

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]
京都大学・工学研究科
[職・氏名]
教授・関 修平
[課題番号]
JPJSBP 120197720

1. 事業名 相手国: インド (振興会対応機関: DST)との共同研究
2. 研究課題名
(和文) 二次元電子構造を形成する自己組織化有機半導体の設計と電子機能の開拓
(英文) Design of Two-Dimensionally Self-Assembled Organic Semiconductors
3. 共同研究全実施期間 R1 年 6 月 1 日 ~ R4 年 3 月 31 日 (2 年 10 ヶ月)
4. 相手国代表者(所属機関・職・氏名【全て英文】)
Indian Association for the Cultivation of Science・Professor・Suhrit Ghosh
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		1,616,561 円
内訳	1年度目執行経費	980,000 円
	2年度目執行経費	636,561 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	5 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	0	0	1(1)
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)

本共同研究では、 π 共役骨格を二次元集積させた自己組織化二次元電子材料の選択的形成手法の開拓とその電子機能評価を行い、ソフトエレクトロニクス材料創製への新しい手法を提示することを目的として研究を実施した。

本共同研究において水中で自己組織化し、折りたたむ分子（フォルダマー）が高い組織構造の熱安定性を示すことをインド側研究代表者のグループが研究開始時までの研究で明らかにしてきた。これを踏まえ、水溶性の置換基を基本としながらも、疎水性基の相互作用と π - π 相互作用の協奏によって二次元シートが形成されること、またこの構造中に光電子機能分子の安定 2 次元規則構造が保持されることを共同研究の第一年目に明らかとした。これは特に、インド側研究代表者である **Suhrit Ghosh** 教授の京都大学訪問時の共同実験の実施によって明らかとなり、マイクロ波による非接触電気伝導度測定法を用いて迅速に二次元材料の電気伝導特性評価を行った結果を合わせて国際共著論文とした。

2 年度目以降は、主に COVID-19 により相互訪問が完全に不可能となる中、上記の実験結果をオンライン形式により互いに議論して、分子設計や集合構造との相関について検討を進めた。論文発表以外の成果発表の機会が制限される中、またインド国内の流通網の障害により、超分子構造体の輸送時における変性が問題となって、新たに設計した分子系における伝導特性に関する再現実験の実施は困難を極めたが、2020 年 12 月 DST 側代表者が主催する国際会議・2021 年日本側研究代表者が主催する国際シンポジウムにおいて、いずれもオンラインであったが徹底討論を重ねてきた。

(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)

有機共役分子によって構成された電子材料の展開が活発に行われる中、弱い相互作用によって安定化された超分子材料は、その伝導特性において凝縮相稠密構造にはなかなかこれまで比肩することが無かった。本研究では、水素結合相互作用の空間配置によって、構造熱揺らぎと水分子等による電荷輸送阻害作用を同時に抑制し、十分に有効かつ安定な電子輸送経路を確保できることを明らかにした。弱い相互作用でつくられた電子機能素子の展開へとつながる、基礎的に非常に重要な知見が蓄積できたと考える。

(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)

弱い相互作用をどのような対称性で、どのような位置に配置するか、に関する知見は、実際に電荷輸送性能を相互の研究者が実験によって確認しつつ、相互作用配置・その安定性の評価を“その場”で見極めることによってはじめて得られるものであった。

(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)

有機物のみによって構成され、柔軟で安定かつ、再構成可能な電子材料としての道を拓いたことで、現代における機能材料を通じた社会問題解決の一助となることを強く期待している。文化の継承と発展・社会生活の質と改善については、基礎材料研究であるために直接的な貢献は見られないが、科学研究における理念の共有においては、相互のアイデア・技術の尊重という観点から一定の貢献は認められた。

(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)

日本/インドそれぞれの代表者のリーダーシップのもと、分子設計・計測それぞれを担う若手研究参加者が協働し、2019 年度は迅速分子設計・構築フィードバックについて日本側大学院生がインド・ICAS を訪問し、実地で行うことができた。本研究参加者の日本側 1 名・インド側 2 名は学位取得後、それぞ

れ大学教員・ポスドクに採用となり、現在関連分野の研究者として活躍している。これら若手研究者の学位取得の一部となった国際共同研究論文としても結実させることができた。

(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)

化学・超分子分野に関する研究活動は、依然としてインドでは非常に活発であり、本共同研究の一環となる国際会議・シンポジウムを通じて、日本側研究代表者及び周辺研究者とインド超分子研究者との間の広範な共同研究ネットワークが構成されつつある。今後、より大きな研究コンソーシアムとして、二国間の枠組みを超えた共同研究組織へと展開したい。

(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

特に無し