

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：14603

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06470

研究課題名(和文)植物の生命力を支える多能性幹細胞の基盤原理

研究課題名(英文)Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality

研究代表者

梅田 正明(Umeda, Masaaki)

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授

研究者番号：80221810

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 135,800,000円

研究成果の概要(和文)：本領域は、植物がもつ永続的かつ旺盛な生命力に幹細胞の視点から迫るべく、植物幹細胞の増殖性や多能性の理解を目指して研究を進めた。領域内の有機的連携を図ることを目的として、領域外の動物研究者も巻き込んだ活動など、領域研究の活性化に繋がる種々の取り組みを行った。また、その成果を国内外に発信するために、国際シンポジウムやホームページ、ニュースレターを活用した広報活動を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国内の学会シンポジウム・ワークショップの企画、及び領域主催の国際シンポジウムの開催を通じて、領域研究の成果を国内外の研究者に広く発信できた。また、幹細胞研究会などを通じて動物研究者と交流する機会が増え、約70名の動物研究者との繋がりができた。これは今後発生生物学分野を開拓していく際に重要な基盤になると考えられる。さらに、若手研究者の海外相互派遣や様々なアウトリーチ活動を通じて、次世代の研究者育成にも貢献できた。

研究成果の概要(英文)：Our project aimed to understand the characteristics of plant stem cells, which support plant longevity and vitality, especially by focusing on their proliferative activity and pluripotency. To activate organic cooperation between research groups, we supported various activities including those involving animal scientists, thereby promoting collaborations. Besides, we conducted public relations activities to disseminate our research progress to Japan and abroad through international symposiums and via the homepage and newsletters.

研究分野：植物分子生物学

キーワード：幹細胞 多能性 植物

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。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

新学術領域研究「植物の生命力を支える多能性幹細胞の基盤原理」は、植物がもつ永続的かつ旺盛な生命力に幹細胞の視点から迫るべく、植物幹細胞の増殖性や多能性の理解を目指して研究を開始した。植物幹細胞の特性を決める上で、幹細胞そのものの挙動だけでなく、組織レベルの制御や細胞間コミュニケーションを介した位置情報も極めて重要である。また、リプログラミングや細胞分化にはクロマチンレベルの制御も不可欠である。本領域ではこのような様々なレベルの未解決課題に果敢にアプローチすることにより、植物の生命力の源を理解する新学理の構築を目指した。

### 2. 研究の目的

領域研究を効率よく推進するためには、領域メンバーが研究進捗や実験技術情報を常にシェアし、自由に意見交換する場を提供することが重要である。また、異分野の研究者がアイデアを出し合い、新たな共同研究を立ち上げる環境を整えることも重要である。特に、本領域は植物と動物の幹細胞を対比させてその共通性・相違点を理解することを一つの柱としているので、そのための仕掛けが必要である。そこで、領域内の有機的連携を図ることを目的として、領域外の動物研究者も巻き込んだ活動など、領域研究の活性化に繋がる種々の取り組みを行った。また、その成果を国内外に発信するための様々な支援を行うことも目的とした。

### 3. 研究の方法

8名の計画研究代表者及び2名の計画研究分担者が総括班を構成し、様々な活動を分担して進めた。また、総括班に設置した植物幹細胞解析センター(PSAC)において、蓑田が1細胞解析を、豊岡がイメージング解析を担当し、領域メンバーの技術支援及び共同研究を実施した。

### 4. 研究成果

#### (1) 領域会議及び総括班会議

領域メンバーが研究計画や成果を発表し、個々の研究成果の把握や新たな共同研究の発掘を行う目的で、毎年3月に領域会議を開催した。公募班が加わった2年度目と4年度目は春にも領域会議を開催し、全メンバーが研究計画を発表し共有することにより、新たな参画メンバーが領域研究の方向性を理解して、共同研究を直ちに開始できる機会を提供した。また、領域会議の折には総括班会議を開催し、評価・助言委員や学術調査官も交えて、領域研究の成果や今後の進め方、PSACの運営等について議論した。

#### (2) 若手の会

毎年秋に若手の会を開催し、発表・討論を通じて異なる研究グループに属する若手研究者(学部・大学院生、研究員、助教)が交流し、分野外の人とも意見交換できる場を提供した。また、海外留学を含むキャリア形成に関すること、PIの経験談などを直接若手に語りかける機会も設け、次世代を担う若手研究者の意識改革を支援した。最終年度はコロナ渦の影響で若手の交流の機会が減ったため、オンラインで定期的に集まれる場を提供した結果、最終的には若手研究者が自主的に集まり意見交換を行うようになった。これらの活動は、領域研究終了後も若手どうしの繋がりを保つ上で重要なものである。

#### (3) 幹細胞研究会

毎年秋に、動植物分野からそれぞれ同数の講演者を出して幹細胞研究に関連した発表・質疑を行う幹細胞研究会を開催した。その中での議論を通して、多能性や幹細胞ニッチ等の言葉の概念が異なるなど、動植物分野で様々な認識の違いが炙り出されたが、同時に概念的な共通点・相違点を抽出することができ、植物幹細胞の特性を解明する領域研究の方向性を見極める上で、非常に有意義な研究会となった。植物分野から動物分野へと人的ネットワークを拡げることができ、今後発生生物学分野を開拓する上で核となる基盤を形成することができた。

#### (4) 学会シンポジウム・ワークショップの開催

総括班が中心となり、計画的に領域共催の学会シンポジウム・ワークショップを開催した。具体的には、日本分子生物学会、日本植物生理学会、日本植物学会などである。中には動植物分野を混合したシンポジウム・ワークショップもあった。また、若手研究者のキャリアアップを図る目的も兼ねて、若手研究者がオーガナイザーを務めたものもあった。領域が終了する令和3年度末には、日本植物生理学会年会のシンポジウムにおいてほぼすべての計画班メンバーが研究発表を行い、領域外の植物研究者に対して領域研究の成果をわかりやすく説明した。

#### (5) 植物幹細胞解析センター(PSAC)の活動

1細胞解析を担当する蓑田は、領域内の共同研究者とサンプル調製も含む技術支援を行うとともに、ミーティングや技術講習会などを通して技術情報の積極的な共有を図った。イメージング解

析を担当する豊岡は、技術講習会などでの技術支援とともに、個々の計画・公募班との共同研究を活発に行い、多くの論文発表に繋がった。PSAC を中心とした 1 細胞解析は、国内の植物分野で初の技術基盤を築いたという点で大きな貢献となった。またイメージング解析は、幹細胞とその周辺細胞の形態学的特徴を捉える上で重要な情報を提供することになった。令和 4 年度にその情報をまとめた電顕アトラスの一般公開を計画している。

#### (6) グループミーティング、サイトビジットの実施

複数の研究グループどうしで行うグループミーティングを総括班主導で開催した。グループミーティングには PI だけでなく、若手研究者や関連する研究者にも参加してもらい、個々の研究の推進を図るだけでなく、新たな共同研究の発掘も行った。また、計画班は動物分野のパートナー研究者が参加するグループミーティングも開催し、動植物の対比から植物幹細胞の理解を深めた。一方、領域代表者が個々の研究グループを訪問して議論するサイトビジットも総括班主導で実施した。5 年間の領域研究の中で、計画班は 2 回、公募班は前半・後半 1 回ずつのサイトビジットを行い、時間をかけた議論の中で具体的なアドバイスや意見交換を行った。

#### (7) 国際シンポジウムの開催

第 1 回国際シンポジウムは、2019 年 5 月に東北大で開催した。動植物混合で、プレナリートーク 3 題、口頭発表 35 題、ポスター発表 48 題であった。154 名の参加者に恵まれ、活発な意見交換が行われた。第 2 回国際シンポジウムは、2021 年 4 月にオンラインで開催した。こちらも動植物混合で、招待講演 19 題（うち海外から 17 題）、若手口頭発表 14 題であった。参加者は 14 ヶ国から 293 名に上り、オンラインの利点を活かした名実ともに国際的なシンポジウムとなった。どちらの国際シンポジウムも動植物の幹細胞システムを比較対比する上で有意義な機会となり、領域研究の成果を国際的に発信する上でも役立った。

#### (8) 若手研究者の海外相互派遣

総括班が主導して、領域内の研究グループの若手研究者を海外の共同研究先に派遣した。また、米国ウッズホールの海洋生物学研究所ではレンタルラボを行い、米国側の共同研究者と実験室をシェアして共同研究を実施した。また、日本に海外の若手研究者を招き、共同研究を実施するケースもあった。これらの活動は日本の若手研究者の国際化に役立つとともに、国際共同研究の活性化にも貢献した。残念ながらコロナ感染が広がってから海外相互派遣はほぼ停止してしまったが、領域前半で培った国際連携は後半の領域研究の推進力となった。

#### (9) アウトリーチ活動

アウトリーチ活動は、小・中・高校での模擬（出前）授業、科学体験イベント、高校生のラボステイ、大学でのオープンキャンパス、インターンシップ、社会人向けの公開講座、サイエンスカフェなど、様々な形で行った。多くの計画・公募班がアウトリーチ活動に関わり、総括班でその情報を収集することにより、領域研究の成果を一般の国民にわかりやすく伝えること、また次世代の科学研究を担う中高生を育てることといった目標達成に向けて計画的に取り組んだ。科学雑誌や特別展「植物」などの制作にも協力した。

#### (10) ホームページの作成と公開

領域ホームページを作成し、一般に公開した。領域で行われている研究内容を紹介する他、主な研究成果や様々な領域活動の報告を行った。英語バージョンも作成し、本領域研究の国際的な発信の場として有効活用した。また、ホームページ上ですべての領域メンバーの論文発表情報をリストアップし、それを随時更新することにより、関連研究者が最新の研究成果をタイムリーに認知できるように工夫した。これは、領域内で各班の研究進捗を把握する上でも大いに役立ち、共同研究の活性化に繋がった。

#### (11) ニュースレターの発行

ニュースレターは毎年 3 月に発行した。また、中間評価があった 2019 年は 10 月に特集号を発行した。領域研究の成果を論文情報として発信するだけでなく、各グループで取り組んでいる研究内容を図や写真を使いわかりやすく解説するなどして、領域研究への認知度が高まるような工夫を施した。ニュースレターは関連する動植物研究者に冊子を送付するとともに、領域ホームページ上でも PDF 版を公開し、誰でも自由に閲覧できるようにした。令和 4 年度にニュースレターの総集編を発行し、5 年間の領域研究の成果をまとめて発信する予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Shimotohno Akie, Aki Shiori S, Takahashi Naoki, Umeda Masaaki	4. 巻 72
2. 論文標題 Regulation of the plant cell cycle in response to hormones and the environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annual Review of Plant Biology	6. 最初と最後の頁 273 ~ 296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1146/annurev-arplant-080720-103739	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 Takatsuka Hirotomo, Shibata Atsushi, Umeda Masaaki	4. 巻 22
2. 論文標題 Genome maintenance mechanisms at the chromatin level	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 10384 ~ 10384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms221910384	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 Takahashi Naoki, Inagaki Soichi, Nishimura Kohei, Sakakibara Hitoshi, Antoniadou Ioanna, Karady Michal, Ljung Karin, Umeda Masaaki	4. 巻 7
2. 論文標題 Alterations in hormonal signals spatially coordinate distinct responses to DNA double-strand breaks in Arabidopsis roots	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eabg0993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abg0993	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 Umeda Masaaki, Ikeuchi Momoko, Ishikawa Masaki, Ito Toshiro, Nishihama Ryuichi, Kyojima Junko, Torii Keiko U., Satake Akiko, Goshima Gohta, Sakakibara Hitoshi	4. 巻 106
2. 論文標題 Plant stem cell research is uncovering the secrets of longevity and persistent growth	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 326 ~ 335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tbj.15184	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 Takahashi Naoki, Ogita Nobuo, Takahashi Tomonobu, Taniguchi Shoji, Tanaka Maho, Seki Motoaki, Umeda Masaaki	4. 巻 8
2. 論文標題 A regulatory module controlling stress-induced cell cycle arrest in Arabidopsis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 e43944
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.43944	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 Aki Shiori S, Mikami Tatsuya, Naramoto Satoshi, Nishihama Ryuichi, Ishizaki Kimitsune, Kojima Mikiko, Takebayashi Yumiko, Sakakibara Hitoshi, Kyojuka Junko, Kohchi Takayuki, Umeda Masaaki	4. 巻 60
2. 論文標題 Cytokinin signaling is essential for organ formation in Marchantia polymorpha	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1842 ~ 1854
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcz100	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 Chen Poyu, Takatsuka Hiroto, Takahashi Naoki, Kurata Rie, Fukao Yoichiro, Kobayashi Kosuke, Ito Masaki, Umeda Masaaki	4. 巻 8
2. 論文標題 Arabidopsis R1R2R3-Myb proteins are essential for inhibiting cell division in response to DNA damage	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-017-00676-4	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10件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 梅田正明、安喜史織、高橋直紀
2. 発表標題 Genome maintenance strategies in plant stem cells
3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梅田正明、杉山輝樹、紀平望帆
2. 発表標題 細胞間コミュニケーションを介した植物幹細胞の維持機構
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅田正明
2. 発表標題 植物成長を制御する分子メカニズムの解明
3. 学会等名 第38回日本植物バイオテクノロジー学会大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Thomas Kelly, Nicola A. Hetherington, Kai Battenberg, Miho Kihira, Shiori Aki, Haruka Yabukami, Tsukasa Kouno, Masaaki Umeda, Makoto Hayashi, Aki Minoda
2. 発表標題 Comprehensive comparison of single-cell transcriptome analysis techniques in Arabidopsis root tissue
3. 学会等名 第43回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Thomas Kelly, Nicola A. Hetherington, Shiori Aki, Kai Battenberg, Haruka Yabukami, Tsukasa Kouno, Masaaki Umeda, Makoto Hayashi and Akiko Minoda
2. 発表標題 Comparing technologies for single-cell transcriptome analysis in Arabidopsis root tissue
3. 学会等名 第42回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅田正明、安喜史織、高橋直紀
2. 発表標題 Genome maintenance strategies in stem cells
3. 学会等名 International Symposium: Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Thomas Kelly, Nicola A. Hetherington, Shiori Aki, Haruka Yabukami, Kai Battenberg, Makoto Hayashi, Masaaki Umeda and Akiko Minoda
2. 発表標題 Developing a single-cell bioinformatics analysis pipeline: Application of single-cell RNA-Seq to plant tissues
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梅田正明
2. 発表標題 Maintenance of genome integrity in root stem cells
3. 学会等名 Taiwan-Japan Plant Biology 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梅田正明
2. 発表標題 Maintenance of genome integrity in root stem cells
3. 学会等名 Plant Cell and Developmental Biology: Approaches to Multiscale Biosystems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梅田正明
2. 発表標題 植物幹細胞の神秘を探る
3. 学会等名 植物科学シンポジウム2017：植物科学のバイオ農業への展開（招待講演）
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

領域ホームページ <a href="http://www.plant-stem-cells.jp">http://www.plant-stem-cells.jp</a>
---

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	林 誠  (Hayashi Makoto)  (30291933)	国立研究開発法人理化学研究所・環境資源科学研究センター・チームリーダー   (82401)	
研究分担者	榊原 均  (Sakakibara Hitoshi)  (20242852)	名古屋大学・生命農学研究科・教授   (13901)	
研究分担者	山口 信次郎  (Yamaguchi Shinjiro)  (10332298)	京都大学・化学研究所・教授   (14301)	



## 6. 研究組織（つづき）

	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	鳥居 啓子 (Torii Keiko) (60506103)	名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・客員教授  (13901)	
研究分担者	五島 剛太 (Goshima Gohta) (20447840)	名古屋大学・理学研究科・教授  (13901)	
研究分担者	経塚 淳子 (Kyozyuka Junko) (90273838)	東北大学・生命科学研究所・教授  (11301)	
研究分担者	佐竹 暁子 (Satake Akiko) (70506237)	九州大学・理学研究院・教授  (17102)	
研究分担者	蓑田 亜希子 (Minoda Akiko) (40721569)	国立研究開発法人理化学研究所・生命医科学研究センター・チームリーダー  (82401)	
研究分担者	豊岡 公德 (Toyooka Kiminori) (10360596)	国立研究開発法人理化学研究所・環境資源科学研究センター・上級技師  (82401)	

## 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2件

国際研究集会 International Symposium: Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 International Symposium: Secrets of stem cells underlying longevity and persistent growth in plants	開催年 2021年～2021年

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			
オーストリア	Gregor Mendel Institute			
米国	University of Massachusetts			
英国	University of Cambridge			
ベルギー	VIB, Ghent University			
ドイツ	University of Hamburg			