

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－英国 研究交流）

1. 研究課題名：「有機半導体ポリマー及び有機半導体単結晶におけるキャリア伝導の統一的理解と有機トランジスタの動作機構解明」
2. 研究期間：平成21年2月～平成24年3月
3. 支援額： 総額 18,999,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	竹谷純一	大阪大学産業科学研究所	教授
研究者	植村隆文	大阪大学産業科学研究所	助教
研究者			
参加研究者 のべ 2 名			

英国側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Henning Sirringhaus	Cambridge大学 Cavendish研究所	教授
研究者	Jui-Feng Chang	Cambridge大学 Cavendixh研究所	研究員
研究者	Tomo Sakanoue	Cambridge大学 Cavendish研究所	研究員
研究者			
研究者			
研究者			
参加研究者 のべ 3 名			

5. 研究・交流の目的

英国ケンブリッジ大グループ H. Sirringhaus 教授のグループと大阪大学産業科学研究所竹谷教授のグループの共同研究によって、有機半導体中のキャリア伝導のメカニズムを統一的に理解するとともに両半導体をベースとした有機トランジスタの動作機構を解明することを目的とする。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

大阪大学において、新しい有機半導体膜の作製法「塗布単結晶化法」を開発し、一方、ケンブリッジ大学でも独自の手法によって塗布法による高品質の多結晶薄膜を形成する手法を検討していたことを踏まえ、塗布による低分子薄膜形成の手法によって、ポリマー有機半導体と単結晶有機半導体の中間的な、溶液プロセスによる結晶性半導体を得た。

大阪大学で開発した有機トランジスタのホール効果測定とケンブリッジ大学の保有していた分光学的測定手法を組み合わせ、溶液プロセスによる結晶性半導体において、有機トランジスタ動作中におけるキャリアの特徴を明らかにした。即ち、基本的にキャリアは高移動度のバンド伝導している分子系においても、多くのキャリアは分子内の軌

道に存在し続けているため、分光スペクトルには、あたかもほとんど局在したキャリアだけがいるように見えるメカニズムを示した。

両国間の共同研究がヒントとなって開発された結晶性塗布型有機半導体は、今後の高性能有機デバイス開発の主役になる可能性がある。日本においては、阪大を中心としたコンソーシアム「ハイエンド有機半導体研究開発・研修センター」が立ち上がり、結晶高移動度有機トランジスタを実用化するための体制を構築している。

有機半導体のキャリア伝導の統一的理解を、結晶性塗布型有機半導体を用いて果たした点についても、両機関の共同研究によってはじめてなされたもので、その科学的なインパクトは大きい。さらには、今後高性能の有機デバイスを設計する指針にもなるため、産業応用上のインパクトも大きく、室温での分子の熱揺らぎを小さくするための分子構造が、高移動度化のかぎになると考えられるため、今後そうした分子を新規に合成への期待が高まってくると考えられる。

## 6-2 人的交流の成果

22年度にケンブリッジ大学に長期滞在したスタッフは、本プログラムの根幹となる研究を進めると同時に、グループの研究者との信頼関係を構築してきた。このことは、海外の研究環境の異なる中で、十分な成果を得た体験による自信を高め、将来の人的ネットワークの基礎となる人間関係の構成につながる大きな成果であった。

本プログラムをきっかけとして、今後も両グループは研究の交流を発展させる計画である。双方が相手国を訪問した際には、立ち寄って研究内容の専門的なディスカッションを緊密に行うことができるため、互いに高度な理解を得られ、最新の情報を交換する絶好の機会となる。また、すでにこれまでにやっているように、国際会議を共同でオーガナイズすることもより活発に行うようになる。例えば、2013年には米国 Material Research Society において、共同で、“Charge and Spin Transport in Organic Semiconductor Materials”と題するシンポジウムを提案し、上位で採択された。本プログラムの課題をフォーカスしたセッションを組み、成果を最大限に示すことを計画している。

## 7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手国側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	T. Uemura, M. Yamagishi, J. Soeda, Y. Takatsuki, Y. Okada, Y. Nakazawa, and J. Takeya, "Temperature dependence of the Hall effect in pentacene field-effect transistors: Possibility of charge decoherence induced by molecular fluctuations", <i>Phys. Rev. B</i> <b>85</b> , 035313 (2012)	
論文	J.-F. Chang, T. Sakanoue, Y. Oliviera, T. Uemura, M.-B. D.-Madec, S. G. Yeates, J. Cornila, J. Takeya, A. Troisi, and H. Sirringhaus, "Hall effect measurements probing the degree of charge carrier delocalization in solution-processed, crystalline molecular semiconductors", <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>107</b> , 066601 (2011)	
論文	Y. Okada, K. Sakai, T. Uemura, Y. Nakazawa, and J. Takeya, "Charge transport and Hall effect in rubrene single-crystal transistors under high pressure", <i>Phys. Rev. B</i> <b>84</b> , 245308 (2011)	Editors' Suggestion
論文	J. Soeda, Y. Hirose, M. Yamagishi, A. Nakao, T. Uemura, K. Nakayama, M. Uno, Y. Nakazawa, K. Takimiya, and J. Takeya,	

	"Solution-crystallized organic field-effect transistors with charge-acceptor layers: high-mobility and low-threshold-voltage operation in air", <i>Adv. Mater.</i> <b>23</b> , 3309-3314 (2011)	
論文	M. Yamagishi, J. Soeda, T. Uemura, Y. Okada, Y. Takatsuki, T. Nishikawa, Y. Nakazawa, I. Doi, K. Takimiya, and J. Takeya, "Free-electron-like hall effect in high-mobility organic thin-film transistors", <i>Phys. Rev. B (Rapid Communications)</i> <b>81</b> , 161306 (2010)	