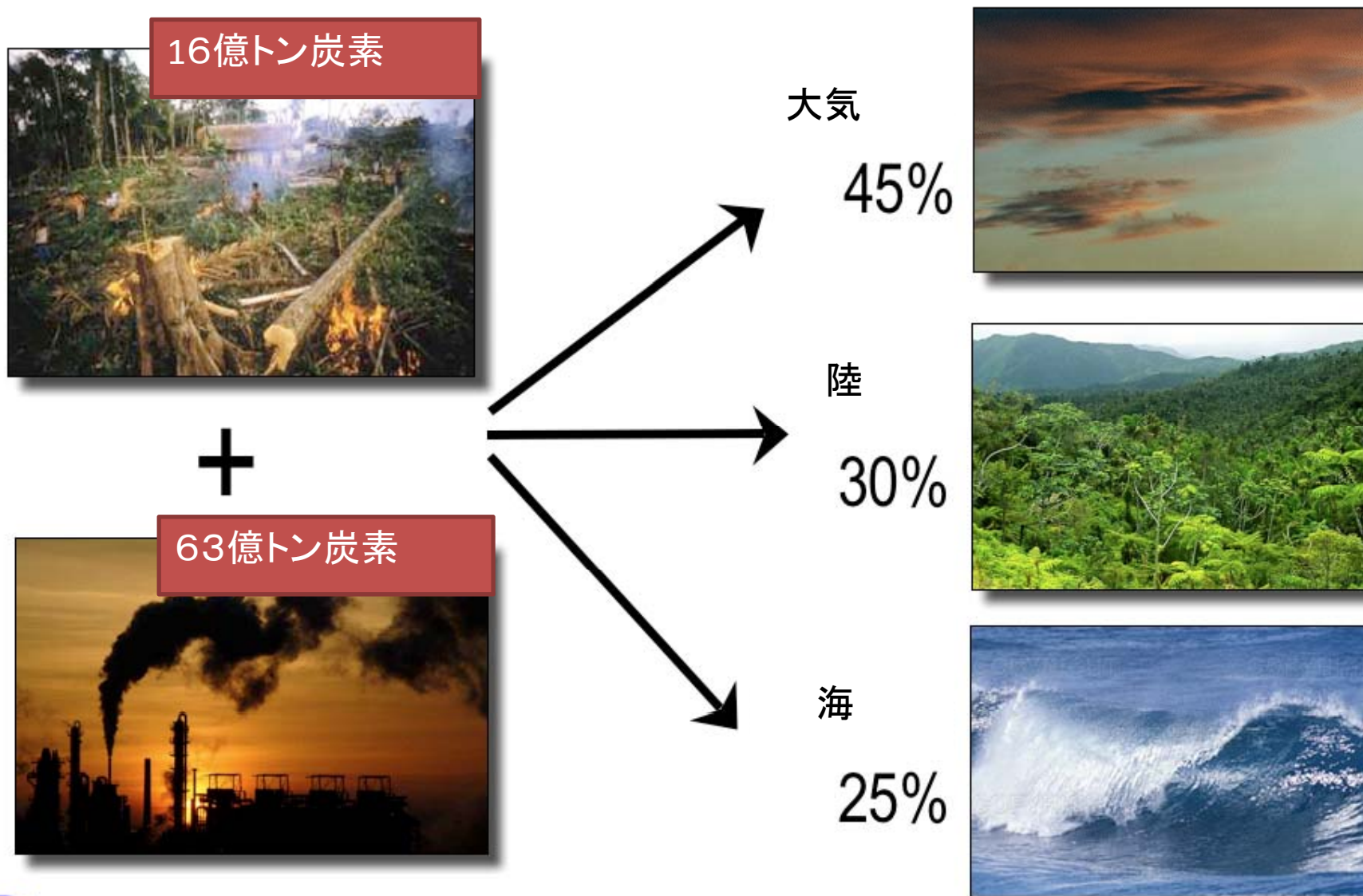


地球観測連携拠点ワークショップ「統合された地球温暖化観測を目指して」
2010年11月12日（千代田放送会館ホール）

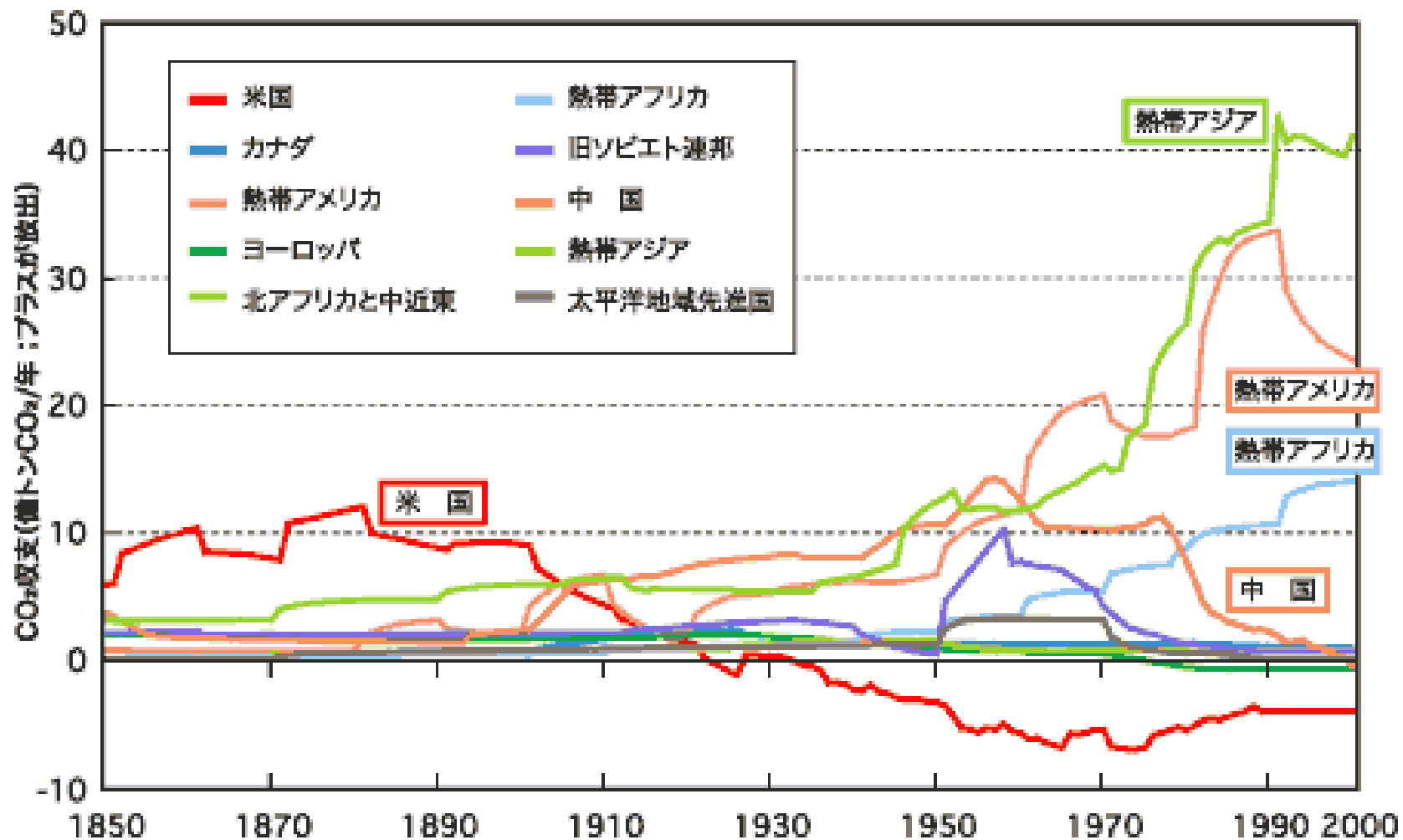
リモートセンシングと生態系モデルによる
森林炭素マッピング：
REDD+のモニタリングは可能か

国立環境研究所
地球環境研究センター
山形与志樹

人為的なCO₂の排出とそのゆくえ

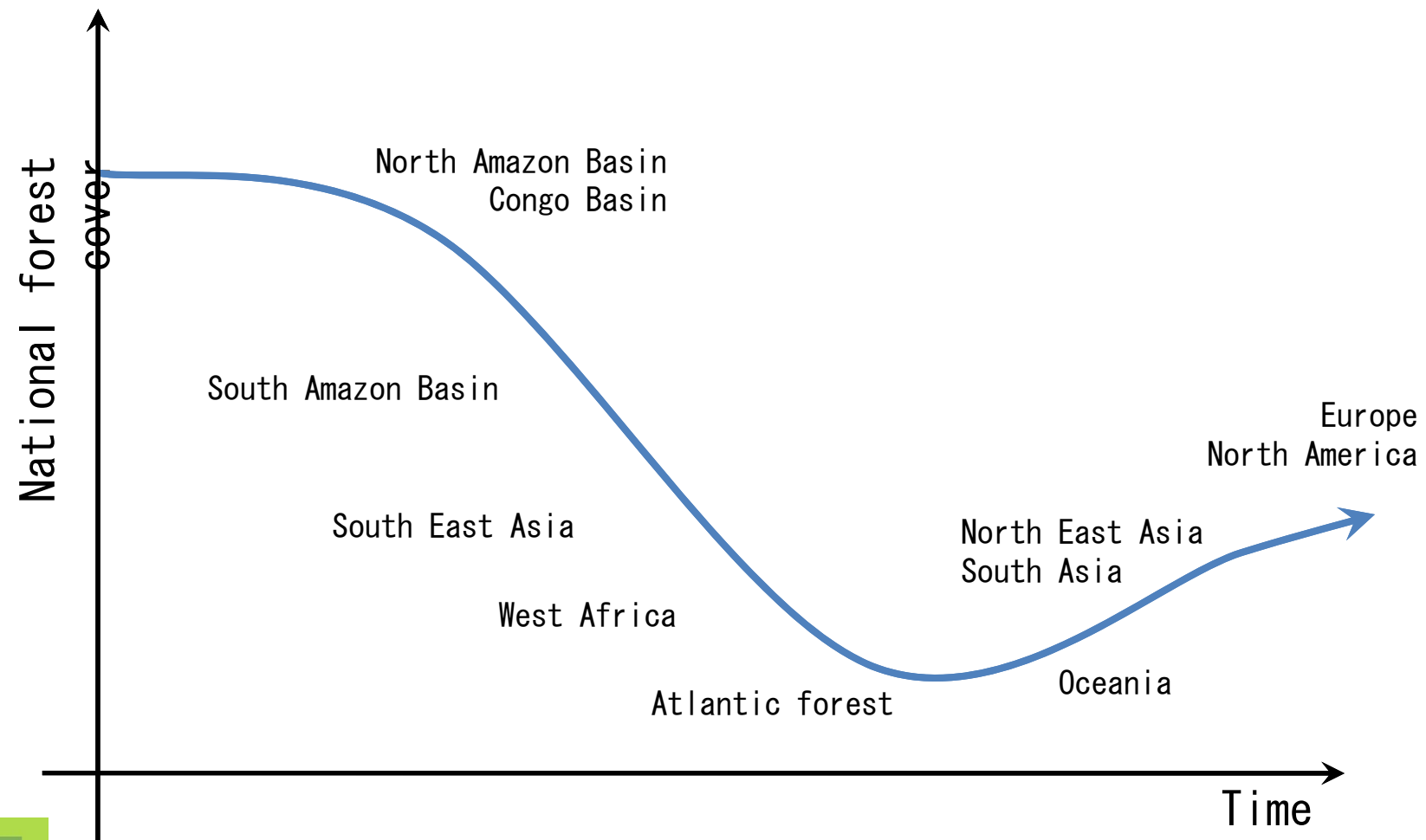


森林減少に伴うCO₂排出量の過去150年間の変化



(CDIACのデータをもとに作成)

Following traditional development paths, most countries lose most of their native forests



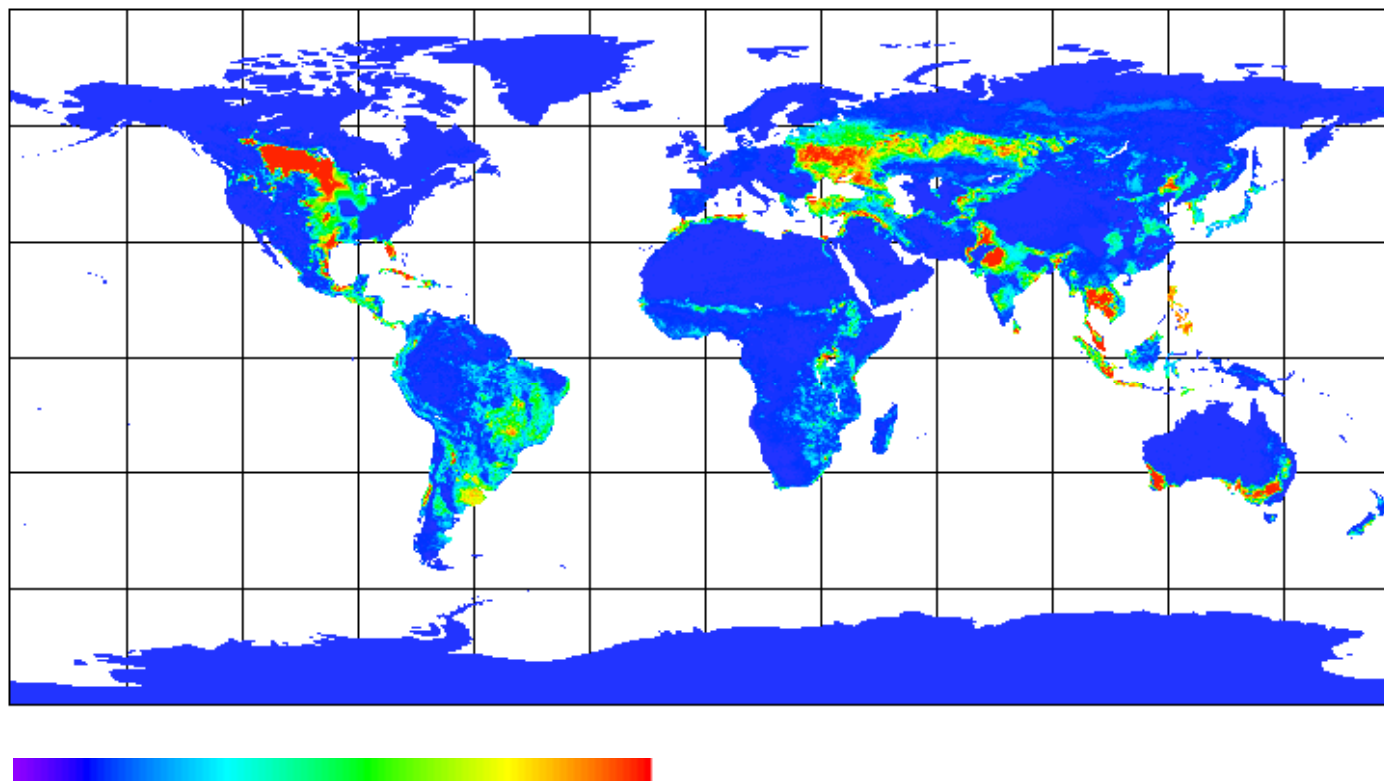
Source: Zarin, 2009

森林減少に伴って排出されるCO₂

- ◆ バイオマスとして蓄積していた森林中の炭素（土壌中の炭素を含む）がCO₂の形で大気中に放出されたもの
- ◆ 樹木や枝・葉などのほとんどが数年内に分解
- ◆ 世界における化石燃料の燃焼等によるCO₂排出量（年260億トン）の約5分の1
- ◆ 森林減少の主な原因は、持続可能でない森林伐採、焼畑、森林火災、農地転換、都市化など
- ◆ 人口増加・経済発展が進む途上国において森林減少のリスクはますます増大

過去の土地利用に伴う炭素排出の推定

1901-1990



過去の耕作地面積

Ramankutty & Foley (1999)

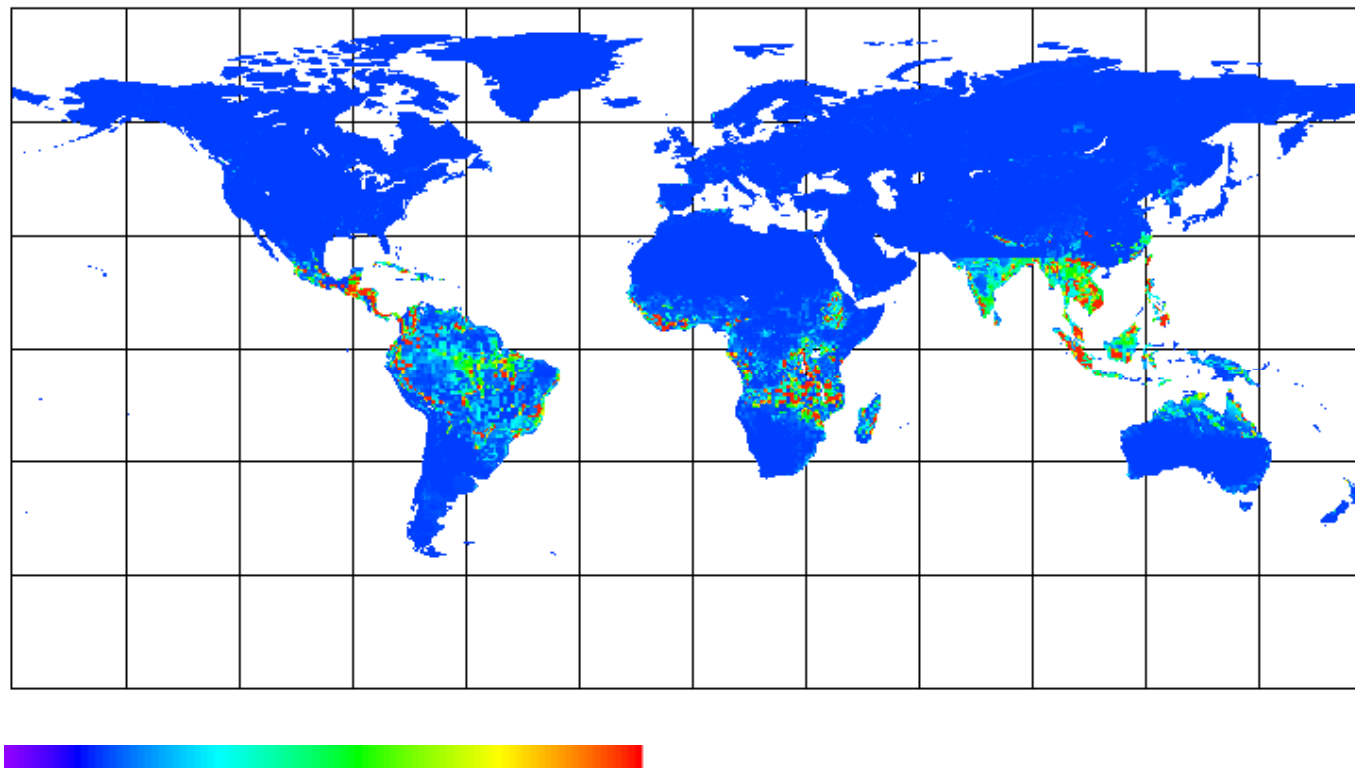
Hurtt et al. (2006)

NIES陸域生態モデルによる推定

過去の土地利用に伴う炭素排出の推定

1990-1999

LUC emission: 1990s



過去の耕作地面積

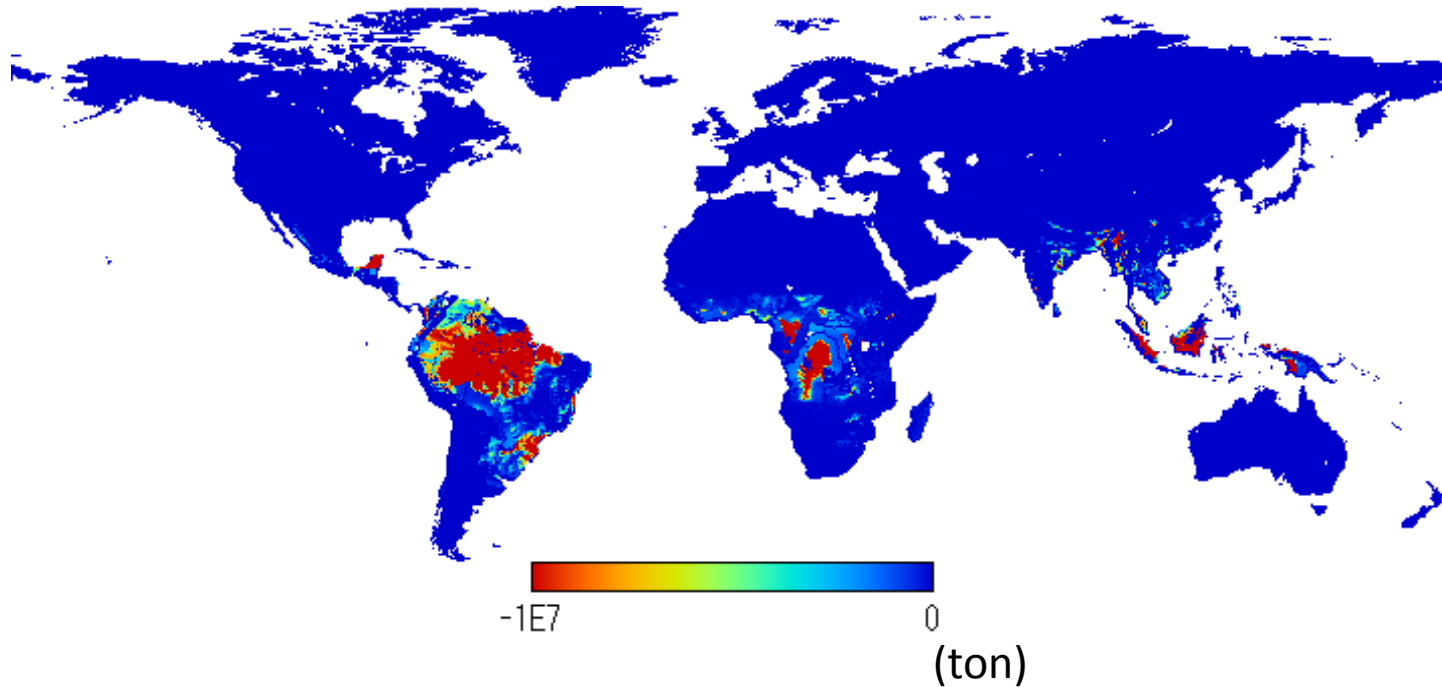
Ramankutty & Foley (1999)

Hurt et al. (2006)

NIES陸域生態モデルによる推定

予測される土地利用変化に伴う炭素排出

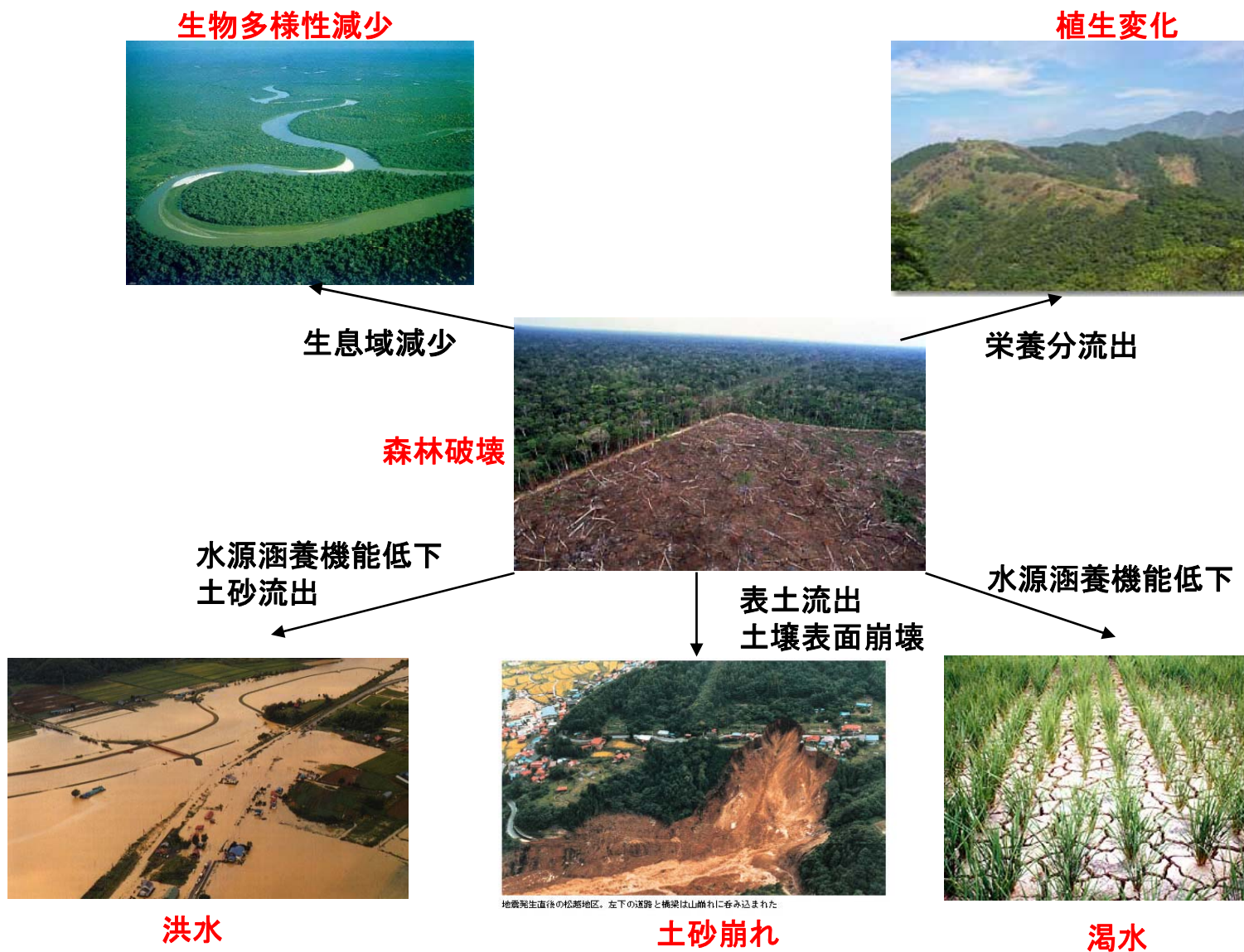
2000-2030



将来の耕作地面積は、IPCCシナリオとして土地利用モデルで作成

NIES土地利用・陸域生態モデルによる推定

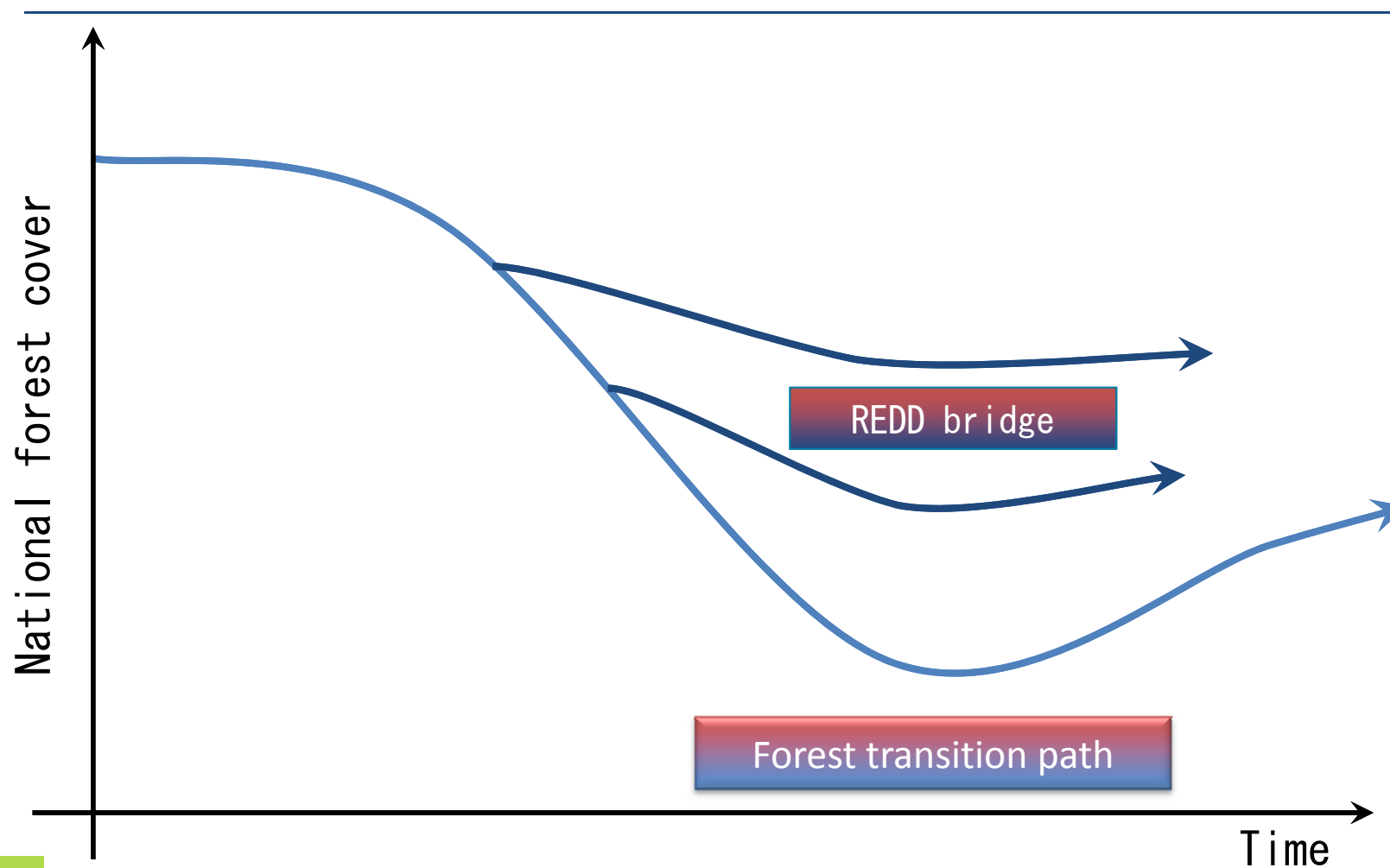
森林減少によるエコシステムサービスの低下



「森林減少の防止」という温暖化対策

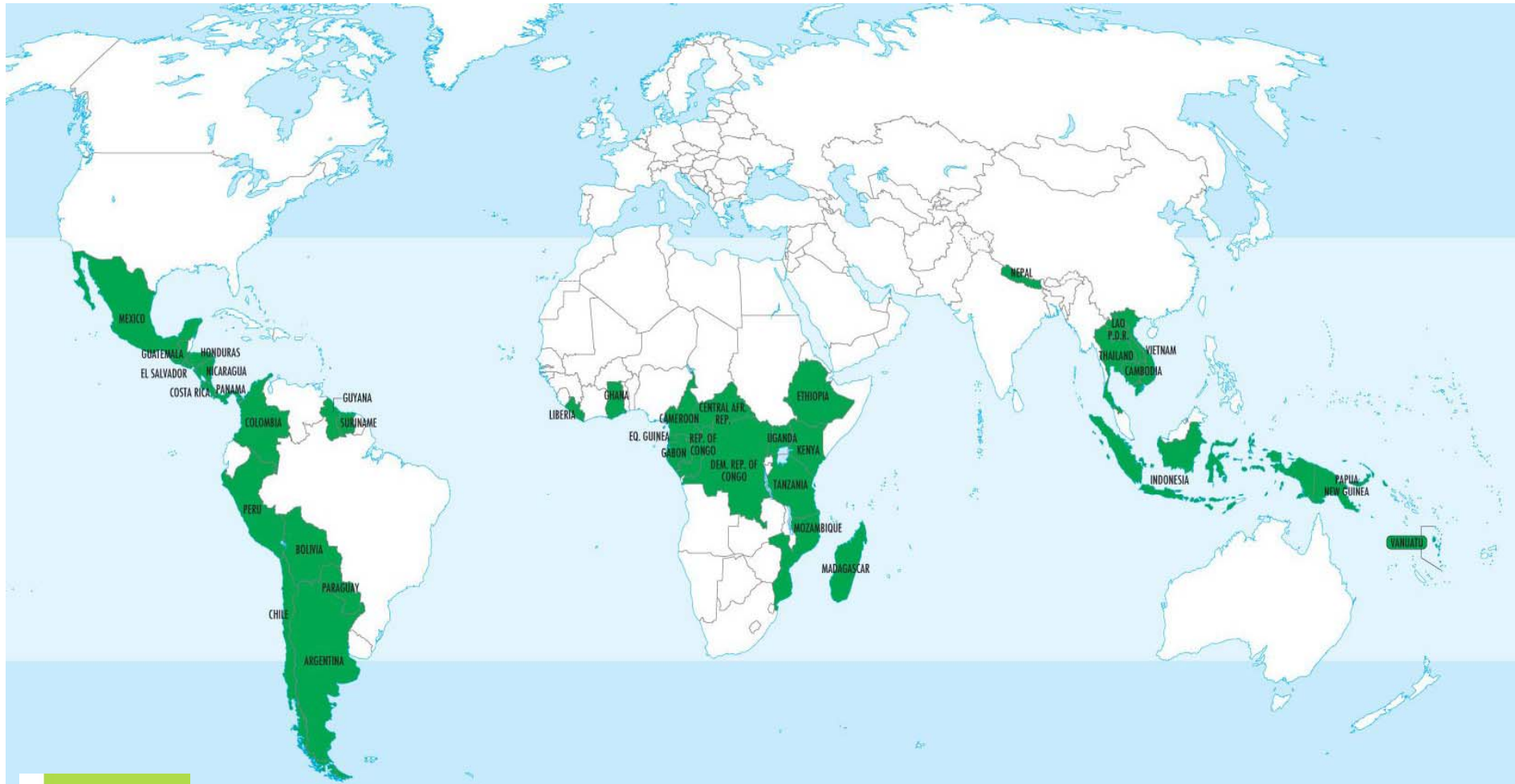
- 森林減少に伴うグローバルなCO₂排出を削減するだけではなく、生物多様性を保全するためにも、森林減少の防止(REDD)による温暖化対策の検討が国際的な課題となっている。
(REDD: Reducing Emission from Deforestation and forest Degradation)
- REDDは、現在の京都議定書では温暖化対策として認められていないため、途上国も参加する新たな枠組みとしてのポスト京都での検討がなされている。

REDD can form a bridge on forest transition path



Source: Zarin, 2009

37 REDD Country Participants Selected



“REDD” と “REDD+”

- REDD:「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」→森林破壊や劣化防止へのインセンティブ形成が主に議論される
- バリアクションプランで協議されたREDD+のコンセプト: 排出の削減 (REDD) に加え、
 - 保全効果 (role of conservation)
 - 持続可能な森林経営 (sustainable management of forests)
 - 森林による吸収量の増加 (enhancement of forest carbon stocks)
- CIが提唱するREDD+のコンセプト: 排出の削減 (REDD) に加え、
 - 森林回復 (restoration)
 - 現地の環境に適した在来種による新規植林と再植林 (environmentally appropriate native afforestation and reforestation)
 - 持続可能な森林経営 (sustainable management of native forests)
 - 原生林の吸収量の保全 (conservation of carbon stocks of native forests)への対応をメカニズム開始時より検討、組み込むことを提唱

REDD関係のポスト京都における主な論点

森林減少、森林劣化をどう定義するか

- － 定義によって対策ポテンシャルが大幅に変化

森林減少の防止を推進するための政策は

- － 国(地域)へのODA的ファンドか、CDM的プロジェクトか…

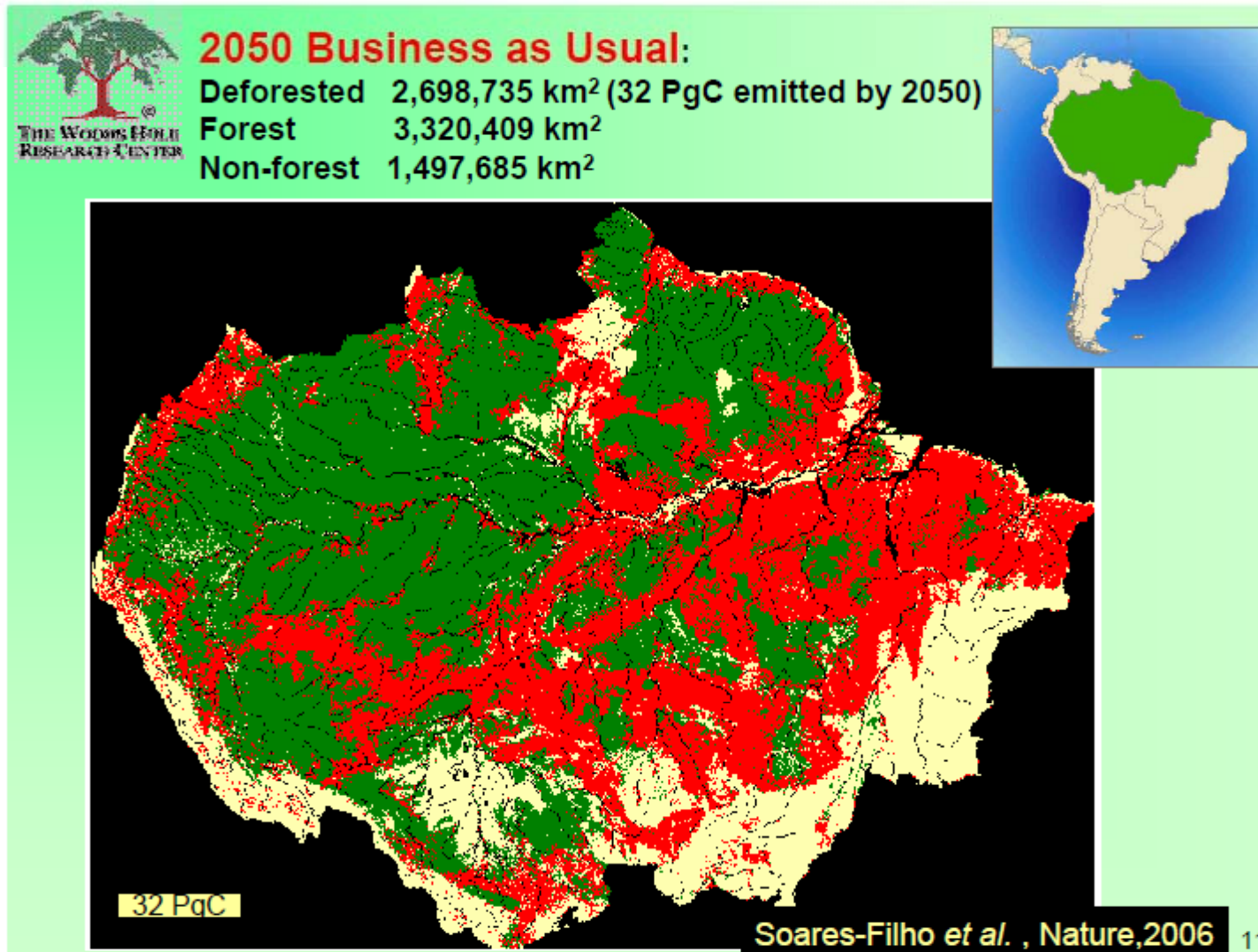
国際的なモニタリングシステムの構築は可能か

- － 透明かつ検証可能なMRVシステムが必要
 - 林業インベントリーやIPCCデフォルト値の利用
 - リモートセンシングによる森林面積の測定
 - 生態系モデルの活用

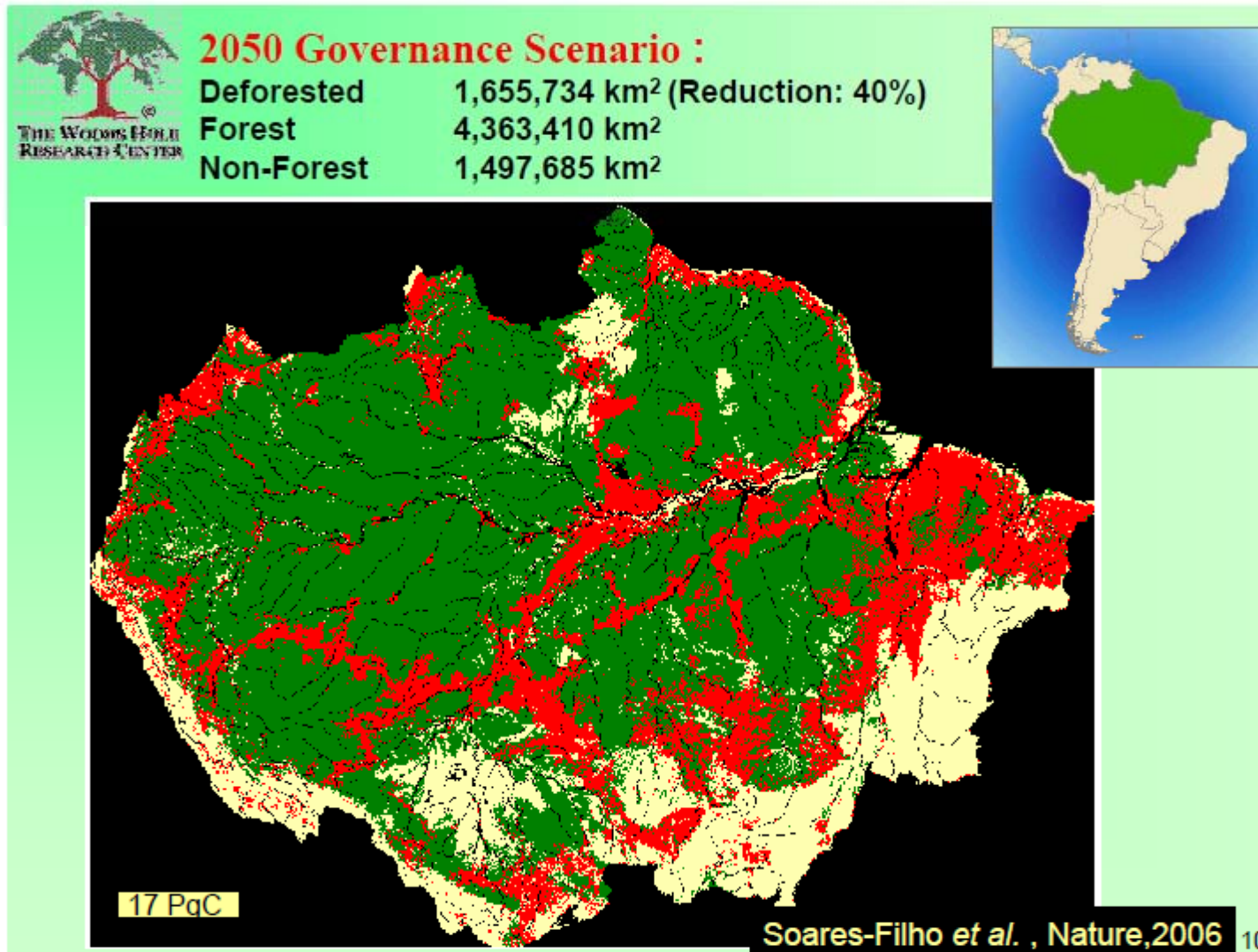
生物多様性保全との関連性

- － 生態系サービスとしての統合評価の必要性
- － 遺伝子・種レベルでの価値評価の困難さ

森林減少の防止による排出削減分析例 (対策なしの場合)



森林減少の防止による排出削減分析例 (対策ありの場合)



ポスト2010年目標の設定とREDDの関連



- ◆森林は炭素プールであると同時に生物多様性(生態系サービス):統一されたモニタリング手法・目標が重要
- ◆生物多様性の重要地域の保護:森林である場合は、REDDが実質的な保護機能・モニタリング機能を果たせるように(森林減少をgross lossで定義)
- ◆REDDで森林の増減をモニタリング(保全)することは、生態系サービスを生み出すIntact ecosystemをモニタリング(保全)することにつながる
- ◆REDDのモニタリングを全世界統一の生物多様性モニタリング指標のひとつに



生物多様性ホットスポット



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。地表面積のわずか2.3%でありながら、最も絶滅が危惧されている哺乳類種、鳥類種、両生類種の75%が生息。

モニタリングシステムの構築に関する動向 (インドネシアの例)

- 豪州炭素アカウンティングシステムのインドネシアへの提供
 - 豪州NCASのインドネシア版(I-NCAS)の構築・運用支援の実施
- インドネシア-オーストラリア森林炭素パートナーシップ
 - 中部カリマンタン州での実証活動「カリマンタン森林気候パートナーシップ(the Kalimantan Forests and Climate Partnership : :KFCP)を開始。オーストラリア政府は既にKFCP設立に3000万ドルを拠出。
- JICA-インドネシア林業省と衛星活用協力
 - だいち(ALOS)を活用した「衛星情報を活用した森林資源管理支援」の実施で林業省と覚書
- JICA-JSTプロジェクト:インドネシアの泥炭-森林における火災と炭素管理
 - 北大を中心に中部カリマンタンの泥炭地における火災抑制、炭素管理プログラム開発のためのプロジェクト実施

グローバルな森林炭素観測システムの検討

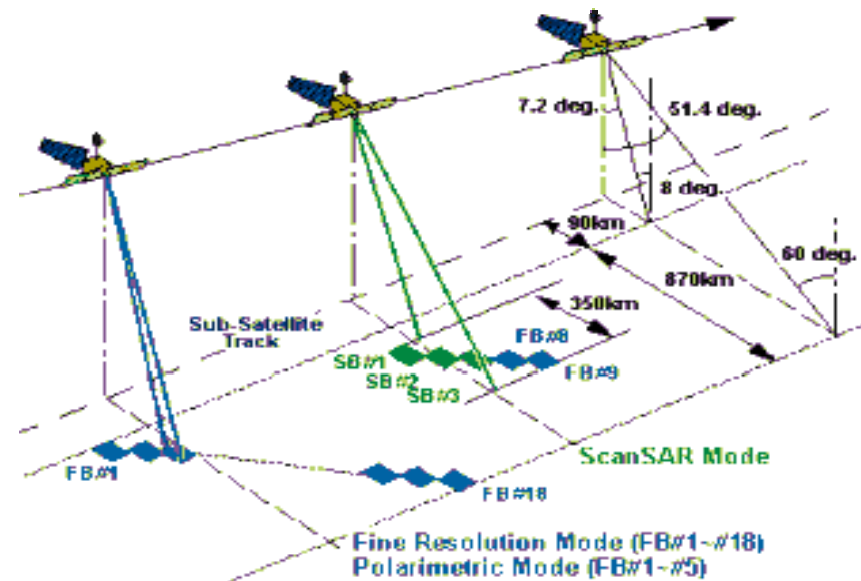
- GEOSSの新タスク「森林炭素トラッキング(FCT)」において、REDD等への応用を目的とする国際的なモニタリングシステムの構築を検討
 - 日本(JAXA、NIES)、豪州(CSIRO)、ノルウェー(NSC)、CEOS、FAO 等がリード
- 地球観測衛星ALOS(だいち)に搭載された、Lバンド合成開口レーダーPALSARを利用する森林炭素監視システムについて研究(JAXA,NIES他)
 - 昼夜・天候によらず陸地の観測が可能
 - 森林の減少(森林→非森林)を把握可能
 - バイオマスの把握は100tC/ha程度まで

PALSARの特徴

- ✓ JERS-1/SAR(1992-1998)
との組み合わせにより
長期間にわたる森林・
土地被覆変化の把握
が可能
- ✓ グローバル～ローカル
な森林状況把握、土
地被覆分類が可能
- ✓ 観測対象を様々な入
射角で観測可能



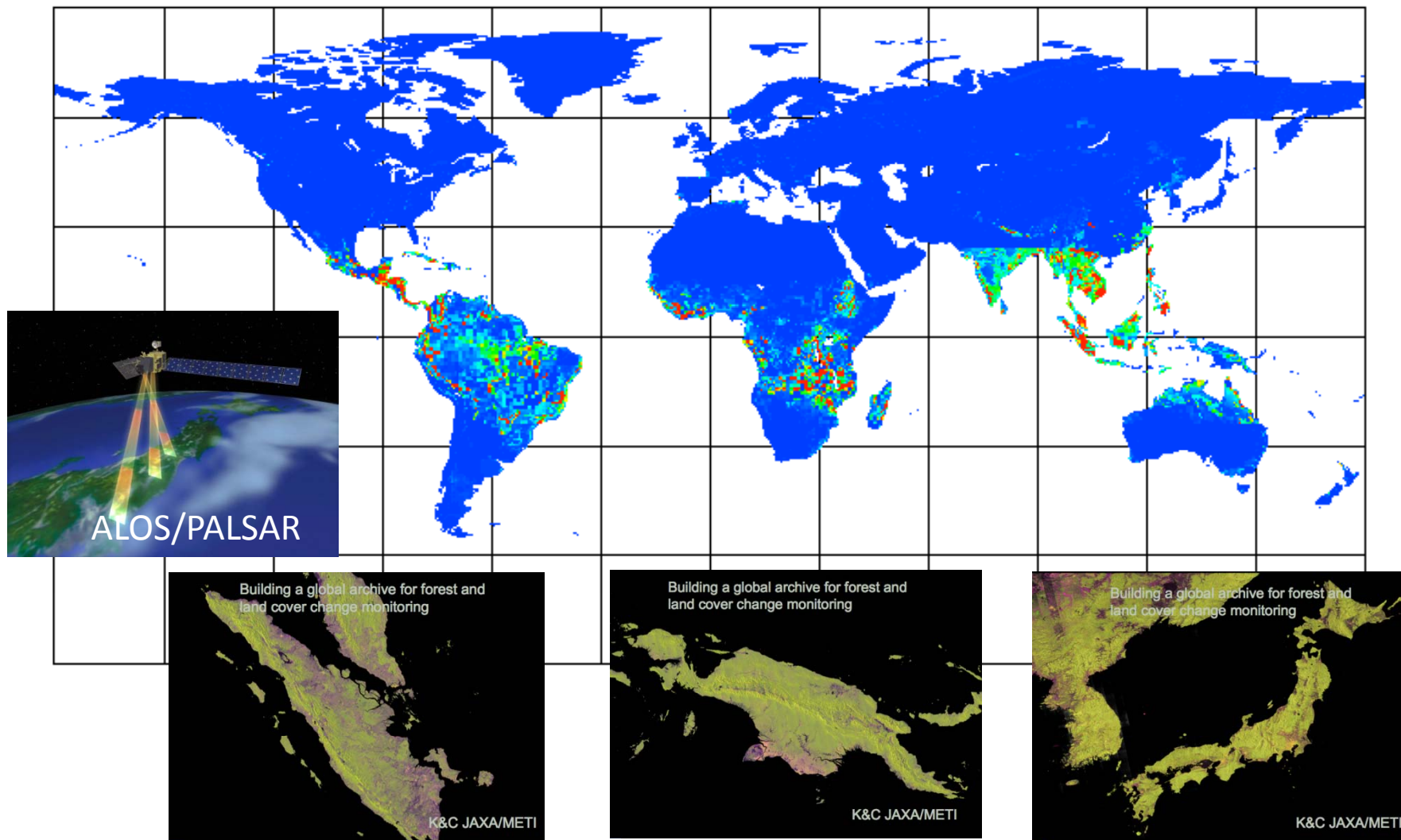
ALOS: 2006年1月24日打ち上げ



PALSARの観測モード

PALSARを用いた森林炭素モニタリングシステム (森林減少域の定期的な観測が可能)

LUC emission: 1990s



2008-2009



West Siberia

検証サイト

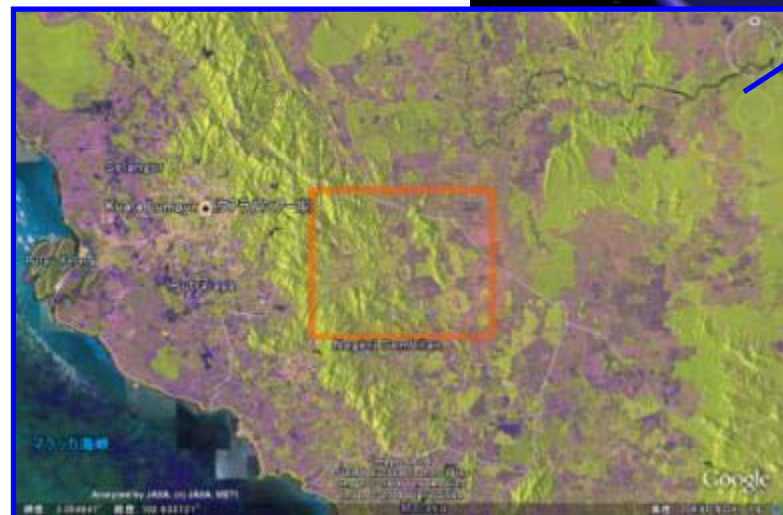
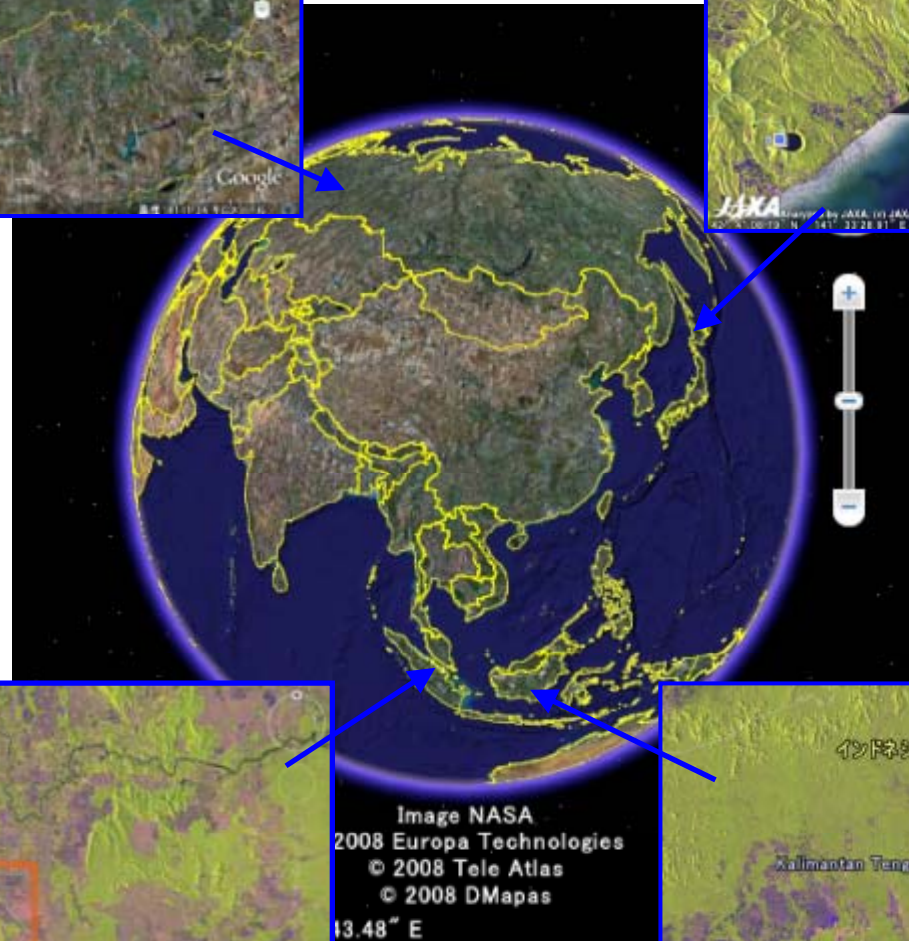
Pasoh



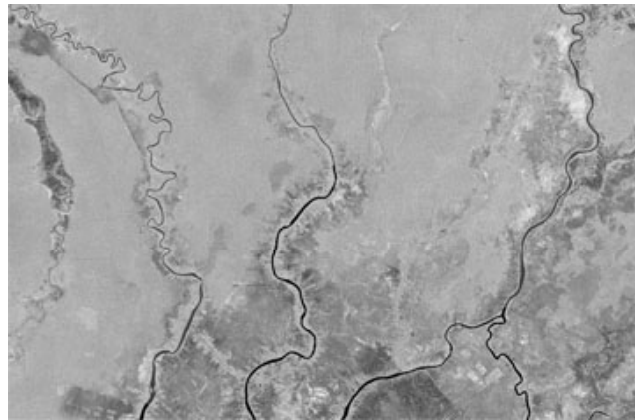
Tomakomai

衛星データ、森林インベントリデータを整備

Klimantan



JERS-1/SARとALOS/PALSARによる時系列データ (中部カリマンタン)



Sept., 1994



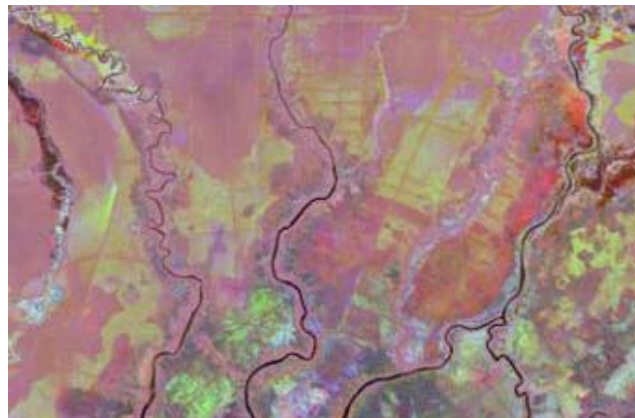
4年後



Aug., 1998



10年後



時間変化カラー合成画像)



Nov., 2008 5km

(JAXA 島田)

パソ(マレーシア)での森林炭素マッピングのテスト



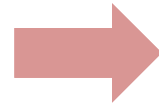
Pasoh Forest Reserve in Malaysia
(2° N, 102° E)



標高 : 80m
最低気温 : 22.7 °C
最高気温 : 33.2 °C
年間降雨量 : 1571mm
土壌 : Ultisol

JERS-1/SAR, ALOS/PALSARによる 森林減少の抽出(パソ)

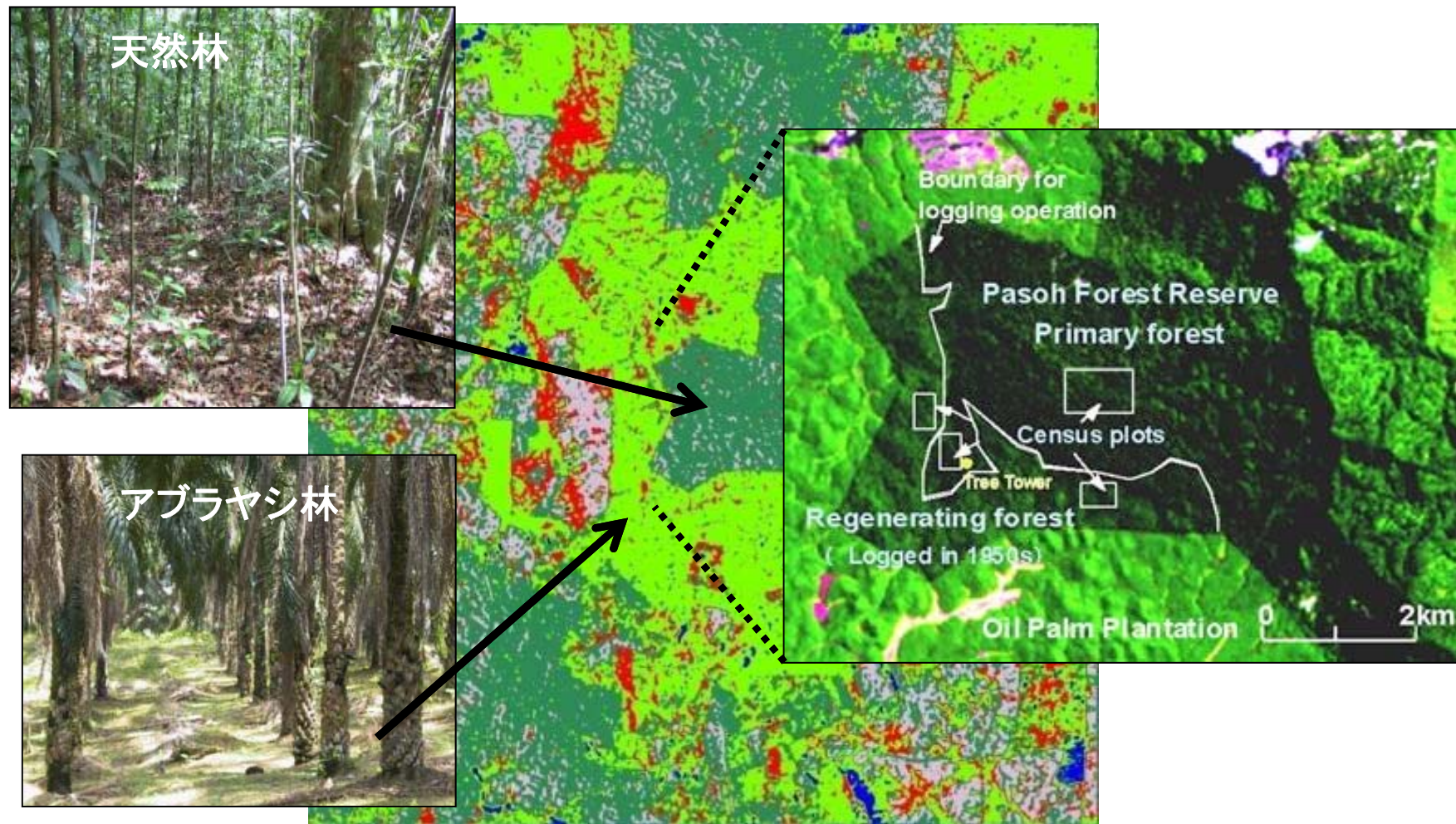
JERS-1/SAR: 1996



ALOS/PALSAR: 2008



SARデータによる土地被覆図の作成



水面



森林



都市



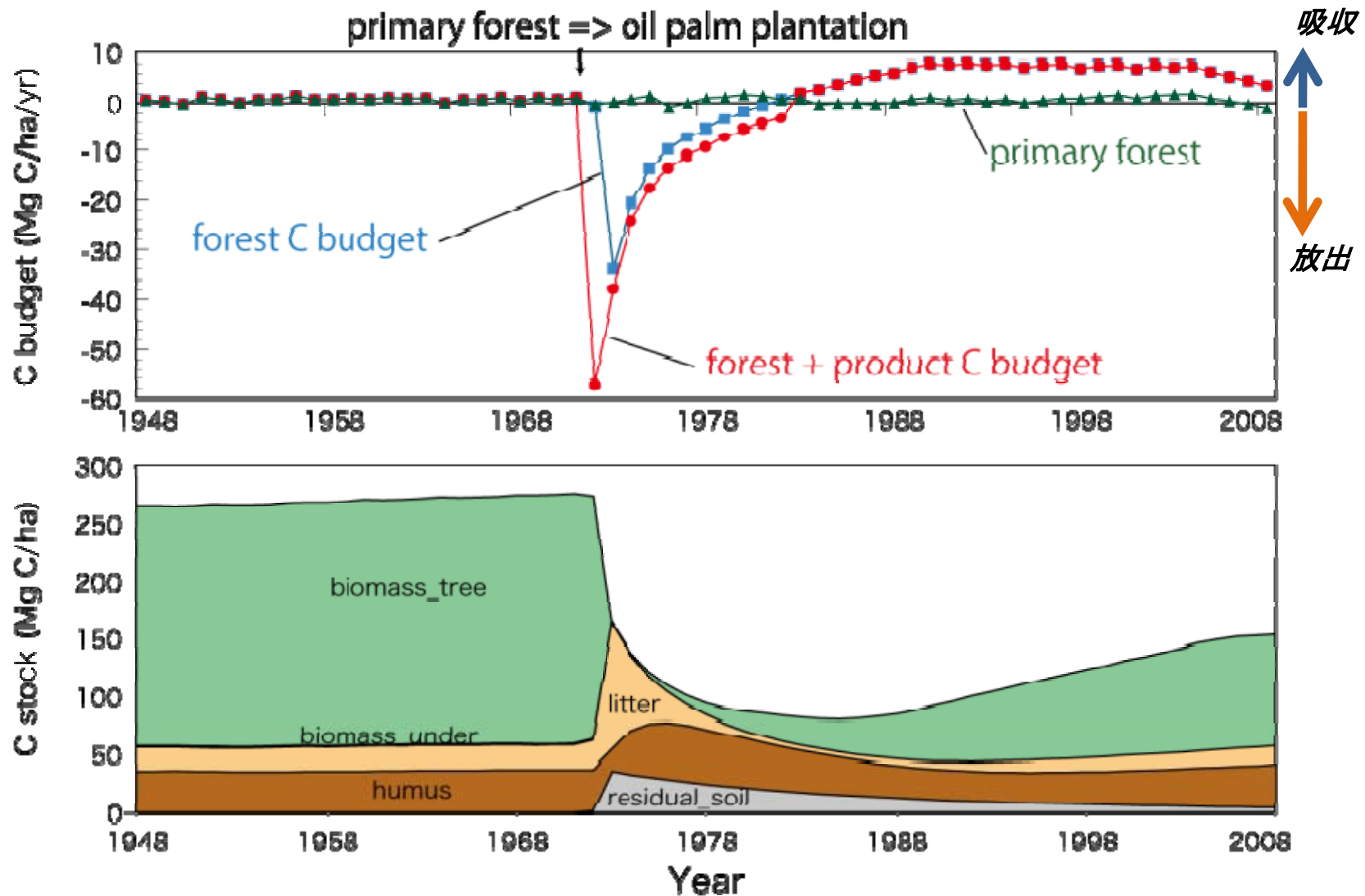
アブラヤシ



その他

(Hasi Bagan NIES)

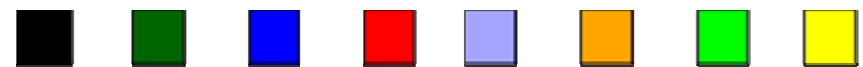
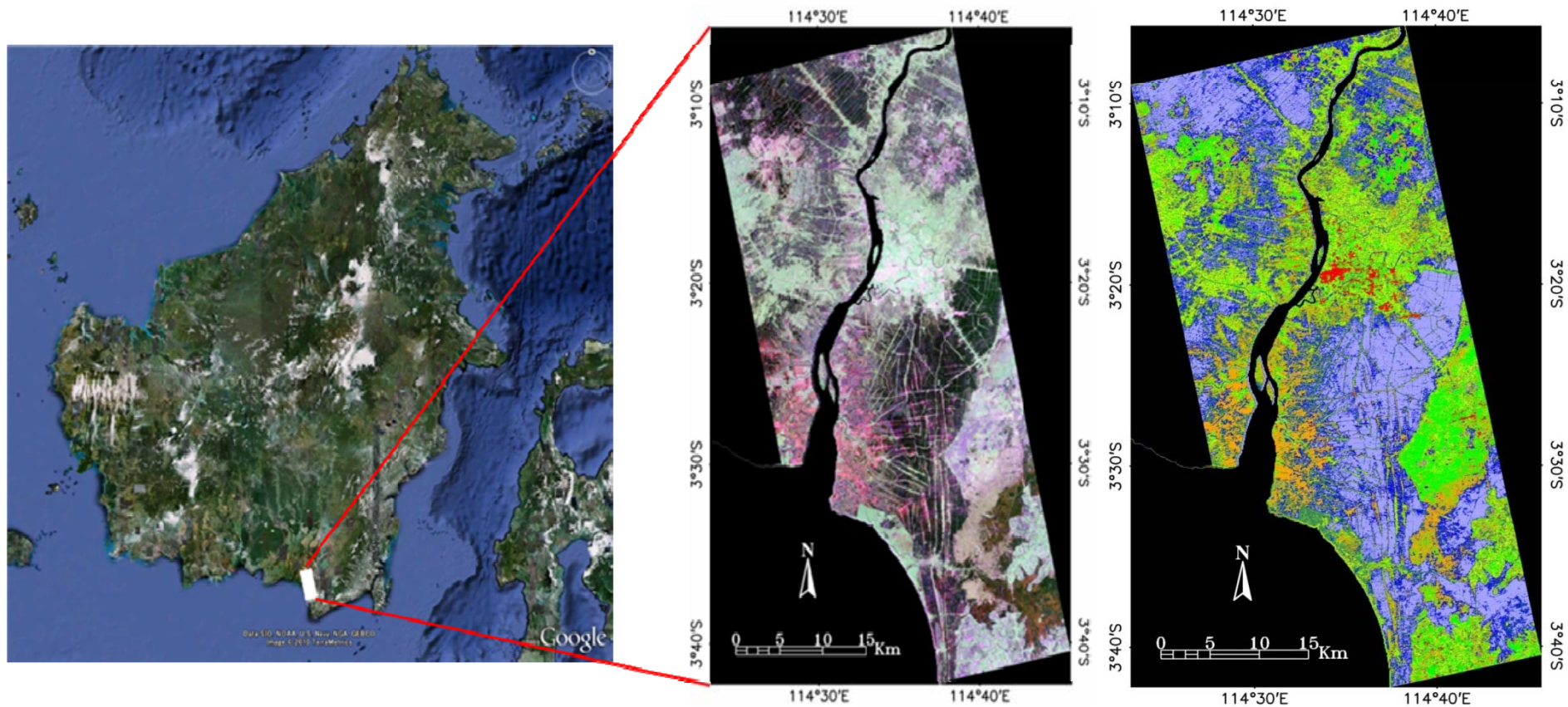
天然林を伐採しパームオイル林に転換した場合の炭素収支変化のシミュレーション



NIES陸域生態モデルによる推定

ボルネオ島PALSAR 画像

25 March 2010 (RGB = HH, HV, and VV)

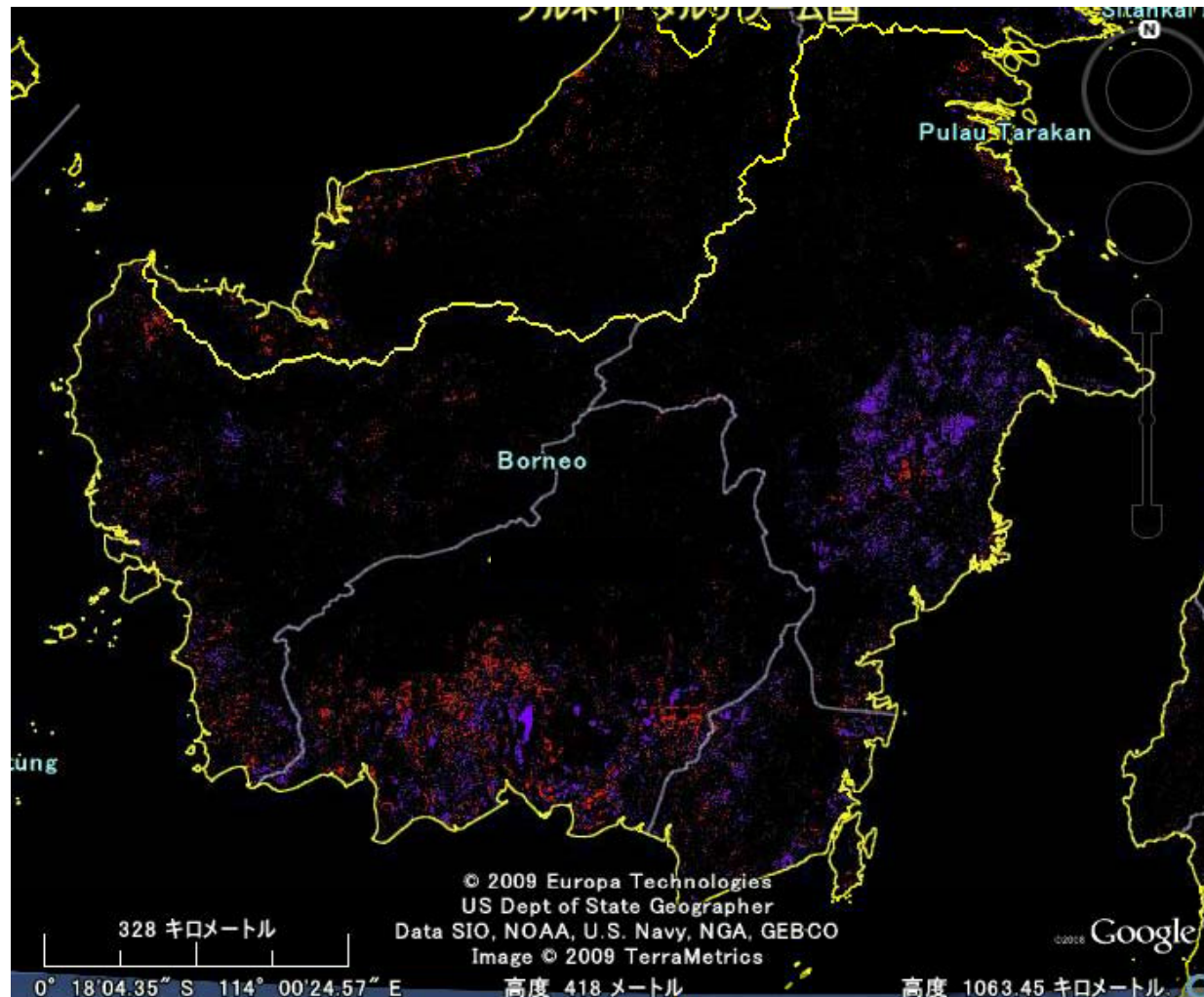


Forest Water Urban Paddy Dry Crop Shrub Tree Crops

(Yamagata, *et al.* 2010)

SAR画像を用いた森林被覆変化の抽出

1998-2007



PALSAR (2007)

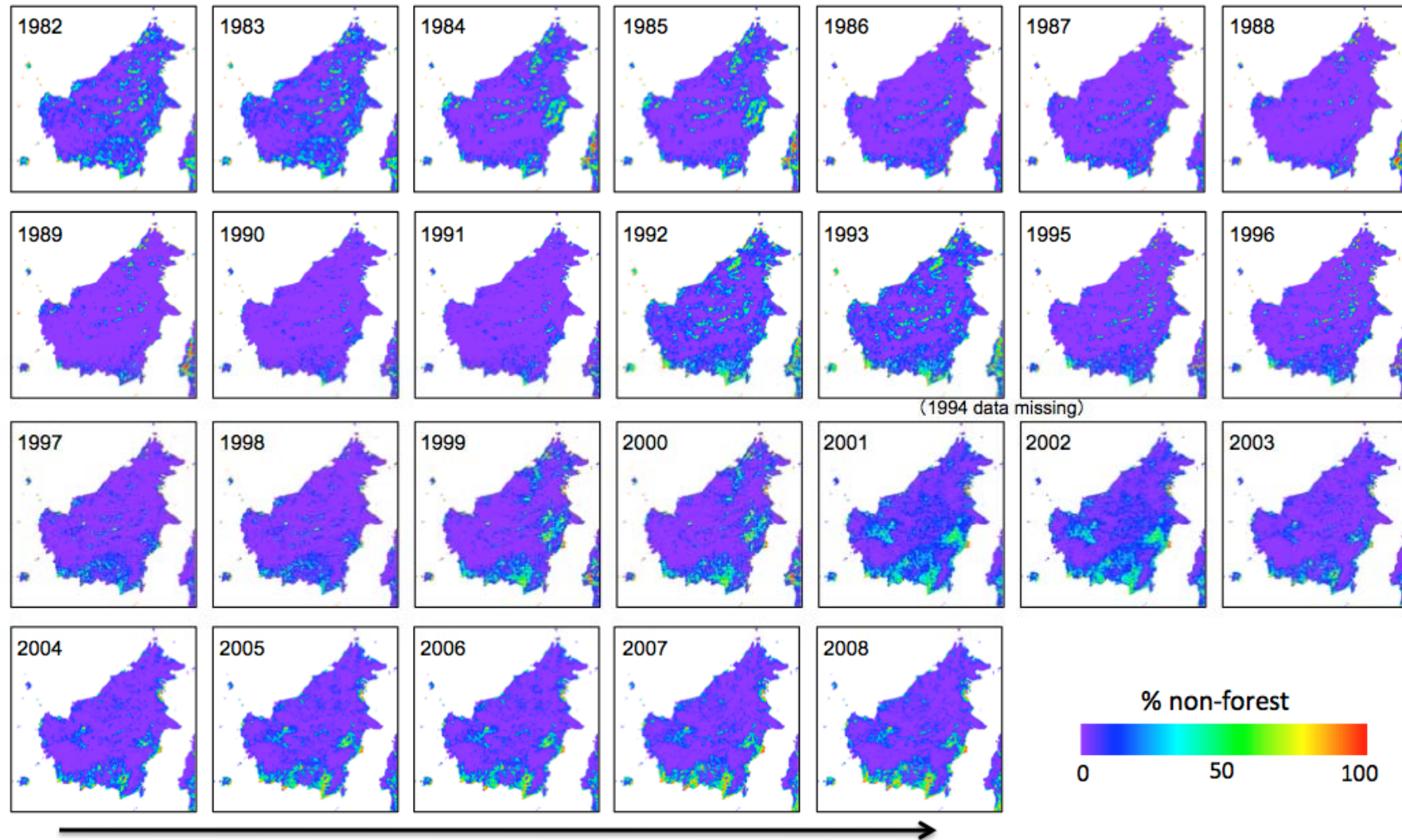
JERS-1 (1998)

■ Increase

■ Decrease

(Yamagata, *et al.* 2010)

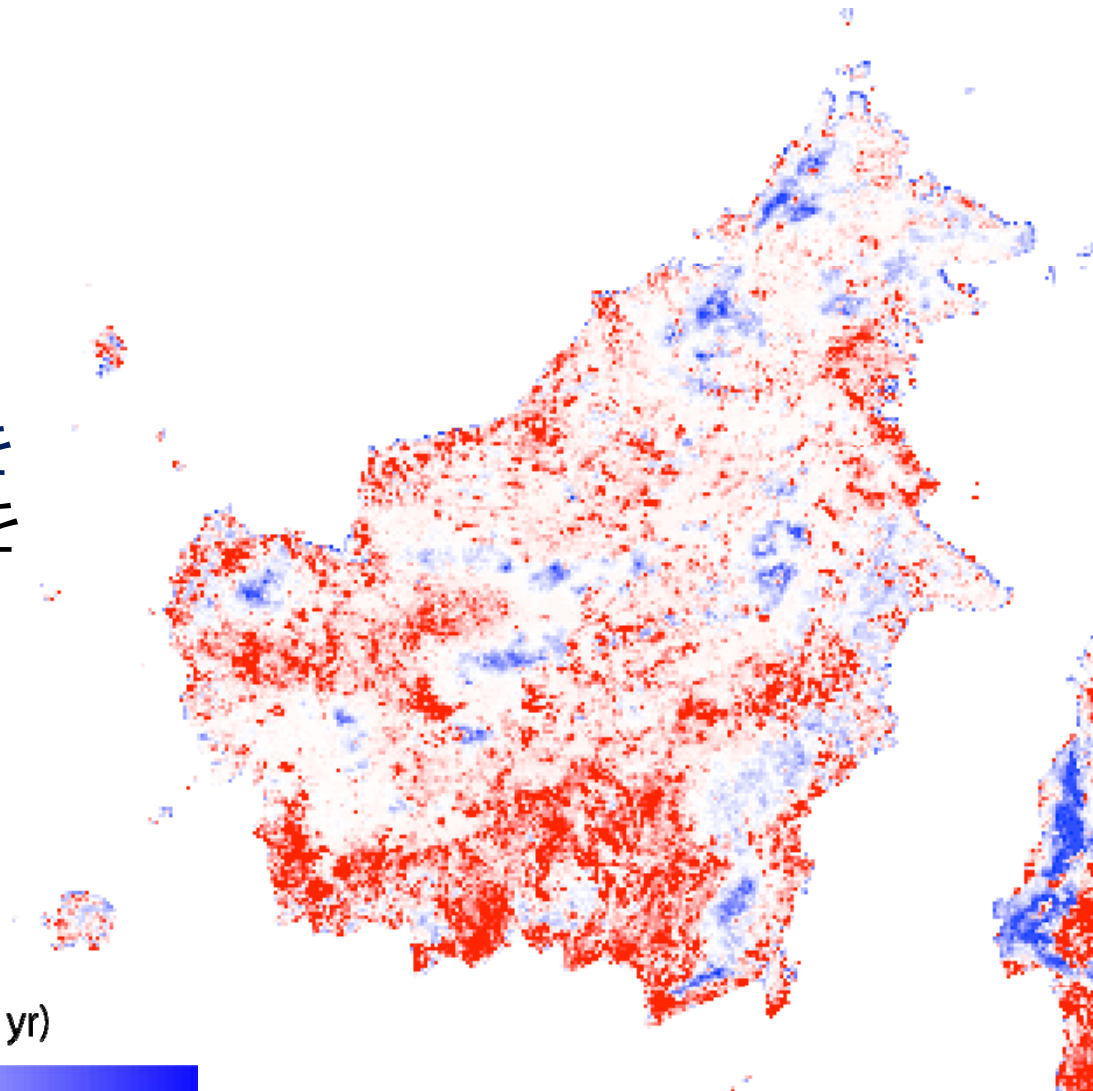
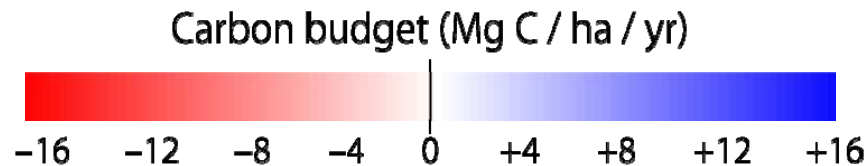
時系列工学センサー(MODIS他)による森林-非森林 の土地被覆変化の抽出



(Yamagata, *et al.* 2010)

陸域生態系モデルによる森林被覆変化(攪乱)にともなう森林炭素収支 (1982–2008)

Red はCO₂の排出を
blue はCO₂の吸収を表す

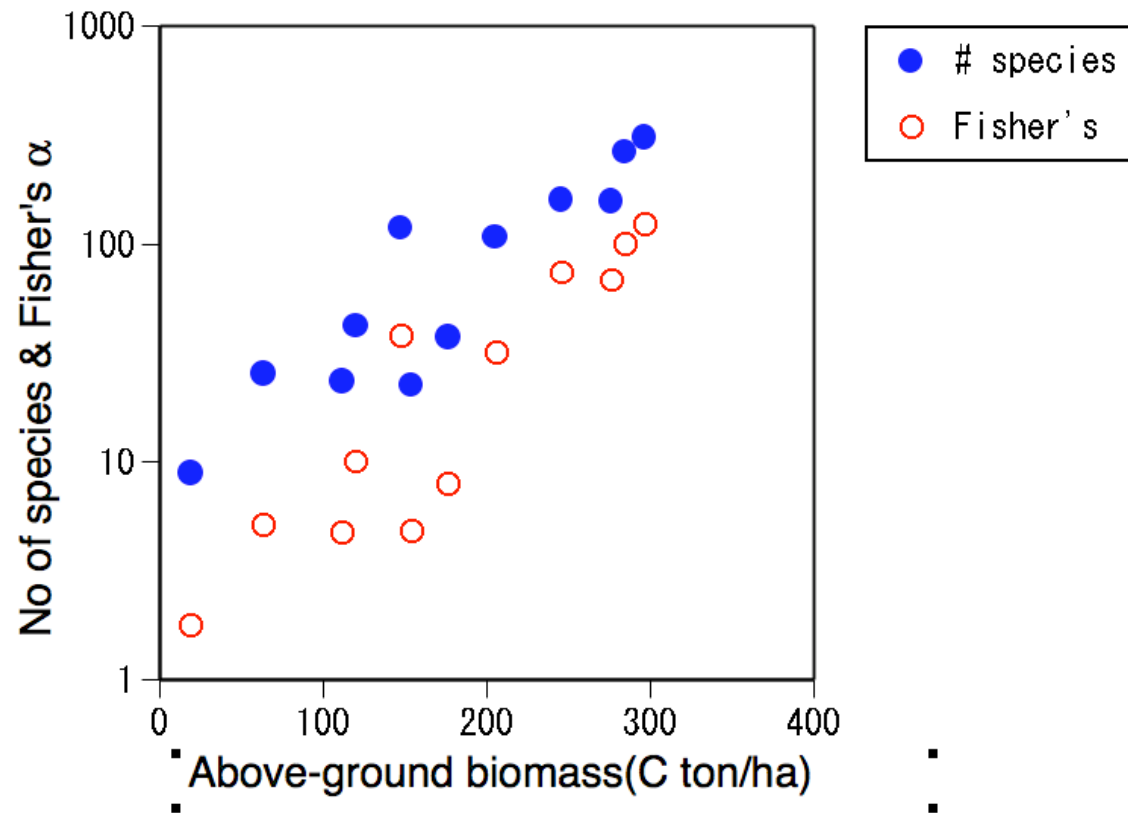


(Yamagata, *et al.* 2010)

種多様性

- 種多様性 (species diversity) は、種の豊富さ (species richness) すなわち出現種数と、それぞれの種の優占率の均質さ (evenness) を合わせた概念であり、さまざまな指数が用いられている。
- 同じ10種100個体からなる生物群集でも、一種が寡占して91個体出現し、残る9種は1個体ずつしか出現しない群集と、すべての種が10個体ずつ出現する群集では、後者のほうが均質度が高く、そして種多様性も高い。

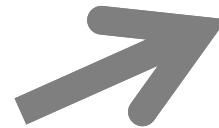
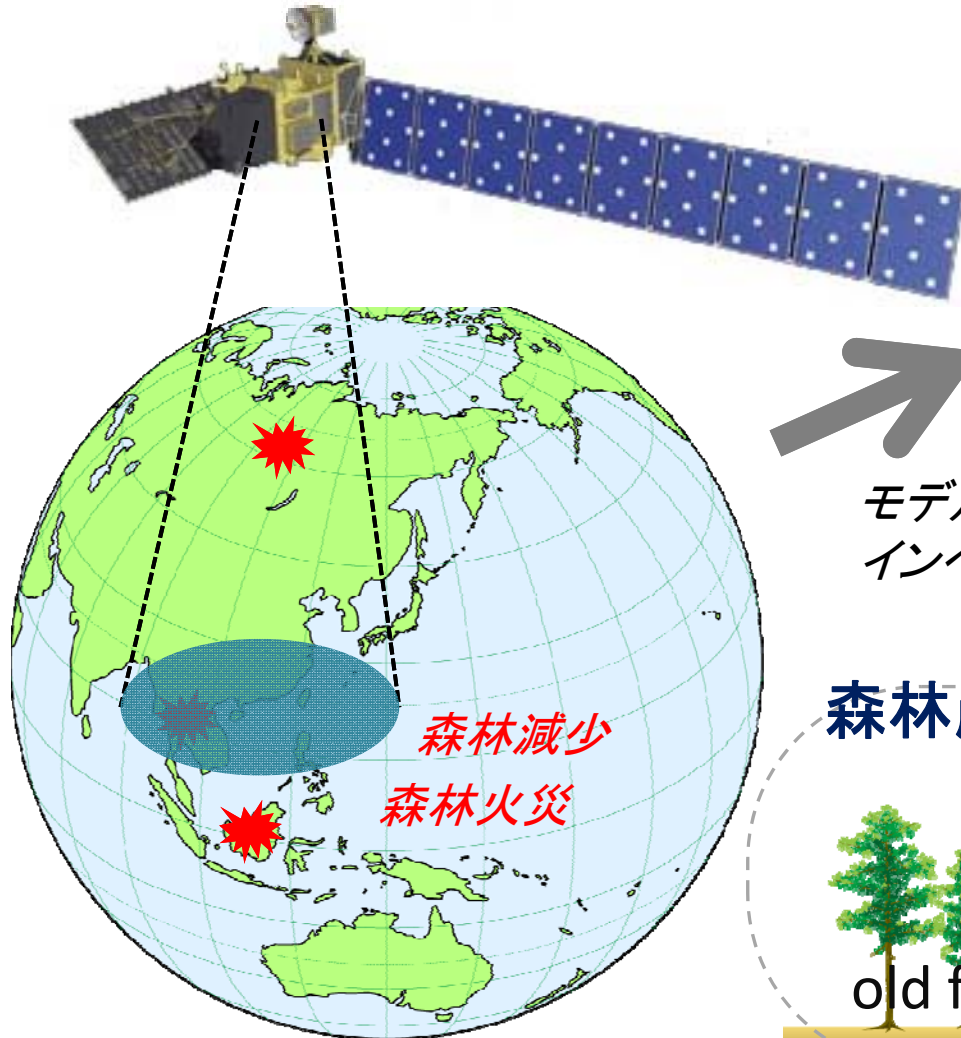
バイオマスと種多様性の関係



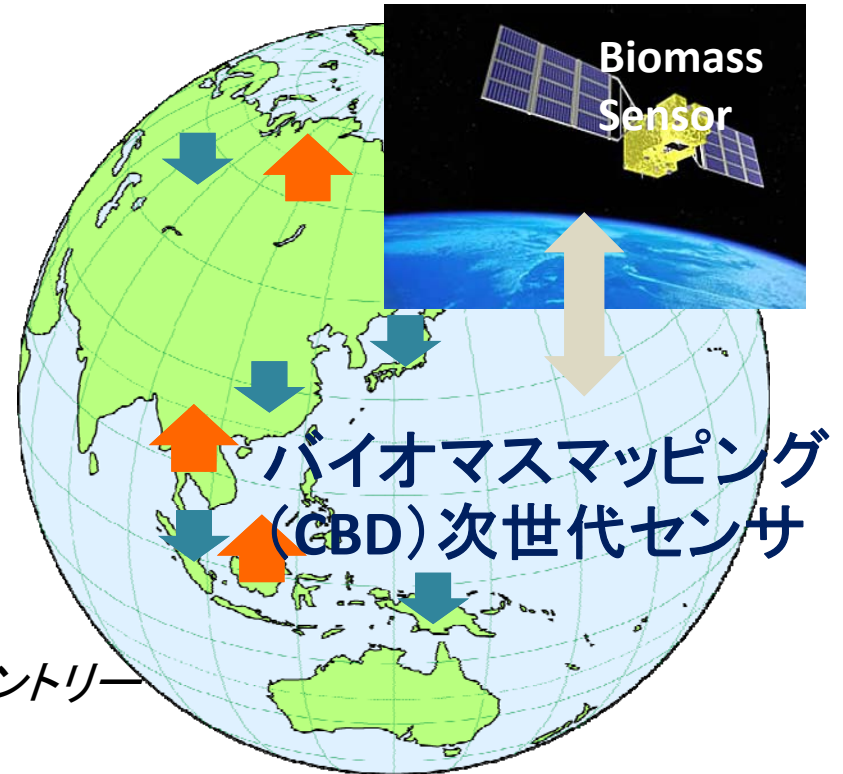
- ボルネオ島とジャワ島の低地熱帯多雨林と高標高の山地林に設置した長期観測のための森林調査区(おもに1ヘクタール)の地上部現存量と樹木種数, 樹木種多様性の指数 α との関係。[Kohyama, et.al. 1999]

森林炭素/バイオマスモニタリングシステム

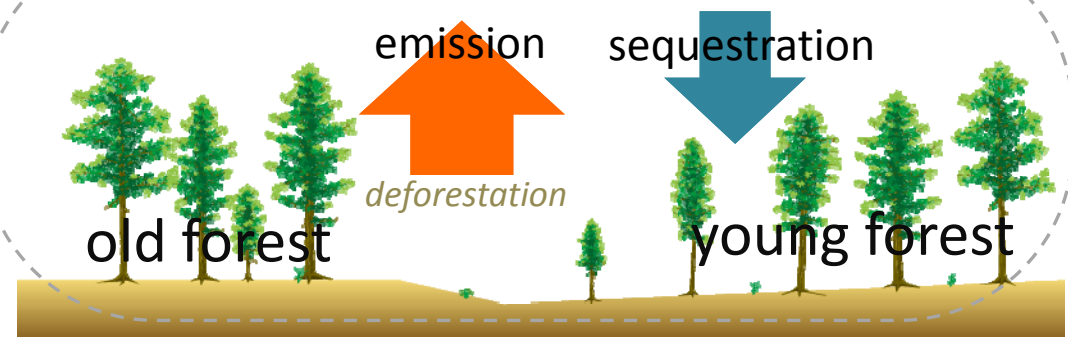
時系列の光学センサーとSAR画像



モデル
インベントリ



森林炭素マッピング (UNFCCC) PALSAR



グローバルな森林炭素モニタリング

- REDDをはじめとする森林に関わる国際環境条約のモニタリングに貢献するオペレーショナルな森林観測システムの開発が検討されつつある。
(GEOSS/Forest Carbon Tracking等)
- 特に、リモートセンシング技術の発展によって、森林—非森林の転換やバイオマスの面的変化を定量的に把握することが可能になりつつある。