

## 二国間交流事業 共同研究報告書

令和6年4月9日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]  
京都大学・大学院工学研究科  
[職・氏名]  
助教・李 昌熹  
[課題番号]  
JPJSBP 120233505

1. 事業名 相手国: ドイツ (振興会対応機関: DAAD) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 高分子-セラミック電解質に基づく次世代全固体二次電池

(英文) Polymer-ceramic-based next-generation all solid-state batteries

3. 共同研究実施期間 2023年4月1日 ～ 2024年3月31日 ( 1年0ヶ月 )【延長前】    年    月    日 ～    年    月    日 (    年    月 )

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Forschungszentrum Julich GmbH・Research scientist・Martin Ihrig

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 |          | 2,000,000 円 |
| 内訳              | 1年度目執行経費 | 2,000,000 円 |
|                 | 2年度目執行経費 | - 円         |
|                 | 3年度目執行経費 | - 円         |

6. 共同研究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  | 4名 |
| 相手国側参加者等 | 2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 | 2   | 1   | 1(0) |
| 2年度目 |     |     | ( )  |
| 3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: 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)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

## 8. 研究交流の概要・成果等

### (1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

本研究の主要な目標は、全固体電池に関する両国研究グループ間の研究交流活性化のために相互の技術及び知識を共有し、当分野における革新的な技術進展を促進することにある。具体的には、高分子の設計および電気化学的解析の専門家である当グループと、セラミックス設計および合成の専門家であるドイツのユーリッヒ研究センターグループが、高分子-セラミック電解質に基づく次世代全固体二次電池の開発に関する共同研究を行うことで現行のリチウムイオン電池の性能を超える革新的二次電池の創成に挑むだけでなく、両国間の基礎研究協力を図るものである。この目的のもと、研究期間中には複数回の研究交流ミーティングを開催し、若手研究者の交流を積極的に行いながら、参加研究者間での最新の研究動向と技術開発に関する深い議論を交わし、所定の研究成果を得ている。

### (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)

両研究グループは本交流を通じて全固体電池のエネルギー密度および界面接合安定性を向上させる新規の高分子-セラミックハイブリッド固体電解質の開発に成功している。詳しくは、 $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ti}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$ - $\text{LiFePO}_4$  混合正極に架橋化させたポリ(ビニリデンフルオリド)・ポリビニリデンフルオリドの混合ポリマーを浸潤させることで新規な高分子-セラミックハイブリッド全固体電解質を作製し、常温で優れるサイクル寿命とクーロン効率を示していることが分かった。特に、上記の結果はポリマーの導入により有効なセラミックス電解質/正極材の接合界面が形成され、界面抵抗が大幅に低減することに起因することから、全固体電池の重要問題として挙げられた有効な固固接合界面の形成に新しい地平を開いたと考えられる。

### (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)

両研究チームは、当該研究期間の間に若手研究者の派遣 2 回(5 週間)、受入 1 回(4 週間)、オンラインミーティング 5 回などの研究交流を活発に行い、両研究グループ研究者間の緊密な協力関係を築くことで将来の共同研究のための確かな基盤を形成している。これより、当研究グループはユーリッヒ研究センターグループの博士課程学生を JSPS 外国人特別研究員として当該年度に受入することに至ることなど、将来的研究交流活性化のための実務的成果も得ている。さらに、上記の研究成果については、両グループが共同著者として国際学術大会で発表し(2024 ICGT-tw、台湾)、国際的ジャーナル紙である ACS Applied Materials & Interfaces に報告した(DOI:10.1021/acsaami.3c18542)。

### (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)

現代社会は、エネルギー需給の不均衡、地球温暖化、環境破壊など、数多くの課題に直面しており、化石燃料に依存しない持続可能なエネルギーシステムへの移行が不可欠である。当研究目標である新規高分子-セラミックハイブリッド固体電解質の開発は、有望なエネルギー貯蔵技術として認められており、現行のリチウムイオン電池の性能を超え、安全性が担保される次世代電池システムとして期待されている。さらに、固体電解質技術の進展は、電動車両の普及加速や再生可能エネルギー源からの電力利用の最適化を通じて、クリーンなエネルギーへのアクセスが向上し、社会生活の質の向上に直接的に寄与することができる。このことから、本研究によ

って得られた成果は、次世代電池システムである全固体電池の開発を加速化させるだけでなく、科学技術分野の世界的水準である両国間の緊密な協力を図ることで国際的エネルギー技術の革新からなる持続可能な社会実現への道を切り開き、人類の未来に明るい展望を提供するものであると考えられる。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本研究の両国研究責任者は若手研究者で構成され、総4人の若手研究者が含まれている。加えて、当該研究期間の間に若手研究者の派遣2回(5週間)と受入1回(4週間)を行い、若手研究者間の研究交流を促進することに貢献してきた。その結果、共同著者として国際学会発表および論文報告に成功しているだけでなく、若手交流会を行う一方でドイツのグループからの博士課程学生をJSPS外国人特別研究員として当研究グループに受入することに至っている。加えて、本研究に日本側研究者である井上雄太さんは、本事業における国際的経験を活かし、2024年度から海外大学の博士後研究者として着任することに成功している。このことから、本研究は若手研究者が貴重な研究経験を積む機会を創出し、次世代研究者の専門性及びリーダーシップの発展に大きく寄与するだけでなく、国際化に観点からもそれに相応する成果を得たと考えられる。

(6)将来発展可能性(本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)

- ・技術革新の加速:高分子-セラミックハイブリッド固体電解質に関する本研究は、全固体電池の性能向上という点で重要な進歩を遂げている。この技術のさらなる発展は、電池性能の限界を突破し、エネルギー貯蔵技術全般における技術革新を加速させる可能性を秘めている。将来的には、この技術がより広範なアプリケーションへと拡大され、電動車両やスマートグリッドシステムなど、多様な分野でのエネルギー効率向上や安全性改善に貢献することが期待される。
- ・国際的な研究協力の強化:本事業を通じて構築された両グループ間の研究協力ネットワークは、科学技術分野における長期的な協力関係の基盤となり、将来の共同研究プロジェクトの展開、技術交換、若手研究者の国際的な育成に寄与することで、グローバルな視点からの科学技術の発展を促進する。
- ・持続可能な社会への貢献:新規の全固体電池技術の開発は、化石燃料への依存減少とクリーンエネルギー利用の促進に貢献し、持続可能な社会の構築に向けた重要なステップであるため、気候変動の緩和、環境保全、資源の有効活用という観点から社会的な課題解決に寄与することができる。
- ・若手研究者の育成とキャリア発展:若手研究者への投資と育成は、科学技術分野の持続的な発展のために不可欠である。本プロジェクトにおける若手研究者の国際交流や共同研究への参加は、彼らの研究スキルと国際的な視野を広げ、将来のリーダーとしての役割を果たすための重要な機会を提供する。

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

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など

- ・JSPS 外国人特別研究員採用への展開、日本側若手研究者の海外大学の博士後研究員として採用、ユーリッヒ研究所訪問団来日のレセプションへの招待