

学位論文の要約

専攻名	材料科学専攻	ふりがな 氏名	ふるかわ まい 古川 真衣
学位論文題目 環境水試料における微量重金属元素の新規定量法の開発 (英訳又は和訳 Development of novel determination method for trace heavy metals in environmental water samples)			
導入 <p>重金属は、比重4～5以上の金属群である。個々の元素が特有の化学的・物理的性質を持つために幅広く使用され、産業の発展を支えている。一方で、生体機能を害する元素も多く、環境への放出による重金属による環境汚染は、超低濃度であっても、人間を始めとした動植物に有毒環境を生じさせる深刻な問題の一つと言われている。よって、今なお重金属濃度を監視する意義は大きく、極微量濃度を正確・簡易に定量できる方法を確立しておく必要がある。</p> <p>金属元素を定量する一般的な分析装置には、原子吸光分析などがあるが、環境試料をモニタリングするには検出限界が不十分な場合があり、加えて、実試料中に共存する干渉成分によって精度が損なわれる可能性がある。これらの欠点は、測定前に目的元素の前濃縮・前処理を行うことで克服することができる。また、近年、分析装置を使用しない簡便な分析手法の開発も求められている。</p> <p>本論文では、前濃縮・前処理技術を中心とした身近な分析手法を研究することで、水試料中の微量重金属の新規定量法について、5種類の検討を行った。</p> 1. カドミウムのバッチ式固相抽出 <p>活性炭を用いたバッチ式の固相抽出により、カドミウムを前濃縮した試料をフレイム原子吸光分析で定量する手法を開発した。固相抽出は、液体（あるいは気体）中の化学成分を固体によって捕捉する方法であり、捕捉後、固相に酸性溶液を接触させることで目的金属を溶離できる。中でもバッチ法は、閉鎖系で吸着反応を行った後、脱着させる手法である。これまで、ドデシル硫酸ナトリウム (SDS) を含浸させた活性炭によるカドミウムの除去は報告されていたが、前濃縮以前に吸着体を調製する必要があった。本章では、試料溶液に SDS を加えることで、SDS を活性炭表面に修飾しながら、カドミウムを前濃縮することを試みた。結果として、他元素の影響を抑制することができ、フレイム原子吸光分析法において数 ppb レベルのカドミウムの定量が可能となった。</p> 2. カドミウムのバッチ式固相抽出 <p>1. で得られた知見を応用し、固相抽出の方式をフローに変更することで、カドミウムを前濃縮した試料をフレイム原子吸光分析で定量する手法を開発した。固相抽出のフロー法は、固相を充填したカラムに試料を流した後、溶離剤を流して濃縮する手法である。吸着剤としては、SDS 修飾活性炭を使用した。フロー法の利点を生かして、簡便に大量の試料</p>			

ふりがな
氏名ふるかわ まい
古川 真衣

の処理が可能となったため、より低い検出限界が達成された。

3. インジウムのフロー式固相抽出

活性炭を用いたフロー式の固相抽出により、インジウムを前濃縮した試料を黒鉛炉原子吸光分析で定量する手法を開発した。同じく、ドデシル硫酸ナトリウム修飾活性炭を吸着剤として使用した。インジウムを定量する手法の過去の報告例は少なく、修飾剤としての SDS の利用は報告されていない。飲料水などに対する規制はまだないが、今後規制が敷かれた際に、十分対応できるだろう低い検出限界が達成された。

4. 亜鉛、ニッケルの無担体元素共沈

亜鉛とニッケルを錯化剤（ジエチルジチオカルバミン酸）によって固体に濃縮し、波長分散型蛍光 X 線分析で定量する実験を行った。本章では、共沈という前濃縮法を利用した。一般的に、試料溶液に他種成分を担体として添加し、沈殿剤を加えて担体を沈殿させ、この沈殿によって目的成分を捕集する方法であるが、無担体元素共沈は、その担体を必要としないため、干渉や汚染を起しにくい利点がある。蛍光 X 線分析を組み合わせることにより、固体として回収した目的成分を再度溶解させることなく定量することが可能である。分析条件を調査、最適化した結果、定量的測定について優れた性能を示し、波長分散型蛍光 X 線分析法での微量重金属定量を可能にするものとなった。

5. 銅の紙製流体分析デバイスによる色解析

産業技術の発展に伴って技術者による高精度の分析を求められる一方で、誰でも簡単かつ迅速に分析できる手法も求められていることを受けて、ピーカーなどの実験器具や、定量分析装置を使用しない、簡易分析の構築について検討した。紙上に化学操作を集積したものと比色分析を組み合わせ、紙製分析デバイス（Paper-based Analytical Device; PAD）を作製し、 μL レベルの試料を垂らした後、その画像を解析することで、目的成分の定量を試みた。トリクロロシランで疎水性障壁を形成することで PAD を作成し、水試料中の銅の定量に適用した結果、簡便、低コスト、携帯性、操作性に優れた手法であることが示唆された。今回は、ウェルスポットの PAD であったが、より高度な流路の作製を検討することにより、複数元素の同時検出や、共存イオンの影響を受けにくい簡易分析法を開発できる可能性がある。

結 論

以上の成果として、簡便で正確、迅速、濃縮倍率において優れており、有機溶媒を使用しないため、環境負荷が小さい分析法を確立することができた。今後、更なる研究において、実用的な手法となることが期待される。