

二国間交流事業 共同研究報告書

令和4年4月28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]

滋賀県立大学・工学部

[職・氏名]

講師・鈴木 一正

[課題番号]

JPJSBP120193218

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) ナノ構造を設計した酸化チタン-カーボンドット複合薄膜による水分解光電極の研究

(英文) Photoelectrocatalytic Study of Nanostructured Titanium Oxide – Carbon Dots Composite Films for Water-Splitting

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】)

Paris Diderot University・Assistant Professor・Delphine Schaming

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		1,637,514 円
内訳	1年度目執行経費	688,695 円
	2年度目執行経費	948,819 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	9 名
相手国側参加者等	7 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	0	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)

酸化チタンの微細構造制御、カーボンドット(C-dots)との複合化、作製した電極の電気化学特性評価を組み合わせた高機能な酸化チタン-ナノカーボン複合薄膜光電極の開発に向けて、日仏両チームの異なる専門分野と共通する得意分野を合わせた共同研究及び活発な研究交流を目的とし、研究課題を実施した。日仏それぞれの研究機関に渡航し現地の研究協力者らと交えて、課題の共有及び課題解決に向けた取り組み方針の構築等を行ってきた。また、渡航時にはそれぞれの研究機関にて実験等を行い、実際の試料を扱いながら課題解決に取り組み、共同研究計画を遂行した。一方でコロナ禍においては、オンライン会議等の活用により、情報共有をすることで、対面方式以外での研究交流についても精力的に模索し共同研究を遂行した。

(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)

本研究交流を通じて、酸化チタンをベースとした電極のさらなる可能性を見いだしたと考えている。酸化チタンの結晶構造に関しては、チタン酸を経由するプロセスに着目したことにより、従来作製困難であった準安定相($\text{TiO}_2(\text{B})$ やアナタース型)のナノ構造の創製に成功した。これらの準安定相の電極特性は、有望な理論予測と未開拓な評価も多いため、検討の余地がある。さらに電極設計に関しては、バインダーや導電助剤を含まずに、直接導電性基板上に成長可能なことから、よりシンプルな設計でナノ構造の特徴を反映した電極になり得る。基板界面での抵抗などの新たな問題も生じたが、薄膜やナノ構造の特徴を生かすことでマイクロデバイス等での電極応用が期待される。

(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)

日仏双方の研究チームが得意とする C-dots を題材とした安定性に関する議論、とりわけ、酸化物との複合化のプロセスにおける議論や互いの検討結果から、酸化チタンと C-dots の複合電極として用いる際には、化学吸着を有し固定化された C-dots が必要であることが明らかとなった。ナノカーボン材料の表面修飾には、C-dots の特徴が生かされており、これに関連した学術論文が報告された (K. Suzuki, *et al.*, *J Asian Ceram. Soc.* 2021)。また、フランスチームの電極評価側の知見と、日本側の材料設計側の強みを組み合わせることで、材料の作製に加え、電気化学的な評価と関連付けて説明された。電極材料の合成技術のみならず、電気化学的な評価を交えた観点からも成果をまとめ、様々な学会にて発表された。これらは双方の協力により実現されたものである。

(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)

本研究で開発された酸化チタン-C-dots の複合薄膜電極材料は、次世代の水素エネルギーシステムの構築に向けた水分解技術を高機能化した材料であり、昨今のエネルギー資源の供給不安の問題解決の一助になると期待される。広く用いられている酸化チタンを取り上げ、その薄膜化、ナノ構造化、結晶構造制御、ナノカーボンとの複合化を低コストの原料を用いて実現し、材料資源の観点からもエネルギー循環社会に貢献しうる材料であると確信している。さらには、薄膜やナノ構造、配向性の強みを生かして、太陽電池やリチウムイオン電池の電極としての応用展開についても非常に有望な材料になり得ると期待される。

(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)

本事業では、若手研究者の派遣や受入時に開催したセミナーへの参加、共同研究、オンラインミーティングでの交流などにより、積極的な若手研究者の参画および養成に取り組んだ。国際交流やセミナーでの発表、共同研究交流等の経験を積み、参画した若手研究者らは、期間中、国際学会等多くの学会発表を行った。特筆すべきは、日本側参加メンバー博士前期学生1名は、精力的に本共同研究事業に参画し、様々な交流機会を通

じて着実な研究成果を上げ、学会賞等も受賞した。その結果、博士後期課程への進学を果たし、本研究協力事業を通じ、研究意欲の向上や研究者としての成長につながったものと考えられる。

(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)

本研究交流事業を通じて、日仏のチーム間での異なる専門性を活かした共同研究基盤が構築され、協力的な分業体制が整ったと考えている。特に、日本側チームの得意とする半導体酸化物系のナノ構造設計とフランス側チームの得意とする電気化学特性評価とは、密接に関連した分野であることから、今後さらに発展的な共同研究への展開や、ここで形成された研究ネットワークを基盤としてさらに異分野を巻き込んだ大型プロジェクトへの展開が期待される。具体的には、本研究で作製した電極は、電極に用いられる導電助剤やバインダー等を含まず、高い化学的安定性とナノ構造の特徴を生かした特徴的な電極として作用する。この独自技術は本研究交流を通じて得られたものであり、水分解光電極のみならず、太陽電池の電子輸送層やリチウムイオン電池の負極材料等の新たな応用展開も期待されるようになった。今後の発展に向けて、喫緊では、本プロジェクトで未完の項目である電気化学評価について総括し、さらに掘り下げた内容に取り組んでいくことが求められる。

(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

他事業への展開として、本事業において着目したナノカーボン材料である C-dots の作製技術と応用展開を活かして、社会実装に向けた研究発展をテーマとした「滋賀テックプランングランプリ 2021」に参加し、本事業の日本側参加者 2 名を含んだチームがグランプリを受賞した。これは、本共同研究事業でも鍵になった C-dots の研究シーズが社会的にもさらに発展していくと期待されているものである。