

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23248023

研究課題名(和文) TDLS分析計を駆使した森林生態系におけるメタン動態の新しい理解

研究課題名(英文) New understandings of methane dynamics of forest ecosystems using TDLS analyzers

研究代表者

小杉 緑子 (Kosugi, Yoshiko)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・助教

研究者番号：90293919

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 39,100,000円、(間接経費) 11,730,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、TDLS分析計を駆使して森林生態系におけるメタン動態を明らかにした。渦相関(EC)法および簡易渦集積(REA)法にプロファイル測定を併用することにより、森林生態系(樹冠)スケールでのメタンフラックスの日・季節・年々変動を連続モニタリングするとともに、森林内の各コンパートメント(湿地土壌・不飽和土壌・葉群・幹など)におけるメタンの吸収ないし放出速度をチャンバー法により連続観測し、コンパートメントスケールでのシンク/ソースの実態と時空間変動を調べた。この結果、湿地域を含む森林生態系におけるメタンフラックスの変動幅について定量化し、これらの森林がメタンのソースとなりうることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This study examined the methane dynamics of forest ecosystems using TDLS analyzers. By using the eddy covariance, the eddy accumulation, and the profile methods, ecosystem-scale methane flux and its daily, seasonal and inter-annual variation was continuously monitoring. At the same time, methane fluxes of each components in the forest (wetland, dry-upland, foliage, trunk, and so on) were continuously monitored with the chamber method, to reveal the sink/source of methane and their spacio-temporal variations. As a result, range and fluctuation of methane flux of forest ecosystems including wetlands were quantified. These forests can be a methane source.

研究分野：森林科学

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：メタン TDLS 渦集積法 渦相関法 チャンバー法

## 1. 研究開始当初の背景

CH<sub>4</sub> は産業革命以降の急激な濃度上昇が懸念されている第二の温室効果ガスである。全球のメタン収支に果たす森林生態系の役割を知ることは非常に重要であるが、その実態は不明な点が多い。現在までのところ、森林生態系を含む不飽和土壌は 30Tg/yr (6%) の吸収源として、一方で湿地土壌は 115Tg/yr (22%) の放出源として機能すると見積もられている (Le Mer and Roger, 2001)。しかしながら、これらの知見のほとんどは大気中の CH<sub>4</sub> 濃度や安定同位体比などを情報源に組み上げられた試算であり、また数値モデルなどはいくつも存在するが、実際の森林における動態に関する情報は少ない。既存のガス濃度計の応答速度や分解能の限界と収支の微妙さから地上観測が圧倒的に困難であるため、これまでに信頼できる森林樹冠上フラックス (= 放出・吸収速度) の長期連続観測例はゼロに近い。森林における CH<sub>4</sub> フラックスはこれまで土壌圏を中心として、土壌チャンパーより採取したガスを実験室に持ち帰ってガスクロマトグラフ分析計 (GC) により濃度変化を分析することによって評価されてきたが、このような方法によって得られる情報は自ずと限られてきた。土壌圏フラックスは生成・消費・放出の複雑なメカニズムが連動し大きな時空間的不均一性を有する (Itoh et al, 2007, 2008, 2009) ため、森林現地での多点・連続チャンパー観測による飛躍的な情報量増加が今後の研究の推進に不可欠である。さらに最近、樹木を含む植物葉が CH<sub>4</sub> を放出しているという報告 (Keppler et al, 2006) がなされ、大きな話題となり物議を醸しているが (e.g., Vignani et al, 2008, Wang et al, 2008, Beerling et al, 2008)。いずれの研究においても手法の制約から、生きた植物葉群からのフラックスを実際の生態系において連続観測するには至っておらず、植物体におけるシンク/ソースの実態は依然謎に包まれている。

このような現状を打開するべく、我々グループはここ数年来、その画期的に速い応答速度や測定簡便性ゆえに情報の飛躍的な増加と研究の変革をもたらすであろう TDLS 方式微量ガス分析計に注目し、生態系における CH<sub>4</sub> 動態の把握にむけたいくつかの非常に有効な研究戦略や測定システムの提示と現場検証を繰り返してきた。我々は科研費基盤研究 (B) (代表: 小杉緑子) のもと、TDLS 分析計を用いて実際の森林サイトにおいて簡易渦集積 (REA) 法による樹冠上フラックスの連続観測、森林内外大気メタン濃度の時空間変動、自動閉鎖チャンパーによる各コンパートメントからのシンク/ソースの連続観測などを行うための測定システムを開発・検証してきた。これらは複数年にわたる連続観測をす

でに継続し始めており、世界に先駆けた長期モニタリング研究のひとつとなるのが期待される。また一方で、アラスカサイトのグループは、代表者らとは別途、TDLS 分析計を用いた渦相関 (EC) 法による樹冠上フラックスの連続観測について先駆的な研究をおこなってきた。平成 22 年度に両者は、アラスカサイトにおいて EC 法と REA 法の比較実験を試行する機会を持ち、その結果、TDLS 分析計を用いたシステムの様々な問題点や特徴について大幅に理解を進めた。TDLS 分析計を用いた CH<sub>4</sub> 動態の研究において、我々複合グループは現在、国際的にも最先端の技術とノウハウを有しており、また問題点についてもはっきりと明らかになってきた。そこで、研究グループを再編成し、2 つの拠点サイトにおいて観測システムの改良と観測の一斉展開を同時併行させ、共同でこれらの問題点に取り組んでいくことで、いっそう研究を前進させることができるとの判断から、本研究の着想に至った。

## 2. 研究の目的

本研究は、これまでメタン動態についての先駆的な研究が展開されてきた 2 つの拠点サイト (桐生サイト・ヒノキ林、アラスカサイト: クロトウヒ林) において、下記 1)2)3) の目標を設定し、TDLS 分析計を用いたシステムを駆使した観測を行う。また同時に、今後より広範囲の森林におけるメタン動態について情報を蓄積していくための戦略として、4)5) の目標を設定する。

- 1) 森林生態系 (樹冠) スケールでのフラックスの日・季節・年々変動パターンを把握し、対象森林がメタンのシンクなのかソースなのか、またシンク/ソースがどのようにスイッチングするのかについて明らかにする。
- 2) 森林内外の CH<sub>4</sub> 濃度の変動を把握し、樹冠上フラックスとの関係について明らかにする。
- 3) 森林内の各コンパートメントスケール (湿地土壌・不飽和土壌・葉群・幹など) でのシンク/ソースの実態と長期的な時空間変動を明らかにする。
- 4) 様々な樹種を対象として、生きた葉群の CH<sub>4</sub> 交換について明らかにする。
- 5) 協力フラクスタワーサイトに簡易に導入することができる樹冠上 CH<sub>4</sub> フラックスモニタリングシステムを開発する。

以上を統合することにより、森林生態系における CH<sub>4</sub> 動態についてまったく新しい理解をもたらすとともに、学界にむけて CH<sub>4</sub> 動態研究戦略の新しいスタンダードを発信するものである。

森林生態系において CH<sub>4</sub> 動態を把握するこ

との必要性は近年学界においてますます認識されるようになってきており、新しい分析計を用いた試みもいくつかのグループで開始されており、プロジェクトも立ち上がるようになってきている。しかしながら、現状はそれほど楽観的なものではない。もっとも大きな問題点のひとつは、森林樹冠スケールでの放出/吸収速度のどちらもが、TDLS分析計をもってしても、システム分解能の下限に限りなく近く、precisionをあげるためには高度に専門的な技術と工夫が必要であるという点である。また第二の問題点は、森林内外におけるメタン濃度分布の大きな時空間不均一性のため乱流輸送の前提が成り立たず樹冠上フラックスの計測が不可能なケースがCO<sub>2</sub>などに比べて頻発することである。さらに第三の問題点は、土壌圏・植物圏ともにCH<sub>4</sub>の生成・消費・放出のメカニズムが非常に複雑で時空間不均一性が高く、かつ情報が圧倒的に少ないことである。我々の初期結果では、CH<sub>4</sub>はCO<sub>2</sub>における光合成/呼吸のようなわかりやすい日単位のスイッチングや温度と連動した明らかな季節変動とはまったくちがう変動パターンを示している。それゆえ、「森林生態系はCH<sub>4</sub>のシンクかソースか」という疑問に対して答えを用意するためには、乱流観測やTDLS分析計の扱いなどについて経験実績に基づいた高度に専門的な技術とノウハウが不可欠であるとともに、樹冠上観測だけでなく大気濃度の時空間変動やコンパートメントスケールでのシンク/ソース観測の併用が研究戦略として必須である。

地球規模の温暖化を制御する森林生態系の機能を評価する上で、CH<sub>4</sub>動態の把握は近年急務のひとつと認識され始めているが、計測困難とデータ不足がネックとなっている。斬新な手法および研究戦略の確立とフィールドにおける長期連続観測によるデータの蓄積とを平行して進めていくことで、この状況を改善していくことが、本研究の意義であり、また森林科学分野にとっての重要な使命のひとつであると考えられる。

### 3. 研究の方法

本研究では、研究目的の達成のために、下記の5つの課題を設定する。

**課題1**：濃度計にTDLS分析計を用いた渦相関(EC)法および簡易渦集積(REA)法により、森林生態系(樹冠)スケールでのCH<sub>4</sub>フラックスの日・季節・年々変動を連続モニタリングし、対象森林がメタンのシンクなのかソースなのか、またシンク/ソースがどのようにスイッチングするのかについて明らかにする。

**課題2**：TDLS分析計により森林内外のCH<sub>4</sub>濃度プロファイルを連続観測し、樹冠上フラックス連続観測結果や周辺地域の大気CH<sub>4</sub>濃度変動と併せて解析することにより、大気濃度および収支の変動とシンク/ソースの関係について明らかにする。

**課題3**：森林内の各コンパートメント(湿地土壌・不飽和土壌・葉群・幹など)におけるCH<sub>4</sub>の吸収ないし放出速度を、濃度計にTDLS分析計を用いた自動開閉の閉鎖循環式チャンバー法により連続観測し、コンパートメントスケールでのシンク/ソースの実態と時空間変動を明らかにする。

**課題4**：様々な樹種を対象として、TDLS分析計を組み込んだガス交換チャンバースystemを用いた測定から、生きた葉群のCH<sub>4</sub>交換について明らかにする。

**課題5**：協力フラックスタワーサイトに簡易に導入することができる可動式REA法-CH<sub>4</sub>フラックスモニタリングシステムを構築し、サイト間比較へ向けて稼働を開始する。

課題1・2・3については、下記2つの拠点サイトにおいて実施する。

#### 桐生水文試験地(KEW)

桐生水文試験地(KEW)は滋賀県南部(34.96°N, 135.99°E)に位置するヒノキ林である。同試験地では1972年より現在に至るまで40年近く水文観測が行われている(Kosugi et al. 2006)。また2001年より森林樹冠上での熱・水・二酸化炭素交換速度の連続日記観測や森林内外の微気象についての詳細な観測が継続されており、森林樹冠上におけるEC法による熱・水・CO<sub>2</sub>フラックスについての詳細がこれまでに明らかになっている(Takanashi et al. 2005, Kosugi et al. 2007, Saigusa et al. 2008, Hirata et al. 2008)。また土壌・幹・葉群に大型の自動開閉式チャンバーを設置し、これらコンパートメントでのCO<sub>2</sub>のシンク/ソースを連続日記観測するシステムが導入されており、生態系呼吸についての詳細な情報を有している。切り替えシステムによる連続日記観測は森林内部におけるCO<sub>2</sub>濃度プロファイルにもおよび、CO<sub>2</sub>のシンク・ソースおよび内部動態について研究を行ってきた(Ohkubo et al. 2007, 2008)。また樹冠上光合成過程や生態系呼吸各要素についてのチャンバー法による長期観測(三谷ら 2005)、リモートセンシング技術を用いた光合成特性の把握(中西ら 2005, Nakaji et al. 2008)など、CO<sub>2</sub>動態に関連する様々な研究を展開してきた。同時に、2002年以来本サイトでは湿地を含む土壌圏におけるCH<sub>4</sub>動態についての先進的な研究を行ってきた(伊藤ら 2005, Itoh et al. 2007, 2008, 2009)。

#### アラスカ試験地(UAF)

アラスカ試験地(UAF)はアラスカ大学構内(64°52'N, 147°51'W)のクロトウヒ林である。2002年11月より現在に至るまで微気象とフラックスの観測が行われており、微気象と物質輸送に関する特長ある研究が進められている(Ueyama et al., 2006, 2009; Kim et al., 2007; Iwata et al., 2010)。また、地形もなだらかで人工構造物の影響を受けないこ

とから、アラスカ内陸部を代表する観測データとして、衛星データを用いた広域評価への適用研究(Kitamoto et al., 2007; Date et al., 2009; Ueyama et al., 2010)や BIOME\_BGC 等のプロセスモデルへの適用研究(Ueyama et al., 2009; Kimball et al., 2009)が進められている。当サイトは活動層が 50cm と浅いこと、蒸発散の小さくなる生長期後半に降水量が多くなるなどの要因から非常に湿潤な土壌環境となっており、メタンが生成される環境となっている。CH<sub>4</sub> 動態研究におけるパイオニアサイトであり、濃度プロファイルの測定が 2002 年の観測開始時より行われており、傾度法を用いた CH<sub>4</sub> フラックスの季節変化に関する研究(Ueyama et al. 2006)がなされてきた。

#### 4. 研究成果

##### 課題 1・2

まず、TDLS 方式濃度計を用いた測定を行う上で、注意を要する諸問題について明らかにした。特に TDLS 濃度計・REA 法・EC 法における精度について多方面から検討を行った(雑誌論文、学会発表 ②⑤⑩)。

桐生水文試験地およびアラスカ試験地の両サイトにおいて、REA 法によるメタンフラックス(雑誌論文、学会発表 ⑦)、およびクロード・オープン両手法での EC 法によるフラックス(雑誌論文、学会発表 ⑳㉑㉒)観測を実施し、両森林における森林生態系(樹冠)スケールでの CH<sub>4</sub> フラックスの日・季節・年々変動の連続モニタリングを行った。温帯モンスーン地域の森林である桐生水文試験地では、生態系内の水分状態の変動に伴って生態系スケールでの CH<sub>4</sub> フラックスが複雑にシンク・ソース間をスイッチすることや、その挙動の年々変動が非常に大きいことなどが明らかになった。一方、永久凍土上に発達したクロトウヒ林のアラスカ試験地では、生態系内部に点在する湿地からの CH<sub>4</sub> 放出がより乾燥したエリアでの吸収をわずかに上回り、生態系全体としては成長期間を通じて弱い放出源となっていることが明らかになった。放出フラックスは凍土上の水位との相関が高かった。

また同時に、桐生・アラスカ両サイトおよび水田・カラマツ林のふたつの協力サイトにおいて、メタン濃度鉛直濃度プロファイルの測定を行った。メタンは CO<sub>2</sub> に比べて特に地表面付近での濃度の不均一性が高く、ソース・シンク源が複雑に点在することがこの原因と考えられた。継続する大きな放出フラックス、あるいは安定した吸収フラックスを示した 2 つの協力サイトでは濃度プロファイルに基づいて生態系フラックスを算定した(学会発表)。

##### 課題 3

桐生水文試験地では流域内の不飽和土壌・湿地各 3 点において自動開閉式チャンバーシステムを設置し、またアラスカ試験地では

は点在する窪地・台地各 2 点においてオープントップ型チャンバーシステムを設置し、それぞれ数年に渡って連続モニタリングを行った。また桐生水文試験地では流域内に 120 点、アラスカ試験地では 24 地点の観測地点を設けて集中観測を行い、諸要因との関係や空間変動を把握した。これらの観測によりシンク・ソース各項のレンジや時空間変動幅、降雨応答などを詳細に明らかにするとともに、生態系スケールでのフラックスと比較に供した(雑誌論文、学会発表)。

両森林は、湿地・不飽和土壌の両者が点在することによりシンク・ソースの両者が生態系内部に点在する点は共通するが、その空間スケールがまず異なった。また特筆すべきは放出フラックスのレンジに両森林で大きな違いがあったことで、桐生水文試験地においては時に 1-2 オーダーも大きな放出フラックスが観測された。これには両森林の気候的特徴の違いや凍土の存在が関係していると考えられた。

##### 課題 4

ヒノキ葉、および熱帯雨林樹冠葉において測定を行い、いずれも葉群からのメタンフラックスは Keppler ら(2006)が指摘する値よりもずっと微小であるとの結果を取りまとめた(雑誌論文)。またヒノキ葉および幹において、TDLS 方式のメタン計を用いた自動開閉式チャンバー法によるフラックスの通年連続観測を行い、年間を通じて葉群および幹からの有意なメタンフラックスは検出されないという結果を得た(雑誌論文)。

##### 課題 5

国内外の 2 つの水田および 1 つの森林フラックスサイトにおいて、REA 法によるメタンフラックスの測定を行った(雑誌論文、学会発表 ⑳㉑等)。またメタンフラックス研究の今後の展開についての方向性と指針(雑誌論文、学会発表 ㉒)等についても広く発信する機会を持った。

#### 5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計 10 件)

植山雅仁、平田竜一、斎藤誠、日本農業気象学会 2014 年大会 オーガナイズドセッション SA: 「陸域メタンフラックスの評価のための連携研究に向けて 現状の課題共有の先にある飛躍」、生物と気象 14, 2014, 12-17

Iwata H, Kosugi Y, Mano M, Sakabe A, Miyata A, Takahashi K, Cross-validation of open-path and close-path eddy-covariance techniques for observing methane fluxes., Boundary-Layer Meteorology, 151, 2014, 95-118.

Sakabe A, Ueyama M, Kosugi Y, Hamotani K, Hirano T, Hirata R., Is the empirical coefficient b for the relaxed eddy accumulation method constant? J. Atmospheric Chemistry, 71,

2014, DOI 10.1007/s10874-014-9282-0

Tanaka K, Takahashi K, Tonokura K, Detection of stable carbon isotopes of methane with a 2.4-micron distributed feedback laser, J. Quant. Spectro. Radat. Transfer, 113, 2014, 670-674

Ueyama M, Takai Y, Takahashi Y, Ide R, Hamotani K, Kosugi Y, Takahashi K, Saigusa, N, High-precision measurements of the methane flux over a larch forest based on a hyperbolic relaxed eddy accumulation method using a laser spectrometer. Agric. Forest Meteorol., 178-179, 2013, 183-193.

Sakabe A, Hamotani K, Kosugi Y, Ueyama M, Takahashi K, Kanazawa A, Itoh M, Measurement of methane flux over an evergreen coniferous forest canopy using a relaxed eddy accumulation system with tuneable diode laser spectroscopy detection, Theoretical and Applied Climatology, 108, 2012, 39-49

Ueyama M, Hamotani K, Nishiyama W, Takahashi Y, Saigusa N, Ide R, Continuous measurement of methane flux over a larch forest using a relaxed eddy accumulation method., Theoretical and Applied Climatology, 109, 2012, 461-472.

宮田明・岩田拓記・坂部綾香、メタン(CH<sub>4</sub>)と一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)に関するFLUXNETワークショップの報告、生物と気象、12、2012、10-17

Takahashi K, Kosugi Y, Kanazawa A, Sakabe A, Automated closed chamber measurements of methane fluxes from intact leaves and trunk of Japanese cypress., Atmospheric Environment, 51, 2012, 329-332

Kamakura M, Kosugi Y, Nakagawa R, Itoh M, Methane flux of leaves in a tropical rainforest and a temperate conifer forest, J. Agricultural Meteorology, 68, 2012, 25-33.

[学会発表](計30件)

Iwata H, Harazono Y, Kosugi Y, Ueyama M, Ono K, Sakabe A, Nagano H, Takahashi K, Miyama A, Eddy covariance observation of methane exchange in a boreal and a temperate forest ecosystem, Synthesis workshop on carbon budget and forest ecosystem in Asian monitoring network, 2013.10.24~26、岐阜県高山市

岩田拓記・原園芳信・小杉緑子・植山雅仁・坂部綾香・永野博彦・奥見智佳・間野正美・小野圭介・高橋けんし・宮田明：微気象学的手法を中心とした生態系スケールでのメタン交換の解明、日本農業気象学会2014年全国大会、2014.3.17-21、北海道札幌市(招待講演)

Sakabe A, Iwata H, Mano M, Ono K, Kosugi Y, Miyata A, Takahashi K, Methane flux observation by REA and some problems., CH<sub>4</sub> Workshop, 2013.9.6、アラスカ州フェアバン

クス市

Sakabe A, Kosugi Y, Ueyama M, Hanotani K, Takahashi K, Iwata H, Itoh M, Ataka M, Four-year measurement of methane flux over a temperate forest with a relaxed eddy accumulation method, AGU fall meeting 2013, 2013.12.9~12、カリフォルニア州サンフランシスコ市

奥見智佳・小杉緑子・坂部綾香・岩田拓記・伊藤雅之・安宅未央子：湿地域を含む温帯ヒノキ林土壌のメタンフラックス時空間変動、日本農業気象学会2014年全国大会、2014.3.17~21、北海道札幌市

植山雅仁・竹内亮太・高井百合子・高橋善幸・安宅未央子・高橋けんし・小杉緑子・鱧谷憲、レーザー分光計を用いた森林におけるメタンフラックスの多面的観測、日本惑星科学連合2013年大会、2013.5.19~24、千葉県千葉市

Ueyama M, Takai Y, Takeuchi R, Takahashi Y, Ide R, Ataka M, Takahashi K, Kosugi Y, Continuous measurements of methane flux at a larch forest by micrometeorological and chamber techniques. Joint conference of 11<sup>th</sup> Asiaflux international workshop, 2013.8.21~24、韓国ソウル市

Ueyama M, Takai Y, Takeuchi R, Takahashi Y, Ide R, Ataka M, Takahashi K, Kosugi Y, Continuous measurements of methane flux at a larch forest by micrometeorological chamber techniques, CH<sub>4</sub> workshop, 2013.9.6、アラスカ州フェアバンクス市

植山雅仁・高梨聡・高橋善幸、鉛直濃度プロファイルの逆解析による森林メタンフラックスの評価、農業気象学会全国大会2014、2014.3.17~21、札幌市

岩田拓記・坂部綾香・小野圭介・間野正美・小杉緑子・宮田明・高橋けんし：水稻群落上におけるメタンのフラックスと鉛直勾配の関係、日本農業気象学会2013、2013.3.26~29、石川県野々市市

坂部綾香・岩田拓記・間野正美・小野圭介・小杉緑子・宮田明・高橋けんし：水田における微気象的なメタンフラックス測定の手法間比較、日本農業気象学会2013、2013.3.26~29、石川県野々市市

奥見智佳・小杉緑子・坂部綾香・岩田拓記・伊藤雅之：閉鎖循環式チャンバー法を用いた温帯ヒノキ林土壌のメタンフラックス時空間変動、日本農業気象学会2013、2013.3.26~29、石川県野々市市

安宅未央子・小杉緑子・岩田拓記・坂部綾香・奥見智佳・高橋けんし：自動開閉式チャンバーを用いた森林湿地域におけるメタンフラックスの測定、日本農業気象学会近畿支部2012年度大会、2012.12.1、堺市

坂部綾香・岩田拓記・小杉緑子・永野博彦・原園芳信・牧田直樹・植山雅仁・高橋けんし：アラスカクロトウヒ林における簡易渦集積法とチャンバー法によるメタンフ

ラックスの比較、生物起源微量ガスワーク  
ショップ 2012, 2012.11.21~22, 沖縄県

高橋けんし・小杉緑子・坂部綾香・金澤  
瑛：暖温帯ヒノキ林におけるメタンの樹冠  
内鉛直プロファイルの通年観測、大気化学  
討論会、2012.11.6~8、福岡市

Sakabe A, Kosugi Y, Hamotani K, Ueyama  
M, Takahashi K, Itoh M, Okumi C, A challenge  
to long-term measurement of methane flux over  
a forest canopy with a relaxed eddy  
accumulation method, FLUXNET CH<sub>4</sub> and  
N<sub>2</sub>O workshop, 2012.9.4~7、フィンランド国  
ヒューティアラ市

Iwata H, Sakabe A, Harazono Y, Kosugi Y,  
Ueyama M, Takahashi K, Makita N, Nagano N.  
Comparison of CH<sub>4</sub> fluxes observed with  
multiple techniques over a forest canopy.  
FLUXNET CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O workshop, 2012.9.4  
~7、フィンランド国ヒューティアラ市

植山雅仁・竹内亮太・高井百合子・高橋  
善幸・安宅未央子・高橋けんし・小杉緑子・  
鱧谷憲：レーザー分光計を用いた森林にお  
けるメタンフラックスの総合観測、森林生  
態系炭素収支・リモセンに係るモニタリ  
ング研究集会、2013.2.5、茨城県つくば市

Ueyama M, Takai Y, Takahashi Y,  
Hamotani, K, Kosugi Y, Takahashi K,  
Continuous measurement of methane flux at a  
larch forest by the relaxed eddy accumulation  
method with a tunable diode laser spectrometer,  
The 55<sup>th</sup> symposium of the international  
association for vegetation science, 2012.7.23~  
28、韓国 Mokpo 市

Sakab A, Kosugi Y, Hamotani K, Ueyama M,  
Takahashi K, Kanazawa A, Itoh M,  
Measurements of methane flux in an evergreen  
coniferous forest using a relaxed eddy  
accumulation and chamber systems, Asiaflux  
Workshop 2011, 2011.11.10-12、マレーシア国  
ジョホールバル市

21 Ueyama M, Takai Y, Hamotani K, Takahashi  
Y, Takahashi K, Kosugi Y, Applying tunable  
diode laser spectroscopy for continuous  
measurement of methane flux at a forest canopy  
with a relaxed eddy accumulation method,  
Asiaflux Workshop 2011, 2011.11.10-12、マレ  
ーシア国ジョホールバル市

22 Harazono Y, Iwata H, Takahashi K, Sakabe A,  
Ueyama M, Kosugi Y, Humidity correction for  
trace gas flux by chamber measurement,  
Asiaflux Workshop 2011, 2011.11.10-12、マレ  
ーシア国ジョホールバル市

23 Harazono Y, Iwata H, Nakai T, Sakabe A,  
Ueyama M, Kosugi Y, Variation in sink and  
source level of methane (CH<sub>4</sub>) at black spruce  
forest on permafrost in interior Alaska, AGU  
fall meeting 2011, 2011.12.5~12、カリフォル  
ニア州サンフランシスコ

24 植山雅仁・高井百合子・鱧谷憲・高橋善  
幸・高橋けんし・小杉緑子：レーザー分光

器を用いた微気象学的手法による森林にお  
けるメタンフラックスの観測、森林生態系  
炭素収支・リモセンに係るモニタリング研  
究集会、2012.2.8、つくば市

25 原園芳信・岩田拓記・中井太郎・高橋け  
んし・植山雅仁・坂部綾香・小杉緑子：チ  
ャンバーフラックス測定における水蒸気希  
釈効果の補正、分析計の進歩は何をもたら  
すか？、日本農業気象学会 2012 年全国大会、  
2012.3.13~15、堺市

26 岩田拓記・原園芳信・小杉緑子・植山雅  
仁・高橋けんし・坂部綾香：クローズドパ  
スタップとオープンパスタップのメタン計  
を用いてクロトウヒ林上で測定した渦相関  
フラックスの比較、日本農業気象学会 2012  
年全国大会、2012.3.13~15、堺市

27 坂部綾香・岩田拓記・原園芳信・小杉緑  
子・植山雅仁・高橋けんし：簡易渦集積法  
によるクロトウヒ林樹冠上におけるメタン  
フラックスの観測、日本農業気象学会 2012  
年全国大会、2012.3.13~15、大阪府堺市

28 岩間千絵・岩田拓記・植山雅仁・原園芳  
信：内陸アラスカの森林火災跡地における  
植生回復と CO<sub>2</sub> フラックスの関係、日本農  
業気象学会 2012 年全国大会、2012.3.13~15、  
堺市

29 高井百合子・植山雅之・鱧谷憲・高橋善  
幸・高橋けんし・小杉緑子：TDLS と REA  
法を用いた森林におけるメタンフラックス  
の計測、日本農業気象学会 2012 年全国大会、  
2012.3.13~15、堺市

30 Takahashi K, Kosugi Y, Laser spectroscopy  
in field studies: Recent technological advances  
and application examples, The 5<sup>th</sup> East Asian  
Federation of Ecological Societies International  
Congress, 2012.3.21、大津市（招待講演）

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

小杉 緑子 (KOSUGI YOSHIKO)

京都大学・農学研究科・助教

研究者番号：90293919

### (2)研究分担者

原園 芳信 (YOSHINOBU HARAZONO)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・客員  
研究員

研究者番号：90137240

高橋 けんし (KENSHI TAKAHASHI)

京都大学・生存圏研究所・准教授

研究者番号：10303596

植山 雅仁 (MASAHITO UYAMA)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・助教

研究者番号：60508373

鎌倉 真依 (MAI KAMAKURA)

京都大学・農学研究科・学振特別研究員

研究者番号：40523840

間野 正美 (MASAMI MANO)

千葉大学・園芸学研究科・助教

研究者番号：10391210