

モンゴル半乾燥草原における生態系 CO₂ 交換量の年々変動の推定 Interannual variation in ecosystem CO₂ exchanges in a semiarid grassland of Mongolia

中野 智子¹, 篠田 雅人^{2*}

Tomoko Nakano¹, Masato Shinoda^{2*}

¹ 中央大学経済学部, ² 鳥取大学乾燥地研究センター

¹Faculty of Economics, Chuo University, ²Arid Land Research Center, Tottori University

陸域生態系における光合成・呼吸のプロセスは、温度や水分条件、植物のバイオマスといった様々な環境要素の影響を受ける。特に、アジアにおいて広い面積をしめる乾燥・半乾燥地では、干ばつの発生など年々の気候変化が激しく、それに伴い草原生態系は CO₂ のソースにもシンクにもなり得ることが予想される。本研究では、半乾燥草原生態系における CO₂ 収支の年々変動を推定し、その変動要因について検討することを目的とする。

本研究の対象地は、モンゴル国中央部の半乾燥草原である。バヤンオンジュル村近郊の草原 (47°02.6'N, 105°57.1'E) において、密閉式チャンパー法を用いた CO₂ フラックスの測定を 2004~2006 年および 2009~2011 年に実施し、またこれに加えて 2008 年からは渦相関法による CO₂ フラックスの測定を行ってきた。密閉式チャンパー法では、透明なチャンパーと遮光したチャンパーとを用いることにより、光合成速度 (GPP) と生態系呼吸速度 (Reco) を分離して測定することができる。CO₂ フラックスの測定と併せて、気温・飽差・放射量などの気象要素や地温・土壌水分量・植物地上部バイオマスといった環境要素の測定を行い、これらの要素によって GPP および Reco がどのようにコントロールされているのか検討した。その結果に基づき、気温・飽差・光合成有効放射量・土壌水分量・植物地上部バイオマスから GPP を、また地温・土壌水分量・植物地上部バイオマスから Reco を推定する経験モデルを構築した。バヤンオンジュル村草原観測地で 30 分毎に自動記録された気象・土壌データ、および MODIS の NDVI から推定した地上部バイオマスのデータを本モデルに入力し、30 分毎の GPP、Reco を算出し、またそれらの差として正味の生態系 CO₂ 交換量 (NEE) を推定した。モデルによる推定値と渦相関法による測定値とを比較したところ、本モデルは十分な精度で NEE を推定できることが示された。2007 年から 2011 年について植物成長期 (5 月~9 月) の積算 NEE を算出したところ、その値は -42~34 g C m⁻² (マイナスの値は CO₂ 吸収、プラスは CO₂ 放出を表す) の間を変動した。この結果から気候・環境条件によっては、植物成長期においても生態系が CO₂ のソースとなり得る可能性が示唆された。

キーワード: 炭素循環, 光合成, 生態系呼吸, 半乾燥草原, モンゴル

Keywords: carbon cycle, photosynthesis, ecosystem respiration, semiarid grassland, Mongolia

インドネシア・カリマンタン島における近年の活発な泥炭火災の状況 Recent Active Peat Fire Situation in Kalimantan, Indonesia

早坂 洋史^{1*}, ニナ ユリアンティ¹
Hiroshi Hayasaka^{1*}, Nina Yulianti¹

¹ 北海道大学工学研究院

¹ Graduate School of Hokkaido University

インドネシアのカリマンタン島では、2000年代になってから、泥炭火災が活発化している。この状況をMODISのホットスポットデータを使って解析すると共に、泥炭火災が活発化する気象条件を調べた。解析結果から、カリマンタン中部で行われた大規模開発のメガ・ライス・プロジェクト(MRP、百万トン稲作計画)は、大規模に熱帯湿地林を破壊したばかりでなく、総延長4000kmにも及ぶ灌漑路(結果的には排水路)が、この地帯の泥炭の乾燥化を促進した結果、乾期に泥炭火災が活発化していることが明らかになった。

本研究で使ったデータは、最近10年間(2002?2011年)MODISホットスポット(火災)データとパランカラヤ(中部カリマンタン)とボンティアナク(西部カリマンタン)の日降雨量データで、季節によるカリマンタンでの火災発生傾向と火災分布、乾期やEl Nino条件下の干魃傾向を解析した。ほとんどのデータは季節・空間の出火を分析するために10日間毎のデータ(これにより8月上旬、中旬などの季節を明確にできる)を基に計算した。火災の激しい年(すなわち2002年、2004年、2006年および2009年)は、El Nino条件下であり、これらの年の火災や干魃の季節毎の発生状況および火災地域分布の結果は以下のとおりである。

2006年10月中旬に、最も激しい火災が、パランカラヤとボンティアナクの両方で最も乾燥した条件の下で発生した。

2002年の火災は、2番目に激しく、2番目に乾燥した条件の下で生じた。

2009年9月後半に、MRP地域とその近辺での最も激しい火災は、パランカラヤのみが最も乾燥した条件下で発生した。

2004年は、7月の降雨により干魃の始まりが遅れたものの、4番目に激しい火災年となった。

中部カリマンタンのこの過去4年間の火災活動は、西のカリマンタンよりも激しかった。この理由は、両方の場所での泥炭の異なる乾燥した条件によって説明される。西カリマンタンでは、より短い期間の乾期(2/3ヶ月)での泥炭状況(乾燥度合い)と比較して、東カリマンタンの泥炭は比較的長い乾期(およそ3ヶ月)下で、泥炭は、より乾燥した状態となることができる、ためと言える。

さらに、2006年10月中旬の最も激しい火災分図は、火災のほとんどが、カリマンタン島の南海岸の西から中央カリマンタンに広がる、主としてPEAT地帯上で起こった事を示し、この分布の形からカリマンタンの“ファイアー・ベルト”と呼べる。2009年8月上旬に起こった典型的な西カリマンタン火災は西カリマンタンの乾期と一致した。また、典型的な乾期前の警告火災が2009年に6月下旬に起こった事も分かった。また、ほとんどの火災が西カリマンタンと中部カリマンタンのPEAT地帯上で起こったこともわかった。

以上の結果から、MRPが気候上の観点からも、カリマンタンの最悪の地域で実施されたと言える。

キーワード: PEAT火災, ホットスポット, 乾期, カリマンタン, MRP

Keywords: peat fire, hotspot, dry season, Kalimantan, MRP

温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT による植生の観測 Observation of vegetation by GOSAT

菊地 信弘^{1*}, 吉田 幸生¹, 内野 修¹, 森野 勇¹, 横田 達也¹Nobuhiro Kikuchi^{1*}, Yukio Yoshida¹, Osamu Uchino¹, Isamu Morino¹, Tatsuya Yokota¹¹ 国立環境研究所¹National Institute for Environmental Studies

温室効果ガスの観測に特化した世界初の人工衛星である温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)は、2009年1月の打ち上げ後、4年以上にわたって順調にデータを取得し続けている。GOSATに主センサーとして搭載されているフーリエ変換分光器 TANSO-FTS は、主要な温室効果ガスである二酸化炭素とメタンの気柱量を測定するためのバンドに加えて、酸素 A バンドの吸収帯である波長 0.76 ミクロンにもバンドを備えている。TANSO-FTS に酸素 A バンドの観測波長帯を持つ目的は、酸素(あるいは乾燥空気)の気柱量すなわち地表面気圧を測定することと、雲やエアロゾルが温室効果ガスの測定に与える影響を補正するための情報を取得することである。最近になって、TANSO-FTS が観測する酸素 A バンド吸収帯が、植物の発するクロロフィル蛍光の検出に利用できることが示され(Joiner et al. 2011, Frankenberg et al. 2011)、GOSAT 観測データの科学利用目的が拡大しつつある。

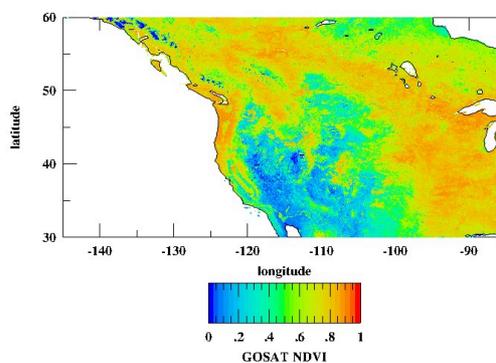
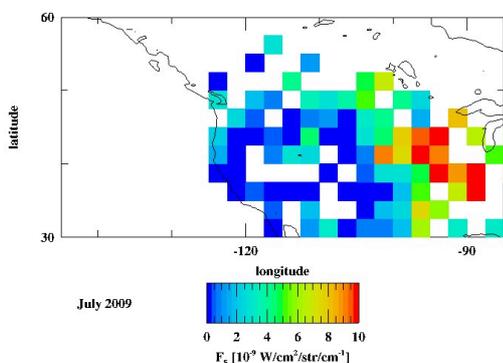
酸素 A バンドにおけるクロロフィル蛍光は、強い場合には衛星到達輝度の数パーセントに達する場合があります、これを無視すると二酸化炭素のカラム平均濃度(二酸化炭素の気柱量を乾燥空気の気柱量で除した量)に最大 2ppm 程度の正のバイアス誤差を観測領域・季節に依存して生じる可能性がある。温室効果ガス濃度の導出値に領域や季節に依存するバイアス誤差が存在すると、GOSAT プロジェクトの科学目的である温室効果ガスの吸収・排出量の推定精度が下がる。そのため、我々はクロロフィル蛍光と温室効果ガス濃度を同時推定するアルゴリズムを開発している。図(左)は、2009年7月における北アメリカのクロロフィル蛍光強度を 2.5 度グリッドで月平均した値を示している。TANSO-FTS 視野内に雲がある場合は解析値が得られないため、クロロフィル蛍光強度が導出されないグリッドも存在するが、北アメリカの東側と西側の植生の違いを反映してクロロフィル蛍光強度が分布していることが認められる。

GOSAT は補助センサーとして TANSO-CAI (雲・エアロゾルセンサ) を搭載している。TANSO-CAI の主な役割は、FTS の観測視野内の雲の検出と、エアロゾルの影響を補正するための情報を取得することで、更に正規化植生指数 (NDVI) も算出している。図(右)に図(左)と同じ領域・時期の NDVI を例示する。

このように、GOSAT は温室効果ガス濃度のみだけでなく、クロロフィル蛍光と NDVI という植生に関わる情報も取得・解析している。NDVI は GOSAT の標準プロダクトとして一般にも提供されている。GOSAT は打ち上げ後 4 年を経過したが、その後継機や諸外国による類似の衛星観測も計画されており、今後も同種のデータが長期にわたって継続的に取得されることが期待される。このようなデータの利用が植生モデルに関する研究に役立つ可能性がある。

キーワード: クロロフィル蛍光, 植生指数

Keywords: chlorophyll fluorescence, vegetation index



アロケーション比を基にした陸域生態系モデルの多変量最適化 Allocation based robust methodology for simultaneous reproduction of carbon fluxes, LAI, and forest biomass

近藤 雅征^{1*}, 市井 和仁¹, 植山 雅仁², 溝口 康子³, 平田 竜一⁴, 三枝 信子⁴

Masayuki Kondo^{1*}, Kazuhito Ichii¹, Masahito Ueyama², Yasuko Mizoguchi³, Ryuichi Hirata⁴, Nobuko Saigusa⁴

¹ 福島大学 共生システム理工学類, ² 大阪府立大学 生命環境科学研究科, ³ 森林総合研究所 北海道支所, ⁴ 国立環境研究所

¹Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, ²Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University, ³Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, ⁴National Institute for Environmental Studies

陸域炭素フラックス・蓄積量は、干ばつ、台風、火災、林齢、土壌・植生タイプなど、多くの気候・生態系要素に影響される。それらの定量化には個々の影響要素を複合的に考慮することが必要であり、複雑なプロセスを伴う。この複雑なプロセスに、任意の仮定、理論、経験式など加味し、一律化したものが生態系モデルであり、炭素フラックス・蓄積量の見積りに利用されている。しかし、今日までに提唱された数々の生態系モデルには、未だ、モデル間のばらつきが大きい。現状の精度では多くの場合、パラメータの調節無しでは地上観測との整合性をとることが困難である。

より精度の高い炭素フラックス・蓄積量の見積りにはパラメータ調節は必要であるが、調整が偏ると不都合が生じる場合がある。例えば、炭素フラックスに偏った調整が施された場合、バイオマスや土壌炭素量の見積りには観測とかけ離れるケースが多く、また、その逆も然りである。よって、生態系モデルは個々の項目に偏ることなく、数項目を同時に再現するようなパラメータ値を確立することが今後の課題となっている。

前研究の例では、地上観測サイトの観測項目（炭素フラックス、バイオマス、リターフォール、土壌炭素など）に対して、数段階において数種のパラメータを変動させ最適なモデルパラメータを決定するというものであった。このような数あるモデルパラメータを無作為に最適化する手法は、計算コストが非常に高く、全球での適用は困難である。従って、シンプルかつ、他モデルにも適用可能な最適化手法が望まれる。本研究では、無作為な最適化ではなく、ある基盤となるパラメータを基にした新たな最適化手法の確立を試みた。

本研究の目的のために、基盤となるパラメータは以下の必要条件を満たさなければならない。(1) 炭素フラックスと蓄積量の双方に強い感度を持つこと。(2) 他の生態系モデルにも共通な森林生態学における基盤のパラメータであること。これらの条件を満たすパラメータはアロケーション比であると考えられる。まず、アロケーション比は純一次生産として蓄えた炭素量の林木への配分をコントロールすることからバイオマスへの影響は多大である。さらに、林木内では幹から根へのアロケーション比がおおよそ地上部・地下部バイオマス比に対応する。また、残余は葉の炭素量、また枯葉となるが、それぞれ総一次生産量と生態系呼吸量に強く相関がある。従って、葉の炭素量（または Leaf Area Index (LAI)）、総一次生産量、生態系呼吸量、地上部・地下部バイオマスの再現が、適切なアロケーション比の値を設定することによって可能であると考えられる。

これらの背景を踏まえ、本研究は Biome-BGC モデルを用い、Asiaflux ネットワークから選出した 4 サイトでアロケーション比を基盤とする最適化実験を行った。最適化対象となる項目は、LAI、総一次生産、地上部・地下部バイオマスとした。生態系呼吸は総一次生産との高い相関から直接の最適化対象とはしなかった。幹・根、細根・葉、幹・葉の 3 つのアロケーション比の変化に対する、モデル - 観測の差の応答分布を明示した。これにより、どのようなアロケーション比の組み合わせが対象項目を同時に再現しうるか判定した。結果として、モデル - 観測の差が小さいアロケーション比の組み合わせは、総一次生産で最も多く、次いで、LAI、バイオマスとなった。全ての項目を再現しうる組み合わせは、総一次生産を再現しうる組み合わせに対し 4%、同様に LAI、バイオマスを再現しうる組み合わせに対し、其々、8%、10%であった。従って、全ての項目を精度良く再現する確率は、任意に総一次生産に対してアロケーション比の調整を試みた場合に最も低く、バイオマスに対して調整を試みた場合が最も高いことがわかった。しかし、いずれにしても最大 10% の確率は非常に低く、パラメータ調整・最適化は単独の項目に特化するべきではないと言える。本研究から、Biome-BGC モデルでは LAI、総一次生産、バイオマスを再現しうる適切なアロケーション比の値が存在することが分かった。同様の手法・解析により、他のモデルでもこれらの項目を再現できうる適切なアロケーション比の値が存在するのかが検証する必要がある。また、存在するとすれば、それらのアロケーション比の値をモデル間で比較することも必要である。

謝辞：

本研究は、環境省 環境研究総合推進費「衛星データを複合利用したモデル データ融合による陸域炭素循環モデルの高精度化」(RFa-1201) により実施された。

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



ACG37-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月21日 18:15-19:30

キーワード: 最適化手法, アロケーション, 陸域生態系モデル, 炭素フラックス, バイオマス
Keywords: optimization, allocation, terrestrial ecosystem model, carbon fluxes, biomass

アフリカ大陸における動的全球植生モデルを用いた降水量と気温の周期変動による火災からの炭素放出量の変化 Change in the carbon emission from wild fire to the periodic variation of precipitation and temperature over Africa

石井 翔太^{1*}, 佐藤 永², 山崎 剛¹
Ishii Shota^{1*}, Hisashi Sato², Takeshi Yamazaki¹

¹ 東北大院・理, ² 名大院・環境

¹Tohoku Univ, ²Nagoya Univ

1 はじめに

アフリカ半乾燥地帯において山火事は高い頻度で発生するが、これは植生の構造、動態、そして分布を強く規定するとともに、大量の炭素性エアロゾルを大気中に放出させている。大気中に放出された炭素性エアロゾルは、短波放射強度を変化させることで、気候システムに影響を与えることができる。このアフリカ半乾燥地帯における山火事は、毎年発生することで炭素性エアロゾルを放出しているが、その放出量の年々変動幅は大きい。火災の発生頻度と炭素放出量は植物の生産性の変動に左右され、その植生の生産性は気候変動パターンに対する依存度が高い。これまでに動的全球植生モデルを用いて、降水量の増減に対する火災からの炭素放出量の変動パターンについて推定されている。しかし、アフリカ大陸では大西洋やインド洋の周期変化する海面温度パターンにより、年降水量も周期的に変化することが知られている。またアフリカの植生は降水量だけでなく気温変化に対しても敏感に応答するため、降水量に着目するだけでは不十分である。我々の目的は、このアフリカ大陸における年降水量と年平均気温が周期変動することによる火災からの炭素放出量の変化率、およびそのような変化が生じた原因を明らかにすることである。

2 実験方法

本研究では、Sato et al., (2007) の動的全球植生モデル SEIB-DGVM (Spatially Explicit Individual Base Dynamic Global Vegetation Model) を用いて、年降水量と年平均気温が周期変動することによる火災からの炭素放出量の変化を評価する。このモデルは木本を個体ベースで扱い、林分の空間構造を明示的に扱うことで、各木本個体の光環境を個別にシミュレートできる。火災の強度は燃料荷重、燃料の水分量、風速などから見積もられる。また火災が発生した際の樹木の死亡率は、個々の樹高を考慮して計算される。対象地域はアフリカ大陸 (37 °N-34 °S, 17 °W-59 °S) である。モデルに入力するデータセットは NCEP/NCAR の毎日の再解析データを使用するが、気温と降水量は観測ベースの Climatic Research Unit の毎月の気温と降水量データに合わせるように補正した。実験として、以下の3つを行った。まずコントロール実験として 1982-2009 年の気候パターンを繰り返し、2000 年間のスピニングの後、1997-2009 年における 13 年間のシミュレーションを実行した。次に 1982-2009 年の年降水量、年平均気温の平均値を気候データセットとして用いる実験、さらに標準偏差に基づいて周期変化させた気候データセットを用いる実験を行なった。

3 結果と考察

3-1. コントロール実験：シミュレーションは GFED v3 の衛星観測データにおける火災からの年炭素放出量の空間分布とよく一致した。しかし、シミュレーションにおけるアフリカの北半球側と南半球側のそれぞれの炭素放出量の領域平均値は観測値よりも過大に評価した。バイオマスを過大に推定したことが一因として考えられる。

3-2. 年降水量と年平均気温に周期変動がない場合：年炭素放出量はアフリカの北半球側において減少、また南半球側において増加した。極端な旱魃や高温が無くなることにより樹木の死亡リスクが低減した結果、バイオマスと樹木の被覆率の増加が原因である。アフリカの北半球側においては樹木の被覆度の増加による火災の発生確率の低減、南半球側においては草本の割合が高いためにバイオマスの増加によって年炭素放出量が増加したと考えられる。

3-3. 年降水量と年平均気温に 6, 10, 20 年周期変動がある場合：周期変動がない場合に対して、気温よりも降水量の周期変動による年炭素放出量の変化率が大きく、特に北半球側において周期が短くなるほど年炭素放出量が増加する傾向であった。年炭素放出量は位相に対しても依存度が高く、長周期ほど位相による違いが明白であった。降水量の周期変動がないときの北半球側の樹木の被覆度は、周期変動があるときと比較して低い値を示しており、その結果として相対的に火災の発生確率が高くなり、年炭素放出量が増加したと考えられる。

4 まとめ

現在の火災からの炭素放出量は気候（特に降水量）の周期変動による影響が強く、アフリカの北半球側において降水量の短周期変動による樹木被覆度の変化から炭素放出量への影響が強かった。また、長周期ほど位相による年炭素放出量の増減幅に顕著な違いがあることを示した。

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



ACG37-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月21日 18:15-19:30

キーワード: DGVM, 炭素放出, 火災, アフリカ

Keywords: DGVM, carbon emission, fire, Africa

熱帯雨林の物質生産と生態系機能における気候変動に伴う干ばつのインパクト Impact of drought due to climate change on dry matter production and ecosystem function in tropical rain forests

藤井 新次郎^{1*}, 佐藤 永², 熊谷 朝臣¹
Shinjiro Fujii^{1*}, Hisashi Sato², Tomo'omi Kumagai¹

¹ 名古屋大学・地球水循環研究センター, ² 名古屋大学大学院・環境学研究科

¹Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, ²Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

1980年代頃から世界各地でエルニーニョ・南方振動に起因する気候変動に伴う干ばつによる樹木の一斉枯死が報告されている。熱帯域は強い太陽放射を受けるため、熱帯域の植生は炭素固定、水循環、さらには気候形成に対して強いフィードバック効果を持つ。また、熱帯林は地球の陸地面積の7-10%をカバーし陸上植生の40-50%の炭素を貯蔵しており、炭素を貯蔵する巨大な炭素シンクとして重要な生態系である。熱帯林のように多様な種で構成される生物群集では、物理環境の変化に対する反応は作用する機能群によりその影響は異なる。生物群集の中で重要な役割を果たしている特定の機能群の動態の変化は、熱帯林全体の構造や生態系機能に大きな影響を及ぼす可能性がある。これまで気候変動に伴う干ばつに対する植生の応答についてのモデル研究は行われてきたが、ほとんどモデルは枯死過程における生理生態学的なプロセスを考慮しておらず、異なる気候帯や植生の森林に適用できない。本研究では、地球温暖化などの気候変動に伴う全球レベルの植生動態の変化を予測するために開発された空間明示で個体ベースの植生動態モデルであるSEIB-DGVMを用いて、熱帯雨林の物質生産や生態系機能における干ばつのインパクトを予測した。モデルシミュレーションでは、全球気候モデルの気象値を植生動態モデルにインプットし、200年間の熱帯雨林の動態を記述した。予測結果は、マレーシアのスマトラ島の熱帯雨林において観測された大規模なエルニーニョ現象の1997/98年を含む1997-2009年間の樹木群集と気象観測の実測データと比較し、検証した。

キーワード: 干ばつ, エルニーニョ, 熱帯雨林, 生態系機能, SEIB-DGVM

Keywords: drought, El Nino, tropical rain forests, ecological function, SEIB-DGVM

低炭素シナリオにおける将来土地利用シナリオの評価 Evaluating future land-use change scenario in the negative fossile fuel emissions

加藤 悦史^{1*}
Etsushi Kato^{1*}

¹ 国立環境研究所

¹National Institute for Environmental Studies

産業革命以前からの気温上昇を安全なレベルに抑えるためには、21世紀の終わりまでに化石燃料利用による二酸化炭素排出を正味で負にする必要性が以前より指摘されている。最新の地球システムモデルによる温暖化予測実験においても、モデル間で大きなばらつきを示すものの、半数以上のモデルが全球平均気温上昇を2℃以下に抑えるためには、2080年以降に化石燃料起源の二酸化炭素排出を負にする必要性を示している。負の排出を達成するための有力な方法として、バイオ燃料の利用による炭素貯留 (BECCS) が考えられているが、付随する土地利用変化による炭素排出の懸念もあり、大規模 BECCS によるバイオ燃料利用の増加がどのような帰結をもたらすかについては、土地利用、生物多様性、炭素排出、水資源利用、食料生産との競合など、多様な相互作用を考慮した解析が必要となる。本研究では、陸域モデルを用い、大規模 BECCS 利用シナリオが仮定している土地利用の範囲内で、どれだけのバイオ燃料が現実的に生産可能なのか、またバイオ燃料作物生産に必要な土地を拡大することによる森林伐採での炭素排出量がいくらになるのかを評価した。解析の結果、現実的なバイオ燃料を考えた場合、全球平均気温上昇を2℃以下に抑えるために必要な BECCS として、シナリオで想定している倍以上の土地が必要であること、そのためには更なる森林の伐採、あるいは作物生産に利用する農地との競合が起こる可能性を示した。

キーワード: 土地利用変化
Keywords: land-use change