

令和元年6月11日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04947

研究課題名(和文) 硝酸・水安定同位体組成を指標とした温暖多雪森林流域における窒素循環の定量的評価

研究課題名(英文) Elucidation of nitrogen dynamics in a temperate forest watershed with heavy snowfall using isotopic compositions of nitrate and water

研究代表者

伊藤 優子 (Itoh, Yuko)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：60353588

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：温暖多雪森林流域に流入する大気由来窒素の影響評価のため、硝酸の三酸素同位体組成という新指標を用いて、大気由来の硝酸と森林内で生産された硝酸を区別し、森林流域内の窒素動態を明らかにした。大気から森林の林床に到達した降水中の硝酸は林床のリター層通過時に、夏期には活発な微生物反応により急激な同位体組成の変化が確認されたのに対し、冬期は積雪底面から供給される寒冷な融雪水によって積雪直下での微生物反応が阻害されていることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では日本海側の温暖多雪の森林流域で年間を通じた物質循環モニタリングの実施、また、安全な環境トレーサーである硝酸の三酸素同位体組成という新しい指標を用いた森林流域内での大気由来硝酸の動態のトレースを行った。これらの観測から、日本海側の温暖多雪森林域では大気からの窒素流入量が夏期にくらべて冬期に約2.5倍多く、また、森林流域内の窒素動態が積雪による影響を受けることなど、これまで不明であった冬期の森林域での窒素動態を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, we elucidated the nitrogen dynamics in a temperate forest watershed with heavy snowfall using isotopic compositions of nitrate and water. These isotopic indicators are able to distinguish between atmospheric-derived nitrate and processed nitrate within the forest ecosystem. The isotopic compositions showed seasonal change among the litter layer and the surface soil layer components resulted from the seasonal patterns of microbial activities. It was revealed that the cold snow melt water supplied had inhibited the microbial activities below the snow cover and changed the dynamics of atmospherically derived nitrate.

研究分野：森林科学

キーワード：三酸素同位体組成 積雪 窒素循環 森林流域

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

様々な人間活動により大気中に放出された窒素酸化物は上空の気流によって輸送され、湿性・乾性沈着として森林に流入する。大気から流入した高負荷の窒素に対し、森林生態系内で保持できなかった窒素が系外へ流出する「窒素飽和」現象が知られている。これまで、関東地方の大都市圏の人間活動が周辺の森林域に与える影響について調査を行い、関東平野周辺の森林域で広域的に窒素飽和が発現している事を明らかにしてきた。一方、近年においては、東アジア地域における急激な経済発展に伴い東アジア地域の都市部では激しい大気汚染が日常化している。そこで大気中に放出された窒素酸化物を含む大気汚染物質は風下の地域に到達する。日本海側の地域は冬から春にかけて大陸からの季節風の影響を強く受けるため、北陸地方の森林域などは、越境大気汚染物質の影響を特に受けやすい事が考えられる。このため、日本海側の森林域への大気汚染物質の流入による環境影響の解明が急務である。しかしながら、日本海側の森林域は降雪量が非常に多いため森林での観測の実施が困難であり、年間を通じた物質動態研究は殆ど行われてこなかった。

我々は、2013 年から日本海側の森林流域(石川県白山市)において物質収支の通年観測を開始した。林外雨(雪)に伴う年間の窒素流入量は、窒素飽和が発現している関東地方の森林流域に匹敵しており、今後、日本海側の森林域においても大気からの窒素沈着の増大による窒素飽和の発現や土壌酸性化などの深刻な影響を引き起こす可能性を示しており、早急にこれらの大気由来窒素の流入に伴う影響評価を行う必要がある。しかしながら、比較的温暖な北陸地方では、積雪期間中においても降雨を伴い、また融雪 - 再凍結を繰り返すため、積雪期間中における森林流域内の水や物質の動きが活発かつ複雑であり、流域の物質動態解明を一層困難にしている。そのため、本研究では硝酸の三酸素同位体組成という新しい環境トレーサーを活用し、積雪・融雪を伴う複雑な森林流域内における大気由来窒素動態の解明を行った。

2. 研究の目的

本研究では、温暖多雪森林流域に流入した大気由来硝酸(NO_3^-)の動態を解明することを目的とした。そのため、大気由来硝酸のみ特異的な値を示す硝酸の三酸素同位体組成($^{17}\text{O}(\text{NO}_3)$)という新指標を用いて、大気由来の硝酸と森林内で生産された硝酸を区別し、積雪・融雪期も含めた森林流域内における動態を定量的に明らかにする事を目的とした。また、森林生態系内を循環し、系外へ流出する硝酸および水の安定同位体組成の観測を組み合わせ、森林流域における温暖多雪環境がもたらす水・物質動態及び流出への影響を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、石川県白山市にある石川県農林総合研究センター林業試験場構内の気象観測露場および森林理水試験地を使用した。本観測サイトは海岸から約 15 キロメートル地点の手取川中流域に位置し、大陸からの季節風が直接流域の斜面にあたり、越境大気汚染の影響を観測する流域として最適な地点である。

(1) 温暖多雪森林流域における物質動態観測

水フラックス観測

- ・量水・気象観測施設による流域の高精度な水収支観測の実施
- ・流域内での樹冠遮断量の観測の実施

物質動態観測

<採取試料> 林外雨(雪): ヒーター付き雨・雪採取装置、林内雨(雪): ロート方式(非降雪期)、木枠固定方式(降雪期)、堆積有機物層通過水(テンションフリーライシメーター)、土壌水(5, 25, 55, 90 cm 深にポーラスカップ埋設)、地下水(観測用井戸、5m 深)、流出水
・各試料を月 1 ~ 2 回程度(但し積雪・融雪期は高頻度)採取
・積雪期、林外および林内において積雪深および積雪密度調査
・積雪期、非積雪期の融雪および大雨に伴う出水イベント試料を自動採水器で高頻度に採水
<分析対象項目> pH, EC, 主要無機成分、微量無機成分、溶存有機態炭素および窒素

(2) 硝酸および水の安定同位体分析

硝酸の三酸素同位体組成は大気由来硝酸のみ特異的に約 26‰と高い値を持ち、一般的な化学反応では変化しないため、大気由来硝酸($^{17}\text{O}(\text{NO}_3) = \text{約 } 26\text{‰}$)と再生産硝酸(森林内で生産された硝酸、 $^{17}\text{O}(\text{NO}_3) = 0\text{‰}$)を単純な混合比として取り扱うことが可能である。本研究では、従来から行われてきた物質動態観測に加え、大気由来硝酸の挙動を追跡可能な $^{17}\text{O}(\text{NO}_3)$ 値と、積雪・融雪における水動態を追跡できる水の安定同位体組成(D , ^{18}O 値)を組み合わせる。これにより、積雪・融雪を伴う北陸の森林流域における複雑な現象を定量化し、日本海側の温暖多雪森林流域における窒素循環のメカニズムを解明する。

硝酸の酸素・窒素安定同位体の測定(^{15}N , ^{18}O , ^{17}O): 脱窒菌法+放電分解法を組み込んだ分析システム、水の水素・酸素安定同位体の測定(D , ^{18}O)

4. 研究成果

(1) 温暖多雪森林流域の物質動態観測

本研究では、石川県白山市の森林理水試験地において物質動態観測をし、水移動に伴う流域

内の各コンパートメントの年間窒素フラックスを試算した(図1)。期間中の大気から流入した無機態窒素(硝酸態窒素+アンモニア態窒素)は年間17.7kg ha⁻¹、流域からの流出は年間3.2kg ha⁻¹と流入>流出であった。

(2) 温暖多雪森林流域における森林内の大気由来硝酸の動態

本試験流域において採取した降水中の硝酸の三酸素同位体組成(¹⁷O(NO₃⁻))は20~32%の範囲の値を示し、夏期に低く冬期に高い季節変動を示した。これはNO_xの大気酸化反応におけるOHラジカルの寄与とオゾンの寄与が季節変動している事を示していた。大気から森林に流入した後、樹冠を通過し林床に到達した大気由来硝酸を示す¹⁷O(NO₃⁻)値は林床のリター層(A0層)および表層土壌通過時に大きな変化を示した。夏期には微生物の活発な反応がリター層通過時に確認されたのに対し、冬期(積雪期)は積雪底面からの寒冷な融雪水の影響によりリター層での微生物の反応が阻害され、大気由来硝酸がより多く表層土壌に移動していることが同位体組成の変化から明らかになった。一方、地下水および流出水の値は降水のような季節変動はなく年間を通じて2%前後の一定の値を示した。定期採水の結果からは、流域の末端から流出する流出水は直接流出成分の寄与が少なく、地表から浸透したものが流域内で十分混合されたものとして流出している事を示していた。

本研究期間中に計画していた水の水素・酸素安定同位体の測定が分析機器の故障により実施できておらず、今後、夏期の降水、冬期の融雪と気象条件の異なる出水イベント時の各同位体の変動を比較し、積雪による大気由来窒素の流出経路への影響を明らかにし、流出水質への影響評価を行う予定である。また、温暖多雪地域の森林では積雪-融雪が物質動態に及ぼす影響を解明するために、より流域全体の水文プロセスと同期した研究が必要である。

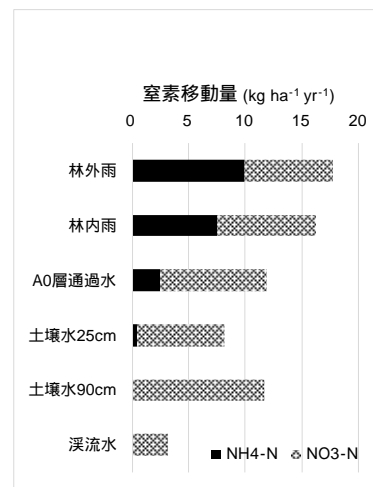


図1 試験対象流域の年間窒素フラックス

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2件)

高瀬恵次・伊藤優子、水質負荷量の計測システム開発とその適用例、応用水文、31、2019、98-103 (査読無し)

高瀬恵次・藤原洋一、山岳地流域における面積雨量の推定、応用水文、30、2018、49-54 (査読無し)

[学会発表](計 12件)

Itoh, Y., Takase, K., Fujihara, Y., Okamoto, T., Atmospheric depositions on forest ecosystems in areas along the Sea of Japan. JpGU Meeting 2019, 2019, AHW22-P19

Takase, K., Itoh, Y., Development and application of a system for measurement of total load of water quality. JpGU Meeting 2019, 2019, AHW22-20

平田智道・藤原洋一・長野峻介・一恩英二・高瀬恵次、暖地積雪地帯の林外と林内における積雪・融雪特性、第75回農業農村工学会京都支部研究発表会、2018

佐藤嘉展・戎信宏・萬和明・山口弘誠・中北英一・矢吹正教・古本淳一・高瀬恵次・石田祐宣、スギ人工林の樹冠遮断特性に関する検討、水文・水資源学会、2018

藤原洋一・高瀬恵次・田中健二・長野峻介、林内と林外における消雪日のメタ解析、JpGU Meeting 2018、2018

Fujihara, Y., Tanaka, K., Segawa, M., Takase, K., Maruyama, T., Shunsuke, C. Impacts of a large-scale landslide on groundwater recharge function in the Tadori River alluvial fan. PAWEES-INWEPF International Conference, 2018

Yuko Itoh, Toru Okamoto, Kazuyoshi Asai, Youichi Fujihara, Keiji Takase. Effects of transboundary air pollution on water chemistry around the source area Hakusan-Tadori River. JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017, AHW32-P01

Yoshio Nunez Palma, Shohei Hattori, Yuko Itoh, Moeko Kawasaki, Keiji Takase, Nohiro Yoshida. Elucidation of nitrate dynamics in a temperate region watershed with heavy snowfall using triple oxygen isotopes as tracers. JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017, MIS19-P05

Yoshio Nunez Palma, Shohei Hattori, Yuko Itoh, Moeko Kawasaki, Keiji Takase, Nohiro Yoshida. Elucidation of nitrate dynamics in a temperate region watershed with heavy snowfall using triple oxygen isotopes as tracers. Goldschmidt 2017 conference, 2017, 11d-2319

Yoshio Nunez Palma, 服部祥平, 伊藤優子, 川崎萌子, 高瀬恵次, 吉田尚弘. Elucidation of

nitrate dynamics in a temperate region watershed with heavy snowfall using triple oxygen isotopes as tracers. 日本地球化学会第 64 回年会, 2017, 3C-09

服部祥平, Yoshio Nunez Palma, 伊藤優子, 川崎萌子, 高瀬恵次, 吉田尚弘. 硝酸の三酸素同位体組成を指標とした石川県白山市の森林集水域における内部窒素循環の解析、雪氷研究大会、2017、A2-8

高瀬恵次・藤原洋一・長野俊介・田中健二、石川県手取川扇状地の水収支と地下水位．農業農村工学会第京都支部 74 回研究発表会、2017、102-103

〔その他〕(計 1 件)

高瀬恵次、白山の一滴 - 手取川扇状地の水循環と水収支 -、石川自治と教育、704 号、2017、12-21

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：服部 祥平

ローマ字氏名：(HATTORI, shohei)

所属研究機関名：東京工業大学

部局名：物質理工学院

職名：助教

研究者番号 (8 桁)：70700152

研究分担者氏名：高瀬 恵次

ローマ字氏名：(TAKASE, keiji)

所属研究機関名：石川県立大学

部局名：生物資源環境学部

職名：特任教授

研究者番号 (8 桁)：90133165

(2)研究協力者

研究協力者氏名：藤原 洋一

ローマ字氏名：(FUJIHARA, youichi)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。