

先端国際共同研究推進事業
2023 年度採択
「Top チームのための ASPIRE」
エネルギー分野

2023 年度～2024 年度
年次報告書（公開版）

研究課題名	究極の蓄電池「リチウム空気電池」の技術革新を導く 国際パートナーシップ
日本側研究代表者	中西 周次 大阪大学 教授
相手側研究代表者	・Yang Shao-Horn, Professor, Massachusetts Institute of Technology ・Lee Johnson, Professor, University of Nottingham ・Peter Bieker, Senior Researcher, Juelich Helmholtz-Institut Münster
研究期間	2024 年 2 月 1 日～2029 年 3 月 31 日

1. 研究成果の概要

① 研究構想にかかる成果

<実施したこと>と<得られた成果>

実質的な1年目にあたることから、将来構想の実現の地ならしとして、人的ネットワークの構築を最優先課題として設定し、共同研究と人材交流に関する具体的な計画策定を行った。本プログラム開始の時点で、既に各国間のPI（研究代表者）/Co-PI（主たる共同研究者）同士のネットワークは十分に構築されていたが、それをベースに、より若手の世代を含む重層的なネットワークの構築に注力した。具体的な方法論としては、多くの短期および中期の相互訪問を実施し、信頼関係を深めた（具体的内容と件数は②③に記載）。そのような活動を通して、訪問研究者個人を特定するレベルでの共同研究計画を共に立案した。立案したうちの何件かは既に研究実施ステージへと入っている。その詳細については、「2. 各研究テーマの実施報告」に記載する。多くの海外研究者が常時国内の研究室に滞在し、また国内研究員の大学院生の海外派遣も活発に実施した。こうした活動が功を奏して、各機関の研究室における博士後期課程進学率は高水準を保つに至っている。

② 国際ネットワーク構築・拡大に関する成果

<実施したこと>と<得られた成果>

ドイツ側PIのDr. Peter Bieker (Juelich Helmholtz-Institut Münster : JHIM)を3ヶ月間招聘し、当人の指導の下、具体的な共同研究を実施した。この滞在期間中にドイツ側博士研究員のDr. Lukas Herbersも来日し、大阪大学に所属する大学院生と共同で実験を実施、ドイツ側が有するLi負極の保護膜に関する技術の導入を進めた。2025年度に大阪大学大学院生が渡独し、数ヶ月に渡り現地で実験をする計画を立案した。また、Braunschweig Technical University (BTU)のDaniel Schroder教授とその研究室に所属する大学院生を研究室に招き、共同研究の具体化を進めた。この流れを受けて、東北大学の岩瀬講師がドイツに1ヶ月間滞在して将来の本格的な共同研究実施の基盤を構築した。PIの中西は9月に訪独し、Justus-Liebig-University Giessen (JLU)のAnja Henss教授と共同研究に関する議論を対面で行った。その後、大阪大学・大学院生がHenss研究室に3ヶ月滞在し、放電生成物の高度分析に関する共同研究を実施している。またHenss教授自身、および大学院生が4月に来日し、これまでの共同研究成果について集中的に議論し、学術論文の執筆作業を行う計画となっている。以上の活動と並行し、東北大グループがBTUとJHIMを訪問し、東北大所有の多孔質正極の利用をベースとする共同研究を開始した。

イギリス側PIのDr. Lee Johnsonが2度にわたり来日し、リチウム空気電池に関する科学的議論を行うと共に、今後の具体的な共同研究計画を立案した。その結果を受けて、京都大学の西岡助教が3ヶ月にわたって渡英し、電極反応分子機構に関する共同研究に従事した。当該研究は順調に進んでおり、2025年度に再度西岡助教が渡英して、研究を継続する計画としている。またOxford大学のDr. Daniel Dewarが大阪大学に1ヶ月滞在し、電池電解液の分解分子機構を探るための計算化学研究に従事した。この後継研究に関する議論も進んでおり、2025年度に大阪大学の大学院生が渡英する方向で調整中である。東北大学の西原Co-PIおよびYu助教は日英共同研究のベース作りのために渡英し、Nottingham大学(Dr. Lee Johnson)、Cambridge大学(Dr. Michael De Volder)と議論を行い、2025年にYu助教がCambridge大学に1年間滞在して多孔質正極に関する共同研究を実施することとした。また既に東北大が所有する正極を英国グループに提供し、多くの共同研究が開始されるに至っている。

アメリカ側との共同研究としては、NIMSの松田Co-PIがArgonne National Lab (NAL)に長期滞在し、NIMS保有の500 Wh/kgの検証セルを用いた実験を現地で実施している。さらに現地に備わる放射光設備を用いた電池反応解析に関する具体的な共同研究も推進している。アメリカ側PIのYang Shao-Horn

(MIT) とは、彼女の来日および国際会議のタイミングを利用し、次年度以降の共同研究計画を立てている。具体的には東北大の井上助教が 2025 年に現地に長期滞在し、分光学的実験を実施する計画となっている。また Yang 教授と密に連携する Dr. Graham Leverick (Tufts 大学)を 4 月に招聘し、今後の具体的連携を議論した。その後、東北大の岩瀬講師らがそれぞれ Tufts 大学を訪問し、さらなる計画具体化を進めた。

③ 国際頭脳循環の促進に資する若手研究者の人材育成に関する成果

<実施したこと>と<得られた成果>

項目②③に記載した活動には全て若手研究者および大学院生が関与している。上記の活発な研究交流体制を PI/Co-PI レベルで整備した結果、必然的に具体的な共同研究実行者である若手研究者間の交流が生まれ、国際頭脳循環への流れができたと考えている。この流れを持続可能なものとするを目的に、2025 年に各国の実施者が一同にドイツの国際会議に集まれるよう現在計画中である。

派遣・招聘計画 (実績)																				
機関	氏名	身分	若手	期間	訪問国	関先/派遣	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
大阪大	中西周次	教授		1 m	DE	Giessen														
	神谷和秀	准教授	○		US	MIT														
	後藤博典	D1		3 m	DE	Giessen														
	石原栄介	M2		2 m	DE	MEET														
	花田将太郎	M2		2 m	UK	Nottingham														
	William Towns	PD		6 m	UK	Nottingham														
	Student A			1 m	UK	Nottingham														
	MEET Peter Bieker	PI		3 m	JP															
	Daniel Dew	PD		1 m	UK	Oxford														
東北大	Yu Wei	特任助教	○	1 m	UK	Cambridge														
	井上賢一	助教	○	1 m	UK	Nottingham														
	岩瀬和至	講師	○	1 m	DE	TUB														
	岩瀬佳音	D	○	1 m	DE	TUB														
	Daniel Dew	PD		3 m	UK	Nottingham														
	Student B			1 m	UK	Cambridge														
京都大	西岡孝徳	助教	○	3 m	UK	UoN														
	鹿取達希	D1		3 m	DE	MEET														
	Peter Bieker	SR		3 m	DE	MEET														
	William Towns	PD			UK	UoN														
NIMS	松田翔一	TL	○	9 m	US	ANL														
	万代俊彦	TL	○	1 m	DE	Freiburg														
	Saengaw Jittr	PD	○	8 m	DE	MEET														
	Gao Yanan	PD	○	9 m	US	ANL														

- ・ 黄色：訪問期間
- ・ 灰色：次年度へ後ろ倒し
- ・ 青色：本年度へ前倒し

2. 研究実施体制

研究テーマ	中心となる研究者氏名	所属機関・部署・役職名
電解質の開発	・中西 周次 ・Lee Johnson (UK) ・Yang Shao-Horn (US)	・大阪大学・基礎工学研究科・教授 ・Nottingham University, Faculty of Science, Professor ・Massachusetts Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering, Professor
正極の開発	・西原 洋知	・東北大学・材料科学高等研究所・教授
負極反応の分析	・邑瀬 邦明 ・Peter Bieker (DE)	・京都大学・工学研究科・教授 ・Juelich Helmholtz-Institute Münster, Senior Researcher
要素技術	・松田 翔一	・物質・材料研究機構・エネルギー環境材

統合化		料研究センター・チームリーダー
-----	--	-----------------

3. 代表的な業績（原著論文、プレスリリース、表彰など）

原著論文

Kiho Nishioka, Mizuki Tanaka, Terumi Goto, Ronja Haas, Anja Henss, Shota Azuma, Morihito Saito, Shoichi Matsuda, Wei Yu, Hiroto Nishihara, Hayato Fujimoto, Mamoru Tobisu, Yoshiharu Mukouyama, Shuji Nakanishi, Fluorinated Amide-Based Electrolytes Induce a Sustained Low Charging Voltage Plateau under Conditions Verifying the Feasibility of Achieving 500 Wh kg⁻¹ Class Li-O₂ Batteries, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 16, 46259–46269, 2024.