

1. 案件名

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・マテリアル生産プロジェクト

The Project for producing biomass energy and material through revegetation of alang-alang (*Imperata cylindrica*) fields

2. 事業の背景と必要性

(1) 当該国におけるエネルギー、農業、気候変動セクターの現状と課題

インドネシアは、面積約 189 万 km²（日本の国土の約 5 倍）、人口約 2.5 億人（2013 年）を有する島嶼国家である。インドネシアの実質経済成長率は、過去 10 年間、5～6% で堅調に推移しており、GDP は 2005 年の 2,859 億ドルから、2014 年の 8,885 億ドルに拡大し、ASEAN 各国中で最大の経済規模を誇る。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と食料の安定的供給、経済発展に取り残された地方と都市部の格差解消、世界でも最大規模と言われる温室効果ガス（GHG）排出¹の削減等が国家の課題となっている。

2009 年 9 月の G20 サミットや 2009 年 12 月の COP15 において、インドネシア政府は「2020 年までに CO₂ 対策を講じなかった場合と比べて、2005 年比で GHG 排出量を 26% 削減する。国際支援を得られれば、削減量を 41% まで引き上げ得る。」ことを表明し、石油への依存を軽減するために、代替エネルギー及び再生可能エネルギー利用の促進を政策目標として掲げ、2025 年までに、新・再生エネルギーがエネルギーミックスに占める割合を 23% にまで増やすとしている（国家エネルギー審議会 2014 年 3 月）。

このように経済成長と人口増加を背景に増大する電力需要の伸びに対応する必要がある一方で、温室効果ガスの排出量が、化石燃料消費の増大や森林伐採等を背景に増加しており、代替・再生可能エネルギーの開発が必要となっている。

他方、インドネシアでは無秩序な伐採、焼き畑農業、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が繁殖し、インドネシアで 10 万 km²（日本の国土面積の 1/3 弱）、東南アジア全体では 35 万 km² に及ぶ広大な荒廃草原を形成している。その有効利用が国家の課題となっており、「中期国家開発計画 (RPJMN2015-2019)」では、このような生産不適地の生産地への転換を可能とする技術の開発を、技術開発部門の重要課題と位置づけている。

本事業は、かかる状況の下、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)² を相手国側代表研究機関として実施する「地球規模課題対応国際科

¹ インドネシアの温室効果ガス（GHG）排出量は、森林喪失や泥炭地荒廃等による二酸化炭素排出を加えると、2005 年時点で米国（59.5 億トン）、中国（50.6 億トン）に次ぐ世界第 3 位（20.5 億トン）である。（Dewan Nasional Perubahan Iklim [気候変動国家評議会], Indonesia's Greenhouse Gas Abatement Cost Curve, Jakarta, August 2010）

² インドネシア科学院 (LIPI) は 1967 年に設立されたインドネシアで最初の、また、最高水準の研究機関であり、大統領直轄の機関である。22 の研究センター、16 の技術実証施設、4 つの管理事務局、2 つの国際センター、4 つの植物園を傘下に置き、全職員数は 4,815 名、研究者数は 1,540 名である。研究部門は、大きく 5 つ（生命科学、地球科学、工学、社会・人文科学、科学サービス）に分かれる。

学技術協力（SATREPS）」案件である。インドネシアで広大に広がるアランアラン熱帯荒廃草原地を生産農地に転換し、そこで栽培される植物をバイオマス燃料とバイオマス素材として持続的に利用するための技術開発を目指し、①高エネルギーバイオマス生産植物の為の施肥法の確立、②荒廃草原地から植生回復地への転換手法の確立、③育種による高発熱値を有するイネ科バイオマス植物の開発、④イネ科植物を用いたリグノセルロース³由来素材を生産するための環境に優しい技術の確立を行う。

(2) 当該国におけるエネルギー、農業、気候変動セクターの開発政策と本事業の位置づけ

インドネシア政府は「中期国家開発政策」(RPJMN 2015-2019)を策定し、生産不適地の有効利用と技術開発を、研究開発分野の優先課題としている。また、同計画を受けて、農業省が策定した「戦略計画(2015-2019)」では、「1. 特定農産物(コメ、砂糖、大豆、メイズ、食肉)の自給達成による食料安全保障」、「2. 農産物多様化」、「3. 国際市場(輸出)実現と輸入代替のための農業生産競争力の向上と高付加価値化」、「4. バイオ産業とバイオエネルギーの原料供給」、「5. 農民の収入向上と生活水準の向上(地方の貧困削減)」の5つを目的として掲げており、本事業は特に「4. バイオ産業とバイオエネルギーの原料供給」に合致するものである。

(3) エネルギー、農業、気候変動セクターに対する我が国及びJICAの援助方針と実績
我が国の「対インドネシア共和国国別援助方針」(2012年4月)では「不均衡の是正と安全な社会造りへの支援」及び、「アジア地域および国際社会の課題への対応能力向上のための支援」を重点分野の一つとしており、気候変動対策プログラムの一環として、温室効果ガスの排出抑制や森林減少及び劣化の抑制、代替エネルギーの促進等を重視しており、本事業も気候変動対策プログラムに位置づけられる。

インドネシアにおける当該分野における我が国の関連援助実績は、下表のとおり。

案件名(スキーム)	実績・概要
生物多様性保全計画(無償資金協力)	協力期間:1995年-1996年(第I期:1995年 第II期:1996年) 概要: LIPI 生物学研究センターの動物研究部の施設建設と機材供与
生物多様性保全計画プロジェクトIおよびII(技術協力)	協力期間:1995年-1998年(I) 及び1998年-2003年(II) 概要: I: LIPI生物学研究センターの研究者の研究能力強化 II: 研究・情報管理体制の確立
生物多様性保全センター整備計画(無償資金協力)	協力期間:2003年-2006年(基本設計調査(2003年.4月-2003年.12月) 事業完了2006年.9月) 供与額: 21.5億円 概要: LIPI生物学研究センターの植物部・微生物部の施設と機材の老朽化に対応し、施設建設と機材供与
生物学研究センターの標本管理体制および生物多様性保全のための研究機能向上プロジェクト(技術協力)	協力期間: 2007年3月21日-2009年9月21日(2年半) 相手国機関: インドネシア科学院(LIPI)生物学研究センター プロジェクトサイト: チビノン 概要: インドネシア科学院(LIPI)生物学研究センターの研究者の能力向上のための技術移転
泥炭・森林における火災と炭素管理プロジェクト(SATREPS)	協力期間: 2010年2月-2014年3月(4年1か月) 相手国機関: 国家標準機構(BSN)、国家航空宇宙局(LAPAN)、イン

³ リグノセルロースとはリグニンとセルロースの結合した物質であり、植物の木質部に見られる主要な化学構成物質。生物工学の技術によってメタンやアルコールに変換され、特にエネルギー源として貴重な資源となる。リグニン含量の増加は燃焼効率の増加に繋がる。

	ドネシア科学院 (LIPI)、林業省森林研究開発庁 (FORDA) 概要: 衛星を用いた火災検知と火災予想モデルの開発、泥炭や森林の高精度測定、効率的な水管理及び泥炭のクリーン開発メカニズム化森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減の提言
生命科学研究およ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 (SATREPS)	協力期間: 2011年4月7日-2016年4月6日 (5年間) 相手国機関: インドネシア科学院 (LIPI 生物学研究センター) 日本側協力機関: (独) 製品評価技術基盤機構、理化学研究所、東京大学 プロジェクトサイト: チビノン 概要: 生命科学研究及びバイオテクノロジー促進のための中核機関となる、国際標準の微生物資源センターの構築。

(4) 他の援助機関の対応

世界銀行グループやアジア開発銀行 (ADB) などの援助機関が、地熱発電など、再生可能エネルギー関連の支援を実施しているが、荒廃地回復によるバイオマス有効活用に関する技術移転を目的とした支援は行われていない。

インドネシアにおける再生可能エネルギー関連分野における他の関連援助実績は、下表のとおり。

プロジェクト名	① 援機関②協力期間と協力金額③概要												
廃棄物からのガス生成プロジェクト (Gas Generation from Waste Project)	① ADB ② 2006年10月-2007年7月 総額: 34万ドル ③パームオイル産業の総合的な廃棄物管理システムの構築を目指す技術協力であり、パームオイル搾油機から排出される残渣の再生・商業エネルギーとしての可能性を評価。												
エネルギーと環境パートナーシップ	① フィンランド政府 ②2011年4月-2014年 総額: 4百万ユーロ ③エネルギーと環境パートナーシップを通じて、再生可能エネルギー導入、エネルギー効率の向上、クリーンエネルギーに対する投資の促進。再生可能エネルギー (特に中部カリマンタンとスマトラのリアウにおけるバイオエネルギー関連のプロジェクト、研究、能力開発、情報共有) 導入を支援。また、再生可能エネルギー利用政策の策定を対象州と中央政府レベルで支援。官民連携、地方政府との協働、技術移転。												
持続的農業研究管理 (Sustainable Management of Agricultural Research)	① GIZ ② 2012年8月-2017年9月 ローン総額: 8千万ドル ③インドネシア農業研究開発庁 (IAARD) の組織・研究開発能力の向上を通じ、社会の需要に対応した革新的な農業技術の開発と普及、農業生産者と農業食品産業のニーズに応えることを目的に実施中。IAARD 研究者の能力向上、研究施設とインフラの整備、研究管理強化と政策支援、プロジェクト管理・モニタリング・評価の4つのコンポーネントで実施。												
クリーン・エネルギー・ファンド (Clean Technology Fund)	① IBRD/IFC/ADB ②— ③ 熱発電事業の規模拡大、再生可能エネルギーと環境エネルギー (特にバイオマス) 事業の加速化を目的とし、クリーン・エネルギー・ファンドの一部として4億ドルを投資。 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>ドナー機関</th> <th>CTF (百万米ドル)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBRD (地熱発電)</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>ADB (地熱発電)</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>IFC/ADB (地熱発電-投資とトランザクションアドバイザー)</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>IFC (環境・再生可能エネルギー)</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>ADB (環境・再生可能エネルギー)</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table>	ドナー機関	CTF (百万米ドル)	IBRD (地熱発電)	125	ADB (地熱発電)	125	IFC/ADB (地熱発電-投資とトランザクションアドバイザー)	50	IFC (環境・再生可能エネルギー)	50	ADB (環境・再生可能エネルギー)	50
ドナー機関	CTF (百万米ドル)												
IBRD (地熱発電)	125												
ADB (地熱発電)	125												
IFC/ADB (地熱発電-投資とトランザクションアドバイザー)	50												
IFC (環境・再生可能エネルギー)	50												
ADB (環境・再生可能エネルギー)	50												

3. 事業概要

(1) 事業目的 (協力プログラムにおける位置づけを含む)

本事業は、バイオマス作物生産のための施肥法、荒廃草原地の植生回復手法、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、アララン熱帯荒廃草原地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。

(2) プロジェクトサイト/対象地域名

プロジェクトサイト：ボゴール県チビノン インドネシア科学院

モデルサイト：中部カリマンタン州 カティンガン植物園⁴

(3) 本事業の受益者（ターゲットグループ）

直接受益者：インドネシア科学院（ボゴール植物園植物多様性保全センター、生物学研究センター、バイオテクノロジー研究センター、バイオ素材研究センター、イノベーションセンター）及び農業省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の研究者、環境林業省森林研究開発庁の研究者やスタッフ

最終受益者：アランアラン熱帯荒廃草原地周辺の農民等

(4) 事業スケジュール（協力期間）

2016年4月から2021年3月まで（60ヶ月）

(5) 総事業費（日本側）

3億円程度

(6) 相手国側研究実施機関

インドネシア科学院（LIPI）

ボゴール植物園植物多様性保全センター

生物学研究センター

バイオテクノロジー研究センター

バイオ素材研究センター

イノベーションセンター

農業省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

環境林業省森林研究開発庁

(7) 国内協力研究機関

京都大学生存圏研究所（日本側研究代表機関）

かずさDNA研究所

京都大学大学院農学研究所

京都大学生存圏研究所

(8) 投入（インプット）

1) 日本側

長期専門家：業務調整員

⁴ インドネシア科学院（LIPI）が傘下におく4つの植物園の内の1つ。総敷地面積123ha。内1haの園地を試験圃場として使用予定。

短期専門家：総括／イネ科バイオマス植物育種

メタゲノム解析

バイオマス作物生産の施肥法

環境に優しい木質系材料・燃料の製造技術

研修員受入：メタゲノム解析、リグニン分析等

機材供与（主要機材のみ）：

ガスクロマトグラフ質量分析装置、自記紫外可視分光光度計、

原子吸分光光度計、高速液体クロマトグラフ、ホットプレス〔熱圧装置〕、

マイクロプレートリーダー〔マイクロプレート型分光光度計〕、高圧反応

装置、遺伝子増幅装置

在外事業強化費

2) 相手国側

カウンターパート配置：

プロジェクトディレクター：ボゴール植物園植物多様性保全
センター長

プロジェクトマネージャー：生物学研究センター 教授

プロジェクトアドバイザー：LIPi 教授 3 名

プロジェクトサブマネージャー：

成果 1：バイオテクノロジー研究センター 教授

成果 2：ボゴール植物園植物多様性保全センター 教授

成果 3：バイオテクノロジー研究センター 教授

成果 4：バイオ素材研究センター 教授

土地建物など必要な施設

ローカルコスト

(9) 環境社会配慮・貧困削減・社会開発

1) 環境に対する影響／用地取得・住民移転

① カテゴリ分類：C

② カテゴリ分類の根拠

本事業は、「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2010 年 4 月公布）に掲げる影響を及ぼしやすいセクター・特性及び影響を受けやすい地域に該当せず、環境への望ましくない影響は最小限であると判断されるため、カテゴリ C に該当する。

2) ジェンダー平等推進・平和構築・貧困削減

本事業の実施で得られる、アランアラン熱帯荒廃草原地をバイオマス燃料や素材の生産地に転換する技術は、他の食用作物にも応用が可能であることから、環境面への貢献に加え、インドネシア国が課題とする食料の自給や農民への裨益（地方における経済格差解消）を通じて、地域の持続可能な発展につながることを期待される。また、本事業に参加するインドネシア側の研究者は多くが女性である。

- 3) その他
特になし

(10) 関連する援助活動

1) 我が国の援助活動

先行する「生命科学研究およ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 (SATREPS)」では、「成果3：農業、生態系保全及び環境修復に有用な土壌微生物が分離され、その性状が解明される。」があり、この成果は本事業の成果1、成果2の土壌微生物分析方法であるメタゲノム解析にも活用可能であるため情報共有を図る。

- 2) 他ドナー等の援助活動
特になし。

4. 協力の枠組み

(1) 協力概要

- 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。

指標：継続協議中

- 2) プロジェクト目標：アランアラン熱帯荒廃草原地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：1. アランアラン熱帯荒廃草原の植生回復した土地でバイオマス作物が継続的に栽培される（プロジェクトサイト、及びモデルサイトにて）。
2. バイオマスペレット、リグノセルロース由来素材が生産ラインで製造される。
3. プロジェクト活動によって作成された引用索引（サイテーションインデックス）付き論文の数。
4. 植生回復によるCO₂削減量の推定値が示される。

3) 成果：

成果1：高エネルギーバイオマス生産植物の為の施肥法が確立される。

成果2：荒廃草原地から植生回復地への転換手法が確立される。

成果3：高発熱値を有するイネ科バイオマス植物が育種により開発される。

成果4：イネ科植物を用いてリグノセルロース由来素材を生産するための環境に優しい技術が確立される。

5. 前提条件・外部条件

(1) 前提条件

特になし。

(2) 外部条件（リスクコントロール）

- 1) 活動に対して
 - 1)-1: 研究者の異動が頻繁に起こらない。
 - 1)-2: 試験圃場が早魃や森林火災などで被害を受けない。
- 2) 成果に対して
 - 2)-1: リグノセルロース由来素材の生産技術確立後の同製造企業との連携が遅延しない。
- 3) プロジェクト目標に対して
 - 3)-1: インドネシア政府のエネルギー政策が大きく変更されない。

6. 評価結果

本事業は、インドネシア国の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、また計画の適切性が認められることから、実施の意義は高い。

7. 過去の類似案件の教訓と本事業への活用

(1) 類似案件の評価結果

インドネシアで先に実施された科学技術協力「泥炭・森林における火災と炭素管理プロジェクト（2010年2月～2014年3月）」の中間レビューでは、「プロジェクト目標の明確な記述、適格な指標の設定、平易な用語の使用などに特に留意することで、関係者間の共通理解の促進を図っていくことは、科学技術協力案件の効果的实施・効率的運営にとって有益である。」との教訓が得られている。

(2) 本事業への教訓

本事業では相手国研究機関との協議、合意形成を図るプロジェクトの枠組みであるProject Design Matrix (PDM) 及び Plan of Operation (PO) に記載する内容・用語は平易な用語を使用した上で、共通理解の形成促進を図った。

8. 今後の評価計画

- (1) 今後の評価に用いる主な指標：4. (1) のとおり。
- (2) 今後の評価計画：事業終了3年後 事後評価

9. 広報計画

(1) 広報計画

- ・事業開始半年後を目安にプロジェクトのホームページを開設する。
- ・プロジェクト開始時やプロジェクト終了時にシンポジウム等を開催する。

以上