

令和 2 年 5 月 20 日現在

機関番号：82101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04941

研究課題名(和文) マングローブ植物への新たな窒素供給経路の検証—呼吸根通気システムと窒素固定

研究課題名(英文) Tracking the route of atmospheric nitrogen to diazotrophs colonizing buried mangrove roots

研究代表者

井上 智美 (Inoue, Tomomi)

国立研究開発法人国立環境研究所・生物・生態系環境研究センター・主任研究員

研究者番号：80435578

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)：マングローブ植物の根圏では高い窒素固定活性が検出されることから、マングローブ植物と窒素固定細菌との相利共生関係が窺える。しかし、頻繁に冠水するマングローブ土壤に生息する細菌への大気窒素ガス供給経路は未知のままである。

本研究によって、マングローブ植物に特徴的な地上根の通気組織が、土中の窒素固定細菌への窒素供給経路となっていることが明らかになった。ヤエヤマヒルギの支柱根の地上部に¹⁵N₂ガスを注入したチャンパーを取り付け、一定時間後に土壤中の根を回収して、地下部の根に¹⁵Nがラベルされているか調べたところ、2時間で>10%のラベルが検出された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

マングローブ植物に特徴的にみられる地上根は、多くの植物学者の興味の対象となってきた。地上根内部には、地下に繋がる空隙(通気組織)が発達しているため、冠水を繰り返す干潟環境に対応した酸素供給経路であると考えられてきている。本研究結果は、ヤエヤマヒルギの地上根通気組織内を大気ガスが移動していることを示した初めての報告である。また、この経路が酸素だけではなく窒素の供給経路にもなっていることが明らかとなり、マングローブ植物の窒素獲得機構に関する新しい知見を得ることが出来た。

この知見は、気候変動緩和の観点において近年注目を浴びているマングローブ生態系の炭素貯留機能の理解にも貢献する。

研究成果の概要(英文)：Nitrogen-fixing activity has been observed in the rhizosphere of mangrove ecosystems, suggesting a close mangrove–diazotroph relationship. In regularly flooded soil, however, the pathway by which atmospheric nitrogen reaches the diazotrophs in the rhizosphere is unknown. This study provides evidence that mangrove aerial roots serve as pathways that supply nitrogen gas to the diazotrophs colonizing buried roots. A plastic chamber was attached on the exposed part of a *Rhizophora stylosa* prop root and ¹⁵N₂ tracer gas was injected into it. The entire root, including the below-ground part, was collected for analysis of ¹⁵N labelling and nitrogenase activity. We detected ¹⁵N labelling in buried root materials 2 h after gas injection. Compared with the ¹⁵N contents in root material from an untreated tree, the increment was >10% in lateral roots.

研究分野：植物生理生態学

キーワード：マングローブ 地上根 窒素固定 安定同位体窒素

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

マングローブ植物が生育する干潟では、潮汐によって窒素が流出してしまうため、低窒素環境になりやすいが、マングローブ植物の根圏から、比較的高い窒素固定活性が検出されることから、マングローブ植物と窒素固定バクテリアとの間に相利共生関係が形成されていることが窺える。もし、マングローブ植物が根圏に生息するバクテリアによって固定される大気ガス由来の窒素を利用することが出来れば、低窒素に陥りがちな干潟でも安定した窒素供給が補償される。しかし、満潮時に冠水してしまうと、水中での N_2 濃度は大気中の $1/69$ (20 で) に、拡散速度は $1/10,000$ にまで低下するため、冠水土壤中の窒素固定バクテリアへの窒素供給は著しく制限されると考えられる。

本課題では、土壤中の窒素固定バクテリアへの窒素供給経路として、マングローブ植物に特徴的に発達している地上根に着目した。地上根は、科をまたいでマングローブ植物に見られる特徴で、根の一部を地上部に露出しており、内部にはガスの通り路となり得る空隙が発達している(通気組織)。これまで、マングローブ植物の地上根は干潟の嫌気環境に対応するためのもので、通気組織を介して土壤中の根に酸素を供給していると推察されてきた。しかし、大気ガスのおよそ 80% が窒素で占められていることを考慮すると、土壤中の窒素固定バクテリアへの窒素供給経路にもなっている可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、アジア・太平洋地域のマングローブ林の主要構成樹種であるヤエヤマヒルギについて、地上根(支柱根)が根圏に生息する窒素固定バクテリアへの窒素供給経路となっていることを、 $^{15}N_2$ トレーサー実験により検証することを第一の目的とした。また、窒素固定バクテリアが生息している部位を明らかにするため、アセチレン還元法により根系各部位のニトロゲナーゼ活性を計測した。

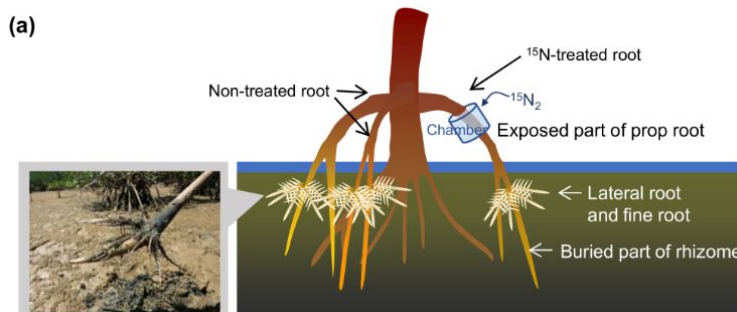
3. 研究の方法

(1) 調査地

調査は西表島船浦湾(24° 21' N, 123° 45' E)のマングローブ林にて行った。林を構成する主要樹種はヤエヤマヒルギで、成木の樹高はおよそ 4-5m、胸高直径はおよそ 4.0 cm、林分密度は $4500ha^{-1}$ だった。

(2) トレーサーガス処理と分析

林分内のヤエヤマヒルギの成木を 2 個体(個体 A、B) 選定し、容積 1L のプラスチック製チャンバーを各個体の支柱根の地上部に密閉するように設置した(図 1 a)。チャンバー内のガスをファンによって均一になるようにし、密閉性を確認した後、300mL のトレーサーガス(99.4 mol% $^{15}N_2$ gas; Shoko Science, Tokyo, Japan) を注入した。ガス注入 2 時間後、地下部を含めた根系



(b)

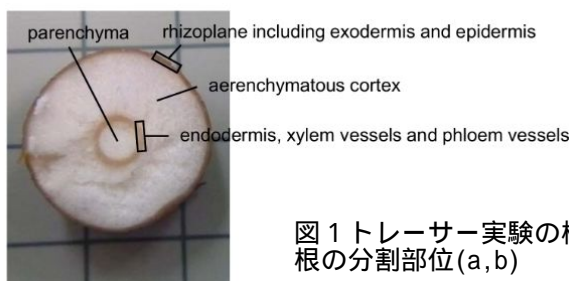


図 1 トレーサー実験の様子 (a) と根の分割部位(a,b)

全てを掘り出して採取した。掘り出した根系の各部位(4(4)根系の分割参照)について 3-16 サンプルを採り、80 で 72 時間乾燥した後、細かく粉碎して、2-3 mg のサンプルをアルミ箔に包み、 ^{15}N を同位体分析-元素分析計(CF/IRMS, system: FlashEA1112/ConFloIII/DeltaPlus Advantage, Thermo Finnigan, San Jose, CA, USA)にて計測した。

計測は、チャンバーを設置した支柱根(the ^{15}N -treated root)、同一個体のチャンバーを設置しなかった支柱根(non-treated roots from the treated tree)と、チャンバー処理をしなかった別の 5 個体の支柱根(untreated roots)について行った。

(3) ニトロゲナーゼ活性の計測

林内の成木 40 個体から支柱根を掘り取り、各部位(4(4)根系の分割参照)のニトロゲナーゼ活性を計測した。根サンプルを 20mL のバイアル瓶に密閉し、アルゴンガスでパージして嫌気環境にした後、2mL のヘッドスペースガスを 100vol%アセチレンガスで置換した。バイアルを 30

の暗所で培養し、バイアル中のガス 0.2mL を 0.3、3、6、9 時間ごとにアルゴンガスと置換しながら採取して、エチレン濃度をガスクロマトグラフィー (GC-4000, GL Science Inc., Tokyo, Japan) で計測した。エチレンの生成速度を直線回帰によって求め、ニトロゲナーゼ活性とした。なお、各サンプルは、2つのバイアル瓶に分け、一つにはアセチレンガスを置換しないでコントロール値とし、アセチレンガスを置換したバイアルのエチレン生成速度からコントロール値を差し引いた。培養 9 時間の間のエチレン生成速度/窒素固定速度 ($^{15}\text{N}_2$ にて測定) 比は 3.20 ± 1.56 (mean \pm SD, $n = 10$) だった。

さらに、林内の成木 20 個体から直径 5 mm 以下の側根を採取し、根の基部から先端に向かって 1 cm 毎にニトロゲナーゼ活性を測定した。

(4) 根系の分割

^{15}N とニトロゲナーゼ活性は、以下に示す根系の部位別に計測した。まず、支柱根を地上部・地下部根茎・側根・細根の 4 部位に分けた (図 1a)。また、地上部と地下部根茎は、表皮・通気組織・中心柱の 3 つに細分した (図 1b)。サンプルの分割の際はサンプル間の混入を避けるため細心の注意を払い、切断に使用したかみそりは 1 カット毎に新品を使用した。

4. 研究成果

(1) ^{15}N トレーサー実験

$^{15}\text{N}_2$ ガスをチャンバーに添加した 2 時間後、チャンバー内から離れた部位の根系組織が ^{15}N でラベルされていることが明らかとなった (図 2)。これにより、(i) 大気ガスが支柱根の通気組

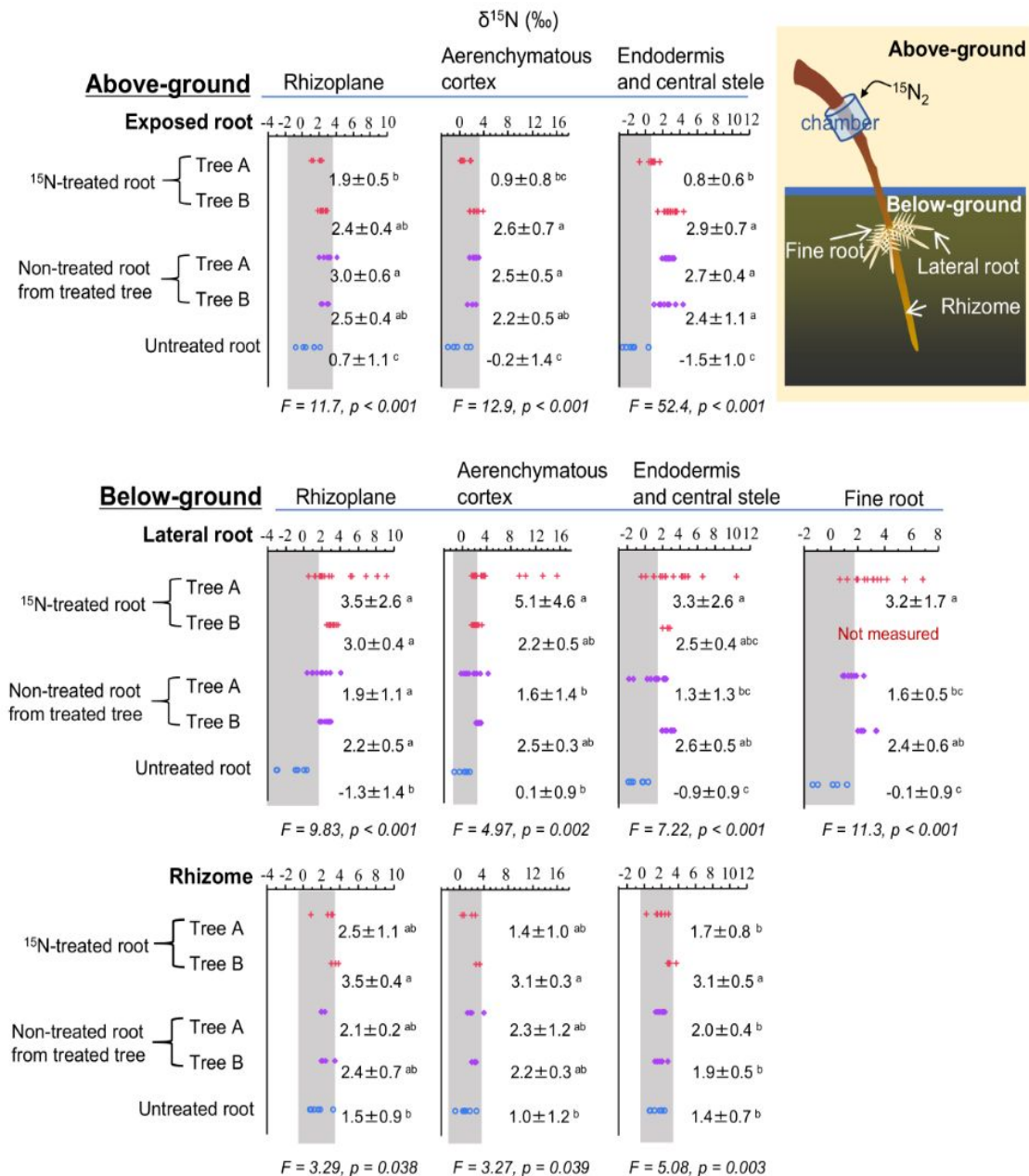


図 2 部位ごとの ^{15}N 値。灰色の領域は untreated roots の 99% 予測区間を示す。

織内に取り込まれ、(ii) 通気組織内を拡散して地下部へ移動して、(iii) 地下部へ移動したガスに含まれる窒素が細菌によって有機物に固定されていることが明らかとなった。マングローブ植物の地上根については、長年、大気ガス(酸素)供給経路であるという推察がされてきていたが、本研究はこのことを科学的に確かめた最初の報告となった。

最も高い ^{15}N 値は、地中 20 cm 深度付近に発達している TreeA の側根に見られた。また、側根の中では、 ^{15}N ラベルは通気組織で最も高く、表皮、中心柱の順となった。Tree B の側根では、表皮の ^{15}N の平均値は untreated root よりも有意に高かった。通気組織と中心柱では統計的な平均値の差異は見られなかったが、いくつかのサンプルは untreated roots の 99% 予測区間より大きな値となった。また、地上部根系の通気組織 (TreeB)、中心柱 (TreeA と B) でも ^{15}N 値の増加が見られた。側根よりも深い場所に埋まっていた根茎については、表皮と中心柱のいくつかのサンプルが untreated roots の 99% 予測区間より大きな値を示した。 ^{15}N 値の増加が部位内においても大きければついてきたことから、窒素固定細菌の分布、もしくは窒素ガスの供給分布が不均一であったことが推察される。

さらに、TreeA と B の両個体とも、チャンバーを設置した個体の別の支柱根 (non-treated roots from treated trees) の地上部表皮と中心柱、地下部側根の表皮、通気組織、中心柱で ^{15}N 値の増加が見られた。このことは、支柱根間をガスが拡散して移動していたことを示している。

(2) 窒素固定活性の分布パターン

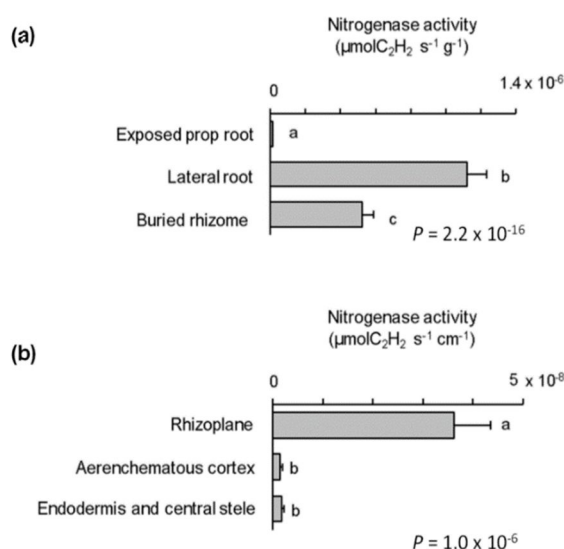


図3 部位ごとのニトロゲナーゼ活性

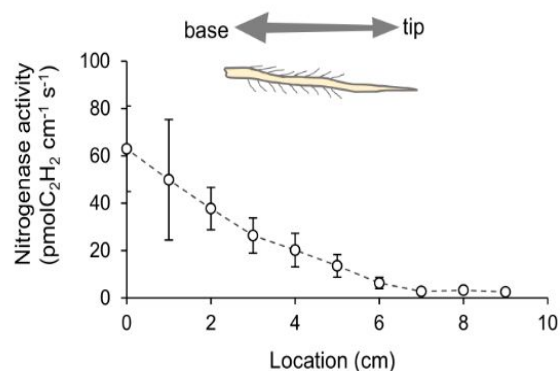


図4 側根の鉛直方向ニトロゲナーゼ活性プロファイル

ニトロゲナーゼ活性は、採取した根系の全ての部位(地上部、側根、地下部根茎)で検出された(図3)。乾重ベースで最も高いニトロゲナーゼ活性は側根で計測され、このことは ^{15}N ラベル実験における ^{15}N 値の増加が側根で最も高かったことと一致していた。以上のことから、窒素固定細菌は主に側根部分に存在し、通気組織を通じて供給される窒素ガスを固定していると考えられる。

地下部根茎の断面ニトロゲナーゼ活性プロファイルは、表皮で高いニトロゲナーゼ活性が検出され、その平均値は通気組織や中心柱の平均値の 20-25 倍であった。窒素固定細菌の供給源である土壌に最も近い根の表皮部分に多くの窒素固定細菌が存在していたと推察される。また、通気組織や中心柱からもニトロゲナーゼ活性が検出されたことから、窒素固定細菌が根の内部や導管内に侵入していることが明らかとなった。

^{15}N ラベル実験における ^{15}N 値の増加が表皮よりも通気組織で高い傾向があったことから、窒素固定細菌による窒素固定は窒素ガスにコンタクトを取りやすい通気組織で主に行われていると考えられる。一方で、表皮でも ^{15}N 値の増加が見られたことは、通気組織を通じて拡散してきた大気窒素ガスが根の表皮にまで達して固定されていたことを示している。

図4に、側根のニトロゲナーゼ活性鉛直プロファイルを示す。20本の側根では個体差が大きかったが、ニトロゲナーゼ活性は基部で高く、先端に行くに従って

減少する傾向が見られた。一般化線形混交モデルで、「細根の有無」と「基部からの距離」を説明変数として、変数の組み合わせによるモデルのAICを比較したところ、両パラメータを含んだモデルがベストモデルとして選択された。細根付近は細菌のエネルギー源となる有機物の滲出が活発であることが一因であるのかもしれない。

(3) 通気組織を通じた窒素ガス供給による窒素固定速度の推定

チャンバーに添加した ^{15}N トレーサーガスは、実験開始時は 27.1vol% に、実験終了時には 11.3 vol% に大気ガス希釈されていた。TreeA の ^{15}N ラベルデータから、側根における窒素固定速度は、希釈効果なしとすると $8.10 \times 10^{-7} \mu\text{mol C}_2\text{H}_2 \text{ s}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (乾重ベース) で、希釈効果ありだとすると $4.78 \times 10^{-6} \mu\text{mol C}_2\text{H}_2 \text{ s}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (乾重ベース) となり、図 3 に示した側根におけるアセチレン活性の実測結果 $1.12 \times 10^{-6} \mu\text{mol C}_2\text{H}_2 \text{ s}^{-1} \text{ g}^{-1}$ とオーダーが一致していた。アセチレン還元速度/ $^{15}\text{N}_2$ 固定速度比は、希釈効果なしでは 1.39、希釈効果ありでは 0.23 となった。理論的には、3mol のアセチレン エチレン還元 (6 電子変換) が 1mol の N_2 アンモニア還元に相当するため、アセチレン還元速度/ $^{15}\text{N}_2$ 固定速度比は 3 になるはずである。しかし、野外におけるアセチレン還元速度/ $^{15}\text{N}_2$ 固定速度比はしばしば理論値を逸脱し、海洋底質の既報値は 0.5-100 である。本研究で得られた計算値 (0.23-1.39) は既報値の中では低い方で、このことは、ヤエヤマヒルギの側根に生息する窒素固定細菌にとって、通気組織経由の窒素ガスが主要な基質となっている可能性を示している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 13件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Akaji Yasuaki, Inoue Tomomi, Tomimatsu Hajime, Kawanishi Ayumi	4. 巻 33
2. 論文標題 Photosynthesis, respiration, and growth patterns of <i>Rhizophora stylosa</i> seedlings in relation to growth temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 1041-1049
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00468-019-01840-7	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 Chan E. W. C., Wong S.K., Inoue T., Chan H.T.	4. 巻 28
2. 論文標題 Phenolic constituents from the root bark of <i>Morus alba</i> with emphasis on morusin and its anti-cancer properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences	6. 最初と最後の頁 75-87
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 Chan E.W.C., Tangah J., Inoue T., Kainuma M., Baba K., Oshiro N., Kezuka M., Kimura N.	4. 巻 8
2. 論文標題 Botany, Uses, Chemistry and Pharmacology of <i>Ficus microcarpa</i> : A Short Review	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Systematic Reviews in Pharmacy	6. 最初と最後の頁 103-111
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5530/srp.2017.1.18	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 該当する
1. 著者名 Chan E. W. C., Tangah J., Baba S., Chan H. T., Kainuma M., Inoue T.	4. 巻 8
2. 論文標題 <i>Caesalpinia crista</i> : A coastal woody climber with promising therapeutic values	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Pharmaceutical Science	6. 最初と最後の頁 133-140
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7324/JAPS.2018.8319	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 Baba S., Chan H.T., Oshiro N., Maxwell G. S., Inoue T., Chan E. W. C.	4. 巻 14
2. 論文標題 Botany, uses, chemistry and bioactivities of mangrove plants IV: <i>Avicennia marina</i> .	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ISME/GLOMIS Electronic Journal	6. 最初と最後の頁 5-10
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 Kimura N., Kainuma M., Inoue T., Chan E.W.C., Tangah J., Baba K., Oshiro N., Okamoto C.	4. 巻 15
2. 論文標題 Botany, uses, chemistry and bioactivities of mangrove plants V: <i>Acrostichum aureum</i> and <i>A. speciosum</i> .	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ISME/GLOMIS Electronic Journal	6. 最初と最後の頁 1-6
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 該当する

1. 著者名 Inoue T., Kainuma M., Baba K., Oshiro N., Kimura N., Chan E. W. C.	4. 巻 6
2. 論文標題 <i>Garcinia subelliptica</i> (Fukugi): A Multi-purpose Coastal Tree with Promising Medicinal Properties	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Intercultural Ethnopharmacology	6. 最初と最後の頁 121-127
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 該当する

1. 著者名 Chan E. W. C., Baba S., Chan H. T., Kainuma M., Inoue T., Wong S. K	4. 巻 7
2. 論文標題 Ulam herbs: A review on the medicinal properties of <i>Anacardium occidentale</i> and <i>Barringtonia racemosa</i>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Applied Pharmaceutical Science	6. 最初と最後の頁 241-247
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 該当する

1. 著者名 WU X Z., WU X., Inoue T.	4. 巻 33
2. 論文標題 Real-time in-situ Simultaneous Monitoring of Dissolved Oxygen and Materials Movements at a Vicinity of Micrometers from an Aquatic Plant by Combining Deflection of a Probe Beam and Fluorescence Quenching	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 351-355
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 該当する

1. 著者名 Baba S., Chan H.T., Kezuka M., Inoue T., Chan E.W.C.	4. 巻 28
2. 論文標題 Artocarpus altilis and Pandanus tectorius: Two important fruits of Oceania with medicinal values.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Food and Agriculture	6. 最初と最後の頁 531-539
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 該当する

1. 著者名 Chan E.W.C., Tangah J., Inoue T., Kainuma M., Baba K., Oshiro N., Kezuka M., Kimura N	4. 巻 8
2. 論文標題 Botany, Uses, Chemistry and Pharmacology of Ficus microcarpa: A Short Review	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Systematic Reviews in Pharmacy	6. 最初と最後の頁 103-111
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 該当する

1. 著者名 Baba, S., Chan, H.T., Kainuma, M., Oshiro, N., Kezuka, M., Kimura, N., Inoue, T.	4. 巻 17
2. 論文標題 Adaptation to climate change through mangrove rehabilitation involving local community participation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ISME/GLOMIS Electronic Journal	6. 最初と最後の頁 4-14
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 該当する

1. 著者名 Chan E. W. C., Wong S.K., Tangah J., Inoue T., Chan H.T.	4. 巻 18
2. 論文標題 Phenolic constituents and anticancer properties of Morus alba (white mulberry) leaves	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Integrative Medicine	6. 最初と最後の頁 189-195
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 該当する

1. 著者名 Yamano H., Inoue T., Adachi H., Tsukaya K., Adachi R., Baba S.	4. 巻 220
2. 論文標題 Holocene sea-level change and evolution of a mixed coral reef and mangrove system at Iriomote Island, southwest Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 166-175
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 Inoue Tomomi, Kohzu Ayato, Shimono Ayako	4. 巻 39
2. 論文標題 Tracking the route of atmospheric nitrogen to diazotrophs colonizing buried mangrove roots	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tree Physiology	6. 最初と最後の頁 1896-1906
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/treephys/tpz088	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, Shimono Ayako, Akaji Yasuaki, Baba Shigeyuki, Takenaka Akio, Tuck Chan Hung	4. 巻 125
2. 論文標題 Mangrove-diazotroph relationships at the root, tree and forest scales: diazotrophic communities create high soil nitrogenase activities in Rhizophora stylosa rhizospheres	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 131-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/aob/mcz164	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

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Moki H., Sohma A., Shibuki H., Toyoda K., Akhand A., Watanabe K., Tokoro T., Inoue T., Yamano H., Banno M., Nakagawa Y., Matsuda H., Kuwae T.
2. 発表標題 The Estimation of CO2 Flux in Subtropical Coastal Ecosystems Using a Numerical Model
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤路康朗、井上智美、富松元、川西あゆみ
2. 発表標題 生育温度がヤエヤマヒルギ実生の生残・成長・光合成に与える影響
3. 学会等名 中国四国地区生物系三学会合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下野綾子、井上智美
2. 発表標題 マングローブ根圏に形成される窒素固定細菌群集
3. 学会等名 第一回環境DNA学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤路康朗、井上智美
2. 発表標題 日中および夜間の生育温度上昇に対するヤエヤマヒルギ実生の形態的・生理的变化
3. 学会等名 日本生態学会第66回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上智美、高津文人、下野綾子
2. 発表標題 マングローブ植物への新たな窒素供給経路の検証 呼吸根通気システムと窒素固定菌
3. 学会等名 日本生態学会第66回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Inoue T., Baba S., Ishihama F., Kawanishi A., Hayashi F., Ohshiro N., Kezuka M., Mochida Y., Chan H.T., Kainuma M., Kimura N., Yamano H., Kuwae T., Matsuda H.
2. 発表標題 Carbon storage of mangrove ecosystems: estimated models and global maps applied their models
3. 学会等名 International Conference on Sustainable Mangrove Ecosystems, Bali, Indonesia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Inoue T.
2. 発表標題 Function of mangrove plants-Roots and soil chemicals
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 井上智美、川西あゆみ、富松元
2. 発表標題 マングローブ植物(メヒルギ)の呼吸特性
3. 学会等名 日本生態学会第64回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Inoue T., Baba S.
2. 発表標題 More collaboration needed to protect Mangrove ecosystems.
3. 学会等名 The International Symposium on Mangroves (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Baba S., Chan H.T., Kainuma M., Oshiro N., Kezuka M., Kimura N., Inoue T.
2. 発表標題 Adaptation to climate change through mangrove rehabilitation involving local community participation.
3. 学会等名 International Conference on Climate Change, Biodiversity and Ecosystem Services for the Sustainable Development Goals (SDGs) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yamano H., Inoue T
2. 発表標題 Conservation and evaluation of the functions of coastal ecosystems for ecosystem-based management of tropical and subtropical islands
3. 学会等名 Environmental Scientists Network for Asia-Pacific Islands (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森岡たまき、小山里奈、黒岩恵、井上智美、松尾奈緒子、大手信人
2. 発表標題 低酸素状態のマングローブ根圏で硝化は起きているのか？ -植物と土壤微生物の相互作用
3. 学会等名 日本生態学会大会第67回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上智美、野口航、赤路康朗
2. 発表標題 マングローブ植物の葉と根の呼吸温度依存特性
3. 学会等名 日本生態学会大会第67回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shimono A., Inoue T.
2. 発表標題 Rhizophore diazotrophic communities developing with mangrove forest formation
3. 学会等名 日本生態学会大会第67回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akaji Y., Inoue T., Taniguchi T., Baba S.
2. 発表標題 Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the roots and soils of two Rhizophoraceae species
3. 学会等名 日本生態学会大会第67回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koyama L.A., Inoue T., Matsuo N.
2. 発表標題 Capacity of two mangrove species, <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> and <i>Rhizophora stylosa</i> , to use nitrate as a N source
3. 学会等名 OrgN2020, International workshop on organic nitrogen and plant nutrition - from molecular mechanisms to ecosystems (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Inoue T.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 373
3. 書名 Blue carbon in Shallow Coastal Ecosystems: Carbon Dynamics, Policy, and Implementation	

1. 著者名 井上智美	4. 発行年 2017年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 212
3. 書名 熱帯・亜熱帯の森マングローブ，島谷幸宏他編，図説日本の湿地	

〔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	下野 綾子 (Shimono Ayako) (30401194)	東邦大学・理学部・講師 (32661)	
研究分担者	高津 文人 (Khozu Ayato) (30514327)	国立研究開発法人国立環境研究所・地域環境研究センター・室長 (82101)	