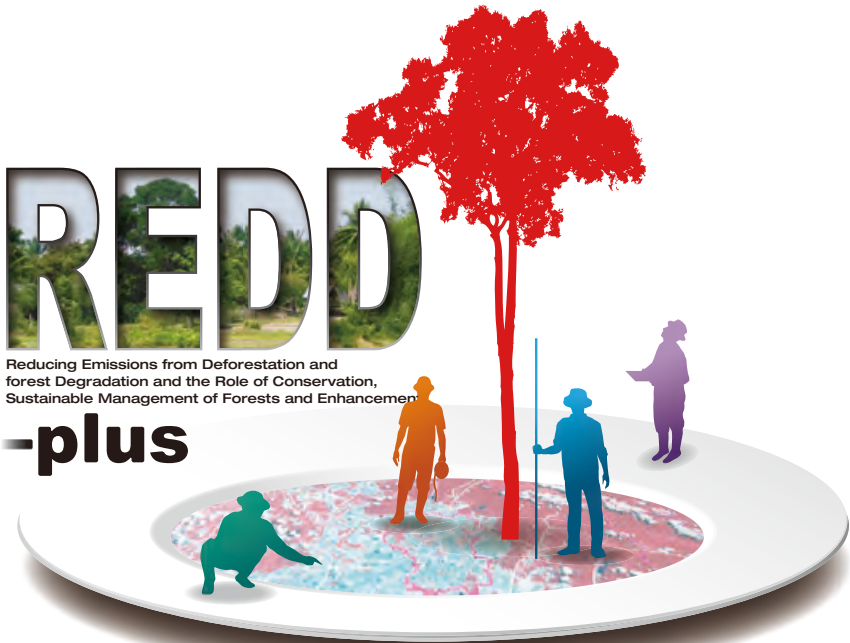




COOKBOOK ANNEX

調査マニュアル Vol. 8

排出削減量モニタリングのためのプロジェクト方法論設計手順

佐藤 保

第4期 中長期計画成果26（森林管理技術-18）

はじめに

REDD プラスは、途上国が行う森林減少・森林劣化を抑制する取組みによる CO₂ の排出削減 (REDD)、森林保全等 (「プラス」活動) による CO₂ の排出防止および炭素固定による大気中の CO₂ の削減に対して、何らかの経済的インセンティブ (資金やクレジット) を与えるというのが基本的な考え方です。このため、排出削減量の評価には科学的なアプローチによって森林炭素の変化量をモニタリングすることが求められます。

森林総合研究所 REDD 研究開発センターでは、REDD プラスに取り組むための基礎知識や技術について、特に森林炭素モニタリングに注目して平易に説明した技術解説書「REDD-plus Cookbook」を 2012 年に発行しました。REDD-plus Cookbook は、REDD プラスの導入に取り組む政策立案者や、REDD 活動の計画に取り組む実施者や技術者を読者と想定して、必要となる知識や技術に関する項目を、Recipe (レシピ) という解説の単位でとりまとめています。

一方で REDD-plus Cookbook は、基礎知識や技術について要点を絞って解説していることから、REDD 活動に携わる技術者が現場で活用するために必要な情報が十分に得られない可能性があるかと想定されます。そこで、REDD-plus Cookbook の各 Recipe で解説されている手法や概念について、より詳しく学習でき、現場で実際に活用できる調査マニュアル「REDD-plus Cookbook Annex」を作成しました。本調査マニュアルでは、トピックスを絞って、手法をより具体的に解説しており、能力向上のための教材としても利用できるように作成されています。REDD-plus Cookbook と組み合わせて読んでいただくことで、トピックスに関する技術的な理解が深まるように構成されています。

本調査マニュアルを通じて、REDD 研究開発センターが、世界各地での REDD プラスの推進に貢献できればと願っております。

2020 年 1 月

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
REDD 研究開発センター

目 次

1	概要	1
1.1	本調査マニュアルの目的	1
1.2	本調査マニュアルの使い方	1
1.3	REDD-plus Cookbook、Cookbook Annex との関係（関連する事項）	1
1.4	JCM プロジェクト設計書との関係（関連する事項）	2
2	プロジェクトのための方法論設計の手順	3
2.1	概説	3
2.2	段階によるアプローチ	3
3	Step 1 構想・調査	5
3.1	REDD プラスに関する最新情報	5
3.1.1	国レベルでの現況【PDD A2 に活用】	5
3.1.2	想定される対象地域での現況	6
3.2	プロジェクト対象地の絞り込み【PDD A4 に活用】	6
3.3	現地ステークホルダーへのコンサルテーション 【PDD A4、E1 に活用】	7
3.4	実施体制に関する情報（現地機関のキャパシティ） 【PDD A5、A8 に活用】	7
4	Step 2 森林減少・森林劣化の概況把握とその対策	8
4.1	森林減少・森林劣化のドライバーの特定【PDD A7 に活用】	8
4.2	森林減少・森林劣化への対策の検討（＝プロジェクトの活動） 【PDD A7 に活用】	9
5	Step 3 排出量削減量モニタリングシステムの設計	11
5.1	適格性要件の設定【PDD B2 に活用】	12
5.2	排出削減量算定方法の設定	12
5.2.1	モニタリングの対象とする炭素プールの選択【PDD C1 に活用】	12
5.2.2	対象とする地域の設定【PDD C2 に活用】	13
5.2.3	反転リスクへの対策【PDD C4 に活用】	14
5.2.4	排出削減量の試算【PDD C5 に活用】	15

5.3 モニタリング実施に向けての準備	16
5.3.1 炭素蓄積量のモニタリング	16
5.3.2 QA /QC の手順設定	
【Monitoring Procedure Sheet 4 に活用】	16
5.4 セーフガードへの対応 【PDD E1 に活用】	17
6 Step 4 モニタリングシステムの改善	18
6.1 持続可能なモニタリング体制の構築	18
6.2 国の FREL/FRL 改善に結びつく情報の収集	18
参考文献	20

1 概要

1.1 本マニュアルの目的

森林総合研究所が2012年に発行した「REDD-plus Cookbook」は、REDD プラスに取組むための基礎知識や技術について、特に森林炭素モニタリングに注目して平易に説明した技術解説書である。本調査マニュアルは、REDD-plus Cookbook で示された森林炭素蓄積量や排出削減量の計測手法を活用しながら、プロジェクトレベルで排出削減量モニタリングのための方法論の設計手順を解説したマニュアルである。特に日本政府が提案している二国間クレジット制度（Joint Crediting Mechanism、以下、JCM）でのプロジェクトを実施する際に必要な方法論の設計に応用できるように構成している。

本マニュアルは、主に現場で排出削減量算定の方法論作成のために情報を収集する技術者を想定して作成している。また、林学や森林環境を学ぶ学生、REDD プラスに関心のある NGO 等の組織にも有益な情報となれば幸いである。

1.2 本マニュアルの使い方

REDD プラス実施による成果は、排出削減量をどれだけ得られたかによって大きく変わってくる。換言すれば、いかに正確に排出削減量を求めることができるかが、プロジェクト成功の鍵となってくる。一方で実施コストと正確性に存在する、トレードオフを勘案し、排出削減量算定のための適切な方法論を作成する必要がある。また、国レベルとプロジェクトレベルという、異なるスケールで、排出削減量の算定方法に矛盾が生じないようにしなければならない。プロジェクト期間は決して短くないことから、長期に渡って同制度で継続できる、排出削減量のモニタリングシステムが必要である。排出削減量のためのモニタリングシステム計画の際に、本マニュアルを参考に、プロジェクトに参画するすべて階層の者が情報を共有することが望ましい。

本マニュアルは、最初にモニタリングシステムのための方法論の設計段階を解説し（2章）、次に4つの段階を具体的に解説する（3～6章）。これまでの現地調査の経験から、有用な知見、注意すべき点などをTIPSとして見出しを付けているので参考にされたい。

1.3 REDD-plus Cookbook、Cookbook Annex との関係（関連する事項）

本マニュアル内で関連する REDD-plus Cookbook 内のレシピは【 】で示し、Cookbook にてその解説を参照することができる。技術解説書である Cookbook Annex についても同様に【 】で示す。

REDD-plus Cookbook および Cookbook Annex は以下の URL でダウンロードできる
http://redd.ffpri.affrc.go.jp/pub_db/publications/cookbook/index_ja.html

1.4 JCM プロジェクト設計書との関係（関連する事項）

JCM では、プロジェクト設計書（Project Design Document、以下、PDD とする）で情報を整理し、Excel のシートを使用することによって、炭素蓄積量および排出削減量をより簡単に算出できるようになっている。本マニュアル内で関連する JCM PDD の項目は【 】で示す。JCM の概要については、以下の URL で確認することができる。

<https://www.jcm.go.jp/about>

2 プロジェクトのための方法論設計の手順

2.1 概説

京都議定書の第一約束期間では、CDM（クリーン開発メカニズム）と JI（共同実施）が代表的な国際的なクレジット制度であったが、特に CDM はその実施に当たって、プロジェクト設計書（Project Design Document、以下、PDD とする）の作成や有効化審査に時間を要したことから、民間事業体によるプロジェクト実施が進まなかった経緯がある。

CDM を補完する市場メカニズムの仕組みとして、日本政府は JCM を提案し、REDD プラスによる排出量削減の取り組みも含まれている。JCM では、相手国との合同委員会（Joint Committee:JC）にて方法論が承認されるため、より迅速かつ相手国の実情に合わせてプロジェクトを進めることができる。

一般に REDD プラスのプロジェクトでは、定められた方法論に従って排出削減量をモニタリングするが、JCM では方法論に定められた項目についてモニタリングし、その結果を JCM 方法論添付の承認済みスプレッドシート（算定用）に入力して報告することになっている。

本マニュアルでは、JCM の PDD 作成を念頭に、プロジェクトレベルで REDD プラス事業を実施するために必要な方法論設計の手順を解説するものである。

2.2 段階によるアプローチ

本マニュアルでは、排出削減量モニタリングシステム設計に関して4つの段階（Step）を設定している（図1）。まず1番目の段階（Step 1）では、プロジェクトの実施を想定している相手国の REDD プラスに関連する情勢を収集することで、プロジェクトの実施の可能性の判定や候補地の絞り込みを行う。次の段階（Step 2）では、森林減少及び森林劣化の対策を考え、着実に実施することが排出削減に結びつくことから、森林減少及び森林劣化のドライバー（発生要因）を明確にする。3番目の段階（Step 3）では、前の段階で収集した情報をもとに、排出削減量モニタリングのシステムの設計を進める。最後の段階（Step 4）では、プロジェクトでの排出削減量モニタリングを長期にわたり、確実に実施していくための方法論の見直し作業にあたる。

外国での交渉では、想定通りに事が進まないこともあり、上記の段階を順序良く進めていけるとは限らない。むしろ、同時並行的に進行することの方が多くと想定されることから、方法論の設計にあたっては、必要な情報や決定事項に漏れがないように注意を払いつつ、柔軟な対応が求められる。

ここで示した4つの段階は、いずれもプロジェクトを実施する民間事業体を中心となって進めていくことになる。図2では、JCM のプロジェクトサイクルにおける方法論開発

手続きの流れと本マニュアルの設計手順の段階の関係を示したものである。本マニュアルで扱っている各段階がプロジェクト実施のどのサイクルに位置するのかが示されている。

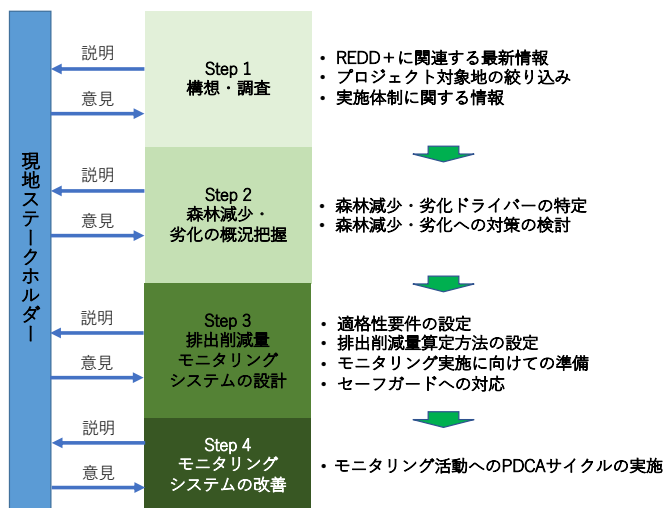


図1 排出削減量モニタリングシステムの設計手順を示したフローチャート

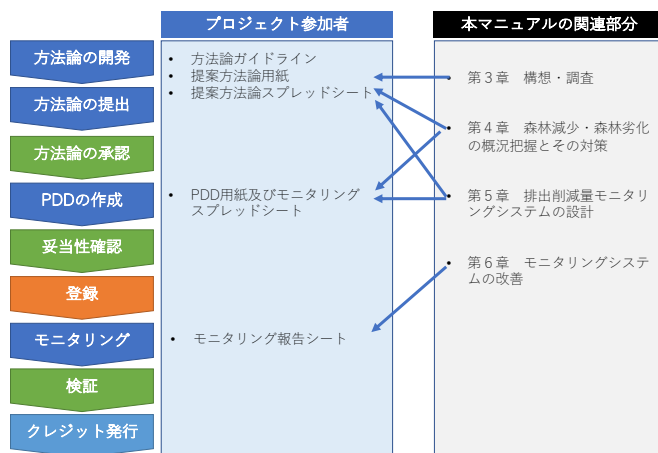


図2 JCMでのプロジェクトサイクルにおける「プロジェクト参加者」が実施すべき内容と本マニュアルの構成との関係

3 Step 1 構想・調査

ここでは、プロジェクトの実施を想定している相手国の REDD プラスに関連する情勢を収集することで、プロジェクトの実施の可能性の判定や候補地の絞り込みを行う。

3.1 REDD プラスに関する最新情報

3.1.1 国レベルでの現況【PDD A2 に活用】

これまでに多くの国々で様々なドナーの協力の元、多様な REDD プラスに関する活動が行われてきている。REDD プラス活動はフェーズドアプローチ（Phased approach）で取り組まれており、国によって実施されている段階が異なる【Recipe - P02 を参照】。各途上国は、2014 年の気候変動枠組条約第 19 回締約国会議（UNFCCC COP19）で合意された、REDD プラスのためのワルシャワ枠組みに基づき、情報の整備を進めている。UNFCCC の REDD プラス WEB PLATFORM (<https://redd.unfccc.int/>) では、国別に以下の情報を参照することができる。

- 森林（排出）参照レベル（Forest reference level）
- セーフガード概要情報（Safeguards information summary）
- REDD プラス国家戦略（National REDD+ Strategy）
- 隔年報告書（Biennial report）

TIP：Cookbook Annex Vol. 7「プロジェクト組成・実施・拡大手順」では、国レベルでの REDD プラスの実施状況の違いによって、3つのシナリオを設定している。

- シナリオ A：民間事業体が REDD プラスに参画する時点で対象地に他のドナーが存在しておらず、将来的にも他のドナーの参入がないシナリオ。
- シナリオ B：民間事業体が REDD プラスに参画する時点で既に対象地に他のドナーが国レベル（あるいは準国レベル）の REDD プラスを計画・実施しているシナリオ。
- シナリオ C：民間事業体が REDD プラスに参画する時点で対象地に他のドナーは存在しないが、後から他のドナーが参入して国レベル（あるいは準国レベル）の REDD プラスを計画・実施し、結果的に対象地が重複してしまうシナリオ。

国によって情報の整備状況は異なっており、更新されることもあるので（特に参照レベル）、細かい頻度で確認するようにしたい。また、非附属書 I 国（Non-Annex 1 Parties）

の森林以外のセクターを含んだ隔年報告書 (Biennial report) については、気候変動枠組条約の HP (<https://unfccc.int/BURs>) で参照することができる。

Cookbook Annex Vol. 7「プロジェクト組成・実施・拡大手順」を用いて、関心のある REDD プラス実施国の現状が、この3つのシナリオのどれに属するか（またはどれに近い）を選択し、REDD プラスにおける当該国の位置づけを確認する。

3.1.2 想定される対象地域での現況

プロジェクト対象地は、当然ながら十分な排出削減量が見込め、他のプロジェクトと競合しない場所となる。このことから、計画段階も含めてプロジェクトの集中している場所や空白域などを認識して、情報を収集する必要がある。

近年、様々な地理的スケールで衛星データを活用した森林被覆、森林炭素蓄積量、森林減少による GHG 排出量の地図が公表されている。また、Hansen et al (2013) による衛星データの解析手法を用いた、全球レベルの森林減少発生箇所の情報も公表されている (<http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>)。これらの情報を活用することで、プロジェクト実施国の森林減少の状況を大まかに把握する事ができる。

3.2 プロジェクト対象地の絞り込み【PDD A4 に活用】

現地での情報収集の段階でいくつかの候補地の絞り込みをかけることになるが、先行して JICA が森林に関する ODA 事業を実施していた地域などでは、社会情勢に関する情報の入手が容易となり、設計に要する時間だけでなく、費用の面でもメリットが多い。

森林タイプやアクセスの容易さによって、地上調査のデザインと手間（コスト）も変わってくる。その後の排出削減量のモニタリングシステムを効率的に設計できることから、植生図や衛星画像などを用いて、予備的に情報を収集しておくが良い。これらに加えて、Cookbook Annex Vol.7 のチェックリスト「Step A-1: 事前の情報収集・対象地の選定」を用いて情報を収集する。

プロジェクトを実施する場所が絞り込んだ後、以下の情報をプロジェクト計画書 (PDD) 提出前に明確化する必要がある（森林総合研究所 REDD 研究開発センター 2015）。

1. プロジェクト対象地の名称 (区画番号、地域の名称等)
2. プロジェクト対象地の地図
3. プロジェクト対象地の地理的境界
4. プロジェクト対象地の総面積
5. プロジェクト対象地の所有権・利用権に関する情報

対象地が複数の地域にわたる場合、上記の情報が全て必要となる。

3.3 現地ステークホルダーへのコンサルテーション【PDD A4、E1 に活用】

現地ステークホルダーとの調整（Local Stakeholder Consultation: LSC）は、プロジェクトを考える上で非常に重要である。LSC の目的は、プロジェクト実施国の関係者に対して、実施する事業の内容を説明することにある。調整には時間を要することから、早めの計画が必要である。LSC に参集する範囲は、相手国側と協議し決定する。LSC を開催した際には、説明資料や議事録（英語で作成）の作成し、第三者機関の評価を受ける際に提出するようにする。加えて参加者リストや開催の様様わかる写真などの補助資料があると良い。これらに加えて、Cookbook Annex Vol.7 のチェックリスト「StepA-2：現地ステークホルダーとの事前調整」を用いて情報を収集する。

なお、現地ステークホルダーとの調整は、プロジェクト設計及び実施のどの段階においても重要であり、図1に示すように機会のあるごとに実施するようにする。

3.4 実施体制に関する情報（現地機関のキャパシティ）【PDD A5、A8 に活用】

プロジェクトを実施する際、相手国側の関係機関の協力は欠かせない。このことから関係機関が類似の事業の実施実績があるなど、経験を有している場合、手続きなどの進行はスムーズになるものと考えられる。一方で経験が浅い場合、より多くの時間がかかり得ることを理解して、行動する必要がある。

コミュニケーションならびに文書の作成は英語を中心に行われることから、語学に堪能な人員の確保も重要である。関係機関の人員は限られていることから、プロジェクトの重要性を相手側に理解してもらい、より多くの人員を担当者として割り振ってもらう調整も必要である。Cookbook Annex Vol.7 のチェックリスト「Step A-3：プロジェクト計画の策定」を用いて情報を収集する。

4 Step 2 森林減少・森林劣化の概況把握とその対策

この段階では、森林減少及び森林劣化の対策を考え、着実に実施することが排出削減に結びつくことから、森林減少及び森林劣化のドライバー（発生要因）を明確にすることを目的とする。

4.1 森林減少・森林劣化のドライバーの特定【PDD A7 に活用】

REDD プラスのプロジェクトは、森林減少や森林劣化による GHG 排出量を削減する対策を実施し、参照レベルとの比較からクレジットを得ることを目的とすることから、如何に森林減少及び森林劣化を回避できるかが重要である。このことは、森林減少と森林劣化の発生要因、すなわちドライバーを特定し、有効な対策を考えるということになる。そのため、途上国各国は、REDD プラスを実施するにあたり、その準備段階として森林減少及び森林劣化の現況とそのドライバーの特定結果を REDD+Readiness Roadmap として報告書に取りまとめている事例もある。これらの関連する報告書は下記の URL から検索することでダウンロードできる。

<https://www.unredd.net/documents.html>

それでは、森林減少と森林劣化のドライバーは具体的にどのようなものがあるのだろうか？例えばミャンマー連邦共和国が2017年にまとめた森林減少及び森林劣化のドライバーに関する報告（MONREC-UN-REDD Programme 2017）では、直接的なドライバーと間接的なドライバーを以下のようにまとめている。

直接的なドライバー

- 森林減少：農地開発、鉱山開発、インフラの開発、居住地の拡大
- 森林劣化：合法及び違法の伐採、森林火災、森林内の放牧、燃料材採集、炭生産

間接的なドライバー

- 国際的なレベル：市場の動向、商品価格の変動、為替の変動
- 国レベル：人口増加、国内市場の動向（特に農産物）、非森林の土地利用を助長する政策、不十分なガバナンス、財政的インセンティブと補助金（例：ある特定の農産物に対する政府補助金）
- 地方レベル：貧困、食糧不安、家庭の生活様式の変化

多くの国では、農業のための開発が最も主要な森林減少のドライバーになる。森林劣化

の場合、森林減少に比べると直接的なドライバーを明確に区別することが困難である場合が多い。例えば、合法的な伐採と違法な伐採、燃料材採取と炭生産の材採取などである。また、森林減少と森林劣化の区分が不明瞭な場合もある。過剰な伐採は森林劣化をもたらし、その結果、燃料材採取や林間放牧の場所になってしまう。このような劣化した森林は、火災に対して脆弱になり、最終的には非森林になるという変化を遂げることになる。現状では、これらの変化を捉えることのできる適切なデータ（合法・非合法を合わせた伐採量や燃料材採取量の正確な数値）が十分に存在せず、森林劣化の評価を困難なものにしている。

4.2 森林減少・森林劣化への対策の検討（＝プロジェクトの活動）【PDD A7 に活用】

上述の各国がまとめている森林減少及び森林劣化のドライバーについては、発生している地域や今後の考えられる動向などがまとめられている場合がある。これらの情報を参考に、現地での予備調査の結果と合わせて、プロジェクト対象地域のドライバーの整理を行う。

農地開発は森林減少の主要なドライバーであることから、プロジェクトではこれらを抑制する策が必要となってくる。「土地の節約」と訳される Land Sparing は、土地面積当たりの生産性を上げ、その他の土地の生物多様性の保全を目指す土地管理の概念であり、食糧生産と多様性保全の観点から主に農業分野で議論が進められてきた。REDD プラスのプロジェクトにおいても、森林と農地がモザイク状に混在する景観配置だけではなく、ランド・スペアリングのような景観配置も土地管理の選択肢として考えても良いだろう。

ランド・スペアリングが森林保全に効果的か検討したインドネシアの事例では、アブラヤシ農園の開発に伴い、地域住民の生計向上が図られ、周辺の国立公園内の森林資源が保全されたことが示されている（御田ら 2017）。また、ペルー・アマゾンのアブラヤシ園の開発でも、高収量が期待できる品種を利用することで森林の保全が期待できることが示されているが、高収量品種（あるいは生産性の高い農業）を導入するだけでは不十分であり、すでに開発された土地から農地に転換する利用に補助金を支払うなどのインセンティブと併用することが重要であると結論づけられている（Gutiérrez-Vélez et al. 2011）。土地を節約するための高収量が期待できる農地開発が森林以外の土地で行われるようにしなければ、土地所有権などの問題からむしろ森林から農地への転換が促進される恐れがある。

TIP：焼畑農業は森林減少の主要因であるとの指摘が1980年代になされてきたが、現在ではその考えは多くの実証研究によって否定されている(宮本 2010)。焼畑農業は、近年、減少する傾向にある。Heinimann et al. (2017) は、衛星画像を用いた2000年から2014年の焼畑農業の分布傾向を解析し、これまでの関連文献とのレビューと合わせて、今世紀末までの焼畑農業の分布予測を行なった。彼らの予測研究によると、今世紀末までに大規模な焼畑農業は消失すると結論づけている。例えば東南アジアでは以下の予測がなされている。

- ベトナムとラオス：2030年までに大幅な減少が見られ、2060年までには消失
- ミャンマー：中央政府と武装した民族グループとの対立が解決されたのであれば、2060年から2090年の間にはほぼ消失すると推定
- ボルネオ島とスラウェシ島：2030年から2060年の間に消失すると期待される
- インドとバングラディシュ：2030年までに消失すると予測
- パプアニューギニア：今世紀半ばまではほぼ維持され、おそらく2090年まで続くと予測

5 Step 3 排出量削減量モニタリングシステムの設計

この段階では、前の2つの段階で収集した情報をもとに、排出削減量モニタリングのシステムの設計を進める。

5.1 適格性要件の設定【PDD B2 に活用】

JCM では適格性要件 (eligibility criteria) を設定することによって、追加性の立証を回避することができる。REDD プラスに関しては、森林減少や森林劣化のドライバーの種類、プロジェクトから除外される立地、森林管理のあり方、対象地域で行われている農業の形態などが挙げられる。適格性要件の設定は、確固たる根拠が必要であり、何故それらの要件が必要であるのか明確に示さなければならない。

カンボジアでの JCM PDD の例を取ると、1) 森林減少と森林劣化の主たるドライバーが農地転換や森林火災である、2) プロジェクト対象地に泥炭湿地林を含まない、3) 地域、国内、または国際市場に供給するための違法伐採が行われていない、4) 大規模な牧畜や非有機的農薬の投与がない農業、5) 過去の森林減少の発生パターンがモザイク状、という5つが適格性要件として設定されている。

JCM の場合、自らのプロジェクトに他の地域で承認済の方法論（以下、承認方法論）を活用することが可能である。しかし、上述のように適格性要件を明確に示すことによって、プロジェクトの追加性の証明とすることから、設定された方法論は自ずとその地域に固有のものとなっていくことは避けられない。森林を取り巻く環境は、国や地域によって異なることから、単純に承認方法論を活用ことは困難であると考えられるが、参考にすることで設定までの時間は節約できる可能性がある。JCM の承認方法論は、JCM の HP (<https://www.jcm.go.jp/methodologies/all>) で公開されており、必要に応じて参照されたい。

TIP：対象地に有機質土壌（泥炭地など）を含む場合、その土壌に含まれる炭素量や分解に伴う排出量の推定が必要になる。また、火災が発生した場合、火災による森林減少、森林劣化を把握するとともに、鎮火後のいわゆる「冷たい燃焼 (cold burning)」の定量も必要となってくる。そのため、多くの場合、泥炭地での土壌は算定から除外されている。

2014年に発行された「2006年版 IPCC ガイドラインに対する2013年追補：湿地 (2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands)」では、有機質土壌に成立する森林（泥炭湿地林など）での GHG の排出に関する各種デフォルト値が掲載されている。

IPCC (2014) 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

5.2 排出削減量算定方法の設定

5.2.1 モニタリングの対象とする炭素プールの選択【PDD C1 に活用】

森林を対象とする場合、以下の5つの炭素プールが排出削減量の算定対象となる。

- 地上部バイオマス (above-ground biomass (AGB))
- 地下部バイオマス (below-ground biomass (BGB))
- 枯死木 (dead wood)
- リター層 (litter)
- 土壌有機物 (soil organic matter)

5つの炭素プールの内、地上部バイオマスが最も大きな割合を示し、地下部バイオマス、枯死木と続く場合が多い（図3）。したがって、これら3つの炭素プールを中心に炭素蓄積量と排出量の算定を中心に行うことになる。

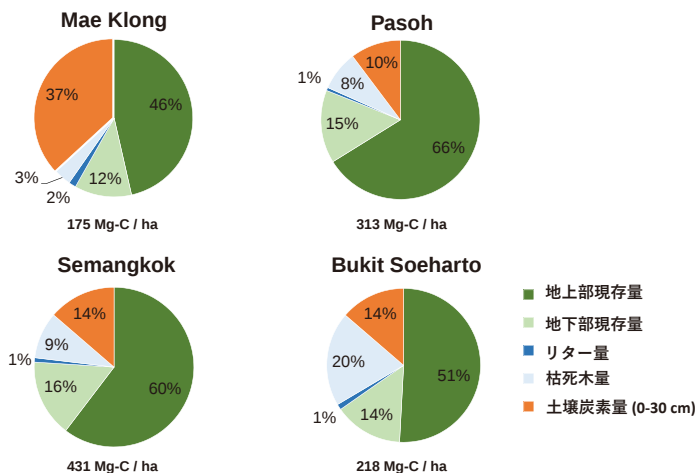


図3 東南アジアの様々な森林タイプの炭素プールの構成比

Mae Klong はタイの熱帯季節林。Pasoh と Semangkok はマレーシアの熱帯降雨林。Bukit Soeharto はインドネシアの熱帯降雨林。それぞれのデータは大規模面積のプロットを元に計算したものであり、地域の平均値ではないことに注意。

残りの2つの炭素プールでは、例えばリターの全体の炭素プールに占める割合は、数%未満であることが多く(図3)、一方で土壌中の炭素量は、森林のタイプによってその割合が変化する。カンボジアにおけるJCM PDDでは、リターと土壌炭素共に算定から除外すると保守的な算定が成り立つとの観点から対象外となっている。また、算定対象外としても、プロジェクトによる排出削減量の5%未満であることが証明できれば良い。

上記森林の炭素プールでの蓄積や排出量は、最終的にCO₂当量へ換算される。CO₂以外のGHGとして、CH₄(メタン)とN₂O(一酸化二窒素)がモニタリングの対象となり得る。CO₂に比べて、温暖化係数がCH₄(メタン)で25、N₂O(一酸化二窒素)では298となり、火災による森林減少、森林劣化がある地域では無視することができない。

TIP: 排出削減量を対象外にしても有意ではないことを証明するための計算には、A/R CDMの有意性判定ツールである、“Tool for testing significance of GHG emissions in A/R CDM project activities (Version 01)”で示された下記の式を用いることができる。

$$RC_{E_i} = \frac{E_i}{\sum_{i=1}^I E_i}$$

ここで、 RC_{E_i} はプロジェクト全体の排出量に対する排出ソース*i*の割合、 E_i は排出ソース*i*の想定される排出量、*i*は個々の排出ソース、排出ソースの全数がIをそれぞれ示す。この判定ツールは以下のURLからダウンロードできる。

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-04-v1.pdf>

5.2.2 対象とする地域の設定【PDD C2に活用】

3.1.2節でも述べたように、プロジェクト対象地は、当然ながら十分な排出削減量が見込め、かつ他のプロジェクトと競合しない場所となる。JCMでは、妥当性確認時までにプロジェクト対象地全体の80%を管理下に置く必要がある。その後、検証の段階で、全体の100%を管理下に置く必要がある。プロジェクト対象地は、森林管理ユニット等の行政区画、もしくは対象地における土地管理の慣習等を考慮したものとし、特定にあたっては広くステークホルダーからの合意を得る必要がある(森林総合研究所 REDD 研究開発センター 2015)。

リファレンスエリア(参照エリア)は、プロジェクト対象地と森林減少、森林劣化のドライバーが類似しているだけでなく、景観配置や地域社会の経済や文化も似たような状

態であることが求められている。衛星画像及びステークホルダーからの情報収集等によりこれを説明する必要がある（森林総合研究所 REDD 研究開発センター 2015）。

移転ベルトとは、プロジェクト実施に伴い起こり得る排出の移転の管理を行う地域であり、プロジェクト対象地の外側、さらに一般的には参照エリアと重複もしくは参照エリアの外側までを含む地域が該当する。その設定にあたっては、プロジェクト対象地の土地利用状況、及び農作物等の流通といった経済活動との関係に基づくことが重要であり、幅広くステークホルダーから情報収集することが推奨される（森林総合研究所 REDD 研究開発センター 2015）。

5.2.3 反転リスクへの対策【PDD C4 に活用】

JCM では、5.1 節で示した適格性要件の設定による透明性の確保に加え、GHG の純削減（net emission reduction）が求められている。基本的に保守的な推定値を持って、純排出量の算定を行うこととしている。

GHG 吸収源としての森林が一転して排出源となるリスクには、外的要因、内的要因及び自然要因がある（表 1）。これらのリスクに対処するため、JCM では割引率（discount factor）の設定が求められている。

表 1 反転を生じさせるリスクの一覧（JCM PM より作成）

リスクの種類	内容
内的要因	・ 不適切な森林管理 ・ 資金の欠如 ・ 機会費用の増加 ・ プロジェクト期間の短縮
外的要因	・ 土地所有権と資源の利用権 ・ コミュニティの関与 ・ 政治的な事案
自然要因	・ 前例のない規模の森林火災 ・ 病虫害の大発生 ・ 極端な気象現象（異常高温や多雨） ・ 地質的なイベント（火山噴火や地滑りなど）

JCM 方法論では、割引率（discount factor）のデフォルト値として 20%（カンボジアでの場合）が設定されており、検証時にその値を再検討し、根拠を示すことで必要に応じて独自の値に変更することもできる。割引率を独自に設定するためには、過去の火災などの自然撓乱によって引き起こされた森林減少の面積を参考に算出することもできるが、計算に用いるための統計データが十分ではないのが現状である。

5.2.4 排出削減量の試算【PDD C5 に活用】

JCM では排出削減量のモニタリングにデフォルト値を採用することで、モニタリングの労力を減ずる効果を狙っている。すなわち、適切なデフォルト値の設定が極めて重要である。不確実性の高いデータや情報を用いる際には、保守的な値を採用し GHG 排出削減・吸収量を過大評価しないよう留意する必要がある（森林総合研究所 REDD 研究開発センター 2015）。

表2 JCMで求められている、事後にモニタリングされるパラメータの種類

種類	内容	使用データ例
オプション A	プロジェクト参加者以外の主体によって測定される公開データに基づく値	統計データや仕様などの公的データ（IPCC GPG など）
オプション B	測定機器を使用して直接測定される取引量に基づく値	請求書などの商業上の証票
オプション C	測定機器を用いた実際の測定	測定値

オプション B 及びオプション C を適用した場合、その根拠となる資料を明示するとともに、QA/QC の手順を示す必要がある。

すでに国レベルで設定したリファレンスレベルが存在する場合、二重計上を避けるためにも、プロジェクトレベルでも国レベルで用いた排出削減量の算定方法を適用する必要がある【Cookbook Annex Vol.7 のシナリオ 2 を参照】。したがって、排出係数は、国家森林資源モニタリングシステム（NFMS）などで得られた数値を用いることになる（表 2 のオプション A に相当）。一方で活動係数については、国レベルで用いた方法を踏襲しつつ、対象地の衛星画像を解析することになる（表 2 のオプション C に相当）。衛星画像の利用にあたっては、衛星画像の特性【Recipe - T05 を参照】を理解した上で、雲や季節性の調整【Recipe - T06 を参照】や画像判読手法【Recipe - T05 を参照】【Cookbook Annex Vol. 5 を参照】を現場の特性に応じて実施する。

TIP：2018 年 4 月の時点で既に 34 ヶ国が 38 の FREL /FRL を UNFCCC に提出している（FAO 2018）ことから、本調査マニュアルでは、シナリオ 2 に沿った排出量算定の方法を述べている。仮にプロジェクト実施者が独自に炭素蓄積量推定のためのプロット設定を行う場合、プロットの設定方法や配置、炭素蓄積量の計算方法などは、【Cookbook Annex Vol.1】【Recipe - T12, T13, T14】を参照されたい。

5.3 モニタリング実施に向けての準備

5.3.1 炭素蓄積量のモニタリング

UNFCCC では森林炭素蓄積量の推定には、地上調査とリモートセンシングデータの組み合わせによる方法を推奨している。森林炭素蓄積量の変化量の算定に蓄積変化法を用いる場合、ある期間経過した後の蓄積量と初期値との差分を求めることになる【Recipe - P04,P07, P12】。NFI などでは、通常、5 年周期で調査を実施していることから、5 年が調査間隔のひとつの目安となる。しかし、森林減少や森林劣化の激しく生じている場合、5 年間隔のモニタリングではプロジェクトによる対策とその検証の期間としては長すぎるかもしれない。このような場合、調査間隔を短くするか、あるいは詳細な調査を伴わない、巡視による現地確認の頻度を高める対応が必要である。

これらに加えて、Cookbook Annex Vol. 7 のチェックリスト「Step A-5：プロジェクトの実施・モニタリング、Step A-6:MRV 方法論の作成、Step A-8：現地ステークホルダーとの再調整、Step A-9：プロジェクト計画の再策定」を用いて情報を収集することで、モニタリングシステムを構築していく。

森林減少・森林劣化への対策に効果があったのか否かはプロジェクトのクレジット発行に結びつくことであり、したがって、森林の状況をモニタリングすることは非常に重要である。広域には、衛星画像などのリモートセンシングデータを活用して、周辺域でのリーケージ発生の有無も含めて森林分布の変化を把握する。ドローンなどの無人航空機（Unmanned aerial vehicle、UAV）は、衛星画像に比べて把握できる範囲が狭くなるが、目的とする場所で即時に森林の状況を鳥瞰できる利点がある。衛星画像で森林減少のホットスポットを抽出し、より詳細な状況は UAV によって把握することで、従来の地上調査を中心にした方法に比べて、広域かつより詳細な森林の状況を把握することができる。

5.3.2 QA /QC の手順設定【Monitoring Procedure Sheet 4 に活用】

プロジェクト実施による排出削減・吸収量の算定結果に対する品質保証／品質管理（quality assurance/quality control、QA/QC）は、最新の IPCC ガイドラインに従った方法で行う。QC 活動には、算定に用いている活動係数や排出係数などのチェックや根拠となる論文の保存などがある。対外的に報告した情報の保管も QC 活動に含まれる。一方、QA 活動は、プロジェクトに直接関与していない専門家による品質評価となる。

プロジェクト期間は長期にわたるため、様々な情報が散逸しないよう、しっかりとした管理が必要である。取得したモニタリングデータに関しても、正副の 2 編を作成し、事業実施者と相手国側のプロジェクト参加者で別個に保管するなどの取り組みが望ましい。

5.4 セーフガードへの対応【PDD E1 に活用】

REDD プラスにおけるセーフガードとは、REDD プラス活動による社会、環境への負の影響や、REDD プラス活動の気候変動緩和策としての効果を損なうリスクを未然に回避することを指す。2011 年の気候変動枠組条約第 16 回締約国会議（UNFCCC COP16）におけるカンクン合意の中で、REDD プラス活動に関する 7 つのセーフガード項目が示されている【Recipe-P03】。その中でも社会・環境セーフガードについては、各国の事情に配慮した上で、プロジェクトレベルでの対応が課題となっている。技術解説書 Cookbook Annex にて、社会セーフガード【Cookbook Annex Vol.3】と環境セーフガード【Cookbook Annex Vol.6】に分けて、実施に際して注意点を含めた解説がなされているので参照されたい。

また、カンクン合意のセーフガード項目にかかる「チェックリスト」を基に、JCM-REDD+ ガイドラインに適合するチェックリストが作成されており、下記 URL からダウンロードできるので活用されたい。

http://redd.ffpri.affrc.go.jp/pub_db/publications//safeguard/_img/SG_check_list.pdf

6 Step 4 モニタリングシステムの改善

最後の段階では、プロジェクトでの排出削減量モニタリングを長期にわたり、確実に実施していくための方法論の見直し作業にあたる。

6.1 持続可能なモニタリング体制の構築

プロジェクトの排出削減量推定のためのモニタリングシステムの長期間の維持のためには、住民参加型のモニタリングの形成が有効である（Sabogal 2015）。モニタリング参加を通して、地元住民の森林保全に対する意識向上が図られ、適切な森林管理に結びつくことが期待できる。いくつかのコミュニティ参加型森林炭素計測（Community Carbon Accounting: CCA）プロジェクトで地元住民による森林計測の可能性を検証した結果、適切なトレーニングを受けた地元住民は高精度な森林炭素蓄積量推定のための森林計測やデータ入力が可能であることが報告されている（スケープンスら 2012）。

これらに加えて、Cookbook Annex Vol.7 のチェックリスト「Step A-8：現地ステークホルダーとの再調整、Step A-9：プロジェクト計画の再策定、Step A-10：プロジェクトの実施・モニタリング、Step A-11：MRV 方法論の再作成」を用いて情報を収集することで、モニタリングシステムの改善に取り組む。

6.2 国の FREL/FRL 改善に結びつく情報の収集

2018 年 4 月現在、UNFCCC に提出された 38 の FREL/FRL の内、森林劣化を含んでいるのは 14 だけである（TA 中のものも含む）。Pearson ら（2017）は、途上国 74 ケ国の森林由来の GHG 排出量を森林減少由来と森林劣化由来に分離し、相互を比較した結果、28 ケ国で森林劣化による GHG 排出量が森林減少由来のものより多いという結果を報告している。このことは、今後、森林劣化による排出量を抑制することが、排出量削減に結びつくことを意味している。

この観点からも、森林タイプと森林の状態を分類軸にした層化マトリックスを作成して、地上調査用のプロットを設定することで、森林劣化を評価可能なモニタリングが可能となる【Recipe - T12 を参照】。図 4 は、Gibbs et al. (2007) が示したアイデアを基にした模式的な層化マトリックスであるが、このように森林の状態を配列するためには、攪乱の種類や土地利用形態などを正しく把握しておく必要がある。

森林タイプ	森林の状態			
低地林	成熟林	択伐林	二次林 (壮齡林)	二次林 (若齡林)
乾燥林	成熟林	択伐林	二次林 (壮齡林)	二次林 (若齡林)
人工林	成熟林	壮齡林	壮齡林	若齡林



図 4 層化マトリックスの例

横軸は森林の状態、縦軸は森林タイプで構成されている (Cookbook Annex Vol.1 から引用)

参考文献

- Gibbs, H. K., Brown, S., Niles, J. O., & Foley, J. A. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters* 2: 045023 (045013pp).
- Gutiérrez-Vélez, V.H., DeFries, R., Pinedo-Vásquez, M., Uriarte, M., Padoch, C., Baethgen, W., Fernandes, K., & Lim, Y. (2011). High-yield oil palm expansion spares land at the expense of forests in the Peruvian Amazon. *Environmental Research Letters* 6 : 044029
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., and Townshend, J.R.G. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342, 850-853
- Heinimann, A., Mertz, O., Froliking, S., Egelund Christensen, A., Hurni, K., Sedano, F., Chini, L.P., Sahajpal, R., Hansen, M., Hurtt, G. (2017). A global view of shifting cultivation: Recent, current, and future extent. *PLoS ONE* 12 (9) : e0184479.
- 宮本 基枝(2010). 熱帯における森林減少の原因—焼畑・人口増加・貧困・道路建設の再考—. *日本森林学会誌* 92 (4) : 226-234.
- 御田 成顕・柳澤 翔太・大田 真彦・岩永 青史(2017). アブラヤシ農園のランド・スベアリング機能の検討～インドネシア、グヌンパルン国立公園周辺地域の事例～. *林業経済* 70 (6) : 1-21.
- Pearson, T. R. H., Brown, S., Murray, L., and Sidman, G. (2017). Greenhouse gas emissions from tropical forest degradation: an underestimated source. *Carbon Balance and Management*, 12 (1) : 3.
- 森林総合研究所 REDD 研究開発センター (2015). REDD プラス実施ガイドライン. 森林総合研究所. つくば.
- Sabogal, D. (2015). Scaling-up Community-based Forest Monitoring for REDD+. Global Canopy Programme: Oxford
- スケープンス ヘンリー・山ノ下 麻木乃・藤崎 泰治 (2012). REDD+ のためのコミュニティ主体の森林モニタリング: 現場から得られた教訓と考察. IGES ポリシーブリーフ No.22.
- MONREC-UN-REDD Programme (2017). Drivers of deforestation and forest degradation in Myanmar. Nay Pyi Taw. 32 pp.



発 行 日 令和 2 年 1 月 17 日
発 行 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 REDD研究開発センター
執 筆 者 佐藤 保（国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所）
企画・構成・編集 佐藤 保・高橋 正義（国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所）
本書の引用記載 佐藤 保（2020）REDD-plus Cookbook Annex. 調査マニュアル Vol.8.
排出削減量モニタリングのためのプロジェクト方法論設計手順
国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 REDD 研究開発センター，20pp.