

二国間交流事業 共同研究報告書

令和4年4月12日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[代表者所属機関・部局]
東京大学大学院新領域創成科学研究科
[職・氏名]
准教授・大谷 美沙都
[課題番号]
JPJSBP1 20193205

1. 事業名 相手国: フランス (振興会対応機関: MEAE-MESRI) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 植物の細胞分裂制御におけるペクチンダイナミクスの役割

(英文) Roles of pectin dynamics in the control of cell division in plants

3. 共同研究全実施期間 2019年4月1日 ~ 2022年3月31日 (3年0ヶ月)

4. 相手国代表者(所属機関・職・氏名【全て英文】)

Université de Picardie Jules Verne • Professor • Dr. Jerome Pelloux

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		1,930,000 円
内訳	1年度目執行経費	980,000 円
	2年度目執行経費	950,000 円

6. 共同研究全実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	7名
相手国側参加者等	5名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	1	2	3(0)
2年度目	0	0	0(0)
3年度目	0	0	0(0)
4年度目	-	-	-(-)

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 本委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入: 相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は本委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流実績の概要・成果等

(1)研究交流実績概要(全期間を通じた研究交流の目的・研究交流計画の実施状況等)

本共同研究では、ペクチン分解酵素 PECTATE LYASE-LIKE (PLL)を含むペクチン修飾酵素活性の動的制御に注目し、研究交流を通じて植物細胞分裂活性の制御を担うペクチンダイナミクスを解明する新たな研究スキームを構築することを目的とした。ペクチン研究進展を阻むおもな要因は、ゲノム中のペクチン関連酵素遺伝子のコピー数が膨大であることに加えて、細胞壁で機能する酵素活性の分析が実験的に困難であることにある。本研究では、科学的専門分野が異なる日本グループとフランスグループの密な共同研究によってこの点を克服する糸口を発見すること、また、作物や植物バイオマスの生産性向上に向けた、植物機能制御技術の開発を後押しする新規知見の習得を目指した。

このために、日本側とフランス側からそれぞれ大学院生・若手研究者が参加し、科学的知識の交換と新しい実験技術の習得のため、積極的な相互訪問と交流を行った。2019年度は計画通り日本側から2名の参加者がフランスに渡航し、フランス側の解析技術の実際を現地で学んだ。さらにフランス側から3名の参加者(大学院生・若手研究者2名含む)が来日し、日本側の植物細胞培養技術を学ぶとともに、日本側の大学院生・若手研究者との交流を行った。また、フランス側参加者の東京および奈良滞在中には日本の細胞壁研究関係者を集めた日仏植物細胞壁ワークショップを行い、コミュニティ活性化にも努めた。2020年度・2021年度は日仏双方のコロナ制限のため、予定していた渡航による交流は実施できなかったが、オンラインによる情報交換や郵送による研究試料のやりとり、またオンライン配信による実験手法の詳細開示などによって、計画していた研究交流を遂行し、「植物細胞分裂活性の制御を担うペクチンダイナミクスを解明する新たな研究スキームを構築」の大枠を達成することができた。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

「植物細胞分裂活性の制御を担うペクチンダイナミクスの解明」に向けて、具体的には以下を行った。

- ① カルス誘導およびカルス成長中のペクチン構造および酵素活性の動態解明
- ② 上記①に重要なペクチン分解酵素の生化学的特徴付け
- ③ 細胞分裂活性に対するペクチン構造の人工的攪乱の効果の解明

実験系としてはシロイヌナズナ胚軸からのカルス形成をモデル系として、カルス形成時に発現が上昇する新規 PLL 遺伝子を同定し、その機能解析を行った。この PLL 遺伝子の変異体およびレポーターラインについては、フランス側の協力のもとで単離・確立を行い、カルス形成(細胞分裂再開)の際には、遺伝子ごとに大きく異なった時空間的発現パターンを示すことを明らかにした(①に関する成果)。さらに、PLLに加えてペクチン加水分解酵素 POLYGALACTURONASE (PG) 合計3種類の分子機能解析を進めた。フランス側が主導となった組換え酵素の作製および生化学的酵素特徴付けの結果、調べた3種類の酵素は遺伝子ごとに活性が大きく異なることが明らかとなった(②に関する成果)。加えて、PLL 遺伝子の変異体やペクチン構造を攪乱する各種化学物質の人工的添加実験を日本とフランスの双方で進めた。これによって、ペクチン構造の攪乱は細胞分裂および細胞伸長に大きく影響することが明らかとなった(③に関する成果)。

上記の成果は、植物細胞分裂活性がペクチンダイナミクスによって直接制御されていること、さらにその制御にはペクチン分解の動的制御が重要であることを示している。これは植物細胞壁研究の最先端をいく内容であり、今回の共同研究によって初めて明らかとなった成果であった。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

本プロジェクトでは、分子遺伝学と植物細胞分化研究を主なテーマとする日本グループ、細胞壁生物学と生化学研究を得意とするフランスグループがうまくマッチし、お互いの強みを持ち寄ることで各種解析が大きく進展した。とくに日本側が開発してきたカルス誘導系や、道管細胞分化誘導系と、フランス側の生化学的な酵素特性の解明によって、どのペクチン分解酵素がどうペクチン構造を変化させ、結果としてどう植物細胞の分裂や分化に影響するのか、分子～細胞レベルで詳細に明らかに出来たことは注目に値する成果となった。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

今回の解析対象としているペクチンは、ゲル化剤、増粘剤、安定剤として、食品、飲料、医薬品などとして利用されており、さまざまな産業にとって重要なバイオマテリアルの一つである。また、最近では、ペクチンを多く含むバイオマスを将来のバイオ燃料やバイオマテリアルに利用することが議論されている。今回の共同研究によって、ペクチンポリマーの植物生理的役割、とくに細胞レベルでの役割が明らかになったことから、今後、ペクチンポリマー制御を基盤とした植物生育制御技術の開発が期待される。また、ペクチン分解・修飾酵素の特性を明らかにしたことから、こうした酵素を利用してペクチンの有用性を高める改変技術開発の可能性も考えられる。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取り組み、成果)

本共同研究には日仏双方から大学院生および若手研究者が参画しており、若手同士の積極的な交流を図ることで、国際的に活躍できる人材の育成を目指した。結果として、日本側は5名、フランス側は3名の大学院生・若手研究者が積極的に参加し、そのうち大学院生在籍中に本プログラムに参加した日本側大学院生2名は、博士号取得後、海外ポスドクのポストを得て海外で活動するなど、国際的に活躍できる次世代研究人材の育成に一定の成果があったと考えている。

(6)将来発展可能性(本研究交流事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

フランス側参加者とは、引き続き、ペクチン関連の共同研究を続行する計画としている。また、本事業で得られた成果を取りまとめ、論文として情報発信し、またコミュニティ内で喧伝していくことで、「ペクチンダイナミクスが制御する植物細胞機能」という植物細胞壁研究分野における新しい発展の方向性を示していく予定である。

(7)その他(上記(2)~(6)以外に得られた成果があれば記述してください)

【受賞(2件)】

1. 2021年10月 第5回バイオインダストリー奨励賞 大谷美沙都「植物器官再生の分子機構の解明とその応用によるクローン増殖技術の開発」
2. 2022年3月 RSC Chemical Biology Poster Award in Kyoto University/ERATO International Symposium “Chemistry and Plant Biology”. Ohtani M “Engineering of lignocellulosic biomass by key transcription factors for woody cell formation.”
3. 2022年3月 第29回 日本植物生理学会奨励賞 大谷美沙都「植物の細胞分化を制御する転写後遺伝子発現調節の解明」