

インドネシア共和国
熱帯荒廃草原の植生回復を通じた
バイオマスエネルギーとマテリアル生産
プロジェクト
終了時評価調査報告書

2022年9月

独立行政法人国際協力機構
経済開発部

経開
JR
22-138

インドネシア共和国
熱帯荒廃草原の植生回復を通じた
バイオマスエネルギーとマテリアル生産
プロジェクト
終了時評価調査報告書

2022年9月

独立行政法人国際協力機構
経済開発部

序 文

独立行政法人国際協力機構は、インドネシア共和国との討議議事録（Record of Discussion : R/D）に基づき、技術協力プロジェクト〔地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development : SATREPS）〕「インドネシア共和国熱帯荒廃草原の植生回復を通じたバイオマスエネルギーとマテリアル生産プロジェクト」を 2016 年 7 月から 2022 年 7 月までの期間で実施しました。

今般、同プロジェクトの協力期間終了にあたり、協力期間中の成果と実績を振り返るとともに、プロジェクト終了後の社会実装に向けた提言や教訓に係る検討を行うため、2022 年 5 月 10 日から 5 月 27 日にかけて、日本国側とインドネシア共和国側の合同評価団による終了時評価調査を実施しました。

本報告書は、終了時評価に関する調査結果を取りまとめたものであり、2022 年 7 月のプロジェクト終了後の社会実装に係る取り組みや、類似プロジェクトの計画・運営に広く活用されることを願うものです。

最後に、調査の実施にあたりご協力を頂いた内外の関係者各位に深く感謝申し上げます。

2022 年 9 月

独立行政法人国際協力機構
経済開発部長 下川 貴生

目 次

序 文

目 次

プロジェクト位置図

現地調査写真

略語表

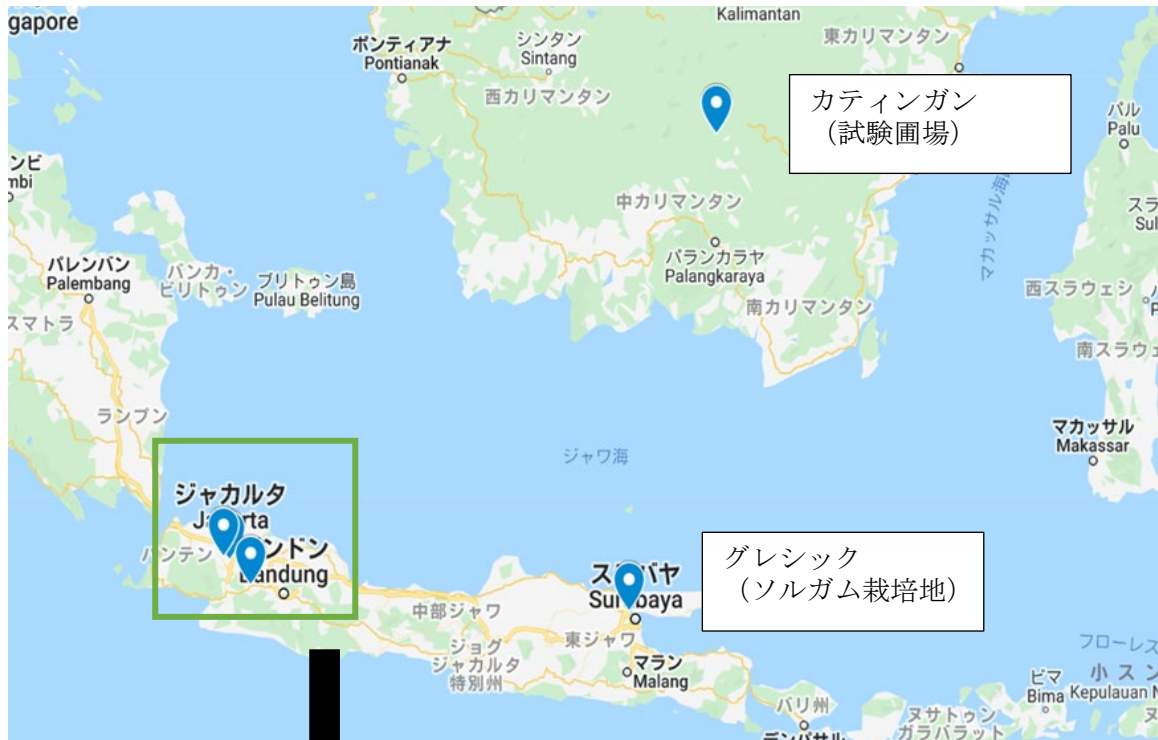
終了時評価調査結果要約表

Summary Results of the Terminal Evaluation Study

第1章 終了時評価の概要	1
1-1 背景	1
1-2 事業の概要	1
1-3 終了時評価の目的と日程	2
1-4 評価団の構成	2
第2章 終了時評価の方法	4
2-1 終了時評価の方法	4
2-2 情報収集	4
2-3 情報分析	5
第3章 プロジェクトの実績	6
3-1 投入実績	6
3-2 成果の達成状況	8
3-3 中間レビューの提言のフォローアップ状況	20
3-4 プロジェクト目標の達成見込み	23
3-5 上位目標の達成見込み	25
3-6 実施プロセス	27
第4章 6項目評価	29
4-1 妥当性	29
4-1-1 インドネシア政府の政策との整合性	29
4-1-2 ターゲットグループのニーズとの整合性	30
4-1-3 日本の技術の比較優位性	30
4-1-4 ターゲットグループ選定の適切性	30
4-2 整合性	30
4-2-1 わが国の援助政策との整合性	30
4-2-2 国際的な目標との整合性	30
4-3 有効性	31
4-3-1 プロジェクト目標の達成見込み	31

4-3-2	外部条件	31
4-3-3	因果関係	32
4-4	効率性	32
4-4-1	プロジェクト投入の活用状況	32
4-4-2	成果達成に係る促進要因	33
4-4-3	成果達成に係る阻害要因	33
4-5	インパクト	34
4-5-1	上位目標の達成見込み	34
4-5-2	本プロジェクトのインパクト	34
4-6	持続性	35
4-6-1	政策・制度面	35
4-6-2	財務・組織面	36
4-6-3	技術面	36
第5章	結論と提言	38
5-1	結論	38
5-2	提言	39
5-3	教訓	42
5-4	技術団員所感（浅沼団員）	44
5-5	団長所感	46
付属資料		
1.	プロジェクト・デザイン・マトリックス（PDM） Ver. 2.1	49
2.	終了時評価調査の日程	53
3.	主要面談者一覧	55
4.	カウンタパート・リスト	56
5.	供与機材一覧	59
6.	本邦研修参加者一覧	61
7.	セミナー開催実績	62

プロジェクト位置図



引用元 : Google Maps

ボゴール近郊拡大図



現地調査写真



研究メンバーへの聞き取り調査



電力会社への聞き取り調査



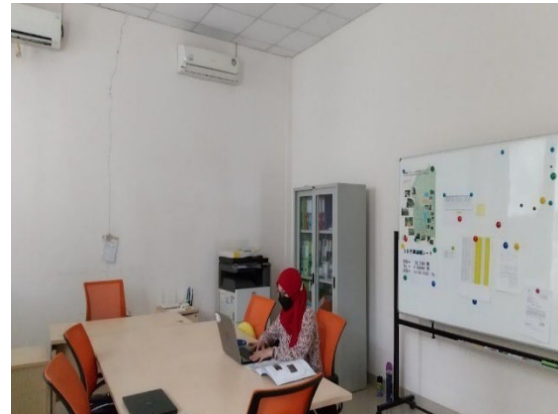
家具会社への聞き取り調査



家具工場の視察



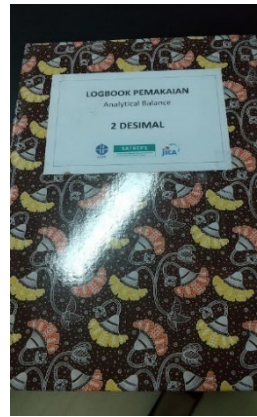
商社への聞き取り調査



プロジェクト・スタッフのための執務スペース



供与機材（原子吸光分光光度計）



機材の使用に関するログブック（左）と記録状況（右）



中間報告会の様子



技術ガイドライン〔ソルガム栽培（赤：英語、緑：インドネシア語）とバイオ燃料・材料の製造方法（青）〕



第6回合同調整委員会（JCC）の様子



第6回 JCC での協議議事録への署名式

略 語 表

略 語	英 語	日 本 語
BRIN	National Research and Innovation Agency (Badan Riset dan Inovasi Nasional)	国立研究革新庁
C/P	Counterpart	カウンターパート
GHG	Green House Gas	温室効果ガス
ha	hectare	ヘクタール
ICABIOGRAD	Indonesian Center for Agricultural Biotechnology and Genetic Resource Research and Development	インドネシア農業バイオテクノロジー遺伝資源研究開発センター
IDR	Indonesian Rupiah	インドネシア・ルピア
InaCC	Indonesian Culture Collection, The Research Center for Biosystematics and Evolution	インドネシア微生物資源センター
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LCA	Life Cycle Assessment	ライフサイクルアセスメント
LIPI	Indonesian Institute of Sciences	インドネシア科学院
MOA	Ministry of Agriculture	農業省
NTT	Nusa Tenggara Timur (インドネシア語)	東ヌサ・トゥンガラ州
OECD-DAC	Organisation for Economic Co-operation and Development - Development Assistance Committee	経済協力開発機構－開発援助委員会
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
R/D	Record of Discussion	討議議事録
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標

終了時評価調査結果要約表

1. 案件の概要	
国名：インドネシア共和国	案件名：熱帯荒廃草原の植生回復を通じたバイオマスエネルギーとマテリアル生産プロジェクト
分野：環境・農業	
所轄部署：経済開発部 農業・農村開発第一グループ	援助形態：地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)
協力期間：2016年7月～2022年7月	協力金額（評価時点）：3.18億円
日本側協力機関：京都大学	先方関係機関：インドネシア科学院 (Indonesian Institute of Sciences : LIPI) [現国立研究革新庁 (National Research and Innovation Agency (Badan Riset dan Inovasi Nasional) : BRIN)]
1-1 協力の背景と概要	
<p>インドネシア共和国（以下、「インドネシア」と記す）は、面積約 189 万 km²、人口約 2.7 億人（2020 年）を有する島嶼国家である。実質経済成長率は年率 5～6%で堅調に推移してきており、名目 GDP（国内総生産）は 2005 年の 2,859 億ドルから 2020 年には 1 兆 600 億ドル（世界 16 位）まで達し、ASEAN 加盟国中で最大の経済規模を誇っている。順調な経済発展の一方で、今後も増え続けると予測される人口に対応するエネルギーの安定的供給、温室効果ガス（Green House Gas : GHG）排出の削減と持続的な成長の達成など新たな課題に直面している。インドネシア政府は代替エネルギー及び再生可能エネルギーの利用を促進し、石油への依存を軽減するための努力を続けており、国家エネルギー審議会（2014 年 3 月）が制定した「エネルギーの安全保障と自立に向けた国家エネルギー政策の新しい枠組み」において、化石燃料の消費と森林資源の破壊による GHG 排出の急激な増加を喫緊の国家的課題であると定めた。このような課題に対応するため、インドネシア政府は 2060 年に GHG 排出量ゼロをめざすエネルギー革命のロードマップを作成した。</p> <p>他方、インドネシアでは第 2 次世界大戦後、熱帯雨林資源が大規模かつ集中的に開発されており、無秩序な伐採、焼畑農業、森林火災、大規模プランテーションなどによって失われた森林跡地の大部分で、イネ科雑草の一種であるアランアラン (<i>Imperata cylindrica</i>) と呼ばれる多年生植物が繁茂している。この植物はやせた土地でよく成長し、乾燥や火災にも強いため、インドネシアだけでなく、世界中の熱帯・亜熱帯地域で幅広く繁茂している。インドネシア国内では 10 万 km²（日本の国土面積の 1/3 弱）以上に及ぶ広大な荒廃草原を形成しており、環境保全の観点からこのような荒廃草原の管理は主要な地球規模の課題となっている。前「中期国家開発計画 [RPJMN (Medium-Term National Development Plan) 2015-2019]」においても、農業開発と環境保全の観点からアランアラン荒廃草原を含む生産不適地 (marginal land) をより生産的な土地（農地や人工林等）に転換することを、インドネシアにおける優先課題として位置づけている。</p> <p>当時のこのような背景の下、「熱帯荒廃草原の植生回復を通じたバイオマスエネルギーとマテリアル生産プロジェクト」（以下、「本プロジェクト」と記す）は、「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)」案件として、京大生圏研究所を日本側代表研究機関、インドネシア科学院 [LIPI、現在の国立研究革新庁 (BRIN)] をインドネシア側代表研究機関として、2016 年 7 月に開始された（その後、2020 年以降に新型コロナウイルスの感染が拡大したため、協力期間は 1 年延長された）。本プロジェクトは、エネルギー作物、特にソルガムをアランアラン荒廃草原にて生産し、バイオ燃料及びバイオ材料として使用可能なバイオマスの生産技術の開発を目標としている。</p>	

1-2 協力内容

本プロジェクトは、バイオマス作物生産のための施肥法、荒廃草原の植生回復手法、イネ科バイオマス植物の開発、リグノセルロース系由来素材製造技術の研究を通じ、アランアラン荒廃草原活用によるバイオマス燃料・素材の生産技術を開発し、もって持続可能な社会モデルの構築に寄与するものである。

(1) 上位目標

インドネシアにおいて、革新的バイオエネルギー及びバイオ材料技術によって持続可能な社会の構築モデルが開発される。

(2) プロジェクト目標

アランアラン荒廃草原活用による持続的バイオマスエネルギー及びバイオマス材料の生産技術が開発される。

(3) 成果

1. 高エネルギーバイオマス植物生産のための施肥法が確立される。
2. 荒廃草地を植生回復させる転換工程が確立される。
3. 育種による高発熱量を含むイネ科バイオマス植物が開発される。
4. イネ科植物を原料としたリグノセルロース材料を生産するための低環境負荷型技術が確立される。

(4) 投入¹（終了時評価時点）

日本側：総投入額 3.18 億円

長期専門家派遣	1 名	機材供与	1.05 億円
短期専門家派遣	13 名	現地活動費	0.5 億円
研修員受入れ	10 名		

インドネシア側：

研究員配置	75 名	活動経費	0.5 億円
研究施設改修	6 施設	機材（ジェネレーター）供与	
執務スペース（オフィス家具含む）の提供			

¹ 1 インドネシア・ルピア=0.00888 円（JICA 精算レート 2022 年 5 月）で計算

2. 評価調査団の概要			
調査者 (敬称略)	担当分野	氏名	所属等
	〈日本側〉		
	団長	齋藤 美穂子	JICA 経済開発部農業・農村開発第一グループ 主任調査役
	研究評価	浅沼 修一	JICA 経済開発部 特別嘱託
	評価分析	石飛 愛	合同会社適材適所 コンサルタント
	〈インドネシア側〉		
団長	Sulaeman Yusuf	BRIN 応用動物学研究センター 上級研究員	
調査期間	2022年5月8日～2022年5月27日		評価種類：終了時評価調査
3. 評価結果の概要			
3-1 実績の確認			
(1) 成果1：達成済み			
<p>土壌微生物の DNA 分析による微生物相構成の変化と植物の栄養状態のモニタリングに効果的な技術の特定と活用を通じて、環境に著しい負の影響を与えることなく、農業省 (Ministry of Agriculture : MOA) の推奨量より少ない施肥量でアランアラン荒廃草原でソルガム栽培が可能であることを示した。またソルガムの生産性を向上し、乾燥耐性を高めるための菌根菌の接種を含む施肥法も開発した。これらの研究結果により、施肥量の減少を通じて、環境面及び経済面からアランアラン荒廃草原における、より持続可能なバイオマス生産と CO₂ 排出量の削減に貢献する成果が得られた。したがって、成果1では予定した成果を達成したと考えられる。</p>			
(2) 成果2：達成済み			
<p>成果2では、コンポストの施用と間作を通じて、ソルガム栽培が土壌微生物相と植生の多様性向上に貢献することを示した。加えて、成果1で開発された施肥法の実施を通じて、土壌微生物相と植生の多様性を損ねずに、試験圃場 (アランアラン荒廃草原) におけるバイオマスソルガム (成果3で開発された品種を含む) の生産性が大きく向上し得ること (20～60%の増量) を実証した。さらに、生産不適地においてソルガムとの間作の候補となる植物の情報を整理し、ウェブ²上で共有した。これらの成果により、ソルガムと多様な植物の間作等を通じて、生産不適地を生産地に変換するための重要な科学的な知見が得られ、技術ガイドラインにまとめられた。成果2のナラティブ・サマリーはやや幅広い内容になっているものの、指標の達成状況から判断して、成果2も予定した成果を達成したと考えられる。</p>			
(3) 成果3：達成済み			
<p>終了時評価時点までに、現行品種と比較してバイオマス生産性が高く (36%増加)、リグニン含量が多い (27%増加) ソルガム系統を2系統³選抜し (このうちの一つは乾燥耐性にも優れている)、γ線照射を行い、育種を行った。したがって、成果3を通じて、アランアラン荒廃草原での生産と効率的なバイオエネルギー生産に適したソルガム系統の開発に成功した。また、成果3では、リグニン含量の増加 (最大53%) と、高発熱型リグニンの増加 (G型リグニン：27%増、H</p>			

² <http://webgis.satreps.lipi.go.id/>

³ Konawe Selatan (KS)と Sorghum Malai Mekar (SMM)

型リグニン：8 倍) に影響するイネの遺伝子を特定し、この遺伝子情報を用いてバイオマスソルガムの選抜を行った。これらの選抜されたソルガム系統の種子は大量増殖されている。したがって、成果 3 の予定した成果は終了時評価時点で達成している。

(4) 成果 4：達成済み

成果 4 の活動を通じて、ソルガムバガスとソルガムの搾汁、アランアランを用いたバイオ材料とバイオ燃料（パーティクルボード、小型成型体、バイオペレット、バイオエタノール）の製造方法が開発された。また木材とソルガムバガスを原料とするパーティクルボードの物性が解明された。ソルガムペレットとソルガムパーティクルボードの技術経済分析を通じて、これらの製品の製造及び商業的なフィージビリティが検証された。さらにライフサイクルアセスメント（Life Cycle Assessment：LCA）分析を通じて、成果 1～4 のすべての成果を通じて、バイオマスソルガムの活用により CO₂ の排出削減または固定に貢献し得ることを示した。したがって、低環境負荷型のバイオ材料・バイオ燃料の製造技術の確立を含め、成果 4 の予定した成果を達成した。

(5) プロジェクト目標達成見込み

プロジェクト目標の指標は四つあり、終了時評価時点ですべて達成されている。具体的には、①アランアラン荒廃草原における安定的なバイオマス作物生産がプロジェクトサイト及びモデルサイトで立証され、②バイオマスペレットとリグノセルロース材料（ソルガムパーティクルボード）を商業生産するための実施可能性が検証され、③アランアラン荒廃草原植生回復により生産されたバイオマスエネルギー及びバイオマス材料活用による CO₂ 排出削減が見積もられ、④持続的バイオマスエネルギー及びバイオマス材料の生産にかかわる総合的な技術ガイドラインが取りまとめられ、官民の関係者に共有された。指標の達成状況から、プロジェクト目標は達成されたと判断できる。

3-2 評価結果の要約

(1) 妥当性：高い

本プロジェクトはインドネシアの国家開発計画や、エネルギー関連政策やロードマップ、農業開発主要戦略等、関連セクターの政策・戦略と整合しており、その目標達成に貢献することができる。また、本プロジェクトはインドネシア社会のニーズ（生産不適地の生産地への転換や、持続可能なバイオ燃料の製造等）やターゲットグループのニーズ（持続可能な環境の創造が BRIN の使命の一つ）も満たしている。さらに、日本が比較優位性の高い分野での技術移転や国内トップレベルの研究機関であり京都大学と長年にわたる関係が構築されているターゲットグループの選定など、本プロジェクトの手段も適切と考えられる。

(2) 整合性：高い

わが国の「対インドネシア国別開発協力方針」（2020 年 8 月）では、優先プログラム「アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上に向けた支援」の戦略の一つとして、低炭素技術の開発が掲げられており、本プロジェクトは同方針と整合している。またソルガムペレットの利用促進によりインドネシアの電力供給における再生可能エネルギーの割合を向上させ、荒廃した土地

や土壌を再生することで、持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals : SDGs）の目標 7・15 の達成に貢献できる。さらに、バイオ燃料やバイオ材料の製造技術を含む CO₂ 排出量の削減及び CO₂ 固定量の増加のための技術開発を通じて、GHG 排出削減をめざすパリ協定の目標達成に貢献することができる。

(3) 有効性：高い

本プロジェクトはプロジェクト目標を達成しており、有効性は高い。一方で、社会実装を促進するためには長期間にわたってソルガムバイオマスの大規模で安定的な生産の確保が必要であり、異なる気象・土壌条件下での大規模なソルガム栽培技術を開発する必要がある。加えて、本プロジェクトの成果が公的にも民間セクターにも十分に活用されるためには、技術ガイドラインやその他の成果の共有とともに、これらの成果が国家の食糧安全保障を脅かすことなく、バイオ燃料の促進や CO₂ 排出量の削減に貢献し得ることが関係者によく理解される必要がある。

(4) 効率性：比較的高い

日本側の投入（専門家派遣、機材供与、本邦研修実施、現地活動費支出）やインドネシア側の投入（研究者の配置、研究施設改修、執務スペースの供与、事業運営費支出）はおおむね予定した成果を達成するために効率的に利用された一方で、コロナ禍や試薬の調達遅延は、関係者のさまざまな努力にもかかわらず、事業の進捗に負の影響を与えた。しかし、全体としてはプロジェクト期間内に各成果が達成されており、本プロジェクトの効率性は比較的高い。

(5) インパクト：上位目標の達成見込みは判断が困難。複数の正のインパクトが発現しており、長期的には他のインパクトの発現も期待される

上位目標は「アランアラン荒廃草原を活用してバイオマス生産を増加させるために本プロジェクトで開発された技術を政策や産業において適用すること」をめざしていると終了時評価団は理解しているが、終了時評価時点の指標はこの目標を十分に反映しておらず、終了時評価時点での指標で上位目標の達成見込みを判断することは困難である。また上位目標の達成には、①大規模なバイオマス生産を持続的に行うためのさらなる研究の実施、②政府による本プロジェクトの成果活用を促進するための政策提言の発出、そして③産官学連携の促進といった追加の活動が必要とされる。

本プロジェクトの正のインパクトとして、「日本・インドネシア両国の研究者の能力強化」「インドネシア側研究機関の能力強化」といった正のインパクトが発現しており、また中長期的には「地域経済への貢献」や「アランアラン荒廃草原を有する他国・他地域への波及効果」の発現が予想される。終了時評価時点で負のインパクトの発現は確認されていない。

(6) 持続性：比較的高い

バイオ燃料とバイオ製品の利用促進に関する一般的な政策はあるが、バイオマスのバリューチェーンを開発するための具体的なアクションプランや戦略は制定されておらず、政策・制度面での持続性は中程度～比較的高い。研究継続に係る最低限の予算は確保され、また今後日本の「ソルガム高度利用技術研究組合」の資金により一部の研究が継続されるものの、複数地点での栽培試験な

ど競争的研究資金の獲得が必要であることから、財務面での持続性は比較的高い。研究メンバーはBRINの正規職員であり異動・離職率は非常に低く、研究活動へのオーナーシップは高く、BRINの組織改編により農業省傘下の農業・食糧研究所がBRINに統合されており、組織面での持続性は高い。現地の実情に合った適正技術が移転されたこと、移転技術は研究機関内で共有・活用されていること、開発技術や研究成果は技術ガイドラインや論文としてまとめられていること、供与機材はよく活用・維持管理がなされていることから、技術面での持続性も高いと判断した。

3-3 効果発現に貢献した要因

(1) 計画内容に関すること

- LIPI/BRINと京都大学の30年以上にわたって構築された関係性（学術交流）は、本プロジェクトの効率的な実施に貢献した。インドネシア側研究メンバーの一部は過去に京都大学で研究しており、事業実施に積極的に貢献した。
- 業務調整員は活動の調整や研究メンバー間のコミュニケーション促進に多大な貢献を行った。事業実施における業務調整員の貢献は研究メンバーから非常に高く評価されている。
- 本プロジェクトはソルガムの搾汁からバイオエタノールを製造するためにインドネシア微生物資源センター（Indonesian Culture Collection, The Research Center for Biosystematics and Evolution: InaCC）の酵母を利用するとともに、同センターの機材も活用しており、過去のSATREPS案件⁴によって構築された同センターの能力が本プロジェクトの研究活動によく活用された。

(2) 実施プロセスに関すること

- コロナ禍によるさまざまな困難にもかかわらず、プロジェクト・リーダーの強いリーダーシップが事業の効果的な実施につながった。プロジェクト・マネージャーも積極的にすべての成果リーダーや他の研究メンバーと連絡をとり、効果的な事業運営を行った。
- コロナ禍対応の一環としてオンライン会議用ツール（Zoom）を導入し、積極的に研究メンバー間のコミュニケーションを促進した。
- 本プロジェクトの学術領域において高いレベルの技術的専門性を備え、日本とインドネシア両国の文化と言語を理解する技術アドバイザーを配置したことは、事業を効率的に実施するうえで非常に効果的であった。

3-4 問題点及び問題を惹起した要因

(1) 計画内容に関すること

- 特になし

(2) 実施プロセスに関すること

- コロナ禍はさまざまな形で本プロジェクトの実施を遅延させ、また負の影響を与えた。
- 試薬の調達に時間がかかり（場合によっては1年以上）、研究活動の効率的な実施を阻害した。

⁴（科学技術）生物科学研究及びバイオテクノロジー促進のための国際標準の微生物資源センターの構築プロジェクト（2011-2016）

3-5 結論

終了時評価では、本プロジェクトがプロジェクト・デザイン・マトリックス (Project Design Matrix : PDM) に示されたプロジェクト目標を協力期間内に達成したことが確認された。本プロジェクトを通じて、アランアラン荒廃草原をバイオマス生産のポテンシャルが高いソルガムの生産地へ転換するための技術が確立された。これらの技術には、土壌微生物の多様性に負の影響を与えない施肥法、ソルガムとの間作に適した植物の特定、乾燥耐性がありリグニン含量やバイオマス生産性の高いソルガム系統の選抜・育種等が含まれる。特に本プロジェクトで選抜・育種されたソルガム系統は、終了時評価時点で農業省における品種登録に向けた準備が進んでおり、数年後には農家における栽培が可能となる見込みである。さらに、プロジェクトでは、ソルガムペレット、パーティクルボード、バイオエタノール等、ソルガムを活用したバイオ燃料及びバイオ製品の生産技術を開発しており、今後の実用化や商品化が期待されている。

本プロジェクトはインドネシア政府が掲げる低炭素社会の実現に向けた政策目標と合致するものであり、その妥当性は高いと評価された。インドネシア政府はパリ協定や SDGs をはじめとする国際的なコミットメントを達成するためにさまざまな政策を打ち出しており、特に低炭素社会の実現に向け 2060 年までに GHG のゼロエミッションを達成するという目標を掲げている。これらの目標達成に向け、今後特に火力発電所における石炭との混焼を目的としたバイオ燃料の需要が高まると考えられる。したがって、インドネシア政府にとってバイオマスを供給するための戦略を策定することは喫緊の課題であり、本プロジェクトで検証されたソルガムのバイオ燃料としての優位性を示すことで、インドネシア政府のバイオマス推進を後押しすることが期待される。

さらに、本プロジェクトは、インドネシアと日本両国の研究者の育成、とりわけ若手研究者の育成に大きく貢献したことが確認された。日本で実施された研修は非常に有益だったと高く評価されており、研修に参加したインドネシア側研究者からは、本邦研修により研究のみならず、管理能力も向上したとの意見が聞かれた。BRIN と京都大学の協力により、18 本の論文が発表されたほか、技術ガイドラインや政策提言 (ポリシーブリーフ)、技術経済分析報告書等が作成されており、今後これらの成果物が政府や民間企業に広く共有され、活用されることが期待される。プロジェクト期間中に 6 回開催された SATREPS カンファレンスは本プロジェクトの成果を広く研究者や政府関係者に共有するための有効なツールであった。プロジェクト終了後も、SATREPS カンファレンスで培われたネットワークを存分に活用しながら、プロジェクトの研究成果を共有・活用していくことが望ましい。

民間企業との連携も積極的に模索されてきた。プロジェクト期間中に協力関係にあった民間企業には、電力会社、家具会社、ペレット製造会社等が含まれており、プロジェクトで開発したバイオ製品生産技術の実用化に向けたさまざまな実証実験が共同で実施された。プロジェクト終了後においても、将来的な需要を満たすためには、民間企業との積極的な連携を継続することが期待される。

プロジェクト活動の一部は新型コロナウイルスの感染拡大に伴い遅延を余儀なくされ、プロジェクト目標の達成のために協力期間が 1 年延長された。未曾有のパンデミックという非常に困難な状況下に置かれたものの、インドネシアと日本の研究チームはオンラインコミュニケーションツールを活用しながら可能な限り研究活動を継続し、プロジェクト目標を達成した。インドネシア・日本両国の研究者チームのコミュニケーションは中間レビュー後にさらに緊密化し、中間レビューにおける提言が十分に考慮されたうえでプロジェクト後半の活動が行われた。

3-6 提言

提言 1 (対象：BRIN、京都大学)：リグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガム品種のバイオ燃料としての有効性をインドネシア政府に対して提言する。

インドネシア政府は、2060年までにGHGのゼロエミッションを達成するとの政策目標を掲げており、その戦略の一環として、バイオマスの活用を推進している。現在、エネルギー・鉱物資源省において策定が進められているバイオ燃料の混焼に向けたロードマップでは、2030年までに年間891万トンのバイオ燃料の混焼をめざしている一方で、現在のバイオ燃料の生産量は年間約2万トンにとどまっている。

インドネシア政府は、脱炭素、バイオマスの利用推進に係る政策を掲げる一方で、バイオマス燃料の確保に向けたバリューチェーンの構築に係る具体的な戦略は現時点では未策定であり、今後バイオ燃料の活用を拡大させるためには、ソルガムを含むバイオマス原料の生産促進に向けた政策や戦略の策定が喫緊の課題である。特に、広大なアランアラン荒廃草原を含む生産不適地をソルガムの生産地に転換するためには、土壌改良農業資材の投入（種子を含む）、生産から加工、輸送に至るまでのインフラ整備等、大規模な投資が必要となることから、政府の介入は不可欠となる。

本プロジェクトで選抜・育種されたリグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガムシステムの活用は、効率的なバイオマス生産のために有効であると考えられるが、終了時評価時点では、プロジェクトからインドネシア政府に対して、リグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガムのバイオ燃料としての有効性に係る提言は発出されていない。このことから、本プロジェクトを通じて得られた研究成果（LCAの結果を含む）を活用し、具体的根拠を示しながら、政府へ政策提言を発出することで、バイオマスの原料となるソルガムの栽培促進に向けた政策立案に貢献することを提言する。政策提言は、日本・インドネシア双方の研究チームが協力し、2022年末までに関係省庁（農業省、エネルギー・鉱物資源省、環境・森林省）に提出されることが望ましい。また、政策提言を行う際は以下の点に留意する。

- ▶ バイオ燃料及びバイオ製品用のソルガムは、現在農業活動が行われていないアランアラン荒廃草原を含む生産不適地に栽培予定であり、食料生産との競合はない。また、ソルガムと果樹等の農作物の間作を行うことで、生産不適地の農耕地への転用可能性が広がることを明示する。
- ▶ ソルガム栽培・利用により期待されるCO₂削減効果についても算出のうえ、低炭素社会への貢献についても、エビデンスを提示しつつ説明する。

本プロジェクトの上位目標は、「インドネシアにおいて、革新的バイオエネルギー及びバイオ材料技術によって持続可能な社会の構築モデルが開発される」であり、そのような「モデル」を開発するためには、インドネシア政府により、持続的な低炭素社会を構築するための戦略・行動計画が策定される必要がある。プロジェクトからの政策提言を通じて、それらの戦略・行動計画策定に貢献することが期待される。

提言 2 (対象：BRIN、京都大学)：共同研究を継続し、アランアラン荒廃草原において、リグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガムの生産規模拡大（スケールアップ）に向けた技術確立する。

本プロジェクトで実施した試験栽培は0.5～1ha程度であることに對し、LCAではソルガムを10

万 ha で栽培することを想定したモデルが活用されている。LCA で想定されたシナリオ（インドネシアにおける全 113 火力発電所で使用されている石炭の 5% を、バイオ燃料で代替する）を達成するためには、ソルガムの栽培面積を数万 ha 規模で拡大させる必要があり、そのためには、土壌環境や気象条件、地形が異なるさまざまな地域においてソルガムを栽培するための技術を確認する必要がある。プロジェクトで開発した技術は実験室レベル（温室等）では実証されている一方で、多様な土地への適用可能性の実証は今後の課題と位置づけられる。本プロジェクトで開発したリグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガムの栽培促進のために政府からの支援や企業の投資を呼び込むためには、大規模生産に向けた技術的フィージビリティや生産規模を拡大した際のコストを検証することが不可欠であり、より大規模な社会実証に向けた技術を確認する必要がある。

そのため、共同研究を継続し、本プロジェクトで得られた知見や供与機材等を活用しながら、ソルガムバイオマスの実用化に向けた生産規模の拡大（スケールアップ）と、持続的な生産体制構築（施肥量、連作障害対策等）に係る課題の特定と技術の確認に取り組むことを提言する。

提言 3（対象：BRIN、京都大学）：継続的な研究実施に向けた予算の確保

本プロジェクトでは、プロジェクト期間中からさまざまな資金ソースより研究資金を補強することが模索されてきた。プロジェクト終了後においても、ソルガム栽培のスケールアップに向けた技術の確認、農業省における品種登録のための実証実験等、継続的に研究活動を行うために予算を確保する必要がある、可能な限り継続的な研究実施に向けた予算を確保することを提言する。

BRIN 予算や日本の競争的研究資金のほかにも、日本で設立された「ソルガム高度利用技術研究組合」の枠組みを参考とし、ソルガムの商業利用に関心を有する民間企業から研究予算を確保する方法も積極的に検討すべきである。

提言 4（対象：インドネシア政府、BRIN、京都大学）：社会実装に向けた産官学連携のためのプラットフォームの構築

広大なアランアラン荒廃草原を含む生産不適地をバイオマス生産地として転換するためには、インドネシア政府の強い政治的意思（political will）と介入が必要となる。同時に、政府のみではアランアラン荒廃草原をバイオマス生産地へ転換することは困難であり、バイオマスのユーザーである民間企業からの投資や協力が不可欠である。

このことから、本プロジェクトで構築されたネットワークも有効活用しながら、ソルガム活用に向けた産官学プラットフォームを設置し、アランアラン荒廃草原の植生回復と、ソルガムの大規模生産に向けた協力体制を強化することを提言する。プラットフォームにおける産官学の役割としては以下が考えられる。

- 産：市場としての役割、技術普及、混焼試験
- 官：生産促進の政策立案、栽培技術の普及
- 学：技術開発と研究成果の共有

プラットフォームは 2023 年中に設置することを想定し、メンバーには農業省、エネルギー・鉱物資源省、環境・森林省、BRIN、京都大学、民間企業（日本・インドネシア企業両者を含むことが望ましい）を含めることを提案するが、これ以外の組織の参加についても積極的に検討すべきである。

また、プラットフォームの設置については、以下のマイルストーンを設定することを提案する。

- ▶ プロジェクト終了（2022年7月）まで：BRIN及び京都大学が協議し、プラットフォームのメンバー案を作成する。
- ▶ 事後評価の実施時期（2025年を想定）まで：プラットフォームにおいて定期的に協議・活動が実施されており、本プロジェクトで開発したリグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガム品種の活用に向けたメンバー間の役割分担が明確になっている。

プラットフォーム設置の際は、本プロジェクトで6回にわたり実施されてきたSATREPSカンファレンスの枠組みやネットワークを有効活用する。また、日本においては、2022年3月に「ソルガム高度利用技術研究組合」が設立され、バイオマス燃料としてソルガムを活用するための研究と実用化の動きが活発化していることから、必要に応じて、日本のソルガム高度利用技術研究組合との連携・協力体制の構築も検討する。

提言5（対象：BRIN、京都大学）：上位目標の指標の変更

上位目標は、プロジェクト終了後約3年後を目途に、インドネシア側実施機関であるBRINにより達成されるべき事項を想定して設定されるものである。本プロジェクトの上位目標は「インドネシアにおいて、革新的バイオエネルギー及びバイオ材料技術によって持続可能な社会の構築モデルが開発される」である。本「モデル」については明確に定義されていないが、終了時評価団は、本上位目標がプロジェクト終了後3年後を目途に設定されていることも踏まえ、「持続可能な社会の構築モデルが開発される」という点を、「プロジェクトで開発された技術が社会実装に向けて適用/活用されている状態」と理解する。

上記の視点で現状の上位目標の指標をみると、目標と指標が合致していない、または現実を反映していない点が見受けられることから、上位目標の指標を以下のとおり修正することを提言する。

上位目標の指標 (PDM ver. 2.1)	変更案
1. Strategy and action plan for establishing a sustainable low-carbon society referring to the technologies developed by the Project is compiled by Indonesian government and shared among stakeholders both in public and private sectors.	1. The policy recommendations/policy briefs are produced by BRIN, with close cooperation with Kyoto University, and reflected to government policies/action plans/strategies/projects concerning biomass production for energy and material as well as marginal land development.
2. The comprehensive technical guidelines are reflected on government policies concerning biomass production for energy and material as well as marginal land development.	
3. Business models/plans for manufacturing of biomass pellets and lignocellulose-based materials are prepared by LIPI and shared with private companies.	2. Business models/plans for manufacturing of biomass pellets and lignocellulose-based materials are prepared by private companies, taking into account the technologies and economic analysis produced by the Project.
None	(new) 3. Multi-stakeholder platform to promote production and usage of sorghum is established and functioning.
None	(new) 4. New varieties of sorghum with higher lignin and higher biomass content developed by the Project is registered by MOA and become available for the future production.

3-7 教訓

(1) PDM上の成果（アウトプット）間の連携を意識したプロジェクト運営

SATREPS プロジェクトでは、地球規模課題への対応に係る技術の研究・社会実装を行うという性格上、各成果（アウトプット）ごとに研究チームが配置されることが一般的である。本プロジェクトにおいても PDM が示す四つの成果ごとに、インドネシア・日本側研究者から成る共同研究チームが配置された。一方で、2019 年に実施された中間レビューでは、「各研究チームはそれぞれの研究目標をよく理解し、日本・インドネシア双方の研究者が協力して研究は実施されているが、成果（研究チーム）間の協力関係は必ずしも緊密ではなく、これがプロジェクト全体で何を目標としているかについての共通理解を妨げる原因になっている」⁵との指摘がなされている。

中間レビュー時の指摘と提言を受け、中間レビュー以降プロジェクト・チームは毎月の定例会やオンラインミーティングを頻繁に取り入れ、各成果の連携や情報共有を密に進めてきた。その結果、四つの成果間の連携が改善しプロジェクト目標の達成に大きく貢献した。SATREPS プロジェクトではプロジェクトの前半は成果ごとの研究を集中して行い、プロジェクト後半で社会実装やプロジェクト目標に向けて成果間の活動を集約させていくケースが多い一方で、プロジェクト目標の確実な達成に向けては、プロジェクト初期の段階から成果間の連携・協業を想定した活動を含めることが重要となる。これらの視点を当初から PDM に反映するため、プロジェクトの詳細を検討する段階、例えば詳細計画策定調査時において、JICA より成果間の連携や関係性の強化について積極的に助言することが望ましい。

(2) プロジェクト当初から社会実装の具体的な想定を協議する

SATREPS プロジェクトは発展途上国が直面するさまざまな課題に対応するものであることから、社会実装は SATREPS プロジェクトにおける最も重要な要素の一つである。このことから、研究を通じた新しい技術開発のみならず、プロジェクト当初より社会実装の具体的なイメージを関係者間で協議・共有することは極めて重要となる。

本プロジェクトでは、アランアラン荒廃草原をバイオマス生産地に転換するためにさまざまな研究が行われてきたが、社会実装に向けては、特に中間レビュー以降 LCA や技術経済分析を含むさまざまな分析が行われてきた。これらの分析は、社会実装の実現可能性を検証するための重要な情報となり、その結果が政策提言（ポリシーブリーフ）や技術経済分析報告書として取りまとめられ、政策立案者に共有されている。社会実装の具体的な内容を検証するためには、十分な時間と投入が必要であり、それらの投入を確保するためにも、プロジェクト当初から具体的な社会実装の姿を想定しておくことが重要である。このことから、JICA は、詳細計画策定調査等プロジェクト活動の形成の際に、研究代表機関と密に協議しながら、相手国・日本双方の関係者が、社会実装に関する具体的なイメージを固められるよう支援する必要がある。

(3) 技術的知見を有する技術アドバイザー/コーディネーターの配置

本プロジェクトは、日本人の業務調整員（プロジェクト・コーディネーター）と、インドネシア人の技術アドバイザーが密に連携してプロジェクト実施を支援した好事例である。インドネシア人の技術アドバイザーは京都大学で博士学位を取得し、本プロジェクトの研究分野について豊

⁵ 中間レビュー報告書、p.26 (<https://libopac.jica.go.jp/images/report/12343901.pdf>)

富な知見を有しており、日本人業務調整員と連携しながら、インドネシア・日本両国の研究チームのコミュニケーション円滑化に大きく貢献した。

SATREPS プロジェクトでは、相手国機関のカウンターパート (Counterpart : C/P) との協業のために、日本人の業務調整員が配置されることが一般的であるが、相手国より当該分野の技術的知見を有する技術アドバイザーやコーディネーターを配置することは、両国研究者のコミュニケーションの円滑化や、相手国における試薬や機材の調達において非常に有益であると考えられる。

(4) 機材調達と試薬の効率的な調達に向けた計画管理の重要性

インドネシアを含む相手国における効率的な機材調達は SATREPS プロジェクトの大きな課題の一つである。機材調達の遅延には煩雑な通関手続きや輸送の手配等、さまざまな理由が絡み合っている。本プロジェクトにおいても、特にプロジェクトの前半において機材調達に遅れがみられたが、プロジェクト後半においては、業務調整員と技術アドバイザーによる綿密な調達計画が功を奏し、大きな遅延はみられなかった。

SATREPS プロジェクトでは機材調達や試薬の購入は活動の土台を支える重要なプロセスとなる。インドネシアにおいては、機材調達に係る政府からの要請書 (通称 A4 フォーム) が日本政府側に提出されたのち、機材調達を開始することができる。他方で、相手国研究機関は同プロセスを承知していないケースが多く、プロジェクト開始から数カ月経ったあとによりやく要請書が提出されるケースも少なくない。したがって、JICA は R/D 署名後速やかに A4 フォームを提出してもらうよう、相手国 C/P や関連機関に積極的に働きかける必要がある。さらに、日本と相手国研究機関があらかじめ調達予定の機材リストを精査しておくことが、プロジェクト開始後速やかに機材調達に着手するために不可欠となる。

(5) 中間レビューの重要性

本プロジェクトは 2019 年に中間レビューを実施しており、本レビューにおいてプロジェクトの上位目標及びプロジェクト目標を達成するために、各成果がどのような役割を果たすべきかが整理された。この結果、PDM が改訂され、成果間で重複していた活動が削除され、効率的にプロジェクト活動が推進された。現状の JICA のプロジェクトモニタリング制度においては中間レビューの実施は任意であるものの、特に SATREPS プロジェクトにおいては、研究という性質上、各成果の研究活動が独立的に進んでしまう可能性が高いことから、中間レビューを行い、成果ごとの進捗を確認したうえで、プロジェクト目標達成に向けた道筋を整理することは極めて重要と考えられる。中間レビューはプロジェクトの中間地点における課題を整理し、プロジェクト終了までにプロジェクト目標を達成するための活動を見直す好機となることから、特に SATREPS プロジェクトにおいては、積極的に実施することを推奨する。

Summary Results of the Terminal Evaluation Study

I. Outline of the Project	
Country: Indonesia	Project Title: The Project for Producing Biomass Energy and Material through Revegetation of Alang-alang (<i>Imperata cylindrica</i>) Fields
Issues/Sector: Environment/Agriculture	
Division in Charge: Economic Development Department	
Period of Cooperation: July 2016 to July 2022	Estimated Total Cost: Approx. 318 million yen
Related Organizations in Japan: Kyoto University	Related Organizations in Indonesia: Indonesian Institute of Sciences (LIPI) *now National Research and Innovation Agency (BRIN)
1-1. Background of the Project	
<p>Indonesia is an island nation whose area is approximately 1,890 thousand km² with a population of 273 million (2020). Its economy has grown steadily with an annual rate of 5-6% in the past ten years, which contributed to the remarkable increase in Nominal Gross Domestic Product (GDP) from USD 285.9 billion in 2005 to USD 1.06 trillion in 2020, becoming one of the largest economies in ASEAN countries. While the country enjoys steady economic growth, Indonesia also faces emerging challenges, including ensuring energy security for a rapidly growing population while reducing the Green House Gas (hereinafter referred to as “GHG”) emissions and achieving sustainable growth.</p> <p>The government of Indonesia has been making efforts to enhance the utilization of alternative and renewable energy sources to lower the dependence on oil. The New Paradigm of National Energy Policy towards Energy Security and Independence (Directorate General of Electricity, March 21, 2014) states that new and renewable energy sources have been an urgent national issue as the emission of GHG has rapidly increased in recent years due to an increase in fossil fuel consumption and destruction of forest resources. To address these challenges, the government drafted a roadmap for the energy transition to achieve net zero-emission by 2060.</p> <p>The tropical rainforest resources started to be exploited massively and intensively after the Second World War. Large parts of deforested areas are dominated by perennial grass represented by <i>Imperata cylindrica</i>, known as alang-alang in Indonesia. This invasive grass weed grows extremely well on poor soil and is resistant to drought and fire. Therefore, it has spread widely not only in Indonesia but also in tropical and subtropical regions all across the world. The area of deteriorated grasslands mainly composed of <i>I. cylindrica</i> is reported to be more than 10 million hectares in Indonesia. Managing such deteriorated grassland has become a major global issue for environmental conservation. The former Mid-term Development Plan of Indonesia (RPJMN 2015-2019) also stated the conversion of marginal land (including alang-alang grasslands) to more productive landscape (e.g., farmland, artificial forest, etc.) as a priority which needs to be addressed in Indonesia from the standpoint of agricultural development and environmental conservation.</p> <p>Against this background, the Project for Producing Biomass Energy and Material through Revegetation of Alang-alang Fields (hereinafter referred to as “the Project”) was formulated and has been implemented as a SATREPS project since July 2016 as a collaboration project between Kyoto University and Indonesian Institute of Sciences (hereinafter referred to as “LIPI”, now the National Research and Innovation Agency, hereinafter referred to as “BRIN”). The purpose of the Project is to develop technologies to produce energy crops, especially sorghum, in alang-alang fields and produce biomass which could be used as biomass energy and materials.</p>	

1-2. Project Overview

(1) Overall Goal

A model of the establishment of sustainable society by innovative bio-energy and material technology is developed in Indonesia.

(2) Project Purpose

Technologies for producing sustainable biomass energy and material utilizing alang-alang fields are developed.

(3) Outputs

1. Methods of fertilizer application for plants producing high-energy biomass are established.
2. Protocols to convert degraded land to revegetated land are established.
3. Grass biomass plants with higher-heating value are developed by breeding.
4. Environmentally friendly technologies to produce lignocellulose-based materials using grass plants are established.

(4) Inputs¹ (as of Terminal Evaluation)

Japanese Side:

- a. Dispatch of 13 short-term experts (researchers) and one long-term expert (project coordinator)
- b. Provision of machinery and equipment: Japanese Yen (hereinafter referred to as “JPY”) 105 million
- c. Local operational costs: JPY 50 million
- d. Training opportunities in Japan: 10 counterpart (hereinafter referred to as “C/P”) researchers

Indonesian Side:

- a. Counterpart personnel assigned to the Project: 75
- b. Provision of office space for Japanese experts
- c. Renovation of 6 research facilities and provision of a generator
- d. Local operational costs: Indonesian Rupiah 5.9 billion (approximately JPY 50 million)

¹ When calculated as 1 Indonesian Rupiah=0.00888 Japanese Yen (as of May 2022)

II. Evaluation		
Terminal Evaluation Team		
Name	Position	Affiliation
<Japanese side>		
Ms. Mihoko SAITO	Team Leader	Deputy Director, Agricultural and Rural Development Group1, Economic Development Department, JICA
Dr. Shuichi ASANUMA	Research Evaluation	Special Advisor, Economic Development Department, JICA
Ms. Ai ISHITOBI	Evaluation Analysis	Consultant, Tekizai Tekisyo LLC
<Indonesian side>		
Prof. Dr. Sulaeman YUSUF	Team Leader	Senior Researcher, Research Center for Applied Zoology, BRIN
Period of Evaluation: 10 May - 27 May 2022		Type of Evaluation: Terminal Evaluation
III. Results of Evaluation		
3-1. Achievements		
(1) Output 1: Achieved		
<p>Through the identification and utilization of effective technologies to monitor the nutritional status of sorghum and changes in soil microbial community through metagenomic analysis of soil microbiota, the team demonstrated that sorghum cultivation in alang-alang fields is possible without significantly harming the environment and with a reduced amount of fertilization, less than recommended by the Ministry of Agriculture. The team also developed the fertilization method, including mycorrhizae inoculation, to increase the productivity and drought tolerance of sorghum. Hence, the results of Output 1 contributed to the development of fertilization methods for environmentally and economically sustainable biomass production in alang-alang fields, as well as the reduction of CO₂ emission through reducing fertilization. Therefore, the team achieved the expected outputs of Output 1 by the time of the terminal evaluation.</p>		
(2) Output 2: Achieved		
<p>Output 2 successfully demonstrated that sorghum cultivation can increase soil microflora and plant species diversity in alang-alang fields with compost application and intercropping. The team also demonstrated that the productivity of biomass sorghum (including those developed by Output 3) can be largely increased (by 20-60%) in the alang-alang fields at the model sites through the fertilization methods developed by Output 1, which do not negatively impact soil and plant diversity. The team also developed and shared information on plants that can be intercropped with sorghum in marginal lands on the website of C/P². These results provide important scientific evidence that alang-alang fields can be converted into revegetated lands, including through intercropping of various plants with sorghum, and were compiled as a technical guideline. Therefore, the team achieved the expected outputs of Output 2.</p>		

² <http://webgis.satreps.lipi.go.id/>

(3) Output 3: Achieved

By the time of the terminal evaluation, the team selected and bred two mutant sorghum lines³, which are higher biomass sorghum lines (36% increase) with higher lignin content (27% increase), one of whose lines is also highly drought tolerant, compared with existing varieties⁴. Therefore, the team successfully developed the sorghum lines suitable for cultivation in alang-alang fields and suitable for efficient bioenergy production. The team also identified rice genes effective in increasing lignin content (53% increase) and high heating value lignin structure (G type: 27% increase, H type: 8 times) and selected biomass sorghum lines with the obtained gene information. Seeds of the screened sorghum lines were amplified. Therefore, the team achieved the expected outputs of Output 3.

(4) Output 4: Achieved

Through the activities of Output 4, the team developed production methods to produce biomaterial and bio-energy (i.e., particleboard, molding, bio-pellet and bioethanol) utilizing sorghum bagasse, sorghum juice and alang-alang. Physical properties of particleboards composed of wood and sorghum bagasse were clarified. Through the techno-economic analyses of sorghum pellets and particleboards, the production and commercial feasibility of these products were examined. Through Life Cycle Assessment (LCA) analyses, the team showed that all outputs can contribute to the reduction of CO₂ or increase CO₂ fixation by using biomass sorghum. Therefore, the team achieved the expected outputs, including the establishment of environmentally friendly technologies to produce biomass materials.

(5) Prospects for achieving the Project Purpose

By the time of the terminal evaluation, all indicators of the Project Purpose were achieved. That is, (1) steady production of biomass crops cultivated in deteriorated alang-alang fields was demonstrated in the project and model sites, (2) feasibility for commercial manufacture of biomass pellets and lignocellulose-based materials was examined, (3) reduction of CO₂ emission by utilizing biomass energy and materials produced through a total system of revegetation of alang-alang degraded fields was estimated, and (4) comprehensive technical guidelines for producing sustainable biomass energy and material utilizing alang-alang fields were compiled and shared among stakeholders both in public and private sectors. Thus, the evaluation team concluded that the Project achieved the Project Purpose.

3-2. Evaluation Results by Six (6) Evaluation Criteria

Results of Terminal Evaluation by the six (6) evaluation criteria are summarized below.

(1) Relevance: High

The Project is aligned well with the Indonesian national development policies and relevant sector policies (energy policies/roadmaps and an agricultural master plan) and can contribute to achieving the targets. Besides, the Project meets the needs of the Indonesian society (e.g., conversion of marginal lands to productive lands, sustainable production of bio-energy) and BRIN (one of whose missions is achieving a sustainable

³ Konawe Selatan (KS) and Sorghum Malai Mekar (SMM)

⁴ Average value of the sampled varieties tested.

environment). In addition, the approach of the Project (e.g., transfer of technologies in which Japan has comparative advantages and appropriateness of the selection of the target group, which has a top-level research institute that can have a capacity to implement a SATREPS project) was also appropriate.

(2) Coherence: High

The Project is in line with the Japanese Country Assistance Policy for Indonesia set in August 2020, which states the development of low-carbon technologies as one of the strategies to assist in building capacity to address issues of the Asian region and international society. Besides, by restoring degraded land and soil and increasing the share of renewable energy through the promotion of bioenergy, the Project can contribute to the achievement of the Goal 7 and 15 of the Sustainable Development Goals (SDGs). By developing technologies to reduce CO₂ emission or increase CO₂ fixation through the revegetation of marginal lands and the utilization of sorghum as bioenergy and biomaterials, the Project can also contribute to achieving the target of the Paris Agreement.

(3) Effectiveness: High

As stated above, the Project Purpose was achieved at the time of the terminal evaluation. At the same time, to ensure the steady production of sorghum biomass at a larger scale in the longer term to promote social implementation, it is imperative to develop a technology to cultivate sorghum in a larger area and on a larger scale with different climatic and soil conditions. In addition, for the project results to be fully utilized by the public and private sectors, it is essential to make sure that the technical guidelines and other outputs are shared and understood among relevant stakeholders while informing them on how these outputs can contribute to the promotion of bioenergy as well as reduction of CO₂ emission, which can be achieved without posing a threat to national food security.

(4) Efficiency: Relatively High

While most inputs, such as the assignment of human resources, provision of machinery and equipment, training opportunities, local operational costs and the office space for program staff, and renovation of research facilities, were well utilized to achieve expected results. While the COVID-19 pandemic and the delayed procurement of reagents negatively influenced the project implementation, since all Outputs were achieved by the terminal evaluation, efficiency was assessed as relatively high

(5) Impact: Prospects of achieving the Overall Goal are difficult to judge at the time of the terminal evaluation. Some positive impacts of the Project are observed and can be expected in the long term.

While the terminal evaluation mission understands that the Overall Goal aims to apply technologies developed by the Project to both policies and businesses to increase biomass production using along-alang fields, since the current indicators of the PDM (version 2.1) do not reflect the goal, it is difficult to judge the prospects of achieving it with these indicators. Furthermore, to achieve the goal, additional activities would be required, such as (1) further research to sustainably produce biomass at a large scale, (2) submission of policy recommendations to promote the utilization of the Project outputs by the government and (3) promoting

collaboration among the government, industry and academia. Several positive impacts of the Project were (and expected to be) observed, such as capacity development of researchers of both countries and C/P institutions, contribution to the local economy and ripple effects of the project outputs on other countries and regions with alang-alang fields. No negative impact of the Project was observed by the terminal evaluation.

(6) Sustainability: Relatively High

While the promotion of bioenergy and bioproducts is highlighted as one of the national priorities of Indonesia, there are no concrete action plans and strategies to develop value chains of biomass. Thus, the policy and institutional sustainability of the Project is moderate - relatively high. At least minimum resources to continue research activities will be secured by BRIN, and the continuation of some research activities will be financially supported by the Sorghum Advanced Utilization Technical Research Association in Japan. On the other hand, to conduct further research activities, C/P researchers need to apply for competitive research funds. Hence, financial sustainability is relatively high. From the organizational aspect, the ownership of the C/P team is very high. They are permanent staff of BRIN, and their turnover rate is very low. Besides, a research organization on agriculture and food, which used to be under the Ministry of Agriculture and joined BRIN, can support the research activities of the Project. Hence, organizational sustainability is high. From the technical aspects, appropriate technologies were transferred to C/P, and they were shared and utilized within C/P. Developed technologies and research findings were compiled as the technical guidelines and scientific articles. Machinery and equipment provided through the Project were well operated and maintained. Therefore, technical sustainability is considered to be high.

3-3. Major supporting factors in achieving the Project Purpose

(1) Factors related to planning

- The long-standing relationship (academic exchange) between LIPI/BRIN and Kyoto University for more than 30 years led to the efficient implementation of the project activities. Some research members have studied at Kyoto University, and the Project benefited from the active participation of those researchers.
- The project coordinator made a significant contribution to coordinating activities and facilitating communication among the team. His contribution to the project implementation was highly appreciated by the team.
- The Project utilized yeast strains from the Indonesian Culture Collection (InaCC) to produce bioethanol from sorghum juice as well as a machinery of the centre (a deep freezer) for the research activities. The capacities of the centre established by a previous SATREPS project⁵ were well utilized for the research activities.

(2) Factors related to the implementation

- The strong leadership of the project leader contributed to the effective implementation of the Project,

⁵ The InaCC was established by another SATREPS project named “the Development of Internationally Standardized Microbial Resource Center to Promote Life Science Research and Biotechnology” (2011-2016).

in spite of various challenges during the pandemic. The project manager also actively communicated with all Output leaders and other team members to implement the Project effectively.

- As a part of measures to address the COVID-19 pandemic, the team introduced an online meeting tool (Zoom) and actively promoted communication among all project members.
- The assignment of the technical advisor, who has a high level of technical expertise in the academic subjects of the Project and understands both Indonesian and Japanese cultures and language, was critical for the efficient project implementation.

3-4. Major hampering factors in achieving the Project Purpose

(1) Factors related to planning

- No major issue was identified.

(2) Factors Related to Implementation

- The COVID-19 pandemic delayed and negatively affected the project implementation in many ways.
- The prolonged procurement of chemical reagents, some of which took more than a year, also hampered the efficient implementation of the research activities.

3-5. Conclusion

At the terminal evaluation, the joint terminal evaluation team confirmed that the Project has achieved its Project Purpose as described in PDM. Through the four Outputs, the Project has developed technologies for producing sustainable biomass energy and material utilizing along-alang marginal lands. These technologies include monitoring of plants and soil conditions, fertilization methods which optimize the harvest of sorghum while considering the environmental sustainability and conservation of biodiversity. The Project has also selected sorghum varieties with higher lignin content, and produced mutated sorghum line which has higher lignin and biomass content. These varieties are currently being prepared for the variety registration at MOA and it is expected to be available for future production in few years time. Furthermore, the Project has developed the technologies to produce various biomass materials using sorghum, including bio-pellets and particleboards, which exhibit high market potentials.

The Project was timely and highly relevant to the Indonesian government's policies to achieve low-carbon society. The government has set the target to achieve zero-emission by 2060, with a view to meet the international commitments including the Paris Agreement and SDGs. It is expected that the demands for the biomass material, especially the bio-fuels for co-firing with coal in the power generation industry, will continue to increase in the future. In order to accelerate the production of biomass, it is essential for the Indonesian Government to develop strategies to produce and supply biomass, including sorghum. The technologies developed under this Project could contribute to the government efforts in increasing the use of bio-energy, by highlighting the comparative advantage of sorghum as an efficient source of biomass.

The Project contributed to the human resource development, especially increasing the capacities of young researchers in both Indonesia and Japan. Trainings in Japan were received very positively and all participants reported that the trainings were very beneficial to enhance their research and managerial capacities. Through

the close collaboration between BRIN and Kyoto University, research results were published as 18 papers to academic journals. The Project also produced technical guidelines, policy briefs and techno-economic analysis report to communicate some of the results achieved by the Project to wider audience including the government agencies and private companies. Further dissemination of these outputs are expected in the future to maximise the usage of technologies developed under the Project. SATREPS Conference, which was held six times during the Project period, was a useful tool to disseminate the information about the research. The network established through the SATREPS Conference could be utilized in the future to continue sharing the results of the Project to related stakeholders.

The partnership with private sector was actively explored during the Project period. Working with private sector, including the power generation company, biomass material producers and users, allowed the Project to examine the technical and commercial feasibility of the developed technologies. Further collaboration with the private sector is required in the future to meet the increasing demands of biomass from the companies, which was also confirmed during the terminal evaluation.

Some activities of the Project were delayed due to the global outbreak of COVID-19 pandemic and the Project period was extended for one year in order to achieve the Project Purpose. Despite the significant challenges, the research teams in both Indonesia and Japan have continued the research activities remotely by maximizing the online communication tools. Communication between Indonesian and Japanese research team was intensified after the mid-term review, and such effort contributed to improve the coordination among four Outputs and led to the realization of the Project Purpose.

3-6. Recommendations

(1) Recommendation 1 : Provide policy recommendations to the Indonesian Government on utilization of sorghum with higher lignin content and higher biomass content. (To BRIN and Kyoto University)

The government of Indonesia is aiming to achieve zero-emission by 2060, in order to meet the targets set out by international commitments, including the Paris Agreement and SDGs. In order to achieve this goal, the Indonesian government is currently promoting the use of biomass, especially through co-firing with coal. While the co-firing roadmap designed by ESDM aims to use 8.9 million tons of biomass per year by 2030, the current production of biomass is only 2 million tons per year. In this regards, is essential to increase the production of biomass to reach the target in the co-firing roadmap.

Although there are general policies to promote renewable energy, particularly bio-energy, concrete action plans or strategies to develop the value chains of biomass, including production, processing and transportation, are not yet in place. In order to promote bio-energy, it is essential for the Indonesian government to develop action plans/strategies to produce biomass, including cultivation of energy crops such as sorghum.

The technologies developed by the Project to produce sorghum with higher lignin content and higher biomass content would be an important inputs for the government when designing such plans/strategies. In this regard, **the evaluation team recommends that BRIN, together with Kyoto University, should produce policy recommendation to the Indonesian government on utilization of sorghum with higher lignin content and higher biomass content as efficient source of biomass energy.**

The policy recommendation should include evidence why sorghum produced under this Project has high potential to contribute to the promotion of bio-energy as well as reduction of CO₂ emission, by using data compiled by the Project. It should also emphasize that the production of sorghum will be done in the marginal lands and there will be no competition with the agricultural land, thus do not pose threat to national food security.

The evaluation team proposes that the policy recommendation to be produced by BRIN, with the close co-operation with Kyoto University, by the end of 2022. It should be submitted to all related ministries, including MOA, ESDM and KLHK.

(2) Recommendation 2: Develop the technologies to scale-up the production of sorghum with higher biomass productivity, by continuing the joint research. (To BRIN and Kyoto University)

While the field experiments at the model sites were implemented in 0.5 to 1 hectare of land, LCA conducted under this Project showed that sorghum need to be grown in 100,000 hectare of land in order to replace 5% of coal with biomass.

In order to achieve the scenario identified by LCA, it is necessary to develop technologies to expand the sorghum production sites and enable sorghum to grow in various soil and climatic conditions of alang-alang marginal lands. Information on such technologies is also required for the government and private sector to accurately estimate the production cost and design their policy/investment decisions.

Since the technologies developed by the Project were already verified at the laboratory level, **the evaluation team recommends that BRIN and Kyoto University to continue conducting the joint research and establish technologies to produce sorghum in larger, more diverse areas. Sustainable production management (i.e. fertilization in large area, avoiding risks of monocropping) should also be established in order to maximize the harvest of sorghum while minimizing the negative environmental effects.**

(3) Recommendation 3: Secure the resources for continuous research for large-scale social implementation. (To BRIN and Kyoto University)

To scale up the Project's results to larger and more diverse areas, the resources will be required to continue the researches in both BRIN and Kyoto University. Some activities which require additional resources include the fields experiments in eight locations across Indonesia to collect data necessary for the variety release after the registration of new sorghum variety developed under this Project. Additional resources need to be secured to develop technologies to scale up the sorghum production as well.

In this regard, **the evaluation team recommends to BRIN and Kyoto University, as much as possible, to continue their efforts in securing the resources to continue research for social implementation.** Resources from the private sector should be actively explored, following the example of The Sorghum Advanced Utilization Technical Research Association in Japan, which obtains research funding from the private sector who are interested in using sorghum as biomass.

(4) Recommendation 4 : Establish the multi-stakeholder platform to strengthen partnership among academia, government and private sector. (To BRIN, Kyoto University and Indonesian government)

In order to convert the vast alang-alang marginal lands into production sites of biomass, strong political will and the intervention from the government will be required. At the same time, large-scale revegetation will require investment and cooperation from the private sector. To apply the technologies developed under this Project to the larger social implementation, it is essential to encourage collaboration among the government, industry and academia.

In this regard, **the evaluation team recommends to establish a multi-stakeholder platform to strengthen partnership among government, private sector and academia.** The platform could utilize the network established through the SATREPS Conference. The platform should be established in 2023, with the membership including, but not limited to, the following parties.

- Government agencies (the Ministry of Agriculture, the Ministry of Energy and Natural Resources and the Ministry of Environment and Forestry)
- Academia (BRIN, Kyoto University)
- Private Sector (both Indonesia and Japanese companies)

For the establishment of the platform, the evaluation team suggests the following milestones:

- By the end of this Project period (July 2022) : List of potential members is proposed by BRIN and Kyoto University.
- By the time of post-evaluation (2025) : Regular meetings/discussions are taking place and the role of each member is defined to promote biomass production using sorghum with higher lignin and higher biomass content developed under this Project.

The Sorghum Advanced Utilization Technical Research Association could also provide useful insight of such partnerships, and collaboration with the Association should also be considered.

(5) Recommendation 5 : Revise the indicators for the overall goal. (To BRIN and Kyoto University)

The overall goal of the Project should be achieved by the Indonesian C/P three years after the completion of the Project (July 2025). Current overall goal in PDM is “A model of the establishment of sustainable society by innovative bioenergy & material technology is developed in Indonesia.”, and it is important to have a common understanding on what should be achieved by July 2025.

According to the discussion at the terminal evaluation, a long-term objective of this Project is to utilize the newly bred sorghum varieties with higher lignin and higher biomass content to revegetate the marginal lands including alang-alang fields, and contribute to increase the biomass production in Indonesia. With this in mind, the team understood that “A model of the establishment of sustainable society by innovative bioenergy & material technology is developed in Indonesia.” means that technologies developed by the Project are applied and/or become available to be applied to both policies and commercial activities. With this assumption, **the evaluation team proposes to revise the indicators of overall goal, as described in the following table.**

Current Indicators for Overall Goal (PDM ver. 2.1)	Proposed Revision
1. Strategy and action plan for establishing a sustainable low-carbon society referring to the technologies developed by the Project is compiled by Indonesian government and shared among stakeholders both in public and private sectors.	1. The policy recommendations/policy briefs are produced by BRIN, with close cooperation with Kyoto University, and reflected to government policies/action plans/strategies/projects concerning biomass production for energy and material as well as marginal land development.
2. The comprehensive technical guidelines are reflected on government policies concerning biomass production for energy and material as well as marginal land development.	
3. Business models/plans for manufacturing of biomass pellets and lignocellulose-based materials are prepared by LIPI and shared with private companies.	2. Business models/plans for manufacturing of biomass pellets and lignocellulose-based materials are prepared by private companies, taking into account the technologies and economic analysis produced by the Project.
None	(new) 3. Multi-stakeholder platform to promote production and usage of sorghum is established and functioning.
None	(new) 4. New varieties of sorghum with higher lignin and higher biomass content developed by the Project is registered by MOA and become available for the future production.

3-7. Lessons Learned

(1) Ensuring inter-linkages and coordination among different outputs

In SATREPS project, each Output often covers different research topics and it is common that a group of researchers is assigned to each Output. This Project too, has assigned the group of researchers to four Outputs, and each team has advanced their research activities according to PDM. At the mid-term review of this Project, the evaluation team has pointed out that “cooperation over different Outputs is not close enough⁶”, and it may “disturb understanding of the Project Purpose and conducting harmonized research activities as whole team of the Project towards its accomplishment”. Following the recommendations from the mid-term review, the project team worked closely to ensure coordination among different Outputs. These efforts included regular online meetings to share progress and challenges. As a result, inter-linkages and coordination among Outputs were improved significantly in the latter half of the Project, which contributed to achieving the Project Purpose.

While it is common for SATREPS projects to focus on each research topics in the first half of the Project, it is desirable to emphasize the importance of coordination among different Outputs from the early stage of the Project. In this regard, JICA could advise the project team to consider how they can ensure inter-linkages and coordination among different Outputs at the Detailed Planning Survey, so it will be reflected in PDM and considered from the beginning of the Project.

⁶ Mid-term evaluation report, page 25.

(2) Detailed design of social implementation at the beginning of the Project

Social implementation is one of the most important aspects of SATREPS projects, since SATREPS projects aim to address the specific challenges faced by the developing countries. While a large part of SATREPS projects focuses on developing new technologies, it is essential to design the detailed vision of the social implementation at the beginning of the Project.

In this Project, various researches were conducted to turn marginal lands including along-alang fields into production sites for biomass. A number of analysis, including LCA and techno-economic analysis, were conducted in order to consider the feasibility of the social implementation. These activities were useful to produce policy brief and provide some evidences to the policy makers.

It would be important for JICA to support the project team to design detailed images of social implementation at the beginning of the Project, so there would be enough time to develop the way forward to realize the social implementation.

(3) Working together with coordinators with technical expertise

This Project showcased a good example of Japanese project coordinator and Indonesian technical advisor working closely to facilitate the project implementation. The Indonesian technical advisor has studied in Japan and had technical expertise on the subject. Together with the Japanese project coordinator, they have successfully facilitated the communication between Indonesian and Japanese team, which contributed to achieve the Project Purpose.

SATREPS projects usually assign Japanese project coordinators who works with C/P. However, assigning a research/technical advisor from a partner country could be very beneficial for project implementation, especially to facilitate communication and support various arrangements including the procurement of equipment and reagent.

(4) Detailed planning for the timely procurement of equipment and reagent

It is a common challenge of SATREPS projects in many countries, including Indonesia, to procure equipment and reagent in timely manner. There are various reasons to cause delays in procurement process, including the customs procedures, transportation and related administrative works. The delay in the procurement of equipment and reagent was also observed in the first half of this Project. It was improved later in the Project, thanks to the detailed planning of the activities and the support from the project coordinator and the technical advisor.

In SATREPS projects, it is common to procure various equipment and reagent, and the detailed planning is essential to make sure these items arrive on time. In the case of Indonesia, procurement process of equipment could only start after receiving the official requests from the Indonesian Government through the submission of application form (so called “A4 form”). Thus, it is strongly recommended to JICA to actively reach out and support the Indonesian C/P to communicate with the relevant ministries and request them to submit the application form (A4 form) to the Embassy of Japan in Indonesia. This should be done immediately after the signing of R/D, since the whole application process may take few months. Furthermore, a list of equipment to be procured should be examined thoroughly by implementing agencies of both Japan and partner country in advance, so the procurement process could start immediately after the beginning of the Project.

(5) Importance of mid-term review

This Project conducted a mid-term review in 2019 and clarified the role of each Output to achieve Project Purpose and Overall Goal. As a result, PDM was revised to clarify the activities and avoid duplications among Outputs. This exercise of revisiting the Project with the third party was effective to improve the Project structure and contributed significantly to design the activities of the latter half of the Project. While it is not obligatory to conduct the mid-term review under the current monitoring scheme of JICA's technical assistance projects, it is strongly recommended to JICA to conduct the mid-term review, especially for SATREPS projects, since each Output's activities may proceed independently due to the nature of researches. The mid-term review could provide an opportunity for the Project team to identify the challenges and adjust the remaining activities as required to achieve the Project Purpose by the end of the Project.

第1章 終了時評価の概要

1-1 背景

インドネシア共和国（以下、「インドネシア」と記す）は、面積約 189 万 km²、人口約 2.7 億人（2020 年）を有する島嶼国家である。実質経済成長率は年率 5～6% で堅調に推移しており、名目 GDP（国内総生産）は 2005 年の 2,859 億ドルから 2020 年には 1 兆 600 億ドル（世界 16 位）に達し、ASEAN 加盟国中で最大の経済規模を誇っている。経済発展の一方で、今後も増え続けると予測される人口に対応するエネルギーの安定的供給や、温室効果ガス（GHG）排出の削減等、持続可能な成長に向けた新たな課題に直面している。

インドネシア政府は代替エネルギー及び再生可能エネルギーの利用を促進し、石油への依存を軽減するための努力を続けている。2014 年 3 月に国家エネルギー審議会が制定した「エネルギーの安全保障と自立に向けた国家エネルギー政策の新しい枠組み」においては、化石燃料の消費と森林資源の破壊による GHG 排出の急激な増加を喫緊の国家的課題であると定め、このような課題に対応するため、2060 年に GHG 排出量ゼロをめざすエネルギー革命ロードマップを作成した。

インドネシアでは第 2 次世界大戦後、熱帯雨林資源が大規模かつ集中的に開発されており、無秩序な伐採、焼畑農業、森林火災、大規模プランテーションなどによって失われた森林跡地の大部分で、イネ科雑草の一種であるアランアラン (*Imperata cylindrica*) と呼ばれる多年生植物が繁茂している。この植物はやせた土地でよく成長し、乾燥や火災にも強いいため、インドネシアだけでなく、世界中の熱帯・亜熱帯地域で広く繁茂している。インドネシア内では 10 万 km²（日本の国土面積の 1/3 弱）以上に及ぶ広大な荒廃草原を形成しており、前「中期国家開発計画（RPJMN2015-2019）」においても、アランアラン荒廃草原を含む生産不適地（marginal land）をより生産的な土地（農地や人工林等）に転換することを、農業開発と環境保全の観点からインドネシアにおける優先課題として位置づけている。

このような背景の下、「熱帯荒廃草原の植生回復を通じたバイオマスエネルギーとマテリアル生産プロジェクト」（以下、「本プロジェクト」と記す）は、「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）」案件として、京都大学生存圏研究所を日本側代表研究機関、インドネシア科学院〔LIPI、現在の国立研究革新庁（BRIN）〕をインドネシア側代表研究機関として、2016 年 7 月に開始された。本プロジェクトは、エネルギー作物、特にソルガムをアランアラン荒廃草原において生産し、バイオ燃料及びバイオ材料として使用可能なバイオマスの生産を行う技術の開発を目標としている。

1-2 事業の概要

本プロジェクトがめざす目標及び活動内容はプロジェクト・デザイン・マトリックス（PDM、付属資料 1）に記載されている。PDM は終了時評価までに 3 回改訂された（version 1.2、2.0、2.1）。1 回目の改訂は 2017 年 7 月 10 日に実施された第 1 回の合同調整委員会（Joint Coordinating Committee : JCC）において、2 回目の改訂は中間レビューの提言に沿って 2018 年 11 月 23 日に実施された第 3 回 JCC において合意された。最新版（version 2.1）である第 3 回目の改訂は、中間レビュー後の 2019 年 1 月 14 日に実施されたプロジェクト・ミーティングにおいて合意され、同ミーティングの協議議事録（Minutes of Meetings : M/M）に記載され、両国の代表者によって署名された。本終了時評価調査においては、この PDM（version 2.1）を事業概要に関する基本資料として参照する。

表-1 事業概要

案件名	熱帯荒廃草原の植生回復を通じたバイオマスエネルギーとマテリアル生産プロジェクト
実施機関	日本側：京都大学 インドネシア側：インドネシア科学院（LIPI）*現国立研究革新庁（BRIN）
ターゲットグループ	LIPI（現 BRIN）の研究者・技術者
実施期間	2016年7月19日～2022年7月18日 *コロナ禍の影響により、実施期間は当初予定より1年延長された。
プロジェクトサイト	西ジャワ州ボゴール県チビノン
モデルサイト	中部カリマンタン州カティンガン県カティンガン
上位目標	インドネシアにおいて、革新的バイオエネルギー及びバイオ材料技術によって持続可能な社会の構築モデルが開発される。
プロジェクト目標	アランアラン熱帯荒廃草原活用による持続的バイオマスエネルギー及びバイオマス材料の生産技術が開発される。
成果	1：高エネルギーバイオマス植物生産のための施肥法が確立される。 2：荒廃草地を植生回復させる転換工程が確立される。 3：育種による高発熱量を含むイネ科バイオマス植物が開発される。 4：イネ科植物を原料としたリグノセルロース材料を生産するための低環境負荷型技術が確立される。

出所：PDM Ver. 2.1

1-3 終了時評価の目的と日程

終了時評価は2022年5月8日から5月27日にかけて、以下の目的に沿って実施された。

- ① 成果の達成度合いを確認する。
- ② 経済協力開発機構－開発援助委員会（OECD-DAC）による政府開発援助（ODA）評価の6項目に沿って事業評価を行う。
- ③ プロジェクトの目標達成に向けて、事業終了前及び事業終了後に実施すべき内容に係る提言を作成する。
- ④ 透明性と説明責任の観点から、JICAの協力事業に関する情報を広く公開する。

終了時評価調査の日程は付属資料2参照。

1-4 評価団の構成

合同終了時評価団の構成は以下のとおり（敬称略）。

(1) 日本側

	担当分野	氏名	肩書/所属
1	団長	齋藤 美穂子	JICA 経済開発部 農業・農村開発第一グループ 主任調査役
2	研究評価	浅沼 修一	JICA 経済開発部 特別嘱託
3	評価分析	石飛 愛	合同会社適材適所 コンサルタント

(2) インドネシア側

	担当分野	氏 名	肩書/所属
1	団 長	Dr. Sulaeman Yusuf	BRIN 応用動物学研究センター 上級研究員

第2章 終了時評価の方法

2-1 終了時評価の方法

終了時評価は「JICA 事業評価ハンドブック (Ver. 2.0)」(2021年3月)に沿って実施された。またPDM (ver. 2.1)を終了時評価の基本参照資料として使用している。前述のガイドラインの指示に従い、情報収集のための枠組みとして評価グリッドを作成した。現地調査に先立ち、質問票をカウンタパート (C/P) に送付し、現地調査では評価グリッドに沿って情報を収集するため、聞き取り調査が実施された。

OECD-DACによる以下の6項目(妥当性、整合性、有効性、効率性、インパクト、持続性)の評価基準に沿って評価を行った。各評価項目の詳細は表-2のとおり。

表-2 6項目の評価基準

妥当性	相手国の開発政策や開発ニーズと整合しているか、アプローチは適切か
整合性	日本の援助政策や国際的な枠組みと整合しているか、JICAの他事業や他の開発協力機関等との連携はあるか
有効性	プロジェクト目標は達成見込みか
効率性	所期の成果を達成するために投入は十分か、期間やタイミングに問題はないか成果の達成に必要な活動が計画されているか
インパクト	上位目標は達成見込みか、上位目標以外の波及効果はあるか
持続性	政策・制度面、組織・体制面、財務面、技術面から事業の成果は事業終了後も持続すると見込まれるか

出所：JICA 事業評価ハンドブック (Ver. 2.0) (2021年3月)

2-2 情報収集

終了時評価調査実施にあたり、以下の方法で情報収集を行った。

(1) 文献調査

本プロジェクトに関連する文書を対象に文献調査を実施した。これらの文献には、詳細計画策定調査報告書、中間レビュー調査報告書、実施報告書やモニタリングシートを含む進捗報告書、JCCやプロジェクト・ミーティングの議事録、インドネシア政府や日本政府の政策文書、その他本プロジェクトによって作成されたさまざまな論文・文書・報告書等が含まれる。

(2) 質問票調査

質問票はインドネシア側研究メンバー〔プロジェクト・マネジャー(1名)、成果リーダー(4名)、本邦研修参加者(9名)〕に対して送付され、現地調査開始前に全員から回答を得た。

(3) 聞き取り調査

両国の研究メンバー、インドネシア関係省庁、BRIN関係者、民間企業(ペレット製造会社、家具会社、電力会社、商社)に対して聞き取り調査を実施した。聞き取り調査の対象者については、付属資料3参照。

(4) 観 察

BRIN の各研究センターを訪問し、研究メンバーに対して聞き取り調査を行うとともに、供与機材の使用・管理状況を観察した。

2－3 情報分析

収集した情報は①成果の達成状況、②実施プロセス、③6項目評価の観点から分析を行った。情報の妥当性を確保するため、異なる情報源から情報を収集し、比較したうえで分析を行った。報告書の最終化前に日本側及びインドネシア側研究者に報告書案が共有され、記載情報の正確さ、妥当性について確認が行われた。

第3章 プロジェクトの実績

3-1 投入実績

(1) インドネシア側¹

1) C/P 職員の配置

プロジェクト・ダイレクター：Andes Hamuraby Rozak 氏、BRIN 植物保全・植物園・森林研究所所長

プロジェクト・マネジャー：I. Made Sudiana 教授、BRIN 生物学研究所上級研究員

計 75 名の C/P 職員が本プロジェクトに参加した。各職員は勤務時間の 5～70%を本プロジェクトに割り当てている（詳細は付属資料 4 参照）。本プロジェクトに参加している C/P 職員の離職・異動率は事業実施期間中を通じて低かった。

現 C/P 機関（BRIN）の前身である LIPI は、2021 年 8 月に BRIN に統合された。聞き取り調査では、日本側及びインドネシア側研究者ともに、BRIN への統合後も人事異動等がなされなかったことから、統合による本プロジェクトへの影響は限定的であったと述べている。

2) JICA 長期専門家（業務調整員）のための執務スペースの提供

BRIN は JICA 業務調整員とプロジェクト・アシスタントに対して執務スペースとオフィス用家具を提供した。

3) 活動経費

BRIN は会計年度 2016 年から 2021 年にかけて 59.32 億インドネシア・ルピア（約 5,300 万円²）を活動経費として支出した。活動経費には、インドネシア側研究者の出張費、試薬・消耗品購入費、施設・設備維持管理費等が含まれている。

4) 施設の改修及び機材供与

本プロジェクト実施に際し、研究活動の実施や業務調整員の執務スペースを確保するため、BRIN は研究施設や温室の改修を行い、ジェネレーター（1 台）の提供を行った。

(2) 日本側

1) JICA 専門家（研究者及び業務調整員）の派遣

2022 年 4 月 30 日時点で、13 名の JICA 専門家（日本側研究者及び業務調整員）がインドネシアに計 101 回（延べ 2,645 日）派遣された。派遣専門家の専門領域は、表-3 のとおり。

¹ 本調査報告書では、2021 年の LIPI の BRIN への統合を反映して、BRIN を本プロジェクトの C/P 機関とする。しかしながら、ほとんどの活動は C/P 機関が LIPI であった際に実施されており、C/P 機関からの投入は LIPI からの投入である。

² 1 インドネシア・ルピア＝0.00888 円（JICA 精算レート 2022 年 5 月）

表-3 JICA 専門家の派遣実績 (2022 年 4 月 30 日時点)

専門領域	派遣人数	派遣回数	派遣日数
短期専門家 (研究者)			
研究管理及び高発熱型バイオマス植物の開発	1 名	26 回	144 日
土壌微生物相の総合分析及び高発熱型バイオマス植物の開発	2 名	25 回	128 日
施肥法及び荒廃地の植生回復法の確立	1 名	16 回	85 日
高発熱型バイオマス植物の開発	5 名	22 回	133 日
施肥法の確立	1 名	2 回	10 日
土壌微生物相の総合分析	2 名	9 回	54 日
長期専門家 (業務調整員)	1 名	1 回	2,091 日
計	13 名	101 回	2,645 日

出所：JICA

2) 機材供与

終了時評価までに、64 項目の機材やソフトウェアが C/P 機関に供与された (付属資料 5 参照)。2022 年 4 月時点で機材調達に係る金額は約 119 億インドネシア・ルピア (約 1.05 億円) である。ライセンスの有効期限が過ぎているソフトウェアを除き、ほぼすべての供与機材 (全体の 95%) は稼働しており、終了時評価時点において活用されていることが確認された。質問票調査によると、すべての成果リーダーが供与機材の選定に問題はなく、供与機材の質は高いと回答した。

3) 本邦研修

延べ 10 名の C/P 研究員が表-4 の本邦研修に参加した (付属資料 6 参照)。

表-4 本邦研修のコース一覧

研修コース	実施機関	参加者数
土壌微生物群集構造の分析	かずさ DNA 研究所	3 名
リグニン分析及び植物分子育種	京都大学	2 名
植物の栄養成分分析		1 名
リグノセルロース系バイオマス材料の開発		1 名
代謝工学とイネのリグニン分析		2 名
植物の栄養と生理学		1 名
計		10 名

出所：JICA

本邦研修参加者への質問票調査の結果によると、本邦研修は本プロジェクトの成果の達成に必要な研究能力の獲得に大きく貢献した。具体的には、関連分野の知識や技術の獲得に加え、学術論文の書き方や研究事業の管理、時間管理に係る能力強化にも貢献した。また国際シンポジウムへの参加を通して、他の研究者とのネットワーキングの好機ともなった。すべての本邦

研修生が、日本で学んだことは帰国後に内部セミナーや研究プロトコルの策定等を通じて同僚（他の研究室在籍者も含む）と共有したと回答した。

また本プロジェクトからの支援に加えて、3名のC/P研究員がインドネシア及び日本政府、民間企業の奨学金を活用し、京都大学において本プロジェクトに関連する研究に従事した。

4) 現地活動費

日本側は本プロジェクトの現地活動に係る経費を部分的に負担している。本プロジェクトの開始時から終了時評価時点までの現地活動費は合計 57 億インドネシア・ルピア（約 5,061 万円）であり、この経費には試薬・消耗品購入費、現地移動費（車両・航空運賃）、プロジェクト・スタッフの出張手当、業務調整員や技術アドバイザーを支援するプロジェクト・アシスタントの雇用費等が含まれる。

3-2 成果の達成状況

本プロジェクトの各成果の達成状況は、以下のとおり。

(1) 成果1：高エネルギーバイオマス植物生産のための施肥法が確立される。

指 標	結 果
1-1. 土壌と植物の状態をモニターする新技術が利用可能となる。	達成済み ：新技術として、CTAB 法、DNA メタバーコーディング法、DNA フィンガープリンティング法、SPAD (Soil-Plant Analyzer Development) 値を活用した栄養分析法が利用可能となった。
1-2. 施肥と乾燥ストレスがソルガムの生育に与える影響が明らかになる。	達成済み ：施肥と乾燥ストレスによる影響が明らかにされた。

活 動	進捗と成果
1.1 分子生物学的アプローチを用いて草地の植生回復を分析する方法を開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・土地利用の変化と土壌微生物相を理解するために、以下の方法を検証、効果的な方法であると特定し、C/P に技術を移転した。 <ol style="list-style-type: none"> ① 土壌からの DNA 抽出法として、CTAB 法が効果的であることが明らかになった。CTAB 法は、遠隔地では利用が難しいサンプルの冷蔵処理を必要とせず、かつ ARISA (Automated Ribosomal Intergenic Spacer Analysis) 分析に使用可能な品質の DNA が得られることを示した。 ② 土壌微生物相の解析に関しては、現在標準的に用いられている DNA メタバーコーディング法に加え、ARISA を用いた DNA フィンガープリンティング法が迅速かつ安価な分析手段として有用であることを示した。 ・これらの方法を活用して研究を実施し、以下が明らかになった。 <ul style="list-style-type: none"> - ソルガム栽培は土壌細菌の構成を変化させるものの、その多様性は大きく損なわない。 - コンポストの施用は土壌細菌の多様性を維持・向上させる点で、有効である。 ・この結果により、環境に著しい負の影響を与えずに未利用地からソルガム栽培地への転換が可能であることが示唆された。
1.1.1 日本において、土壌の微生物群集のメタゲノム解析プロトコルを確立する。	

活 動	進捗と成果
1.1.2 日本のシミュレーションサイト ³ において、遺伝子発現解析によりソルガムのストレスを診断する方法を開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ソルガムの栄養状態のモニタリング方法として、簡便に測定可能なクロロフィル含量の指標である SPAD 値が、野外環境で栽培した個体においても窒素栄養状態の指標となることを確認した。 ・成果 3 チームと協働して、栄養ストレスがソルガムバイオマスの特性に及ぼす影響の解析を行った。その結果、窒素の不足がヘミセルロース含量を増加させ、ケイ素の供給制限がリグニン含量と発熱量の増加につながることを示された。これらの結果により、ソルガムバイオマスの質は、栄養管理によって制御し得ることが明らかになった。
1.2 荒廃草原における作物生育制限因子を特定する。	<ul style="list-style-type: none"> ・チビノンの試験圃場及びカティンガンの試験圃場で草地の土壌・気象の分析と乾燥耐性への効果について分析を行った。主な研究結果は以下のとおり。
1.2.1 チビノンの試験圃場で草地の土壌・気象を分析する。	<ul style="list-style-type: none"> - カティンガンでのデータから、気象条件がバイオマスの生産に影響を与えることが明らかになった（チビノン試験圃場では、3回の栽培期間中に気象条件に大きな変動はなかった）。 - アランアラン荒廃草原のような栄養が不足している土壌において、施肥（コンポスト、ゼオライト、石灰の付加）はソルガムの生育に必要であり、ポット試験では最適な窒素の量は一般的な推奨量の 50%であった。
1.2.2 チビノンの試験圃場で草地土壌を使ったポット試験を実施する。	<ul style="list-style-type: none"> - 乾燥ストレスはソルガムの生育に影響を与え、施肥は乾燥耐性を高めるうえでも重要である。 - 菌根菌の接種と最適量の窒素とリンによる施肥は、ソルガムの生育促進と乾燥耐性の向上に役立ち得る。これにより、菌根菌の接種は施肥量の減量を可能とし、CO₂ の排出量の減少に貢献し得ることが示された。
1.2.3 乾燥ストレスの効果进行分析する。	<ul style="list-style-type: none"> - 菌根菌の接種と最適量の窒素とリンによる施肥は、ソルガムの生育促進と乾燥耐性の向上に役立ち得る。これにより、菌根菌の接種は施肥量の減量を可能とし、CO₂ の排出量の減少に貢献し得ることが示された。 ・成果 2 と 3 のチームと協働して、ソルガム栽培に関する技術ガイドラインを作成した。 ・成果 4 のチームと協働して、ソルガムペレットの灰がソルガム栽培に与える影響の研究が実施されている。 ・研究成果に基づき、生産不適地のための微生物と生体性刺激剤（biostimulant）を含む肥料の製造方法に関して特許を出願し、取得した。

1) 成果 1 の総合評価

土壌微生物の DNA 分析による微生物相構成の変化と植物の栄養状態のモニタリングに効果的な技術の特定と活用を通じて、環境に著しい負の影響を与えることなく、農業省の推奨量より少ない施肥量でアランアラン荒廃草原においてソルガム栽培が可能であることを示した。またソルガムの生産性を向上し、乾燥耐性を高めるための菌根菌の接種を含む施肥法も開発した。これらの研究結果により、施肥量の減少を通じて、環境面及び経済面からアランアラン荒廃草原における、より持続可能なバイオマス生産と CO₂ 排出量の削減に貢献する結果が得られた。

したがって、成果 1 では予定した成果を達成したと考えられる。

³ 京都大学大学院農学研究科付属農場：京都府木津川市

2) インドネシア側評価団からのコメント・提言

生産不適地における土壌の種類はかなり多様であり、異なる性質を有している。(試験圃場とは)異なる種類の土壌(特に酸性土壌)の評価が将来的には必要となるだろう。土壌の微生物群集の状態の、より効率的な解析をさらに探求すべきである。またインドネシア国内のさまざまな地域におけるソルガム栽培に最適な時期の予測は、生産コスト削減の一助となるだろう。菌根菌は良い効果をもたらすようなので、この微生物キャリアー (biocarrier) についてさらに研究を進めるべきである。

(2) 成果 2：荒廃草地を植生回復させる転換工程が確立される。

指 標	結 果
2-1. 生物多様性に配慮した施肥法が確立される。	達成済み ：生物多様性に負荷を与えない施肥法が確立された。
2-2. プロジェクトサイトとモデルサイトにおけるソルガムのバイオマス生産量が土壌改良前と比較して 20%向上する。	達成済み ：確立された施肥法を用いて、 <u>20%以上</u> の生産量の向上が達成された。
2-3. 確立された施肥法が荒廃草原回復のために技術ガイドラインに反映される。	達成済み ：確立された施肥法が技術ガイドラインに反映された。

活 動	進捗と成果
2.1 施肥の前後における草原の生物多様性について評価する。	<ul style="list-style-type: none"> ・西ジャワ州チビノンの試験圃場で 2016 年から 2019 年にかけて 6 回、中部カリマンタン州カティンガンの試験圃場で 2017 年から 2019 年にかけて 4 回、果樹やその他の植物種との間作によりソルガムが栽培された。土壌微生物相の解析により、以下が明らかになった。 - アランアラン荒廃草原でのソルガム栽培は、コンポストと EM 菌⁴の施用により、土壌微生物相の多様性が大きく向上した。コンポストの施用は土壌微生物の多様性維持に効果がある。 - 土壌微生物の多様性は施肥によって大きく損なわれなかった。 - 微生物相の変化は、コンポストや肥料の施用、天候(降雨量)によって影響を受ける可能性がある。
2.1.1 DNA メタバーコーディング分析法によって、微生物群集を解析する。	
2.1.2 植物種の多様性調査を実施する。	

⁴ 主要な EM 菌は、菌根菌、リゾビウム菌、アゾトバクター菌、アゾスピリウム菌などが含まれる。

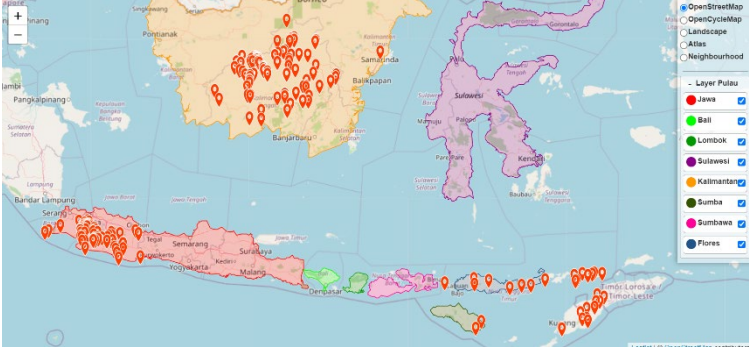
活 動	進捗と成果
2.2 アランアラン荒廃草原の植生回復のための実現可能なモデルを確立する。	<ul style="list-style-type: none"> さまざまな情報源⁵に基づき、経済的潜在力、希少性、利用可能性、荒廃草原での適応可能性に関する植物のデータや情報を収集し、また環境・森林省から生産不適地のデータと地図を収集した。その結果、西ジャワ州、中部カリマンタン州、NTT州の生産不適地においてソルガムと間作可能な植物の候補が多数存在する（636種）ことが明らかになった。
2.2.1 ソルガムとの間作に適した作物種の候補を選定する。	<ul style="list-style-type: none"> このなかからソルガムとの間作候補となる植物種（果樹やその他の植物種について、チビノンで31種、カティンガンで35種）を選定し、栽培した⁶。この栽培試験の結果から、生産不適地での栽培に適した植物種をさらに選定予定である。 この66種の苗は、それぞれの植物園（チビノン植物園とカティンガン植物園）で利用可能な苗である。ソルガムとその他の植物の間作により生産不適地の植生回復をめざすためには、苗の利用可能性が重要な条件になると予想される。そこで、研究チームはインドネシア国内の植物園の収集品種のうち、植物園が提供可能な苗に関するデータも収集した。
2.2.2 プロジェクトサイトとモデルサイトにおいて、作物栽培体系に適した施肥法を確立する。	<ul style="list-style-type: none"> チビノンとカティンガンにおける栽培試験の結果により、窒素肥料はソルガムバイオマスの良好な収量を得るうえで非常に重要であることが示された。窒素肥料を施用しなかった場合と比べて、窒素肥料を施用した際のソルガムバイオマスの収量は20～60%増加した。またこの栽培試験の結果により、推奨量より25～50%少ない施肥量で、妥当な収量（20～30トン/ha）が得られることが明らかになった。 加えて、西ジャワ州チアンジュールにおいて電力会社（PT Indonesia Power）と協働で2haの土地で栽培試験を実施した。チタヤムにおいても成果3で開発されたソルガム品種を栽培しており、収穫後は同社との大規模燃焼試験に利用される予定である。大規模燃焼試験は2022年7月または8月を予定している。 また、成果1と3のチームと協働で、ソルガム栽培に関する技術ガイドラインを作成した。 さらに、より多くのバイオマスを生産するために、研究チームは、農業省がグレインソルガム⁷栽培の際に推奨している密度より、高い密度（約3倍⁸）でバイオマスソルガムの栽培が可能であることを明らかにした。

⁵ IUCN（International Union for Conservation of Nature）レッドリスト、PROSEA Books（Edible Fruits and Nuts; Timber）など。

⁶ 間作の方法として、一定間隔の樹木の間にソルガムを植えた。

⁷ 食用穀物として利用されるソルガムのこと。本プロジェクトで主に対象としているバイオマスソルガムは、食用穀物としての利用は（少なくともプロジェクト内では）想定されていない。

⁸ 研究チームの資料によると、10万6,667本/haから32万本/haに増加した。

活動	進捗と成果
<p>2.2.3 植物の多様性に関するデータベースを構築する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 活動 2.2.1 で収集したデータを基に、特に西ジャワ州、中部カリマンタン州、NTT 州においてソルガムと間作を行う植生回復用の品種に関するデータベースを作成し、公開した（図-1 参照）。  <p>図-1 植生回復用品種に関するデータベース</p> <p>出所：http://webgis.satrebs.lipi.go.id/</p> <ul style="list-style-type: none"> GIS を活用した同データベースには、希少な植物や経済的潜在力のある品種、生産不適地への高い適応能力をもつ品種や生産不適地の地図などが含まれている。これらの情報を一つの地図上に重ね合わせることで、上述の3州の生産不適地でソルガムと間作可能な636品種の情報を確認することができる。これは、本プロジェクト以前には得られなかった情報である。 終了時評価時点で、このデータベースは LIPI のウェブサイトから BRIN のウェブサイトへの移行を申請中であり、移行後は各関連省庁や地方政府、その他の関係者とのウェブサイトの共有が予定されている。

1) 成果2の総合評価

成果2では、コンポストの施用と間作を通じて、ソルガム栽培が土壌微生物相と植生の多様性向上に貢献することを示した。加えて、成果1で開発された施肥法の実施を通じて、土壌微生物相と植生の多様性を損ねずに、試験圃場（アランアラン荒廃草原）におけるバイオマスソルガム（成果3で開発された品種を含む）の生産性が大きく向上し得る（20～60%の増量）ことを実証した。さらに、生産不適地においてソルガムとの間作の候補となる植物の情報を整理し、ウェブ上で共有した。これらの成果により、ソルガムと多様な植物の間作等を通じて、生産不適地を生産地に変換するための重要な科学的な知見が得られ、技術ガイドラインにまとめられた。

成果2のナラティブ・サマリーはやや幅広い内容になっているものの、指標の達成状況から判断して、終了時評価時点で成果2も予定した成果を達成していると判断した。

2) インドネシア側評価団からのコメント・提言

本プロジェクトの研究成果を関係機関、例えば農業省、エネルギー・鉱物資源省、環境・森林省、地方政府、インドネシア国内の各植物園、PT Indonesia Power を含む民間企業と共有することを提言する。また、アランアラン荒廃草原を含む生産不適地におけるバイオマス生産を

促進するためにも、これらの関係機関との連携を継続すべきである。

(3) 成果3：育種による高発熱量を含むイネ科バイオマス植物が開発される。

指 標	結 果
3-1.代謝工学の応用により、稲わらのリグニン含量が形質転換前に比べて10%向上する。	達成済み ：作出された形質転換体のリグニン含量が形質転換前に比べて <u>41~53%</u> 向上した。
3-2.代謝工学の応用により、稲わらの高発熱型リグニンの割合が形質転換前に比べて10%増加する。	達成済み ：高発熱型リグニン構造含量が増加した形質転換体（G型： <u>22~27%</u> 増、H型： <u>8倍</u> に増加） ⁹ を得た。
3-3.高発熱型リグニン含量が現行品種 ¹⁰ と比べて10%高い、高い適合性の、より多くのバイオマスを含むソルガムを選抜、育種する。	達成済み ：現行品種と比べて高発熱型リグニン含量が <u>27~48%</u> 増加したソルガムやバイオマス生産性が <u>36%</u> 高く、乾燥耐性に優れたソルガムが選抜された。これらの選抜されたソルガム品種の種子の大量増殖が行われた。

活 動	進捗と成果
3.1 イネ科植物内の総リグニン含量を増加させる。	<ul style="list-style-type: none"> ・リグニン含量を増加させるために、CRISPR/Cas9 を用いたゲノム編集技術等を用いてイネ（Nipponbare 品種と Rojolele 品種）の遺伝子を過剰発現または抑制する実験を行い、リグニン含量の高いイネ形質転換体の作出・栽培に成功した。 ・日本側チームはイネ形質転換体の解析を行い、形質転換前と比較して、代謝活性因子の過剰発現により総リグニン含量は最大53%、発熱量は約5%増加した。また代謝抑制型転写因子遺伝子の抑制制御により、総リグニン含量は最大41%増加した。これらの研究を通じて、リグニン含量及びリグニン構造の制御に効果のあるイネの遺伝子情報（MYB61、MYB108、WRKY36、WRKY102等）が特定できた。 ・インドネシア側チームもイネの形質転換体の分析を行い、代謝活性因子（MYB55/61）の過剰発現により総リグニン含量の最大28%増加に成功した。コロナ禍によりインドネシア側チームの研究室への立ち入りが禁じられた期間があり、実験に遅れが生じた。そこで実験の一部（MYB55/61、MYB55/61-Lを過剰発現させたイネの形質転換体に関する実験）は日本側チームに移管された（終了時評価時点では、日本側において形質転換体のリグニン含量や農業形質に関する最終評価を実施中であり、事業終了までに終了予定である）。その他の実験（MYB61を過剰発現させたイネの形質転換体に関する実験）は終了時評価時点においては、インドネシア側チームによって実施中であった。
3.1.1 リグニン含量を増加させる形質転換体を作成する。	
3.1.2 形質転換を解析する。	
3.2 イネ科植物内の高発熱型リグニン構造を増加させる。	<ul style="list-style-type: none"> ・日本側研究チームは、イネ科植物内のH型やG型リグニンなどの高発熱型リグニン構造を増加させるため、ゲノム編集技術を用いてイネの形質転換体を作成し、異なるリグニン型の組成の調節に

⁹ イネ科植物のリグニンは、G型リグニン、H型リグニン、S型リグニンを有するのが特徴である。

¹⁰ 分析対象にした品種の平均値のことを指す。

活 動	進捗と成果
3.2.1 高発熱型リグニン構造を増加させる形質転換体を作成する。	効果のある遺伝子 (<i>C3'H</i> , <i>Cal5H</i> 等) を特定した。 <ul style="list-style-type: none"> 得られた形質転換イネのリグニン構造の解析により、高発熱型のリグニンが形質転換前と比較して 22~27% (G 型リグニン)、また 8 倍 (H 型リグニン) に増加した形質転換体を得られたことが明らかになった。
3.2.2 形質転換を解析する。	<ul style="list-style-type: none"> 活動 3.1、3.2 の研究を通じて、イネ科独自のリグニン生合成系の存在が示された。これは教科書を書き換えるような、学術上の常識を覆すような新知見である。
3.3 高発熱のソルガムの選抜育種を実施する。	<ul style="list-style-type: none"> インドネシア側研究チームは 30 系統の国産ソルガムを対象に、乾燥耐性、バイオマス生産性、リグニン含量、発熱型リグニン含量について調査した。この調査結果に基づき、①バイオマス生産性、リグニン含量、発熱型リグニン含量に優れた品種 (Konawe Selatan、以下 KS) と、②乾燥耐性¹¹、バイオマス生産性、リグニン含量、発熱型リグニン含量に優れた品種 (Sorghum Malai Mekar、以下 SMM) の 2 系統を特定した。研究チームはこれらの、より高い適合性を有し、より高い発熱型リグニンを多く含有する、より多くのバイオマスを含むソルガム系統の単離に成功し、γ 線照射を行った。この γ 線照射を行った二つの変異系統 (KS と SMM) は、母系統と比較するとバイオマス生産性が最大 36% 増加し、リグニン含量が 27% 増加した。
3.3.1 より高い適合性を有し、より高い発熱型リグニンを多く含有する、より多くのバイオマスを含むソルガムを選抜する。	<ul style="list-style-type: none"> 終了時評価時点においては、これら二つの変異系統の農業省への品種登録準備が進められており、2022 年中の登録完了をめざしている。これらの開発品種を全国において幅広く栽培することを可能とするため、研究チームは農業省から品種公開 (release)¹² の許可と認証を得る予定である。この許可を得るためには、インドネシア国内の複数地点 (8 カ所) における栽培試験を行い、その品質を証明する必要がある。このことから、研究チームは栽培試験実施のための予算を BRIN 等の研究支援機関や民間セクターなどから今後確保する必要がある。
3.3.2 より高い適合性を有し、より高い発熱型リグニンを多く含有する、より多くのバイオマスを含むソルガムを育種する。	<ul style="list-style-type: none"> 日本側研究チームは活動 3.1、3.2 で得られたイネの遺伝子情報を基に、バイオマス生産性に優れたバイオマスソルガムのうち、対応する遺伝子が発現を起こした変異系統の選抜を行った。このソルガム系統の種子の大量増殖は終了している。 加えて、日本の協力会社から得られた 500 の近交系ソルガム品種のなかから、リグニン含量の高いソルガム系統の選抜を行い¹³、平均よりリグニン含量が 48% 高い系統を得た。また、活動 3.1、3.2 で得られたイネの遺伝子情報を基に、米国農務省から得たグレイソルガムの変異系統の選抜を行った。終了時評価時点で、リグニン含量が高い近交系品種の種子の増殖は進行中で、グレイソルガムの変異系統の種子の増殖は本プロジェクトの終了後に

¹¹ 全 30 系統の乾燥耐性が四つの方法 (光合成速度: 蒸散率、光合成速度: 気孔伝導度、光合成速度に対するバイオマスの総乾燥重量、蒸散率に対するバイオマスの総乾燥重量) で測定され、SMM は乾燥耐性の高い上位 10 品種に含まれている。

¹² 研究メンバー (Dr. Satya、成果 3 研究リーダー) への聞き取り調査によると、農業省は品種公開 (release) の判断として、四つの視点 [区別性 (Unique)、未譲渡性 (New)、均一性 (Uniform)、安定性 (Stable)] を重視する。これらはインドネシア語の頭文字をとって「BUSS」と呼ばれる。農業省は新しい品種が「BUSS」を満たしているかを確認するため、申請者は申請前に複数箇所での栽培試験を行い、そのデータをもって農業省に品種公開の申請を行う。

¹³ この活動は、本プロジェクトの開始前から継続して実施されている。

活 動	進捗と成果
	<p>「ソルガム高度利用技術研究組合」(後述)において実施予定である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・リグニン芳香核組成分析やソルガムのリグニン含量の測定のプロトコルを確立し、ニトロベンゼン酸化分解法や近赤外線分析法に関する技術がインドネシア側研究チームに移転された。 ・また、成果1と2のチームと協働で、ソルガム栽培に関する技術ガイドラインを作成した。
<p>3.3.3 高発熱リグニン型ソルガムを作出し、その種子を生産する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・活動3.3で開発された変異系統(KS、SMM)の種子を増殖し、成果1、2、4チームと共有、研究活動に使用された。 ・活動3.1、3.2で得られたイネの遺伝子情報に基づいて選抜されたバイオマス生産性の高いソルガムの変異系統の種子が増殖された。これらのソルガム系統の生産に関する研究は本プロジェクトの終了後に「ソルガム高度利用技術研究組合」において継続される予定。 ・インドネシア側研究チームはチビノン試験地で開発した変異系統(KS)の栽培試験を行い、農業省の推奨量より少ない施肥量にもかかわらず、その他の国産系統よりバイオマス生産性が高いことを示した。 ・さらにペレット製造会社(PT Kaliandra Merah)と協働して、開発したソルガム変異系統(KSとSMM)の栽培試験をグレスチックで行い、そのデータを成果4で実施したソルガムペレットのライフサイクルアセスメント(LCA)に使用した。

1) 成果3の総合評価

現行品種と比較してバイオマス生産性が高く(36%増加)、リグニン含量が多い(27%増加)ソルガム系統を2系統選抜し(このうちの一つは乾燥耐性にも優れている)、γ線照射を行い、育種を行った。したがって、成果3を通じて、アランアラン荒廃草原での生産と効率的なバイオエネルギー生産に適したソルガム系統の開発に成功したといえる。また、成果3では、リグニン含量の増加(最大53%)と、高発熱型リグニンの増加(G型リグニン:27%増、H型リグニン:8倍)に影響するイネの遺伝子を特定し、この遺伝子情報を用いてバイオマスソルガムの選抜を行った。これらの選抜されたソルガム系統の種子は大量増殖されている。したがって、成果3の予定した成果は終了時評価時点で達成している。リグニン含量の増加はCO₂の固定量を増加するだけでなく、単位面積当たりの減肥につながり、結果としてCO₂の排出量の減少にも貢献する。

本プロジェクトで選抜したソルガム系統の生産に関する研究は、「ソルガム高度利用技術研究組合」において事業終了後も継続される見込みである。また、インドネシア側研究チームは、新しく開発された系統を農業省に登録し、その後品種公開の申請を行う予定である。

2) インドネシア側評価団からのコメント・提言

開発系統の将来的な活用をめざして、新しく開発されたソルガム品種の公開に向けた試みを継続することを提言する。

- (4) 成果 4：イネ科植物を原料としたリグノセルロース材料を生産するための低環境負荷型技術が確立される。

指 標	結 果
4-1.イネ科植物と天然接着剤を用いた内装用パーティクルボードの製造方法が確立される。	達成済み ：ソルガムバガスと天然接着剤（クエン酸とスクロース）を用いたパーティクルボードの製造方法が確立された。
4-2.木材とイネ科植物を原料とするパーティクルボードの物性が解明される。	達成済み ：木材とソルガムバガスを原料とするパーティクルボードの物性が解明された。
4-3.ソルガムバガスパーティクル残渣粉末の有効な利用方法が提示される。	達成済み ：ソルガムバガスとクエン酸を原料とする小型成型体の製造方法が提示された。
4-4.ソルガムペレットとバイオ燃料の製造方法が確立される。	達成済み ：ソルガムペレットとバイオ燃料の製造方法が確立され、技術ガイドラインにまとめられた。
4-5.技術経済分析報告書が作成される。	達成済み ：ソルガムペレットとソルガムパーティクルボードに関する技術経済分析報告書が作成された。

活 動	進捗と成果
4.1 ソルガムバガスと天然接着剤を使用してパーティクルボードを開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ソルガムバガスと天然接着剤を使用した内装用パーティクルボードの最適な製造条件が明らかとなった（接着剤 20%、スクロース/クエン酸の割合：90-85/10-15、プレス温度：200 度で 10 分間）。 ・クエン酸とスクロースを接着剤として用いたソルガムバガス・パーティクルボードは機械的・物理的特性に優れ、JIS 規格（A5908）を満たすことが明らかになった。また、生物学的耐久性（耐蟻性、耐腐朽性）にも優れ、合成樹脂接着剤を用いたパーティクルボードと同等の性能が確認できたことが特筆すべき結果である。 ・生産性向上をめざし、大判ボードの製造を試みた。インドネシア側研究チームの試作ではプレス圧力が不十分であったことを踏まえ、京都大学生存圏研究所の高性能大型ホットプレスを用いてボードの試作を試みた結果、プレス圧力の問題を解決することができ、パーティクルボードの大判化に成功した。 ・インドネシア側研究チームはマレイン酸接着剤を用いたソルガムバガス・パーティクルボードの材料とその製造方法について特許を申請中である。
4.1.1 パーティクルボードの基礎的な製造条件を確立する。	
4.1.2 生産性向上の探求を行う。	
4.2 アランアランと天然接着剤を使用してパーティクルボードを開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・アランアランと天然接着剤（クエン酸）を用いたパーティクルボードの基礎的な製造条件（接着剤 20%、プレス温度 200 度で 10 分間）を確立し、その物理特性を調査した。アランアラン・パーティクルボードの物理特性の改善を試みたが、その物理特性はソルガムバガス・パーティクルボードに劣ることが明らかとなった。 ・開発された技術の新規性から、「アランアランとクエン酸を用いたパーティクルボードとその製造方法」について特許を申請し、取得した。
4.2.1 パーティクルボードの基礎的な製造条件を確立する。	
4.2.2 物理特性を改善する。	
4.3 木材とイネ科植物を使用した商業的パーティクル	<ul style="list-style-type: none"> ・既存のパーティクルボードと比較して、ソルガムバガス（100%ソルガム）で作成したパーティクルボードは機械的・物理的特

活 動	進捗と成果
<p>ボード製造を調査する。</p> <p>4.3.1 木材とイネ科植物を用いたパーティクルボードの最適な製造条件を確立する。</p>	<p>性等において優れていることが示された¹⁴。加えて、天然接着剤の使用により、ソルガムパーティクルボードは抗真菌性や抗癌特性を有している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ソルガムを用いたパーティクルボードの最適な製造条件・製造方法が技術ガイドラインにまとめられ、民間企業と共有された。今後さらに関連産業との共有が計画されている。
<p>4.3.2 木材とイネ科植物を用いたパーティクルボードの商業製造に向けた条件を調査する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・研究チームは3層のソルガムパーティクルボードを製造し、家具会社（PT Cosma Cipta Sejahtera）と協働で家具（キャビネット）を試作することで、ソルガムパーティクルボードの家具材料としての実用可能性を確認した。家具会社はソルガムパーティクルボードが既存のパーティクルボードより寸法安定性（dimensional stability）に優れ、より低価格で製造可能であることを確認した。 ・ソルガムパーティクルボードの技術経済分析が行われ、ソルガムパーティクルボードの工場の設立には採算性が見込まれることが示された。一方で原材料価格が採算性に最も大きな影響を与える要因であることから、ソルガム生産のコスト低下が重要となる。同分析によると、収益を得られるだけの家具を製造するためには125枚/日のパーティクルボードを使用する必要があるが、前述の家具会社はインドネシア国内に幅広い販売網を有していることから、それだけの量のソルガムパーティクルボードを用いた家具販売は可能であると自信をみせていた。終了時評価調査団に対して、もし必要な量のソルガムバガス（2トン/日）が安定的に供給されるなら、自社でソルガムパーティクルボードを製造するための投資も検討すると述べた。 ・インドネシア側研究チームはまた、ソルガムバガスとセンゴン材（木材）を混合したパーティクルボードの製造実験を行った。その結果、センゴン材のみのパーティクルボードはJIS規格を満たさないものの、ソルガムバガスを加えることで機械的・物理的特性が改善され、JIS規格を満たすことが明らかになった。 ・日本側研究チームはソルガムパーティクルボード（ソルガム100%）における製造条件の改善及び物性の向上方法について検討を進め、触媒としてリン酸二水素アンモニウム（ADP）の併用を試みたところ、スクロースで接着したボードは物性の向上が幾分認められた。
<p>4.4 ソルガムバガスの小片残渣の効果的有効利用について調査を実施する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ソルガムバガスの小片残渣の効果的有効利用について研究を行い、スイートソルガムバガスの粉末とクエン酸を用いた小型成型体の試作品を開発した。
<p>4.4.1 パーティクルボードと小型成型体の材料としてソルガムバガス残渣粉末の活用の可能性を調べる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ソルガムバガスの小型成型体作製において、クエン酸とソルガムバガスを粉末として利用することで、液体として利用するより少ないクエン酸の割合で曲げ特性及び耐水性が向上することが明らかになった。 ・研究チームはソルガムバガス小片残渣と廃糖蜜の接着剤による複合タイルの製造プロセスについての特許を申請中である。

¹⁴ 家具会社への聞き取り調査によると、必要な量のソルガムバガスを安定的に入手できる見通しが立っていないことから、まずは他の原材料（タケ等）との混用も検討するとのこと。

活 動	進捗と成果
4.5 ソルガムペレットを生産する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ビジネスマッチングイベントが 2019 年 4 月に開催され、計 66 名が産業界、政府、研究機関から参加した。 ・研究チームはインドネシア最大の電力会社である PT Indonesia Power と連携し、ソルガムペレットの小規模燃焼試験を実施した。小規模燃焼試験の結果が良好であったことから、次いで大規模燃焼試験が予定されていたものの、ソルガム栽培を担っていた農村でコロナウイルスの感染が相次ぎ、大規模燃焼試験に必要な量のソルガムバガス¹⁵（乾燥重量：8 トン）が収穫できなかった。終了時評価時点で、研究チームは 2022 年 7 月または 8 月に実施予定の大規模燃焼試験に必要なソルガムバガスを複数の栽培地点から収集中である。
4.5.1 情報収集とビジネスマッチングを行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・複数の本邦の大規模商社もソルガムペレットに関心をもち、終了時評価時点で研究チームとの連携に向けた協議が進められている。終了時評価時点では 5 社の本邦企業（化学薬品企業及び商社）とのソルガムペレットに関する共同研究の協議が進行中であった。このなかの 1 社は、スマトラ島で 7,000ha のソルガム栽培を検討している。また本邦企業だけでなく、韓国企業もソルガムペレットについて研究チームに連絡をしている。 ・日本側研究チームは他大学や関心のある企業とともに「ソルガム高度利用技術研究組合」を立ち上げた。同研究組合は 2021 年 12 月に日本の経済産業省と農林水産省の認可を受け、2022 年 4 月に公式に設立された。同組合では、加盟企業が研究機関に対し研究費用を提供し、本プロジェクトの研究活動の一部（施肥に関する研究やリグニン含量増加をめざしたソルガム育種等）を含む研究活動を実施予定。本プロジェクトの社会実装（ソルガム栽培やペレット製造等）も同研究組合を通じて本プロジェクト終了後も継続予定である。同研究組合では、今後インドネシアで 2023 年度～2024 年度を目途に、既存品種の栽培、ペレット化、日本への出荷を計画しており、地元企業と連携し、ジャワ島西部に 5,000ha¹⁶を確保した。
4.5.2 ペレットの最適な製造条件を検討する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ソルガム 4 品種のペレットの特性評価¹⁷を行い、ソルガムペレットは平均的に木材ペレットと同等の 4,000kcal/kg の発熱量を有することを明らかにした。 ・ペレットの最適な製造条件（水分含量 12%以下、1～2 トン/時）について検証し、その研究結果が技術ガイドラインにまとめられた。
4.5.3 技術的・経済的分析及び生産ラインによる試験製造を通じたソルガムペレットの推進を実施する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ソルガムペレットの技術経済分析が実施され、ソルガムペレットの製造プラント設置は採算性のある投資であること、ただしその採算性は原材料価格とペレットの販売価格に大きく影響されることが示された。したがって、同分析では、ペレットの販売価格が現状維持の場合、原材料の価格低下に介入する必要があると結論づけている。

¹⁵ 大規模燃焼試験ではペレットではなく、バガスをそのまま使用する予定。

¹⁶ アランアラン荒廃草原ではなく、5,000ha の半分は農地とのこと。

¹⁷ ソルガム 4 品種の発熱量は以下のとおり。Lepeng (4,037kcal/kg)、Keller (4,029kcal/kg)、Rio (3,859kcal/kg)、Super 1 (3,818kcal/kg)。対象品種に成果 3 の開発品種は含まれていない。

活 動	進捗と成果
	<ul style="list-style-type: none"> ・グレスックにあるペレット製造会社（PT Kaliandra Merah）でペレットの試験製造が行われた。試験製造には成果 3 で開発された変異系統のソルガムが使用されており、得られたデータは活動 4.7 でのソルガムペレットの LCA 分析のために使用された。
<p>4.6 ソルガムバイオ燃料を製造する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・スイートソルガム（グレイソルガム）の搾汁と、インドネシア微生物資源センター¹⁸（InaCC）から入手した酵母を用いてバイオエタノールを製造する方法を検討した。このバイオエタノールの製造方法は技術ガイドラインにまとめられた。 ・研究チームへの聞き取り調査によると、エタノールの製造における固定化プロセスを最適化するためには、さらなる実験が必要である。バイオエタノールが価格面で化石燃料と競合することは難しく、社会実装のためには、（燃料会社ではなく）製薬企業または化学薬品企業を対象とする方が採算性は高いと予想される。 ・また、規模は小さいかもしれないが、小規模農家はアブラヤシなど他の植物からの搾汁経験があることから、ソルガム利用によるバイオエタノールの製造を通じて小規模農家の収益増につながる可能性がある。
<p>4.7 二酸化炭素排出削減を見積もるために、ソルガム生産過程とソルガムベースの材料（パーティクルボードとペレット）の製造工程における二酸化炭素収支に基づいて、エネルギー・環境分析を実施する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・研究チームはインドネシア国内での電力供給のためのソルガムペレットの製造による LCA 分析を行った。同分析では NTT 州フローレスで 10 万 ha の生産不適地を利用してソルガム栽培を行うモデルを用いた。この LCA 分析による結果は以下のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> - バイオマス生産量を 48 トン/ha/年とした場合、年間 480 万トンのソルガムペレットを通じて 2,990 万 GJ（ギガジュール）/年のエネルギー生産が可能。 - ペレットの化石エネルギー比率¹⁹は 5.8 であり、燃料としてのペレット製造は、エネルギー面で実現可能（feasible）である。 - また 480 万トン/年のソルガムペレットを通じて、8,300GWh/年のバイオマス電力（biomass electricity）の発電が可能である。石炭と比較して、ペレットのみで 8,300GWh/年を発電した場合、790 万トン相当/年の CO₂ の排出量削減につながり、GHG 排出量の 85%削減が可能となる。ソルガムペレット（5%）と石炭（95%）を混焼して発電する場合、GHG 排出量は 420 万～530 万トン/年の削減が可能である。 - インドネシア国内すべての石炭火力発電所において 5%の混焼を行うには、5,300GWh/年相当のバイオマス電力の発電が必要である。このためには 300 万トン/年のペレットの燃焼が必要となる。 - その他の要素（バイオマスの生産性が 24 トン/ha/年まで低下した場合、バイオマスの減少、土壌からの GHG 排出、不完全燃焼等）についても考慮すると、潜在的な GHG 排出量

¹⁸ InaCCは別のSATREPS事業「生命科学研究及びバイオテクノロジー促進のための国際標準の微生物資源センター構築プロジェクト」（2011年～2016年）によって、構築された。

¹⁹ エネルギー出力総和/化石燃料投入量総和

活 動	進捗と成果
	<p>の削減割合は上述の 85%から 70%にまで低下する可能性がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・上記分析に基づき、GHG 排出を計算するための LCA 分析の方法に関する政策提言を作成し、環境・森林省及びエネルギー・鉱物資源省に提出した。両省庁はこの政策提言に対し、関連分野において政策やプログラムを策定・更新する場合は、この政策提言を考慮すると述べた文書を研究チームに送付した。エネルギー・鉱物資源省へのインタビューによると、バイオマスと石炭の混焼に係る規制を策定する際に、この政策提言を参照したとの発言があった。 ・またこの政策提言は NTT 州フローレスの農業局とも共有され、協議された。 ・中間レビューの提言に基づき、日本側研究チームは LCA 分野に精通する研究者を研究チームに迎え、外部資金を利用して LCA 分析を行った。この分析結果から、石炭火力発電所で石炭をソルガムペレットに代替すること、またソルガム栽培におけるソルガムの根による土壌での炭素の固定を通じて、CO₂ の排出量削減 (-29.61gCO₂kWh⁻¹) に貢献できることが明らかになった。 ・終了時評価時点でソルガムパーティクルボードの LCA は作成中であった。

1) 成果 4 の総合評価

成果 4 の活動を通じて、ソルガムバガスとソルガムの搾汁、アランアランを用いたバイオ材料とバイオ燃料（パーティクルボード、小型成型体、バイオペレット、バイオエタノール）の製造方法が開発された。また木材とソルガムバガスを原料とするパーティクルボードの物性が解明された。さらに LCA 分析を通じて、成果 1~4 のすべての成果を通じて、バイオマスソルガムの活用により CO₂ の排出削減または固定に貢献し得ることを示した。

したがって、低環境負荷型のバイオ材料・バイオ燃料の製造技術の確立を含め、成果 4 の予定した成果を達成した。

2) インドネシア側評価団からのコメント・提言

本プロジェクトの研究成果を関係機関、例えば農業省、エネルギー・鉱物資源省、環境・森林省、地方政府、インドネシア国内の各植物園、PT Indonesia Power を含む民間企業と共有することを提言する。また、アランアラン荒廃草原を含む生産不適地におけるバイオマス生産を促進するためにも、これらの関係機関との連携を継続するべきである。

3-3 中間レビューの提言のフォローアップ状況

中間レビュー調査団により導出された提言と、各提言に対する終了時評価時点における対応状況は以下のとおり。

A. プロジェクト・チーム全体への提言	
上位目標及びプロジェクト目標の明確化と関	・メンバー間で確実に上位目標やプロジェクト目標に対する共通理解をもつために、中間レビュー以降はすべてのメンバーが月例のオンライン

係者全員の共有化。また活動と成果、プロジェクト目標との論理的なつながりの明確化や上位目標の指標の設定と併せた PDM の修正	会議に参加し、これらの目標の達成状況やその課題について共有した。 ・活動の重複を避け、活動と成果の関係を明確にし、上位目標の指標を設定するために、中間レビューの提言に沿って PDM は改訂された (Version 2.0)。2019 年 1 月にはさらに、①日本・インドネシア両国の参加機関に関する情報を更新し、②不要な指標を削除するために PDM がプロジェクト会議で更新された (Version 2.1)。
上位目標の実現に向けて、関連政策と関係のある省庁との連携・調整を強化	<ul style="list-style-type: none"> ・上位目標の達成に向けて、研究チームは環境・森林省とエネルギー・鉱物資源省や民間セクター（家具会社、ペレット製造会社、電力会社、商社等）と緊密に連携し、連携を強化した。 ・既述のとおり、研究チームは環境・森林省とエネルギー・鉱物資源省に対して政策提言を送付し、両省から関連政策の策定・更新時は同提言を考慮するとの回答文書を受け取った。エネルギー・鉱物資源省は既にバイオマスと石炭の混焼に関する規制の策定時²⁰に同提言を参照している。 ・また農業省の研究センター[インドネシア農業バイオテクノロジー遺伝資源研究開発センター (Indonesian Center for Agricultural Biotechnology and Genetic Resource Research and Development : ICABIOGRAD) を含む]や地方の農業局とも緊密に連携している。農業省から得たソルガム品種を研究に活用し、その研究結果を農業省に共有しており、情報共有により農業省のソルガム栽培に関する事業を補完的に支援していると考えられる。
緊密なコミュニケーションを通じた日本・インドネシアの研究者間の連携強化	既述のとおり、中間レビュー以降、すべての研究メンバーが参加する月例 Zoom 会議が開催されており、コミュニケーションはより定期的、頻繁に行われるようになった。すべての研究メンバーが月例会議に参加する一方で、研究者間では SNS や e-mail、電話や対面での会議も通じて緊密に、頻繁に連絡をとり合っている。さらに中間レビューの提言に基づき、各成果間での研究活動の連携が促進された。
バイオエネルギー製造研究の促進	バイオ燃料に関する研究を促進するために、複数の研究者 ²¹ が研究チームに招待され、本プロジェクトに参加した。バイオペレットの製造に関する研究は中間レビュー以降促進され、研究結果は技術ガイドラインにまとめられた。
異なる気象条件や土壌環境下でのソルガム栽培試験のスケールアップ	中間レビュー提言を受けて、研究チームは栽培試験地としてグレスック（沼地の水の影響を受けている土壌、1.5ha）、チアンジュール（高地、2ha）、チタヤム（一般的な土壌、0.5ha）、クパン ²² （3ha）の 4 カ所を追加した。グレスックの栽培試験の結果は既に分析され、本プロジェクトの活動（LCA 分析）に活用されている。
LCA 分析の研究実績と知識のある日本人研究者を探し、持続性研究を強化すること	LCA 分析の知識と実績のある、日本人研究者が新たに研究チームに加わり、外部資金を活用してソルガムペレットの LCA 分析を実施した。この分析結果により、石炭火力発電所で石炭をソルガムペレットに 100% 代替すること、またソルガム栽培におけるソルガムの根による土壌での炭素の固定を通じて、CO ₂ の排出量削減 (-29.61gCO ₂ kWh ⁻¹) に貢献できることが示された。
研究者及び研究機関加	C/P リストは 2019 年 1 月のプロジェクト会議での PDM 修正時に更新さ

²⁰ 終了時評価調査時点で作成中。エネルギー・鉱物資源省へのインタビューでは、完成時期は未定とのこと。

²¹ Dr. Bambang Subiyanto, Dr. Lisman, Dr. Ismandi が参加し、バイオペレットに関する技術ガイドラインの作成やバイオペレットの灰に関する研究等を担当した。

²² 本プロジェクト外の資金を活用して栽培試験が行われた。

入の手続きの明確化	れ、PDM (version 2.1) にも反映された。更新プロセスを公式なものとするため、両国の代表者が更新について記載した協議議事録に署名した。
B. インドネシア側研究チームへの提言	
成果1と2の活動に重複がみられるため、各研究成果の結果を個別に説明すること	活動の重複（特に成果1と2）を避けるため、PDMが更新された。
社会実装に向けて、LIPIイノベーションセンターが主体となってより積極的に民間連携を進めていくこと	LIPIのイノベーションセンターは既に存在しないが、日本・インドネシア両国の研究チーム、業務調整員、技術アドバイザーが民間セクター ²³ に連絡をとり、積極的に連携を推進した。その結果がソルガムペレットやソルガムパーティクルボードの試験製造やソルガムペレットの小規模燃焼試験につながった。
C/P予算を十分確保できるよう、LIPI長官がより積極的な役割を果たすこと	主に成果1・2に対するC/P予算は支出されていたが、すべての成果（成果1～4）の活動を支援するには十分ではなかったことから、研究チームは、すべての成果（成果1～4）を支援するためのマッチングファンドの支出をLIPIの長官に要請したが、効果はなかった。
供与機材の使用頻度を高めることと使用日誌を準備し、使用実績が分かるようにしておくこと	<ul style="list-style-type: none"> ・コロナ禍で研究室の立ち入りが禁じられていた期間はあったものの、インドネシア側研究チームは供与機材を十分に活用していると回答した。 ・機材の使用記録書が用意され、研究チームは機材の使用記録を同文書に記録している。
C. 日本側研究チームへの提言	
研究に支障が生じないように、あらかじめ必要な試薬等の購入手続きを計画的に進めることを念頭に研究計画を立案するようにC/P研究者を指導すること	PCRプライマーやジオキサン等、分析に必要な特殊な試薬等は輸入手続きに時間がかかるため、消耗品の入手に非常に長期間（最長1年）を要している。したがって、試薬の不足による影響を避けるために、調達プロセスを早期に開始できるよう、月例会議で研究計画を確定するように努めた。また研究活動に必要な試薬について理解している技術アドバイザーも、調達プロセスを早期に開始できるようインドネシア側研究チームを支援した。
日系企業のニーズ調査や情報収集等については、JICAインドネシア事務所やJETROとも相談しながらより効果的に実施すること	研究チームは社会実装を進めるために、JICAインドネシア事務所やJETRO（日本貿易振興機構）ジャカルタ事務所と密に連絡をとった。JICAインドネシア事務所が研究チームに本邦企業（大手商社）を紹介したところ、同社は本プロジェクトが開発したソルガムペレットに強い関心を示し、終了時評価時点で社会実装のための検討が進行中である ²⁴ 。
D. インドネシア政府に対する提言	
試薬の輸入や免税手続きに関し、政府として迅速化に向けた処置をとること	試薬問題について、LIPI長官に善処を要請した。輸入手続きは複数の政府関係機関がかかわるため、改善に時間がかかると想定されるものの、BRIN及びJICAは関係機関に対して改善を要請し続けることが重要である。

全体として、プロジェクト・チームはコントロールできない問題（資金問題や試薬問題等）を除いて中間レビューの提言によく対応し、事業後半で活動を改善させた。

²³ ペレット製造会社、パーティクルボード製造会社、家具会社、電力会社、商社等10社以上

²⁴ 終了時評価時点では、本プロジェクトのソルガムペレットが同社の石炭火力発電所において利用可能かどうか、他社と協働で技術面及び価格面での検討が行われていた。

3-4 プロジェクト目標の達成見込み

プロジェクト目標に関するナラティブ・サマリーと関連指標は以下のとおり。

ナラティブ・サマリー	アランアラン荒廃草原活用による持続的バイオマスエネルギー及びバイオマス材料の生産技術が開発される。
指標	<ol style="list-style-type: none"> 1. アランアラン荒廃草原における安定的なバイオマス作物生産が、プロジェクトサイト及びモデルサイトで立証される。 2. バイオマスペレット燃料とリグノセルロース材料を商業生産するための実施可能性が検証される。 3. アランアラン荒廃草原植生回復により生産されたバイオマスエネルギー及びバイオマス材料活用によるCO₂排出削減が見積もられる。 4. アランアラン荒廃草原活用による持続的バイオマスエネルギー及びバイオマス材料の生産にかかわる総合的な技術ガイドライン(*)が取りまとめられ、官民の関係者に共有される。 <p>* ガイドラインは、四つの成果の結果を網羅する必要がある。</p>

終了時評価時点における各指標の達成状況は以下のとおり。

- (1) 指標 1：アランアラン荒廃草原における安定的なバイオマス作物生産が、プロジェクトサイト及びモデルサイトで立証される。【達成済み】

事業実施期間中にチビノンで4回、カティンガンで3回、計7回の栽培試験が実施された。栽培試験の結果により、農業省の推奨量より少ない施肥量で、土壤の生物多様性に負の影響を与えることなく、アランアラン荒廃草原において安定したソルガム生産が可能であることが実証された。

一方で、ソルガムの安定生産は本プロジェクトの範囲内（限られた ha 数、サイト数、栽培回数）で実証されており、バイオマスソルガムの生産規模を拡大するためには、より広範囲で、気候や土壤の条件の異なる、より多様な土地のアランアラン荒廃草原での栽培技術を開発する必要がある。

- (2) 指標 2：バイオマスペレット燃料とリグノセルロース材料を商業生産するための実施可能性が検証される。【達成済み】

実験室レベルにおける、バイオマスペレットとソルガムパーティクルボード等のリグノセルロース材料の基本的な製造技術は確立された。これらの製品の商業生産における技術的・商業的なフィージビリティは、技術経済分析や民間企業との試験製造を通じて検証された。例えば、インドネシア国中に販売網をもつ大手販売グループの傘下にある家具会社の協力を受けてソルガムパーティクルボードを用いた家具（キャビネット）の試験製造が行われた。同社はソルガムパーティクルボードの質に満足し、十分な原材料が確保できれば市場での販売は可能と考えている。さらにインドネシア最大の電力公社の協力によって、ソルガムペレットの小規模燃焼試験が行われ、ソルガムペレットの燃焼効率が検証された。終了時評価時点では同社との大規模燃焼試験の準備が進められていた。ソルガムペレットの実用可能性は、バイオマスソルガム²⁵の生産を促進するために設立された、日本のソルガム高度利用技術研究組合によってさらに検証予定

²⁵ 日本で選抜・育種が行われているソルガム系統が対象となる。

である。

- (3) 指標 3 : アランアラン荒廃草原植生回復により生産されたバイオマスエネルギー及びバイオマス材料活用による CO₂ 削減量が見積もられる。【達成済み】

本プロジェクトでは LCA 分析を実施し、表-5 のとおり CO₂ 削減量が推定された。分析結果から、本プロジェクトのすべての成果が CO₂ 排出量の削減または CO₂ の固定量の増加に貢献し得ることが示された。

表-5 CO₂ 排出量の削減または CO₂ 固定量の増加に関する予測値

成果	CO ₂ の排出削減または固定量の増加方法	CO ₂ 排出削減量	CO ₂ 固定増加量
1、2	化学肥料の 25% 減量 (インドネシア、1ha 当たり)	0.32 トン/年	
1、2	アランアラン荒廃草原のソルガム栽培地への転換		127 トン/年
3	バイオマスの発熱量の 3.6% 増加 (インドネシア、1ha 当たり)	0.6 トン/年	
3	リグニン含量の 41% 増加		4%
4	インドネシア国内すべての石炭火力発電所でソルガムペレットの混焼 (5%) 実施	420~530 万トン/年	
4	8,300GWh を発電するために、石炭の代わりにソルガムペレットの専焼実施	790 万トン/年 (GHG 排出量の最大 85% 削減)	
4	内装用木材のために、化学接着剤の代わりにクエン酸接着剤を 25% 使用 (日本)	4 万トン/年	
1、2、4	石炭火力発電所においてソルガムペレットの専焼とソルガム栽培時のソルガムの根による土壌中の炭素固定	-29.61gCO ₂ kWh ⁻¹	

出所²⁶ : Edi Wiloso et al. (2020)、梅澤 俊明 (2022)

- (4) 指標 4 : アランアラン荒廃草原活用によるバイオマスエネルギー及びバイオマス材料の持続的生産にかかわる総合的な技術ガイドラインが取りまとめられ、官民の関係者に共有される。

【達成済み】

すべての成果に関する研究結果を含む、総合的な技術ガイドラインが作成された。ガイドラインは終了時評価の実施前及び実施期間中に省庁関係者や民間企業を含む複数の関係者と共有された。

事業の成果が公的機関及び民間企業に十分に活用されるためには、技術ガイドラインやその他の科学的な知見の共有とともに、これらの成果が国家の食糧安全保障を脅かすことなく、バイオ燃料の促進や CO₂ 排出量の削減に貢献し得ることが関係者によく理解される必要がある。

²⁶ Wiloso EI, Setiawan AAR, Praselia H, Muryanto, Wiloso, AR, Subyakto, Sudiana M, Lestari R, Nugroho S, Hermawan D, Fang K, Heijungs R. (2020) *Production of sorghum pellets for electricity generation in Indonesia: life cycle assessment*. *Biofuel Research Journal*, 27, 1178-1194
梅澤 俊明 (2022) *Producing Biomass Energy and Material through Revegetation of Alang-alang (Imperata cylindrica) Fields* パワーポイント資料

本プロジェクトはアランアラン荒廃草原で生産可能なソルガムを活用して持続可能なバイオ燃料とバイオ材料を製造する技術を開発した。終了時評価までにすべての指標を達成しており、本プロジェクトはプロジェクト目標を達成したと評価できる。

3-5 上位目標の達成見込み

本プロジェクトの上位目標のナラティブ・サマリーと指標は以下のとおり。

ナラティブ・サマリー	インドネシアにおいて、革新的バイオエネルギー及びバイオ材料技術によって持続可能な社会の構築モデルが開発される。
指標	<ol style="list-style-type: none"> 1. プロジェクトで開発された技術の活用によって持続的な低炭素社会を構築するための戦略・行動計画がインドネシア政府によって取りまとめられ、官民関係者に共有される。 2. 開発された総合的な技術ガイドラインがバイオマスエネルギー及びバイオ材料の生産並びに荒廃草地開発に係る政府の政策に反映される。 3. バイオマスペレットとリグノセルロース材料の生産のためのビジネスモデルが LIPI によって考案され民間企業と共有される。

終了時評価時点における上位目標の各指標の達成見込みは以下のとおり。

(1) 指標 1：プロジェクトで開発された技術の活用によって持続的な低炭素社会を構築するための戦略・行動計画がインドネシア政府によって取りまとめられ、官民関係者に共有される。

本プロジェクトで開発された技術は実用的な内容であり、インドネシア政府が戦略やアクションプランを制定する際は、開発技術そのものより、政策提言が参照される可能性が高いと考えられる。

(2) 指標 2：開発された総合的な技術ガイドラインがバイオマスエネルギー及びバイオ材料の生産並びに荒廃草地開発に係る政府の政策に反映される。

指標 1 と同様に、インドネシア政府が政策を策定する際に参照するとすれば、ソルガム栽培やバイオ燃料・バイオ材料の製造方法に関する技術ガイドラインの内容ではなく、政策提言になる可能性が高い。

したがって、石炭との混焼に関する新しい規制の作成時に本プロジェクトの政策提言を参照したエネルギー・鉱物資源省の実例が示すとおり、指標 1・2 は「開発された技術」「技術ガイドライン」を政策立案者により関連性の高い「政策提言」に置き換えることが適切と考えられる。

(3) 指標 3：バイオマスペレットとリグノセルロース材料の生産のためのビジネスモデルが LIPI によって考案され民間企業と共有される。

バイオマスペレットやリグノセルロース材料（ソルガムパーティクルボード）の製造に関するビジネスモデル/事業計画は既に複数の日本・インドネシアの企業によって検証されており、このうち数社は将来的な投資を念頭にこれらのビジネスモデル/事業計画を真剣に検証している。ビジネスモデルは企業ごとに異なるため、BRIN が企業のためにビジネスモデルを作成するのではなく、企業が自身のビジネスモデル/事業計画を作成する際に必要となる情報を提供するという形で、支援を行うべきである。

本プロジェクトの上位目標は「インドネシアにおいて、革新的バイオエネルギー及びバイオ材料技術によって持続可能な社会の構築モデルが開発される」である。この「モデル」については明確に定義されていないものの、終了時評価調査団は終了時評価の際の広範な議論を通じて、本プロジェクトで開発された技術が政策や民間企業によって広く活用されることで、このようなモデルの開発に貢献すると理解した。本プロジェクトの長期目標はアランアラン荒廃草原に代表される生産不適地を活用したバイオマス生産の拡大であるが、上位目標達成に向けた次のステップは、積極的に公的・民間セクターの関係者に呼びかけ、本プロジェクトの成果を共有することである。この共有を通じて、本プロジェクトの成果と開発技術が十分に活用されることが期待される。したがって、上位目標の指標は、生産不適地におけるバイオマス生産の増加をめざして、本プロジェクトで開発された技術や政策提言が公的・民間セクターにおいて活用されたかどうかを測る内容に修正することが望ましい。この点において、終了時評価調査団は上位目標の指標の改訂を提言する。具体的な指標の改訂内容に関しては、「5-2 提言」にて提案している。

加えて、今後、本プロジェクトで開発された技術を、政府の政策や民間企業が活用し、上位目標を達成するためには、以下を含むさらなる活動が必要である。

① 大規模なバイオマス生産を持続的に行うためのさらなる研究の実施

民間企業への聞き取り調査によると、ソルガムペレットやソルガムパーティクルボードの商業生産には大量のソルガムバイオマスの持続的な供給²⁷が必要とされる。本プロジェクトでのソルガムの栽培試験は、栽培地点、栽培面積 (ha)、栽培年数が限定的であることから、持続的な生産に向けては、大規模栽培が土壌微生物の生物多様性へ与え得る長期的な影響や、酸性土壌を含むさまざまな土壌と気候条件の異なる地点における施肥技術の適用可能性等について、さらなる研究が必要と考えられる。

② 政府による本プロジェクトの成果活用を促進するための政策提言の発出

終了時評価までに、LCAに関する政策提言が作成され、政府（エネルギー・鉱物資源省及び環境・森林省）に提出された。他方、本プロジェクトは、乾燥耐性がありリグニン含量やバイオマス生産性の高いソルガム品種や、高発熱量のソルガムペレット、生産不適地で効率的にバイオマスソルガムを生産するための低環境負荷型施肥技術の開発など、さまざまな成果を生み出している。農業省を含むインドネシア政府によるこれらの開発技術の活用を促すためには、技術のみならず、それらがどのように再生可能エネルギーの利用促進や生産不適地の有効活用といった既存の政策・戦略の達成に貢献し得るのかについても、理解される必要がある。

③ 産官学連携の促進

本プロジェクトにおいて開発された技術、特にバイオ燃料を製造するためのソルガムバイオマスの活用に関する技術の実用化に向けては、政府からの政策支援、民間セクターによるソルガムバイオマスの生産と利用、研究機関による技術の適用支援と技術の継続的な改善が必要とされる。また産官学の連携により、実需者へのソルガムバイオマスの供給システムを構築する必要

²⁷ 例えば、本プロジェクトで作成した政策提言によると、石炭と5%のソルガムバイオマスの混焼により5,300GWh/年の電力を発電する場合、300万トン/年のソルガムペレットが必要とされる。

がある。したがって、産官学間での連携を促進することが重要である。

また、新しく開発されたリグニン含量とバイオマス生産性の高いソルガム品種の登録と公開も、本プロジェクトにおいて開発された技術の活用を促進するうえで重要である。

3-6 実施プロセス

(1) モニタリング

事業のモニタリングを行い課題について協議するため、終了時評価時点までに5回のJCCが開催された。コロナ禍以降は月例のオンライン会議が開催され、定期的に事業の進捗が確認されている。したがって、本プロジェクトのモニタリングについて特段大きな問題は確認されなかった。

(2) 進 捗

新型コロナウイルスの感染拡大は、本プロジェクトの実施にさまざまな負の影響を与えた。例えば、日本人研究者はインドネシアに渡航できなくなり、インドネシア人研究者も移動制限により研究室への立ち入りが禁じられ、ソルガムの栽培地への訪問も制限された。新型コロナウイルスに感染した研究メンバーも複数いる。業務調整員もJICAの指示により1年以上日本に帰国せざるを得ず、遠隔で事業の調整を行った。機材の一部(PCR検査機等)はコロナ禍に対応するために供出され、これらの機材を使用する実験が行えなかった。

コロナ禍による遅延に対応するため、JICAとインドネシア政府は討議議事録(R/D)を変更し、協力期間を当初予定の2021年7月までから、2022年7月まで1年間延長した。また研究チームも論文や技術ガイドラインの執筆や、供出機材を必要としない別の実験を行うなど、コロナ禍による状況に柔軟に対応した。実験の遅れを取り戻すため、インドネシア側から日本側に移管して継続された実験もあった。研究チームは課題に対応するため、互いに頻繁に連絡をとり合った。このような努力の結果、本プロジェクトは事業終了時点までに当初予定していた活動をほとんどすべて終了する見込みである。

(3) コミュニケーション

聞き取り調査では、多くの研究メンバーが、中間レビューの提言に対応した結果メンバー間のコミュニケーションが改善し、強化されたと回答した。また中間レビューの提言に基づき、研究活動がプロジェクト目標や上位目標に沿った形で実施されているかが確認され、これらの目標達成に向けて成果間の連携が強化された。日本・インドネシア両国の文化をよく理解し、両国の言語に堪能な業務調整員と技術アドバイザーは、研究メンバー間のコミュニケーションを促進するために毎日研究メンバーと連絡をとっており、コミュニケーションの円滑化における彼らの貢献を研究メンバーは非常に高く評価している。

(4) オーナーシップと参加

インドネシア側研究チームの本プロジェクトに対するオーナーシップは非常に高い。研究活動の一部は、インドネシア側研究チームによって独自に進められている。また、インドネシア側研究チームのみでの論文投稿は18本にのぼる。民間企業にも積極的に連絡をとり、連携先を特

定した。日本側研究チームも、インドネシア側研究チームは本プロジェクトに十分に参加していると回答した。

第4章 6項目評価²⁸

4-1 妥当性

本プロジェクトは、インドネシア政府の政策及びターゲットグループのニーズとの整合性が高く、また、日本の技術の比較優位性やターゲットグループの選定も適切であることから、本プロジェクトの妥当性は高い。

4-1-1 インドネシア政府の政策との整合性

前「中期国家開発計画（RPJMN2015-2019）」では、アランアラン荒廃草原を含む生産不適地をより生産的な土地（農地、人工林等）に変換することを優先政策の一つとして掲げている。現在の中期国家開発計画（RPJMN2020-2024）では生産不適地については触れられていないものの、再生可能エネルギー、特にバイオ燃料の使用を長期的な優先課題と位置づけていることから、本プロジェクトの目標はインドネシアの国家開発計画と整合的である。

低炭素社会に関する政策・戦略に関しては、インドネシア政府は、国家エネルギー計画に関する大統領令 22 号（2017 年）において、国家の電力供給における新エネルギー・再生可能エネルギーの割合を 2025 年までに 23%まで増加させる目標を定めている。またエネルギー・鉱物資源省は、エネルギー革命のロードマップを作成しており、このなかでは 2060 年までに新エネルギー・再生可能エネルギーの割合を 100%にすることで、CO₂排出量ゼロ（ネット・ゼロエミッション）を達成することをめざしている。また同省は石炭とバイオマスの混焼を促進するロードマップも作成しており、このロードマップでは 2030 年時点で 891 万トン/年のバイオマスが必要とされている。現在（2022 年時点）のバイオマス生産は 200 万トン/年以下であることから、2030 年までに目標を達成するためには、年間 700 万トン以上のバイオマスを追加的に生産していく必要がある。この点において、本プロジェクトでは環境に与える負荷を増加させずに、リグニン含量が高く、バイオマス生産性も高いソルガムを生産するための技術の開発を通じて、これらの目標達成に貢献できる可能性がある。

再生可能エネルギーに資するバイオマス生産に係る計画・戦略に関しては、農業省が農業開発主要戦略において、「持続可能な農業ーバイオ産業システム」の構築をめざしている。また同戦略では、バイオ産業の開発が国家の食糧安全保障を脅かす可能性を指摘している。本プロジェクトでは、生産不適地であるアランアラン荒廃草原を活用したバイオマス生産技術の開発をめざしており、農地のバイオマス生産地への転用を強いるものではないことから、食糧の安全保障を脅かすことなく、同戦略を支援することが可能である。

したがって、本プロジェクトはインドネシアの開発政策と関連セクターの政策と十分整合し、その目標の達成に貢献可能であるといえる。

一方で、終了時評価時点では、バイオマスの生産から加工、輸送までを含むバリューチェーンを構築するための具体的なアクションプランや戦略は存在していなかった。このことから、今後バイオマス開発に係る政策目標を達成するためには、これらの政策を具体的なアクションにつなげるための具体的な戦略が必要となると考えられる。

²⁸ 「高い」「比較的高い」「中程度」「比較的低い」「低い」の5段階で判断した。

4-1-2 ターゲットグループのニーズとの整合性

インドネシアにはアランアラン荒廃草原を含む広大な生産不適地(2018年時点で1,400万ha)があり、これを生産地に変換することは政府の優先事項となっている。同時に、エネルギーの確保とCO₂排出量の削減に係る必要性が拡大しており、持続可能なバイオ燃料の製造はインドネシアのみならず、世界中で喫緊の課題となっている。そこでインドネシア政府は、上述のとおり新エネルギー及び再生可能エネルギーの割合を引き上げる野心的な目標を設定した。

このことから、本プロジェクトでは生産不適地をバイオマス生産地に転換し、その土地でバイオマス原料となるソルガムを栽培するために必要な技術を開発することにより、低炭素社会実現に向けたインドネシア社会のニーズを満たしていると考えられる。

BRINは国立研究機関であり、そのミッションの一つは「持続可能な環境の構築」であることから、本プロジェクトの目標と整合している。また、プロジェクト・マネジャーは、本プロジェクトはBRIN/LIPIのニーズと期待に十分に合致していると回答している。

したがって、本プロジェクトはターゲットグループのニーズとも整合しているといえる。

4-1-3 日本の技術の比較優位性

イネのゲノム編集やメタゲノム解析、木質材料製造の天然接着剤関連技術など、日本は本プロジェクトで移転した技術に比較優位性を有しており、同分野においてインドネシアの支援を行うことは妥当性があり、適切であったと考えられる。

4-1-4 ターゲットグループ選定の適切性

BRIN/LIPIはインドネシアにおけるトップレベルの研究機関であり、本プロジェクトが対象とする分野(生物学、バイオテクノロジー、植物保全、バイオ材料等)の研究所を有していることから、SATREPS事業を実施する能力を備えた機関であったといえる。またBRIN/LIPIは京都大学と長年(30年以上)にわたる研究協力関係を有しており、過去に京都大学で学んだ研究メンバーが積極的に本プロジェクトの活動に参加し、成果の発現に貢献した。したがって、ターゲットグループの選定も適切だったと考えられる。

以上から、本プロジェクトの妥当性は高いと評価した。

4-2 整合性

本プロジェクトはわが国の援助政策や国際的な目標と整合しており、整合性は高い。

4-2-1 わが国の援助政策との整合性

わが国の「対インドネシア国別開発協力方針」(2020年8月)の優先プログラムの一つは「アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上に向けた支援」であり、同プログラムにおいて、低炭素技術の開発が戦略の一つとして掲げられている。本プロジェクトは低炭素社会の実現に貢献するための技術開発を目的としており、わが国のインドネシアに対する援助政策と整合している。

4-2-2 国際的な目標との整合性

本プロジェクトは、「持続可能な開発目標」(SDGs)とも整合している。ソルガムペレットの利

用促進により、インドネシアの電力供給における再生可能エネルギーの割合を高めること、クリーンエネルギーに係る技術へのアクセス向上を促進することを通じて、本プロジェクトは SDGs 目標 7(すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的なエネルギーへのアクセスを確保する)の達成に貢献することができる。さらに、荒廃した土地や土壌を再生することで、本プロジェクトは目標 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、砂漠化への対処並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)の達成に貢献できる。また、本プロジェクトはその他の目標 12(持続可能な消費と生産)、目標 13(気候変動)、目標 17(実施手段/グローバルパートナーシップの活性化)の達成にも貢献が可能である。

さらに、本プロジェクトの活動は、地球温暖化を抑制するために産業革命以前と比較して気温の上昇を 1.5 度以下に抑え、長期的には 2 度下げることがめざすパリ協定の目標とも整合している。本プロジェクトでは、生産不適地のバイオマス生産地への転換やバイオ燃料やバイオ材料としてのソルガムの利用を通じた CO₂ 排出量の削減及び CO₂ 固定量の増加のための技術開発を通じて、パリ協定の目標達成に貢献することができる。

以上から、本プロジェクトの整合性は高いと評価した。

4-3 有効性

本プロジェクトはプロジェクト目標を達成しており、有効性は高い。

4-3-1 プロジェクト目標の達成見込み

「3-4 プロジェクト目標の達成見込み」に既述のとおり、終了時評価時点で本プロジェクトはプロジェクト目標を達成している。

一方で、社会実装を促進するためには、ソルガムバイオマスの大規模かつ安定的な生産体制の構築が必要であり、そのためには、異なる気象・土壌条件下における大規模なソルガム栽培に向けた技術を開発することが重要となる。加えて、本プロジェクトの成果が政府の政策や、民間企業により活用されるためには、技術ガイドラインやその他の成果を広く官民の関係者と共有するとともに、これらの成果が食糧安全保障を脅かすことなく、バイオ燃料の生産・利用促進や CO₂ 排出量の削減に貢献することが可能である点に関係者へ共有する必要がある。

4-3-2 外部条件

本プロジェクトでは、外部条件によるプロジェクト目標達成への影響はなかった。PDM では、「リグノセルロース由来の製品を製造する企業との連携が遅れない」と「ソルガム生産が増加し、ペレットやリグノセルロース由来の製品を生産するための原料の入手が容易になる」の二つの外部条件が想定されている。前者に関しては、終了時評価までにリグノセルロース由来の製品を製造する企業との連携は構築されており、これらの製造業者はさらなる連携に強い関心を示している。また後者に関しても、ソルガム生産の増加により実験に必要な量のソルガムが確保されたことから、成果 4 において実験室レベルでのソルガムペレットやパーティクルボード等の製品の試作が可能となった。

4-3-3 因果関係

本プロジェクトでは、①乾燥し、土壌中の栄養分が不足しているアランアラン荒廃草原において、乾燥耐性とバイオマス生産性の高いソルガムを生産するための施肥技術、②エネルギー効率を高め CO₂ 排出量を削減するために有益なリグニン含量の高いソルガムを栽培する技術、そして③バイオマスをバイオ燃料やバイオ材料に加工する技術の開発を通じて、プロジェクト目標（アランアラン荒廃草原活用による持続的バイオマスエネルギー及びバイオマス材料の生産技術が開発される）を達成した。したがって、プロジェクト目標の達成に必要な成果はすべて PDM に含まれていた。特に中間レビュー以降は、プロジェクト目標の達成に向けて、技術の改善や成果間の情報共有や連携が強化された。

4-4 効率性

本プロジェクトの効率性は比較的高い。ほとんどの投入は予定した成果を達成するために効率的に利用された一方で、コロナ禍による影響や試薬の調達に係る遅延は、関係者の努力にもかかわらず、事業の進捗に負の影響を与えた。

4-4-1 プロジェクト投入の活用状況

- 日本人研究者の派遣は研究活動の促進と C/P 研究者の能力強化に貢献した。また、本プロジェクトの業務調整員は JETRO での勤務経験も有しており、個人的なネットワークも活用しながらインドネシア国内のさまざまな企業を研究チームに紹介することで、研究成果の社会実装を支援した。
- 供与機材について、すべての成果リーダーが、本プロジェクトの供与機材の質は非常に高いと回答した。聞き取り調査と終了時評価団による視察によると、コロナ禍により研究所での勤務が禁止されていた時期を除き、供与機材は事業実施のため日常的に活用され、C/P の円滑な研究の実施に貢献した。終了時評価時点では、ほとんどすべての機材（95%）が稼働していることが確認された。
- 本邦研修は、研究活動の効果的な実施と若手インドネシア人研究者の能力強化、両国の研究者間の相互理解の醸成と関係強化に貢献した。京都大学での研修に参加したメンバーは、インドネシアに帰国後、本プロジェクトの実施に積極的に貢献した。
- JICA が提供した現地活動費は十分であったことが確認された。本プロジェクトで雇用された技術アドバイザーは、本プロジェクトの研究内容に対して深い知識を有しており、試薬の調達を支援したほか、C/P 研究員に対し分析方法や機材の使用方法に関する指導を行った。特に、試薬の調達は専門的かつ複雑な内容であったため、技術アドバイザーの支援は試薬の円滑な調達にあたり非常に重要であった。
- LIPI/BRIN は本プロジェクトに対して多くの研究員（75名）を割り当てた²⁹。C/P 研究者によって積極的に主導された研究活動も少なくなく、彼らのプロジェクト目標達成への貢献は非常に大きかったといえる。
- LIPI/BRIN は、本プロジェクトのために C/P 機関の近くに業務調整員が活用できる広い執務スペースを提供した。これはプロジェクト活動の円滑な実施と、業務調整員と C/P 研究員間のコ

²⁹ 付属資料 4 に記載のとおり、本プロジェクトへの関与の割合は研究者によって異なる。

コミュニケーション促進に貢献した。

- C/Pによる現地活動費は、すべての成果（成果1～4）の活動を行うには十分ではなく、本プロジェクトの研究チームは LIPI 長官にマッチングファンドの増額を要請した³⁰ほか、その他機関からの予算確保に努めた（JICA や民間セクター等）。

4-4-2 成果達成に係る促進要因

(1) 計画に関する要因

- LIPI/BRIN と京都大学の 30 年以上にわたる学術交流は、本プロジェクトの効率的な実施に貢献した要因の一つであった。本プロジェクトのインドネシア側研究メンバーの一部は京都大学における研究実績を有しており、事業実施に積極的に貢献した。
- 業務調整員はプロジェクト活動全体の調整や研究メンバー間のコミュニケーション促進に多大な貢献を行った。事業実施における業務調整員の貢献は研究メンバーから非常に高く評価されている。
- 本プロジェクトはソルガムの搾汁からバイオエタノールを製造するために InaCC の酵母を利用するとともに、本プロジェクトの研究活動のために同センターの機材（冷凍冷蔵庫）も活用しており、過去の SATREPS 案件³¹によって構築された同センターの資機材が本プロジェクトの研究活動に活用されている。

(2) 実施に関する要因

- コロナ禍によるさまざまな困難にもかかわらず、プロジェクト・リーダーの強いリーダーシップにより、事業は効果的に実施された。プロジェクト・マネジャーは積極的に成果リーダーや他の研究メンバーと連絡をとり、効果的な事業運営を行った。
- コロナ禍対応の一環として、オンライン会議用ツール（Zoom）を導入し、研究メンバー間のコミュニケーション円滑化に貢献した。
- 本プロジェクトの学術領域において、高いレベルの技術的専門性を備え、日本とインドネシア両国の文化と言語を理解する技術アドバイザーを配置したことは、事業を効率的に実施するうえで非常に効果的であった。

4-4-3 成果達成に係る阻害要因

(1) 計画に関する要因

- 特になし

(2) 実施に関する要因

- 「3-6 実施プロセス」に既述のとおり、コロナ禍はロックダウンや移動制限等、さまざまな形で本プロジェクトの実施を遅延させ、負の影響を与えた。
- 試薬の調達に時間がかかり（場合によっては1年以上）、研究活動の効率的な実施を阻害した。

³⁰ 終了時評価時点でマッチングファンドは拠出されていない。

³¹ (科学技術) 生物科学研究及びバイオテクノロジー促進のための国際標準の微生物資源センターの構築プロジェクト (2011-2016)

4-5 インパクト

終了時評価時点において、上位目標の達成見込みを判断することは困難であるが、本プロジェクトにより一定の正のインパクトが発現していることが確認された。今後、さらなるインパクトの発現が期待される。

4-5-1 上位目標の達成見込み

「3-5 上位目標の達成見込み」に既述のとおり、現行のPDM (Ver. 2.1)における上位目標の指標は、上位目標（生産不適地を活用したバイオマス生産増加のための開発技術の政策や産業での適用）達成を十分かつ適切に表していないと考えられることから、上位目標の指標を改訂する必要がある。したがって、終了時評価時点における指標では、上位目標の達成見込みを判断することは困難である。加えて、上位目標達成には①大規模なバイオマス生産を持続的に行うためのさらなる研究の実施、②政府による本プロジェクトの成果活用を促進するための政策提言の発出、③産官学連携の促進等の追加的な活動、が必要とされる。

4-5-2 本プロジェクトのインパクト

(1) 日本・インドネシア両国の研究者の能力強化

本プロジェクトは日本・インドネシア両国の研究者、特に若手研究者の能力強化に大きく貢献した。

日本側研究者に関しては、本プロジェクトで雇用した研究員のうち、1名が国内他大学の准教授に、もう1名が助教に昇進した。本プロジェクトの研究に従事していた大学院生は、日本木材学会優秀女子学生賞を受賞し、さらに研究を進めるために米国ウィスコンシン大学研究員として転出した。また別の研究員は本プロジェクトで習得したゲノム編集技術・遺伝子網羅解析技術を生かす形で京都大学発のベンチャー企業に転出した。したがって、本プロジェクトは研究メンバーの研究能力向上とキャリアアップに貢献したといえる。加えて、インドネシアでの現場実習や、日本での計9回の「持続可能な開発セミナー」の実施（付属資料7参照）、インドネシアの文化や歴史に関するミニライブラリーの設置等を通じて、本プロジェクトは若手日本人研究者のインドネシアの文化や歴史に関する理解を深めた。

インドネシア側研究者に関しては、本プロジェクトを通じて延べ10名の研究者が本邦研究機関で研修を受けた。「3-1 (2) 3 本邦研修」に既述のとおり、本邦研修生は本プロジェクト関連分野の知識や技術を習得したのみならず、論文の書き方や研究事業の管理方法といった他の技術も身に付けており、本邦研修は効果的だったと考えられる。また、本プロジェクトは毎年「SATREPS カンファレンス」を開催し、政府機関、研究機関、民間企業と研究成果を共有するとともに、若手研究者に国際的なカンファレンスにおいて研究発表を行う機会を提供した。加えて、他の奨学金制度の支援を受けて、3名のインドネシア人研究者が京都大学で学び、本プロジェクトに関連する研究に従事し、博士号を授与された。また日本人研究者はインドネシアで行ったOJT（現場実習）による技術支援やセミナーを通じて、インドネシア側研究者の能力強化に貢献した。

さらに、本プロジェクトの活動を積極的に支援³²していた他大学の研究者は、本プロジェクトに関連した論文の実績もあり、教授に昇進した。

(2) C/P 機関の能力強化

本プロジェクトは研究室や温室の改修、最先端機材の獲得、サンプルの準備や生化学解析等に関する新しい研究プロトコルの導入、京都大学との連携による 18 本の論文の学会誌での発表（インパクトファクターの高いものを含む）など、C/P 研究者の能力強化に加えて、C/P 機関の能力強化にも貢献した。

(3) 地域経済への貢献

民間セクターは本プロジェクトで開発されたバイオ燃料やバイオ材料に関する技術に強い関心を示し、地元企業との連携によるソルガムパーティクルボードを用いた家具の試作やソルガムペレットの小規模燃焼試験が実現した。聞き取り調査によると、家具会社は十分な量のバイオマスが確保できれば、ソルガムパーティクルボードを用いた家具の販売による収益化に自信をもっていた。またペレット製造会社は、市場からの需要があれば大量のソルガムを栽培し、供給することは可能だと述べていた。したがって、本プロジェクトの研究成果による社会実装が、民間企業やソルガムを栽培する農家に経済的な便益をもたらす可能性がある。

(4) 他国・地域への波及効果

アランアラン荒廃草原はインドネシア国外にも広がっていることから、本プロジェクトで開発したアランアラン荒廃草原をバイオマス生産性の高いソルガムの栽培地に転換し、バイオ燃料とバイオ材料の製造に利用する技術を、荒廃草原による同様の課題を抱える他国・他地域に展開することが可能である。このように、本プロジェクトの研究成果はインドネシア国外の低炭素社会の確立にも貢献する可能性がある。

終了時評価時点で、本プロジェクトによる負のインパクトは観察されていない。

4-6 持続性

本プロジェクトの持続性は比較的高い。

4-6-1 政策・制度面

本プロジェクトの政策・制度面における持続性は中程度～比較的高い。

「4-1 妥当性」に既述のとおり、バイオ燃料とバイオ製品の利用促進はインドネシア政府の政策優先事項の一つとして掲げられている一方で、バイオ燃料やバイオ製品の生産に必要なバイオマスの生産、加工、輸送に係るバリューチェーン構築に向けた具体的なアクションプランや

³² これはボゴール農業大学の Dede Hermawan 教授で、コロナ禍により C/P 研究者が自由に活動できないなか、C/P 研究者の代わりに BRIN から遠い圃場で栽培しているソルガムのモニタリングや、社会実装のために複数の民間企業を研究メンバーに紹介した。これらの企業（PT Indonesia Power 等）は本プロジェクトの研究成果に強い関心を示し、その後の連携につながった。

戦略は終了時評価時点では制定されていない。

エネルギー・鉱物資源省は 2022 年 5 月時点で、再生可能エネルギー法及びバイオマスと石炭の混焼推進に関する規制を作成中であり、これらは関係者にとって再生可能エネルギーの開発と石炭とバイオマスの混焼を促進するインセンティブになり得る。これらの法規制が制定されれば、本プロジェクトの成果の持続性はさらに高まることが予想される。

4-6-2 財務・組織面

本プロジェクトの財務面・組織面における持続性は比較的高い。

財務面での持続性は比較的高い。聞き取り調査によると、研究を継続するための最低限の予算（人件費、消耗品費、施設・設備維持管理費等）は BRIN によって確保される。しかしながら、品種公開のためには、複数地点（国内 8 地点）における試験を実施する必要があり、それらの研究活動を行うためには、BRIN 内部において競争的研究資金を申請する必要がある。終了時評価の際に BRIN 長官と面談した際には、長官自ら本プロジェクトの重要性について言及し、インドネシア側研究チームに対して BRIN 内部の複数の資金調達スキーム（日本側研究者を客員教授として招へいするスキームや革新的な製品の試験を行うスキーム³³等）に申請するよう勧奨した。

本プロジェクトの研究活動の一部は、日本のソルガム高度利用技術研究組合によって資金面で支援を受け、本プロジェクトの終了後、日本側研究メンバーの一部とインドネシア側研究メンバー（1 名）によって、日本における研究が継続される予定である。

すべての成果リーダーは、本プロジェクトの供与機材は BRIN の予算で維持管理がなされると回答した。過去の SATREPS 案件³⁴で供与された機材も終了時評価時点で活用・維持管理がなされており、機材の維持管理に大きな問題は見受けられない。

組織面での持続性は高い。「3-6 (4) オーナーシップと参加」に既述のとおり、インドネシア側研究チームの本プロジェクトに対するオーナーシップは非常に高い。活動 1.2 や活動 2.2、活動 4.6 等、少なくない活動がインドネシア側研究チームによって独自に推し進められ、彼らのみでの論文投稿も積極的に行われている。インドネシア側研究チームは BRIN の正規職員であり、異動・離職率は非常に低い。したがって、本プロジェクトを通じて移転された知識や技術は C/P 研究機関内において維持される可能性が非常に高い。LIPI は BRIN に統合されたが、本プロジェクトに参加した LIPI の各研究センターに関しては大規模な組織改編は予定されていない。加えて、この組織改編により、以前は農業省傘下にあった農業・食糧に関する研究機関が BRIN に統合されることとなり、BRIN 長官によると、同研究機関は本プロジェクト関連の研究活動を支援することが可能である。また、本プロジェクトの研究内容は、BRIN の研究優先課題と一致していることから、一部の研究活動は本プロジェクトの終了後も継続されると予想される。

4-6-3 技術面

技術面での持続性は高い。

³³ BRIN によると、このスキームは本調査時点で準備中であり、近日中に開始予定とのこと。

³⁴ (科学技術) 生物科学研究及びバイオテクノロジー促進のための国際標準の微生物資源センターの構築プロジェクト (2011-2016)

本プロジェクトは技術的な持続性を確保するため、適正技術を C/P 機関に移転した。質問票調査の結果によると、すべての成果リーダーと本邦研修参加者は本プロジェクトで得た知識や技術が所属研究機関内で共有され、活用されていると回答している。本邦研修参加者は、研修で得た知識や技術を内部セミナーでのプレゼンテーションや研究機関内での研究プロトコルの開発・実施といったさまざまな形で共有した。インドネシア側研究チームは既に移転技術を活用して研究を実施している。さらに、本プロジェクトで開発された知識や技術は C/P 機関内だけでなく、研究者から地方の農業担当官まで、幅広いターゲット層と共有するため、技術ガイドラインや論文としてまとめられ、発表されている。加えて、BRIN と京都大学の間では別途共同研究スキーム（「日 ASEAN 科学技術イノベーション共同研究拠点－持続可能開発研究の推進（JASTIP）」）が進行中であり、同スキームを通じて今後もさらなる技術移転が予想される。

供与機材に関しては、終了時評価時点で 95%の機材が稼働しており、よく活用され、維持されている。聞き取り調査では、事業終了後の維持管理に関して大きな問題はみられなかった。

第5章 結論と提言

5-1 結論

終了時評価では、本プロジェクトがPDMに示されたプロジェクト目標を協力期間内に達成したことが確認された。本プロジェクトを通じて、アランアラン荒廃草原をバイオマス生産のポテンシャルが高いソルガムの生産地へ転換するための技術が確立された。これらの技術には、土壌微生物の多様性に負の影響を与えない施肥法、ソルガムとの間作に適した植物の特定、乾燥耐性がありリグニン含量やバイオマス生産性の高いソルガム系統の選抜・育種等が含まれる。特に本プロジェクトで選抜・育種されたソルガム系統は、終了時評価時点で農業省における品種登録に向けた準備が進んでおり、数年後には農家における栽培が可能となる見込みである。さらに、プロジェクトでは、ソルガムペレット、パーティクルボード、バイオエタノール等、ソルガムを活用したバイオ燃料及びバイオ製品の生産技術を開発しており、今後の実用化や商品化が期待されている。

本プロジェクトはインドネシア政府が掲げる低炭素社会の実現に向けた政策目標と合致するものであり、その妥当性は高いと評価された。インドネシア政府はパリ協定やSDGsをはじめとする国際的なコミットメントを達成するためにさまざまな政策を打ち出しており、特に低炭素社会の実現に向け2060年までにGHGのゼロエミッションを達成するという目標を掲げている。これらの目標達成に向け、今後特に火力発電所における石炭との混焼を目的としたバイオ燃料の需要が高まると考えられる。したがって、インドネシア政府にとってバイオマスを供給するための戦略を策定することは喫緊の課題であり、本プロジェクトで検証されたソルガムのバイオ燃料としての優位性を示すことで、インドネシア政府のバイオマス推進を後押しすることが期待される。

さらに、本プロジェクトは、インドネシアと日本両国の研究者の育成、とりわけ若手研究者の育成に大きく貢献したことが確認された。日本で実施された研修は非常に有益だったと高く評価されており、研修に参加したインドネシア側研究者からは、本邦研修により研究のみならず、管理能力も向上したとの意見が聞かれた。BRINと京都大学の協力により、18本の論文が発表されたほか、技術ガイドラインや政策提言（ポリシーブリーフ）、技術経済分析報告書等が作成されており、今後これらの成果物が政府や民間企業に広く共有され、活用されることが期待される。プロジェクト期間中に6回開催されたSATREPSカンファレンスは本プロジェクトの成果を広く研究者や政府関係者に共有するための有効なツールであった。プロジェクト終了後も、SATREPSカンファレンスで培われたネットワークを存分に活用しながら、プロジェクトの研究成果を共有・活用していくことが望ましい。

民間企業との連携も積極的に模索されてきた。プロジェクト期間中に協力関係にあった民間企業には、電力会社、家具会社、ペレット製造会社等が含まれており、プロジェクトで開発したバイオ製品生産技術の実用化に向けたさまざまな実証実験が協働で実施された。プロジェクト終了後においても、将来的な需要を満たすためには、民間企業との積極的な連携を継続することが期待される。

プロジェクト活動の一部は新型コロナウイルスの感染拡大に伴い遅延が余儀なくされ、プロジェクト目標の達成のために協力期間が1年延長された。未曾有のパンデミックという非常に困難な状況下に置かれたものの、インドネシアと日本の研究チームはオンラインコミュニケーションツールを活用しながら可能な限り研究活動を継続し、プロジェクト目標を達成した。インドネシア・日本両国の研究者チームのコミュニケーションは中間レビュー後にさらに緊密化し、中間レビューにおける提言が十分に考慮されたうえでプロジェクト後半の活動が行われた。

5-2 提言

終了時評価結果に基づき、プロジェクトの上位目標の達成に向け、合同評価団は以下の点を BRIN 及び京都大学に提言する。

提言 1 (対象：BRIN、京都大学)

リグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガム品種のバイオ燃料としての有効性をインドネシア政府に対して提言する。

インドネシア政府は、2060 年までに GHG のゼロエミッションを達成するとの政策目標を掲げており、その戦略の一環として、バイオマスの活用を推進している。現在、エネルギー・鉱物資源省において策定が進められているバイオ燃料の混焼に向けたロードマップでは、2030 年までに年間 891 万トンのバイオ燃料の混焼をめざしている一方で、現在のバイオ燃料の生産量は年間約 2 万トンにとどまっている。

インドネシア政府は、脱炭素、バイオマスの利用推進に係る政策を掲げる一方で、バイオマス燃料の確保に向けたバリューチェーンの構築に係る具体的な戦略は現時点では未策定であり、今後バイオ燃料の活用を拡大させるためには、ソルガムを含むバイオマス原料の生産促進に向けた政策や戦略の策定が喫緊の課題である。特に、広大なアランアラン荒廃草原を含む生産不適地をソルガムの生産地に転換するためには、土壌改良農業資材の投入（種子を含む）、生産から加工、輸送に至るまでのインフラ整備等、大規模な投資が必要となることから、政府の介入は不可欠となる。

本プロジェクトで選抜・育種されたリグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガムシステムの活用は、効率的なバイオマス生産のために有効であると考えられるが、終了時評価時点では、プロジェクトからインドネシア政府に対して、リグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガムのバイオ燃料としての有効性に係る提言は発出されていない。このことから、本プロジェクトを通じて得られた研究成果（LCA の結果を含む）を活用し、具体的根拠を示しながら、政府へ政策提言を発出することで、バイオマスの原料となるソルガムの栽培促進に向けた政策立案に貢献することを提言する。政策提言は、日本・インドネシア双方の研究チームが協力し、2022 年末までに関係省庁（農業省、エネルギー・鉱物資源省、環境・森林省）に提出されることが望ましい。また、政策提言を行う際は以下の点に留意する。

- バイオ燃料及びバイオ製品用のソルガムは、現在農業活動が行われていないアランアラン荒廃草原を含む生産不適地に栽培予定であり、食料生産との競合はない。また、ソルガムと果樹等の農作物の間作を行うことで、生産不適地の農耕地への転用可能性が広がることを明示する。
- ソルガム栽培・利用により期待される CO₂ 削減効果についても算出のうえ、低炭素社会への貢献についても、エビデンスを提示しつつ説明する。

本プロジェクトの上位目標は、「インドネシアにおいて、革新的バイオエネルギー及びバイオ材料技術によって持続可能な社会の構築モデルが開発される」であり、そのような「モデル」を開発するためには、インドネシア政府により、持続的な低炭素社会を構築するための戦略・行動計画が策定される必要がある。プロジェクトからの政策提言を通じて、それらの戦略・行動計画策定に貢献することが期待される。

提言 2 (対象：BRIN、京都大学)

共同研究を継続し、アランアラン荒廃草原において、リグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガムの生産規模拡大（スケールアップ）に向けた技術を確立する。

本プロジェクトで実施した試験栽培は 0.5～1ha 程度であることに對し、LCA ではソルガムを 10 万 ha で栽培することを想定したモデルが活用されている。LCA で想定されたシナリオ（インドネシアにおける全 113 火力発電所で使用されている石炭の 5%を、バイオ燃料で代替する）を達成するためには、ソルガムの栽培面積を数万 ha 規模で拡大させる必要があり、そのためには、土壤環境や気象条件、地形が異なるさまざまな地域においてソルガムを栽培するための技術を確立する必要がある。プロジェクトで開発した技術は実験室レベル（温室等）では実証されている一方で、多様な土地への適用可能性の実証は今後の課題と位置づけられる。本プロジェクトで開発したリグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガムの栽培促進のために政府からの支援や企業の投資を呼び込むためには、大規模生産に向けた技術的フィージビリティや生産規模を拡大した際のコストを検証することが不可欠であり、より大規模な社会実証に向けた技術を確立する必要がある。

そのため、共同研究を継続し、本プロジェクトで得られた知見や供与機材等を活用しながら、ソルガムバイオマスの実用化に向けた生産規模の拡大（スケールアップ）と、持続的な生産体制構築（施肥量、連作障害対策等）に係る課題の特定と技術の確立に取り組むことを提言する。

提言 3 (対象：BRIN、京都大学)

継続的な研究実施に向けた予算の確保

本プロジェクトでは、プロジェクト期間中からさまざまな資金ソースより研究資金を補強することが模索されてきた。プロジェクト終了後においても、ソルガム栽培のスケールアップに向けた技術の確立、農業省における品種登録のための実証実験等、継続的に研究活動を行うために予算を確保する必要があり、可能な限り継続的な研究実施に向けた予算を確保することを提言する。

BRIN 予算や日本の競争的研究資金のほかにも、日本で設立された「ソルガム高度利用技術研究組合」の枠組みを参考とし、ソルガムの商業利用に関心を有する民間企業から研究予算を確保する方法も積極的に検討すべきである。

提言 4 (対象：インドネシア政府、BRIN、京都大学)

社会実装に向けた産官学連携のためのプラットフォームの構築

広大なアランアラン荒廃草原を含む生産不適地をバイオマス生産地として転換するためには、インドネシア政府の強い政治的意思（political will）と介入が必要となる。同時に、政府のみではアランアラン荒廃草原をバイオマス生産地へ転換することは困難であり、バイオマスのユーザーである民間企業からの投資や協力が不可欠である。

このことから、本プロジェクトで構築されたネットワークも有効活用しながら、ソルガム活用に向けた産官学プラットフォームを設置し、アランアラン荒廃草原の植生回復と、ソルガムの大規模生産に向けた協力体制を強化することを提言する。プラットフォームにおける産官学の役割としては以下が考えられる。

- 産：市場としての役割、技術普及、混焼試験
- 官：生産促進の政策立案、栽培技術の普及
- 学：技術開発と研究成果の共有

プラットフォームは2023年中に設置することを想定し、メンバーには以下の組織を含めることを提案するが、これ以外の組織の参加についても積極的に検討すべきである。

- 農業省
- エネルギー・鉱物資源省
- 環境・森林省
- BRIN
- 京都大学
- 民間企業（日本・インドネシア企業の両者を含むことが望ましい）

また、プラットフォームの設置については、以下のマイルストーンを設定することを提案する。

- プロジェクト終了（2022年7月）まで：BRIN及び京都大学が協議し、プラットフォームのメンバー案を作成する。
- 事後評価の実施時期（2025年を想定）まで：プラットフォームにおいて定期的に協議・活動が実施されており、本プロジェクトで開発したリグニン含量及びバイオマス生産性の高いソルガム品種の活用に向けたメンバー間の役割分担が明確になっている。

プラットフォーム設置の際は、本プロジェクトで6回にわたり実施されてきたSATREPSカンファレンスの枠組みやネットワークを有効活用する。また、日本においては、2022年3月に「ソルガム高度利用技術研究組合」が設立され、バイオマス燃料としてソルガムを活用するための研究と実用化の動きが活発化していることから、必要に応じて、日本のソルガム高度利用技術研究組合との連携・協力体制の構築も検討する。

提言5（対象：BRIN、京都大学）

上位目標の指標の変更

上位目標は、プロジェクト終了後約3年後を目途に、インドネシア側実施機関であるBRINにより達成されるべき事項を想定して設定されるものである。本プロジェクトの上位目標は「インドネシアにおいて、革新的バイオエネルギー及びバイオ材料技術によって持続可能な社会の構築モデルが開発される」である。本「モデル」については明確に定義されていないが、終了時評価団は、本上位目標がプロジェクト終了後3年後を目途に設定されていることも踏まえ、「持続可能な社会の構築モデルが開発される」という点を、「プロジェクトで開発された技術が社会実装に向けて適用/活用されている状態」と理解する。

上記の視点で現状の上位目標の指標をみると、目標と指標が合致していない、または現実を反映していない点が見受けられることから、上位目標の指標を以下のとおり修正することを提言する。

上位目標の指標 (PDM ver. 2.1)	変更案	変更理由
1. Strategy and action plan for establishing a sustainable low-carbon society referring to the technologies developed by the Project is compiled by Indonesian government and shared among stakeholders both in public and private sectors.	1. The policy recommendations/policy briefs are produced by BRIN, with close cooperation with Kyoto University, and reflected to government policies/action plans/strategies/projects concerning biomass production for	Since original indicators 1 and 2 were both focusing on policies, the evaluation team propose to merge them into one indicator. Given the timeline of overall goal is three years from the end of the Project, it would be more realistic to include existing policies/action

上位目標の指標 (PDM ver. 2.1)	変更案	変更理由
2. The comprehensive technical guidelines are reflected on government policies concerning biomass production for energy and material as well as marginal land development.	energy and material as well as marginal land development.	plans/strategies/ projects as a target, instead of compiling new strategy/actions plans, which may take more time.
3. Business models/plans for manufacturing of biomass pellets and lignocellulose-based materials are prepared by LIPI and shared with private companies.	2. Business models/plans for manufacturing of biomass pellets and lignocellulose-based materials are prepared by private companies, taking into account the technologies and economic analysis produced by the Project.	Since the business models/plans are unique to each companies, BRIN should provide information to the companies to develop their own business models/ plans, instead of BRIN preparing them for the companies.
None	(new) 3. Multi-stakeholder platform to promote production and usage of sorghum is established and functioning.	Added following the Recommendation 3.
None	(new) 4. New varieties of sorghum with higher lignin and higher biomass content developed by the Project is registered by MOA and become available for the future production.	Added since the variety registration at MOA is the prerequisite for scaling up the production of sorghum, including the production of seeds.

5-3 教訓

(1) PDM 上の成果（アウトプット）間の連携を意識したプロジェクト運営

SATREPS プロジェクトでは、地球規模課題への対応に係る技術の研究・社会実装を行うという性格上、各成果（アウトプット）ごとに研究チームが配置されることが一般的である。本プロジェクトにおいても PDM が示す四つの成果ごとに、インドネシア・日本側研究者から成る共同研究チームが配置された。一方で、2019 年に実施された中間レビューでは、「各研究チームはそれぞれの研究目標をよく理解し、日本・インドネシア双方の研究者が協力して研究は実施されているが、成果（研究チーム）間の協力関係は必ずしも緊密ではなく、これがプロジェクト全体で何を目標としているかについての共通理解を妨げる原因になっている」³⁵との指摘がなされている。

中間レビュー時の指摘と提言を受け、中間レビュー以降プロジェクト・チームは毎月の定例会やオンラインミーティングを頻繁に取り入れ、各成果の連携や情報共有を密に進めてきた。その結果、四つの成果間の連携が改善しプロジェクト目標の達成に大きく貢献した。SATREPS プロ

³⁵ 中間レビュー報告書、p.26 (<https://libopac.jica.go.jp/images/report/12343901.pdf>)

プロジェクトではプロジェクトの前半は成果ごとの研究を集中して行い、プロジェクト後半で社会実装やプロジェクト目標に向けて成果間の活動を集約させていくケースが多い一方で、プロジェクト目標の確実な達成に向けては、プロジェクト初期の段階から成果間の連携・協業を想定した活動を含めることが重要となる。これらの視点を当初から PDM に反映するため、プロジェクトの詳細を検討する段階、例えば詳細計画策定調査時において、JICA より成果間の連携や関係性の強化について積極的に助言することが望ましい。

(2) プロジェクト当初から社会実装の具体的な想定を協議する

SATREPS プロジェクトは発展途上国が直面するさまざまな課題に対応するものであることから、社会実装は SATREPS プロジェクトにおける最も重要な要素の一つである。このことから、研究を通じた新しい技術開発のみならず、プロジェクト当初より社会実装の具体的なイメージを関係者間で協議・共有することは極めて重要となる。

本プロジェクトでは、アランアラン荒廃草原をバイオマス生産地に転換するためにさまざまな研究が行われてきたが、社会実装に向けては、特に中間レビュー以降 LCA や技術経済分析を含むさまざまな分析が行われてきた。これらの分析は、社会実装の実現可能性を検証するための重要な情報となり、その結果が政策提言（ポリシーブリーフ）や技術経済分析報告書として取りまとめられ、政策立案者に共有されている。社会実装の具体的な内容を検証するためには、十分な時間と投入が必要であり、それらの投入を確保するためにも、プロジェクト当初から具体的な社会実装の姿を想定しておくことが重要である。このことから、JICA は、詳細計画策定調査等プロジェクト活動の形成の際に、研究代表機関と密に協議しながら、相手国・日本双方の関係者が、社会実装に関する具体的なイメージを固められるよう支援する必要がある。

(3) 技術的知見を有する技術アドバイザー/コーディネーターの配置

本プロジェクトは、日本人の業務調整員（プロジェクト・コーディネーター）と、インドネシア人の技術アドバイザーが密に連携してプロジェクト実施を支援した好事例である。インドネシア人の技術アドバイザーは京都大学で博士学位を取得し、本プロジェクトの研究分野について豊富な知見を有しており、日本人業務調整員と連携しながら、インドネシア・日本両国の研究チームのコミュニケーション円滑化に大きく貢献した。

SATREPS プロジェクトでは、相手国機関の C/P との協業のために、日本人の業務調整員が配置されることが一般的であるが、相手国より当該分野の技術的知見を有する技術アドバイザーやコーディネーターを配置することは、両国研究者のコミュニケーションの円滑化や、相手国における試薬や機材の調達において非常に有益であると考えられる。

(4) 機材調達と試薬の効率的な調達に向けた計画管理の重要性

インドネシアを含む相手国における効率的な機材調達は SATREPS プロジェクトの大きな課題の一つである。機材調達の遅延には煩雑な通関手続きや輸送の手配等、さまざまな理由が絡み合っている。本プロジェクトにおいても、特にプロジェクトの前半において機材調達に遅れがみられたが、プロジェクト後半においては、業務調整員と技術アドバイザーによる綿密な調達計画が功を奏し、大きな遅延はみられなかった。

SATREPS プロジェクトでは機材調達や試薬の購入は活動の土台を支える重要なプロセスとな

る。インドネシアにおいては、機材調達に係る政府からの要請書（通称 A4 フォーム）が日本政府側に提出されたのち、機材調達を開始することができる。他方で、相手国研究機関は同プロセスを承知していないケースが多く、プロジェクト開始から数カ月たったあとによりやく要請書が提出されるケースも少なくない。したがって、JICA は R/D 署名後速やかに A4 フォームを提出してもらうよう、相手国 C/P や関連機関に積極的に働きかける必要がある。さらに、日本と相手国研究機関があらかじめ調達予定の機材リストを精査しておくことが、プロジェクト開始後速やかに機材調達に着手するために不可欠となる。

(5) 中間レビューの重要性

本プロジェクトは 2019 年に中間レビューを実施しており、本レビューにおいてプロジェクトの上位目標及びプロジェクト目標を達成するために、各成果がどのような役割を果たすべきかが整理された。この結果、PDM が改訂され、成果間で重複していた活動が削除され、効率的にプロジェクト活動が推進された。現状の JICA のプロジェクトモニタリング制度においては中間レビューの実施は任意であるものの、特に SATREPS プロジェクトにおいては、研究という性質上、各成果の研究活動が独立的に進んでしまう可能性が高いことから、中間レビューを行い、成果ごとの進捗を確認したうえで、プロジェクト目標達成に向けた道筋を整理することは極めて重要と考えられる。中間レビューはプロジェクトの中間地点における課題を整理し、プロジェクト終了までにプロジェクト目標を達成するための活動を見直す好機となることから、特に SATREPS プロジェクトにおいては、積極的に実施することを推奨する。

5-4 技術団員所感（浅沼団員）

(1) 社会実装への道筋の明確化

インドネシア政府は 2060 年までに炭酸ガスゼロエミッション達成の政策目標を掲げ、エネルギー・鉱物資源省はその方策として石炭火力発電の石炭をバイオマスエネルギーで 5~10% 代替えすることを挙げている。本プロジェクトで育成した高リグニン含量・高バイオマスソルガムから製造したペレットは発熱量 4,000kcal/kg 以上であり、代替えバイオマス素材として有用であると評価されている。プロジェクトによる LCA 分析結果では、インドネシア全土の石炭火力発電所（113 発電所）の石炭 5% 代替えには 1 年間に 300 万トンのソルガムペレットを必要とし、育成したソルガムの生産性は 24~48 トン/ha/年であるので、6 万 2,500~12 万 5,000ha/年のアランアラン荒廃草原が必要と計算される。全土では 10 万 km² のアランアラン荒廃草原が存在すると推定されているので、計算上は十分賄える面積である。

それだけのソルガムを栽培し、年間を通じて供給できるかどうか大きな課題であるが、本プロジェクトでは LCA 分析だけで、大面積における栽培実験がなされていない。コンポストを含む施肥法の開発や菌根菌接種試験はカリマンタンのカティンガンや西ジャワのチビノンの 0.5~1ha のアランアラン荒廃草原を開墾して行われたただけなので、今後はスケールアップのための技術開発が必要であり、そのことを上位目標の新しい指標として提案し、承認された。

バイオエネルギーだけでなく家具類のバイオ素材としてもソルガムのニーズは高く、インドネシア国内に限らず、日本をはじめ海外のニーズも高いので、栽培のスケールアップによる持続的安定的な供給が喫緊の課題である。スケールアップのための技術開発には研究者だけでなく、農業省、環境・森林省、エネルギー・鉱物資源省などインドネシアのエネルギー政策にかかわる

行政機関や日本企業を含む民間企業の参画を得て産官学プラットフォームのような協議機関を早々につくって、総合的に取り組むことが重要だと思われる。そうすることによって、社会実装の道筋が明確に見えてくるのではないかと期待される。とはいえ、高リグニン含量・高バイオマスソルガムのポテンシャルとスケールアップのための栽培技術を含む具体的方策並びに産業化の可能性を示すのは研究者側の責任であるので、そのリーダーシップを十分に発揮してもらいたい。

(2) 育成したソルガム優良系統の品種登録の早期実現

本プロジェクトではインドネシア農業研究機関 ICABIOGRAD から分譲を受けたソルガム 30 系統からリグニン含量、乾燥耐性を基準とした選抜を行い、さらに γ 線照射によって高リグニン・高バイオマスのソルガム系統の作成に成功した。乾燥耐性も強い。栽培のスケールアップに向けては登録品種を使用することになるので、農業省での早期の品種登録が必要となる。未登録のままでは種子の商業利用が許されない。また、研究者へのインタビューによれば、品種登録後国内 8 地点での栽培試験が求められ、その結果がなければ種子の生産販売が許可されないとのことである。そのため、速やかに育成品種の品種登録を行うことが求められる。

(3) インドネシアにおける研究機関再編の影響—LIPI から BRIN に

2021 年 9 月のインドネシア大統領令によって、Indonesian Institute of Sciences (LIPI) が National Research and Innovation Agency (Badan Riset dan Inovasi Nasional : BRIN) に組み込まれた。本プロジェクトの C/P 研究機関の大部分は BRIN の一研究機関である Life Science and Environment Research Organization に移行したが、研究者のなかには所属の変更を余儀なくされた者もいる。この再編の影響が、上位目標の達成に向けた活動にどのような影響を及ぼすか、今後の動きをフォローするとともに、場合によっては、責任体制の再構築など何らかの対応をとることが必要になるかもしれないので、注意を怠らないようにしていく必要がある。

(4) アランアラン荒廃草原を生かした農家の生計向上の可能性

アランアラン荒廃草原は森林伐採後の土地放棄や農地の耕作放棄などによって出現する。ソルガムは乾燥耐性が強く、本プロジェクトの結果では、コンポストや化学肥料の施肥さらには菌根菌接種によって生育が促進され、窒素肥料は標準施肥量の削減が可能であることが分かった。このような生育特性を有するソルガムと間作に適応した熱帯果樹または小灌木等の間作 (intercropping) を含む栽培技術が農家に普及すれば、農地周辺の耕作放棄地でのソルガム栽培が可能となり、食料、家畜飼料や糖分に富む樹液からの砂糖や発酵産物の生産が可能になることが予想される。上記のスケールアップによるいわば大規模生産とは別に、乾燥～半乾燥地帯に住む農家レベルでの生計向上のための利用の可能性を追求することも意味があるのではないかと考える。

(5) 中間評価以降に起こったプロジェクトの変化

中間評価において、プロジェクト目標と研究成果に基づく社会実装のあるべき姿が必ずしも明確でないことが判明し、研究者と議論を重ねて、まずプロジェクト目標の明確化とその目標達成に対する各研究成果の貢献の整理と研究者全員による共有を図ることが提言された。今回の

終了時評価において、プロジェクト後半では、プロジェクトがこの提言を真摯に受け止め、研究課題内、研究課題間及び日本・インドネシア間での意見交換やコミュニケーションが活発に行われ、新型コロナウイルスの影響にもかかわらず、研究者が協力してプロジェクト目標をほぼ達成したことが確認された。しかし、ソルガム生産加工をバイオエネルギー原料、家具類製造素材やバイオエタノール生産の原料として企業レベルで実用化するには、研究室や試験圃場から出てマスプロダクションを行うスケールアップが前提となるが、この点は残された課題となった。社会実装への道筋を明確にできなかったことは残念なことではあるが、中間評価が契機となってプロジェクトに変化が生じプロジェクト目標がほぼ達成されたことは事実であり、中間評価が重要なターニングポイントとなったことを指摘しておきたい。中間評価が重要であることは、今回の終了時評価において教訓の一つとなった。

5-5 団長所感

本終了時評価は、インドネシアにおける新型コロナウイルスに係る移動制限が緩和された2022年5月に実施された。コロナ禍においては、インドネシアにもおいても厳しい社会制限が課され、インドネシア側研究チームが研究室に赴いて研究活動を行うことができなくなったほか、ソルガムの試験栽培を行っていた圃場への移動がかなわず社会実装のためのソルガム収穫ができないなど、活動の制限や遅延を余儀なくされた。また、渡航制限により日本側研究チームの現地渡航が中断され、JICA 業務調整員も JICA の指示により1年以上の一時帰国を強いられたことから、オンライン会議等を活用しながら日本から遠隔で活動を行ってきた。このようにプロジェクト後半はコロナ禍の影響を受け、厳しい環境下に置かれたものの、日本及びインドネシア側研究機関の強いコミットメントと密なコミュニケーション、柔軟な調整により、プロジェクト目標を達成したことは高く評価できる。

本終了時評価の過程において、インドネシアの若手研究者の一人が、研究代表機関である京都大学の梅澤教授のことを、「日本の父のような存在」と言っていたことが印象的であった。これは、京都大学とBRINの長年の学術交流に加え、本プロジェクトにおいて日本・インドネシア両国の研究者が密に連携しながら信頼関係を醸成し、若手研究者の育成に力を入れてきたことを物語っているといえる。本プロジェクトを通じて、SATREPS プロジェクトとしての研究成果が発現したことはさることながら、日本・インドネシア両国の研究協力体制の強化につながったことは、特筆に値する。前述のとおり、本プロジェクトの成果を社会実装という形で実現し、インドネシアにおける低炭素社会の実現に貢献していくためには、プロジェクトのなかで開発したリグニン含量やバイオマス生産性の高いソルガム系統の品種登録に向けた栽培試験の実施や、多様な環境下における栽培試験を行うことなどが求められる。これらの実現に向けて、京都大学とBRINが本プロジェクトで培った研究協力関係をさらに強化し、本プロジェクトで育成されたインドネシア側研究者が主導する形で研究を推進していくことが大いに期待される。

付 属 資 料

1. プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM) Ver. 2.1
2. 終了時評価調査の日程
3. 主要面談者一覧
4. カウンタパート・リスト
5. 供与機材一覧
6. 本邦研修参加者一覧
7. セミナー開催実績

プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM) Ver. 2.1

<p>Project Title: The Project for Producing Biomass Energy and Material through Revegetation of Alang-alang (<i>Imperata cylindrica</i>) Fields</p> <p>Implementing Agency: Japanese side: Kyoto University, The University of Tokyo Indonesian side: LIPI (Indonesian Institute of Sciences)</p> <p>Duration: Five years (July 19, 2016 to July 18, 2021)</p> <p>Project Site: LIPI Cibinong, Bogor Model Site: Katingan (Central Kalimantan)</p> <p>Target Group: Researchers and Technicians of LIPI</p> <p>Date Prepared/Modified: Version 0: September 25, 2015; Version 1.2: April 20, 2017 Version 2.0: November 23, 2018</p>					
<p>Narrative Summary</p> <p>Overall Goal: A model of the establishment of sustainable society by innovative bio-energy & material technology is developed in Indonesia.</p> <p>Project Purpose: Technologies for producing sustainable biomass energy and material utilizing alang-alang fields are developed.</p> <p>Outputs: 1. Methods of fertilizer application for plants producing high-energy biomass are established.</p>	<p>Objectively Verifiable Indicators</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Strategy and action plan for establishing a sustainable low-carbon society referring to the technologies developed by the Project is compiled by Indonesian government and shared among stakeholders both in public and private sectors. 2. The comprehensive technical guidelines are reflected on government policies concerning biomass production for energy and material as well as marginal land development. 3. Business models/plans for manufacturing of biomass pellets and lignocellulose-based materials are prepared by LIPI and shared with private companies. <ol style="list-style-type: none"> 1. Steady production of biomass crops cultivated in deteriorated alang-alang fields is demonstrated in Project and Model sites. 2. Feasibility for commercial manufacture of biomass pellets and lignocellulose-based materials is examined. 3. Reduction of CO₂ emission by utilizing biomass energy and materials produced through total system of revegetation of alang-alang degraded fields is estimated. 4. Comprehensive technical guidelines* for producing sustainable biomass energy and material utilizing alang-alang fields are compiled and shared among stakeholders both in public and private sectors. <p>* “Technical guidelines” should include findings and results of all the four Outputs.</p>	<p>Means of Verification</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Strategy and action plan prepared 2. Government policy documents concerned 3. Business models/plans prepared <ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring record/Progress report, Papers published, etc. 2. ditto 3. ditto 4. Comprehensive technical guidelines prepared 	<p>Important Assumption</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energy policies of GoI do not change significantly. • Public needs and interest in development of alternative energy and bio-materials do not decrease. 	<p>1-1. New techniques to monitor soil and plant condition become available.</p> <p>1-2. Effects of fertilization and drought stress on sorghum growth are elucidated.</p>	<p>Establishment of partnership with manufactures for producing</p>

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption
2. Protocols to convert degraded land to revegetated land are established.	2-1. A fertilization protocol with consideration for biodiversity conservation is established. 2-2. Biomass yield of sorghum in Project site and Model site is increased 20% higher than before soil improvement. 2-3. Established fertilizer protocol is reflected in the technical guideline for conversion of degraded land to revegetated land.	2-1. Monitoring record/ Progress report, Papers published, etc. 2-2. ditto 2-3. ditto	lignocellulose-based materials does not get delayed. • Enough amount of materials required to produce lignocellulose-based materials become available with increased production of sorghum.
3. Grass biomass plants with higher-heating value are developed by breeding.	3-1. Lignin content in rice straw is increased (10% compared with wild-type rice) by use of metabolic engineering. 3-2. Lignin with higher carbon content are increased (10% compared with wild-type rice) in rice straw by metabolic engineering. 3-3. Selection and breeding of highly adaptable sorghum with higher content of high calorific lignin (10% compared with existing varieties*) and higher biomass *Average value of the sampled varieties tested.	3-1. Monitoring record/ Progress report, Papers published, etc. 3-2. ditto 3-3. ditto	
4. Environmentally friendly technologies to produce lignocellulose-based materials using grass plants are established.	4-1. A manufacturing method of particleboard for interior use using grass plants and natural adhesives is established. 4-2. Physical properties of particleboards composed of wood and grass plants particles are clarified. 4-3. Effective utilization of small particle residue of sorghum bagasse is proposed. 4-4. Production methods of sorghum pellets and bio fuels are established. 4-5. Techno economic analysis reports are prepared.	4-1. Monitoring record/ Progress report, Papers published, etc. 4-2. ditto 4-3. ditto 4-4. ditto 4-5. Analysis report	

Activities:	Inputs:	Indonesian Government	Researchers assigned to the Project (C/Ps)
1.1 Develop methods to analyze the vegetative restoration of grasslands via molecular biological approach. 1.1.1 Establish protocols of metagenomic analyses of soil microbiota in simulated site in Japan. 1.1.2 Develop methods for diagnosing stresses in sorghum by gene expression analyses, in simulated site in Japan. 1.2 Identify factors limiting crop growth on degraded grasslands. 1.2.1 Analyze soil and climate in grassland in Cibinong. 1.2.2 Conduct pot experiments using soil in grassland in Cibinong. 1.2.3 Analyze effects of drought stress. 2.1 Evaluate biodiversity in grasslands before and after fertilizer application. 2.1.1 Analyze soil microbiota by DNA metabarcoding analysis. 2.1.2 Conduct survey of species diversity of plants. 2.2 Establish feasible models for revegetation of alang-alang grasslands.	Japanese Government 1. Dispatch of Japanese researchers as experts in specific fields 2. Dispatch of Japanese project coordinator 3. Training in Japan 4. Provision of equipment and materials necessary for the Project 5. Necessary expenses, except for the running cost for the collaborative research	Indonesian Government 1. Services of counterpart researchers and administrative personnel 2. Provision of facilities necessary for the implementation of the Project: Suitable project office; experimental fields, etc. 3. Preparation of the existing equipment	• Researchers assigned to the Project (C/Ps) are not transferred frequently. • Natural disasters such as drought and forest fire do not occur at the experiment fields. Preconditions

<p>2.2.1 Select candidate plant species for intercropping with sorghum. 2.2.2 Establish methods of fertilizer application for the cropping system in Project site and Model site. 2.2.3 Create databases for plants diversity.</p> <p>3.1 Increase total lignin in rice. 3.1.1 Prepare transformants in which lignin content is increased. 3.1.2 Analyze transformants.</p> <p>3.2 Increase high-heating-value lignin structures in rice. 3.2.1 Prepare transformants in which the content of high-heating-value lignin structure is increased. 3.2.2 Analyze transformants.</p> <p>3.3 Conduct selective breeding of sorghum with high-heating value. 3.3.1 Select low photosensitivity (changed to highly adaptable), higher content of higher calorific lignin, and higher biomass sorghum. 3.3.2 Breed low photosensitivity (changed to highly adaptable), higher content of higher calorific lignin, and higher biomass. 3.3.3 Develop and produce sorghum seeds with higher calorific lignin.</p> <p>4.1 Develop particleboard using sorghum bagasse and natural adhesives. 4.1.1 Establish basic manufacture condition. 4.1.2 Investigate enhancement of productivity.</p> <p>4.2 Develop particleboard using along along and natural adhesives. 4.2.1 Establish basic production condition 4.2.2 Improve physical properties.</p> <p>4.3 Investigate a commercial particleboard manufacture using wood and grass plants. 4.3.1 Establish optimum manufacture condition using wood and grass plants. 4.3.2 Investigate manufacture condition toward commercial production using wood and grass plants.</p> <p>4.4 Conduct research on effective utilization of small particle residue of sorghum bagasse. 4.4.1 Investigate applicability residue of sorghum bagasse as materials for molding products. 4.5 Produce sorghum pellets. 4.5.1 Conduct information collection and business matching. 4.5.2 Investigate optimum manufacture conditions of pellets. 4.5.3 Conduct techno economic analysis and promotion of sorghum pellets through trial manufacture by production line.</p> <p>4.6 Produce sorghum biofuels.</p>	<p>activities</p>	<p>utilized for research activities 4. Running cost for the Project (utilities, travel allowances, etc.)</p>
---	-------------------	---

<p>4.7 Conduct energy and environment analysis based on CO₂ balance in the process from production of sorghum to manufacturing of sorghum-based materials (particleboards and pellets) for purpose of estimating the reduction of CO₂ emission.</p>			
---	--	--	--

2. 終了時評価調査の日程

終了時評価調査の日程

Date		Time (Jakarta)	Agenda
8-May	Sun	1650	Ms. Ishitobi arrives in Jakarta (JL0725)
9-May	Mon	1300-1430	Meeting with the project coordinator (Mr. Mitani)
10-May	Tue	0800-1135	Kick-Off meeting & Research Presentation by Output leaders
		1400-1500	Meeting with Indonesian Evaluation Team
11-May	Wed	1030-1200	Interview with the output 3 (Dr. Satya)
		1400-1530	Interview with the Project Manager (Prof. Made)
12-May	Thu	0800-1100	Interview with the output 4 (Dr. Subyakto, Dr. Edi Wiloso, Dr. Firman, Dr. Euis)
		1100-1200	Interview with Government Officer in Flores Ms. Asmah. K. Karim, SP, Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi NTT <Online>
		1400-1530	Interview with the output 2 (Dr. Reni)
13-May	Fri	0800-0930	Interview with PT. Cosma Cipta Sejahtera (furniture / particle board user)
		1030-1130	Visit to Ministry of Agriculture, Dr. Hakim Kurniawan, ICABIOGRAD, ex-Ministry of agriculture
14-May	Sat		Documentation/report preparation
15-May	Sun		Documentation/report preparation
16-May	Mon	Holiday in Indonesia	Japanese Evaluation Team meeting
17-May	Tue	1130-1300	Visit to ESDM(Ministry of Energy and Minerals Resources), Dr. Ir. Edi Wibowo, M.T, Direktorat Bioenergi, ESDM
		(1600-1700)	Antigen Test for the visit to PT. Indonesia Power
18-May	Wed	1000-1100	Interview with PT. Kaliandra Merah (bio-pellet producer) Mr. David Dominik, President, PT Kaliandra Merah Nusantara
		1400-1500	Interview with PT. Indonesia Power (Office), Dr. Muhammad Soleh, Kepala Divisi Pengembangan Riset
19-May	Thu	0900-1000	Interview with Japanese company (Sumitomo Corp)
20-May	Fri	1230-1530	Japanese Evaluation Team meeting
		1330-1430	Visit to KLHK(Ministry of Environment) Dr. Ir. Syaiful Anwar, M. Sc., Directur, Inventarisasi Gas Rumah Kaca dan Monitoring, Pelaporan dan Verifikasi
		1500-1630	Discussion with Indonesian evaluation team
			(Dr. Umezawa, Dr. Umemura, Dr. Kobayashi arrive in Jakarta)
21-May	Sat		Documentation/report preparation
22-May	Sun		Documentation/report preparation
		16:50	Ms. Saito arrives to Jakarta (JL 725)

Date		Time (Jakarta)	Agenda
23-May	Mon	0830-1100	Feedback Meeting and discussions
		1500-1600	Visit to BRIN (Report preliminary results, Dr. Handoko, Dr. Iman)
24-May	Tue	1300-1400	Visit to Ministry of Agriculture , Ir. Mastur, PhD, Kepala BB Biogen
25-May	Wed	10:00-11:30	Disucussion on recommendations and output indicators
		15:30-16:30	Visit to ESDM(Ministry of Energy and Minerals Resources) Dr. Ir. Dadan Kusdiana. M.Sc, Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi
26-May	Thu	Holiday in Indonesia	Finalization of the report, draft JCC M/M
			Finalization of the report, draft JCC M/M
27-May	Fri	0800-1100	JCC
		1600-1700	Report to the Embassy of Japan & JICA Indonesia Office
			Dr. Umezawa, Dr. Umemura, Dr. Kobayashi departure from Jakarta
28-May	Sat	0635	Ms. Ishitobi departure from Jakarta (JL0720)

3. 主要面談者一覧

主要面談者一覧

Name	Organization	Research Center/Department	Position
(1) BRIN			
Dr. Laksana Tri Handoko	BRIN		Head of BRIN
Dr. Iman Hidayat	BRIN	The Organization for Biological and Environmental Research	Head
Prof. I. Made Sudiana	BRIN	Research Center for Biology	Project Manager/ Output leader
Dr. Reni Lestari	BRIN	Research Center for Plant conservation and Botanic gardens	Output leader
Dr. Satya Nugroho	BRIN	Research Center for Biotechnology	Output leader
Prof. Subyakto	BRIN	Research Center for Biomaterials	Output leader
Dr. Edi Wiloso	BRIN	Research Center for Science, Technology and Innovation Policy and Management	Team member
Dr. Firman	BRIN	Research Center for Biomaterials	Team member
Dr. Euis Hermiati	BRIN	Research Center for Biomaterials	Team member
(2) Government			
Dr. Ir. Mastur	Ministry of Agriculture	Research Center for Agricultural Biotechnology and Genetic Resources	Head
Dr. Hakim Kurniawan	Ministry of Agriculture	ICABIOGRAD	Researcher (Ex- project member)
Dr. Ir. Edi Wibowo	Ministry of Energy and Minerals Resources	Directorate of Bioenergy	Director
Ms. Maslan Lamria	Ministry of Energy and Minerals Resources	Directorate of Bioenergy	Policy Analyst
Mr. Iryan Permznz Dharma	Ministry of Energy and Minerals Resources	Directorate of Bioenergy	Policy Analyst
Mr. Gilang Pratama Irianto	Ministry of Energy and Minerals Resources	Directorate of Bioenergy	Cooperation Analyst
Ms. Rizka Devriyani	Ministry of Energy and Minerals Resources	Directorate of Bioenergy	Cooperation Analyst
Dr. Ir. Laksmi Dhewanthi	Ministry of Environment and Forestry	GHG Inventory and MRV	Director
Ms. Asmah. K. Karim	Government of Flores	Department of Agriculture and Food Security	Officer
(3) Private Sector			
Mr. Indawan	PT. Cosma Cipta Sejahtera	-	Director
Mr. David Dominik	PT. Kaliandra Merah	-	President
Dr. Muhammad Soleh	PT. Indonesia Power	Research Development Division	Head
Mr. Satoshi Matsui	PT. Sumitomo Indonesia	Group GM, Infrastructure Group	Director
Mr. Kenichi Ishikawa	PT. Sumitomo Indonesia	Power Project Department	Director
(4) JICA			
Mr. Satoru Mitani	JICA		Project Coordinator

4. カウンタパート・リスト

カウンタパート・リスト

Name, Position	Institution	Assigned Period			Remarks: e.g. level of involvement in project	
I Made Sudiana, Professor	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1,2,3,4	Manager, output leader	40%
Puspita Lisdiyanti, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	10%
Atit Kanti, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1, 4	Member	10%
Ruby Setiawan, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	50%
I Nyoman Sumerta, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	50%
Sri Widawati, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	5%
Arwan Sugiharto, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	5%
Maman Rahmansyah, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	July, 2018	Output 1	Retired	5%
Suliasih, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	5%
Adelia Putri, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	5%
Siti Meliah, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	5%
Debora Christin Purbani, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	5%
Tri Ratna Sulistiyani, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	5%
Idris, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	5%
Indriati Ramadhani, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	5%
Toga Pangihotan Napitupulu, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	50%
YB. Subowo, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	5%
Wahyu Widiyono, Researcher	Research Center for Biology	July, 2015	March, 2021	Output 1	Member	5%
Didik Widyatmoko, Professor	RC for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 1,2,3,4	Member	10%
Reni Lestari, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 1,2,3,4	Output leader	70%
Joko R. Witono, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2	Member	5%
Mahat Magandhi, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2	Member	50%
Fitri Fatma Wardani, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2	Member	5%
Frisca Damayanti, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2	Member	5%
Didi Usmadi, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2	Member	5%

Danang Wahyu Purnomo, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2	Member	5%
Siti Roosita Ariati, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2	Member	5%
Sri Rahayu, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2	Member	5%
Kartika Ning Tyas, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2, 3	Member	5%
Sudarmono, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2	Member	5%
Arief Noor Rachmadiyanto, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2	Member	50%
Hendra Helmanto, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 3	Member	40%
Rizmoon Nurul Zulkarnaen, Researcher	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	July, 2015	March, 2021	Output 2	Member	5%
Satya Nugroho, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 3	Output leader	50%
Amy Estiati, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 3	Member	40%
Sri Hartati, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 3	Member	30%
Wahyuni, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 3	Member	40%
Carla Frieda Pantouw, Researcher	Research Center for Biotechnology	August, 2016	March, 2021	Output 3	Member	5%
Hartati, Researcher	Research Center for Biotechnology	August, 2016	March, 2021	Output 3	Member	5%
Enny Rimita Sembiring, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 3	Member	5%
Dwi Widyajayanti, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 3	Member	25%
Fatimah Zahra, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 3	Member	5%
Dwi Astuti, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 3	Member	5%
Vincentia Esti Windiastri, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 3	Member	25%
Yuli Sulistiowati, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 3	Member	5%
Subyakto, Professor	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 1,2,3,4	Output leader	50%
Bambang Subiyanto, Professor	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 1,2,3,4	Project advisor	15%
Sasa Sofyan Munawar, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	10%
Nurul Taufiqu Rochman, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Eko Widodo, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Euis Hermiati, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 3	Member	5%
Firda Aulya Syamani, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%

Kurnia Wiji Prasetyo, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Lilik Astari, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	15%
Yeyen Nurhamiyah, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Sita Heris Anita, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Yopi Sunarya, Researcher	Research Center for Biotechnology	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Tommy Hendrix, Researcher	Research Center for Biomaterials	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Yovita Isnasari, Researcher	Research Center for Biomaterials	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	20%
Manaek Simamora, Researcher	Research Center for Biomaterials	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Firman Tri Ajie, Researcher	Research Center for Biomaterials	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	50%
Adi Setiya Dwi Grahito, Researcher	Research Center for Biomaterials	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Adityo Wicaksono, Researcher	Research Center for Biomaterials	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Aris Yaman, Researcher	Research Center for Biomaterials	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Syukri Yusuf Nasution, Researcher	Research Center for Biomaterials	July, 2015	March, 2021	Output 4	Member	5%
Edi Iswanto Wiloso, Researcher	Research Center for Science, Technology and Innovation Policy and Management (P2KMI)	April, 2016	March, 2021	Output 1,2,3,4	Member	50%
Sukma Surya Kusumah, Researcher	Research Center for Biomaterials	January, 2019	March, 2021	Output 4	Member	75%
Lisman Suryanegara, Researcher	Research Center for Biomaterials	January, 2019	March, 2021	Output 4	Member	10%
Ismadi M.T, Researcher	Research Center for Biomaterials	January, 2019	March, 2021	Output 4	Member	10%
R. Hendrian, Director	Research Center for plant conservation and Botanic gardens	January, 2019	March, 2021	Output 1,2,3,4	Principal investigator	15%
Danang Ambar Prabowo, Researcher	Research Center for Biology	April, 2021	July, 2022	Output 1	Member	7%
Azra Zahrah Nadirah Ikhwan, Researcher	Research Center for Biology	April, 2021	July, 2022	Output 1	Member	10%
Syamsidah Rahmawati, Researcher	Research Center for Biotechnology	April, 2021	July, 2022	Output 3	Member	70%
Agus Rachmat, Researcher	Research Center for Biotechnology	April, 2021	July, 2022	Output 3	Member	40%
Wida Banar Kusumaningrum, Researcher	Research Center for Biotechnology	April, 2021	July, 2022	Output 4	Member	10%

5. 供与機材一覧

供与機材一覧

No. (番号)	Name of Machinery (機材名)	Price/IDR (購入価格/IDR)	Installation Place (設置場所)	Current Condition (現在の稼働状況)	
1	Atomic Absorption Spectrophotometer	1,500,000,000	Treub Laboratory	in use	
2	Autoclave 18L	77,375,925	RC for Biotechnology	In use	Moved to Genomics Building
3	Autoclave 50L	61,750,000	RC for Biotechnology	in use	
4	DNA Electrophoresis System	11,000,000	RC for Biology (InaCC)	in use	
5	Double Beam UV-Vis Spectrophotometer	390,000,000	Treub Laboratory	in use	
6	Eppendorf Micro Pipet Various Volume	18,800,000	RC for Biology	in use	
7	Microplate Reader	220,000,000	RC for Biotechnology	in use	Moved to Genomics Building
8	Multi Channel Pipet	38,400,000	RC for Biology	in use	
9	Photosynthetic Rate Meter	1,057,520,772	Treub Laboratory	in use	Moved to Treub
10	Portable Leaf Area Meter	278,836,200	Treub Laboratory	Out of order	Moved to Treub/Battery problem
11	Tissuelyser II	331,874,820	RC for Biotechnology	in use	Moved to Genomics Building
12	Ultra Low Freezer (-80)	180,000,000	RC for Biotechnology	in use	In the process to be moved to Genomics Building
13	Ultra Low Temperature Freezer - 80	440,000,000	Treub Laboratory	in use	
14	Single Punch Tablet Press	38,700,000	RC for Biology	in use	
15	Compact Nitrate ION Meter	6,800,000	RC for Biology	in use	
16	Portable Oven Dryer	50,000,000	RC for Biology	in use	
17	PCR Machine	88,000,000	RC for Biology	in use	
18	DNA Vacuum Concentrator	140,250,000	RC for Biology	in use	
19	Camera microscope for Olympus BX51	187,000,000	RC for Biology	in use	
20	Rotary Evaporator	148,500,000	Treub Laboratory	in use	
21	Ultra Low Temperature Freezer	181,500,000	Treub Laboratory	Partially out of order	The temperature are higher than it should be
22	Oven with fan	202,950,000	Treub Laboratory	in use	
23	Electric muffle furnace (tanur)	66,000,000	Treub Laboratory	in use	
24	Digestion Block system	549,153,000	Treub Laboratory	in use	
25	Hydraulic Compression Molding Machine	563,750,000	RC for Biomaterial	in use	
26	Gas-Chromatography/Mass Spectrometer	2,397,909,250	Treub Laboratory	in use	
27	Software for LCA analysis	228,000,000	RC for Biomaterial	Non operation	Expired 30 November 2020
28	Thermogravimetric Analyser(TGA)	552,750,000	RC for Biomaterial	in use	
29	Draft Chamber	47,025,000	Treub Laboratory	in use	
30	Hot Plate Stirrer	57,500,000	Treub Laboratory	in use	

31	Autoclave	57,800,000	Treub Laboratory	in use	
32	High speed Computer	31,298,000	RC for Biology	in use	
33	Personal Computer	37,350,000	RC for Biology (InaCC)	in use	
34	Mini magnetic stirrer	7,800,000	Treub Laboratory	in use	
35	Tractor	28,735,000	RC for Biology	in use	
36	Disk Mill/Rotor Beater Mill	28,500,000	Treub Laboratory	in use	
37	Analytical balance 4 digit	20,700,000	RC for Biology	in use	
38	Balance	20,700,000	Treub Laboratory	in use	
39	Low Freezer -20	35,500,000	RC for Biology	in use	
40	Block Heater, 2Block, 130-C	34,000,000	RC for Biology	in use	
41	Sieve Mesh	17,100,000	Treub Laboratory	in use	
42	Vacum pump	27,000,000	Treub Laboratory	in use	
43	Refrigerator	25,000,000	Treub Laboratory	in use	
44	Vortex mixer	7,000,000	Treub Laboratory	in use	
45	Digital PH meter	45,800,000	Treub Laboratory	in use	
46	Water purifier	26,000,000	Treub Laboratory	in use	
47	Chlorophyl content meter	32,000,000	Treub Laboratory	in use	
48	Centrifuge	39,500,000	RC for Biology	in use	
49	Stereomicroscope	33,400,000	RC for Biology	in use	
50	Camera for stereo microscope	40,000,000	RC for Biology	in use	
51	Extractive equipment (Soxhlet, condensor, heating plate etc)	104,437,500	Treub Laboratory	in use	
52	Block Heater, 2Block	22,000,000	RC for Biology	in use	
53	PC for LCA analysis	37,500,000	RC for Biomaterial	in use	
54	PC for Techno economical analysis	34,864,000	RC for Biomaterial(PUSINOV)	in use	The software was expired 1 July 2021
55	Filter funnel IG3	1,566,000	Treub Laboratory	in use	
56	Autoclave for biochemical analysis	77,000,000	RC for Biotechnology	in use	Moved to Genomics Building
57	Automatic weather level station/AWS	6,850,000	Treub Laboratory	Out of order	
58	Software for Techno Economy analysis	151,418,354	RC for Biomaterial(PUSINOV)	Non operation	Expired 1 July 2021
59	Oven with fan	176,000,000	RC for Biomaterial	in use	
60	AC for incubation room	31,900,000	RC for Biotechnology	in use	Culture room moved to Genomics Building
61	Detector (for HPLC)	138,380,000	RC for Biology (InaCC)	in use	
62	Block Heater	46,662,000	Treub Laboratory	in use	
63	Electric balance	110,352,000	RC for Biotechnology	in use	In the process to be moved to Genomics Building
63	Software for Techno Economy analysis	141,370,000	RC for Biomaterial	Non operation	Expired 1 July 2021 (1st extention 1 year)
64	Software for Techno Economy analysis	97,270,000	RC for Biomaterial(PUSINOV)	Non operation	expired 1 July 2021 (2nd extention. Oct-June 2021)

6. 本邦研修参加者一覧

本邦研修参加者一覧

Name	Period of Participation		Field/Name of the Course	Implementing Organization	Current Position/Date of Turnover	
	From	To				
I Nyoman Sumerta	2016/10/20	2017/3/18	Training of analysis of soil microbial community structures	Kazusa DNA Research Institute	Researcher	PhD, The University of Melbourne, Australia
Wahyuni	2016/12/1	2017/3/18	Training of lignin analysis and plant molecular breeding	Kyoto University	Researcher	RC for Genetic Engineering, BRIN Cibinong
Helmant Hendra	2016/12/1	2017/2/28	Training of lignin analysis and plant molecular breeding	Kyoto University	Researcher & Plants Collection Coordinator of Bogor Botanic Gardens	Research Center for Plant Conservation, Botanic Garden and Forestry
Arief noor	2017/1/26	2017/3/14	Training of analysis of plant nutritional elements	Kyoto University	Researcher	Research Center for Plant Conservation, Botanic Garden and Forestry
Eko Widodo	2017/8/1	2017/1/31	Training of development of lignocellulosic biomass material	Kyoto University	Researcher	Master Program in Materials Science, University of Indonesia
Setiawan Ruby	2017/11/26	2018/1/31	Training of analysis of soil microbial community structures	Kazusa DNA Research Institute	Researcher	RC Biology, BRIN Cibinong
I Nyoman Sumerta	2017/11/26	2018/1/31	Training of analysis of soil microbial community structures	Kazusa DNA Research Institute	Researcher	PhD, The University of Melbourne, Australia
Vincentia Esti Windiastri	2019/1/7	2019/3/6	Training of metabolic engineering and lignin analysis of rice	Kyoto University	Researcher	RC for Genetic Engineering, BRIN Cibinong
Dwi Widyajayanti	2019/1/7	2019/3/6	Training of metabolic engineering and lignin analysis of rice	Kyoto University	Researcher	RC for Genetic Engineering, BRIN Cibinong
Reza Ramdan Rivai	2017/4/4	2019/3/31	Training of plant nutrition and physiology	Kyoto University	Researcher	PhD, Kyoto University, Japan

7. セミナー開催実績

List of seminars held

Year	Name of the Course	From	To	No. of Participants
2016	Kick Off Meeting & Seminar	2016/7/20	2016/7/21	150
2016	1st SATREPS Conference	2016/11/14	-	150
2016	Humanosphere Science School 2016 and The 6th International Symposium for Sustainable Humanosphere (ISSH)	2016/11/15	2016/11/16	160
2017	1st Sustainable Development Seminar (SDS)	2017/7/18	-	26
2017	2nd Sustainable Development Seminar (SDS)	2017/10/13	-	16
2017	Humanosphere Science School 2016 and The 7th International Symposium for Sustainable Humanosphere (ISSH)	2017/11/1	2017/11/2	199
2017	3rd Sustainable Development Seminar (SDS)	2017/11/16	-	26
2017	2nd SATREPS Conference	2017/11/16	2017/11/17	41
2017	4th Sustainable Development Seminar (SDS)	2018/3/8	-	14
2018	5th Sustainable Development Seminar (SDS)	2018/4/19	-	10
2018	Humanosphere Science School 2018 and The 8th International Symposium for Sustainable Humanosphere (ISSH)	2018/10/18	2018/10/19	121
2018	3rd SATREPS Conference	2018/11/23	-	142
2018	6th Sustainable Development Seminar (SDS)	2018/12/27	-	27
2019	7th Sustainable Development Seminar (SDS)	2019/5/22	-	34
2019	Humanosphere Science School 2017 and The 8th International Symposium for Sustainable Humanosphere (ISSH)	2019/10/28	2019/10/29	211
2019	8th Sustainable Development Seminar (SDS)	2019/11/19	-	21
2019	4th SATREPS Conference	2019/11/19	2019/11/20	73
2020	5th SATREPS Conference	2020/11/17	-	200
2020	9th Sustainable Development Seminar (SDS)	2021/3/23	-	73
2021	6th SATREPS Conference	2022/3/25	-	150

