

## 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

「インドネシア中部ジャワ州グンディ・ガス田における二酸化炭素の地中貯留及びモニタリングに関する先導的研究」(2012年4月～2017年3月)

#### 2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：松岡 俊文 (京都大学 学際融合教育研究推進センター 特任教授)
2. 2. 相手国側研究代表者：Wawan G. A Kadir (インドネシア バンドン工科大学(ITB) 教授)

#### 3. 研究概要

インドネシアは、泥炭地からの二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量を含めた場合、中国、米国に次ぐ温室効果ガス(GHG)排出国であり、経済成長に伴うエネルギー需要の増加に付随するGHG排出量の増加が懸念され、中でも、ガス田から天然ガスを生産する際に産出されるガスに含まれるCO<sub>2</sub>の空気中への大量の排出が問題視されている。同国は2030年までに、対策を講じなかった場合と比較して29%の温室効果ガス削減をコミットしている。

本プロジェクトでは、CO<sub>2</sub>の直接的な削減法としてガス生産の際に出たCO<sub>2</sub>を回収して地中に封じ込めるCCS(Carbon dioxide Capture and Storage)技術の体系化を目的に、中部ジャワ州グンディ・ガス田において、同国内で初のCO<sub>2</sub>地中貯留実証試験およびモニタリング技術の研究開発を行う。具体的には、研究フェーズ1として貯留サイトの選定からCO<sub>2</sub>圧入までを実施し、研究フェーズ2としてCO<sub>2</sub>圧入後のモニタリングやSOP(Standard Operation Procedure, 作業手順書)作成および普及活動を行うことで、将来的にインドネシア国内でのCCSの推進を図ることを目的とする。

#### 4. 評価結果

**総合評価 (A+ : 所期の計画をやや上回る取り組みが行われ、大きな成果が期待できる。)**

当初、インドネシア国有の石油・ガス関連企業であるプルタミナ社が本CCS事業に出資することを前提に計画していたが、インドネシア国内法により、同社が本事業に直接資金を支出できないことが判明した。そのため、CO<sub>2</sub>を圧入し貯留のモニタリングを行う後半フェーズへの移行が計画より大きく遅れた。

他方、地層モデルや貯留層評価、貯留シミュレーション、各種モニタリング手法等の地質・地球物理学的研究は順調に行われ、貯留についても圧入地点の選定と圧入計画は既に作成されてい

る。また電気・電磁法等のモニタリング技術開発、人的交流の進捗状況は良好であり、今後順調に推進できればプロジェクト全体として大きな成果が期待できる。

最終的に、アジア開発銀行(ADB)が東南アジア初の CCS 事業として本プロジェクトに強い関心を持ち、約 2200 万円を出資して実現可能性調査(F/S)を実施、その良好な結果を受けて約 16 億円の本格出資が行われる見込みとなったことにより、プルタミナが引き続き本事業を行うことが可能となり、CO<sub>2</sub>圧入に関連する地上設備建設とモニタリングに対しての見通しがついた。ADBの本プロジェクトへの高い期待と研究資金を得た点は評価できる。また、我が国の JCM (Joint Crediting Mechanism、温室効果ガス削減の目標達成における二国間クレジット制度)の有力候補でもあり、本プロジェクトの政策的意義も大きい。

プロジェクト期間中に ADB の外にも NEDO 等の事業との関係も構築し、後継事業の見通しも立っており、社会実装への道筋を切り開いた。また、圧入候補地点の自治体からの信頼も獲得し、社会受容性に関しても成果を挙げている点も評価できる。

以下に、評価項目における特筆すべき内容を列挙する。

#### 4-1. 地球規模課題解決への貢献

##### 【課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト】

CCS は長期的な地球温暖化対策において極めて重要な技術。特にわが国同様のプレート沈み込みで形成された地質構造を持つインドネシアでの研究開発の重要性は高い。特に、新規なモニタリング手法、貯留層シミュレーションなどの要素技術の開発を中心に、多くの科学的・技術的成果をあげ、また CCS の基準書 (SOP) Ver.1 を完成させたインパクトは極めて大きい。

一方で、CCUS\*を含まない CCS に限定されていること、圧入技術そのものを含まないこと、圧入試験による技術の実証がプロジェクト終了後になった点は残念である。

以上の結果から、科学的・技術的インパクトは、極めて高いとはいえないものの相当に高いと評価される。

##### 【国際社会における認知、活用の見通し】

多くの研究成果は論文、学会発表等で積極的に発信されている。Ver.1 の完成された SOP は、更新、公開の仕組みを工夫することにより、CCS、CCUS のニーズの高いインドネシアで将来大いに活用される可能性がある。また、ADB 出資によるパイロット事業が実施されることにより、国際的により一層注目されることは確実と考えられる。

以上の結果から、国際社会における認知、活用の見通しは、相当に高いと判定される。

##### 【他国、他地域への波及】

---

\* Carbon dioxide Capture, Utilization & Storage、CCS による CO<sub>2</sub>圧入を地下資源回収などに利用するもの

得られた科学的・技術的知見は広く活用されると思われる。また、このプロジェクトと ADB 出資による今後の実証により、CCS の実現可能性が明らかになれば、日本も含め地質構造の類似した地域への波及効果は大きい。

したがって他国、他地域への波及の可能性は、相当に高いと考えられる。

#### **【国内外の類似研究と比較したレベル】**

革新的なモニタリング技術の開発と実証、超臨界 CO<sub>2</sub> と鉱物の濡れ性解析など基礎的物性研究、シミュレーションによる深部地層中での CO<sub>2</sub> の挙動解明など、多くの成果が得られており、共著も含め多くの論文や学会発表が行われている。

以上の結果から、研究のレベルは国内外の類似研究と比較して、トップレベルの高い水準にあると評価できる。

### **4-2. 相手国ニーズの充足**

#### **【課題の重要性とプロジェクトの成果が相手国ニーズの充足に与えるインパクト】**

同国の天然ガスは CO<sub>2</sub> を多く含むため CCS のニーズは大きく、また、CCUS の一つである EOR (Enhanced Oil Recovery、原油増進回収法) と組み合わせて原油開発に実用化される可能性も高い。ADB の資金提供によるパイロット事業が開始されたこと自体、同国でのニーズに合致と重要性を示している。

したがって、相手国ニーズの充足に与えるインパクトは、極めて高いと考えられる。

#### **【課題解決、社会実装の見通し】**

ADB 事業として 2020 年には圧入を開始する計画でパイロットプロジェクトが開始され、課題解決・社会実装に向けて大きな前進を見せている。ADB 資金による F/S により、社会的受容性や法的規制の検討が行われたことも、社会実装に向けた大きな成果である。

CCUS であれば、それ自体で事業化が進む可能性があるが、CCS のみでは追加でのコスト発生となるため、炭素税や JCM、CDM (クリーン開発メカニズム) などによる経済的インセンティブも必要と考えられる。

これらの結果から、課題解決、社会実装の見通しは相当に高いと評価される。

#### **【継続的発展の見通し (人材育成、組織、機材の整備等)】**

プロジェクトにおいて相手国人材の育成、両国の連携強化、基盤となる機材ソフトの供与と先端技術移転が進み、継続的発展の見通しは相当に高いと評価される。

**【成果を基とした研究・利用活動が持続的に発展していく見込み (政策等への反映、成果物の利用など)】**

相手国研究機関の ITB に CCS に関するインドネシア COE（センター・オブ・エクセレンス、研究拠点）が設置され、ADB 資金によるパイロット事業を共同実施する計画であるため、今後研究・利用活動が持続的に発展していく見込みは、相当に高いと判定される。SOP は今後とも更新していく必要があるので、更新・公開の仕組みが重要である。

### 4-3. 付随的成果

#### 【日本政府、社会、産業への貢献】

ADB のパイロット事業に関心を示している日本企業が存在するなど、わが国の CCS 技術の国際展開への貢献が期待できる。また、わが国の CCS にも参考となる多くの知見が研究成果から得られた。以上の結果から、日本政府、社会、産業への貢献は、極めて高いと評価される。

#### 【科学技術の発展】

超臨界 CO<sub>2</sub> の挙動に関する知見が得られるなど、実験データと計算機シミュレーションを用いた理論研究をベースとした CCS 工学の確立に向けた取り組みが行われ、着実な進歩に貢献している。圧入試験による総合的な実証には至らなかった点が残念であるが、科学技術の発展への貢献は高いと評価できる

#### 【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

多数の研究者が相互に交流し、日本の学生、若手研究者が各種調査に参加した。日本の若手人材の関与という点では多少もの足りないが、世界で活躍できる日本人人材の育成の面の評価はやや高いと考えられる。

#### 【知財の獲得や、国際標準化の推進、生物資源へのアクセスや、データの入手】

特許出願が無く知財の取得の面では物足りないが、国際標準化の推進においては、標準手順書（SOP）を充実させて現在進行中の CCS の ISO 化に貢献するなどの見通しがある。

#### 【その他の具体的成果物（提言書、論文、プログラム、試作品、マニュアル、データなど）】

共著を含む 83 篇の論文、194 件の学会発表など発表件数が多く、圧入試験の結果が反映できていないものの、標準手順書（SOP）の初版も完成している。以上の結果から具体的成果物は、相当に高いレベルと判定される。

#### 【技術および人的ネットワークの構築（相手国を含む）】

多くの学生、研究者がプロジェクトに参画し ITB と強力な人的ネットワークができており、相手国政府機関との連携も構築されているなど、相当に高いレベルと評価できる。今後、COE への関与を含め一層の連携に期待したい。

#### 4-4. プロジェクトの運営

##### 【プロジェクト推進体制の構築（他のプロジェクト、機関などとの連携も含む）】

京都大学と ITB の以前からの交流を活かし、協力関係を有効に機能させた。当初見込んでいたプルタミナ社の資金投入が不可能になった後に、ADB の参加を活用して社会実装への道筋をつけた。以上の結果から優れたプロジェクト推進体制が構築されていたと評価できる。

今後、ADB のパイロット事業において、本研究の技術成果の活用実績が分かる形になることがのぞましい。その意味では特許が出願され技術をライセンスする状況を整えることがのぞましかった。

##### 【プロジェクト管理および状況変化への対処（研究チームの体制・遂行状況や研究代表者のリーダーシップ）】

プルタミナ社が自社資金で実証実験を行えず、プロジェクトの実施自体が危ぶまれるという、極めて厳しい状況を克服し大きな成果を上げた。困難を突破する研究代表者の強力なリーダーシップは明確であり、極めて高く評価できる。

##### 【成果の活用に向けた活動】

最終シンポジウムを現地の圧入サイトの州で実施するなど、住民への啓蒙も行っている点、高く評価できる。

##### 【情報発信（論文、講演、シンポジウム、セミナー、マスメディアなど）】

多くの論文発表の他、14 回の CCS シンポジウムの他にセミナー、ワークショップを開催した。地元メディアを利用した普及活動を行うなど、全体として非常に高く評価できる。

##### 【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

特段の問題が無く、優れていると評価できる

#### 5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

プロジェクトの研究者には、このプロジェクトの成果を最大限に活かせる様に、後継事業の展開にも積極的に関与し、CO<sub>2</sub>が圧入されてからのモニタリングのフォローをしっかりとやってほしい。本プロジェクトの実績が ADB 出資のパイロット事業の中で埋没しないように、インドネシアの CCS 事業における本プロジェクトの貢献・レガシーを明確に維持するよう努力してほしい。

以上

## 成果目標シート

研究課題名	インドネシア中部ジャワ州グンディガス田における二酸化炭素の地中貯留及びモニタリングに関する先導的研究
研究代表者名 (所属機関)	松岡俊文 (京都大学学際融合教育研究推進センター)
研究期間	平成23年採択(平成24年4月1日～平成29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/バンドン工科大学、Pertamina国営石油、トリサクティ大学

### 付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	日本人研究者による東南アジア初のCCSパイロット研究の推進による関連日本企業のインドネシアへの投資推進、並びに、国際競争力向上
科学技術の発展	・ 岩石表面の濡れ性、孔隙内CO2流動のミクロスケールな基礎研究を取り込んだモニタリング技術開発(CO2飽和度推定技術) ・ 研究対象地域の特徴を考慮したモニタリング技術(電磁探査手法)の開発によるCCS技術の向上
知財の獲得、国際標準化の推進等	ISO等、世界におけるCCS技術標準化への貢献
世界で活躍できる日本人人材の育成	・ インドネシアでの技術供与(供与機器を使った現地でのCCS実験)への参加を通じた指導的人材の育成 ・ 現地でのワークショップへの講師派遣による世界で活躍できる人材の育成
技術および人的ネットワークの構築	本プロジェクト推進による、インドネシア石油産業界、担当省庁、関連大学との広範囲な人的ネットワークの構築
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・ 東南アジアで初のCCS作業基準書作成(これらを基にしたインドネシア国内でのCCS事業のデファクト標準を目指す) ・ CO2挙動把握の新手法を含む先進技術と周辺基盤技術の開発とその成果公表の継続

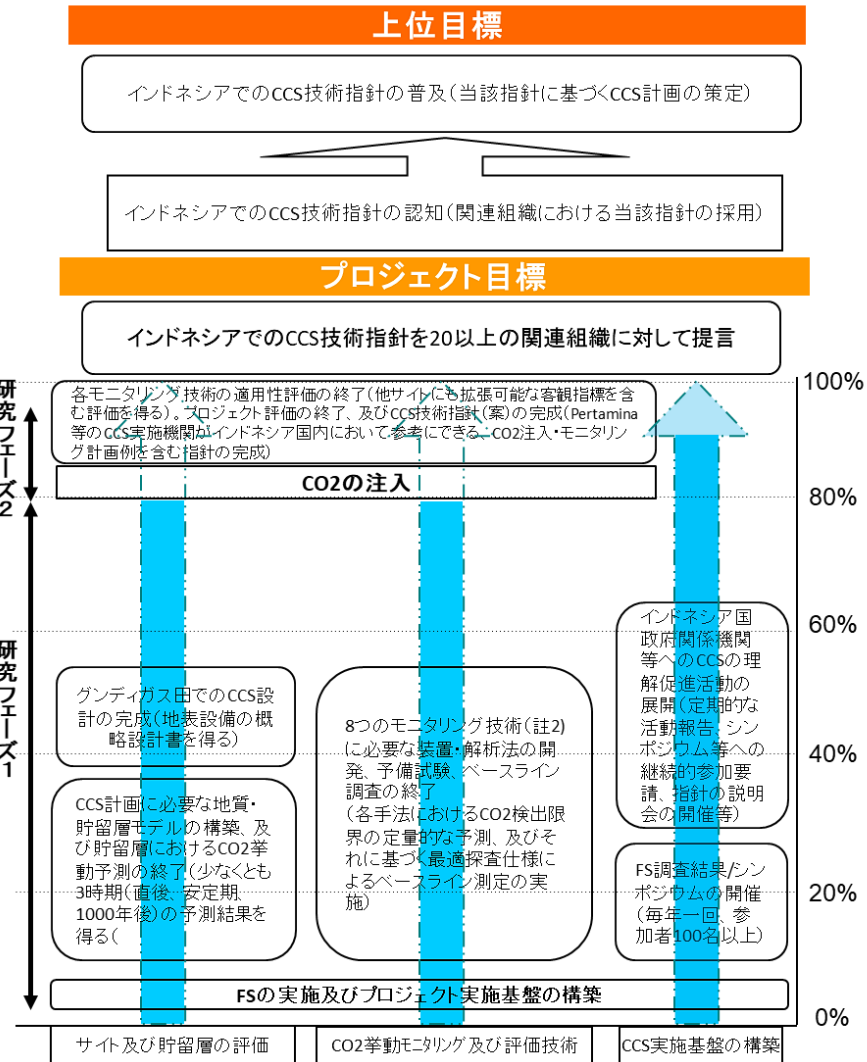


図1 成果目標シートと達成状況(2017年9月時点)