

平成 22 年 4 月 22 日現在

研究種目：若手研究(スタートアップ)
 研究期間：2008 ～ 2009
 課題番号：20880025
 研究課題名(和文) 地上観測、衛星データ、生態系モデルの統合解析によるヒノキ林の CO₂ 吸収量の評価
 研究課題名(英文) Evaluation of CO₂ budget of cypress forests: synthesis of field observation, satellite remote sensing, and terrestrial biosphere model
 研究代表者
 植山 雅仁 (UEYAMA MASAHIRO)
 大阪府立大学・生命環境科学研究科・助教
 研究者番号：60508373

研究成果の概要(和文)：ヒノキ林において10年にわたって観測されたCO₂吸収量のデータを、衛星リモートセンシング、陸域生態系モデルと統合解析することでヒノキ林におけるCO₂吸収のメカニズムを明らかにした。ヒノキ林のCO₂吸収量の年々変動は、気象要素、特に夏季の日射量、気温が重要であることが明らかとなった。一方で、長期的な時間スケールでは植栽・伐採などの過去の攪乱の履歴が炭素収支を決定する要因として重要であることが明らかとなった。広域的なCO₂吸収量を評価するためには、リモートセンシングから得られる植物活性の評価に加えて、植栽歴や樹齢などの攪乱の情報を広域的に評価することが重要であることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：We evaluated CO₂ budget and its dynamics of cypress forests based on a synthesis of field observation, satellite remote sensing, and terrestrial biosphere model. According to the synthesis, interannual variation of the CO₂ budget was strongly affected by those of climate variability, especially for the summer radiation and air temperature. On the other hand, the stand disturbance history was an important controlling factor to determine long-term trajectory of the carbon budget. In future study, the spatial map of stand history, such as forest age and past disturbance, is important for the projection of the regional carbon balance of Japanese plantations in addition to the spatial distributions of vegetation activities which are measurable by using satellite remote sensing.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009 年度	1,050,000	315,000	1,365,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,250,000	675,000	2,925,000

研究分野：微気象学、リモートセンシング、生態系モデリング

科研費の分科・細目：複合領域・環境動態解析

キーワード：衛星リモートセンシング、陸域生態系モデル、微気象観測、ヒノキ林、炭素収支、年輪、統合解析、渦相関法

1. 研究開始当初の背景

近年、地球温暖化が深刻な問題となっており、温室効果気体の動態および炭素循環の解明に向けて様々な陸域生態系においてCO₂交換量の測定が地球規模で行われている。我が国でも実に20箇所以上の観測サイトにおいて連続的な測定がなされており、我が国の森林では年間に0.6~5.4 tC ha⁻¹のCO₂を吸収源している事が明らかになってきている(Hirata et al., 2008)。一方で、森林におけるCO₂吸収量の地理的分布には大きな偏差がある事が継続的な観測が続けられるにしたがって明らかになってきており、現地観測のみではCO₂吸収量の推定に大きな不確実性をもたらす事が指摘されはじめている(Valentini et al., 2000; Baldocchi et al., 2001; Falge et al., 2002)。さらに、森林のCO₂吸収量は気象条件などにより大きく影響されるため(Ueyama et al., 2006; Saigusa et al., 2008)、今後地球温暖化が進行した際に森林のCO₂吸収量がどう変化するかについて高精度で予測する事が重要な課題となっている。

本研究は、現地観測データを衛星リモートセンシングと陸域生態系モデルに統合することで我が国のヒノキ林のCO₂吸収量を高精度に推定し、地球温暖化に伴う森林の緩和機能について評価を行うものである。ヒノキ林は日本に天然分布する主要な針葉樹であり、戦後盛んに植林された樹種であることから、我が国の森林面積の約18%に相当する452万ヘクタールをしめる優先樹種の一つである。そのため、ヒノキ林におけるCO₂吸収量の評価は我が国の森林におけるCO₂吸収量を評価するうえで不可欠である。本研究では、ヒノキ林植生を対象としてCO₂交換量の観測研究を継続して長期に渡る観測データの蓄積をはかると同時に、衛星リモートセンシングを用いて観測結果の広域化を行い、我が国のヒノキ林におけるCO₂吸収量を高精度に推定する。さらに、陸域生態系モデルを観測結果と統合する事で、今後の環境変化に伴って我が国のヒノキ林のCO₂吸収量がどのように変化するかを予測する。

2. 研究の目的

我が国の森林を対象として衛星リモートセンシング及び陸域生態系モデルを用いたCO₂交換量の推定手法の検証・改良を行い、広域的な森林のCO₂吸収量の評価を行う。またそれらを用いて観測データを時空間的に拡張し、広域的な森林のCO₂吸収量の評価および今後の気候変動に伴うCO₂吸収量の変化量を推定する。

3. 研究の方法

観測データの蓄積：滋賀県のヒノキ林における観測サイトにおいてCO₂交換量、エネルギー収支、温湿度、日射、雨量などの微気象データを2000年夏期から現在に渡って継続的に測定を行っている。継続測定中の観測システムの維持管理を行い、長期的な観測データの蓄積を測る。これまで蓄積されてきたデータを標準化された手法により解析する事で連続データの整備を行う。また、衛星モデルや陸域生態系モデルの検証を行うために、微気象データに加えて樹木の年輪解析を行い、長期的な森林の一次生産量の推定する。

衛星モデルを用いた観測結果の広域化：NASAの人工衛星Terra/Aquaに搭載されるMODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) から得られる植生指標、地表面温度などを用いて、ヒノキ林で観測したCO₂交換量を人工衛星データと統合し、広域的なヒノキ林のCO₂収支を明らかにする。また、モデル解析に先立って広域の気候変化に対して人工衛星から得られる植生インデックス (正規化植生指数; NDVI) がどのように応答しているかを評価した。

陸域生態系モデル適用による炭素循環プロセスの解明：地上観測データを用いて陸域生態系モデル(BIOME-BGC)の調整を行う。このモデルを用いてヒノキ林のCO₂交換量における重要なプロセスが何であるのかを明らかにし、気象条件の変化に伴いヒノキ林のCO₂吸収量が今後どのように変化するかについて予測を試みる。

4. 研究成果

ヒノキ林の観測塔において1998年より測定されているCO₂交換量などの微気象データの整備を行なった。これらの整備手法は国内外の観測データを整備する際に有効な手法であると思われたため、整備手法を普遍的なツールとして技術を集約して公開した。公開したツールはGUI(Graphical User Interface)を有し、既に国内の複数の研究者に利用されており、今後、いくらかの改善点について修正を行い、国内外の研究者への普及に努める。GUIを用いた汎用計算ツールを用いた研究成果については、国際誌に投稿し現在査読中である(Ueyama et al., in submitted to Agricultural Forest Meteorology)。簡易渦集積法の測定システムは経年劣化が見られたため、新たなシステムを考案し、実用新案を取得した。また、モデル結果の長期的な傾向を検証するための指標として年輪に注目し、年輪サンプルを観測実施中のヒノキ林から取得した。

NASAの人工衛星MODISから得られる植生指数(緑度)、地表面温度などのデータを日本を

カバーする領域に関して整備した。観測データを用いて、データを広域化するためのリモートセンシング・モデルのプロトタイプを作成した。リモートセンシングデータとの統合解析から、ヒノキ林における CO₂ 交換量は気温に加えて日射が重要な要因であることが明らかとなった。そのため、プロトタイプモデルでは、植生指数、地表面温度、日射量を入力変数として駆動するモデルを考案した。モデルを用いた広域評価に先駆けて、衛星データから得られる植生インデックス(正規化植生指数; NDVI)が気象条件にどのように応答しているかを評価した。解析には、1982-2006年の24年にわたって蓄積されている NOAA-AVHRR(GIMMS)のデータと JAR25 の気温、日射量、及び GPCP(Global Precipitation Climatology Project)による降水量について相関解析、トレンド解析を実施した。これらの解析から、東アジアにおける温帯林では、冬季は植生インデックスと気温に優位な正の相関、夏季は日射量と正の相関があることが明らかとなった。また、降水量とは何れの負の相関を持つことが分かった。以上のことから、我が国に広く分布する温帯林では、植物の活性に冬季の気温、夏季の日射が重要な環境要因であることが明らかとなり、広域の森林の炭素収支を評価する際に今回作成した衛星モデルの入力変数が妥当であることが確認された。これらの衛星データを用いた研究成果は、現在、国際への投稿に向けて準備を進めているところである。

陸域生態系モデル(BIOME-BGC モデル)のパラメータリゼーションを行い、モデルが観測された過去 10 年間の CO₂ 収支の経時変化、年輪サンプルから推定された過去数十年間の樹木の生長量を再現出来る事を確認した。このことから、対象植生からサンプルした年輪データが、モデルの長期的な時間スケールにおけるの検証データになりえる事を明らかにした。モデルによる感度解析から、長期的な時間スケールでは植栽・伐採などの過去の攪乱の履歴が炭素収支を決定する要因として重要であることが明らかとなった一方で、その年々変動については気象要素、特に夏季の日射量、気温が重要であることが明らかとなった。モデルの検証を行なったヒノキ林では、日射量が多く、気温の低い夏ほど炭素吸収量が大きくなることが明らかとなった。長期的な炭素吸収において攪乱が重要であることが明らかとなったため、国内のヒノキ植林地の炭素吸収量を最大とするための管理法についてモデルを用いた感度解析から検討した。その結果、比較的大規模な伐採・植栽を 100 年以上の間隔をあけて実施すると、植林地の炭素固定量を増加させることが出来る事が示唆された。その際に、植林地を炭素の吸収源とするためには伐採された

木材の管理方法が重要である事が示唆された。陸域生態系モデルを用いた解析から得られた結果については、国際誌に投稿し現在査読中である(Ueyama et al., in submitted to Agricultural Forest Meteorology)。

本研究期間においては、これまでの観測データの整備と、整備されたデータを用いてのモデルの構築・検証、そしてモデルを用いた環境要因への感度解析を行なった。今後、開発した衛星モデル、検証を行なった生態系モデルを用いて、ヒノキ林の広域炭素収支を見積もるための計算を実施予定である。その際に、モデル解析から樹齢が炭素収支を決定する上で重要な要因であることが示唆されており、広域の樹齢の空間分布に関するデータの整備が不可欠であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

① Ueyama, M., Ichii, K., Hirata, R., Takagi, K., Asanuma, J., Machimura, T., Nakai, Y., Ohta, T., Saigusa, N., Takahashi, Y. and Hirano, T. 2010. Simulating carbon and water cycles of larch forests in East Asia by the BIOME-BGC model with AsiaFlux data. Biogeosciences, 7, 959-977. 査読有

② Ueyama, M., Hamotani, K. and Nishimura, W. 2009. A technique for high-accuracy flux measurement using a relaxed eddy accumulation system with an appropriate averaging strategy. J. Agric. Meteorol., 65, 315-325. 査読有

[学会発表] (計 8 件)

① 植山雅仁・平田竜一・間野正美・鱧谷憲・平野高司・原菌芳信・宮田明・高橋善幸. 2010. 渦相関法によるフラックス計算の標準化にむけて: 汎用ソフトウェアの開発と不確定性の定量化, 日本農業気象学会全国大会, 名古屋, 2010年3月13-19日. (口頭発表)

② 植山雅仁・鱧谷憲・西村渉. 2010. 簡易渦集積法を用いたメタンフラックスの連続測定. 森林生態系炭素収支・リモセンに係わるモニタリング研究集会. 筑波, 2010年2月5日. (口頭発表)

③ 鱧谷憲・植山雅仁・西村渉・小杉緑子. 2009. 森林におけるオープンパス型ガス分析計を用いたクロードパス法によるCO₂ フラ

ックスの測定例, 日本農業気象学会近畿支部大会, 大阪, 2009年12月12日。(口頭発表)

④Ueyama, M., Kai, A., Ichii, K., Hamotani, K., Kosugi, Y. and Monji, N. 2009: Observation and modeling of the sensitivity of carbon sequestration to harvesting and climate in a temperate cypress forest. AsiaFlux Workshop 2009, Sapporo, Japan, October 27-29, 2009. (Poster)

⑤Ueyama, M., Kai, A., Ichii, K., Hamotani, K., Kosugi, Y. and Monji, N. 2009: Impact of afforestation and climate to the carbon balance of a Japanese cypress forest: a synthesis of ecosystem model, eddy covariance measurements, and tree ring analysis. 8th International Carbon Dioxide Conference (ICDC8), Jena, Germany, September 13-19, 2009. (Poster)

⑥鱧谷憲・植山雅仁・西村渉, 2009. REA法によるメタン、CO₂フラックス観測. 森林生態系炭素収支・リモセンに係わるモニタリング研究集会, 筑波, 2009年1月22日。(口頭発表)

⑦加井淳司・鱧谷憲・植山雅仁, 2008. ヒノキ林における過去10年間のCO₂収支とその変動要因の解析. 日本農業気象学会近畿支部大会, 大阪, 2008年12月6日。(口頭発表)

⑧植山雅仁・加井淳司・鱧谷憲・小杉緑子・市井和仁, 2008. 長期データと陸域生態系モデルを用いた攪乱が与える森林の炭素収支への影響評価. 日本農業気象学会近畿支部大会, 大阪, 2008年12月6日。(口頭発表)

○取得状況 (計1件)

名称: ガスフラックス測定装置
発明者: 鱧谷憲・植山雅仁・西村渉
権利者: 大阪府立大学
種類: 実用新案
番号: 実用新案 3148695
取得年月日: 平成20年12月10日
国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

植山 雅仁 (UEYAMA MASAHIKO)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・助教

研究者番号: 60508373