

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	野外温暖化実験と衛星－生理生態学統合研究による森林生態系機能の現状診断と変動予測
研究機関・ 部局・職名	岐阜大学・流域圏科学研究センター・教授
氏名	村岡裕由

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	99,000,000	99,000,000	0	99,000,000	98,330,369	669,631	4,133
間接経費	29,700,000	29,700,000	0	29,700,000	29,700,000	0	0
合計	128,700,000	128,700,000	0	128,700,000	128,030,369	669,631	4,133

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	25,860	22,291,370	20,638,661	6,770,877	49,726,768
旅費	0	2,393,365	3,355,727	6,716,435	12,465,527
謝金・人件費等	0	4,137,898	11,530,960	11,419,773	27,088,631
その他	0	3,871,400	2,602,759	2,575,284	9,049,443
直接経費計	25,860	32,694,033	38,128,107	27,482,369	98,330,369
間接経費計	7,758	9,808,209	11,438,432	8,445,601	29,700,000
合計	33,618	42,502,242	49,566,539	35,927,970	128,030,369

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
土壌呼吸測定システム装置	メイワフォーシス(株)	1	4,706,730	4,706,730	2011/4/1	岐阜大学
LI-6400用RGB光源	メイワフォーシス(株)	1	880,614	880,614	2011/4/27	岐阜大学
土壌昇温システム	太陽計器株式会社	1	1,725,045	1,725,045	2011/11/21	岐阜大学
ロングタームチャンバー	メイワフォーシス(株)	1	1,146,822	1,146,822	2012/1/25	岐阜大学
回転イメージング分光測定機	JFEテクノリサーチ(株)	1	8,715,000	8,715,000	2012/3/30	岐阜大学
全自動土壌呼吸測定システム本体	メイワフォーシス(株)	1	3,284,589	3,284,589	2012/4/16	岐阜大学
高山試験地無線LAN増強	(有)アクアシテム	1	781,200	781,200	2012/8/8	岐阜大学
植物生理総合診断システム	メイワフォーシス(株)	1	10,223,220	10,223,220	2013/3/21	岐阜大学
CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> Oアナライザー	LI-840A	1	1,224,762	1,224,762	2013/12/25	岐阜大学

5. 研究成果の概要

本研究課題の目的は、冷温帯落葉広葉樹林の炭素収支プロセスの温暖化応答を明らかにするとともに、リモートセンシングやシミュレーションモデルを組み合わせて、森林生態系機能の現状診断と将来変動予測を行うことである。野外温暖化実験の結果、将来数十年の温暖化(2~3°C上昇)により、林冠木の光合成可能期間が1週間程度延び、葉の光合成能力が1割程度上がることや、土壌呼吸速度は増加するものの温度に対する応答特性が変化することなどが明らかになった。またシミュレーションモデルの解析により、今後数十年の気温上昇とCO<sub>2</sub>濃度の上昇により、森林の光合成生産量は約25%増加することが示唆された。野外大規模操作実験とモデルシミュレーションの融合による研究は世界的にも希少であり、関連分野では、森林生態系の炭素循環の温暖化応答予測における不確実性の減少に寄与できる。また、実験的検証により得られたこれらの知見は森林生態系の温暖化に対する脆弱性評価を進めるために有効であり、グリーンイノベーションの自然科学的知見としても貢献できる。

課題番号	GR048
------	-------

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます
------------------

研究課題名 (下段英語表記)	野外温暖化実験と衛星－生理生態学統合研究による森林生態系機能の現状診断と変動予測
	Climate change impact assessment of forest ecosystem functions by satellite-ecophysiology-modeling integrated study
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	岐阜大学・流域圏科学研究センター・教授
	Gifu University, River Basin Research Center, Professor
氏名 (下段英語表記)	村岡 裕由
	Muraoka, Hiroyuki

### 研究成果の概要

(和文): 本研究課題の目的は冷温帯落葉広葉樹林の炭素収支プロセスの温暖化応答を明らかにするとともに、リモートセンシングやシミュレーションモデルを組み合わせ、森林生態系機能の現状診断と将来変動予測を行うことである。野外温暖化実験の結果、将来数十年の温暖化(2~3°C上昇)により林冠木の光合成可能期間は約1週間程度延び、葉の光合成能力は1割程度上がることで、土壌呼吸速度は増加するものの温度に対する応答特性が変化することなどが示唆された。モデル解析により、今後数十年の気温上昇とCO<sub>2</sub>濃度の上昇は森林の光合成生産量を約25%増加させることが示唆された。また個葉と林冠レベルでの分光観測により、葉のクロロフィル含量および光合成能に特徴的な波長を観測することにより森林光合成能力の季節変化・年変動を精度よく検出できることを見出した。以上の成果は、森林生態系の炭素循環の温暖化応答予測における不確実性の減少を通じて、グリーン・イノベーションの自然科学的知見として貢献できる。

(英文): This study aimed to estimate the current and future carbon cycle processes in deciduous broadleaf forests in Japan by combining open-field warming experiments, remote sensing and modeling. The open-field warming experiments showed that warming (+2-3°C) would enhance both leaf longevity by about 1 week and leaf photosynthesis by about 10%, and that temperature-response of soil respiration would be changed depending on the temperature and soil regimes. Model estimation suggested future changes in atmospheric CO<sub>2</sub> concentration and temperature rise will increase forest carbon gain by about 25%. The overall research provides us with insights into the ecological mechanisms of forest carbon cycle in warming environment and hence to reduce the uncertainties in future predictions necessary for “green-innovation”.

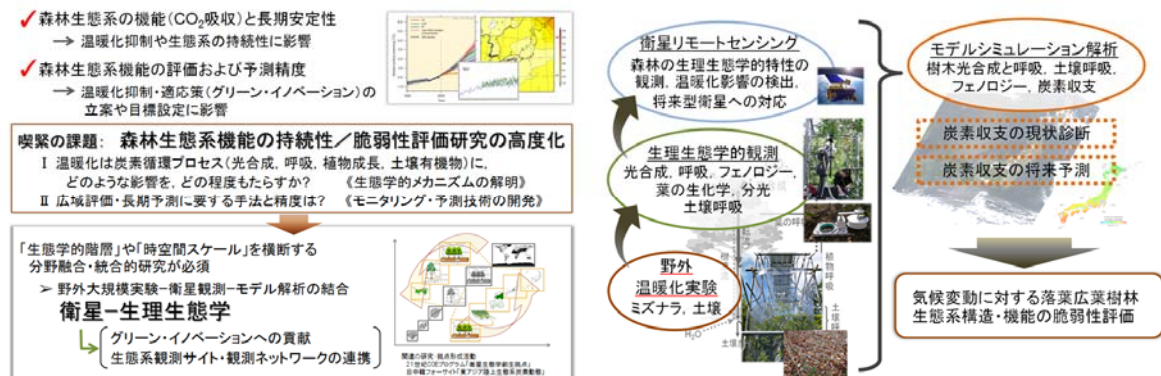
1. 執行金額 128,030,369 円  
 (うち、直接経費 98,330,369 円、 間接経費 29,700,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

3. 研究目的

地球環境変動とその影響が顕在化した現在の環境科学においては、生態系機能と生物多様性の相互関係を気候変動や人間活動に対する脆弱性ととも解明することが喫緊の課題である。この課題に取り組むためには、生態系の構造(樹種組成や群落形態)と機能(光合成・呼吸)の動態を解明する生理生態学的研究と、局地から全球の陸域観測を担う衛星リモートセンシングを有機的に結合することにより、「広域性と詳細性」を兼ね備えた新たな生態系観測・機能解析手法の構築が必要である。本申請課題の目標は、森林生態系のプロセス研究と衛星観測、予測モデル解析を結合することにより、森林生態系機能の現状とそれに対する温暖化影響を高精度に評価・予測する手法を確立し、炭素吸収機能などに着目した地理的脆弱性の評価軸を創出することである。この目標のために次の3つのサブテーマを設定して研究を遂行した。

- [ I ] 冷温帯森林生態系(林冠木の葉群, 土壌)での野外温暖化実験を通じて炭素循環プロセスとその相互作用機構の解明を通じたモデル構築。
- [ II ] 個葉～林冠の生理生態機能－スペクトル関係の地上検証により解析アルゴリズムの開発を通じた生態系構造と地上部機能プロセスの衛星観測精度の改善。
- [ III ] 新たな衛星－生態系モデルによる生態系機能の現状診断と温暖化実験に基づいた生態系モデルによる将来変動予測を通じた顕著な温暖化影響が予想される冷温帯地域の森林生態系機能の脆弱性評価の試行。



本研究課題の背景(左)と全体的なスキーム(右)

4. 研究計画・方法

本研究課題では [ I ] 森林生態系での野外温暖化実験による樹木と土壌の温暖化応答の実験的検証, [ II ] 野外温暖化実験区における個葉～葉群レベルの分光－生理関係の解明, 林冠光合成生産力のリモートセンシング観測手法の検証と衛星リモートセンシングデータへの適用, [ III ] 新たなモデルによる森林生態系炭素収支の現状診断と将来変動予測を通じた脆弱性評価の試行, に取り組んだ。以下に各テーマの研究手法について簡潔に述べる。

[ I ] 野外温暖化実験: ① 落葉広葉樹林の林冠木(ミズナラ)樹冠部を開放型温室で加温(日中平均で+2℃)し, 葉群の形態的・生理的な季節性(展葉・成熟・黄葉)の測定を岐阜大学高山

試験地で実施した。開放型温室は各辺約 2m の箱型で透明の亚克力板およびビニルシート製であり、ミズナラ樹冠頂上部の3箇所に設置した。温室内外の気温・湿度は全天候型の小型温湿度計(おんどとり)により常時計測・記録した。温室内外のミズナラ個葉のクロロフィル含量, 窒素含量, 光合成特性(LI-6400), 葉サイズ(葉長, LMA=葉重/葉面積)を展葉開始から落葉直前まで定期的に観測した。②落葉広葉樹林の土壌を電熱線により加温(平均 3°C)し, 土壌呼吸速度および炭素・窒素動態の観測を岐阜大学高山試験地(高山サイト)と北海道大学苫小牧研究林(苫小牧サイト)で実施した。地表下に埋設した電熱線は地温の観測データに基づいた独自の昇温システムにより制御し, 一定の加温処理を施した。春の融雪期から冬の積雪直前までの期間に, 土壌呼吸速度の連続観測(LI-8100)と定期的な多点観測(Vaisala GMP343), 土壌採取を行った。

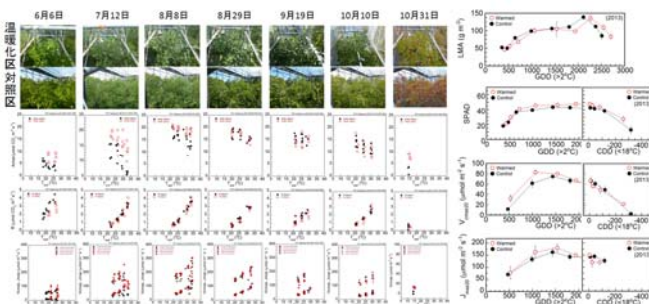
[Ⅱ]個葉・葉群・林冠の生理生態的特性の分光観測: ①温暖化がミズナラ個葉の形態・生理的特性への影響を通じて分光特性にもたらす影響を解明するために, 温室内外の葉の分光特性を光合成特性等と同時に展葉期・成熟期・黄葉期に測定した。測定は積分球(Li-1800)と分光放射計(FieldSpec)を用いて室内で行った。②葉群レベルの分光反射特性は上述の温暖化実験区にてイメージング分光計(JFE テクノリサーチ)を用いて季節を通じて連続観測した。③林冠レベルの分光反射特性は森林観測タワー上の分光放射計(MS700)により季節を通じて観測し, 個葉生理特性の観測データを導入した生態系炭素循環モデル(NCAR-LSM)を用いて推定した森林光合成生産力値と照合することにより, 林冠光合成生産力のリモートセンシング指標を得た。

[Ⅲ]新たな衛星-生理生態モデルによる森林生態系機能の評価と予測: ①林冠の分光反射特性から算出された各種植生指標(CI, CCI, NDVI, GRVI, EVI)と, 観測した生理・形態データを導入した炭素収支モデルによる光合成生産力(GPP)値との照合により, EVI-GPP 関係式を作成し, 衛星リモートセンシング(Terra/MODIS)データに適用して, 高山サイトと苫小牧サイトにおける2001年から現在までの光合成生産力の推定, および, 中部日本地域の光合成生産力の季節変化マップの作成を行うことにより, 落葉広葉樹林生態系機能の現状診断を行った。また高山サイトを対象として, 地域気象モデルWRFと生態系炭素循環モデルVISITの結合により, 炭素収支の現状診断(2000年代)と将来変動予測(2080年代)を行った。

## 5. 研究成果・波及効果

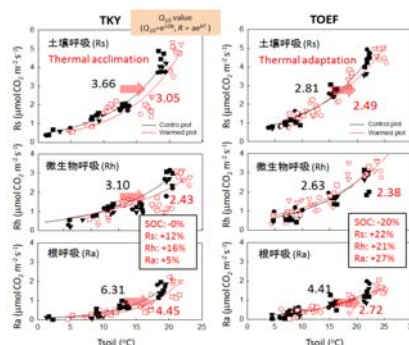
### (1)野外温暖化実験により得られた知見

葉群の生育温度の上昇は, 展葉の早期化と黄葉・落葉の遅延を生じ, 着葉期間を1週間程度延長した。展葉の早期化は, ミズナラの温室葉のクロロフィル含量, 光合成能, 葉サイズ(LMA)の季節的成長に表れ, 黄葉の遅延はクロロフィル含量と光合成能の低下の遅延に表れた(図・左)。展葉と老化の時間的進行は, 温室内外の葉に共通して, 積算温度によって説明できた。すなわち展葉期は平均気温2度を閾値とする積算気温により予測され, 老化期は平均気温18度を閾値とする減算気温により予測されることが示された(図・右)。これらの傾向は研究代表者らの長期観測データ(2003~2010年)の解析結果とも整合的であることが確認された。



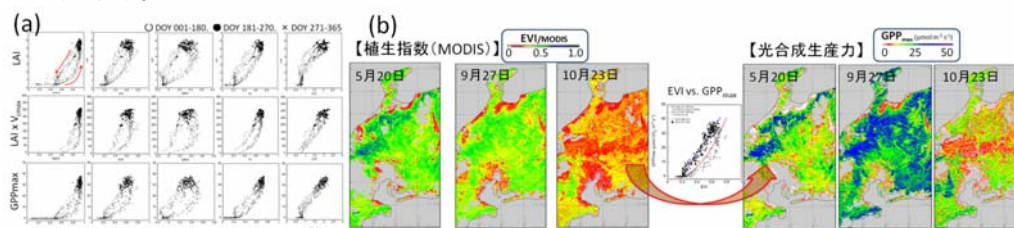
地温の上昇は微生物・根・土壌呼吸速度の増加を招いたが, 一方で, これらの呼吸速度の温度反応曲線は傾きが緩くなり, 生物学的な温度馴化が土壌内で生じたことが示された(下図)。呼吸速度の温度応答性を示す Q10 値は調査サイト間で異なり, 高山サイトの方が苫小牧サイトよりも呼吸活性が高いことが示唆された。以上の結果は, 森林タイプが同一とされる2サイトであっても土壌呼吸特性が異なることや, 温暖化により呼吸速度の温度反応性が変化するため, 将来の温暖化が土壌からの炭素放出にもたらす影響のモデル予測を慎重に検討すべきであることを示す。

またシミュレーションモデルにより土壌呼吸の温暖化応答を解析した結果、春と秋の地温上昇が土壌呼吸速度の顕著な増加をもたらすが、夏はその傾向は顕著ではないことが示唆された。



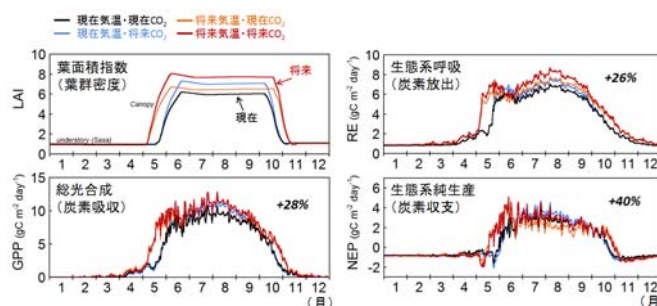
(2) 森林光合成生産力のリモートセンシング手法の開発

林冠木の個葉・葉群(枝)と林冠の各レベルでの分光反射特性を、葉のクロロフィル含量や光合成特性の観測値、または林冠光合成生産力(GPP)のモデル推定地と照合することにより、①温度環境の変化はクロロフィル含量や光合成能力に影響を及ぼすものの、これらの特性と分光反射特性(特にレッドエッジ 705nm の反射)との関係は、温室内外の葉について普遍的であること、②レッドエッジに着目したりリモートセンシング観測は葉群・林冠の両レベルで光合成生産力の季節変化や温度環境影響の検出を可能にし得ること、③既存の高時間解像度衛星ではこの観測は困難だが EVI は広域の光合成生産力の季節・年変動観測に適していることが検証された(下図)。



(3) 森林生態系(落葉広葉樹林)機能の現状診断と将来変動予測

森林生態系研究サイトでの観測に基づいた森林炭素収支の現状評価と将来変動予測を、特に林冠の光合成生産力や季節性(フェノロジー)が温度環境の影響を強く受けるという(1)の知見に基づいてモデル解析により実施した。気候変動の影響予測においては、大気 CO<sub>2</sub> 濃度の上昇と気温の上昇のそれぞれ、および両方の場合を想定した解析を行った(下図)。解析の結果、気温の上昇は LAI の季節性の変化を通じて、森林の光合成可能期間の延長と光合成量の増加をもたらした。また気温の上昇は地温の上昇を介して生態系呼吸量の増加をもたらした。これらの結果として、生態系純生産量は温暖化により展葉期と落葉期を中心に約 28%増加することが予測され、CO<sub>2</sub> 濃度上昇と気温上昇の相乗効果として炭素固定量は約 40%増加すると見込まれた。



(4) 総括

現在の気象環境の変動と将来の気候変動が森林生態系炭素収支プロセスにもたらす影響の実験的検証とモデル解析により、当該森林生態系は日本周辺の気候変動(温度上昇, 降水量の増加; IPCC 第 5 次評価報告書)に対して脆弱性は小さく、むしろ生産力が上がる可能性が示唆され、環境変動影響に対するレジリエンス(回復力)が示唆された。

本課題で得た生理生態学的知見とそのモデル解析手法、および、葉・葉群の生理生態学的特性に着目したりリモートセンシング観測手法・データ解析手法の開発により、林冠の環境応答・温暖化影響の検出を可能にすることができる。これはグリーン・イノベーションの基盤的課題の主旨である「地球環境の観測・評価・予測の高度化」に貢献する成果である。

## 6. 研究発表等

雑誌論文	(掲載済み一査読有り) 計 19 件
計 20 件	(掲載済み一査読無し) 計 1 件
	(未掲載) 計 0 件
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nagai S, Saitoh T.M., Suzuki R., Nasahara K.N., Lee W.-K., Son T., and Muraoka H. (2011) The necessity and availability of noise-free daily satellite-observed NDVI during rapid phenological changes in terrestrial ecosystems in East Asia. <i>Forest Science and Technology</i>, 7(4), 174-183.</li> <li>2. Nagai S., Saitoh T.M., Kobayashi H., Ishihara M., Suzuki R., Motohka T., Nasahara K.N. and Muraoka H. (2012) In situ examination of the relationship between various vegetation indices and canopy phenology in an evergreen coniferous forest, Japan. <i>International Journal of Remote Sensing</i> 33: 6202-6214</li> <li>3. Kamakura M., Kosugi Y., Muramatsu K. and Muraoka H. (2011) Simulations and observations of patchy stomatal behavior in leaves of <i>Quercus crispula</i>, a cool-temperate deciduous broad-leaved tree species. <i>Journal of Plant Research</i>, DOI: 10.1007/s10265-011-0460-8</li> <li>4. Saitoh T.M., Nagai S., Yoshino J., Muraoka H., Saigusa N., and Tamagawa I. (2012) Functional consequences of differences in canopy phenology for the carbon budgets of two cool-temperate forest types: simulations using the NCAR/LSM model and validation using tower flux and biometric data. <i>Eurasian Journal of Forest Research</i> 15: 19-30</li> <li>5. Inoue T., Nagai S., Inoue S., Ozaki M., Sakai S., Muraoka H. and Koizumi H. (2012) Seasonal variability of soil respiration in multiple ecosystems under the same physical-geographical environmental conditions in central Japan. <i>Forest Science and Technology</i> 8: 52-60</li> <li>6. Saitoh T.M., Nagai S., Noda H.M., Muraoka H. and Nasahara K.N. (2012) Examination of the extinction coefficient in the Beer-Lambert law for an accurate estimation of the forest canopy leaf area index. <i>Forest Science and Technology</i> 8:67-76</li> <li>7. Saitoh T.M., Nagai S., Saigusa N., Kobayashi H., Suzuki R., Nasahara K.N. and Muraoka H. (2012) Assessing the use of camera-based indices for characterizing canopy phenology in relation to gross primary production in a deciduous broad-leaved and an evergreen coniferous forest in Japan. <i>Ecological Informatics</i> doi:10.1016/j.ecoinf.2012.05.001.</li> <li>8. Thanyapraneedkul J., Muramatsu K., Daigo M., Furumi S., Soyama N., Nasahara K.N., Muraoka H., Noda H.M., Nagai S., Maeda T., Mano M. and Mizoguchi Y. (2012) A vegetation index to estimate terrestrial gross primary production capacity for the Global Change Observation Mission-Climate (GCOM-C)/second-generation global imager (SGLI) satellite sensor. <i>Remote Sensing</i> 4: 3689-3720</li> <li>9. Potitthep S., Nagai S., Nasahara K.N., Muraoka H. and Suzuki R. (2012) Two separate periods of the LAI-VIs relationships using in situ measurements in a deciduous broadleaf forest. <i>Agricultural and Forest Meteorology</i> 169: 148-155</li> <li>10. 村岡裕由・野田響・斎藤琢・永井信・奈佐原顕郎 (2012) 森林生態系の光合成：生理生態学と衛星観測の融合による長期・広域評価。日本植物学会オンライン和文総説集「植物科学の最前線」(査読無し)</li> <li>11. Chung H., Muraoka H., Nakamura M., Han S, Muller O. and Son Y. (2013) Experimental warming studies on tree species and forest ecosystems: A literature review. <i>Journal of Plant Research</i> 1246: 447-460</li> <li>12. Nagai S., Saitoh T.M., Noh NJ., Yoon TK., Kobayashi H., Suzuki R., Nasahara K.N., Son Y. and Muraoka H. (2013) Utility of information in photographs taken upwards from the floor of closed-canopy deciduous broadleaved and closed-canopy evergreen coniferous forests for continuous observation of canopy phenology. <i>Ecological Informatics</i>, <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2013.05.005">http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2013.05.005</a></li> <li>13. Saitoh T.M., Tamagawa I., Muraoka H., and Kondo H. (2013) An analysis of summer evapotranspiration based on multi-year observations including extreme climatic conditions over a cool-temperate evergreen coniferous forest, Takayama, Japan. <i>Hydrological Processes</i>, 27, 3341-3349, DOI: 10.1002/hyp.9834</li> <li>14. Nagai S., Saitoh T.M., Kurumado K., Tamagawa I., Kobayashi H., Inoue T., Suzuki R., Gamo M., Muraoka H. and Nasahara K.N. (2013) Detection of bio-meteorological year-to-year variation by using digital canopy surface images of a deciduous broad-leaved forest. <i>SOLA</i> 9: 106-110, doi:10.2151/sola.2013-024</li> <li>15. Kuribayashi M., Noh NJ., Saitoh, T.M., Tamagawa I., Wakazuki Y. and Muraoka H. (2013) Comparison of snow water equivalent estimated in central japan by high-resolution simulations</li> </ol>

	<p>using different land-surface models. SOLA 9: 148-152</p> <p>16. Noda H.M., Motohka T., Murakami K., Muraoka H. and Nasahara K.N. (2013) Reflectance and transmittance spectra of leaves and shoots of 22 vascular plant species and reflectance spectra of trunks and branches of 12 tree species in Japan. <i>Ecological Research</i>, DOI 10.1007/s11284-013-1096-z</p> <p>17. Fang JY., Guo Z., Hu H., Kato T., Muraoka H. and Son Y. (2014) Forest biomass carbon sinks in East Asia, with special reference to the relative contributions of forest expansion and forest growth. <i>Global Change Biology</i>, doi:10.1111/gcb.12512</p> <p>18. Nagai S., Inoue T., Ohtsuka T., Kobayashi H., Kurumado K., Muraoka H. and Nasahara K.N. (2014) Relationship between spatio-temporal characteristics of leaf-fall phenology and seasonal variations in near surface- and satellite-observed vegetation indices in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Japan. <i>International Journal of Remote Sensing</i>, <a href="http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2014.907937">http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2014.907937</a></p> <p>19. Nagai S., Saitoh T.M., Suzuki R., Nasahara K.N. (2014) Spatio-temporal distribution of the timing of start and end of growing season along vertical and horizontal gradients in Japan. <i>International Journal of Biometeorology</i>, doi:10.1007/s00484-014-0822-8</p> <p>20. 斎藤琢 (2014) 群落スケールの生態系呼吸 - 炭素循環および熱循環の視点から -. <i>光合成研究</i>, 24(1), 34-38.</p>
<p>会議発表</p> <p>計 66 件</p>	<p>専門家向け 計 61 件</p> <p>一般向け 計 5 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Muraoka H., Noda H., Nagai S., Saitoh T.M., Motooka T., Nasahara K.N. and Saigusa N. (2011) Ecophysiological, micrometeorological and spectral observations of canopy photosynthesis in a cool-temperate deciduous forest Takayama site. <i>International Long-Term Research Network (ILTER) Annual Meeting 2011</i>, Hokkaido University, Sapporo, Japan, September 5-9</li> <li>2. Muraoka H. (2011) "Satellite Ecology": An initiative to achieve integrated understanding of Asian ecosystem structure, functions, biodiversity and services. <i>TERRECO 2011 Science Conference</i>, Garmisch-Partenkirchen, Germany, Oct 3-7, 2011</li> <li>3. Muraoka H. (2012) 'Satellite Ecophysiology' approach to assess spatial and temporal changes in canopy photosynthesis. Joint meeting of the 59<sup>th</sup> annual meeting of ESJ and the 5<sup>th</sup> EAFES international congress, Ryukoku University, Otsu, Japan Saitoh T.M., Nagai S., Yoshino J., Muraoka H., Saigusa N., Tamagawa I. (2012) Functional consequences of differences in canopy phenology for the carbon budgets of two cool-temperate forest types: simulations using the NCAR/LSM model and validation using tower flux and biometric data. Joint meeting of the 59<sup>th</sup> annual meeting of ESJ and the 5<sup>th</sup> EAFES international congress, Ryukoku University, Otsu, Japan, March 17-21, 2012 (Poster; P3-299J).</li> <li>4. Saitoh T.M., Yoshino J., Muraoka H., Saigusa N., and Tamagawa I. (2011) Comparison study in carbon budget over two different cool-temperate forests in Takayama, Japan, using an ecosystem model. <i>International Long-Term Research Network (ILTER) Annual Meeting 2011</i>, Hokkaido University, Sapporo, Japan, September 5-9 (Poster; P1-07).</li> <li>5. Nagai, S., T. M. Saitoh, R. Suzuki, and H. Muraoka (2011): The necessity and availability of noise-free daily satellite-observed normalized difference vegetation index (NDVI) data during leaf-expansion and -fall periods in various ecosystems of East Asia. <i>International Symposium on Remote Sensing 2011</i>, November 2-4, Yeosu, Korea (Invited; Oral).</li> <li>6. Nagai, S. (2012): Comprehensive, long-term, continuous, and global ground-truth for accurate phenological observations by using satellite remote-sensing -the challenging activities of the "Phenological Eyes Network (PEN)" -. Workshop on assessing Ecosystem Structure and Function with Satellite- and Ground-based Observations. February 23-24, University of Hawaii at Manoa (Invited; Oral).</li> <li>7. Nagai, S. (2012): Comprehensive, long-term, and continuous ground-truthing and ecological examination of satellite remote sensing for accurate phenological observation. Joint meeting of the 59<sup>th</sup> annual meeting of ESJ and the 5<sup>th</sup> EAFES international congress, Ryukoku University, Otsu, Japan</li> <li>8. Noda H.M., Nasahara K.N. and Muraoka H. (2012) Estimation of single-leaf ecophysiological characteristics by leaf optical properties in various terrestrial plant functional types. (poster) Joint meeting of the 59<sup>th</sup> annual meeting of ESJ and the 5<sup>th</sup> EAFES international congress, Ryukoku University, Otsu, Japan</li> <li>9. Murakami K., Sasai T., Noda H.M., Muraoka H. and Nasahara K.N. (2012) Estimation of leaf area index from a canopy radiative transfer model with plant phenology in East Asia. (poster)</li> </ol>



	<p>Joint meeting of the 59<sup>th</sup> annual meeting of ESJ and the 5<sup>th</sup> EAFES international congress, Ryukoku University, Otsu, Japan</p> <p>10. Inoue T., Nagai S., Muraoka H. and Koizumi H. (2012) Seasonal variability of soil respiration and their temperature sensitivity (<math>Q_{10}</math>) in cool-temperate forest-grassland ecosystems in central Japan. Joint meeting of the 59<sup>th</sup> annual meeting of ESJ and the 5<sup>th</sup> EAFES international congress, Ryukoku University, Otsu, Japan</p> <p>11. 村岡裕由 (2011) 「地球温暖化時代の流域圏生態系研究」 岐阜大学フェア in 飛騨高山 2011。2011年8月24日 (高山)</p> <p>12. 村岡裕由 (2011) 「衛星生態学による森林生態系機能の評価」 岐阜大学フェア 2011。2011年11月4-5日 (岐阜)</p> <p>13. Saitoh T.M., Nagai S., Yoshino J., Saigusa N., Tamagawa I. and Muraoka H. (2012) Carbon budget in a deciduous broad-leaved forest considering the expanded growing period length by global warming. Japan Geoscience Union Meeting 2012, Makuhari, Chiba, Japan, May 20-25, 2012 (Poster; AHW28-P20).</p> <p>14. Muraoka H., Noda H., Nagai S., Motohka T., Saitoh T.M., Nasahara K.N. and Saigusa N. (2012) Ecophysiological dynamics of forest canopy photosynthesis and its optical observation. Japan Geoscience Union Meeting 2012, Makuhari, Chiba, Japan, May 20-25, 2012 (Poster; AHW28-P18).</p> <p>15. Muraoka H., Nagai S., Noda H.M., Saitoh H.M. and Motohka T. (2012) Linking plant ecophysiology and optical remote sensing to reveal temporal and spatial dynamics of forest canopy photosynthesis. Seminar on long term ecological research in the East Asia Pacific region (EAP-LTER) 2012, July 4-5, Malaysia</p> <p>16. Noda H.M., Murakami T., Nasahara K.N. and Muraoka H. (2012) In-situ and satellite-integrated observations of terrestrial ecosystem. Seminar on long term ecological research in the East Asia Pacific region (EAP-LTER) 2012, July 4-5, Malaysia</p> <p>17. Muraoka H., Nagai S., Saitoh T.M., Inoue T., Noda H.M. and Noh NJ. (2012) "Satellite Ecology": an initiative to achieve cross-scale evaluation of forest ecosystem functions under climate change. The 55th symposium of the international association for vegetation science, Hotel Hyundai Mokpo, Korea.</p> <p>18. Saitoh T.M., Noh NJ., Nagai S., Son Y. and Muraoka H. (2012) Carbon partitioning and budget in forest ecosystems in East Asia: combined meta-analysis of tower-flux and biometric data. A3 session 'Carbon cycle in ecosystem dynamics under climate change: new insights by combining ecology, micrometeorology and remote sensing', The 55th symposium of the international association for vegetation science, Hotel Hyundai Mokpo, Korea.</p> <p>19. Nagai S., Saitoh T., Maeda T., Nasahara K., Suzuki R. and Muraoka H. (2012) Availability of long-term daily digital camera images to detect characteristics of plant phenology and terrestrial ecosystems. A3 session 'Carbon cycle in ecosystem dynamics under climate change: new insights by combining ecology, micrometeorology and remote sensing', The 55th symposium of the international association for vegetation science, Hotel Hyundai Mokpo, Korea.</p> <p>20. Noda H.M., Murakami K., Nasahara K.N. and Muraoka H. (2012) PRIMULAS: a new model to predict optical properties of single leaf. A3 session 'Carbon cycle in ecosystem dynamics under climate change: new insights by combining ecology, micrometeorology and remote sensing', The 55th symposium of the international association for vegetation science, Hotel Hyundai Mokpo, Korea.</p> <p>21. Noh NJ., Son Y., Chung H., Jo W., Han S., Lee SJ. and Muraoka H. (2012) Influence of artificial warming on soil CO<sub>2</sub> efflux in an open-field planted with <i>Pinus densiflora</i> and <i>Quercus variabilis</i> seedlings. The 55th symposium of the international association for vegetation science, Hotel Hyundai Mokpo, Korea.</p> <p>22. Kuribayashi M., Ohara T., Morino Y., Uno I., Kurokawa J., Hara H. and Muraoka H. (2012) Long-term trends of sulfur deposition in East Asia during 1981-2005. The 55th symposium of the international association for vegetation science, Hotel Hyundai Mokpo, Korea.</p> <p>23. 村岡裕由・野田響・斎藤琢・永井信 (2012) 森林生態系の光合成：生理生態学と衛星観測の融合による長期・広域評価。日本植物学会第76回大会 理事会主催シンポジウム「植物バイオマスのマイクロからマクロの動態：生態系・生物多様性と気候変動」(2012年9月16日, 姫路)</p> <p>24. Nagai S., Motooka T., Kobayashi H., Suzuki R., Nasahara K.N., Muraoka H. and Saitoh T.M. (2012) Accuracy evaluation of satellite remote-sensing-based phenological observations in East Asia by performing long-term continuous ground-truthing and ecological examinations, SPIE Asia-Pacific Remote Sensing 2012/SPIE Asia-Pacific Remote Sensing 2012, Kyoto International Conference Center, Kyoto Japan, 29 October - 1 November 2012, (8524-50)</p> <p>25. 村岡裕由・庄司千佳・永井信・野田響 (2012) 冷温帯落葉広葉樹林における野外温暖化実験：林冠木の個葉生理生態学的特性への影響。中部山岳地域環境変動研究機構 2012</p>
--	---

	<p>年度年次研究報告会（高山，2012年12月13-14日開催）</p> <p>26. 栗林正俊・魯南賑・斎藤琢・若月泰孝・玉川一郎・村岡裕由（2012）地域気象モデルWRFの陸面過程の違いが中部山岳域における積雪深の再現性にもたらす影響。中部山岳地域環境変動研究機構2012年度年次研究報告会（高山，2012年12月13-14日開催）</p> <p>27. 斎藤琢・永井信・吉野純・三枝信子・玉川一郎・村岡裕由（2012）温暖化による生育期間延長を考慮した落葉広葉樹林における炭素収支。中部山岳地域環境変動研究機構2012年度年次研究報告会（高山，2012年12月13-14日開催）</p> <p>28. Nagai S., Nakai T., Saitoh T.M., Busey, R.C., Kobayashi H., Suzuki R., Muraoka H. and Kim Y. (2013) Ground-truth for satellite observation by performing daily field studies in an open-canopy black spruce forest in Alaska and a closed-canopy evergreen coniferous forest in Japan. Third International Symposium on the Arctic Research (ISAR-3), Miraikan, Tokyo, Japan, January 14-17, 2013 (Oral, p.30)</p> <p>29. Noh NJ., Inoue T., Saitoh T.M., Kuribayashi M. and Muraoka H. (2012) Short-term response of soil respiration to experimental soil warming in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Takayama. 中部山岳地域環境変動研究機構2012年度年次研究報告会（高山，2012年12月13-14日開催）</p> <p>30. 永井信・鈴木力英・小林秀樹・村岡裕由・奈佐原顕郎・梶原康司・本多嘉明（2013）落葉期の衛星観測の高精度化を目的とした地上検証。第15回環境リモートセンシングシンポジウム（千葉大学，2013年2月22日開催）</p> <p>31. 村岡裕由・庄司千佳・永井信・野田響（2013）冷温帯落葉広葉樹林における野外温暖化実験：ミズナラ個葉の光合成・分光特性・フェノロジーに対する温度環境の影響。日本生態学会第60回大会（静岡，2013年3月5-9日開催）</p> <p>32. 庄司千佳・梁配平・村岡裕由（2013）冷温帯落葉広葉樹林の光合成能力のフェノロジー—生育型の違いと光・温度環境の影響—。日本生態学会第60回大会（静岡，2013年3月5-9日開催）</p> <p>33. 山田晃嗣・村岡裕由（2013）落葉広葉樹稚樹の形態的・生理的特性の季節変化が林床での光合成生産量に与える影響。日本生態学会第60回大会（静岡，2013年3月5-9日開催）</p> <p>34. 鎌倉真依・村岡裕由・奥村智憲・小杉緑子（2013）野外温暖化実験におけるミズナラの個葉ガス交換特性に対する温度の影響。日本生態学会第60回大会（静岡，2013年3月5-9日開催）</p> <p>35. 野田響・本岡毅・村上和隆・奈佐原顕郎・村岡裕由（2013）積分球を用いた細い葉および針葉の分光反射率・透過率の測定方法。日本生態学会第60回大会（静岡，2013年3月5-9日開催）</p> <p>36. Noh NJ, Inoue T, Kuribayashi M., Saitoh T.M., Nakaji T., Hiura T. and Muraoka H. (2013) Effect of experimental soil warming on soil respiration in deciduous broad-leaved forests in Takayama and Tomakomai, Japan. 日本生態学会第60回大会（静岡，2013年3月5-9日開催）</p> <p>37. 栗林正俊・魯南賑・斎藤琢・伊藤昭彦・村岡裕由（2013）気候モデルの時空間解像度の違いが中部山岳域の森林生態系の炭素収支推定にもたらす影響。日本生態学会第60回大会（静岡，2013年3月5-9日開催）</p> <p>38. 村岡裕由（2012）岐阜大学フェア2012（11月2-3日）パネル展示「森林生態系における野外温暖化実験の試み」（岐阜）</p> <p>39. Muraoka H., Noh NJ., Saitoh T.M., Kuribayashi M., Noda H.M. and Nagai S. (2013) Open field warming experiments for canopy photosynthesis and soil carbon cycling in a cool-temperate deciduous forest in Takayama, Japan. JpGU (Tokyo), May 2013</p> <p>40. 斎藤琢・永井信・吉野純・三枝信子・玉川一郎・村岡裕由（2013）温暖化による生育期間延長を考慮した落葉広葉樹林における炭素収支，日本地球惑星科学連合大会2013年大会，幕張，2013年5月19-24日（口頭；ACG35-12）</p> <p>41. 栗林正俊, N.-J. Noh, 斎藤琢, 若月泰孝, 玉川一郎, 村岡裕由 (2013): 地域気象モデルWRFの陸面過程の違いが中部山岳域における積雪深の再現性にもたらす影響. 日本地球惑星科学連合2013年大会, 幕張市, 千葉県, 2013年5月19-24日.</p> <p>42. Kuribayashi, M., N.-J. Noh, T.M. Saitoh, I. Tamagawa, Y. Wakazuki, H. Muraoka (2013): Influence of land surface scheme in regional climate model on estimating snow water equivalent over mountainous landscape in central Japan. International Joint Conference of 11th AsiaFlux International Workshop, 3rd HESSS, and 14th Annual Meeting of KSAFM, Seoul, Korea, 21-24 August 2013.</p> <p>43. Saitoh, T.M., S. Nagai, J. Yoshino, N. Saigusa, I. Tamagawa, H. Muraoka (2013): Impact of</p>
--	---

	<p>canopy phenology on carbon budget in a deciduous broad-leaved forest with understory evergreen dwarf bamboo under near future climate condition. International Joint Conference of 11th AsiaFlux international Workshop, 3rd HESSS and 14th Annual Meeting of KSAFM, communicating Science to Society: Coping with Climate Extremes for Resilient Ecological-Societal Systems, Abstract A4-059, Seoul National University, Seoul, Korea, 21-24 Aug.</p> <p>44. 村岡裕由 (2013) 岐阜大学フェア in 飛騨高山 2013 パネル展示「森林生態系における野外温暖化実験の試み」(高山)</p> <p>45. Muraoka H., Nagai S., Saitoh T.M. and Nasahara K.N. (2013) Satellite ecology and phenological eyes network to link satellite remote sensing and in situ observation of forest canopy phenology, structure and functions under climate change. INTECOL (London), August 2013</p> <p>46. 栗林正俊, N.-J. Noh, 斎藤琢, 若月泰孝, 玉川一郎, 村岡裕由 (2013): 地域気象モデル WRF の異なる陸面過程を用いた中部山岳域における積雪水量の評価. 日本気象学会 2013 年度秋季大会, 仙台市, 宮城県, 2013 年 11 月 19 日-21 日.</p> <p>47. Muraoka H. (2013) "Satellite Ecology": Crossroad of plant ecology and climate change science. Synthesis workshop on the carbon budget and forest ecosystem in the Asian monitoring network -The 20th Anniversary of the Takayama site. (Takayama), October 2013</p> <p>48. Nagao A., Shoji C., Nagai S. and Muraoka H. (2013) Effects of rising temperature on leaf phenology of <i>Quercus crispula</i> - Open field experiment in a cool-temperate deciduous broadleaf forest -. Synthesis workshop on the carbon budget and forest ecosystem in the Asian monitoring network -The 20th Anniversary of the Takayama site. (Takayama), October 2013</p> <p>49. Noda H.M. and Muraoka H. (2013) Phenological changes in morphological, physiological and optical properties of single-leaves in canopy trees of a cool-temperate deciduous forest in Japan. Synthesis workshop on the carbon budget and forest ecosystem in the Asian monitoring network -The 20th Anniversary of the Takayama site. (Takayama), October 2013</p> <p>50. Noh, N.J., M. Kuribayashi, T.M. Saitoh, T. Inoue, H. Muraoka (2013) Response of belowground carbon fluxes to experimental soil warming in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest of Takayama. Synthesis workshop on the carbon budget and forest ecosystem in the Asian monitoring network -The 20th Anniversary of the Takayama site. (Takayama), October 2013</p> <p>51. Kuribayashi, M., N.-J. Noh, T.M. Saitoh, A. Ito, Y. Wakazuki, H. Muraoka (2013) Effect of spatial resolutions of climate data on estimating carbon budget in forest ecosystem over central Japan. Synthesis workshop on the carbon budget and forest ecosystem in the Asian monitoring network -The 20th Anniversary of the Takayama site. (Takayama), October 2013</p> <p>52. Saitoh, T.M., S. Nagai, J. Yoshino, N. Saigusa, S. Murayama, K.N. Nasahara, I. Tamagawa, H. Kondo, H. Muraoka (2013) Impact of canopy phenology on carbon and heat cycles in a deciduous broad-leaved forest under climate change: implication for phenological observation. Synthesis workshop on the carbon budget and forest ecosystem in the Asian monitoring network -The 20th Anniversary of the Takayama site. (Takayama), October 2013</p> <p>53. Kamkura M., Okumura M., Kozugi Y. and Muraoka H. (2013) Effects of experimental warming on leaf gas exchange characteristics of cool-temperate deciduous tree, <i>Quercus crispula</i>. Synthesis workshop on the carbon budget and forest ecosystem in the Asian monitoring network -The 20th Anniversary of the Takayama site. (Takayama), October 2013</p> <p>54. Okumura M., Kamakura M., Muraoka H., Kosugi Y., Miyama T., Tsuruta K. and Tohno S. (2013) Biogenic volatile organic compound emissions from Japanese oak in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest. Synthesis workshop on the carbon budget and forest ecosystem in the Asian monitoring network -The 20th Anniversary of the Takayama site. (Takayama), October 2013</p> <p>55. 村岡裕由 (2013) 植物の光合成からみた森の営みと温暖化. 高山サイト 20 周年記念一般公開講演会「わたしたちの山と森と地球環境」, 高山, 2013 年 10 月 26 日。</p> <p>56. 村岡裕由・斎藤琢 (2013) 高山スーパーサイトにおける野外温暖化実験と衛星一生理生態学統合研究の展開. 平成 25 年度地球観測連携拠点主催ワークショップ: 陸域における炭素循環及び生態系・生物多様性観測の最近の動向. (東京, 招待講演)</p> <p>57. Noda H.M. and Muraoka H. (2013) Phenological changes in morphological, physiological and optical properties of single-leaves in canopy trees of a cool-temperate deciduous forest in Japan. AGU fall meeting, December 2013, San Francisco.</p> <p>58. Noh, N.J., M. Kuribayashi, T.M. Saitoh, T. Nakamura, T. Nakaji, T. Hiura, H. Muraoka (2013) Effects of experimental soil warming on soil, autotrophic and heterotrophic respiration in cool-temperate deciduous broad-leaved forests AGU 2013 Fall Meeting, Abstract B51D-0297, San Francisco, Calif., 9-13 Dec.</p> <p>59. 村岡裕由・永井信・斎藤琢・野田馨・奈佐原顕郎・伊藤昭彦・三枝信子・小泉博 (2014)</p>
--	---

	<p>衛星-生理生態学による森林生態系機能の時空間スケーリングの試み。第61回日本生態学会大会（広島，2014年3月）</p> <p>60. 野田響・村岡裕由・奈佐原検討・伊藤昭彦（2014）冷温帯落葉広葉樹林における個葉・葉群室素量のリモートセンシング。第61回日本生態学会大会（広島，2014年3月）</p> <p>61. 斎藤琢・Noh NamJin・永井信・Son Yowhan・村岡裕由（2014）東アジアの陸域生態系における炭素分配-タワーフラックス・生態プロセス観測の統合解析-。第61回日本生態学会大会（広島，2014年3月）</p> <p>62. 長尾彩加・庄司千佳・大橋千遼・斎藤琢・村岡裕由（2014）冷温帯落葉広葉樹林における野外温暖化実験 温度環境の違いが林冠木の個葉のフェノロジーに及ぼす影響。第61回日本生態学会大会（広島，2014年3月）</p> <p>63. 山田晃嗣・村岡裕由（2014）落葉広葉樹林内の光環境に対する稚樹の形態的・生理的応答の季節変化。第61回日本生態学会大会（広島，2014年3月）</p> <p>64. Noh NJ., Kuribayashi M., Saitoh T.M., Nakamura M., Nakaji T., Hiura T. and Muraoka H. (2014) Do autotrophic and heterotrophic soil respirations respond to soil warming equally in cool-temperate forests? 第61回日本生態学会大会（広島，2014年3月）</p> <p>65. 栗林正俊・魯南賑・斎藤琢・伊藤昭彦・若月泰孝・村岡裕由（2014）中部山岳域における森林生態系の炭素収支の気候変動影響予測化。第61回日本生態学会大会（広島，2014年3月）</p> <p>66. 井上智晴・永井信・斎藤琢・村岡裕由・奈佐原顕郎・小泉博（2014）落葉広葉樹林における葉群フェノロジーの年々変化-デジタルカメラ観測による樹種ごとの検出-。第61回日本生態学会大会（広島，2014年3月）</p>
<p>図書</p> <p>計3件</p>	<p>1. 日本生態学会編「生態学入門」第2版。（分担執筆） 東京化学同人</p> <p>2. Muraoka H., Ishii R., Nagai S., Suzuki R., Motohka T., Noda H., Hirota M., Nasahara K.N., Oguma H. and Muramatsu K. (2012) Linking remote sensing and in situ ecosystem/biodiversity observations by "Satellite Ecology". In: Shin-ichi Nakano et al. (eds.), The biodiversity observation network in the Asia-Pacific region: toward further development of monitoring, Ecological Research Monographs, Springer Japan. DOI 10.1007/978-4-431-54032-8_21</p> <p>3. 斎藤琢（2013）「第4章 植物の群落と機能」、『植生のリモートセンシング』，森北出版，HG Jones, RA Vaughan（著），久米篤・大政謙次（監訳），pp84-113（分担翻訳）</p>
<p>産業財産権 出願・取得 状況</p> <p>計0件</p>	<p>（取得済み）計0件</p> <p>（出願中）計0件</p>
<p>Webページ （URL）</p>	<p><a href="http://www.green.gifu-u.ac.jp/~muraokalab/">http://www.green.gifu-u.ac.jp/~muraokalab/</a>（研究室ウェブページ）</p> <p><a href="http://www.gifu-u.ac.jp/about/publication/glg.html">http://www.gifu-u.ac.jp/about/publication/glg.html</a>（Global Lectures of Gifu University）</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>本研究課題では、毎年度の「岐阜大学フェア」において研究内容の公開を目的としたパネル展示を行った。また、最終年度には岐阜大学独自の取り組みである映像配信による研究紹介「Global Lectures of Gifu University」を担当するとともに、秋には一般公開講演会を主催して講演を行った。その他、研究場所である高山市から岐阜大学に派遣されている職員とは研究・知見提供ニーズの情報交換を度々行った。</p>
<p>新聞・一般雑誌等掲載 計2件</p>	<p>1. 「岐阜大学フェア in 飛騨高山 2011」においてパネル展示発表をした際に、中日新聞社と岐阜新聞社の取材を受けて、2011年8月25日に記事が掲載された。</p> <p>2. 中日新聞（2013年8月29日朝刊）「岐阜大 研究内容 世界に発信 国際化へHPに英語の動画で」</p>
<p>その他</p>	

## 7. その他特記事項

本研究課題は岐阜大学・高山サイト、北海道大学・苫小牧サイト、筑波大学・菅平サイトを拠点

として遂行された。特に高山サイトと苦小牧サイトにおける研究成果は日本長期生態学研究ネットワーク(JaLTER)や日本フラックス観測ネットワーク(JapanFlux)との連携にも寄与するものである。最終年度10月に高山市で「高山サイト20周年記念国際ワークショップ」を主催し、国内外から100名近い参加者を得て研究成果発表および知見・情報交換を実現した。このワークショップでは森林生態系を対象とした総合的観測・野外実験・モデル解析の融合による統合的な研究を長期的に展開することの重要性について提案し、本研究課題の取り組みの有効性を広めた。また課題期間中に研究代表者はJaLTERおよび東アジア太平洋地域の国際長期生態学研究ネットワーク(ILTER-EAP)の科学委員(2014年6月より委員長)、および日本生物多様性観測ネットワーク(J-BON)の地上-衛星統合観測作業部会長の立場でも、森林の温暖化研究や植物フェノロジー観測網の拡充に向けた提案を続けた。