

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：83102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12315

研究課題名(和文) 樹木葉面におけるアンモニア等反応性Nの沈着・吸収・放出の制御因子に関する研究

研究課題名(英文) Study on regulating factors on deposition, absorption, and emission of reactive N such as ammonia on tree-leaf surface

研究代表者

佐瀬 裕之 (Sase, Hiroyuki)

一般財団法人日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター・生態影響研究部・部長

研究者番号：20450801

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)：大気からの過剰な窒素沈着は、森林生態系の物質循環やレジリエンスに影響することから、植物葉面で生じる窒素の挙動とその制御因子を明らかにした。我が国の森林地域への窒素沈着は硫黄沈着ほどの低下傾向は見せておらず、河川への硝酸イオン流出も続いている。そのような窒素飽和条件下であっても、樹木葉面では降水中のアンモニウムや硝酸イオンの吸収が生じており、葉面の濡れ性がその制御因子であることが示唆された。また、植生からのガス状アンモニアの放出も確認されたが、葉内のアンモニウム濃度ではそれを十分には説明できないことが示唆された。葉面に生じる高濃度の水滴・水膜からの内部吸収や再揮散の可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間活動によって環境中に放出される窒素の適切な管理は、人類が安全に生存できるいわゆる惑星境界(Planetary boundaries)をすでに超過したとされる重要な課題であり、生態系への大気沈着プロセスの理解はそのキープロセスの一つである。本研究では、歴史的に過剰な大気沈着による窒素飽和が生じて来たと考えられる2つの森林集水域において、森林への大気沈着プロセスで葉面からの吸収や放出が同時に生じていること、またその制御因子解明に繋がる知見を明らかにしたことに学術的な意義がある。将来的には、包括的な窒素循環モデルへの適用など、窒素管理に繋がることも期待されるなどの社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：Excess nitrogen deposition from the atmosphere affects the material cycle and resilience of forest ecosystems. Nitrogen deposition in forest areas in Japan has not shown a downward trend similar to that of sulfur deposition, and nitrate ion runoff into rivers continues. Even under such nitrogen-saturated conditions, the absorption of ammonium and nitrate ions from precipitation occurred on the leaf surfaces of trees, and the wettability of the leaves was suggested to be a controlling factor. In addition, the release of gaseous ammonia from vegetation was also confirmed, but it was suggested that the ammonium concentration in leaves could not fully explain it. Possibility of internal absorption and re-diffusion from high-concentration water films and water droplets occurred on leaves was suggested.

研究分野：生物地球化学

キーワード：アンモニア 放出 吸収 濡れ性

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ハーバー・ボッシュ法の発明以来、人間活動により肥大化した窒素フローは、アンモニア (NH_3)、硝酸等の反応性窒素 (Nr) の生態系への流入量を著しく増大させ、窒素過剰・窒素飽和のような物質循環系の攪乱を生じさせている。大気沈着 (降水による湿性沈着とガス状・粒子状物質の乾性沈着) は、森林生態系における主要な Nr の流入経路の一つであり、生態系への影響評価のためには、Nr 流入量の精緻な推計が不可欠である。

特に NH_3 は、沈着だけでなく、葉面や土壌からの放出も生じるが、 NH_3 の乾性沈着量評価に用いられる沈着速度抵抗モデルは放出過程を考慮しておらず、森林生態系への Nr 流入量推計の不確実性を大きくしている。また、沈着・放出の両者を考慮した双方向抵抗モデルが提案されているが、観測による検証が限定されており、実用化には至っていない。特に森林においては、世界的に見ても NH_3 交換フラックスの観測事例は少ない現状である。また、樹冠に沈着した Nr は樹冠で吸収される可能性もあるため、樹冠への流入量が土壌への流入量と等しいとは限らない。このように Nr の森林生態系への流入量推計の精緻化においては、沈着、吸収、発生などの過程を考慮することが必要である。

2. 研究の目的

吸収・放出を考慮すべき Nr の森林生態系への流入量を、大気・気象条件だけでなく樹木葉の条件を制御因子として考慮することによって、より精緻に推計することが本研究の目的である。特に、 NH_3 の葉面での吸収・放出過程を制御する因子を明らかにすることを目的とし、大気-森林間の NH_3 交換フラックスおよび関連要素の測定を行った。観測結果と既存の双方向抵抗モデルを比較することにより、モデルの精緻化に必要な因子を調べた。

3. 研究の方法

アジア大気汚染研究センターが管理する加治川 (KJK) 集水域試験地 (新潟県新発田市) 及び東京農工大学フィールドミュージアム多摩丘陵 (FMT) 試験地 (東京都八王子市) 内に、調査プロットを設定し、集中調査を実施した。

KJK では、スギ林内において林内雨 (TF)・林外雨 (RF) の集中調査を 7 月から 10 月まで 1 週間から 10 日間隔で実施し、アンモニウムイオン (NH_4^+) の樹冠における吸収・溶出の観測、並びに、その制御する要因を特定するため、KJK の主要な樹種であるスギの葉を定期的に採取した。現地観測は、2019 年、2020 年、2021 年を中心に実施した。TF 及び RF の観測結果から、樹冠収支モデル (Canopy budget model: Staelens et al. 2008) を用いて NH_4^+ 吸収量を推定した。 NH_3 の葉面での吸収・放出過程を制御する因子として樹木葉面の濡れ性と樹木葉内の NH_4^+ 濃度に着目した。濡れ性は、水滴の接触角により評価した (Sase et al. 2008)。また、樹木葉内の NH_4^+ 濃度として、技術的に安定して抽出するのが困難なアポプラスト溶液の分析に加え、新鮮葉中の NH_4^+ 濃度 (Mattsson et al. 2009) を分析し、溶出や放出・溶出の因子として検討を行った。樹木葉の分析は、FMT のコナラ葉、スギ葉についても実施し、タワー観測との比較を行った。さらに、これらの前提条件として、長期的な観測データから、KJK における窒素飽和の現状を明らかにした。

FMT では森林内に設置してある観測タワーを用いて、 NH_3 のフラックスおよび濃度勾配観測を行った。タワー周辺は主に落葉広葉樹 (コナラ) が分布している。フラックスは、 NH_3 捕集部にデニューダ管を使用した緩和渦集積 (REA) 法により測定した。REA 法による観測は、1 週間毎のサンプリングによる長期観測を 2018 年 10 月 11 日～2019 年 9 月 30 日、昼夜毎のサンプリングによる集中観測を 2020 年 2 月 16 日～2 月 21 日に実施した。同様の集中観測を 2018 年 7 月 26 日～8 月 1 日に実施しており、それぞれ落葉期、着葉期として比較した。濃度勾配は、林上 1 高度 (30 m) および林床 2 高度 (2 m, 0.2 m) の 3 高度においてデニューダ・フィルターパック法により測定した。2020 年 9 月 29 日～2021 年 7 月 20 日の間、1 週間毎に連続してサンプリングを行った。森林に対する対照データ取得のため、フィールドミュージアム府中 (FM 府中) 圃場のダイズ畑において、2020 年 7 月 28 日～8 月 5 日および 2021 年 3 月 4 日～3 月 10 日の間、REA 法による昼夜間のフラックス集中観測を行った。

4. 研究成果

(1) 森林集水域の窒素条件

本研究は、窒素沈着が比較的多いと考えられていた上記 2 つの森林試験地を対象とした。FMT の森林生態系は、近年、窒素沈着は低下しているものの、いまだ窒素飽和状態にあることが示唆されている (Baba et al. 2019)。一方、KJK では、河川中の NO_3^- の同位体比分析 ($\Delta^{17}\text{O}$) から、大気沈着由来の NO_3^- が内部循環プロセスを経ずに 10% 近く流出していることが明らかとなり (Nakagawa et al. 2019)、窒素飽和が示唆されていたが、それが進行しているのか、回復基調にあるのかは不明であった。本研究の一環として長期データの解析を進めたところ、大気からの

窒素沈着は硫黄沈着ほどには低下傾向にはなく、河川に流出している NO_3^- 濃度は上昇しつづけており、いまだ比較的高い窒素沈着の状況において ($> 10 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$)、窒素飽和からの回復傾向は明確ではないことが示唆された (Sase et al. 2021, 2022)。すなわち、本研究における2つの森林生態系の窒素条件としては、樹木葉内の NH_4^+ 濃度は高くなる状況にあり、樹冠での NH_3 の放出・溶出が生じ得ることが示唆された。

(2) 樹冠における NH_4^+ の吸収・溶出とその制御因子

KJK における TF 及び RF の実観測結果からは、ほとんど NH_4^+ の乾性沈着の寄与を確認することはできず、樹冠での NH_4^+ 吸収が示唆された (図 1)。Na をトレーサーイオンとして樹冠収支モデルを適用したところ、TF による総沈着量に対する NH_4^+ 吸収量の割合は、2019 年と 2020 年においてそれぞれ約 60% と 50% と推計された。降水量が少ない 2019 年夏季の方が 2020 年夏季に比べて、推計される乾性沈着の寄与及び樹冠吸収量が多く、吸収量を加味して推計される林内降水の平均 NH_4^+ 濃度は、それぞれ $72 \mu\text{mol L}^{-1}$ 、 $26 \mu\text{mol L}^{-1}$ であった。

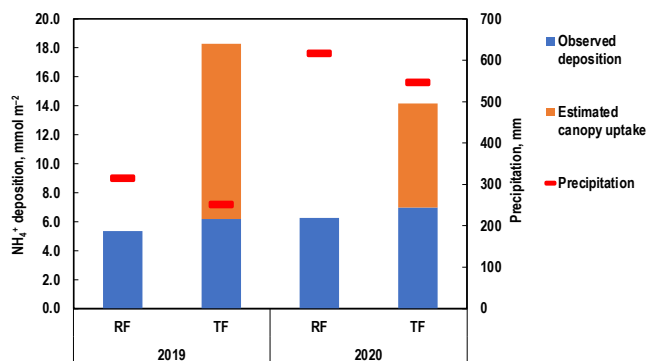


図 1. 加治川試験地のスギ人工林における林外雨 (RF)・林内雨 (TF) による NH_4^+ 沈着量. 夏季 7-10 月の集中調査 (2019 年: 79 日間、2020 年: 84 日間) によるもの。実観測された沈着量、樹冠収支モデルから推計した吸収量、降水量をそれぞれプロット。

樹木葉面における水滴の接触角は、加齢とともに低下し、葉面の濡れ性の増大を示唆した。KJK におけるスギ葉だけでなく、FMT におけるスギ葉、コナラ葉でも同様の傾向が確認された。KJK における正味の NH_4^+ 沈着量や NO_3^- 沈着量 (RF との差から算出) は、濡れ性の増大に伴い低下する傾向があった (図 2 左: $p = 0.0912$ 及び $p = 0.0436$)。また、上記で推計された樹冠吸収量との間には有意な相関は見られないが、濡れ性が高くなるほど、高い吸収量が確認された。これらのことから、葉面濡れ性は Nr 吸収の制御因子の一つであることが示唆された。

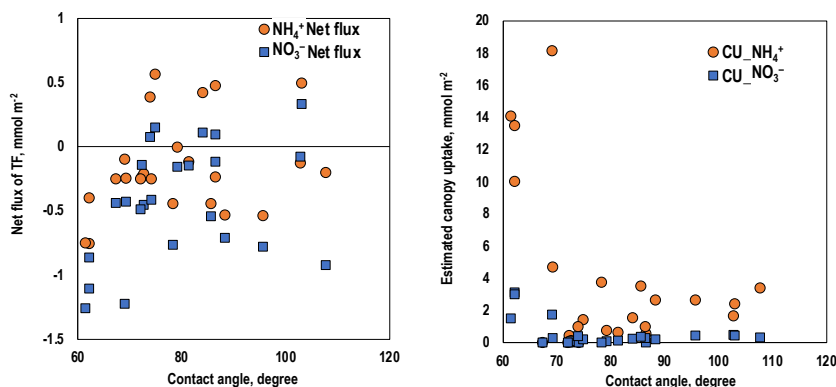


図 2. 加治川試験地のスギ人工林における葉面接触角と林内雨による正味の NH_4^+ 及び NO_3^- のフラックス (左) 及び接触角と推計された吸収量 (右) 接触角が小さくなる (左方向にいく) ほど、葉面の濡れ性が高くなる。

全新鮮葉の NH_4^+ 濃度を用いて推計したアポプラスト液中の NH_4^+ 濃度は、上記の林内降水濃度の 1 桁ないし 2 桁高く、林内雨との濃度勾配では吸収は説明できず、むしろ NH_4^+ の溶出が生じる条件であった (図 3)。葉面での NH_4^+ 吸収が生じるには、より高濃度の水滴・水膜の形成が必要であると考えられた。よって、葉内 NH_4^+ 濃度は、それだけで吸収・溶出を説明できるような制御因子ではないことが示唆された。初期降雨や少雨による葉面の濡れ、粒子状物質の潮解や結露、降雨後の水滴の濃縮等により生じる高濃度の NH_4^+ が葉面での吸収に寄与している可能性が示唆された。モデル実験的試みとして、比較的低濃度の模擬降水を、超音波ネブライザーを用いてスギ葉に噴霧したところ、スギ葉に触れて流下した溶液中の NH_4^+ 濃度はむしろ高くなり溶出を示唆した。最も NH_4^+ 濃度の薄い模擬降水 ($6 \mu\text{mol L}^{-1}$) を噴霧した時には 300% 以上に相当する $20 \mu\text{mol}$

L⁻¹ の NH₄⁺が、スギ葉に触れて流下した溶液中に確認された。一方、より高 NH₄⁺濃度の模擬降水 (111 μmol L⁻¹) を噴霧した時には流下液中の NH₄⁺濃度は 116%に相当する 129 μmol L⁻¹に低下し溶出が抑制されたことから、葉面に接触した溶液の濃度が吸収・溶出の制御要因と考えられた。夏季降水量が少なく林内降水の平均 NH₄⁺濃度が高かった 2019 年において、より吸収量が多かったことは、上記の仮説を支持している。模擬降水の噴霧試験データを蓄積することにより、さらに吸収・溶出メカニズムを検証できる可能性がある。

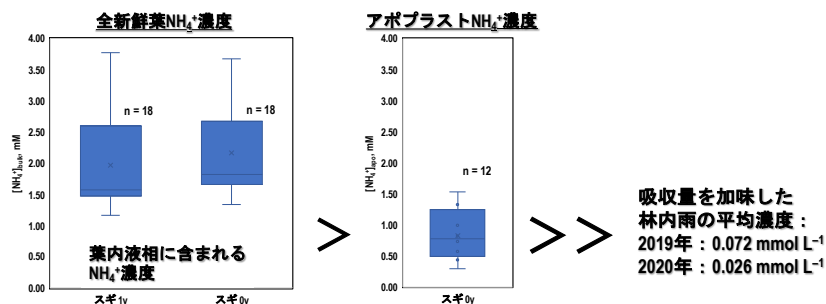


図 3. 加治川試験地のスギ葉の新鮮葉 NH₄⁺濃度、アポプラスト液中の NH₄⁺濃度、及び林内降水濃度の比較

(3) 樹冠からの NH₃ 放出とその制御因子

長期観測における NH₃ 交換フラックスは、落葉期間の 92%が沈着、着葉期間の 50 %が放出を示した。集中観測の結果を図 4 に示す。着葉期のフラックスは、降水期間を除き昼間に放出、夜間に沈着という日内変動が見られた。落葉期はこのような日内変動は見られず主に沈着していた。長期観測、集中観測共に、着葉期に NH₃ の放出が顕著に見られたため、葉面からの放出や暖候期による土壌からの放出促進などの要因が考えられた。双方向抵抗モデルを用いた解析では、NH₃ の放出フラックスは気孔放出ポテンシャルに大きく依存していたが、そのモデル推定値は樹木葉の実測値よりも 1 桁ないし 2 桁高く、気孔放出ポテンシャルだけでフラックスを説明することは困難であり、葉面からの再揮散など他のプロセスを含めた検討の必要性が示唆された。

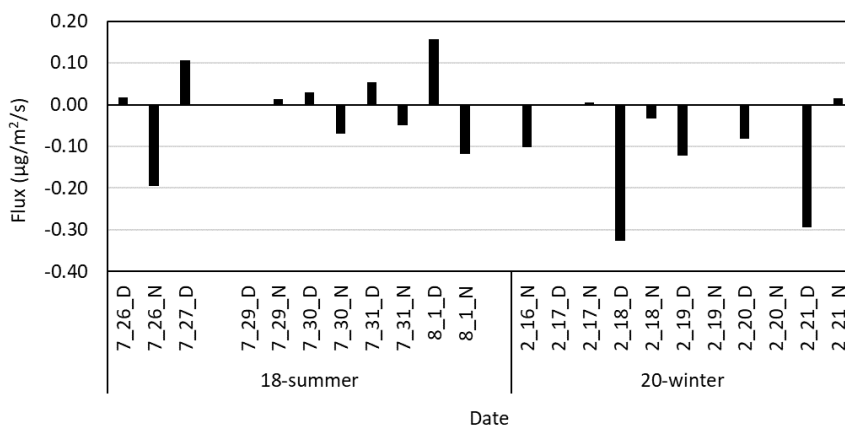


図 4. FM 多摩丘陵における大気-森林間 NH₃ 交換フラックス (D:昼間, N:夜間)

林上と林床における NH₃ の濃度勾配観測より、年間を通して林床の濃度が林上の濃度を上回ることにはなかった (図 5)。林床 2 高度 (2 m, 0.2 m) の濃度勾配から林床からの放出が確認されたが、林床土壌から NH₄⁺イオンは検出されず、発生源は落葉落枝や下層植生である可能性が示唆された。林上と比較すると林床の放出は森林全体からの放出に大きく寄与するものではなく、森林-大気間の放出フラックスの主要な発生源は樹冠部分である可能性が示唆された。

ダイズ畑による NH₃ 交換フラックス観測では、放出よりも沈着が優位であった。双方向抵抗モデルの農地用デフォルト設定では放出が優位と算出されたが、土壌や葉内の NH₃ イオン濃度から放出ポテンシャルを設定した場合、過小評価ではあるが沈着傾向を再現することができた。モデルの過小評価は、放出ポテンシャルの設定では説明はできず、表面付近の土壌粒子との大気化学反応等も含めた他の要因を検討すべきことが示唆された (Xu et al. 2022)。

以上より、森林における NH₃ 放出フラックスは、主に着葉期の日中、葉面から発生していると考えられ、気孔からの放出だけでなく、葉面からの再揮散など他の放出プロセスも存在する可能性が示唆された。双方向抵抗モデルは、現場の沈着面に合ったパラメータを使用する必要があり、さらには、上記の再揮散や沈着面付近の化学反応など考慮すべき他のプロセスがあることが示唆された。

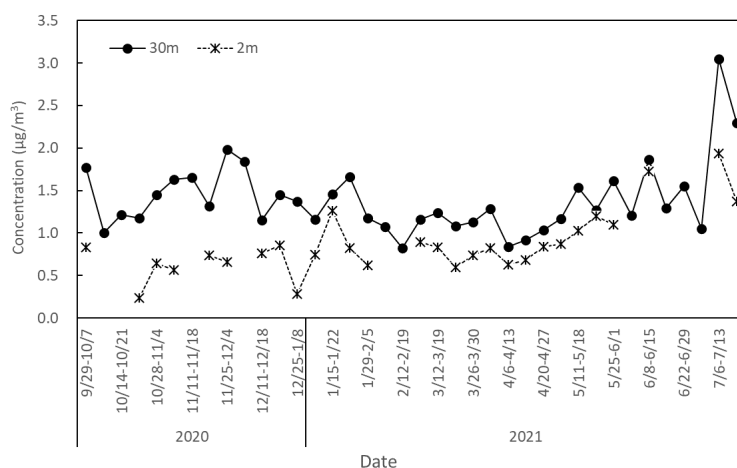


図 5. FM 多摩丘陵における林上および林床におけるアンモニア濃度の変動

(4) 結論

KJK や FMT は、窒素沈着の長期的な低下傾向にあったが、いまだ窒素飽和状態にあり、樹木葉面からの NH_3 放出・溶出が生じやすい状況にある。しかしながら、KJK のスギ林では、生態系の窒素条件に関わらず、樹冠における NH_4^+ 吸収が生じており、降水量が少ない年の方がより顕著であった。また、葉面の濡れ性は NH_4^+ や NO_3^- を含む Nr 吸収の制御因子の一つであることが示唆された。一方で、葉内 NH_4^+ 濃度は、生態系の窒素条件からも示唆されるように、林内降水濃度に比べ著しく高く、それだけで吸収・溶出を説明できるような制御因子ではないことが示唆された。初期降雨や少雨による葉面の濡れ、粒子状物質の潮解や結露、降雨後の水滴の濃縮等により生じるより高濃度の水滴・水膜の重要性が指摘される。

FMT においては、森林における NH_3 放出がタワー観測で確認され、その放出は主に着葉期の日中、葉面で生じていると考えられた。双方向抵抗モデルを用いた解析では、その放出フラックスは、葉内 NH_4^+ 濃度から算出される気孔放出ポテンシャルに大きく依存していたが、モデル推定値は樹木葉の実測値よりも 1 桁ないし 2 桁高く、気孔放出ポテンシャルだけでフラックスを説明することは困難であった。また、ダイズ畑の事例は、土壌や葉内の NH_4^+ 濃度を考慮すると、モデルが過小評価ではあるが沈着傾向を再現し、これらがある程度影響していることを示した一方で、別の制御因子の可能性も示唆された。よって、 NH_3 放出プロセスには、気孔からの放出だけでなく、葉面からの再揮散や沈着面付近の化学反応など、他の放出プロセスも存在する可能性が示唆された。葉面からの再揮散には、上述した高濃度の水滴・水膜が同様に寄与する可能性がある。今後、これらを現場の沈着面に合ったパラメータとして、双方向抵抗モデルに組み込んでいく必要性が示唆された。

引用文献：

- Baba et al. 2019. Decreases in inorganic nitrogen inputs and effects on nitrogen saturation and soil acidification, *Journal of Forest Research* 25:1, 31-40.
- Mattsson et al. 2009. Temporal variability in bioassays of the stomatal ammonia compensation point in relation to plant and soil nitrogen parameters in intensively managed grassland, *Biogeosciences* 6, 171-179
- Nakagawa F et al. 2019 Export flux of unprocessed atmospheric nitrate from temperate forested catchments: a possible new index for nitrogen saturation. *Biogeosciences* 15: 7025-7042.
- Sase, H et al. 2008, Seasonal variation in the atmospheric deposition of inorganic constituents and canopy interactions in a Japanese cedar forest. *Environmental Pollution* 152, 1-10.
- Sase, H et al. 2021. Transboundary air pollution reduction rapidly reflected in stream water chemistry in forested catchment on the Sea of Japan coast in central Japan. *Atmospheric Environment* 248, 118223.
- Sase, H et al. 2022. Nitrogen saturation of forested catchments in central Japan - Progress or recovery? *Soil Science and Plant Nutrition*,
- Staelens et al. 2008. Calculating Dry Deposition and Canopy Exchange with the Canopy Budget Model: Review of Assumptions and Application to Two Deciduous Forests. *Water Air Soil Pollut* 191, 149-169.
- Xu, M, Matsuda, K et al. 2022. Ammonia fluxes over an agricultural field in growing and fallow periods using relaxed eddy accumulation. *Atmospheric Environment* 284, 119195.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 佐瀬裕之	4. 巻 58
2. 論文標題 我が国及び東アジアの大気環境と森林生態系影響に関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 大気環境学会誌	6. 最初と最後の頁 18-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11298/taiki.58.18	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 Satomi Ban, Kazuhide Matsuda, Tsuyoshi Ohizumi	4. 巻 233
2. 論文標題 A Method Estimating Dry Deposition for Assessment of Nitrogen Load on Forests in East Asia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Water, Air, & Soil Pollution	6. 最初と最後の頁 417
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11270-022-05874-5	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 Mao Xu, Miku Umehara, Hiroyuki Sase, Kazuhide Matsuda	4. 巻 284
2. 論文標題 Ammonia fluxes over an agricultural field in growing and fallow periods using relaxed eddy accumulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 119195
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.atmosenv.2022.119195	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 Sase Hiroyuki, Takahashi Masamichi, Matsuda Kazuhide, Yamashita Naoyuki, Tsunogai Urumu, Nakagawa Fumiko, Morohashi Masayuki, Yotsuyanagi Hiroki, Ohizumi Tsuyoshi, Sato Keiichi, Kurokawa Junichi, Nakata Makoto	4. 巻 68
2. 論文標題 Nitrogen saturation of forested catchments in central Japan - Progress or recovery?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 5~14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/00380768.2021.1991228	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 Sase Hiroyuki, Saito Tatsuyoshi, Takahashi Masaaki, Morohashi Masayuki, Yamashita Naoyuki, Inomata Yayoi, Ohizumi Tsuyoshi, Nakata Makoto	4. 巻 248
2. 論文標題 Transboundary air pollution reduction rapidly reflected in stream water chemistry in forested catchment on the sea of Japan coast in central Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 118223 ~ 118223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosenv.2021.118223	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15件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 松本涼太, 徐懋, 佐瀬裕之, 反町篤行, 松田和秀
2. 発表標題 大気-森林間のアンモニア交換: 林上および林床における濃度勾配観測 (2)
3. 学会等名 第63回大気環境学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武照杰, 徐懋, 佐瀬裕之, 反町篤行, 松田和秀
2. 発表標題 森林における硝酸ガスおよび硝酸塩の乾性沈着: 林上および林床における濃度勾配観測 (2)
3. 学会等名 第63回大気環境学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐瀬裕之
2. 発表標題 我が国及び東アジアの大気環境と森林生態系影響に関する研究
3. 学会等名 第63回大気環境学会 (学術賞受賞記念講演) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 徐 懋, 梅原実玖, 佐瀬裕之, 松田和秀
2. 発表標題 ダイズ畑における大気-地表面間の NH ₃ 交換(1) デニューダ・緩和渦集積法によるフラックス測定
3. 学会等名 第62回大気環境学会年会 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅原実玖, 徐懋, 佐瀬裕之, 松田和秀
2. 発表標題 ダイズ畑における大気-地表面間の NH ₃ 交換(2) 交換モデルの適用および評価
3. 学会等名 第62回大気環境学会年会 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本涼太, 武照杰, 徐懋, 佐瀬裕之, 反町篤行, 高木健太郎, 松田和秀
2. 発表標題 大気-森林間の NH ₃ 交換: 林上および林床における濃度勾配観測
3. 学会等名 第62回大気環境学会年会 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武照杰, 松本涼太, 徐懋, 佐瀬裕之, 反町篤行, 高木健太郎, 松田和秀
2. 発表標題 森林における硝酸ガスおよび硝酸塩の乾性沈着: 林上および林床における濃度勾配観測
3. 学会等名 第62回大気環境学会年会 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐瀬裕之, 庭野元気, 諸橋将雪, 四柳宏基, 松田和秀, 中田誠, 大泉毅
2. 発表標題 アンモニアの沈着・吸収・放出に関する樹木葉特性
3. 学会等名 第62回大気環境学会年会 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 庭野元気, 諸橋将雪, 高橋雅昭, 四柳宏基, 松田和秀, 中田 誠, 大泉 毅, 佐瀬裕之
2. 発表標題 スギ、コナラにおける大気-葉面間のアンモニアの交換と濡れ性との関係
3. 学会等名 第61回大気環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroyuki SASE, Masayuki Morohashi, Tsuyoshi Ohizumi, Hiroki Yotsuyanagi, Makoto Nakata
2. 発表標題 Nitrogen saturation in forest ecosystems in central Japan, recovery or progress?
3. 学会等名 International Online Symposium on Soil C and N Dynamics by Land Use, Management and Climate Changes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森岡知也, 反町篤行, 佐瀬裕之, 松田和秀
2. 発表標題 緩和渦集積法による東京郊外の森林におけるアンモニア交換フラックス
3. 学会等名 第61回大気環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅原実玖, 反町篤行, 佐瀬裕之, 松田和秀
2. 発表標題 緩和渦集積法による長期観測に基づく森林におけるNH3フラックスへの影響因子
3. 学会等名 第61回大気環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sase H, Carandang W, Yamashita N, Philip E, Shindo J, Saito T, Morohashi M, Takahashi M, Takahashi M, Ohizumi T
2. 発表標題 EANET monitoring in forest area under changing atmospheric environments
3. 学会等名 XXV IUFRO World Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sase H, Yamashita N, Saito T, Kietvuttinon B, Garivait H, Morohashi M, Takahashi M, Inomata Y, Nakata M, Matsuda K, Ohizumi T
2. 発表標題 Dynamics of sulfur in forest ecosystems under changing atmospheric environment in Japan and Thailand
3. 学会等名 XXV IUFRO World Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sase H, Carandang W, Yamashita N, Philip E, Shindo J, Saito T, Morohashi M, Takahashi M, Takahashi M, Ohizumi T
2. 発表標題 EANET ecological monitoring in a changing atmospheric environment in Asia
3. 学会等名 Workshop on regional impact assessment of atmospheric deposition and air pollution on forest ecosystems (国際学会)
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
研究 分担者	諸橋 将雪 (Morohashi Masayuki) (40761606)	一般財団法人日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター・生態影響研究部・主任研究員 (83102)	
研究 分担者	松田 和秀 (Matsuda Kazuhide) (50409520)	東京農工大学・農学部・教授 (12605)	

	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 協力者	四柳 宏基 (Yotsuyanagi Hiroki) (60937209)	一般財団法人日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター・生態影響研究部・主任研究員 (83102)	

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