

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K15286

研究課題名(和文) 森林における植物-土壌系内部循環と斜面水移動の統合モデルによる窒素流出機構の解明

研究課題名(英文) Estimation of nitrogen loss from forested watersheds by coupling a plant-soil N cycling model and a hydrological model

研究代表者

福島 慶太郎 (Fukushima, Keitaro)

京都大学・生態学研究センター・研究員

研究者番号：60549426

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、国内の森林において数年間に渡って渓流水質の調査を行っている集水域を対象に、窒素流出の時空間的な変化を規定する要因を明らかにすることを目的とした。また、水・物質動態を予測する既往モデルのうち、集中型モデルのPnET-CN、及び分布型モデルのTOPMODELを調査集水域に適用することで、森林集水域からの水・窒素流出モデルの精度向上を目指すことを目的とした。解析の結果、降雨時の水流出の再現性を向上させること、これまでの森林物質循環研究で重視されなかった下層植生や集水域外からの窒素流出の影響を加味する必要があることが、今後の課題として挙げられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、これまで森林の物質循環研究で重視されてこなかった下層植生の重要性と、集水域外からの物質流入に関して、長期に渡る水質調査と、広域的な水質調査の両面から実証したことが最大の学術的意義である。また、攪乱応答型の水・窒素流出モデルの構築に向けて、実測データを既往の物質循環モデル(PnET-CN)や流出モデル(TOPMODEL)に適用を試み、精度向上のための課題を洗い出すことができ、今後の研究の展開に資する成果を供出できた。

研究成果の概要(英文)：This study reveals that the nitrogen accumulation by understory vegetation and nitrogen contamination from outside the watershed can be important factors contributing stream nitrate export in forest ecosystems. I tried to apply water and nitrogen budget data over multiple years to the PnET-CN and TOPMODEL in order to simulate nitrogen export from forested watersheds. Gaps between observed and simulated values suggested that the process during rainfall event should be improved. Detailed analysis for these factors and process are necessary to construct sophisticated water-nitrogen budget model.

研究分野：森林生態系生態学

キーワード：渓流水質 窒素流出 攪乱応答モデル 下層植生 河床湧水 窒素沈着

## 1. 研究開始当初の背景

現在、日本の森林は新たな攪乱の時代を迎えている。マツ枯れやナラ枯れの全国的な拡大、シカによる森林下層植生の過剰採食、森林・林業基本計画の施行に伴う人工林伐採の推進、大気からの窒素降下物増加による窒素飽和現象の顕在化など、複数の要因が同時多発的に発現することが特徴として挙げられる。一般に、森林生態系の一次生産は窒素に強く制限されており、植物-土壌間での内部循環系内に窒素が効率よく保持されるため、系外流出は少ない。しかし、上記のような種々の攪乱が加わると、森林溪流への硝酸態窒素流出が増大し、下流域生態系の富栄養化が進むことで水産資源に影響を与えうる。森林の公益的機能(生態系サービス)を十分に発揮する森林生態系の創出が強く求められている昨今、主に生物多様性及び炭素固定能の評価に注目が集まり、欧米に比べ水質形成・水質浄化機能への評価が十分であるとは言い難い。流域源流部に位置する森林集水域の窒素保持・流出メカニズムの解明と、攪乱応答を予測するモデルの構築が喫緊の課題である。

攪乱後の窒素流出に関する研究は、国内外で多数行われてきた。それらによると、攪乱により植物の養分吸収の停止、土壌有機物の量的・質的变化、土壌微生物活性の変化など、植物-土壌間での窒素内部循環系が変化する。その結果土壌中に、植物の需要を上回った余剰の硝酸態窒素が増大し、系外へと流出する、と説明される。北米で開発された植物の光合成・蒸発散を基軸に炭素・窒素循環まで拡張した集中型モデル PnET-CN では、伐採や施肥などの攪乱に対する植物-土壌間の内部循環量の変動を予測できる。この中で、溪流への窒素流出は、土壌中に余剰となった硝酸態窒素がそのまま溪流へ流出するように記述されている。

一方、日本の森林立地環境は、降水量が多く地形が急峻な条件下にあり、土壌表層から溪流に至る水文過程も、窒素流出を規定する重要な要因であることが指摘されている。実際、皆伐や間伐後における渓流水の硝酸態窒素濃度変化を世界各地でまとめると、日本の森林の方が欧米よりもピーク到達時間、回復時間が遅い傾向が見られ、土壌から溪流に至る水文過程の重要性が示唆されている。そのため、攪乱が進行する日本の森林集水域における窒素保持・流出を精度良く予測するためには、PnET-CN モデルに記述されているような内部循環過程に加えて、土壌から溪流に至る水文過程(たとえば分布型流出モデルの TOPMODEL など)を組み込んだモデルの構築が望まれる。内部循環・流出過程を統合したモデルのパラメタリゼーションに向けて、攪乱の加わった森林集水域における窒素循環・流出に関する時空間データを集約し、溪流へ流出する窒素の濃度や流出量を規定する要因を抽出する必要がある。しかしながら、国内の既往研究では個別の研究事例の報告にとどまっており、窒素流出の規定要因に関する知見は限定的である。

## 2. 研究の目的

本研究では、国内の森林において数年間に渡って渓流水質の調査を行っている集水域、隣接した集水域で渓流水質を調査した森林を対象に、窒素流出の時空間的な変化を規定する要因を明らかにすることを目的とした。また、PnET モデル及び TOPMODEL を当該調査集水域に適用し、窒素流出モデルを構築することを目的とした。

## 3. 研究の方法

主な調査対象地は、関西北部に位置する京都大学芦生研究林内の冷温帯針広混交林からなる集水域(京都府南丹市)、および北海道道東地方に位置する京都大学北海道研究林の冷温帯落葉広葉樹林からなる集水域(標茶町)である。芦生研究林では、シカによる食害が甚大となっており、集水域全体をシカ排除柵で囲った調査地(13ha)と、対照集水域(7ha, 19ha)を対象として、10年以上に渡り月1-2回の頻度で採水を行った。北海道研究林では、140haの森林集水域を対象に、8年間月1-2回の頻度で採水を行った。水質の測定にあたっては、現場で0.45 $\mu$ mのフィルターでろ過し、実験室にてイオンクロマトグラフィ法により主要アニオン、主要カチオンの分析を行った(Dionex社 ICS-90、および島津製作所 LC-20AP)。集水域末端部における流量測定には、水位計(STS社 DL/N70)を設置し、10分間隔で水位を計測し、流量に換算した。また、2017-2019年にかけて、北海道研究林の当該集水域及び周辺の森林集水域を対象に、50地点以上の小集水域から流出する渓流水を採水し、水質の空間分布を把握する調査を行った。水質測定は上記と同様の方法で行った。

モデルの検討には、PnET-CN モデルおよび TOPMODEL を適用し、芦生研究林の測定データを使用した。各モデルは、web サイト上でダウンロードしたものを使用した。入力パラメータについて、気象データ、植生データについては当該集水域で得られた測定値を極力使用することとし、実測値の無いパラメータについては、植生の似た地域で得られた値やデフォルトの値を使用した。

## 4. 研究成果

芦生研究林及び北海道研究林森林から流出する渓流水中の溶存態窒素濃度のうち、平水時で

は 70-80%程度が硝酸態窒素であったことから、以下では主に硝酸態窒素濃度の形成要因を検討した。

芦生研究林では、期間中の無機態窒素降下量が平均して約 12kg/ha/yr に対して、集水域からの無機態窒素流出量が 2.4 (シカ柵集水域内) ~4.5 (シカ柵集水域外) kg/ha/yr であった。シカ柵で囲った集水域と、シカ柵で囲わなかった対照集水域において、各年の下層植生の被度と渓流水の硝酸態窒素濃度の平均値をプロットしたところ、負の相関を示した (図 1)。このことから、個体群密度の増加したシカによって下層植生を過剰採食された森林では、シカ排除にともなう回復する下層植生によって渓流水の硝酸態窒素濃度が低下したことが示された。シカ柵内外の集水域間で、下層植生の窒素吸収量推定値の差異と、溪流への窒素流出量の差異を比較し、窒素収支の観点から解析したところ、シカによって消失した下層植生の窒素吸収量に相当する量が、溪流への硝酸態窒素流出に匹敵することが示された。これまで林冠の閉鎖した森林の物質循環研究において、下層植生の存在はバイオマス量としても上層木の 100 分の 1 以下程度であり、十分に考慮されてこなかったが、窒素流出を規定する要因として重要であることが分かった。

北海道研究林の集水域では、期間中の無機態窒素降下量の平均値が約 2.5kg/ha/yr に対して、無機態窒素流出量が 8.4kg/ha/yr であり、流出過剰の状態であった。北海道研究林は、周囲を放牧・耕作地で囲まれており、林縁部では周囲から揮散したガス態・粒子態のアンモニアが集中的に沈着する可能性が考えられた。そのため、林縁と林内での林内雨による窒素沈着量を比較したところ、年間を通して林縁の窒素沈着量が 5.3kg/ha/yr と、林内の沈着量 4.2kg/ha/yr よりも 1.3 倍程度高いことが明らかとなった。しかしながら、林縁の沈着量の値にしても、当該集水域の窒素流出過多の結果となった。また、水収支の結果、年降水量が平均して約 1100mm に対して、年河川流量が約 2200mm となり、明らかに水収支が閉じておらず、これが窒素流出過多を引き起こしているものと推察された。

北海道研究林における水質の空間分布を調査した結果、林縁に近い河川水、及び河川次数が 2 次以上の下流に位置する河川水で硝酸態窒素濃度が高い傾向が認められた (図 2)。林縁に近い河川水では、林縁において増加する窒素沈着の影響が推察されたが、下流河川では別の要因が寄与している可能性が考えられる。河川の流下に伴う比流量の変化を見たところ、支流の合流とは無関係に不規則に比流量が増大する地点が見られ、その付近では河床からの湧水が確認された。湧水の水質を測定すると、硝酸態窒素のほか、ナトリウムや塩化物イオン濃度が高かった。この河床湧水と、斜面から湧出する谷壁湧水の混合によって、下流河川の水質が説明されることが示された (図 3)。この河床湧水の起源については、北海道研究林を囲む耕作・放牧地から浸透する堆肥や化学肥料由来の成分を含む地下水であるものと推察される。水以上の観測結果から、森林集水域の窒素流出を規定する要因として、地域によっては集水域外から地下水湧出によって河川へと流入する窒素量も加味する必要があることが分かった。

芦生研究林の集水域において、PnET-CN モデル及び TOPMODEL の適用を試みた。PnET-CN モデルでは、月流量のパターンは概ね再現できたが (図 4a)、冬季の積雪期及び春季の融雪期の再現性に課題が残った。これは窒素流出量についても同様であった。一方、TOPMODEL では、時間流量の変動について降雨出水時のピーク値の再現性が悪く (図 4b)、月流量に積算しても実測値と乖離する結果となった。

以上の結果を通して、集中型モデル (PnET-CN など) と分布型モデル (TOPMODEL など) を結合して窒素流出を詳細に予測可能とするために、降雨時の水流出過程についてより詳細な水文解析を行い、TOPMODEL の再現性を向上させること、下層植生や集水域外からの窒素流出の影響を加味した水・物質収支を検討していくことが、今後の課題として挙げられた。

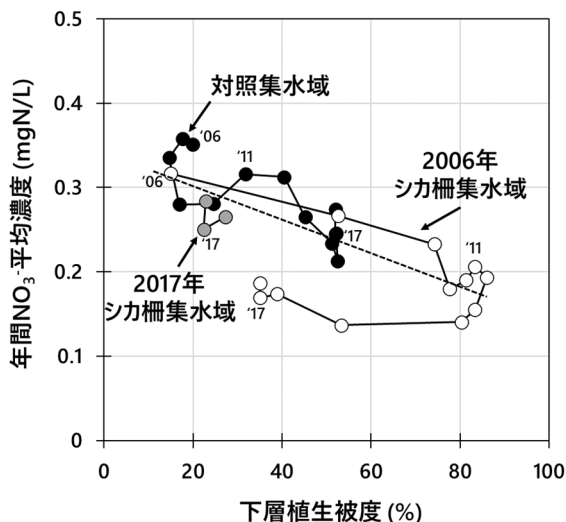


図 1 芦生研究林における下層植生の被度と渓流水の硝酸態窒素濃度の年平均値の関係

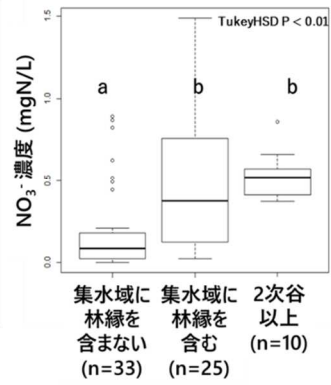
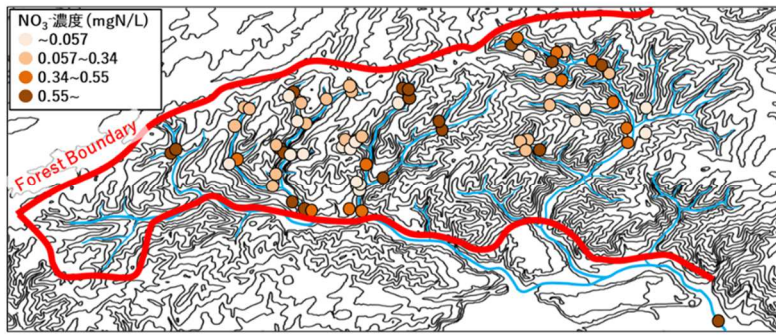


図2 北海道研究林における渓流水の硝酸態窒素濃度の空間分布

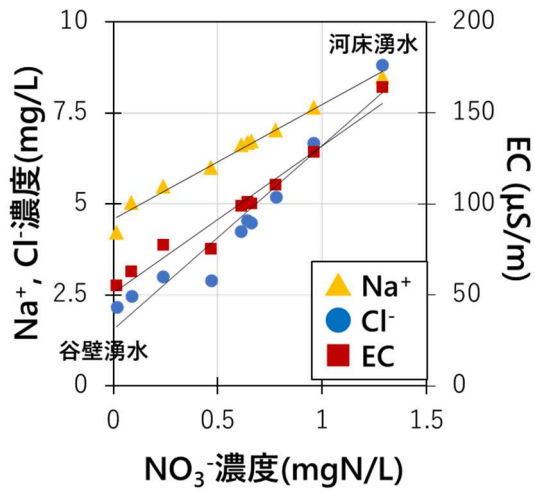


図3 北海道研究林における渓流水の硝酸態窒素濃度とEC, ナトリウムイオン, 塩化物イオン濃度の関係。各地点の渓流水は、河床湧水と谷壁湧水の混合によって、説明できる。

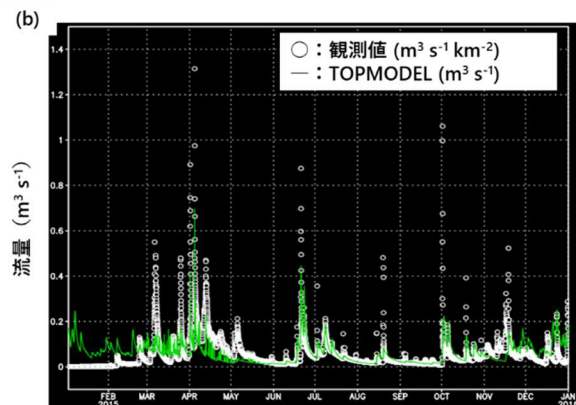
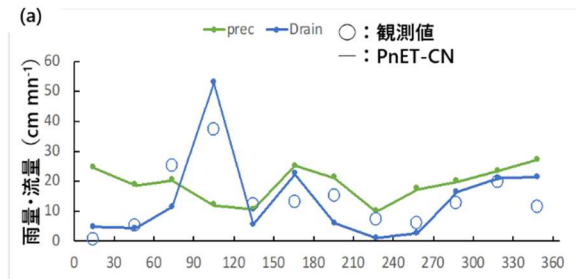


図4 芦生研究林における月別流量の実測値と PnET-CN モデルの予測値 (a), および時間流量の実測値と TOPMODEL の予測値 (b)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 福島慶太郎	4. 巻 50
2. 論文標題 酸性降水物による森林生態系の物質循環への影響：乾性沈着の重要性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 環境技術	6. 最初と最後の頁 19～23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Nagano Hirohiko, Nakayama Masataka, Katata Genki, Fukushima Keitaro, Yamaguchi Takashi, Watanabe Makoto, Kondo Toshiaki, Atarashi-Andoh Mariko, Kubota Tomohiro, Tateno Ryunosuke, Koarashi Jun	4. 巻 67
2. 論文標題 Soil microbial community responding to moderately elevated nitrogen deposition in a Japanese cool temperate forest surrounded by fertilized grasslands	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 606～616
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/00380768.2021.1974799	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 Mizuki Inoue, Ito Hiroki, Yamasaki Michimasa, Fukumoto Shigeru, Okamoto Yuuki, Katsuki Masaya, Fukushima Keitaro, Sakai Masaru, Sakaguchi Shota, Fujiki Daisuke, Nakagawa Hikaru, Ishihara Masae Iwamoto, Takayanagi Atsushi	4. 巻 15
2. 論文標題 Seasonal and annual fluctuations of deer populations estimated by a Bayesian state-space model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0225872
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0225872	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 Kubota T., Kuroda H., Watanabe M., Takahashi A., Nakazato R., Tarui M., Matsumoto S., Nakagawa K., Numata Y., Ouchi T., Hosoi H., Nakagawa M., Shinohara R., Kajino M., Fukushima K., Igarashi Y., Imamura N., Katata G.	4. 巻 243
2. 論文標題 Role of advection in atmospheric ammonia: A case study at a Japanese lake basin influenced by agricultural ammonia sources	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 117856
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.atmosenv.2020.117856	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 Kobayashi Kanae, Fukushima Keitaro, Onishi Yuji, Nishina Kazuya, Makabe Akiko, Yano Midori, Wankel Scott D., Koba Keisuke, Okabe Satoshi	4. 巻 35
2. 論文標題 Influence of 180 of water on measurements of 180 of nitrite and nitrate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Rapid Communications in Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/rcm.8979	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 Tatsumi Chikae, Hyodo Fujio, Taniguchi Takeshi, Shi Weiyu, Koba Keisuke, Fukushima Keitaro, Du Sheng, Yamanaka Norikazu, Templer Pamela, Tateno Ryunosuke	4. 巻 11
2. 論文標題 Arbuscular Mycorrhizal Community in Roots and Nitrogen Uptake Patterns of Understory Trees Beneath Ectomycorrhizal and Non-ectomycorrhizal Overstory Trees	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 583585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2020.583585	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 Yamamoto Mitsuo, Liu Dan, Fukushima Keitaro, Yokoyama Katsuhide	4. 巻 233
2. 論文標題 The influence of freshwater from terrestrial sources on the concentrations of iron in Kesenuma Bay, Japan, after the 2011 tsunami	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 106408 ~ 106408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2019.106408	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 Nagasawa Koki, Setoguchi Hiroaki, Maki Masayuki, Goto Hayato, Fukushima Keitaro, Isagi Yuji, Suyama Yoshihisa, Matsuo Ayumi, Tsunamoto Yoshihiro, Sawa Kazuhiro, Sakaguchi Shota	4. 巻 -
2. 論文標題 Genetic consequences of plant edaphic specialization to solfatara fields: Phylogenetic and population genetic analysis of <i>Carex angustisquama</i> (Cyperaceae)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecular Ecology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/mec.15324	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 Fukushima Keitaro, Tokuchi Naoko, Samejima Hiromitsu, Hon Jason, Kano Yuichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Spatial Variations in Dissolved and Particulate Organic Carbon in the Kemena and Tatau Rivers, Sarawak	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Anthropogenic Tropical Forests: Huma-Nature Interfaces on the Plantation Frontier	6. 最初と最後の頁 217 ~ 233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-13-7513-2_12	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 該当する

1. 著者名 Tokuchi Naoko, Samejima Hiromitsu, Hon Jason, Fukushima Keitaro	4. 巻 -
2. 論文標題 Influence of Herbicide Use in Oil Palm Plantations on Stream Water Chemistry in Sarawak	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Anthropogenic Tropical Forests: Human-Nature Interfaces on the Plantation Frontier	6. 最初と最後の頁 209 ~ 216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-13-7513-2_11	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 該当する

1. 著者名 Kuroiwa Megumi, Fukushima Keitaro, Hashimoto Kazuma, Senga Yukiko, Sato Tsubasa, Katsuyama Chie, Suwa Yuichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Measurement of the Potential Rates of Dissimilatory Nitrate Reduction to Ammonium Based on $^{14}\text{NH}_4^+$ / $^{15}\text{NH}_4^+$ Analyses via Sequential Conversion to $\text{N}_2\text{O}$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Experiments	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3791/59562	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 Nagasawa Koki, Setoguchi Hiroaki, Maki Masayuki, Goto Hayato, Fukushima Keitaro, Isagi Yuji, Sakaguchi Shota	4. 巻 6
2. 論文標題 Development and characterization of EST-SSR markers for <i>Carex angustisquama</i> (Cyperaceae), an extremophyte in solfatara fields	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applications in Plant Sciences	6. 最初と最後の頁 e01185 ~ e01185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/aps3.1185	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 Sakaguchi Shota, Horie Kenji, Ishikawa Naoko, Nishio Sae, Worth James R. P., Fukushima Keitaro, Yamasaki Michimasa, Ito Motomi	4. 巻 107
2. 論文標題 Maintenance of soil ecotypes of <i>Solidago virgaurea</i> in close parapatry via divergent flowering time and selection against immigrants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Ecology	6. 最初と最後の頁 418 ~ 435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2745.13034	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 Shibaskai Reo, Shintani Tetsuya, Fukushima Keitaro, Kobayashi Masayuki, Yokoyama Katsuhide	4. 巻 74
2. 論文標題 Observation and Hydrodynamic Simulation of Tidal Current and Seawater Exchange in the Kesenuma Bay, Northeastern Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_631 ~ I_636
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.I_631	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 久保田智大, 堅田元喜, 福島慶太郎, 黒田久雄	4. 巻 52
2. 論文標題 牛舎からのアンモニア揮散が近傍のヒノキ樹木への窒素沈着に及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気環境学会誌	6. 最初と最後の頁 43 ~ 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 牧野 奏佳香, 徳地 直子, 福島 慶太郎, 川上 智規	4. 巻 99
2. 論文標題 富山平野において近接する窒素飽和・非飽和落葉広葉樹林の窒素動態の比較	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本森林学会誌	6. 最初と最後の頁 120 ~ 128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4005/jjfs.99.120	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 Casila JC, Azhikodan G, Yokoyama K, Fukushima K, Terajima R.	4. 巻 73
2. 論文標題 Effect of Rainfall on Saltwater and Suspended Sediment Dynamics in Multi-branched Urban Tidal Estuaries	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers G (Environmental Research)	6. 最初と最後の頁 347 ~ 352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejer.73.1_347	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 該当する

1. 著者名 Fukushima K, Ishii K, Yoshioka T.	4. 巻 22
2. 論文標題 Effects of deer grazing on soil C and N dynamics in Miscanthus sinensis grassland and Quercus serrata forest in Ashiu Research Forest, Japan.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 309 ~ 313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2017.1347030	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 Watanabe Kenta, Fukuzaki Koji, Fukushima Keitaro, Aimoto Michihiro, Yoshioka Takahito, Yamashita Yoh	4. 巻 19
2. 論文標題 Iron and fluorescent dissolved organic matter in an estuarine and coastal system in Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Limnology	6. 最初と最後の頁 229 ~ 240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10201-017-0536-9	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 -

〔学会発表〕 計40件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 堀井幸子・高橋一生・福島慶太郎・大西雄二・滝野翔大・山口珠葉・木庭啓介・古谷研北
2. 発表標題 太平洋亜熱帯循環域における硝酸塩窒素同位体比分布
3. 学会等名 日本海洋学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白井峻太・勝山正則・福島慶太郎・大西雄二・木庭啓介
2. 発表標題 森林流域における湧水・渓流水N03-濃度形成への脱窒の影響とその地点間比較
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋悠太郎・勝山正則・白井峻太・尾坂兼一・福島慶太郎・大西雄二・木庭啓介
2. 発表標題 水抽出方法の違いによる土壌中窒素安定同位体比を用いた脱窒進行程度の比較
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shitphen Wang・小林慧人・檀浦正子・高梨聡・福島慶太郎・大西雄二・北山兼弘・小野田雄介・小南 裕志
2. 発表標題 Seasonal dynamics of carbon allocation between different organs in <i>Phyllostachys edulis</i> (Moso bamboo) forests
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大西雄二・後藤（桜井）晶子・福島慶太郎・木庭啓介
2. 発表標題 バクテリアからの核酸抽出と安定同位体比測定
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木下桂・浦部美佐子・大西雄二・福島慶太郎・木庭啓介
2. 発表標題 安定同位体微量測定を用いた淡水寄生虫類の体サイズと栄養段階の関係
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横井瑞士・福島慶太郎・木庭啓介・宇野裕美
2. 発表標題 河川との接続性の違いが河跡湖の生物群集構造に与える影響
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 倉澤央・大西雄二・福島慶太郎・横井瑞士・木庭啓介・宇野裕美
2. 発表標題 琵琶湖からの遡上魚が河川生物群集に与える影響
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤巻玲路・清本芽生・福島慶太郎・大西雄二・木庭啓介
2. 発表標題 窒素・酸素安定同位体比を用いた落葉広葉樹林の土壌水硝酸態窒素の解析
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大西雄二・倉澤央・木庭啓介・福島慶太郎・山口保彦・宇野裕美
2. 発表標題 琵琶湖流入河川における遡上魚排泄物の河川水中栄養塩濃度への影響
3. 学会等名 日本地球化学会第67回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堅田元喜・久保田智大・黒田久雄・渡邊未来・高橋晃子・中里亮治・樽井美香・松本俊一・中川圭太・沼田康子・大内孝雄・細井寛文・中川恵・篠原隆一郎・梶野瑞王・福島慶太郎・五十嵐康人・今村直広
2. 発表標題 移流の重要性：農業系アンモニア揮散の影響を受けた霞ヶ浦流域における事例研究
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 坂上伸生・迫田翠・竹内琴音・西澤智康・堅田元喜・福島慶太郎・榎本忠夫・高瀬唯・及川真平
2. 発表標題 高速道路法面における除草剤の散布が土壌の化学性および土壌微生物群集に与える影響
3. 学会等名 土壤肥料学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福島慶太郎・岩崎健太・小田義也・境 優・大西雄二・木庭啓介・堅田元喜・山口高志・久保田智大・永野博彦・渡辺誠・小嵐淳
2. 発表標題 放牧・耕作地由来の窒素が分水嶺を超えて森林渓流水質に与える影響
3. 学会等名 2020年度日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木下桂・大西雄二・福島慶太郎・木庭啓介
2. 発表標題 琵琶湖集水域におけるコイ科魚類寄生虫類相と栄養段階：安定同位体測定を用いた解明
3. 学会等名 2020年度日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大西雄二・福島慶太郎・木庭啓介
2. 発表標題 バクテリア核酸の炭素窒素安定同位体比測定
3. 学会等名 2020年度日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林香苗・福島慶太郎・大西雄二・仁科一哉・眞壁明子・押木守・木庭啓介・岡部聡
2. 発表標題 海洋性アナモックス細菌"Ca. Scalindua sp." の酸素同位体分別
3. 学会等名 2020年度日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塀田元喜・渡邊未来・高橋晃子・福島慶太郎・久保田智大・及川真平・高瀬唯・榎本忠夫・坂上伸生
2. 発表標題 高速道路盛土法面の植生が及ぼす大気質への局地的影響の予備的観測
3. 学会等名 第60回大気環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田智大・堅田元喜・黒田久雄・中里亮治・樽井美香・渡邊未来・松本俊一・中川圭太・沼田康子・中川恵・篠原隆一郎・大内孝雄・細井寛文・福島慶太郎・五十嵐康人・今村直広
2. 発表標題 茨城県における大気アンモニア濃度の多地点観測と季節変動要因の解析
3. 学会等名 第60回大気環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡辺誠・則定優成・黄瀬佳之・山口高志・中山理智・福島慶太郎・館野隆之輔・永野博彦・小嵐淳・堅田元喜
2. 発表標題 林縁と林内の窒素沈着量の違いが森林の生産性と光合成窒素利用特性に与える影響
3. 学会等名 第60回大気環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林香苗・福島慶太郎・大西雄二・仁科一哉・眞壁明子・矢野翠・押木守・金田一智規・木庭啓介・岡部聡
2. 発表標題 嫌気性アンモニウム酸化細菌 "Ca. Scalindua sp." の酸素同位体分別の解析
3. 学会等名 微生物生態学会第33回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堅田元喜・福島慶太郎・小嵐淳・山口高志・渡辺誠・永野博彦・中山理智・館野隆之輔
2. 発表標題 空間的に不均一な窒素沈着は天然生落葉広葉樹林の窒素・炭素動態に影響するか？
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 勝山正則・芳賀弘和・福島慶太郎・小田智基・藤本将光・尾坂兼一・永野良平・江草智弘
2. 発表標題 山地源流域間の渓流水平均滞留時間の相違を規定する要因
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福島慶太郎・堅田元喜・山口高志・堀江洋佑・平木隆年
2. 発表標題 六甲山の森林林縁部において林内雨で供給される無機態窒素の組成および量
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永野博彦・安藤麻里子・福島慶太郎・中山理智・堅田元喜・山口高志・渡辺誠・近藤俊明・館野隆之輔・小嵐淳
2. 発表標題 落葉広葉樹林における窒素沈着量と土壤微生物特性の関係
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白井峻太・勝山正則・福島慶太郎・木庭啓介
2. 発表標題 隣接森林流域における脱窒が地下水・渓流水の硝酸イオン濃度に与える影響
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福島慶太郎・橋本和磨・黒岩恵・横山勝英・諏訪裕一
2. 発表標題 震災によって河口域に創出した塩性湿地底泥における硝酸除去プロセス
3. 学会等名 第66回日本生態学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福島慶太郎・伊東康人・尾坂兼一・今村直広
2. 発表標題 ナラ枯れの拡大に伴う渓流水の硝酸態窒素濃度の変化
3. 学会等名 生物地球化学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福島慶太郎・福崎康司・日高渉・白澤紘明・向昌宏・徳地直子・吉岡崇仁
2. 発表標題 由良川における河川水中の養分物質濃度の規定要因
3. 学会等名 第83回日本陸水学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塀田元喜・久保田智大・黒田久雄・福島慶太郎・中里亮治・松本俊一・中川圭太・菊地哲郎・渡邊未来・今村直広・五十嵐康人
2. 発表標題 茨城県における大気アンモニア濃度の多地点観測と排出インベントリーの関係
3. 学会等名 第59回大気環境学会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 久保田智大・堅田元喜・福島慶太郎・黒田久雄
2. 発表標題 畜産由来のアンモニアの局所大気拡散の解析と窒素負荷の定量化
3. 学会等名 第59回大気環境学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Katsuyama M, Haga H, Fukushima K, Oda T, Fujimoto M, Osaka K, Nagano R.
2. 発表標題 Comparison of controlling factors of streamwater mean residence time across headwater catchments using water stable isotope.
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平岡真合乃・福島慶太郎・水垣滋・境優・五味高志
2. 発表標題 シカ食害を受けた冷温帯流域における浮遊土砂流出: 対照流域法による比較
3. 学会等名 平成30年度砂防学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴江卓也・中島皇・山下貴之・増尾貴裕・福島慶太郎
2. 発表標題 天然林流域からの流出(V)-台風イベントによる粗粒状有機物の流出-
3. 学会等名 平成30年度砂防学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堅田元喜・福島慶太郎・小嵐淳・山口高志・渡辺誠・館野隆之輔
2. 発表標題 森林源流域から進行する窒素飽和メカニズムの解明と森林炭素蓄積能力への影響評価
3. 学会等名 第65回日本生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口高志・堅田元喜・堀江洋佑・福島慶太郎
2. 発表標題 摩周湖外輪山における景観変化の検証-大気環境と地域環境に着目して-
3. 学会等名 第65回日本生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 相場寿秀・山崎理正・高柳敦・藤木大介・井上みずき・福島慶太郎・境優・阪口翔太
2. 発表標題 大規模防鹿柵は森林性のアリに影響するのか?-設置後10年で見えた変化-
3. 学会等名 第65回日本生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本勇貴・井上みずき・福本繁・福島慶太郎・境優・阪口翔太・藤木大介・高柳敦・山崎理正
2. 発表標題 時系列解析を利用した車窓からのシカ目撃個体数の年次変動
3. 学会等名 第65回日本生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 真鍋遼・福島慶太郎・阪口翔太・石川直子・伊藤元己・西野貴子
2. 発表標題 サワシロギク生態型の発芽と生長における微生物の影響
3. 学会等名 日本植物分類学会第17回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀江洋佑・山口高志・堅田元喜・福島慶太郎・平木隆年
2. 発表標題 六甲山における林内雨-林外雨法による霧水沈着量推定及び霧水・雨水中の成分濃度比較
3. 学会等名 第58回大気環境学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Katata G, Yamaguchi T, Horie Y, Fukushima K, Hiraki T.
2. 発表標題 How to estimate local-scale fogwater deposition at forest stands? - multi-point observational approach.
3. 学会等名 IUFRO Tokyo 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017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
---------------------------	-----------------------	----

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