



陸域生態系炭素収支観測における連携の 現状と展望

山本 晋・岡山大学

モンスーン気候下の
多様性

南 → 北

高温・多湿

→ 低温・永久凍土

海岸 → 内陸

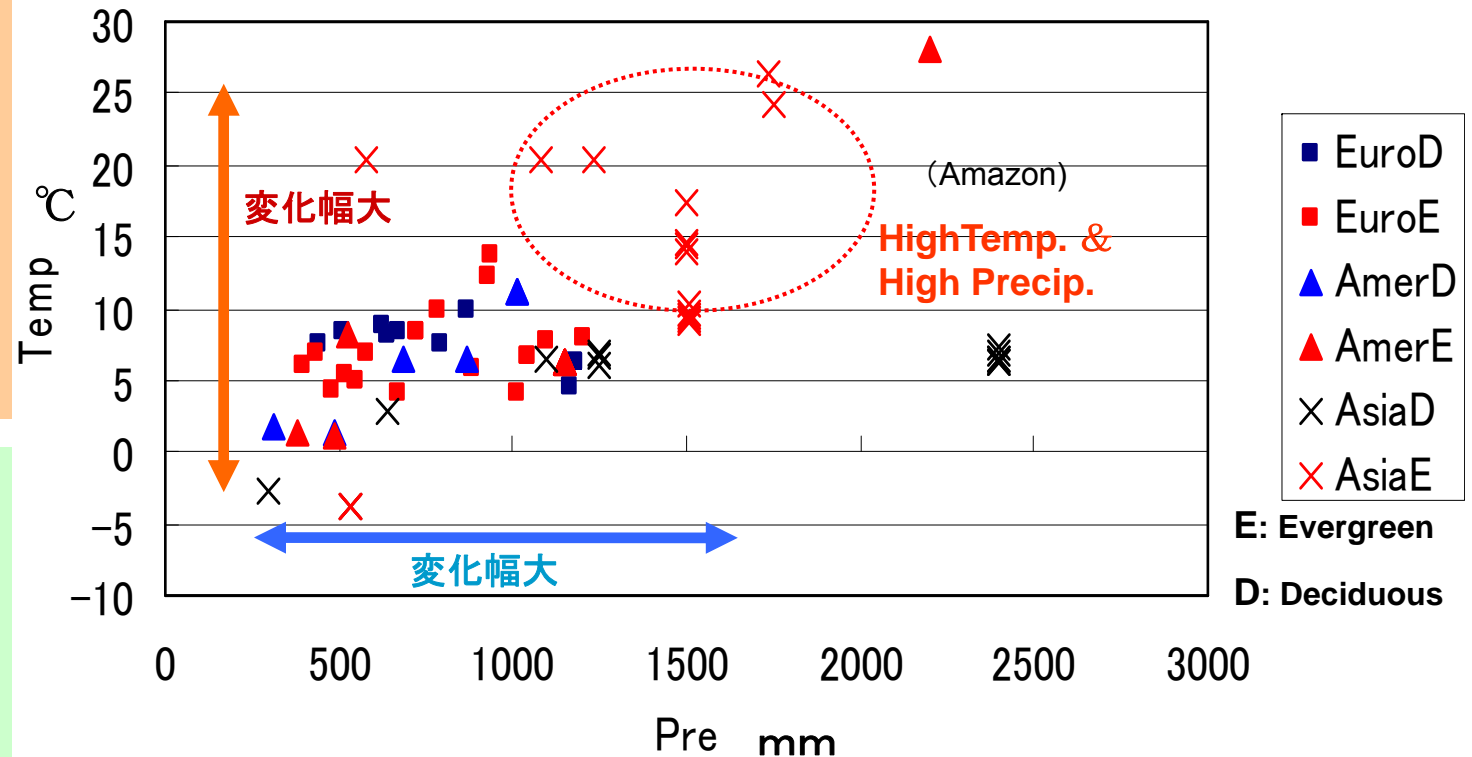
湿潤

→ 乾燥・砂漠

これは三枝信子・
産総研、平田竜一・
国環研、松浦陽
次郎・森林総研他
、環境省S1プロジ
ェクトの皆様の協
力を得て報告する
ものです。

2007.10.4

地球観測連携拠点（温暖化分野）
国内ワークショップ



アジア、ヨーロッパ、北米の観測サイトでの気温と降水量の関係

多様なアジアの陸域生態系

亜寒帯落葉針葉樹林

乾燥地／
草原

針広混交／
冷温帯林

照葉樹林／
亜熱帯林

熱帯季節林／
熱帯多雨林



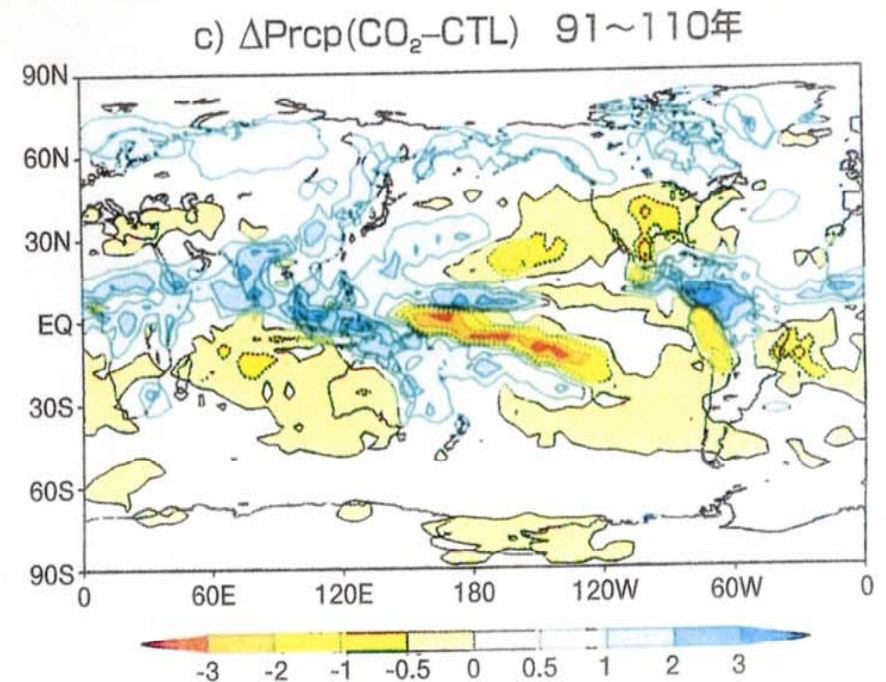
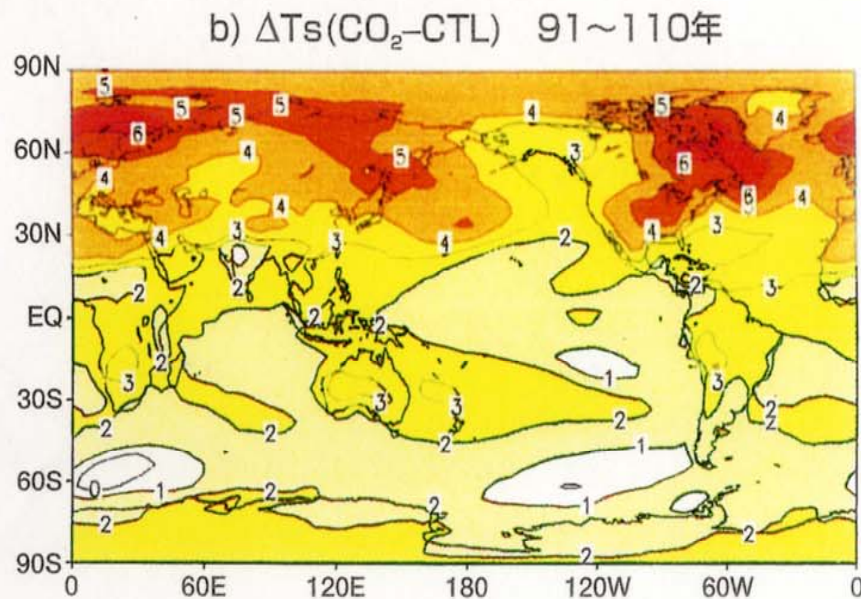
気象研究所気候モデルによる100年後の年平均値の気温変化(左)と降水量変化(右)の地理分布 (地球温暖化研究の最前線)

気温／降水量変化

陸域生態系の変化
炭素のプール、フローの変化

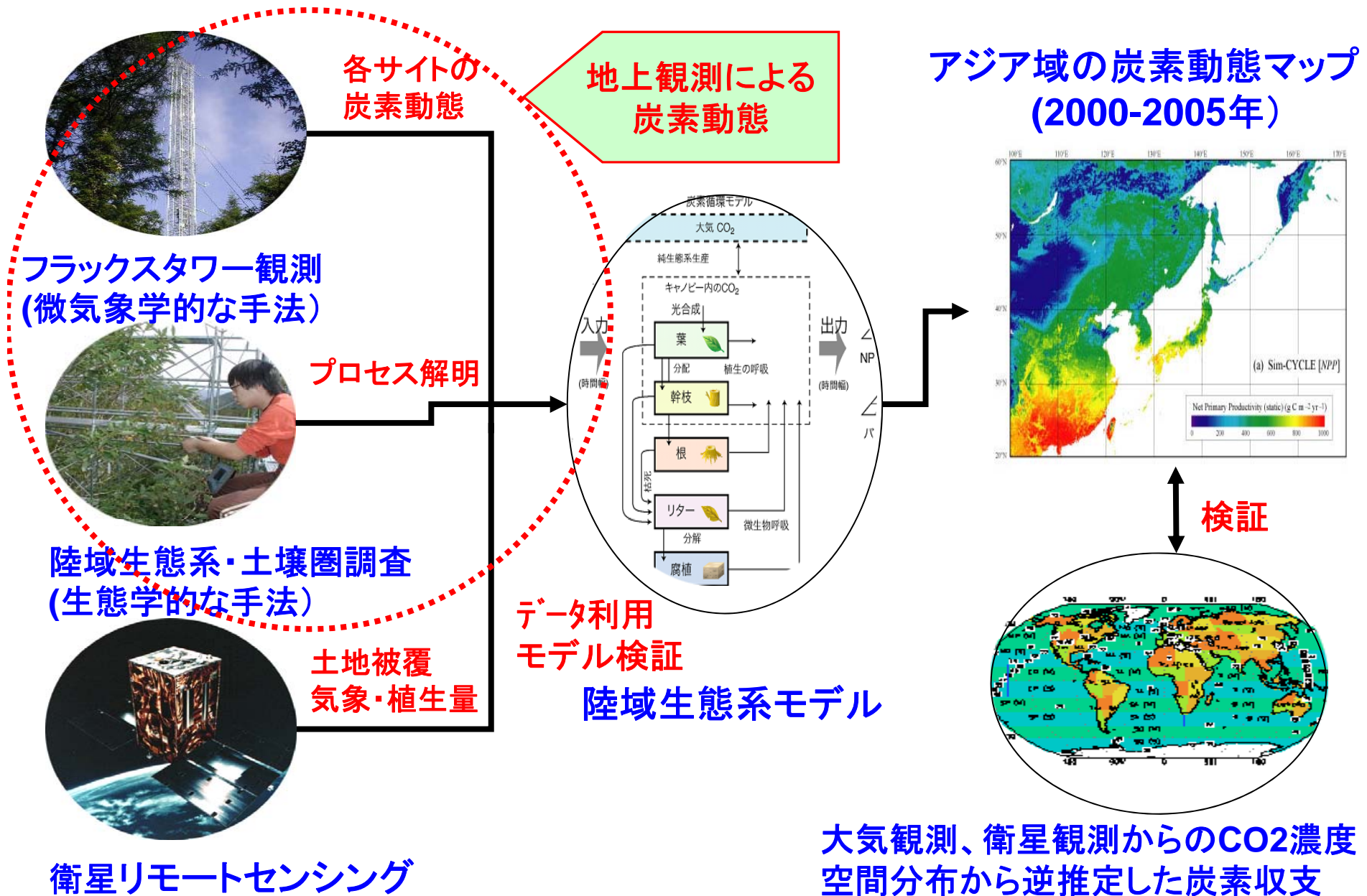
陸域生態系
モデルによる
将来予測

リモセン: 広域化
現地調査: 精度評価



【図3】気象研究所気候モデルで計算された CO_2 1%/年(複利)漸増による100年後(91~110年の20年平均)の a) 東西平均年平均気温の変化(ΔT_z ; $^{\circ}\text{C}$)の子午面分布、b) 全球年平均地上気温の変化(ΔT_s ; $^{\circ}\text{C}$)の地理分布と c) 降水量の変化(ΔPrcp ; $\text{mm}/\text{日}$)の地理分布。(野田, 2000)

分野間連携による陸域生態系の炭素収支解明



陸域生態系の炭素収支

1) 森林生態系と大気間の交換

$$NEP = -NEE$$

NEP (生態系純生産量)

NEE (生態系純交換量)

$$GPP = NEP + RE$$

GPP (生態系一次総生産量)

RE (生態系呼吸量)

$$NEP = GPP - RE$$

GPP

RE

光合成

植物の呼吸

+
土壌呼吸

2) 生態系: 炭素のプール・フローの解明

落葉
落枝

根の呼吸

分解

林床

土壌有機物

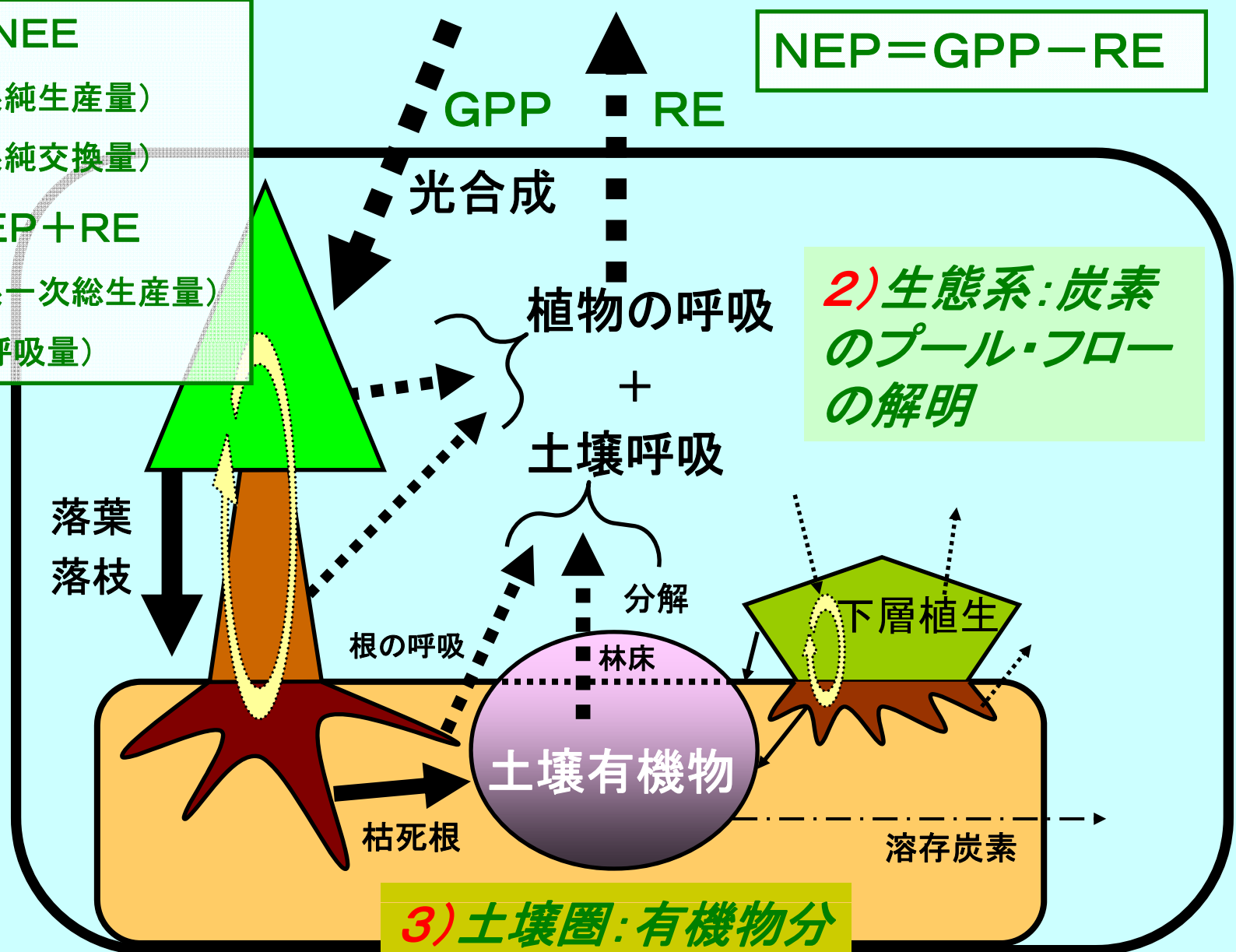
下層植生

枯死根

溶存炭素

3) 土壌圏: 有機物分解・土壌呼吸の解明

(松浦・山本)



微気象学的手法による炭素収支の解明



超音波風速温度計

赤外線ガス分析計

苫小牧 落葉針葉樹林(カラマツ)

データ記録計



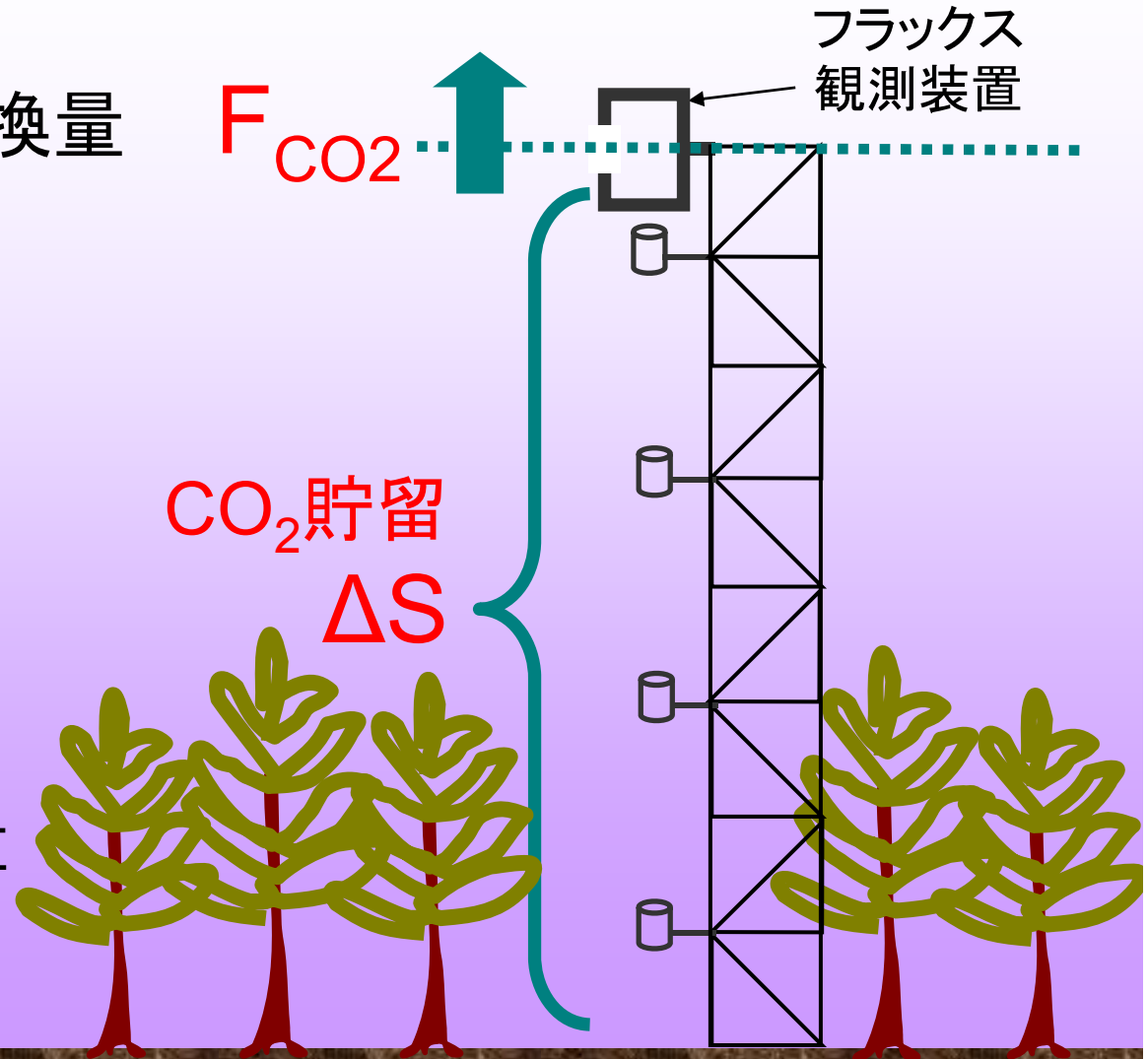
渦相関法によるCO₂フラックス観測法

NEE 生態系純CO₂交換量
 $= F_{CO_2} + \Delta S$

NEP 生態系純生産量
 $\approx -NEE$

RE 生態系呼吸量
 \approx 夜間NEE

GPP 光合成総生産量
 $= NEP + RE$

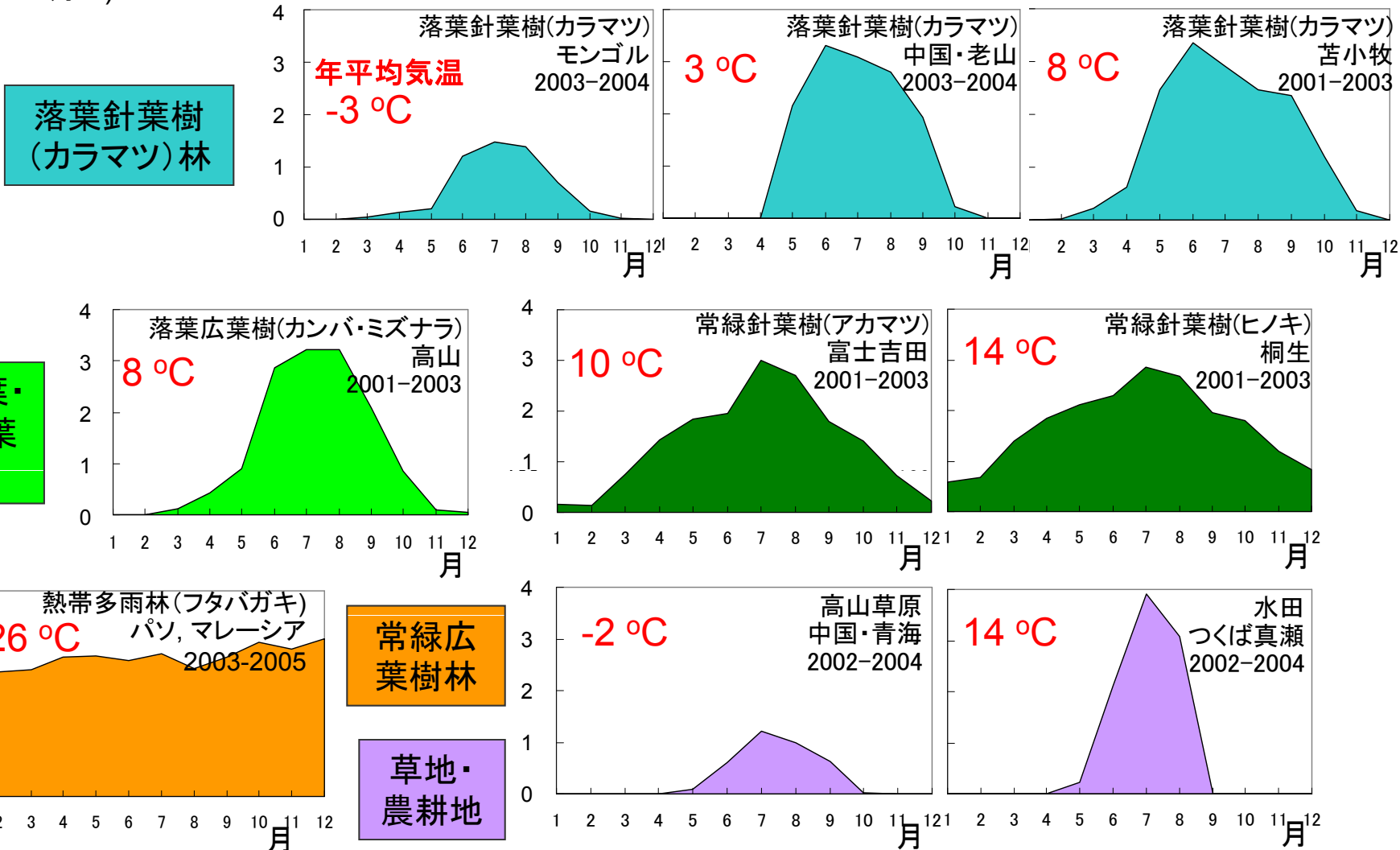




21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究 2000～2005年の炭素収支算出結果

(1) GPP(生態系総生産量)の季節変化

単位($\text{tC ha}^{-1} \text{月}^{-1}$)



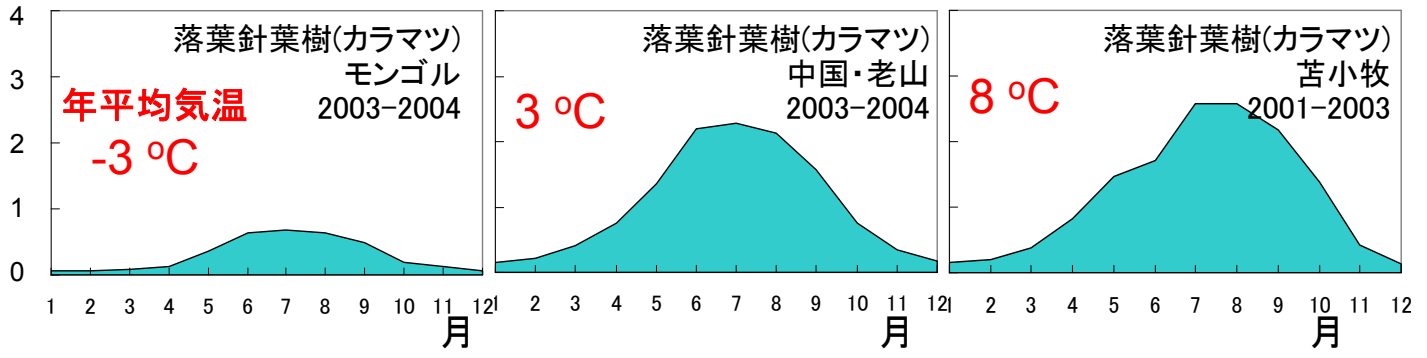


21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究 2000～2005年の炭素収支算出結果

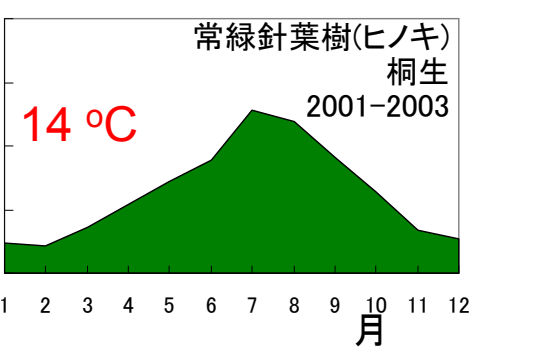
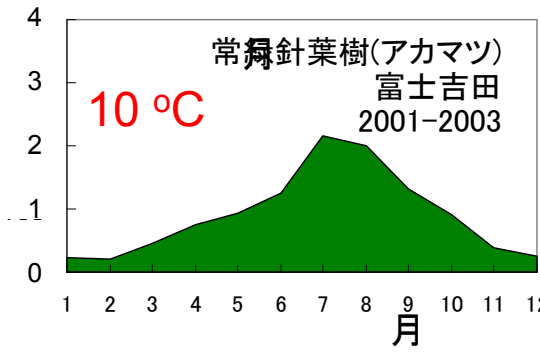
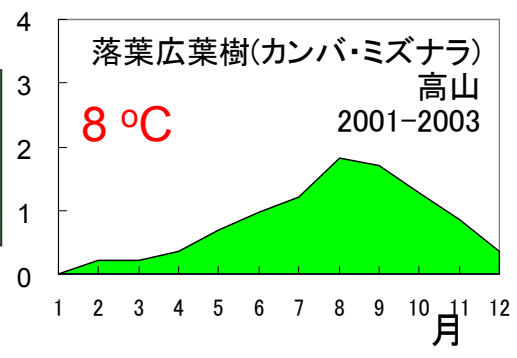
(2) RE (生態系呼吸量) の季節変化

単位 (tC ha⁻¹ 月⁻¹)

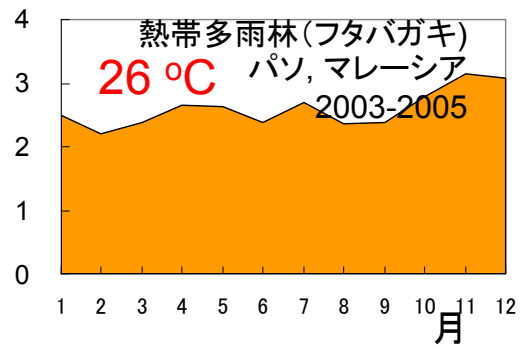
落葉針葉樹
(カラマツ) 林



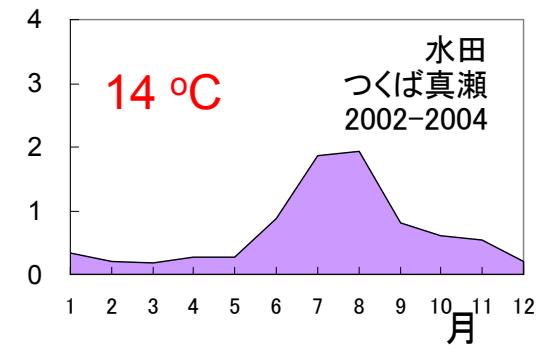
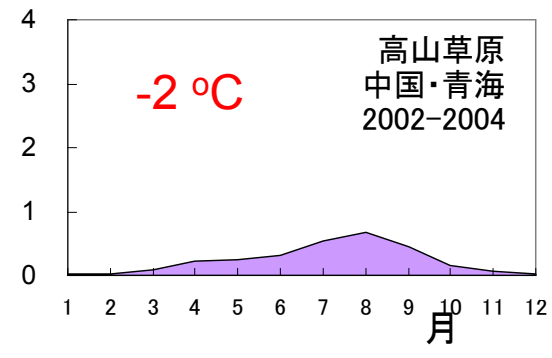
落葉広葉・
常緑針葉
樹林



常緑広
葉樹林



草地・
農耕地

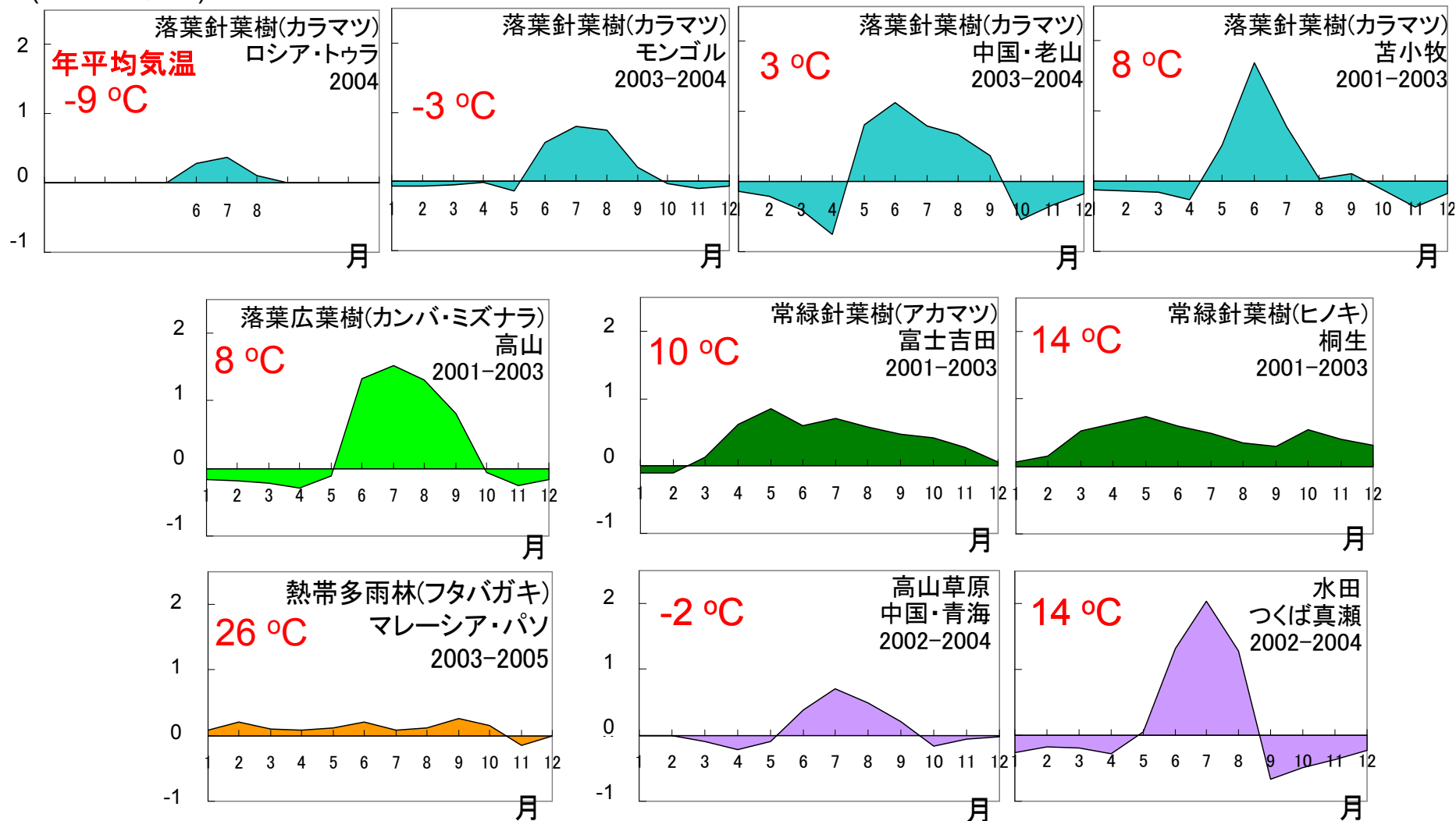




21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究 2000～2005年の炭素収支算出結果

(3) NEP (=GPP-RE)(生態系純生産量)の季節変化

単位($\text{tC ha}^{-1} \text{月}^{-1}$)

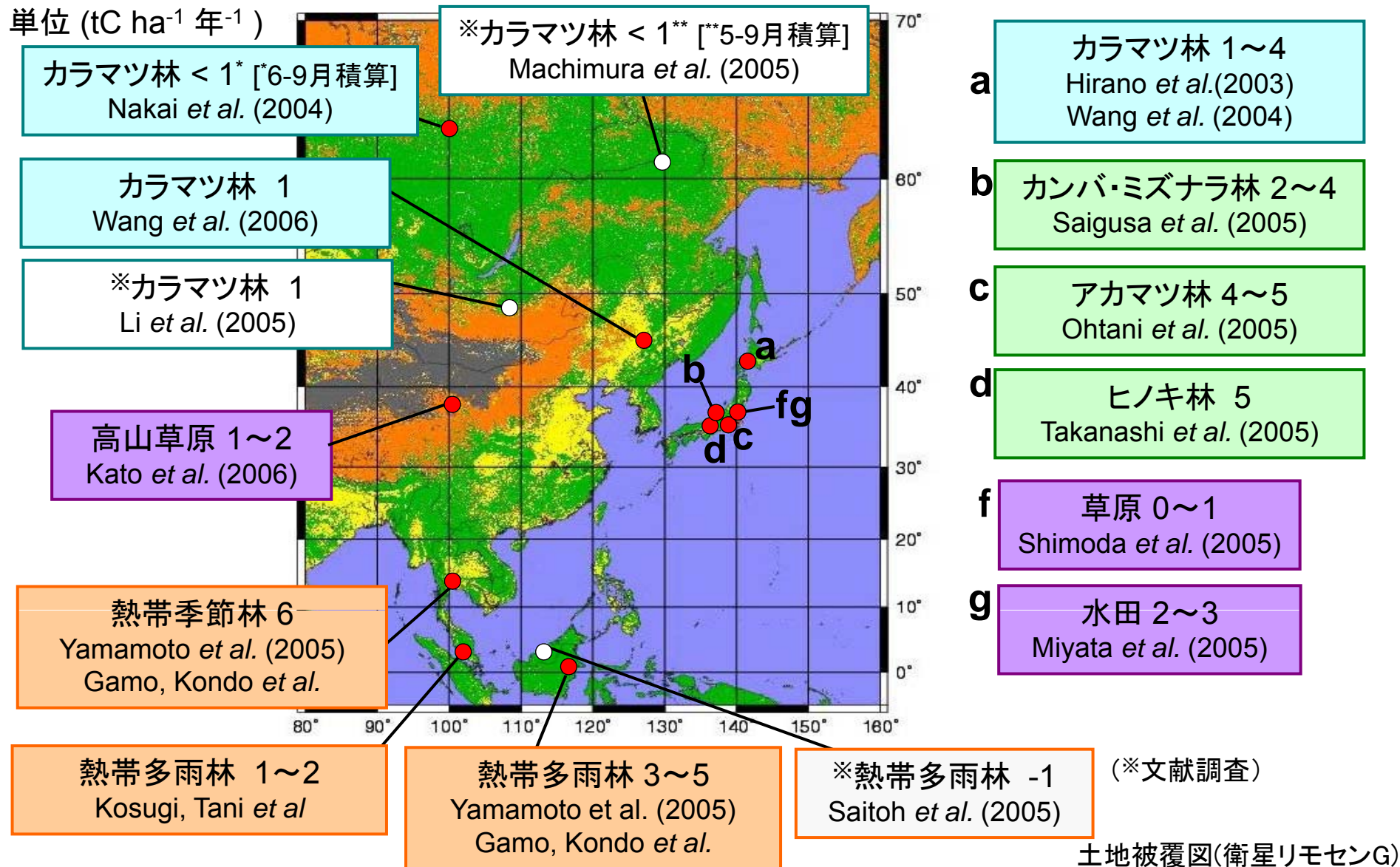




21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究 2000～2005年の炭素収支算出結果

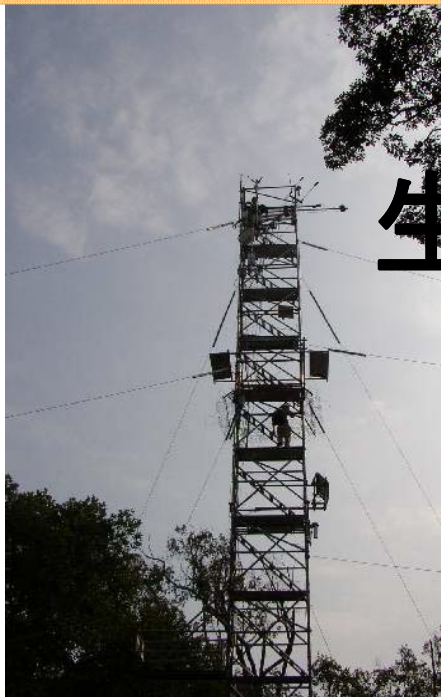
NEP の年間値 : 1～6 (tC ha⁻¹ 年⁻¹)

単位 (tC ha⁻¹ 年⁻¹)



生態系調査：熱帯雨林パソー（半島マレーシア）3N-102E

生態学的手法からみた 炭素動態



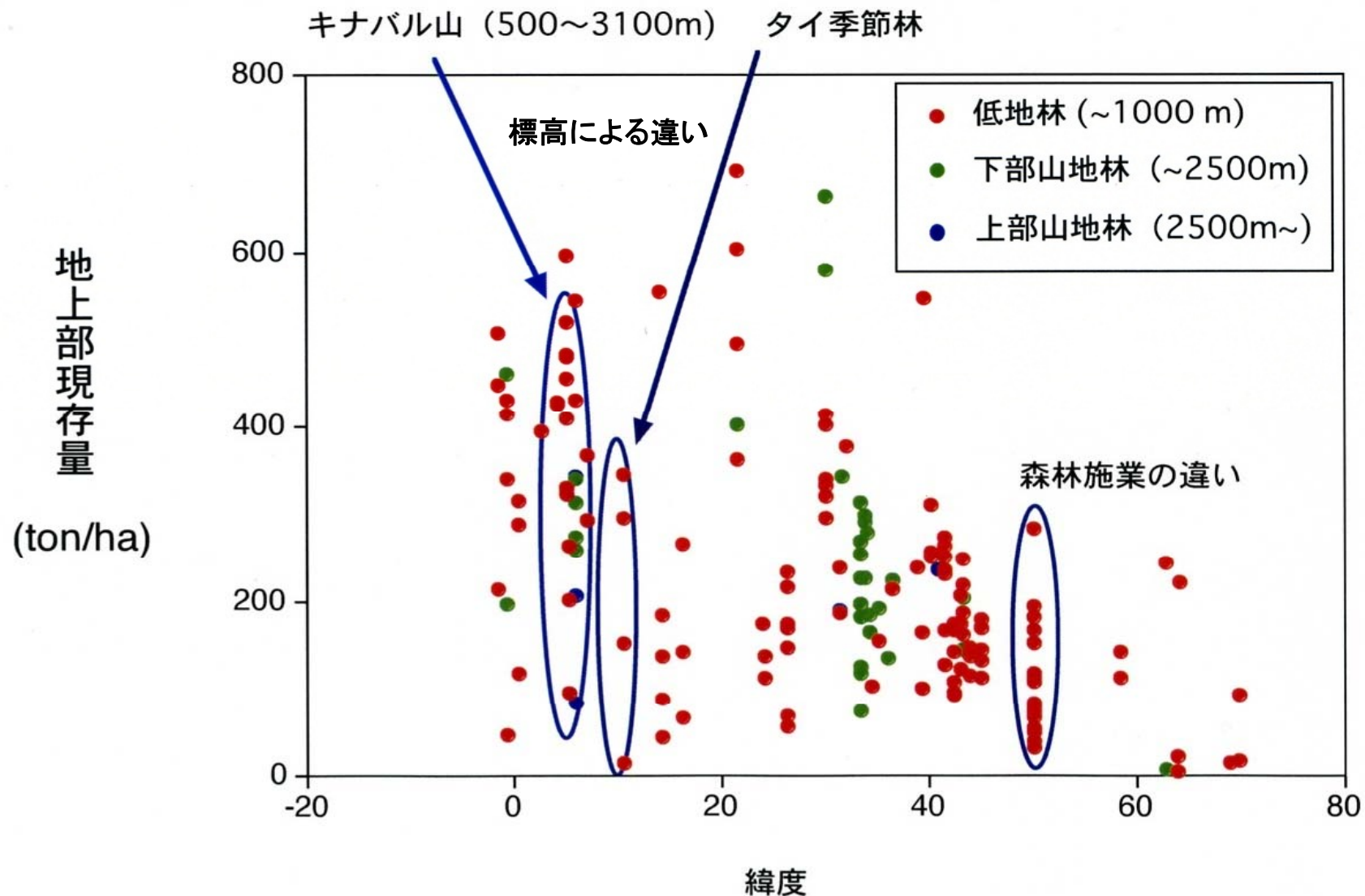
生態学的な手法によるバイオマス、地上部一次生産量推定

- AGB (above-ground biomass, ton ha^{-1})
 - 伐倒調査からアロメトリー式を作成
 - 毎木調査データからアロメトリー式を用い推定
- ANPP (above-ground net primary production, $\text{ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)
 - 積み上げ法
 - 測定の最初と最後のバイオマスの差（増加分）を推定し，年間の増加分を算出
 - 増加分に年間の枯死脱落量（リター）の値を加える

(清野、松浦)

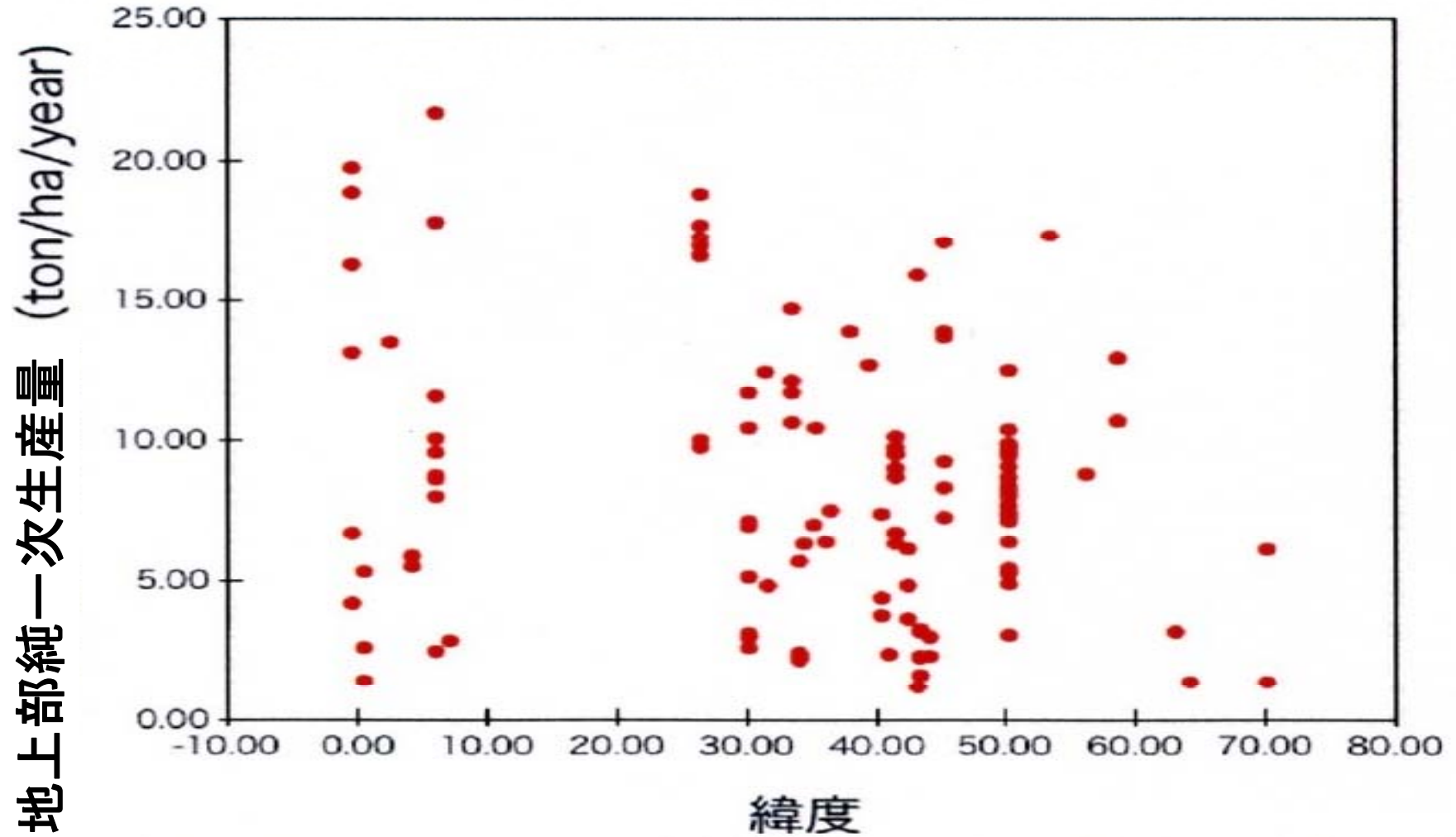
緯度と地上部現存量の関係

(清野、松浦)



標高などの環境条件や攪乱などの影響を考慮

緯度と地上部純一次生産量との関係



(清野、松浦)



森林生態系をめぐる炭素の出入り

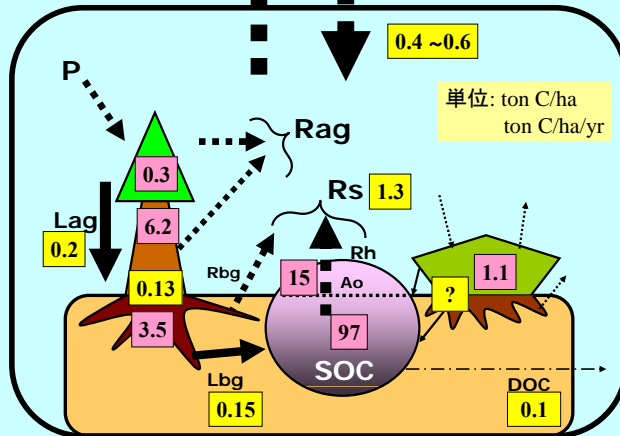
4つの生態系を比較する

(松浦)

現存量
フロー/年
(変化量)

64N-100E

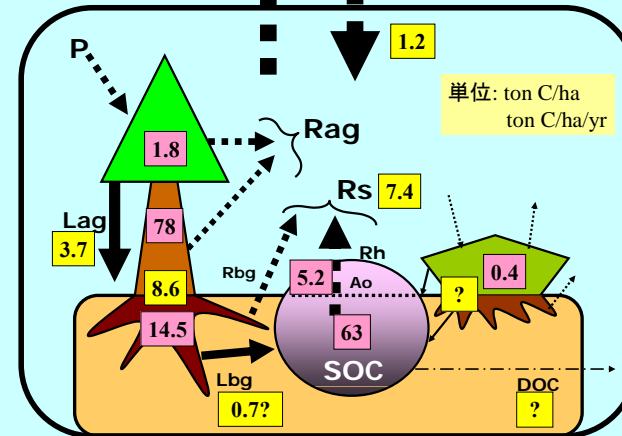
落葉針葉樹(カラムツ)
ロシア・トゥラ



Tura

45N-128E

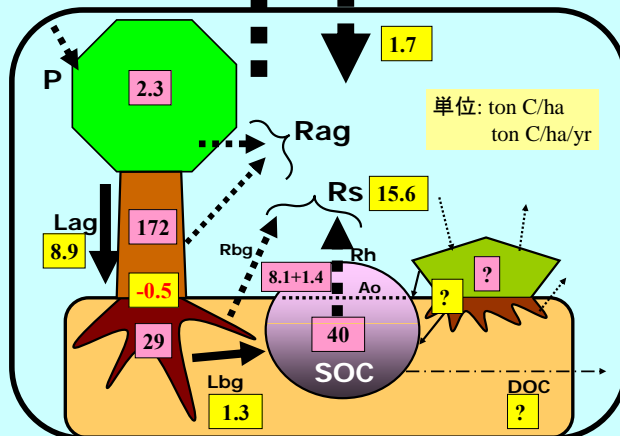
落葉針葉樹(カラムツ)
中国・老山



Laoshan

3N-102E

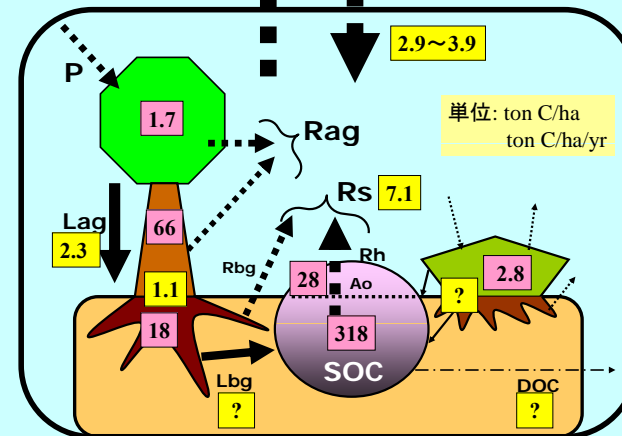
熱帯多雨林
マレーシア・パソ



Pasoh

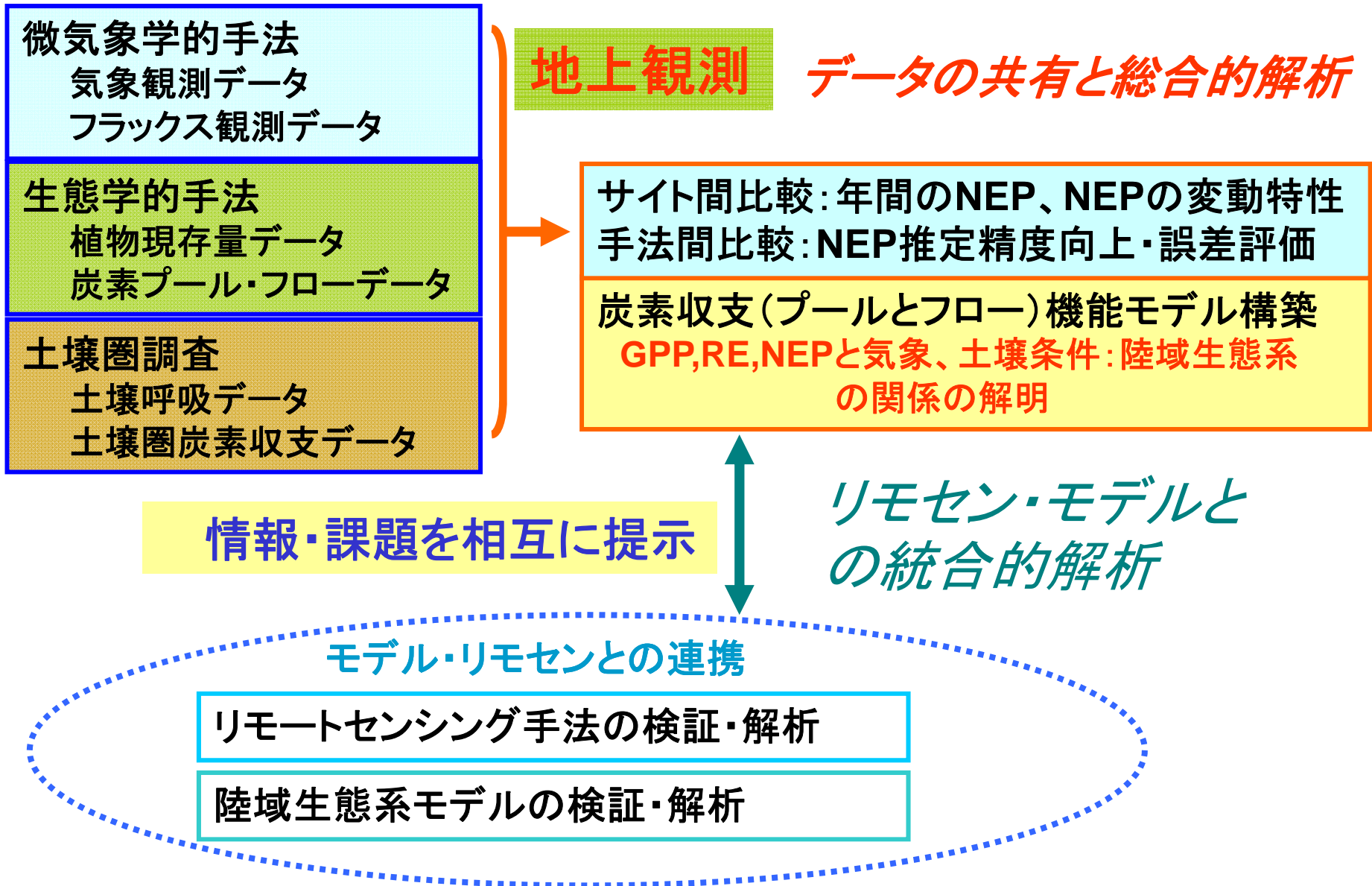
36N-137E

冷温帯広葉樹林
日本・高山



Takayama

分野間連携による陸域生態系の炭素収支評価

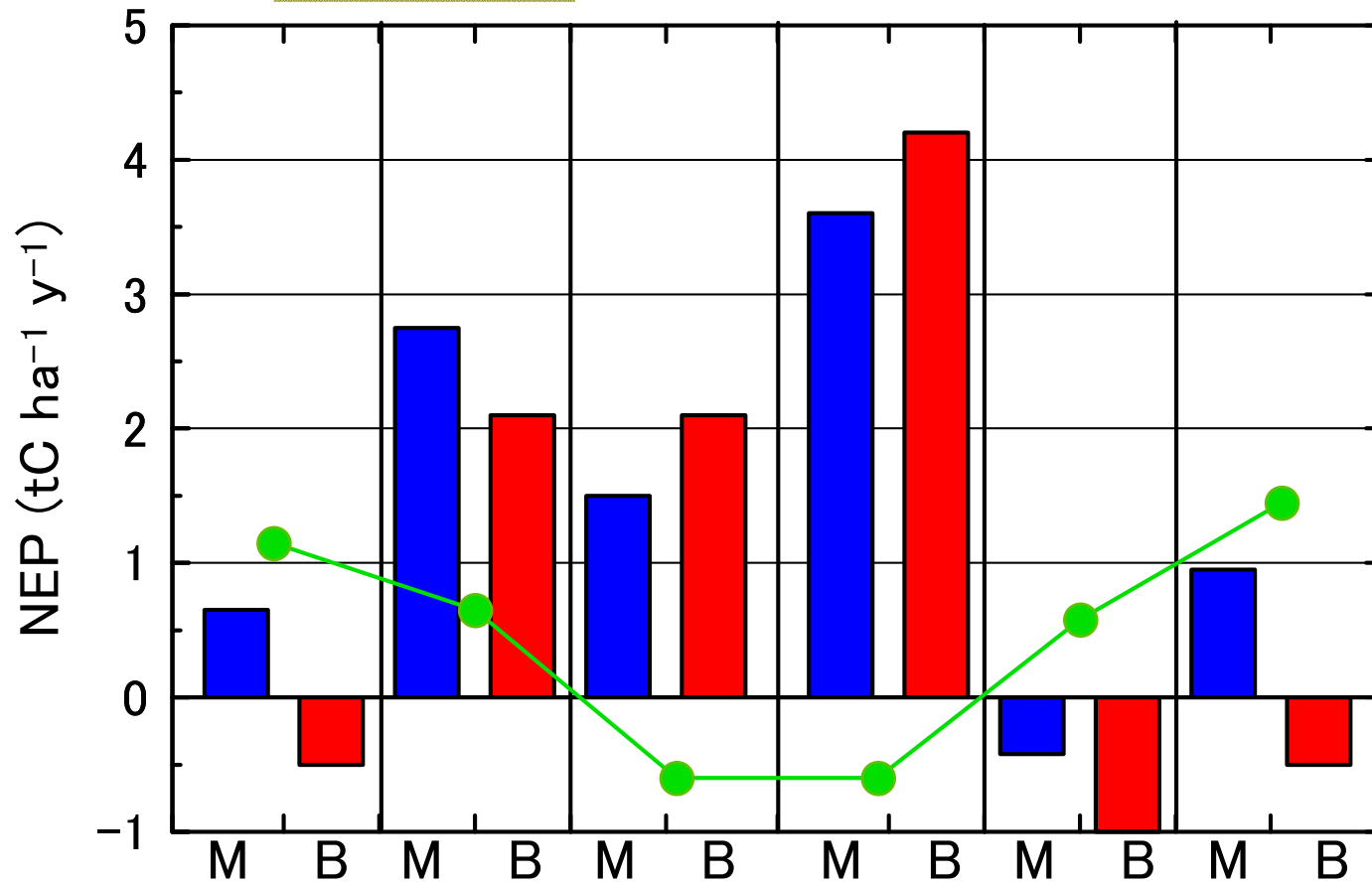


微気象学的手法と生態学的手法によるNEPの比較

M: 微気象学的手法 B: 生態学的手法

森林事例

● $NEP_M - NEP_B$



水田事例

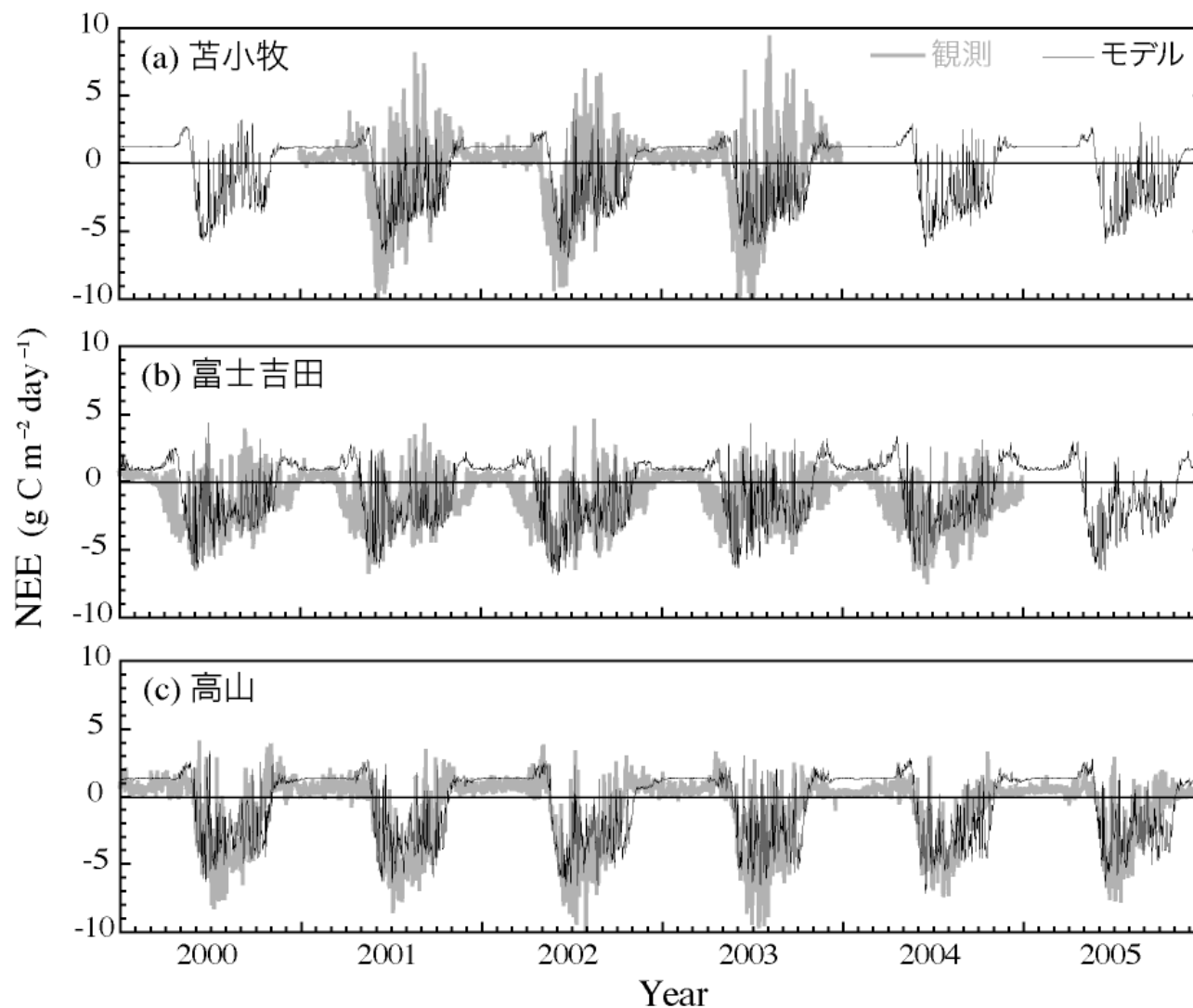
(真瀬)

$NEP_M = 6.4$

$NEP_B = 6.8$

(平田他)

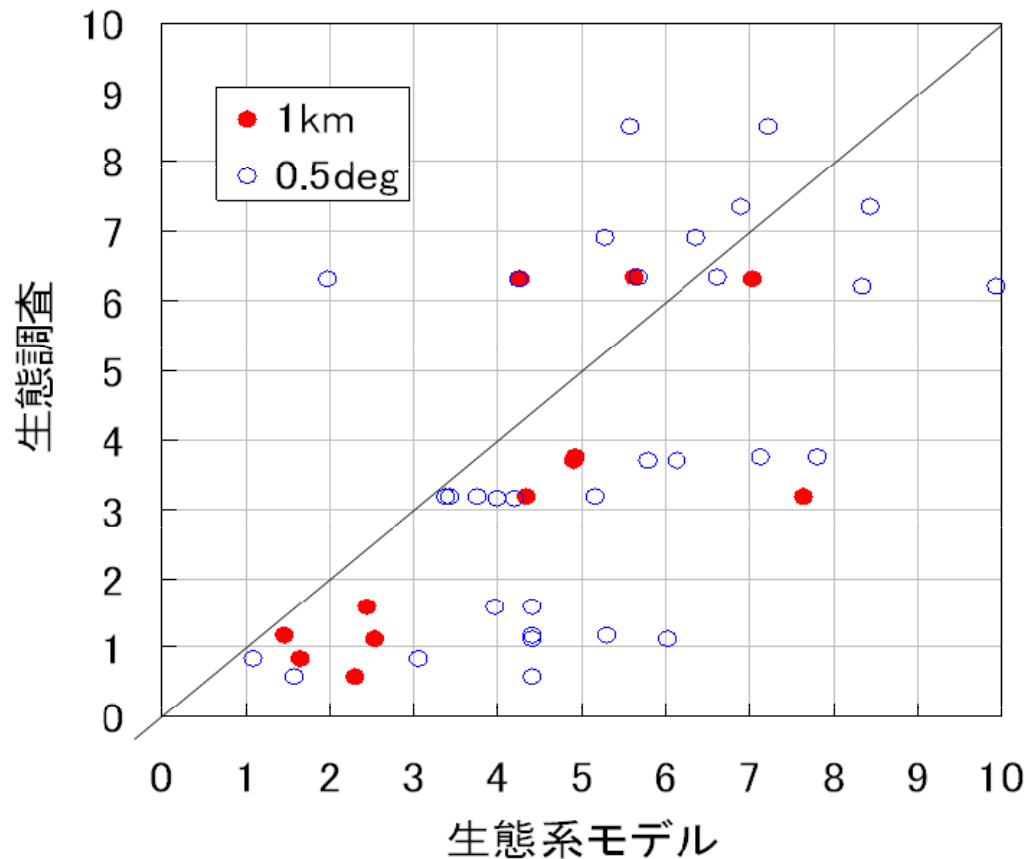
地上フラックス観測と陸域生態系モデル解析の連携



(伊藤他)

観測サイトにおけるフラックス観測とモデル推定との正味CO₂交換の比較

生態調査と生態系モデルの連携

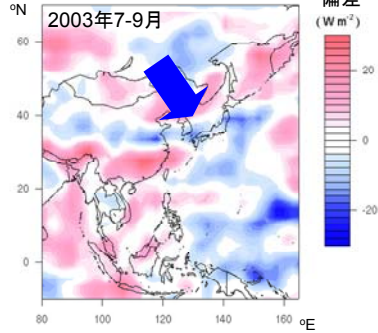


0.5度(約50km分解能)のモデルによる結果では、非常にばらついた傾向、しかし、1km分解能の生態系モデルではNPPの全体的な傾向がかなりの精度で観測値に一致。

(伊藤他)

生態系モデルによるNPP(純一次生産量)年間推計値と生態調査による計測結果との関係

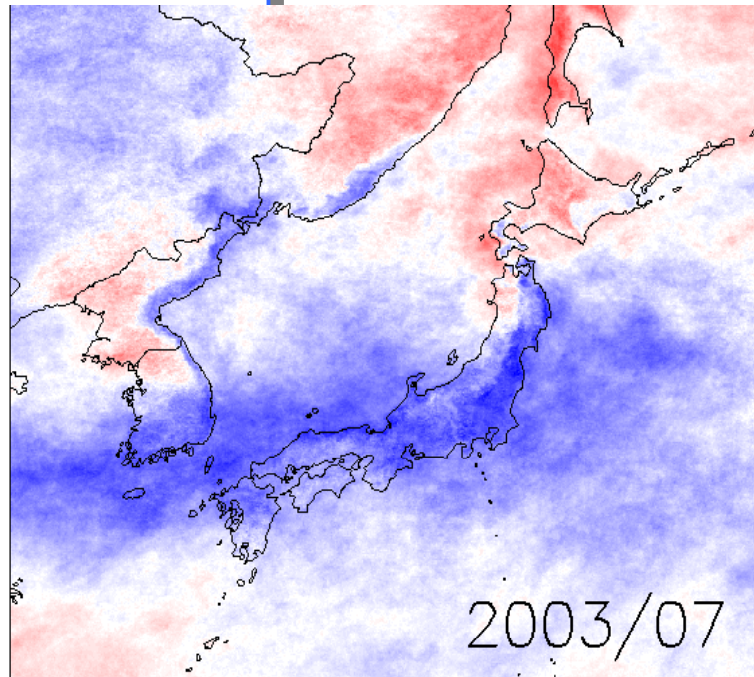
事例1: 2003年夏
西～北日本
冷夏・寡照



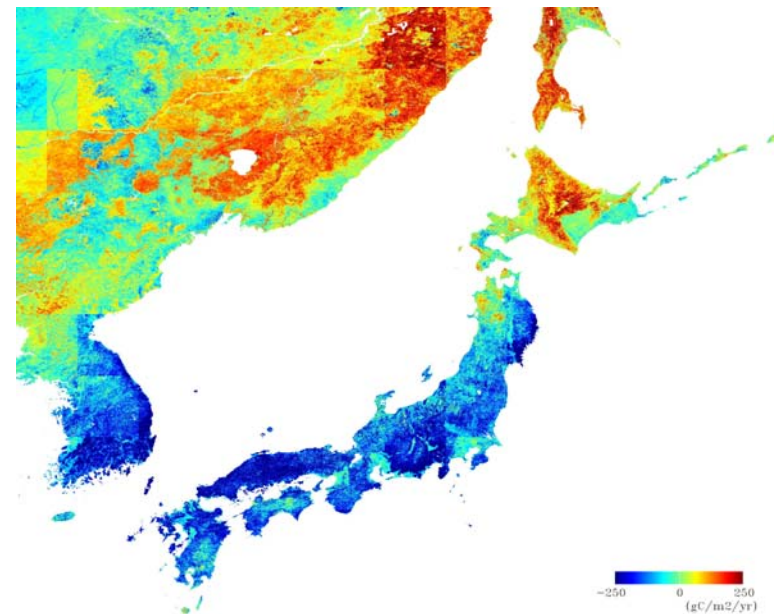
地上観測・リモセン・モデル統合解析:

- PARの顕著な低下を高分解能で検出
- 本州広域で年間GPP低下を確認
- 高解像入力データとモデル解析により, GPP空間分布が詳細に議論できるようになった

%
50
25
0
-25
-50



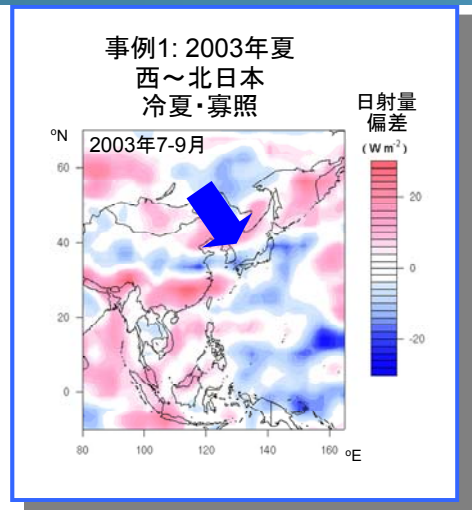
衛星データから求めた2003年7月の光合成有効放射量PARの偏差(衛星リモセンG)



2003年GPP偏差のモデル計算結果
(衛星リモセンG、陸域炭素モデル計算)

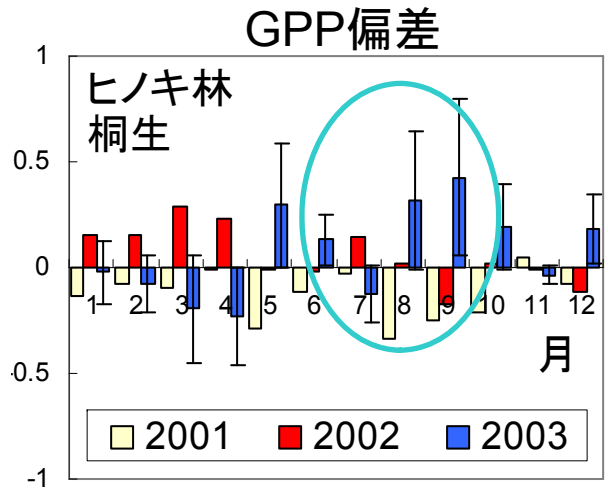
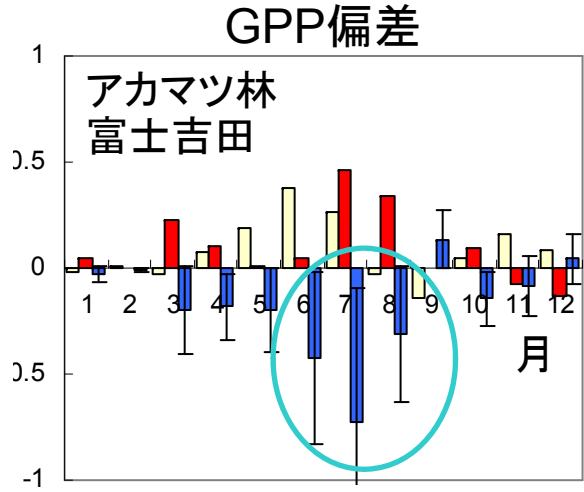
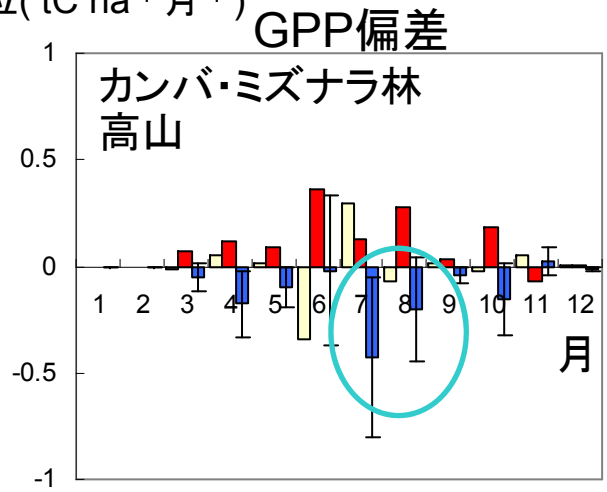


地上観測と衛星リモセンと陸域生態系モデル解析の連携



2003年夏, 日射量(PAR)低下の影響:
本州の複数サイトで7月GPP低下
ただし低下の程度に差あり

単位(tC ha⁻¹ 月⁻¹)



7月PAR低下 32 %

44 %

35 %

7月平均気温 19→15 °C

22 →17°C

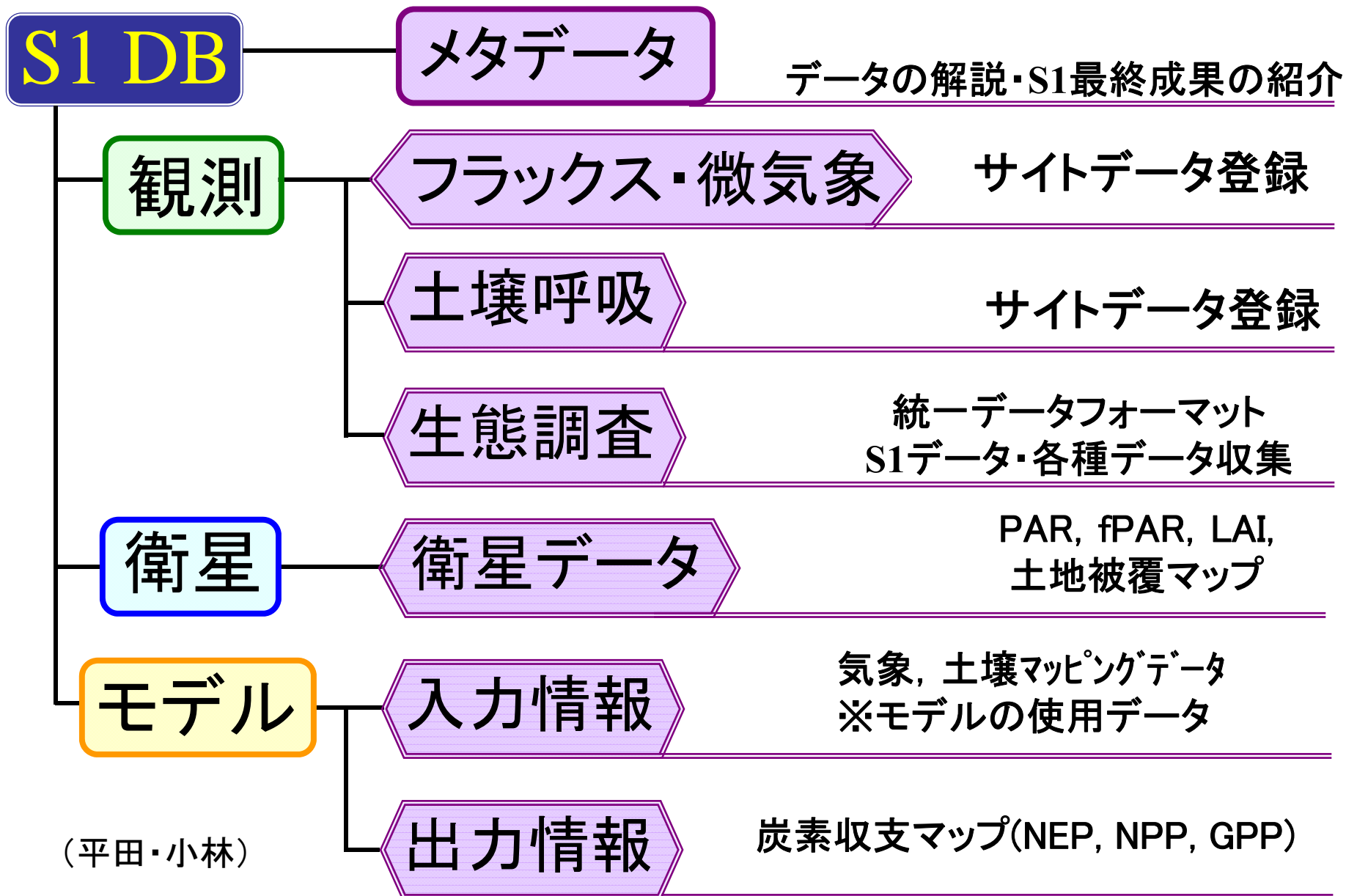
26→23 °C

GPP低下 19 %

36 %

7 %

地上観測・衛星観測・モデル計算の統合的データセット構築



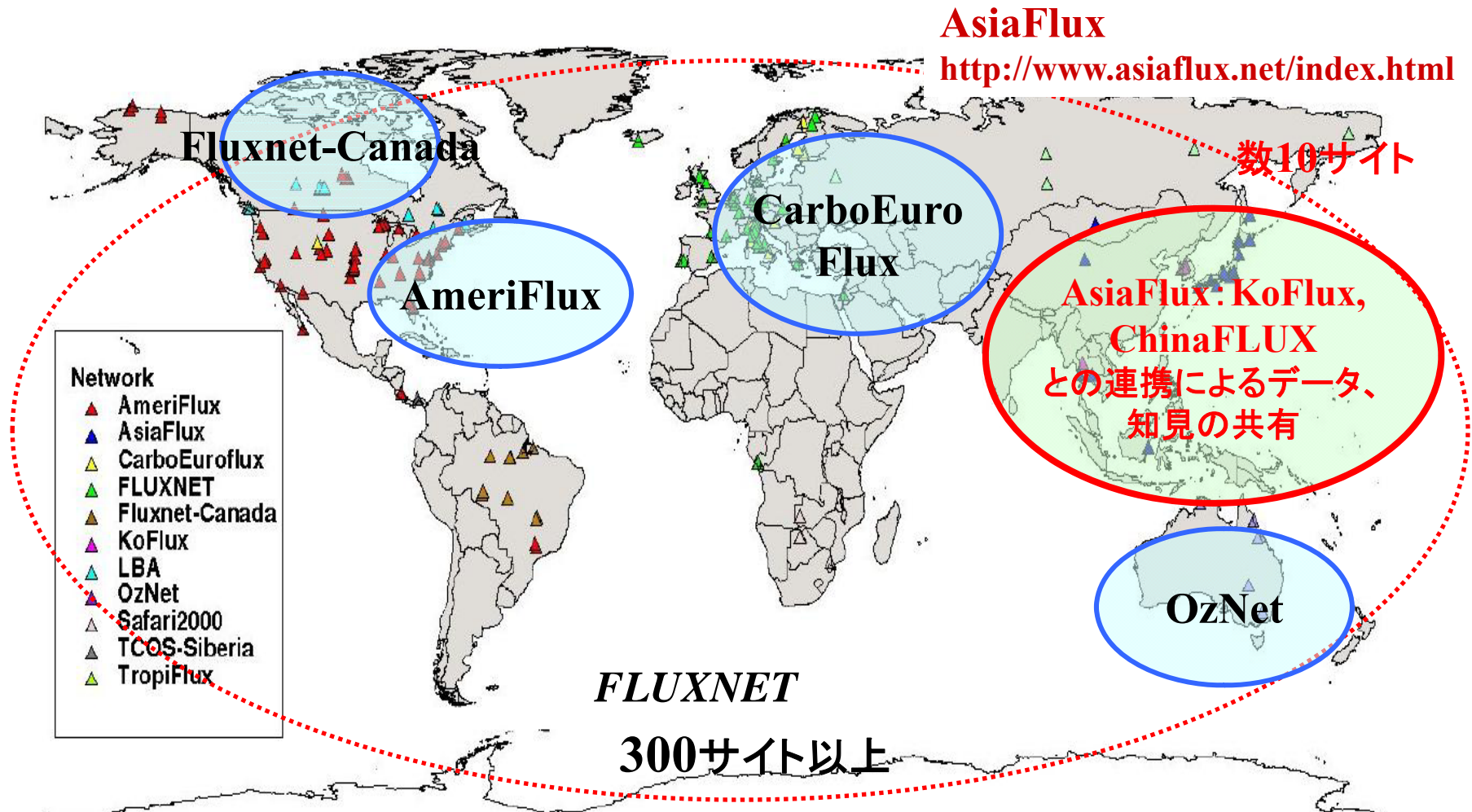


FLUXNET、地域フラックス観測ネットワークとの連携

炭素収支観測・解析手法の確立、全
球データベース構築への国際的貢献

全球データベース
ネットワークとの連携

アジア陸域の統合的
データの集積



<http://www-eosdis.ornl.gov/FLUXNET/>



地上観測における分野間連携とリモセン、モデルとの統合的解析の成果

- 環境省S1プロジェクトなどによりアジア各種生態系(16地点以上)でのフラックス観測データベースを構築:NEP, GPP, REの季節変動・年々変動の多点観測データを蓄積 →この規模ではアジア初のデータベース

GPP、RE、NEPの年間値と環境要因との関係の解明

- 地上観測の各種分野の協力・連携、各種炭素収支推定手法の比較により陸域生態系の炭素固定量推定値の総合的評価

微気象学的手法と生態学的手法によるNEPの比較

今後土壌呼吸量、特に土壌関連の炭素移動の検証が重要

- 陸域生態系炭素収支モデル、リモセン炭素収支広域モデルの改良と推定精度の向上にデータ蓄積により貢献

炭素収支広域評価、将来予測手法の構築と検証

分野間連携によるアジア陸域炭素収支システムアプローチ 将来展開

- アジアの代表的な生態系拠点での微気象観測／生態系調査／土壌調査の超長期継続
- データの有効利用のために、異なる研究課題・分野で収集したデータの公開・流通システム拠点が不可欠
- 観測／モデル／リモセン研究の統合的发展を確保、陸域生態系広域炭素収支将来予測モデルの精度の改良の継続・長期的検証
- 分野間連携による観測誤差・炭素収支評価の不確実性の更なる低減
- 「世界／日本長期生態学研究ネットワーク(LTER/JaLTER)」との連携の強化
- 全球陸域観測システム(IGOS-GTOS)/地球観測(GEO)10年計画への具体的貢献

本報告は環境省地球環境総合研究推進費『21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究』により行った研究成果の一部を含んでおります。本研究の課題代表者及川武久筑波大学教授はじめ、関係の皆様へ深く感謝いたします。