

国際共同研究事業  
国際化学研究協力事業  
平成 26 年度実施計画書

平成 26 年 3 月 24 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院

職・氏名 教授 君塚 信夫

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	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	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
Pengfei Duan	九州大学大学院工学研究院・助教	光化学、光応答性結晶評価
Prasenjit Mahato	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
雨森 翔梧 (新)	九州大学大学院工学研究院・PD	界面化学、界面活性剤合成
石場 啓太	九州大学大学院工学府・院生	錯体化学、錯体結晶合成
小川 卓	九州大学大学院工学府・院生	光化学、溶液中光応答性評価
吉瀬 大亮	九州大学大学院工学府・院生	光化学、結晶中光応答性評価
永富 久乗	九州大学大学院工学府・院生	錯体化学、配位子合成
間瀬 一馬	九州大学大学院工学府・院生	コロイド化学、分散の溶媒効果
長尾 侑弥	九州大学大学院工学府・院生	錯体化学、錯体結晶合成
松木 昌也	九州大学大学院工学府・院生	光化学、光応答性分子合成
久光 翔太 (新)	九州大学大学院工学府・院生	光化学、光応答性分子合成
細山田 将士 (新)	九州大学大学院工学府・院生	錯体化学、結晶化学応答性評価
吉田 莉捺 (新)	九州大学大学院工学府・院生	界面化学、結晶表面状態測定
脇山 太郎 (新)	九州大学大学院工学府・院生	コロイド化学、結晶分散性評価

\* 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
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
Cong Xu (新)	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、磁場下集積制御
Yoon Kyeung Lee (新)	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

\* 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、熱応答性ナノ結晶の合成と、その超結晶集積化を行い、熱刺激により超結晶構造を動的制御することを目指す。

九大側が熱応答性ナノ結晶の合成を行う。九大グループはこれまで、新媒性部位を持つ脂溶性配位高分子を系統的に合成し、配位高分子の規則性と刺激応答性を融合した新規な機能性物質群を創りだしてきた。例えば、Co(II)長鎖トリアゾール錯体において、加熱により Co(II)の配位構造を変化させることで、溶液—ゲル相転移を引き起こすという興味深いヒートセットゲル化現象を見出している。そこでこの技術や経験を基に、熱刺激に応答する配位高分子ナノ結晶を新たに設計・合成する。金属イオンとしては熱応答性に優れた Co(II)イオンを用い、有機架橋配位子としては種々のトリアゾール誘導体を系統的に検討する。当研究室が得意とする両新媒性界面活性剤を用い、また溶媒や濃度、温度をスクリーニングすることで、ナノ結晶のサイズや表面状態の精密制御を行う。これらの基礎的な評価に石英セル、TEM グリッド、AFM カンチレバーおよびフィルター等が消耗品として必要である。これらの配位高分子結晶の作成と一連の評価を行うにあたり、トリアゾール誘導体の有機合成、及びそれらを Co(II)と錯形成することによる配位高分子の合成と評価に関してより高度な経験を有する人材が必要であり、優れた人材を博士研究員として雇用して短期間で効果的な研究の進捗を図る。

得られた配位高分子ナノ結晶の超結晶集合化と熱による動的変換を一粒子レベルで理解するために、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システムを用いて観測を行う。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用いる。特に電場や磁場といった方向性を規定できる相互作用を用いることで、規則的かつ異方的な集合構造を形成し、ナノ粒子の構造変化を異方的に増幅することを試みる。温度を変化させながら *in situ* で顕微鏡観測、各種分光測定を行うことにより、配位構造というミクロな構造の変化がどのように粒子の形状やその集合に影響を与えるかを詳細に検討する。また、配位高分子ナノ粒子を合成する際に金ナノ粒子を取り込ませておき、レーザー光を局所的に照射することにより金ナノ粒子を加熱し（フォトサーマル効果）、構造変化の位置制御と転移ダイナミクスの検討を行う。

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。5月の高分子年次大会および9月の高分子討論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。5月にイタリアのルッカで行われる Gordon Conference on Electronic Processes in Organic Materials、および11月にアメリカのボストンで行われる MRS 秋期学会にて研究成果の報告と世界的な研究動向について情報収集を行う。関連研究調査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10月にイリノイ大学にてスタートアップミーティングを行ったため (Kyushu University-UIUC Kickoff Meeting of ICC Program for Synthesis and Assembly of Reconfigurable Nanocrystals)、本年度は10月にイリノイ大学の研究代表者である Steve Granick 教授と大学院生の Melinda Sindoro 氏が九州大学を訪問し、昨年度の結果を基に密なディスカッションを行い、今後の共同研究の方針を十分に議論し、方向性の再確認を行う予定である。その際、九州大学側は全ての日本側参加者が議論に参加する予定である。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注力する。更に Melinda Sindoro 氏は短期滞在中に日本側の大学院生と共同して実験を行う予定であり、共同研究を積極的に推進すると同時に、日本側の学生の英語でのコミュニケーション能力の向上が期待できる。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 16,415 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	5,560	400	3,200	5,020	200	610	1,425

- \* 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
16,400	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	0	
消耗品費	実験用薬品合成試薬	2,400	光応答性分子合成用 月あたり 200 千円×12 ヶ月
	合成溶媒	1,080	アセトン、ヘキサン等 月あたり 90 千円×12 ヶ月
	実験用 消耗品	240	フラスコ、ラボラン管瓶等 月あたり 20 千円×12 ヶ月
		440	カンチレバー 110 千円(20 本1組)×4
		400	エラスチックカーボン支持膜 20 千円×20
		450	石英セル・石英板 50 千円×9
		550	フィルター 25 千円×22
	計	5,560	
人件費・謝金等	<b>研究補助</b>		
	博士研究員	4,950	(氏名 未定 内訳 30 千円×165 日) =4,950 千円
	謝金	70	35 千円×2 回 = 70 千円
	計	5,020	
その他経費	研究成果発表費用	200	論文別刷り 50 千円×4
	計	200	

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	名古屋	5 月頃、3 日間	名古屋国際会議場、関連研 究調査	有
山田 鉄兵	福岡	名古屋	5 月頃、3 日間	名古屋国際会議場、関連研 究調査	有
楊井 伸浩	福岡	名古屋	5 月頃、3 日間	名古屋国際会議場、関連研 究調査	有
石場 啓太	福岡	長崎	9 月頃、3 日間	長崎大学、関連研究調査	有
松木 昌也	福岡	長崎	9 月頃、3 日間	長崎大学、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	ボストン	11 月頃、7 日間	Hynes Convention Center、 MRS 秋期学会にて関連研究 調査	有
楊井 伸浩	福岡	ボストン	11 月頃、7 日間	Hynes Convention Center、 MRS 秋期学会にて関連研究 調査	有
細山田 将士	福岡	ボストン	11 月頃、7 日間	Hynes Convention Center、 MRS 秋期学会にて関連研究 調査	有
久光 翔太	福岡	ボストン	11 月頃、7 日間	Hynes Convention Center、 MRS 秋期学会にて関連研究 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

## (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***
楊井 伸浩	福岡	イタリア ・ルッカ	5 月頃、9 日間	Renaissance Tuscany Il Ciocco Resort、ゴードン 会議にて関連研究調査	有
小川 卓	福岡	イタリア ・ルッカ	5 月頃、9 日間	Renaissance Tuscany Il Ciocco Resort、ゴードン 会議にて関連研究調査	有
間瀬 一馬	福岡	イタリア ・ルッカ	5 月頃、9 日間	Renaissance Tuscany Il Ciocco Resort、ゴードン 会議にて関連研究調査	有

\* 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)
Steve Granick	九州大学	10 月頃、5 日間	九州大学、研究打ち合わせ
Melinda Sindoro	九州大学	10 月頃、14 日間	九州大学、研究打ち合わせと共同 実験

\* 旅行期間の欄の記入例：「6 月頃、10 日間」