

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03998

研究課題名(和文) 根圏凍結条件下のクロトウヒの光合成が年間のCO2収支に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Contribution of photosynthesis of black spruce under soil-frozen condition on the annual CO2 budget

研究代表者

原 蘭 芳信 (Harazono, Yoshinobu)

大阪公立大学・大学院農学研究科・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) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：凍土凍結下でのクロトウヒの光合成を観測的に明らかにしようとして、2019年秋期にAlaska大学Fairbanks 構内林に、チャンパー3個による光合成測定装置を設置した。COVID19感染拡大により翌年3月から大学構内の立入りができず研究を中断した。2022年4月上旬に観測を再開したが、地温センサーやチャンパーのセンサーは一部破損し、制御用のリレーや電磁弁の動作不良のためデータを取得できなかった。データロガーの配線や光合成測定用のチューブ配管などの再接続、センサーの交換を行ったが、光合成測定に不可欠な流量調節マスフローコントローラが完全作動せず、観測データを取得できないまま研究を終えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高緯度生態系の光合成開始時期(ON-Set)は陸域の炭素収支に重要である。本研究は根圏が凍結し水利用が困難な環境で、光合成が始まっていることを実証する試みである。先行研究で従来のOn-Set以前の光合成開始を把握したので、本研究では反復回数を増やし不凍水による光合成の可能性を実証する計画であったが、2年半に及ぶ学内入構制限のため期間内に実施できなかった。凍土凍結中の光合成開始によりCO2固定が増加することから、生態系の炭素固定量の詳細把握につながり、地球温暖化予測モデルの精度向上に有益情報であると共に、人為的排出量の削減指標策定など政策的にも重要な知見を得る予定であった。

研究成果の概要(英文)：A photosynthesis measurement system was installed in the forest at the University of Alaska Fairbanks to verify the photosynthesis of black spruce at sub-zero temperatures. The university campus was closed due to the spread of the new coronavirus infection, and the scheduled measurement from March was canceled for two and a half years. In early April 2022, we resumed observation activities at the site. There was about 1 m of snow at the observation site. Sensors and control devices of chamber system were damaged during two and half years blank. In October 2022, I fixed the wiring of the data logger and the tubing, replaced some of the sensors, and tried to acquire preliminary photosynthesis data. However, the flow-regulating mass flow controller (MFC), which is essential for photosynthesis measurement, did not work completely, and the autumn research was finished without obtaining any preliminary data that could be used for the research.

研究分野：生態系の微気象

キーワード：光合成 根圏凍結 クロトウヒ 温暖化予測 光合成開始(On-Set) 炭素収支 不凍水

1. 研究開始当初の背景

地球大気中の二酸化炭素 (CO₂) 濃度は 400ppm を越え、国内では猛暑日の増加や最高気温の記録更新が続くなど気温上昇が続いている。IPCC 報告は大気中の CO₂ 濃度上昇が温暖化を加速すると警告しており、人為的 CO₂ 排出量の削減を求めている。大気中の CO₂ 濃度は陸域生態系の光合成による吸収と呼吸等による放出で季節変化しているが、温暖化が生態系の CO₂ 収支に及ぼす影響は十分に解明されていない。生態系における CO₂ 収支の正確な把握は地球温暖化予測モデルの精度向上に不可欠であり、人為的排出量の削減指標策定など政策的にも重要である。

高緯度の北方林が地球規模の CO₂ 収支に強く影響することが報告されてきた (Serreze and Barry, 2011)。しかし冬季の観測は困難な事等のため「北方林は冬季に休眠状態となり光合成による CO₂ 吸収はない」と見なされて CO₂ 放出のみと推計されるなど (Jarvis and Linder, 2000), 大きい不確定要素が残されている。

申請者は Alaska の凍土上に生育するクロトウヒ植生での CO₂ 交換量の連続測定から「クロトウヒは根圏凍結環境でも CO₂ を吸収している」結果を得た (図 1 参照)。根圏凍結条件下の CO₂ 吸収は生物学上の定説を覆すものであり、北方林の炭素収支評価に影響する可能性があり、その解明は陸域生態系の炭素収支をより正しく把握するために必須と考えた。

Serreze MC, Barry RG, 2011. *Global and Planetary Change*, **77**, 85-96.

Jarvis & Linder, 2000, *Nature*, 405, 904-905.

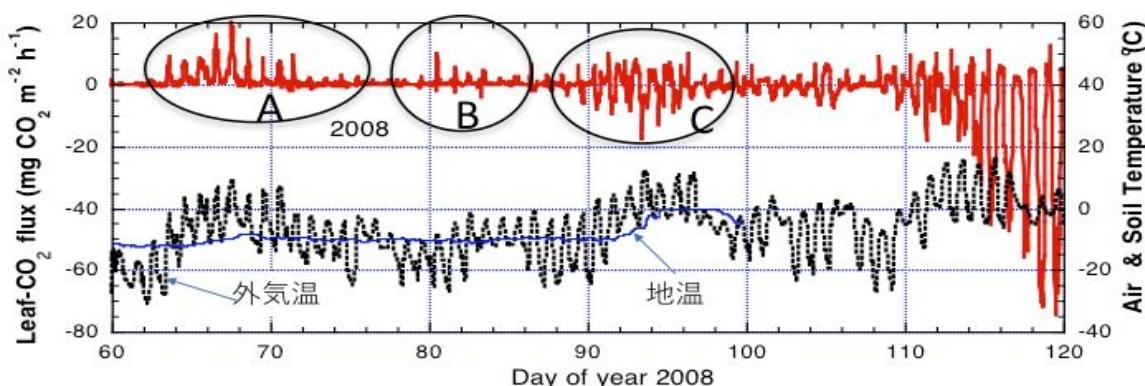


図 1. 先行研究 (Harazono et al., 2009) のチャンバーシステムで得られたクロトウヒの CO₂ 交換データ (赤色表示のグラフ) で、地温の経時変化との比較から凍土凍結中に CO₂ が吸収されていることがわかる。

Harazono, Y., H. Iwata, M. Ueyama, 2009, Contribution of permafrost and winter photosynthesis on the annual CO₂ budget of black spruce forest in Alaska. *ICDC8*, Jena, Germany, 13-19, 2009.

2. 研究の目的

申請者らの先行研究に基づいて「クロトウヒは根圏凍結環境下でも光合成可能であり大気中の CO₂ を吸収する」ことを現地における CO₂ 交換量の連続観測により検証する。この光合成を可能にしているのは「氷点下でも凍結しない不凍水 (Romanovsky & Osterkamp, 2000)」を利用しているためとの仮説を設け、融解潜熱等の微気象観測と Alaska 大学の研究者の協力を得てこの仮説を検証する。

Romanovsky & Osterkamp, 2000, *Permafrost Perglac. Process*, **11**, 219-239

3. 研究の方法

A. 同化箱法による CO₂ 交換量 (光合成と呼吸) の測定

凍土凍結前に、通気型の同化箱 (チャンバー) チャンバー 3 個をクロトウヒ 3 個体の着生群葉に設置する。翌春の凍土融解前に現地滞在し、CO₂ と H₂O の交換量 (光合成や蒸散) を 3 週間以上連続測定する。チャンバーシステムは UAF サイトで微量なメタンフラックスを測定した実績がある方式 (Harazono 他, 2015) を冬季測定用に改良したシステム 3 組を作成し、3 個体で最低 2 シーズンの 6 反復、測定することにより結果の普遍性を保つ。

チャンバーシステム (図 2 参照) は、バッファタンク経由の外気をマスフローメータで

計量してチャンバへ供給し、ガス交換後のチャンバ内とバッファタンク内の空気を電磁弁で交互（数分毎）に切り替えて、それぞれの CO₂ 濃度を NDIR で測定する。図 2 右側グラフ（先行研究の結果例）のような階段状の時系列変化が得られ、双方の CO₂ 濃度差と供給空気流量から CO₂ 交換量（光合成又は呼吸）を求める。

Harazono 他, 2015, *Journal of Agricultural Meteorology*, 71 (2), 66-75.

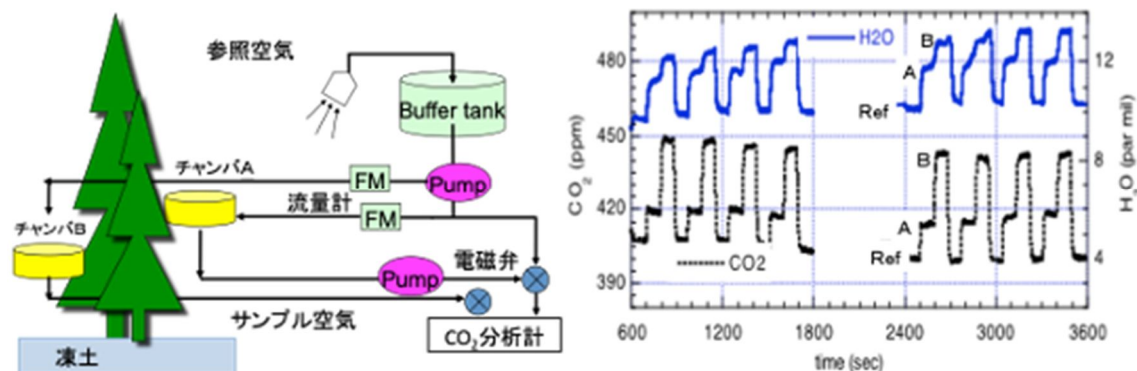


図 2 .クロトウヒ群葉の CO₂ 交換量の測定模式図(左図, A, B 2 個のチャンバー適用例)と、濃度測定出力例(右グラフ)。A, B と Ref との出力差は各チャンバ内での交換量(呼吸/蒸散)に相当し、この濃度差と流量から単位時間当たりの交換量(フラックス)が求まる。

B. 関連する微気象と不凍水の把握

チャンバー内群葉の不凍水は、チャンバー内外の温度変化と放射量変化を基に融解潜熱量を推定して評価する。このために地温計や TDR 土壌水分計を測定対象樹の根圏に埋設し根圏の凍結状態をモニタするほか、各チャンバー内で赤外放射温度計による葉温と放射量を測定する。不凍水の計測には Alaska 大学の研究者の助力を得る計画である。

C. タワーによる微気象学的 CO₂ フラックスとの比較

UAF サイトでは群落レベルの CO₂ フラックスを年間観測している。凍土融解前について、チャンバによるクロトウヒ群葉の CO₂ 吸収と群落レベルの CO₂ フラックス、微気象データを比較検討し、凍土融解前の光合成が群落レベルの CO₂ 収支に及ぼす寄与を明らかにする。

4. 研究成果

A. 同化箱法による CO₂ 交換量（光合成と呼吸）の測定

COVID19 感染拡大で Alaska 大学への立入り制限があり、クロトウヒ林での観測研究は 2019 年 11 月以後中断した。2021 年後半からワクチン接種を条件に Alaska 大学への入構が認められたので、科研費研究期間を 1 年間延長し翌年 4 月上旬に観測研究を再開した。



図 3 . 2022 年 4 月上旬の観測地の状況。積雪深約 1m。

4 月上旬の観測サイトは約 1 m の積雪であり(図 3, 写真), 除雪して地温センサーやチャンバーの状態を確認したが一部センサーは故障し、制御用のリレーや電磁弁の動作不良が認められた。4 月滞在時には滞在期間が限られたこともあり完全復旧できず、秋の再訪問時に修復することにした。

凍土凍結が始まる直前の 2022 年 10 月に現地滞在し、データロガーの配線や光合成測定用のチューブ配管などの再接続、一部センサーの交換を行い、光合成データの予備取得を試みた。しかし、データロガーに不調(リレー制御などの不具合)が見つかり、さらに、光合成測定に不可欠な(光合成チャンバーへの流量調節する)マスフローコントローラ(MFC)が完全に作動せず、予備データも取得できないまま、秋の滞在研究を終えた。

2023 年 3 月末の滞在で、クロトウヒ着生葉に透明アクリル製の同化箱(チャンバ)をか

がせ CO₂ 交換量を測定開始し、データ確保を試みた（右、図 4）。しかし、MFC の機能は回復せず、データを確保できなかった。



本課題 A の失敗の主因は光合成測定装置を 2 年半野外に放置せざるを得ず、装置が正常に機能しなくなったことである。これを念頭に 2021 年度に科研費研究期間の 1 年延長を申請した。2022 年度秋の段階でデータを確保できていなかったため科研費研究期間の再延長も検討したが、5 年目の研究継続延長の申請は研究経費の制約から断念した。

B. 関連する微気象と不凍水の把握

2 年半の研究中断の間に、現地の研究環境が大きく変わり、凍水の存在を把握する実験が不可能となった。理由は、この間に研究協力してもらう予定の Alaska 大学 Geophysical Institute(GI)の Romanovsky 博士が短期異動で GI に不在となり、予定していた低温実験室の利用ができなかったこと、滞在費高騰で長期滞在が不可能になったためである。

C. タワーによる微気象学的 CO₂ フラックスとの比較

クロトウヒ植生で継続的に得られている CO₂ 交換量と微気象のタワー観測データを利用して、クロトウヒ林の生態系レベルで光合成が始まっているかどうかを検討した。

1) 近年の CO₂ 交換量の変化

タワーフラックス観測では、大気中と植生との間の CO₂ 交換量を直接測定し、生態系レベルで生態系交換量 (NEE) を求め、夜間 (光のない状態) のデータから生態系呼吸量 (RE) を求め、NEE と RE との差として総生産量 (GPP) を算出する。図 5 は過去 7 年間の GPP (日別値) を重ねたグラフである。なお、NEE と GPP のデータにはエラーではないものの品質スクリーニングが不十分な値も含まれるので、今後若干の数値の変更がありうる。

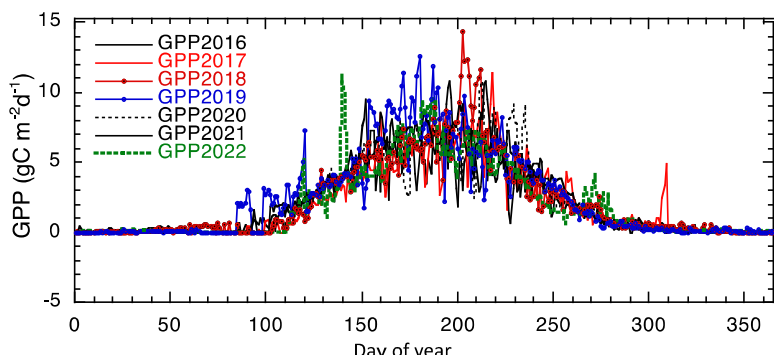


図 5. 過去 7 年間のクロトウヒ植生の GPP の季節変化 (タワー観測の結果)。

年次間差はあるものの DOY85 日頃 (3 月下旬) から GPP の値が増加しており、クロトウヒ林全体として光合成が始まっていることが判る。観測サイトの下層植生は 11 月以後落葉し、冬季は図 5 に示すように積雪に埋もれて殆ど光が届かない。よって、積雪のある時期の CO₂ 吸収はクロトウヒ林の光合成によるものと判断される。

2) 凍土融解前後のクロトウヒ植生の CO₂ 交換量の変化と地温、積雪深

年次毎に、光合成開始時期と根圏温度環境との関係を検討するために、2018 年以後の DOY60 日～DOY140 日について NEE と GPP の日別値 (A と B)、地下 5cm の地温 (C)、積雪深 (D) の時系列を図 6 に示す。特徴的なのは 2019 年を除く最近の 4 年間は春先の積雪深が深く、消雪日 (積雪深 0cm) は DOY116 日以後である。深さ 5cm の地温が継続的に 0 以上になるのは、2018、19 年が DOY100 日頃で近年 3 力年は DOY108 日以後である。この様な土壤凍結環境におけるクロトウヒ植生の光合成の有無を NEE と地温、GPP と積雪深の比較から特徴的な年次について検討する。

2019 年は積雪が少なく (図 6D、赤の Line)、深さ 5cm の地温 Ts5 (図 6C、赤の Line) は DOY86 日に一度融解し、DOY91 日頃に再凍結した後 (Ts5 < 0) DOY99 日以後連続的に融解が進んでいる。NEE (図 6A、赤の Line) の経日変化は DOY70 日頃から正の値が観測され、クロトウヒの休眠が打破され呼吸による CO₂ の放出があったことを示す。続く DOY86 日頃に Ts5 0 になると NEE はマイナスに変化し CO₂ が吸収されたことが判る。GPP (図 6B、赤の Line) は NEE が負になった場合に正の値となり、以後の GPP の経日変化も Ts5 の変化によく追隨しており、光合成が継続されたことを示している。DOY85 日以後の NEE と GPP の変化から、

根圏で融解水が供給されることによりクロトウヒの光合成が促されたと推定される。

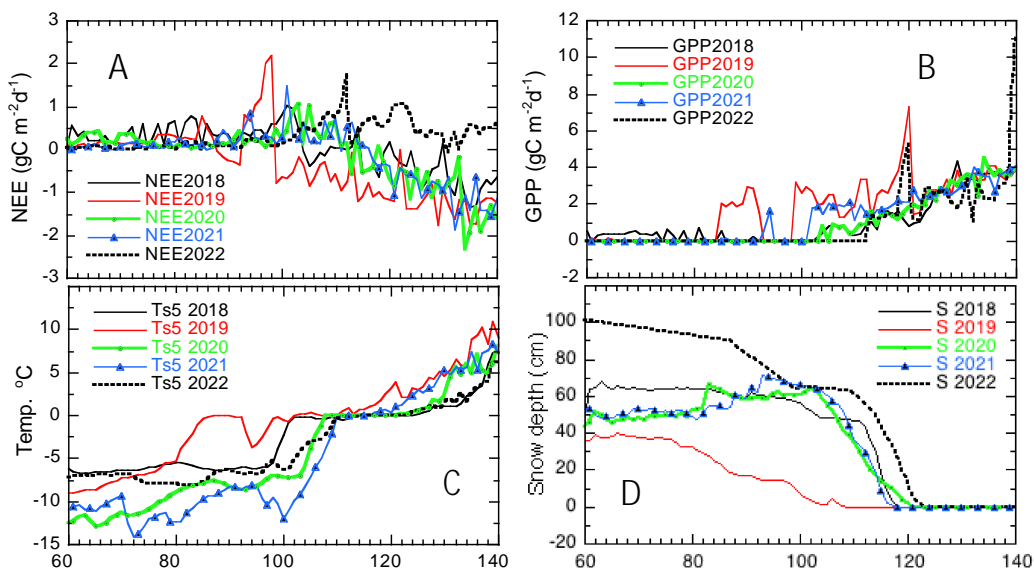


図 6. 最近 5 カ年の凍土融解前後 (DOY60 日~140 日) の NEE(A), GPP(B), 5cm 深さの地温 Ts5(C), 積雪深 (D) の経日変化。横軸は 1 月 1 日からの日数。

2021 年 (図 6, 青の Line) は凍土融解前の地温 Ts5 が過去 5 年で最も低く, 深さ 5cm の凍土融解日は 2022 年と同じく DOY115 日で最も遅い。積雪深は 3 月中下旬に約 50cm でその後の降雪で深さが 60cm 以上に増し, DOY104 日頃から顕著な融雪(積雪深の低下)が進んだ。融雪促進に伴って地温 Ts5 も急に上昇し, 地温 Ts5 が約 -10 の DOY90 日頃に正の NEE が観測されて休眠打破となり, DOY102 日以後には負の NEE と正の GPP が観測された。このような Ts5 が 0 になる前に GPP が正になるのは 2020 年も同様であり, 遅い時期まで多量の積雪がある場合は, 融雪による水が地表まで浸透してクロトウヒの地表付近の根からの吸水で光合成に利用されたと推測される。

2022 年の NEE に関しては 観測装置に着雪着氷が発生し測定値にノイズが含まれたため, 3 月下旬に利用可能な Data を十分に確保できなかった。

D. まとめ

COVID19 の感染拡大で, Alaska 大学の構内立ち入りが制限され, 2020 年春期以後の現地観測ができなかった。

科研費研究期間を 1 年延長して 2022 年 4 月上旬に現地観測を再開したが, 観測装置を 2 年半野外に設置したままであったことから正常に機能しなくなっていた。2022 年 10 月に復旧を試みたが回復しなかった。また, Alaska 大学の研究協力者が学外に去っていたため, 不凍水の熱収支解明の実験ができなかった。

この間に円ドルの為替レートが円安に振れ, Alaska の物価高騰もあり, 研究継続により初期目標を達成することが困難と判断し, 科研費期間の再延長を見送った。

同じ研究場所で継続中のタワーフラックス観測は, 現地研究協力者のサイト管理により継続できていたので, そのデータを利用して, クロトウヒ植生全体の光合成を検討した。根圏を代表する地下 5cm の地温, 積雪深との関係を過去 5 年間の Data に基づいて比較したところ, クロトウヒは根圏凍結状態でも休眠が打破され, 凍土融解以前にクロトウヒ植生により CO₂ が吸収されている事を確認できた。

謝辞

IARC 所長(Hajo Eichen 博士)から UAF サイトを利用した共同研究の合意と IARC 施設の利用許可を得た。厳寒期の現地滞在中の観測サポート並びに著者が現地不在時の測定システムの保守管理に現地研究協力者(久々宇直樹氏)の協力を得た。研究対象の UAF サイトは 2017 年度から ArCS の GHG 研究対象サイトとなっておりタワー観測が継続されている。ArCS 参画研究者である大阪公立大学農学部植山雅仁准教授と信州大学理学部岩田拓記准教授に, タワー観測データの利用を快諾して頂いた。これらの方々へ感謝する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Kawashima, S., Ueyama, M., Okamura, M., Harazono, Y., Iwata, H., Kobayashi, H.	4. 巻 3
2. 論文標題 Spring onsets of a young forest in interior Alaska determined based on time-lapse camera and eddy covariance measurements.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Meteorology	6. 最初と最後の頁 190-199
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ueyama, M., Yamamori, T., Iwata, H., Harazono, Y.	4. 巻 125
2. 論文標題 Cooling and moistening of the planetary boundary layer in interior Alaska due to a postfire change in surface energy exchange.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research Atmospheres	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2020JD032968	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Kawashima, S., Ueyama, M., Okamura, M., Harazono, Y., Iwata, H., Kobayashi, H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Spring onsets of a young forest in interior Alaska determined based on time-lapse camera and eddy covariance measurements.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Meteorology	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2480/agrmet.D-21-00003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Hiyama, T., Ueyama, M., Kotani, A., Iwata, H., Nakai, T., Okamura, M., Ohta, T., Harazono, Y., Petrov, R. E., Maximov, T. C.	4. 巻 27
2. 論文標題 Lessons learned from more than a decade of greenhouse gas flux measurements at boreal forests in eastern Siberia and interior Alaska.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.polar.2020.100607	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 1.L.H. Allen,, B.A. Kimball, J.A. Bunce, M. Yoshimoto, Y. Harazono, J.T. Baker, K.J. Boote, J.W. White	4. 巻 284
2. 論文標題 Fluctuations of CO2 in Free-Air CO2 Enrichment (FACE) depress plant photosynthesis, growth, and yield.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Agricultural and Forest Meteorology	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.agrfomet.2020.107899	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 2.Ueyama M., Iwata, H., Nagano, H., Tahara, N., Iwama, C., and Harazono, Y	4. 巻 275
2. 論文標題 Carbon dioxide balance in early-successional forests after forest fires in interior Alaska,	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Agricultural and Forest Meteorology	6. 最初と最後の頁 196-207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j-agrfomet.2019.25.020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Kawashima, S., Ueyama, M., Harazono, Y., Iwata, H., Kobayashi, H
2. 発表標題 Factors for geographical distribution of spring onsets of vegetation in interior Alaska.
3. 学会等名 iLEAPS-Japan研究集会2021 大気 陸面プロセスの研究の進展：観測とモデルによる統合的理解,
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大久保香穂・岩田拓記・植山雅仁・原園芳信・永野博彦
2. 発表標題 アラスカ北方林における大気と土壌の物理的相互作用.
3. 学会等名 日本農業気象学会関東支部大会, オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 落合悠介・岩田拓記・植山雅仁・原園芳信
2. 発表標題 森林火災による土地被覆変化が対流性降雨の特性に与える影響
3. 学会等名 日本農業気象学会関東支部大会, オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ueyama, M., Iwata, H., Endo, R., Harazono, Y.
2. 発表標題 Methane emissions from the forest floor of a black spruce forest on permafrost in interior Alaska.
3. 学会等名 International Symposium Pan-Arctic Water-Carbon Cycles and Terrestrial Changes in the Arctic: For Resilient Arctic Communities, Online (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kawashima, S., Ueyama, M., Harazono, Y., Iwata, H., Kobayashi, H.
2. 発表標題 Factors for local-scale spatiotemporal variation of spring onsets of vegetation in interior Alaska.
3. 学会等名 International Symposium Pan-Arctic Water-Carbon Cycles and Terrestrial Changes in the Arctic: For Resilient Arctic Communities, Online, (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川嶋しほり・植山雅仁・原園芳信・岩田拓記・小林秀樹
2. 発表標題 人工衛星データを用いた内陸アラスカの生育期開始における地域スケールの空間変動の解析
3. 学会等名 日本農業気象学会全国大会, オンライン
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 落合悠介・岩田拓記・植山雅仁・原園芳信
2. 発表標題 大気境界層モデルを用いた北方林サイトにおける対流性降雨の再現
3. 学会等名 日本農業気象学会全国大会, オンライン
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大久保香穂・岩田拓記・原園芳信・植山雅仁・永野博彦
2. 発表標題 10年規模気候変動下におけるアラスカ北方林での大気と土壌の物理的相互作用
3. 学会等名 日本農業気象学会全国大会, オンライン
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩田拓記・植山雅仁・原園芳信・永野博彦
2. 発表標題 永久凍土上のクロトウヒ湿地林からのメタン放出の10年変動
3. 学会等名 日本農業気象学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川嶋しほり・植山雅仁・原園芳信・岩田拓記・小林秀樹
2. 発表標題 内陸アラスカの植生の春のフェノロジーの評価
3. 学会等名 日本農業気象学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Iwata, H., Ueyama, M., Harazono, Y
2. 発表標題 A variation in surface energy balance during the early vegetation succession stage after wildfire interior Alaska.
3. 学会等名 Sixth International Symposium on Arctic Research, (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川嶋しほり・植山雅仁・原園芳信・岡村幹太・岩田拓記・小林秀樹
2. 発表標題 積算温度モデルを用いた内陸アラスカの種特有の植物季節現象の評価と将来予測
3. 学会等名 日本農業気象学会全国大会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Okamura, M., Ueyama, M., Ito, A., Ichii, K., Iwata, H., Euskirchen, E. S., Goeckede, M., Sonnentag, O., Flanagan, L. B., Harazono, Y., Helbig, M., Hirano, T., Oechel, W. C., Zona, D
2. 発表標題 Estimating greenhouse gas budgets in high-latitude ecosystems with an improved ecosystem model using eddy covariance data.
3. 学会等名 Sixth International Symposium on Arctic Research, (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ueyama, M., Iwata, H., Harazono, Y.
2. 発表標題 Decade long observations of greenhouse gases fluxes at burned and unburned boreal forests in interior Alaska.
3. 学会等名 Sixth International Symposium on Arctic Research,
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Harazono, Y., Ueyama, M., Iwata, H., Hiyama, T
2. 発表標題 Current status of greenhouse gas balance in the Arctic black spruce forest based on the long-term observation and the future progress.
3. 学会等名 20th Conference on Agricultural and Forest Meteorology Korea (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Okamura, M., Ueyama, M., Ito, A., Ichii, K., Iwata, H., Euskirchen, S. E., Goeckede, M., Sonnentag, O., Flanagan, L. B., Harazono, Y., Helbig, M., Hirano, T., Oechel, W. C., Zona, D
2. 発表標題 Estimating CH4 fluxes across high latitude ecosystems using VISIT model.
3. 学会等名 iLEAPS/IGAC-Japan 合同研究集会 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Okamura, M., Ueyama, M., Ito, A., Ichii, K., Iwata, H., Euskirchen, S. E., Goeckede, M., Sonnentag, O., Flanagan, L. B., Harazono, Y., Helbig, M., Hirano, T., Oechel, W. C., Zona, D.
2. 発表標題 Estimation of greenhouse gas budget over high-latitude ecosystems using a process-based ecosystem model, VISIT.
3. 学会等名 AsiaFlux2019 -20th Anniversary Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Luo, J., Ueyama, M., Okamura, M., Watts, J. D., Iwata, H., Euskirchen, S. E., Goeckede, M., Sonnentag, O., Flanagan, L. B., Harazono, Y., Helbig, M., Hirano, T., Oechel, W. C., Zona, D
2. 発表標題 Estimating high-latitude methane fluxes based on the satellite data-driven Terrestrial Carbon Flux Model.
3. 学会等名 AsiaFlux2019 -20th Anniversary Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川嶋しほり・植山雅仁・原園芳信・岡村幹太・岩田拓記・小林秀樹
2. 発表標題 タイムラプスカメラによる内陸アラスカの植生の春の生物季節現象の評価.
3. 学会等名 日本農業気象学会近畿支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原園芳信, 植山雅仁, 岩田拓記, 檜山哲哉
2. 発表標題 北極域クロトウヒ林における温室効果ガス収支の長期観測研究の現状と課題
3. 学会等名 日本農業気象学会2019年全国大会,
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------