

二国間交流事業 共同研究報告書

令和6年3月31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]
大阪大学・大学院工学研究科
[職・氏名]
教授・宇山 浩
[課題番号]
JPJSBP 120218202

1. 事業名 相手国: インドネシア (振興会対応機関: LIPI)との共同研究

2. 研究課題名

(和文) バイオマス由来の電池用多孔質炭素材料の開発

(英文) Development of biomass-derived porous carbon material for battery applications

3. 共同研究実施期間 2021年4月1日 ~ 2024年3月31日 (3年0ヶ月)【延長前】 2021年4月1日 ~ 2023年3月31日 (2年0ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Indonesian Institute of Sciences (LIPI)・Head・Yudianti Rike

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		3,800,000 円
内訳	1年度目執行経費	1,900,000 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	21名
相手国側参加者等	9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年度目	7		4(0)
3年度目	3		3(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: 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)

本事業では(1) 高分子電解質膜燃料電池(PEMFC)用構成材の開発、(2) リチウムイオン電池(LIB)用固体高分子電解質の開発、(3) 電気二重層キャパシタ(EDLC)用多孔質炭素材料の開発の三つのテーマに分けて実施した。主にインドネシア側が材料開発、日本側が機能評価を担当した。インドネシア側は LIPI 物理学センターが単独で参画し、日本側は大阪大学(主にキャラクタリゼーションを担当)、大阪産業技術研究所(主に機能評価を担当)が参画した。これら三つのテーマについて、インドネシアと日本、各々の保有する研究成果・知見・保有技術を融合させ、バイオマスの特性を活かした独自の材料設計と検証を元にして、バイオマス資源を利用した EDLC、LIB、燃料電池用途のエネルギー関連材料の開発に取り組んだ。

また、研究開発のみならず、若手研究者の育成にも積極的に取り組んだ。2021 年度はコロナ禍のために現地を訪問する交流はできなかったが、2022 年度と 2023 年度は日本側からは若手教員と大学院生、インドネシア側からは若手研究者が相手側を訪問した。インドネシアではワークショップを 3 回開催するとともに、LIPI の受入れ研究機関のみならず、関連する施設を見学した。ワークショップでは、関連テーマを含め、バイオマス利用やエネルギー材料に関する相互の研究成果を紹介し、議論することで若手研究者に研究を俯瞰して推進する重要性を認識させた。特に実バイオマスに関する研究施設・設備の見学やそれに伴う議論は、バイオマス資源の乏しい日本側若手研究者に非常に有益であった。

(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)

インドネシアのバイオマス廃棄物、特にココナッツファイバーを持続可能な機能性炭素材料に変換するための効率的な合成アプローチと PEMFC と LIB の電極への応用について論文化した。PEMFC のガス拡散層(GDL)として導電性カーボンコンポジットペーパー(CCP)を製造するために、ココナッツファイバーの直接熱分解から得られるアモルファスカーボン材料を使用した。直接熱分解によって得られた炭素材料は CCP を製造するために用いられ、70wt%の炭素繊維と 10wt%の炭素粉末からなる最適な組成は 2.22S/cm という最高の導電率を達成した。この結果は PEMFC の性能向上における低い表面粗さと小さな孔を含む表面特性の重要性を示すものである。また、ココナッツファイバーから開発された CCP が持続可能で再生可能な PEMFC 用 GDL 材料として、市販の GDL に匹敵する性能を示す有望な可能性を明らかにした。

次にココナッツファイバーからのアモルファスカーボンの構造改善をニッケルベースの触媒グラファイト化を検討することで従来の黒鉛化法よりも低温の 1200°Cで効率的に黒鉛状炭素ナノ構造を形成することができ、省エネルギー化と製造工程を簡素化した。得られたグラファイト構造は比容量 192.6 mAh/g の良好な電気化学的性能、良好なサイクル安定性、優れたレート性能を示した。このカーボングラファイトの良好な電気化学特性から LIB アノード用の代替材料として有望であり、低エネルギープロセスと再生可能な原材料を用いた持続可能なソリューションを提供している。さらに合成した黒鉛質炭素材料の構造と特性をさらに改善するため、ニッケルベースの触媒と水酸化カリウムを併用したワンポット黒鉛化プロセスによる高度な合成法を検討した。黒鉛構造と細孔構造を同時に生成することができ、多孔質黒鉛質炭素材料が得られた。カリウムとニッケルの相乗的相互作用により約 800°Cといった低温で初期段階のグラファイト構造が形成され、より大きなグラファイトクラスターの成長が促進されている。LIB 負極として 1000-A Ni-KOH は 0.05°Cで 451.83mAh/g という最高の可逆容量を示し、黒鉛構造と表面積の最適な寄与を示唆した。多孔質グラファイトカーボンのユニークな特性はリチウムイオンと電子の輸送を促進し、その結果として活性サイトが増加し、性能が向上した。このワンポット黒鉛化プロセスにニッケル-KOH 反応を取り入れることで、ココナッツファイバー廃棄物を LIB 負極に適した材料に変換するための極めて効果的でエネルギー効率の高い方法であることが示された。これらの成果以外にも、インドネシア由来の

バイオマスの利用に基づく EDLC 用途等のエネルギー関連材料を創製した。

(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)

本事業では、インドネシア保有のバイオマスの炭素化において、日本側の微細構造の制御技術やキャラクターゼーション技術を活用することで燃料電池やリチウムイオン電池といった最先端蓄電材料の部材が開発できた。LIPI 若手研究者が大阪大学に 1,2 か月滞在して実験を行い、大阪大学の最先端分析装置を活用することで得られた結果を大阪大学や大阪産業技術研究所の研究者と議論することで短期間に研究を大きく進捗させることができた。

(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)

本共同研究の成果により、化石資源からバイオベース資源への技術シフトに向けて、バイオマスの機能性炭素材料への変換技術の可能性を明らかにした。農業廃棄物の有効利用は環境に優しい廃棄物管理を提供することで環境問題を解決するだけでなく、持続可能なエネルギー解決策を達成するために化石燃料への依存を低減できることが実証できた。

(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)

日本側からは若手教員や大学院生らが LIPI を訪問し、2022 年度と 2023 年度に 3 回のワークショップを行った。両機関からの発表に基づいて LIPI 若手研究者と議論をすることで交流を深めた。比較的少人数でワークショップを行うことで密な討論ができ、若手研究者の養成に大いに役立った。また、LIPI 側からは若手研究者が延べ 6 人、大阪大学に短～中期間滞在し、実験を行った。日本の最先端設備を活用した研究によりインドネシア側若手研究者の要請に取組んだ。このような受入れにより共同研究が推進し、本事業の期間中に原著論文を複数、発表できた。

(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)

本事業の研究成果を踏まえ、今後、インドネシアのバイオマス資源をエネルギー関連材料に利用する研究がさらに発展することでインドネシアの産業力強化につながり、インドネシアにおける多大な経済効果が見込まれる。同時にエネルギー関連産業を日本、インドネシアが共同で行うことによる両国の経済面、技術(産業)面でのメリットも大きく、さらに CO2 削減排出にもつながることからグローバルな観点からの世界的な環境保全への貢献にもつながる。

(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

特になし