

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

「熱帯荒廃草原の植生回復によるバイオマスエネルギーとマテリアル生産」
(2016年07月～2022年07月)

2. 研究代表者

- 2.1. 日本側研究代表者：梅澤 俊明（京大大学生存圏研究所 教授）
- 2.2. 相手国側研究代表者：Andes Hamuraby Rozak（国家研究イノベーション庁 生物多様性研究センター 所長）

3. 研究概要

本研究課題は、リグニン生合成の改変増強による高リグニン含量のイネ科植物の育種、および土壤微生物相の変化に着目し、生物多様性に配慮した施肥技術を開発する。また、それをインドネシア各地で放置されているアランアラン（チガヤ）が繁茂した荒廃草原に適用し、植生回復とバイオマス生産地への転換を目指す。また、それらバイオマスを用いた燃料ペレット、パーティクルボードなどの利用技術を開発することを目的とした。

本課題のプロジェクト目標は、熱帯天然林伐採跡地に発生する荒廃草原のバイオマス生産地への転換技術とバイオマスのエネルギー・マテリアル利用技術が開発されることである。さらに、将来的には本研究で開発された技術によりインドネシアにおける持続可能な社会のモデルの開発に貢献することを目指している。

また、研究題目は以下の4つである：

- ① バイオマス植物生産のための施肥技術の確立
- ② アランアラン草原の植生回復
- ③ 高発熱型バイオマス植物開発
- ④ イネ科植物を原料とした低環境負荷型リグノセルロース材料の開発

4. 評価結果

総合評価：A+

（所期の計画をやや上回る取組みが行われ、大きな成果が期待できる）

本プロジェクトは、ソルガムの地上部の燃料利用特性の向上に向けた、高発熱成分（リグニン）の増量のための分子育種を進め、この目的に資する遺伝子の同定に成功した。またイネにおいて遺伝子発現制御によるリグニンの増量に成功した。このような取組みは独創的であり、リグニン合成酵素遺伝子情報を踏まえたソルガムの選抜育種の基盤を構築し、高リグニン含量のソル

ガムの育種に成功したことは高く評価できる。

成果公表においては、多数の学術論文の発表、学会発表が行われている点や、本プロジェクトの成果に基づく受賞が計6件という点で高く評価できる。

プロジェクト運営や人材育成においては、プロジェクト後半ではコロナ禍で現地渡航が難しい中でも、オンラインを活用して定期的な情報共有と役割分担の再調整を着実に進め、計画の遅れを最低限に留める努力がなされた点や、複数回のシンポジウム開催、研修員の受け入れ等によって日本-インドネシア間の人材交流に大きく貢献した点は高く評価できる。

ただし、社会実装の観点からは、本プロジェクトの目標であるアランアラン荒廃草原の植生回復に向けて、開発した高リグニン含量ソルガムをどのように導入し実現していくのか、具体的な戦略が明確に示されていない。この点をクリアできれば、インドネシア政府に向けてより有効な政策提言もできるようになると考えられる。今後、本プロジェクトで確立した技術を核として、アランアラン草原の植生回復や、バイオマスエネルギー及び物質生産に関する具体的な戦略を立案し、インドネシア政府への有効な政策提言に結びつけることが期待される。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

熱帯天然林の高度な利用の結果、主にアランアラン（チガヤのインドネシア語）からなる広大な荒廃草原が熱帯天然林伐採跡地に発生している。この荒廃草原は、インドネシアでは、その一部はアカシア人工林（100万ha）やオイルパーム植栽地（600万ha）などに転換されているものの、未だ1000万haが残されていると見積もられており、生物多様性の保全やバイオマスの持続的生産という、地球規模課題解決に関わる観点から大きな問題となっている。本プロジェクトは、荒廃草原の植生回復に取り組むとともに、バイオマスエネルギーとマテリアル利用により低炭素社会への貢献を目指す、地球規模課題の解決に資する重要な課題である。本プロジェクトで取り組んだ、リグニンの割合を増加させることにより燃料としての発熱量を向上させることを目指した研究は新規性が高く、実施された遺伝子情報解析や編集技術の手法は、将来につながる科学的・技術的インパクトの大きいものと考えられ、高く評価できる。

環境保全に適合した持続的生産から利用に至る全工程を包含した研究開発は貴重であり、本プロジェクトで得られた荒廃草原の植生を回復させる技術の確立は、温暖化問題の解決のみならず地球環境の保全に大きな役割を果たすと期待される。その成果は、インドネシアを始めとする世界各国における地球規模課題に対するバイオマス生産利用技術開発の先例として機能すると考えられる。よって本プロジェクトは、国際社会においても認知・活用され、他国、他地域へ大きな波及効果をもたらす可能性があると考えられる。

一方で、ソルガムの実証栽培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）で実施されているが、バイオマスソルガムの生産規模を他国や他地域へ拡大し、荒廃草原の植生回復と低炭素化を実証するためには、より広範囲で、気候や土壌の条件の異なる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り、今後の取組みに期待したい。

4-2. 相手国ニーズの充足

インドネシアでは、増大する人口と経済成長に付随して必要となる、十分な食糧とエネルギーを賄うため、持続的で効率的な土地や自然資源利用の重要性が高まっている。非生産的な荒廃草原を生産的な農地に転換し、バイオマスエネルギーとマテリアルの生産を増やす技術の開発を目指す本プロジェクトは、インドネシアのエネルギー・マテリアルニーズに沿うものであると考えられる。また、インドネシアの国家開発計画、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・戦略とも整合しており、その目標達成に貢献することができると考えられることから、相手国のニーズを満たしたプロジェクトであると言える。ただし、最終的に目指す課題解決のためには、本プロジェクトの成果を基に、インドネシア政府によって具体的な政策に落とし込まれる必要がある。しかしながら、インドネシアの政策では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いない。本プロジェクトで開発した高リグニン含量ソルガムをどのようにアランアラン荒廃草原の植生回復に活かし、バイオマス生産地に転換していくのかといった戦略やロードマップが立案され、インドネシア政府への有効な政策提言につながることを期待される。

他方、本プロジェクトはインドネシアとの研究基盤の強化や人材交流、育成の面で高く評価できる。本プロジェクトでは、期間中に、長期1名、短期7名(8回)の研修員を受入れ、技術移転を進めた。相手国の若手研究者3名が日本の研究代表機関で博士の学位を取得しており、その中の1名がプロジェクト後半から相手国の研究代表者を務めるなど、将来を嘱望される若手研究者の育成に貢献した点は高く評価できる。また、日本側代表機関と相手国研究機関は長年の研究交流実績を有しているが、本プロジェクトの実施により、植物バイオマス化学分析技術は新たに設置された実験室に供与機材とともに集中整備され、木質材料製造技術は供与機材とともにバイオマテリアル研究センターに集中的に整備されるなど、新たな技術移転およびその定着がなされた。これらの技術や供与機材を基に、今後も共同研究の継続や研究成果の創出が期待できる。

4-3. 付随的成果

荒廃草原の植生回復を進めるとともに、バイオマス生産地に転換することで低炭素社会の実現への貢献を目指した本プロジェクトは、様々な領域の学問を連携させ地球規模課題の解決に取り組んでおり、総合科学の構築を進めた点で高い成果を得たといえる。また、本プロジェクトはリグニン含量を高め、発熱性を向上することでバイオマスとしての価値を向上させる独創性の高い研究に取り組んだ上、リグニン合成酵素遺伝子情報を踏まえたソルガムの選抜育種を行う基盤を世界で初めて構築した。高リグニン含量のソルガムの育種、栽培に成功するなどの先駆的な成果による当該分野への貢献は大きいと言える。

本プロジェクトでは、我が国の大学院生や若手研究者が、最先端の科学技術に係る研究内容に従事し、国際誌で成果を公表している。また、本プロジェクトに従事していた大学院生が、研究をさらに進めるため、米国の大学へ研究員として転出するなど日本人材の育成へ貢献したとい

える。

本プロジェクトでは、学術論文等は 52 報、学会等における発表は 202 件と多数の成果発信を行っている点は評価できる。また、木質材料製造技術に関する知財の獲得を進めているところであり、今後に期待したい。

また、本プロジェクトの成果などに基づき、本プロジェクトメンバーらは、日本の民間企業等と連携してソルガム高度利用技術研究組合を設立するなど、今後の研究開発の継続を見据えた人的ネットワークの構築がなされた。今後は本組合を中心として実用化に向けた取組みを進める予定であることから、産業への貢献も期待できる。

インドネシア大統領がソルガム栽培強化について SNS で発信したことも追い風となり、相手国代表機関を中心としたソルガム栽培に関するプラットフォームを構築中であることから、今後は両国の組織間の連携体制の構築が望まれる。将来的には、本プロジェクトの成果を基にバイオマス資源および生産地の確保が出来れば、資源輸入国である我が国の国益にも貢献することが期待される。

4-4. プロジェクトの運営

相手国側の参画研究者には日本への留学経験のある研究者や日本で博士学位を取得した研究者も含まれ、プロジェクトの推進において有利であったと思われる。日本側及びインドネシア側の参画研究機関も協力的であったことから、プロジェクト推進体制は優れていたと評価できる。今後は SATREPS の他課題を含む関連プロジェクトとの連携にも期待したい。

研究開始当初は日本側の社会実装への意識や取組みが不足している点もあったが、中間評価において、「社会実装への見通しを示すため、本プロジェクトの研究成果の低炭素社会実現への貢献度合いを明確化してほしい」という指摘を受け、LCA の専門家を新たに参画させるなど、柔軟な対応が取られた。また、プロジェクト後半は COVID-19 のパンデミックで渡航できない状況ではあったが、オンラインを活用して定期的な情報共有と役割分担の再調整を着実に進め、計画の遅れを最低限に留める努力がなされた。これらの点からプロジェクト管理および状況変化への対応は優れていたと評価できる。

また、成果発信の面からは前述の通り学術論文、学会等における発表もさることながら、ワークショップ、セミナー、シンポジウム等の開催も多数行うなど、情報発信について精力的に活動を行っており、高く評価できる。マスメディア等にも 40 件と多数取り上げられており、本プロジェクトの期待度の高さと成果発信の充実ぶりを表している。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

- 1) 石炭火力発電へのバイオマスペレットの混焼は、近年のエネルギー価格の高騰により、より注目されることが想定されるが、大型の火力発電では混焼といえども多量のペレットが必要となる。ペレット燃料であれば、産地の近隣地域における燃料として使う方が良い場合もあるため、今後の社会実装に向けては、大企業だけでなく、ベンチャー志向のあるビジネス人

材とも交流して、石炭火力への利用とそれ以外の利用の双方を視野に進めていただきたい。

- 2) バイオマス資源の実用化に向けては収穫後の乾燥等のプロセッシングが大きなカギを握っている。企業との連携を通じてコスト面を含めた持続的なビジネスモデルが確立されることが期待される。
- 3) アランアラン荒廃草原の植生回復およびバイオマス生産地への転換においては、生態系への影響にも配慮する必要がある。本プロジェクト期間中は、限定的な取組みや検討にとどまっているため、今後社会実装を進める上で生態系への影響の調査や対策の立案に向けた動きが期待される。
- 4) 社会実装には、アカデミアだけでなく、産官学の連携が不可欠である。今後とも、学術的成果をわかりやすくアピールして、戦略立案・政策提言を産官学の連携で行ってほしい。

以上

成果目標シート

研究課題名	熱帯荒廃草原の植生回復によるバイオマスエネルギーとマテリアル生産
研究代表者名 (所属機関)	梅澤 俊明 (京都大学 生存圏研究所)
研究期間	H27採択(平成28年4月1日～令和4年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	インドネシア共和国/インドネシア科学院、農業省農業バイオテクノロジー遺伝資源研究センター及び林業省森林研究開発機構

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 地球規模の気候変動枠組みへの活用 日本企業による成果の事業化
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> インドネシア熱帯林伐採跡地荒廃草原の生態系回復・バイオマス生産地化 二酸化炭素固定量増加と排出抑制に対する技術モデル構築
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 耕地土壌メタゲノム解析データの集積 高エネルギー型バイオマス植物の育種 熱帯林伐採跡地の植生回復プロトコル バイオマス草本植物からの木質材料生産方法 熱帯バイオマス資源の公正・衡平な分配 二酸化炭素固定量増加と排出抑制へのモデル
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議への指導力、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> インドネシアー日本技術・人的ネットワークの構築 インドネシア若手研究者および留学生の教育
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> 耕地土壌のメタゲノム解析に関する論文 熱帯林伐採跡地の植生回復プロトコルの構築 高エネルギー型バイオマス植物の育種 新規木質材料開発 バイオマス燃料開発

上位目標

インドネシアにおいてバイオエネルギー生産とバイオマテリアル生産を通じた持続社会の構築の一つのモデルが確立される

インドネシア国内の政策に採用されるとともに我が国および現地の企業による事業化に活用される

プロジェクト目標

荒廃草原のバイオマス生産地への転換と資源エネルギー生産を行うための技術が開発される

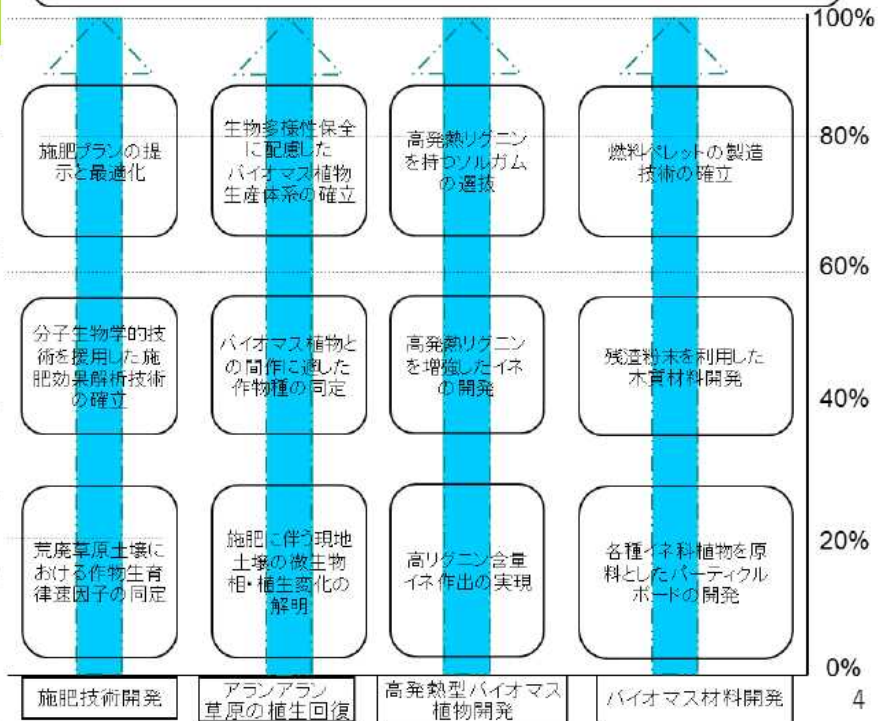


図1 成果目標シートと達成状況 (2022年6月時点)