

令和7年度愛媛大学リサーチユニット支援実績報告書

ふ り が な		ないとう としお	所 属 役 職 E-mail	所属：理工学研究科（理学系） 役職：教授 E-mail:tnaito@ehime-u.ac.jp
代 表 者 氏 名		内藤 俊雄		
リサーチ ユニット名称	日本語 エネルギーの高効率利用と貯蔵に関する材料開発研究ユニット			
	(英語) Research Unit for Materials Development for Efficient Utilization and Storage of Energy (E-USE)			
活動期間	令和7年4月 ～ 令和8年3月			
組 織				
氏名		所属・職	役割分担	備考
(代表者) 内藤 俊雄 (61)		理工学研究科（理学系）・教授	①「光貯蔵技術の実現」グループ	
(構成員) 御崎 洋二 (65)		理工学研究科（工学系）・教授	②「新しい電子機能を示す物質の実現」グループ	
白旗 崇 (52)		理工学研究科（工学系）・准教授	②「新しい電子機能を示す物質の実現」グループ	
小原 敬士 (61)		理工学研究科（理学系）・教授	③「基盤技術協力」グループ	
小西 健介 (62)		理工学研究科（理学系）・准教授	③「基盤技術協力」グループ	
松本 圭介 (39)		理工学研究科（工学系）・准教授	③「基盤技術協力」グループ	
森 重樹 (46)		学術支援センター・特任講師	③「基盤技術協力」グループ	
藤崎 真広 (28)		理工学研究科（工学系）・助教	③「基盤技術協力」グループ	
(連携研究者)				
(研究支援者)				
計 8 名				

1. リサーチユニットの活動状況（2頁以内）

〔RUの研究の進捗状況〕

〔アドバイザーボードからの助言〕①RUを形成したことによるシナジー効果を明確に示す。②アウトリーチ活動においては、カーボンニュートラルに資する研究であることを明確に打ち出す。③RUとしての研究テーマがカーボンニュートラルにどのように貢献し得るのか、グループ全体でビジョンや目標を再確認、共有しながらプロジェクトを進める。④知財戦略の構築や実用化に向けた民間企業との連携体制の整備も必要。

① 「光貯蔵技術の実現」グループ

〔どのように実施したか〕R07年度は上記の課題①を意識して進めた。その結果、〔リサーチユニット形成の拡大・深化について〕にも記したようにR06までの本RUの枠組みを超えた学内の共同研究が進み、双方の研究室が活性化した。R08年度はこうした新たな学内共同研究メンバー（教員）を、本RUの構成員として追加申請する予定である。また課題④も大学の知財本部や四国TL0と連絡を取りながら推進した。その結果、現在愛媛大学として保持している光貯蔵技術関連の特許は、継続して保持することが決まった。その一方で、民間企業との連携体制の確立には至らなかった。その主な原因は貯蔵した光のエネルギーを取り出す技術（基礎研究）がまだ確立されていないからであった。

〔当初3年間の目標〕R04-R06での本RUの活動で残された課題は、(i)（今回観測された発光は赤外領域だが）赤外以外の波長の発光はできないか、(ii) どのくらい長く発光を継続できるのか、(iii) 最初に照射した光のエネルギーの何%ぐらいが取り出せるのかといった問題である。そこでこれらの課題を解決するために、本RUでの活動を継続する。3年間で上述の(i)から(iii)の課題を並行して詰めていき、1つでも解決することを目標とする。

〔どこまで進捗したか〕(ii)に関して重要な知見が得られた。具体的には1回のパルスレーザー（523 nm）を照射して刺激を与えれば（以降、これを引き金と呼ぶ）、その当てている間（赤外光を）発光する。また5秒間連続して発光させ、それを10回ずつ繰り返すと、10回（50秒）ごとに徐々に発光強度が落ちてくる様子が観測された。更に光を貯蔵した単結晶試料に顕微鏡で数十ミクロンの範囲に絞ったレーザー光を当てると、その部分だけが発光する。そこで40回連続で発光させてその部分に貯蔵されたエネルギーを消費すると、明らかに発光強度が落ちてくる。その後、すぐに他の場所に同じ顕微鏡からの光を当てると、光貯蔵直後と同じ強度で発光する。また一度発光が減衰した個所でも、5分ほど放置すると同一試料内の他の場所からエネルギーが流れ込み、発光強度が復活することも分かった。これをもう少し詳しく調べると、(iii)の答えも見つかる可能性がある。

② 「新しい電子機能を示す物質の実現」グループ

【有機超伝導体開発】当初3年間の目標の1つである、「常圧、または圧力下で超伝導を示す新規物質を1種類以上見出す」ことを達成した。すでに開発されていた圧力下で超伝導を示す物質の構成分子を設計し直して、常圧で超伝導を示す物質を3つ見出すことができた（ T_c や約8K）。また、圧力下で超伝導を示す物質については、 T_c が13 Kまで上昇することが見出された。今後新たな参画メンバーと圧力下の第一原理計算を行い、この物質群の物性を明らかにする。

【有機二次電池開発】当初3年間の目標の1つである、「実用されているリチウムイオン電池の性能を上回る有機正極材料」の開発に成功した。分子性のイオン（ PF_6^- ）を電荷担体として用いる「分子イオン電池」は、リチウムイオン電池などに比べて急速充放電特性に高いポテンシャルを持つことが示された。また、電池内重合を可能とする有機正極材料の高容量化を図るために、分子量の大きな重合部位であるトリフェニルアミン部位の数を減らした分子系の合成に成功し、従来の材料（134 mAh/g）よりも高容量（172 mAh/g）を示すことを明らかにした。

〔リサーチユニット形成の拡大・深化について〕

本RUは最初R04-R06で認定され、最終年度（R06）に更新を申請して再度認定された。その際、メンバーの一部を入れ替え（発足当初の6名から1人抜けて、新しく3人追加し、8名になった）、サブグループも再編成した（次頁の表1のとおり）。単なる見かけの再編成ではなく、各メンバーの研究テーマが進捗、発展、または変化したことにより、必要とする共同研究者が変わったためである。

〔アウトリーチ活動経費支援による活動状況〕

アウトリーチ活動経費の一部を旅費として、学会や研究会、講演会に参加した。その結果、関連テーマや分野の最先端の話題、また競争相手の研究の進捗状況、研究費や人事など動向を知ることができて、良い意味での緊張感と危機感を覚え、大学へ戻ってからの研究が加速した。各教員の研究室の学生にとっても、学外の研究志向の強い研究室の学生たちと接する中で刺激を受け、自分たちの研究がカーボンニュートラルを始めとする世の中の課題とどうつながって行くかを改めて認識する良い機会となった。こうした学生同士の情報交換や人的ネットワークが将来の仕事や就職先を選ぶ際に貴重な経験となるであろう。

またその他のアウトリーチ活動として、R07年度もプレスリリースやHPによる研究成果の情報発信を頻繁に行い、若手研究者の人材育成、および本RUの研究活動と成果の社会へのアピールにも注力した。具体的な活動実績は後の業績リストにまとめた。高校生や一般市民相手の啓蒙イベントでも、カーボンニュートラルと一見関係なさそうな大学（本RU）での基礎研究が、実は如何にそうした未来に貢献するかを説明し、目を輝かせて聞いて頂いた。

〔その他（特記事項等）〕

本RUの活動（共同研究）を通じて、各研究室の学生の教育にも波及効果が表れた。具体的には、いろいろな専門分野の教員やその研究室の学生たちと交流が進む中で双方の研究室の学生同士が刺激を受け、知的好奇心も増大し、研究への熱意や志向が高まった。その結果、1人の女子学生（現在M2で研究テーマは「光貯蔵技術の実現」）は現在の研究室（内藤）で博士後期課程まで進学することを決意した。同様に1名の男子学生（現在M2で研究テーマは「有機超伝導体開発」）も現在の研究室（白旗）で博士後期課程まで進学することを決意した。これらの学生は新年度に連携研究者として申請予定である。

表1. 本RUの推進体制の変遷

R04—R06の体制	R07の体制	R08以降の体制
「光貯蔵技術の実現」グループ 内藤俊雄	「光貯蔵技術の実現」グループ 内藤	「CNのための技術開発」グループ 内藤
「有機二次電池開発」グループ 御崎洋二	「有機二次電池開発」グループ 御崎	「CNのための材料開発」グループ 白旗
「有機超伝導体開発」グループ 白旗崇、山本貴（2024年10月7日脱退）	「有機超伝導体開発」グループ 白旗	
「基盤技術協力」グループ 小原敬士、小西健介、松本圭介 （2023年10月10日加入）、森重樹 （2023年10月10日加入）	「基盤技術協力」グループ 小原、小西、松本、森、藤崎（2025年4月1日から構成員）	「CNのための研究支援グループ」 小原、小西、松本、森、藤崎、 （他2名追加申請予定）
連携研究者 藤崎真広（博士後期課程在学）	（連携研究者 なし）	連携研究者 2名の博士後期課程の学生を追加申請予定

2. 活動計画（1 頁以内）

次年度の活動計画について、具体的かつ明確に記載してください。

〔論文・学会発表計画〕

今年度の研究成果を基に、現在以下のような論文執筆や学会発表の準備を進めている。

1) 共著論文の投稿計画

①「光貯蔵技術の実現」に関する論文

内藤（グループ①）、森（グループ③）、小西（グループ③）、小原（グループ③）の共著論文を予定

内藤（グループ①）、御崎（グループ②）、白旗（グループ②）、森（グループ③）、小西（グループ③）、小原（グループ③）の共著論文を予定

②「新しい電子機能を示す物質の実現」に関する論文

【有機二次電池開発】御崎（グループ②）、白旗（グループ②）、内藤（グループ①）、森（グループ③）、小西（グループ③）、松本（グループ③）の共著論文を予定

【有機超伝導体開発】白旗（グループ②）、御崎（グループ②）、内藤（グループ①）、森（グループ③）、小西（グループ③）、松本（グループ③）の共著論文を予定

2) 学会発表計画

①「光貯蔵技術の実現」に関する論文

内藤（グループ①）、森（グループ③）、小西（グループ③）、小原（グループ③）の学会発表を予定

③ 「新しい電子機能を示す物質の実現」に関する論文

【有機二次電池開発】御崎（グループ②）、白旗（グループ②）、内藤（グループ①）、森（グループ③）、小西（グループ④）、松本（グループ③）の学会発表を予定

【有機超伝導体開発】白旗（グループ②）、御崎（グループ②）、内藤（グループ①）、森（グループ③）、小西（グループ③）、松本（グループ③）の学会発表を予定

〔アウトリーチ活動計画〕

RUの各メンバーは、各種高大連携行事や公開講座をそれぞれ毎年担当しており、それらを通じた本RUのカーボンニュートラルに貢献し得る活動を広く積極的にアピールする予定である。例を挙げると、理学部公開講座、オープンキャンパス、夢化学21、オンキャンパス説明会、附属高校課題研究、出張講義などである。

〔R Uに関連する研究費申請計画〕

CREST「提案先研究領域名(ゆらぎの導入・制御による機能性材料の創製)」白旗、内藤他（他大学の教員数名）に申請予定。

〔その他の計画〕

（記載事項なし）

〔業績リスト〕 主要な論文、図書業績（3つ程度）について、その内容をそれぞれ3行程度で記載してください。

また、以下の項目に該当する活動期間内におけるRU活動に関連する研究業績、受賞実績等については、すべて記載してください。

- ①研究実績：学際的論文、国際共著論文、学術図書、教科書、学会発表（いずれも研究室を異にするRUの複数メンバーが連名に入った成果に限る）等
- ②広報実績：ストックサイト掲載、プレスリリース
- ③社会実装：国内・国際特許出願、企業との共同研究、製品等
- ④社会貢献：自治体からの受託研究、自治体や公的機関と連携した取組、地域の文化活動推進に関する取組等
- ⑤アウトリーチ活動：高大連携活動、講演会等

【以下、下線はRUメンバーで、下線の種類が違うのは所属が異なる研究室を意味する。】

① 研究実績：学際的論文

1. Universal Feature of Magnetic Behavior Originating from Linear Band Dispersion: α -BETS₂X and α' -BETS₂Y (BETS = Bis(ethylenedithio)tetraselenafulvalene, X = IBr₂, I₂Br, Y = IBr₂, ICl₂).

Sakura Hiramoto, Koki Funatsu, Kensuke Konishi, Haruhiko Dekura, Naoya Tajima, and Toshio Naito
J. Phys. Chem. Lett., **16**(35), 9116—9123 (2025). DOI: 10.1021/acs.jpcllett.5c02197

【Supplementary Cover Art】 IF = 4.6

有名なグラフェンだけでなく、 π 共役系からディラック電子が実現できることを、実験と理論の両面からより一般的に示した研究成果。米国化学会の物理化学系の速報誌の表紙を飾り、愛大ストックサイト掲載やプレス発表も行った。学内の共同研究がRUの枠を超えて発展した契機にもなった（GRC出倉先生との共同研究）。

2. Metallic Crystal with a Three-Dimensional Narrow Band Based on an Aromatic Hydrocarbon Derivative.

M. Ikeda, Y. Sasaki, Y. Fujikawa, S. Mori, K. Konishi, K. Ohara, H. Dekura, H. Toyota, M. Takase, A. M. Shirai, Y. Murotani, R. Matsunaga, and T. Naito
J. Mater. Chem. C, **13**(25), 12650—12656 (2025). DOI: 10.1039/d5tc01367d

【Front Cover Picture】 IF = 5.7

① 研究実績（続き）：国際共著論文、学術図書、教科書

該当項目なし

① 研究実績（続き）：学会発表

- （1）第19回分子科学討論会 2025 広島（2025年9月9日—12日；国際会議場（広島））

“BETS-トリハライド塩におけるディラック電子固有の磁化率の温度依存性”

平本朔良、小西健介、内藤俊雄

- （2）2025年日本化学会中国四国支部大会 香川大会

（2025年11月23日—24日；徳島文理大学 高松駅キャンパス（香川））

“新規アニオンの導入による有機電荷移動錯体の特異的な構造と電気抵抗”

平本朔良、小西健介、豊田洋通、内藤俊雄

- （3）2025年日本化学会中国四国支部大会 香川大会

（2025年11月23日—24日；徳島文理大学 高松駅キャンパス（香川））

“有機ディラック電子系関連物質の混晶化によるディラック電子系の変化”

山本翔斗、平本朔良、小西健介、内藤俊雄

- （4）日本化学会第106春季年会（2026）（2025年3月17日—20日；日本大学理工学部 船橋キャンパス）

“磁化率の変化に基づく光励起後のダイナミクスの考察”

西田春音、小西健介、内藤俊雄

- （5）日本化学会第106春季年会（2026）（2025年3月17日—20日；日本大学理工学部 船橋キャンパス）

“有機ディラック電子系関連物質混晶の電子物性”

山本翔斗、平本朔良、小西健介、内藤俊雄

② 広報実績：ストックサイト掲載

- (1) 2025年7月10日 (火) “Delocalization beyond π -conjugation” (内藤俊雄)
- (2) 2025年9月11日 (木) “Mysterious electrons behaving between electrons and photons” (内藤俊雄)

② 広報実績(続き)：プレスリリース

- (1) 2025年6月23日 (月) 「共役系を超えた共役系」 (内藤俊雄)
- (2) 2025年8月22日 (金) 「二次電池の電極内で分子イオンPF₆⁻は単原子イオンLi⁺よりも高速に移動する」 (御崎洋二)
- (3) 2025年9月4日 (木) 「光子と電子の間のような電子」 (内藤俊雄)
- (4) 2025年10月1日 (水) 「光子と電子の狭間で」 (内藤俊雄)

③ 社会実装：国内・国際特許出願、企業との共同研究、製品等

該当項目なし

④ 社会貢献：自治体からの受託研究、自治体や公的機関と連携した取組、地域の文化活動推進に関する取組等

(1) (競争的研究資金の共同申請) 鹿島学術振興財団 2026年度一般研究助成(新規)「光ストレージ物質を塗布して紙に省エネルギー機能を付加する」(2026年4月-2028年3月; 500万円)(代表者) 内藤俊雄(愛媛大学)、(共同研究者) 藤本真人・近藤瑠海(愛媛県産業技術研究所 紙産業技術センター)(不採択)

(2) (公的機関から依頼された、地域の文化活動推進に関する講演) 内藤俊雄、「分子結晶にしか出せない機能」、日本学術会議中四国地区会議 ミニシンポジウム(オンライン開催)、2026.03.16.

(3) (自治体や公的機関と連携した取組) 令和7年度愛媛県環境創造センター報告会 内藤俊雄
2025.10.22 (水) 愛媛県庁第一別館11階会議室 (愛媛県の技術系職員で構成された環境に関する研究センターのアドバイザーを務めている関係で、定例の活動報告会に研究員として参加)

(4) 愛媛県総合科学博物館協議会 委員 小西健介 愛媛県総合科学博物館および同協議会の運営に関する審議に委員(R06—R07 年度)として参画した。

(5) (競争的研究資金の共同申請) CREST「提案先研究領域名：ゆらぎの導入・制御による機能性材料の創製 | 研究課題名：分子配列設計がもたらす幾何誘起電子機能の創出」(2025年10月-2031年3月; 5,360万円/合計3億円)(代表者) 水津理恵(佐賀大学) 共同研究G2(主たる共同研究者：白旗崇) 共同研究G3(主な研究参加者：藤崎真広)

⑤ アウトリーチ活動：高大連携活動、講演会等

(1) 2025年7月18日 (金) キヤノン「善き未来をひらく科学技術」シンポジウム2025 「光を蓄えて自由に持ち運べる未踏技術“光ストレージ”への挑戦」内藤俊雄

(2) 2025年8月8日 (金) 愛媛大学理学部オープンキャンパス 体験実験「分子を見る方法」内藤俊雄
理学部&物理学コース紹介 小西健介

(3) 2025年9月11日 (木) 内藤俊雄、「分子性電子材料の次なる挑戦」【招待講演】
第19回分子科学討論会、広島国際会議場、2025.09.09—12.

(4) 2025年9月20日 (土) 愛媛大学理学部オンキャンパス説明会 (高校生の大学や研究、受験などに関する様々な質問に答える; カーボンニュートラルに関する研究をアピール)

(5) 2025年10月1日 (水) T. Naito, “Challenges toward the Next Stage of Molecular Electronic Materials”, 16th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM 2025), Toyohashi, Japan, September 28-October 3, 2025.

(6) 2025年10月25日 (土) T. Naito, “New horizons of functional molecular crystals”, The 15th Japan-China

Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena, October 24-27, 2025, Suzhou, China. 【Plenary Lecture】

- (7) 2025年11月6日（木） 出張講義（済美高校）内藤俊雄
- (8) 2025年12月18日（木） T. Naito, “Development of Organic Charge-Transfer Complexes with New Functions: Challenges toward the Next Stage of Molecular Electronic Materials”, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2025, December 15-20, 2025, Honolulu, Hawaii.
- (9) 2026年2月1日（日） えひめサイエンスチャレンジ2025（愛媛県内から高校教員48名、生徒197名が参加した自由研究のコンテスト）内藤俊雄（愛大教員10名、愛媛県教育委員会7名、愛媛県高等学校教育委員会4名、放送大学1名、サイエンスチャレンジ協力校から1名の計23名からなる実行委員会の連絡役、一般参加部門審査員取りまとめ役）
- (10) 2026年3月3日（火） 第12回PRIUSシンポジウム「分子結晶で創発する未知の機能と未踏の技術」内藤俊雄、愛媛大学 城北キャンパス（理学部）
- (11) 2026年3月19日（木）内藤俊雄、「分子結晶だからできること、分子結晶にしかできないこと」【招待講演】日本化学会第106春季年会、中長期シンポジウム「分子設計・構築による機能性2次元マテリアルの創製」、日本大学理工学部（船橋キャンパス）、2026.03.17-20.
- (12) 2025年12月18日（木） T. Shirahata, “Modulation of properties of Chp-TTP-type molecular conductors via counter anion change and chalcogen-replacement on BDT-TTP scaffold”, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2025, December 15-20, 2025, Honolulu, Hawaii.
- (13) 2025年9月12日（金） 工学部説明会（広島県立賀茂高校）白旗崇

〔外部資金の獲得実績〕 構成員が、活動期間内において、R U活動に関連して獲得した補助金等（科学研究費補助金、その他の省庁・研究助成法人・民間企業等からの研究費含む）をすべて記載してください。（間接経費等を含む）					
事業の名称	期 間	研 究 課 題 名 等	代表・分担等の別	金額（円）	対象構成員名
基盤研究(B)	R06-R08	化学反応と相転移で電子を変える；質量ゼロの電子を含む有機伝導体の創製と未知の物性	代表	1027万円	内藤俊雄
挑戦的研究（萌芽）	R06-R07	超共役系分子を利用した三次元的分子性金属の開発	代表	650万円	内藤俊雄
革新的GX技術創出事業（GteX） （燃料電池領域） （科学技術振興機構）	R05-R09	プロトン伝導性マイクロポーラスポリマーの開発	分担	400万円	白旗崇
科学研究費助成事業・基盤研究(C)	R06-R08	キラリティを有するキラル有機超伝導体の創成	代表	100万円	白旗崇
科学研究費助成事業・基盤研究(C)	R07-R09	TTFオリゴマーを基盤とした電荷秩序型超伝導体の創出	分担	30万円	白旗崇
科学研究費助成事業・基盤研究(C)	R07-R09	TTFオリゴマーを基盤とした電荷秩序型超伝導体の創出	代表	90万円	御崎洋二
計 2 2 9 7 0 千円					

3. 執行実績報告（アウトリーチ活動経費）

記載例：会場借料 ○○時間×@○○円 ○○円
講師謝金 ○人×○回×@○○円 ○○円
HP作成費用 ○○円

アウトリーチ活動経費		令和7年度配分額 円	
事 項	金額（円）	備 考	
・RU分担者（白旗 崇先生）への経費の流用	30,000	ホームページサーバー更新 中国四国支部大会の旅費 森初果先生（東京大学物性研究 所）の退職記念講演会の旅費	
・RU分担者（御崎 洋二先生）への経費の流用	55,727		
・RU分担者（白旗 崇先生）への経費の流用	31,345		
・ホームページ・ビルダー代	20,592		
・Applied レンタルサーバー（WEBサイトレンタルサーバ）	39,600		
・Applied 更新保守（WEBサイト更新保守）	43,780		
・日本化学会第105回春季年会（2026）の旅費 （中家 南帆）	69,890		
（西田 春音）	19,861		
（山本 翔斗）	76,755		
・総合情報メディアセンターホスティングサービス R7年度分	12,000		
合 計	399,550 円		