

GCM（大気海洋結合気候モデル）と 結合される全球植生動態モデルの 高度化と検証

原登志彦

伊藤昭彦

伊勢武史

羽島知洋



KAKUSHIN

構 成

モデル開発と高度化の歴史（H19～H23）

モデル紹介 SEIB-DGVM
VISIT(Sim-CYCLE)
地球システム統合モデル

研究成果 SEIB-DGVMの検証
VISIT(Sim-CYCLE)による評価
モデル要素高度化の検証
地球システム統合モデルによる数値実験（検証、予測）

まとめ

モデル開発と高度化の歴史

SEIB-DGVM

VISIT (Sim-CYCLE)

モデル要素開発

地球システム統合モデル
の構築と数値実験

高度な全球植生動態
の取り扱い

多様な陸域生態系
物質循環の取り扱い

先進的モデル要素開発

気候と生態系の
相互作用の解明

H19

東シベリアカラマツ
林での高度化・検証

窒素循環等、炭素循
環以外の要素
の組み込み

気候モデルへの
組み込み準備

H20

東南アジア熱帯雨林
での高度化・検証

土地利用変化が与え
る物質循環への影響
評価

グリッド内の地形的
多様性取り扱いの
高度化

大気気候モデルとの
テスト結合

H21

アフリカ半乾燥地帯
での高度化・検証

火災が与える物質
循環への影響評価

多様な土地利用
タイプの遷移
の明示的扱い

大気海洋気候モデル
への統合

H22

物質循環と気候の
テレコネクション

多階層モデルの開発
光合成産物の
動的分配モデル

地球システム統合モ
デルの数値実験実施

H23

陸域からのメタン
放出量の推定

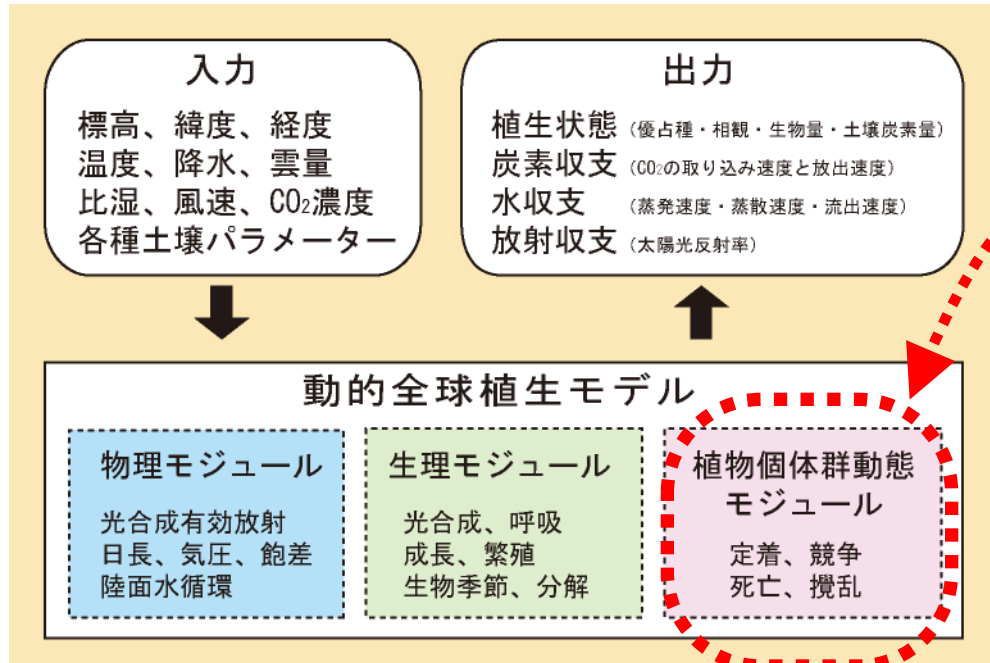
明示的な階層を取り
入れた土壌モデル

数値実験結果の解析

モデル紹介

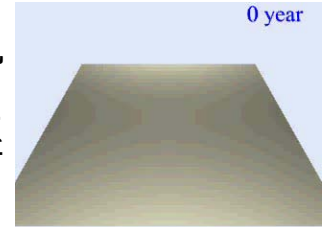
動的全球植生モデル SEIB-DGVM

基本構造と入出力



植物個体群動態の扱い

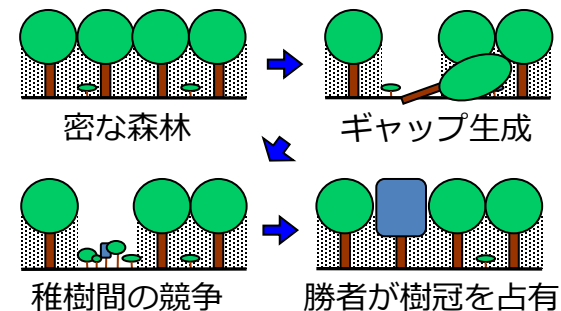
個体ベースで表現された木本が光と空間を求めて局所的に競争する



半島マレーシアにおいて皆伐後の森林の発達をシミュレートした

その理由

気候変化に対する植生の応答を予測する上で、**局所的な個体間相互作用**は主要な要素である



植物種を少数の植物機能型 (PFT) に要約

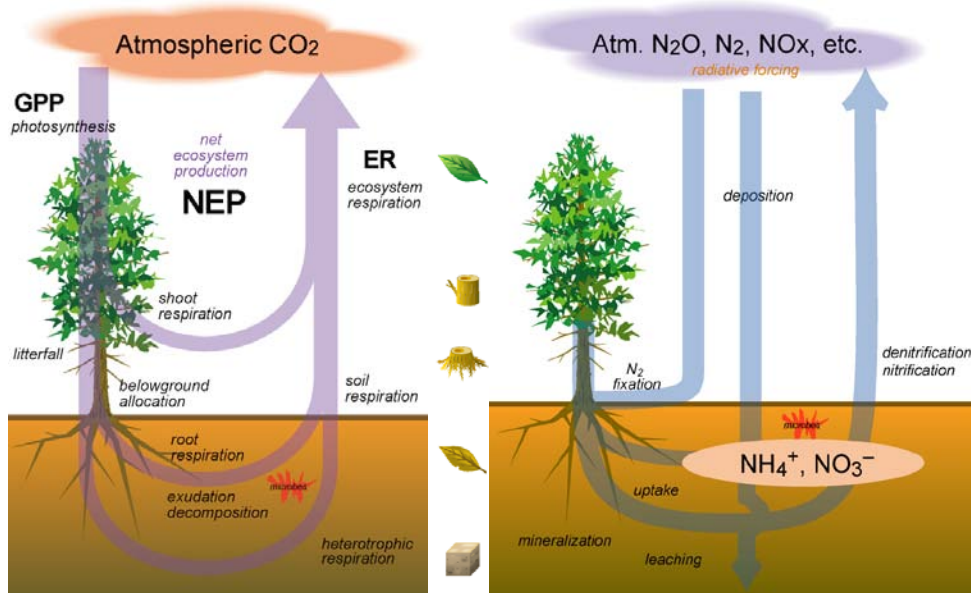
熱帯性 広葉 常緑樹	寒帯性 針葉 常緑樹
熱帯性 広葉 雨緑樹	寒帯性 針葉 夏緑樹
温帯性 針葉 常緑樹	寒帯性 広葉 夏緑樹
温帯性 広葉 常緑樹	C3草本
温帯性 広葉 夏緑樹	C4草本

全球陸域物質循環モデル VISIT

Vegetation Integrated Simulator for Trace gases

土地利用変化が陸域物質収支に与える影響のモデル化と評価

- 大気-生態系間の生物地球化学的相互作用
- 特に温室効果ガス交換を重点化 (CO_2 , CH_4 , N_2O)
- 温暖化リスク評価&生物学的フィードバック評価



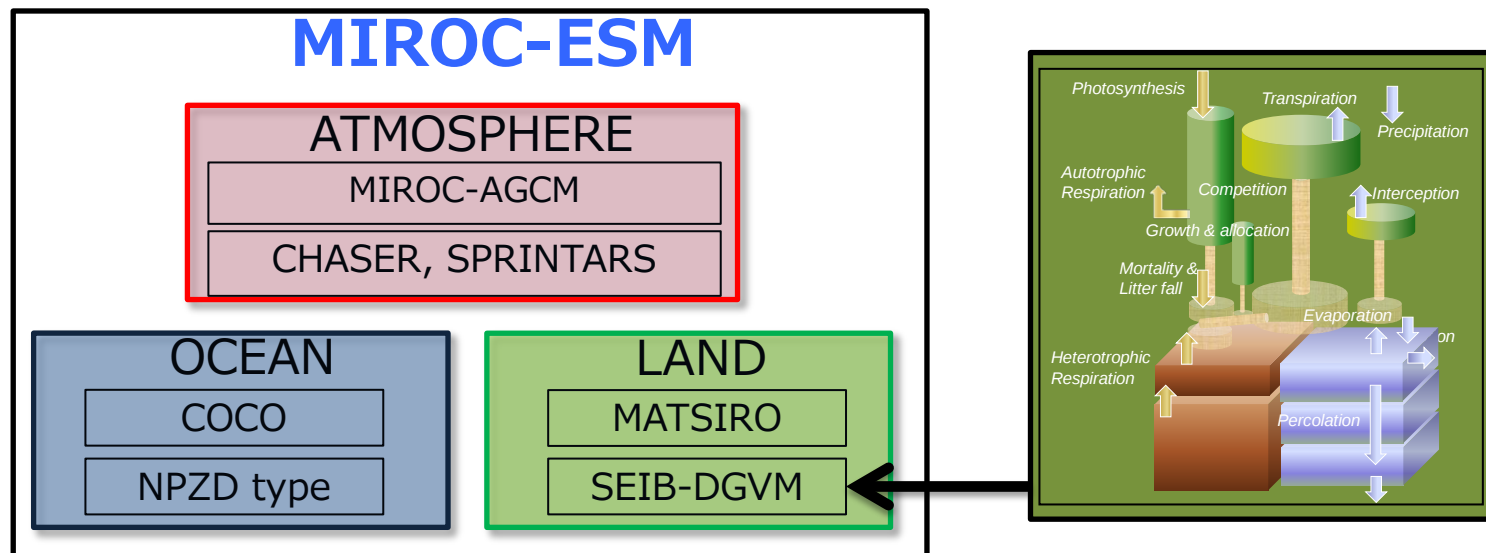
炭素循環
(Sim-CYCLEベース)

窒素循環

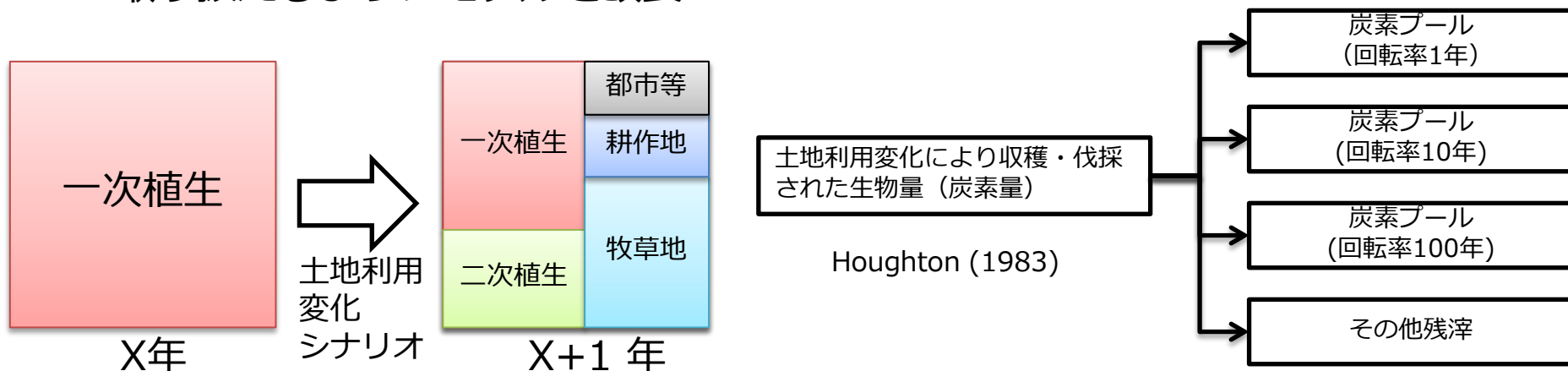
地点～全球, 30分/日/月ステップ

- CO_2 : 光合成－呼吸
- CH_4 : 生成－消費
- N_2O : 硝化＋脱窒
- 土地利用変化
- 火災: CO_2 , CO , BC , など.
- BVOC (イソプレンなど)
- その他: N_2 , NO , NH_3 , エロージョン
- 水収支: 降水－蒸発散－流出

地球システム統合モデルの構築： 陸域生態系モデルの導入



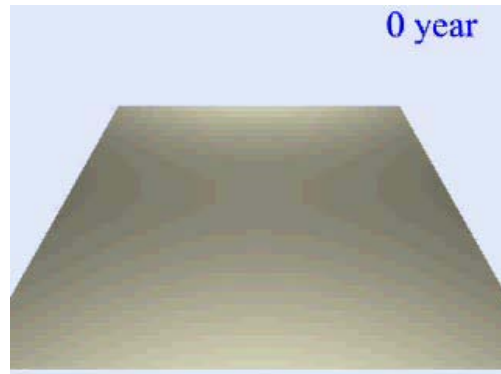
- ・ 大気海洋結合気候モデルGCMに動的全球植生モデルSEIB-DGVMを組み込み、**地球システム統合モデルMIROC-ESM**を構築
- ・ Rothamstead Carbon Modelの導入により全球土壌炭素量を改良
- ・ 土地利用変化によるCO₂排出量の変化や陸面物理過程への影響を明示的に取り扱えるようにモデルを改良



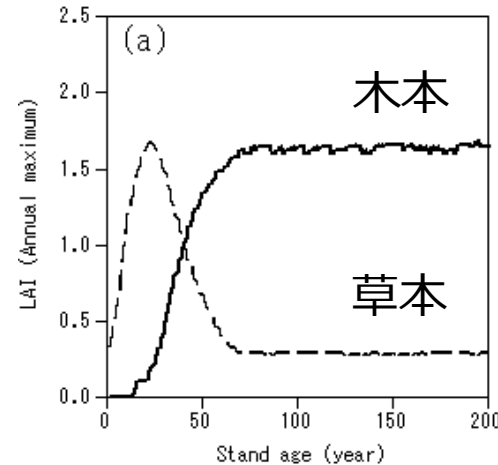
研究成果

森林火災後200年間の経年変化 (@ヤクーツク) の検証 (SEIB-DGVM)

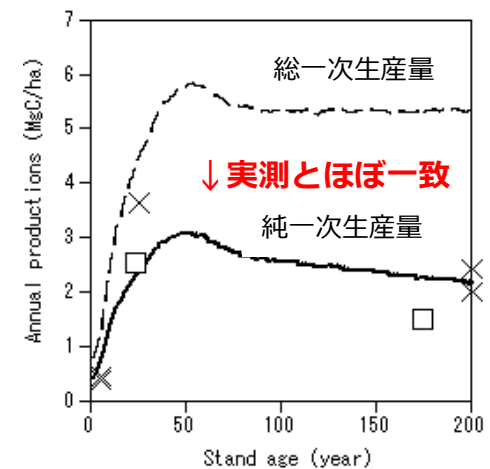
相観の変化(1ha)



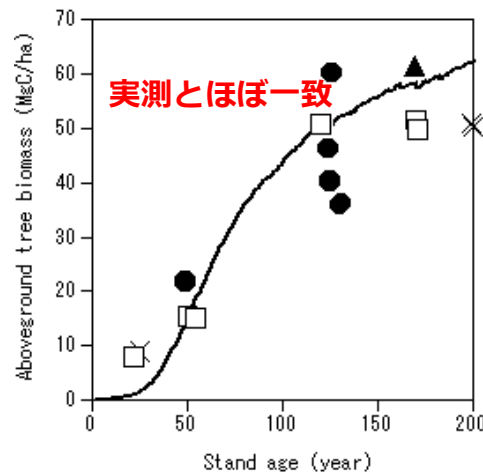
葉面積指数 (年最大値)



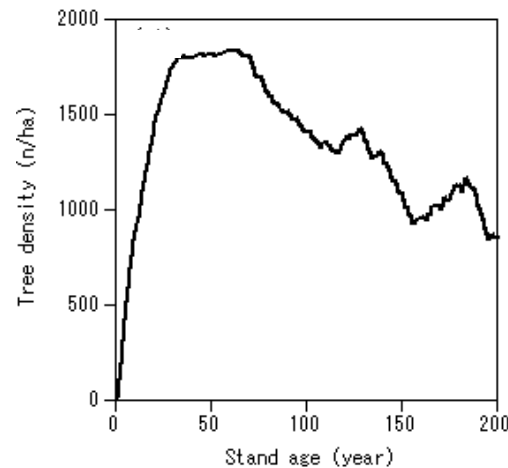
炭素フラックス (年合計)



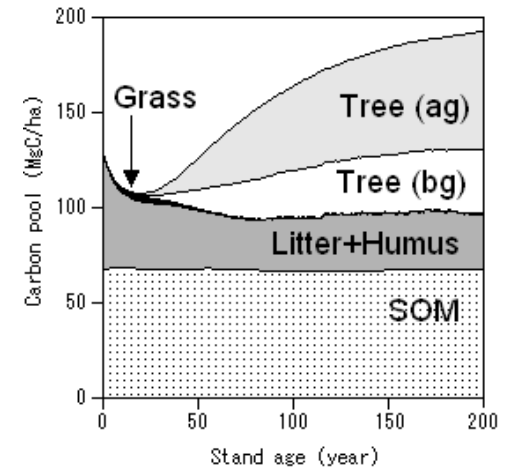
地上部の生物量



木本の密度



炭素蓄積量

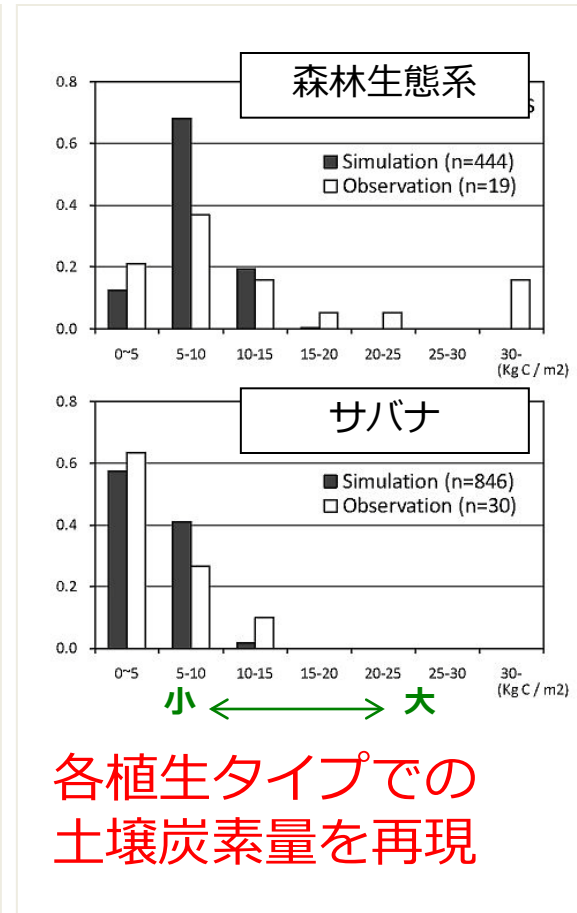
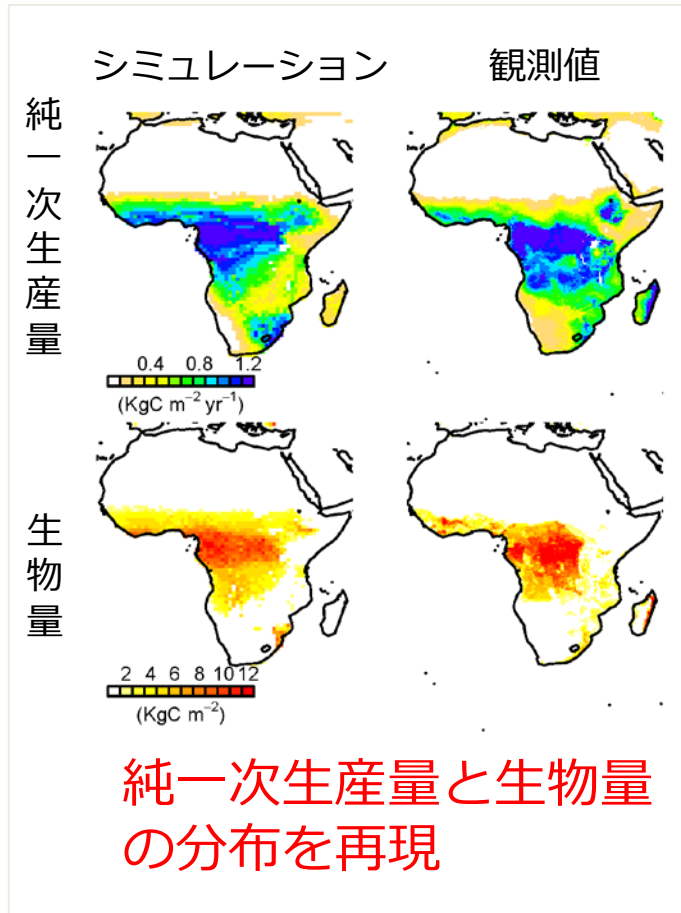


—— : 計算結果、● □ ▲ × : 観測値

図は全てSato et al. (2010)より引用

活動層厚の季節変化は、Spaskaya-padの成熟林におけるシミュレーション結果 (Yamazaki et al. 2004) を入力

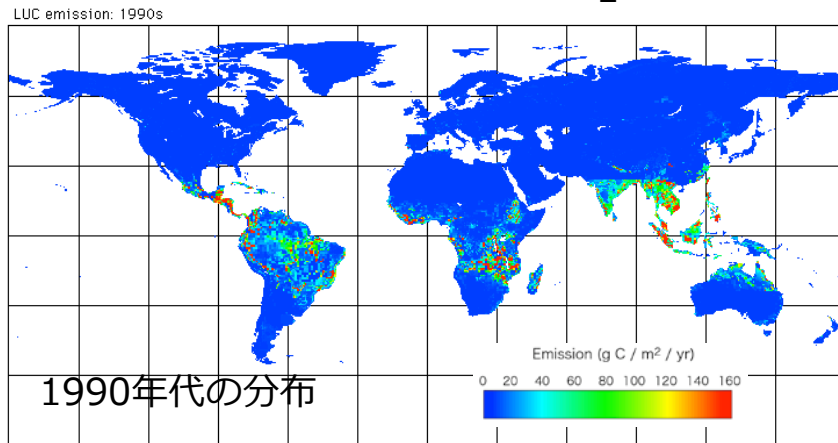
アフリカ大陸における陸域生態系炭素循環の検証 (SEIB-DGVM)



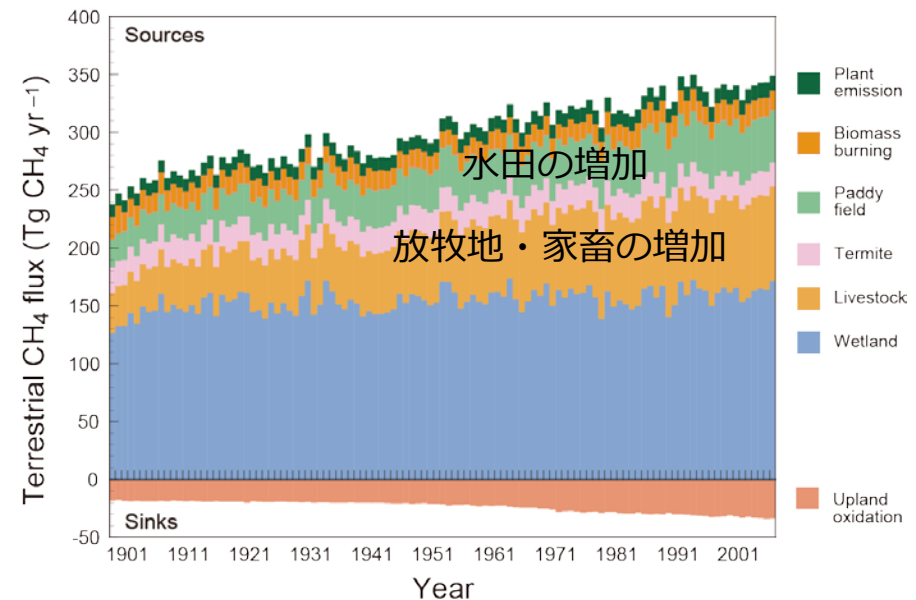
- ・ 20世紀末におけるシミュレーションと観測値を比較
- ・ 火災モジュールを導入することにより、アフリカにおける純一次生産量と生物量の分布を的確に再現

土地利用変化が陸域物質収支に与える影響の評価 (VISIT)

森林伐採に伴うCO₂放出



陸域起源メタン放出

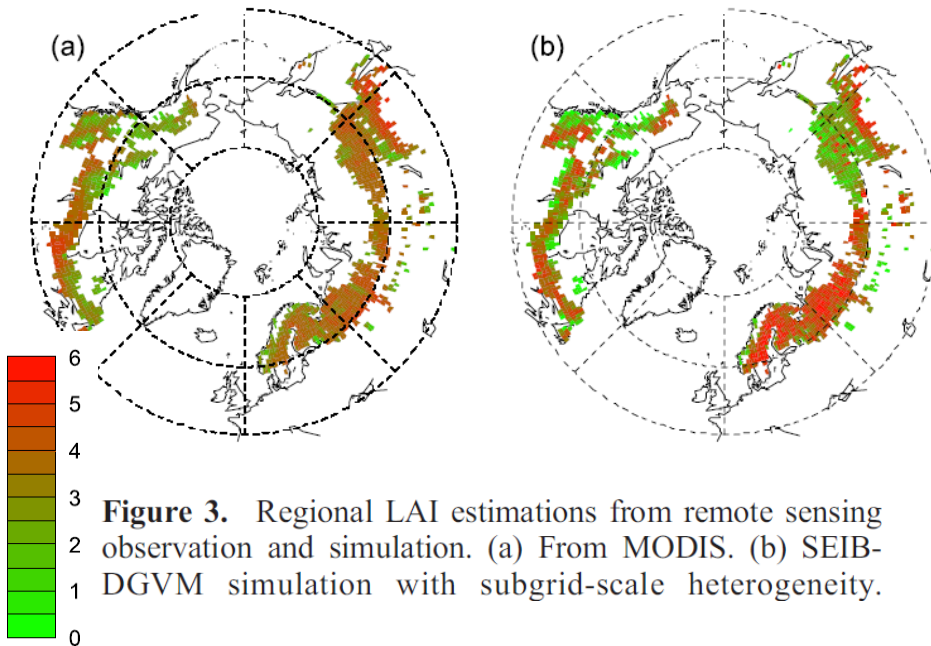


耕作地・放牧地の拡大などの人間活動により陸域起源の温室効果ガス収支は顕著な影響を受け、その放出量が増加していることが示唆された
→将来予測でより精緻な考慮が必要

モデル要素の高度化

土壌・微地形を考慮することによる
北方林全域でのシミュレーションの改善

*Ise and Sato, 2008,
Geophysical Research Letters*



北方林の生産量は、温度や降水量などの気候条件のみならず、局所的な土壌タイプや微地形の影響を強く受けている。陸域生態系モデルにモザイク化の改良をほどこすことで、これらsubgrid-scale heterogeneityを明示的に扱うことができ、シミュレーション結果は大幅に改善された。

樹木の根・幹・葉への炭素分配を用いた
全球スケールのシミュレーションの改善

*Ise, Litton, Giardina, Ito, 2010,
Journal of Geophysical Research—Biogeosciences*

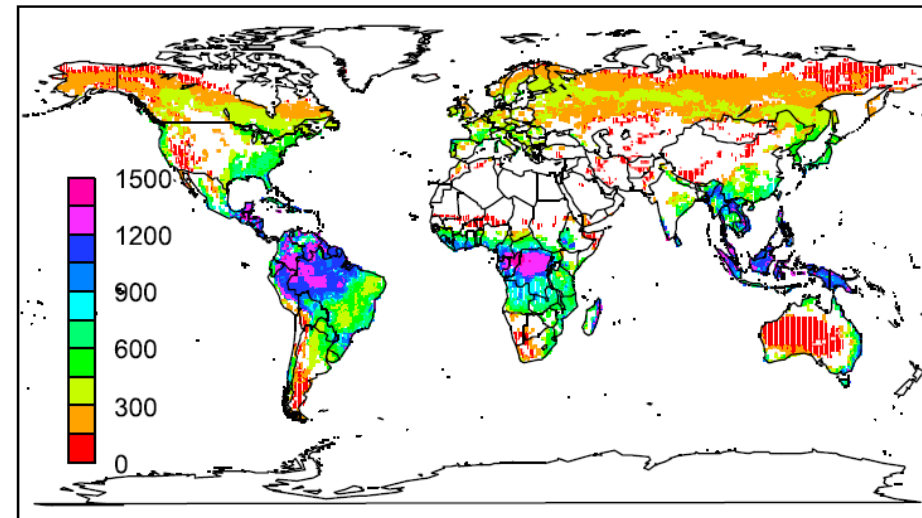
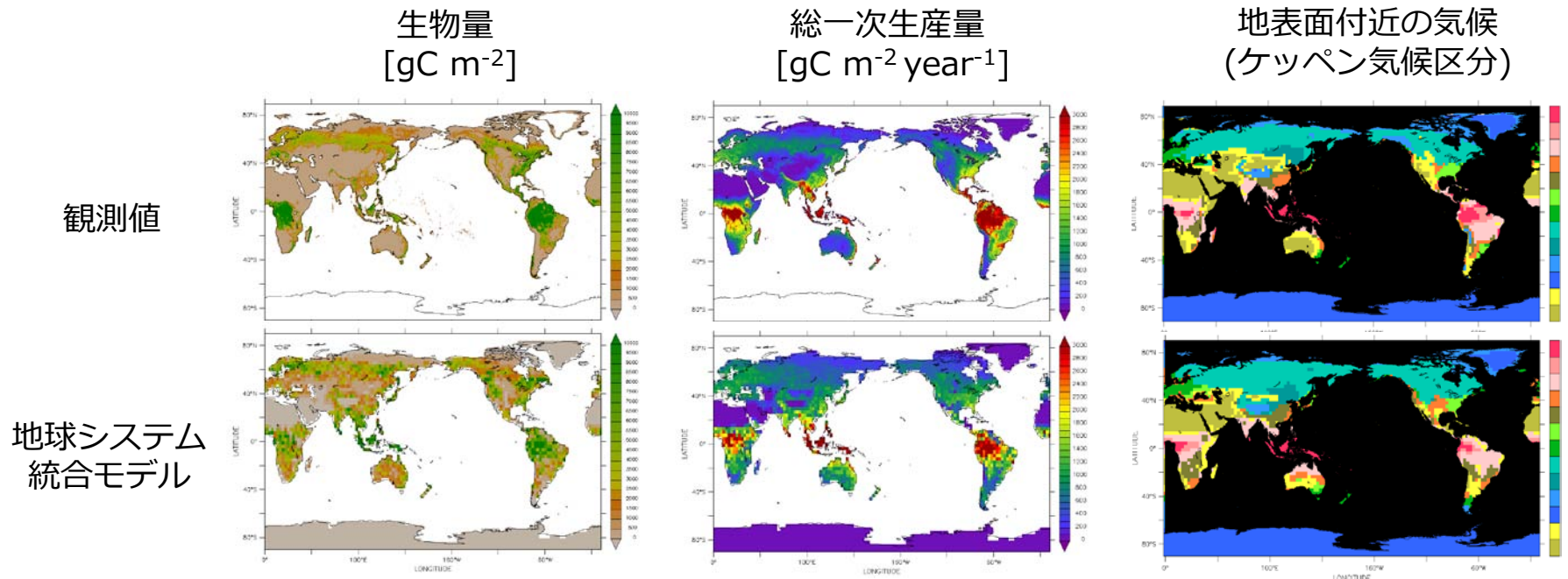


Figure 3. Global woody plant NPP ($\text{g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$) from the meta-analysis-based partitioning scheme

従来の全球スケールの陸域生態系モデルでは明示的に考慮されることの少なかった「環境要因による樹木の根・幹・葉への炭素分配の変化」を考慮することにより、さまざまな生態系の生産量や生物量をより高精度に推定できるようになった。

地球システム統合モデルによる数値実験(1)

陸域炭素循環の検証



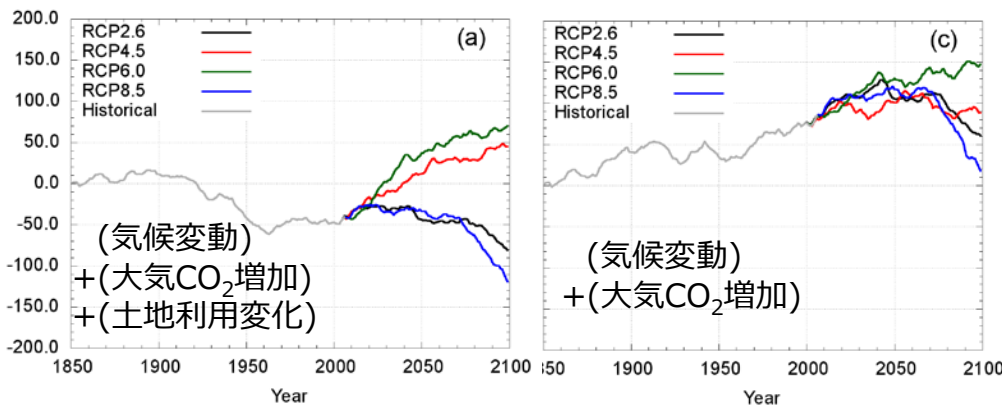
20世紀における陸域炭素の各種推定値を検証
→生物量および生産量を的確に再現

地球システム統合モデルによる数値実験(2)

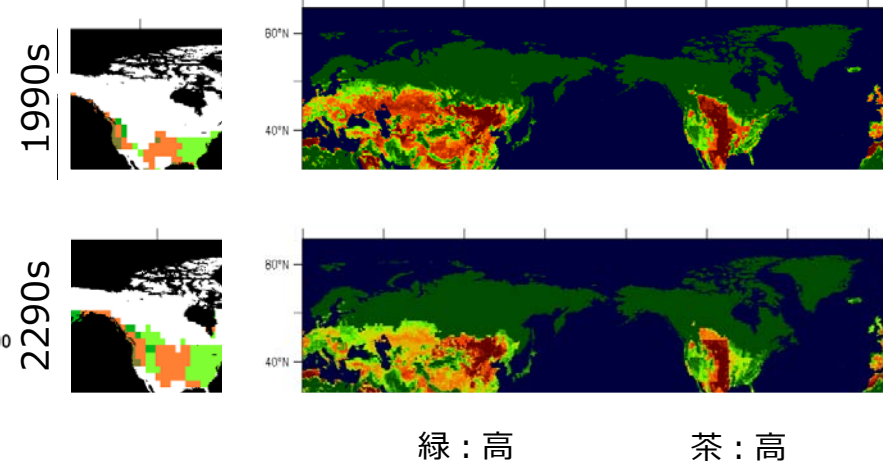
人為影響下、気候変動下における陸域生態系の変化の予測

- Representative concentration pathways (RCP)シナリオを用いた予測
- シナリオには温室効果ガスの濃度/排出量以外にも土地利用変化も含まれる

陸域炭素の変化 [PgC]



気候区分(温帯) 温帯林の占有率 農業用地



気候変動や大気CO₂の増加に加え、土地利用変化が陸域生態系の炭素循環に大きな影響を及ぼしている

まとめ

- [SEIB-DGVM] 各気候帯における陸域生態系の動態を再現することが可能となった
- [VISIT] 全球レベルでのCO₂以外の温室効果ガス(メタン等)の収支を推定することが可能となった
- [モデル要素高度化] グリッド内多様性の取り扱い等、様々なモデル要素の高度化により、シミュレーション結果が改善された

以上の研究成果を取り入れて地球システム統合モデルを構築し、
検証と予測の数値実験を行った

- [地球システム統合モデル] 気候変動や大気CO₂の増加に加え、土地利用変化が陸域生態系の炭素循環に大きな影響を及ぼしていることが明らかになった