

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03029

研究課題名（和文）マングローブ根圏の広がり把握する 植物が土壌窒素動態に及ぼす影響の高解像度調査

研究課題名（英文）Comprehending the range of the mangrove rhizosphere - An investigation of plants effects on soil nitrogen dynamics at high spatial resolution

研究代表者

小山 里奈 (Koyama, Lina)

京都大学・情報学研究科・准教授

研究者番号：50378832

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）： マングローブ林は熱帯・亜熱帯の沿岸域に分布し、干満によって定期的に土壌が冠水する環境に成立する。土壌は低酸素状態、養分物質の流出など、植物の生育にとって過酷な環境である。植物は窒素源として主に土壌中のアンモニア態窒素と硝酸態窒素を利用するとされるが、土壌が貧酸素状態となることの多いマングローブ林では生成に酸素が必要な硝酸態窒素は重視されてこなかった。本研究では、根箱実験でマングローブ植物の植栽実験を行い、植物が土壌に酸素を供給し、土壌微生物がそれを利用して植物の窒素源となり得る硝酸態窒素を生成していること、そのような植物-微生物の関係が数cm以下の空間スケールで生じていることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、マングローブ林における窒素循環の中で、貧酸素土壌条件により重視されてこなかった硝酸態窒素を介した経路において、植物による土壌微生物への酸素供給という面からの植物の寄与を明らかにし、その空間スケールを示したことにありと考える。また、土壌養分条件の調査手法としてこれまでに国内で適用例のなかった微小透析法について検証を行い、土壌タイプが結果に与える影響を示した。その結果、一定の条件下では微小透析法の結果は従来手法による調査結果との直接の対応関係を示すことが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）： Mangrove forests are established in environments where the soil is regularly flooded by tides in tropical and subtropical coastal areas. It is a harsh environment for plant growth due to soil hypoxia and nutrient run-off. Plants generally use ammonium and nitrate in the soil as a N source, but in mangrove forests, where the soil is often anaerobic, nitrate, which requires oxygen for production, has not been considered important. In this study, a root-box experiment was conducted with a mangrove species, showing that plants supply oxygen to the soil, which is used by soil microbes to produce nitrate that can serve as a N source for plants, and that such plant-microbe relationships occur on a small spatial scale of less than a few cm.

研究分野：生態学

キーワード：マングローブ 土壌 窒素循環 硝化 土壌微生物

1. 研究開始当初の背景

マングローブ林は、熱帯・亜熱帯の沿岸域に成立する高い生産力と生物多様性を保つ生態系であり、人間社会との関わりの上でも漁業対象種の生息・養殖場所、沿岸の保護、薪炭の供給や水質浄化等の機能を持つ。陸上の森林生態系と比較して、海水の塩分が及ぼす生理的影響に加え、潮汐による定期的な冠水とそれに起因する低酸素土壌、養分物質の流出等、植物の生育にとって過酷な環境の下で高い生物多様性と生産力を保っている。

本研究ではこのような環境の下でマングローブ林が維持されるメカニズムについて、窒素養分条件の側面に着目して研究を行った。河口および沿岸域に分布するマングローブ林の土壌は、ほぼ常時あるいは潮汐により定期的に冠水し、低酸素状態になることが多い。その結果、土壌中の無機態窒素の形態は主にアンモニウム態となると想定され、マングローブ植物の主要窒素源はアンモニウム態窒素であると考えられてきた。しかし、研究分担者の井上らによってマングローブ林の根圏土壌には硝酸態窒素が存在することが示され (Inoue et al. 2011, *Plant Soil*, 339: 471-483)、研究代表者らの研究グループによる調査によりマングローブ植物の一部は高い硝酸態窒素利用能力を持つことも明らかにされた (Koyama et al. 2020 *OrgN2020* ポスター発表)。これらより、マングローブ林ではこれまで想定されてこなかった硝酸態窒素を含めた窒素循環経路が存在することが予想された (図1)。

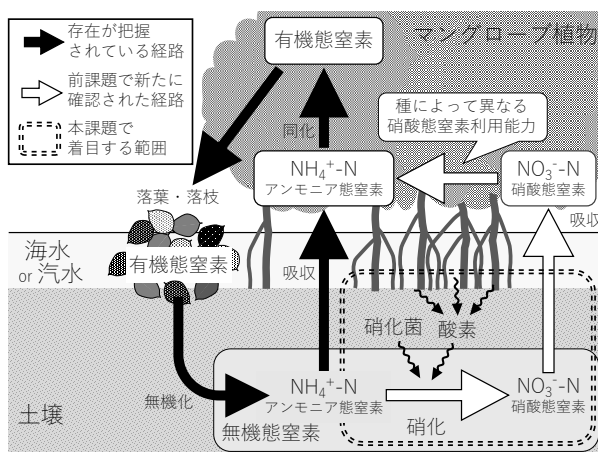


図1 マングローブ林の窒素循環

研究代表者らによる本課題に先立つ研究課題において、低酸素状態の土壌で硝酸態窒素が生成されるメカニズムとして、マングローブ植物が地下部に酸素を取り入れるための気根が土壌にも酸素を供給することで硝酸態窒素が生成され、生成された硝酸態窒素をマングローブ植物が窒素源として利用しており、植物と土壌微生物 (硝酸態窒素を生成するアンモニア酸化微生物) との間に酸素と窒素を供給しあう共生的な関係が成立しているという仮説の検証が試みられた。このような植物-土壌微生物間の共生的関係が成立していれば、過酷な環境下でマングローブ林が成立・維持される機構の一部を成すと期待される。しかし、植物の硝酸態窒素利用能力については検証されたものの、土壌中に局所的に検出された硝酸態窒素の分布ははっきりとした植物根の分布との関係を示さず、より高い空間解像度での調査が必要であることが示唆された。

2. 研究の目的

本研究は、このマングローブ植物-土壌微生物間の共生的関係が微小な空間スケールでは存在しているのか、マングローブ植物と土壌微生物の共生的な関係が、空間的・時間的にどこまで広がっており、マングローブ生態系の物質循環においてどれほどの寄与があるのかを明らかにすることを目指した。

3. 研究の方法

【根箱実験】

マングローブ植物のオヒルギ (*Bruguiera gymnorhiza*) 実生苗を厚さ 3.5cm の根箱に植栽し、植物の根が根圏の酸素濃度、土壌溶液中の窒素濃度、土壌中の窒素現存量、

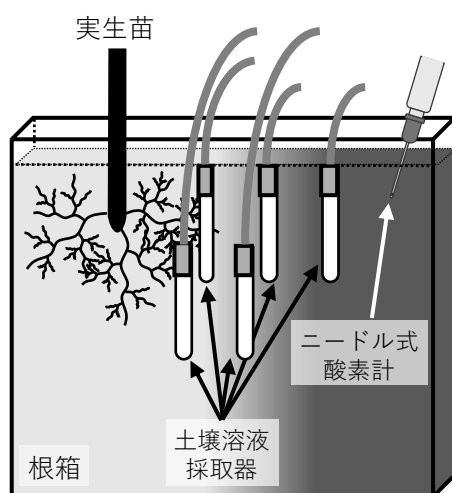


図2 根箱実験の設定

オヒルギ実生苗を厚さ 3.5cm の根箱に植栽し、根からの距離と深度が異なる位置に吸引式土壌溶液採取器を設置して土壌溶液の採取を行った。また同じ位置にニードル式酸素計を挿入して酸素濃度の測定を行った。

土壤微生物相に及ぼす影響を調査した (図 2)。栽培培地として滅菌した川砂を用い、ホーグランド溶液を一部改変し、窒素源として硝酸態窒素を含まず、アンモニア態窒素のみを含む溶液を定期的に施肥した。酸素濃度の測定、土壤溶液採取器 (DIK-300A、大起理化工業製) を用いた土壤溶液の採取を 2 週間ごとに行い、植栽から 12 週目、18 週目、30 週目、54 週目には一部の根箱を解体して土壤と植物のサンプルを採取した。土壤溶液に関しては硝酸態窒素濃度、アンモニア態窒素濃度、pH が測定され、土壤サンプルについては、根量、硝酸態窒素現存量、アンモニア態窒素現存量、溶存有機態炭素現存量を測定した。また、土壤サンプルを対象に定量 PCR によって土壤微生物の調査を行った。総バクテリア量の指標として 16S rRNA 遺伝子、アンモニア酸化細菌 (AOB)、アンモニア酸化古細菌 (AOA) についてはアンモニア酸化遺伝子 (*amoA*) のコピー数を測定した。

【微小透析法による養分条件の評価】

高い空間解像度で土壤中の養分物質の分布を調査する手法として、微小透析法の適用を試みた。微小透析法は、土壤に直径約 0.22 mm・長さ 1~3 cm の微小透析プローブを挿入して土壤中の物質を採取する手法である (図 3)。土壤にプローブを挿入し、ポンプでプローブ入口から溶媒を流し込み、プローブ出口から溶媒を回収する。溶媒がプローブ内を通過する間に、プローブ表面の半透膜を通じてプローブ周辺の物質が拡散により溶媒に移動することを利用して土壤中の物質を採取する (図 4)。本手法は元々 1970-80 年代に生物医学分野で生物体内の物質を非侵襲的に採取する手法として開発され、比較的近年になって土壌

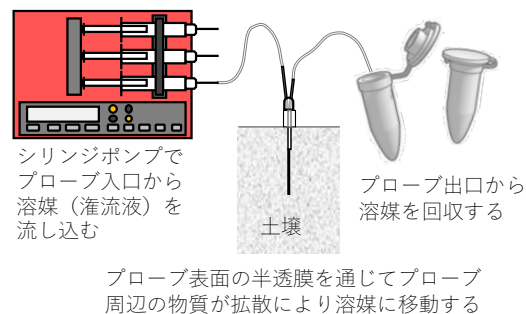


図 3 微小透析法の原理 (Buckley et al. 2017 より改変)

条件の攪乱を最低限に抑えながら養分物質等を採取する方法として生態学・土壌学・農学の分野へも適用されるようになってきた (e.g., Buckley et al. 2017 *Soil Biol Bio-chem* 114, 93-103)。土壌の物理的攪乱が極めて小さいことが特徴であるが、従来用いられてきた手法による土壌養分条件との対応関係については精査が必要な段階である。

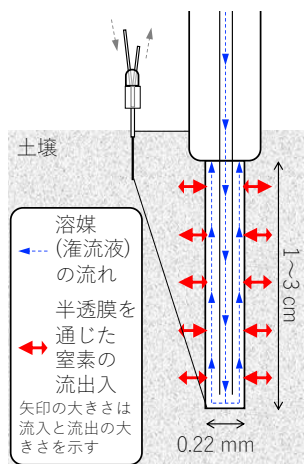


図 4 微小透析プローブによる土壤中の養分物質回収の原理 (Buckley et al. 2017 より改変)

本研究ではまず、微小透析によって調査された養分条件と、根箱実験で適用された土壤溶液採取器 (DIK-300A) で採取された土壤溶液中の養分濃度および土壤の KCl 抽出により測定された養分現存量との比較を行った。50mL チューブに充填した土壤に、3 段階の異なる養分濃度の溶液を添加したものを対象とし、3 つの異なる手法により養分条件を調査した。養分として、負電荷を帯びる土壤粒子に吸着する陽イオンであるアンモニア態窒素と土壤粒子に吸着しない陰イオンである硝酸態窒素の両方を同時に添加した。また、土壤タイプの影響を把握するために、森林土壌と川砂に対して同じ処理を行って比較した。

4. 研究成果

【マングローブ植栽が土壤に及ぼす影響】

植栽後の土壤からはアンモニア酸化遺伝子 (*amoA*) が検出され、硝化微生物の存在が確認された。また、アンモニア酸化古細菌 (AOA) がアンモニア酸化細菌 (AOB) よりもコピー数が大きく、主に硝化に寄与していたと考えられる。土壤が低酸素状態に到達して以降、土壤溶液および土壤抽出液からはほぼ硝酸態窒素は検出されなかった。それに対して、AOA の *amoA* は土壤が低酸素状態になってからも検出され続け、さらに、54 週目の測定では実生の植栽位置に近い土壤で AOA の検出が高く、採取された根に付着していた土壤中でも高かった。窒素源としてアンモニア態窒素が定期的に供給されていたが、土壤溶液中のアンモニア態窒素濃度は低く、土壤中

のアンモニア態窒素現存量は時間とともに低下する傾向が見られた。18 週目と 30 週目には根箱の排水口からの排水にアンモニア態窒素が検出され、供給された窒素の一部がそのまま流出したことが考えられるが、54 週目には土壌中のアンモニア態窒素現存量は低く、排水にもアンモニア態窒素は含まれていなかった。これらの結果は、供給されたアンモニア態窒素の少なくとも一部は AOA によって硝化されたが、生成された硝酸態窒素は消費されたことを示唆する。硝酸態窒素の消費者としては植物と微生物が考えられ、脱窒菌による脱窒が生じていると推定されたが、さらなる検証を必要とする。実験開始から 6 週目以降、土壌は湛水状態に保たれ、22 週目で 4cm 深の土壌が低酸素状態に到達した。これ以降、AOA の利用していた酸素源として、地表からの供給はなかったと考えられ、植物から供給されていた可能性が高い。実験に用いた実生苗でも、根には通気組織が形成されていたが、気根はまだ発生していなかった。気根と実生に生じる根で地上からの酸素供給にどの程度の差があるかも考慮する必要がある。

【微小透析法を用いた土壌養分条件の評価】

川砂および森林土壌に濃度既

知の無機態窒素溶液を添加し、3 種の異なる手法で得たサンプルの硝酸態窒素およびアンモニア態窒素の手法間の対応関係を調査した (図 5)。川砂では比較的、微小透析法の調査結果と土壌溶液採取器によって採取された土壌溶液中の窒素濃度に強い正の相関関係が見られた。しかし、微小透析法と KCl 抽出で調査された土壌中の無機態窒素現存量にはほとんど対応関係が見られなかった。さらに、土壌タイプによっても結果は大きく異なり、森林土壌では川砂よりも手法間の対応関係が弱い傾向が見られた。

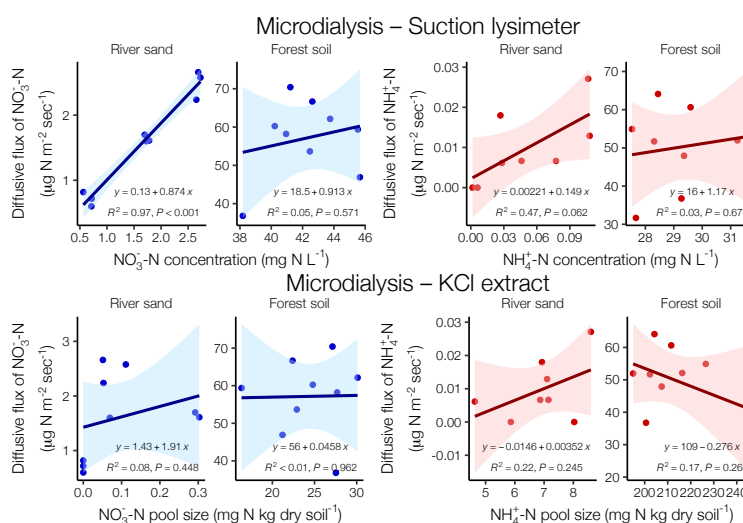


図 5 3 種類の異なる手法 (微小透析、土壌溶液採取、KCl 抽出) で調査された土壌養分間の関係。

上段) 微小透析-土壌溶液採取の関係。下段) 微小透析-KCl 抽出の関係。(青) 硝酸態窒素、(赤) アンモニア態窒素、それぞれについて左図) 川砂、右図) 森林土壌の結果を示す。

微小透析法の結果に影響を与える要因として、土壌タイプやプローブのサイズ(長さ)の他に、灌流の速度の重要性が知られている (Buckley et al. 2017)。概略としては、同じ土壌から微小透析法によりサンプルを採取した場合、灌流速度が低いほど、得られる灌流液中の溶質の濃度は高くなる。しかし、当然ながら灌流速度が低いほど、単位時間あたりに得られるサンプルの量も小さくなる。当初、本手法を野外調査で自然のマングローブ林に適用し、根圏の調査を行う事を検討していたが、潮位の変化がある中で測定に十分な量のサンプルを得るために必要な時間を灌流し続けることは困難であるという結論に至った。

本研究では、栽培環境下での実生苗の植栽が土壌微生物と土壌の窒素養分条件に及ぼす影響を調査した。野外調査に微小透析法を適用して微細な空間スケールの調査を行う事は叶わなかったが、前課題で残されていた疑問であった数 cm~数十 cm 程度の空間スケールでは把握できなかったマングローブ植物の根と土壌微生物との関係について、根箱実験により数 cm 以下のスケールで土壌が植物の根の影響を受けていることを示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Makino Soyoka, Tokuchi Naoko, Akaishi Daisuke, Koyama Lina A., Komai Yukio, Itaya Yoshimi, Maung Nay Lin, Ishimaru Kanae, Oda Tomoki, Shibata Rei, Numamoto Shinya	4. 巻 -
2. 論文標題 Citizen participatory nationwide survey of mountain streamwater chemistry in Japan in 2022: Comparison of nitrate concentrations with the 2003 survey	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Ecological Research	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） 10.1111/1440-1703.12465	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 Inoue Tomomi, Kohzu Ayato, Akaji Yasuaki, Miura Shingo, Baba Shigeyuki	4. 巻 241
2. 論文標題 Diazotrophic nitrogen fixation through aerial roots occurs in <i>Avicennia marina</i> : implications for adaptation of mangrove plant growth to low nitrogen tidal flats	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 1464 ~ 1475
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/nph.19442	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 Akaji Yasuaki, Inoue Tomomi, Kohzu Ayato, Taniguchi Takeshi, Baba Shigeyuki	4. 巻 192
2. 論文標題 <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> forms mycorrhizal associations but <i>Rhizophora stylosa</i> does not: A pot experiment using mangrove soil and Rhizophoraceae seedlings	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Aquatic Botany	6. 最初と最後の頁 103748 ~ 103748
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.aquabot.2023.103748	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 Akaji Yasuaki, Inoue Tomomi	4. 巻 224
2. 論文標題 Effect of soil temperature on the morphological and physiological traits of <i>Kandelia obovata</i> seedlings	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plant Ecology	6. 最初と最後の頁 579 ~ 589
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11258-023-01325-1	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 Oba Kohei, Suenaga Toshikazu, Yasuda Shohei, Kuroiwa Megumi, Hori Tomoyuki, Lackner Susanne, Terada Akihiko	4. 巻 39
2. 論文標題 Quest for Nitrous Oxide-reducing Bacteria Present in an Anammox Biofilm Fed with Nitrous Oxide	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Microbes and Environments	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) 10.1264/jsme2.ME23106	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 該当する

1. 著者名 Inoue Tomomi, Akaji Yasuaki, Baba Shigeyuki, Noguchi Ko	4. 巻 237
2. 論文標題 Temperature dependence of O ₂ respiration in mangrove leaves and roots: implications for seedling dispersal phenology	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 100 ~ 112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.18513	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 Inoue Tomomi, Akaji Yasuaki, Kohzu Ayato, Hinokidani Ko, Adachi Hiroshi, Kezuka Mio, Baba Shigeyuki	4. 巻 479
2. 論文標題 Relationship between plant growth and soil chemical properties in a mangrove afforestation stand, Kiribati	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant and Soil	6. 最初と最後の頁 559 ~ 571
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11104-022-05545-8	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 Oba Kohei, Suenaga Toshikazu, Kuroiwa Megumi, Riya Shohei, Terada Akihiko	4. 巻 56
2. 論文標題 Exploring the Functions of Efficient Canonical Denitrifying Bacteria as N ₂ O Sinks: Implications from ¹⁵ N Tracer and Transcriptome Analyses	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 11694 ~ 11706
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.2c02119	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 Senga Yukiko, Sato Tsubasa, Shibaki Kanae, Kuroiwa Megumi, Nohara Seiichi, Suwa Yuichi	4. 巻 14
2. 論文標題 Alteration of Dissimilatory Nitrate Reduction Pathways in the Intertidal Sediment during Macroalgae Blooms	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 3022 ~ 3022
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w14193022	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 Inoue Tomomi, Yamada Yusuke, Noguchi Ko	4. 巻 45
2. 論文標題 Growth temperature affects O ₂ consumption rates and plasticity of respiratory flux to support shoot growth at various growth temperatures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant, Cell & Environment	6. 最初と最後の頁 133 ~ 146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pce.14217	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 Akaji Yasuaki, Inoue Tomomi, Taniguchi Takeshi, Baba Shigeyuki	4. 巻 472
2. 論文標題 Arbuscular mycorrhizal fungal communities of a mangrove forest along a salinity gradient on Iriomote Island	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant and Soil	6. 最初と最後の頁 145 ~ 159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11104-021-05193-4	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 Inoue Tomomi, Akaji Yasuaki, Noguchi Ko	4. 巻 129
2. 論文標題 Distinct responses of growth and respiration to growth temperatures in two mangrove species	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 15 ~ 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/aob/mcab117	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 Zhou Yiwen, Zhao Shuting, Suenaga Toshikazu, Kuroiwa Megumi, Riya Shohei, Terada Akihiko	4. 巻 428
2. 論文標題 Nitrous oxide-sink capability of denitrifying bacteria impacted by nitrite and pH	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 132402 ~ 132402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cej.2021.132402	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 Okubo Takashi, Toyoda Atsushi, Fukuhara Kohei, Uchiyama Ikuo, Harigaya Yuhki, Kuroiwa Megumi, Suzuki Takuma, Murakami Yuka, Suwa Yuichi, Takami Hideto	4. 巻 28
2. 論文標題 The physiological potential of anammox bacteria as revealed by their core genome structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 DNA Research	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) 10.1093/dnares/dsaa028	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 Koyama Lina A., Kielland Knut	4. 巻 36
2. 論文標題 Seasonal changes in nitrate assimilation of boreal woody species: importance of the leaf-expansion period	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 941 ~ 951
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00468-021-02259-9	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 該当する

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 黒岩 恵, 村井 沙妃, 川面 佑登, 寺田 昭彦, 利谷 翔平, 安田 昌平, 諏訪 裕一, 高見 英人
2. 発表標題 アナモックスと共生細菌の関係に着目したアナモックスアバundance制御 因子の探索
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上智美, 高津文人, 赤路康朗, 下野綾子
2. 発表標題 マングローブ植物の地上根通気組織と窒素固定/Nitrogen diffusion and diazotrophic fixation through mangrove aerial roots
3. 学会等名 日本生態学会第70回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小山里奈
2. 発表標題 微小透析法を用いた土壌の窒素可給性の評価：従来手法との比較の試み/ Evaluation of Soil Nitrogen Availability Using Microdialysis Method: An Attempt to Compare with Conventional Methods
3. 学会等名 日本生態学会第70回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tamaki Morioka, Lina A. Koyama, Tomomi Inoue, Megumi Kuroiwa, Tomohiro Yokobe, Ryunosuke Tateno
2. 発表標題 Facilitation of soil nitrate production by mangrove roots in hypoxic soil condition
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上智美, 赤路康朗, 野口航
2. 発表標題 ヒルギ科3種の葉と根の呼吸速度の温度依存性
3. 学会等名 日本生態学会第69回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 赤路康朗, 井上智美, 高津文人, 谷口武士
2. 発表標題 塩ストレスがヒルギ科マングローブ二種の菌根共生と養分吸収に及ぼす影響
3. 学会等名 日本生態学会第69回全国大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Inoue Tomomi, Kohzu Ayato, Akaji Yasuaki, Miura Shingo, Baba Shigeyuki, Oshiro Nozomi, Kezuka Mio, Kainuma Mami, Tokuoka Harumi, Naruse Tohru	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer, Singapore	5. 総ページ数 609
3. 書名 Mangroves of Japan. In: Das, S.C., Pullaiah, Ashton, E.C. (eds) Mangroves: Biodiversity, Livelihoods and Conservation	

〔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	井上 智美 (Inoue Tomomi) (80435578)	国立研究開発法人国立環境研究所・生物多様性領域・主幹研究員 (82101)	
研究分担者	黒岩 恵 (Kuroiwa Megumi) (00761024)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・助教 (12605)	

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