



Title	光圧ポテンシャル効果による J 会合体の分子配列制御に関する研究
Author(s)	田中, 嘉人
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/49590">https://hdl.handle.net/11094/49590</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【15】	
氏 名	田 中 嘉 人
博士の専攻分野の名称	博 士（工 学）
学 位 記 番 号	第 2 2 4 7 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 20 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科精密科学・応用物理学専攻
学 位 論 文 名	光圧ポテンシャル効果による J 会合体の分子配列制御に関する研究 Control of Molecular Alignment in J-aggregates by using Optical Radiation Pressure
論 文 審 査 委 員	（主査） 准教授 朝日 剛 （副査） 教 授 萩行 正憲 教 授 井上 康志 基礎工学研究科教授 宮坂 博

## 論文内容の要旨

本論文は、集光レーザービームと分子の間に働く光圧を利用した、分子会合体形成と会合体中の分子配列構造の制御に関する研究をまとめたものである。

以下に本論文の要旨を示す。

第1章では、集光レーザーの光圧による分子集合構造の形成に関する研究を概観した上で、分子とその会合体に対する光圧ポテンシャル効果についてまとめた。さらに本研究で提案した、光圧ポテンシャル効果によるJ会合体の分子配列制御とその意義を述べた。

第2章では、擬イソシアニン色素 (PIC) 分子溶液と銀ナノ粒子分散液の作製法、およびそれらの分光特性の評価法について述べた。さらに本研究で使用した実験装置について述べた。

第3章では、高濃度のPIC溶液中に析出したJ会合体の単一粒子蛍光分光について述べた。集光レーザーによる光捕捉技術を駆使して、J会合体一粒一粒の蛍光スペクトルを測定し、そのピーク波長とバンド幅の関係を調べた。液中のJ会合体は分子配列秩序が大きく異なる二種類に大別されることを示した。さらにJ会合体の蛍光スペクトルと光捕捉時間の関係から、分子配向秩序が高いJ会合体ほど分極率が大きいことを明らかにした。

第4章では、J会合体形成過程に集光レーザーを作用させることによりJ会合体の分子配列が制御できることを示した。溶媒蒸発によりPIC濃度が増加している溶液にレーザーを集光すると、J会合体形成の臨界濃度以下の条件でもレーザー集光位置においてJ会合体が形成することを見出した。さらに、自然析出によるJ会合体に比べ、集光レーザーにより形成したJ会合体の分子配向秩序が高いことを蛍光スペクトル測定から明らかにした。これらの結果を光圧ポテンシャル効果に基づき考察した。

第5章では、集光レーザー光をガラス基板近傍の溶液中に集光することにより、基板上のレーザー集光位置にJ会合体が形成することを示した。さらに、J会合体の蛍光スペクトルや蛍光偏光特性を調べることにより、配向や分子配列を制御したJ会合体を基板上に作製できることを明らかにした。

第6章では、銀ナノ粒子の局在プラズモン共鳴による光圧ポテンシャルの増強効果について述べた。銀ナノ粒子コロイドを添加したPIC水溶液にレーザー光を集光すると、J会合体形成の臨界濃度より100万倍低い濃度でJ会合体の形成を誘起できることを見出した。

第7章では、本研究の総括を行い、光圧ポテンシャル効果による分配列構造制御の展望について述べた。

## 論文審査の結果の要旨

有機エレクトロニクスやフォトニクスの分野において分子の配列や配向を制御したナノ構造体の作製は重要であり、これまで分子の自発的な会合を利用した自己組織化構造を中心に研究が進められている。自己組織化構造においては、分子配列は分子の性質で決まりまた空間選択的にナノ構造を作製することが困難である。本論文は、これらを克服するために、自己組織化過程に集光レーザービームの光圧を摂動として作用させる手法を提案し、色素分子J会合体のナノ結晶形成において光圧ポテンシャル効果により分子配列が制御できることを実証し、そのメカニズムについて考察している。主な成果を以下にまとめる。

(1) 光捕捉技術と二光子蛍光顕微分光により、溶液中に分散した擬イソシアニン色素J会合体の単一粒子蛍光分光に成功し、集団測定によって得られるJ会合体の蛍光スペクトルが大きな不均一広がりを持つことを示している。蛍光バンドのピーク波長と線幅の解析から、液中のJ会合体は分子配向秩序が異なる二種類に大別されることを見出している。さらに、単一J会合体の光捕捉時間と蛍光スペクトルの相関を調べることにより、分子配向秩序が高いJ会合体ほど分極率が大きいことを明らかにしている。

(2) 溶媒蒸発により分子濃度が増加している擬イソシアニン色素溶液に集光レーザーを照射することにより、会合体形成臨界濃度以下の条件でレーザー集光位置にJ会合体が形成することを見出している。さらに、集光位置で形成したJ会合体は自然析出による会合体に比べ、分子配向秩序の高い構造であることを蛍光スペクトル測定から明らかにしている。この現象を、会合体の分極率と光圧ポテンシャルの関係から考察し、溶液中での会合体形成過程

に光圧を摂動として作用させることによって会合体中の分子配列制御が可能であることを示している。

(3) 銀ナノ粒子の局在プラズモン共鳴による近接場光を利用して光圧ポテンシャル効果を増強し、溶液中のJ会合体形成の臨界濃度より100万倍低い濃度で、銀ナノ粒子表面の局所領域に会合体が形成することを見出している。

(4) レーザー光をガラス基板近傍の溶液中に集光することにより、単一J会合体ナノ結晶をガラス基板上に空間選択的に作製することに成功している。さらに、レーザーの偏光方向によってその配向が制御できることを示している。

以上のように本論文は、集光レーザービームと分子の間に働く光圧を利用して、分子集合体ならびに分子の配列構造を制御する新しい手法を提案するものである。その成果は、応用物理学、特にナノフォトニクスに寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。