

5-6 最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラム (文部科学省)

文部科学省は、平成 20 年度より拠点形成事業として、「最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラム」(以下、光拠点事業)を進めてきた(<http://www.photonfrontier.net/>)。本事業はナノテクノロジー・材料、ライフサイエンス等の重点科学技術分野を先導し、イノベーション創出に不可欠なキーテクノロジーである光科学技術の中で、特に、今後求められる新たな発想による最先端の光源や計測手法等の研究開発を進めると同時に、このような最先端の研究開発の実施やその利用を行い得る若手人材等の育成を図ることを目的としている。具体的には、光科学や光技術開発を推進する複数の研究機関が相補的に連結されたネットワーク研究拠点を構築し、この拠点を中心にして(1)光源・計測法の開発;(2)若手人材育成;(3)ユーザー研究者の開拓・養成を3本柱とする事業を展開してきた。

分子科学研究所は、大阪大学、京都大学、日本原子力研究開発機構とともに、「融合光新創生ネットワーク」と題したネットワーク拠点を形成している(<http://www.c-phost.jp/>)。本年度で10年目の最終年度を迎えたが、これまでにこの拠点を舞台に、世界の光科学を牽引する多くの素晴らしい研究成果や人材が生み出されてきた。なお、この他、東京大学、理化学研究所、電気通信大学、慶応義塾大学、東京工業大学によって構成される「先端光子アライアンス」と題されたネットワーク拠点が形成されており、これら二つの異なる拠点間の交流も進んだ。

平成 29 年度の分子科学研究所における活動内容を以下にまとめる。

(1) 光源要素技術の開発

超高精度量子制御技術の開発では、多体相互作用そのものを詳細に観察し制御する研究を推進し、強相関原子集団の多体相関を直接観測するための実験装置を完成させた。具体的には、光ピンセットを用いて空間的に配列させた高密度・極低温ルビジウム原子集団の5s電子をリユードベリ状態に励起することによって、強相関多体双極子系を作り出すことに成功した。ここでの超高速電子ダイナミクスを観察・制御する全く新しい超高速量子シミュレーターを開発することに成功した。また、時空間コヒーレント制御に有効と期待される京都大学の野田進教授のフォトニック結晶レーザーの導入に向けて、野田グループとの研究交流を推進し、本拠点事業終了後の平成 30 年以降の研究体制を確認した。

深紫外や中赤外領域における新しい超短光パルス発生技術の開発では、これまでの研究の集大成として、これまで開発を進めてきたサブサイクル中赤外光パルスを高次高調波発生に用いて、紫外から赤外まで位相が揃っているコヒーレントな光を発生させることを試みた。ファイバーレーザーの開発では、平成 29 年度は最終年度として、これまで開発してきたレーザーを他分野に応用することを試みた。具体的には、平成 28 年度に開発した 1.8 μm の増幅器を多光子顕微鏡に応用することを試みた。また、ファイバーラボ社と協力し、フェムト秒パルスの増幅に最適な特殊ファイバーの提供を受け、共同研究を進めた。そのファイバーによって、前年度よりも2倍程度の出力を得ることができた。多光子顕微鏡については、生理学研究所の村越准教授と意見を交換し、共同で研究を進めた。

マイクロドメイン制御に基づく超小型高輝度高品位レーザーの開発では、IR(中赤外)-OPCPAに最適化した大口径 PPMgLN の集大成化として、外部と連携しながら世界最高出力の発生を狙い、ETH の U. Keller グループとの共同研究において、ノンコリニアな QPM として大口径 PPMgLN を用いることで、中心波長 2.2 μm において2サイクル以下の超短パルスである 15 fs に相当する広帯域光を平均出力 9.1 W 以上と世界最高出力記録を達成した。また、マイクロチップレーザー・アンプと PPMgLN-OPG の小型構成でも、エネルギーで mJ 級、尖頭出力でメガワット級の出

力特性が得られることを実証した。

時空間分解顕微分光技術の開発では、局所的なキラル光学場の検出法の開発を進め、近接場で純度の高い直線偏光を試料に照射して、散乱される光（一般的に楕円偏光）の偏光状態（楕円率と偏光回転角）を計測して近接場イメージを計測する手法の開発に成功した。開発された測定手法を用いて貴金属ナノ構造試料のキラル光学場解析を進めた。また、円偏光二色性（CD）の測定精度を高めるための新たな偏光変調法を、遠方場及び近接場光学顕微鏡に実装した装置（遠方場 CD 顕微鏡及び近接場 CD 顕微鏡）を構成した。遠方場の CD 顕微鏡は液晶物質やナノ微粒子等のマイクロドメインあるいはナノ領域でのキラリティの研究に適用できるものとし、共同利用が可能な形に整備した。

(2) 人材育成・施設供用

人材育成では、光と原子分子の相互作用に関する基礎学術面での教育を担当し、上述の光源要素技術開発業務への大学院生の参加を通じて、我が国の光科学の将来を担う人材育成に貢献した。その他、大森教授が Innsbruck 大学・量子光学・量子情報研究所（IQOQI；オーストリア）、Institute d'Optique（フランス）、MIT-Harvard 大学・極低温原子センター（CUA；アメリカ合衆国）、Max-Planck 光科学研究所（ドイツ）、オックスフォード大学・物理学科（イギリス）、Max-Planck 量子光学研究所（ドイツ）において光と原子分子の相互作用に関する講義を行った。さらに、École Normale Supérieure（フランス）・IISER Kolkata（インド）からの留学生、および山西大学・量子光学国家重点実験室（中国）の若手常勤講師を分子研に受け入れることによって、日本の光科学のレベルを海外の若手に周知し、光科学を支える国際的な人材育成に貢献した。また、各々の PI が総合研究大学院大学の大学院生の教育や研究指導、総合研究大学院大学における講義や特別セミナーでの講演などを行った。岡本教授は関西学院大学で光科学（ナノ光学イメージングとプラズモンに関する基礎とトピックス）に関する講義を行った。国立パリ高等化学学校（フランス）からのインターンシップ学生を分子科学研究所に受け入れることによって、日本の光科学のレベルを海外の若手に周知し、光科学を支える国際的な人材育成に貢献した。総合研究大学院大学の大学院生に対する特別セミナーでの講演（先端計測制御概論のシリーズ講義のうちの、ナノ光計測に関する基礎とトピックス）を担当した。藤准教授は、物性若手夏の学校において、講師を務め、超短光パルス計測法についての集中ゼミを行った。また、平成 30 年 3 月にウィーン工科大学において、光科学に関するセミナーを行った。更に、香川大学から修士課程の学生 1 名を 2 か月 2 回受け入れ、教育や研究指導を行った。平等准教授は、国立パリ高等化学学校（フランス）からのインターンシップ学生を分子科学研究所に受け入れることによって、日本の光科学のレベルを海外の若手に周知し、光科学を支える国際的な人材育成に貢献した。また、豊橋技術科学大学の客員教授として同大学の助教、博士後期学生の指導に当たった。その他、光産業創成大学院大学、公益財団法人浜松地域イノベーション推進機構フォトンバレーセンター委託事業での平成 29 年度第 1 回光を利用したものづくりに関するセミナーにおいて講演を担当した。

施設共用では、超高精度光干渉計を奈良先端科学技術大学院大学・ストラスブール大学（フランス）・ハイデルベルグ大学（ドイツ）・オックスフォード大学（イギリス）・インスブルック大学（オーストリア）・浜松ホトニクス株式会社・ベルリン自由大学（ドイツ）・山西大学（中国）との協力研究の資源として提供し、多体系の量子コヒーレンスを観測・制御する新しい光科学技術の推進に貢献した。同様に、走査型近接場光学顕微鏡をグラスゴー大学（イギリス）、大阪大学、大阪府立大学、九州大学、北陸先端大学院大学との協力研究の資源として提供し、ナノスケールでの局在電場増強の解明に貢献した。ナノ秒コヒーレント光源（東京工業大学設置）については、京都大学大学院理学研究科ならびに群馬大学理学部への研究資源提供に関する打ち合わせを行った。また、コヒーレント X 線発生、アト秒発生に重要なモノサイクル中赤外光発生のための大口径擬似位相整合素子 PPMgLN をチューリッヒ工科大学

(スイス)の U. Keller グループなどに協力研究の資源として提供した。

本ネットワークにおける供用研究の推進への寄与を目的として、武井宣幸助教および大森賢治教授が理研の二本柳聡史博士および緑川克美博士らと協力して、第14回エクストリームフォトニクス研究会を平成30年2月6-7日に開催し、東西拠点の連携に貢献した。平等准教授は「マイクロ固体フォトニクス」(レーザー学会)専門委員会を平成29年6月15日、9月29日、平成30年2月22日と開催し、東西拠点の連携、さらには学術成果の民間企業への展開に貢献した。また平等准教授は分子研も共催のOSAのトピカルミーティング Advanced Solid-State Laser 2017 を統括議長として名古屋国際会議場に誘致し、固体レーザーや非線形光学波長変換に関する最先端の議論を行った。スタンフォード大学の R. L. Byer 教授(2017年のノーベル賞案件である LIGO における固体レーザーに関する話題)、理化学研究所の緑川克美博士(アト秒レーザーに関する話題)からの基調講演など、東西拠点の連携、さらには国際的な連携に貢献した。