

【5RF-1701】 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 (H29～H31)

研究代表者 加藤 健 (茨城県産業技術イノベーションセンター)

1. 研究開発目的

環境省が重点課題として挙げる水環境行政を踏まえた水質保全を目的として、均一液抽出(高倍率濃縮)、スマートデバイス計測(簡易計測)を融合したトータルコントロールシステムの開発を目指す。

均一液抽出法は、均一溶液からの相分離現象を利用して生成した微小体積の析出相に目的物質を分離・濃縮する手法である。この手法は、既存の濃縮法と比べ短時間で高い濃縮倍率と抽出率で目的物質を分離・濃縮することが可能であることから、低濃度域においても強い発色を有する比色分析が可能となる。本研究では抽出速度および環境配慮型に改良した水／プロパノール／フタル酸ジメチルの三成分系均一液抽出を検討した。一方、6 価クロム分析に用いるジフェニルカルバジド比色法は、色濃淡を目視で判定するため検出目盛の下限値付近は判別が困難となる。正確に濃度を把握可能な計測装置は存在するが、操作性・コストの課題がある。本研究で提案するスマートデバイス計測は、専用のアタッチメントにより着色した試料を汎用のスマートフォンやタブレットのカメラに固定し、画面光を光源とすることで、一定の条件(照度・距離)で試料を撮影することができる。また、専用のアプリケーションソフトウェアを用いることで撮影した試料画像の色強度から濃度を計算・表示することから、市販の比色分析装置のように明確な比色分析が可能となる。さらに、装置の小型化・低コスト化のみならず、端末のGPS や地図機能を用いることで分析結果を地図上にマッピングすることができることから、スマートデバイスによる比色分析装置はオンサイト分析装置として優れた機能を有する。したがって、本研究では、均一液抽出法とスマートデバイス計測法を融合させることで、簡易性と高性能を備え持つ新しいオンサイト分析システムの構築を行う。

2. 研究の進捗状況

1) 均一液抽出法による Cr(VI) の抽出

水／プロパノール／フタル酸ジメチル系の相分離現象を見出し、6 価クロムのジフェニルカルバジド錯体が高い濃縮倍率、抽出率で微小液体析出相に濃縮分離することが可能であった。また、プロパノールをアセトンに換えることで、鉛(II)イオンのジチゾン錯体も高効率で分離・濃縮できることを予備的に確認することができており、次年度以降、最適な抽出条件を探索することで、6 価クロムと同等の分離・濃縮性能を目指したい。さらに、プロパノールをエタノールに換えて分離・濃縮が確認されているカドミウム(II)に関しても同様に最適条件を探索する。

2) スマートデバイスによる Cr(VI) の測定

上記の水／プロパノール／フタル酸ジメチル系の相分離現象によって種々の濃度の 6 価クロムのジフェニルカルバジド錯体が濃縮された析出相をスマートデバイスによる測定を行ったところ、赤色の強度の指標である R 値が試料濃度に応じて変化したことから、この R 値による ppb レベルの濃度の 6 価クロムの定量が可能であった。また、共存物の影響・除去に関して検討し、マスキング剤による共存イオンの妨害の除去を行うことで、実試料測定も可能であった。鉛(II)イオンに関しても、詳細な最適条件の探索等が今後の課題として残されているものの、ある程度の定量性が見られることを予備的に確認することができた。また、カドミウムイオンに関しては、比色分析以外の選択肢をバックアップしておくため、ポータブル蛍光 X 線分析法による高感度分析を行うことができることを確認している。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

6 価クロムは発がん性・肝臓障害等が指摘され管理されているが、国際的にも問題が発生している化学物質である。フィリピン北スリガオ州のニッケル精錬事業所周辺における水質汚染(2013 年)、国内ではめっき工場解体による大阪府並松公園の土壌汚染(2016 年)、と近年でも 6 価クロムの濃度把握は重要である。そのため、6 価クロムを「低濃度」まで「迅速」に測定する必要がある。これにより、行政ニーズである水環境行政を踏まえた水質保全のために効力を発揮できる。現場で濃度を把握するためには、バックテストのような簡易目視比色法による評価が広く用いられている。この方法は迅速性に優れているツールである反面、「低濃度」を評価するには吸光度の観点で少数第二位程度の微小な数値を扱うための課題がある。また、目視計測ゆえに測定結果の「信頼性」の問題もある。専用の比色測定装置を用いることで、この問題は解決できるものの、分析コストが増大し、本来比色分析が持つ優れたコスト面を犠牲にすることとなる。「低濃度」・「迅速」・「信頼性」、本研究はこれら 3 つの課題を同時にクリアすることができる。均一液抽出法による高倍率濃縮とシンプルな操作性、スマートデバイス測定法による迅速性と正確さ、この融合によるシステムは現在抱える水・土壌の環境管理に大いに貢献できる技術である。日本政府は平成 27 年 7 月に水環境基本計画を発表しており、水環境政策に資する調査研究や技術開発を推進すると明記されている。6 価クロムが 0.05 mgL^{-1} 以下は膜捕集型簡易キットをはじめ煩雑な操作を要していた現状から、本研究の「低濃度」・「迅速」をカバーしたシステムを用いることで、水・土壌環境調査研究はさらにスピーディーさかつ正確さを増していくであろう。本技術は日本政府および環境省が目指す環境政策そして行政ニーズにマッチした技術である。

4. 委員の指摘及び提言概要

低コストで有効に研究が進められている。普及が期待される。若手枠として、実際の河川水・排水などへの適用性等、今後に期待したい。有用性と共に限界も明らかにして、実用化を目指すことが望まれる。実際の環境試料等への応用例を蓄積し、実用化に向けたデバイス及びプロトコルの確立を図ってほしい。さらに、環境試料に対する測定精度を明らかにすると同時に、特性の異なる実試料(土壌溶出液、排水など)での検証も実施し、Pb や Cd でも同様に高感度で測れる様に整備してほしい。

5. 評点

総合評点：A