

**地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)**  
**研究課題別中間評価報告書**

**1. 研究課題名**

インドネシアの泥炭・森林における火災と炭素管理

**2. 国際共同研究期間**

2009年12月－2014年3月

**3. 研究代表者**

3. 1. 日本側：大崎 満（北海道大学・大学院農学研究院・教授）
3. 2. 相手側：Bambang Setiadi（インドネシア国家標準庁・長官）

**4. 研究概要**

インドネシアの熱帯泥炭には多量の炭素が蓄積されているが、最近開発が急速に進み、乾燥化にともなう泥炭・森林火災や微生物分解により、日本の年間排出量に相当するほどの膨大な量の二酸化炭素の放出源となりつつある。本研究は、インドネシアの熱帯泥炭地（中部カリマンタン州にあるメガライス・プロジェクト（MRP）地域・約100万ha）を対象として、泥炭地からの炭素排出量が現状の1/3～1/5以下となる炭素管理手法の開発と中央・地方政府・地域コミュニティへの提案を行い、インドネシアの温室効果ガス排出量を削減するとともに、REDD事業あるいはカーボン・オフセットメカニズムが成立した際それを日本の貢献としてカウントされることを目指す。

**5. 評価結果**

**総合評価（A：所期の計画と同等の取組みが行われている）**

本研究課題の上位目標は、科学技術的知見に基づいたREDD<sup>+</sup>等に活用できる熱帯泥炭地の炭素量評価・管理モデルの開発とインドネシア中央・地方政府・地域コミュニティへの提案により、インドネシアの温室効果ガス排出量を削減するとともに、REDD事業あるいはカーボン・オフセットメカニズムが成立した際それを日本の貢献としてカウントされることである。

---

<sup>1</sup> REDD+：森林減少・劣化による排出削減、森林保全、持続可能な森林管理、森林炭素蓄積の増強（Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries）

プロジェクト開始当初、日本側およびインドネシア側の研究参画者は、総勢 200 名程度で構成されていたため、各研究グループの個別成果をプロジェクト目標実現（泥炭地からの炭素排出量が現状の 1/3~1/5 以下となる炭素管理手法の開発と中央・地方政府・地域コミュニティへの提案）に向けての道筋に不安な面があった。しかし、熱帯泥炭地での調査を 10 年以上行ってきたこれまでの研究実績と研究代表者や各グループリーダーなどで構成されるプロジェクト運営委員会の設置等の運営面の強化により、各研究グループの個別成果が中間時点ではまとまりが見えるようになってきた。

また、インドネシア側においても、この研究プロジェクトの重要性を認識し、成果を活用する動きが具体的に始まっている。

グループ別の成果としては、泥炭地の炭素量の把握、炭素の流出、分解、炭素放出の原因となる泥炭・森林火災の防止、検知・拡散予測、消火からなる管理モデルを開発するとともに、その具体的対策を考案するところまでに至った。その中で、リモートセンシングとモデルを使った泥炭地の地下水位の広域モニタリングなどユニークかつ重要な成果が出ており、現在までのところ、初期の計画を十分達成している。

さらに、具体的な保全方法を、REDD+や国際標準化機構（ISO）に関連した提案としてとりまとめ、泥炭地における温室効果ガス排出削減によるクレジット化に関心がある中央・地方政府関係機関のほか日本等の企業に高く評価されており、社会実装という観点からも重要な成果をあげつつあると言える。

これらの進捗状況に鑑み、研究計画は適切であり、その計画が着実に実施されていると評価する。

なお、地表森林を対象として泥炭地の再生は含まれていない現状の REDD+などへ泥炭地からの温暖化ガス削減の効果を導入させるために、地下部において定量化が難しい泥炭地の有機炭素について、REDD+が要求する高精度で単純化された評価手法を確立することは極めて挑戦的な取り組みである。

今後長年の熱帯泥炭地での調査研究の蓄積等も活用し、本課題で行っている熱帯泥炭地の炭素収支の推定法および炭素排出抑制の技術開発をより確かなものとし、また熱帯泥炭地における温室効果ガスの排出削減クレジットの国際標準化に持って行けるよう努力して頂きたい。

個々の技術についての成果の達成はもとより、それをまとめた運営管理システムの構築という最終目標に向かって資源を集中し、まとめ上げることができれば、科学技術上の成果のみならず生態系保全と地球温暖化抑止への大きな成

果を上げることができるものと期待できる。

本プロジェクト終了までに残されるこれらの課題も念頭に置き、引き続き国際共同研究が進められることを期待する。

## 5-1. 国際共同研究の進捗状況について

本プロジェクトは、4つの研究グループ、すなわち、(1)火災検知・制御システム（相手国の主たる担当機関：インドネシア航空宇宙研究所等）、(2)炭素量評価システム（インドネシア科学院、インドネシア技術評価応用庁等）、(3)炭素管理システム（パランカラヤ大学等）、(4)統合的泥炭地管理システム（インドネシア国家標準局、インドネシア林業省研究開発局等）で構成されている。

日本および相手国の参画機関も多数ある中、研究代表者や各グループリーダーによる強力なリーダーシップの下、個別の研究成果が着実に出てきている。具体的には、グループ(1)では、世界的に利用されている火災検知アルゴリズム（MOD14）と比較して、検出精度80%、誤検出10%低減の火災検知アルゴリズムを開発し、延焼予測・伝達システムと組み合わせ、泥炭・森林火災の制御を図ることを目標とし、順調に進行している。グループ(2)では、タワーを利用した渦相関法によるCO<sub>2</sub>フラックスの炭素量評価手法以外に、当初の計画にはなかった日本のCO<sub>2</sub>観測衛星（GOSAT）を利用した地域スケール（中部カリマンタン州）での炭素収支評価や太陽の直達光観測から大気中CO<sub>2</sub>濃度を定量化するシステムを開発し、各手法による現地観測データを蓄積・検証することにより、誤差20%以内の広域レベルの熱帯泥炭生態系のCO<sub>2</sub>収支定量化モデルの開発が進んでいる。グループ(3)では、水位・水質観測などに基づいた泥炭地の地下水挙動モデル構築や攪乱後の森林植生回復過程のパターン化などに取り組み、熱帯泥炭地の火災・分解を予防する水管理・植生回復手法の開発を進めている。グループ(4)では、リモートセンシングを活用した泥炭地の含水率変動評価技術の開発に加え、グループ(1)から(3)までの個別手法を組み合わせた泥炭地における統合的MRV（測定・報告・検証）システムの構築を図り、インドネシア国内の省庁関係者や国際ドナー、NGO団体と意見交換を行い、本MRVシステムが認知されつつある。以上のように、全体として研究は当初の計画通りに進んでいる。

インドネシア国内でも、インドネシア気候変動協議会（DNPI）が中心となって、泥炭地における温室効果ガスの排出削減のクレジット化の構築についての検討に取り組み、日本との2国間クレジットの枠組み構築などの協議も加速されている。そのような背景の下、当初の計画にはなかったが、グループ(4)では、泥炭地における統合的MRVシステムのコンセプトをプロジェクト開始2年度目に構築することとし、最終年度までには、REDDの事業化で活用できるような定量的シミュレーションモデルとすべく、研究を加速することとしている。本

プロジェクトで提言した MRV システムは、第 16 回気候変動枠組条約締約国会議 (COP16) や COP17 などの国際会議の中でも、関係者に認知されつつあり、泥炭地を有するアフリカ諸国 (ウガンダ、ザンビアなど) から高い関心を持たれ、成果の活用先の新たな展開やその波及効果が期待できる。

論文誌への発表 (国内 2 件、国際 10 件) や国内外の学会等での口頭発表 (国内 10 件、国際 63 件) が数多くなされ、研究代表者は IPCC ガイドライン (Wetland セクション 2013 改訂版) の第 1 章 (Wetland について) のリード・オーサーに選出されるなど、この研究は国際的に高く評価されている。また、Asia Carbon Update Forum などの国際シンポジウムや COP16 などの国際会議を初めとする積極的な研究成果の発信のほか、2 国間オフセット・クレジット制度事業化調査に関連する企業への助言など、積極的な意見交換を進めており、今後の発展、実用化促進が期待される。

## 5-2. 国際共同研究の実施体制について

日本側およびインドネシア側の研究参画者は、総勢 200 名程度で構成されているため、運営体制に不安な面があったが、熱帯泥炭地での調査を 10 年以上行ってきたこれまでの研究実績と研究代表者や各グループリーダーなどで構成されるプロジェクト運営委員会設置などの運営面の強化により、最終目標に向けてベクトルを合わせて進めている。また、インドネシア評価技術応用庁 (BPPT) とインドネシア気候変動協議会 (DNPI) が本プロジェクトに新たに参画することにより、共同研究と研究成果の活用という面で、研究体制は更に強化され、望ましい展開となっている。

投入機材については、衛星画像、地理情報システム・リモートセンシング解析ソフト、水位計、気象観測装置、イオンクロマトグラフ、全有機炭素分析計などがインドネシア側のカウンターパート機関に配備され、現地観測やインドネシア側研究者との共同研究に有効に活用されている。同様に、日本国内においても、一酸化炭素・メタン・水素自動サンプリング・分析装置や衛星画像等により、大気中 CO<sub>2</sub> 濃度を定量化する機器開発や火災検知システム開発などの研究に活用されている。また、インドネシアにおける生物資源の取扱いの規則なども十分に理解し、相手国政府の信頼を得ながら、研究・調査が進められている。しかしながら、研究予算については、参画機関の増加と、活動範囲の広がりにより、予算が増額傾向にあるため、選択と集中を検討する必要がある。

## 5-3. 科学技術の発展と今後の研究について

熱帯泥炭地における現地観測データや現地検証作業による科学技術的知見に基づいた熱帯泥炭地域の炭素管理と REDD+等に活用できる熱帯泥炭地の炭素量

評価・管理モデルの開発は、国内外でも先導的で優れた研究であり、科学技術上の成果は十分期待できる。

特に、本プロジェクトの目標が実現したときの二酸化炭素放出量の削減効果はきわめて大きく、REDD+、2 国間カーボン・オフセット・パートナーシップでの活用が現実味を帯びてきている環境の中で、日本企業等の関心も高い。精度・測定方法の簡素化・コスト面において、REDD+事業化に活用できるような汎用性の高い提言に最終的にまとめていくための道筋を更に明確にする必要がある。また、本プロジェクトの外部条件となるかもしれないが、COP17 での日本政府の京都議定書の脱退などの影響により、温室効果ガス排出削減のクレジットの枠組み自体の議論も頓挫してしまう可能性もあるため、引き続き関係者への情報収集や意見交換を図りながら、プロジェクトを進めていくことも重要である。

本プロジェクトでも、学生を含む日本側若手研究者の参画も一部組みこまれており、現場での研究実施の過程で、研究上の問題の発見や対処方法を学んできている。また、本プロジェクトで雇用された特任研究員が、若手フィジビリティ・スタディの研究代表者として採択されるなど、人材育成が図られつつある。しかしながら、日本側参画研究者の数から比べると、現地におけるさまざまな困難や問題を解決する交渉・調整能力をもった若手日本人の人材育成の数は少なく、グローバル化に大きく貢献できる日本人若手人材育成への努力が更に望まれる。

本研究課題の知見は、インドネシア国内のみならず、熱帯泥炭地を有する他の地域や国々でも活用できることが見込まれる。実際、COP16、COP17 や Asia Forum on Carbon Update などの国際会議の中で、東南アジア地域のみならず、ウガンダやザンビアなどのアフリカ諸国からも、泥炭地における温室効果ガスの排出削減のクレジット化の構築に向けて、本プロジェクトで開発中のモデルの利用についての引き合いがある。我が国初の科学的知見に基づいた泥炭地の管理手法を普及していくことは、地球規模課題および我が国の科学技術の貢献という面で十分期待できる。

#### 5-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

本研究課題では、プロジェクト開始以前に日本側研究代表機関である北海道大学で学位を取得したインドネシア人を日本側研究機関の特任助教として雇用したり、プロジェクト期間中も現地研究者 7 名を日本の博士課程（後期）、1 名を博士課程（前期）留学生として、また、短期研修生として 4 名の現地研究者を北海道大学に受け入れて技術指導・教育を行っており、相手国の人材育成の点では高く評価出来る。しかしながら、本研究課題が終了した後、現地の大学等での研究者が持続的にこの課題実施期間中と同じような水準で研究を行うことが出来るかに関しては、研究機材、研究資金等を含めてもかなりの困難が予

想される。インドネシア側も泥炭地の管理に関する大学間ネットワーク構築などの検討を進めているが、息の長い研究者間での共同研究体制を構築できるような取組を現時点からも更に検討していく必要がある。

インドネシアで開催された第13回気候変動枠組条約締約国会議（COP13）で討議された REDD などの枠組みへのインプットとして本課題からの研究成果が期待されることとなり、これまでの研究グループの長年の研究実績が評価されることとなったことは地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）の目的にも合致するものであり評価できる。泥炭・森林火災を防止することによる泥炭からの炭素放出を REDD+に組み込む、あるいは ISO 基準に盛り込むというような方向性が明確になった点は、大いに期待できるが、こうした方向性が成功するためにも、きちんとした科学的根拠が重要である。

### 5-5. 今後の課題

(1) 本プロジェクトの最終目標（泥炭地からの炭素排出量が現状の 1/3~1/5 となる炭素管理手法の開発と中央・地方政府・地域コミュニティへの提案）に向けて、①各研究グループの目標に向けての俯瞰図と各グループ間の相関図を作成し、②最終目標に向けた優先順位（具体的研究課題：年間を通じて水位を上げることで火災の確率を減少させること。モニタリング手法の高度化や予測モデルの精度を向上すること。）を明確にして資源を集中することが必要である。更に、③その成果を研究終了後に実装するための仕組みづくりを検討してほしい。

(2) この地域はメガ・ライス・プロジェクトが失敗し大規模な水路開発による泥炭地の乾燥が進行している場として国際的にも注目を集め、幾つかの NGO を初めとするグループが REDD+を目的として活動している。この中で優位性を維持するには科学的な基盤構築と共に、現地および中央の研究・行政機関との密接な連携を取って行くことが重要である。

(3) 有効かつコストパフォーマンスのよい具体的な熱帯泥炭地管理対策を練っていく際には、科学技術的に優れているだけではなく政府や住民の合意も重要であり、現時点で有効と考えられるいくつかのオプションを政府関係者やコミュニティなどに提示しながら、明確にすることが必要である。

(4) インドネシア側で REDD+のほか、評価手法の ISO による標準化など、積極的かつ意欲的な動きが出てきた。研究期間内には間に合わないかもしれないが是非実現してもらいたい。

(5) 本プロジェクトの参加者は、総勢 200 名という大人数で構成されているため、役割の明確でない参加者の整理などを行い、確実に役割を果たせるような

研究体制とすべく、体制を更に強化することが期待される。

(6) これまでは、観測技術の開発やモデルリングなど自然科学的なアプローチによる研究手法が主体であった。この先もこのようなアプローチは継続する必要があるが、同時に、2020年での大幅な温室効果ガス排出の削減を目標にしているため、社会科学あるいは人文的なアプローチも含めて現地の社会で実現可能な施策に関して具体的に検討して行く必要がある。

以上

## 上位目標

熱帯泥炭地域の炭素管理により、インドネシアの泥炭地からの温室効果ガス排出量を1/3から1/5に削減され、日本のクレジットとしてカウントされる。

インドネシア国内の政策に採用されるとともに国際的なルール作りや二国間カーボンオフセットメカニズムに活用される。

## プロジェクト目標

泥炭地からの炭素排出量が現状の1/3~1/5となる炭素管理手法の開発と中央・地方政府・地域コミュニティへの提案。

### 付随的成果

科学技術の振興と活用
特許出願
レビュー付き論文への掲載
生物資源へのアクセス
人材育成
宇宙技術利用

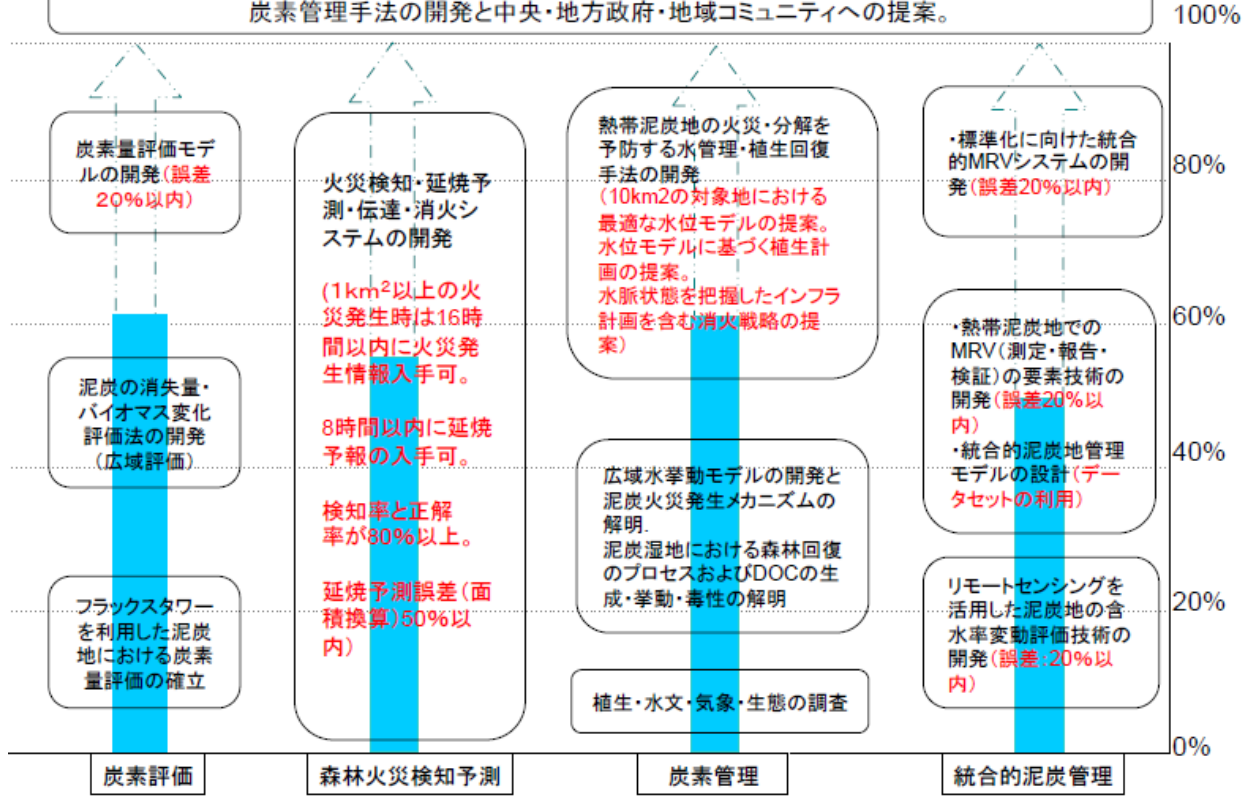


図1 成果目標シートと達成状況 (2011年11月時点)