

二国間交流事業 共同研究報告書

令和4年4月7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]
慶應義塾大学・理工学部
[職・氏名]
専任講師・山下 忠紘
[課題番号]
JPJSBP 120199976

1. 事業名 相手国: スイス (振興会対応機関: OP) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 細胞張力の三次元可視化のための生体適合性メカノクロミックハイドロゲルの開発

(英文) Development of a biocompatible mechano-chromic hydrogel for 3D visualization of
cellular traction force

3. 共同研究全実施期間 平成31年4月1日 ~ 令和4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】)

ETH Zurich, Professor, Viola Vogel

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		3,770,000 円
内訳	1年度目執行経費	1,870,000 円
	2年度目執行経費	1,900,000 円
	3年度目執行経費	0 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	6 名
相手国側参加者等	4 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	5	0	0
2年度目	0	0	0
3年度目	0	0	0
4年度目			0

* 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)

本二国間交流事業共同研究は、三次元環境における細胞張力の分布を測定することを念頭に「ひずみを色調の変化として光学的に可視化することができるメカノクロミックハイドロゲル」の開発を目的とし、研究交流を行なった。2019年度、相手国研究機関である ETH Zurich にて共同セミナー及び共同実験を行い、当初の計画通りに研究交流を実施したが、2020年度および2021年度においては、コロナ禍により渡航を実施することができず、オンラインでの議論及び交流を行なった。

(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)

本共同研究を通じて、相手国研究グループが持つ FRET 標識フィブロネクチンを機械刺激応答性化学種(メカノフォア)として人工合成高分子に組み込んだ新しい親水性メカノクロミック材料、メカノクロミックハイドロゲルを開発した。本研究は、当該分野においてほとんど用いられることがなかったタンパク質をメカノフォアとして利用する点、親水性ハイドロゲルを形成するために用いる部位特異的な化学反応スキームにおいて斬新な手法を開拓し、その成果を発表した Soft Matter 誌の Inside back cover artwork に選出された。この成果は、これまでにない親水性のメカノクロミック材料を開発する上で、重要な新規手法を提案するものである。

(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)

本交流事業を通じて両国の研究者達は、日本側研究グループが持つ化学合成・マイクロ加工技術の知見と、相手国側研究者が持つメカノバイオロジーの知見を組み合わせることで、初めて親水性メカノクロミック材料の開発に成功した。また、両国の研究者達は、セミナー等の交流を通じて、メカノクロミック材料の開発のみならず、「細胞が発する力」に関連するメカノバイオロジー、BioMEMS に広く跨る研究情報を交換した。このような交流は、細胞が発する力により自発的に生じる基板からの脱理現象を利用した「心筋アクチュエータ」の開発 (Sensor and Actuators B: Chemical) など、副次的な研究成果に結びついた。

(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)

本研究が報告するメカノクロミックハイドロゲルは、生体に近い親水性環境で機械刺激応答を発揮する稀有な高分子材料である。その生体適合性や、関連する合成技術を活かすことで、インプラント材料の疲労の可視化など、生体に付随する材料の力学的特性を可視化する新しい医用材料の開発につながるものと考えられる。このように、ヒトの運動性や、材料の力学的耐久性に関わるバイオマテリアルの開発は、今後、特に健康寿命の増大を目指す高齢医療を支える基盤的な材料として、社会問題の解決に貢献するものと期待される。

(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)

本事業においては、日本国側研究グループの大学院生も共同研究に主体的に参加し、セミナーや共同実験に取り組んだ。今後、学術誌においてその成果を発表する予定である。

(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)

本研究交流事業を実施することで、新規バイオマテリアル開発のみならず、細胞の力学応答解析や、細胞の発する力を利用するバイオハイブリッドデバイスの開発など、様々な分野にまたがる基礎的知見や技術を共有することができた。今後、この研究ネットワークを持続的に発展することで、細胞張力に関わる種々の解析技術の開発を行い、近年のメカノバイオロジー研究が課題とする「三次元環境における細胞の力覚の解明」に繋がるものと期待される。

(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)

例: 大学間協定の締結、他事業への展開、受賞、産業財産権の出願・取得など

本二国間交流事業共同研究を遂行するにあたり、慶應義塾大学、理化学研究所、ETH Zurich 間で共同研究協定を結び、後継となる共同研究の基盤を形成した。また、第4回分子ロボティクス年次大会において、本研究成果を報告する発表を行い、若手奨励賞を受賞した。