen 社において食用ウキクサ生産工場を拡大している。2023 年 7 月頃完成予定。これにより、サラヤ (株) への原料供給体制が整うことが見込まれる。Dr. Suvimol は、KU 工学部と協力して強力な超音波発生装置を用いた、食用ウキクサからのタンパク質抽出技術を開発した。さらに、ウキクサタンパク質を加水分解したペプチド成分に腸炎ビブリオや病原性酵母の生育を阻害する活性を見出した (Duangjarus et al. 2018)。

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

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）

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。

(6) 研究題目 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: 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、ウキクサ栽培の汚染水・排水処理への適用性の予備的検討と、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を対象とした各種汚染水・排水に対する処理能力の評価と科学的特徴付けを実施中である。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（4 回）、タイ側短期研究員の受け入れ研修（2 回：Dr. Noppharit Sutthasil 2022.4.8~4.15、Dr. Chart Chiemchaisri 2023.2.22~25）、タイ側研究室訪問研修（3 回：森 2022.6.25~6.29、森 2022.9.19~9.23、遠山 2023.3.6~3.9）を実施した。さらに、タイ側短期研究員 2 名がウキクサを用いた各種試験方法と排水処理を習得するための研修（2 件：Ms. Karnjana Ruen-Pham 2023.5.29~9.8、Dr. Chayanid Witthayaphirom 2023.6.5~6.30）の準備を整えた。また、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）として受け入れる準備を進めた。

②当該年度の目標の達成状況と成果

各種排水の水質評価を行った上で、在来の各種ウキクサを栽培し、各ウキクサホロビオンの排水への適用性を検討するための基礎的な実験方法と材料の準備を、ウキクサ研究に豊富な経験を有する山梨大学とタイ側（カセサート大, KU）が協同で進めた。その結果、タイの排水で良好な生育と水質浄化を発揮する *Spirodela* 属と *Lemna* 属の各 1 種ずつを獲得することができた（KU・山梨大協同、G3 と連携）。さらに、獲得した *Spirodela* 属と *Lemna* 属のウキクサをそれぞれの排水で培養して構築した「自然ウキクサホロビオン」をカセサート大学の実験室で安定に維持できる体制を整えた。次年度はこれを用いて 5.2 の研究項目を進める。また、ウキクサ-共生微生物群の水処理性能に及ぼす各種環境要因と栽培条件の検討を進め、光強度とウキクサ栽培密度の影響を確認した（山梨大）。さらに、排水処理への応用が期待できるウキクサホロビオンの中の植物成長促進微生物の特徴を明らかにすることができた（山梨大）。

【令和 4 年 / 2022 年度実施報告書】【230531】

③当初計画では想定されていなかった新たな展開

タイ側の実験室内を含む気温などの環境条件や入手できる試薬類などにも日本との差異が認められ、ウキクサ栽培試験への影響が大きいことを確認したが、上記②に示した山梨大学からタイ側への技術移転により解決しつつある。

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実施し、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。

(7) 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：北海度大学 森川正章 / ADGreen 社 Metha Meetam）

6.1. タイにおけるウキクサ生産支援

この項目は主にタイ側の活動であり、当面は ADGreen 社に対する機材供与および技術供与を含めた支援を行い、生産力の強化を図る。いずれ同社のノウハウを地方農家に提供拡大利用する計画である。2023年度より地方農家を訪問し、現状の課題等について聞き取り調査を開始する。

研究グループ G6-2（リーダー：国立環境研究所 蛭江美孝 / KU 工学部 Chart Chiemchaisri 他）

6.2. 開発技術の炭素収支評価

①当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

本研究で開発される各ウキクサ活用技術の低炭素化評価に係る方法論の検討を行うため、水処理技術などの要素技術について現地調査を行うとともに、温室効果ガス排出係数の設定方法等の検討を進めた。2023年2月末には G5 タイ側リーダー Dr. Chart Chiemchaisri を短期研究員として受け、開発システムから排出される温室効果ガスのモニタリング方法等について議論を進めた。

②カウンターパートへの技術移転の状況

温室効果ガスの計測機材やモニタリングの方法、評価手法について情報提供、助言を行った。

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気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。

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。

IV. 社会実装に向けた取り組み（研究成果の社会還元）（公開）

- ・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）

- ・タイ国王女より森川正章（北海道大学）にカセサート大学名誉博士号（生物科学）が授与された。
<https://www.sci.ku.ac.th/web2019/news/9928-2/>

【令和4年／2022度実施報告書】【230531】

- ・小山研究室ホームページに京都大学で保存しているウキクサ株の情報データベースを公開した。地図にマップしており、世界中のウキクサ研究者が利用しやすいページとなっている。
http://cosmos.bot.kyoto-u.ac.jp/clock/research/map_duckweed.html
- ・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 KU キャンパス) を JICA/SATREPS が共催することによって、世界における日本のプレゼンス向上に貢献することが期待される。

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, Chemosphere, 268, 129247	doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129247	国際誌	発表済	

論文数 1 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 1 件
公開すべきでない論文 0 件

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. Jap. J. Water Treat. Biol. 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). Streptomyces spirodelae sp. nov., isolated from duckweed. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 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, International J. Biol. Macromol., 203, 369-378.	doi.org/10.1016/j.jbiomac.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 Lemna minor using a dual-color bioluminescence monitoring system. Plant Cell Physiol. 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 Lemna aequinoctialis Nd. Front. Plant Sci. 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. Plant Cell 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 Lemna minor plants. New Phytol. 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. Plant Cell Environ. (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. Microorganisms 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 Spirodela polyrhiza (Lemnaceae) by Ensifer sp. SP4 through enhancement of nitrogen metabolism and photosynthesis. Mol. Plant-Micro. Interact. 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内相互作用機構の一部をはじめて解明した成果。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. Bioresour. Technol. Rep. 18, 101060.	doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101060	国際誌	発表済	環境生物工学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に共通する細菌群の特定に関する論文。
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. Plant Physiol. in press.	doi.org/10.1093/plphys/kiad218	国際誌	発表済	
2022	Muranaka, T., Ito, S., Kudoh, H., Oyama, T. (2022). Circadian-period variation underlies the local adaptation of photoperiodism in the short-day plant Lemna aequinoctialis. iScience 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あき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., Furuuta, 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. Plant J. 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. Plants 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 Methylobacterium aquaticum strain 22A. Front. Microbiol. 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 Pelomonas saccharophila MRB3 provides plant-available macronutrients in hydroponic growth media and accelerates biomass production of duckweed. J. Water Environ. Technol. 21(1), 49-58.	doi.org/10.2965/jwet.22-054	国内誌	発表済	

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. Microbiol. Resour. Announc. 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, Meng X-Y, Hashimoto J, Satoh N, Fujie M, Toyama T, Mori K, Ike M, Morikawa M, Kamagata Y, Tamaki H. Complete genome sequence of Luteitalea sp. strain TBR-22. Microbiol. Resour. Announc. 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 (Lemna minor). Microorganisms 10(8), 1564.	doi.org/10.3390/microorganisms10081564	国際誌	発表済	
2022	Duangjarus N, Chaiworapuek W, Rachtanapun C, Ritthiruangdej P, Charoensiddhi S. (2022) Antimicrobial and functional properties of duckweed (Wolffia globosa) protein and peptide extracts prepared by ultrasound-assisted extraction	doi.org/10.3390/foods11152348	国際誌	発表済	
2022	Bunyoo C, Roongsattham P, Khumwan S, Phonmakham J, Wonnapijit P, Thamchaipenet A. (2022) Dynamic alteration of microbial communities of duckweeds from nature to nutrient-deficient condition. Plants 11, 2915.	doi.org/10.3390/plants11212915	国際誌	発表済	
2022	Kamal Shuvro S, Jog R, Morikawa M. (2023) Diazotrophic bacterium Azotobacter vinelandii as a mutualistic growth promoter of an aquatic plant: Lemna minor. Plant Growth Regul. 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

論文数 23 件
うち国内誌 2 件
うち国際誌 21 件
公開すべきでない論文 0 件

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, 38 (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

著作物数 5 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	石澤秀紘、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説明、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	石澤秀紘、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	堀之内詢大、Rahul Jog、Desi Utami、森川正章(北海道大)、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、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、針生輝希、岩野寛、大谷堯、李玉友、久保田健吾(東北大)、ウキクサと初沈汚泥の連続メタン発酵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	針生輝希、神拓海、大谷堯、李玉友、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 <i>Wolffiella hyalina</i> 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 <i>Verrucomicrobia</i> 門細菌の集積, 日本微生物生態学会第35会大会(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:短日性アオウキサの限界日長多様化からの検証。第28回時間生物学会学術大会, 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)キタグ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 <i>Lemna</i> 属と <i>Wolffiella</i> 属の概日リズム特性の比較。第28回時間生物学会学術大会, 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>Wolffiella 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)キタグニコウキクサにおける光周期依存性休眠の誘導に関する遺伝子群の解析。第64回植物生理学会年会, 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>Wolffiella 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.), Thamchaipenet 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争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(札幌コンベンションセンター)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(札幌コンベンションセンター)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. 愛媛大学. 2023.3.15.	口頭発表

招待講演	11 件
口頭発表	26 件
ポスター発表	23 件

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	キタグ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	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

9 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.eurekalert.org/news-releases/944443	2.主要部分が当課題研究の成果である	ウキクサホロビオン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 the 79th Anniversary 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

4 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POI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PO活動期間を修正した

1 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

タイ国BCG経済に資するウキクサ産業技術の開発と、
実用化に向けた研究開発基盤が整う

