

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 29 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23310009

研究課題名(和文) 凍土地帯森林での観測に基づくプロセスモデルと衛星データによるメタン収支の広域評価

研究課題名(英文) Large scale evaluation of methane budget over frozen boreal forest by synthesis of field observation, process modeling and satellite remote sensing

研究代表者

原 園 芳 信 (Harazono, Yoshinobu)

大阪府立大学・生命環境科学研究科(系)・客員研究員

研究者番号：90137240

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,000,000円、(間接経費) 4,500,000円

研究成果の概要(和文)：CO₂に次ぐ温室効果ガスであるメタン(CH₄)は、主要な発生源が湿地生態系であるが、生態系では吸収もあるため、その動態や収支は未解明な部分が残されている。メタンの発生と吸収が混在するアラスカ州の凍土地帯森林を対象として、総合的かつ高精度でのメタン収支の観測を行った。凍土地帯森林ではメタン放出と弱い吸収とが観測され、気象条件や土壌水分状態により異なった。観測データに基づいて、メタン収支と環境条件を関連づけ、モデルのパラメータ設定に利用された。プロセスモデルの改良、ならびに衛星データを用いた広域化では、最新のSVR手法をアラスカ全体のクロトウヒ林のCO₂収支に適用し、大きい成果を得た。

研究成果の概要(英文)：Methane (CH₄) is a strong greenhouse gas and wet ecosystem is CH₄ source. However, CH₄ budget and the mechanism underlying are still unknown at wetlands and boreal forests on permafrost, where CH₄ sink and source distributed heterogeneously. We observed CH₄ flux at boreal forest in Alaska. We obtained accurate CH₄ flux results by applying multiple measurement methods such as eddy covariance, gradient, REA and chambers. Those approved the sink CH₄ flux under dry vegetation conditions while an obvious source under wet conditions after rain, and the seasonal variations at the site were clearly determined. Relationships among environmental factors and CH₄ flux were analyzed which were used to improve parameters of a process base model "VISIT". Support vector regression (SVR) was applied to estimate regional scale CO₂ flux using satellite remote sensing and measured CO₂ flux at 23 tower sites over Alaska, and the reliable results comparing to previous models were obtained.

研究分野：環境学

科研費の分科・細目：環境解析学 環境動態解析

キーワード：メタンフラックス 永久凍土 ツンドラ植生 衛星リモートセンシング 広域評価 湿地生態系 長期連続測定 クロトウヒ林

1. 研究開始当初の背景

北極域では温暖化が顕在化し、顕著な温度上昇が観測されている(Hinzman et al., 2005)。北極海では海水が急激に退行しており(JAXA, 2007; NASA, 2008), 地球環境に激変をもたらすおそれがある。CH₄は近年の濃度上昇が大きく単位濃度当りの温室効果はCO₂より大きい。湿地など嫌気条件で生成されるので温暖化が進むと、湿地ツンドラや永久凍土層はCH₄の放出源となり温暖化を加速することが懸念されるが、観測データが少なく、モデル化も不十分なため、未解明の部分が多い。CH₄に関しては北極域の陸域生態系では寒候季の気象条件が厳しいことから継続的な観測データは確保されておらず、暖候季のみの間欠的なデータに基づいて精度の低い評価がなされている現状で(Mastepanov et al., 2008), 総合的な観測研究が求められている。

2. 研究の目的

凍土層のある北極域のツンドラや森林はCH₄の発生ポテンシャルは高いが、観測データは少なくモデル化などによる収支評価は不確実性が大きかった。本申請課題では、CH₄フラックスの長期連続観測による観測データの蓄積と高品質解析、それらを用いたプロセスモデルの精緻化、衛星データを用いた広域評価を総合的に実施し、凍土地帯森林のCH₄収支を明らかにする。これらの結果とこれまでに得られているCO₂収支、さらにGOSATプロダクト(濃度やフラックスの広域分布)をあわせて総合的に検討し、凍土地帯森林におけるCO₂やCH₄の収支を広域的かつ長期的に評価することを目指す。

3. 研究の方法

アラスカ大学構内のクロトウヒ林(UAFサイト)において、傾度法と渦相関法により群落レベルのCH₄フラックスを連続観測し、モデル化、衛星広域化のための地上検証データを取得する。データの信頼性を担保するために、複合的な観測を行うと共に、最新の手法や統計処理を適用した品質チェックを行いモデル研究などへの利用可能性を高める。CH₄収支モデルを凍土地帯の森林に適合させるように改良すると共に、観測データを用いてCH₄収支に及ぼす影響因子を明らかにし、それと凍土/植生分布情報を衛星データと統合して衛星モデルとして定式化し広域的な評価を行う。CH₄収支モデルや衛星モデルの妥当性を、他のプ

ロセスモデル等との比較により検証し評価精度を高める。これらの結果を衛星リモートセンシングによる長期連続モニタリングに寄与する。

4. 研究成果

2011年5月下旬からAlaska大学構内のUAFフラックス観測サイトでCH₄フラックスと微気象、ならびにCO₂、エネルギーなどの観測を開始した。海外研究協力者(岩田拓記、中井太郎)と院生などが現地で集中観測をおこない、植物生育期間(5月~10月上旬)の観測データを得た。これらの現地観測は、CH₄収支モデルや衛星モデルのパラメータ設定、検証のために不可欠な、分光測定、植生情報(蛍光反応、分光放射、葉面積指数、融解層深)測定などが含まれる。

凍土地帯では降雨が浸透しないため降雨直後に地下水水位が上昇し、CH₄フラックスが放出になる。一方、晴天が続くと乾燥してCH₄は地表で吸収される。この様にCH₄フラックスは複雑な挙動をするため、7月後半から放出場所、吸収場所それぞれの強度を明らかにするチャンパー測定を実施した。

CH₄収支モデル(VISIT; Ito, 2008)の精緻化を伊藤(国立環境研、連携研究者)が進め、従来のデータに基づいた評価を行ったが、既存のデータに基づくモデルでは、不確実性が大きいことが確認された。モデル研究の進展のためにもCH₄観測データの整備が不可欠であることが示された。

広域評価のために、凍土層分布、植生分布、気象データなど広域情報を整備した。モデル入力変数などについて、VISITモデルの汎用CH₄収支スキームに観測データ解析から得られる影響因子を繰り入れ、モデルのテストランなどを実施した(Ito and Yasutomi, 2011)。

2012年度も5月上旬から現地でのメタン(CH₄)フラックス観測を開始した。科研費により分析計や測器の追加など観測精度向上を計った。夏季には京都大学グループとの集中合同観測を実施し、チャンパー法、渦相関法、傾度法、REA方の相互比較をおこなった。手法間の相互比較により、CH₄フラックス強度の小さい場所で測定されたフラックスが、十分な精度であることが確かめられた。

UAFサイトにおいては、フラックスの連続観測の他、微気象、土壌水分、葉面積指数(LAI)、凍土層の幽界深さ等のCH₄収

支解析に不可欠な地上検証データを測定した。その他、夏期の集中観測では、衛星データと統合して解析する場合に重要となる分光放射やアルベドなどグラウンドトゥースデータを取得した。これらはフラックスデータと同期化したデータセットとして整備した。

CH₄ 収支モデルの構築と改善が進み、推定結果を学術誌に発表した。が、広域評価には不確実性が多く残り、情報が不足していることが明らかにされた。

衛星モデルをつかった広域化については、CO₂ 収支に関して評価を行い、火災跡地とそれ以外とを区分した評価方法を確立した。これにより、CH₄ 収支についても、発生ポテンシャルの強弱に応じたフラックスの評価に結び付ける道筋ができた。計算機サーバーの更新を行ったので、最終年度はメタンについて、広域評価結果が得られる見通しとなった。

2013 年度も夏季にはチャンパー法、渦相関法、REA 法によるメタン (CH₄) フラックスの集中観測を実施し、前年度に続いて手法間の相互比較と総合的な解析を行った。いずれの方法でもかなりの精度で微量なメタンフラックスを測定できることを確かめられた。

北方林のタソックツンドラなど放出源と吸収源が入り交じった観測サイトでは、フラックス自体が微量であるが、風向毎のデータ仕分けや統計的な欠測データ補完などを施すことにより、微気象学的手法によって生態系レベルのフラックスを高精度で評価できることを確かめた(岩田ら、2014、投稿中)。

CH₄ フラックスのように微量のフラックスについて、大気中の水蒸気濃度の変化による希釈効果を検討した結果、不規則に強い発生源のある湿地や湖沼などでは、乾燥空気ベースで濃度測定する事、すなわち大気中の水蒸気濃度による微量ガス濃度の希釈効果を補正することがフラックス評価精度を高める上で重要であることを見いだした(原藺ら、2014 投稿中)。

科研費による 3 シーズンの観測結果と UAF site で得られた既往の結果を含めて、かなりの精度でフラックスが観測されるようになった。これら観測精度の向上を背景として、永久凍土上のタソックツンドラに生育するクロトウヒ林での CH₄ 収支の特性や数値を評価した。

生育期間を通じたチャンパー測定と微気象学的 CH₄ フラックス観測の総合解析から、凍土地帯の森林では年間収支では CH₄ の弱い吸収であるが、融雪開始後(凍土融解開始直後)や多量の降雨の後には CH₄ が放出に変化

することを確認できた。さらに、凍土地帯のタソックツンドラ特有の微地形である、窪みや水たまりでは継続的に CH₄ が発生したが、コケに覆われた大部分の林床は、CH₄ の吸収源となっていた。これらの局所的な CH₄ 発生源では、土壌、植生、地下水位等の条件毎に CH₄ フラックスレベルの差が大きく、場所毎の CH₄ 生成や酸化のプロセスの影響度に違いがあるため、プロセスモデルのパラメータ確定やフラックスの広域評価には未だに不確実性が多く残された。微気象学的 CH₄ フラックス観測の継続により、そのデータ蓄積が進むとともに、フラックスレベル及びその季節変化や環境条件との関係が明らかになりつつある(論文投稿準備中)。

2013 年 9 月に Alaska 大学国際北極圏研究センターにおいて、K.T. Walter 博士と北極域生態系を対象とした CH₄ 収支評価のワークショップを開催し(以下 CH₄-WS と略称)した。これまでの成果の相互比較、現時点で未解明の部分、今後集中的な研究を必要とする分野などを検討した。北極域生態系には北方林と湖沼が広く分布し、湖沼からの CH₄ 放出が大きい(Walter et al., 2007)。一方、北方林は乾燥状態時には CH₄ の吸収源であるが湿潤状態時には放出源となるなど、年間を通して定量的な変化が大きい。湖沼など水中からの CH₄ フラックスでは拡散経路中の酸化過程の季節変化や、氷面下での蓄積とそれが春季の融解時にどのような挙動を示すかなど、季節変化は未解明で有り、今後の継続的研究が不可欠である(極域科学シンポジウム 2013 で報告、および IARC-Website, <http://www.iarc.uaf.edu/en/workshops/2013/ch4>)。

衛星モデルを使った広域化研究では、衛星データとタワー観測フラックスデータを support vector regression 解析 (SVR) に適用し、従来のプロセスモデルより妥当な精度で広域的な CO₂ 収支を評価できた(Ueyama et al., 2013)。広域をカバーする観測サイト数のデータがあれば SVR を CH₄ フラックスへも適用できることが確認できたが、現状では、利用できるタワー観測データが限定されたことから、広域評価はできなかった。

CH₄ 収支を評価するモデル研究では、連携研究者が CH₄ 収支モデルを改良し結果を学術誌に発表した。多様な生態系をカバーする広域評価においては不確実性が多く残り、観測データなど情報が不足している

ことが明らかにされた。上述の CH₄-WS でも、モデル化や CH₄ 収支変化予測のためには、さらなる観測継続によるデータの蓄積と欠測値の補完を施した標準的データの整備の必要性が強く指摘された。

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 47 件)

- 1) Ueyama, M., Ichii, K., Iwata H., Euskirchen, E. S., Zona, D., Rocha, A. V., Harazono, Y., Imam, C., Nakai, T. and Oechel, W. C. 2013. Upscaling terrestrial carbon dioxide fluxes in Alaska with satellite remote sensing and support vector regression. *J. Geophys. Res. Biogeosciences*, 118, doi:10.1002/jgrg.20095. 査読有
- 2) Ueyama, M., Takai, Y., Takahashi, Y., Ide, R., Hamotani, K., Kosugi, Y., Takahashi, K. and Saigusa, N. 2013. 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, 183-193. 査読有
- 3) Iwata H., Ueyama, M., Iwama, C. and Harazono, Y. 2013. Variations in fraction of absorbed photosynthetically active radiation and comparisons with MODIS data in burned black spruce forests of interior Alaska. *Polar Science*, 7, 113-124. 査読有
- 4) Ueyama, M., Iwata H., Harazono, Y., Euskirchen, E. S., Oechel, W. C., and Zona, D., 2013. Growing season and spatial variations of carbon fluxes of arctic and boreal ecosystems in Alaska. *Ecological Applications*, in press. 査読有
- 5) Cable, J. M., Ogle, K., Bolton, W. R., Bentley, L. P., Romanovsky, V., Iwata H., Harazono, Y., and Welker, J., 2013, Permafrost thaw affects boreal deciduous plant transpiration through increased soil water, deeper thaw, and warmer soils. *Ecohydrology*, accepted. 査読有
- 6) Kato E., Kinoshita T., Ito A., Kawamiya M. & Yamagata T., 2013, Evaluation of spatially explicit emission scenario of land-use change and biomass burning using a process based biogeochemical model. *Journal of Land Use Science*, 8, 104-122. 査読有
- 7) Ito A. 2012, Detection and attribution of global change impact on a tower-observed ecosystem carbon budget: a critical appraisal. *Environmental Research Letters*, 7, doi: doi:10.1088/1748-9326/7/1/014013. 査読有
- 8) Ito A. and Inatomi M., 2012, Use and uncertainty evaluation of a process-based model for assessing the methane budget of global terrestrial ecosystems. *Biogeosciences*, 9, 759-773. 査読有
- 9) Ueyama, M., Hirata, R., Mano, M., Hamotani, K., Harazono, Y., Hirano, T., Miyata, A., Takagi, K., and Takahashi, Y., 2012. Influences of various calculation options on heat, water and carbon fluxes determined by open- and closed-path eddy covariance methods. *Tellus*, 64B, 19048. 査読有
- 10) Iwata H., Harazono, Y., and Ueyama, M. 2012. Sensitivity and offset changes of a fast-response open-path infrared gas analyzer during long-term observations in an Arctic environment. *J. Agric. Meteorol.*, 68, 175-181. 査読有
- 11) Iwata H., Harazono, Y., and Ueyama, M. 2012. The role of permafrost on water exchange of a black spruce forest in Interior Alaska. *Agric. Forest Meteorol.*, 161, 107-115. 査読有
- 12) Ueyama, M., Hamotani, K., Nishimura, W., Takahashi, Y., Saigusa, N., and Ide, R., 2012, Continuous measurement of methane flux over a larch forest using a relaxed eddy accumulation method. *Theor. Appl. Climatol.*, 109, 461-472. 査読有
- 13) Sakabe, A., Hamotani, K., Kosugi, Y., Ueyama, M., Takahashi, K., Kanazawa, A., and Itoh, M., 2012. Measurement of methane flux over an evergreen coniferous forest canopy using a relaxed eddy accumulation system with tunable diode laser spectroscopy detection. *Theor. Appl. Climatol.*, 109, 39-49. 査読有
- 14) Saito, K., Yamaguchi, S., Iwata H., Harazono, Y., Kosugi, K., Lehning, M., and Shulski, M., 2012, Climatic physical snowpack properties for large-scale modeling examined by observations and a physical model. *Polar Science*, 6, 79-95. 査読有
- 15) Iwata H., Ueyama, M., Harazono, Y., Tsuyuzaki, S., Kondo, M., and Uchida, M., 2011. Quick recovery of carbon dioxide exchanges in a burned black spruce forest in interior Alaska. *SOLA*, 7, 105-108. 査読有
- 16) Ueyama, M., Kai, A., Ichii, K., Hamotani, K., Kosugi, Y., and Monji, N., 2011. The sensitivity of carbon sequestration to harvesting and climate conditions in a temperate cypress forest: Observations and modeling. *Ecol. Modelling*, 222, 3216-3225. 査読有
- 17) Nakai, T., Iwata H., and Harazono, Y., 2011, Importance of mixing ratio for a long-term CO₂ flux measurement with a

- closed-path system'. *Tellus*, **63B**, 302-308. 査読有
- 18) Liljedahl, A. K., L. D. Hinzman, Harazono, Y., D. Zona, C. E. Tweedie, R. D. Hollister, R. Engstrom, and W. C. Oechel, 2011, Nonlinear controls on evapotranspiration in arctic coastal wetlands. *Biogeosciences*, **8**, 3375–3389. 査読有
 - 19) Iwata H., Ueyama, M., and Harazono, Y., 2011, A year-round flux observation at an area burned by wildfire in Interior Alaska. *AsiaFlux Newsletter*, **32**, 13-18. 査読無
 - 20) Ito A., 2011, A historical meta-analysis of global terrestrial net primary productivity: Are estimates converging? *Global Change Biology* **17**: 3161–3175. 査読有
 - 21) Ueyama, M., Harazono, Y. and Ichii, K., 2010, Satellite-based modeling of the carbon fluxes in mature black spruce forests in Alaska: a synthesis of the eddy covariance data and satellite remote sensing data. *Earth Interactions*, doi:10.1175/2010EI319.1. 査読有
 - 22) Iwata H., Y. Harazono, and M. Ueyama, 2010, Influence of Source/Sink Distributions on Flux–Gradient Relationships in the Roughness Sublayer Over an Open Forest Canopy Under Unstable Conditions. *Boundary-Layer Meteorol.* **136**, 391-405. 査読有
 - 23) Huemmrich, K.F., J.A. Gamon, C.E. Tweedie, S.F. Oberbauer, G. Kinoshita, S. Houston, A. Kuchy, R.D. Hollister, H.Kwon, M.Mano, Y. Harazono, P.J. Webber and W.C. Oechel., 2010, Remote sensing of tundra ecosystem productivity and light use efficiency under varying temperature and moisture conditions. *Remote Sens Environ.*, doi:10.1016/J.rse.2009.10.003. 査読有
 - 24) Ichii, K., Suzuki, T., Kato, T., Ito A., Hajima, T., Ueyama, M., Sasai, T., Hirata, R., Saigusa, N., Ohtani, Y. and Takagi, K., 2010, Multi-model analysis of terrestrial carbon cycles in Japan: reducing uncertainties in model outputs among different terrestrial biosphere models using flux observations. *Biogeosciences*, **7**, 2061-2080. 査読有
 - 25) Harazono, Y., K. Chikamoto, S. Kikkawa, T. Iwata, N. Nishida, M. Ueyama, Y. Kitaya, M. Mano, M. and A. Miyata, 2009, Applications of MODIS-visible bands index, greenery ratio to estimate CO₂ budget of a rice paddy in Japan. *J.Agric.Meteorol.*, **65**, 365-374. 査読有
- 〔学会発表〕(計 91 件)
- 1) 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, 北大, 2014.3.17-20,
 - 2) Iwata, Hiroki, Y. Harazono, Y. Kosugi, M. Ueyama, M. Mano, K. Ono, A. Sakabe, H. Nagano, K. Takahashi, and A. Miyata, Eddy covariance observation of methane exchange in a boreal and a temperate forest ecosystems, Synthesis Workshop on Carbon Budget and Forest Ecosystem in Asian Monitoring Network, Takayama, 2013.10/24-26.
 - 3) Nagano, H., Y. Harazono, H. Iwata, Potentiality of ozone production over sub-Arctic boreal forest in Alaska during thawing period, AGU, San Francisco, USA, 2013, 12/9-13
 - 4) Ueyama, M., Kondo, M., Ichii, K., Iwata, H., Euskirchen, E. S., Zona, D., Rocha, A. V., Harazono, Y., Nakai, T. and Oechel, W. C., Simulating carbon and water fluxes at Arctic and boreal ecosystems in Alaska by optimizing the modified BIOME-BGC with eddy covariance data, AGU, San Francisco, USA, 2013.12/9-13.
 - 5) Ueyama, Masahito, Ichii, K., Iwata, H., Nakai, T. and Y. Harazono, Empirical upscaling of CO₂ balance over Arctic ecosystems in Alaska, 日本気象学会, 仙台市, 2013.11.12-15.
 - 6) Harazono, Y., Katey W. Anthony, Hirohiko Nagano, K. Ichii, and M. Ueyama, Workshop Report: Evaluation of Methane exchange in the Arctic and sub-Arctic Terrestrial Ecosystem, 第4回極域科学シンポジウム、国立極地研, 立川市, 2013.11.12-15.
 - 7) Harazono, Y., H. Iwata, M. Ueyama, M. Otsuki, T. Iwata and H. Nagano, Importance of long-term and ground truth observations on the regional carbon budget evaluation by Satellite remote sensing, JpGU meeting-2013, Makuhari, Chiba, 2013.5.21-24.
 - 8) 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, 2012, クローズドパスタイプとオープンパスタイ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, 大阪府大, 3/13-16, 2012.

- 9) 原蘭芳信・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, 2012, 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, 大阪府大, 3/13-16, 2012.
- 10) Sakabe, Ayaka, H. Iwata, Y. Kosugi, H. Nagano, Y. Harazono, N. Makita, M. Ueyama, and K. Takahashi, 2012, Comparison of methane flux observed with a relaxed eddy accumulation method and chamber method in an Alaskan black spruce forest. BVOC gas workshop, at Okinawa, Japan, November 21-22, 2012.
- 11) Ueyama, M., K. Ichii, H. Iwata, E. Euskirchen, D. Zona, A. V. Rocha, Y. Harazono, C. Iwama, T. Nakai, W. C. Oechel, 2012, Increase of surface energy fluxes due to warming climate in Alaska based on upscaling of eddy covariance measurements, AGU, San Francisco, USA, 12/3-7, 2012.
- 12) Iwata, Hiroki, A. Sakabe, Y. Harazono, Y. Kosugi, M. Ueyama, K. Takahashi, N. Makita, and H. Nagano, 2012, Comparisons of CH₄ fluxes observed with multiple techniques over an Alaskan black spruce forest underlain by permafrost. FLUXNET CH₄ and N₂O workshop, at Hyttiala, Finland, September 2-7, 2012.
- 13) Iwata, H., Harazono, Y., Iwama, C., and Ueyama, M. 2011. Seasonal variation in fraction of absorbed photosynthetically active radiation and vegetation properties in burned forests in Interior Alaska, AGU, San Francisco, USA, 12/5-9, 2011.
- 14) Harazono, Y., Iwata, H., T. Nakai, A. Sakabe, M. Ueyama, and Y. Kosugi, Variation in sink and source level of methane (CH₄) at black spruce forest on permafrost in interior Alaska. USA, AGU, San Francisco, USA, 12/5-9, 2011.
- 15) Iwata, H., Harazono, Y., and Ueyama, M., 2011, Response of Methane Exchange to Soil Moisture Condition in a Black Spruce Ecosystem Over Permafrost in Interior Alaska. Arctic Science Summit Seoul, 3/28-31, 2011.
- 16) Harazono, Y., H. Iwata, Yongwon Kim, and M. Ueyama, Contribution of spring photosynthesis on the annual CO₂ budget of black spruce forest. ASSW-2011, Seoul, 3/28-31, 2011.
- 17) HARAZONO, Y. Hiroki IWATA, M. UHEYAMA, S. TSUYUZAKI, M. UCHIDA, M. KONDO, Y. TAKAHASHI, and M. UTSUMI, Vegetation recovery, changes in fluxes and micrometeorology after wildfire of a black spruce forest on permafrost in Alaska. ISAM 2011, Kagoshima Univ. Japan, 3/16-18, 2011.
- 18) 植山雅仁・市井和仁・岩田拓記・原蘭芳信, 2011, 北方林炭素収支の広域化における森林火災の重要性. 日本農業気象学会, 鹿児島, 3/16-18, 2011.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0件)
取得状況(計 0件)

〔その他〕
ホームページ等

Alaska 大学 International Arctic Research Center の Web-site 内に, UAF North Campus Site Data Chart として, 観測データの準リアルタイム表示をしている。日本語表示あり。
<http://www.iarc.uaf.edu/wrmet/data>
科研費研究の成果公開と Alaska 大学研究者との研究交流を目的として実施したワークショップを同 web-site 内に公開している。
<http://www.iarc.uaf.edu/en/workshops/2013/ch4>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

原蘭芳信(HARAZONO Yoshinobu)
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

(2) 研究分担者

市井和仁(iCHII Kazuhito)
福島大学共生システム理工学類・准教授
研究者番号: 50345865

植山雅仁(UEYAMA Masahito)
大阪府立大学生命環境科学研究科・助教
研究者番号: 60508373

(3) 連携研究者

伊藤昭彦 (ITO Akihiko)
国立環境研究所地球環境研究センター・
主任研究員
研究者番号: 70344273