

公益財団法人 JKA 令和 4 年度機械振興補助事業  
公設工業試験研究所等が主体的に取り組む共同研究補助事業

事業項目名：

発光分子の固定化を利用した水中金属イオンセンシング法の構築

研究代表者：

大阪産業技術研究所 電子材料研究部 柏木 行康 主任研究員

共同研究者：

大阪教育大学 理数情報教育系 久保埜 公二 教授

関西大学 化学生命工学部 矢野 将文 准教授

## 背景と目的

水資源の使用における工業分野の比率は増加してきており、使用する水の減量や廃水処理の高度化が求められています。一方で、限られた資源を活用することも極めて重要であり、希少元素のロスや低減することや、リサイクルすることも社会課題として認識されており、SDGs にも掲げられています。効率的な水処理を実現するためには、簡便、迅速な金属イオンのセンシング法はこれらの基盤技術として必須です。

本事業では、化学センシングの手法に基づいて、水中の重金属イオンや希少金属イオンを、迅速、簡便に検出する技術開発を行いました。具体的には、金属イオンに応答し、かつ、基板に固定化できる発光プローブ分子の開発を行い、プローブ固定化基板を作製することで、固液界面での水中金属イオンの発光センシングの実現を目指しました。本成果によって、水中の重金属イオンや希少金属イオンの検出が迅速、簡便になるだけでなく、測定対象溶液を汚染せず、またセンシング用基板の再利用が可能になるなど、環境負荷を低減する効果も期待できます。

## 実施内容

### 1) 発光プローブ分子の開発

発光プローブ分子として、図 1 に示す化合物を設計、合成しました。金属イオン補足部位としてターピリジン、発光部位としてトリフェニルアミン誘導体、膜構造安定化部位として二本のアルキル鎖（図 1 中の R）を導入しています。この分子は幅広い有機溶媒に可溶であり、紫外光照射によって蛍光を発します。金属イオンの一種である Zn イオンを添加すると、発光プローブ分子が Zn と結合し、溶液の色と発光色が変わります。ジクロロメタン溶液中での挙動を図 2 に示します。Zn イオンの添加に伴って、室内灯下では薄黄色から黄色に、紫外光照射下では水色発光から黄色発光へと大きく変化し、溶液中での金属イオンセンシングが実証できました。

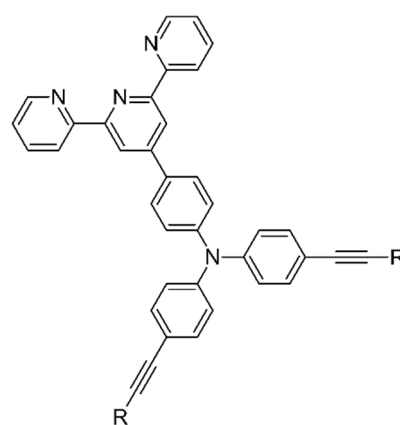


図 1. 開発した発光プローブ分子

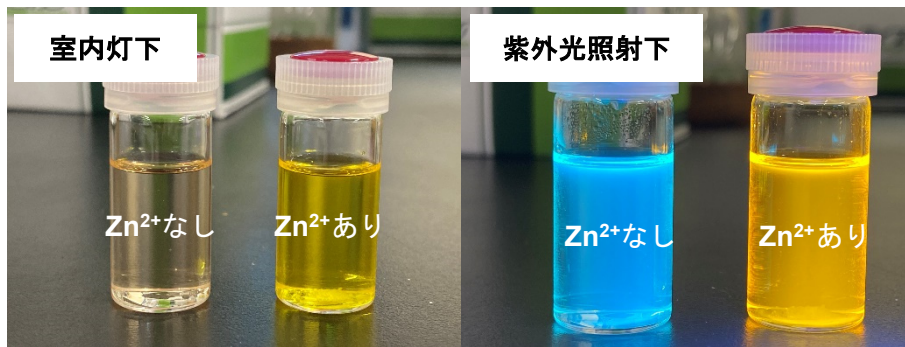


図2. ジクロロメタン溶液中での発光プローブ分子の挙動

## 2) 発光プローブ分子の固定化

固定化法として、水面に単分子膜を形成するラングミュアープロジェクト (LB) 法を選択し、LB 膜作製装置を本事業によって導入しました。開発した発光プローブ分子は LB 法に高い適性を示し、作製した LB 膜をガラス基板に転写することでプローブ固定化基板の作製に成功しました。

## 3) プローブ固定化基板による固液界面での金属イオンの発光センシング

LB 膜は分子一つ分の厚さしかありませんが、プローブ固定化基板に紫外光を照射すると視認可能な発光を示しました。この基板の上に、様々な金属イオンを含有した微小な水滴 (2 マイクロリットル) を載せ、紫外光を照射した結果を図3に示します。Pd イオンに対しては応答せず、Mn、Fe、Co、Ni、Cu のイオンに対しては発光の消失、Sn、Ag のイオンに対してはオレンジ色の発光、Mg、Al、Zn、Ce、In のイオンに対して黄色の発光、さらに、In イオンについては、陰イオンの種類によっても発光が異なり、Cl イオンに比べて NO<sub>3</sub> イオンに対しては極めて強く発光しました。このように、金属イオン選択性の発現に成功しました。

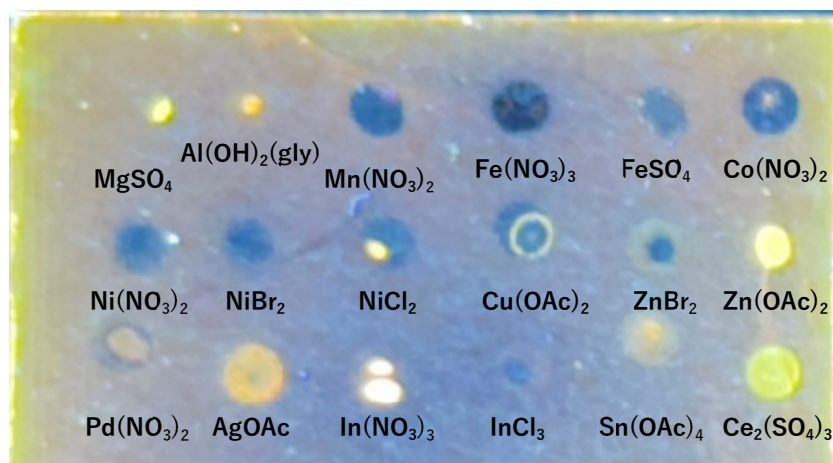


図3. プローブ固定化基板を用いた紫外光照射下での発光による金属イオンセンシング

以上のことから、開発したプローブ固定化基板は、固液界面での金属イオンセンシングに利用可能であることがわかりました。今後は、同じ金属イオンに対する発光色や、発光する金属イオン選択性が異なる発光プローブ分子を開発し、それらの複数のプローブを組み合わせることにより、金属イオンセンシング能の向上を目指します。