

## 「簡易・高感度重金属検出システム」

有明高専創造工学科 富永伸明、大河平紀司

有限会社坂本石灰工業所 深浦仁美

Nobuaki Tominaga, Tadashi Okobira (National Institute of Technology, Ariake College)

Hitomi Fukaura (Sakamoto Lime Industry Co, Ltd.)

### 1. はじめに

土壌や廃棄物に含まれる重金属は、一般的に高度な前処理を行い、高額な装置を用いた精巧な分析システムで測定される。そのため、これらの測定は人的・装置コストが非常に高く、またオンサイトでの分析は困難である。そこで、試料の前処理が不要かつ高感度かつポータブルな簡易重金属検出システムの需要が高まっている。

坂本石灰工業所では、これらのニーズにこたえ、有害元素を簡易に検出できる「オクテス」という商品を販売している。オクテスは、測定元素としてフッ素、ホウ素、六価クロム、鉛に対応しており、それぞれ簡便な操作のみで検出できることから、公定法分析前に汚染レベルの程度を知るための予備試験や、工場周辺の定期的なモニタリング、残土や産廃処理場の有害性スクリーニング等への利用が期待できる。

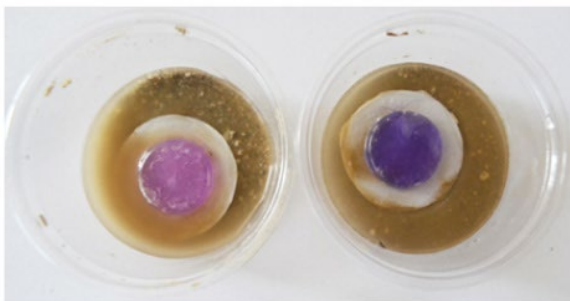


図1 オクテス（フッ素検知剤）の写真  
（左：コントロール、右：フッ素含有土）

このような簡易測定キットの多くは「感度不足」と「共存因子による阻害」という問題を抱えているが、この課題の解決策の1つとして「濃縮操作」が有効である。オクテスの場合も同様に、主な測定対象として土壌や河川中に含まれる重金属が挙げられるが、やはり共存イオンの影響により感度の低下が生じる。そこで、前処理として「特定の重金属のみを濃縮」することができれば、共存イオンの影響を排除することができ、さらなる感度の向上も期待できる。

本研究では、測定対象を水銀に定め、電子線グラフト重合法にて高密度に生成したポリマーブラシに、水銀を特異的に認識して錯体を形成する配位子を導入することで、水銀のみを濃縮可能な前処理用フィルターの開発を試みた。電子線グラフト重合法は、基材に電子線を照射して膜内の炭素-水素結合を開裂させることでラジカルを発生させ、反応性ビニルモノマーであるグリシジルメタクリレート（GMA）と接触させることで重合反応を行い、膜内にGMAの高分子鎖（ポリマーブラシ）を生成する手法である（図2）。GMAは求核置換反応により容易に反応するエポキシ環を有しており、ここに任意の官能基を導入することで様々な機能化が可能となる。本研究では、水銀に対して親和性の高い硫黄原子を有する配位子を導入し、水銀濃縮の可否について検討を行った。

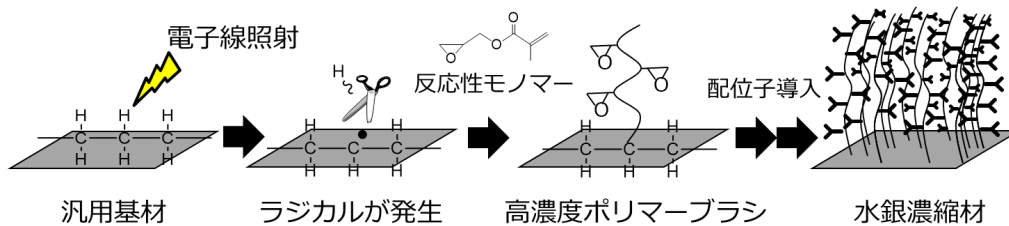


図2 電子線グラフト重合法によるポリマーブラシ生成イメージ

## 2. 実験方法

基材となるポリエチレン製の多孔性中空糸膜 (PE 膜) に、総量 200 kGy の電子線を照射してラジカルを発生させた。この状態の膜に、グリシジルメタクリレート (GMA) を接触させ、グラフト重合を行うことで GMA ポリマーブラシを有する GMA 膜を作製した。この GMA 膜を、化学処理することで、5 種類の官能基を有した配位子を導入した膜 1 から 5 を作製した。それぞれの膜に、硝酸にて pH1.0 以下に調製した 5.0 ppm の水銀水溶液を 5 mL 毎に分取しながら、総量 75 mL を透過した。これらの溶出液に含まれる水銀量を、マイクロ波窒素プラズマ発光分光分析装置 (MP-AES) にて定量分析を行った。

## 3. 結果と考察

膜への配位子導入について、濃度、温度、時間等の各種条件を検討・最適化することで、表 1 に示す割合で膜に導入することに成功した。ここで、膜 1 について過去の研究結果より転化率はほぼ 100%であることが判明している。

表 1 膜内の GMA に対するの配位子導入率

| 膜名     | 膜 2 | 膜 3 | 膜 4 | 膜 5 |
|--------|-----|-----|-----|-----|
| 導入率(%) | 70  | 60  | 65  | 35  |

続いて、基材の PE 膜および膜 3 に水銀水溶液を透過して吸着試験を行ったところ、配位子を導入していない基材 PE 膜では水銀は吸着されていないのに対し、特徴的な官能基を有する膜 3 では水銀の吸着が確認された (図 3)。

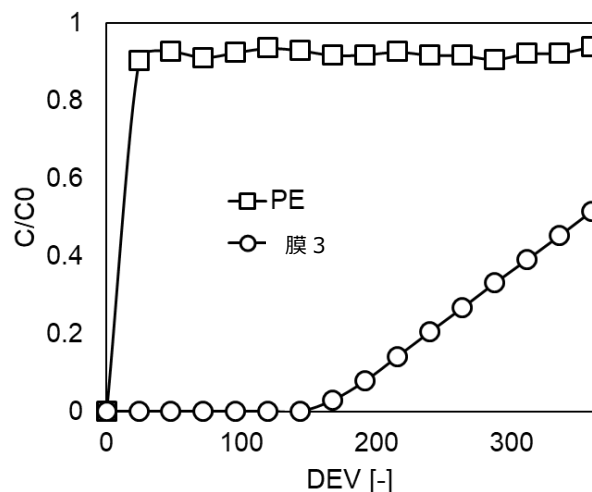


図3 水銀吸着等温線

今回の検討では、水銀濃縮に適した配位子の探索を目的とし、特定原子を有する配位子にて水銀の吸着を確認することができた。今後は、異なる結合状態の硫黄原子を有する配位子についても検討し、さらには共存する金属元素による吸着阻害試験を行うことで、水銀のみを濃縮可能なフィルターを作製し、簡易で高感度な重金属検出システムの開発を進めていく予定である。

### 【謝辞】

本研究は、有明広域産業技術振興会令和 3 年度地場産業振興支援研究によりご支援を頂きました。

ここに記し深甚なる感謝の意を表します。