

平成26年度

REDDプラスに係る
森林技術者講習会
テキスト
〈基礎講習〉

1 REDDプラス概論

松本 光朗
森林総合研究所 REDD研究開発センター
(講義: 日本森林技術協会 鈴木 圭)

2 森林炭素モニタリングの設計と
参照レベルの要件

鈴木 圭
日本森林技術協会

3 REDDプラスに係る国際的な議論の趨勢

カ石 晴子
三菱UFJリサーチ&コンサルティング

4 COOKBOOKについて

宗像 和規
日本森林技術協会

5 森林炭素モニタリングの基礎

金森 匡彦
日本森林技術協会

6 衛星データの種類と入手の際の留意点

磯野 賀瑞夫
RESTEC

7 REDDプラスにおける
リモートセンシングの役割

林 真智
国立環境研究所

8 森林炭素量の把握

佐藤 顕信
日本森林技術協会

9 リモートセンシングを用いた
森林面積の把握手法

鈴木 圭
日本森林技術協会

10 今後に向けての課題

松本 光朗
森林総合研究所 REDD研究開発センター

11 森林炭素変化量の推定

七海 崇
日本森林技術協会



REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成26年度

基礎講習

第1章

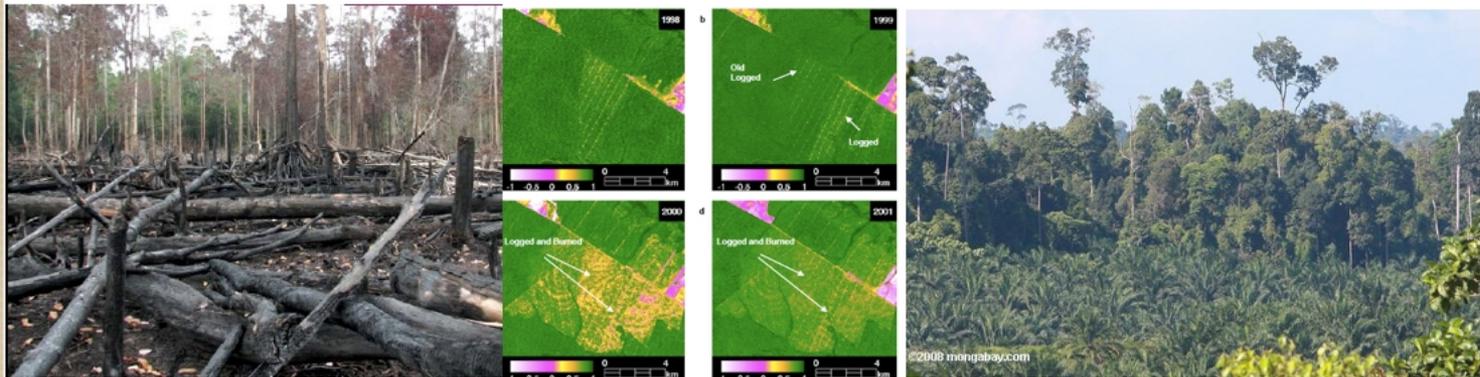
REDDプラス概論

(独)森林総合研究所 REDD研究開発センター
松本 光朗

(講義:一般社団法人 日本森林技術協会 鈴木 圭)



第1章 REDDプラス概論



GOFC_GOLD SourceBook

Kanninen, M. et al., CIFOR

松本光朗

(独) 森林総合研究所 REDD研究開発センター
センター長



目次

- REDD+とは何か？
- REDD+科学的背景
- REDD+の経緯
- REDD+の論点
- REDD研究開発センターの活動





I. REDD+とは何か？



REDDプラス

- REDD+ (REDD-plus)
 - 森林減少・劣化による排出削減、森林保全・持続可能な森林管理・森林炭素蓄積の増強の役割
 - Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in Developing countries
- REDDは森林減少・劣化による排出削減、
- +は森林保全以降の吸収の維持・増加の活動

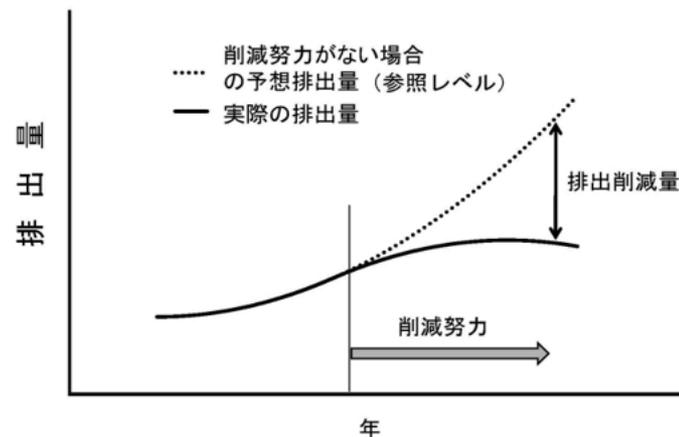


REDDプラス

- 炭素排出の20%（1990年代）が森林減少の削減と劣化によるもの
- 京都議定書は途上国の森林減少・劣化を削減する仕組みをもたない
- 途上国の森林減少・劣化を止める仕組みが必要
- REDD+は、森林減少・森林劣化からの排出の削減や、炭素吸収を行えば、インセンティブ（報償）が得られる仕組み
- 生物多様性の維持、地域住民のためにも有効



CIFOR「木はお金で育つか？」より引用





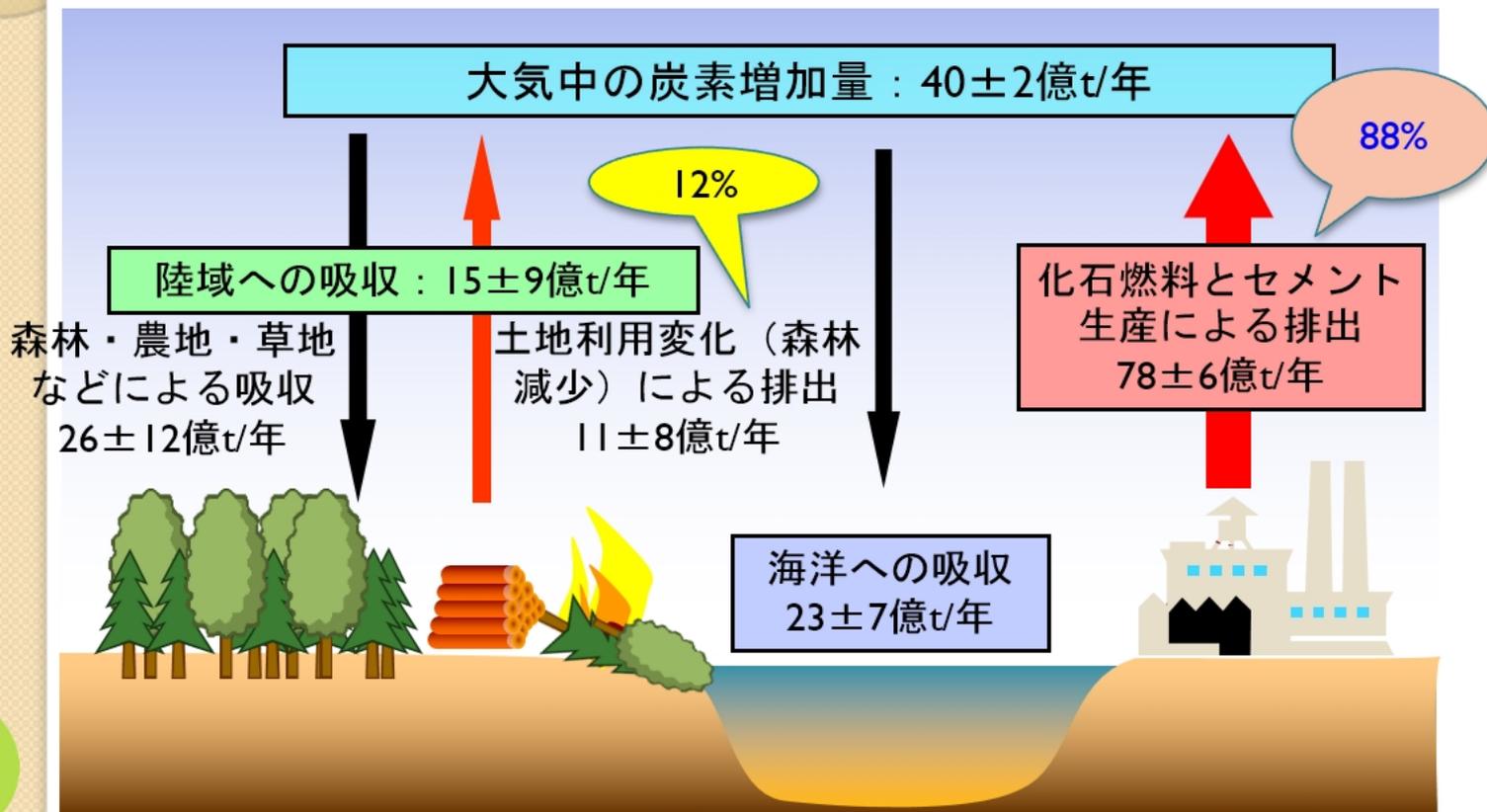
2. REDD+の科学的背景



地球上の炭素の動き(2000年代)

IPCC第5次報告書より

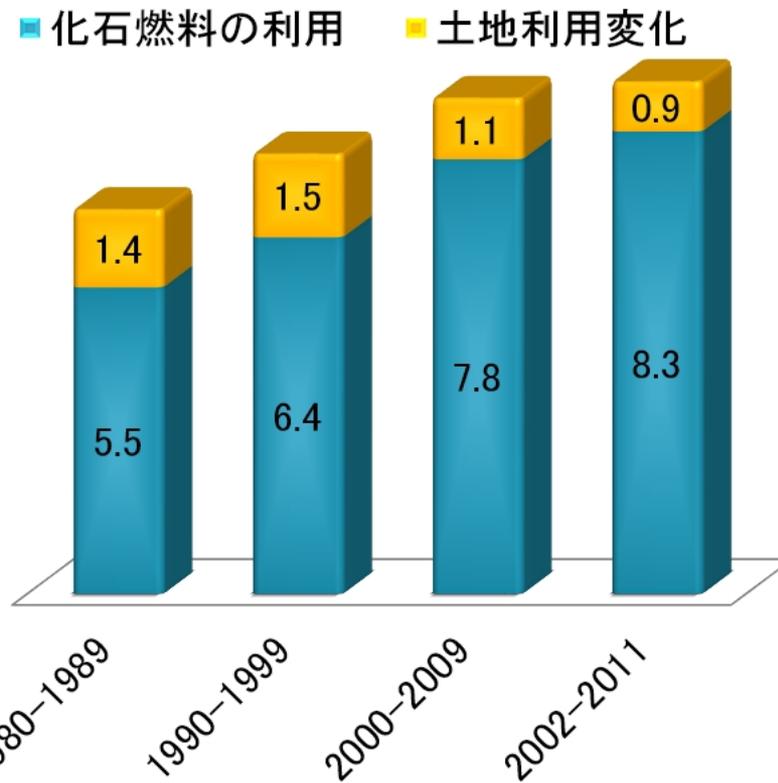
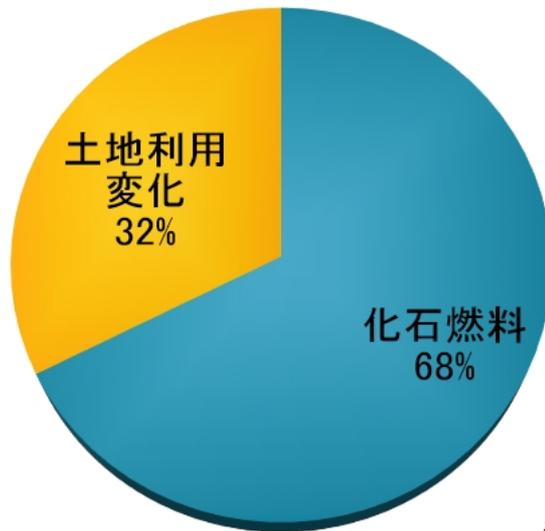
- 1990年代、化石燃料等からのCO₂排出は人間活動による総量の約80%であり、土地利用変化によるものは20%であった。
- 2000年代に入り、それぞれ88%、12%となった。



IPCC第5次評価報告書 第1作業部会報告

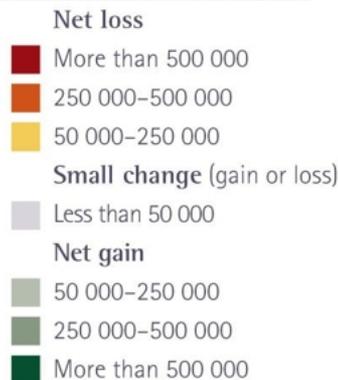
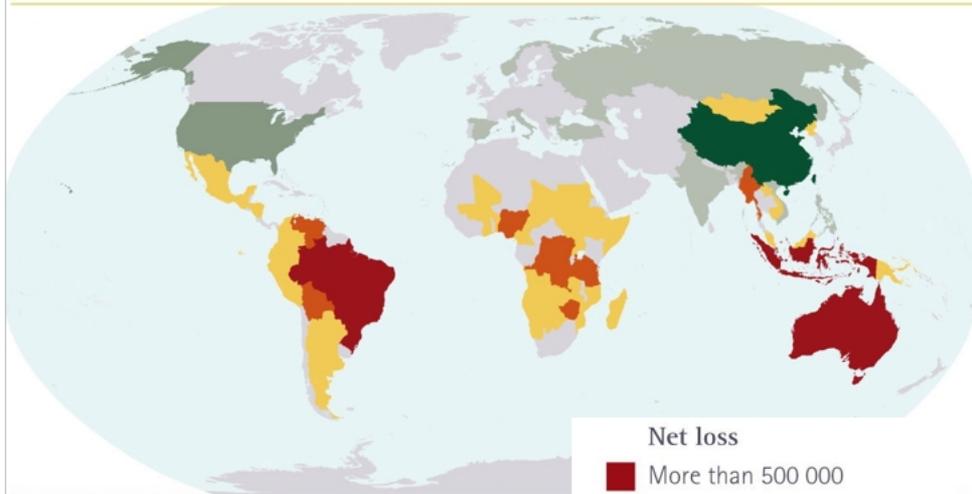
歴史的に地球温暖化の原因の1/3は 土地利用変化（≒森林減少）

1750～2011年の
排出量の内訳
(10億トン)



世界の森林面積の変化

Net change in forest area by country, 2005–2010 (ha/year)



2005-2010年における森林面積変化率
FAO 2010年世界森林資源報告書より

- 世界の森林は520万ha/年の減少 (2005–2010)
- 森林減少は途上国に集中（豪は森林火災による）
- ただし、途上国の森林の状態は一様ではない
- 大きな森林減少
 - ブラジル、インドネシア、2国のみで世界の60%。
- 森林減少
 - 熱帯アフリカ各国
- 安定化
 - タイ、インド、マレーシア
- 森林面積増加
 - 中国、ベトナム、チリ

Forest Cover Transition Curve



Figure 7. Diagram of the typical forest transition curve, showing relative deforestation over time within Asian countries.

9

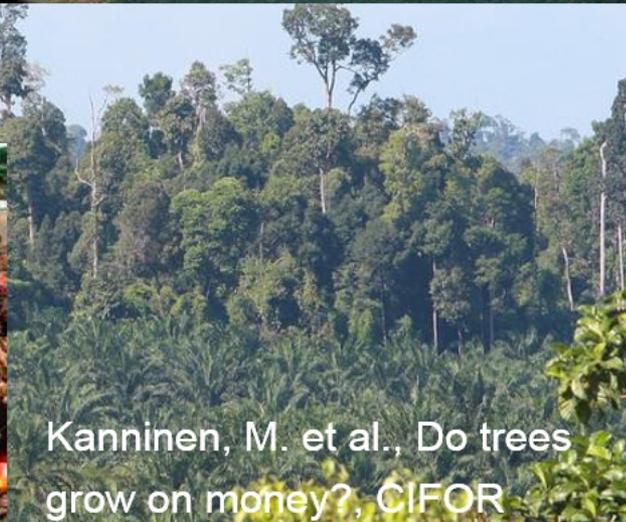
森林減少が進んでいる国

FAO 2010年世界森林資源報告書

Country	Annual change 1990–2000		Country	Annual change 2000–2010	
	1 000 ha/yr	%		1 000 ha/yr	%
Brazil	-2 890	-0.51	Brazil	-2 642	-0.49
Indonesia	-1 914	-1.75	Australia	-562	-0.37
Sudan	-589	-0.80	Indonesia	-498	-0.51
Myanmar	-435	-1.17	Nigeria	-410	-3.67
Nigeria	-410	-2.68	United Republic of Tanzania	-403	-1.13
United Republic of Tanzania	-403	-1.02	Zimbabwe	-327	-1.88
Mexico	-354	-0.52	Democratic Republic of the Congo	-311	-0.20
Zimbabwe	-327	-1.58	Myanmar	-310	-0.93
Democratic Republic of the Congo	-311	-0.20	Bolivia (Plurinational State of)	-290	-0.49
Argentina	-293	-0.88	Venezuela (Bolivarian Republic of)	-288	-0.60
Total	-7 926	-0.71	Total	-6 040	-0.53



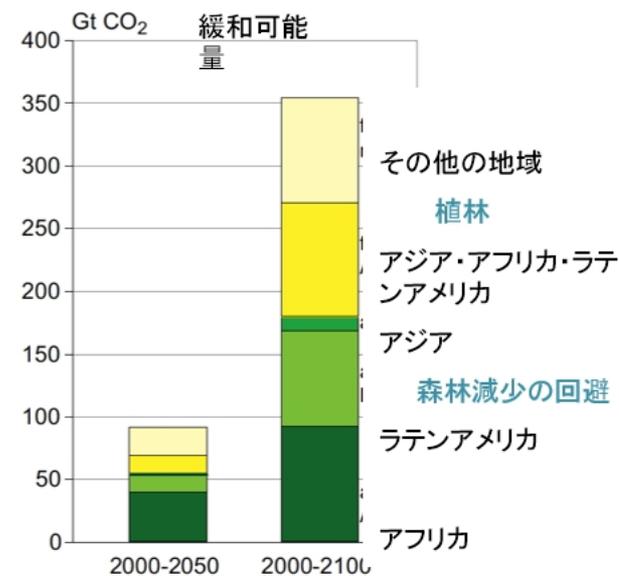
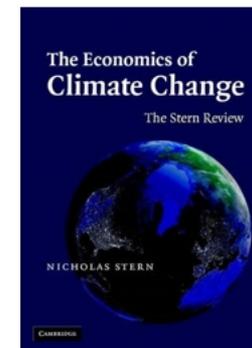
インドネシアのアブラヤシ林の開発



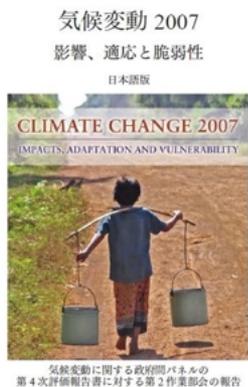
Kanninen, M. et al., Do trees grow on money?, CIFOR

排出削減対策としての 森林減少及び森林劣化の削減

- スターン・レビュー
 - 森林減少の抑制は温室効果ガスを削減する上できわめて費用対効果が高い
- IPCC第4次報告書
 - 世界の緩和可能量の65%は熱帯地域にあり、全体の50%を森林減少及び森林劣化による排出削減によって達成できる。
- 科学的視点からは、森林減少・劣化による排出の削減の必要性が、経済的視点からはコストが他の対策よりも安くすむとの期待が増大。
- しかし、実際には制度化やモニタリングのコストが大



森林分野の緩和可能量 IPCC第4次評価報告書第3作業部会より



排出削減ポテンシャルの比較

	総排出量 t-CO ₂ /yr	クレジット・ ポテンシャル (50%を仮定) t-CO ₂ /yr	備考
IPCC AR4 (2007)	11億	6億	2.7US\$/tCO ₂ の場合
Nancy et al. (2012)	30億	15億	
FRA2010 (2010)	29億 (18億)	15億 (9億)	掲載された炭素量から算出。カッコはバイオマスのみの場合
FRA2010 (2010) の 東南アジア	10億	5億	掲載された炭素量から算出
(参考) 日本の 総排出量 (2010)	12.6億		





3. REDD+の経緯



京都議定書

- 気候変動枠組条約（UNFCCC）第3回締約国会合（COP3、京都）にて合意
- **先進国**に温室効果ガス排出削減目標を義務化
- 1990年を基準に第1約束期間（2008-2012）において先進国で約5%の削減
 - 各国ごとに削減目標：日本6%、EU8%、米国7%（後離脱）
- 排出量／吸収量の算定、報告義務、吸収源活動
- 京都メカニズム（目標達成のための柔軟措置）
 - 共同実施：Joint Implementation
 - クリーン開発メカニズム：Clean Development Mechanism
 - 森林分野ではAR-CDM（新規植林・再植林を対象）
 - 排出量取引：Emission Trading





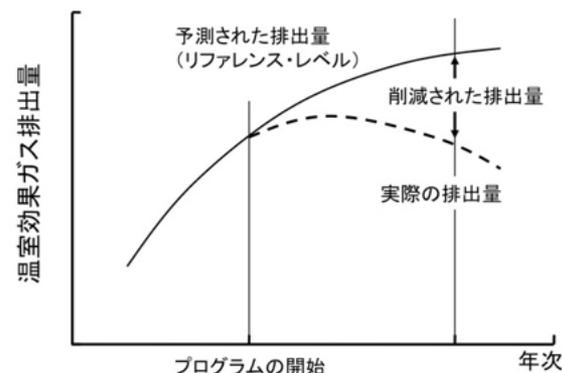
Montreal 2005

REDDプラスの始まり

- COPIIモントリオール会合(2005年)において、パプアニューギニアとコスタリカがAvoiding Deforestation (森林減少の回避)を提案

ポジティブインセンティブ

- ・市場メカニズム
- ・森林減少の削減を行い、排出削減量をクレジットする
- ・事業ではなく国を単位にクレジット化
- ・参照シナリオが重要



- その後、REDD (Reducing Emission from Deforestation in Developing countries : 森林減少・劣化による排出削減) へ。
 - 当初はREDDの2つめのDは発展途上国を表すD



REDDプラスの経緯（1/2）

- 2007年のCOPI3バリ会合
 - REDDのDDには森林減少と並列して森林劣化（Forest Degradation）と再定義
 - ・ ブラジル、インドネシア、熱帯アフリカ諸国以外の多くの途上国はこの枠組みに参加できないため
 - 「バリ行動計画」
 - ・ 森林減少・劣化による排出削減と並んで、「保全、森林の持続可能な管理、森林の炭素貯留量の増加」が明記
- COPI4ポズナン会合（2008年）
 - 合意書に保全、持続可能な森林経営、炭素増加が明記
 - このあたりからREDD+と呼ばれるようになった
 - ・ REDDだけでは森林保全政策や植林政策を進めている途上国が参加できないため
- COPI5でのコペンハーゲン合意（2009年）
 - REDD+（REDD- plusレッド・プラス）が明記
 - ・ 2012年以降の次期約束期間に向けて、途上国の森林減少・劣化による排出を抑制する仕組みとしてREDD+が議論されている。



UNITED NATIONS
CLIMATE CHANGE
CONFERENCE
POZNAN 2008
DEC 7-DEC 18
2009



REDDプラスの経緯 (2/2)

- COPI6でのカンクン合意 (2010年)
 - カンクン合意は、その中でREDDプラスの概要を示した。
 - REDD+の対象活動、途上国への要請、セーフガード
- COPI7ダーバン会合 (2011年)
 - 生物多様性の保全などのセーフガードに関する情報提供システムのガイダンス
 - 森林参照レベル (参照排出レベル) のモダリティについて合意
- COPI8ドーハ会合 (2012年)
 - MRV、参照レベル、組織の議論をするも未合意
- COPI9ワルシャワ会合 (2013年)
 - REDDプラスのためのワルシャワ枠組み
 - 5つの技術的課題 (国家モニタリングシステム、セーフガード、森林参照 (排出) レベル、MRV、ドライバー) と、実施支援の調整、結果に基づく資金について合意。
- CO20リマ会合 (2014年)
- COP21パリ会合 (2015年)
 - 2020年からの次期枠組みについて合意予定



DOHA 2012
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP18-CMP8



UNITED NATIONS
CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP19/CMP9
WARSAW 2013



カンクン合意（COP16, 2010）での REDDプラスに関する決定事項の要点

- 途上国各国に対し、以下の活動の実施を奨励
 - (a) 森林減少からの排出の削減、(b) 森林劣化からの排出の削減、(c) 森林炭素蓄積の保全、(d) 持続可能な森林経営、(e) 森林炭素蓄積の強化
- 途上国は以下の要素の策定に取り組む。
 - (a) 国家戦略、(b) 参照排出レベル、(c) 国家森林モニタリングシステム、(d) セーフガードのための情報システムの作成
- REDDプラスの取組みを、国情、能力や将来性、受ける援助の程度により、第1フェーズ（準備段階）、第2フェーズ（実施段階）、第3フェーズ（完全実施段階）という段階で実施
- セーフガードについて、森林ガバナンス、先住民等の知識・権利の尊重、天然林や生物多様性の保全との整合など、促進・支援すべき7項目を提示



REDDプラスの方法論についての合意（COP15, 2009）

- 最新のIPCCガイドラインの利用
- 国（または準国）レベルの森林モニタリングシステムの構築
- リモートセンシングと地上調査の組み合わせによる森林炭素の推定
- 活動を評価するための基準である参照レベルは、歴史的データにもとづき、各国事情による調整を考慮





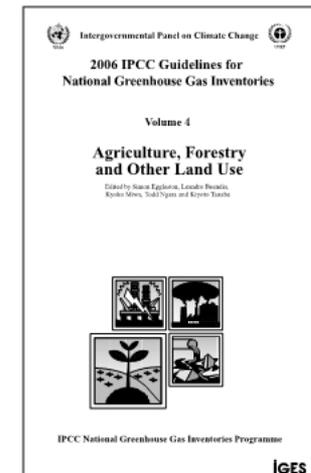
4. REDD+の論点

- (1) 方法論
- (2) 政策論



方法論

- 方法論
 - 温室効果ガス排出量の観測手法や算定方法
 - REDDプラスでは、森林炭素蓄積量変化のモニタリング手法や、排出削減量の算定手法を示す
 - 同じような言葉に「スタンダード」
- 方法論についての合意（COP15,2009）
 - 算定手法として最新のIPCCガイドラインを用いる。
 - 現状では、2006年AFOLU（Agriculture, Forestry and Other Land Use）ガイドライン
 - 堅牢で透明性を持つ森林モニタリングシステムの構築を要請
 - 炭素変化量はリモートセンシングと地上調査の組み合わせにより推定



森林の炭素の推定方法

$$\text{Carbon stocks (C-ton)} = \sum \text{Forest area}_i \text{ (ha)} \times \text{Carbon density}_i \text{ (C-ton/ha)}$$

森林減少により変化

リモートセンシングで観測

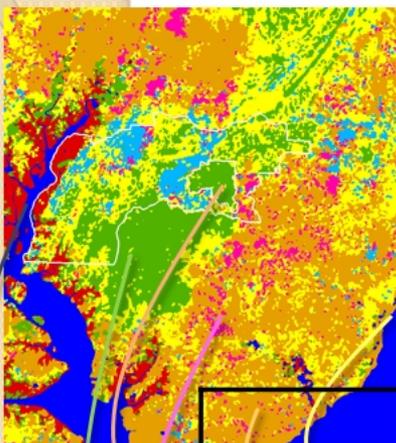
森林劣化・保全・持続
可能な森林経営・炭素
蓄積増強により変化

繰り返しの地上調査で観測



リモセンによる森林面積調査と地上調査との結合の例

Y Year



- 地上調査
 - それぞれの森林タイプのサンプルプロットにて地上部バイオマスの調査
- リモートセンシング
 - 土地利用、森林タイプ区分図を作成



	Forest type A	Forest type B	Forest type C
Undisturbed	mean AGB ± SE	mean AGB ± SE	mean AGB ± SE
Disturbed	mean AGB ± SE	mean AGB ± SE	mean AGB ± SE



森林炭素量推定の2つの方法

- 幹材積を用いた方法
 - Carbon density (C-t/ha) = Stem volume (m³/ha) × D × BEF × (1+RS ratio) × 0.5
 - D: 比重、BEF: 拡大係数、RS ratio: 地上部・地下部比
 - 統計や収穫表に適用しやすい
 - 国別インベントリ報告に用いている国が多い（日本も）
- アロメトリ式（相対成長式）による方法
 - 代表的な式 biomass = a X^b、biomass = a X^bD^c
 - X: 胸高直径や胸高断面積等、D: 比重、a,b,c: 係数
 - Carbon density (C-t/ha) = 0.5 × ∑ b_i / sample area (ha)
 - サンプルングによる地上調査結果に適用しやすい
 - 国別インベントリ報告では、サンプルングによる森林調査を行っている国が用いている



炭素変化量の推定手法

Estimation method of carbon stock change

Default Method (Gain-Loss Method) 増加-損失法

Carbon stock changes 炭素蓄積変化

= Gain by growth – Loss by disturbance

成長による吸収 – 攪乱による排出



Not easy to estimate

蓄積変化法

簡単ではない

Stock Change Method (Stock-Difference Method)

Carbon stock changes 炭素蓄積変化

= (Carbon stocks_{t2} – Carbon stocks_{t1})/(t2 - t1)

t2時の炭素蓄積 – t1時の炭素蓄積

gives feasible estimation 実行可能性が高い

requires Repeated Ground Measurement

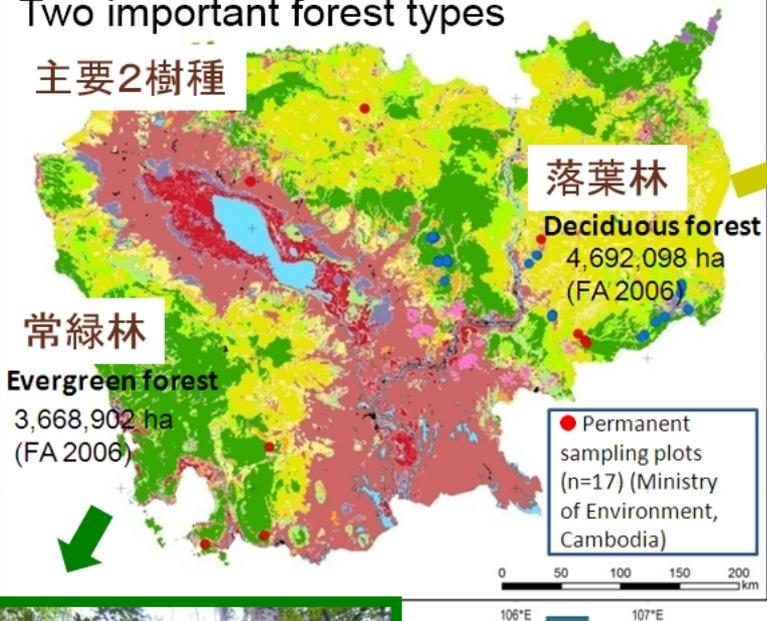
繰り返しの地上調査が必要



カンボジアでの予備的研究の結果 Results of a Preliminary Research Project in Cambodia

Two important forest types

主要2樹種



落葉林

Deciduous forest
4,692,098 ha
(FA 2006)

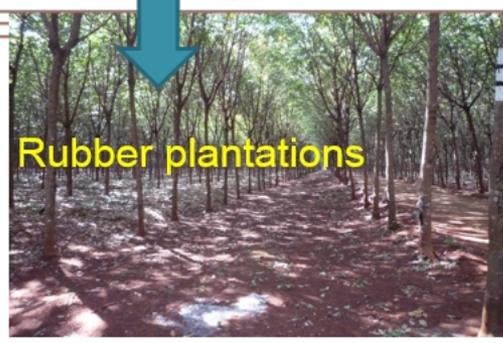
常緑林

Evergreen forest
3,668,902 ha
(FA 2006)

● Permanent sampling plots (n=17) (Ministry of Environment, Cambodia)



By Eriko Ito



Rubber plantations



Crop land

カンボジアにおける固定プロット (PSP) データとアロメトリ式によるバイオマスの推定

- 100 点の固定プロット (PSP)
 - 85 点 : 常緑林 (混交林も含む)
 - 15 点 : 落葉林
 - 1998 (第 1 回測定)
 - 2000-2001 (第 2 回測定)
 - 2010-2011 (第 4 回測定) } 今回の推定で利用
- プロットサイズ: 50 m × 50 m (2,500 m²)
- DBH ≥ 7.5cm の林木を測定対象、DBH, 樹種を測定s

- 以下の算定式と係数を用いてバイオマスを推定

$$\text{Tree biomass} = 4.08 \times ba^{1.25} \times D^{1.33} \quad (n = 530, R^2 = 0.981, p < 0.0001)$$

Applicable generically to tropical and subtropical trees with 1 < DBH < 133 cm.

ba: basal area (calculated from DBH), m²;

D: basic density (determined with information of tree species);

Carbon fraction: 0.5

Kiyono et al. (2011)



カンボジアの森林炭素量の推定 (暫定値)

Forest type	Forest area In 2006 ha	Averaged carbon stock In 2000-2001 Mg-C ha ⁻¹	Total carbon stock Tg-C
Evergreen forest [*]	3,668,902	163.8 ± 7.8	601.0 ± 28.7
Deciduous forest	4,692,098	56.2 ± 6.7	263.9 ± 31.3
Total	8,361,000		864.9 ± 42.5

^{*} Including Semi-evergreen forest.
Carbon stocks are shown in mean ± standard error.

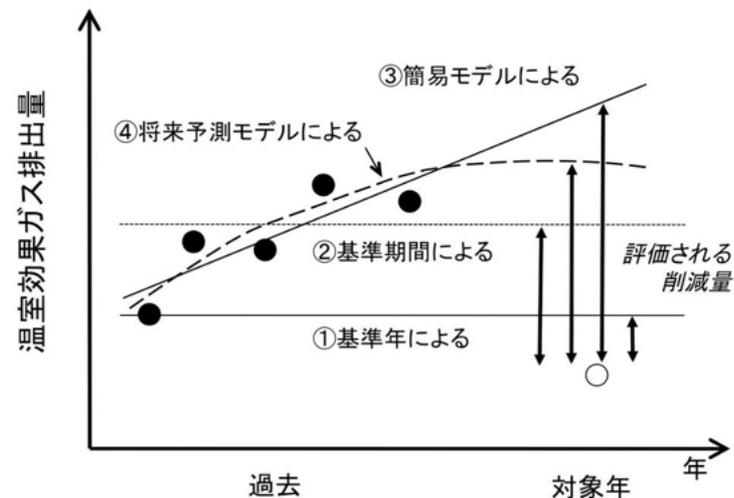
Samreth et al. (2012)



参照レベル (REL/RL)

- 評価される削減量は、参照レベルの設定方法で大きく変化する
- 設定方法は決まっておらず、異なった考え方がある
 - 国全体で設定した結果がネット排出であれば参照排出レベルと呼び、ネット吸収であれば参照レベルと呼ぶという考え方
 - 森林減少・森林劣化からの排出削減活動に係るものを参照排出レベルとし、「プラス」活動に係るものを参照レベルとし、国内で混在するという考え方
 - 柔軟性を持たせるべきという意見が多い

代表的な参照レベルの設定方法とそれにより評価される削減量に関する概念図(松本, 2010)



政策論

● 資金

- 基金方式か市場クレジット型か
- フェーズドアプローチ（COPI6）
 - 第一段階、国際的な資金で途上国の能力開発
 - 第二段階、基金方式により限定的な支払いを実行
 - 第三段階：本格的な市場クレジット方式

● 境界

- 次期枠組みでは国境、あるいは準国とする（COPI5）
 - 準国（sub-national）レベル：将来的に国レベルとなる見込みの国のみ
- 自主的取り組みではプロジェクト境界
- プロジェクトや狭い範囲での境界では、ディスプレイメントの恐れ
 - 京都議定書ではCDM（クリーン開発メカニズム）のリーケージにあたるもの
 - 境界内の排出削減活動のために、境界外で排出が発生



政策論

- MRV（測定、報告、検証）
 - 排出削減量・吸収量の評価は、測定可能（Measurable）、報告可能（Reportable）、検証可能（Verifiable）であるべき
 - 参照レベル
 - セーフガード（生物多様性や住民の権利等、REDD+を進めることにより脅かされる恐れのある事項の危険性の排除）についても
- 国内政策
 - ガバナンスの必要性
 - 国内の制度・政策をREDD+のために新設・組替する必要
 - SBSTA合意文書（UNFCCC 2009）では、森林減少・劣化の原因（drivers）の特定、並びに排出削減および吸収量増加、森林炭素量の安定化をもたらす活動の特定、を要請している。
 - システム整備・導入に係わるキャパビルが必須
 - セーフガード、特に先住民・地域住民の権利の考慮



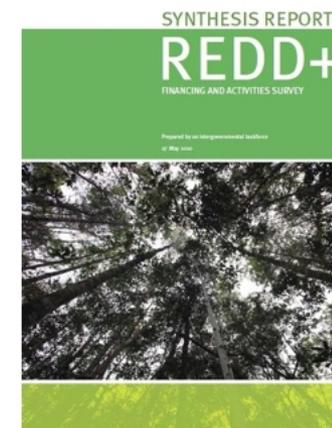
REDD+に関する自主的活動

- 森林炭素パートナーシップ・ファシリテーター（FCPF）
 - 世界銀行（WB）
- UN-REDD
 - 食糧農業機関（FAO）、国連開発計画（UNDP）、国連環境計画（UNEP）
- Verified Carbon Standard（VCS）
 - 気候グループ、国際排出量取引協会及び持続的発展の為の世界ビジネス協議会が2007年11月に公開（VCS 2007）
 - 民間ベースでREDD+活動によるクレジット化をいち早く制度化し、自主的なプロジェクトレベルで広く活用
 - 2010年2月に、ケニアのプロジェクトについて、世界で初めてのREDDによるクレジットが発行された。
- CCBS 気候・地域社会・生物多様性プロジェクト設計（CCB）スタンダード
 - コンザベーション・インターナショナル（CI）



REDD+パートナーシップ

- REDD+の活動や資金支援を促進するため2010年5月閣僚級会合「気候と森林に関するオスロ会合」で構築された
- 次期枠組みの議論で国連ではなかなか進まないため、有志国が集まり、先進的な取り組みを進める
- ノルウェー、フランスが音頭取りで、我が国はPNGとともに共同議長国
- 外務省による環境プログラム無償「森林保全」など、REDD+に係わる取り組みが行われた
- しかし、現在、実効性が失われたのが実態



REDD+を進める上での課題

- 途上国では、国家森林資源調査を含め森林炭素モニタリング・システムが未整備な国が多数
- 森林炭素モニタリング・システムの導入が森林減少・劣化の抑止力となる
- UNFCCCにおいては、REDD+は新枠組みの活動と位置付けられ、そのルールは未完成
- 現状では、VCSなど、自主的市場での方法論（Standard）が利用されている
- ただし、実際にはそれらも十分に練られたものではなく、走りながら作っているという印象
- しかし、自主的とは言え、デフォルト・スタンダードになれば、UNFCCCのルールへの影響は大きい
- 日本も早くスタンダードや方法論を開発する必要



COPI7（2011）ダーバン合意

- 将来の枠組みに関し、全ての国が参加する法的文書を作成する新しいプロセスである「ダーバン・プラットフォーム作業部会」を立ち上げ、遅くとも2015年中に作業を終了、2020年から発効・実施に移すことに合意
- 京都議定書の第二約束期間の設定に向けた合意を採択、日本は第二約束期間に参加しないことが明記された（日本、カナダ、ロシアの数値目標は空欄）



二国間クレジット制度（JCM）

- COPI7において、日本政府は京都議定書の外で排出削減活動を進めることを表明
- 新たな排出削減目標と新戦略を2013年11月に発表
 - 2020年において2005年比3.8%削減（うち国内森林吸収量により2.8%）
 - ACE: Actions for Cool Earth（美しい星への行動）攻めの地球温暖化外交戦略
- 排出削減を進めるため二国間クレジット制度（JCM）を開始
- JCMは、途上国への技術供与により排出削減を行うもの
- CDMに似ているが、管理を二国間が作る共同委員会（Joint Committee）が行う
 - 2014年11月現在、モンゴル、バングラデシュ、エチオピア、ケニヤ、モルジブ、ベトナム、ラオス、インドネシア、コスタリカ、パラオ、カンボジアが合意
- ここにREDD+を位置付ける必要



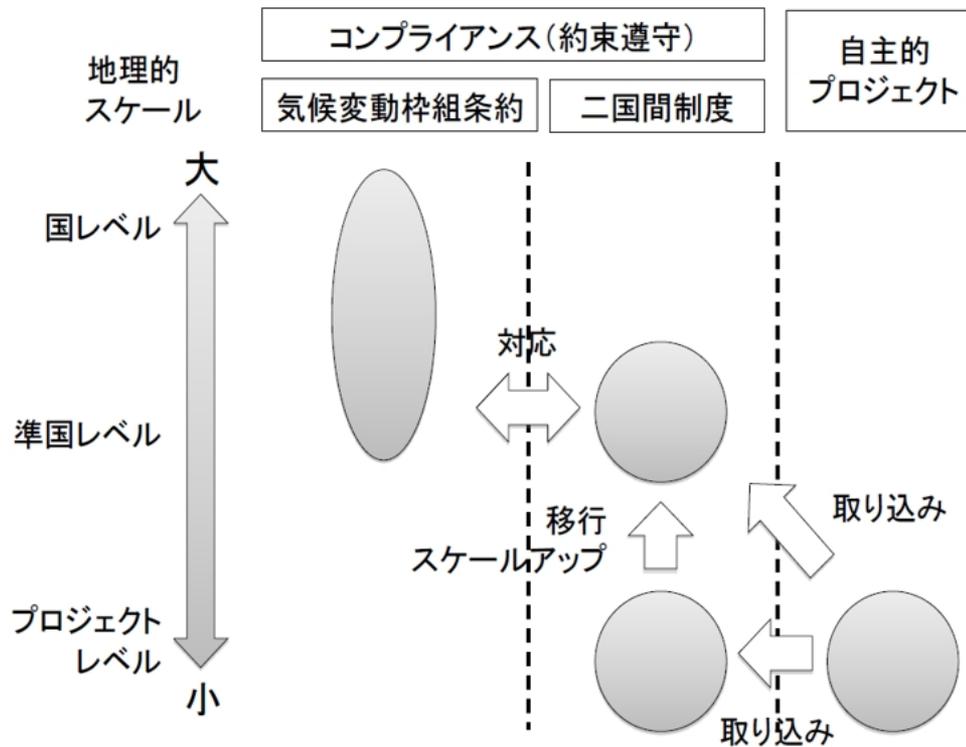
37

JCMにおけるREDDプラスの課題

- JCM全体の仕組み
 - REDD+を組み入れるか？
 - オフセット or クレジット？
- REDD+の仕組み
 - コンプライアンス or ボランタリー？
- 技術論
 - REDD+のガイドライン・方法論の開発
 - 参照レベルの考え方、作成方法



中長期的な方向性としての検討事項 プロジェクトベースから準国ベースへの移行



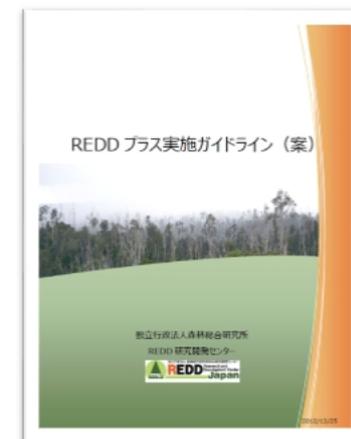
出典: 松本光朗(2011) 実践から学ぶREDDプラス-国際交渉・現場と研究開発をつなぐ-開催趣旨
平成23年度 REDD研究開発センター第1回公開セミナー

※短期的にはプロジェクトベースの取組が中心となるが、このような先行的な取組が、将来的に準国/国ベースに移行した後もREDDプラス活動として位置づけられるよう、制度面及びMRVシステム等の技術面からの準備が必要になる。



REDDプラスガイドラインの開発

- 本文：21ページ
- 森林総研REDD研究開発センターWebにて公開
 - <http://www.ffpri.affrc.go.jp/redd-rdc/ja/reference/list-01.html>
- 目次
 - Chapter 1. はじめに
 - Chapter 2. プロジェクトへの要請事項
 - Chapter 3. 方法論への要請事項
- 記載方法
 - 求める事項に応じて「要件」、「推奨事項」、「留意点」の3段階
 - 現状では決定できない数値、選択肢は[]書き
- 特徴
 - JCMでの利用を想定
 - 運用性と信頼性のバランス
 - CDMやVCSなど認証制度のガイドラインを参考
 - 制度の進捗に併せて改訂・充実の計画
 - 現在、JCMの様式への変更、改訂を進めている



日本語版(2013.3)



英語版(2013.11)



JCMのためのREDD+方法論ガイドライン

- 2014年8月、関係省庁と森林総研がJCMでのREDD+を開始するための「JCMのためのREDD+方法論ガイドライン（Joint Crediting Mechanism Guidelines for Developing Proposed Methodology for REDD-plus）」の開発を開始し、11月現在、おおよそ完成した。
- 今後、REDD+開始のために必要なガイドラインを順次開発・改訂予定
- JCM Guidelines 関係文書一覧
 - Rules of Implementation for the JCM
 - JCM Glossary of Terms
 - JCM Project Cycle Procedure
 - JCM Guideline for Designation as a Third-Party Entity
 - JCM Guidelines for Developing Proposed Methodology
 - JCM Guidelines for Developing Project Design Document and Monitoring Report
 - JCM Guidelines for Validation and Verification

1-

41





5. REDD研究開発センターの活動



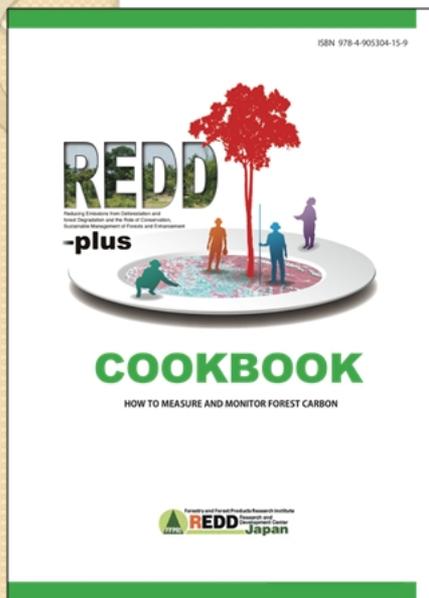
森林総合研究所REDD研究開発センター

- 2010年7月設立
- REDD推進のための活動
 - 研究開発
 - 制度・政策(国際枠組み、国内施策)
 - モニタリング手法(カンボジア、マレーシア、パラグアイ)
 - 技術研修
 - 国内技術者の養成
 - 民間の活動への支援
 - シンポジウム開催
 - HP、文献データベース



REDD-plus Cookbook

- REDDプラスのための技術解説書
- 日本語版、英語版、スペイン語版
- 森林総研Web、REDD研究開発センターのサイトからダウンロード可能



Recipe - 103

森林モニタリングの計画・報告・検証 (MRV)

このRecipeは
Recipe 102 REDDプラスの基礎から続く

MRVとは、計測 (Measurement)、報告 (Reporting)、検証 (Verification) の漢文字をとったものであり、気候変動の緩和のための政策の実施状況や約束の遵守状況、クレジットメカニズムの下での排出・吸収量などを客観的に評価可能とするための要件ないしはその仕組みを意味する。REDDプラスのための国レベル・準国レベルでのMRVの仕組みについては現在国際的な検討が続いているが、VCS (Verified Carbon Standard) 等の民間の自主的なクレジット認証システムの下では、クリーン開発メカニズム (Clean Development Mechanism: CDM) 等の制度設計を参考にしつつ、プロジェクトレベルでのMRVの仕組みについて一定の枠組みが示されている。ここでは、「計測」、「報告」、「検証」それぞれの意味を概観し、REDDプラスのための森林モニタリングのMRVに求められるであろう要件について述べる。

INFO

1) MRVは、2007年にインドネシア・バビアで開催された気候変動枠組条約COP13で採択されたパリ行動計画において、気候変動の緩和に与える国内・国際的効果を確認し、作業の進捗を把握するための重要な手段である。測定 (Measurement)、報告 (Reporting)、検証 (Verification) する仕組み、それぞれの標準をまとめてMRV (計測・報告・検証) と呼ばれる。中央経緯 (Convention) に関する国際的な報告書 (National Communications) にもおける計測・報告、またそれらを検証する国際的なレビュー (International Assessment and Review) にもおける。

MRV

MRVの概念は、2007年のCOP13で合意されたパリ行動計画で「計測可能 (measurable)、報告可能 (reportable) かつ検証可能 (verifiable) な温室効果ガス削減行動の約束」という形で導入された。しかしながら、MRVとは具体的な方向を目的に、誰が、何に対して行うものなのか、ということについては現在も国際的な議論が続いており、結論には至っていない。REDDプラスのための森林モニタリングのMRVのモデルについても、2012年現在、科学的・技術的助言に関する副官機構 (Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice: SBSTA) で検討中である。適切なMRV設計のもとに行われる排出・吸収量のデータは、REDDプラス活動の効果を検証するときの重要な材料となる。

INFO

2) UNFCCC (2009 Decision 4/CP.15, FCCC/CP/2009/1/Add.1, 11-12, UNFCCC)

INFO

3) IPCC (2003) Good practice guidance for land use, land-use change and forestry (GPG-LULUCF) <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/land/guide/guide.html>

計測 (PM 参照)

REDDプラスは、その活動の結果としての排出量・吸収量の増減により評価される。そのため、森林からの排出量・吸収量を「計測」する。森林モニタリングで「計測」とは、森林面積変化および森林炭素蓄積量、人為的原因による森林からの温室効果ガスの排出量および吸収量を継続的に計測し、データを収集することを意味する。すなわち、REDDプラス活動の実施者はUNFCCCの削減量・吸収量を繰り返し計測し (図103-1)、得られたデータにもとじて温室効果ガスの排出量・吸収量を

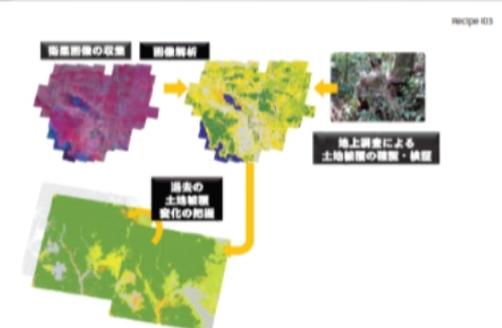


図103-1 森林面積の変化や土地面積当たりの排出量・吸収量

算出する。計測結果は、実施国の可能な範囲で、透明で一貫性があり、権力正味で不確実性を減少させるものである必要がある。今後はセーフガードや森林の他の機能の「計測」も必要になる可能性がある。

報告 (POs 参照)

「報告」とは、排出・吸収量の算計値やその算計方法、手順、体制、排出削減・吸収削減の実施状況や目標予測等について、報告先となる所定の機関等に対して所定の様式や手続き等に従って情報提供を行うプロセスである。「報告」は、UNFCCCに基づき国レベルで行われる場合、クリーン開発メカニズムや各種自主的な認証システムなどに基づきプロジェクトレベルで行われる場合など、報告対象や目的に応じて様々な形で行われる。そのいずれの場合であっても、報告書の記述は正確に記述されていることはもちろん、検証を行う際の関心事が全て述べられていて、追加情報の必要がないものが望まれる。UNFCCCは、同条約の締約国に国の温室効果ガスのインベントリ報告の作成を義務づけ、次の3つの向上を報告の要件としている：透明性 (transparency)、一貫性 (consistency)、他国との比較可能性 (comparability)、完全性 (completeness)、正確性 (accuracy)。



第2章 森林モニタリングシステムの設計

Recipe - I03

森林モニタリングの計測・報告・検証 (MRV)

この上の Recipe は

Recipe I02 REDD+ プラスの重要な概念

MRVとは、計測 (Measurement)、報告 (Reporting)、検証 (Verification) の頭文字をとったものであり、気候変動の緩和のための政策の実施状況や約束の遵守状況、クレジットメカニズムの下での排出・吸収量などを客観的に評価可能とするための要件ないしはその仕組みを意味する。REDD+ プラスのための国レベル・準国レベルでの MRV の仕組みについては現在国際的な検討が続いているが、VCS (Verified Carbon Standard) 等の民間の自主的なクレジット認証システムの下では、クリーン開発メカニズム (Clean Development Mechanism: CDM) 等の制度設計を参考にしつつ、プロジェクトレベルでの MRV の仕組みについて一定の枠組が示されている。ここでは、「計測」、「報告」、「検証」それぞれの意味を概観し、REDD+ プラスのための森林モニタリングの MRV に求められるであろう要件について述べる。

INFO

1) MRV は、2007 年にインドネシア・バリの開催された気候変動枠組条約 COP13 で採択されたパリ行動計画¹⁾において、気候変動の緩和に関する国内・国際的行動を可視化し、行動の真実性を保証するために導入された概念である。緩和行動を計測 (Measurement) し、報告 (Reporting) し、それらを検証 (Verification) する仕組みの、それぞれの頭文字をとって MRV (計測・報告・検証) と略称する。例えば、コペンハーゲン合意における国際報告書 (National Communications: NCs) における計測・報告、またそれらを検証する国際評価とレビュー (International Assessment and Review: IAR) が一例である。

INFO

2) UNFCCC (2009) Decision 4/CP.15, FCCC/CP/2009/11/Add.1, 11-12, UNFCCC

INFO

3) IPCC (2003) Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. IGES <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglucf/gpglucf.html>

MRV

MRV の概念は、2007 年の COP13 で合意されたパリ行動計画¹⁾で「計測可能 (measurable)、報告可能 (reportable) かつ検証可能 (verifiable) な温室効果ガス削減行動や約束」という形で導入された。しかしながら、MRV とは具体的に何を目的に、誰が、何に対して行うものなのか、ということについては現在も国際的な議論が続いており、結論には至っていない。REDD+ プラスのための森林モニタリングの MRV のモダリティについても 2012 年現在、科学的・技術的助言に関する補助機関 (Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice: SBSTA) で検討中である。適切な MRV 設計のもとに行われる排出・吸収量のデータは、REDD+ プラス活動の効果を評価するときの重要な根拠となる。

計測 (P04 参照)

REDD+ プラスは、その活動の結果としての排出量・吸収量の増減により評価される。そのため、森林からの排出量・吸収量を「計測」する。森林モニタリングで「計測」とは、森林面積変化量および森林炭素蓄積量、人為的原因による森林からの温室効果ガスの排出量および吸収量を継続的に計測し、データを収集することを意味する²⁾。すなわち、REDD+ プラス活動の実施者は UNFCCC の議論をふまえ、活動が行われる森林面積の変化や土地面積当たりの排出量・吸収量³⁾を繰り返し計測し (図 I03-1)、得られたデータにもとづいて温室効果ガスの排出量・吸収量を

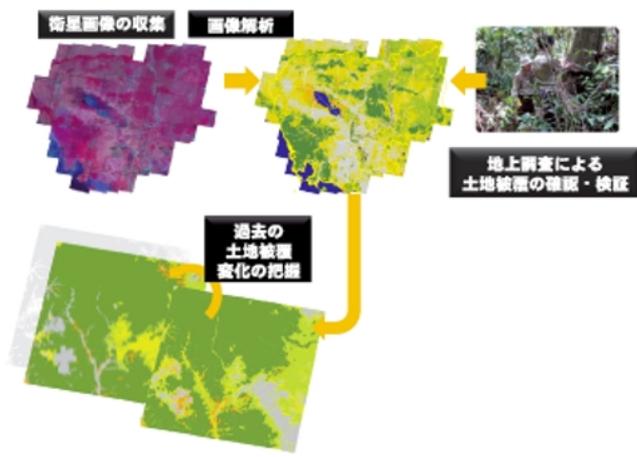


図 I03-1 森林面積の変化や土地面積当たりの排出量・吸収量

算出する。計測結果は、実施国の可能な範囲で、透明で一貫性があり、極力正確で不確実性を減少させるものである必要がある。今後はセーフガードや森林の他の機能の「計測」も必要になる可能性がある。

報告 (P05 参照)

「報告」とは、排出・吸収量の推計値やその推計方法、手順、体制、排出削減・吸収源対策の実施状況や将来予測等について、報告先となる所定の機関等に対して所定の様式や手続き等に従って情報提供を行うプロセスである。「報告」は、UNFCCC に基づき国レベルで行われる場合、クリーン開発メカニズムや各種自主的な認証スキームなどに基づきプロジェクトレベルで行われる場合など、報告対象や目的に応じて様々な形で行われる。そのいずれの場合であっても、報告書の記述は仕様にしたがっていることはもちろん、検証を行う者の関心事が全て述べられていて、追加情報の必要がないものが望まれる。UNFCCC は、同条約の締約国に国の温室効果ガスのインベントリ報告の作成を義務づけ、次の 5 つの向上を報告の要件としている：透明性 (transparency)、一貫性 (consistency)、他国との比較可能性 (comparability)、完全性 (completeness)、正確性 (accuracy)。

REDDプラスのDVD

- 「REDDプラスの実現を目指して」
- 本編25分、短縮版10分
- 8カ国語
 - 日本語、英語、仏語
 - ポルトガル語、スペイン語
 - クメール語、ラオ語、
 - インドネシア語
- インターネットでも公開
 - REDDセンターのWebから
- DVDの送付要請は直接REDDセンターへ
 - E-mail: [redd-rd-center@ffpri.affrc.go.jp](mailto:red-d-center@ffpri.affrc.go.jp)





タイトルを入力

- おわり



REDDプラス実施ガイドライン 第1.1版

序文

REDDプラスは、途上国における温室効果ガス排出削減ポテンシャルの大きさから、国連気候変動枠組条約の下での主要議題の一つとして議論が続けられているとともに、途上国におけるセーフガードに配慮した持続可能な森林経営に貢献するものとして期待されています。

このような国際的な議論や交渉が進められる一方で、森林減少・劣化は現在も世界中で進行しつつあります。準備活動等の早期のREDDプラス活動に取り組むことは優先的に取り組むべき課題であると同時に、早期活動から得られた事例や経験をREDDプラスの枠組み作りに活かす上で重要なものと考えられます。

このような中、独立行政法人森林総合研究所は、林野庁補助事業「REDD推進体制緊急整備事業」の下で2010年にREDD研究開発センターを設立し、国際的な議論を踏まえたREDDプラスの枠組み作りのための研究開発に取り組んできました。本ガイドラインはその一環として開発したものであり、我が国が温室効果ガス排出削減への貢献策の一つとして提案している二国間クレジット制度（JCM）の下でのREDDプラス活動の実施を促進することを目的としています。

本ガイドラインの開発により、JCMの下でのREDDプラス活動が実現し、地に足の付いたREDDプラス活動が促進され、ひいては気候変動緩和につながることを願ってやみません。

森林総合研究所REDD研究開発センター
センター長 松本光朗

contents

1 はじめに	1
1.1 REDDプラスを取り巻く国際的な状況	1
1.2 わが国におけるREDDプラスの位置付け	1
1.3 (独) 森林総合研究所の役割とガイドライン開発の目的	2
2 プロジェクトへの要請事項	4
2.1 基本要件	4
2.2 プロジェクト実施の各要素に関する要件	4
3 方法論への要請事項	11
3.1 基本要件	11
3.2 方法論の各要素に関する要件	12

文中の[]は、現段階では決定に至らないものの、JCMのガイドラインとして最終的に決定すべき数値、記述を選択肢として示した。

1

はじめに

1.1 REDDプラスを取り巻く国際的な状況

途上国の森林減少・劣化に由来する二酸化炭素等の排出の削減（REDD¹）による気候変動の緩和策については、2005年にモントリオールで開催された気候変動枠組条約（UNFCCC）第11回締約国会議（COP11）において議題として採択されて以降、将来の国際的な気候変動対策の枠組み検討における重要な課題の1つとして議論が続けられている。2007年に発表された気候変動に関する政府間パネル第4次評価報告書においては、その排出量が世界の人為的温室効果ガス（GHG）排出量の約2割を占めると定量的に示され、気候変動緩和策として早急に削減対策に取り組む必要性が科学者からの強いメッセージとして発せられた。

2007年にインドネシア・バリで開催されたUNFCCC COP13で採択されたバリ行動計画においては、森林減少・劣化に加えて森林の保全及び持続可能な森林経営ならびに森林の炭素ストックの向上を含めた取組の重要性が明記され、これをREDDプラスとして2013年以降の気候変動対策の枠組み構築に向けた検討課題の1つとして位置付けることが合意された。その後、技術・方法論に関する事項と政策・資金に関する事項の検討が並行して進められる中で、2010年末にメキシコ・カンクンで開催されたCOP16では、カンクン合意²にREDDプラスの対象となる5つの活動（森林減少からの排出の削減、森林劣化からの排出の削減、森林炭素蓄積の保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の強化）が明記される等、REDDプラスの大枠について各国が合意し、議論は着実な進捗を遂げた。しかしながら、REDDプラスの具体的な枠組みの構築に向けて多くの課題を残したまま、2013年以降の枠組み構築に関する議論はCOP18をもって終了し、補助機関会合において引き続き検討が続けられている。

一方、各途上国では、REDDプラスの実施に向けた国内体制整備や二国間及び多国間の支援スキームを活用したパイロット活動などの準備活動が進められつつあり、民間事業者による自主的な認証活動も各地で展開されている。そのような取組の中から、各途上国は着実に森林モニタリングシステムの改善を図るとともに、官民の連携によるグッドプラクティスも生まれ始めている。

1.2 わが国におけるREDDプラスの位置付け

わが国では、これまでに森林総合研究所や国際協力機構（JICA）を中心に途上国の森林を対象とした数多くの研究や保全事業を実施してきた。また、2011年に南アフリカ・ダーバンで開催されたCOP17において、わが国は京都議定書の第二約束期間に参加しないことを表明し、低炭素技術や製品の提供等によるわが国の貢献ポテンシャルを最大限に活かし、途上国におけるGHG排出削減政策等を促進できるような制度のあり方を検討すべきという考えのもと、二国間クレジット制度（JCM）を提案した。そして、2013年以降の早期段階でJCMの取組開始を目指し、外務省、経済産業省、環境省等が連携してその制度設計を進めており、REDDプラスも含めた複数の分野について、同制度を見据えた実現可能性調査（FS）事業が、経済産業省や環境省により実施されている。

¹ Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation in developing countries

² UNFCCC (2010) III-C, Decision 1/ CP.16, FCCC/CP/20010/7/Add.1, 12- 14, UNFCCC

1.3 ガイドライン開発の目的

UNFCCCにおいてREDDプラスに関する詳細な制度設計がされていない中で、わが国の支援によるREDDプラスの取組を効率的に進めていくためには、とくにREDDプラス実施によって得られるGHG排出削減量・吸収量の算定について共通の指針（ガイドライン）を開発・共有することが重要である。森林総合研究所では東南アジア等の熱帯林での研究成果を蓄積してきており、また、国内においては森林吸収量算定システム開発やJ-クレジット制度の制度設計支援等を通じて培った知見、及び関係機関とのネットワークを有している。このため、これらを効果的に活用することにより、REDDプラスに取り組む各主体の技術的課題への対処に貢献するものと考えられる。また、それら技術的課題への支援を通じて得られる新たな知見をとりまとめ、反映した共通指針（ガイドライン）を示すことは、国際的なREDDプラスの促進に役立つものである。

森林総合研究所は、2012年11月、REDDプラスに取り組むための基礎知識や技術について、特に森林炭素モニタリングに注目して平易に説明した技術解説書「REDD-plus Cookbook³」を公開したが、本ガイドラインとREDD-plus Cookbookの両者を用いてREDDプラスの取組を実施・支援していくことで、JCMの下でのREDDプラスが円滑に進むことが期待される。

このようなREDDプラスに関する国内外の動向を踏まえたうえで、森林総合研究所REDD研究開発センターでは、今後のREDDプラスの取組を促進することを目的に、本ガイドラインを開発した。

³ 詳細はWebサイトを参照されたい<<http://www.ffpri.affrc.go.jp/redd-rdc/ja/reference/cookbook.html>>

2

プロジェクトへの要請事項

本ガイドラインは、二国間クレジット制度（JCM）の下に設置される合同委員会で承認する「JCM実施規則」及びその他の合意文書に付随することを想定したものである。

JCMの下で実施するREDDプラスプロジェクトは、以下の「2.1 基本要件」及び「2.2 プロジェクト実施の各要素に関する要件」を満たす必要がある。また、一般的な観点から土地利用及び土地利用変化に関する取組として適切であることが、JCMの下でのREDDプラスプロジェクトとしての要件になる。

2.1 基本要件

- 対象とするREDDプラスの活動は、UNFCCC COP16で合意に至った内容（カンクン合意）に基づき、(a) 森林減少からの排出の削減、(b) 森林劣化からの排出の削減、(c) 森林炭素蓄積の保全、(d) 持続可能な森林経営、(e) 森林炭素蓄積の強化、に寄与するものとする。
- REDDプラス実施にあたっては、国際法及びプロジェクトのホスト国における法律に違反してはならない。
- 上記に加え、JCMにおいて相手国と合意する「方法論開発ガイドライン⁴」に従って開発されるREDDプラス方法論に基づく必要がある。
- REDDプラス実施にあたり、GHG排出量の算定等に用いるデータについては、公的に利用可能で信頼できる文献（例えば、2006年IPCCガイドライン⁵や各国の国家統計等）、もしくは、査読付きの科学論文等で発表されており、信頼性の高いデータに基づく必要がある。なお、算定等に用いるデータの選定にあたっては、「プロジェクト設計書及びモニタリング報告書作成ガイドライン⁶」に基づくこととする。
- プロジェクト実施者と活動をともにするパートナーは、プロジェクト設計の際に明確である（特定されている）必要がある。また、各パートナーのプロジェクト実施における役割と責任を明確にした上で、REDDプラスを実施する必要がある。
- REDDプラス実施にあたっては、プロジェクト実施による環境及び社会・経済的な悪影響を分析し、これを緩和しなければならない。その際、国際的に広く導入されているCCBS⁷、FSC⁸等を合わせて取得することを推奨する。
- REDDプラス実施による環境影響として、天然生態系の転用（天然林から早生樹種による一斉林への転換）を行うことは認められない。

2.2 プロジェクト実施の各要素に関する要件

⁴ 詳細はWebサイトを参照されたい<追って追加>

⁵ 詳細はWebサイトを参照されたい<<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>>

⁶ 詳細はWebサイトを参照されたい<追って追加>

⁷ 詳細はWebサイトを参照されたい<<http://www.climate-standards.org/standards/index.html>>

⁸ 詳細はWebサイトを参照されたい<<http://www.fsc.org/>>

■ 2.2.1 活動期間

- (1)プロジェクト期間
 - プロジェクト開始日は、GHG排出削減または吸収活動の実施開始日とする。また、プロジェクト終了日は、GHG排出削減または吸収活動の終了日とする。終了日については、活動が継続されているものの、その活動が追加的だと評価されなくなった段階にも適用される。
 - プロジェクト開始日は、国内外でREDDプラスに関する議論が開始された[2007年12月（バリ行動計画が合意されて以降）以後] [JCMの議論が開始された2011年1月以降]とし、これより先行して実施されたREDDプラス事業は対象外とする。
- (2)クレジット発行期間
 - REDDプラスプロジェクトのクレジット発行期間は、20年以上100年以下とする。また、クレジット発行期間は、100年を超えない範囲であれば最大[XX回] [4回] [5回]まで更新可能とする。
 - クレジット発行期間の更新にあたっては、参照レベルを再評価する必要がある。なお、再評価した結果、参照レベルに変化がない可能性もあり得る。

■ 2.2.2 対象とする国・地域

- プロジェクト対象地として選定可能なのは、わが国がJCMにおいて合意し、合同委員会を設置している国に限定される。
- REDDプラスプロジェクトを実施する場所として、以下をプロジェクト計画書（PDD）提出前に明確化する必要がある。
 1. プロジェクト対象地の名称（区画番号、地域の名称等）
 2. プロジェクト対象地の地図
 3. プロジェクト対象地の地理的境界
 4. プロジェクト対象地の総面積
 5. プロジェクト対象地の所有権・利用権に関する情報
- プロジェクト対象地が複数の区画に分かれている場合は、全ての区画について上記の情報を必要とする。また、その際は、プロジェクト実施者がプロジェクト対象となる全ての区画に対して管理実施者であることを示す必要がある。
- プロジェクト対象地の地理的境界については、プロジェクト申請（PDD提出）段階で全体の[70%] [80%]を特定しておく必要がある。その後、[妥当性評価の段階で] [検証の段階で]、全体の100%を特定しておく必要がある。

■ 2.2.3 非持続性への対策

- REDDプラスのプロジェクト対象地において森林火災が頻発する場合や伐採等が行われる場合は、そうした活動がプロジェクト対象地における持続的な森林管理に影響しないこと、つまりプロジェクトの持続性に影響しないことを示すことが必要である。また、その他にプロジェクト対象地における炭素ストック量変化に影響を及ぼし得る活動がある場合、そうした活動がプロジェクトの持続性に影響しないことを示すことが必要である。
- REDDプラスプロジェクトの非持続性リスクを評価するにあたっては、[別途定めるリスク分析ツール] [別途作成するXXXXXガイドライン]を用いて、妥当性評価時及び検証時に非持続性リスク報告書を作成する必要がある。
- 妥当性評価または検証実施機関により審査される非持続性リスク報告書に基づき、「JCM実施規則に基づき設置されるバッファ口座」[XXXXX口座]に預け入れるバッファクレジット量を算定する。[バッファ口座] [XXXXX口座]のバッファクレジットについては、[原則としてクレジットとして取引することはできないこととする] [追ってその利用方法を定めることとする]。
- 非持続性リスクは、プロジェクト実施に伴い改善されていくことが望ましく、そうした改善行動を後押しすることも重要である。したがって、最低[3年] [5年] [7年] [10年]に1回実施される検証の度に非持続性リスク分析を実施し、その結果として非持続性リスクが改善されれば、[バッファ口座] [XXXXX口座]のバッファクレジットを、改善した非持続性リスクに基づき返却申請することができる。[なお、[バッファ口座] [XXXXX口座]のバッファクレジットを返却する手続きについては、[別途作成するXXXXXガイドライン] [XXXXX]に基づいて実施することとする。]
- 非持続性リスク分析は、妥当性評価もしくは検証と同時期に実施することが認められる。非持続性リスク分析は「JCM実施規則」及びその他のJCM文書に基づいて指定される組織から検証を受ける必要がある。
- 既にクレジットが発行（issuance）/無効化（cancel）されているものの、そのクレジットの発行元のプロジェクト対象地において想定外の森林減少・劣化⁹が起こった場合、以下の対処が必要である。

⁹ 想定外の森林減少・劣化：プロジェクト計画段階（プロジェクト申請書の提出段階）に想定していなかった5%以上の炭素ストック量の減少を引き起こすことを示す。人為活動による影響（戦争、不適切な管理、農耕、過伐採、外部からの侵入／等）や、自然災害（地震、洪水、干ばつ、嵐／等）が該当する。ただし、自然災害については、人為か非人為かをXXXXXに基づき評価することとする。

- 想定外の森林減少・劣化に関する報告書の作成 -

- [XXXXXX様式]に基づき、報告書を作成する。想定外の森林減少・劣化が起こった地域におけるモニタリングに基づき、失われた炭素ストック量を保守的に (conservative) 算定し、これを報告する必要がある。
 - 報告書では、想定外の森林減少・劣化であること、及び失われた森林炭素ストック量の算定が保守的であることについて、プロジェクト実施者が報告する必要がある。
 - 報告書は、想定外の森林減少・劣化が起こってから [XX年以内] に [JCM] [XXXXXX]事務局に提出する必要がある。これが遵守されない場合、当該プロジェクトはクレジット発行の資格を剥奪されることとなる。
 - なお、想定外の森林減少・劣化後に実施される検証の段階では、その際にプロジェクト実施者が提出するモニタリング報告書において、失われた炭素ストック量を改めて報告する必要がある。その際、プロジェクト実施者は以下についても対処する必要がある。
 - モニタリング期間中のプロジェクトによる純排出・吸収量（プロジェクト実施による排出・吸収量にリーケージ等を含めた量）が参照レベルと比較してデビットだった場合（これを「反転」と呼ぶ）、バッファクレジットでの補填が可能であれば、これを用いて不足分を補填する。バッファクレジットで補填できない量が生じたときは、[罰則XXXXXX]とする。
 - 炭素ストック量の「反転」が生じなかった場合、すなわち想定外の森林減少・劣化により炭素ストック量が減少しても、その量が参照レベルと比較してクレジット発行可能な場合、バッファクレジットは利用されない。
-
- 想定外の森林減少・劣化により「反転」が起きた場合、検証時に以下を実施する必要がある。

- 壊滅的な反転が生じた場合 -

- 参照レベルの見直しを行い、その後に行われる検証の際に改めて妥当性評価を受ける必要がある。
- 壊滅的な反転が起こった場合でも、特定した地理的境界を変更することはできない。また、壊滅的な反転が起こった地域については、継続してモニタリングの対象となる。
- 壊滅的な反転を補うまでは、当該プロジェクトにおける炭素ストック量の自然増加分をクレジット化することは認められない。次回の検証の際、非持続性リスク分析結果に基づき預け入れるバッファクレジットに加え、補填に使用したバッファクレジットのうち、これまでに当該プロジェクトが支払ったバッファクレジットを超過する分を返済する必要がある。

- 壊滅的な反転でなかった場合 -

- 想定外の森林減少・劣化による反転分を返済するまでは、クレジットを発行することができない。
- 特定した地理的境界を変更することはできない。また、当該プロジェクトにおける炭素ストック量の自然増加分をクレジット化することは認められない。
- 実施した検証の後、その次の検証が5年もしくは10年後になった場合、バッファクレジットの割合は保守的に固定しなければならない。検証報告書の提出が15年間行われなかった場合は、バッファクレジットが無効化される。無効化に関する詳細な規定は、[別途作成するXXXXXXガイドライン]を参照されたい。

- バッファクレジットは、クレジット発行期間が終了した時点で無効化されることとなる。なお、バッファクレジットが[JCM] [XXXXX]制度におけるREDDプラスプロジェクト全体の想定外の森林減少・劣化分の炭素ストック量を補填していることから、各プロジェクトから発行されたクレジットを他のクレジット等で補填する必要はない。[JCM] [XXXXX]制度におけるREDDプラスプロジェクト全体の持続性確保のため、[バッファ口座] [XXXXX口座]が保有するバッファクレジットは常に維持され、想定外の森林減少・劣化に備えることとする。

■ 2.2.4 プロジェクトのバンドリング方法

- プロジェクトと同様の活動が対象地外においても実施され、REDDプラス対象地が複数区画に及ぶ場合、それらをバンドリング¹⁰してプロジェクトを拡大することを認める。
- バンドリング対象となる各区画については、必要に応じて個別に非持続性リスク分析を行うこととする。各区画の一部(ある区画の一部)にだけ非持続性リスクがある場合、区画をさらに区分して非持続性リスク分析を行うことも認められる。
- 実施した非持続性リスク分析の結果については、「プロジェクト設計書及びモニタリング報告書作成ガイドライン」に基づき作成するモニタリング報告書で報告する必要がある。

¹⁰ バンドリングされたプロジェクトとは、プロジェクト対象地が地理的に連続していない場合にも、それら区画の集合を1つのプロジェクトとして認めるものである。

- バンドリングした際、参照レベルの設定は、バンドリングされた対象地全体について行われるものとし、必要に応じて参照レベルの再設定を行う。また、リーケージ対策等も、バンドリング対象地全体で行われることとし、必要に応じて対象地を再設定する必要がある。
- プロジェクト開始後、プロジェクト対象地に設定した区画を拡大することを認める。プロジェクト対象地の拡大とは、プロジェクト開始時に対象とした区画（もしくはプロジェクト実施後に対象に加えた区画）に隣接する区画をプロジェクト対象地へ新たに含めることを指す（地理的境界の拡大）。プロジェクト対象地の拡大にあたっては、プロジェクトのバンドリングと同じく、非持続性リスク分析や参照レベルの設定等について対処する必要がある。

3

方法論への要請事項

本ガイドラインは、二国間クレジット制度（JCM）の下に設置される合同委員会で承認する「JCM実施規則」及びその他の合意文書に付随することを想定したものである。

JCMの下で実施するREDDプラスプロジェクトに適用する方法論は、以下の「3.1 基本要件」及び「3.2 方法論の各要素に関する要件」に基づいて開発する必要がある。また、一般的な観点から土地利用及び土地利用変化に関する取組として適切であることが、JCMの下でのREDDプラスプロジェクトとしての要件になる。

3.1 基本要件

- 開発される方法論は、「JCM実施規則」、「プロジェクト設計書及びモニタリング報告書作成ガイドライン」、及び[その他のJCM文書] [及びISO14064シリーズ] [及びUNFCCCのTCCCA] [及び別途定める民間規定]に基づき作成される必要がある。
- 開発される方法論を適用したREDDプラスプロジェクトにおいて、算定されるGHG排出削減・吸収量に大きな不確実性が見込まれる場合、開発する方法論においてその対処方法を示す必要がある。なお、方法論に基づいて算定されるGHG排出削減・吸収量は、「プロジェクト設計書及びモニタリング報告書作成ガイドライン」に基づくと共に、 $90 \pm 20\%$ の信頼性もしくは $95 \pm 30\%$ の信頼性の範囲内である必要がある。[それを超える場合には、プロジェクト設計書及びモニタリング報告書作成ガイドラインに基づいて保守的にクレジットを算定することとする。]
- GHG排出削減・吸収量に対する不確実性評価にあたっては、[IPCC国家GHGインベントリに関する良好手法指針及び不確実性管理¹¹] [会計監査の基準]に基づき実施する。
- 開発される方法論において、排出係数等にデフォルト値の適用を含める場合、公的に利用可能で信頼できる文献（例えば、2006年IPCCガイドラインや各国の国家統計等）、もしくは、査読付きの科学論文等で発表されており、信頼性の高いデータに基づく必要がある。なお、データの選定にあたっては、「プロジェクト設計書及びモニタリング報告書作成ガイドライン」に基づくこととする。
- 開発される方法論に基づいてGHG排出削減・吸収量を算定するにあたっては、常に保守的なアプローチを採用する。

¹¹ IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories
<<http://www.grida.no/climate/gpg/index.htm>>

3.2 方法論の各要素に関する要件

3.2.1 対象とする活動

- 対象とするREDDプラスの活動は、UNFCCC COP16で合意に至った内容（カンクン合意）に基づき、(a) 森林減少からの排出の削減、(b) 森林劣化からの排出の削減、(c) 森林炭素蓄積の保全、(d) 持続可能な森林経営、(e) 森林炭素蓄積の強化、に寄与するものとする。
- REDDプラス活動はホスト国の森林政策に基づくこととする。
- GHG排出・吸収量の算定にあたっては、ホスト国の国家GHGインベントリ、森林インベントリとの一貫性に留意する必要がある。

3.2.2 土地の適格性

- (1)森林の定義
 - プロジェクト対象地が国際的に認められた森林の定義を満たしている必要がある。本ガイドラインでは、国際的に認められた定義として[各国がA/R CDMの対象としてUNFCCCへ報告している定義] [FAOの定義]に基づくこととする。
- (2)森林タイプ/森林としての土地利用状況
 - プロジェクト対象地の森林が各国で定める森林タイプ(国家森林インベントリ等における森林タイプ)と整合している必要がある。
 - プロジェクト対象地の森林は各国の森林の定義を満たしている必要があるが、そうした定義を満たしてから最低[7年以上] [10年以上] [15年以上]が経過している必要がある。つまり、プロジェクト対象地は、プロジェクト開始の段階で、その日から遡って最低[7年以上] [10年以上] [15年以上]は森林であったことが証明される必要がある。
 - 上記について、最低[7年以上] [10年以上] [15年以上]は森林であったことを証明する方法としては、以下に基づく必要がある。
 - 衛星画像及び空中写真による証明
 - FAO等の国際機関の資料、もしくはプロジェクトのホスト国における公的資料による証明
 - プロジェクト対象地もしくはその周辺に居住する住民等へのインタビュー結果による証明

3.2.3 適格性基準

- 方法論の開発にあたっては、上記「土地の適格性」に基づくと共に、方法論を適用する地域で実施するREDDプラス活動が適格である必要がある。
- 適格性基準の設定にあたっては、方法論が対象とする地域の特徴（森林管理システム、生態学的特徴/等）に基づくと共に、REDDプラス活動として効果的かつ追加的であることを示すことが求められる。

- なお、適格性基準の設定にあたっては、UNFCCCのREDDプラスに関する決議、及び「方法論開発ガイドライン」に基づくこととする。

■ 3.2.4 プロジェクトバウンダリの設定

- 開発される方法論において、プロジェクト対象地におけるバウンダリの考え方は、プロジェクト対象地、参照エリア、リーケージベルト、炭素プール、そしてGHGの種類に分けられる。それぞれについて、以下の通り設定することとする。
 - (1)プロジェクト対象地
 - プロジェクト対象地の設定は、プロジェクト申請段階で[80%] [XX%]まで特定しておく必要がある。プロジェクト対象地は、森林管理ユニット等の行政区画、もしくは対象地における土地管理の慣習等を考慮したものとし、特定にあたっては広くステークホルダーからの合意を得る必要がある。
 - プロジェクト対象地が国境をまたぐ場合は、国境で対象地を区分する必要がある。
 - 将来の準国もしくは国ベースへの取組拡大を見据え、準国もしくは国ベースのGHG排出量の算定等と整合を確保するため、プロジェクト対象地を行政区画に基づき設定することが推奨される。
 - (2)参照エリア
 - 参照エリアとは、プロジェクト対象地における参照レベルの設定にあたり参照する地域であり、プロジェクト対象地を含めた地域となる。
 - プロジェクト実施前に参照レベルを設定するにあたっては、上記の通りプロジェクト対象地を含めた地域が参照エリアに該当するが、プロジェクト開始後に参照レベルの更新・修正が行われるにあたっては、プロジェクト対象地を除く地域が参照エリアとなる。
 - 参照エリアの設定にあたっては、森林減少・劣化の要因や景観配置、社会経済的条件や文化的条件等がプロジェクト対象地と似ていることが重要であり、衛星画像及びステークホルダーからの情報収集等によりこれを説明する必要がある。
 - (3)リーケージベルト
 - リーケージベルトとは、プロジェクト実施に伴い起こり得るリーケージの管理を行う地域であり、プロジェクト対象地の外側、さらに一般的には参照エリアと重複もしくは参照エリアの外側までを含む地域が該当する。
 - 設定にあたっては、プロジェクト対象地の土地利用状況、及び農作物等の流通といった経済活動との関係に基づくことが重要であり、幅広くステークホルダーから情報収集することが推奨される。
 - (4)炭素プール
 - 開発される方法論においては、炭素ストック量の評価を基本的に以下の5つの炭素プール（地上部バイオマス、地下部バイオマス、枯死木 [直径10cm以上]、落葉・落枝 [落枝：直径10cm未満]、土壌有機炭素）ごとに算定する必要がある。

- 5つの炭素プールのうち、REDDプラスプロジェクトの実施により排出削減・吸収が見込まれるものの、算定対象外にすることが保守的算定になる場合、もしくは算定対象外にしても大きな影響がない場合に限り、算定対象外とすることができる。後者の場合、算定対象外とすることにあたって有意でない排出・吸収量であることを、プロジェクトにより得られるGHG排出削減量の5%未満であることから証明する必要がある。証明にあたっては、A/R CDMの有意性評価ツール“Tool for testing significance of GHG emissions in A/R CDM project activities¹²”、“Procedure to determine when accounting of the soil organic carbon pool may be conservatively neglected in CDM A/R project activities¹³”、査読論文、もしくは森林総合研究所が提供している[XXXXX]を用いて判断する。
 - 上記に関して、以下の活動によるGHG排出はREDDプラスプロジェクトにおいて有意でないと考えられるため、算定の必要はない。
 - 土壌や植物の分解により排出されるN₂O
 - 草本の採取や燃焼、プロジェクトのために設置される柵等に使用する目的で採取された木本のGHG排出量
 - 輸送や機器の使用による化石燃料の燃焼からのGHG排出量（これを実施するために伐採を行う等により当該排出量が大きくなる場合を除く）
 - 泥炭地における取組では、土壌炭素プールを算定対象とすることを必須とする。
 - 算定が可能であれば、プロジェクトバウンダリ内で生産された伐採木材製品（HWP）からの排出量を実際に排出された時点で計上してもよい。その場合の算定手法は、2006年IPCCガイドライン¹⁴等に基づくものとする。
 - 算定精度の確保にあたっては、全排出量に占める変動量の大きい炭素プールの算定精度確保を優先することが推奨される。
 - 全排出に占める割合が小さい炭素プールについては、IPCC排出係数データベースに示されたデフォルト値を用いる等、JCMにおいて相手国と合意する「JCM実施規則」[及びその他の合意文書]に基づき効率的な算定を図る。
- (5)温室効果ガス
- 開発される方法論においては、[IPCC第2次評価報告書¹⁵] [IPCC第4次評価報告書¹⁵]に取り上げられている6種のGHGを対象とする。REDDプラスプロジェクトにおいては、原則として二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）が対象ガスになる。
 - REDDプラスプロジェクトの対象地において、家畜の飼育、水田耕作、焼畑、もしくは窒素肥料の施肥が実施されている場合等は、CH₄やN₂Oが対象ガスとなる。対象ガスのうち、いくつかを算定対象外にすることもできるが、その際には有意でない排出・吸収量であることを、当該排出・吸収量がプロジェクトにより得られるGHG排出削減量の5%未満であることにより証明する必要がある。証明にあたっては、A/R CDMの有意性評価ツール“Tool for testing significance of GHG emissions in A/R CDM project activities”もしくは査読論文、もしくは森林総合研究所が提供している[XXXXX]を用いて判断する。

¹² CDM方法論ツールについては以下を参照されたい

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

¹³ CDM方法論ツールについては以下を参照されたい

<<http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-06-v1.pdf>>

¹⁴ HWPの算定にあたっては以下を参照されたい <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>>

¹⁵ IPCC Webサイトを参照されたい <<http://www.ipcc.ch/>>

■ 3.2.5 参照レベルの設定

- 参照レベルとは、REDDプラスプロジェクトが実施されなかった場合に想定される当該地域におけるGHG排出・吸収量であり、この参照レベルとプロジェクト実施後のGHG排出・吸収量との差がクレジットの対象となる。
- (1)参照レベル設定に用いる情報
 - 参照レベルは、プロジェクト開始より少なくとも[10] [15] [20]年前の情報まで遡った過去[3] [4] [5]時点のデータを評価対象とする必要がある。用いるデータは、モニタリングの章（3章の3.2.8）に示したりモートセンシングデータ及び地上調査データ等とする。
 - 参照レベルの設定にあたっては、国際的に認められた統計情報（FAO統計等）及び算定方法（2006年IPCCガイドライン等）を使用することとする。
 - ヒストリカルトレンドに基づき、過去データから参照レベルを設定する方法としては、以下が考えられる。
 - 過去のGHG排出量の平均値から設定する方法
 - 過去からのトレンドに基づく回帰式により設定する方法
 - 森林減少・劣化の要因の分析結果、及び将来に向けた森林・林業政策等のNational Circumstances（各国もしくは地域の状況）を反映して設定する方法
 - 既にプロジェクト対象地を含む準国もしくは国ベースで参照レベルが設定されている場合、プロジェクトの参照レベルは準国ベースもしくは国ベースの参照レベル[の設定方法]と整合する必要がある。プロジェクト対象地を含む参照レベル（準国もしくは国ベース）が設定されていないことが確認された場合は、独自の参照レベルを設定することとする。
 - 参照レベルの将来予測にあたっては、National Circumstancesを考慮する必要がある。その状況を説明する情報源を明確に示す必要がある。また、そうした情報がどのように参照レベル設定に考慮されたかを明確に示す必要がある。
 - National Circumstancesの考慮にあたっては、土地利用計画等の既存データを活用可能である。
 - 対象地において、人口増加や経済成長と森林減少の相関関係が明らかにされた場合は、これを参照レベルに反映することが推奨される。
- (2)参照レベルの見直し
 - 参照レベルは、プロジェクト開始後、[5] [7] [10]年以内に見直しを行うこととする。これは、参照レベルがプロジェクト対象地における実際の状況を反映していないことを避けるためである。
 - REDDプラス実施の際に設定する参照レベルは、[5] [7] [10]年[ごとに] [より短い期間ごとに]、見直しを行うこととする。これは、[5] [7] [10]年を超える参照レベルの設定は、対象地における森林減少率や土地利用変化について実情を踏まえていない可能性があるためである。参照レベルの見直しにより、森林減少の要因や土地利用変化を引き起こす活動、もしくは森林管理方法の変化を適切に踏まえることとする。
 - 参照レベルの見直しにあたっては、見直しの際に使用した情報源を明確に示す必要がある。また、そうした情報源がどのように参照レベルに考慮されたかを明確に示す必要がある。

■ 3.2.6 リークージへの対処

- (1)リークージの対象
 - 開発される方法論で考慮するリークージとは、プロジェクト対象地の外側で起こり、測定可能であり、かつプロジェクト活動に起因しているGHG排出量の増加もしくは吸収量の減少である。本ガイドラインでは、以下の3つのリークージを想定する。
 1. 市場リークージ： プロジェクト対象地から木材生産場所が移動したことにより需要と供給の均衡が変化したことが原因で発生する。
 2. 活動移転リークージ： 森林減少・劣化の実際の要因である活動がプロジェクト対象地外へ移動し、別の場所で森林減少・劣化が起ることである。
 3. 生態学的リークージ： 対象地の水環境を変化させることによりプロジェクト対象地外のGHG排出量が左右される、湿地・泥炭地特有のリークージである。
 - A/R CDMの有意性検定ツール“Tool for testing significance of GHG Emissions in A/R CDM Project Activities¹⁶”を用いた判断により有意でないとして評価されたリークージは、算定の対象として含める必要はない。
 - 市場リークージについては、木材生産に有意な影響を与えている場合に算定する。また、ポジティブリークージ（プロジェクト実施によるプロジェクト対象地外でのGHG排出削減・吸収）は、保守性の考え方から算定対象としない。
- (2)リークージ排出量の算定方法
 - リークージ排出量の算定にあたっては、直接のモニタリングもしくは科学的知見に基づいた間接的なモニタリングを用いることが必要である。リークージの算定に著しいコスト及び労力を要する場合、それを説明することでリークージの算定対象外（モニタリング対象外）にすることができるが、その場合は算定した場合に想定される[1.1] [1.2] [1.5]倍のGHG排出量をリークージとして計上する必要がある。

■ 3.2.7 GHG排出・吸収量の算定方法

- (1)算出に用いるデータ
 - REDDプラスプロジェクト実施による排出削減・吸収量の算定にあたっては、2006年IPCCガイドライン等に基づくこととする。また、QA/QC（品質保証・品質管理）活動や不確実性評価の実施についても[2006年IPCCガイドライン] [ISO14064シリーズ]に基づくこととする。
 - 開発される方法論では、データソースや測定単位を含め、報告すべきデータやパラメータを示す必要がある。GHG排出量データ取得のための基準や要素は、以下の通りとする。
 - 公的に利用可能で信頼できるデータであること（IPCCや政府の発行したデータ等）。
 - その能力を有すると考えられる組織により出版物として審査されていること（査読論文等）。
 - GHG排出・吸収量の算定にあたり適切であること（妥当性が証明されること）。
 - GHG排出・吸収量の算定時点で最新のものであること。

¹⁶ CDM方法論ツールについては以下を参照されたい
<http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-04-v1.pdf>

- 不確実性の高いデータや情報を用いる際には、保守的な値を採用しGHG排出削減・吸収量を過大評価しないよう留意する必要がある。
- UNFCCCとの一貫性を確保する目的から、単位としてkgやMg (t) 等が用いられている場合は、GHG排出・吸収量においてはCO₂equivalentに換算する必要がある。その際、[IPCC第2次評価報告書] [IPCC第4次評価報告書]に示された地球温暖化係数を用いる。
- (2)階層化の考え方
 - GHG排出・吸収量の算定にあたっては、その算定精度を高くするため、プロジェクト対象地内を複数に階層化し、その階層ごとに算定することが望ましい。階層化にあたっては、気候帯、地形、森林タイプ、樹種等に基づくこととする。

■ 3.2.8 モニタリング方法

- 開発される方法論では、モニタリングの方針、基準及び手順を示す必要がある。網羅すべき要件は以下の通りである。
 - モニタリングの目的
 - モニタリング実施体制
 - 評価方法、モデルの利用、測定方法、算定アプローチ等を含むモニタリング実施の内容
 - データの質を管理する手順
 - モニタリング頻度及び実施手順
- (1)モニタリングの実施方針
 - モニタリング実施にあたっては、「プロジェクト設計書及びモニタリング報告書作成ガイドライン」に基づくこととする。
 - モニタリング実施にあたっては、プロジェクト実施者は2006年IPCCガイドラインに準拠した方法に基づくと共に、リモートセンシングと地上調査を組み合わせを行うこととする。
 - [モニタリング実施にあたっては、森林総合研究所が開発した「REDD-plus Cookbook」を用いて技術的課題に対処することが推奨される。¹⁷⁾
- (2)モニタリングに用いるリモートセンシングデータ
 - 土地利用（土地被覆）及び土地利用変化の観測にあたっては、Landsat TM（解像度30m）と同等もしくはそれ以上の解像度を有するリモートセンシングデータを用いることとする。
 - 画像解析から求める森林/非森林の判別精度としては、80%以上を要求水準とする。また、森林区分ごとの解析判別精度は[70%] [80%]以上とする。
 - 小規模な森林動態の特定や数年間隔で土地被覆が変化する焼畑地等のモニタリングにあたっては、空中写真等の導入も推奨される。
 - Landsat TM等の画像解析結果を補正する方法として、レーダー衛星画像を用いる方法も推奨される。
 - 費用対効果等を考慮した上で、わが国の衛星技術（例えばALOS）を利用することが推奨される。

¹⁷⁾ 本ガイドラインはJCMのもとでのプロジェクトベースのREDDプラスを想定している。一方、REDD-plus CookbookはUNFCCCの下での国もしくは準国ベースのREDDプラスを想定していることに留意する必要がある。

- ホスト国における森林インベントリとの整合も重要になることから、衛星画像選択の際にはホスト国の状況を考慮することが重要になる。
- (3)地上調査によるモニタリング
 - 面積あたりの炭素ストック量算定のための測定にあたっては、原則として層化無作為抽出法による地上調査データに基づく。
 - 到達不可能な場所については、コスト削減のためにその地点を避ける方法が考え得る。これにより精度は下がるが、コストは削減され得る。
 - 地上調査については、サンプルサイズ、プロットサイズ、プロットの形状、プロットの位置をプロジェクト計画書に明記する必要がある。
 - プロットは、プロジェクト対象地もしくは参照エリア内に設置することとする。設置方法は、一時的なプロットでも永久プロットでも構わない。
 - 到達困難な場所については、地上調査に代わり、地上調査と同程度の精度で実施できるLiDAR計測等を用いて可能な限り無作為なサンプル抽出を実施することが将来的には推奨される。
 - IPCCの排出係数データベースや国家森林インベントリ、土地利用計画等が活用可能な場合は、それらのデータを活用することで地上調査に係る労力を削減し得る。
 - 既存データの活用にあたっては、その調査対象規模に留意する必要がある。例えば、国ベースの森林モニタリング（10kmメッシュ等）だけではプロジェクト対象地内に数個しかプロットを設定できない。また、対象地特有の植生を対象外としてしまう可能性がある。

■ 3.2.9 セーフガードへの配慮

- セーフガードへの配慮にあたっては、UNFCCCで合意したカンクン合意（UNFCCC COP16）に基づく必要がある。また、ホスト国の中央政府、地方政府が既にセーフガードへの取組に関する戦略、指針等を策定済みの場合（FCPFやUN-REDDプログラムへ応募しているもしくは採択されている場合等）は、取組がそれに適合していること[の証明]が求められる。
- CCBS等のプロジェクトベースの認証を取得することも有効である。
- (1)社会・経済面
 - カンクン合意（UNFCCC COP16）に示されたセーフガードリスト（先住民や地域住民の知識や権利の尊重、利害関係者の十分で効果的な参加¹⁸）等のトピックへの対応を検討すること[の証明]が求められる。
 - ホスト国において、森林管理・開発事業における地域社会への配慮や事前評価等に関する既存の制度が存在する場合（先住民保護に関する国際的な取り決め等への対応や海外からの支援事業に関連して策定される場合/等）は、取組がそれに適合していることが推奨される。
- (2)環境面
 - カンクン合意（UNFCCC COP16）に示されたセーフガードリスト（天然林や生物多様性の保全、生態系サービス等の環境便益の促進・強化¹⁸）等のトピックへの対応を検討すること[の証明]が求められる。

¹⁸ UNFCCC (2010), Decision 1/CP.16, FCCC/CP/2010/7/Add.1, Appendix I, 26, UNFCCC

- ホスト国が生物多様性条約（CBD）を批准している場合、CBDの枠組みにおいて策定している生物多様性国家戦略（基本方針）に適合していること[の証明]が求められる。
 - ホスト国が生物多様性条約を批准している場合、同条約でのREDDプラス関連決議に留意する必要がある。
 - 国／準国ベースでセーフガード・アプローチ策定を進めるにあたって、国際的なセーフガード・スタンダードをNational Circumstancesに合わせた形で活用することは、カンクン合意への対応を進める上で有効である。
 - プロジェクトベースでは、プロジェクトの形成や実施、評価を行う際に、周辺のプロジェクต์や上位レベル（準国／国ベース）で採られている生物多様性や生態系サービスへのセーフガードの取組の特性を把握すること、そして、それらが参照しているセーフガード・スタンダードとの親和性を高めることを推奨する。
 - 環境便益には、様々な内容が含まれるが、そのうちの1つを増進させると他の便益が低下する（トレードオフ）等の複雑な関係が見られることもあるため、どの便益を重視すべきかについて、複数の利害関係者を交え検討することが有効である。
- (3)セーフガードのレポーティング
- UNFCCCにおいて、セーフガードに関する情報提供システムについては、各国の状況、能力等を考慮したものであること、ホスト国はセーフガードに関する情報の要旨を定期的に提供すること等といった合意はされているものの、詳細は未だ規定されていない。UNFCCCの今後の決定事項、ホスト国が生物多様性条約を批准している場合は同条約でのセーフガードの議論、さらにホスト国のセーフガードの取組等を注視し、ホスト国のセーフガードに関する情報提供の要件を満たすことが推奨される。

**独立行政法人 森林総合研究所
REDD研究開発センター**

REDDプラス実施ガイドライン

2013年11月1日 第1.1版

〒305-8687
茨城県つくば市松の里1
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/>
Email : red-d-center@ffpri.affrc.go.jp
電話番号： 029-829-8365
FAX番号： 029-829-8366



REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成26年度 基礎講習

第2章

森林炭素モニタリングの設計と 参照レベルの要件

一般社団法人 日本森林技術協会
鈴木 圭

内 容

1. REDDプラスの基本概念
2. 森林炭素モニタリングの全体像
3. 活動量の把握(面的変化)
4. 排出係数の把握(単位面積当たりの炭素量)
5. 参照レベルの要件



1. REDDプラスの基本概念

REDDプラスの基本概念

- REDDプラスは以下の5つの活動を含む
 - ① 森林減少による排出の削減 (Reduction of emissions from deforestation)
 - ② 森林劣化による排出の削減 (Reduction of emissions from forest degradation)
 - ③ 森林炭素蓄積の増大 (Carbon stock enhancements)
 - ④ 森林保全 (Conservation of forests)
 - ⑤ 持続可能な森林管理 (Sustainable management of forests)

REDDプラスの基本概念

(森林減少と森林劣化)



DEFORESTATION



FOREST DEGRADATION



I (100-80%) II (80-60%) III (60-40%) IV (40-20%) V (20-0%)

引用: Reference Emission Levels Indonesia - Ruandha Sugardiman、MRV Meeting Mexico.

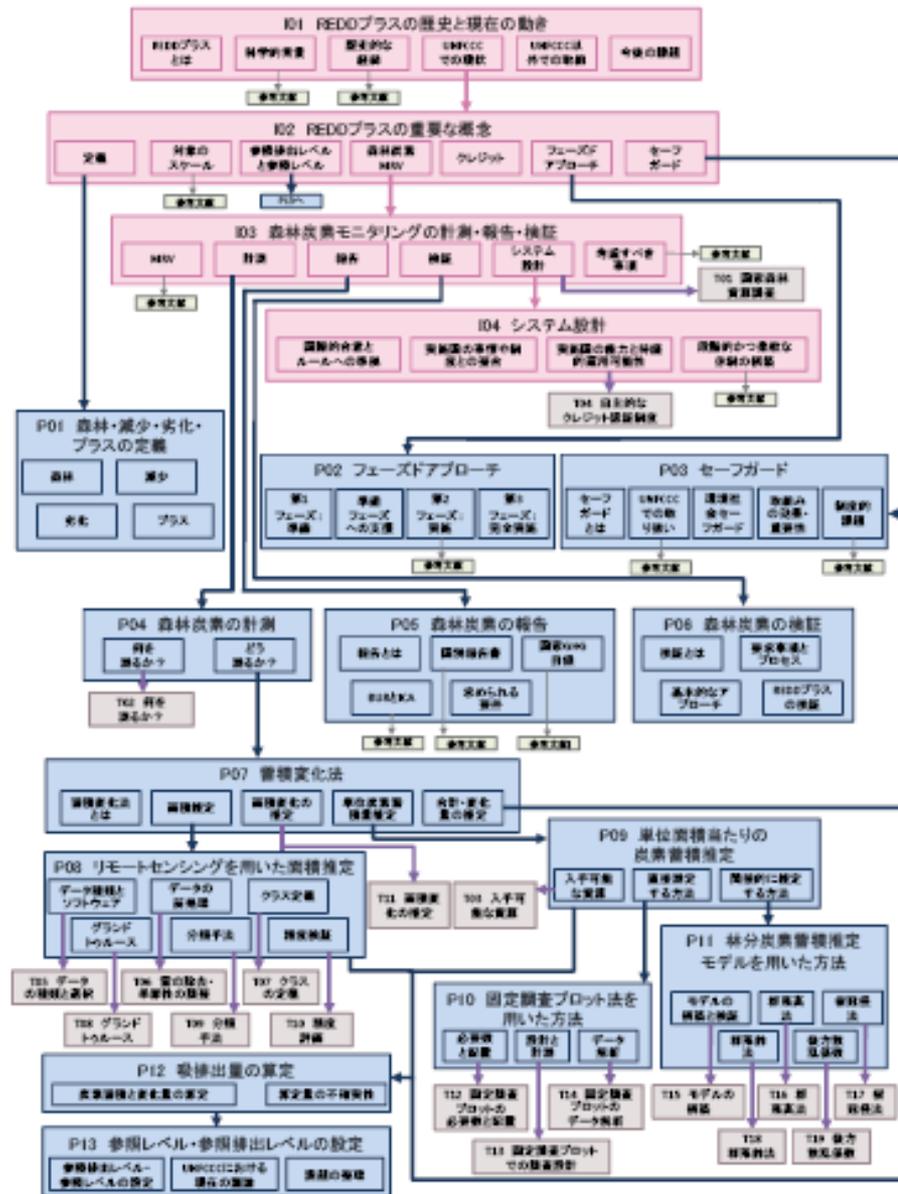


2.森林炭素モニタリングの全体像



REDDプラスを検討する際の全体像

REDD+CookBook



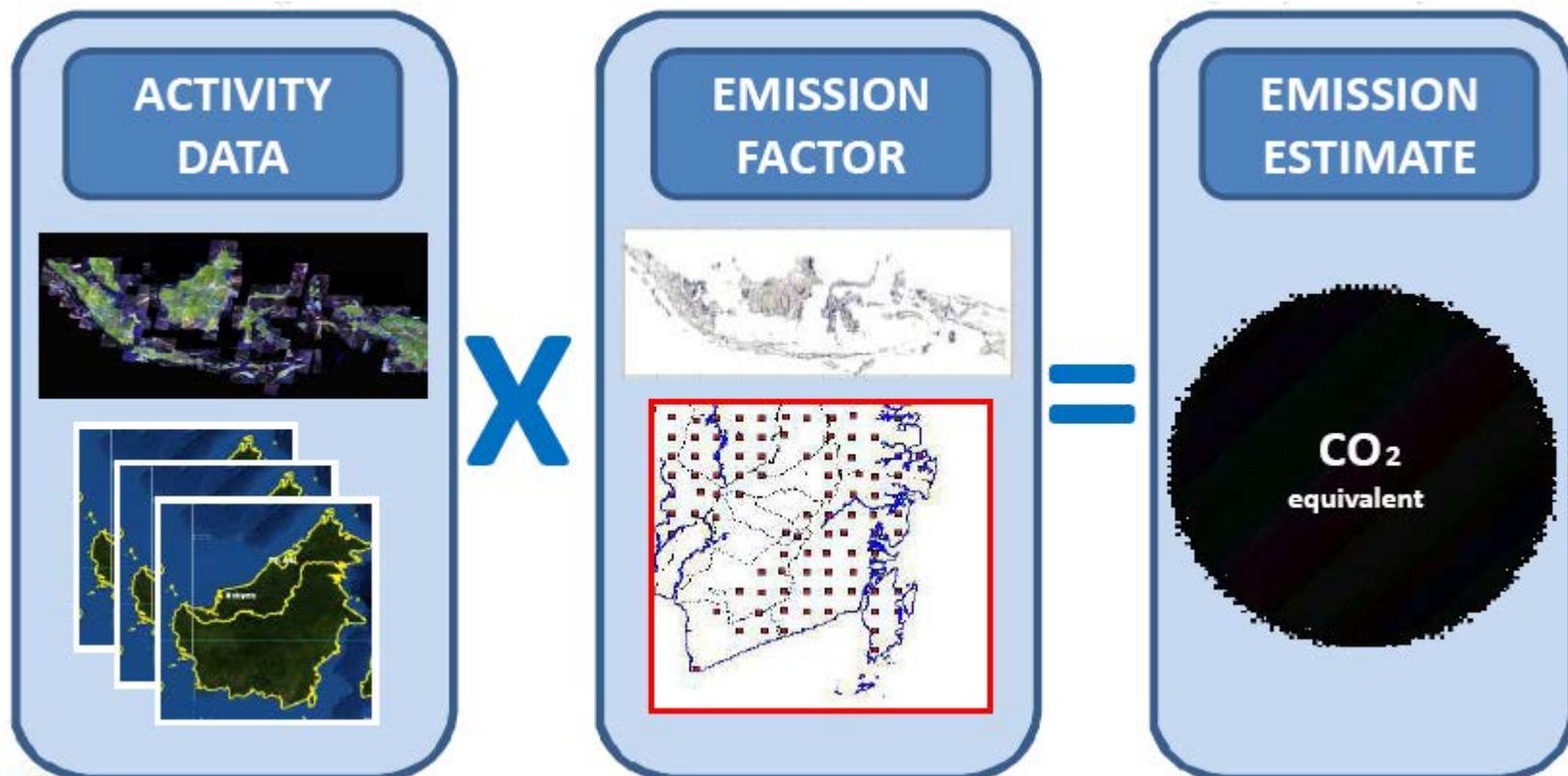
森林炭素モニタリングの要求事項

森林モニタリングシステムとは、森林からの温室効果ガスの収支、森林炭素蓄積、および森林面積変化を推定するシステムであり、REDD プラスの実施に必須のものとして実施国に構築を求めている。これにより、REDD プラスによる温室効果ガス削減効果が推定され、その結果に対するクレジットが算出されるため、国際的に信任を得られ、しかも発展途上国で実施可能な方法で、できる限り正確に行われなければならない。その一方で、森林を取り巻く事情は各国により異なることから、それに合わせた柔軟で実施可能なシステムを作り上げていかなければならない。

1. 国際的合意とルールへの準拠
2. 実施国の事情や制度との整合
3. 実施国の能力と持続的運用可能性
4. 段階的かつ柔軟な体制の構築



森林炭素モニタリングの要求事項

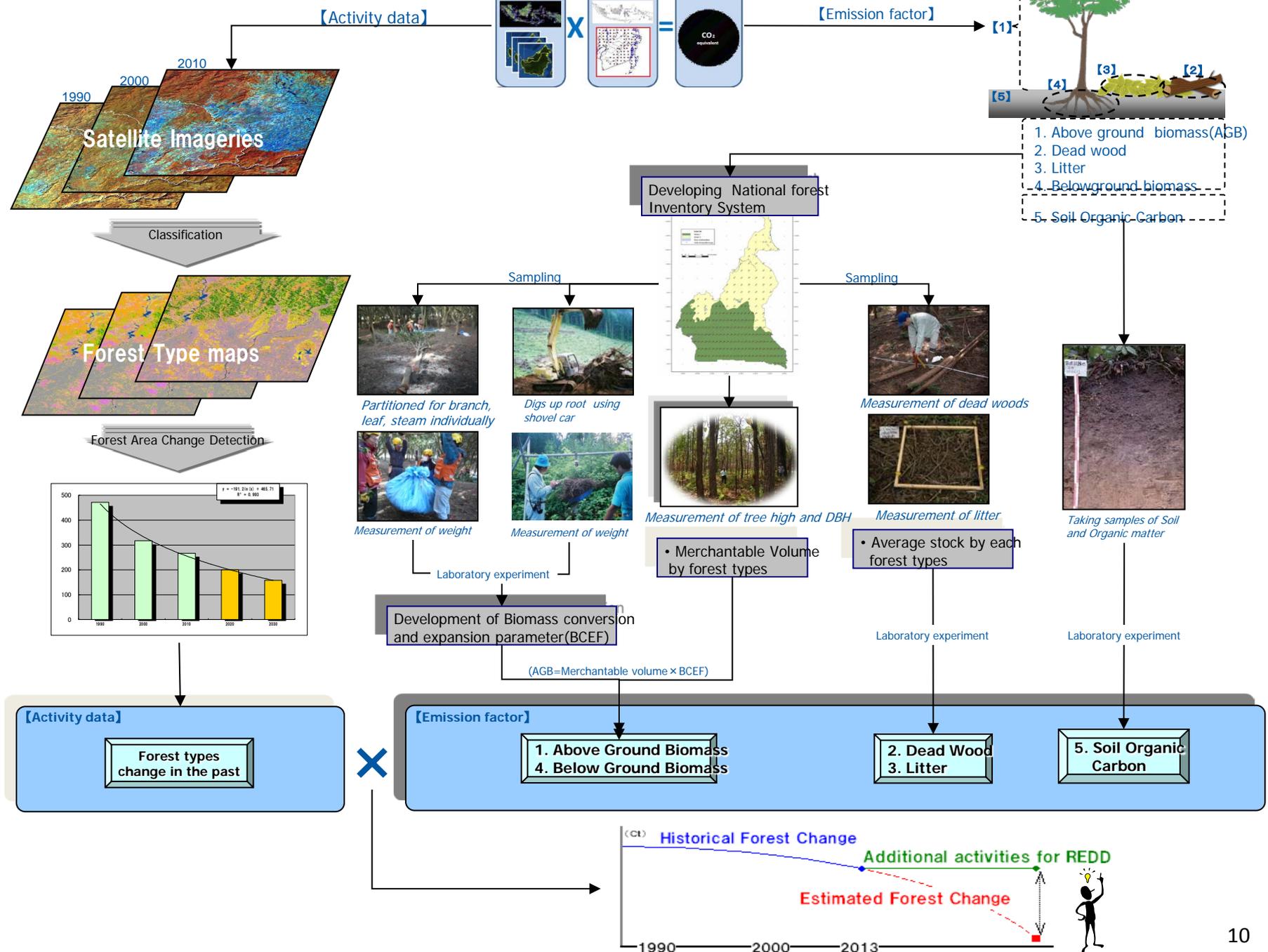


Forest area change
(unit: ha)

Mean carbon stock
(unit: Ct/ha)

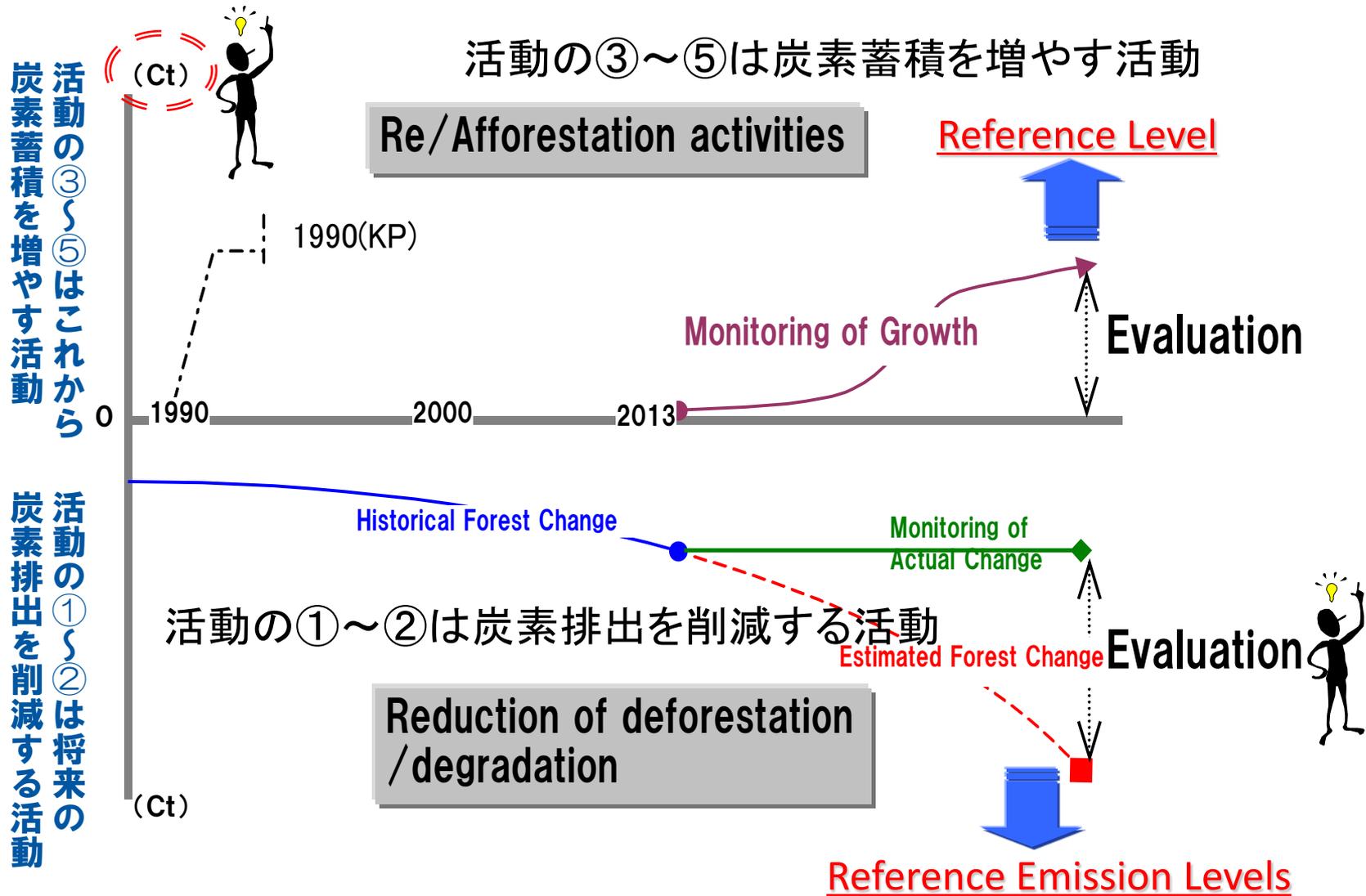
引用: Reference Emission Levels Indonesia - Ruandha Sugardiman, MRV Meeting Mexico.

森林炭素モニタリングの全体像





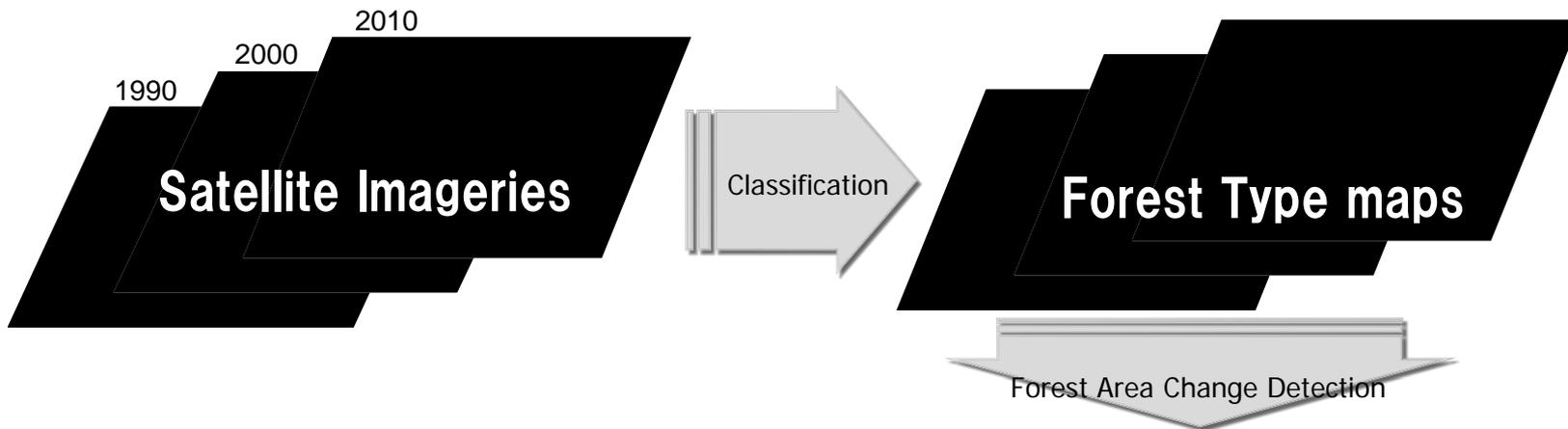
REL / RLの開発



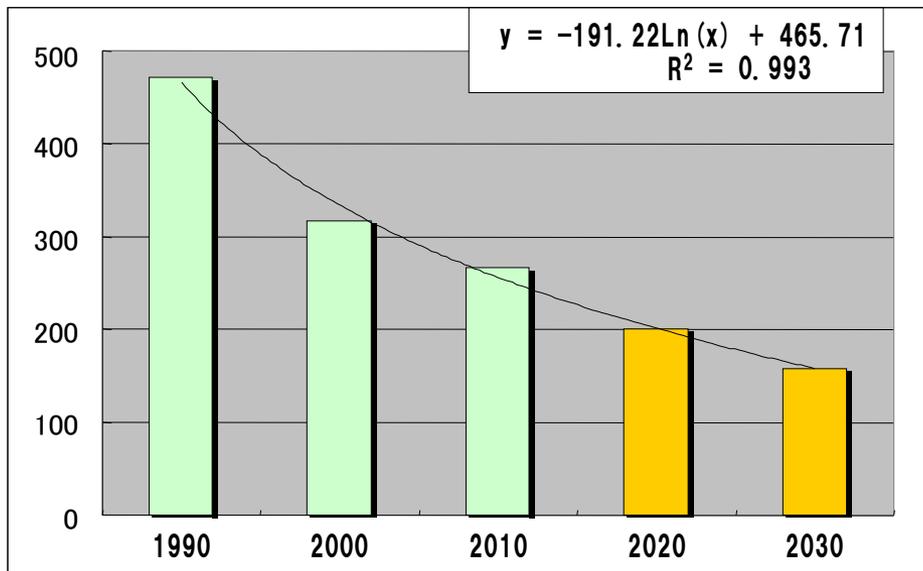


3. 活動量の把握(面的変化)

REL / RLの開発 (LandsatTMを用いた森林タイプの変化)



Forest types change in the past



衛星の種別の利用可能時期(=いつからの時点を用いるか)

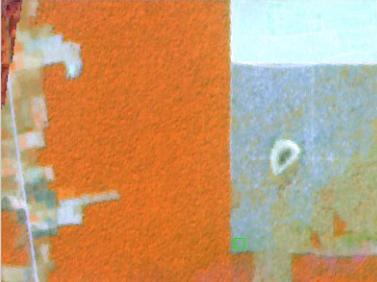
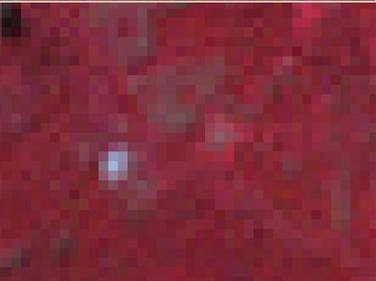
衛星 センサー名	分解能	打ち上げ 〔最初の 打ち上げ〕	利用可能な期間										
			1940	～	1970	1980	1990	2000	2010	将来			
Landsat MSS	83m～	1972/07/23											
NOAA	1100m～	1978～											
Landsat TM	30m～	1982/07/16											
SPOT4	10m～	1998/03/24											
Landsat ETM+	15m～	1999/04/15											
IKONOS	0.82m～	1999/09/24											
Terra/Aqua MODIS	250m～	1999/12/18											
Terra ASTER	15m～	1999/12/18											
QuickBird	0.61m～	2001/10/18											
SPOT5	5m～	2002/05/04											
ALOS AVNIR-2	10m～	2006/01/24											
ALOS PRISM	2.5m～	2006/01/24											
WorldView-1	0.5m～	2007/09/18											
GeoEye-1	0.41m～	2008/09/06											
WorldView-2	0.46m～	2009/10/08											
航空写真													

アナログ

デジタル

森林減少の要因とスケール

(=どの程度の地上解像度のデータを用いるか)

項目	転用の種類	要因	スケール	活動前画像	活動後画像
森林減少	大規模農業開発	大規模資本などにより森林から農地へ転用する場合。パームオイル、ゴム、コーヒーなど	1ha以上		
森林減少	中規模農地転用	住民による違法な農地転用。	1ha以下		
森林劣化	木材搾取	販売目的に違法に抜き伐りする場合	ha数本レベルで大径木中心。林冠の減少を起こす。		
森林劣化	木材搾取	住民による薪利用などのための抜き伐り	ha数本レベルで小径木中心。林冠の減少は少ない。		

森林分類図の作成における留意点

分類する森林タイプをどのように設定するか？

- ・生態学的な要素：常緑、落葉、混交、竹林など、当該国の主要な材積を構成する樹種が優占する森林(日本ではスギ、ヒノキ、カラマツ・・・)
- ・人為的な要素：極相林、2次林(人為による劣化や再生林)森林の質的な評価を加える⇒推計精度の向上
- ・技術的な要素：リモートセンシングの限界、データアーカイブの限界。光学センサーとバイオマス(質)の関係の限界。季節林の場合、複数のデータが必要になる場合がある。

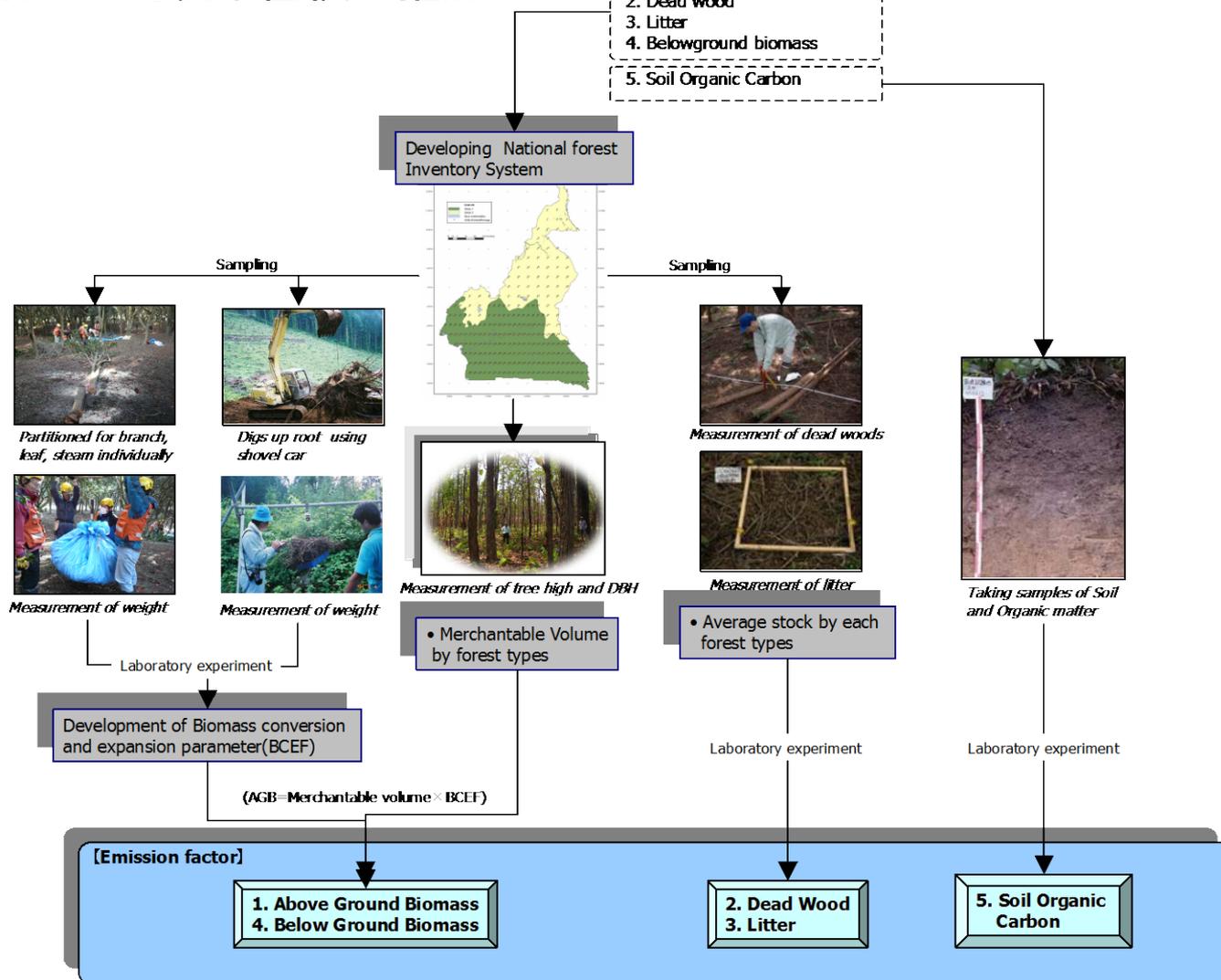
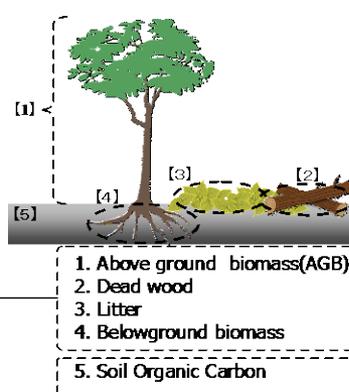
季節変化の影響

- 解析結果は植生の季節変化を受ける。
- 期首・期末の撮影時期を統一することが重要。



4. 排出係数の開発 (単位面積当たりの炭素量)

森林タイプの変化を炭素に 換算するための係数開発 (森林タイプ別の平均炭素蓄積の推計)



森林の地上計測手法の基礎

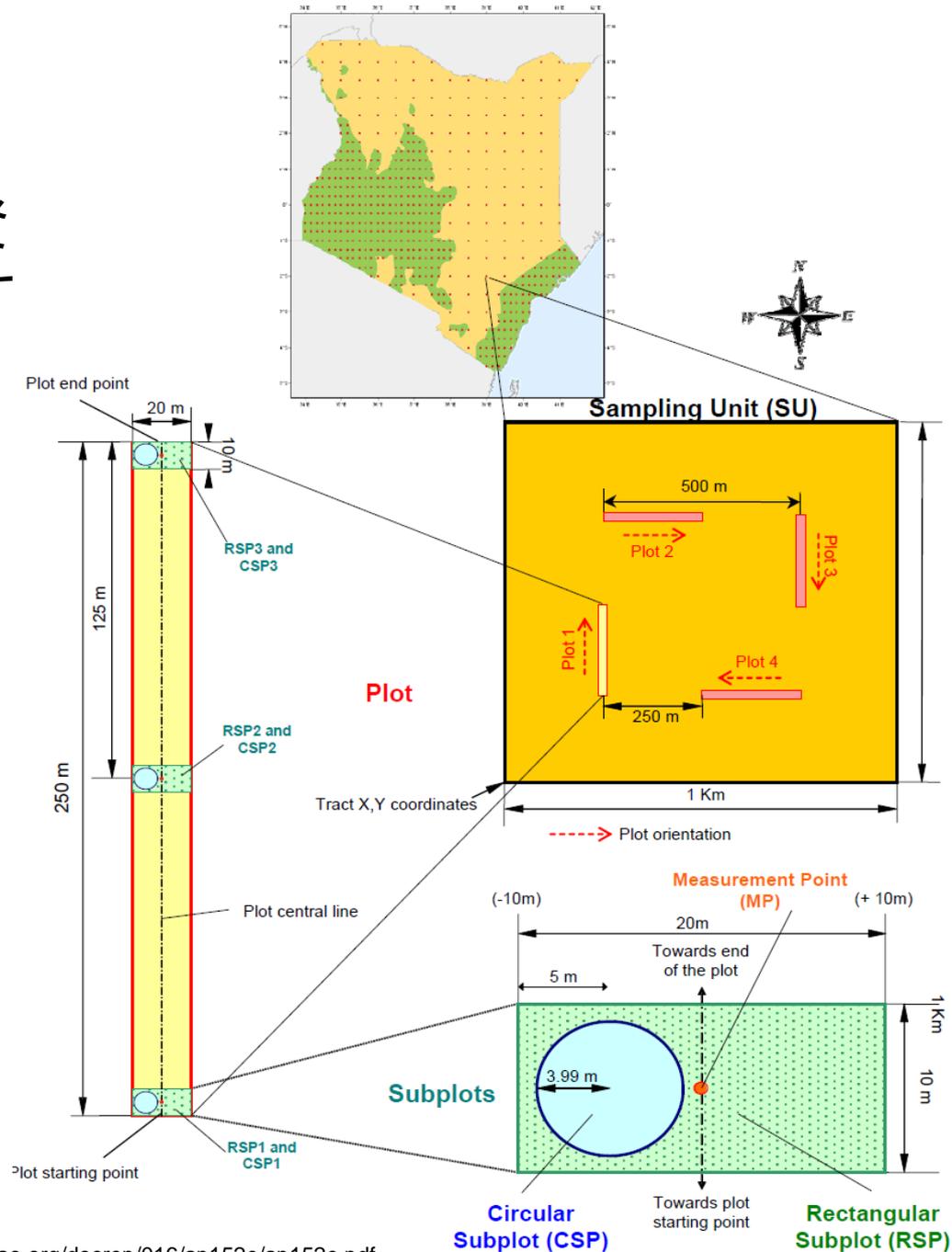
- 森林情報を収集する目的: 目的やスケールによって必要な情報も変わる
 - － 国家森林計画: 国レベルでの資源情報を収集・管理する
 - 例: 国レベルで森林タイプごとの面積や蓄積を把握する
 - － 事業体レベル (個人、会社等)
 - 林分レベル(管理単位) : 優占樹種、面積、蓄積
 - － 木材の販売:
 - 立木レベル: 蓄積、品質
 - － 生態的価値の研究や評価
 - 立木の価値以外の様々な項目 (生物多様性、希少種)

国家森林資源調査について

- 国家森林資源調査 (NFI: National Forest Inventory)
 - 国レベルで森林資源量を把握する調査
 - 大抵の国では何らかの形で実施されている
 - プロジェクトエリアの基礎情報として利用可能
- NFIの方法論
 - 悉皆調査と標本調査: 通常は標本調査
 - 暫定調査地と固定調査地: 時系列的なモニタリングのためには、固定調査地が有利
 - インベントリの間隔: 5～10年程度
 - 現地調査
 - プロット調査、ポイントサンプリング
 - 資源把握に必要な情報: 胸高直径、樹高
 - その他必要な項目 (森林被害、生物多様性)

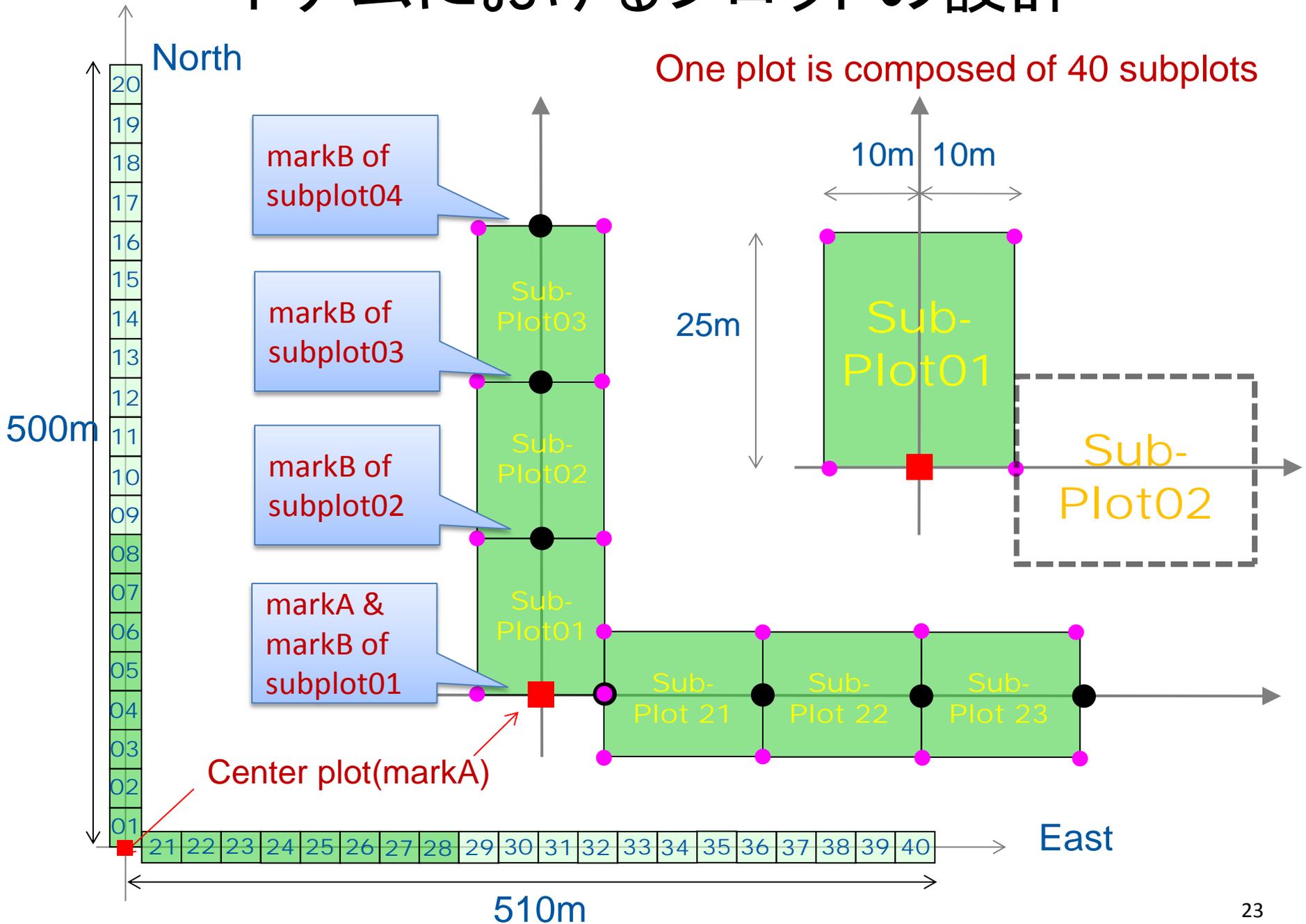
FAO (2008) の方法

- 途上国における国家森林資源調査の計画実施を援助するプログラムにおける基本的な方法
- 最低でも経緯度1度単位の格子
- 格子点に1km四方のクラスター、中に4箇所の20×250kmプロット



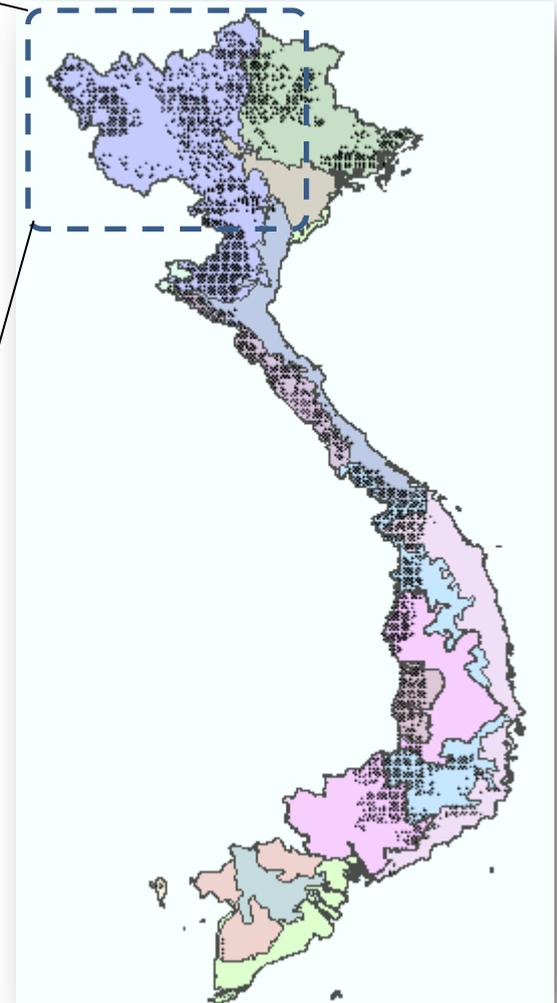
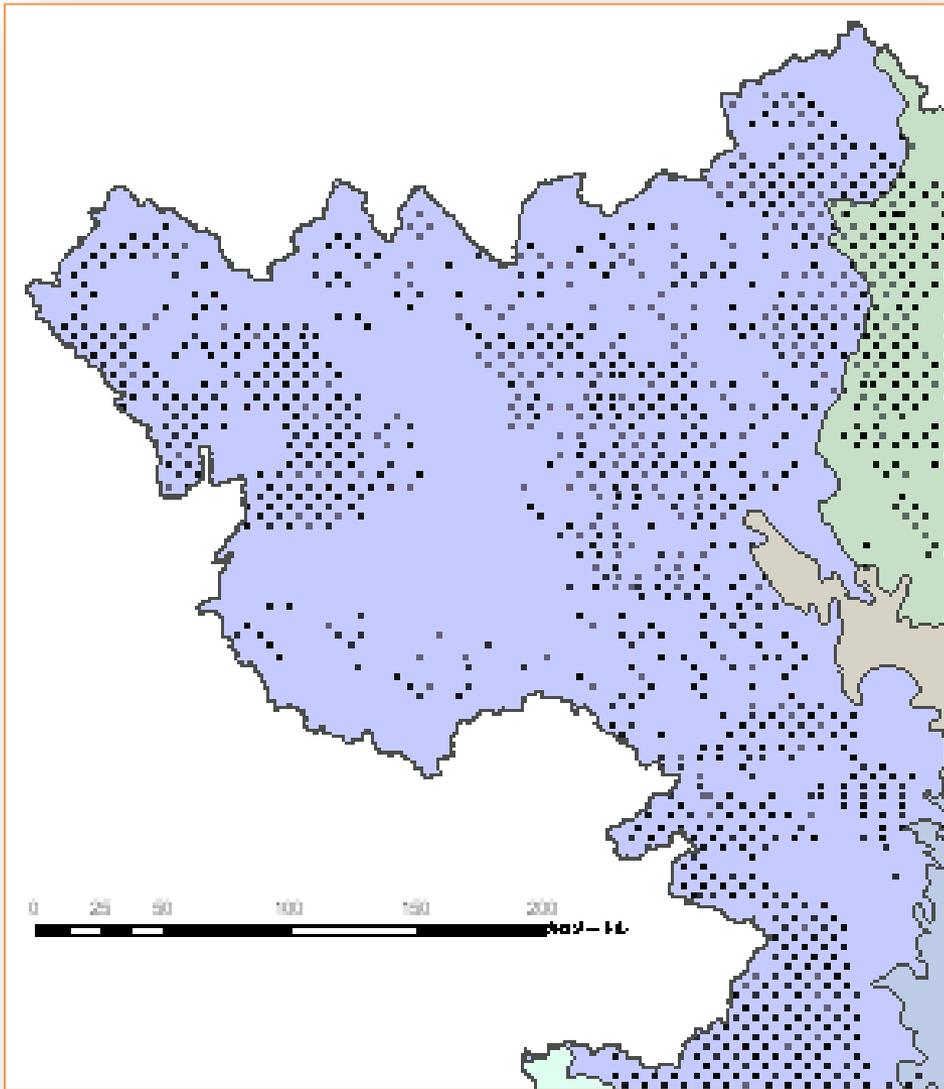
ベトナムにおけるプロットの設計

One plot is composed of 40 subplots





ベトナムにおけるPSPプロットの配置



ベトナム国におけるPSPの配置

調査の設計

- 精度とコストのトレードオフ
- より正確で高い精度のデータを得るためにはより多くのコストが必要
- できるだけ低いコストで高い精度のデータを得るための工夫が必要



排出係数の取り纏め

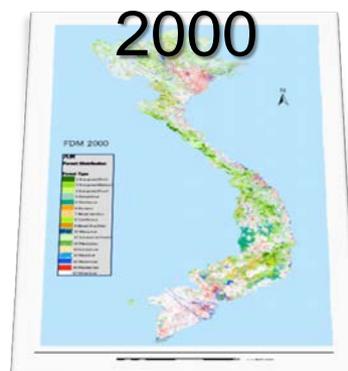
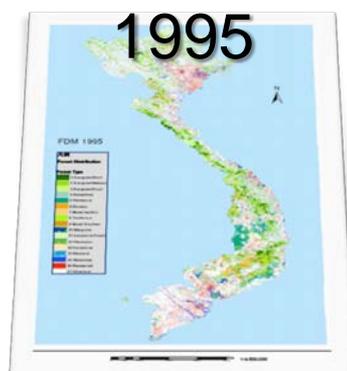
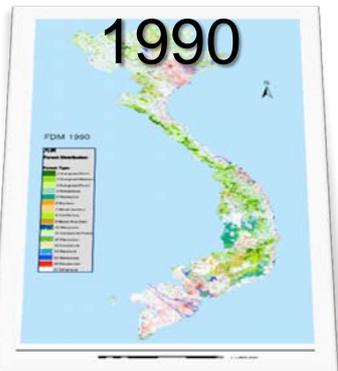
NFIから計算される地域別・樹種別平均材積(ベトナム国 国家資源調査 第3期より)

Forest types	Northwest	Northeast	Northeast	North middle centre	South middle centre	Highland	Southeast	Mekong river delta
Rich Evergreen broad-leaved forest	343.44			306.15	239.44	219.40	295.45	
Medium Evergreen broad-leaved forest	85.15	89.79		136.33	149.99	149.50	180.96	
Poor Evergreen broad-leaved forest	37.25	34.24		81.92	74.18	85.72	75.95	79.34
Restored forest	33.51	20.81		32.85	70.35	86.67	83.04	67.43
Coniferous forest		30.60		65.50	94.04	95.74	180.90	
Broad-leaved and coniferous mixed forest						106.73	179.86	
Rich Dry open forest of Dipterocarps						149.07	226.64	
Medium Dry open forest of Dipterocarps						134.97	175.62	
Poor Dry open forest of Dipterocarps						70.47	77.83	
Restored Poor Dry open forest of Dipterocarps						70.60	39.62	
Bamboo forest	35.97	30.36		83.41	52.60	60.14	63.03	
Primary forest and natural forest								
Mangrove								
Forest on rocky mountain								
Man-made forest	20.79	20.66		11.15	10.46	19.33	4.56	



5.参照レベルの要件

参照レベル作成における留意点



90' ~ 95'

町	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2	646	283	157	110	228		297					
3												
4	959											
5	606	280	143	140			229					121
6	590	272	124	98		106	191	5			209	78
7	471	258	141	107			193	83				77
8		113	87									
9	518	281	117	74		75	170	96				77
10	477	293	127	148	224	190	240					121
11	546	276	154	121	185	119	205	203	200			123
12	529	279	131	135	219		316	289				120
14												

95' ~ 00'

町	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1				149	142							64
2	458	274	107	144	241		258					
3												88
4	600	295	187				330					
5	581	274	129	93			87	256				77
6	507	271	115	83		119	151				118	88
7	457	268	147	99			195	98				60
8												
9		290	104	65		96	99	99				88
10	446	276	124	141	237	126	181		94			67
11	458	276	142	141	255	85	172	127	232			64
12	465	277	129	125	183		184	223	263		20	64
14												

00' ~ 05'

町	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1				319	163	157						
2	434	271	112	148	214		236					
3												99
4	479	300	130				248					
5	519	268	147	101			83	181	87			118
6	505	270	119	75		283	114	29			119	83
7	420	285	153	109		107	151	87				60
8												
9		250	119	88		75	94	88				77
10	430	280	143	146	226	121	202	240				98
11	448	280	143	134	267	75	164	166	268		160	198
12	449	277	134	140	180		190	95	169		78	201
14										89		124

00' ~ 10'

町	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2				181	187							75
3		604	282	144	157	128		279				
4											115	104
5		798	299									
6		508	275	158	131		78	219	97			67
7		516	272	135	94		96	118				165
8		417	272	171	116		82	181	146			78
9												
10		271	110	115		96	122		105	4		85
11		465	282	158	140	198	139	249				94
12		602	291	162	135	153	91	199	293	292		163
14		511	280	120	128	189	134	240		271		108
												107



整備されたこれらの情報をどのようにして料理するか？



参照レベル作成における留意点

- ❑ What is/are the difference(s) between RL and REL and the associated methodological differences?
 - Recommend guidance
- ❑ Can a Party propose REL/RLs for a subset of REDD+ activity types?
 - If yes, under what conditions? (e.g. must include Deforestation)
- ❑ When is it appropriate to adjust extrapolated historical trends or estimates?
 - To address national circumstances, on a case by case basis
 - What type of information is needed to support adjustment?
- ❑ What information should be provided and in what form for the determination of REL/RL?
- ❑ What aspects of the construction of RL/RELs should allow for comparability among countries?
- ❑ How can we avoid perverse incentives through the exclusion of pools or activities?



参照レベル作成における留意点

Item to be considered

Option 1

Option 2

Method of calculation

Integrating Emission and Removal

Separating Emission and Removal

Units of Aggregation

National Scale

Regional Scale by Administrative Units

参照レベル作成における留意点



都道府県	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北海道	101	102										75
青森県	404	392	444	427	478	279				115	304	
岩手県	794	299										
宮城県	506	273	138	111	78	217	51			47		
秋田県	519	272	175	79	66	188				203	203	
山形県	437	272	173	138	92	188	186				71	
福島県	271	119	115	86	112	195	4	81				
茨城県	401	291	128	148	86	128	201			4		
栃木県	501	291	162	153	153	151	149	213	262		161	
群馬県	511	288	158	138	184	249	273			186		
埼玉県												101

C Stock in 1990 (Ct)



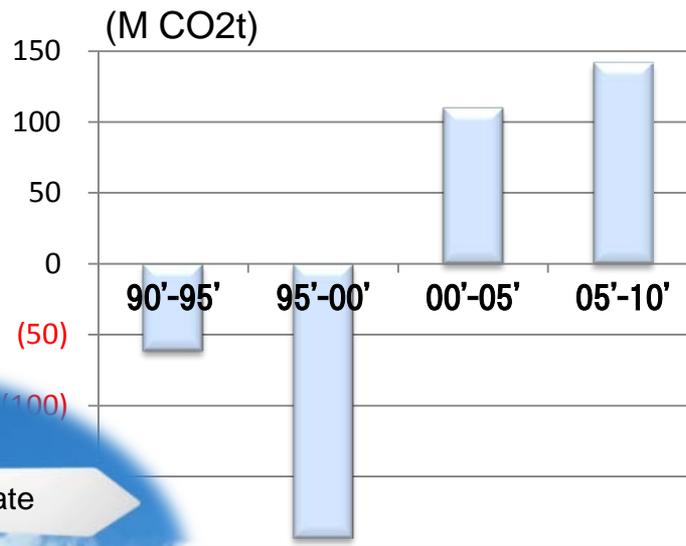
都道府県	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北海道	101	102										75
青森県	404	391	444	427	478	279				115	304	
岩手県	794	299										
宮城県	506	273	138	111	78	217	51			47		
秋田県	519	272	175	79	66	188				203	203	
山形県	437	272	173	138	92	188	186				71	
福島県	271	119	115	86	112	195	4	81				
茨城県	401	291	128	148	86	128	201			4		
栃木県	501	291	162	153	153	151	149	213	262		161	
群馬県	511	288	158	138	184	249	273			186		
埼玉県												101

C Stock in 1995 (Ct)

C Stock Change 1990 to 1995

Separate

Integrate



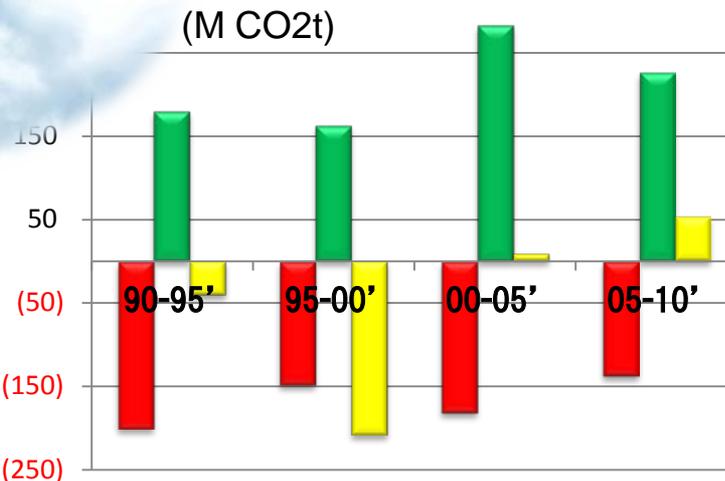
F.Type area Change 1990 to 1995 (ha)



都道府県	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北海道	101	102										75
青森県	404	392	444	427	478	279				115	304	
岩手県	794	299										
宮城県	506	273	138	111	78	217	51			47		
秋田県	519	272	175	79	66	188				203	203	
山形県	437	272	173	138	92	188	186				71	
福島県	271	119	115	86	112	195	4	81				
茨城県	401	291	128	148	86	128	201			4		
栃木県	501	291	162	153	153	151	149	213	262		161	
群馬県	511	288	158	138	184	249	273			186		
埼玉県												101

Emission Factor Change 1990 to 1995 (Ct/ha)

都道府県	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北海道	101	102										75
青森県	404	391	444	427	478	279				115	304	
岩手県	794	299										
宮城県	506	273	138	111	78	217	51			47		
秋田県	519	272	175	79	66	188				203	203	
山形県	437	272	173	138	92	188	186				71	
福島県	271	119	115	86	112	195	4	81				
茨城県	401	291	128	148	86	128	201			4		
栃木県	501	291	162	153	153	151	149	213	262		161	
群馬県	511	288	158	138	184	249	273			186		
埼玉県												101



■ Deforestation ■ Afforestation ■ Remaining Forest

REL/RLの開発(森林マトリックスの作成)

- RELとRLを分離して開発するためには、森林現況だけでなく森林変化Matrixの作成が不可欠。
- GISの機能を活用し、2時点間での森林減少・増加箇所を分離して抽出。

2000年の森林タイプ

Year 2000	Year 2000																	Grand Total
	Evergreen broadleaf forest, rich forest	Evergreen broadleaf forest, medium forest	Evergreen broadleaf forest, poor forest	Evergreen broadleaf forest, rehabilitation forest	Deciduous forest	Bamboo forest	Mixed timber and bamboo forest	Coniferous forest	Mixed broadleaf and coniferous forest	Mangrove forest	Limestone forest	Plantation	Limestone area (no forest)	Bare land, shrub land, fragmented trees	Water body	Residential area	Other land	
Evergreen broadleaf forest, rich forest	23,871	8,241	6,470	1,874	100	897	1,640	0	222	0	0	23	0	2,108	5	17	2,583	48,033
Evergreen broadleaf forest, medium forest	8,415	23,156	1,803	2,673	158	1,135	3,193	0	0	0	0	139	0	4,272	19	1,183	31,171	77,316
Evergreen broadleaf forest, poor forest	1,184	22,034	53,630	11,500	1,054	1,003	7,417	0	8	0	0	1,460	0	11,774	223	652	28,436	140,375
Evergreen broadleaf forest, rehabilitation forest	348	2,734	13,117	3,893	69	886	9,188	0	0	0	0	2,551	0	5,539	20	255	17,143	55,971
Deciduous forest	74	324	718	959	47,140	0	0	0	0	0	0	5	0	5,316	45	701	14,461	69,744
Bamboo forest	6	253	477	2,812	1	4,722	2,865	0	0	0	0	568	0	3,097	43	11	1,496	23,623
Mixed timber and bamboo forest	357	7,373	8,990	7,321	7	3,558	30,794	0	1,939	0	0	1,330	0	5,097	43	11	4,905	71,722
Coniferous forest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mixed broadleaf and coniferous forest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mangrove forest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limestone forest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plantation	0	0	47	12	0	0	0	0	0	0	0	450	0	79	1	21	385	965
Limestone area (no forest)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bare land, shrub land, fragmented trees	204	1,089	12,322	4,987	3	4,988	0	0	131	0	0	2,579	0	12,940	144	803	41,610	85,490
Water body	1	4	9	8	6	7	14	0	0	0	0	3	0	21	2,321	75	248	2,718
Residential area	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	113	9	122	466	791
Other land	10	626	1,728	3,561	233	940	1,182	0	25	0	0	1,478	0	9,866	484	7,798	47,116	75,098
Grand Total	34,470	65,833	99,371	39,600	51,943	15,411	66,527	0	2,554	0	0	10,655	0	60,535	3,320	11,651	189,974	651,844

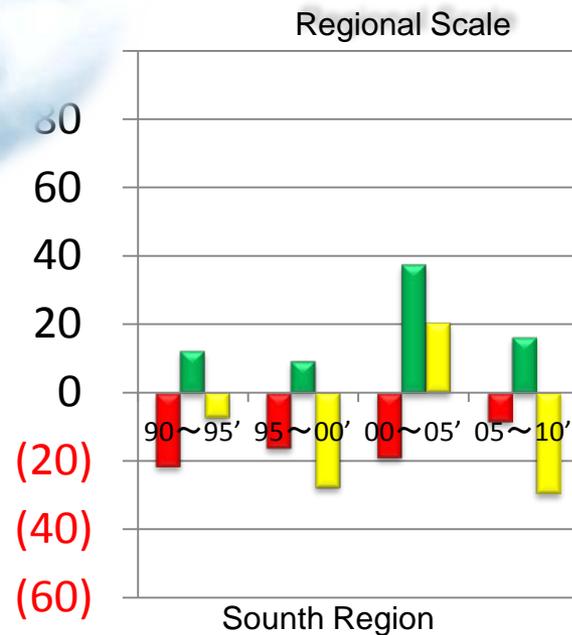
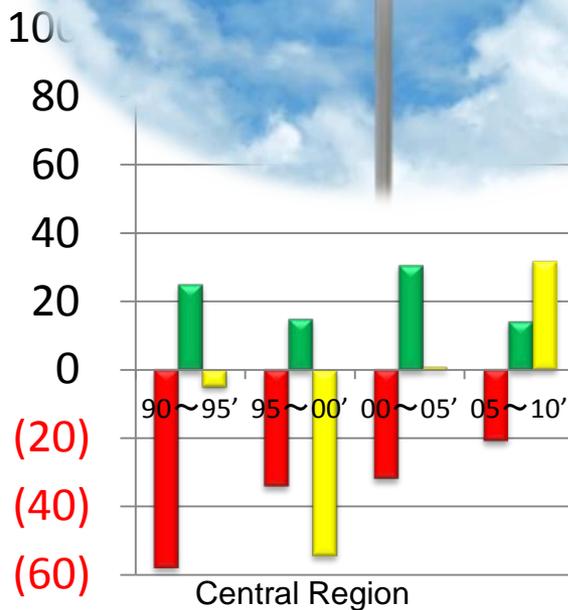
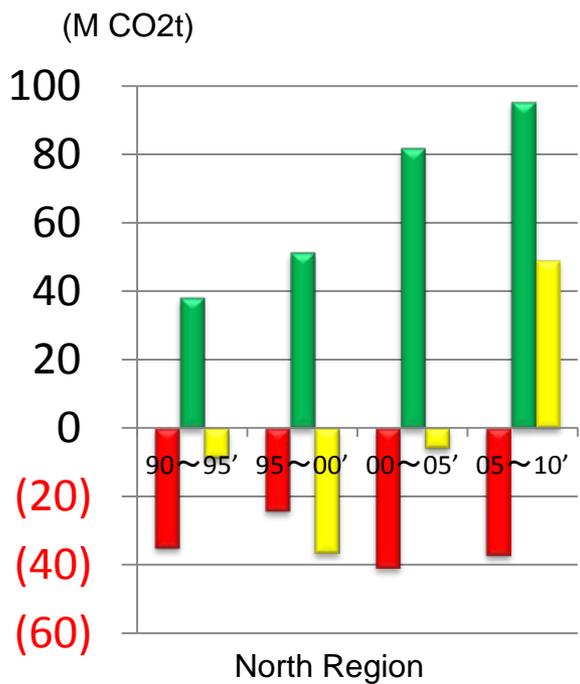
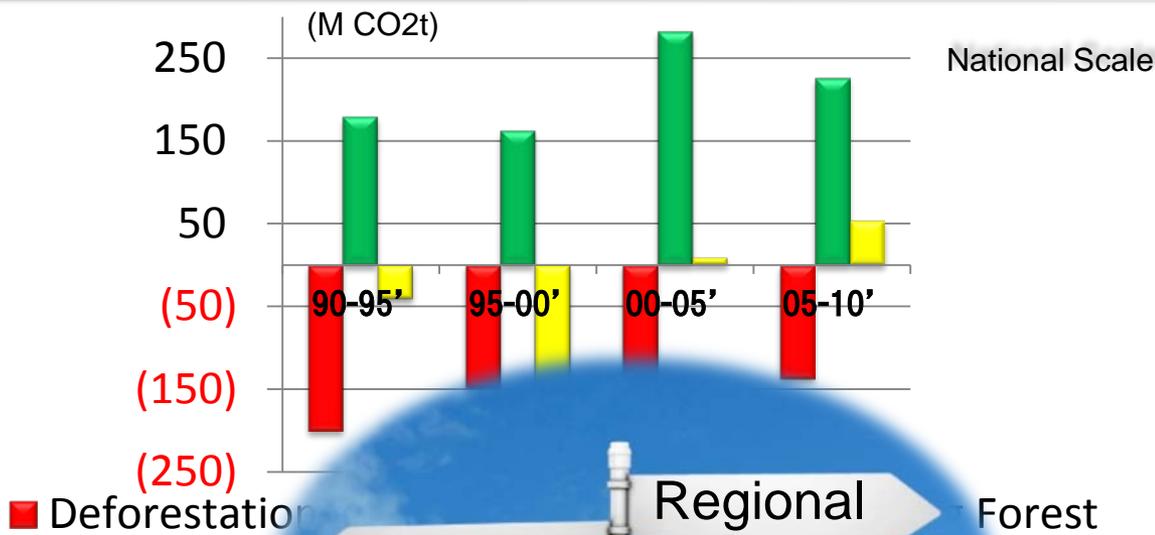
森林劣化箇所

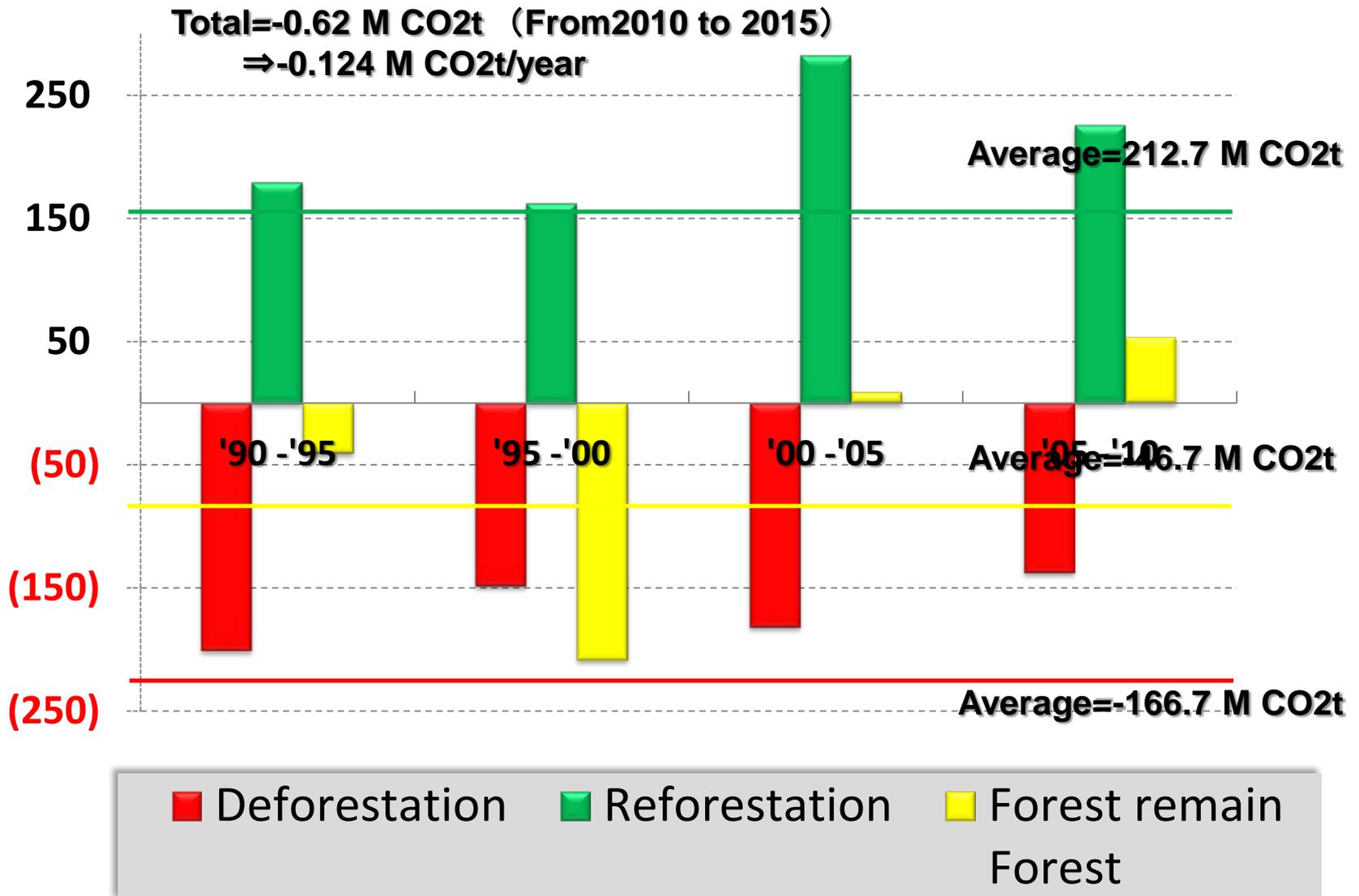
森林減少箇所

質的森林回復箇所

面的森林回復箇所

1990年の森林タイプ





森林炭素モニタリングの設計と参照レベルの要件 (まとめ)

- 森林炭素モニタリングはリモートセンシング情報と地上調査の組み合わせが基本
- リモートセンシング情報の利用は対象に応じた選択が重要
- 地上調査は国家森林資源インベントリを活用することが多い。
- 参照レベルの設計では、幾つかのオプションがある



REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成26年度 基礎講習

第3章

REDDプラスに係る 国際的な議論の趨勢

三菱UFJリサーチ&コンサルティング
力石 晴子





平成25年度REDDプラスに係る森林 技術者講習会(基礎講習)
REDDプラスに係る国際的な議論の趨勢

三菱UFJリサーチ&コンサルティング



REDDプラスの位置付け



森林減少・劣化対策の科学的位置づけ -1

- FAOの報告によると地球上の森林面積は約40億haであり、陸域の約31%を占めている。
- 森林面積上位5カ国で世界の森林面積の半数以上を占める。
- 森林面積の大きな要因は熱帯林における農地転換で、13百万haの森林が毎年転換されている。

Annual change in forest area by country, 2005–2010

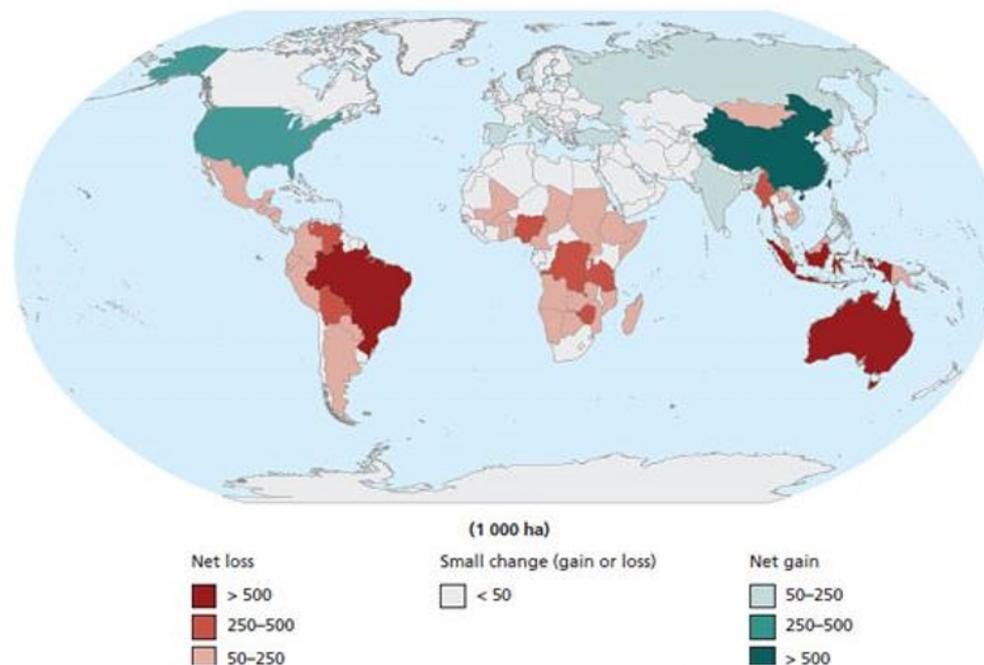


図 2005～2010年における世界の森林面積の変化

出典: Global Forest Resources Assessment 2010 (FAO)



森林減少・劣化対策の科学的位置づけ -2

- セクターごとに温室効果ガスの排出割合を見れば、化石燃料に由来する温室効果ガスが50%以上を占める。ただ、それに次ぐのは森林減少・劣化(Agriculture, Forestry and Other Land Use:AFOLU)による温室効果ガス排出量であり、全体の24%を占めている。

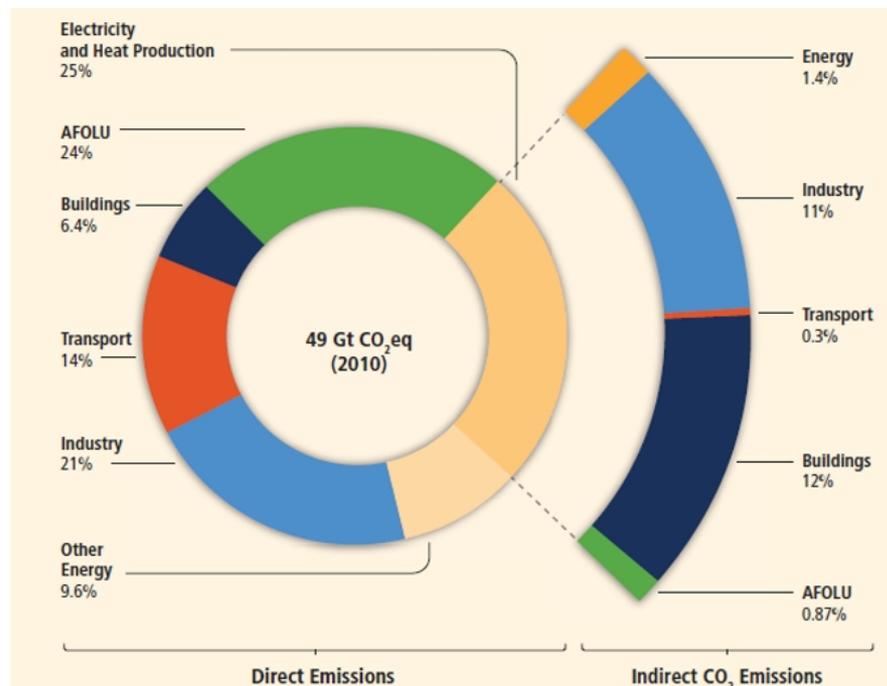


図 2010年におけるセクター別の温室効果ガス排出量(出典: IPCC AR5)

森林減少・劣化対策に期待される生物多様性保全

- コンサベーション・インターナショナルは、「地球規模での生物多様性が高いにも関わらず、破壊の危機に瀕している地域(ホットスポット)」を選定している。
- 多くが熱帯地域であり、REDDプラス実施は生物多様性の保全とも密接に関係している。

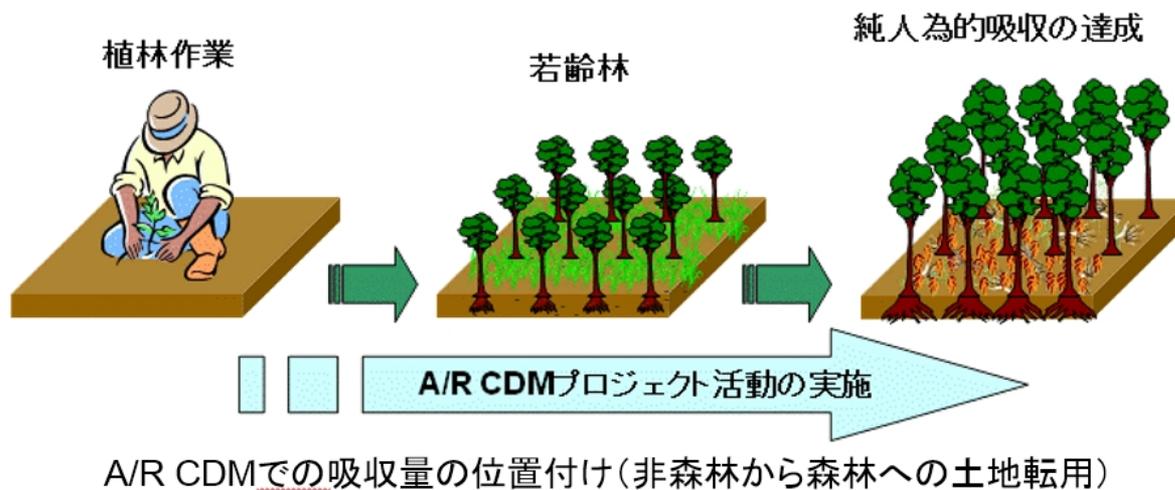


図 生物多様性ホットスポット(出典: コンサベーション・インターナショナルWebサイト)

A/R CDMとREDDプラスの違い - A/R CDMとは? -

■ A/R CDMとREDDプラスの違いは何か？

- ⇒ 非森林地から森林への土地利用変化(土地転用)分を定量化することになるが、土地利用変化のあった面積は比較的算定しやすい。
- ⇒ 植林活動は分かりやすい。植林された森林の成長量を算定するのであり、森林の成長に関する研究成果に基づくことができる。

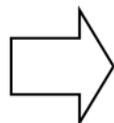


A/R CDMとREDDプラスの違い - REDDプラスとは -

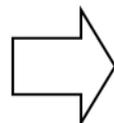
REDDプラス

途上国における**森林減少・劣化を抑制**しようとする努力に対してインセンティブを付与する**気候変動緩和策**

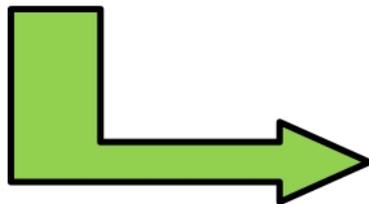
- ①森林減少からの排出削減
- ②森林劣化からの排出削減
- ③炭素ストックの保全
- ④持続可能な森林管理
- ⑤炭素ストックの増大



活動なし
(参照シナリオ)



森林減少が進行



REDDプラス
活動の実施



森林減少を抑制



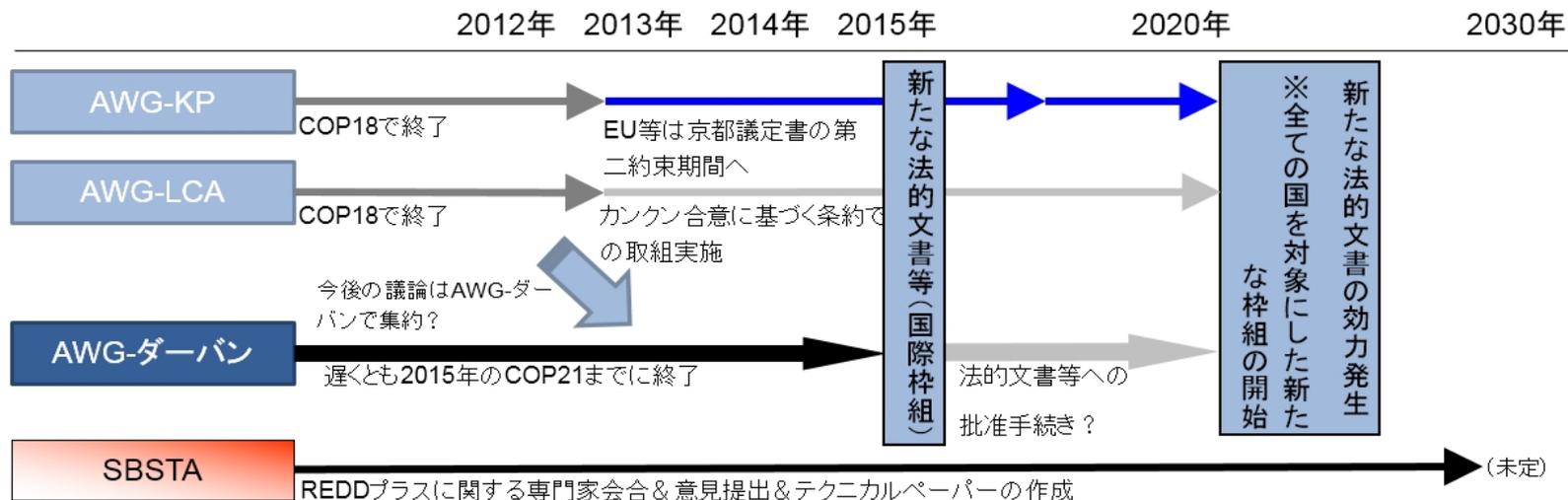
参照シナリオ
と比較
排出削減
達成





UNFCCCにおけるREDDプラスの交渉

UNFCCCにおけるREDDプラス関係の交渉スケジュール



REDDプラスのホスト国(途上国)の取組	UNFCCC対応	● 国別報告書(NC)の提出/隔年更新報告書(BUR)の提出 ● SBSTAやAWG-LCAへの意見提出	※ NCIにはセーフガードに関する情報を提出する可能性あり ※ BURIは2014年12月に提出し、LULUCF分野を含めたGHGインベントリ情報を含む
	国内対応	● GHGインベントリ作成等に向けた国内体制の整備 (二国間オフセット・クレジット制度への対処も進む?)	

REDDプラスへの投資国(日本等)の取組	UNFCCC対応	● 2014年以降に隔年報告書(BR)を提出(2014年は国別報告書 & 隔年報告書) ※ BRIには途上国支援について要記載。途上国から獲得見込みのクレジット量を記載する可能性もあり。少なくとも途上国との連携状況は要記載。
	国内対応	● 2013年以降: 二国間オフセット・クレジット制度におけるREDDプラスを緩和対策とする見込み ※ (仮)新・目標達成計画(2012年末を目処に作成?)でREDDプラス実施により獲得見込みのクレジット量を試算する可能性あり。





REDDプラスの実施方法(フェーズドアプローチによる段階的な実施)

- REDDプラス実施にあたっては、各途上国の能力が大きく関わる。こうした多様な途上国の状況を踏まえ、広く途上国がREDDプラスの枠組に参加可能となるよう、フェーズドアプローチが導入された。
 - 途上国の森林問題は、単に炭素ストック算定技術だけではなく、フェーズ1(準備段階)を着実に進めることが重要であることが各国の共通認識だった。

キャパシティ・ビルディングと戦略の開発

REDDプラスの実施：戦略と活動の実施

【フェーズ1：準備段階】

REDDプラスに係る国家戦略を策定する段階(途上国でのキャパシティビルディング等)

【フェーズ2：試行段階】

測定が容易な指標を活用しつつ、排出削減の達成度に応じて支払いを実施する段階

【フェーズ3：完全実施段階】

MRVシステムに基づき検証された排出削減量及び吸収量に応じて支払いを実施する段階

基金方式

REDDプラス実施に必要な基盤整備を進める(農村開発、土地利用計画の策定、ガバナンス構築支援、及びREDDプラスに関する普及啓発等)。小規模なパイロットプロジェクトから段階的に面的拡大を進めていく。

市場メカニズム方式

市場メカニズム方式に基づく取組を進めていく。

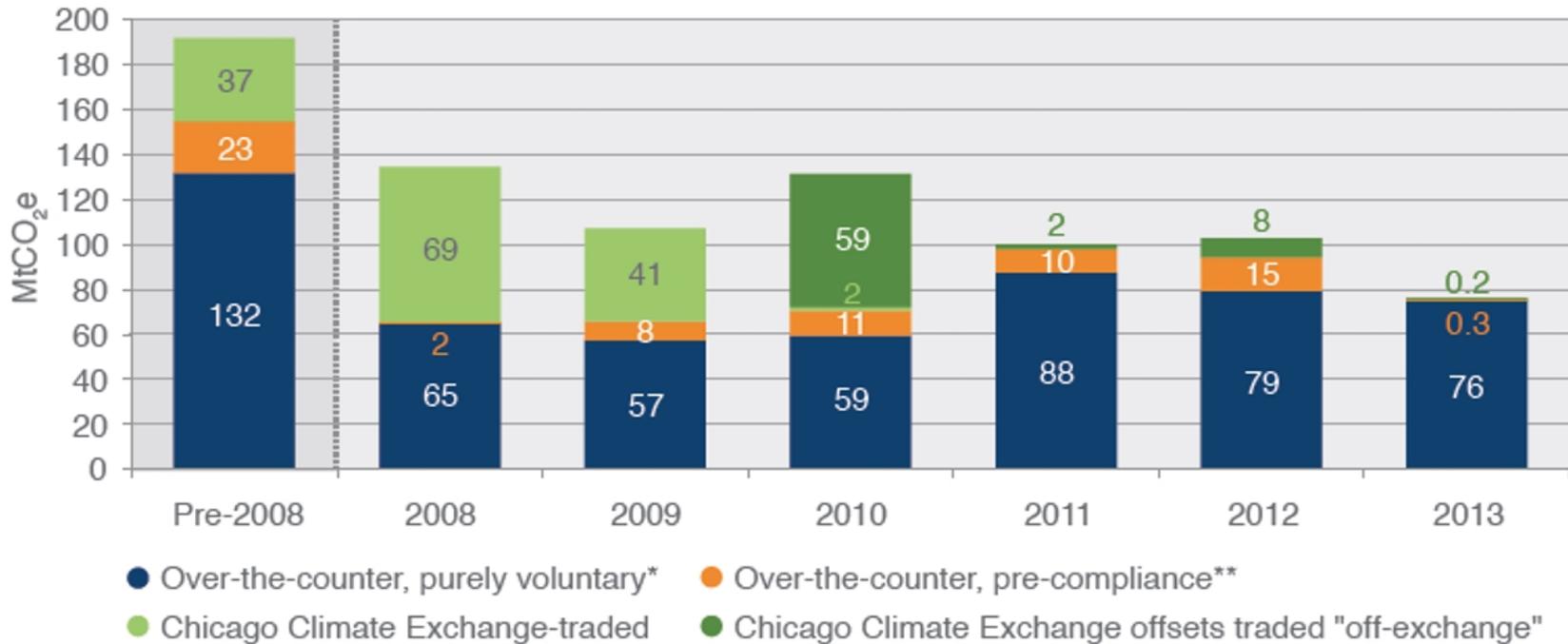


UNFCCCの枠組み外におけるREDDプラスへの取組



UNFCCC枠外：自主的市場におけるREDD+由来のクレジット取引の概要 -1

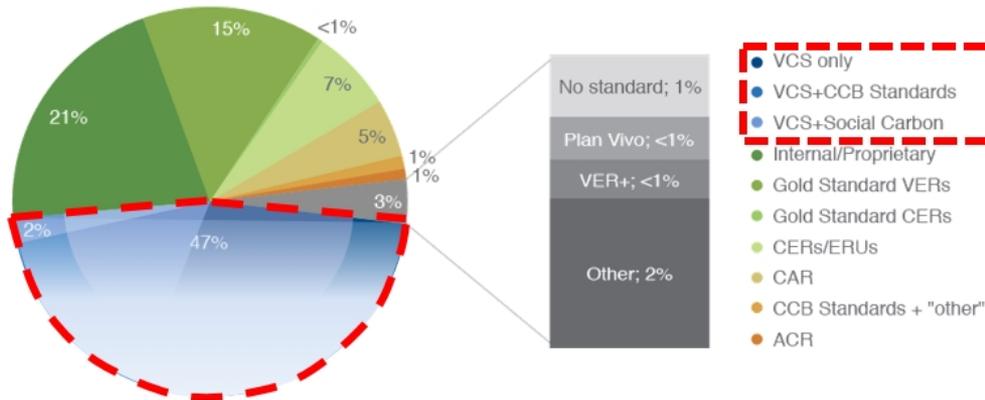
- 自主的市場の動向(規模)は、2008年以降に大きく変化せず推移
- 北米市場で大きく取引量が減少したものの、欧州では堅調であり、安定した市場規模を確保
- 2013年には約77百万トンが取引された(購入された)



Historical Comparison of Voluntary Market

Source: Peters-Stanley and Gonzalez (2014)

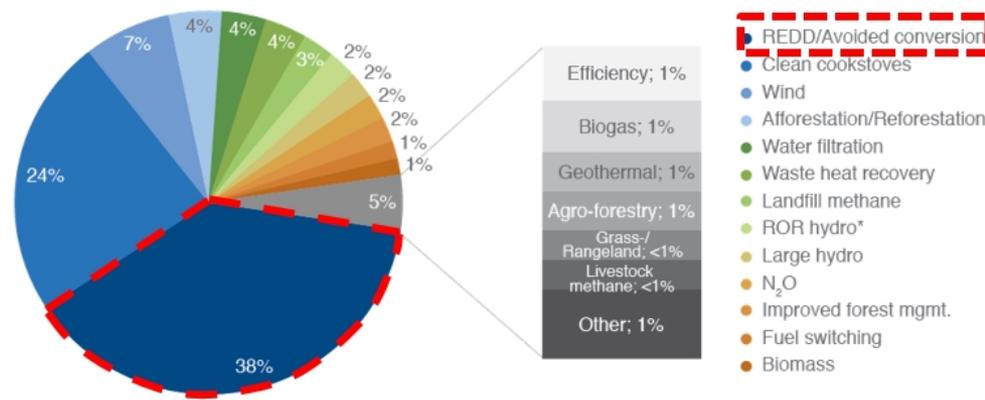
UNFCCC枠外：自主的市場におけるREDD+由来のクレジット取引の概要 -2



自主的市場で取引(購入)されているクレジットのうち、約49%はVCS認証を得ている。

Source: Peters-Stanley and Gonzalez (2014)

Market Share for Popular Independent Certifications



自主的市場で取引(購入)されているクレジットのうち、REDD+由来は全体の約38%を占めており、その大部分はVCS認証を得ていると推察される。

Market Share by Project Type

Source: Peters-Stanley and Gonzalez (2014)

UNFCCC枠外：気候サミットにおける森林保全に関するニューヨーク宣言

- 2014年9月に開催された気候サミットにおいて、森林保全を促進するための『森林保全に関するニューヨーク宣言』が発表された。その概要は以下の通りだった。
- 以下の対策を実施することで、2030年までに4,500～8,800百万トン/年のGHG排出削減が可能である。
 - 2020年までに世界の天然林の消失率を半減させ、2030年までにはゼロにする。
 - 民間企業が取り組む森林減少対策を支援する。
 - 2020年までに150百万haの森林を修復し、2030年までに200百万haに拡大する。
 - 2015年以降の気候変動枠組みに2030年時点での森林保全・修復の目標(面積ベース)を盛り込む。
 - 2020年以降の気候変動枠組みにおいて、森林減少対策によるGHG排出削減を盛り込む。
 - 森林からの排出削減を達成した国や企業に対して、それに応じた報酬を提供する。
 - 森林に関する法の透明性強化や、コミュニティの強化、先住民の権利を強化する。
- 署名国：日本、米国、インドネシア、カンボジア、ベトナム、韓国、その他西欧諸国等。
- 署名企業：APP、バークレイズ、カーギル、花王、ネスレ、マクドナルド等



REDDプラスへの取組(俯瞰図)



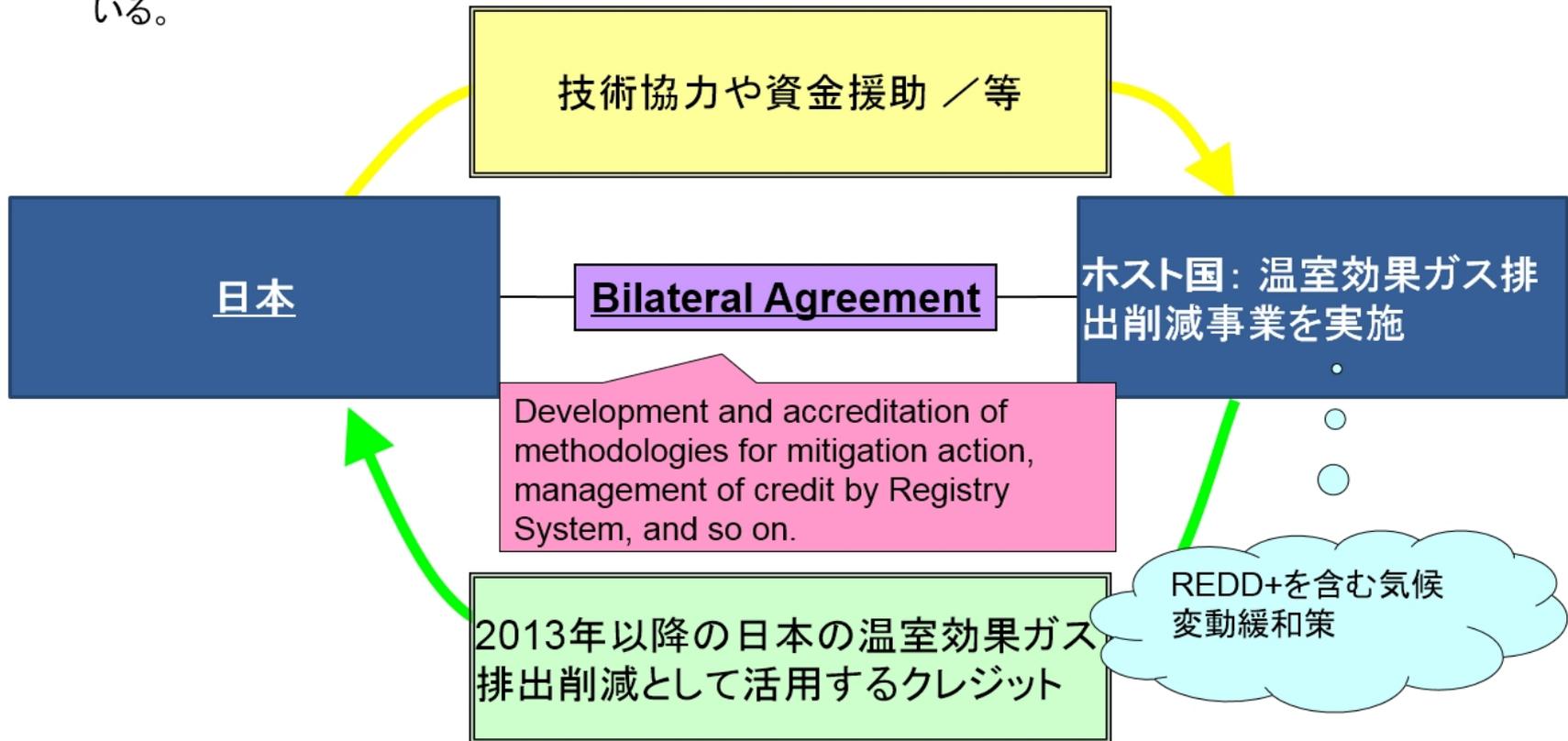


国内でのREDDプラスへの取組



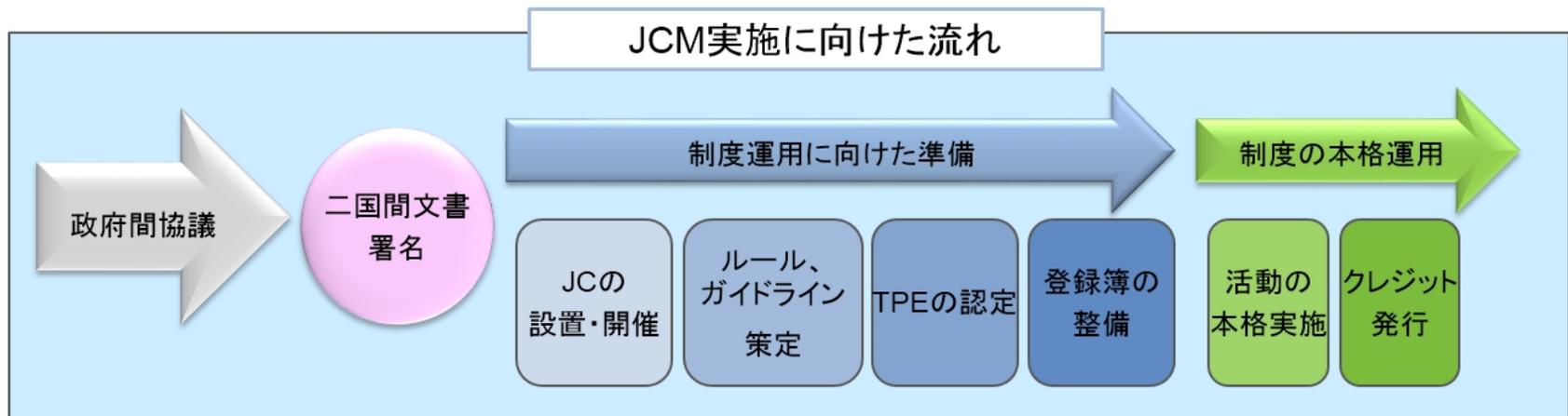
二国間クレジット制度(JCM)の概要

- 日本では外務省、経済産業省、そして環境省を中心に、二国間オフセット・クレジット制度(BOCM)の活用に向けた取組が進められている。このBOCMでは、REDDプラスが緩和対策の1つとして注目されている。



二国間クレジット制度(JCM)の流れ

- 2014年10月14日現在、12ヶ国と二国間文書に署名
(モンゴル、バングラディッシュ、エチオピア、ケニア、モルディブ、ベトナム、ラオス、インドネシア、コスタリカ、パラオ、カンボジア、メキシコ)
- 文書合意後、合同委員会 (Joint Committee : JC) を設置、第1回JCの場から各種ルールやガイドライン類の策定が開始され、その後第三者機関 (Third-party Entities : TPE) の認定が進められる
- REDDプラスの実施ポテンシャルを有すると考えられている国が、今後、ルール・ガイドライン策定へ進む予定 →インドネシア、ラオス、カンボジア



経済産業省のREDDプラスFS事業(2014年度)

【経済産業省のFS事業】

事業の実施主体	事業の実施サイト等	位置付け
兼松、イーアールエム日本	インドネシア・ゴロンタロ州ボアレモ県の現地政府・コミュニティと共に実施するREDDプラスパイロットプロジェクト	2011年度から継続(2011年度はGECで実施)
丸紅	インドネシア・中央カリマンタン州におけるREDDプラス事業性調査	2010年度から継続
三菱総合研究所	インドネシア・中部カリマンタン州における大規模泥炭火災対策導入を通じた温室効果ガス排出削減事業実施可能性調査	2011年度から継続(2011年度は住友商事が主査)
ワイ・エルビルディング	インドネシア共和国南スマトラ州保護林におけるREDDプラス事業化に向けた事業許可取得並びに実現可能なモニタリング手法の確立及び提案	2011年度から継続
電源開発株式会社、中外テクノス株式会社	ケイ酸カリ肥料の活用による二国間クレジット制度REDD+プロジェクト実現可能性調査	2013年度から継続
清水建設株式会社	ジャンビ州荒廃泥炭地管理による二国間クレジット制度 REDD+プロジェクト実現可能性調査	2013年度から継続(2012年度はGECで実施)



地球環境センター(環境省)のREDDプラスFS事業(2014年度)

【地球環境センター(環境省)のFS事業】

事業の実施主体	事業の実施サイト等	位置付け
三菱総合研究所	情報通信技術を活用したREDDプラス事業実施の効率化	2013年度より継続
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	プレイロング地域及びセイマ地域におけるREDD+	2011年度より継続
三菱UFJリサーチ&コンサルティング 丸紅、日本森林技術協会	ラオス国ルアンプラバン県におけるREDDプラス実現可能性調査	新規 (2013年は経産省で実施)

出典：地球環境センターWebサイト



REDDプラスの取組事例 ～インドネシアの事例紹介～

インドネシアの森林を取り巻く状況

1. インドネシアの森林に関連するランキング(2010年時点)

項目	ランク	数値
森林面積	8位	94,432 千ha (2010年時点)
原生林面積	6位	47,237 千ha (2010年時点)
地上部の炭素蓄積量	6位	9,787 百万トン(2010年時点)
植林／造林地	2位	250,420 ha/年(2005年時点)

出典：FRA2010(FAO)

- 他の上位国：ブラジル、ロシア連邦、カナダ、アメリカ合衆国、ペルーなど国土面積が大きい大陸国が上位を占める中、島嶼国であるインドネシアも上位に位置づく

2. インドネシアの森林減少

- 森林減少面積は1990年から2000年で年間191万haの減少となりブラジルに次ぎ世界2位
- 2000年から2012年では森林減少面積がブラジルを上回り世界1位になったとも報告されている (Belinda Arunarwati Margono et al(2014))



インドネシア政府のREDDプラスへの期待

■ REDD+に関わる国内動向

- 2011年9月の大統領令で、REDDプラスタスクフォースを設置し「国家REDD+戦略」を策定
 - 国家REDD+戦略 (Indonesia REDD+ National Strategy) には国家戦略に関する基本的な調整、基金制度及びメカニズムの準備、天然林及び泥炭地における取組の実施及びモニタリング等が盛り込まれた。
- 2011年11月国家行動計画 (RAN-GRK) を策定

■ ドナー間

- 2009年 世界銀行の森林炭素パートナーシップ (FCPF) に準備提案書を提出 (R-PP)
- 2011年 国連の下部組織となるUNORCHIDを設置

■ 二国間

- 2010年5月 ノルウェーとのパートナーシップ締結
- **2013年8月 日本間と二国間クレジットメカニズム (JCM) の二国間文書の合意**

インドネシア政府の主要な実施体制

- インドネシアではREDDプラス実施に向け取組体制の整備が進んでいる

組織	役割
大統領開発管理ワーキングユニット (UKP4)	<ul style="list-style-type: none"> • REDDプラスに関する組織体制整備 • 関係組織からの情報収集 • 大口出資ドナーであるノルウェーとの交渉窓口
国家気候変動推進協議会 (DNPI)	<ul style="list-style-type: none"> • CDMの運営機関 • REDDプラスの技術面(MRV、REL等)に関するWSの実施
国家計画開発局 (BAPPENASS)	<ul style="list-style-type: none"> • 国家REDDプラス戦略の策定作業を実施 • 関係省庁の取りまとめ
林業省(MoF) (2014年の省庁再編により自然環境サービス局と統合され環境林業省となる)	<ul style="list-style-type: none"> • 国内の森林区分地及び国立公園の管理等を管轄

参考：REDD+研究開発センターWebサイト

日本インドネシアREDD+実施メカニズム構築プロジェクト

西カリマンタン州における
3スケールでの展開を目指し
活動を実施



州レベル
(= Sub-National)

4県ベース
(Sub-sub-National)

プロジェクトベース

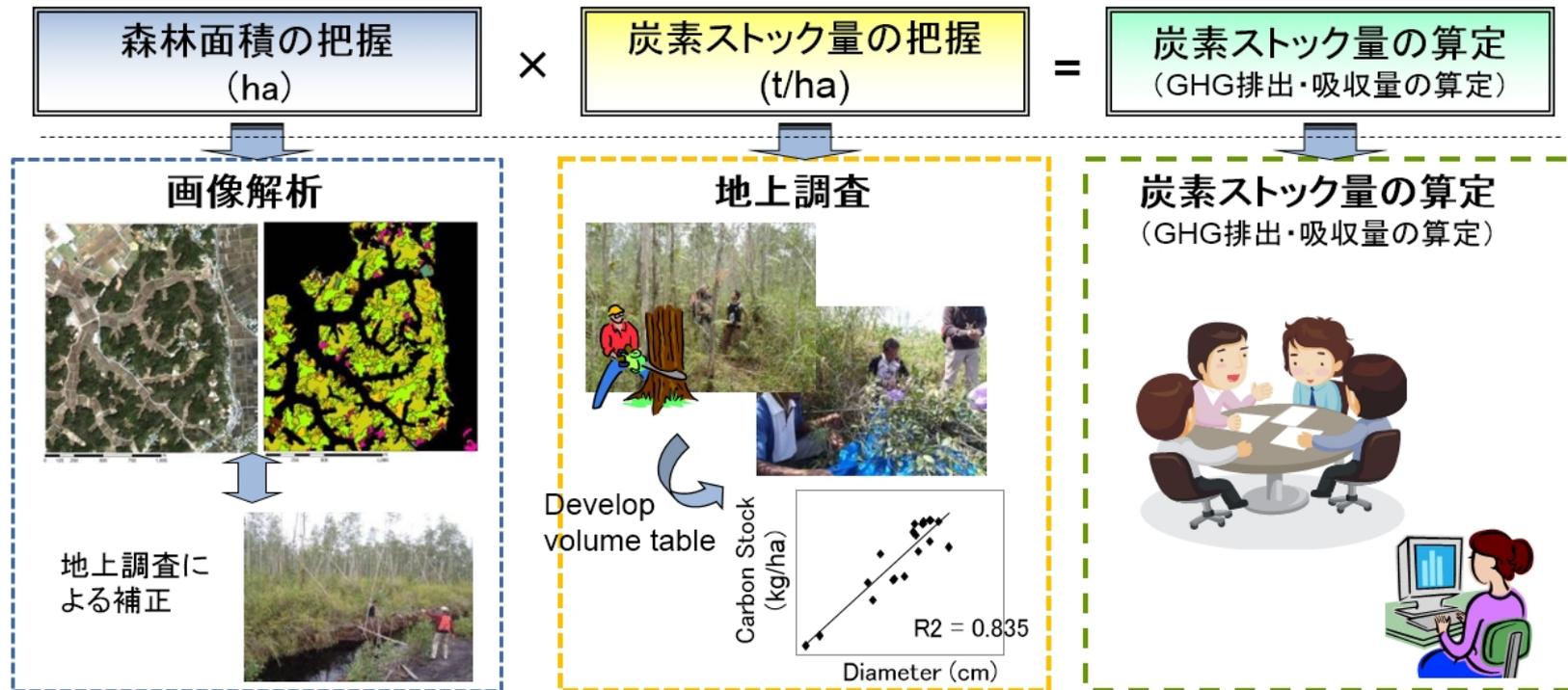


IJ-REDD+実施体制

- 日本インドネシアREDD+実施メカニズム構築プロジェクト(REDD+計画調査)
- 投入: 現地専門家4名、業務実施チーム10名
- 期間: 2013年10月から2016年6月
- 業務実施体制
 - REDD+事業設計
 - 衛星画像解析/REL設計
 - 森林バイオマス調査/排出係数開発
 - 社会経済調査
 - 炭素モニタリング設計/森林GIS・データベース

衛星画像解析/REL設計と排出係数開発

- 衛星画像解析と排出係数開発を実施し、REL設計を行う。
- インドネシアは泥炭地からのGHG排出量が多いため、泥炭地地図の精度改善を行う。



社会経済調査の実施

■ 州・県レベルの社会経済調査

過去と現在の変遷がわかる統計データを用い、森林減少や森林動態と関連しそうな項目を分析する。

例) ヤシ植林地の面積、農作物の価格と、家畜数など

■ プロジェクトレベルでの社会経済調査

森林減少・劣化要因の把握のためにプロジェクトレベルではより詳細な調査を実施する。

- 周辺村落の基礎データの取得
- 世帯調査の実施
 - 森林減少・劣化の主体と原因を特定する
 - 森林減少・劣化を抑制するための活動を選定しコミュニティと実施のための合意形成を図る
 - REDD+活動計画を策定し適切な活動を実施する
 - コミュニティの生計向上、権利尊重への配慮(セーフガード)
- 活動の効果をモニタリングし、減少抑制の効果を評価する



統計資料



炭素モニタリング設計

■モニタリング体制の構築

REDDプラス活動を円滑に進めるためにホスト国職員を主体としたモニタリング体制の構築を行う。

- 関係者分析により巻き込む主体の把握を行う。
- フォーラムや委員会等を立ち上げ、技術指針を確認する場や合意形成の場を確保する。

■能力向上のための研修やOJTの実施

現地でモニタリングが円滑に実施されるように、現地実習などのOJTや国内外での研修を通して現地政府職員の能力向上を図る。



REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成26年度 基礎講習

第4章

CookBookについて

一般社団法人 日本森林技術協会
宗像 和規



CookBookとは

REDD プラスでは、途上国が行う森林減少・森林劣化を抑制する取組みによるCO₂の排出削減、森林保全等によるCO₂の排出防止および炭素固定による大気中のCO₂の削減に対して、何らかの経済的インセンティブを与えるということが基本的な考え方である。

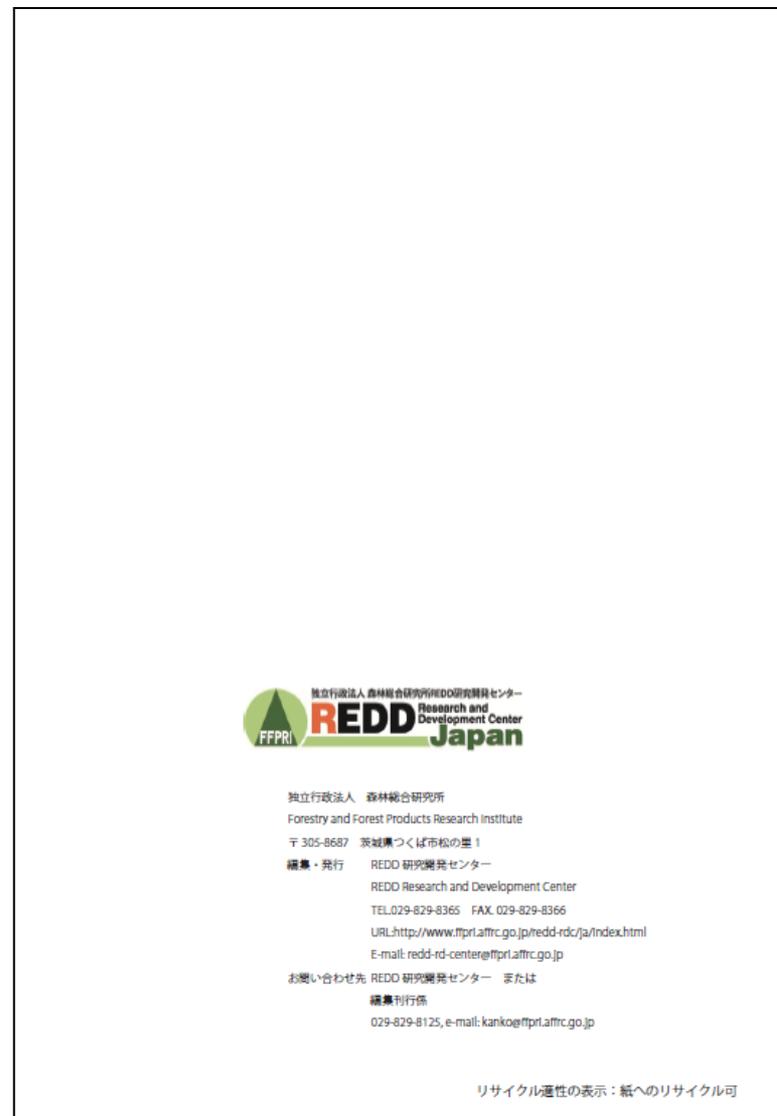
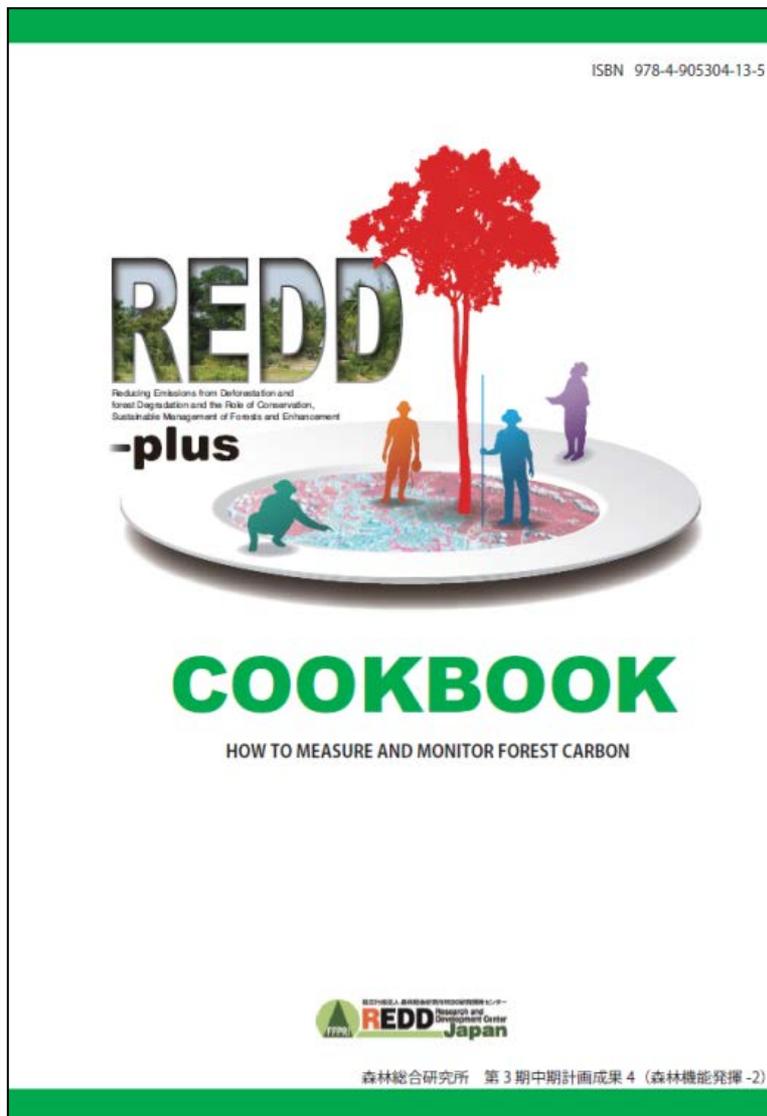
そのため、排出削減量の評価には科学的なアプローチによって森林炭素の変化量をモニタリングすることが求められる。



CookBook

REDD プラスに取り組むための基礎知識や技術について、特に森林炭素モニタリングに注目してわかりやすく説明した技術解説書。平成23年度に(独)森林総合研究所REDD研究開発センターが作成。

CookBook外観 ~表紙~

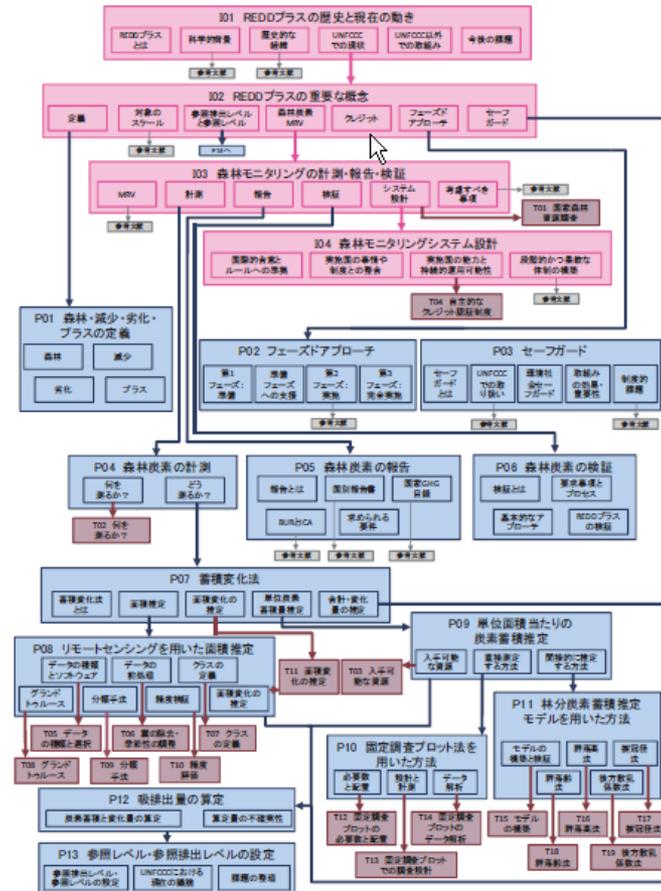


CookBook外観 ~目次、フローチャート~

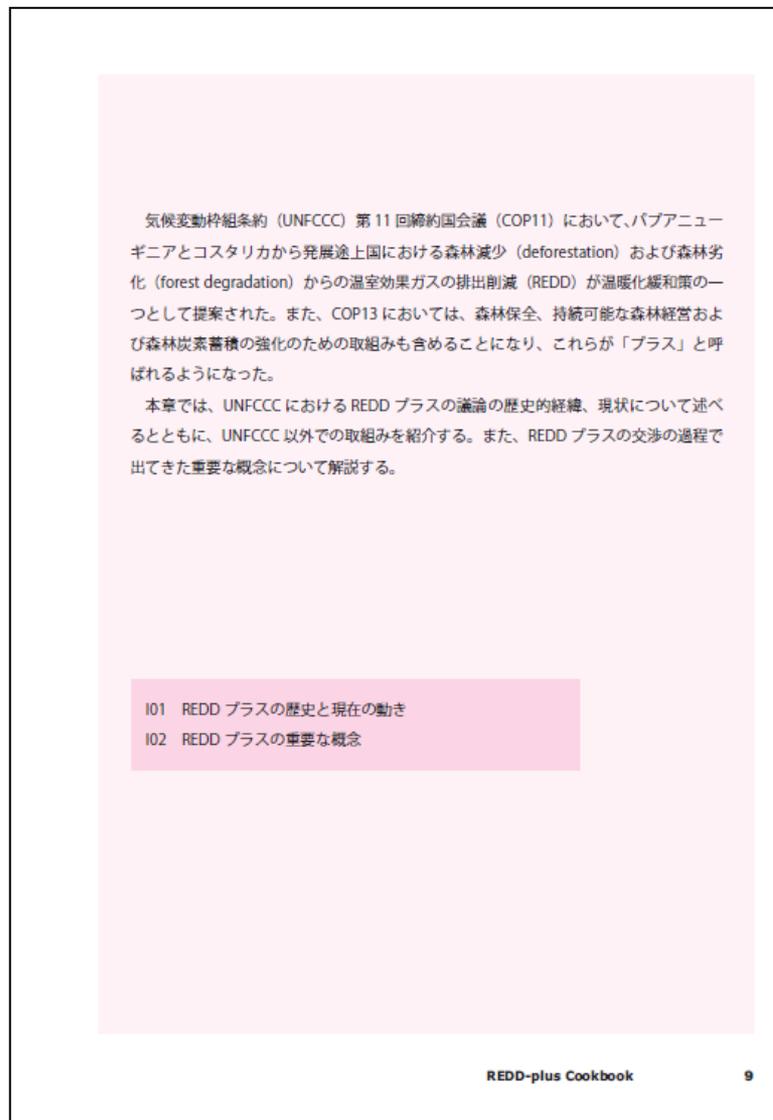
目次

REDD プラス フローチャート	6
導入編	7
第1章 REDD プラスとは	8
Recipe-I01 REDD プラスの歴史と現在の動き	10
REDD プラスとは / 科学的背景 / 歴史的な経緯 / UNFCCC での REDD プラスの現状 / UNFCCC 以外での取組み / 今後の課題	
Recipe-I02 REDD プラスの重要な概念	14
森林・森林減少・森林劣化・プラスの定義 / 対象のスケール / 参照排出レベルと参照レベル / 温室効果ガス、森林炭素蓄積および森林面積の MRV / クレジット / フェーズドアプローチ / セーフガード	
第2章 森林モニタリングシステムの設計	20
Recipe-I03 森林モニタリングの計画・報告・検証 (MRV)	22
MRV / 計画 / 報告 / 検証 / 森林モニタリングのシステム設計 / 森林モニタリングの MRV において考慮すべき事項	
Recipe-I04 森林モニタリングシステムの設計	26
国際的合意とルールへの準拠 / 実施国の事情と制度との整合 / 実施国の能力と持続的運用可能性 / 段階的かつ柔軟な体制の構築	
計画編	29
第3章 REDD プラス取組みのための基礎知識	30
Recipe-P01 森林・森林減少・森林劣化・プラスの定義	32
森林 / 森林減少 / 森林劣化 / プラス	
Recipe-P02 フェーズドアプローチ	34
第1フェーズ：準備 / 準備フェーズへの支援 / 第2フェーズ：実施 / 第3フェーズ：完全実施	
Recipe-P03 セーフガード	38
セーフガードとは / UNFCCC におけるセーフガードの取り扱い / 環境社会セーフガード / セーフガードへの取組みの効果・重要性 / セーフガードの制度的課題	
第4章 森林炭素の計測・報告・検証 (MRV)	42
Recipe-P04 森林炭素の計測	44
何を測るか? / どう測るか?	

REDD プラス フローチャート



CookBook外観 ~章立て、概説~



CookBook外観 ~Recipe、項目~

第1章 REDD プラスとは

Recipe - I01

REDD プラスの歴史と現在の動き

発展途上国における森林減少・森林劣化に由来する CO₂ (二酸化炭素) の排出量は、人為活動による排出量全体の約2割を占め、化石燃料の使用に次ぐ大きな排出源となっている。このため、森林減少と森林劣化からの排出を削減するための国際的な制度として REDD プラスの構築が議論されている。本レシピでは、REDD プラスの科学的背景と歴史の経緯、現状を解説する。

INFO

1) Denman KL, Brasseur G, Chidthaisong A, Ciais P, Cox PM, Dickinson RE, Hauglustaine D, Heinze C, Holland E, Jacob D, Lohmann U, Ramachandran S, da Silva Dias PL, Wofsy SC, Zhang X (2007) Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, 499-587

INFO

2) Nabuurs GJ, Masera O, Andrasko K, Benitez-Ponce P, Boer R, Dutschke M, Elstiddig E, Ford-Robertson J, Frumhoff R, Karjalainen T, Kianika O, Kurz WA, Matsumoto M, Oyhenatchabal W, Ravindranath NH, Sanz-Sanchez MJ, Zhang X (2007) Forestry. In: Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, 541-584

INFO

3) FAO (2006) Extent of forest resources. In: Global Forest Resources Assessment 2005. FAO Forestry Paper 147/11-36

REDD プラスとは

REDD プラスとは、森林減少・森林劣化からの排出の削減、および森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の強化の役割 (Reducing emissions from deforestation and forest degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries) の略称である。当初は気候変動枠組条約 (UNFCCC) の下での将来の温暖化緩和策に関する議題の一つを指していたが、近年では、議論が国連の枠組みにとどまらず、二国間、多国間、民間ベース等での活動が先行的に広がるのに伴い、温暖化緩和を目的に途上国で行われる森林保全活動全般に対して広く使われている。総じて、途上国において森林減少や森林劣化の抑制等の活動を行い、それにより温室効果ガスの排出量を削減あるいは吸収量を増加させることに対して、その実績に応じて経済的なインセンティブ (クレジット、資金等) が得られるメカニズムとして理解されている。

科学的背景

途上国における森林減少・森林劣化による CO₂ の排出が世界の炭素循環に大きな影響を及ぼしていることについては、2001年に気候変動に関する政府間パネル (IPCC) から発行された第3次評価報告書 (TAR) で指摘された。また、2007年に発行された IPCC 第4次評価報告書 (AR4) は、1990年代の地球上の炭素循環において、CO₂ 排出量の約8割は化石燃料の利用とセメント生産による排出であるが、残りの2割は土地利用変化つまり森林減少に由来する排出であるとした¹⁾。さらに、森林分野における削減ポテンシャルの65%は熱帯地域にあり、そのうち50%は森林減少からの排出を削減することで達成されるとしている²⁾。また、国連食料農業機関 (FAO) は、ブラジル、インドネシア、熱帯アフリカにおいて森林減少が激しいことを示し³⁾、スターン・レビューは、森林減少の抑制は温室効果ガスを削減する上で費用対効果が高いことを

Recipe I01

強調した^{4),5)}。

IPCC 第4次評価報告書はさらに、途上国における森林減少・森林劣化抑制活動の効果は温暖化緩和に留まらず、生物多様性や、生産物、水資源、環境など、森林がもたらす生態系サービスの維持や向上による地域社会、住民への寄与も期待できるとし、その重要性を述べることに多くのページ数を割いた。

しかし、このように途上国における森林減少・森林劣化を抑制する必要性や意義が早くから認識されていたにもかかわらず、UNFCCCには途上国の森林減少・森林劣化の抑制を目的とした仕組みが組み込まれていない。このような科学的背景を持ちながら、REDD プラスの制度構築が進められている。

歴史的な経緯 (I02 参照)

REDD プラスの国際的な議論は、2005年にモントリオールで開催された UNFCCC 第11回締約国会議 (COP11) においてパプアニューギニアとコスタリカが、途上国における森林減少の抑制による温室効果ガスの排出削減対策 (Reducing emissions from deforestation in developing countries: approaches to stimulate action) を提案したことから始まった。この提案は科学的・技術的助言に関する補助機関 (SBSTA) の議題として採用され、Reducing emissions from deforestation in developing countries を略して REDD と通称された。SBSTA では、COP13での報告を目指して2年間検討することになったが、その検討過程で多くの途上国から、森林減少だけではなく森林劣化からの排出の削減、さらには、森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の強化のための取組み (いわゆる「プラス」活動) も含めるべきであるとの主張がなされた。このような議論を踏まえ、2007年にパリ島で開催された COP13 において、これらの取組みも含めた幅広い概念として2013年以降の枠組み構築に向けた検討課題として位置づけられ、REDD 「プラス」と通称されるようになった。

その後さらに2年間の検討を経て、2009年 COP15 でのコペンハーゲン合意は、資金メカニズムも含めた REDD プラスの枠組みの早期構築の必要性に言及した⁶⁾。また、REDD プラスの方法論について、最新の IPCC ガイドラインの利用、国 (または準国) レベルの森林モニタリングシステムの構築、リモートセンシングと現地調査の組み合わせによる推定手法、活動を評価するための基準である参照レベルは歴史的データや各国の事情による調整を考慮、といった合意がなされ、これが現在の技術的方法論の基礎となっている⁷⁾。

2010年にカンクンで開催された COP16 では、REDD プラスの対象とする5つの活動や、フェーズアプローチと呼ばれる漸進的な実施プロセス、セーフガードの考慮など、REDD プラスの基本的枠組みとなる要

INFO

4) Stern N (2007) Identifying the costs of mitigation. In: Stern review on the economics of climate change. Cambridge University Press, 211-238

INFO

5) この新編は土地利用変化の機会費用の削減に基づくものであり、現在の REDD プラスで求められている国内体制整備やモニタリングシステム構築に関わるコストは考慮されていない。

INFO

6) UNFCCC (2009) Decision 2/CP.15, FCCC/CP/2009/11/Add.1, 4-7, UNFCCC

INFO

7) UNFCCC (2009) Decision 4/CP.15, FCCC/CP/2009/11/Add.1, 11-12, UNFCCC



CookBook外観 ~参照編~

参照編

第1章 REDD プラスとは

No.1	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation	英語	2011	Agrawal et al.	Annual Review of Environment and Resources
01 REDD プラスの歴史と現在の動き	REDD プラスのこれまでの動向を主に社会科学者の観点から概説したレビュー。UNFCCC においてのこれまでの REDD プラスに関する交渉の経緯や REDD プラスの環境社会的影響の検証に、国際及び国家レベルのイニシアティブや市場関連、市民社会それぞれにおけるアクターの紹介、そして分野横断的な政策モニタリングの紹介及び今後の展望と、多角的な視点から REDD プラスの動向を体系的にまとめている。REDD プラスの導入途として一稿の価値のあるレビューである。				
国際、国、準国際プロジェクト					
http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-environ-042009-094508					

No.2	REDD-plus 開発途上国における森林減少・劣化等による温室効果ガス排出量の削減 取組書	英語 日本語	2012	国際協力機構(JICA) 国際熱帯木材機構(ITTO)	
01 REDD プラスの歴史と現在の動き	一般概念の REDD プラスへの理解と関心を高めることを目的として JICA と ITTO により作成されたブックレット。REDD プラスの背景や経緯に加え、日本政府の気候変動に関する方針や JICA 及び ITTO による REDD プラスへの取り組みや関係機関が連携している。REDD プラスについて予備知識がない方に REDD プラスの概念を紹介するのに役立つほか、国内外の REDD プラス関係者が、現在進行中の JICA 及び ITTO の REDD プラス関連のプロジェクトの概要を把握したい場合にも有効なブックレットである。				
国際、国、準国際プロジェクト					
http://www.jica.go.jp/publication/pamph/indo.html					

No.3	What is the right scale for REDD? The implications of national, subnational and nested approaches	英語 ベトナム語	2008	Angelsen et al.	CFOR
02 REDD プラスの重要な概念	REDD プラスのインセンティブメカニズムを説明する際の3つの異なるレベルのアプローチ：国レベル、準国・プロジェクトレベル、ハイブリッド（メソッド）の考え方を整理し比較分析を行っている組織。3つのアプローチのインセンティブ付与についての考え方を紹介し、主に効果性、効率性、公平性の3つの基準で評価している。各アプローチの具体的な先進事例は紹介されていないが、基本的な考え方やそれぞれの特色を相対的に理解するのに最適なペーパーである。プロジェクトレベルの進捗と国家規模での進捗の関連性について基礎知識を蓄えたい方に特にオススメ。				
国、準国際プロジェクト					
http://www.cfor.org/online-library/browse/view-publication/publication/2595.html					

No.4	REDD+ at project scale: Evaluation and Development Guide	英語 仏語	2010	Calmei et al.	FFEM, ONFI 等
02 REDD プラスの重要な概念	REDD プラスのプロジェクト実施やプロジェクトを評価するための資料。そして資金提供機関をサポートすることを目的として作成されたプロジェクト開発・評価ガイドである。REDD プラス活動の進捗・制約から実施、法的および組織的な問題、そして経済社会動向からの制約、更には環境社会セーフガードへの対応まで、プロジェクトレベルで判断すべき主要な要件をバランスよく、かつ詳細に紹介している。要件ごとに既存プロジェクトの参考事例を紹介し、具体的な実施の提案もされている。プロジェクト実施や政策立案者は必読の一冊である。				
プロジェクト					
http://www.onfinternational.org/onlinepublications/313-qa46-redd-a-lechelle-projetq-guide-evaluation-et-de-developpement.html					

REDD-plus Cookbook 139

参照編

No.5	Building Forest Carbon Projects: Step-by-Step Overview and Guide ¹ In: Building Forest Carbon Projects ²	英語	2011	1) Olander et al. 2) Ebeling & Olander (eds.)	Forest Trends
02 REDD プラスの重要な概念	Forest Trends のこれまでの森林炭素に関するプロジェクトの経験に基づき、プロジェクト成功の要件を技術的、環境社会的、財務的から多角的に解説したプロジェクト実施に向けたガイドブックである。本シリーズは、タイトルが示す通り体系的な内容から本書に加え、REDD、新規再造林、炭素クレジット、住民参加、法的制度、経営・マーケティング、社会影響、生態多様性影響の8つのテーマのガイドブックで構成されている。各ガイドブックはプロジェクト実施者にとって有用なリファレンス本となるであろう。これらは全て無料で入手可能である。				
03 森林炭素モニタリング MRV					
04 システム設計					
プロジェクト					
http://forest-trends.org/publication_details.php?publicationID=2555					

第2章 森林モニタリングシステムの設計

No.6	測定・報告・検証 (MRV) : 気候変動対応枠組みに向けた調達の原則と検証	日本語	2010	後援名	財団法人 地球環境戦略研究機関 (IGES)
02 REDD プラスの重要な概念	MRV 全体に関するこれまでの議論の背景や経緯から、気候変動緩和に資する望ましい MRV 制度の在り方を提案した報告書である。国際交渉における MRV の経緯、履行前組みと関連する議論、温室効果ガスの MRV に加え、途上国資源や他の国際条約、国際機関等の MRV 体制について整理・分析している。これまでに運用されている様々な MRV 体制や制度を参考事例として紹介している。REDD プラスの MRV への具体的な提案はないが、気候変動枠組条約における各国の MRV 体制を理解する上で有用な報告書である。				
03 森林炭素モニタリング MRV					
国際、国					
http://enviroscope.iges.or.jp/modules/environlib/view.php?id=3064					

No.7	MIRC 最終報告レポート 気候変動枠組条約に向けた MRV (測定・報告・検証)の国際枠組み構築に関する現状と課題 ～(3) REDD プラス実施の後の MRV 実施の考え方～	日本語	2011	早稲 & 矢野	三菱リサーチ & コンサルティング
02 REDD プラスの重要な概念	REDD プラスを実施する際の MRV システムについての論点を整理し、今後構築すべき MRV システムの在り方を提案した報告書である。MRV システムの背景から、途上国の「レディネス」状況に応じた MRV システムの在り方、今後想定される REDD プラスの実施枠組みに応じた MRV システムの位置づけに至るまで、10ページという分量で簡潔にまとめている。REDD プラスにおける MRV システム構築の参考事例は紹介されていないものの、モニタリング等の国内事例の整理、検証委員の選定の適用性、測にはセーフガードといった炭素以外の MRV についても触れ、MRV システムの多岐に渡る論点を整理して紹介している。				
03 森林炭素モニタリング MRV					
国際、国、準国際					
http://www.mirc.jp/thinktank/pollrc_details/29					

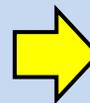
140 REDD-plus Cookbook



CookBookの構成

【導入編】

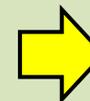
- 第1章 REDDプラスとは
- 第2章 森林モニタリングシステムの設計



国／準国レベルでの
REDD プラスの導入に
取り組む政策立案者お
よびそのパートナー機関

【計画編】

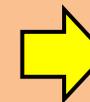
- 第3章 REDDプラス取組のための基礎知識
- 第4章 森林炭素の計測・報告・検証(MRV)
- 第5章 蓄積変化法によるモニタリング



国／準国レベルおよびプ
ロジェクトレベルでREDD
活動の計画に取り組む
実施者

【技術編】

- 第6章 REDDプラス実施における前提
- 第7章 リモートセンシングを用いた森林面積の推定
- 第8章 固定調査プロットを用いた方法
- 第9章 林分炭素蓄積推定モデルを用いた方法



国／準国レベルおよびプ
ロジェクトレベルでREDD
活動に携わる技術者

【参照編】

(関連する報告書、ガイダンス、マニュアル、論文等の紹介)

CookBookの使い方 ~目次で読む~

第7章 リモートセンシングを用いた森林面積の推定	86
Recipe - T05 データの種類と選択	88
プラットフォーム/センサ/空間分解能、波長分解能と時間分解能/ 現在・過去・未来/データの選択/ソフトウェア	
Recipe - T06 雲の除去・季節性の調整	94
雲の除去/季節性の調整	
Recipe - T07 クラスの定義	96
完全かつ排他的なクラス/求められる分類クラス/分類後のクラスの統合	
Recipe - T08 グランドトゥールース	98
グランドトゥールースとは/グランドトゥールースの位置情報と精度/抽出方法/サンプル数	
Recipe - T09 分類手法	100
リモートセンシングにおける分類/画素単位の分類とオブジェクトベース分類	
Recipe - T10 精度評価	102
判定効率表と精度の指標/精度評価のためのグランドトゥールース	
Recipe - T11 面積変化の推定	108
2時期それぞれの分類結果の比較/多時期画像の一括分類による変化抽出/ 画像比較の注意点と現在の流れ	

章

Recipe

項目

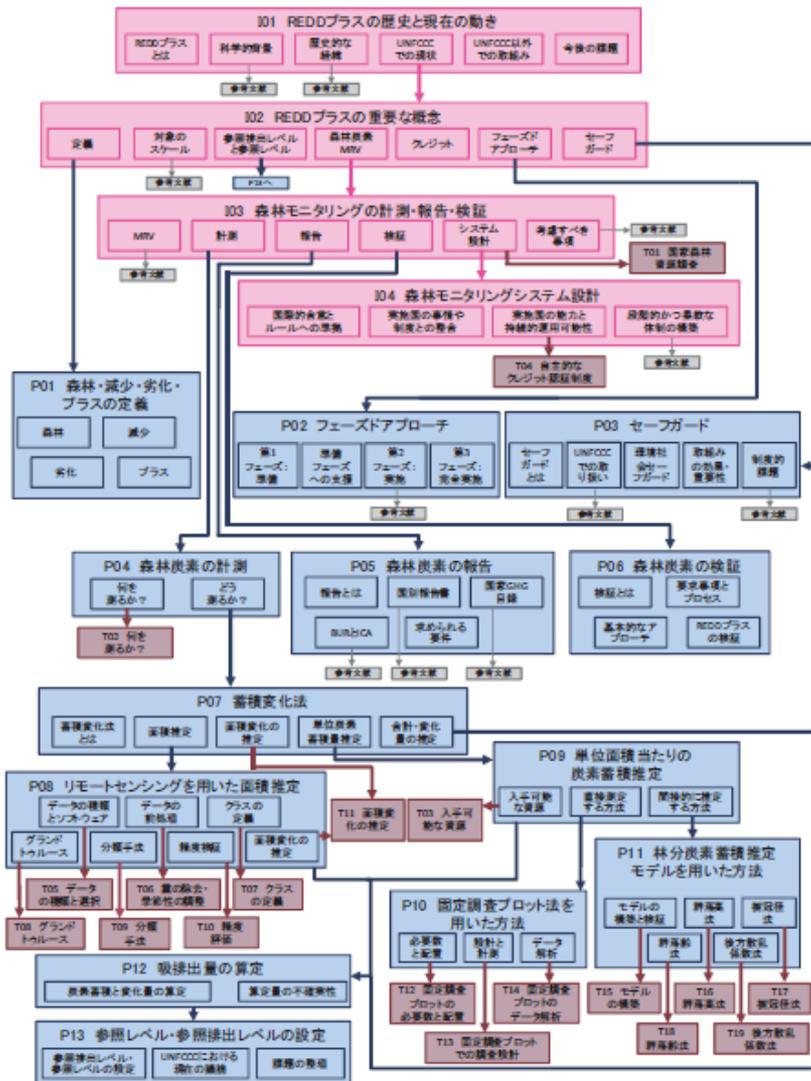
☆CookBookの読み方1

目次に従い、各章に記述されたRecipeと項目を順番に読み進めていく。

◎CookBookの由来

それぞれのRecipeに従って調理していくと、最後にREDDプラスという美味しい料理が出来上がる。だからCookBook！！

CookBookの使い方 ~フローチャートで読む~

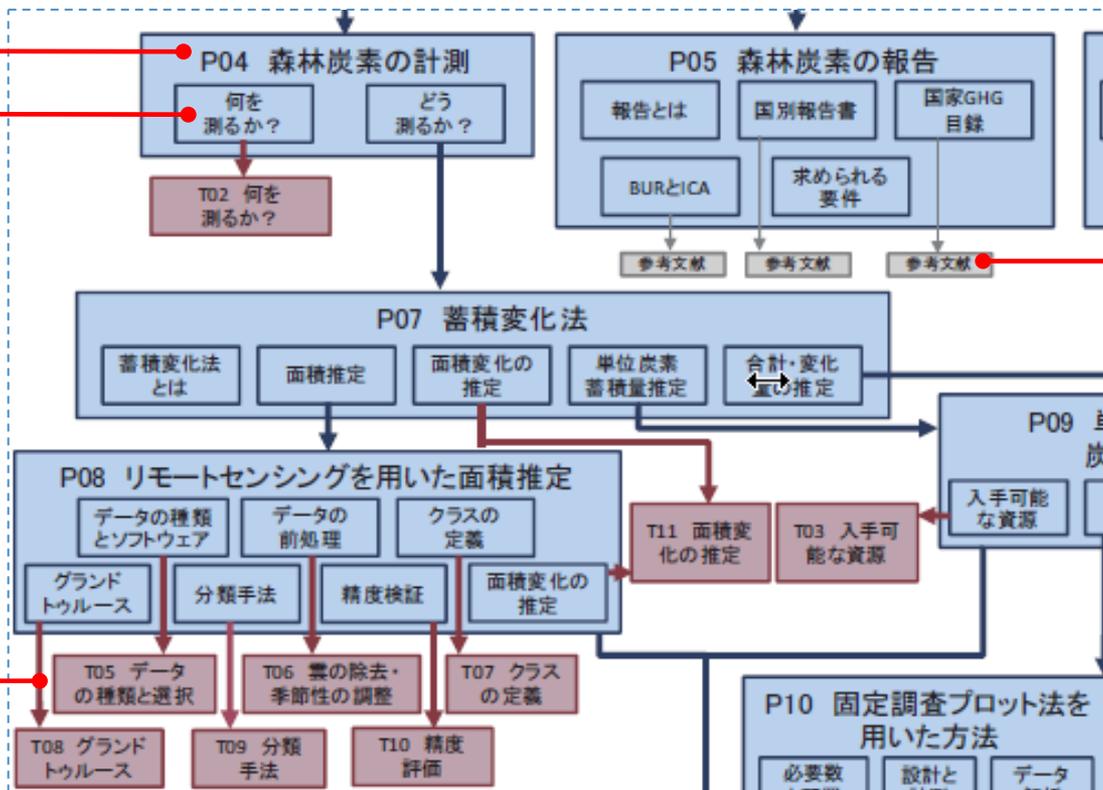


☆CookBookの読み方2

REDD+のフローチャートに従って、各Recipeに記述された項目を順番に読み進めていく。

CookBookの使い方 ~フローチャートで読む~

Recipeタイトル
項目



「参照編」に
参考文献あり

矢印に従って、
項目を読み進む

CookBookの使い方 ~各Recipeの見方~

Recipeタイトル

上のRecipe

フロー図上で、このRecipeの上に位置するRecipeを示す。

INFO欄

第8章 固定調査プロットを用いた方法

Recipe - T14

固定調査プロットのデータ解析

この上のRecipeは
Recipe ID: 固定調査プロット法を用いた方法

森林炭素蓄積量 (carbon stock) は、森林のバイオマス (biomass) の半分と言われている。そこで森林炭素蓄積量を算出する際には、まずアロメトリ式等を用いて森林バイオマスを推定する。本レシピでは、T12、T13で説明された固定調査プロットから得た毎木調査データを用いたアロメトリ式によるバイオマス推定 (biomass estimation) について述べる。

アロメトリ式とは

樹木には相対的に成長する部位があり、個体の一部のサイズから、別の部位のサイズを推定することができる。この関係を数式に表したものがアロメトリ式 (相対成長式: allometric equation) であり、正確な測定が容易な部位 (たとえば胸高直径) のサイズから、個体の樹高やバイオマスなど測定が困難な情報を推定することができる。

アロメトリ式は植物の成長特性を反映しているため、森林タイプ (forest type) や生育地の環境によって推定結果が大きく異なる (図 T14-1)。したがって対象地域の環境条件や森林タイプ (たとえば常緑林 evergreen forest や落葉林 deciduous forest など) に合ったアロメトリ式を選ぶことが重要である¹⁾。現在は地上部バイオマス (AGB: aboveground biomass) の推定式が多く提案・報告されているが、地下部バイオマス (BGB: belowground biomass) に関する知見も集まりつつある²⁾。

1) この他にも必要に応じて生育地や遷移系列を基準とした分類 (たとえ低地林 lowland forest、山地林 montane forest、灌木林 shrubland、二次林 secondary forest など) を考慮に入れてアロメトリ式を選択する。

2) 地下部バイオマスは、これまで Cairns et al.(1997) や Mokany et al.(2006) が汎用式を提案している。これらの式は独立変数 (independent variable, predictor variable) に AGB (t/ha) を使用し、推定結果も1ヘクタール当たりのバイオマス (t/ha) である。local model として熱帯季雨林の常緑林の Hozumi 式 (Hozumi et al. 1969)、熱帯低地のフタバガキ林の Niyama 式 (Niyama et al. 2010) などがあり、これらは個体レベルで地下部バイオマスを推定する。

118 REDD-plus Cookbook

Recipeナンバー

Recipeの概要

項目

CookBookの使い方 ~参照編の見方~

通し番号 文献タイトル 言語 発行年 執筆者・関連機関

No.2	REDD-plus 開発途上国における森林減少・劣化等による温室効果ガス排出量の削減 改訂版	英語 日本語	2012	国際協力機構(JICA) 国際熱帯木材機関(ITTO)
101 REDD プラスの歴史と現在の動き	一般読者の REDD プラスへの理解と関心を高めることを目的として JICA と ITTO により作成されたブックレット。REDD プラスの背景や概要に加え、日本政府の気候変動に関する方針や JICA 及び ITTO による REDD プラスへの取り組みを網羅的かつ端的に紹介している。REDD プラスについて予備知識がない方に REDD プラスの概念を紹介するのに役立つほか、国内外の REDD プラス関係者が、現在進行中の JICA 及び ITTO の REDD プラス関連のプロジェクトの概要を把握したい場合にも有効なブックレットである。			
国際、国、準国、プロジェクト				
http://www.jica.go.jp/publication/pamph/index.html				

実施レベル
の分類

更なる情報提供
(ホームページ等のアドレス)

文献の概要

関連する
Recipeと項目



REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成26年度 基礎講習

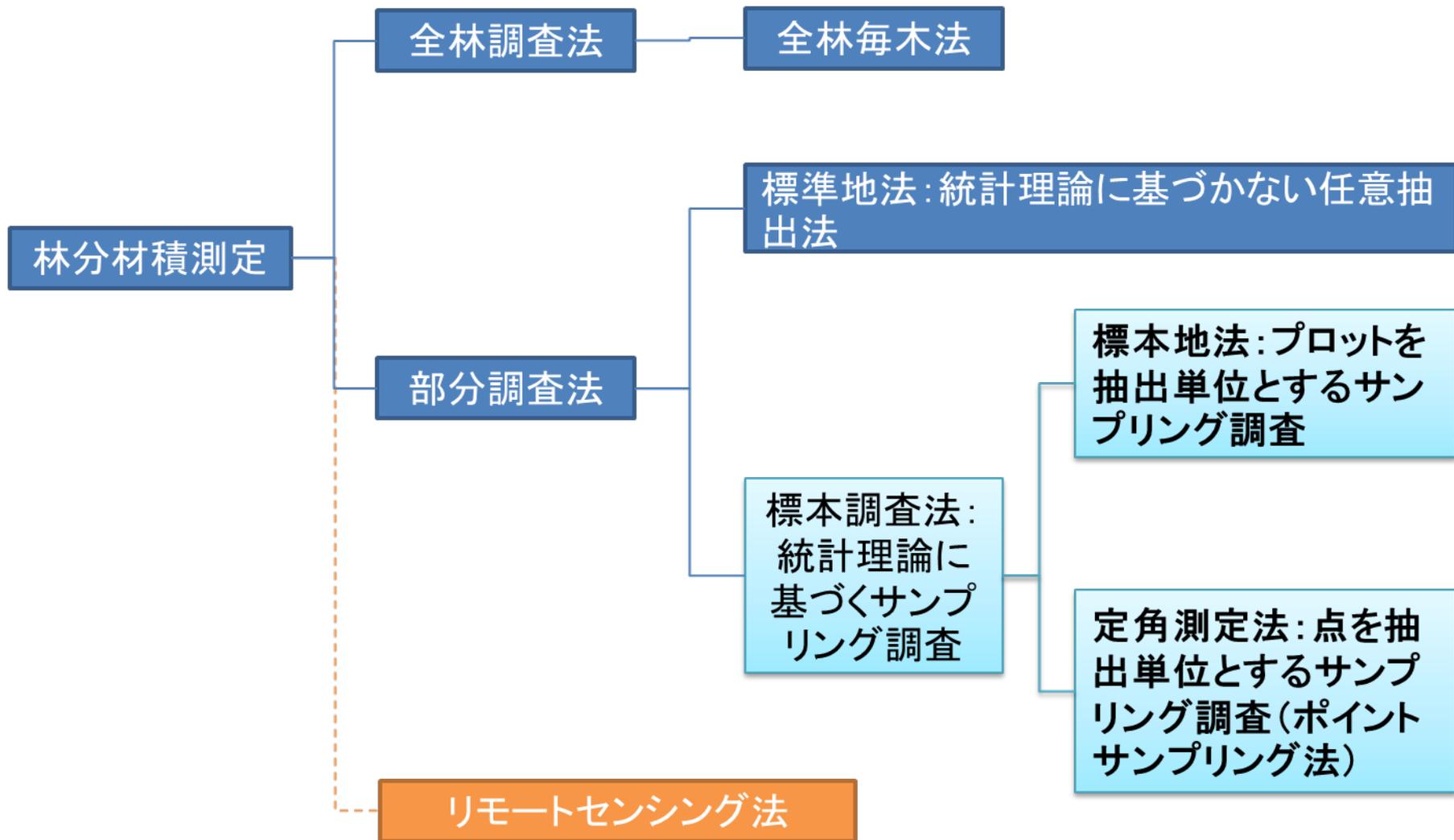
第5章(1)

地上調査の準備

一般社団法人日本森林技術協会
金森 匡彦



森林の材積(≒炭素量)を測定する方法



標本地法と定角測定法

- 標本地法

- 森林における科学的な調査の基本
- 森林内に一定の面積の調査地(プロット)を設定し、プロット内の要素(胸高直径、樹高など)を調べる
- 調査地は統計的な方法に基づき選定される(無作為抽出法、系統抽出法)
- 調べた要素の集計結果より、森林全体の傾向(材積やバイオマスなど)を推測する(統計的推定)

定角測定法(ポイントサンプリング法)

● 定角測定法

- 森林内の1点に立ち、周辺を「**一定の角度で**」見回す(視準)
- 見回した角度よりも幅が広く見える木を**1本**とカウントする
- 見回した角度と幅がちょうど一致して見える木を**0.5本**とカウントする
- 見回した角度よりも幅が狭く見える木はカウントしない(**0本**)
- 視準した角度によってあらかじめ決まる定数(断面積定数)をカウント本数に掛けることによって、林分胸高断面積(の期待値)を求めることができる
- 断面積に形数を掛けたり樹高の別途計測により材積推定

G(胸高断面積)

=k(断面積定数) * E(カウント本数)

現地調査で最も大切なこと(安全管理)

- 安全管理
 - 装備、KYチェック
 - 経路の確認(地図、GPS)
 - 天候
 - 危険生物
- 確実な実施
 - 声による確認
 - 数値の復唱



直径を測る道具

- h: 輪尺

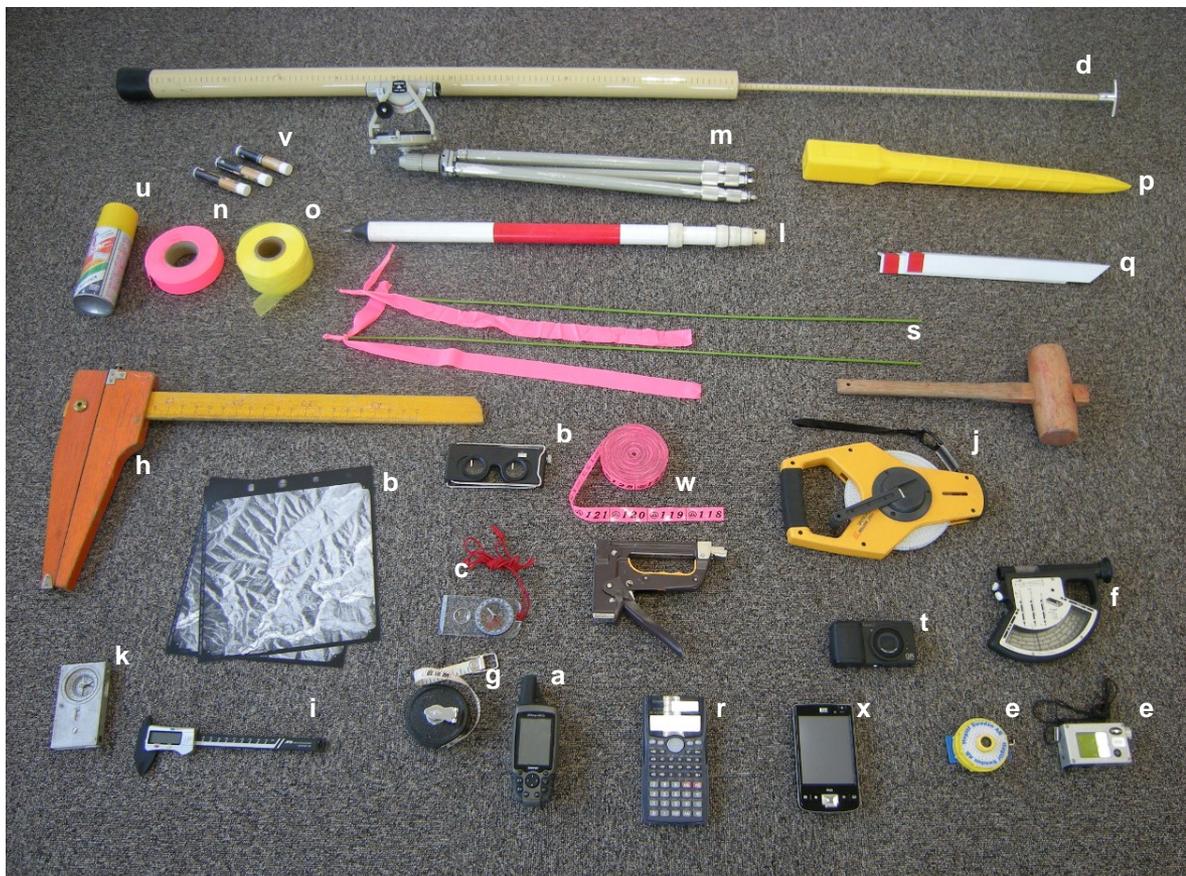
- ノギスを大型にしたもの
- 幹が真円に近い針葉樹人工林で使用
- 電子輪尺もあり

- g: 直径巻尺

- 裏表に通常目盛と π で割った直径目盛表示
- 幹が不整形な場合も使用できる
- 直径1m程度まで

- i: ノギス

- 数cm以下の小径木に使用



森林生態系多様性基礎調査事業調査マニュアルより

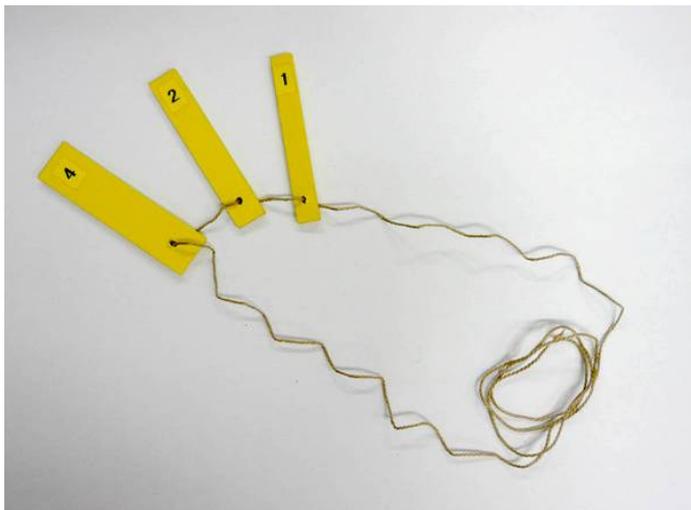
樹高を測る道具

- d: 測桿
 - 10m程度までの樹高を計測
 - 先端を伸ばし手元の目盛を読み取る
- f: ブルーメライス
 - 一定の水平距離を離れた時、根元、梢端の視認角度目盛が樹高を指す
- e: バーテックス
 - 超音波で距離を計測
 - 計測距離と角度センサーにより樹高を算出



森林生態系多様性基礎調査事業調査マニュアルより

定角測定法を行うための道具(各種視準器)



自作の簡易レラスコープ



シュピーゲル・レラスコープ*



プリズム*

(*forestry suppliers ホームページより)



定角測定法の理論を応用した簡易計測器(おみとおし)

スギ・ヒノキ林分材積 (m³/ha)

本数	7	8	9	10	11	12	13	14
10	140	160	180	200	220	240	260	280
12	168	192	216	240	264	288	312	336
14	196	224	252	280	308	336	364	392
16	224	256	288	320	352	384	416	448
18	252	288	324	360	396	432	468	504
20	280	320	360	400	440	480	520	560
22	308	352	396	440	484	528	572	616
24	336	384	432	480	528	576	624	672
26	364	416	468	520	572	624	676	728

(注) 目からの距離45m、材積式：本数×樹高×2

おみとおし
—スギ・ヒノキタイプ用 (K=4)—
(社) 日本森林技術協会

登山などの広葉樹林等で使用する際は、別途販売している「おみとおし (広葉樹タイプ 厚k=2)」をご利用ください。

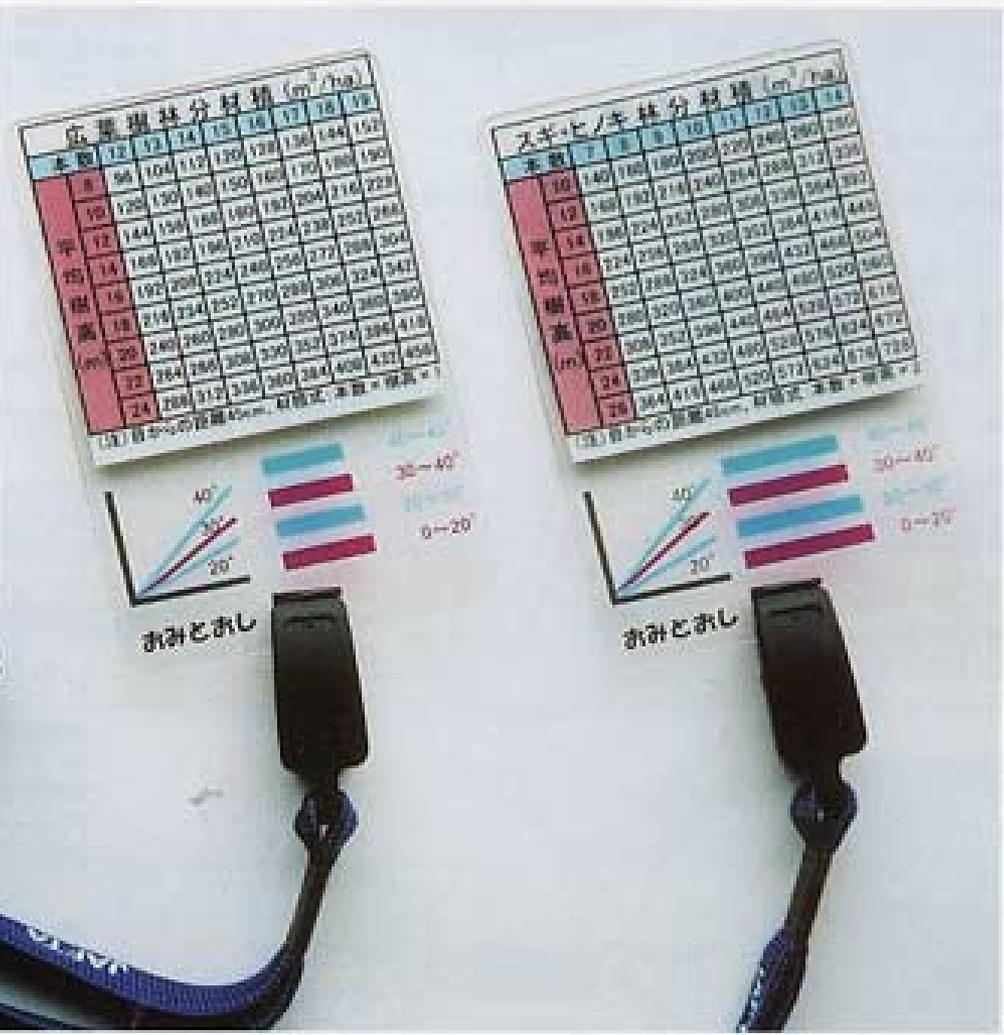
(参考) 広葉樹材積の目安値 (t/ha)

針葉樹 (m ³ /ha)	100	200	300	400	500	600
針葉樹	34	68	102	136	170	204
広葉樹	57	114	171	228	285	342

(注) 日本人一人あたりに換算した二酸化炭素の総排出量は約0.8t/人・年です。

角度	材積目安
40°	60~65
30~40°	30~40
20~30°	20~30
0~20°	0~20

おみとおし



「おみとおし」の表面

「おみとおし」の裏面



地上調査項目

- 材積、バイオマスの推定に必要な情報
 - プロット内の立木本数(本数密度)
 - 胸高直径
 - 樹高
- 林分概況の把握に必要な情報
 - 植被率(高木層、亜高木層、低木層、草本層)
 - 林内写真、天頂写真、遠望写真
- 目的に応じて必要
 - 枯損木、倒木
 - 下層植生
 - 土壌



調査プロットの設定

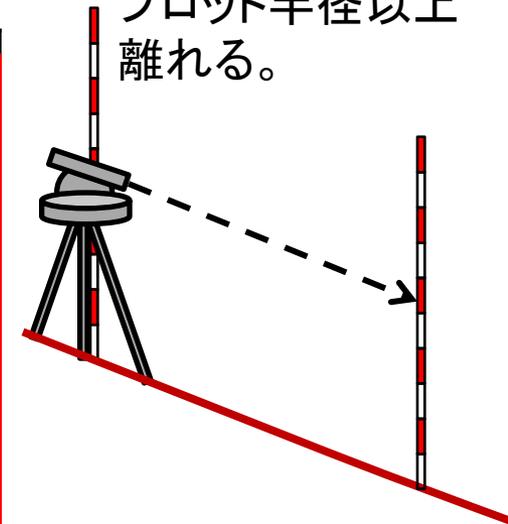
- 大きさ
 - 調査コストと精度とのバランスで決まる
 - 経験的に、林分の最高樹高がプロット内に収まる大きさ、又は上層木が20-30本程度含まれる大きさ
 - 水平投影面積が一定となるようにする
 - 等確率抽出の原則(標本の大きさは基本的に同じでなければならない)
 - 傾斜角に応じた斜距離により設定する
 - バーテックスを使って水平距離により設定可能
- 設定の条件
 - 標準地:対象林分を代表する、均一な林相・地形の位置に任意に設定
 - サンプルングで位置を指定した場合には、その限りではない。
- 形
 - 円形:中心から8方位を等距離にとる。プロットロープやバーテックスを利用するとよい。
 - 方形:周辺の簡易測量が必要。傾斜方向に沿った方形は調査しやすい。
- 継続調査の有無
 - 継続調査が必要な場合は杭を設置(中心杭、補助杭)

プロット設定

- 0.1ha円形プロット設定（実習では1班で1/2プロット）
 - 中心にポールを設置。
 - コンパスグラス等で傾斜方位
 - バーテックス等で傾斜角を計測。
 - 傾斜角に応じた斜距離を半径とする。
 - プロットロープを8方位にはる（Nを赤ロープ）。
 - 円周位置に標識テープを付す。



同じ高さを見通す。
プロット半径以上
離れる。



色	傾斜 (°)	半 径 (m)		
		小円	中円	大円
黒	0 ~ 2	5.64	11.28	17.84
赤	3 ~ 7	5.65	11.31	17.88
黄	8 ~ 12	5.69	11.37	17.98
緑	13 ~ 17	5.74	11.48	18.15
青	18 ~ 22	5.82	11.64	18.40
黒	23 ~ 27	5.93	11.85	18.74
赤	28 ~ 32	6.06	12.13	19.17
黄	33 ~ 37	6.23	12.47	19.71
緑	38 ~ 42	6.45	12.89	20.38
青	43 ~ 47	6.71	13.42	21.22
黒	48 ~ 52	7.04	14.07	22.25

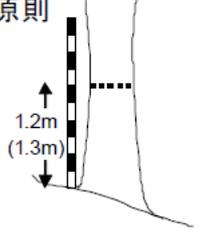
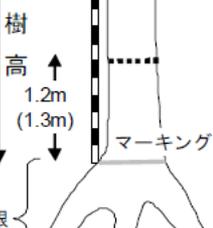
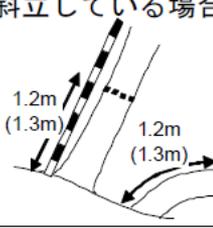
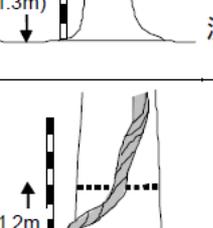
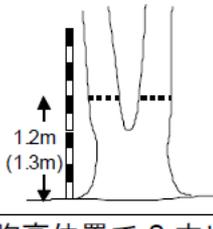
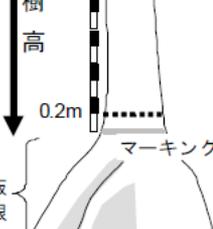
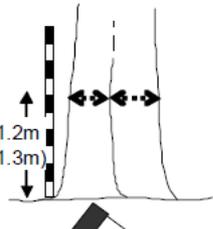
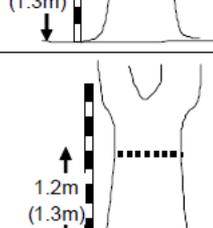
直径の測定

- 胸高直径 (DBH)
 - － 胸高位置は地域により違う
 - 北海道 = 1.3m (海外は基本的に1.3m)
 - 北海道以外 = 1.2m
 - － 目的に応じて、最小の計測対象直径、計測単位を定めておく(目標精度と労力(=コスト))
 - － 原則として、プロット内全ての対象立木の直径を計測する(本数の計測にもなる)
- 測り方のルール
 - － ルールを決めることによって、測定値のばらつきを抑えることができる(誰が測っても同じ)
 - － 傾斜地では、山側から胸高位置を決める
 - － 樹木の形状は様々
 - 胸高位置の枝分かれ、こぶなどがある際等の対応をあらかじめ決めておくことで誤差が少なくなる
- 正確な計測のコツ
 - － 胸高位置が適切か、直径テープのたるみやねじれがないか、つるの上から計測していないか等、よく確認する
 - － 記録者や近くにいる者が目配りすることも重要



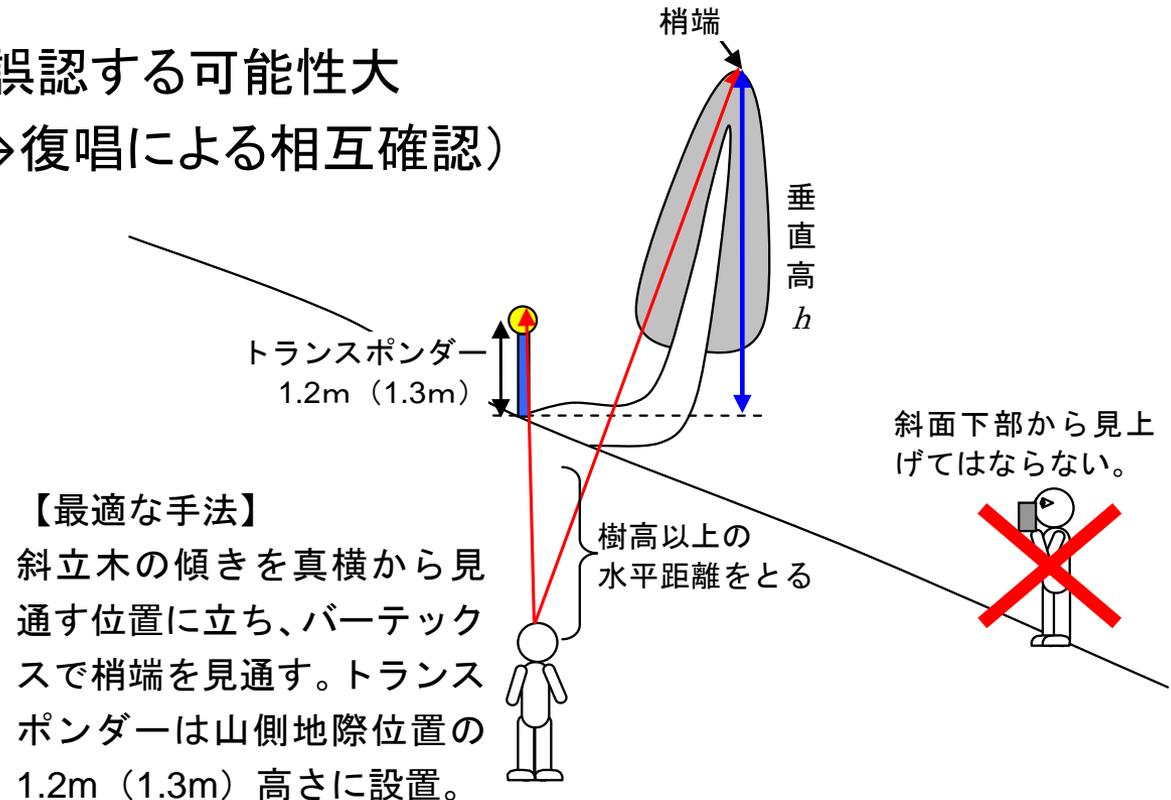
森林生態系多様性基礎調査

現地調査早見表より

<p>原則</p>  <ul style="list-style-type: none"> 山側の地際から、幹軸に沿って 1.2m（北海道は 1.3m）の胸高位置で測定 胸高位置で、幹軸に直角な面の直径を 0.1cm 単位で計測 	<p>胸高位置にこぶ、枝などがある場合</p>  <ul style="list-style-type: none"> こぶなどの影響がない上下 2 箇所（胸高位置より上下に等距離）で測定し、平均値を記入する 可能であれば、測定位置にナンバーテープなどマーキングをする 備考欄には「こぶ上下で測定」と記入 	<p>樹高</p>  <ul style="list-style-type: none"> 岩や倒木上に成育し、根上がりしている場合（倒木などが消滅している場合も同様） 樹幹の付け根から 1.2m（1.3m）を測定位置とする（樹高も同様）
<p>斜立している場合</p>  <ul style="list-style-type: none"> 斜立木の上側で、幹軸に沿って胸高位置を決める 幹軸に直角な面の直径を測定 	<p>ツル等の着生植物が胸高位置にある場合</p>  <ul style="list-style-type: none"> ツル等の内側に直径巻尺を通し、測定する 内側を通せない場合はツルにかからない部分を輪尺で 2 方向から測定する 輪尺で測定する 2 方向は、可能な限り直交するようにする 	<p>樹幹の付け根位置および測定位置に、ナンバーテープ、スプレーなどでマーキングをする。（可能な場合）</p> <ul style="list-style-type: none"> 備考欄には「根上がり」と記入
<p>胸高以下で 2 本以上に分かれている</p>  <ul style="list-style-type: none"> それぞれの胸高位置の直径を測定 備考欄に同一木であることを記入する 	<p>ツル</p> 	<p>垂熱帯地方などで板根が発達している場合、ヒルギ類の場合</p>  <ul style="list-style-type: none"> 樹幹の付け根位置（板根などの影響がなくなった位置）から 0.2m を測定位置とする（樹高も同様）
<p>胸高位置で 2 本以上に分かれ、太くなっている影響がない部分の直径を測定する</p>  <ul style="list-style-type: none"> 1本の部分で、太くなっている影響がない部分の直径を測定する 可能であれば、測定位置にナンバーテープなどマーキングをする 	<p>根元が個別の立木で、複数の樹幹が成長の過程で接合している場合</p>  <ul style="list-style-type: none"> 胸高位置で別個の樹幹が識別できる場合は、それぞれの樹幹の直径を輪尺で 2 方向から測定し、その平均値を記入する 輪尺で測定する 2 方向は、可能な限り直交するようにする 	<p>樹幹の付け根位置および測定位置に、ナンバーテープ、スプレーなどでマーキングをする。（可能な場合）</p> <ul style="list-style-type: none"> 備考欄には「板根」と記入
<p>胸高より上で 2 本以上に分かれている場合</p>  <ul style="list-style-type: none"> 通常の立木測定と同様に、胸高位置で測定する 	<p>合体</p>  <ul style="list-style-type: none"> 備考欄には「合体」と記入 	<p>タケ類（マダケ、モウソウチク、ハチク）</p>  <ul style="list-style-type: none"> 地上 130cm に最も近い節間中央の直径を 0.1cm 単位で測定 その他のタケ、ササは下層植生調査において調査する。
<p>ガジュマルのように、個々の立木の直径を測定することが不可能な場合</p> <ul style="list-style-type: none"> 種名は必ず記入する 胸高直径、樹高は測定しなくともよい 		

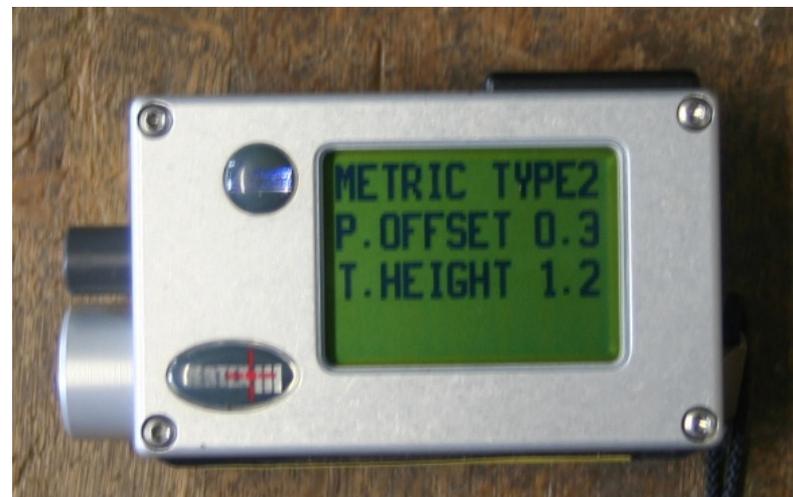
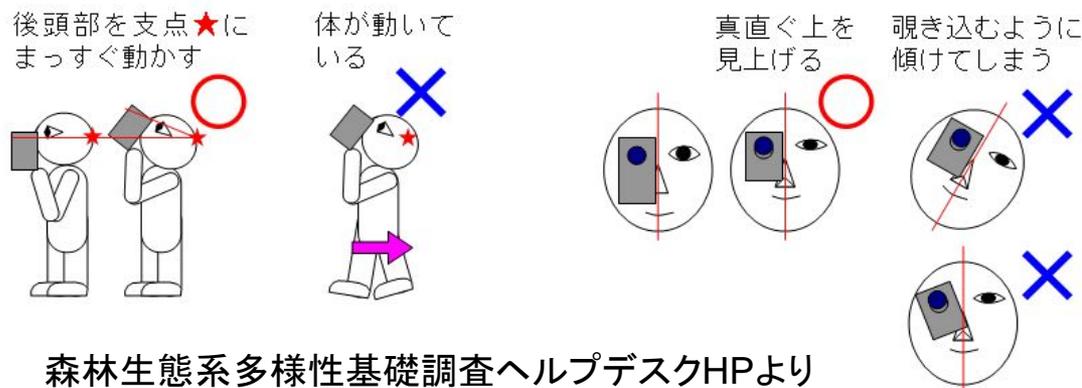
樹高の測定

- 三角測量
 - 最新機器を使っても基本は同じ、水平距離と根元・梢端の視認角度。
 - 樹幹長を計測(垂直高ではない)
- 計測者は立木から樹高程度の水平距離をとり、できるだけ対象立木を見下ろす位置に立つ。
- 見上げの場合は梢端を誤認する可能性大
- 計測ミス(あり得ない値→復唱による相互確認)



電子機器で樹高を測定する場合の注意

- 超音波測定器（バーテックス）使用上の注意
 - 超音波を使用するため、雨、溪流、セミなどの音で計測ができなくなる場合がある（→予備に器械式測高器を準備）
 - トランスポンダーの設定を確認（SETUP）



- レーザー測距機使用上の注意

- 反射板が不要の機器でも、林内では障害物に反射している可能性も高いので、必ず反射板を使用する。

「おみとおし」を使用した定角測定法の実施

- 「おみとおし」(スギ・ヒノキタイプ用)を持って、周辺を支障なく見回せるような林内の1点に立つ(今回は任意に設定)
- 斜面の横方向を「傾斜角測定目安」を透かしながら見て、該当する傾斜角を決定

傾斜角測定目安

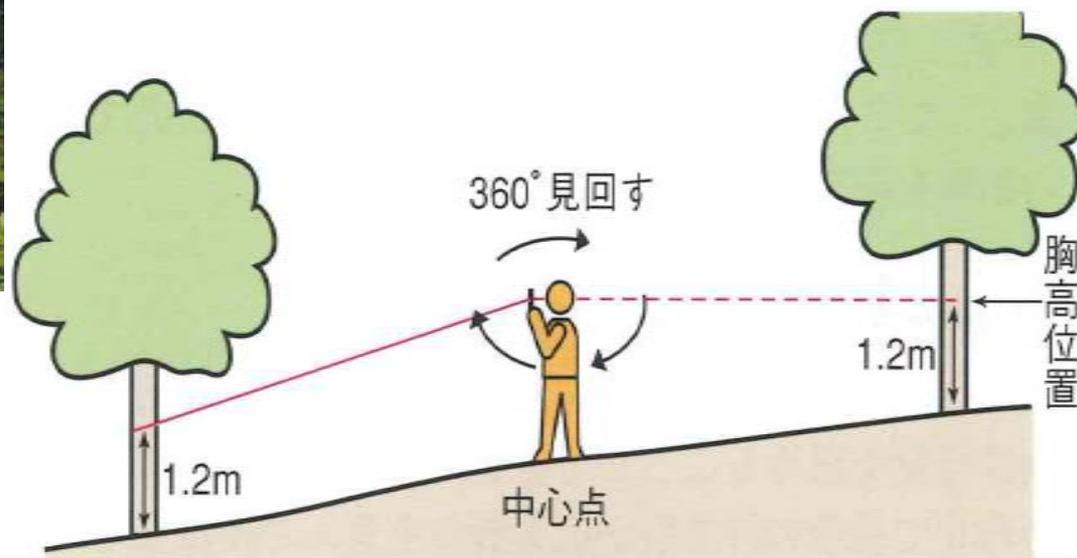
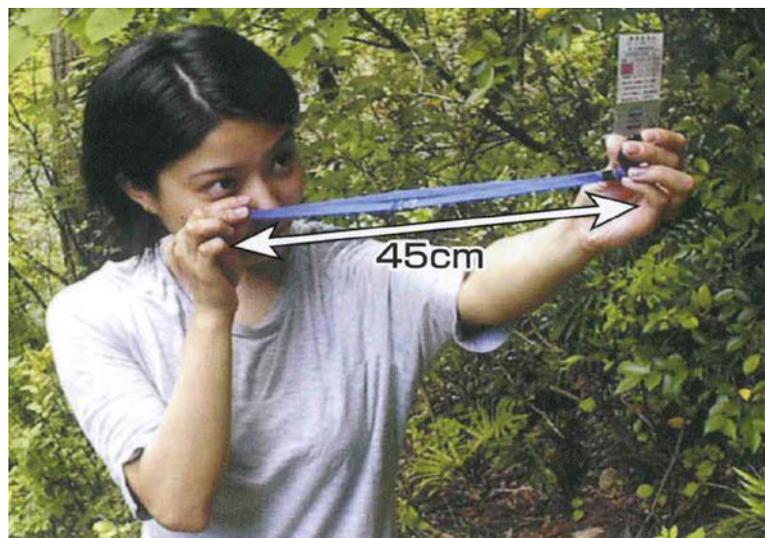
22	300	302	305	310	315	320	325	330
24	336	384	432	480	528	576	624	672
26	364	416	468	520	572	624	676	728

(注) 目からの距離45cm、材積式: 本数 × 樹高 × 2

傾斜角を決定

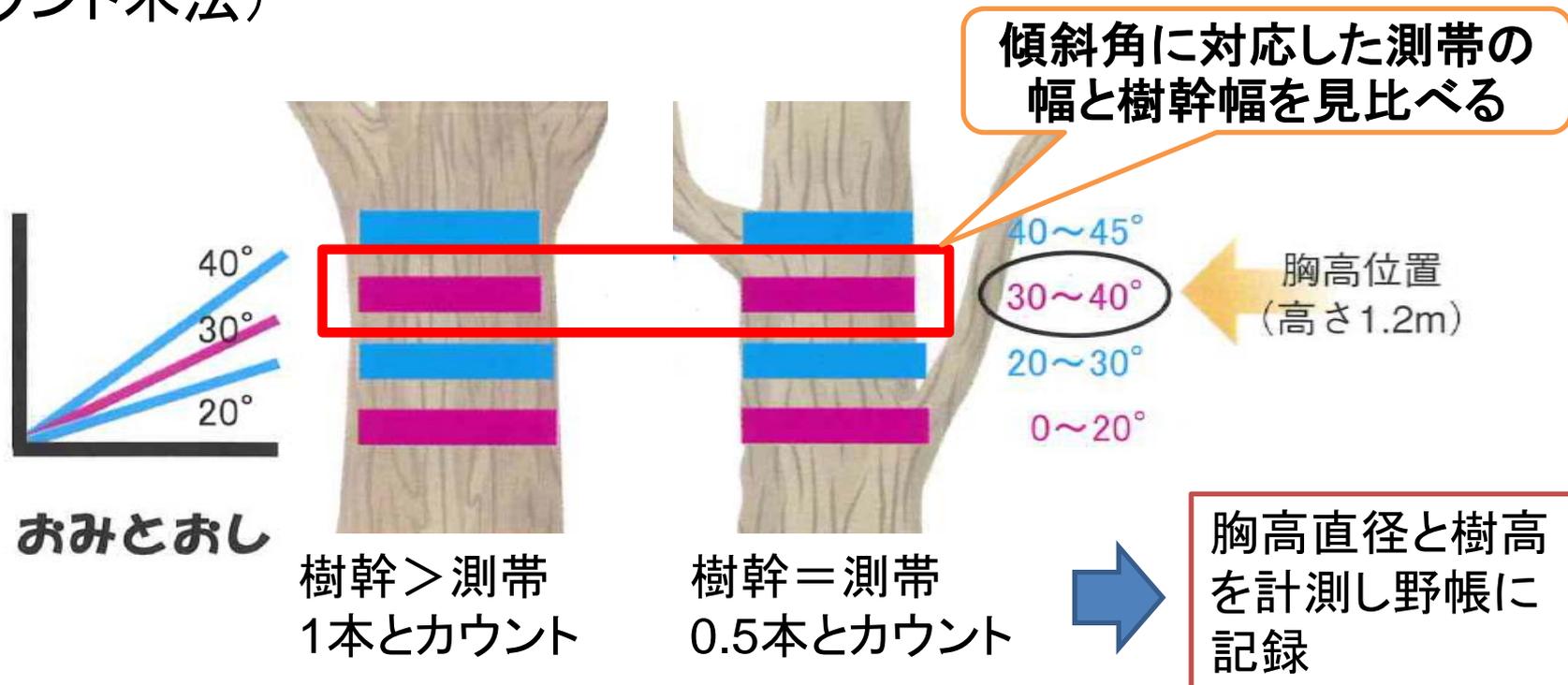
「おみとおし」を使用した定角測定法の実施

- 「おみとおし」の首ぶらさげ紐の端を目の下に当てながら紐をまっすぐ伸ばし、傾斜角に対応した測帯を透かしながら、まわりの木の胸高位置を見る。



「おみとおし」を使用した定角測定法の実施

- 見通した樹幹の幅が測帯よりも広く見えれば、1本としてカウントする。立木と測帯がちょうど一致して見える場合には0.5本とカウントする。測帯幅よりも細く見える場合はカウントしない(0本)。
- カウントした立木の胸高直径と樹高を計測し、野帳に記録する(カウント木法)





REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成26年度 基礎講習

第5章 (2)

地上炭素モニタリングの基礎

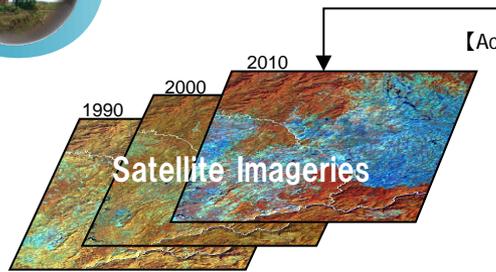
地上プロット調査と解析

一般社団法人日本森林技術協会
金森 匡彦



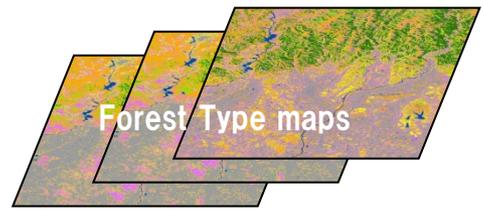
REDD+における地上調査の目的

- 森林における炭素量の計算
 - － 単位面積あたり炭素量＝
 - ①地上部(樹幹＋枝葉)
 - ＋②枯死木及び③リター(落葉・落枝)
 - ＋④地下部(根)
 - ＋⑤土壌炭素量
- より信頼性の高い炭素量を推計するためには
 - － 森林タイプ(地域・樹種)や生育段階等をできるだけ細かく区分し、
 - － それぞれの推計に必要なパラメータのため、地上計測値をできるだけ多く集める必要
 - － 継続的なモニタリングも必要

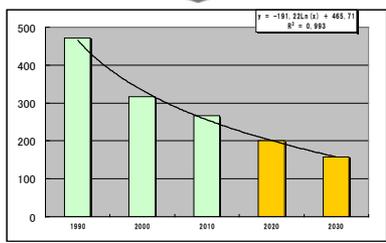


Satellite Imageries

Classification



Forest Area Change Detection

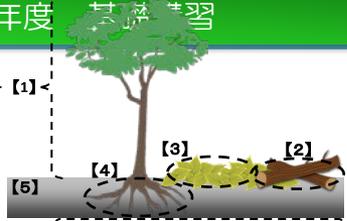


【Activity data】

Forest types change in the past

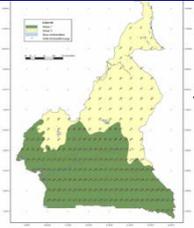
ACTIVITY DATA × **EMISSION FACTOR** = **EMISSION ESTIMATE**

CO₂ emissions



1. Above ground biomass(AGB)
2. Dead wood
3. Litter
4. Belowground biomass
5. Soil Organic Carbon

Developing National forest Inventory System



Sampling



Partitioned for branch, leaf, stem individually



Measurement of weight



Digs up root using shovel car



Measurement of weight

Sampling



Measurement of dead woods



Measurement of litter



Measurement of tree high and DBH

• Merchantable Volume by forest types

• Average stock by each forest types



Taking samples of Soil and Organic matter

Development of Biomass conversion and expansion parameter(BCEF)

【Emission factor】

1. Above Ground Biomass
4. Below Ground Biomass

2. Dead Wood
3. Litter

5. Soil Organic Carbon

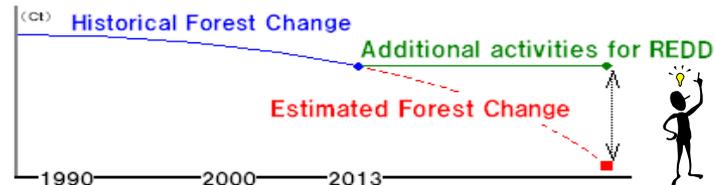
(AGB=Merchantable volume × BCEF)

【Activity data】

Forest types change in the past

【Emission factor】

1. Above Ground Biomass
4. Below Ground Biomass
2. Dead Wood
3. Litter
5. Soil Organic Carbon





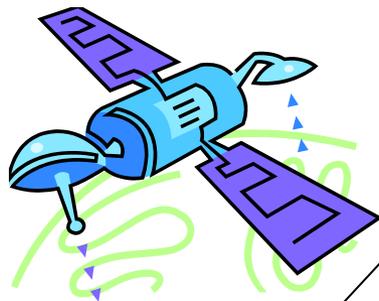
森林計測の本質的な困難さ

測定対象として見た場合の森林の特徴

- ①形状が複雑で正確に計測するのが難しい
 - 計測方法の工夫
 - モデル化して考える必要
- ②大量に存在する
 - 統計的方法の必要(サンプリング調査)
- ③山に生えており動かすことができない
 - 測定に労力が必要(コストが掛かる)
- ④時間と共に成長する
 - 変化を知るためには繰り返し計測する必要
- ⑤高価なものではない
 - 測定に掛けられるコストに制約

森林計測のアプローチ

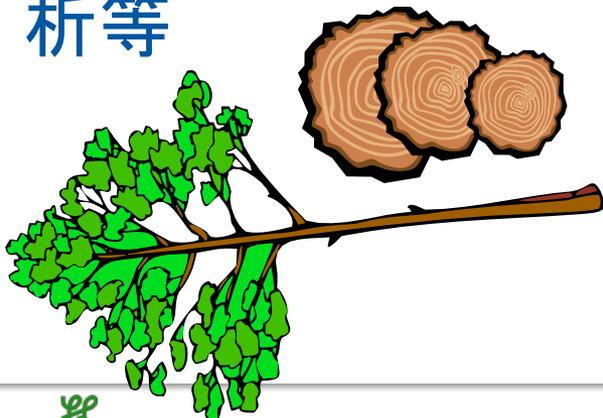
森林を計測する様々な方法



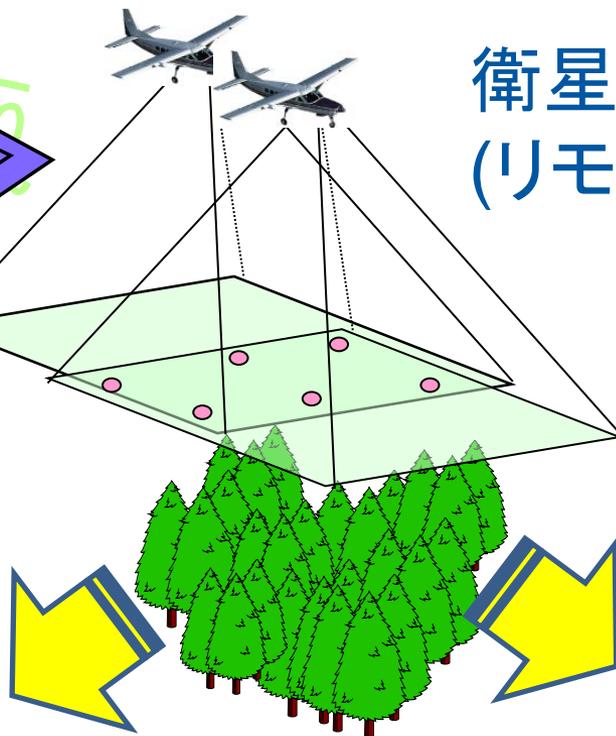
上空からの間接的な計測

衛星や空中写真
(リモートセンシング)

破壊調査(1本の
木を正確に計測
する)→樹幹解
析等



地上調査 (プロット
調査等)

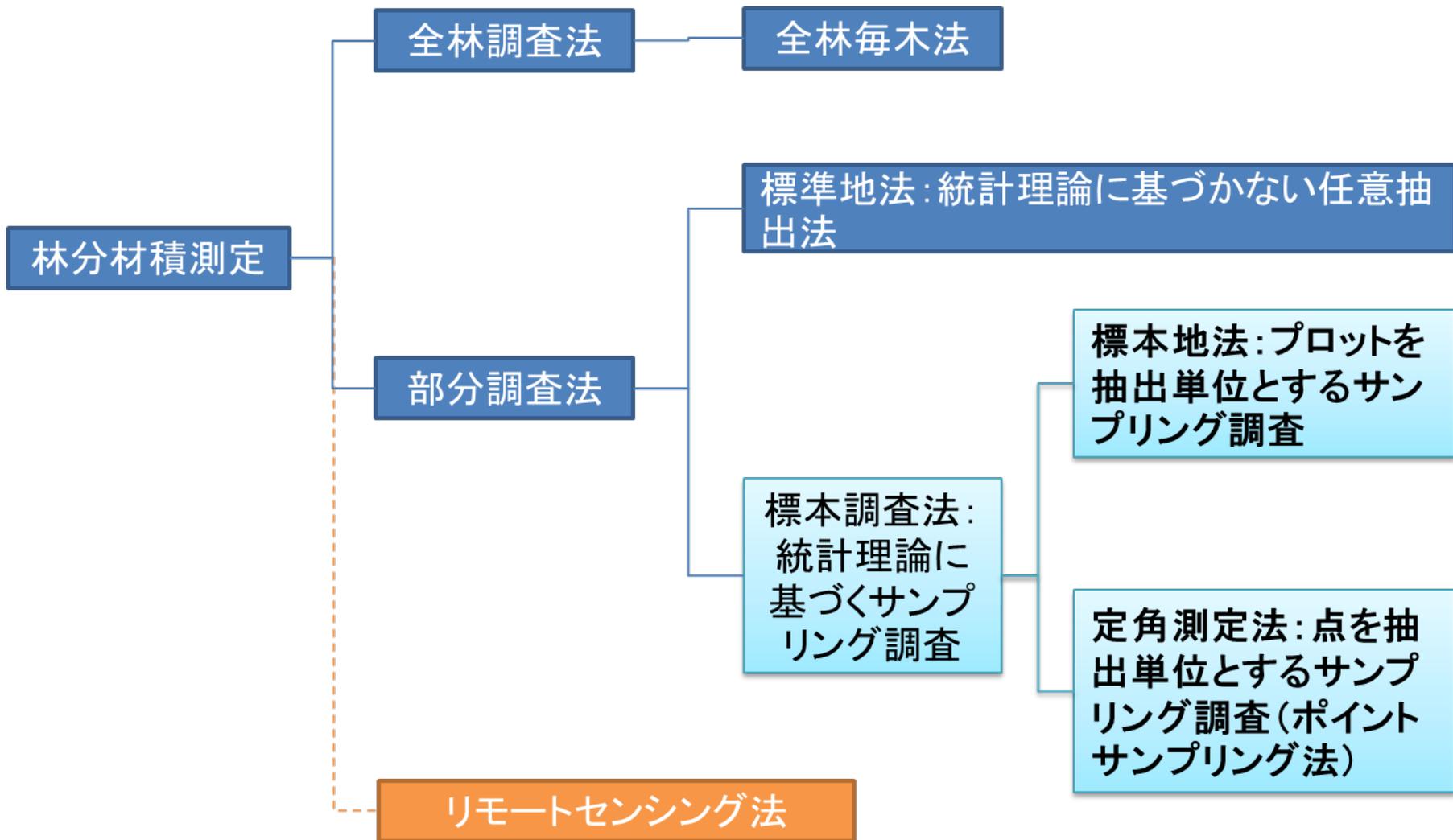


地上における直
接計測 (樹木や
その他生物)



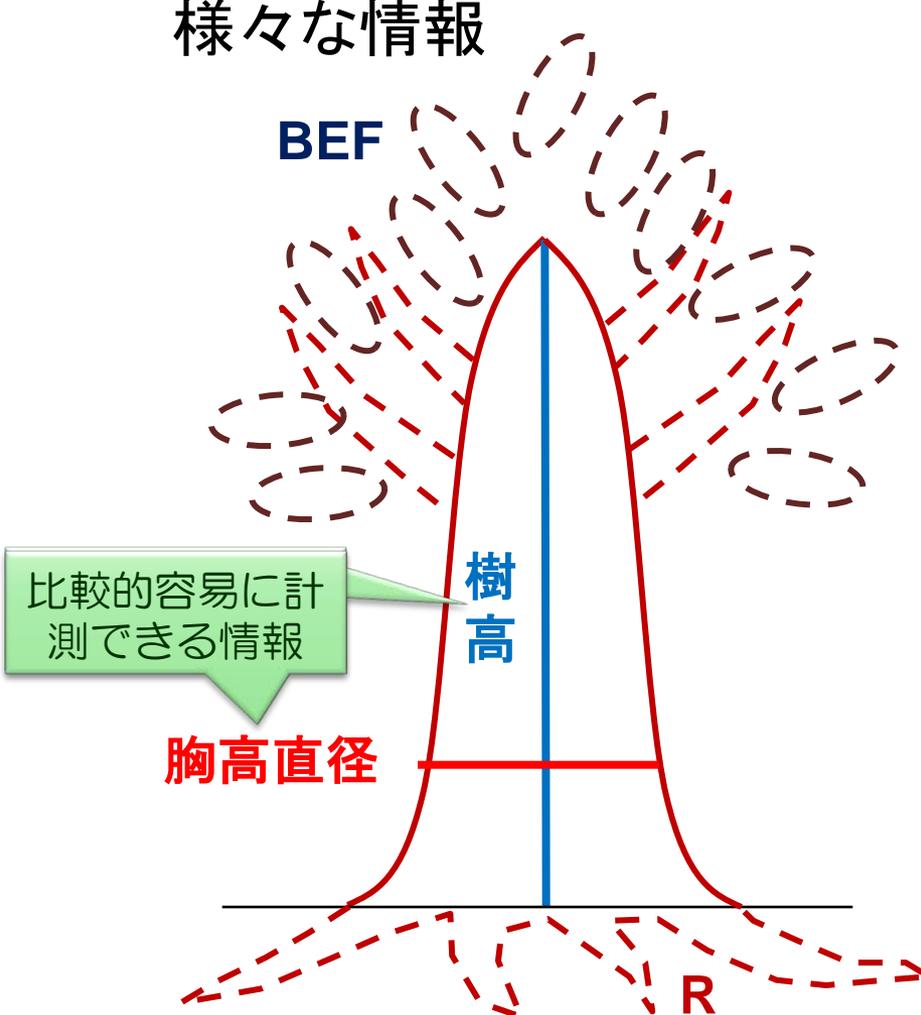


林分材積測定法の分類



樹木をモデル化して材積やバイオマスを把握する

- 計測値を材積、バイオマス、炭素量に変換するために必要な様々な情報



樹幹材積

総バイオマス

＜幹材積からの変換＞

樹幹のモデル化: 既存の材積式、材積表を利用(胸高直径、樹高を調べることにより計算)

バイオマスへの拡張: 幹材積を基準として、幹以外の部分(枝・葉・根)の構成比を調べることによりバイオマス量に換算する

＜計測値からの直接変換＞

アロメトリー式(相対生長式)

胸高直径等から直接バイオマス量や炭素量に変換する

調査結果のバイオマス・炭素量への変換 1

● 幹材積から変換するアプローチ

ー 直径や樹高から樹幹材積への変換(材積表(式))

- 複雑な形状をした現実の立木の幹を単純な幾何学的モデルで近似し、材積を計算する。
- 材積=f(直径,樹高,幹形) → 材積表(材積式)
- (地域、樹種別に)胸高直径、樹高等と立木材積の関係を示した表(式)。
- 一変数(胸高直径のみ)、二変数(胸高直径と樹高)

ー 樹幹から他の部分への拡張

● バイオマス拡大係数(BEF)

ー 幹重量とそれ以外の地上部分(枝、葉)を含めた全体のバイオマス重量との比(樹種別、成育段階別)

ー 例:スギ1.23、ヒノキ1.24、アカマツ1.23、ブナ1.32(いずれも林齢20年以上)

● 地下/地上バイオマス比(R)

ー 地下部(根)の総バイオマスと地上の総バイオマスの比

ー 例:スギ0.25、ヒノキ0.26、アカマツ0.27、ブナ0.25

ー 重さへの変換(バイオマス量へ)

● 材密度(容積密度)

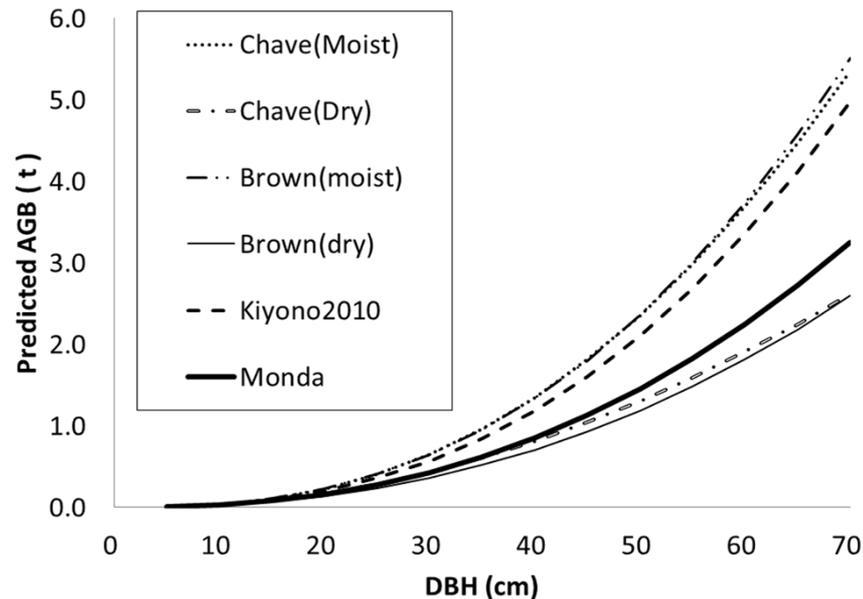
ー 幹の比重(単位材積当たりの重さ)。

ー 例:スギ0.314、ヒノキ0.407、アカマツ0.416、ブナ0.573

調査結果のバイオマス・炭素量への変換 2

•アロメトリー式による直接推定

- 生物の個体の部分の大きさ与其他の部分の大きさの間には関係がある。
相対生長関係(アロメトリ)
- 個体の計測しやすい一部(胸高直径など)を調べることにより、実測が困難な部分(樹木全体のバイオマス量など)を推定
- 汎用式と個別の樹種・森林タイプ別に調整された式がある



調査結果のバイオマス・炭素量への変換3

●単位面積当たり炭素量C(t-C/ha)への変換

ー樹幹材積とバイオマス拡大係数を用いる場合

$$C = [V * WD * BEF] * (1 + R) * CF$$

V:樹幹材積(m³/ha)、WD:材密度(t/m³)、BEF:バイオマス拡大係数、
R:地上部に対する地下部の比率、CF:炭素含有率(t-C/m³)

ーアロメトリー式から直接バイオマス量を求める場合

$$C = \text{総バイオマス量} * CF$$

ー炭素含有率CFは0.5が一般的に用いられる

実習：現地調査のとりまとめ（標本地法）

- データをエクセル表に入力
- 材積式の当てはめもしくは材積表
 - 林野庁計画課編 立木幹材積表 東日本編
 - 関東地方 スギ(昭和36年調製)

直径範囲 (cm)	材 積 式
4～10	$\log v = 1.753904 \log d + 1.040853 \log h - 4.172632$
12～30	$\log v = 1.849344 \log d + 1.008086 \log h - 4.219069$
32～40	$\log v = 1.944287 \log d + 0.894801 \log h - 4.211821$
42以上	$\log v = 1.600066 \log d + 1.075361 \log h - 3.921218$

- 集計した値をヘクタール当たり材積に換算する
- BEFとRにより、バイオマス量及び炭素量に換算する

実習：現地調査のとりまとめ（定角測定法）

- 調査データをエクセルファイルに入力
- ある直径 d (cm)の木が1本カウントされたとき、同じ直径の木がヘクタール当たり何本存在するか下記の式により求めることができる(k は断面積定数)

$$N = k \sum \frac{1}{\pi \left(\frac{d}{2} \right)^2}$$

- 直径階別に見ると、 k に応じて必然的にその直径階における本数が決定される(基準本数という)
- 直径階別カウント本数に基準本数を掛けて合計すれば、ヘクタール当たりの立木本数となる
- 材積表もしくは材積式より当てはめヘクタール当たり材積を計算する
- BEF及びRを掛けてバイオマス量及び炭素量に換算する

国レベルでの地上調査(NFI)

- 国家森林資源調査(NFI: National Forest Inventory)
 - 国レベルで森林資源量を把握する調査
- NFIの方法論
 - 悉皆調査と標本調査: 主流は標本調査
 - サンプルングした標本を地上調査する
 - 暫定調査地と固定調査地: 時系列的なモニタリングのためには、固定調査地が有利
 - インベントリの間隔: 5～10年程度
 - 現地調査
 - プロット調査、ポイントサンプリング
 - 資源把握に必要な情報: 胸高直径、樹高
 - その他必要な項目(森林被害、生物多様性)

NFIの設計

- NFIの3つのフェーズ
 - － 企画段階：目標設定、資料収集、概略設計
 - － 計画段階：予備調査、実施計画、実行体制整備
 - － 実行・管理段階：調査実施、調査の進行管理、調査の精度管理、調査データの利活用
- 事前準備が非常に重要
 - － 企画段階及び予備調査により課題を明確化
 - － 精度目標と実施可能性のトレードオフ
 - － 不足している情報（材積やバイオマスのパラメータ）がある場合は別途調査企画する必要がある

日本の国家森林資源調査

● 背景

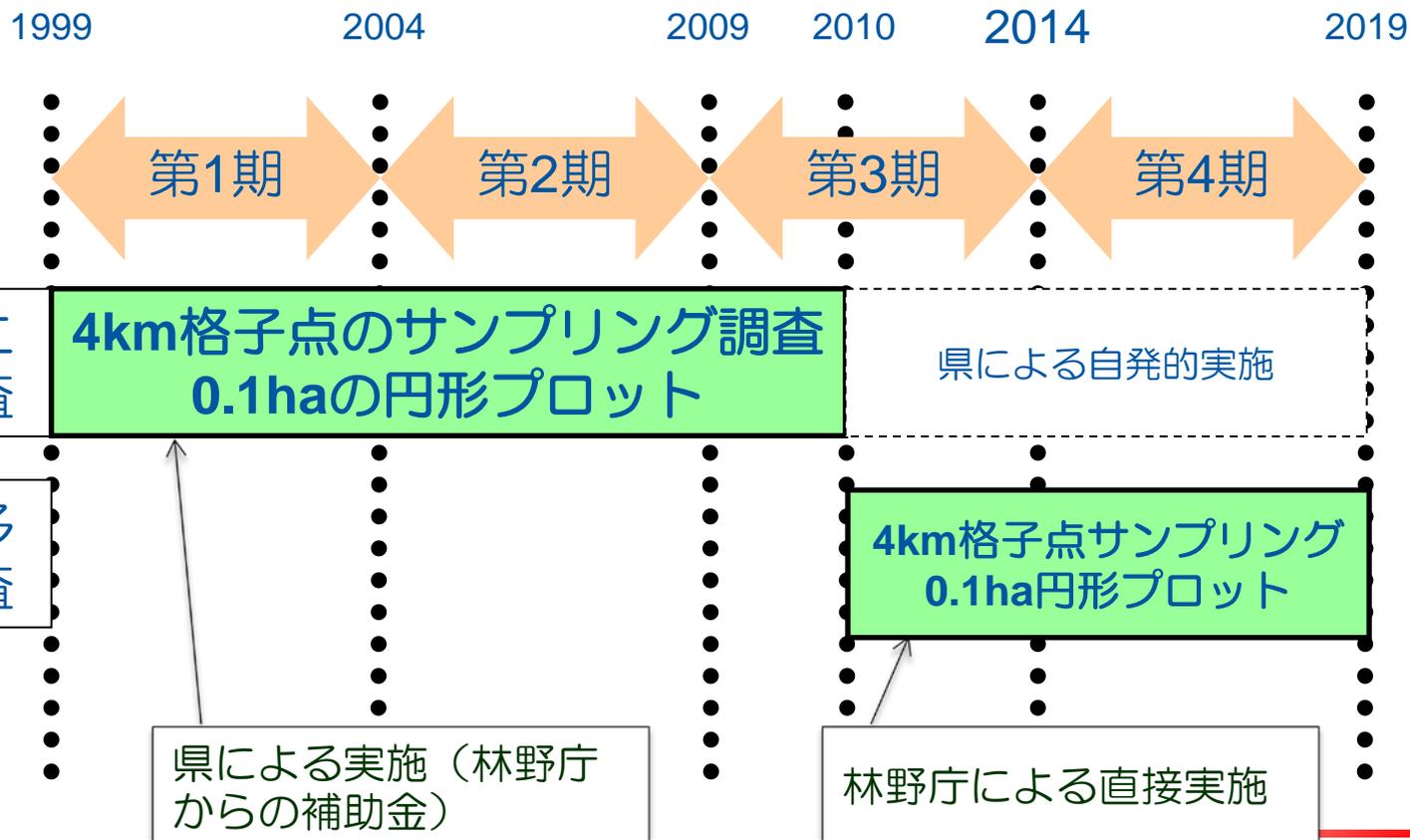
- 1992年の地球サミットにおいて、「持続可能な森林経営」について国際的合意
- 「持続可能な森林経営」に関する基準・指標作成の取組が進展（日本はモントリオール・プロセスに参加）
- 1998年の主要先進8カ国外相会議において、自国の森林の状況と持続可能な森林経営の進展状況をモニタリング・評価することを合意

● 目的

- 持続可能な森林経営の推進に資する観点から、森林の状態とその変化の動向について、全国を統一した手法に基づき把握・評価

森林生態系多様性基礎調査

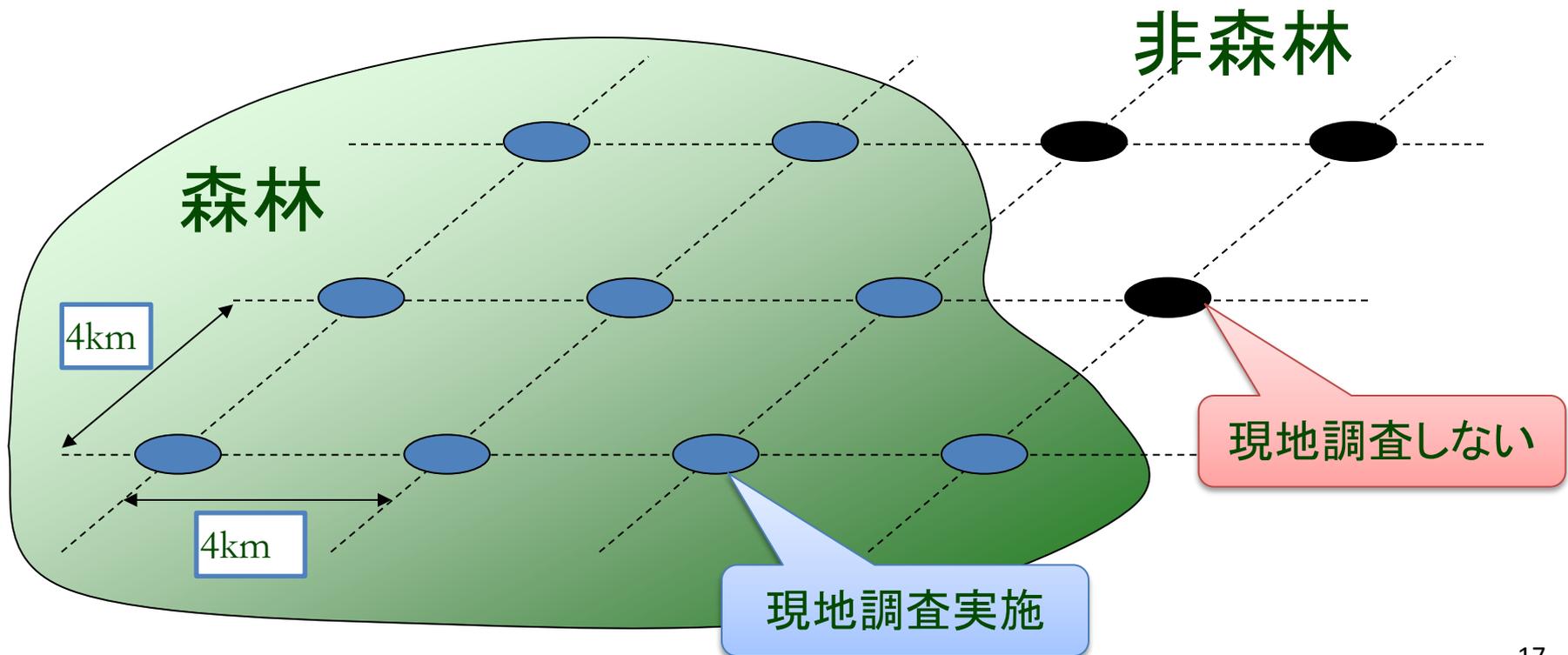
- 1999年より開始（「森林資源モニタリング調査」として）
- 第3期調査より調査を拡張
 - 森林資源 → 森林資源 + 生態系
- 現在は第4期調査を実施中



調査の設計

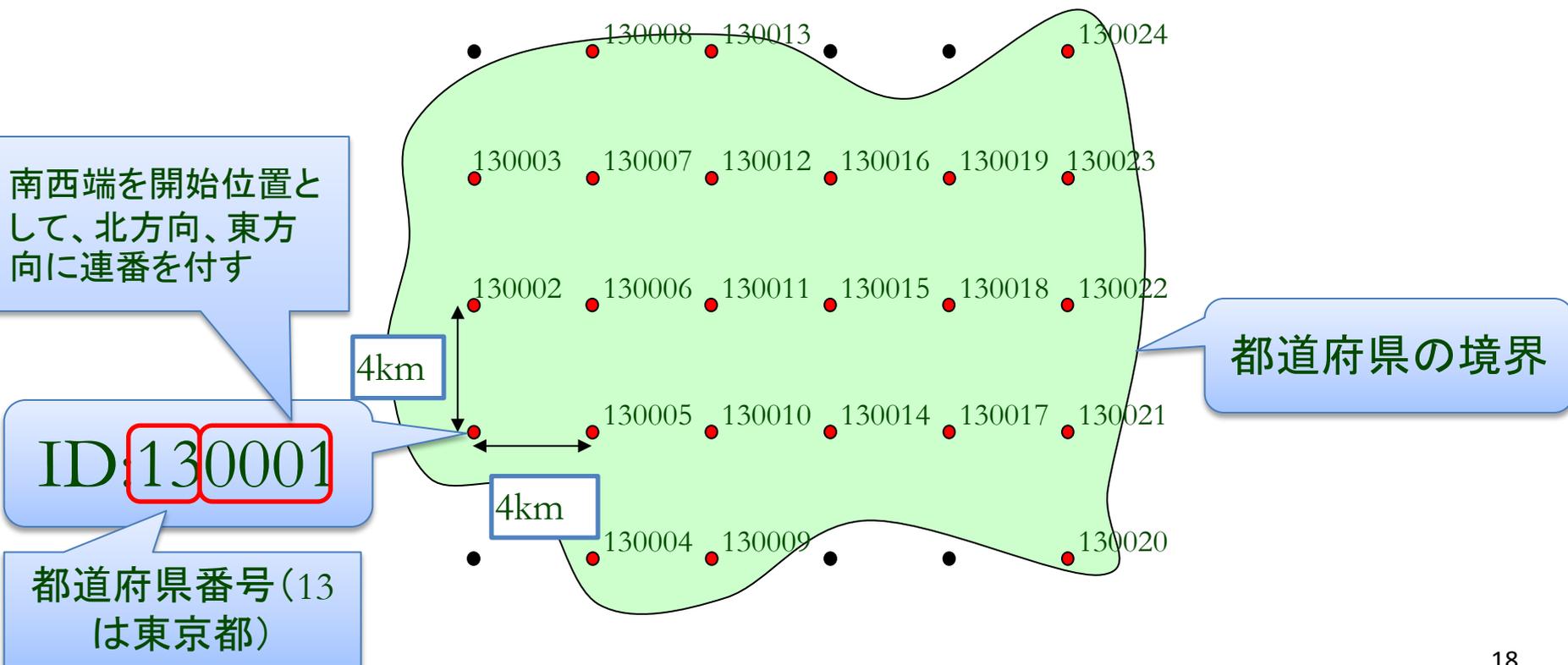
- 標本調査点の配置

- 抽出単位: 0.1ha
- グリッドによる系統サンプリング: 4km x 4kmの格子点を全国に設定。全23,500点から、森林に該当する約15,000点を抽出



調査の設計

- プロットの配置
 - 固定調査プロット
 - 5年ごとに同じ調査地を再測定
 - すべてのプロットには固有のID番号が付される



プロットデザイン

0.1haの同心円状プロット

小円 (0.01ha)

- 胸高直径1.0cm以上の立木
- 倒木

中円 (0.04ha)

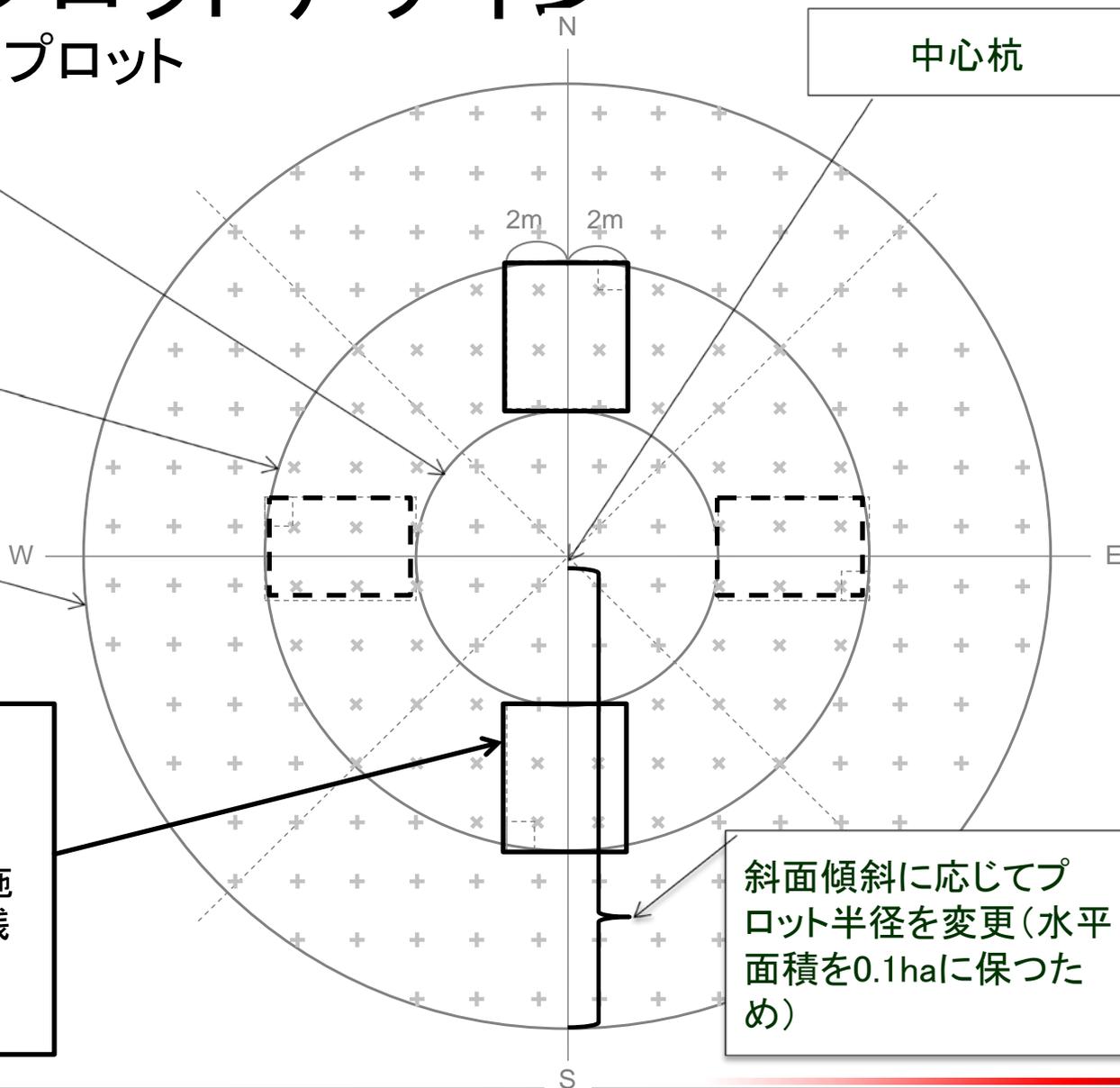
- 胸高直径5.0cm以上の立木

大円 (0.10ha)

- 胸高直径18.0cm以上の立木

サブプロット (約24m²/1点)

- 1プロット内に4つのサブプロット
- 土壌侵食と下層植生調査を実施
- 2点を調査 (通常NとSで実施、残りは予備)



森林生態系多様性基礎調査の調査項目

- 調査項目
 - － プロットへの到達経路
 - － 立木調査
 - － 伐根調査
 - － 倒木調査
 - － 下層植生調査
 - － 土壌浸食調査
 - － 概況調査



ポイントサンプリング法について (2012/10/30版)

森林情報グループ 金森匡彦

Japan Forest Technology Association



一般社団法人

日本森林技術協会

ポイントサンプリング法とは？

ポイントサンプリング法とは？

オーストリアの森林官ビッターリッヒ(Walter Bitterlich(1908-2008))が1947年に発表した、簡易に林分胸高断面積を求める方法

様々な呼び名

プロットレスサンプリング(plotless sampling): プロットを設定する必要がないため

ポイントサンプリング(point sampling): 点を基準とするため

定角測定法(angular count sampling): 林内を一定の角度で視準するため

ビッターリッヒ法: 考案者の名前より



ポイントサンプリング法のやり方(概要)

森林内の任意の点に立ち、自分が立っている周囲の木を視準器で覗く

視準器の幅からはみ出す立木の本数を数える。幅とちょうど一致する場合は、0.5本とカウントする

数えた本数に、視準器の幅によって定められている定数を掛ける

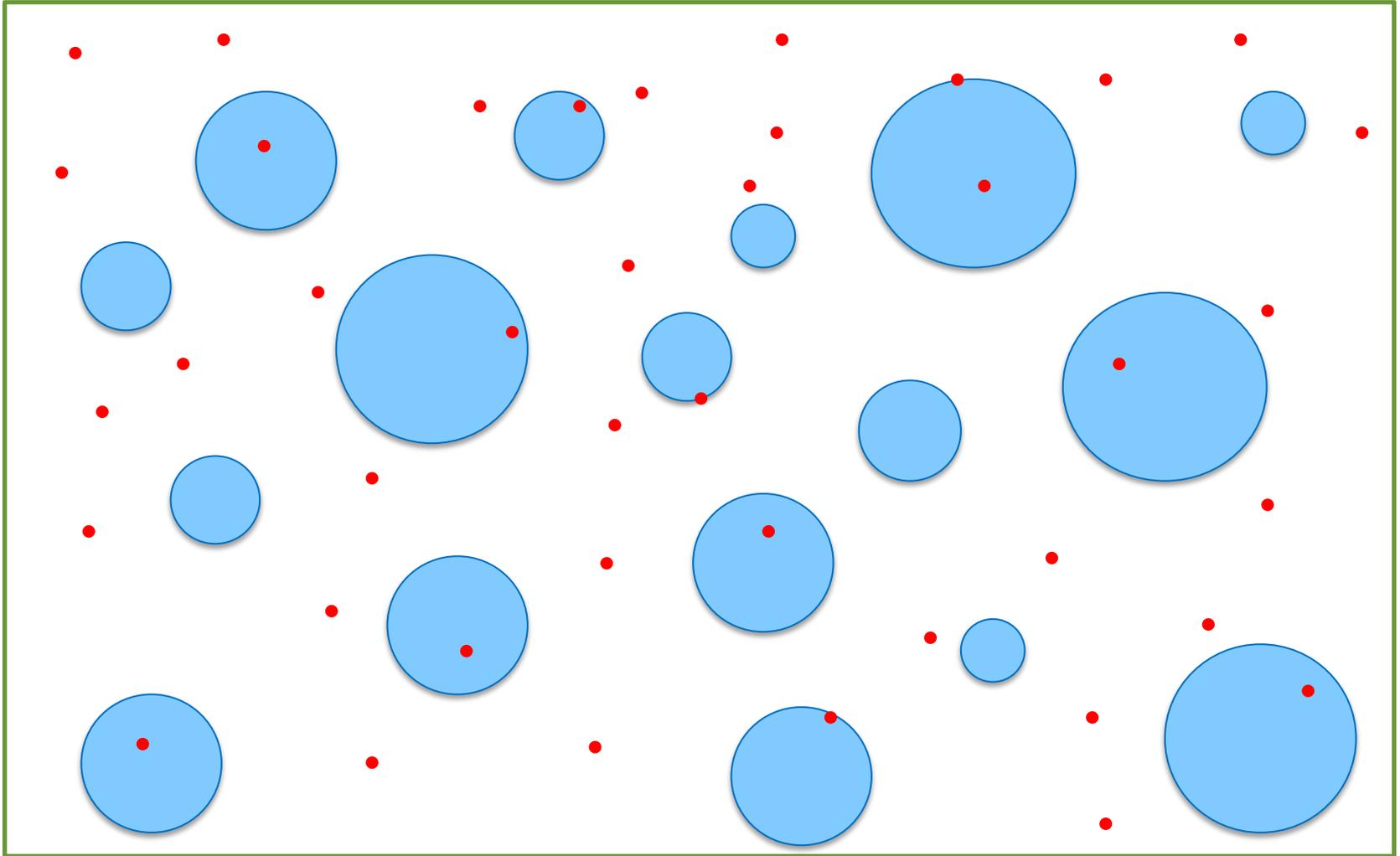
掛けた値がその林分の胸高断面積合計となる

例えば、定数4の視準器で覗いてカウント木が12本あれば、林分胸高断面積合計は $4 \times 12 = 48\text{m}^2/\text{ha}$ となる。



ポイントサンプリングの理論

林分胸高断面積のイメージ



面積 T の林分に n 個の点をランダムに落としたとき、 n_1 個の点が断面上(青丸内)に落ちたとすると、胸高断面積の期待値は、 $n_1/n * T$



林分胸高断面積はどうやれば求められるのか

ある林分を胸高位置で伐採して、上空から見おろすと、前図のような断面（青色部分）が見られるはず。その合計が林分胸高断面積である

ここで、面積 T の林分内に n 個の点をランダムにばらまいたとき、 n_1 個の点が断面上に落ちたとする

断面積の期待値 $E=n_1/n \times T$ （二項分布の期待値）

となって林分胸高断面積を「確率的に」求めることができる（コイン投げやさいころなど確率論の問題と同じ）

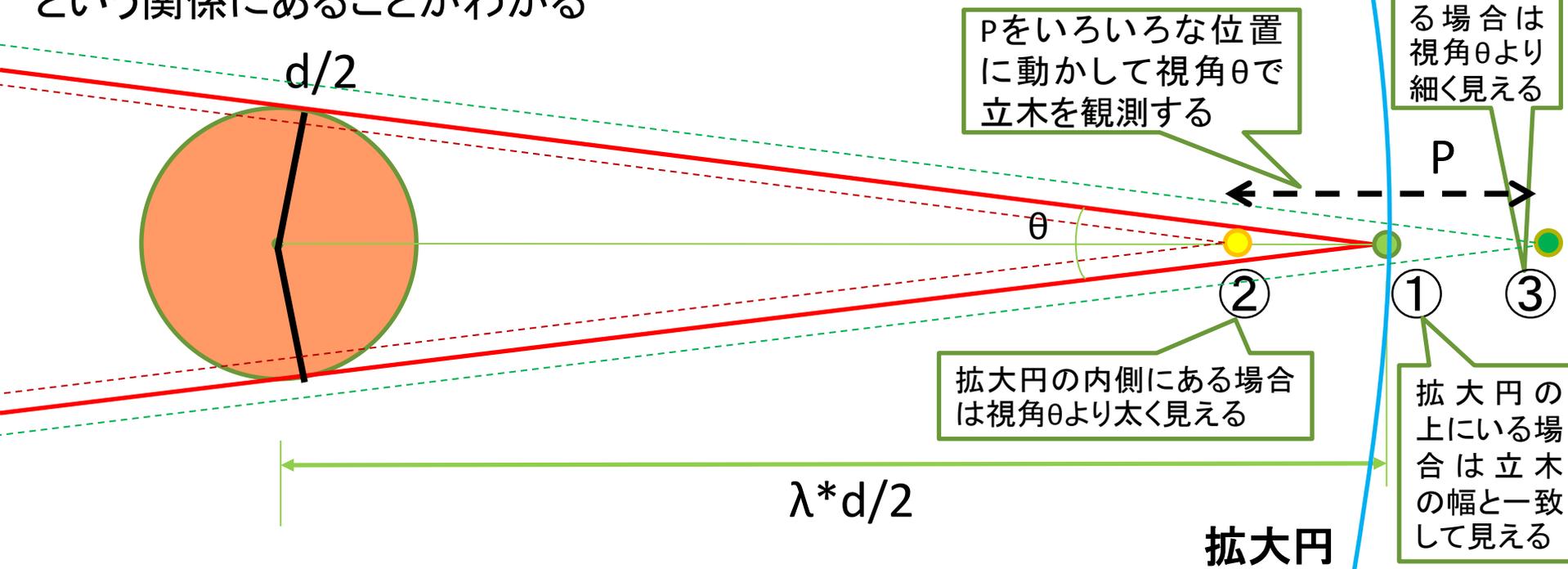
しかし、実際には林分内にこのような点をばらまいて調査することはできない

→ 「**拡大円**」の考え方の導入

拡大円の考え方

直径 d である立木の直径を λ 倍に拡大した円を考える(半径 $\lambda*d/2$ の円)
拡大円上の点 P に立ち、立木の胸高位置を立木の太さと一致する視角 θ で視準する。
ここで、いろいろな位置に P を動かして、同じ角度 θ で視準したとすると、

- ①立木の幅が視角 θ と一致して見える場合、 P は拡大円の上にある
 - ②立木の幅が視角 θ より大きく見える場合、 P は拡大円の内側にある
 - ③立木の幅が視角 θ より小さく見える場合、 P は拡大円の外側にある
- という関係にあることがわかる



拡大円の考えを用いた林分胸高断面面積の推定

ここで、林分内の立木の直径をすべて λ 倍に拡大したときの拡大円の断面面積合計 $\lambda^2 G$ を求めることを考える（ G は林分断面面積合計とする。直径を λ 倍したとき面積は λ^2 倍となる）

林分面積 T の林内にランダムに一つ点を落としたとき、その点が断面面積 g_i のある1本の立木の拡大円 $\lambda^2 g_i$ 内に含まれる確率： $\lambda^2 g_i / T$

これを林内の全立木について考えると、その期待値 E は：
 $E = \lambda^2 / T * \sum g_i = \lambda^2 / T * G$ となる（ g_i の林分合計は G ）

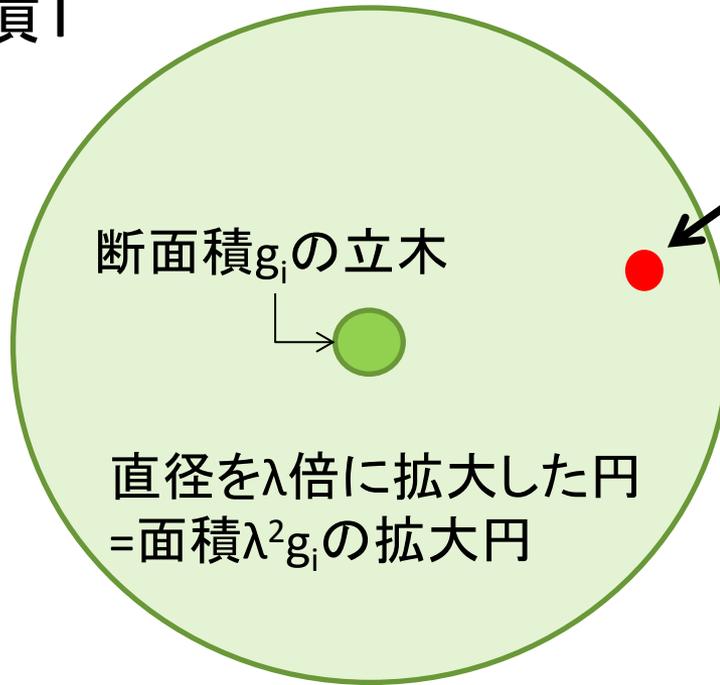
$$\therefore G = 1 / \lambda^2 * T * E$$

E は、ある点における拡大円の重なるの数の期待値ともいえる→よって拡大円の重なるの数をカウントすれば、胸高断面面積を確率的に推定することができる



拡大円の考えを用いた林分胸高断面面積の推計

林分面積 T



林分内にランダムに点を落としたとき、拡大円の中に入る確率は？

面積 T の林分にランダムに1点を落としたとき、ある立木(断面面積 g_i)の拡大円(面積 $\lambda^2 g_i$)の上に落ちる確率(期待値)は、 $\lambda^2 g_i / T$ となる。

これを林分内の全立木(n 本とする)に対して考えると、その期待値 E は $\lambda^2 g_1 / T + \lambda^2 g_2 / T + \dots + \lambda^2 g_n / T = \lambda^2 / T * \Sigma g_i$ となる。結局 E は、その点における全立木の拡大円の重なり数の期待値となる。 $\Sigma g_i = G$ であるので、 $E = \lambda^2 G / T$ となる

拡大円の重なるの数はどのようにして求めるか？

ある点から一定の視角で周囲を見回したとき、立木の幅がその視角の幅より大きければ、その立木の拡大円が含まれていると判断できる。

→一定の視角の幅で立木を観察できるような装置を作成すればよい

ha当たりで考えると、

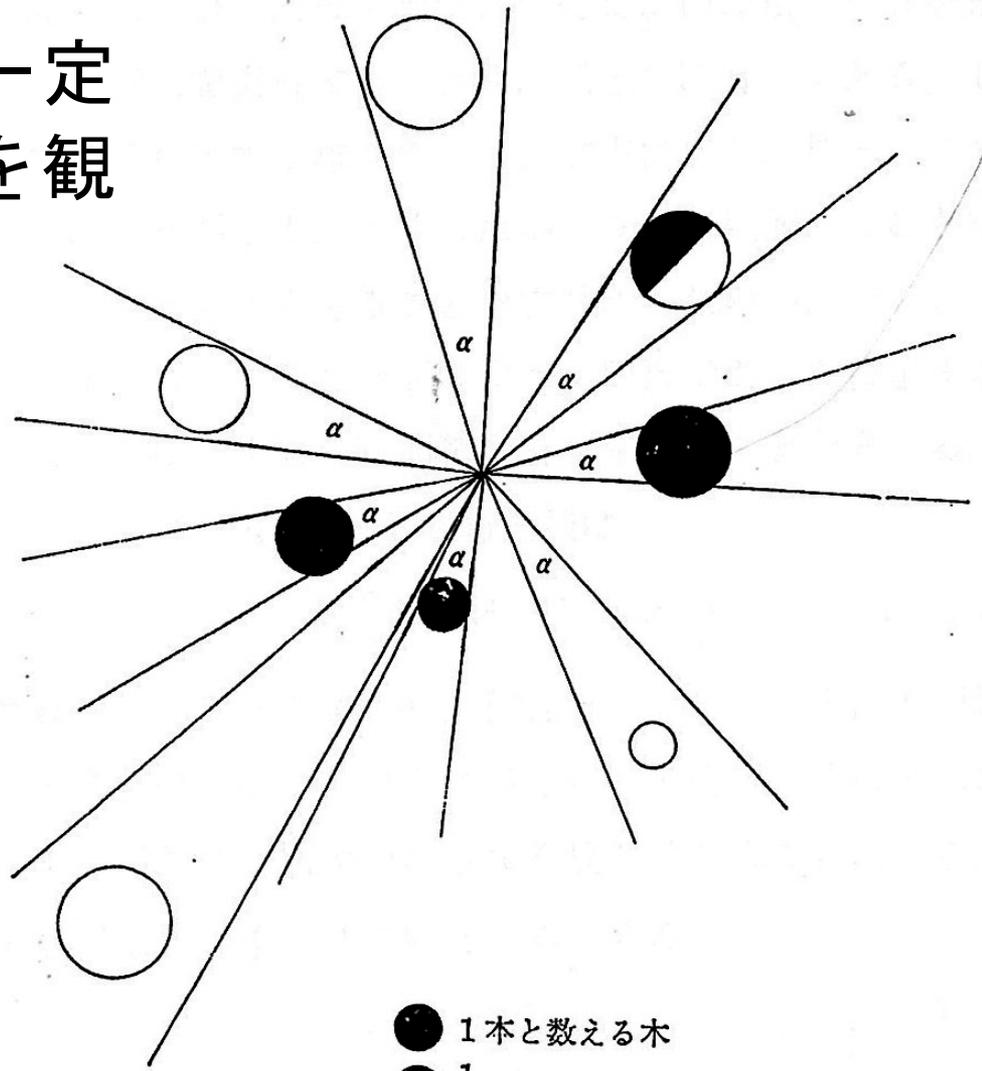
$$G = 1 / \lambda^2 * T * E = 10,000 / \lambda^2 * E$$

ここで、 $k = 10,000 / \lambda^2$ とすると、 $G = k * E$

k を胸高断面積定数という

拡大円の大きさを大きくすればするほど、 k の値は小さくなる。つまり、 k の値が小さいほど、視準点に含まれる拡大円の数が多くなる（理論的な精度は高くなる）

林内の1点から一定の視角で周囲を観測するイメージ



- 1本と数える木
- ◐ $\frac{1}{2}$ と数える木
- 数えない木

(南雲・箕輪「測樹学」p100)



拡大円の重なりを判定する視準器の概念

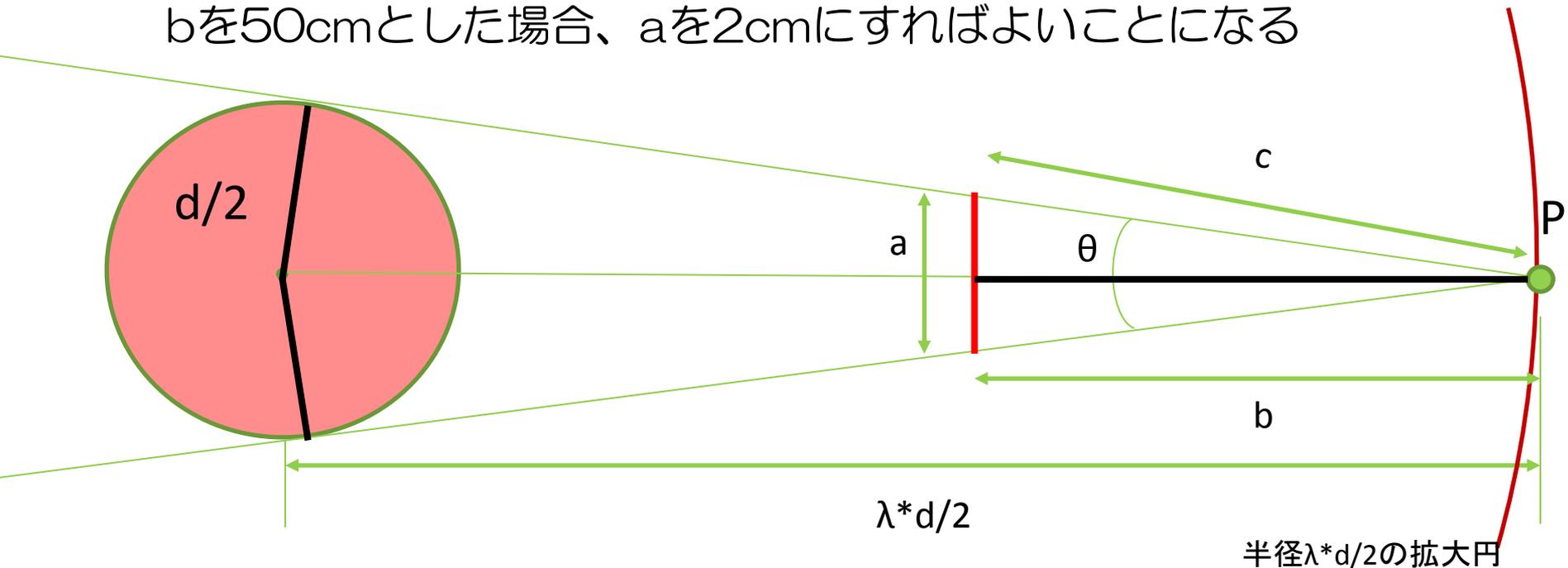
視角 θ に合わせて、長さ b 、幅 a の視準器を作って、Pから立木を視準し、幅 a 以上あればPが拡大円内に含まれると判定できる

ここで b が a に対して十分大きいとき、 $c \doteq b$

$\sin(\theta/2) = 1/\lambda = a/2c \doteq a/2b$ であるから、 $a = 2b/\lambda$

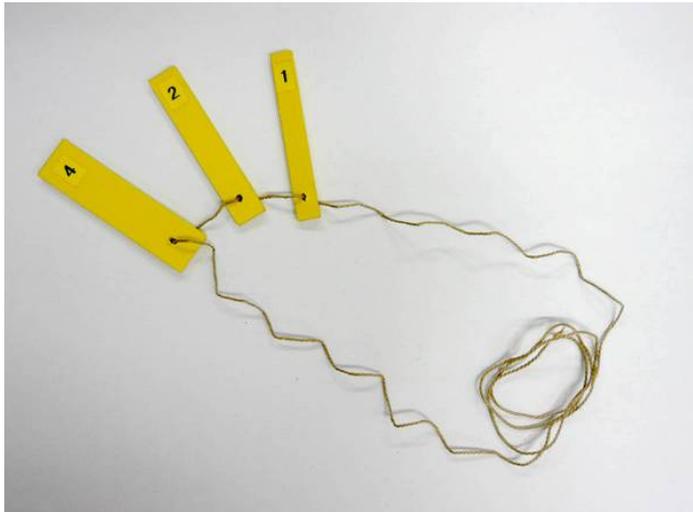
$k = 10000/\lambda^2$ とすると、 $k = 4$ のとき、 $\lambda = 50$ であるから、

b を50cmとした場合、 a を2cmにすればよいことになる



ポイントサンプリングを行うための道具

各種の視準器



自作の簡易レラスコープ



シュピーゲル・レラスコープ*



プリズム*

(*forestry suppliers ホームページより)

ポイントサンプリングを行うための道具

ポイントサンプリングの理論を応用した簡易計測器（おみとおし）
傾斜補正機能つき

本数	7	8	9	10	11	12	13	14
10	143	160	180	200	220	240	260	280
12	188	192	218	240	264	288	312	336
14	196	224	252	280	308	336	364	392
16	224	256	288	320	352	384	416	448
18	252	288	324	360	396	432	468	504
20	280	320	360	400	440	480	520	560
22	308	352	396	440	484	528	572	616
24	336	384	432	480	528	576	624	672
26	364	416	468	520	572	624	676	728

(注) 目からの距離40m、計算式：本数×樹高×2

おみとおし
—スギ・ヒノキタイプ用(K=4)—
(社) 日本森林技術協会

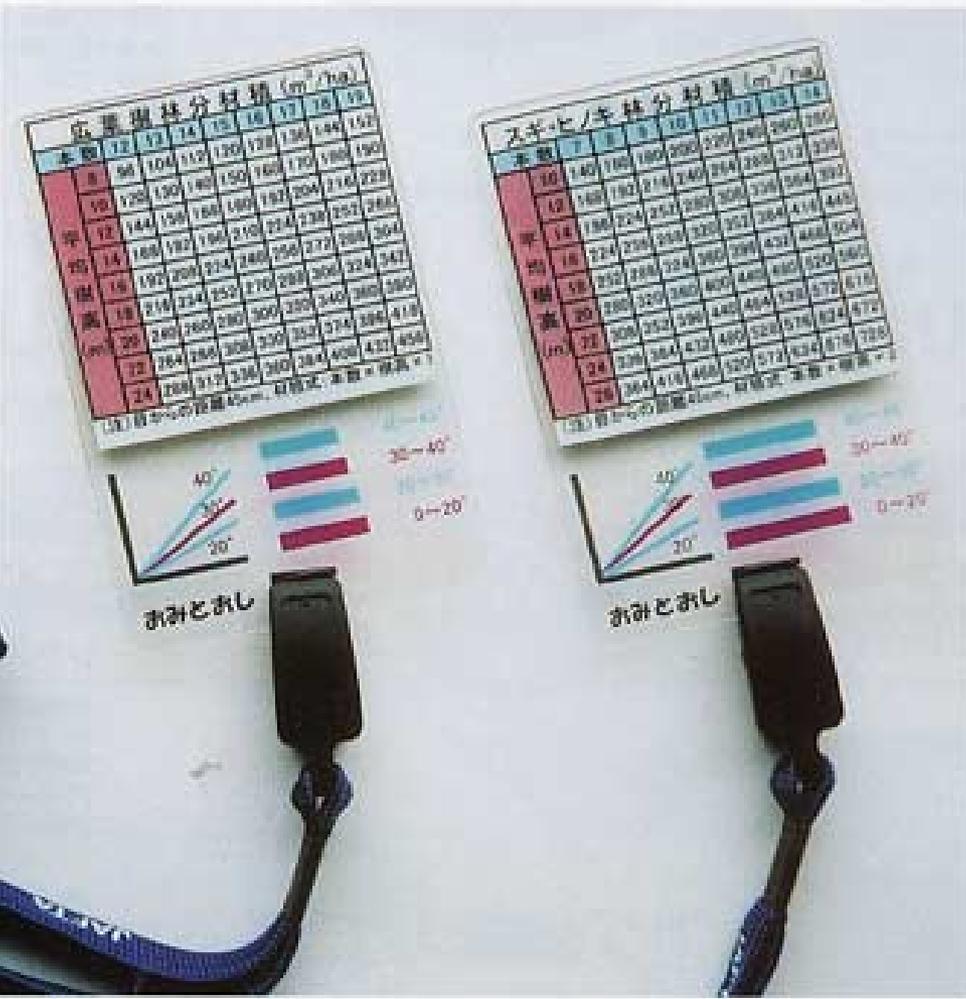
登山などの広葉樹林等で使用する際は、別途販売している「おみとおし(広葉樹タイプ用k=2)」をご利用ください。

針葉	100	200	300	400	500	600
針葉積	34	68	102	136	170	204
広葉積	57	114	171	228	285	342

(注) 日本人一人あたりに換算した二酸化炭素の総排出量は約0.9t/人・年です。

「おみとおし」の表面

「おみとおし」の裏面



胸高断面積定数 k の選択

$k=1$ 、 2 、 4 が使われることが多い。

どの胸高断面積定数を選べばよいか？

$k=10000/\lambda^2$ であるので、 k が小さいほど、拡大円の拡大率が大きく、拡大円がカウントされる確率が高くなる

→理論的な精度は向上するが、カウント木の数が多くなることによる負担増。また、視準点から遠い木は見落とされることが多いので思ったより精度が上がらない可能性

ポイントサンプリング法の目的：フィールド調査における能率向上と負担軽減を目的とした方法

精度と能率向上のトレードオフを意識する必要

10~30本程度のカウント木が得られることを目安に k を選択する

ポイントサンプリングにより導かれるデータ

林分胸高断面積: $G = \frac{T}{\lambda^2} \sum_i g_i = kE(x)$

直径dの立木のhaあたり本数: $N = k \sum \frac{1}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = kE(y)$

林分の平均断面積: $\bar{g} = \frac{G}{N} = \frac{kE(x)}{kE(y)} = \frac{E(x)}{E(y)}$

断面積の分散: $\sigma^2 = \frac{1}{N} \left\{ \sum_i^N g_i^2 - \frac{\left(\sum_i^N g_i \right)^2}{N} \right\} = \frac{E(z)}{E(y)} - \left\{ \frac{E(z)}{E(y)} \right\}^2$

ポイントサンプリングの精度

林分の立木がランダムに分布していると仮定したときの、推定精度の目安として、林分内の全立木の重なりの数 X の変動係数を計算すると、

$$C_x \doteq \sqrt{k/G}$$

と表される。すなわち、林分胸高断面積 G の大きさの平方根に反比例し、断面積定数 k の平方根に比例する。すなわち、 G が大であればばらつきは小さく、 k が大であれば、ばらつきが大きくなる。

ポイントサンプリングに必要なプロット数

能率を考慮した場合のhaあたり標本数としては、下記のような目安が示されている

均一な壮齡林：5

均一な老齡林：6

疎な壮齡林：8

老齡な天然林：6

(南雲・箕輪「測樹学」p106)

ポイントサンプリングによる材積の推計方法 1

林分胸高断面積合計がわかったときの林分材積の計算方法

①林分材積公式による方法

$$V = a + bGH \quad (a,bは定数)$$

あらかじめパラメータa,bが決定されている必要があり、情報のない地域では適用できない

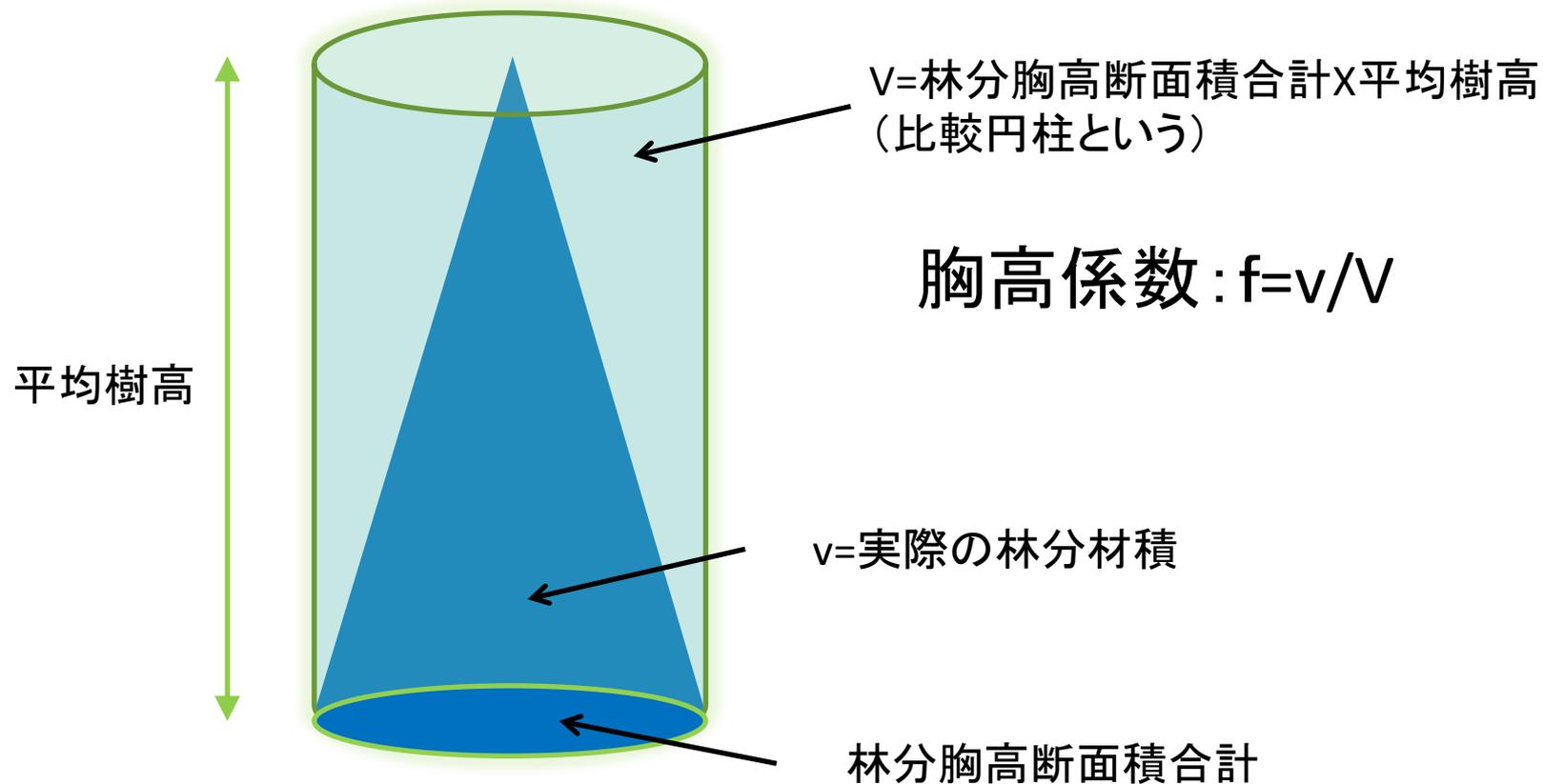
②胸高形数による方法

$$V = G \times H \times f$$

林分材積=胸高断面積合計×平均樹高×胸高係数
樹高は測定点付近の樹高を数本実測し平均する

胸高形数（f）とは？

胸高断面を底面とし林分樹高に等しい仮想的な円柱と林分幹材積の比



ポイントサンプリングによる材積の推計方法2

林分胸高断面積合計がわかったときの林分材積の計算方法

③至近木法

$$V = N \bar{v} = \frac{\bar{v}}{g} G$$

点の至近の3～5本の胸高直径、樹高を実測し、 \bar{v} 、 \bar{g} を計算する。
樹高の計算には、樹高曲線を用いるとよい

④カウント木法

立木のカウントと同時に胸高直径（及び樹高）を計測し、単木材積と直径階別のヘクターあたり本数より林分材積を計算

カウント木法について

カウントされたすべての立木の直径、樹高を測定しておく。

ある直径 $d(m)$ の立木が1本カウントされたとすると、同じ直径の立木のヘクタール当たり本数は下記により計算される。

$$N = k \sum \frac{1}{\pi \left(\frac{d}{2} \right)^2}$$

$10,000 / \{(25d)^2 * \pi\}$ (断面積定数4の場合)

直径階別に見ると、 k に応じて必然的にその直径階における本数が決定される(基準本数という)

カウントした立木の直径階別本数に基準本数を掛けて合計すれば、ヘクタール当たりの立木本数となる

材積は、材積表もしくは材積式より当てはめる

カウント木法の実施

調査結果の事例 (k=4)

1変数材積式を使用（樹高も必要な場合は、樹高曲線にあてはめる）。
材積式が樹種別に分かれている場合は、樹種別に計算する

直径階	基準本数	測定本数	Ha当り本数	単木材積	Ha当り材積
14	259.8	1	260	0.0886	23.0
16	198.9	2	398	0.1462	58.2
18	157.2		0	0.2108	0
20	127.3	4	509	0.2830	144.0
22	105.2	2	210	0.3628	76.2
24	88.4	1	88	0.4503	39.6
計		10	1,465		341.0

- VertexのAngle機能を用いることにより、高精度にカウント木法を実施することができる
- 特徴
 - 通常のポイントサンプリングを行う際の補助として利用する
 - 下層植生が混み合った森林等で視準が困難な場合に効果的
 - 斜距離補正をする必要がない
 - カウントすべきか迷う樹木の胸高位置にトランスポンダーを置き、Angleモードで計測するだけで、その場所でのカウントすべき最小胸高直径が表示される（斜距離補正は自動的になされる）
 - 対象木の胸高直径を計測し、上記値よりも大であればカウントし、小さければカウントしない。ミリ単位で直径が一致したときに0.5カウントとなる

バーテックスを用いたカウント木法

➤ 準備

- VertexのSetupモードで、BAF（胸高断面積定数）をいくつにするか選択（0.5～9が選択可能）
- 測定モードをAngleにする

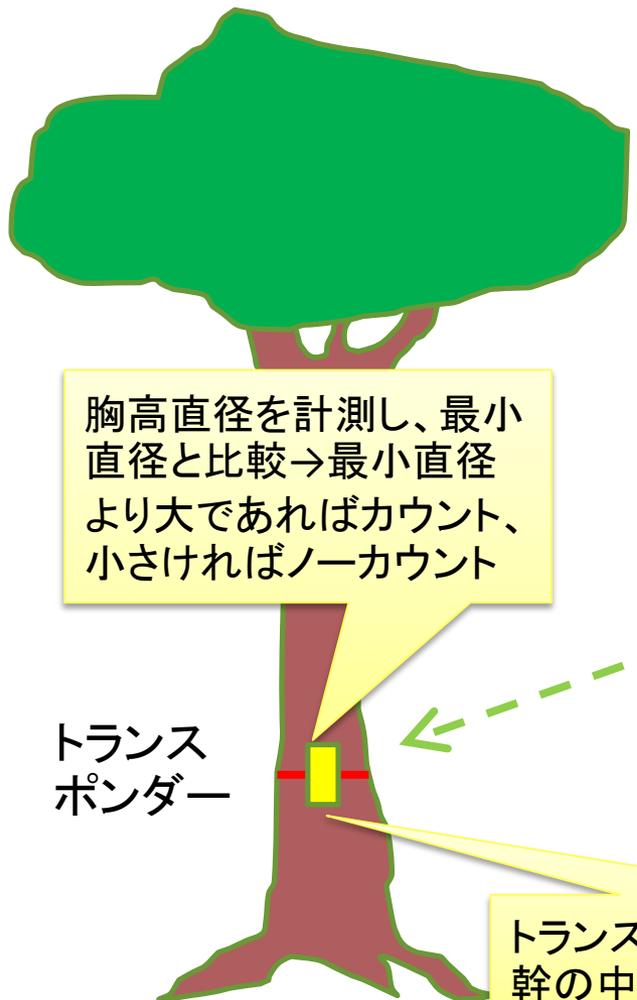
➤ 実施

- 設定した定数の簡易レラスコープを用いて通常のカウント木法を実施する
- 判断に迷う木がある場合、胸高位置にトランスポンダーを置き（正確には前面では無く、幹の中心に平行な横位置に置く）
- Angleモードで計測する。赤い十字が消えるまでONボタンを長押し（ピー音）。DME（左矢印）ボタンを押すと、トランスポンダーまでの斜距離と選択した定数に対応した最小胸高直径が表示される（ ϕ で示されているのが最小直径）
- 対象木の胸高直径を計測し、Vertexの値と比較
- 対象木のDBH > Vertexの値 → カウントする
- 対象木のDBH < Vertexの値 → カウントしない
- 対象木のDBH = Vertexの値 → 0.5本（ミリレベルで一致した場合）

➤ 注意

- 傾斜地では測帯が狭くなるので、細めの木もカウントする（3割以上細い木はカウントしなくてよい） → 最大傾斜を45度とし、その際の最小測帯幅の目印を付けておくと良いかもしれない（ $k=4$ の場合、 $\sqrt{2}/2$ を乗じると $k=2$ と同じになる）

バーテックスを用いたカウント木法



カウントするかしないかが微妙な木についてバーテックスで確認する
傾斜地の場合は、測帯が狭くなるので細めの木も確認する

胸高直径を計測し、最小直径と比較→最小直径より大であればカウント、小さければノーカウント

トランスポンダー

トランスポンダーは、幹の手前ではなく、幹の中心位置と平行の胸高位置に置く

バーテックス本体

ANGLEモードで、赤十字が消えるまでONボタンを長押し。
DMEボタンで斜距離と最小直径が表示される
ONを2回押すとANGLEモードに戻る

➤ 視準不能木の問題

- 太い立木の背後にある木は測定から漏れる（→太い木があるときは要確認）
- 遠くにある極端に太い木は、視準できずカウント漏れとなる可能性が高い（ k が小さいほど見落とし率は高くなる）

➤ 傾斜補正

- 傾斜地では測定値に傾斜補正係数を掛けるか、傾斜補正に対応した視準器を使用する必要がある（バーテックス法では不要）

➤ 能率と精度のトレードオフ

- k を小さくする、点を多くとる、カウント木法を採用する等、精度を上げようとするれば能率が低下する。

ポイントサンプリング調査シート ver1.2

調査プロットに関する情報

調査プロットID	林班名	小班名	調査日	調査開始時刻	調査終了時刻
樹種	林齢	林種(人天)	林床植生 ササ・シダ・灌木・他	林床植生高 m	林床被覆率 %
現況優占樹種	現況林齢	現況林種	ギャップ 有・無	人工物 道路・他(攪乱の痕跡 無・有(

位置情報 (調査プロット中心)				樹冠率	
緯度	経度		<input type="checkbox"/> 0 - 25 % <input type="checkbox"/> 25 - 50 % <input type="checkbox"/> 50 - 75 % <input type="checkbox"/> 75 - 100 %		
地形情報					
斜面方位	傾斜角	地形の特徴			

写真撮影 チェック	北 <input type="checkbox"/> 東 <input type="checkbox"/> 南 <input type="checkbox"/> 西 <input type="checkbox"/> 天頂 <input type="checkbox"/> 斜面右上 <input type="checkbox"/> 斜面上 <input type="checkbox"/> 斜面左上 <input type="checkbox"/> 他特徴(
--------------	---

立木位置(最大樹高の位置を GPS 計測)					
No.	緯度		経度		

立木調査															
胸高断面積係数(BAF)								枯損木にはチェック「レ」を入れる 枯損木の樹型の記載は(樹型保っている=O、主幹のみ=xとする)							
No.	か う ト	樹種	DBH (cm)	樹高 (m)	枯 損	樹 型	備考	No.	か う ト	樹種	DBH (cm)	樹高 (m)	枯 損	樹 型	備考
1								21							
2								22							
3								23							
4								24							
5								25							
6								26							
7								27							
8								28							
9								29							
10								30							
11								31							
12								32							
13								33							
14								34							
15								35							
16								36							
17								37							
18								38							
19								39							
20								40							

様式1-1 調査プロット到達経路情報

格子点ID				調査年月日				天気			
調査点種別	通常	一般	1:特殊 2:河畔林 3:衰退 4:攪乱 5:その他 (1:民回廊 2:混交林化 3:高齢級)								
	特定	項目別									
現地調査実施者 元請責任者ではなく、現地調査を実施した全員	所属	氏名			主査・植生・直径・樹高						
	所属	氏名			主査・植生・直径・樹高						
	所属	氏名			主査・植生・直径・樹高						
	所属	氏名			主査・植生・直径・樹高						

1 到達目標

座標 (世界測地系) 前回調査野帳から書き写し	N: 度 分 秒	E: 度 分 秒
	前回調査時の GPS 計測中心杭位置 ・ 計画格子点 ・ 項目別新規	

2 到達情報 写真番号は「様式1-3」、留意事項は「様式1-2」と一致させる

留意事項 様式1-2に図示	鍵の有無 (有の場合は所有者名及び連絡先)、近隣挨拶の必要性 (地区長等への連絡) 等				
GPS 機種					
経路/ 車道名など	座標 (世界測地系) (分、秒は小数点表記でもよい) / GPS 補正機能			写真番号	
	N: 度 分 秒	E: 度 分 秒			
駐車位置	なし ・ 海保ビームコン ・ MSAS ・ GLONASS ・ 平均化 ・ 後補正				
	N: 度 分 秒	E: 度 分 秒			
時刻 24 時式	1 日目	行駐車 :	杭到着 :	調査了 :	帰駐車 :
	2 日目	行駐車 :	杭到着 :	調査了 :	帰駐車 :

- ・ GPS の補正機能は、実際に使用した機能を選ぶ (ビーコンを受信する機能があっても、計測時に受信できなかった場合は選ばない)。複数の機能を組み合わせることが望ましく、使用した全ての機能を記入する。
- ・ 1 地点の調査が 2 日にまたがる場合、2 日目の行駐車から帰駐車までの時刻を「2 日目」の欄に記入する。

3 調査プロットの基本情報

中心杭 位置座標 世界測地系	到達不可能または非森林の場合は記入しない			
	N: 度 分 秒	E: 度 分 秒		
調査の 継続状況	継続調査 ・ 到達不可能 (下欄記載、状況写真撮影) ・ 新規 (森林外から森林へ変化など)			
	再設定 [理由: 発見困難 ・ 杭の移動 詳細内容 { }] 非森林 (農地、人工改変地などに变化した場合。状況写真を撮影。伐採跡地は継続調査。)			
到達不可能 理由 状況写真撮影プロ ット調査を実施で きる場合、非森林 の場合は記入しな い	a: 調査定点が地形的に通常的手段で到達できないところに所在			
	b: 法的規制による立ち入り禁止、c: 現状で到達不可能だが、今後の再確認が必要 d: 一時的に到達経路等が不通または危険な状況が発生、e: その他 x: 所有者の了解が得られない (詳細内容 (※a~x の各選択肢にかかる詳細内容を記述))			

様式1-3 調査プロット到達経路情報 (写真)

格子点ID	調査年月日	
		枚中 枚目

写真番号：

※1 写真の1枚目は、調査当日の調査員の装備等が分かる集合写真とする

※2 様式1-1、2到達情報の写真番号と一致させること

写真貼付

写真番号：

写真貼付

写真番号：

写真貼付

様式2-1 調査プロット情報

格子点ID		調査年月日	
-------	--	-------	--

1 地形概況

斜面方位 大地形		斜面傾斜 大地形	度
局所地形	平坦地 ・ 平坦尾根 ・ やせ尾根 ・ 山腹凸斜面 ・ 山腹凹斜面 山腹平衡斜面 ・ 山脚侵蝕面 ・ 山脚堆積面 ・ 崖錐		

※ 斜面方位は斜面下方の方位を8方位で記載、大地形に基づく斜面方位とする。
 ※ 斜面傾斜は斜面方位の方向を計測。前回を書き写さず、毎回計測する。

2 プロットの半径

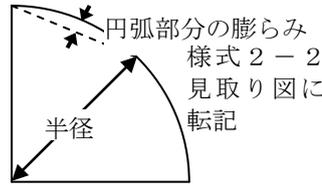
最大傾斜	継続 (プロット設定時の野帳から書き写し)	度
	新規設定・再設定の場合	度



最大傾斜 (°)	半径【斜距離】 (m)			円弧部分の膨らみ (m)
	小円	中円	大円	
0 ~ 2	5.64	11.28	17.84	1.36
3 ~ 7	5.65	11.31	17.88	1.36
8 ~ 12	5.69	11.37	17.98	1.37
13 ~ 17	5.74	11.48	18.15	1.38
18 ~ 22	5.82	11.64	18.40	1.40
23 ~ 27	5.93	11.85	18.74	1.43
28 ~ 32	6.06	12.13	19.17	1.46
33 ~ 37	6.23	12.47	19.71	1.50
38 ~ 42	6.45	12.89	20.38	1.55
43 ~ 47	6.71	13.42	21.22	1.62
48 ~ 52	7.04	14.07	22.25	1.69

※ 最大傾斜に基づき右表の半径を適応する。
 (8方位とも同距離)

※ 中心杭、円周杭は現杭が5年後まで保存不可能と判断されれば更新する。更新する際は、槌等で確実に新杭を打設すること、必ず現杭を回収廃棄すること。



3 林分占有率 【調査プロット情報(見取り図)】(様式2-2)より

分割	優占種 土地区分	占有率 (%)		
		小円部	中円 ドーナツ	大円 ドーナツ
森林	林分1			
	林分2			
	林分3			
	林分4			
	林分5			
森林以外				
合計		100	100	100

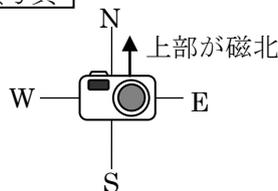
様式2-2における林分占有率の数え方(例)
 小円(+)
20点、中円ドーナツ(x)
60点、大円ドーナツ(+)
120点分布

林分1における小円内の+が5個
 $= 5 \div 20 = 25\%$
 林分2 = 75%
 林分1における中円のxが20個
 $= 20 \div 60 = 33\%$
 林分2 = 67%
 林分1における大円の+が58個
 $= 58 \div 120 = 48\%$
 林分2 = 52%

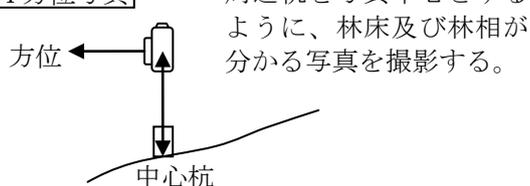
4 写真撮影確認

天頂	磁北	磁東	磁南	磁西

天頂写真



4方位写真

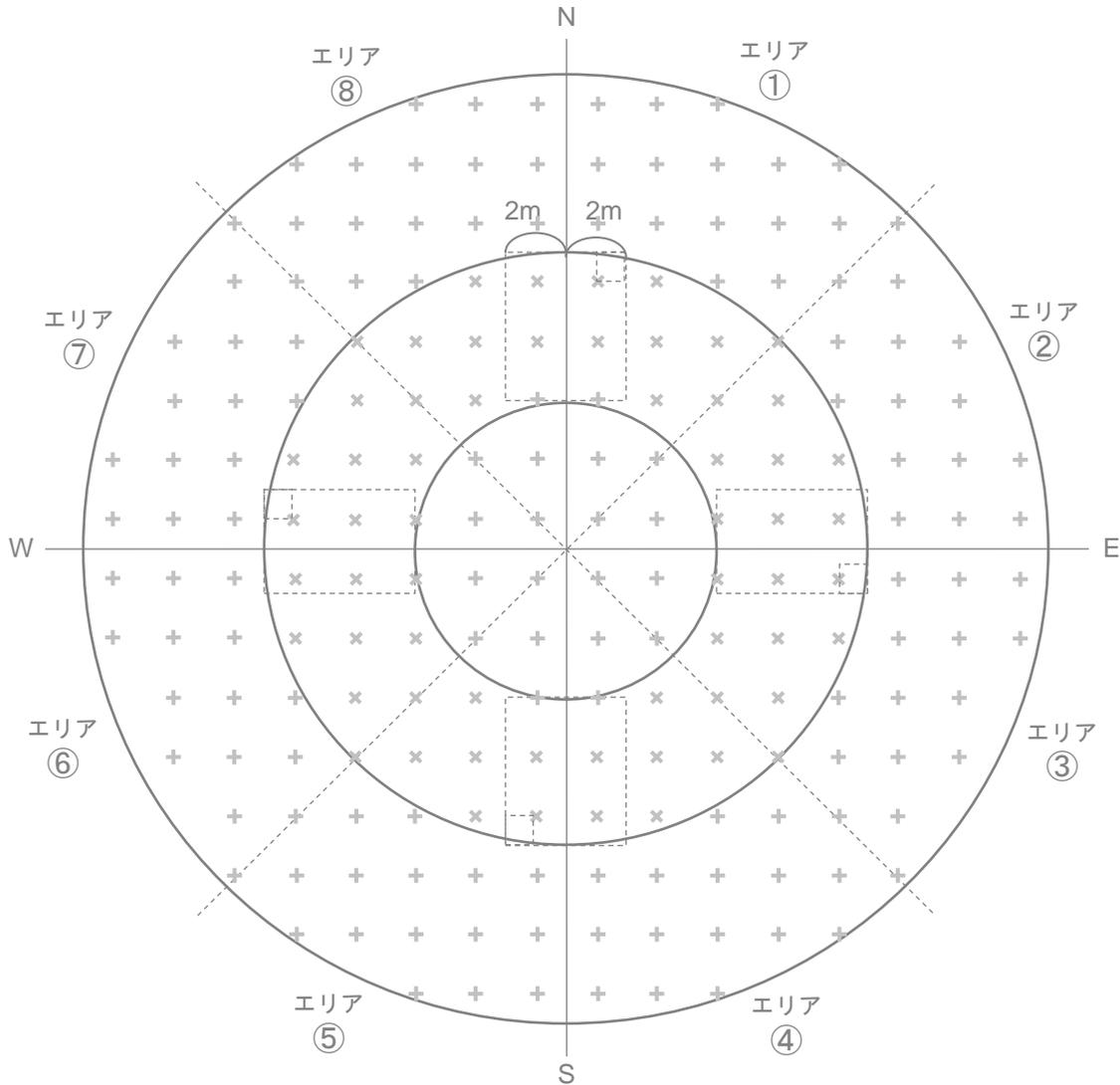


様式2-2

調査プロット情報（見取り図）

格子点 I D	調査年月日

円周部の立木の見落としが無いよう、円周部の膨らみに注意。（様式2-1表を参照）



見取り図へ記載する内容

1. **林分分割**の必要があれば、林分位置を記入する。（基準は下表参照）
2. 対象とした**植生調査区**を実線で囲う。原則として、対角に位置する2植生調査区（原則N区、S区）を対象。
3. 林分分割や非森林には関わらなくとも、林道、作業道、歩道、堰堤等構造物、沢、岩場・崖、地形が急に変化する地点など**プロット概況の把握に必要な地物**を記入する。
4. 立木調査により立木番号を付した立木（胸高直径18.0cm以上、樹高を測定した標準木）の**立木位置**を記入する。
5. 実生調査を実施する場合は、**実生コドラート**（1m×1m）を植生調査区の中円側、中心から見て直角に設置し、実線で囲う。

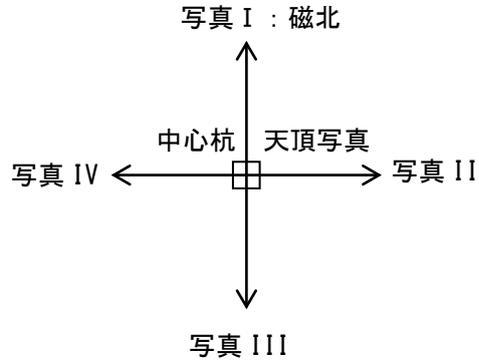
有無	分割の基準
分割あり	<ul style="list-style-type: none"> ・ 樹種構成が大きく異なる ・ 林齢が大きく異なる（およそ10年以上）
非森林区域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査プロット内に森林以外の土地が含まれる場合は、区分する ・ 林道、法面、畑、建物敷など
分割なし	<ul style="list-style-type: none"> ・ 林相が異なっても、変化の幅があり、その幅が概ね10m以上ある ・ プロット内に上層木の消失により生じたギャップが含まれている場合（自然要因か人為的要因かは問わない、列状間伐、風倒木など）、分ける必要はない ・ 林道（非森林に区分）などによって分割されているが、分割ありの条件に該当しない場合 ・ 複数の小班をまたぐが、分割ありの条件に該当しない場合

点格子：小円（+）20点、中円ドーナツ（x）60点、大円ドーナツ（+）120点分布

様式2-3

調査プロット情報（写真1）

格子点ID	調査年月日



- ※ 中心杭位置から磁北を上として天頂を撮影し、下の貼付欄へ貼り付けること。
- ※ 格子点を中心として東西南北方向に各1枚写真を撮影し、北方向の一枚については下の貼付欄へ、東西南方向については、様式2-4に貼り付けること。
- ※ 方位については、全てコンパスによる測定で確認する。
- ※ 撮影方向が手前の幹などでさえぎられる場合、避けて撮影してもよい。

調査点天頂写真
(天頂方向)

写真貼付

調査点写真 I
(磁北方向に撮影)

写真貼付

様式2-4

調査プロット情報 (写真2)

格子点ID	調査年月日

調査点写真 II
(磁東方向に撮影)

写真貼付

調査点写真 III
(磁南方向に撮影)

写真貼付

調査点写真 IV
(磁西方向に撮影)

写真貼付

様式3-1

立木調査表

全	枚中	枚目
格子点ID		林分番号
調査年月日		調査区画
小中大		

胸高直径：小円 1.0cm 以上、中円 5.0cm 以上、大円 18.0cm 以上 樹高：分割の場合林分ごとに 20 本以上
 小径木が密生している場合、小円 1/4 内を通常通り調査し、5cm 未満 30 本以上あれば残りの 3/4 内 5cm 未満
 立木は省略可能。ただし、小円内 5cm 以上の立木は省略してはならない。

1/4 調査		実施 <input type="checkbox"/> () 原則 N-E		ナンバーテープ色等												
ナンバーテープ等 立木番号		樹種	小数第 1 位まで計測			枯 損	空 洞 裂 や 先 折 れ	洞 傷 二 折 れ	幹 折 れ ノ 色 食	折 れ ノ 葉 食	剥 皮 枝 葉 食	獸 害 種	株 ノ 二 又	根 曲 ノ 斜 立	備考	エ リ ア ① ⑤ ⑧
新	旧		胸高直径 cm	樹高 m 20 本以上	地上 20cm 直径 cm 5 本											
1						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
2						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
3						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
4						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
5						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
6						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
7						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
8						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
9						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
10						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
11						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
12						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
13						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
14						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
15						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
16						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
17						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
18						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
19						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
20						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
21						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
22						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
23						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
24						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
25						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
26						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
27						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
28						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
29						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			
30						枯	洞	裂	折	剥	洞	株	根			

立木調査総括表

格子点ID	調査年月日

枚中	枚目

1 林分構成（現地確認）

林分1 (4)	優占樹種				
	林分発達段階	人工更新（植栽、播種） ・ 天然更新（施業あり） ・ 天然更新（施業なし）			
	初期	若齢	成熟	老齢	攪乱
	・ 林冠強度閉鎖、下層植生乏しい		・ 樹冠に隙間、草本層・低木層発達	・ 階層構造、ギャップ、大径枯損・倒木	・ 強度間伐、中～大規模被害など
植被率	高木層	%	亜高木層	%	
施業形跡 (5年以内)	なし・伐根・伐倒木・末木枝条・枝打痕・下刈跡・植栽・補植 人工播種・天然更新補助作業（地かき等）・その他（ ）				
林分2 (5)	優占樹種				
	林分発達段階	人工・天然(施業あり)・天然(施業なし)		初期・若齢・成熟・老齢・攪乱	
	植被率	高木層	%	亜高木層	%
	施業形跡 (5年以内)	なし・伐根・伐倒木・末木枝条・枝打痕・下刈跡・植栽・補植 人工播種・天然更新補助作業（地かき等）・その他（ ）			
林分3	優占樹種				
	林分発達段階	人工・天然(施業あり)・天然(施業なし)		初期・若齢・成熟・老齢・攪乱	
	植被率	高木層	%	亜高木層	%
	施業形跡 (5年以内)	なし・伐根・伐倒木・末木枝条・枝打痕・下刈跡・植栽・補植 人工播種・天然更新補助作業（地かき等）・その他（ ）			

2 プロットに関する特記事項（複数回答）

立木調査において枯損、損傷・異常が多く発生した場合は、特に注意して要因を確認し、記入する。被害種が不明な場合は、「その他」に「不明」と記入する。被害「なし」とした場合は、自然枯損とみなされる。

被害情報	病虫害	なし・あり〔松くい虫(マツ材線虫病) ・ ナラ枯損 ・ スギカミキリ カラマツ先枯病 ・ カイガラムシ ・ その他（ ）〕
	気象害等	なし・あり〔風害 ・ 雪害 ・ 凍害 ・ 落雷 ・ 水害 ・ 火災 その他（ ）〕
動物情報	シカ	なし・あり〔剥皮・食痕・糞・足跡・体毛・ブラウジングライン その他（ ）〕
	カモシカ	なし・あり〔剥皮・食痕・糞・足跡・体毛・その他（ ）〕
	クマ	なし・あり〔剥皮・食痕・糞・足跡・体毛・その他（ ）〕
	イノシシ	なし・あり〔剥皮・食痕・糞・足跡・体毛・その他（ ）〕
	ノウサギ	なし・あり〔剥皮・食痕・糞・足跡・体毛・その他（ ）〕
	サル	なし・あり〔剥皮・食痕・糞・その他（ ）〕
	ノネズミ	なし・あり〔剥皮・食痕・糞・その他（ ）〕
その他 (被害以外も可)	動物種（ ） 〔剥皮・食痕・糞・足跡・目撃・鳴声・その他（ ）〕	
その他		

様式5

倒木調査表

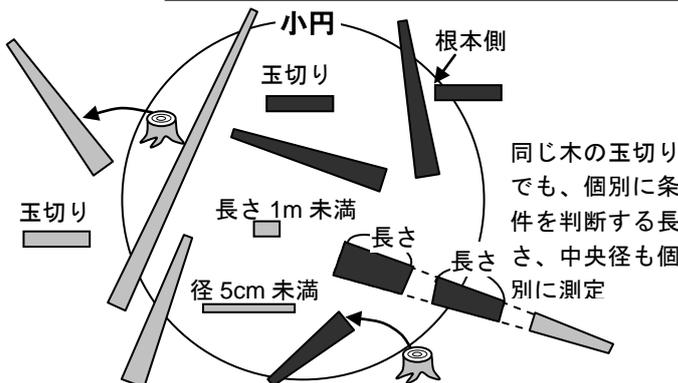
格子点ID	プロット
	特定調査プロットのみ（一般調査点、項目別調査点の項目1~3の格子点ID末尾が0または5及び、項目別調査点の項目4（伐採跡地、自然災害）全て）
倒木有無	あり なし

通し番号	小数第1位まで計測		原因		腐朽度	備考
	中央径 cm	長さ m	人為	自然		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

通し番号	小数第1位まで計測		原因		腐朽度	備考
	中央径 cm	長さ m	人為	自然		
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						

- 調査対象
- 調査対象外

【原則】小円内に根元側がある倒木で、中央径が5.0cm以上、かつ長さが1m以上のものを対象とする。



腐朽度	状態
木本	0 枯死直後。枝にはまだ葉がついている。
	1 形成層のみ腐朽。大枝は残っている。
	2 辺材が腐朽。大枝は残っている。
	3 心材も腐朽。幹のみの状態。
	4 辺材が消失。心材のみが残っている。
5 材の原形をとどめていない。	
タケ	タケ 1 倒れており地表にあるがまだ硬さを保っている程
	タケ 2 足で踏むと簡単に割れる程度に程が腐っているもの

様式6

下層植生及び土壌侵食調査表

格子点ID	調査年月日	担当者

対象とする植生調査区を「様式2-2調査プロット情報(見取り図)」に記入する。

- ※ 全域が森林の植生調査区のみを対象とする。
- ※ 原則N区とS区のペア、次にE区とW区のペア、次にいずれか2箇所。
- ※ 植被率は植生調査区内にかかる投影面積率、出現種は植生調査区内に根元が出現した種名。植被率に算定しても種名を記載しない場合もある。
- ※ 植生調査区外の植物種を植生調査区の植物種欄に記載しないように。その場合は「植生調査区外の特記種」欄に記載する。

下層植生	植生調査区	区	林分番号		区	林分番号			
	植被率	低木層	%	草本層	%	低木層	%	草本層	%
優占種	低木層		草本層		低木層		草本層		
植物種 (低木層 草本層 着生植物) (植生調査区内に根元がある)	植物種								
植生調査区外の特記種									
土壌侵食	地表状態	林床被覆率	%	巨礫・岩率	%	林床被覆率	%	巨礫・岩率	%
	土壌侵食痕	なし・土柱・リル・ガリー			なし・土柱・リル・ガリー				

林床被覆率： 草本層に加えて、根系、植物遺体、コケ類など何らかの植物由来の被覆が地表に占める面積割合。苔むした岩を含む。
 巨礫・岩率： 大きさ20cm以上の礫あるいは岩が地表に占める面積割合(20cmの大きさは、地表に見えている面の短径で判定する。)
 土壌侵食痕： 植生調査区内に出現するものに○を付す。重複選択可。

※2つの面積割合の合計が100%を超えることはありえない
 ※100%未満かつ侵食痕なしはあり得る。

様式7 資料調査表（面積最大の小班）

格子点ID	資料調査年月日	担当者

1 調査プロットに関する情報

標高	m	車道からの距離	m	集落からの距離	m
表層地質	(出典:)		土壌型分類	(出典:)	

2 森林簿情報（地籍名以下は面積最大の小班のみについて記載）

林小班	面積最大	林班	小班	その他	林班	小班
地籍名	都道府県		市	町	大字	村字
森林法上の区分	5条森林 (地域森林計画対象)		7条の2森林 (国有林森林計画対象)		計画対象外森林	
土地所有区分	林野庁・防衛省・環境省・財務省・その他国有林()					
	都道府県・市町村・その他公共団体・財産区・林業公社等・森林組合 森林農地整備センター・会社・学校・社寺・入会林野・部落有・共有 その他団体・個人・その他民有林・国立大学法人・その他独立行政法人 土地所有者と異なる国、自治体、公社、森林農地整備センターが管理を行う場合 その名称()					
地域指定の種類	制限林	なし・あり〔名称〕				
	制限林以外	なし・あり〔名称〕				
伐採方法の指定	なし・あり〔皆伐・択伐(複層伐、漸伐を含む)・禁伐〕					
森林簿上の林種 (地種)	人工林・天然林・伐採跡地・未立木地・竹林 その他()					
林種細分	育成単層林・育成複層林・天然生林・なし(林種が人工林、天然林以外)					
森林簿上の樹種 (10種まで)				森林簿上の林齢	年・林齢なし	
機能類型区分 民:3区分経過措置 国:5区分	水土保持林(国土保全・水源かん養) 森と人との共生林(自然維持・森林空間利用)・資源の循環利用林					
機能区分 民有林	水源かん養・山地災害防止・土壌保全・快適環境形成・保・レクリエーション・ 文化・生物多様性保全・木材等生産・空白・その他()					
施業履歴 (過去5年間)	皆伐・択伐(複層伐、漸伐を含む)・間伐					年 月
	除伐・下刈・枝打・その他()					
施業履歴 (過去5年間)	皆伐・択伐(複層伐、漸伐を含む)・間伐					年 月
	除伐・下刈・枝打・その他()					



REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成26年度 基礎講習

第7章

REDDプラスにおける リモートセンシングの役割

(独)国立環境研究所 地球環境研究センター
林 真智





REDDプラスに係る森林技術者講習会（基礎講習）

REDDプラスにおける リモートセンシングの役割

林 真智

(独)国立環境研究所 地球環境研究センター
陸域モニタリング推進室
hayashi.masato@nies.go.jp



[写真引用：NASAホームページ]

1. リモートセンシングとは

言葉のうえでのリモートセンシング

- 対象物に接触することなしに、離れた（remote）場所から観測する（sensing）こと。
- 人間の五感（視・聴・嗅・味・触）に例えると、視覚・聴覚・嗅覚に相当。

一般的な意味でのリモートセンシング

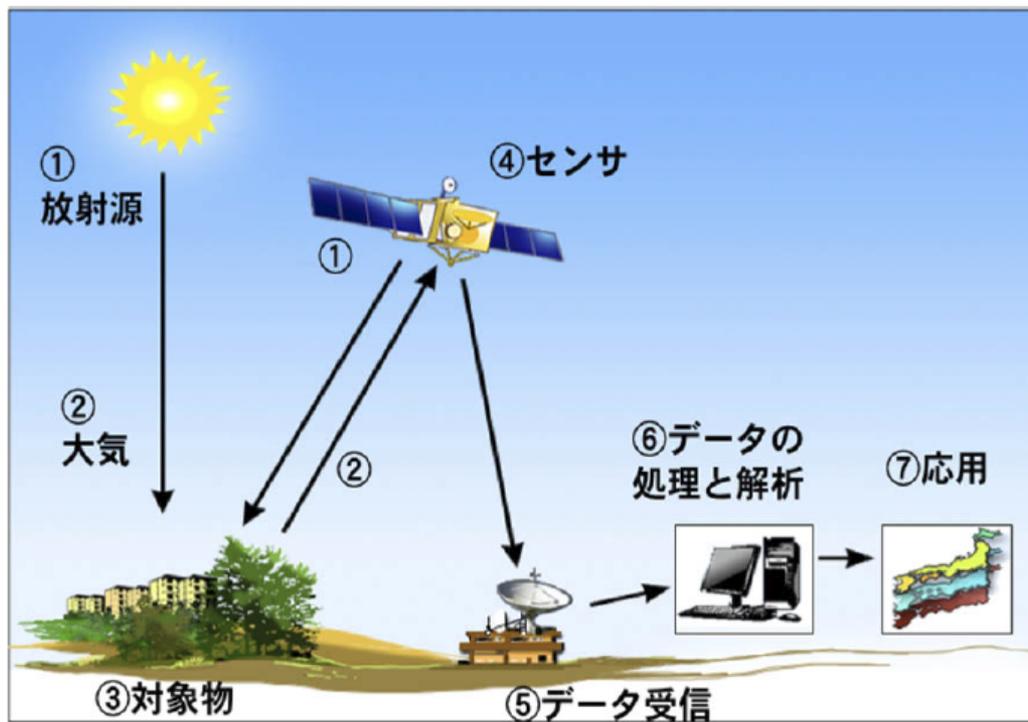
- 人間の五感に例えると、視覚に相当する技術。
- 上空から地球表面あるいは大気を観測し、知りたい情報を得る技術（あるいは科学）。**

広義のリモートセンシング

- 地上の観測装置で離れた位置の地上または大気を観測することも含める。
- 人間の五感に例えると聴覚に相当する技術も含める。
- 月、惑星を対象とした観測技術も含める。

【文引用：基礎からわかるリモートセンシング（一部改変）】

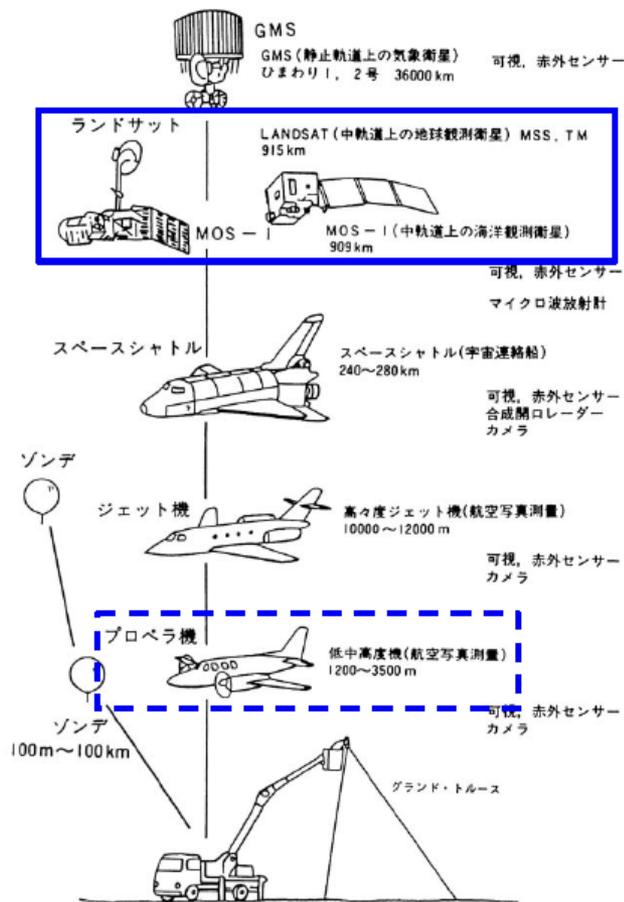
1. リモートセンシングとは



[図引用：基礎からわかるリモートセンシング]

- ① 放射源 = 太陽・地球（自然の放射源）、レーダ等の送信機（人工の放射源）。
- ② 大気 = 大気による吸収・散乱・放射の影響を受ける。
- ③ 対象物 = 対象物から上空に向かう電磁波は対象物の特性によって決まる（対象物の情報を含んでいる）。

2. プラットフォーム



[図引用：図解リモートセンシング]

高度

観測範囲

空間分解能

高

広

粗

低

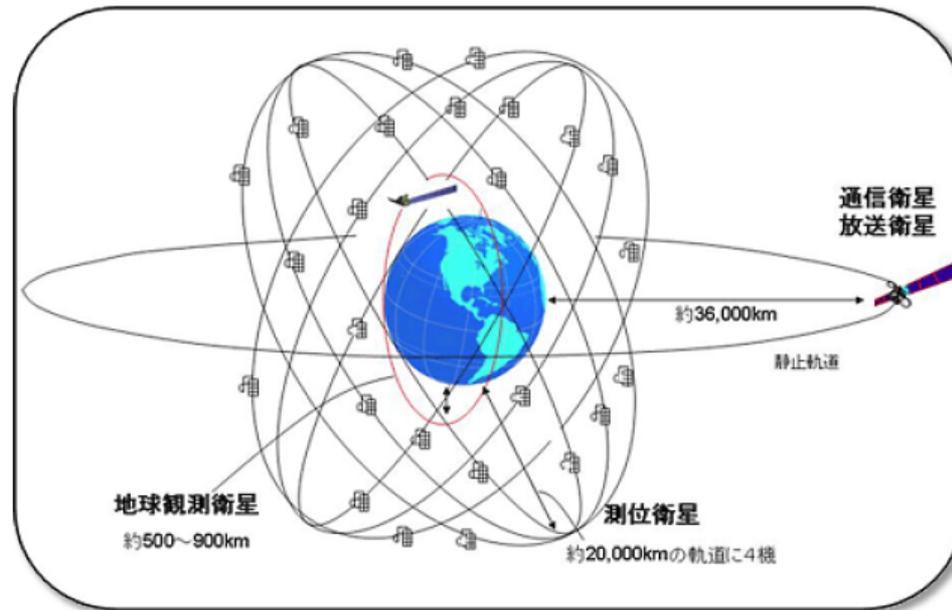
狭

細

[] REDDプラスにおける利用が想定されるプラットフォーム



3. 衛星軌道

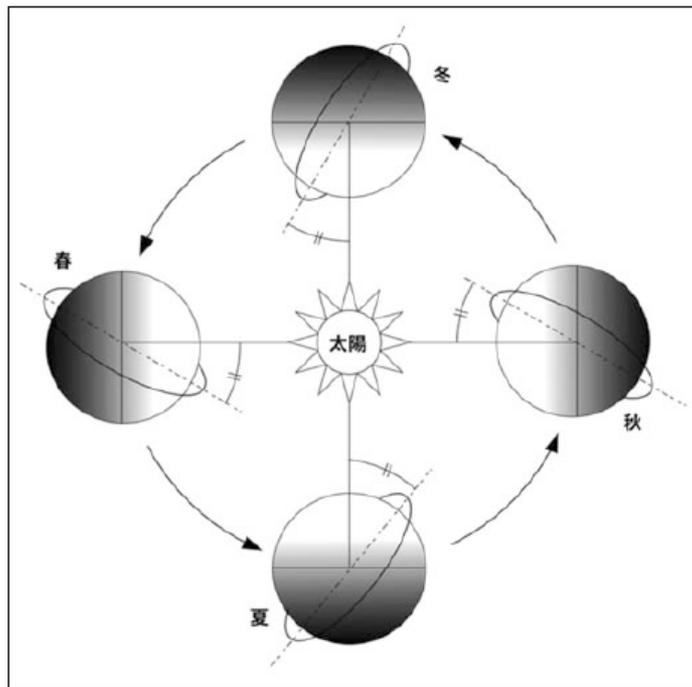


[図引用：RESTECホームページ]

- 静止軌道 = 地球の自転と同じ速度で衛星が飛行できる軌道。赤道上空約36,000kmにあり、通信・放送・気象などの衛星に利用される。
- 極軌道 = 南北両極のほぼ上空を通過し、赤道にほぼ直交する軌道。全球を観測できるため、多くの地球観測衛星に利用される。

3. 衛星軌道

太陽同期軌道



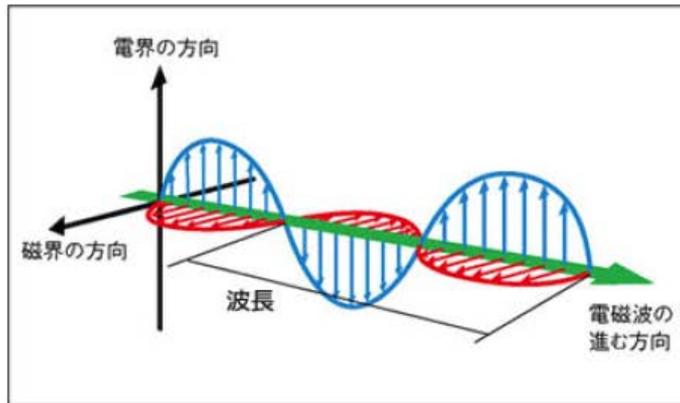
[図引用：基礎からわかるリモートセンシング]

- **太陽同期軌道** = 観測地域の太陽方位角が一定（地方平均太陽時が一定）となる軌道。水蒸気の影響を低減するため、午前の軌道を探ることが多い。太陽光の当る向きが一定となり、画像同士の比較がしやすくなる。
- **準回帰軌道** = 数日後に地表面から見て元と同じ位置を通る軌道。Landsat（4号以降）の回帰日数は16日。

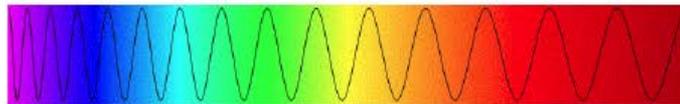
多くの地球観測衛星は、太陽同期軌道と準回帰軌道を組み合わせた極軌道を利用。

4. 電磁波

電磁波とは



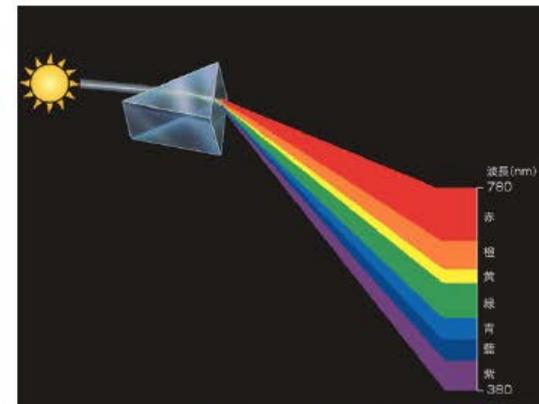
[図引用：文部科学省ホームページ]



[図引用：広島大学ホームページ]

- 電界(電場)と磁界(磁場)が相互に作用しながら空間を伝播する波。

波長に応じた太陽光の分離



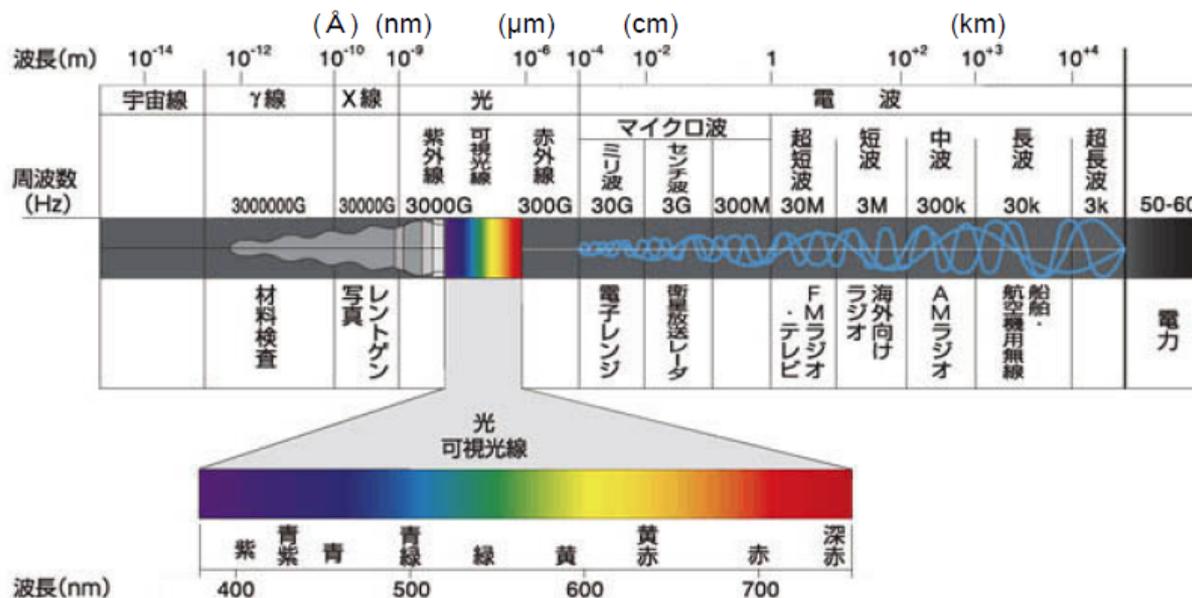
[図引用：高嶋技研ホームページ]



[写真引用：映画『夢』ポスター]

4. 電磁波

電磁波の呼称

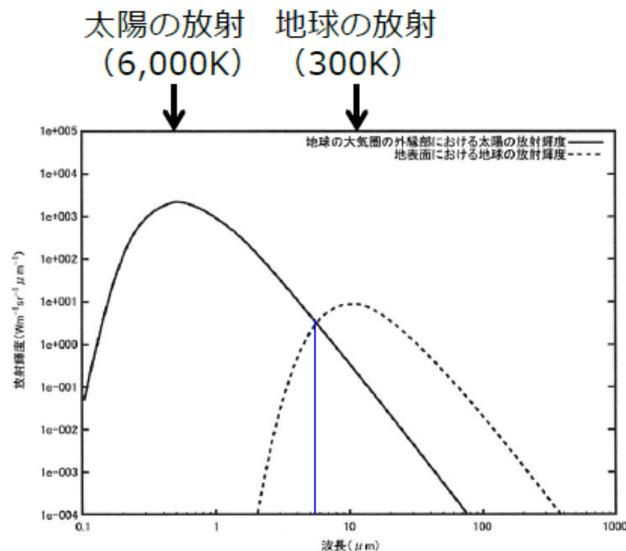


[図引用：スガツネ工業ホームページ(一部改変)]

- リモートセンシングに用いられるのは、光（紫外線、可視光線、赤外線）とマイクロ波。
- 赤外線には「近赤外－中間赤外－遠赤外」と「短波長赤外－中波長赤外－長波長赤外」という2つの区分があるが、リモートセンシング分野では混合して用いることが多い。

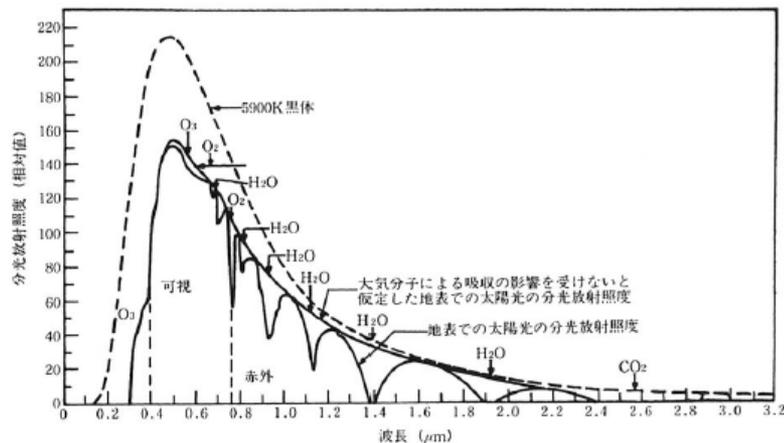
4. 電磁波

太陽と地球の放射



[図引用：はじめてのリモートセンシング]

大気による太陽光の散乱・吸収

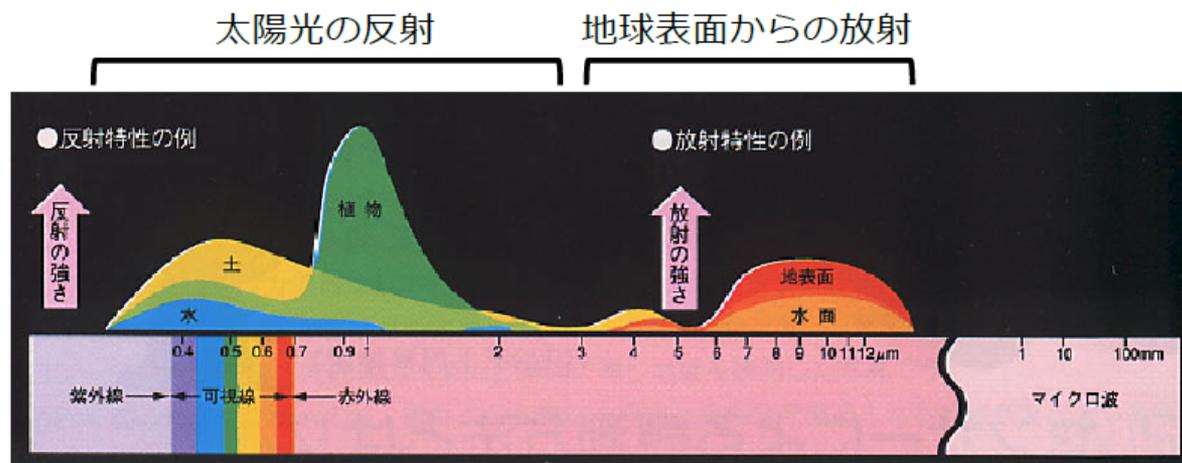


[図引用：図解リモートセンシング]

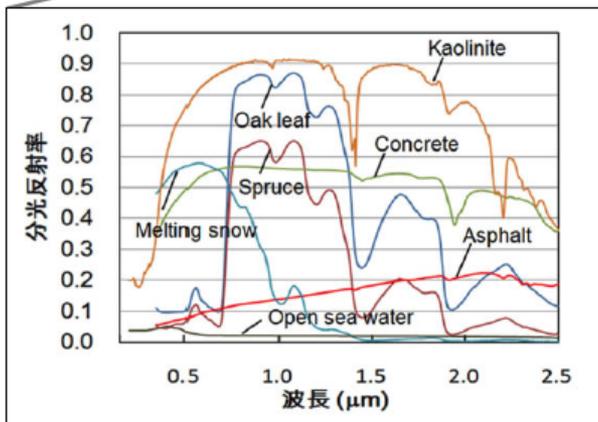
- スペクトル = 波長によって光の強さが変化する様子。
- プランクの法則 = 物体から放射される光のスペクトルは物体の温度に依存する。
- 太陽放射は約0.5 μm 、地球放射は約10 μm にピーク。各々が卓越する波長の境は約3 μm 。
- 太陽光が地表面に到達するまでに、地球大気による吸収・散乱の影響を受ける。



5. スペクトル特性



[図引用：RESTECホームページ]



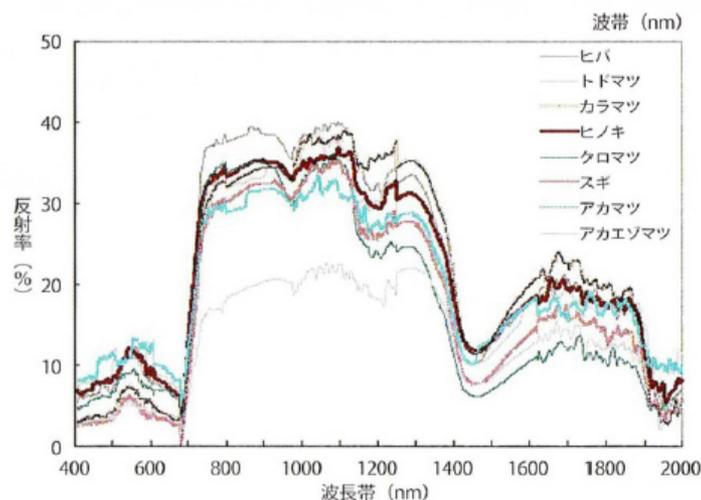
[図引用：基礎からわかるリモートセンシング]

- Kaolinite = 陶磁器やセメントに用いられる粘土質鉱物。
- Oak = ナラ・カシ（広葉樹）。
- Spruce = トウヒ（常緑針葉樹）。

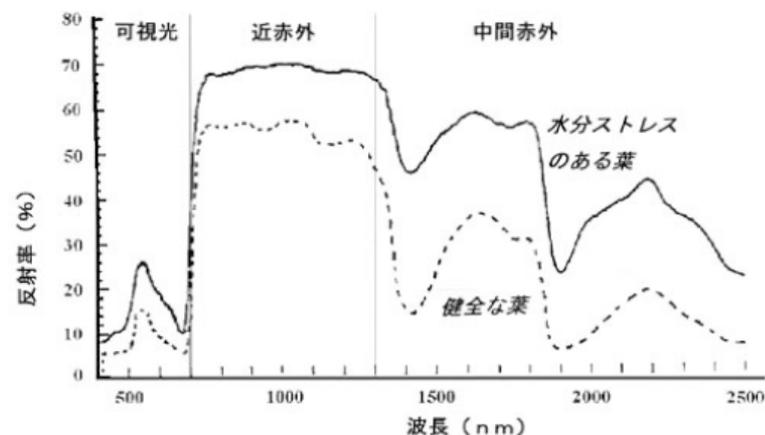


5. スペクトル特性

樹木（葉）のスペクトル



〔図引用：森林リモートセンシング第3版〕

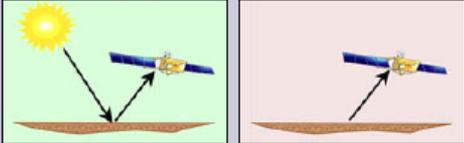
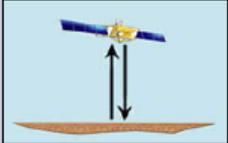
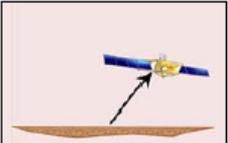
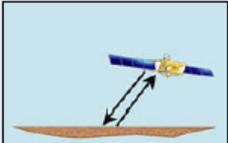


〔図引用：森林総合研究所ホームページ〕

- クロロフィル（葉緑素）の吸収が大きい青・赤領域の反射率は低く、吸収がやや小さい緑領域の反射率はやや高い。近赤外の反射率は全般的に高い。
- スペクトル特性は樹種により異なる他、病虫害、温度や水ストレスの影響や生長に伴っても変化する。
- 近赤外の特定の波長帯における反射率の低下は、水による吸収の影響。



6. センサ分類

	受動型	能動型
光学	<p>光学画像センサ スペクトロメータ</p> 	<p>ライダー (LiDAR)</p> 
マイクロ波	<p>マイクロ波放射計</p> 	<p>合成開口レーダ マイクロ波高度計 降雨レーダ</p> 

[図引用：基礎からわかるリモートセンシング]

- REDDプラスにおける利用が想定されるのは、主に『光学画像センサ』と『合成開口レーダ』。

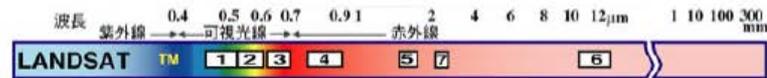
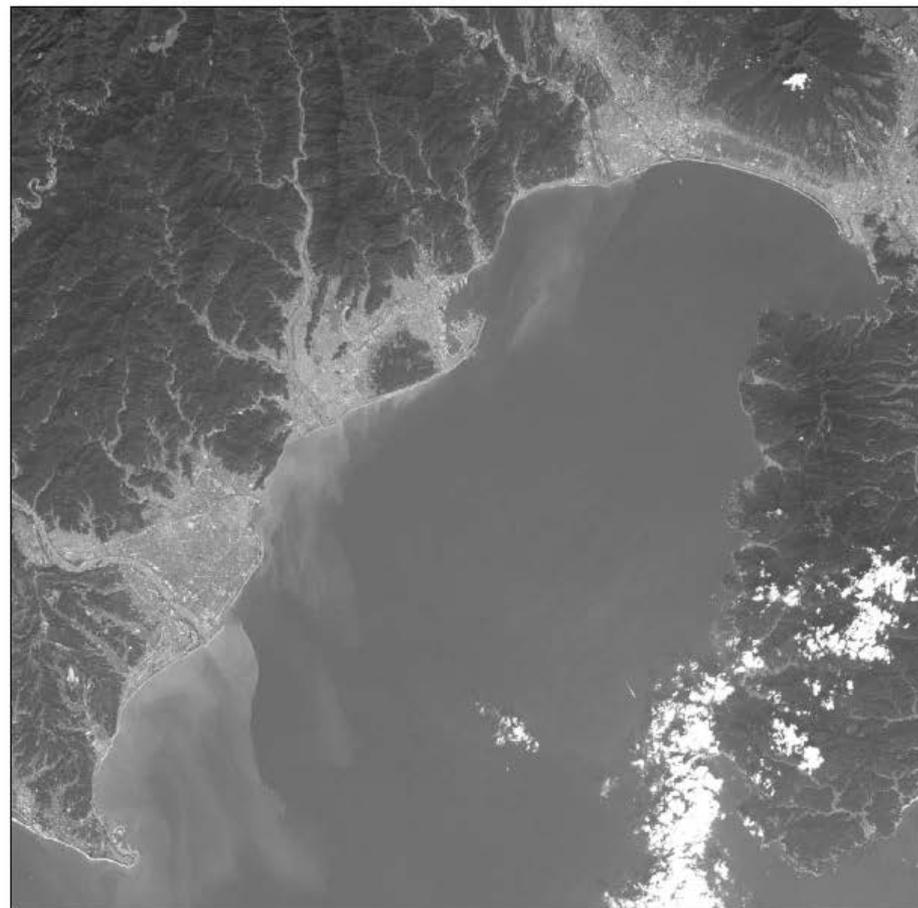




7. 波長帯別に見た画像

バンド1
0.45 - 0.52 μm (青)

Landsat-7/ETM+
1999/11/13撮影
静岡県駿河湾周辺

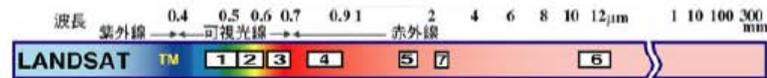
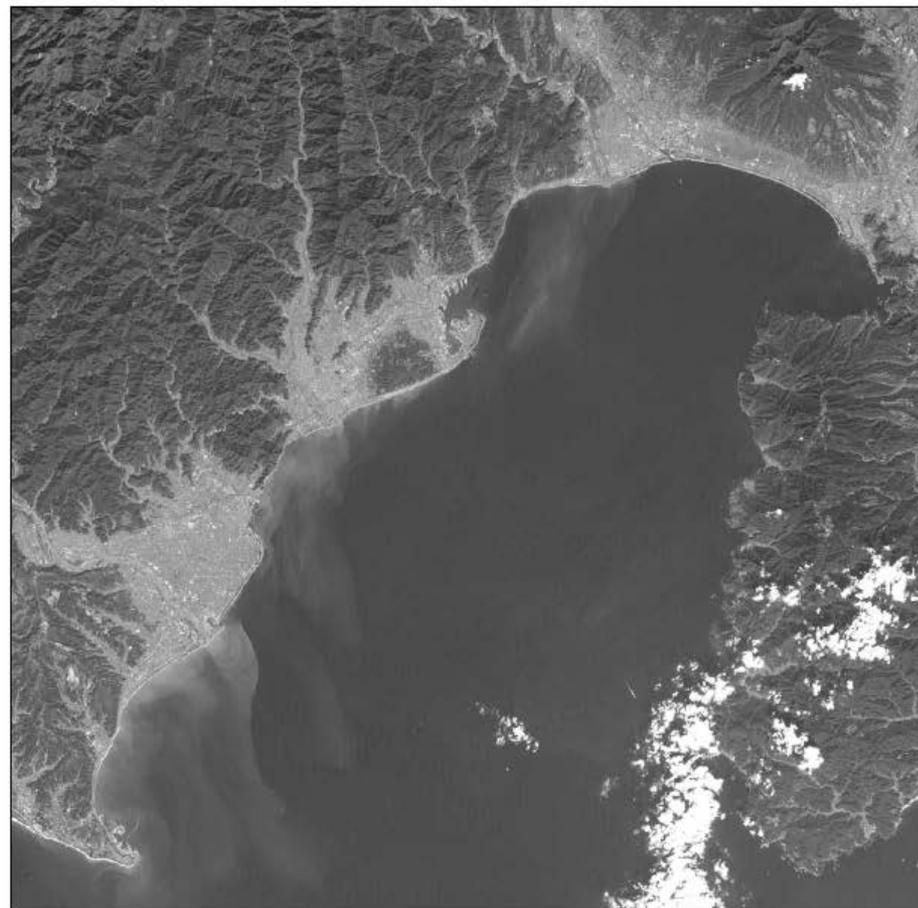




7. 波長帯別に見た画像

バンド2
0.52 - 0.60 μm (緑)

Landsat-7/ETM+
1999/11/13撮影
静岡県駿河湾周辺

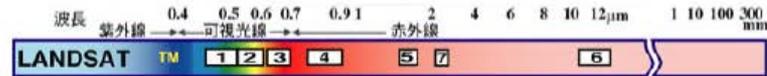
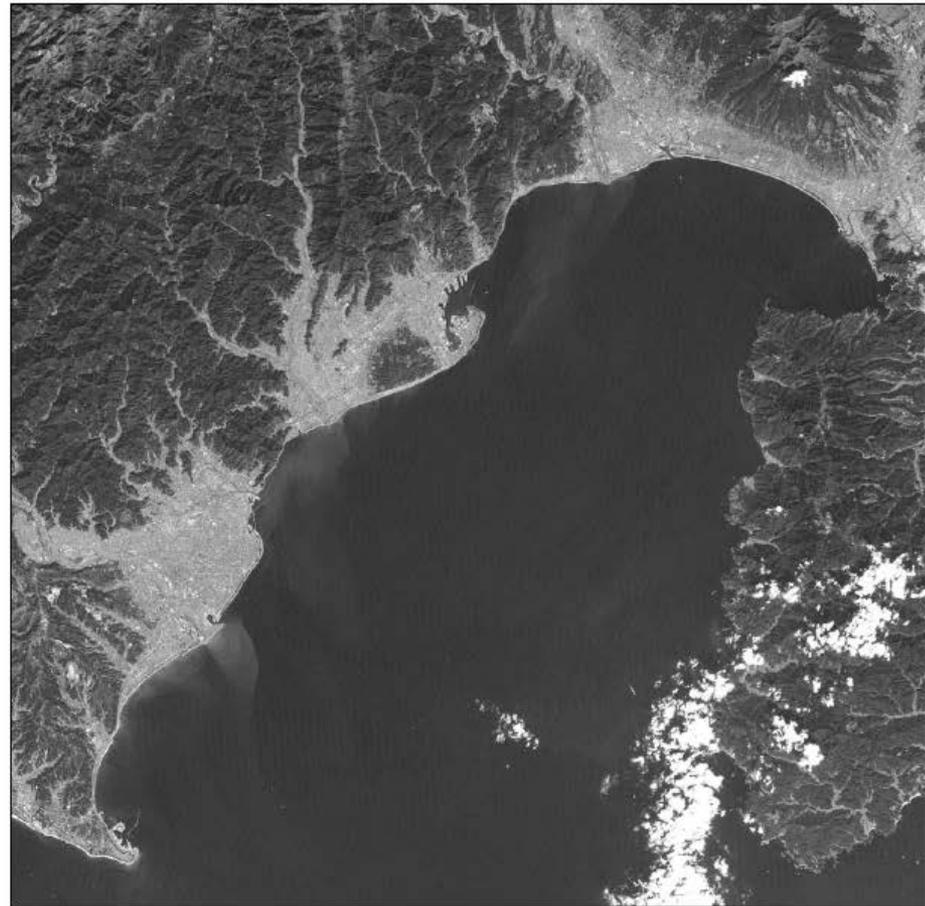




7. 波長帯別に見た画像

バンド3
0.63 - 0.69 μm (赤)

Landsat-7/ETM+
1999/11/13撮影
静岡県駿河湾周辺

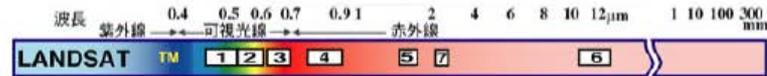




7. 波長帯別に見た画像

バンド4
0.76 - 0.90 μm (近赤外)

Landsat-7/ETM+
1999/11/13撮影
静岡県駿河湾周辺

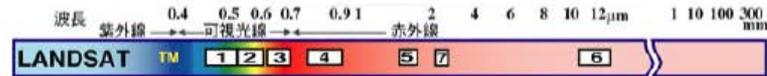




7. 波長帯別に見た画像

バンド5
1.55 - 1.75 μm
(短波長赤外)

Landsat-7/ETM+
1999/11/13撮影
静岡県駿河湾周辺

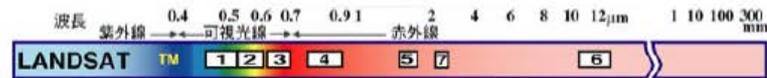




7. 波長帯別に見た画像

バンド7
2.08 - 2.35 μm
(短波長赤外)

Landsat-7/ETM+
1999/11/13撮影
静岡県駿河湾周辺

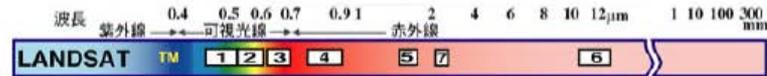




7. 波長帯別に見た画像

バンド6
10.40 - 12.50 μm
(遠赤外/熱赤外)

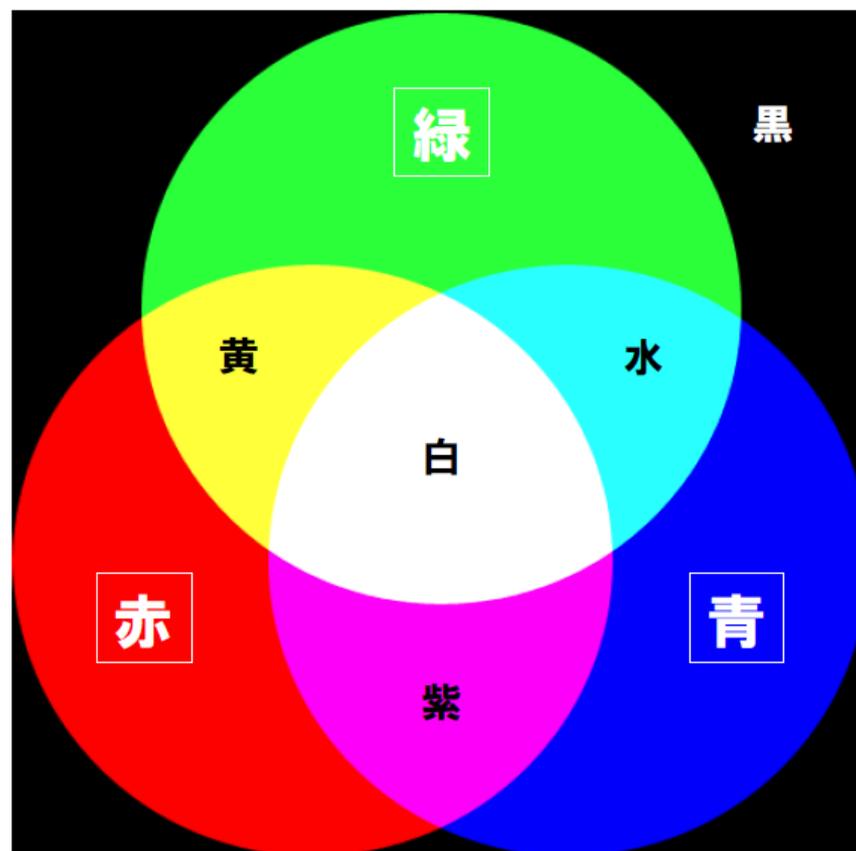
Landsat-7/ETM+
1999/11/13撮影
静岡県駿河湾周辺





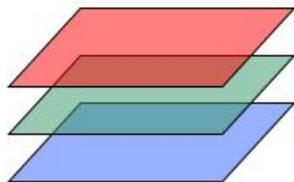
8. カラー合成画像

光の三原色による加法混色



8. カラー合成画像

トゥルーカラー画像

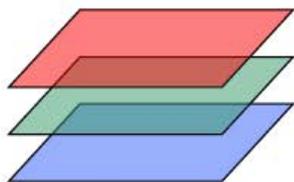


赤 = バンド3 (赤)
緑 = バンド2 (緑)
青 = バンド1 (青)



8. カラー合成画像

フォールスカラー画像



赤 = バンド4 (近赤外)
緑 = バンド3 (赤)
青 = バンド2 (緑)



9. 植生指標

正規化植生指標画像

- 赤・近赤外の2バンドの差を両者の和で除した Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) が、植物の量や被覆率等に関する指標として利用される。

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$



10. 光学センサの性能

性能を規定する主な諸元

- 空間分解能 = どれくらい細かい物まで識別できるか（1画素のサイズ）。
- 波長分解能 = どれくらいの波長範囲を、いくつに分けて観測できるか（バンド数）。
- 時間分解能 = どれくらいの時間間隔で観測できるか（回帰日数）。

[文引用：森林リモートセンシング第3版]

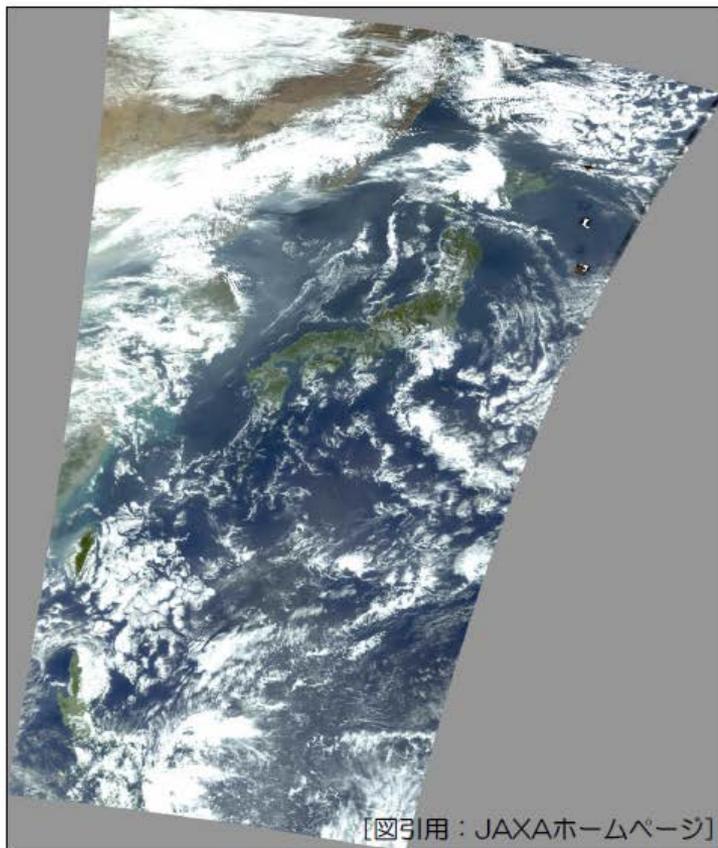
センサ選択時に考慮する点

- 上記性能のすべてが優れているセンサはないため、目的に応じて選択する。
- 特に空間分解能と時間分解能とが両立したセンサを実現することは困難で、基本的に両者はトレードオフの関係にある。
- 他にも、ポインティング機能やアーカイブの豊富さ、費用等も考慮する。



11. 観測幅と空間分解能

観測幅の比較



[図引用：JAXAホームページ]

MODIS : 2,330 km

Landsat : 185 km

IKONOS : 11 km



11. 観測幅と空間分解能

空間分解能の比較



MODIS : 500 m



Landsat : 30 m



[図引用：日本スペースイメージング
ホームページ]

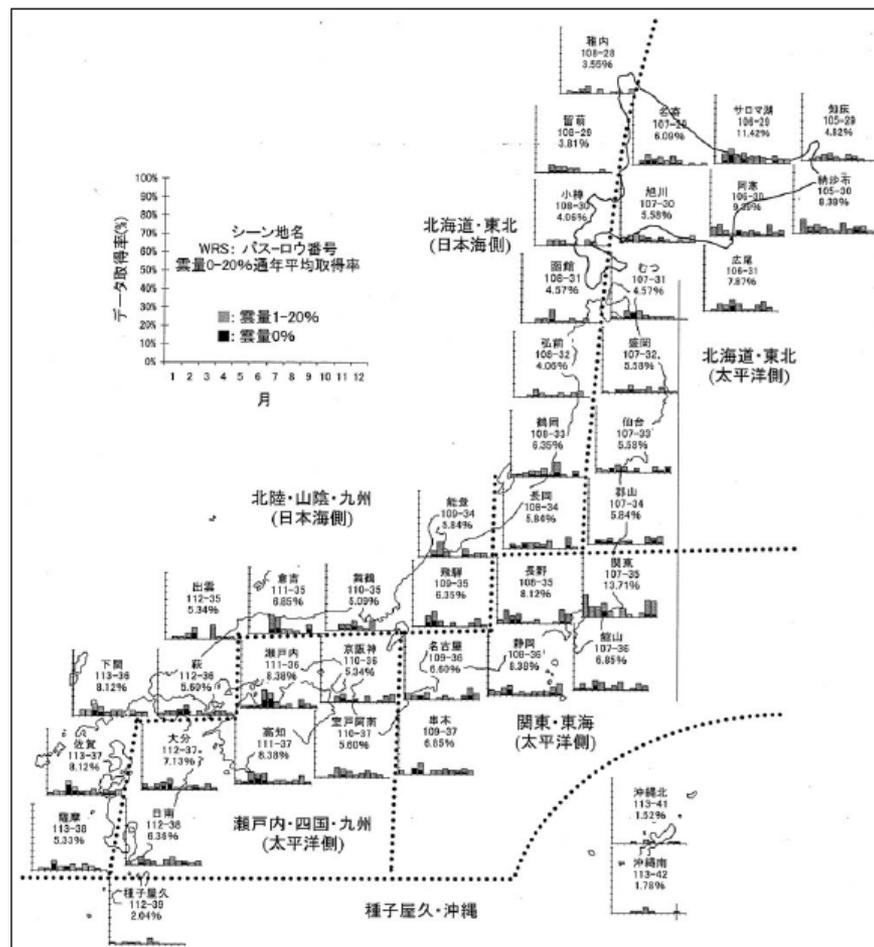
IKONOS : 4 m

※ 3km四方の範囲を比較して表示。

12. 雲被覆

秋山&川村(2003)の報告

- Landsat-5が17年間に撮影した画像の雲量を調べた所、快晴の画像（雲量20%以下）が撮影される確率は国内平均で6.17%。
- Landsat-5の回帰日数は16日であるため、平均256日に1度しか快晴の画像は得られない。
- 快晴画像が得られる確率が高いのは関東（13.71%）、低いのは沖縄北（1.52%）。



[図引用：秋山&川村, 2003]



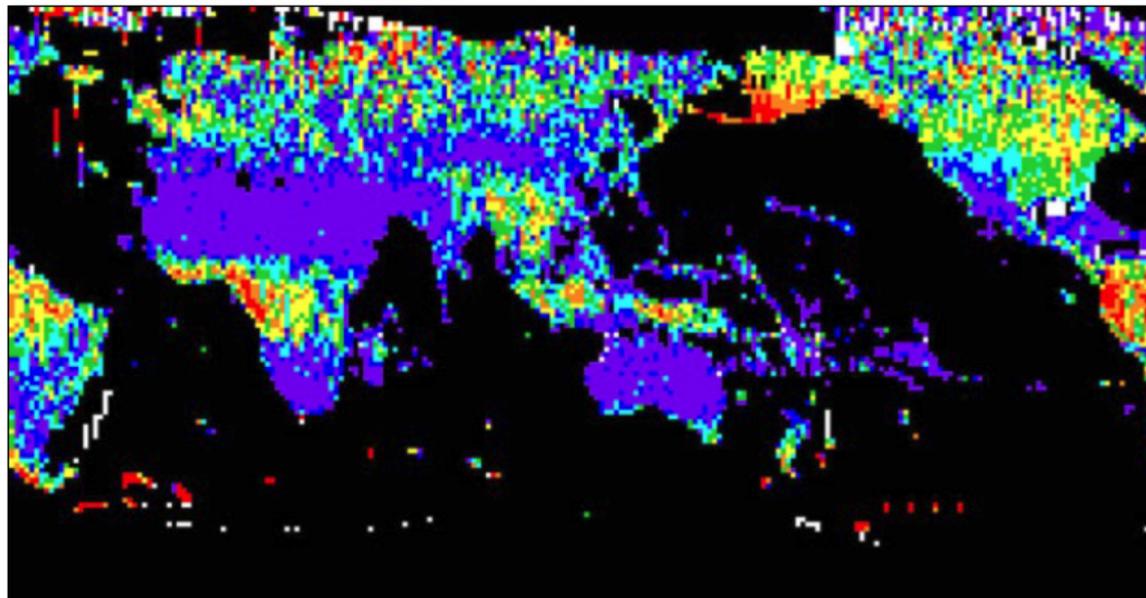
12. 雲被覆

Ju & Roy (2008)の報告

- Landsat-7が2002年に撮影した画像の雲量から、シーン毎の平均雲被覆率を算定。
- 平均雲被覆率の全球平均は0.35。熱帯雨林地域で高く、砂漠や乾燥地域で低い。

2002年の平均雲被覆率

紫	: 0~0.2
濃青	: 0.2~0.3
薄青	: 0.3~0.4
緑	: 0.4~0.5
黄	: 0.5~0.6
橙	: 0.6~0.7
赤	: 0.7~1.0



[図引用：Ju&Roy, 2008]

13. 合成開口レーダ

- 合成開口レーダ（Synthetic Aperture Radar; SAR）はマイクロ波を利用する能動型センサで、雲を透過して観測でき、夜間でも観測できる。

光学センサ画像

Landsat-5/TM 1992年4月23日



SAR画像

JERS-1/SAR 1992年4月23日

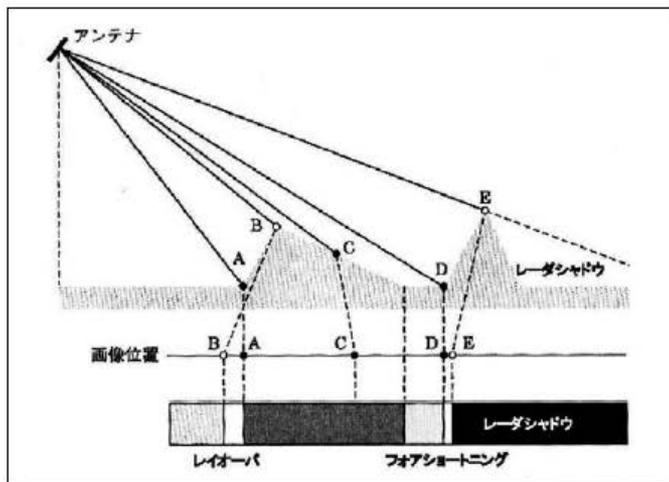


[図引用：JAXAホームページ]

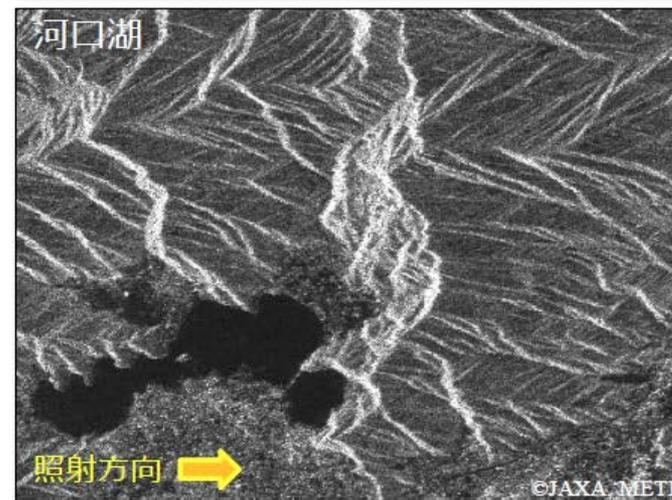
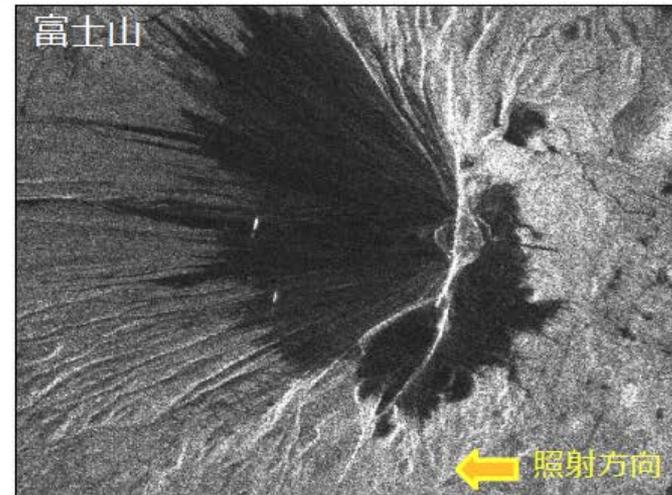


13. 合成開口レーダ

SAR画像における地形効果



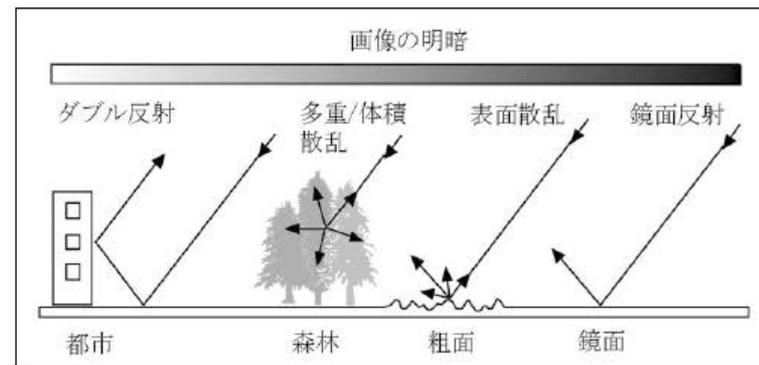
[図引用：農業リモートセンシングハンドブック]



13. 合成開口レーダ

SAR画像の特徴

- 地表面で**後方散乱**されたマイクロ波を観測している。
- ごま塩状のノイズである**スペックル**が画像全体に現れる。

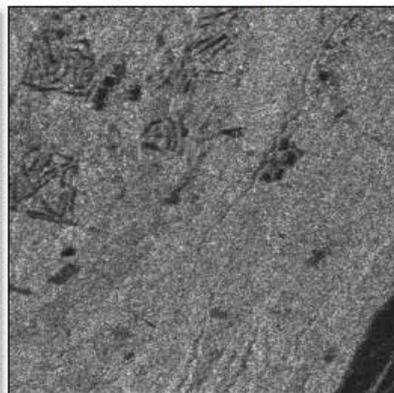


【図引用：基礎からわかるリモートセンシング】

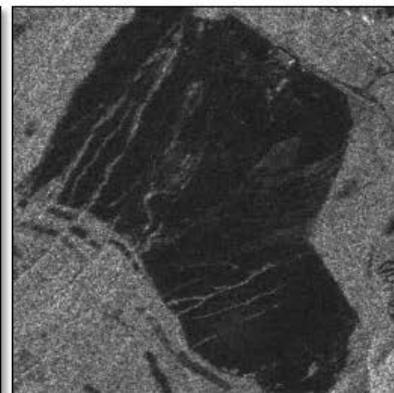
市街地
(沼津市)



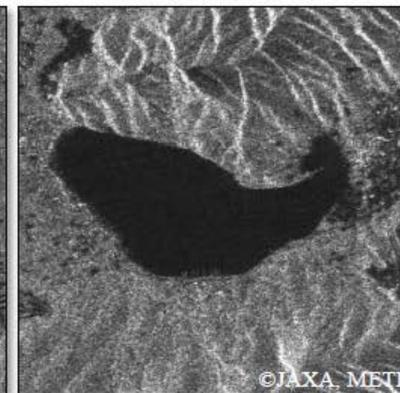
森林
(富士北麓)



草地
(北富士演習場)



水面
(山中湖)



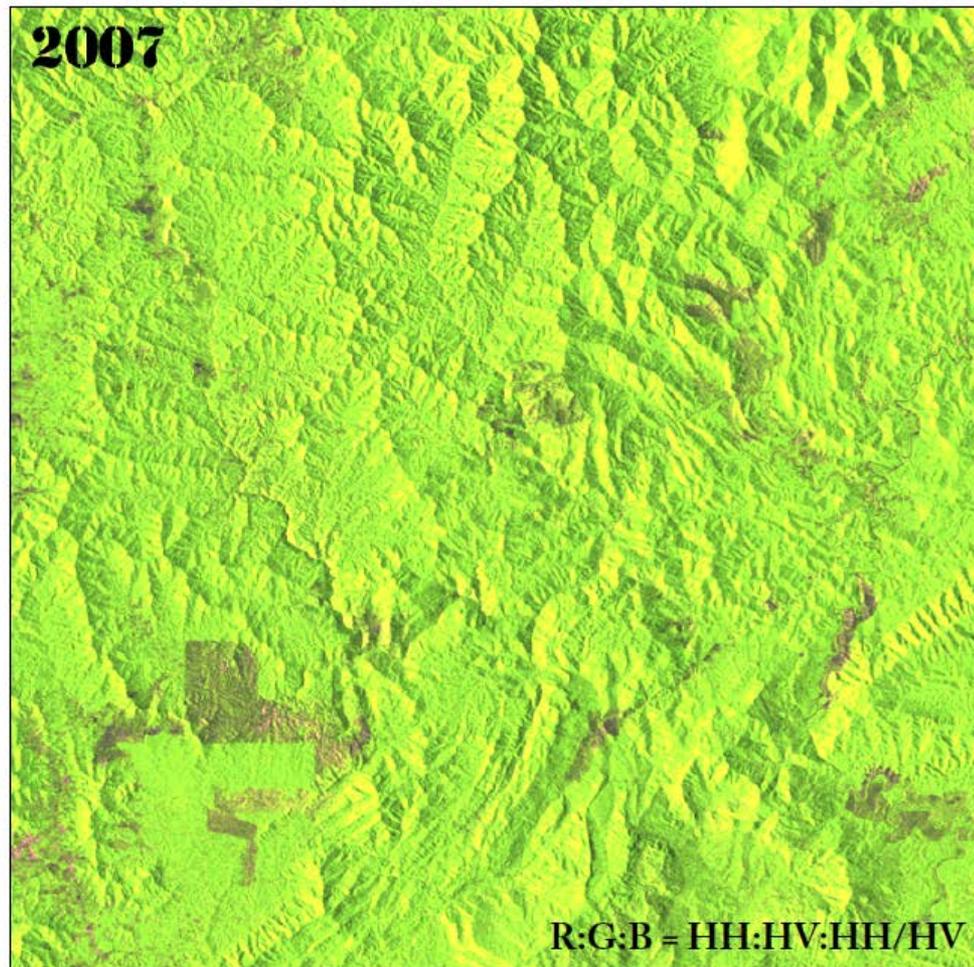
©JAXA, METI

照射方向 →

13. 合成開口レーダ

偏波画像の利用

- マイクロ波の電界の振動方向を偏波と呼ぶ。
- ALOS/PALSAR は送受信それぞれで水平(H)・垂直(V)の偏波を切り替えられるため、4種類の偏波画像を観測。
- 偏波画像をカラー合成することで、森林・非森林を区別できる。



[図引用：JAXAホームページ (©JAXA, METI)]



14. 代表的な衛星

ALOS (日本)

国産の地球観測衛星で、愛称は『だいち』。光学センサとSARの両方を搭載する大型衛星。比較的安価にデータを入手可能。

- 運用年 = 2006～2011年
- 軌道要素 = 高度 約692km
回帰日数 46日
- センサ



[図引用：JAXAホームページ]

名称	波長帯		空間分解能	観測幅
AVNIR-2	可視・近赤外	4	10 m	70 km
PRISM	可視～近赤外 (パナクロマティック/ ステレオ画像)	1	2.5 m	35/70 km
PALSAR	マイクロ波	1	10 m	70 km
			100 m	250-350km





14. 代表的な衛星

Terra (アメリカ)

NASAの地球観測システム (EOS) 最初の大型衛星で、5つのセンサを搭載。別名『EOS AM-1』。Aqua (EOS PM-1) に同種のセンサを搭載。安価もしくは無料でデータを入手可能

- 運用年 = 1999年～
- 軌道要素 = 高度 約705km
回帰日数 16日



[図引用：NASAホームページ]

センサ

名称	波長帯		空間分解能	観測幅
ASTER	可視・近赤外	3	15 m	60 km
	短波長赤外	6	30 m	
	遠赤外	5	90 m	
MODIS	可視・近赤外	2	250 m	2,330 km
	可視～短波長赤外	5	500 m	
	可視～遠赤外	29	1,000 m	

※ 他に3つのセンサを搭載。MODISは同種のセンサがAquaにも搭載。





14. 代表的な衛星

IKONOS (アメリカ)

スペースイメージング社の商業衛星で、高解像度の画像を撮影できる。他にもQuickBird等の高解像度商業衛星がある。

- 運用年 = 1999年～
- 軌道要素 = 高度 約680km
回帰日数 11日
- センサ



[図引用：SatNewsホームページ]

名称	波長帯		空間分解能	観測幅
—	可視・近赤外	4	4 m	11 km
	可視～近赤外 (パナクロマティック)	1	1 m	



15. これから活躍する衛星

SPOT-7

SPOT-5に較べて空間分解能の高い光学センサを搭載。2基のPléiades衛星と位相をずらして同じ軌道に投入することで、観測頻度を向上。2014年6月に打ち上げられた。



[図引用：[Astrium](#)ホームページ]

ALOS-2, 3

ALOSに搭載されたPALSARとAVNIR-2に較べて性能を向上したセンサを、ALOS-2とALOS-3に搭載。ALOS-2は2014年5月に打ち上げられ、ALOS-3は2016年以降に打ち上げ予定。



[図引用：[JAXA](#)ホームページ]



16. 衛星データの入手先・価格

衛星	入手先	価格（税別）
Landsat	USGSホームページ等	無料
SPOT	AIRBUS <u>Defence</u> & Space	497,000円 (10mカラー/5m白黒)
ALOS	リモート・センシング技術センター(RESTEC) パスコ	25,000円
	宇宙システム開発利用推進機構	20,000円 (PALSARのみ)
Terra	ASTER : 宇宙システム開発利用推進機構	9,800円
	MODIS : NASAホームページ等 (JAXA、 <u>東京大学</u> ホームページ)	無料
IKONOS	日本スペースイメージング	3,000円 (1km ² あたり)

※ 価格は処理レベルにより異なるため、最も廉価な製品の価格を示す。

17. 無料のLandsatデータ

- アメリカ地質調査所 (USGS) ホームページ

<http://earthexplorer.usgs.gov/>

Earth Explorerのページからダウンロードできる。データのアーカイブが豊富。

- Landsat.orgホームページ

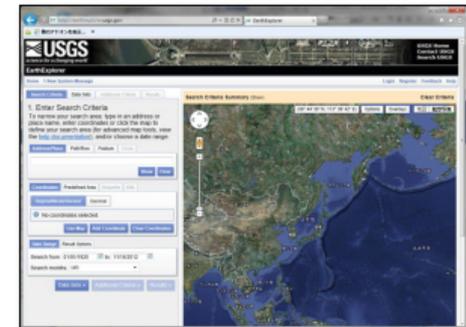
<http://landsat.org/>

オルソ幾何補正した画像をダウンロードできるが、シーン毎に1970・1990・2000年代の3枚の画像のみ。

- メリーランド大学ホームページ

<http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

GLCF (Global Land Cover Facility) のページからダウンロードできる。





18. 解析用ソフトウェア

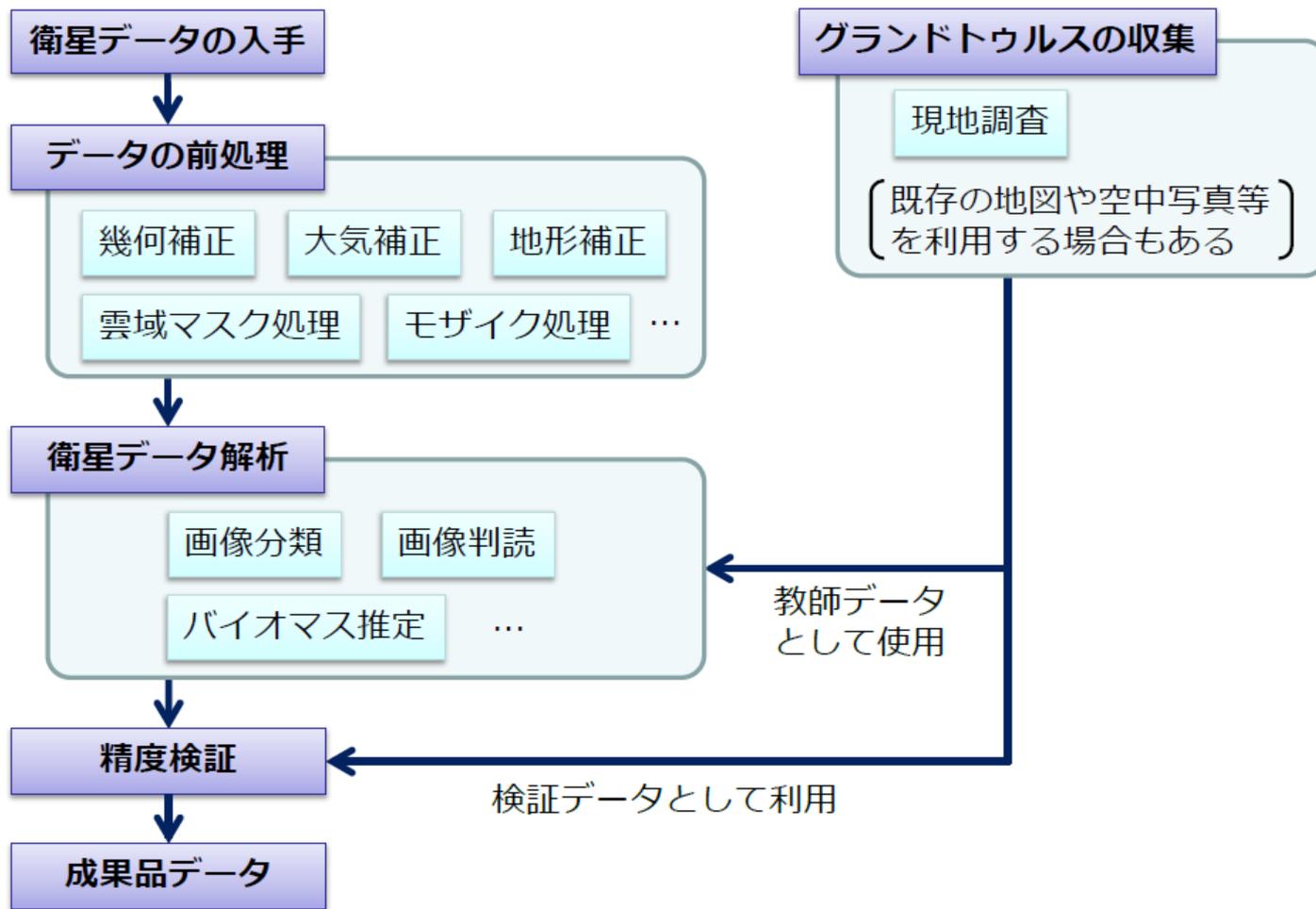
画像解析ソフトウェア

- ERDAS Imagine : 代表的ソフト
- ENVI/IDL : 代表的ソフト
- PCI : 代表的ソフト
- TNTmips : 比較的低価格
- eCognition : オブジェクトベース分類

GISソフトウェア

- ArcGIS : 代表的ソフト
- GRASS : Linux用フリーソフト

19. 一般的な解析手順



20. リモートセンシングの特徴

リモートセンシングの長所

- 広域性・瞬時性 = 広い範囲をほぼ同時に観測できる（均質なデータを広範囲で取得できる）。
- 反復性 = 一定の周期で繰り返し同じ場所を観測できる（人間活動や自然現象の経時変化を調査できる）。
- 非接触性 = 現地に行かなくても対象地域を観測できる（山岳地や紛争等の立入ることが難しい地域も調査できる）。

[文引用：はじめてのリモートセンシング（一部改変）]

リモートセンシングの短所

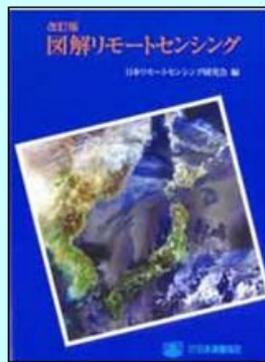
- 電磁波を媒介して対象物の情報を得るため、電磁波に影響を及ぼさない対象物の特性は直接的には観測できない（例えば、海中の温度や地中の鉱物は直接的には観測できない）。

[文引用：基礎からわかるリモートセンシング]

21. もっと勉強するには

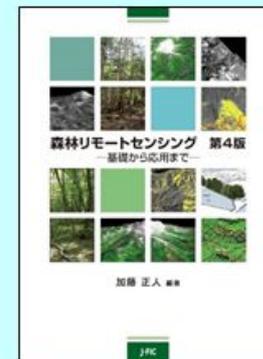
図解リモートセンシング

日本リモートセンシング研究会 編
2004年発行
3,600円



森林リモートセンシング 第4版

加藤正人 編
2014年発行
3,240円



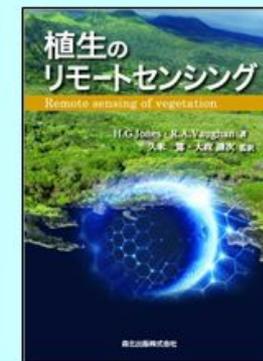
基礎からわかる リモートセンシング

日本リモートセンシング学会 編
2011年発行
3,675円



植生のリモートセンシング

HG Jones & RA Vaughan 著
2013年発行
7,020円





REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成26年度

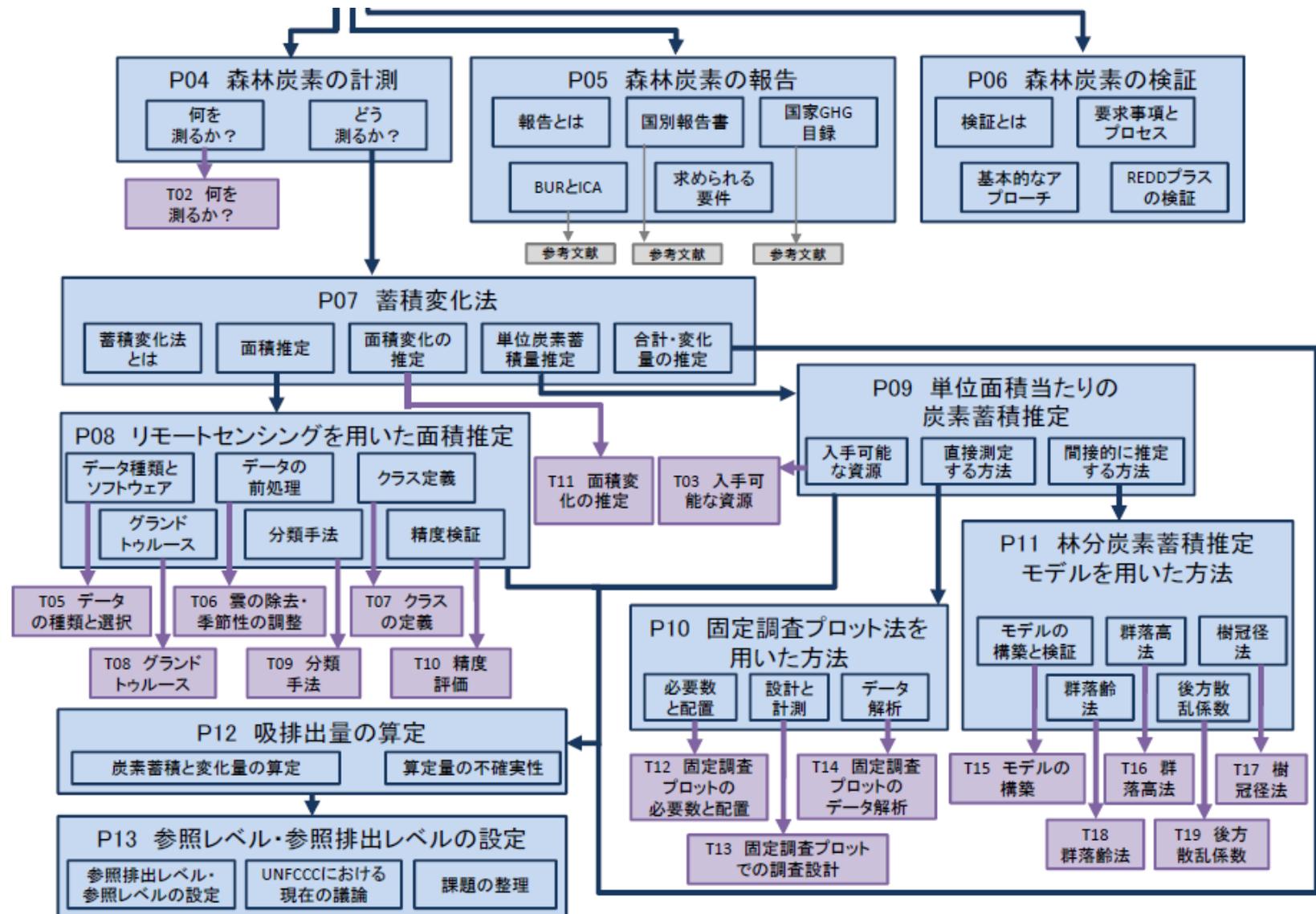
基礎講習

第 8 章

森林炭素量の把握

ベトナム国DienBien省における
バイオマス関連データの開発の事例

一般社団法人 日本森林技術協会
佐藤 顕信



REDD+CookBookより



炭素蓄積変化把握の流れ

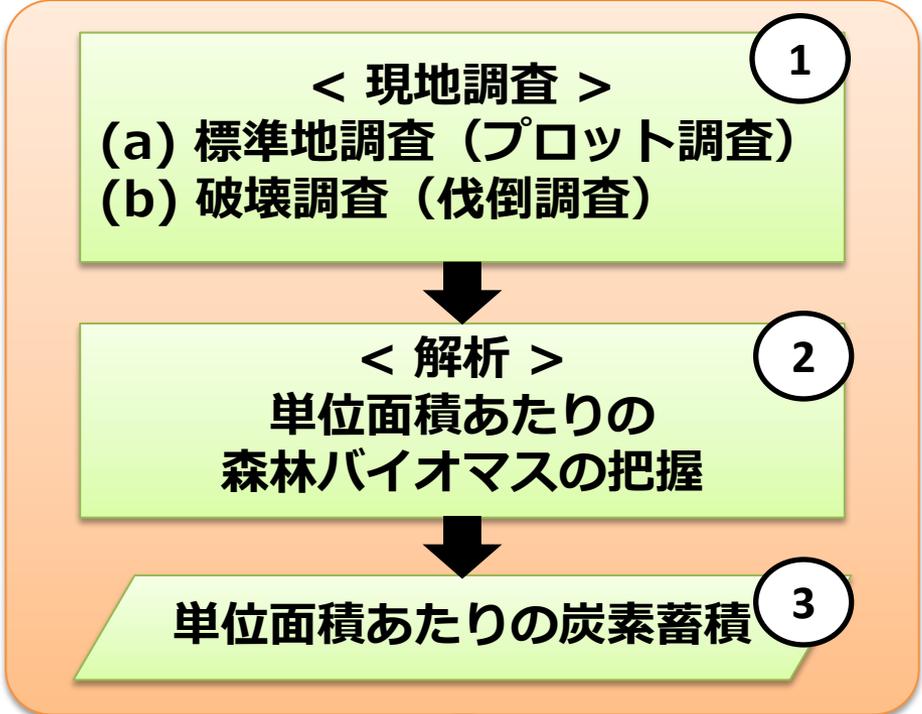
この時間の講習内容

各森林被覆タイプ

森林被覆の時系列変化

単位面積あたりの炭素蓄積の把握

リモートセンシングによる
森林被覆の時系列変化
の把握



炭素蓄積変化の把握



森林のバイオマスとは

- **バイオマス (Biomass) : 生物量**
 - ✓ 一般的に生物の乾燥重量で表される。
 - ✓ 森林の場合、樹木・植物の乾燥重量。

- **森林の炭素蓄積量 (Carbon stock) は、森林のバイオマスの約半分**
 - ✓ バイオマスに0.5を掛けると炭素量になる。
 - ✓ 植物体を構成するセルロースなどの化学組成による。

森林バイオマス把握のための現地調査

a. 標準地調査（プロット調査）

- 現地の森林の優占樹種、直径階分布、立木密度などを把握する。
- 標準地調査結果を基に破壊調査供試木の選定を行う。
 - ✓ 各直径階から満遍なく供試木を選定する。
 - ✓ 調査対象の森林のバイオマスに占める割合の高い樹種、出現頻度の高い樹種を供試木とする。

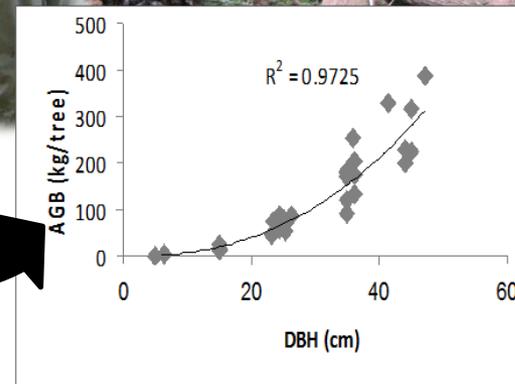
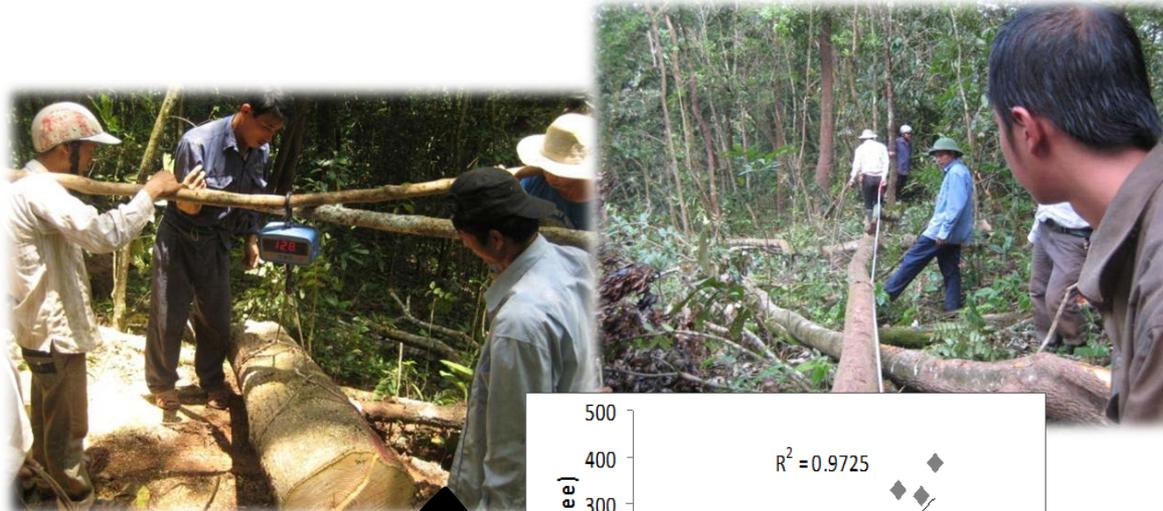
- プロット設定
 - ※ 方形、円形など適宜選択
- 樹種
- 胸高直径
- 樹高

Tree ID	Species	DBH	height
A491	Quercus sp	16.5	15.0
A00	□△sp	●●	▲▲
A800	Schima sp	31.2	28.5

※ 場合によっては、標準地調査が省略されることもある。

b. 破壊調査（伐倒調査）

- 供試木の生重量を計測
- 乾燥実験を経て供試木の乾燥重量を推定



アロメトリー式の開発

$$y = ax^b$$

アロメトリー式(相対成長式、allometric equation)

- 個体の一部のサイズから、別の部位のサイズを推定する式
 - ✓ 正確な測定が容易な部位（例：胸高直径）のサイズから、個体の樹高やバイオマスなど測定の困難な情報を推定できる。

パラメータ	式	精度	データ収集の容易さ
DBHのみ	$y = aDBH^b$	低 高	易 難
DBH ² と樹高	$y = a(DBH^2 \cdot h)^b$		
材密度 DBH ² 樹高	$y = a(\rho \cdot DBH^2 \cdot h)^b$		

yはバイオマス；DBHは胸高直径；hは樹高；ρは容積重；a、bは係数

汎用式と樹種や地域に特化した推定式の特徴

➤ 地上部バイオマス（AGB：aboveground biomass）については推定式が多く提案・報告されている

- ✓ 世界中の樹木のデータを用いて森林タイプごとに考案された汎用の推定式（generic model, generic equation）や、個別の樹種や特定の地域に成立する森林のための推定式（species-specific model, local model）など様々なものが提案されており、それぞれに長所と短所がある。

項目	汎用式	樹種や地域に特化した式
式の基となるデータ	森林タイプ別に世界中から集められたデータ。	特定の地域や樹種から集められたデータ。
適用可能な地域	森林タイプが同じであれば適用可能。比較的広範囲な地域で適用できる。	式の基となるデータと同じ地域や樹種のみ適用可能。適用できる地域は限定的。
推定誤差	適用できる森林であれば、小～中程度の誤差が出る。	適用できる森林であれば、誤差は非常に小さい。そうでなければ誤差は大きい。
誤差が大きい場合の対処	個体サイズを反映する係数を増やすことで、ある程度の改善ができる（たとえば胸高直径と樹高を反映した式を使用する）。	調査対象の地域に不適な場合は使用しない。



各種アロメトリー式

➤ 汎用式 : generic model, generic equation

- ✓ 世界中の樹木のデータを用いて森林タイプごとに考案された推定式。
- ✓ Brown式やChave式がよく知られている。

Generic models	モデルタイプ	バイオマス推定式	推奨する気象条件など		
Brown式	Wet model	$AGB=21.297 - 6.953 \times DBH + 0.740 \times DBH^2$	4,000mm以上	乾季無し	
	Moist model	$AGB=\exp(-2.134 + 2.530 \times \ln(DBH))$	1,500-4,500mm	乾季無しor短い乾季	
	Dry model	$AGB=\exp(-1.996 + 2.32 \times \ln(DBH))$	1,500mm未満	数か月の乾季	
Chave式*	Wet model	$AGB=WD \times \exp(-1.302 + 1.980 \times \ln(DBH) + 0.207 \times (\ln(DBH))^2 - 0.0281 \times (\ln(DBH))^3)$	3,500mm以上	乾季無し	多雨低地林
	Moist model	$AGB=WD \times \exp(-1.562 + 2.148 \times \ln(DBH) + 0.207 \times (\ln(DBH))^2 - 0.0281 \times (\ln(DBH))^3)$	1,500-3,500mm	5ヵ月未満	低地林
	Dry model	$AGB=WD \times \exp(-0.730 + 1.784 \times \ln(DBH) + 0.207 \times (\ln(DBH))^2 - 0.0281 \times (\ln(DBH))^3)$	1,500mm未満	5ヵ月以上	厳しい乾季がある
Kiyono式	Moist model	$Stem=2.69 \times ba^{1.29} \times WD^{1.35}$			
	Moist model	$Branch=0.217 \times ba^{1.26} \times WD^{1.48}$			
	Moist model	$Leaf=173 \times ba^{0.938}$			

*Chaveモデルは、このほかに独立変数としてDBH、H、WDを含む式もタイプごとに提案している。
 それぞれの単位: バイオマス(AGB、Stem、Branch、Leaf): kg/tree, WD: t/m³ (ただしKiyono式はkg/cm³), DBH: cm, ba: m², D2H: DBH²(cm) × H(m)

AGB : 地上バイオマスAboveground biomass、DBH : 胸高直径Diameter at breast height、WD : 材密度Wood density (t/m³)

- WDの値は、IPCC(2003, 2006)やさまざまな研究論文の中で、種レベル、あるいは属レベルの値が示されている。
- 種の同定が困難な場合は、熱帯ではアジア0.57、アメリカ0.60、アフリカ0.58といった基準値 (Brown, 1997)を使うことができる。



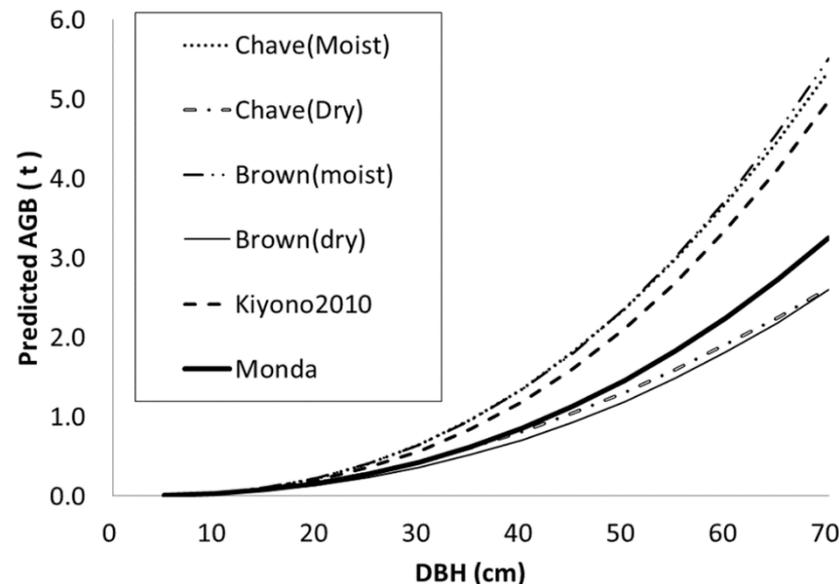
各種アロメトリー式

- 個別の樹種のための推定式 (species-specific model) および特定の地域に成立する森林のための推定式 (local model)。

Local models	モデルタイプ	バイオマス推定式	推奨する気象条件など(カッコ内はデータを取集した地域)
Yamakura式	推定式A	$AGB = \exp(-2.30 + 3.62 \times \ln(DBH))$	熱帯雨林(ボルネオ)
Chambers式	推定式B	$AGB = \exp(-2.010 + 2.55 \times \ln(DBH))$	(中央アマゾン)
Dojomo式	推定式C	$AGB = \exp(-2.05 + 2.33 \times \ln(DBH))$	熱帯低地林(アフリカ)
Hozumi式	推定式D	Stem = $0.072 \times (D^2 H)^{0.9326}$ Branch = $0.01334 \times (D^2 H)^{1.027}$ Leaf = $0.031 \times (D^2 H)^{0.7211}$	熱帯季節林の常緑林(カンボジア)
Monda式	推定式E	$AGB = 0.3510 \times DBH^{2.3855} \times WD^{1.7827}$	熱帯季節林の落葉林(インドシナ地域)
Kenzo式	推定式F	$AGB = 0.0829 \times DBH^{2.43}$	二次林(マレーシア・サラワク)
Ketterings式	推定式G	$AGB = \exp(-2.75 + 2.59 \times \ln(DBH))$	混交二次林(インドネシア・スマトラ)
Hashimoto式	推定式H	$AGB = \exp(-2.51 + 2.44 \times \ln(DBH))$	熱帯先駆種が優先する二次林(インドネシア・東カリマンタン)

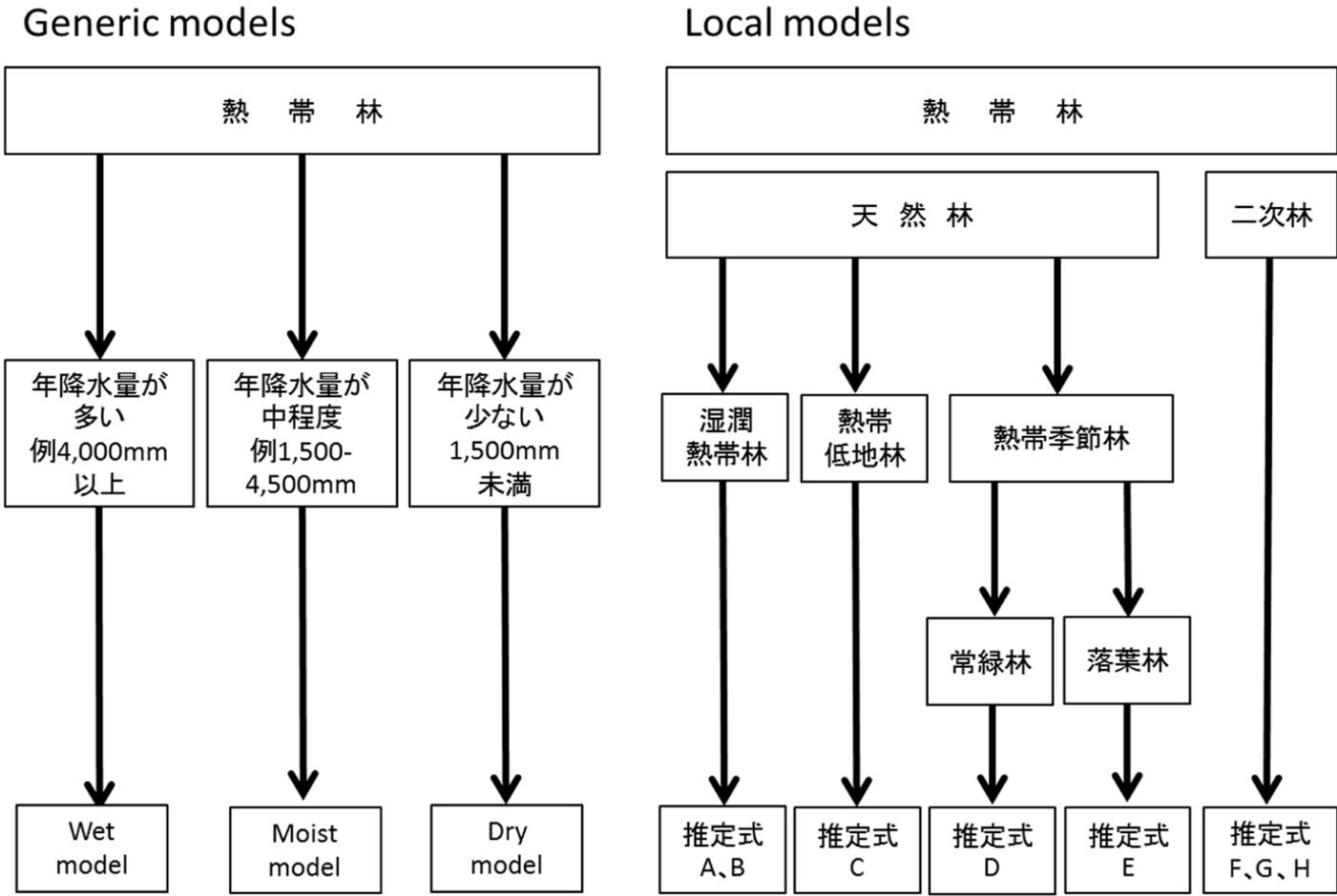
アロメトリー式の選択

- アロメトリー式は、式によって推定結果が異なる。
 - ✓ アロメトリー式を作成するために用いられているデータがそれぞれ異なっている。
 - ✓ そのため、式の係数がそれぞれ異なっている。
- バイオマスを推定する地域の森林のタイプや気候に合わせて適切な式を選択する必要がある。



推定式による地上バイオマス (AGB: aboveground biomass) の推定値の違い

アロメトリ式の選択フロー



REDD+CookBookより

単位面積あたりのバイオマス、炭素蓄積の算出

立木調査データ (例えば
0.1畝プロットの調査データ)

Tree ID	Species	DBH
A491	Quercus sp	16.5
AOO	□△sp	●●
A800	Schima sp	31.2

立木ごとに
バイオマス
を計算

その地域に適合した
アロメトリー式

汎用式 (Brown式Wet model) の計算例

$$AGB = 21.297 - 6.953 \times DBH + 0.740 \times DBH^2$$

Tree ID	Species	DBH	AGB(kg)
A491	Quercus sp	16.5	108
AOO	□△sp	●●	△×△
A800	Schima sp	31.2	524.7

プロットごとに合計し、
ha当たりのバイオマス
に換算

仮に0.1畝あたりのバイオマスが **5 t**であった場合
ヘクタールあたりの地上バイオマスは **"50 t"**



$$\text{炭素蓄積} = 50 \times 0.5^* = 25 \text{ t/ha}$$

*0.5は炭素係数 (Carbon Fraction ; CF)

アロメトリー式の独自開発が必要なケース

- REDDプラス対象国・地域で、Tier2、3レベルで炭素蓄積の把握を目指しているが、その国・地域に適合する既存の式が無い場合。
 - ✓ Tier : Tier1~3の3段階。
 - ✓ 温室効果ガスの排出/吸収の分析のデータ要件が異なる。Tier1では要件が少なく、Tier2、3では要件が増える。
 - Tier1 ; バイオマス計算に関して汎用式・値を使用、など。
 - Tier2 ; 国・地域に特化した計算式の使用、インベントリによるデータ収集、など。
 - Tier3 ; 国・地域に特化した計算式の使用、インベントリによるデータ収集が繰り返されていること、など。
 - ✓ Tierごとにそれぞれ透明性、完全性、一貫性、比較可能性、正確性が求められる。

ベトナム国ディエンビエン省でのアロメトリー式開発

VN国のバイオマス計算式およびバイオマス調査の状況

バイオマス計算式に関して

- アロメトリー式
 - R-S ratio : 地下バイオマスを推定する係数
- 汎用式・汎用値
を使用 = Tier1
- 材積式（表）：樹種、人天、地域— 天然林は簡易な式のみ存在
 - 容積密度：300種のリストあり
 - バイオマス計算式の知見は、人工林では多いが、天然林では少ない

VN国では、国に特化したアロメトリー式が無く、森林炭素蓄積量の推定のために、より高いTierレベルで推定を行うための計算式や係数の開発が求められていた。このような背景の下、VN国のバイオマス調査を行った。



Dien Bien province Muong Nhe district



ディエンビエン省の概要

- ベトナム北西部、ラオス・中国と国境を接する。
- 省の面積9,563 km²。
- 森林率39%（うち約55%が森林計画上の保全林、約40%が生産林）。
- 省の91%が海拔500m～1,500m。
- 土地の54%が傾斜30%以上。
- 流域保全が重要な課題となっている。

出典

ベトナム農村社会における社会経済開発のための地場産業振興に係る能力向上プロジェクト (JICA)

http://www.taybac.net.vn/taybac/dienbien_detail_jp.html

北西部水源地域における持続可能な森林管理プロジェクト (JICA)

<http://www.jica.go.jp/project/vietnam/004/outline/index.html>





調査地

ディエンビエン省モンニエ郡、モンニエ自然保護区 (MuongNhe Nature Reserve ; MNNR)



MNNRの林相



林分の遠景



Rich forestの林内

- MNNRの総面積は169,962[㊦] (保護区内に耕作地も存在)。
- うち天然林の面積は82,200[㊦] (森林保護区の約48%)。
- 優占樹種はシイ、カシ、ヒメツバキなど常緑広葉樹 (村落跡地にはBambooも生育)。
- 天然林は蓄積ごとにPoor forest (100m³/[㊦]未満)、Medium forest (100~200m³/[㊦])、Rich forest (200m³/[㊦]以上)に分けられている。



Bamboo

標準地調査（プロット調査）の内容

プロットをMNNRの森林の90箇所に設置。

- 森林図上で候補地点を選点定し、現地の林相を確認して決定
- プロットサイズは50m×50m
- 胸高直径5cm以上の立木を対象
- 樹種同定
- 胸高直径計測（地上高1.3mの部分の直径）
- 樹高計測

MNNR 管理事務所での調査地選定作業



- 奥山にある森林のプロット選定は慎重を期していた。
- GISも使用しているが現地では紙地図で選点。

標準地調査のプロット設定



- 現地でのプロット設定はオリエンテーリングコンパス、巻き尺などを使用。
- バーテックスなどの先進的な測定機器は、導入されていても数が少ないため、調査チームが持ち出せない場合もある。

標準地調査の立木調査



- 樹木の胸高位置（地上高1.3mの部分）の幹周囲長を測定して、集計時に直径に変換。
- 板根を持つ樹種のDBHを正確に測定するには脚立なども必要。
- 樹高はクリノメーターなどを用いた方法で測定。
（日本人スタッフが滞在した期間はバーテックスを使用。）



調査実施上の問題点 1

－ 地理的要因、アクセス －

- 車道から調査地まで最大8 km離れている。
- 川を遡行するなど、到達に2時間程度要する。
- スタッフ（特に日本人技術者）の安全管理に留意。

その他

- 調査以前に、入林の許可を得ることに時間を要することがある。
 - ✓ Forest Protection Department ; FPD、Department of Forestの地方事務所 ; SubDOF、さらに国境地帯のため軍との調整が必要であった。
- 紛争などで退去勧告が出ることも念頭に置いた準備が必要。
 - ✓ カウンター機関に調査を任せることも必要となる。
 - ✓ 信頼できる機関をカウンターパートにできるか。（ベトナムでは、Forest Science Institute of Vietnam ; FSIVをCPとすることができた。）

調査実施上の問題点2

－ 調査地選定、立木調査 －

調査地選定

- GISはあっても最終的には紙地図での調査地選定作業となった。
- 日本側が調査地選定しても諸事情で実際には行けない場合もある。
 - ✓ 前のスライドの地理的要因による調査実施上の問題点と関連している。

立木調査

- MNNRでの調査は50×50mの正方形プロットだったが、林相次第でプロット形状やサイズを変更する余地はある。
- 調査に高精度を期すならば、日本からの機材持ち込みが不可欠。

破壊調査（伐倒調査）の内容

標準地調査を行った林分で破壊調査を実施。

- 標準地調査結果に基づき、供試木とする樹種を決定。
 - 各胸高直径階から満遍なく供試木を選定。
 - 供試木の伐倒および抜根
 - 各器官の生重量測定
 - 各器官のサブサンプル採取
- ※破壊調査では、重機の使用を前提としているが、MNNRの調査地では重機の使用が困難であった（林道等が未整備）。そのため、現地の住民を雇い、根の掘り出しなどの重作業を行う必要があった。

供試木の選定

- 供試木30本を選定：優占樹種3種×10本
 - ✓ Dê : *Castanopsis indica* (Roxb.) A. DC.
 - ✓ Chèo Tía : *Engelhardtia roxburghiana* (Lindl. ex Wall.) Iljinsk.
 - ✓ Vôi Thuốc : *Schima wallichii* (DC.) Korth.

- 標準地調査結果に基づき、3樹種を決定。
 - ✓ MNNRの林分材積のうち、60%以上が上記3種で占められていた（*Castanopsis* : 37%、*Engelhardtia*:13%、*Schima*:11%）。

- 各胸高直径階から満遍なく供試木を選定。

根の掘り出し



- 供試木は、樹冠の範囲の根を掘り出したうえ、ロープをかけて引き倒した。（急峻な地形のため重機を搬入できなかった。）
- 地中に残った根については、可能な限り掘り出した。
- 掘り出せない根は切断面の直径を計測し、完全に掘り出した根の直径と重量の回帰式から生重量を推定した。

供試木を倒した後の作業



樹幹長の測定と切断位置決定



各器官の切断（写真は樹幹と根）

各器官の生重量測定

- 器官（根、幹、枝、葉）に分別し、器官別の生重量を測定。



樹幹



根

各器官の生重量測定



葉と枝の分別作業（花や果実がある場合は、それも分別）



枝の生重量測定

樹幹のサブサンプル採取

- 各器官から乾燥実験用のサブサンプルを採取。
- サブサンプルの生重量を測定。



幹のサブサンプルの採取



幹のサブサンプルの



枝および葉のサブサンプル採取



枝のサブサンプル



葉のサブサンプル（花や果実がある場合は、そのサブサンプルも採取）



根のサブサンプル採取





供試木データの取りまとめシート

ID	Scientific name of sample trees	Sample tree size		Sample plot No.	Coordinates of sample trees		Fresh biomass of sample trees by tree organs (kg)				
		DBH (cm)	H (m)		Latitude	Longitude	Stem	Branch	Leave	Root	Total
1	<i>Schima wallichii</i>	6.5	8.4	58	230639	2469436	18.6	10.1	2.5	6.5	37.7
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11	<i>Castanopsis indica</i>										
12											
15											
13											
14											
16											
17											
18											
19											
20											
21	<i>Engelhardtia roxburghiana</i>										
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											



調査実施上の問題点3

－ 伐倒調査 －

- **調査地の立地条件次第で調査の難易度が大きく変わる。**
 - ✓ 重機の搬入が困難な場合、根の掘り起こしなど重作業も、人力に頼らざるを得ない。
 - ✓ 調査地が車道から遠いとサンプルの運び出しが困難。
 - ✓ 調査員の安全確保が難しくなる。

- **重量計測の精度を期すならば日本からの測定機材の持ち込みが必要。**
 - ✓ 調査対象地域の森林の樹木サイズにもよるが、秤量1000kg、2000kgの秤を準備する必要がある。（現地入手が困難。）

乾燥実験（ラボでの作業）

サンプルは順次FSIV (Forest Science Institute of Vietnam) 本部に送り、ラボで乾燥処理、乾燥重量測定

- ラボでサンプル生重量を再測定。
- 105℃で72～168時間乾燥。
- サンプルの乾燥重量を測定。



サブサンプルの乾燥処理と乾燥重量測定



調査実施上の問題点 4 - ラボ作業 -

- サブサンプルの乾燥処理ができる施設を持っている研究所や大学が、調査を行う国にあるか、事前に確認が必要。

解析：供試木の全乾燥重量計算

➤ 全乾燥重量の計算 $TDW = TFW * \frac{SDW}{SFW}$

- ✓ TDW：各器官の全乾燥重量
- ✓ TFW：各器官の全生重量
- ✓ SDW：各器官のサブサンプル乾燥重量
- ✓ SFW：各器官のサブサンプル生重量

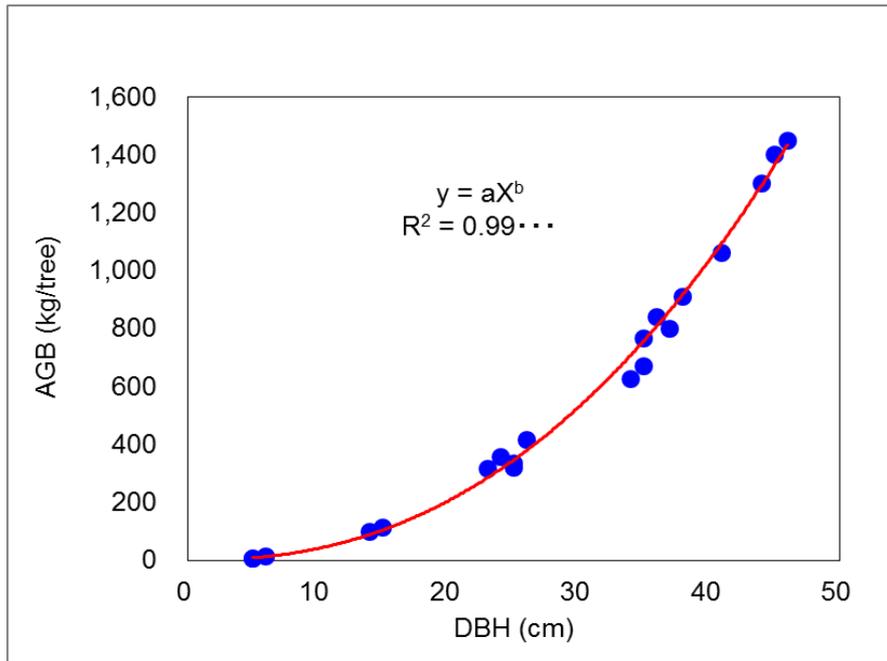
全乾燥重量 = バイオマス

供試木乾燥重量の取りまとめシート

ID	Name of sample trees	Sample tree size		Dried mass by tree organs (kg/tree)				
		DBH (cm)	H (m)	Stem	Branch	Leave	Root	Total
1	<i>Schima wallichii</i>	6.5	8.4	9.01	4.67	0.88	2.81	17.37
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11	<i>Castanopsis indica</i>							
12								
15								
13								
14								
16								
17								
18								
19								
20								
21	<i>Engelhardtia roxburghiana</i>							
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								



アロメトリー式（器官別回帰式）作成



➤ 供試木の胸高直径と各器官のバイオマスの関係を散布図に表す

- ✓ x軸：胸高直径、y軸：地上部バイオマス
- ✓ DBH：胸高直径
- ✓ AGB：地上部バイオマス

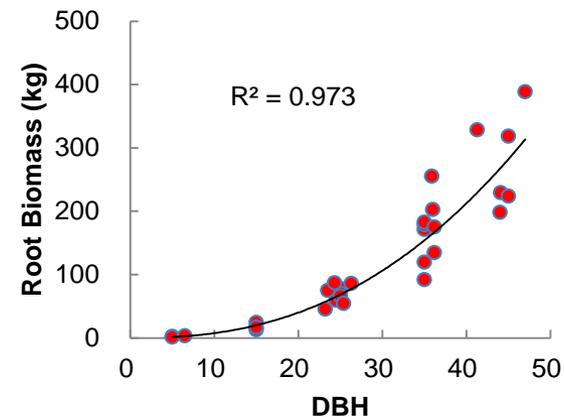
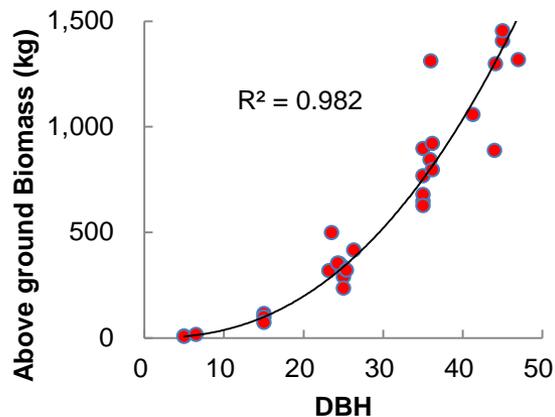
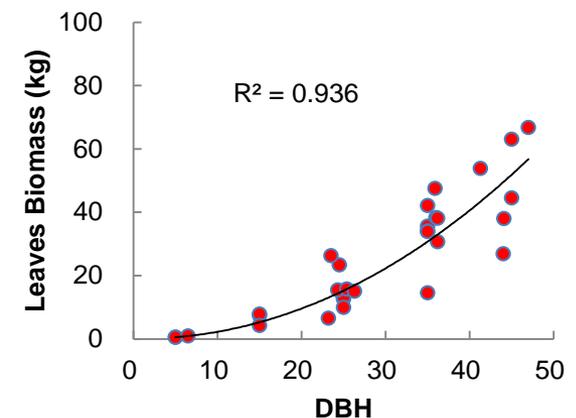
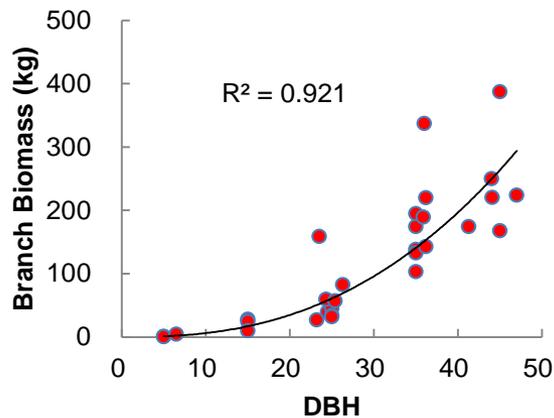
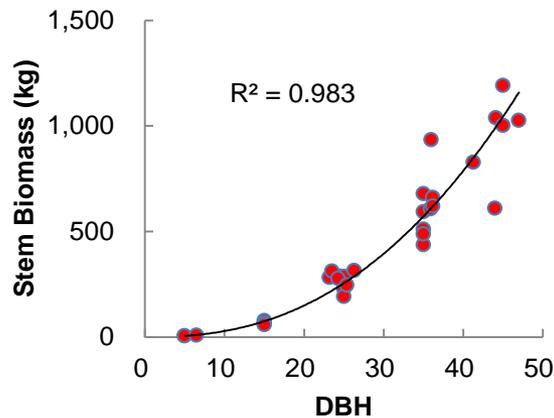
➤ 散布図の近似線の式 $y = a X^b$

対数を取った場合 $\text{Ln}(y) = a \text{Ln}(X) + b$

などの回帰式が得られる。

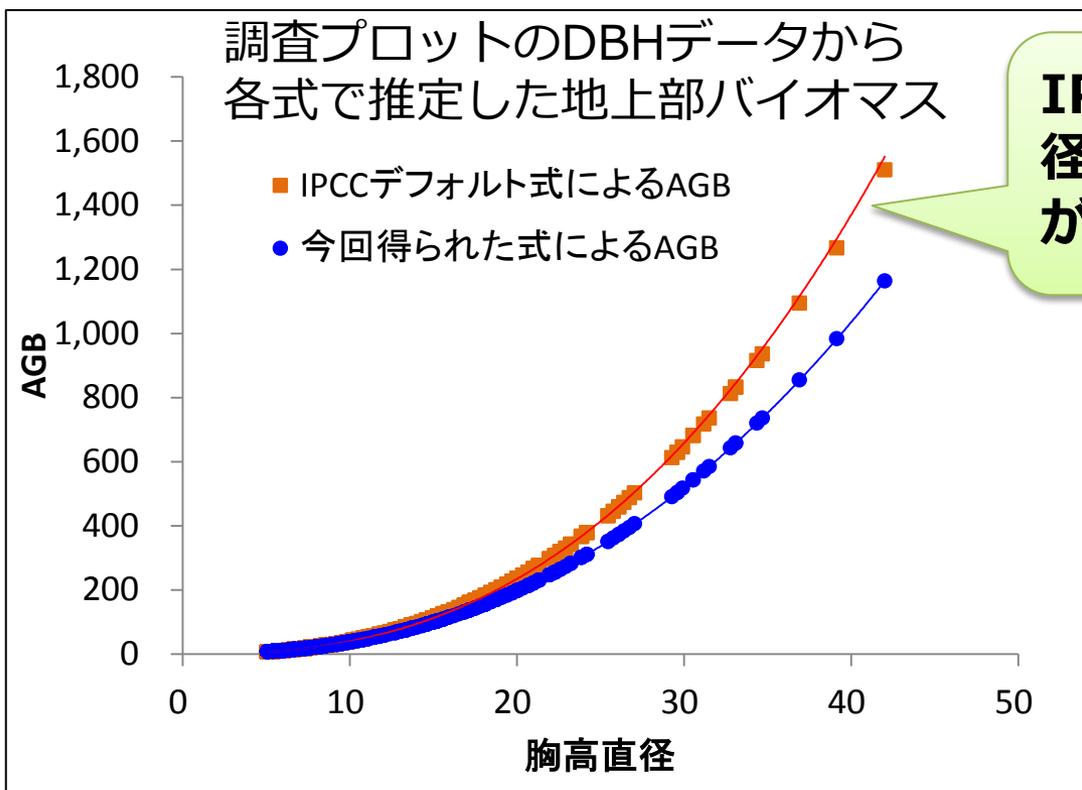
- ✓ y ：各器官のバイオマス
- ✓ X ：変数（DBH、DBH²、D²H など）
- ✓ a 、 b ：係数

器官別の胸高直径とバイオマスの関係



これらの散布図から、器官別にアロメトリー式を作成することができる。

IPCCの汎用式と開発したアロメトリー式による地上部バイオマス (AGB) の比較



IPCCの汎用式は、大径木ほどバイオマスが過大推定される。

IPCCの式 : $Y = \exp[-2.289 + 2.649 * \ln(\text{DBH}) - 0.021 * (\ln(\text{DBH}))^2]$

Tropical moist hardwoods

Y= aboveground dry matter, kg (tree)⁻¹, DBH =diameter at breast height (cm), ln = natural logarithm, exp = "e raised to the power of"

毎木調査データからバイオマスを試算

- プロットごとに全立木の地上部バイオマス、地下部バイオマスを計算・集計し、ヘクタールあたりバイオマスに換算。
- さらに炭素量を算出。

プロットごとの計算結果の集計例（90箇所の標準地のデータから計算）

Plot No.	Wood volume m ³ /ha	Forest Type	AGB t/ha	BGB t/ha	Carbon in AGB	Carbon in BGB
・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・
22	195	medium	169	32	84.5	16.0
23	123	medium	132	25	66.0	12.5
24	225	rich	200	40	100.0	20.0
25	205	rich	182	35	91.0	17.5
26	37	poor	54	11	27.0	5.5
27	391	rich	351	70	175.5	35.0
28	53	poor	65	13	32.5	6.5
29	29	poor	46	9	23.0	4.5
・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・

MNNRにおける各森林タイプの炭素貯留量

森林タイプ	プロット数	蓄積 m ³ /ha	AGB t/ha	BGB t/ha	地上炭素 貯留量 t/ha	地下炭素 貯留量 t/ha	炭素貯留量 (地上+地下) t/ha
Poor	29	75.5	92.1	18.1	46.0	9.1	55.1
Medium	31	156.0	164.1	32.5	82.0	16.3	98.3
Rich	30	254.6	205.1	39.6	102.5	19.8	122.3

※各森林タイプの平均値を示した



ベトナム国ディエンビエン省でのバイオマス調査のまとめ

- ベトナム国の北部地域に特化したアロメトリー式を破壊調査によって得ることができた。
- 得られたアロメトリー式は、IPCCの汎用式よりもコンサバティブな（＝低めに見積もられた）バイオマス推定が出来る。
 - ✓ バイオマスの過大推定を回避できる。
- REDDプラス対象国・地域の周辺国・周辺地域に、似たような森林タイプがあるならば、開発したアロメトリー式を適用できる可能性がある。
 - ✓ 例えば、ベトナム国の他省およびインドシナ半島の常緑広葉樹林など。（ただし、林分構成など精査し、優占樹種などが一致するか判断する必要がある。）
 - ✓ REDDプラス対象国・地域内であっても全く異なる森林タイプについては、別にアロメトリー式を開発する必要がある
 - 例）二次林、バンブー、乾性フタバガキなど、それぞれの森林タイプに合わせたアロメトリー式が必要。

バイオマス調査実施上の留意点

- 調査を行う森林は、国有林？ コンセッション会社の社有林？
 - ✓ 許可申請先。
 - ✓ 伐採許可が得られるまでの期間も見越した調査計画が必要。
 - ✓ 森林所有者がコンセッション会社の場合、樹木の買取交渉が必要。
 - ✓ ベトナムでは国有林で、なおかつ国立の研究機関との共同作業であったため、調査許可の取得はスムーズであった。
- 重機、トラック、大型チェーンソーの手配
 - ✓ 重機の搬入が可能な場所で調査を行えるのであれば、重機を使うに越したことはない。
 - ✓ 林業会社と協力出来れば、重機などの確保がし易い。
 - ✓ 重機レンタル料の交渉が必要。
 - ✓ チェーンソーは、地元住民が持っていることもある。
- 調査の作業のための人員の確保
 - ✓ 重機やチェーンソーのオペレーター、トラックの運転手など。
 - ✓ 地元民ワーカーの雇用。（人数が多ければ手分けして効率的な作業ができる。）
 - ✓ 各オペレーター、ワーカーへの賃金。（専門の技術者は賃金も高くなる。）
- 地域コミュニティへの配慮
 - ✓ コミュニティーの長老、リーダーへ調査の説明すること。
 - ✓ コミュニティーの禁忌に触れないか確認すること。

など



REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成26年度

基礎講習

第9章

リモートセンシングを用いた 森林面積の把握手法

一般社団法人 日本森林技術協会
鈴木 圭

リモートセンシングデータを用いた 土地利用被覆区分の時系列解析の流れ

前処理

- ・幾何補正
- ・大気補正
- ・地形補正

単時点の分類

- ・オブジェクト分類
- ・ピクセル分類
- ・目視判読

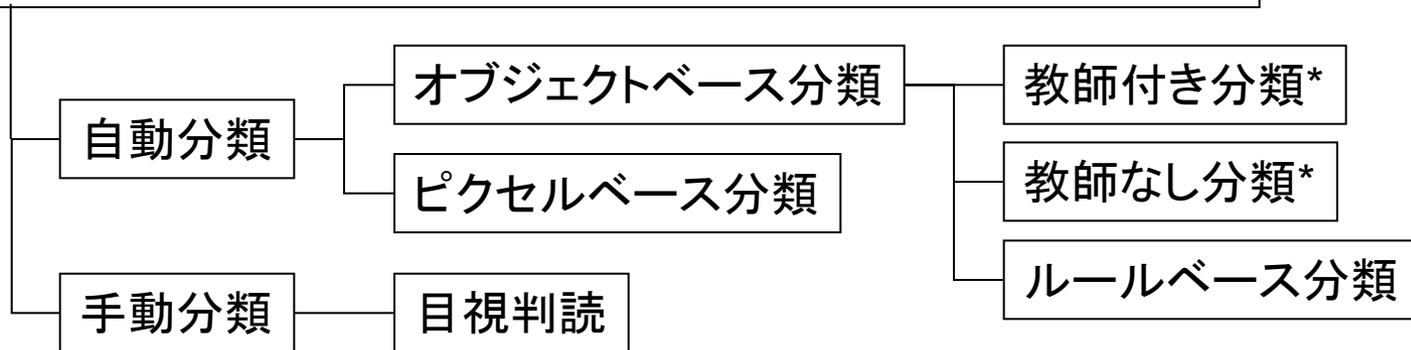
時系列解析

- ・分類結果の差によるもの
- ・2時点の画像間の変化を直接検出する方法



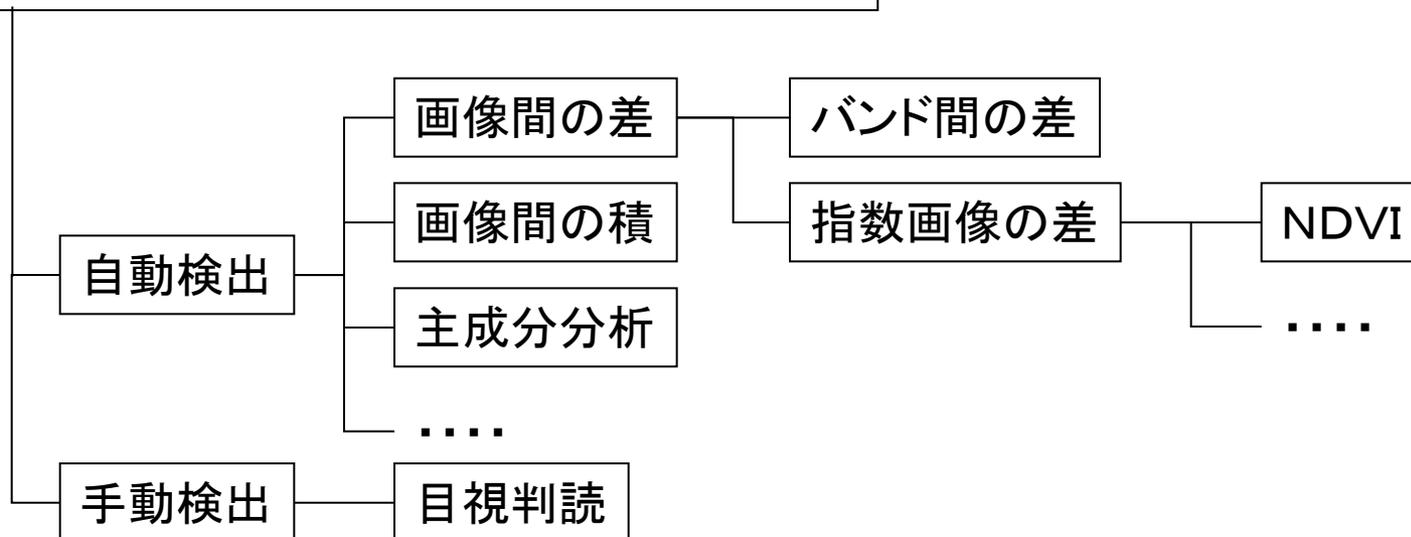
変化抽出技術の分類

[1] 各時点でそれぞれ森林タイプ分類図を作成して差分をとる方法



*:ピクセルベース分類でも

[2] 2時点の画像間の変化を直接検出する方法





変化抽出技術の特徴(1)

	長所	短所
[1] 各時点でそれぞれ森林タイプ分類図を作成して差分をとる方法	作成した分類図から炭素量への換算が比較的容易	分類精度が高くないと、変化がない箇所を誤抽出する可能性がある
[2] 2時点の画像間の変化を直接検出する方法	変化のある箇所の検出精度は比較的高い	炭素量への換算が困難

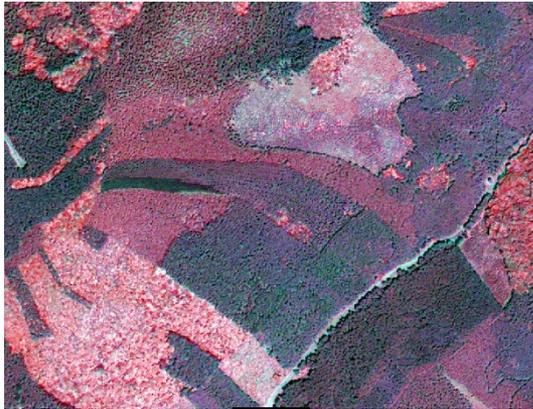
変化抽出技術の特徴(2)

『[1]各時点でそれぞれ森林タイプ分類図を作成し差分をとる方法』の各分類手法

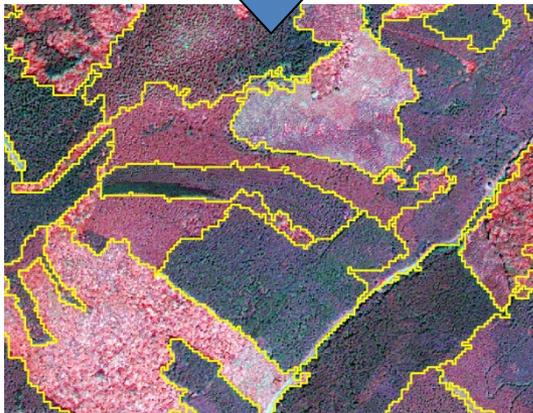
	長所	短所
自動分類 - オブジェクトベース分類	高分解能の衛星画像の分類に適しているため、詳細な分類図を得られる	分類のためのパラメータ設定が複雑
自動分類 - ピクセルベース分類	作業者の技術力によらず、比較的均質な成果を得られる	高分解能の衛星画像の分類には適さない
手動分類 - 目視判読	分類精度が高い	経験にもとづく技術力が必要であり、また作業量が多くなる

[1]各時点でそれぞれ森林タイプ分類図を作成し差分をとる方法

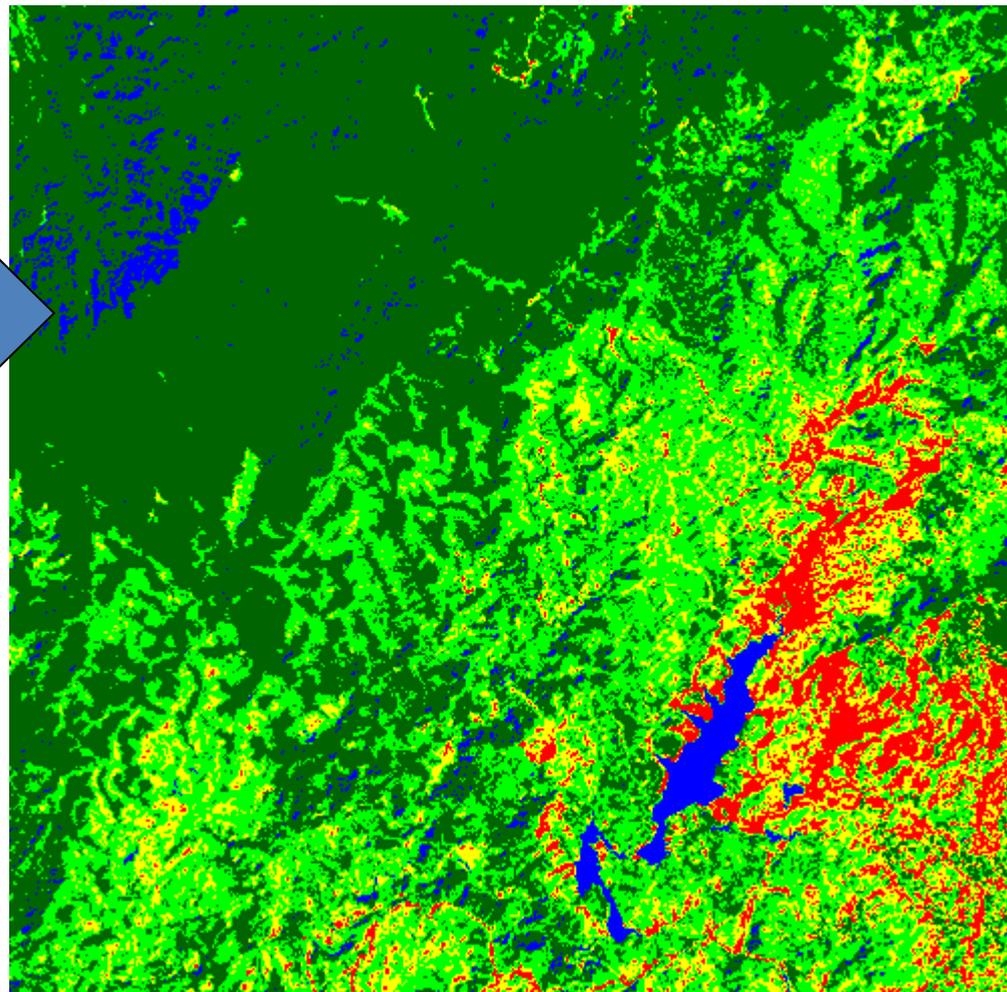
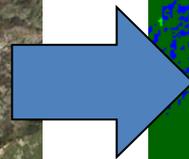
オブジェクトベース分類



セグメンテーションと呼ばれる処理により、
スペクトル情報や形状情報に基づいたオ
ブジェクト(ピクセルの集合)が生成される

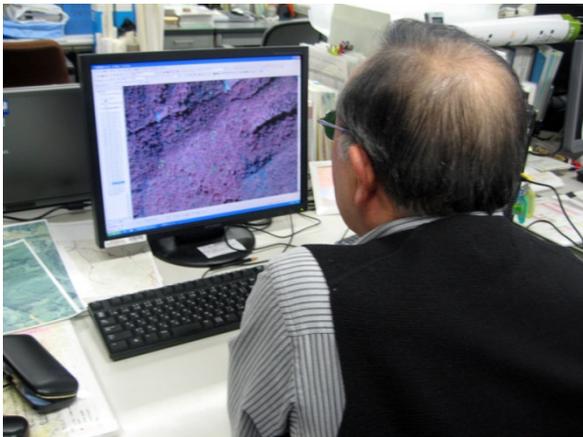


[1]各時点でそれぞれ森林タイプ分類図を作成し差分をとる方法 ピクセルベース分類



類似したスペクトル情報を持つピクセルをまとめることにより分類する。空間分解能の低い衛星画像の分類に適す

[1]各時点でそれぞれ森林タイプ分類図を作成し差分をとる方法 目視判読



対象物の持つ『色調』『形状』『大きさ』
『きめ』『模様』などを手がかりにした作
業者の判断により分類する

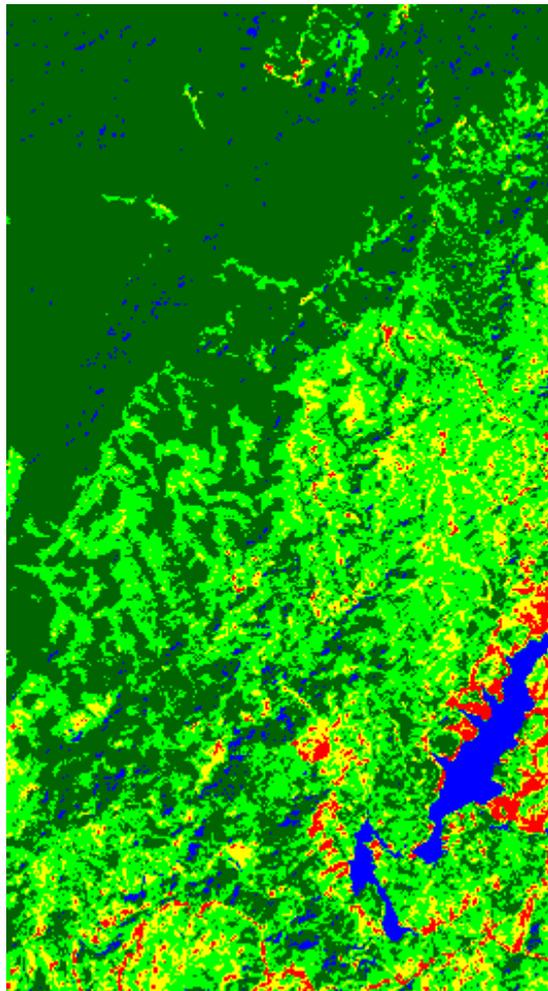
[1]各時点でそれぞれ森林タイプ分類図を作成し差分をとる方法

3つの分類方法の比較

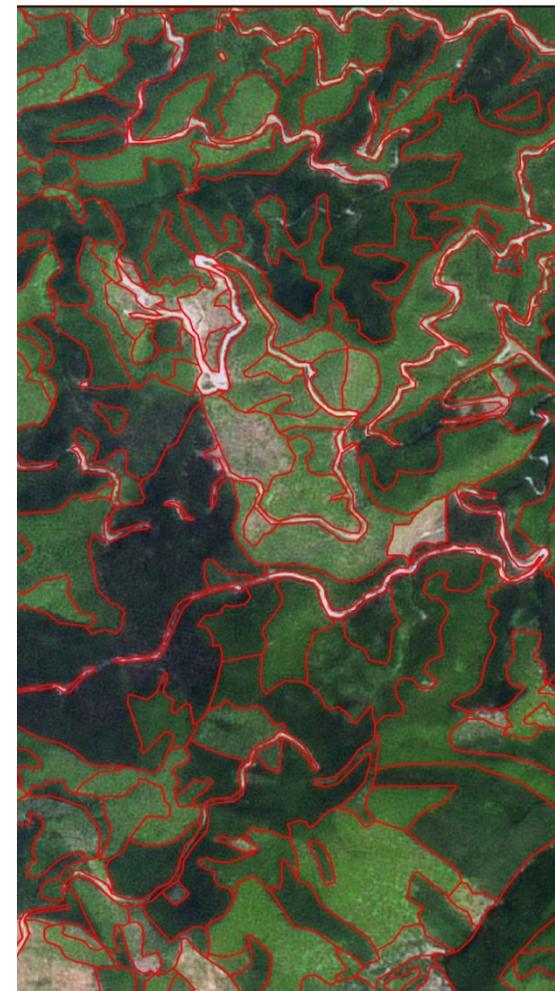
オブジェクトベース分類



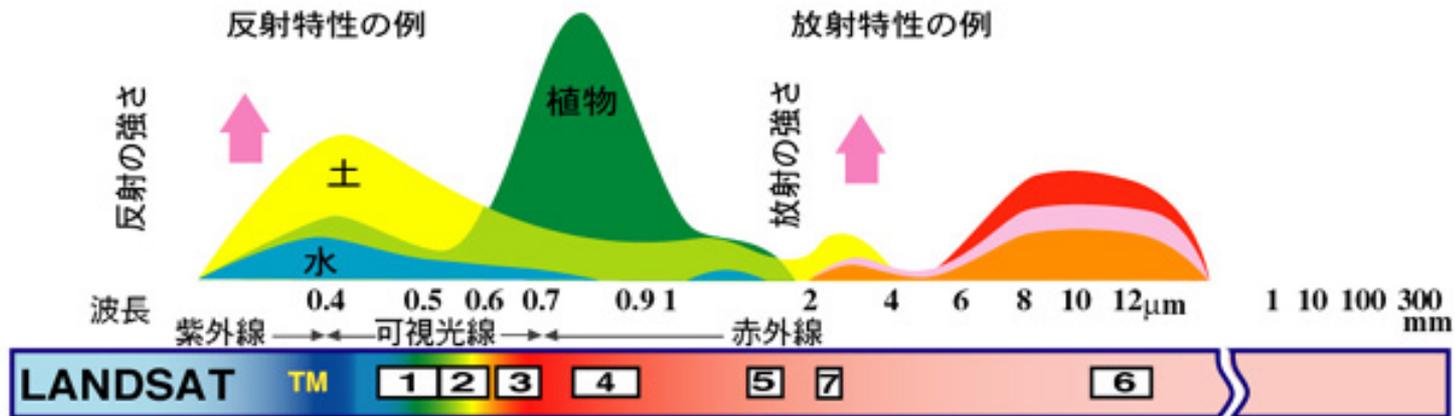
ピクセルベース分類



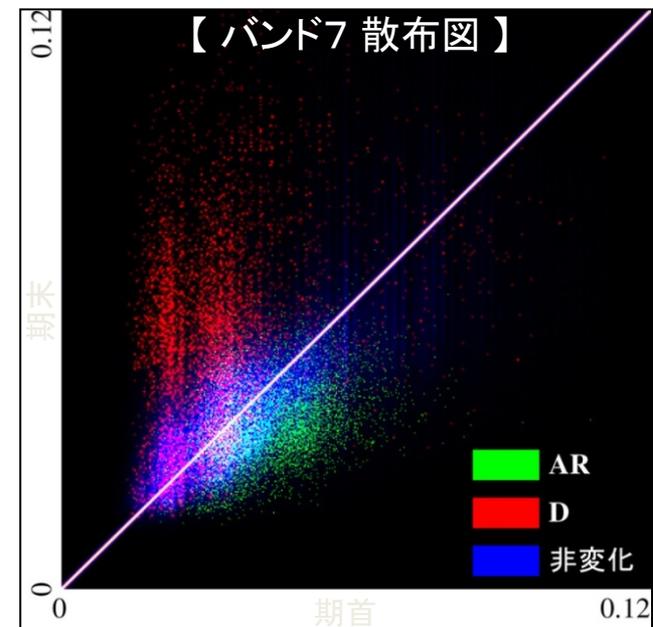
目視判読



[2] 2時点の画像間の変化を直接検出する方法 バンド間の差分による検出



- ・各バンドは地表面の様々な特徴をとらえている。
- ・森林の変化検出にはLANDSATバンド7(短波長赤外線)がよく用いられる。
- ・一般的に、植林による変化より伐採による変化のほうが検出しやすい。

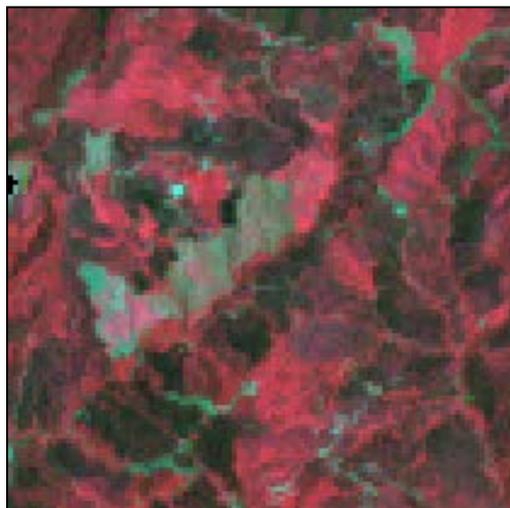


RESTECホームページより引用

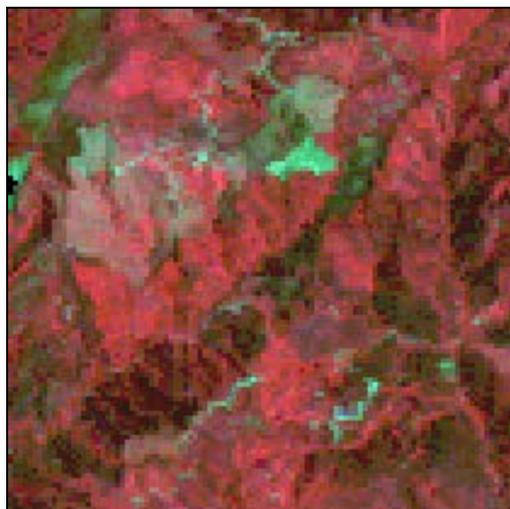


[2] 2時点の画像間の変化を直接検出する方法 バンド間の差分による検出

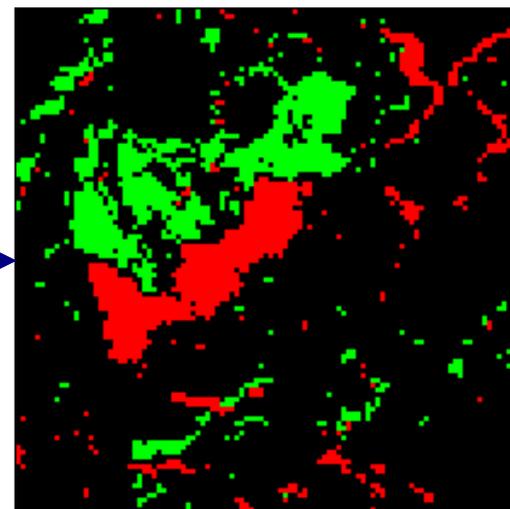
期首画像
LANDSA 1992年



期首画像
LANDSA 2002年



バンド7差分画像
(緑:伐採、赤:植林)



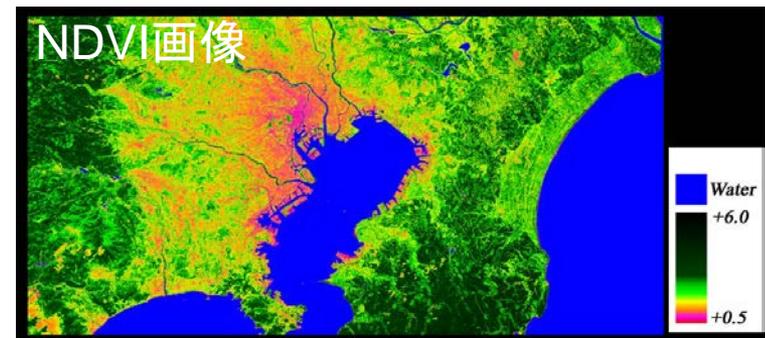
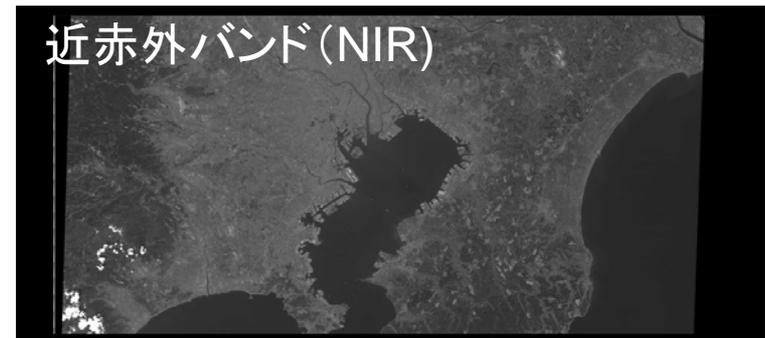
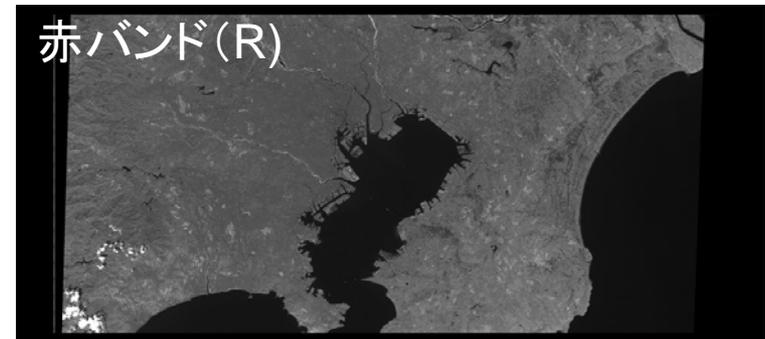
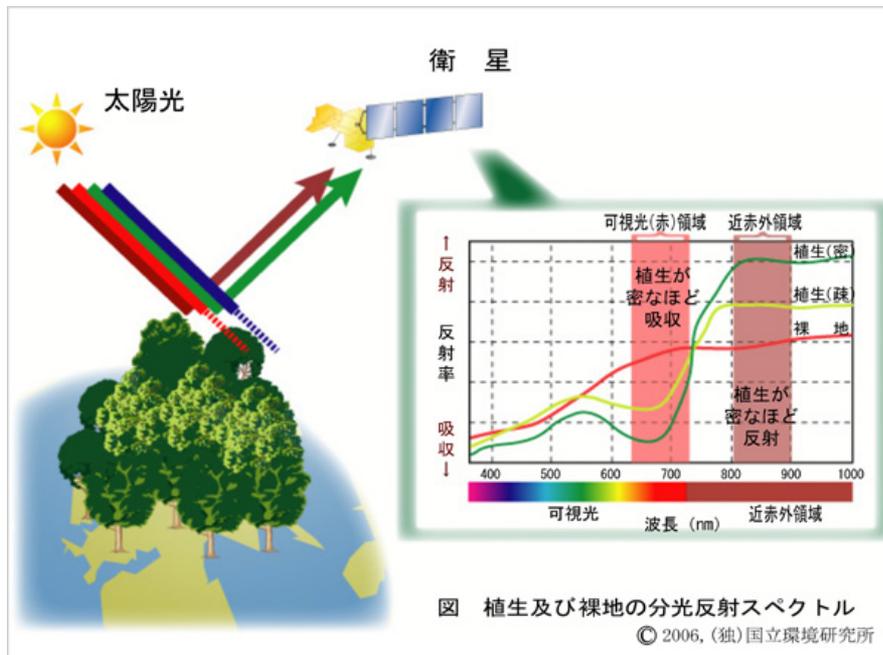
[2] 2時点の画像間の変化を直接検出する方法

NDVI画像の差分による検出

NDVI: 正規化植生指数

$$NDVI = \frac{[NIR] - [R]}{[NIR] + [R]}$$

(NIR: 近赤外バンド
R: 赤バンド)





画像解析ソフトの紹介

オブジェクトベース分類に対応した主なソフトウェア

ソフトウェア	開発会社
eCognition	Trimble
Feature Analyst for ArcGIS	Overwatch Systems
ENVI EX	EXELIS
Picasso	(株) つくばアグリサイエンス

オブジェクトベース分類に対応したソフトウェアの特徴としては、Segmentation処理を行うことにより画像分類をおこなう機能を持っている。

Segmentation ?

画像解析ソフトの紹介

eCognitionの画像分割の仕組み

- Segmentation: 隣接画素との均質性を基に画素をグループ化
 - 色調や形から算出した異質性 (Heterogeneity) の指標を用いて、分割是非を判断する。

異質性(f)は色調 (**Color**) と形状 (**Shape**) の合計 (2.1式)。

$$f = w * h_{color} + (1 - w) * h_{shape} \quad (2.1)$$

h_{color} と h_{shape} は w によって重み付けされ合計が1となる。

$$h_{shape} = w_{cmpct} * h_{cmpct} + (1 - w_{cmpct}) * h_{smooth} \quad (2.2)$$

形状 (**Shape**) は **Smoothness** と **Compactness** の2因子の合計 (2.1式)。

(2.1式)に(2.2式)を代入すると次式を得る。

$$f = w * h_{color} + (1 - w) * \{ w_{cmpct} * h_{cmpct} + (1 - w_{cmpct}) * h_{smooth} \} \quad (2.3)$$

画像解析ソフトの紹介

eCognitionの画像分割の仕組み

- 異質性 (Heterogeneity) の算出
 - 色調の異質性 (h_{color}): 輝度値分散の総和とみなす。

$$h = \sum_c w_c * \sigma_c \quad (2.4)$$

σ : レイヤーCのポリゴン内輝度値の分散

w : そのレイヤーCの重み付けした値

SegmentationではObject1とObject2を統合する場合、それぞれの標準偏差を合計し、統合後のObjectの標準偏差との差をとる。これにレイヤーの重み付けを乗算した値が h_{color} である(2.5式)。

$$h_{\text{color}} = \sum_c w_c (n_{\text{Merge}} * \sigma_c^{\text{Merge}} - (n_{\text{Obj1}} * \sigma_c^{\text{Obj1}} + n_{\text{Obj2}} * \sigma_c^{\text{Obj2}})) \quad (2.5)$$

画像解析ソフトの紹介

eCognitionの画像分割の仕組み

- 異質性 (Heterogeneity) の算出
 - 形状の異質性 (h_{smooth}): 周長と短辺の比によって形状を評価する。

$$h = \frac{l}{b} \quad (2.6)$$

l : ポリゴンの周長、 b : ポリゴンの短辺

Object1とObject2を統合する場合、(2.6式)から個々に算出した h の値を合計し、統合後のObjectの h との差をとった値が h_{smooth} である(2.7式)。

$$h_{\text{smooth}} = n_{\text{Merge}} * \frac{l_{\text{Merge}}}{b_{\text{Merge}}} - (n_{\text{Obj1}} * \frac{l_{\text{Obj1}}}{b_{\text{Obj1}}} + n_{\text{Obj2}} * \frac{l_{\text{Obj2}}}{b_{\text{Obj2}}}) \quad (2.7)$$

画像解析ソフトの紹介

eCognitionの画像分割の仕組み

- 異質性 (Heterogeneity) の算出
 - 形の異質性 (h_{cmpct}): 周長と画素数の平方根の比によって形状を評価する。

$$h = \frac{l}{\sqrt{n}} \quad (2.8)$$

l : ポリゴンの周長、 n : ポリゴン内の画素数

Object 1とObject 2を統合する場合、(2.8式)から個々に算出した h の値を合計し、統合後のObjectの h との差をとった値が h_{cmpct} である(2.9式)

$$h_{\text{cmpct}} = \sqrt{n_{\text{Merge}}} * \frac{l_{\text{Merge}}}{\sqrt{n_{\text{Merge}}}} - \left(n_{\text{Obj1}} * \frac{l_{\text{Obj1}}}{\sqrt{n_{\text{Obj1}}}} + n_{\text{Obj2}} * \frac{l_{\text{Obj2}}}{\sqrt{n_{\text{Obj2}}}} \right) \quad (2.9)$$

画像解析ソフトの紹介

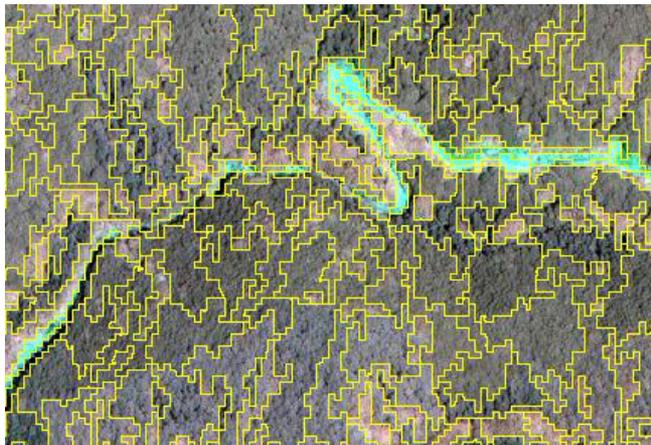
eCognitionの画像分割の仕組み

- 異質性 (Heterogeneity) の算出
 - (2.5式)、(2.7式)、(2.9式)によって算出された h_{color} 、 h_{smooth} 、 h_{cmpct} の3因子を(2.3式)に代入することで異質性(f)が求められる。
- Segmentation処理では異質性(f)は**Scale parameter**として設定する。
 - 値を小さくすると異質性の許容範囲が狭まり画像をより細かく分割するにとどまる結果となり、大きくすると粗い分割結果となる。そのほかに先に述べた3つの因子の重み付けや、Segmentation処理時に使用する各レイヤー(例えばRed、Blue、Nirなど)の重み付けによりSegmentation結果は左右される。

画像解析ソフトの紹介

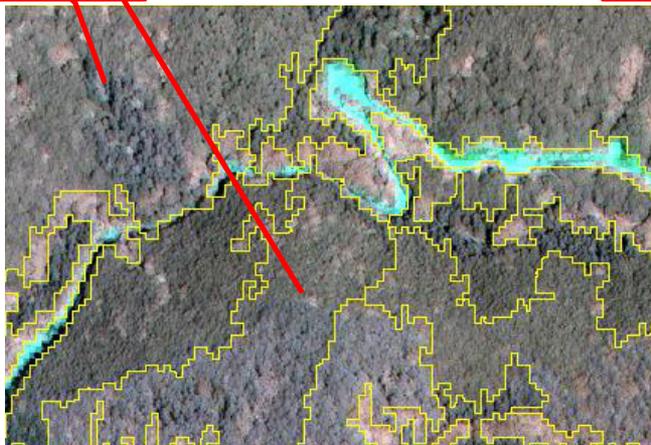
eCognitionの画像分割の仕組み(異なるScale parameterによる区画線)

SP=50



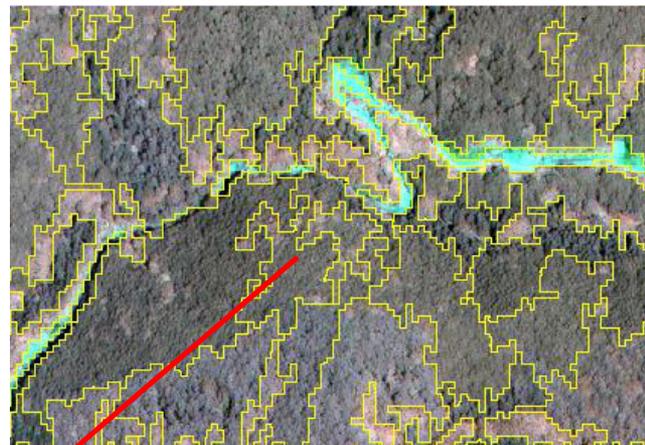
区画されて
いない

SP=200

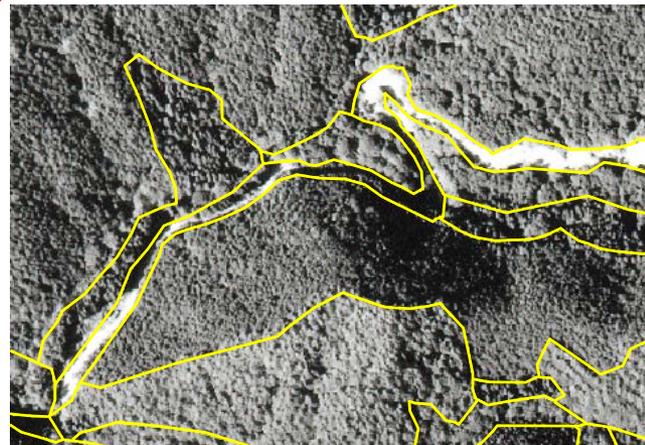


まだ細かいが必要な
区画はされている

SP=100



空中写真の目視判読(正)



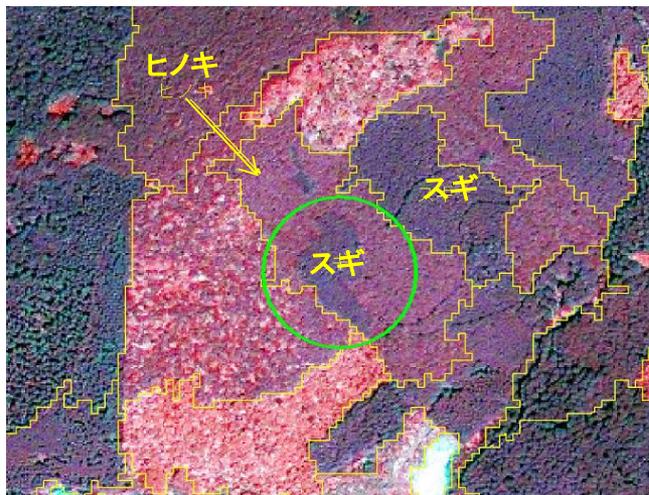
画像解析ソフトの紹介

eCognitionの画像分割の仕組み(異なる林相における区画線)

スギとヒノキ

異質性が低い
のでSP80では
区分されない。

SP=80

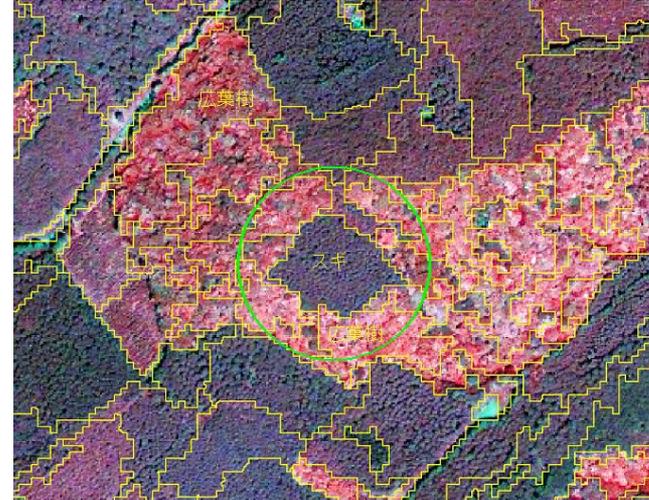
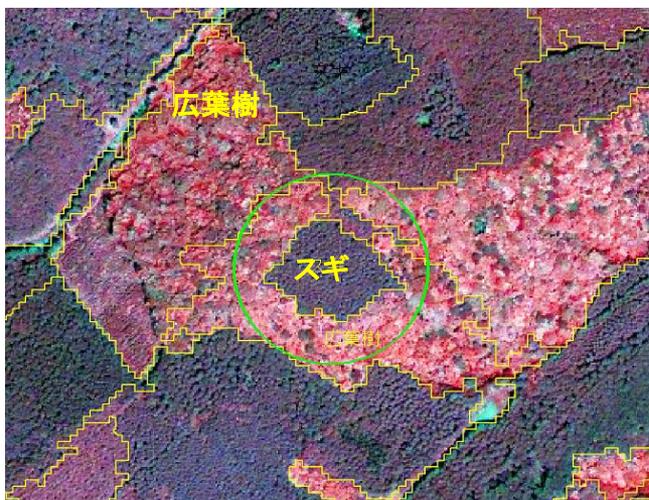


SP=30



スギと広葉樹

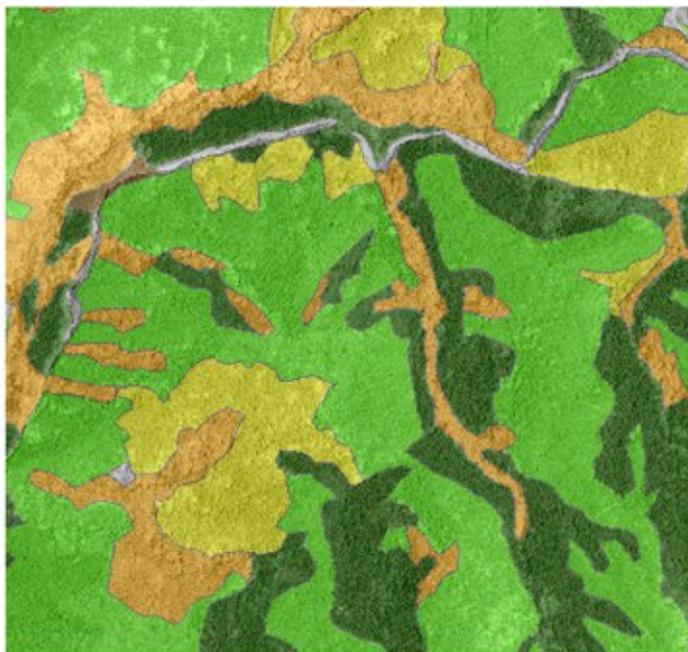
異質性が高い
のでSP80でも
区分される。



画像解析ソフトの紹介

eCognitionの画像分割の仕組み(画像分類結果の比較)

空中写真 - 目視判読



凡例



IKONOS - eCognition



凡例



平成14年度森林資源モニタリング調査データ地理解析事業(リモートセンシング資源解析事業)報告書より



画像解析ソフトの紹介

ENVI EXの画像分割の仕組み

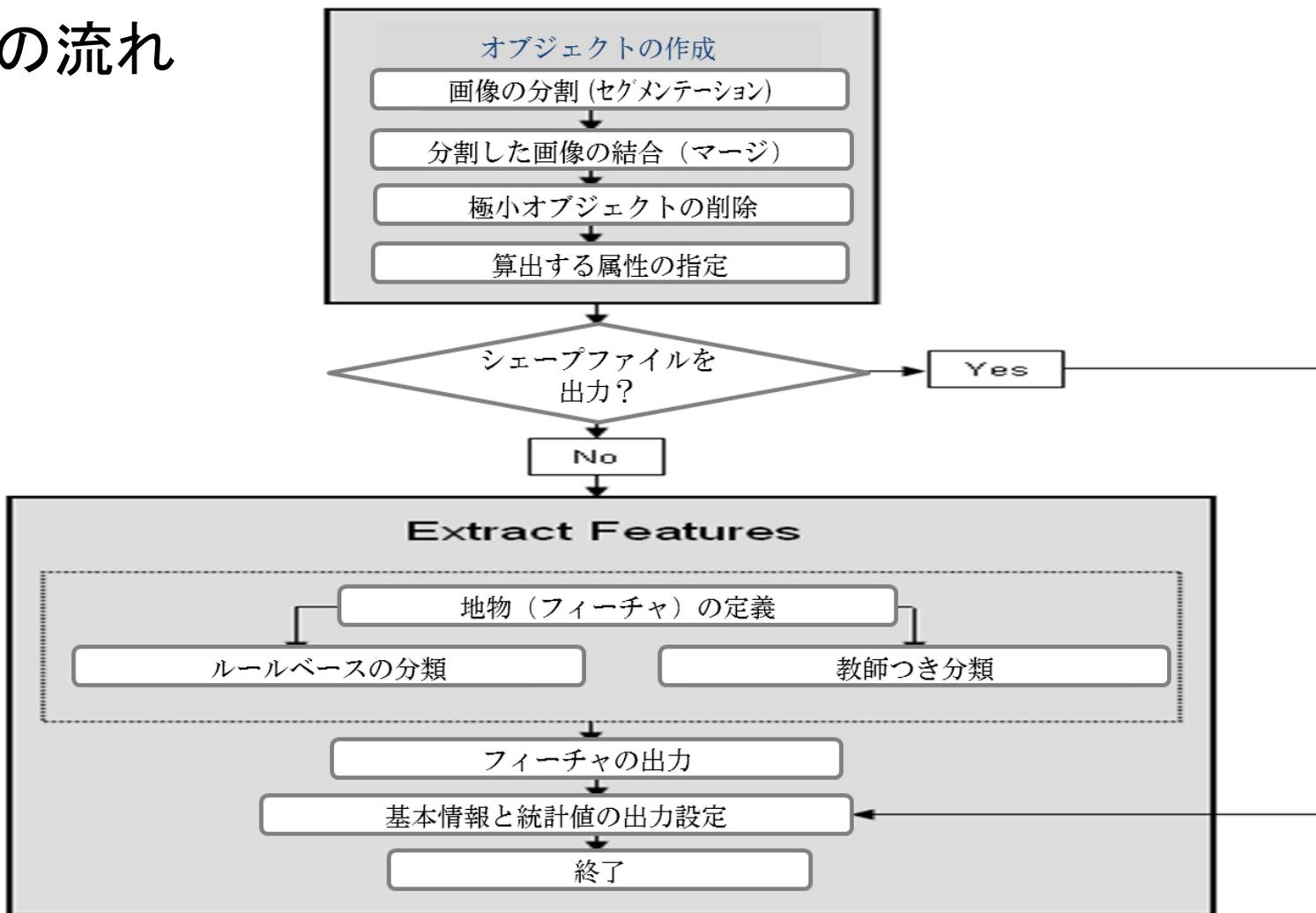
ENVI EXによる
オブジェクトベース分類の実演



画像解析ソフトの紹介

ENVI EXの画像分割の仕組み

作業の流れ



画像解析ソフトの紹介

ENVI EXの画像分割の仕組み

使用する画像の情報

- Landsat TM
- ベトナム社会主義共和国
- 2010年7月5日撮影



トゥルーカラー表示

画像解析ソフトの紹介

ENVI EXの画像分割の仕組み

使用する画像の情報

- Landsat TM
- ベトナム社会主義共和国
- 2010年7月5日撮影



フォールスカラー表示

画像解析ソフトの紹介

ENVI EXの画像分割の仕組み

使用する画像の情報

- Landsat TM
- ベトナム社会主義共和国
- 2010年7月5日撮影



NDVI表示

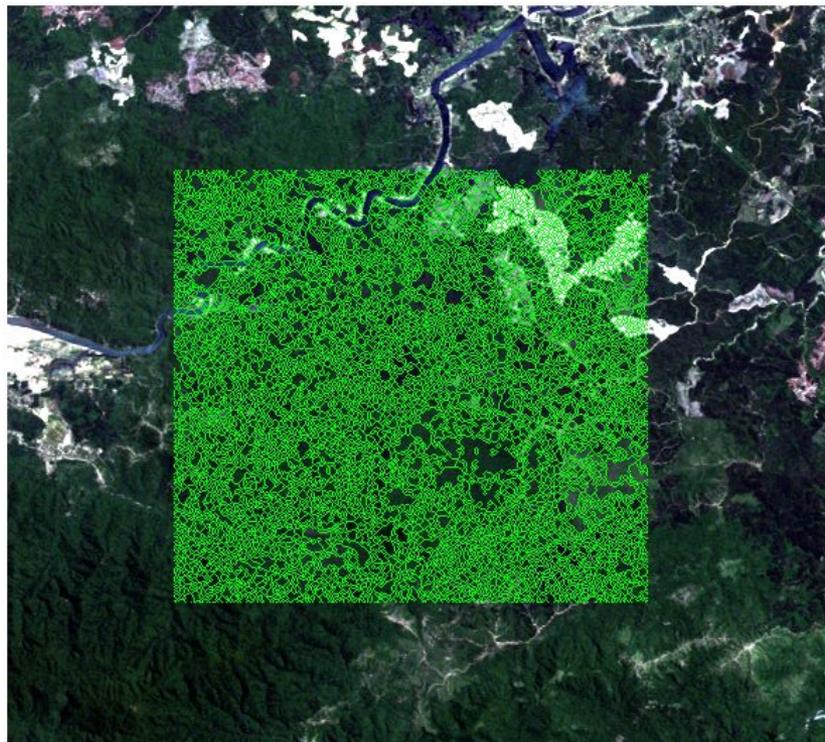
画像解析ソフトの紹介

ENVI EXの画像分割の仕組み

- Segment(Segmenation)の実施

明るさ、テクスチャ、色などの数値が似ている近隣ピクセルをScale Level (Scale parameter)を設定することでグループ化し、画像を分割する。

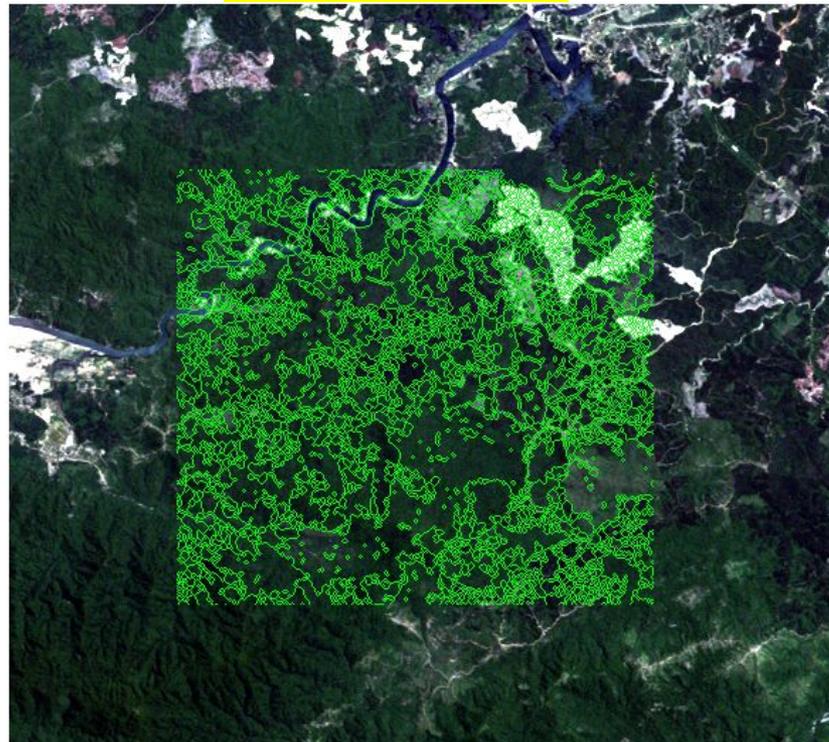
Scale Level 20



境界を作りたいところに線はあがるがかなり細かい



Scale Level 40



境界を作りたいところに線がある

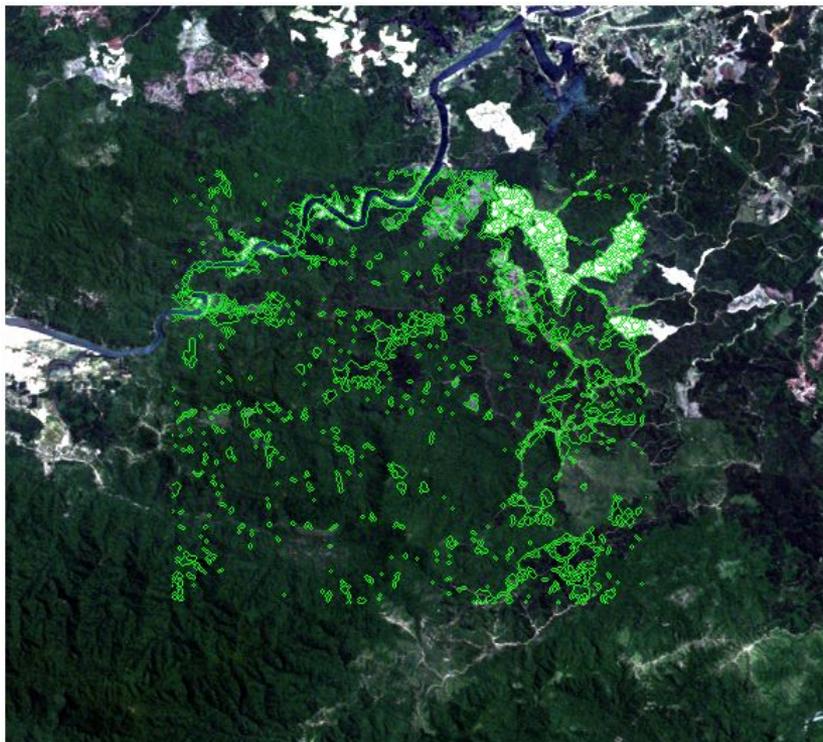
画像解析ソフトの紹介

ENVI EXの画像分割の仕組み

- Segment(Segmenation)の実施

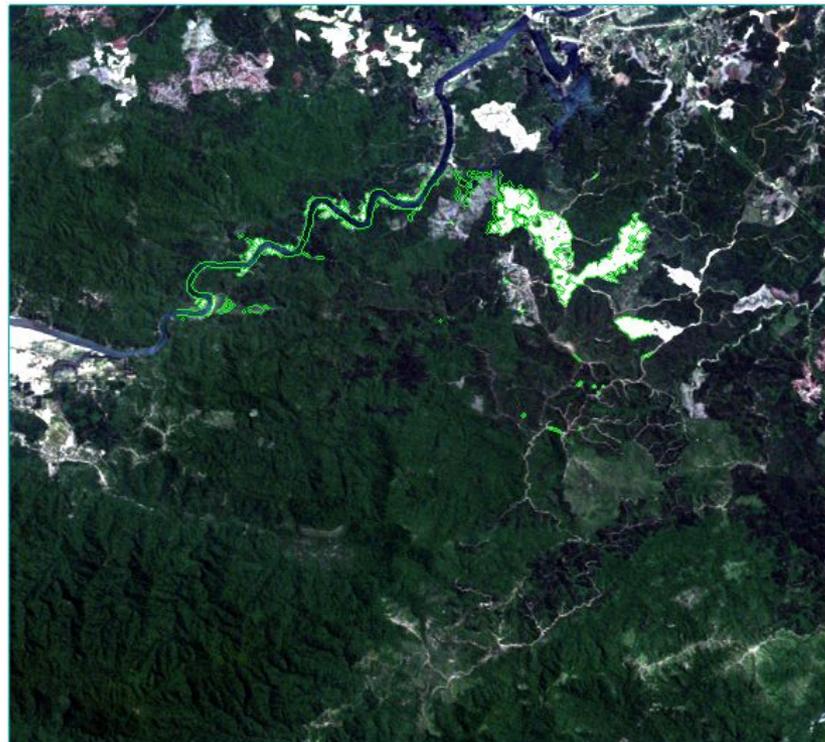
明るさ、テクスチャ、色などの数値が似ている近隣ピクセルをScale Level (Scale parameter)を設定することでグループ化し、画像を分割する。

Scale Level 60



境界を作りたいところに線がない個所が多い

Scale Level 90

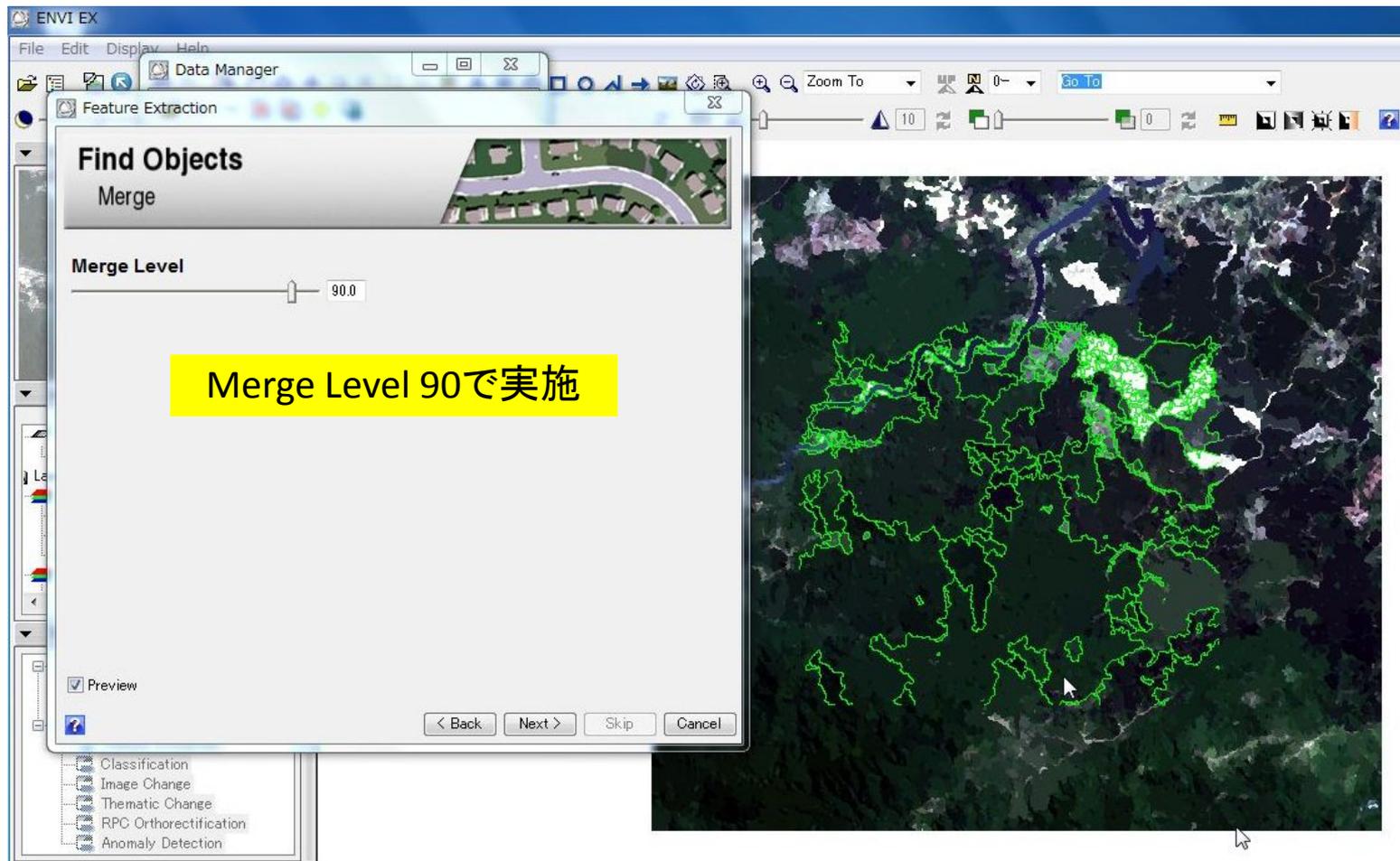


明らかにセグメントが少ない

画像解析ソフトの紹介

ENVI EXの画像分割の仕組み

- Marge(結合)の実施 隣接する類似したオブジェクトを結合する。

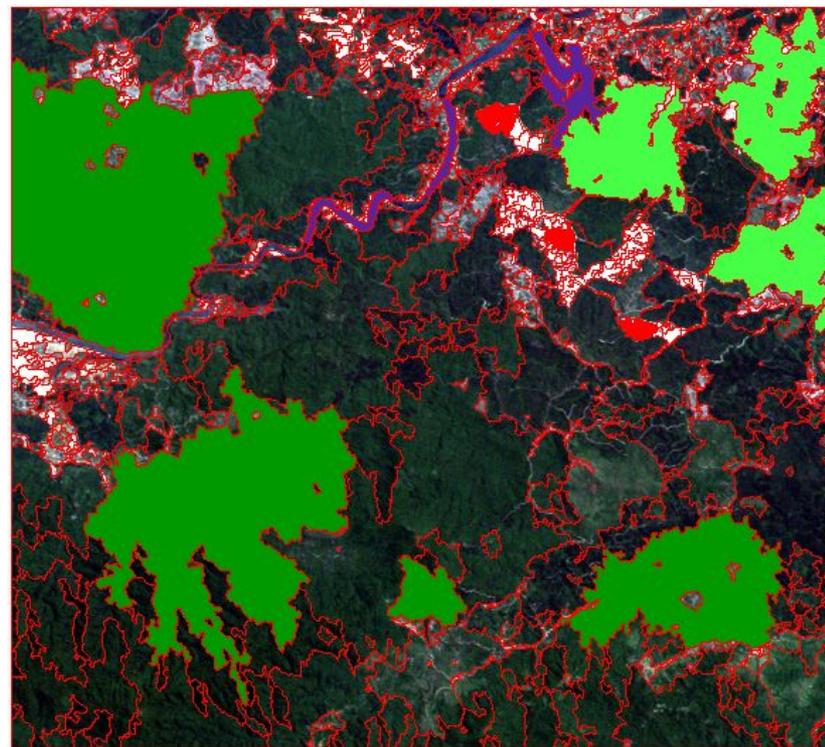
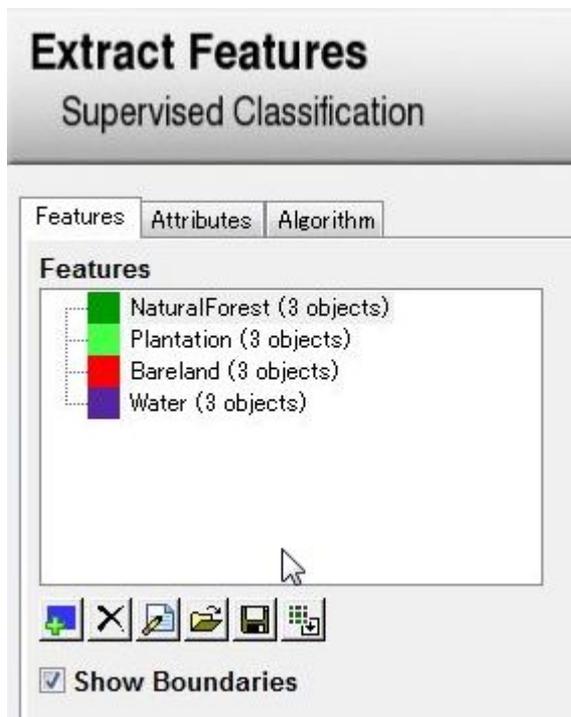


画像解析ソフトの紹介

ENVI EXの画像分割の仕組み

● 教師つき分類の実施

- ・ 作成したオブジェクトがどの土地被覆に該当するかを判読し、分類カテゴリーを作成する。
- ・ 区分カテゴリーごとに、該当するオブジェクトを選択する(教師データの追加)。

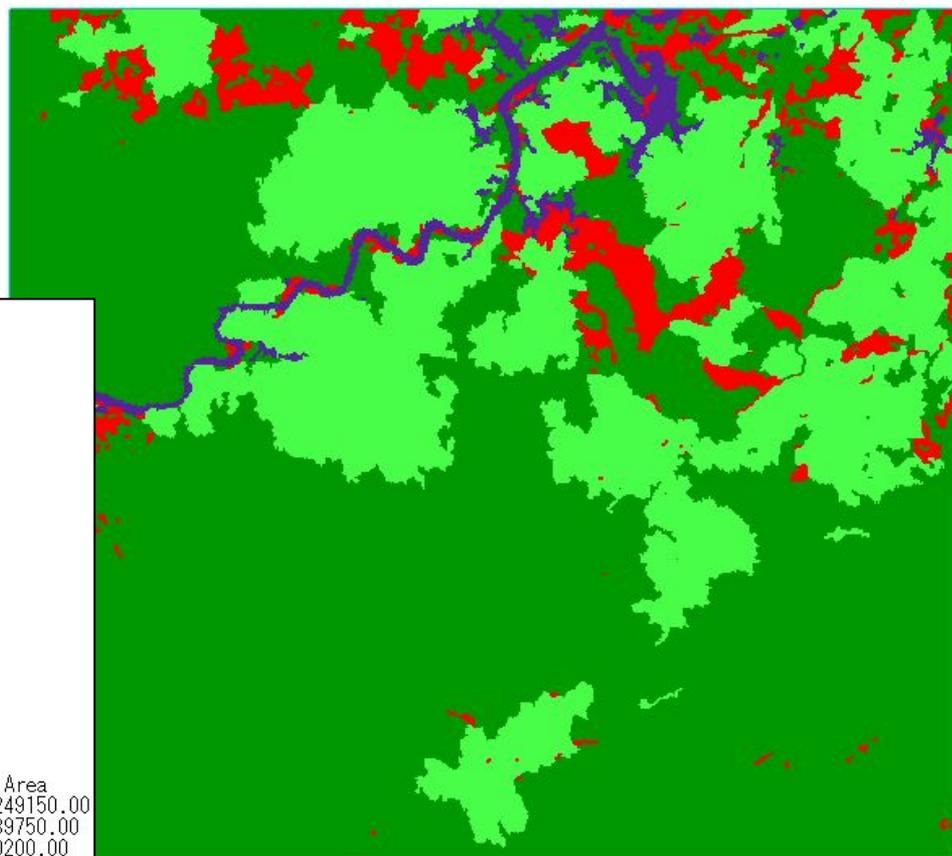


画像解析ソフトの紹介

ENVI EXの画像分割の仕組み

● 教師つき分類の結果

- ・ 教師データを基に、画像全体を分類する。分類結果は、Shapeデータで出力する。この作業を複数時点で実施し、GIS上で時点間の森林の変化を計算する。



File Name: SampleC_1996_2010_subset

Segment Scale Level: 40.0
Merge Level: 90.0
Refine: No Thresholding

Attributes Computed:

Spatial
Spectral
Texture

Classification: Supervised (K Nearest Neighbor)

Export Options:

Vector Output Directory: C:\Users\USER\AppData\Local\Temp\

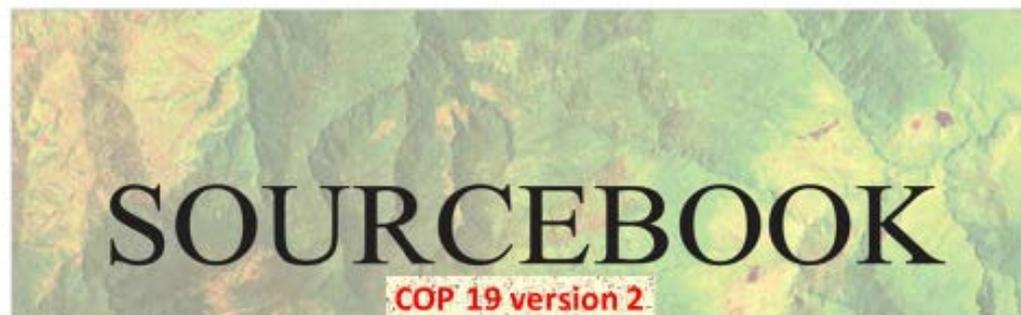
Feature Info:

NaturalForest Type: Polygon
Plantation Type: Polygon
Bareland Type: Polygon
Water Type: Polygon
Smoothing: Threshold of 1

Feature Name	Feature Count	Total Area	Mean Area	Min Area	Max Area
NaturalForest	158	183329550.00	1160313.60	900.00	132249150.00
Plantation	29	71605800.00	2469165.50	4500.00	15189750.00
Bareland	211	16990650.00	80524.41	900.00	2950200.00
Water	43	7196400.00	167358.14	2700.00	4793400.00

森林－非森林変化のモニタリング

(GOFC-GOLD / COP19)



A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals associated with deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation



モニタリングアプローチの選択と実施

2.1.2.4 Selection and implementation of a monitoring approach - deforestation

モニタリングアプローチの選択と実施－森林減少

- Step1: Selection of the forest definition
森林の定義の選択
- Step2: Designation of forest area for acquiring satellite data
衛星データを必要とする森林域
- Step3: Selection of satellite imagery and coverage
衛星画像と適用範囲
- Step4: Decisions for sampling versus wall to wall coverage
サンプリングvs全域の決定
- Step5: Process and analyze the satellite data
衛星データの処理と解析
- Step6: Accuracy assessment
精度検証

2.1.2.5 Monitoring of increases in forest area – forestation

森林回復のモニタリング



Step 1: Selection of the forest definition

森林の定義の選択

Table 1.2.1. Existing frameworks for the Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF) sector under the UNFCCC and the second commitment period of the Kyoto Protocol.

Land Use, Land Use Change and Forestry		
UNFCCC (2003 GPG and 2006 GL-AFOLU)	Kyoto	Kyoto-Flexibility
<p>Six land use classes and conversion between them:</p> <ul style="list-style-type: none"> Forest land Cropland Grassland Wetlands Settlements Other Land 	<p>Article 3.3 Afforestation/Reforestation, Deforestation</p> <p>Article 3.4 mandatory Forest management</p> <p>Article 3.4 elective Cropland management Grazing land management Forest management Revegetation Wetland drainage and rewetting</p>	<p>CDM Afforestation/Reforestation</p>
<p>Deforestation= forest land converted to another land category</p>	<p>Controlled by the Rules and Modalities (including Definitions) included in COP/MOP Decisions (for a full set of, see www.unfccc.int)</p>	



Step2: Designation of forest area for acquiring satellite data 衛星データを必要とする森林域

- 国土(対象エリア)のすべての森林を含める必要がある。
- 現存している全森林は、評価期間中すべての森林変化をモニタリングする必要がある。

Step3: Selection of satellite imagery and coverage

衛星画像と適用範囲

・光学センサーの 解像度と利用状況

Table 2.1.1. Utility of optical sensors at multiple resolutions for deforestation monitoring.

Sensor & resolution	Examples of current sensors	Minimum mapping unit (change)	Cost	Utility for monitoring
Coarse (250-1000 m)	SPOT-VGT (1998-) Terra-MODIS (2000-) Envisat-MERIS (2004 - 2012) VIIRS (2012-)	~ 100 ha ~ 10-20 ha	Low or free	Consistent pan-tropical annual monitoring to identify large clearings and locate "hotspots" for further analysis with mid resolution
Medium (10-60 m)	Landsat TM or ETM+, Terra-ASTER IRS AWiFs or LISS III CBERS HRCCD DMC SPOT HRV ALOS AVNIR-2	0.5 - 5 ha	Landsat & CBERS are free; for others: <\$0.001/km ² for historical data \$0.02/km ² to \$0.5/km ² for recent data	Primary tool to map deforestation and estimate area change
Fine (<5 m)	RapidEye IKONOS QuickBird GeoEye WorldView Pleiades Aerial photos	< 0.1 ha	High to very high \$2 -30 /km ²	Validation of results from coarser resolution analysis, and training of algorithms

Step3: Selection of satellite imagery and coverage

衛星画像と適用範囲

- ・中解像度光学
センサの利用現況

Table 2.1.2. Present availability of optical mid-resolution (10-60 m) sensors.

Nation	Satellite & sensor	Resolution & coverage	Cost for data acquisition (archive ¹⁷)	Feature
USA	Landsat-7 ETM+	30 m 60×180 km ²	All data archived at USGS are free	On April 2003 the failure of the scan line corrector resulted in data gaps outside of the central portion of images, seriously compromising data quality
USA/ Japan	Terra ASTER	15 m 60×60 km ²	60 US\$/scene 0.02 US\$/km ²	Data is acquired on request and is not routinely collected for all areas
India	IRS-P2 LISS-III & AWIFS	23.5 & 56 m		After an experimental phase, AWIFS images can be acquired on a routine basis.
China/ Brazil	CBERS-2 HRCCD	20 m	Free in Brazil and potentially for other developing countries	Experimental; Brazil uses on-demand images to bolster their coverage.
Algeria/ China/ Nigeria/ Turkey/ UK	DMC	22 - 32 m 160×660 km ²	3000 €/scene 0.03 €/km ²	Commercial; Brazil uses alongside Landsat data
France	SPOT-5 HRVIR	10-20 m 60×60 km ²	2000 €/scene 0.5 €/km ²	Commercial Indonesia & Thailand used alongside Landsat data

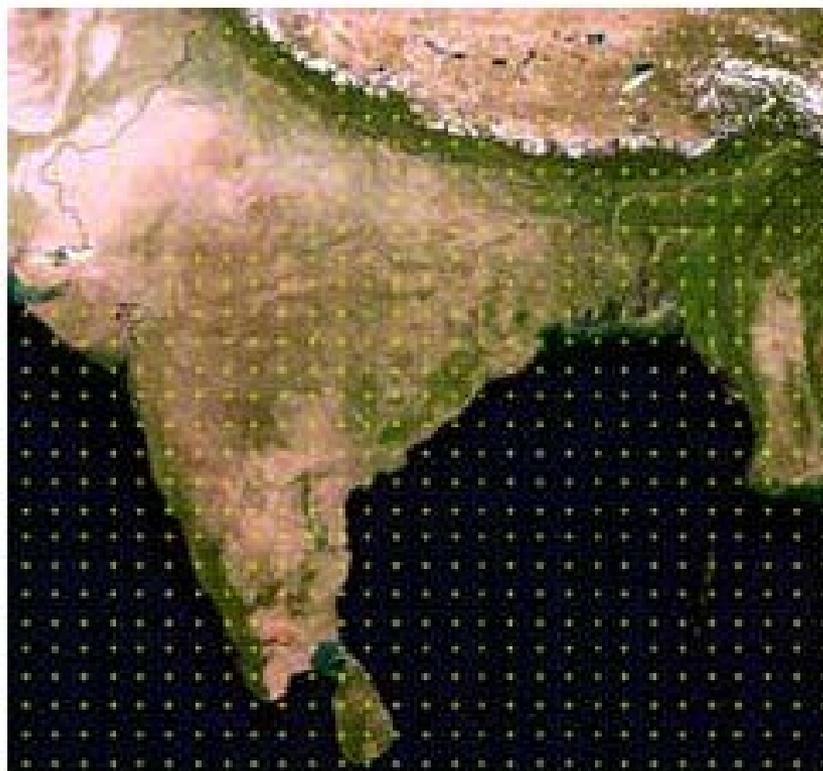
【資料】代表的な光学衛星センサのスペックおよびデータ価格 (REDD-plus Cook Book)

表 T05-1 代表的な光学衛星センサのスペックおよびデータ価格

衛星	センサ	打ち上げ年	運用終了年	地上解像度	観測幅 (km)	斜め観測	観測波長帯 (括弧内はバンド数)	高度 (km)	回帰日数 (日)	再帰観測 (日)	注文撮影	フルシーン価格 (円)	単位 (円/km ²)	センサ開発・運用	コメント
Landsat 1-3	MSS	1972	1983	68 × 83cm	185	×	可視 (2)、近赤外 (2)	915	18	18	×	40,740 ※	1.3	合衆国 (NASA)	※合衆国 USGS アーカイブ Landsat データは無料で公開 (http://glovis.usgs.gov/ 、 http://earthexplorer.usgs.gov/)
Landsat 4-5	MSS	1982	1995*	68 × 83cm	185	×	可視 (2)、近赤外 (2)	705	16	16	×	40,740 ※	1.3	合衆国 (NASA)	*2012 年に 1 部観測再開
	TM	1982	運用中*	30cm (バンド幅: 120cm)	185	×	可視 (3)、近赤外 (1)、中間赤外 (2)、熱赤外 (1)				×	88,200 ※	2.8		*2011 年より休止中
Landsat 7	ETM+	1999	運用中*	30cm (バンド幅: 60cm、バンド幅: 15cm)	183	×	可視 (3)、近赤外 (1)、中間赤外 (2)、熱赤外 (1) 可視 ~ 近赤外 (1)	705	16	16	×	88,200 ※	2.8	合衆国 (NASA)	*2003 年より SLC-off
Eo 1	ALI+Pan, MS	2000	運用中	MS: 30cm Pan: 10cm	37	×	Part: 可視 (1) MS: 可視 (4)、近赤外 (3)、中間赤外 (3)	705	16	16		0	0	合衆国 (NASA)	http://eo1.usgs.gov/ より無料ダウンロード可
	Hyperion			30m	7.5	×	可視 ~ 中間赤外 (220)								
EOS-Terra/ EOS-Aqua	MODIS	1999	運用中	250m/500m/ 1km	2330	×	250m: 可視 (1)、近赤外 (1) 500m: 可視 (2)、近赤外 (1)、中間赤外 (2) 1km: 可視 (7)、近赤外 (5)、中間赤外 (9)、熱赤外 (8)	705	16	16		0	0	合衆国 (NASA)	http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/ より無料ダウンロード可
SPOT 1-3	HRV-XS,P	1986	1993	X: 20m P: 10m	60	○	XS: 可視 (2)、近赤 (1) P: 可視 (1)	822	26	3.7	×	294,000*	8.2	フランス (Spot Image 社)**	*XS と P は同価格、SPOT シーン-レベル 2A 価格 ** 現 Astrium 社
SPOT 4	HRVIR-X,M	1998	運用中	X: 20m P: 10m	60	○	X: 可視 (2)、近赤外 (1)、中間赤外 (1) M: 可視 (1)	822	26	3.7	○	294,000*	8.2	フランス (Astrium 社)	*XS と P は同価格、SPOT シーン-レベル 2A 価格
SPOT 5	HRG-X,P	2002	運用中	X: 10/20m P: 5/2.5m	60	○	X: 可視 (2)、近赤外 (1)、中間赤外 (1) M: 可視 (1)	822	26	2-3	○	521,850*	145.0	フランス (Astrium 社)	*10m 解像度 X と 5m 解像度 P は同価格、SPOT シーン-レベル 2A 価格

Step4: Decisions for sampling versus wall to wall coverage サンプリングvs全域の決定

Example of systematic sampling



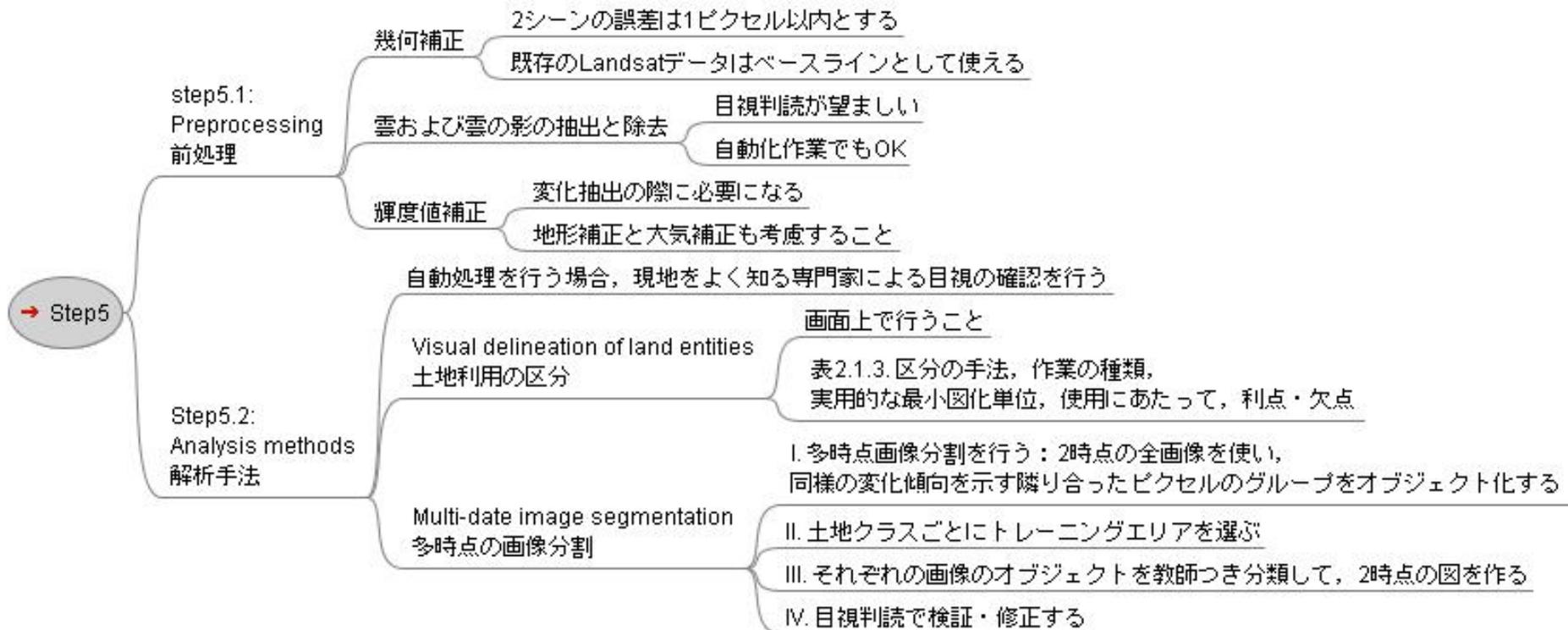
Example of stratified sampling





Step5: Proccess and analyze the satellite data

衛星データの処理と解析





解像度に応じた適切な区分(解析)手法

Table 2.1.3. Main analysis methods for moderate resolution (~ 30 m) imagery.

Method for delineation	Method for class labeling	Practical minimum mapping unit	Principles for use	Advantages / limitations
Dot interpretation (dots sample)	Visual interpretation	< 0.1 ha	<ul style="list-style-type: none"> - multiple date preferable to single date interpretation - On screen preferable to printouts interpretation 	<ul style="list-style-type: none"> - closest to classical forestry inventories - very accurate although interpreter dependent - no map of changes
Visual delineation (full image)	Visual interpretation	5 - 10 ha	<ul style="list-style-type: none"> - multiple date analysis preferable - On screen digitizing preferable to delineation on printouts 	<ul style="list-style-type: none"> - easy to implement - time consuming - interpreter dependent
Pixel based classification	Supervised labeling (with training and correction phases)	<1 ha	<ul style="list-style-type: none"> - selection of common spectral training set from multiple dates / images preferable - filtering needed to avoid noise 	<ul style="list-style-type: none"> - difficult to implement - training phase needed
	Unsupervised clustering + Visual labeling	<1 ha	<ul style="list-style-type: none"> - interdependent (multiple date) labeling preferable - filtering needed to avoid noise 	<ul style="list-style-type: none"> - difficult to implement - noisy effect without filtering
Object based segmentation	Supervised labeling (with training and correction phases)	1 - 5 ha	<ul style="list-style-type: none"> - multiple date segmentation preferable - selection of common spectral training set from multiple dates / images preferable 	<ul style="list-style-type: none"> - more reproducible than visual delineation - training phase needed
	Unsupervised clustering + Visual labeling	1 - 5 ha	<ul style="list-style-type: none"> - multiple date segmentation preferable - interdependent (multiple date) labeling of single date images preferable 	<ul style="list-style-type: none"> - more reproducible than visual delineation

Step6:Accuracy assessment

精度検証

不確実性評価のキーとなる要因について

(森林タイプ面積、炭素蓄積量の推定)

- ・計測、測定によるエラー(人為的な要因)
- ・データのキャリブレーション(調整)に起因するエラー
- ・モデリングによるエラー
(現象を説明しきれないモデルを作成してしまう)
- ・サンプリングによるエラー
(不適切なサンプリング間隔の設計)
- ・不適切な分類項目や定義に起因するエラー
(カウントもれ、ダブルカウント)

Step6: Accuracy assessment

精度検証

森林タイプ面積の不確実性について

(単時点の地図評価)

- ・ アクティビティーデータとしてリモセン由来の森林タイプ面積を使用する場合
 - 分類(classification)エラーや、判読者によるバイアスが含まれる。
 - パラメータのチューニングによるバイアスの修正(恣意性が含まれる。)
 - どの程度の恣意性が含まれるか評価することが重要
- ・ 高精度なリファレンスデータが入手できる場合
 - 統計的にしっかりしたデータ(層化サンプリング、システムティック...)
 - オリジナルデータをこれらのデータでキャリブレート(調整)する。
 - IPCC GPG 5章にいくつか方法論のリコメンデーション有り

(複数年度の地図の経年変化評価)

- ・ アクティビティーデータとしてリモセン由来の森林タイプ面積を使用する場合
 - 土地利用・被覆面積の量的な不確実性の評価ができるような工夫が必要
 - 主題となる分類項目(森林タイプ)に着目した精度計測、信頼区間算定
 - 既存の統計情報やバイアスを数値化したものでキャリブレーションする等

Step6: Accuracy assessment

精度検証

衛星画像データに関するエラーの要因、考慮事項について

(考慮する事項)

- ・ 衛星画像データの質、特徴(空間情報、スペクトラル情報、撮影周期、雨季、乾季のようなフェノロジー的な要素・・・)
- ・ 衛星画像入手時には、センサーの処理レベルに応じて地理的な位置精度や画質のチェック
- ・ 異なるセンサー間でのデータの取扱い
- ・ 幾何補正(地理的な歪みの取除き)、大気補正等
- ・ 主題図作成の基準(土地分類カテゴリーや最小作図単位など)
- ・ 画像判読の手順(分類アルゴリズム、目視判読基準など)
- ・ 地図作成後の処理(後処理・・・ベクタ/ラスタ変換、0値の取扱いなど)
- ・ 精度評価のためのレファレンスデータの入手(グランドトゥース、キャリブレーション用データなど)
- ・ 地図作成時には、主題図作成の統一かつ透明性のある基準に従って専門家による適切な判読、モニタリングが為されるべき。→ 「Consistent mapping」
 - 判読キーなどの文書化が必須(統一性、透明性)
 - トレーニングデータの取得方法、検査方法の手順化(統一性、透明性)
 - 雲や雲陰などのNo dataの取扱い、処理方法も手順化する必要有り。



2.1.2.5 Monitoring of increases in forest area – forestation 森林回復のモニタリング

- 森林の回復スピードは遅いので、森林減少よりも見つけにくい。
- スタンダードな手法はない。
- 樹冠疎密度で推定などが考えられる。

森林内での変化モニタリング

2.2.2.1 Direct approach to monitor selective logging

択伐モニタリングの直接的アプローチ

- Step1: Define the spatial resolution
利用する空間分解能
- Step2: Enhance the image
画像強調の方法
- Step3: Select the mapping feature and methods
マッピング(図化)機能と方法の選択

2.2.2.2 Indirect approach to monitor forest degradation

森林劣化モニタリングへの非直接的アプローチ

2.2.2.1 Direct approach to monitor selective logging 択伐モニタリングの直接的アプローチ

Figure 2.2.1. Very high resolution Ikonos image showing common features in selectively logged forests in the Eastern Brazilian Amazon.

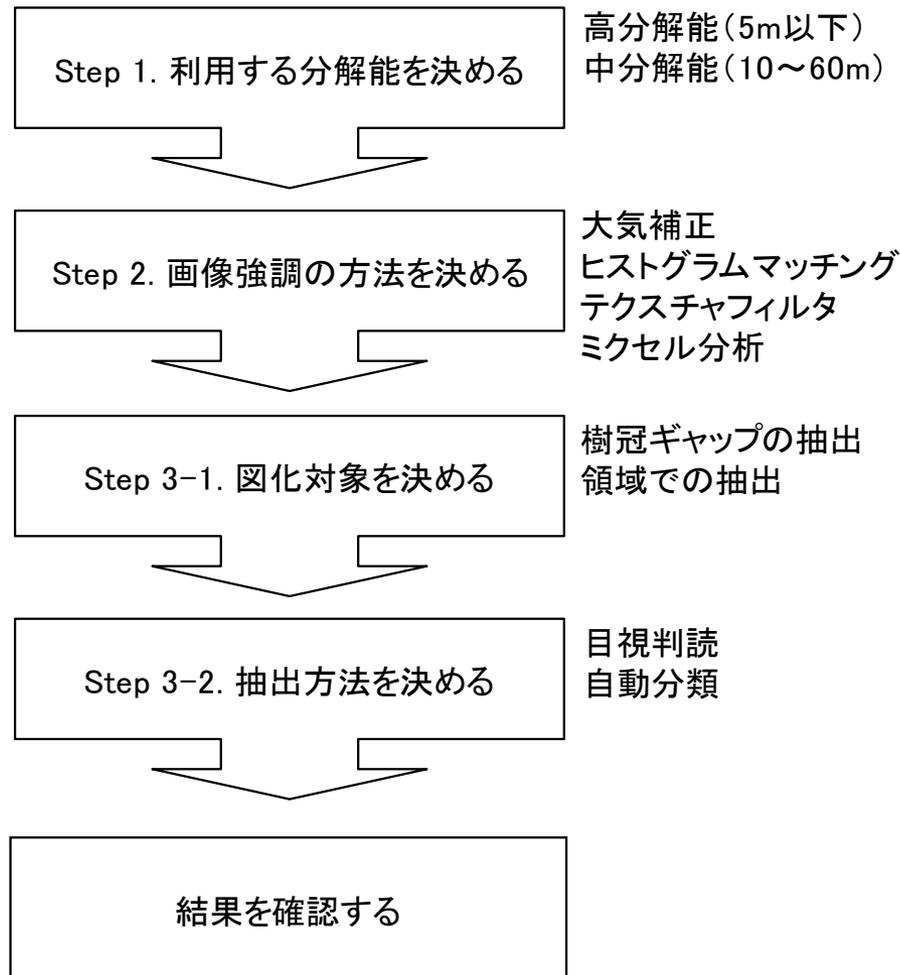


(image size: 11 km x 11 km)

- 様々な土地被覆の状態で見えるので、択伐地域の抽出は難しい。
- 高分解能衛星の利用が必要



2.2.2.1 Direct approach to monitor selective logging 択伐モニタリングの直接的アプローチ



Step 1: Define the spatial resolution 利用する空間分解能

Figure 2.2.2. True color Landsat (left) and RapidEye (right) scenes acquired on 22 May 2009 within an unplanned selectively logged peat swamp forest in Central Kalimantan on Borneo.

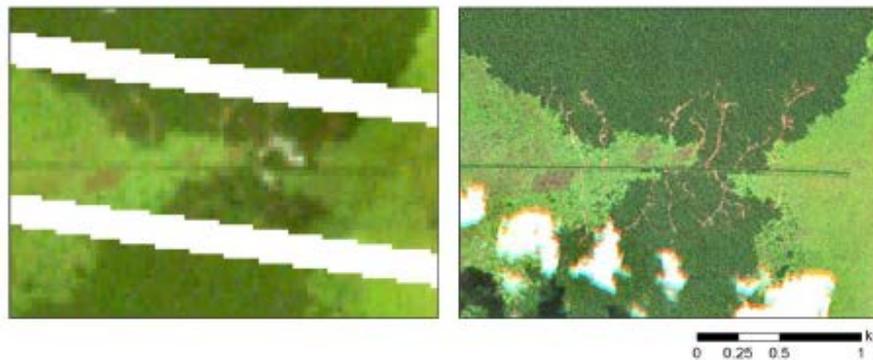
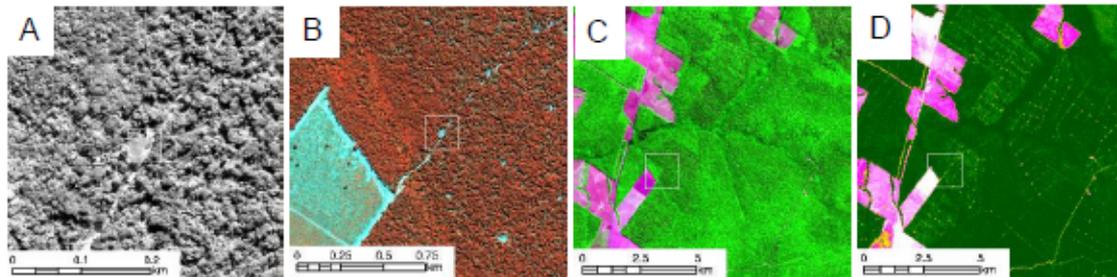


Figure 2.2.3. Unplanned logged forest in Sinop, Mato Grosso, Brazilian Amazon in: (A) IKONOS panchromatic image (1 meter pixel); (B) IKONOS multi-spectral and panchromatic fusion (4 meter pixel); (C) Landsat multi-spectral (R5, G4, B3; 30 meter pixel); and (D) Normalized Difference Fraction Index image (sub-pixel within 30 m). These images were acquired in August 2001.



Step 1: Define the spatial resolution 利用する空間分解能

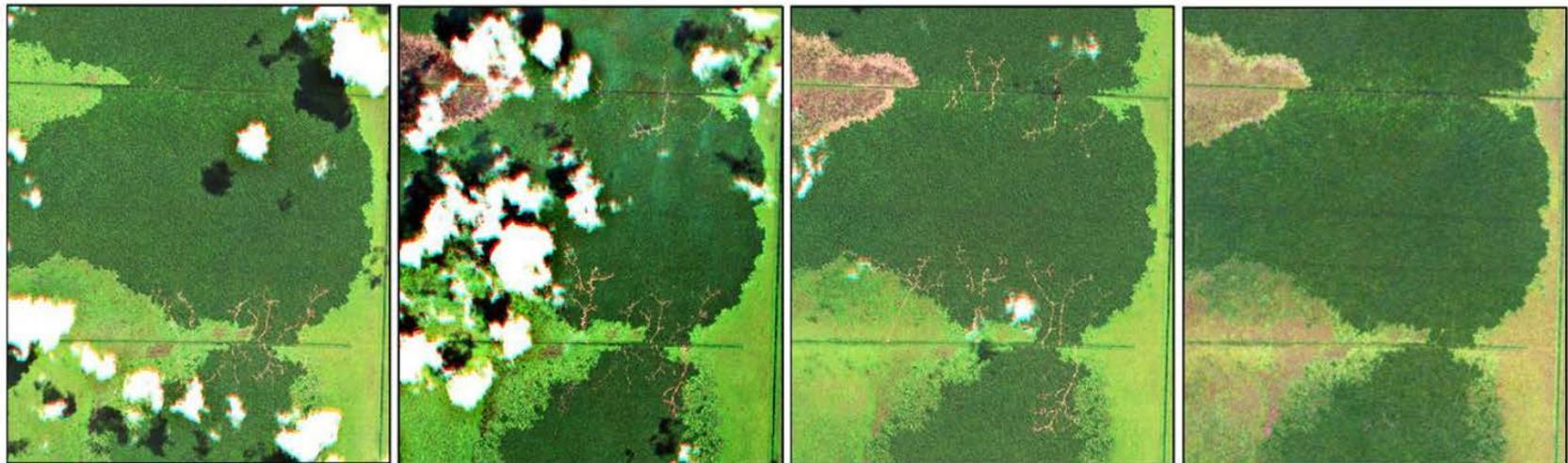
Figure 2.2.4. Temporal progress of unplanned selective logging activities in a tropical peat swamp forest in Central Kalimantan (Borneo) is shown with true color RapidEye images. The acquisition date is depicted above the scenes.

22/05/2009

10/02/2010

21/06/2010

29/07/2012





Step2: Enhance the image 画像強調の方法

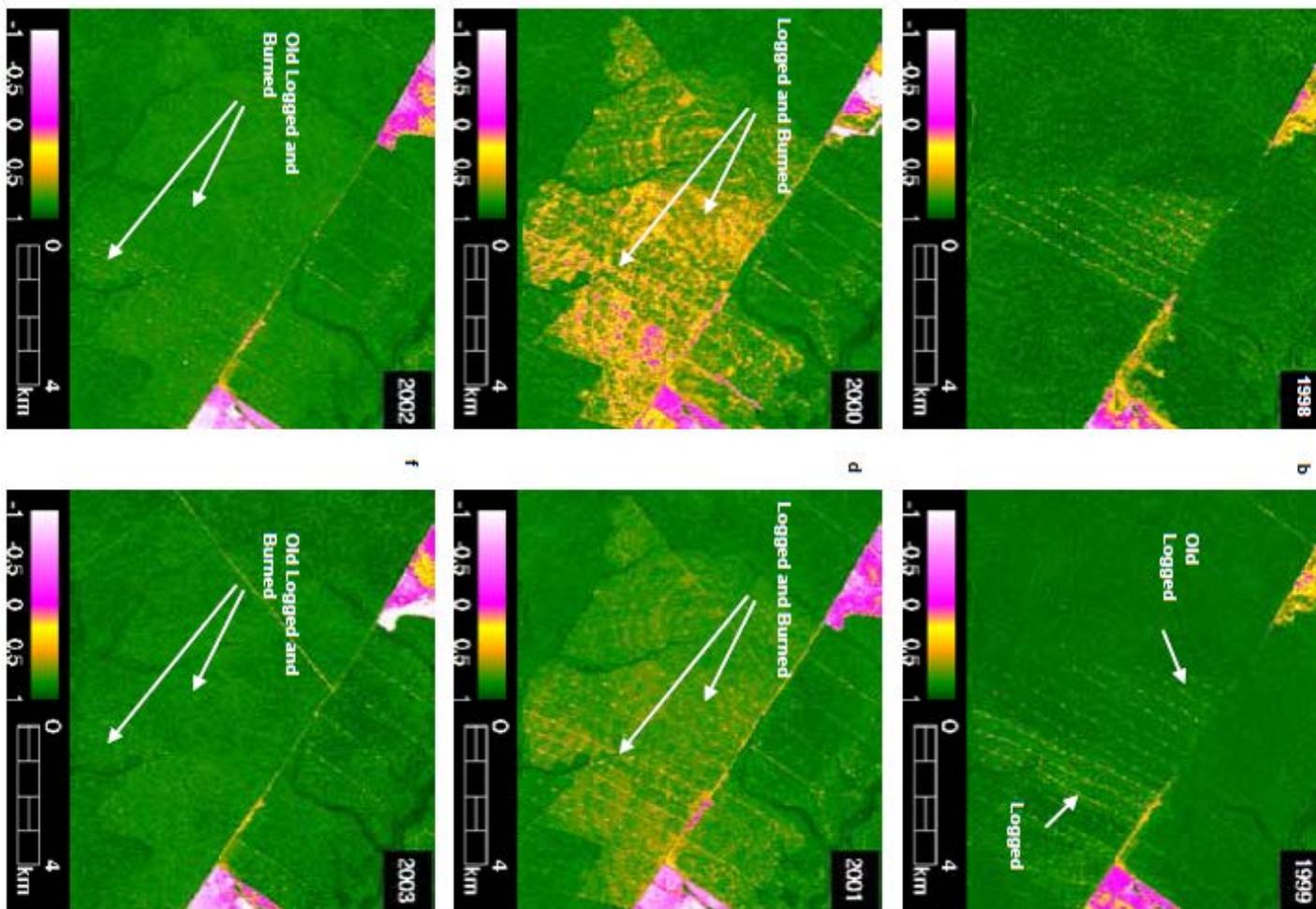


Figure 2.2.6. Forest degradation annual change due to selective logging and logging and burning in Sinop region, Mato Grosso State, Brazil.



Step3: Select the mapping feature and methods

マッピング(図化)機能と方法の選択

Table 2.2.1. Remote sensing methods tested and validated to map forest degradation caused by selective logging and burning in the Brazilian Amazon.

Mapping Approach	Sensor	Spatial Extent	Objective	Advantages	Disadvantages
Visual Interpretation	Landsat TMS	Local and Brazilian Amazon	Map integrated logging area and canopy damage of burned forest	Does not require sophisticated image processing techniques	Labor intensive for large areas and may be user biased to define the boundaries of the degraded forest.
Detection of Logging Landings + Harvesting Buffer	Landsat TMS and ETM+	Local	Map integrated logging area	Relatively simple to implement and satisfactorily estimate the area	Harvesting buffers varies across the landscape and does not reproduce the actual shape of the logged area
Decision Tree	SPOT 4	Local	Map forest canopy damage associated with logging and burning	Simple and intuitive binary classification rules, defined automatically based on statistical methods	It has not been tested in very large areas and classification rules may vary across the landscape
Change Detection	Landsat TMS and ETM+	Local	Map forest canopy damage associated with logging and burning	Enhances forest canopy damaged areas.	Requires two pairs of radiometrically calibrated images and does not separate natural and anthropogenic forest changes
Image Segmentation	Landsat TMS	Local	Map integrated logged area	Relatively simple to implement	Not been tested in very large areas. segmentation rules may vary across the landscape
Textural Filters	Landsat TMS and ETM+	Brazilian Amazon	Map forest canopy damage associated	Relatively simple to implement	Very difficult to interpret and to validate; confused with forest structure
CLAS ²⁰	Landsat TMS and ETM+, MODIS	Brazilian Amazon, Peruvian Amazon, Indonesia, Global	Map total logging area (canopy damage, clearings and undamaged forest)	Fully automated and standardized to very large areas.	Requires high computation power and pairs of images to detect forest change associated with logging.
CLASlite ²¹	Landsat TM, ETM+, ASTER, ALI, SPOT4, SPOT5, MODIS	Regional to national	Rapid mapping of deforestation and degradation	Highly automated, uses a standard computer, requires little expertise	Not available for Apple Macintosh computers
CLAS-BURN ²²	Landsat TM, ETM+	Regional to national	Rapid mapping of sub-canopy fire burn scars	Uniquely sensitive to burn scars, and not logging	Requires testing outside of the Amazon basin
NDFI+CCA ²³	Landsat TMS and ETM+	Local	Map forest canopy damage associated with logging and burning	enhances forest canopy damaged areas.	It does not separate logging from burning
Spatial mixture analysis	RapidEye	Local	map forest degradation associated with small scale selective logging	High temporal resolution allows monitoring of unplanned small scale selective logging despite fast regrowth	not fully automated

- 森林劣化の程度は?
- 解析対象領域の広さは?
- 解析手法は?

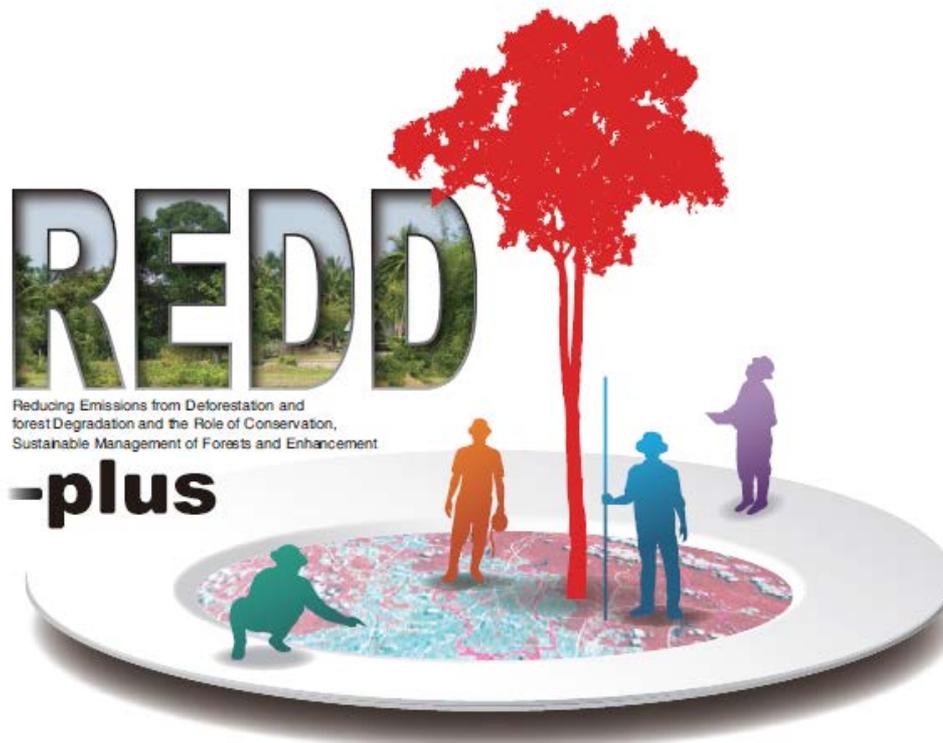


2.2.2.2 Indirect approach to monitor forest degradation 森林劣化モニタリングへの非直接的アプローチ

自然林 (Intact Forest) の抽出

- Positive approach
 - 画像解析で自然林 (Intact Forest) を抽出
- Negative approach
 1. GISデータなどで人為改変地域および周辺地域を除く。
 2. 目視判読でFine Shapingする。

リモートセンシングを用いた森林面積の推定 (REDD-plus COOKBOOK)



COOKBOOK

HOW TO MEASURE AND MONITOR FOREST CARBON

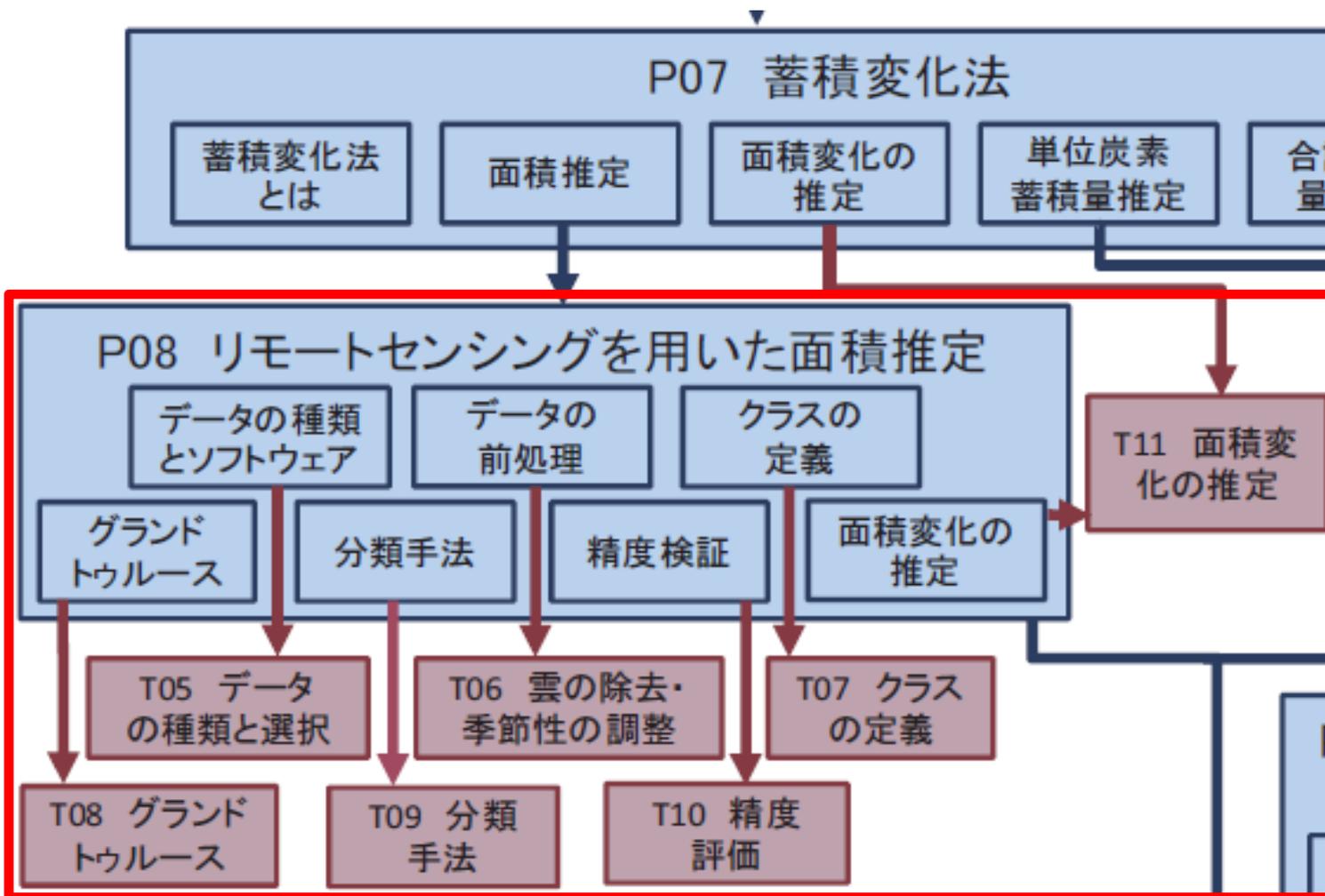


COOKBOOKの該当目次

第7章 リモートセンシングを用いた森林面積の推定	86
Recipe - T05 データの種類と選択	88
プラットフォーム / センサ / 空間分解能、波長分解能と時間分解能 / 現在・過去・未来 / データの選択 / ソフトウェア	
Recipe - T06 雲の除去・季節性の調整	94
雲の除去 / 季節性の調整	
Recipe - T07 クラスの定義	96
完全かつ排他的なクラス / 求められる分類クラス / 分類後のクラスの統合	
Recipe - T08 グラントゥールース	98
グラントゥールースとは / グラントゥールースの位置情報と精度 / 抽出方法 / サンプル数	
Recipe - T09 分類手法	100
リモートセンシングにおける分類 / 画素単位の分類とオブジェクトベース分類	
Recipe - T10 精度評価	102
判定効率表と精度の指標 / 精度評価のためのグラントゥールース	
Recipe - T11 面積変化の推定	108
2 時期それぞれの分類結果の比較 / 多時期画像の一括分類による変化抽出 / 画像比較の注意点と現在の流れ	

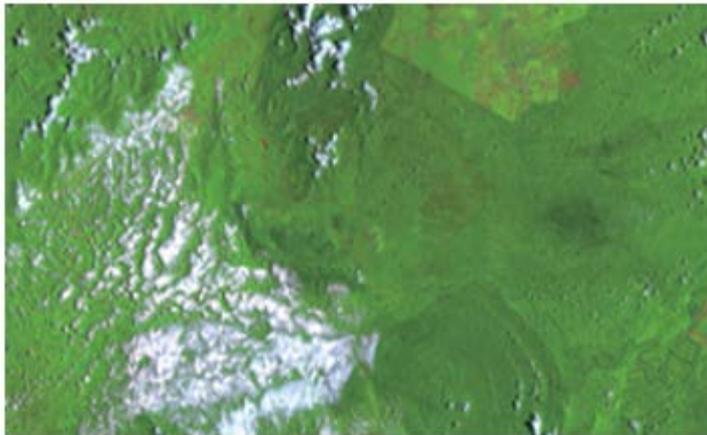


COOKBOOKの該当レシピ

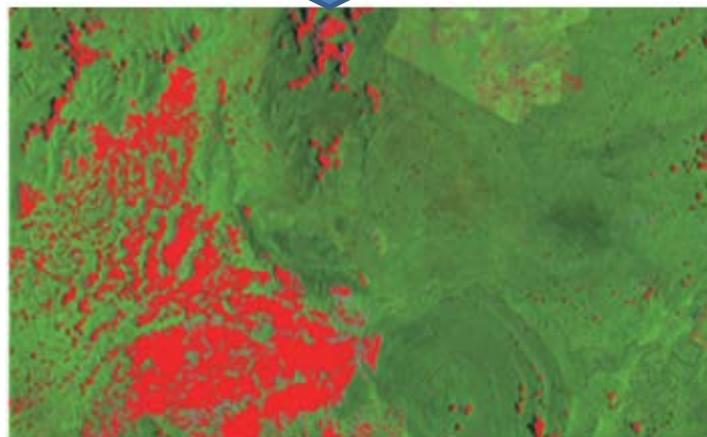


雲の除去 (Recipe-T06)

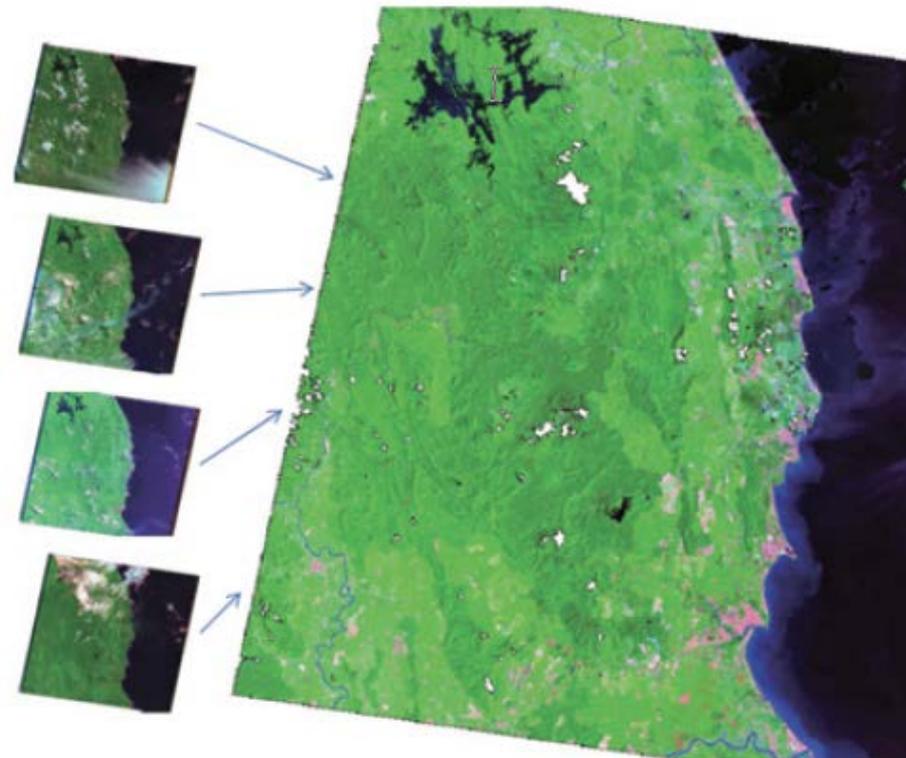
処理前



処理後



雲、ヘイズ(もや)及びそれらの影の抽出



前後の時期の画像から雲のない部分を抽出し、モザイク処理

季節性の調整 (Recipe-T06)

- ・熱帯落葉樹林では、着葉期と落葉期があることから、同季節の画像を収集することが基本となる。
- ・同季節の画像の入手が困難な場合は、季節性の影響を画像処理で調整してから分類するなどの処理が必要となる。

処理前



処理後



季節変化の影響の除去の例

グラントゥルース(Recipe-T08)

グラントゥルース:リモートセンシングデータと観測対象物(森林)との対応関係を明らかにするために観測・測定・収集した地上の実態に関する情報。現地調査が難しい場合は、より高分解能の衛星画像や空中写真の判読で代用する場合もある。

グラントゥルースの位置情報:現地調査で取得する際には、GPSや既存の地図情報、空中写真の画像判読などを利用する。

グラントゥルースの抽出方法:抽出方法は単純無作為抽出、層化抽出、系統的抽出など様々、統計的に適切に抽出する必要がある。

サンプル数:教師つき分類の教師データ(分類に用いるデータ)として必要なクラスごとのサンプル数は、用いる説明変数の10倍(例えばバンド数)といわれている。また、精度検証に用いるサンプルは、分類に用いるデータと異なるサンプルである必要があり、クラス毎に60か所は必要といわれる。



REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成26年度 基礎講習

第 10 章

今後に向けての課題

(独)森林総合研究所 REDD研究開発センター
松本光朗



今後に向けての課題

- COP17ダーバン合意
- JCM
- 日本の新戦略
- COP19でのREDDプラス関連の合意
- REDD+の見通し
- 森から世界を変えるREDD+プラットフォーム



COP17(2011)ダーバン合意

- 将来の枠組みに関し、全ての国が参加する法的文書を作成する新しいプロセスである「ダーバン・プラットフォーム作業部会」を立ち上げ、遅くとも2015年中に作業を終了、2020年から発効・実施に移すことに合意
 - 2015年COP21パリ会合で、2020年以降の枠組みの合意がなされる予定
 - その中にREDDプラスも含まれるとされている
- 京都議定書の第二約束期間の設定に向けた合意を採択、日本は第二約束期間に参加しないことが明記された（日本、カナダ、ロシアの数値目標は空欄）

二国間クレジット制度

(JCM: Joint Crediting Mechanism)

- COP17(2011)において、日本政府は京都議定書の外で排出削減活動を進めることを表明
- 新たな排出削減目標と新戦略を2013年11月に発表
 - 2020年において2005年比3.8%削減(うち国内森林吸収量により2.8%)
 - ACE: Actions for Cool Earth(美しい星への行動)攻めの地球温暖化外交戦略
- 排出削減を進めるため二国間クレジット制度(JCM)を開始
 - JCMは、途上国への技術供与により排出削減を行うもの
 - CDMに似ているが、管理を二国間で作る共同委員会が行う
 - 2014年3月現在、モンゴル、バングラデシュ、エチオピア、ケニヤ、モルジブ、ベトナム、ラオス、インドネシア、コスタリカ、パラオ、カンボジアの11ヶ国が合意
 - REDD+もJCMの活動として採用の予定



新たな排出削減目標(2013.11.15)

● 新目標

- 2020年までの温暖化ガス排出量を05年比で3.8%削減する
- うち、約2.8%分は森林による吸収

● 内容

- 原子力発電所を再稼働しないことを前提。1990年比では3%増
- 今後、原子力を含むエネルギー政策の決定後、削減目標の修正を検討
- 原発3基を稼働すれば、1%ほど削減。2020年時点で原発30基あまりの稼働を仮定すれば、削減幅は10%程度拡大する計算

● 反応

- 鳩山25%削減目標から大幅に目標を下げ、世界からは極めて大きな批判
- 今後の日本の発言力に影響も
- 国内産業界からは歓迎

主要国の温暖化ガス削減目標

		 日本	 米国	 欧州連合 (EU)	 中国	 インド
■ は各国が示した目標		排出量全体で削減			単位GDPで削減	
削減目標	2005年比	3.8%減	17%減	13%または24%減	40~45%減	20~25%減
	1990年比	3%増	3%減	20%または30%減	—	—
GDP当たりの排出量(2010年、1ドル当たり)		0.25	0.41	0.26 (ドイツ)	1.83	1.30

● 分析

- 無茶な鳩山25%と比較すれば、どんな削減目標も批判されるので、一旦現実的な数値を見せておくことは適切
- ただし、余りに小さい数字であると交渉力にも影響する
- 早期にエネルギー政策をふまえた削減目標を掲げる必要
- 高い削減目標であればあるほど、REDD+への期待が大きくなる

ACE(エース):「Actions for Cool Earth(美しい星への行動)」 攻めの地球温暖化外交戦略

概要

理念

- 気候システムの温暖化については、疑う余地がない。(IPCC 第5次評価報告書)
- クールアース50から6年。日本は、「美しい星」実現のため、東日本大震災及び原発事故を乗り越えつつ**技術革新及び普及**の先頭に立ち、**国際的なパートナーシップ**を強化し、**国際社会をリード**する。
- 「**2050年世界半減、先進国80%削減**」の目標実現に向け、**今こそ具体的なアクションが必要**。日本は「エース」として、その努力の先頭に立つ。

イノベーション:革新的な技術開発は、この目標実現に不可欠。日本は技術のブレークスルーの先頭に立つ。

➤ 技術の創造(革新的な技術開発の促進)

- ✓ 2020年度までの国地方の基礎的財政収支黒字化を前提としつつ、官民併せ5年で1100億ドルの投資を目指す。
- ✓ 改訂された環境エネルギー技術革新計画を着実に実行し、これらの技術が世界中で開発・普及されることにより、2050年世界半減に必要な量の約8割の削減が可能。
(CCS(CO2回収・貯留技術)、革新的構造材料、人工光合成、途上国ニーズに応える技術開発)
- ✓ イノベーション加速のため世界の産学官トップによる、いわば「エネルギー・環境技術版ダボス会議」を毎年開催。

アプリケーション:日本の誇る低炭素技術を展開し、温暖化対策と経済成長を同時実現。

➤ 技術の普及 → 直ちに確実な排出削減を実現

- ✓ 3年間で二国間オフセット・クレジット制度(JCM)の署名国倍増を目指し、協議を加速するとともに、JBICやNEXIと連携したJCM特別金融スキーム(**JSF**)の創設、JICA等の支援プロジェクトと連携しつつ排出削減を行うプロジェクトを支援するための基金の設置等によりプロジェクト形成を支援する。
- ✓ 技術の国際普及に向けた基盤づくり(例:LEDや運転窓等のエネルギー効率性の評価手法を戦略的に国際標準化)

➤ 世界最先端の温室効果ガス観測の新衛星の2017年度打ち上げを目指す。

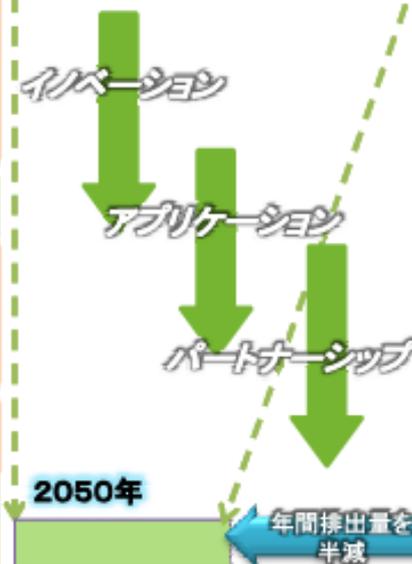
- ✓ アジアを中心に国別・大都市別の排出量を測定し、削減対策案を提案。対策効果の検証・評価を行う。

パートナーシップ:脆弱国を支援し、日本と途上国のWin-Win関係を構築、技術展開と技術革新の基礎を作る。さらに、気候変動における国際議論に積極的に関与する。

➤ 官民合わせた途上国支援で2013年からの3年間に計1兆6000億円

- (約160億ドル。公的資金は約130億ドルで、先進国に期待される3年計約350億ドルの1/3を日本が担う)
- ✓ 脆弱国への防災支援の重点化(災害復旧スタンバイ借款、優先条件等、円借款の新制度も活用)。
- ✓ 公的金融手段を活用し、気候変動分野への民間資金の大幅な増大を促す。
- 国際枠組みの構築に向けた議論を日本がリード

現状



美しい星(Cool Earth)
の実現に技術で貢献

米中 温室効果ガス削減目標示す

2014.11.12、NHK NewsWebより

- アメリカのオバマ大統領と中国の習近平国家主席による米中首脳会談に併せて、両政府は地球温暖化への対策を共同で発表し、世界有数の温室効果ガスの排出国のアメリカと中国が排出量の削減目標をそろって打ち出し、国際的な課題に前向きに取り組む姿勢を示しました。
- アメリカは2025年までに温室効果ガスの排出量を2005年に比べて26%から28%程度削減するという新たな目標を打ち出しました。
- 一方、アメリカを上回る世界最大の排出国の中国は、化石燃料への依存を減らし二酸化炭素の排出量を2030年までのできるだけ早い時期に減少に転じさせるとする目標を打ち出しました。
- こうした目標の達成のため、米中両政府は温室効果ガスの削減の技術開発や調査研究などでの協力をさらに推進するなどとしています。

COP19でのREDDプラスに関するワルシャワ合意

- 国家森林モニタリングシステムのモダリティー
 - 先進国からの資金および技術の支援が必要
 - NFMSは透明で期間を通して一貫性を持ち、MRVのために適切データや情報を提供しなければならない
- 森林減少・劣化の原因への対応
 - 原因は様々であり、その追及が対策に必要
- MRVのモダリティー
 - 排出削減／吸収量推定で使われるデータや情報は、参照レベルとともに、透明で期間を通して一貫性を持つものでなければならない
 - UNFCCCからの専門家チームが技術的分析(technical analysis)を行う
 - Annexにガイドラインを提示
- 参照排出レベル／参照レベルの提出のガイドラインと手続き
 - 技術的評価(technical assessment)を受ける
 - Annexにガイドラインと手続きを提示
- セーフガード
 - 途上国は、実施期間を通じたセーフガードの対処に係る情報の要約を準備しなければならない

REDD+の見通し(私見も含めて)

- 世界的な見通し
 - COP19でREDD+が進み、条約でのREDD+の推進に一步近づいた
 - 条約での議論とは並行し、自主的な取り組みがさらに加速
 - 現状では、自主的REDD+と条約REDD+の関係はあいまい
 - 自主的な取り組みが、条約のルールに反映されることを考えると、日本も戦略的に進める必要 → JCMは良いチャンス
- 日本の見通し
 - JCMにREDD+を位置付ける必要
 - ただし、JCMの財源となる環境税はエネルギー特会に限定され、今のところREDD+には利用できない
 - JCMでREDD+が取り上げられることを想定して、制度・ガイドライン・方法論を開発・提案する必要 → 「JCM用REDD+ガイドライン」が実現
 - JICA、民間を巻き込んだオールジャパンで取り組む必要
 - 「森から世界を変えるREDD+プラットフォーム」の設立
 - その成果を踏まえて次期枠組みでのREDD+のルール化に貢献
 - 安倍首相が挑戦的な新目標を提示すれば、それを達成するオプションにREDD+が取り上げられる可能性が広がる
 - 並行して、自主的であっても民間企業の取り込みを進める必要



森から世界を変えるREDD+プラットフォーム

- 減少・劣化が続く途上国の森林を保全するため、森林総合研究所とJICAは共同で産学官のプラットフォームを設立した。



- 背景
 - 日本政府：2013年に「美しい星への行動(ACE)」
 - 政府関係機関：REDD+の導入支援
 - 民間企業：環境負荷の小さいビジネスモデル導入やREDD+の取組準備
- 目的
 - 2020年までの6年間は熱帯林の保全活動を緊急課題に取り組む必要
 - 2015年を目前にした、今、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、ここに「森から世界を変えるREDD+プラットフォーム～Japan Public-Private Platform for REDD+」を設立し、『緊急行動計画』を提案。



一緒に頑張りましょう。



REDD+

『森から世界を変える REDD+プラットフォーム

～Japan Public-Private Platform for REDD+』

設立について

2014年11月

独立行政法人 国際協力機構 地球環境部

独立行政法人 森林総合研究所 REDD 研究開発センター

1. 熱帯林保全をめぐる現状

熱帯林の保全は喫緊の課題です。

森林は、有史以来私たちの生活を育んできました。しかし、20世紀以降、人類の経済活動により森林は急速に減少しつつあり、過去およそ半世紀にわたり、各国政府や国際機関の取り組みのみならず、市民や民間企業など様々な主体を巻き込んで、森林保全のための努力が行われてきました。

こうした努力にも関わらず、過去20年間、特に途上国の熱帯林地域においては、森林はなお減少を続け、いまや危機的ともいえる状況になっています。熱帯林の減少・劣化は、生物多様性や水資源など豊かな生態系サービスの低下をもたらしているだけでなく、樹木や土壌に蓄積された炭素が二酸化炭素として大気中に放出されることにより、地球温暖化を加速させる大きな要因の1つとなっています。

気候変動対策として、熱帯林保全は大きなポテンシャルを持っています。その保全に向けた、国際的な枠組みが動き出しつつあります。

2007年に公表された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第四次評価報告書は、森林減少・劣化による二酸化炭素の排出量が世界の排出量の約2割を占めることを示し、その排出抑制が人類の喫緊の課題であると同時に、そこには大きな排出削減ポテンシャルがあることを国際社会に問いかけました。2007年末にインドネシアで開催された気候変動枠組条約第13回締約国会合では、将来の国際的な気候変動対策の1つとして森林からの排出削減について検討することが合意されました。その後、2013年に公表されたIPCC第五次評価報告書第一作業部会報告書では、森林減少など土地利用変化による温室効果ガスの排出が1750年から2010年までの累積の約3割を占めていることが示され、さらに2014年の同第三作業部会報告書では、森林減少・劣化からの排出量を削減する活動(REDD+など)は、持続可能な形で実施される場合、費用対効果の高い緩和策であり、生物多様性や水資源の保全、土壌浸食の低減など、経済・社会・その他の環境面や適応に関するコベネフィットをもたらすことが指摘されました。現在、2020年以降の新たな国際枠組みの中に位置づけることを目指して、熱帯林保全を通じた二酸化炭素の排出削減策「REDD+」の構築に向けて議論を進めています。

このような国際社会の動きにさきがけ、今、世界では、ボランタリーな炭素クレジット市場を通じた熱帯林保全の取り組みも拡がりつつあります。日本政府も、二国間クレジット制度（JCM）を打ち出し、民間事業者が森林保全活動（REDD+など）を通じて途上国の排出削減活動に取り組む仕組み作りを進めています。

世界の熱帯林を守るためには、民間の力も含めたあらゆる手段、あらゆるプレイヤーの動員が必要です。

一方、民間においては、これまで我が国の多くの企業が、NGO や市民とも連携し、植林事業をはじめとする熱帯林を対象とした CSR（企業の社会的責任）活動に取り組んできました。近年は、環境意識の高い消費者のニーズに応えるとともに、持続的な資源利用など、企業活動そのものの持続性や社会問題への解決を通じた事業価値の創造という観点から熱帯林保全に取り組む企業も増えつつあります。

このように熱帯林保全に関する取組は、国際交渉、我が国の政策、企業活動といった様々なレベルで進められており、その問題意識は根本的には共有されていると言って良いでしょう。しかしながら、一般社会においては熱帯林保全の仕組みである REDD+ や企業の事業活動を通じた取り組みについて認知度は低く、具体的な取り組みを強く推進する状況には至っていないのが現状です。喫緊の課題である熱帯林の減少を食い止めるためには、企業、市民、政府、研究機関等が様々な枠組みや手段を通じて取り組む必要があります。本年 9 月に開催された国連気候サミットにおいても、日本を含む 27 か国、34 企業等が参加した「森林に関するニューヨーク宣言」にて、世界の天然林の減少を 2020 年までに半減し、2030 年までにゼロにするために、世界中の企業、市民、政府、国際機関等のあらゆるプレイヤーが共に取り組む必要性が指摘されています。

2. 趣旨・目的

いつ、どのような取り組みをすべきか？

日本政府は、2013 年に「美しい星への行動（ACE）」を発表し、2050 年までの世界の温室効果ガス排出の半減や国際社会の議論のリード、JCM 署名国倍増、民間資金の大幅動員、関係国とのパートナーシップ強化などの具体的施策を打ち出しています。政府関係機関は、国際社会の議論に資するための研究や森林分野での ODA、特に森林保全の資金メカニズムの一つである REDD+ の導入段階の支援などに取り組んでいます。民間企業においては、環境に対する負荷の小さいビジネスモデルの導入や REDD+ への取り組みの準備が進められています。

また、2020 年に向けては、気候変動対策の 2020 年からの新たな約束期間開始に向けた準備の加速や、生物多様性の「愛知目標」の達成に向けた一層の努力が必要となります。

こうした国内外の動き及び途上国の森林の現状に鑑みれば、2020 年までの 6 年間は、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があると考えます。

2015 年を目前にした、今、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、ここに「森から世界を変える REDD+プラットフォーム～Japan Public-Private Platform for REDD+」を設立し、『緊急行動計画』を提案します。

【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。

(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

¹ 1000 万トンクレジット獲得目標ではなく、広く森林保全による効果を概算したものであり、政府がコミットした数値ではありません。

3. プラットフォームについて（詳細）

- (1) 設置期間：2014年11月7日～2020年12月31日（予定）
- (2) 参加団体：「緊急行動計画」に賛同し、かつ、実行委員会の承認を受けた団体、企業
- (3) 参加費用：本会への参加は、原則無料とする。
- (4) 運営予算：当面の必要最低限の予算は、事務局を担う団体間で協議の上、分担を決定する。広報活動の拡大等のために、予算が必要な場合には、事務局が実行委員会の承認を経て、寄付もしくは協賛を募ることができる。
- (5) 実施体制

総会 【フォーラム】	①原則年1回程度、全加盟団体を招いて開催する。 ②緊急行動計画、規約、運営の基本方針等につき審議する。
実行委員会	①参加団体より、バランス等考慮し、10名程度の実行委員を選出する。 ②議題の状況により、年間3~4回程度開催する。 ③事業内容及び参加団体の加盟承認・脱退について審議する。
事務局	①森林総研及びJICAの2団体による共同事務局とする ②総会・実行委員会の開催事務・広報活動等を行う
分科会	①総会の承認を得て、分科会を設置できる。 ②分科会には、幹事団体を置き、開催会議・イベント開催を担う。 ③必要に応じ、事務局は、分科会活動実施を支援する。

- (6) 分科会と活動

ナレッジ分科会	・関係者（民間事業者、民間企業CSR部署・広報部署、NGO、各種団体等）がREDD+関連情報を共有・学習
情報発信分科会	・REDD+の一般向け情報（ウェブサイト、パンフレット）の作成 ・REDD+の理解者の拡大（第一ターゲットは環境関心層）
ビジネスモデル分科会	・REDD+関連ビジネスに有用な情報の共有 ・ビジネスマッチングの機会提供

4. 参加団体にとって

メリット	<p>①共通のロゴを用いて、官民が連携したプラットフォームや途上国の森林保全活動の認知度が高まることにより、参加団体についても、同活動を応援しているという<u>プラスイメージが生まれる</u>。(ロゴ、バナーの使用が可能)</p> <p>②参加団体の活動を官民連携のプラットフォームの Web サイトにおいて紹介することにより、<u>参加団体の森林保全活動の認知度や評価が高まる</u>。</p> <p>③メーリングリストや参加団体向け勉強会などを通じて国際社会の気候変動交渉や REDD+の制度構築、新しいビジネスモデルなどの<u>情報がタイムリーに入手可能となる</u>。</p> <p>④REDD+など新たな取り組みを行う際に、<u>技術的な助言を得られる</u>。</p> <p>⑤分科会活動を通じて、政府や関係機関、関係団体との<u>意見交換のパイプが生まれる</u>。</p> <p>⑥熱帯林保全活動に共同で取り組む<u>ビジネスパートナーとのマッチングが図られる</u>。</p>
お願いしたい点	<p>①参加団体は、各団体のツールを用い、プラットフォームのロゴ・バナーを使用し、同 Web サイト、SNS の認知度向上に協力する。</p> <p>②可能な団体は、プラットフォームが企画するイベントに積極的に協力（協賛）する。</p>

【申し込み・問合せ先】

- ・国際協力機構 地球環境部森林・自然環境グループ内
森から世界を変える REDD+プラットフォーム事務局
TEL : 03-5226-6656 FAX : 03-5226-6343 redd_platform@jica.go.jp

以上

別添：分科会活動（案）

別添資料. 分科会活動案

	① ナレッジ分科会	② 情報発信分科会	③ ビジネスモデル分科会
幹事団体	森林総研	JICA	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング、住友林業
想定される参加者	林業、商社、メーカー、コンサルタント、航測系	林業、小売り、メーカー、企業 CSR・広報部門、	林業、商社、小売り、メーカー、コンサルタント、証券
目的	REDD+に関する知見・情報が関係者に活用される。	REDD+の認知度が高まる。	民間企業による REDD+関連ビジネスが振興する。途上国の REDD+事業が振興する。
期待される成果	関係者（民間事業者、民間企業 CSR 部署・広報部署、NGO、各種団体等）が REDD+関連情報を知る、学ぶ。	REDD+の一般向け情報（ウェブサイト、パンフレット）が整理される。REDD+の理解者が増える。（第一ターゲットは環境関心層）	REDD+関連ビジネスに有用な情報が共有される。ビジネスパートナーを見つける機会を提供する。
想定される活動内容	<ol style="list-style-type: none"> UNFCCC や JCM の議論の紹介 JCM/REDD+ガイドライン共有 事例紹介 MRV/セーフガード等各イシューに関する研修・勉強会 CDM、J-VER 等の経験共有 	<ol style="list-style-type: none"> イベントの企画・開催 キャンペーンの企画・開催 パンフレット、動画等検討 ウェブサイト紹介事業の検討 メルマガの内容の検討 メディアへの売り込み 様々なパートナーとの連携検討 国際社会に向けた発信 	<ol style="list-style-type: none"> 先進事例の共有・勉強会 企業と事業のマッチング 政府に向けた提言のとりまとめ
当面の活動計画	2014 年 12 月 第一回定例会 2015 年 2 月 REDD+セミナー（森林総研国際セミナー） 2015 年 3 月 MRV セミナー（森林総研 REDD 推進体制緊急整備事業終了時セミナー）	2014 年 11 月 ロゴ・バナーの選定 2014 年 12 月 第一回定例会 2015 年 2 月 メルマガの発行開始 2015 年 3 月 第二回定例会	2014 年 12 月 第一回定例会 2015 年 1 月 先進事例の勉強会 2015 年 3 月 第二回定例会
		2015 年 6 月 パンフレット・動画完成 2015 年 5 月 第三回定例会 2015 年 7 月 イベントの実施	2015 年 4 月 ビジネスマッチング会合 2015 年 5 月 第三回定例会 2015 年 7 月 イベントの実施
予算	<ul style="list-style-type: none"> 各団体の参加経費は自己負担 会議スペースは JICA が提供可能 国際セミナー、MRV セミナーの経費は基本的に森林総研が負担 その他外部講演者への謝金などは JICA 及び森林総研で協議。 	<ul style="list-style-type: none"> 各団体の参加経費は自己負担 会議スペースは JICA が提供可能 委託経費は JICA で確保済み（ロゴ・バナー・ウェブサイト・メルマガ・SNS・パンフレット等） 加盟団体からの協賛イベントなども分科会で検討 	<ul style="list-style-type: none"> 各団体の参加経費は自己負担 会議スペースは JICA が提供可能 その他経費は都度加盟団体で負担を検討



REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成26年度 基礎講習

第 11 章

森林炭素変化の推定

一般社団法人 日本森林技術協会
七海 崇





1. 森林炭素変化量の推定



森林炭素の計測

REDDプラスに適用される森林炭素蓄積の変化量の計測について、本章では、UNFCCCの決定とIPCC2006年ガイドラインに準拠し、以下の点にフォーカスする。

(1) 何を測るか？

- ・森林の地上部・地下部バイオマス(ほか)

(2) どう測るか？

- ・デフォルト法 (Gain-loss method)
- ・蓄積変化法 (Stock-change/difference method)



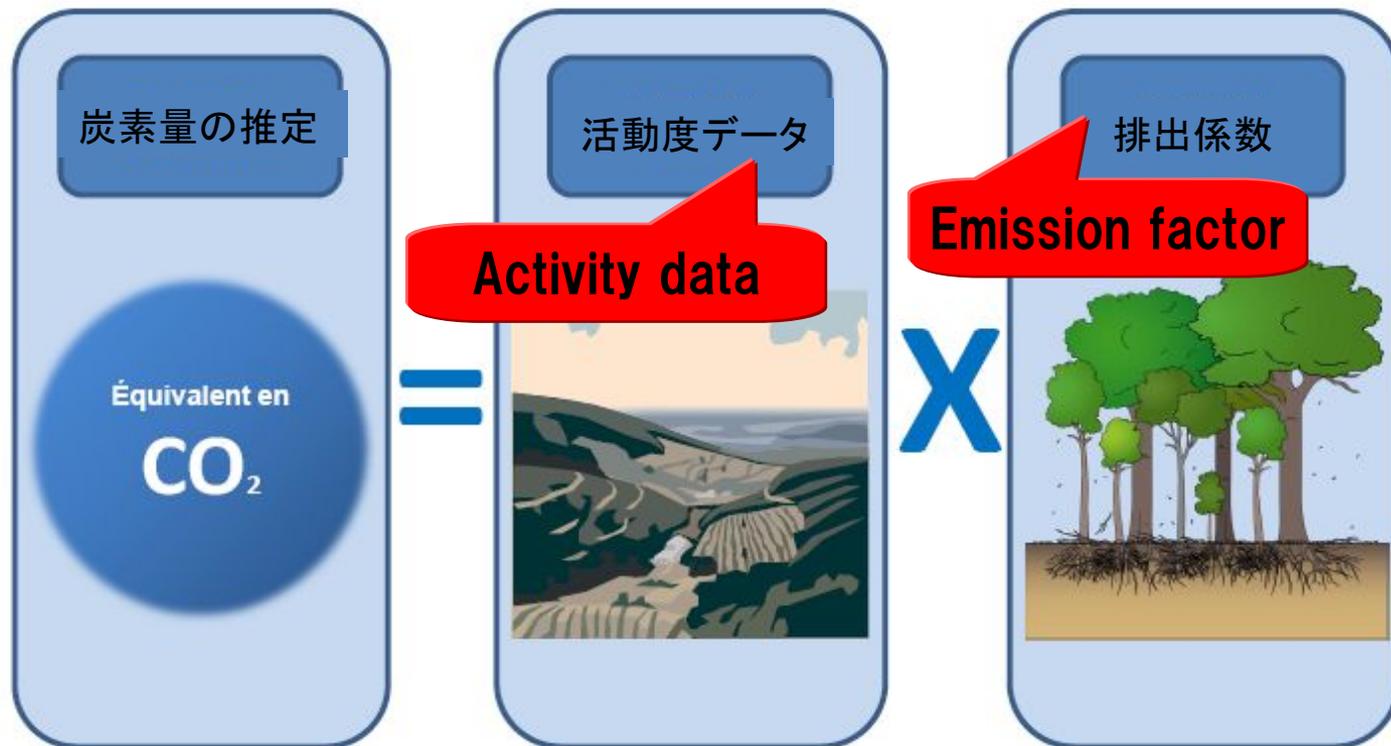
(1) 何を測るか？

REDDプラスの対象は森林

- ・森林の定義は、UNFCCCの示した範囲内で各国が独自に決めることができる。
 - 国情に応じて、森林タイプを細かく区分することが推奨される
 - ※きめ細かな排出係数の適用により、不確実性の低減に貢献
- ・5つの炭素プール(地上部／地下部バイオマス)
 - 国情に応じて、適用すべきTierの検討が必要



(2) どう測るか？



Danilo Mollicone, FAO 引用

(2) どう測るか？(方法論)

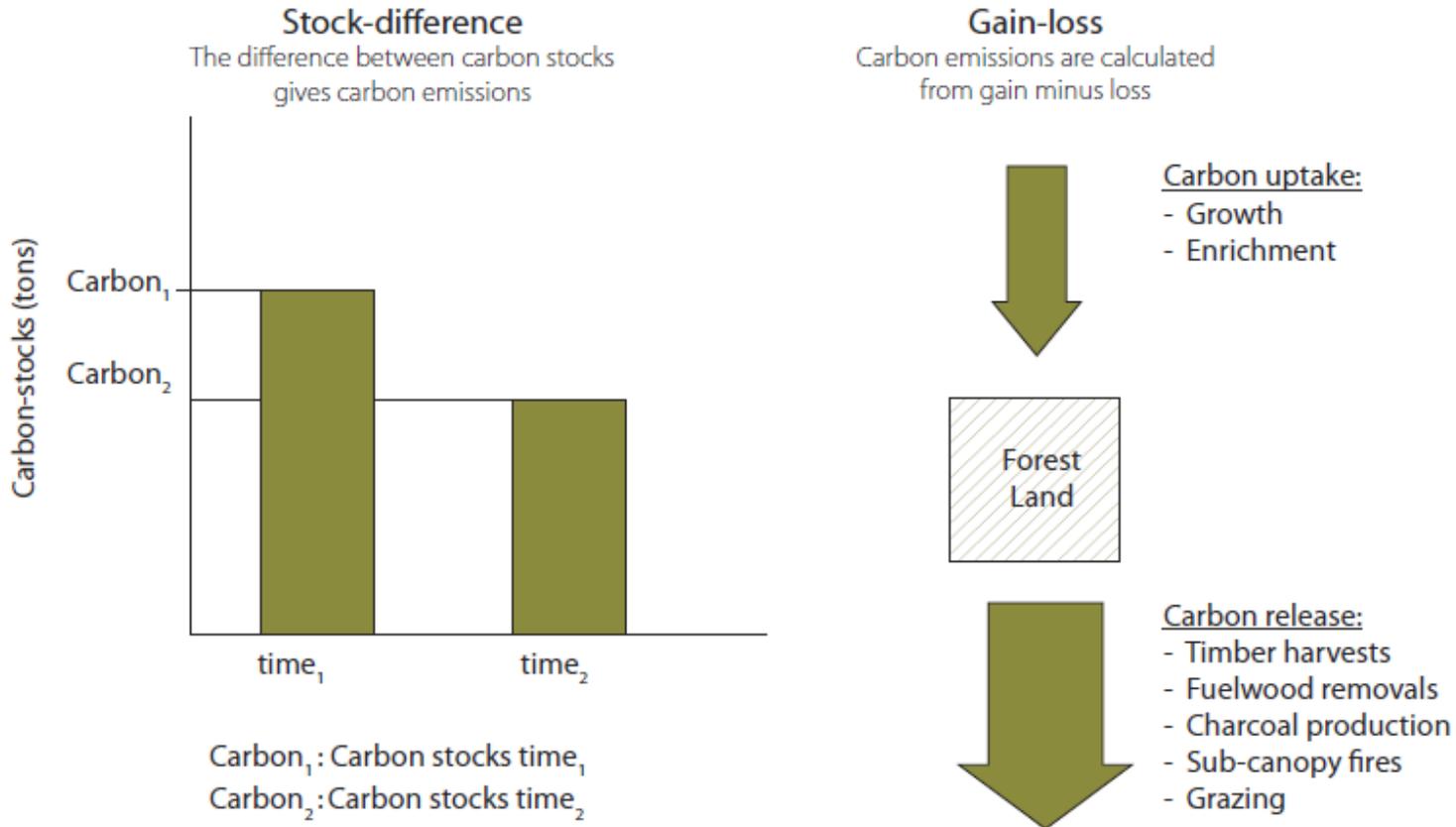


図 IPCCで紹介されている2つの森林炭素変化量の推定手法

左側の手法が、**蓄積変化法**

右側の手法が、**デフォルト法**

(参考)

・蓄積変化法

$$\Delta C = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)}$$

ここで、 ΔC はその炭素プールの年間炭素蓄積変化量[t-C/年]、 C_{t_1} は t_1 [年]における炭素蓄積量[t-C]、 C_{t_2} は t_2 [年]における炭素蓄積量[t-C]である。

・デフォルト法

$$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L$$

ここで、 ΔC はその炭素プールの年間炭素蓄積変化量[t-C/年]、 ΔC_G は年間炭素蓄積増加量[t-C/年]、 ΔC_L は年間炭素減少量[t-C/年]である。



2. 実習

実習1：事例解析

蓄積変化法とデフォルト法を対比し両手法の違いを把握する。

実習2：グループ討議

実習1の二つの手法の違いをグループ討議し、メリットやデメリットを整理する。



実習1：事例解析

(蓄積変化法とデフォルト法を対比し両手法の違いを把握する。)

(実習1 事例解析)

蓄積変化法

面積 (ha)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	30	10
落葉樹林	50	70
非森林	20	20

炭素密度 (Ct/ha)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	200	220
落葉樹林	100	80
非森林	0	0

炭素量 (Ct)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	6,000	2,200
落葉樹林	5,000	5,600
非森林	0	0
合計	11,000	7,800

総蓄積変化 $T2-T1$ **-3,200** (Ct)

(事例の前提条件)

期首から期末にかけて以下の森林変化が発生すると仮定

1. 期首の常緑林30haのうち、
 - 1) 期末に10haが落葉樹林に変化
 - 2) 期末に10haが非森林に変化
 - 3) 期末に10ha分は非変化
2. 期首の非森林20haのうち、
 - 1) 期末に10haが落葉樹林に変化
 - 2) 期末に10ha分は非変化
3. 平均炭素密度(排出係数)は2時点間で異なるものを適用する

(前提条件をもとに、表を穴埋め)

デフォルト法 (Gain – Loss method)

		期末・T2 面積 (ha)			
期首・T1 面積 (ha)	面積 (ha)	常緑林	落葉樹林	非森林	
	常緑林				
	落葉樹林				
	非森林				
		期末・T2 (Ct/ha)	220	80	0
期首・T1 (Ct/ha)	炭素密度 (Ct/ha)	常緑林	落葉樹林	非森林	
	200				
	100				
	0				
		期末・T2 (Ct)			
期首・T1 (Ct)	炭素変化量 (Ct)	常緑林	落葉樹林	非森林	
	常緑林	0	0	0	
	落葉樹林	0	0	0	
	非森林	0	0	0	
2時点の 炭素変化量					
※マトリックスからゲインとロスを抽出して解析					-3,200 (Ct)



(二つの手法を比較し、違いを把握する)

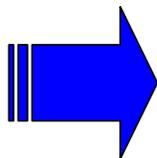
蓄積変化法

面積 (ha)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	30	10
落葉樹林	50	70
非森林	20	20

炭素密度 (Ct/ha)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	200	220
落葉樹林	100	80
非森林	0	0

炭素量 (Ct)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	6,000	2,200
落葉樹林	5,000	5,600
非森林	0	0
合計	11,000	7,800

総蓄積変化 $T2 - T1$ **-3,200** (Ct)



デフォルト法 (Gain – Loss method)

		期末・T2 面積 (ha)			
		面積 (ha)	常緑林	落葉樹林	非森林
期首・T1 面積 (ha)	常緑林				
	落葉樹林				
	非森林				
		期末・T2 (Ct/ha) 220 80 0			
		炭素密度 (Ct/ha)	常緑林	落葉樹林	非森林
期首・T1 (Ct/ha)	200	常緑林			
	100	落葉樹林			
	0	非森林			
		期末・T2 (Ct)			
		炭素変化量 (Ct)	常緑林	落葉樹林	非森林
期首・T1 (Ct)	常緑林	0	0	0	0
	落葉樹林	0	0	0	0
	非森林	0	0	0	0
2時点の 炭素変化量					-3,200 (Ct)



実習2: グループ討議

(実習1の二つの手法の違いをグループ討議し、
メリットやデメリットを整理する)

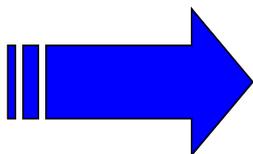
蓄積変化法 (Stock Difference method)

面積 (ha)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	30	10
落葉樹林	50	70
非森林	20	20

炭素密度 (Ct/ha)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	200	220
落葉樹林	100	80
非森林	0	0

炭素量 (Ct)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	6,000	2,200
落葉樹林	5,000	5,600
非森林	0	0
合計	11,000	7,800

総蓄積変化 T2-T1 **-3,200** (Ct)



デフォルト法 (Gain - Loss method)

		期末・T2 面積 (ha)			
		面積 (ha)	常緑林	落葉樹林	非森林
期首・T1 面積 (ha)	常緑林				
	落葉樹林				
	非森林				
		期末・T2 (Ct/ha)	220	80	0
		期末・T2 (Ct)			
		炭素変化量 (Ct)	常緑林	落葉樹林	非森林
期首・T1 (Ct/ha)	200	常緑林			
	100	落葉樹林			
	0	非森林			
期首・T1 (Ct)	2時点の 炭素変化量	常緑林	0	0	0
		落葉樹林	0	0	0
		非森林	0	0	0
※マトリックスからゲインとロスを抽出し解析					0 (Ct)

<前提条件>

- 期首の常緑林30haのうち、
 - 期末に10haが落葉樹林に変化 (と仮定)
 - 期末に10haが非森林に変化 (と仮定)
 - 期末に10ha分は非変化
- 期首の非森林20haのうち、
 - 期末に10haが落葉樹林に変化 (と仮定)
 - 期末に10ha分は非変化

森林: 森林 (+) 0
 非森林 → 森林 0
 ① 0

森林 - 森林
 のボックスの中で、
 プラスの総和

森林: 森林 (-) 0
 森林 → 非森林 0
 ② 0

森林 - 森林
 のボックスの中で、
 マイナスの総和

比較 (vs 蓄積変化法) ①+② 0

蓄積変化法 (Stock Difference method)

面積 (ha)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	30	10
落葉樹林	50	70
非森林	20	20

炭素密度 (Ct/ha)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	200	220
落葉樹林	100	80
非森林	0	0

炭素量 (Ct)	期首 (T1)	期末 (T2)
常緑林	6,000	2,200
落葉樹林	5,000	5,600
非森林	0	0
合計	11,000	7,800

総蓄積変化 T2-T1 **-3,200** (Ct)

<前提条件>

- 期首の常緑林30haのうち、
 - 期末に10haが落葉樹林に変化 (と仮定)
 - 期末に10haが非森林に変化 (と仮定)
 - 期末に10ha分は非変化
- 期首の非森林20haのうち、
 - 期末に10haが落葉樹林に変化 (と仮定)
 - 期末に10ha分は非変化

マトリクス法 (Gain - Loss method)

		期末・T2 面積 (ha)			
		面積 (ha)	常緑林	落葉樹林	非森林
期首・T1 面積 (ha)	常緑林	10	10	10	10
	落葉樹林	0	50	0	0
	非森林	0	10	10	10
		期末・T2 (Ct/ha)	220	80	0
期首・T1 (Ct/ha)	炭素密度 (Ct/ha)	常緑林	落葉樹林	非森林	
	200	常緑林	-120	-200	
	100	落葉樹林	-20	-100	
0	非森林	220	80	0	
期首・T1 (Ct)	期末・T2 (Ct)	常緑林	落葉樹林	非森林	
	炭素変化量 (Ct)	常緑林	落葉樹林	非森林	
	200	-1,200	-2,000		
2時点の 炭素変化量	常緑林	0	-1,000	0	
	落葉樹林	0	800	0	
	非森林	0	0	0	
※マトリクスからゲインとロスを抽出し解析					-3,200 (Ct)

森林: 森林 (+) 200
非森林 → 森林 800
① 1,000

森林 - 森林
のボックスの中で、
プラスの総和

森林: 森林 (-) -2,200
森林 → 非森林 -2,000
② -4,200

森林 - 森林
のボックスの中で、
マイナスの総和

比較 (vs 蓄積変化法) ①+② **-3,200**