

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「地球規模の環境課題の解決に資する研究」

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30年度/研究期間：3・4・⑤年/

相手国名：マレーシア

平成30年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

平成31年3月25日から令和6年3月25日

JST側研究期間^{*2}

平成30年6月1日から令和6年3月31日

（正式契約移行日 平成31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

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	2018 年度 (6ヶ月)	2019年度	2020年度	2021年度	2022 年 度	2023年度 (12ヶ月)
1. OPT 高糖度化技術開発						
1-1. OPT 高糖度化試験地の選定	試験地決定					
1-2. OPT 樹液糖度上昇(熟成)メカニズム解明		糖蓄積メカニズム解明				
1-3. オミックス解析を用いた OPT デンプン蓄積現象の解明 (品種・地域・栽培環境・施肥)	サンプル調製	デンプン蓄積現象解明				
1-4. OPT 共生微生物の役割解明		共生微生物の役割解明				
1-5. OPT 高糖度化技術の実証研究				パーム農園管理での実証試験		
1-6. 高糖度化可能な OPT 品種育種				デンプン蓄積 OPT 育種の可能性検証		
2. 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ガス製造試験 (メタン製造増加)	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）					
2-2. PHA の製造技術開発		PHA 生産・精製法確立		PHA 大量生産方法確立		
2-3. PHA 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	試験地選択	PHA 植物成長促進効果の確認		PHA 肥効調節肥料製造法確立		
2-4. OPT 繊維を使った名のセルロース、名のコンポジット製造技術開発		ナノセルロースとコンポジット製造技術確立			安全性テスト実施	
2-5. OPT 樹液からの SCP 製造技術開発(タンパク質製造)	製品認証要件の確認	SCP 製造技術製造技術確立（飼料用）			事業化検討	
2-6. OPT 高度利用化設備の構築		実証設備移設検討、移設及びオペレーション				

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 3-1. 再植林促進のため環境診断法の開発 3-2. 異なるパーム農地を対象にした環境診断と管理方法の検討 3-3. 再植林促進のための土壌環境改善(治癒)方法の開発	検証地の選定	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	OPT 管理法の確立	診断による改善(治癒)法の確立と実証	
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 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	GHG 排出測定及び LCA 評価	評価結果公開	周辺地域に与える環境評価	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 マスメディア・展示会・講演等

(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)

日本側研究体制について、以下の 2 点の変更があった。

1) 研究課題 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」について、環境政策学を専門とする広島大学国際協力研究科の金子慎治教授を研究グループリーダーとして新たにメンバーに加え、LCA やインセンティブ形成のための社会実験等を通じた OPT 高付加価値化利用技術の社会実装の実現に向けた研究体制を強化した。

2) 研究課題 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」及び研究課題 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」を担当する広島大学国際協力研究科の近藤俊明特任准教授が広島大学を退職し、日本側研究代表機関の(国研)国際農林水産業研究センターの主任研究員として着任した。これにより研究課題 1 ～ 4 を国際農研が担当することになり、一体的な推進体制が強化された。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

オイルパーム農園では、種子生産量の低下に伴う経済的寿命から約 25 年間隔で伐採・再植栽が行われるが、伐採されたパーム幹 (OPT) はバイオ燃料やバイオマテリアルの原料として期待されるものの、多量の幹内水分による低い木材価値、産業化への技術限界、及び搬出に係る経済的負担等の理由から多くが農園内に放置され、①ガノデルマに代表される細菌類の蔓延に伴う再植林の失敗・生育不良と代替農地造成のための熱帯林の伐採、及び②土壌微生物やシロアリによるパーム幹の分解に由来する温室効果ガスの発生など、地球規模の環境問題を引き起こす要因となっている。

パーム油の主要生産国であるマレーシアとインドネシアは、2 国で世界の約 87%の生産を担っており、毎年、東京都のほぼ 2 倍の面積に等しい約 45 万 ha が伐採・再植林の対象となっている。マレーシア国内だけでも年間約 3,000 万本、葉柄も含めると約 7,500 万トンにもおよぶ膨大な量の未利用バイオマスが農園内に放置される。この膨大な量の伐採 OPT を適切に処理・利用するための技術開発やその社会実装を通して、新たな熱帯雨林の伐採や温室効果ガスの発生などの地球規模の環境問題を抑止することは、生産国のみならず、消費国でもある国際社会が果たすべき喫緊の課題と言える。

本国際共同研究プロジェクトは、マレーシアにおける産学官連携を基盤に、オイルパーム農園から産出されるこの膨大な量の未利用バイオマス、すなわちオイルパーム古木 (OPT) を使った多様な高付加価値製品の製造技術の開発とその社会実装を通じて、パーム農園からの OPT の積極的な持出しによるパーム農園環境の改善と再植林の促進を実現し、新たな熱帯雨林の伐採や温室効果ガスの発生など、地球規模の環境問題を抑止するとともに、マレーシア国ジョホール州クルアンにある OPT 燃料用ペレット製造実証プラントを活用し、サステナブルな高付加価値製品の製造プロセスの実証を進めることで、地域社会における新産業創出や雇用創出を目指すものである。

暫定研究契約期間である 2018 年度は、この目標の達成に向けた事前準備として、1) 日本側研究参画機関との研究打ち合わせ、2) マレーシア側研究参画機関ならびに関係機関との研究打ち合わせ、及び R/D、CRA の締結、3) オイルパーム農園の現地視察及び経営者等からの聞き取り、4) キックオフセミナー及び第 1 回 JCC の開催計画の立案、及び 5) 日本人人材の育成と人的支援の構築、の 5 点を行った。

1) 日本側研究参画機関との研究打ち合わせ

日本側代表機関である国際農林水産業研究センター (以下、国際農研)、研究課題 2 「OPT から高付加価値製品の製造技術開発」を担当する (株) IHI、及び研究課題 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」を担当する広島大学の研究参画者らと 2 ヶ月に 1 度の頻度で研究打ち合わせを行った。これにより、個々の研究課題における達成目標や研究手法を具体化するとともに、共同実施課題における役割分担やデータの共有等についても確認した。

2) マレーシア側研究参画機関及び関係機関との研究打ち合わせ、及び R/D、CRA の締結

2018 年 7 月、10 月、12 月及び平成 31 年 3 月の計 4 回、国際農研、(株) IHI 及び広島大学の研究者らと当該国を訪問し、マレーシア側の研究代表機関であるマレーシア理科大学 [Universiti Sains Malaysia (USM)] を中心として、協力機関であるマレーシアパームオイル庁 [Malaysian Palm Oil

Board (MPOB)]、マレーシア森林研究所 [Forest Research Institute Malaysia (FRIM)]、マレーシア標準工業研究所 [Standard and Industrial Research Institute of Malaysia (SIRIM)] と合同研究協議を行い、プロジェクト目標や活動、具体的な役割分担や留意点を明確にした。

また、パーム油の認証機関である持続可能なパーム油のための円卓会議 [Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO)] 及びマレーシアパーム油認証協会 [Malaysian Palm Oil Certification Council (MPOCC)] を訪問し、OPT など未利用バイオマスの資源利用を想定した新たな認証基準の策定に関して意見交換を行った。

上記機関に加え、Ministry of Plantation Industry and Commodities (MIPC) 等の複数の政府機関や、最大手のオイルパームプランテーション経営企業である Sime Darby 社を訪問した。本プロジェクトへの協力を求めるとともに、OPT 利活用を通じた持続的パームランテーション経営に関する意見交換を行い、同社が管理する農園において共同で調査を行うこととなった。

なお、2018年2月にUSMとのCRA、同年3月にプロジェクトに関するR/Dを締結し、本プロジェクトを本格的に開始する準備が整った。

3) オイルパーム農園の現地視察及び経営者等からの聞き取り

Sime Darby 社、個人経営の小規模パーム農園主、及びOPT伐採業者（コントラクター）への聞き取り調査を行い、伐採後のOPTの処理方法の違いや処理にかかる費用、OPT利用が進まない理由など、社会実装を妨げている諸問題に関して意見交換を行った。OPTの搬出については、再植林がスムーズに行えることから多くの経営者が歓迎しているものの、伐採、搬出、運搬に多額の費用を要することが明らかとなった。すなわち、OPT搬出・運搬コストを吸収できるようなビジネスプランやインセンティブを提示できるかがOPTの搬出を促進する大きなポイントとなる。

4) キックオフセレモニー及び第1回JCCの開催計画の立案

2019年9月19日にマレーシア理科大学ペナンキャンパスにおいて、キックオフセレモニー及び第1回JCCを開催することとした。キックオフセレモニーには、マレーシア側代表機関からマレーシア学術会議の議長も務めるUSM副学長、日本側代表機関からは国際農研理事長が参加する予定でいる。

5) 日本人人材の育成と人的支援の構築

日本人研究人材の育成及びプロジェクトの円滑な推進を目的に、次年度は研究課題1及び研究課題3においてポスドク研究員2名（日本人の予定）の着任を予定している。また、当該国における人的支援を目的に、共同研究機関であるUSMやMPOB、FRIM、SIRIMにおいて日本及び現地における研修可能な留学生、研修生、若手スタッフの候補者選を依頼している。なお、課題4については、広島大学においてインドネシア国費留学生が研究を進める予定となっている。

(2) 研究題目 1 : 「OPT 高糖度化技術開発」

リーダー：小杉 昭彦

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

OPT 由来の高付加価値製品を安価かつ高効率で製造するための OPT 高糖度化技術開発に係る研究の実施に向け、暫定研究契約期間である 2018 年度は試験地の選定及び試験方法の決定を所期の計画とした。本計画の達成に向け、OPT 貯蔵場所・試験地の選定、貯蔵期間中のサンプル採取や試験方法等について、関係機関と協議を行い、OPT 調達や運搬等の容易さを考慮し、研究課題 1 を FRIM 及び USM にて実施することとした。また、糖蓄積を確認するための搾汁機器一式について、FRIM に設置している国際農研-FRIM 所有のシュレッダー、搾汁機、繊維分別機の点検・保守・整備を完了させた。これにより年間を通じた貯蔵試験や高糖度の樹液の提供が可能となり、安定した試験を行うための環境が整ったことから、所期の計画は適切に達成した。

② 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

前述のシュレッダー、搾汁機、繊維分別機の操作・運転方法については、当該国研究者、現地スタッフがすでに技術習得済みである。貯蔵試験におけるサンプリングや遺伝的解析方法等については、今後、技術移転を図っていく。

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

該当なし。

④ 研究題目 1 の研究のねらい（参考）

OPT の最大の特徴は、重さの 7 割を占める大量の樹液の存在である。高付加価値製品を製造する上で、この OPT 樹液を如何に効率的に確保するかが、研究課題 2 「OPT から高付加価値製品の製造技術開発」との連携や商品価値を高める上で重要な技術となる。

これまでに、伐採直後の OPT 樹液糖度は 5~8%前後と低く、個体ごとにばらつきがあるものの、伐採後に約 10~20 日間貯蔵するとサトウキビジュースに匹敵する糖度まで増加する現象（熟成）を見いだしている。この熟成現象では、OPT 中のデンプン含有量が重要な因子であることが判明しており、OPT 中のデンプン量を伐採前の栽培中に増加させれば、伐採後の貯蔵熟成によって糖度 15%以上の樹液を確保できる。これまでの研究から OPT のデンプン含量は栽培環境に影響を受ける可能性も示唆されており、今後、研究課題 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」との連携により、OPT 中のデンプン含有量に影響を及ぼす要因を解明してゆく予定である。OPT 中の糖濃度を人為的に高くすることができれば、OPT 由来の高付加価値製品を安価かつ高効率で製造することが可能となり、市場競争力の高い製品開発への寄与が期待できる。

⑤ 研究題目 1 の研究実施方法（参考）

OPT の貯蔵試験及び経時的サンプル採取を行い、オミックス解析を実施する。これにより、貯蔵期間中の OPT の糖蓄積とデンプン蓄積現象の代謝動態を明らかにする。また研究課題 3 との連携を図り、品種・地域・栽培環境・施肥と糖蓄積現象との関連性やそのメカニズムを明らかにする。最終的には OPT 高糖度化技術を確立し、研究課題 2 へ反映させることで、OPT 糖蓄積現象を利用した OPT 由来の高付加価値製品製造技術を構築する。

(3) 研究題目 2 : 「OPT から高付加価値製品の製造技術開発」

リーダー：山下 雅治

① 研究題目 2 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

これまでに開発してきた OPT 利用技術を活用し、新たな高付加価値化製品の製造技術開発とその普及を目指した課題の実施に向け、暫定研究契約期間である 2018 年度は実証プラントの管理・運営体制を明確化することを所期の計画とした。本計画の達成に向け、マレーシア国ジョホール州クルアンにある OPT 燃料用ペレット製造実証プラントの運用や施設管理、維持費用負担について、共同研究機関である USM、(株)IHI、国際農研、管理運営実施業者である Kang Sem Enviro. Sdn Bhd (KSE) で協議を行い、共同で管理運営するための調整事項について合意した。プロジェクト開始からパイロットプラントを利用した実証試験を行える点は社会実装を具体化するうえで極めて大きな意味を持つと考える。さらに、電力受容量向上のための工事やフォークリフト購入に関して管理者である KSE との調整も整っており、マレーシアにおける研究環境整備は当初計画どおり、順調に進展している。

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

カウンターパートへの技術移転については、プロジェクトが正式に開始される 2019 年度から実施する。

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

該当なし。

④ 研究題目 2 の研究のねらい（参考）

研究課題 2 では、OPT 幹内糖度を上昇させる技術開発を目的とする研究課題 1 及び適切な農地管理により幹内澱粉量の安定化を図る研究課題 3 と連携することで、これまでに開発してきた OPT 利用技術（燃料用ペレットやパーティクルボード等の製造）を最大限に活用し、エネルギー（バイオメタン）、原材料（生分解性ポリマー）、農業資材（被覆材・機能性肥料）、食品・飼料タンパク質（シングルセルプロテイン）等の新たな高付加価値化製品を、未利用バイオマスである OPT から製造する技術開発とその普及を目指す。また、これら高付加価値化製品の製造プロセスから排出される有機性物質濃度の高い廃液についても、カスケード利用を兼ねた排水処理技術を活用した液肥製造や水リサイクルを行うことで、持続性が高い商品製造を目指す。パイロットプラント設備を利用して OPT 由来の製品開発を行う研究課題 2 は、社会実装を具現化するショーケースとして大きなインパクトを生み出すと期待される。

⑤ 研究題目 2 の研究実施方法（参考）

参画機関が共同運用する OPT 燃料用ペレット製造実証プラントを活用することで、商用化に直結する以下の高付加価値製品の開発を行う。

1) コンポジット：OPT から燃料用ペレットを製造するプロセスを応用し、OPT から回収される樹液をバイオガスに変換して熱電利用する。それにより、GHG 排出量や環境負荷が小さいコンポジット素材の製造を行う。

2) 液肥：OPT 樹液は、バイオガス製造後、窒素、リン、カリウムを含む排水となるため、これらの成分を濃縮分離することで肥料成分を抽出する。分離した後の処理水はペレット製造工程で再利用し、濃縮

分離液は液肥として農園で利用する。

3) 高品質ベニヤ板：従来、ベニヤ板は熱帯雨林構成樹木のラワン材から製造されてきたが、本課題では従来よりも丈夫な合板製造を目指し、OPT の最外層部の部位から合板を製造する。

4) シングルセルプロテイン：OPT 燃料ペレットやコンボジット製造工程から発生する排水中の窒素、リン、カリウム等、有機物を使い、効率的に藻類の培養を行い飼料用プロテインとして利用する。

5) 生分解性プラスチック：燃料ペレットやコンボジットの製造工程から発生する低濃度糖液を、生分解性プラスチックを製造する微生物の培養液として活用する。当該微生物が PHA（生分解性ポリマー：ポリヒドロキシアルカン酸）を製造する際に必要とする油は、パーム搾油工場が発生する未利用油を利用する。

(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」

リーダー：近藤 俊明

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

持続的なプランテーション経営とバイオ燃料・バイオマテリアル原料の安定的な確保を目指し、オイルパームの再植林及び生育不良の改善へ向けた農地管理法を開発することを目的とした研究の実施に向け、暫定研究契約期間である 2018 年度はカウンターパートの決定及び試験地の選定を所期の計画とした。当該国においては、伐採 OPT の管理はパーム農園の規模に応じて大きく異なる。例えば、最大手のパーム農園経営企業である Sime Darby 社では、伐採 OPT を細かく裁断したものを水に漬け込み、ガノデルマ等の細菌類を死滅させた後、再植林予定地に漉き込んでおり、土壌病原菌被害の抑制や、パームオイル収量維持のための徹底した土壌環境管理が行われているのに対し、MPOB が管轄する中小規模の農地では、伐採 OPT は 15–20cm 厚に輪切りにされた後、列状にまとめてプランテーション内に放置される場合が多い。このため、Sime Darby 社及び MPOB との打ち合わせを通して、それぞれが管理する農園におけるサンプル採集の許可を得るなど、調査の準備を整えた。

② 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

カウンターパートへの技術移転については、プロジェクトが正式に開始される 2019 年度から実施する。

③ 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

該当なし。

④ 研究題目 3 の研究のねらい（参考）

伐採 OPT の農地内放置は、パームの定着・成長に寄与する土壌微生物相の均一化や、ガノデルマ菌やフザリウム菌などパームの立枯れ・生育不良をもたらす土壌病原菌の蔓延をもたらすことが予想される。本研究課題では、持続的なプランテーション経営とバイオ燃料・バイオマテリアル原料の安定的な確保を目指し、オイルパームの再植林及び生育不良の改善へ向けた農地管理法を開発する。

⑤ 研究題目 3 の研究実施方法（参考）

伐採 OPT の管理形態が異なる複数の農園において、メタゲノム解析を用いた土壌微生物相評価を行

うことで、管理方法の違いが土壌病原菌動態に及ぼす影響を明らかにする。加えて、伐採跡地だけでなく、隣接する植栽地においても同様の調査を行い、パームの生育（健康）状態や幹内の澱粉量との関係等を把握することで、伐採 OPT の利用促進に向けた科学的知見を蓄積する。

(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」

リーダー：金子 慎治

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

本研究課題では、伐採 OPT を利活用した場合と、従来通りパーム農園内に放置した場合について、生産、加工、運搬等の過程で排出される GHG を比較することで、伐採 OPT 利活用へ向けたインセンティブ形成を目的とするものである。本目的の達成に向け、暫定研究契約期間である 2018 年度はカウンターパートの決定及び試験地の選定を所期の計画とした。

伐採・放置された膨大な量の OPT は土壌微生物及びシロアリによる分解過程を経て、それぞれ CO₂ 及びメタン（CO₂ の 25 倍の温暖化係数）として大気中に放出され、その放出量は将来的な気候変動に伴い増加することが予想される。また、生育不良改善のために大量に使用される肥料は N₂O（298 倍）の放出源となる。本年度は、LCA 課題の準備の一環として、これら OPT の分解に起因して発生する GHG を測定するための土壌呼吸チャンバーの設置・管理について関係機関と協議を行い、USM キャンパス内に設定されたオイルパーム試験地において測定を実施することを決定した。

加えて、OPT を利活用した場合に、加工の過程で発生する GHG 排出量について、研究課題 2「OPT から高付加価値製品の製造技術開発」を担当する（株）IHI の研究者らと協議し、必要なデータや解析手法等を確認した。本課題については、広島大学国際協力研究科博士課程前期に在籍するインドネシア人留学生の参画が決定するなど、順調に推移している。

② 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

カウンターパートへの技術移転については、プロジェクトが正式に開始される 2019 年度から実施する。

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
該当なし。

④ 研究題目 4 の研究のねらい（参考）

伐採された OPT はバイオ燃料やバイオマテリアルの原料として期待されるものの、搬出に係る経済的負担等から農地内に放置され、①ガノデルマに代表される細菌類の蔓延に伴う再植林の失敗・生育不良と代替農地造成のための熱帯林の伐採、及び②土壌微生物やシロアリによる OPT の分解に由来する温室効果ガスの発生など、地球規模の環境問題を引き起こす要因となっている。

研究課題 4 では、伐採 OPT を利活用した場合と、従来通りパーム農園内に放置した場合について、パーム油や OPT 高付加価値商品の生産、加工、運搬等の過程で排出される GHG を比較する。伐採 OPT の放置が再植林に及ぼす影響を明らかにしてパーム農園経営者のインセンティブ形成を図る研究課題 3 と並行して行うことで、国際社会における OPT 利活用へのインセンティブを形成し、研究課題 2「OPT から

【平成 30 年度実施報告書】【190530】

高付加価値製品の製造技術開発」に不可欠な原料の調達を図ることで社会実装への道筋を確かなものとする。

⑤ 研究題目 4 の研究実施方法（参考）

研究課題 4 では、オイルパーム農地（生産過程）、搾油工場や高付加価値製品生産工場（運搬・加工過程）及び市場への流通（流通過程）など、生産過程から流通過程にわたって排出される GHG 量を、従来のパーム農園経営と OPT 利活用を基盤とした持続的農園経営で比較する。また、OPT 利活用を促進する上でどのようなインセンティブ（補助金や認証制度、環境やパームの生育に及ぼす影響に関する知識）が必要かを明らかにするための社会実験を行う。

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）

2018 年度は、暫定研究契約期間として、マレーシア側共同研究機関の実務担当研究者と共同研究実施に係る協議を行うとともに、オイルパーム農園やパーム油を所管する関係省庁及び認証機関に対して、本プロジェクトの概要説明や協力要請を行い、OPT の利活用による持続的オイルパームプランテーション経営を目指す本プロジェクトの意義や方向性についての理解を得た。今後、マレーシア側共同研究機関と連携し、4 つの研究課題について、調査・研究を確実に実施していくとともに、パーム関係省庁や認証機関に対しても積極的に成果情報を提供していくことで、当該国における OPT 利活用に基づく持続的プランテーション経営を実現していく。

これら成果達成は、開始 2 年目以降に具体化してゆくものと考えている。成果達成のポイントとしては大きく 2 つの点が挙げられる。1 つ目は、OPT を原料とした高付加価値製品製造のための OPT 利用事業への技術移転、2 つ目は、伐採 OPT 放置の農園環境への影響の検証である。

まず、OPT 利用事業の当該国への技術移転については、事業検討している地元企業や日本企業法人へサンプル提供を積極的に行い、パイロットビジネスへの発展的共同開発を進められれば、そのインパクトは大きい。今後、クランのパイロットプラントに OPT のマテリアル利用技術開発に必要な繊維解繊爆砕装置や、排水処理設備から窒素、リン、カリウムなどの肥料成分の濃縮分離装置が導入される予定であり、一連のシステム構築が達成でき次第、早期に地元企業や日本企業法人向けの見学会を開催する予定である。

OPT 伐採放置による農園環境への影響については、パーム農園における病虫害菌発生分布や温室効果ガス発生に関する科学的基礎データを取得し、その公表を通じて、プランテーション経営者や国際社会における OPT 利活用へのインセンティブ形成を図る。すでに大手パーム農園企業や小規模パーム農園による協力体制を構築しており、農園内の土壌サンプリングなどが可能となっている。土壌微生物解析に必要な次世代シーケンサー導入も予定しており、フィールド及びラボワークに要する研究基盤の整備を進めている。

また、プロジェクト後期においては、関連省庁や認証機関、及びプランテーション経営企業に積極的に成果情報を提供していく予定である。マレーシアのパーム油認証機関である MPOCC や国際認証機関である RSPO においても、パーム産業から排出されるバイオマスを考慮した新たな認証基準化について共通の理解が進み、最大手のオイルパームプランテーション経営企業である Sime Darby 社からも、パー

ムの生産性や持続性を高める研究成果への期待が表明されている。各研究課題について、調査・研究を確実に実施していくとともに、これらパーム関係省庁や認証機関に対しても積極的に成果情報を提供していくことで、当該国における OPT 利活用に基づく持続的プランテーション経営を実現していく。

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

平成 31 年 3 月までの暫定研究期間中、研究実施に係るいくつかの課題が明らかになった。以下にそれぞれの対応策を述べる。

1) プロジェクト成果の波及性の向上

先述の通り、伐採後パーム農地内に放置される OPT は、土壌病原菌の蔓延に伴うパームの生育不良・再植林の失敗や代替農園開発のための新たな熱帯雨林の伐採、膨大な量の GHG の発生など、様々な環境問題を引き起こす。本プロジェクトでは、伐採 OPT を用いた高付加価値商品の開発（研究課題 1 及び 2）と、伐採 OPT がもたらす影響の把握（研究課題 3 及び 4）によって、この膨大な量の未利用バイオマスの利活用を促進し、深刻化する地球規模の環境問題の解決を図るものであるが、その社会実装に向けては、認証機関や政府機関との綿密な連携が必要となる。

そこで、本プロジェクトで得られる成果の波及性をより向上させるため、JCC メンバーとして当初予定していたパーム関連所管省庁に加え、新たに Malaysian Palm Oil Certification Council (MPOCC : マレーシアパームオイル認証評議会) と Ministry of Energy, Science, Technology, Environment & Climate Change (MESTECC : エネルギー・技術・科学・気候変動・環境省) に参加を要請した。

MPOCC は、マレーシアにおける油ヤシの持続可能な管理の促進に向けて、パーム油認証 (MSP0) を発行する機関であり、MESTECC はエネルギーや科学技術だけでなくマレーシアの廃棄物等の環境問題を所管する省庁である。個別に意見交換を行った結果、MPOCC においては、オイル認証だけでなく今後は産業全体で 8 割を占めるとされるバイオマス残渣の取り扱いや認証化を進めてゆく用意があり、プロジェクトの目指す持続的パーム農園リサイクル化への理解が示された。また、MESTECC においても、2030 年までに使い捨てプラスチックの使用をゼロにすることを目標としていることから、研究課題 2 で製品開発を行う生分解性プラスチック材に関心を持っており、持続可能な資源として OPT 利用を推進する本プロジェクトへの期待が表明された。両機関とは今後も綿密に情報共有を行うこととしている。

2) 当該国におけるプロジェクトの自立発展性の強化

当該国におけるプロジェクトの自立発展性を強化するため、プロジェクト開始から 3～4 年後を目処にクルアンのパイロットプラント設備一式を USM 工学部キャンパスへ移設することを検討している。プロジェクト終了後も当該国機関である USM がパイロット設備一式を継続的に管理・運用していくことで、日本やマレーシアならびに近隣の ASEAN 諸国の企業等との産学連携や技術移転が推進されるとともに、学部や博士課程の学生教育を通じた人材育成など、自立発展性の向上に繋がる取り組みが期待される。USM に移設するには、当該機関が移設整備のための予算調達等に取り組む必要があり、その支援を行っていく予定である。

3) 諸手続の遅延

JICA 詳細計画策定調査、M/M の署名は 2018 年 7 月と早期に終了したものの、R/D の署名に時間を要し、全参画機関の署名完了は 2019 年 3 月下旬となった。各参画機関担当者はスケジュールについて十分承知していたものの、各機関のリーガルセクションで共通の理解が得られていなかったことが原因と思われる。現在は各機関内の関連部署にも本プロジェクトが十分に認識されており、今後は契約等に係る諸手続は順調に進むと思われる。

4) その他

本プロジェクトのマレーシア代表機関である USM は、マレー半島北部に位置するペナン州ペナン島にメインキャンパスがある。一方、参画研究機関である MPOB、FRIM、SIRIM は半島中央部の首都クアラルンプール近郊、パイロットプラントは半島南部のジョホール州クルアンに位置する。このため、南北に点在する参画機関間で成果を如何に共有し、プロジェクト全体をマネジメントしていくかは運営上の重要な課題と考えられる。研究開始当初は、研究会議や打合せの多くはクアラルンプールで行ってきたが、より効率的で綿密なコミュニケーションを図るため、今後はビデオ会議や SNS（ソーシャル・ネットワークワーキング・サービス）等の利用を検討したい。

(2) 研究題目 1 : 「OPT 高糖度化技術開発」

リーダー：小杉 昭彦

伐採 OPT の貯蔵期間中の糖蓄積現象に関しては、これまでも当該国機関と共同で研究を行ってきた実績があり、共同研究の実施に際して問題はない。また、また、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、提言等についても、現在までのところ該当はない。

(3) 研究題目 2 : 「OPT から高付加価値製品の製造技術開発」

リーダー：山下 雅治

暫定研究契約期間であるため、相手国側研究機関との共同研究実施に際して現在までのところ該当するものはない。また、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、提言等についても、現在までのところ該当はない。

(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」

リーダー：近藤 俊明

Sime Darby 社及び MPOB との協議を通して、それぞれが管理する農園におけるサンプル採集の許可を得ており、共同研究の実施に際して問題は生じていない。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、提言等についても、現在までのところ該当はない。

(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」

リーダー：金子 慎治

USM との研究打ち合わせを通して、オイルパーム試験地を使用して実験を行う許可を得ており、共同研究の実施に際して問題は生じていない。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、提言等についても、現在までのところ該当はない。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

暫定研究契約期間であり、現時点で提示する実績はなし。

(2) 社会実装に向けた取り組み

従来のパーム油の生産過程に係る認証基準に加え、パーム農園から産出される未利用のバイオマス資源の利活用についても認証基準化を図るため、RSPO 及び MPOCC を訪問し、本プロジェクトの取り組みを紹介するとともに、将来的な認証基準化についての意見交換を行った。両機関とは今後も JCC 等を通して継続的な情報共有を行う予定である。

また、高付加価値化製品の商品化へ向け、クランにある OPT 燃料用ペレット実証プラントにおいては引き続きショーケースとして見学の受け入れを行っており、今後、追加の試験装置が導入設置され、本格稼働させる時期に併せてマレーシア企業や政府関係者等を招き、現地見学会を行う予定である。

さらに、本プロジェクト成果の波及を目的に、2018 年 5 月に東京ビックサイトにて開催された「バイオマスエキスポ 2018」、8 月にインドネシア国ボゴールにて行われた「3rd International Conference on Biomass」、12 月につくば市で開催された「第 2 回食・触コンソシンポジウム」で、本プロジェクトの内容や目標に関する講演を行った。さらに、バイオサイエンスとインダストリー(B&I)誌 76 巻にて、「東南アジア諸国における「脱炭素社会」への動きと取り組み」と題して、本プロジェクトについて紹介した。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- ・マレーシア国の複数の政府機関を訪問し、Ministry of Education Malaysia (MOE) から、持続的なオイルパームプランテーション経営に資するプロジェクトであり、パーム産業の発展に貢献するものであるとの大きな期待を表明された。
- ・MPOCC を訪問し、本プロジェクトの主旨や意義について意見交換を行い、パーム油のみを対象とした従来の MSP0 認証だけでなく、パーム産業から排出されるバイオマスに関する新たな認証の重要性を共通の理解として得ることができたとともに、その制度設計に前向きに取り組む意思表示を受けた。また、パーム油の国際認証機関である RSPO においても同様の評価を受け、今後も継続して情報共有していきたいとの要望があった。
- ・Sime Darby 社研究所を訪問し、パームの生産性や持続性を高める研究課題であり、同社が所有する農園におけるサンプル採集など、本プロジェクトへの協力していく旨の申し出を受けた。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

別紙に記載

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。)

論文数 0 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 0 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。)

論文数 0 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 0 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
30	小杉昭彦 「東南アジア諸国における「脱炭素社会」への動きと取り組み」バイオサイエンスとインダストリー(B&I) 2018 VOL.76 NO.4 (一財)バイオインダ		総説	accepted	

著作物数 1 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

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

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

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)

招待講演	5 件
口頭発表	0 件
ポスター発表	0 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

0 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

0 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

0 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

0 件

成果目標シート(雛形:適宜変更してご利用ください)

公開資料

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3月25日～平成36年3月25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

