

ディビジョン番号	10
ディビジョン名	分析化学

大項目	1. 分析化学
中項目	1-15. 環境・地球化学的分析
小項目	1-15-3. 微量金属元素

<p>概要（200字以内）</p> <p>ICP 質量分析法により、多くの元素で ppt レベルの定量が可能になったが、さらにその高感度化が必要であり、試料前処理法も依然として大きな課題である。また、高性能同位体比測定法の開発、微量金属元素のスペシエーション分析、高性能なモバイル機器の開発、細胞中金属元素のイメージングなどが、今後重要である。さらに、元素間の相互作用を可視化するマルチエレメンタルスペシエーション分析といった分野の創成も望まれる。</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>研究目標</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>試料前処理法の改良</li> <li>スペシエーション分析</li> <li>マルチエレメンタルスペシエーション分析の創成</li> <li>細胞中金属元素の化学種別イメージング</li> <li>モバイル分析機器の開発</li> <li>同位体分析法の高性能化</li> </ul> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>研究課題</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>化学的手法の発展</li> <li>ICP-MS の改良</li> <li>その他の先端的機器開発</li> </ul> </div> </div>
<p>現状と最前線</p>	
<p>近年、原子スペクトル分析法の発展、特に ICP 質量分析法（ICP-MS）の充実により、多くの金属元素に関して ppt (pg/g) レベルの測定が現実にも可能となった。ICP-MS においては、コリジョンセルなどの測定を妨害する分子イオン生成を抑える手法が実用化した。そのため感度や信頼性が著しく改善し、方法としての成熟度が増している。本法が、今後もしばらくは微量金属元素定量の中心的手法となるだろう。しかし、後述のスペシエーション分析など、様々な応用を考慮した場合、未だにその感度は不足しており、質量分析計の改良などさらに高感度化が望まれる。また、試料の前処理法は、現在でも大きな研究課題である。試料の溶液化、分析対象の分離・濃縮のプロセスは、現在でもしばしば困難である。これらに関しては、膨大な研究蓄積があるものの、試料の種類により課題がそれぞれ個別的であり、大きなブレークスルーを期待することが難しい。超臨界流体やイオン液体など、新たな媒体や、マイクロ波や <math>\mu</math>-TAS などの新手法を応用しつつ、一つ一つ問題を解決していく努力がさらに求められる。一方、高精度かつさらに高感度でハイスループットな同位体比分析法の必要性も、対象物質の起源分析や年代測定などのために益々高まることが予想される。この課題に関しては、ICP-MS の測定精度は、鉛の同位体測定を例外として依然として不足しており、今後の研究が期待される。</p> <p>一方、金属元素のスペシエーション分析は、現在でも極めて困難であり、大きな研究課題である。ここで、元素のスペシエーションは「分析対象とするシステムにおけるある元素の化学</p>	

種間の分布」であり、スペシエーション分析は、対象の元素について「試料中の一つあるいは複数の化学種の同定および（あるいは）定量」と定義される。スペシエーション分析の重要性は、微量元素の環境や生物に与える影響が元素の化学種により作用（毒性など）や挙動も異なることが多いことから理解される。現在は、特に、複合分析法（Hyphenated Method）（クロマトグラフィーなどの分離分析の検出器に ICP-MS などを利用する方法）が主たる方法であるが、①化学種ごとに定量するには ICP-MS でも感度が不足している、②比較的安定な化学種については複合分析法が有効であるが、不安定な化学種に関してはよい方法がない、などの大きな問題を抱えている。また、このスペシエーション分析の発展のためには、単に微量元素分析法の発展のみならず、様々な分離法や質量分析法、NMR、XANES などの機器分析法など、分析化学全体の発展が不可欠であり、今後の大きな研究テーマと考えられる。

実験室外のフィールド法、すなわち、安価な高性能モバイル分析システムの開発も強く望まれている。EU 規制に対応するための工業製品の品質管理や汚染土壌の現場分析など、社会的規制に効率よく対応することが需要の一つである。一方、環境研究に関しても、たとえば、地下水や海洋の高密度連続モニタリングのための高性能モバイル分析システムの要望は極めて大きい。現状では、蛍光 X 線分析法などが有効な場合があるが、一般には極めて困難な課題である。また、アジアにおける飲料水のヒ素汚染への対応などに代表されるように、発展途上国でも使用できる安価で高性能な簡易分析法の開発も分析化学の大きな課題と考えられる。

さらに、微少領域の分析や経時変化（遷移過程）の分析も極めて大きな研究課題である。特に、生体内あるいは細胞中の微量金属元素の作用・機能の研究（メタロミクス）は環境化学的にも重要な課題であり、細胞内の微量金属元素の化学種別のイメージングなどが大きな研究課題である。この分野では、ケミカルバイオロジーなどとの融合による新たな方法論の発展が期待される。また、対象となるシステムを全体として理解するために、元素間の相互作用を可視化するマルチエレメンタルスペシエーション分析といった分野の創成も望まれる。

#### 将来予測と方向性

- ・ 5 年後までに解決・実現が望まれる課題
  - 1) ICP 質量分析法の高感度化とそのための迅速・簡便な試料前処理法の開発
  - 2) 高精度で高感度な同位体比測定法の開発
  - 3) 細胞中金属元素の化学種別イメージング法の開発
  - 4) 微量金属元素の高性能なスペシエーション分析法の開発
- ・ 10 年後までに解決・実現が望まれる課題
  - 1) 高性能モバイル型微量金属元素測定装置の開発
  - 2) 元素間の相互作用を可視化するマルチエレメンタルスペシエーション分析法の創成

#### キーワード

ICP 質量分析法、同位体比測定法、スペシエーション分析法、モバイル分析装置、金属元素のイメージング

（執筆者： 角田 欣一 ）