

国際共同研究事業  
国際化学研究協力事業  
平成 25 年度実施計画書

平成 25 年 6 月 21 日

共同研究代表者

所属機関・部局 九州大学大学院工学研究科

職・氏名 教授 (ふりがな) 君塚 きみづか 信夫 のぶお

1. 研究課題名 (和文) 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  
(英文) Synthesis and Assembly of Shape-Adjustable, Reconfigurable Nanocrystals
2. 共同研究実施期間  
平成 25 年 8 月 1 日 ~ 平成 28 年 7 月 31 日 ( 3 年 月 )

(注) 本計画書は、受託機関を通して電子データにて提出してください。

5. 共同研究参加者

(1) 日本側参加者\* (代表者を除く)

氏名	所属研究機関・職名	専門及び本研究における役割
山田 鉄兵 (新)	九州大学大学院工学研究院・准教授	錯体化学、錯体構造設計・評価
森川 全章	九州大学大学院工学研究院・助教	界面化学、界面状態設計・評価
楊井 伸浩 (新)	九州大学大学院工学研究院・助教	コロイド化学、結晶分散性設計
Prasentit Mahato (新)	九州大学大学院工学研究院・PD	錯体化学、化学応答性結晶評価
Pengfei Duan (新)	九州大学大学院工学研究院・PD	光化学、光応答性結晶評価
南 祐介 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	界面化学、界面活性剤合成
石場 啓太 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	錯体化学、錯体結晶合成
大石 八寿徳 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	コロイド化学、結晶分散性評価
角振 将平 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	界面化学、結晶表面状態測定
古谷 豪教 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	錯体化学、結晶化学応答性評価
水口 勇作 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	光化学、光応答性分子合成
小川 卓 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	光化学、溶液中光応答性評価
吉瀬 大亮 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	光化学、結晶中光応答性評価
永富 久乗 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	錯体化学、配位子合成
間瀬 一馬 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	コロイド化学、分散の溶媒効果
長尾 侑弥 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	錯体化学、錯体結晶合成
松木 昌也 (新)	九州大学大学院工学研究院・院生	光化学、光応答性分子合成

\* 新規の共同研究で申請書から新たに参加者を追加する場合、または、継続の共同研究で前年度から新たに参加者を追加する場合は、追加する参加者に (新) のマークをつけてください。

(2) 米国側参加者\* (代表者を含む)\*\*

氏名	所属研究機関・職名	専門及び本研究における役割
○Steve Granick	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・教授	コロイド化学、研究取りまとめ
Bo Wang	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・PD	コロイド化学、結晶集合化設計
Ah Young Jee	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・PD	分光学、結晶の分光測定
Lingxiang Jiang	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・PD	コロイド化学、結晶の集積化
John King	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・PD	分光学、結晶のイメージング
Kai Lou	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・PD	分光学、in situ 光照射システム
Melinda Sindoro	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・院生	コロイド化学、光照射下集積制御
Subhalakshmi Kumar	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・院生	コロイド化学、化学刺激集積制御
Scott Parker	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・院生	分光学、フォトニック結晶評価
Juan Guan	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・院生	分光学、in situ 反射光測定
Changqian Yu	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・院生	コロイド化学、結晶の集積化
Jing Yan	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・院生	コロイド化学、結晶の集積化
Kejia Chen	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・院生	分光学、結晶のイメージング
Chi Hang Boyce Tsang	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・院生	コロイド化学、光照射下集積制御
Jie Zhang	伊利ノイ大学アーバナ・シャンペーン校・院生	コロイド化学、化学刺激集積制御

\* 継続の共同研究で前年度から新たに参加者を追加する場合は、追加する参加者に (新) のマークをつけてください。

\*\* 米国側代表者の氏名の前に、「○」のマークをつけてください。

## 6. 本年度実施計画の概要

※ 申請書の内容を踏まえて、日本語にて記入してください。

※ 経費との関連がわかるように具体的に記入してください。

本研究の目的は、リコンフィギュラブル（変形可能）なナノ粒子を開発し、その集合構造の動的変換を達成・制御して、新しい分子の自己組織化に基づくナノ科学を開拓することにある。本年度は、光応答性ナノ結晶の合成と、その超結晶集積化を行い、顕微鏡下で光照射を行うシステムの構築を行う。

九大チーム側がナノ結晶の合成を主に行う。報告例のある分子をベースに、一連のジアリールエテン誘導体やアゾベンゼン誘導体を合成し、本研究に適した分子を見つけ出す。これらの分子は市販されていないため、出発原料や合成に必要な器具を購入して合成を行う。本申請者のグループはこれまで数多くの両親媒性分子を設計、合成し、それらを用いたナノ界面制御の知見を蓄えている。この蓄積をいかし、フォトクロミック結晶の表面と相互作用してその結晶化を制御する両親媒性分子を新たに設計する。相互作用様式としては $\pi$ - $\pi$ 、CH- $\pi$ 、電荷移動、疎水性、フッ素-フッ素間相互作用などを用いる。この両親媒性分子を用いることで、結晶の核生成と結晶成長を制御し、サイズの揃った、多面体形状のナノ結晶を合成する。また結晶構造から結晶面に露出する官能基の種類が分かるため、その官能基と面選択的に相互作用するように両親媒性分子を設計し、化学的に異方的な結晶の合成も行う。両親媒性分子は親溶媒性部位を持ち、得られたナノ結晶を凝集させることなく種々の液体中に分散させる。得られた結晶粒子のサイズや形状を走査型電子顕微鏡や動的光散乱を用いて評価し、また分散性はゼータ電位を測ることで評価する。これらの基礎的な評価に石英セル、TEM グリッド、AFM カンチレバー等が消耗品として必要である。これらの結晶作成と一連の評価を行うにあたり、光応答性分子の合成と集積化に関して経験を有する人材が必要であり、そのような人材をテクニカルスタッフとして雇用して効果的な研究の進捗を図る。

得られたナノ結晶を液中で集積させ、その超構造を動的に変換する。ナノ結晶の集積手法としては、結晶ファセット間に方向性を持って働く、ファンデアワールス引力と静電反発、高分子枯渇剤を用いた枯渇相互作用、電場・磁場・せん断場などの外場誘起相互作用を使い分ける。例えば水中では一つ目の DLVO タイプの相互作用、有機溶媒中では枯渇相互作用が有用と考えられる。これにより 1 次元チェーン超構造、2 次元シート超構造が得られる。3 次元構造を得るのは一つの挑戦であるが、まずは 1、2 次元構造を構築する際に得られた知見を一般化することで、3 次元構造の合理的構築を行う。これらの結晶集積化過程を *in situ* で顕微鏡観察する。得られた画像において各粒子の位置をフィッティングにより決定し、その経時変化をトラッキングすることで集積過程について総合的理解をはかる。

得られた集合構造の動的変換を可視化して統合的に理解するため、イリノイ大学 Granick グループで自作している最新鋭の光学イメージングをカスタマイズし、望みの場所に望みのタイミングでレーザー光を照射するシステムを立ち上げる。光照射によるナノ結晶一つ一つの形状変化を観測し（マイクロ秒オーダーの速い過程）、それに続く集合構造の変化を追う（ミリ秒から秒オーダーの遅い過程）。全体に均一的に光照射する場合に加え、局所的な光照射や、グラディエントな（光強度が場所により徐々に変化する）光照射を行う。この全体的もしくは局所的な集合構造変化の過程で、ユニークな転移ダイナミクス、対照性の異なる超構造が共存することによるフラストレーション、他の手法では得ることのできない転移過程での新奇な超構造形成など、多くの新しい発見が期待できる。時間の許す限り、得られた転移ダイナミクスの統合的理解を基に、フォトリックバンドギャップや他の有用な光学的機能を劇的に変換することを試みる。

これらの検討により得られた成果を国内外の学会等で積極的に発表する。9 月の高分子討論会および 3 月の日本化学会年会で発表および関連研究に関する最新の動向について情報収集を行い、研究の一層の進捗をはかる。また得られた結果を積極的に一流国際誌に投稿する。

本年度の交流計画としては、初年度に九大でのワークショップ開催を企画していたが、イリノイ大学チーム側の都合により来日が困難となった。そこで、10 月に日本側 8 名でイリノイ大学を訪問し、計画の詳細を更に詰めると同時に、新たな共同研究のアイデアについて密にディスカッションを行う。またイリノイ大学の他の化学者とも交流する機会を持ち、申請者がセンター長を務める九州大学分子システム科学センター（九大 CMS）とイリノイ大学との間の国際組織間連携の礎を築く。今回のイリノイ大学訪問には 5 名の大学院生が参加する予定であり、英語での発表、討論を通じて学生間交流をはかることにより、国際舞台で活躍する若手研究者の育成にも注力する。またグローバルな環境で通用する人材育成は本プロジェクトの大きな目的の一つであり、そのために日本側、アメリカ側から出来る限り多くの若手研究者がアメリカでのワークショップや Skype 会議を通じて積極的に参加する形をとる。尚、限られたプロジェクト期間内で最大の共同研究成果をあげるためには、九大の大学院学生とイリノイ大学の若手研究チームが密な交流をはかり、総力を挙げて取り組む体制づくりが必要である。

よって、本計画では両研究室の若手研究者を参加者に追加した。

7. 本年度経費総額 8,660 千円

(単位：千円)

研究経費							業務委託手数料
設備備品費	消耗品費	旅費等		人件費・謝金等	その他経費	外国旅費・人件費・謝金等に係る消費税*	
		国内旅費	外国旅費				
0	2,580	450	2,700	1,848	100	220	762

\* 外国旅費・人件費・謝金等に係る消費税を本経費から支出しない場合は、その理由等を「外国旅費・人件費・謝金等に係る消費税」欄に記入してください。

\* 委託費の上限は申請額に基づき、次のとおりとします。

- ・平成23年度以前の採択課題・・・2,000万円/年(うち事務委託手数料は、研究経費に対し10%以内)
- ・平成24年度以降の採択課題・・・研究経費1,500万円/年に、研究経費に対し10%以内の事務委託手数料を加えた額

翌年度所要見込額	翌々年度所要見込額	3年度後所要見込額
16,415	16,400	7,660

左の欄は該当する場合のみ記入してください。

(単位：千円)

\* 委託費の上限は申請額に基づき、次のとおりとします。

- ・平成23年度以前の採択課題・・・2,000万円/年(うち事務委託手数料は、研究経費に対し10%以内)
- ・平成24年度以降の採択課題・・・研究経費1,500万円/年に、研究経費に対し10%以内の事務委託手数料を加えた額

研究計画全体必要額
49,135

2年度目以降の場合は、前年度までの執行済額も含めて記載してください。

(単位：千円)

8. 設備備品費、消耗品費、人件費・謝金等、その他経費

	細目	金額 (単位：千円)	積算内訳
設備備品費	なし	0	
	計		
消耗品費	実験用薬品合成試薬	600	光応答性分子合成用 月あたり75千円×8ヵ月
	合成溶媒	640	アセトン、ヘキサン等 月あたり80千円×8ヵ月
	実験用 消耗品	384	フラスコ、ラボラン管瓶等 月あたり48千円×8ヵ月
		285	カンチレバー 95千円(20本1組)×3
		195	エラスチックカーボン支持膜 13千円×15
		192	石英セル・石英板 32千円×6
		236	カラム 118千円×2
		48	クリーンノールリトル手袋 16千円×3
	計	2,580	
人件費・謝金等	研究補助		
	テクニカルスタッフ	1,848	(氏名 未定 内訳 14千円×22日×6月) =1,848
	計	1,848	
その他経費	研究成果発表費用	100	論文別刷り 50千円×2
	計	100	

備考：

- ① 細目は設備備品費、消耗品費、人件費・謝金等、その他経費（「通信費（切手・電話等）」「運搬費」「印刷費」等（手引 8-8 参照）の別に記入してください。
- ② 設備備品費、消耗品費、人件費・謝金等、については、「積算内訳」の欄に品名または人物名、単価および数量を明記してください。

9. 交流計画

## (a) 日本側参加者（代表者を含む）の国内出張計画

出張者 (氏名)	出発地 (都市名)	用務先 (都市名)	旅行期間*	用 務 (用務先・用務内容)	経費負担**
君塚 信夫	福岡	金沢	9 月頃、4 日間	金沢大学、関連研究調査	有
山田 鉄兵	福岡	名古屋	3 月頃、4 日間	名古屋大学、関連研究調査	有
楊井 伸浩	福岡	金沢	9 月頃、4 日間	金沢大学、関連研究調査	有
石場 啓太	福岡	名古屋	3 月頃、4 日間	名古屋大学、関連研究調査	有
松木 昌也	福岡	名古屋	3 月頃、4 日間	名古屋大学、関連研究調査	有

\* 旅行期間の欄の記入例：「6 月頃、10 日間」

\*\* 本経費使用予定の有無を記入すること

## (b) 日本側参加者（代表者を含む）の米国への渡航計画

出張者 (氏名)	出発地	用務先 (都市名)	旅行期間*	用 務 (用務先・用務内容)	経費負担**
君塚 信夫	福岡	シャンペ ーン	10 月頃、6 日間	イリノイ大学、研究打ち合 わせ	有
山田 鉄兵	福岡	シャンペ ーン	10 月頃、6 日間	イリノイ大学、研究打ち合 わせ	有
楊井 伸浩	福岡	シャンペ ーン	10 月頃、6 日間	イリノイ大学、研究打ち合 わせ	有
石場 啓太	福岡	シャンペ ーン	10 月頃、6 日間	イリノイ大学、研究打ち合 わせ	有
永富 久乗	福岡	シャンペ ーン	10 月頃、6 日間	イリノイ大学、研究打ち合 わせ	有
松木 昌也	福岡	シャンペ ーン	10 月頃、6 日間	イリノイ大学、研究打ち合 わせ	有
小川 卓	福岡	シャンペ ーン	10 月頃、6 日間	イリノイ大学、研究打ち合 わせ	有
間瀬 一馬	福岡	シャンペ ーン	10 月頃、6 日間	イリノイ大学、研究打ち合 わせ	有

\* 旅行期間の欄の記入例：「6 月頃、10 日間」

\*\* 本経費使用予定の有無を記入すること

(c) 日本側参加者（代表者を含む）の米国以外の国への渡航計画\*

出張者 (氏名)	出発地	用務先 (国名・都 市名)	旅行期間**	用 務 (用務先・用務内容)	経費負担***

\* 外国出張の渡航先は原則として、米国のみを渡航先とします。ただし、当該共同研究の研究成果発表を目的とする学会等への出席や、フィールドワーク等で当該第三国へ行くことが必須である研究上の理由がある場合に限り、米国以外の国を訪問することは可能です。

\*\* 旅行期間の欄の記入例：「6月頃、10日間」

\*\*\* 本経費使用予定の有無を記入すること

(d) 米国側研究者の来日計画

出張者 (氏名)	用務先	旅行期間*	用 務 (用務先・用務内容)

\* 旅行期間の欄の記入例：「6月頃、10日間」