

(独) 科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業
個人型 (さきがけ)

研究領域事後評価用資料

「物質と光作用」
(2006-2011 年度)

研究総括 筒井 哲夫

2012 年 2 月 14 日

目次

1. 戦略目標	1
2. 研究領域	2
3. 研究総括	4
4. 採択課題・研究費	4
5. 研究領域のねらい	7
6. 研究課題の選考について	8
7. 領域アドバイザーについて	11
8. 研究領域の運営の状況について	12
9. 領域のねらいに対する成果の達成状況	18
10. 科学技術上の進歩に資する成果、社会・経済・文化的な価値創出への期待	28
11. 総合所見	35

1. 戦略目標

戦略目標：光の究極的及び局所的制御とその応用（平成 17 年度設定）

本研究領域は上記の戦略目標に基づき、平成 18 年度に発足した。

1-1. 具体的な達成目標

光・光量子科学技術は、非常に幅広い多様な研究分野に関わりを持つ横断的で重要な基盤となる分野である。また、天然資源に乏しい我が国は、人的資源の活性化をもとに新規産業を世界に先駆けて創出し、産業面での国際競争力を確保・持続していく必要がある。このため、我が国が比較的優位に立っている光・光量子科学技術を核にした次世代基盤技術を早期に開拓することが重要である。

（1）究極的な光の発生技術とその検知技術の創出

- ・究極的に高品質な光源および超小型光情報処理素子の実現を目指した量子ドット、フォトニック結晶、非線形光学などの飛躍的発展
- ・量子通信や極限計測技術の飛躍を目指した単一光子光源や単一光子検出技術の創出

（2）光と物質の局所的相互作用に基づく新技術の創出

- ・近接場光などを活用した回折限界を超えた超微細加工技術の高度化
- ・非線形光学や近接場光などのナノ構造・生体物質の観察・分析技術への展開

（3）光による原子の量子的制御と量子極限光の開拓

- ・ボース・アインシュタイン凝縮やフェルミ凝縮などを利用した光による原子の精密制御の開拓や光の本質にもとづく新たな物質科学の創出

1-2. 目標設定の背景及び社会経済上の要請

（1）量子ドット、フォトニック結晶、非線形光学などの研究開発による高品質の光発生及び近接場光をはじめとする光と物質との局所的相互作用の解明と利活用は極めて重要であり、我が国において最先端の研究を進めている。これらの研究開発は基礎科学への貢献のみならず、産業界への応用など多様な波及効果も期待されることから、今後も我が国が世界をリードしていくために、さらに強化を図る必要がある。

（2）原子の量子制御技術や量子極限光の研究は、光と物質の相互作用や光の本質を解明することによって、光に関する研究開発全体の基礎となるものであり、中長期的な観点から研究開発に取り組んでいく必要がある。

1－3．目標設定の科学的裏付け

(1) 我が国が主導的に研究開発を行って世界をリードしてきた量子ドットやフォトニック結晶などについては、その利活用が望まれる段階に至っている。また、非線形光学効果活用は材料面での地道な努力などにより、さらなる進展が期待される。

(2) 光・光量子科学技術の未だ十分に解明されていない本質的な課題である量子レベルでの物質との相互作用や非線形性の起源などを探究することは、今後の科学技術の展開に必須のものであり、学術的に大きな意義を有する。

2．研究領域

「物質と光作用」(平成 18 年度発足)

2－1．研究領域の概要

本研究領域では有機物、無機物、生物関連物質などの凝集体(固体、薄膜、分子集合体、液晶、ゲルなど)に対する光の作用について新しい角度から多面的に追求する。

すなわち、「光機能を物質から取り出す」、「光を用いて物質の本質を調べる」、「光を用いて機能物質を創成する」という観点で、有機物、無機物、生物関連物質などの凝集体(固体、薄膜、分子集合体、液晶、ゲルなど)に対する光の作用について新しい角度から多面的に追求する研究を対象とするものである。

具体的には、物質が演出する多様な電子状態と光との相互作用に関する化学と物理を対象とする。それらを応用した将来の革新的なフォトンクス・エレクトロニクス技術につながる光機能材料・電子機能材料の創出、光デバイス・電子デバイスの原理探索や作製技術確立、生物関連物質の利用技術開拓、超高純度物質の合成とその物性計測、デバイス応用のための利用環境下での物質の安定性と信頼性の追求などの研究が含まれる。これらの研究を通して革新的イノベーションにつなげることを希求するものである。

2－2．研究領域の方針

当領域では、採択された研究者の独創的な研究推進を全力で支援することを最大目標としたが、研究者の視野拡大、新しい研究課題を創成するマインドの醸成、領域内共同研究推進の奨励、領域外との研究協力関係の発展などを常に意識的に推奨し、若手研究者を将来の我が国の研究開発の中核を担うべき中堅研究者へと成長させることも目標とした。

(1) 研究活動の全面的な支援

「さきがけ研究者」は独立した研究室のリーダーとして研究展開ができる場合と、大きな研究室の一員として独自の研究活動を行う場合とがあるが、いずれにしても若手研

究者である「さきがけ研究者」の研究活動についての支援体制は十分でない。そこで、「さきがけ研究者」として採択された以上は、研究総括、技術参事、事務参事、事務員の4名一体となった「さきがけ領域事務所」が、研究者の研究活動全般を支援する体制を、制度上許される限り実行する体制を構築した。領域事務所の支援内容には、研究総括の研究推進上のアドバイス、研究領域会議の開催だけではなく、研究者の転勤や研究場所異動の際の研究室移転業務の支援、研究装置導入の際の技術的・事務的支援、国内外への出張業務の支援、知的財産の取得管理に関する支援まで含まれる。

（２）創造的研究目標への展開に向けての支援

研究者が研究計画を提案し採択された研究課題は、さきがけ研究開始後速やかに展開すべき研究である。しかしながら、研究計画には、欲張りすぎて総花的になっていて課題を絞り込むべきもの、目標が大きすぎて、数年で解決が困難と見受けられるもの、逆に目標が具体的すぎて、スケールが小さすぎるものなどが散見される。そこで、研究総括の研究者訪問や領域会議の場を利用して、研究者に次のことを徹底した。

- ・さきがけ研究は研究者が応募時に提案した研究課題と目標の達成だけを単純に目指ものではない。
- ・本領域では計画の達成度を計量して評価するようなことは決してない。
- ・学問の進歩、科学技術の進展に伴い研究目標は、時々刻々変化するし、研究者自身の成長により目標は広がり、また方向性も変化するものである。
- ・自らの創意により研究目標を作り上げることも研究の大きな部分である。
- ・特に若手研究者は研究目標を長年固定化するようなことはすべきでない。

（３）研究協力、共同研究の促進

本領域は物理から化学まで、基礎科学から工学応用までの二次元的な広がりを持つ研究分野を包含しており、採択した研究者の専門性も大きく広がっている。年2回の領域会議の場を中心に、異分野の研究者の交流の機会を増やし、情報交換を盛んにし、研究協力関係、更には共同研究の構築へとつなげることを推奨した。領域事務所としても、この観点からの多面的な支援を行った。

（４）研究成果の公表の促進

企業での研究開発活動のように製品を生み出すことが目標ではないさきがけ研究においては、知財権の取得のために公表を控える必要がある場合を除いては、できる限り迅速に研究成果を公開することが重要である。そこで、研究総括は、研究論文として国際的に広く認知されたジャーナルに出版してはじめて研究成果となるものであり、単に領域会議や学会等で成果発表をするだけではだめであることを、常に強調してきた。

(5) 知財権の取得支援

さがけ研究者にとって、知的財産を確保すること自体も重要ではあるが、独創的な研究を展開するだけでなくその成果を知的財産確保につなげるマインドとノウハウを若い頃から身につけることは、研究者の成長にも極めて重要であるとの視点から、特許出願を奨励した。技術参事はこの視点から頻度高く研究者とコンタクトを取り、特許出願の可能性に対して助言し、出願実務にまで協力する体制を整えた。

(6) 研究環境の向上

国立大学の独立法人化以来、大学在籍教員の研究以外の事務量が増え続けている現状を踏まえて、領域事務所はさがけ研究者にさがけ研究を遂行する上での研究以外の事務量を増やさないことを目標として研究支援体制を整えてきた。また転勤や研究場所移動に伴う研究活動の遅延を極力なくするための援助にも力を注いできた。

(7) 研究倫理の自覚

さがけ研究者は多額の政府系資金を用いて研究を実施しているいわばエリート研究者であることを自覚し、研究費の不適切な使用をしないこと、研究成果をきちんと社会へフィードバックすることを心がけること、常に社会への説明責任を果たすこと、を研究開始時点の説明会の際だけでなく、領域会議等機会あるごとに常に強調してきた。また、研究費の具体的な使用に際しても、きちんと説明責任が果たせるような姿勢を保つことを技術参事と事務参事の口を通じて常に指導してきた。現在の世相はと見れば、ややもすると研究費獲得の名誉を争い、多額の公共の費用で研究を実施させてもらっていることへの感謝と自覚が薄れがちになっていると感じられる。研究倫理の自覚は、研究費の適正使用ということに止まらず、次の世代を担うべき中堅研究者を高潔な社会人として育成するという観点からも重要である。

3. 研究総括

筒井哲夫 (九州大学 名誉教授)

4. 採択課題・研究費

(百万円)

研究者	所属・役職	研究課題	研究費
	上段:研究終了時		
	下段:採択時		
平成18年度採択			
生駒忠昭	新潟大学 自然科学系 准教授	光誘起巨大磁気抵抗を有する分子素子の創出	58
	東北大学 多元物質科学研究所 助教		

岡本晃一	さががけ専任研究者	プラズモニクスに基づく高輝度発光デバイスの開発	66
	カリフォルニア工科大学 物理学科 上級研究員		
加藤雄一郎	東京大学 大学院工学系研究科 准教授	カーボンナノチューブの電界発光	55
	スタンフォード大学 化学科 博士研究員		
立間 徹	東京大学 生産技術研究所 教授	局在プラズモンを利用した電荷分離	50
	同 准教授		
中山健一	山形大学 大学院理工学研究科 准教授	メタルベース構造を用いた有機発光トランジスタ	57
	同 工学部機能高分子工学科 准教授		
藤田晃司	京都大学 大学院工学研究科 准教授	酸化物の形態制御による微小光共振器の形成	60
	同上		
増尾貞弘	京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 助教	有機ナノサイズ凝集体の光アンチバンチング現象の解明	50
	同上		
矢貝史樹	千葉大学 工学部 助教	超分子色素モジュールによる高機能光学材料の創製	58
	同上		
山田容子	愛媛大学 大学院理工学研究科 准教授	有機導電性化合物の光による高効率合成	58
	同 理学部 准教授		
山本晃司	福井大学 遠赤外領域開発研究センター 准教授	テラヘルツ波による有機電子物性の解明と有機デバイス検査法の開発	64
	大阪大学 レーザーエネルギー学研究センター 特任研究員		
平成19年度採択			
飯田琢也	大阪府立大学 21世紀科学研究機構 特別講師	デザインされた光場によるナノ複合体の力学制御	41
	同 大学院工学研究科 助教		
伊都将司	大阪大学 大学院基礎工学研究科 助教	光-分子間の力学作用によるナノ化学反応場の創製	44
	同上		
大久保貴志	近畿大学 理工学部 講師	多重機能性混合原子価集積型金属錯体の開発	48
	同上		
勝藤拓郎	早稲田大学 理工学術院先進理工学部 物理学科 教授	遷移金属酸化物の軌道自由度と光の相互作用	42
	同 准教授		
後藤 敦	(独)物質・材料研究機構 ナノ計測センター 主幹研究員	光ポンピング法を偏極源とした固体超偏極技術の開発	40

	同上		
瀬高 渉	徳島文理大学 香川薬学部 准教授	分子コンパスの創製と配向制御による光機能発現	56
	東北大学 高等教育開発推進センター 助教		
所 裕子	東京大学 大学院理学系研究科 特任助教	光と磁気・電気の相関による新規相転移現象の創製	45
	さがけ専任研究者		
羽曾部卓	慶應義塾大学 理工学部化学科 准教授	超分子集合体に基づく太陽電池の創製	65
	北陸先端科学技術大学院大学 マテリアルサイエンス研究科 講師		
藤原英樹	北海道大学 電子科学研究所 准教授	ランダム構造内の欠陥領域を利用した光局在モード制御	41
	同 助教		
森本正和	立教大学 理学部化学科 准教授	光機能性有機強誘電結晶の創製	52
	同 助教		
平成20年度採択			
池沢道男	筑波大学 数理物質系物理学域 准教授	単一不純物を利用した光機能性半導体量子素子の創出	50
	同 数理物質科学研究科 講師		
伊藤 肇	北海道大学 大学院工学研究院 教授	発光性メカノクロミックプローブの開発	54
	同 大学院理学研究院 准教授		
関 修平	大阪大学 大学院工学研究科 教授	GHz-サブTHz電磁波が誘起する分子内電荷の運動を利用した電気特性評価技術の開発	54
	同 准教授		
竹延大志	早稲田大学 理工学術院先進理工学部 応用物理学科 准教授	有機レーザートランジスタの創製	40
	東北大学 金属材料研究所 准教授		
中 暢子	京都大学 大学院理学研究科 准教授	高純度ダイヤモンドの高分解分光と光機能の探索	62
	同上		
道信剛志	東京工業大学 グローバルエッジ研究院 テニユア・トラック助教	クリック型反応による有機光電子機能材料の創製	58
	同上		
宮島顕祐	東京理科大学 理学部第一部応用物理学科 講師	光を介した量子ドット集合系のコヒーレント相互作用の制御	52
	大阪大学 大学院基礎工学研究科 助教		
楊 成	大阪大学 大学院工学研究科 助教	キラル光化学反応の励起波長制御	61
	同上		

5. 研究領域のねらい

戦略目標においても述べられているように、光と物質との局所的相互作用の解明利活用は極めて重要であり、我が国において最先端の研究が進められており、これらの研究開発は基礎科学への貢献のみならず、産業界への応用など多様な波及効果も期待されることから、今後も我が国が世界をリードしていくために、さらに強化を図る必要がある。本研究領域では、光と物質の相互作用の解明と利活用をねらいとするが、伊藤弘昌研究総括の「光の創成・操作と展開」の研究領域と対をなす立場で、物質・材料の側に強調点を置いて光との相互作用を中心課題とした。

有機物、無機物、生物関連物質などは、数ミリエレクトロンボルトから数エレクトロンボルトにわたる束縛エネルギーに支配されて、単一分子から、各種分子集合体、酵素、生体膜、などに至るまで階層性を持った多様な凝集体を形成している。一方、光は紫外から赤外までの波長において、まさに同じエネルギー領域でこれらに作用し、多種多様な現象が観測され、また豊富な機能が生み出される。このような物質と光作用に由来する現象の本質的な理解と機能の開拓は、21世紀の環境共生型科学技術の一つとしての革新的なフォトンクス・エレクトロニクス技術の創出につながるものである。

物質が演出する多様な電子状態と光との相互作用には、例えば、光化学反応、光電子移動、光電変換、光の発生・検出・変調、光による構造形成や形態変化などがある。このような諸現象をフォトンクス・エレクトロニクス技術として結実させるためには、物質の構造物性並びに発現する現象の本質的な理解が不可欠である。また、工学的な利用を念頭に置かなければ、システムの簡潔さ、発現する機能の安定性と高い効率性も忘れてはならない要素である。

本領域では、さまざまな分野の若手を中心とした個人の独創的な発想に基づいたこれまでにない研究を対象とするが、単なる新奇な思いつきではなく、長期的な視野での光関連科学技術の発展につながる基礎的で深みのある研究提案を期待する。また化学者と物理学者、物質創成専門研究者と構造物性専門研究者、物性研究者とデバイス応用研究者のような、異なる専門分野の相補的協力関係が、本領域における研究実践の中から生まれることも大いに期待する。

本研究領域は有機物、無機物、生物関連物質などの凝集体（固体、薄膜、分子集合体、液晶、ゲルなど）に対する光の作用について新しい角度から多面的に追求することとした。より具体的には、①光機能を物質から取り出す、②光を用いて物質の本質を調べる、③光を用いて機能物質を創成する、の3つの観点を提示し、物性物理、物理化学に代表される基礎科学分野と、有機合成化学、無機化学、高分子化学に代表される物質創成化学分野と、材料科学、機能材料化学、物理工学、デバイス工学に代表される工学分野までを広くカバーする研究分野の研究者を一つの屋根の下の研究領域に結集させることを意図した。

本研究領域の特徴の一つは、新規機能性発現を企図した新物質創製とその材料設計指

針および合成技術の確立から未知現象の発見、各種物性評価と新しい測定方法の開発、新規デバイスの作製と応用技術の確立、さらにそれらのバックアップに資するコンピュータ・シミュレーション技術の開拓等、合成化学―材料科学―応用物理学―デバイス工学等の分野の研究者を網羅していることである。本領域のねらいは個々の研究の進展は言うに及ばず、そうした多様性を生かして研究者がかつて体験したことのないような学問的拡がりの場と雰囲気を醸成することである。

6. 研究課題の選考について

6-1. 応募内容

平成 18 年度は、「光機能を物質から取り出す」、「光を用いて物質の本質を調べる」、「光を用いて機能物質を創成する」という観点で、有機物、無機物、生物関連物質などの凝集体（固体、薄膜、分子集合体、液晶、ゲルなど）に対する光の作用について新しい角度から多面的に追究する研究を対象として募集を行った。その結果、国公立大学の方々から 89 件、独立行政法人研究機関の方々から 16 件、その他（外国の大学所属など）4 件、合計 109 件の応募があった。残念ながら民間企業所属の研究者からの応募はなかった。応募内容は学問分野で表現すれば、有機化学、無機化学、材料科学、物性物理、分光学、半導体物理、デバイス工学、物理学にまで広がる広範な分野からのものがあった。光機能材料・デバイスに分類できるものが最も多かったものの、光関連の先端技術を駆使して物質の本質を極めることを志向した研究提案も多数あった。対象物質は有機物、無機物、金属まで多様であり、物質の合成や集合体・薄膜形成、構造体形成の手法の開拓に重点を置いた提案も多くあった。

平成 19 年度も、前年度とほぼ同一の方針で募集した。国公立大学、国立行政法人研究機関など、外国の研究機関からのものを含めて総計 107 件の応募があった。平成 18 年度と同様に応募内容は多岐にわたっており、有機化学、無機化学、材料科学、物性物理、分光学、光物理、物性理論にまで及んでいた。対象とする物質としては、有機物がやや多いものの、無機物、生物関連物質、金属まで多様であり、一方、研究手法としては物質合成や構造体形成手法に重点を置くものと、物性研究や機能発現に重点をおくものがほぼ等しい件数あった。応募件数は前年度とほぼ同数であったが、前年度と比較しても、現実的で具体的な内容であって、よく練れた研究提案が増えていたことは、研究総括の方針に応募者に充分理解してもらえたものと思われた。

平成 18 年度からスタートし 3 年目を迎えた最終年度の募集も前 2 回と同一の内容とした。国公立大学、独立行政法人研究機関などから総計 67 件の応募があった。応募内容は光機能性有機分子の化学合成から半導体量子ドット系の物理まで、文字通り多岐にわたっていた。最終年度である平成 20 年度は若干応募数は減少したが、よく練れた研究提案が増えており、また挑戦的な提案も多く含まれていたことは、研究総括の方針に応募者に充分理解してもらえた結果と思われる。

6-2. 採択の考え方

基本方針として、さまざまな分野の若手を中心とした個人の独創的な発想に基づいたこれまでにない研究を対象とし、単なる新奇な思いつきではなく、長期的な視野での光関連科学技術の発展につながる基礎的で深みのある研究提案を重視した。また化学者と物理学者、物質創成専門研究者と構造物性専門研究者、物性研究者とデバイス応用研究者のような、異なる専門分野の相補的協力関係が、本領域における研究実践の中から生まれることも期待して選考を行った。

初年度は、すべての応募書類について、9名の領域アドバイザーが分担して査読し、その結果を基に研究総括とで評価を行った。書類選考の結果22件を面接対象に選んだ。書類選考の過程では、提案の新規性、独創性、さきがけ研究としての計画の妥当性を重視したが、研究者の主体性、研究の発展性、将来の科学技術へのインパクトについても考慮した。多くの荒削りではあっても大胆さと積極性に富む提案に感動を覚えながら書類を読み進めた。しかし研究提案の中には、研究計画に一貫性を欠くもの、単なる思いつきの組み合わせで実践的な実験研究としては成立しないと想定されるもの、一般論を展開するだけで個人研究としての先進性を感じさせないものなども、残念ながら少なからず含まれていた。

平成19年度においても、すべての応募書類を同様のプロセスで評価を行い、22名を面接対象に選んだ。一般的な意味での学問的な質は高いものの、一方で計画のまとまりはあるが焦点が絞りきれていない提案、提案者独自の発想が見えず一般論を越えていないと見なされる提案、実験計画の中味に詰め甘さが伺える提案などは、面接対象には選ばなかった。

平成20年度も、すべての応募書類を13名の領域アドバイザーと研究総括とで評価を行い、18名を面接対象に選んだ。純粋に学問的な意味での質は高いものの、計画に実践的な裏付けが見えないものや、提案者独自の発想を欠き一般論を越えていないと見なされるものなどは、面接対象には選ばなかった。

6-3. 選考結果

初年度は、22名について面接選考を行い、最終的に10名を採択した。書類選考においても、面接選考においても、さきがけ研究として最も優れた提案を選び出すことだけを考えると選考を進めたが、幸いにも研究内容においては、物質合成から物性物理まで、基礎から応用までと多様な分野の研究提案をバランスよく採択する結果となり、30代を中心とする多彩な10名の若手研究者を採択でき、公募の時点で敢えて提起してきた異分野の研究者間の相補的協力関係を育てるための基盤形成も順調に進められるようにできた。

平成19年度においても、対象者22名について面接選考を行い、最終的に10名を採択した。面接選考においても、将来の日本の科学技術にイノベーションをもたらす研究テーマと、それを支える優れた研究人材の育成という目的に合致する、最も優れた提案を選び出すことだけを念頭に選考を進めた。その結果、昨年の10名と併せて20名の、学問的背景も研究対象も大変広い研究者集団を作り出すことができた。なお平成19年度も採択倍率が10倍を越えたので、優れた提案でありながら採択にあと一步至らなかったものが多数出た。また、残された小さな問題点を修正さえでき

れば、採択ラインを越えることができたと惜しまれる提案もあった。

平成 20 年は面接選考対象者18名について面接選考を行い、最終的に8名を採択した。面接選考の方針は前2回とはほぼ同様に設定した。プレゼンテーションの場において、提案内容の背景説明に時間を取りすぎて、肝心の提案者の独自の視点からの研究の意義を説明する時間が足りず、さきがけへの提案としての面白さを訴えることに失敗した応募者がかなりの数いたことは残念であった。

第3期生として8名を採択した結果、3年間で併せて28名の、学問的背景も研究対象もたいへん広い、光と物質に関わる卓越した研究者集団を作り出すことができ、今後の活発な研究交流進展の基盤が整った。

6－4．採択課題の内容分析

採択した 28 名の研究者は採択時の所属は 1 名の（独）物質・材料研究機構所属を除いては全て大学所属であった。その内 2 名は海外（米国）の大学所属であった。募集案内では、大学だけでなく、企業所属等の多様な研究者にも興味を持ってもらうことを狙ったが、残念ながら、企業等からの応募はなかった。なお、各期それぞれ1名の女性研究者が含まれている。図1に1～3期の研究者の採択時の年齢を示す。

30代前半、後半が中心をなし、20歳代が3名、40歳以上が4名である。博士課程を修了して数年が経過し、自立した研究が展開できる実力をつけた若手研究者を抜きこんでた実力を持つ研究者へと育成する中で、イノベーションにつなげるというさきがけ研究の主旨からは適切な選択となった。

図2は研究者の専門性を研究対象の物質・材料で分類したものである。有機材料、無機材料が多く、金属と、物質に依存しない、が若干名という結果は、研究分野としてよいバランスとなったことを示している。公募時にはバイオ系材料を含め

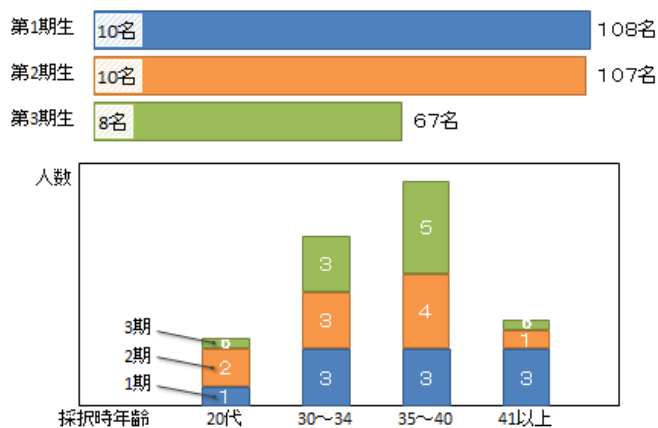


図1．採択時の研究者の年齢分布

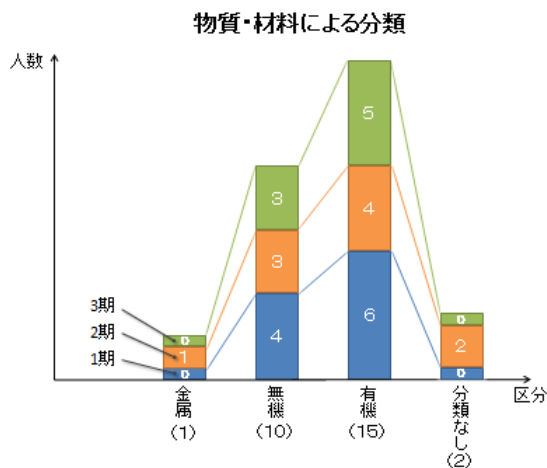


図2．研究対象の物質・材料に基づいた研究者の分類

ることを明示しており、若干数の応募はあったが採択に値する応募がなかったことは物質・材料の広がり観点からは少々残念ではあった。

7. 領域アドバイザーについて

氏名	所属	現役職	任期
赤木和夫	京都大学	教授	H18.6～H24.3
伊藤弘昌	科学技術振興機構 イノベーションプラザ 宮城	館長	H18.6～H24.3
井上佳久	大阪大学	教授	H18.6～H24.3
入江正浩	立教大学	教授	H18.6～H24.3
Olaf Karthaus	千歳科学技術大学	教授	H20.4～H24.3
菊池裕嗣	九州大学	教授	H20.4～H24.3
楠本 正	出光興産（株）	上席主幹 研究員	H18.6～H24.3
下田達也	北陸先端科学技術 大学院大学	教授	H18.6～H24.3
徐 超男	産業技術総合研究所	研究チー ム長	H20.4～H24.3
玉田薫	九州大学	教授	H18.6～H24.3
十倉好紀	東京大学	教授	H18.6～H24.3
濱口宏夫	東京大学	教授	H18.6～H24.3
宮崎英樹	物質・材料研究機構	グループ リーダー	H20.4～H24.3

本研究領域のアドバイザー委嘱は2回に分かれる。領域発足準備段階での9名と、発足後約1年半経過後の4名である。最初の9名は、「研究領域のねらい」に沿って応募があると想定した幅広い学問分野において、優れた研究実績があり、現在も活躍中の高名な研究者を中心として人選した。平成17年度に発足した「光の創成・操作と展開」研究領域の伊藤弘昌研究総括にも加わっていただいた。なお、9名の中には女性研究者1名と民間企業の研究者2名を含む。（民間企業の1名は領域発足直後に大学に異動）

最初の9名の大部分があまりにも高名な学者であって若い採択研究者達と距離がありすぎると感じられたので、4名のアドバイザー追加を決意し、その人選方針を少しだけ変更した。最初の9名のアドバイザーの中に平成3年度発足のさきがけ「光と

物質」の第1期生である井上佳久教授（大阪大学）が含まれ、本領域で採択したさきがけ研究者にたいへん適切で有意義なアドバイスがなされ、アドバイザーとして貴重な役割を果たしているのをヒントとして、追加のアドバイザー4名を人選した。その結果、4名ともさきがけ研究の経験者であり、その内2名は女性、2名は外国籍の国内組織在籍者であるという広がりとバランスの取れた人選ができた。

8. 研究領域の運営の状況について

本研究領域では、光作用を結集のキーに、有機・無機・金属の広いカテゴリーにわたる物質・材料を研究対象とする研究者を採用することで、学問分野が異なり基礎から応用まで研究動機も異なる研究者を共通の研究交流の場に置き、通常の職場内でも学会活動でも体験することのできない研究交流の場に投げ入れることにより、大きな刺激を受けそれぞれの創造的な研究を一層進展させることを期待した。同時に、このような広範な研究交流の場を利用した異質の研究分野の融合から画期的な共同研究が生み出されることも期待して領域運営を行った。

また、さきがけ研究の制度の優れた点を生かした活動を展開することにより、さきがけ制度をよりよいものにすることにも鋭意取り組んだ。

8-1. 物理から化学まで、基礎から応用までの研究者の広がり

光作用というキーワードで結ばれ多様な物質・材料を研究対象とする研究者を、異なる視点から分類してみた。一つの軸を化学と物理という学問分野に取り、試みに物理－物性物理（化学物理）－物理化学－材料化学－化学というし指標を採用してみた。もう一つの軸には、基礎と応用の指標を取った。それぞれの研究者をそれぞれの研究内容から判断して、この2次元の平面上にプロットしたのが、図3である。

もとより、広がりを持つ個々の研究者の専門性をこのように単純化して点で表現するのは無理があることは十分承知のうえで、敢えてこのような整理をして見ると、28名の研究者はこの2次元面上に広く分散していることが読み取れる。物理学と化学という学問の基盤が全く異なり、基礎から応用まで、研究の動機が異なる多彩な研究者がひとつのさきがけ領域で知り合いとなり、情報交換し、研究計画から結果までを共通の場で議論し、基礎と応用の立場を越えて意見交換をする場が実現したことは、領域の課題設定の成功と研究者応募と選考過程の妥当性を示している。

採択された研究者の専門性

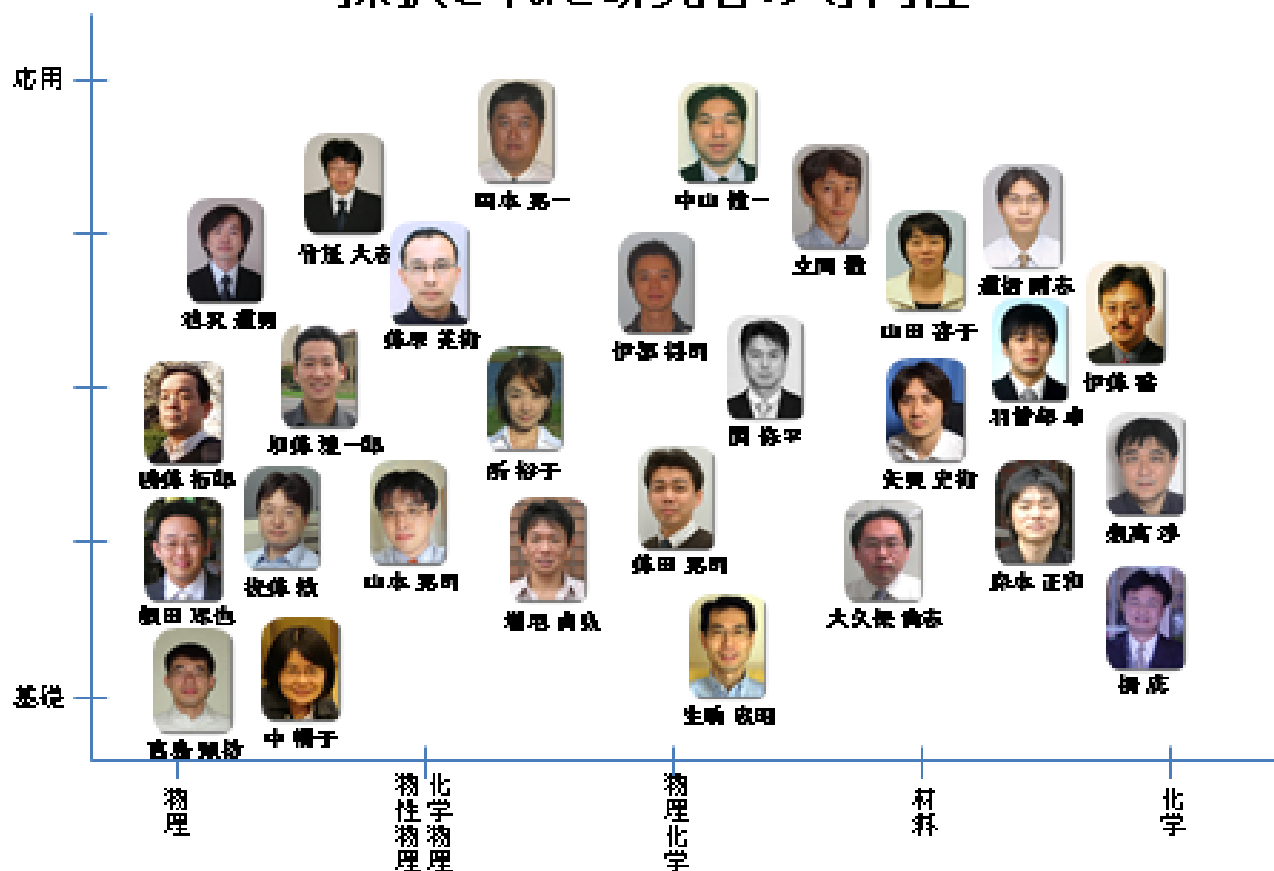


図3. 採択された研究者の専門性の二次元プロット

8-2. 女性研究者・アドバイザー、外国籍研究者・アドバイザーの採用

女性研究者の研究を奨励し、育成することは我が国の科学技術の健全な発展のために緊急の課題である。また、多様な外国籍の研究者と交流し、国際的な視野での研究展開を心がけるマインドを養成することは、我が国の研究者育成に必須である。このような目標から、2名の女性研究者をアドバイザーに採用した。そして、各期1名の優秀な女性研究者を採択できた。外国籍（ドイツ、中国）のアドバイザーを2名採用し、1名の外国籍研究者（中国）を採択した。

8-3. 研究総括／技術参事／事務参事の研究者訪問

研究総括と技術参事とで、研究開始時に研究者の研究の現場を訪問し、研究環境、開始時点での利用可能な研究設備の状況を視察し、研究者の研究の進め方、研究時間の確保の状況などについてヒヤリングを行った。併せて、研究者が所属する組織の責任者を

表敬訪問し、研究者のさきがけ研究実施への理解と協力を要請した。また、さきがけ実施期間内に異動した研究者については、その都度訪問し、研究継続への必要な支援の内容、新しい研究環境の確認、新しい組織責任者への協力依頼を行った。

研究期間内には、技術参事が必要に応じて研究者を訪問し、研究課題遂行上の諸問題の相談、研究設備の購入・設置のための支援、特許出願のための支援等を行った。事務参事は、必要に応じて研究経費関係の相談や書類確認のため研究者を訪問し、経費処理の迅速性の確認や事務処理上の必要な支援を行い、また研究資金取り扱い上の注意事項等の指導を行った。

研究終了の数ヶ月前の時期に、研究総括と技術参事とで研究者への二度目の定期訪問を実施した。その時点における研究の進捗状況と主要な成果について聴取した後、最終年度の研究完成に向けた諸問題解決、公開成果報告会の準備、研究終了報告書の準備について助言を行った。また、さきがけ終了後の研究展開の考え方について、研究者と率直な議論を交換した。

8-4. 領域会議の開催

領域会議を年2回、合計10回開催した。研究進捗内容の紹介と議論が中心であるが、以下の点にも注意を払った。

- ① 研究者への教育的な観点から、研究総括又はアドバイザーの講演を実施すること。
- ② 研究者間の活発な議論が行われる雰囲気を醸成することに心がけ、研究者を司会者として会議の自主運営とした。
- ③ 研究者間の情報交換と議論を密にするため、時間の許す限り研究者全員が発表を行うこととした。(時間の制約から一部はポスターセッションを取り入れた)
- ④ 全員のコミュニケーション促進のため、2泊3日又は1泊2日の日程を取り、全員同じ宿に泊まり、正規の会議の時間外でも、会食時、入浴時、食後まで十分コミュニケーションが取れるように配慮した。
- ⑤ 研究者間や研究者とアドバイザーの共同研究が生まれることを想定して、その目的の時間や打ち合わせ場所を確保することを必要に応じて考えた。

それぞれの時期の領域会議においては、研究総括は採択時期が異なる研究者の現時点で考慮すべき事項について注意を喚起した。例えば、研究開始直後の研究者に対しては、研究提案時の研究構想をもう一度よく見直して、現在の時点での最適の実行計画として練り直すこと、研究開始から1年が経過した研究者には、現在は何のためらいもなく全力で現在の研究を実行すべき時期であること、3年目にさしかかった研究者には、成果は論文としてしか残らないので、この時点でまとめて論文とすることが重要であることを強調した。

図4は領域の主な行事の一覧である。

領域行事の一覧

年月日	行 事	場 所
2006 年 8 月	第1期生採択者発表	JST本部
2006 年 9 月	第1期生キックオフ	JST本部
2006 年 11 月	第1回領域会議	シーホークホテル福岡
2007 年 5 月	第2回領域会議	京都ガーデンパレス
2007 年 8 月	第2期生採択者発表	JST本部
2007 年 9 月	第2期生キックオフ	JST本部
2007 年 11 月	第3回領域会議	岩沼屋(仙台)
2008 年 6 月	第4回領域会議	東京ガーデンパレス
2008 年 8 月	第3期生採択者発表	JST本部
2008 年 9 月	第3期生キックオフ	JST本部
2008 年 10 月	第5回領域会議	札幌東急イン
2009 年 5 月	第6回領域会議	杉乃井ホテル(別府)
2009 年 11 月	第7回領域会議	加賀観光ホテル(石川県)
2010 年 1 月	第1期生3領域合同研究報告会	学術総合センター(東京)
2010 年 5 月	第8回領域会議	神戸ポートピアホテル
2010 年 11 月	第9回領域会議	北九州国際会議場
2011 年 1 月	第2期生3領域合同研究報告会	東京大学鉄門記念講堂
2011 年 5 月	第10回領域会議	唐津シーサイドホテル
2011 年 12 月	公開シンポジウム (第3期生の研究報告会を兼ねて)	アキバホール(東京)

図4. 主な領域行事の一覧表

8-5. 研究者の研究加速、研究環境の向上の支援

研究者の置かれた環境は様々であり、それにより研究遂行上のボトルネックは異なる。専任研究者の場合は現在の組織内で研究ができる環境を確保することと共に安定したポストを獲得することが重要であり、研究室所属の助教の場合は、独自に使用できる研究設備、研究に当てる時間の確保、研究補助者の確保などが重要である。研究室を運営する講師、准教授、特に着任直後の若手教員の場合、部屋の確保、研究補助者の確保が最重要課題である場合が多い。このような研究者の切実な要望について、研究総括、技術参事、事務参事、事務員がそれぞれの役目に沿って分担してきめ細かな支援活動を展開した。

研究加速については、研究者が切望する案件ごとに、内容の重要度の説明次第では実現性が高いことを常に強調し、研究者の相談に乗ってきた。この活動により、研究活動

が加速され、新たな成果が生まれた研究者も多い。研究者の異動時の研究環境の整備については、技術参事、事務参事が必ず相談に乗り、必要な支援を実現させた。研究者の研究推進のボトルネックであった研究補助者の確保についても、領域事務所が相談に乗り、雇用を実現させた例も生まれた。

8－6．関連研究領域との交流：さきがけ「光の創成・操作と展開」領域との交流

光関連研究領域双方の研究総括の申し入れにより研究者の相互交流を行い、互いの領域会議に1～4名の研究者を参加させ、人的交流を図った。光というキーワードで結ばれた領域ではあるが、領域の研究者の所属する学会等の活動の場は異なっており、異分野の研究者の交流の場を提供できた。

8－7．研究終了報告会の開催

第1期生と第2期生の研究終了報告会は、同時に発足した物質・材料関係の3領域：「物質と光作用」（筒井哲夫研究総括）、「界面の構造と制御」（川合眞紀研究総括）、「ナノ製造技術の探索と展開」（横山直樹研究総括）の合同報告会として開催した。最終報告会の大きな目的のひとつは、企業を含む外部の方々に足を運んでもらい、さきがけの成果に実際に触れて、利用してもらうことにある。そこで3領域が合同して集中的に公開講演会を行うことで、内容が豊富となり外部からの参加者への参加動機を増すことにあった。実際、外部からの多数の参加者を得て盛会であり、発表についても多数の活発な議論が交わされた。また、物質・材料のキーワードで結ばれ、「光」、「界面」、「ナノ」の特徴を持つことで、研究内容が近接している3領域の研究者が同一会場に集まって議論する機会を得たことは貴重な研究交流の場ともなった。しかし、修了研究者の数が約 $3 \times 10 = 30$ 名程度と多くなり、一会場ではさばききれない問題もあり、また領域研究のまとめの場としては散漫になりがちである等の問題点があることも確かであった。

第3期生の研究終了報告会は、「物質と光作用」領域の活動総括の場という意味も含めて、公開シンポジウムの形式を採用した。内容は研究総括による6年の活動をまとめた基調講演、第3期生の終了報告、第1期生、第2期生の有志の講演、2件の招待講演と1件の依頼（アドバイザー）講演、第1～第3期生全員のポスター発表から構成した。外部からの参加者には、本領域の6年のさきがけの活動を鳥瞰してもらう企画として大変好評であった。領域の研究者にとっては、共に励んできた研究者達との交流の場であり、自らの活動の反省の場として役に立ったものと思われる。

図5に平成23年12月に開催した公開シンポジウムのプログラムを示す。



公開シンポジウム

天壌無窮 見つめる先に



物質と光作用

日 時 平成23年12月15日(木)～16日(金)

会 場 アキバホール 富士ソフトアキバプラザ5F 東京都千代田区神田錦町3(JR秋葉原駅 徒歩3分)

参加費 無料

独立行政法人 科学技術振興機構

お問い合わせは領域事務所へ 物質と光作用: 092-588-0311

専用ホームページ <http://www.photon-jst.go.jp/3-symp/>



プログラム

(敬称略)

第1日目 平成23年12月15日(木)	
09:30～09:35	開会挨拶
09:35～10:35	基調報告 筒井哲夫 研究総括(九州大学名誉教授) 5年半の「さきがけ」で生み出されたもの、そして次なる飛躍への期待
セッション1	さきがけからの飛躍1 CREST, 再度さきがけへ 座長: 生駒忠昭 (新潟大学)
10:35～11:05	山田容子 (奈良先端科学技術大学院大学) 「革新的塗布型材料による有機薄膜太陽電池の構築」をめざして
11:05～11:35	矢貝史樹 (千葉大学) 機能性色素モジュールからエキソチック色素材料へ
11:35～12:05	岡本晃一 (九州大学) さきがけから再びさきがけ、繋がった未来への可能性 「プラズモニクスが拓く明るい未来」
12:05～13:00	昼休み
13:00～14:30	ポスターセッション 研究者全員
14:30～15:00	アドバイザー講演 玉田 薫 領域アドバイザー(九州大学教授) 座長: 増尾貞弘 (関西学院大学) プラズモニク結晶ナノアンテナ構造による革新的ナノバイオ計測
15:00～15:15	休憩
セッション2	第3期生の研究報告 座長: 藤原英樹 (北海道大学)
15:15～15:45	池沢道男 (筑波大学) 単一不純物を利用した光機能性半導体量子素子の創出
15:45～16:15	中 暢子 (京都大学) 高純度ダイヤモンドの高分解分光と光機能の探索
16:15～16:45	道信剛志 (東京工業大学) クリック型反応による有機光電子機能材料の創製
16:45～17:15	宮島顕祐 (東京理科大学) 光を介した量子ドット集合系のコヒーレント相互作用の制御
17:15～17:45	楊 成 (大阪大学) キラル光化学の励起波長制御
	
第2日目 平成23年12月16日(金)	
09:00～10:00	特別講演 高原 淳 (九州大学教授) 座長: 立間 徹 (東京大学) ソフトインターフェースの精密構造制御と新奇な物性
10:00～10:15	休憩
セッション3	さきがけからの飛躍2 最先端・次世代プログラムへ 座長: 藤田晃司 (京都大学)
10:15～10:45	伊藤 肇 (北海道大学) 金錯体の発光性メカノクロミズム
10:45～11:15	関 修平 (大阪大学) 最も電荷輸送に適した共役骨格は何か?、どんな分子積層構造が電荷輸送に最適か?
11:15～11:45	竹延大志 (早稲田大学) レーザートランジスタへの挑戦
11:45～12:15	所 裕子 (東京大学) 光と相転移の相関による新しい光変換機構の探索
12:15～13:15	昼休み
13:15～14:15	特別講演 野田 進 (京都大学教授) 座長: 勝藤拓郎 (早稲田大学) フォトニック結晶による光制御の現状と将来展望
セッション4	さきがけからの飛躍3 座長: 中山健一 (山形大学)
14:15～14:45	伊都将司 (大阪大学) 単一ナノ発光体をプローブとした局所物性評価
14:45～15:15	瀬高 渉 (徳島文理大学) ベンゼン環を回転子とする“分子ジャイロコマ”の創製と分子運動の機能利用
15:15～15:30	休憩
15:30～16:00	飯田琢也 (大阪府立大学) デザインされた光場によるナノ物質集団の協力現象制御と光応用
16:00～16:30	後藤 敦 (物質・材料研究機構) 光ポンピング法を偏極源とした固体超偏極技術の開発
16:30～17:00	加藤雄一郎 (東京大学) 単層カーボンナノチューブで創る光量子デバイス
17:00～17:15	閉会挨拶

図5. 第3期生終了報告会を兼ねた公開シンポジウムのポスター

8-8. 研究者倫理と研究者の責任

研究者倫理の涵養は我が国の次の世代の科学技術を担う中堅研究者の育成に不可欠のものであるとの観点で取り組んだ。採択された研究者が初めて参加する領域会議の冒頭においては、この観点に絞った10分程度の研究総括講話を実施し、さきがけ研究者は、特別に国民に負託された責任を担った研究者であり、“Noblesse oblige”の精神を忘れてはいけないことを強調した。

世の中の風潮が成果偏重となり、さきがけのような栄誉ある多額の研究費を獲得することそれ自身が目的化している現状に警告を発する講演を領域会議で行った。その内容はJST Science Portal のオピニオン欄に掲載されている

「第166回 あなたは何のために研究するのですか？(掲載日:2010年11月29日)」

平成23年3月11日、東日本大震災・津波が発生し、福島原発事故がそれに続いた。多くの研究者もそれぞれの立場から心を痛めたものと思われるが、日本の科学技術が健全であるためには、科学者のある種の決意が必要であると感じて、その年の5月の領域会議の冒頭に研究総括講演を行い、研究者は研究倫理を自覚するだけに止まらず、一人前の一流の研究者たるを自覚するならば、軍隊の将校がそうであるように、それぞれの専門知識を求められた際には命を賭して先頭に立つ覚悟が必要であることを、福島原発事故を契機に再確認したいとの話をした。

9. 領域のねらいに対する成果の達成状況

本研究領域では有機物、無機物、生物関連物質などの凝集体(固体、薄膜、分子集合体、液晶、ゲルなど)に対する光の作用について新しい角度から多面的に追求することを掲げて研究を遂行してきた。より具体的には、①光機能を物質から取り出す、②光を用いて物質の本質を調べる、③光を用いて機能物質を創成する、の3つの観点を提示し、物性物理、物理化学に代表される基礎科学分野と、有機合成化学、無機化学、高分子化学に代表される物質創成化学分野と、材料科学、機能材料化学、物理工学、デバイス工学に代表される工学分野までを広くカバーする研究分野の研究者を一つの屋根の下の研究領域に結集させてきた。

本研究領域の特徴のひとつは、新規機能性発現を企図した新物質創製とその材料設計指針および合成技術の確立から未知現象の発見、各種物性評価と新しい測定方法の開発、新規デバイスの作製と応用技術の確立、さらにそれらのバックアップに資するコンピュータ・シミュレーション技術の開拓等、合成化学ー材料科学ー応用物理学ーデバイス工学等の分野の研究者を網羅していることである。本領域のねらいは、個々の研究の進展は言うに及ばず、そうした多様性を生かして研究者がかつて体験したことのないような学問的拡がりの場と雰囲気を醸成することであり、この狙いは十分に達成されたと判断する。以下、幾つかの観点に絞り、成果の達成状況をまとめる。

9-1. 研究領域全体としての研究成果

研究者の成果の最も重要な指標のひとつは、如何に自らの成果を学術論文、学術講演として世界に発信し、記録に残し科学技術の発展に寄与できたかである。図6には、第1期生、第2期生、第3期生に分けた学術論文、学会発表（国内、国際）、招待講演（国内、国際）、特許出願の総数をまとめた。数多くの成果の発信がなされていることが確認できる。また、学術論文の中には、国際的評価が極めて高い、Phys. Rev., Phys. Rev., Lett., Appl. Phys., Lett., J. Amer. Chem. Soc., Angew. Chem. Int. Ed., 等の国際誌が含まれている。なお、さきがけ研究は基盤研究や探索研究が多く、必ずしも特許出願とはなじまないが、若干数の特許出願もなされている。

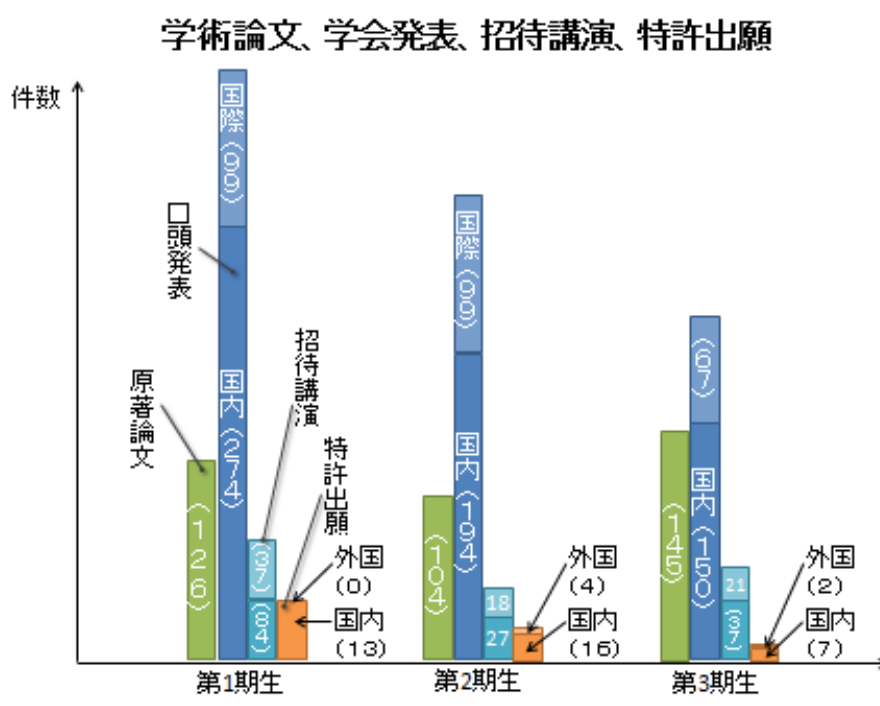


図6 学術論文、学会発表（国内、国際）、招待講演（国内、国際）、特許出願の件数

図7は、28人の個人別の学術論文等の発表数である。このような統計資料は、研究分野による発表スタイルの違いや、基礎研究であるか応用研究であるかの違い、なども含めて慎重に読み取る必要があるが、一言で言えば個々の研究者の研究スタイルの違いを反映した多様なパターンとなっていることは、創造性と個性を重視した本領域の方針を反映したものであるとも言えるであろう。

研究成果の質を判断するひとつの指標としては、学会等からの学会賞等の受賞や表彰がある。図8は学会賞、表彰等の受賞者の内、主要なものをまとめた。この中には2件

の国際賞、4 件の文部科学大臣表彰、そして日本化学会学術賞をも含んでいる。

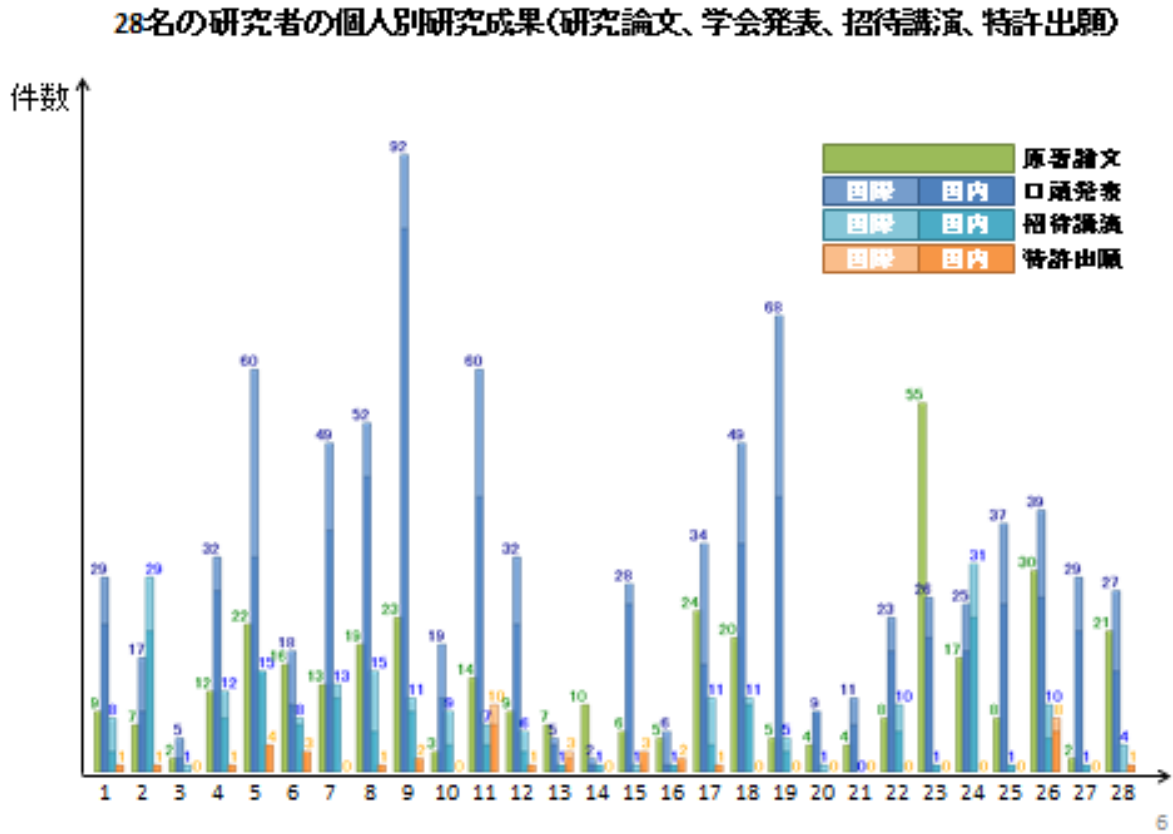


図 7 28 名の研究者の対外発表等の件数

受賞、表彰

年月日	研究者	受賞の名称、対象業績、等
2007.2.6	中山健一	第13回コニカミノルタ画像科学奨励賞(H19.2.6) 「メタルベース型有機発光トランジスタの開発とディスプレイデバイスへの応用」
2007.3.28	増尾貞弘	日本化学会第87春季年会 優秀講演賞, 講演奨励賞(H19.3.28) 「有機蛍光性色素からなる単一ナノ結晶の光アンチバンチング」
2007.9.5	中山健一	第5回応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会奨励賞 (H19.9.5) 「High-current and Low-voltage operation of metal-base organic transistors with LiF-Al emitter」
2008.2.4	飯田琢也	第24回 井上研究奨励賞(H20.2.4) 「ナノ物質と電子的共鳴光の力学的相互作用の理論」
2008.3.22	所 裕子	第2回(2008年)日本物理学会若手奨励賞(H20.3.22) 「シアノ架橋型金属錯体における電荷移動に基づいた光誘起相転移現象の研究」
2008.5.19	増尾貞弘	第24回(2008年春季)応用物理学会 講演奨励賞 (H20.5.19 内定) 「ペリレン系ナノサイズ凝集体からの単一光子発生 -凝集状態依存性-」
2008.6.27	岡本晃一	ナノオブティクス賞 (2008.6.27) (日本分光学会ナノオブティクス研究Gr) 「プラズモニクスの高輝度発光素子への応用」
2008 上期	藤田晃司	2007 年度 JCSJ優秀論文賞 (日本セラミックス協会) 「Sol-gel Synthesis of Macroporous YAG from Ionic Precursors via Phase Separation Route」 J.Ceram.Soc.Japan Vol.115[12]925-928(2007)
2008 上期	藤田晃司	The ICG Prize in Memory of Prof.Vittorio Gottardi 2008 International Commission on Glass (国際ガラス委員会)
2008.9.18	中山健一	日本液晶学会論文賞(A部門)(2008年9月18日) 「Mesophase semiconductors in field effect transistors」 Journal of Materials Chemistry (Highlight). Vol.17. 4223 (2007)
2008.12.3	藤田晃司	Best Poster Award Third prize (2008.12.3) The 33rd International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques 「Sol-Gel Synthesis of Macro-Mesoporous Titania Monoliths and Their Applications to HPLC Separation Media for Phosphorus-Containing Compounds」
2009.3 月	飯田琢也	第3回(2009年)日本物理学会若手奨励賞(H21.3 月) 「光誘起力によるナノ構造物質の力学制御の理論」
2009.3.29	羽曾部卓	PCCP Prize (イギリス王立化学会) Royal Society of Chemistry , Physical Chemistry Chemical Physics and Faraday Discussion 受賞式 2009.3.29 「Construction of Supramolecular Architectures for Light Energy Conversion」 「化学と工業」誌 2009 年 4 月号に掲載
2009.4.6	加藤 雄一郎	平成 21 年度 文部科学大臣表彰 若手科学者賞 (H21.4.6) 「非磁性半導体中における電子スピン制御の研究」

2009.5.28	増尾貞弘	平成 20 年度高分子研究奨励賞(高分子学会) H21 年5月28日表彰 「顕微蛍光分光法による単一共役高分子・超分子及び分子集合体の発光特性評価」
2009.5.28	道信剛志	平成 20 年度高分子研究奨励賞(高分子学会) H21 年5月28日表彰 「芳香族アミン骨格を用いた機能性高分子の創製」
2009.6.10	中山健一	日本画像学会「日本画像学会論文賞」 2009 年 6 月 10 日表彰 「縦型有機トランジスタのOn/Off比の改善と周波数特性の検討」
2009.9.8	増尾貞弘	第 31 回(2009 年度)応用物理学会論文賞 2009 年 9 月 8 日表彰 「Photon Antibunching in the Emission from a Single Organic Dye Nanocrystal」 Jpn.J.Appl.Phys.Vol.46, pp.L268-L270(2007)
2009.9.17	矢貝史樹	光化学奨励賞(光化学協会) H21年9月17日表彰 「多重水素結合によって制御された超分子色素集合体の光機能」
2009.11.14	山田容子	有機合成化学協会中国四国支部「奨励賞」 2009 年 11 月 14 日表彰 「有機半導体材料を目指した π 拡張化合物の合成と物性」
2010.3 月	竹延大志	第 4 回(2010 年)日本物理学会若手奨励賞 2010 年 3 月受賞 「Ambipolar organic field-effect transistors based on rubrene single crystals」
2010.4.13	飯田琢也	平成 22 年度 文部科学大臣表彰 若手科学者賞 (H22 年 4 月 13 日表彰) 「ナノ領域における光誘起力の理論と力制御技術の研究」
2010.4.13	羽曾部卓	平成 22 年度 文部科学大臣表彰 若手科学者賞 (H22 年 4 月 13 日表彰) 「光電変換機能を有する分子集合体の創製と応用についての研究」
2010.4.24	山田容子	第1回 丸山記念研究奨励賞 2010 年 4 月 24 日表彰 「機能性材料を目指した π 拡張化合物の合成と物性」
2010.5.17	竹延大志	第9回インテリジェント・コスモス奨励賞(H22.5.17) 「カーボンナノチューブおよび有機材料を用いたフレキシブルエレクトロニクスの研究」
2010.6.19	道信 剛志	第 23 回 安藤博記念学術奨励賞(H22.6.19) 「有機半導体材料の電子状態変調法に関する研究」
2011.3.27	立間 徹	日本化学会 第 28 回学術賞 (2011 年 3 月 27 日表彰) 「金属ナノ粒子の光誘起酸化還元反応に基づく機能材料」
2011.3.27	矢貝史樹	日本化学会 第 60 回進歩賞 (2011 年 3 月 27 日表彰) 「水素結合を基盤とした超分子モジュール化による機能性色素集合体の構築」
2011.3.27	所 裕子	日本化学会 第 60 回進歩賞 (2011 年 3 月 27 日表彰) 「特殊な双安定性を示す相転移物質の創製と光誘起相崩壊の発見」
2011.4 月	矢貝史樹	平成 23 年度 文部科学大臣表彰 若手科学者賞 (H23 年 4 月表彰) 「高度に組織化された機能性色素集合体の構造と機能に関する研究」

図 8 代表的な学会賞等の受賞例

9-2. 研究協力の促進と共同研究の立ち上げ

多様な専門分野の研究者が領域会議等で情報交換を行い、議論を深める中で多様な形態の共同研究が生み出された。理論物理研究者のアイデアを実験研究者が実験検証する研究の例、マイクロ波を用いるユニークなキャリア移動度評価法を確立した研究者を中心とする多様な材料のキャリア移動度を評価する共同研究の例、有機合成化学者、有機デバイスの研究者、物性研究者がそれぞれの得意な技術を集結させた目的指向の共同研究の例、2名の有機材料化学の研究者がそれぞれの得意な技術を提供して新しい材料を生み出した共同研究の例を紹介する。

(1) 理論研究者の提案による実験研究の開始：飯田研究者、伊都研究者

飯田研究者は、ナノ物質の光場による操作の概念を理論解析で提示するという大きな学術的な成果を挙げている。具体的には、ナノ粒子間に誘起される光誘起力の素過程の解明を行い、多粒子間相互作用に起因する負の散逸力や超物質間光誘起力などの特異な光誘起力の存在を理論的に明確にし、半導体ナノ粒子、金属ナノ粒子、有機分子などのナノ粒子の常温での光操作の可能性を指摘し、光誘起力によりナノ粒子集合体の配列制御と光機能のデザインを行うより具体的な実験系の提案へと結びついた。

伊都研究者は光放射圧により局所的に光重合の反応性を高めるなど、光の力で分子、高分子、ナノ粒子などをナノサイズの領域に閉じ込めて化学反応性を局所的に増加させるという新しい概念を提示し、実験研究を進めてきた。飯田研究者の理論的解析の成果を議論する中で、光放射圧により局所的な化学反応性を制御するという概念を拡大して、ナノ物質の光場による操作という広い概念を踏まえて実験企画ができるようになり実験研究が進行中である。

(2) 実用価値の高い評価手法を利用する共同研究：関研究者を中心に

関研究者は、時間分解マイクロ波吸収法と時間分解分光・電荷積算法とを組み合わせることにより、電極を用いずにキャリア移動特性を精密かつ迅速に計測する手法を確立し、多くの有機半導体に適用する研究を展開した。本手法の確立により、 π 共役高分子、低分子系固体薄膜、低分子系単結晶に止まらず、各種超分子集合体、有機系のナノワイヤ・ナノチューブ、無機酸化物系ナノワイヤ・ナノチューブなど、従来、試料が微量であったり微粉末状であったりする難点や、不純物や構造の乱れの存在などの諸問題のため本質的な電荷移動特性の評価が困難であった物質系の電荷移動特性の計測手法を確立した。この手法は領域内の多くの研究者に自らが合成した新規物質のキャリア移動度を評価したいという動機を生み出し、電子機能材料の評価の観点での共同研究が生まれた。この共同研究の成果は関研究者の共著論文として数多く出版されている。

(3) 得意な分野の集合から生まれた目的指向研究：山田研究者、矢貝研究者、生駒研

究者、増尾研究者、中山研究者

第1期生10名の内、5名は有機材料系の研究者であった。低分子合成を得意とする山田研究者、ユニークな超分子集合体構築手法を生み出した矢貝研究者、有機半導体のキャリアダイナミックスの理論と実験を得意とする生駒研究者、光アンチバンシングを用いて有機半導体の励起子ダイナミックスを解析する新手法を開拓した増尾研究者、そして有機半導体デバイスの作製・評価において優れた技術を持つ中山研究者である。研究総括からの提案もあって、それぞれの得意な分野を生かした目的指向の共同研究が組めないものかと議論を始められた。有機薄膜太陽電池をターゲットにすれば、5名の得意な技術を生かせるので、その線でJST/CRESTに応募することにして、議論を深め、研究企画を立案し、山田研究者を研究代表とする提案で応募した。山口真史研究総括の「太陽光を利用した独創的クリーンエネルギー生成技術の創出」CREST研究領域において、研究課題「革新的塗布型材料による有機薄膜太陽電池の構築」(H22-27)が採択された。

(4) 有機合成化学者同士の共同研究：森本研究者、道信研究者

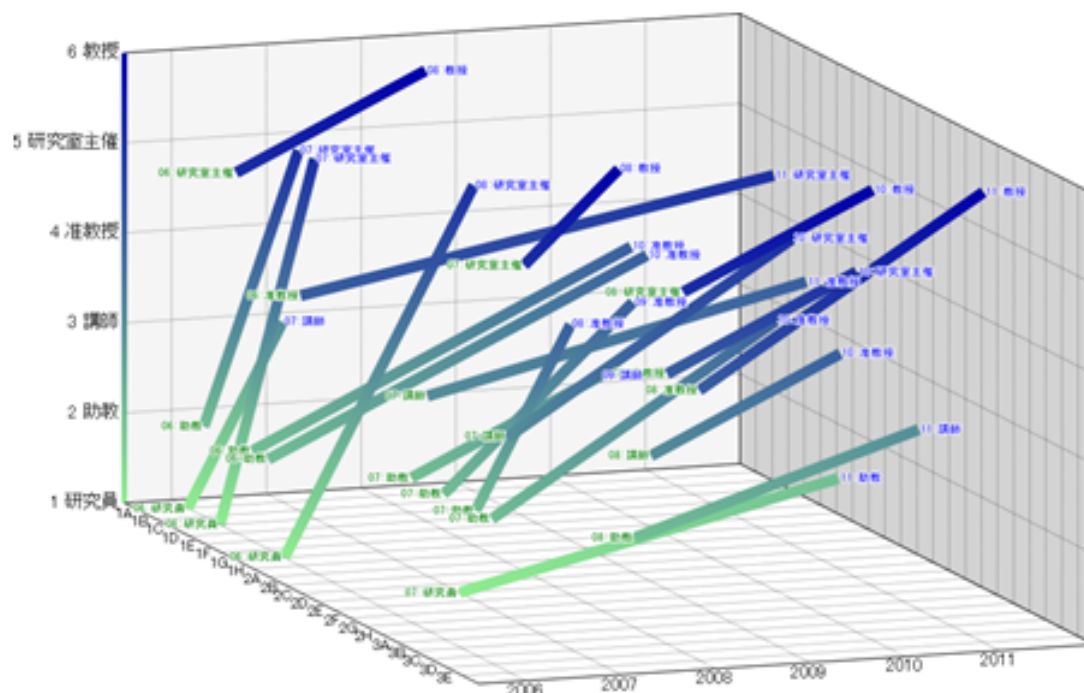
森本研究者は、固体物性を分子の光反応により制御できる分子結晶の創出を目標とし、フォトクロミック分子の光異性化反応により強誘電性を示す有機分子結晶を創製する研究に取り組んできた。フォトクロミック分子、ジアリルエテン類の合成・物性研究の第一人者の一人である。道信研究者は、従来のクリック型反応の欠点を取り除く新しいクリックケミストリー型反応である、電子供与性基で活性化されたアルキンがテトラシアノエチレン (TCNE) やテトラシアノキノジメタン (TCNQ) 等のアクセプター分子との付加反応、を開拓し、生成物のドナーアクセプター型構造に由来する光電子機能材料を創出する成果を挙げてきた。2名の研究者のユニークな合成化学の腕が握手することで近赤外領域で可逆なフォトクロミズムを示す新規分子が創出された。

9-3. 昇格異動並びに研究環境向上への支援

さきがけ研究者にとって、さきがけの研究期間は若手研究者として研究活動に没頭する時期であると同時に、より自由に研究活動ができる場を求めて職場を異動し、昇格を図るべき時期でもある。28名の研究者の多くは、採択時から現在までに昇進、昇格を果たしている。ただし、専門分野の継続性の必要、組織の人事的事情などから、採択時の身分のままで研究を継続している研究者も若干名あることも事実である。

図9に研究者の昇格・昇進の軌跡を3次元マップとして示した。縦軸は、専任研究者、助教、専任講師、准教授（研究室所属）、研究室を主宰する講師・准教授、教授格とした。多くの研究者が異動昇進を果たし、自ら研究室を指導して自らの創意で研究活動を展開できる地位を獲得しつつあることがわかる。

研究者の成長の軌跡



36

図9 研究者のこの5年半の職場異動の軌跡

9-4. 次を目指す研究展開

若手研究者にとってさきがけ研究を自らが提案した計画に従って遂行することの重要性は言うまでも無いが、これと同じように重要なのは、次の展開に向けた研究企画を常に心がけることである。これは研究資金の面でも必要であるが、研究課題の長期的な展開の観点でも必須である。さきがけ研究者にはこのことを機会があるごとに強調してきたが、その効果があつてか、以下に示した幾つかの重要な進展があつた。

(1) プラズモンを独自の基盤技術とした新展開：岡本研究者

さきがけ「物質と光作用」における岡本研究者の課題は「プラズモニクスに基づく高輝度発光デバイスの開発」で、電気→光変換プロセスにおけるプラズモンの利用による効率向上であつた。励起子とプラズモンの相互作用を電磁波解析シミュレーションによって原理・機構を解明することがその基盤をなしていた。一方太陽電池では、光→電気変換プロセスにプラズモンの効果を加えて効率向上を図るものであり、発光デバイスへのプラズモン利用の逆プロセスである。岡本研究者は、プラズモニクスの効果によってLEDの高効率化が可能なら、逆過程のデバイスである太陽電池の高効率化にも応用できるはずとの確信をもって、新たなさきがけ研究での展開を目指して、「太陽光と光電変換機能」（早瀬修二研究総括）へ応募し、採択された。

(2) さきがけ研究者の力を結集して CREST 研究へ

共同研究の項目で詳述したように、山田研究者を代表とする第 1 期さきがけ研究者 5 名による CREST 研究が開始された。

山口真史研究総括：「太陽光を利用した独創的クリーンエネルギー生成技術の創出」
研究課題：「革新的塗布型材料による有機薄膜太陽電池の構築」(H22-27)

(3) 最先端・次世代研究への展開

内閣府から公募があった最先端・次世代プログラムは、若手の個人研究者の挑戦に値する目標であった。本領域の卒業研究者と現役研究者の両方から多数の挑戦がなされたが、以下の 4 名が採択された。

○伊藤 肇研究者：「エネルギー固定型メカノ反応の開発と余剰動力の直接化学的燃料化」

○所 裕子研究者：「光と相転移の相関による新しい光変換機構の探索」

○関 修平研究者：「全有機分子サイリスタ・ソレノイドのデザインと実証」

○竹延大志研究者：「超高性能インクジェットプリンテッドエレクトロニクス」

最先端・次世代の研究課題は、さきがけ研究の延長そのものではないことが注目される。さきがけ研究で実力を更に伸ばした研究者はさきがけ研究の成果で自信をつけ、視野を広げて、次のより高い目標へと向かっている。

9-5. 女性研究者への活動支援

本領域では、各期 1 名ずつ合計 3 名の女性研究者を採択した。この 3 名の研究者の研究展開と成果には大変素晴らしいものがあり、なでしこキャンペーンで掲げられている、さきがけ研究における女性研究者の育成の課題の観点からの成功例を示す意味からも、ここに取り上げた。

① 山田容子 研究者 (第 1 期生)

有機半導体デバイスの研究開発において、高純度の薄膜形成技術の確立は必須の課題であり、特に難溶性アセン類の湿式成膜は難度の高い課題である。山田研究者はペンタセンのジケトン前駆体への光照射により、薄膜中で定量的にペンタセンへ変換できることを見だし、さきがけ研究においてはジケトン前駆体法を様々なアセン類やポルフィンリン類へ拡張し、有機半導体デバイスの性能向上を図るとともに、新規 π 共役拡張化合物の合成や機能材料創製へ展開した。ペンタセン、ナフタセン、アントラセン誘導体等についてジケトン前駆体法を適用して薄膜調製を行い、実際に電界効果トランジスタの特性を調べ、本手法の有用性を実証することに成功した。更に薄膜調製法やデバイス作製法にデバイス専門家の技術を加えれば、実用化を視野に入れた有望な技術に発展すると期待される。又、ジケトン前駆体法は新規の難溶性発光材料の合成に有用であること、 π 共役拡張アセン類

の合成には優れた手法であることを示したことは大きな成果である。

共同研究の項目で述べたように、山田研究者は第 1 期生 5 名の研究者からなる有機機能材料チームのリーダーとして、JST/CREST の公募「太陽光を利用した独創的クリーンエネルギー生成技術の創出」において、「革新的塗布型材料による有機薄膜太陽電池の構築」(H22-27) の課題で研究代表者として採択され、研究グループをまとめリードしている。

山田研究者は採択時には愛媛大学理学部の准教授であった。配偶者とは勤務地が異なるため、2 名の子供と松山市で生活しながら大学での研究教育活動を続けていた。学部授業、多数の学部卒論学生の指導、大学の各種会議等をこなしながらの、大学院学生を主な戦力としての研究展開は驚嘆すべきものがあった。さきがけ研究終了時の平成 23 年 3 月に奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科のテニユアトラック准教授の公募に挑戦し、見事採用され、新しい研究室を立ち上げて奮闘中である。(なお、平成 24 年 4 月から任期なしの教授職に昇進予定と聞く)

② 所 裕子 研究者 (第 2 期生)

所研究者は、光と磁気・電気の相関による新規な転移現象の創製とその動的挙動の解明を目的として、集積型シアノ架橋型金属錯体材料の相転移現象を研究した。高温相と低温相間で温度ヒステリシスを伴った電荷移動型相転移現象を示すシアノ錯体の相転移現象の理論的な解析から、隠れた安定相の存在の可能性を見だし、準安定相から隠れた安定相への光誘起相転移を実験的に検証することに成功した。この成果から光照射によってのみ出現する光誘起相崩壊という新しい概念を創出した。又いくつかのシアノ架橋錯体において、光誘起相転移により高速光磁気反転が起こる系を見だし、解析を進めた。新規なシアノ架橋錯体の創出、その相転移現象の理論的解析と実験結果との対応関係の考察を通して、より普遍性のある相転移現象の理解へと進めることができたのは大きな成果である。

所研究者は、採択時は専任研究者として東京大学の研究室に所属して研究を進めてきた。平成 23 年 1 月からは東京大学大学院理学系研究科の特任助教として研究を進めている。所研究者は理工学部物理工学科の卒業であり、物性物理を専門として主に物理学会を足場に研究を進めて来ており、第 2 回 (2008 年) 日本物理学会若手奨励賞 (H20.3.22) 「シアノ架橋型金属錯体における電荷移動に基づいた光誘起相転移現象の研究」を受賞しているが、一方では、化学材料の分野でも活動していて研究成果が認められ、日本化学会第 60 回進歩賞 (H23.3.27) 「特殊な双安定性を示す相転移物質の創製と光誘起相崩壊の発見」を受賞している。物理学と化学の両方を基盤とする研究者に成長してきていることは高く評価できる。平成 23 年 3 月からは、内閣府の最先端・次世代プログラムに「光と相転移の相関による新しい光変換機構の探索」の課題で採択された。

③ 中 暢子研究者 (第 3 期生)

ダイヤモンドはワイドギャップ半導体としての応用に大きな期待を持たれながら、高

純度な単結晶が得られないことから電子物性の研究は立ち後れていた。中研究者は、最近の結晶成長技術の発展により得られるようになった高純度ダイヤモンド単結晶を用いて、電子状態に関わる物性パラメータを高精度に決定する光技術を開拓し、励起子状態の微細構造、電子正孔系の不純物や格子欠陥への捕捉、欠陥と周りの高密度キャリアの相関やデコヒーレンスの起源について実験的な知見をベースに系統的な理解を深める研究を進めた。高分解分光手法を駆使して、3つの異なる視点から実験研究を進め成果を挙げている。第一に単結晶ダイヤモンドにおける励起子と欠陥の関係について研究し、励起子と不純物準位、励起子と電子正孔液滴との相互作用を明らかにした。第二に高純度ダイヤモンドにおける間接励起子の微細構造を解明する研究で新規な現象を見いだした。第三にダイヤモンドナノチップの3次元ラマンイメージングから結晶内に数 GPa に及ぶ引っ張り歪みの存在を見いだした。

中研究者はさきがけ採択決定時は、東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻の特任講師であったが、研究開始直前の平成 20 年 8 月に京都大学大学院理学研究科物理学第一教室の准教授に着任しており、さきがけ研究は京都大学で開始した。中研究者の実験室を訪問した際にたいへん感銘を受けたことは、大先輩から譲り受けた古ぼけた実験装置を今でも大事にして実験に使用していて、新しい実験装置もほとんど手作りのもので、すべての自分の実験装置類に深い愛着をもっていることであった。稀に見る真の実験物理学者である。この才能が全面開花されることを期待するとともに、次世代の女性実験科学者を育成することにつながるものと信じる。

10. 科学技術上の進歩に資する成果、社会・経済・文化的な価値創出への期待

10-1. 基礎科学技術上の進歩に資する成果

次世代の科学技術の進歩を保証するものは、基礎科学の着実な進展である。本領域における基礎科学上の大きな成果を、①学問の基盤をなす研究への挑戦、②次のイノベーションに向けた新しい計測法の開拓、③新奇な物質の探索、の観点からまとめた。

(1) 学問の基盤をなす研究への挑戦

① 光のアンダーソン局在の実験的証明への挑戦（藤田晃司研究者）

藤田研究者は、光のアンダーソン局在の存在の実験的証明というフォトニクス基礎となる課題に挑戦し、学問的に極めて価値の高い成果を挙げた。光の波長程度の空間スケールで誘電率が不規則に変化した構造体（ランダム媒質）は光のアンダーソン局在が発現する可能性がある系として、また光機能材料として極めて興味深い。藤田晃司研究者は、ゾルゲル系で重合反応を制御しながらスピノーダル分解を誘起させる手法により多孔性の金属酸化物からなるランダム媒質を作製する独創的な手法を開拓し、この手法を用いて TiO_2 などの金属酸化物からなる高屈折率ランダム媒体を調製した。そして、光吸収が極め

て小さいルチル型 TiO_2 の多孔体を用い、コヒーレント後方散乱測定や時間分解拡散透過測定を行うことにより、ランダム媒体中における光の局在化の兆候を確認し、この研究がまさに光の局在化の実証例であると認知されるまであと一步に迫る大きな成果をあげた。この成果はランダム媒体を用いてランダムレーザを発振させるという技術につながった。

② 量子ドット集合系における超蛍光の研究（宮島顕祐研究者）

超蛍光とは多数の二準位系が励起状態にあるとき、電磁波との相互作用により各双極子モーメントが位相をそろえることで、マクロな双極子を自発的に形成し、その結果生じる協同的自然放出である。従来、主に気体原子や分子、固体中の分子などで報告されているが、半導体量子ドットも一つの孤立した量子系とみなすことができるため、超蛍光が発生可能な系である。宮島研究者は、 NaCl 単結晶中に埋め込んだ CuCl 量子ドットを用いた系の 2 励起子が結合した励起子分子状態に着目し、二光子共鳴励起過程によって励起子を介さず励起子分子を直接励起することにより、励起子分子—励起子準位間に完全反転分布を形成し、励起子分子発光が超蛍光を起こすことを見だし、量子ドット集合系における超蛍光発生の最初の例を提示するという大きな成果を挙げた。また、超蛍光発生機構を詳細に調べ、自然放出から超蛍光への移行過程、及び二光子共鳴励起において初めて現れる超短パルス発光の 2 つがあることも見出した。

③ 遷移金属酸化物の軌道自由度を光で制御（勝藤拓郎研究者）

遷移金属酸化物には、電子が縮退した複数の d 軌道のどれを占めるかという自由度（軌道自由度）が存在する。勝藤研究者は遷移金属酸化物の軌道自由度を光との相互作用の視点から明らかにし利用することを目標として、軌道自由度に由来する物性を示す物質について、新しい物質の開拓、電子構造の光学的手法による解明、新奇光学応答の開拓について研究を実施した。バナジウムの三角格子二層を基本とする物質において、構造相転移に伴いバナジウムイオンの 3 量体を形成し軌道整列が起こることを実験的に明確にし、この 3 量体構造は、固体中のイオンがつくる分子として捉えることができる一般性のある新しい概念であることを明らかにした。軌道自由度を持つ物質の光学物性の計測、新奇光学応答の開拓を実施し、新たな機能開拓の端緒を切り開いた。

④ 単一不純物を利用した単一発光中心をもつ半導体量子素子（池沢道男研究者）

単一の不純物を含む材料で不純物添加を精密に制御した半導体量子素子を用いれば、その量子性が表に現われた単一光子発生、もつれ合い光子対発生、スピンメモリなどの新しい応用が拓けると期待される。池沢研究者は、III-V 族化合物半導体中の窒素等電子発光中心を、単一発光中心の分光法によって詳しく研究し、量子光学的な応用の可能性をめざした研究を推進した。具体的にはリン化ガリウム (GaP) 結晶に窒素デルタドープとその原子層レベルでの厚さ制御、および濃度制御、異なる結晶面 ((001)面、(111)

面など)へのドーピングを行い、単一発光中心の偏光 PL を観測する手法を開拓し、発光中心である N・N ペアの原子配置を精密に決定することに成功し、N・N ペアに束縛された励起子の振る舞いについて詳細な知見を得た。これは大きな成果である。また、GaP 系の成果を単一光子源として有用性が高い短い発光寿命を持つ GaAs 系へつなげる試みにも挑戦し、研究を展開中である。

(2) 次のイノベーションを見据えた新しい計測法の開拓

① 光ポンピングを偏極源とした超偏極形成技術による新規計測技術の開拓 (後藤 敦研究者)

原子核のスピンを非平衡状態で偏極させる超偏極の技術は、核磁気共鳴、偏極中性子散乱などの先端計測技術や半導体スピントロニクス、量子計算機などの技術革新の背景をなす重要な技術である。後藤研究者は核スピンの偏極源として、半導体の光ポンピング法を用いた高効率偏極法と偏極転写の技術を組み合わせ、多様な固体において汎用性が高い超偏極技術を開発した。光ポンピングと多重磁気共鳴を同時に、或いは継続して行うことができる光ポンピング二重共鳴システムを独自に開発し、低温で安定に稼働し、光照射が可能な独創的なシステムを開発し稼働させた。一方半導体のナノ界面を利用した核スピン偏光器を開発し、高効率の核スピン偏極の転写注入を可能にした。これらのオリジナリティーを高い技術システム開発の立脚点として、半導体の光ポンピング NMR スペクトルを測定するなどの新しい計測技術を開拓した。

② 光照射による巨大磁気抵抗効果の発現 (生駒忠昭研究者)

生駒研究者は、光を用いて室温大気中において巨大な磁気抵抗効果を発現する分子集合体を創出することを目標に掲げ、光キャリア生成・再結合過程を制御することで誘起される非磁性有機半導体の磁気抵抗効果を研究した。ポリビニルカルバゾール薄膜及び自己組織化ナノチューブについて、磁気抵抗効果の実験値の解析とキャリアダイナミックスの量子力学的計算との対比から、磁気抵抗効果の起源はキャリアスピンの緩和過程への磁場効果であることを解明した。非磁性有機半導体の磁気抵抗効果の一つの確かな起源を見いだしたことは大きな成果である。

③ マルチクロモフォア系の光アンチバンチング (増尾貞弘研究者)

単一量子システムからの光アンチバンチングはよく知られた現象であるが、発光性分子の集合体などのマルチクロモフォア系における光アンチバンチングの発現に関しては未開拓の分野であった。増尾研究者は、マルチクロモフォア系であっても、そのサイズをナノメートルスケールで制御すれば光アンチバンチングを示すことを発見し、有機ナノサイズ集合体における光アンチバンチング発現のメカニズムの解明により、サイズ制御によりマルチクロモフォア系が単一光子発生源として働くという新しい概念を確立した。マルチク

ロモフォア系の光アンチバンチングの概念は、有機ナノサイズ集合体から、単一発光性 π 共役ポリマー鎖や量子ドットを含む系へと拡張され、その有用性が実証された。

④ テラヘルツ時間領域分光法による電子物性解析（山本晃司研究者）

ファンデアワールス力で凝集した固体である有機半導体の物性には分子間振動の影響が大きいので、テラヘルツ時間領域分光法は電子物性を解析する有用な手法である。山本研究者は独自に開拓したテラヘルツ波発生解析法やテラヘルツ分光法を駆使して、有機半導体、特に有機半導体表面におけるキャリア生成・移動現象の新しい観測手法を開拓した。有機半導体におけるキャリア生成・移動・消滅を無接触で観測する新しいテラヘルツ分光法への展開が期待できる。

（３） 新奇な物質の探索

① 分子ジャイロコマの創成（瀬高 渉研究者）

瀬高研究者は、アルカン鎖をかご骨格に用いてかご型骨格内にベンゼン環などの π 共役分子を配置した分子ジャイロコマを合成し、分子ジャイロコマの運動を確認した。回転子であるフェニレン環の運動の温度依存性をNMRを用いて詳細に調べ、分子ジャイロコマが室温では高速回転していることを明らかにしたことは大きな成果である。更に、分子ジャイロコマに双極子モーメントを導入することで外部刺激に応答するようにした系の構築や、分子ギアや分子シャトルの合成などの研究展開が期待される。

10-2. 応用科学上の進歩に資する成果

新しいエレクトロニクス技術、光機能材料への応用を展望できる材料の創成、それらの物性を極める、等の応用科学上の進歩に資する研究成果は学問基盤の構築の観点とは異なる視点の目的研究として評価されるもので、（１）新規構造と物性、（２）新規材料の開拓、（３）新規反応の開拓、の視点からここに成果をまとめた。

（１） 新規構造と物性の開拓

① ランダム構造内への欠陥導入による局在モード制御（藤原英樹研究者）

波長オーダーの不規則な屈折率分布をもつランダム構造では、光の多重散乱とその干渉効果により光局在現象が誘起されるが、その特徴であるランダムさの存在のため、局在位置や局在周波数の制御や入出力の制御が困難である。藤原研究者は、ランダム構造内に欠陥領域を導入することで局在モードを制御するというユニークな発想により、ランダム構造を用いた光デバイスや光反応場の実現に向けた研究を展開した。2次元の誘電体のランダム構造内に欠陥部を導入した系について数値解析と光透過実験を並行して行い、局在モード制御のための構造パラメータの設計指針を確立した。又、金属のランダム構造体へモデルを拡張し、プラズモン共鳴効果とランダム構造による光閉じ込め効果の相乗効果発現へ

挑戦した。

② カイラリティーを選択した単一カーボンナノチューブの電界発光（加藤雄一郎研究者）

カーボンナノチューブの電界発光はナノスケールの一次元的構造からの発光として、基礎科学、応用の両面で極めて興味深い。加藤研究者は基板上で個別に選択した単一のカーボンナノチューブのカイラリティーを蛍光スペクトルから求めた上で、バックゲート型の電界効果トランジスタを作製して、単一カーボンナノチューブの電界発光を個別に測定することで発光機構を解明できる道を開拓した。カイラリティーが異なるカーボンナノチューブを作り分けてその電子物性、光学物性を丹念に調べる手法の確立により、カーボンナノチューブを用いる電子デバイスや発光デバイスの本質の解明に大きく貢献すると期待できる。

（２）新規機能材料の開拓

① 多重機能性混合原子価集積型金属錯体の創成（大久保貴志研究者）

集積型金属錯体は従来の無機・有機化合物では実現できない構造と電子状態を与えるユニークな材料である。大久保研究者は、含硫黄有機分子であるジチオカルバミン誘導体を架橋配位子として用いることで、電場や光に特異な応答を示す多重機能性混合原子価集積型金属錯体を合成し、その光・電子機能性発現を見いだした。ジチオカルバミン酸単核銅（II）錯体は誘電体ではなく半導体特性を示し、高いキャリア移動度を持ち、その起源が銅イオンのd軌道とジチオカルバミオン酸配位子のHOMO軌道のエネルギーレベルが近接していることにあることを示したことは、混合原子価集積型金属錯体の研究として極めてユニークで大きな成果である。

② 多重水素結合を用いた超分子モジュール化の手法の確立（矢貝史樹研究者）

高度に組織化された色素集合体は、有機光電子機能材料として注目されてきたが、集合体形成の手法の体系化は依然として未成熟のままである。矢貝研究者は多重水素結合を用いて色素をナノレベルでグループ化して組織化するという超分子モジュール化の手法を提案し、これによりメロシアニン、ペリレンビスイミド、 π 共役オリゴマー等の汎用性の高い光電子機能ユニットを用いて高度に組織化された分子集合体を形成させる手法を創出した。光電変換デバイスや発光デバイス等に利用する光電子機能材料として必要な分子組織体を構築するための基本戦略まで踏み込んだ大きな成果である。

③ ナノ集合体の微細構造・形状を制御した超分子集合体の創成（羽曾部卓研究者）

有機色素類のナノ集合体の微細構造や形状を制御する超分子集合体の手法は、太陽電池などの有機エレクトロニクスに利用する半導体材料を設計する有力な手段である。羽曾部

研究者は単一または複数の構成分子による集合体を分子レベルで精密に構造制御し、更に巨視的なレベルでの構造形成も可能となるような超分子の戦略を構築し、その結果を太陽電池の高性能化に反映させるという戦略により、有機色素ナノ粒子のサイズを制御、超音波照射によるポルフィリンナノロッドの構築、ドナー層とアクセプター層を層分離した構造を持つ棒状ナノロッドの構築などの成果をあげた。これらを光電変換系に組み込み、励起子拡散、電荷分離過程、キャリア移動過程を調べ、光電変換効率向上の指針を提示した。

④ アリール金イソシアニド錯体の発光性メカノクロミズム (伊藤 肇研究者)

機械的刺激により分子構造や分子凝集構造を変化させる、いわゆるメカノケミストリーは学術的にも応用技術上も極めて興味深い分野であるが、この現象が発現する物質の具体例が少なく、分子レベルの発現メカニズムは未だ十分解明されていない。伊藤研究者は、アリール金イソシアニド錯体において機械的刺激によりフォトルミネッセンスが変化する、発光性メカノクロミズム現象を見だし、発光性メカノクロミズムの発現機構の解明を行った。結晶中における金原子間相互作用と芳香環相互作用の切り替わりによる構造転移が発光性メカノクロミズムの起源であることを明らかにできたことは大きな成果である。又、新たな合成ルートを開拓して、多くのアリール金イソシアニド錯体を合成し、発光性メカノクロミックプローブ材料の開発に繋がった。

(4) 新規反応の開拓

① クリック型反応を駆使した新規な光機能材料の創出 (道信剛志研究者)

クリックケミストリー型反応は温和な条件下で定量的に目的物へ変換できる反応であり、副生成物が無く、環境負荷が少ない条件で新規材料を作り出すことができる。道信研究者は、従来のクリック型反応の欠点を取り除く新しいクリックケミストリー型反応を開発した。具体的には、電子供与性基で活性化されたアルキンがテトラシアノエチレン (TCNE) やテトラシアノキノジメタン (TCNQ) 等のアクセプター分子と定量的に付加反応を起こす反応系を設計し、生成物のドナーアクセプター型構造に由来する光電子機能材料を創出することに成功した。高分子主鎖や高分子側鎖のポスト機能化、高分子合成反応などにより新規光機能材料を合成し、非線形光学材料、化学センサー、色素増感太陽電池などへの利用に向け展開した。

② 光化学反応におけるエナンチオ選択性の制御 (楊 成研究者)

光化学反応を利用すれば、熱反応では合成困難な複雑で特異な構造の分子を短い反応ステップかつ高効率で合成できる。しかし、光化学反応における立体選択性、特にエナンチオ選択性を制御することは極めて困難な課題である。楊研究者は、各反応段階の自由エネルギーではなく、外部因子である励起波長を調整することで反応の立体選択性を変えられる現象を見だし、キラル光化学反応において励起光の波長効果を検証し、こ

の機構を解明するとともに、適用限界を広げた。これにより従来は注目されなかった励起波長を変化させることで不斉化反応を制御するという新しい方法論が提示された。

10-3. 社会・経済的な価値創造へ向けての成果

産業的に利用可能な具体的なターゲットを掲げた研究開発において、幾つかの具体的な成果が得られた。

① プラズモンを利用した LED の高効率化（岡本晃一研究者）

岡本研究者は、ナノ構造を持つ金属薄膜を用いて、プラズモニック発光増強により青色 LED の著しい高効率化に成功し、プラズモニック発光増強の機構を解明し、発光増強を制御・最適化し高性能発光デバイスの実現に結びつける研究を展開した。InGaN/GaN 上に Ag 薄膜を形成した試料についてフォトルミネッセンススペクトル及び時間分解発光測定と 3 次元時間領域差分法を用いたシミュレーションを組み合わせることにより、プラズモニック発光増強の機構を説明し、その知見によりナノ構造の導入による発光増強の制御・最適化に成功した。実用的な意味において重要な LED の高効率化の指針を提示できたことは大きな成果である。プラズモンを用いた発光過程の増強の概念は、逆の光過程である受光過程においても利用できるもので、今後のプラズモニック太陽電池応用の研究展開にも大いに期待できる。

② 金属ナノ粒子における局在プラズモン共鳴による光誘起電荷分離（立間徹研究者）

金属ナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴は多様な光機能材料へ応用可能な興味深い現象である。立間研究者は金属ナノ粒子と酸化チタンのような半導体との界面において、局在プラズモン共鳴による光誘起電荷分離が起こることを見いだした。さらに、この電荷分離の機構は金属から半導体への電子移動によることを解明し、又、電荷分離には光照射による電場増強が寄与することを明らかにした。これにより多様な光照射による光物性、粒子形状変化が可能となった。酸化チタン単結晶上に析出させた銀ナノ粒子系で偏向光を用いることで異方性を誘起したナノロッドを析出させるなど、新たな機能材料・デバイスへの応用展開を図った。

③ 電流変調可能な面状発光有機発光トランジスタの実現（中山健一研究者）

中山研究者は、従来の電界効果型有機トランジスタに対して低電圧動作と大電流動作が可能な縦型メタルベース有機トランジスタ（MBOT）を考案し、その動作メカニズムを解明し汎用性のある高性能縦型有機トランジスタの設計手法を確立した。MBOT に有機 EL を組み込み、有機発光トランジスタを作製し、デバイス構造の工夫や用いる材料の合理的な選択により大きく発光特性を向上させ、その有用性を示すことに成功した。単なる珍しい有機トランジスタでしかなかった MBOT の実用性を検証し、世界的な注目を得たことは大きな成果である。

④ 電流励起レーザ発振への挑戦（竹延大志研究者）

有機 EL（有機半導体発光ダイオード）の研究開発の大きな進展と実用化にもかかわらず、有機半導体の電流励起によるレーザ発振は未だ実現していない。竹延研究者は両極性有機単結晶トランジスタを用いることにより、電流励起レーザ発振に挑戦する研究を展開した。高効率 P L 発光材料を用いた両極性単結晶トランジスタを作製し多様な発光波長の高効率発光を得たこと、トランジスタ構造の最適化により限界電流密度を 12kA/cm^2 まで引き上げることに成功したこと、共振器構造の設計により光閉じ込めを向上させレーザ発振閾値を一桁近く低減したことなど、電流励起レーザ発振へ向けての大きな前進を成し遂げた。

1 1. 総合所見

本領域では、「光の究極的及び局所的制御」の戦略目標の下で、有機物、無機物、生物関連物質などの凝集体（固体、薄膜、分子集合体、液晶、ゲルなど）に対する光の作用について新しい角度から多面的に追求することを目標に掲げ、「光機能を物質から取り出す」、「光を用いて物質の本質を調べる」、「光を用いて機能物質を創成する」の 3 つ観点を提示してきた。

研究者の募集と採択に当たっては、さまざまな分野の若手を中心とした個人の独創的な発想に基づいたこれまでにない研究を対象としつつ、単なる新奇な思いつきではなく、長期的な視野での光関連科学技術の発展につながる基礎的で深みのある研究提案を重視した。また化学者と物理学者、物質創成専門研究者と構造物性専門研究者、物性研究者とデバイス応用研究者のような、異なる専門分野の相補的協力関係が、領域内における研究実践の中から生まれることも期待して選考を行った。その結果、第 1 期生 10 名、第 2 期生 10 名、第 3 期生 8 名の 3 年間で併せて 28 名の、学問的背景も研究対象もたいへん広い、光と物質に関わる卓越した研究者集団を作り出すことができ、活発な研究交流促進の基盤が整った。

領域運営に当たっては、採択された研究者の独創的な研究推進を全力で支援することを最大目標としたが、研究者の視野拡大、新しい研究課題を創成するマインドの醸成、領域内共同研究推進の奨励、領域外への研究協力関係の発展などを常に意識的に推奨し、若手研究者を将来の我が国の研究開発の中核を担うべき中堅研究者へと成長させることも目標とした。特に以下の事項を重点的に配慮した。

- （1）研究活動の全面的な支援
- （2）創造的研究目標への展開に向けての支援
- （3）研究協力、共同研究の促進
- （4）研究成果の公表の促進
- （5）知財権の取得支援
- （6）研究環境の向上

(7) 研究倫理の自覚

また、具体的な運営に当たっては、研究総括、領域事務所として次のような点に特別の配慮を行なった。

- (1) 物理から化学まで、基礎から応用までの研究者の広がりを生かす取り組み
- (2) 女性研究者・アドバイザー、外国籍研究者・アドバイザーの採用
- (3) 研究総括／技術参事／事務参事の研究者訪問
- (4) 領域会議の活用
- (5) 研究者の研究加速、研究環境の向上の支援
- (6) さきがけ「光の創成・操作と展開」領域との交流
- (7) 研究終了報告会開催の工夫
- (8) 研究者倫理と研究者の責任の自覚を促す取り組み

本研究領域の特徴のひとつは、新規機能性発現を企図した新物質創製とその材料設計指針および合成技術の確立から未知現象の発見、各種物性評価と新しい測定方法の開発、新規デバイスの作製と応用技術の確立、さらにそれらのバックアップに資するコンピュータ・シミュレーション技術の開拓等、合成化学－材料科学－応用物理学－デバイス工学等の分野の研究者を網羅していることである。本領域のねらいは、個々の研究の進展は言うに及ばず、そうした多様性を生かして研究者がかつて体験したことのないような学問的拡がりの場と雰囲気を醸成することであり、このねらいは十分に達成されたと判断する。

研究者の成果の最も重要な基準のひとつは、如何に自らの成果を学術論文、学術講演として世界に発信し、記録に残して科学技術の発展に寄与できたかである。28名の研究者はそれぞれ学術論文、学会発表（国内、国際）、招待講演（国内、国際）など活発に行い、数多くの成果発信がなされてきた。なお、さきがけ研究は基盤研究や探索研究が多く、必ずしも特許出願とは馴染みにくい面もあるが、若干数の特許出願もなされた。研究成果の質を判断する一つの指標としての学会等からの学会賞等の受賞や表彰も多数あり、その中には2件の国際賞、4件の文部科学大臣表彰、そして日本化学会学術賞等が含まれる。

多様な専門分野の研究者が領域会議等で情報交換を行い、議論を深める中で多様な形態の共同研究が生み出された。理論物理研究者のアイデアを実験研究者が実験検証する研究、マイクロ波を用いるユニークなキャリア移動度評価法を確立した研究者を中心とする多様な材料のキャリア移動度を評価する共同研究、有機合成化学者、有機デバイスの研究者、物性研究者がそれぞれの得意な技術を集結させた目的指向の共同研究など、多くの領域内共同研究が生まれ成果が生み出されてきている。

さきがけ研究を自らが提案した計画に従って遂行しつつ、次の展開に向けた研究企画を常に心がけることを奨励した結果として、幾つかの重要な進展があった。継続的に課

題を発展させ新たなさきがけ研究に採択された例、領域内研究者が結集して特定の目標を設定して CREST 研究に採択された例、内閣府の最先端・次世代プログラムに多数採択された例、などの新展開があった。

次世代の科学技術の進歩を保証するものは、基礎科学の着実な進展である。本領域における基礎科学上の大きな成果には、光アンダーソン局在の実験的検証への挑戦、半導体量子ドットの超蛍光、遷移金属酸化物の軌道自由度の光制御など、学問的価値が極めて高い学問の基盤をなす研究への挑戦、光アンチバンシングを用いた計測法の開拓や、時間分解マイクロ波吸収法を用いた新規キャリア移動度評価法の確立など次のイノベーションに向けた新しい計測法の開拓、分子ジャイロコマの合成など新奇な物質の探索、等々が挙げられる。

新しいエレクトロニクス技術、光機能材料への応用を展望できる材料の創成、それらの物性を極める等、の応用科学上の進歩に資する研究成果においても顕著な成果が上げられた。次世代半導体として期待される高純度ダイヤモンドの電子物性、ランダム構造内への欠陥導入による局在モード制御技術、多重水素結合を用いた超分子モジュール化の手法、など流行を追わない独自性が高い研究が含まれる。また、産業化の視点が明確な、プラズモンを利用した LED の高効率化、電流変調可能な面状発光有機発光トランジスタ、電流励起有機半導体レーザへの挑戦などの課題についての着実な進展が見えたことも大きな成果である。

若手研究者に独自の発想で研究を展開させることを主旨とするさきがけ研究においては、我が国における次世代の科学技術イノベーションを担う優秀な中堅研究者を育成することも重要な課題である。さきがけ研究者にとって、さきがけ研究の期間は若手研究者として研究活動に没頭できる時期であると同時に、より主体的に研究活動ができる場を求めて職場を異動し、昇格を図るべき時期でもあり、多くの研究者が異動昇進を果たし、自ら研究室を指導して自らの創意で研究活動を展開できる地位を獲得してきていることは人材育成の観点での大きな成果である。また、さきがけ研究を実践する中で、研究企画、研究実践そして研究の総括までを自律的かつ自覚的に行う姿勢、異分野の優秀な研究者と切磋琢磨を重ねながら協力関係を築き上げること、研究費の申請から管理、研究環境の整備までの研究インフラ構築の手法まで、広く学ぶ機会を与えることができたことは、見えない成果と信じるものである。

最後に、研究者支援拠点としての領域事務所の存在意義について述べる。JST 本部のご配慮により、幸いにも研究総括が在籍する大学の構内に独立の領域事務所を設置でき、研究総括と技術参事、事務参事、事務員とで構成される領域事務所が一体となって研究者のサイドに立った領域事務所運営と研究者支援活動が展開できたことを強調したい。研究総括が常に研究者の側に立って、指導と助言を行うことは当然であるが、技術参事、事務参事、事務員もそれぞれの役割において、研究者の立場に寄り添いながら研究遂行上の種々の苦しみや悩みに直に接し、可能な支援を行うことができたのは、適任の人物

を得たという特別の事情にも負うところは多いが、独立した領域事務所において常に 4 名が協議しながらすべての事態に対処できた実務執行体制にあった。若手研究者に伸び伸びと自由な発想で科学技術のイノベーションに向けた研究展開を実践させるというさきがけ研究の主旨を实践するには、研究総括、技術参事、事務参事、事務員が机を並べて仕事ができる環境にある独立した領域事務所の存在は今後とも極めて重要であることを強調したい。特に研究総括が関東圏以外の地域に在住するケースでは、研究総括に近接した独立領域事務所の存在は貴重であった。

ここに、さきがけ「物質と光作用」研究領域の成果をまとめ、領域の運営を終了するに当たり、28 名の若き研究者諸氏がさきがけ研究者としての誇りと自覚を持って更に精進し、近い将来、我が国の科学技術イノベーションを担う中核的研究者へと成長するものと確信する。

以上