

マレーシア

2021年度 外部事後評価報告書
技術協力プロジェクト (SATREPS¹)

「生物多様性保全のためのパーム油産業によるグリーン経済の推進プロジェクト」

外部評価者：株式会社アイツアアイ・コミュニケーション 原口 孝子

0. 要旨

本事業は、主にサバ州において、パーム油搾油工場で発生する余剰バイオマス（パーム・バイオマス）を有効活用する技術の開発を通じ、パーム油産業のグリーン産業化と新たなビジネスの創出に係る提案と潜在的ユーザとの共有を図り、もって、それらの事業化の進展による生物多様性保全への貢献をめざした。このような目的は、マレーシア及びサバ州の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。本事業の共同研究の成果としてパーム・バイオマス活用技術が複数開発され、投資計画を含むビジネスモデルとして取りまとめられて、企業等関係者の関心を得た。生物多様性の評価に係る手法も開発され、これらの研究にて多くの論文発表や学位取得も実現し、プロジェクト目標は達成された。上位目標については、研究成果の活用に係るサバ州政府内での検討はなされず、またビジネスモデル全体としての適用が実現しなかったため一部達成と判断したものの、関連研究が継続・発展して一部の個別技術が社会実装されたことは評価できる。よって、有効性・インパクトは高い。効率性については、事業期間は計画どおりであったものの、事業費が計画をやや上回ったことから中程度である。持続性は、研究機関においては確保されているが、上記のようにサバ州政府において制度・体制の確立に至っていないことなどから中程度である。以上より、本事業の評価は高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図



アブラヤシ空果房²と搾油廃液から
コンポスト（肥料）製造
（トレンガヌ州）

¹ 地球規模課題対応国際科学技術協力 (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development)

² 空果房は果房から果実を取り出したあとの残渣。

1.1 事業の背景

サバ州ではパーム油産業を主要産業としており、アブラヤシ農園で使用される農薬や、旧式の排水処理システムで稼働する搾油工場から排出される処理水等による水質への影響が問題となっていた。特に、ラムサール条約登録地をはじめ森林保護区や野生生物保護区が点在しており、希少な野生生物の生息地であった、キナバタンガン・セガマ河流域の生物多様性への影響が懸念されていた。

九州工業大学とマレーシア・プトラ大学 (Universiti Putra Malaysia、以下「UPM」という。) は、バイオマスを原料にした樹脂複合材料 (バイオコンポジット) の製造技術を共同開発していた。マレーシアでは、パーム油搾油工場から年間を通じて安定した品質のパーム・バイオマスが大量に発生するため、余剰バイオマスの有効活用技術の開発により、新たなビジネス・産業を創出しつつパーム油由来の汚染物質の軽減を図ることが期待された。また、国際協力機構 (JICA) は、サバ州政府及びマレーシア国立サバ大学 (Universiti Malaysia Sabah、以下「UMS」という。) と、同州の生物多様性・生態系保全の推進を目的とした一連の技術協力プロジェクト (「ボルネオ生物多様性・生態系保全プログラム」 (Technical Cooperation Programme for Bornean Biodiversity and Ecosystems Conservation in Sabah, Malaysia、以下「BBEC」という。)) (フェーズ1: 2002年~2007年、フェーズ2: 2007年~2012年)、「サバ州を拠点とする生物多様性・生態系保全のための持続可能な開発プロジェクト」 (Project on Sustainable Development for Biodiversity and Ecosystems Conservation in Sabah、以下「SDBEC」という。)) (2013年~2017年) を実施していた。これらの協力にて、生物多様性保全のためには持続可能な開発が重要であることがますます認識されるようになっていた。

1.2 事業の概要

上位目標	マレーシアのパーム油産業においてグリーン経済が振興し、ゼロ・ディスチャージ ³ 技術により、キナバタンガン河流域を含むサバ州の関連地域の生物多様性保全に貢献する。
プロジェクト目標	パーム油産業の持続可能なグリーン産業 ⁴ への変容に向けて、ビジネスモデルのための革新的な知見と実行可能な技術 ⁵ が開発され、潜在的ユーザによって肯定的に共有される。

³ 事業事前評価表によると、「ゼロ・ディスチャージ」とは、搾油工場からのすべての副産物が、パーム油の製造工程でエネルギー効率や資源利用の改善の結果として価値があるか売買可能な有用バイオマス、エネルギー、再生水のいずれかに転換されることをいう。排出される硫酸化物、窒素酸化物及び微小粒子状物質の濃度は政府規定レベル以下に抑制され、バイオマスから発生するメタンガスはエネルギー利用のために回収される。

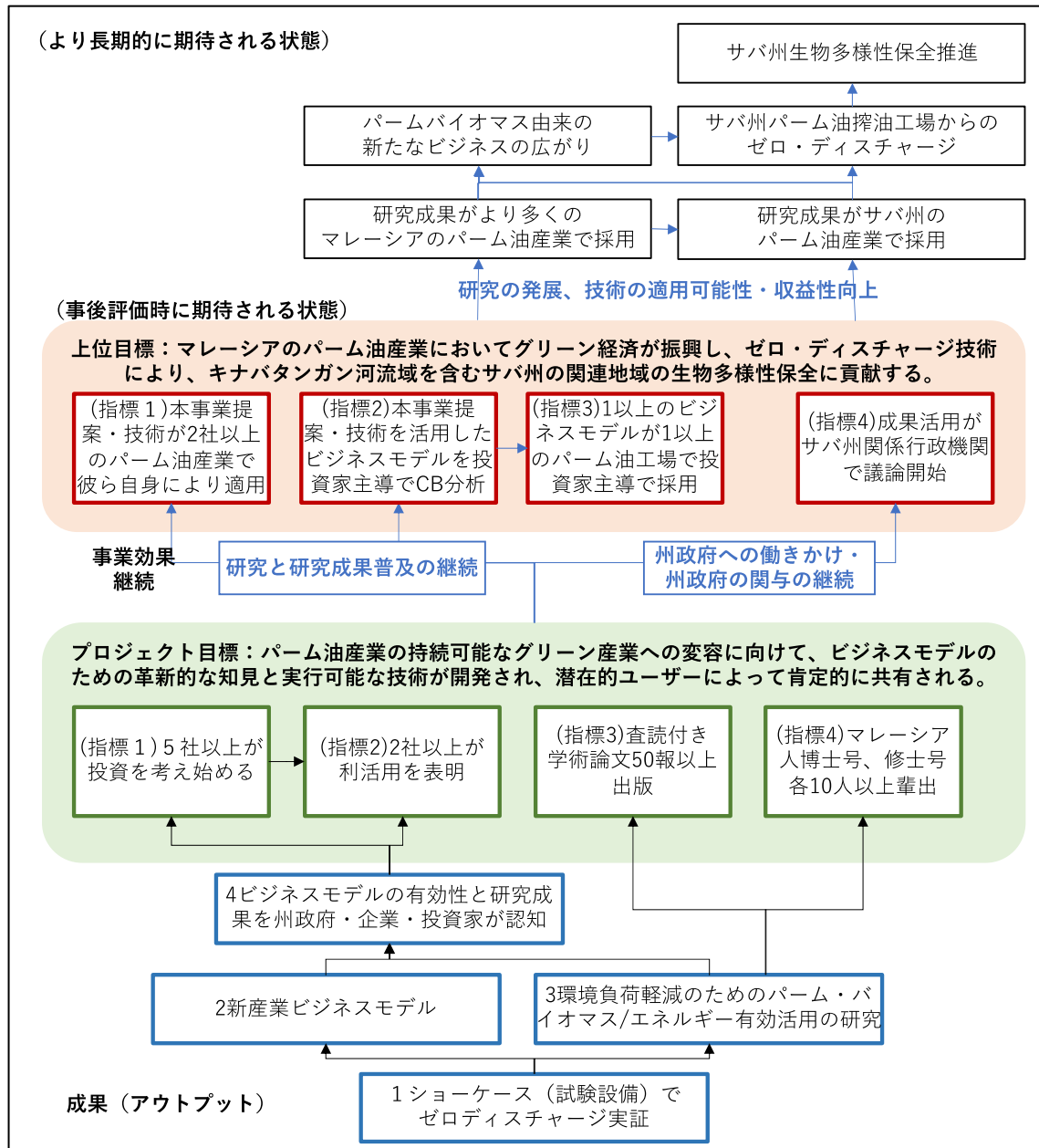
⁴ 事業事前評価表によると、「持続可能なグリーン産業」とは、環境面、社会面、財政面から持続可能な産業をいう。

⁵ 事業事前評価表によると、「革新的な知見と実行可能な技術」とは、搾油工場からの余剰エネルギーやパーム・バイオマス、過熱水蒸気、メタンガスなどを利用して、バイオコンポジット、バイオプラスチック素材、マイクロ繊維、活性炭、肥料などの有用な物質を生産するための技術に関する研究成果全般のことをいう。また、ゼロ・ディスチャージの概念と方法を活用したパーム油産業の新たなビジネスモデルと投資計画に関する情報も含まれる。

成果	成果 1	パーム油搾油工場に設置されるゼロ・ディスチャージ試験設備においてバイオマス・余剰エネルギーのエネルギー効率改善を通して、ゼロ・ディスチャージの効果が実証される。
	成果 2	ゼロ・ディスチャージ及び余剰バイオマスと余剰エネルギーを活用した新しい産業を通して、ビジネスモデルの有効性が検証される。
	成果 3	パーム油搾取工程に起因する環境負荷軽減のためのパーム・バイオマスとエネルギーの有効活用に関する革新的な研究が進む。
	成果 4	ビジネスモデルの有効性と研究結果が、サバ州政府とマレーシア国内外の投資・企業により広く共有され認知される。
日本側の事業費		336 百万円
事業期間		2013 年 11 月 ～ 2017 年 11 月
事業対象地域		サバ州
実施機関		マレーシア・プトラ大学 (UPM) マレーシア国立サバ大学 (UMS) サバ州天然資源庁
その他相手国協力機関など		-
わが国協力機関		九州工業大学大学院生命工学研究科 独立行政法人産業技術総合研究所 九州大学大学院農学研究院
関連事業		<p>【技術協力】</p> <ul style="list-style-type: none"> 「ボルネオ生物多様性・生態系保全プログラム」(BBEC) (フェーズ 1: 2002 年～2007 年、フェーズ 2: 2007 年～2012 年) 「サバ州を拠点とする生物多様性・生態系保全のための持続可能な開発プロジェクト」(SDBEC) (2013 年～2017 年) 「山仙式平窯炭化法によるバイオマス炭化技術研修事業」(草の根技術協力事業(地域提案型)) (2012 年～2015 年) 「パームオイル工場の排水処理高度化・資源循環利用普及・実証事業」(普及・実証・ビジネス化事業) (2015 年～2017 年) <p>【その他】</p> <ul style="list-style-type: none"> 国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) 「平成 28 年度 SATREPS 企画提案(プラン B)」(2016 年) JST 「マレーシアでの生分解性ナノコンポジット事業の実現」(持続可能開発目標達成支援事業 (Accelerating Social Implementation for SDGs Achievement、以下「aXis 事業」という。)) (2020 年～2022 年)

本事業のロジックモデルを下図のように整理した。成果 (アウトプット) から上位目標までは、JICA 及び JST の報告書に基づき、事後評価時までには達成が期待されていた目標と指標 (事業実施中に数回の計画変更を経たあとの最終の計画) を書き込み、さらに上の部分は、

報告書等のほか実施機関他の関係者への聞き取りに基づき、より長期的に発現が期待されていたと思われる効果を整理した。最終的な事業のインパクトとしてはサバ州の生物多様性保全が期待されていたが、研究の発展・成果の活用とパーム油産業におけるグリーン経済の振興は同州に限らずマレーシアの他の地域においても想定されており、それがサバ州での研究成果活用にもつながるロジックであったと整理し、本事後評価を行った。



出所：JICA 終了時評価報告書（2017年）、JST 終了報告書（2018年）、実施機関等聞き取りを元に作成
 図1：事業のロジックモデル

実施機関及び日本側研究機関の、本事業の成果（アウトプット）ごとの役割分担は次のとおりであった。成果1は、九州工業大学が日本側の活動すべてを担当し、UPMが技術実証

のためのショーケース設備（試験設備）の運転・維持管理、UMS が廃液の分析を担当した。成果 2 は、九州工業大学が研究成果の活用に係るビジネスモデルの策定を担当し、他機関はこれに協力した。成果 3 は、九州工業大学（全般）、産業技術総合研究所（糖化⁶）、九州大学（生物多様性）がそれぞれの研究テーマを中心に担当し、UPM は主にバイオマス活用に係る共同研究、UMS は主に生物多様性に係る共同研究に、それぞれ参加した。成果 4 は、全機関が研究成果の共有に参加した。

1.3 終了時評価の概要

1.3.1 終了時評価時のプロジェクト目標達成見込み

プロジェクト目標はおおむね達成されているとの評価であった。特に、研究成果・人材育成に関しては「想定以上の成果を上げている」と評価された。

1.3.2 終了時評価時の上位目標達成見込み（他のインパクト含む）

終了時評価時点の上位目標に対し、「社会実装のためのリソースが限定的な状況では実現が難しい指標となっており、3 年以内の達成は困難である。上位目標も本事業から開発された技術を幅広く広めるよう修正される必要がある。」との判断がなされ、変更が提言された。提言を受け、上位目標と指標はプロジェクト目標からの乖離がない形（上記「1.2 事業の概要」に記したもの）に変更され、関係者間で正式に合意された⁷。

1.3.3 終了時評価時の提言内容

提言内容は次のとおりで、いずれも事業期間内に対応された。

- 上位目標とその指標、外部条件の修正：正式な修正を両国側で合意した。
- 提案されているビジネスモデルと投資計画の修正：初期投資を抑えた案を追加した。
- 研究成果の政策対話への組み込み：関連省庁に説明を行った。
- セミナーや利用可能なプラットフォーム及びマスメディアを通じた潜在的投資家への接触：セミナーを開催した。
- ショーケース設備の炭化炉の排煙規制（一酸化炭素（CO）と粒子状物質（PM10））を満たす：一部改修工事を実施し、クリアした。
- ショーケース設備の管理計画の最終化（マレーシア側の本事業の終了時（2018 年 8 月）までに）：実行した。

⁶ 糖化は、バイオマスから化学品の原料となる糖を得ること。

⁷ 終了時評価時の上位目標は「マレーシアのパーム油産業においてグリーン経済が振興し、パーム油廃液による汚染物質の軽減により、キナバタンガン河流域を含むサバ州の関連地域の生物多様性保全に貢献する」（下線部が変更された）。指標のうち、「本事業で提案または得られた技術が、投資家の主導により、10 社のパーム油工場で採用される」が削除された。なお、本事後評価は変更後の上位目標を用いて行う。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

原口 孝子（株式会社アイツーアイ・コミュニケーション）

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2021年7月～2022年6月

現地調査：2021年12月、2022年2月（日本から遠隔実施⁸）

3. 評価結果（レーティング：B⁹）

3.1 妥当性（レーティング：③¹⁰）

3.1.1 開発政策との整合性

本事業と開発政策との整合性は、事前評価時、事業完了時ともに高い。

マレーシアの中央及びサバ州の開発計画（下表）にて、パーム・バイオマスの有効活用、パーム油産業のグリーン産業への変容をめざしている。

マレーシア政府はさらに、持続可能なパーム油産業に対する認証制度を整備している。2004年4月に民間の国際的な認証枠組み「持続可能なパーム油のための円卓会議（Roundtable on Sustainable Palm Oil、以下「RSPO」という。）」（本部ジュネーブ、事務局クアラルンプール）が発足し、パーム油の生産と流通に係る認証制度を整備した。マレーシア政府はRSPOへの加入に加え、2013年には「マレーシアの持続可能なパーム油（Malaysian Sustainable Palm Oil、以下「MSPO」という。）」制度を導入し、パーム油産業にこれらの認証取得を促している。

表1 本事業に関連する開発政策

事前評価時	事業完了時
<p>【中央の開発政策】 「第10次マレーシア計画」（2011年～2015年） パーム油産業を12の国家重要経済分野の一つに位置づけ、単に総生産量を増大するだけでなく、生産性・生産効率を向上することをめざしている。</p> <p>「国家バイオマス戦略2020」（2010年制定） バイオマスの焼却から利用への転換等の方針を打ち出している。</p>	<p>【中央の開発政策】 「第11次マレーシア計画」（2016年～2020年） 重点分野の一つが「持続可能な消費と生産概念の採用」である。戦略の一つに、バイオマスを発電に用いるなど、廃棄物の資源としての投資を掲げる。</p> <p>「国家バイオマス戦略2020」（2010年制定） 左記のとおり（事業完了時も有効）。</p>

⁸ 新型コロナウイルスの影響のため、外部評価者の指示の下、現地調査補助員が実施機関及び関係機関への聞き取りとサイト視察を実施した。インタビュー調査の一部は、事後評価者がオンラインで行った。

⁹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

¹⁰ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

事前評価時	事業完了時
<p>【サバ州の開発政策】 「サバ州開発及び発展の指針(Halatuju)」(2004年) 経済開発を達成しながらも健全な生態系を支える自然資源保全のために特定の地域を保存することを示している。</p> <p>「サバ州生物多様性戦略」(2012年～2022年) JICA技術協力プロジェクトであるBBECフェーズ2にて策定支援し草稿が完成し閣議承認待ち。</p>	<p>【サバ州の開発政策】 「サバ州の戦略的長期行動計画」(2016年～2035年) サバ州の開発を経済、社会、環境面から進めることを明記している。</p> <p>「サバ州生物多様性戦略」(2012年～2022年) 左記のとおり。生物多様性への圧力を軽減するための持続可能なパーム油産業への変容をめざす。</p> <p>「サバ・バイオマス産業開発計画」(2015年～2020年) 「国家バイオマス戦略2020」に基づき、産地ごとのバイオマス発生・利用のバランスのモニタリング、効率的な利用体制の構築等を計画している。</p>

出所：事業事前評価表、JICA 終了時評価報告書、上記各文書

3.1.2 開発ニーズとの整合性

事前評価時、事業完了時ともに、本事業はマレーシア及びサバ州の開発ニーズと整合している。サバ州におけるパーム油産業の規模は事業実施期間を通し保たれており（下表）、パーム油搾油工場から生じる環境負荷の軽減とパーム油産業収益拡大のニーズは継続的に存在していた。また、マレーシアパーム油庁、サバ州天然資源庁等関連機関も、パーム油工場排水の環境への影響、キナバタンガン河・セガマ河流域の生物多様性の状況を重要視していたことが事業関連資料やこれら機関の文書からうかがえる。

表2 マレーシア及びサバ州のパーム油生産関連統計

	2011年	2017年
全国アブラヤシ農園面積（千ha）	5,000	5,811
うちサバ州（千ha）	1,430	1,547
全国パーム油生産量（千トン）	18,912	19,919
うちサバ州（千トン）	5,840	5,215
サバ州パーム油関連輸出入（百万リンギット）	13,800	15,700
サバ州輸出入に占める割合（%）	40	44

出所：マレーシアパーム油庁統計

3.1.3 日本の援助政策との整合性

事前評価時における日本の援助政策との整合性は高い。「対マレーシア国別援助方針」（2012年4月）によると、日本は重点分野の一つとして「先進国入りに向けた均衡のとれた発展の支援」を掲げており、「経済の高度化推進」の開発課題に関する環境関連ビジネスの推進もこれに含めていた。このように、日本の援助政策は、環境保全と経済高度化・高付加価値化の両方への取組を支援していた。

以上より、本事業の実施はマレーシアの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

3.2 有効性・インパクト¹¹（レーティング：③）

3.2.1 有効性

3.2.1.1 成果

成果1：パーム油搾油工場に設置されるゼロ・ディスチャージ試験設備においてバイオマス・余剰エネルギーのエネルギー効率改善を通して、ゼロ・ディスチャージの効果が実証される。
成果2：ゼロ・ディスチャージ及び余剰バイオマスと余剰エネルギーを活用した新しい産業を通して、ビジネスモデルの有効性が検証される。
成果3：パーム油搾取工程に起因する環境負荷軽減のためのパーム・バイオマスとエネルギーの有効活用に関する革新的な研究が進む。
成果4：ビジネスモデルの有効性と研究結果が、サバ州政府とマレーシア国内外の投資・企業により広く共有され認知される。

本事業の共同研究では、パーム・バイオマス、中でもパーム油搾油工場¹²で発生する空果房、中果皮繊維（メソカープ・ファイバー。搾油後の果肉部分）、搾油廃液等の有効活用と生物多様性への影響に係る各種共同研究が行われた。ゼロ・ディスチャージ実証（成果1）としては、サバ州西部のケニンガウ郡にあったパーム油搾油工場にショーケース設備を設置し、廃液処理システム、炭化炉、コンポスト化装置の実証を行った。それらの技術を含む個別の研究結果（成果3）としては、主に次のような技術が開発された（括弧内は成果3の指標番号）。

- バイオコンポスト/バイオ炭（生物由来の肥料と炭）（指標11）：
過熱水蒸気¹³（搾油前のアブラヤシ処理工程で発生する余剰蒸気を活用）処理による固形バイオマスからの有機物回収及びパーム油搾油廃液や空果房からのコンポスト、炭の製造手法が開発された。さらに、微生物を用いた高機能コンポスト製造手法が開発された。
- バイオコンポジット（生物由来の樹脂複合材料）（指標4～10）：
空果房とメソカープ・ファイバーからのセルロース・ナノファイバー製造技術及びこれを原料とするナノコンポジット¹⁴の製造手法が開発された。
- 生物多様性（指標1～3）：
パーム油搾油工場からの処理排水の、流出河川における微生物生態への影響をモニタリングする簡便な手法が開発された。微生物多様性のモニタリングを通じた生物多様性のモニタリング手法が開発された。搾油廃液処理の各過程で役

¹¹ 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

¹² 一般的なパーム油製造工程では、アブラヤシの実果房を煮沸後、果実と空果房に分離し、果実から搾油する。搾油により果実はパーム油とメソカープ・ファイバーに分けられ、メソカープ・ファイバーはボイラー燃料として消費される。

¹³ 過熱水蒸気は、沸点を超える温度に加熱した蒸気。

¹⁴ ナノコンポジットは、ナノメートルのオーダー（1～100 ナノメートル）の粒子を練り込んだ複合素材。

割を果たす主要微生物を特定した。天然林、二次林、プランテーションそれぞれにおける土壌中の微生物の特徴を解明した。

- 排水処理：
余剰蒸気を用いた蒸留によるパーム油搾油廃液の清澄化手法が開発された。

また、本事業の特徴として、研究活動のみならず社会実装を強く意識した事業デザインであることが挙げられる。バイオマス発電（固形パーム・バイオマスを燃料とする）の効率化¹⁵とバイオガス発電（廃液から回収したメタンガスを燃料とする）の導入で得た「グリーン電力」の販売・供給による収益確保と新たな「グリーン事業」（化学製品、燃料、コンポスト等の付加価値品生産、余剰電力を利用した植物工場やエコツーリズム他）の開発・推進、蒸気を用いた廃水の清澄化等を組み合わせたビジネスプラン「余剰パーム・バイオマスを用いたエネルギー供給・環境保全事業」を複数パターン作成し（成果2）、ワークショップやセミナーで日本・マレーシアの企業、研究機関、政府機関に共有した（成果4）。

3.2.1.2 プロジェクト目標達成度

プロジェクト目標を測る指標である、本事業の開発技術及びビジネスモデルに対する潜在的なユーザの関心（指標1、2）と、研究（指標3）・人材育成（指標4）が達成された（下表）。特に研究・人材育成は、目標数を大きく上回る論文数と博士号・修士号取得者数を実現した。これらの実績はJSTからも高く評価された。計画を上回る実績を得られた一因として、研究テーマが注目度・重要性の高いものであったこと、本事業以前からの共同研究やネットワークの蓄積があったことが考えられる。

表3 プロジェクト目標の達成度

目標	指標	実績
プロジェクト目標： パーム油産業の持続可能なグリーン産業への変容に向けて、ビジネスモデルのための革新的な知見と実行可能な技術が開発され、潜在的ユーザによって肯定的に共有される。	①少なくとも5社が本事業提案のビジネスモデルや投資モデルに基づいて現実に投資を考え始める。	達成。プロジェクトチームは多くの企業と話をしたが、うち継続して議論が行われた以下13社をカウント。 <ul style="list-style-type: none"> • JICA 普及・実証・ビジネス化事業¹⁶にて排水処理の共同実験を行った日本企業 • パーム・バイオマスの熱処理を研究していた日本企業 • UPMと研究委託契約を結んでいた日本企業 • JST「SATREPS 成果を活用したSDGsビジネス化支援プログラム」にコンソーシアムを組み応募した日本企業9社（採択には至らなかったが、検討は行ったためカウント） • マレーシア企業のパーム油搾油工場（トレンガヌ州）
	②少なくとも2社が成果3により達成された研究結果や新技術の活用を表明する。	達成。上記①のうち11社が、本事業の技術や研究成果の適用に関する意思を表明した。

¹⁵ 一般に、パーム油搾油工場は工場で発生するパーム・バイオマスを燃やす自家発電を行っているが、その非効率性も成果2の研究の一環として明らかにされた。

¹⁶ 「パームオイル工場の排水処理高度化・資源循環利用普及・実証事業」（2015年～2017年）

目標	指標	実績
	③本事業の課題やトピックスに関連した査読付き学術論文を50報以上出版する。	達成。日本・マレーシアの査読付き共著論文75報、それぞれの国の査読付き論文50報、計125報が出版された。
	④本事業の課題やトピックスに関連した研究によって10人以上のマレーシア人の博士、10人以上のマレーシア人の修士を輩出する。	達成。博士号取得者は九州工業大学、UPM、九州大学で16人を輩出し、全員が研究職についた。加えて2人が、日本国国費留学生のSATREPS枠で留学し博士号を取得した。修士号取得者はこれ以上を輩出（ただし事後評価時の聞き取りでは修士号はカウント困難とのことであった）。

出所：JICA 終了時評価報告書（2017年）、JST 終了報告書（2018年）、UPM 及び USM 聞き取り

以上のように、プロジェクト目標は達成された。

3.2.2 インパクト

3.2.2.1 上位目標達成度

上位目標としては、本事業の研究成果・ビジネスモデルがパーム油産業で採用される（グリーン経済が振興する）ことにより、環境負荷の軽減を通じた生物多様性の保全に貢献することがめざされた。事後評価時設定されていた四つの指標のうち、指標1～3が一部達成、指標4が未達成であった（下表）。

指標1～3（パーム油搾油工場、投資家による研究成果の活用）は、ビジネスモデルのパッケージとしては実現せず、またサバ州でも実現しなかったが、個別の技術、特にコンポスト製造とナノコンポジット製造（正確には、ナノコンポジットの原料となるセルロース・ナノファイバーの製造）について、半島マレーシアで実現した。いずれも指標の性質上、本事業の成果の活用であることは明らかである。

達成の促進要因として、重要性の高い研究テーマであること、本事業前からの共同研究の蓄積もあり、事業完了直後から活用可能な個別技術が開発・共有されたこと、UPM 側共同研究者がスタートアップをはじめ技術の応用に積極的であることが挙げられる。また、本事業がビジネスモデルを上位目標の指標に明確に掲げたことも、共同研究のめざすものを常に意識させるという点でプラスに働いていると思われる。

阻害要因としては、ビジネスモデルをパッケージとして導入するのは設備コストが大きく収益性が不十分であること¹⁷、パーム油搾油工場における持続可能な開発の認識が、新たな投資を検討するほどに高くはないことが考えられる。大学及び天然資源庁への聞き取りにおいても、ビジネスモデル採用の意志を示した企業はない（サバ州においては個別技術採用の意志を示した企業もない）とのことで、その理由は「現状でも工場は環境規制を守っておりそれ以上の環境対策に関心が薄い」「サバ州のパーム油産業は中小の事業者が多く、収益性にシビアであるか、グリーン化に投資する余裕がない」「ビジネスモデルは時代を先取りしすぎた」などとの説明であった。事業実施中に研究成果を共有した際には多くの企業に関心を示したものの、事業化に向けてアクションを起こすだけのインセンティブを得るには至らなかった状況がうかが

¹⁷ 本事業内で算定した初期投資に対する収益率は、モデルにより0.7%～2.1%（20年間）であった。

える。加えて、事業完了後はサバ州のショーケース設備は撤去されたため技術デモンストラーションの場がなくなった¹⁸。積極的な研究成果の普及も行われていない。

しかしながら、事業完了時と比べて事後評価時は、RSPO/MSPO 認証¹⁹に代表される、持続可能なパーム油産業の推進をめざす取り組みがより進展しており、そのためサバ州においてもパーム・バイオマス活用のニーズが高まっている。また、本事業完了後の継続的な研究により、より低コストまたは簡易な技術が開発されつつある。UPM とマレーシア企業による、ナノコンポジット分野での新たな研究開発も進んでいる（研究の事後評価時状況については後掲の囲みを参照）。さらに、サバ州には半島マレーシアのパーム油企業も進出しているため、もしそれらの企業が半島マレーシアで開発技術を適用し、実行可能であるとわかった場合は、サバ州でも技術を適用する可能性はある。よって、将来的にはサバ州においても研究成果が活用される可能性は十分あると思われる。

指標 4（研究成果の活用に係るサバ州政府内での議論）は実現しなかった。担当機関であった天然資源庁によると、同機関は環境保全に責任を迫っているのであり、特定のパーム・バイオマス活用技術を促進する立場にないとの説明であった。本事業自体も、州政府内での役割分担についての議論を十分行わないまま完了したように思われる。この点につき、本事業のデザインの変遷が一因となっている可能性がある。すなわち、事前評価時は、天然資源庁はサバ州政府のフォーカル機関と位置づけられ、必要に応じて他の機関が協力することとなっていた。しかし、事業実施中の事業計画の変更過程で、サバ州政府内で研究成果の活用に係る検討が行われることが、プロジェクト目標レベル（指標）から上位目標レベル（指標）に移動された²⁰。これにより、政府内の検討は事業完了までに行うべきものとの位置づけではなくなり、本指標達成のためのアクションがとられない状況につながったと考えられる。なお、終了時評価時では「研究成果の政策対話への組み込み」が提言され、実際にプロジェクトから政

¹⁸ 同工場が民間所有であったための対応。複数関係者によれば、同工場のオーナーの本業は酪農であり、自前で再度同様の設備投資を行うインセンティブは低かったと考えられている。なお、ショーケース設備は事前評価時、研究チームが本事業前から共同研究を実施していたサバ州東部のキナバタンガン河付近において、州政府系のパーム油搾油工場に設置される予定であった。しかし本事業開始後の東部における治安状況の悪化により、サバ州西部の民間工場への設置に変更された経緯がある。

ショーケース設備のうち廃液処理システムについては、タンクは処分され、排水処理装置は UPM バイオリファイナリー・プラント（セランゴール州）に運んだが、再度システム全体を再構築する予算を確保しておらず保管している状態。コンポスト化用機材（フォークリフト、スキッドローダー、コンポストターナー）は UPM の同上プラントで使用。炭化炉は、本事業では施工のみ行い設備は九州工業大学が調達したが、設備の一部（煙突部分）は UPM ビントゥルキャンパス（サラワク州）に保管されている。

¹⁹ パーム油搾油工場に求められる RSPO 認証は「原則と基準（P&C: Principles and Criteria）認証」と呼ばれ、バイオマスの活用による環境保全が認証のための基準に含まれている。事後評価時点で、マレーシアのパーム油搾油工場 449 カ所中 140 カ所が RSPO 認証を受けている。（工場数は 2022 年 1 月時点。マレーシアパーム油庁統計。認証工場数は 2022 年 2 月末時点での RSPO ウェブサイト上のデータ）

MSPO 認証は 2020 年 1 月 1 日から義務化され、同年末までにマレーシアのパーム油搾油工場の 96% が認証を受けた。（The Edge 2021 年 3 月 9 日記事 “86.4% of Malaysia’s total licensed oil palm planted area MSPO-certified, says MPOB”）

²⁰ 事業開始後、プロジェクト・デザイン・マトリックス（PDM。JICA 事業のデザインを示すロジカルフレームワーク）は、JST の計画枠組み（日本側活動のみから成る）との整合をとるため改訂され、成果（アウトプット）レベルの指標の一部がプロジェクト目標レベルの指標に変更された。その結果、サバ州内での検討は、プロジェクト目標レベルから上位目標レベルに、いわば押し出された形となった。すなわち、サバ州政府の本事業への関わりを見直したことによる変更ではないようである。

府への説明が追加的に行われたが、役割分担が不明確な状況ではアクションにはつながらなかったと推察される。事業完了後の、大学や JICA からサバ州政府に対しての働きかけもなかったようである。

表 4 上位目標の達成度

目標	指標	実績
上位目標： マレーシアのパーム油産業においてグリーン経済が振興し、ゼロ・デイスチャージ技術により、キナバタンガン河流域を含むサバ州の関連地域の生物多様性保全に貢献する。	①本事業で提案または得られた技術が、少なくとも 2 社のパーム油産業で、彼らのパーム油工場で彼ら自身によって適用される。	一部達成。以下の 1 社をカウント。 <ul style="list-style-type: none"> マレーシア企業のパーム油搾油工場(トレンガヌ州)における、空果房と廃液処理汚泥からのコンポスト製造。同企業の農園のうち 6 か所で収穫されたアブラヤシから発生したバイオマスを使用し、これらの農園で使用する肥料の全量を供給している。
	②本事業に基づく技術を活用したビジネスモデルの費用便益分析が、商業化の可能性を想定して、投資家の主導によって実施される。	一部達成。下記③の 3 社をカウントしたが、ビジネスモデルのパッケージとしてではなく採用した個別技術に関する分析。これら 3 社以外の企業での費用便益分析実施状況は不明。
	③少なくとも一つのビジネスモデルが、少なくとも一つのパーム油工場において投資家の主導によって採用される。	一部達成。以下の 3 社をカウントしたが、パーム油搾油工場での採用は 1 件で、かつ個別技術の採用であり、ビジネスモデルのパッケージとしては採用なし。 <ul style="list-style-type: none"> 上記①のパーム油搾油工場でのコンポスト製造。 UPM の本事業共同研究者が設立したスタートアップ企業(セランゴール州)で、セルロース・ナノファイバー(ナノコンポジットの原料)を製造販売。顧客は主に研究者。 マレーシアの再生パルプ・製紙会社(パハン州)で、セルロース・ナノファイバーで強度を高めた紙ベース梱包材を UPM と共同開発(研究開発段階)。
	④本事業の成果の活用がマレーシア・サバ州の関係行政機関により議論され始める。	未達成。議論はなされていない。サバ州天然資源庁も特にアクションをとっていない。本事業成果は 2018 年にサバ州バイオマス委員会にて議題に取り上げられた。しかし当時の同委員長が退任した後は、技術の主流化について特にアクションはとられず、UPM や JICA がフォローアップすることもなかった。

出所：UPM、UMS、天然資源庁、九州工業大学聞き取り

本事業で行われていた研究の事後評価時状況

UPM、UMS とも、九州工業大学及び九州大学との共同研究を含め関連分野の研究を継続しており、本事業成果の継続・発展がみられる。本事業にて供与した機材もそれらの研究に活用されている。事後評価に各大学への聞き取りにより把握できた主な内容と、各分野の本事業完了後の論文発表数は次のとおり。また、これらの分野合計での、本事業完了後の学位授与数は、UPM、UMS それぞれ博士号 2 人、修士号 5 人。

(1) バイオコンポスト/バイオ炭

UPM は、トレンガヌ州のパーム油企業と技術提携し、同社搾油工場における、空果房とパーム油搾油廃液汚泥からのコンポスト製造事業に技術提供している。また、本事業外でマレーシア最大手のパーム油企業と実施してきた、パーム・バイオマスを用いたアブラヤシ育成研究に本事業のデータを共有している。バイオ炭についても、マレーシア企業との共同研究や政府の助成金を得た研究を、同大学のバイオリファイナリー・プラントで続けている。

UPM と九州大学が、微生物を用いた高機能コンポスト製造の研究を継続している。アブラヤシに特異的に感染する植物病原菌の生育を抑制する微生物を特定した。九州大学の研究者は、将来的に、マレー

シアの大学と共同での、実際のアブラヤシの木を使った実験に移りたいと考えている。事後評価時現在は新型コロナウイルス感染症のため渡航しての実験が不可であり、かつ、生物資源の移転に関する国際規制によりアブラヤシの苗や種を日本に持ち込めないため、九州大学は別の植物の生育促進の研究を行っている。

UPM は本事業完了後、バイオコンポスト/バイオ炭の分野で 5 報の論文を発表。

(2) バイオコンポジット

UPM と九州工業大学は、JST の aXis 事業「マレーシアでの生分解性ナノコンポジット事業の実現」(2020 年～2022 年)にて、生分解プラスチックにパーム・バイオマス由来のセルロース・ナノファイバーを混練し強度を上げてコンポジット化し、生分解性の解明と事業化を図っている。本 SATREPS 事業で開発された技術は、高価な薬品(イオン液体)を用いてセルロース・ナノファイバーを製造し、特殊な形状の二軸混練押出機を用いてナノコンポジットを製造するものであったが、その後九州工業大学が薬品を使わず市販の二軸混練押出機でより安価にセルロース・ナノファイバー及びナノコンポジットを製造する方法を開発し、aXis 事業に導入している。

UPM とマレーシアの再生パルプ・製紙会社(パハン州)が、セルロース・ナノファイバーで強度を高めた紙ベース梱包材を共同開発している。2019 年、マレーシア政府より研究費を得ている。

UPM は本事業完了後、バイオコンポジットの分野で 16 報の論文を発表。

(3) 生物多様性

UMS と九州大学が、サバ州での定点観測を継続している。UMS は民間の助成金も得て、アブラヤシ資源の持続的利用が生物多様性に与える影響を解明している。二次林の回復の観測は時間を要し、本事業期間中には完成できないものであった。

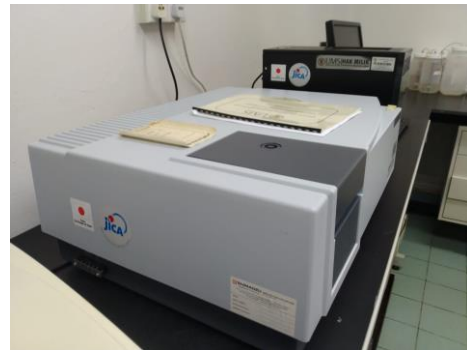
UMS は、本事業を通して確認された、天然林、二次林、プランテーションそれぞれにおける生物多様性に基づき、植物等を用いた薬品製造の研究を日本の大学と検討している。

UPM と九州工業大学は、本事業を通して確認された、パーム油搾油工場からの処理排水の微生物生態への影響に基づき、バイオレメディエーション(環境浄化)技術の開発を図っている。

UPM は本事業完了後、生物多様性の分野で 5 報の論文を発表。UMS は 5 報以上の論文を発表。



セルロース・ナノファイバーの製造 (UPM)



蛍光分光光度計。処理排水の流入河川への影響のモニタリングに使用 (UMS)

以上のように、パーム油産業における本事業研究成果の活用が一部の個別技術について実現し、将来的にはサバ州でも活用が期待されている。しかし、研究成果の活用に係るサバ州政府内の検討は開始されていない。よって、上位目標は一部達成されていない。

3.2.2.2 その他のインパクト

自然環境への負のインパクトは報告されておらず、住民移転・用地取得は発生していない²¹。自然環境への正のインパクトとして、本事業がサバ州の生態系保全に寄与することが期待されていたが、目にみえるインパクトはいまだ発現していない。しかし UPM、UMS によれば、本事業の研究成果を適用することで、パーム油搾油工場での排水処理の改善による河川浄化、廃液処理汚泥の肥料としての活用によるアブラヤシ生育の加速、これらによる廃棄物の削減、生物多様性の回復が期待されている。

その他の正のインパクトとして、UMS は本事業の調査結果を踏まえ、持続可能な開発のための新たな研究を開始している。本事業により、事業完了時点での研究成果に基づくパーム・バイオマス活用のビジネス面について知見を得たことと、アブラヤシ原生林、二次林、プランテーションに存在する生物多様性を明らかにしたことが、それらの資源を活用した新たな事業の創出（薬品製造等）に係る、日本の他大学との研究につながっているとのことであった。なお UMS は、生物多様性保全をめざす一連の JICA 技術協力プロジェクト（2002 年～2017 年）の実施機関でもあった。UMS はこれら事業の実施を通して持続可能な開発に知見を蓄積しており²²、本事業はその流れをさらに進めるのにもインパクトがあったといえる。

本事業の実施により、プロジェクト目標として掲げられた、パーム油産業のグリーン産業化ビジネスモデルのための技術開発と潜在的ユーザへの共有は達成された。パーム油産業においてグリーン経済が振興するという上位目標については、研究成果の活用に係るサバ州政府内での検討はなされず、ビジネスモデル全体としての適用が実現しなかったため一部達成と判断したものの、パーム・バイオマスの活用と生物多様性保全に係る研究が継続・発展して一部が社会実装されたことは評価できる。よって、有効性・インパクトは高い。

²¹ 本事業は、「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2010 年 4 月）上、環境への望ましくない影響は最小限であると判断された（環境カテゴリ「C」）。ケニンガウ郡の既存パーム油搾油工場敷地内に設置したショーケース設備については、施設設計時の環境配慮に係る調査で、マレーシア国内法上の環境影響評価（EIA）を必要としないと結論付けられた。また事業実施中、排水や排煙がマレーシアの環境基準を満たすよう調整された。

²² UMS によると、BBEC フェーズ 1、フェーズ 2 を実施した結果、生物多様性保全には住民を巻き込む必要があることがわかり、続く SDBEC では生計向上等を組み入れて効果を上げたが、次の段階として産業を巻き込む必要性を感じ、その一手段として本 SATREPS 事業でのパーム・バイオマスの活用を位置づけた。結果的に、事後評価時点ではパーム・バイオマスの活用に係る研究成果はサバ州のパーム油産業には取り入れられていないが、研究成果は新たな研究につながっている。

3.3 効率性（レーティング：②）

3.3.1 投入

表 5 投入実績

投入要素	計画	実績（事業完了時）
(1) 専門家派遣	長期 1 名（業務調整） 短期（チーフアドバイザー、化学工学、 応用微生物学、有機化学、生態学等）	長期延べ 2 名（業務調整） 短期延べ 14 人（チーフアドバイザー、環 境開発、バイオマス利活用、微生物叢の解 析法、生物多様性等）
(2) 研修員受入	本邦研修	本邦研修 24 名
(3) 機材供与	ショーケース設備（高効率ボイラー・タ ービンシステム、廃液メタン嫌気処理発 電システム、過熱水蒸気発生・バイオマ ス処理装置等）、大型射出成型機他	ショーケース設備（左記のとおり） ²³ 、大 型射出成型機（二軸混練押出機）、実験室 用分析装置、車両他
(4) 在外事業強 化費	9 百万円	6 百万円（2017 年 3 月末時点）車両借上 費、航空賃、その他の旅費等
日本側の事業費合 計（JICA 分のみ）	合計 323 百万円	合計 336 百万円
相手国の事業費合 計	合計 78 百万円	合計 45 百万円 （2016 年 8 月までの支出実績）

出所：事業事前評価表、JICA 終了時評価報告書、その他 JICA 提供資料、JST 終了報告書

注：金額は百万円未満切り捨て。相手国事業費合計実績は 1 リンギット＝30.14 円（支出期間平均）で換算。

3.3.1.1 投入要素

日本側、マレーシア側ともに、投入の内容、量、質、タイミングには特に問題は認められない。半島マレーシアに位置する UPM、サバ州の州都コタキナバルに位置する UMS、そこから悪路を含め車で 3 時間以上を要するケニンガウ郡のショーケース設備と、複数の研究拠点が遠距離に散在するという地理的な制約があったが、業務調整員が UMS に常駐して連携を促しつつ活動を進めたことが報告されている。このような調整と、長年にわたる研究協力を続けてきた両国の研究者及び、BBEC フェーズ 1、同フェーズ 2、SDBEC と、サバ州の生物多様性保全に係る JICA 支援のカウンターパートであった人員がコアメンバーとなったことが成果達成を促したと考えられる。なお、成果 2（ビジネスモデル策定）についての中間レビューの提言に応じて、ビジネスモデルの作成を補佐し、費用便益分析の実施、分析結果に基づいたモデル投資計画を行う本邦コンサルタントを雇用した。為替の急激な変化により事業予算が著しく目減りし、ビジネスコンサルタントの雇用が困難となっていたが、JST より「平成 28 年度 SATREPS 企画提案（プラン B）」資金を得たことで実現した。

マレーシア側現地活動費として政府が用意した 300 万リンギット（約 7,800 万円）は、終了時評価報告書によれば、研究補助金としては異例に大きな額であり、本事業に対するマレーシア側のコミットメントが成果につながったと評価できる。

²³ プラント設計・積算・施工監理は JICA が株式会社 NJS コンサルタンツに委託。

3.3.1.2 事業費

上表のとおり、事業費（JST 投入を除く日本側負担分）は計画をやや上回った（計画比 104%）。

3.3.1.3 事業期間

事業期間は計画、実績ともに 4 年間であり、計画どおりであった（計画比 100%）。

以上より、本事業は、事業期間は計画どおりであったものの、事業費が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.4 持続性（レーティング：②）

3.4.1 発現した効果の持続に必要な政策・政治的関与

「3.1 妥当性」で挙げたマレーシア及びサバ州の開発政策及びその後続政策において、グリーン経済の推進と生物多様性の保全が継続的に重視されている。まず、「第 12 次マレーシア計画」（2021 年～2025 年）は、計画の三本柱の一つに「持続可能性の追求」を掲げ、グリーン経済の促進を図るとしている。事業完了時の「サバ州生物多様性戦略」（2012 年～2022 年）及び「サバ州の戦略的長期行動計画」（2016 年～2035 年）は引き続き有効である（前者は事後評価時現在、更新中とのこと）。さらに、「サバ州開発計画（Sabah Maju Jaya Development Plan）」（2021 年～2025 年）は第 12 次マレーシア計画に沿いつつ、製造業分野の一方策として、パーム・バイオマスを原料とする産業の発展を掲げ、サバパーム油諮問委員会の設立を計画している。

よって、効果持続に必要な政策・政治的関与は確保されているといえる。

3.4.2 発現した効果の持続に必要な制度・体制

本事業の効果持続に必要な制度・体制としては、研究機関における関連研究の継続及び、サバ州政府における研究成果の活用を促すための制度・体制が考えられる。

まず研究機関については、UPM、UMS ともに国際的な研究実施体制が整備されている。特に UPM は 2021 年のクアクアレリ・シモンズ（QS）世界大学ランキングでアジア 28 位、世界 132 位にランクされた研究大学で、十分な体制が確立している。UMS（熱帯生物学・保全研究所）は既述の技術協力プロジェクトや第三国研修²⁴の実施実績ももつ。日本との共同研究については、UPM（九州工業大学、九州大学）、UMS（九州大学）ともに、研究協力協定に基づいて継続している。両国側とも、本事業のコアメンバー及び本事業を通して育成された研究者が、引き続き関連研究に携わっている。また、UPM、UMS とも、本事業の供与機材は他の研究設備・機材と同様の維持管理体制に置かれており問題ない。

²⁴ 「統合的な生物多様性・生態系保全」（2013 年～2015 年）

一方サバ州政府については、研究成果の社会実装に向けた政策への反映が期待されていたが、政府内の役割分担が定まっておらず、特に体制といえるものはない（「3.2.2.1 上位目標達成度」にて、上位目標指標4に関連して説明したとおり）。

以上のように、実施機関の制度・体制は、研究機関においては確立しているが、サバ州政府では確立していない。

3.4.3 発現した効果の持続に必要な技術

研究機関については、UPM、UMSの研究チームメンバー（本事業で学位を取得した研究者含む）が引き続き関連研究に従事している。また、供与機材の維持管理についても論文やマニュアルを通じて共有され、専任のテクニシャンが担当しており問題はない。

サバ州政府については、上述のように研究成果活用のための体制はないが、天然資源庁によると、本事業への参加により関連技術に係る知見は得られているとのことで、それは元カウンターパートへの聞き取りからも確認された。

このように、実施機関の技術は確保されている。

3.4.4 発現した効果の持続に必要な財務

研究機関については、UPM、UMSは安定した財務状況を維持しており、研究助成金も確保している。研究予算は高等教育省、科学技術イノベーション省他の公的機関及び民間企業からの助成金を安定して確保している。UPMが2021年に得た研究助成金は4,900万リングットであった。UMSは、生物多様性に係る研究に年間約100万リングットの研究助成金を安定して確保している。

サバ州政府については、上述の「サバ州開発計画」に基づき、生物多様性保全に予算を確保しているが、本事業に関連する活動を行っていないため予算配分はない。なお、これは同政府の問題ではなく、「3.2.2.1 上位目標達成度」に記載したように、政府内での役割分担の整理が不十分なまま事業が完了したことによると考えられる。

以上のように、実施機関の財務状況は研究機関においては確保されているが、サバ州政府では確保されていない。

以上より、本事業は、制度・体制及び財務に一部問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、主にサバ州において、パーム油搾油工場で発生する余剰パーム・バイオマスを有効活用する技術の開発を通じ、パーム油産業のグリーン産業化と新たなビジネスの創出に係る提案と潜在的ユーザとの共有を図り、もって、それらの事業化の進展による生物多様性保全への貢献をめざした。このような目的は、マレーシア及びサバ州の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。本事業の共同研究の成果としてパー

ム・バイオマス活用技術が複数開発され、投資計画を含むビジネスモデルとして取りまとめられて、企業等関係者の関心を得た。生物多様性の評価に係る手法も開発され、これらの研究にて多くの論文発表や学位取得も実現し、プロジェクト目標は達成された。上位目標については、研究成果の活用に係るサバ州政府内での検討はなされず、またビジネスモデル全体としての適用が実現しなかったため一部達成と判断したものの、関連研究が継続・発展して一部の個別技術が社会実装されたことは評価できる。よって、有効性・インパクトは高い。効率性については、事業期間は計画どおりであったものの、事業費が計画をやや上回ったことから中程度である。持続性は、研究機関においては確保されているが、上記のようにサバ州政府において体制・制度の確立に至っていないことなどから中程度である。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関などへの提言

- (1) UPM と UMS は、本事業の研究成果（本事業後に進展した研究の成果も含む）を再度サバ州パーム油産業に「売り込む」ことが望まれる。事業完了時と比べて、サバ州においても RSPO/MSPO 認証など、持続可能な開発への認識がパーム油搾油工場の間で高まっている可能性がある。例えば、サバ州東部にある政府系のパーム油搾油工場（本事業計画時には協働が検討されていたが東部の治安悪化により実現しなかった）での導入は、民間工場、特に中小規模工場よりも収益性の面で抵抗が少ない可能性があるため、最初の普及先として検討することが考えられる。その際可能であれば、本事業後に進展した研究成果も含め、同州のパーム油産業に魅力的なビジネスモデルのアップデートを、大学と民間企業で行うことが望まれる。
- (2) サバ州天然資源庁は、本事業の研究成果及び上記提言に基づいた大学・企業の取り組みの結果が活用され同州の生物多様性保全に貢献するために関与すべき関連政府機関を特定し、それら機関を巻き込んだ検討を促進することが望まれる。

4.2.2 JICA への提言

JICA は、サバ州天然資源庁による、同州における研究成果活用のための上記提言の実行をモニタリングすることが望まれる。

4.3 教訓

(1) SATREPS 事業計画における上位目標設定の意義

プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM) において、SATREPS 事業では上位目標やその指標が設定されないこともあるが、本事業では、上位目標と指標を設定し、また事業実施中にその妥当性を複数回にわたり検討し、適切なものに修正していた。その結果、指標にはパーム油産業による開発技術・ビジネスモデルの適用が明確に掲げられ、共同研究のめざすものを常に意識させる事業デザインとなり、社会実装に向けた事業化（ビジネスモデル

の開発と普及) までを SATREPS 事業の中で行い JST に高く評価されるに至った。一方で、研究成果の事業化、社会実装には一般に長い時間がかかるため、PDM の原則通り事業完了 3 年後に達成可能な上位目標を設定するのは難しい。その場合、上位目標と指標は方向性を示すためのものであり 3 年以内の達成を前提としないという考え方も検討できると思われる。ただしその場合は、通常の PDM の上位目標とは異なる位置付けであることを事前評価時より明確にする必要があるだろう。

(2) 長年の研究協力と先行 JICA 事業で構築された関係に基づく、SATREPS の効果発現

本事業は九州工業大学と UPM により長期間にわたって行われていた研究をベースとし、その研究者がコアメンバーとなっていた。また、BBEC フェーズ 1、同フェーズ 2、SDBEC という一連の JICA 技術協力プロジェクトにおけるカウンターパート要員もコアメンバーに加わった。そのため、共同研究の初期段階で必要な関係強化・信頼の醸成、相手国研究者のキャパシティ・ディベロップメントがすでに相当程度確立している状態からのスタートであった²⁵。これによって、高い研究成果を上げるとともに、社会実装に向けた取り組みまでを SATREPS 事業の中で実現することができたと考えられる。SATREPS 事業として採択される案件の多くは、日本側研究者と相手国側研究者間の長期に渡る信頼関係を活用した体制づくりがベースとなっているとの報告²⁶もあるが、本事業もその一つとして数えられる。

(3) SATREPS 事業成果の社会実装を実現するための体制整備

本事業では、PDM 改訂の中で、サバ州政府内での研究成果の活用に係る検討という項目を、もともとはプロジェクト目標の指標であったところを上位目標の指標として移動した。その結果、州政府関係機関間の役割分担が事業期間内に整理されず、期待された政府内での検討が実現しなかった。このことは、サバ州内で研究成果の社会実装が進んでいない一因と思われる。社会実装のために政府内での検討が必要な SATREPS 事業の計画においては、社会実装への取組のために必要な政府機関を特定し、それらの機関を巻き込むために必要な事業実施体制と事業活動(政府内での検討を事業期間内に開始する)を策定する必要があると思われる。事業完了前にはさらに、完了後に必要な政府内の取り組みを再度整理し、当該政府機関を含んだ関係者間で合意することが必要であらう。事業完了後、JICA は当該政府機関にて必要な検討が行われているかをモニタリングするとよいと思われる。

以上

²⁵ 佐藤仁ほか(2000)『令和元年度外務省 ODA 評価 SATREPS (地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム) の評価(第三者評価) 報告書』(外務省)では、SATREPS の共同研究が深化して社会実装に至るまでの段階を「人的交流/参画研究機関との関係強化」「相手国研究者・研究機関のキャパシティ・ディベロップメントとその波及」「社会実装に向けた取り組み」の 3 段階に分けて発現効果を整理している(27 頁)。

²⁶ 同書 32 頁。

添付資料：成果（アウトプット）指標の事業完了時達成状況一覧

目標等	指標	指標の実績
成果 1 パーム油搾油工場に設置されるゼロ・ディスチャージ試験設備においてバイオマス・余剰エネルギーのエネルギー効率改善を通して、ゼロ・ディスチャージの効果が実証される。	①ゼロ・ディスチャージを目指したショーケース設備が実際に稼働するパーム油工場に設置される。	達成
	②ショーケース設備の運転記録が適切に管理される。	達成
	③余剰のエネルギー、バイオマス、高温蒸気、メタンガスが有効に利用されることが示される。	達成
	④バイオコンポジット、炭、コンポストが余剰のバイオマスから製造される。	達成
	⑤ショーケース設備で排出された水が完全にリサイクルされることが示される。	達成
成果 2 ゼロ・ディスチャージ及び余剰バイオマスと余剰エネルギーを活用した新しい産業を通して、ビジネスモデルの有効性が検証される。	①有効なビジネスモデルとモデル投資計画が費用便益分析法に基づいて提案される。	達成
	②余剰バイオマスによって作られた新製品が試作される。	達成
成果 3 パーム油搾取工程に起因する環境負荷軽減のためのパーム・バイオマスとエネルギーの有効活用に関する革新的な研究が進む。	①ベースラインになる環境調査報告がなされる。	達成
	②ゼロ・ディスチャージの結果（ショーケース整備設備での再生水）の生物多様性への影響を調査するためのサンプリング地点が決定される。	達成
	③ゼロ・ディスチャージの結果（ショーケース設備での再生水）の生物多様性の回復への影響が科学的に評価される。	継続中（注）
	④ナノ・バイオコンポジットとして利用できるナノファイバー製造における過熱水蒸気の影響が確認される。	達成
	⑤パームバイオマスファイバーとプラスチック母体の間のナノサイズの界面の制御が確認される。	達成
	⑥ナノ・バイオコンポジットのマスターバッチが提供される。	達成
	⑦過熱水蒸気処理などに伴うナノ・スペース（<100nm）の形成と制御とバイオマス由来のナノ・コンポジット性能評価（弾性率対汎用樹脂 50%up）のバイオコンポジットの製造（MFI>5）がなされる。 MFI：平均蛍光強度	達成
	⑧母材プラと同等以上で 20%以上廉価なバイオコンポジットが供給される。	達成
	⑨ナノ・セルロースファイバーの製造法が提案される。 に利用されることが示される。	達成
	⑩パーム・バイオマスからの糖化収率が 80%以上になる。	達成
	⑪パーム・バイオマスから製造された炭（発熱量 20MJ/kg）とコンポスト（NPK5%）の品質が向上する。 NPK：窒素、リン酸、カリウム	達成
成果 4 ビジネスモデルの有効性と研究結果が、サバ州政府とマレーシア国内外の投資・企業により広く共有され認知される。	①本事業のビジネスモデルと研究成果に関するワークショップ、セミナー、見本市等が少なくとも年に 2 回は開催される。	達成
	②少なくとも、計 100 団体・機関がこれらのイベントに参加する。	達成
	③これらイベントが、マスメディアに報道される。	達成

出所：JICA 終了時評価報告書、JST 終了報告書

注：成果 3 指標 3 は、指標の内容（ゼロ・ディスチャージの結果の生物多様性の回復への影響を科学的に評価）からみて、事業期間内に可能な範囲では達成といえる。