

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「環境・エネルギー（環境領域）」

研究課題名「オイルパーム農園の持続的土地利用と再生を目指したオ
イルパーム古木への高付加価値化技術の開発」

採択年度：平成 令和 30年（2018年）度/研究期間：3・4 5年

相手国名：マレーシア国

令和3（2021）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2019年 3月25日から2024年 3月 25日まで

JST 側研究期間^{*2}

2018年 6月 1日から2024年 3月 31日まで
（正式契約移行日 2019年 4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： 小杉 昭彦

所属・役職 国際農林水産業研究センター・

プロジェクトリーダー

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 / 年度	2018(6ヶ月)	2019	2020	2021	2022	2023
1.研究題目: OPT 高糖度化技術開発*1 1-1 OPT 高糖度化試験地の選定 1-2 OPT 樹液糖度上昇(熟成)メカニズム解明・樹液濃縮技術確立 1-3 メタゲノム解析を用いた OPT デンデン蓄積現象の解明(品種・地域・栽培環境・施肥・共生菌) 1-4 OPT 共生微生物の役割解明 1-3 OPT 高糖度化技術・調達の実証研究(糖度管理・液肥・間作作物栽培・資源価値向上) 1-4 高糖度化 OPT サンプルの調製・供給	試験地決定 サンプル調製	糖蓄積メカニズム解明・樹液濃縮技術確立*2 デンデン蓄積現象解明*2 共生微生物の役割解明*2 OPT 貯蔵管理法・液肥試験・OPT 調達・資源価値に関する実証試験*3 サンプル調製および共同研究機関への提供				
2.研究題目: OPT から高付加価値製品の製造技術開発 2-1 OPT 高糖度化による高品質ボード及びバイオマス製造試験(メタ製造増加) 2-2 PHA→PLA*5 の製造技術開発 2-3 PHA→PLA*5 肥効調節型肥料製造技術及び PHA の植物成長促進作用解明 2-4 OPT 繊維を使ったナノセルロース、ナノボンジット製造技術開発 2-5 OPT 樹液からの SCP 製造技術開発(タンパク質製造) 2-6 OPT 高度利用化設備の構築	OPT 高糖度化による高品質ボードとガス生産量増加試験(実証試験を含む) PHA/PLA*5 生産・精製法確立 PHA 植物成長促進効果の確認*6 圃場試験地の選択 製品認証要件の確認			PHA/PLA*5 大量生産方法確立 PHA 肥効調節肥料製造法確立 ナノセルロースとナノボンジット製造技術確立 安全性テスト実施 SCP 製造技術製造技術確立(飼料用)		
3.研究題目: パーム農園の再植林による持続的土地利用・再生方法の開発*8 3-1 再植林促進のため環境診断法の開発 3-1 パーム残渣の農園内放置がもたらす影響評価手法の開発*8 3-2 異なるパーム農地を対象にしたパーム残渣の環境診断と管理方法の検討 3-2 異なる農地を対象にしたパーム残渣の農園内放置がもたらす影響評価*8 3-3 再植林促進のための土壌環境改善(治療)方法の開発 3-3 再植林促進のためのパーム残渣管理手法の開発*8	検証地域の選定	簡便診断法の開発 メタゲノム解析による土壌微生物評価*9 農園から発生する GHG の測定	原料マルチ化プロセス*7・事業化検討 実証設備移設検討、移設及びオペレーション	OPT 管理法の検討及び実証*8 パーム残渣管理手法の開発*10 診断による改善(治療)法の確立と実証提案		
4. 研究題目: マレーシアにおける OPT 高付加価値化利用技術の導入による経済・社会・環境インパクトの評価 4-1 OPT 高付加価値技術導入の際の LCA 及び環境評価 4-2 政府やパーム油業界・パーム農園関係者への OPT 利用技術のワークショップ・セミナー開催 4-3 人材育成活動 4-4 広報活動	LCA 情報収集*6	製造プロセスにおける GHG 測定・LCA 評価・費用便益分析 周辺地域に与える環境評価及び評価結果公開*6 関係省庁・RSPO 等業界との意見交換 ワークショップ等開催(年1回)	共同研究者の招聘・大学院生指導・インターンシップ*6 マスメディア・展示会・講演等			

【令和3年度実施報告書】【220531】

- *1. マレーシア全域での度重なる移動制限に伴い OPT 調達に支障が出ている。国内対応可能な研究へとシフトした。研究題目 2 でカバーできない課題にも対応するよう研究題目を整理した。
- *2. サポート研究者の移動制限等により、OPT の高糖度化、OPT 共生菌、OPT 中のデンプン蓄積現象に関し統合化して研究の合理化を図った。
- *3. 小規模農園を対象にした糖蓄積実証試験に、クルアン実証試験地からの排水を用いた液肥試験および OPT 安定調達を促すための研究題目を加えた。間作作物栽培への影響および資源価値向上へ資する基礎的研究を加えた。
- *4. マレーシアでのロックダウンに伴う LCA 評価・OPT サンプル製造の遅延により、ボード事業化時期を延期した。
- *5. クルアン実証試験地およびマレーシア理科大学にて実証製造可能なバイオプラスチック原料を精査した結果、PHA（ポリヒドロキシアルカン酸）生産に一本化することにした。
- *6. 新型コロナウイルス感染症拡大による渡航規制および長期ロックダウンのため現地研究機関との調整が遅れたため実施時期および期間を延期・延長した。
- *7. 爆砕設備を OPT 処理プロセスに加える事で、OPT（パーム幹）、EFB（ヤシ空果房）、OPF（パーム葉柄）、MCF（果実内繊維）の異なる 4 種のパーム未利用バイオマス原料を同一プロセスで燃料ペレット等に製品化可能な原料マルチ化プロセスを開発した。開発した原料マルチ化プロセスのスケールアップ性能を確認するために、サラワク州のパームミルに隣接する EFB 処理プロセスに大型爆砕設備を導入し、製造ペレット品質の向上、設備稼働率向上による事業採算性の向上等の事業性を確認する。
- *8. 当初計画していた「オイルパーム残渣の農園内放置が土壌病害菌動態に及ぼす影響評価」に加え、新たに「オイルパーム残渣の農園内放置に伴う温室効果ガス（GHG）発生量の評価」を行うこととなった。それに伴い研究活動名をより包括的なものに修正した。
- *9. 「オイルパーム残渣の農園内放置に伴う GHG 発生量の評価」を新たに実施するにあたり、オイルパーム残渣の分解に係る土壌微生物の特定と動態評価を行う必要性が生じたため、メタゲノム解析による土壌微生物評価の実施期間を延長した。
- *10. OPT だけでなく、OPF も含め、農園内に放置されるパーム残渣全体の管理方法を提案することとし、課題を統合した。

(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)

令和 2 年度（2020 年度）に研究項目の統合や追加修正を行ったが、プロジェクト構想についての変更は令和 3 年度（2021 年度）も無い。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト(公開)

2020 年 2 月から新型コロナウイルス感染症拡大による渡航自粛やマレーシア国内の州間の移動制限処置が始まり、昨年度同様、現地等での研究活動に影響が出ている。現在、日本およびマレーシア共に、国内で実施可能な研究や情報発信を中心に活動を行っている。共同研究機関とは、メールや資料のやりとりを行い、また OPT 製品化実証試験や会議は、リモートによる活動に終始している。

国内企業・団体における温暖化問題対応や SDGs への意識、関心の高まりから、OPT 燃料用ペレットや繊維を使った資材、また OPT 樹液からのバイオ燃料やバイオマスプラスチック製造等に関する

問い合わせは、年々増加している。国内ではプロジェクト宣伝活動のため、今年度もバイオマスエキスポへの出展や、Bypalma 国際会議セッション、学会関連の講演会やシンポジウム、学生を対象としたサイエンスカフェ等のアウトリーチ活動を続けており多くの関心を得られるようになってきている。

民間企業各社からのサンプル提供の問い合わせ対応のため、現地活動拠点であるマレーシア理科大学およびマレーシア・ジョホール州クルアンの OPT 製品化実証試験地（クルアン実証試験地）で、昨年度来オンライン体制を構築し、サンプル製造や試作試験など引き続き行っている。このオンライン体制構築により詳細な技術指導やプラント管理が可能となり、渡航制限によるデメリットを最小限に抑えている状況である。

マレーシア理科大学構内 OPT 利用技術開発研究棟（OPT-RL）の整備が行われ、現在、本格的にプロジェクト研究活動を実施している。今年度初めは活動制限令（MCO）により、大学構内に入るのすら難い状況であったが、令和 4 年（2022 年）3 月には、マレーシアにおける新型コロナウイルス感染者数も減少に転じ、MCO も解除され研究活動を再開している。

プロジェクト運営推進および社会インパクトへの貢献においては、2021 年 9 月 29 日に第 3 回研究合同調整委員会（Joint Coordinating Committee：JCC）をオンラインにて開催した（図 1）。JICA、JST の他、在マレーシア日本大使館、在ペナン日本国総領事館、マレーシア教育高等省、他プロジェクト関係者など参加し、①各研究題目の研究進捗状況の報告やクルアン実証試験地と実況中継、②購入機材変更や研究内容の追記、③新規メンバー日新商事参画のプロジェクト参加について報告、承認された。

新たなメンバーとなった日新商事の参画は、バイオマス利用に欠かせない OPT 調達問題の解決策の社会実験を試みる。この社会実験は、日新商事とサラワク州のパーム油搾油工場兼パーム農園統合経営者の協力を得て、搾油工場の悩みである EFB を、プロジェクトで開発した「原料マルチ化プロセス」により処理し、その代わりとしてパーム農園で出てくる OPT や OPF の安定調達を約束してもらい、OPT や EFB を含めパームバイオマスの複合利用を通じて調達や資源持続性を高められるかを検証する。私たちはこの複合型のバイオマス利用モデルを「サラワクモデル」と呼び、このモデルが成功すれば OPT 調達を含めパームバイオマスの環境配慮型処理普及への大きな一歩になると期待している。

(1) プロジェクト全体

・成果目標の達成状況とインパクト等

新型コロナウイルス感染症拡大による影響により、現地とはオンラインでの意思疎通のみとなった。本来、現場での習熟者による管理・監督が必要な大型機器の据付や設置、完成検査であるが、オンラインにより作業が可能であることが分かった。幸運にも本プロジェクトにおいては、当初から OPT やエンジニア経験のある管理者が現地に存在していたこともあり、機器・資材調達・設置等が上手いった。これらの経験は逆にコロナ禍でなければ出来なかった試みであり、これからの研究プロジェクト推進形態を変える一つの契機となった。

早期にリモートワーク体制構築のもと、ゼロエミッション型 OPT ペレットプロセスを基軸に、研究推進を行った結果、前処理にエクストルーダー（爆砕機）の導入により、OPT 以外のパーム未利用バイオマス（EFB、OPF、MCF）を OPT の同一プロセスでペレット製造できることを発見した。本プロセスを「原料マルチ化プロセス」と名付けた。これまでバイオマスの繊維長や堅さの違いからバイオマ

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

ス種類に応じてプロセスエンジニアリングを設計していたが、爆砕機処理の前処理効果は顕著であり、圧力による繊維の断裂そして解繊維化による、短繊維化が生じることで、本来必要なカッター機設備を必要としなくなった。またこれまでのゼロエミッション OPT ペレット化プロセスと同一ラインで、上記いずれのバイオマスからもペレットが容易に製造出来ることから、極めて画期的なプロセス開発と考えられた。次年度、さらなる改良を加える予定で、より安価に安定に持続可能性のある OPT 他ペレット製造ができると確信している。本年度、「原料マルチ化プロセス」は、国際特許出願に移行した。

プロジェクト運営推進および社会インパクトへの貢献においては、2021 年 9 月 29 日、第 2 回 ByPalma 国際会議（The 2nd Edition of the World Conference on Byproducts of Palms and their Applications：パーム副産物とその応用に関する国際会議）にて、「SATREPS プロジェクト OPT と EFB の高付加価値技術」のタイトルでの特別セッションをオンライン開催した（図 2）。ByPalma 国際会議は世界のヤシ農園からの副産物とその利用に焦点をあて、将来的循環経済のための資源としてパーム副産物を再発見することが目的の国際会議である。第 2 回目会議は 2020 年秋にマレーシアにて対面開催予定であったものがコロナの流行の影響で 2021 年に延期となり 2021 年 9 月 28 日～30 日のオンライン開催となった（<https://www.bypalma.com/>）。本会議において、プロジェクトの宣伝と OPT の活用技術の可能性について、スペシャルセッションを設け、日本側とマレーシア側 SATREPS 関係研究者 9 名による成果発表を行った。参加者としてマレーシア、インドネシアを始め中東やヨーロッパのパームおよび椰子植物の関係者 100 名以上を得た。セッションでは SATREPS プロジェクトが目標とする OPT の持続的利用に関して、これまでの商業一辺倒的、消費国不在の考え方から、環境と経済のバランス、そして消費国側のニーズを重視するサーキュラーエコノミーへの構造転換へ必要性を訴え、多くの理解を得た。なお、会議において特別セッションにおいて発表した論文「Effect of decomposing oil palm trunk fibers on plant growth and soil microbial community composition」に関する発表がベストプレゼンテーション賞に選出された（図 3）。

パナソニック（2022 年 4 月よりパナソニック ハウジングソリューションズ）の参画により、OPT の維管束部分を使った家具製造や MDF 製造の商品化が進められている。家具材としての OPT 利用の狙いは、世界の木材の約半分を消費している家具市場において、OPT を積極的に利用することにより、その一部を代替し、森林保全や OPT の農園放置による GHG 削減、また長期間の CO₂ 固定を期待している。我々のモデル実験（OPT 成分分析値および OPT チップを使ったラボスケール模擬農園メタン発生測定実験より算出）からは、OPT 一本農園に放置された場合、約 1.3 トンの GHG（CO₂ 換算）が放出され、そのほとんどがメタン由来であることが明らかとなった。家具等資材用途により GHG 排出を少なくとも数十年に渡り固定・隔離できることは画期的取り組みと考える（パナソニック 2021 年 11 月 15 日プレスリリース）。またこの技術からできた OPT 維管束ペレットに対しパナソニックは「PALM LOOP」とブランド化を行いグローバル共通名称とし、家具製造市場への展開が始まろうとしている（パナソニック 2022 年 3 月プレスリリース）。これらの取り組みは、社会実装化への第一歩であると共に、世界的に木材資源の減少が深刻化する中、未利用資源である OPT 由来の再生木質ボードによる GHG 排出抑制と熱帯林保全となり、新たな環境付加価値を生み出し始めている。

第 3 回 JCC 会議により日新商事の参画が決定した。同社は ENEOS 系石油製品販売や産業用燃料を柱とし、再生可能エネルギー事業を行っている。現在、同社は同国サラワク州のパーム搾油工場と協

業を行い、EFB からの燃料ペレット製造を展開している。OPT の安定安価な調達に関わる社会実験を行うために、2021 年 12 月からサラワク州のオイルパーム搾油工場に「原料マルチ化プロセス」を導入し、その有効性を検証する。パーム搾油工場で問題となる EFB 処理問題の解消と引き換えに OPT や OPF の安定調達のスキームが成立するかを社会実験する。パイロットビジネス規模でパームバイオマスに関する社会実験の取り組みは世界初の試みになる。

プロジェクトのアウトリーチおよび社会実装化への活動として、毎年開催される「アグロイノベーション・バイオマスエキスポフォーラム 2021」(図 4)、「ByPalma 国際会議」(図 2)、「バイオインダストリー協会 (JBA) シンポジウム」、日刊工業新聞掲載「成長につぐ 2022 年 1 月 11 日」<https://www.jircas.go.jp/ja/program/proc/blog/20220121> (図 5)、また高校生や小中学生のサイエンスカフェにおいて、SATREPS プロジェクトの紹介を行った。SDGs への関心や認知度も向上しており、プロジェクト開始当初から比べると、数多くの問い合わせや協力の申し出があり、着実に本プロジェクトへの理解や認知度は高まってきている。

・プロジェクト全体のねらい(これまでと異なる点について)

プロジェクト全体の狙いに、大きな変更はないが、今年度も新型コロナウイルス感染症拡大により渡航制限が引き続き行われており、現地活動に関する研究や現地当局者への意見交換などは継続することが困難な状況であった。

OPT を使った家具製品用の維管束ペレット製造においては、基本の OPT 燃料用ペレット製造プロセスを変更することなく乾燥機の熱風を利用して維管束繊維と柔組織繊維を分離し (図 6)、その維管束繊維形状を残しながらペレット化する方法を開発した。燃料用ペレットのように強固に固めるのではなく、緩くペレット化する。今年度からマーケット調査としてパナソニックを通じ OPT 家具資材の製造販売を(株)東京インテリアや(株)ヤマダデンキ (旧(株)大塚家具) にて開始している (パナソニック 2022 年 3 月プレスリリース)。

クラン実証試験地で行われているゼロエミッション型 OPT ペレット化プロセスを基軸に、EFB、OPF、MCF のパーム搾油工場から出てくるパームバイオマスすべてに対応できる「原料マルチ化プロセス」をベースにした連続運転試験など基礎データを取り続けている。「原料マルチ化プロセス」技術の開発意義は大きく、バイオマスの高付加価値化の問題となるバイオマスの調達安定化を解決する可能性を持つ。既にサラワク州で事業展開している日新商事やサラワク州のパーム農園・搾油工場の統合経営者に協力を仰ぎ、「原料マルチ化プロセス」の連続試験運転を開始している。特に持続可能な原料調達スキームを意識し、プロセス適合性や LCA を評価する。サラワク州にあるボルネオ島ではマレー半島側と比較しパーム農園と搾油工場の統合経営スタイルが多いことが知られる。プロジェクトで開発した「原料マルチ化プロセス」は、OPT 以外にも EFB や OPF 等バイオマス利用を推進するだけでなく、収益性や環境規制のクリアーにも貢献できると考える。パーム油搾油工場管理者や農園主側から見れば、「原料マルチ化プロセス」により安定的な収益が見込め、収益を上げながら環境対策をしている実感を持ってもらえれば、必ず第二、第三と事業希望者が現れると予想し、プロジェクト目標・ねらいである「OPT 利用へ社会実装の道筋」は達成できると考えている。

当初の民間企業の参画は IHI のみであったが、現在ではパナソニックや日新商事が参加し、研究題

目2を中心に社会実装化へ歩を進めている。また水面下では、マレーシア企業を含め数社の民間企業と意見交換等協力体制を構築しつつあり、本プロジェクトへの関心や期待が高まってきている。今後、渡航可能になり次第、意見交換を進めるとともに、現在遅延している研究題目について早期に着手する。またポスト SATREPS として、これまでに得られた知見や技術成果、ノウハウを継承してゆく取り組みも進める。

・地球規模課題解決に資する重要性、科学技術・学術上の独創性・新規性(これまでと異なる点について)

本プロジェクトは、植替え更新のため伐採されパーム農園内に放置・廃棄される OPT の利活用技術の開発とその社会実装を通して、パーム農園の抱える地球規模的問題解決を図ることを目的としている。

研究題目1および2は、主に① 伐採 OPT の資源価値の開発、② OPT の糖蓄積のための管理貯蔵技術の開発、③ OPT の付加価値製品化のプロセスを開発と構築、④ OPT の安価で安定な収集のための基礎的研究・調査を目指した役割を担っている。

新たな OPT 資源価値の開発として、OPT 樹液中に、高い抗酸化活性、特にフリーラジカル消去能が高く含まれることが明らかとなり、OPT 樹液の新たな高付加価値用途展開への可能性を示した。本成果は 2022 年 4 月に国際科学雑誌「Industrial Crops and Products (IF: 5.645)」(Arai-et al. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114887>)に掲載された。

研究題目2においては、OPT の付加価値製品化を通じた社会実装を目指し、ジョホール州クランにおいて OPT 製品化実証プロセス開発を行っている。渡航が困難な中、リモートによる技術指導や開発に関する意見交換と多くの成果を出している。今年度は、「原料マルチ化プロセス」の適合性を確認するために、サラワク州のオイルパーム搾油工場と日新商事の協力を得て、EFB と OPT の原料調達を組み合わせたペレット製造実証試験をスタートさせた。「原料マルチ化プロセス」により、爆砕機の前処理後、OPT 同一プロセス処理で EFB の連続運転によるペレット製造が可能かどうかを確認する。それにより、EFB ペレット製造により、OPT 原料の調達安定化に寄与できるかを確認したい。このようなパームバイオマスにおける社会実証試験は、世界初の試みとなる。

パナソニックの参画により OPT の燃料以外の家具等資材用途への開発・製品化が加速している。クラン実証試験地と日本・門真の研究施設で連携開発された OPT 維管束ペレットにより、OPT ボード材料化が進められており、家具市場投入が始まっている(図7)。クランプロセスにより、OPT の有機成分を抽出し、きれいになった維管束のみを用いるパナソニック用資材を用い家具製造を行う。パナソニックはこのクランプロセス処理により得られた OPT 維管束ペレットに関して「PALM LOOP」とブランド化し、その OPT 資材を使って製造された家具の市場調査を行っている(図8)。使われる OPT 維管束ペレットは、クラン OPT 製品化プロセスで製造されていることから、LCA 的にカーボンニュートラルであることや、高い持続可能性を担保することができる。近年注目されつつあるエシカル消費意識の高い顧客をターゲットとし、今後アジア、ヨーロッパ市場を見据えた活動を推進してゆく。

研究題目3では、「メタゲノム解析によるオイルパーム残渣の分解者の特定」と「GHG 発生量の統合的観測」の異なる二つの分野の先端技術の融合により、パーム由来有機物の農園内放置に対して、シロアリや土壌病害菌などの分解者がどのような応答を示し、結果としてオイルパーム農園から各種

GHG がどの程度放出されるのか等の疑問を解明することで、OPT 利活用技術の社会実装を促進し、持続的オイルパーム農園経営の実現を図ることを目的としている。コロナ禍に伴う長期に渡る渡航禁止処置等により、GHG 発生量観測のためのマルチチャンネル式チャンバーシステムの設置はできていないが、渡航解禁次第、チャンバーシステムを設置する予定である。果房収穫のため定期的に大型の葉が剪定されるとともに、果房生産量の低下から約 25 年間隔でパーム樹木の伐採・再植栽が行われるオイルパーム農園からは、膨大な量の GHG が排出されていると懸念されるが、こうしたオイルパーム農園を対象に、シロアリによる採餌や土壌病害菌の蔓延に起因する CH₄ に代表される GHG を統合的に観測する研究事例は少なく、課題の重要性および学術的新規性は高いと言える。

研究題目 4 では、インパクト評価として、最も理想的なパーム加工システムを新規に導入する際の優位性に関して検討するため、パーム加工システムを 6 つのサブシステムに分割し、リサイクルの範囲を示す 4 つのスコープ、4 つの POME 処理技術を組み合わせた 10 のシナリオを定義し、それらの実証分析結果を比較している。OPT のペレット化によるリサイクルが経済性、環境性、社会性にどのような意味を持つのかを分析する。

・研究運営体制、日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)等

2021 年 10 月より日新商事を参画メンバーとして迎えた。日本人人材育成として特別研究員 1 名(研究課題 1 を担当)は 2021 年 10 月より国際農研の任期付研究員に採用され、キャリアアップデザインとして引き続き本プロジェクトにおいても研究題目 1 および 2 の研究活動を続けている。マレーシア代表機関であるマレーシア理科大学を中心に、本プロジェクトの公式ホームページも公開した(<https://satreps-opt.com/>)。

・人的交流の構築(留学生、研修等)

JICA 長期研究員派遣制度により、2021 年 10 月に博士後期学生 1 名が来日し、研究題目 1 および 3 の研究を開始している。

一方、新型コロナウイルス感染症拡大のためにこれまでマレーシア国の若手およびシニア研究者の招聘等が困難な状況であったが、ワクチン接種率の上昇や感染者数の落ち着きにより、経済活動再開が見られることから、2022 年度より状況を勘案しながら、若手外国人研究者や大学院生の日本への招へいなど人的支援の構築を再開したい。

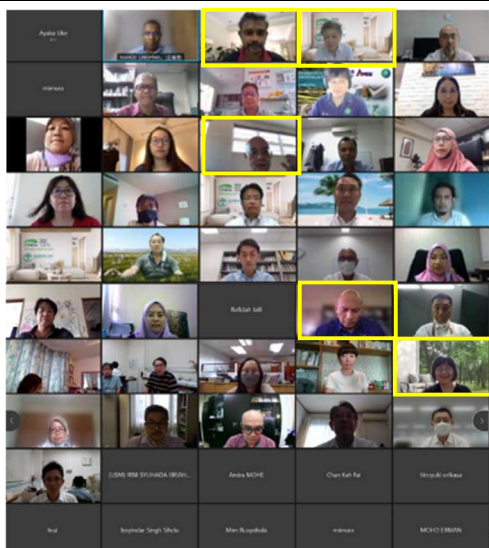


図1. 第3回研究合同調整委員会 (JCC) 2021年9月29日(水) 日本時間 11:00~13:00 (マレーシア時間 10:00~12:00) オンライン開催。セッションクロージングの際の参加者との集合写真。
黄色囲み上部1段目から：マレーシア側 SATREPS 代表マレーシア理科大 Sudesh Kumar 教授 (左)、日本側 SATREPS 代表 国際農研 小杉 (右)、3段目 折笠弘維ベナン日本国総領事、6段目 マレーシア理科大学副学長 Dato' Dr. Adikan 教授、7段目右 東京大学未来ビジョン研究センター SATREPS 研究主幹 高村ゆかり教授

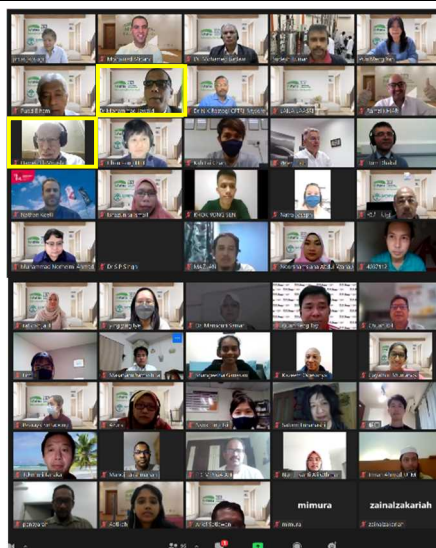


図2. 第2回 ByPalma 国際会議 (https://www.bypalma.com/) 2021年9月29日(水) 日本時間 17:20~21:20 (マレーシア時間 16:20~20:20) オンライン開催。
セッションクロージングの際の参加者との集合写真
【黄色囲み上から：カンファレンスチェア (マレーシアアトラ大学 Dr. Mohammad Jawaid 教授、Bypalma 共同主催者ドイツ ハンブルグ大学 Arno Fruehwald 教授)】



図3. 第2回 ByPalma 国際会議 ベストプレゼンテーション賞 SATREPS プロジェクト論文「Effect of decomposing oil palm trunk fibers on plant growth and soil microbial community composition」(Journal of Environmental Management (IF: 6.789) Uke et-al. https://doi: 10.1016/j.jenvman.2021.113050.) 成果に関する発表。



図4. アグロ・イノベーション 2021(主催：一般社団法人日本能率協会)。2021年11月24日(水)~11月26日(金)まで、東京ビッグサイト青海展示棟で開催された。SATREPS の研究成果・活動を展示報告。

	
図 5. 2022 年 1 月 11 日付け日刊工業新聞 7 面「成長につなぐー事例 17 のゴールズ&169のターゲット」に SATREPS プロジェクトの活動を紹介。日刊工業新聞社の転載承認を受けて掲載 https://www.jircas.go.jp/ja/program/proc/blog/20220121	図 6. クルアン OPT 実証試験地で製造される家具材用維管束ペレット
	
図 7. パナソニック ハウジングソリューションズからの OPT 再生ボード化技術を使った OPT 家具。2022 年 4 月よりヤマダデンキ、東京インテリアと共同で事業検証開始。 (https://news.panasonic.com/jp/press/data/2022/03/jn220317-1/jn220317-1.html)	図 8. パナソニック ハウジングソリューションズの OPT プロジェクト「PALM LOOP」の特設ホームページから。 (https://panasonic.co.jp/phs/technology/palmloop/)

(2) 研究題目1:「OPT 高糖度化技術開発」

日本人側主担当者 国際農林水産業研究センター（リーダー：小杉昭彦・プロジェクトリーダー）
同上（課題担当者：鶴家綾香・研究員）

マレーシア側主担当者 マレーシア理科大学（リーダー：K. Sudesh Kumar・教授）
同上（課題担当者：Amar Shafiq・博士課程研究員）
同上（課題担当者：Shaik Ling・技術補佐員）
同上（課題担当者：Yong Seng・技術補佐員）
マレーシア標準工業研究所（SIRIM）（Ishak Mohd Yusuff・室長）

① 研究題目 1 の当初の計画（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

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

1. OPT 樹液糖度上昇（熟成）メカニズム解明

植物生理学的な側面からデンプン蓄積能に関して知見を得るために、デンプン含量の多い OPT および低い OPT について、RNA シーケンスによるトランスクリプトーム解析を行い、遺伝子の発現状態を比較した（図 9）。その結果、デンプン含量の多い OPT と比べ、デンプン含量の低い OPT では、病原微生物の感染防御に関連する感染特異的タンパク質（Pathogenesis-related protein：PR タンパク質）の PR2（ β -1,3-glucanases）、PR3 および PR4（Chitinases）、PR5（Thaumatin-like proteins）の発現が見られた。すなわちデンプン含量の低い OPT において全身獲得抵抗性が誘導されており、OPT が病気感染や感染しやすい状態にあった場合、デンプン含量が低くなる傾向を示唆している。おそらく、健全な OPT の場合、光合成によりデンプンへと貯蔵エネルギーへ変換できるが、病害虫感染やその恐れがある場合、感染抑制のためにエネルギーを防除に利用することで必然的に OPT 中のデンプン量が減少していることを示唆している。従って OPT のデンプン蓄積現象は、OPT の健康状態やパーム農園の環境に影響される可能性が高く、栽培における環境管理が重要であることを示唆している。

2. OPT 高糖度化技術・調達の実証研究

パーム再植林により伐採、放置・廃棄された OPT が、農園再生の肥料となっていると考えるパーム農園は多い。昨年度、糖を含む樹液やカーボンリッチな繊維質である OPT を農地還元した場合、肥料効果があるか、そして、間作作物の成長にどのような影響を与えるかを確認するためにポット試験を通じて検証した結果、OPT 繊維を含む土壌では窒素飢餓状態を誘発し生理障害を引き起こした。また土壌中のセルロース分解微生物、特に糸状菌（トリコデルマ属やトリコクラディウム属）が特異的に増殖することが明らかとなった。今年度後半から実際パーム苗木を用いて影響を検証しており、その影響に関して経日的な観察をマレーシア理科大学にて実施している（図 10）。同様に、悪影響を与えるのであれば、パーム農園管理の意識改革は必要で、少なくとも OPT 放置是非への議論に繋がってくると考える。

クラン実証試験地のプロセスでは、OPT 幹中の糖分や灰分を除くため、浸漬処理や湿式摩砕工程を経ている。その処理中にデンプンが流出している可能性が高く、研究題目 2 と連携しながら回収プロセスを各プロセスでデンプン顆粒の存在を確認している。実証プロセスにおいて、デンプンの回収が可能になれば、糖を濃縮できるだけでなく、糖やデンプン回収が実証レベルでシステム構築できることから、食料と競合しない糖質確保が可能となる。

3. OPT 資源価値向上のための研究開発

OPT の資源価値向上は、経済的インセンティブを与え、パーム農園からの OPT の持出しを促すことができる。新たな OPT 資源価値開発として、電子スピン共鳴法（Electron Spin Resonance: ESR 法）を用い、OPT 樹液中に、抗酸化能の指標となるフリーラジカル消去能が高く含まれることが明らかとなった。同じく抗酸化能力が非常に高い液体として知られる緑茶、紅茶、アロエ搾汁液、ブラックベリー搾汁液、キュウリ搾汁液、レモン、トマトジュース、リコピン、 β -カロチンの各フリーラジカル消去能に比較して、OPT 樹液には強いアルコキシラジカル（LO $\cdot$ ）消去能、ヒドロキシラジカル（ $\cdot$ OH）消去能、一重項酸素（ $1O_2$ ）消去能を有していることが明らかとなった（特許出願および論文公表）。これまで OPT 樹液は特に微生物発酵用の培地原料用途として認識される報告が多い中で、化粧品や健康飲料など直接的に高付加価値製品への展開も可能であることは大きな発見である。マレーシア標準工業

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

研究所（Standards and Industrial Research Institute of Malaysia: SIRIM）研究者と共に、マレーシア国内での製品化を目指した取り組みを開始している。

OPT 樹液濃縮による廃液に関して液肥利用を検討している。膜濃縮により灰分リッチな廃液が得られることがわかっている。来年度、液肥による OPT 栽培への影響に関して詳細検討を行う予定である。

② 研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

OPT 繊維による土壌への影響を確認するために、実際 OPT の苗木による繊維残渣散布試験の実施を行っている。栽培や管理、試験条件の設定など、植物生理学的研究手法に関してマレーシア理科大学やマレーシアパームオイル庁（Malaysia Palm Oil Board: MPOB）の研究者らにオンラインに定期的な報告会を行っている。糖蓄積試験では、マレーシア理科大学における博士研究員や修士課程の学生に分子生物学的実験手法（OPT 繊維や土壌からの RNA 抽出、DNA 抽出、抽出物の精製）、糖およびデンプン解析の実験手法について指導している。マレーシアのコロナ対策規制緩和により、移動制限もなくなり、最近では、マレーシア理科大学の学生らが、クルアン OPT 製品化実証試験地へ訪問しクルアンプロセスの理解やサンプル収集を行っている。現地管理者のサポートもあり、OPT の経時的な DNA サンプル処理や採取、輸送ができるようになってきている。

OPT 樹液中に、抗酸化能の指標となるフリーラジカル消去能が高く含まれることが明らかとなった。論文発表後に SIRIM 研究者とオンラインで会議を行い、マレーシア国内で化粧品開発へ向けた取り組みについて意見交換を実施している。

③ 研究題目1の当初計画では想定されていなかった新たな展開

安定で安価な OPT 調達に関する研究活動の一環として、OPT 放置・廃棄による間作作物やパーム苗木への栄養障害について検討を行っている。その際、特にトリコクラディウム属菌の顕著な土壌中の増加は、OPT に何らかの影響を与えることが予想される。現在、マレーシア理科大学を中心にパーム苗木試験での影響確認を行っているが、同様に栄養障害的な影響が見られつつあるという。これらの原因が同じく糸状菌蔓延による土壌栄養の収奪だとすると、OPT 伐採後放置において農園環境に悪影響を与えている可能性が高い。小規模農園における OPT 植替え後の持ち出しを促進させることができる重要な知見となると考えている。

伐採 OPT の新たな資源価値の開発として、ESR 法によって OPT 樹液中に、抗酸化能の指標となるフリーラジカル消去能が高く含まれることが明らかとなった。より高い付加価値製品化への糸口となる知見は当初計画においては予想されず、伐採 OPT の農園放置を抑止し、持出しさせる経済的動機付けになると考える。

④ 研究題目1の研究のねらい(参考)

研究題目 1 の狙いは、OPT に含まれる樹液中の糖度を高めるための方法の開発を主とし、①糖度上昇メカニズム解明、② OPT 資源価値向上、③OPT 液肥肥料試験、④ OPT 安定調達に関する基礎・基盤研究・調査であり、研究題目 1 を通じて研究課題 2 の高付加価値製品製造プロセスの効率化、低コ

スト化に貢献することである。OPT の最大の材料特性である OPT 重量比 7 割の樹液であり、糖分の利用や糖度を高める管理技術開発は、研究題目 2 における樹液からのバイオガス、液体燃料生産および高付加価値化製品製造への直接的貢献となり、重要な研究開発と位置付ける。OPT 中の樹液糖度の制御管理を可能とするために、主に OPT 内に積極的にデンプンを蓄積させ、貯蔵中の糖度上昇メカニズムを解明、そして如何に樹液糖度を高糖度化するかをねらいとしている。

OPT の安定調達、研究題目 2 の社会実装において必須課題であり、パーム農園外への持ち出しを促進させる為には避けては通れない課題である。そのため、付加価値製品の中でも高価格帯となる化粧品や食品への応用を視野入れることは有益な戦略の一つである。研究題目 1 としては、主に経済的メリットからの OPT の農園外への持ち出しを促す基礎的知見を積み上げている。

⑤ 研究題目1の研究実施方法(参考)

研究題目 1 においては、以下の 4 つのポイントで研究実施を行っている。

1. メカニズム解明：伐採時、デンプン濃度が低い OPT や樹齢の異なる OPT を用いて、デンプン濃度が高い OPT および低い OPT について、RNA シーケンス解析による網羅的に遺伝子発現解析することで比較を行い、糖濃度上昇のメカニズムや、デンプン濃度の低い OPT において、特に発現が多く見られた感染特異的タンパク質の発現について、糖濃度上昇との関連を詳しく検討する。樹液中の糖濃度解析やデンプン含量の結果と RNA シーケンス結果を照らし合わせることでより傾向を分析し、貯蔵中の代謝変遷に関する遺伝子の特定を行う。

2. OPT 資源価値向上：OPT 樹液中の成分分画と ESR 法にて画分のスクリーニングを行い、ラジカル消去活性物質の同定を行う。OPT 樹液を含む化粧品等商品化へ向けて検討を開始する。

3. OPT に含まれるミネラル分の液肥効果：OPT の積極的な持ち出しを推進するために、OPT 処理から得られる液肥成分の植物への影響を OPT 苗木および他植物体を用いて検証する。OPT カスケード利用から得られる液肥成分の価値向上をねらう。

4. OPT 安定調達：OPT の積極的な持ち出しに繋がる知見を得るため、OPT 繊維を使った圃場試験を行い、短期作物やパーム苗木を用いた栽培試験を行い、OPT 放置による植物への生理障害等負の効果の基礎データを取得する。放置や廃棄 OPT が間作作物へ生理障害を引き起こしているのであれば、小規模農園主への施肥方法の意識改革を促すようにすることで、OPT 園外への持ち出し、安定調達へ向けた取り組みが行える。また OPT 農園放置によりこういった環境因子において GHG や繊維腐敗が起りやすいかなど、OPT 持ち出しの動機付けになるような基礎データ収集も予定している。

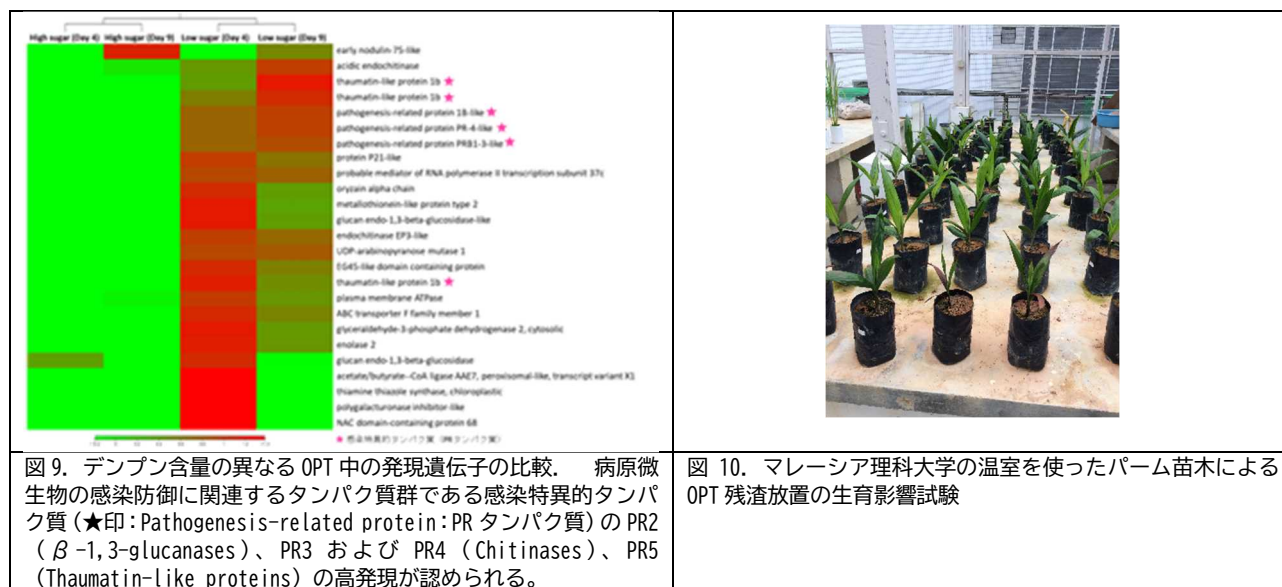


図 10. マレーシア理科大学の温室を使ったパーム苗木による OPT 残渣放置の生育影響試験

(3) 研究題目2:「OPT から高付加価値製品の製造技術開発」

日本人側主担当者

株式会社 IHI (リーダー: 大原雄治・資源エネルギー環境事業領域 次長)

同上 (サブリーダー: 山下雅治・同上 主査)

パナソニック ハウジングソリューションズ株式会社 (サブリーダー: 大野達司・新基材事業開発プロジェクト プロジェクトリーダー)

日新商事株式会社 (サブリーダー: 中島登・エネルギーシステム部 部長)

国際農林水産業研究センター (サブリーダー: 小杉昭彦・プロジェクトリーダー)

マレーシア側主担当者

マレーシア理科大学 (USM) (リーダー: K. Sudesh Kumar・生物学部 教授)

マレーシアパームオイル庁 (MPOB) (サブリーダー: Astimar Abdul Aziz・部長)

マレーシア標準工業研究所 (SIRIM) (サブリーダー: Ishak Mohd Yusuff・室長)

① 研究題目2の当初の計画(全体計画)に対する成果目標の達成状況とインパクト

研究題目 2 は、OPT 製品の普及・社会実装の加速化を目指し、ジョホール州クルアンにあるクルアン OPT 実証試験地を用いて、製品化へ向けたプロセス開発研究と、開発されたプロセスからの製品化を希望する企業との連携促進を行う。また試験研究として、研究題目 1 の糖度の高い OPT 樹液からバイオプラスチックなど高付加価値製品の開発と共に、研究題目 4 で行う持続可能性評価のための分析フレームワークに LCA データを提供する。

昨年度に引き続き、クルアン実証試験地の管理体制は、2020 年からコロナ禍による渡航制限が掛かっていたことから、日本と現地のリモート体制にて実施している。昨年度までに排水から得られる液肥や、樹液からのバイオプラスチック・タンパク質原料を製造する為の MBR 設備 (汚泥固液分離装置)、RO 装置 (逆浸透膜濃縮設備)、また繊維解繊装置である爆砕装置の据え付け工事、試運転、性能確認運

転をリモートにて実施した。今年度は、OPT 処理既設備と新規導入設備の信頼性を背景にして、以下の取り組みを行った。

1) 各種サンプル製造を試作、各社会実装希望者への提供・評価

A) OPT 維管束ペレット製造プロセスの開発と提供

2017 年より OPT の活用技術研究を進めていたパナソニックが、2020 年 10 月に本プロジェクトに参画し、OPT を用いた繊維ボードの社会実装を進めている。実サンプル提供による品質および受容性検証も併行して進めた結果、家具用 MDF 製造の繊維原料材料として、木質チップに代わり OPT の維管束繊維が利用可能であることが確認された。木質チップを原料とする場合と同様の繊維強度を有する OPT 維管束ペレットの製造ノウハウ、OPT の維管束と柔組織を分離する方法として、乾燥設備の乾燥機本体より維管束、サイクロン設備より柔組織を分離するための運転ノウハウを確認した。現在では、特殊な繊維分離設備の導入は必要なく、通常の繊維乾燥で用いるドライヤーにて維管束と柔組織を分別できるようになった（図 11）。このことから、OPT 材料利用における維管束回収において、追加設備を必要となしないうプロセス構成になっている。このプロセスにより製造した OPT 維管束ペレット（図 6）を原料として試作された資材による製品の品質は、従来の木質チップによるものと同品質で、繊維解繊時の動力削減効果も確認できたことから、材料利用への道を開くことに成功した。我々の実験室レベルでのデータでは、OPT を農園放置した場合、OPT 一本あたり約 1.3 トンの GHG 排出の可能性が示唆される。もし OPT が材料利用へ向かった場合、森林資源の保全だけでなく、新たに懸念される農園からの GHG 排出削減に大きく貢献すると考える。

B) セルロースナノファイバー（CNF）サンプルの提供

OPT や EFB の繊維から CNF を製造するプロセス検討を行っている。OPT 処理プロセスに既設してある湿式摩砕工程において、CNF 専用の砥石を購入した。次年度から CNF の試作を開始する。

C) OPT 樹液サンプル提供

OPT ジュースを直接搾汁し、ジュース中の糖分利用技術として、バイオプラスチック製造原料の培養条件に適することを確認した。直接搾汁により得られる糖液濃度は 5~10% (w/v) であり、腐敗防止や輸送を考慮すると糖度 20~40% への濃縮が必要になると考えている。最初から効用缶による煮沸濃縮には希薄すぎる糖度であるため、RO 設備により第一段階で 20% まで濃縮する。目標とする糖濃度 20% 以上を満足する為には、OPT から OPT 樹液を直接搾汁し濃縮することを検討しているが、RO 設備の能力アップが課題となり、新たに RO 設備の濃縮倍率増可能な高圧ポンプを導入した。

2) プロジェクト独自の技術開発

A) バイオガス製造試験

メタン製造量の増加のため、繊維成分からの糖質抽出のため、微生物糖化技術を用いた効率的繊維可溶化技術の開発を行っている。現在バイオガス生産は OPT の浸漬水にのみ依存しているが、スケールアップの際に電力や熱消費量の増加が予想されることからバイオガス生産のための原料生産技術が必要になる。クルアン OPT プロセスにおいて利用出来る材料として樹液の他、OPF や OPT 繊維（柔組織）が上げられ、繊維を効率的に糖化し、糖や有機酸を生産する技術開発が必要となる。そこで、嫌気性微生物による微生物糖化技術を用い、繊維系バイオマスから糖質やエネルギー

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

ーを生み出す技術を開発している。この技術は、従来繊維から糖質を得るのに必要であった糖化酵素を全く必要とせず、微生物培養だけで繊維から直接糖質や糖化液を得る。柔組織などパームバイオマス繊維を効率的に分解出来る微生物の単離・同定を進めてきており、論文発表（別紙成果発表等エクセルを参照）を行っている。今後、クランンプロセスでの活用を進めるためプロセス検討を行い、バイオガスリアクターとの相性を検討する。

B) OPT 樹液および排水混合液からの SCP（シングルセルプロテイン）製造技術開発

PDM 開発項目の一つとして、実験室内で廃水を使った SCP としての藻類培養方法の検討を進めている。ペレット製造工程などで発生する複数の廃水を利用することでも、微細藻類が生産できることを明らかにした。現在までに SCP 生産量を向上させるために生産能の高い微細藻類株を自然環境中から探索し、集積培養を組み合わせたスクリーニングから約 70 株程度の樹液を利用できる藻類株を単離し、その中からモデル株よりも 1.5 倍程度生産性が高い株を複数獲得することに成功している。今年度コロナ禍により、日本国内（横浜 IHI 技術研究所内）にてシングルセル培養器のスケールアップ技術の開発を検討しているが、クランプ実証試験地で発生する各種排水（シングルセルプロテイン用培地）の輸送において時間が経過してしまい、腐敗などにより安定した各種排水を得られていない。そのため開発技術への遅延影響が出ている。今後物流の安定が必要であり、現時点はモデル試験に留まっている。

C) 原料マルチ化プロセス開発

OPT を処理するプロセス内の設備を変更することなく OPF、EFB、MCF を同様に処理することで持続可能性を維持した良質なペレット製造プロセスを開発した。この技術開発は、研究題目 2 の目的であるパーム産業におけるバイオマス利用への「経済的インセンティブ」付与に大きく貢献するだけでなく、「環境インセンティブ」形成においても、環境負荷低減と持続可能性が向上してゆくと考える。これまでパーム産業界において、日々膨大な量、排出されてくるバイオマスは、一見、有望な資源ではあるものの、技術不在や投資の大きさにより、「利益に結びつかない厄介者」として、ゴミ処理的位置付けが強い。そのため焼却や放置、廃棄が最も安易で低コスト処理方法として選択されてきた。経済・環境合理性という考えに基づき、研究題目 2 においては、世界で初めてパーム産業から出てくるバイオマスの総合的利活用技術となり得る原料製造プロセスを開発・構築した。

「原料マルチ化プロセス」による各バイオマスの処理フローは図 12 のとおりであり、OPT 処理プロセスのチップターの後に爆砕機（エクストルーダ）を原料に合わせて、最初に導入するプロセスとする。例えば、EFB や OPF、MCF など比較的繊維が長いバイオマスは、爆砕機で処理した後、OPT ペレットプロセスとする。その後のプロセス構成は OPT 処理プロセスと何ら違いは無く、最初の爆砕処理による長繊維の解繊維化と断片化を促すことがポイントである。また爆砕機による副次効果としては、繊維の構成成分であるヘミセルロースが爆砕時の加熱と加圧減圧により一部溶解し糊的役割をすることで、最終的ペレット化する際の形状のデュラビリティを増加させ強固なペレット製造が可能となる（図 13）。

② 研究題目2のカウンターパートへの技術移転の状況

コロナ禍での渡航が不可となったが、昨年度、日本－マレーシア間にリモート体制を構築し、今年度も日々の朝礼、週例定例会、補修改善工事実施などの経験を通して技術移転を進めた。今年度、大きな修理としては、脱水機の軸の交換を行った（図 14）。OPT 繊維に含まれるシリカ等により押し出しスクリー羽が摩耗し、設定値の脱水能力が得られなかったが、日本から部品を輸送し、現地管理従業員によりリモートにて軸交換を行った。交換作業はかなり難航したが、日本のメーカーもリモート参加してもらい修理を完成させた。このように、現在、クルアン実証試験地のパートナーには、設備メンテナンスなどのスキルも習熟しており、最近では現地パーム搾油工場からの問い合わせやノウハウを使ったコンサルタント等技術指導も対応できるまで技術スキルが向上している。これまで MCO 制限下でマレーシア理科大学の学生および博士研究員、スタッフが訪問出来なかったが、次年度には現場に訪問させることで、エンジニア的技術移転や教育等を加速させたい。

③ 研究題目2の当初計画では想定されていなかった新たな展開

1. 我々の試算によれば、マレーシアで平均的な搾油工場において、「原料マルチ化プロセス」導入した場合、OPT、OPF、MCF の受入れ量が見込める環境であれば、一搾油工場あたり 9 万トン/年のペレット製造が成り立ち、大きなスケールメリットが出てくる。今後はプロセスのスケールアップ実証をサラワク州で行うため、サラワク州の搾油工場に隣接する EFB ペレット製造工場を「原料マルチ化プロセス」にアップグレードすべく、大型連続爆砕機を導入した。試運転の結果、導入前と比較して EFB ペレットの製造プロセスが安定して製造ペレット品質が向上すると共に、連続爆砕機のスケールアップ機的能力確認として、所定の設計能力が確認された。この実績をもとに、OPT を主体とした原料マルチ化プロセスのスケールアップ設備の基本計画に入る事とした。

2. 既存の OPT ペレット製造プロセスの乾燥機本体とサイクロンの運転方法を最適化し、大きな設備変更、設備追加を要せず、OPT の維管束繊維と柔組織繊維を分離することに成功、更に従来型ペレタイザーによる維管束 OPT ペレットの成形方法を確立した。本分野の社会実装を確かな段階に引き上げている。

3. RO 設備の能力増強を行い、樹液の糖度を直接的に高糖度まで上げる為の技術開発として、RO 設備の能力増強工事に着手した。本 RO 設備は MBR 設備と共にメタン発酵処理水や好気性処理放流水（MSABP 処理水）に残存する窒素、リン、カリウム、マグネシウム等液肥成分を回収、濃縮する為を導入したが、糖分原料としての要求糖液濃度である 20%以上まで引き上げるための濃縮能力を有しておらず、今年度 RO 設備の濃縮倍率増強を行った。具体的に高圧力が出せる高圧ポンプを購入、設置した。次年度以降フルスケール規模の濃縮データを採取する。また、この糖分回収、濃縮工程を有する OPT 処理御プロセスの中で、湿式摩砕～脱水処理プロセスの運転調整により、OPT に含有されるデンプンの分離・回収が同時に可能であることが判明した。分離回収するデンプンは糖分に変換する事が可能であり、OPT からの糖原料回収を最大化する事に貢献できる。

④ 研究題目2の研究のねらい(参考)

パーム農園内に放置せず、積極的に OPT を持ち出し、適正処理へ向かわせるための経済的インセンティブを与える技術開発を行い、パーム産業界の構造転換を促すのがねらいである。研究題目 2 で開

発する技術やプロセスを導入した際、パーム産業全体の持続性向上に至ったかを技術プロセスやコスト面から評価する。また、研究題目4のLCA解析のためのデータ取得やデータ提供の役割も担っている。さらに、持続可能で安価なOPT集材・調達システム構築への貢献も重要である。

新たに開発した「原料マルチ化プロセス」をパーム搾油工場に適用し、OPT、OPF、EFB、MCF、POMEの複合処理により「高い収益を維持しながらの環境対策」となるサラワクモデルを検証する。今年度、概ねプロセス開発に目処が立ち、次年度からは、得られた成果の改善および社会実装化のため、日本やマレーシア政府・業界関係者に対し、見学会やシンポジウムを含めた積極的な広報活動を再開したい。

⑤ 研究題目2の研究実施方法(参考)

研究題目2では、OPT製品化実証プラントの燃料用ペレット製造ラインを基軸に、ここから得られる副産物を用いた高付加価値製品製造プロセスを検証することで、バリューチェーンの構築を行っている。燃料用OPTペレット製造を基盤プロセスとして、製造時、発生する廃液からのバイオメタン回収による発電や、有機廃液からの灰分回収による液肥製造と低灰化水処理、さらにその有機廃液を利用したタンパク質生産等技術の開発を目指す。また、燃料よりも数倍高付加価値な製品として、OPT繊維に関しては、ナノセルロース、ウッドプラスチックなどへの展開も考えている。更に、近年注目が集まる航空機燃料としての液体燃料について、回収メタンガスを原料としたGTL（Gas To Liquid）による液体燃料製造への可能性や、強化型連続爆砕処理機開発を前提とした乾燥機を不要とするペレット製造プロセスの事業実現性の検証も試みる。



(4) 研究題目 3:「パーム農園の再植林による持続的土地利用・再生方法の開発」

日本人側主担当者 国際農林水産業研究センター（リーダー：近藤俊明・主任研究員）

国立環境研究所（サブリーダー：梁乃申・室長）

マレーシア側主担当者 マレーシア理科大学（リーダー：K. Sudesh Kumar・教授）

マレーシアパームオイル庁（サブリーダー：Nur Zuhaili Harris Abidin Zainal Abidin）

① 研究題目 3 の当初の計画(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

研究題目 3 では、伐採 OPT などのオイルパーム残渣の農園内放置に起因する「(1) オイルパームの生長不良や枯死をもたらす土壌病害菌発生」および「(2) オイルパーム残渣の分解に伴う GHG 発生」の 2 つの環境影響を評価することで、研究題目 1 および 2 で開発された OPT 利活用技術の社会実装へ向けた農園経営者（土壌病害菌）および国際的インセンティブ（気候変動）形成を図ることを目的とする。

中間評価実施年度にあたる令和 3（2021）年度は、両課題についてこれまでに得られたデータの取り纏めを行うとともに、コロナ禍に伴う渡航制限やマレーシア国内における移動制限の解除を見据え、次年度における現地野外調査の再開に向けた準備を行った。

以下に、「(1) オイルパーム残渣の農園内放置が土壌病害菌動態に及ぼす影響評価」および「(2) オイルパーム残渣の農園内放置に伴う GHG 発生量の評価」について、当初計画に対する成果目標の達成状況とインパクトの詳細を記す。

(1) オイルパーム残渣の農園内放置が土壌病害菌動態に及ぼす影響評価

伐採オイルパーム幹に代表されるオイルパーム残渣の農園内放置が、オイルパームの生長不良や枯死をもたらす土壌病害菌動態に及ぼす影響を明らかにするため、マレーシア国半島部のネグリスンビラン州に位置する土地利用履歴の異なる 4 か所のオイルパーム農園（新規植栽区 2 ケ所、再植栽区 2 ケ所）において、パーム残渣放置区と対照区（パーム残渣除去区）から土壌サンプルを採取し、定量 PCR 法およびメタゲノム解析を用いて土壌細菌量および土壌病害細菌量の比較を行った。その際、比較として近隣の原生林、択伐林、ゴム園からも土壌サンプルを採集した。なお、本研究課題ではオイルパームの生長不良や枯死をもたらす土壌病害菌として、葉腐病をもたらす細菌類 *Erwinia* spp.、立ち枯れをもたらす菌類 *Ganoderma* spp.、成長不良をもたらす菌類 *Fusarium* spp.、および芽腐病をもたらす菌類 *Thielaviopsis* spp. の 4 種類の土壌病害を調査対象とした。

原生林から択伐林、択伐林からゴム園やオイルパーム農園へのマレーシア国における代表的な土地利用変化パターンに沿って、各土地利用における 4 種類の土壌病害菌・細菌の出現頻度を測定した結果、① 葉腐病をもたらす細菌類 *Erwinia* spp. と他の 3 種類の菌類とは出現パターンが異なること、また、② 細菌類 *Erwinia* spp. を含む 4 種類全ての土壌病害菌・細菌は土壌環境中において極めて低頻度で存在することが明らかとなった（図 15）。

葉腐病をもたらす細菌類 *Erwinia* spp. については、オイルパーム農園のみで確認できた他の 3 種類の

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

菌類と異なり、原生林や択伐林においても僅かに存在した。また、有意な差は見られなかったものの、オイルパームの造成により細菌量が増加する傾向が見られた（図 15）。*Erwinia* spp. は原生林に自生するサゴヤシ *Metroxylon sagu* 等で感染が知られているが、モノカルチャーなオイルパーム農園ではその量が増加したと考えられた。しかしながら、その出現頻度はオイルパーム農園においても $0.058 \pm 0.218\%$ と極めて低いものだった。*Ganoderma* spp.、*Fusarium* spp. および *Thielaviopsis* spp. の 3 種類の土壌病原菌についても出現頻度はそれぞれ 0.003 ± 0.028 、 0.390 ± 0.710 、 0.061 ± 0.232 であり、4 種類の土壌病害菌・細菌は土壌環境中においては極めて低頻度で存在していることが明らかとなった。

これまでオイルパームの枯死や成長不良をもたらす土壌病害菌・細菌については、シャーレを用いた単離・培養や接種実験を中心に研究が行われてきたが、これら土壌病害菌・細菌は種間競争力に乏しいことから、土壌を介した感染拡大の可能性は低いことが示唆されている。本研究課題では野外から採集した土壌を培養の過程を経ることなく直接解析することで、野外環境下における実際の土壌病原菌・細菌の出現頻度を明らかにしたものであるが、その結果は従来の仮説を支持するものとなった。

一方、オイルパーム農園におけるこれら土壌病害菌・細菌の高い罹患率や土壌中における極めて低い出現率を考慮すると、これら土壌病害菌・細菌のオイルパーム個体への感染は、土壌や生育パーム個体間の根の接触に比べ、罹患個体に由来するバイオマス残渣の農園内放置によってより発生しやすいと考えられた。実際、パーム残渣放置区と対照区（パーム残渣除去区）において、*Erwinia* spp. および *Fusarium* spp. 量の比較を行った結果では、有意な差は見られなかったものの、パーム残渣除去区に比べ、放置区において土壌病原菌・細菌量が増加する傾向が見られた（図 16）。

しかしながら、土壌病原菌・細菌量は土壌サンプル間で大きなばらつきを示したことから、オイルパーム個体や放置される残渣における罹患の有無が、土壌への感染や他個体への感染拡大に影響をもたらすと考えられた。当該年度はコロナ禍の影響による渡航制限から、日本国内で保管されていた限られたサンプルのみを解析対象としたが、渡航や当該国内における移動などの制限解除が期待できる令和 4（2022）年度は、サンプル数や調査対象地を増やすとともに、罹患オイルパーム個体やそのバイオマス残渣の空間分布の解析等を通じて、伐採オイルパーム幹をはじめとするオイルパーム残渣の適切な管理指針を示していく予定である。

（2）伐採オイルパーム幹の農園内放置に伴う GHG 発生量の観測（PDM Output 3-3, 3-4）

農園内に放置されるパーム由来の有機物が土壌微生物によって分解される場合、膨大な量の CO_2 が一時的に大気中に放出されるものの、放出された CO_2 は新たに植栽されるパーム樹木によって吸収されるため、気候変動への影響はおおよそニュートラルとなるが、シロアリによって採餌される場合（図 36）には、腸内共生細菌によるセルロースの分解によって、 CO_2 の 28 倍の温室効果を持つ CH_4 として大気中に放出される。さらに、分解者でもある土壌病害菌の蔓延に伴うパーム樹木の生長不良は過剰な施肥の原因となり、 CO_2 の約 300 倍の温室効果を持つ N_2O の発生源となりうる。そのため、GHG の発生に係るパーム由来有機物の分解者の特定やその動態評価、および CH_4 や N_2O を含む GHG 発生量の直接観測は、気候変動に寄与しない持続的オイルパーム農園経営の実現において重要な指標となる。

そこで「（2）伐採オイルパーム幹の農園内放置に伴う GHG 発生量の観測」では、上述の「（1）オイルパーム残渣の農園内放置が土壌病害菌動態に及ぼす影響評価」で得られたメタゲノム解析データを用いた微生物群集機能評価から、① CO_2 発生量に強く関わるセルロースの分解（セルラーゼ）に関連

する遺伝子量、② CH₄ 発生量に強く関わる CH₄ 生成および分解に関連する遺伝子量、および③ N₂O 発生量に強く関わる硝化・脱窒に関連する遺伝子量の測定を行った。

原生林から択伐林、択伐林からゴム園やオイルパーム農園へのマレーシア国における代表的な土地利用変化パターンに沿って、各土地利用における CO₂ 発生量に強く関わると思われるセルロース分解に関連する遺伝子量を測定した結果、オイルパーム農園 1 サイトを除き、土地利用間でセルロース分解関連遺伝子量に有意な差は見られなかったのに対し（図 17）、パーム残渣放置区と対照区（パーム残渣除去区）の比較においても有意な差は見られなかったものの、パーム残渣放置区で僅かにセルロース分解関連遺伝子量の増加がみられた（図 17）。

Liang ら（unpublished data）が約 10 年に渡ってマレーシアの異なる土地利用において土壌からの CO₂ 放出量を測定した結果では、長期に渡るオイルパーム残渣の農園内放置に伴う土壌有機物量の増加によって、造成後約 10 年で土壌からの CO₂ 放出量が熱帯林とほぼ同等になることが明らかとなっている。そのため、本研究課題において確認されたオイルパーム農園における熱帯林と同等のセルロース分解関連遺伝子量やパーム残渣放置区における増加は、オイルパーム残渣の農園内放置に起因するもので、オイルパーム農園土壌からは熱帯林土壌と同等の CO₂ が放出されることが推定された。

また、CO₂ の約 28 倍の温室効果を持つ CH₄ 発生量に強く関わる CH₄ 生成・分解関連遺伝子量を測定した結果、原生林から択伐林、択伐林からゴム園やオイルパーム農園への土地利用転換に伴って CH₄ 生成関連遺伝子量が増加するのに対し、CH₄ 分解関連遺伝子量は減少する傾向が見られた（図 18）。

一般に、森林や農地の土壌においては嫌気性のメタン生成菌により CH₄ が生成され、好気性のメタン資化により CH₄ が分解されるが、生成量に比べ分解量が大きくなるため、土壌は CH₄ 吸収源として機能し、その量はメタン生成菌およびメタン資化菌の生態特性を反映して土壌空隙率や土壌水分量などに影響を受ける。そのため、本研究課題において確認されたオイルパーム農園土壌における低い CH₄ 吸収能はパーム果房の収穫や農園管理に伴う土壌踏圧に起因すると考えられた。これまでの年次報告書においても報告したようにオイルパーム残渣の主要な分解者が有機物の分解過程で CH₄ を放出するシロアリであることも考慮すると、多量のオイルパーム残渣が放置され、土壌による吸収能の低いオイルパーム農園からは膨大な量の CH₄ が放出されていると考えられた。

さらに、CO₂ の約 298 倍の温室効果を持つ N₂O 発生量に強く関わる硝化・脱窒関連遺伝子量を測定した結果、原生林から択伐林、択伐林からゴム園やオイルパーム農園への土地利用転換に伴い、土壌微生物群集における硝化・脱窒関連遺伝子量が有意に増加する傾向が見られ、オイルパーム農園では原生林に比べ最大で約 14 倍に上る遺伝子量が確認できた（図 19）。

オイルパーム農園では、1 個体あたり十数 kg に上る混合肥料を用いた施肥が年数回行われており、土壌病害に係る知見の欠如や比較的安価に混合肥料が入手できることから、病害により果房生産性が低下したオイルパーム個体にはより多くの施肥が行われる場合が多い。つまり、本研究課題で確認されたオイルパーム農園における高い硝化・脱窒関連遺伝子量はこうした大量の施肥を反映するとともに、オイルパーム農園からは原生林に比べ多くの N₂O が排出されていることを示唆するものと考えられた。

上述のように、「(2) 伐採オイルパーム幹の農園内放置に伴う GHG 発生量の観測」では、「(1) オイルパーム残渣の農園内放置が土壌病害菌動態に及ぼす影響評価」で得られたメタゲノム解析データを用いた微生物群集機能評価から、伐採オイルパーム幹に代表されるオイルパーム残渣の農園内放置が直

接的・間接的にオイルパーム農園からの GHG 発生に寄与している可能性を示すことができた。現在、コロナ禍に伴う渡航制限や当該国における州間移動規制のため現地での設置には至っていないものの、課題 3 においては OPT の分解等に伴い放出される GHG (CO₂、CH₄) を直接計測するためのマルチチャンネル式チャンバーシステムを構築し、現地での設置・計測の開始に向けた準備を進めている。具体的には、同地域内の個人所有のオイルパーム農園内に、3 つの異なる処理を施した 15 基のチャンバーを導入し、CO₂ および CH₄ の連続測定を行うことで、伐採 OPT や選定された大型葉 OPF の分解に伴い発生する CO₂・CH₄ 量およびシロアリや土壌微生物の寄与率を解明する (図 20, 21, 22)。また、コロナ禍に伴う渡航制限期間中に設計した CO₂・CH₄ の同時測定が可能なポータブルチャンバーシステム (図 42) を用いて、他地域のオイルパーム農園や他の土地利用においても CO₂・CH₄ 発生量の直接観測を行うことで、オイルパーム農園の造成・再植林および伐採 OPT に代表されるオイルパーム残渣の管理が GHG 発生に及ぼす影響評価を行う予定である。

(3) まとめ

上述のように研究題目 3 においては、研究題目 1 および 2 で開発された OPT 利活用技術の社会実装へ向けた農園経営者 (土壌病害菌) および国際的インセンティブ (気候変動) 形成を図ることを目的に、伐採 OPT などのオイルパーム残渣の農園内放置に起因する「(1) オイルパームの生長不良や枯死をもたらす土壌病害菌発生」および「(2) オイルパーム残渣の分解に伴う GHG 発生」の 2 つの環境影響の評価を行ってきた。

2020 年度と同様に、2021 年度もコロナ禍による渡航制限およびマレーシア国内における州間移動の禁止等により、野外調査の機会を得られなかったものの、日本国内で保管していた土壌サンプルを対象としたメタゲノム解析や土壌微生物群集の機能推定により、オイルパーム残渣の農園内放置に起因する土壌病害菌の発生や、CO₂ 以外の GHG 発生および吸収量の低下など、バイオマス利活用技術の社会実装へ向けたインセンティブ形成に係るデータを取得することができた。

プロジェクト初年度にあたる令和元 (2019) 年度後半に発生した新型コロナウイルスの世界的な感染拡大も収束に向かいつつあり、渡航制限や国内移動制限等の各種制限の解除が進んでいることから、2022 年度は当該国における現地調査を再開し、土壌病害菌評価のための追加土壌サンプルの採集や、オイルパーム残渣の分解に伴う GHG 発生量評価のためのマルチチャンネル式チャンバーシステムの設置を行う予定である。

研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

「(1) 伐採オイルパーム幹の農園内放置が土壌病害菌動態に及ぼす影響評価」では、マレーシア理科大学で修士号を取得した学生 1 名を対象に、JICA 長期研究員派遣制度を活用して筑波大学博士後期課程で受け入れ、土壌病害菌動態評価のための DNA・RNA 解析等の指導を行っている。現地カウンターパートと連携して当該学生の博士論文作成指導を行うことで、環境持続的なオイルパームプランテーション経営に向けた当該国研究者の育成による技術移転に取り組んでいる。

「(2) 伐採オイルパーム幹の農園内放置に伴う GHG 発生量の評価」については、コロナ禍に伴う渡航制限や当該国における州間移動規制のため、マルチチャンネル式チャンバーシステムの設置には至っていないものの、リモートによる測定手法の教示によって、当該国研究者が簡易の可動型チャンバー

を用いた GHG 測定を開始している。現在、コロナ禍に伴う各種制限の解除が進んでいることから、令和 4（2022）年度はマルチチャンネル式チャンバーシステムを当該国に設置し、現地協力機関と共同で運用を行っていくことで更なる技術移転を図る予定である。

① 研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

研究題目 3 の当初計画における目的は、伐採 OPT の農園内放置が土壌病害菌動態にもたらす影響の評価を通じて、研究題目 1 および 2 で開発された OPT 利活用技術の社会実装へ向けた農園経営者のインセンティブ形成を図ることである。

初年度における調査の結果、伐採 OPT の主要な分解者はシロアリであり、伐採 OPT はシロアリの腸内共生細菌による分解によって CH₄ として大気中に放出されること、また、土壌病害菌の蔓延に伴う過剰な施肥によって N₂O の発生が懸念されることなどが明らかとなった。こうした CH₄ および N₂O はそれぞれ CO₂ の 28 倍および 298 倍の温室効果を持つことから、OPT の農園内放置は気候変動にも影響を及ぼす可能性があり、2 年度目以降に実施したメタゲノム解析を用いた微生物群集機能評価からこうした GHG 発生を裏付ける結果が得られている。

そこで研究題目 3 では、土壌病原菌動態と併せて、GHG 発生に係る土壌微生物動態評価およびオイルパーム残渣の農園内放置に起因した GHG 発生量の直接観測を統合的に行うことで、バイオマス利活用技術の社会実装へ向けた国際的インセンティブ形成に係る研究も新たに行うこととした。

④ 研究題目 3 の研究のねらい(参考)

オイルパーム農園では、果房生産量の低下から約 25 年周期でオイルパームの伐採・再植林が行われるが、伐採された OPT は搬出に係る経済的負担等の理由から農園内に放置され、地球規模の環境問題をもたらす要因となりうる。例えば、パーム由来の有機物が土壌微生物によって分解される場合、膨大な量の CO₂ が一時的に大気中に放出されるものの、放出された CO₂ は新たに植栽されるパーム樹木によって吸収されるため、気候変動への影響はおおよそニュートラルとなるが、シロアリによって採餌される場合には、腸内共生細菌によるセルロースの分解によって、CO₂ の 28 倍の温室効果を持つ CH₄ として大気中に放出される。また、分解者でもある土壌病害菌の蔓延に伴うパーム樹木の生長不良は過剰な施肥の原因となり、CO₂ の約 300 倍の温室効果を持つ N₂O の発生源となりうる。そのため、土壌病害菌を含むパーム由来有機物の分解者の特定や動態評価、および CH₄ や N₂O を含む GHG 発生量の統合的観測は、気候変動に寄与しない持続的オイルパーム農園経営の実現において重要な指標となる。

研究題目 3 では、「(1) 伐採オイルパーム幹の農園内放置が土壌病害菌動態に及ぼす影響評価」および「(2) 伐採オイルパーム幹の農園内放置に伴う GHG 発生量の評価」の 2 つをサブ課題として設定し、伐採オイルパーム幹の農園内放置がもたらす影響を評価することで、研究題目 1 および 2 で開発された伐採オイルパーム幹利活用技術の社会実装へ向けた農園経営者（土壌病害菌）および国際的インセンティブ（気候変動）形成を図り、持続的オイルパーム農園経営の実現を目指す。

⑤ 研究題目 3 の研究実施方法(参考)

「(1) 伐採オイルパーム幹の農園内放置が土壌病害菌動態に及ぼす影響評価」においては、気候条

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

件や土地利用変遷の異なる半島北部ペナン州および半島中央部ネグリスンビラン州に調査サイトを設置し、複数の異なる複数のオイルパーム農園において、伐採 OPT 放置区と対照区から土壌サンプルを採取し、メタゲノム解析等による土壌病原菌の特定やその動態評価を行う。

「(2) 伐採オイルパーム幹の農園内放置に伴う GHG 発生量の評価」については、ネグリスンビラン州に設置したオイルパーム農園試験地において、(1) パーム由来有機物について異なる処理を施した 20 基のマルチ自動開閉チャンバー式 GHG 測定システムを用いて、GHG 発生量を連続測定するとともに、(2) メタゲノム解析等により、チャンバー内の土壌を対象に、1. 土壌微生物種組成、2. 土壌微生物量、および 3. 群集機能、の 3 つを評価することで、土壌病害菌を含む土壌微生物動態に対するパーム由来有機物の農園内放置の影響を明らかにする。

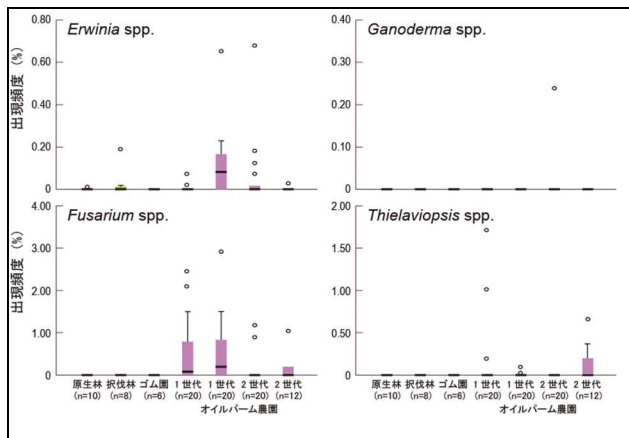


図 15. 土地利用変化が 4 種類の土壌病害菌・細菌の出現頻度におよぼす影響

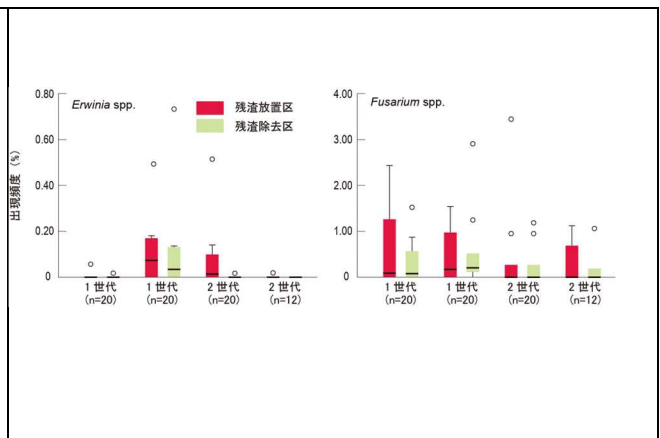


図 16. パーム残渣の農園内放置が *Erwinia* spp. および *Fusarium* spp. の出現頻度におよぼす影響

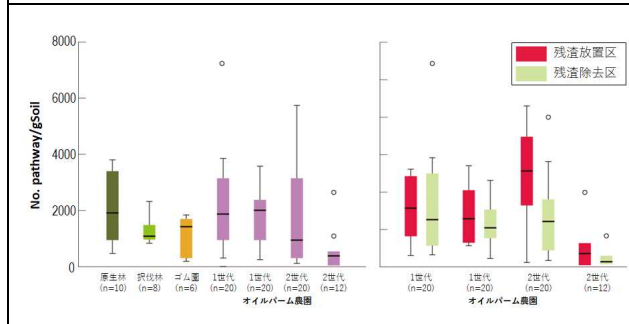


図 17. 微生物群集機能評価に基づく土地利用変化(左)およびパーム残渣の農園内放置(右)が CO₂ 発生・吸収ポテンシャルにおよぼす影響

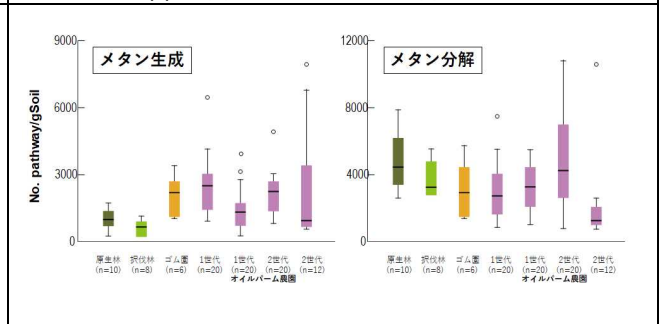


図 18. 微生物群集機能評価に基づく土地利用変化が CH₄ 発生・吸収ポテンシャルにおよぼす影響

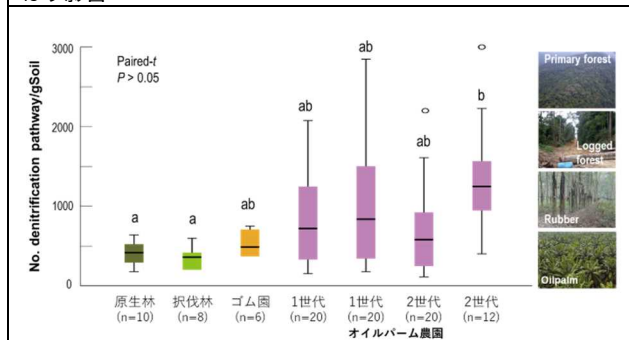


図 19. 微生物群集機能評価に基づく土地利用変化が N₂O 発生ポテンシャルにおよぼす影響

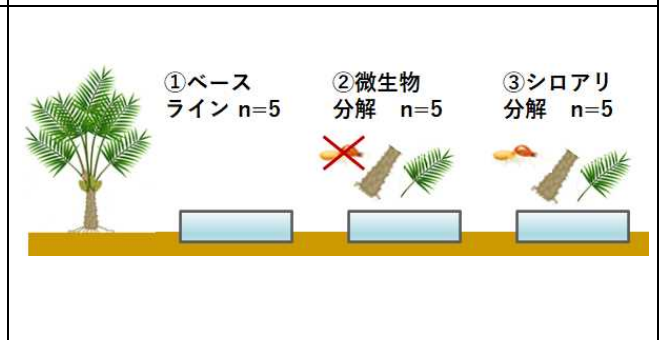


図 20. マルチチャンネル式チャンバーシステム(左)および異なる 3 つの処理を施した試験区の設定



図 21. マルチチャンネル式チャンバーシステム設置区概況(左)および調査地内で確認できたシロアリの塚(中央、右)

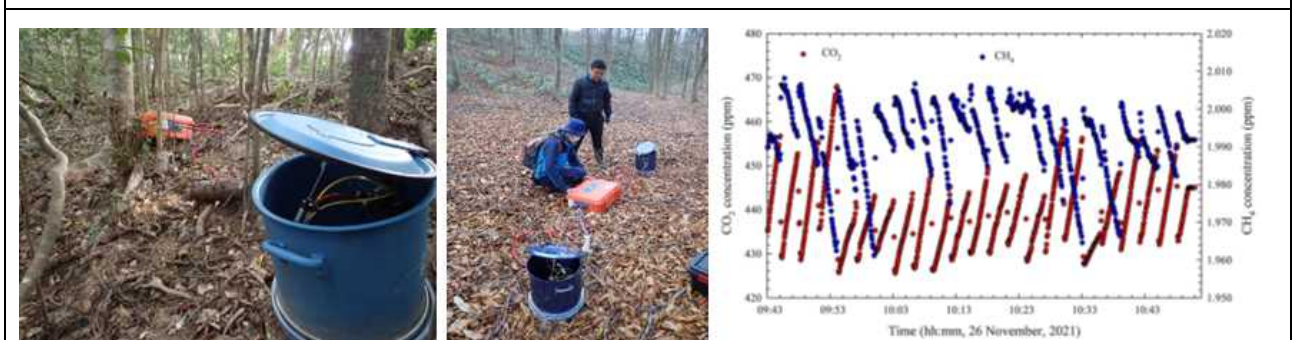


図 22. ポータブルチャンバーシステムの開発. 野外における予備観測の様子(左、中央)と得られた CO_2 および CH_4 フラックスデータ(右)

(5) 研究題目 4:「マレーシアにおける OPT 高付加価値化利用技術の導入による経済・社会・環境インパクトの評価」

日本人側主担当者 広島大学 (リーダー: 金子慎治・教授)

島根県立大学 (サブリーダー: 豊田知世・准教授)

① 研究題目 4 の当初の計画(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

PDM Project 4 および PDM Output 4 (OPT 付加価値化による経済・社会・環境インパクト) の達成を目指し、研究題目 4 では、OPT 高付加価値化技術が社会実装された際のパーム産業全体の持続可能性を議論するため、(1) 分析枠組みの開発: 経済、社会、環境それぞれのインパクトを同定・定量評価し、それらを総合評価可能な分析枠組みを開発すること、(2) 持続可能性の実証分析: 経済的、社会的に持続可能か、具体的なデータを用いて評価すること、(3) 政策分析・評価: OPT 高付加価値化技術が実装されたパーム産業全体の持続可能性を高めるための政策手段、について検討することを目的とする。また社会実装化への道筋作りとして、ステークホルダーへの広報活動等社会実装に必要な活動について取り組む。

【インパクト評価】

これまで、(1) 分析枠組みの開発、および (2) 持続可能性の実証分析 (環境影響評価、経済影響評価、社会影響評価) のため、パーム農地、搾油工場、OPT などのバイオマス残渣の加工工程など、実証分析に必要なパラメータの収集、データの整備を行った。また、(3) 経済性を評価するための財務関連

のパラメータ収集およびデータ整備を行った。また(4)政策分析・評価について検討し、(1)(2)(3)の枠組みを用いた評価として、最も理想的なパーム加工システムを新規に導入する際の優位性に関する検討を中心とすることとした。

図23は、(1)の検討結果をまとめたものである。開発した分析枠組みは、6つのサブシステムで構成されるパーム加工システムを定義し、これにリサイクルの対象範囲を占める4つのスコープを組み合わせる。

サブシステム1は、農地マテリアルであり、パーム農園の栽培からFFB(パーム生鮮果房)収穫までを対象とする。FAOによれば、マレーシアでは年間で平均18.6t/haのFFBが収穫されているが、研究題目3で計測される、パーム農園土壌や農園に放置された伐採OPTから排出されるGHG等の環境負荷を加えた総合的な評価を行う。

サブシステム2は、FFBからCPO(パーム粗油)を搾油する搾油プロセスであり、1トンのFFBからCPO 210kgと核油3.3kg、副産物としてEFB 230kg、MCF 170kg、PKS 90kg、POME 600kgが排出される。MCFと一部のPKSはボイラーの燃料として燃やし、搾油プロセスで使用する電気や熱に利用する。パーム残渣を燃料に、工場内でボイラーや発電機を使う場合、これらの熱量やCODを基準に、発電可能量やエネルギー供給可能量を推計する。

サブシステム3は、CPOからパーム精油に加工する精油プロセスであり、いくつかの搾油工場からCPOを集め、精油へと加工するプロセスである。その工程はどのシナリオにも共通しているため、全体のとりまとめが終わった後、最後に加える。

サブシステム4は、サブシステム2のバイオマス残渣であるEFBをペレットとして加工するプロセスである。EFBは通常チップに加工し、パーム農園の土壌にまかれていたが、ペレット製品として商品化するプロセスを想定している。

サブシステム5は、通常パーム農園に放置していたOPTを工場に集めペレット化するプロセス、サブシステム6も同様に、農地に放置していたOPFをペレット化するプロセスである。

POME処理技術については、別途比較対象を特定し、検討に加える。具体的には、1)オープンラグーンで処理する方法、2)ラグーンにカバーをかけ(カバーラグーン)、集めたメタンガスを燃焼して処理する方法、3)カバーラグーンでメタンガスを回収し、そのメタンガスを燃料として工場内に電熱併給する方法、4)ICリアクターを用いてメタンガスを回収し、そのメタンガスを燃料に電熱併給する方法(課題2の実証実験の成果を利用)、の4つの処理技術を対象とする。

次に、リサイクルの範囲を示す4つのスコープは次の通りである。

まずスコープIは、現状シナリオであり、3つのサブシステム(SS1、SS2、SS3)からなる(図24)。SS2で発生するEFBをペレットとして加工せず、チップにして農地に撒くところが、他のスコープと異なる。スコープの適用範囲と4つのPOME処理技術の方法と組み合わせて、実証分析のためのシナリオを設定する。スコープIでは、3つのシナリオを設定し、ScopeI-1は、1)オープンラグーンで処理する方法、ScopeI-2は2)カバーラグーンでメタンガス燃焼処理する方法、ScopeI-3では4)ICリアクターを用いて熱電併給する方法、とした。ScopeI-3では、ICリアクターから発生する熱電を工場ですることを想定している。ICリアクターでメタンガスが回収され、熱や電気へと変換されたエネルギー量は、SS2の搾油工場に必要なエネルギーよりも大きい。そのため、通常搾油工場から出るバイオマス残渣で

【令和3年度実施報告書】【220531】

あるメソカップファイバーは、燃やして工場内の熱や電気として供給しているが、メソカップファイバーを燃やす必要がなくなり、新たなバイオマス残渣となることが予測されるため、リサイクル方法の検討が必要となる。

スコープ II は、SS1 と SS2、SS3 に、SS4 を追加する（図 25）。スコープ I では、EFB は農場に撒いていたが、スコープ II では、ペレットとして加工する。EFB をチップにする SS4 の追加によって、全体に必要な電気や熱量も増加する。そのためスコープ II-1 は、通常燃料として販売していた PKS を、SS2 と SS4 に必要な熱や電気の燃料として利用する必要がある。一方、スコープ II-2 は、POME 処理を 3) カバーラグーンでメタンガスを回収し、SS2 と SS4 への熱電供給源として利用するため、追加的な PKS の投入は必要なく、PKS は燃料として販売可能である。また Scope II-3 は、POME 処理を 4) IC リアクターを用いて工場内に熱電供給する方法である。

スコープ III は、スコープ II に加え、SS5 である OPT をペレットとして加工するプロセスを追加する（図 26）。スコープ I と II では、伐採された OPT はパーム農園にそのまま放置されることを想定されていたが、スコープ III では農園から OPT を回収し、ペレット加工して商品化することを想定している。スコープ III-1 では、POME 処理を 3) カバーラグーンで発電し、工場に熱電供給する方法を用いる。スコープ III-2 では、POME 処理を 4) IC リアクターによって発電し、工場に熱電併給する方法を用いる。ただし、IC リアクター導入によって、工場が必要となるエネルギー需要量が満たされる場合、工場内で必要なボイラーの燃料としていたメソカップファイバーを燃やす必要がなくなるため、SS4 の EFB ペレット化と合わせてペレットにする方法が考えられる。なお、スコープ I とスコープ II では、伐採 OPT が農園に放置されることによって、研究題目 3 で想定されるように、土壌劣化や GHG の追加的な排出が懸念されている。スコープ I と II では、このような伐採 OPT が農園に放置されることによって発生する環境負荷も評価対象とする。スコープ III は、伐採 OPT を農園から持ち出すことによる追加的なコストや環境負荷が発生するが、伐採 OPT を農園から取り除くことによる環境改善効果も期待される。そのため、他の研究課題の結果も含めた総合的な評価を試みる。

スコープ IV は、スコープ III に加え、農地に放置されていた OPF も回収し、ペレットとして加工するプロセスを追加する（図 27）。スコープ IV-1 では、POME 処理を 3) カバーラグーンで発電し、熱電併給する方法を用い、スコープ IV-2 では POME 処理を 4) IC リアクターにて処理し、工場内に熱電併給する方法である。

以上により、4つのスコープをもと、10のシナリオを設定し、各サブシステムに投入されるインプットとアウトプットの指標を整理したうえで、環境、経済、社会的な影響評価を実施する。現時点のシナリオ別のアウトプットは表 1 に示す。ここでは、典型的なパームミル工場（FFB 処理能力 50 トン/日、24 時間 250 日稼働の年間 30 万トン FFB）を想定し、1 年間で FFB 30 万トン収穫できる範囲を 16,000 ヘクタールと設定し、その範囲の OPT と OPF を収集することとした。

10 のシナリオ同士の実証分析結果を比較することで、OPT のペレット化によるリサイクルが経済性、環境性、社会性にどのような意味を持つのかを理解することができる。なおパーム樹木の平均更新期間が 25 年であることを踏まえ、分析期間は 25 年間とし、それぞれのスコープとシナリオの包括的な評価を試みたうえで、シナリオごとの実現可能性および持続可能性を評価する。

2021 年度までの利用可能なデータ収集範囲における、10 シナリオ別の CO2 換算結果を図 A にま

とめた。パーム農園からの GHG 排出データが利用できないため、農地からの排出量が含まれていないが、ミル工場、POME からの排出量を含め、CO₂ 換算している。課題 3 で推計される、農地からの GHG 排出量を含め、パーム産業全体の LCA 評価とするため、図 28 は限定的な推計結果である。

また、経済性は COP の他、FOB、EFB や OPT から作るペレット、PKS の他、工場で使いきれない電力をインドネシア国内で販売した場合を想定して推計を試みる（図 29）。農地から OPT や OPF を回収する費用、ミル工場の固定費および管理運営費用、ペレット製造費用や IC リアクター、および POME 管理費用を含めた費用データを含めたのち、最終的な経済評価を行う。なお、経済的な内部収益率の評価の他、GHG 削減効果を環境価値として評価した、経済的内部収益率の評価も行うこととする。

【社会実装化】

2021 年 12 月にマレーシア標準局（Department of Standards Malaysia）のもと、オイルパームバイオマスの CoC（Chain of Custody）に関するワーキンググループによってマレーシア持続可能性パームオイル（MSPO）認証における「パームバイオマス CoC」（図 30）素案「Malaysian Sustainable Palm Oil (MSPO) chain of custody of oil palm biomass」が示され、パブリックコメントの募集があった。スコープ（範囲定義）として、「本マレーシア規格は、マレーシアの持続可能なパーム油(MSPO)のサプライチェーン(CoC)のオイルパームバイオマスの要件を規定し、MSPO 認定材料のトレーサビリティと調達へのコミットメントを実証するために使用する。」としている。その中で、パームバイオマスは「液体バイオマス」と「固体バイオマス」に分けられ（3 条 12 項）、「液体バイオマス」は、「パーム油工場の廃液からの残留油、空果房、メソカーブ繊維などの液体状態のオイルパームバイオマス」とし、「固体バイオマス」は、パーム油の粉碎プロセスからパームカーネルシェル(PKS)やオイルパーム繊維(MCF と EFB)などの固体状態のオイルパームバイオマス、またプランテーション活動(剪定および植え替え中)からのオイルパームフロンド（OPF）とオイルパームトランク（OPT）と定義される。これらバイオマスの具体的な利用・製品化の例として、「液体バイオマス」は、汚泥パーム油、パーム繊維油、高酸性油などの液状バイオマス製品とし、また「固体バイオマス」は、パームカーネルシェル、オイルパーム繊維、バイオペレット、ブリケット、活性炭、木材パネル、デカンタ/パーム油ミル廃液ケーキなどの固体バイオマス製品とされていた。「液体バイオマス」に対する我々からのコメントとして、OPT や OPF の重量の 7 割近くの水分、すなわちジュースも液体バイオマスと定義するべきとし、バイオガスやバイオエタノールなど燃料等も製品化例として挙げるように促した（図 31）。また「固体バイオマス」に対しては、本プロジェクトでも検討を行う予定のナノセルロースやコンボジットの製品化を提案した。また【4 条 5 項 原則 5:環境・天然資源・GHG 排出量】では、再生可能エネルギー利用の推奨に対して具体的に「OPT、OPF や POME（廃液貯留池）からの液体バイオマスの利用」を明記するように提案し、4 条 5 項 4 で指標とされる GHG 排出量に関しては、POME のみの記載であったが、OPT や OPF の農園放置による新たな GHG 排出源にも言及するように提案した。

本パブリックコメントの取り扱いは、Malaysian Palm Oil Certification Council（MPOCC：マレーシアパームオイル認証評議会）のスケジュールによれば、2022 年 12 月まで各ステークホルダーに回覧され最終的改定案として取りまとめられる。そして 2023 年 1 月から改定された MSPO スタANDARDとして義務化される。我々のコメントが反映されることを期待している。

② 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

2020 年は先行研究をもとに、OPT 高付加価値化技術が社会実装された際のパーム産業全体の持続可能性を評価するための基本的な分析フレームワークを組み立てている段階であり、現地への技術移転の段階には至っていない。2022 年度より、パーム産業全体を評価した LCA の分析手法について、現地協力機関と情報共有しながら、経済的な妥当性を含めた実現可能性について議論を進める予定である。

③ 研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

研究題目 4 の当初計画では、伐採 OPT 利用によるバイオマス産業全体の環境負荷および社会経済的效果を評価することであった。

研究題目 2 において、未利用バイオマスである伐採 OPT に加え、パームミル工場から発生する EFB、パームが成長する過程で農場から発生する OPF を同一のプロセスですべてペレット化するシステムの技術開発に成功したことから、IC リアクターによる POME 処理方法の想定を含めて、新しいシステムの社会経済的效果を研究課題 4 の中心的なシナリオとして検討することとした。

また、当初予定では、現地でカウンターパートと協力して、現地のパームミル工場やパーム農場で収集・観測したパラメータを利用する計画であったが、2019 年は予算的な制約、2020 年からはコロナ禍での渡航禁止などの理由から、実現できていない。そのため、実証分析に必要なデータは、他の研究題目から得られるデータ以外では文献から得られるデータを用いざるをえない状況である。

③ 研究題目 4 の研究のねらい(参考)

本研究題目は、OPT 高付加価値化技術が社会実装された際のパーム産業全体の持続可能性を議論するため、マレーシアの具体的なデータを用いて経済、社会、環境それぞれの分野に対するインパクトを同定・定量評価し、それらを総合評価可能な分析枠組みを開発することで、パーム産業全体の持続可能性を高めるための政策手段の検討を目指すものである。

また、マレーシア国のパーム産業を監督する省庁を交えた意見交換など、コロナ前にはできるだけコミュニケーションを図っており、OPT 利用技術普及に向けた広報活動は不可欠な活動であった。しかしコロナ禍中の人事交代や移動等により活動も遠ざかってしまい、ゼロからのやり直しとならざるを得ない状況となった。前述した ByPalma 国際会議のような専門性の高い学術会議にリモートながら参加できたことは幸いであった。

研究題目 4 においては、得られたプロジェクト成果を、如何に社会・環境・経済へインパクトを残すかが重要なテーマであり、関連するステークホルダーへのプロジェクトの認知や知名度向上につながる。次年度より渡航制限や移動制限も大きく緩和を検討する政府方針であることから、分断された部分の補完やキャッチアップへ向けた活動を行ってゆきたい。

⑥ 研究題目 4 の研究実施方法(参考)

今後の実施手法として、(1) 積極的にパームバイオマスをリサイクルしない場合（ベースラインシナリオ）、(2) 積極的にパームバイオマスをリサイクルする場合 A [パームヤシ殻 (PKS)、パーム

空果房（EFB）、パーム幹（OTP）、パーム葉柄（OPF）を個別にリサイクルする場合]、(3) 積極的にリサイクルする場合 B [統合プロセスによって全て一貫してリサイクルする場合] のライフサイクル環境負荷の違いを算出する。そのために、以下の取り組みを予定している。

1) 分析枠組みの開発

- ・ベースラインシナリオとリサイクルシナリオの確定
- ・土地利用モデルの具体化・精緻化と統合
- ・社会的インパクト評価のための基礎的検討

2) 持続可能性の実証分析

- ・持続可能性の実証分析ツールの開発
- ・製造プロセスにかかるマテリアルフロー分析
- ・LC-CO2、LC-GHG_s、LCA それぞれに必要な原単位データベース構築
- ・製造コストや製品の販売価格など費用便益分析に必要な金額データベース構築

3) 政策分析・評価

- ・パーム産業全体の持続可能性が消費者の選好に及ぼす影響の分析
- ・RSPO（Roundtable on Sustainable Palm Oil：持続可能なパーム油のための円卓会議）、MSPO（Malaysian Palm Oil Certification Council：マレーシア持続可能なパーム油基準）、ISPO（Indonesian Sustainable Palm Oil：インドネシア持続可能なパーム油基準）からの今後の認証制度に関するヒアリング・情報収集

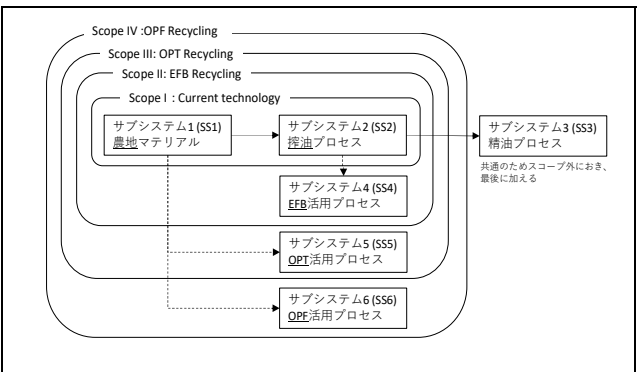


図 23. サブシステムとスコープの設定

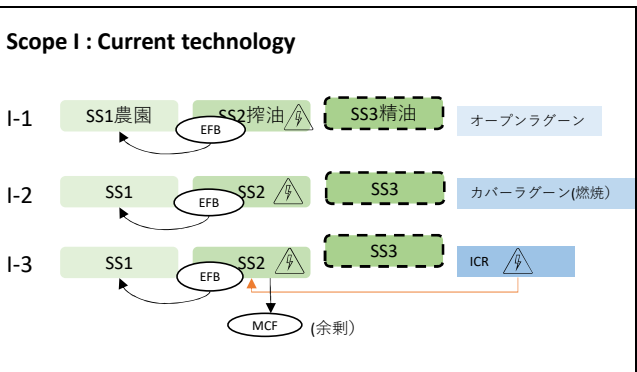


図 24. スコープ I の設定

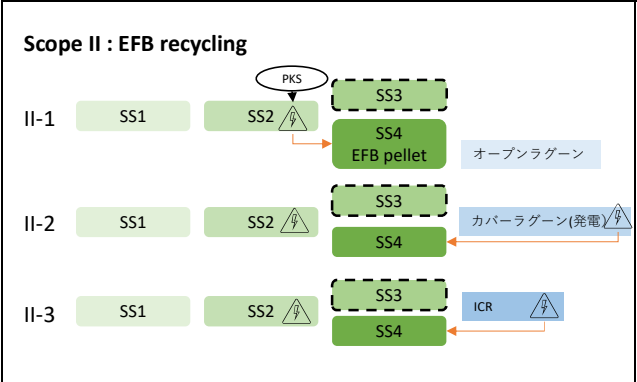


図 25. スコープ II の設定

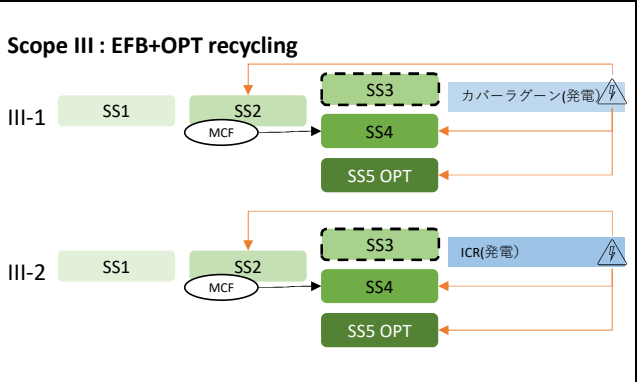


図 26. スコープ III の設定

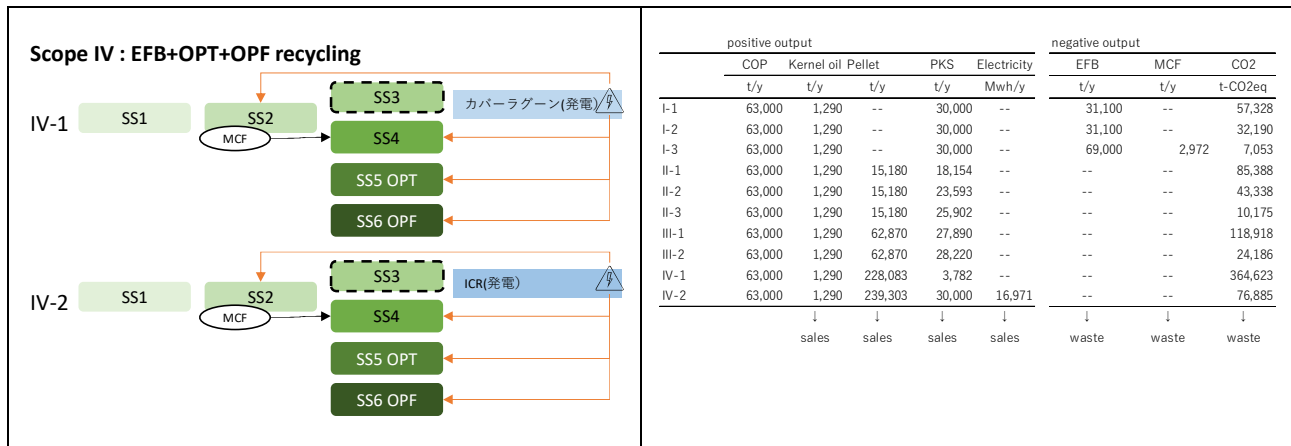


図 27. スコープⅣの設定

表 1. シナリオ別アウトプットの概算

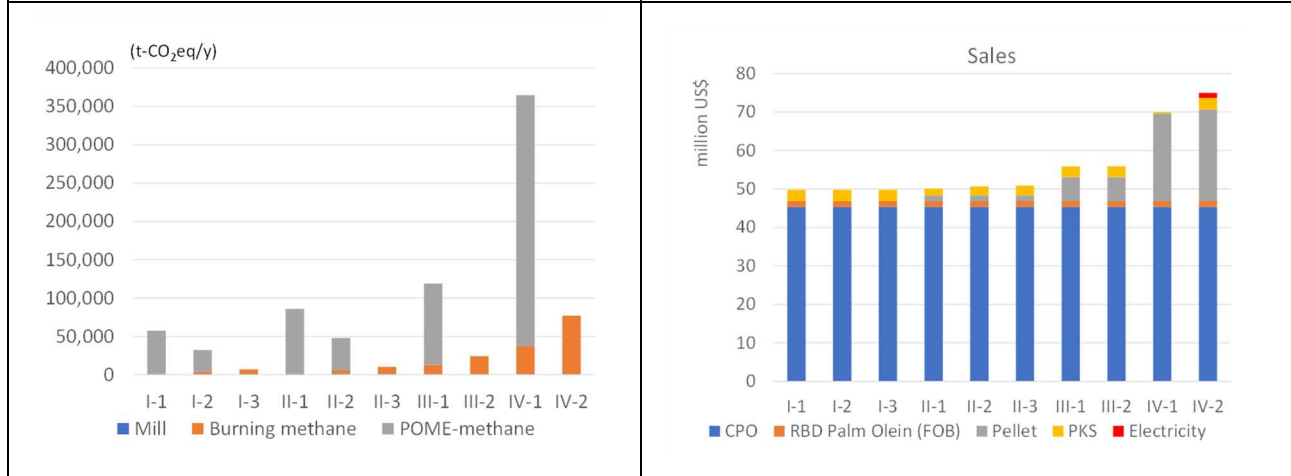


図 28. シナリオ別年間 CO2 排出量の推計結果(農地からの排出量は含まず)

図 29. パーム産業年間売上高の推計

図 30. オイルパームバイオマス持続可能性のCoC (Chain of Custody) に関するワーキンググループによるマレーシア持続可能性パームオイル (MSPO) 認証へのパブリックコメント

Clause no./ Subclause no./ Annex/Figure/ Table/ Line	Type of comments	Commentor	Comment (justification for change)	Proposed change
3.12.1 Liquid biomass	G/T	SATREPS	Oil palm biomass in liquid state are not only POME, residual oil from EFB and MF, but also dewatered sap/juice derived from OPT and OPF. When processing OPT and/or OPF, which contain approx.75% sap rich in sugar, their sap derived from OPT/OPF shall be properly treated to meet the Malaysian national standard of waste water treatment. Because the sap rich in sugar would be converted into methane depending on environmental conditions.	3.12.1 Liquid biomass oil palm biomass in liquid state such as residual oils from palm oil mill effluent, empty fruit bunches, and mesocarp fibre, and sap rich in sugar derived from oil palm trunk and oil palm frond. NOTE. Example of liquid biomass product such as sludge palm oil, palm fibre oil, high acid oil, oil palm trunk (OPT) sap and oil palm frond (OPF) sap for biogas, biomethane, bioethanol and other chemical raw materials.
3.12.2 Solid biomass	G/T	SATREPS	Regarding solid palm biomass, as examples of solid biomass product, they can also be converted to cellulose nano fibre (CNF), composite, and etc.	NOTE. Example of solid biomass product such as palm kernel shell, oil palm fibre, bio-pellets, briquettes, activated carbon, wood-based panel and decanter/ palm oil mill effluent cake, cellulose nano fibre (CNF) and composite.
4.5.1.2 Indicator 2: The use of renewable energy	G/T	SATREPS	Oil palm biomass is a source of renewable bioenergy. For example, methane derived from POME, OPT/OPF sap shall also be encouraged to use as biogas/biomethane when being converted into fuel pellet or producing other applications.	4.5.1.2 Indicator 2: The use of renewable energy shall be encouraged and applied where practical. Especially oil palm biomass is a source of renewable biomass energy such as methane recovered from POME and OPT/OPF sap.
4.5.3 Criterion 3: Waste management and disposal 4.5.3.1 Indicator 1	G	SATREPS	Tremendous amount of oil palm biomass are generated as waste and waste water. Such unused biomass can be converted into bioenergy, biomaterials and sustainable chemical raw materials by using existing technologies and state of the art technologies. When they are not properly treated, they are sources of GHG, water pollution, soil pollution	4.5.3 Criterion 3: Waste management and disposal All waste products and sources of pollution shall be identified and documented, and a waste management plan shall be established and implemented. There shall be no use of fire for waste disposal except in situations allowed under the legal framework. 4.5.3.1 Indicator 1: A waste management plan to prevent and minimize pollution shall be developed and implemented. The waste management plan shall include measures for (but not limited to): a) Identifying and monitoring sources of waste and pollution, and b) Improving the efficiency of resource utilization such as palm biomass both of solid and liquid state and recycling of potential wastes and/or converting them into value-added by-products, where applicable.
4.5.4.1 Indicator 1	G	SATREPS	In terms of GHG emission from palm oil industries, tremendous palm biomass and POME unused in plantation and palm oil mills would also be GHG emission source when they are not properly treated. For example, huge amount of OPT and OPF are generated and they are left over on the plantation for soil reduction. However, depending on anaerobic circumstances or termite rich conditions, it may be GHG emission source. In order to get rid of GHG emission from oil palm industries and to produce more sustainable palm oil, OPT/OPF may be properly remove from plantation to outside to be reused as fuels, materials etc.	4.5.4.1 Indicator 1: The organization shall identify relevant GHG emission sources and encourage reduction of GHG emissions where possible. In terms of GHG emission from palm oil industries, tremendous palm biomass and POME unused in plantation and palm oil mills would also be GHG emission source when they are not properly treated. For example, huge amount of OPT and OPF are generated and they are left over on the plantation for soil reduction. However, depending on anaerobic circumstances or termite rich conditions, it may be GHG emission source. In order to get rid of GHG emission from oil palm industries and to produce more sustainable palm oil, OPT/OPF may be properly remove from plantation to outside to be reused as fuels, materials etc.
Note : Types of comments Ge = General Te = Technical Ed = Editorial				

図 31. ワーキンググループによるマレーシア持続可能性パームオイル (MSP0) 認証へのパブリックコメントの提案内容。黄色マーク及び赤字が修正提案箇所

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し(公開)

・研究題目1 昨年度と同様、糖蓄積メカニズム解明に向けて取り組むと共に、OPT のもつ特徴（地域、農園環境など）との関連も考察を行う。また引き続き研究題目2との連携にて OPT 幹中のデンプンの回収や濃縮方法を検討することで、糖度の高い糖液調製方法を確認する。OPT 調達への基礎的研究として、伐採 OPT の農地還元と間作作物の生長に関して苗木を使った実証試験や、OPT 樹液廃液処理から得られる液肥成分（塩類）を使い、伐採 OPT が間作作物の生長に与える影響やパーム苗木の成長や施肥効果等、農園側へメリットを還元できるデータの取得にとり組み、論文等科学的知見に基づいた公表や広報活動を引き続き行う。また OPT 樹液中のフリージカル消去物質の同定を進めると共に樹液を使った化粧品の商品化を進める。

・研究題目2 サラワク州での OPT 調達モデル検証の為に、原料マルチ化プロセスによる複合処理モデルの技術実証・連続運転を進め、パーム農園と搾油工場とを統合した調達システム構築の社会実験を実施する。この取り組みを成功させ、第二、第三のパーム農園や搾油工場の出現を期待し、技術普及と廃棄物ゼロへの啓蒙活動を推進し社会実装をより確実なものへ進める。具体的には、サラワクモデル実証結果を、RSPO や MSPO 等パーム油認証機関に情報提供や情報共有し、廃棄されるバイオマスを含めパーム油産業の持続可能性認証を検討するよう促す活動に繋げたい。また、高糖度の樹液の調整では高圧濃縮機を導入、またクランププロセスにおけるデンプンの回収に対してもどの工程で回収可能か目処が立ち始めている。実証レベルで高糖度が達成できれば、OPT 樹液からの持続可能性の高い糖質生産の目処が付けられる。

一方、本題目では特に燃料用 OPT ペレット製造を基軸プロセスとして、製造時、発生する廃液からのバイオメタン回収による発電や、有機廃液からの灰分回収による液肥製造と低灰化水再利用などカスケード的な利用技術の開発を行っていることから、燃料よりも数倍高付加価値な製品製造プロセス開発の検討も同時に行っている。例えば OPT 繊維に関しては、OPT 維管束ペレットだけでなく、ナノセルロースへの展開も考えている。更に、近年注目が集まる航空機燃料としての液体燃料について、回収メタンガスを原料とした GTL (Gas To Liquid) による液体燃料製造への可能性や、ペレットプロセスを革新的に安価に安定化させる「乾燥機を不要とするペレット製造プロセス」の試験や実機検証も試みる。

・研究題目3 シロアリによる伐採 OPT の採餌・分解に伴う CH₄ ガスの発生など、オイルパーム残渣の農園内放置に起因した GHG 発生量の測定に向け、CO₂ と CH₄ の同時測定が可能なマルチチャンネル式チャンバーシステムを 2022 年度に個人所有のオイルパーム農園に導入する。3 つの異なる処理を施した 15 基のチャンバーを用いることで、伐採 OPT や選定された大型葉 OPF の分解に伴い発生する CO₂・CH₄ 量およびシロアリや土壌微生物の寄与率を解明する。また、JICA 長期研究員派遣制度を活用して筑波大学博士後期課程で受け入れた当該国研究者 1 名について、土壌病害菌動態評価のための DNA・RNA 解析等の指導を引き続き行うとともに、現地カウンターパートと連携し博士論文作成指導を行うことで、環境持続的なオイルパームプランテーション経営に向けた当該国研究者の育成による技術移転に取り組む。得られた成果を RSPO や MSPO などのパーム油認証機関に積極的に提供し、気候変動や農地管理に関わるパーム油認証基準の高度化を促すことで、伐採 OPT 利活用技術の社会実装による地球規模環境問題の解決に貢献していく。

・研究題目4 オイルパーム農園からは伐採 OPT に加え、果房収穫の際に剪定される OPF や搾油後の EFB など様々な農作物残渣が得られることから、バイオマス利活用技術を活用した様々なタイプの高付加価値化製品の開発が可能である。しかしながら、どの製品に市場性があり、収益性が高められるかについては不確実性があり、研究者による限られた情報やアイディアのなかで、これらを確定的かつ限定的にバイオマス利活用シナリオに含めることは難しく、将来予測の精度に問題が発生する可能性がある。そのため、マレーシア側共同研究機関と共同で、主要な原材料についてのビジネスへの展開も検討し、その結果を将来の農作物残渣を活用した高付加価値化製品製造のシナリオに反映させることにより、より精度の高い LCA 分析や社会的費用便益分析を行う。

プロジェクトの広報、キャパシティービルディング、アウトリーチ、社会実装化活動としては、今年度同様に国際会議での特別セッションやワークショップ開催などを進めてゆく。また新型コロナウイルス感染拡大により、途絶えてしまっていた共同研究者招聘も状況を見て再開させると共に、第一次産業省を代表とするパーム産業を所管する監督省庁や RSPO や MSPO などパーム油認証機関との意見交換も再開する。

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)

(1) プロジェクト全体

- ・ プロジェクト全体の現状と課題、相手国側研究機関の状況と問題点、プロジェクト関連分野の現状と課題。

新型コロナウイルス感染症拡大に伴い、渡航制限やマレーシア国内での移動規制により、研究進捗に関して遅れや影響が出ている。その影響によりこれまで培ってきたマレーシア側公官庁への繋がりや、その間の人事異動等も相まって途切れてしまっている。PDM Project Purpose 2 (MSPO や RSPO への OPT を使用するための推奨事項の提言等) に関連する政府機関や認証機関等への意見交換や政策提言および広報活動もコロナの影響によりかなり制限されたものになっている。またマレーシアにおいて長期の移動禁止令が発出されていたことから、マレーシア側の研究活動には大きな影響が出ており、現地研究進捗の遅れが続いている。

一方、プロジェクト開始当初、マレーシア側参画機関の一部にプロジェクトの重要性や推進体制においてちぐはぐな箇所が見られた。これは、プロジェクト開始年度に担当者の退職などが重なり、引き継ぎがうまくゆかなかったせいでもある。その整理やフォローが十分でない中、新型コロナウイルス感染症拡大や渡航禁止となってしまったことから、なかなか足並みを揃えることが厳しく研究題目4のカウンターパートの決定の遅れにもつながった。しかし、オンラインながら毎年の JCC や、マレーシア側代表機関や参画機関との度重なる個別会議によりマレーシア側のプロジェクトに対する認識が変わってきている。特に多くの民間企業の参画は、マレーシア政府 (MOE: マレーシア高等教育省) においても大きな興味を引くことにととなり、プロジェクトへの注目度・期待度が上がったと感じている。その現れか、今年度、マレーシア側参画研究機関から自発的に CRA (Collaboration Research Agreement) をプロジェクト参画全機関で改めて再締結させて欲しいとの要望があり、既存の CRA を更新することとなった (図 32)。プロジェクト開始前、全参画機関での CRA 署名を検討していたが、時間的な制約があ

り、十分な説明もできずに、両国代表機関同士での CRA 締結としていた状況であった。しかし、今回のような自発的な契約書の取り決めの要望は、まさにマレーシア側においてもプロジェクトの重要性を理解した結果であると考えている。このようなマレーシア側からの自発的な申し出は非常に歓迎される事象であり、プロジェクト中盤を越え、より一層の相互協力が期待できると考える。新型コロナウイルス感染症により、研究当初から身動きが取りにくい状況となったものの、マレーシア側の研究理解や認識変化は歓迎すべき事と考えている。

日本側の研究推進においては、リモートによる設備設置業務の指示や、プロセス改良における指示や指導体制を早期に構築したこともあり、研究題目 1 や 2 は予想以上に研究推進が出来ている。特にクルアン OPT 実証試験地においては、現地管理会社を通じ毎日の打合せや、進捗状況の把握や定期報告会を通じ様々な技術開発が行われておりきめ細やかな対応ができていていると感じる。一つは PDM Goal や PDM Project Purpose そして PO にも述べられている、プロジェクトをベースとした社会実装化への IHI・パナソニック・日新商事の積極的、協力的な理解や取り組みがなされており、極めて協力関係は良好である。また社会実装化への大きな障壁であった OPT 調達メカニズムは、EFB ペレット製造と OPT 調達を組み合わせたサラワクモデル、OPT 樹液中に含まれるフリージカル消去能などの資源価値向上化を検証したことで、本格的な社会実装化へより前進した。PDM Goal や PDM Project Purpose に記載のある、パーム産業から廃棄バイオマスを使った新産業創出や雇用創出を通じたパーム産業全体の持続可能性向上に資することは間違いないと考える。



図 32. 今年度新たに改定した CRA の表紙と全参画機関責任者の署名一覧

当初の CRA は両国代表機関(国際農研とマレーシア理科大学のみの署名)であったが、今年度、MOE やマレーシア他参画研究機関の強い要望により、改めて全機関での署名を行った。今年度新規参画メンバーとなった日新商事はアmendメントにて対応する予定。

・各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・インパクト・持続性を高めるために実際に行った工夫。

新型コロナウイルス感染症拡大のプロジェクトへの影響を食い止めるために、マレーシアにおいて実施予定であった研究や実証試験の多くをリモート体制で実施している。通常、導入機器の設置や試験運転、また保守と補修工事においては、日本側の担当者が現場不在では難しいと言われてきたが、現地

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

に赴かずともリモートによる遠隔操作により設置工事から試運転、完成検査までできることが明らかとなった。特に大型機器の入っている実証試験地においては、通常、プロセス運転やメンテナンスにおいても多数の現場スタッフが必要であるが、OPT を熟知している管理者に協力を仰ぐことにより運営管理が可能となった。またパナソニックのプロジェクト参画により、OPT の資材化への知見や製造プロセス開発が大きく進んだ。これまで家具材原料として依存していた熱帯林資源の利用を段階的に引き下げる事に繋がり、OPT の積極的利用が進むことへ繋げたい。コロナ禍の長期化のため、OPT 維管束ペレットを日本へ輸出し、日本で家具材製造を行っているが、本来はマレーシア等現地生産がより好ましく、地産化へ向けた動きも加速している。また「原料マルチ化プロセス」は、サラワク州での OPT 調達モデルの実証試験へと、一足先に技術検証へと進んでいる。これらは社会・経済・環境評価として研究課題 4 のシナリオモデルとまた PDM output 4 のインパクト評価に対する研究活動となり、パーム産業から出てくる廃棄物利用において技術実証を含め、かつてこのような包括的検証を行った例はなくパームバイオマスの新規産業創出技術におけるプロトタイプ的な成果になると考える。

・プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国(研究機関・研究者)が取り組む必要のある事項。

OPT 利用や持続的土地利用推進への理解を得るためには、パーム油認証機関である RSPO や MSPO へ周知、情報提供、意見交換等の活動が不可欠である。しかし新型コロナウイルス感染症拡大により、ここ 2 年間、直接的な意見交換や情報交換を行うことが出来なかった。

2021 年 12 月に MPOCC のもと、オイルパームバイオマスの CoC (Chain of Custody) に関するワーキンググループによってマレーシア持続可能性パームオイル (MSPO) 認証のパームバイオマス CoC 素案が提示され、パブリックコメントの募集があり、SATREPS プロジェクトで得られた OPT 利用に関する成果に関して盛り込むようにマレーシア側主体となり提案した。このような情報発信は、コロナ禍にて渡航が自由でない分、これからも機会があれば逃さず積極的に発信してゆきたいと考えている。

また昨年度国際会議 ByPalma は中止となったが、今年度 9 月に同会議がオンラインで開催され、プロジェクトの特別セッションを設ける機会を得た。そのセッションにおいては、OPT の持続的利用に関して、環境と経済のバランスを重視するサーキュラーエコノミーへの構造転換を訴え、プロジェクト成果を発表した。参加していたステークホルダーらへの理解は広まったと考える。

一方、マレーシア国内における長期ロックダウンの影響等によりマレーシア側で行う予定であった研究題目は大きく遅れており、研究生や博士課程学生などの受け入れも大きく遅延した。今後、これらの遅れを残りの期間において可能な限りキャッチアップしたい。次年度から、渡航規制緩和もしくは解除の機会を見極め、まずは現在の状況把握や情報収集を行い、目標達成に向けた対処方針を決定したいと考える。

・諸手続の遅延や実施に関する交渉の難航など、進捗の遅れた事例があれば、その内容、解決プロセス、結果。

日本側研究推進状況は、早期のリモート構築やリモートによるクルアン実証試験地の操業により、一部遅れは見られるものの進捗状況は悪くない。

一方、国内研究やリモートだけでは不十分と考えられる GHG 定量測定などフィールド試験や調

査が必要な研究題目 3 や 4 の一部分については、渡航制限およびマレーシア国内の移動制限による影響が生じている。例えば、研究題目 3 においてはプロジェクト 2、3 年度目に現地での GHG 測定装置の設置や関連サンプル試料採集が行えていない。また、研究題目 4 においては、共同研究機関との意見交換は出来るものの、マレーシア国内における長期ロックダウンの影響等により研究題目に関するカウンターパートを発掘できていない。既に残り 2 年間となり、研究題目 4 におけるカウンターパートの選定に関してはあきらめ、各所専門機関へのヒアリング、情報収集に変更し、必要な情報を直接集めてゆくように修正を図る。また関連する政府機関や認証機関等との意見交換や政策提言等が停滞している。未だ渡航規制緩和もしくは解除の見通しは立っていないものの、渡航制限解除を見計らい現地での状況把握や情報収集、そして意見交換を実施したい。

(2)研究題目1:「OPT 高糖度化技術開発」

研究グループ 国際農林水産業研究センター:(リーダー:小杉昭彦)

- ・ 相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

昨年度に引き続き、マレーシア活動制限令によりクルアンでの試料調整および、クルアンからマレーシア理科大学へのサンプル輸送や、大学内への入構制限もあり、マレーシア側における研究活動が停滞している。一方、日々のコミュニケーションは週一のオンライン会議を実施し、積極的に情報共有や状況把握しながら引き続き対応に努めている。現在では、遅滞していた苗木の栽培試験等がスタートし、糖度上昇試験のサンプル採取もできるようになった。ただし、今年に入り次第に落ち着きを取り戻しているものの、これまでの遅延をキャッチアップするまでには至っていない。いずれもコロナ感染状況が落ち着きを取り戻しつつある状況であることから、今後、現地マレーシアにおける農園やクルアン実証試験地での試験等の実施を進める。

- ・ 類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

研究題目 2 の糖度濃縮技術において、高圧濃縮機が導入された。20%以上の糖度濃縮において、可能な限り高い糖度を持つ樹液を得るためにデンプン含有 OPT の積極的な確保に努める。一方、OPT 樹液の栄養価の高さから、搾汁後の腐敗の問題も出てきている。濃縮するにしても、すぐに処理を行う必要があり、何らかの工夫が必要となっている。最近、樹液からの液体燃料製造への研究開発において問い合わせが多くなってきており、デンプンの採取および樹液濃縮や高糖度樹液の調整は OPT の有する樹液利用を決定づける重要な研究開発と考えている。

OPT 樹液中のフリーラジカル消去物質による化粧品の商品化開発においては、SIRIM と共に共同開発を進める。SIRIM は国内における製品安全基準を付与可能な機関で、さらに担当部署は化粧品開発を行った実績もあることから、マレーシアにおける商品化についてノウハウを請いたい。

(3)研究題目2:「OPT から高付加価値製品の製造技術開発」

研究グループ 株式会社 IHI(サブリーダー:山下雅治)

- ・ 相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

用。

本研究・技術開発に際しては、相手国側の共同研究機関での専門技術者の育成が必要と考えていたが、昨年度から今年度までの技術指導により現地技術者らに多くを指導・習熟させることができた。現在では、他社からもコンサルティングを受けられるほどに技術移転レベルは高くなっている。今後は、社会実装化を目指し、技術移転を受けたメンバーの拡大や伝承による SATREPS 成果の本格実事業化が期待される段階にいる。それが故、日本・マレーシア両政府にはこれらスタートアップ企業を支援する為の財政援助や政策案が必要であり、政策提言を積極的に行いたいと考えている。また今後、再度感染症蔓延などの緊急事態に備えて、国内でも代替品で技術開発できるように対策を講じておくことが重要だと思われる。

- ・ 類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

OPT 繊維を利用する製品や、OPT 樹液の糖分を利用する製品販売を目指す事業者は、持続可能性が高く必要な供給量を確保できる原料を求めている。本プロジェクトで対象とする OPT バイオマスは、確保可能なバイオマス量の観点から要求レベルに十分に合致するものであるが、持続的に供給可能かどうか社会実装の実現に向けた重要課題である。本プロジェクトが目指す実用化プロセスは、持続可能性の高さを売りにした設計になっているため、環境・脱炭素政策重視のサラワク州・サバ州政府などへの提案、提言は高い訴求力を持つと考えている。

(4) 研究題目 3:「パーム農園の再植林による持続的土地利用・再生方法の開発」

研究グループ 国際農林水産業研究センター(リーダー:近藤俊明)

- ・ 相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

パーム果実生産を目的とするオイルパーム農園においては、収穫作業等の妨げとなることから、調査機器の設置に関わる許可の取得が困難な場合が多く、とりわけパーム産業に対してネガティブな成果をもたらす可能性がある研究や海外の研究者が行う調査については、機器類の設置を伴わない調査であってもその実施が難しい場合が多い。

研究題目 3 においても、一部調査許可が得られていない農園があるものの、現地カウンターパートによる許可申請や、現地研究者と共同で調査を行うこと等により、調査や調査機器の設置が順調に開始できる体制が構築されている。

- ・ 類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

先述の通り、野外調査を必要とする研究課題においては、調査地の設定や調査機器の設置に関わる許可の取得が困難な場合が多く、とりわけ海外の研究者が行う調査については実施が困難である。そのため、調査地の設定や調査機器の設置にあたっては現地カウンターパートとの緊密な関係構築が不可欠である。また、調査補助や調査機器管理等で地域住民を雇用することで、調査機器の盗難やいたずらによる機器損傷等を防止でき、円滑な調査が可能となる。

(5) 研究題目 4:「マレーシアにおける OPT 高付加価値化利用技術の導入による経済・社会・環境インパクトの評価」

研究グループ 国立大学法人 広島大学(リーダー:金子慎治)

- ・ 相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

パーム産業を統括する MPOB、製品の性能評価・認証を行う SIRIM は、実務機関としてパーム油およびオイルパーム由来製品の製造過程における LCA に関心があるが、これまでほとんど利用されてこなかった伐採 OPT に特化した LCA に関心のある研究者は多くない。一方、大学で LCA を実施する研究者は主に工学系の分野に集中するが、製品に特化した LCA の適用に関心が留まっており、社会課題としての伐採パーム幹の持続性評価にまでは至らず、経済学や政策科学の分野の研究者はそもそも LCA のような視点で分析する研究者が少ない。海外渡航制限が解除され次第、この目的のために積極的に研究所や大学にコンタクトすることを計画している。また、そのために論文やネット上の情報で出来る限りの情報収集をする予定である。

- ・ 類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

技術的に、またサイエンスとしても成熟していない段階で、OPT リサイクル推進がパーム産業全体の持続可能性に与える意義を考えるフレームワークを与えるような作業は学術的に極めて特殊なテーマであると考え。そのため類似プロジェクトを見出すことは難しいが、関連する政策課題、例えば、植物油全体の持続可能性におけるパーム油の役割や日本の発電におけるバイオマス利用促進政策の手段としての OPT 利用等と関連づけて協力的な研究プロジェクトを実施することは可能であると考え。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

- ・ 共同研究メンバーであるパナソニック株式会社は、新技術により OPT 維管束ペレットの MDF ボード化に成功し、「PALMLOOP」をグローバル共通名称とし、家具製造市場への展開が決定した。ヤマダデンキ、東京インテリアを中心に OPT ボードを使用した家具販売市場調査に乗り出している。世界的に木材資源の減少が深刻化する中、未利用資源である OPT 由来の再生木質ボードによる GHG 抑制と共に、従来の木質ボードの代替品として高い利用価値を示し、社会実装へ進んでいる（プレスリリース 2022 年 3 月 17 日: <https://panasonic.co.jp/phs/technology/palmloop/>)。
- ・ 第 3 回 JCC 会議により日新商事の参画が決定。OPT の安定安価な調達に関わる社会実験を行うために、サラワク州のオイルパーム搾油工場に「原料マルチ化プロセス」を導入し、その有効性を検証。パーム搾油工場で問題となる EFB 処理問題の解消と引き換えに OPT や OPF の安定調達のスキームが成立するか社会実験を実施中。
- ・ マレーシアで平均的な搾油工場において、「原料マルチ化プロセス」導入した場合、OPT、OPF、MCF の受入れ量が見込める環境であれば、一搾油工場あたり約 10 万トン/年のペレット製造が成立し、大きなスケールメリットが得られると試算。
- ・ 2021 年 9 月 29 日、第 2 回 ByPalma 国際会議（The 2nd Edition of the World Conference on

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

Byproducts of Palms and their Applications：パーム副産物とその応用に関する国際会議)において、「SATREPS プロジェクト OPT と EFB の高付加価値技術」のタイトルで特別セッションをオンライン開催。

- OPT 樹液中のフリーラジカル消去能に関する「抗酸化剤およびその製造方法」の国際特許出願。
- 2021 年 12 月にマレーシア標準局のもと、オイルパームバイオマスの CoC (Chain of Custody) に関するワーキンググループによってマレーシア持続可能性パームオイル (MSPO) 認証のパームバイオマス CoC 素案が提示され、パブリックコメントの募集があった。SATREPS プロジェクトで得られた OPT 利用に関する成果に関して、盛り込むようにパブリックコメントを提出。

(2) 社会実装に向けた取り組み

本プロジェクトで開発する未利用バイオマス利活用技術の社会実装においては、① 伐採 OPT の農園内放置によって生じる地球規模環境問題を適切に評価し、パーム油認証機関 (RSPO や MSPO 等) に対して認証基準化を促すとともに、② 開発された高付加価値化製品や、製造に必要となる機器類や開発プロセスを広く普及させ、当該国において経済持続的なバイオマス産業を創出することが必要となる。昨年から続く新型コロナウイルス感染症拡大の影響で、環境問題に関する研究やパーム認証機関への問題提起などは出来ずにいるが、クルアン実証試験地との連携により、サンプルの調整やプロセス開発、また社会実装化へ民間企業との連携は順調に進捗した。

「原料マルチ化プロセス」の開発は、大きな経済的インセンティブに繋がることが予想され、利用が進むことでパーム農園の環境問題解決に繋がる可能性がある。このプロセスから製造される OPT 維管束ペレットは、パナソニックが手がける家具材の原料として採用され、2023 年からの本格的商品化の予定となっている。今後は、家具材供給体制へ向けた取り組みへ大きく展開されるものとする。また、日新商事と現地パーム搾油工場兼パーム農園の統合経営企業の協力を得て、2021 年 12 月からサラワク州で OPT 調達兼利用を促す「サラワクモデル」の社会実験に注力している。プロジェクトにおいて目指す「経済と環境インセンティブの両輪を回す」事は、時に経済インセンティブが先行し、資源への価値高騰による資源調達の不安定化に陥ることはよく知られる。そのギャップを埋めるべく、特定のバイオマスに偏るではなく、時々で安定調達可能なバイオマスを調達し、同一プロセスで処理・利用出来る技術「原料マルチ化プロセス」は、これらの資源調達の不安定化を解消する可能性を持つ。さらに、これまで魅力に欠けたバイオマス利活用事業による収益は、農園や搾油工場で生じている環境問題の改善に直接つながる。サラワク州での社会実験が成功し、噂が広がれば、必ず第 2、第 3 と手を上げるステークホルダーが現れると見込んでいる。その結果、自ずとバイオマス利用・社会実装の道は開かれ、環境負荷低減に繋がるようなりサイクル産業が生まれると考えている。そのためには、サラワクモデルの成功を見せる必要があり、残りプロジェクトにおいて注力したい。

V. 日本のプレゼンスの向上

パーム油は世界で最も多く生産・消費される植物油脂 (総生産量の約 35%) であり、多くの国と地域において、社会・経済を支える重要かつ不可欠な植物油脂となっている。そのため、オイルパーム産業が引き起こす気候変動や熱帯雨林の伐採等の地球規模環境問題の解決は、生産国のみならず、消費国

を含めたすべての国が取り組むべき喫緊の課題である。

こうした背景から、バイオマス利活用技術の開発とその社会実装を通して、地球規模環境問題の解決と新たな産業創出の同時達成を目指している本プロジェクトは、当該国のみならず、国際社会においても日本のプレゼンスの向上をもたらすものと言える。新型コロナウイルス感染症拡大の影響により、現地活動の制限を受けたが、いち早くリモート体制を構築し、原料の付加価値向上化や社会実装化へのプロセス研究活動を中心に進めた。その結果、世界で初となる「原料マルチ化プロセス」を開発し OPT、OPF、EFB、MCF、POME の複合処理モデルを開発することが出来た。もし近い将来このプロセスが普及すれば、GHG 削減量は、2013 年の我が国の GHG 発生量に近いレベルで削減効果を持つことが試算されている（表 2）。この「原料マルチ化プロセス」は、決して何か特別な発明があったわけでは無いが、日本の中小企業が持つオンリーワン技術を要所々々で採用し、技術体系化したことによって生まれた。例えば、湿式摩砕機による OPT ペレットの低灰化、高圧脱水機による乾燥工程の効率化、乾燥機による繊維分別技術の発見、OPT 廃液に適した高効率汚泥分離技術を体系化し、どのバイオマスも OPT に似たようなプロセスで処理できることを発見した。これら要素技術は、全て日本の誇る中小企業の要素技術の組み合わせにより成り立っている。多数の要素技術を抱える日本の技術は、体系化することで大きな技術力を生み、他国と比べ大きなアドバンテージとなる。

今後の展開としては、本プロジェクトの成果として、日本の中小企業の技術の結集と体系化による輸出促進体制の基盤を作り、環境分野における日本のプレゼンス向上拡大に繋げたい。SATREPS プロジェクトで出てきた成果・技術を基盤に、二国間排出権取引（JCM）などのスキームを活用し、中小企業連合の技術インフラ輸出や技術移転することで、我が国らしい地球温暖化問題の具体的解決策を提供できる。本プロジェクトを通じて政府関係者への提言や、ポスト SATREPS プロジェクトも視野に入れた成果普及の取り組みを行ってゆきたい。

項目	標準的搾油工場における原料マルチ化処理によるGHG削減効果
1.対象バイオマス	OPT/OPF/EFB/MCF/POME
2.GHG削減原単位	・ バイオマス放置防止：80.8万トン/年/搾油工場 ・ バイオマス燃料利用：9.3万トン/年/搾油工場 - 合計：90.1万トン/年/搾油工場
3.検討対象母数	・ マレ-シア 450箇所 ・ インドネシア 1,000箇所
4.GHG削減量 2013年日本のGHG発生量=10.42億トン/年	・ マレ-シア $450 \times 90.1 = 40,545$万トン/年 ・ インドネシア $1000 \times 90.1 = 90,100$万トン/年 - 合計130,645トン/年（13.0億トン/年）
5.売上高増	・ 原単位 14.5億円/年/搾油工場 ・ 総売上高増 $14.5 \text{億円} \times 1,450 \text{搾油工場} = 21,025 \text{億円/年}$
5.投資金額	・ 原単位 30億円/搾油工場 ・ 工場数 1,450工場 ・ 全投資額 $30 \times 1,450 = 43,500 \text{億円}$
表 2. 原料マルチ化プロセスが導入された際の経済および GHG 削減効果	

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。)
2019	Wichitra Bomrungnoka, Takamitsu Araia, Tadashi Yoshihashia, Kumar Sudeshb, Tamao, Hattaa, Akihiko Kosugi, "Direct production of polyhydroxybutyrate from waste starch by newly-isolated <i>Bacillus aryabhattai</i> T34-N4", <i>Environmental Technology</i> , 2019	10.1080/09593330.2019.1608314	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 2.21
2019	Naoki Tani, Zubaidah Aimi Abdul Hamid, Natra Joseph, Othman Sulaiman, Rokiah Hashim, Takamitsu Arai, Akiko Satake, Toshiaki Kondo and Akihiko Kosugi, "Small temperature variations are a key regulator of reproductive growth and assimilate storage in oil palm (<i>Elaeis guineensis</i>)", <i>Scientific Reports</i> , 2019, vol. 10 No. 650, pp.1-11	10.1038/s41598-019-57170-8	国際誌	発表済	プレスリリース Journal Impact Factor 3.998
2020	Norhanizah Saari, Junidah Lamaming, Rokiah Hashim, Othman Sulaiman, Masatoshi Sato, Takamitsu Arai, Akihiko Kosugi, Wan Noor Aidawati Wan Nadhari, "Optimization of binderless compressed veneer panel manufacturing process from oil palm trunk using response surface methodology", <i>Journal of Cleaner Production</i> 2020, vol. 265, 20 Aug 2020, 121757	https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121757	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 7.246
2020	Paramasivam Murugan, Su Yean Onga, Rokiah Hashim, Akihiko Kosugi, Takamitsu Arai, Kumar Sudesh, "Development and evaluation of controlled release fertilizer using P(3HB-co-3HHx) on oil palm plants (nursery stage) and soil microbes", <i>Biocatalysis and Agricultural Biotechnology</i> vol. 28, Sep 2020, 101710	https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101710	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 2.14
2020	Saima Sohni, Rokiah Hashim, Hafiz Nidaullah, Othman Sulaiman, Cheu Peng, Leha Junidah Lamaming, Takamitsu Arai, Akihiko Kosugi, "Enhancing the enzymatic digestibility of oil palm biomass using supercritical carbon dioxide-based pretreatment towards biorefinery application", <i>Industrial Crops and Products</i> , vol. 157, 1 Dec 2020, 112923.	https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112923	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 4.24
2020	Murugan, P., S. Y. Ong, R. Hashim, A. Kosugi, T. Arai, K. Sudesh, (2020) Development and evaluation of controlled release fertilizer using P(3HB-co-3HHx) on oil palm plants (nursery stage) and soil microbes. <i>Biocatal. Agric. Biotechnol.</i> 28: 101710	10.1016/j.bcab.2020.101710	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 2.14
2020	Sohni, S., Hashim, R., Nidaullah, H., Sulaiman, O., Leh, C.P., Lamaming, J., Arai, T., Kosugi, A. 2020. Enhancing the enzymatic digestibility of oil palm biomass using supercritical carbon dioxide-based pretreatment towards biorefinery application. <i>Industrial Crops and Products</i> 157(0):112923	10.1016/j.indcrop.2020.112923	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 4.244
2020	Saari, N., Lamaming, J., Hashim, R., Sulaiman, O., Sato, M., Arai, T., Kosugi, A., Wan Nadhari, W.N.A. 2020. Optimization of binderless compressed veneer panel manufacturing process from oil palm trunk using response surface methodology. <i>Journal of Cleaner Production</i> 265(0):121757	10.1016/j.jclepro.2020.121757	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 7.246
2020	Arthy, S., M. Lakshmanan, J. Y. Chee, M. S. Azlinah, D. Van Thuoc, K. Sudesh, (2020) Can polyhydroxyalkanoates be produced efficiently from waste plant and animal oils? <i>Front. Bioeng. Biotechnol.</i> 8: 169	10.3389/fbioe.2020.00169	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 5.122
2021	Uke A, Nakazono-Nagaoka E, Chuah JA, Zain NA, Amir HG, Sudesh K, Abidin NZHAZ, Hashim Z, Kosugi A. Effect of decomposing oil palm trunk fibers on plant growth and soil microbial community composition (2021) <i>J Environ Manage.</i> 2021 Oct 1:295-113050.	10.1016/j.jenvman.2021.113050	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 6.789
2021	Arai T, Aikawa S, Sudesh K, Kondo T, Kosugi A. Electrottransformation of thermophilic bacterium <i>Caldimonas manganoxidans</i> (2021) <i>Journal of Microbiological Methods</i> , In press.	https://doi.org/10.1016/j.jmicmet.2021.106375	国際誌	in press	Journal Impact Factor 2.363

論文数 11 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 11 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。)
2019	Eiko Nakazono-Nagaoka, Takashi Fujikawa, Ayumi Shikata, Chakrit Tachaapaikoon, Rattiya Waeonukul, Patthra Pason, Khanok Ratanakhanokchai and Akihiko Kosugi, "Draft genome sequence data of <i>Clostridium thermocellum</i> PAL5 possessing high cellulose-degradation ability", <i>Data in Brief</i> , 2019, vol.25 No. 104274, pp.1-5	10.1016/j.dib.2019.104274	国際誌	発表済	
2019	Patthra Pason, Junjarus Sermsathanaswadi, Rattiya Waeonukul, Chakrit Tachaapaikoon, Sirilak Baramee, Khanok Ratanakhanokchai and Akihiko Kosugi, "Molecular characterization of hypothetical scaffolding-like protein S1 in multienzyme complex produced by <i>Paenibacillus curdulanolyticus</i> B-6", <i>AMB Express</i> , 2019, vol. 9, No. 171, pp.1-11	10.1186/s13568-019-0896-0	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 2.499
2019	Shimpei Aikawa, Phakhinee Thianheng, Sirilak Baramee, Umbhorn Ungkulpasvich, Chakrit Tachaapaikoon, Rattiya Waeonukul, Patthra Pason, Khanok Ratanakhanokchai, and Akihiko Kosugi, "Phenotypic characterization and comparative genome analysis of two strains of thermophilic, anaerobic, cellulolytic-xylanolytic bacterium <i>Herbivorax saccincola</i> ", <i>Enzyme and Microbial Technology</i> , Vol.136, pp.1-9	10.1016/j.enzmictec.2020.109517	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 3.448
2020	Baramee, S., Uke, A., Tachaapaikoon, C., Waeonukul, R., Pason, P., Ratanakhanokchai, K., Kosugi, A., "Draft genome sequence data of <i>Paenibacillus curdulanolyticus</i> B-6 possessing a unique xylanolytic-cellulolytic multienzyme system", <i>Data in Brief</i> , 2020, vol. 32, no. 106213.	10.1016/j.dib.2020.106213	国際誌	発表済	
2020	Ungkulpasvich, U., Uke, A., Baramee, S., Kosugi, A., "Draft genome sequence data of the anaerobic, thermophilic, chitinolytic bacterium strain UUS1-1 belonging to genus <i>Hydrogenispora</i> of the uncultured taxonomic OPB54 cluster", <i>Data in Brief</i> , 2020, vol. 33, No. 106528, pp.1-6	10.1016/j.dib.2020.106528	国際誌	発表済	
2020	Ungkulpasvich, U., Baramee, S., Uke, A., Kosugi, A., "Symbiotic chitin degradation by a novel anaerobic thermophilic bacterium <i>Hydrogenispora</i> sp. UUS1-1 and the bacterium <i>Tepidanaerobacter</i> sp. GT38", <i>Enzyme and Microbial Technology</i> , 2021, vol. 144, No. 109740, pp.1-10	10.1016/j.enzmictec.2020.109740	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 3.448
2020	Chhe, C., Uke, A., Baramee, S., Ungkulpasvich, U., Tachaapaikoon, C., Pason, P., Waeonukul, R., Ratanakhanokchai, K., Kosugi, A., "Draft genome sequence data of the facultative, thermophilic, xylanolytic bacterium <i>Paenibacillus</i> sp. strain DA-C8", <i>Data in Brief</i> , 2021, vol. 35 No. 106784, pp.1-6	10.1016/j.dib.2021.106784	国際誌	発表済	

2020	Ungkulpasvich, U., Baramée, S., Uke, A., Kosugi, A., " <i>Capillibacterium thermochitinicola</i> gen. nov., sp. nov., a novel anaerobic thermophilic chitinolytic bacterium from compost", International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2021, pp.1-7	10.1099/ijsem.0.004693	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 2.415
2021	Chhe C, Uke A, Baramée S, Ungkulpasvich U, Tachaapaikoon C, Pason P, Waeonukul R, Ratanakhanokchai K, Kosugi A. Draft genome sequence data of the facultative, thermophilic, xylanolytic bacterium <i>Paenibacillus</i> sp. strain DA-C8. Data Brief. 2021 Jan 22;35:106784.	doi: 10.1016/j.dib.2021.106784.	国際誌	発表済	
2021	Uke A, Chhe C, Baramée S, Tachaapaikoon C, Pason P, Waeonukul R, Ratanakhanokchai K, Kosugi A. Draft genome sequence data of <i>Paenibacillus cisolokensis</i> strain LC2-13A and <i>Xylanibacillus composti</i> strain K-13. Data Brief. (2021) Sep 8;38:107361.	doi: 10.1016/j.dib.2021.107361.	国際誌	発表済	
2021	Chhe C, Uke A, Baramée S, Tachaapaikoon C, Pason P, Waeonukul R, Ratanakhanokchai K, Kosugi A. Characterization of a thermophilic facultatively anaerobic bacterium <i>Paenibacillus</i> sp. strain DA-C8 that exhibits xylan degradation under anaerobic conditions. J Biotechnol. 2021	doi: 10.1016/j.jbiotec.2021.106375.	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 5.123
2022	Arai, T., Aikawa, S., Sudesh, K., Kondo, T. and Kosugi, A.*; Electrotransformation of thermophilic bacterium <i>Caldimonas manganoxidans</i> (), Journal of microbiological methods, Jan;192:106375	doi: 10.1016/j.jmimet.2021.106375.	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 2.363
2022	Nhim S, Waeonukul R, Uke A, Baramée S, Ratanakhanokchai K, Tachaapaikoon C, Pason P, Liu YJ, Kosugi A. Biological cellulose saccharification using a coculture of <i>Clostridium thermocellum</i> and <i>Thermobrachium celere</i> strain A9. Appl Microbiol Biotechnol. 2022 Feb 14.	doi: 10.1016/j.jmimet.2021.106375.	国際誌	発表済	Journal Impact Factor 4.813

	8 件
うち国内誌	0 件
うち国際誌	8 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
2019	小熊崇大, 本村和也, 山下雅治, 河西英一, 中山竜太郎, バーム産業における未利用バイオマスの有効利用と最適なプロセス開発, IHI技報, 2020年, 59巻, 4号, 77-89		技術報告	発表済	https://www.ihico.jp/var/ezwebin_site/storage/original/application/9f1ad44d6ea3cd2b69c56a55b228bc16.pdf
2020	藍川晋平, 研究グループ紹介 国際農林水産業研究センターアジアバイオマスプロジェクト, 日本エネルギー学会機関誌えねるみくす, 2020, 99, 710-716		学会機関誌	発表済	https://doi.org/10.20550/ieenergimix.99.6.710
2020	藍川晋平, 藻の力で熱帯プランテーション農業の環境問題を改善する, 広報JIRCAS, 2020, 6, 4-7		JIRCAS機関誌	発表済	https://www.jircas.go.jp/ja/publication/jircas/6
2020	小杉昭彦, オイルバーム農園の持続的土壌利用技術がもたらすバーム油産業の未来, JIRCASニュース		JIRCAS機関誌	発表済	https://www.jircas.go.jp/ja/publication/jircas_news/89
2020	小杉昭彦, オイルバーム幹(OPT)の高付加価値化技術開発と社会実装へ向けた取り組み, JIRCASニュース		JIRCAS機関誌	発表済	https://www.jircas.go.jp/ja/publication/jircas_news/89

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
2019	国際学会	Aikawa, S.(JIRCAS), Arai, T.(JIRCAS), Kondo, T.(JIRCAS), Kosugi, A.(JIRCAS), Heterotrophic cultivation of microalgae using sap from oil palm trunks, 7th Asian Conference on Biomass Science, Fukushima, Japan, 2019. Dec.	ポスター発表
2019	国際学会	Kosugi A, Kondo T, Arai T, Aikawa S, Kaneko S, Yamashita M, Sudesh K, Azize AA, Ishak MF, Ibrahim WA. Sustainable Replantation of Oil Palm by Adding Value to Oil Palm Trunk through Scientific and Technological Innovation. 7th Asian Conference on Biomass Science, Fukushima, Japan, 2019. Dec.	ポスター発表
2020	国際学会	Arai T(JIRCAS), Sudesh K(USM), Aikawa S(JIRCAS), Kondo T(JIRCAS), Kosugi A(JIRCAS). Development of bioplastic production technology from crop wastes in Southeast Asia. 8th Asian Biomass Science Conference. 2021. Jun.	ポスター発表
2020	国際学会	Sudesh K. Sap from oil palm trunk is a potential renewable carbon feedstock for polyhydroxyalkanoate (PHA) biosynthesis and other value-added products. The Belt and Road Initiatives- international forum-biomass resource utilization. Ningbo Institute of Materials Technology and Engineering, Chinese Academy of Sciences, China. 28 Aug 2020	招待講演
2021	国際学会	Kosugi A (JIRCAS).Future Prospects For Oil Palm Biomass Utilization Led By Satreps Opt Project. ByPalma 2021.Sep	口頭発表
2021	国際学会	Yamashita M (IHI).Process Development For Ihi Opt & Efb Fuel Pellet Production. ByPalma 2022.Sep	口頭発表
2021	国際学会	Chuah Keng Hua (OPTERAZ).Research And Development Of Oil Palm Biomass Utilization Technologies From Kluang Pilot Plant. ByPalma 2023.Sep	口頭発表
2021	国際学会	Pun Meng Yan (TEXA).Strategy of oil palm biomass utilization from texa. ByPalma 2024.Sep	口頭発表
2021	国際学会	Noorshamsiana Abdul Wahab (MPOB).Cellulose from oil palm trunk and its conversion to carboxymethyl cellulose (CMC). ByPalma 2025.Sep	口頭発表
2021	国際学会	Leh Cheu Peng (USM).Sustainability considerations in producing chemical cellulose from the vascular bundle of oil palm trunk (opt)eps Opt Project. ByPalma 2026.Sep	口頭発表
2021	国際学会	Thiruchelvi Pulingam (USM).The effects of oil palm trunk fibers on plant growth and soil microbial community. ByPalma 2027.Sep	口頭発表
2021	国際学会	Manoj Kumar (USM).Insights into the production of microbial-based bioplastics using oil palm trunk sap. ByPalma 2027.Sep	口頭発表

招待講演 1 件
口頭発表 8 件
ポスター発表 3 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
2019	国内学会	藍川晋平(国際農研)、荒井隆益(国際農研)、近藤俊明(国際農研)、小杉昭彦(国際農研)、オイルパーム樹液を利用した微細藻類の従属的培養法の検討、第15回バイオマス科学会議、福島、2019年	口頭発表
2019	国内学会	藍川晋平(国際農研)、荒井隆益(国際農研)、近藤俊明(国際農研)、小杉昭彦(国際農研)、微細藻類に対するオイルパーム樹液の増殖促進効果、日本藻類学会第44回大会、鹿児島、2020年3月	口頭発表
2019	国際学会	Kosugi A. (JIRCAS), Old oil palm trunk is a promising bioresource for renewable energy production. Asia Biomass To Power 2019, Kuala Lumpur, Malaysia. 2019. Nov.	招待講演
2019	国内学会	小杉昭彦(国際農研)、パームオイル産業から排出されるバイオマス資源のポテンシャルとその利用展開、第19回バイオマス合同研究会、東京、2019年12月	招待講演
2020	国内学会	小杉昭彦(国際農研)、地球環境保全とエコノミーの両立をめざしてーバイオマス活用による地産地消・外消による地域活性化へのシナリオ、アグロイノベーション2020バイオマスエキスポフォーラム 2020、東京、2020年11月	招待講演
2020	国内学会	小杉昭彦(国際農研)、地球環境保全とエコノミーの両立をめざした農産廃棄物活用による地産地消・外消モデル、エコプロOnline2020、オンライン開催、2020年11月	招待講演
2020	国内学会	藍川晋平(国際農研)、有用藻による水質浄化で熱帯農業に起因する温室効果ガスの発生を抑制する、SATテクノロジー・ショーケース2021、オンライン、2月19日	ポスター発表
2020	国内学会	近藤俊明(国際農研)・寺本宗正(鳥取大学)・高木健太郎(北海道大学)・小嵐淳(原子力機構)・安藤麻里子(原子力機構)・市井和仁(千葉大学)・高木正博(宮崎大学)・石田祐宣(弘前大学)・山貫絢称(千葉大学)・梁乃申(国立環境研究所)、温暖化に対する土壌微生物群集の応答と土壌炭素フラックスへの影響、日本生態学会、岡山(リモート)、2021年3月17日	口頭発表
2021	国内学会	小杉昭彦(国際農研)SATREPSプロジェクトから見てきたバイオマス資源の安定調達とその仕組み作りの重要性 (一財)バイオインダストリー協会 アルコール・バイオマス研究会 オンラインセミナー2021	招待講演
2021	国内学会	小杉昭彦(国際農研)東南アジアでの熱帯バイオマス資源の安定調達・利活用技術による地域環境保全と日本型国際貢献 バイオマスエキスポフォーラム'21 11月26日	招待講演
2021	国内学会	小杉昭彦、バイオマス資源の確保・調達、石油学会 新エネルギー部会講演会 ～ カーボンニュートラルに向けた、エネルギー・環境政策と革新技术～、2022年2月15日	招待講演

招待講演 7 件
口頭発表 3 件
ポスター発表 1 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	相手国研究センタ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	2019-112364	2019/6/17	微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養液	国際農林水産業研究センター	PCT出願希望	無			優先権主張出願		藍川晋平・小杉昭彦	国際農林水産業研究センター	
No.2	2021-287	2021/1/4	抗酸化剤及びその製造方法	国際農林水産業研究センター・農業・食品産業技術総合研究機構	PCT出願希望	無			優先権主張出願		小杉昭彦・亀谷宏美	国際農林水産業研究センター・農業・食品産業技術総合研究機構	

国内特許出願数 2 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	相手国研究センタ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	PI2021003802	2021/7/2	SOLID FUEL PRODUCTION SYSTEM AND SOLID FUEL PRODUCTION METHOD(バイオマスペレット製造における原料選択多様化)	(株)IHI・国際農林水産業研究センター・(株)OPTERAZ	マレーシア優先出願	無			審査中		山下雅治・小杉昭彦・Chuah Keng Hua	(株)IHI・国際農林水産業研究センター・(株)OPTERAZ	
No.2													
No.3													

外国特許出願数 1 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
2021	2021/9/29	ベストプレゼンテーション	Effect of decomposing oil palm trunk fibers on plant growth and soil microbial community composition	Thiruchelvi Pulingam	ByPalma国際会議	1.当課題研究の成果である	

1 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
2020	2020/12/9	家具新聞	地球温暖化防止へSDGsgへ協働を	P1、P3	その他	協働取組紹介
2020	2020/12/7	ルームファニシング ※家具業界雑誌	オリジナル技術で廃棄物を工業資材へ	P3～P9	その他	協働取組紹介
2021	2021/11/15	パナソニックホームページ	アブラヤシ廃材を活用した再生木質ボード化技術を開発	https://news.panasonic.com/ip/press/data/2021/	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	2021/11/15	FNNプライムオンライン	パナソニック食用油などに使われる「アブラヤシ」廃材を活用して家具づくり 世界初の	https://www.fnn.jp/articles/-/270618	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	2021/11/17	日経新聞	アブラヤシ廃材を活用 パナソニック、木質ボードに	https://www.nikkei.com/article/DGKKZO77582310	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	2021/11/17	電波新聞	アブラヤシの廃材を木質ボードにパナソニック、温室効果ガス削減に貢献	https://news.vahoo.co.jp/articles/2735f5f7c590d6625710929877d5007d8ebc	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

6 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
2019	6月5-7日	バイオマスエキスポ2019	東京	200(0)	公開	本プロジェクトの成果を国内の企業や関連機関に広く発信することを目的に、2019年6月5-7日に東京ビッグサイト青海展示棟で開催されたバイオマスエキスポ2019に出展した。民間企業の技術・研究開発部署の研究員及び営業担当職員を中心に約200名の訪問があり、バイオマス資源利活用技術への強い関心が寄せられ
2019	11月9日	JSTグローバルサイエンスキャンパス事業「持続可能な発展を導く科学技術人材育成コンソーシアムGSC広島:世界を舞台とした教育プログラムと地域の産学官連携による人材育成」における異分野融合シンポジウム	広島	30(0)	非公開	全国から選抜された高校生30名を対象に、オイルパームプランテーションがもたらす環境影響について解説するとともに、その解決に向けた本プロジェクトの活動を紹介した。
2019	11月22日	土浦第一高等学校「企業・研究所、官公庁訪問」	茨城	15(0)	公開	土浦第一高校の1年生10名を対象に、環境・経済持続的オイルパームプランテーション経営に向けた本プロジェクトの概要を紹介した。
2019	11月28日	Asian Biomass to Power 2019	マレーシア	50(30)	非公開	「Old oil palm trunk is a promising bioresource for renewable energy production」のタイトルで発表。SATREPSプロジェクトの取り組みに関して、紹介を行った。
2020	2月13日	日本大学生物資源科学部生 春研修 研究所訪問	茨城	16(0)	公開	国際協力ゼミ所属予定の学部生(2年生)の春研修として実施。SATREPSプロジェクトの取り組みに関して、紹介を行った。
2020	11月11日-13日	アグロイノベーション2020バイオマスエキスポフォーラム 2020	東京	5,806名(来場者総数)	公開	本プロジェクトの成果を国内の企業や関連機関に広く発信することを目的に、東京ビッグサイト青海展示棟で開催されたバイオマスエキスポフォーラム2020に出展した。民間企業の技術・研究開発部署の研究員及び営業担当職員を中心に約150名の訪問があり、バイオマス資源利活用技術への強い関心が寄せられた。
2020	11月27日	エコプロOnline2020	オンライン開催	100名	公開	エコプロ2020 国立研究開発法人協議会シンポジウム「国研協による科学技術の連携で目指すSDGs」に参加講演 https://youtu.be/00Vc78BXCqg
2021	1月29日	東京都立戸山高校学生へのWebinar	オンライン開催	30名	非公開	戸山高校の1年～3年生約30名を対象に、環境・経済持続的オイルパームプランテーション経営に向けた本プロジェクトの概要を紹介し
2021	4月20日	島根県立大学地域政策学部「SDGs概論」受講者への紹介	オンライン講義	148名	非公開	島根県立大学地域政策学部の講義(1年生)「SDGs概論」受講者に、SATREPSプロジェクトの取り組みについて紹介した。
2021	5月25日	島根県立松江南高等学校での講演での紹介	島根県	275名	非公開	松江南高校1年生275名を対象に実施したワークショップにて、SDGsとパーム産業および本プロジェクトの概要を紹介した。
2021	6月10日	島根県立大学地域政策学部「総合政策概論」受講者への紹介	オンライン講義	219名	非公開	島根県立大学総合政策学部の3年生必修講義「総合政策概論」受講者に、パーム産業と日本との関わりと、SATREPSプロジェクトの取り組みについて紹介した。
2021	6月6日	鹿児島大学での講義「経済政策論I」受講者への紹介	オンライン講義	102名	非公開	鹿児島大学の2年～4年対象講義「経済政策論I」受講者に、パーム産業と日本との関わりと、SATREPSプロジェクトの取り組みについて紹介した。
2021	6月22日	島根県立大学総合政策学部「日本経済論」受講生への紹介	オンライン講義	215名	非公開	島根県立大学総合政策学部の講義「日本経済論」受講者に、日本のエネルギー政策に関して、SATREPSプロジェクトの取り組みについて紹介した。
2021	9月3日	出雲第二中学校への講演での紹介	島根県	215名	非公開	出雲第二中学校3年生に講演した「持続可能な開発目標(SDGs)と森林資源:くらしを見直す」にて、SATREPSプロジェクトの取り組みについて紹介した。
2021	10月31日	筑波大学つくばSKIPアカデミー主催サイエンスカフェ「ラボビジット」講演で紹介	オンライン講義	30名	非公開	つくば市立の小学校及び茨城県立並木中等教育学校の小中学生に「SDGsと私」にてプロジェクト紹介を行った。
2021	11月11日-13日	アグロイノベーション2021バイオマスエキスポフォーラム 2021	東京	5,806名(来場者総数)	公開	本プロジェクトの成果を国内の企業や関連機関に広く発信することを目的に、東京ビッグサイト青海展示棟で開催されたバイオマスエキスポフォーラム2021に出展した。民間企業の技術・研究開発部署の研究員及び営業担当職員を中心に約150名の訪問があり、バイオマス資源利活用技術への強い関心が寄せられた。
2021	11月26日	アグロイノベーション2021にて「地域活性化の新潮流!豊富な地元バイオマス資源を活用した次世代ビジネスプラン」にて講演	東京	200名	公開	タイトル「東南アジアでの熱帯バイオマス資源の安定調達・利活用技術による地域環境保全と日本型国際貢献」にて本プロジェクトの取り組みを講演した。
2022	2月17日	バイオマス生産と利用:現状とその最適化、科学技術振興機構 研究開発戦略センター(CRDS)俯瞰ワークショップ「バイオエコノミーに資する基盤技術開発・真のサステナビリティーを実現す	オンライン	100名	非公開	タイトル「バイオマス利用の現状:パーム林の持続的な徹底利用によるパーム林利用最適化」にて本プロジェクトの取り組みを講演した。

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
2019	9月19日	PDMおよびPOの修正	50	マレーシア国ペナン州のGホテルガーニー会議室において第1回Joint Coordinating
2020	10月27日	コロナ禍における研究進捗状況報告 及びPO、新規メンバーの紹介	54	第2回JCCをオンラインにて開催し、2020年度のプロジェクト進捗や活動計画について確認するとともに、①コロナ禍における研究進捗状況の報告、②PDM記載の購入機材変更、及びPOの研究内容の追記、③新規メンバーである(株)パナソニックの紹介及びプロジェクト参画への意義、に関する説明が行われ、全ての議題について承認された。
2021	9月29日	コロナ禍における研究進捗状況報告 及びPO、新規メンバーの紹介	80	第3回JCCをオンラインにて開催し、2021年度のプロジェクト進捗や活動計画について確認するとともに、①コロナ禍における研究進捗状況の報告、②PDM記載の購入機材変更、及びPOの研究内容の追記、③新規メンバーである(株)日新商事の紹介及びプロジェクト参画への意義、に関する説明が行われ、全ての議題について承認された。

3件

成果目標シート(雛形:適宜変更してご利用ください)

研究課題名	オイルパーム農園の持続的土地利用と再生を目指したオイルパーム古木への高付加価値化技術の開発
研究代表者名 (所属機関)	小杉 昭彦 (国研) 国際農林水産業研究センター
研究期間	平成30年(平成31年4月1日～令和6年3月31日)
相手国名／主要 相手国研究機関	マレーシア／マレーシア理科大学、マレーシアパーム オイル庁、マレーシア森林研究所、マレーシア標準工 業研究所
関連するSDGs	目標 15. 陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の推 進、持続可能な森林の経営、砂漠化への対処、ならびに土 地の劣化の阻止・回復及び生物多様性の損失を阻止する 目標 12. 持続可能な生産消費形態を確保する 目標 17. 持続可能な開発のための実施手段を強化し、グ ローバル・パートナーシップを活性化する

成果の波及効果

日本政府、社 会、産業への 貢献	・パーム油の持続可能な生産に貢献・食料安全保障 ・日本企業による成果事業化と新規産業創出によるイン フラ輸出の促進
科学技術の発 展	・パーム油生産国における日本の環境対策技術及びバ イオ技術の展開 ・パーム油産業の持続的生産モデルの開発
知財の獲得、 国際標準化の 推進、遺伝資 源へのアクセ ス等	・OPTの高糖度化及び農園管理法 ・OPTのエネルギー・材料・農業分野の産業化モデル ・パーム農園管理による持続的土地利用再生による熱 帯林違法伐採の抑止
世界で活躍で きる日本人材 の育成	・パーム農園問題を専門とする科学者育成(パーム生 産国へのイニシアチブ発揮) ・博士課程学生・研究者のインターンシップ教育
技術及び人的 ネットワークの 構築	・現地民間企業との共同事業推進 ・国際シンポを通じたネットワーク作り ・新規パーム産業開発国への技術・管理モデルの導入
成果物(提言 書、論文、プロ グラム、マニユ アル、データな ど)	・OPT高糖度化メカニズム ・高付加価値製品の製造技術開発と社会実装 ・古木伐採・放置によるパーム農園環境アセスメント ・OPT利活用推進とそのルール作り

上位目標

オイルパーム農園から排出されるOPTを高度利用することで、再植林によるパーム農園の持続的土地利用・再生が促進され、安易で無秩序な熱帯林伐採が減少する。

OPT高糖度化技術により、OPTに資源価値が生まれ、パーム農園からの持出が進む。
OPT樹液・繊維からエネルギー、材料、食料製造技術が確立され、新産業が創出される。
OPT持出によりパーム農園の病害減少・健全化が進み、パーム実収獲量の増加。

プロジェクト目標

OPT高付加価値化による新産業創出と再植林促進によるパーム農園の健全化

