生態系サービスからみた森林劣化抑止プログラム（REDD）の改良提案とその実証研究

推進費課題（D1005課題2010～2012）

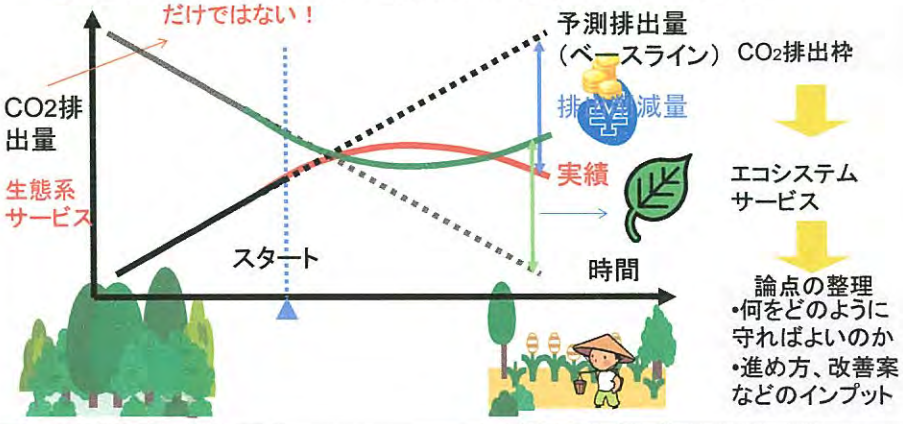
課題代表者
奥田敏統（広島大学総合科学研究科）

研究参画者
鈴木英治（鹿児島大学理工学研究科）
米田健（鹿児島大学農学部）
梁乃申（国立環境研究所）
小熊宏之（国立環境研究所）
山田俊弘（広島大学総合科学研究科）
坂上雅治（日本福祉大学）
高橋進（共栄大学）
井上真（東京大学農学生命科学研究科 ）
磯崎博司（明治学院大学法学部）
古川　務（岩手大学人文社会学部）

REDD

Reduced Emission by Deforestation and Degradation in Developing Countries

- 途上国において森林減少によるCO_2排出量を予測し，削減実績を他の国に売却したり、資金援助を受けたりする仕組み。
- 途上国の森林破壊：CO2排出の問題だけではない。



REDD plus →論点と"改善案"

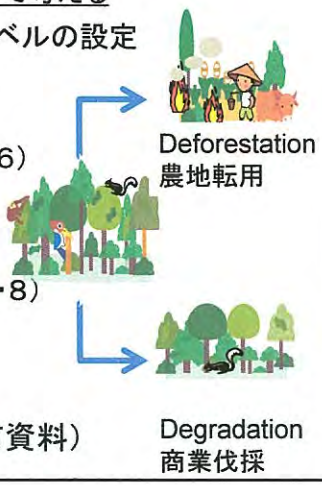
Reduced Emission by Deforestation and Degradation in Developing Countries

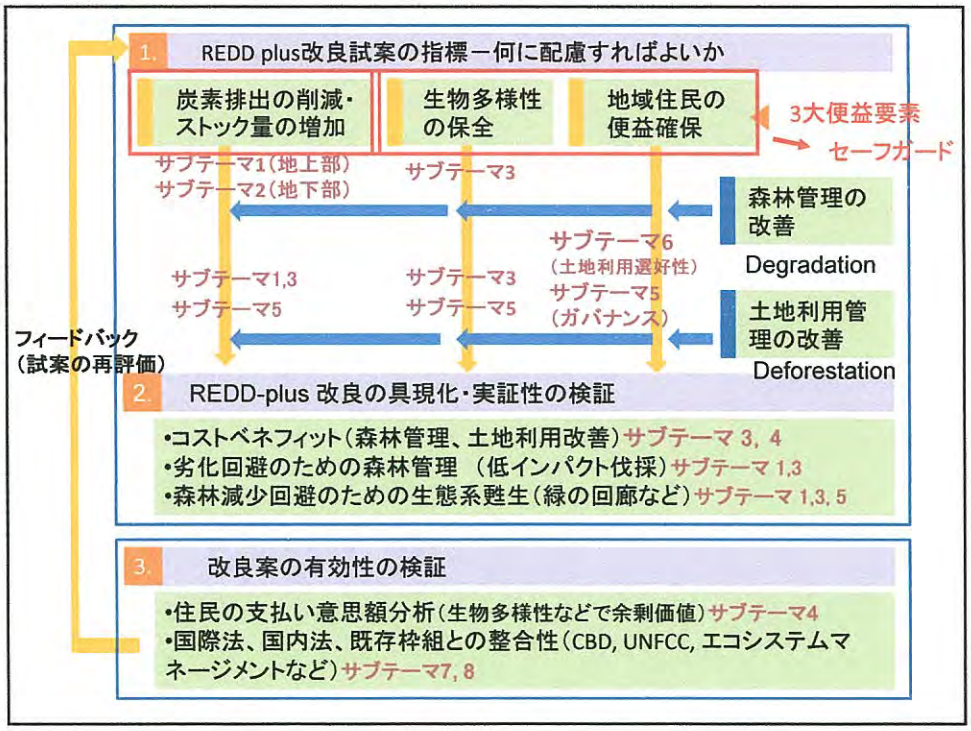
- CO_2偏重主義→エコシステムサービス
- 何に配慮すればよいか（一部、セーフガード）

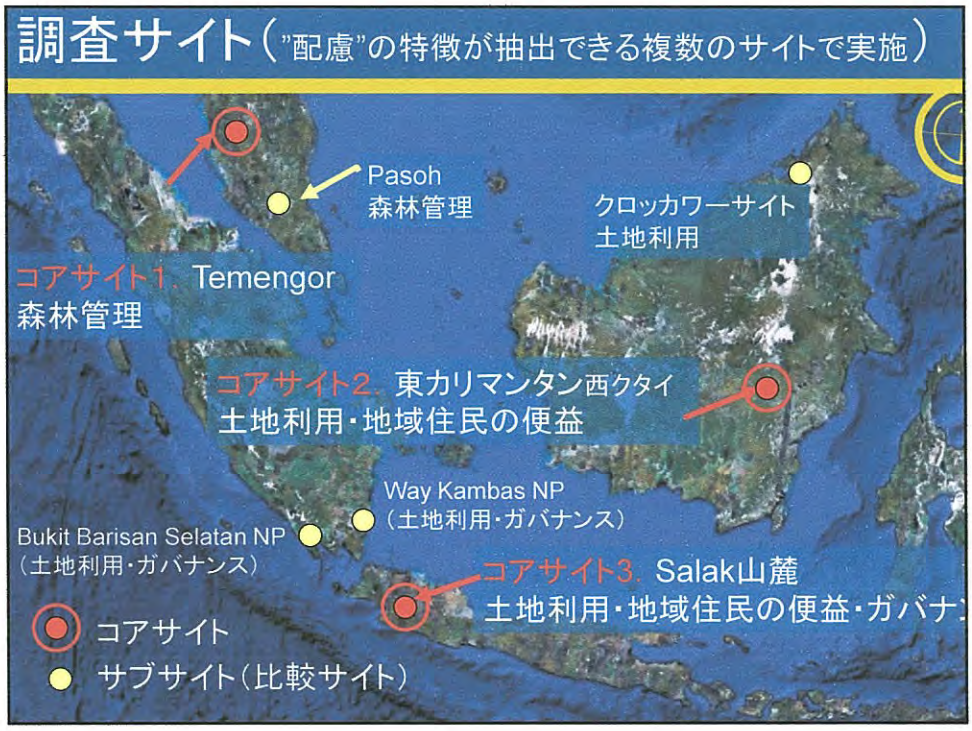
2つのD: DeforestationとDegradationに別けて考える

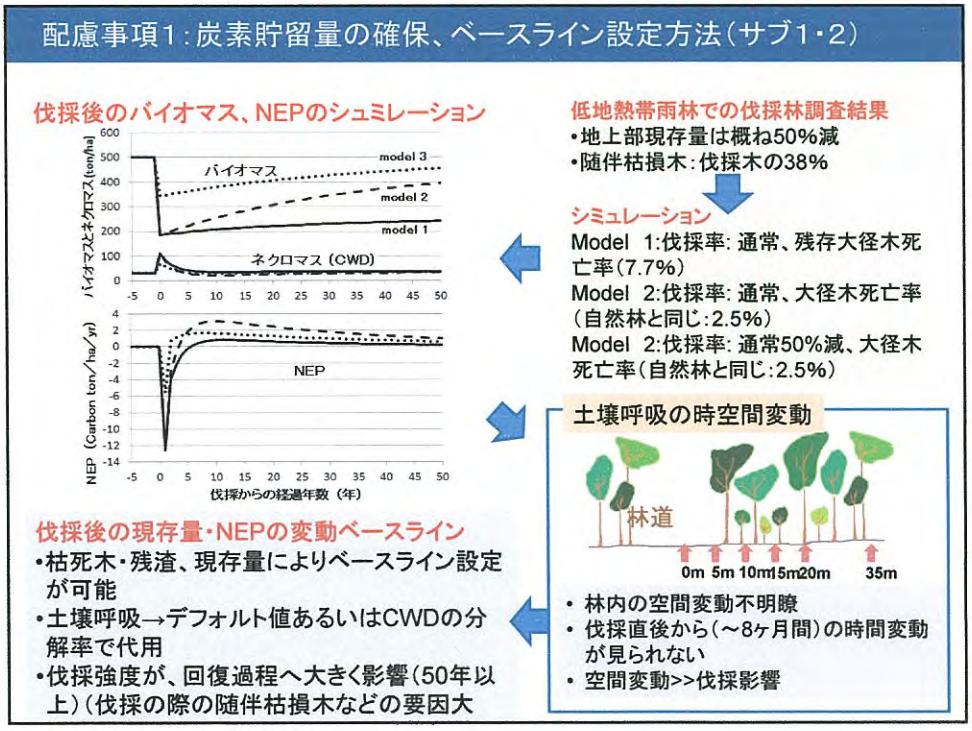
1. 炭素貯留量の確保、ベースライン・参照レベルの設定方法（サブ1・2）
2. 生物多様性（サブ3）
3. 地域社会・住民の安全・便益の確保（サブ6）
4. ガバナンスと（サブ5）
5. コストベネフィット（サブ4）
6. 法的枠組、実施に当たっての根拠（サブ7・8）

- どのような実施方法があるか
  1. RIL(低インパクト伐採)
  2. 住民参加型生態系甦生
- セーフガードの具現化，基準の提案（配布資料）





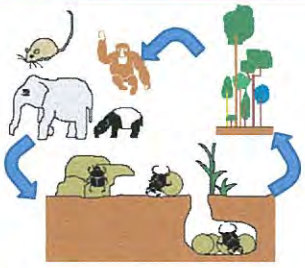

調査サイト（"配慮"の特徴が抽出できる複数のサイトで実施）
Pasoh
森林管理
クロッカワーサイト
土地利用
コアサイト1. Temengor
森林管理
コアサイト2. 東カリマンタン西クタイ
土地利用・地域住民の便益
Way Kambas NP
（土地利用・ガバナンス）
Bukit Barisan Selatan NP
（土地利用・ガバナンス）
コアサイト3. Salak山麓
土地利用・地域住民の便益・ガバナ
コアサイト
サブサイト（比較サイト）

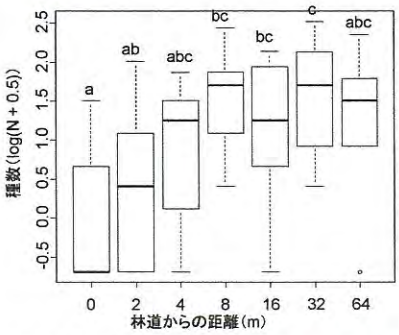

配慮事項1：炭素貯留量の確保、ベースライン設定方法（サブ1・2）
伐採後のバイオマス、NEPのシュミレーション
バイオマス
model 3
model 2
model 1
ネクロマス（CWD）
NEP
伐採からの経過年数（年）
低地熱帯雨林での伐採林調査結果
•地上部現存量は概ね50%減
•随伴枯損木：伐採木の38%
シミュレーション
Model 1:伐採率: 通常、残存大径木死亡率（7.7%）
Model 2:伐採率: 通常、大径木死亡率（自然林と同じ:2.5%）
Model 2:伐採率: 通常50%減、大径木死亡率（自然林と同じ:2.5%）
土壌呼吸の時空間変動
林道
0m 5m 10m15m20m 35m
• 林内の空間変動不明瞭
• 伐採直後から（～8ヶ月間）の時間変動が見られない
• 空間変動>>伐採影響
伐採後の現存量・NEPの変動ベースライン
•枯死木・残渣、現存量によりベースライン設定が可能
•土壌呼吸→デフォルト値あるいはCWDの分解率で代用
•伐採強度が、回復過程へ大きく影響（50年以上）（伐採の際の随伴枯損木などの要因大

配慮事項2：生物多様性 （サブテーマ3）

昆虫・小型哺乳類の指標性の検証

- 森林の健全性の指標：自律的更新が可能か？
- 野生動物の役割に着目
  - 食糞性甲虫類（フン虫）
    - 養分循環、土壌耕起、通気性、保水性の改善、
    - 衛生害虫の防除、二次的種子散布食害の回避
  - 小型～中型哺乳類（特に齧歯類）





林道からの距離と糞虫の多様性との関係

- フン虫の個体密度も同様に林内～林縁へ低下する＝林道上の糞は無駄打ち
- 小型哺乳類（齧歯類）林内～林縁へ低下する
- 倒木、伐採残渣、林冠開空度など有無が影響
- 林道の影響：フン虫・哺乳類とも約30m近辺まで及ぶ：多様性劣化の閾値

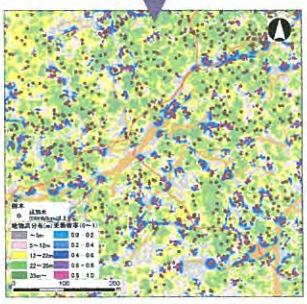
配慮事項2： 生物多様性 （サブテーマ3）

森林伐採→生物多様性（糞虫）による森林更新へのシュミレーション

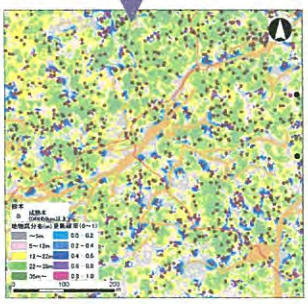
実生定着モデル

- 成熟木（DBH50cm以上）からの距離に実生個体数密度の関係
- 林道からの距離に応じた定着率を指標化（0～1）
- 実生は開放地（ギャップ）で定着（前提）

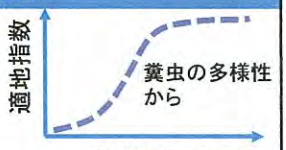
樹木のDBH,マッピングデータ、LIDARの林冠高データ、路網データから開放地、親木の位置を特定



林道の影響なし



林道の影響有り



樹木データのあるエリアの伐採跡地面積38.4ha

種子が侵入・定着し更新が期待される面積

- 林道影響なし　6.80ha
- 林道影響あり　4.55ha

林道の影響は33%と試算。累積した場合、影響大

配慮事項3：地域住民の便益 （サブテーマ6）

地域住民への土地利用に対する選好性

住民土地利用の選好調査（東カリマンタン、西クタイ県）

- 住民の選好性
- 林地 VS. 非林地（農地）

（林地）

- ▶ 収入源として非木材性資源への期待有り。
- ▶ 雇用機会への期待はない

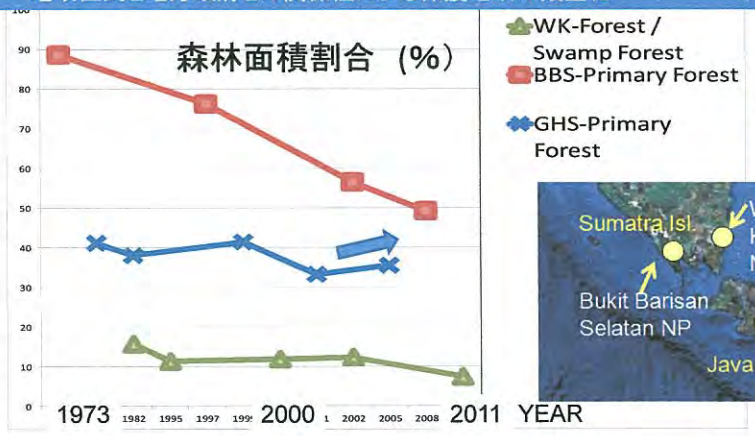
住民の選好性（非林地）

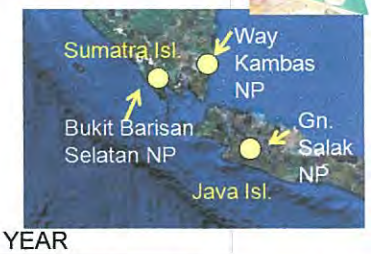
- ▶ 焼畑農業の継続、伝統的ゴム園（粗放で自然林に近い）近代的ゴム農園の造成、カカオ園の造成
- ▶ アブラヤシ園に対する選好性が低い
- REDD plus国家プログラムの中に住民による木材や非木材森林産物の利用を組み込む可能性とその道筋を検討することが重要である。

	LT村	BM村	BS村	SD村
1位	焼畑	ゴムプランテーション	伝統的ゴム園	ゴムプランテーション
2位	伝統的ゴム園	伝統的ゴム	焼畑	伝統的ゴム
3位	ゴムプランテーション	カカオ園	ゴムプランテーション	焼畑
4位	カカオ園	焼畑	果樹園	果樹園
5位	果樹園	果樹園	ラタン園	アブラヤシ農園
6位	ラタン園	アブラヤシ農園	アブラヤシ農園	ラタン園
7位	アブラヤシ農園	ラタン園		

配慮事項 4：ガバナンス （サブテーマ5）

地域住民と地方政府との関係性による保護地域の類型化





1. エンクローチメント型南ブキット・バリサン国立公園(BBS); 違法プランテーションと退去命令 （1960年代～）、プランテーション続行
2. 統治管理型ワイ・カンバス国立公園(WK)：住民の強制退去による植生回復
3. 日本型・参加協働型グヌン・ハリムン・サラック国立公園：MKK活動などによる森林保全、再生（植林）と委託管理など（95年頃～JICAなど、共同管理に関する大臣規則2004年）

REDD-plus 改良案の具現化の検証

森林管理：RILの導入でのcost -benefit

マレーシア熱帯雨林長期観測プロットの毎木データ，木材価格データ，搬出コストを分析して様々な森林管理のレベルでの採算性を推定した。

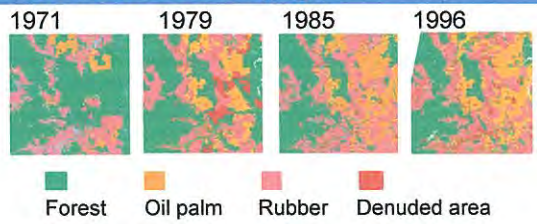
基準・内容	従来伐採	低インパクト伐採		
		RIL 1	RIL 2	RIL 3
伐採 下限サイズ	DBH≧50cm 50cm>温存	≧50cm	≧50cm	≧50cm
伐採密度	全て	≦100本	≦25本	≦6本
RILによる収入減(①) 単位US$/ha	収入＝ $11,856/ha	-617	-2479	-4435
①を相殺するCO2価格 単位：US$/t		18.3	20.0	22.5

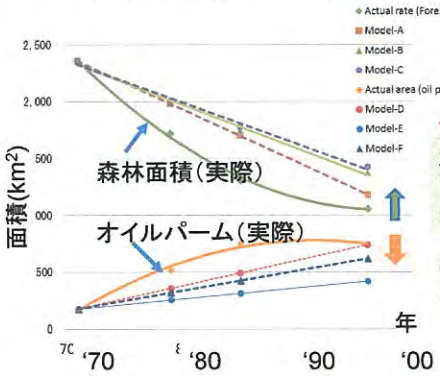
RIL :Reduced Impact logging　低インパクト伐採

- CO_2の取引価格 $20前後でRILを導入後の減収は相殺される
- ただし、REDDに掛かるコスト（認証）は含まれていない。

提案課題の具現化の検証

森林減少抑止のCo-benefit program





シナリオ①
減少率(1%低下):120km²森林保全に充当

オイルパーム増加面積120km² 抑制

- 森林面積とオイルパーム面積増加：トレードオフの関係
- REDD＋によるCO2クレジット<<オイルパームの収益：全面的にストップすることは無理
- シナリオ①（120km²保全、炭素20$）ならばオイルパーム面積減少による減益を相殺できる。
- 120km²保全はサイト内オイルパーム園内河川流域（400m幅で保全した面積に相当）

提案課題の具現化（住民参加による生態系甦生）

地域住民と森林保全（農業活動と森林保全）
- 地域住民ー果樹園，ラタン園などへの選好性＞生産林（サブ6）
- バッファーゾーンでの行政府と地域住民の協働（サブ1，5）
- 広大なオイルパーム内での緑の回廊設置事業（サブ3）：住民の意向＋環境教育を取り入れた河畔林の再生

- オイルパームは森林ではない
- 河畔林の増加分＝Cストック量の担保（劣化の抑止）
- 河川沿いは森林の温存が義務づけられている。
- 河畔林の保全、回復甦生により猛禽類などを誘引。

野鼠個体数の抑止：co-benefit

REDD-plus 改良の具現化・実証性の検証

クレジットの市場取引の可能性に関する検証（サブテーマ4）

- 調査対象：マレーシア、日本の一般消費者
- 木材関連製品（文具、ノート）を支払意志額の指標として測定
- 持続的森林管理下での原料を用いた製品を基本的には評価
- CO2排出削減のみよりも生物多様性保全加えた森林管理を評価

シナリオ別Total Utility＊推定値の比較

	マレーシア	日本
CO2排出削減と生物多様性保全の双方が持続的森林管理の主目的である場合	2．8～3．5	1．3～2．8
CO2排出削減が持続的森林管理の主目的である場合	2．3～3．0	0．5～2．1
持続的森林管理施策を導入しない	2．5	1．1

＊それぞれのシナリオへの効用の強さを数字化した指標。数字が高いほど選好性が強い

本課題で"改良提案"

"セーフガード及び配慮事項による基準の例

	Tier 1 普通	Tier 2 良	Tier 3 優	Tier 4 秀
現存量の回復までの年数	>100年	70年～100年	50～70年	50年以下
対自然林max biomass(%)	40%＞	40-60%	60-80%	ほぼ100%
生物多様性の保全	人工林 Agroforestryなど	在来種 人工育成	在来種 自律的更新可	在来種 大径木を含む 自律的更新可
地域社会への便益の確保	囲い込みの可能性，リーケッジの可能性有り	左項目排除 ＋住民選好性の反映	＋現有土地使用権の確保	＋協働型管理 （地域＋行政） Frictionの排除

- REDDのみのならばどれも変わらない（森林減少の抑止のみ），
- セーフガードの具現化により達成可能

REDD-plus 改良の具現化・実証性の検証

国際条約・国内法などからみた提案指標の有効性の検証 （サブテーマ7）

- 既存のガイドライン等との整合性を分析し拠り所とする。
- サブテーマ1-6の成果と関連する国際文書などの資料分析し、セーフガードに必要な原則・基準・手続きを探索した。
- 国際法からのアプローチが有効。
- 事業実施国の国内法令の遵守を要件にする規制措置、もしくは事業支援国の独自の判断に基づく規制措置という2段構えの国内法令アプローチを支援国がとることでセーフガードは担保可能。

	対象法令		個別法令
法令遵守	関連条約	環境	生物多様性条約、ワシントン条約、ラムサール条約、世界遺産条約、国際熱帯木材協定、ボン条約ほか、関係ガイドライン
		人権	国際人権規約、ILO-169号（先住民）条約、先住民、児童、男女などに関するその他の条約
	実施国の国内法		環境、森林、人権、少数民族、財産権、土地利用、外資、契約などの分野の法令、 生物多様性国家戦略
	支援国の国内法		外国法令遵守の義務・確認手続き 外国における生物多様性保全・セーフガード遵守の義務

REDD-plus 改良の具現化・実証性の検証

エコシステム（生態系）アプローチからみた提案指標の有効性の検証 （サブテーマ8）

- エコシステムアプローチ、既存プロジェクトとの整合性を検証

		生態系アプローチ =本プロジェクトの提案	インドネシアREDD＋国家戦略
基本原則	透明性	全ての利害関係者の意思決定への参加（住民参加）、情報へのアクセスの確保・情報共有→意思決定	REDD+活動への参加の確保、十分な周知
	地元主導	生態系の構造や機能にとって重要な伝統的土地利用の承認	該当なし
対応方法	生態系基盤	生物多様性、変異性の維持、保全、回復	生物多様性、変異性の維持、保全、回復
	統合性	各関連部門の文化的・社会的必要性の考慮、統合的な計画策定、順応的管理	REDD+活動への参加の確保、十分な周知
	地元主導	もっとも下位レベルでの意思決定、意思決定の分権化、共同体による共同体内での利益配分決定、TKNの尊重、すべての利害関係者による意思決定プロセス	森林管理ユニットの設立、先住民・地域住民の土地の調査の実施、権利者への利益配分、事前情報に基づく同意原則 （FPIC）の実施
実施	内部経済化	生態系サービスの保全によって利益を得た者による保全費用の支払	該当なし

- エコシステムアプローチを「基準（拠り所）」として新たなREDD＋の提案が可能

赤い字で示した部分：ホスト国基準との違い：本研究での提案事項

まとめ

配慮事項

1. 森林の炭素ストック量、CO2発生量→ベースライン
   - 伐採後の地上部・地下部の残渣からのCO2発生が鍵
   - 伐採後の随伴枯損木をどの程度最小限に留めるかがポイント
2. 生物多様性
   - 林道建設によるインパクト低減が鍵（種子散布、埋設者の動態把握）
3. 地域住民の便益
   - 住民の土地利用に対する選好性重視
4. ガバナンス
   - 行政－地域住民などの協働による植生修復が森林減少抑止、生態系甦生に効果

費用対効果（cost –benefit）

- 森林管理：低インパクト伐採導入（CO2値段だけでも採算の見込み有り）
- 土地利用（土地改変）：既存プランテーションとの共生（co-benefit）、河畔植生の温存、修復
- 生物多様性などに対する一般市民の評価（支払い意思額）は高い

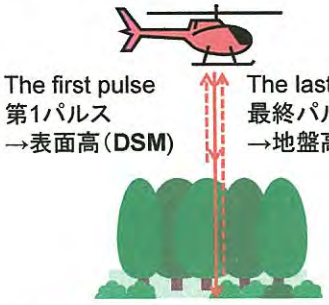
「改善案」の有効性の検証

- Ecosystem Approachを根拠に「改良案」の受容の可能性有り
- 国際的枠組、国内法に盛り込まれた様々な「基準」[遵守義務」などを利用し、ホスト国だけでなく、支援国の法的整備も行えば受入可能

その他: 現存量推定の(MRV)の強化

LiDARデータ～合成開口レーダの比較

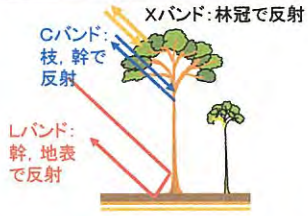
LiDAR(Laser Detection and Ranging)
- レーザービーム(光)を当て，複数の反射パルスを検出
- **DSMとDTMを作成**
- 林冠高＝DSM-DTM



精度は高いが、天候に左右されやすい。
高価。計測範囲が狭い

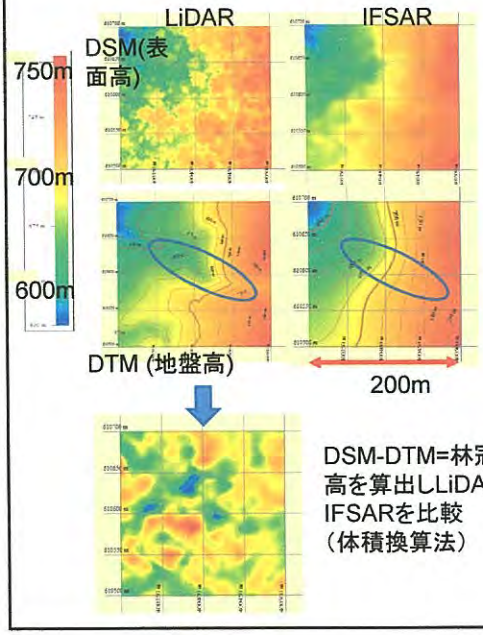
合成開口レーダー SAR
(Synthetic Aperture Radar) **IFSAR**
波長の異なるマイクロ波の差を利用，DSM，DTMを作成

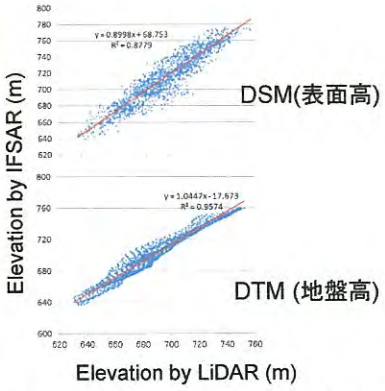
周波数帯	波長(cm)
Lバンド	15～30
Cバンド	3.75～7.5
Xバンド	2.4～3.75



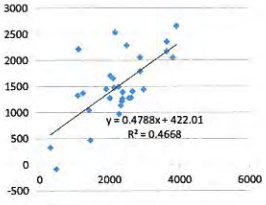
精度は若干低い、全天候。広範囲計測が可能

LiDARデータ～合成開口レーダへのスケールアップ化





DSM-DTM=林冠高を算出しLiDAR-IFSARを比較（体積換算法）



IFSARからのバイオマス推定が可能
安価・天候に左右されない、広範囲な計測が可能であることが分かった