

日本農業気象学会 関東甲信越支部 2021 年度例会

講演要旨集 第 17 号

2021 年 12 月 3 日金曜日

オンライン開催

主催：日本農業気象学会関東甲信越支部

日本農業気象学会関東甲信越支部 2021 年度例会 講演要旨集

目次	1
一般講演要旨	
(1) アラスカ北方林における大気と土壌の物理的相互作用 ○大久保香穂, 岩田拓記(信州大学理学部), 植山雅仁, 原菌芳信(大阪府立 大学生命環境科学研究科), 永野博彦(新潟大学自然科学研究科)	2
(2) データ同化を実装した作物モデルによるトマト LAI の再現・予測シミュレーション ○五十嵐乃愛(東京農工大学大学院農学府), 菊池裕介(日本電気株式会社), 辰己賢一(東京農工大学大学院農学研究院)	3
(3) 植物プランクトン添加に対する湖底堆積物中のメタン生成の応答 ○Yang Chun Jet, 岩田拓記, 朴虎東, 宮原裕一(信州大学理学部), 伊藤雅之 (兵庫県立大学環境人間学部), 高野淑識, 浦井暖史(JAMSTEC)	4
(4) 浅い富栄養湖での温室効果ガス溶存濃度プロファイルの連続測定 ○鈴木颯人, 岩田拓記, 宮原裕一(信州大学理学部), 伊藤雅之(兵庫県立 大学環境人間学部)	5
(5) 気温・水分条件がオオミズゴケの光合成に及ぼす影響 -ガス交換とクロロフィル 蛍光画像の計測からの評価- ○板橋大翔(明治大学大学院農学研究科), 矢崎友嗣(明治大学農学部)	6
(6) 木曾山脈稜線付近のハイマツの CO ₂ 交換の季節・経年変化 ○田邊憲伸, 岩田拓記(信州大学)	7
(7) 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 ○落合悠介, 岩田拓記(信州大学), 植山雅仁, 原菌芳信(大阪府立大学)	8
(8) 諏訪湖からの蒸発量の気候変化に対する応答 ○山田基 岩田拓記(信州大学)	9
(9) 高山と高原農牧地の風向激変突風と低温乾燥の推測 — 2017 年 9 月 20~21 日 の中央アルプスの将基頭山・木曾駒ヶ岳— 真木太一(九州大学名誉教授・日本学術会議連携会員・北海道大学農学研究院研究員)	10

アラスカ北方林における大気と土壌の物理的相互作用

○大久保香穂，岩田拓記（信州大学理学部），植山雅仁，原菌芳信（大阪府立大学生命環境科学研究科），永野博彦（新潟大学自然科学研究科）

1. はじめに

北極域の永久凍土中には大量の有機物が貯蔵されており，凍土の融解による温室効果ガスの大気への放出の促進が大気の温暖化を加速させることが危惧されている．これまで，大気の温暖化は永久凍土の融解を引き起こす一方，土壌表層の乾燥が凍土の融解を抑制することなどが示されてきた．しかし，こうした土壌の状態変化が大気に与える影響の研究はまだ少ない．

本研究では，アラスカ北方林において観測された 17 年間の渦相関フラックス・微気象データを用いて，大気と土壌の物理的相互作用を明らかにすることを目的とする．

2. 方法

アラスカ州内陸部に位置するアラスカ大学フェアバンクス校の保護林で気象・土壌環境及び渦相関法を用いた顕熱・潜熱フラックスを観測した．観測サイトには永久凍土が存在し，活動層は最大 50 cm 程度である．平均年降雨量は 245 mm 程度であるが，土壌は排水性が悪く，湿潤に保たれている．上層植生は内陸アラスカの優占種であるクロトウヒが繁茂し，地表面はコケや低木に覆われている．データは 2004 年から 2020 年までに測定されたものを使用し，季節変化や年々変動を解析した．また熱伝導モデルを適用し，夏季の凍土融解を再現した．

3. 結果と考察

観測サイトは，内陸に位置するため年較差が大きく，降雨は夏季の後半に増加する傾向がある．初冬や春には地温は 0 °C 付近が続き，これは土壌凍結時や融解時の潜熱交換のためである．顕熱フラックスは雪解け後の 5 月に最大を迎えた後，冬に向かって緩やかに低下していく．潜熱フラックスは下層植生が成長する夏季に増大し，冬季に減少している．

観測サイトの気候変動を解析した結果，観測サイトは太平洋 10 年規模振動（PDO）の影響を顕著に受けていた．2014 年以降には PDO 指数が正の値となり，気温は冬に上昇傾向を示す．また，夏季降水量も増大しており，これは海洋からの湿潤な空気の供給によるものだと考えられる．2014 年以降，冬季の地温も深部まで高くなっていった．融解深は夏の土壌水分が高い年や消雪が早い年に大きいことが分かった．土壌が湿潤な場合，熱伝導率が高くなったことで地温が深部まで上昇し，融解が進んだと考えられる．

なお，熱伝導モデルは夏季の融解深の経年変動を定性的には再現できたが，夏季後半の融解を過大評価していた．土壌の貯熱を考慮していないことなどモデルの前提条件に問題があることが考えられる．

土壌の年々変動にもかかわらず，顕熱・潜熱フラックスの年々変動は土壌状態と関連が見られなかった．降雨量が少ない年でも活動層深部は土壌水分が高い状態に保たれるため，土壌状態のフラックスへの影響が小さい可能性がある．どちらのフラックスも日射と弱い相関が見られ，夏季には日射の増加に伴いフラックスが増加し，冬季には日射の増加に伴ってフラックスは減少していた．フラックスの年々変動は放射による制御が強いと考えられる．

データ同化を実装した作物モデルによるトマト LAI の再現・予測シミュレーション

○五十嵐乃愛（東京農工大学大学院農学府）、菊池裕介（日本電気株式会社）、辰己賢一（東京農工大学大学院農学研究科）

1. 目的

データ同化技術の1つである粒子フィルタ法を用い、1. 作物モデルへのデータ同化機能の実装；2. 1で構築したモデルによるトマトの生育シミュレーション；3. 2で得られた計算結果を用いた LAI の再現・予測精度の定量的評価をそれぞれ実施した。

2. 方法

2. 1 栽培試験と生育調査

トマトの栽培試験は2020年5月13日から2020年7月30日までの約3か月間、東京農工大学キャンパス内にあるFM府中の圃場で実施した。品種には、露地栽培加工用トマトの1つである“なつのしゅん”を使用した。試験は耕起栽培と不耕起栽培をそれぞれ3反復で実施した。生育調査は、LAI および地上部生体重を1週間に1回、土壌水分量は1時間に1回の頻度で、栽培期間中においてそれぞれ実施した。

2. 2 作物モデル

LAI の再現・予測シミュレーションには、Decision Support System for Agrotechnology Transfer（以下、DSSAT）を用い、トマトの LAI の再現・予測精度向上のため、LAI と土壌水分量の時系列データを粒子フィルタ法により DSSAT に同化させた。次に、遺伝パラメータのキャリブレーションの有無や異なる同化期間でのトマト LAI の再現・予測精度を比較した。

3. 結果と考察

生育期間における全ての LAI と土壌水分量の実測値の同化による LAI の再現精度について、データ同化が生育期間中の LAI の再現精度の向上に機能していたことが確認できた。また、遺伝パラメータのキャリブレーションの有無による LAI の再現精度について、キャリブレーションを実施したことによる LAI の再現精度の向上は見られなかった。さらに移植から着実初期までの LAI と土壌水分量を同化させたことにより、移植から着実初期までの LAI の再現精度は向上したが、着実初期以降の LAI の予測精度の改善が見られなかった。これは着実後、葉と茎と実によって上空からトマトの株を通過して地面に到達する光の吸収量が減少するため、LAI の実測値が過大評価となったことが要因であると考えられる。

4. 結論

作物モデルへのデータ同化の実装により、生育期間における全ての LAI と土壌水分量の実測値の同化による生育期間中の LAI の再現精度は向上した。一方、遺伝パラメータのキャリブレーションを実施したことによる生育期間中の LAI の再現精度の向上は見られなかった。今後の課題として、モデル内パラメータの最適化手法の検討、最適な同化ウィンドウおよび同化パラメータの設定、同化アルゴリズムの改良が挙げられる。

植物プランクトン添加に対する湖底堆積物中のメタン生成の応答
○Yang Chun Jet, 岩田拓記, 朴虎東, 宮原裕一 (信州大学理学部),
伊藤雅之 (兵庫県立大学環境人間学部), 高野淑識, 浦井暖史 (JAMSTEC)

1. はじめに

湖は強力な温室効果ガスであるメタンの主要な自然発生源である。近年、富栄養化によって、湖からのメタン放出が促進されることが提案されている。湖の富栄養化は植物プランクトンの大量発生につながり、湖底に沈降した植物プランクトンの死骸を基質としてメタン生成が促進されることが考えられる。先行研究では、温帯湖堆積物への藻類の添加によってメタン生成が促進されることが培養実験により確認されている(例えば, West et al, 2012, *Freshwater Biology*)。しかし、まだ数例の研究しかなく、環境の異なる湖での調査が必要とされている。本研究では、諏訪湖の湖底堆積物を対象に培養実験を行うことで、植物プランクトン添加に対するメタン生成の応答を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

調査は長野県の諏訪湖にて実施した。諏訪湖は浅い富栄養湖であり、1970年代以降アオコの発生量は減少している。諏訪湖では渦相関法によるメタン放出の観測が実施されている。そのフットプリント内 5 地点において採取した表層 4cm の堆積物コアサンプルを用いて、培養実験を実施した。各サンプルは均質化し、湿重量 5g もしくは 10g のレプリケートを採取し、バイアルに入れ、蒸留水を 10g 加えた。アオコ添加は 1970 年代のアオコ発生量を再現する量(堆積物重量当たり 10 mg)、その半分 (5 mg) とその倍 (20 mg) の量の 3 段階で実施した。アオコは諏訪湖で採取し凍結乾燥したものを使用した。バイアルを密封し、窒素パージを行った後に、25 °C で培養した。およそ 1 日ごとにバイアル内のヘッドスペースのメタン濃度をガスクロマトグラフで分析することで堆積物乾燥重量あたりのメタン生成速度を算出した。また、堆積物サンプルの一部及び上述した実験とは別に用意したアオコ添加レプリケートを用いて、培養実験前後でのクロロフィル量の分析をした。

3. 結果と考察

予備調査で測定したメタン生成速度の深度分布は表層から 3cm で最大となり、それよりも浅い部分と深い部分ともに低くなっていた。培養実験に用いた堆積物はこの最もメタン生成速度が大きい層を含んでいることになる。コントロール実験においては、メタン生成速度の平均は $0.021\text{--}0.025 \mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$ であった。アオコを添加した堆積物のメタン生成速度 (5 mg g⁻¹ 添加に対して $0.157 \mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$, 10 mg g⁻¹ 添加に対して $0.201 \mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$, 20 mg g⁻¹ 添加に対して $0.145 \mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$) はコントロールよりも有意に高くなることが確認された。一方で、異なるアオコ添加量に対するメタン生成速度の有意差はなかった。培養実験後のクロロフィル量は減少しており、培養期間中にアオコは分解され、メタン生成基質となったと考えられた。アオコ添加量を増加させてもメタン生成速度が上昇しないことは、5 mg g⁻¹ 添加の段階で既に基質が十分に存在し、メタン生産が限界まで活性化されていた可能性がある。

今後、メタン生成速度の変動要因を詳しく検討するために、培養実験後の堆積物の CN 分析及び微生物群集解析を行う予定である。

浅い富栄養湖での温室効果ガス溶存濃度プロファイルの連続測定

○鈴木颯人, 岩田拓記, 宮原裕一 (信州大学理学部), 伊藤雅之 (兵庫県立大学環境人間学部), 高橋けんし (京都大学生存圏研究所)

1. はじめに

浅い富栄養湖はメタンの重要な放出源である一方、二酸化炭素については吸収源として働くことが示唆されている。湖内では二酸化炭素やメタンは主に湖底堆積物中で生成されるが、これらのガスは湖水中を大気へと拡散する間に生物プロセスにより一部消費される。したがって、大気へのこれらのガス放出の変動を理解するためには、湖水中でのガス動態を解明する必要がある。特に、浅い富栄養湖では、生成・消費プロセスに加えて湖の混合の影響が大きく、溶存ガス濃度が日内で大きく変化するため、その変動を解像できる連続測定が必要である。本研究では、諏訪湖において複数深度での溶存温室効果ガス濃度の日内変動を測定し、これらのガス動態を解明することが目的である。

2. 方法

観測は長野県中部に位置する、浅い富栄養湖の諏訪湖において実施した。測定が行われた湖岸付近では水深が約 1.8 m であった。この観測サイトにて、気温や風速などの気象や、水温や溶存酸素濃度などの湖内環境、及び渦相関法による温室効果ガス交換の連続測定も行った。二酸化炭素およびメタンの溶存濃度の季節変化を調べるための月一回程度の採水とヘッドスペース法による分析、および日内変動を調べるための連続測定を実施した。6月と8月の連続測定は、ポンプによる採水後に溶存ガス抽出装置内の疎水性微多孔膜を介して溶存ガスを窒素中に抽出して、その濃度を計測した。深さ 10 cm, 100 cm, 湖底から 20 cm 上から採水した。この濃度は気液平衡に達していないため、同時にヘッドスペース法で測定した溶存ガス濃度を用いて補正した。その後、溶存ガス抽出装置が故障したため、9月と10月の連続測定は1時間おきに手動採水をし、現場でヘッドスペース法を用いて溶存濃度を求めた。採水は上記の3深度に加え湖底からも行った。

3. 結果と考察

1月から6月中旬にかけて湖水はよく混合していて、6月下旬から湖水は安定成層になった。水温のピークは8月上旬に観測された。溶存酸素は安定成層期には湖底での消費と安定成層形成のため深層で濃度低下がみられた。混合期の溶存ガス濃度は深度ごとに差がなく、メタンは $1\sim 2\ \mu\text{mol/L}$ 、二酸化炭素が $20\sim 50\ \mu\text{mol/L}$ だった。安定成層期では両ガスともに深層の溶存濃度が高くなっていた一方で、表層の二酸化炭素濃度は混合期の表層濃度より低かった。

安定成層時には溶存二酸化炭素濃度は日中表層で濃度が低くなっており、植物プランクトンや水生植物による光合成が原因であると考えられる。深層では濃度が高く、湖底で生成された二酸化炭素が溜まっている状態だった。湖が混合した時には、湖底付近の高濃度の水が表層に輸送され、表層の濃度が上昇した。一方、溶存メタン濃度は安定成層時にも湖底で減少することが見られ、湖底でもメタン酸化が起こっていることが示唆された。その場合、湖が混合しても表層の濃度上昇は観測されなかった。9、10月の観測では湖水の混合は弱かったが、夕方以降に表層のみでメタン濃度が上昇していて、表層でメタン生成が行われている可能性がある。

気温・水分条件がオオミズゴケの光合成に及ぼす影響 -ガス交換とクロロフィル蛍光画像の計測からの評価-

○板橋大翔（明治大学大学院農学研究科），矢崎友嗣（明治大学農学部）

1. はじめに

ミズゴケ属植物（以下，ミズゴケ類と呼ぶ）は冷涼湿潤な北方泥炭地の湿原に広く分布し，泥炭地のカーボンシンク機能に貢献する．しかし，ミズゴケ類は地球温暖化に伴う気温上昇や乾燥化の影響を受け，生育地が減少するおそれがある．そのため，環境の変化に対するミズゴケ類の生育や光合成の応答を理解することは，気候変化に対する泥炭地の炭素収支の応答を予測する上で不可欠である（Moore et al. 1998）．一方，コケ植物の光合成機能の評価手法としてクロロフィル蛍光（以下，Chl 蛍光と呼ぶ）画像計測法が有効とされるが（高山ら 2007），ミズゴケ類の Chl 蛍光をガス交換と同時計測し，地球温暖化に伴う環境の変化が光合成機能に及ぼす影響を生化学的な側面から評価した研究例は少ない．本研究では，日本を含む温帯の湿地に広く分布するオオミズゴケ（*Sphagnum palustre* L.）を対象とし，Chl 蛍光とガス交換の同時計測の確立に向けた知見を整理するとともに，熱環境（気温）や水分環境の変化がオオミズゴケの光合成速度に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする．

2. 方法

2021年5月29日以降，川崎市内の建物屋上において，50%遮光条件下で栽培した岩手県二戸市産（岩手），熊本県南阿蘇村産（阿蘇），北海道南幌町産（南幌）のオオミズゴケを9～10月にかけて採取した．光飽和条件下（PPFD：450～500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）と暗条件下で気温を25°C，または35°Cに設定した各々のチャンバーにミズゴケの頭状体（頂端部1 cm）を3個入れ，光飽和条件下では正味光合成速度（以下， P_n と呼ぶ）を計測した．計測を続けるとミズゴケは徐々に乾燥するため，チャンバー内の気温と相対湿度を記録し，算出された蒸発速度からミズゴケの重量含水比（以下，含水比と呼ぶ）を推定した．また，約25分間隔で暗条件下のチャンバーからミズゴケを取り出し，二次元イメージング・クロロフィル蛍光計測器（Handy FluorCam FC1000-H, PSI, Czech）を用いて蛍光パラメータ（ F_v/F_m ）を計測・算出した．

3. 結果と考察

本実験で計測したオオミズゴケは全産地において，気温25，35°C下の P_n は含水比に応じて変化した． P_n は過湿条件と乾燥条件で低下したことから， P_n が最大になる最適含水比が存在することがわかった．気温25°C，含水比が約1250～2500%の条件下では， F_v/F_m 値は約0.6～0.7の範囲で一定であったが，含水比が低下するにつれて P_n は上昇した．上記の水分環境下では乾燥に伴って過剰な表面水が蒸発し，葉緑体への CO_2 拡散が促進されることで光合成速度が上昇したと考えられる．一方，気温25°C，含水比が約1250%以下の条件下では， F_v/F_m 値と P_n は急激に低下し，含水比が300～500%の範囲で P_n はほぼゼロとなり， F_v/F_m 値は約0.25となった．同様に，気温35°Cにおいても含水比の低下に伴って F_v/F_m 値は低下し，含水比が600～1000%の範囲で P_n がゼロを示したとき， F_v/F_m 値は約0.4～0.5の範囲を示した．したがって，気温35°Cの高温下でも光合成反応系の活性は維持されるが，代謝機能の変化や呼吸速度の増加により， P_n が低下した可能性がある．

1. はじめに

ハイマツは日本の高山帯の森林限界上で優占しており、山岳域全体の炭素・水収支を明らかにするうえでその役割を明らかにする必要がある。これまでにハイマツのガス交換特性は個葉を対象とした短期的な観測をもとに研究がされてきた。ハイマツの光合成速度ポテンシャルの季節変化は葉齢によって異なることや、風衝地と風の弱い鞍部では土壌水分の違いに起因して光合成速度が異なることが報告されている。本研究では渦相関法を適用することで、ハイマツ群落スケールの二酸化炭素（CO₂）交換の季節・経年変化およびその制御機構の詳細を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

木曾山脈の将棋ノ頭（標高 2640m）付近のハイマツ生態系にて渦相関法を用いて CO₂ フラックスの測定を行った。フラックス観測は 2018–2019 年は夏季のみに、2020 年 6 月以降は通年で実施した。また微気象の観測は 2017 年 10 月から通年でやっている。Reichstein et al. (2005) の方法を用いて欠測補間および総一次生産量と生態系呼吸量への分離を行い、それらの季節変化、経年変化および微気象変化に対する応答を調べた。

3. 結果と考察

本研究サイトでは雪解けは 5 月初旬に起こり、夏季に向けて気温が上昇し始める。8 月上旬には日平均気温が約 15°C まで上昇し、その後気温は低下し始める。積雪は 10 月下旬から始まり、冬季は日平均気温が約 -20°C まで低下する。4 年間の違いに注目すると、雪解けの時期に違いはなかった。また 2021 年の春季は気温が高かった。2020 年は梅雨明け後に降水量が少なく土壌水分が減少した。積雪の開始に違いはなく、10 月下旬であった。

CO₂ 吸収は 5 月中旬の融雪直後に始まった。夏季の間の日平均正味吸収量は $-4.3 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。気温が 0°C 以下となった 10 月下旬に正味交換量はほぼ $0 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ となった。夏季の 7 月から 9 月の積算 CO₂ 吸収量は 2019 年で 33.7mol m^{-2} 、2020 年で 19.2mol m^{-2} 、2021 年で 34.7mol m^{-2} となり、2020 年の CO₂ 吸収量は小さかった。これは 2020 年夏季の日射量が低かったことと飽差が高かったことによるものと考えられる。

総一次生産量は入射短波放射量の増加とともに増加し、 600W m^{-2} 以上で飽和に近づく典型的な光への応答を示した。また、飽差が大きいほど総一次生産量が小さくなっており、大気乾燥による気孔閉鎖が影響していると考えられる。融雪後から 7 月にかけては総一次生産量が徐々に増加しており、この時期は土壌凍結による水分不足が総一次生産量の制限要因になっていると考えられる。

生態系呼吸量は気温上昇とともに大きくなっていった。また、土壌含水率の低下が生態系呼吸量を制限している可能性がある。ハイマツの葉の量は 7 月から 10 月にかけて増加しており、この変化も生態系呼吸量の季節変化に影響している可能性がある。

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

○落合悠介, 岩田拓記 (信州大学), 植山雅仁, 原菌芳信 (大阪府立大学)

1. はじめに

森林火災は北方林の主要なかく乱である。森林火災後では、植生回復を通して地表面に入射するエネルギーの顕熱・潜熱輸送への分配が変化する。また、それにより大気境界層の高度や境界層内の温位・比湿が変化する。しかし過去の研究では、火災後の顕熱・潜熱輸送の分配の変化が大気境界層の変化を通して雲生成や降雨特性に与える影響は調査されていない。降雨は火災後の植生回復に影響するため、その相互作用を理解することが気候変動予測において重要である。本研究では先行研究で開発された大気境界層モデルに雲生成サブモデルを加えて、アラスカの森林火災による地表面変化が対流性降雨に与える影響を明らかにする。本発表では、火災前の森林を対象としたモデルの対流性降雨の再現性の検討について報告する。

2. 方法

研究対象エリアはアラスカ北方林である。大気境界層モデルにクロトウヒ成熟林と火災後の回復途中のシラカバ林において測定された顕熱・潜熱輸送データを入力し、地表面変化が対流性降雨に及ぼす影響を明らかにする。研究対象期間は 2010 年から 2017 年までとした。

使用した大気境界層モデルは境界層を単層として表現しており、地表面からの顕熱・潜熱輸送を基に境界層の成長および境界層内の温位・比湿を再現する。このモデルに地表付近の気象条件から持ち上げ凝結高度を推定するサブモデルを加えた。対流性降雨の発生は大気境界層高度が持ち上げ凝結高度を超えるときとした。

モデルは地表面からの顕熱・潜熱輸送により駆動されるため、両サイトでの測定値をインプットとした。また、研究サイト付近の空港では、午前 2 時と午後 2 時にラジオゾンデ観測により上空の温位と比湿のプロファイルが観測されており、それをモデルの初期条件および検証にそれぞれ使用した。

3. 結果と考察

森林火災前後での熱輸送の変化を調べるために、両サイトの月平均の顕熱・潜熱フラックスを正味放射で正規化して年変動を比較した。若齢林であるシラカバ林サイトの方が、顕熱フラックスが小さく、潜熱フラックスが大きいという傾向がみられた。この森林火災前後の違いが境界層高度や温位・比湿の変化を通して雲生成や降雨特性に影響すると考えられる。

対流性降雨の判定において、大気境界層高度の推定精度が重要となる。先行研究によると、モデルによる大気境界層高度の推定精度は、境界層の温位や比湿の推定精度と比較して低かった。しかし、ラジオゾンデの温位プロファイルから視覚的に高度を検出してモデル推定値と比較した結果、モデルによる推定は妥当であることが示された。

クロトウヒ林サイトにおいて事例研究を行った結果、モデルによる降雨判定時直後に降雨が観測されており、対流性降雨が発生したと考えられる。対流性降雨に限定して、モデルを評価したところ、降雨タイミングが再現できている例もあるが、一部の降雨はモデルで推定される時刻よりも数時間後で観測された。またモデルによる境界層高度が持ち上げ凝結高度を越さない場合も降雨が観測されたケースもあった。これらについては今後検討する必要がある。

諏訪湖からの蒸発量の気候変化に対する応答

○山田基・岩田拓記（信州大学）

1. はじめに

湖からの蒸発は湖内環境や周辺大気環境に影響を及ぼす重要な要因である。時間から日単位の短い時間スケールでは、風速や湖面と大気間の水蒸気圧差が湖からの蒸発を制御する要因として知られている。また、湖からの月蒸発量を放射エネルギーを用いて推定するモデルも提案されている。しかし、より長期的なスケールでの制御機構の理解は進んでいない。本研究では諏訪湖で測定された6年間のデータを用いて、年蒸発量の変動特性を明らかにし、気候変動に対して蒸発がどのように応答するのかを明らかにすることを目的とする。

2. 方法

観測サイトは長野県に位置する諏訪湖である。諏訪湖は面積 13.3 km^2 、平均水深約 4 m の浅い湖である。蒸発量を渦相関法で測定し、同時に気温、風速、放射などの気象の測定をした。解析期間は2015年4月から2020年12月である。風向の制限やフラックス評価に不適切な気象条件などにより生じた蒸発量の欠測はバルク法を用いて補間した。気温、水蒸気圧、風速は近くの諏訪特別気象観測所のデータから観測値を推定する線形回帰式を用いて補間し、放射は日照率及び太陽高度から推定する方法で補間した。

蒸発量を推定する Priestley-Taylor (PT) モデルを用いて、蒸発量の季節変化・経年変化を再現できるかを調査し、またその際に必要な定数 α をデータから決定した。

以下では蒸発量をエネルギー単位に変換した潜熱フラックスを用いて説明する。

3. 結果と考察

フラックス測定精度を評価するために、湖面熱収支を調べた。顕熱・潜熱フラックスの和と正味放射量と貯熱の差の比で定義される熱収支比は、冬に1以上となり、夏に0.8程度となる季節変化を示した。夏の熱収支比は本研究で測定されたフラックスの精度が他の観測サイトと同等であることを示唆している。熱収支比の季節変動は地下水流入による影響かもしれない。

研究期間内において気温や水蒸気圧の年平均値は上昇傾向、風速や下向き短波放射は低下傾向であった。特に、冬の気温の変動はエルニーニョや北極振動などの大きなスケールの大気現象と関係していると考えられる。

潜熱フラックスは夏に大きく冬に小さいという季節変化を示し、通常、7月か8月に月平均潜熱フラックスのピークが観測された。潜熱フラックスの年平均値の変動は主に夏の間の違いで説明された。また、潜熱フラックスの年平均値は下向き短波放射、風速、飽差と正の相関を示した。風速は2019年と2020年の夏に小さく、同時に潜熱フラックスも低下していた。これが風速と潜熱フラックスの年平均値の関係に大きく影響していた。また、下向き短波放射との相関から潜熱フラックスの年平均値は晴天日が多い年に大きくなることを示唆している。

PT モデルは月平均潜熱フラックスの変動を高い精度で推定できたが、 α は 0.59 となった。年平均潜熱フラックスの変動は PT モデルでは正確に表せなかった。また、 α は 0.83 となった。湖で $\alpha < 1$ になる例はこれまでに報告されておらず、諏訪湖へのこのモデルの適用に問題がある可能性があり、原因を明らかにする必要がある。

高山と高原農牧地の風向激変突風と低温乾燥の推測

ー 2017年9月20～21日の中央アルプスの将基頭山・木曾駒ヶ岳ー

° 真木 太一（九州大学名誉教授・日本学術会議連携会員・北海道大学農学研究院研究員）

1. はじめに

2017年9月20日に将基頭山、21日に木曾駒ヶ岳に登山した（真木、2019）。20日の千畳敷カールから宝剣岳の尾根筋乗越浄土ー西駒山荘は強風と降雨の悪天、20日夜間は長周期の風向激変による突風が吹き低温化した。21日は晴天で氷が張り霜柱が立ち、低温の強風が吹いた。降雨・強風の悪天日と低温・乾燥・強風の晴天日に、山の地形・標高と関連づけて長野県を中心とする高山(3000m)と高地農牧業・高原野菜地(1500m)の気温、風速等の気象を推定した。

2. 方法

高山・山地の地形と気象の関係を解析するために、地形図と天気図を参考にアメダス・高層気象（輪島・潮岬）データから高山と高地農牧業や高原野菜地域の地上気象を推定した。

3. 結果と考察

傾度（相関）法による20、21日の3000m高の最低・最高気温は-1.0、-1.9℃、5.1、8.5℃であり、1500m高では8.3、6.0℃、17.3、19.1℃であった。3000、1500mの最大風速・最大瞬間風速を3方法（傾度・霧乗・高層法）とそれらの3平均を算定した結果を示した。

最大・瞬間風速： 1000m以上傾度法 霧乗 0.7乗法 高層気象法(9・21時平均) 3平均
9月20日最大風速：3000, 1500m: 20.3, 8.0m/s 14.1, 8.7m/s 18.7, 14.1m/s 17.7, 10.3m/s
20日最大瞬間風速：3000m, 1500m: 31.2, 15.0m/s 25.7, 15.8m/s 28.1, 21.2m/s 28.3, 17.3m/s
9月21日最大風速：3000m, 1500m: 7.5, 4.5m/s 7.5, 4.6m/s 7.3, 3.5m/s 7.4, 4.2m/s
21日最大瞬間風速：3000m, 1500m: 11.5, 8.4m/s 14.3, 8.8m/s 11.0, 5.2m/s 12.3, 7.5m/s
3000、1500mの日最小湿度は20日：33.4、42.1%、21日：18.1、31.3%。3000、1500mの日降水量は20日：10.1mm、1500m：4.3mm、21日8.0mm、3.9mmである。

高層気象法では9月20日9時気温：3000m：3.1℃、1500m：14.1℃。21時気温：3000m：1.4℃、1500m：8.4℃。9月20日9時湿度：3000m：63.0%、1500m：59.2%。21時湿度：3000m：46.1%、1500m：90.2%。9月20日9時風向・風速：3000m：西南西17.3m/s、1500m：西南西13.6m/s。21時風向・風速：3000m：西20.2m/s、1500m：西14.7m/s。

9月21日9時気温：3000m：3.2℃、1500m：9.9℃。21時気温：3000m：6.5℃、1500m：12.0℃。9月21日9時湿度：3000m：29.9%、1500m：67.7%。21時湿度：3000m：8.1%、1500m：42.3%。9月21日9時風向・風速：3000m：北西13.0m/s、1500m：西北西6.2m/s。21時風向・風速：3000m：西1.6m/s、1500m：南西0.7m/s。

4. まとめ

9月20日の木曾駒ヶ岳・将基頭山は暴風雨で霧・雨(10mm)の強風・低温、21日早朝は強風・低温・乾燥。20日の3000m高の風向は西南西、最大風速17.7m/s、最大瞬間風速28.3m/sの長周期の突風が吹き、1500mでは10.3、17.3m/sであった。21日早朝の最低気温-1.9℃の低温、相対湿度18.1%で乾燥していた。登山中の体感風速は-6℃であった。高山(3000m)と高地農牧業・高原野菜地(1500m)の各種の気象を推定することができた。

引用文献：真木太一、2019：『75歳・心臓身障者の日本百名山・百高山単独行』、海風社、大阪、pp.165.