

S-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
テーマIII アジア陸域生態系の炭素収支変動予測と21世紀の炭素管理手法の検討

北海道大学大学院地球環境科学研究院

甲山隆司

本テーマIIIでは、並行してテーマIで詳細に観測される陸域生態系の炭素フラックス観測を広域化し、また長期予測を行うために、生態系予測モデルの相互比較、衛星観測による光合成有効放射吸収率経時変化および新たな土地被覆図の生成、既存の森林生態系長期観測プロットデータによる生態系パラメータの解析を行い、テーマIおよびそれぞれの成果を統合して、当該地域の純一次生産量と純生態系生産量の積算とマッピングを完成させることを第一目的として設定した。それに基づき、さらに、人間活動を組み込んだ炭素管理モデルの提示と、国際モデル比較をおこない、今後の炭素管理オプションを評価するための統合モデルを開発して、政策に反映させることを第二目的とした。

実施機関を別けて実施された各サブテーマ毎に、成果を報告するが、実質的に各サブテーマは、本テーマIIIのサブテーマ課題間、およびテーマI、II課題と密接に連携しつつ進められた。最終的な統合解析については、テーマIVにまとめた通りであるが、テーマIIIの実施レベルで特に課題間では、以下を留意して進めた。

- 1) サブテーマ（1）の生態系モデルTsuBiMoをサブテーマ4の統合予測モデルのベースにして炭素管理評価を行った。
- 2) サブテーマ（3）の衛星観測や既存データによる広域化の評価データをテーマIの観測とともにサブテーマ（1）のモデルによるマッピングに活用した。
- 3) サブテーマ（3）が作成した、対象期間中の月単位PARマップに基づいて、テーマIの炭素収支の時間変動の気候依存性を解釈した。
- 4) サブテーマ（3）で集積した既存の森林観測の調査区データによって、テーマIの詳細ではあるが植生代表性には欠落の多い炭素収支観測プロットの情報を保管した。特にテーマIでカバーできなかった照葉樹林・亜熱帯降雨林や、我が国のブナが優占する冷温帯落葉樹林の情報が補完した。また、テーマIプロットは比較的若齢の林分に設定されたので、成熟・老齢林分の情報を補完した。
- 5) テーマIIの、インバースモデルに基づく西シベリアの炭素収支観測の結果を、同じ観測期間における本テーマIIIサブテーマ（1）のSim-CYCLEの推定値によって比較評価した。
- 6) 本プロジェクトが明らかにした東アジアを対象とする統合研究成果を、サブテーマ（2）のグローバル・カーボン・プロジェクトと連携した国際比較のなかで評価していくなど、密接な共同作業として実施した。

S-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

テーマIII アジア陸域生態系の炭素収支変動予測と21世紀の炭素管理手法の検討

(1) 陸域生態系吸収・放出の近未来予測モデルの開発

筑波大学大学院生命環境学研究科

及川武久

国土交通省気象研究所 環境・応用気象研究部第三研究室

馬淵和雄

独立行政法人海洋研究開発機構 地球環境フロンティア研究センター

伊藤昭彦

〈研究協力者〉

独立行政法人国立環境研究所

G. A. Alexandrov

独立行政法人海洋研究開発機構

稲富素子・加藤知道

筑波大学

加藤悦史

平成14～18年度合計予算額 61,985千円

(うち、平成18年度予算額 14,505千円)

※上記予算額には、間接経費 14,207千円を含む

[要旨] 地域スケールの炭素収支を高精度で評価しまた将来予測を行うには、観測に基づくデータ解析だけでなく、数値モデルを用いた詳細なシミュレーション解析が有効である。本課題では、3種類の異なるアプローチによる陸上生態系モデルを開発し、東アジア陸域生態系の炭素収支を再現し、モデル間の相互比較やフラックス測定などの観測データとの比較を行った。ここで扱ったのは気象学的陸面過程モデルBAIM、生物地球化学的モデルSim-CYCLE、数理生態学的モデルTsuBiMoである。Sim-CYCLEは岐阜高山などのS1テーマIサイトにおいて、フラックス観測との比較による検証を行い、正味CO₂交換の季節変化などが妥当に再現できることを確認した。BAIMは気象モデルとリンクして使用され、アジア陸域の炭素収支を気象変動の観点から解析することが可能である。TsuBiMoは数理生態学的手法を用いて、地点スケールの生産力データから広域の炭素収支へと拡張を行っている。いずれのモデルも光合成と生態系呼吸の差分として純生態系生産(正味CO₂収支)を推定し、地域スケールのシミュレーションに適用可能である。Sim-CYCLEは空間分解能1kmで実行され、土地利用や気象条件の不均質性を考慮することができる。各モデルで2000～2005年の期間について実験を行ったところ、植生の生産力が緯度方向の温度・水分傾度に沿って高緯度方向に減少する傾向が再現された。正味CO₂収支についても、多くの期間・地域についてモデル間で共通した変動傾向が見られたが、年によってはモデルごとの環境依存性の違いにより異なる応答傾向が見られることがあった(例えば2002年の正味収支)。これらの研究結果により、東アジア陸域の炭素収支を評価する生態系モデルの高度化が達成された。

[キーワード] 陸域生態系、シミュレーション、相互比較、炭素収支、東アジア地域

1. はじめに

地球温暖化を抑制するための温室効果ガス排出削減に関する政策立案において、地域の炭素収支を高精度で評価する手法を確立し、科学的知見を提供することが重要である。その評価手法の

中で生態系モデルは観測データの統合、感度解析による重要部分の特定、将来予測などで不可欠な役割を期待されている。陸域生態系は多様で複雑な過程から構成されており、陸面の不均質さによって広域スケールでの実測的評価は非常に困難である。そのため、生態系モデルは地点から広域へのスケールアップ手法としても期待されているが、その実行結果の検証には課題が残されている。このS1プロジェクトではサイトスケールの観測に加えて、テーマ2における大気観測に基づくトップダウン的な推定も実施されるため、モデル推定の独立した検証が可能である。このようなモデルを開発することで、国および地域スケールで陸域生態系の炭素収支を評価することが可能になる。これは陸域吸収源を評価する上で有用な科学的知見を提供し、さらに高分解能な推定マップは地方レベルでの炭素収支評価と温暖化対策立案へも寄与する可能性が高い。

2. 研究目的

本サブテーマでは、国内で開発されている陸域生態系モデルを高度化し、東アジア地域のシミュレーションを実施して相互比較を行うことで信頼性の検討を行うことを目的としている。ここでは、気象学的な陸面過程モデルBAIM、生物地球化学的物質循環モデルSim-CYCLE、数理生態学的モデルTsuBiMoの、異なるアプローチに基づく3種類のモデルを用いて、相互のモデル構造と推定結果を比較する。対象とする東アジア地域は北緯30～50度、東経125～150度を重点領域とし、その中での純一次生産(NPP)および純生態系生産(NEP)を主に検討する。2000～2005年の平均的な炭素収支と経年変動の傾向に基づいて、モデル間での共通性や差違点を精査する。

3. 研究方法

(1) BAIM

陸域生態系-大気間の運動量・潜熱・顕熱、および二酸化炭素の交換を再現でき、さらに、植物の葉、幹、根、リター層、および土層それぞれに蓄積される炭素量を陽に再現できる高度な陸面植生モデルを開発し、それを導入した3次元気候モデルを用いた数値実験により、東アジアにおける陸域炭素収支システムのメカニズムの解明、および、陸域炭素収支の変動と、気候変動との相互作用のメカニズムの解明に関する研究を行った。さらに、それを基に、アジア陸域生態系の炭素収支変動の将来予測に向けた炭素収支モデルの開発・高精度化を行った。

(2) Sim-CYCLE(改良版)

個葉光合成からキャノピー総一次生産に積上げる物質生産理論(門司-佐伯理論)を基礎として、生態系内の炭素分配や土壌炭素動態を加えて生態系炭素収支を扱うモデル。筑波大学、(独)海洋研究開発機構、(独)国立環境研究所で開発された。モデル構造は炭素循環のコンパートメントモデルであり、光合成(総一次生産)、独立栄養的呼吸、従属栄養的呼吸から純生態系生産(NEP)を計算する(図1)。各炭素フローには大気CO₂、光、水分、温度条件への応答関数が生理生態学的な知見に基づいて設定されており、気候の年々変動や長期変動への応答を推定することが可能である。地域スケールのシミュレーションにおいては、高分解能な土地被覆、標高、気候、土壌データを用いて1kmメッシュでの計算を行うことができる。計算の時間ステップは1日で季節変化や経年変動が表現される。

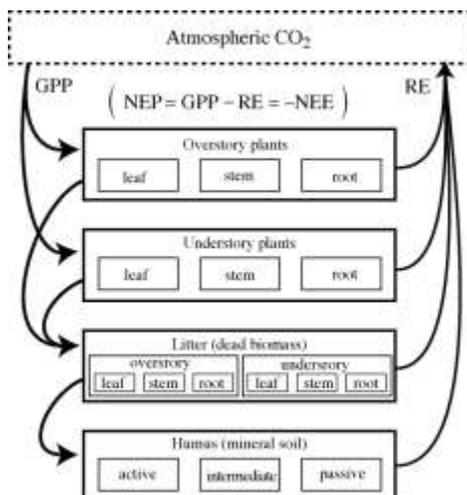


図1 生態系炭素循環モデルの構造

(3) TsuBiMo

TsuBiMoは経験的に検証されたプロセスベースのモデルであり、グローバル、大陸、そして地域スケールで炭素管理オプションを研究することを目的としている^(1, 2, 3)。モデルの性質は演繹的なものであり、明確な構造を持っている。このような構造を持つことにより、仮定と結論の間にある原因-影響のつながりを明確化し、推論の過程をたどることが可能になる。

モデルの仮定

このモデル中の第1の仮定は、光飽和時の光合成速度 (p_{max}) は温度に対する単峰型関数に (G_A) に乾燥指数 (RFL : Langの降雨因子) に対するS字型関数 (H_p) を乗じたものとして表される、というものである。

$$p_{max}(T, RFL) = p_{opt} G_A(T) H_p(RFL);$$

$$p_{opt} = p_{max}(T_{opt}, RFL_s)$$

$$G_A(T) = \frac{2f_A(T)}{1+f_A^2(T)}; f_A(T) = \exp\left(\frac{E_a}{R(T_{opt} + 273)} - \frac{E_a}{R(T + 273)}\right);$$

$$H_p = \begin{cases} 1, & RFL > RFL_s \\ \exp\left(-\frac{(RFL - RFL_s)^2}{\sigma^2}\right), & 0 < RFL < RFL_s; \end{cases}$$

ここで T_{opt} は光合成の最適温度、 RFL_s は十分な水分供給があるときの RFL の値、 E_a は二酸化炭素と水を炭水化物に変換する一連の化学反応の活性化エネルギー、 R は気体定数である。

これらの関数で用いられる係数は植物の生産力に関するデータを参照して決定されたが、そのことによりバイオーム間の生態系生産力の傾度や気候影響への応答の研究にこのモデルを使うこ

とが経験的に正しいと言えるのである。

光に対する個葉レベルの光合成 ($P_{g, leaf}$) の依存性は、Michaelis-Menten型の関数で表されるとし、キャノピーの日総一次生産 ($P_{g, daily}$) は全葉層およびキャノピー上の光強度の日変化に対して積分することで求められる。

$$P_{g, leaf} = P_{max} \frac{K I_L}{\frac{P_{max}}{\beta} + K I_L}$$

$$P_{g, daily} = 2D p_K \ln \left(\frac{1 + \sqrt{1+s}}{1 + \sqrt{1+(1-f_{PAR})s}} \right);$$

$$s = \frac{\beta I_0}{p_K}; \quad p_K = \frac{P_{max}}{K};$$

光合成有効放射の吸収割合 (f_{PAR}) は密なキャノピーでは比較的一定なので、ここでは0.9とし、光合成能力の季節変化は光合成的に活性のある植生割合 (f_{PAV}) を P_g に乗じることでパラメタライズした。 f_{PAV} の季節変化は衛星データ、すなわちGIMMS-NDVIから得た。

年間総一次生産 (GPP) を、1982から2002年について空間分解能0.5度の緯度経度格子について計算を行った。UEA-CRUの月別温度、降水量、雲量データを使用した。

年間純一次生産 (NPP) は GPP に次の有名な経験式を当てはめて計算した。

$$NPP = 1350(1 - \exp(-GPP/1863))$$

ここで NPP と GPP の単位は $g \ C \ m^{-2} \ yr^{-1}$ である。

従属栄養的呼吸による年間の損失量 (r_h) は0snabruck Biosphere Model (国際生物学事業計画の結果をまとめて開発された半経験モデル) で用いられている関数を使用して求めた。

$$r_{h,1} = \min(r_{h,T}, r_{h,P})$$

$$r_{h,T} = 0.1063 \exp(0.0926(T_a + 6.41)) + 0.2365$$

$$r_{h,P} = \left(\frac{0.4436}{0.215 + \exp(4.2 - 0.0053 + P_a)} + 5.944 \right)$$

$$\times \left(\frac{0.094}{0.7 + \exp(0.0023P_a - 5.05)} \right) (1 - \exp(0.001P_a))$$

$$r_{h,2} = 0.3R_{h,1}; \quad r_{h,3} = 0.08R_{h,1}$$

ここで T_a は年平均温度、 P_a は年降水量、 $r_{h,1}$ 、 $r_{h,2}$ 、 $r_{h,3}$ は異なるリター成分からの呼吸速度である。

年間純生態生産 (NEP) における気候による変動成分 (アノマリー) は次のように推定される：

$$\Delta NEP = NPP_{avr} \left(\frac{NPP}{NPP_{avr}} - \frac{r_h}{r_{h,avr}} \right)$$

ここで NPP_{avr} と $r_{h,avr}$ は一定期間の NPP と r_h の平均値である。

純バイオーム生産 (NBP) は管理された森林の齢 (a_{max}) によって変化し、平均的な気候条件のもとでの樹木バイオマスと土壌有機物の変化量の和として推定される。

準平衡状態での変化は下記のようになる：

$$NBP = \frac{\partial \bar{B}(a_{max})}{\partial a_{max}} \frac{da_{max}}{dt}$$

ここで

$$\bar{B}(a_{max}) = b_1 NPP (a_{max} - a_1)^{4/5}$$

である。

一般的には、土壌有機物の変化はリターフォールとリター分解の収支を表す一連の常微分方程式から計算される。

4. 結果・考察

(1) 日本域を対象としたモデルの検証

植生-大気相互作用モデル (Biosphere-Atmosphere Interaction Model: BAIM) (Mabuchi et al. 1997⁽⁴⁾) を気象庁数値予報課開発の日本域モデル (JSM) に導入した地域気候モデル (JSM-BAIM) による数値実験を行い、モデルによる日本域の気候の再現性に関する検証を行った。検証の対象としたデータは、Kida et al. (1991)⁽⁵⁾ による波数空間結合 (SBC) を用いて行った6年間のモデル積分結果である。

検証は、客観解析値 (JANAL) およびアメダス観測値を用いて行った。850hPa面および500hPa面での、高度、気温、および風の場のモデル計算結果と客観解析値を比較した結果、主に夏の気温および夏と冬の風の場に統計的に有意な差が現れた。これらの差の主な原因は、本地域気候モデルと客観解析値の、分解能の差および陸面過程その他の物理過程に起因するそれぞれの持つ情報の差と考えられる。アメダス観測値による検証は、日本列島の特徴的気候区分ごとに降水量、地上気温、および日照時間を用いて行った。その結果、モデルはこれらの気候区分ごとの季節変化、および年々変動をよく再現していることが示された。

JSM-BAIMは、時間的には少なくとも季節変化から年々変動のスケールでの、また空間的には日本列島の気候区分スケールでの陸面植生と局地気候との相互作用を再現できる程度の精度があることが確かめられた。

(2) 東アジア域を対象とした数値実験

実験は、JSM-BAIMを Lambert projection に変更し、対象領域をシベリア南部、中国、インド、インドシナ半島、フィリピン、及び日本を含む東アジア域に拡張して行った (基準経度 105° E)。モデルの分解能は、水平グリッド数 151×111、鉛直23層とし、水平分解能は Lambert 基準緯度 (15°

N, 50° N)で60kmである。大気境界条件はNCEP再解析値を用い、また、SSTについてもNCEP解析値を与えた。土壌水分、凍土及び土壌温度の初期値を作成した後、1988年7月31日12Zから1998年12月31日12Zまでの10年5ヶ月間の積分実験を行った。時間積分には、Kida et al. (1991)による波数空間結合(SBC)を用いた。

まず、モデルによって再現された降水の再現性について検証を行った。降水の再現性の良さは、モデルの大気場の再現性の良さを裏付ける。また、地表面における諸過程に大きな影響を与える放射量、土壌水分量などの物理量の再現性の良さに結びつき、地表面でのエネルギー収支、および二酸化炭素収支の再現性の良さに結びつく。

検証は、モデルの境界領域を除く領域を24区画に均等分割し、その各領域平均及び全領域平均の降水量について、1989年1月から1998年12月までの10年間の各年の各月ごとに、CMAP降水量解析値とモデル計算降水量を比較することにより行なった。その結果、モデル南西端域および高緯度域で、モデル降水量がCMAP降水量に比べ少ない傾向があった。一部相関が悪いケース(特に低緯度での多雨期でCMAP降水量の年々変動シグナルが小さい場合など)があるが、モデルは各領域・各月の降水量の年々変動をかなり良く再現していることが分かった。また、モデルは各領域・各月の降水量の10年間の長期トレンドを、非常に良く再現していることが分かった。

(3) BAIM Ver. 2 (BAIM2)の開発

気候モデル用の陸面植生モデルとして開発されたBAIM(Ver. 1)は、陸面-大気間のエネルギー収支、および二酸化炭素収支を再現できるモデルとして開発された。しかし、葉面積指数や、樹高、植物内及び土壌中の蓄積炭素量などは、植生タイプごとに月ごとの定数として与えていた。そのため、蓄積炭素量の変動、植物形態の変動を陽に再現することができていなかった。その欠点を改善し、BAIM(Ver. 1)の植物生態モデルとしての特性をより高めるため、植物内及び土壌中炭素蓄積量をモデル内変数として取り入れたBAIM Ver. 2 (BAIM2)を開発した。

BAIM2の基本的構成は、BAIM(Ver. 1)と変更はないが、炭素蓄積量として、植物の葉、幹、根、リター層、および腐植土層それぞれに蓄積される炭素量を、陽に再現できるものとした。林床植生が仮定される場合には、それぞれの炭素量も見積もられる。各部分の炭素蓄積量は、光合成により獲得された炭素の配分による増加量、呼吸及び落葉・落枝などによる減少量、リター層への蓄積量などの収支を見積もることにより、日単位でその変動が見積もられる。呼吸量やリターの量などは、それぞれの層に蓄積されている炭素量に応じた量として見積もられる。また、葉面積及び樹高は、それぞれの要素に蓄積されている炭素量から見積もられる。それによって、植物の物理的要素の変動が日単位で再現されることになる。また、落葉樹などの物理的要素の季節変化が大きい植生については、その季節変化も再現される。これらの植物の物理的要素の季節変化は、基本的にモデルで再現される温度と土壌水分量によって制御される。

(4) BAIM2を導入した地域気候モデルによる炭素収支コントロール数値実験

BAIM2を組み込んだ地域気候モデルJSM-BAIMにより東アジア域を対象としたコントロール数値実験を実施し、再現されたモデルによる炭素収支の特徴についての解析を行った。本気候モデルにおいては、大気中の二酸化炭素濃度も予報変数としている。よって、BAIM2を本3次元気候モデルに直接組み込むことにより、物理的気象要素及び大気中二酸化炭素濃度の時間的・空間的変動

と、陸面植生の物理的形狀及び植生・土壌内炭素蓄積量の時間的・空間的変動が、各要素間の相互作用を介して一体となったモデル空間としてon-lineで再現できることになる。表1に各植生タイプごとの炭素収支結果の一部を示す。本モデル領域の陸域平均について、植物バイオマス量、土壌蓄積炭素量、GPP、およびNPPの各値は、同じBAIM2を導入した全球気候モデルによるコントロール実験における対応するそれぞれの要素の全球平均値と比べ、約半分の値となったが、各植生タイプごとの、GPPに対するNPPの値の割合は、全球気候モデルによる結果とほぼ同程度となった。本モデルにおけるこれらの値は、モデル領域内の陸域炭素収支の特徴を現していると考えられる。

(5) 近年の東アジア陸域炭素収支変動

BAIM2を導入した地域気候モデルJSM-BAIMを用いて、2000年から2005年の近年6年間における、東アジアにおける植生活動の変動と気候との関係、およびそれに伴う陸域炭素収支変動の特徴について数値実験を行った。気象要素の境界値としては、JRA-25再解析データを与え、SSTおよび海氷データは、HadISSTデータを与えた。表2にモデル領域平均のNPPおよびNEの年々変動(6年平均値からの偏差)を示す。

JSM-BAIMにより再現された2000年から2005年における日本付近の年平均NPPおよびNEPの年々変動の特徴は、本研究参加の生態モデルの一つであるSim-CYCLEにより見積もられた結果と概ね同様の傾向を示した。また、もう一つの研究参加モデルであるTsuBiMoとの比較として、2000年から2002年における東アジア域を対象とした比較を行った結果では、特に2001年の中国大陸東岸での顕著な負偏差の傾向など、地域的な特徴の再現性について概ね一致する結果が得られた。JSM-BAIMによる2000～2005年の6年間でのGPP、NPP、およびNEPのモデル解析領域全体での平均値は、GPP= 11.33 Gt C/year、NPP= 6.65 Gt C/year、NEP= 0.246 Gt C/yearとなった。東アジア域における近年の大気中CO₂濃度の年々変動については、観測地点により若干の変動の違いはあるが、一般的に2001年および2004年の夏における相対的低濃度傾向が特徴的である。JSM-BAIMによる上記数値実験により、観測値に現れたこれらの年々変動の原因について解析を行った。その結果、モデルによる大気中CO₂濃度の年々変動は、観測値の特徴を再現できていることが確認できた。モデルの計算結果の解析により、対流圏下層における地域的な大気中CO₂濃度の年々変動は、地域的な気候条件の年々変動(主に短波放射量の変動)と、それに伴う陸域植生活動の年々変動によりもたらされる大気-陸域炭素収支の年々変動に、密接に関係していることが分かった。

表1 気候モデル JSM-BAIM で再現された東アジア域における植生タイプごとの炭素収支。

1998年8月から1999年7月の期間についての反復計算による値。()内はグリッド数。Vegetation carbon storage (VC: Kg C m^{-2}), Soil carbon storage (SC: Kg C m^{-2}), Gross primary production (GPP: $\text{g C m}^{-2} \text{ year}^{-1}$), Net primary production (NPP: $\text{g C m}^{-2} \text{ year}^{-1}$), Net ecosystem production (NEP: $\text{g C m}^{-2} \text{ year}^{-1}$). Type 6 (C_3 grassland), Type 10 (Tropical seasonal forest), Type 12 (Tropical rain forest), Type 13 (Broadleaf deciduous forest), Type 14 (Mixed forest), Type 15 (Needle leaf evergreen forest), Type 16 (Needle leaf deciduous forest), Type 17 (Polar tundra), Type 18 (C_4 grassland, including savanna type vegetation), Type 19 (Arid semi desert), All (Mean of all vegetation types).

	Type 6(1421)	Type 10(579)	Type 12(25)
VC	0.76	1.99	11.87
SC	11.42	2.82	5.72
GPP	634.2	302.1	1990.9
NPP	422.0	151.4	848.7
NEP	11.5	-14.2	-0.6
	Type 13(219)	Type 14(307)	Type 15(733)
VC	5.79	4.15	5.14
SC	8.51	17.18	29.20
GPP	796.3	710.7	679.5
NPP	385.2	450.7	341.9
NEP	-54.6	-72.2	-57.8
	Type 16(181)	Type 17(530)	Type 18(809)
VC	0.57	0.07	0.53
SC	5.53	4.69	5.62
GPP	148.4	35.8	948.8
NPP	123.7	28.6	484.6
NEP	-10.4	-27.0	-8.4
	Type 19(671)	All	
VC	0.03	2.57	
SC	1.71	7.70	
GPP	52.5	524.9	
NPP	41.3	273.7	
NEP	4.4	-18.6	

表2 気候モデルJSM-BAIMによるモデル領域平均のNPPおよびNEPの年々変動(6年平均値からの偏差)

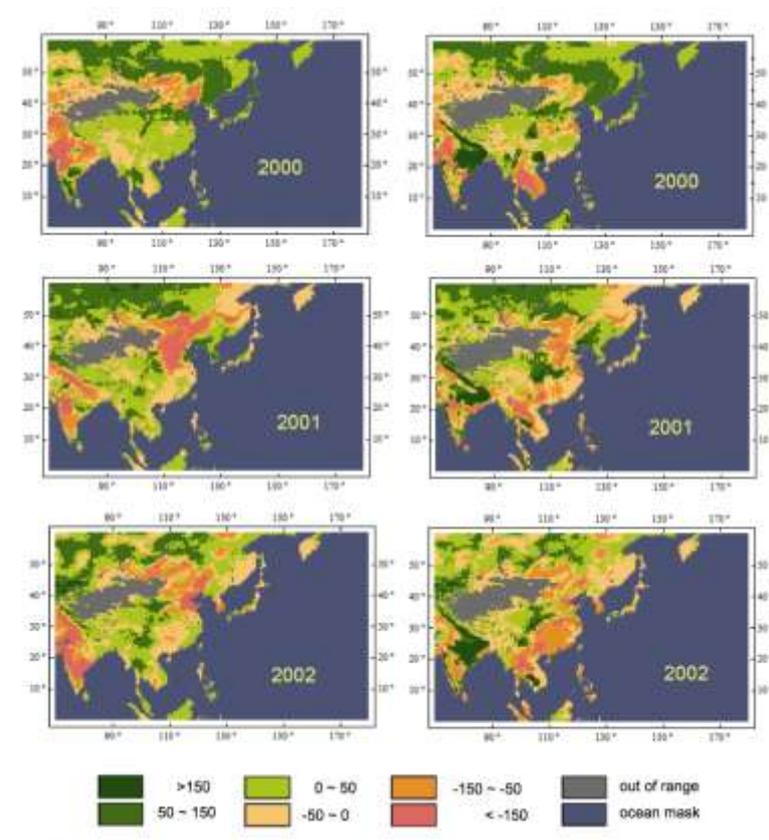
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	6年平均値
NPP(gC/m ² /day)	-0.04	-0.04	0.01	0.04	0.06	-0.03	: 0.81
NEP(gC/m ² /day)	-0.02	-0.03	0.02	0.03	0.04	-0.05	: 0.03

(6) TsuBiMoによるアジア地域のシミュレーション

図2は気象的なNPPの変動は、遠隔地にわたって空間的に同調してはいないことを示している。それにも関わらず、いくつかの地域ではほとんどの格子点で色が緑から赤へ一斉に変わっているのが分かる。その一つが日本海周辺域(Environs of Japan; EOJ)であり、北緯30～50度、東経125～150度の四角で囲まれた範囲である。

EOJの平均NPPは $550 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ と推定され、年によって $500 \sim 600 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ の範囲で変動が見られた(図3)。NEPの変動はNPPとほぼ同じ範囲であり($\pm 50 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$)、NPP変動とある程度の相関があった。NEPが大きく変動した時にはNPPも大きく変動していたが、例外は1998年(NEPは強い負の変動を示したがNPPには有意な変動は見られなかった)と1990年(NPPは強い正の変動を示したがNEPには弱い負の変動が見られた)に見られた。

図2が示すように、NPPとNEPの相関はほとんどの東アジア地域で普通に見られるものであり、南アジア(例: バングラデッシュ周辺)や東南アジア(例: ラオス周辺)とは対照的である。

図2 NPP(左)とNEP(右)の年々変動成分。単位は $\text{g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$

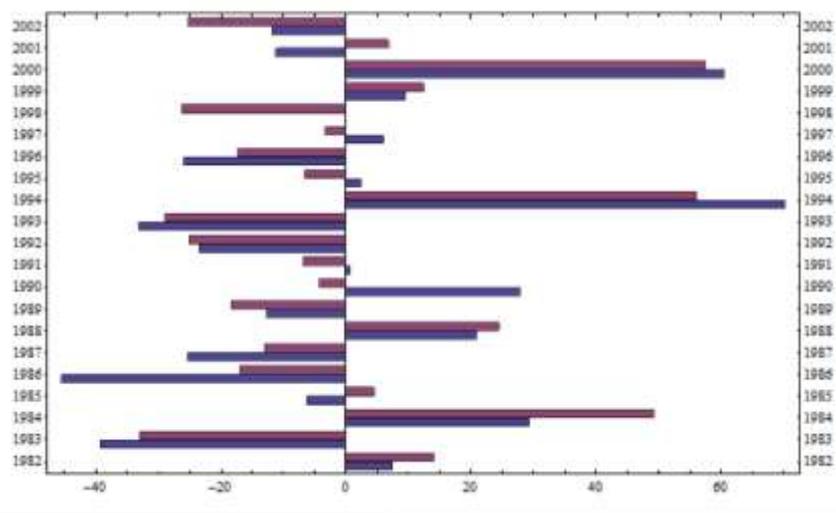


図3 東アジア地域の平均的なNEP(赤)とNPP(青)の年々変動成分。単位は $\text{g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 。東アジア地域は北緯30～50度、東経125～150度で囲まれた範囲(つまり日本海周辺)を指す。

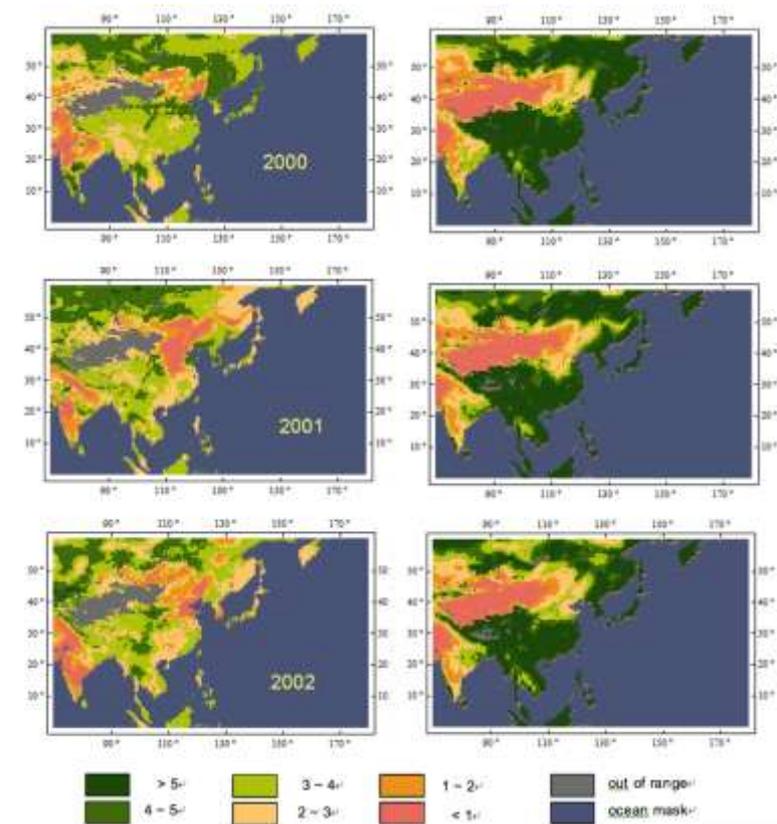


図4 NPPの年々変動成分(左:単位は $\text{g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$)とRFLの変動(右:単位は mm/degree)。凡例はRFL変化のもの。NPP変動は図2を参照のこと。

(7) Sim-CYCLEによる東アジア陸域のシミュレーション

東アジア地域を対象とした高分解能陸域生態系モデルによる炭素収支マッピング

ポスト京都議定書の炭素管理に向けた基礎データとして、陸域生態系モデルを用いた高分解能な炭素収支マッピングを実施した。対象としたのは北緯30～50度、東経125～150度の日本を含めた地域である。先行研究(伊藤、2003)で示唆された、地形・土地利用・土壌・気象条件に起因する不確実性の重要性を考慮して、1kmメッシュという極めて高い空間分解能でマッピングを実施した。従来の数十kmメッシュの推定では県単位の推定値を得ることすら難しかったが、今回の高分解能化により、市町村単位の集計が可能になり、炭素管理の実施に大きく寄与するものと期待される。

マッピングに使用したモデルは、本推進費課題を通じてフィールド観測を最大限に取り入れて開発・改良が行われてきた詳細な炭素循環モデルである。例えば、森林の高木層と下層植生の2層化、土壌有機物の画分などを行うことで生態系内部の炭素動態を詳細に再現することが可能になった。また後述するように、フラックス観測によって検証が重ねられている。このモデルを用いた1kmメッシュのマッピングでは、相当する高分解能な気象・土地被覆・土壌・地形データを使用した。特に、土地被覆データは、国立環境研究所において3種類の衛星観測データから新規作成された、現場情報で検証を経た高精度のものを使用した。なお、モデルの高度化と高空間分解能化によって計算量は大幅に増加したが、海洋研究開発機構への共同委託によって計算機資源を増強することができ、プロジェクト期間内での計算実行が可能になったことを明記しておく。

結果として、2000～2005年の東アジア地域における、植生産力および正味炭素収支に関するマッピングが行われた(図5)。対象地域全体としては、年間0.057Gtの正味吸収を行っていることが示唆された。地域的には、生産力が高い南部でより高い吸収速度を示しており、気象条件の変動を反映して、6年間で相当の経年変動があることも再現された。モデルによる推定結果を、別グループで行われた大気観測とインバースモデルによる推定結果と比較したところ、平均的な吸収規模は同等であったが、経年変動のパターンには若干の違いが見られた。既存データによると、この地域の工業活動によるCO₂放出量は約0.53Gtなので、この地域の陸域生態系は人間活動による放出の10.8%相当を吸収していることになる。同緯度帯にあるヨーロッパ地域でも、類似研究により同等規模の吸収が推定されており、本研究の妥当性が支持されている。ただし、本研究では陸域生態系の攪乱(火災や伐採)履歴や人為的な森林管理は考慮されていないため、全体的に正味吸収を過小評価している可能性がある。この点は今後の課題である。ここで得られたマッピングデータは、適切な検証を終えた時点で、S1プロジェクトのデータサイトから公開される予定である。

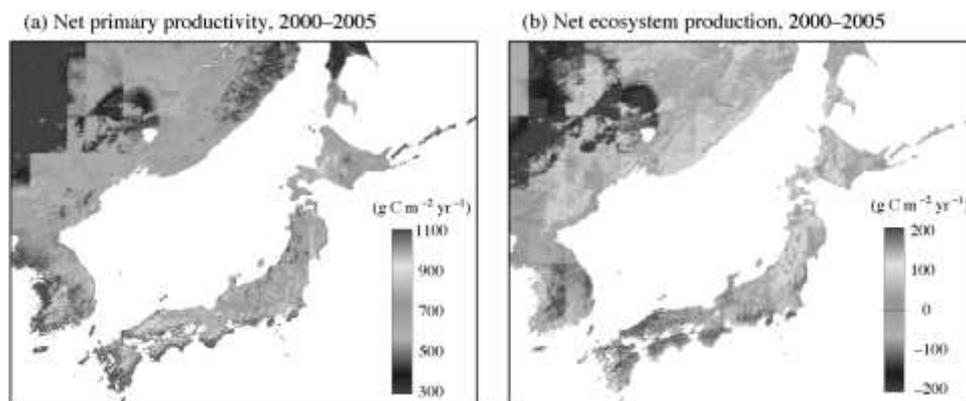


図5 高分解能な陸域生態系炭素循環モデルで推定された2000～2005年の炭素収支

(8) フラックス観測サイトでの検証

陸域生態系の生理生態研究やモデル研究では、生産過程である光合成に関して観測や検証が多く行われており、相対的に消費過程である呼吸に関する研究は少ない。ところが、炭素収支に呼吸は光合成と同等以上の影響を与えることが示唆されており、またフラックス観測でも、夜間の呼吸量の推定は誤差が大きく精度向上が求められている領域とされている。そのため、本研究では生態系モデルで推定される呼吸に焦点を当て、岐阜高山サイトで行われた観測データに基づいて検討を行った。チャンバー法による土壌呼吸と、渦相関法による夜間生態系呼吸のデータと比較することでモデルの推定精度を調べた。土壌呼吸については、季節変化パターンはおおむね再現することができたが、積雪に覆われる冬季の放出量をやや過大評価する傾向があった。夜間呼吸量は、観測データの変動が大きく観測的な問題も示唆されたが、大気の流れが十分に生じている状態では、モデル推定は観測を十分に再現することができた。この成果はIGBP-iLEAPSカンファレンスでポスター発表され、Tellus Series B誌から学術論文(Ito et al., 2007)として発表予定である。

東アジア地域を対象とした陸域生態系モデルによる炭素収支マッピング(4-7)によって得られた結果を、いくつかのS1観測サイトにおけるフラックス観測データと比較することで検証を行った。使用したのは、対象領域に含まれる苫小牧(落葉針葉樹林)、富士吉田(常緑針葉樹林)、桐生(混交林)の各サイトにおける、ギャップフィリングされた日別の正味生態系CO₂交換(NEE)データである(図6)。マッピングから各サイトのデータを抽出して比較した結果、CO₂交換の特徴はモデルでよく再現されていたことが分かった。明らかになった問題点としては、土地利用データと観測サイトで植生タイプの分類が異なっている場合(富士吉田サイト:土地利用データでは混交林)、季節パターンに多少の齟齬が生じることがあった。苫小牧サイトでは、落葉樹林の顕著な季節性は表されていたが、展葉に伴う吸収の発生時期が観測より遅めに起こる傾向があり、葉フェノロジーのパラメータに再調整を行う必要性も示唆された。この研究内容はAsiaFluxワークショップなどでポスター発表が行われ、学術論文として発表準備中である。

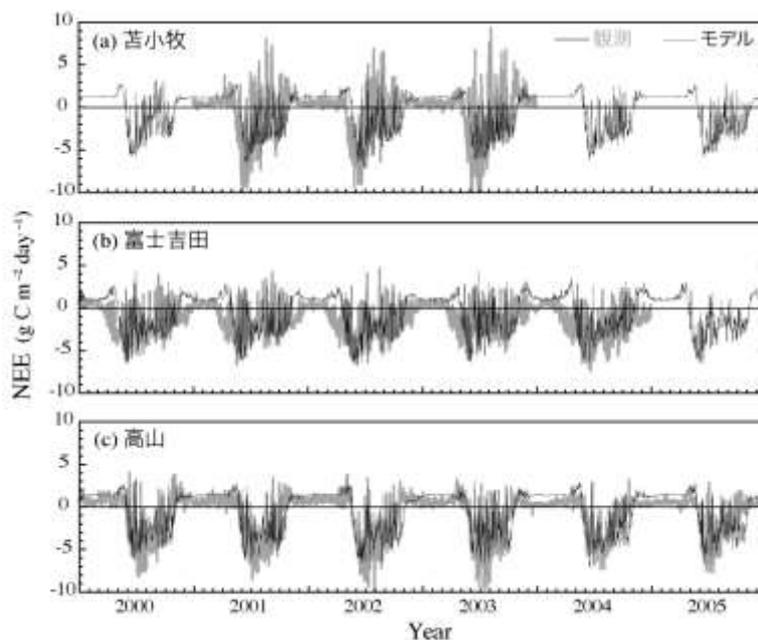


図6 テーマ I 観測サイト (AsiaFluxサイト)におけるフラックス観測とモデル推定との正味CO₂交換の比較。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究により開発された陸面植生モデルBAIM2、およびそれを導入した3次元地域気候モデル(JSM-BAIM)を用いた数値実験の結果の解析等により、東アジアにおける陸域炭素収支システムのメカニズム、および、陸域炭素収支の変動と、気候変動との相互作用のメカニズムに関する新たな知見が得られた。

本研究により開発された植生モデルおよび気候モデルは、地域的な気候変動と炭素循環変動の関係のメカニズムを解明するためのシステムモデルとして、また、陸域生態系による炭素吸収・放出の将来予測モデルとして、非常に有効であると考えられる。

(2) 地球環境政策への貢献

本研究により開発された植生モデルおよび地域気候モデルの活用により、今後の日本域および東アジア域の炭素収支の現状把握および将来予測に貢献できると共に、関連する政策に対する科学的裏付けのための情報を提供することができると考えられる。

6. 引用文献

- 1) Alexandrov GA, Oikawa T, Yamagata Y: *Tellus Series B*, 55, 669-675 (2003)
 “Climate dependence of the CO₂ fertilization effect on terrestrial net primary production”
- 2) Alexandrov G, Yamagata Y: *Climatic Change*, 67, 437-447 (2004)
 “Verification of carbon sink assessment: Can we exclude natural sinks?”

- 3) Alexandrov GA, Yamagata Y, Saigusa N, Oikawa T: Agricultural and Forest Meteorology, 134: 135-142 (2005)
“Re-calibrating TsuBiMo with eddy-covariance measurements at Takayama”
- 4) Mabuchi, K., Y. Sato, H. Kida, N. Saigusa, and T. Oikawa: Papers in Meteorology and Geophysics, 47, 115-140 (1997)
“A Biosphere - Atmosphere Interaction Model (BAIM) and its primary verifications using grassland data”
- 5) Kida, H., T. Koide, H. Sasaki and M. Chiba: J. Meteor. Soc. Japan, 69, 723-728 (1991)
“A new approach for coupling a limited area model to a GCM for regional climate simulations”

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上发表

<論文(査読あり)>

- 1) Mabuchi, K., Y. Sato and H. Kida: Journal of the Meteorological Society of Japan, 80, 621-644 (2002)
“Verification of the Climatic Features of a Regional Climate Model with BAIM”
- 2) Ito, A.: Phytion, 45, 55-59 (2005)
“Developing a new model to simulate net CO₂ exchange at AsiaFlux sites”
- 3) Ito, A., Saigusa, N., Murayama, S. and Yamamoto, S.: Agricultural and Forest Meteorology, 134, 122-134 (2005)
“Modeling of gross and net carbon dioxide exchange over a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Japan: Analysis of seasonal and interannual change”
- 4) Mabuchi, K., Y. Sato, and H. Kida: J. of Climate, 18, 410-428 (2005a)
“Climatic impact of vegetation change in the Asian tropical region Part I: Case of the Northern Hemisphere summer”
- 5) Mabuchi, K., Y. Sato, and H. Kida: J. of Climate, 18, 429-446 (2005b)
“Climatic impact of vegetation change in the Asian tropical region Part II: Case of the Northern Hemisphere winter and impact on the extratropical circulation”
- 6) Ito, A. and Sasai, T.: Tellus, 58B, 513-522 (2006)
“A comparison of simulation results from two terrestrial carbon cycle models using three climate datasets.”
- 7) Ito, A., Muraoka, H., Koizumi, H., Saigusa, N., Murayama, S. and Yamamoto, S.: Ecological Research, 21, 137-149 (2006)
“Seasonal variation in leaf properties and ecosystem carbon budget in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest: simulation analysis at Takayama site,

Japan”

- 8) Alexandrov GA, Yamagata Y: Ecological Modelling, 200, 189-192 (2007)
“A peaked function for modeling temperature dependence of plant productivity”
- 9) Ito, A., Inatomi, M., Mo, W., Lee, M., Koizumi, H., Saigusa, N., Murayama, S. and Yamamoto, S.: Tellus, (2007 in press)
“Examination of model-estimated ecosystem respiration by use of flux measurement data from a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in central Japan”
- 10) Mabuchi, K., H. Kida: In: Voinov, A., Jakeman, A., Rizzoli, A. (eds).: Proceedings of the iEMSs Third Biennial Meeting: “Summit on Environmental Modelling and Software”. International Environmental Modelling and Software Society, Burlington, USA, July 2006. CD-ROM (2006)
“On-line climate model simulation of the global carbon cycle and verification using the in situ observation data”

<その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次: 日本学術会議IGBP/GAIM研究会講演予稿集 (2002)
「アジア域熱帯植生の変動が気候に与える影響に関する数値実験」
- 2) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次: IGBP/GAIM通信, No. 24, 6 (2002)
「アジア域熱帯植生の変動が気候に与える影響に関する数値実験」
- 3) 馬淵和雄: 環境ハンドブック, 76-479 (2002)
「熱帯林の減少-気候への影響-」
- 4) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次: 2002年度日本気象学会秋季大会講演予稿集, 48 (2002)
「地域気候モデル(JSM-BAIM)を用いた数値実験-1997年及び1998年の東アジアの気候-」
- 5) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次: 2003年度日本気象学会春季大会講演予稿集, 48 (2003)
「地域気候モデル(JSM-BAIM)を用いた数値(Ⅱ)-1997年及び1998年の東アジアの気候と植生活動-」
- 6) Mabuchi, K., Y. Sato, and H. Kida: Abstracts of IUGG 2003, Sapporo, Japan, B396 (2003)
“Numerical study of the impact of vegetation changes on climate in Asian tropical region”
- 7) Mabuchi, K., Y. Sato, and H. Kida: Proceedings of International, Conference on Earth System Modeling, 286 (2003)
“Numerical study of the impact of vegetation changes on climate in Asian tropical region”
- 8) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次: 2003年度日本気象学会秋季大会講演予稿集, 116 (2003)
「地域気候モデル(JSM-BAIM)を用いた数値実験(3) -降水再現性に関する検証-」
- 9) 馬淵和雄: 環境省地球環境研究総合推進費平成14年度研究成果報告書(I), 195-196 (2003)
「陸域生態系吸収・放出の近未来予測モデルの開発②」
- 10) 馬淵和雄: 環境省地球環境研究総合推進費平成14年度研究成果報告書(II), 118-124 (2003)
「リモートセンシングを活用したバイオマス計測手法の開発」

- 11) 馬淵和雄：各種陸上生態系における炭素・水・熱フラックスの相互関係の微気象生態学的解析研究成果報告書，47-48（2004）
「植生モデルBAIMを導入した地域気候モデルの降水再現性の検証」
- 12) 馬淵和雄，木田秀次：2004年度日本気象学会秋季大会講演予稿集，119（2004）
「陸面植生モデルBAIM Ver. 2（BAIM2）とそれを組み込んだ地域気候モデルによる予備的数値実験」
- 13) Mabuchi, K., Y. Sato, and H. Kida: Extended abstracts of The 6th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME CD-ROM（2004）
“Climatic impact of vegetation change in the Asian tropical region”
- 14) 馬淵和雄：各種陸上生態系における炭素・水・熱フラックスの相互関係の微気象生態学的解析研究成果報告書，135-139（2005）
「植生モデルBAIMを導入した気候モデルによる数値実験」
- 15) 馬淵和雄、木田秀次：2005年度日本気象学会春季大会講演予稿集，219（2005）
「陸面植生モデルBAIM Ver. 2（BAIM2）とそれを組み込んだ気候モデルによる数値実験（II）」
- 16) Mabuchi, K. and H. Kida: Extended abstracts of The 7th International carbon dioxide conference CD-ROM（2005）
“On-line simulation study of the carbon cycle between land surface and the atmosphere using 3-D. global climate model”
- 17) 馬淵和雄、木田秀次：2005年度日本気象学会秋季大会講演予稿集，124（2005）
「陸面植生モデルBAIM2を組み込んだ全球気候モデルによる炭素循環数値実験」
- 18) 馬淵和雄：第5回名古屋大学地球水循環研究センター公開講演会講演要旨集，32-40（2005）
「全球気候モデルを用いた植生と気候の相互作用に関する数値実験」
- 19) 馬淵和雄、木田秀次：2006年度日本気象学会春季大会講演予稿集，68（2006）
「アジア熱帯域森林植生変動が炭素循環に与える影響について-BAIM2を導入した全球気候モデルによる数値実験-」
- 20) Alexandrov, G. A., D. Chan, M. Chen, K. Gurney, K. Higuchi, A. Ito, C. D. Jones, A. Komarov, K. Mabuchi, D. M. Matross, F. Veroustraete, W. W. Verstraeten: Proceedings of the iEMSs Third Biennial Meeting: “Summit on Environmental Modelling and Software”. International Environmental Modelling and Software Society, Burlington, USA, July 2006. CD-ROM.（2006）
“Model-data fusion in the studies of terrestrial carbon sink”
- 21) 馬淵和雄：環境省地球環境研究総合推進費 S-1 プロジェクトワークショップ講演要旨集，62（2006）
「陸域植生モデル BAIM2 を導入した地域気候モデルによる東アジア域炭素収支数値実験」
- 22) 馬淵和雄、高橋清利、木田秀次：2006年度日本気象学会秋季大会講演要旨集，134（2006）
「近年の東アジア陸域における炭素収支変動の特徴 -BAIM2 を導入した地域気候モデルによる数値実験-」
- 23) Mabuchi, K. and H. Kida: Proceedings of the AGU 2006 Fall Meeting, San Francisco, USA, CD-ROM（2006）

“Numerical experiment of the relationship between the carbon balance and the climate under deforestation conditions in the Asian tropical region”

- 24) 馬淵和雄：環境省地球環境研究総合推進費S-1平成18年度第2回アドバイザーリーボード会合講演要旨集, 15 (2007)

「3次元気候モデルによる炭素循環システムの理解と東アジア陸域炭素収支変動予測」

- 25) 末田達彦、馬淵和雄、鷹尾 元：環境省地球環境研究総合推進費B60平成17年度研究成果-中間成果報告集-, 351-368 (2007)

「リモートセンシングを活用したバイオマス計測手法の開発」

(2) 口頭発表(学会)

- 1) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次：日本学術会議IGBP/GAIM研究会 (2002)

「アジア域熱帯植生の変動が気候に与える影響に関する数値実験」

- 2) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次：2002年度日本気象学会秋季大会 (2002)

「地域気候モデル(JSM-BAIM)を用いた数値実験-1997年及び1998年の東アジアの気候」

- 3) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次：筑波大学科研費研究会 (2002)

「地域気候モデル(JSM-BAIM)を用いた数値実験」

- 4) 馬淵和雄：京都大学理学研究科セミナー (2002)

「地球のエネルギー収支と陸面植生」

- 5) 馬淵和雄：黄河研究会 (2002)

「JSM-BAIMを使った黄河領域の1997-98年の特徴」

- 6) 伊藤 昭彦：日本気象学会秋季大会 (2003)

「生態系モデルを用いた冷温帯落葉広葉樹林におけるCO₂収支のシミュレーション」

- 7) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次：2003年度日本気象学会春季大会 (2003)

「地域気候モデル(JSM-BAIM)を用いた数値(II)-1997年及び1998年の東アジアの気候と植生活動-」

- 8) Sato, Y., K. Mabuchi, S. Kadokura, and H. Kato: Conference on Regional Climate Modeling, Trieste, Italy (2003)

“Simulations of East Asia summer monsoon climate in 1997 and 1998 using two regional climate models: MRI-JSM-BAIM and CRIEPI RegCM3”

- 9) Mabuchi, K., Y. Sato, and H. Kida: IUGG 2003, Sapporo, Japan (2003)

“Numerical study of the impact of vegetation changes on climate in Asian tropical region”

- 10) Mabuchi, K., Y. Sato, and H. Kida: International, Conference on Earth System Modeling, 286 (2003)

“Numerical study of the impact of vegetation changes on climate in Asian tropical region”

- 11) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次：筑波大学科研費研究会 (2003)

「植生モデルBAIMを導入した地域気候モデルの降水再現性の検証」

- 12) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次：2003年度日本気象学会秋季大会 (2003)

- 「地域気候モデル(JSM-BAIM)を用いた数値実験(3)-降水再現性に関する検証-
- 13) 馬淵和雄：気象庁環境気象課セミナー（2003）
「陸面植生モデルBAIMを導入した気候モデルによるCO₂循環実験」
- 14) 馬淵和雄：CREST「熱帯モンスーンアジアにおける降水変動が熱帯林の水循環・生態系に与える影響」全体会議（2003）
「BAIMを導入した気候モデルによる数値実験計画概要」
- 15) Ito A: The 6th International Symposium on Plant Responses to Air Pollution and Global Changes（2004）
“Developing a new model to simulate net CO₂ exchange at AsiaFlux sites”
- 16) Ito A: Regional Carbon Budgets: from methodologies to quantification（2004）
“Modeling carbon cycle and CO₂ flux of a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in central Japan”
- 17) Ito A: The FLUXNET 2004 Open Workshop, Celebrating 10 years since La Thuile and Planning for the Future（2004）
“Modeling carbon cycle and CO₂ flux at AsiaFlux sites”
- 18) 馬淵和雄, 木田秀次：2004年度日本気象学会秋季大会（2004）
「陸面植生モデルBAIM Ver. 2 (BAIM2) とそれを組み込んだ地域気候モデルによる予備的数値実験」
- 19) 馬淵和雄：筑波大学科研費研究成果発表会（2004）
「陸面植生モデルBAIM Ver. 2 (BAIM2) とそれを導入した気候モデルによる予備的数値実験」
- 20) Mabuchi, K., Y. Sato, and H. Kida: The 6th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME（2004）
“Climatic impact of vegetation change in the Asian tropical region”
- 21) 馬淵和雄：CREST「熱帯モンスーンアジアにおける降水変動が熱帯林の水循環・生態系に与える影響」全体会議（2004）
「BAIMを導入した気候モデルによる数値実験」
- 22) 伊藤 昭彦、村岡裕之、小泉博、三枝信子、村山昌平、山本晋：日本生態学会2005年大会（2005）
「個葉光合成特性の季節変化を考慮したモデルによる大気-森林CO₂交換のシミュレーション」
- 23) Ito A, H. Muraoka, H. Koizumi, N. Saigusa, S. Murayama, and S. Yamamoto: 3rd AsiaFlux Workshop. 2005年8月25日(富士吉田)（2005）
“Seasonal variation in leaf properties and ecosystem carbon budget in a cool-temperate deciduous broad-leaf forest: simulation analysis at Takayama site, Japan”
- 24) Ito A, Sasai T: The 7th International Conference of Carbon Dioxide（2005）
“Cross-comparison of the decadal trends in carbon budget of terrestrial ecosystems estimated by different models and climate datasets”
- 25) 馬淵和雄：環境省B60アドバイザーボード会合（2005）
「Biosphere-Atmosphere Interaction Model (BAIM)」
- 26) 馬淵和雄：環境省S-1アドバイザーボード会合（2005）

- 「陸面植生モデルBAIMを組み込んだ3次元気候モデルによる炭素循環数値実験」
- 27) 馬淵和雄, 佐藤康雄, 木田秀次: 気候植生フォーラム (2005)
「アジア域熱帯林変動が気候に及ぼす影響について」
- 28) 馬淵和雄, 木田秀次: 2005年度日本気象学会春季大会 (2005)
「陸面植生モデルBAIM Ver. 2 (BAIM2) とそれを組み込んだ気候モデルによる数値実験 (II)」
- 29) 馬淵和雄: 環境省S-1課題統合化に向けた第1回目会合 (2005)
「陸面植生モデルBAIM Ver. 2 (BAIM2) とそれを導入した3次元地域気候モデルによる数値実験」
- 30) 馬淵和雄: ポストGAME計画立案のための国内ワークショップ (2005)
「陸面モデルBAIM2を組み込んだ3次元気候モデルによるアジアモンスーン域大気-陸面相互作用・水循環システムの解明」
- 31) Mabuchi, K. and H. Kida: The 7th International carbon dioxide conference (2005)
“On-line simulation study of the carbon cycle between land surface and the atmosphere using 3-D. global climate model”
- 32) 馬淵和雄: 環境省S-1研究テーマ1総合的解析会議 (2005)
「炭素循環システムの理解とそれによる将来予測に向けて、3次元モデルにできることは？」
- 33) 馬淵和雄: 環境省B60平成17年度第1回アドバイザーボード会合 (2005)
「3次元気候モデルによる炭素循環システムの理解と陸域バイオマス評価」
- 34) 馬淵和雄, 木田秀次: 炭素循環および温室効果ガス観測ワークショップ (2005)
「炭素循環システムの理解に向けた植生-大気on-line結合3次元気候モデルの開発」
- 35) 馬淵和雄, 木田秀次: 2005年度日本気象学会秋季大会 (2005)
「陸面植生モデルBAIM2を組み込んだ全球気候モデルによる炭素循環数値実験」
- 36) 馬淵和雄: 第5回名古屋大学地球水循環研究センター公開講演会 (2005)
「全球気候モデルを用いた植生と気候の相互作用に関する数値実験」
- 37) 馬淵和雄: 京都大学理学部セミナー (2005)
「植生モデルBAIM2を導入した気候モデルによる炭素循環実験」
- 38) Ito, A., M. Inatomi, N. Saigusa, H. Koizumi, S. Yamamoto, T. Oikawa: European Geosciences Union, Vienna. April 5 (2006)
“Model simulation of the atmosphere-plant-soil carbon exchange at AsiaFlux sites”
- 39) Ito, A: International Conference of Regional Carbon Budget, Beijing. August 16-18 (2006)
“Evaluation of Asian carbon budget by integrated program of observation and modeling”
- 40) 伊藤: 環境省地球環境総合研究推進費戦略プロジェクトワークショップ: システムアプローチで見てきた東アジア陸域生態系の炭素動態, 東京, October 14 (2006)
「陸域生態系モデルによる東アジアにおける炭素動態」
- 41) Ito, A: Earth System Science Partnership Open Science Conference, Beijing. November 9-11 (2006)
“Evaluation of the carbon budget of terrestrial ecosystems in Asia by use of a process-based model”

- 42) Ito, A.: AsiaFlux Workshop2006, Chiang Mai. November 30 (2006)
“Model validation of net ecosystem CO₂ exchange at AsiaFlux sites: Toward carbon budget in East Asia”
- 43) 馬淵和雄：環境省S-1プロジェクト平成17年度第2回アドバイザー会合 (2006)
「陸面植生モデルBAIM2を導入した炭素循環気候モデル-S1プロジェクト最終年度に向けて」
- 44) 馬淵和雄：筑波大学 S1 プロジェクト研究会 (2006)
「陸面植生モデル BAIM2 を導入した炭素循環気候モデル」
- 45) 馬淵和雄：環境省 B60 アドバイザリーボード会合 (2006)
「3次元気候モデルによる炭素循環システムの理解と陸域バイオマス評価」
- 46) 馬淵和雄、木田秀次：2006年度日本気象学会春季大会 (2006)
「アジア熱帯域森林植生変動が炭素循環に与える影響について-BAIM2を導入した全球気候モデルによる数値実験」
- 47) 馬淵和雄：「環境物理学-先端境界領域の創出へ向けて」研究会 (2006)
「物理気候モデルへの陸域生態システムの導入とそれによる圏間相互作用研究」
- 48) 馬淵和雄：筑波大学 S1 プロジェクト研究会 (2006)
「地域気候モデル JSM-BAIM のモデル領域における JRA-25 再解析データの年々変動の特徴」
- 49) Mabuchi, K. and H. Kida: Third Biennial Meeting of International Environmental Modelling and Software Society (2006)
“On-line climate model simulation of the global carbon cycle and verification using the in situ observation data”
- 50) 馬淵和雄：環境省 S-1 プロジェクトワークショップ (2006)
「陸域植生モデル BAIM2 を導入した地域気候モデルによる東アジア域炭素収支数値実験」
- 51) 馬淵和雄、高橋清利、木田秀次：2006年度日本気象学会秋季大会 (2006)
「近年の東アジア陸域における炭素収支変動の特徴-BAIM2を導入した地域気候モデルによる数値実験」
- 52) 馬淵和雄：環境省 B60 平成18年度第1回アドバイザーボード会合 (2006)
「3次元気候モデルによる炭素循環システムの理解と陸域バイオマス評価」
- 53) Mabuchi, K. and H. Kida: The AGU 2006 Fall Meeting (2006)
“Numerical experiment of the relationship between the carbon balance and the climate under deforestation conditions in the Asian tropical region”
- 54) 馬淵和雄：CREST 研究「熱帯モンスーンアジアにおける降水変動が熱帯林の水循環・生態系に与える影響」全体会議 (2006)
「アジア熱帯域における森林減少が地域的気候および炭素循環に及ぼす影響に関する数値実験」
- 55) Ito, A. Y. Yamagata, T. Oikawa: 4th EU-Japan Workshop on Climate Change Research, Brussels. March 12 (2007)
“Evaluation of carbon budget in East Asia: GERP-S1 Project”
- 56) 馬淵和雄：環境省S-1平成18年度第2回アドバイザーボード会合 (2007)

「3次元気候モデルによる炭素循環システムの理解と東アジア陸域炭素収支変動予測」

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催(主催のもの)

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

なし