

様式 7-3

平成17年度 交付金プロジェクト研究課題 終了評価結果

課題名：CO₂フラックス観測の深化とモデル化による森林生態系炭素収支量の高度評価

主査氏名（所属）：沢田治雄（研究管理官）

担当部署：気象環境研究領域、植物生態研究領域、立地環境研究領域、北海道支所、東北支所、関西支所、九州支所

参画機関：山梨県環境科学研究所、茨城大学、神戸大学

研究期間：平成15～17年度

1. 目的

森林生態系の炭素収支に関わる観測研究は、陸域生態系のCO₂収支を評価しこれを国別排出量に反映させようとする温暖化防止京都議定書(COP3)以降の社会的要請にてらして重要であり、さらに近年フルカーボンアカウンティングが議論されていることを背景に、森林生態系プロセスに則した炭素収支量の評価が求められている。本研究では、タワーフラックス観測サイトにおける森林一大気間のCO₂フラックス観測に加えて、樹体や土壌など群落構成要素のCO₂フラックス測定を行い、群落内炭素プロセスを解明するとともに、観測データをデータベース化する。現有の群落微気象をベースにしたモデルを改良して、群落炭素収支パラメタリゼーションの検証を行う。これにより、タワーフラックス観測を中心とした森林生態系スケールの炭素収支研究を深化させる。

2. 全期間における研究成果の概要

森林型の異なる国内5カ所に設置されたタワーフラックス観測サイトにおいて森林群落の正味CO₂交換量を継続観測し、摩擦速度しきい値、CO₂フラックスの高周波補正などの観測精度向上に関する手法を確立した。樹冠におけるCO₂収支と幹呼吸に関して、ブナ成木の樹冠表層葉の陽葉と下部の陰葉の形態的、生理的特性を明らかにするとともに、幹呼吸速度に及ぼす要因を定量的に解析して、温度および蒸散流速によるパラメータ化を行った。アカマツ成木の樹幹呼吸速度について、幹温度との関係が指数近似できることを示した。また、観測値と群落多層モデルの結果を比較し、定量評価法の妥当性を検証した。生態系としてのCO₂収支に大きな影響を与える土壌呼吸に関しては、呼吸速度が主に地温で決まり、夏に最大値を示す一山形の季節変化を示すことや、土壌水分低下による土壌呼吸速度の低下が認められることを示した。夏季の最大土壌呼吸速度は東北、九州で 0.6 mg CO₂ m⁻² s⁻¹程度であり、九州の冬季は 0.01 mg CO₂ m⁻² s⁻¹程度であった。各サイトでの観測データをデータベース化して、森林タイプや気候が森林の純生産量の変動に及ぼす影響を総合的に解析し、純生産量年々変動に与える影響は、呼吸量より吸収量の変動の寄与が大きいことなどを明らかにした。

3. 全年度の発表業績

学会誌等

後藤義明・小南裕志・深山貴文・玉井幸治・金澤洋一：京都府南部地方における落葉広葉樹二次林の地上部現存量及び純生産量、*森林総合研究所研究報告* 2、115-147、2003。

Han, Q., Kawasaki, T., Katahata, S., Mukai, Y. and Chiba, Y.: Horizontal and vertical variations in photosynthetic capacity in a *Pinus densiflora* crown in relation to leaf nitrogen allocation and acclimation to irradiance. *Tree Physiology*. 23, 851-857, 2003.

Kominami Y., Miyama T., Tamai K., Nobuhiro T., and Goto Y.: Characteristics of CO₂ flux over a forest on complex topography. *Tellus* 55B, 313-321, 2003.

Miyama T., Kominami Y., Tamai K., Nobuhiro T., and Goto Y.: Automated foliage chamber method for long-term measurement of CO₂ flux in the uppermost canopy. *Tellus* 55B, 322-330, 2003.

溝口康子・大谷義一・渡辺 力・安田幸生・岡野通明：自動開閉型チャンバを用いた林床面CO₂フラックスの長期連続測定、*日本生態学会誌* 53(1)、1-12、2003。

Nobuhiro T., Tamai K., Kominami Y., Miyama T., Goto Y., Kanazawa Y.: Development of the IRGA enclosed-chamber system for soil CO₂ efflux measurement and its application to a spatial variation measurement., *J. For. Res.* 8, 297-301, 2003.

阪田匡司、石塚成宏、野口享太郎、高橋正通、図子光太郎：ヒノキ林床面の温室効果ガスフラ

- ツクスの空間分布、日本林学会関東支部大会論文集 55, 179-180, 2003.
- Han, Q., Kawasaki, T., Nakano T. and Chiba, Y.: Spatial and seasonal variability of temperature responses of biochemical photosynthesis parameters and leaf nitrogen content within a *Pinus densiflora* crown. *Tree Physiol.* 24, 737-744, 2004.
- 上村真由子, 木村仁, 小南裕志, 古澤仁美, 金澤洋一: クロロホルム燻蒸 - 抽出法による枯死木中の微生物バイオマス炭素量の測定. 神戸大学大学院自然科学研究科紀要 B-22: 67-70, 2004
- Tamai K., Kominami Y., Miyama T., and Goto Y.: Temporal fluctuations in the CO₂ efflux on a forest floor: -The case of extremely immature forest soil-. *J. Agric. Meteorol.* 60, 773-776, 2004.
- Uemura, A., Ishida, A., Tobias, D. J., Koike, N., Matsumoto, Y.: Linkage between seasonal gas exchange and hydraulic acclimation in the top canopy leaves of *Fagus* trees in a mesic forest in Japan. *Trees* 18, 452-459, 2004.
- 檀浦正子 (神戸大学)、小南裕志、金澤洋一 (神戸大学)、深山貴文、玉井幸治、後藤義明: Measurement of root respiration using potted Japanese cedar, 神戸大学大学院自然科学研究科紀要 A、23A, 67-73, 2005.04
- 上村真由子, 小南裕志, 金澤洋一: 自動開閉式チャンバーを用いて測定された枯死木分解呼吸量の長期変動. 日本森林学会誌 87(3), pages, 2005.04
- Jomura M., Takeda F., Kominami Y., Kanazawa Y. and Goto Y.: Spatial variation in the decomposition rate of block specimens of Japanese red pine (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.), *Applied Forest Science*, 14, 83-88, 2005.10
- Kominami Y., Miyama T., Tamai K., Jomura M., Dnnnoura M. and Goto Y.: Evaluation of nighttime eddy CO₂ flux using automated chamber measurements, *J. Agric. Meteorol.*, 60, 745-748, 2005.02.
- Miyama T., Kominami Y., Tamai K., and Goto Y.: Seasonal changes in nocturnal foliar respiration in mixed deciduous and evergreen broadleaved forest. *J. Agric. Meteorol.* 60(5), 753-756, 2005.02.
- Mizoguchi Y., Ohtani Y., Watanabe T.: Influence on soil temperature and soil moisture on forest floor CO₂ efflux - Clarification of the effect of soil moisture using field data. *J. Agric. Meteorol.*, 60(5), 761-764, 2005.02
- Ohtani, Y., Mizoguchi, Y., Watanabe, T., Yasuda, Y.: Parameterization of NEP for gap filling in a cool-temperate coniferous forest in Fujiyoshida, Japan., *J. Agric. Meteorol.*, 60(5), 769-772, 2005.02
- 大谷義一・溝口康子: 生態系純生産の微気象学的定量 - 冷温帯森林生態系を例として -, 日本生態学会誌 55, 161-166, 2005.04
- Ohtani Y, Saigusa N, Yamamoto S, Mizoguchi Y, Watanabe T, Yasuda Y, Murayama S: Characteristics of CO₂ fluxes in cool-temperate coniferous and deciduous broadleaf forests in Japan., *Phyton* 45, 73-80: 2005.10
- 玉井幸治・小南裕志・深山貴文・後藤義明: 山地小流域における地温、土壌含水率からの土壌呼吸量時系列データの推定とその空間変動 - 京都府南部における風化花崗岩地域の場合 -. 日本森林学会誌 87(4), 331-339, 2005.08.
- 安田幸生・渡辺 力・大谷義一・溝口康子: 渦相関法によって生態系呼吸速度を評価する際の問題点 - 間欠的な乱流状態下での摩擦速度補正について -, 農業気象 61(3), 177-187, 2005.10
- Yasuda Y., Watanabe T., Ohtani, Y., Mizoguchi, Y., Mano, M.: Quality Control for Flux Data Measured above a Deciduous Forest., *J. Agric. Meteorol.*, 60(5), 777-780, 2005.10
- 溝口康子・大谷義一: 小型 CO₂ センサの応答特性比較およびその特性を考慮した出力値の補正法、農業気象 61(4), 217-228, 2006.01
- Kumagai, T., Aoki, S., Shimizu, T. and Otsuki, K.: Sap flow estimates of stand transpiration at two different slope positions in a Japanese cedar forest watershed, *Tree Physiology* (submitted).
- 大貫靖浩・清水貴範・石塚成宏・阪田匡司・玉井幸治: 鹿北タワーサイトにおける土壌呼吸フラックスの連続観測. 九州森林研究, 59 (in print).
- Shimizu, T.: Practical applicability of high frequency correction theories to CO₂ flux measured by a closed-path system., *Boundary-Layer Meteorol.* (under review).
- Tamai K. et al.: Measurement of forest floor CO₂ efflux in a deciduous forest in Japan: the effect of topography in a deep human impacted forest. *Tellus-B* (submitted).

その他

- Dannoura, Kominami Y., Suzuki M., Miyama T., Goto Y., Tamai K. and Kanazawa Y.: Measurement of root respiration according to root thickness—Observation in Yamashiro experimental forest(3)-, Proceedings of international workshop on flux observation and research in asia, 165, 2003.
- Jomura M., Kominami Y., Tamai K., Miyama T., Goto Y. and Kanazawa Y.: Measurement of CO₂ flux from coarse woody debris using automated chamber system —Observation in Yamashiro experimental forest(3)-, Proceedings of international workshop on flux observation and research in asia:163, 2003.
- Kominami Y. Goto Y., Dannoura M., Jomura M., Miyama T. and Tamai K.: Comparison of NEP estimated using eddy covariance method and production ecological measurement —Observation in Yamashiro experimental forest(1)-, Proceedings of international workshop on flux observation and research in asia, 160, 2003.
- Kominami Y., Miyama T., Tamai K., Nobuhiro T., and Goto Y.: Comparison of NEP estimated using eddy covariance method and production ecological measurement -Observation in Yamashiro experimental forest (1)-. Proceedings of international workshop on flux observation and research in Asia, 160, 2003.
- Ohtani, Y., Watanabe, T., Mizoguchi, Y., Yasuda, Y., Nakai, Y., Kitamura, K., Suzuki, S., Saito, T., Kominami, Y., Tamai, K., Miyama, T., Goto, Y., Shimizu, T. and Toda, M.: Seasonal and Inter-Annual Variations of NEP in Japanese Forests by FFPRI FluxNet, Proc. Int'l WS on Flux Observation and Research in Asia, 21-22, 2003.
- 齋藤武史・大谷義一・溝口康子：岩手県安比高原のブナ林における緑葉季の CO₂ フラックスと日射量との関係、東北森林科学会第8回大会講演要旨集、65、2003.8.
- 清水貴範・石塚成宏：気温データによる地中 5cm の地温データの補完方法の検討 九州森林研究 56, 237-238, 2003.
- 清水貴範：大気観測による CO₂ 収支の評価—スギ・ヒノキ人工林を対象に—、森林総合研究所九州支所研究発表会、2003.8.
- 高橋正通：森林の管理と森林土壌の炭素蓄積—土壌炭素モデルの適用例—、農業環境工学関連5学会 2003 年合同大会講演要旨, 394, 2003.08.
- Tamai K., Kominami Y., Miyama T. and Goto Y.: Relationship between soil temperature, soil moisture and soil respiration at the watershed scale, -observations in the Yamashiro experimental forest (4)-, Proceedings of international workshop on flux observation and research in Asia., 165-166, 2003.
- 檀浦正子・鈴木麻由美・上村真由子・金澤洋一・小南裕志・深山貴文：直径の違いを考慮した根呼吸量の推定、第115回日本林学会大会学術講演集, 510, 2004.
- 韓慶民・川崎達郎・千葉幸弘・中野隆志：アカマツ針葉の葉内窒素量と光合成能力の季節変化に及ぼす樹齢および土壌養分の影響、第115回日本林学会大会学術講演集, 664, 2004.
- 橋本徹，三浦寛，池田重人，志知幸治：岩手県・安比高原のブナ二次林における土壌呼吸の平面分布，第51回日本生態学会大会講演要旨集, 121, 2004.
- 上村真由子・小南裕志・金澤洋一・後藤義明：密閉式チャンバーを用いた枯死木分解量の長期変動、第115回日本林学会大会学術講演集, 80, 2004.
- 川崎達郎・千葉幸弘・荒木眞岳・韓慶民・中野隆志：アカマツ成木の直径成長と幹呼吸の季節変化 第115回日本林学会大会学術講演集, 671, 2004.
- Miyama, T., Kominami, Y., Tamai, K. and Goto, Y.: Long-term automated measurement of CO₂ exchange in sun and shade leaves of *Quercus serrata* and *Ilex pedunculosa* tree. International symposium on food production and environmental conservation in the face of global environmental deterioration 2004 abstracts: 97-98, 2004.
- 深山貴文、小南裕志、玉井幸治、後藤義明：4器の自動葉群チャンバーで測定された CO₂ フラックスの季節変動及び空間変動特性について、第115回日本林学会大会学術講演集:787, 2004
- 齋藤武史：森林による二酸化炭素の吸収（ブナ林の場合）、第45回大気環境学会講演要旨集、186-187, 2004.
- 阪田匡司、高橋正通、石塚成宏、溝口岳男、稲垣善之、寺澤和彦ほか：日本の森林土壌における CO₂ フラックスと立地特性、第115回日本林学会学術講演集, 297, 2004.
- 佐々木泰三・金澤洋一・小南裕志：山城試験地におけるコナラ優先木の年輪変動、第115回

- 日本林学会大会学術講演集, 483, 2004.
- 清水貴範・清水晃・石塚成宏・大丸裕武・宮縁育夫・小川泰浩・大谷義一：九州地方のスギ・ヒノキ人工林における CO₂ フラックスの季節・年々変動, 第 115 回日本林学会講演要旨集, 2004.4.
- 清水貴範：九州のスギ・ヒノキ林で測った CO₂ 収支、九州の森と林業、2004.3
- 橋本徹, 三浦覚：安比高原のブナ二次林下における土壌呼吸の空間依存性, 第 52 回日本生態学会大会講演要旨集, 186, 2005.
- Ohtani Y., Y. Yasuda, Y. Mizoguchi, T. Watanabe, Y. Nakai, K. Kitamura, S. Suzuki, K. Yamanoi, T. Saito, T. Morisawa, Y. Kominami, K. Tamai, T. Miyama, Y. Goto and T. Shimizu: SEASONAL AND INTERANNUAL VARIABILITY IN NET ECOSYSTEM CO₂ EXCHANGE IN SIX FOREST FLUX SITES IN JAPAN., Proc. 7th International Carbon Dioxide Conference, 79-80, 2005.09.
- 清水貴範・大丸裕武・清水晃・石塚成宏・大谷義一：九州のスギ・ヒノキ人工林における CO₂ フラックス動態, 第 116 回日本森林学会講演要旨集, 2005.3
- Shimizu, T.: Kahoku experimental watershed –The southernmost forest observation site of FFPRI FLUXNET-, AsiaFlux NewsLetter, 13 : 9-10, 2005.
- Shimizu, T.: Examination of the high frequency correction theories to the closed-path CO₂ flux measured over a coniferous forest in Kyushu Island, Japan, Proceedings of AsiaFlux Workshop 2005 : 73, 2005.
- T.Saito,Y.Ohtani,Y.Mizoguchi,T.Morisawa: Seasonal change of CO₂ flux above a Japanese beech forest, Extended Abstract of Seventh international carbon dioxide conference, 561-562, 2005.09

4. 評価委員氏名（所属）

丹下 健（東京大学大学院農学生命科学研究科教授）

5. 評価結果の概要

全国に長期フラックス観測のネットワークを構築したことが、本課題の一つの大きな成果である。地形や植生の不均一さや大気環境等の制約の中で、生態系構成要素のフラックス観測やモデル化を援用しながら、生態系－大気間のCO₂フラックスについて信頼性の高いデータを蓄積し、各観測サイトでのフラックスの年変動要因の解析が行えるレベルに到達したことは高く評価できる。今後さらに精度を高め、サイト間のより詳細な相互比較が可能になることを期待する。森林生態系のCO₂フラックス研究は、森林に関わる温暖化防止政策の基盤となるデータを提供するものであり、その成果は国際的に認知される必要がある。本課題では、多くの研究成果を国際学術誌に公表されており、貢献している。さらに、フラックス観測の国際ネットワークに参画することによって、日本におけるCO₂研究の国際的認知度を高めることが、森林の吸収源評価に関する国際交渉へのさらなる貢献として期待される。本課題の実行によって国際的レベルに達したわが国のフラックス研究が、停滞することなくさらに発展するためにも研究の継続を強く期待する。

6. 評価において指摘された事項への対応

- ①各サイトにおける観測精度を一層高めるとともに、サイト間のより詳細な相互比較を可能にするように観測研究を進める。
- ②アジアフラックスをはじめとするフラックス観測の国際ネットワークに参画し、日本におけるCO₂研究の国際的認知度を高めるように努める。

主要研究成果

プロジェクト名：CO₂フラックス観測の深化とモデル化による森林生態系炭素収支量の高度評価

主査氏名（所属）：沢田治雄（研究管理官）

1. テーマ名：生態系－大気間CO₂交換量の観測手法の確立

テーマ名は、担当課題名を使う必要はない。個々の成果を端的に表したものを使用する。

関係研究室（研究所）：気象研究室ほか

内容：国内5カ所のタワーフラックス観測サイトにおいて森林群落の正味CO₂交換量を継続観測し、摩擦速度しきい値、CO₂フラックスの高周波補正などの観測精度向上に関する手法を確立した。

2. テーマ名：群落構成要素の放出・吸収炭素フラックスのパラメタリゼーション

関係研究室（研究所）：群落生態研究室ほか

内容：炭素循環パラメータとして重要な最大カルボキシレーション速度 (V_{cmax}) と電子伝達速度 (J_{max}) の季節変化をブナ林の陽葉と陰葉別に明らかにするとともに、幹呼吸速度に及ぼす温度および蒸散流速の影響を定量評価した。

3. テーマ名：土壌生態系での放出炭素フラックスの観測とパラメタリゼーション

関係研究室（研究所）：土壌資源評価研究室ほか

内容：土壌呼吸速度は主に地温で決まり、夏に最大値を示す一山形の季節変化を示し、土壌水分低下による土壌呼吸速度の低下も認められた。夏季の最大フラックスは東北、九州で $0.6 \text{ mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 程度であり、九州の冬季は $0.01 \text{ mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 程度であった。

4. テーマ名：パラメタリゼーションの検証と群落純生産量予測モデルの開発

関係研究室（研究所）：気象研究室ほか

内容：国内の全気候帯に適用できるモデルを開発した。富士吉田サイトにおける、各部位別のフラックス測定結果とタワーフラックスとの整合性を確認するとともに、モデルの改良点を抽出した。モデルを用いた敏感度解析の結果、森林のNEPを高精度で評価するためには、土壌呼吸を精度よく評価することが最も重要であり、次いで個葉の光合成特性の評価が重要であることを明らかにした。

5. テーマ名：多様な森林における生態系炭素収支の評価

関係研究室（研究所）：気象研究室、群落生態研究室、土壌資源評価研究室、ほか

内容：タワー観測サイトにおける各種の観測データをデータベース化して、森林タイプや気候が国内森林の純生産量の変動に及ぼす影響を解析し、国内森林の純生産量年々変動に与える影響は、呼吸量より吸収量の変動の寄与が大きいことを明らかにした。

主要問題点総括表 (今後の対応策の総括)

プロジェクト名：CO₂フラックス観測の深化とモデル化による森林生態系炭素収支量の高度評価

主査氏名（所属）：沢田治雄（研究管理官）

1. 成果の取り扱い

「フラックス観測の国際ネットワークに参画することによって、日本におけるCO₂研究の国際的認知度を高めることが、森林の吸収源評価に関する国際交渉へのさらなる貢献として期待される。本課題の実行によって国際的レベルに達したわが国のフラックス研究が、停滞することなくさらに発展するためにも研究の継続を強く期待する。」との評価を受けた。次期中期計画においても継続的にラックス観測の国際ネットワークに参画するとともに、精度の高い観測に努め、パラメタリゼーションの高度化を進めるプロジェクトとして研究を継続する。

2. 問題点

研究成果は細部においてもいずれも想定通り、あるいは目標を上回っており特に問題点はない。