

戦略的創造研究推進事業
CREST・さがけ複合領域
追跡評価用資料

研究領域
「エネルギー高効率利用のための
相界面科学」(CREST)
「エネルギー高効率利用と
相界面」(さがけ)
(2011 年度～2018 年度)

2025 年 3 月

目次

本資料について	1
第 1 章 研究領域概要.....	2
1.1 戦略目標.....	2
1.2 研究領域の目的.....	2
1.3 研究総括.....	3
1.4 領域アドバイザー.....	3
1.5 研究課題および研究代表者/研究者.....	4
第 2 章 追跡調査	12
2.1 追跡調査について.....	12
2.1.1 調査の目的.....	12
2.1.2 調査の対象.....	12
2.1.3 調査方法	12
2.2 追跡調査概要.....	14
2.2.1 研究助成金.....	14
2.2.2 論文	22
2.2.3 特許	27
2.2.4 共同研究や企業との連携.....	31
2.2.5 知的財産の実施許諾・技術移転や実用化・製品化.....	37
2.2.6 スタートアップ.....	39
2.3 研究成果から生み出された科学技術や社会・経済への波及効果.....	40
2.3.1 研究領域の展開状況（まとめ図）	40
2.3.2 研究成果の科学技術や社会・経済的な波及効果.....	42

本資料について

本資料は、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST） 戦略的創造研究推進事業における CREST・さきがけ複合領域「エネルギー高効率利用のための相界面科学」（CREST）、「エネルギー高効率利用と相界面」（さきがけ）（2011 年度～2018 年度）において、研究終了後一定期間を経過した後、副次的効果を含めて研究成果の発展状況や活用状況を明らかにし、事業および事業運営の改善等に資するため、追跡調査を実施した内容をまとめたものである。

第 1 章では、本研究領域の概要を記述する。

第 2 章では、追跡調査方法とその結果について記述する。調査は、研究期間中および研究終了後の研究助成金、発表論文、また国内外への特許出願および登録状況等を対象とした。また、研究課題に対して科学技術や社会・経済への波及効果の調査結果をまとめた。

第 1 章 研究領域概要

1.1 戦略目標

「エネルギー利用の飛躍的な高効率化実現のための相界面現象の解明や高機能界面創成等の基盤技術の創出」

[達成目標]

- エネルギー高効率利用化に向けた相界面におけるエネルギー輸送・変換機構の解明
- ナノ、メソ、マクロなどの異なるスケールの相界面現象を総合的に解析・設計するためのモデリング、シミュレーション技術の創出
- 相界面構造を制御・最適化するための数理科学的な手法などの基盤技術の創出
- 機器やデバイスの理論的最高性能を実現するための高機能界面の創成

1.2 研究領域の目的¹

本研究領域は、豊かな持続性社会の実現に向けて、エネルギー利用の飛躍的な高効率化を実現するため、エネルギー変換・輸送に関わる相界面現象の解明や高機能相界面の創成などの基盤的科学技術の創出を目的としている。

具体的には、様々な相界面現象の基礎学理や制御・最適化技術を深化させることによって、エネルギー損失の大幅な減少を可能とする相界面、あるいは、高効率エネルギー利用のための新たな高機能相界面を創造することに挑戦する。そのためには、ナノ、メソ、マクロといった異なるスケールの現象を統合的に解析・設計するための技法、相界面構造を制御・最適化するための理論的手法などを開拓することなどが必要である。さらに、これらの先端的な基礎研究の成果を、実際の機器やシステムの設計に効果的に適用し、それらの飛躍的性能向上、低炭素化、低コスト化に繋げることが重要である。

本研究領域では、図1-1に示したように、機械、化学、物理等の多様な分野の研究者による専門分野を超え、あるいは異なる分野の科学的知識を融合し、ScienceおよびEngineering Scienceの両面からのアプローチを行う。それにより、エネルギーの高効率利用に向けた相界面におけるエネルギー変換・輸送機構の解明、マルチスケールの相界面現象を総合的に解析・設計するための計測、モデリング、シミュレーション技術の開発、相界面構造を制御・最適化するための数理科学的な手法などの基盤技術を創出するとともに、機器やデバイスの理論的最高性能を実現するための高機能相界面を創成することを最終目標とする。

¹ 領域事後評価用資料

2011年度戦略目標

「エネルギー高効率利用に資する、相界面科学に基づく基盤技術の創出」

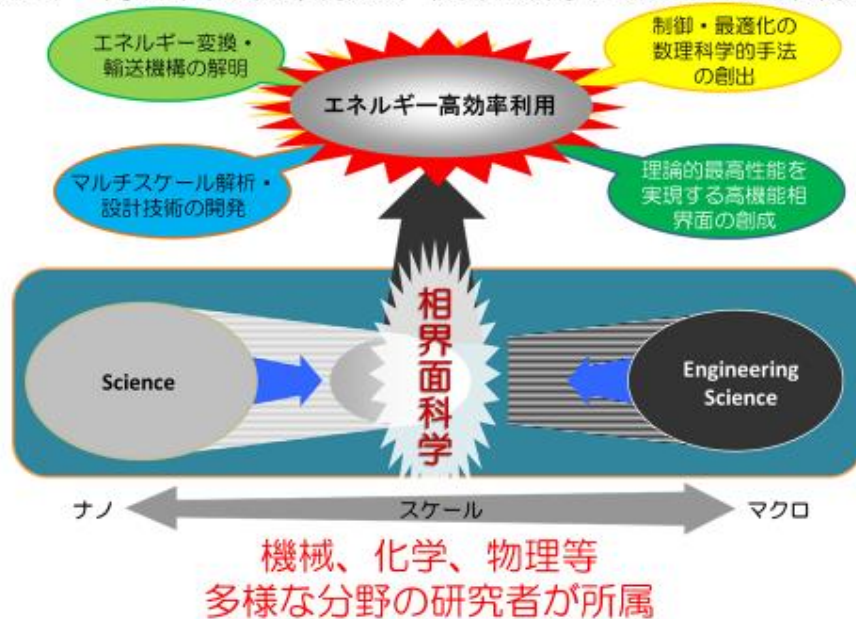


図1-1 領域概要¹

1.3 研究総括

「エネルギー高効率利用のための相界面科学」(CREST)

笠木 伸英 (東京大学大学院工学系研究科 教授、2011年12月～2015年6月)

花村 克悟 (東京工業大学工学院 教授、2015年6月～終了時)

「エネルギー高効率利用と相界面」(さきがけ)

橋本 和仁 (東京大学大学院工学系研究科 教授、2011年12月～2013年3月)

笠木 伸英 (科学技術振興機構 上級フェロー、2013年4月～2015年6月)

花村 克悟 (東京工業大学工学院 教授、2015年6月～終了時)

1.4 領域アドバイザー

CREST・さきがけの領域アドバイザーを、それぞれ表1-1および2に示した。

表1-1 CREST 領域アドバイザー一覧

氏名	2018年12月時点の所属(又は退任時)役職	任期
江口 浩一	京都大学大学院工学研究科・教授	2010/12～2019/3
岡崎 健	東京工業大学・特命教授	2010/12～2019/3
岡島 博司(さきがけから移行)	株式会社豊田中央研究所・理事	2018/4～2019/3
加藤 千幸	東京大学生産技術研究所・教授	2010/12～2019/3

金村 聖志（さきがけから移行）	首都大学東京大学院都市環境科学研究科・教授	2018/4～2019/3
栗原 和枝	東北大学未来科学技術共同研究センター・教授	2010/12～2019/3
齋川 路之	一般財団法人電力中央研究所エネルギーソリューション創発センター・主席研究員	2010/12～2019/3
中戸 義禮	大阪大学産業科学研究所・特任教授	2010/12～2015/3
萩原 剛	東芝エネルギーソリューションシステムズ株式会社原子力事業部・参事	2010/12～2019/3
宮野 健次郎	国立研究開発法人物質・材料研究機構・フェロー	2010/12～2019/3
吉田 真	京セラ株式会社メディカル開発センター・所長	2010/12～2019/3
渡辺 政廣	山梨大学・特命教授	2010/12～2019/3

表 1-2 さきがけ領域アドバイザー一覧

氏名	2018 年 3 月時点の所属（又は退任時）役職	任期
魚崎 浩平	国立研究開発法人物質・材料研究機構・フェロー	2010/12～2018/3
岡島 博司	トヨタ自動車株式会社先進技術統括部・主査	2010/12～2018/3
加藤 昌子	北海道大学大学院理学研究院・教授	2010/12～2018/3
金村 聖志	首都大学東京大学院都市環境科学研究科・教授	2010/12～2018/3
功刀 資彰	京都大学大学院工学研究科・教授	2010/12～2017/3
佐藤 勝昭	国立研究開発法人科学技術振興機構研究広報・主監	2015/7～2018/3
高木 英典	東京大学大学院理学系研究科・教授	2010/12～2015/7
竹中 信之	奈良女子大学男女共同参画推進室・キャリアコーディネーター	2010/12～2016/3
中込 秀樹	千葉大学大学院工学研究科・教授	2010/12～2016/3
花村 克悟	東京工業大学工学院・教授	2010/12～2015/6
山田 明	東京工業大学工学院・教授	2010/12～2018/3
吉田 英生	京都大学大学院工学研究科・教授	2010/12～2017/10

1.5 研究課題および研究代表者/研究者

CREST 研究代表者と研究課題を表 1-3 にまとめた。

表 1-3 CREST の研究課題と研究代表者

採択年度	No	研究代表者	研究課題名	研究期間	終了時の所属機関名・役職	追跡調査時の所属機関名・役職
2011	1-1	川田 達也	実環境計測に基づく高温電極の界面領域エンジニアリング	2011/12/1～2017/3/31	東北大学大学院環境科学研究科・教授	東北大学大学院環境科学研究科・教授

	1-2	古山 通久	固体酸化物形燃料電池電極の材料・構造革新のためのマルチスケール連成解析基盤	2011/12/1 ～ 2018/3/31	九州大学稲盛フロンティア研究センター・教授	信州大学先鋭領域融合研究群先鋭材料研究所・教授/株式会社 X-Scientia・代表取締役
	1-3	高田 保之	固気液相界面メタフレイディクス	2011/12/1 ～ 2017/3/31	九州大学大学院工学研究院・教授	九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・特命教授
	1-4	高柳 邦夫	ナノとマクロの相界面と物質移動ナノサイクル【3年型課題】	2011/12/1 ～ 2015/3/31	東京工業大学大学院理工学研究科・特任教授	東京工業大学・名誉教授
	1-5	陳 明偉	界面科学に基づく次世代エネルギーへのナノポーラス複合材料開発	2011/12/1 ～ 2018/3/31	東北大学原子分子材料科学高等研究機構・客員教授	Johns Hopkins University, Materials Science and Engineering・Professor
2012	2-1	安部 武志	多孔性電極中のイオン輸送現象の解明と高出入力電池への展開	2012/10/1 ～ 2018/3/31	京都大学大学院工学研究科・教授	京都大学大学院工学研究科・教授
	2-2	早瀬 修二	酸化物半導体プリカーサーを用いる相互侵入型無機・有機（無機）バルクヘテロナノ界面の一括構築と太陽電池への応用	2012/10/1 ～ 2018/3/31	九州工業大学大学院生命体工学研究科・教授	電気通信大学 i-パワー エネルギー・システム研究センター・特任教授
	2-3	宮武 健治	革新的アニオン導電性高分子を用いた三相界面の創製とアルカリ形燃料電池への展開	2012/10/1 ～ 2019/3/31	山梨大学クリーンエネルギー研究センター・教授	山梨大学大学院総合研究部・教授
	2-4	山下 晃一	エネルギー変換計算科学による相界面光誘起素過程の設計	2012/10/1 ～ 2018/3/31	東京大学大学院工学系研究科・教授	横浜市立大学生命ナノシステム科学研究科・特任教授
2013	3-1	足立 幸志	超低摩擦機械システムのためのトライボ化学反応を制御したナノ界面創成	2013/10/1 ～ 2019/3/31	東北大学大学院工学研究科・教授	東北大学大学院工学研究科・教授
	3-2	小林 光	相界面制御法による極低反射率の達成と結晶シリコン太陽電池の超高効率化	2013/10/1 ～ 2019/3/31	大阪大学産業科学研究所・教授	大阪大学産業科学研究所・名誉教授
	3-3	長尾 忠昭	セラミックスヘテロ層における界面電磁場制御と熱エネルギー利用	2013/10/1 ～ 2019/3/31	国立研究開発法人物質・材料研究機構・グループリーダー	国立研究開発法人物質・材料研究機構ナノアーキテクニクス材料研究センター・グループリーダー
	3-4	圓山 重直	海洋メタンハイドレート層のマルチスケール界面輸送現象の解明と大規模メタン生成への展開	2013/10/1 ～ 2019/3/31	東北大学流体科学研究所・客員教授	東北大学総務企画部・社会連携コーディネーター

CREST 各研究課題のチームの主たる共同研究者を表 1-4 にまとめた。

表 1-4 CREST の各研究課題のチームの主たる共同研究者リスト

採択年度	No	研究代表者	主たる共同研究者
2011	1-1	川田 達也	山地 克彦（国立研究開発法人産業技術総合研究所省エネルギー技術研究部門・研究グループ長） 松井 敏明（京都大学大学院工学研究科・准教授） 久保田 純（福岡大学工学部・教授） 三好 正悟（国立研究開発法人物質・材料研究機構・主任研究員）
	1-2	古山 通久	鹿園 直毅（東京大学生産技術研究所・教授） 多田 朋史（東京工業大学元素戦略研究センター・准教授） 原 祥太郎（千葉工業大学工学部・准教授） 菊地 隆司（東京大学大学院工学研究科・准教授） 石元 孝佳（広島大学大学院工学研究科・准教授）
	1-3	高田 保之	小山 繁（九州大学大学院総合理工学研究院・教授） 大宮司 啓文（東京大学大学院工学系研究科・教授）
	1-4	高柳 邦夫	大島 義文（北陸先端科学技術大学院大学・准教授）
	1-5	陳 明偉	赤木 和人（東北大学原子分子材料科学高等研究機構・准教授）
2012	2-1	安部 武志	水畑 穰（神戸大学大学院工学研究科・教授） 山本 雅博（甲南大学理工学部・教授）
	2-2	早瀬 修二	沈 青（電気通信大学大学院情報理工学研究科・教授） 吉野 賢二（宮崎大学工学部・教授） 峯元 高志（立命館大学理工学部・教授）
	2-3	宮武 健治	朝澤 浩一郎（ダイハツ工業株式会社開発部・主任）
	2-4	山下 晃一	久保 貴哉（東京大学先端科学技術研究センター・特任教授） 伊藤 紳三郎（京都大学大学院工学研究科・教授） 大北 英生（京都大学大学院工学研究科・教授） 辨天 宏明（奈良先端科学技術大学院大学・准教授） 廣瀬 靖（東京大学大学院理学系研究科・准教授） 村岡 梓（日本女子大学理学部・講師）
2013	3-1	足立 幸志	久保 百司（東北大学金属材料研究所・教授） 杉村 丈一（九州大学大学院工学研究院・教授） 上坂 裕之（岐阜大学工学部・教授）
	3-2	小林 光	井手 大介（株式会社新興製作所・開発部長） 肥後 徹（日新化成株式会社・取締役）
	3-3	長尾 忠昭	戸谷 剛（北海道大学大学院工学研究院・教授）
	3-4	圓山 重直	—

また、さがけ研究者と各研究課題を表 1-5 にまとめた。

表 1-5 さがけの研究課題と研究者

採択年度	No	研究者	研究課題名	研究期間	終了時の所属・役職	追跡調査時の所属・役職
2011	1-1	池田 勝佳	構造規制相界面における重たいフォトン	2011/12/1 ～ 2017/3/31	名古屋工業大学 大学院工学研究 科・教授	名古屋工業大学 物理工学科・教 授

			の利用【5 年型課題】			
	1-2	喜多 浩之	SiC MOSFET の抵抗損失低減のための界面制御技術	2011/12/1 ～ 2015/3/31	東京大学大学院工学系研究科・准教授	東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授
	1-3	塩見 淳一郎	ナノ構造界面を利用した環境親和型熱電半導体の創成	2011/12/1 ～ 2015/3/31	東京大学大学院工学系研究科・准教授	東京大学大学院工学系研究科・教授
	1-4	柴田 直哉	原子分解能電磁場計測電子顕微鏡法の開発と材料相界面研究への応用	2011/12/1 ～ 2015/3/31	東京大学大学院工学系研究科・准教授	東京大学大学院工学系研究科・教授
	1-5	関口 康爾	超低電力マグノンデバイスの基盤技術創出【5 年型大挑戦課題】	2011/12/1 ～ 2017/3/31	慶応大学理工学部・専任講師	横浜国立大学大学院工学研究院・教授
	1-6	館山 佳尚	第一原理統計力学による太陽電池・光触媒界面の動作環境下電荷移動・励起過程の解明	2011/12/1 ～ 2015/3/31	国立研究開発法人物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点・グループリーダー	国立研究開発法人物質・材料研究機構エネルギー・環境材料研究拠点 (GREEN) ・副拠点長
	1-7	宮崎 晃平	金属-空気二次電池可逆空気極における三相界面	2011/12/1 ～ 2015/3/31	京都大学大学院工学研究科・助教	京都大学大学院工学研究科・准教授
	1-8	八代 圭司	高効率エネルギー変換に向けた革新的イオン機能界面設計	2011/12/1 ～ 2015/3/31	東北大学大学院環境科学研究科・准教授	島根大学材料エネルギー学部・教授
	1-9	保田 諭	自己組織化集合能による高触媒活性サイトのプログラマブル合成	2011/12/1 ～ 2015/3/31	北海道大学大学院理学研究院・准教授	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構原子力科学研究所先端基礎研究センター・研究主幹
	1-10	安田 琢磨	液晶半導体のメゾスコピック超構造を活用した有機電子デバイスの開発	2011/12/1 ～ 2015/3/31	九州大学稲盛フロンティア研究センター・教授	九州大学高等研究院・教授
2012	2-1	内田 健一	スピン流を用いた革新的エネルギーデバイス技術の創出【5 年型大挑戦課題】	2012/10/1 ～ 2018/3/31	国立研究開発法人物質・材料研究機構国際磁性・スピントロニクス材料拠点・グループリーダー	国立研究開発法人物質・材料研究機構磁性・スピントロニクス材料研究センター・上席グループリーダー
	2-2	大久保 貴志	強誘電性配位高分子複合界面の創製と光電変換素子への応用	2012/10/1 ～ 2016/3/31	近畿大学理工学部・准教授	近畿大学理工学部・教授
	2-3	小林 厚志	自己組織化を活用した超ナノ結晶人工光合成デバイスの構築	2012/10/1 ～ 2016/3/31	北海道大学大学院理学研究院・准教授	北海道大学大学院理学研究院・准教授

	2-4	Sang Liwen	高効率光電変換デバイスの実現に向けたⅢ族窒化物のマルチバンドエンジニアリング	2012/10/1 ～ 2016/3/31	国立研究開発法人物質・材料研究機構国際ナノアーキテクト研究拠点・独立研究者	国立研究開発法人物質・材料研究機構ナノアーキテクトニクス材料研究センター・主幹研究員
	2-5	竹中 壮	金属酸化物層での被覆を利用した電極触媒の高機能化	2012/10/1 ～ 2016/3/31	九州大学大学院工学研究院・准教授	同志社大学理工学部・教授
	2-6	津島 将司	電極相界面極限利用を実現する高効率フロー電池	2012/10/1 ～ 2016/3/31	大阪大学大学院工学研究科・教授	大阪大学大学院工学研究科・教授
	2-7	戸谷 剛	金属膜を持つ表面微細構造による放射エネルギーの波長制御	2012/10/1 ～ 2016/3/31	北海道大学大学院工学研究院・准教授	北海道大学大学院工学研究院・教授
	2-8	富岡 克広	新しい半導体固相界面による新規グリーンデバイスの開発	2012/10/1 ～ 2016/3/31	北海道大学大学院情報科学研究院・助教	北海道大学大学院情報科学研究院・准教授
	2-9	中山 将伸	リチウムイオン電池電極材料のセラミックス二相境界における物質移動の動力学	2012/10/1 ～ 2016/3/31	名古屋工業大学大学院工学研究科・教授	名古屋工業大学大学院工学研究科・教授
	2-10	二本柳 聡史	埋もれた材料相界面研究のための極限的非線形顕微分光法の開発	2012/10/1 ～ 2016/3/31	国立研究開発法人理化学研究所・研究員	国立研究開発法人理化学研究所開拓研究本部・専任研究員
	2-11	増田 卓也	固液界面その場 XPS 測定による酸素還元反応機構の解明	2012/10/1 ～ 2016/3/31	国立研究開発法人物質・材料研究機構ナノ材料科学研究拠点・主任研究員	国立研究開発法人物質・材料研究機構エネルギー・環境材料研究センター・分野長
2013	3-1	荒木 拓人	界面微細センサ開発とマルチスケール数値解析による熱・物質輸送 - 電気化学反応の連成現象の解明と最適界面構造設計	2013/10/1 ～ 2017/3/31	横浜国立大学大学院工学研究院・准教授	横浜国立大学大学院工学研究院・教授
	3-2	井上 元	カーボン導電剤とバインダーの構造制御による電子物質輸送界面の高効率化	2013/10/1 ～ 2017/3/31	九州大学大学院工学研究院・准教授	九州大学大学院工学研究院・教授
	3-3	小野 倫也	計算科学的手法による省電力・低損失デバイス用界面のデザイン	2013/10/1 ～ 2017/3/31	筑波大学計算科学研究センター・准教授	神戸大学大学院工学研究科・教授
	3-4	狩野 旬	金属-強誘電体界面で実現する新形態触媒デザイン	2013/10/1 ～ 2017/3/31	岡山大学大学院自然科学研究科・准教授	岡山大学工学部・准教授
	3-5	白澤 徹郎	相界面の動的構造観察のための波長分散	2013/10/1 ～ 2017/12/31	国立研究開発法人産業総合研究所物質計測標準	国立研究開発法人産業技術総合研究所計量標準

		型表面X線回折計の開発と応用		研究部門・主任 研究員	総合センター・ 主任研究員
3-6	長津 雄一 郎	飛躍的な石油増進回収のための油水反応レオロジー界面の創成	2013/10/1 ～ 2017/3/31	東京農工大学大学院工学研究 院・准教授	東京農工大学工 学研究科・教授
3-7	長藤 圭介	物質輸送と界面反応を最適にするための電極微細構造のメソスケール制御加工	2013/10/1 ～ 2017/3/31	東京大学大学院工学系研究科・ 准教授	東京大学大学院工学系研究科・ 准教授
3-8	長野 方星	多孔体内三相界面における熱流動解析に基づく熱輸送革新	2013/10/1 ～ 2017/3/31	名古屋大学大学院工学研究科・ 教授	名古屋大学大学院工学研究科・ 教授
3-9	平山 朋子	超低摩擦摺動メカニズムの解明と新規相界面の創成	2013/10/1 ～ 2017/7/26	同志社大学理工学部・准教授	京都大学大学院工学研究科・教 授
3-10	松井 雅樹	マグネシウムイオンを用いた電気化学デバイス創成のための電極／電解質界面設計	2013/11/16 ～ 2017/3/31	神戸大学大学院工学研究科・准 教授	北海道大学大学院理学研究院・ 教授

2023 年 8 月調査

なお、本研究領域における戦略目標の達成のための研究内容を以下にまとめた²。

² 領域事後評価用資料の図を一部改変

【CREST】研究課題と「達成目標」の関係

研究 代表者名	戦略目標(達成目標) 研究課題	○エネルギー 高効率利用化 に向けた相界 面におけるエ ネルギー輸 送・変換機構 の解明	○ナノ、メソ、マ クロなどの異な るスケールの 相界面現象を 総合的に解 析・設計するた めのモデリン グ、シミュレー ション技術の創 出	○相界面構 造を制御・最 適化するた めの数理科 学的な手法 などの基盤 技術の創出	○機器やデバ イスの理論的 最高性能を実 現するための 高機能界面の 創成
川田 達也	実環境計測に基づく高温電極の界面領域 エンジニアリング	○	○	○	○
古山 通久	固体酸化物形燃料電池電極の材料・構造 革新のためのマルチスケール連成解析基 盤		○	○	○
高田 保之	固気液相界面メタフレイディクス	○	○		
高柳 邦夫	ナノとマクロの相界面と物質移動ナノサイ クル		○		
陳 明偉	界面科学に基づく次世代エネルギーへのナ ノポーラス複合材料開発	○	○		○
安部 武志	多孔性電極中のイオン輸送現象の解明と 高出入力電池への展開	○	○	○	○
早瀬 修二	酸化物半導体ブリカーサーを用いる相互侵 入型無機・有機(無機)バルクヘテロナノ界 面の一括構築と太陽電池への応用	○	○		○
宮武 健治	革新的アニオン導電性高分子を用いた三 相界面の創製とアルカリ形燃料電池への 展開	○			○
山下 晃一	エネルギー変換計算科学による相界面光 誘起素過程の設計	○	○	○	
足立 幸志	超低摩擦機械システムのためのトライボ化 学反応を制御したナノ界面創	○	○		○
小林 光	相界面制御法による極低反射率の達成と 結晶シリコン太陽電池の超高効率化	○			○
長尾 忠昭	セラミックスヘテロ層における界面電磁場 制御と熱エネルギー利用	○	○		○
圓山 重直	海洋メタンハイドレート層のマルチスケール 界面輸送現象の解明と大規模メタン生成へ の展開	○	○		

【さきがけ】研究課題と「達成目標」の関係

研究課題	戦略目標(達成目標)				
	研究課題	○エネルギー高効率利用化に向けた相界面におけるエネルギー輸送・変換機構の解明	○ナノ、メソ、マクロなどの異なるスケールの相界面現象を総合的に解析・設計するためのモデリング、シミュレーション技術の創出	○相界面構造を制御・最適化するための数理科学的な手法などの基盤技術の創出	○機器やデバイスの理論的・最高性能を実現するための高機能界面の創成
研究者名					
池田勝佳	構造規制相界面における重たいフォトン利用	○			
喜多浩之	SiO ₂ MOSFETの抵抗損失低減のための界面制御技術	○			○
塩見淳一郎	ナノ構造界面を利用した環境親和型熱電半導体の創成		○	○	○
柴田直哉	原子分解能電磁場計測電子顕微鏡法の開発と材料相界面研究への応用		○		
関口康順	超低電力マグノンデバイスの基盤技術創出	○			○
蛭山佳尚	第一原理統計力学による太陽電池・光触媒界面の動作環境下電荷移動・励起過程の解明		○	○	
宮崎晃平	金属-空気二次電池可逆空気極における三相界面	○			
八代圭司	高効率エネルギー変換に向けた革新的イオン機能界面設計	○			
保田 諒	自己組織化集合成による高触媒活性サイトのプログラマブル合成	○			
安田琢彦	液晶半導体のメソスコピック超構造を活用した有機電子デバイスの開発	○			○
内田健一	スピントロニクスを用いた革新的エネルギーデバイス技術の創出	○			○
大久保貴志	強誘電性配位高分子複合界面の創製と光電変換素子への応用	○			
小林厚志	自己組織化を活用した超ナノ結晶人工光合成デバイスの構築	○			
SANG Liwen	高効率光電変換デバイスの実現に向けたII族化合物のマルチバンドエンジニアリング	○			
竹中 社	金属酸化物層での被覆を利用した電極触媒の高機能化	○			○
津島将司	電極相界面極限利用を実現する高効率フロー電池	○	○	○	○
戸谷 剛	金属膜を持つ表面微細構造による放射エネルギーの波長制御	○	○		○
富岡克広	新しい半導体相界面による新規グリーンデバイスの開発	○			○
中山将伸	リチウムイオン電池電極材料のセラミックス二相境界における物質移動の動力学		○		○
二本柳聡史	埋もれた材料相界面研究のための極限的ナノ分光法の開発		○		
増田卓也	固液界面その場XPS測定による酸素還元反応機構の解明		○		
荒木拓人	界面微細センサ開発とマルチスケール数値解析による熱・物質輸送 - 電気化学反応の達成現象の解明と最適界面構造設計		○	○	
井上 元	カーボン導電剤とバインダーの構造制御による電子物質輸送界面の高効率化		○	○	
小野倫也	計算科学的手法による省電力・低損失デバイス用界面のデザイン		○	○	
狩野 旬	金属-強誘電体界面で実現する新形態触媒デザイン	○			
白澤徹郎	相界面の動的構造観察のための波長分散型表面X線回折計の開発と応用		○		
長津雄一郎	飛躍的な石油増進回収のための油水反応レオロジー界面の創成	○			
長藤圭介	物質輸送と界面反応を最適にするための電極微細構造のメソスケール制御加工	○	○	○	
長野方星	多孔体内三相界面における熱流動解析に基づく熱輸送革新	○	○		
平山朋子	超低摩擦振動メカニズムの解明と新規相界面の創成	○			○
松井雅樹	マグネシウムイオンを用いた電気化学デバイス創成のための電極/電解質界面設計	○			

第 2 章 追跡調査

2.1 追跡調査について

2.1.1 調査の目的

追跡調査は研究領域終了後、一定期間を経過した後、副次的効果を含めて研究成果の発展状況や活用状況を明らかにし、JST（国立研究開発法人科学技術振興機構）の事業および事業運営の改善に資するために行う。

2.1.2 調査の対象

本追跡調査は、CREST・さきがけ複合領域「エネルギー高効率利用のための相界面科学」（CREST）、「エネルギー高効率利用と相界面」（さきがけ）（2011 年度～2018 年度）を対象とし、CREST およびさきがけの各研究課題について研究期間中/研究終了後から調査時点（2023 年 8 月末）までを調査対象期間とした（表 1-3 および 5 を参考）。

2.1.3 調査方法

（1）研究者アンケート

研究代表者/研究者に、研究終了後の研究成果の発展・展開状況や波及効果等についてアンケートを送付した。CREST：回収 13 名/13 名（回収率：100%）、さきがけ：回収 24 名/31 名（回収率：77%）

（2）研究助成金

研究者アンケートの回答と以下の WEB サイトを利用し調査した。

- ・調査対象研究代表者/研究者の所属する機関あるいは大学の研究者データベース
- ・調査対象研究代表者/研究者の所属する研究室、本人の WEB サイト
- ・科学研究費助成事業データベース
- ・researchmap (<https://researchmap.jp/>)

対象期間は、各研究課題の研究期間中を含めて調査対象とし、その中から研究代表者/研究者が当該研究の代表を務める研究助成金、また原則、研究助成金の総額が 1 千万円/件以上のものを抽出した。ただし、各研究課題の開始後に研究助成を受け、当該研究課題が終了する前にその助成期間が終了してしまう事案および当該研究課題終了と同年度に助成期間が終了する事案に関しては対象外とした。

（3）論文

論文の抽出は、文献データベースとして Scopus を用い、文献タイプは、Book (Book chapter, Book review)、Editorial、Erratum を除く全文献タイプを対象とした。研究期間中から調査時点まで、研究代表者/研究者が著者になっている論文を著者名より検索し出力した。各著者名から論文リストを作成し、①CREST/さきがけの成果（期間中に JST に報告があったも

の、および助成金情報もしくは対象者の所属機関に本調査対象となるプロジェクト/プログラム名が入っていた場合)、②CREST/さきがけの発展(研究終了以降で①の論文を引用しているもの)、および③CREST/さきがけの展開(研究終了以降で前記②以外)ものに分類し、論文数を求めた。また、各論文については評価指標 FWC³および FWC TopX%⁴、および Journal の指標となる CiteScore についても収集した。

(4) 特許

PatentSQUARE および補完的に Espacenet を利用し検索を行い、研究代表者/研究者が発明者になっており、出願日(もしくは優先権主張日)が研究開始以降の特許を収集した。その後、期間中は、研究期間中に JST に報告があったもの、また終了報告書との照らし合わせを行い不足分については追加、また終了後は研究終了後のものでリストを作成した。

(5) 共同研究や企業との連携等

研究代表者/研究者へのアンケートにより情報を収集した。

(6) 受賞

研究代表者/研究者へのアンケートまた researchmap (<https://researchmap.jp/>) により収集した。

³ FWC (Field-Weighted Citation Impact) : 1 文献あたりの被引用数を世界平均 (年別・分野別・文献タイプ別に算出) で割った数値。

⁴ FWC が全論文の中で上位 X%以内に含まれる論文。

2.2 追跡調査概要

2.2.1 研究助成金

CREST の各研究代表者が研究終了以降、獲得した研究助成金のリストを表 2-1 に示した。

表 2-1 CREST 研究代表者の研究助成金獲得状況¹

採択年度	No	研究代表者	研究種目/事業など	研究期間 (年度)	研究課題
2011	1-1	川田 達也	NEDO/固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発	2013～2020	固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究
			科研費基盤研究(B)	2019～2021	複数キャリアを有する混合導電体/電極系の等価回路解析手法の構築
			NEDO/燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業	2020～2023	固体酸化物形燃料電池スタックの高度評価・解析技術の研究開発
	1-2	古山 通久	科研費基盤研究(B)	2021～2024	実在系全電子計算に基づく多元合金ナノ粒子の触媒活性予測
	1-3	高田 保之	NEDO/先導研究プログラム	2018～2018	エクセルギー損失削減のための熱交換・熱制御技術
			科研費基盤研究(B)	2020～2022	階層型表面科学的手法に基づく沸騰開始下限界への挑戦
	1-4	高柳 邦夫	—		
1-5	陳 明偉	—			
2012	2-1	安部 武志	NEDO/革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発	2019～2020	革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発
			NEDO/電気自動車用革新型蓄電池開発	2021～2024	電気自動車用革新型蓄電池開発
	2-2	早瀬 修二	科研費基盤研究(B)	2017～2019	錫ペロブスカイト光電変換素子の発電阻害機構解明とナノヘテロ界面構築による高効率化
			科研費国際共同研究加速基金（国際共同研究強化（B））	2019～2022	鉛を含まない Sn-ペロブスカイト太陽電池の高効率化指針提案
			JST/研究成果展開事業 A-STEP 産学共同（本格型）	2020～2024	大面積化を可能にする鉛フリー高効率立体ペロブスカイト太陽電池製造技術の開発
2-3	宮武 健治	科研費基盤研究(B)	2018～2020	多機能性高分子イオニクス材料の創製とエネルギーデバイスへの応用	
		JST/国際科学技術共同研究推進事業	2019～2021	燃料電池の高性能化を目指した高耐久性イオン伝導膜の設計と開発	
		科研費新学術領域研究（研究領域提案型）	2018～2022	高速移動水素による次世代創蓄電デバイスの設計	
		NEDO/水素利用等先導研究開発事業	2021～2022	高性能アニオン膜型アルカリ水電解のための材料開発と膜電極接合体に関する研究開発	

	2-4	山下 晃一	—		
2013	3-1	足立 幸志	経済産業省/次世代自動車等の開発加速化に係るシミュレーション基盤構築事業	2019～2020	なじみ制御にもとづく低摩耗発現界面の自己形成に関する研究
			JST/CREST	2021～2026	トライボケミカル協奏反応の制御による超低摩擦界面の継続的創成と長期信頼性機械の設計基盤の構築課題
			NEDO/先導研究プログラム	2021～2022	ゼロエミッションに向けた内燃機関の革新的摩擦損失低減技術
	3-2	小林 光	科研費基盤研究 (A)	2018～2020	体内水素発生を可能とするシリコン微細粒子の創製法とヒドロキシラジカルの消滅
			文科省/革新的イノベーション創出プログラム (COI STREAM)	2013～2020	シリコン製剤
	3-3	長尾 忠昭	科研費基盤研究 (S)	2015～2021	ヘテロ接合型人工微細構造による赤外エネルギーハーベスタ
			共同研究契約 日本ロレアル株式会社	2018～2021	Feasibility study of luminescent carbon UV filter
			共同研究契約 国内計測器メーカー	2019～2023	熱型波長選択ふく射センサーの高断熱化および高感度化
	3-4	圓山 重直	—		

1) 「—」該当なし

2023 年 8 月調査

多くの CREST 研究代表者は、研究終了後に新たな研究助成金を獲得している。具体例として、科学研究費助成事業（科研費）の基盤研究（S）（長尾）また基盤研究（A）（小林）、JST CREST（足立）、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の各種事業（川田、高田、安部、宮武、足立）により研究を展開している。

また、さきがけ研究者が、研究終了後に獲得した研究助成金のリストを表 2-2 に示した。

表 2-2 さきがけ研究者の研究助成金獲得状況¹

採択年度	No	研究者	研究種目/事業など	研究期間 (年度)	研究課題
2011	1-1	池田 勝佳	科研費基盤研究 (B)	2021～2023	振動ラマンおよび電子ラマン散乱計測による電極/電解質界面における動的構造の解明
	1-2	喜多 浩之	NEDO/SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）	2014～2018	材料科学に基づく 4H-SiC 上の高品質ゲート絶縁膜形成手法の研究開発
			科研費基盤研究 (B)	2015～2017	高品質界面を有する SiC MOS 反転層チャネル移動度の制約因子の解明
			科研費基盤研究 (A)	2018～2020	SiC の熱酸化が誘起する界面近傍構造変化の解析と MOSFET 特性向上指針の明確化

			科研費基盤研究 (A)	2021～ 2023	絶縁膜界面バンドアライメント変調のための界面電荷エンジニアリングとその効果の実証
1-3	塩見 淳一郎	JST/CREST		2016～ 2019	メカノ・サーマル機能化による多機能汎用熱電デバイスの開発
		JST/CREST		2020～ 2021	メカノサーマル工学による熱電技術の低コスト化と高付加価値化
		科研費基盤研究 (A)		2022～ 2024	非晶質フォノンエンジニアリングの学理の構築
		JST/CREST		2021～ 2026	巨大連続空間探索による不秩序熱機能材料の革新
		科研費基盤研究 (S)		2022～ 2024	質量輸送も含めた超不秩序固体系のメタフォニクス
1-4	柴田 直哉	JST/先端計測		2014～ 2020	原子分解能磁場フリー電子顕微鏡の開発
		科研費 新学術領域研究 (研究領域提案型)		2019～ 2023	界面機能コア解析
		科研費基盤研究 (S)		2020～ 2024	原子スケール局所磁場直接観察手法の開発と磁性材料界面研究への応用
		JST/ERATO		2022～ 2027	柴田超原子分解能電子顕微鏡プロジェクト
1-5	関口 康爾	科研費基盤研究 (A)		2016～ 2018	界面スピン制御によるナノマグノニクス
		科研費基盤研究 (A)		2019～ 2024	マグノニック機能創発のための電界効果と凝縮効果の研究
		科研費挑戦的研究 (開拓)		2020～ 2022	マグノントランジスタの開拓
		科研費挑戦的研究 (開拓)		2022～ 2025	マグノントランジスタによる無配線・電流ゼロコンピューティングへの挑戦
1-6	館山 佳尚	科研費新学術領域研究 (研究領域提案型)		2019～ 2023	理論・計算・データ科学による蓄電固体界面イオンダイナミクスの機構解明
		文部科学省/分野別の研究開発情報通信分野スーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム		2020～ 2022	次世代二次電池・燃料電池開発によるET革命に向けた計算・データ材料科学研究
		文部科学省/分野別の研究開発 情報通信分野 スーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム		2023～ 2025	物理-化学連携による持続的成長に向けた高機能・長寿命材料の探索・制御
1-7	宮崎 晃平	科研費基盤研究 (B)		2017～ 2019	有機酸塩による電位窓異常拡大の機構解明と高電圧水系二次電池への展開
		科研費基盤研究 (B)		2020～ 2022	高濃度水溶液を利用した水系アニオンGICの創製と蓄電デバイスへの展開

			JST/創発的研究支援事業	2022～2028	アニオン駆動型電気化学の創発と応用展開
	1-8	八代 圭司	NEDO/カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発	2021～2024	SOEC 共電解セルの基本設計
			NEDO/燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業	2022～2023	固体酸化物形電気化学セル強靱化技術の開発
	1-9	保田 諭	科研費新学術領域研究（研究領域提案型）	2017～2018	界面を利用したアシンメトリー二次元ナノ結晶の創製と電子移動制御
			科研費基盤研究（B）	2018～2020	二次元薄膜への構造規定欠陥の精密導入と水素イオン同位体分離膜の創製
			科研費基盤研究（B）	2021～2023	水素イオン透過ヘテロ電極界面による水素同位体分離能の制御
	1-10	安田 琢磨	科研費基盤研究（B）	2018～2020	三次元メゾ空間組織制御に立脚した革新的光機能分子システムの構築
			JST/研究成果展開事業（企業化開発・ベンチャー支援・出資）	2020～2024	有機エネルギーハーベスティングデバイスの機能革新と実用化技術開発
			科研費基盤研究（A）	2021～2024	有機エキシトニクス of 攻究と新発光機能の開拓
2012	2-1	内田 健一	JST/CREST	2017～2022	スピントロニクス・サーマルマネージメント
			キヤノン財団/研究助成プログラム「産業基盤の創生」	2018～2019	ハイスループット熱画像計測による外場駆動熱制御材料探索の革新
			科研費基盤研究（B）	2019～2021	スピнкаロリトロニクスにおけるトムソン効果
			科研費基盤研究（S）	2022～2026	マルチカロリトロニクス
			JST/ERATO	2022～2027	内田磁性熱動体プロジェクト
	2-2	大久保 貴志	科研費新学術領域研究（研究領域提案型）	2018～2020	電場応答性ソフトクリスタルの光電子デバイスへの応用
			科研費新学術領域研究（研究領域提案型）	2020～2022	導電性ソフトクリスタルの創製と光電子デバイスへの応用
	2-3	小林 厚志	公益信託 ENEOS 水素基金	2018～2019	色素触媒界面にキャリア集約ナノ薄膜を形成させた水分解色素増感光電気化学セルの開発
			科研費基盤研究（B）	2023～2026	光レドックスカスケード水分解触媒系の創出
	2-4	Sang Liwen	JST/さきがけ	2019～2022	分極場工学による界面フォノン輸送の最適化
			科研費基盤研究（B）	2023～2026	窒化物超格子フォノンニック結晶による室温熱輸送制御

	2-5	竹中 壮	NEDO/燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業	2015～2019	カソード高機能化に資する相界面設計
	2-6	津島 将司	科研費基盤研究 (B)	2020～2023	エネルギー損失最小化を実現する燃料電池電極触媒層の設計解の解明と実証
			NEDO/燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業	2020～2023	高効率・高出力・高耐久 PEFC を実現する革新的材料の研究開発
			NEDO/固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業	2021～2025	固体高分子形燃料電池利用高度化
			科研費基盤研究 (A)	2021～2025	電気化学反応輸送場における不可逆損失最小化の学理と実践
			NEDO/燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業	2022～2023	低コストを実現する GDL 一体型フラットセパレータの研究開発
	2-7	戸谷 剛	科研費基盤研究 (B)	2019～2022	赤外線連続照射による気液界面での分子内振動の緩和と溶剤乾燥に効果的な吸収帯の解明
			科研費基盤研究 (B)	2022～2025	赤外線励起による溶剤の分子内振動の緩和と溶剤乾燥に効果的な赤外線吸収波長帯の解明
	2-8	富岡 克広	科研費/若手研究 (A)	2016～2019	IV 族/III-V 族ヘテロ接合の界面欠陥制御に基づく低電圧スイッチ素子の回路応用
			科研費基盤研究 (B)	2019～2021	Si/III-V 異種接合によるナノワイヤ縦型トンネル FET 立体集積回路技術の確立
			JST/創発的研究支援事業	2021～2027	半導体構造相転移材料の創成
			科研費基盤研究 (A)	2022～2025	ナノワイヤハイブリッド集積デバイスの創成
	2-9	中山 将伸	科研費基盤研究 (B)	2020～2023	理論・計算・データ科学による蓄電固体界面イオンダイナミクスの機構解明
	2-10	二本柳 聡史	科研費基盤研究 (B)	2021～2023	界面選択的時間分解非線形分光法による電極界面の分子ダイナミクス
	2-11	増田 卓也	科研費基盤研究 (B)	2018～2020	電極-固体電解質相におけるイオン輸送と化学状態の同時その場解析
2013	3-1	荒木 拓人	—		
	3-2	井上 元	NEDO/SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 革新的設計生産技術	2014～2016	フルイディック材料創製と 3D プリンティングによる構造化機能材料・デバイスの迅速開発 -- 3 次元 Li 電池の開発-

		文部科学省科/学技術試験研究委託事業ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題に関するアプリケーション開発	2014～2019	気液二層流および電極の超大規模解析による燃料電池設計プロセスの高度化
		NEDO/先進・革新蓄電池材料評価技術開発	2018～2022	全固体 LIB マクロ電極伝導モデル・ミクロ電極伝導モデルの開発
		科研費新学術領域研究	2019～2023	理論・計算・データ科学による蓄電固体界面イオンダイナミクスの機構解明
		NEDO/燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業	2020～2024	燃料電池共通基盤評価解析プラットフォーム構築、長寿命化・高性能化達成のための設計シミュレーターの開発
		科研費基盤研究 (B)	2021～2023	電位印可による新たな多孔質構造形成プロセスの創成
		JST/未来社会創造事業	2021～2023	非破壊計測・時空間逆解析・モデリングの融合によるマルチスケールデジタルフィードバックの構築
3-3	小野 倫也	科研費基盤研究 (B)	2016～2019	大規模第一原理スピン輸送シミュレーターの開発と革新的デバイス用界面構造の設計
		科研費学術変革領域研究 (A)	2022～2023	計算科学手法による 2 次元ナノ空間でのキャリア伝導予測と高機能デバイスデザイン
3-4	狩野 旬	科研費国際共同研究強化 (A)	2021～2023	電気分極由来の傾斜したバンド構造により発現する強誘電体の半導体物性
3-5	白澤 徹郎	科研費基盤研究 (B)	2018～2020	大気圧下での貴金属表面構造とその触媒活性の解明
		科研費新学術領域研究 (研究領域提案型)	2020～2021	高速表面 X 線回折による薄膜全固体電池正極活物質界面のオペランド観察
3-6	長津 雄一郎	—		
3-7	長藤 圭介	JST/未来社会創造事業	2019～2020	粉体成膜プロセス研究のハイスループット化のためのデータ駆動型プロセス・インフォマティクス
		JST/未来社会創造事業	2021～2025	マテリアル探索空間拡張プラットフォームの構築
		科研費基盤研究 (B)	2022～2024	金属積層造形における超高速その場観察を用いたレーザ焼結現象の解明
		NEDO/燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業	2023～2024	燃料電池のプロセスインフォマティクス共通基盤の構築
3-8	長野 方星	科研費基盤研究 (B)	2016～2018	非連続繊維複合材のマルチスケール熱伝導分布測定法の開発と繊維配向同定法への展開

		JST/未来社会創造事業	2020～2021	熱伝搬挙動の高感度計測に基づくマイクロ劣化評価
		JST/大学発新産業創出プログラム (START)	2021	ループヒートパイプ (LHP) を用いた熱輸送技術の事業化検証
		科研費基盤研究 (B)	2020～2022	化学修飾ポーラス界面の熱流体物理解明に基づく新しい熱輸送機能発現
		科研費基盤研究 (A)	2023～2026	月面熱環境の特異性発現メカニズムの理解が拓く月面長期滞在法
3-9	平山 朋子	科研費基盤研究 (A)	2020～2022	量子ビームトライボオペランド分析によるストライベック曲線のナノスケール学的再整理
		JST/創発的研究支援事業	2021～2023	メカノオペランド量子ビーム分析に基づくナノスケール学的機械工学の新展開
		科研費基盤研究 (A)	2023～2023	境界潤滑層の構造とダイナミクスー低摩擦をもたらす潤滑油分子の最適設計
		科研費基盤研究 (S)	2023～2027	境界潤滑の科学ー添加剤吸着層の構造・物性に基づく低摩擦現象の本質的理解
3-10	松井 雅樹	科研費基盤研究 (B)	2019～2021	被膜フリー界面構築による卑金属電気化学の革新
		科研費新学術領域研究 (研究領域提案型)	2019～2023	蓄電固体材料のモデル界面形成とその界面イオンダイナミクスに関する基礎研究
		科研費基盤研究 (B)	2022～2025	リチウム金属の電気化学エピタキシャル成長

1) 「ー」該当なし

2023 年 8 月調査

さきがけ研究者のほとんどが、研究終了後に新たな研究助成金を獲得し、研究成果を展開させている。このうち、科研費の基盤研究 (S)、(A) や (B) は、計 40 件である。また、NEDO の各種事業は計 11 件、また JST での戦略的推進事業の計 9 件 (内、ERATO2 件、CREST4 件)、創発的研究支援事業 3 件となっている。

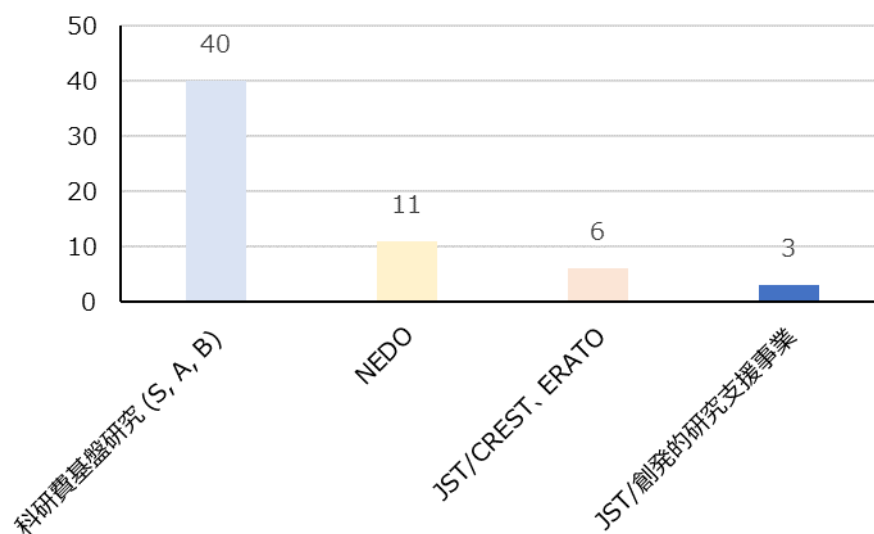


図 2-1 さきがけ研究者の主な研究助成金獲得状況

2.2.2 論文

CREST 研究代表者の論文を、①CREST の成果、②CREST の発展、また③CREST の展開に分類し、それぞれについての領域全体および各研究代表者の論文数および Top10%以内の論文数を表 2-3 と図 2-2 にまとめた。

表 2-3 CREST 研究代表者の成果、発展および展開の論文数 ¹⁻³⁾

採択 年度	No	研究代表者	①成果論文		②発展論文		③展開論文	
			論文数	TOP10% 論文数	論文数	TOP10% 論文数	論文数	TOP10% 論文数
2011	1-1	川田 達也	39	6	16	0	37	1
	1-2	古山 通久	80	3	3	0	25	2
	1-3	高田 保之	77	16	33	6	24	2
	1-4	高柳 邦夫	21	1	2	0	1	0
	1-5	陳 明偉	73	42	30	10	29	8
2012	2-1	安部 武志	62	1	17	1	111	6
	2-2	早瀬 修二	74	28	50	11	103	24
	2-3	宮武 健治	25	6	21	2	19	1
	2-4	山下 晃一	60	12	15	4	22	0
2013	3-1	足立 幸志	19	2	11	1	16	0
	3-2	小林 光	22	2	7	0	14	0
	3-3	長尾 忠昭	84	22	40	4	27	2
	3-4	圓山 重直	18	3	11	3	16	1
領域全体			652	144	256	42	444	47
(重複)			2	0	0	0	0	0

指標取得日：2023/8/1

- 1) 各研究代表者の論文数は重複論文を含む。
- 2) Top10%値はFWCI 値ベースとし、リストアップした論文を対象とする。
- 3) Top10%論文数は“10%以内”。

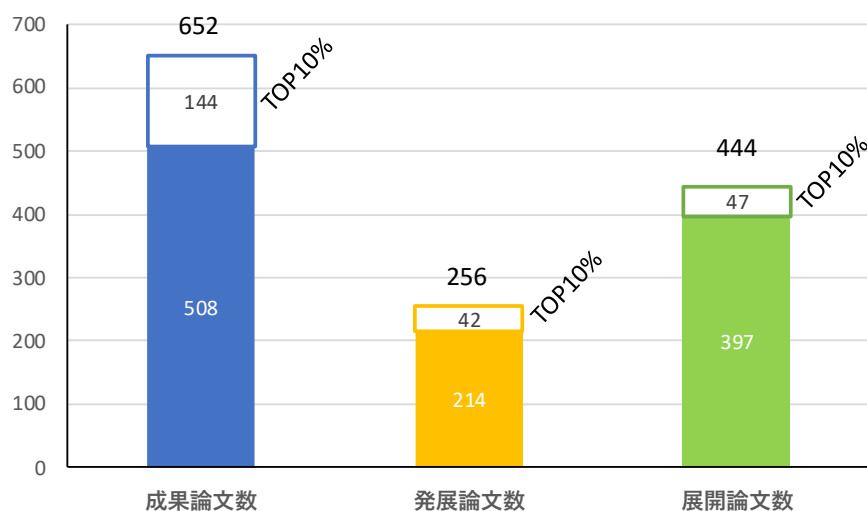


図 2-2 CREST 領域全体の論文数および Top10%以内の論文数

CREST 全体では、CREST の成果論文数は 652 報（このうち Top10%以内は 144 報）、CREST の終了後の発展（256 報、このうち Top10%以内は 42 報）および展開論文数（444 報、このうち Top10%以内は 47 報）は研究期間中の成果論文数とほぼ同じであった。

研究代表者別では、ばらつきはあるが、CREST の発展論文に関しては高田、陳、早瀬、長尾が 30 報以上であり、展開論文では川田、安部、早瀬が 30 報以上である。

また、さがけ研究者の論文を、①さがけの成果、②さがけの発展、また③さがけの展開に分類し、それぞれについての領域全体の論文数および Top10%以内の論文数を表 2-4 と図 2-3 にまとめた。

表 2-4 さがけ研究者の成果、発展および展開論文数 ¹⁻³⁾

採択 年度	No	研究者	①成果論文		②発展論文		③展開論文	
			論文数	TOP10% 論文数	論文数	TOP10% 論文数	論文数	TOP10% 論文数
2011	1-1	池田 勝佳	18	2	17	0	6	0
	1-2	喜多 浩之	8	3	18	0	31	3
	1-3	塩見 淳一郎	22	10	46	9	83	19
	1-4	柴田 直哉	12	5	59	7	162	37

	1-5	関口 康爾	11	1	7	0	1	0
	1-6	館山 佳尚	26	10	37	11	49	11
	1-7	宮崎 晃平	5	1	4	0	80	2
	1-8	八代 圭司	6	0	2	0	55	2
	1-9	保田 諭	6	2	9	0	18	3
	1-10	安田 琢磨	17	8	43	21	33	12
2012	2-1	内田 健一	61	29	74	7	14	1
	2-2	大久保 貴志	8	1	9	0	17	1
	2-3	小林 厚志	12	0	18	0	44	6
	2-4	Sang Liwen	38	5	25	1	27	0
	2-5	竹中 壮	8	2	10	0	6	0
	2-6	津島 将司	2	0	2	0	25	3
	2-7	戸谷 剛	1	0	0	0	15	3
	2-8	富岡 克広	16	4	18	0	7	0
	2-9	中山 将伸	21	5	31	5	33	4
	2-10	二本柳 聡史	0	0	0	0	32	3
	2-11	増田 卓也	11	0	6	0	22	2
2013	3-1	荒木 拓人	10	0	5	0	21	1

	3-2	井上 元	5	1	9	0	38	1
	3-3	小野 倫也	10	0	13	0	6	0
	3-4	狩野 旬	5	0	5	0	9	0
	3-5	白澤 徹郎	14	3	5	0	20	3
	3-6	長津 雄一郎	0	0	0	0	31	1
	3-7	長藤 圭介	9	0	5	0	54	0
	3-8	長野 方星	12	0	21	2	33	4
	3-9	平山 朋子	9	0	3	0	15	0
	3-10	松井 雅樹	11	1	6	0	19	0
領域全体			391	93	506	63	992	122
(重複)			3	2	1	0	14	0

指標取得日：2023/8/1

- 1) 各研究代表者の論文数は重複論文を含む。
- 2) Top10%値はFWCI 値ベースとし、またリストアップした論文を対象とする。
- 3) Top10%論文数は“以内”を意味する。

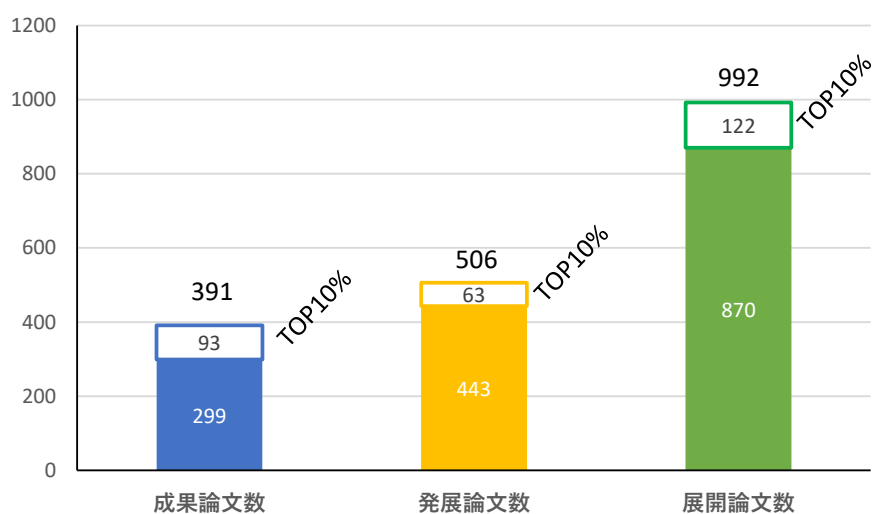


図 2-3 さきがけ領域全体の論文数および Top10%以内の論文数

さきがけ全体では、さきがけの成果論文数は 391 報（このうち Top10%以内は 92 報）であり、さきがけの発展論文数は 506 報（このうち Top10%以内は 63 報）、展開論文は 992 報（このうち Top10%以内は 122 報）であった。研究終了後の論文数また Top10%以内の論文数の大幅な増加が確認できる。また世界的に評価の高い論文への発表も多い。

研究者別では、ばらつきはあるが、さきがけの発展論文に関しては、塩見、柴田、館山、安田、内田、および中山が 30 報以上である。また展開論文は、喜多、塩見、柴田、館山、宮崎、八代、安田、小林、中山、二本柳、井上、長津、長藤および長野が 30 報以上である。

2.2.3 特許

表 2-5 に CREST 研究代表者の研究期間中・終了後の特許の出願と成立状況の一覧表、また図 2-4 に研究期間中・終了後の特許の出願状況をまとめた。

表 2-5 CREST 研究代表者の研究期間中・終了後の特許の出願と成立状況

採択 年度	No	研究代表者	研究期間中				研究終了後			
			出願件数		登録件数		出願件数		登録件数	
			国内	海外	国内	海外	国内	海外	国内	海外
2011	1-1	川田 達也	0	0	0	0	0	0	0	0
	1-2	古山 通久	1	0	0	0	0	0	0	0
	1-3	高田 保之	6	3	4	2	1	1	0	0
	1-4	高柳 邦夫	0	0	0	0	0	0	0	0
	1-5	陳 明偉	6	1	5	0	0	0	0	0
2012	2-1	安部 武志	0	0	0	0	4	1	0	0
	2-2	早瀬 修二	5	0	3	0	9	2	3	0
	2-3	宮武 健治	10	7	9	7	8	5	2	0
	2-4	山下 晃一	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	3-1	足立 幸志	1	0	0	0	2	0	0	0
	3-2	小林 光	18	4	10	3	9	6	0	0
	3-3	長尾 忠昭	10	5	8	3	4	2	1	0
	3-4	圓山 重直	3	1	2	0	7	4	3	0
領域全体			60	21	41	15	44	21	9	0

検索日 2023 年 04 月 24 日 確認日 2023 年 8 月 23 日

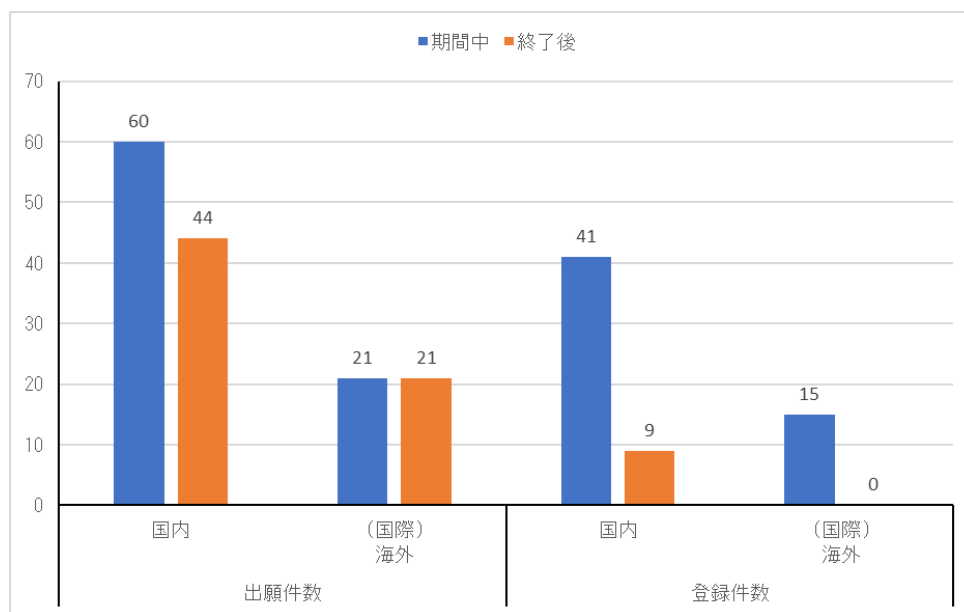


図 2-4 CREST 研究期間中・終了後の特許の出願と成立状況

領域全体では、研究期間中に対し出願件数および登録件数のいずれも研究終了後では減少しているものの、海外出願数は同数となっている。そのうち、早瀬、宮武、および小林の国内出願数が多い。企業連携との関連があると考えられる。

また、表 2-6 にさきがけの研究者の特許の出願や登録数を一覧表にまとめた。また図 2-5 に研究期間中・終了後の特許の出願状況をまとめた。

表 2-6 さきがけ研究者の研究期間中・終了後の特許の出願と成立状況

採択 年度	No	研究者	研究期間中				研究終了後			
			出願件数		登録件数		出願件数		登録件数	
			国内	海外	国内	海外	国内	海外	国内	海外
2011	1-1	池田 勝佳	1	0	0	0	0	0	0	0
	1-2	喜多 浩之	0	0	0	0	0	0	0	0
	1-3	塩見 淳一 郎	0	0	0	0	4	1	3	1
	1-4	柴田 直哉	0	0	0	0	7	4	6	2
	1-5	関口 康爾	0	0	0	0	0	0	0	0
	1-6	館山 佳尚	0	0	0	0	3	0	0	0
	1-7	宮崎 晃平	0	0	0	0	2	0	2	0
	1-8	八代 圭司	0	0	0	0	0	0	0	0
	1-9	保田 諭	0	0	0	0	2	0	0	0
	1-10	安田 琢麿	2	2	1	2	28	18	13	11
2012	2-1	内田 健一	1	0	0	0	11	3	0	0
	2-2	大久保 貴 志	5	0	4	0	1	0	0	0
	2-3	小林 厚志	0	0	0	0	0	0	0	0
	2-4	Sang Liwen	1	0	0	0	5	2	2	0
	2-5	竹中 壮	1	0	0	0	1	0	0	0
	2-6	津島 将司	0	0	0	0	3	3	1	0
	2-7	戸谷 剛	1	0	1	0	4	2	2	0
	2-8	富岡 克広	4	3	4	3	1	1	0	0
	2-9	中山 将伸	0	0	0	0	3	1	0	0
	2-10	二本柳 聡 史	0	0	0	0	0	0	0	0
	2-11	増田 卓也	0	0	0	0	1	0	0	0
2013	3-1	荒木 拓人	0	0	0	0	1	0	0	0
	3-2	井上 元	2	0	1	0	6	0	3	0
	3-3	小野 倫也	0	0	0	0	0	0	0	0

3-4	狩野 旬	0	0	0	0	5	0	1	0
3-5	白澤 徹郎	1	0	1	0	0	0	0	0
3-6	長津 雄一郎	1	1	0	0	1	1	0	0
3-7	長藤 圭介	1	0	0	0	9	1	3	0
3-8	長野 方星	4	2	4	0	19	3	5	0
3-9	平山 朋子	0	0	0	0	2	1	1	1
3-10	松井 雅樹	4	0	1	0	2	1	0	0
領域全体		29	8	17	5	121	42	42	15

2023 年 8 月調査

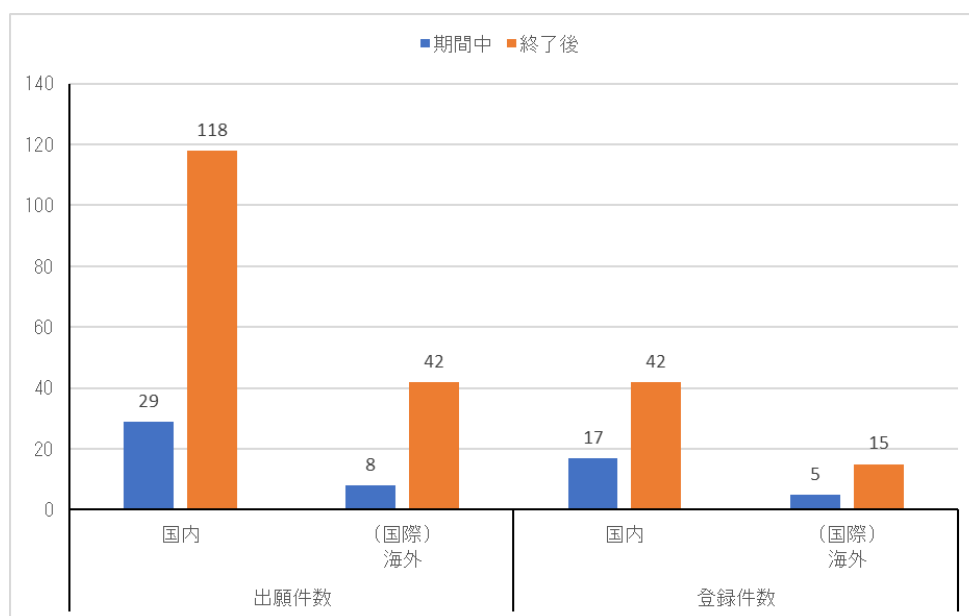


図 2-5 さきがけ研究期間中・終了後の特許の出願と成立状況

さきがけ全体では、研究期間中に対し出願件数および登録件数はいずれも研究終了後では大きく増加が見られる。研究者別では、ばらつきはあるが、研究終了後、安田、内田および、長野が国内特許出願 10 件以上である。

2.2.4 共同研究や企業との連携

CREST 研究代表者およびさがけ研究者へのアンケートをもとに、大学/研究機関や民間企業との共同研究、また国際共同研究について、それぞれ表 2-7 および 8 に示した。

ほぼすべての研究代表者あるいは研究者において、国内外の大学/研究機関あるいは民間企業との共同研究、また国際共同研究が行われている。

表 2-7 CREST 研究代表者の大学/研究機関また民間企業との共同研究、国際共同研究の状況¹

採択年度	No	研究代表者名	他の研究機関（同一研究機関内の組織を含む）と共同研究（受託を含む）	民間企業と共同研究（受託を含む）	国際共同研究（人事交流、論文等の共著を含む）
2011	1-1	川田達也	産業技術総合研究所、慶應義塾大学、京都大学など。	株式会社デンソー、大阪ガス株式会社、イムラ・ジャパン株式会社、森村 SOFC テクノロジー株式会社などと SOFC の信頼性向上に関する共同研究。	インドネシア・国立研究革新庁 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) と論文共著。
	1-2	古山通久	—	NEDO 事業参加企業と共同研究・技術指導契約を複数実施。	中国・清華大学と共同研究。
	1-3	高田保之	筑波大学とアルミニウム沸騰伝熱面の開発で共同研究。	株式会社 UACJ とアルミニウム沸騰伝熱面の開発で共同研究。	—
	1-4	高柳邦夫	東京工業大学、大阪大学、金沢大学。	—	韓国・Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) と論文共著。
	1-5	陳明偉	—	—	論文共著。
2012	2-1	安部武志	—	住友化学株式会社と柔軟性全固体電池の研究開発。	—
	2-2	早瀬修二	産業技術総合研究所、千葉大学、筑波大学、立命館大学、九州大学、九州工業大学、東京女子大学、横浜市立大学、宮崎大学。	8 社と共同研究。	イタリア・ローマ大学、ペルージャ大学、スペイン・バレンシア大学、ジャウメ大学とインピーダンス解析、計算科学で共同研究。

	2 — 3	宮 武 健 治	—	材料メーカー およびシステム メーカーなど と複数共同 研究。	中国・中山大 学などと共同 研究、共著 論文。
	2 — 4	山 下 晃 一	—	株式会社タツ タ電線と有機 金属界面での 熱伝導につい て共同研究。	イタリア・ペ ルーギヤ大 学、ローマ大 学と非鉛化ペ ロブスカイト 太陽電池材 料について論 文共著。
2013	3 — 1	足 立 幸 志	東北大学金属 材料研究所、 京都大学、岩 手大学と摩擦 下でのトライ ボケミカル協 奏反応解明に 関する共同研 究。	トヨタ自動車 東日本株式 会社、トヨタ 自動車株式 会社、株式 会社ダイセル 、他と低摩擦 発現システム に関する共同 研究。	—
	3 — 2	小 林 光	・大阪大学、 森ノ宮医療大 学とシリコン 製剤の医薬品 応用について の共同研究。 ・ベルギーの IMEC やスロ バキアの Zilina 大学 とシリ コン製剤の物 性についての 共同研究。	・シリコン製 剤の製造につ いて 2 社と共 同研究。 ・医薬品用途 について 3 社 と共同研究。 ・サプリメント 用途について 4 社と共同研 究。	・スロバキア ・Zilina 大学 とシリコン製 剤の物性につ いての論文共 著。 ・ベルギー・ Interuniversity Microelectronics Centre (IMEC) と共同研究。
	3 — 3	長 尾 忠 昭	・所内の機能 性材料研究拠 点や微細加工 プラットフォーム と赤外線セン サーの共同研 究。 ・赤外線、THz 高感度計測の 物性物理研究 において、横 浜国立大学と 共同研究。	・国内化学メ ーカーと光吸 収薄膜材料の 赤外線を用い た分析技術に ついて共同研 究。 ・国内計測シ ステムメーカ ーと赤外線多 波長マイクロ センサーの製 作プロセス技 術について共 同研究、他 1 社協議中。 ・フランス系 企業と光遮蔽 、発色材料の 実用化研究。 ・国内計測器 メーカーとシ	台湾・国立台 湾大学、英国 ・エクセター 大学、オース トリア・Si Austria Labs、 インド・理科 大学院、インド ・原子力省物 理研究所、ス ペイン・バス ク州立大、マ ドリッド自治 大学と共同研 究および人的 交流。

				ンチレータ材料の研究。 ・国内無機材料メーカーと近赤外光遮蔽材料の共同研究。	
	3 ー 4	圓 山 重 直	ー	ー	中国・中国科学技術大学と共著論文。

1) 「ー」は該当なし。

2023 年 8 月調査

表 2-8 さきがけ研究者の大学/研究機関また民間企業との共同研究、国際共同研究の状況¹

採 択 年 度	N o	研究者名	他の研究機関（同一研究機関 内の組織を含む）と共同研究 （受託を含む）	民間企業と共同研究（受 託を含む）	国際共同研究（人事交 流、論文等の共著を含 む）
201 1	1 － 1	池 田 勝 佳	－	－	中国・Xiamen 大学との 共著論文。
	1 － 2	喜 多 浩 之	産業技術総合研究所	三菱電機株式会社、株式 会社日立製作所	－
	1 － 3	塩 見 淳 一郎	NA	NA	NA
	1 － 4	柴 田 直 哉	－	日本電子株式会社、SONY 株式会社、トヨタ自動車 株式会社、日本製鉄株式 会社、株式会社プロテリ アルとの共同研究	オーストラリア・モナ ッシュ大学との共同研 究。
	1 － 5	関 口 康 爾	物質・材料研究機構	1 社と共同研究を行って いる。	英国・York 大学。
	1 － 6	館 山 佳 尚	NA	NA	NA
	1 － 7	宮 崎 晃 平	NA	NA	NA
	1 － 8	八 代 圭 司	－	－	中国・華南理工大學、 中国鉱業大学と共著論 文。
	1 － 9	保 田 諭	NA	NA	NA
	1 － 1 0	安 田 琢 麿	－	株式会社リコー	－
201 2	2 － 1	内 田 健 一	東北大学、東京大学、大阪大 学、名古屋大学、岩手大学、 岡山大学、東京都立大学、産 業技術総合研究所。	国内企業 4 社	ドイツ・カイザースラ ウテルン工科大学、米 国・オハイオ州立大学、 中国・中国科学技術大 学と共同研究。
	2 － 2	大 久 保 貴志	－	－	米国・カリフォルニア 大学サンタバーバラ校 （UCSB）と共著論文 2 報。
	2 － 3	小 林 厚 志	京都大学と色素増感ニオブ 酸系光触媒について共同研 究。	－	ドイツ・ミュンヘン工 科大学と共同研究。
	2 － 4	SANG Liwen	－	－	－

	2 — 5	竹中 壮	—	—	—
	2 — 6	津島 将 司	同一専攻内で共同研究（論文2報）、群馬大学へ高性能化レドックスフロー電池の技術移転。	レドックスフロー電池の高性能化に関する共同研究を民間企業と実施。	タイ・King Mongkut's University of Technology Thonburi と共同研究、共著論文2報。
	2 — 7	戸谷 剛	同一研究機関で気液界面に赤外線を照射した液体分子の運動について共同研究。	日本ガイシ株式会社と波長制御エミッタの反応・乾燥過程への適用に関して共同研究。	—
	2 — 8	富岡 克 広	NA	NA	NA
	2 — 9	中山 将 伸	—	民間企業 10 社以上と共同研究。	・ドイツ・アーヘン工科大学と材料シミュレーション法で共同研究。シンガポール・シンガポール国立大学と材料シミュレーションで共同研究。 ・台湾・明志科技大学と蓄電池材料開発で共同研究。それぞれ共著論文有。
	2 — 10	二本 柳 聡史	—	民間企業 1 社。	—
	2 — 11	増田 卓 也	同一機関内で全固体電池の反応解析に関する共同研究を実施。	民間企業6社以上との共同研究。	米国・ローレンスバークレー国立研究所と共同研究。
201 3	3 — 1	荒木 拓 人	さがけネットワーク。	自動車会社2社およびセンサ開発企業2社との共同研究。	—
	3 — 2	井上 元	・計測技術について物質・材料研究機構、東京大学、東京工業大学、京都大学、東北大学、技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター（LIBTEC）、技術研究組合 FC-Cubic、産業技術総合研究所と共同研究。 ・ナノ・マクロスケール計算について物質・材料研究機構、京都大、東北大、日本自動車研究所（JARI）と共同研究。 ・実材料の物性評価と検証について横浜国立大学、北海道大学、九州大学、東京大学、技術研究組合リチウムイオ	・トヨタ自動車株式会社とのリチウムイオン電池、燃料電池の共同研究。 ・パナソニック株式会社と燃料電池の共同研究。 ・三菱ケミカル株式会社と多孔質構造評価に関する共同研究。 ・日産化学株式会社と電池関連材料の特性評価に関する共同研究。 ・株式会社豊田中央研究所と電極構造解析技術に関する共同研究。 ・株式会社スリーダムアライアンスと電池劣化	・米国・コネチカット大学と研究者交流、台湾・東海大学と電極評価に関して共同研究。] ・米国・カリフォルニア工科大との計算技術交流。

			ン電池材料評価研究センター（LIBTEC）、技術研究組合FC-Cubic、産業技術総合研究所と共同研究。	評価に関する研究。 ・東洋エンジニアリング株式会社と新電池システムの設計に関する研究。	
	3 — 3	小野 倫也	スピントロニクスデバイス界面電子状態解析について東北大学と共同研究。	—	・英国・ケンブリッジ大学とスピントロニクスデバイス界面電子状態解析について共著論文。 ・ドイツ・ユーリッヒ研究所と第一原理計算手法開発について共著論文。
	3 — 4	狩野 旬	産業技術総合研究所、東京工業大学、名古屋大学。	県内企業1社、国内自動車メーカー1社。	仏・パリサクレ大学と強誘電体の電子物性で共同研究、共著論文。
	3 — 5	白澤 徹郎	東京大学、東北大学、東京工業大学、物質・材料研究機構など。	半導体界面の研究で1社、ナノ材料の解析で1社と共同研究。	—
	3 — 6	長津 雄一郎	NA	NA	NA
	3 — 7	長藤 圭介	九州大学、金沢大学、横浜国立大学、東京工業大学、大阪大学、物質・材料研究機構。	・素材メーカー5社とプロセスインフォマティクスに関する個別共同研究。 ・株式会社堀場製作所との共同提案として実施。	ドイツ・カールスルーエ工科大電気化学材料研究所と共同研究、客員研究員としての派遣、学生の派遣、留学生の受け入れ、共著論文。
	3 — 8	長野 方星	NA	NA	NA
	3 — 9	平山 朋子	京都大学、名古屋大学、神戸大学、九州大学、兵庫県立大学、名古屋工業大学など。	15社以上の企業と共同研究。	・中国・中国科学院大学との共同研究。 ・中国・合肥工業大学から研究者の受け入れ。
	3 — 10	松井 雅樹	NA	NA	NA

1) 「—」は該当なし。「NA」はアンケート回答なし。

2023年8月調査

2.2.5 知的財産の実施許諾・技術移転や実用化・製品化

CREST 研究代表者およびさがけ研究者へのアンケートをもとに、知的財産に関して実施許諾や技術移転、成果物の利用あるいは提供について表 2-9 にまとめて示した。

多くの研究代表者/研究者は、実用化また製品化に向け、積極的に企業への知的財産の実施許諾や技術移転また成果物の利用あるいは提供を行っている。

表 2-9 知的財産に関しての実施許諾や技術移転、成果物の利用あるいは提供¹

採択年度	No	研究代表者/ 研究者名	知的財産に関して 実施許諾	知的財産に関して技 術移転	成果物の民間企業や他 機関での利用あるいは 提供
CREST					
2011	1-1	川田 達也	—	—	電気化学インピーダンスの等価回路モデリング手法。
	1-2	古山 通久	—	開発したソフトウェアの一部は、企業への販売権を許諾。	ソフトウェアへ機能を追加後、企業に提供。
	1-3	高田 保之	—	—	—
	1-4	高柳 邦夫	—	—	—
	1-5	陳 明偉	—	アンヴァール株式会社へ特許移転を行い、実用化展開中。	—
2012	2-1	安部 武志	—	—	—
	2-2	早瀬 修二	—	—	ペロブスカイト太陽電池作製技術。
	2-3	宮武 健治	タカハタプレジジョン株式会社。	—	—
	2-4	山下 晃一	—	—	—
2013	3-1	足立 幸志	—	—	超低摩擦発現のための硬質被膜の提供。
	3-2	小林 光	シリコン製剤の製造について 1 社、シリコン製剤を用いる食品、サプリメントの製造販売に 5 社。	—	製薬会社 4 社にシリコン製剤を供給。
	3-3	長尾 忠昭	国内化学メーカーへ赤外吸収分光法を用いた吸着分子解析のための試料製作法を実施許諾。	・国内計測器部品メーカーへのカーボン蛍光体の試料加工技術の指導実施。 ・国内計測器システムメーカーへのセンサー素子制作技術指導。	・国内計測器部品メーカーへのカーボン蛍光体のサンプル貸与実施。 ・国内計測器システムメーカーへの発光素子の試料貸与。 ・国内ソフト販売会社への熱指紋データベースと物質同定ソフトの市場調査と販売に関する共同研究契約を締結。
	3-4	圓山 重直	—	—	—

さががけ					
2011	1-1	池田 勝佳	—	—	—
	1-2	喜多 浩之	—	—	—
	1-3	塩見 淳一郎	NA	NA	NA
	1-4	柴田 直哉	—	—	—
	1-5	関口 康爾	—	—	—
	1-6	館山 佳尚	NA	NA	NA
	1-7	宮崎 晃平	NA	NA	NA
	1-8	八代 圭司	—	国内企業に成果の一部の技術指導。	高温その場応力評価装置の利用。
	1-9	保田 諭	NA	NA	NA
	1-10	安田 琢麿	—	—	サンプルの提供、デバイス評価。
2012	2-1	内田 健一	—	—	—
	2-2	大久保 貴志	—	—	—
	2-3	小林 厚志	—	—	—
	2-4	SANG Liwen	—	—	—
	2-5	竹中 壮	—	—	試料を民間企業に展開。
	2-6	津島 将司	—	—	・高性能化を実現する流路構造と電極構造が民間企業で導入。 ・バナジウム系以外の反応系における最適化解析を実施し、民間企業に提供。
	2-7	戸谷 剛	日本ガイシ株式会社と特許第6692046号を共同取得。	—	赤外線照射装置。
	2-8	富岡 克広	NA	NA	NA
	2-9	中山 将伸	—	自動車、総合化学、電池メーカーなどに材料シミュレーション法・材料インフォマティクスについて技術移転事例有。学術指導契約締結。	作成したソフトウェアを、国内企業に配布（一般公開も検討）。
	2-10	二本柳 聡史	—	—	—
	2-11	増田 卓也	—	電池の材料を対象とした構造解析に関して共同研究。	計測技術の電池材料への利用。
2013	3-1	荒木 拓人	—	自動車会社、センサ開発企業へセンサ、製作ノウハウの提供。	自動車会社内での測定・評価に使用。
	3-2	井上 元	—	・電池解析に関して、技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター（LIBTEC）、トヨタ自動車株式会社、パナソニック株式会	—

				社、株式会社豊田中央研究所に技術指導実施。 ・多孔質構造評価に関して、三菱ケミカル株式会社に技術指導実施。	
3-3	小野 倫也	—	—	—	開発した第一原理計算コード RSPACE の提供。
3-4	狩野 旬	—	—	—	国内自動車メーカーの太陽電池開発に利用。
3-5	白澤 徹郎	—	—	—	—
3-6	長津 雄一郎	NA	NA	NA	NA
3-7	長藤 圭介	—	—	—	—
3-8	長野 方星	NA	NA	NA	NA
3-9	平山 朋子	—	—	—	データおよび試作品の提供。
3-10	松井 雅樹	NA	NA	NA	NA

1 「—」は該当なし。「NA」はアンケート回答なし。

2023年8月調査

さらに実用化また製品化については以下が挙げられる。

CREST 研究代表者では小林のシリカ微粒子を食品、医薬品用での実用化されている。今後
に実用化の見込みとしては、例えば、宮武のアニオン膜およびアニオン膜を用いたアルカリ
水電解セル、長尾の多波長赤外線センサの素子制作技術と赤外吸収を用いた微量分子検出
技術、熱指紋データベースと物質同定ソフト等がある。

さきがけ研究者のうち、柴田らが開発した原子分解能磁場フリー電子顕微鏡は日本の電
子顕微鏡メーカーから既に販売開始がされ、また画像の S/N 比を最大化する新しいイメー
ジング OBF (Optimum Bright Field) 法も世界的に販売されている。また津島の流路構造と
電極構造や長藤のデータ駆動型プロセスインフォマティクスおよび燃料電池のプロセスイ
ンフォマティクスについて実装に向けた検討が進められている。

2.2.6 スタートアップ

CREST研究代表者およびさきがけ研究者によるスタートアップの設立例はない。

2.3 研究成果から生み出された科学技術や社会・経済への波及効果

2.3.1 研究領域の展開状況（まとめ図）

本研究領域では、2011 年から 2018 年度にかけて CREST13 件、さがけ 31 件の研究課題により、「エネルギー利用の飛躍的な高効率化実現のための相界面現象の解明や高機能界面創成等の基盤技術の創出」の戦略目標の下で研究を遂行した。図 2-6 に研究成果の展開と発展をまとめた。

戦略目標、達成目標	インプット	アクティビティ/アウトプット	アウトカム（short/mid-term）		アウトカム（long-term） / インパクト																																																																																																								
			～追跡調査時点	今後予想される展開	今後想定される波及効果																																																																																																								
戦略目標： エネルギー利用の飛躍的な高効率化実現のための相界面現象の解明や高機能界面創成等の基盤技術の創出 【達成目標】 ○エネルギー高効率利用化に向けた相界面におけるエネルギー輸送・変換機構の解明 ○ナノ、メソ、マクロなどの異なるスケールの相界面現象を総合的に解析・設計するためのモデリング、シミュレーション技術の創出 ○相界面構造を制御・最適化するための数理科学的な手法などの基盤技術の創出 ○機器やデバイスの理論的最高性能を実現するための高機能界面の創成	研究総括： CREST 笠木伸英→花村克悟 さきがけ 橋本和仁→笠木伸英→花村克悟 <table><tr><td>・CREST</td><td>・さきがけ</td></tr><tr><td>川田 達也</td><td>池田 勝佳</td></tr><tr><td>古山 通久</td><td>喜多 浩之</td></tr><tr><td>高田 保之</td><td>塩見 淳一郎</td></tr><tr><td>高柳 邦夫</td><td>柴田 直哉</td></tr><tr><td>陳 明偉</td><td>関口 康爾</td></tr><tr><td>安部 武志</td><td>館山 佳尚</td></tr><tr><td>早瀬 修二</td><td>宮崎 晃平</td></tr><tr><td>宮武 健治</td><td>八代 圭司</td></tr><tr><td>山下 晃一</td><td>保田 諭</td></tr><tr><td>足立 幸志</td><td>安田 琢磨</td></tr><tr><td>小林 光</td><td>内田 健一</td></tr><tr><td>長尾 忠昭</td><td>大久保 貴志</td></tr><tr><td>圓山 重直</td><td>小林 厚志</td></tr><tr><td>13名</td><td>Sang Liwen</td></tr><tr><td></td><td>竹中 壮</td></tr><tr><td></td><td>津島 将司</td></tr><tr><td></td><td>戸谷 剛</td></tr><tr><td></td><td>富岡 克広</td></tr><tr><td></td><td>中山 将伸</td></tr><tr><td></td><td>二本柳 聡史</td></tr><tr><td></td><td>増田 卓也</td></tr><tr><td></td><td>荒木 拓人</td></tr><tr><td></td><td>井上 元</td></tr><tr><td></td><td>小野 倫也</td></tr><tr><td></td><td>狩野 旬</td></tr><tr><td></td><td>白澤 徹郎</td></tr><tr><td></td><td>長津 雄一郎</td></tr><tr><td></td><td>長藤 圭介</td></tr><tr><td></td><td>長野 方星</td></tr><tr><td></td><td>平山 朋子</td></tr><tr><td></td><td>松井 雅樹</td></tr><tr><td>31名</td><td></td></tr></table>	・CREST	・さきがけ	川田 達也	池田 勝佳	古山 通久	喜多 浩之	高田 保之	塩見 淳一郎	高柳 邦夫	柴田 直哉	陳 明偉	関口 康爾	安部 武志	館山 佳尚	早瀬 修二	宮崎 晃平	宮武 健治	八代 圭司	山下 晃一	保田 諭	足立 幸志	安田 琢磨	小林 光	内田 健一	長尾 忠昭	大久保 貴志	圓山 重直	小林 厚志	13名	Sang Liwen		竹中 壮		津島 将司		戸谷 剛		富岡 克広		中山 将伸		二本柳 聡史		増田 卓也		荒木 拓人		井上 元		小野 倫也		狩野 旬		白澤 徹郎		長津 雄一郎		長藤 圭介		長野 方星		平山 朋子		松井 雅樹	31名		研究成果 CREST ・論文 <table><tr><th>①研究成果の論文数</th><th>②研究成果の発展の論文数</th><th>③研究成果の展開の論文数</th></tr><tr><td>652(144)</td><td>256(42)</td><td>444(47)</td></tr></table> ()の値はTop10% 以内論文数 ・特許出願・登録 <table><tr><th></th><th>期間中</th><th>終了後</th></tr><tr><td rowspan="2">出願</td><td>国内 60</td><td>44</td></tr><tr><td>海外 21</td><td>21</td></tr><tr><td rowspan="2">登録</td><td>国内 41</td><td>9</td></tr><tr><td>海外 15</td><td>0</td></tr></table> さきがけ ・論文 <table><tr><th>①研究成果の論文数</th><th>②研究成果の発展の論文数</th><th>③研究成果の展開の論文数</th></tr><tr><td>391(93)</td><td>506(63)</td><td>992(122)</td></tr></table> ()の値はTop10% 以内論文数 ・特許出願・登録 <table><tr><th></th><th>期間中</th><th>終了後</th></tr><tr><td rowspan="2">出願</td><td>国内 29</td><td>118</td></tr><tr><td>海外 8</td><td>42</td></tr><tr><td rowspan="2">登録</td><td>国内 17</td><td>42</td></tr><tr><td>海外 5</td><td>15</td></tr></table>	①研究成果の論文数	②研究成果の発展の論文数	③研究成果の展開の論文数	652(144)	256(42)	444(47)		期間中	終了後	出願	国内 60	44	海外 21	21	登録	国内 41	9	海外 15	0	①研究成果の論文数	②研究成果の発展の論文数	③研究成果の展開の論文数	391(93)	506(63)	992(122)		期間中	終了後	出願	国内 29	118	海外 8	42	登録	国内 17	42	海外 5	15	科学技術や社会・経済的な波及効果 ・ナノポーラス金属とナノポーラスグラフェンを用いたエネルギーデバイスの開発、ナノ結晶材料とその高強度材料の起源解明（陳） ・Pbを含まないSn系ペロブスカイト太陽電池の効率向上、SnPb系ペロブスカイト太陽電池のヘテロ界面の最適化による高効率化（C早瀬） ・超低摩擦界面の作製（C足立） ・シリカ微粒子の食品・医療品への展開（C小林） ・異方性磁気ペルチェ効果、光照射による電流－熱電変換の自在制御、ゼーベック駆動横型熱電効果の実証（さ内田） ・高温でも安定に動作するMEMS振動子の開発（さSang） ・世界初の原子分解能磁場フリー電子顕微鏡（MARS）の開発、磁性材料の原子観察、原子磁場の直接観察OBF STEM（さ柴田） ・リチウムイオンの挙動や粒界におけるイオン伝導の原子レベル解析（さ中山） ・「弱い」トポロジカル絶縁体相の観測、全固体リチウムイオン電池のリチウム分布や結晶状態の解明、不純物制御による全固体電池の容量倍増（さ白澤） ・熱輸送に最適なナノ構造の計算手法の開発と実証（さ塩見） ・ロボット実験および機械学習（AI）を用いた高速最適化手法、燃料電池プロセス探索システムの技術開発（さ長藤） ・リチウムイオン電池でのリチウムイオンの移動速度向上、柔軟性全固体電池の開発（C安部） ・高い光電変換効率を有する有機薄膜太陽電池（さ安田） ・安価な鉄と酸素を用いたレアメタルフリーかつ高エネルギーなりチウムイオン電池正極材料の開発（さ中山） ・摩擦を低減する新規ポリマー型添加剤の開発（さ平山） 研究助成金 CREST 科研費 基盤研究(S)、基盤研究(A)、基盤研究(B) 5件 NEDO事業 7件 JST事業 CREST さきがけ 科研費 基盤研究(S) 4件、基盤研究(A) 11件、基盤研究(B) 25件 NEDO事業 11件 JST事業 ERATO 2件、CREST 4件、さきがけ、創発研究 3件 実用化・製品化 ・食品/医療品へのシリカ微粒子（C小林） ・原子分解能磁場フリー電子顕微鏡およびOBF STEM（さ柴田）	・エネルギー変換・輸送機構 ・計測、モデリング、シミュレーション技術や数理科学的な手法 などの基盤技術の創出 → 機器やシステムの飛躍的な性能向上	エネルギー損失の大幅な減少、エネルギーの高効率化利用、低炭素化、低コスト化 → 持続可能な社会の実現
・CREST	・さきがけ																																																																																																												
川田 達也	池田 勝佳																																																																																																												
古山 通久	喜多 浩之																																																																																																												
高田 保之	塩見 淳一郎																																																																																																												
高柳 邦夫	柴田 直哉																																																																																																												
陳 明偉	関口 康爾																																																																																																												
安部 武志	館山 佳尚																																																																																																												
早瀬 修二	宮崎 晃平																																																																																																												
宮武 健治	八代 圭司																																																																																																												
山下 晃一	保田 諭																																																																																																												
足立 幸志	安田 琢磨																																																																																																												
小林 光	内田 健一																																																																																																												
長尾 忠昭	大久保 貴志																																																																																																												
圓山 重直	小林 厚志																																																																																																												
13名	Sang Liwen																																																																																																												
	竹中 壮																																																																																																												
	津島 将司																																																																																																												
	戸谷 剛																																																																																																												
	富岡 克広																																																																																																												
	中山 将伸																																																																																																												
	二本柳 聡史																																																																																																												
	増田 卓也																																																																																																												
	荒木 拓人																																																																																																												
	井上 元																																																																																																												
	小野 倫也																																																																																																												
	狩野 旬																																																																																																												
	白澤 徹郎																																																																																																												
	長津 雄一郎																																																																																																												
	長藤 圭介																																																																																																												
	長野 方星																																																																																																												
	平山 朋子																																																																																																												
	松井 雅樹																																																																																																												
31名																																																																																																													
①研究成果の論文数	②研究成果の発展の論文数	③研究成果の展開の論文数																																																																																																											
652(144)	256(42)	444(47)																																																																																																											
	期間中	終了後																																																																																																											
出願	国内 60	44																																																																																																											
	海外 21	21																																																																																																											
登録	国内 41	9																																																																																																											
	海外 15	0																																																																																																											
①研究成果の論文数	②研究成果の発展の論文数	③研究成果の展開の論文数																																																																																																											
391(93)	506(63)	992(122)																																																																																																											
	期間中	終了後																																																																																																											
出願	国内 29	118																																																																																																											
	海外 8	42																																																																																																											
登録	国内 17	42																																																																																																											
	海外 5	15																																																																																																											

図 2-6 まとめ図

2.3.2 研究成果の科学技術や社会・経済的な波及効果

研究終了後も CREST 研究代表者およびさがけ研究者はそれぞれエネルギー輸送・変換機構の解明、ナノ、メソ、マクロなどの異なるスケールの相界面現象の解析やモデリング、シミュレーション技術、相界面現象の解明や高機能界面創成による機器やデバイスの高性能化に取り組んだ。以下、CREST とさがけに分け、研究成果の展開と科学技術や社会・経済への波及効果について記述する。

【CREST】

陳らは、3 次元的に曲がったグラフェンに窒素ドーピングすることで金属的な特性と電子が局在した絶縁体的な特性が共存することを見出し、ナノポーラス金属を用いた高効率な水電解による水素発生反応および酸素発生反応を可能とする電極開発を進めている⁵。また、ナノ結晶材料の結晶構造とその機械特性を多角的に明らかにすることで高強度材料としての原理の解明、新しい高エントロピー金属ガラス材料の開発と原子レベルでの構造解明を行った。なお、開発した 3 次元ナノポーラス金属/酸化物ハイブリッド電極を用いた高性能電気化学キャパシタは、株式会社アンヴァールへ特許移転し実用化展開をしている⁶。

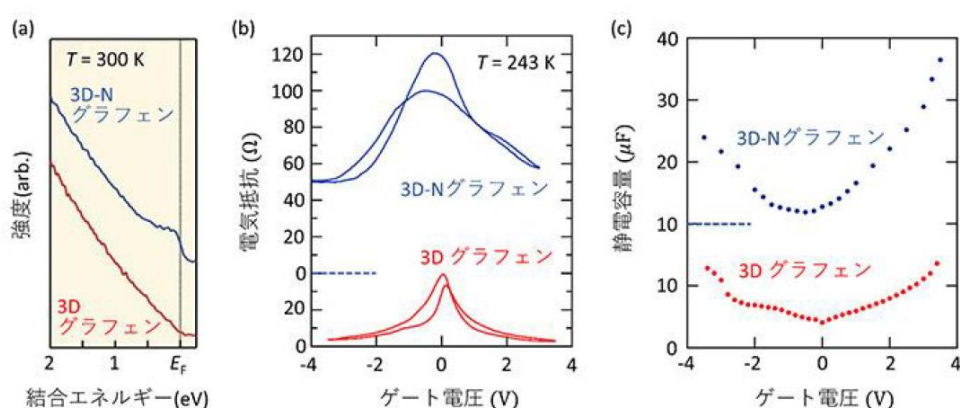


図 2-7 窒素ドーピングした 3 次元ナノ多孔質グラフェンの電子状態。

(a) 光電子分光スペクトル。3D グラフェンではグラフェンの特徴である線形な状態密度が見られるが、3D-N グラフェンでは、指数関数的なテールが観測される。

(b) 電気 2 重層トランジスタの伝達特性。窒素ドーピングにより伝達特性のブロードニングが見られることから窒素による散乱効果により易動度が低下することが分かる。

(c) 電気 2 重層トランジスタの静電容量のゲート電圧依存性。3D-N グラフェンでは、ゲート電圧が 0V の近傍でグラフェンの特徴である V 字型の状態密度を反映した静電容量が見られるが、3D-N グラフェンにおいては、U 字型の振る舞いに変化する。

⁵ https://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/jp/achievements/press/2022/20221024_001553.html

⁶ <https://www.aonbarr.co.jp/>

安部らは、リチウムイオン電池で電極 | 電解質接合界面でリチウムイオンの移動速度が速くなる現象を見出し、シングルイオン導電性ポリマー電解質と電極との接合界面においてリチウムイオン輸率とレート特性に相関性があることを見出した。また、全固体電池の構造をもとに、電解質に柔らかい材料を使う柔軟性全固体電池の研究開発を住友化学株式会社と共同で進めている⁷。



図 2-8 柔軟性全固体電池

早瀬らは、Pbを含まないSn系ペロブスカイト太陽電池の効率向上に取り組んでいる。Geイオンを加えるとGeイオンがSnペロブスカイトヘテロ界面に集まり電荷分離に有効なヘテロ界面を作ることを見出し、当初の効率5%程度から2022年3月時点で13.6%、Maximum Power Point Tracking (MPPT) 法による効率評価で14.2%まで向上することができた。また、SnPb系ペロブスカイト太陽電池のヘテロ界面の最適化による高効率化 (23.3%)、Pb系ペロブスカイト太陽電池の高効率化をヘテロ界面の最適化の観点から研究を行い、26-27%の高効率を達成した。また、東京都「都市型太陽電池による創電・蓄電の強化推進事業」への共同提案が2023年度から3年間の予定で採択され、一日の総発電量が平板型の約1.5倍、軽量で運搬やメンテナンスの容易な円筒形太陽電池を建物の壁面などに設置し、都市での太陽光発電量の倍増を目指している⁸。



図2-9 円筒形太陽電池ユニットの壁面設置イメージ

足立らは、トライボケミカル反応の制御による超低摩擦界面の作製に取り組んでおり、環境負荷の低い水を潤滑剤にしたケイ素系セラミックスの自己治癒型水中超低摩擦システムや炭化ケイ素系硬質薄膜の無潤滑下での超低摩擦システムの開発を進めている。2019年にはトヨタ自動車東日本株式会社と共同研究講座「先端自動車トライボロジー材料研究」を設立し自動車の省エネルギーに寄与する材料研究を進め、また2022年には連携強化に向けた「トヨタ自動車東日本×東北大学環境融和ものづくり共創研究所」が設置された⁹。

小林らは、CRET研究期間中のサブテーマとしてシリコン微粒子を用いる水素発生の研究を行っていたが、その後、シリコン微粒子に表面処理を施すことによって、酸化ストレス性の種々の疾患の予防と治療に効果があることを見出した^{10, 11}。現在シリコン製剤の製造を1社、シリコン製剤製品サプリメントの製造販売を5社が実施しており、さらに大手食品メーカー2社がヒトでの試験を行っている。

⁷ <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20230523/k10014074561000.html>

⁸ https://www.uec.ac.jp/news/announcement/2023/20230208_5147.html

⁹ <http://www.tribo.mech.tohoku.ac.jp/toyota-ej/index.html>

¹⁰ https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/hot_topics/topics_20191025/

¹¹ https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2022/20220721_1

【さきがけ】

塩見らは、ナノ構造の熱輸送を計算する手法と「ベイズ最適化」を使った物性の予測や結晶構造の最適化などを高速に行えるソフトウェアを組み合わせ、熱抵抗を最大または最小にする最適なナノ構造を、従来の数%の計算量で特定する計算手法を開発した¹²。これにより膨大な候補構造から機械学習により熱流を制御するナノ構造物質の最適設計が可能となった。この手法を用い、多層膜構造を対象とし熱放射性能を大幅に向上できる最適構造を探索、実際に最適構造の作製、熱放射スペクトルを計測したところ、極めて狭帯域な熱放射が実現できていることを実証した¹³。また、ガリウムヒ素 (GaAs) とアルミニウムヒ素 (AlAs) の2種類の材料を数ナノメートルずつ交互に積み重ねる超格子構造を対象として、原子レベルで構造制御が可能な成膜法とナノスケールでの膜厚の熱伝導率が評価できる計測法を駆使し、熱伝導率を最小化する非周期的超格子を設計・作製し、実験において設計通りの熱伝導率と温度依存性が得られた¹⁴。

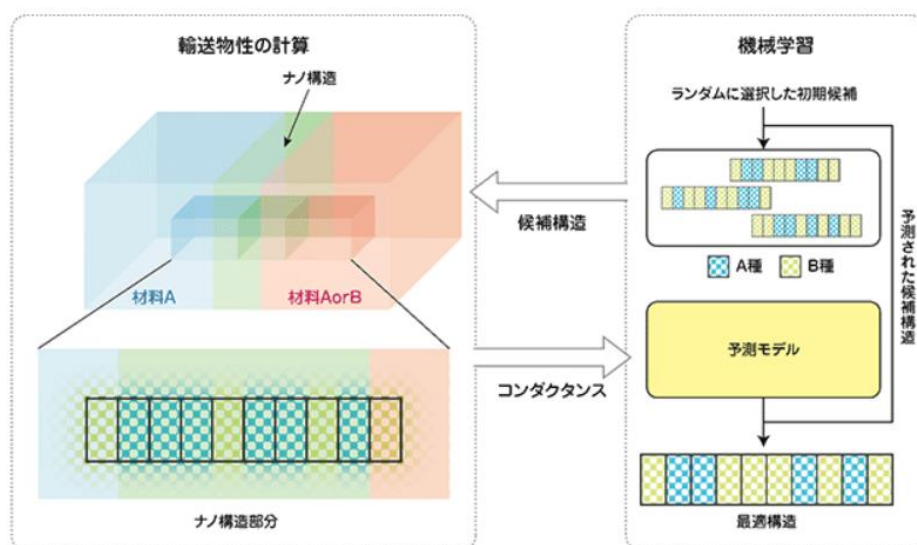


図2-10 熱抵抗が最大または最小になるナノ構造を同定する計算手法の概略

柴田らは、日本電子株式会社と共同で、試料室を磁場フリー（磁場のない）環境に保つことができる全く新しい対物レンズを試作し、そのレンズを搭載した世界初の原子分解能磁場フリー電子顕微鏡（MARS : Magnetic-field-free Atomic Resolution STEM）を開発し、磁性材料の原子観察を高分解能で実現した¹⁵。さらに、鉄鉱石の一種であるヘマタイト結晶中

¹² <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20170418-3/index.html>

¹³ <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20190123/index.html>

¹⁴ <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20200603-3/index.html>

¹⁵ https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_201905271401148880553756.html

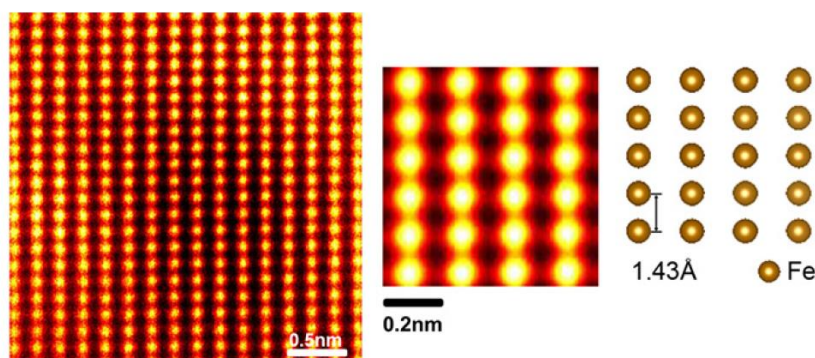


図 2-11 電磁鋼板 (Fe-3%Si) 結晶中の原子観察例

(左) 鉄 (Fe) と 3%のシリコン (Si) を含む電磁鋼板を観察した磁場フリー電子顕微鏡像。像中の輝点は Fe 原子位置に対応する。この時、試料上の磁場は 0.2mT 以下に保たれている。
(右) 左図の拡大平均像。1.43Åしか離れていない Fe-Fe原子同士が明瞭に分解できている。

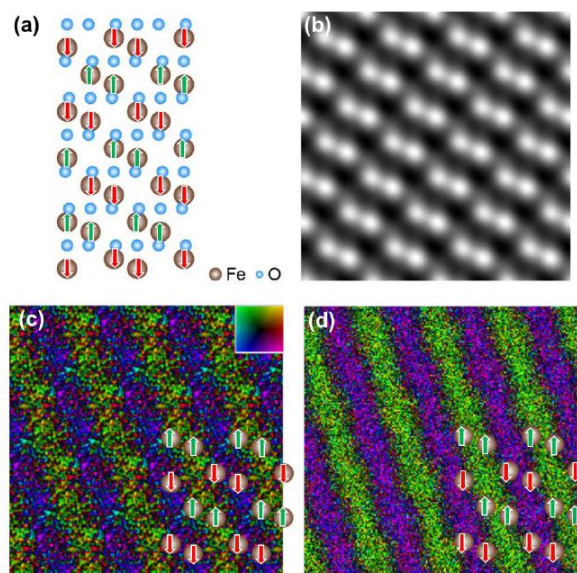


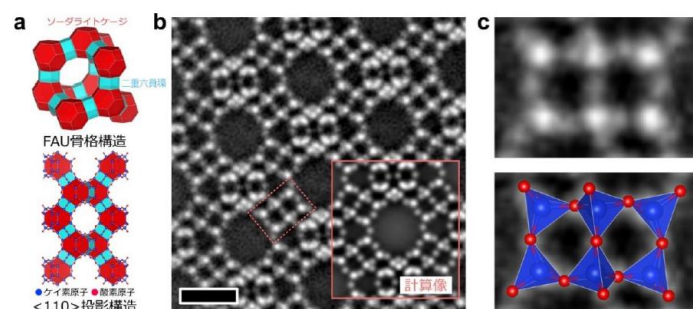
図 2-12 ヘマタイト (α -Fe₂O₃) 結晶の低温 (113K) における原子構造像と磁場像 図 電磁鋼板 (Fe-3%Si) 結晶中の原子観察例。

(a) 原子構造モデル。矢印は各 Fe 原子の磁気モーメントの向きを示す。(b) 113K における原子分解能 STEM 像。(c) 113K で取得した DPC 像を画像処理して得た磁場像。(d) (a) に示した磁気構造を仮定した像シミュレーション結果

の鉄原子周囲の原子磁場の直接観察に成功した¹⁶。また、分割型検出器を用いた超低ドーズ電子顕微鏡と分割 STEM 検出器で得られた各セグメント像を位相像再生の元データとして使用して専用のフーリエフィルタを用いて画像の S/N 比を最大化する新しいイメージング OBF STEM (Optimum Bright Field STEM) 超高感度原子観察手法の開発も行った。これを用い、FAU 型ゼオライトと LTA 型ゼオライト中の原子配列の直接観察に成功した¹⁷。

¹⁶ https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_202202100952515855639294.html

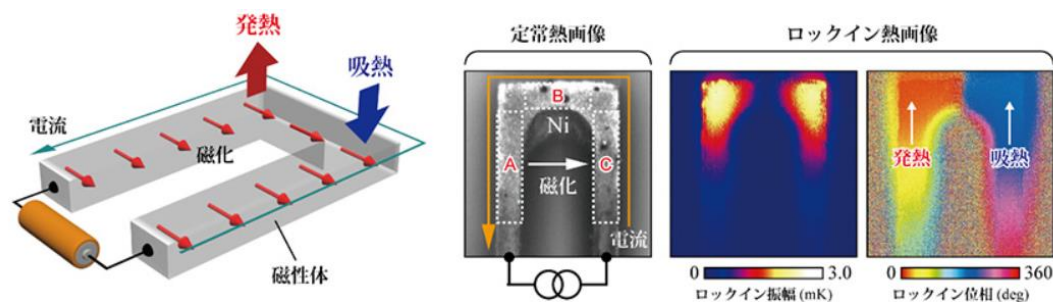
¹⁷ <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20230803/pdf/20230803.pdf>



既に、原子分解能磁場フリー電子顕微鏡 (MARS STEM) は販売開始しており、また OBF STEM も世界的に販売されている。

2022 年度から JST ERATO「柴田超原子分解能電子顕微鏡プロジェクト」がスタートし、引き続き次世代電子顕微鏡の開発を展開している。

内田らは、磁性体中で電流を曲げるだけで加熱や冷却ができる熱電変換現象「異方性磁気ペルチェ効果」を観測することに世界で初めて成功した¹⁸。熱電効果で加熱・冷却のためには、これまで二つの異なる物質を接合した構造が用いられてきたが、本研究により、接合のない単一の物質において、その磁気的な性質のみによって熱制御できる新しい機能が実証された。未観測であった異方性磁気ペルチェ効果が初めて観測されたことで、スピントロニクス分野に新たな方向性が見出された。



また、磁性体に光を照射することにより、電流に付随して生じる熱流の方向や分布を自在に制御できることを実証した¹⁹。この熱制御機能は、磁化と電流の外積方向に熱流が発生する「異常エッチングスハウゼン効果」と光磁気記録の原理を融合することによって実現し、熱エネルギーの能動的な制御を可能にする。

¹⁸ <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20180522/index.html>

¹⁹ <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20200108/index.html>

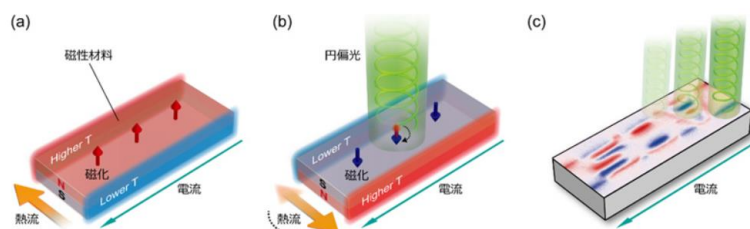


図 2-15 光照射による電流－熱流変換の制御

さらに、ゼーベック効果によって駆動される新機構の横型熱電変換「ゼーベック駆動横型熱電効果」を提案し、実際に熱電半導体と磁性金属で作製した n 型 Si/Co₂MnGa 複合材料を用いて、これまでより一桁大きな横熱電能を室温で観測し、実証した。スピнкаロリトロニクスに基づく横型熱電変換の応用展開を進めている²⁰。

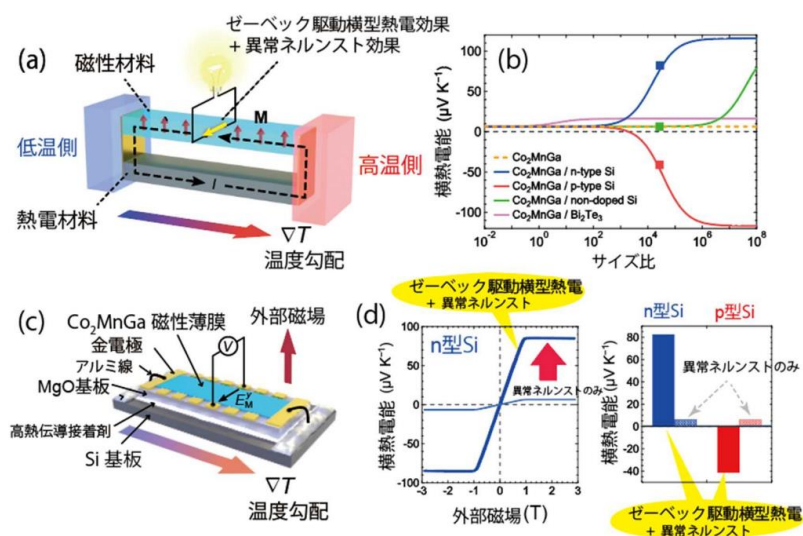


図 2-16 (a) ゼーベック駆動横型熱電効果の概念図。熱電材料のゼーベック効果によるキャリアの流れを磁性材料に流し込むことで、大きな横熱電効果が実現される。(b) ゼーベック駆動横型熱電効果の理論モデルによって計算した横熱電能と熱電材料と磁性材料のサイズ比依存性。実線は計算値、データ点は実験値を示す。(c) 作製した試料構造と、(d) 実験の結果得られた Co₂MnGa 単体の異常ネルンスト効果による熱電能と Co₂MnGa-Si 複合構造におけるゼーベック駆動横型熱電効果による横熱電能の比較。

本さきがけ研究期間中に得られた研究成果や熱計測技術を基盤として、JST ERATO「内田磁性熱動体プロジェクト」が 2022 年度に発足し、スピнкаロリトロニクスももとにした高効率に熱変換・熱制御・熱移送できるエネルギー材料群の創製に挑戦している。

安田らは、革新的有機エナジーハーベスティングデバイスの基盤技術を確立し、分散自立型電源としての社会実装を株式会社リコーと進めており、低照度（約 200lx）から中照度（約

²⁰ <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20210119/index.html>

10,000lx) まで高い光電変換効率を有する薄型・軽量・フィルム形状の有機薄膜太陽電池 (Organic Photovoltaics : OPV) サンプル出荷が始まっている²¹。

SANG Liwen らは、窒化ガリウム (GaN) の熱によるひずみを制御し、600K の高温でも安定に動作する MEMS 振動子を開発した²²。

中山らは、全固体電池の電極・電解質固界面におけるリチウムイオンの挙動や粒界におけるイオン伝導などを原子レベルでの解析を進めており、メカニカルアロイングを用いて Li_5FeO_4 を準安定化させることで、 LiFePO_4 正極に比べ約2倍の300mAh/gを超える可逆容量を達成、また安価な鉄と酸素を用いたレアメタルフリーかつ高エネルギーな新しいリチウムイオン電池正極材料を開発した²³。

白澤らは、擬一次元の結晶構造を持つビスマスヨウ化物 $\beta\text{-BiI}$ (Bi : ビスマス, I : ヨウ素) において、高速表面X線回折による解析で「弱い」トポロジカル絶縁体相を世界で初めて観測した²⁴。また高速表面X線回折により、全固体リチウムイオン電池における界面近傍のリチウム分

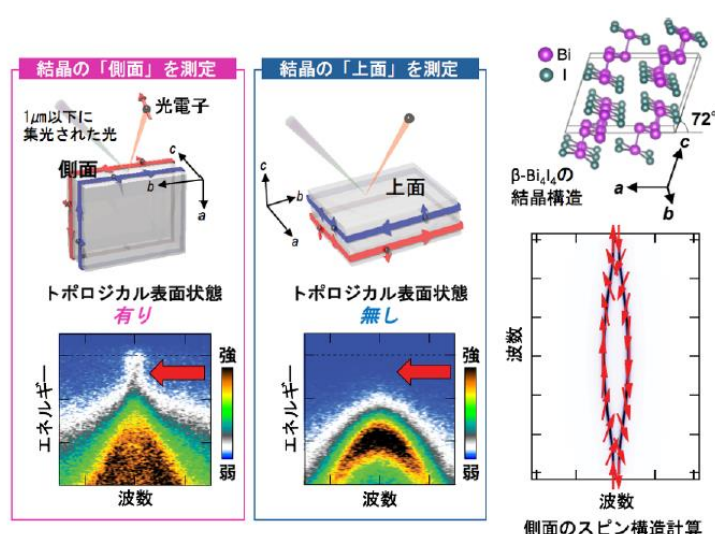


図2-17 ナノ顕微・角度分解光電子分光測定 of 概略と、 $\beta\text{-BiI}$ で実現している電子状態。

布や結晶状態を明らかにし、電極と固体電解質が形成する界面における不純物制御により、全固体電池の容量を倍増させることに成功した²⁵。

長藤らは、ロボット実験および機械学習 (AI) を用いて、粉体膜乾燥プロセスにおけるひび割れを最小とする加熱温度パターンを高速で最適化する手法を開発し、約3万 (8⁵) 通りの候補からわずか40回の試行で見つけ出せることを実証した²⁶。AIロボットを活用した燃料電池プロセス探索システムの技術開発にも取り組んでいる²⁷。

²¹ https://www.kyushu-u.ac.jp/f/44820/21_08_18_01.pdf

²² <https://www.jst.go.jp/pr/info/info1474/index.html>

²³ <https://www.nitech.ac.jp/news/press/2022/10118.html>

²⁴ <https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/news2.html?pid=7464>

²⁵ https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2021/pr20210126/pr20210126.html

²⁶ https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_202202081352523736460557.html

²⁷ <https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/pr2023-07-05-001>

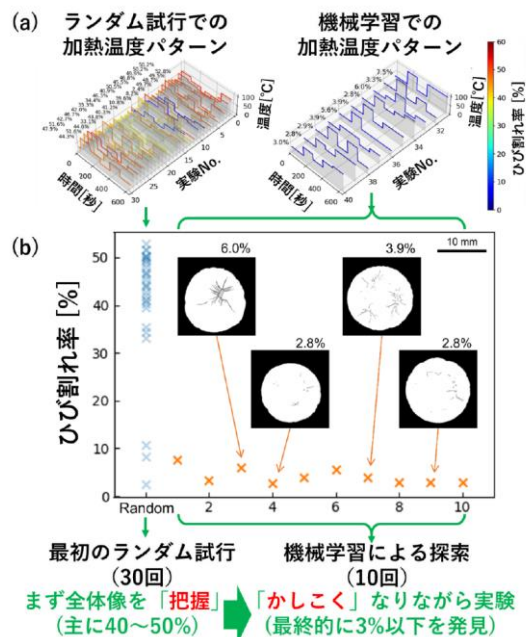


図 2-18 計 40 回の (a) 加熱温度パターンと (b) ひび割れ率の変遷。

平山らは、「界面構造と摩擦係数の関係」をもとに、摩擦を低減する新規ポリマー型添加剤を開発、また量子ビームラインにメカノオペランド機構を設置することで、機械作動中の現象を分析可能な複数の手法を確立した。

多くの研究（代表）者は、2.2.5 で取り上げたように、実用化また製品化に向け、積極的に企業との共同研究また知的財産の実施許諾や技術移転、成果物の提供を行っている。CREST 研究代表者の小林はシリカ微粒子を食品/医薬品用での実用化、またさがけ研究者の柴田が開発した原子分解能磁場フリー電子顕微鏡 (MARS STEM) および OBF (Optimum Bright Field) システムは販売されている。

以上



図 2-19 MARS STEM の全景写真