

# 水質保全を目指す革新的濃縮・スマートデバイス融合型

## コントロールシステムの開発

永島佑樹\*, 加藤 健\*, 間中 淳\*\*

### 1. はじめに

近年、人の健康の保護に関する環境基準として、カドミウムや全シアン、鉛、6 価クロム等の基準値が定められ、環境保全を進めている。これらの基準値の管理には ICP-MS をはじめとする機器分析が用いられるが、比較的安価に対処することができる比色分析も多く用いられている。現場で評価を行うための簡易目視比色キットが市販され<sup>1)</sup>、比色分析による定量に関する応用研究も進んできている<sup>2-4)</sup>。現場での測定という意味で比色分析の可能性は広がってきているものの、感度及び操作性に課題を有している。そこで本研究では、溶液を加えるだけで高倍率濃縮を可能とする均一液液抽出、高感度な迅速画像処理を可能とするスマートフォン等のスマートデバイスを融合した現場ニーズに即したシステムを開発する。

### 2. 目的

本研究では、重金属を対象とした均一液液抽出(高倍率濃縮)とスマートデバイス計測(簡易計測)を融合した計測システムの確立を目指す。本年度は、均一液液抽出による鉛の抽出系の検討を行った。

### 3. 研究内容

#### 均一液液抽出とスマートデバイス計測

金属の分離・濃縮に広く用いられる溶媒抽出法では、水相と有機相との間に接触界面が存在するため、機械的な振り混ぜにより接触界面を大きくし、抽出を促す。これに対し、均一液液抽出法は、均一溶液に溶液を加えるだけで微小体積の液体析出相へ対象物を高倍率濃縮(数百倍程度)することができる<sup>5-7)</sup>。均一液液抽出及びスマートデバイス融合型システムの概念図を図 1 に示す。この高倍率濃縮により計測における感度不足をカバーし、スマートデバイスでの計測に繋げていくことを想定している。

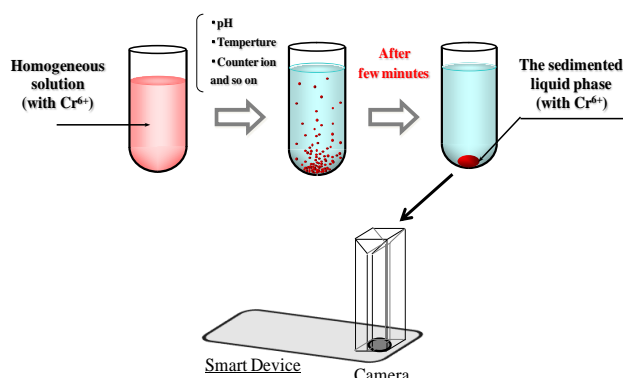


図 1 均一液液抽出とスマートデバイス計測

本研究では以下の手順で実験を行った。鉛をジチゾンで錯形成させた溶液に対して、アセトンとフタル酸ジメチルの均一混合溶液を加え、相分離を行った。得られた微小体積の液体析出相に対して評価を行った。

### 4. 研究結果と考察

#### 4.1 抽出系の検討

まず鉛と錯形成する配位子の選定を行った。微量鉛の定量法では吸光光度法のジチゾン法が一般的であり、このジチゾンを配位子として検討することとした。続いて抽出系についてであるが、均一液液抽出は抽出対象物に応じて様々な抽出系を選択することが可能である。昨年度、6 価クロムの抽出は水/2-プロパノール/フタル酸ジメチルの三成分系均一液液抽出によって良好に行うことができたことから、鉛の抽出についても三成分系均一液液抽出を試みた。この抽出系は三成分溶媒間の溶解度差を利用して迅速に濃縮することが可能である。溶媒にはクロロホルムを用いた報告<sup>8)</sup>が多く存在するが、現場での抽出を想定すると環境負荷が小さい抽出系を選択する必要がある。これより本実験では、まず、比重等が異なる各種有機溶媒にて抽出状況を検討した。その結果、フタル酸ジメチル、1,1,1-トリクロロエタンにて良好な抽出がなされたが、環境負荷低減の観点から、水/アセトン/フタル酸ジメチルの三成分系均一液液抽出で検討することとした。

#### 4.2 鉛の均一液液抽出

4.1 に示した水/アセトン/フタル酸ジメチルの三成分系均一液液抽出を行うことにより、迅速に微小体積の液体析出相へ鉛-ジチゾン錯体を抽出することができた(図 2)。

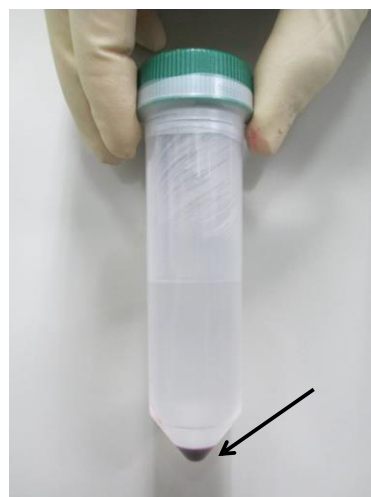


図 2 鉛の三成分系均一液液抽出

基礎的検討を行なったところ、85.3%の鉛が抽出されていることがわかった。濃縮倍率は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{濃縮倍率} &= \\ &(\text{水相の体積 : mL}) / (\text{析出相の体積 : mL}) = \\ &23.9 / 0.200 \approx 120 \text{ (倍)} \end{aligned}$$

今後、抽出条件を最適化することでより効率的な抽出を検討する。

### 4.3 スマートデバイスによる計測

均一液液抽出により濃縮した析出相に対してスマートデバイスによる計測を行った(図3)。今回用いたソフトウェアでは、RGB値や明度、彩度、色相等を計測することができる。それらの中で、色相と鉛濃度との間で相間関係が確認された。これよりppbレベルの鉛を計測可能であることがわかった。現行のオンサイト計測法である簡易目視比色キットはppbレベルにおいて色合いによる濃度判別に課題を有していることを踏まえると、本法は感度の面で大きなアドバンテージが期待できる。

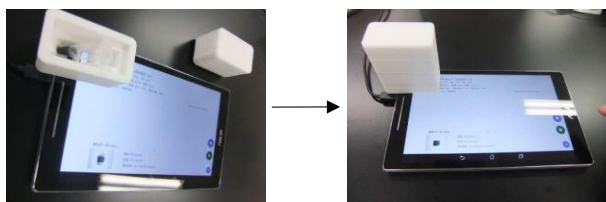


図3 スマートデバイス計測の様子

## 5. まとめ

三成分系均一液液抽出による鉛の抽出の基礎検討を行った。

- 鉛を抽出するにあたって、ジチゾンとの錯形成を利用して最適な抽出系を探索した。三成分系均一液液抽出を用いることで抽出できる可能性が示された。現場での抽出を想定して検討を進めた結果、水/アセトン/フタル酸ジメチルの三成分系均一液液抽出を用いることで良好な相分離がなされた。
- 85.3%の高抽出率、120倍の高濃縮倍率で鉛が抽出可能となった。
- スマートデバイス計測により、ppbレベルの鉛を計測可能であることがわかった。

本研究により、溶液を加えるだけのシンプルな手順で良好に鉛を抽出することができた。今後は抽出条件を最適化することでより効率的な抽出を目指していく。また、他の重金属への検討や実試料への適用を目指していく。

## 6. 参考文献

- 1) 株式会社共立理化学研究所ホームページ, <http://kyoritsu-lab.co.jp/seihin/list/packtest/index.html>.
- 2) M. A. Zaitoun: International Journal of Environmental Analytical Chemistry, vol.85, pp.399-407 (2005).
- 3) J. Wang, B. Xue: Analytical Sciences, vol.22, pp.1233-1236 (2006).
- 4) L. F. Tian, D. S. Zou, Y. C. Dai, L. L. Wang, W. Gao: Analytical Methods, vol.9, pp.4471-4475 (2017).
- 5) T. Kato, S. Igarashi, Y. Ishiwatari, M. Furukawa, H. Yamaguchi: Hydrometallurgy, vol.137, pp.148-155 (2013).
- 6) T. Kato, S. Igarashi, O. Ohno, S. Saito, R. Ando: Journal of Environmental Protection, vol.7, pp.277-286 (2016).
- 7) T. Kato, S. Saito, S. Oshite, S. Igarashi: Environment and Natural Resources Research, vol.7, pp.44-51 (2017).
- 8) S. Igarashi, T. Arai, T. Kawakami: BUNSEKI KAGAKU, vol.43, pp.1183-1188 (1994).

## 7. 謝辞

本研究は、環境総合研究推進費(課題番号5RF-1701)の支援を受けて実施した成果である。ここに記して感謝の意を表す。