

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：12605

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15759

研究課題名（和文）コケ植物のオス株が矮化する矮雄現象を司る生理活性物質の同定

研究課題名（英文）Identification of the dwarf male substances in a moss

研究代表者

宮崎 翔（MIYAZAKI, Sho）

東京農工大学・学内共同利用施設等・助教

研究者番号：30755955

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：ある雌雄異株の形態をとるコケ植物のオス株は、メス株に接触するとメス株からのシグナルを感知して個体サイズを小さくさせ、メス株に半寄生状態で生育する。研究者はこの現象を司る物質の探索に挑んだ。現象の再現実験系の構築が最重要と考え、研究者がこれまで培養した系を中心に検討したが安定した実験系は見出せなかった。視野を拡大し、非無菌状態での培養と既知ホルモン分析から、1つ以上の植物ホルモンが関与し得ることを見出した。これらが現象に直接関わるか慎重に検討し、ホルモン変動も指標としながら物質の単離に向け準備を進める。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で着目した現象と物質は植物の新たな繁殖戦略を物質レベルで明らかにできるものであり、重要な知見を提供できるものと期待する。植物には一つの花に雌しべと雄しべが共存する両性花、一つの株に雄花と雌花をつける雌雄異花、そして動物のようにメスとオスが別れている雌雄異株の形態が存在する。受精の効率、環境への適応性を考えると、どの形態も一長一短である。このような中、雌雄異株の形態をとったにも関わらず、受精の効率をあげるため矮雄という戦略をとったコケ植物の制御機構を明らかにできれば、植物の繁殖戦略と性分化の新たな概念を提唱できると期待できる。

研究成果の概要（英文）：A kind of male strains of moss plants perceived a signal from the female strain to reduce the individual size, and grow in a semi-parasitic state on the female strain. I thought that it was most important to construct a reproduction experimental system that challenged the search for the substance controls this phenomenon, and mainly examined the systems that had been cultivated so far, but could not find a stable experimental system. However, I found that one or more plant hormones could be involved in this phenomenon from non-sterile culture system.

研究分野：天然物有機化学

キーワード：矮化 天然物 コケ

1. 研究開始当初の背景

日本で生育している蘚類に属するコケ植物では、雌雄異株を形成する種が雌雄同株の種よりも多いことが報告されている。通常、雌雄異株の蘚類ではオス株とメス株の大きさにあまり違いはないが、オス植物が著しく矮小化してメス植物の茎、葉版、葉面などに仮根によって付着して生活していることがある。このように矮小化したオス植物は矮雄と呼ばれ、短い茎の先端にある数個の造精器が、数枚の葉で保護されただけの単純な構造をとる。つまり通常の生育機構を捨て矮化することで、メス植物体の生殖器官の一部のように振る舞い、エネルギーを生殖に集中することで、繁殖効率が上昇する仕組みとなっている。現在までに矮雄現象は植物界においてコケ植物、その中でも蘚類のみからの報告となっており、他のシダ植物や顕花植物では知られていない。矮雄現象は動物において見られており、遺伝的に矮雄化が決定しているもの、メス植物と接触することで起こるもの、の大きく2つに分類される。当該オス株の矮性は遺伝的に固定されたものではなく、メス株からの植物ホルモン様物質によって誘発されると強く示唆されており、このオス株の成長を抑制する物質を解明することを目的とした。

2. 研究の目的

本研究の目的は矮雄現象を制御する【矮雄誘導物質】の単離・構造決定を設定する。その構造を明らかにし、構造活性相関研究や生合成経路の解明に繋げていきたい。

3. 研究の方法

本研究では矮雄現象が知られているヤマトミノゴケを材料に利用した。ヤマトミノゴケは通常オスが存在することから、ヤマトミノゴケの矮雄が生じる条件を二つ想定した。すなわち、通常オスが昆虫や動物など他の生物によりメス株に近づき、メスのシグナルを受けて矮雄が生じる。もしくは、散乱した胞子がメス株上で発芽し、メスのシグナルを受けて矮雄となる。この2つの可能性を研究室で再現し、メス株に胞子もしくはオス株を乗せることで矮雄が生じるかを応答系の軸においた。研究の進展は材料であるコケ調達速度に大きく左右されるため、培養規模の拡大を狙い液体培養系の導入も視野に入れたが、回復応答系の確立に注力した。これまでのヒメツリガネゴケを用いた研究から、コケのステージ「茎葉体」より、菌糸のように培地上を這って生育する「原糸体」ステージの方が生育は早いことが判明している。茎葉体での実験と並行して、原糸体での試験も準備し、原糸体において矮雄化現象と同様な変化が生じるか観察を試みた。茎葉体、もしくは原糸体を用いた生物検定法を指標に、メス株からのシグナル物質の精製を進め【矮雄誘導物質】の検出を目指した。

4. 研究成果

本研究は、コケ植物が生産する【矮雄誘導物質】の単離・構造決定と生合成経路の解明を目的としている。ヤマトミノゴケは植物の中で、矮雄現象が報告されている植物であり、この矮化は遺伝的に固定されたものではなく、メス株からの植物ホルモン様物質によって誘発されると強く示唆されている。まず矮雄をメス株から単離しメス株と通常雄をそれぞれ生育させ、研究室内での矮雄現象の再現の後、メス株の生産する物質の探索を試みることにした。

実体顕微鏡による観察から矮雄を数個体単離し、これまで扱ったコケ植物と同様にエタノールや次亜塩素酸等を用いて無菌化を試みた。しかし、生きた状態の株を単離することが困難な傾向が認められ、無菌化の操作を行わずに生育を見たが、それでも生育状況は変わらなかった。このこと自体も重要な知見と思われるが、さらに個体数を確保するために採集に行く予定だったが、緊急事態宣言等で中止せざるえない状況であった。並行して胞子の採取も無菌化、非無菌化条件で発芽状況を見たが、これまで扱ったコケと異なり発芽やその後の生育状況が良くなかった。そこで、無菌化した植物体の単離を止め、矮雄株とメス株の植物ホルモン分析を行ったところ、複数の植物ホルモンが有意に変動していた。これらが現象に直接関わるか慎重に検討し、ホルモン変動も指標としながら物質の単離に向け準備を進めたい。緊急事態宣言や、研究者の異動も伴い遅れてしまったことも原因であるため、今後も効率的な培養法を検討し、単離に向けて進

めていきたい。

他方, 植物の矮化に関与する新たな生理現象も本研究を進める上で重要な知見となる。異動もありセットアップに時間を要したが, 植物を矮化させる生理活性物質の単離と, その作用機序を解明していきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Mao Lingfeng, Kawaide Hiroshi, Higuchi Toshiya, Chen Meihong, Miyamoto Koji, Hirata Yoshiki, Kimura Honoka, Miyazaki Sho, Teruya Miyu, Fujiwara Kaoru, Tomita Keisuke, Yamane Hisakazu, Hayashi Ken-ichiro, Nojiri Hideaki, Jia Lei, Qiu Jie, Ye Chuyu, Timko Michael P., Fan Longjiang, Okada Kazunori | 4. 巻 117 |
| 2. 論文標題 Genomic evidence for convergent evolution of gene clusters for momilactone biosynthesis in land plants | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences | 6. 最初と最後の頁 12472 ~ 12480 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1914373117 | 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 Miyazaki Sho, Kasahara Keita, Matsui Soh, Tokuda Makoto, Saikawa Yoko | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Orange Leafhopper Cicadulina bipunctata Feeding Induces Gall Formation Nitrogen Dependently and Regulates Gibberellin Signaling | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Plants | 6. 最初と最後の頁 1270 ~ 1270 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants9101270 | 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 Watanabe Daichi, Takahashi Ikuo, Jaroensanti Tanaka Naiyanate, Miyazaki Sho, Jiang Kai, Nakayasu Masaru, Wada Masato, Asami Tadao, Mizutani Masaharu, Okada Kazuma, Nakajima Masatoshi | 4. 巻 105 |
| 2. 論文標題 The apple gene responsible for columnar tree shape reduces the abundance of biologically active gibberellin | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 The Plant Journal | 6. 最初と最後の頁 1026 ~ 1034 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tbj.15084 | 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 Miyazaki Sho, Endo Aoi, Matsui Soh, Tokuda Makoto, Saikawa Yoko | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Histological and quantitative image analyses of rice gall formed by orange leafhopper Cicadulina bipunctata (Hemiptera: Cicadellidae) | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Applied Entomology and Zoology | 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) 10.1007/s13355-021-00736-8 | 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 Miyazaki Sho, Kurisu Hironosuke, Nakata Masaya, Saikawa Yoko | 4. 巻 84 |
| 2. 論文標題 Identification of a cyanidin-3-O- -galactoside in gall tissue induced by midges on Japanese beech (Fagus crenata Blume) | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry | 6. 最初と最後の頁 797 ~ 799 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09168451.2019.1698941 | 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 Miyazaki Sho, Nakajima Masatoshi, Kawaide Hiroshi | 4. 巻 1924 |
| 2. 論文標題 Assays of Protonemal Growth Responses in Physcomitrella patens Under Blue- and Red-Light Stimuli | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Methods In Molecular Biology | 6. 最初と最後の頁 35 ~ 43 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-4939-9015-3_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 - |

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮崎 翔, 遠藤 碧, 松井 奏, 笠原 慶太, 徳田 誠, 犀川 陽子 |
| 2. 発表標題 ワラビー萎縮症誘発物質の同定に向けた生物試験法の検討 |
| 3. 学会等名 日本農薬学会第46回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮崎 翔, 笠原 慶太, 徳田 誠, 犀川 陽子 |
| 2. 発表標題 ワラビー萎縮症誘発物質の同定に向けたイネ幼苗を用いた試験法の検討 |
| 3. 学会等名 日本農薬学会第45回大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 宮崎 翔, 栗栖泰之介, 笠原慶太, 徳田 誠, 中田雅也, 犀川陽子 |
| 2. 発表標題 虫えい形成における寄主植物の形態変化を誘導する物質の探索研究 |
| 3. 学会等名 植物化学調節学会第54回大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松井 奏, 並木航太, 恵枝, 高岡春乃, 後藤加奈, 栗栖泰之介, 宮崎 翔, 中田雅也, 犀川陽子 |
| 2. 発表標題 虫えい内生菌の生産する植物成長制御物質の探索 |
| 3. 学会等名 植物化学調節学会第54回大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Sho Miyazaki |
| 2. 発表標題 Identification of ancestral gibberellin in Physcomitrella patens |
| 3. 学会等名 日本植物学会第83回大会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計0件

〔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 |
|---------|---------------------------|-----------------------|----|

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