

国際共同研究事業
国際化学研究協力事業（ICG プログラム）
事後評価結果

所属機関・部局・職・氏名 九州大学・大学院工学研究院・教授・君塚 信夫

研究課題名：動的に構造・形状変換する新しいナノ結晶の開発とその集積機能科学

1. 共同研究を通じて得られた成果

以下に示す評価資料の参照箇所をご参照のうえ、評価の観点に照らし、評点及びコメントをそれぞれ付してください。

評価の観点	[当該共同研究課題を実施したことによる成果] 学術的価値、相手国との共同研究の意義、社会的貢献、若手研究者養成への貢献、将来発展可能性等につき、どの程度成果があったかへの評価。
参照箇所	【実施計画書】 【実施報告書】 【共同研究報告書】 「6. 研究概要」、「8. 研究の成果」、「9. 研究発表」

該当する□に印を付してください。

評 価
総合評価（案）
<input type="checkbox"/> 想定以上の成果があった。 <input checked="" type="checkbox"/> 概ね成果があった。 <input type="checkbox"/> ある程度成果があった。 <input type="checkbox"/> 成果があったとは言えない。
コメント
<p>・新しい知識又は概念の展開及び研究方法などの点において高度な学術的貢献があったか。</p> <p>当該共同研究は、光や熱などの様々な外部刺激に応答して動的に構造や形状が変換する新規の分子集積系の開発を目的としたもので、以下の点で学術的貢献があったと判断する。（１）光刺激に応答して液体と結晶間の相転移に伴う潜熱の蓄積が可能であり、Solar thermal fuel へ応用できる可能性を示したこと。光エネルギーを分子集合体のエネルギーとして蓄積するという新しい概念を提示した成果は高く評価される。</p> <p>（２）熱によるナノ構造の構築・解離現象を巧みに利用し、フォトン・アップコンバージョン発光をスイッチング可能としたこと、さらには、両親媒性界面活性剤を用いた固-液界面制御技術を用い、フォトン・アップコンバージョンを示すナノ粒子の合成に挑戦したことは意義がある。</p> <p>ナノ粒子の創成には、一般的に数多くの研究成果が挙げられているが、リコンフィギュラブル(変形可能)なナノ粒子は、他に類しない概念であり、極めて新奇性の高い研究分野である。主としてリコンフィギュラブル粒子の階層性を意識しながら、分子・分子集合体をデザインする手法、そのコア材料により達成された光スイッチング効果の誘導への展開の可能性もあり、学術的にも高い価値を有する。共同研究を通じて、当該分野における新たな潮流を生み出したと言えよう。</p>

・ 共同研究の成果発表の状況は、質・量ともに十分か。

報告書記載の共同研究成果としては、研究期間の3年間で、雑誌論文としての発表が27件（査読付論文26件）、学会発表が55件あり、量的には十分といえる。また、Angewandte 誌、Faraday Discussions 誌など、国際的評価の高い雑誌への発表も数多く見受けられ、質的にも十分である。ただし、当該共同研究における日米の研究者の共著の論文は27件中の1件のみであり、2014年にAcc. Chem. Res. に発表された論文は当該共同研究開始直前の2013年7月に論文が受理されているので、当該共同研究の成果とは言いがたい。さらに、学会発表では日米の研究者が連名での発表は1件も無い。これらの成果は、日米の研究者間の活発な意見交換により発案された研究計画の成果であると推察されるが、本来、共同研究の成果であれば両研究組織の研究参加者の連名として発表すべきであろう。

・ 共同研究を通して、両国の研究者の知識や専門技術の相互移転が行われるなど、両国の研究者が協力して共同研究を行ったことの意義が認められるか。

当該課題を進めるにあたり、根幹となるリコンフィギュラブル粒子の創成に関する研究を九大チームで、フォトニックデバイスの構築・活用をイリノイ大チームで、というように役割分担が明確にされている。その上で、コロイド化学が専門のGranick教授とナノ界面技術が専門の君塚教授がお互いの専門性を補いながら共同研究を行うことで、分子システム化学分野における新しい知見が得られたことは評価できる。また、平成25年度の10月に、日本側の研究者7名が米国側研究機関を訪問してスタートアップミーティングを開催し、平成26年度には米国側から大学院生1名が日本側研究機関に2ヶ月滞在して共同実験を行っており、人材の相互交流や共同セミナー開催により、期待以上の成果が得られていると判断される。これらの成果は、分野・文化の異なる両国の研究者が緊密に連携し、専門知識や技術の相互移転が適切に行われた結果であると考えられ、共同研究を行ったことの意義が認められる。

・ 本事業の成果による社会的貢献はあったか。または今後見込まれるか（社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資するなど）。

本研究の成果である、太陽光を熱エネルギーとして蓄えるSolar thermal fuelや熱刺激によるフォトン・アップコンバージョン発光のON/OFF制御などは、太陽電池や光触媒といった太陽光の効率的利用のための新技術開発の可能性を秘めている基礎的研究成果といえ、太陽光を利用した再生可能エネルギーの創出技術における戦略の方向性を示した点で、社会的にも波及効果がある。将来的には、社会生活の質の改善や現代的諸問題の克服の解決につながる社会的貢献が期待できよう。

・ 若手研究者養成への貢献はあったか。

本研究には、日米両研究機関共に多くの若手研究者が主体的に参画している。両機関の複数の大学院生が相手の研究機関への訪問を行って国際交流の機会を体験し、また日本側研究機関の大学院生は共同研究の成果を国内外の学会で直接発表を行う経験

を積んでおり、若手研究者が国際的な場で活躍できる人材となるような取り組みを行っているといえる。当該共同研究に参画した若手研究者は、最先端研究の開拓を推進力に多くがアカデミック志向の進路(博士進学、アカデミックポジションなど)を選択し、なかには中国科学院の教授やシンガポールの大学のポスドクに採用される者もいたことから、若手研究者養成への貢献はあったと判断する。

・当初予期していなかった活動成果があった、または今後見込まれるか。

共同研究の最終段階で得られた知見(熱刺激によるフォトン・アップコンバージョン発光の ON/OFF 制御)は、現時点では萌芽的ではあるが、将来的に太陽電池などのエネルギー分野への展開が大いに期待される。さらには、本研究で得られた研究成果・人的ネットワークは、将来的に大きな潮流となるものと期待できる。

2. 事業の実施状況

以下に示す評価資料の参照箇所をご参照のうえ、評価の観点に照らし、評点及びコメントをそれぞれ付してください。

評価の観点	[事業の適切な実施] 日米両国参加者の実施体制・協力体制、実施内容・方法の適切性及び経費の執行状況の評価。
参照箇所	【実施計画書】 【実施報告書】 【共同研究報告書】 「5. 研究組織」、「6. 研究概要」、「7. 派遣・受入実績」、 「8. 研究の成果（2）米国との交流実績」 【委託費支出報告書】

該当する□に印を付してください。

評 価
総合評価（案）
<input type="checkbox"/> 想定以上に効果的に実施された。 <input checked="" type="checkbox"/> 概ね効果的に実施された。 <input type="checkbox"/> ある程度効果的に実施された。 <input type="checkbox"/> 効果的に実施されたとは言えない。
コメント
<p>・事業の課題達成に向けて、「共同研究」「セミナー」「研究者交流」が効果的な組み合わせで実施されたか。</p> <p>共同研究を開始した平成 25 年 10 月に日本側の研究者 7 名が米国側研究機関を訪問して行ったスタートアップミーティング、及び平成 26 年度の米国側大学院生 1 名による日本側研究機関での 2 ヶ月間の共同実験は、本事業の課題達成に向けた取り組みとして評価でき、「共同研究」「セミナー」「研究者交流」が効果的な組み合わせである程度は実施されたと判断される。しかし、それ以外の共同研究推進のための本事業経費を使った交流実績は乏しく、日本側と米国側の研究組織の代表者間の研究打合せは、Skype などによる相互訪問を伴わない協議を除けば、平成 27 年 5 月のドイツで開催された国際会議での協議のみである。セミナーがもう少し頻繁に開催され、研究者交流がより長期又は高い頻度で実施されていれば、より成果が上がったと思われる。例えば、日本側の研究参加者が米国側の研究機関に複数回滞在し、先方が有している最新鋭の光学イメージングシステムを使った共同実験を企画するなどして、より密な共同研究を実施すればより効果的ではなかったか。</p>

・日米両国参加者間の共同研究実施体制・協力体制等は適切であったか。

九大チームでは、コア材料となるリコンフィギュラブル粒子の創成について、イリノイ大チームでは、フォトニックデバイスの構築・活用についての研究がそれぞれ実施されており、相互の専門性に配慮した研究実施体制が構築されていると判断される。イリノイ大チームで主として装置に依存する面が強いため、初年度に九大チームのメンバーの多くが米国訪問することで、両者の知識・技術レベルの相互確認、ならびに研究詳細の打合せを集中的に実施した点は評価できる。その後、相互に学生やスタッフの人的交流ならびに情報・技術交換を継続したことにより、非常に質の高い成果が得られたものと推察される。同時に、複数の国際学会で研究成果を発表することで、国内外の他グループが実施した当該事業に関連する知見も蓄積されている。また、若手研究者(博士学生、PDなど)のモチベーションの維持への配慮、そして若手研究者の相互交流が重要な側面となり得たと推察される。ただし、共著の雑誌論文や連名の学会発表が少ない点は否めず、相互訪問の機会を増やすなど研究協力体制をより緊密にすることで改善できたものと考えられる。

また、専従スタッフの研究進捗管理が不十分であった点には課題が残る。隔地での共同研究となる国際共同研究の成果検証のあり方について、研究体制を含めて見直すべき点もあると考える。

・共同研究の実施にあたり、適切に経費が執行されたか。

研究経費の配分については、高度な配慮が見受けられる。初期段階では、材料創成のための消耗品・設備に対する経費が多く、最終段階では、最小限の前述経費を残しつつ、人的・情報・技術交流を活性化する経費を多く執行している。総合的な観点から、適切に執行されたと判断できる。

3. 今後の共同研究実施

以下に示す評価資料の参照箇所をご参照のうえ、評価の観点に照らし、評点及びコメントをそれぞれ付してください。

評価の 観 点	[将来発展可能性] 事業終了後も継続的な研究交流活動の実施が期待できるか。
参照箇所	【共同研究報告書】 「5. 研究組織」、「6. 研究概要」、「8. 研究の成果 (5) 将来発展可能性」

該当する□に印を付してください。

評 価
総合評価 (案)
<input type="checkbox"/> 想定以上の成果が期待できる。 <input checked="" type="checkbox"/> 概ね成果が期待できる。 <input type="checkbox"/> ある程度成果が期待できる。 <input type="checkbox"/> 成果が期待できない。
コメント
<p>・事業終了後も当該分野における世界的水準の継続的な研究交流活動の実施が期待できるか。</p> <p>本共同研究では、全く新しい概念の提示により、相互の知識・技術の組み替え・融合を達成し、新奇な知見が得られた点で高く評価できる。</p> <p>日米両国の研究グループは、当該共同研究を実施する以前においても、当該分野において世界的水準の研究実績と交流実績を有しており、この度の共同研究を通じて、両者の研究交流は更に深化したと考えられる。Sustainable な研究交流活動たりうるためには、両国研究者の知識・技術の止揚により世界最先端の研究を開拓すること、そして、次世代研究者ネットワークを創成する必要がある。報告書によると、日本側で新しいリコンフィギュラブル材料を継続して創出し、米国側がその集積化に基づく機能発現を最先端のイメージングシステムを用いて評価していくことがうたわれており、成果の共有や信憑性のチェックなどを徹底することで、本事業終了後も当該分野における世界的水準の継続的な研究交流活動の実施が期待できる。</p> <p>また、最先端研究の開拓を推進力にして、多くの若手研究者がアカデミック志向の進路を選択している点は、若手研究者養成に貢献した証左ともいえ、次世代の研究者ネットワークは拡大するものと考えられる。本事業で得られた研究成果・人的ネットワークは、将来的に大きな潮流となるものと期待できるものである。</p>

4. 総合的評価（書面評価）

該当するアルファベットを○で囲んでください。

評 価
総合評価（案）
A 当初設定された研究計画の達成度は想定以上であった。
<input checked="" type="radio"/> B 当初設定された研究計画は概ね達成された。
C 当初設定された研究計画はある程度達成された。
D 当初設定された研究計画はほとんど達成されなかった。
コメント
<p>当該共同研究は、光や熱などの様々な外部刺激に応答して動的に構造や形状が変換する新規の分子集積系の開発を目的としたもので、以下の点で学術的貢献があったと判断する。（1）光刺激に応答して液体と結晶間の相転移に伴う潜熱の蓄積が可能であり、Solar thermal fuel すなわち光エネルギーを分子集合体のエネルギーとして蓄積するという技術へ応用できる可能性を示したこと。（2）熱刺激によるフォトン・アップコンバージョン発光のスイッチングを達成したこと。これらの研究成果は、新技術開発の可能性を秘めている基礎的研究成果であり、太陽光の効率的利用のための新しい知識・技術体系の骨格が形成されたと判断できる。また、世界的に関心の高い課題である再生可能エネルギーの創出に向けた戦略を提示した点で、社会的にも意義がある。</p> <p>報告書記載の共同研究成果としては、研究期間の3年間で、雑誌論文としての発表が27件（査読付論文26件）、学会発表が55件あり、また国際的評価の高い雑誌への発表も数多く見受けられ、質・量ともに十分である。</p> <p>また、日米両国の研究グループは、当該共同研究を実施する以前においても、当該分野において世界的水準の研究実績と交流実績を有していたが、この度の共同研究を通じて、リコンフィギュラブル粒子をコア材料にして光-分子集合体のエネルギー変換の可能性が示されるなど、両者の研究交流は更に深化したと考えられる。</p> <p>チームの研究進捗管理の面では一部改善すべき点はあるものの、本事業終了後も異分野・異文化の研究グループが互いの専門性を生かしつつ継続的に世界的水準の研究交流活動を推進することにより、学術的にも社会的にもインパクトの高い成果が得られるものと期待される。他方、当該共同研究における日米の研究者の共著論文や日米の研究者が連名での学会発表が極めて少ないが、両研究組織間の相互訪問の機会を増やすなどして研究協力体制をより密にすることで、これらの点は改善できたものと考えられる。</p> <p>研究レベルの維持のためには、次世代研究者の育成が最も重要である。本共同研究では、主たる研究者や日本側スタッフはもちろん、大学院生の海外派遣、相手国の学生の日本での滞在など若手研究者（博士学生、PDほか）の相互交流・育成を促進する取り組みを通じて、その目的を達成しており、将来的な波及効果も高いと判断される。総じて、本事業で得られた研究成果・人的ネットワークは、将来的に大きな潮流となるものと期待できるものである。</p> <p>以上から、本事業は、学術的意義、社会的波及効果、若手人材育成及び国際共同研究の枠組みと遂行の各観点で、当初設定された研究計画は概ね達成されたと判断できる。</p>