

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19864

研究課題名（和文）葉内ポリアミンによる光合成低下の補償作用の検証と陸域生態系保全

研究課題名（英文）Compensation for lowered photosynthesis by polyamines and terrestrial ecosystem conservation

研究代表者

石田 厚（Ishida, Atsushi）

京都大学・生態学研究センター・教授

研究者番号：60343787

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：小笠原諸島父島の23種の本木植物において、葉肉CO₂拡散コンダクタンス g_m の高い樹種は、ルビスコのCO₂/O₂比親和性SC/Oが低く、葉寿命LLSが短く、葉面積乾物重LMAが小さく、葉面積タンパク質量PAREAが少ない、という特徴をあわせ持つことが初めて示された。本課題は g_m とルビスコの性質には相補的な関係があることを初めて見出した。この関係は外来種と在来樹種にかかわらず維持され、系統的にも分布的にも広範な樹木種で共通することが主成分分析から示唆された。特に葉肉細胞のCO₂輸送能力の高い種では、葉でのポリアミン生合成が光合成のCO₂固定に関与していることを強く示唆する知見も初めて得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで葉肉CO₂拡散コンダクタンス(g_m)は、葉の物理的特性との関連が指摘されてきた。しかしこの研究により、ルビスコの酵素化学的性質や葉のタンパク質量という生理・生化学的な特徴に依存していることがわかった。また g_m が大きな種ではポリアミンがCO₂固定に役立っており、ポリアミンが樹木の多様なCO₂固定様式をもたらしていることがわかった。またポリアミンとルビスコの相補的な関係と共に、最適な光合成能が変動することがわかってきた。今後温暖化による気候変動が、LMAとLLSを評価軸としたルビスコの相補的な関係の崩れをもたらし、光合成の低下、ひいては樹木や陸域生態系の衰退を導く可能性が初めて示された。

研究成果の概要（英文）：Across coexisting 23 woody plant species in the Ogasawara islands, tree species with higher leaf mesophyll CO₂ diffusional conductance (g_m) have leaf characteristics with lower Rubisco CO₂/O₂ specificity (SC/O), shorter leaf lifespan (LLS), smaller leaf mass per unit area (LMA), and lower leaf protein content (PAREA) along leaf economic spectrum. This study is a first report that there is a complementary relationship between g_m and Rubisco properties. Furthermore, this relationship is maintained regardless of whether the species are native or invasive trees, and it is suggested from principal component analysis that it is common among a wide range of tree species both taxonomically and geographically. Particularly, in leaves of tree species with high CO₂ transport capacity in leaf mesophyll cells, it suggests for the first time that polyamine biosynthesis within leaves is involved in CO₂ fixation during photosynthesis.

研究分野：植物生理生態学

キーワード：小笠原乾性低木林 乾燥適応 光合成 葉寿命 ルビスコCO₂/O₂比親和性 葉肉コンダクタンス CO₂濃縮機構 ポリアミン

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

陸上植物は一般に、乾燥によって気孔開度が低下し、葉緑体周辺の CO_2 濃度が低下、光合成速度は大きく低下する。近年、申請者らのグループは、生物細胞内に普遍的かつ高濃度に存在するポリアミンが、水溶液中で大気中の CO_2 と結合し効率的に CO_2 を水溶液へ吸収し、サンゴの石灰化に寄与していることを世界で初めて発見した。さらにポリアミン溶液に補足された CO_2 は、少なくとも *in vitro* では光合成酵素であるルビスコに受け渡されることも見出してきた。これは葉内に mM オーダーと非常に多く存在するポリアミンが、 CO_2 を補足し光合成を高めていることを示唆する。植物は乾燥にさらされると気孔を閉じ、葉内の CO_2 濃度が低下するため、このポリアミンの光合成促進効果は、 C_4 植物登場の以前から、 C_3 植物が利用していた生理的 CO_2 濃縮機構と考えられ、陸上植物の進化や生態系の物質循環を理解する上でも重要な知見となる。本課題は、植物の水利用や乾燥耐性といった光合成生理や、生態系の物質循環、乾燥地での作物生産向上など科学的・社会的に大きな突破口になりえる。本研究によって、ポリアミンによる陸上植物の乾燥適応や進化、植物や作物への生産向上への寄与を明確にできれば、温暖化・乾燥化への適応策にもつなげることができる。

2. 研究の目的

本研究は、「光合成促進物質であるポリアミンが、陸上植物の乾燥への適応や進化に深く関わってきた」という新たな仮説を提唱・検討し、森林の新たな温暖化適応策に繋げる。野外生態系の大きな炭素吸収源である森林樹木種を対象に、ポリアミンがどのような環境下で光合成を促進するのか、どのような樹種で光合成を促進するのか、乾燥地の森林生態系樹木の乾燥耐性や適応や進化にどのように関わってきたのかを解明する。近年の温暖化等による極端気象の頻発は、自生植物や農作物の光合成を極端に低下させる。将来さらに温暖化や乾燥化が進むと、ポリアミンの発現力の弱い樹種は、炭素欠乏を起しやすく、より脆弱であると予測される。本研究の成果は、温暖化環境下での森林の樹種組成の変化予測や森林の保全管理にも重要な情報を与えることが期待される。またポリアミンは、全ての生物が普遍的かつ高濃度を持つ生体物質であるため、温暖化適応策への有望な応用物質として、生態系保全や作物育種や低炭素社会など将来の発展が大きく期待できる。

ここでは、世界自然遺産の小笠原諸島の森林で研究を行う。小笠原は大陸と一度も繋がったことのない海洋島であり、木本の約 70% は固有種である。この貴重な生態系を保全するため、2011 年 6 月にユネスコの世界自然遺産に登録された。また小笠原とほぼ同じ緯度の沖縄と比べ、夏の降水量は半分程度で、土壌は火山性で発達が悪い。そのため特に尾根部では乾燥に耐性を持った樹種が独自に進化してきた。この特異な森林は「乾性低木林」と呼ばれ、樹木の背丈が 1 m 以下と低く、日本では他に例を見ない。ここでは、小笠原の乾性低木林および湿性高木林に生育する多数の樹木種を対象にポリアミンによる光合成促進を評価する。

3. 研究の方法

ポリアミンは大気 CO_2 を液相中に無機炭酸イオン類として捕捉・濃縮する働きがあることから、葉肉細胞表面で CO_2 を捕捉・濃縮し CO_2 輸送を活性化することが予想される。ここでは、この働きを鋭敏に検出する指標として葉肉における CO_2 コンダクタンス g_m を用いた。 g_m を評価するうえで必要なパラメータは、光合成速度 A_N 、気孔コンダクタンス g_s 、ルビスコの CO_2/O_2 比親和性 S_{CO_2} 、日中の呼吸速度 R_d 、PSII の量子収率 ϕ_{PSII} 、葉の吸光度 α と PSII への光エネルギー分配率 β の積である。これらのうち、 S_{CO_2} 、 R_d 、および α と β の積は、大気条件下での光合成測定と低 O_2 濃度下での光合成測定から決定した (Yin *et al.*, 2009, PCE 32: 448-464)。

光合成測定は、自生する生育地においてインタクトの葉を対象に携帯型光合成蒸散測定シス

テム (Li6400 XT) を用いて 7:00~16:00 に行った。測定条件は、光強度 $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、葉温 35°C 、チャンバー供給 CO_2 濃度 400、300、200、50、 $40 \mu\text{mol mol}^{-1}$ 、葉面での水蒸気圧欠差 1.2-2.5 kPa、 O_2 濃度 20.9%、2.0%で行なった。植物の自生地において 2.0% O_2 ガスは、スキューバ用タンクから供給する圧縮空気 (0.5-0.5 MPa) を分離膜型窒素ガス発生器 (NC-100R) に供して得た。得られたガスの O_2 濃度は酸素濃度計 (XP-3180) で確認した。

葉の可溶性タンパク質濃度 P_{AREA} 、および、N 濃度、 $\delta 13\text{C}$ 値は、葉から採取した葉ディスク (約 0.5 cm^2) を用いて測定した。Sakata and Yokoi 2002 (PCE, 25: 65-74) の方法を用いて得られたタンパク質量を内部標準物質 BSA による添加回収率で補正して P_{AREA} とした。また葉内 N 濃度と $\delta 13\text{C}$ 値は、乾燥させた葉ディスクを用いてそれぞれ Flash EA1112 elemental analyser と DELTA V PLUS stable isotope ratio mass spectrometer で測定を行った。

$S_{\text{C/O}}$ 値を評価した 23 樹種の中で、特にルビスコの CO_2 比親和性が大きく異なる 2 種、テリハハマボウ *Hibiscus glaber* とシマシャリンバイ *Rhaphiolepis wrightiana* を対象にして、ポリアミンの生合成阻害剤付与実験を行った。実験は 7 月 4 日から 23 日に行い、7 月 12 日までは降雨がなく土壌乾燥の進行が進行した。その後、7 月 15-16 日に大量の降雨が発生し乾燥ストレスからの回復が行われた。上記の乾燥ストレスの進行・回復実験の期間中、携帯型光合成測定装置 Li-6400XT を用いて光強度 $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、葉温 35°C 、チャンバー供給 CO_2 濃度 $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ の条件で、光合成速度 A_n 、気孔コンダクタンス g_s 、葉肉コンダクタンス g_m を評価した。評価は、蒸留水 DW に溶解し pH 6.0 に調整した PAs 生合成阻害剤 (1 mM DFMO) またはコントロールとして DW を、葉の表と裏へ日没の直前に 2 日に 1 度スプレー付与した葉を用いた (各 $n = 5$)。

4. 研究成果

本研究課題では、小笠原諸島父島の乾性低木林および湿性高木林を構成する 23 樹種を対象に 21 の光合成特性・葉特性を評価した。その結果、評価した 21 形質のうち 9 つの形質が $S_{\text{C/O}}$ と相

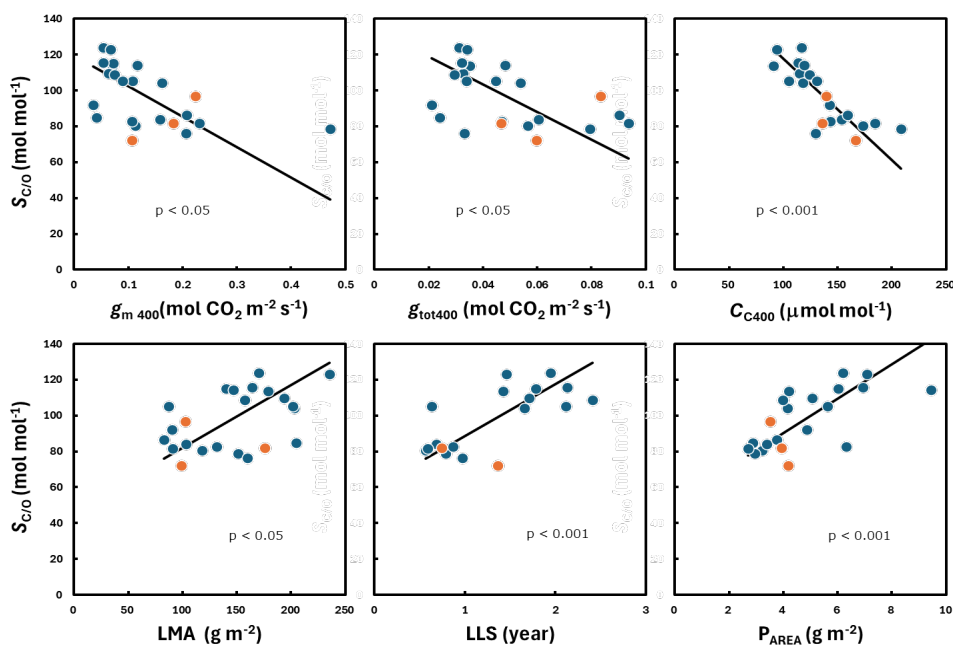


図 1 小笠原諸島父島に自生する 23 種の光合成特性・葉特性の相関 (抜粋)

$S_{\text{C/O}}$ はルビスコの CO_2/O_2 比親和性、 g_{m400} は大気条件における葉肉における CO_2 コンダクタンス、 $g_{\text{tot}400}$ は大気条件における大気からルビスコまでの CO_2 コンダクタンス、 $C_{\text{C}400}$ は大気条件における葉緑体の CO_2 濃度、LMA は葉面積当たりの乾重、LLS は個葉の葉寿命、 P_{AREA} は葉面積当たりの可溶性タンパク質量をそれぞれ表す。青いシンボルと赤いシンボルは小笠原諸島における native 種と侵略的外来種をそれぞれ表す。

関を持つことが明らかになった (図 1)。 $S_{\text{C/O}}$ と負の相関 ($P < 0.05$) が検出されたのは g_{m400} 、大

気から葉緑体までのコンダクタンス g_{tot400} 、葉緑体 CO_2 濃度 C_{c400} 、葉面積当たりのルビスコ活性 $V_{cmax,25}$ 、生化学的反応による光合成の制限率 l_{b400} で、 $S_{c/o}$ と正の相関 ($P < 0.05$) が検出されたのは葉面積あたりの葉乾重 LMA 、葉寿命 LLS 、 g_m による光合成制限率 l_{m400} 、葉面積当たりの可溶性タンパク質量 P_{AREA} であった。

ここで欠損がなくフルセットでデータが得られた 21 樹種について、光合成特性・葉特性に対する PCA (主成分分析) の結果を、図 2 に示す。全体のばらつきに対し、Axis 1 軸は 39.6%、Axis 2 軸は 20.4% を説明した。すなわち両軸で約 60% の樹種間差を説明できていた。図 2 (a) の Axis 1 軸のマイナス側は、主に高い $S_{c/o}$ と低い g_{m400} 、 g_{s400} 、 C_{c400} に関連しており、葉緑体への CO_2 拡散が制限された (すなわち、低い g_{tot400}) 種で $S_{c/o}$ が高いことが示された。また Axis 1 軸のプラス側は、主に低い $S_{c/o}$ 、低い LMA 、低い P_{AREA} と関連していた。すなわち Axis 1 軸は、樹種の間での葉の硬さや葉寿命、光合成能と関連していた。一方 Axis 2 軸は、 NNP_{AREA} 、 N_{AREA} 、 l_{s400} 、 NNP_{MASS} が低い負荷量を持ち、 P_{MASS} と l_{m400} は高い負荷量を持っていた。すなわち Axis 2 軸は、樹種の間での葉の窒素資源の利用様式の違いを反映していると考えられた。また PCA プロット図 2 b では、外来種 (オレンジ色のシンボル) のスコアは集中せず、在来樹種のスコアと完全に重なっていた。すなわち Axis 1 軸と Axis 2 軸のスコアに、外来種と在来種の間で有意な差は見られなかった ($P \geq 0.05$, t 検定)。

図 1 および図 2 に示した解析結果より、ルビスコの $S_{c/o}$ 値が低い種 (CO_2 の O_2 への相対的な親和性が低い種) の葉は、大気から葉緑体までのコンダクタンス (g_m) や大気からの葉緑体までのコンダクタンス (g_{tot400}) が高く、葉緑体での CO_2 濃度 (C_{c400}) が高いことがわかり、またその傾向には外来種と在来種間で違いはなかった。

またポリアミン合成阻害剤 (DFMO) を葉に付与した結果、 $S_{c/o}$ が低く g_m の高い種 (テリハハマボウ) は、コントロール処理 (蒸留水付与) を行った葉よりも g_m が有意に低下し、葉肉細胞における CO_2 輸送にポリアミンが関与していることが示された。一方、 $S_{c/o}$ が高く g_m の低い種 (シャリンバイ) では、DFMO による有意な影響は検出されなかった (図 3)。

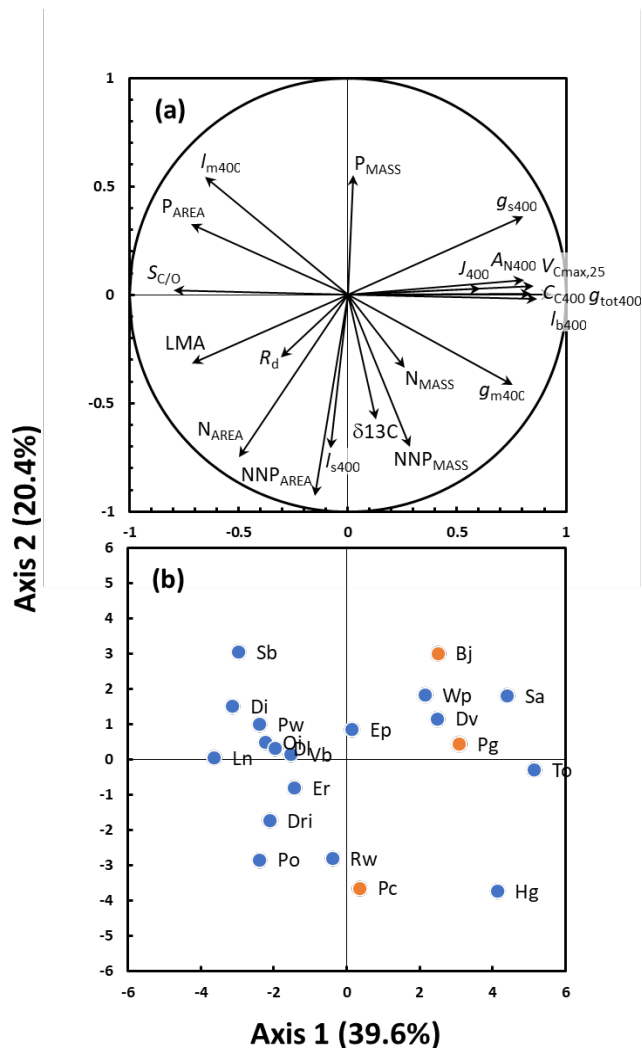


図 2 光合成特性と葉特性のPCA

評価を行った光合成特性・葉特性の主成分負荷量(a)と、各樹木種の主成分得点(b)。主成分負荷量の略号、樹木種のコードは表 2 と表 1 をそれぞれ参照。青いシンボルと赤いシンボルは小笠原諸島における native 種と侵略的外来種をそれぞれ表す。

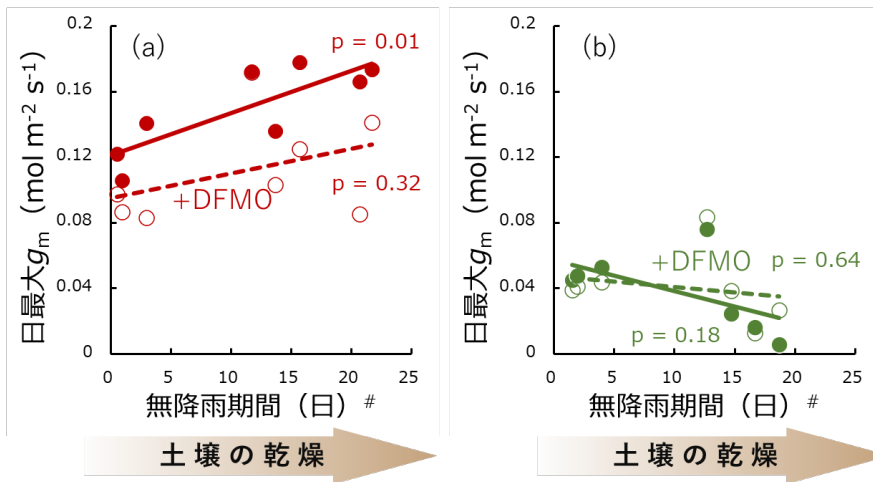


図3 小笠原諸島父島に自生する低 $S_{c/o}$ 種と高 $S_{c/o}$ 種へのポリアミン生合成阻害処理の効果

低 $S_{c/o}$ 種 ($78.7 \text{ mol mol}^{-1}$) テリハハマボウ *Hibiscus glaber* (a) と高 $S_{c/o}$ 種 ($104.1 \text{ mol mol}^{-1}$) シマシャリンバイ *Rhipirolepis wrightiana* (b) へのポリアミンの生合成阻害剤DFMOの付与実験の結果。ポリアミン生合成阻害処理 (1 mM DFMO, pH 6.0; 白抜きシンボル) またはコントロール処理 (蒸留水; 色付きシンボル) として、葉の表と裏へ日没の直前に2日に1度スプレー付与したのちの日最大 g_m を表す (各 $n=5$)。#横軸の無降雨期間 (日) は土壤乾燥の回復する降雨 (2 mm超/10 min) のなかった期間を表す。

議論及び結論

野外生態系の大きな炭素吸収源である森林樹木種を対象にした本研究課題により、小笠原諸島父島に生育する 23 種の木本植物では、葉肉の CO_2 拡散コンダクタンス g_m の高い種は、ルビスコの CO_2/O_2 比親和性 $S_{c/o}$ が低く、葉寿命 LLS が短い、葉面積当たりの乾物重 LMA が小さい、葉面積当たりのタンパク質量 P_{AREA} が少ない、という特徴をあわせ持つことがわかった。これまで g_m は葉の物理的構造や頑健性との関連が指摘されてきたが、本研究課題によって初めて、 g_m にはルビスコの酵素科学的性質やタンパク質量という種の持つ生理・生化学的な特徴に依存した種間差が存在することが見いだされた。

本研究課題で得られた上記の知見は、陸域生態の主要な炭素固定源である樹木の光合成の CO_2 固定において、葉肉細胞における CO_2 輸送能力とルビスコの酵素化学的性質には相補的な関係があること、さらに葉肉細胞の CO_2 輸送能力の高い種では葉でのポリアミン生合成が光合成の CO_2 固定に関与していることを強く示唆している。葉に含まれるポリアミンは、樹木の多様な CO_2 固定様式をもたらす仕組みの一つだと考えられる。またこの関係は、外来種と在来樹種にかかわらず維持され、系統的にも分布的にも広範な樹木種に共通することが PCA 解析から示唆された。

大気 CO_2 濃度の増加などによる近年の気温の上昇や干ばつなど極端化した気象の頻発は、世界各地で森林生態系の衰退・崩壊をもたらし、樹木衰退の生理メカニズム解明とその対策が世界的に強く求められている。大気 CO_2 濃度の上昇はルビスコへの CO_2 供給を促進するが、気温上昇による葉肉細胞表面での CO_2 溶解の減少と水不足による気孔の不十分な開口はルビスコへの CO_2 供給を抑制する。極端化した気象は、 C_3 樹木種が進化の過程で獲得したポリアミンによる CO_2 輸送能力の促進とルビスコの酵素化学的性質の相補的な関係を乱し、光合成生産の減少と森林生態系の衰退・崩壊をもたらしている可能性は高い。さらに本研究課題では、比較的評価の容易な葉面積当たりの乾物重 LMA や個葉の葉寿命 LLS が、ポリアミンとルビスコの相補的な関係と共に変動することを新規に発見した。今後、LMA や LLS を評価軸として気候変動に脆弱な樹種を抽出し、これらの樹種におけるポリアミンとルビスコの相補的な関係の乱れが森林生態系の衰退・崩壊の主要なメカニズムであるか検討することは、森林生態系保全に対する施策の探索につながると強く期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 太田佑子、田中宏卓、島田律子、向 哲嗣、安藤裕萌、大川夏生、佐橋憲生、秋庭満輝、矢崎健一、松倉君予、古澤仁美、オ木真太郎、石田厚	4. 巻 50
2. 論文標題 外来種ルビーロウムシの父島および母島における寄主植物と分布	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 小笠原研究 (Ogasawara Research)	6. 最初と最後の頁 68-78
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 -

1. 著者名 Ishida Atsushi, Yamaji Keiko, Nakano Takashi, Ladpala Phanumard, Popradit Ananya, Yoshimura Kenichi, Saiki Shin-Taro, Maeda Takahisa, Yoshimura Jin, Koyama Kohei, Diloksumpun Sapit, Marod Dokrak	4. 巻 10
2. 論文標題 Comparative physiology of canopy tree leaves in evergreen and deciduous forests in lowland Thailand	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Data	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41597-023-02468-6	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 Kawai Kiyosada, Waengsothorn Surachit, Ishida Atsushi	4. 巻 37
2. 論文標題 Sapwood density underlies xylem hydraulics and stored carbohydrates across 13 deciduous tree species in a seasonally dry tropical forest in Thailand	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 485-495
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00468-022-02364-3	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 河合清定、田中憲蔵、 漢那賢作、石田厚	4. 巻 74
2. 論文標題 亜熱帯樹木群集における葉形質の乾燥応答：種の置き換わりと種内変異に着目して	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 関東森林研究	6. 最初と最後の頁 77-80
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 Yazaki Kenichi, Kimura Fuku S., Zhang Chunhua, Levia Delphis F., Akiba Mitsuteru, Saiki Shin-Taro, Ishida Atsushi, Kojima Mikiko, Takebayashi Yumiko, Sakakibara Hitoshi, Maruyama Yutaka, Ota Yuko, Sahashi Norio	4. 巻 168
2. 論文標題 Physiological responses of seedlings to the invasion of brown root rot hyphae differ between semi-deciduous <i>Bischofia javanica</i> Blume and evergreen <i>Rhaphiolepis umbellata</i> (Thunb.) Makino	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 European Journal of Plant Pathology	6. 最初と最後の頁 147-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10658-023-02740-w	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 Horimoto Sakae, Fukuda Kazuaki, Yoshimura Jin, Ishida Atsushi	4. 巻 12
2. 論文標題 Fresh-marketable tomato yields enhanced by moderate weed control and suppressed fruit dehiscence with woodchip mulching	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-15568-x	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 Kawai Kiyosada, Waengsothorn Surachit, Ishida Atsushi	4. 巻 37
2. 論文標題 Sapwood density underlies xylem hydraulics and stored carbohydrates across 13 deciduous tree species in a seasonally dry tropical forest in Thailand	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 485 ~ 495
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00468-022-02364-3	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 Ishida Atsushi, Nakamura Tomomi, Saiki Shin-Taro, Yoshimura Jin, Kakishima Satoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Evolutionary loss of thermal acclimation accompanied by periodic monocarpic mass flowering in <i>Strobilanthes flexicaulis</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 190034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-93833-1	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 Nakamura Tomomi, Ishida Atsushi, Kawai Kiyosada, Minagi Kanji, Saiki Shin Taro, Yazaki Kenichi, Yoshimura Jin	4. 巻 27
2. 論文標題 Tree hazards compounded by successive climate extremes after masting in a small endemic tree, <i>Distylium lepidotum</i> , on subtropical islands in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Global Change Biology	6. 最初と最後の頁 5094 ~ 5108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/gcb.15764	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 Doyama Kohei, Yamaji Keiko, Haruma Toshikatsu, Ishida Atsushi, Mori Shigeta, Kurosawa Yoko	4. 巻 16
2. 論文標題 Zn tolerance in the evergreen shrub, <i>Aucuba japonica</i> , naturally growing at a mine site: Cell wall immobilization, aucubin production, and Zn adsorption on fungal mycelia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0257690
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0257690	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 Kawai Kiyosada, Minagi Kanji, Nakamura Tomomi, Saiki Shin-Taro, Yazaki Kenichi, Ishida Atsushi	4. 巻 42
2. 論文標題 Parenchyma underlies the interspecific variation of xylem hydraulics and carbon storage across 15 woody species on a subtropical island in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Tree Physiology	6. 最初と最後の頁 337 ~ 350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/treephys/tpab100	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9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 譲原良介、坂田 剛、安元 剛、古平栄一、神保 充、天野春菜、樋川 岳、石田 厚
2. 発表標題 光合成の水利用戦略に依存したポリアミンの働き ~ 水節約型? 水浪費型? ~
3. 学会等名 第71回日本生態学会大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小笠真由美、安田泰輔、石田 厚
2. 発表標題 光学法による幹木部および葉のエンボリズムに対する脆弱性の評価
3. 学会等名 第70回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小澤 舜、譲原良介、坂田 剛、安元 剛、古平栄一、神保 充、天野春菜、可知直毅、石田 厚
2. 発表標題 PSIIの強光ストレス耐性へのポリアミンの関与～小笠原乾性低木林構成樹種での検討～
3. 学会等名 第70回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森 茂太、黒澤 陽子、丸山 温、山路 恵子、石田 厚
2. 発表標題 種内変種とされてきたアカイタヤとエゾイタヤを異なる種として検討する理由
3. 学会等名 第70回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河合清定、田中憲蔵、漢那賢作、石田 厚
2. 発表標題 亜熱帯樹木群集における葉形質の乾燥応答：種の置き換わりと種内変異に着目して
3. 学会等名 第12回関東森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bekku Y., Sakata T., Katsuno S., Hamaguchi S., Sakata M., Kachi N., Ishida A.
2. 発表標題 Temperature independent diurnal fluctuation of root respiration and its linkage with water use in above-ground parts.
3. 学会等名 第13回国際生態大会 (INTECOL2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 皆木 寛司、河合 清定、才木 真太郎、矢崎 健一、石田 厚
2. 発表標題 材密度の異なる小笠原乾性低木林樹木の糖と水の利用戦略
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河合 清定、田中憲蔵、石田 厚
2. 発表標題 降水量が異なる地域に成立した亜熱帯林群集における生理生態学的特性の比較
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野 雄三、新行寺 博、石田 厚
2. 発表標題 小笠原諸島父島に生育する樹木の形成層活動
3. 学会等名 第72回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

世界自然遺産、小笠原での研究概要
https://www.ecology.kyoto-u.ac.jp/~atto/Ogasawara.html
Research at the Ogasawara (Binin) islands
https://www.ecology.kyoto-u.ac.jp/~atto/Ogasawara_ENG.html
世界自然遺産、小笠原での研究概要
https://www.ecology.kyoto-u.ac.jp/~atto/Ogasawara.html
Research at the Ogasawara islands
https://www.ecology.kyoto-u.ac.jp/~atto/Top_ENG.html

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	安元 剛 (Yasumoto Ko) (00448200)	北里大学・海洋生命科学部・講師 (32607)	
研究分担者	坂田 剛 (Sakata Tsuyoshi) (60205747)	北里大学・一般教育部・准教授 (32607)	

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