

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K05748

研究課題名(和文) 雪が樹木の水利利用を抑制する - 多雪地森林の蒸散光合成の統合的理解と再現 -

研究課題名(英文) Tree water use under the restriction by snow-integrated analysis and reproduction of forest gas exchange in snowy mountains

研究代表者

宮沢 良行 (Miyazawa, Yoshiyuki)

九州大学・キャンパス計画室・学術推進専門員

研究者番号：80467943

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：多雪地に生きる冷温帯林の代表的樹種のみずなラとブナの蒸散特性を水分生理特性に注目して明らかにした。積雪深度の異なる三地点、および除雪実験を実施して、開葉や蒸散の環境応答の違いを比較した結果、開葉には違いが検出されたものの、蒸散特性には明確な違いは見られなかった。蒸散を決める要素である樹液流速(蒸散で使われる水が流れる材部：辺材面積当たりの流速)は地点間で違いがなく、また大気条件への応答にも明確な違いはなかった。いずれの地点でも、冷涼でありながら初夏から秋の日中に蒸散の抑制がみられ、最適な光合成をおこなう上で葉が蒸散として必要とする水を、樹体が供給できていない実態が明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本各地の多雪地の森林では、同様の気温・降水量の無雪地とは異なる炭素吸収や水利利用が進むと考えられるが、本研究により水利利用のうち蒸散には明確な異変がないことが明らかとなった。無雪地で得られた知見をそのまま用いて多雪地の炭素吸収や水利利用を推定できることを支持はしないが、開葉後の蒸散やその大気環境への応答に積雪深度に沿った明確な傾向はないことが明らかとなった。多雪地では幹が冷却されがちになり、水輸送機能を担う道管の発達が遅れることが知られているが、その影響は微小あるいは開葉直後に限定されたせいかもしれない。またその時期は大気は冷涼湿潤であり、発達の遅れた水輸送機能が問題とならなかったのかもかもしれない。

研究成果の概要(英文)：We investigated the water use and the plant hydraulic traits of dominant tree species in cool temperate forests in Japan, in three snowy study sites of different maximum snow depths. In opposition to the hypothesis we raised at the beginning of this project, we could not detect differences in transpiration characteristics among sites. Trees of different sites did not differ in sap flux, which is a major components of transpiration and its variation among trees, and exhibited inability of increasing sap flux in response to the increasing atmospheric evaporative demand. This pattern was different from the results in other studies which demonstrated increasing transpiration rates with increasing evaporative demand, due to the increasing water demand for transpiration in order to achieve optimal photosynthesis. Results suggested that trees could not meet the transpiration demand by the leaves with the water supply capacity via vessels and the roots.

研究分野：森林科学

キーワード：蒸散 光合成 積雪 冷温帯 樹液流

## 1. 研究開始当初の背景

植物の成長は、光合成が温度や光、土壌や大気の水分的影響を敏感に受けることから、生育環境によって大きく異なる。数多くの研究により、光合成や蒸散が大気環境や土壌環境にどのように影響されるか、生物学や化学、物理学により記載されるようになってきた。こうした研究により、世界各地の様々な環境に生きる植物の光合成蒸散を推定することが可能となったが、地点ごとに大きく異なる積雪深がどのような影響を及ぼすのかについてはほとんどわかっていない。このことは、気温や降水量以外に、地点によって積雪深が大きく異なる日本列島の森林の生長や水利用を正確に理解することを大きく妨げると考えられる。

積もった雪は、土壌水分の供給や長期にわたる地上下部を冷却するなど、様々な生育環境に影響を及ぼし、土壌水分や気温の似た無積雪地とは異なる影響を樹木に及ぼすと考えられる。そのうち、既存研究によって積雪が幹の道管成長を遅らせることが知られている。道管形成が抑制されている間は、葉が最適な光合成をするのに伴う蒸散に必要な水の供給が不足しがちになる、あるいはそのために蒸散や光合成そのものが長期的に低下している可能性がある。

## 2. 研究の目的

本課題では、積雪が幹の道管成長を遅らせる影響に注目し、春先、およびその後の蒸散が積雪深によってどのように影響されるのかを調べた。具体的には、多雪地では積雪深の低い地点と比べ、植物の蒸散速度は低い、そして/または大気の乾燥に対して敏感となり、気孔を閉じ、蒸散速度の上昇を緩やかすべく抑制する、と考えた。この仮説を検証し、蒸散抑制に伴う光合成の上昇を評価することを目的とした。

## 3. 研究の方法

調査地である八甲田山山中の積雪深の異なる二調査地、および積雪の低い弘前大学キャンパス内のブナを対象に実験を行った。山中の二地点では幹周辺の除雪を行うことで、積雪による幹の冷却環境を変える処理を施した。それぞれの調査地に生育するミズナラおよびブナの材のデータを収集するとともに、樹幹に自作した樹液流センサー (Heat ratio method) を設置し、10分間隔で樹液流速とその推移を観測した。

蒸散速度は、気孔を介した葉内から葉面に接した大気への蒸発現象であることから、大気の乾燥具合(飽差)とともに増加すると考えられる。ただ葉の気孔開閉によって蒸散速度は増減し、葉が乾燥に応じて気孔を閉鎖する場合には飽差上昇に伴う蒸散速度の上昇はなくなる、あるいは増加が緩やかになることが知られている。そこで大気の蒸発要求の指標である飽差と樹液流速の指標 (Heat pulse velocity, HPV) の関係を調べた。

## 4. 研究成果

調査地間で HPV には明確な違いが見られなかった。ミズナラについては、辺材内の樹液流速のばらつきが大きく、設置地点によって数値が大きく異なることがあった。ブナではセンサーの最深部(樹皮から 3cm)でも HPV は高く維持されており、日射や飽差とともに上昇することが確認された。

いずれの樹種、および調査地や処理区においても、HPV は飽差とともに上昇するものの、ある水準(0.8kPa)程度から上昇が緩やかになる、あるいは上昇しなくなる結果が得られた。この上昇傾向が変化する分節点飽差には種や調査地、処理間で明確な違いは見られなかった。飽差が最大になるのは、調査期間となった4年間を通して常に5-6月であり、この間に気温が上昇し、相対湿度が低下したことが原因であった。そのため融雪から間もない時期に樹木は年間で最大の飽差に直面することとなり、蒸散が抑制されることとなった。道管の成長速度によって水輸送能力が大きく影響を受けると考えられるこの時期、道管形成が積雪の影響を強く受けると予想したものの、積雪深の異なる各地点では飽差-HPV 関係に明確な違いがなかった。

既存研究で得られた光合成データを用いて、また葉が最適な光合成を行うべく気孔調節を行うとした前提で葉の光合成蒸散を再現したところ、飽差-蒸散関係には飽和が見られたものの、HPV-飽差関係で得られた分節点飽差では飽和が見られなかった。このことは、この調査地で高い飽差に直面したとき、最適な光合成を行うために葉が必要とする水を、枝幹の道管が供給することができないため、気孔を閉じ気味にして蒸散速度を抑制しなけりなかつたことを意味する。またこうした葉での水の需給不均衡が、積雪深の異なるいずれの調査地でも大きく異ならなかつたことから、積雪が幹の道管の成長抑制を介して葉での水需給に及ぼす影響はない、あつたとしても検出できない程度であつたこと、そしていずれの環境であつても葉での水需給には不均衡があつたことを意味する。

本研究により、積雪が幹の凍結および道管の形成に及ぼす影響は、既存の解剖学で得られた研究から予想されたほど大きくはなかつたこと、そして生育する樹木の光合成は必要とするだけの水が供給されないことから、飽差の高い環境では常に抑制されていることが明らかとなつた。飽差が高い、とは言え、既存の暖温帯や熱帯、乾燥地で見られた同様の分節点飽差と比

べると非常に低い。この地に生育する樹木は、比較的冷涼なこの地でも葉の需要過大な生理的な特性を備えているのだと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yoshiyuki Miyazawa
2. 発表標題 Transpiration by grassland in Mt. Aso and its quantification
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮沢良行
2. 発表標題 阿蘇の草原の水利用：草原の維持は水資源涵養に役立つのか？
3. 学会等名 「草原のつながり」筑波大学山岳科学センターシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshiyuki Miyazawa, Kiyoshi Ishida
2. 発表標題 Transpiration of the Cool Temperate Forest in a Snowy Mountain in Japan
3. 学会等名 AOGS 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiyuki Miyazawa, Kiyoshi Ishida
2. 発表標題 Transpiration by beech-oak forest in snowy mountain, Japan
3. 学会等名 日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

本研究の遂行では、電源もなければ頻繁なアクセスも困難な調査地における、植物生理特性である蒸散の計測を限られた人員で実施するという、これまでの研究では例の少ない調査法の確立をした。すでに手法は確立されたものの多量の電力を必要とする計測とも、高額で多地点多数の計測が容易ではない商用センサーとも異なる技術を確認することで、同様に多地点・多数の計測を必要とする後継プロジェクトの遂行のための基盤といえる研究となった。

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
研究分担者	石田 清  (Ishida Kiyoshi)  (10343790)	弘前大学・農学生命科学部・教授    (11101)	

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
---------	---------