

ICORP「超短パルスレーザー」プロジェクト 追跡評価報告書

総合所見

本プロジェクト終了年度の2010年度より、小林孝嘉を研究代表者としてSICP（戦略的国際科学技術協力推進事業）「超短パルスの空間・時間・周波数制御のための金属-誘電体ハイブリッド材料」（2010年度～2012年度）並びにCREST（戦略的創造研究推進事業）「先端光源を駆使した光科学・光技術の融合」領域において「高性能レーザーによる細胞光イメージング・光制御と光損傷機構の解明」（2010年度から2014年度）が採択され、それらの研究課題において本プロジェクトの成果が発展的に引き継がれている。

相手国チームとの連携については、2011年に小林元研究総括がドイツのアレキサンダー・フォン・フンボルト財団からHumboldt Research Awardを贈られたことは、本プロジェクトを含めてドイツのマックス・プランク量子光学研究所との長年の研究交流が評価されたものである。

本プロジェクトの主要なテーマである「超短パルス光源の開発とそれを使った遷移状態の分光研究」は、その後、前述の後継プロジェクトにおいて誘導放出顕微鏡および熱顕微鏡といった新規な超解像顕微鏡や蛍光イメージングのための多チャンネルフェムト秒光源としての新たな発展をもたらしている。これらの成果は、直接的には科学のツールとして光化学反応の理解や新素材開発、生物・医科学における病理の解明と診断等に役立つものとして高く評価できるが、社会や経済に与える影響についての評価はもう少し時間を要する。一方、参加した研究者の多くは、現在も国内外の大学や研究機関で活動しており、当該分野の人材の育成という観点からも本プロジェクトは成功であったと評価できる。

以上の成果並びにプロジェクトの成功は研究総括の強いリーダーシップがもたらしたものであるが、今後は、それらの成果が若手の研究者に引き継がれるとともに、分光研究や顕微鏡研究のみならず大型レーザーの開発等にも広く利用されていくことが期待される。

1. 研究成果の発展状況や活用状況

(1) プロジェクト終了後の研究の継続、発展

本プロジェクト終了年度の2010年度より、小林元研究総括を研究代表者としてSICP「超短パルスの空間・時間・周波数制御のための金属-誘電体ハイブリッド材料」並びにCREST研究領域「先端光源を駆使した光科学・光技術の融合」において研究課題「高性能レーザーによる細胞光イメージング・光制御と光損傷機構の解明」が採択され、それらの研究課題において本プロジェクトの成果が発展的に引き継がれている。

特に、CRESTにおいては、超短パルス光源の開発、遷移状態分光の研究および超解像顕微鏡の開発について研究をさらに深化させるとともに、その利用において新たな展開を見せている。光源開発では、10fs深紫外パルス光源と2光子吸収スペクトル測定装置を開発

し、本プロジェクトの成果がより直接的に引き継がれている。一方、超解像顕微鏡の開発は、本プロジェクト後に新たに取り組んだ課題であるが、本プロジェクトでの研究成果や実験技術の蓄積があっただけで可能になった内容である。さらに、光遷移状態分光においては、本プロジェクトで開発した光源ならびに測定手法等の有用性が実証されている。

本プロジェクトにおいて発表された論文は期間中が 87 編であるのに対して、プロジェクト終了後から現在まではそれとほぼ同数の 86 編が発表されており、そのアクティビティは維持されてきたと判断される。今後は、参加した若手研究者が本研究の成果を引き継ぎ、次のプロジェクトを提案することが期待される。

(2) 相手国チームとの交流の効果

2011 年に、小林元研究総括がドイツのアレキサンダー・フォン・フンボルト財団から Humboldt Research Award を贈られたことは、本プロジェクトを通してドイツのマックス・プランク量子光学研究所との長年の研究交流が評価されたものである。また、本プロジェクト終了後も、相手国チームとの共著論文が複数編発表されていることから、その交流は継続されていると思われる。

2. 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

(1) 研究成果の科学技術の進歩への貢献

本プロジェクト終了後の成果は、以下の 3 点に要約される。

- (i) 光反応研究に適した光源および測定装置の開発
- (ii) 光劣化機構・光解離機構、光生物過程等の超高速光反応過程の研究
- (iii) 誘導放出顕微鏡および光熱顕微鏡といった新規な超解像顕微鏡の開発

(i) の成果のひとつは、クリーンな超短パルス光源の開発であり、この成果は超高強度場科学用の高強度レーザー光源に活かされている。また CEP 安定化の手法は、高次高調波によるアト秒パルス発生や光周波数コムの高精度化に寄与している。一方、(ii) に関しては、小林元研究総括のライフワークといってもよく、物性物理や光化学ならびに光生物学において重要と思われる幾つかの高分子の中間体や過渡状態における超高速な挙動の解明に取り組んできた。その手法の開発においては、本プロジェクト後も進展が見られ、今後の発展も期待できる成果が得られている。また (iii) のテーマに関しては、蛍光イメージングのための多チャンネル化可能なフェムト秒パルス光源および誘導ラマン損失あるいは 2 光子吸収に伴い発生する熱による屈折率変化を利用した超解像顕微鏡の改良と安定化に取り組んできた。これらの装置が当該分野で広く認知されるには、今後、実際にこれらの装置を利用する応用分野の専門家との連携等が必要である。

本プロジェクトの主要なテーマである「超短パルス光源の開発とそれを使った遷移状態

の分光研究」は、直接的には科学のツールとして光化学反応の理解や新素材開発、生物・医科学における病理の解明と診断等に役立つものであるが、それを正しく評価するにはもう少し時間が必要である。したがって現時点においては、当該分野の新潮流を生み出すような発見や発明があったかを判断するのは難しい。また、社会や経済に与える影響についての評価もより長い時間を要する。

(2) 研究成果の応用に向けての発展

本プロジェクトでは、超短パルスの発生と利用に関して、幾つかの重要な技術が開発された。例えば、サテライトのない超短パルス光源と多チャンネルロックイン検出器という基本技術を活用して、光反応研究用装置の開発、超高強度場科学用の高強度レーザー光源、アト秒超短パルス光源、光周波数コムの高精度化などへの広い応用が期待される。また、本プロジェクトの主要なテーマである「超短パルス光源の開発とそれを使った遷移状態の分光研究」に関しては、科学のツールとして光化学反応の理解や新素材開発、生物・医科学における病理の解明と診断等を通じて社会的課題解決に寄与するものと高く評価されるが、短期的・直接的に社会に大きなインパクトを期待すべきものではない。将来の応用としては、光劣化耐性材料の開発、超硬材料・爆発性材料・脆弱材料など従来法では加工が困難な材料の加工、および生体組織の非侵襲診断が期待される。

一方、今後の高強度レーザー利用においても、パルスの高コントラスト化と CEP 制御が重要性を増す。早い段階からこうした観点に着目してフェムト秒光源開発を推進してきた本プロジェクトの成果は、その後の共同研究で改良され、プロジェクトで協力関係にあった国内外研究機関での研究開発に大きな貢献をしている。すなわち、プロジェクトの成果は、大阪大学におけるアダプティブパワーフォトンクス研究へと継承され、また、ドイツのマックス・プランク量子光学研究所における高強度 CEP 安定化赤外パルス光源開発にも活用されている。これらの研究機関では、ペタワットレーザー、エクサワットレーザーによる高強度場科学研究、アト秒科学研究が推進されている。これらのことから、本プロジェクトの研究成果は、今後の超短パルス利用技術の高度化に大きく貢献してゆくものと考えられる。

(3) 参加研究者の活動状況

本プロジェクトでは、研究員および博士研究員をあわせて 11 名を採用している。その多くは、現在も国内外の大学や研究機関で活動しており、当該分野の人材の育成という面で評価できる。また、ほとんどのメンバーが筆頭著者として論文を発表している点は高く評価できる。

3. その他

更なる国際交流の発展に繋げるためには、参加両国のマッチングファンドが効果的であ

と思われる。また、プロジェクト終了後の交流を継続・発展させるためには、現状の研究資金に加えて他制度を含めた支援も若手研究者を中心に積極的に活用していくことが必要である。