

平成 26 年度
REDD+実証調査

「プレイロング地域及びセイマ地域における REDD+」
(カンボジア王国)

報 告 書

平成 27 年 3 月

一般社団法人コンサベーション・インターナショナル・ジャパン
アジア航測株式会社

目次

1. 調査の背景.....	1
(1)ホスト国の JCM に対する考え方	1
(2)企画立案の経緯・背景.....	2
2. 調査対象プロジェクト	5
(1)プロジェクトの概要.....	5
(2)ホスト国における状況	7
(3)プロジェクトの普及.....	17
(4)プレイロン地域環境・社会	19
3. 調査の方法.....	21
(1)調査実施体制.....	21
(2)調査課題.....	21
(3)調査内容.....	22
4.プロジェクト実現に向けた調査	23
(1)プロジェクト計画.....	23
(2)日本の貢献	28
(3)MRV 体制.....	28
(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.....	29
(5)今後の予定及び課題	31
5. JCM 方法論作成に関する調査	32
(1)適格性要件	34
(2)リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定	35
(3)プロジェクト実施前の設定値	41
(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	50
6. 国際社会への活動	67
引用文献	73

図表一覧

図 1	プレイロング地域及びセイマ地域	6
図 2	インド-ビルマ・ホットスポット	6
図 3	対象地域における森林減少の脅威とプロジェクト活動案	7
図 4	森林被覆率の年推移	8
図 5	カンボジア第3次四辺形戦略図	13
図 6	REDD+に関する体制	15
図 7	NGOを主要パートナーとした森林保全	16
図 8	樹脂の採取(左)、典型的な家(右)	20
図 9	調査実施体制	21
図 10	森林減少率予測の概念図	39
図 11	プロット調査サンプリング点	46
図 12	クラスター及びプロットの模式図	47
図 13	プロジェクトバウンダリー案	51
図 14	リファレンス地域案	52
図 15	2002年土地被覆図	56
図 16	2012年土地被覆図	57
図 17	リファレンス地域内の年森林減少面積	59
図 18	森林減少要因変数の空間分布	62
図 19	リファレンス地域内の森林部分における森林減少のリスク図	63
図 20	将来の森林減少予測図(2012-2022)	64
図 21	REDD+に関するホームページ(1)	70
図 22	REDD+に関するホームページ(2)	71
図 23	COP20 サイドイベントのパンフレット	72
表 1	カンボジアにおける二国間クレジット制度関連調査	1
表 2	カンボジアの森林	8
表 3	カンボジアにおける温室効果ガス排出量の概要	17
表 4	プレイロング地域の植生タイプ	19
表 5	事業費構成	26
表 6	今後の予定と課題	31
表 7	炭素プール	36
表 8	リファレンス排出量の算出に必要なデータ・情報	41
表 9	枯死木の材密度	43
表 10	枯死木の分解クラス	48
表 11	森林炭素蓄積量の計算結果	48
表 12	既存の森林炭素蓄積量のデータ	49
表 13	炭素プール	53

表 14	分類区分.....	55
表 15	分類に用いる Landsat の波長帯.....	56
表 16	常緑樹林、落葉樹林、非森林、水域の分類結果の正答・不正答.....	57
表 17	常緑樹林、落葉樹林、非森林、水域の分類精度の検証結果.....	57
表 18	常緑樹林、非森林、水域の分類結果の正答・不正答.....	58
表 19	常緑樹林、非森林、水域の分類精度の検証結果.....	58
表 20	リファレンス地域内の将来の年森林減少面積の予測.....	60
表 21	検討した要因変数.....	61
表 22	プロジェクトエリア内での将来の森林減少面積予測.....	63
表 23	非森林化に伴う森林の炭素蓄積量変化.....	65
表 24	農地の炭素蓄積量.....	65
表 25	リファレンス排出量推定値.....	66
表 26	人為的 GHG 排出削減量の試算.....	66

1. 調査の背景

(1) ホスト国の JCM に対する考え方

カンボジア王国（以下、カンボジア）は、メコン地域諸国の一つとして、「グリーン・メコンに向けた10年」イニシアティブに関する行動計画¹や第三回日本・メコン地域諸国首脳会議共同声明²において、一貫して二国間クレジット制度（以下、JCM）に対する支持を表明してきた。具体的な取組としては、表1に挙げる調査がこれまでに実施されている。2014年4月には、JCMに関する二国間合意に署名をし（Box 1）、JCMの本格実施に前向きである。

表1 カンボジアにおける二国間クレジット制度関連調査

調査名	スキーム	分野
バイオダイジェスターを活用した家畜糞尿処理によるメタン回収利用（2012年度） 調査受託者：日本エヌ・ユー・エス（株）	環境省・MRV モデル実証調査	廃棄物管理
カンボジア・プレイロング地域における REDD+に関する新メカニズム実現可能性調査（2011年度） 熱帯低地林における REDD+（2012年度） 調査受託者：（一社）コンサベーション・インターナショナル・ジャパン	環境省・新メカニズム実現可能性調査	REDD
スターリングエンジンをを用いた小規模バイオマス発電 調査受託者：プロマテリアル（株）	環境省・JCM/BOCM 実現可能性調査	バイオマス利用
カンボジア王国 Phnom Tbeng 保護林とその周辺地域における森林減少・劣化抑制による GHG 排出削減プロジェクトに関する新メカニズム（2011年度） 調査受託者：（一社）日本森林技術協会	経済産業省・地球温暖化問題等対策調査	REDD

Box 1 日・カンボジア低炭素成長パートナーシップ(仮訳)

1. 日本側及びカンボジア側（以下「双方」という。）は、気候変動に関する国際連合枠組条約（以下「条約」という。）第2条に言及される条約の究極的な目的及び持続可能な開発の達成を追求し、また2013年以降も引き続き気候変動に取り組むために、次のとおり低炭素成長パートナーシップを推進する。

¹ http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/j_mekong_k/s_kaigi02/gm10_iap_jp.html

² http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/j_mekong_k/s_kaigi03/joint_statement_jp.html

2. 双方は、国際連合の下並びに東アジア低炭素成長パートナーシップを含めた、地域的及び二国間の枠組みでの低炭素成長に向けた協力のため、様々なレベルで緊密に政策協議を行う。
3. 双方は、カンボジアにおける低炭素及び持続可能な成長を実現するための投資並びに低炭素技術、製品、システム、サービス、社会基盤及び能力向上の普及を促進するため、二国間クレジット制度（以下「JCM」という。）を創設し、それぞれの国の関連する有効な国内法令に従って JCM を実施する。
4. 双方は、JCM を運営するため、合同委員会を設置する。
 - (1) 合同委員会は、双方の代表者から構成される。
 - (2) 合同委員会の委員の構成を含む合同委員会運営規則は、双方の協議を通じて定められる。
 - (3) 合同委員会は、JCM に関する規則及び指針、温室効果ガスの排出削減又は吸収量を定量化するための方法論、第三者機関の指定のための要件及び必要に応じてその他の JCM の実施及び管理に関する事項を策定する。
 - (4) 合同委員会は、JCM の実施状況を評価するために、定期的に会合を招集する。
5. 双方は、JCM の下での森林分野を含む緩和事業における認証された排出削減又は吸収量を、国際的に表明した日本側の温室効果ガス緩和努力及びカンボジア側の国として適切な緩和行動（NAMA）の一部として使用できることを相互に認める。
6. 双方は、世界的な温室効果ガスの排出削減又は吸収に向けた具体的行動を推進するために、JCM の堅固な方法論、透明性及び環境十全性を確保するとともに、JCM を簡素で実用的なものとする。
7. いずれの側も、温室効果ガスの排出削減又は吸収量の二重計算を回避するため、JCM の下で登録された緩和事業を、他の国際的な気候緩和制度の目的のために使用しない。
8. 双方は、JCM を実施していくために必要な資金、技術及び能力向上の支援の円滑化のため、緊密に協力する。特に、カンボジアでの JCM の実施のため、日本側はカンボジア側を支援する。
9. JCM は取引を行わないクレジット制度としてその運用を開始する。双方は、JCM の実施を踏まえつつ、取引可能なクレジット制度への移行のための協議を継続し、可能な限り早い段階で当該協議の結論を得る。
10. 双方は、条約に関する枠組みの下で、他の制度に自由に参加することができる。
11. 双方は、JCM が取引可能なクレジット制度に移行された後、JCM を通じ、カンボジアの適応努力を支援すべく、具体的な貢献を目指す。
12. 本パートナーシップは、この文書の署名から 2020 年に想定されている条約の下での新たな国際的な枠組みが効力を生じ得るまでの期間を対象とする。双方は、とりわけ、気候変動に関する国際連合の交渉における進展を踏まえつつ、本パートナーシップのあり得る延長につき検討し、本パートナーシップの期限までに結論を得る。
13. 本パートナーシップの各内容は、双方間の相互の書面による同意によってのみ修正される。

プノンペンにおいて 2014 年 4 月 11 日に、英語による本書 2 通に署名された。

(2) 企画立案の経緯・背景

森林は、主要な温室効果ガスである二酸化炭素の吸収源かつ貯蔵庫である。急速に進む途上国における森林減少は、地球の気候システムの最大の脅威の一つである。二酸化炭素の吸収・貯蓄に加え、森林は、木材や非木材の供給、水の涵養、土壌流出や洪水の防止等の様々な機能を有し、世界の森林が 2011 年の時点で生み出したサービスは、年間約 16 兆ドルに値すると推計されている。現在も続く森林減少の抑制は、人類の存続を左右する国際的な重要課題である。コンサベーション・インターナショナル（以

下、CI) は、森林減少を抑制するための効果的な資金メカニズムとして、途上国における森林減少・劣化等に由来する排出削減等（以下、REDD+）にこれまでも積極的に取り組んできた。

カンボジアは、国土の約 6 割が森林に覆われた、豊かな森林を有する国である。カンボジアの経済と食糧安全保障は、メコン川水系とトンレサップ湖を中心とした河川・湖における漁業と耕地のほとんどを占める稲作に大きく依存しており、これらを支える森林の重要性は、非常に高い。森林の消失は、カンボジアの人々の生活にとって、大きな脅威である。そのような背景から、CI カンボジアは、2000 年から、カンボジア政府とのパートナーシップによるカンボジア国内の森林保全に取り組んできた。保護林設立の準備から協力し、現在も協力を続ける中央カルダモン保護林は、メコン川に連結する巨大な湖であるトンレサップ湖の上流に位置するカンボジア国内で最大の水源地であり、森林減少が抑えられている好例となっている（Box 2）。

一方、本調査の対象地であるプレイロング地帯は、森林コンセッションが廃止された後、森林保全の法的枠組がないままにあった広大な森林地帯であり、森林保全の取組が求められていた。CI は、森林局からの協力に対する打診を受け、生物多様性調査や REDD の初期的な調査を実施すると共に、保護林化に向けた森林局に対する資金援助を実施していた。そのような背景の中、2011 年度、CI ジャパンとして、プレイロング地域における二国間クレジット制度のもとでの REDD の実現可能性を開始した。2011 年度、2012 年度の実現可能性調査で、現地政府との信頼関係、方法論案の草案、リファレンス排出量算定に必要な現地データの大部分を収集し、本年度、翌年度の JCM 登録を目指した方法論の確定、プロジェクト計画の作成を実施することとした。

本年度調査では、これまでに調査を実施してきたプレイロング地域に加え、調査の提案に先立つ現地政府関係者との調整の結果、セイマ地域も翌年度の JCM の登録を目指す候補地として調査対象に加えることとなった。しかし、後述の通り、調査期間前半の両地域に関する調査の結果、セイマ地域は、翌年度 JCM 登録を目指す対象地域から除外するという決断に至ったため、最終的な方法論の確定、プロジェクト計画の作成は、プレイロング地域のみを対象として実施している。

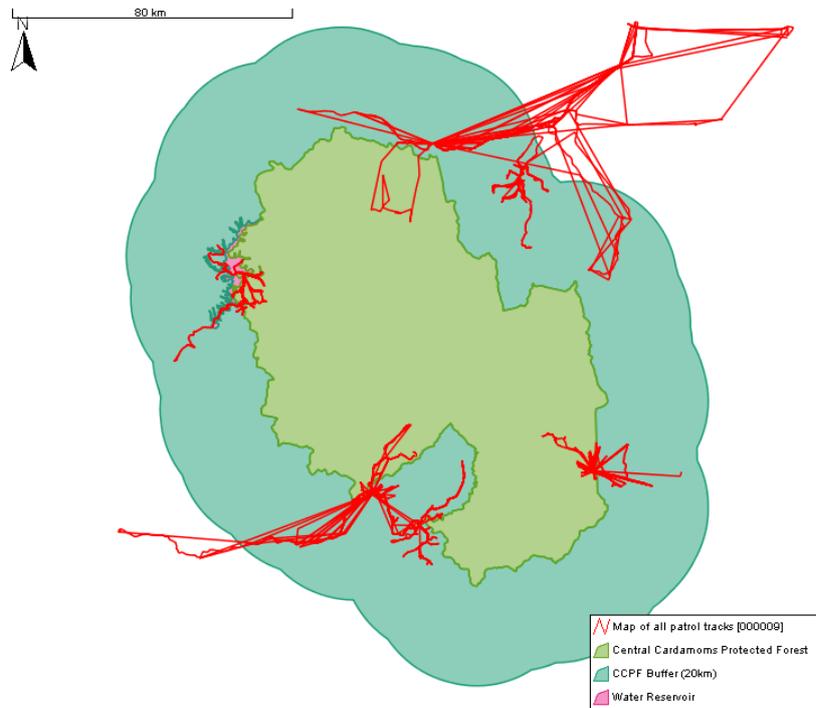
Box 2 中央カルダモン保護林

2002 年、カンボジア南西部のカルダモン山脈中心部に、40 万 1,313 ヘクタールの中央カルダモン保護林（The Central Cardamoms Protected Forest : CCPF、以下 CCPF）が設立された。CCPF はアジア最大の保護区の一つに数えられる。豊富な自然資源と生物多様性を有し、また、巨大な炭素蓄積庫でもある。CCPF は、カンボジア国内 3 州の主要な水源地であり、トンレサップ湖に流入する北部への水流が果たす役割は大きく、トンレサップ湖周辺地域にとって重要な漁業を支えている。タイ湾に流入する南への流れは、多くの貧しいカンボジア人が食料源としている水田や漁場を支えている。CCPF の地元コミュニティは、カルダモン山脈に先祖代々続く原住民グループであるクメール・ダームにより構成されている。

しかし、カルダモン山脈へのアクセス向上のため、違法伐採、狩猟、森林開拓、土地拡張に対し、現

地は非常に脆弱な状況になっている。これほど重要な森林に覆われた水源地での森林減少は、二酸化炭素排出、雨期の洪水や乾季の旱魃、漁業生産量減少といった下流域における水と食料安全保障の両面で破滅的影響を及ぼす可能性がある。

2001年より、コンサベーション・インターナショナルは、CCPFにおける活動を行っており、その一環として、地元コミュニティが環境保全と地域開発の調和を図り、生計向上と野生動物保護の連携が可能な形での参加型土地利用計画の作成、そして保全契約を通じたコミュニティの支援を実施している。さらに、厳格な取締り、森林保全、レンジャープログラム、レンジャー訓練、装備提供、法的サポート、地元コミュニティ教育、効果的な保全区域管理システムの向上といった支援も行っている。刻一刻と変容する脅威、また森林破壊の脅威であるドライバーに対応するための柔軟な管理を支える包括的生物学調査や詳細なモニタリングプログラムを遂行している。カンボジア政府とコンサベーション・インターナショナルが共同で作成し、農林水産省の承認を得たCCPF 5年管理計画は、同省による認定を受けた初の森林保全管理計画である。



図中の緑色が中央カルダモン保護区。その周囲 20 キロの周辺域もパトロールしている。赤線は、2014年7月～9月の3ヶ月間の総長6千キロメートルのパトロールの軌跡であり（延べ1325人・日）、政府レンジャーとコミュニティレンジャーの混成チームが時には野営しながら取締りを実施している。



図：押収した高価な違法伐採木を運び出す様子

2. 調査対象プロジェクト

(1) プロジェクトの概要

本調査で対象としたのは、翌年度の JCM への登録を目指す候補地であるプレイロング地域とセイマ地域である（図 1）。プレイロング地域は、カンボジアの北東部（中部）、メコン川の西岸に広がるカンボジア国内、そして恐らくインド-ビルマ・ホットスポット（タイ、ミャンマー、ラオス、ベトナム、カンボジア全域、及びインド、中国の一部）最大の熱帯低地林である（図 2）。Kampong Thom 州、Kratie 州、Stung Treng 州及び Preah Vihear 州の 4 州にまたがって存在し、保護林化に向けたプロセスが進められている。プロジェクトバウンダリーは、約 40 万ヘクタールを想定している。セイマ地域は、カンボジア東部のベトナム国境沿いに位置し、Mondulhiri 州及び Kratie 州にまたがる。2002 年より、国際 NGO ワイルドライフ・コンサベーション・ソサエティ（WCS）がカンボジア政府との合意書の下、森林保全の取組を実施している地域であり、プロジェクトバウンダリーは、約 15 万ヘクタールを想定して調査を開始した。ただし、4.（1）に説明する理由により、本調査を通じて翌年度の JCM への登録を目指す候補地をプレイロング地域に絞ることが決定された。対象地の環境・社会面での特長については、2.（4）に記載する。

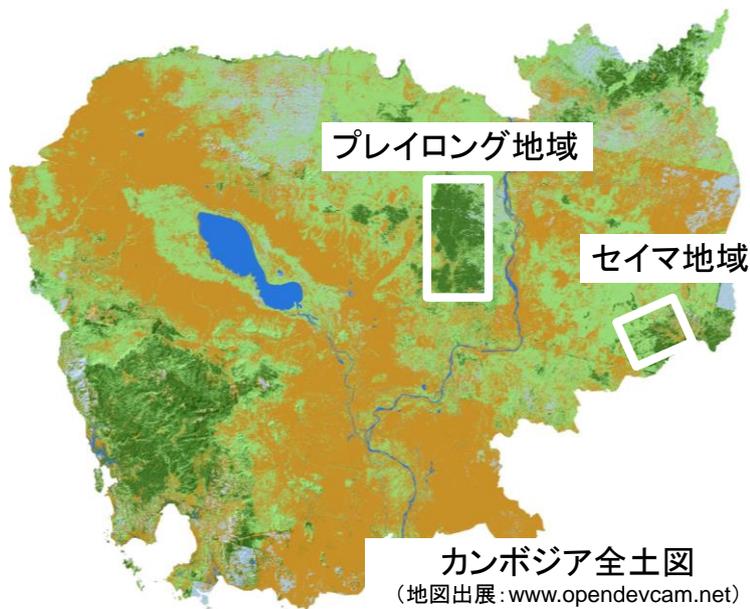


図 1 プレイロング地域及びセイマ地域



図 2 インド-ビルマ・ホットスポット

両地域とも、地元住民による小規模な農地転換、土地権利取得を目的とした違法な森林伐採、企業による農業・林業用地のコンセッション獲得を通じた大規模伐採が森林減少の要因となっている。プロジェクトでは、カンボジア森林局による法の執行（違法行為を取締るパトロール）と地元コミュニティの森林管理への参加（森林パトロールや代替生計手段開発等）により違法な森林減少を防止すると共に、保護林として指定することで新たな大規模伐採を抑制する計画である。これにより、森林減少を回避し、温室効果ガスの排出を削減する（図 3）。ただし、農業・林業用地のコンセッションは、企業からの申請に基づいて発行されるため、カンボジア政府としての計画が存在しない。保護林化がコンセッションによる森林減少の抑制に寄与することは間違いないが、将来のコンセッション発行面積を予測すること

は困難であり、本調査では、これをプロジェクト実施による排出削減量の計算には含めないこととした。排出削減量の計算対象とするのは、小規模な農地転換、土地権利取得を目的とした違法な森林伐採である。

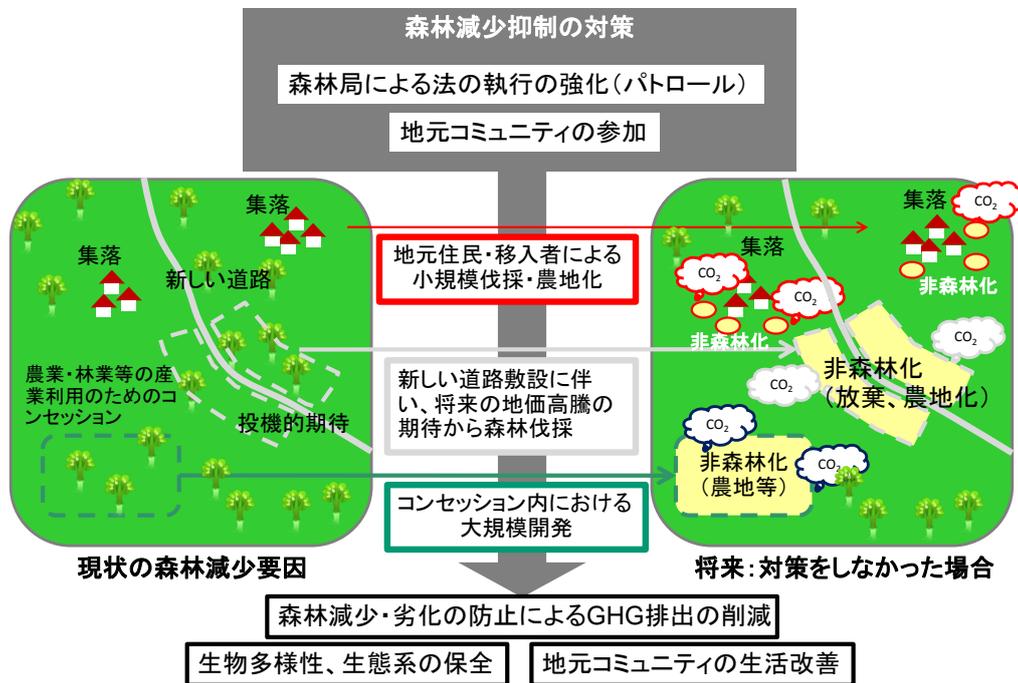


図 3 対象地域における森林減少の脅威とプロジェクト活動案

(2)ホスト国における状況

森林の状況

カンボジアは、森林被覆率と森林減少率が共に高い「High Forest Cover, High Deforestation (HFHD)」国である。1965年時点で国土の73%を覆っていたと言われる森林は、減少を続け、1990年代に入ると60%を切るようになった(森林局、2006年の調査)。国連食糧農業機構(FAO)が発表したFAO 2010世界森林資源評価によれば、2005年から2010年の森林減少率は1.22%であり、この森林減少率は、東ティモールに続き、東南アジアで2番目に高い値であった。

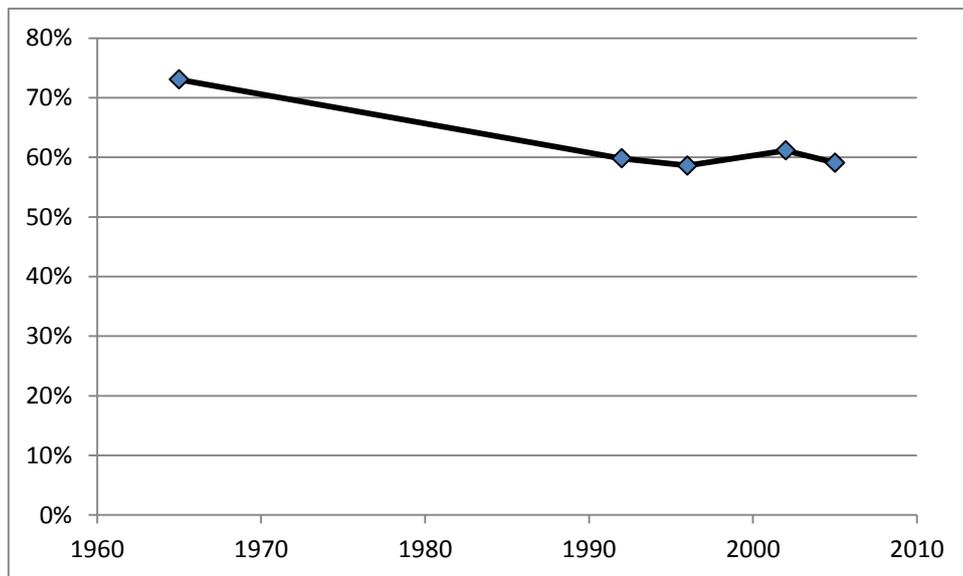


図 4 森林被覆率の年推移

縦軸、森林被覆率；横軸、年（出典、FAO 2010 世界森林資源評価）

森林は、常緑樹林と半常緑樹林の合計が約 5 割、落葉樹林が約 4 割を占める（表 2）。

表 2 カンボジアの森林

森林区分	面積（千ヘクタール）	割合
常緑樹林	3,669	34%
半常緑樹林	1,363	13%
落葉樹林	4,692	44%
その他の森林	1,007	9%

森林と人々

2004 年時点で、カンボジアの全人口の 85%が村落部に居住していた。多くの住民は、生活に必要な物資や現金収入を地域の森林資源に頼っており、森林は人々の生活にとって欠かせない存在である。特に村落部の貧しい家庭の森林資源への依存度は高く、彼らの生活は森林から生活物資や食料を採集し、非木材林産物（non-timber forest products：NTFPs）を売った収入で成り立っている。村落部の 41%の世帯は、生計の 20-50%相当を森林資源利用に依存しており、15%の世帯は、森林資源利用や採集が生計の半分以上を占めていると報告されている（Heov ほか, 2006）。

森林に関する法的枠組

カンボジアの森林は、そのほとんどが国有地であり、その種類に応じて異なる官庁が管轄する。土地の分類と管理に関して定められている法律としては、土地法（Land Law：2001 年）と森林法（Forest Law：2002 年）がある。

土地法の下、土地は、以下の 4 つに分類されている。

- 国家公的所有地 (State Public Property) : 国民の公益につながる土地であり、国が管理する。第三者への移譲は認められないが、リースは可能である。永久保存林 (Permanent Forest Reserve) は、ここに分類され、プレイロング地域も含まれる。
- 国家私的所有地 (State Private Property) : 国が管理しているが、公益にはつながりにくいと考えられ、第三者への移譲が可能な土地である。これらの土地には劣化した森林や経済土地コンセッションが含まれる。
- 先住民地 (Indigenous Land) : 先住民コミュニティが存在する場所および彼らが伝統的農業を行う農地である。これらの土地に関して先住民が集団土地所有権を獲得する場合は、内務省での登録手続きが必要になる。
- 私有地 (Private Land) : 公式に土地所有をしていない都市部や地方の国民に対して、カンボジア政府が土地の所有権を認める動きがある。

森林法 (2002) は、恒久林地 (Permanent Forest Estate) について定めた法律であり、森林の種類により、以下の通り分類している。

- 永久保存林 (Permanent Forest Reserve) : 恒久林地を構成する国有地で、土地の規制や管理は農林水産省 (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries : MAFF) 森林局 (Forestry Administration : FA) の管轄の下にある。この永久保存林はさらに以下に分けられる。
 - 生産林 (Production Forests) : 森林コンセッションとコミュニティフォレスト ; 持続的な木材生産と非木材林産物の採集が主な目的の森林である。
 - 保護林 (Protected Forests) : 森林の生態系保全、生物多様性、水源や土壌の確保が主な目的の森林である。
 - 転換林 (Conversion Forests) : 目的が未分類の森林であり、非常に劣化が進んで他に使用目的も定まらないまま放置されている森林。しかしながら、これらの土地はカンボジア政府の首相令によって国家私的所有地に再分類され、経済社会土地コンセッションなど他の開発目的のために使用される可能性がある。
- 私有森林地 (Private Forest Area) : 恒久林地に属し、国家私的所有地に分類されない森林地域のことであり、登録手続きを経て現地先住民に共同所有権を移譲した土地も含まれる。管轄は森林局である。
- 保護区 (Protected Areas) : 環境省 (Ministry of Environment : MoE) が管轄するが、淡水湿地林やマングローブ林の地域は農林水産省水産局 (Fisheries Administration : FiA) の管轄となる。

カンボジアでは、商業伐採のための森林コンセッション制度が存在し、1994年から1997年の4年間には、国の総森林面積の7割近くに相当する7百万ヘクタールに対して36の森林コンセッションが発行された。森林コンセッションが与えられた多くの土地では違法行為が絶えず、貴重な森林資源が荒廃する結果となった。その状況に危機感を募らせたカンボジア政府は、2001年に国内の全ての森林コンセ

セッションの停止を宣言し、2002年1月以降、新しい森林コンセッション制度が策定し、承認されるまで、森林コンセッションにおける伐採行為を停止することを決めた。この結果、ほとんどの森林コンセッション契約は2006年までにキャンセルされ、永久保存林に340万ヘクタール残された残りのコンセッションは全て停止された（UN-REDD NPD, 2010）。

カンボジアにおいて、コンセッション制度型森林管理に代わる方法として、保護林（Protected Forests）やコミュニティフォレストリー（Community Forestry）などが導入されるようになってきた。コミュニティフォレストリーは2003年に始まった制度で、現地コミュニティに森林管理の責任を分譲することで持続的な森林管理を促進することを目的としている。コミュニティフォレストリーが行われている森林の割合は現時点で非常に低いものの（森林面積の5%以下）、森林局は、登録数1,000件、全森林面積の19%にあたる200万ヘクタールを目標としている（UN-REDD NPD, 2010）。また同時に、伐採権の停止やライセンスの取り消しなどにより木材の供給量が減ったため、国内の木材需要を満たすために、森林局の監視の下で定められた材積の伐採を行う伐採割当を入札にかける制度（annual coupes）が作られ、運用されている。

経済土地コンセッション（Economic Land Concession: ELC）は、土地法と閣僚会議令146に定められた、農林産業の発展を目的にした、10,000ヘクタールまでの土地の使用を海外企業を含む第三者に対して最長99年間まで認める制度である。農林水産省の公式資料によると、1996年から2012年6月の間に、118のELCコンセッションが120万ヘクタールに対して発行されているが、情報に欠損があり、実際には、更に多くのコンセッションが発行されているとの批判もある。法律上は、森林は経済土地コンセッションの対象から除外されることになっているが、実際には森林が存在する土地や、現地の人たちの居住地や耕作地にも経済土地コンセッションが与えられている事例が存在している（UNHCR, 2004; Hansen など 2006）。環境省の管轄する保護区内においてさえ発行されている（IGES, 2011）。国連難民高等弁務官事務所カンボジア事務所の報告では、透明性の欠如、曖昧な境界性、国が得た利益の非開示、そして法制度への不順応などが指摘されており（UNHCR 2004）、課題の非常に大きい制度である。ELCの発行による大規模な森林減少も急速に進んでおり、森林に依存する地元コミュニティの生活を危機にさらしているとの批判が高い。

森林減少の原因

カンボジアでは、1990年代には大規模な森林コンセッションの発行により、伐採が収束のつかない速度で進んだことが森林減少の大きな要因であった。2002年以降は、森林伐採権の停止と森林コンセッション制度の廃止によって、森林コンセッションに由来する伐採は減少の傾向にあるものの、近年では違法伐採や経済土地コンセッションの過剰な付与が森林や村落部の生活に対する大きな脅威となっている（Thelaide and Schemidt 2010; Hansen 他 2006; Sloth 他 2005）。また、カンボジアには従来のコンセッション制度に代わる新しい森林管理システムが確立していないために、現在、保護区や保護林の外の森林のほとんどに管理の網がかかっている。それゆえプレイロング地域内の森林など、以前森林コンセッションが与えられていた地域は、管理がなされないまま、森林減少の危険が高まっている。

また、1970年のクーデターから1993年の総選挙で民主政権が誕生するまで続いた内戦の後、人口増加、破壊された農業インフラにより収穫量が限られる中、人口増加や地方の貧困化は、森林の農地への転換を急速に促進していった。森林減少が最も進む地域は、住民の大多数が生活する稲作低地帯を取り囲む地域、ラタナキリ州など山岳部において農業に適した肥沃な赤土がある場所、ラオス、ベトナム、タイとの国境地域である（Stibigほか2007）。UN-REDD NPD（2010, 14ページ）は、カンボジアの森林減少の原因を直接的要因と間接的要因に分けて詳細な分析を行い、最も森林減少に関連性の強い要因は、森林セクターの外にあることを指摘している。

- 森林減少の内的要因
 - 非持続的な伐採：森林伐採が停止され、森林コンセクションが取り消されたにも関わらず、違法伐採は至る場所で継続している。
 - 森林火災：森林火災の土地被覆変化への影響について、カンボジア内で広く議論されてきたが、未だ結論に至っていない。
 - 非持続的な燃料用木材の採集：現在、そして将来における木質燃料（薪炭材と木炭）への需要は、森林劣化と森林減少の潜在的な原因であると考えられている。木質燃料は、村落部の多くの世帯と一部の都市部の世帯の主なエネルギー源であり、いくつかの産業（れんが作りや衣料品生産）分野においても主要なエネルギー源である。
- 森林減少の外的要因
 - 農地開拓のための伐採：天然ゴム、さとうきび、そして近年ではバイオ燃料用作物栽培を主目的としたプランテーションが急激に拡大している。耕作のための土地の私有化や、木材、バイオ燃料、食糧生産のための経済土地コンセクションも森林減少に大きく影響している（UN-REDD NPD, 2010）。
 - 居住地の拡大：国内での移住が、移住先での住居地、農地そして自然資源へのニーズを高め、森林減少や森林劣化に大きな影響を及ぼしている。州によっては、土地所有の機会があることが他州からの移転を誘引している。移住者は、農地を自ら開墾し、時には売り渡すことを目的に投機的に森林を開拓することもある。
 - インフラの発達：道路の整備などが進み、これまで難しかった森林地帯へのアクセスが容易になったことが、森林地帯への不法侵入につながっている。特に保護区や保護林では不法侵入が増加している。

このUN-REDDによる森林減少の原因分析は、さらに大規模な土地転換へつながる森林セクター内外にある潜在的な要因も数多く明らかにしている。潜在的な要因としては、以下が挙げられている；

- 森林法の執行と透明性と責任の欠如などに起因するガバナンスの弱さ、ステークホルダーの関心の低さ
- 特に、関連機関の能力の低さと制度実施の不徹底
- 森林保有権が不明確であること、土地利用計画と土地登記の不十分な履行

- 社会的規範、人口増加、村落部における貧困化の拡大、移住、低い農作物の収穫量
- 世界規模での自然資源への高まるニーズ
- 環境社会アセスメント（ESIA）の規制の水準の低さ
- 代替的土地利用の機会費用の高さ
- 森林地域の境界線が不明確であること
- 森林の持続的管理へのインセンティブの欠如
- 代替的エネルギーの不在

ガバナンス

カンボジアにおける森林制度の開発と実施は、複数の政府機関と民間セクター、軍隊、NGO、海外ドナーなどのステークホルダーが関係してくるため、非常に複雑な問題である。これらのグループ間での関心の対立や政策の一貫性の欠如は、しばしば森林資源をめぐる争いを引き起こす。ガバナンスは、森林管理においても非常に困難な課題である（Ameriei, 2004）。

不法行為の広がりもカンボジアの森林管理が抱える主要な問題の1つである。汚職が至るところで起きていることが多くの報告書で指摘されており、例えば、給料や予算の不法な上乗せの蔓延や、森林局と協力して活動にあたっている軍隊の不法行為など、関連者が利益目的に森林破壊につながる行為に着手している事例が露見している（Ameriei, 2004）。

これらの不法行為は、現在もカンボジアの森林セクターの主要な問題であるが、カンボジア政府は、近年この問題に対して数々の対応策を打ち出してきた。農林水産省内にあった森林野生動物課に代わり、森林局を新たに設置するなどの森林に関連する公共機関の構造改革、市民社会の参加促進、独立した森林モニタリング機能を持つ監視機関の設置、2002年以降の森林伐採権の停止、コンセッション制度の見直し、コミュニティフォレストリーの発展などを通して、森林セクターにおけるガバナンスの向上に積極的に取り組む姿勢を見せている（Ameriei, 2004）。

2010年初頭には、違法伐採撲滅の対策を怠ったとして、森林局局长がカンボジア首相によって解任された。これは、カンボジア政府が国内のあらゆる違法森林伐採に対して厳しい姿勢で取り組んでいく意思の表明ともいえる。新しい森林局局长は、違法伐採に関与あるいは違法伐採を容認した森林局職員の役職の剥奪、人員配置の見直し、海外奨学金獲得等のために森林局に籍だけ置き、給料の大部分を上司に流している職員の解雇等を実行した。森林局は、現在国家軍事警察（National Military Police）と連携をとって違法伐採の徹底的な取り締まりに取り組んでおり、違法行為を行っていた実業家の逮捕や大量の伐採木の没収などの成果が挙げられている。森林地域でパトロールを行う森林局職員の数も増加している。こうした一連の改革は、政府や経済界の権力と結びついた違法伐採にカンボジア政府が立ち向かう意思を示すものである。

REDD+に関する主要な政策

カンボジアは、国家開発戦略として、四辺形戦略を5年毎に見直し・発表している。2013年に策定さ

れた第3次四辺形戦略は、汚職対策、司法制度改革、公共セクター改革及び治安組織改革の4つの課題を核として、農業セクターの促進、物理的インフラの開発、民間セクター開発と雇用及びキャパシティ・ビルディング及び人的資源開発の4分野の開発に重点をおいた戦略となっている（図5）。

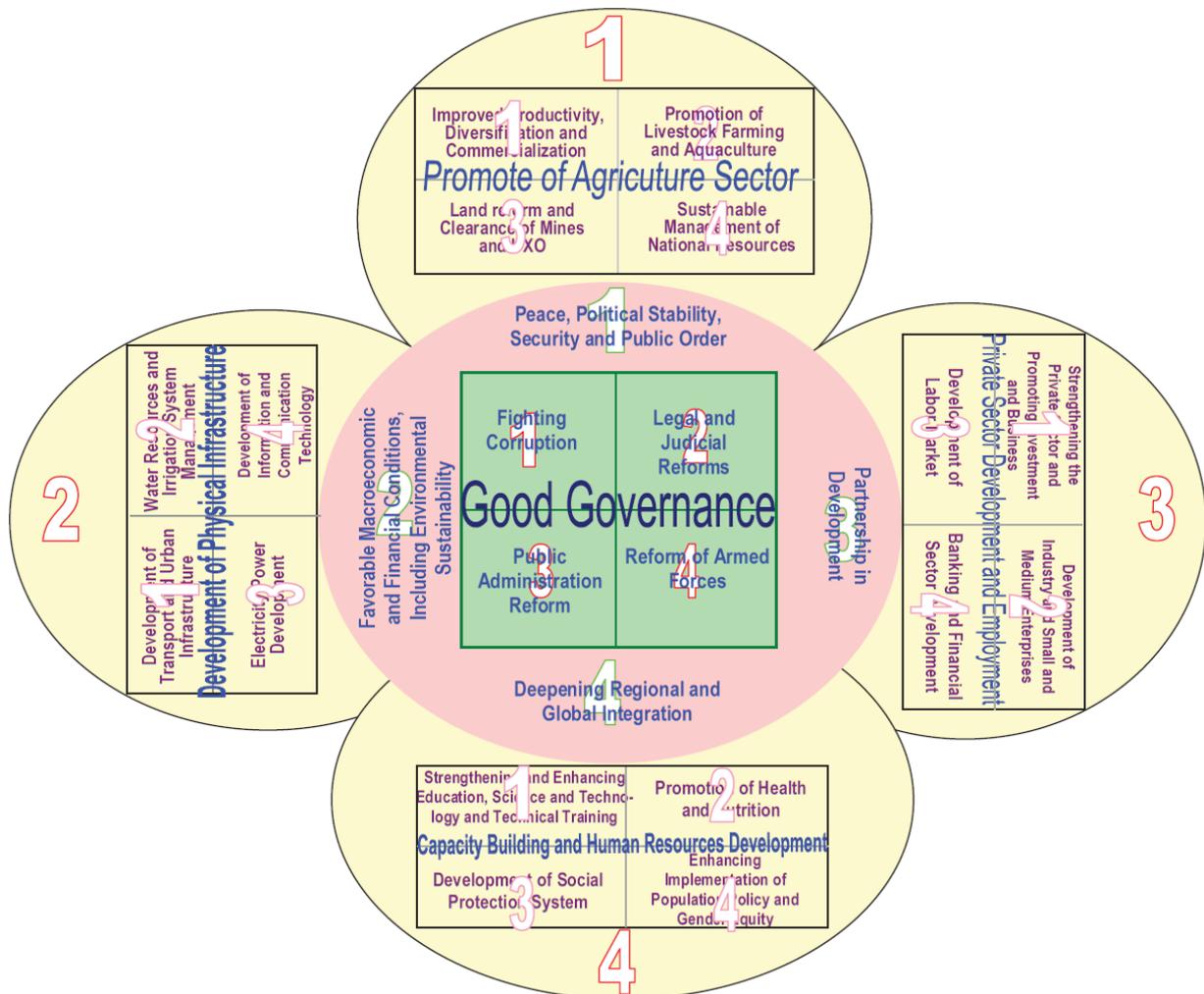


図5 カンボジア第3次四辺形戦略図

国家戦略的開発計画は、四辺形戦略を実施するためのアクションプランとして位置付けられ、四辺形戦略に沿った形で、現状と課題を分析し、優先的に取り組む政策や指標を示している。2014年-2018年の国家戦略的開発計画では、森林分野について、以下の点が困難が認識されている。

- 規制の不足、それに起因する法の執行（取締り）の欠落
- ステークホルダーにおける、森林資源の重要性に対する認識の欠落
- 僻地での取組に対するインセンティブ、機材、人的リソース、ノウハウの不足
- 手段を常に変えてくる違法伐採及び土地収奪との戦い
- 地方当局や関係機関の協力の不足
- 保護地域内への移民の流入

また、2006年-2013年の国家戦略的開発計画では、2013年までに、森林被覆率60%達成が掲げられて

いたが、現状で 60%を下回ることが認識されており、今回、2015 年に森林被覆率 60%が指標として設定されている。また、REDD+等からのクレジットも指標として示されている。

森林管理に関する政策としては、国家森林計画 2010-2029 がある。これは、カンボジアの森林資源の持続的管理に向けた政策的枠組と戦略の構築を目指したものであり、そのために、6 つのプログラムが特定されている。

- 森林の境界の決定、分類、登録
- 森林資源と生物多様性の保全と開発
- 森林法の執行とガバナンス
- コミュニティフォレストリー・プログラム
- 能力開発及び調査
- 持続可能な森林ファイナンス

REDD は、国家森林計画の文書の中で、繰り返し取り上げられており、REDD への期待の大きさがうかがえる。

REDD+タスクフォースとテクニカル・ワーキンググループ

REDD+タスクフォースは、REDD+に関する調整と決定を行う省庁横断型の組織であり、2010 年から暫定的に活動を開始していたが、2013 年 2 月に正式に発足した。森林局が議長を、環境省が副議長を務め、その他、内務省、経済財務省、鉱工業エネルギー省、地方開発省、水産局、国土整備・都市化・建設省がメンバーを勤める。

REDD+タスクフォースの下、REDD+ロードマップが作成され、カンボジアは、国の REDD+戦略の作成と実施に向けて国連 REDD プログラム（The United Nations Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries : UN-REDD Programme、以下 UN-REDD プログラム）に採択されている。REDD プログラムの調整と REDD+実施の体制を図 6 に示す。

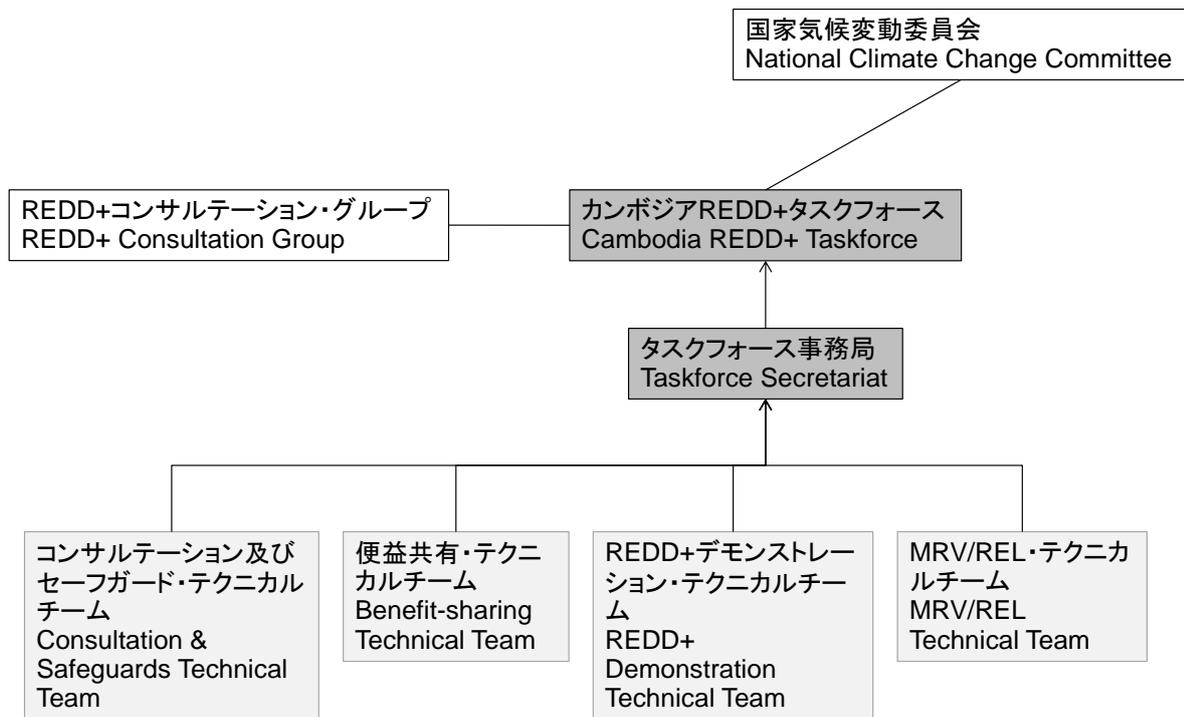


図 6 REDD+に関する体制

各テクニカルチームは、これまでに会合を開き、国際的な動向を含めた情報の共有や議論を実施しており、議事録や発表資料がウェブ上の公開ページで閲覧できるようになっている。

森林保全の取組と REDD+ 案件開発状況

内戦が 1993 年に終結し、2000 年代に入ると、カンボジア農林水産省森林局などの政府機関が中心となり、国際 NGO の協力を得ながら野生生物保全に重点を置いた森林保全が進められた。経済的な発展とガバナンス強化が遅れる中、国際 NGO が主要パートナーとなることで、海外ドナーからの資金的支援、NGO からの技術的支援を受け、国内の森林保全を開始・実施することが可能となった背景がある。図 7 は、森林保全を実施している政府機関と NGO のパートナーシップを示したものである。

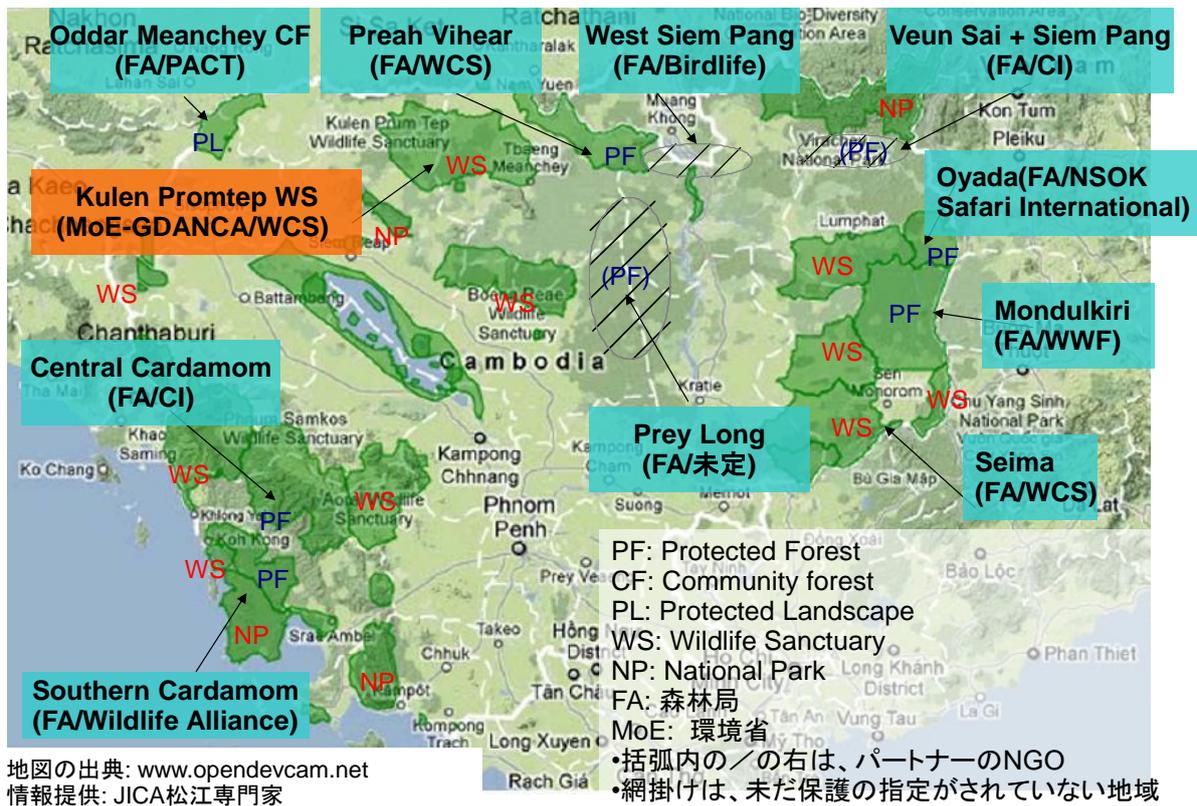


図 7 NGO を主要パートナーとした森林保全

NGO とのパートナーシップという体制は、同時に、恒常的な資金調達が必要となることを意味する。REDD+は、カンボジア国内の森林保全を実施する上で有効な資金メカニズムであるとして、政府と NGO の双方から期待を集め、国際的にも早い時期に国内プロジェクトが Verified Carbon Standard (VCS) と Climate, Community, Biodiversity Standards (CCBS) の有効化審査を受けた。一方で、カンボジア政府は、国内に REDD+案件が乱立し、排出削減量の計算方法の一貫性が失われるなど、将来的に持続可能な REDD+の実施が阻害されることがないように、慎重に物事を進めている。

温室効果ガスの排出

最貧国であるカンボジアでは、エネルギー起源による排出は 7%に留まり、温室効果ガス排出量の半分以上は土地利用変化及び農業に由来している。カンボジアにおける最も大きな削減活動は、この分野への対処なくしては達成できない状況である (表 3)。

表 3 カンボジアにおける温室効果ガス排出量の概要

起源	排出 (1,000t-CO ₂)	吸収量
エネルギー	3,443 (7%)	NA
農業	21,111 (44%)	NA
土地利用変化・森林	23,600 (49%)	48,166
廃棄物 (waste)	229 (0.5%)	NA
合計	48,383	48,166

(出典:FA 発表資料、2nd National Communication (2001年インベントリ)に関する報告資料)

(3)プロジェクトの普及

REDD+の普及を阻害している一つの要因は、REDD+からの排出削減量の需要と供給のアンバランスである。Global Canopy Programme 等による2014年の推計によると、森林減少を半減させることによって2015年から2020年の間に世界で供給しうる排出削減量は、3,300-9,900MtCO₂に上る一方、現状で把握されている2020年までのREDD+からの排出削減量に対する需要は、253MtCO₂にとどまる(GCP et al., 2014³)。REDD+からの排出削減量に対する需要やREDD+の取組みを実現するための資金が増えれば、REDD+がカンボジアや他国で普及・拡大される可能性は非常に大きい。JCM制度を通じた排出削減量のオフセットを実施する事業者を増やす、様々な資金源や支援を組合わせてREDD+事業を実施するなどの努力が求められる。

2014年11月、JICA及び森林総合研究所の呼びかけにより、『森から世界を変えるREDD+プラットフォーム』が発足した。プラットフォームは、2020年までの6年間で熱帯林の保全活動を緊急課題として全力で取り組む必要のある期間と認識し、途上国の森林保全活動を巡る様々な課題を解決し、オールジャパンで「REDD+等を含む途上国での森林保全活動」を推進していくため、民間企業、民間団体、政府機関、研究機関などが連携を強化し、対外発信、経験共有をして体制作りを行うための場として設立された(Box 3)。

Box 3 森から世界を変える REDD+プラットフォーム【緊急行動計画】

(1) 官民連携プラットフォームの設立

危機的な状況にある開発途上国の森林を保全し、気候変動対策・生物多様性保全・持続的な開発(貧困削減)などに貢献するREDD+活動の推進を目的として、本行動計画の趣旨に賛同する民間企業・民間団体・政府機関・研究機関等が協働して取り組み促進を行うためのプラットフォームを設立します。

³ GCP, IPAM, FFI, UNEP FI and UNORCID, 2014. Stimulating Interim Demand for REDD+ Emission Reductions: The Need for a Strategic Intervention from 2015 to 2020, Global Canopy Programme, Oxford, UK; the Amazon Environmental Research Institute, Brasília, Brazil; Fauna & Flora International, Cambridge, UK; UNEP Finance Initiative, Geneva, Switzerland; and United Nations Office for REDD+ Coordination in Indonesia, Indonesia.

(2) プラットフォームとしての活動

2014 年から 2020 年の集中取り組み期間において以下の取り組みを行います。

- ① 国内外での理解拡大：プラットフォームとしての Web サイト、SNS やイベント活動等を通じ、
i)国際社会の動向、ii)開発途上国での森林保全活動の重要性、iii)REDD+の仕組みや iv)加盟団体の活動内容などを分かりやすく伝え、日本国内での理解拡大を図ります。また、日本の官民の取り組み全体について、国際会議等においても協働で発信します。
- ② 情報・知見共有／技術支援：加盟団体が、REDD+を含む森林保全活動の実施・促進に必要な情報・知見・経験を共有し、参加団体間での技術協力を行います。
- ③ ビジネスモデル開発：REDD+など森林保全活動に関する公的支援や民間資金の組み合わせや、森林保全に資する民間ビジネスモデルなどについて検討を行い、諸制度や公的な支援の在り方などについても、提言を行います。

(3) 各参加団体の活動

参加団体は、他のステークホルダーと必要に応じ協力し、それぞれの立場から、それぞれが持つリソースを活用して、プラットフォームの活動に協力するとともに、途上国の REDD+を含む森林保全活動に中長期的な視点も持ちつつ、積極的に取り組みます。

(4) 当面の貢献目標

参加団体が途上国において推進する森林保全活動において、生物多様性保全と持続的な開発（貧困削減）に十分配慮し、その改善を目指した上で、温室効果ガス排出削減量・吸収量が、2020 年までに 1000 万 CO₂ トン相当 1 となることを目指し、参加団体及びすべてのステークホルダーに呼びかけます。

(5) 参加団体の行動規範

参加団体が、事業を実施する場合には、以下の点を遵守します。

- ①ホストとなる途上国政府に対し、十分な説明のもと、文書による合意形成
- ②途上国の法令遵守
- ③環境・社会セーフガードへの適切な対応
- ④適切な MRV（測定・報告・検証）実施

プラットフォームには、ナレッジ分科会、情報発信分科会、ビジネスモデル分科会が設置されており、関係者間の REDD+関連情報の共有・学習、一般向け情報の発信、REDD+理解者の拡大、REDD+関連ビジネスに有用な情報の共有等に取り組んでおり、CI ジャパンは、実行委員会を勤めるとともに、各分科会のメンバーとなっている。プラットフォームが日本発の REDD+プロジェクトの普及・拡大の推進に貢献することを願っている。

(4) プレイロング地域の環境・社会

生物多様性

前述の通り、プレイロングは、カンボジア、そして恐らくインド-ビルマ・ホットスポット最大の熱帯低地常緑樹林である。山地の森林が保護の対象となるのに対して、カンボジアを含む多くの国々において、低地林は、保護の対象とされずに失われてしまった。プレイロング地域は、かつてカンボジアのみならずインドシナに広く分布していた低地常緑樹林の痕跡をわずかにとどめる貴重な森林である。

プレイロング地域の生態的な重要性は、以前より知られており（例えば、McNeely 1975, World Bank 2004 and 2006）、世界遺産の候補地として検討されたことも過去にあった（IUCN 2002）。高価値、絶滅の危機に瀕したカンボジア固有の樹木種の 8 割が生育するとの報告もある（CTSP/FA 2003）。

プレイロング地域の森林タイプは、大きく分けると常緑樹林、半常緑樹林、落葉樹林である。これらの森林が移行帯も含めて連続して残るという意味でも貴重である。さらに、面積は小さいものの、湿地林などの珍しい森林も分布している（表 4）。特に、常緑湿地林は、かつて大規模に分布していたと考えられるが、今では、そのほぼ全てが稲作地に転換されており、非常に珍しい。プレイロング地域内でも、極限られた場所で確認されているのみである。

表 4 プレイロング地域の植生タイプ

植生タイプ	特徴
常緑樹林	湿度は保持されているが、浸水のない地域に見られる。この森林の植物種は多様で、林分高は 30～50m。
半常緑樹林	常緑樹林への遷移相。構成種別は類似することもあるが、林分高は低い。
落葉樹林	より乾燥したインドシナ気候地域の乾燥季節性樹林に類似する。林分高は比較的 low (3～12m)、大半が耐乾燥種で、葉が小さく樹皮が硬い。乾燥落葉樹林は、非常に乾燥した砂質地で見られる草原地への遷移相を形成する。
サルスベリ属優占林	Lagerstroemia 林分は、白色樹皮と高く直立し縦溝のある幹が特徴。しばしば森林の大部分を占有する。
河畔・メラルーカ林	周期的に氾濫し、乾季にも湿度が保たれる河川流域に成立する。
落葉湿地林	プレイロング北部、ペス湖周辺に成立している非常に特異な森林のタイプ。
常緑湿地林	恒常的もしくは長期間浸水状態で非常に湿度の高い場所に成立する。

(出典) McDonald(2004); Plsson and Emmett(2007)

野生生物の生息地としても、多様な森林タイプが連続し、数多くの小規模な川が張り巡らされた広大な森林であり、価値が高い。アジアゾウ(*Elephas maximus*)、ウンピョウ(*Neofelis nebulosa*)、マーブルキャット(*Pardofelis marmorata*)、マレーグマ(*Helarctos malayanus*)、野性の牛であるバンテン(*Bos javanicus*)とガウア(*Bos gaurus*)、シカの一種のサンバー(*Rusa unicolor*)、ドール(*Cuon alpinus*)、サンダサンゼンコウ(*Manis javanica*)、ボウシテナガザル(*Hylobates pileatus*)、ブタオザル(*Macaca memestrina*)、ビロードカワウソ(*Lutrogale perspicillata*)などが確認されている。トラ(*Panthera tigris*)は、地元ガイドによれば 2006 年

頃まで目撃されていたが、生息を確認した報告書は存在せず、局地的に絶滅と推測される。また、大型哺乳類のほとんどは、比較的生息密度が低く、狩猟圧が高いと考えられている(Theilaide & Schmidt, 2010)。

プレイロング地域は、カメとリクガメの種類も豊富である。エロンガータリクガメ(*Indotestudo elongata*)、マレーハコガメ(*Cuora amboinensis*)、ノコヘリマルガメ(*Cyclemys oldhamii*)、オオヤマガメ(*Heosemys grandis*)、ヒジリガメ(*Heosemys annandalii*)、ニシクイガメ(*Malayemys subtrijuga*)、ホオジロクロガメ(*Siebenrockiella crassicollis*)、インドシナオオスッポン(*Amyda cartilaginea*)などが生息する。非常に希少な絶滅危惧種であるシャムワニ(*Crocodylus siamensis*)も生息していることが確認されている(Theilaide & Schmidt, 2010)。加えてプレイロング地域は、多種多様な両生類や昆虫類などの小型動物の生息地となっている(Theilaide & Schmidt, 2010)。

水源地

森林は、水循環の制御、旱魃や洪水の軽減、水路堆積物軽減などを通じて、稲作や内陸漁業の持続可能性と生産性の維持に重要な役割を果たしている。プレイロング地域は、メコン川とトンレサップ湖に流入する水と堆積物を調整する重要な水源地であり、70万人のカンボジア国民が灌漑用水を通じて依存していると考えられている(Theilaide & Schmidt 2010)。また、南部ベトナムは、メコン川集水域に位置し、この地方で最も生産性の高い農地と人口密度が高い地域を形成している。

人々への恩恵

プレイロング地域の内部及び周辺にはクイと呼ばれる先住民グループの約25万人が340ほどの村に居住している。森林は、彼らの文化と精神的な生活の重要な位置を占めると共に、直接的に生活を支えている。地元住民は、樹脂、家の材料、薬などを森から採集しており、特に樹脂は、主要な現金収入源である(図8)。プレイロング地域の土壌の大部分は、川砂質で生産性が低く、稲作には不向きである。一方、プレイロング地域を流れる川は、メコン川水系の魚の産卵地となっている。プレイロングの森林は、そこに暮らす先住民コミュニティの生活、そして下流域の農業者、漁業者の生計、それらに依存する国民の食糧安全保障を支えているのである。



図8 樹脂の採取(左)、典型的な家(右)

3. 調査の方法

(1) 調査実施体制

- コンサベーション・インターナショナル・ジャパン (CI ジャパン)
 - 調査を統括し、調査に携わる団体との連携の下、各調査項目の実施と管理を担当した。
- アジア航測
 - 衛星画像解析を担当した。
- 【外注先候補】コンサベーション・インターナショナル・ファウンデーション (CI ファウンデーション)
 - カンボジア事務所
 - プレイロング地域の検討に関して、森林局との調整を行い、資金計画、詳細設計等の策定を補助する。
 - 米国本部
 - リファレンス排出量の設定において、空間モデルを用いたプロジェクトバウンダリー内の森林減少面積の予測を行う。また、モニタリング計画案の策定を支援する。
- 【調査協力】ワイルドライフ・コンサベーション・ソサエティ (WCS)
 - セイマ地域の検討に関して、情報を提供した。
- 森林局
 - 両地域の資金計画、詳細設計等の策定に協力した。調査に関して報告を受け、翌年度以降の JCM への登録を目指した助言をした。

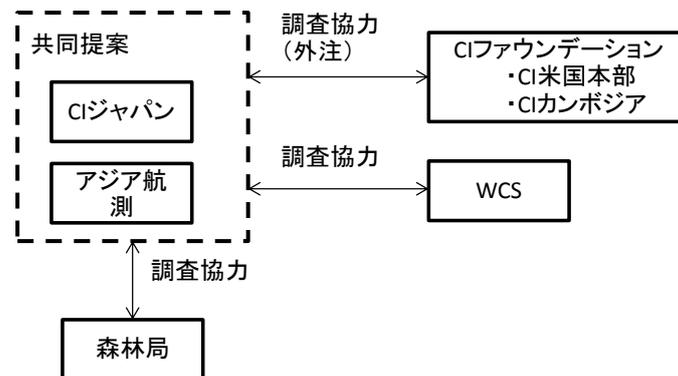


図 9 調査実施体制

(2) 調査課題

翌年度の JCM 登録を目指し、プロジェクト実施に向けた課題と方法論作成に関する課題を設定した。

プロジェクト実施に向けた課題

- プロジェクト対象候補地
- プロジェクト実施体制
- 事業費見積
- 資金計画
- コミュニティへの展開計画

JCM 方法論作成に関する課題

- 適格性要件
- リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定
- プロジェクト実施前の設定値
- JCM 方法論案を用いた CO2 排出回避量の実測に関する調査

(3)調査内容

それぞれの課題に対する調査内容の概要を以下に示す。

プロジェクト実施に向けた課題

- プロジェクト対象候補地
 - JCM の制度の特徴を整理し、関係者との協議を通じて、対象地として適切なサイトの選定を行った。
- プロジェクト実施体制
 - 他地域での実績と対象地での経験を有する森林局及び CI カンボジアからの情報収集し、実施体制案を作成した。
- 事業費見積
 - 対象地での森林減少の抑制に必要な活動の費用を森林局及び CI カンボジアと共に見積もった。
 - 事業費の縮小が可能か、関係者間で協議した。
- 資金計画
 - 複数資金源との組み合わせに向け、協力機関との協議を行った。
- コミュニティへの展開計画
 - CI カンボジアから情報を収集し、コミュニティへの展開計画の素案を作成した。

JCM 方法論作成に関する課題

- 適格性要件
 - 現地の条件の精査、文献調査により検討した。
- リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定
 - 2002 年から 2012 年の解析に基づき、リファレンス排出量を設定し、開発した方法論が適用可能であることを確認した。
- JCM 方法論案を用いた CO2 排出回避量の実測に関する調査
 - 2012 年から 2014 年の衛星画像解析に基づき、排出回避量を試算し、開発した方法論が適用可能であることを確認した。

4.プロジェクト実現に向けた調査

(1)プロジェクト計画

翌年度以降の JCM への登録によるプロジェクトの実現に向けて、事業実施主体となるカンボジア国森林局を初めとするホスト国関係者との協議を通じ、プロジェクト計画の作成を実施した。

プロジェクト対象候補地

本調査では、プレイロング地域及びセイマ地域を来年度以降の JCM における REDD+プロジェクト実施の候補地として調査を開始した。プレイロング地域は CI カンボジアが、一方セイマ地域はワイルドライフ・コンサベーション・ソサエティ (WCS) が、カンボジア政府との合意書の下で森林保全の取り組みを進める体制が想定される。しかし、10 月末までの調査の結果から、以下に述べる経緯により、セイマ地域を REDD+プロジェクト実施の候補地から除外され、プレイロング地域が来年度以降の JCM における REDD+プロジェクト実施の候補地として選ばれた。

- 提案前 (3 月)
 - JCM に関する概要を森林局及び現地 NGO (CI カンボジア及び WCS) に説明し、JCM 登録に向けた調査への協力を依頼。承諾を得た。
- 第一回現地調査 (7 月 27 日～8 月 2 日)
 - プレイロング及びセイマ地域での事業予算規模の概算を実施した。
 - 森林局及び現地 NGO と議論を深め、対象地は 1 箇所とするのが現実的であるとの認識で、概ね一致した。
- 継続して調査 (8 月～10 月)
 - 事業の資金計画について、JCM 補助金の制度との関係を調査し、対応策を検討した。
 - 課題：年度末実績報告書後の交付となるため、交付までの期間、事業者が全額負担する必要がある。
 - 対応策：CI ファウンデーションが一時的に貸し付ける。
 - CI ジャパンとして、費用回収のリスク管理の観点から、関連団体である CI カンボジアをパートナーとするのが適切であると判断した。
- 第二回現地調査 (10 月 15 日～10 月 22 日)
 - 森林局及び現地 NGO に対して、CI カンボジアがパートナーとして想定されるプレイロング地域を対象候補地とすることを提案し、同意を得た。

プロジェクト実施体制

CI カンボジアが他地域で長年に亘って実施している森林保全プロジェクトを参考に、実施体制を作成した。

- 【CI ジャパン】プロジェクト全体の進捗管理、予算執行管理、排出削減量定量化、環境省への報告を担う。
 - 統括、主担当、経理
- 【森林局】対象地における違法行為の取り締まりと調査補助を担当する。
 - プノンペン：6 名

- 統括、副統括、調査担当、経理、事務、連携窓口
 - 現地ステーション本部：29名
 - 総指揮官、モバイルチーム指揮官、指揮官、ステーション・マネージャー、アシスタント、調査アシスタント3名
 - 政府レンジャー：モバイルチーム12名、ステーションチーム6名
 - 地元レンジャー：3名
 - 現地サブステーション：15名（2箇所を想定）
 - ステーション・マネージャー、副マネージャー、アシスタント
 - 政府レンジャー：ステーションチーム9名
 - 地元レンジャー：3名
- 【CI カンボジア】森林保全活動の効率化と資金の適切な使用のため、森林局による活動を支援・監督する。
 - 統括（CI カンボジア代表）：カンボジア政府との連携、CI ジャパンに対する報告の責任を持つ。
 - 主担当：森林局のプノンペンメンバーと常に連絡を取り、現況・予算執行を把握・管理し、効率化に向けた指導をする。定期的に取り締りに同行し、活動が適切に行われていることを確認する。CI ジャパンに対する報告を行う。
 - 取締り担当（1名～2名）：ステーションの設立・運営を管理する。また、頻繁に取り締りに同行し、活動が適切に行われていることを確認する。司法手続きに関する支援をする。
 - コーディネーター（複数名）：主担当、取締り担当を補助する。また、炭素や生物多様性の調査を補助する。
- 【専門機関】衛星画像の解析を担う。
- 【CI 米国】モニタリング全般、PDD 開発への技術的な支援を行う。
- 【CI ファウンデーション】年度内の活動費を一時的に貸し付ける。

プロジェクト体制の実績

プロジェクト実施に関わる CI ジャパン、CI カンボジア、森林局、CI 米国は、それぞれ担当を計画している業務において、豊富な実績を有する。

CI ジャパン

CI の現地プログラムとの協働により、数多くの森林保全の取組に関わってきた（例えば、インドネシア・グヌングデパングラング国立公園での森林再生・保全、カンボジア・中央カルダモン保護林及びブンサイ保護地域での森林保全、フィリピン・キリノ及びペニャブランカでの森林再生、中国・四川省での森林保全、フィジー・ラ州での森林再生、ブラジル・アマパー州での森林保全、リベリア・ニンバ地区での森林保全、マダガスカル・東部での森林再生・保全）。主な役割は、支援者である日本企業や支援プログラムと CI 現地プログラムの上に立ち、事業計画作成、事業の進捗管理、報告である。また、REDD+に関する技術的経験としては、フィリピン森林再生事業での VCS+CCBS の PDD 作成と有効化審査の通過、カンボジア及びペルーにおける JCM における REDD の実現可能性調査の経験を有する。

CI カンボジア

CI カンボジアは、2000年に、カンボジア政府とのパートナーシップのもとで、カンボジアでの活動を開始した。政府による新しい保護林の制定にむけ、調査を実施し、技術的・財政的な支援を提供し、カンボジア国内で最大の水源地でもある中央カルダモン保護林の2002年の設立に貢献した。それ以来、CI カンボジアは、地元コミュニティ及び森林局との協働により、中央カルダモン保護林の保全に取り組んでいる（Box 2）。2012年、中央カルダモン保護林の保全状況の第三者による調査が実施され、森林減少が著しく低下していることが確認された。また、中央カルダモン保護林とその周辺の5つのコミュニティで88世帯を対象にインタビュー調査では、全ての回答者が中央カルダモン保護林の森林保全で実施している保全インセンティブプログラムが生活の改善、コミュニティ開発、そしてコミュニティの自然資源の保全に役立っていると回答した（Heng Namyi, 2012）。プレイロング地域での活動として計画している森林局との法の執行（取締り）及びコミュニティ参加型の森林保全を実施してきた10年間に亘る経験は、取り組みの効果と効率を高める上で必須である。

中央カルダモン保護林の他にも、2006年からトンレサップ湖での活動を開始し、2008年には、漁業の管理とコミュニティの参加を通じて湖の水没林と野生生物を保護するために水産局との正式なパートナーシップを結んだ。その他、ラタナキリ州のブンサイ県にある生物多様性が豊かな広大な森林ランドスケープでの森林保全、仏教寺院との連携によるメコン川に生息する絶滅危惧種カントールマルスツポンの保全も実施している。

CI 本部（米国）

全世界約30ヶ国に存在するCIの現地プログラムの技術的・科学的サポートをしている。ペルー及びマダガスカルにおけるREDD+プロジェクトのVCS+CCBSの下での有効化審査、検証の経験を有し、現地カウンターパートに対する能力開発を多数実施している。

森林局

恒久林に関する規制（植林、コミュニティ植林、森林保全、国家土地被覆モニタリング、国家森林炭素蓄積量算定、森林炭素取引の規制等）の制定・管理を担当する政府機関である（森林総合研究所、2013）。国内に8つ制定されている保護林の管理の責任を持ち、プレイロング地域も管轄する。CIに加え、WWF、WCS、BirdLife International等の国際NGOとの連携による森林管理の経験を有する。

事業費見積

プレイロング地域の森林保全事業をJCMの下で実施する場合に理想的な活動を実施するのに必要となる事業費として、2015年度1億58百万円、2016年度1億41百万円、2017年度1億35百万円（120円/米ドルを想定）と見積もられた。費用を構成を表5に示す。

表 5 事業費構成

項目	小項目	2015	2016	2017
活動 1：森林局による取締り				
旅費	プノンペン⇄現地等（監督、報告、人員変更等）	○	○	○
燃料等	車両、バイク、発電機用燃費、通行両、フェリー代金	○	○	○
諸経費	車両等修理、車両保険、印刷、広報、銀行手数料、フィールド用品（電池、虫除け等）、その他	○	○	○
会議	四半期会合	○	○	○
森林局	活動費	○	○	○
活動 2：設備導入・購入				
建設	1年目ステーション本部（\$100k）、2年目サブステーション（\$50k）x2	○	○	
車両	ピックアップトラック 2 台、木材運搬トラック 1 台、バイク 24 台	○		
計測機器	GPSx8, GPS カメラ x1	○		
その他精密機器	PCx9、無線 x20、衛星電話、コピー機	○		
その他	フィールド用品、水キャリア、ナタ、医療セット、アイスボックス、車両用バッテリー、替タイヤ、調理用機器、井戸掘り、発電機、水汲み上げポンプ、バリケード、投光照明等	○		○
活動 3：コミュニティ				
保全活動	コミュニティインセンティブ、ローカルレンジャー	○	○	○
活動 4：CI カンボジアによる現地支援（森林局による取締り、コミュニティ活動）				
人件費	人件費（1975 人・日）、	○	○	○
旅費	カンボジア国内旅費	○	○	○
その他経費	その他	○	○	○
活動 5：研修及び調査				
調査	上空からのモニタリング 3 回	○	○	○
研修	パトロール活動に関するトレーニング 2 回	○	○	○
活動 6：JCM 登録・削減量定量化				
調査	文書作成補助	○	○	○
調査	衛星画像解析		○	○
活動 7：CI ジャパンによる JCM プロジェクト管理				
人件費	人件費	○	○	○
旅費	東京⇄プノンペン	○	○	○

資金計画

2014 年 4 月の JCM に関する日・カンボジアの二国間合意文書の内容、2013 年度の JCM 補助事業の要綱、関係者からの聞き取りを通じて、REDD を JCM 補助事業としてカンボジアで実施する場合の特長から、主要な課題として以下にあげる 4 点が特定された。それぞれについて、対応策を検討した。

予算規模：**課題**

- 2015 年度に新規で要求にあがっている「REDD+型 JCM プロジェクト補助事業」⁴は 1 億円であり、最大額になる。総額の減額に加え、複数プロジェクトへの補助の可能性もある。数千万円になる可能性もある。
- 一方で、JCM 事業としてのプレイロングでの事業実施には、年間 1 億円以上が必要と見積もられている。プロジェクト候補地の特性から、予算に合わせたプロジェクト活動の縮小は、活動地の外への森林減少の単なる移転になる可能性があるため、大幅な事業費の縮小は困難である。

対応案

- 他の資金、支援との組合せを検討する。
- 予算規模や補助対象プロジェクト数の把握に努め、翌年度の申請に備える。

交付スケジュール**課題**

- 年度末実績報告書後の交付となるため、交付まで全額を負担するための資金源が必要である。
- 補助事業者として想定している CI ジャパンの財政では、不可能である。

対応案

- CI ファウンデーションと協議し、貸付けを受けることのできることを得た。

予算執行可能な期間**課題**

- 予算執行が不可能な年度の切り替わり時期が違法伐採が盛んな乾季にあたる。

対応案

- この時期の活動資金を充当できる他資金を検討する。

他の緩和メカニズムとの関係**課題**

- 他の国際的な緩和メカニズムへの登録が不可能であり、他ドナーからの支援機会を限定する。

対応案

- クレジット化を想定した他制度を活用した資金獲得が期待される地域を除外する。プレイロング地域は、2011 年度から日本の二国間制度に対する調査を実施していることから、カンボジア政府としても JCM の実施地として認識しており、クレジット化を想定した他制度の利用計画はない。

⁴ 環境省平成 27 年度歳出概算要求書 <http://www.env.go.jp/guide/budget/h27/h27-gaisanyokyu/01.pdf>

- ▶ クレジット化を目指さない森林保全・コミュニティ支援事業等との連携を検討する。

他資金源や支援事業との組合せが不可欠であることが明らかになった。現在、カンボジア政府資金や途上国援助機関の支援との組合せの検討が行われており、来年度の JCM 補助事業申請に向けて、慎重な調整の継続が必要である。

(2)日本の貢献

カンボジアの森林は、水源地として漁業や農業等の主要産業を支え、また樹脂等の非木材生産物を提供してその多くが貧困状態にある地元コミュニティの生活を支えている。JCM のスキームにより実施可能になるこの森林保全プロジェクトは、これらの産業を守ることで、同国の持続可能な開発に大きく寄与するものである。また、カンボジア政府は、国家森林プログラム（2010－2029）で REDD を戦略優先課題のひとつとして位置づけ、森林法の執行とガバナンスの強化を目指している。カンボジアの森林セクターにおいては、汚職や横領などの違法行為が森林の健全な管理を妨げる要因となっており、JCM における REDD+は、出資者である日本政府に対する財務報告を要求するため、資金や物資の流れの透明性の向上に貢献する。ただし、失敗すれば、不適切な資金の供給源となりかねないため、現地で長年活動している CI カンボジアによる適切なモニタリングが不可欠である。

また、日本政府の資金により REDD プロジェクトを開始し、信頼性を構築することで、将来的に日本企業が JCM スキームからのクレジット利用した排出削減に取り組み始めた場合、カンボジアにおける REDD への投資を誘引できる可能性もある。

日本は、リモートセンシングを用いた森林モニタリングの分野で高い技術を有する。特に、有償画像が利用できる状況において、その技術は効果を発揮するため、活動資金と競合しない資金源を確保することが日本の技術を温室効果削減の達成に貢献させる上で重要になると考えられる。

(3)MRV 体制

現在、作成している方法論において、排出削減量の定量時に必要となる計測項目は、森林面積であり、衛星画像の解析により求める。モニタリングは、本来であれば、プレイロン地域を管轄するカンボジア森林局がモニタリングを実施するべきである。しかしながら、現時点では、リモートセンシングを担当する部署の人的資源は著しく不足していることがこれまでの調査で明らかになっている。現在、FAO や JICA の森林モニタリングに関する技術支援が投入されており、長期的にはホスト国政府が主体となってモニタリングを実施することが期待されるものの、数年内に必要となる JCM のためのモニタリングでの衛星画像解析は、確立した技術を有する日本企業等が担当するのが妥当と考える。

一方、2012 年度の実現可能性調査時に実施した森林炭素蓄積量の算出のための森林調査では、森林局の担当部局を対象にトレーニングを実施し、調査の標準作業手順書及び計測機器の取り扱いマニュアル

を作成した。2012年度以降、トレーニング及び調査に参加した森林局スタッフが他地域での調査トレーニングを担当しており、実現可能性調査を通じた支援の成果が活かされている。

(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

環境十全性の確保

プロジェクトは、森林の保全を目指しており、プロジェクトが成功すれば、環境への悪影響はない。一方で、プレイロング地域は、平地であり、周囲のどこからも違法伐採者が容易に侵入できるため、一部分の地域を対象とした取締りは、違法伐採の移転を引き起こす可能性がある。プロジェクトでは、活動全体の実施には、複数資金源の組み合わせが必須であることが判明しており、プロジェクト開始まで、開始以降も資金の獲得に取り組むことで構造的な森林減少の移転を防ぐ必要がある。

プレイロング地域は、2.(4)に述べた通り、生物多様性上の重要性の高い地域である。一方で、野生生物の個体数は、プレイロング地域に本来生息し得る数を大きく下回っていることが報告されている。プレイロング地域が効果的に保護され、回復可能な個体数を現時点で有する野生生物種について、カンボジア国内の他保護地域と同レベルの野生動物の生息数まで回復すれば、国内及び世界レベルにおけるプレイロング地域保護の重要性は、劇的に高まることが予想される。加えて、プレイロング地域の保護は、極めて希少な熱帯低地常緑樹林の回復を可能にすると同時に、世界的な絶滅危惧種を豊富に抱く生態系を保全するための最適の事例となり得る。生物多様性条約 (CBD)においてカンボジアが REDD+を利用しながら生物多様性を回復し得るという事例となり得る。

地元コミュニティへの影響

プレイロング地域のコミュニティは、2.(4)に述べた通り、森林に直接的に依存して生活しており、森林保全と森林劣化の減少は、地域住民の生計にとってプラスの影響をもたらすと考えられる。同時に、プロジェクトの実施に向けては、住民の生存上不可欠な森林資源へのアクセスを限定することがないことが保障されるよう、綿密な計画を練ることが必要である。プロジェクトは、コミュニティの参加を活動の一部に位置づけており、森林パトロール活動への参加による雇用や、その他コミュニティの置かれている現状と希望を反映させたインセンティブ・プログラムを実施する予定である。

プレイロング地域の周辺住民の土地所有権は不明確であり、外部の利権や土地の没収に対し極めて脆弱である。土地を失った住民は、食物生産のため新たに森林を開拓することも頻繁である。従って、土地所有権の問題は、プレイロング地域における森林保全にとっても重要課題であり、対策方法を十分に検討する必要がある。

プレイロング地域でのコミュニティへの活動の展開においては、まず複数のパイロットコミュニティで活動を実施し、その後、対象コミュニティを拡大する計画である。コミュニティの保全活動を可能にするために、CIが世界各地で用いている保全契約 (Conservation Agreement) と呼ばれる手法を適用する。極めて貧しい生活を送るコミュニティにとって、短期的な収入は、非常に重要であり、そのために農地

開拓、密猟、違法伐採など、身近にある自然資源からの搾取が行われている。そのような場所で森林保全を実施する場合には、コミュニティが保全という選択肢を選べるような方法が必要である。保全契約は、コミュニティによる効果的で計測可能な保全活動と引き換えに、コミュニティに対して便益を提供するという仕組みである。便益は、コミュニティの持続可能な発展に貢献するものである必要があり、保全活動と便益の内容は、地元住民と話し合いを通じて決めていく。カンボジアにおいては、中央カルダモン保護林において、保全契約を実施しており、効果を挙げている。

現時点でのプレイロング地域でのコミュニティへの展開を以下に示す。

初年度：

- パイロットコミュニティの選定
 - 森林局との協議により、対象とするプレイロング地域内又はその周辺のエリアを決める。
 - 候補コミュニティを訪問、対話を通じてパイロットコミュニティを決定する。
- 保全契約の作成・締結・開始
 - 対象コミュニティとの対話を重ね、保全契約の内容を作成する。便益は、コミュニティが希望し、コミュニティの持続可能な発展に資する内容である必要がある。例えば、アグロフォレストリーの導入、竹を活用した収入源の開発、樹脂の生産・サプライチェーンの改善、トラクターの導入などが想定される。
- 保全契約の一部としてコミュニティによる森林パトロール
 - コミュニティが組織として自らパトロール活動を運営できるよう、トレーニングを行う。パトロール活動自体のトレーニングに加え、パトロールをコミュニティが運営していくためのトレーニングも行う。その際には、コミュニティ内で機会が公平にいきわたるよう、注意を払う。
 - コミュニティが違法行為を発見した際に森林局レンジャーに報告するための連携体制を構築する。
 - コミュニティが適切にパトロールを遂行するために CI 及び森林局がモニタリング・支援する。

2 年次以降：対象コミュニティを拡大して同様の活動を実施する。

カンボジアの持続可能な開発への寄与

プレイロング地域は、メコン川とトンレサップ湖に流入する水と堆積物を調整する重要な水源地であり、70 万人のカンボジア国民が灌漑用水を通じて依存していると考えられている (Thelaide & Schmidt 2010)。また、プレイロング地域を流れる川は、メコン川水系の魚の産卵地となっており、プロジェクトは、地域に暮らす先住民コミュニティの生活のみならず、下流域の農業者、漁業者の生計、それらに依存する国民の食糧安全の確保に貢献するものである。

セーフガード

プロジェクトからの負の影響を回避し、正の影響を評価するため、「気候、地域社会、生物多様性プロジェクト設計スタンダード (The Climate, Community and Biodiversity Standards (CCBS))、もしくは「REDD+社会・環境スタンダード (REDD Social and Environmental Standard)」を適用することが推奨される。カンボジア政府は、国内で開発されているボランタリークレジットを活用する REDD+プロジェクトに CCBS の取得を求めており、他の取組みとの整合性の面を高める上でも有効である。今後日本政府からのガイダンスが公表された場合、それを参照し、必要な対策を講じることとする。

(5) 今後の予定及び課題

表 6 に今後の予定と課題を整理する。

表 6 今後の予定と課題

	プロジェクト計画等	現地活動	方法論	PDD	セーフガード
3 月 頭	ホスト国への調査結果の報告		方法論を最終化	リファレンス排出量の設定完了	コミュニティへの展開戦略素案完成
補助金 応募 に 向 け た 準 備	<ul style="list-style-type: none"> ・27 年度予算額に応じた複数資金源の組み合わせ案を詳細化 ・民間企業、支援機関を含めたパートナーシップの可能性のある機関との調整 ・ホスト国との最終的な調整 <p>【課題：排出削減量の按分方法に関する方針が必要】</p> <p>【課題：最も効果的な設計が出来るよう、ポテンシャルのある資金源の最新状況を把握しながらの計画作成が必要】</p>	現地の状況をカンボジア政府及びCIカンボジアから情報収集	<p>方法論ガイドラインが公表され次第、開発した方法論との整合性を確認</p> <p>【課題：開発した方法論と公表される方法論ガイドラインの要求の関係】</p>		セーフガードガイドラインが公表され次第、内容を確認
応募					
J C M 補 助 事 業		JCM 補助金の下での森林保全活動を開始	ガイドラインに準拠しない項目があった場合、必要性を検討の上、方法論を修正 →JC に登録	PDD の文書化 →JC に登録	コミュニティへの展開

5. JCM 方法論作成に関する調査

2012年度のFS調査において、プレイロン地域を対象地として想定した方法論開発の方針と方法論の草案の作成を行った。本調査では、その成果に基づき、来年度の方法論登録に向けて、方法論案を最終化した。以下に、方法論開発の方針の検討結果を示す。

方法論開発の方針

カンボジアでは、既に Verified Carbon Standard (以下、VCS) / CCBS の下で有効化審査、更には検証を受けた REDD 事業が存在する。そのような状況の中、今後のサブナショナル及び国家プロセスとの連結を睨み、調査開始時点からカンボジア政府から既存事業における排出削減量の定量化手法との一貫性の確保がリクエストされていた。

REDD のリファレンス排出量の設定は、森林に関わる多様なステークホルダーの将来の挙動の結果としてプロジェクトバウンダリー内で発生する森林減少・劣化を予測するという、複雑な現象を対象とした作業である。リファレンス排出量は、排出削減量を大きく左右するため、信頼性の高いリファレンス排出量の設定手法は、二国間クレジット制度自体の信頼性の確保に必須である。2012年度調査の中で実施した国内検討委員会においても、VCS と同等の厳格性をもった MRV 方法論が二国間クレジット制度のクレジットの質の担保には必要であるとの意見が委員より述べられた。複雑な現象を対象とする REDD の方法論として、そこで用いる手法の厳格性と透明性を損なうことなく国際的に示すためには、信頼性の高い査読や第三者検証を受けたという裏づけが必要となる。よって MRV 方法論を開発するにあたっては、第一段階目の作業として、対象とする事業のリファレンス排出量の計算に必要な手法として、プロジェクト査読及び第三者認証を既に受けた手法に関する文献及び動向調査を実施することとした。

REDD は、京都メカニズムの対象に含まれないため、ボランタリープログラムがその取組みを牽引している。2013年、全世界で森林分野（再植林等も含む）からのクレジットとして 32.7 百万トンが取引されたが、その内の 29 百万トン以上がボランタリー市場における取引であった (Ecosystem Marketplace, 2014)。スタンダード別では、全クレジットの 46%が VCS、40%が内部 (Acre Carbon Standard 含む)、2%が CDM、1%が American Carbon Registry (ACR)を用いていた (Ecosystem Marketplace, 2014)。UNFCCC においても、様々なアプローチの枠組み (Framework for various approaches) の下で認識される可能性のあるプログラムとして、ボランタリープログラムが挙げられており、VCS の方法論と CDM 方法論の親和性も述べられている (FCCC/TP/2012/4)。政府の取組みとしては、REDD 分野で先行する地域の一つであるペルー・サンマルティン州が VCS を採用しており、VCS に対する信頼性が国連、政府、ボランタリー市場のいずれにおいても高いことが分かった。REDD からのクレジットの定量化が可能なスタンダードとしては、その他に Plan Vivo や CarbonFix 等が存在する。それらのスタンダードの網羅的な調査から、厳格な排出削減量の定量化に主眼に置く場合に推奨されるスタンダードとして VCS が挙げられている (Estrada, 2011)。VCS の方法論を精査したところ、CDM 方法論のみならず、IPCC や GOF-C-GOLD

から出されている技術書に沿った手法開発がされており、国際的なスタンダードに沿った、厳格性を有する方法であること、そして他の多くのスタンダードと同様、第三者認証を経て登録されており、客観性と透明性を満たしていることを確認した。以上の検討結果に基づき、二国クレジット制度の信頼性の確保のため、MRV 方法論の開発に当って、参考にする既存手法として、VCS 方法論が適切であると判断した。この方針は、ホスト国であるカンボジア政府からの要求とも合致し、二国間交渉を効果的に進めるという意味でも、既存 VCS 方法論を参考とした方法論の開発は、妥当な方針であると考えている。

2015 年 1 月現在、VCS には、REDD を対象とした方法論としては、4 つの方法論が登録されている。これらの方法論の内容を調べ、プレイロングの自然環境及び直面している森林減少・劣化のパターンに照らし、方法論の開発に最も参考になる方法論として「Methodology for Avoided Unplanned Deforestation ver 1.1 (以下、VM0015)」を特定した。方法論を具体的に開発するにあたっては、VM0015 の該当箇所で示されている手法を調べ、実際に当てはめるという作業を実施した。個々のステップについて、データ・情報の入手可能性、分析に要する手間と時間、結果の妥当性を検討し、現実的に実行可能で、かつ信頼性を担保できる分析手法を特定した。全ステップを一部（伐採木材製品の扱い）を除いて、実際に適用し、手法が適用可能であることを確認しながら方法論案を開発した。開発された方法論案と参考にした VM0015 との主な違いを以下に示す。

- リークージベルトの設定方法として、データの入手及び解析が容易な手法を追加した。
- 排出削減量の推定への貢献が少ないリークージ管理エリアのバウンダリー設定を求めないこととした。
- 森林減少率の推定手法の 1 つである Time function approach において、森林減少に適した森林がある期間の推定が求められているが、リファレンス排出レベルの引き直しが 10 年であるという状況を考慮すれば、省略できるプロセスであるため、省略・簡略化した。
- 森林減少の既存インフラや人口分布等の空間配置への依存の有無に応じて、空間モデルを用いた森林減少の空間的な予測を求めることとした。
- 非森林化後の土地利用における炭素量蓄積量の推定に求められているものの、排出削減量の推定への貢献が少ない空間区分の設定プロセスを廃した。
- プロジェクト排出量とリークージ排出量の推定は、プロジェクトが実際にどの位効果的に森林減少ドライバーに対する対策を講じられるかに依存する。対策の効果は、多岐にわたる関係者の現状、能力、能力向上計画、予算、社会的要因等が絡み、更に時間軸に沿って一定に変化するものではなく、よって、その効果の事前の推定は、主観的にならざるを得ない。VM0015 の方法論でも、「保守的に効果を 0 から 1 の間で設定すること」と指示するに留まり、具体的な手法は指定していない。客観性に欠いたプロジェクト成功度とリークージ防止効率に基づくプロジェクト排出及びリークージ排出をやめ、客観的データに基づいて推定される最大排出削減可能量を最終的な値として提示することとした。

(1)適格性要件

開発した方法論による適切な排出削減量の定量化を担保するため、以下を適格性要件として定めた。

- 要件1) リファレンスシナリオにおける活動が政府による計画に基づく森林減少でないこと。
- 要件2) 対象地が過去最低 10 年間森林であった土地であること。森林は、国家森林インベントリーの定義等、ホスト国の国レベルでの REDD の取組において採用されると想定される定義に基づくこととする。2015 年 1 月時点の情報によれば、「樹高 5m 以上、樹冠率 20%以上、天然林および植林・プランテーション含む」と定義されることが想定されている。
- 要件3) 対象地に総面積の 0.3%以上の泥炭地が含まれないこと。泥炭地は、重量で 65%以上の有機物を含有し、50cm 以上の厚さをもつ有機土壌として定義する。

これらを適格性要件として定めた理由を以下に示す。

- 要件1) プロジェクトが森林の減少要因が計画に基づく森林減少である場合、リファレンス排出量の算定は、その計画に基づくことになり、本方法論案で定める手法では計算できない。よって、計画に基づく森林減少がリファレンスシナリオにおける活動となる場合、本方法論案は適用不可である。一方、カンボジアで森林減少の主要要因の一つである ELC は、民間からの申請に基づき、カンボジア政府が承認するものである。あらかじめ、ELC 対象地が特定されておらず、将来的にどこに ELC が発行されるかの予測は出来ない。よって、この要件で除外する政府による計画に基づく森林減少には該当しない。既にプロジェクト対象地内に発行された ELC の取り消しをプロジェクト活動とする場合には、計画による森林減少となるが、プレイロング地域のリファレンスシナリオに、発行済みの ELC は含まれない予定である。
- 要件2) カンボジアでは、森林局による森林定義の見直しがなされている。国家森林計画では、森林として定められる最低樹冠率は 10%とされているが、国レベルの REDD の取組との整合性を優先した定義を採用することとする
- 要件3) 泥炭湿地林からの温室効果ガス排出の過程は、それ以外の森林とは異なり、適切な算出手法が求められる。カンボジアでは、プレイロング地域を含め、泥炭湿地林の存在は、これまでに報告されていないため⁵、本方法論に含めないこととした。一方で、非常に小さい規模でプロジェクト対象地内に存在することが判明した場合にも対応できるよう、無視できる面積率の上限を定めることとした。一般的に、泥炭湿地林の炭素蓄積量は、それ以外の森林の 5 倍～10 倍と言われており（例えば、Page et al. 2011⁶）、排出量全体の 3%以下を無視できる程小さいと考えることとして、対象地に総面積の 0.3%を上限として定めた。今後、無視できる排出源の指針が出された場合には、それを反映する。

⁵ Sustainable Management of Peatland Forests in Southeast Asia

⁶ Page, Susan E.; Rieley, John O.; Banks, Christopher J.. 2011 Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17 (2). 798-818.

(2)リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定

対象地では、地元住民による小規模な農地転換、土地権利取得を目的とした違法な森林伐採、企業による農業・林業用地のコンセッション獲得を通じた大規模伐採が森林減少の要因となっている。しかし、2.(1)で述べた通り、農業・林業用地のコンセッションは、企業からの申請に基づいて発行されるため、カンボジア政府としての計画が存在せず、将来のコンセッション発行面積を予測することは困難であり、本調査では、これをプロジェクト実施による排出削減量の計算には含めないこととした。排出削減量の計算対象とするのは、小規模な農地転換、土地権利取得を目的とした違法な森林伐採である。

本報告書では、方法論の要点を示す。詳細なステップや解析の詳細な手法については、方法論を参照されたい。なお、今後公表される予定の方法論ガイドラインを参照し、必要に応じて修正を加えることとする。

リファレンス排出量の設定

1. 概要

2. プロジェクトバウンダリー

空間バウンダリー、期間バウンダリー及び炭素プールを定める。

2.1. 空間バウンダリー

リファレンス地域

- プロジェクトエリアと類似したドライバー、自然環境、社会経済文化的状況を有する。
- ホスト国政府が準備している国・準国レベルのリファレンス排出量の設定状況を可能な範囲で把握し、考慮に入れる。

プロジェクトエリア

- プロジェクト活動が実施される森林とする。
- インフラ建設が計画されている場所は除外する。

2.2. 期間バウンダリー

プロジェクト開始日

- プロジェクト活動を始めた又は始める日とする。

歴史的リファレンス期間

- プロジェクト開始日から可能な限り近い日から過去に10～15年程度とする。

リファレンス期間

- 10年間とする。

モニタリング期間

- 最短1年間隔、最長リファレンス期間の年数とする。

2.3. 炭素プール

表 13 の通り定める。

表 7 炭素プール

炭素プール	取扱	背景
地上部	樹木：含める	主要な炭素蓄積プールである。
	樹木以外：事業者が決定	多年生作物への転換が想定される場合には、含めなければならない。
地下部	事業者が決定	含めることが推奨される。
枯死木	事業者が決定	有意な場合にのみ、含めることが推奨される。
リター	事業者が決定	有意な場合にのみ、含めることが推奨される。
木材製品	事業者が決定	有意な場合には、含めなければならない。
土壌有機炭素	事業者が決定	農地への転換が想定される場合には、含めることが推奨される。放牧地と多年生作物への転換が想定される場合には、含めない。

なお、二酸化炭素以外の GHG 排出源として、一般的に、バイオマス焼失からのメタン排出と家畜からのメタン及び一酸化窒素の排出が想定されている。方法論では、現地の状況を検討した結果、保守性の担保と方法論の簡略化のため、GHG 排出源は、以下の通り、含めないこととした。

- プレイロングでは、森林が伐採された後、伐採された木材が一部運び出された後、残った残渣が焼き払われることが、現地調査の結果分かった。飛び火等による森林火災を除いて、一般的な状況と考えられる。メタン発生源である残渣の量の特定が保守性を保った計算には必須であるが、その定量化は難しい。バイオマス焼失からのメタン排出は、排出源に含めないこととした。
- プレイロングでは、放牧のための森林伐採はなく、リファレンスシナリオとプロジェクトシナリオで家畜からの排出に変化はないと予想されるため、簡略化のため、排出源から除外した。

3. リファレンスシナリオ**3.1. 歴史的な土地利用土地被覆変化の解析**

以下のステップに従い、歴史的な土地利用土地被覆変化の解析を実施する。

- データの収集

- 最低限でも以下のデータを収集する：
 - 過去 10–15 年間程度をカバーする中空間分解能の画像データ（10 m x 10 m ~100 m x 100m）
 - 高空間分解能の画像データ（5 m x 5 m 以下）、または直接地上観察によるランドトランスデータ
- 土地利用土地被覆分類の定義
 - プロジェクト開始時点でリファレンス地域内に分布する土地利用土地被覆分類を同定し、記載する。
 - 各分類内の単位面積あたりの炭素蓄積量が同様となるように分類するが、炭素蓄積量は、プロジェクトエリア内とリーケージベルト内でのみ実際には推定する。
 - 最低限の分類は、森林と非森林である。
 - リファレンスシナリオにおける非森林化後の土地利用土地被覆分類を同定する。
- 土地利用土地被覆変化区分の定義
 - リファレンスシナリオ及びプロジェクトシナリオの下での土地利用土地被覆変化の組合せを同定する。
- 歴史的な土地利用土地被覆変化の解析
 - 解析により、以下の地図を作成する：
 - 森林被覆ベンチマーク地図として、少なくとも、プロジェクト開始日から±2年とプロジェクト開始日の10年前±2年の森林・非森林地図。
 - 土地利用土地被覆図として、プロジェクト開始日から±2年時点の分類図。
 - 森林減少図として、解析期間に発生した森林減少を示した地図。
 - 土地利用土地被覆変化図として、上で定めた土地利用土地被覆変化区分を表した地図。多くの場合、土地利用土地被覆図と土地減少図の組み合わせることで作成可能。
- 精度検証
 - 作成した地図上の分類と高空間解像度画像や地上観察データなどによる分類の対応をマトリックス表にする。
 - マトリックス表に基づき、既存の手法を用いて精度を計算する（例えば、Congalton, 1991 や Pontius, 2000）。
 - 森林被覆ベンチマーク地図は、90%以上の精度なければならない。
 - 土地利用土地被覆分類図の各分類、土地利用土地被覆変化図の各区分は、80%以上の精度がなければならない。精度が満たされない場合、以下の選択肢がある。
 - 他の分類区分との統合
 - 非森林との判別精度が最も低い分類区分を森林被覆ベンチマーク図から除外

3.2. 森林減少要因に関する分析

以下のステップに従い、森林減少要因を分析する：

- 森林減少のエージェントを特定
- 森林減少のドライバーを特定
- 根本的要因を特定
- 森林減少をもたらす一連の事象を分析
- 将来の森林減少率に関する分析の結論

4. リファレンス排出量

4.1. 将来の森林減少予測

森林減少が既存インフラや人口分布等の空間配置に依存しているか否かにより、空間モデルを用いた森林減少の空間的な予測を求めることとする。空間モデルの詳細については、Box 4 を参照。プレイロングの場合、プロジェクトエリア内での歴史的な森林減少率は、リファレンス地域のそれと比較して、かなり小さいことが 2011 年度及び 2012 年度の調査で確認された。プロジェクトエリア内で今後予想されるのは、現在の低い森林減少率から、徐々に高い森林減少率に移行するというシナリオである。周辺地域からの移入農民は、アクセス性の高い地域の森林から転換させていくため、リファレンス地域全体でみると、まずアクセス性の高い地域の森林から農地に転換されていき、次にプレイロングのようにアクセス性の低い地域が伐採される。アクセス性だけではなく、人口密集地からの距離や農地への適正なども影響する。保守性を損なうことなく、プロジェクトエリア内の森林減少面積を予測するためには、どのようにプロジェクトエリア内に森林減少が侵出してくるかを予測しなければならない。その目的で、空間モデルが使われている。空間モデル以外に、プロジェクトエリア内の低い森林減少率からリファレンス地域内の比較的高い森林減少率に推移させる手法として、例えば、推移にかかる年を設定する、といった案も出たが、現地の状況に大きく依存するため、推移にかかる年の一般化は出来ず、空間モデルの代替となる手法は開発できなかった。一方、大規模プランテーション開発は、インフラの開発や労働者の移動も伴うため、現時点での道路や人口の空間的配置への依存度が低く、発生場所の空間的な予測は不可能であることが分かった。リファレンス地域内（あるいはカンボジア国内）で、法的な規制がかかっていない地域については、リスクの高低はない。方法論では、このようなタイプの森林減少については、リファレンス地域全体で均一に発生しうると想定し、空間的な推定を求めないこととした。

将来の森林減少を以下のステップに従い予測する：

- 将来の森林減少率の予測
 - 予測のアプローチとして、Historical average approach、Time function approach、あるいは Modeling approach を用いることが出来る（図 10）。Historical average approach は、過去の二時点の森林面積から森林減少率を求める一般的な手法である。森林減少率

が増加している場合には、Time function approach または Modeling approach を用いることで、現実を反映した森林減少の予測が可能となる。森林減少率は、リファレンス排出レベルに大きく影響するため、方法論を適用するプロジェクトが最も適切な予測が出来るよう、3つのアプローチいずれも選択できることとした。

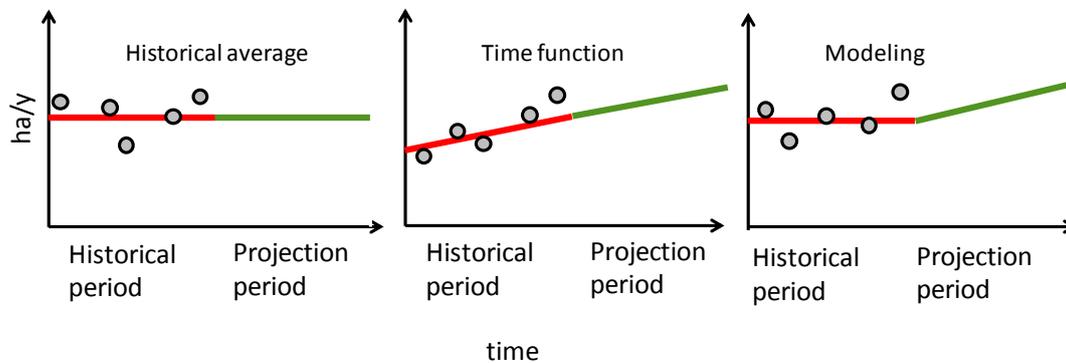


図 10 森林減少率予測の概念図

- 将来の森林減少の場所の予測

以下のステップに従い、空間モデルを用いて将来の森林減少の場所を予測する。詳細については、Box 4 を参照されたい。

- 森林減少ファクターの地図化
- 森林減少リスク図の作成
- 将来の森林減少の場所の地図化

Box 4 空間モデルの概要

将来の土地利用変化の空間的予測に用いられるソフトウェアはいくつか存在するが、本調査では、米国クラーク大学で開発された IDRISI の Land Change Modeler (LCM) を解析に用いた。下図に、空間モデルでの解析フローを示す。ここでは、3時期 (T0年、T1年、T2年) の画像解析を想定している。入力データとしては、衛星画像の解析結果に加え、ドライバー分析から森林減少に影響する要因として特定された要因の分布情報 (例えば、土壌、人口) や要因からの距離 (例えば、道路からの距離) の空間情報を整備する。まず、T0年とT1年の間の森林減少と森林減少要因の空間情報の関係をモデル化する。この際、様々な要因の組み合わせを試みることで、森林減少に寄与している要因の組み合わせを選択する。作成されたモデルと、モデルに用いられている要因の空間情報から、森林減少リスク図を作成する。続いて、T1年からT2年に観測された森林減少面積をリスクの高い場所に空間的に割り付け、同じくT1年からT2年に観測された森林減少の位置と比較し、モデルのバリデーションをする。精度が十分高ければ、そのモデルを将来の森林減少の空間的分布の予測に用いる。精度が低い場合には、ドライバーの解析に戻る。

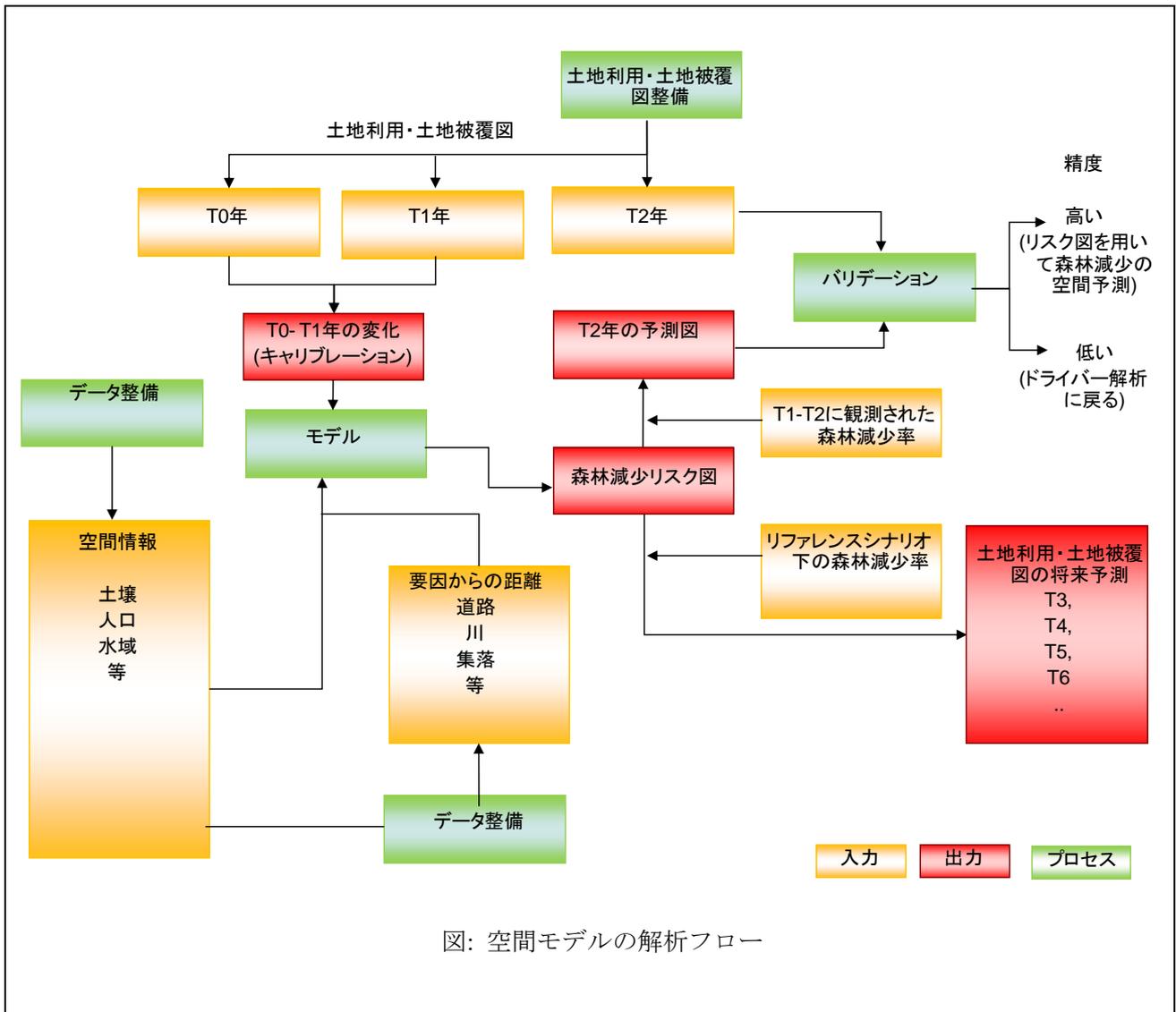


図: 空間モデルの解析フロー

4.2. リファレンス炭素蓄積量変化の推定

排出係数となるリファレンス炭素蓄積量変化は、土地利用土地被覆の各区分の平均炭素蓄積量から求める。

- 土地利用土地被覆の各区分の平均炭素蓄積量
 平均炭素蓄積量のデータとしては、プロジェクトの地域を対象とした1) 既存調査の結果(実施されてから10年以内等の要件を満たす必要あり)、2) 新たに実施するプロット調査の結果、3) デフォルトデータ(森林については、30%減、非森林化後については、30%増する必要あり)を利用することが出来る。
- リファレンス炭素蓄積量変化(排出係数)の算出
 全炭素プールについて、森林については、非森林化と同時に100%放出、非森林化後の土地被覆(農地など)については、非森林化と同時に100%蓄積すると仮定して排出係数を算出する。

5. リファレンス排出量の算出

以下の式に従い、リファレンス排出量を算出する。

$$\Delta CREFPA_t = \sum_{icl=1}^{icl} AREFPA_{icl,t} \times Cp_{icl,t} - \sum_{fcl=1}^{fcl} AREFPA_{fcl,t} \times Cp_{fcl,t}$$

ただし、

- $\Delta CREFPA_t$ プロジェクトエリア内の t 年における炭素蓄積量の変化; tCO₂-e
 $AREFPA_{icl,t}$ プロジェクトエリア内の t 年における森林区分 *icl* の面積; ha
 $Cp_{icl,t}$ 森林区分 *icl* の t 年に適用可能な平均炭素蓄積量; tCO₂-e ha⁻¹
 $AREFPA_{fcl,t}$ プロジェクトエリア内の t 年における森林減少後土地利用区分 *fcl* の面積; ha
 $Cp_{fcl,t}$ 森林減少後土地区分 *fcl* の t 年に適用可能な平均炭素蓄積量; tCO₂-e ha⁻¹

リファレンス排出量の算出に必要なデータ・情報を表 8 に示す。

表 8 リファレンス排出量の算出に必要なデータ・情報

情報・データ	種類、単位
プロジェクトエリアのポリゴン	GIS
リファレンス地域のポリゴン	GIS
土地利用・土地被覆変化図	地図
各森林タイプについて、対象とする炭素プールの炭素蓄積量	tonCO ₂ /ha
非森林化後の各土地利用タイプについて、対象とする炭素プールの炭素蓄積量	tonCO ₂ /ha
コンセッションや保護地域等のポリゴンデータ	GIS
[オプション]森林減少率に影響する要因のデータ（例えば、人口、作物価格）	統計（GIS）
森林減少の空間配置に影響する要因の空間情報データ（例えば、人口、道路からの距離、土壌肥沃度）	GIS

(3) プロジェクト実施前の設定値

2012 年の調査において、地上部・地下部バイオマスプールの炭素蓄積量を推定するためのアロメトリー式、枯死木プールの炭素蓄積量を推定するための材密度について、文献及び対象地近くで収集されたデータに基づき、地域で適用できるパラメーターを設定した。

地上部・地下部プールの推定に用いるアロメトリー式と材密度

地上部・地下部バイオマスプールの炭素蓄積量は、一般的に、プロット調査で計測する木の胸高直径

をアロメトリー式に当てはめて計算される。樹高を求めるアロメトリー式も存在するが、密な森林での精度の高い樹高計測には時間がかかるため、検討の対象からは除外した。既存アロメトリー式を文献から収集し、対象地に近いカンボジア西部のモンドルキリ州で森林局と国際 NGO の WCS により収集されたバイオマスデータ（胸高直径が 13cm~93cm の 12 個体）を当てはめ、保守的かつ当てはまりの良いアロメトリー式を特定した。また、Chave et al (2005)と Kiyono et al (2010)を比較した。材密度としては、文献からアジア地域の平均値である 0.57g/cm³(Reyes et al. 1992)を用いた。

以下にそれぞれの式を示す。

Chave et al (2005)

$$AGB = \rho \exp (-1.499 + 2.1481 \times \ln (D) + 0.207 \times [\ln (D)]^2 - 0.0281 \times [\ln (D)]^3)$$

ただし、

AGB 地上部バイオマス蓄積量、kg

ρ 材密度、g/cm³

D 胸高直径、cm

Kiyono et al (2010)

$$Wl = 173 \times ba^{0.939}$$

$$Wb = 0.217 \times ba^{1.26} \times WD^{1.48}$$

$$Ws = 2.69 \times ba^{1.29} \times WD^{1.35}$$

$$Wr = 0.500 \times ba^{1.20} \times WD^{1.33}$$

ただし、

Wl 葉のバイオマス蓄積量、kg

Wb 枝のバイオマス蓄積量、kg

Ws 幹のバイオマス蓄積量、kg

Wr 根のバイオマス蓄積量、kg

ba 胸高断面積、m²

WD 材密度、kg/m³

当てはめて検討した結果、誤差 2%であった Kiyono(2010)の式が選ばれた。

枯死木プールの材密度

枯死木プールの炭素蓄積量は、プロット調査で計測する枯死木の太さや長さ（状態により、計測項目は異なる）に基づき推定される。材密度は、枯死木プールの推定において、入手が困難なパラメータである。既存情報の調査の結果、AR-CDM のツール（“Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks

in dead wood and litter in A/R CDM project activities”) のデフォルト値がほぼ唯一のデータであった。先述のモンドルキリ州では、枯死木の材密度の調査も実施されており、それらの値と比較したところ、AR-CDM のツールに基づく値が小さく、保守的であることが確認できたため、これを本方法論のデフォルト値とすることとした。表 9 にデフォルト値として設定した枯死木の材密度をまとめる。分解クラスについては、表 10 を参照のこと。

表 9 枯死木の材密度

枯死木の種類	分解クラス	残存率 (0-1)	立ち木の材密度 0.57g/cm ³ を想定した場合の 枯死木の材密度, g/cm ³
立ち枯死木	Class 1	0.975	0.558
	Class 2	0.80	0.456
倒れ枯死木	Sound	1.00	0.57
	Intermediate	0.80	0.456
	Rotten	0.45	0.257

(出典:AR-CDM のツール“Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks in dead wood and litter in A/R CDM project activities”)

事業固有値として、プロジェクトバウンダリー及びリーケージベルトにおける樹木地上部・地下部バイオマス蓄積量及び土壌有機炭素プール蓄積量を設定した。

地上部・地下部バイオマス及び枯死木

プレイロング地域及びその周辺では、過去にもプロット調査が実施されており、プロジェクトバウンダリー内に存在する森林タイプの地上部バイオマス蓄積量データが複数存在する（例えば、Top et al, 2004）。常緑樹林については、データ間の差は小さいものの、落葉樹林については、データ間の差が大きく、妥当なデータの選択が困難であった。いずれの調査も、プレイロング地域全体を対象としたものではなく、一部地域を対象としていることも大きな差を生む原因の一つとして考えられた。地上部バイオマス蓄積量は、排出削減量の推定に大きく影響する重要な値であり、本調査では、プロジェクトエリア全体を代表する値の導出のため、プロット調査を実施することとした。

現在、カンボジアでは、国家森林インベントリー（National Forest Inventory : NFI、以下 NFI）の開発が進められており、REDD+への貢献も NFI の目的の一つとされている。カンボジア国内最大規模の森林であり、且つ REDD+事業開発が進められているプレイロング地域は、将来的に NFI の下で森林のモニタリングが行われることがほぼ確実であり、本調査においても、森林局内で NFI 開発の支援を実施している FAO と数回にわたり情報交換・協議した。NFI の設計にはまだ時間を要し、どのようなデザインが採用されるか現段階では不明であるが、本調査から得られたプロット調査の経験を関係者と共有し、また以下に説明する NFI を担当する森林局が主導権を持つ形での調査の実施は、NFI の開発そのものに

貢献するものとして、大変歓迎された。

プロット調査

体制

プロット調査の実施は、森林局が担当した。森林局（中央政府）から2人、地方森林局から1人、地元住民から3人の計6人から構成される調査チームが3チーム形成された。REDD+MRV 担当である森林局の Leng Chivin 氏が統括者となった。調査メンバーには、先行するオグダー・ミンチェ及びセイマにおける REDD+ プロジェクトでプロット調査に参加した森林局職員2人が加わった。

調査を通じて同じ手法を適用し、また高い精度のデータを収集するために、調査メンバーに対するトレーニングが必要であることが、これまでも指摘されている (Kitahara et al 2010)。今回の調査では、森林局との協議により、カンボジア国内で他の REDD 事業（セイマプロジェクト）に対して適用し、実績のある調査手法に基づいて調査を行うことに合意した。これは、Winrock International が開発した Standard Operating Procedures(以下、SOPs)に基づいた方法であり、Winrock International は、セイマプロジェクトでのプロット調査のトレーニングも実施している。本プロット調査に先立つトレーニングは、Winrock International の手法を熟知し、REDD プロジェクトのためのトレーニング経験があり、また REDD プロジェクトのバリデーターの経験もある英国人の個人コンサルタントに支援を依頼した。

プロット調査の手法は、上述のセイマプロジェクトで用いられた手法に基づき、事前に、コンサルタントと CI ジャパンにより準備した案をトレーニングの場で説明し、森林局の調査メンバー及び統括者との議論を通じて確定するというプロセスを取った。

サンプル数及び配置

サンプル数の決定に大きな影響を及ぼすパラメータ（炭素蓄積量）の分散は、場所により大きく異なるが、殆どの場合で調査の前には存在しない。そうした状況への現実的な対処として、VM0015 は、標準偏差を用いる一般的な式に加え、変動係数を用いる式を提供し、情報が限られる中でのサンプル数の算出を可能にしている。

$$n = \frac{t_{st}^2 \cdot (CV\%)^2}{(E\%)^2 + \frac{t_{st}^2 \cdot (CV\%)^2}{N}}$$

n	=	合計サンプル数
t _{st}	=	t 値(95%信頼区間の場合、約 2)
E%	=	許容誤差(10%)
CV%	=	文献から得られた最も高い変動係数
N	=	最大サンプル数

文献調査及び森林局へのインタビューにより、変動係数が報告されている文献として Top et al (2009)と FAO (1998) を入手し、変動係数を比較、最も大きな値であった FAO の 50%を用いて計算し、合計 100 点のサンプルが必要との結果を得た。しかしながら、引用した FAO の調査は、比較的狭い範囲を対象とした調査であり、広大な面積を対象とする本プロット調査の場合、合計 100 点では求められた精度に到達しない可能性も認識されていた。プロット調査の準備を進める一方で、森林局担当者にその可能性を説明し、JICA を含むドナーからの支援でカンボジア政府が実施する森林保全・REDD+事業の一環として、必要な場合にはプロットを追加するための調整も行った。また、セイマでの調査では、地点間の移動にかかる時間に依存し、1 サンプル地点には 1 日～2 日を要したという経験から、100 地点は 2 ヶ月という限られた日数で現実的な数であろう、という森林局の見解であった。

サンプルの配置は、当初、グリッドに完全に従うシステムティックサンプリング法を用いることも想定したが、本調査後にサンプルを追加する場合にも対処できるよう、0.05 度格子からのランダムサンプリング法を採用することとした。格子の開始点もランダムに決定した。調査の対象地は、保護林予定地の周りに 10km のバッファーを設け、プロジェクトバウンダリーとリーケージベルトの森林を代表するよう設定した。図 11 にサンプリング点の配置を示す。

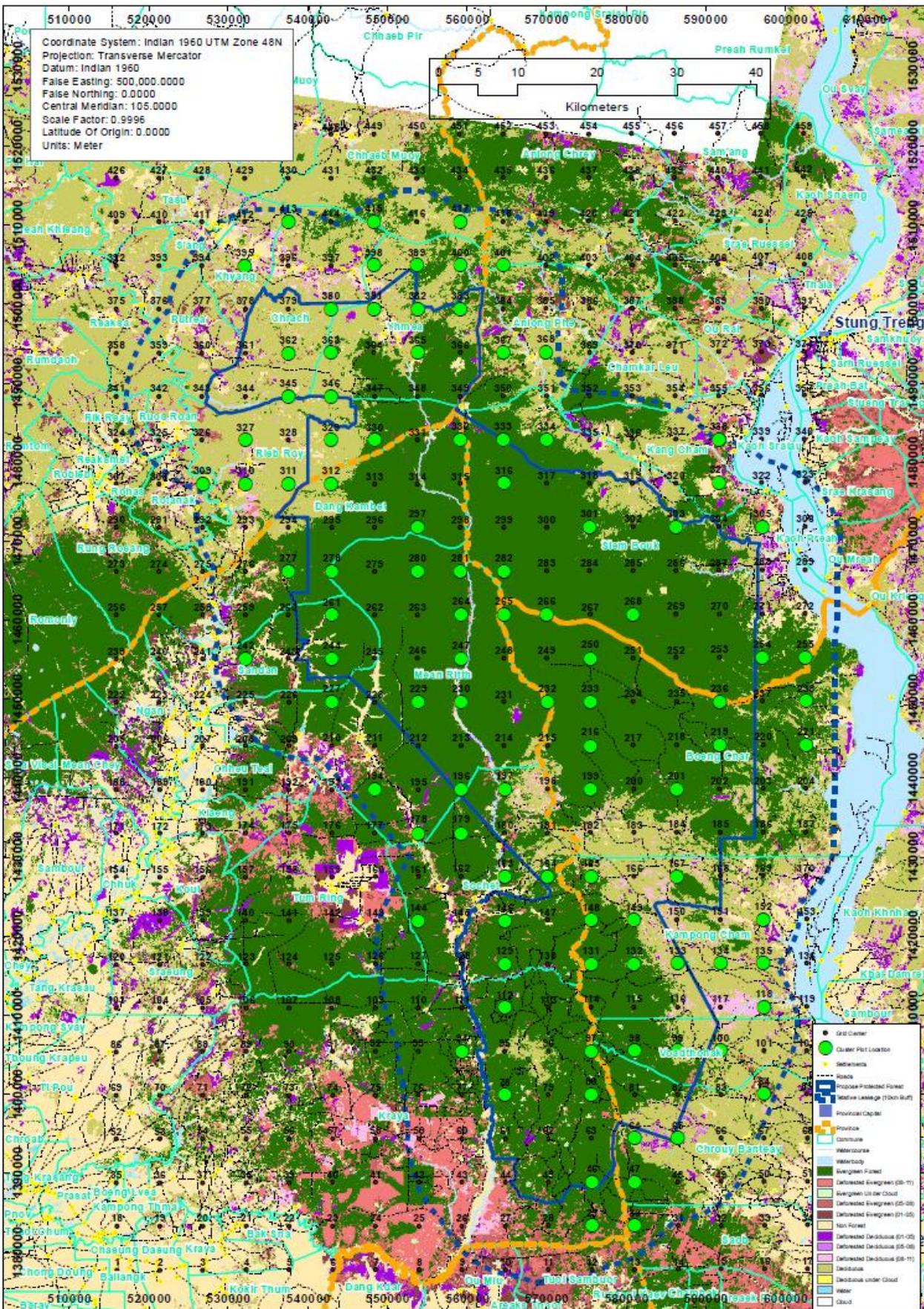


図 11 プロット調査サンプリング点

(青実線: プロジェクト・バウンダリ、青破線: プロット調査対象地バウンダリ、緑点: サンプリング点)

クラスターとプロット

基本的なデザインは、セイマプロジェクトに従った。

各サンプリング点には、3つのプロットから構成されるクラスターが設置された。4プロットの計測も検討されたが、時間的な制約から3プロットに確定した。セイマプロジェクトの場合、中心のプロットからランダムな2方向に150mはなれた地点にそれぞれプロットを配置したが、今回は、現場での効率性から、基本的に中心とその北と東に配置することとした(図12)。なお、何らかの原因で計画していた場所にプロットが設置できない場合等、現地で想定される場合の対応については、後述のSOPsに記載した。

各プロットは、半径20m、15m、5mの3つのサブプロットが入り子状になっており、出現確率の低い大きな木は大きなサブプロット内で計測し、出現確率の高い小さい木は小さいサブプロット内でのみ計測することとした(図12)。

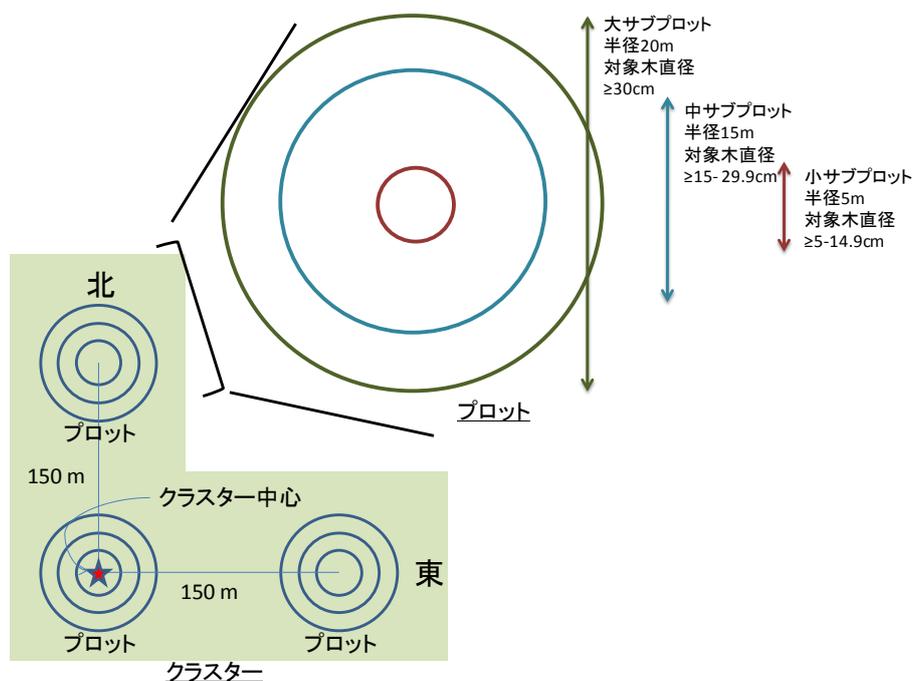


図12 クラスター及びプロットの模式図

計測

各プロットでの計測・記録項目を以下に示す。

- プロット情報：調査日、調査開始・終了時間、メンバー名、緯度経度情報、傾斜(%)、写真(中心から北向きに撮影)、森林タイプ、土地利用、その他気づいた点
- 立木(生存木、小枝まで残っている枯死木)：種名、胸高直径
- 立木(枝が残っていない枯死木)：根元直径、上端部直径(可能な場合)、樹高
- ヤシ：樹高
- 倒木(枯死木)：直径、空洞直径(あれば)、分解クラス

表 10 に枯死木（立木と倒木）の分解クラスをにまとめる。

表 10 枯死木の分解クラス

枯死木の種類	分解クラス	状態
立ち枯死木	Class 1	葉と小枝のみが失われている
	Class 2	クラス 1 に分類されない
倒れ枯死木	Sound	マシエテで叩くと、刃が跳ね返される
	Intermediate	マシエテで叩くと、刃が食い込む
	Rotten	マシエテで叩くと、木が崩れる

Vertex は、立木又はヤシがプロット内に含まれるか判断するためにプロット中心との距離の計測、及び樹高計測が必要な場合にその計測に用いた。計測自体は、一般的な森林調査の手法に従うが、調査の一貫性の確保のため、その手順を SOPs 及び Vertex マニュアルに記載した。

SOPs 及び森林調査時用の Vertex マニュアル

全チームが従うべき測定手法を SOPs として文書化した。作成に当っては、Winrock International が公開している SOPs を参考にし、トレーニングを通じて決定した手法を反映した。

結果

森林分類地図上の森林タイプに基づき、クラスターを分類し、解析を行った結果を表 11 に示す。

表 11 森林炭素蓄積量の計算結果

	常緑樹林				落葉樹林			
	地上部	地下部	地上部+ 地下部	枯死 木	地上部	地下部	地上部+ 地下部	枯死木
平均炭素蓄積量 , tonCO ₂ /ha	358.6	58.1	416.7	63.2	208.1	34.8	242.9	21.6
標準偏差	161.4	24.9	186.2	52.3	103.9	16.5	120.3	22.8
CI90%での誤差 , ton CO ₂ /ha	35.7	5.5	41.2	11.6	27.7	4.4	32.0	6.1
誤差%	10.0%	9.5%	9.9%	18.3%	13.3%	12.6%	13.2%	28.1%
クラスター数	57	57	57	57	40	40	40	40

常緑樹林については、既存の報告に比べ、低い炭素蓄積量であった。既存の調査が森林蓄積量の比較的大きい Kampong Thom 州を中心に行っているのに対し、本調査がより広い範囲を対象としていることが

一因として挙げられる。また、今回の調査の計測地には、人為的影響を受けた森林も含まれ、そのことも、平均森林蓄積量を下げた要因と考えられる。落葉樹林については、既存の報告間のばらつきが大きかったため、比較は困難であるが、既存の調査結果の範囲の中におさまる値であった。

表 12 既存の森林炭素蓄積量のデータ

出所	地上部地下部バイオマス(トン CO ₂ /ha)		注釈
	常緑樹林	落葉樹林	
森林総合研究所	474.1	135.0	Kratie 州と Kampong Thom 州のデータを抽出し、平均した
九州大学	538.4	126.8	Kampong Thom 州での計測値。常緑樹林と半常緑樹林を混合し平均した。
Top 他(2004)	517.5	413.7	Kampong Thom 州での計測値。常緑樹林と半常緑樹林の加重平均をとった。

精度としては、10%を目指していたが、落葉樹林で達成することができなかったものの、必要なプロット数を計算する下式に当てはめたところ、必要なプロット数は、常緑樹林で 50、落葉樹林で 17 であり、プロットの追加は不要との結果であった。

$$n = \left(\frac{t_{st}}{E} \right) \left[\sum_{cl=1}^{Cl} W_{cl} \times S_{cl} \times \sqrt{C_{cl}} \right] \left[\frac{\sum_{cl=1}^{Cl} W_{cl} \times S_{cl} / \sqrt{C_{cl}}}{\sum_{cl=1}^{Cl} W_{cl} \times S_{cl} / \sqrt{C_{cl}}} \right]$$

$$n_{cl} = n \times \frac{W_{cl} \times S_{cl} / \sqrt{C_{cl}}}{\sum_{cl=1}^{Cl} W_{cl} \times S_{cl} / \sqrt{C_{cl}}}$$

ただし:

c_l	1, 2, 3, ..., Cl 土地利用土地被覆クラス
Cl	土地利用土地被覆クラス数
t_{st}	90%信頼レベルの t-student 値(初期値 $t = 2$)
E	許容可能なサンプルエラー(±10%)
W_{cl}	N_{cl}/N
S_{cl}	土地利用クラス c_l における標準偏差
n_{cl}	土地利用クラス c_l で計測されるサンプルユニット数
n	計測される合計サンプルユニット数
N_{cl}	土地利用クラス c_l に設置できる最大サンプルユニット数
N	設置できる最大サンプルユニット数の合計
C_{cl}	土地利用クラス c_l においてプロット 1 つを計測するコスト

なお、REDD+に目的を特化した解析では、森林分類地図上の森林タイプに基づいてクラスターを分類し、解析を行う必要がある。プロット調査のために行った現地では、実際の森林タイプが森林分類地図上と森林タイプと異なることが判明することもあるが、ここで示した結果は、森林分類地図上の森林タイプに基づいている。

品質管理のための抜き取り調査

調査クラスターの10%弱にあたる9クラスターを再計測した。再計測のクラスターは、本調査を実施する3チームの担当クラスターから各3つ選んだ。

地上部バイオマスについて、主調査チームの計測値に基づく値とCIチームによる再計測値に基づく値の誤差は、平均12.1%であり、主調査チームの計測値が平均3.4 tonCO₂/ha低かった。計測データの精査から、主調査チームは、測定樹木数が少ない傾向があった。若干の過小評価であり、保守性という点から、事業固有値として用いる上で問題はない。

(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

バウンダリーの設定

バウンダリーとして、空間的バウンダリー、時間的バウンダリー、カーボンプール、CO₂排出源を定めた。

プロジェクトエリア

プロジェクトエリアは、プロジェクトの活動が実施される場所であり、本調査対象事業の場合、森林局が保護林化の法的な手続きを進めている地域となる。保護林は、森林法（2002）において、恒久林地（Permanent Forest Estate）の一つである永久保存林（Permanent Forest Reserve）の一分類として定義される。その設立の手続きは、第53号閣僚会議令（Sub-Decree On Procedure Establishment Classification and Registration of Permanent Forest Estate）に定められており、現状の森林被覆に加え、社会経済的な要因や利害関係者の意向が考慮される。プレイロング地域の保護林化に向けては、既に、森林局により、8郡（district）において町（commune）や村（village）を含む利害関係者とのコンサルテーション、4州（province）において州当局とのコンサルテーション、地方森林局（cantonments, divisions and triages）とのコンサルテーションが実施され、地上調査に基づくバウンダリー案及び保護林化の閣僚会議令の草案が作成されている。森林局がバウンダリーの確定に向けた関係者との最終調整を実施しており、本調査では2013年2月時点での最終バウンダリーを採用している。なお、CIは、本調査に先立ち、この一連のプロセスに対して資金援助をしている。

保護林のバウンダリー案は、関係機関との調整により変更が重ねられており、2011年のFS時には約56万ヘクタールであったその面積は、2012年11月に提供された版では約40万ヘクタール（393,876ヘクタール）に縮小されている。本調査で使用しているバウンダリーが最終版になると想定されている。

保護林は、Kratie 州、Kampong Thom 州、Preah Vihear 州及び Stung Treng 州にまたがるが、最新版では、北部に伸びていた Stung Treng 州内の土地が削られている（図 13）。森林局によれば、プレイロング地域からさらに北西に残る森林帯との連続性から、Stung Treng 州北部は生物多様性保全の観点から重要であるが、この地域には既に集落が多く点在したため保護林に含めないとのことであった。

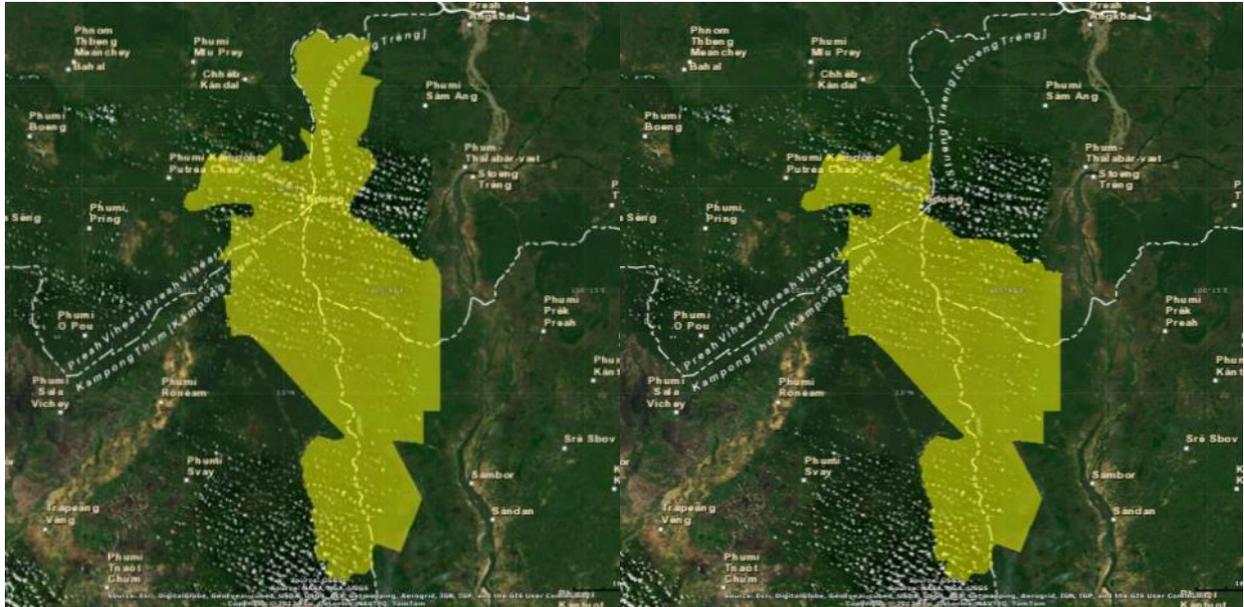


図 13 プロジェクトバウンダリー案
(左：2011 年度版、右：現状版)

リファレンス地域

リファレンス地域は、森林減少の率、要因、パターンなどの情報を分析する対象となる地理的範囲である。

カンボジア政府は、ネスティット・アプローチを通じた国レベルへの統合を方針として示しており、準国レベルでリファレンス排出量を設定するため、準国への分割方法の検討を行っている。分割方法の可能性として、1)州、2)森林局の管轄区(カンボジアを4分割)、3)管轄区をいくつかに分割という案が出されているが、確定にはまだ時間がかかると考えられている。今後、分割方法と準国レベルのリファレンス排出量が確定した後、それ以前から開始されていたカンボジア国内の REDD+事業は、しかるべきタイミングで、個別に設定していたリファレンス排出量を準国レベルのそれに変更することになるであろう。そうした状況の中、本調査では、プロジェクトバウンダリーを含む州をリファレンス地域とすることとした。すなわち、Kratie 州、Kampong Thom 州、Stung Treng 州及び Preah Vihear 州の全域である（図 14）。



図 14 リファレンス地域案

(緑色網掛け：プロジェクトバウンダリー、赤枠：参照地域の4州、白枠：国境)

時間的バウンダリー

プロジェクト開始は、プレイロングの保護林化が本格始動した 2012 年とし、歴史的な森林減少の分析の期間は、2001 年から 2012 年とする。

炭素プール

方法論案に定めた地上部、地下部、枯死木、木材製品及び土壌有機炭素プールの各プールについて、対象プールに含めるか否かの現状の検討状況を表 13 に示す。

表 13 炭素プール

炭素プール	方法論		本調査における取り扱い
	取扱	背景	
地上部	樹木：含める	主要な炭素蓄積プールである。	含める
	樹木以外：事業者が決定	多年生作物への転換が想定される場合には、含めなければならない。	含める
地下部	事業者が決定	含めることが推奨される。	含める
枯死木	事業者が決定	有意な場合にのみ、含めることが推奨される。	含める
リター	事業者が決定	有意な場合にのみ、含めることが推奨される。	含めない
木材製品	事業者が決定	有意な場合には、含めなければならない。	保留
土壌有機炭素	事業者が決定	農地への転換が想定される場合には、含めることが推奨される。放牧地と多年生作物への転換が想定される場合には、含めない。	保留

対象プールの選択においては、保守性の確保と費用対効果が重要な要素となる。VCSにおいても、そのような観点から検討がなされており、リファレンスシナリオで炭素蓄積量の増加の可能性がある場合には、対象プールとして含めなければならない。それに該当するのが、樹木以外の地上部プールと木材製品プールである。森林が多年生作物（例えば、キャッサバ）に転換される場合、樹木に蓄積されていた炭素は放出されるが、樹木以外の植物に蓄積される炭素は増加する。本調査では、キャッサバへの転換が森林減少の主要因の一つとして同定されており、保守性の対象プールとする必要がある。また、木材生産が森林減少の原因である場合には、理論上、プロジェクトシナリオ下における木材製品に蓄積されている炭素量は、リファレンスシナリオ下におけるそれよりも小さいことになる。A/RCDM ツールの“Tool for testing significance of GHG emissions in A/R CDM project activities”は、有意性の判断する手法を提供しており、その基準は、合計削減量の5%である。本調査では、計算に必要な情報・データを収集することができず、木材製品プールの炭素蓄積量推定を実施することが出来なかった。事業を開始する際には、文献調査等を実施し、その有意性を判断する必要がある。

一方、枯死木、リター及び土壌有機炭素プールの炭素蓄積量は、プロジェクトシナリオ下の方が大きく、対象プールに含めるか否かは、事業者にゆだねられている。これらプールから期待される排出削減量は、地上部・地下部バイオマスプールの場合に比べて小さく、プールを含めることによる利益と推定・モニタリングに必要なコストを比較した上での決定が必要である。熱帯における枯死木とリターの蓄積量のIPCCデフォルト値は、それぞれ、約9 tonC/ha（IPCC GPG for LULUCF Table 3.2.2）、約2 tonC/ha（IPCC GPG for LULUCF Table 3.2.1）であり、特にリタープールの蓄積は大変小さい。リターの計測は、各調査区からのサンプルの収集が必須であり、多大な労力を必要とする。よって、リターは含めないこととした。一方、枯死木の場合、各調査区における非破壊的な現地計測に密度を掛け合わせることでより推定が可能である。本調査では、地上部プールの炭素蓄積量の推定のためのプロット調査を実施したため、その機会を有効に活用するため、同時に枯死木の非破壊的調査を行うこととした。材密度のデー

タには、先に定めたデフォルト値を用い、対象プールに含める。

リファレンス排出量の設定

データの収集

既存の土地被覆分類図としては、1989年、1997年、2002年、2006年、2010年にカンボジア政府が作成している。

解析に用いる画像データとして、Landsat 及び Hansen et al. (2013)⁷による全球レベルの森林変化データセット(以下、Hansen 森林変化図)を用いた。Landsat は、欠損データの問題があるものの、US-Landcoverを始め、インドネシア、ブラジル、マダガスカル、コンゴ民主主義共和国の国レベルのマッピングにも用いられており、特に Landsat8 が打ち上げられた現在、定期的を取得されている画像として、用いる利点は大きい。Hansen 森林変化図は、メリーランド大学、Google、World Resource Institute により作成された、30m空間分解能の2000年～2012年の年森林変化図であり、データセットが無償で公開されている⁸。熱帯域についての精度は、森林減少が87%、非森林減少が99%と推定されている。国レベルの精度は存在しないものの、本調査で対象としている常緑樹林は、年間を通じて安定し植生を保ち、他の植生と明らかに異なる反射特性を有しているため、熱帯域での平均よりも高い精度で分類されていると想定される。

Landsat を用いた森林被覆ベースマップの作成

(1) 衛星データの検索とダウンロード

本調査で用いる衛星データは Landsat7 及び 8 のセンサで取得されたデータである。Landsat7 は1972年からデータが取得されており、過去のデータが豊富にあるだけでなく、今後のモニタリングに必要な衛星データも将来にわたって取得される予定である。本調査では、2002年、2008年、2012年、2014年乾季の Landsat 画像を取得した。2002年から2012年の期間のデータは、リファレンスの設定、2012年から2014年は、排出削減量の試算に用いた。なお、カンボジアにおける乾季は11月から翌年3月までであることから、たとえば2002年乾季のデータは、2001年11月から2002年3月までに取得された Landsat 画像が対象となる。

Landsat 画像は、配信元である米国地質調査所のウェブサイト「Earth Explorer」において検索し、各時期において可能な限り雲が少ない Landsat 画像をダウンロードした。ダウンロード画像は WGS84/UTMzone48N に投影されたオルソ化 DN 画像である。

(2) 衛星データ前処理

ダウンロードした DN 画像を、NASA の手法に則り大気上端面反射率画像に変換した。反射率画像にすることによって、多時期の画像を同一の基準で比較することが可能となる。なお、2003年から2012

⁷ <http://www.sciencemag.org/content/342/6160/850>

⁸ <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>

年までの Landsat 7 画像は、スキャンラインコレクター (SLC) 機能の不具合により縞状のデータ欠損が存在する。そこで、同一時期の Landsat 画像を複数使用することにより、縞状データ欠損を補完した。

(3) 複合処理

リファレンス設定のため、2002 年、2008 年、2012 年の Landsat 画像を一つのデータに複合 (スタック) した。排出削減量の試算のためには、2012 年と 2014 年の画像について同様の処理をした。

(4) 複合処理とランダムフォレストによる経年土地被覆図および土地被覆変化図の作成

分類手法は、複合データを用い、ランダムフォレストによって全期間の土地被覆変化図を直接求める方法を用いた (Multidate Direct Composite Change Detection Approach)。ランダムフォレストは、不確実な情報を大量に集積することにより、正確な結果を求める手法であり、森林の季節変化や大気の影響など、不確実性の多い衛星データから正確な分類を求める手法として適している。ランダムフォレストは統計解析ソフトウェア R (R Development Core Team, 2013) のパッケージ「randomForest」(Breiman, 2001; Cutler et al., 2007; Liaw and Wiener, 2002 and Roriguez-Galiaono et al., 2012) を用いて解析した。ランダムフォレストのパラメータである決定木の数は 300、各ノードの変数の数 (ntry) は 6 とした。まずリファレンス設定のため、2002 年、2008 年および 2012 年の 3 時期を複合したデータにランダムフォレストを適用した。この土地被覆変化に関する解析結果には、各時期の土地被覆の情報も含まれるため、この解析によって各時期の土地被覆図も作成できる。分類項目は常緑樹林、落葉樹林、非森林および水域である。分類モデルを構築するためのトレーニングデータおよび分類結果を検証するためのテストデータはカンボジア森林局の土地被覆分類図の分類を用いた。

非常に細かい空間スケールでの変化を除去するため、3x3 のマジョリティフィルターを適用し、最終的な分類図の最小空間単位を 1 ha とした。

表 14 分類区分

2002 年	2008 年	2012 年	分類コード
常緑樹林	常緑樹林	常緑樹林	111
常緑樹林	常緑樹林	非森林	113
常緑樹林	非森林	非森林	133
落葉樹林	落葉樹林	落葉樹林	222
落葉樹林	落葉樹林	非森林	113
落葉樹林	非森林	非森林	233
非森林	非森林	非森林	333
水域	水域	水域	444

同様の解析を 2012 年及び 2014 年の複合データについても実施した。表 15 に利用したバンドを示す。

表 15 分類に用いる Landsat の波長帯

バンド	波長帯		分類への利用の有無
バンド 1	0.45 - 0.52 μm	可視青～緑領域	利用する
バンド 2	0.52 - 0.60 μm	可視緑～黄領域	利用する
バンド 3	0.63 - 0.69 μm	可視赤領域	利用する
バンド 4	0.76 - 0.90 μm	近赤外領域	利用する
バンド 5	1.55 - 1.75 μm	中間赤外領域	利用する
バンド 6	10.40 - 12.50 μm	熱赤外領域	利用しない
バンド 7	2.08 - 2.35 μm	中間赤外領域	利用する
バンド 8	0.52 - 0.90 μm	パンクロマティック	利用しない

(5) 2002年及び2012年の土地被覆図の作成

除去仕切れなかった SLC 及び雲によりデータが欠損している箇所を埋めるため、以下の処理を施し、2002年及び2012年の土地被覆図を作成した(図15、図16)。

- 2002年-2012年の土地被覆変化図から、2002年時点の森林域を抽出
- 2012年-2014年の土地被覆変化図から、2012年時点の森林域を抽出
- 2012年の森林域を2002年の森林域に重ね、データ欠損を補完した土地被覆図を作成

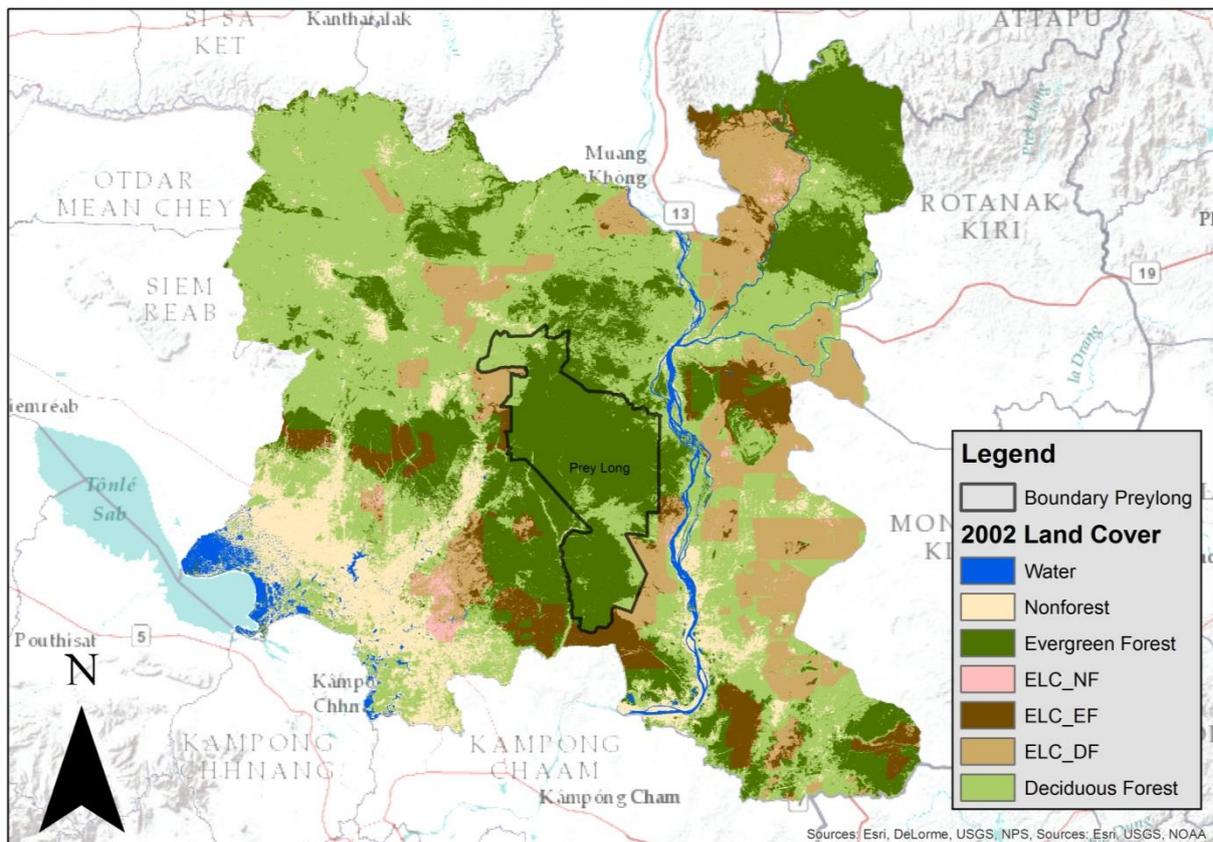


図 15 2002年土地被覆図

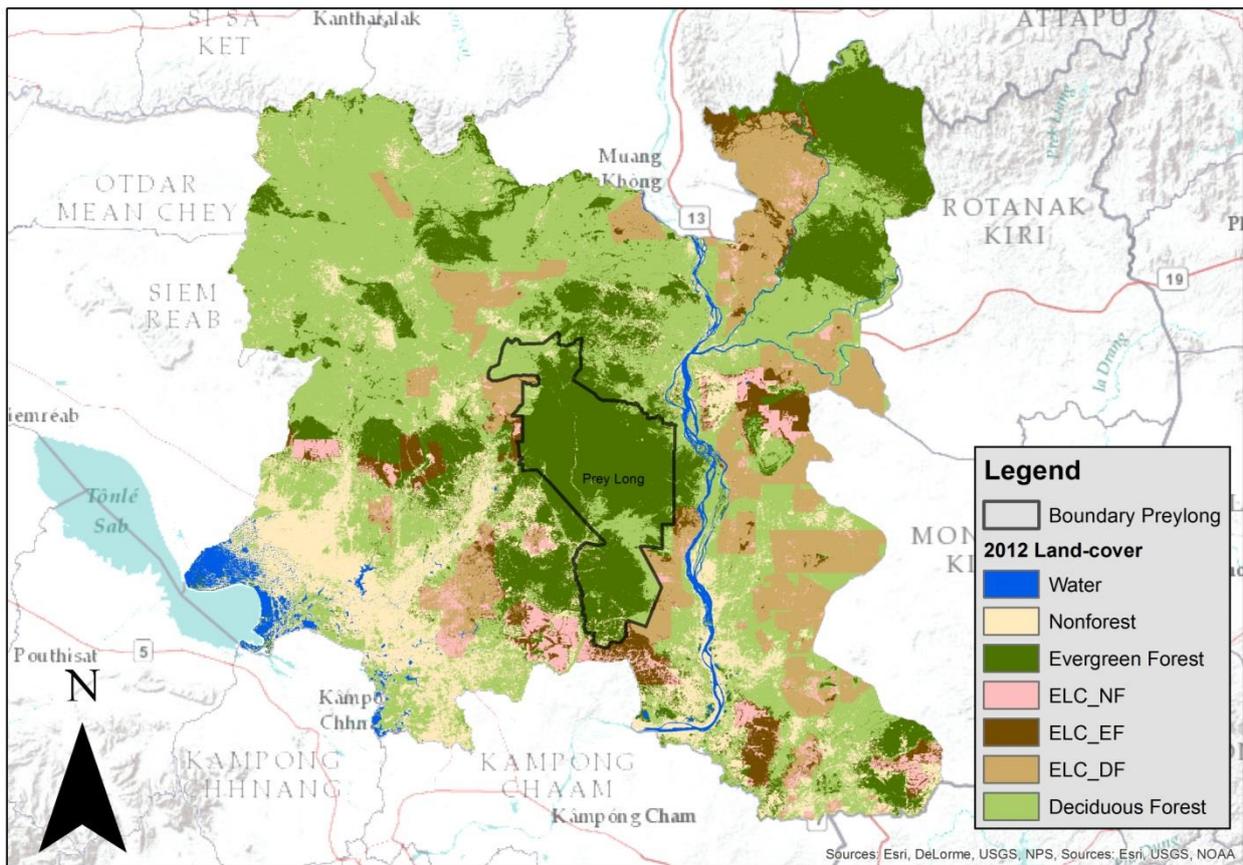


図 16 2012 年土地被覆図

2002 年の土地被覆図の分類精度の分析結果を表 16 及び表 17 に示す。

表 16 常緑樹林、落葉樹林、非森林、水域の分類結果の正答・不正答

		分類結果				
		常緑樹林	落葉樹林	非森林	水域	合計
リファレンス	常緑樹林	486	18	95		599
	落葉樹林	27	214	176	3	420
	非森林	44	41	619	2	706
	水域	1	5	3	57	66
	合計	558	278	893	57	1791

表 17 常緑樹林、落葉樹林、非森林、水域の分類精度の検証結果

作成者精度	正しく分類された点数 / 正しい点数
常緑樹林	81%
落葉樹林	51%
非森林	87%

水域	86%
利用者精度	正しく分類された点数／分類された点数
常緑樹林	87%
落葉樹林	77%
非森林	69%
水域	92%
総合精度	77%

二国間クレジット制度の方法論ガイダンスでは、土地被覆分類図の分類精度として80%を下限として定める方針であり、本調査で開発した方法論でも同じ下限値を設けている。分析の結果、これを満たすことが出来なかった。主要な要因は、落葉樹林と非森林の誤分類である。方法論では、分類精度が満たされなかった場合の選択肢として、1) 他の分類区分との統合と2) 非森林との判別精度が最も低い分類区分を森林被覆ベンチマーク図から除外を設けており、本調査では、2)を採用し、落葉樹林を森林被覆ベンチマーク図から除外することとした。落葉樹林を除外した場合の分類精度の分析結果を表18及び表19に示す。土地被覆分類図の分類精度89%、森林/非森林の精度は92%に達し、精度要件を満たした。

表18 常緑樹林、非森林、水域の分類結果の正答・不正答

		分類結果			
		常緑樹林	非森林	水域	合計
リファレンス	常緑樹林	486	95		581
	非森林	44	619	2	665
	水域	1	3	57	61
	合計	531	717	59	1307

表19 常緑樹林、非森林、水域の分類精度の検証結果

作成者精度	正しく分類された点数／正しい点数
常緑樹林	84%
非森林	93%
水域	93%
利用者精度	正しく分類された点数／分類された点数
常緑樹林	92%
非森林	86%

水域	97%
総合精度	89%

落葉樹林は、プロジェクトエリア内に約2割しか分布せず、単位面積当たりの炭素蓄積量も常緑樹林の約半分であり、炭素の視点からの貢献が小さく、除外することによる損失は少ないと判断した。

歴史的森林減少の分析

リファレンス期間の森林減少面積の算出には、前述の Hansen et al. (2013)⁹による全球レベルの森林変化データセット (Hansen 森林変化図) を用いた。

Hansen 森林変化図は、2000年時点の樹冠率と2000年から2012年までの毎年の森林減少データ(0, 1)から成る。急激な森林回復が想定されないような状況において、2002年までに森林が失われなかった場所は、2000年の樹冠率が2002年も継続していると想定できる。

まず、本調査で作成した2002年の土地被覆分類図に基づき、リファレンス地域で「森林(常緑樹林)」と分類された場所を2002年のHansen 森林変化図上で「森林」と割り当てた。例えば、Hansen 森林変化図上で低いながらも樹冠率があると判読されていても、2002年の土地被覆分類図で非森林であれば、「非森林」となる。

2012年までの各年、Hansen 森林変化図の森林減少データを使い、「森林」と割り当てられた場所での森林減少を年森林減少として解析に用いた。なお、ELCの発行に伴う大規模な合法的な森林減少を区別するため、森林局から本調査での利用目的に提供されたELCのポリゴンの外のみを対象とした。毎年の森林減少の年変化を図17に示す。

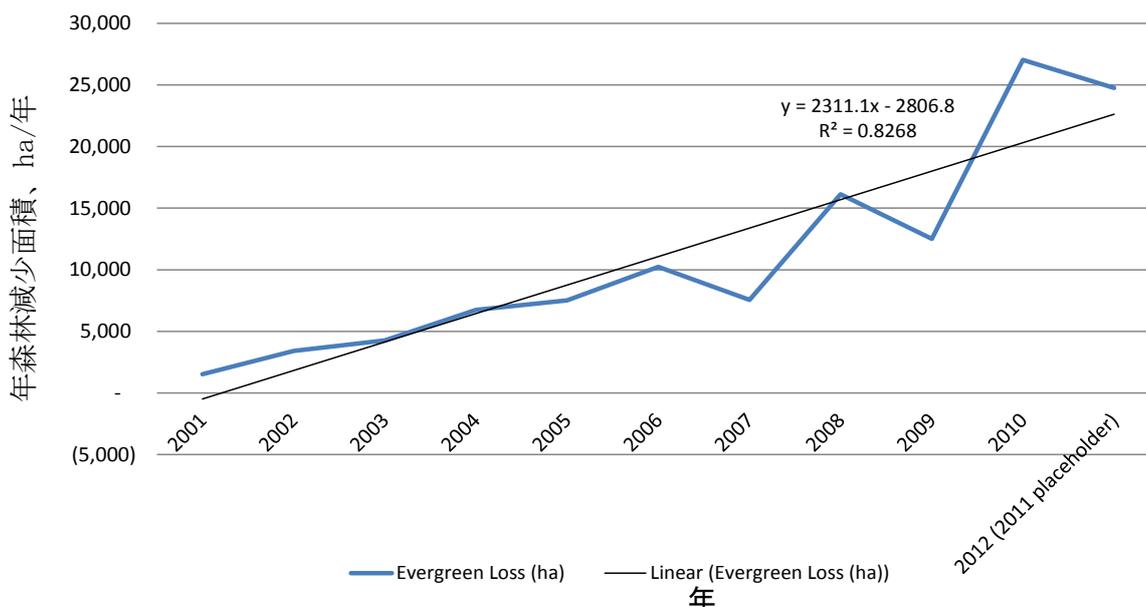


図17 リファレンス地域内の年森林減少面積

⁹ <http://www.sciencemag.org/content/342/6160/850>

将来の森林減少を推定するために用いる森林減少率の推定方法として、方法論では、Historical average approach, Time function approach, Modeling approach の3つアプローチを提供している。今回、森林減少面積の明らかな経年的な増加が確認されたため、Time function approach を用いた森林減少率の推定を行った。直線回帰分析により、以下の回帰式が求められた。決定係数は、0.827 と十分に高い値であった。

$$\text{リファレンス地域内の年森林減少面積} = 2311.1 \times \text{年} - 2806.8$$

なお、回帰に当たっては、非常に高い年森林減少面積であった 2011 年のデータを外れ値として除外した。実際にこの年には森林減少が活発であったとの現地情報を得ており、現実を反映した数値であると言えるが、回帰式の精度の向上のため、保守的に除外することとした。

リファレンス地域内での将来の森林減少面積を予測

リファレンス地域内でプロジェクト開始から 10 年間に予想される森林減少面積を予測した。表 20 に結果をまとめる。

表 20 リファレンス地域内の将来の年森林減少面積の予測

年	年森林減少面積 (ha/年)
2013	24,926
2014	27,238
2015	29,549
2016	31,860
2017	34,171
2018	36,482
2019	38,793
2020	41,104
2021	43,415
2022	45,726
合計	353,263

プロジェクトエリア内の将来の森林減少面積の予測

5. (2) の 4.1 に述べた通り、プレイロング地域のように、森林減少が森林減少が既存インフラや人口分布等の空間配置に依存する場合、リファレンス地域全体の中での森林減少の起こりやすさが異なる。プロジェクトエリア内での将来の森林減少の面積を予測するためには、リファレンス地域内での森林減少がどこで起こるかを予測する必要がある、そのために用いられるのが空間モデルである。本調査でも、空間モデルを用いて森林減少リスク図を作成し、毎年の森林減少面積を空間的に割り付けた。

空間モデルを用いた解析

Hansen 森林変化図の 2002 年～2006 年の森林減少情報をキャリブレーション用データ、2006 年～2012 年の森林減少情報を検証用データとして、IDRISI の LCM を用いてモデルを作成した。モデル化に際しては、ワークショップで指摘された森林減少要因とその根本的な原因を参考に、表 21 に示した情報を要因変数として用いてニューラルネットワーク解析を行った。

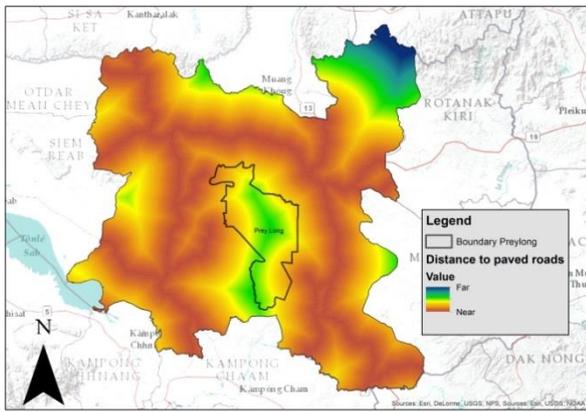
表 21 検討した要因変数

要因変数	単位	出典
人口密度 2008 年	1/km ²	カンボジア土地管理都市開発建設省（2008）センサス
人口増加 1998 年－ 2008 年	1/km ²	カンボジア土地管理都市開発建設省（2008）センサス
一次河川からの距離	meter	カンボジア鉱工業・エネルギー省カンボジア水道部
二次河川からの距離	meter	カンボジア鉱工業・エネルギー省カンボジア水道部
三次河川からの距離	meter	カンボジア鉱工業・エネルギー省カンボジア水道部
舗装道路からの距離	meter	カンボジア鉱工業・エネルギー省カンボジア水道部
荷車用道路からの距離	meter	カンボジア鉱工業・エネルギー省カンボジア水道部
小道からの距離	meter	カンボジア鉱工業・エネルギー省カンボジア水道部
州都からの距離	meter	カンボジア土地管理都市開発建設省（2008）センサス
町からの距離	meter	カンボジア土地管理都市開発建設省（2008）センサス
村からの距離	meter	カンボジア土地管理都市開発建設省（2008）センサス
海拔	meter	メコン川委員会、50m DEM
傾斜	Degrees	メコン川委員会、50m DEM
方位	Degrees	メコン川委員会、50m DEM
土壌肥沃度	Scale	カンボジア農林水産省
ELC からの距離	meter	カンボジア森林局

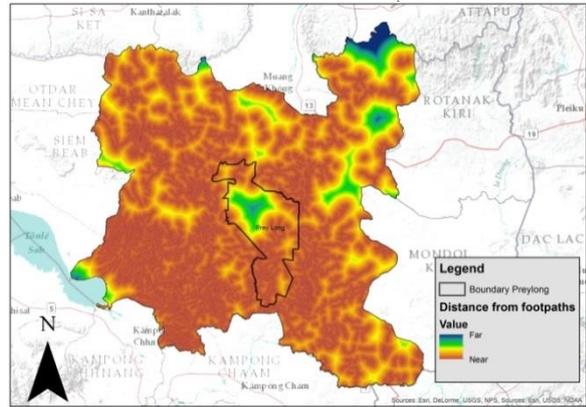
これらの要因の組み合わせを森林減少に対して解析にかけた結果、以下の要因変数の寄与度が高いという結果が得られた。

1. 舗装道路（paved road）からの距離
2. 小道（footpath）からの距離
3. 荷車用道路（cart rack）からの距離
4. 一次河川からの距離
5. 州都からの距離
6. ELC からの距離

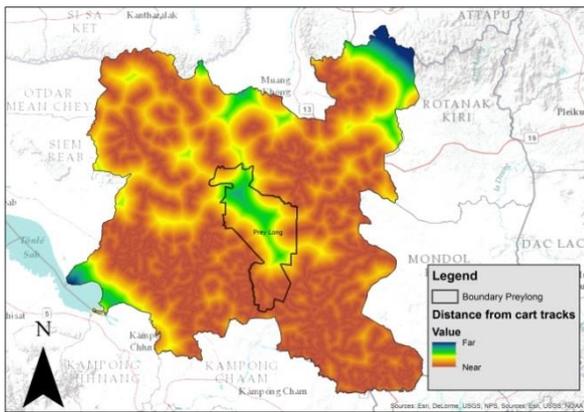
要因変数ごとに空間分布と強度を図 18 に示す。



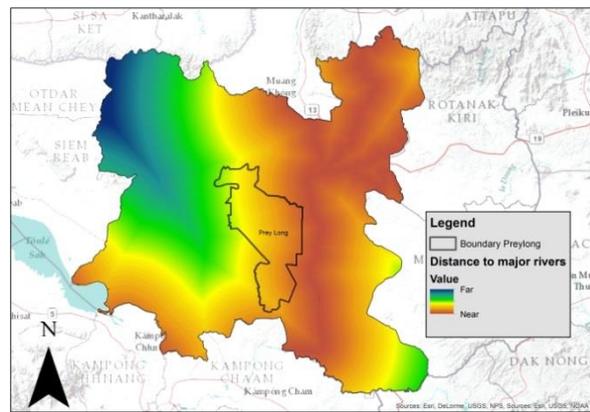
舗装道路からの距離



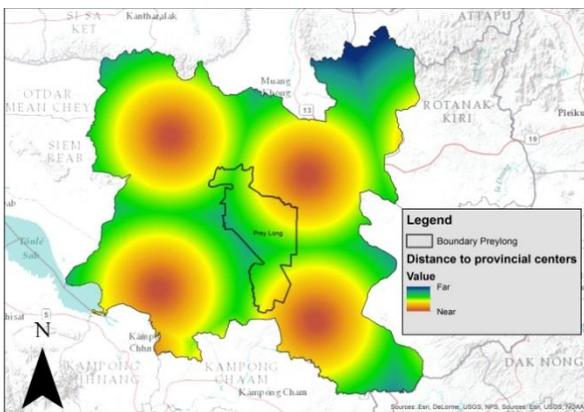
小道からの距離



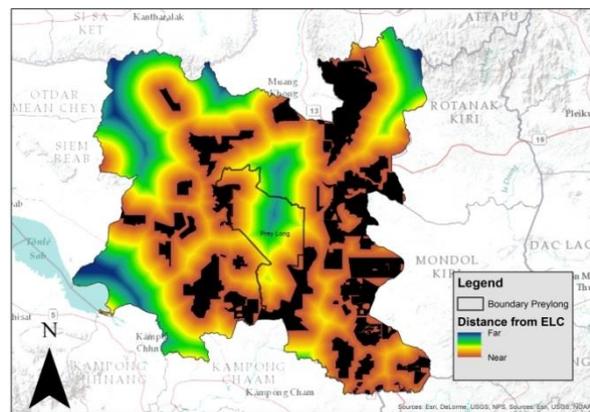
荷車用道路



一次河川からの距離



州都からの距離



ELC からの距離

図 18 森林減少要因変数の空間分布

各要因変数の寄与関数と空間分布に基づき、リファレンス地域内の森林地域が非森林化するリスクを計算し、地図化した (図 19)。

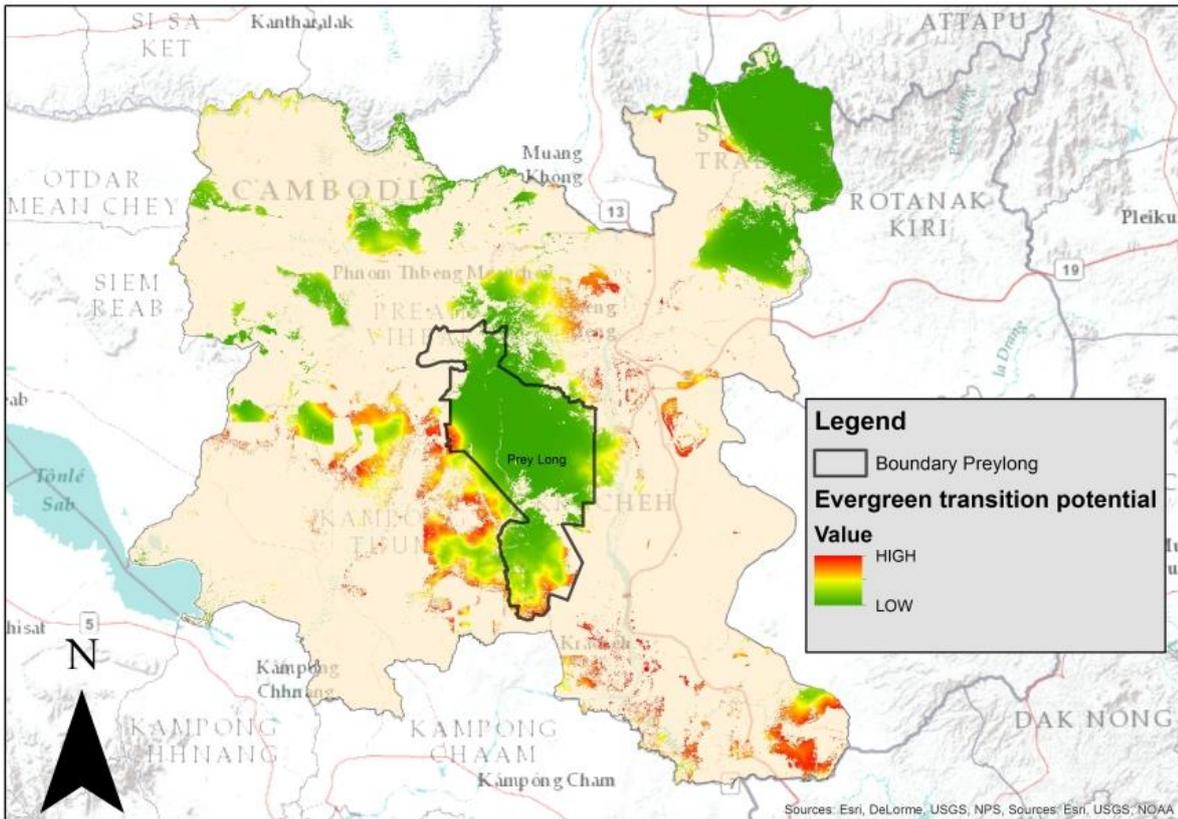


図 19 リファレンス地域内の森林部分における森林減少のリスク図

リファレンス地域内の年森林減少面積（表 20）、2012 年時点での森林分布（図 16）、そして森林減少のリスク分布（図 19）を用いて、リファレンス地域内の森林減少を 2022 年まで予測し、そのうちプロジェクトエリア内で起こる森林減少を調べた（表 22、図 20）。

表 22 プロジェクトエリア内での将来の森林減少面積予測

年	年森林減少面積 (ha/年)
2013	467
2014	1,362
2015	1,914
2016	1,963
2017	2,590
2018	3,565
2019	3,555
2020	4,613
2021	5,907
2022	7,238
合計	33,174

排出係数を計算

森林タイプ毎の炭素蓄積量変化推定

表 23 の通り定めた。

表 23 非森林化に伴う森林の炭素蓄積量変化

炭素蓄積量変化 (tonCO2/ha)			
常緑樹林			
地上部	地下部	枯死木	合計
-358.6	-58.1	-63.2	-479.9

農地の炭素蓄積量変化推定

非森林化後の植生として農地を想定し、モンドルキリ州で WCS が収集したデータの提供を受け、炭素蓄積量として用いた (表 24)。

表 24 農地の炭素蓄積量

炭素蓄積量変化 (tonCO2/ha)			
農地			
地上部	地下部	枯死木	合計
97.1	28.5	11.8	137.4

リファレンス排出量を計算

リファレンス排出量をプロジェクトエリア内の毎年の森林減少面積 (表 22) と排出係数 (表 23、表 24) を以下の式に当てはめて計算した。

$$\Delta CREFPA_t = \sum_{icl=1}^{icl} AREFPA_{icl,t} \times C_{icl} - \sum_{fcl=1}^{fcl} AREFPA_{fcl,t} \times C_{fcl}$$

ただし、

$\Delta CREFPA_t$	t 年におけるプロジェクトエリア内の合計リファレンス排出量; tCO ₂ -e
$AREFPA_{icl,t}$	t 年におけるプロジェクトエリア内の森林タイプ icl の森林減少面積; ha
$AREFPA_{fcl,t}$	t 年における土地利用タイプ fcl へ転換された森林減少面積; ha
C_{icl}	森林タイプ icl の平均炭素蓄積変化量; tCO ₂ -e

C_{fcl}	土地利用タイプ fcl の平均炭素蓄積変化量; tCO ₂ -e
icl	非森林化前の森林タイプ
fcl	非森林変化後の土地利用タイプ
t	年

リファレンス排出量を推定した。10年間で合計、11,361,588 tonCO₂と推定された（表 25）。

表 25 リファレンス排出量推定値

年	リファレンス排出量 (tCO ₂ /年)
2013	160,007
2014	466,304
2015	655,501
2016	672,238
2017	887,173
2018	1,220,810
2019	1,217,697
2020	1,579,724
2021	2,023,218
2022	2,478,918
合計	11,361,588

方法論案を用いて、リファレンス排出量を推定することが可能であった。

人為的排出削減量の試算

方法論を用いたモニタリング可能であることを確認するため、2012年から2014年のプロジェクト排出量及び人為的 GHG 排出削減量を試算した。Landsat を用いて作成した2012年から2014年の森林変化図を用い、森林減少面積を測定したところ、2年間で1,660ヘクタールの森林が失われていた。それを元に、プロジェクト排出量、人為的 GHG 排出削減量を計算した（表 26）。

表 26 人為的 GHG 排出削減量の試算

年	リファレンス排出量 (tCO ₂ /年)	プロジェクト排出量 (tCO ₂ /年)	人為的 GHG 排出削減量 (tCO ₂ /年)
2013	160,007	284,298	-124,291
2014	466,304	284,298	182,005
合計	626,310	568,596	57,714

開発した方法論を用いて人為的 GHG 排出削減量を算出できることが確認された。

6. 国際社会への活動

REDD+は、途上国の森林からの温室効果ガスの排出を削減するための、気候変動枠組条約の下で合意されたメカニズムである。2005年からの気候変動枠組条約の下での国際交渉を経て、2012年にワルシャワで行われたCOP19において「REDD+のためのワルシャワ枠組み」に合意し、国際社会としてREDD+を進めていくための基本的なルールを決定している。

今日、REDD+の活動からの排出削減量を、気候変動枠組条約の下での「途上国の約束」としてカウントすることについて、国際社会の中で反対する声は聞かれていない。他方で、REDD+からの排出削減量をクレジット化し、市場メカニズムで進めることについては反対する国が存在する。そのため、2020年まで、そして2020年以降の次期枠組みにおいて、REDD+からの排出削減量を先進国の排出削減目標の達成に使用できるか否かの議論はほとんどされていないのが現状である。

このような認識の下、次年度以降にJCMにおけるREDD+が国際社会で認められることを目指して、本調査では以下の2つの活動を実施した。

- ・CIジャパンのホームページを通じた、一般社会へのREDD+の普及活動
- ・COP20サイドイベントへのパネリスト参加を通じた国際社会への働きかけ

CIジャパンのホームページを通じた一般社会への普及活動

REDD+に関する最新の情報を盛り込んで、CIジャパンのホームページを大幅に更新し、日本の一般社会に対してREDD+についての普及活動に努めた（Box 5、図 21、図 22）。

Box 5 CI ジャパンホームページ上の REDD+に関する記述

REDD+

森林の減少・劣化に由来する排出の削減（REDD=Reducing Emissions from Deforestation and Degradation）

現在、地球温暖化の主原因である人為的な温室効果ガス排出量のおよそ11%が、森林の消失により大気中に放出されています。世界では毎年、日本の国土面積の4割に匹敵する面積の森林が失われ続けています。途上国において森林破壊を減少させるためには、従来とは違った生計手段への転換が必要ですが、そのための資金が不足しています。

「森林減少・劣化に由来する排出の削減（Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation: REDD+：レッドプラス）」*とは気候変動枠組条約の下で合意された、途上国の森林から温室効果ガスの排出を減らすための仕組みです。REDD+の下では、森林を保全・回復する途上国は、先進国から資金を受け取ることができます。例えば、コミュニティが森林の開発を控えると、その代わりに、REDD+の資

金を受け取ったり、既存の農地をより効率的に活用して収量を上げるための研修を受けたりできます。

*REDD+（レッドプラス）とは：森林の減少と劣化からの排出の削減に加えて、森林の炭素貯蓄量の保全、持続可能な森林経営、森林の炭素貯蓄量の増進を指します。

CI の考え方と活動：

CI は、森林が切られるよりも維持される方がより高い価値を持つような国際的な仕組み作りに向けて働いています。私たちは途上国の現場で、地元のコミュニティや政府とともに REDD+のプロジェクトを形成し、実施することを通して、国際社会に対して、森林の消失を止め、回復を図ることが、効果的かつ効率的な気候変動緩和策であることを実証しています。私たちはこれまでにアジア、南米、アフリカの国々で 37 万ヘクタールに及ぶ熱帯林を保全してきました。さらに、現場での実践から得られた教訓を、REDD+の活動を世界規模で拡大していくための政策形成の議論に役立てるよう努めています。

CI は、REDD+の活動によって生じる便益が、その活動を支える地元の人々のために公平に配分され、先住民族を含む地域全体の人々の理解や参画を得て実施されるような仕組みを整備することが大切であると考えています。つまり、REDD+を温室効果ガスの排出削減だけに特化した仕組みとしてではなく、生態系サービスを含めた森林の保全による様々な環境的・社会的相乗効果を生み出すための仕組みとして捉えることが重要と考えています。実際、CI は REDD+のプロジェクトによるコミュニティや生物多様性保全への便益を明らかにするための国際的な基準作りに大きな貢献をしました。

現在途上国では、REDD+を実施していくための国家計画の策定や実施能力を向上させるための技術的・資金的な支援が不足しています。このため、CI では様々な途上国・地方政府やコミュニティに対して、REDD+の実施計画の策定や取り組みにおける技術・能力向上支援を実施しています。

国際交渉の動き：

REDD の議論は、2005 年の気候変動枠組条約の第 11 回締約国会議（COP11）において、パプア・ニューギニアやコスタリカが共同提案した「発展途上国における森林破壊由来の排出の削減：行動を促す取り組み」から始まりました。2007 年にインドネシア・バリ島で開催された COP13 では、途上国の森林減少・劣化に由来する排出の削減（REDD）」が京都議定書第一約束期間の後の 2013 年以降の国際的な気候変動対策の重要な検討要素であることが確認されました。さらに、森林破壊や劣化からの削減を抑制することに着目する REDD に加え、保全効果や持続可能な森林経営、吸収量の増加など、より生態系機能の向上を目指す取り組みが、「REDD+」として提唱されました。CI も、日本を含めた各国事務所がそれぞれ締約国政府に働きかけるなどして、REDD+が国際的な枠組みとして認められるよう後押ししました。

2010年にメキシコ・カンクンで開催された COP16 では、REDD+のプロジェクトを実施する際に配慮すべきセーフガードの項目（先住民への配慮や生物多様性の保全など）に合意しました。2013年にポーランド・ワルシャワで行われた COP19 では、「REDD+のためのワルシャワ枠組み」に合意し、国際社会として REDD+を進めていくための基本的なルールを決定しました。この決定には、森林モニタリング、温室効果ガスの測定・報告・検証（MRV）などの技術的事項に加え、成果に基づく支払いといった資金の供与に関する内容も含まれています。2014年のペルー・リマでの COP20 では交渉面での進展はありませんでしたが、気候変動枠組条約のホームページ上に、各国の REDD+に関する情報を公開する「情報ハブ」というサイトが開設され、情報の透明性が高まりつつあります。

ワルシャワでの決定をもって、REDD+を実施していくための体制は大きく整いました。途上国は、2020年まで、そして2020年以降の新たな枠組みにおいても、REDD+の活動からの排出削減量を自国の削減目標の達成に使用していくことが予想されます。他方で、REDD+からの排出削減量をクレジット化し、市場メカニズムで進めることについては反対する国があり、国際的な合意がまだありません。そのため、REDD+からの排出削減量を先進国の削減目標の達成に使用できるか否かは、これからの国際交渉に委ねられています。

CI は、REDD+は気候変動緩和策として有効であるだけでなく、社会、経済、生物多様性保全への相乗効果を創出できる仕組みであると考えています。REDD+の活動をより多く実施していくためには、市場メカニズムの活用が効果的です。

<http://www.conservation.org/global/japan/initiatives/climate/Pages/redd.aspx>



REDD+

森林の減少・劣化に由来する排出の削減

(REDD=Reducing Emissions from Deforestation and Degradation)



© Piotr Naskrecki

現在、地球温暖化の主要原因である人為的な温室効果ガス排出量のおよそ11%が、森林の消失により大気中に放出されています。世界では毎年、日本の国土面積の4割に匹敵する面積の森林が失われ続けています。途上国において森林破壊を減少させるためには、従来とは違った生計手段への転換が必要ですが、そのための資金が不足しています。

「森林減少・劣化に由来する排出の削減 (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation: REDD+ : レッドプラス) 」*とは気候変動枠組条約の下で合意された、途上国の森林から温室効果ガスの排出を減らすための仕組みです。REDD+の下では、森林を保全・回復する途上国は、先進国から資金を受け取ることができます。例えば、コミュニティが森林の開発を控えると、その代わりに、REDD+の資金を受け取ったり、既存の農地をより効率的に活用して収量を上げるための研修を受けたりできます。

*REDD+ (レッドプラス) とは：森林の減少と劣化からの排出の削減に加えて、森林の炭素貯蓄量の保全、持続可能な森林経営、森林の炭素貯蓄量の増進を指します。

CIの考え方と活動：

CIは、森林が切られるよりも維持される方がより高い価値を持つような国際的な仕組み作りに向けて働いています。私たちは途上国の現場で、地元のコミュニティや政府とともにREDD+のプロジェクトを形成し、実施することを通して、国際社会に対して、森林の消失を止め、回復を図ることが、効果的かつ効率的な気候変動緩和策であることを実証しています。私たちはこれまでにアジア、南米、アフリカの国々で37万ヘクタールに及ぶ熱帯林を保全してきました。さらに、現場での実践から得られた教訓を、REDD+の活動を世界規模で拡大していくための政策形成の議論に役立てるよう努めています。

CIは、REDD+の活動によって生じる便益が、その活動を支える地元の人々のために公平に配分され、先住民族を含む地域全体の人々の理解や参画を得て実施されるような仕組みを整備することが大切であると考えています。つまり、REDD+を温室効果ガスの排出削減だけに特化した仕組みとしてではなく、生態系サービスを含めた森林の保全による様々な環境的・社会的相乗効果を生み出すための仕組みとして捉えることが重要と考えています。実際、CIはREDD+のプロジェクトによるコミュニティや生物多様性保全への便益を明らかにするための国際的な基準作りに大きな貢献をしました。現在途上国では、REDD+を実施していくための国家計画の策定や実施能力を向上させるための技術的・資金的な支援が不足しています。このため、CIでは様々な途上国・地方政府やコミュニティに対して、REDD+の実施計画の策定や取り組みにおける技術・能力向上支援を実施しています。

図 21 REDD+に関するホームページ (1)

国際交渉の動き：

REDDの議論は、2005年の気候変動枠組条約の第11回締約国会議（COP11）において、バプア・ニューギニアやコスタリカが共同提案した「発展途上国における森林破壊由来の排出の削減：行動を促す取り組み」から始まりました。2007年にインドネシア・バリ島で開催されたCOP13では、途上国の森林減少・劣化に由来する排出の削減（REDD）」が京都議定書第一約束期間の後の2013年以降の国際的な気候変動対策の重要な検討要素であることが確認されました。さらに、森林破壊や劣化からの削減を抑制することに着目するREDDに加え、保全効果や持続可能な森林経営、吸収量の増加など、より生態系機能の向上を目指す取り組みが、「REDD+」として提唱されました。CIも、日本を含めた各国事務所がそれぞれ締約国政府に働きかけるなどして、REDD+が国際的な枠組みとして認められるよう後押ししました。

2010年にメキシコ・カンクンで開催されたCOP16では、REDD+のプロジェクトを実施する際に配慮すべきセーフガードの項目（先住民への配慮や生物多様性の保全など）に合意しました。2013年にポーランド・ワルシャワで行われたCOP19では、「REDD+のためのワルシャワ枠組み」に合意し、国際社会としてREDD+を進めていくための基本的なルールを決定しました。この決定には、森林モニタリング、温室効果ガスの測定・報告・検証（MRV）などの技術的事項に加え、成果に基づく支払いといった資金の供与に関する内容も含まれています。2014年のペルー・リマでのCOP20では交渉面での進展はありませんでしたが、気候変動枠組条約のホームページ上に、各国のREDD+に関する情報を公開する「情報ハブ」というサイトが開設され、情報の透明性が高まりつつあります。

ワルシャワでの決定をもって、REDD+を実施していくための体制は大きく整いました。途上国は、2020年まで、そして2020年以降の新たな枠組みにおいても、REDD+の活動からの排出削減量を自国の削減目標の達成に使用していくことが予想されます。他方で、REDD+からの排出削減量をクレジット化し、市場メカニズムを進めることについては反対する国があり、国際的な合意がまだありません。そのため、REDD+からの排出削減量を先進国の削減目標の達成に使用できるか否かは、これからの国際交渉に委ねられています。

CIは、REDD+は気候変動緩和策として有効であるだけでなく、社会、経済、生物多様性保全への相乗効果を創出できる仕組みであると考えています。

REDD+の活動をより多く実施していくためには、市場メカニズムの活用が効果的です。



エクアドルのREDD+戦略：ソシオ・ボスケ・プログラム



CCBスタンダード（気候・地域社会・生物多様性プロジェクト設計スタンダード） ～多面的便益をもたらすプロジェクトの設計ツール～



REDD+社会・環境スタンダード



OSIRIS: REDD効果のシュミレーションモデル

[CIの戦略ページに戻る>](#)



[コンタクト](#) [使用上の注意](#) [プライバシー](#) [採用情報](#)

© 2014 Conservation International

図 22 REDD+に関するホームページ（2）

COP20 サイドイベントを通じた国際社会への働きかけ

2014年12月にペルー・リマで開催された気候変動枠組条約 COP20 期間中の12月4日に、現地で、森林総合研究所と JICA がサイドイベント「森から世界を変える REDD+プラットフォーム～官民連携出発進行！（A collaboration platform for REDD+ express “Public-Private Platform”: Japanese private companies are going on board）」を共催した。そこに CI ジャパンがパネリストとして参加し、官民が連携して REDD+ を推進していく際の課題とその克服方法について、NGO としての見解と NGO が果たしうる役割を紹介

した。さらに、国際 NGO として REDD+活動に参加する中で得られた様々な経験と知見を、二国間のクレジットメカニズムである JCM の実施に活用していきたい旨、国際社会に対して主張した。

なお、本サイドイベントの様子は、JICA ホームページの「気候変動枠組条約 COP20 で多様な情報を発信：REDD+の推進」の中でも報告されている。

http://www.jica.go.jp/information/seminar/2014/20150109_01.html

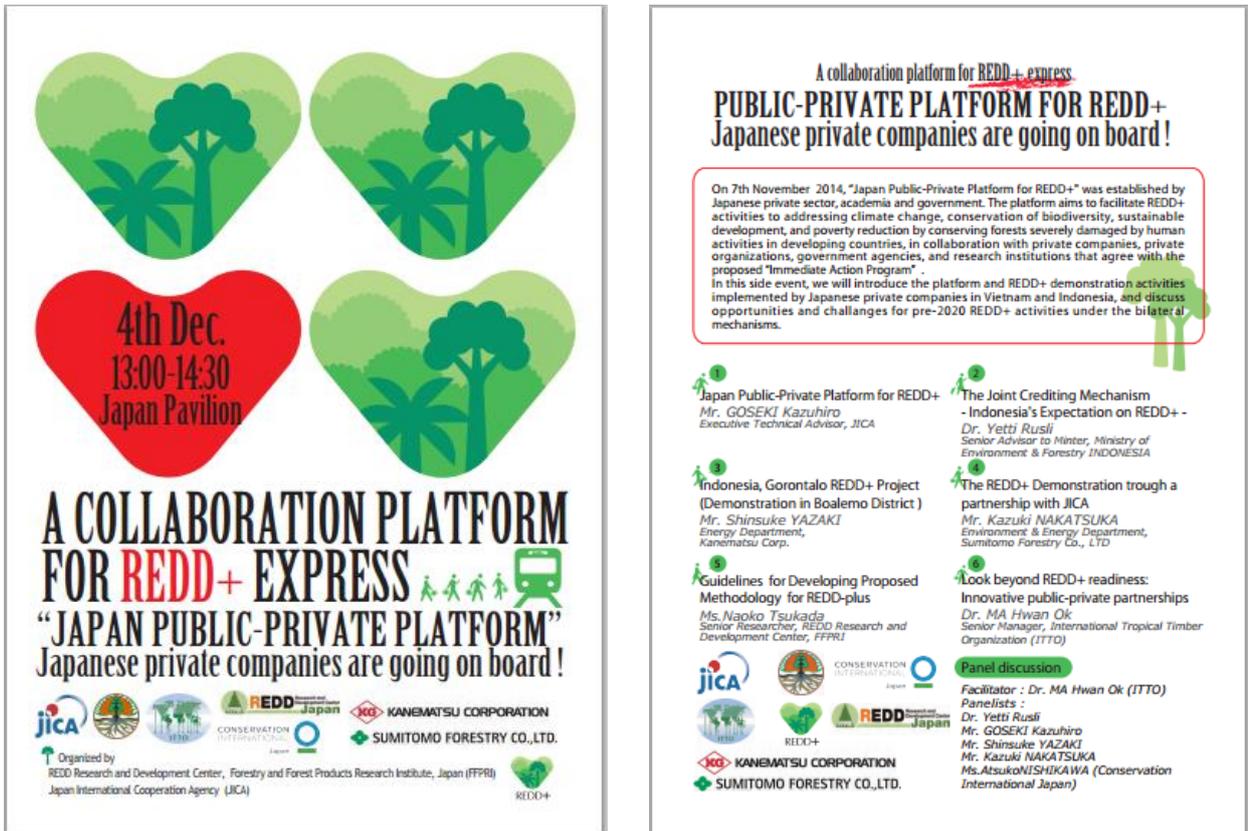


図 23 COP20 サイドイベントのパンフレット

引用文献

Avoided Deforestation Partners, 2010, +REDD Methodological Module: *Estimation of baseline carbon stock changes and greenhouse gas emissions from planned deforestation*. Version – May 2010

Avoided Deforestation Partners, 2010b, +REDD Methodological Module: *Estimation of baseline carbon stock changes and greenhouse gas emissions from unplanned deforestation*. Version – February 2010:

Bradley A., 2009. Communities & carbon, establishing a community forestry redd project in Cambodia. PACT Cambodia, Kingdom of Cambodia.

Cambodia REDD+ Roadmap, revised draft 4 October 2010, version 3.1.

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Folster, H., Fromard, H., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riera, B. and Yamakura, T. (2005) Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145: 87-99.

Christie, T., M. K. Steininger, D. Juhn, and A. Peal, 2007, Fragmentation and clearance of Liberia's forests during 1986-2000. *Oryx* 41(4): 539-543

Cotter, M., K. Martin and J. Sauerborn, 2009, How Do “Renewable Products” Impact Biodiversity and Ecosystem Services – The Example of Natural Rubber in China. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 110(1): 9-22

Don, A., Schumacher, J. and Freibauer, A. (2011) Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis. *Global Change Biology*, 17, 1658-1670

Ecosystem Marketplace (2012) State of the forest carbon markets 2012.

http://www.forest-trends.org/publication_details.php?publicationID=3242

Estrada, M. (2011) Standards and methods available for estimating project-level REDD+ carbon benefits: reference guide for project developers. Working Paper 52. CIFOR, Bogor, Indonesia.

FAO 2005 Forest Resources Assessment. FAO, Rome.

FAS, Fire Alert System, 2007. 20 Oct. 2010 <https://firealerts.conservation.org/fas/>

Forestry Administration, 2007. Forest Cover Changes in Cambodia, 2002 - 2006. Paper prepared for the Cambodia Development Cooperation Forum. Forestry Administration, Phnom Penh.

Griscom, B., Shoch, D., Stanley, B., Cortez, R. and Virgilio, N. 2009. Sensitivity of amounts and distribution of tropical forest carbon credits depending on baseline rules. *Environmental Science and Policy* 12:897-911.

GTZ 2009. Foreign Direct Investment in Land in Cambodia. GTZ, Germany.

Habitat Monitoring. Forest Cover and Change. Jan. 2010. 25 Oct. 2010

<https://learning.conservation.org/spatial_monitoring/Forest/Pages/default.aspx>

Hansen K. K. and Top N., 2006. Natural forest benefits and economic analysis of natural forest conversion in Cambodia. Cambodia Development Research Institute (CDRI) Working Paper 33, Phnom Penh.

Hansen K. K. and Top N., 2006. Natural forest benefits and economic analysis of natural forest conversion in Cambodia. Cambodia Development Research Institute (CDRI) Working Paper 33, Phnom Penh.

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., Townshend, J. R. G., 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change, 2012, *Science*: 342: 850-853

Harper, G., Steininger, M.K., Tucker, C.J., Juhn, D. & Hawkins, F., 2007, Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation* 34(4) : 325-333

Heov, K.S et al. 2006. The Value of Forest Resources to Rural Livelihoods in Cambodia. Cambodia Development Research Institute (CDRI) Policy Brief 2, Phnom Penh.

Idesam and FAS, 2010, Methodology for Estimating Reductions of GHG Emissions from Frontier Deforestation. Manaus, 15 May 2010, v01.2

IDRISI, 2009, IDRISI Taiga Tutorial. Clark Labs, Worcester. August 2009

IPCC, 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

Kapos, V., Ravilious, C., Leng, C., Bertzky, M., Osti, M., Clements, T., Dickson, B., 2010, Carbon, biodiversity and ecosystem services: Exploring co-benefits. Cambodia. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

Ken Serey Rotha, 2010. Considerations in designing a REDD Benefit Distribution System in Cambodia. IUCN Cambodia.

Kitahara, F., Mizoue, N. and Yoshida, S. Effects of training for inexperienced surveyors on data quality of tree diameter and height measurements. *Silva Fennica* 44:657-667

Kiyono, Yoshiyuki, Naoyuki Furuya, Thy Sump, Chisa Umemiya, Eriko Itoh, Makoto Araki, and Mitsuo Matsumoto, 2010, Carbon Stock Estimation by Forest Measurement Contributing to Sustainable Forest Management in Cambodia. *JARQ* 44(1), 81-92

Leng, C., Ravilious, C., Kapos, V., Bertzky, M., Osti, M., Clements, T., Dickson, B. (2010) Carbon, biodiversity and ecosystem services: Exploring co-benefits. Cambodia. UNEP-WCMC, Cambridge, UK

MAFF, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Overview of Economic Land Concession in Cambodia Web Page. May 2010. 4 Aug. 2010. <<http://www.elc.maff.gov.kh/overview.html>>

NREM DATA TOOL BOX Web Page, -Royal Danish Embassy- Danida - Phnom Penh, Cambodia. March 2007. 6 Oct. 2010. <<http://www.cambodiaatlas.com/index/disclaimer>>

Oberndorf, R. and Nhean, M. 2010. REDD+ in the Cambodian context. An overview of the policy, legal and governance Frameworks impacting implementation. Report for the Cambodia REDD+ readiness process. UNDP Cambodia, Phnom Penh.

Poffenberger M., 2009 Cambodia's forests and climate change: Mitigating drivers of deforestation. *Natural Resources Forum* 33: 285-296

Puyravaud, J.-P., 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177: 593-596

Reyes, G., Brown, S., Chapman, J., Lugo, A. E. (1992) Wood densities of tropical tree species. United States Department of Agriculture, 98. Forest Service Southern Forest Experimental Station, New Orleans, Louisiana. General Technical Report SO-88.

Sasaki, Nophea and Atsushi Yoshimoto, 2010, Benefits of tropical forest management under the new climate change agreement—a case study in Cambodia. *Environ. Sci. Policy*, doi:10.1016/j.envsci.2010.04.007

Sasaki, Nophea, 2006, Carbon emissions due to land-use change and logging in Cambodia: a modeling approach. *J. For. Res.*, 11:397-403

Schmidt, Lars and Ida Theilade, 2010, Conservation of Prey Long Forest Complex, Cambodia Working paper nr.50-2010. *Forest & Landscape*

Sloth, C., K. S. Heov, and B. Khlok, 2005, Natural Resources and Environment: Issues, Constraints and Challenges. In : Murshid, K.A.S. and Ballard, B. (editors) : Annual Development Review 2004-2005. Cambodia Development Research Institute (CDRI), Phnom Penh.

Stibig, H-J., Stolle, F., Dennis, R. and Feldkötter, C., 2007, Forest Cover Change in Southeast Asia - The Regional Pattern. JRC Scientific and Technical Research series. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. ISSN 1018-5593.

Toriyama, J., Ohta, S., Ohnuki, Y., Ito, E., Kanzaki, M., Araki, M., Chann, S., TITH, B., Keth, S., Hirai, K. and Kiyono, Y., 2011, Soil carbon stock in Cambodian monsoon forests. *JARQ*, 45, 309-316

Top, N., Mizoue, N., Ito, S., Kai, S., Nakao, T., Ty, S. 2006. Re-assessment of woodfuel supply and demand relationships in Kampong Thom Province, Cambodia. *Biomass and Bioenergy* 30: 134-143.

Top, N., Mizoue, N., Ito, S., Kai, S., Nakao, T. 2004 Variation in woodfuel consumption patterns in response to forest availability in Kampong Thom Province, Cambodia. *Biomass and Bioenergy* 27: 57-68.

Top, Neth, Nobuya Mizoue, and Shigetaka Kai, 2004, Estimating forest biomass increment based on permanent sample plots in relation to woodfuel consumption: a case study in Kampong Thom Province, Cambodia. *J. For. Res.*, 9:117-123

UNHCR, 2004, *Land Concessions for Economic Purposes in Cambodia: A Human Rights Perspective*. Special Representative of the Secretary General for Human Right in Cambodia, Phnom Penh, Cambodia.

Verified Carbon Standard AFOLU Requirements: VCS Version 3. 2011. Verified Carbon Standard: Requirements for Agriculture, Forestry, and Other Land Use Projects.

Wauters, J.B., Coudert, S., Grallien, E., Jonard, M. and Ponette, Q. (2008) Carbon stock in rubber tree plantations in Western Ghana and Mato Grosso (Brazil). *Forest Ecology and Management* 255:2347-2361

亀山康子、高村ゆかり編(2011)『気候変動と国際協調－京都議定書と多国間協調の行方』慈学社