

森田 靖

愛知工業大学工学部応用化学科  
教授

安定な有機ラジカルの蓄電および光電変換材料への応用

## § 1. 研究実施体制

### (1)「森田」グループ

- ① 研究代表者: 森田 靖 (愛知工業大学 工学部応用化学科、教授)
- ② 研究項目
  - ・ **TOT** ラジカル多孔質シリカの合成
  - ・ 電子ドナー部位を配した分子内電荷移動型誘導体の合成
  - ・ 電子ドナー・アクセプター部位の導入
  - ・ 導電性一次元  $\pi$  積層ポリマーの開発
  - ・ 正極活物質の分子構造の最適化
  - ・ **TOT** ラジカル多孔質シリカを用いた二次電池の作製と評価 (辻グループと共同で実施)
  - ・ 液体電池に用いる可溶性 **TOT** 誘導体の設計・合成
  - ・ **TOT** のポリマー担持と二次電池材料としての活用 (辻グループと共同で実施)
  - ・ 近赤外光応答 **TOT** 薄膜の作製と最適化 (辻グループと共同で実施)
  - ・ **TOT** 薄膜の半導体特性評価 (辻グループと共同で実施)
  - ・ **TOT** 誘導体の酸素還元触媒機能の開拓 (辻グループと共同で実施)

### (2)「辻」グループ

- ① 主たる共同研究者: 辻 良太郎 (株式会社カネカ R&D 企画部 カネカ基盤技術協働研究所、高度専門研究者)
- ② 研究項目
  - ・ 正極活物質の分子構造の最適化
  - ・ **TOT** ラジカル多孔質シリカを用いた二次電池の作製と評価
  - ・ **CNT/TOT** 分散技術の確立

- ・ **TOT/CNT** 系二次電池の最適化
- ・ Li イオンプレドープ炭素負極を用いた二次電池の高性能化
- ・ 近赤外光応答 **TOT** 薄膜の作製と最適化
- ・ **TOT** 薄膜の半導体特性評価
- ・ 有機薄膜太陽電池セルの作製・評価
- ・ 全波長領域応答ハイブリッド型太陽電池の作製

(3)「中西」グループ

① 主たる共同研究者:中西 真二 (トヨタ自動車株式会社 東富士研究所、基幹職)

② 研究項目

- ・ **Na/Mg** 系二次電池の作製・評価と開発
- ・ 液体電池のデバイス構造のコンセプト確立・簡易セル作製と評価・最適化
- ・ 有機二次電池の充放電過程の可視化
- ・ **TOT** 薄膜を用いた薄膜有機ラジカル電池の開発
- ・ 両極性有機ラジカル電池の開発

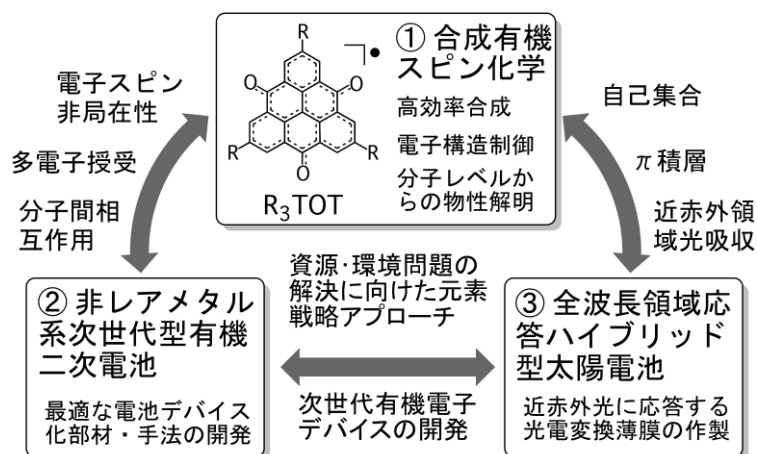
## § 2. 研究実施の概要

本研究では、本質的に新しく独創性の高い安定有機ラジカルの新機能を探索する基礎研究と、その機能を活かした次世代有機電子デバイスの開発を目指す応用研究の融合により、資源および環境問題の解決に向けた元素戦略アプローチを強力に推進する。

### <H28年度の成果>

① 合成有機スピン化学を駆使した新規分子の創出

キラルアンモニウムカチオンとTOTを組み合わせた混合原子価塩において、相転移現象を示す高導電性結晶の作製に成功した。また、キラルなアミドおよびオキサゾリン骨格を有する新規キラルTOT誘導体の合成にも成功した。



TOTを直接あるいは $\pi$ 共役系を介して連結した二次元 $\pi$ 共役ポリマーを合成し、その二次電池において良好な電池容量・サイクル特性を実現した。

### ② 非レアメタル系次世代型有機二次電池の開発

実用化を念頭に置いてTOT含有量の増大を試みた。従来は導電助剤として複層CNTを用いていたが、H28年度はよりアスペクト比の大きい単層CNTを用いることにより導電ネットワークの緻密化を目指した。H27年度は、H<sub>3</sub>TOTを60 wt%含む電極ではレート10 Cで初期放電容量が110 mAh/gにとどまっていたが、単層CNTの使用により初期放電容量が200 mAh/gまで向上した(CNT由来の容量30 mAh/gを含む)。さらに導電ネットワークの緻密化を狙って導電性ポリマーとのハイブリッド化を行い、H<sub>3</sub>TOTを60 wt%含む電極でレート1 Cではあるが300 mAh/gを超える初回放電容量を達成した(CNT由来の容量20 mAh/gを含む)。

新規二次電池デバイスの開拓について、TOT単体で形成された薄膜が二次電池の正極として動作する事を確認し、TOT分子の配向性を制御する事により電池特性を向上させることに成功した。また、TOT誘導体の多段階ドッキング反応を活用し、正極及び負極に同一のTOT誘導体を用いた両極性有機ラジカル電池を提案し、充放電動作に成功した。

### ③ 全波長領域応答ハイブリッド型太陽電池の開発

これまでにTOTは結晶状態でn型半導体特性を示すことが明らかとなっている。この特性を活かして有機薄膜太陽電池のn層に適用する検討を行った。まず、このTOTの薄膜を作製する方法として、還元体の蒸着膜から酸化を行う方法、および可逆な反応を利用した溶液プロセスからの薄膜作製法をそれぞれ開発した。得られたTOT薄膜をn層とする有機薄膜太陽電池素子は、微弱ながらも光電変換特性を示した。

<H28年度の代表的な論文>

- 1) 「TOT 化合物およびそれを利用した非水電解液二次電池」, 辻 良太郎, 武元一樹, 森田 靖, 村田剛志(株式会社カネカ, 学校法人名古屋電気学園, 平成 28 年 8 月 9 日出願, 特願 2016-156770
- 2) 「酸化還元触媒」, 辻 良太郎・小槻賢志・村田剛志・森田 靖(株式会社カネカ, 学校法人名古屋電気学園), 平成 29 年 3 月 14 日出願, 特願 2017-049230