

日本農業気象学会関東甲信越支部 2023 年度例会

講演要旨集

2023 年 12 月 8 日

新潟大学 五十嵐キャンパス

水分変動増大が土壤微生物に及ぼす影響：国内 6 ヶ所 10 土壤による検証
○鈴木 優里（新潟大）、永野 博彦（新潟大）、平舘 俊太郎（九州大）、安藤 麻里子（原子力機構）、阿部有希子（原子力機構）、中山理智（原子力機構）、小嵐 淳（原子力機構）

1. はじめに

近年観測されている降雨の頻度減少および強度増大は、土壤水分の変動増大を引き起こし、微生物の土壤有機物分解由来の二酸化炭素（CO₂）放出を増大させる。土壤微生物はこのような CO₂ 動態に対し重要な役割を担っているが、水分変動が増大した環境下での土壤微生物群集の変動については不明な点が多い。このことは、気候変動下における温室効果ガス動態の変化予測に対しても、重大な不確実性をもたらしている可能性がある。そこで本研究では、特に乾湿サイクルによる土壤微生物の変動を調査する。

2. 方法

乾湿サイクル条件区（D-W 区）と水分変動のない対照区の 2 条件を設定した 84 日間の培養実験を、国内の森林及び草地で採取した 10 土壤を用いて実施した。培養期間中、CO₂ 放出速度を定期的に測定し、培養終了時の土壤について微生物バイオマスを測定した。また、定量 PCR により真菌および細菌の DNA 量を測定した。さらに、土壤団粒は微生物の住処でもあることから、培養終了後の土壤について走査電子顕微鏡（SEM）を用いた団粒観察を実施した。

3. 結果と考察

培養終了時の D-W 区の微生物バイオマスは、すべての土壤において対照区に対し 26~68% であり、有意に小さかった ($p < 0.05$)。D-W 区の真菌の平均 DNA 量も対照区に対し $69 \pm 44\%$ と有意に小さく ($p < 0.05$)、D-W 区の細菌の平均 DNA 量は対照区に対し $65 \pm 59\%$ と D-W 区で小さくなる傾向がみられた ($p = 0.07$)。DNA 量の真菌/細菌比は D-W 区と対照区で有意な差はなかった ($p = 0.18$)。また、培養期間全体における D-W 区の平均 CO₂ 放出速度は対照区の 1.6~3.7 倍と、すべての土壤で大きく増大しており、乾湿サイクルにより死滅し破壊された微生物細胞中の炭素が生き残った微生物に利用され、CO₂ として放出された可能性がある。SEM 観察により D-W 区と対照区で団粒表面の構造に明確な違いは見られなかったものの、特に火山灰土壤の対照区では、鉱物-有機物複合体様の大きな物体が多く観察された。

4. まとめ

本研究により、乾湿サイクルが微生物バイオマスの減少を引き起こすことが示唆された。こうした土壤微生物の変動は、水分変動が増大した環境下における CO₂ 放出増大現象のメカニズムとも関連している可能性がある。

Utilization of Unmanned Aerial Vehicles for Atmospheric CO₂ Measurement: A Case Study from Niigata University Muramatsu Field Station

○Zakharevich Iaroslav (Graduate School of Science and Technology, Niigata University), Hirohiko Nagano, Boris Boiarskii and Hideo Hasegawa (Institute of Science and Technology, Niigata University)

1. はじめに:

This study introduces a novel system utilizing Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), particularly quadcopters, for measuring atmospheric CO₂ levels. Emphasizing the need for innovative approaches in environmental monitoring, we highlight UAVs' role in redefining traditional measurement techniques, offering high-resolution data, flexibility, cost-effectiveness, and safety.

2. 方法:

Our methodology involved using a Matrice-100 drone equipped with CO₂ and methane sensors, a sample collection pump, and a GPS module. Initial stages included laboratory equipment testing, followed by calibration and test flights near a JMA-operated Observation Station equipped with LI-COR LI-7000. The main experiment, conducted at Niigata University's Muramatsu Field Station, spanned from June to November 2022.

3. 結果と考察:

We observed notable seasonal variations in CO₂ concentrations, with peak levels in May reaching 417.7 ppm and a significant drop to 412.5 ppm in August. The fluctuation in CO₂ levels was closely aligned with the intensity of vegetation, particularly in soybean fields, as revealed through Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) mapping. This correlation provides valuable insights into the interaction between plant life cycles and atmospheric CO₂. Additionally, an intriguing pattern of increased CO₂ concentrations with altitude was recorded, underscoring the system's capability to capture intricate vertical profiles of CO₂ and its interaction with environmental variables.

4. まとめ:

The deployment of our UAV-based CO₂ measurement system marks a significant advancement in environmental monitoring. It offers detailed insights into CO₂ fluctuations and their interplay with vegetation dynamics, reinforcing the importance of UAV technology in contemporary ecological research. This innovative approach not only enhances our understanding of atmospheric CO₂ dynamics but also showcases the potential of UAVs in revolutionizing environmental monitoring and analysis. The findings from this study pave the way for more sophisticated environmental assessments and contribute to the broader discourse on climate change and sustainability.

散乱光がハイマツ生態系の二酸化炭素（CO₂）吸収に及ぼす影響

○西 一輝・岩田 拓記（信州大学）

1. はじめに

散乱光は林内深くまで透過するため総一次生産の光飽和が起こりにくく、二酸化炭素（CO₂）吸収効率を向上させる．この散乱光が CO₂ 吸収に及ぼす影響は様々な生態系において研究されてきた．さらに、エアロゾルや雲粒などの散乱を引き起こす要因によって CO₂ 吸収効率が異なることが明らかにされた．特に高山帯は雲が発生しやすく、散乱光の影響を考慮することが CO₂ 交換量の定量化において重要であると考えられる．本研究では空の状態ごとに、散乱光がハイマツ生態系の CO₂ 吸収に及ぼす影響を解明することを目的としている．

2. 方法

研究対象地域は、長野県の木曽山脈の将棋ノ頭付近の北斜面であり、ハイマツが主に分布している．ハイマツは樹高約 0.35m であり、葉面積指数は約 4.5 であった．CO₂ 交換量、放射、気温、相対湿度などの気象観測を行った．日射量は散乱成分と直達成分に分けて観測した．データ解析期間は 2022 年、2023 年の夏季である．

雲量などの空の状態を決定するためにタイムラプスカメラで 5 分ごとに空を撮影した．雲量は、山下・吉村（2008）の方法に従って、天空画像の RGB 値から特徴量を算出し、その特徴量から画像の雲領域と青空領域を判定して算出した．

3. 結果と考察

日射の散乱割合は大気路程が長くなる日の出と日の入りの時に極大となった．午前から午後になるにつれて雲量が増加することで散乱割合は増加していた．また水蒸気密度も午前から午後にかけて増加していた．日中の谷風によって水蒸気が伊那盆地底から輸送されることで雲が発生していたと推測される．

総一次生産は日射量の増加とともに増加していた．飽差が低く気孔閉鎖が起こっていないときに注目すると、日射量が同程度の時、散乱割合が大きいほど総一次生産は増加していた．また、雲粒による散乱光の方がエアロゾルによる散乱光よりも CO₂ 吸収効率が高くなった．先行研究で示されているように、雲粒による散乱光の方が光合成に利用される波長のエネルギーを多く含むためであると考えられる．

平均すると、散乱割合が中程度の時に総一次生産は大きくなっていた．空に部分的な雲または薄い雲が存在している時に、散乱割合は中程度になり、散乱光と直達光のどちらもが多いためであると考えられる．特に空を薄い雲が覆っている時に、総一次生産は最大となった．一方、散乱割合が低い晴天時に総一次生産は最も小さくなっていた、これは散乱割合が低い時に CO₂ 吸収効率が低いことに加えて、飽差が高いことによる気孔閉鎖が起こっているためである．

4. まとめ

高山帯において、散乱割合の増加による CO₂ 吸収効率の向上は重要な要因であることが示された．また、散乱光のスペクトル分布および飽差の影響も考慮すると、日射量が低い時にも総一次生産は高く保たれていた．

浅い富栄養湖からのメタン放出の経年変動の制御要因

○山田基, 岩田拓記, 宮原裕一, 朴虎東, 澤野耕平 (信州大学), 平田竜一, 高橋善幸 (国立環境研究所), 伊藤雅之 (京都大学)

1. はじめに

湖は温室効果ガスであるメタン (CH_4) の主要な放出源のひとつであり, 湖からの CH_4 放出の変動とその制御要因の解明が求められている. 湖からの CH_4 放出は, 温暖化によって増加することが予測されており, 富栄養化や水生植物の大量繁茂も放出を促進することが指摘されている. しかし, 湖からの CH_4 放出を複数年にわたって観測した例は数少なく, CH_4 放出の経年変動が実際に何に影響を受けているのかは明らかとされていない. そこで, 本研究では 7 年間の渦相関観測データを用いて, 富栄養状態である諏訪湖からの CH_4 放出の経年変動の制御要因を解明することを目的とした.

2. 方法

研究対象地域の諏訪湖は, 長野県中部に位置する浅い富栄養湖である. 湖では夏に植物プランクトンのブルームが発生し, 岸付近には浮葉植物であるヒシや沈水植物であるクロモが繁茂する. 湖南東の栈橋で渦相関法を用いて CH_4 フラックスを観測した. 同時に気象, 湖内環境の観測も行った. 観測期間は約 7 年間である. 衛星画像から算出したフットプリント内の NDVI と, 長野県水産試験場諏訪支場によって調査された諏訪湖全域の水生植物繁茂面積データも利用した. CH_4 フラックスは, 先行研究で提案された手法を用いて, 30 分ごとに拡散およびバブルフラックスに分離した. 分離したフラックスに対して, ランダムフォレスト回帰を用いて補間を行い, 月平均値および年積算値を算出した.

3. 結果と考察

温度が高く, 水生植物が繁茂する夏季に CH_4 フラックスは大きくなっていった. この季節変動において, 偏相関解析により温度の影響を除外した場合でも, CH_4 フラックスにはフットプリント内 NDVI や CO_2 フラックスとの相関が見られた. また, 主成分解析から CH_4 フラックスの季節変化は主に温度やフットプリント内 NDVI によって説明され, 微生物活性や光合成産物の堆積物への供給の重要性が示唆された.

夏季のフラックス (6~9 月の平均)

は 2022 年に $0.29 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ と最も大きく, 2016 年に $0.19 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ と最も小さかった. 夏季のフラックスは湖全域における夏季のヒシ繁茂面積および, フットプリント内 NDVI と正の相関があった (図 1). 水生植物の繁茂は落ち葉や根からの有機炭素の供給を通して, CH_4 生成および放出を増加させることが示唆された. 水生植物の繁茂量が, 湖からの CH_4 の季節変動や経年変動を説明する上で重要であると考えられる.

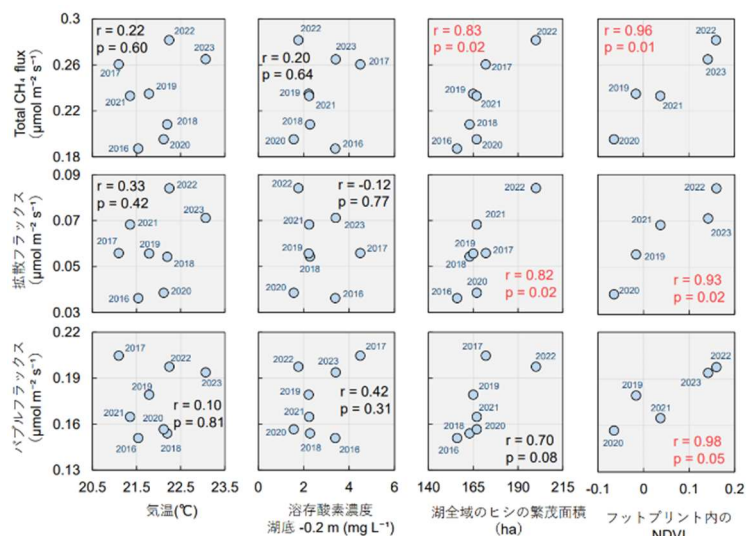


図 1. 各年の夏季の CH_4 フラックスと気温, 湖環境の関係

諏訪湖沿岸帯と大気間の二酸化炭素交換における水生植物の役割

○奥西亮介（信州大学），岩田拓記（信州大学），山田基（信州大学）

1. はじめに

湖と大気間の二酸化炭素（CO₂）交換は，水生植物などの光合成や呼吸および湖底堆積物中の有機物分解の結果として起こる．先行研究が対象としている中高緯度帯の湖のほとんどは大気への CO₂ 放出源として機能しているが，水生植物が繁茂する夏季に CO₂ 吸収を示す湖もある．しかし，これまでの研究は沖帯や水生植物が繁茂していない湖を対象としているものが多く，水生植物が繁茂する沿岸帯を対象にした研究例は少ない．

本研究の目的は，諏訪湖沿岸帯において，渦相関法を用いて CO₂ 交換を測定し，諏訪湖沿岸帯と大気間の CO₂ 交換における水生植物の役割を理解することである．

2. 方法

観測サイトは長野県に位置する諏訪湖である．諏訪湖は平均水深 4.3 m の浅い富栄養湖であり，夏季には沿岸帯にヒシやクロモなどの水生植物が繁茂する．南東部の湖岸の栈橋に観測マストを設置し，渦相関法による湖と大気間の CO₂ 交換や，気温や日射，風向風速などの気象を 30 分平均で観測した．水生植物の役割を理解するために，夏季に水生植物があまり繁茂しなかった 2020 年と，多く繁茂していた 2022 年を取り上げて，CO₂ 交換の季節変化および日変化の違いを調査した．

3. 結果と考察

水生植物が多く繁茂していた 2022 年の夏は日中に明らかな CO₂ 吸収（約 $-13 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ），夜間に CO₂ 放出（ $0.8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）がみられた．それに対して，水生植物があまり繁茂していない 2020 年の夏は，日中は 2022 年ほど明らかな CO₂ 吸収がみられず（約 $-3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ），夜間に CO₂ 吸収がみられるケースもあった．両年の夏季において，CO₂ 交換と日射との関係を見てみると，2022 年は日射が増加すると，CO₂ 吸収が大きくなった．また，同時期において，CO₂ 交換と日射，風速の平均日変化を比較すると，2020 年は CO₂ 交換と午後に最大となる風速の位相が一致し，2022 年は CO₂ 交換と正午に最大となる日射の位相が一致した．水面と大気間の CO₂ 交換は，水生植物などの光合成・呼吸による表層溶存濃度の変化と，風速依存の大気-水面のガス交換効率によって決定される．したがって 2020 年は，表層の溶存 CO₂ 濃度が低下した後に風速が大きくなることで午後に水面での CO₂ 吸収が促進されたと考えられる．2022 年はヒシが密集して生育しており，ヒシの葉が空気中に出ていた．その光合成が日射量の大きい時に促進されたと考えられる．CO₂ 交換の年積算値は，2020 年は -167 gC m^{-2} ，2022 年は -365 gC m^{-2} となり，渦相関データによると諏訪湖は両年とも年間 CO₂ 吸収源として機能した．しかし，冬のチャンバー観測の結果を考慮すると，CO₂ 交換の年積算値は，2020 年は 59 gC m^{-2} で年間 CO₂ 放出，2022 年は -170 gC m^{-2} となった．

4. まとめ

水生植物の繁茂状況によって，湖と大気間の CO₂ 交換量の大きさと，CO₂ 交換の日内変動の支配的な制御要因が異なることが分かった．

異なる自生性有機物の添加に対する富栄養湖堆積物中のメタン生成応答の違い

○Yang Chun Jet (信州大学)、岩田拓記 (信州大学)、朴虎東 (信州大学)、
宮原裕一 (信州大学)、浦井暖史 (信州大学)、伊藤雅之 (京都大学)、高野淑
識 (JAMSTEC)

1. はじめに

湖は強力な温室効果ガスであるメタン(CH_4)の主要な自然発生源である。近年、富栄養化による植物プランクトンや水生植物の死骸の堆積物への供給増加が湖底堆積物中の CH_4 生成を促進することが提案されている (Schulz and Conrad, 1995)。先行研究では、栄養状態の異なる湖堆積物への藻類の添加によって CH_4 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 (Schwarz et al. 2008, West et al. 2012)。しかし、有機物添加種類 (藍藻、珪藻、ヒシ、クロモ) と温度が CH_4 生成に対する影響を同時に観察している研究は皆無である。本研究では、富栄養湖である諏訪湖の湖底堆積物を対象に培養実験を行うことで、異なる自生性有機物の添加と温度に対する CH_4 生成の応答を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

長野県中央部に位置する富栄養湖である諏訪湖の堆積物コアを採取し、培養実験に使用した。堆積物コアの表層 4cm をよく混合して、湿重量 5g をバイアルに蒸留水 10g とともに入れ、有機物を添加した。有機物は諏訪湖で採取した生の藍藻、珪藻、浮葉植物 (ヒシ)、沈水植物 (クロモ) であり、堆積物湿重量 1g あたり乾燥重量 5mg 相当量を添加した。バイアルを窒素パージした後に 5, 15, 25 °C で約 2 ヶ月間の培養実験を実施した。すべての処理区は 5 レプリケートを用意した。定期的にヘッドスペースのガスを採取し、その CO_2 、 CH_4 濃度を温暖化ガス分析器 (Los Gatos Ultraportable Greenhouse Gas Analyzer) にて分析し、生成速度量を算出した。

3. 結果と考察

培養実験開始後、 CO_2 はすぐに生成が始め、 CH_4 は遅れて生成が開始された。 CH_4 生成の遅れは温度が低いほど長くなり、添加された異なる有機物の間では、 CH_4 濃度が上昇し始める時点にも違いが観察された (ヒシ = クロモ > 珪藻 > 藍藻)。温度の違いにより、添加物の分解速度が異なり、基質の供給速度に影響されて CH_4 生成速度の違いが出ると考えられる。珪藻は分解されにくいケイ素の殻を持っているため、基質供給が遅れて CH_4 生成がヒシやクロモ添加区と比べて遅れが出ると考えられる。培養実験の 48 日間の中の CH_4 生成量は 25°C で藍藻、珪藻、ヒシ、クロモに対して 2.19, 9.20, 13.05, 14.78 $\mu\text{mol g}^{-1}\text{dry}$ であった。珪藻添加区の CH_4 生成量が少ないのは重量あたりの有機物量が低いからと考えられる。一方、藍藻添加区では、藍藻が増殖に不適な環境にいるため分解されにくい休眠状態になり、 CH_4 生成量が少なかった可能性がある。

本培養実験で珪藻を除く有機物添加と温度上昇との相乗効果が観察された。例えば、10°C の温度上昇、藍藻添加に対して、 CH_4 生成量はそれぞれ 2.17 倍、16.82 倍に増加したが、両方の影響下では CH_4 生成は 95.74 倍増加した。温度の上昇は CH_4 生成菌自体の活性化と CH_4 生成経路上流の有機物分解発酵の促進より相乗効果が出ると考えられる。そのため、温暖化の進行と自生性有機物供給の増加が同時に起こった場合、 CH_4 生成はより促進されると考えられる。

葉面 PPFD 変化がキュウリ葉の純光合成速度および

気孔コンダクタンスの応答遅れに及ぼす影響

○久保俊介・富士原和宏・松田怜（東京大学大学院農学生命科学研究科）

1. はじめに 太陽光下では、植物葉面における光合成有効光量子束密度（以後、PPFD）が秒スケールで複雑かつ連続的に変化する。PPFD が急速に上昇したとき、個葉の純光合成速度（以後、 P_n ）は数分から数十分の時間遅れをともなって上昇することが知られている。この現象を光合成誘導とよぶ。PPFD が変動する太陽光下における P_n をシミュレートした研究 (Taylor and Long, 2017; Tanaka et al., 2021) では、光合成誘導を考慮した場合の明期積算 P_n は、考慮しない場合のそれを 21 % 下回った。しかし、これらの研究は、どのようなパターンの PPFD 変化イベントであっても、単一の PPFD 変化パターン下で観察された P_n の応答遅れのみにもとづいて、 P_n をシミュレートしている。PPFD が複雑かつ連続的に変化する太陽光下におけるそれぞれの PPFD 変化イベントについて、変化前後の PPFD や、前歴の環境条件などによって、 P_n や気孔コンダクタンス（以後、 g_s ）の応答に要する時間は異なると推察される。しかし、既往の研究において、異なる PPFD 変化パターンの照射光下における P_n や g_s の応答遅れを比較したものは見あたらない。本研究では、PPFD が複雑かつ連続的に変化する太陽光下における P_n の応答を明らかにするため、さまざまな葉面 PPFD 変化パターンの下でのキュウリ葉の P_n および g_s の応答遅れを明らかにすることを目的とした。本発表では、変化前後それぞれの PPFD が P_n および g_s の応答遅れに及ぼす影響について調べた進捗を報告する。

2. 方法 供試植物にはキュウリ‘北進’を用いた。白色 LED 光源を設置したインキュベータ内で、明期を 16 h d⁻¹、明期の葉面 PPFD を 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、気温を 25 °C/20 °C (明期/暗期) として育苗した。播種後 20 日目の株の第一本葉を P_n および g_s の測定に供した。測定用光源には LED 人工太陽光光源システム (Fujiwara et al., 2022) を用い、基準太陽光 (IEC 60904-3) の相対分光分布を 380–800 nm の範囲で再現した。葉面 PPFD 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の光を 1.5 h 照射したのち、500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ に上昇させ、さらに 1.5 h 照射した。この間の P_n および g_s を植物光合成総合解析システム (LI-6800FP, LI-COR 社) を用いて 5 s ごとに測定した。測定部から流出する空気中の CO₂ 濃度を 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ とした。

3. 結果と考察 PPFD 上昇時に、 P_n は時間遅れをもって上昇した (図 1A)。 P_n の応答を一次遅れ系の応答とみなしたとき、時定数は 85 s であった。 g_s は P_n より緩やかに上昇した後、40 min 以降は逆に減少に転じた (図 1B)。 P_n の経時変化は g_s の経時変化を反映しておらず、 g_s が P_n に及ぼす影響はほとんど見られなかった。変化後 PPFD がさらに高く、 g_s 上昇による CO₂ 供給の増大が P_n の増大に寄与すると推察される条件下では、 g_s の応答を反映し、 P_n の応答がより遅れる可能性がある。

PPFD 上昇時の変化後 PPFD が P_n の応答時間に及ぼす影響の検討を含めて、変化前後の PPFD 水準や PPFD 変化イベントの回数を変更して、さらなる実験を進める予定である。

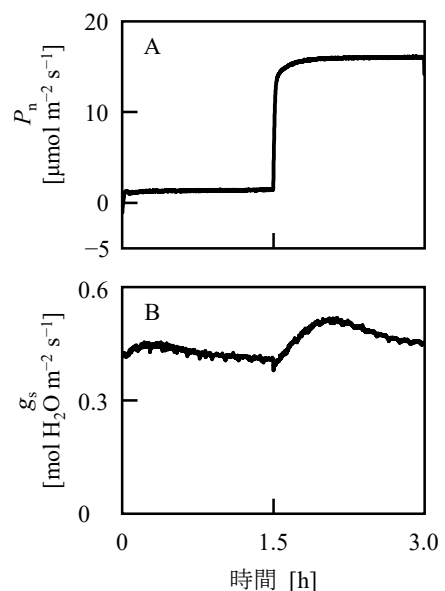


図1 葉面PPFDを50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ から500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ に上昇させたときの P_n (A)および g_s (B)

北陸地方の新潟・富山県内に吹く 10 局地風の気象特性

○真木 太一（九州大学名誉教授）

1. はじめに

局地風の特性は吉野（1987）、真木（2000）、真木ら（2011）などで報告されている。2022 年 6 月に『図説 日本の風 人々の暮らしに関わる 50 の風』（真木、2022）を朝倉書店から編者として出版した。ここでは、50 の局地風の内、北陸地方の新潟・富山県内の 10 の局地風を紹介するが、石川・福井県内には顕著な局地風はない。主要な解析期間は 2000 年以降とした。

新潟県の局地風は全国的に比較して非常に多く、三面だし、荒川だし、胎内だし、安田だし、関川だし、姫川だしがある。全てだし風で、内陸から海側に吹き出す風であり、川の名称と関連し、河川を吹き降り、海に吹き出す風である。富山県の局地風は神通川おろし、庄川あらし、井波だし、砺波だしで、基本的にはだし風である（真木、2022、田上・山川、2022）。

2. 方法

2000 年以降のアメダスデータを主として解析した。日最大平均風速・瞬間風速をアメダスデータから抽出し、局地風の特性を風向と照合し、だし風の特性を評価・解明した。三面・荒川・胎内・安田・関川・姫川だしにはアメダス村上・下関・中条・新津・高田・関山・糸魚川を、神通おろし・庄川・井波・砺波だしにはアメダス富山・伏木・砺波・砺波高宮を利用した。

3. 結果と考察

(1) 新潟県の局地風

三面・荒川・胎内だしの風向は E～ESE で、日最大風速は 15～20m/s、日最大瞬間風速は 30m/s であり、暖候期に吹き、オホーツク海・三陸沖高気圧と日本海低気圧の東高西低の気圧配置、特に日本海低気圧の場合に多く吹く。

安田だしの風向は E～ESE で上記だし風と同じ風向であり、風速はそれぞれ最大風速 20m/s、最大瞬間風速 30m/s で、全年にわたって、上記と同様な気圧配置の時に多く吹く。

関川・姫川だしの風向は S～SSE で最大風速は 20m/s であり、最大瞬間風速は関川だしで 35m/s、姫川だしで 30m/s 前後であり、全年にわたって上記と同様な気圧配置の時に多く吹く。

(2) 富山県の局地風

神通（川）おろしおよび庄川・井波・砺波だしの風向は全て S 寄りであり、最大風速・瞬間風速は神通おろし 25m/s と 40m/s、庄川だし 25～30m/s と 35m/s 前後、井波だし 20～25m/s と 35～40m/s、砺波だし 20m/s 前後と 35m/s 前後であり、神通おろし・庄川だしは全年、井波だし・砺波だしは暖候期に日本海低気圧、東高西低の気圧配置の時に多く吹く。

4. まとめ

北陸地方の新潟県・富山県内の局地風特性は、基本的には内陸から吹き出す風、だし風である。これらの局地風は暖候期・梅雨期を中心に、年間を通して時々吹く。台風を含む日本海低気圧、東高西低の気圧配置で吹く強風が多い。夏季・秋季には台風と関連して、強度を増すことが多い。また、台風と関連してフェーン風・高温を伴うことがある。

引用文献 1) 真木太一、2000：『大気環境学』、朝倉書店、pp. 140. 2) 真木太一ら、2011：『風の事典』、丸善出版、pp. 267. 3) 真木太一（編）、2022：『図説 日本の風 人々の暮らしに関わる 50 の風』、朝倉書店、pp. 175. 4) 田上善夫・山川修治、2022：三面だし～井波風・砺波だし、『図説 日本の風』（真木太一編）、82～97. 5) 吉野正敏、1987：『新版小気候』、地人書館、pp. 308.

インバース法を用いた、水田から放出される形態別メタンフラックスに関する研究

○小早川竜也（東京大学大学院農学生命科学研究科）、小野圭介（農研機構農業環境研究部門）、常田岳志（農研機構農業環境研究部門）、濱本昌一郎（北海道大学大学院農学研究院）、山崎琢平（東京大学大学院農学生命科学研究科）、西村拓（東京大学大学院農学生命科学研究科）

1. はじめに

水田圃場からのメタンの放出量を正確に推定するためには、3つのプロセス（田面水中の拡散メタン、水稻体経由メタン、土壌から直接放出されるバブル態メタン）毎に放出量を得て、気象条件・土壌環境との関係を理解する必要がある。これまでチャンバー法や渦相関法で取得したメタンフラックスに対して経路分離が試みられてきた。しかし、渦相関法による経路分離は発展途上であり、チャンバー法では空間的・時間的にばらつきが大きいバブル態メタンに対して測定回数・場所を多くする必要がある。群落内濃度分布からフラックスを推定するインバース法はチャンバー法より大きいスケールで連続的に適用できるメリットがあるが、経路分離に用いられた事例はない。本発表では、インバース法による経路分離の可能性を明らかにすることを目的に、水稻群落内の詳細なメタン濃度分布を測定した結果について報告する。

2. 方法

本実験は、2023年5～9月に茨城県つくば市の農研機構内の水田（36° 01' 27" N, 140° 06' 30" E）で行った。圃場は1筆が10 m×50 mであり、9 m四方の処理区2つに対して測定を行った。水稻は5/27に育苗トレイに播種し、6/15に0.15 m×0.3 m間隔で移植した。

大気メタン濃度は各測定高度に設置したチューブを通じて空気を吸引し、メタン分析計（LI-7810, LI-COR）に通して測定した。測定高度は水面を基準に0.02～1.5 mの範囲で16高度とした。空気の吸引は毎分0.5 Lとし、経路中に2 Lのバッファを設置した。各高度からの吸引は15秒間隔で行い、10サイクル（40分）を1セットとした。解析には各高度15秒測定の最後の5秒間を用い、平均して濃度鉛直分布を得た。

異なる濃度分布を得るための比較実験は2種類行った。1つ目はバブル態メタンの放出強度を変化させるために処理区2を落水させる実験、2つ目は水稻体経由メタンの放出高度を変化させるために片方の処理区1の水稻茎部にラップを巻く実験である。メタン放出量の測定期間は8/24～9/1（登熟期）とした。

3. 結果と考察

実験1において、低高度のメタン濃度に僅かな差異が見られ、一時的な落水によりバブル態メタンの減少を示唆していると考えられた。実験2において、対照区では高度が上がるとともに滑らかに濃度が低下する分布が得られたが、ラップ区では0～4 cmまでは滑らかに低下したものの4～20 cmでは濃度が一定に近い状態となった。これはラップ区では、ラップを巻いた影響により、対照区よりも両経路のメタンの放出高度に差が生じたため考えられた。

4. まとめ

本発表では、両経路のメタン放出高度の差を大きくしたことにより群落内のメタン濃度分布が影響を受けることがわかった。インバース法を用いた水田から放出されるメタンの、形態別分離を行うことのできる可能性が示唆された。

高温条件下における遮光がオオミズゴケの成長に及ぼす影響

-日射利用効率、色素、光合成機能による評価-

○森玲雄（明治大学大学院）、矢崎友嗣（明治大学農学部）

1. はじめに

中高緯度の湿原に広く分布するミズゴケ属植物(*Sphagnum* spp., 以下、ミズゴケ類と呼ぶ)は主にランの用土やピートモスの材料などの園芸資材として用いられる。またヒートアイランド緩和効果をもつ屋上緑化植物としても注目される。このようにミズゴケ類は多機能であり商業的価値が高いため、世界的な需要は増加している。しかし収奪的な採取により原生地が縮小し、自然の湿原からの収穫は困難であるため、欧米では栽培増殖の研究が行われている。日本の気候は温暖湿潤であり、ミズゴケ類の成長にとって有利な可能性があるが、関東地方のような夏に高温になる地域での研究例は少ない。このような環境で多くの収量を得るためには環境の変化に対する成長の応答を把握する必要がある。本研究では首都圏において異なる遮光条件で栽培したオオミズゴケ(*Sphagnum palustre* L.)の日射利用効率、色素、光合成機能を調査し、高温条件下における遮光が成長に及ぼす影響を評価した。

2. 方法

2022年5月に厚さ5、10 cm(水位-5、10cm)の断熱材に直径5cmの穴を4つあけ、乾燥ミズゴケを充填してラフトを作成した。神奈川県川崎市においてラフトにオオミズゴケ頭状体(TMC系統)を植え付け、7月から遮光率50%、65%、82%の遮光条件で生育させた。また2023年4月にオオミズゴケを収穫した後、頭状体を再度植え付け、同様の遮光条件で生育させた。ミズゴケの体積は3Dスキャナー(POP 3D Scanner, Revopoint)を用いて測定した。また収穫時にバイオマスを測定し、受光量との関係から日射利用効率 RUE を算出した。2023年6~7月に頭状体を採取し、気温25℃下で正味光合成速度を計測した。さらに分光器(USB2000, OceanInsight)を用いた分光反射率から光化学系反射指数 PRI を算出し、Chl 蛍光計測器(FC1000-H, PSI)で光合成反応系の活性を表す F_v/F_m を計測した。色素は各頭状体におけるクロロフィル ab、カロテノイド、アントシアニンの抽出を実施し、含有量の測定と HPLC 分析をした。

3. 結果と考察

2023年4月における各遮光処理区のバイオマス増加量は同程度であり、遮光による影響は小さかった。オオミズゴケの乾物重増加量と積算受光量には直線的な関係があり、RUE は遮光率が弱くなるにつれて低下した。7月以降、遮光率82%ではクロロフィル含有量が最も多く、葉色は緑色であった。一方で遮光率50%、65%では葉色が緑色から赤褐色に変化した。HPLC 分析の結果、オオミズゴケにアントシアニンが多く含まれている可能性は低いため、この赤褐色化は光保護に関与するカロテノイドの比率が増加したことに起因していると考えられる。遮光率は PRI、 F_v/F_m 、最大光合成速度に大きな影響を及ぼし、遮光が弱くなるにつれて低下した。特に PRI の結果は葉色の関係性に類似しており、緑色の遮光率82%では光利用効率が高く、赤褐色の遮光率65、50%では光利用効率が低いことを示した。この結果は RUE を光合成機能の観点から説明できていると考えられる。以上のことから、オオミズゴケは色素比率や光合成機能を変化させることで、生育する光環境に順応していることが明らかとなった。

ピーマンの日焼け果発生の軽減に向けた栽培管理技術の検討

○渡部真由（明治大学）、佐竹 文（明治大学大学院）、樋口洋子（茨城農総セ鹿島特産）、小川孝之（茨城農総セ鹿島特産）、元木 悟（明治大学）

1. はじめに

ピーマンは、高温要求性が高い野菜であるが、生産現場では、日焼け果発生が問題となっている。ナスでは、灌水を行い、土壌水分張力を圃場容水量に近い状態に保つことにより、日焼け果発生が軽減したと報告されている（佐野ら、2022）。しかし、ピーマンでは、日焼け果発生の原因を調査した報告が少ない（元木ら、2007）。そこで本研究では、ポット栽培において、遮光および灌水が日焼け果発生に及ぼす影響を調査するとともに、実際栽培において、灌水量の違いが日焼け果発生に及ぼす影響を調査した。

2. 方法

試験は、明治大学生田キャンパス内の無加温ハウスで行った。供試品種は、‘みおぎ’（（公財）園芸植物育種研究所）を用いた。試験 1. 遮光および灌水が日焼け果発生に及ぼす影響 2022 年 3 月 17, 23 および 29 日に黒の 128 穴セルトレイに播種、0.5 葉期（本葉 2 葉目展開前）に直径 9 cm ポット、全体の 8 割が開花した 5 月 31 日に直径 15 cm ポットに計 2 回の鉢上げを行った。試験は、晴天が連続した 2022 年 6 月 24～26 日の 3 日間、ポット栽培で行った。遮光の試験区は、遮光継続区、遮光中断区（6 月 25 日の午前 11 時に遮光資材を開放）および無遮光区の計 3 試験区とした。遮光は、いずれも調査期間の前日から行った。灌水の試験区は、灌水区（毎日午前 9 時に株元に灌水）および無灌水区（調査期間中、無灌水）の計 2 試験区とした。調査項目は、1 果重、縦径、横径、果皮の厚さ、日焼け果発生程度、果実含水率、糖度、空洞量、果実の表面温度、温度および湿度とした。試験 2. 灌水量の違いが日焼け果発生に及ぼす影響 2023 年 3 月 20 日に播種、5 月 3 日定植の主枝 4 本仕立てとした。試験区は、標準灌水区および多灌水区（標準灌水区の 3 倍量を灌水）の計 2 試験区とした。また、日焼け果発生率と土壌水分率との関係を調査するため、各試験区に灌水停止区（8 月 4 日以降、無灌水）を設けた。調査項目は、収量、日焼け果発生率、果実の表面温度、温度、湿度、土壌水分率および pF 値とした。解体調査は、灌水停止時の 8 月 4 日および栽培終了時の 11 月 10 日の計 2 回行い、灌水停止区については、灌水停止から 1 か月後の 9 月 7 日にも行った。

3. 結果と考察

試験 1. 遮光および灌水が日焼け果発生に及ぼす影響 日焼け果発生率は、遮光継続区が 0%、遮光中断区および無遮光区が 4.3%、灌水区が 0%、無灌水区が 66.7%であった。そのため、灌水量が日焼け果発生に最も影響すると考える。日焼け果発生は、適切な灌水量で栽培したピーマンに遮光処理を併用すると、さらに軽減できる可能性がある。試験 2. 灌水量の違いが日焼け果発生に及ぼす影響 栽培期間全体における日焼け果数は、試験区間に有意差が認められなかったものの、日焼け果発生率は、多灌水区が 8.4%、標準灌水区が 9.7%であり、多灌水区が標準灌水区に比べて低い傾向であった。可販果収量、総収量および可販果数は、多灌水区が標準灌水区に比べて有意に高く、灌水量の増加により増収した。土壌水分率は、試験区間で有意差が認められたものの、土壌水分率と日焼け果発生率との間に相関が認められなかったため、本研究における灌水量の差は、日焼け果発生に影響を及ぼさなかったと考える。今後は、環境条件や土壌の種類、生育ステージなどが日焼け果発生に及ぼす影響について検討する。

アスパラガスの新栽培法「ハウス採りつきり栽培」の間作における
スイートコーンのハウス早熟栽培の可能性
○小倉優依（明治大）、鈴木海斗（明治大院）、山下紗佳（明治大院）、
元木 悟（明治大）

1. はじめに

アスパラガスの新栽培法「採りつきり栽培」は、翌春に萌芽する若茎をすべて収穫し、栽培を終了する作型である。清宮ら（2021）は、雨除けパイプハウス（以下、ハウス）に「採りつきり栽培」を導入する新たな作型（以下、「ハウス採りつきり栽培」）を提案したが、定植1年目は株養成を行うため、収益が見込めない。そこで本研究では、「ハウス採りつきり栽培」の定植1年目の収益向上を目的とし、間作作物としてスイートコーンのハウス早熟栽培を行い、生育、収量および栽培環境を調査した。

2. 方法

試験は、明治大学生田キャンパス露地圃場（以下、生田、標高 50 m）および神奈川県川崎市麻生区黒川地区の現地生産者圃場（以下、黒川、標高 108 m）のいずれも雨除けパイプハウス内で行った。供試品種は、‘ドルチェドリーム’および‘PSX2001’（いずれもパイオニアエコサイエンス（株））とした。播種は2023年1月31日、定植は2月9日、生育および収量調査は5月16日に行った。栽植様式および栽培管理は、神奈川県作物別施肥基準（神奈川県，2022）に従った。ハウス外気温、ハウス内気温およびハウス内日射量は、プロファインダーⅣ（（株）誠和。）を用いて1分ごとに計測した。

3. 結果と考察

生育は、品種間では、地上部重、草丈、稈長および分けつ数において、‘PSX2001’が‘ドルチェドリーム’に比べて有意に高く、栽培地間では、草丈および稈長において、黒川が生田に比べて有意に高かった。収量は、品種間では、‘ドルチェドリーム’が‘PSX2001’に比べて有意に高く、栽培地間では、黒川の調製重量が生田に比べて有意に高かった。ハウス外の1日当たりの平均気温は、生田が黒川に比べて約1.0℃高く、ハウス内の1日当たりの平均気温および平均日射量は、黒川が生田に比べてそれぞれ約1.2℃および10.8 W/m²高かった。調製重量について、黒川が生田に比べて高かった要因は、ハウス内気温および日射量が高かったためであると考える。今後は、スイートコーンの市場調査およびアンケート調査を行い、「ハウス採りつきり栽培」の間作におけるスイートコーンのハウス早熟栽培の経済性を評価する。

表1 スイートコーンにおける品種間および栽培地間の生育および収量の違い

栽培地	品種	生育						収量			
		地上部重 (g)	地下部重 (g)	草丈 (cm)	稈長 (cm)	分けつ数 (本)		調製重量 (g)	雌穂重 (g)	雌穂長 (cm)	雌穂径 (mm)
生田	ドルチェドリーム	1024.2	78.1	168.7	128.3	0.2		343.7	260.4	19.3	49.3
	PSX2001	1165.3	114.3	191.3	153.1	1.1	*	319.1	224.8	18.3	47.3
黒川	ドルチェドリーム	915.1	97.6	179.8	141.0	0.7		363.2	260.1	19.2	49.7
	PSX2001	1025.8	69.5	202.8	167.6	1.1	n.s.	346.3	243.1	19.1	46.4
品種 (A)		**	n.s.	**	**	**		*	**	**	*
栽培地 (B)		*	n.s.	**	**	n.s.		*	n.s.	n.s.	n.s.
A × B ^x		n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

^z t検定により、**は1％、*は5％水準で有意差あり、n.s.は有意差なしを示す (n=10)

^y 二元配置分散分析により、**は1％、*は5％水準で有意差あり、n.s.は有意差なしを示す (n=10)

^x 交互作用を示す