

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02990

研究課題名(和文) ジャスモン酸蓄積を活性化する新規病虫害抵抗性誘導化合物の創成と作用機構の解明

研究課題名(英文) Identification and mode of action of novel plant defense activators that promote accumulation of jasmonic acid in plants

研究代表者

朽津 和幸 (Kuchitsu, Kazuyuki)

東京理科大学・創域理工学部生命生物科学科・教授

研究者番号：50211884

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：シロイヌナズナ幼植物体に処理すると、一般に拮抗的に作用すると考えられているジャスモン酸(JA)・サリチル酸(SA)の双方の蓄積を誘導し、下流遺伝子の発現を亢進する化合物を見出した。時系列トランスクリプトーム解析の結果、JA経路、SA経路に加えて、初期からストレス応答関連遺伝子の発現の遺伝子の発現が誘導されることが明らかとなった。構造類縁体を系統的に合成し、構造活性相関解析を進め、標的因子の探索を試みた。シロイヌナズナの成熟個体に経根処理すると、JAマーカー遺伝子の発現が誘導され、灰色カビ病菌に対する抵抗性が強化された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物ホルモンであるジャスモン酸(JA)・サリチル酸(SA)は、一般に拮抗的に作用すると考えられているが、双方の蓄積を誘導し双方の経路を活性化する化合物を発見した。植物の病虫害抵抗性誘導剤、特化代謝促進剤などのリード化合物や、植物免疫系研究のツールなど、多様な応用の可能性が期待される。

研究成果の概要(英文)：Using high throughput screening based on the ROS production in tobacco BY-2 cells, we identified a novel putative plant defense activator that enhances accumulation of both jasmonic acid (JA) and salicylic acid (SA) in Arabidopsis. Although JA- and SA-signaling pathways are mutually antagonistic in general, transcriptomic analyses revealed that it induces the expression of genes related to the biosynthesis and downstream of JA and SA. We systematically synthesized a series of related compounds to analyze the structure-activity relationship and labeled compounds to identify cellular target sites. We showed potential utility of this compound as a lead for plant defense activators as well as a chemical biological tool to dissect plant signaling network.

研究分野：植物分子生理学・植物免疫学

キーワード：抵抗性誘導剤 植物免疫 ジャスモン酸 サリチル酸 構造活性相関 病虫害耐性

1. 研究開始当初の背景

植物の感染防除を行う上で、植物活性化剤(plant activator)に対する期待が高まっているが、植物活性化剤の大規模スクリーニングでは、多大な労力と時間をかけて候補物質を単離しても、その作用点の同定は困難であり、創薬にかかる時間は膨大となる。実際、既存のスクリーニングにより単離された防除剤はやプロベナゾール等ごく少数であり、実用化されている(た)ものは、サリチル酸(SA)のアナログ(アゴニスト)であるベンゾチアジアゾール(BTH)、チアジニル、イソチアニルと、SA 合成活性化剤と考えられているプロベナゾール(PBZ; オリゼメート)に限られており、全く新しい発想による植物免疫の活性化の方策が求められている。またこれらの薬剤の作用点は、ほぼ全てがシグナルを介した全身獲得抵抗性(Systemic acquired resistance; SAR)機構の増強に帰着し、イネに対するいもち病菌抵抗剤に限られていた。

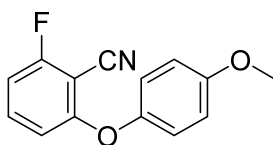
植物免疫経路には、SA 経路と並んでそれと少なくとも部分的には拮抗的に作用するジャスモン酸(JA)経路の重要性が広く研究され、殺生菌耐性、耐虫性等において、中心的な役割を担うことが明らかになっている。しかし JA 経路を活性化する薬剤としては、JA アナログであるプロヒドロジャスモン(PDJ; ジャスモメート)が唯一、果実の着色成熟促進等の植物成長調整剤として実用化されているのみであり、殺生菌耐性、耐虫性を高める抵抗性誘導剤は、ほぼ全く知られていない。SA 経路は、アナログに加えて、生合成活性化剤である PBZ が非常に有用な抵抗性誘導剤として長く使われており、JA の生合成を活性化する薬剤を発見できれば、さまざまな実用性が期待できる。

研究代表者らは、植物培養細胞をモデル系とした感染防御応答シグナル伝達系、活性酸素種(ROS)生成の制御系の研究を進めるうちに、ROS 生成の時空間パターンと下流の感染防御応答との相関関係の詳細な解析に基づき、斬新なハイスループットな植物免疫活性化候補化合物のケミカルスクリーニング系を創出した(日米で特許登録済)。

2. 研究の目的

11000 種の化合物ライブラリーから新規抵抗性誘導候補化合物を選抜し、有望な数十化合物の特徴を解析した中で、シロイヌナズナに処理すると、ジャスモン酸(JA)の蓄積を濃度依存的に飛躍的に高める化合物が発見された。そこで本研究では、1) 目的化合物や種々の構造類縁体の系統的な合成、JA の内生量を高める活性を持つ化合物の最小構造の決定、構造の最適化、2) 種々の病原体、害虫等に対する耐性の系統的に調査し、本新規活性化化合物の病虫害耐性に対する効果を調査する、3) 本新規活性化化合物が JA の内生量を高める分子機構に関する知見を得る、4) 作用機構解析を解析するために必要な分子プローブ(蛍光標識化体やビオチン化体)を創製することを目指した。

図 1 目的化合物の構造

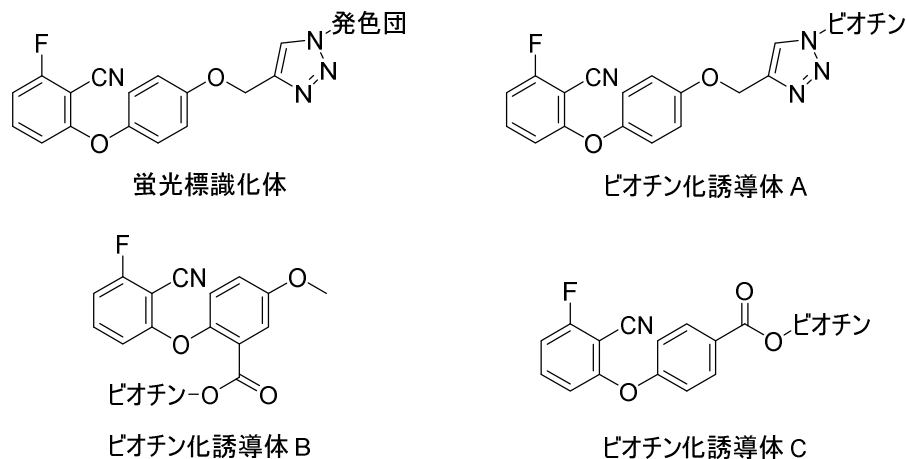


3. 研究の方法

目的化合物の構造活性相関(構造と活性の関係性)を明らかにするため、まず本化合物の合成手法の確立を進めた。次に複数の誘導體や作用機構解析を解析するために必要な分子

また、誘導体 I、II、III に対して蛍光標識化とビオチン化を行った(図4)。誘導体 I から蛍光標識化体とビオチン化誘導体 A を合成した。誘導体 II と III からはビオチン化 B と C をそれぞれ合成することに成功した。これら誘導体を用いて、目的化合物の細胞内局在や標的タンパク質の同定を試みている。

図4 . 蛍光標識化体とビオチン化誘導体の概略図



目的化合物を種々の方法でシロイヌナズナ植物体に処理し、腐生菌(灰色カビ病菌) *Botrytis cinerea* に対する耐病性、害虫アザミウマに対する耐虫性を定量的に検討した。その結果、灰色カビ病菌 *Botrytis cinerea* に対する耐病性、害虫アザミウマに対する耐虫性を向上させる効果を見だした。これまでに腐生菌(necrotroph)や害虫に対する抵抗性誘導剤の報告はほとんどなく、本化合物が、これまでにない活性を持つ抵抗性誘導剤のリード化合物となる可能性が期待される。

本研究の過程で、目的化合物は、JA だけでなく、通常は JA と拮抗関係にあると考えられているサリチル酸(SA)の蓄積量も増加させることを見出した。そこで、JA・SA の内生量と各ホルモン応答性のマーカー遺伝子の発現量の変化を指標に、目的化合物処理による効果の時間的変化を調べた。シロイヌナズナ幼植物に目的化合物を処理し、処理後 3, 6, 12, 18, 24 h 時点で JA 応答性マーカー遺伝子 *PDF1.2*、SA 応答性マーカー遺伝子 *PR1* (*Pathogenesis-Related 1*) の発現量を解析した結果、共に目的化合物処理後 12 h 時点までに発現上昇が見られた。また、JA・SA の内生量は、JA については 6 h 時点、SA については 12 h 時点までには増加がみられた。すなわち本化合物処理によりまず JA の生合成が、それに遅れて SA の生合成が誘導されることが明らかとなった。現在、腐生菌(necrotroph)だけでなく、SA が効果を示すと考えられている活物寄生菌(biotroph)に対する耐病性を誘導する可能性の検証を進めている。

目的化合物処理により誘導される JA・SA の生合成前後の遺伝子発現変動を調べるため、目的化合物処理後 3, 6, 12 h と、ジャスモン酸メチル(MeJA)処理 3 h、SA 処理 3 h で RNA-seq 解析を行った。JA・SA の生合成誘導に先行して起こる応答について調べるため、目的化合物処理後 3 h の発現変動遺伝子を用いて KEGG エンリッチメント解析を行った。その結果、病原体により誘導される防御応答に関わることが知られる MAPK シグナリング経路に関連するタームが濃縮された。これは MeJA 処理や SA 処理では見られなかった。

一方、目的化合物処理では、JA・SA 双方の生合成が誘導されるため、JA・SA 関連遺伝子の発現傾向が単に MeJA や SA を処理した場合と異なることが予想される。取得した処理後 3, 6, 12 h のトランスクリプトームデータについて、MeJA 処理、SA 処理と比較し目的化合物特異的な発

現制御がみられるか調べた。

JA・SA 関連遺伝子の発現を解析したところ、目的化合物処理では JA、SA 双方によって発現上昇する遺伝子群 (JA↑SA↑) や、JA のみ、SA のみによって発現上昇する遺伝子群 (JA↑、SA↑) と合わせて、JA によって抑制される SA 関連遺伝子群 (JA↓SA↑) も含めて発現上昇傾向が見られた。一方、SA によって発現が抑制される JA 関連遺伝子群 (JA↑SA↓) では発現減少がみられた。これは necrotroph の病原体である灰色カビ病菌 *Botrytis cinerea* や hemibiotroph であるトマト斑葉細菌病菌 *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000 に対する応答においてもみられる傾向である。このことから、目的化合物処理時の JA・SA 関連遺伝子の発現は MeJA や SA 処理と異なり、より病原体感染時の生体防御応答に類似する可能性が示唆された。

目的化合物処理で発現上昇傾向が見られた JA↓SA↑遺伝子群には SA 生合成遺伝子 *ICS1* が該当しており、実際に目的化合物処理で発現が上昇することを q-PCR により確かめた。このことから、目的化合物処理時には JA による SA 生合成の抑制が見られない可能性が示唆された。

一方、JA↑SA↓遺伝子群に該当した JA 応答性マーカー遺伝子 *VSP1* (Vegetative Storage Protein 1) の発現は、MeJA 処理では見られるのに対し、目的化合物処理では見られなかった。目的化合物処理時に *VSP1* の発現が見られないことは SA の抑制作用によるものであると仮説を立て、SA 応答性遺伝子の多くを制御するとされる SA 受容体候補因子 *NPR1* の変異体 *npr1* と、シロイヌナズナの SA 生合成の約 9 割を担う *ICS1* の変異体 *sid2* の 2 種の変異体を用いて目的化合物処理時の *VSP1* の発現を解析した。*VSP1* の発現抑制が *NPR1* や *ICS1* に依存するものであれば、両変異体において目的化合物処理により *VSP1* の発現が見られると予想されたが、変異体においても発現が見られなかった。

本研究を通して、目的化合物処理により JA・SA の内生量増加に先行して生体防御応答に関連した遺伝子発現が起こる可能性があることが分かった。JA・SA 関連遺伝子の発現傾向が MeJA 処理や SA 処理と比べて病原体に対する応答と類似する可能性が示唆されたため、本化合物は広範な病原体に対する植物の防御応答を増強する新規抵抗性誘導剤としての展開が期待できる。また、目的化合物による SA の生合成や下流の遺伝子の発現は JA による抑制を受けないこと、JA 関連遺伝子の一部で発現抑制が見られるがこれは 2 つの主要な SA 関連因子 (*NPR1*、*ICS1*) によらず、別の機構によってもたらされる可能性があることが明らかとなった。

活性を持つビオチン化誘導体の合成に成功し、現在、目的化合物が結合する候補タンパク質の同定を進めている。本化合物の標的タンパク質の同定と分子遺伝学的解析との融合により、本研究で見出した新規抵抗性誘導剤候補化合物の作用メカニズムの解明に繋がるのが期待される。また本化合物は、応用面と同時に、植物免疫の分子機構解明の新たなツールとなることも期待される。

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 9件 / うちオープンアクセス 15件）

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Mineyuki Yokoyama, Takatoshi Yamashita, Rumi Kaida, Shigemi Seo, Kazuhiro Tanaka, Sadao Abe, Masataka Nakano, Yoshiharu Fujii, Kazuyuki Kuchitsu | 4. 巻 85(12) |
| 2. 論文標題 Ultrafine bubble water mitigates plant growth in damaged soil | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry | 6. 最初と最後の頁 2466-2475 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/bbb/zbab169 | 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 Kaneko Toshiro, Kato Hiromitsu, Yamada Hideaki, Yamamoto Muneaki, Yoshida Tomoko, Attri Pankaj, Koga Kazunori, Murakami Tomoyuki, Kuchitsu Kazuyuki, Ando Sugihito, Nishikawa Yasuhiro, Tomita Kentaro, Ono Ryo, Ito Tsuyohito, Ito Atsushi M., Eriguchi Koji, Nozaki Tomohiro, Tsutsumi Takayoshi, Ishikawa Kenji | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Functional nitrogen science based on plasma processing: quantum devices, photocatalysts and activation of plant defense and immune systems | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SA0805 ~ SA0805 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac25dc | 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 Kenji Hashimoto, Mateusz Koselski, Shoko Tsuboyama, Halina Dziubinska, Kazimierz Trenbac, Kazuyuki Kuchitsu | 4. 巻 63(2) |
| 2. 論文標題 Functional Analyses of the Two Distinctive Types of Two-Pore Channels (TPCs) and the Slow Vacuolar Channel in Marchantia polymorpha | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology | 6. 最初と最後の頁 163-175 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcab176 | 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 Ken Mizoi, Vicente Rodriguez-Gonzalez, Mao Sasaki, Shoki Suzuki, Kaede Honda, Naoya Ishida, Norihiro Suzuki, Kazuyuki Kuchitsu, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Akira Fujishima, Katsuya Teshima, Chiaki Terashima | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Interactions between pH, reactive species, and cells in plasma-activated water can remove algae | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 RSC Advances | 6. 最初と最後の頁 7626-34 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1RA07774K | 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 Hanamata S, Sawada J, Ono S, Fukunaga T, Ogawa K, Nonomura K-I, Kimura S, Kurusu T, Kuchitsu K | 4. 巻 11;172 |
| 2. 論文標題 Impact of autophagy on gene expression and tapetal programmed cell death during pollen development in rice. | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science | 6. 最初と最後の頁 0 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2020.00172 2020.2 | 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 Attri P, Anan T, Okumura T, Tanaka H, Yamashita D, Matsuo K, Itagaki N, Kamataki K, Koga K, Shiratani M, Kuchitsu K, Ishibashi Y | 4. 巻 10(3) |
| 2. 論文標題 Plasma Treatment Effect on the Paramagnetic Species of Barley Seed Radical's Intensity: an EPR study | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Plasma Medicine | 6. 最初と最後の頁 159-168 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1615/PlasmaMed.2020036353 | 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 Shigeru Hanamata, Takamitsu Kurusu, Kazuyuki Kuchitsu | 4. 巻 21(23) |
| 2. 論文標題 Cell Cycle-Dependence of Autophagic Activity and Inhibition of Autophagosome Formation at M Phase in Tobacco BY-2 Cells | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences | 6. 最初と最後の頁 9166 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms21239166 | 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 Iino T, Hashimoto K, Asai T, Kuchitsu K, Ozeki Y | 4. 巻 0 |
| 2. 論文標題 Multicolour chemical imaging of plant tissues with hyperspectral stimulated Raman scattering microscopy. | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Analyst | 6. 最初と最後の頁 0 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0AN02181D | 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 Akita K, Takagi T, Kobayashi K, Kuchitsu K, Kuroiwa T, Nagata N | 4. 巻 258:29-138 |
| 2. 論文標題 Ultrastructural Characterization of Microlipophagy Induced by the Interaction of Vacuoles and Lipid Bodies Around Generative and Sperm Cells in Arabidopsis Pollen | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Protoplasma | 6. 最初と最後の頁 0 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00709-020-01557-2 | 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 Klionsky DJ, ..., Kuchitsu K, ..., Tong C-K | 4. 巻 17(1) |
| 2. 論文標題 Guidelines for the use and interpretation of assays for monitoring autophagy (4th edition) | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Autophagy | 6. 最初と最後の頁 1-382 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15548627.2020.1797280 | 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 Kurokawa M, Nakano M, Kitahata N, Kuchitsu K, Furuya T | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 An efficient direct screening system for microorganisms that activate plant immune responses based on plant-microbe interactions using cultured plant cells | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 7396 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants10040647 | 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 Nickolov Kaloian, Gauthier Adrien, Hashimoto Kenji, Laitinen Teresa, Vaisanen Enni, Paasela Tanja, Soliymani Rabah, Kurusu Takamitsu, Himanen Kristiina, Blokhina Olga, Fagerstedt Kurt V., Jokipii-Lukkari Soile, Tuominen Hannele, Haggman Hely, Wingsle Gunnar, Teeri Teemu H., Kuchitsu Kazuyuki, Karkonen Anna | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Regulation of PaRBOH1-mediated ROS production in Norway spruce by Ca ²⁺ binding and phosphorylation | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science | 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) 10.3389/fpls.2022.978586 | 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 Sachie, Kaya Hidetaka, Hashimoto Kenji, Wrzaczek Michael, Kuchitsu Kazuyuki | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Quantitative Analysis for ROS-Producing Activity and Regulation of Plant NADPH Oxidases in HEK293T Cells | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Methods Mol Biol. | 6. 最初と最後の頁 107 ~ 122 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-0716-2469-2_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 該当する |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Okumura Takamasa, Attri Pankaj, Kamataki Kunihiro, Yamashita Naoto, Tsukada Yuichi, Itagaki Naho, Shiratani Masaharu, Ishibashi Yushi, Kuchitsu Kazuyuki, Koga Kazunori | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Detection of NO3- introduced in plasma-irradiated dry lettuce seeds using liquid chromatography-electrospray ionization quantum mass spectrometry (LC-ESI QMS) | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 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) 10.1038/s41598-022-16641-1 | 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 該当する |

| | |
|--|------------------------------|
| 1. 著者名 Iwasaki Miyuki, ..., Wanke Dierk, Hashimoto Kenji, Kuchitsu Kazuyuki, Montgomery Sean A., Singh Shilpi, Tanizawa Yasuhiro, Yagura Masaru, Mochizuki Takako, Sakamoto Mika, Nakamura Yasukazu, Liu Chang, Berger Frederic, Yamato Katsuyuki T., Bowman John L., Kohchi Takayuki | 4. 巻 31 |
| 2. 論文標題 Identification of the sex-determining factor in the liverwort Marchantia polymorpha reveals unique evolution of sex chromosomes in a haploid system | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Current Biology | 6. 最初と最後の頁 5522 ~ 5532.e7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cub.2021.10.023 | 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 Koselski Mateusz, Pupkis Vilmantas, Hashimoto Kenji, Lapeikaite Indre, Hanaka Agnieszka, Wasko Piotr, Plukaite Egle, Kuchitsu Kazuyuki, Kisnieriene Vilma, Trebacz Kazimierz | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Impact of Mammalian Two-Pore Channel Inhibitors on Long-Distance Electrical Signals in the Characean Macroalga Nitellopsis obtusa and the Early Terrestrial Liverwort Marchantia polymorpha | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Plants | 6. 最初と最後の頁 647 ~ 647 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants10040647 | 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 3件 / うち国際学会 3件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 朽津 和幸、西田 えり佳、北畑 信隆、並木 健太郎、舟橋 汰樹、遠矢 龍平、松本 史織、菊池 宏樹、前田 健太郎、中澤 裕、斉藤 優歩、中野 正貴、倉持 幸司、安部 洋、高橋 史憲、橋本 研志 |
| 2. 発表標題 シロイヌナズナにジャスモン酸経路とサリチル酸経路の双方の活性化を誘導する新規化合物の作用機構の解析 |
| 3. 学会等名 日本植物学会第85回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 並木 健太郎、北畑 信隆、斉藤 優歩、中野 正貴、西田 えり佳、舟橋 汰樹、中澤 裕、遠矢 龍平、松本 史織、菊池 宏樹、前田 健太郎、橋本 研志、倉持 幸司、安部 洋、高橋 史憲、浅見 忠男、朽津 和幸 |
| 2. 発表標題 ジャスモン酸・サリチル酸双方の経路を活性化する新規化合物の作用機構の解析, Characterization of novel compounds activating jasmonic acid- and salicylic acid-signaling pathways |
| 3. 学会等名 植物化学調節学会第 56 回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 松本 史織、並木 健太郎、遠矢 龍平、菊池 宏樹、前田 健太郎、西田 えり佳、北畑 信隆、斉藤 優歩、中野 正貴、舟橋 汰樹、中澤 裕、橋本 研志、倉持 幸司、安部 洋、高橋 史憲、浅見 忠男、木村 成介、朽津 和幸 |
| 2. 発表標題 シロイヌナズナにジャスモン酸・サリチル酸双方の蓄積を誘導する新規化合物の作用機構の解析 |
| 3. 学会等名 第63回日本植物生理学会 年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 遠矢 龍平、並木 健太郎、松本 史織、菊池 宏樹、前田 健太郎、西田 えり佳、北畑 信隆、斉藤 遊歩、中野 正貴、舟橋 汰樹、中澤 裕、橋本 研志、倉持 幸司、安部 洋、高橋 史憲、浅見 忠男、木村 成介、朽津 和幸 |
| 2. 発表標題 植物にジャスモン酸・サリチル酸双方の蓄積を誘導する新規抵抗性誘導剤候補化合物の効果の解析 |
| 3. 学会等名 令和4年度日本植物病理学会大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中野正貴, 安江啓人, 舟橋汰樹, 山崎逸平, 斉藤優歩, 北畑信隆, 石賀貴子, 石賀康博, 安部洋, 木村成介, 諸橋賢吾, 浅見忠男, 朽津和幸 |
| 2. 発表標題 シロイヌナズナのトマト斑葉細菌病菌に対する耐病性を亢進する、及びジャスモン酸の蓄積を更新する新規植物免疫活性化剤候補化合物群の作用機構の解析 |
| 3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 舟橋汰樹・斉藤優歩・北畑信隆・中野正貴・山崎逸平・並木健太郎・中澤裕・西田えり佳・中島麻希・安部洋・橋本研志・倉持幸司・朽津和幸 |
| 2. 発表標題 シロイヌナズナにジャスモン酸の蓄積を誘導する化合物の発見と植物に対する作用の解析 |
| 3. 学会等名 日本植物学会第84回大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 西田えり佳, 舟橋汰樹, 斉藤優歩, 中野正貴, 北畑信隆, 中澤裕, 並木健太郎, 中島麻希, 倉持幸司, 安部洋, 高橋史憲, 橋本研志, 朽津和幸 |
| 2. 発表標題 ジャスモン酸の蓄積を亢進する新規植物免疫活性化剤候補化合物の効果の解析 |
| 3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中澤裕, 舟橋汰樹, 斉藤優歩, 中野正貴, 北畑信隆, 西田えり佳, 並木健太郎, 中島麻希, 倉持幸司, 安部洋, 高橋史憲, 橋本研志, 朽津和幸 |
| 2. 発表標題 植物にジャスモン酸の蓄積を誘導する新規抵抗性誘導剤候補化合物の効果の解析 |
| 3. 学会等名 令和3年度日本植物病理学会大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小川 聡太, 並木 健太郎, 舟橋 汰樹, 遠矢 龍平, 神代 遥, 小川 瑞貴, 粟野 真妃, 北畑 信隆, 斉藤 優歩, 中野 正貴, 橋本 研志, 倉持 幸司, 安部 洋, 浅見 忠男, 木村 成介, 朽津 和幸 |
| 2. 発表標題 植物のジャスモン酸・サリチル酸双方の経路を活性化する抵抗性誘導候補化合物の構造活性相関・作用機序の解析と灰色カビ病菌に対する効果 |
| 3. 学会等名 令和5年度日本植物病理学会大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 朽津和幸, 舟橋汰樹, 並木健太郎, 北畑信隆, 斉藤優歩, 中野正貴, 橋本研志, 浅見忠男, 木村成介, 男澤翔矢, 根本健司, 粟野真妃, 倉持幸司 |
| 2. 発表標題 ジャスモン酸・サリチル酸双方の経路を活性化する新規化合物の構造活性相関と標的因子の解析 |
| 3. 学会等名 第64回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 並木 健太郎, 神代 遥, 遠矢 龍平, 小川 瑞貴, 小川 聡太, 北畑 信隆, 斉藤 優歩, 中野 正貴, 舟橋 汰樹, 橋本 研志, 倉持 幸司, 浅見 忠男, 安部 洋, 高橋史憲, 木村 成介, 朽津 和幸 |
| 2. 発表標題 シロイヌナズナにジャスモン酸・サリチル酸双方の蓄積を誘導する新規化合物の作用機構の解析 |
| 3. 学会等名 第64回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 並木 健太郎, 北畑 信隆, 斉藤 優歩, 中野 正貴, 西田 えり佳, 舟橋 汰樹, 遠矢 龍平, 松本 史織, 前田 健太郎, 橋本 研志, 倉持 幸司, 安部 洋, 浅見 忠男, 木村 成介, 朽津 和幸 |
| 2. 発表標題 シロイヌナズナにジャスモン酸・サリチル酸の蓄積を誘導する新規化合物の作用機構の解析 |
| 3. 学会等名 植物化学調節学会第57回福井大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kazuyuki Kuchitsu |
| 2. 発表標題 ROS and Ca ²⁺ -mediated regulation of development and stress responses in <i>Marchantia polymorpha</i> |
| 3. 学会等名 Julius von Sachs Colloquium (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小川 瑞貴, 並木 健太郎, 舟橋 汰樹, 遠矢 龍平, 神代 遥, 小川 聡太, 松本 史織, 前田 健太郎, 北畑 信隆, 斉藤 優歩, 中野 正貴, 橋本 研志, 倉持 幸司, 阿部 洋, 浅見 忠男, 木村 成介, 朽津 和幸 |
| 2. 発表標題 植物のジャスモン酸・サリチル酸双方の経路を活性化する化合物の抵抗性誘導効果と作用機序の解析 |
| 3. 学会等名 令和4年度日本植物病理学会関東部会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kazuyuki Kuchitsu, Takafumi Hashimoto, Kenshiro Watanabe, Shoko Tsuboyama, Kenji Hashimoto |
| 2. 発表標題 Regulation of plant development and stress responses by the ROS-Ca ²⁺ signaling network. |
| 3. 学会等名 Finland-Japan seminar 2021 “Understanding the integrative systems to coordinate paradoxes between enhanced efficiency and stress tolerance of photosynthesis” (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kazuyuki Kuchitsu, Shoko Tsuboyama, Kenji Hashimoto |
| 2. 発表標題 ROS-Mediated Regulation of Development and Stress Responses in Plants: Towards the Growth Control by Plasma and Ultrafine/Nano Bubble Technology. |
| 3. 学会等名 5th International symposium on Application of High-voltage, Plasma & Micro/Nano (Fine) Bubbles to Agriculture, Aquaculture and Food Safety (ISHPMNB2021) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

ホームページ「食料・環境・エネルギー問題解決のヒントは、植物の生存システムに隠されている」<https://www.tus.ac.jp/sdgs/510>
アウトリーチ活動として、一般向けの招待講演を行った際、本研究の内容をわかりやすく紹介した。
2021年1月17日 「宇宙における人間と植物：人間のパートナー「植物」を理解し、共に生きる」
2021年6月29日 「植物を理解し、環境・食料・エネルギー問題解決に向けてその力を活かす」
2021年8月9日 女子中高生夏の学校
2021年9月20日～2021年9月21日 東京理科大学サイエンス夢工房
2022年4月24日 東京理科大学理工学部春のオープンキャンパス
2022年7月3日 「植物の生き方・人との共生：植物を理解し、環境・食料・エネルギー問題解決に向けてその力を活かす」
2022年7月10日 「植物が生きるしくみの不思議：植物に神経や免疫はあるか？」
2022年8月7日 女子中高生夏の学校
2022年8月9日 東京理科大学オープンキャンパス
2022年11月2日 千葉県野田市「里山の自然・人と植物の共生を考える」
2022年11月26日～2022年11月27日東京理科大学サイエンス夢工房

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 | 倉持 幸司 (Kuramochi Kouji) (90408708) | 東京理科大学・理工学部応用生物科学科・教授 (32660) | |

| | 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 |
|-------|--|---|----|
| 研究協力者 | 橋本 研志 (Hashimoto Kenji) (00737984) | 東京理科大学・理工学部応用生物科学科・助教 (32660) | |
| 研究協力者 | 坪山 祥子 (Tsuboyama Shoko) (50854030) | 東京理科大学・理工学部応用生物科学科・ポストドクトラル 研究員 (32660) | |

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|