

事業事前評価表
国際協力機構社会基盤部資源・エネルギーグループ

1. 案件名（国名）

国名：インドネシア共和国（インドネシア）

案件名：（和名）微細藻類による二酸化炭素の固定と資源化によるエネルギーおよび食料資源の持続的生産システムの創出

（英名）The Project for Integrated sustainable energy and food production from microalgae-based carbon capture and utilization

2. 事業の背景と必要性

（1）当該国におけるエネルギーおよび関連セクターの開発の現状・課題及び本事業の位置付け

インドネシアは、現在、2.7 億人の人口（世界第 4 位）を抱え、2055 年まで生産年齢人口が増加する。また、石油や石炭などの化石燃料資源が豊富であり、これら資源に依存して経済を発展させてきた。しかし、6%超あった経済成長率が近年は 5%程度に低下し、資源に依存した成長に陰りが見えている。今後の持続的発展には、豊富な人口を活かした新産業と付加価値の創出（2045 年に名目 GDP7 兆ドルを目標）が求められており、資源依存産業からの脱却が中期国家開発計画（2020-2024 年）における今後 5 年間の優先項目の 1 つとなっている。

インドネシア政府は、「自国が決定する貢献（NDC）」（2022 年 9 月 23 日版）において、過去のトレンド（BAU）比で 2030 年までに約 32%、国際支援が得られた場合には約 43%の温室効果ガス（GHG）排出削減を掲げている。また、2060 年に温室効果ガス排出ゼロを達成する目標を掲げる。さらに国家電力総合計画（2019-2038 年）によれば、2038 年までに再エネ割合 28%以上を目指しており、大規模な再エネ導入に迫られている。現状のエネルギーミックスは半分以上が石炭火力であることから、石炭火力の低炭素化が求められる。

また、インドネシアでは栄養不良による飢餓と肥満（栄養不良の二重負荷）が深刻である。栄養不良の二重負荷とは、貧困により安価で満腹感の得やすい高カロリーで貧栄養な食事に偏ることで、コミュニティや家庭内で過体重と低栄養が同時発生する現象を指す。そのため、栄養不良を解消しヘルスケアに貢献する新産業が求められている。さらに、農業生産性についても「農業省 2020-2024 政策（Strategic Plan of the Indonesia Ministry of Agriculture 2020-2024）」にて、農業リソースと農業基盤の持続可能性保持が政策の柱として策定されており、肥料の管理と有効利用が謳われている。

微細藻類バイオマスは、光合成により固定した二酸化炭素を燃料や化成品の資源にでき、餌飼料や肥料、栄養補助品として食料生産やヘルスケアに貢献することができる。こうした背景のなか、本事業は、パジャジャラン大学（UNPAD）

が国立研究革新庁（BRIN）など関係機関と連携して、微細藻類を利用し二酸化炭素をインドネシアの持続可能な資源として回収し新産業創出に資源として利用する二酸化炭素の固定と資源化（CCU：Carbon Capture and Utilization）基盤の構築と、カーボンニュートラルな社会に向けた収益性のあるシナリオの提案を目指す地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）プロジェクトである。

（２）エネルギーおよび関連セクターに対する我が国及び JICA の協力方針等と本事業の位置付け、課題別事業戦略における本事業の位置づけ

対インドネシア共和国国別開発協力方針（平成 29 年 9 月）では、①国際競争力の向上に向けた支援、②均衡ある発展を通じた安全で公正な社会の実現に向けた支援、③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を重点分野（中目標）としている。本プロジェクトは、藻類バイオマス・グリーン水素技術により、エネルギー分野の質の高い基盤技術の整備と人材育成に貢献すること（①）、また、発酵食品や発酵堆肥により栄養不良や農業生産性の改善に貢献するとともに、パームヤシ廃棄物のような非可食廃棄物との混焼技術も開発することで、かかる農業関連課題の解決にも貢献すること（②）、石炭への依存度を軽減し脱炭素化に貢献することで、気候変動並びに環境保全のための技術開発と人材育成に取り組むこと（③）から、いずれの重点分野にも合致する。

JICA の課題別事業戦略「グローバル・アジェンダ」では、資源・エネルギー分野において、「送配電ネットワークを強化し、新・再生可能エネルギー導入及び省エネルギーを促進することにより、開発途上国において、全ての人々が、低炭素であり、また十分かつ安定的な電力を持続的かつ手頃な価格で利用できる社会を構築すること。」を目指しており、本事業は「エネルギー利用の低・脱炭素化」及び「新・再生可能エネルギー導入促進」クラスターに準ずる活動内容である。

また本事業は、持続可能な開発目標（SDGs）のうち、SDG2（飢餓撲滅および栄養改善）、SDG7（持続可能なエネルギーへのアクセス）、SDG13（気候変動への対処）に貢献する。

（３）他の援助機関の対応

エネルギー・環境等の分野に関しては以下機関が援助を実施しているが、バイオベースの CCU 技術に関する支援を行っている援助機関はない。

①世界銀行

“Country Partnership Framework (2021～2025)” において、“Improve Infrastructure” を重点協力分野と定め、同枠組みのもとで低（脱）炭素エネルギーへの転換支援及びアクセス向上支援を実施している。

②アジア開発銀行

“Country Partnership Strategy (2020-2024)”において、“Accelerating Economic Recovery”及び“Strengthening Resilience”を重点協力分野と定め、同枠組みのもと、エネルギーアクセスの向上支援及び再生可能エネルギーへの転換支援を実施している。

3. 事業概要

(1) 事業目的

本事業は、インドネシアにおいて、①藻類バイオリアクター¹の導入、②グリーン発酵技術²の確立とグリーンテンペ³事業展開、③ケミカルルーピング技術⁴を用いた水素生産の基礎技術の確立、④石炭火力発電所へのバイオマス及び水素ベース燃料の混焼モデル開発を行うことにより、グリーン発酵技術およびグリーン水素技術に基づくCCU基盤の構築と、経済合理性のある炭素循環政策の提案を図り、もってインドネシアおよび東南アジアのエネルギー・食料資源観点での持続可能な社会の実現に寄与するもの。

(2) プロジェクトサイト／対象地域名

本事業の参加機関が位置するバンドン（西ジャワ州）、ジョグジャカルタ、パイトン（東ジャワ州）、ジャカルタ、セルポン（バンテン州）をプロジェクトサイトとする。うち、藻類バイオリアクターおよび混焼技術にかかる活動を行うパイトン石炭火力発電所（東ジャワ州）等がパイロットサイトとなる。

(3) 本事業の受益者（ターゲットグループ）

直接受益者：プロジェクトに参加する大学・企業の研究者、技術者、スタッフ
最終受益者：インドネシア国民

(4) 総事業費（日本側）：3億円

(5) 事業実施期間

2023年～2028年を予定（計60カ月）

(6) 相手国実施機関

実施機関：パジャジャラン大学（UNPAD）数学自然科学部

協力機関：ガジャ・マダ大学（UGM）、インドネシア教育大学（UPI）、バンドン工科大学（ITB）、国立研究革新庁（BRIN）、Awina Sinergi International、ジャワ・パワー（PT.Jawa Power – PT.YTL Jawa Timur）

(7) 国内協力機関

理化学研究所、東京大学、株式会社ユーグレナ

¹ 微細藻類培養技術による石炭火力発電所からのCO₂固定化

² 微細藻類からの新たな発酵食品・発酵堆肥生産技術

³ クモノスカビによるダイズ発行食品であるテンペの発行プロセスにミドリムシ粉末を加えることにより製造する（グリーンな）テンペ

⁴ ケミカルルーピング燃焼という新しい燃焼技術を用いた炭化水素燃料からの水素・電力・CO₂同時製造プロセス

(8) 投入（インプット）

1) 日本側

- ① 在外研究員派遣：短期（バイオリアクター設置、ゲノム編集技術導入、グリーンテンペ製造、グリーン堆肥製造、ケミカルルーピング研究、混焼研究）および長期（業務調整）
- ② 招へい外国研究員受け入れ：藻類バイオリアクター、グリーン発酵、グリーン水素、混焼技術の各分野
- ③ 機材供与：フォトバイオリアクター、藻類ゲノム編集、発酵、メタボロミクス、ケミカルルーピングのためのコールドモデル・ホットモデル、パイロットプラント等に係る関連機器等

2) インドネシア国側

- ① カウンターパートの配置：(6) 記載の機関でプロジェクト担当者を配置
- ② 案件実施のためのサービスや施設、現地経費の提供：専門家の執務スペース、プロジェクトに必要な情報・データ等

(9) 他事業、他開発協力機関等との連携・役割分担

1) 我が国の援助活動

CCU に基づく脱炭素化と新産業創出を目指す本事業の活動に関連・連携する我が国の援助活動はない。(ただし、2022 年 JICA にて実施の「インドネシア国低(脱)炭素化に向けた電力セクターにかかる情報収集・確認調査」にて、CCS の必要性は示唆しており、今後の脱炭素マスタープラン策定案件にて CCS 導入について検討される予定)

2) 他の開発協力機関等の活動

本事業と今後連携が見込まれる他の開発協力機関等による活動は現時点ではない。事業を実施していく過程で、成果達成および事業効果拡大のために関係当局や民間企業を含むステークホルターと協働・連携を図っていくこととしている。

(10) 環境社会配慮・横断的事項・ジェンダー分類

1) 環境社会配慮

- 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」(2022 年 1 月公布) 上、環境への望ましくない影響は最小限であると判断されるため。

2) 横断的事項

本事業は、気候変動対策（緩和策）に資する可能性がある

3) ジェンダー分類：ジェンダー対象外

(11) その他特記事項

特になし。

4. 事業の枠組み

(1) 上位目標:

(長期: 5-10年) 東南アジアの持続可能な社会の実現に向け、エネルギー・食料問題の解決策として、バイオベースのCCU技術が開発される。

(中期: 3年) インドネシアにおける持続可能な社会の実現に向け、バイオベースのCCU技術に基づく社会実装シナリオが提案され、政府の政策・戦略において検討される。

指標及び目標値: (中期)

1. 研究成果に基づく提言が、インドネシア政府・地域社会により低炭素社会に向けた政策のために参照される。
2. インドネシアにおいてグリーン発酵技術に基づくローカルビジネスが開始される。
3. グリーン水素技術に基づき、インドネシアで水素ベース社会の実現に向けた政策議論が開始される。

(2) プロジェクト目標:

微細藻類を利用し二酸化炭素をインドネシアの持続可能な資源として回収する技術が統合・開発され、カーボンニュートラルな社会に向けた収益性のあるシナリオが提供される。

指標及び目標値:

1. 研究論文が計 10 本以上発表される。
2. 統合された藻類ベース CCU 技術のカーボンニュートラル社会の実現に向けた有効性を説明するレビュー論文が 1 本以上発表される。
3. CCU シナリオ、健康と農業に関するポリシーブリーフ (提言)、グリーン水素技術に基づく水素社会に向けたロードマップ、低炭素石炭火力発電所にかかるポリシーブリーフ (提言) が関係当局・ステークホルダーに提出される。

(3) 成果:

成果 1: 産業利用に向けた微細藻類のゲノム編集と最適培養技術が確立される。

成果 2: 発酵食品とコンポストにおいて発酵リモデリングによる付加価値が検証される。

成果 3: バイオマスからの高効率な水素生産の基礎技術が確立される。

成果 4: バイオマス及び水素ベース燃料の混焼モデルが開発される。

(4) 主な活動:

以下の要素技術を確立し、CCU シナリオ、健康と農業に関するポリシーブリーフ、水素社会に向けたロードマップ等を作成する。

- ① 石炭火力発電所に藻類バイオリクターを導入し、火力発電所の排ガスを利用した微細藻類の培養技術を開発する
- ② 微細藻類を利用した「グリーンテンペ」を開発・生産するとともに、微細藻類を用いた堆肥化技術を高度化する
- ③ 高効率ケミカルルーピングによるバイオマス資源からの水素生産の基礎技術を開発する
- ④ 石炭火力発電所におけるバイオマス及び水素ベース燃料の混焼技術を開発・高度化する。これらの要素技術を確立し、CCU シナリオ、健康と農業に関するポリシーブリーフ、水素社会に向けたロードマップ等を作成する。

5. 前提条件・外部条件

(1) 前提条件

プロジェクトの活動が、国や地域の環境規制に抵触しない。

(2) 外部条件

- 上位目標レベル: 関係当局・ステークホルダーのカーボンニュートラル社会への優先度が大きく変わらない。
- プロジェクト目標レベル: CCU シナリオ、ポリシーブリーフ(提言)、ロードマップの作成に関係当局が協力する。

6. 過去の類似案件の教訓と本事業への適用

SATREPS の他事業の評価報告書等より以下の教訓を得ている。

- ベトナム「高効率燃料電池と再生バイオガスを融合させた地域内エネルギー循環システムの構築」(2020年3月終了)では、プロジェクト機材の輸入手続きに長期間を要し、実験計画に大きな影響があった。本事業では、供与機材の輸出や設置手続きについて、火力発電所や研究機関等を含めて検討を開始し、遅延等が発生しないよう事前の準備を既に進めている。
- インド「マルチモーダル地域交通状況のセンシング、ネットワーキングとビッグデータ解析に基づくエネルギー低炭素社会実現を目指した新興国におけるスマートシティの構築」(2022年6月終了予定)では、インドにおける成果普及に向け在日インド大使館からの側面支援があった。本事業では、火力発電所等で微細藻類の試験培養やバイオマス混焼試験の実施を計画しており、関係省庁、参加企業を含むステークホルダーとの関係を構築・強化して目標の達成に繋げていく計画としている。
- インドネシア「インドネシアにおける地熱発電の大幅促進を目指した蒸気スポット検出と持続的資源利用の技術開発」(2020年4月終了)では、相手国実施機関が最先端機材の設置を広報して、国内研究機関等からの分析受託により機材維持管理費の捻出や、卒業生から財政支援を取り付ける等の研究費獲得につなげた。本事業でも、UNPAD と BRIN を中心に競争資金への応募や

予算申請を含め研究実施・拡大に向けた資金調達努力を進めていく。

7. 評価結果

本事業は、インドネシアの開発課題・政策並びに我が国及び JICA の協力量針・分析に合致し、グリーン発酵技術およびグリーン水素技術による CCU 基盤の構築とカーボンニュートラルな社会に向けた提案を通じてインドネシアにおける持続可能な社会の実現に資するものであり、SDG2（栄養改善）、SDG7（エネルギーへのアクセス）、SDG13（気候変動対応）にも貢献すると考えられることから、事業を実施する必要性は高い。

8. 今後の評価計画

（1）今後の評価に用いる主な指標

4. のとおり。

（2）今後の評価スケジュール

事業完了3年後 :事後評価

以 上

別添資料 インドネシア国 微細藻類による二酸化炭素の固定と資源化によるエネルギーおよび食料資源の持続的生産システムの創出 地図



プロジェクト サイト 研究テーマ	セルボン (バンドン州)	ジャカルタ	バンドン				ジョグジャカルタ	バイトン (東ジャワ州)
	① BRIN RcECC	② AWINA	③ UNPAD	④ BRIN EcETC	⑤ ITB	⑥ UPI	⑦ UGM	⑧ PT Jawa Power
成果1 藻類バイオリアクター		✓	✓	✓		✓	✓	✓
成果2 グリーン発酵			✓	✓		✓	✓	
成果3 グリーン水素			✓	✓	✓		✓	
成果4 混焼技術	✓	✓			✓		✓	✓