

ニューロンの構造に学ぶ電子伝達素子を基軸とする超分子機能材料の創成

東大院総合 ○寺尾 潤

本研究では、体内の超高速電子伝達物質である神経の構造を紐解き、導電性高分子を絶縁性環状分子により被覆した超分子型配線分子を、nm のギャップを有する電極間で、合成的手法によりビルドアップ的に繋ぎ合わせ、機能性分子素子の作製を目指す。即ち、高密度な被覆構造を有するロタキサン型の配線分子の合成法の開発を行い、被覆型プラグ分子により表面修飾したナノ電極間で、逐次的なカップリング反応により、機能性分子及び被覆型配線分子を効率的に繋ぎ合わせ、無機化合物にはない有機化合物ならではの物性を発現する発光素子・触媒素子・センサ等のケミカルデバイスの作製を目指す。現在、シリコン半導体を基盤とする集積回路の作製には高価な装置・高エネルギーを要するが、本法は、安価・簡便な溶液プロセスにより nm スケールのデバイス作製を行うため、省エネルギー効果は絶大であり、グリーン・イノベーションの推進に大きく貢献すると期待される。

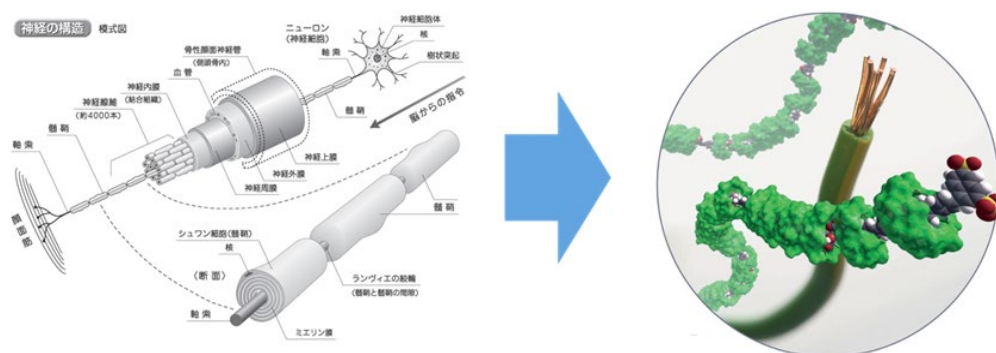


Fig. Supramolecular functional materials based on high electron transfer learned from the structure of neurons

我々はこれまで、導電性の共役分子に環状分子であるシクロデキストリン誘導体が連結した分子の自己包接に続く、カップリング反応および重合反応により被覆した分子導線の合成に成功している。これらの分子導線は、環状分子により高度に三次元的に被覆されているため、共役鎖内の高い導電性を示すとともに、高い剛直性・独立性を有し、さらに鎖間のエネルギー移動が起らないため、固体状態でも高い蛍光発光性を示す。しかしながらこの分子導線は、あくまでも分子レベルで電気を流すのみで、蛍光発光以外の有機分子ならではの特種な機能性は発現しない。そこで、我々は無機の配線材料にはない、有機物ならではの機能を発現する機能性分子ワイヤの合成を試みた。即ち、テトラチアフルバレン、アゾベンゼン、フォトクロミック分子、ポルフィリン、白金錯体などの様々な機能性部位を共重合反応により、分子導線内に導入することにより、酸化還元、構造異性化、導電性の光スイッチング、金属イオンセンサ、一酸化炭素センサ、室温リン光などの特異な機能性を発現する分子ワイヤの合成に成功した。最近、我々は2つの含遷移金属分子ワイヤの特性を組み合わせることにより、白金とルテニウムを有するバイメタロ型の分子ワイヤを合成することで、一酸化炭素を検出するとリン光発光を生じるセンサ材料の開発に成功した。このバイメタロ型の分子ワイヤは種々のガスの中でも一酸化炭素特異的にセンシング可能であり、興味深いことに、一酸化炭素濃度に対して2つの閾値を有するシグモイド型、すなわち、生体と同様の応答性を示すことが明らかとなった。

また、電子線描画法により作製した30 nmのギャップを有する金のナノ電極に対して、プラグ分子、被覆型分子ワイヤ、機能性分子の入った溶液に任意の順で浸漬させ、逐次的なクロスカップリング反応によりこれら三つの分子をナノ電極間で任意の順番で繋ぎ合わせ、ビルドアップ型分子配線法の開発に成功すると共に、ナノスケールの光スイッチング素子の作製に成功した。このビルドアップ型分子配線法を応用し、こちらの被覆型のプラグ分子、両端にピリジル基を有する分子ワイヤ、機能性素子として、ルテニウムポルフィリン錯体を溶液中で、配位重合による分子配線を行うことにより、一酸化炭素センサの作製にも成功しました。こちらは分子レベルでのセンサであるため、高感度で有り、30 ppbの一酸化炭素濃度でもセンシング可能である。さらに、グラフェンからなるナノスケールのギャップ電極に、シクロデキストリンを有する導電性分子で架橋した、1分子のセンサ素子の開発研究を行っており、最近、4種類のアミノ酸とそれらのエナンチオマーの区別成功した。この1分子センサでは、4つのアミノ酸の光学異性体を、数マイクロ秒以内に区別できるため、迅速なアミノ酸の同定やタンパク質の塩基配列決定法としても期待できる。

Title of the presentation

Jun Terao (Department of Basic Science, Graduate School of Art and Sciences, The University of Tokyo, 3-8-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo, 153-8902, Japan)

Tel: +81-3-5454-6748, Fax: +81-3-5454-6748, E-mail: cterao@g.ecc.u-tokyo.ac.jp