

国際共同研究事業
国際化学研究協力事業
平成 27 年度実施報告書

平成 28 年 3 月 23 日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

所属機関・部局 九州大学大学院工学研究院

(ふりがな) きみづか のぶお
職・氏名 教授・君塚 信夫

1. 事業名 国際共同研究事業国際化学研究協力事業
2. 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
3. 共同研究実施期間 (全採用期間)
平成 25 年 8 月 1 日 ~ 平成 28 年 7 月 31 日 (3 年 ヶ月)
4. 研究参加者
(1) 日本側参加者 23 名 (2) 米国側参加者 10 名
5. 主要な物品購入状況 (一品又は一組若しくは一式の価格が 50 万円以上のもの)

| 物品名 | 仕様 型・性能等 | 数量 | 単価(円) | 金額(円) | 設置研究機関名 |
|------|-------------|----|-------|-------|---------|
| 該当なし | | | | | |

備考：50 万円以上の物品を購入等した場合のみ記入してください。

6. 人件費使用状況

| 氏名 | 金額 | 雇用期間 | 専門および本研究における役割 |
|------------------|-----------|---------------------------|--------------------|
| Prasenjit MAHATO | 5,356,574 | 平成26年12月1日～ 平成28年3月31日 | 錯体化学、化学応答性結晶評価を行う。 |

備考：研究者及び専門技術員・研究補助者を雇用した場合のみ記入してください。
雇用期間の欄の記入例：「平成25年6月1日～平成27年5月31日」

7. 渡航実施状況

(a) 日本側参加者（代表者を含む）の国内出張

| 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** |
|-----------------------|--------------|--------------|------------------|--|--------|
| 楊井 伸浩 DUAN Pengfei | 福岡 福岡 | 奈良 奈良 | 5月18～19 日、2日間 | 奈良先端大学において、測定実験を行な う | 有 有 |
| 楊井 伸浩 | 福岡 | 札幌 | 5月27～29 日、3日間 | 札幌コンベンションセンター、高分子学 会年次大会にて発表と関連研究調査 | 無 |
| 間瀬 一馬 | 福岡 | 札幌 | 5月27～29 日、3日間 | 札幌コンベンションセンター、高分子学 会年次大会にて発表と関連研究調査 | 有 |
| 小川 卓 | 福岡 | 札幌 | 5月27～29 日、3日間 | 札幌コンベンションセンター、高分子学 会年次大会にて発表と関連研究調査 | 有 |
| 久保 勇太 | 福岡 | 札幌 | 5月27～29 日、3日間 | 札幌コンベンションセンター、高分子学 会年次大会にて発表と関連研究調査 | 無 |
| 君塚 信夫 | 福岡 | 仙台 | 9月14～17 日、4日間 | 東北大学、高分子討論会に て関連研究調査 | 有 |
| 河野 宏徳 | 福岡 | 仙台 | 9月14～17 日、4日間 | 東北大学、高分子討論会に て発表と関連研究調査 | 有 |
| 久光 翔太 | 福岡 | 仙台 | 9月14～17 日、4日間 | 東北大学、高分子討論会に て発表と関連研究調査 | 有 |
| 細山田将士 | 福岡 | 仙台 | 9月14～17 日、4日間 | 東北大学、高分子討論会に て発表と関連研究調査 | 有 |

* 旅行期間の欄の記入例：「6月10～19日、10日間」

** 本経費使用予定の有無を記入すること

(b) 当該年度に米国を訪問した日本側参加者

| 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** |
|------------------|--------------|--------------|----------------|---|--------|
| 楊井 伸浩 | 福岡 | シアトル | 7月19～26日、8日間 | 12th International Symposium on Functional π -Electron Systemsにて発表、関連研究調査 | 有 |
| Pengfei Duan | 福岡 | シアトル | 7月19～26日、8日間 | 12th International Symposium on Functional π -Electron Systemsにて発表、関連研究調査 | 有 |
| 雨森 翔梧 | 福岡 | シアトル | 7月19～26日、8日間 | 12th International Symposium on Functional π -Electron Systemsにて発表、関連研究調査 | 有 |
| 久光 翔太 | 福岡 | シアトル | 7月19～26日、8日間 | 12th International Symposium on Functional π -Electron Systemsにて発表、関連研究調査 | 有 |
| 君塚 信夫 | 福岡 | ホノルル | 12月15日～20日、6日間 | PACIFICHEM 2015にて発表、関連研究調査 | 無 |
| 山田 鉄兵 | 福岡 | ホノルル | 12月14日～21日、8日間 | PACIFICHEM 2015にて発表、関連研究調査 | 無 |
| 楊井 伸浩 | 福岡 | ホノルル | 12月14日～21日、8日間 | PACIFICHEM 2015にて発表、関連研究調査 | 有 |
| 雨森 翔梧 | 福岡 | ホノルル | 12月14日～21日、8日間 | PACIFICHEM 2015にて発表、関連研究調査 | 無 |
| 河野 宏徳 | 福岡 | ホノルル | 12月14日～21日、8日間 | PACIFICHEM 2015にて発表、関連研究調査 | 有 |
| Mahato Prasenjit | 福岡 | ホノルル | 12月14日～21日、8日間 | PACIFICHEM 2015にて発表、関連研究調査 | 有 |
| 間瀬 一馬 | 福岡 | ホノルル | 12月14日～21日、8日間 | PACIFICHEM 2015にて発表、関連研究調査 | 無 |
| 細山田 将士 | 福岡 | ホノルル | 12月14日～21日、8日間 | PACIFICHEM 2015にて発表、関連研究調査 | 有 |
| 小川 卓 | 福岡 | ホノルル | 12月14日～21日、8日間 | PACIFICHEM 2015にて発表、関連研究調査 | 無 |

* 旅行期間の欄の記入例：「6月10～19日、10日間」

** 本経費使用予定の有無を記入すること

(c) 当該年度に米国以外の国を訪問した日本側参加者*

| 出張者 (氏名) | 出発地 (都市名) | 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*** |
|-------------|--------------|---------------------|------------------|---|---------|
| 君塚 信夫 | 福岡 | ドイツ・マ インツ | 5月23～30 日、8日間 | IACIS2015にて発表、米国側 代表者である Steve Granick 教授と共同研究のディスカ ッション | 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10～19日、10日間」

*** 本経費使用予定の有無を記入すること

(d) 当該年度に受入れた米国側参加者

| 出張者 (氏名) | 用務先 | 旅行期間* | 用 務 |
|----------------------|------|---------------|------------------------|
| Chi Hang Boyce Tsang | 九州大学 | 12月8日、 1日間 | 九州大学において共同研究の打 ち合わせ |

* 旅行期間の欄の記入例：「6月10～19日、10日間」

8. 研究実施状況

※ 申請書の内容および当該年度実施計画書の「6. 本年度実施計画の概要」と対応させつつ、当該年度の研究の実施状況を簡潔に日本語にて記入してください。

本研究は、リコンフィギュラブルなナノ粒子を開発し、その集合構造を外部刺激により動的に変換する、新しい自己組織化に基づくナノ科学を開拓することを目的とする。本年度は前年度に引き続き、光刺激により構造と物性を変化しうる自己組織化材料の開発を行い、またイリノイ大学側から大学院生の Melinda Sindoro 氏が日本に滞在して得られた研究成果をもとに研究を進展させ、一流国際誌に論文を共著で投稿した。

5月にドイツ連邦共和国マインツ市で開催された国際会議 IACIS2015 にアメリカ側、日本側の両方の研究代表者が参加し、これまで得られた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向性について確認を行った。また、米国側の学生である Chi Hang Boyce Tsang が12月に九州大学を訪問し、研究成果報告およびディスカッションを行った。

特に光機能性の金属錯体結晶の系について、日米の両方の研究者が共同して実験を行い、金属錯体結晶のナノ結晶化、ナノ結晶中への増感色素の取り込み、更には強発光性色素によるナノ結晶表面修飾、得られたナノ結晶材料の酸素バリア性ポリマーへの分散、という一連の研究を重ね、空気中で太陽光程度の弱い光で機能する理想的なアップコンバージョン材料の開発に成功した。得られた成果について日米の両チームで論文原稿を共著し、一流国際誌への投稿を果たした。

更に、光応答性の有機ナノ結晶の合成法を日米両チームの共同により確立した。具体的にはジフェニルアントラセンの結晶化過程を制御することにより三重項増感分子である白金ポルフィリンを均一にドーピングすることに成功した。得られた複合ナノ結晶をポリマー中に分散することで固体フィルム化でき、空気中において安定なアップコンバージョン発光を示すフィルム材料の開発を達成した。こちらについても日米の両チームで論文執筆を行っており、近日中に投稿を行う予定である。

また、酸化・還元活性な金属イオンである銅イオンとオクタヒドロキシフタロシアニン配位子を用いて新規な錯体骨格の構築に成功した。得られた錯体骨格の X 線構造解析や Le Bail fitting 解析、及び各種分光測定により、多孔性構造を有することが分かった。実際にこの錯体骨格は水やエタノールなどのゲスト分子を吸着し、ナノ多孔性を有することを確認できた。得られた錯体骨格の電導性および酸化還元活性なゲスト分子の吸着に伴う電気物性のスイッチングについて検討を進めている。

本研究において得られた成果を、国内においては高分子年次大会（5月）、高分子討論会（9月）において発表し、海外においては IACIS2015（5月）、12th International Symposium on Functional π -Electron Systems（7月）、及び PACIFICHEM 2015（12月）において発表を行い、関連研究に関する最新の動向について情報収集を行った。

9. 研究発表（平成 27 年度の研究成果）

【雑誌論文】 計（ 8 ）件 うち査読付論文 計（ 8 ）件

| | | | | | |
|------------------|--|--|-------------------------|------|-------------------------|
| 相手国研究代表者との共著の有無* | 著者名 | 論文標題 | | | |
| | S.Hisamitsu, N.Yanai, S.Fujikawa, N.Kimizuka | Photoinduced Crystallization in Ionic Liquids: Photodimerization-induced Equilibrium Shift and Crystal Patterning | | | |
| 無 | 雑誌名 | 査読の有無 | 巻 | 発行年 | 最初と最後の頁 |
| | Chem. Lett. | 有 | 44 | 2015 | 908-910 |
| 無 | 著者名 | 論文標題 | | | |
| | P. Duan, N. Yanai, Y. Kurashige, N. Kimizuka | Aggregation-Induced Photon Upconversion through Control of the Triplet Energy Landscapes of the Solution and Solid States | | | |
| 無 | 雑誌名 | 査読の有無 | 巻 | 発行年 | 最初と最後の頁 |
| | Angew. Chem., Int. Ed. | 有 | 54 | 2015 | 7544-7549 |
| 無 | 著者名 | 論文標題 | | | |
| | T. Ogawa, N. Yanai, A. Monguzzi, N. Kimizuka | Highly Efficient Photon Upconversion in Self-Assembled Light-Harvesting Molecular Systems | | | |
| 無 | 雑誌名 | 査読の有無 | 巻 | 発行年 | 最初と最後の頁 |
| | Scientific Reports | 有 | 5 | 2015 | 10882 |
| 無 | 著者名 | 論文標題 | | | |
| | S. Amemori, N. Yanai, N. Kimizuka | Metallonaphthalocyanines as Triplet Sensitizers for Near-Infrared Photon Upconversion beyond 850 nm | | | |
| 無 | 雑誌名 | 査読の有無 | 巻 | 発行年 | 最初と最後の頁 |
| | Phys. Chem. Chem. Phys. | 有 | 17 | 2015 | 22557-22560 |
| 無 | 著者名 | 論文標題 | | | |
| | P. Mahato, A. Monguzzi, N. Yanai, T. Yamada, N. Kimizuka | Fast and Long-Range Triplet Exciton Diffusion in Metal-Organic Frameworks for Photon Upconversion at Ultralow Excitation Power | | | |
| 無 | 雑誌名 | 査読の有無 | 巻 | 発行年 | 最初と最後の頁 |
| | Nature Materials | 有 | 14 | 2015 | 924-930 |
| 無 | 著者名 | 論文標題 | | | |
| | S. Hisamitsu, N. Yanai, N. Kimizuka | Photon-Upconverting Ionic Liquids: Effective Triplet Energy Migration in Contiguous Ionic Chromophore Arrays | | | |
| 無 | 雑誌名 | 査読の有無 | 巻 | 発行年 | 最初と最後の頁 |
| | Angew. Chem., Int. Ed. | 有 | 54 | 2015 | 11550-11554 |
| 無 | 著者名 | 論文標題 | | | |
| | M. Hosoyamada, N. Yanai, T. Ogawa, N. Kimizuka | Molecularly Dispersed Donors in Acceptor Molecular Crystals for Photon Upconversion under Low Excitation Intensity | | | |
| 無 | 雑誌名 | 査読の有無 | 巻 | 発行年 | 最初と最後の頁 |
| | Chem.-Eur. J. | 有 | 22 | 2016 | 2060-2067 |
| 無 | 著者名 | 論文標題 | | | |
| | N. Yanai, N. Kimizuka | Recent emergence of photon upconversion based on triplet energy migration in molecular assemblies | | | |
| 無 | 雑誌名 | 査読の有無 | 巻 | 発行年 | 最初と最後の頁 |
| | Chem. Commun. | 有 | DOI: 10.1039/C6CC00089D | 2016 | DOI: 10.1039/C6CC00089D |

【学会発表】計 (21) 件 うち招待講演 計 () 件

| 発表者名 | 発表標 題 | |
|--|---|---------------|
| 間瀬一馬、楊井伸浩、堀内達哉、渡辺豪、君塚信夫 | カラムナー液晶中の三重項拡散制御に基づく低励起光フォトン・アップコンバージョン | |
| 学 会 等 名 | 発表年月日 | 発表場 所 |
| 第64回高分子学会年次大会 | 2015/5/29 | 札幌コンベンションセンター |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| 楊井伸浩、段鵬飛、君塚信夫 | 超分子ゲル中への高密度色素集積による空气中フォトン・アップコンバージョン機能の発現 | |
| 学 会 等 名 | 発表年月日 | 発表場 所 |
| 第64回高分子学会年次大会 | 2015/5/28 | 札幌コンベンションセンター |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| 小川卓、楊井伸浩、君塚信夫 | 自己組織化による固相フォトン・アップコンバージョン分子システムの構築 | |
| 学 会 等 名 | 発表年月日 | 発表場 所 |
| 第64回高分子学会年次大会 | 2015/5/29 | 札幌コンベンションセンター |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| 久保勇太、山田鉄兵、君塚信夫 | 多孔性高分子錯体におけるチオ尿素の相挙動および強誘電特性 | |
| 学 会 等 名 | 発表年月日 | 発表場 所 |
| 第64回高分子学会年次大会 | 2015/5/28 | 札幌コンベンションセンター |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Nobuo Kimizuka, P. Duan, T. Ogawa, N. Yanai | Photon Upconversion based on Molecular Self-Assembly | |
| 学 会 等 名 | 発表年月日 | 発表場 所 |
| IACIS2015 | 2015/5/26 | ドイツ マインツ |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Pengfei Duan, N. Yanai, N. Kimizuka | Aggregation-induced photon upconversion (iPUC): switching the triplet-triplet annihilation by molecular aggregative state | |
| 学 会 等 名 | 発表年月日 | 発表場 所 |
| 12th International Symposium on Functional pi-Electron Systems | 2015/7/19, 20 | Seattle USA |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Shogo Amemori, P. Duan, N. Yanai, N. Kimizuka | NIR to Visible Photon Upconversion Based on Triplet-Triplet Annihilation with Metallonaphthalocyanine donors | |
| 学 会 等 名 | 発表年月日 | 発表場 所 |
| 12th International Symposium on Functional pi-Electron Systems | 2015/7/21, 23 | Seattle USA |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Shota Hisamitsu, N. Yanai, N. Kimizuka | Synthesis and Functions of New Anthracene-Based Ionic Liquids | |
| 学 会 等 名 | 発表年月日 | 発表場 所 |
| 12th International Symposium on Functional pi-Electron Systems | 2015/7/21, 23 | Seattle USA |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Nobuhiro Yanai, P. Duan, N. Kimizuka | Photon Upconversion in Self-Assembled Supramolecular Materials | |
| 学 会 等 名 | 発表年月日 | 発表場 所 |
| 12th International Symposium on Functional pi-Electron Systems | 2015/7/22 | Seattle USA |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| 河野宏徳、楊井伸浩、君塚信夫 | 水中での自己組織化に基づくフォトン・アップコンバージョン分子システム | |
| 学 会 等 名 | 発表年月日 | 発表場 所 |

| | | |
|--|--|--------------------------|
| 第64回高分子討論会 | 2015/9/17 | 東北大学 川内キャンパス |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| 久光翔太、楊井伸浩、君塚信夫 | フォトン・アップコンバージョン機能を有するイオン液体：色素の近接配置による励起三重項エネルギーの拡散制御 | |
| 学会等名 | 発表年月日 | 発表場所 |
| 第64回高分子討論会 | 2015/9/15 | 東北大学 川内キャンパス |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| 細山田将士、楊井伸浩、君塚信夫 | フォトン・アップコンバージョン機能を有する脂溶性配位高分子の合成 | |
| 学会等名 | 発表年月日 | 発表場所 |
| 第64回高分子討論会 | 2015/9/15 | 東北大学 川内キャンパス |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Nobuo Kimizuka | Interdisciplinary Molecular Self-Assembly towards Fusion Materials | |
| 学会等名 | 発表年月日 | 発表場所 |
| Pacificchem2015 | 2015/12/18 | Hawaii Convention Center |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Shogo Amemori, N. Yanai, P. Du an, N. Kimizuka | New Chromophore Systems for Near Infrared-to-Visible and Visible-to-UV Photon Upconversion | |
| 学会等名 | 発表年月日 | 発表場所 |
| Pacificchem2015 | 2015/12/15 | Hawaii Convention Center |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Prasenjit Mahato, N. Yanai, N. Kimizuka | Ultra-low power photon upconversion in light-harvesting chromophore arrays | |
| 学会等名 | 発表年月日 | 発表場所 |
| Pacificchem2015 | 2015/12/17 | Hawaii Convention Center |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Taku Ogawa, N. Yanai, N. Kimizuka | Air-stable and highly efficient photon upconversion in self-assembled molecular systems | |
| 学会等名 | 発表年月日 | 発表場所 |
| Pacificchem2015 | 2015/12/16 | Hawaii Convention Center |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Kazuma Mase, N. Yanai, G. Watanabe, A. Monguzzi, N. Kimizuka | Columnar liquid crystals for low-power photon upconversion | |
| 学会等名 | 発表年月日 | 発表場所 |
| Pacificchem2015 | 2015/12/15 | Hawaii Convention Center |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Nobuhiro Yanai, N. Kimizuka | Triplet energy migration in self-assembled molecular systems for efficient photon upconversion | |
| 学会等名 | 発表年月日 | 発表場所 |
| Pacificchem2015 | 2015/12/15 | Hawaii Convention Center |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Masanori Hosoyamada, N. Yanai, N. Kimizuka | Aggregation-free doping of donor in solid acceptor arrays for low-power photon upconversion | |
| 学会等名 | 発表年月日 | 発表場所 |
| Pacificchem2015 | 2015/12/16 | Hawaii Convention Center |
| 発表者名 | 発表標 題 | |
| Hironori Kouno, N. Yanai, N. Kimizuka | Photon upconversion in air-saturated water based on amphiphilic self-assembly of chromophores | |
| 学会等名 | 発表年月日 | 発表場所 |

| | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| Pacificchem2015 | 2015/12/16 | Hawaii Convention Center |
| 発表者名 | 発表標題 | |
| Tepei Yamada | Creation of chiral ionic plastic crystals and its proton conductivity | |
| 学会等名 | 発表年月日 | 発表場所 |
| Pacificchem2015 | 2015/12/17 | Hawaii Convention Center |

【図書】 計 (0) 件

| | | | | |
|------------------|-----|-----|-------|--|
| 相手国研究代表者との共著の有無* | 著者名 | 出版社 | | |
| | | | | |
| | 書名 | 発行年 | 総ページ数 | |
| | | ... | | |

*相手国研究代表者との共著がある場合は○、相手国研究代表者との共著であり論文内に事業名を明記している場合は◎と記入した上で、明記されている箇所（頁、巻頭、巻末等）を記入。

*足りない場合は適宜行を追加して下さい。