

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07526

研究課題名(和文)植物のポリアミンは光合成を促進し乾燥ストレス適応に役立っているのか

研究課題名(英文) Polyamines accelerate photosynthetic assimilation and contribute to adaptation for drought stress

研究代表者

坂田 剛 (Sakata, Tsuyoshi)

北里大学・一般教育部・准教授

研究者番号：60205747

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：ポリアミンは、陸上植物が高濃度で含有する生体分子である。ポリアミンが大気CO₂の吸収を促進し光合成に寄与しているか検証するため、ポリアミンの光合成への関与と乾燥ストレス下の光合成にポリアミンが役立っているのか解析した。

光合成のCO₂固定酵素にポリアミン溶液を付与したところ、高いCO₂固定反応速度が観測された。また、葉にポリアミン溶液を付与すると光合成能力と葉内でのCO₂輸送能力が上昇することが明らかになった。乾燥地に生育する木本植物の光合成能力を生育地で評価した結果、葉内のCO₂輸送能力は日変動に顕著な種間差がみつかかり、ポリアミンが光合成特性の種間差に関与していることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ポリアミンは植物のストレス耐性に関与することが知られていたが、具体的機構はほとんど明らかになっていなかった。本課題によって、その一端が示され、ポリアミンを使った植物への応用研究の障害が一つ取り除かれた。また、植物生理学の分野では、葉内部のCO₂輸送を促進する機構が探索されてきた。本課題によって、ポリアミンはCO₂輸送促進機構の一部であることが示唆された。さらに、本課題で明らかになった「ポリアミンがCO₂を捕捉濃縮して光合成に寄与する」という知見は気候変動による高温化・乾燥化が生じた際の森林や農業の将来予測・気候変動への適応政策の立案に資することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Plants contain biogenic polyamines in high concentrations. In order to verify the possibility that polyamines contribute to photosynthesis by accelerating the capture and concentration of atmospheric CO₂, we analyzed the involvement of polyamines in photosynthesis and examined whether polyamines contributed to photosynthesis under drought stress. The photosynthetic enzyme fixes CO₂ in leaves showed a high rate of CO₂ fixation by the polyamines solution that trapped atmospheric CO₂. We also showed that the leaves fed the polyamines increase their photosynthetic capacity and CO₂ diffusion conductance within the leaves. As a result of evaluating the diurnal response of photosynthesis of the woody plants growing a dry-ridge site on the Bonin islands, there were a remarkable inter-species variation in diurnal changes of the CO₂ diffusion conductance within leaves, suggesting that their biogenic polyamines cause the variation in photosynthetic characteristics among these species.

研究分野：植物生理生態学

キーワード：ポリアミン CO₂ 葉肉コンダクタンス ルビスコ 気孔コンダクタンス 小笠原諸島

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

陸上植物は、乾燥による気孔の閉鎖や葉の内部の拡散障壁のために、葉緑体の CO₂ 濃度が大気に比べて大幅に低く、光合成は強く抑制されている (Evans et al. 1986)。近年、葉の内部の拡散障壁による光合成抑制が評価できるようになり、生育環境や種による違いが申請者らによっても示されてきた (Sakata and Yokoi 2002, Sakata et al. 2015 など)。一方で、葉の周囲の CO₂ 濃度を低下させると、それに即応して葉の内部で CO₂ が拡散しやすくなる種が多いことも報告されはじめている (Flexas et al. 2007 など)。これらのデータは、葉の内部に、CO₂ 吸収を積極的に促進する未知の仕組みが存在することを示唆するが (Terashima et al. 2011)、その機構は明らかでない。

分担者 (安元) らは、深海から採取した細菌が培地中にポリアミンを放出し、大気中の CO₂ が培地へ取り込まれて CaCO₃ 結晶を多数生成する現象を近年発見した (Yasumoto et al. 2014)。分担者 (安元) らによる NMR 分析で、ポリアミンは水溶液中で大気中の CO₂ と結合し、カルバメイト誘導体となり、効率的に CO₂ を水溶液へ吸収することが初めて明らかになった (Yasumoto et al. 2014)。

ポリアミンは、陸上植物を含む広範な生物種が細胞内に高濃度で含有する生体分子であり、葉のポリアミンが大気 CO₂ の吸収を積極的に促進し光合成に寄与している可能性は高い。さらに近年、シロイヌナズナの細胞膜にポリアミン輸送体 (PAT) が発見された (Fujita et al. 2012)。我々は、低 CO₂ 濃度などの刺激に応答し PAT が活性化すると、ポリアミンが葉の細胞外アポプラストに分泌され CO₂ 吸収を促進して光合成に貢献すると考え、本研究課題を開始した。

2. 研究の目的

「ポリアミンによる光合成促進が、陸上植物の乾燥適応に役立っている」という仮説を検証するため、二つの目的を設定した。(目的 1) ポリアミンによる光合成の促進機構：水溶液中のポリアミンは大気 CO₂ を捕集し溶液中の無機 C イオンとして濃縮する。この働きが、光合成における炭素同化に寄与するか酵素化学的な検討を行う。次いで、植物の葉にポリアミンを人為付与して、光合成と葉内の CO₂ 輸送に与える影響を解析し、ポリアミンが光合成を促進する機構を解析する。(目的 2) 陸上植物の乾燥ストレスへの適応にポリアミンが役立っているのか：小笠原は日本本土では例を見ない厳しい乾燥が起こり、土壌の浅い場所に乾性低木林が発達している。乾性低木林の構成種を用いて、乾燥地生態系でポリアミンによって乾燥ストレス下での光合成が維持されている可能性を検討する。

3. 研究の方法

ポリアミン溶液に溶解した大気 CO₂ に由来する無機 C をカルビン回路が CO₂ 基質として利用可能か評価するため、半精製ルビスコ (シグマ社)、および葉の抽出液を酵素として CO₂ 固定速度を測定した。葉の抽出液は、北里大キャンパス内に生育するイタドリを材料に用いて、Sakata and Yokoi 2002 の方法で抽出を行った。また、CO₂ 固定速度の測定方法は Sakata and Yokoi 2002 の方法を用いてカルビン回路の一部を試験管内で再現し、NADH の減少を分光光度計で評価する方法で行った。さらに溶液中にポリアミンが存在することでルビスコによる炭素固定反応が促進するのか直接検証する実験を行った。蒸留水または 2 mM ブトレシン溶液に 100% CO₂ ガスを 0, 0.5, 1, 5 分間バブリングし、CO₂ を溶液に与え基質溶液とした。各基質溶液に半精製ルビスコを加えたのちに RuBP を添加して反応を開始し、その後ギ酸を加えて反応を停止した。反応溶液中の生成物 3-PGA 量を質量分析計で測定した。

ポリアミンが葉レベルの光合成促進効果を持つのか調べるため、野外から採取した葉に葉柄の切断面からポリアミン溶液を一晩付与して、葉レベルの光合成に与える影響を評価した。実験材料には、北里大学キャンパス内に生育する草本植物イタドリと木本植物マテバシイを用いた。測定前日に採取した枝から葉を葉柄で切断したのち、葉を暗所に置き葉柄の切断面から供

試薬を付与した（付与を行った試薬は図を参照）。翌日、光合成蒸散測定装置 Li6400 を用いて、飽和光強度、葉外 CO₂ 濃度 400 μmolmol⁻¹、葉温 25 度の条件で、光合成速度、蒸散速度、葉内空隙 CO₂ 濃度を測定し、その後、CO₂ 濃度を低下させ、葉レベルの CO₂ 利用効率を A-Ci 関係の初期勾配より評価した。また、葉肉 CO₂ コンダクタンス gm を評価するため、Li6400XT により、光合成、蒸散速度、光化学系 II の電子伝達速度を測定し、Evans and von Caemmerer 1996 の式に従い gm の算出を行った。

乾燥地生態系で水ストレスを受けている植物の CO₂ 利用効率を評価するため、小笠原諸島父島の乾性低木林で調査を行った。測定対象種は、テリハハマボウ、ハウチワノキ、ムニンネズミモチ、シマシャリンバイ、シマイスノキで、乾性低木林内に隣接して自生する個体を対象に調査を行った。調査は、2018 年 7 月末から 8 月上旬に行い、測定対象種ごとに 3 枚の葉を選定し、合計 15 枚の葉の光合成速度、気孔コンダクタンス、PSII の電子伝達速度を、夜明け直後から日の入りまで測定した。得られたデータから、葉肉コンダクタンスを上記と同じ方法で算出した。

4. 研究成果

ポリアミン溶液に溶解した大気 CO₂ に由来する無機 C をルビスコが利用可能か検証するため、ポリアミン溶液によって半精製ルビスコおよびイタドリの葉の粗抽出液でカルビン回路による炭酸固定反応が起こるか評価した。図 1 は、半精製のルビスコの基質とした場合の結果を示している。2 mM のカダベリン、プトレシン、スペルミジン、スペルミン、ピペラジン溶液のいずれもが炭酸固定反応を進行させ、その反応速度は Negative control より有意に高く、かつ通常の基質溶液（2 mM NaHCO₃）と同等の高い速度であった。同様の結果は、イタドリの抽出液を用いても得られた（Yasumoto et al. 2018）。

さらに、ポリアミン溶液からの炭酸固定反応を直接評価するため反応生成物を質量分析計で直接定量する実験を行った（図 2）。その結果、ポリアミンを含まないコントロール溶液では、CO₂ を添加してもルビスコのカルボキシレーション反応がほとんど進行しないのに比べ（DW）、ポリアミンを添加した溶液は反応速度が 3 倍程度まで統計的に有意に上昇し（Put）、2 mM のポリアミンが 10 mM NaHCO₃ と同等の光合成促進効果を持つことが示された。これらの一連の成果は、研究代表者と分担者らの共著論文（Yasumoto et al. 2018、安元ら 2018）として発表した。

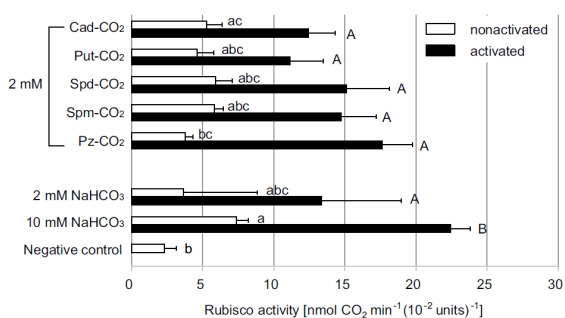


図 1 ポリアミンによるカルビン回路での炭酸固定反応

炭酸固定酵素として半精製ルビスコ（市販）を用い、nonactivated は酵素の活性化処理前なし、activated は酵素を活性化処理後に用いた際の反応速度を表す。図中の文字は、危険率 5% の Fisher's PLSD の多重比較検定の結果（n = 6）。

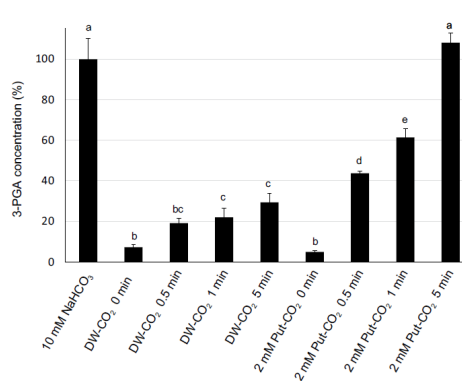


図 2 ポリアミンにより生じる 3-PGA の定量
2 mM プトレシン溶液に CO₂ を 0, 0.5, 1, 5 分間取り込ませた溶液を半精製ルビスコにより RuBP への炭酸固定を行った。生成物である 3-PGA を質量分析計で測定した。図中の文字は、危険率 5% の Tukey's の多重比較検定の結果（n = 3）。

図 3 はイタドリとマテバシイの葉の光合成に、ポリアミンの一種であるプトレシンを人的に付与した後の光合成能力を蒸留水を付与した場合と比較したものである。対角線よりも上にあるデータは、プトレシンを一晩付与すると蒸留水を付与した場合に比べ上昇することを示し、

ほとんどの反復実験で、光合成能力がプトレシンによって増加することが示された。図3に示したCO₂固定効率の上昇が、ポリアミン付与による葉内空隙中のCO₂の捕集・濃縮効果によるものが検証するため、葉内空隙から葉緑体内のルビスコマでのCO₂輸送のおこりやすさ(葉肉CO₂コンダクタンス gm)に、ポリアミン溶液が与える影響を評価した。その結果、図4に示すように採取したイタドリの葉へ1 mM スペルミン溶液を一晩付与すると gm が有意に上昇する(pH 6)ことが明らかになった。一方、pH 8の条件での gm は、pH 6より gm が高く、スペルミンによる上昇は検出されなかった。pH 8条件では[HCO₃⁻]/[CO₂]がpH 6に比べて100倍となって高濃度のHCO₃⁻によるCO₂輸送の促進が起き、ポリアミンによるCO₂輸送促進の効果は検出できなかったと考えられる。これらのデータは、葉で生合成されたポリアミンは、高pH条件における高濃度のHCO₃⁻と同様に、葉肉細胞アポプラストの無機炭素化合物濃度を上昇させて、葉肉表面から葉緑体へのCO₂輸送と葉の光合成を促進する働きがあることを強く示唆している。

これまで、いくつかの植物種において gm がCO₂濃度や光強度に素早く応答することが実験室レベルで見出されてきた。このような gm の環境応答が野外生態系でも起こっているのか、gm の環境応答にポリアミンが関与しているのか検討を行った。小笠原諸島父島乾性低木林において激しい乾燥ストレス下で自生する5樹種について、光合成と気孔コンダクタンス gs、葉肉CO₂コンダクタンス gm の日中の変化を追跡した結果、gs の変化幅が二倍近い種が乾燥地態系内に近接して生育していることが分かった(図5)。さらに、gm は、気孔コンダクタンスと高い正の相関を維持しながら日変化し、gs 上昇に伴う gm 上昇量は gs 変化幅の大きな種であった。今後、ポリアミンが gm の短時間の環境応答に関与する

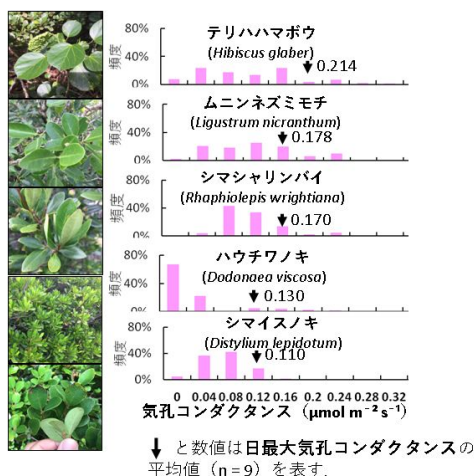


図5 乾性低木林構成種の気孔コンダクタンス 2018年7月31日、8月2日、8月3日に評価した小笠原諸島父島尾根部の乾性低木林構成種の気孔コンダクタンス。 ↓は測定対象葉の日最大気孔コンダクタンスの平均値(n=9)を表す。

のか阻害剤を使った野外実験を実施することが求められる。

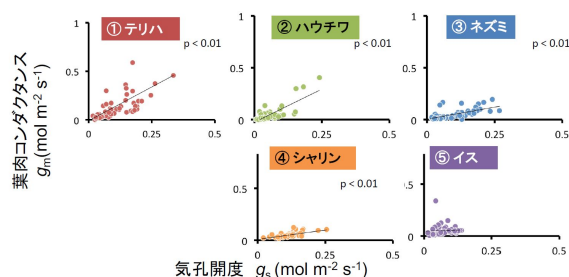


図6 乾性低木林構成種の気孔コンダクタンス gs と葉肉コンダクタンス gm の関係 2018年7月31日、8月2日、8月3日に評価した小笠原諸島父島尾根部の乾性低木林構成種の気孔コンダクタンス gs と gm。 図中の数値は相関の p 値を表す。

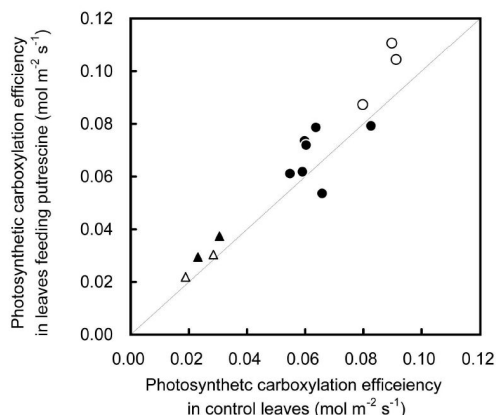


図3 ポリアミンによる葉レベルの光合成促進 葉柄より一晩 0.1 mM プトレシンを付与した場合の光合成能力を Y 軸の値、蒸留水を付与した場合を X 軸にプロットした。丸はイタドリを三角はマテバシを表し、白は蒸留水 プトレシンの順に、黒は逆順に評価した。

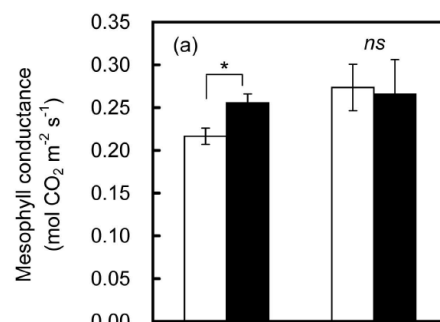


図4 ポリアミン溶液による葉内 CO₂ 輸送の活性化 野外から採取したイタドリの葉に、葉柄から一晩 1 mM スペルミン(黒)または人工道管水(白)を pH 6 と pH 8 の条件で付与し、葉内 CO₂ コンダクタンス gm を評価した。

参考文献

Evans, J. R., Sharkey, T. D., Berry, J. A. & Farquhar, G. D. (1986) Carbon isotope discrimination measured concurrently with gas exchange to investigate CO₂ diffusion in leaves of higher plants. *Functional Plant Biology*, 13, 281-292.

Evans, J. R. & Von Caemmerer, S. (1996) Carbon dioxide diffusion inside leaves. *Plant Physiology*, 110, 339-346.

Flexas, J., DIAZ ESPEJO, A., Galmés, J., Kaldenhoff, R., Medrano, H. & RIBAS CARBO, M. (2007) Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO₂ concentration around leaves. *Plant, Cell & Environment*, 30, 1284-1298.

Fujita, M., Fujita, Y., Iuchi, S., Yamada, K., Kobayashi, Y., Urano, K., ... & Shinozaki, K. (2012). Natural variation in a polyamine transporter determines paraquat tolerance in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(16), 6343-6347.

Sakata, T., and Y. Yokoi. (2002) Analysis of the O₂ dependency in leaf level photosynthesis of two *Reynoutria japonica* populations growing at different altitudes. *Plant, Cell & Environment* 25.1: 65-74.

Sakata, T., Nakano, T., & Kachi, N. (2015) Effects of internal conductance and Rubisco on the optimum temperature for leaf photosynthesis in *Fallopia japonica* growing at different altitudes. *Ecological research* 30.1: 163-171.

Terashima, I., Hanba, Y. T., Tholen, D. & Niinemets, Ü. (2011) Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. *Plant Physiology*, 155, 108-116.

Yasumoto, K., Sakata, T., Yasumoto, J., Yasumoto-Hirose, M., Sato, S. I., Mori-Yasumoto, K., ... & Watabe, S. (2018) Atmospheric CO₂ captured by biogenic polyamines is transferred as a possible substrate to Rubisco for the carboxylation reaction. *Scientific reports*, 8(1), 1-10.

Yasumoto, K., Yasumoto-Hirose, M., Yasumoto, J., Murata, R., Sato, S. I., Baba, M., ... & Watabe, S. (2014). Biogenic polyamines capture CO₂ and accelerate extracellular bacterial CaCO₃ formation. *Marine biotechnology*, 16(4), 465-474.

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 Yasumoto Ko, Sakata Tsuyoshi, Yasumoto Jun, Yasumoto-Hirose Mina, Sato Shun-ichi, Mori-Yasumoto Kanami, Jimbo Mitsuru, Kusumi Takenori, Watabe Shugo	4. 巻 8
2. 論文標題 Atmospheric CO ₂ captured by biogenic polyamines is transferred as a possible substrate to Rubisco for the carboxylation reaction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 17724 ~ 17733
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-018-35641-8	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 Kono Yuri, Ishida Atsushi, Saiki Shin-Taro, Yoshimura Kenichi, Dannoura Masako, Yazaki Kenichi, Kimura Fuku, Yoshimura Jin, Aikawa Shin-ichi	4. 巻 2
2. 論文標題 Initial hydraulic failure followed by late-stage carbon starvation leads to drought-induced death in the tree <i>Trema orientalis</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 8 ~ 16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s42003-018-0256-7	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 安元 剛, 廣瀬（安元）美奈	4. 巻 5
2. 論文標題 ポリアミンの新たな機能：CO ₂ 吸収と石灰化促進	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ポリアミン	6. 最初と最後の頁 14 ~ 20
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 Tomimatsu Hajime, Sakata Tsuyoshi, Fukayama Hiroshi, Tang Yanhong	4. 巻 39
2. 論文標題 Short-term effects of high CO ₂ accelerate photosynthetic induction in <i>Populus koreana</i> × <i>trichocarpa</i> with always-open stomata regardless of phenotypic changes in high CO ₂ growth conditions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tree Physiology	6. 最初と最後の頁 474 ~ 483
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/treephys/tpy078	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 Saiki Shin-Taro, Ishida Atsushi, Yoshimura Kenichi, Yazaki Kenichi	4. 巻 7
2. 論文標題 Physiological mechanisms of drought-induced tree die-off in relation to carbon, hydraulic and respiratory stress in a drought-tolerant woody plant	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 2995
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-03162-5	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18件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 松山 泰, 坂田 剛, 岡 義堯, 鈴木 拓也, 安元 剛, 関川 清広, 石田 厚
2. 発表標題 小笠原樹木の乾燥適応戦略に関連した葉肉CO2コンダクタンスとルビスコの種特性
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 関川 清広, 和田 直也, 坂田 剛
2. 発表標題 中部山岳におけるチョウノスケソウ3個体群の個葉特性比較
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 松山 泰(京大 生態研), 後藤 大也(北里大 海洋), 河田 凜(北里大 海洋), 才木真太郎(京大 生態研), 関川 清広(玉川大 農), 中野 隆志(富士山科学研), 安元 剛(北里大 海洋), 神保 充(北里大 海洋), 渡部 終五(北里大 海洋)
2. 発表標題 ポリアミンによる光合成への寄与とその日変化の種間比較
3. 学会等名 日本生態学会第65回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 関川 清広（玉川大 農），和田 直也（富山大 極東研セ），坂田 剛（北里大 一般教育）
2. 発表標題 分布南限域（北アルプス立山）における周極植物チョウノスケソウの個葉特性
3. 学会等名 日本生態学会第65回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠塚 翔太（北里大 海洋），安元 剛（北里大 海洋），天野 春菜（北里大 海洋），神保 充（北里大 海洋），水澤 奈々美（北里大 海洋），渡部 終五（北里大 海洋），坂田 剛（北里大一般），廣瀬 美奈（トロピカルテクノプラス），安元 純（琉球大 農）
2. 発表標題 シアノバクテリアの光合成にポリアミンが及ぼす影響
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂田 剛（北里大 一般教育），安元 剛（北里大 海洋），中野 隆志（富士山科学研），関川 清広（玉川大 農），杉村 尚倫（北里大 海洋），松山 泰（京大 生態学研），神保 充（北里大 海洋），渡部 終五（北里大 海洋）
2. 発表標題 ポリアミンによる光合成の促進
3. 学会等名 日本ポリアミン学会第9回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安元 剛（北里大 海洋），坂田 剛（北里大 一般教育），廣瀬 美奈（トロピカルテクノプラス），安元 純（琉球大 農），安元（森）加奈未（徳島文理大学 香川薬学部），神保 充（北里大 海洋），渡部 終五（北里大 海洋）
2. 発表標題 NMRを用いたポリアミンの大気CO ₂ の捕捉能力の検証とポリアミンに捕捉されたCO ₂ のRubisco基質としての機能
3. 学会等名 日本ポリアミン学会第9回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河田 凜（北里大 海洋），坂田 剛（北里大 一般教育），安元 剛（北里大 海洋），関川 清広（玉川大 農），松山 奏（京大 生態学 研），後藤 大也（北里大 海洋），神保 充（北里大 海洋），渡部 終五（北里大 海洋）
2. 発表標題 葉内のCO2不足が誘導するポリアミンによる光合成促進
3. 学会等名 日本ポリアミン学会第9回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠塚 翔太（北里大 海洋），安元 剛（北里大 海洋），坂田 剛（北里大 一般教育），神保 充（北里大 海洋），安元 純（琉球大 農），廣瀬 美奈（トロピカルテクノブ），渡部 終五（北里大 海洋）
2. 発表標題 ポリアミンがシアノバクテリアの光合成に及ぼす影響
3. 学会等名 マリンバイオテクノロジー学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安元 剛，坂田 剛，小柳 総香，神保 充，安元 純，廣瀬 美奈，渡部終五
2. 発表標題 シアノバクテリアの光合成とポリアミンの関わり
3. 学会等名 マリンバイオテクノロジー学会第18回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松山 奏，坂田 剛，安元 剛，神保 充，渡部 終五，河田 凜，吉村 謙一，才木 真太郎，関川 清広，中野 隆志，石田 厚
2. 発表標題 葉内のCO2不足に誘導される光合成能力の上昇 ポリアミンによる光合成促進の寄与
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 前田高尚, 石田厚, Samreong PANUTHAI, Taksin ARTCHAWAKOM
2. 発表標題 定点景観映像の長期記録の解析によるタイ乾燥常緑林における林冠フェノロジーと気候の年々変動
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村芙久, 太田祐子, 丸山温, 矢崎健一, 吉村謙一, 才木真太郎, 甲野裕理, 石田厚, 島田律子
2. 発表標題 小笠原諸島父島における南根腐病罹病木の生理特性
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 甲野裕理, 才木真太郎, 木村芙久, 丸山温, 吉村謙一, 檀浦正子, 矢崎健一, 相川真一, 石田厚
2. 発表標題 ウラジロエノキ稚樹の乾燥枯死の生理メカニズム
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 才木真太郎, 甲野裕理, 木村芙久, 丸山温, 松山泰, 吉村謙一, 矢崎健一, 中野隆志, 石田厚
2. 発表標題 小笠原の水利用戦略の異なる樹種における土壌乾燥勾配に沿った乾燥耐性の変化
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森茂太, 芳士戸啓, 王莫非, 相澤拓, 芳賀由晃, Gilang Citra, 黒澤陽子, 小山耕平, 山路恵子, 石田厚
2. 発表標題 すべての陸上植物個体の地上/根系呼吸はサイズで決まる 系統と環境を超えた傾向
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 矢崎健一, 才木真太郎, 石田厚, 張 春花, 高橋由紀子, 飛田博順, 服部力, 秋庭満輝, 佐橋憲生, 太田祐子
2. 発表標題 南根腐病罹病木の水利用特性とPhellinus noxius菌糸の樹体内局在
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉村謙一, 才木真太郎, 木村英久, 甲野裕理, 矢崎健一, 丸山温, 石田厚
2. 発表標題 父島低木林における強度乾燥経験後の樹木生理活性回復過程と衰退過程の分岐点
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 HG Jones 著、久米・大政監訳 石田厚 「第10章 乾燥と他の非生物的ストレス」訳担当	4. 発行年 2017年
2. 出版社 森北出版	5. 総ページ数 486
3. 書名 植物と微気象 第3版	

〔産業財産権〕

〔その他〕

北里大学 一般教育部 自然科学教育センター 生物学単位 HP
<http://www.clas.kitasato-u.ac.jp/bio/>
 北里大学 一般教育部 生物学単位HP 研究紹介(坂田)
<http://www.clas.kitasato-u.ac.jp/bio/>

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	石田 厚 (Ishida Atsushi) (60343787)	京都大学・生態学研究センター・教授 (14301)	