

## 自己評価報告書

平成23年 4月15日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2008～2011

課題番号：20245001

研究課題名 (和文) 光と電場による反応制御と新奇外場応答機能物性の発現

研究課題名 (英文) NOVEL PHOTOFUNCTIONAL PROPERTIES INDUCED BY PHOTON AND ELECTRIC FIELD

研究代表者

太田 信廣 (OHTA NOBUHIRO)

北海道大学・電子科学研究所・教授

研究者番号：70113529

研究分野：光物理化学

科研費の分科・細目：基礎化学・物理化学

キーワード：光機能物性、光反応ダイナミクス、電子・エネルギー移動、電場効果、超伝導

## 1. 研究計画の概要

(1) 分子の電子構造や配向・配列の変化を外部電場により誘起することにより電子励起状態からの反応を制御することができる。さらに光と電場により励起状態からの反応ダイナミクスを制御することにより機能物性を制御することができる。本研究では、光化学反応への電場効果、特に光誘起電荷分離や光誘起電子移動反応への電場効果を詳細に調べ、光励起ダイナミクスと外場応答機能物性の相関を明らかにする。具体的には、分子間、分子内光誘起電子移動反応への電場効果を、極低温からの広い温度領域で、異なる酸化還元電位を有する種々のドナー (D)・アクセプター (A) に対し、D-A 距離を制御して調べ、反応および反応への電場効果の機構を明らかにする。

(2) 光と電場による機能物性の変化および外場応答機能物性の発現を広い温度範囲において調べる。特に種々の電荷移動錯体に関して、電気伝導度や磁気特性が光照射によりさらには電場印加によりどのように変化するかを詳細に調べる。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 光誘起電子移動反応を示す種々のドナーとアクセプターの組み合わせについてその反応速度が電場印加によりどのような影響を受けるかを種々の温度で電場吸収および電場発光スペクトルおよび発光減衰曲線に対する電場効果を調べることにより明らかにした。半導体ナノ粒子あるいは $\pi$ -共役ポリマー物質についても吸収スペクトルおよび発光スペクト

ルへの電場効果を調べ、励起状態からの反応がどうなっているか、さらには電場効果がどうなっているかを調べた。また発光特性への電場効果が、光機能物性、例えば電界発光 (EL発光) 特性とどのように関係するかを調べた。

(2) 常温で金属の性質を示す有機電荷移動錯体の電気伝導度の光照射効果を詳細に調べた。例えば、BEDT-TTFを電子供与体とする物質であり、温度を変化させた時に金属と絶縁体の相転移を示す $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> および低温で超伝導特性を示す

$\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>[Cu(CN)<sub>2</sub>]Br ( $\kappa$ -Br) を対象として、パルスレーザーにより可視光を照射し、それと同期した光電流の時間変化を精密に測定し、電気伝導度への光励起効果を調べた。その結果 $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>では低温における絶縁相が光照射により金属へと変化すること、加えるパルス電場の大きさとパルス幅を制御することによりこの電気伝導度への光照射効果を制御できることを示した。

(3) イオン伝導体としてよく知られるヨウ化銀 (AgI) に関して、固体 AgI のペレットを作成し、同じ表面上に一定の間隔を有するカーボン電極を付け、電極間に交流電圧を印加し、LCR メーターを用いたインピーダンス分光法を適用することにより、光照射に伴う電気伝導度の変化を調べている。さらに光だけではなく、電場印加によってもイオン伝導度の変化を誘発することができるかどうかを調べている。

### 3. 現在までの達成度

#### ②概ね順調に進展している。

(理由)

現時点までに期待していた通りの結果が得られている。

### 4. 今後の研究の推進方策

種々の光誘起反応を示す物質系に対して吸収や発光特性への電場効果を調べ、電界発光や有機薄膜太陽電池との関係を明らかにしていく。さらには有機電荷移動錯体を対象に、光誘起超伝導特性の発現を追求する。さらにイオン導電体の伝導特性への光照射効果および電場効果を広い温度領域で調べる。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 33 件)

- ① T. Nakabayashi, T. Yotsutuji, K. Ogawa, Y. Kobuke and N. Ohta, Electriabsorption and Electrophotoluminescence Spectra of Porphyrin Supramolecules in a Polymer Film Bull. Chem. Soc. Jpn. 83(1) 33-38 (2010). 査読有
- ② T. Iimori, T. Naito and N. Ohta Photoirradiation effect on electrical conductivity in an organic superconductor:  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu[N(CN)<sub>2</sub>]Br, J. Phys. Chem. C 114(19), 9070-9075 (2010). 査読有
- ③ T. Iimori, T. Naito and N. Ohta, Unprecedented optoelectronic function in organic conductor: Memory effect of photoswitching controlled by voltage pulse width. J. Phys. Chem. C 113, 4654-4661 (2009). 査読有

[学会発表] (計 77 件)

- ① 太田信廣、「半導体ナノ粒子の吸収、発光への外部電場効果」(招待講演)、分子研研究会(分光光学が係わるクラスター科学および機能性ナノ構造体科学の将来展望) 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター(2011年1月8日、岡崎)
- ② N. Ohta, "Photoinduced electron transfer in solid films in the presence of external electric fields", Reaction

Kinetics in Condensed Matter, Moscow Region State University, September 22-26, 2010, Moscow.

- ③ N. Ohta, "Electric Field Effects on Structure, Dynamics and Function of Photoexcited Molecules", The 6<sup>th</sup> Korea-Japan Symposium on Frontier Photoscience (KJFP 2009) & 2009 International Conference on Frontier Photoscience and Functional Materials (ICPPFM 2009), October 30 - November 3, 2009, Daejeon, South Korea.
- ④ 太田信廣、「光誘起ダイナミクスと電場効果: ミクロからマクロへ」(招待講演)、第3回分子科学討論会(2009年9月23日、名古屋)
- ⑤ N. Ohta, "Electric field effects on photoluminescence and excitation dynamics", Dynamics and Spectroscopy of Small Molecules and Biomolecules, November 11, 2008, Taipei.

[図書] (計 3 件)

- ① T. Iimori, T. Naito and N. Ohta Synergy effects of photoirradiation and applied voltage in electrical conductivity of  $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> in "Molecular Electronic and Related Materials- Control and Probe with Light", edited by T. Naito, *Research Signpost/Transworld Research Network*, chap. 8, p. 167-184 (2010).
- ② 太田信廣 電場・磁場効果の光計測、光科学研究の最前線2、強光子場科学研究懇談会、II-1-6, 66(2009)
- ③ N. Ohta and T. Nakabayashi Fluorescence Lifetime Imaging Study on Living Cells with Particular Regard to Electric Field Effects and pH Dependence *Molecular Nano Dynamics II: Active Surfaces, Single Crystals and Single Biocells*, edited by H. Fukumura, M. Irie, Y. Iwasawa, H. Masuhara, and K. Uosaki, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim (2009), Chap. 31, p. 607-621.