

平成 26 年度 環境省委託事業

平成 26 年度
REDD+実証調査

情報通信技術を活用した REDD+事業実施の効率化
(インドネシア)

報 告 書

平成 27 年 3 月

株式会社三菱総合研究所

目次

1. 調査の背景	1
1.1. ホスト国の JCM に対する考え方	1
1.2. 企画立案の経緯・背景	6
2. 調査対象プロジェクト	9
2.1. プロジェクトの概要	9
2.1.1. プロジェクトサイトの概要	9
2.1.2. プロジェクトサイトへの経路およびプロジェクトサイト周辺情報	10
2.2. ホスト国における状況	14
2.2.1. 国家レベルの森林リファレンス排出量の設定方法	14
2.2.2. REDD+関連の省庁再編の動向	18
2.2.3. セーフガード情報システム ガイドラインの策定	18
2.3. プロジェクトの普及	24
3. 調査の方法	25
3.1. 調査実施体制	25
3.2. 調査課題	26
3.2.1. 方法論の開発	26
3.2.2. 現地サンプリング調査方法	26
3.2.3. 現地セミナーの開催/現地カウンターパートとの連携	26
3.3. 調査内容	27
3.3.1. 現地情報収集	27
3.3.2. 方法論の検討（衛星データ解析業務）	27
3.3.3. 現地調査	27
4. プロジェクト実現に向けた調査	28
4.1. プロジェクト計画	28
4.1.1. 実施体制	28
4.1.2. 現地実施主体の BOS 財団について	28
4.1.3. 資金計画	29
4.1.4. 詳細設計モニタリング MRV	30
4.1.5. 工事計画	31
4.1.6. プロジェクト運営計画	31
4.2. 日本の貢献	34
4.2.1. 当該 REDD+活動（森林管理活動やモニタリング活動を含む）における日本の貢献（日本製技術・製品等による優れた技術の移転、ホスト国への投資額、雇用効果（日本及び現地における新規雇用者数）等）	34
4.2.2. プロジェクトに必要な技術・製品等に関する経済性分析	36
4.2.3. JCM 方法論における日本の貢献の評価	36

4.2.4.	今後の普及導入計画	37
4.3.	MRV 体制.....	37
4.4.	ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与.....	39
4.4.1.	当該プロジェクトの実施による環境面での影響	39
4.4.2.	プロジェクト実施によるホスト国の持続可能な開発への寄与.....	44
4.4.3.	社会・経済面及び生物多様性の保全を含めた環境面におけるセーフガード	51
4.5.	今後の予定及び課題.....	56
5.	JCM 方法論作成に関する調査.....	57
5.1.	適格性要件.....	57
5.1.1.	REDD+のスコープ及び定義（条件1）	58
5.1.2.	プロジェクト対象地における管理権限（条件2）	58
5.1.3.	衛星画像及び解析手法のスペック（条件3）	58
5.1.4.	セーフガードへの配慮（条件4）	58
5.1.5.	泥炭湿地林が含まれていないこと（条件5）	58
5.2.	リファレンス排出量の設定と算定及びプロジェクト排出量の算定.....	60
5.2.1.	共通事項	60
5.2.2.	リファレンス排出量の算定	61
5.2.3.	プロジェクト排出量の算定	75
5.3.	プロジェクト実施前の設定値	87
5.3.1.	土地被覆データ及び排出係数.....	87
5.3.2.	プロジェクトエリア内の独自収集データ	90
5.3.3.	現地調査	90
5.4.	JCM 方法論案を用いた CO ₂ 排出回避量の実測に関する調査.....	95
6.	国際社会への活動	97
6.1.	方法論/モニタリング手法等のキャパビル支援.....	99
6.2.	実際のプロジェクト活動を通じた成果の情報発信	99

1. 調査の背景

1.1. ホスト国の JCM に対する考え方

インドネシア政府は、G-20 の国の一つであり、新興国グループの中でも、気候変動関連分野の課題に対して積極的に取り組む姿勢を示している。同国における主な気候変動政策の一覧を表 1-1 に示す。特に、直近の 1～2 年間の動きを中心にインドネシアの気候変動政策と JCM の動向を以下の通り、概説する。

インドネシア政府は、1994 年に国連気候変動枠組条約に批准し、2004 年 12 月に京都議定書に批准した。その後、2009 年 9 月には、ピッツバーグで開催された G20 サミットにおいて具体的な削減目標を発表した。これによると、同国は、2020 年までに BAU 比で 26%削減し、さらに国際的な支援を受けて 41%削減するとの GHG 排出削減目標を公表した。さらに、同年末にデンマークのコペンハーゲンで開催された第 15 回気候変動枠組条約締約国会議(COP15)では、ユドヨノ大統領が当該 GHG 排出削減目標を国連の場で正式に発表し、翌年 1 月に文書で条約事務局へ正式に提出された。

インドネシアでは、この 2020 年時点における GHG 排出削減目標が、その後の温暖化対策の行動計画等の根幹となっており、最も重要な政策の一つとなっている。例えば、2012 年 12 月には、この削減目標を達成するための国家行動計画(RAN-GRK)が策定された。インドネシアの各州政府は、RAN-GRK と整合する形で、自らの排出削減行動計画(RAD-GRK)の策定を求められるなど、継続的な取り組みを促すための政策導入が推進されている。

日本政府との間で検討されている「二国間クレジット制度(JCM)」については、2013 年 8 月に二国間合意の締結によって検討が開始され、その後、およそ半年に 1 度程度のペースで合同委員会が開催され、着実に成果を上げてきた。2014 年 10 月に開催された第 3 回合同委員会では、方法論 2 件と、第 1 号プロジェクトが承認され、具体的な活動が開始されている。

表 1-1 インドネシアの主な気候変動政策

年次	概要
1994 年 08 月	国連気候変動枠組条約批准(署名:1992 年、発効:1994 年)
2004 年 12 月	京都議定書批准(署名:1998 年、発効 2005 年)
2009 年 09 月	G20 ピッツバーグ・サミットにてインドネシア大統領が GHG 排出削減目標を公表(自国による取り組みとして 2020 年までに BAU 比 26%削減。さらに国際的な支援を受けて 41%削減)
2009 年 12 月	COP15 にてインドネシア大統領が GHG 排出削減目標を公表
2010 年 01 月	コペンハーゲン合意に基づき、インドネシア NAMAs に関する文書を UNFCCC 事務局へ提出
2012 年 12 月	国家行動計画(RAN-GRK)を策定

2013年8月26日	日本－インドネシア政府間でJCM（二国間オフセット・クレジット制度）に係る二国間文書に合意
2013年10月16-17日	日本－インドネシア合同委員会（第1回）の開催
2013年12月14日	日ASEAN特別首脳会議共同声明発表 ※第11条（気候変動）「（各国が）日本が進めるジョイント・クレジット・メカニズム（JCM）に留意した」と言及。
2014年5月19日	第2回 日・インドネシア合同委員会の開催
2014年10月30日	第3回 日・インドネシア合同委員会の開催 ※第1号プロジェクトが承認された。 <i>ID001 Energy Saving for Air-Conditioning and Process Cooling by Introducing High-efficiency Centrifugal Chiller</i> ※方法論2件が承認された。 <i>ID_AM001 Power Generation by Waste Heat Recovery in Cement Industry</i> <i>ID_AM002 Energy Saving by Introduction of High Efficiency Centrifugal Chiller</i>
2015年1月7日	提案 JCM プロジェクトへのパブリック・コメント実施中（2015年1月7日～2015年2月5日）

出典：環境省（2013年）「新メカニズム情報プラットフォーム」等の各種情報より作成

参考までに、インドネシア政府が導入している「温室効果ガス排出削減に関する国家行動計画」の概要を示す。

【参考】温室効果ガス排出削減に関する国家行動計画(RAN-GRK)

温室効果ガス排出削減に関する国家行動計画(RAN-GRK)は、インドネシアのGHG排出削減目標(自国による取り組みとして2020年までにBAU比26%削減。さらに国際的な支援を受けて41%削減)を達成することを目的として、エネルギー、廃棄物、土地利用等の部門別の具体的な排出削減対策を取りまとめた行動計画である。

RAN-GRKの下では、中央政府、地方政府、民間企業、その他のステークホルダーに対して、トップダウンアプローチにより、温室効果ガス排出量の削減対策に関する政策枠組みを提示するとともに、ボトムアップアプローチにより、RAD-GRKに基づいた州レベルの取り組み状況を把握するための仕組みが導入されている。これによって、進捗把握を確実にするとともに、適切な支援が実施できるように検討されている。

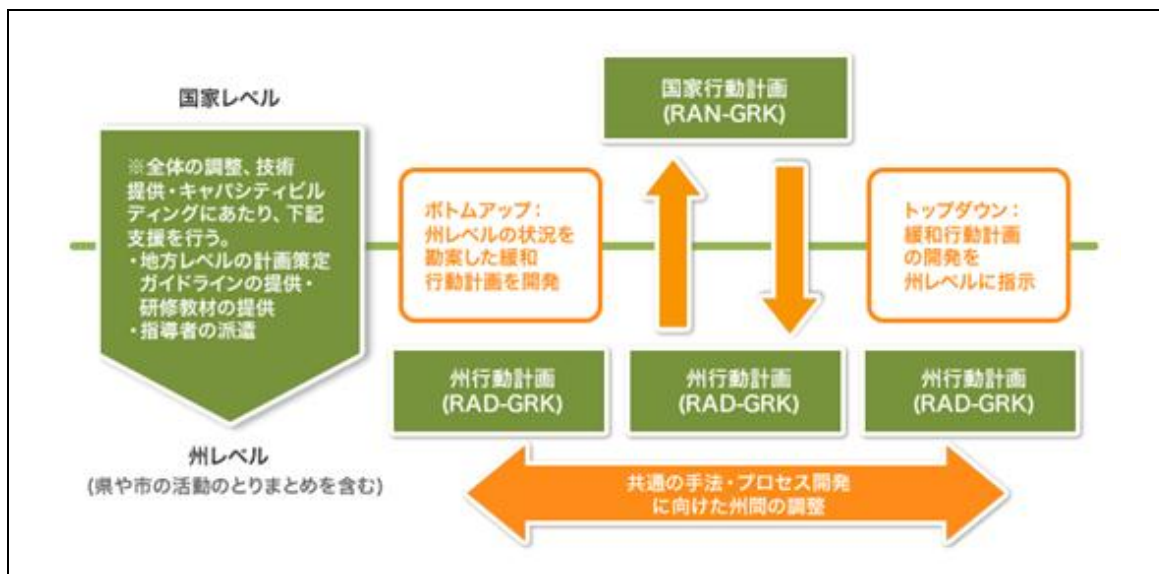


図 1-1 インドネシアにおける GHG 排出削減行動計画の考え方
(国家レベル/州レベルでの連携)

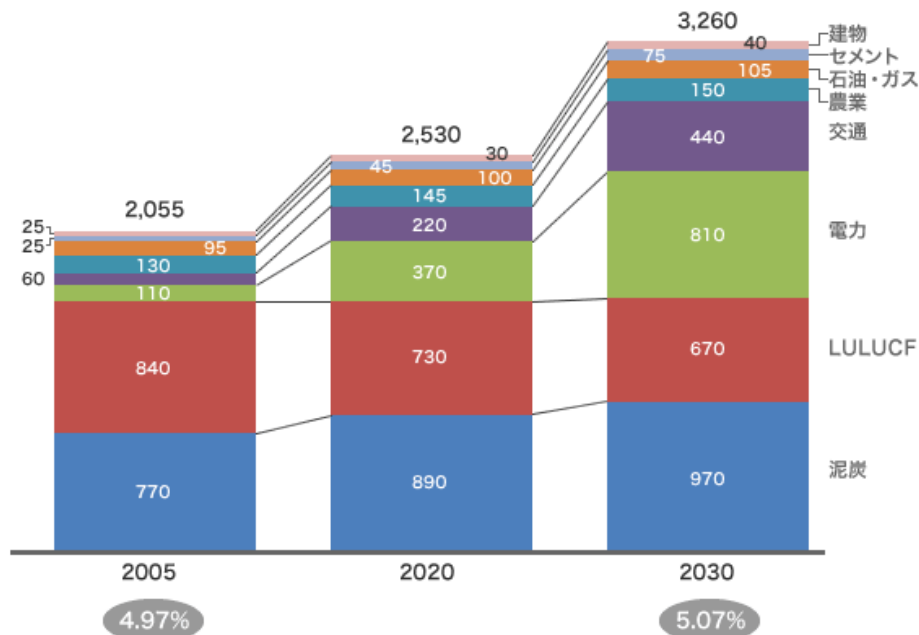
出典:環境省(2013年)「新メカニズム情報プラットフォーム」

国家気候変動協議会 (National Council for Climate Change; DNPI) によって計算された、将来の GHG 排出量に関するシミュレーション結果を図 1-2 に示す。これによれば、インドネシアの GHG 排出量は BAU シナリオで、2005 年の 20.6 億 tCO₂e から、2020 年に 25.3 億 tCO₂e (2005 年比 +22.8%)、2030 年に 32.6 億 tCO₂e (2005 年比 +58.3%) になると予測され、今後も急速な伸びが予想されている。

インドネシアの GHG 排出量で特筆すべき点は、土地利用・土地利用変化及び森林 (LULUCF) 及び泥炭における排出量が主要な排出源となっていることである。2005 年、2020 年、2030 年と、時間が経過するとともに、LULUCF は 40.9%、28.9%、20.6%、泥炭は 37.5%、35.2%、29.8% と、排出量全体に占める割合は減少するものの、2030 年時点においても、両者を合わせると、GHG 排出量全体の半分以上を占めると予想されている。インドネシアにおいて、LULUCF・泥炭からの排出量は、発電及び交通分野の排出量と並んで、将来にわたり排出削減対策が必要となる重要な排出源と認識されている。

さらに、インドネシアにおける 2030 年までに 23 億 tCO₂e を削減するためのポテンシャルを分析した結果を図 1-3 に示す。限界削減費用が 0～数米ドル/tCO₂e という、比較的 low cost のレベルの対策として、REDD+ 及び LULUCF 関連分野での対策が挙げられている。この図に示されているとおり、削減ポテンシャルのうち 75% 以上は LULUCF・泥炭の取り組みによるもので実現できるとされ、インドネシア特有の状況がよく表れている。

なお、一般に、プランテーション活動は REDD+ の活動としては、商業目的である場合が多いため、除外される場合もあるが、木材プランテーションによる対策も排出削減ポテンシャルとしてカウントされており、興味深い分析結果となっている。



世界のGHG排出量におけるシェア

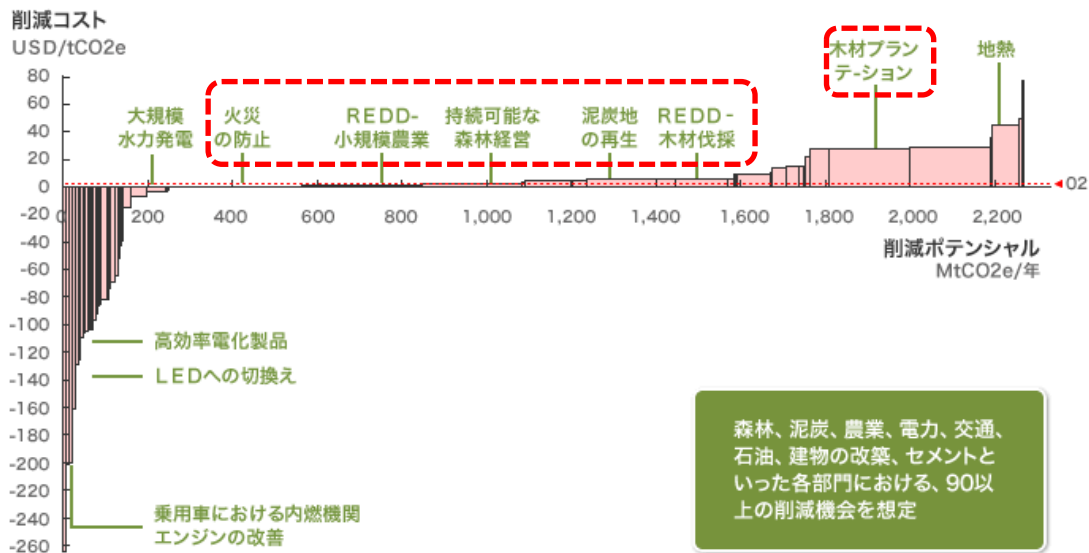
※ 推定排出量、MtCO₂e

1 各部門から直接排出されるGHGのみを含む。

2 LULUCFからの排出量は最終的な排出量アプローチ(net emission approach)に基づき、吸収を含む。

図 1-2 インドネシアの GHG 排出量の見通し(2005~2030 年)

出典：環境省 (2013 年) 「新メカニズム情報プラットフォーム」



※社会的な観点として、3.4%の割引率を使用。また、各バーの幅は削減ポテンシャル量を表し、各バーの高さは各削減イニシアティブを実施する上でかかるコストを表している。

図 1-3 インドネシアにおける GHG 排出削減ポテンシャル分析

出典：環境省 (2013 年) 「新メカニズム情報プラットフォーム」

前述のとおり、インドネシア政府は、2020年までにBAU比で26%削減し、さらに国際的な支援を受けて41%削減するというGHG排出削減目標を公表した。このコンセプトを示したのが図1-4である。

インドネシア政府は、将来の排出シナリオに基づいて予想した排出量(BAU排出量)に対して、自国の削減努力によって26%相当量を削減(BAU比)し、さらに、国際的な支援を受けつつ、15%相当量(BAU比)を追加で削減し、合計で41%(BAU比)の削減を達成することを目指している。

これまでの現地ヒアリング等の結果によれば、JCMで創出されるオフセットクレジットの取り扱いに関しては、正式にはまだ何も決定されていないとの考え方が一般的であった。しかしながら、制度の趣旨、NAMAクレジットの考え方、関係者へのヒアリング結果等々を総合的に勘案すると、国際的な支援の下で15%(BAU比)を追加で削減した場合のクレジット(資金的支援を受けたNAMA)として認められる可能性が高いとの考え方が一般的であった。JCMのほかに、ノルウェー政府からのREDD+のための資金支援による排出削減についても同様であり、今後、制度設計の検討が進むにつれ、その扱いについて、より具体化が図られるとの見方が一般的だった。

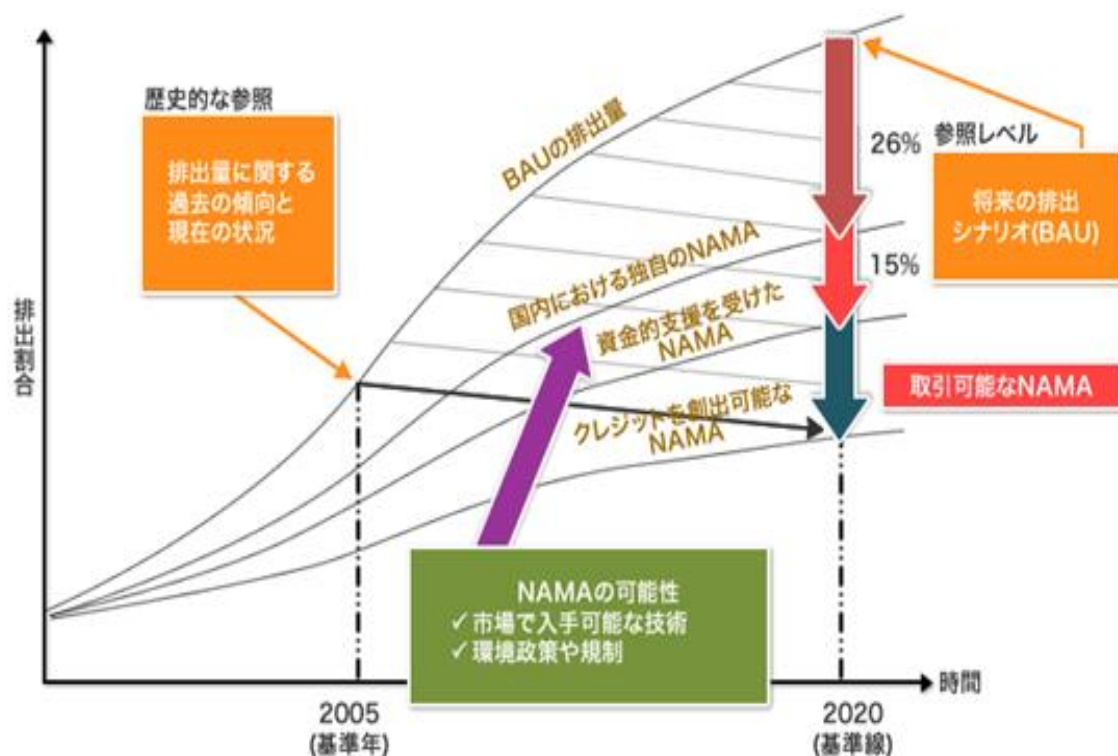


図 1-4 インドネシアの排出削減目標の考え方

出典：環境省（2013年）「新メカニズム情報プラットフォーム」

インドネシアでは、REDD+庁が中心となって、2014年12月に同国における、国レベルの森林リファレンス排出レベル(以降 FREL)および森林のリファレンスレベル(以降 FRL)について定量的な検討を行い、その提案を取りまとめた。国レベルの FREL は、過去の森林面積の変化量等に基づいて算定された。今後、REDD+活動の評価を行う際、排出削減量の算定根拠として用いられることが想定されている。

今後は、さらに、FREL の定量評価結果や、REDD+の取り組みによる進捗把握のためのモニタリングを実施するため、州レベルでの FREL の検討・評価が進められることが予定されている。REDD+庁や、州政府の関係者とのヒアリング結果によれば、特に REDD+において、JCMに対しては、州レベルでのモニタリングの実施支援を行うことにより、相互協力の体制を構築することに対して期待が大きいことが分かった。

インドネシアの州政府にとっては、REDD+に関する知見や、モニタリングに必要な能力強化につながる。一方、日本側の事業者にとっては、州政府が有する詳細なデータを活用させてもらうことにより、モニタリングに係るコスト等を抑制したり、最新の REDD+や土地利用関連の政策情報入手しやすくなったりすることが期待でき、双方にとってメリットがあると考えられる。

1.2. 企画立案の経緯・背景

インドネシアを含む、多くの途上国では、森林減少及び劣化が温室効果ガス(GHG)の主たる排出源の一つとなっている。森林減少及び劣化を抑制して GHG 排出量を減少させつつ、同時に現地の地域社会における持続可能な発展に貢献することは、気候変動問題における重要な課題と認識されている。現在、インドネシア、ベトナム等の主要途上国では、国際連合、開発銀行(世界銀行等)、主要先進国等から種々の支援を受けながら、森林減少及び劣化の抑制に由来する GHG 排出量の減少(REDD: Reduced Emissions from Deforestation and forest Degradation)の取り組みが進められている。

REDD+の取り組みでは、森林バイオマス量の定量評価が、排出削減量にも直結し、重要なプロセスと認識されている。このプロセスでは、プロジェクト対象地におけるリファレンス排出量(=過去のトレンドから推計される将来の見込み排出量)と、プロジェクト排出量(=プロジェクト実施後に推計される実排出量)を特定し、それぞれ一定の精度を持って定量的に評価することが求められる。REDD+に関しては、すでに、定量評価を行うためのMRV方法論が多数、開発または提案されている。一般には、リモートセンシングによる衛星画像の解析により算定される(土地被覆区分ごとの)面積変化量と、現地サンプリング調査等により特定される(土地被覆区分ごとの)排出係数(=単位面積当たりの炭素蓄積量)を組み合わせる場合が多い。

REDD+のMRV方法論では、森林バイオマス量の解析結果の精度が問題となることが多い。これは、リモートセンシングによる画像データ(中解像度(30m 級分解能)の画像利用が中心)を使った解析の分類精度には、不確実性が残るためと考えられている。さらに、排出係数についても、サンプリング数の不足等により、数値の信頼性が疑問視されることがある。このため、精度高く森林バイオマス量を特定するには、衛星画像解析結果の検証や、現地サンプリング作業への多大なリソース投入が必要となり、REDD+の事業効率性を下げる要因となっている。

本調査では、こうした REDD+事業に共通して存在するモニタリングにかかる課題を克服するため、情報通信技術(ICT)を最大限に有効活用した、高精度の解析結果が得られる MRV 方法論について検討する。実際の検討を進めるに際しては、日本側の事業参加者のもつ専門性を結集できるように配慮した。株式会社三菱総合研究所は、過去に、衛星画像解析を含む REDD+の方法論策定の検討や、プロジェクトの企画立案等に豊富な知見・経験を有している。日本電気株式会社は、衛星画像の解析技術や、情報通信端末の機器利用に関して高い専門性を有している。さらに、Ecological Economic Solutions は、現地カウンターパートである Borneo Orangutan Survival Foundation (BOS 財団)を始めとする幅広い現地ネットワークを有し、バイオマス算定方法や生物多様性評価についても知見を有する。こうした各社の専門性を発揮する形で、高品質の検討成果を得られるように配慮した。

具体的な検討手順としては、昨年度の検討成果を踏まえつつ、超高分解能/高分解能の衛星画像を用いて、画像解析等の手法を適用すること等により、土地被覆区分ごとの面積変化量をより高精度で求めるための解析手法を検討した。さらに、携帯型の通信端末(タブレット型 PC 等)を活用することにより、現地サンプリングデータの収集等のための効率化支援や、統合データベースの構築等で業務効率化を図るための管理手法について検討した。

調査対象プロジェクトを実施する背景及び理由としては、以下の通り、主として 3 つの点が挙げられる。

① REDD+事業のモニタリングコストの低減を通じた事業効率性/政策実現性の向上

REDD+事業における従来の MRV 方法論では、衛星画像解析精度の検証や、排出係数の特定に必要な現地調査に多大なコストがかかり、事業効率が低減している。高精度の画像解析手法の開発/適用を通じて、現地調査の負荷を低減しつつ、精度の高い解析結果を得ることで REDD+事業の効率化に貢献することを目指した。

さらに、現在、宿主国のインドネシアでは、サブナショナルレベル(州レベル/県レベル)での温室効果ガス排出削減計画(RAD-GRK)の検討が進んでいる。当該 MRV 方法論は、こうした州政府/県政府レベルの検討にも算定精度の向上等で貢献することができると考えられる。

② 情報通信機器の利用を通じた REDD+プロジェクトの実現可能性の向上

昨年度の調査結果を通じて、現地カウンターパートである Borneo Orangutan Survival Foundation (BOS 財団)が実践しているオランウータンの保護活動は、各種の情報通信技術(ICT)を活用することを通じて、さらに効率化を図り、オランウータンを保護するための環境整備を支援することができることが分かった。また、現在、すでに現地で実施されているエコツーリズムに関する活動に対しても ICT を利用し、より効果的なプロジェクト運用に貢献するための支援策について検討した。

③ 生物多様性保全等を通じた持続可能な開発への貢献

一般に、森林保全を目的としたプロジェクトから生成されたクレジットは、他のエネルギー削減プロジェクトから生成されたクレジットよりも市場価値が高いと評価される場合が多い。これは、生物多様性保全や、現地住民の生計向上等、CO2 排出削減効果以外のより幅広い環境サービスの改善に資することに由来するものと考えられる。特に、本プロジェクトでは、現地カウンターパートの BOS 財団がオランウータンの保全活動を維持・継続するために森林保全活動を行っており、より高い付加価値を認めてもらえるポテンシャルがあると想定される。

BOS 財団は、現状のオランウータンの保全活動の中で、様々な森林調査を実施しており、森林炭素蓄積量の測定手法にも深い知見・経験を有している。現地ヒアリング調査を通じて、例えば、樹木・下草等の種別の判断や記録において、タブレット端末で情報検索や記録ができれば、現場での作業効率向上につながるとの意見を聞いた。さらに、収集した現地情報を蓄積していくことにより、オランウータンの生態調査や、森林生態系保全のための情報利用を促進することができることが分かった。

このように、生物多様性保全を主目的に掲げた本プロジェクトのクレジットの価値を最大限に評価してもらい、より安定的なプロジェクト運営に資するための方策を検討した。これにより、REDD+事業の優良参考事例とすることで、インドネシアにおける持続可能な開発に貢献することを目指した。

2. 調査対象プロジェクト

2.1. プロジェクトの概要

2.1.1. プロジェクトサイトの概要

プロジェクトサイトは図 2-1 に示すとおり。インドネシア共和国のうち、ボルネオ島の東側に位置する東カリマンタン州の東クタイ県に位置する。市街地からは離れたところにある天然林のエリア(8万6450ha)において、REDD+活動を展開する(図の緑色部分)。

当該エリアは、すでに、BOS 財団がインドネシア林業省から「生態系回復事業権(ERC; Ecological Restoration Concession)」を取得済みであり、森林伐採権を有している。当該エリアの天然林を保全しつつ、保護した約 800 頭のアジアゾウを森へ還すための事業の運営管理を行うことで、森林内の炭素蓄積量を維持し、これをオフセット化(将来はクレジット化を想定)することを目指す。

なお、アジゾウのリリース事業はすでに開始されており、当該プロジェクトエリアは、アジゾウの保全のための森林として活用されている。また、このプロジェクトエリアでは、エコツーリズムの取り組みも進められており、今年度調査では、さらに、REDD+プロジェクトにおけるエコツーリズムの導入可能性についても検討を行った。

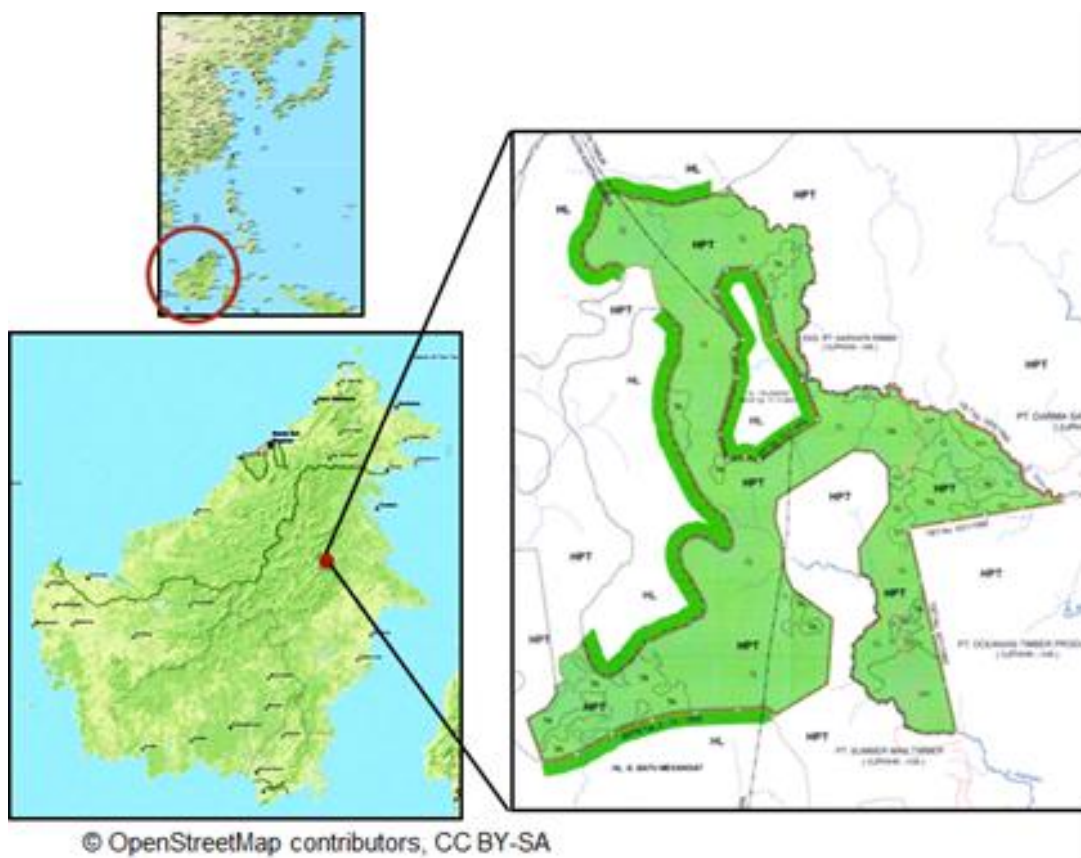


図 2-1 プロジェクトサイトの概要

2.1.2. プロジェクトサイトへの経路およびプロジェクトサイト周辺情報

(1) プロジェクトサイト周辺情報

プロジェクトサイトへアクセスするためには、東カリマンタン州のバリクパパン (Balikpapan) にある空港から車両で 2 日以上を要する。現地調査の結果に基づき、プロジェクトサイトへの移動経路および周辺情報を図 2-2 に示す。

プロジェクトサイトに最寄りの国際空港 Sepinggan International Airport は、東カリマンタン州に位置している。バリクパパンは、人口約 67 万人の港湾都市であり、東カリマンタン州第二の都市である。

バリクパパンから、車両で 3 時間移動した場所に、東カリマンタン州第一の都市であるサマリнда (Samarinda) がある。サマリндаは、人口約 73 万人で、マハカム (Mahakam) 川の岸辺に位置している。マハカム川は、石炭、鉱物資源、伐採した材木等の輸送経路として利用されている。

バリクパパンからサマリндаを経由し、車両で 9 時間移動した場所に、ムアラ・ワハウ (Muara Wahau) がある。ムアラ・ワハウは、人口約 1.5 万人で、ゴム、コーヒー、ココナッツ、ココア、パーム油等のプランテーションを主な産業としている。

ムアラ・ワハウからプロジェクトサイトへ至る経路は、車両で 7 時間以上を要する。ただし、増水等で河川の渡河が困難な場合は、プロジェクトサイト周辺へ移動した後、渡河できる状況になるまで待機が必要となる。

以上のような経路から、Sepinggan International Airport からプロジェクトサイトまで移動するためには、約 2 日を要する。



図 2-2 最寄りの空港からプロジェクトサイトまでの移動距離

(2) 市街地からプロジェクトサイトに至る経路

市街地からプロジェクトサイトへは、パーム農園(P.T. Dharma Satya Nusantara)と林業コンセッション(P.T. Narkata Rimba)の私道を利用する。図 2-2 は、ムアラ・ワハウからプロジェクトサイトまでの経路と傾斜の状況を示している。図 2-3 の通り、プロジェクトサイトは、傾斜地に位置しているが、プロジェクトサイト周辺までは、市街地から平地が続いている。プロジェクトサイト周辺までの平地には、図 2-4 の写真①に示すようなオイルパーム農園であり、開発の影響がプロジェクトサイトに迫っていることが分かる。

プロジェクトサイトへ繋がる Telen 川より北側の道路は、隣接する土地の伐採権を保有する PT. Narkata Rimba が管理している。PT. Narkata Rimba は、隣接する地域を保護林として管理しており、図 2-4 の写真②に示すような車両を通行止めするためのゲートを建設している。プロジェクトサイトへ続く道路は、ゲートによって出入りを監視されている。

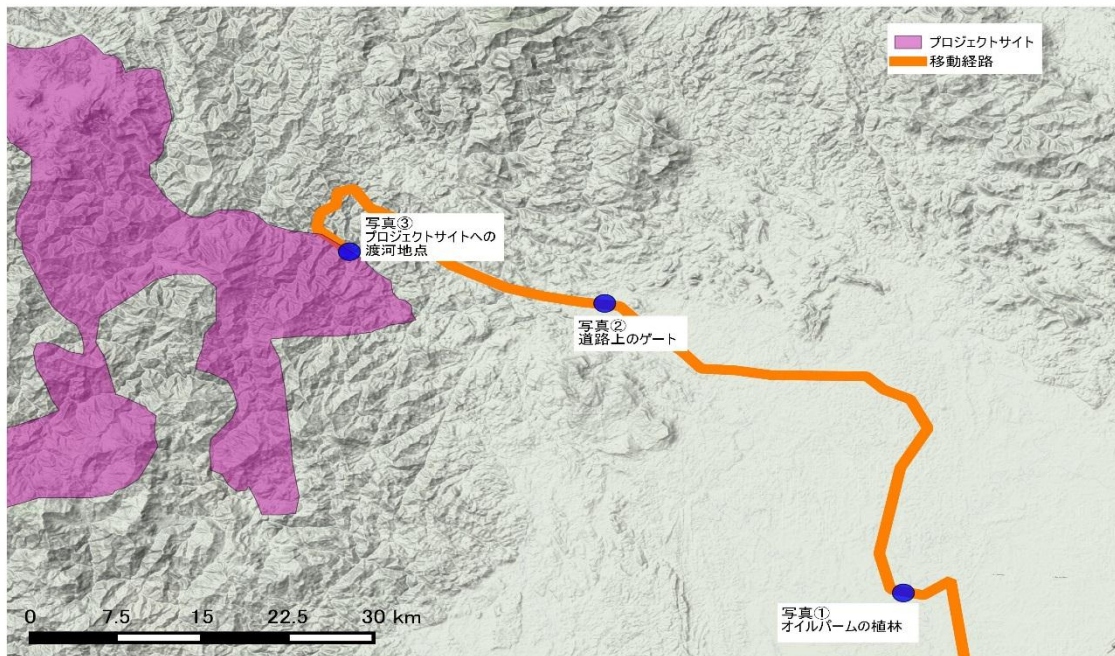


図 2-3 市街地からプロジェクトサイトへの経路図



図 2-4 左:写真① オイルパームの植林 右:写真② 道路上のゲート

プロジェクトサイトに繋がる道路は、前述の通り、テレン(Telen)川によって寸断されている。テレン川にかかる橋は、図 2-5 の写真③に示す通り、車では渡河できない。そのため、渡河するためには、川の上空に張ったロープを使用している。

テレン川の川幅は平均的に 10m 前後あると考えられる。ただし、気候によって川の水量は大きく異なり、水量が一番少ない時期には川を徒歩で渡れる場合もある。テレン川は溪谷に位置し、川を渡る際は、急斜面を上り下りする必要がある。渡河した後は、斜面中腹に川と並行して、道路が続いている。テレン川には複数の支流が存在し、プロジェクトサイト内を移動するためには、複数の支流を車で渡る必要がある。



図 2-5 写真③ ペランシラン(Pelangsiran)近くのテレン川を渡河するロープの図

(3) プロジェクトサイト内の移動経路

プロジェクトサイトは、かつて商業伐採が行われていた地域であり、オランウータンを野生に放すためのキャンプは材木搬出拠点跡地に建造されている。このような背景から、プロジェクトサイト内には、以前のコンセッション所有企業 PT Mugi Triman Intercontinental によって、既に道路が建造されている。建造されている道路は、プロジェクトサイト内の中央部から北部にかけて、渡河地点のペランシラン(Pelangsiran) - Camp Lesik - Metun (Camp Lesik の西)の各地点を繋ぐ形で整備されており、BOS 財団の調査員の移動や、プロジェクトサイト北部に居住するわずかな住民の移動に使用されている。

前述の通り、テレン川によって車両の渡河通行ができないため、プロジェクトサイト内では分解して持ち込んだ車両(一旅団)しか走行していない。そのため、プロジェクトサイトおよびその周辺の森林破壊が防がれている。森林の奥地へ続く道路は、ある程度の幅が確保されていないと、車両による材木の搬出が難しい。そのため、道路の建造を検知することで、違法伐採の発生を検知することができると考えられている。

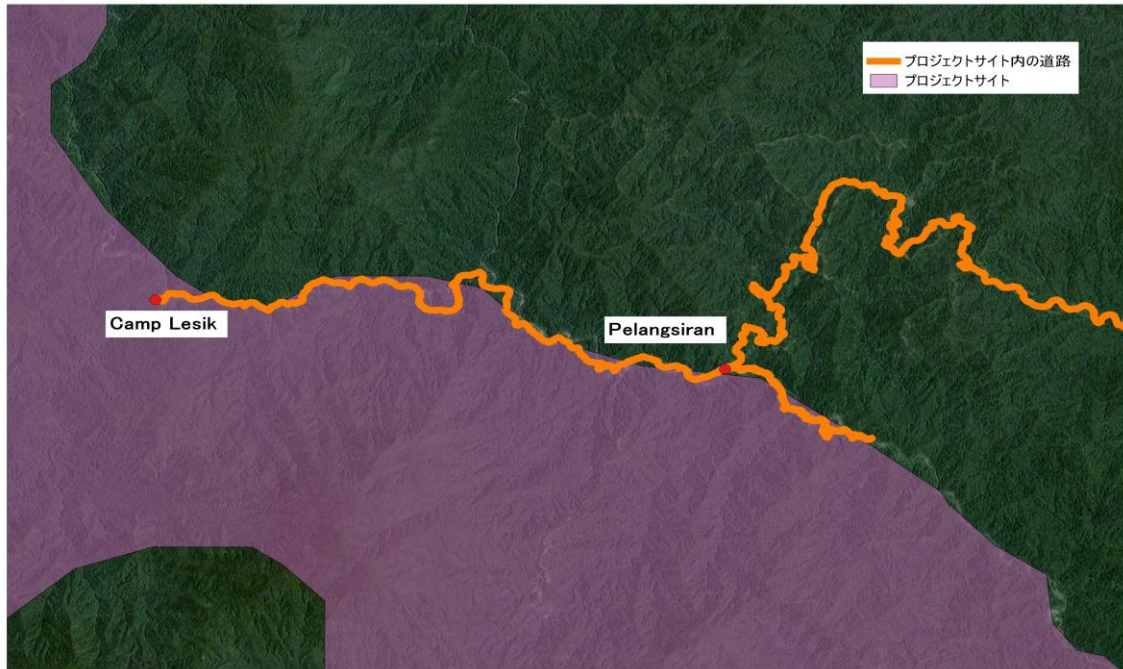


図 2-6 プロジェクトエリア内の道路



図 2-7 Pelangsiran - Camp Lesik 間の道路

プロジェクトサイト内の各地には、BOS 財団の調査員が移動をするための細い山道がある。これらの山道は、車両の通行はできず、オランウータンのモニタリングや植生調査を行うために、徒歩による移動のみ可能である。現在 Pelangsiran 以南の山道は使用されておらず、図 2-7 に示すように草木の成長から通行ができない状況となっている。

2.2. ホスト国における状況

2014年12月にインドネシア政府は、国家レベルの森林リファレンス排出量(以降FREL)および森林のリファレンスレベル(以降FRL)の提案を行った。国家レベルのFRELは、過去の森林状況に基づいて算定され、将来的なREDD+活動の評価を行うためのベンチマークとして用いられることが想定されている。

インドネシアでは、これまで、プロジェクト、県、州のそれぞれのレベルで、数多くのFREL/FRLが開発されてきた。州レベルでは、ノルウェー及びインドネシア両国による二国間協力のもと、11州でFREL/FRLの開発が行われてきた。同様のプロセスにて、省の排出量削減行動計画として知られるRAD-GRKの策定に合わせて、インドネシア33州全てにおける、温室効果ガスの排出量の予想であるBusiness as Usual(以降、BAU)におけるベースラインの開発が行われた。

しかし、国家レベルのFRELを開発する準備は整っておらず、二国間協力のもと作成したFREL/FRLとRAD-GRKに基づいて作成されたBAUベースラインの両方で使用できる方法論の検討に時間がかかっていた。その後、林業省とREDD庁の双方によって、それぞれ国家レベルのFRELが開発された。今回の提案で取りまとめられた国家レベルのFRELは、省庁横断的な組織によって、透明性の高い科学的な見地に基づいた参加型のプロセスによって開発されたものとされている。

開発された国家レベルのFRELは、森林と泥炭地を排出源の対象として検討された。森林は、2000年におけるインドネシア国土の52%に相当する森林面積9,930万ヘクタールを対象としており、また泥炭地は1,490万ヘクタールを対象としている。泥炭地のうち、850万haは泥炭湿地林にあり、750万haは泥炭湿地林の外にある。本FRELの構築においては、2000年に泥炭湿地林であった土地を対象とし、それ以外の泥炭地は評価対象から除外された。

2.2.1. 国家レベルの森林リファレンス排出量の設定方法

2005年のインドネシアのSecond National Communication (SNC)によれば、土地被覆の変化によって、国内の総排出量のうち37.7%が発生しているとされている。そこで、国家レベルのFRELの算定は、森林伐採と森林減少の二つの活動を土地被覆の変化に基づいて行われ、地上部バイオマス(ABG)の変化量が推定されている。また、土地被覆の変化に合わせて土壌から泥炭分解が発生するとして、泥炭分解によるCO₂排出量が推定された。インドネシア国の土地被覆分類結果を図2-8に示す。

今回の提案では、リファレンス期間として、2000-2003、2003-2006、2006-2009、2009-2011、2011-2012の5期間を定めている。CO₂排出量は、リファレンス期間における土地被覆の変化量を算定し、排出係数を乗じることによって算定している。

以下に、国家レベルのFRELを算定するために確立されたCO₂排出量算定の手法を示す。

(1) 森林減少および森林劣化による排出量の算定

森林の土地被覆データは、Landsat衛星画像に基づき、インドネシア林業省によって作成された。従来の森林は、樹高5m以上の樹木が0.25ha以上あり、樹冠が領域の30%以上を覆っている土地と定義されていた。これは、新規植林/再植林クリーン開発メカニズムに基づき、林業大臣令 No 14/2004 によって定められている。

今回の FREL の算定では、森林減少は、森林から森林以外の土地被覆のクラスへ変化した場合(含:樹冠の被覆率が30%を切った土地)に発生していると定義した。さらに、森林劣化は天然林から二次林へ土地被覆のクラスが変化した土地と定義した。

排出係数は、1989年にFAOと世界銀行の協力によって林業省が行った国有林のインベントリに基づいて検討された。インベントリにて行われたサンプルプロット調査の大部分は、標高1000m以下の土地に対して行われた。

(2) 泥炭分解による排出量の算定

国家レベルの FREL の算定に使用した泥炭地の空間データは、現地調査や関連地図に基づき、インドネシア農業省によって開発された。これは Wahyunto ら(2003,2004,2006)によって作成された過去のインドネシアの泥炭地マップを更新したものである。過去のマップで泥炭地と特定された領域は2060万haだったが、今回の推定では1490万haであった。これは、泥炭地の定義が新しくなったためと言及されている。

今回の FREL の検討では、泥炭地は豊富に泥炭が含まれる層が50cm以上あり、炭素が少なくとも12%以上(一般的には40%~60%)含まれる土地として定義された。泥炭地からの主要なCO₂排出要因は、泥炭分解と泥炭燃焼であるが、今回の分析では、泥炭分解のみを扱っている。泥炭分解は、排水された泥炭地から微生物の活動によってCO₂が排出される現象である。

泥炭地は、面積のほとんどが泥炭湿地林で覆われており、泥炭分解によるCO₂排出は、その地上部の森林の状況と関連するとされる。泥炭地において森林が減少・劣化すると、土壌中の保水力が低下するため、排水が進み、泥炭分解を促進するとされている。

今回の FREL の算定では、泥炭地の排出係数は、Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventory: Wetlands' (IPCC, 2013)に基づき設定された。今回の分析では、19の土地被覆分類ごとに泥炭分解による排出係数が設定されている。

また、泥炭火災による排出については、泥炭地におけるCO₂排出量の大半を占めるが、今回の FREL の算定では、算定手法が提案のみなされており、同報告書の参考資料(Annex4)に掲載されている。泥炭火災による排出についての実際の定量評価は、今後の課題と言及されている。

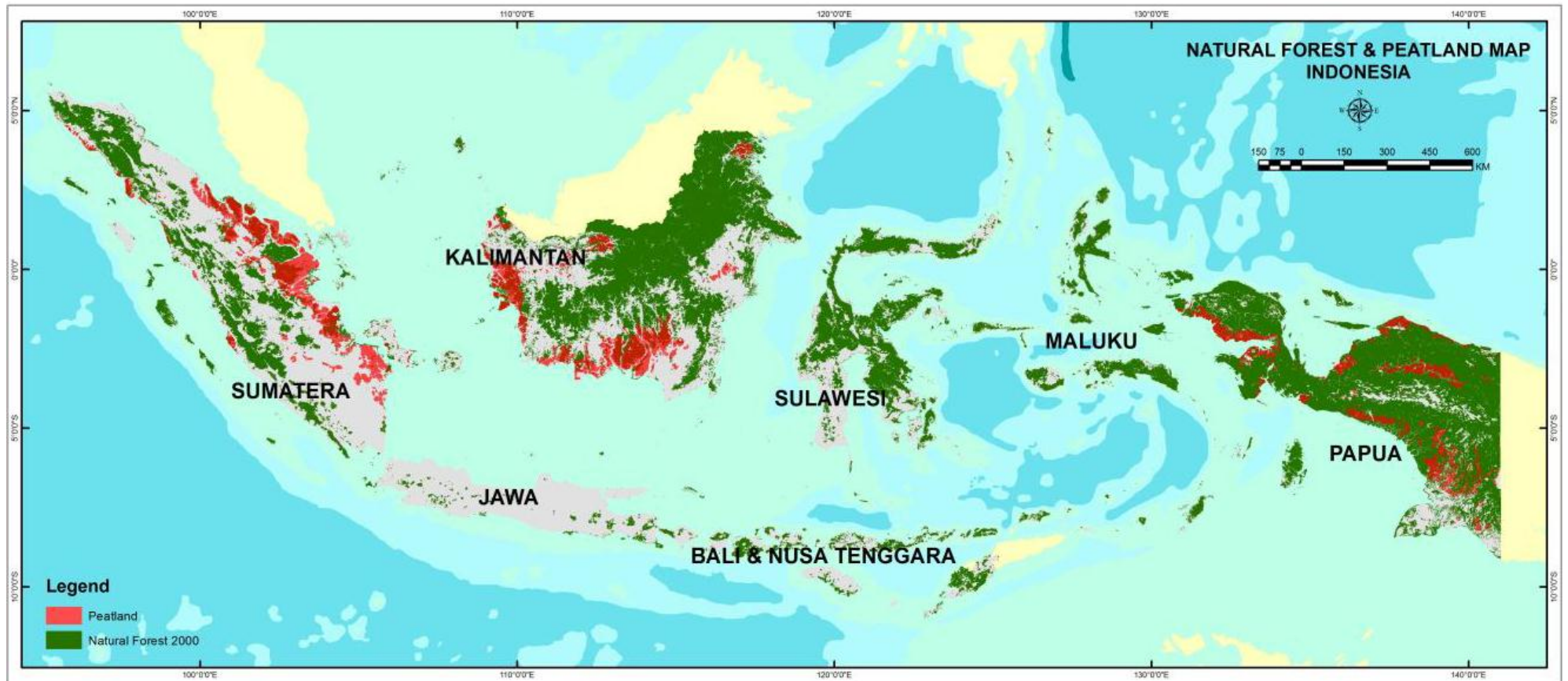


図 2-8 推定されたインドネシア国の土地被覆
 (緑:天然林(2000年時点)、橙:泥炭地)

(3) 排出量の算定結果

分析の結果、2000年から2012年の間に、年平均671,420haの森林減少があったことが推定された。このうち、泥炭湿地林については、年平均145,904haの森林減少があったことが推定された。80%以上の森林減少は、スマトラ島とカリマンタン島で発生したことが明らかとなっている。

一方で、森林劣化は、2000年から2012年の間に、425,296haとなった。その中で、泥炭湿地林のうち、16,233haの森林劣化があったことが推定された。

図2-9のとおり、土地被覆の変化から2000年から2012年の間に森林減少、森林劣化によるCO₂の排出量は、年間0.267Gtであったと推定された。また、泥炭分解による年間のCO₂排出量は、0.136Gtであると推定された。それぞれの排出要因からの排出量構成割合は、森林減少が49.9%、森林劣化が13.6%、泥炭分解が36.5%となった。

また、図2-9のとおり、2013年の年間CO₂排出量は、0.408Gtとなり、2020年には年間CO₂排出量が0.439Gtに増加することが予想された。これらの2020年までの年間CO₂排出量の予想値は、REDD+分野にかかる排出量削減活動を評価するためのベンチマークとして使用されることが想定されている。

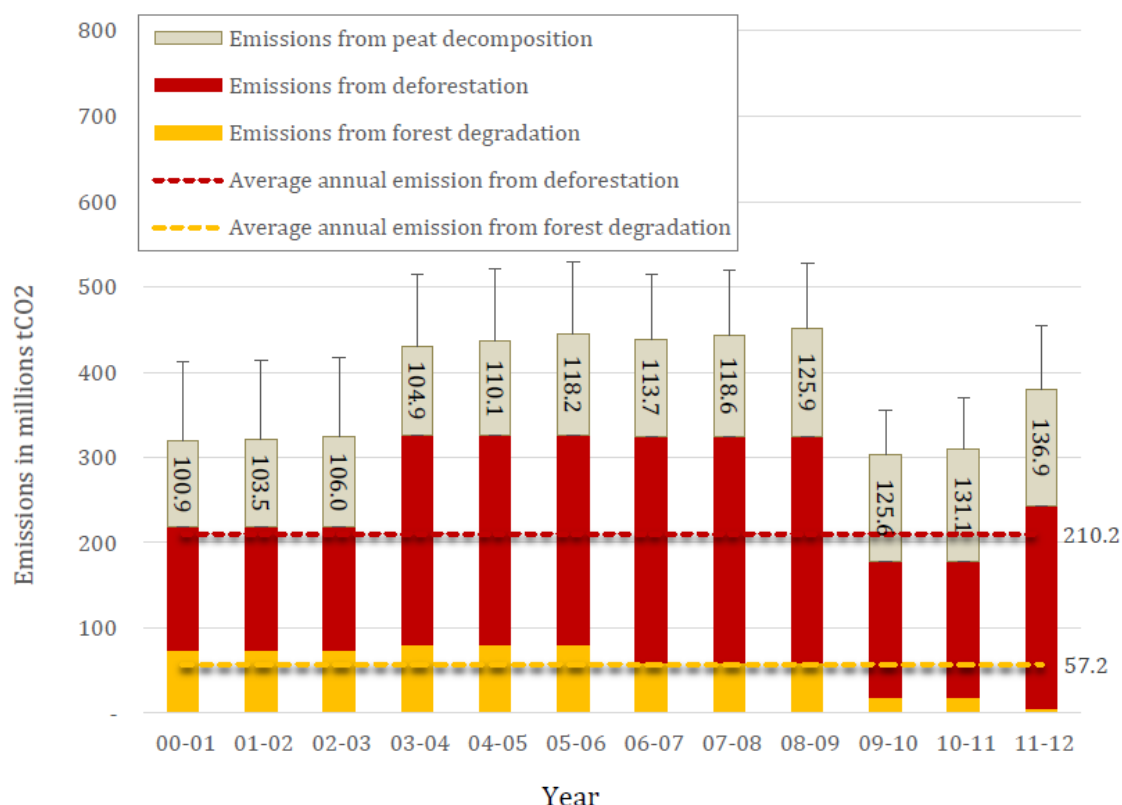


図 2-9 森林減少、森林劣化、泥炭分解による CO₂ 排出量の算定結果(2000-2012 年)

表 2-1 森林減少、森林劣化、泥炭分解による CO2 排出量の推定結果(2013-2020 年)

Year	Deforestation	Forest Degradation	Peat Decomposition	Total annual emission
2013	210,152,267	57,221,468	140,866,421	408,240,156
2014	210,152,267	57,221,468	144,909,287	412,283,022
2015	210,152,267	57,221,468	149,068,184	416,441,919
2016	210,152,267	57,221,468	153,346,440	420,720,175
2017	210,152,267	57,221,468	157,747,483	425,121,218
2018	210,152,267	57,221,468	162,274,836	429,648,571
2019	210,152,267	57,221,468	166,932,124	434,305,859
2020	210,152,267	57,221,468	171,723,076	439,096,811

2.2.2. REDD+関連の省庁再編の動向

2014 年 10 月 20 日、インドネシアでは 10 年ぶりの政権交替により、ジョコ・ウィドド(通称ジョコウィ)政権が発足した。このジョコウィ政権により、同年 10 月に行われた新政権の組閣では省が再編され、環境省と林業省が統合され、環境・林業省が新しく設置された。2015 年 2 月の調査時点では、環境・林業大臣である Ms. Siti Nurbaya Bakar がすでに任命されていたが、局長(Directorate-General)級以下の人事については検討中の状況であった。また、現地調査(2015 年 2 月実施)での現地関係者へのヒアリングでも、既存政策への影響や、REDD+分野における方針変更等については、明確な情報を得ることはできなかった。一方、現地関係者の一致した意見としては、今後、数か月で省内人事が確定した後、具体的な施策の検討及び実施が進んでいくという点であった。

さらに、2015 年 1 月には、ジョコウィ政権は、前ユドヨノ政権時代に国内の REDD+の取り組みを推進するために設置した REDD+庁(National REDD+ Agency (BP REDD+))を環境・林業省内の一部局に統合し、「気候変動管理局(Directorate-General of Climate Change Control)」とすることを発表した。本件に関して、環境・林業大臣の Ms. Bakar は、「類似の業務を担当する組織的な重複を排除した」とその理由を述べていた。これにより、事実上、REDD+庁は廃止されることが決まった。前政権下では、REDD+庁は、MRV 方法論、資金メカニズム等の検討を進めていたため、今後、こうした取り組みがどのように継承され、展開されていくのかに注目が集まっている。

2.2.3. セーフガード情報システム ガイドラインの策定

COP16 のカンクン合意にて、締約国が REDD+活動におけるセーフガードの対処状況について情報を提供するためのシステムを開発することが求められることになった。インドネシアで効果的にセーフガードを実施するためには、国内法や国内の状況の中で実装をする必要がある。

こうした状況を受けて、インドネシア林業省が、ドイツ国際協力公社(GIZ)の支援を受けながら、2011 年から 2012 年の間に行われた検討結果を整理し、「REDD+ セーフガード実施のための情報提供システムのための原則、基準、指標(以降、SIS-REDD+)」を取りまとめた。



図 2-10 REDD+ セーフガード実施のための情報提供システムのための原則、基準、指標

COP16 のカンクン合意にて 7 つのセーフガード項目が設定された。これらのセーフガード項目をインドネシア国内に適用するために、インドネシア林業省によって、インドネシア国内の法律、既存文章等から関連する記載を収集し、7 つの原則が策定された。

表 2-2 COP16 のセーフガードと林業省が設定した原則

COP16 のセーフガード	インドネシア林業省が設定した原則
1. 国家森林プログラムや関連する国際条約及び国際合意を補完し、かつ一貫性を保った活動を促進・支援すること	原則1. 法的コンプライアンスと国家森林プログラムとの一貫性
2. ホスト国の法令及び主権を踏まえ、透明かつ効果的な国家森林ガバナンスを促進・支援すること	原則2. 透明性と国の森林ガバナンスの有効性
3. 先住民や地域住民の知見や権利、関連する国際的な義務、各国の状況や法制度を考慮し、さらに UNDRIP (先住民の諸権利に関する国連宣言) の尊重を促進・支援すること	原則3. 先住民と地域コミュニティの権利
4. 利害関係者 (特に先住民や地域住民) の効率的な参加を支援すること	原則4. 利害関係者の参画による有効性

5. 天然林の保全及び生物多様性保全と一貫性を保ち、天然林を転換せず、天然林及び生態系サービスの保護・保全に関するインセンティブを付与し、さらに社会・環境的便益の増強となるような行動を促進・支援すること	原則5. 生物多様性と社会環境サービスの保全
6. 反転(結果的に一時的に排出削減・吸収しただけ)が起こらない活動を促進・支援すること	原則6. 反転リスクの削減
7. 排出の移転(Displacement)を抑制する活動を促進・支援すること	原則7. 排出移転の削減

これら COP16 にて示されたセーフガードの項目に基づき、ステークホルダーとの協議を通して、セーフガードの要素を階層的に分類・マッピングした。この結果、セーフガードの要素を7つの原則、17の基準、32の指標に整理した。

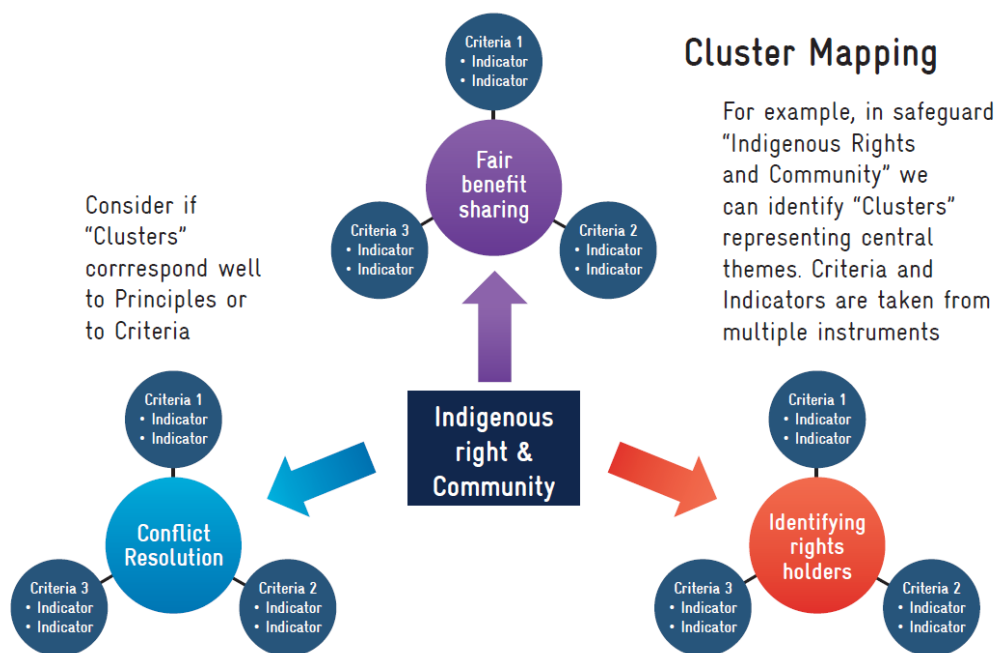


図 2-11 セーフガードの構成要素を階層的に配置した例

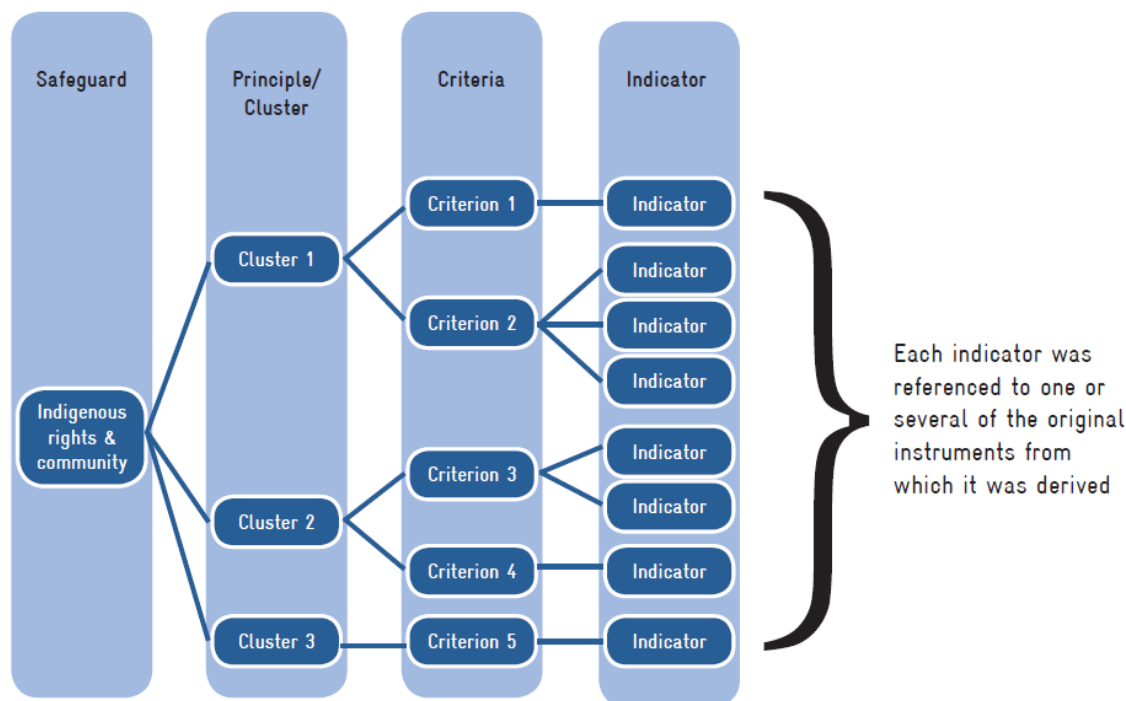


図 2-12 セーフガード項目を階層的に検討したフレームワーク

以下に、整備されたセーフガードの原則、基準、指標を示す。

原則 1. 法的コンプライアンスと国家森林プログラムとの一貫性	
基準	指標
REDD+活動は、インドネシアの国家および準国家の適切な法律に基づき設立された法人のもとで、統治・運営されなければならない。	REDD+活動の権限を明確にする法的文書や行政文書は、その REDD+活動の規模や実施環境に合わせて利用できるか。
REDD+活動は、国家レベルおよび準国家レベルで適用される法律と、インドネシアが批准した国際的な慣習を遵守しなければならない。	計画書、手順書、関連する政府規制の実施に係る定期的なレポートが利用できるか。
	国際条約/協定に関する報告書が利用できるか。
REDD+活動は、インドネシア林業部門の長期的かつ戦略的計画における国家森林プログラムの目的に沿ったものである。	準国家レベルでの REDD+活動は、インドネシア林業部門の長期的かつ戦略的計画に整合させ、優先度を高める支援をする。

原則 2. 透明性と国の森林ガバナンスの有効性	
基準	指標
REDD+活動の規模と環境に応じて、制度的な取り決めは、良いガバナンスの実施を効果的に監視するために、利害関係者間のコミュニケーションを支援する。	REDD+活動の規模や実装環境に対して、情報公開の方針は明確であるか。
	REDD+活動を担当する主体の組織構造、タスク、機能は、REDD+活動の規模や実装環境に適切か。
REDD+活動を担当する主体は、インドネシアの反汚職に関する法律を遵守し、賄賂や汚職を受け入れない声明を公表しなければならない。	反汚職に関する明確な方針の説明があるか。

原則 3. 先住民と地域コミュニティの権利	
基準	指標
REDD+活動は、準国家レベルおよびサイトレベルで、より地域社会の権利を認識しなければならない（土地所有権、森林資源と生体資源へのアクセス）。	先住民や地域社会の REDD+活動範囲における権利を特定した文書や地図を利用できるか。
	作業計画や先住民や地域社会の森林資源を利用する権利を調停するための作業計画か協定は利用できるか。
サイトレベルで REDD+の準備活動を行う場合、REDD+活動が始まる前に、先住民や地域社会に自由意思による、事前の十分な情報に基づく同意を得るためのプロセスを含まなければならない。	潜在的に REDD+活動により影響を受ける先住民や地域社会の自由意思による、事前の十分な情報に基づく同意を得るために、REDD+活動の規模や強度に応じた文書化された会議プロセスを利用できるか。
REDD+活動は、利益分配を通して、将来世代を含めた先住民や地域社会の社会経済の福祉向上に貢献しなければならない。	方針や計画、プログラムによって、自然資源、資本、知識へのアクセスを制限することで、特定のコミュニティを疎外してはならない。
	影響を受けた先住民や地域社会の間で、公平な利益分配を行うメカニズムが文書化されているか。
REDD+の活動は伝統的な知識の価値を認識し、そのような知識の商業的使用を適切に補償しなければならない。	伝統的な知識の商業的な利用を補償するメカニズムや手続きを利用できるか。

原則 4. 利害関係者の参画による有効性	
基準	指標
REDD+活動を担当する主体は、適切な当局と共に利害関係者を識別し、これらの利害関係者を計画に参画させ、利害関係者にプロセスが理解されていることを保証しなければならない。	従事している利害関係者のリストは利用できるか。
	利害関係者の参画に関するプロセスが文書化されているか。
	利害関係者の参画を監視するためのプロセスが文書化されているか。

サイトレベルで、REDD+活動が紛争を解決する手順やメカニズムを含んでいるか。	苦情等の解決プロセスを含む記録が利用できるか。
	紛争解決のための文書が適切であるか。
	競合や紛争を解決するための適切なプロセスやメカニズムの積極的な使用の証拠があるか。

原則5. 生物多様性と社会環境サービスの保全	
基準	指標
REDD+活動は、活動の規模や強度に応じて、社会環境に対する潜在的な影響を特定し、評価しなければならない。	社会環境に対する影響評価に関する報告書が利用できるか。
	社会環境に対する管理・監視計画が利用できるか。
REDD+活動は、生物多様性の保全と保護を確実にするために、生物多様性への影響を含めて戦略を策定しなければならない。	絶滅危惧種、希少種、固有種の記録は利用できるか。
	生物多様性管理計画は、利用できるか。
	生物多様性管理計画の一貫性のある実施の証明があるか。
	リモートセンシングデータから、REDD+活動はインドネシア政府が定めた天然林の転換を回避してきたことが証明されているか。

原則6. 反転リスクの削減	
基準	指標
REDD+活動は、規模や環境に応じて、準国家レベルの行動と国家レベルの政策を重視して、反転リスクを軽減しなければならない。	REDD+活動地域における火災、浸食、違法伐採およびその他の外的インパクトを含むリスク評価は利用できるか。
	主要な反転リスクに対処する緩和計画は利用できるか。
REDD+活動が脅威の定期的なモニタリングと反転リスクを緩和する適応的な管理を含まなければならない。	反転リスクを定期的に評価し、必要な場所では緩和を行うための適応的な管理の手順が、年次モニタリング報告書として利用できるか。
	年次の監視結果に合わせた反転に関する積極的な管理が証明されているか。

原則7. 排出移転の削減	
基準	指標
国家の境界内で、規模や環境に応じて、REDD+活動は排出量の移転を抑制するための戦略を含まなければならない。	国家の境界内で、REDD+活動の外部に排出量が移転する因子を分析し、評価するための文書が利用できるか。
	現実的なシナリオ下で、国家の境界内でREDD+活動地域の外側へ排出量の移転が行われることを避ける戦略が文書化されているか。

規模や環境に合わせて、REDD+活動領域における森林関連の排出量および REDD+活動における炭素ストックの変化を定期的にモニタリングし、結果として排出量の移転を抑制しなければならない。	REDD+活動による森林関連の排出量、炭素蓄積量、REDD+活動領域外への排出移転の抑制に関する年次報告書は利用できるか。
---	---

2.3. プロジェクトの普及

当該プロジェクトの活動を通じて得られた、方法論等の成果を活用すれば、今後、インドネシアで展開されるであろう JCM の下での REDD+プロジェクトに役立てることができるだけでなく、インドネシア国内で検討されている REDD+の活動に必要な情報インフラの整備等にも貢献することができると考えられる。以下では、その根拠について概説する。

本事業で開発する MRV 方法論は、日本の優れた技術である、地球観測衛星および衛星リモートセンシングを活用するものであり、超高分解能/高分解能の衛星画像を用いて、より精度の高い土地被覆分類等を実現するものである。これらの製品・技術を開発することにより、現地モニタリング調査等にかかるコスト・時間等を削減することができ、今後の REDD+の事業化の促進にも役立てることができる。さらに、現在、中央政府及び地方政府の両方で整備が進められている参照排出レベル(Reference Emission Level: REL)のデータ整備にも貢献でき、Jurisdictional Approach の支援にもつながる。

また、REDD+分野における衛星リモートセンシング技術は、災害対策等の他分野への活用での期待も大きい。インドネシアは、地震、津波、洪水等の自然災害が多発する地域であるため、災害対策という副次的な効果も含め、宇宙システムの総合的な海外インフラパッケージ輸出に繋がることも期待できる。

当該 REDD+の事業実施が実現すれば、事業実施者は、事業で得た資金により、森林保全活動のみならず、森林の生物多様性保全や、山地・河川等の自然資源管理等も含めた環境教育や、地域住民等の生計向上策の実施等に取り組むことで、地域社会の能力強化に貢献することが可能となる。さらに、自然資源が豊富なインドネシアの地域社会において、エコツーリズム等の新たなビジネス拡大に貢献できる可能性もあり、こうした活動を通じて、地域において新規雇用の創出等でも、地域社会の持続可能な発展に貢献することも期待できる。

さらに、当該 REDD+事業の特徴として、BOS 財団による、オランウータンの保全活動がある。彼らの取り組みは、森林開発による経済発展と、オランウータンの保護及びその活動を通じた自然保護とを同時に達成することを目指すものである。本事業を通じて、この REDD+事業を円滑に運用するための体制の構築を検討し、これを実現できれば、インドネシアにおいて、森林開発と自然保護の両立を実現する、持続的な森林開発の実現に貢献することができる。

インドネシア政府は、現在、REDD+の活動を積極的に推進しようと、国内の政策・制度を整備している。中央政府及び州政府と協力しながら、当該プロジェクトを JCM の下で推進していくことができれば、インドネシアにおける持続可能な発展(森林利用)に貢献することができる。

3. 調査の方法

3.1. 調査実施体制

本調査における役割分担及び実施体制図を表 3-1 及び図 3-1 に示す。本調査では、調査に参加する事業者の得意とする分野でそれぞれの知見・経験を活かし、高品質の成果を挙げられるように配慮する。

具体的には、株式会社三菱総合研究所が中心となり、本調査の主要検討課題である、超高分解能/高分解能の衛星画像を用いた、ハイエンド型の MRV 方法論の構築(含:画像データ解析業務等)を検討する。日本電気株式会社は、プロジェクトの運営方針及び事業性評価の検討と、MRV 方法論構築支援(衛星画像分析/ICT 関連)を担当する。さらに、2012 年 11 月以降、「オランウータンが棲む森づくりプロジェクト」等を通じて、BOS 財団の取り組みを支援している 2ESolutions は、マレーシアに拠点を置くコンサルティング会社であり、現地調査、情報収集の活動を担当する。

一方、現地カウンターパートである BOS 財団は、現地フィールド調査(検証用データ、政策情報の収集等)を担当する。BOS 財団は、オランウータンの保護活動や森林保全活動について豊富な実績を有しており、現地関係者(中央/州政府等)との幅広いネットワークを有している。

以上のプロジェクトチームのほか、日本側では、REDD+及び森林生態系で豊富な知見を有する広島大学の奥田教授にアドバイザーとして参画を依頼した。さらに、現地インドネシア側でも、中央政府に加えて、現地情報収集の観点から、東カリマンタン州政府や、同州で多様な森林保全関連の支援活動を行っている NGO 等にも協力を依頼して調査を実施した。

表 3-1 本調査の役割分担

組織名	役割
株式会社三菱総合研究所(MRI)	方法論策定、解析業務、全体取りまとめ等
日本電気株式会社(NEC)	運営企画、技術分析(衛星/通信技術関連)等
Ecological Economic Solutions Sdn Bhd (2ESolutions)	現地調査、情報収集等
The Borneo Orangutan Survival Foundation (BOS 財団)	現地フィールド調査、情報収集等

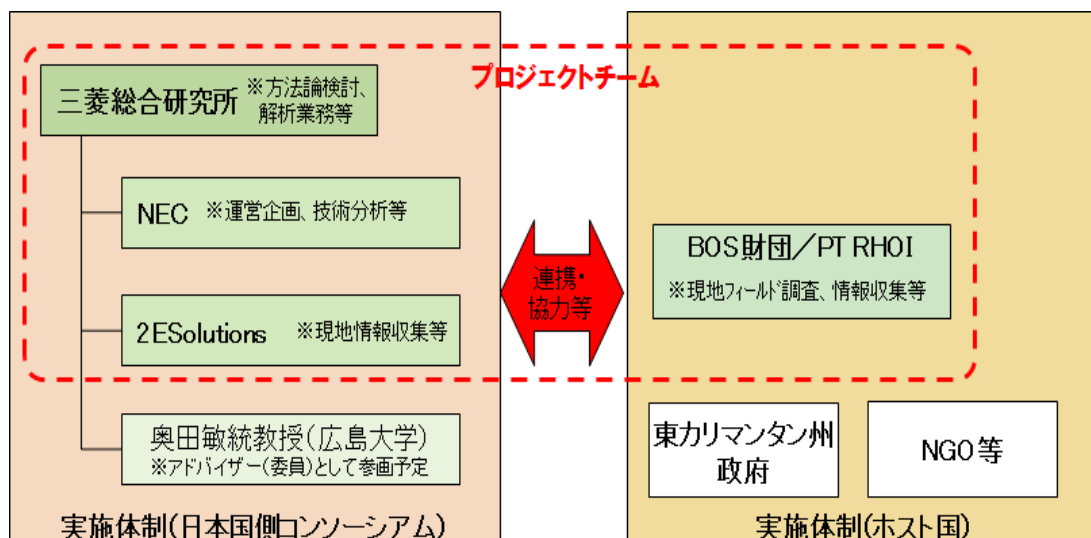


図 3-1 本調査の実施体制図

3.2. 調査課題

昨年度の検討結果等を踏まえ、今年度調査では、以下の調査課題を中心に検討を行う方針とした。

3.2.1. 方法論の開発

昨年度調査では、高分解能の衛星画像を使ってバイオマスマップを作成し、これを通じてプロジェクト排出量を算定する手法について検討を行った。しかし、昨年度調査では、プロジェクトエリア全体の炭素蓄積量の算定までは実施していなかった。このため、本年度においては、昨年度調査結果を参考にしつつ、プロジェクトエリア全体の炭素蓄積量の算定方法を確立することが必要だった。

3.2.2. 現地サンプリング調査方法

昨年度調査において、現地サンプリング調査を通じて、土地被覆区分の教師データの取得等を行った。今年度調査においても、さらに、衛星画像解析による土地被覆分類の精度評価等をより精緻に実施するため、森林(一次林・二次林)の土地被覆区分の調査地点数を、現状の2倍程度に増加することを目指した。

3.2.3. 現地セミナーの開催/現地カウンターパートとの連携

現在、インドネシアでは、ナショナル/サブナショナルレベルの両方で、REDD+にかかる政策・制度の検討が進められている。本調査の実施を通じて、REDD+に関する政策及び科学的知見等の情報について意見交換を行う等、さらなる連携を図るため、昨年度と同様に、現地セミナー等を実施し、円滑なコミュニケーションを図るための仕組みづくりを実施する方針とした。

具体的には、現地カウンターパートである BOS 財団とも連携しつつ、昨年度から継続して東カリマンタン州政府と連携したり、同州で森林関連の支援事業を行っている国際機

関及び NGO 等とも情報交換等を行ったりすることで、より効果的な取り組みとなるように検討を進めていく方針とした。

3.3. 調査内容

前項の調査課題を踏まえ、以下の通り、現地情報収集、方法論の検討、現地調査の各項目について調査を実施する方針とした。

3.3.1. 現地情報収集

現在、インドネシアでは、REDD+にかかる政策・制度の検討が進められている。本調査の実施を通じて、中央政府/州政府レベルの両方において検討されている REDD+に関する政策及び科学的知見等について情報収集を行う。これにより、今後の JCM プロジェクトの運用に役立てたり、現地の政策担当者等の能力強化等に貢献したりすることを目指して取り組む。

3.3.2. 方法論の検討(衛星データ解析業務)

昨年度調査では、高分解能の衛星画像を使ってバイオスマップを作成した。本年度では、超高分解能/高分解能の衛星画像を組み合わせて分析する手法について検討を行い、プロジェクトエリア全体の炭素蓄積量を算定する方法論を確立する。これにより、現地サンプリング調査にかかる労力及び時間を削減することが期待でき、効率化が実現できるよう、検討を行う。

3.3.3. 現地調査

REDD+プロジェクトを安定的に運用するためには、現地の利害関係者(政府、学識経験者、企業、NGO、一般市民等)の理解と協力が必要不可欠である。現在、インドネシアでは、ナショナル/サブナショナルレベルの両方で、REDD+にかかる政策・制度の様々な検討が進められている。このため、本調査の実施を通じて、現地の利害関係者との良好な協力関係を構築し、実際の運用開始時に備えて実施体制を構築する。

具体的には、昨年度と同様に、現地セミナー等を実施することにより、様々な知見・経験を交換する場を設定し、円滑なコミュニケーションを図るための仕組みづくりを行う。

その他、中央政府、州政府の関係者に対してインタビュー調査を実施することにより、REDD+にかかる政策・制度の最新情報を収集し、来るべき時のために準備を進める方針とする。

4. プロジェクト実現に向けた調査

4.1. プロジェクト計画

本調査では、JCM または従来型クレジット制度 (VCS) の下で実施される REDD 事業を前提として、BOS 財団が検討している事業案をもとに、プロジェクトの事業性を精査する。特に、昨年度調査の検討成果を最大限に活用しつつ、今年度調査で改善する MRV 方法論を適用して、コスト効率的な事業の実施方法を検討する方針とした。

4.1.1. 実施体制

本プロジェクトの実施に当たっては、日本側では NEC、インドネシア側では BOS 財団が代表として立ち、プロジェクト全体の実施方針の検討、企画運営等を行っている。MRV のデータ整備、画像解析については MRI、現地側との調整及び現地情報の収集については 2ESolutions が担当する。また、アドバイザーとして広島大学・奥田教授にご支援をいただいている。一方、インドネシア側は、ムラワルマン大学及び The Nature Council (TNC)、WWF 等 NGO との情報交換を行い、現地側の REDD+プロジェクトの進め方を検討している。

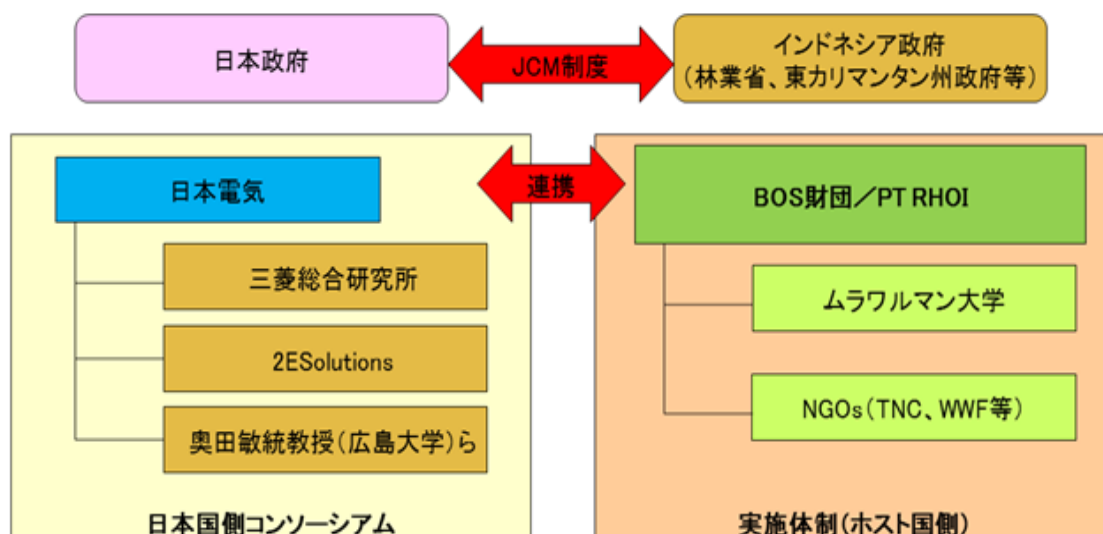




図 4-1 本プロジェクトの実施体制

4.1.2. 現地実施主体の BOS 財団について

BOS 財団は、1991 年に地元のオランウータン保護プロジェクトとしてスタートし、2003 年に現在の BOS 財団となった。代表は、Bungaran Saragih 博士で、過去に農林大臣、農業大臣を務められている。実際に運営しているのは、Jamartin Sihite 博士である。本部をジャカルタ近郊のボゴールに置き、中央カリマンタン、東カリマンタン等にオランウータンの保護施設を持つ。海外、特にヨーロッパに支援団体を持ち、日本にも支援団体がある（図 4-2 参照）。

BOS財団: Borneo Orangutan Survival Foundation
代表: Bungaran Saragih 博士(元農業大臣、農林大臣)
社長: Jamartin Sihite 博士





[歴史]

- 1991年、東カリマンタン州バリクババンにBOS財団の前身のプロジェクトが発足
- 1994年、バリクババン・オランウータン・ソサイエティ(これもBOS)ができる
- 2003年、今のBOS財団になる

[所在地]

- 本部: ボゴール
- 施設: 中央カリマンタン、東カリマンタン(サマリнда)
- 海外支援団体: ヨーロッパ8か国(以前は10か国)、日本



© BOS Foundation

図 4-2 BOS 財団の概要

今回の REDD+プロジェクトを実施する ERC サイトは、BOS 財団が保護したオランウータンをリリースするために確保している場所である。また、REDD+については我々と相談を進める以前から他のプロジェクトとして検討をしており、既に一定の知識は有していた。

4.1.3. 資金計画

当初、プロジェクトの実施に必要な初期費用は、生態系回復事業権(ERC)の取得に 1 億 2000 万円、REDD+認証、登録に 1000 万円を想定している。尚、1 億 2000 万円は、BOS 財団が、既に投資済みである(表 4-1)。

表 4-1 プロジェクト準備段階における初期費用

内訳	金額
生態系回復権利権(ERC)の取得	1 億 2000 万円
REDD+認証、登録	1000 万円

これをもとに、昨年度調査結果を踏まえつつ、以下の調査を実施し、資金計画についてより具体化を図ることを想定し進めた。

- インドネシア REDD 基金(FREDDI)等、生態系回復事業や REDD 事業に適用可能な、インドネシア国内の資金スキーム等について情報収集、分析を行い、活用可能性を探る。
- ERC サイト内で実施するパトロール、エコツーリズムにかかる活動について、コストを試算するとともに、想定される収益等についても検討を行う。
- REDD 事業から発生するクレジット収益の分配にかかる法制度の最新情報を、関連機関から収集する。

- 上記すべての関連データと情報から、将来のクレジット収益を見込んだ上で、プロジェクトの事業採算性を精査する。

8月のキックオフのための訪尼による現地インタビュー調査で、ノルウェー政府の基金により進められる REDD+基金(FREDDI)の進行状況を確認した。2016年度開始を目指し、REDD+プロジェクトへの初期投資、クレジットの買取制度の2つの制度について検討が進んでいるとのことだった。FREDDIの投資対象にJCMが組み込まれれば、本プロジェクトも円滑なREDD+事業実施への移行できる可能性があることが分かった。但し、現状においてはクレジット買取以外の収益性については検討できておらず今後の課題と捉えている。

上記の表 4-1 に初期費用を記したが、定常的な費用としては、全体管理費として 600万円/5年、森林パトロール等現場管理費として 100万円/月、REDD+継続のための画像購入に 200万円/年、REDD+定期レビューに 200万円/5年を計上している(表 4-2)。しかし、初期費用の大半は BOS 財団の主要業務であるオランウータン保護活動の中に組み込まれている。現状、オランウータンの管理業務とREDD+に関する業務は別に費用計算している。今後については精査が必要であるが、共有できる作業も生じる可能性がある。また、日本の IT 機器の導入により、リリースされたオランウータンの追跡調査の効率化が図られると、さらに REDD+実務に割り当てることが可能となり、両業務と相乗作用を生む状況が期待できる。

表 4-2 プロジェクト運用費用合計(REDD+事業期間 20 年間総額)

期間	0年目	1-5年目	6-10年目	11-15年目	16-20年目	計
①全体管理費(7スカラー:10万円/月)	0	6000000	6000000	6000000	6000000	24000000
②ERC取得	120,000,000	0	0	0	0	120,000,000
③FS調査(FY2013:2000万円、FY2014:1500万円)	35,000,000	0	0	0	0	35,000,000
④REDD認証・登録	10,000,000	0	0	0	0	10,000,000
⑤森林パトロール等現場管理費(100万円/月)	0	60,000,000	60,000,000	60,000,000	60,000,000	240,000,000
⑥衛星画像等(200万円/回・年)	0	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	40,000,000
⑦REDD定期レビュー	0	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	8,000,000
費用計	165,000,000	78,000,000	78,000,000	78,000,000	78,000,000	477,000,000

4.1.4. 詳細設計モニタリング MRV

昨年度調査ではいくつかの課題が残ったが、次の3点は今年度調査で優先課題とし、詳細な検討結果を行った。

- 方法論の開発に関する検討
高精度の衛星画像データの解析手法に重点をおき、バイオマスマップの作成方法、その結果を活用した一次林/二次林の区分手法等の検討を深める。さらに代理変数の活用により、モニタリングの効率性を向上する。
- 現地モニタリング調査方法の設計・検討
追加的な現地モニタリング調査を実施し、サンプルデータ数を増やす。データを収集する地理的範囲、対象とする土地被覆区分、モニタリング地点数等につ

いて、あらかじめ詳細設計を実施する。

- 現地ワークショップの開催

昨年度調査では、東カリマンタン州政府の気候変動協議会 (DDPI) の議長である Doddy Ruhiyat 教授ら、現地関係者から、継続的な連携に対する強い要望を受けた。東カリマンタン州で実施されている既存プロジェクトとの相互連携を深めるためにも、現地ワークショップの開催を通じて、相互理解を深める。

今年度事業では、2015 年 2 月に現地ワークショップを開催する予定としている。

4.1.5. 工事計画

現在、当該 REDD+事業の具体的対策は、プロジェクトエリア内のパトロール(森林火災、違法伐採の防止等)と、エコツーリズムの導入を中心に継続検討している。また、REDD+の取組みに際しては森林管理のために ERC サイトの入口に当たる、Pelangsiran に警備小屋を設置し入退場者の管理等警備体制を整備する計画がある。

一方で、本調査では、将来の高分解能の衛星画像データの利用可能性が重要になるため、新規 MRV 方法論の前提となるハイエンド型の高分解能センサを積んだ衛星打ち上げスケジュールについて、最新情報を確認する。さらには、こうした技術開発を見据えた、技術利用の方針や、人材育成の観点からのキャパシティ・ビルディングの必要性等についても検討した。

本報告書の土地被覆区分の試算については、既存の衛星データ (Worldview1、RapidEye) を基に解析行っていく。一方、今後、ASNARO-1 (光学センサ; 2014 打ち上げ成功)、ASNARO-2 (SAR センサ; 2016)、ハイパースペクトルセンサ搭載衛星 (名称未定) 等のデータの利活用が予定されている。これらのデータを将来活用することにより REDD+の植生区分の境界について、あるいは植生区分内の状態把握について、精度を向上できると考える。特に、打ち上げ成功した ASNARO-1 については、性能評価を兼ねて貢献を国内外に披露していくことは有効と捉えている。

4.1.6. プロジェクト運営計画

BOS 財団と PTRHOI 社の組織ミッションは、オランウータンを保護し、熱帯林へ還すことであり、ERC サイトでの活動も、オランウータンの保護に関する活動が主体となっている。前記した資金計画の中で、オランウータンのリリース後の管理と REDD+管理に関して作業及び費用面での相補的なメリットを示した。一方で、REDD+からの収益性には可能性があるものの不透明な状況も有り、収益面では REDD+を実施する ERC サイトを利用したエコツアーが有力な候補と見なしている。本調査では、それらの活動と、REDD 事業としての MRV 活動、エコツーリズム等をリンクさせて相乗効果をもって実施できるかどうかを精査するため、エコツアー実施を目指した際に必要と考えられる以下の項目の情報を収集し検討を進めた。

- オランウータンのリリース頭数の年度別計画
- ERC サイト内森林利用区分 (生息用森林、食糧採取用森林、バッファゾーン等)

- オランウータン生息状況観測データ項目と、ツールや頻度等具体的な観測・管理方法
- 違法伐採、森林火災などパトロール手法と頻度、具体的な対策の有無
- エコツーリズムとしての具体的な活動内容、実施計画の検討 等

まずは ERC サイトの現有の施設、人員、活動内容について確認した。

現在の施設は、従業員の宿泊施設が併設された事務所、リリース前のオランウータンのケージ、オランウータン輸送用のヘリコプター駐機場等がある。

人員については、オランウータンのリリース直後は夜間のオランウータンが寝る時間以外、昼間の観察のための人員が 2～3 人一組のグループになってリリースされたオランウータンを 2 か月間観察している。予定では年に数回 10 頭ずつのリリース計画を立てており、今後、管理すべきオランウータンの数は増加していくと予想されている。そのため、管理者用の宿泊施設も準備されている。

ERC サイトと外部との通信については、衛星通信を使っており 1MB の回線で 40M ルピア(約 40 万円)/月の通信費を負担している。

現時点でわかっている課題は、交通アクセスの非常に悪いこと、近隣住民が少ないため公共施設が充実しておらず衛生面での課題も有り、ビジネスを実現するためには、交通手段や宿泊施設の確保等、事前の準備が必要であることが確認できている。

参考までに、現在の BOS 財団の活動について聞き取り調査を行った結果を表 4-3 に示す。

表 4-3 現在の BOS 財団による活動内容

番号	活動内容	詳細
1	オランウータンのリリース後のモニタリング活動	毎日 2-3 グループ(1 グループ 3-4 人)が前回オランウータンを確認した地点を訪れ、オランウータンの生息状況を確認する。モニタリング活動を実施する際には違法伐採等実施されていないか確認も行う。
2	フェノロジーのモニタリング及び気象データの取得	オランウータンの食糧をモニターするために、フェノロジーモニタリング活動は月に一回実施され、気象データは一日二回収集している。 フェノロジーモニタリングでは 2 サイト(gunung Belah 及び Sei Lembu、トランセクト)の樹木の葉、花、果実を記録している。気象情報は気温、湿度、降雨量を記録している。
3	リリースサイトの選定のための植生調査	オランウータンのリリース地点を選定するために植生調査を実施している。
4	ERC の年次報告に向けた調査	BOS 財団によって林業省に対して、ERC エリアの状況に関する報告書を提出している。そのための調査を行っている。

5	地元住民との会合	BOS 財団は定期的に地元住民と会合を開き、BOSF 財団のリリース活動の説明を行っている。また、ERC エリア内で違法な活動が行われていないか随時地元の輸送会社などとも情報交換を行っている。
---	----------	--

また、将来的に実施を予定している活動について聞き取り調査を行った結果を表 4-4 に示す。

表 4-4 将来的に実施を予定している活動内容

番号	活動内容	詳細
1	森林パトロール・モニタリング活動	現在、森林モニタリング活動が十分に行われていない。そこで追加的にスタッフを雇い訓練させ、GPS 等の機材を購入し、森林パトロール・モニタリング活動を行うことを検討している。 ICT 等の技術を活用した場合でも今後オランウータンのモニタリングのためのスタッフを増やしていく必要がある。
2	セキュリティポスト	現在、BOS 財団はERCエリア内の往来者の登録を行っていない。そこで、ERC の入り口にセキュリティポストを設営し、人の出入りを管理することを検討している。
3	リモートセンシング	現在、BOS 財団ではランドサットや他の無料で提供されている画像衛星データを ERC エリアのモニタリングのために利用している。REDD+モニタリング活動では Rapid Eye や World View などの画像データ及びそれら画像を分析するソフトウェアを購入する必要がある。そのためには追加的資金が必要となる。 BOS 財団は GIS チームを有しているが、リモートセンシングの画像処理等のキャパビルが必要になる可能性がある。

現在 BOS 財団にて使用されている機材について、聞き取り調査を行った結果を表 4-5 に示す。

表 4-5 BOS 財団にて使用されている機材

機材名	分量	利用目的
キャンプで利用される機材等		
Radio tagging Device set: • Radio(無線受信機) • Tags(発信器)	10 以上 5 前後	オランウータンのモニタリング
GPS ロガー	10 前後	オランウータンのモニタリング、 マッピング
デジタルカメラ	7 前後	オランウータンのモニタリング
麻酔銃	3	オランウータンの捕獲
日誌	1	モニタリング活動の記録
デジタル時計	10 前後	オランウータンのモニタリング
衛星電話	2	緊急連絡用
オートバイ	3 (1 in Lesik & 2 in Wahau)	交通手段
自動車	2 (all in Wahau)	交通手段
衛星通信機	1	Camp Lesik でのメール及び電話
Pelangsiran での部屋のレンタル	1	トランジット用
ボゴールで利用される機材等		
Landsat	1	マッピング
Arc GIS	1	マッピング、モニタリング計画の策定

4.2. 日本の貢献

4.2.1. 当該 REDD+活動(森林管理活動やモニタリング活動を含む)における日本の貢献(日本製技術・製品等による優れた技術の移転、ホスト国への投資額、雇用効果(日本及び現地における新規雇用者数)等

本調査事業で開発する MRV 方法論は、日本の優れた技術である、地球観測衛星および衛星リモートセンシングを活用するものであり、これらの製品・技術が、新たな REDD+の事業運営の効率化に貢献できると考える。人工衛星による観測の特徴としては、周期的に均質なデータを取得できること、衛星の高度が高いため一度の観測範囲(刈り幅)が広く空間的に取得できる、長期間(数年単位)に及ぶ連続観測が可能である、撮

影範囲に関する制約(国境等)がない、などが挙げられる。

また、わが国は数多くの地球観測衛星の開発・運用実績がある。現在運用中の地球観測衛星としては第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1)、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)、陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(Lバンド合成開口レーダ)があり、今後打ち上げられる予定の地球観測衛星としては、高分解能光学観測衛星「ASNARO-1」、高分解能レーダ観測衛星「ASNARO-2」、第一期気候変動観測衛星「GCOM-C1」、ハイパースペクトルセンサ搭載衛星(名称未定)、などがある。

これらの衛星で得られた観測データを解析し、当該国に提供することにより森林モニタリングや森林インベントリの情報整備などの自然環境保全の分野だけに留まらず、災害危険地域の特定などの防災分野や、新たな観光資源の開発においても日本がICT関連の利用場面において多くの貢献を行なうことができると考えられる。

これまでにBOS財団あるいは日本の森林関係者等から確認できているERCサイトにおいて利用可能性のあるICT機器あるいはソリューションを表4-6にまとめた。

表 4-6 観測現場で求められるICTの機能

項目	機能	補足
1. 書籍の電子化	現場で確認するための図鑑等を電子的に携帯することで軽量化を図る	植物図鑑、地図等の代替
2. 電子機器の統合	1について、各々別々の機器としてではなくまとめる	
3. 現地収集データの吸上げ	現地の定点観測用機器からデータを吸い上げるのは、通常、メモリーカードを使用。簡便に観測機器から大量のデータを移行できる	現在のERCサイトではデータを蓄積するような機器は無いが、動物の追跡場面では今後可能性あり

尚、インドネシアにおいては、携帯電話等のポータブル機器の取り扱いについては普及しており、上記のような機能については簡単な説明で利用可能と思われる。

一方、衛星データの扱い及び解析に関しては、利用費が高額かつ解析には専門性の高いソフトが必要なため、国内においても取り扱いは容易ではない。現地においては、BOS財団の現有の従事者の中にはリモートセンシング分野に精通した方は居ないため、技術移管については課題になると想定している。今後、キャパシティ・ビルディングについては引き続き検討を進める。

最終的に、REDD+の事業化により、BOS財団は、そこで得た資金で森林保全のみならず、森林の生物多様性を高めることや環境教育に取り組むことで、エコツーリズムなどのビジネス拡大に貢献できる可能性があり、新規雇用創出が期待できる。当該プロジェクトサイトとなっている森林保全地区はオランウータンを野生へ戻すためのリリース地として利用されているが、今年度の調査においてサイチョウ、カワセミ等の存在が確認され野生

鳥獣類のウォッチングに適していることが確認された。また、川釣り、ラフティングトレッキング、キャンプ等アウトドアスポーツ等の可能性もある。

4.2.2. プロジェクトに必要な技術・製品等に関する経済性分析

現時点で収集できている情報をもとに、プロジェクトの事業採算性について検討した(表 4-7 参照)。

現在、当該プロジェクトにて費用として見込んでいるのは、初期費用として ERC (コンセッション) 取得費、REDD 認証・登録費であり、また定常的なものとして運用費、管理費、定期的な画像購入・解析、REDD+定期レビュー等がある。計、4.77 億円になる。それに対して昨年度の調査において算出した年間 CO₂ 排出削減量(18 万t-CO₂)を基に、どの程度のクレジット価格(30 年間一定と仮定)であれば黒字化するかを計算した。スタートから 5 年間 231 円/t-CO₂ で取引できると、以降全額利益となり、5 年間 1.3 億円の収益が上がる。

実際のプロジェクト実施時の費用についてはさらに精査が必要であり上記と異なる可能性もある。さらにクレジット価格は、通常の排出権取引で考える場合と生物多様性等の付加価値を付けた形での取引の場合で大きく異なってくる。

表 4-7 クレジット販売による事業性予想

期間	0年目	1-5年目	6-10年目	11-15年目	16-20年目	計	
①全体管理費(ブスワーク:10万円/月)	0	6000000	6000000	6000000	6000000	24000000	
②ERC取得	120,000,000	0	0	0	0	120,000,000	
③FS調査(FY2013:2000万円、FY2014:1500万円)	35,000,000	0	0	0	0	35,000,000	
④REDD認証・登録	10,000,000	0	0	0	0	10,000,000	
⑤森林ハトール等現場管理費(100万円/月)	0	60,000,000	60,000,000	60,000,000	60,000,000	240,000,000	
⑥衛星画像等(200万円/回・年)	0	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	40,000,000	
⑦REDD定期レビュー	0	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	8,000,000	
費用計	165,000,000	78,000,000	78,000,000	78,000,000	78,000,000	477,000,000	
クレジット収入(¥231/t-CO ₂)		207,900,000	207,900,000	207,900,000	207,900,000	831,600,000	
損益計	-130,000,000	-100,000	129,900,000	129,900,000	129,900,000	389,600,000	
						2013年度成果(t-CO ₂)	
						クレジット(単年)	180,000
						総クレジット(20年)	3,600,000

4.2.3. JCM 方法論における日本の貢献の評価

本調査では、東カリマンタン州の森林被覆率、特に伐採コンセッション事業における計画伐採率を調べる。これらは、インドネシアの REDD+全体における、サブリージョンレベルでの参照レベルの設定に役立つ。また、開発する MRV 方法論は、従前の VCS の方法論で 5 年と設定されているモニタリング期間を短縮化できるので、クレジット収益の早期実現につながる。また、日本の IT 技術活用場面を想定し RAN-GRK (国の排出削減計画)あるいは RAD-GRK に関する IT システム化のニーズを 8 月の訪尼の際にインタビュー調

査を実施した。

RAN-GRK 集計のための仕組みは、RAN-GRK 事務所(BAPPENAS 内の組織)において、集計側から一部提供されさらに集計ツールの開発が進行中である。しかし、仕様に関して何度か変更が生じ、未だ完成に至っていない。また、データ提供側の集計の仕組みが各サブナショナルレベルで異なるため、統一されたテンプレートでは使い勝手が良く無いとのことだった。さらに、既成の制度を運用しながら新たな仕組みづくりを同時に進行しており、それをさらにシステム化するのは難しい状況であった。データ提供側とデータ集計側の双方のメリットが一致していないようだった。

一方、日本国内でREDD+事業者(7事業者)についても、同様にITに関するニーズのヒアリングを行った。その際には、データの収集、解析あるいは方法論のまとめ等について迅速、簡便かつ一定レベルの品質で実行できるようなIT技術へのニーズが示された(表 4-8)。

表 4-8 国内 REDD+事業者の IT ソリューションへのニーズ

IT関連のニーズ	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社
①リモセン技術支援	○	△	△		△	○	○
②解析技術支援	○	△	△			○	○
③集計技術支援		△	△				
④Eコマース技術支援		△	△				
⑤Eラーニング技術支援							
⑥上記を組合わせたパッケージソリューション		○	○				
○強く望む、△あると良い							

4.2.4. 今後の普及導入計画

本調査で策定する方法論は、計画的に商業伐採している森林事業区を非伐採事業区に転換する場合に適用可能なものである。普及ポテンシャルを確認するために、インドネシア国内の、伐採コンセッション事業の数、森林面積合計について、今後、林業省から情報を収集することを検討している。

4.3. MRV 体制

REDD+事業のMRVについては、大きく分けて、①衛星画像解析等による土地被覆区分ごとの活動量(面積変化データ)の把握、及び②土地被覆区分ごとの排出係数(単位面積当たりの炭素蓄積量)の特定の作業が必要となる。さらに、データの収集方法として、(A)独自データを収集するのか、または、(B)既存統計データを活用するのか、といった観点でも検討を行う必要がある。信頼できるデータが利用できる場合は、(B)による既存統計データの利用が業務効率化につながる(表 4-9)。

2013 年度の調査事業では、活動量及び排出係数共に独自データを利用した。今年度についても同じ方針を取るが、実際の REDD+事業においては二国間の取り決めに従った形で実施していく。

ERC サイトにおける実地研修については、排出係数確認のために森林コードラート調

査を実施した。その際に必要な道具は、メジャー、カメラ、植物図鑑、GPS、筆記用具等であり、通常の植生調査と同じ内容である。既にコードラート調査については移管できている。2013 年度の調査結果と比較し、2014 年度の調査結果の方が内容についても安定した結果が出ている。調査結果の成果物に関する確認は必要であるが、現地による単独実施も特に課題はない。

一方、画像調査については、前記したようにBOS財団側にこれまでにない業務内容かつ専門性が異なるため、直近の技術移管は難しい。REDD+事業を進めながら、段階的な技術移管が順当な進め方と考える。

表 4-9 MRVの内訳

区分	(A)独自データの収集	(B)既存統計データの活用
土地被覆区分ごとの活動量（面積変化データ）	プロジェクトエリアの衛星画像データの解析 【MRI、NEC等】	RAD-GRK等に掲載されているREL設定のための基礎データ（※利用可能性を要確認） 【東カリマンタン州政府等】
土地被覆区分ごとの排出係数	現地サンプリング調査に基づく排出係数データの設定 【BOS-F等】	RAD-GRK等に掲載されているREL設定のための基礎データ（※利用可能性を要確認） 【東カリマンタン州政府等】

プロジェクト実施時におけるMRVの実施体制については、概ね次のような役割分担を想定している。

- 全体の実施方針の検討、企画運営等：三菱総合研究所及びNEC
- MRV方法論の運用支援、画像解析等：三菱総合研究所及びNEC
- 現地フィールド調査、現地情報収集：BOS財団、2ESolutions
- 現地協力機関：東カリマンタン州政府、研究機関（ムラワルマン大学、NGO等）

昨年度及び今年度の現地モニタリング調査の実施に際しては、日本チーム側から、2ESolutionsも参加している。さらに、現地調査の実施時には、現地カウンターパートとの情報及び意見交換も円滑に実施できている。このように、現地カウンターパートとの連携や、現地状況の把握等については十分な履行体制が構築できている。

4.4. ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与

4.4.1. 当該プロジェクトの実施による環境面での影響

(1) 実施地域とその周辺地域への好影響

当該 REDD+プロジェクト及びエコツーリズムは熱帯雨林の生態系の保全を主目的としており、実施地域においてさまざまな環境効果を生み出すと考えられる。特に、オランウータンの保全活動、違法伐採・密猟・乱開発の防止、水資源等生態系サービスの確保に貢献すると考えられる。

① オランウータンの保全

BOS 財団のモニタリング関連予算の大部分がオランウータンを ERC エリアにリリース後に実施されるオランウータンのモニタリング活動に充てられている。そのため森林調査活動の予算は限られており、現在 BOS 財団が実施している森林調査は ERC 制度上のモニタリング及びオランウータンのリリースサイトの選定調査とオランウータンのエサの調査に限定されている。REDD+プロジェクトを実施することによって、より網羅的な森林の調査・モニタリング活動が可能になると考えられる。違法伐採、動植物の密猟、森林火災及び一次林劣化が定期的にモニタリングされることによって、ERC エリアがより適正に保全・管理され、それが BOS 財団の主目的であるオランウータンの保全活動にも寄与すると考えられる。

② 違法伐採、密猟や乱開発の防止

当該プロジェクトエリア及びその周辺の道路インフラは未発達であり、道路や橋の整備は BOS 財団のオランウータン保全活動やエコツーリズムに貢献すると考えられる。ただし、道路や橋を整備し ERC エリアやその周辺部へのアクセスが向上させた場合、隣接するコンセッションの林業再開や外部の人間による違法伐採や密猟が進行する恐れがある。

よって、BOS 財団ではインフラの整備には慎重であり、ERC エリア内の橋の建設は予定していない。また、現在計画中の新たなキャンプ地に必要な道路インフラの開発も最小限に留める予定である。

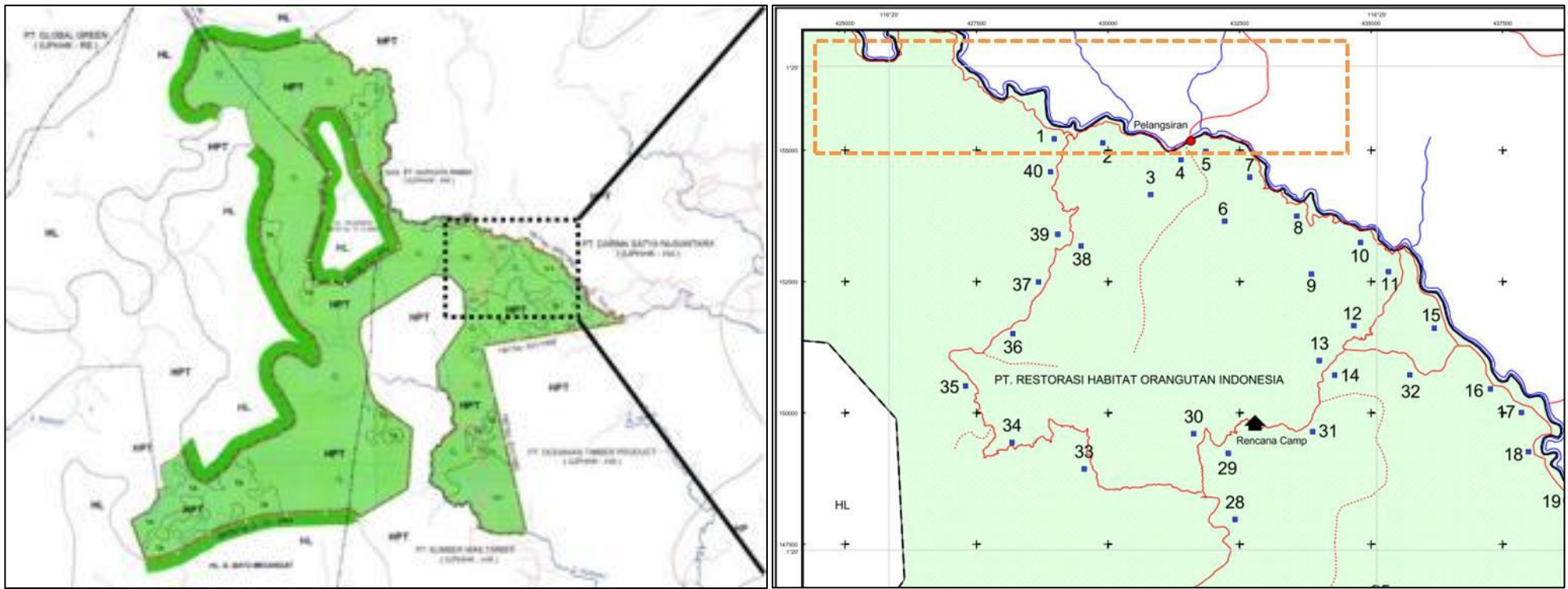


図 4-3 プロジェクトサイト内の林道の状況

(赤い線が林道であり、オレンジ点線枠内の林道以外は管理されていないため車両がとおることができない)

③ 水資源等生態系サービスの確保

熱帯雨林は木材の生産や炭素固定以外にも酸素供給や栄養循環など、さまざまな生態系サービスを提供しており、当該プロジェクトの森林も例外ではない。ERC エリアを流れているテレン川(Telen River)は州都サマリダを流れるマハカム川の上流に位置している。マハカム川はカリマンタン島で最も流域面積の大きい河川であり、ERC エリアはこの流域の水資源確保及び洪水管理で重要な役割を果たしている。また、ERC エリアの近隣で暮らすダヤック族にとって、熱帯雨林とそこに生息する動植物は文化的に重要である。ダヤック族の動植物をつかさどった刺青やサイチョウの踊りなどはその好例である。当該プロジェクトを通じた ERC エリアの保全活動はこれら生態系サービスの持続に寄与することとなる。

(2) カリマンタン島全体に対する好影響

カリマンタン島の熱帯雨林は生物多様性ホットスポットであり、アマゾンやコンゴの熱帯雨林と並んで世界的に重要である。よって、当該プロジェクトを含めたボルネオ島での熱帯雨林の保全活動は越境的な環境効果が非常に高いと考えられる。

WWF によるとカリマンタン島には 222 の哺乳類(固有種:44 種)、420 種の鳥類(固有種:37 種)、100 種の両生類、394 種の魚類(固有種:19 種)及び 15,000 種以上の植物(固有種約 6,000 種)が生息している。未発見の動植物も多く 1995 年から 2010 年の間に約 600 の新種が発見されており 2012 年には新種の哺乳類(Nycticebuskayan)も発見されている。

その貴重なカリマンタン島の動植物が早いペースで減少しており、スマトラサイは絶滅危惧IA 類(Critically Endangered)、ボルネオゾウ、ボルネオオランウータン、天狗ザルは絶滅危惧IB 類(Endangered)、マレーグマ、ボルネオウンピョウは絶滅危惧II類(Vulnerable)に指定されている。

2009 年に BOS 財団が実施した ERC エリアでの生態系調査(サンプリング調査)では 45 種の哺乳類、18 種の両生類、10 種の爬虫類、199 種の鳥類、405 種の樹木が確認された。また、最近ではウンピョウの糞が ERC エリア内で確認されている。限定的な生態系調査ではあったがそれでも 9 種の絶滅危惧種が ERC エリア内に確認されたこととなる(表 4-10 参照)。よって、当該プロジェクトは生物多様性の保全に貢献すると考えられる。

表 4-10 ERC エリア内で確認された絶滅危惧種

学名	一般名	和名	IUCN 絶滅危機評価
<i>Macaca nemestrina</i>	Pig-tailed Macaque	ブタオザル	絶滅危惧II類 (Vulnerable)
<i>Hylobates muelleri</i>	Bornean Gibbon	ミユラーテナガザル	絶滅危惧IB類 (Endangered)
<i>Pongo pygmaeus morio</i>	Northeast Bornean Orangutan	ボルネオオランウータン	絶滅危惧IB類 (Endangered)

<i>Helarctos malayanus euryspilus</i>	Sun Bear	マレーグマ	絶滅危惧 II 類 (Vulnerable)
<i>Arctictis binturong</i>	Bearcat	ビントロング	絶滅危惧 II 類 (Vulnerable)
<i>Cynogale bennettii</i>	Sunda Otter Civet	キノガーレ	絶滅危惧 I B 類 (Endangered)
<i>Cervus unicolor borneensis</i>	Bornean Sambar Deer	ボルネオサンバー	絶滅危惧 II 類 (Vulnerable)
<i>Sus barbatus</i>	Bearded Pig	ヒゲイノシシ	絶滅危惧 II 類 (Vulnerable)
<i>Neofelis diardi ssp. borneensis</i>	Bornean Clouded Leopard	ボルネオウンピョウ	絶滅危惧 I B 類 (Endangered)

(3) 好影響の担保するための処置

前述の環境面での好影響を担保するためには REDD+ 及びエコツーリズムのモニタリング活動で得られたデータを現場で有効に活用する必要があり、当該プロジェクトにおける ICT の活用が期待されている。以下は各好影響を担保するための対策を示している。

オランウータンの保全対策として、リリースされたオランウータンは BOS 財団の内部規定に基づきモニタリングされている。モニタリング活動は通常、2-3 グループ (1 グループ 2-3 人) が毎日森に入り、今までオランウータンが出現した地域を訪れ、無線を利用しながらオランウータンの生存と状態を確認している。

違法伐採、密猟や乱開発の防止として、前述の通り BOS 財団では道路インフラの開発を最小限にとどめている。南に設営するキャンプ地の車道はキャンプ地から南に伸ばす計画であり、今のところ既存の道路(図 4-3 参照)とリンクさせない予定である。

水資源等地域の生態系サービスの確保及び生物多様性保全として、当該プロジェクトでは高度なリモートセンシング技術を採用するため Landsat 等従来の衛星画像で判別できなかった森林劣化を感知することが可能となる。よって、定期的に取り得られる一次林の分布データを過去のデータと比較させ、一次林が減少した箇所を特定する事ができる。そして、一次林の減少が感知された地域にスタッフを派遣し、詳細な状況を確認した上で対策を講ずることができる。また、エコツーリズムを実施することによってより定期的にプロジェクトエリア内の動植物の観測が可能となる。ガイドが絶滅危惧種や希少種を観測した場合それをログに記録し、データベース化することにより、生物多様性のモニタリングが可能となる。加えてセキュリティポストを Pelangsiran に建設する予定である。セキュリティポストで ERC エリア内を往来する人々を登録し、違法伐採や密猟を抑制することが期待される。

他にも環境面の好影響を担保するためにはプロジェクトエリア外での啓蒙活動や広報活動が重要である。BOS 財団は ERC エリアに特化したウェブサイトを保有している(英語とインドネシア語対応)。さらに、フェイスブックやツイッター等のソーシャルメディアを専属のスタッフを雇って活用している。加えてデンマーク、オーストラリア、日本など 8 か国

に BOS 財団のパートナー機関が存在する。BOS 財団はこれらのウェブサイト、メディア、ネットワークを通じて ERC エリアの自然や熱帯雨林保全の重要性について情報発信している。よって、REDD+の情報開示やエコツーリズムの広報活動は上記の既存のウェブサイト、メディア、ネットワークを通じて実行することが可能である。

また、オランウータン保護施設であるサンボジャレストリでは体験学習が可能である。地元や海外の学生などに自然の大切さを伝える学びの場として最適である。サンボジャレストリにはスタンフォード大学(MBA)などが過去に訪れている。当施設はエコツーリズムの出発地点としても適している。

地元との交流も重要であり、BOS 財団は頻繁に地域住民と会合を開き、今後の運営方針等の説明を行っている。REDD+活動、エコツーリズムを実行していく際にも既存の住民とのネットワークを活用していくこととなる。

(4) 実施地域とその周辺地域への悪影響

当該プロジェクトは熱帯雨林の保全を主目的としているが、プロジェクトの管理体制が不十分な場合は実施地域とその周辺地域の環境へ悪影響を及ぼす恐れがある。特に、不適切なエコツーリズムによる自然破壊、地域住民への悪影響が懸念される。

① 不適切なエコツーリズムによる環境破壊

観光客の入場者数が多い場合は自然環境に負担をかける恐れがある。特に観光客によるオランウータンなどの動物の餌付け、植物の採取、ゴミの投棄、キャンプサイトのゴミと排水の増加、人と車の往来に伴う山道の劣化などによる自然生態系の破壊が懸念される。また、エコツーリズムのために道路インフラを改善した場合、その道路を利用した違法伐採、密猟などが横行する恐れがある。

② 地域住民への悪影響

REDD+及びエコツーリズムを実施するにあたって、地域住民への影響を注意する必要がある。プロジェクトエリア内やその周辺での近隣住民の活動は少ないため、地域住民の既存の生活に直接的な悪影響を与える可能性は低い。プロジェクトエリアで林業が実施されその結果、地域住民が雇用されたはずである「機会費用」を考慮する必要がある。

また、地域住民が REDD+やエコツーリズムを十分に理解せず、BOS 財団が何もせずに不当な利益を得ていると誤った認識を持ち、トラブルの原因となるケースもある。地域住民との関係が悪化した場合、住民の非協力にともなう違法伐採や密猟の見過ごし、エコツーリズム開発の参加拒否など、地域の環境保護及び持続可能な開発の妨げになる恐れがある。

(5) 周辺地域への悪影響

前述の通り、カリマンタン島の熱帯雨林は生物多様性の保全の観点から世界的に重要である。ERC エリアの不適切な管理により、サイト内において森林の劣化、動植物の喪失

を招いた場合は実施地域及び周辺地域のみならず世界的な損失となる。特に一次林の劣化や密猟により、前述した ERC エリア内に生息する絶滅危惧種の生息数が減少・消失した場合はその損害は大きい。

(6) 悪影響の回避処置

上記の悪影響を回避するためには前述の通り REDD+及びエコツーリズムで得られた情報を分析し、現場の管理に活用していく必要がある。

エコツーリズムの管理においては、観光客の ERC エリア内への入場制限を設け、観光客に必ずガイドを付け、ガイドが観光客に対して餌付けやゴミ捨ての禁止等のルールを説明する必要がある。キャンプ施設では石鹼、シャンプーや洗剤は非石油系を採用し、環境汚染を低減させる努力が必要となる。また、ERC エリア内への観光客の入場制限をする代わりに簡易的なエコツーリズムはバリクパパンからもアクセスの良いサンボジャレスタリで行える体制を整える必要がある。

エコツーリズムサイトへアクセスするための車道や歩道を建設する際は、ルートを慎重に選定し、違法伐採、密猟を誘発させるようなルートの設定は避ける必要がある。

住民対策として BOS 財団は ERC コンセプションを取得する際に ERC エリア内及びその周辺の社会調査を実施している。地域住民の分布、村の運営体制、地域住民の経済活動、地域住民の森林内での活動等を調査している。また、BOS 財団は頻りに地域住民との会合の場を設けており、地元との調整を図っている。

生物多様性の保全に関しては REDD+、エコツーリズムや地域住民から取得した動植物の情報をデータベース化し ERC エリアに生息する絶滅危惧種をモニタリングし、違法伐採や密猟を早期に察知・対応できる体制を整える必要がある。

4.4.2. プロジェクト実施によるホスト国の持続可能な開発への寄与

現在、BOS 財団の活動資金のそのほとんどが寄付金や国際援助から来ているが、これらの収益は年毎に変動し財団の経営を不安定にしている。他のオランウータンや野生動物保護団体も似た状況にあると推測される。REDD+やエコツーリズムは寄付とは違い、環境サービスを提供し、その対価として収益を取得する「ビジネスモデル」である。これら環境ビジネスを導入することによって BOS 財団は収益源の多様化と収益の安定化を図り、財団の経営を強化することが期待される。

REDD+とエコツーリズムを組み合わせることで絶滅危惧種を保全する当該プロジェクトは新たな環境ビジネスモデルとしてインドネシアのみならず他の熱帯雨林保有国のモデル事業となりうる。

(1) エコツーリズムと REDD+事業

エコツーリズムは、環境資源・生物資源を観光に用いる経済活動であり、グリーン経済の発展と、環境資源・生物資源の保全に寄与する活動である。インドネシアのエコツーリズムは、WTO(世界観光機関)と UNEP(国連環境計画)が支援に入り、開発を進めている。エコツーリズムと REDD+は相補的な関係にあると国際的に認知されている。

UNREDD では、エコツーリズムを「非炭素便益」と位置付け、2014 年 6 月にドイツ(ボン)で行われる SBSTA40 以降、議論を継続的に行っている。

(2) 東カリマンタン州の観光業とエコツーリズム

2012年にインドネシアを訪れた国際観光客は、年間800万人を超え、増加傾向が続いている。東カリマンタン州を訪れる国際観光客の数は、2010年で年間24,410人であり、平均滞在日数は8日間であった。国際観光客のうち約4分の3は、アジア太平洋地域からの観光者であった。また、国際観光客の約10%がエコツーリズムを目的として、インドネシアを訪れている。

東カリマンタン州は観光産業を大きく伸ばすポテンシャルを有している。東カリマンタン州の北に位置するマレーシア、サバ州は自然を中心とした観光業の開発に成功している。サバ州は2012年に290万人の観光客が訪れており(67%国内観光客、33%海外観光客)、観光業からの収益は52億リングギット(約1,700億円)であった。観光客の数は伸び続けており、次の年には338万人が訪れており収益も60億リングギット(約2,000億円)を超えたと推測されている。これはサバ州が今まで林業で得ていた年間の収益、約20億リングギット(約660億円)を大きく上回っている。

現在の東カリマンタン州は第一次産業に依存しているため(石炭・石油・天然ガス等の化石燃料の採掘及び林業、パームプランテーションなどの農業)、州の経済は国際エネルギー価格に大きく左右されている。今後はエコツーリズムを中心とした第三次産業である観光業を発達させることによって、東カリマンタン州は経済の多角化を図り、持続可能な開発を遂げることが望ましい。当該プロジェクトはそのためのモデル事業として東カリマンタン州とインドネシアの発展に寄与できると考えられる。

東カリマンタン州の観光資源及びそのマップを表 4-11 に示す。

表 4-11 東カリマンタン州の観光資源

観光地の種類	件数
自然	220
文化	30
人工物	15
伝統と文化	43
博物館・資料館	2
美術館	0
文化公園	6
舞台芸術	0
村の伝統工芸	30
式典	0
国立公園	0
森林公園	0
自然公園	10
ハンティング用公園	0
海	0

(3) 現在 BOS 財団によって実施されているエコツーリズムの概要

BOS 財団が東カリマンタン州バリックパパンに保有しているサンボジャレストリでは、オランウータンのリハビリ施設と併設して、観光客用の宿泊施設が整備されている。宿泊客は、リハビリ中のオランウータンの見学や周辺の観光地訪問をすることができる。図 4-4 に宿泊施設とリハビリセンター本部の外観図を示す。



図 4-4 サンボジャの宿泊施設(上)、リハビリセンター本部(下)

出典：NPOボルネオオランウータンサバイバルファンデーション日本 公式HP

参考情報として、BOS 財団より、聞き取り調査を通じて得たサンボジャロッジの利用状況を示す。

表 4-12 2013 年のサンボジャロッジ利用状況

調査項目	内容
来訪者数	ロッジ訪問者(日帰り):100人以上(月 5-15 人) ロッジ宿泊者:200人以上(月 6-30 人)ピークは 6 月~9 月
来訪者の種別	国内・海外の学生 海外のテレビ局 企業の社員(ボランティア、CSR 等) VIP(経済調整大臣、東カリマンタン州副知事、東クタイ県知事等) ドナー、メンバー、一般客
滞在日数	滞在日数は 1 泊 2 日もしくは 2 泊 3 日程度

(4) 本事業におけるエコツーリズムの検討計画

本検討でエコツーリズムの推進対象とする ERC サイトは、WWF によって Heart of Borneo の対象地域とされている。Heart of Borneo 活動は、インドネシアのボルネオ島中心部の熱帯雨林 220,000km² を自然保護地域に設定し、隣接するインドネシア・マレーシア・ブルネイの 3 国にて、同地域の保全とエコツーリズムの開発などのグリーン経済の発展を推進する活動である。Heart of Borneo 活動の対象地域は、環境資源が豊富であり、世界中の動植物種のうち 6% が生息するほど生物多様性が高い地域でもある。これらの環境資源・生物資源を観光に用いることによって、ツアー参加者の環境保護意識の啓蒙を行いつつ、BOS 財団の活動資金が獲得できるような魅力的なエコツーリズムの企画立案について検討する。

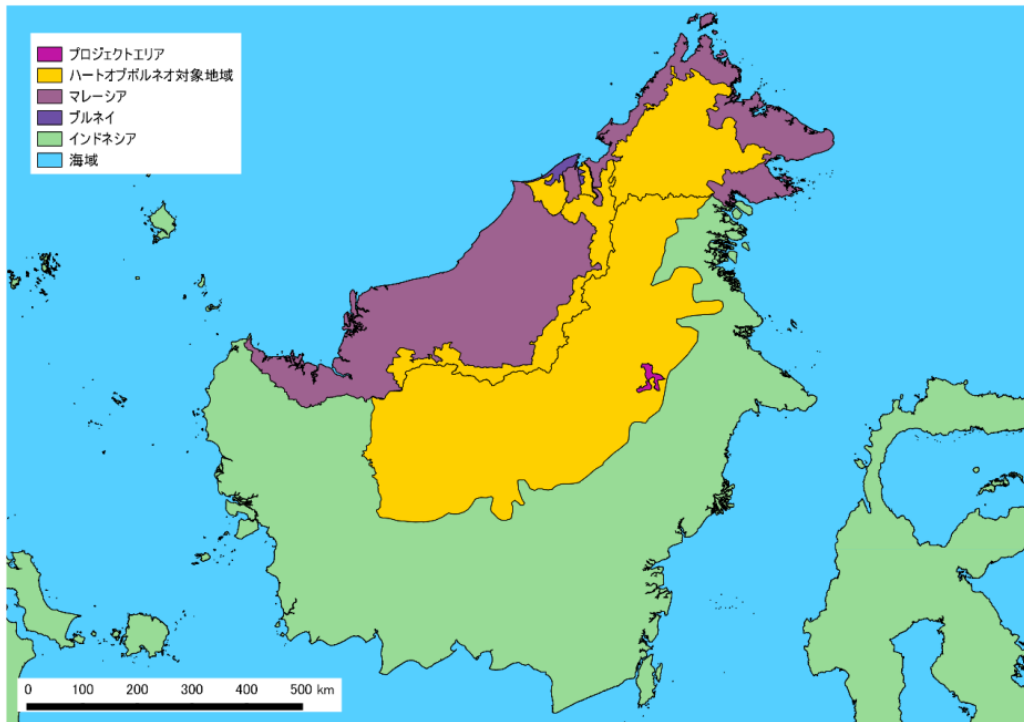


図 4-5 ハートオブボルネオの対象地域とプロジェクトエリアの位置関係

継続的なエコツーリズムの維持運営には、自然観光資源の保全と、地域文化の保全が必須となる。エコツーリズムの企画者は、地域のステークホルダー間で地域の自然や文化を保全する「ルール」の策定を行い、自然観光資源に対する責任あるエコツーリズムの企画が求められている。エコツーリズムは、ツアーの企画者と旅行者が一体となって実施する必要があるため、旅行者に対する適切な「ガイダンス」を行う必要がある。そのために現地ガイドを育成することや、情報ツールによる案内等の工夫を行う必要がある。また、エコツーリズムの実施によって、実際に自然観光資源に影響が無いか「モニタリング」する必要がある、その結果をルールやガイドラインにフィードバックする必要がある。

以下の図 4-6 にエコツーリズム導入検討方法のフローチャートを示す。

Step1	推進する地域の設定	<ul style="list-style-type: none"> ■ エコツーリズムを推進する地域(推進地域)を設定する。 ■ 対象地域の中に複数の特性を持つ区域があれば、個別に検討する。
Step2	自然観光資源調査	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地域が誇る雄大な自然や歴史、日常の中に埋もれた文化を調査する。 ■ 自然資源の利用制限等を検討する。
Step3	観光ポテンシャル調査	<ul style="list-style-type: none"> ■ エコツアーのマーケティングと資源の保全の両面を検討するために来訪する旅行者や一般的なマーケットの状況を把握・分析する。
Step4	中長期的な事業展開の検討	<ul style="list-style-type: none"> ■ 必要と考えられる事業項目を抽出し、地域の状況と照らし合わせて、重要度、予算、スケジュール、実施主体と支援者などを整理する。
Step5	関係者理解の推進	<ul style="list-style-type: none"> ■ エコツーリズムの取り組みにあたり関係者に対して、地域が目指すエコツーリズムの目標像を明確化し、話し合いを重ねて共有する。
Step6	推進体制の構築	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地域コーディネーターを核とした推進体制を構築する。円滑な運営を確保するために事務局の設置する。
Step7	人材育成	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地域のコーディネーターを通して、優秀なガイドを育成する。

図 4-6 エコツーリズムの導入検討方法

エコツーリズムは、「見る観光」から「体験する観光」へと移行している。来訪者に特別な価値(体験)を提供することによって、ERC サイトの魅力伝えつつ、森林保全活動・生物多様性保全活動の支援に参加してもらうことができると考えられる。図 4-7に本プロジェクトサイトにて検討を行っているエコツーリズムを取り巻くステークホルダー間の関係性を示す。それぞれの利益を最大限に尊重しつつ、森林保全活動・生物多様性保全を行う。

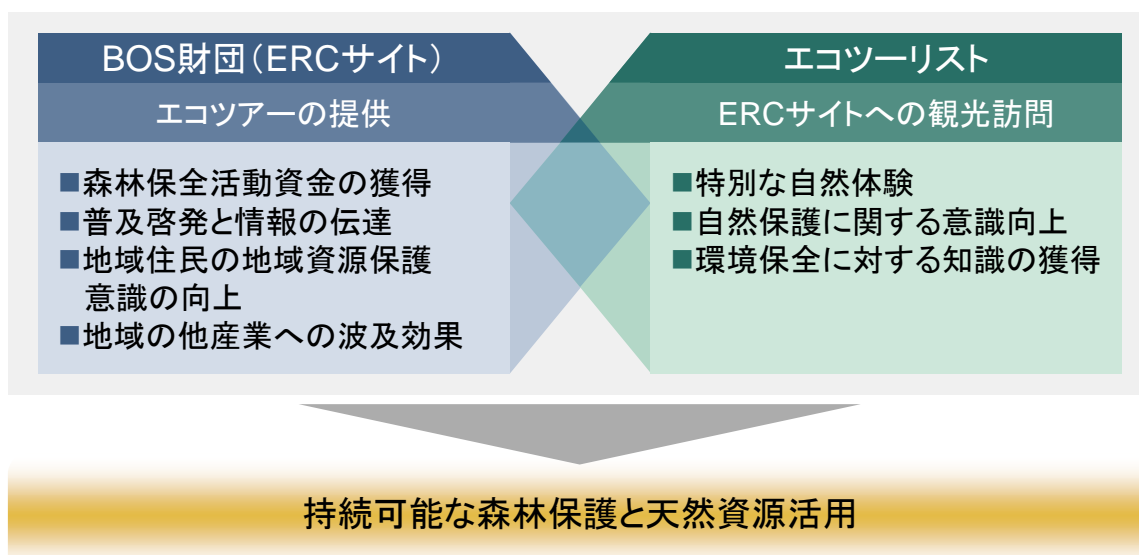


図 4-7 エコツーリズムを取り巻くステークホルダー間の関係性

関係者への理解を推進するためには、なるべく早い段階で、担当者に対する説明会を開催する必要がある。その際に、地域が目指すべきエコツーリズムによる発展像を明確に示す必要がある。また、目標を設定する際は、関係者間の協議を推進し、地域のエコツーリズムを通して、達成すべき将来像を共有する必要がある。

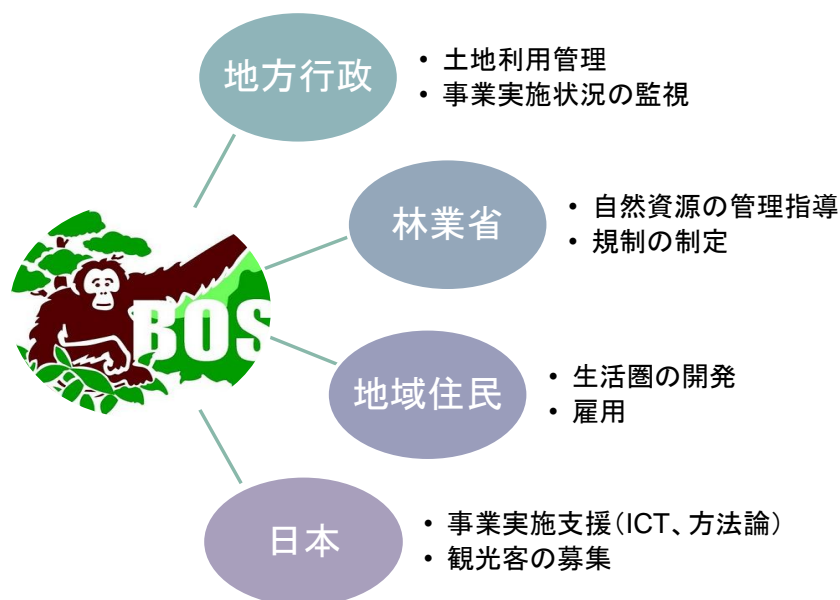


図 4-8 BOS 財団を取り巻くステークホルダーとその役割

(5) エコツーリズム推進体制の検討

エコツーリズムの実施主体は、BOS 財団を想定している。日本からの支援として、エコツーリズム開発手法の導入、エコツアーガイド育成手法の導入、ICT 機器の導入によるエコツアー品質の向上等を行う。特にエコツアーガイドの育成は、REDD+活動をモニタリングする地域人材のキャパシティ・ビルディングと、地域社会の環境資源に対する理解を高める重要な機会である。これらの活動を通して、森林保全活動と地域社会の発展を推進する。

多様なステークホルダーが存在するエコツーリズム事業の実施には、事務局体制を明確にする必要がある。事務局の役割は、関係主体を集めて協議会を実施すること、エコツーリズムに関する「ルール」の設定、「ガイダンス」方法の検討、「モニタリング」の実施、広報活動の実施等がある。事務局は、その運営の透明性を示す必要があり、毎年の活動成果をとりまとめて、広く公表する必要がある。

ERC サイトを用いたエコツーリズム実施推進体制を検討する上で、エコツーリズム実施主体は、BOS 財団になることが想定される。日本側は、事業計画の立案支援や、ICT の導入支援を行うことで、本プロジェクトの推進に寄与する。図 4-9 に日本からの寄与について、関係性を図で示す。



図 4-9 日本とインドネシアの協力関係

4.4.3. 社会・経済面及び生物多様性の保全を含めた環境面におけるセーフガード

(1) インドネシアにおけるセーフガード

現在インドネシア政府は林業省（Centre for Standardization and Environment）が中心となり、REDD+セーフガード情報システム（SIS）を構築中である。当該プロジェクトもインドネシアのセーフガードに遵守する必要がある、その対応状況について表 4-13 にまとめた。

表 4-13 カンクン合意及びインドネシアのセーフガードと当該プロジェクトの対応状況

カンクン合意で示されたセーフガード ¹	インドネシア・セーフガード（ドラフト） ²	当該プロジェクトの対応状況
国家森林プログラムや関連する国際条約及び国際合意を補完し、かつ一貫性を保った活動を促進・支援すること。	REDD+活動は政府規制及び国が承認した国際協定/条約に順守し、国家森林プログラムとの整合性を確保する。 <ul style="list-style-type: none"> • 事業規模と事業形態に適した REDD+政府機関との対応 • 法令順守 • 国家森林プログラムとの整合（林業セクター長期戦略計画） 	当該プロジェクトは DDPI、林業省、BP REDD+、DNPI（東カリマンタン州気候変動委員会）等インドネシアの REDD+関連政府組織と協議の上、開発を進めている。プロジェクトサイトは ERC 制度に順守している。
ホスト国の法令及び主権を踏まえ、透明かつ効果的な国	すべての規模や形態の REDD+活動が国家主権に基	当該プロジェクトは ERC 制度、BOS 財団内部規定等

¹ 抜粋：森林保全セーフガード確立事業ウェブサイト「セーフガードとは」
<http://safeguard.jimdo.com/%E3%82%BB%E3%83%BC%E3%83%95%E3%82%AC%E3%83%BC%E3%83%89%E3%81%A8%E3%81%AF/>

² 参照：Centre for Standardization and Environment (2013) “Principles, Criteria and Indicators for a System for Providing Information on REDD+ Safeguards Implementation (SIS-REDD+) in Indonesia.”

<p>家森林ガバナンスを促進・支援すること。</p>	<p>ついた透明かつ効果的な国家森林ガバナンスに寄与する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 情報開示ポリシーの明示 • REDD+実施機関の明示 • 汚職対策の明示 	<p>に基づき、情報開示を行っている。REDD+事業はBOS財団が保有するPT RHOIが主体となる。汚職対策は国内法及び財団の規定に遵守している。</p>
<p>先住民や地域住民の知見や権利、関連する国際的な義務、各国の状況や法制度を考慮し、さらにUNDRIP(先住民族の諸権利に関する国連宣言)の尊重を促進・支援すること。</p>	<p>REDD+活動は先住民や地域住民の権利を尊重し、事業規模や事業形態に適した対応をとる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 関連地図や資料の保有 • 対応策の保有 • FPIC関連資料 • 疎外化の防止、利益の平等な配分 • 伝統知識を利用する際の報酬規程 	<p>当該プロジェクトはERCを取得する際に社会調査活動を実施し、周辺の先住民や地域住民を特定し、協議を行っている。また、先住民や地域住民と定期的に会議を開きERCエリアでの活動の説明を行っている。また、REDD+やエコツーリズムで得られた利益の社会的還元に関しても現在検討中である。</p>
<p>利害関係者(特に先住民や地域住民)の効率的な参加を支援すること。</p>	<p>REDD+活動は率先的かつ透明性の高い手法に基づき利害関係者を特定し、利害関係者を計画、モニタリングプロセスに参加させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 利害関係者の特定 • 紛争解決手法の制定 	<p>当該プロジェクトはERC取得時に利害関係者を特定しており、ワークショップ等の開催により、情報を共有している。また、利害関係者と問題が生じた場合は会議を開き、その対応にあたっている。</p>
<p>天然林の保全及び生物多様性保全と一貫性を保ち、天然林を転換せず、天然林及び生態系サービスの保護・保全に関するインセンティブを付与し、さらに社会・環境的便益の増強となるような行動を促進・支援すること。</p>	<p>REDD+活動は効果的な戦略に基づき社会的及び環境的効果の高い生物多様性及び生態系サービスの管理、保全、回復に努める。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 社会サービス及び環境サービスに対する影響の評価 • 生物多様性の管理・保護対策 	<p>当該プロジェクトはERCを取得する際に環境及び社会調査活動を実施し、環境サービス、社会サービスの特定、絶滅危惧種の特定、動植物の保護対策を検討している。また、REDD+モニタリングデータを利用し、生物多様性及び生態系サービスの管理と保護を行っていく予定である。</p>
<p>反転(結果的に一時的に排出削減・吸収しただけ)が起</p>	<p>REDD+活動はサブナショナルレベルでのアクションや国家政</p>	<p>当該プロジェクト活動はERC取得の際にリスク評価</p>

<p>こらない活動を促進・支援すること。</p>	<p>策を主体として、事業規模と事業形態に適した反転リスクの緩和を図る。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 森林火災、違法伐採等のリスク評価 • 年毎のモニタリングレポート 	<p>を行っており、ERC エリアの状況に関しては ERC 規定に基づいて林業省にモニタリングレポートを提出している。</p>
<p>排出の移転(Displacement)を抑制する活動を促進・支援すること。</p>	<p>排出の移転のモニタリング及び抑制はサブナショナル(FMU、県、州)と中央政府の責任であると認識した上で、REDD+活動は排出の移転の抑制戦略をたて、サブナショナル及び中央政府のモニタリングを支援する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 排出の移転抑制対策 • 炭素固定量の定期的なモニタリング 	<p>当該プロジェクトは REDD+ 関連の中央政府及び州政府と協議し、REDD+の開発に努めている。炭素固定量のモニタリング結果は必要に応じて関連機関に報告する予定である。</p>

① 先住民・地域住民の権利尊重

インドネシア国では、1967年に制定された森林法により、伐採権所有者以外の森林伐採地域への侵入が制限され、先住民・地域住民の権利が侵害されてきた。これは、インドネシア国において、先住民・地域住民の慣習的な土地所有権を認めてこなかったことに起因している。

1999年に改定された森林法では、地域住民の森林保全への参画と権利保護を明確化した。そのため、先住民・地域住民は、慣習的に行ってきた林産物の取得や、森林経営等の活動を行うことが認められた。

プロジェクトサイト周辺にも、先住民・地域住民が僅かながら居住している。プロジェクトの実施は、先住民・地域住民の慣習的な活動を阻害するものではないことが、BOS 財団の調査にて明らかとなっている。そのため、プロジェクトの実施によって、先住民・地域住民の権利を侵害することはないと考えられる。

② 土地所有権・利用権

1967年に森林法が制定されて以来、インドネシア国内の森林は、全て国により管理されており、管理権限は中央政府が保持していた。1999年の地方分権化以降は、管理権限が林業省から、地方政府へ移ったが、許認可の混乱から、2002年に伐採に関する許認可の権限が中央政府に戻された。

インドネシアは、過去に土地の登記制度が存在しなかったため、現存する熱帯雨林の大半は、国有林(Hutan Negara)とされている。国有林以外の森林を権利林(Hutan Hak)

と呼び、運営権(コンセッション)の発給により管理されている。インドネシアでは、伐採を行わない生態系再生コンセッション(ERC:Ecosystem Restoration Concession)制度が構築されており、本プロジェクトサイトも、ERCに指定されている。

本プロジェクトサイトのコンセッションは、BOS 財団を母体とする企業 RHOI (Restorasi Habitat Orangutan Indonesia)によって既に取得されている。図 4-10 にプロジェクトサイト周辺のコンセッション発給状況を示す。

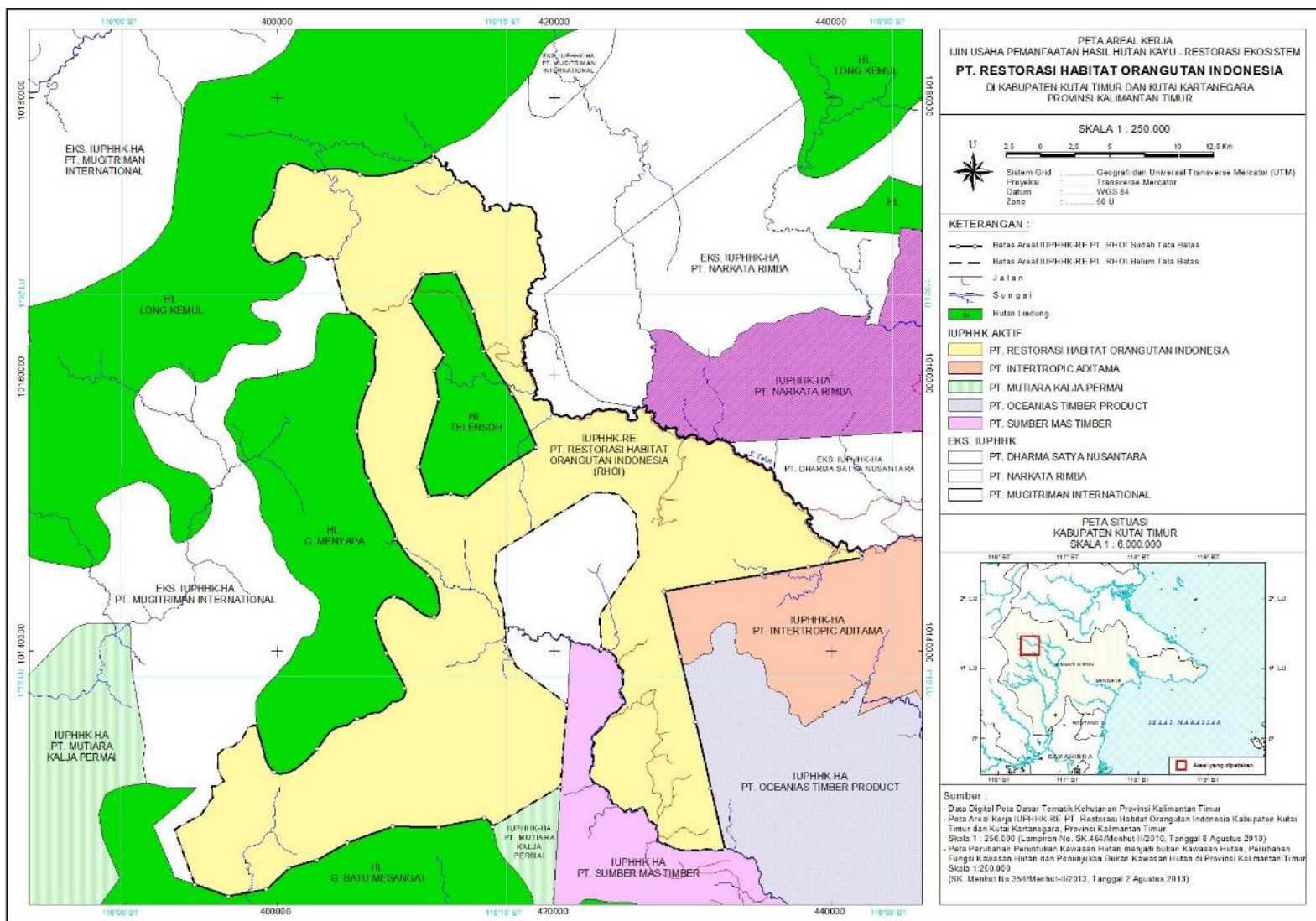


図 4-10 プロジェクトサイト周辺のコンセッション発給状況

4.5. 今後の予定及び課題

図 4-11 今後の予定に示したように、現在のプロジェクトは方法論作成の最終段階に居る。今後、1年程度でプロジェクトデザインドキュメント(PDD)の作成を行い、事業化可否の判断を行った後、REDD+実行へ移る。事業化へ移った後は、5年毎のデータ見直しを行いながら、30年間実行していく。今後の課題については不明な点が多いが、直近の課題としては、PDD作成のための資金の準備である。来年度の作業になると思われるが、何らかの支援を求めて模索していく。

また、補助金等の支援が受けられる期間からクレジット化までの間については、収益が見込まれないため可能な限り円滑な移行が望ましい。

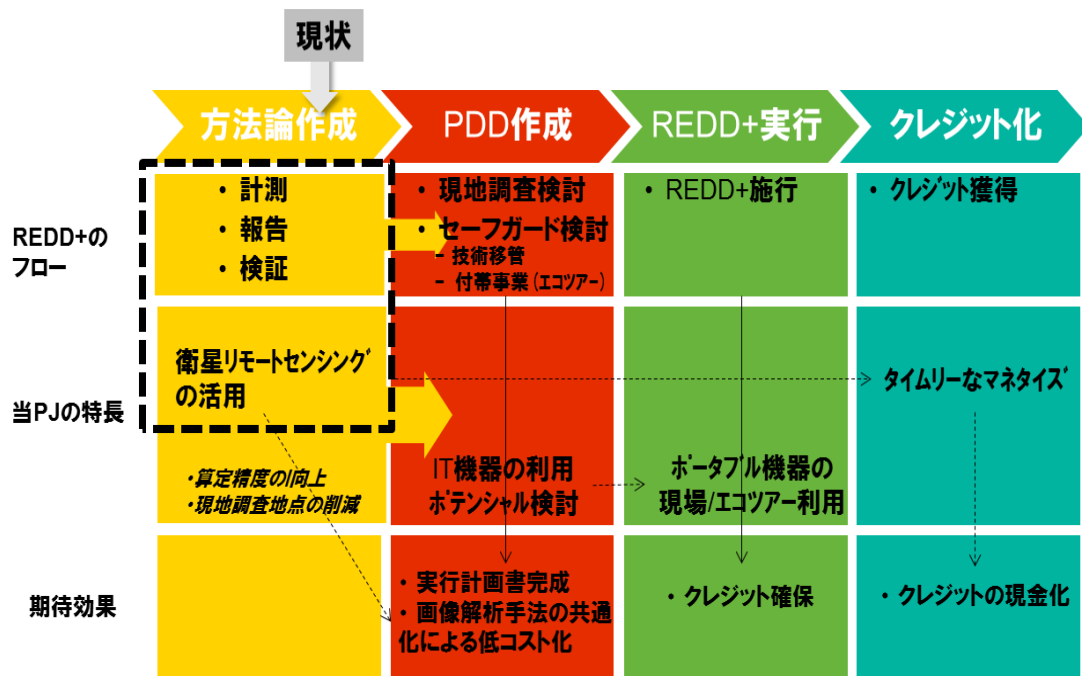


図 4-11 今後の予定

5. JCM 方法論作成に関する調査

5.1. 適格性要件

当該方法論の適格性要件を検討し、表 5-1 のとおり、その結果を取りまとめた。現時点では、5 つの条件を適格性要件として設定し、これらを満たすことにより、本方法論を適用してプロジェクトを実施した時の排出削減量を定量評価する方針とした。

また、現地調査及び文献調査等を実施することにより、各条件について、収集した関連情報をもとに分析を行い、プロジェクトの適格性を判断するための条件設定を行った。

表 5-1 当該方法論の適格性要件

項目	内容
条件 1 : REDD+ のスコープ、定義	活動の対象とする森林が、ホスト国における森林の定義に合致し、対象とする森林保全活動等が、同国における REDD+ のスコープに準拠していることを確実にすること。 <インドネシアにおける森林の定義> 樹冠率：30%、最低樹高：5 m、最低森林面積：0.25ha <REDD+ のスコープ (例) > (1) 森林減少からの排出の削減 (2) 森林劣化からの排出の削減 (3) 森林炭素蓄積の保全 (4) 持続可能な森林経営 (5) 森林炭素蓄積の強化
条件 2 : プロジェクト対象地における管理権限	プロジェクトエリアにおいて、土地の管理権限（コンセッション）を保有していること。または、当該土地の管理権限を有する行政当局（州政府等）から、REDD+ プロジェクトの実施について了承を得ていること。
条件 3 : 衛星画像及び解析手法のスペック	高分解能の衛星画像データの解像度、解析手法等について以下のスペックを満たしていること。 ● プロジェクト実施期間の最新年における高解像度のリモートセンシングデータ（5m 解像度かそれ以上：ALOS、PRISM 等）
条件 4 : セーフガードへの配慮	REDD+ の活動を通じて、生物多様性の配慮等を含むセーフガードを実施すること。ホスト国におけるセーフガードの活動に関する規定等がある場合は、それに準拠するものとする。
条件 5 : プロジェクトエリアに泥炭地が含まれていないこと。	プロジェクトエリアにおいて、泥炭地（peatland）が含まれていないこと。ただし、含まれている場合には、森林減少・劣化に伴う、土壌からの排出量の影響が十分に小さいことを確認すること。

当該プロジェクトにおいて、条件1～5については、すべての項目で合致する見通しとなっている。以下では、当該方法論における適格性要件の各項目について、その根拠等について議論する。

5.1.1. REDD+の範囲及び定義(条件1)

インドネシア政府の定める森林の定義に沿った形で運用を行う方針である。また、REDD+の定義については、プロジェクトエリアに残っている森林を保全する活動を実施する予定であり、基本的には、「(1)森林減少からの排出の削減」と「(2)森林劣化からの排出の削減」に該当するものだと考えている。

5.1.2. プロジェクト対象地における管理権限(条件2)

現地カウンターパートであるBOS財団が、すでにインドネシア林業省から「生態系回復コンセッション(ERC:Ecosystem Restoration Concession)」の取得を済ませており、プロジェクトエリア内の森林伐採権を保有している。BOS財団が、森林を伐採する代わりに、オランウータンの保護活動を実践するための場として、森林保全活動を通じて森林を守ることにより、排出削減量を主張できる環境がすでに整っている。

5.1.3. 衛星画像及び解析手法のスペック(条件3)

今年度調査において開発する方法論では、超高分解能衛星画像データとして、Worldview1(空間解像度:0.5m)を利用し、高分解能衛星画像データとして、RapidEye(空間解像度:5m)を利用する方針としている。これらの超高分解能/高分解能の衛星画像を組み合わせた解析手法を適用するので、本項目も問題なく、条件を満たすことができる。

5.1.4. セーフガードへの配慮(条件4)

現時点では、REDD+分野において、ホスト国におけるセーフガードの活動に関する規定等が明確に規定されていないため、今後も継続的な情報収集を行い、条件に適合するように配慮することが必要な状況にある。しかしながら、すでに、東カリマンタン州政府における政府関係者及び学識経験者とも、セーフガードに関する意見交換は行っており、継続的に情報収集・分析を行うことにより、適切な対応を取ることが十分に可能と考えている。

5.1.5. 泥炭湿地林が含まれていないこと(条件5)

現時点でのヒアリング結果によれば、BOS財団等の現地関係者から、プロジェクトエリアに泥炭湿地林は含まれていないとの報告を受けていた。

現地調査(2014年2月実施)を通じて、現地プロジェクトエリアの土壌分布図等入手し、その内容を確認したところ、「ポドゾル及びリトソル(Komplek Podsolik Merah Kuning dan Litosol)」が大半を占め、一部が「ラトソル(Latosol)」であることが分かった。今後、こうした土壌がどの程度の炭素含有量なのかを調査する必要がある。

Lampiran 3. Peta Tanah

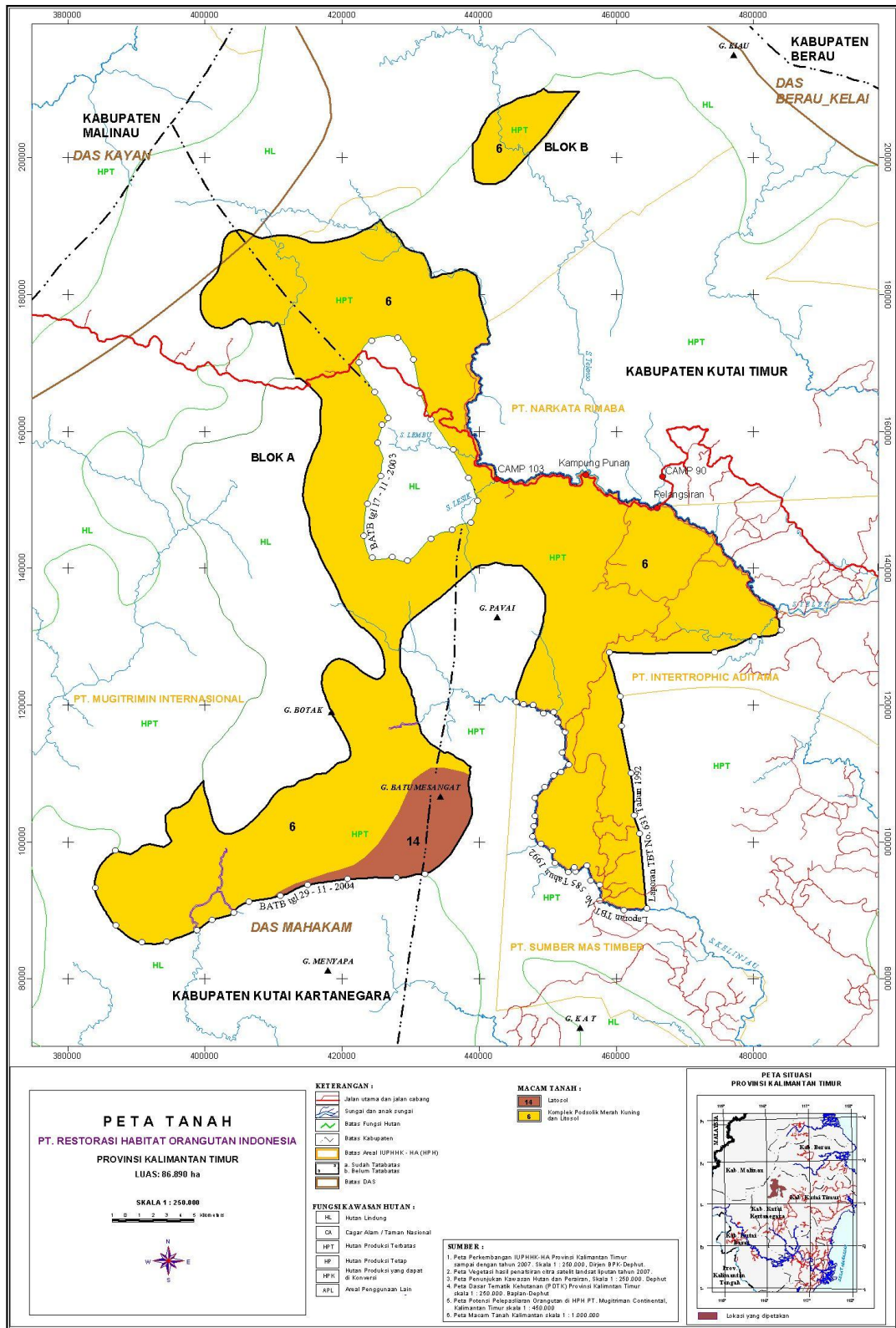


図 5-1 プロジェクトエリアの土壌分布図

5.2. リファレンス排出量の設定と算定及びプロジェクト排出量の算定

5.2.1. 共通事項

(1) 対象 GHG 及びその排出源

昨年の調査結果に基づき、当該 FS 事業で対象とする温室効果ガス及び排出源は表 5-2 のとおりとする。リファレンス排出量及びプロジェクト排出量ともに、①森林減少・劣化に伴う排出量、②新規植林/再植林及び植生回復による吸収量の総和である正味 GHG 排出量を対象とする。

このとき、森林減少対策に関連する活動で、エネルギー消費を伴う場合は、エネルギー起源 CO₂ も対象に含めるものとする。さらに、プロジェクト排出量において、リーケージ排出量(プロジェクト実施に伴い、排出削減対策を実施した結果、プロジェクトエリア外で生じる GHG 排出量)が発生する場合は、これも算定対象に含める方針とする。

表 5-2 GHG 排出源及び GHG の種類

リファレンス排出量	
GHG 排出源	GHG 種類
リファレンスシナリオでの正味温室効果ガス排出量 (森林減少・劣化に伴う排出量及び新規植林/再植林と植生回復による吸収量の現在トレンド)	CO ₂
N/A	N/A
プロジェクト排出量	
GHG 排出源	GHG 種類
プロジェクトシナリオでの正味温室効果ガス排出量 (森林減少・劣化に伴う排出量の抑制及び新規植林/再植林と植生回復による吸収量の強化)	CO ₂
リーケージによる正味排出量	N/A
N/A	N/A

(2) 活動量(土地被覆区分ごとの面積変化)

昨年度の調査検討と同様に、土地被覆区分の面積変化については、中央政府(林業省)からの提供データを活用する。具体的には、2006、2009、2011 年の土地被覆区分の面積変化のデータを使用し、土地被覆区分ごとの面積変化を検討した。

(3) 排出係数(単位面積当たりの炭素蓄積量)

本年度の検討では、CO₂ 排出係数として前年度の検討と同様に、インドネシア中央政府(林業省)が作成した土地被覆区分ごとの排出係数を用いている。

当該排出係数のデータセットも、活動量(土地被覆区分の面積変化)のデータセットと同様に、その精度の観点から信頼性を欠くとの指摘がある。しかしながら、これが現時点

での最善のデータセットであるとの認識から、本年度の検討においても使用している。

将来的には、東カリマンタン州での排出係数に関するデータ整備が進展すれば、更新されていく可能性があり、JCM 方法論側でも、随時、最新データを活用する方針としておけば、排出係数のデータセットで整合性を確保することが可能となる。

以下に、具体的に適用した排出係数のリストを示す。林業省から提示された 22 種類の土地被覆区分から、プロジェクトエリア及びリファレンスエリアで該当するものを絞り込み、評価対象の区分として抽出した。その抽出結果を表 5-3 に示す。

表 5-3 東カリマンタン州政府の RAD-GRK における土地被覆区分ごとの排出係数
(提案炭素蓄積量) (抜粋版)

No.	Land Cover	Proposed carbon stock [t/ha]
1	Primary dry land forest	195.4
2	Secondary/former logged dryland forest	169.7
3	Bush	15
4	Plantation/garden	63
5	Settlement	1
6	Open land	0
7	Grass	4.5
8	Water area	0
9	Dryland agriculture	8

Source: Provincial Government of East Kalimantan "Local Action Plan for Greenhouse Gas Emission Reduction East Kalimantan Province"をもとに作成

5.2.2. リファレンス排出量の算定

本年度の検討では、過年度開発した方法論に基づき、リファレンス排出量の算定を行っている。リファレンス排出量の算定に際しては、森林保全活動等のプロジェクト活動が実施されなかった場合(リファレンスシナリオ)を設定し、このリファレンスシナリオの下で、将来、プロジェクトエリアでどのくらいの森林減少・劣化に伴う排出が生じるかを検討した。

このとき、①現地政府等が所有する既存統計データをもとに算定する方法と、②事業者自らがデータを収集・分析をして算定する方法の 2 種類を検討する方針とした。

具体的には、①については、中央政府(林業省)からの提供された、過去の土地被覆変化図と、最新の排出係数のデータを用いて計算を行った。一方、②については、LANDSAT と ASTER GDEM の過去の衛星画像データを用いて、過去の土地被覆変化データを解析し、これに最新の排出係数のデータを用いて計算を行った。

以下では、過年度に開発した方法論の解説と、それぞれの項目について検討した結果を示す。

(1) リファレンス期間の設定

本年度の検討では、次のとおり分析対象時期を設定した。①既存統計データに基づく算定方法と、②事業者独自データに基づく算定方法で、それぞれについて、データの入手可能性を考慮して、次のとおり、リファレンス期間を設定した。

- 林業省提供データを用いた場合のリファレンス期間
2006年、2009年、2011年(東カリマンタン州の RAD-GRK のデータを参照)
- 衛星画像データを用いた場合のリファレンス期間
2000年、2005年、2013年(事業者独自にデータを収集・解析を実施)

VCS 方法論での最小要求事項

- 全区間を最長 12 年以内に 3 時点を確認し、各間隔が 3 年以下であること。
- 直近年は、プロジェクト開始時点から 2 年前以内であること。
- 直近年では、高空間分解能の解析を実施するか、直接現地フィールド調査の結果を得て、森林・非森林の分類精度で 90% 以上を確保すること。

VCS 方法論の規定にも示されているとおり、リファレンス期間については、4 時点以上(3 区間以上)を設定することが望ましいが、今回の場合、データの入手可能性の関係から 3 時点で設定することにした。

(2) リファレンス領域の定義

リファレンスエリアは、プロジェクトエリアにおける将来の排出量を予測するために設定する。このため、既存方法論(VCS 等)では、リファレンスエリアは、誤差を生じないように一定の面積を確保する(定量評価)とともに、プロジェクトエリアと類似する特徴を持つ地域を選定する必要がある(定性評価)とされている。そこで、リファレンスエリアは、次の面積及びその他の特性に関する条件を満たすように設定すると規定した。

VCS 方法論では、リファレンスエリアに必要な最小面積(MREF)を次式によって定めている。プロジェクトエリアの面積(PA)が大きくなればなるほど、RAF が小さくなるように設定されている。

● 面積の設定基準

$$MREF = RAF * PA$$

$$RAF = 7500 * PA^{-0.7}$$

If RAF is <1, RAF shall be made equal to 1

プロジェクトサイトの面積は PA=86,450[ha]であるので、上式に基づくと、必要なリファレンスエリアの最低面積は、227,034[ha]となった。

$$PA = 86,450[ha]$$

$$RAF = 2.62619$$

$$MREF = 227,034[ha]$$

また、リファレンスエリアを設定するための定性的な基準として、主に次の項目が挙げ

られている。

いずれの項目も、森林減少の要因(ドライバー)と関連性が高いものが設定されている。VCS 方法論では、プロジェクトエリアとリファレンスエリアにおいて、各項目の傾向が類似していることを確認することにより、リファレンスエリアの過去の傾向をもって、プロジェクトエリアの将来の排出量の予測することの妥当性を確保しようと考えられている。

● その他の特性の基準

次の点で、PA との類似することを示す必要がある。

- Main agent(s) of deforestation (森林減少要因)
- Landscape factors (地形的要因)
- Transportation networks and human infrastructure (交通ネットワーク・インフラ)
- Social factors (社会的要因)
- Policies and regulations (法規制)

上述の基準に基づき、次の条件でプロジェクトエリアとの類似性を満たすように、リファレンスエリアを設定した。検討を行った特性と、判断基準を表 5-4 に示す。今回、リファレンスエリアはプロジェクトエリアを包含する形で設定を行っており、どの項目についても概ね類似性を確保できている。

表 5-4 リファレンスエリアの特性と判断基準一覧表

特性	判断基準
Main agent(s) of deforestation (森林減少要因)	【定性評価】南東部側からの開発（森林伐採コンセッションの展開）の状況が類似している。
Landscape factors (地形的要因)	【定量評価】 <ul style="list-style-type: none"> ・土地被覆の区分構成：最も古い 2006 年時点における森林面積比率が類似している（±20%程度）。 ・土壌の構成：森林減少の要因（agents）によって利用されている土壌の構成比率が類似している（±20%程度）。 ・傾斜：区分「緩い（15%未満）」及び「急な（15%以上）」の割合が類似している（±20%程度）。 ・標高：分類（500m 区分）における各区分の構成比率が類似している（±20%程度）。
Transportation networks and human infrastructure (交通ネットワーク・インフラ)	【定量評価】河川・道路等の分布・アクセス状況が類似している。 <ul style="list-style-type: none"> ・航行可能な河川の分布密度 [m/km²] が類似（±20%程度） ・道路の分布密度 [m/km²] が類似（±20%程度） ・居住地域の分布密度 [m/km²] が類似（±20%程度）

Social factors (社会的要因)	【定性評価】土地利用パターンに影響を与える社会的要因（地域住民による居住状況及び森林利用状況等）が類似している。
Policies and regulations (法規制)	【定性評価】土地利用パターンに影響を与える現地の法制度（森林管理関連）が類似している。このとき、法制度の実効性についても考慮する。

本プロジェクトでは、プロジェクトサイトを含む範囲をリファレンスエリアとして設定した。リファレンスエリアは、プロジェクトエリアの重心を中心座標とし、半径 34km の円形に設定した。また、リファレンスエリアの西境は、県境に位置するため、県境界線に合わせた形状とした。設定したリファレンスエリアを図 5-2 及び図 5-3 に示す。

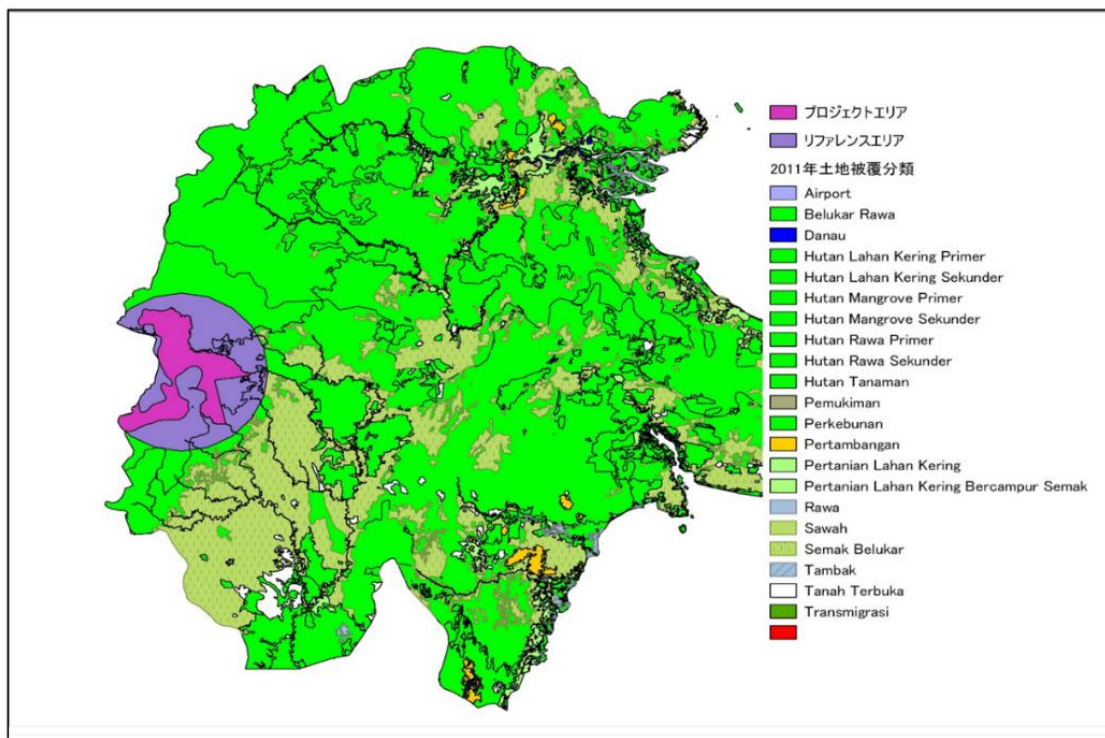


図 5-2 東カリマンタン州中のリファレンスエリア

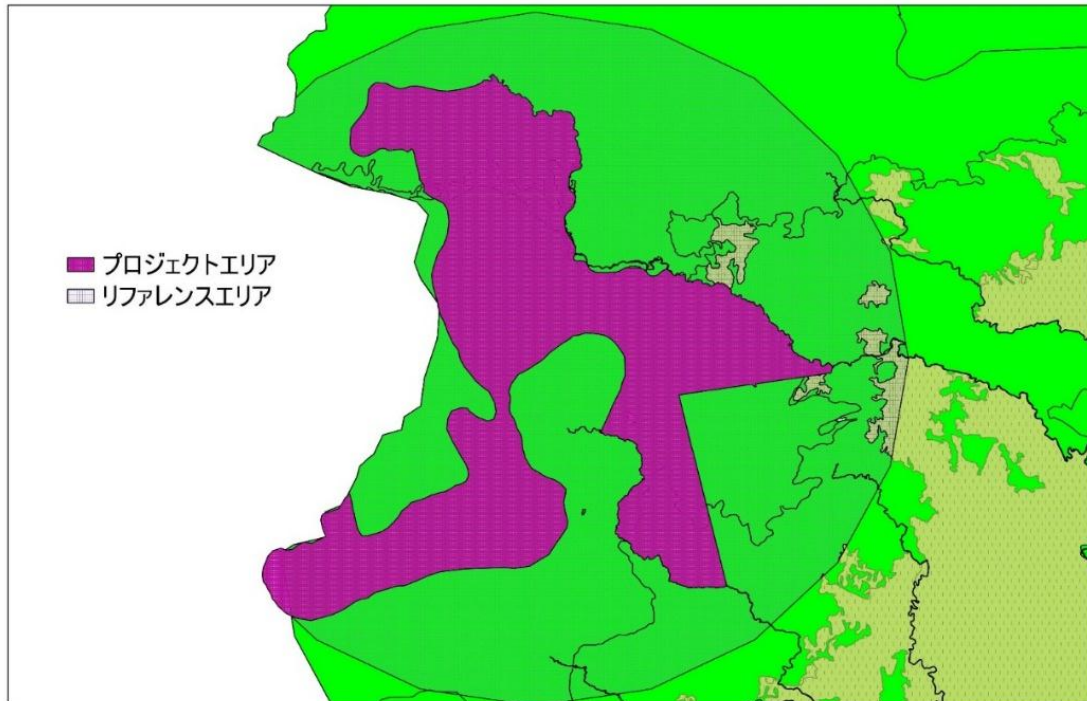


図 5-3 リファレンスエリアとプロジェクトエリアの関係

(3) リファレンス領域における正味炭素蓄積量の推計

リファレンス排出量及びプロジェクト排出量の算定における基本式は以下を想定している。リファレンスエリアにおける対象となる土地被覆区分ごとの過去の面積変化量に、単位面積当たりの炭素蓄積量を乗じることによって算定することとした。

$$Ex = \sum_i Area_i \cdot CS_i$$

Ex:対象地域の炭素蓄積量; Area_i:対象地域における区分 i の面積;

CS_i:対象地域における区分 i の単位 ha あたりの排出量(炭素蓄積量)

上記の式に従う上で、対象地域の土地被覆区分(前述②で示した区分)に則って土地被覆の分類を行うことが重要となる。なお、本方法論では、プロジェクト排出量の算定において、既存手法よりもより高精度なモニタリングを可能とする解析手法の構築を検討した。

使用するデータとしては、前述のとおり、①既存統計データに基づく算定方法では、林業省から提供された既存統計データを、②事業者独自データに基づく算定方法では、過去の Landsat データを使用することとした。

②事業者独自データに基づく算定方法における土地被覆分類については、今回の現地サンプリング調査における地上計測データ等から確実に土地被覆が特定できるエリアを教師ポイントとした上で、Supervised classification(現状では Support vector machine を使用)を用いて土地被覆分類を実施した。ここで推定した各区分の面積を、多時期のデ

ータを用いることで時系列的に把握し、リファレンス排出量を推定した。

以下では、①既存統計データに基づく算定方法と、②事業者独自データに基づく算定方法とに分けて、算定結果について解説する。

① 既存統計データ(林業省提供データ)を用いた算定方法

東カリマンタン州政府を通じて、林業省が作成・提供した土地被覆区分図のデータから、GIS ソフトウェアを用いて、リファレンスエリア中の土地被覆面積のデータを抽出し、2006年、2009年、2011年の森林面積等を算定した。

排出係数のデータは、東カリマンタン州政府は RAD-GRK の排出係数を公式データとして採用しているため、これを参照した。土地被覆分類結果を図 5-4 及び表 5-5 に示す。

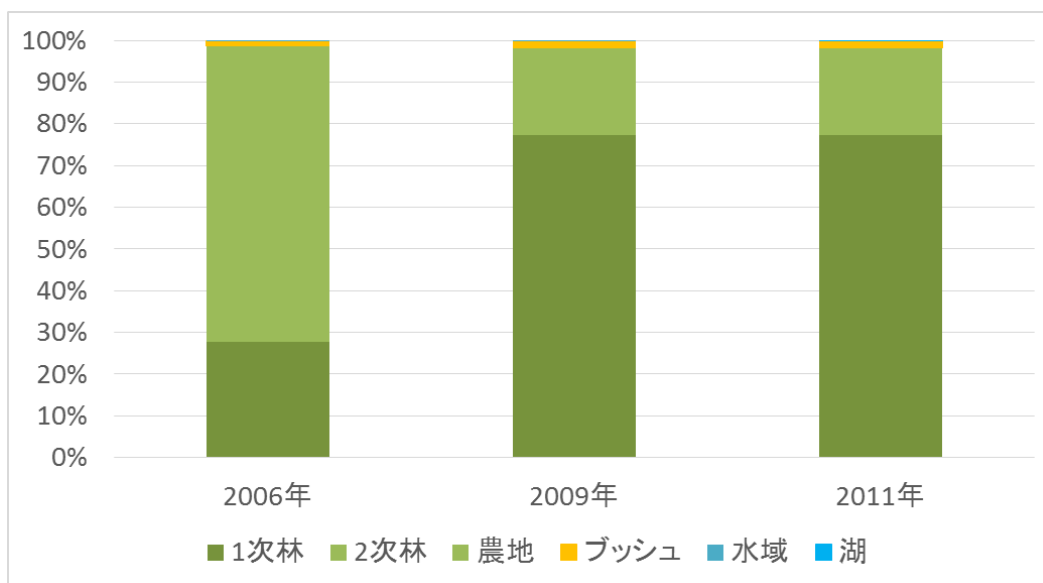


図 5-4 林業省提供データを用いた土地被覆分類結果

表 5-5 林業省提供データを用いた土地被覆分類結果(既存統計データ) [ha]

	2006年	2009年	2011年
一次林	78,245	218,653	218,653
二次林	201,419	59,030	59,022
農地	0	26	26
ブッシュ	2,894	4,847	4,846
水域	462	461	463
合計	283,020	283,017	283,010

土地被覆の分類結果から、リファレンスエリア内の 98%が森林であることが分かった。その他の領域は、ブッシュ、乾燥農地、水域の順に大きかった。2006年の土地被覆分類結果と、その他のデータを比較すると、一次林と二次林の比率が大きく異なることが分か

る。二次林から一次林への森林区分変化は、3年間程度の期間では発生しないため、林業省提供の土地被覆データは、一次林・二次林の区分に問題があることが想定される。このため、このままのデータを使って、リファレンス排出量を算定することは難しいと判断した。

そこで、活動量データについては一次林と二次林の分類を合わせて、森林域としてまとめて土地被覆面積の変化量を整理した。他方、排出係数は、RADGRKにある Primary dryland forest と Secondary dryland forest の排出係数を平均した値(182.55[t/ha])を用いた。

② 事業者独自の衛星画像データを用いた算定方法

次に、事業者が独自に収集した衛星画像データ等を用いてリファレンス排出量を算定する方法について記述する。ここでは、Landsat 等の中分解能の衛星データを用いて、土地被覆分類を行うことを想定している。

手法のフローチャートを図 5-5 に示す。前処理として、補正データの作成を行った後、多時期の画像を使用して土地被覆分類の解析を行う方針とした。

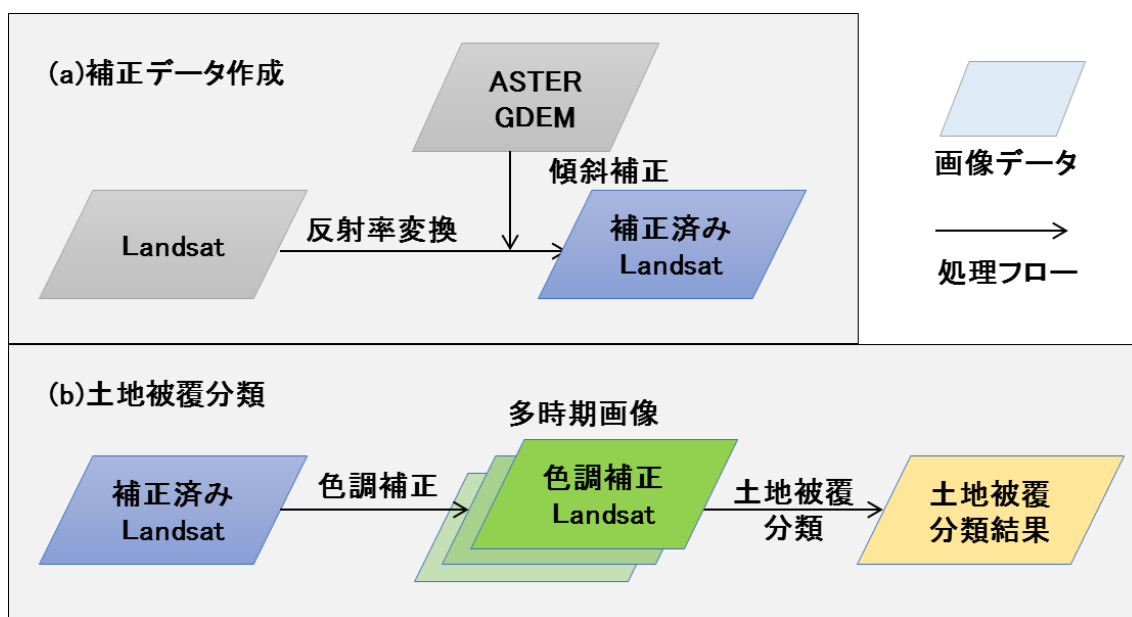


図 5-5 衛星画像データからの土地被覆分類フローチャート

それぞれの実施項目の詳細についての説明を下記に示す。

【画像選定】

衛星画像は、LANDSAT データと ASTER GDEM を用いて行った。衛星画像データに雲域が写りこんだ場合、雲域の直下は土地被覆分類ができなくなるため、なるべく雲域が少ない画像を選定した。また地上調査地点に雲域がかかった場合、教師データとして利用できなくなるため、このような画像も除外する方針とした。

【輝度変換】

衛星の観測値と、地上での観測値が一致しない。そこで、変換係数を用いて、LANDSAT データに記録されているデジタルナンバー (DN 値) を地上観測値へ変換する必要がある。今回は、大気上端反射率補正を行うことで、反射率へ変換した。

【傾斜補正】

リファレンスエリア周辺は、山間の地形であり、高低差が大きい。このような地形では、反射率に変換した衛星画像データは、山の陰や斜面による地表反射率の違いなど地形効果の影響を受けてしまう。そこで、ASTER GDEM の標高情報を用いて、反射率に変換した LANDSAT 画像を補正した。

【色調補正】

衛星画像中には、多量の雲が写り込む場合がある。雲領域は、その直下の土地被覆判別を困難にしてしまう。このような場合、単一の衛星画像からは、地表面が観測されていないため、補正を行っても土地被覆は判別できない。そこで、近い時期に撮影された同地点の衛星画像から、土地被覆分類を行い、雲直下の土地被覆を推定した。

撮影間隔が一年以内かつ雲領域の直下が判別できるような衛星画像を選定した。今回は、2 枚の衛星画像から教師データを取得するために、それぞれの衛星画像の色調補正を行った。色調補正に用いた式を下記に示す。

$$I'_B(i, j) = (I_B(i, j) - M_B) \times \frac{M_A}{M_B} + M_A$$

$I_B(i, j)$: 入力画像反射率

$I'_B(i, j)$: 出力画像反射率

M_A : 比較対象画像の平均反射率値

M_B : 変換対象画像の平均反射率値

上記に沿って色調を補正した衛星画像を生成した。この生成された衛星画像は、比較対象となる画像に近い反射率値の平均と分散を持つ画像となった。

【土地被覆分類】

土地被覆分類には、教師付き学習を用いる識別手法の一つであるサポートベクターマシン (SVM) を用いた。Test site1、Test site2 それぞれの地上観測地点の土地被覆データを教師データとして学習を行った。5 バンドの LANDSAT 画像を入力し、教師付き分類を行い、土地被覆を分類した。

【雲領域の除去】

衛星画像中には、雲領域が含まれており、雲領域直下の土地被覆判定を困難にしている。そこで、複数時期の衛星画像から土地被覆分類を行い、分類結果を統合することで、雲領域直下の土地被覆を推定する方法を採った。ただし、使用した衛星画像は、1年以内に撮影された画像とした。

雲領域の補正処理を行った結果、単一の LANDSAT8 画像を用いた場合、全画素中17%程度存在していた雲領域が、5%まで低減することができた。この結果、雲領域の少ない土地被覆分類結果を得ることができた。

補正を行った画像に対して、土地被覆分類を行った結果を図 5-6 に示す。

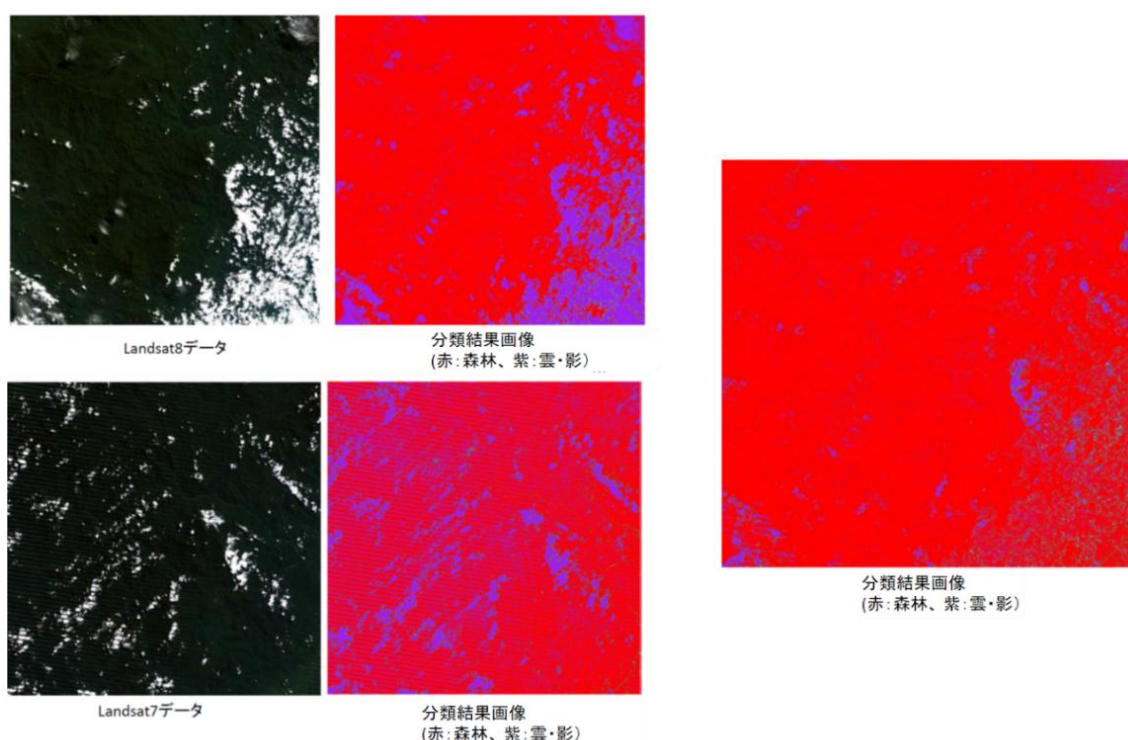


図 5-6 複数時期の土地被覆分類を用いて雲領域直下を推定した結果

既存の方法論(VM0007)を参照したところ、衛星画像データ中に含まれる雲量は、10%まで許容されるという記載があった。そこで、本方法論でも、衛星画像データの適格性要件として、最大雲量が10%以下となることを目指すことにした。

異なる3時期の土地被覆分類を行った結果を示す。事業者独自データに基づく算定方法では、次の7つ土地被覆区分について解析を行った。なお、一次林、二次林の区別は行わず、森林として一元化して評価を行った。

- 一次林(Primary Dryland Forest)
- 二次林(Secondary Dryland Forest)
- プランテーション(Plantation (Palm Oil))

- ブッシュ(Bush)
- 草地(Grass)
- 住居(Settlement)
- 裸地(Open Land)

また、雲領域の扱いについては、土地被覆分類が行えない地域と分類し、炭素排出量の算定対象からは除外した。

今後、複数種類の衛星画像を組み合わせることで、雲領域を低減することができると思われる。安価に利用可能で、高頻度に撮影が行われている衛星画像が整備されれば、今後の利用を検討していきたい。

次に衛星画像データによる土地被覆分類結果を図 5-7 及び

表 5-6 に示す。この結果、リファレンスエリア中の 95%以上の面積が、森林面積と判定された。2000～2013 年までの結果を見ると、森林面積は減少傾向にあることが分かった。

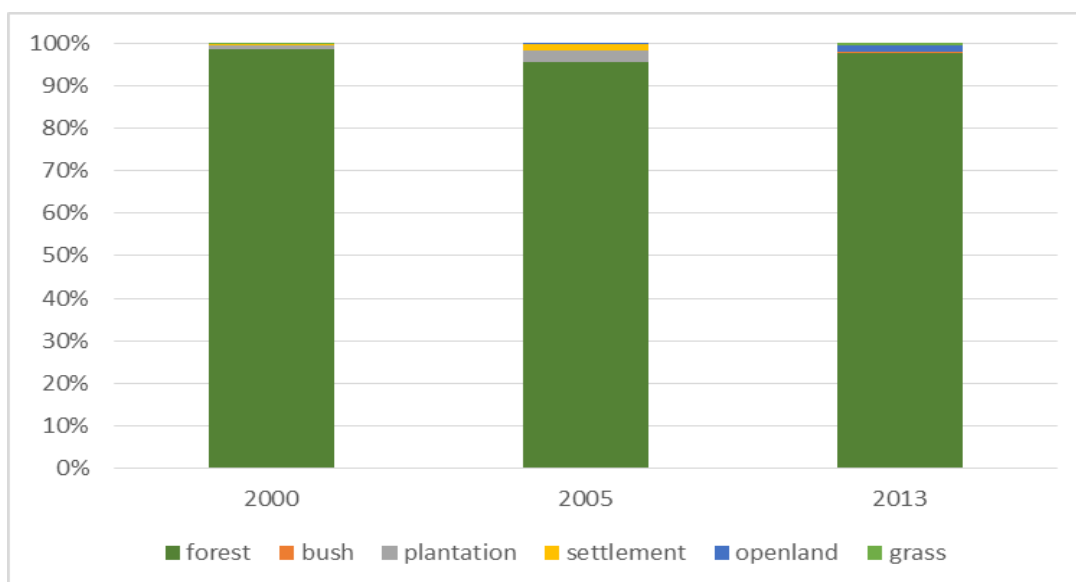


図 5-7 衛星画像データによる土地被覆分類結果

表 5-6 衛星画像データを用いた土地被覆分類結果(事業者独自データ) [ha]

	2000年	2005年	2013年
森林	273,824	261,041	263,037
ブッシュ	0	182	990
プランテーション	2,989	7,788	9
住居	161	4,096	4
裸地	673	396	3,940
草地	142	0	1,431
雲領域	5,188	9,473	13,564
合計	282,976	282,976	282,976

③ 森林減少率の算定

林業省提供データを用いた場合と、衛星画像データを用いた場合で、2006年及び2000年を基準として、森林減少率を計算した。算定結果を図5-8に示す。

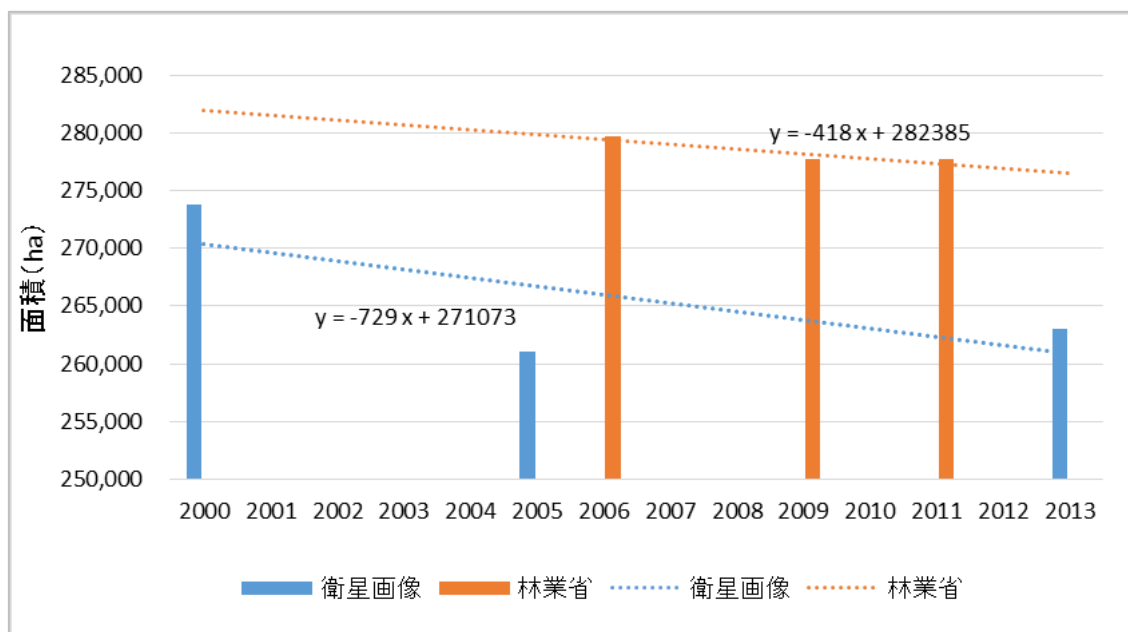


図 5-8 リファレンスエリアにおける森林減少率の算定

算定結果から、リファレンスエリアにおける過去の森林減少率は、表5-7のとおりとなった。林業省データを使用した場合と比較して、衛星画像データを使用した場合に炭素蓄積量が低い値を取っているのは、衛星画像中に含まれる雲領域によって、森林領域と分類される面積が減少しているためである。

表 5-7 リファレンスエリアにおける森林減少率の分析結果

使用データ	内容	森林減少率
林業省提供データ	2006年、2009年、2011の3か年データに基づき、森林減少率を算出。近似式は1次線形式を適用。 <近似式> $y = -418x + 282385$ ただし、2000年を $x=1$ とした。	-0.14%/年
衛星画像データ	2000年、2005年、2013の3か年データに基づき、森林減少率を算出。近似式は1次線形式を適用。 <近似式> $y = -729x + 271073$ ただし、2000年を $x=1$ とした。	-0.29%/年

本プロジェクトにおけるリファレンスエリア内の森林は、①既存統計データに基づく算定方法と、②事業者独自データに基づく算定方法のいずれの場合も減少傾向にあることが示された。

(4) プロジェクトエリアにおけるリファレンス排出量の計算結果

①既存統計データに基づく算定方法と、②事業者独自データに基づく算定方法で求めた、リファレンス排出量の算定結果を整理すると、表 5-8 のとおりとなる。リファレンスエリアとプロジェクトエリアでは面積が異なるため、表 5-8 のリファレンス排出量は、プロジェクトエリア面積へ按分した年あたりの排出量となっている。

前述のとおり、既存統計データは、土地被覆分類精度に問題があると分かっている。そのため、算定に用いた2つの土地被覆データを比較すると、事業者独自データを用いた方が、より精度の高い算定が可能になると考えられる。

表 5-8 リファレンス排出量の算定結果

	①既存統計データに基づく算定方法	②事業者独自データに基づく算定方法
リファレンス排出量 (@プロジェクトエリア)	78,300 [tCO ₂ /year]	162,000 [tCO ₂ /year]

※リファレンスエリアとプロジェクトエリアの面積で按分計算を行った。

① リファレンスエリアの精査

前項までで、事業者独自の土地被覆データを用いた方が、データの精度が高く、リファレンス排出量の算定により適しているということが分かった。

しかし、前述のリファレンス排出量は、既存方法論に基づき、リファレンスエリアを必要最小面積で設定した場合の算定結果だった。そのため、リファレンスエリアの設定が保守的過ぎるのではないかと、との懸念があった。そこで、本項では、前項までのリファレンスエリアを拡張し、リファレンス排出量を再計算した結果を示す。

リファレンスエリア設定根拠に基づき、リファレンスエリアの拡張を検討した。前項までは、ERCサイトの中心から半径34kmの円形にリファレンスエリアを設定していた(以降、リファレンスエリア1と呼ぶ)。これを半径50kmまで拡張し、新しいリファレンスエリアとした(以降、リファレンスエリア2と呼ぶ)。リファレンスエリア2は、より森林が開発されている地域を包含し、今後、ERCサイトが受けると予想される開発リスクを含めて評価することができる。

リファレンスエリア1及びリファレンスエリア2を図5-9に示す。

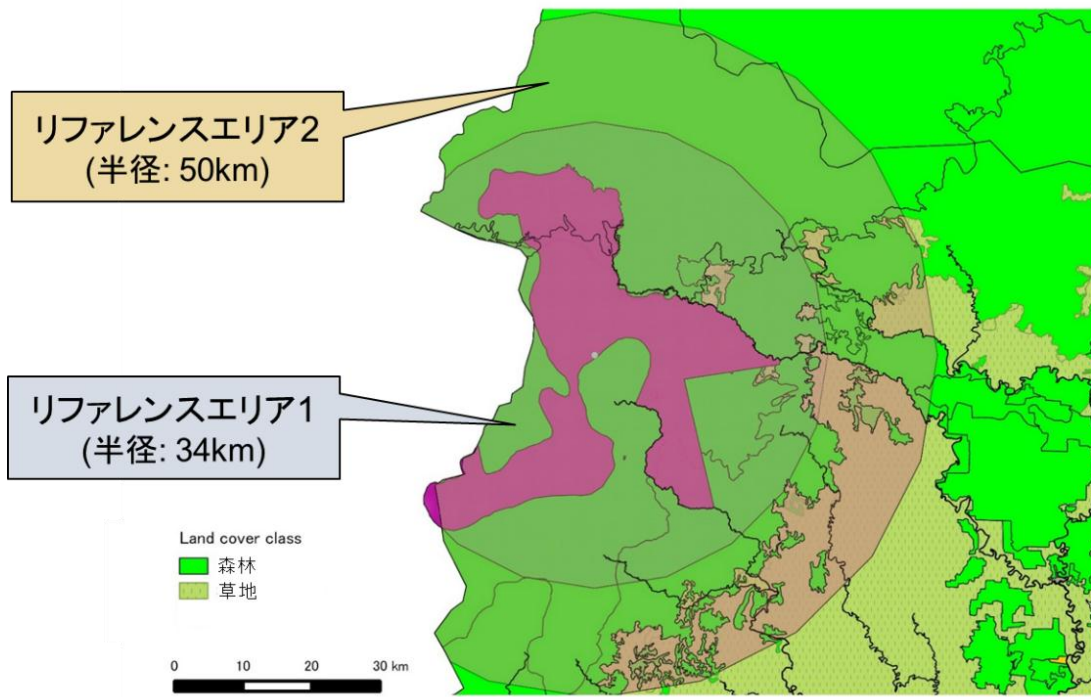


図 5-9 再設定したリファレンスエリア

衛星データからの土地被覆変化の算定及びリファレンス排出量の算定は、前項までの算定方法と同様とした。

リファレンスエリア 2 内の土地被覆分類を行った結果を図 5-10 及び表 5-9 に示す。

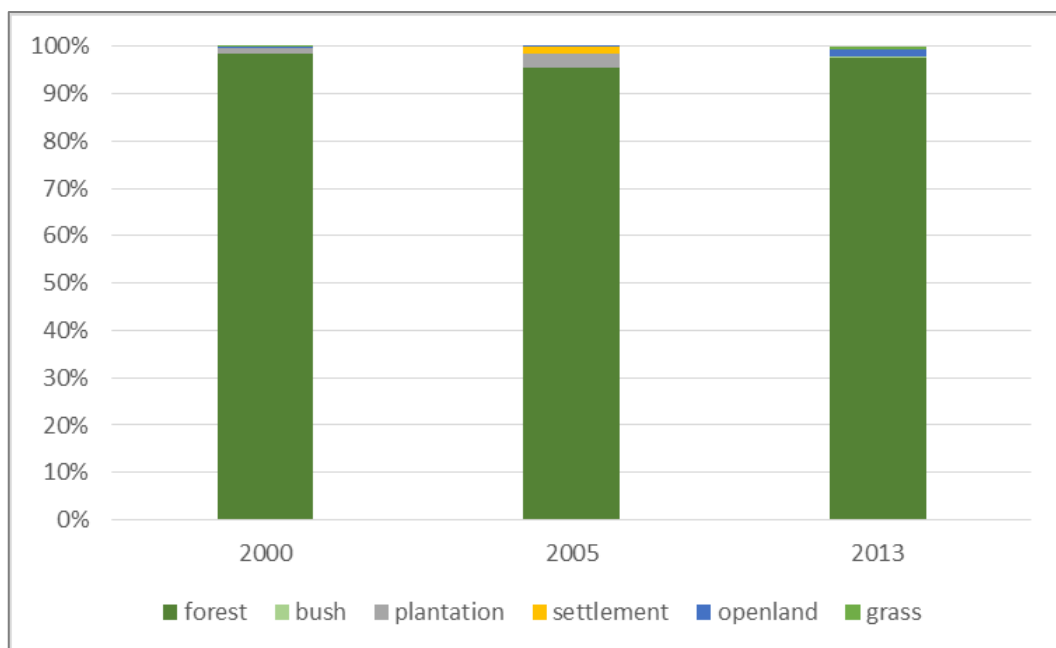


図 5-10 リファレンスエリア 2 内の衛星データによる土地被覆分類結果

表 5-9 リファレンスエリア 2 を用いた衛星画像データによる
土地被覆分類結果(事業者独自データ) [ha]

	2000年	2005年	2013年
森林	543,956	541,255	521,525
ブッシュ	0	7	0
プランテーション	1,975	1,606	5,638
住居	9	2	3
裸地	1,657	2,021	3,909
草地	0	0	11,731
雲領域	646	3,353	5,436
合計	547,597	544,891	542,807

この結果、リファレンスエリア 2 の森林減少率は、図 5-11 及び表 5-10 のようになった。

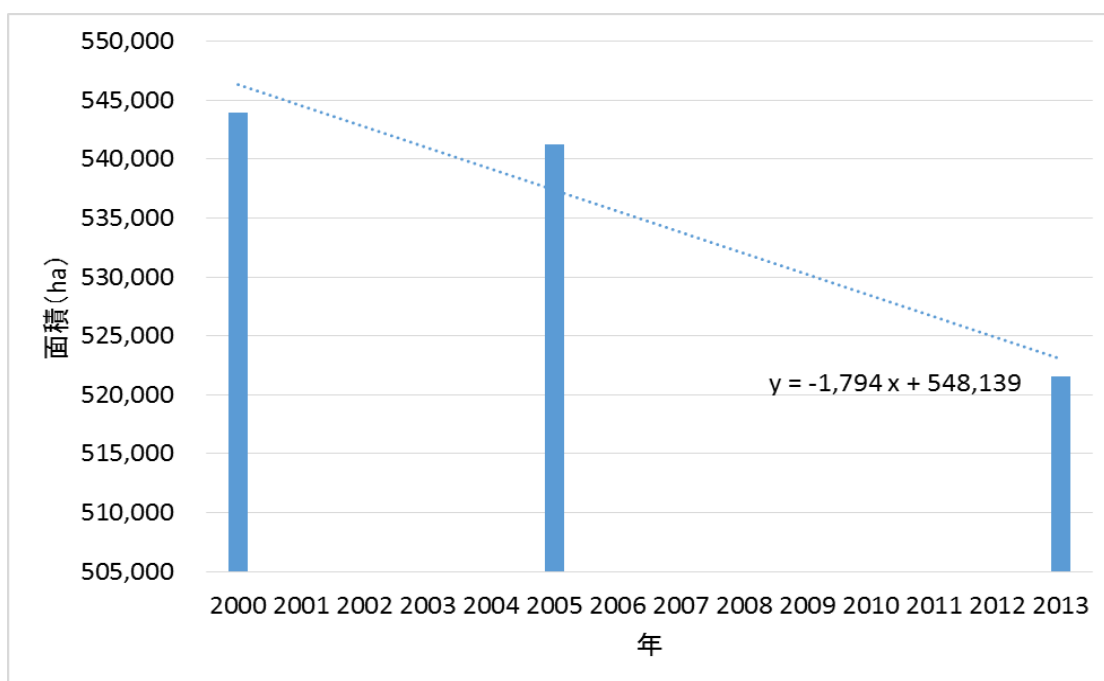


図 5-11 森林面積の減少

表 5-10 リファレンスエリア 2 における森林減少率の分析結果

使用データ	内容	森林減少率
衛星画像データ	2000年、2005年、2013年の3か年データに基づき、森林減少率を算出。近似式は1次線形式を適用。 <近似式> $y = -1.794x + 548139$ ただし、2000年を $x=1$ とした。	0.32%/年

リファレンス排出量の算定結果を表 5-11 に示す。

表 5-11 リファレンス排出量の算定結果

	リファレンスエリア 1 (半径 34km)	リファレンスエリア 2 (半径 50km)
リファレンス排出量 (@プロジェクトエリア)	162,000[tCO2/year]	180,000[tCO2/year]

2 つのリファレンス排出量を比較したところ、リファレンスエリア 2 のほうが、リファレンス排出量が多くなった。

5.2.3. プロジェクト排出量の算定

(1) プロジェクト排出量の算定手法

当該方法論で示す方法論としては、「①中分解能光学センサデータを利用した手法」及び「②高分解能センサデータを利用した土地被覆分類の細分化・高精度化に資する手法」の 2 種類がある。図 5-12 に処理フローを示す。

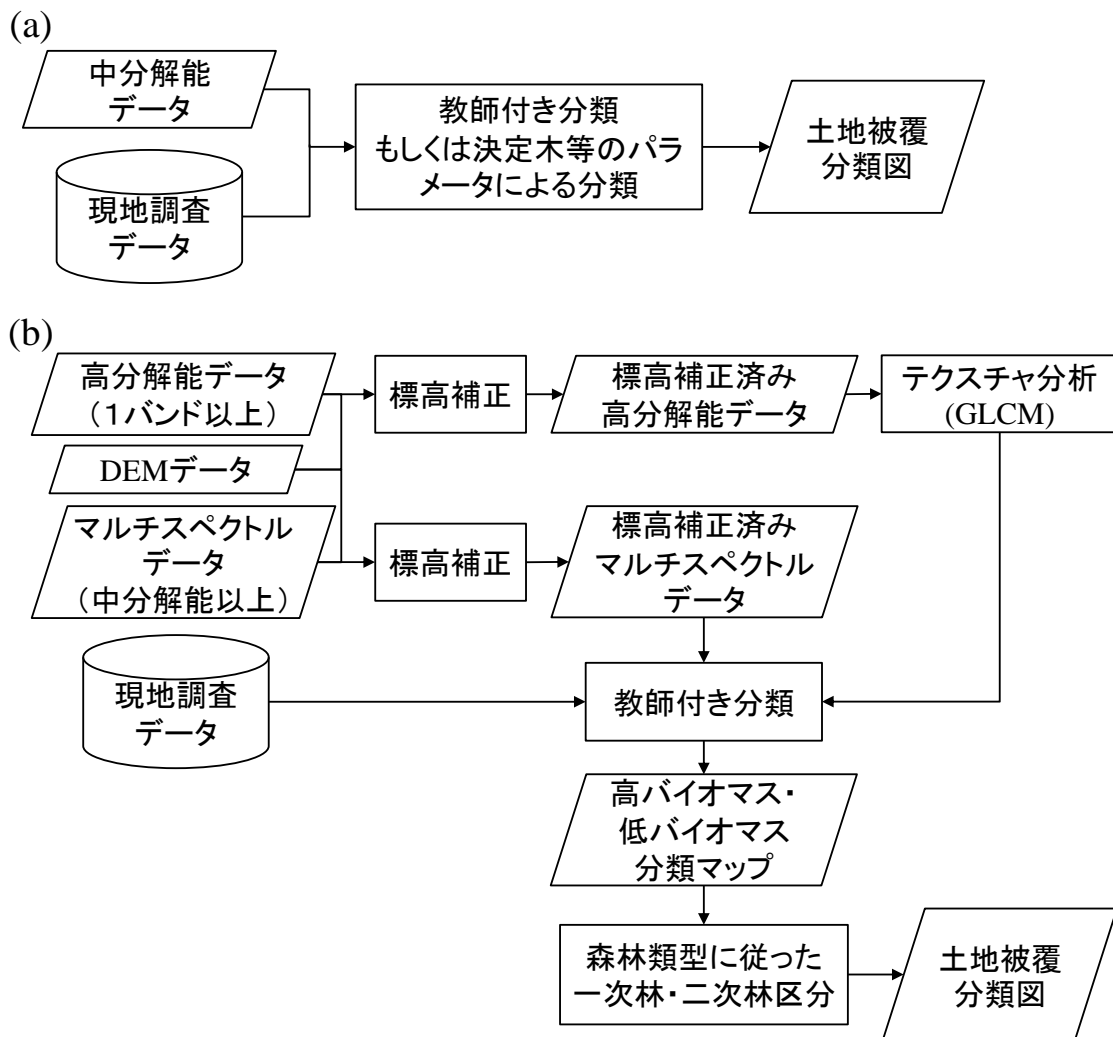


図 5-12 方法論の全体処理フロー (a) リファレンス排出量で示した手法 (b) 土地被覆分類の細分化・高精度化に資する手法

昨年度成果を踏まえて、「②高分解能センサデータを利用した土地被覆分類の細分化・高精度化に資する手法」として、高分解能画像を使用したテクスチャ解析を手法として採用し、教師付き分類としてサポートベクターマシンを用いて方法論を構築する。しかし、本プロジェクトサイトは山岳地帯であることから、現地調査が困難であるため、モニタリングにおいてリモートセンシングの利点を最大限発揮することができる反面、山岳形状による画像補正の必要性や標高の変化により植生が疎な方向へ遷移する可能性があり、最終的に得られる分類マップ及びその計算に使用する推定モデルが十分な精度を得るためには、十分な量、多様性、精度のある地上調査データが必要となる。実際、本プロジェクトサイトにおいても、図 5-13 に示した RapidEye による画像を用いた解析結果が示すように、マクロな規模で標高の変化に伴い表面植生が変化している可能性があることが読み取れる。

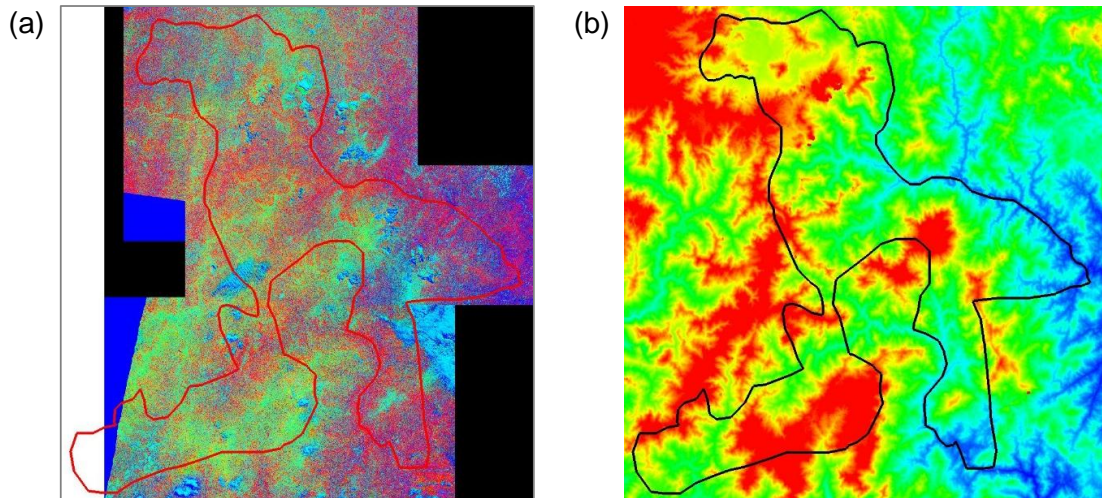


図 5-13 標高変化に伴う植生変化の可能性

(a) RapidEye 正規化画像 (R: Band5, G: Band4, B: Band2)、(b) DEM データ

この状況下で、十分な精度を得るだけの地上調査を行うためには時間、資金、そして人的コストが多くかかることとなるため、限られた地上調査結果を元に信頼性の高い森林タイプ分類のスキームを構築する必要がある。従って、本年度は、効率的な運用が可能とする方法論を構築するため、プロジェクトエリアでの森林減少のドライバーとなる開発因子(道路、河川、集落等)を特定し、代理変数として設定し、開発リスクの判断基準として活用する手法と、Worldview1/2 や今後打ち上げが予定されている ASNARO などの 1m 以下のサブメータの分解能を持つ衛星データを利用し、樹冠構造の解析による分類を実施し、これを教師データとして活用する手法の可能性について検討を実施した。図 5-14 に全体フローを示す。また、各々の手法について以下で詳細に説明する。

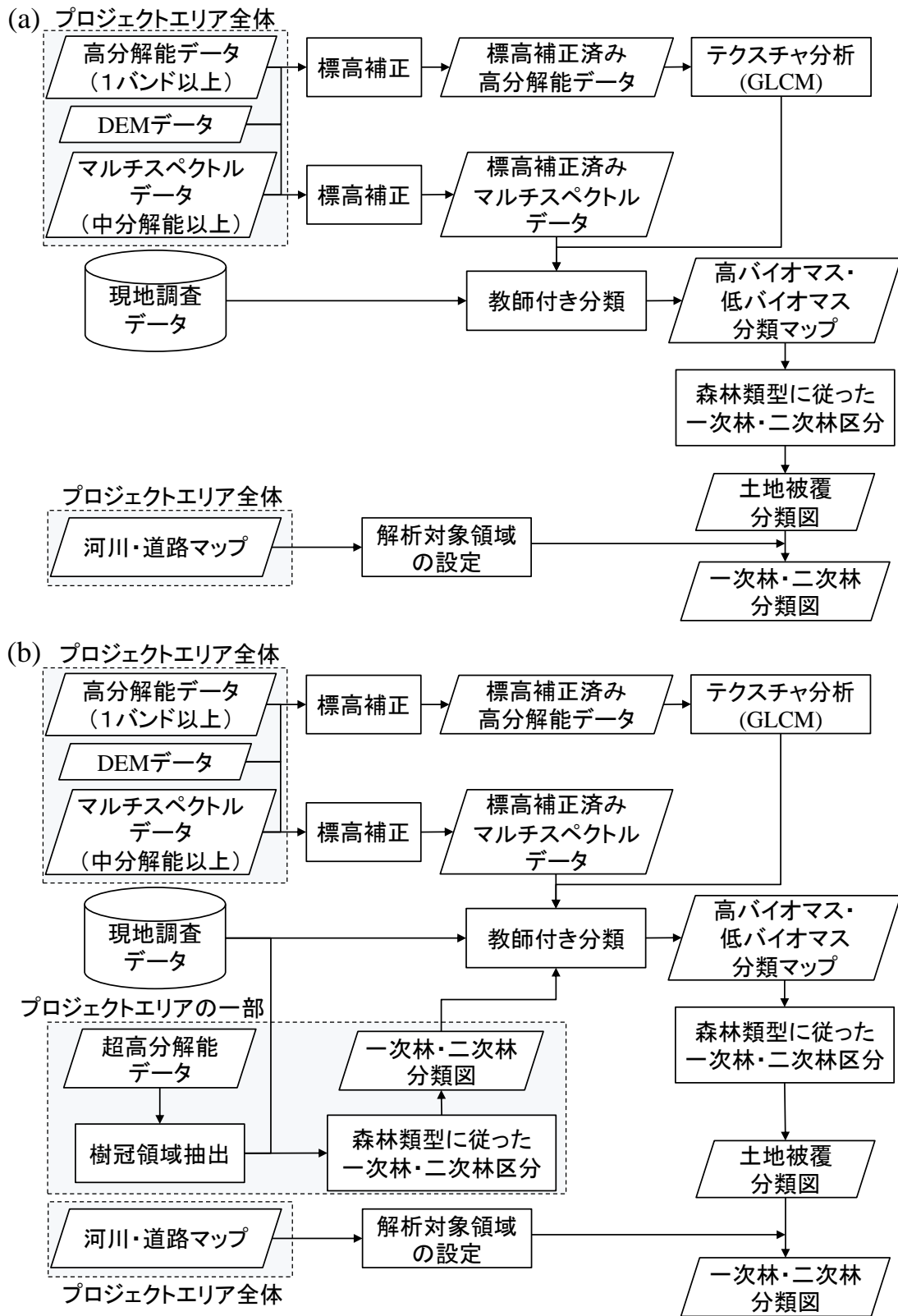


図 5-14 本年度提案の処理全体フロー
 (a) 代理変数の活用手法、(b) 超高分解能データによる解析手法

(2) 代理変数の活用手法

対象とするプロジェクトエリアは非常に厳しい山岳地帯であることから、かく乱要因となる樹木の伐採後の輸送路確保が困難であり、河川もしくは高分解能衛星データで検出できる程度の幅(数 m 程度)の道路がなければ伐採後の搬送はできないと考えられ、現地のインタビュー等においてもこの点は裏付けられている。森林伐採エリアの特定手法として搬送路や運河を抽出することで推定する研究も存在しており、比較的信頼性の高いスキームといえる。また、本エリアは起伏が激しいため、250m 以上道路から離れて分け入ることは非常に困難であることから、道路や河川より250m の範囲を解析対象として設定した。逆に、250m以上離れたエリアは実質伐採した樹木の搬送が非常に困難であるため、伐採が行われていない天然林と判断した。図 5-15 に考え方の例を示す。

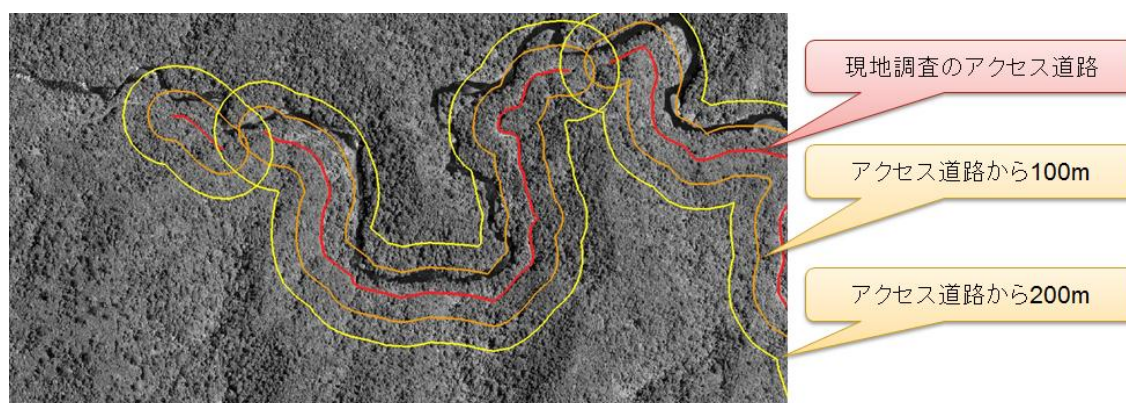


図 5-15 代理変数の考え方(検討範囲の設定方法)

上記解析範囲内については、昨年度と同様に RapidEye など高分解能データを用いた分類手法を用いて森林タイプ分類を実施するものとする。本手法においては、道路河川の把握が重要となるが、RapidEye を始めとした空間分解能 5m/pixel 以下のリモートセンシングデータを使用し、目視もしくは自動抽出のアルゴリズムを使用した目視抽出により特定するとする。また、現地からの情報や既存の GIS データも存在すれば活用するものとする。

また、モニタリング活動においては経年に従う道路拡充についても抽出する必要がある。リモートセンシングデータを用いた抽出及び現地からの通報(情報)による検知の2つの方法により検知する。リモートセンシングデータの利用については、RapidEye など空間分解能 5m/pixel の高分解能データを用いた時系列変化抽出処理により、環境が変化したこと疑いがある場所抽出し、そのエリアを重点的に調査することとする。この時系列変化抽出手法としては、主成分分析により算出される第二、第三主成分画像により変化エリアを抽出するなどが考えられる。本プロジェクトエリアについては、道路拡張及び拡張前後の高分解能衛星データがないため、今後別エリアにて精度検証を行う必要がある。また、現地からの通報については、現地を管理している組織(本プロジェクトエリアについては、BOS 財団が相当)がパトロールなどを通じて検知するものとする。これらにより検知

された、道路拡張の可能性のあるエリアに対して、サブメータ分解能の衛星画像を利用して目視で確認及び GIS データへの吸い上げを行うこととする。サブメータ分解能の衛星画像としては、WorldView1/2/3 及び ASNARO 等が想定される。

(3) 超高分解能データによる解析手法

現地調査負担を減らすと同時に、現地調査における精度のばらつきを抑えることは、モニタリング活動において大きな利点となる。一方で、近年 Worldview1/2/3 や今後打ち上げが予定されている ASNARO などの 1m 以下のサブメータの分解能を持つ衛星データが拡張されつつある。これらの超高分解能衛星データを利用し、樹冠構造の解析による分類を実施し、得られた分類マップを昨年度実施した RapidEye 等の高分解能データを用いた分類スキームにおける教師データとして活用する。これは、攪乱を受けた森林は二次林から一次林へ回復していくが、生育途上の二次林と一次林では、その樹幹構造が大きく異なることに注目した手法であり、サブメータ級の分解能により樹幹構造の明確な違いを抽出することができるという利点がある。現時点では、RapidEye などのサブメータ級ではない高分解能画像では詳細に情報取得できないために、マクロなテクスチャ構造と樹種の違いに注目したスペクトルデータをフュージョンした手法を用いていたが、その精度よりも高精度な分類が可能と考えている。また、スペクトルによる分類では、多地点での現地調査によるエリアごとの森林タイプの特特定が必要となるが、超高空間分解能画像では樹冠サイズが判読できることから、現地調査では森林タイプの分類の境目となる閾値の特特定のみを行うことによりクラス分類が可能となると考えられる。しかしながら、Landsat8 や RapidEye などのマルチスペクトルデータと比較して、超高分解能データは一回に撮像できる領域が限定され、さらに画像自体のコストも非常に高いため、現実的にはプロジェクトエリア全体に対して非常に限定された領域のみで画像取得及び解析となることが想定される。従って、本方法論では、超高分解能データによる分類結果を、昨年度実施したマルチスペクトルデータを用いた解析における教師データとして扱うこととする。全体的な手順は以下の通りである。

- i) 超高空間分解能画像を用いて、林冠構造分類を行う。ただし、超高空間分解能画像は観測領域が狭く効果であるため、限定された領域である。
- ii) i)による分類結果の領域を教師データとして、ERC サイト全体分をカバーした RapidEye データを用いて教師付き分類を実施する。また、分類モデル作成の過程及び結果に対する評価用にも i)のデータを用いることとする。ただし、モデル作成用の i)の領域と評価用の i)の領域は重複しないこととする。
- iii) ii)で得られた分類結果に対して、(2)で示した代理変数を適用して得られた土地被覆分類図(一次林・二次林分類)を用いて炭素蓄積量を推計する。

超高分解能データを用いた林冠構造抽出については、まずモルフォロジー解析を利用して樹冠形状を抽出する。モルフォロジー解析のコンセプト自体は、1960 年代から登場するなど歴史のある手法であり、画像から対象物の形を抽出、分析する技術である。技術的には、イメージを処理する過程で形状ベースの画像処理操作を行うもので、本方法

論で、最も基本的なモルフォロジー演算である膨張によりイメージ内のオブジェクトの境界にピクセルを加える操作を行う。このモルフォロジー処理により、典型的な樹冠形状である円形に近い形状を中心と画像に変換した上で、領域分割手法により各樹冠形状の分割を実施した。この領域分割においては、樹冠の頂点を抽出した上で Marker 付き Watershed segmentation を仕様して分割した。図 5-16 に抽出前と抽出後の解析画像を示す。

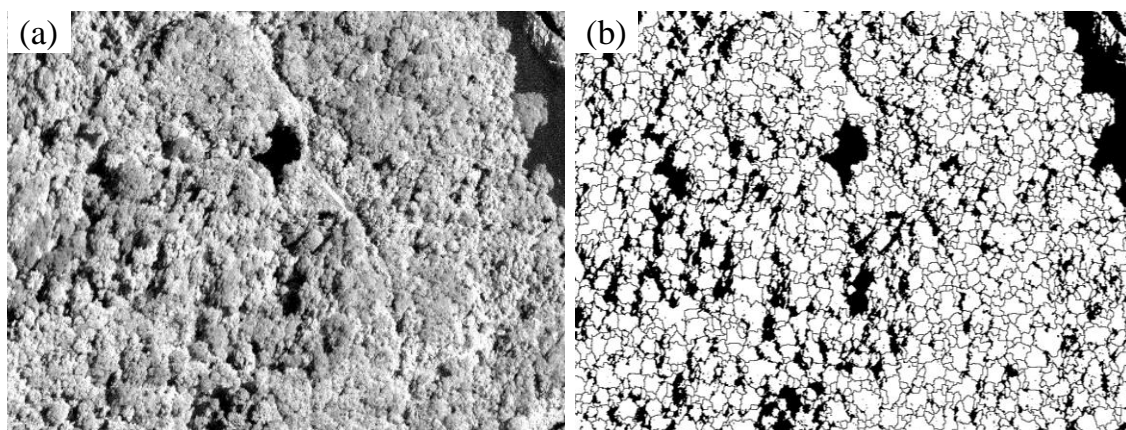


図 5-16 林冠構造抽出結果

(a) 超高空間分解能画像(WorldView1) (b) 林冠抽出結果

上記で抽出した林冠構造対して、昨年度設定した一次林と二次林の定義を元に、以下の定義を設定し、領域分類を行うこととする。

- 一次林: 大径木(=樹幹形状が大きい樹木)が支配的である
- 二次林: 攪乱・伐採を受けた後であり大径木が少ない

上記を模式的に示した図を図 5-17 に示す。

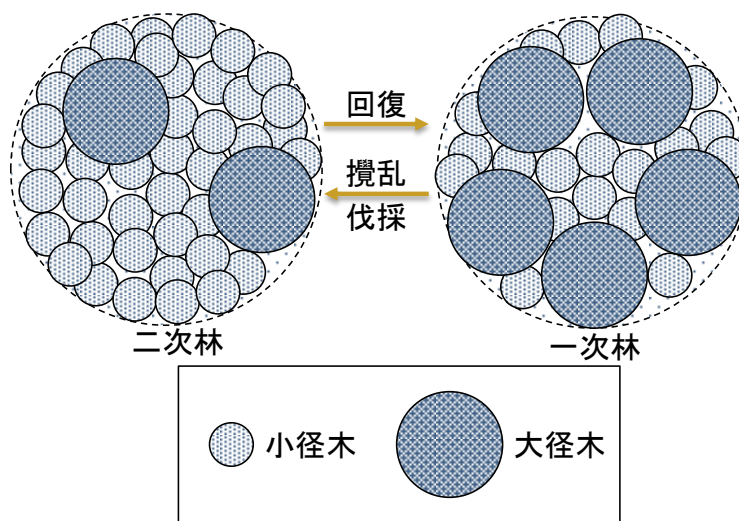


図 5-17 一次林の領域と二次林の領域の定義

上記の考え方にに基づき小径木の割合をマップ化した。図 5-18 にその結果を示す。

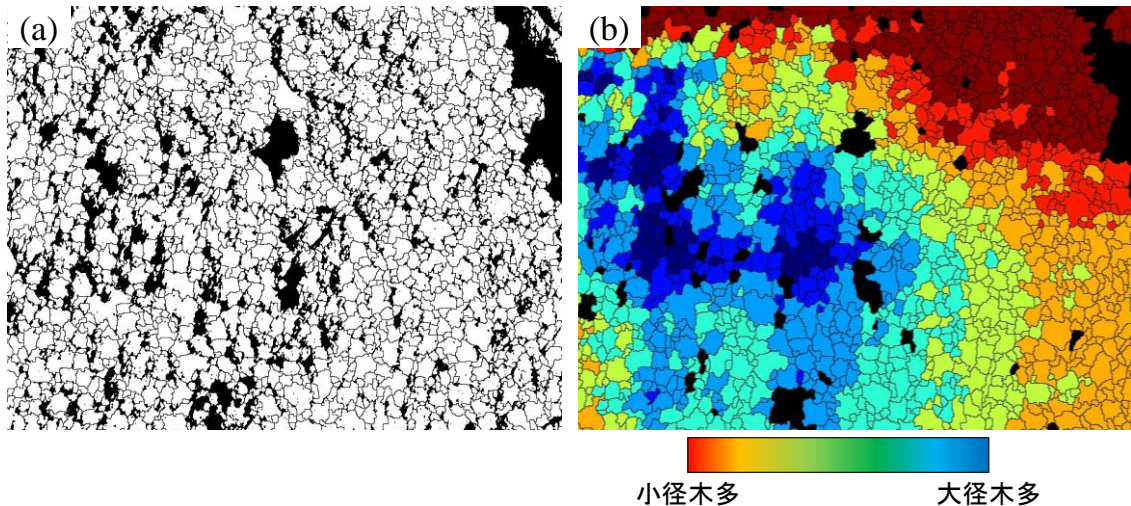


図 5-18 領域分解データを用いた小径木割合の分布例
(a) 林冠抽出結果、(b) 小径木割合の分布

このマップにおいて一次林と二次林を区分するためには、小径木の割合に対してある閾値を設定する必要がある。この閾値設定は、地上調査による一次林・二次林区分を用いて設定することとする。

閾値設定により分類した一次林と二次林のエリアを教師データとして、RapidEye データにおいて教師付き分類を実施し、プロジェクトエリア全体における一次林・二次林分類を実施する。

以上の方法論を用いることで、分類精度を落とすことなく現地調査のポイント数を減らすことが可能となる。今後、実際のモニタリング活動では、モニタリング活動初年度に十分なポイント数の現地調査を実施した後は、毎年、超高分解能データを用いた本解析を実施することにより、現地調査の代替が可能となり、実際の現地調査はこれら解析結果の検証や必要なパラメータの確認という位置づけで、少数のポイント且つ短期間の現地調査にすることが可能となる。以上により、モニタリングに要する資金面、時間面のコストを削減することが可能となる。

(4) プロジェクト排出量の算定結果

本プロジェクトエリアは、図 5-19 に示すようにプロジェクトエリアの全体が森林で覆われている。従来の一般的に行われている土地被覆分類では、森林・非森林の分類となるため本プロジェクトサイトはすべて「森林」クラスで分類される。これは、過去に伐採が行われ回復途上にあるエリアについて、その回復度合いを正確に算定できないということと

なる。従って、ここでは 4 章で示した手法による一次林と二次林の分類により炭素蓄積量算定の高精度化を行う。

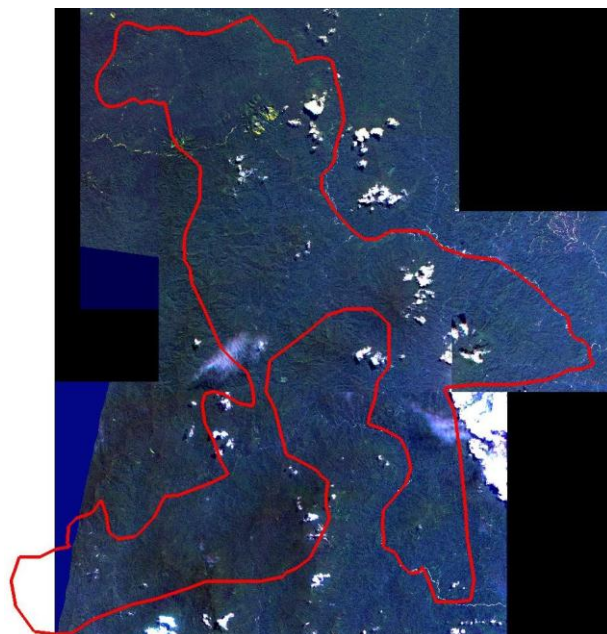


図 5-19 プロジェクトエリアの全体マップ

① 代理変数活用手法

現地調査及び衛星画像の解析・判読により、本プロジェクトエリアの河川・道路を抽出した。図 5-20 にその外観図を示す。

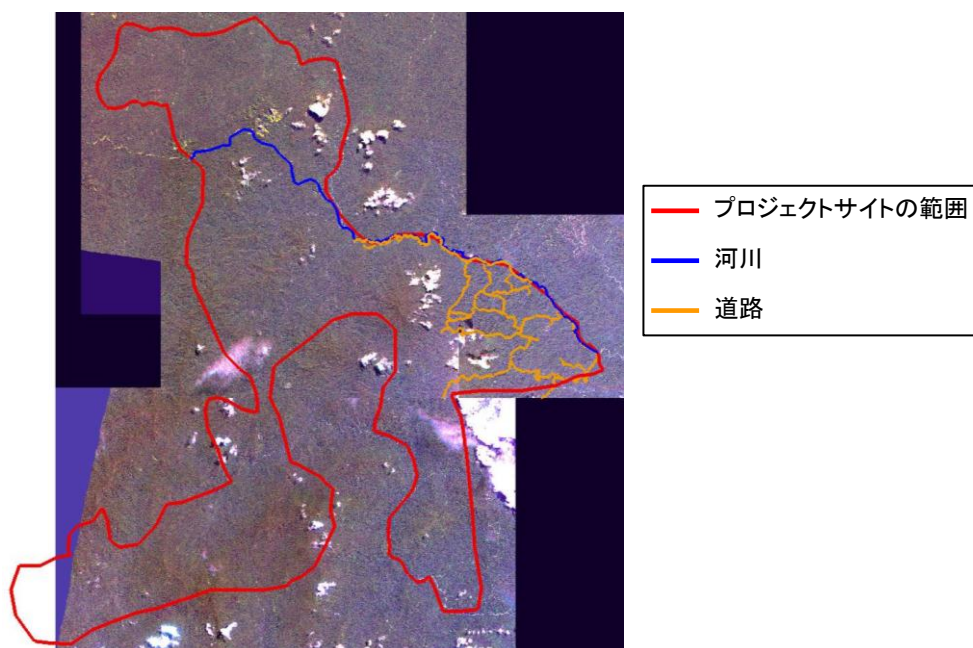


図 5-20 プロジェクトエリアの河川・道路

上記で示した道路・河川から 250m の範囲を対象に RapidEye 画像及び地上調査データによる一次林・二次林の分類を実施した。

まず、プロジェクトエリアのほぼ全体をカバーした RapidEye 画像に対して、テクスチャ解析を実施し得られた画像データとともに、昨年度地上データと今年度地上データを用いて教師付き分類を実施した。また、昨年度の考え方に従い、一次林・二次林の領域分類を実施した。プロジェクトエリア全体での結果を図 5-21 に示す。

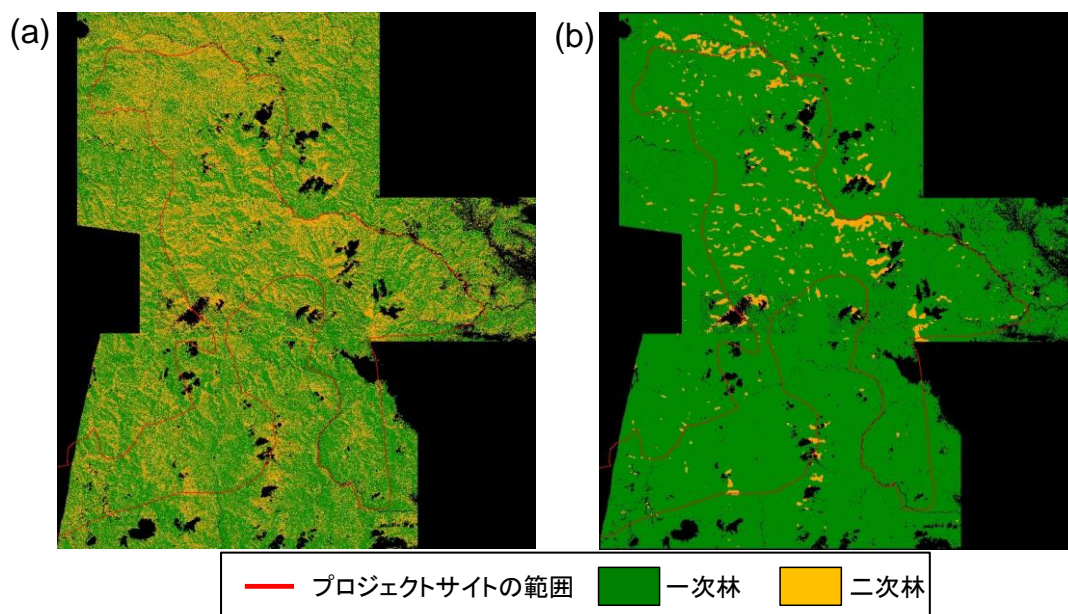


図 5-21 RapidEye による一次林・二次林分類結果

(a) ピクセルベースでの分類結果、(b) 一次林・二次林の領域分類結果

上記で得られた分類結果の図を用いて、河川及び道路から 250m の範囲に限定して二次林と判定されたエリアを抽出する。結果を図 5-22 に示す。

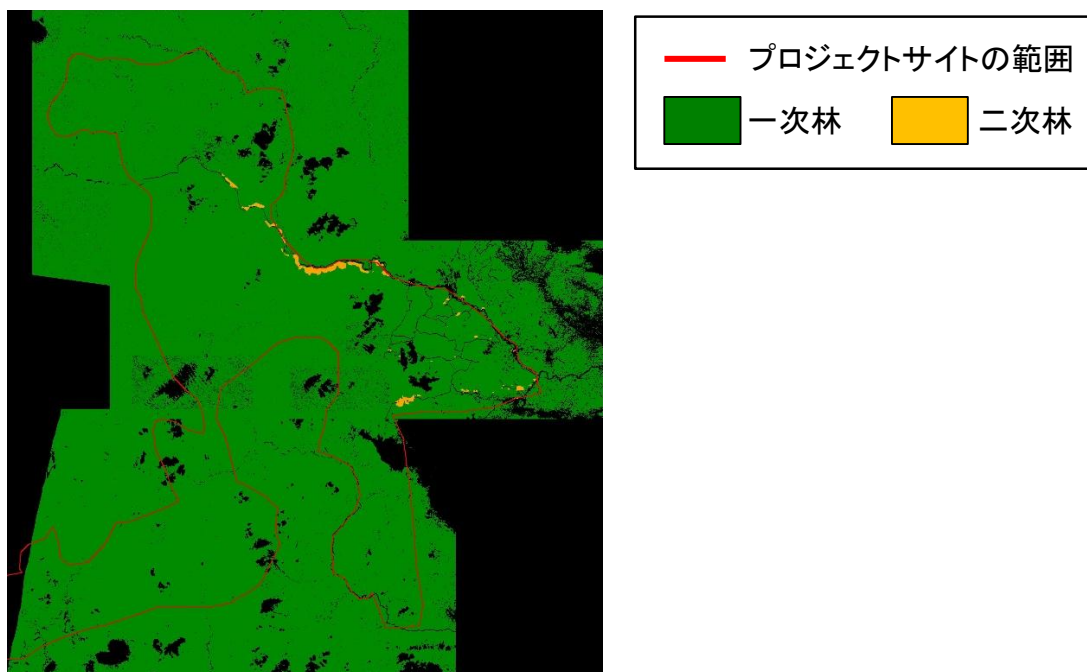


図 5-22 代理変数を活用した二次林分類結果

画像が得られている範囲における、以上で得られるプロジェクトサイトにおける一次林・二次林の面積を表 5-12 に示す。また、後段の章で説明する RAD-GRK の一次林・二次林の排出係数を掛け合わせることで、排出量を算出した。

表 5-12 プロジェクトサイトにおける一次林・二次林の面積

	一次林	二次林
面積 [ha]	89,490	610
排出量 [Mt]	17.5	0.10

② 超高分解能データによる解析手法

超高分解能データを用いた解析手法の目的は、分類精度を落とすことなく現地調査データ点数を減らすことにある。従って、ここでは、本手法と①で示した手法の精度比較を行うことで、本解析手法の妥当性評価を行った。

超空間分解能データ及び現地調査結果を用いて一次林・二次林の分類を行った結果を図 5-23 に示す。ここでは、現地調査により一次林もしくは二次林と判定された領域についての分類結果を示しているが、概ね現地調査と合致した分類結果が示されていることがわかる。今回使用した Worldview 画像の領域に含まれる地上調査地点において精度検証を行った結果、一次林については 100%、二次林については 84.6%の精度が得られた。

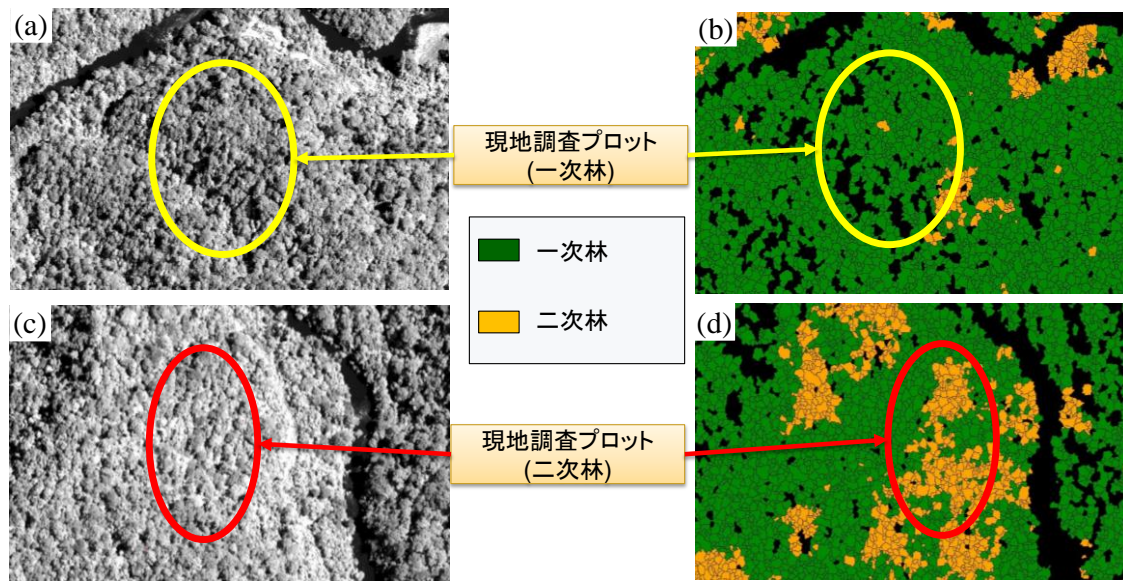


図 5-23 超高分解能データを用いた一次林・二次林の分類結果
(a), (c) Worldview 画像 (b), (d) 分類結果

以上の超高分解能を用いた一次林・二次林の分類結果のマップを教師データとして RapidEye の画像について一次林・二次林の分類を行った結果を図 5-24 に示す。精度については、超高分解能データを用いた場合も高分解能データのみの場合と比較して精度は概ね同レベルであり、双方とも高い精度を示していると言える。

分類図についても一部のエリアでは相違があるが、概ね傾向は等しいと言える。図で示した右側のエリアについては、今後現地での確認作業の上、パラメータ設定に反映させることが有効と考えられる。

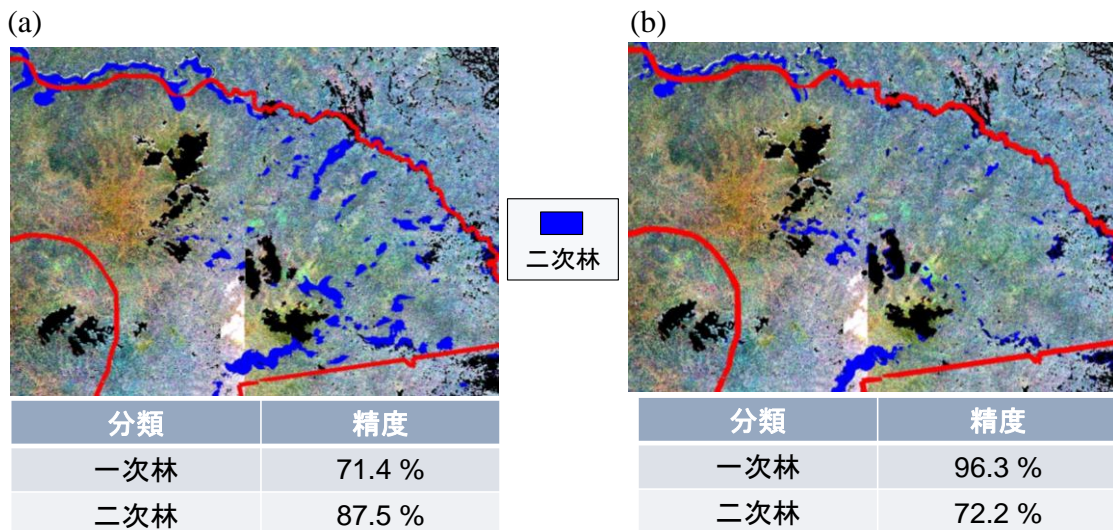


図 5-24 一次林・二次林の分類結果の比較
(a) 高分解能データを利用した手法、(b)超高分解能データも利用した手法

5.3. プロジェクト実施前の設定値

GHG 排出削減量の算定に用いるパラメータは、事前に設定した値を用いる。以下に、事前設定値の内容と、保守的な GHG 排出削減量を算定する根拠をまとめた。

5.3.1. 土地被覆データ及び排出係数

GHG 排出削減量算定に使用する土地被覆データについては、方法論では、既存の土地被覆データか、事業者が独自に作成した土地被覆データを用いることが任意で選択可能と規定されている。本検討では、インドネシアにて広く利用されているインドネシア林業省作成の公的な土地被覆データの使用を基本とする。本データは、22 種類の土地被覆区分ごとの面積が GIS データ化されている。

土地被覆区分ごとの排出削減量については、方法論では、排出係数は、既存の係数と、事業者が独自に設定した係数を任意で選択可能と規定されている。本検討では、インドネシア中央政府（林業省）が作成し、東カリマンタン州政府が発行している RAD-GRK（州の排出削減計画）の中で規定されている、表 5-13 に示す排出係数のデータを使用することとした。22 種類の土地被覆区分ごとの単位面積当たりの炭素蓄積量が示されている。

本方法論においては、いくつかの区分を抽出して適用することを検討した。昨年度の検討結果を踏まえ、赤色で示した森林に分類される 2 つの区分と、緑色で示した非森林に分類される 6 つの区分を中心に適用することを検討した。

表 5-13 東カリマンタン州政府の RAD-GRK における土地被覆区分ごとの排出係数
(提案炭素蓄積量)

No.	Land Cover	Proposed carbon stock [t/ha]
1	Primary dry land forest	195.4
2	Secondary/former logged dryland forest	169.7
3	Primary mangrove forest	170
4	Primary swamp forest	196
5	Plantation forest	64
6	Bush	15
7	Plantation/garden	63
8	Settlement	1
9	Open land	0
10	Grass	4.5
11	Water area	0
12	Secondary/former logged mangrove forest	120
13	Secondary/former logged swamp forest	155
14	Swamp bush	15
15	Dryland agriculture	8
16	Mixed dryland agriculture shrubs/garden	10
17	Field	5
18	Embankment	0
19	Airport/port	5
20	Transmigration	10
21	Mining	0
22	Swamp	0

Source: Provincial Government of East Kalimantan "Local Action Plan for Greenhouse Gas Emission Reduction East Kalimantan Province"

また、現地サンプリング調査を実施したプロジェクトエリア周辺の主要な土地被覆区分に関する概況を図 5-25 に示す。

Primary Dryland Forest



Secondary/Former Logged Dryland Forest



Plantation (palm oil)



Bush



Grass



Settlement



図 5-25 各土地被覆区分の概況

5.3.2. プロジェクトエリア内の独自収集データ

上述の土地被覆データに加え、より解析精度を向上させるために、表 5-14 に示すプロジェクトエリア内独自の情報収集を実施した。

表 5-14 プロジェクトエリア内の独自収集データの概要

事前設定値	収集情報の内容
プロジェクトエリア内の道路情報	プロジェクトエリア内の車で移動可能な道路の GIS データ。森林伐採等の開発は、道路から始まる。そこで開発が行われる可能性が高い地域として、道路周辺を検証するために情報を収集する。 BOS 財団から意見等を収集し、道路に関する情報を得ることと、衛星画像からの道路抽出を実施した。
プロジェクトエリア内の河川情報	プロジェクトエリアに流れる河川の GIS データ。河川は、船舶による航行が可能であり、付近の金鉱山へ移動や物資の運搬が行われている。河川を用いた木材の運搬等が行われ、開発が進む可能性があるため、情報の収集を行った。BOS 財団から意見等を収集し、河川に関する情報を得ることと、衛星画像からの河川抽出を実施した。
現地調査による取得情報	プロジェクトエリア内で実施された現地調査で得られた DBH、樹種、下層植生、傾斜角度等の調査結果及び、調査地点概況の写真。 ERC サイト内のバイオマス推定モデル作成のため、教師・検証データの取得を目的とし、収集を行った。また、樹冠サイズからバイオマスを推定する解析手法を確立するための現地検証データとして収集を行った。

5.3.3. 現地調査

衛星画像解析による一次林・二次林分類のための教師・検証データ取得と、一次林、二次林の CO₂ 排出係数として使用可能な上部バイオマス値の取得を目的として、森林コードラート調査を実施した。本調査では、調査コードラートを設置し、コードラート内に含まれる各個体の胸高直径 (DBH) 計測と樹種記録、コードラート内写真撮影等を実施した。

調査コードラートの大きさは、当該地域の樹高と調査に要する時間を考慮し、30m 四方とした。さらにその内部に 15m 四方、7.5m 四方のサブコードラートを設定し、各個体の情報を管理した。コードラートの位置情報として、30m 四方の 4 隅の緯度経度を GPS にて取得する方針とした。

今年度調査で実施した地点数は、一次林 20 地点、二次林 20 地点の合計 40 地点とした。衛星画像より、道路周辺を中心に一次林、二次林の領域を目視判読し、調査地点候補を設定した。さらに現地にて一次林、二次林の判定を行った上で、最終的な調査地点を決定した。また、調査地点は、衛星画像の解析処理への影響を考慮し、道路や河川、

裸地等から 100m 以上離れること、調査地点間の間隔が 100m 以上離れることを条件として設定することとした。

図 5-26 に調査対象地点、図 5-27 に調査コードラートの形状、表 5-7 リファレンスエリアにおける森林減少率の分析結果に現地調査方法の概要を示す。

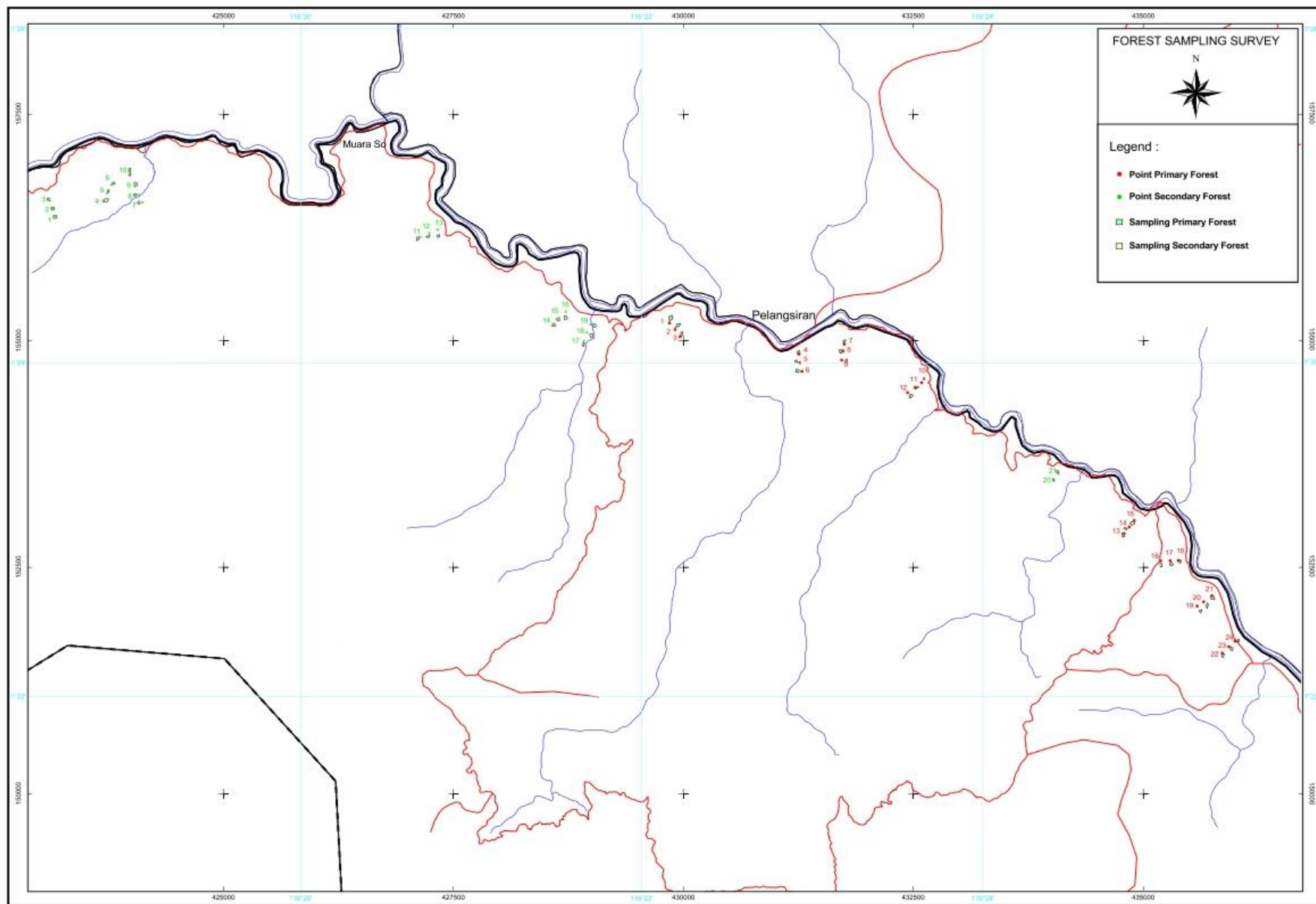


图 5-26 現地調査地点

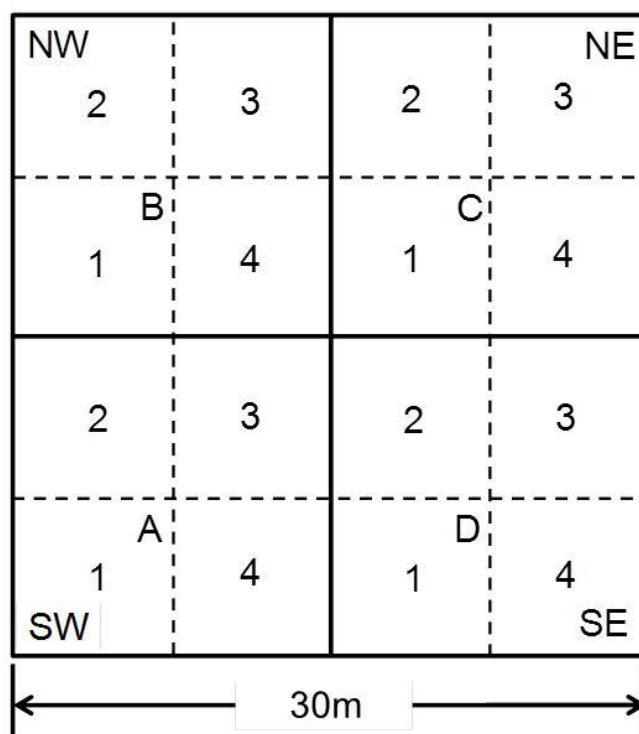


図 5-27 調査コドラートの形状

表 5-15 現地調査方法の概要

調査内容	調査方法
胸高直径	サブコドラート A1、B1、C1、D1 については DBH が 5cm 以上、その他については DBH が 10cm 以上の個体を対象に、輪尺により計測
樹種	胸高直径の計測対象個体について樹種を記録
一次林／二次林判定	過去の攪乱履歴から一次林／二次林を判定
写真撮影	森林の概況が分かる写真を複数枚撮影

DBH の計測結果から、Brown et al.(1989)のアロメトリ式を用いて各個体のバイオマスを算出し、コドラートの個体の総和を得ることで、Ha 当りバイオマスを算出した。なお、DBH が 5cm 以上 10cm 未満の個体は、4 つの 7.5m サブコドラート内のみ DBH の計測を行っていることから、調査した個体のバイオマスの合計を、面積比率をもとにコドラート全体に拡張する。使用したアロメトリ式は次式である。

$$\text{Biomass} = 13.2579 - 4.8945(\text{DBH}) + 0.6713(\text{DBH})^2$$

図 5-28、図 5-29 に、一次林及び二次林における調査地点別バイオマス量の算定結果を示す。一次林については、400t/ha 程度のコドラートが多く、600t/ha 以上、あるいは 1000t/ha を超えるコドラートも見られる。一次林の特徴として、コドラートにより、バイオマス

量の差が非常に大きくなっている点が挙げられ、各コドラートに含まれる大径木の有無に依存している。

二次林については、200t/ha程度のコドラートが多く、一部400t/ha程度以上のコドラートも存在する。一次林と比較して、コドラート間のバイオマス量の差は小さくなっており、DBH が比較的一律である。

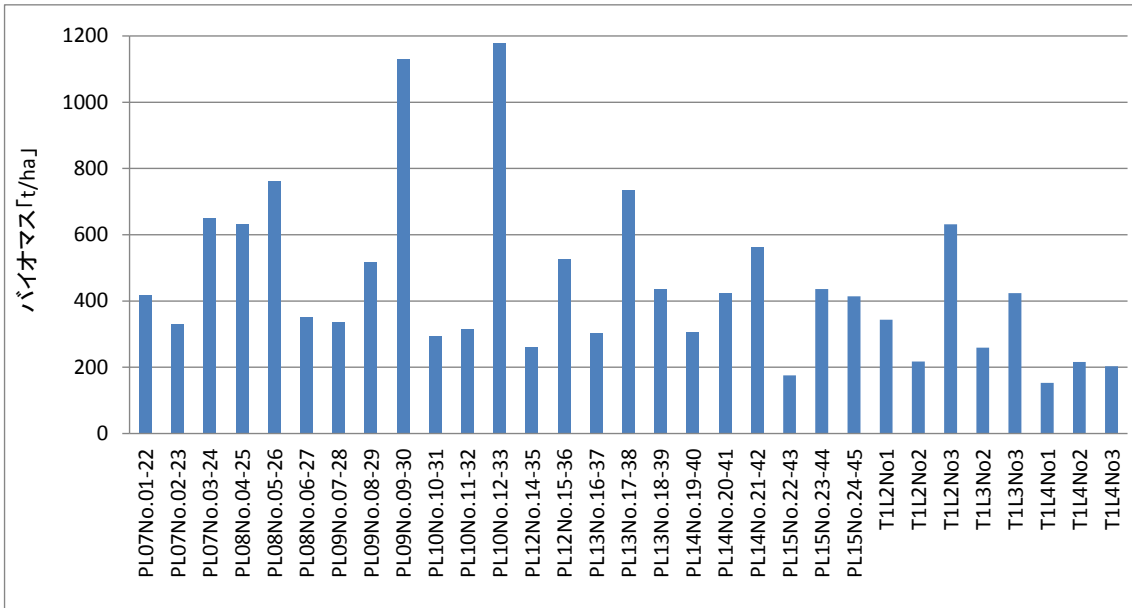


図 5-28 調査地点別のバイオマス量(一次林)

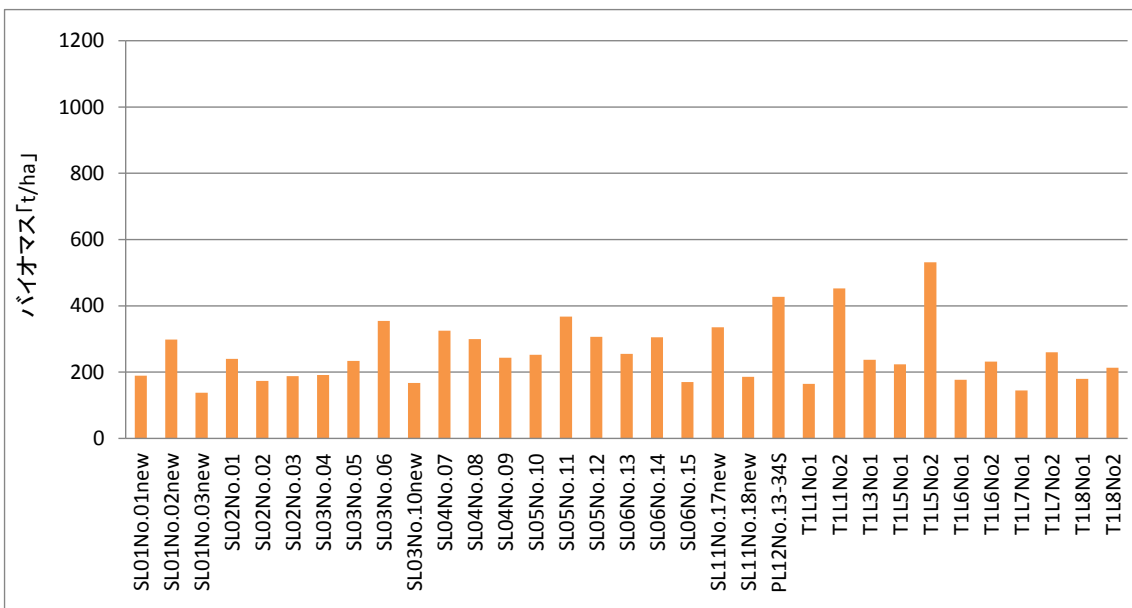


図 5-29 調査地点別のバイオマス量(二次林)

以上の結果から、森林区分ごとの平均バイオマス量を算定し、表 5-16 に示す独自の排出係数を得た。独自の排出係数は、前述の RAD-GRK に示された排出係数と比較して一次林については大きい値、二次林については小さい値となっている。インドネシアの平均的な森林と比較し、本プロジェクト地域の一次林は炭素蓄積量が大きく、保全価値の高い地域である。そして、それが二次林へと劣化した場合には、大きく炭素蓄積量が減少するため、森林を保全、回復させることが極めて重要な地域とも考えられる。加えて、炭素排出削減量の算定の観点からは、独自の排出係数ではなく、RAD-GRK の排出係数を使用することは、保守的なアプローチを選択していることが分かる。

表 5-16 現地調査により得られた排出係数

森林区分	平均蓄積量 [t/ha]	平均炭素蓄積量 [Ct/ha]
一次林(Primary Dry Forest)	450	212
二次林(Secondary Dry Forest)	256	120

5.4. JCM 方法論案を用いた CO2 排出回避量の実測に関する調査

プロジェクトによる排出削減量の算定には、プロジェクト対象地におけるリファレンス排出量(=過去のトレンドから推計される将来の見込み排出量)と、プロジェクト排出量(=プロジェクト実施後に推計される実排出量)を特定することが必要となる。これは、リファレンス排出量及びプロジェクト排出量は、リモートセンシングによる衛星画像の解析により算定される活動量(土地被覆区分ごとの面積変化量)と、現地サンプリング調査等によって特定される(土地被覆区分ごとの)排出係数(単位面積当たりの炭素蓄積量)を掛け合わせて計算することができる。

5.2 節で示した通り、プロジェクトサイトにおけるリファレンス排出量の結果は、リファレンスエリアの設定シナリオ別に算定すると、表 5-17 のような結果となった。リファレンスエリア 1 は、より狭い範囲に限定して算定した結果であり、相対的に保守的な結果となっている。一方、リファレンスエリア 2 は、比較的広い範囲で算定した結果であり、将来の開発リスクをより適切に反映したものであると判断し、こちらを本調査結果のリファレンス排出量として採用する方針とした。

表 5-17 リファレンスエリア 2 を用いたリファレンス排出量の算定結果

	リファレンスエリア 1 (半径 34km)	リファレンスエリア 2 (半径 50km)
リファレンス排出量 (@プロジェクトエリア)	162,000 [tCO2/year]	180,000 [tCO2/year]

プロジェクト排出量の事前見通しについては、今後、さらなる精査が必要となるが、森林パトロール(違法伐採の抑制)、植生回復、植林等のプロジェクト活動を通じて、森林炭素蓄積量の減少率を 0%に抑制することができると仮定すると、REDD+プロジェクト活動に伴う排出削減量は、最大で 180,000 [tCO₂/年]となることが分かった。さらに、プロジェクト実施期間を 20 年間と仮定すると、総 GHG 排出削減量は 3.6 [MtCO₂] となることが分かった。

6. 国際社会への活動

昨年度及び本年度の本事業の活動を通じて、ジャカルタでは政府関係者を中心に、また、現地プロジェクトエリアに近い、東カリマンタン州の州都サマリンダでは、現地 REDD+事業関係者との打合せの場を持つことができた。いずれの関係者も、本プロジェクトの計画に対して歓迎の意を表していただいた。

今年度調査では、キックオフ会合の際、政府関係者及び NGO を訪問し、プロジェクトの進捗状況とともに、今年度の実施計画について紹介する機会を持った。その際に感じた印象としては、1年目である昨年度の調査時点とは明らかに異なり、双方向で活発なディスカッションが行われた。州政府関係者からは、当該プロジェクト活動の成果を先方のインプットとして利用させてほしいとの要望が示されるとともに、今後も継続的な協力関係を維持したいとの意思表示が示された。

特に、今年度の調査報告会の間となった現地ワークショップでは、率直な意見交換が行われた。以下のとおり、現地ワークショップの議事次第と、主要な論点(一部、ジャカルタでのホスト国会合での議論を含む)を示す。

表 6-1 現地ワークショップの議事次第(サマリンダ、2015年2月9日実施)

Monday, February 9 th Feb 2015	
Venue: Hotel Bumi Senyur Samarinda	
08:30-09:00	Registration
09:00-09:15	Opening Session
09:15-10:15	Presentation: REDD+ Reference Emission Level for East Kalimantan (20min) Presentation: Safeguard Issues for East Kalimantan (20min) Discussion (20min)
10:15-10:30	Coffee Break (15 min)
10:30-12:00	Presentation: REDD+ F/S Outcome <ul style="list-style-type: none"> • MRI: Outcome of the Feasibility Study (30min) • NEC: Introduction to the Japan Public-Private Platform for REDD+ (20min) • 2ES: Biomass Survey (20min) Discussion (20min)
12:00-13:00	Lunch Break (60min)
13:00-14:15	Discussion 1: Institutional structure of the Indonesian REDD+ (60min) <ul style="list-style-type: none"> • Topic 1: Changes in Institutional Structure of Indonesian REDD+ Organization • Topic 2: Institutional Capacity Building & Financing for REDD+ • Topic 3: Future Project Development & Collaboration Wrap up (15min)
14:15-14:30	Coffee Break (15 min)
14:30-15:45	Discussion 2: Achieving Sustainable Development in REDD+ (60min) <ul style="list-style-type: none"> • Topic 1: Safeguard • Topic 2: Socio-Economic Development • Topic 3: Environmental Assurance Wrap up (15min)
15:45-16:00	Wrap-up & Closing Remarks

<主要な論点>

- (日本側から)当該プロジェクトにおける方法論(手法1及び手法2)の紹介
超高分解能のリモートセンシングデータを使用した解析手法の費用対効果、他地域への適用可能性、解析技術のキャパビルの必要性 等
- 東カリマンタン州における参照排出レベル(REL)の検討状況
州内の4つの県(Kutai Timur, Berau, Marinau, West Kutai)において県レベルのRELが設定されている。しかし、支援機関、ステークホルダーが異なるため、方法論についても整合性が取れていない。この点は要改善であり、先方からはキャパビルの支援の要請があった。こうした取り組みを支援することにより、同州のJurisdictional approachを支援することが可能であり、州政府との連携を深めることを通じて、当該プロジェクトの実現可能性も高まるものと考えている。
さらに、州の温室効果ガス排出削減計画(RAD-GRK)では、RELの設定に加え、具体的な排出削減対策の検討が行われている。同州の温室効果ガスの排出削減対策の推進でも連携することが可能となる。
- 東カリマンタン州のセーフガードのガイドライン
州の気候変動協議会(DDPI)が、州独自のセーフガードを策定したとの情報提供があった(最終調整中のため、2015年2月時点では未公開)。



図 6-1 現地ワークショップの様子(サマリンダ、2015年2月9日実施)

こうした検討結果を踏まえ、今後、本事業の実施を通じて、以下の点で、インドネシア側へ働きかけが可能であり、効果的だと考えている。

6.1. 方法論/モニタリング手法等のキャパビル支援

本報告書でも再三にわたり述べてきたとおり、現在、インドネシアでは、REDD+にかかる法制度の検討が進められている。中でも、排出削減量を定量的に評価するための方法論や、モニタリング手法の構築に関する検討は必要不可欠なものであり、インドネシア政府も、REDD+庁等を中心に、様々な検討が展開されている。

こうした検討プロセスにおいては、科学的知見に基づく知見が重要になるが、当該プロジェクトの検討を通じて、その一部を支援し、現地関係者の能力強化に協力することが重要になると考えられる。特に、サブナショナルレベル(州及び県レベル)の取り組みについては、支援の手が足りていないのが現状であり、当該プロジェクトの取り組みを通じて積極的に支援をしていくことが求められている。

6.2. 実際のプロジェクト活動を通じた成果の情報発信

現時点では、当該プロジェクトの取り組みは、REDD+の実現可能性調査(FS)の範囲を出ていない。しかしながら、現地ヒアリング調査等を通じて、FSの段階であっても、REDD+の方法論やそれに関連するデータ、REDD+の取り組みを推進するための企画検討に関する検討情報は、現地関係者(政府関係者、学識経験者、民家企業、NGO等)にとって、非常に貴重なものであるとの意見が寄せられた。

こうしたFSあるいは、さらに進んだ実証段階の取り組みについて、その成果を積極的に情報発信することにより、現地関係者の能力強化につなげたり、JCMの取り組みに関する理解醸成を促進したりすることが、今後、さらに重要になると考えられる。

以上