

## 〔技術紹介〕

## 環境試料の多元素分析について

## Multi-element analysis of environmental samples

興 嶺 清 志\*

Kiyoshi Okimine

## 1 はじめに

一般に環境試料と呼ばれる試料は、大気、水、土壌、生物体等広範囲にわたり、我々の生活に密着したものである。これらの試料の特徴としては、多元素がパーセント濃度からppm～ppt以下の低濃度にかけて混在することであり、しかも極微量に含まれる成分の有無までが問題とされる場合があるので、分析にあたっては高感度でしかも多元素についての情報が得られる方法が必要とされる。このような目的のため、ICP発光分光法、機器中性子放射化分析 (INAA) 法、蛍光X線分析 (XRF) 法、イオンクロマトグラフ (IC) 法など、最先端の機器を用いた多元素 (多成分) 同時分析法が利用されている。

近年、社会的な風潮として「量から質へ」の転換が進むにつれて、試料の組成について調べる多元素分析の重要性はますます高まりつつある。その一例としては、大学、研究所の研究者やメーカー、自治体の関係者等が集まって毎年1回開催される「大気汚染学会」において昭和55年度には20数件であった多元素分析関係の発表件数が昭和60年度には約100件に増加して、多元素についての評価解析が頻繁に行われるようになったことがあげられる。これは、社会的ニーズが増すとともに、それに応えるべき分析方法が十分に使用に耐えるものとして確立されたことに起因すると考えられる。

ここでは、前述の多元素分析法のうちでも試料の化学的処理なしで分析が可能なINAA法、XRF法を中心に若干の記述を行った。

## 2 原理および分析元素

## 1) INAA法

試料に照射した中性子と、試料中に含まれる元素の原

子核との核反応 (主に  $[n, \gamma]$  反応) の結果生成した放射性核種の放射能を測定することにより、元の試料中の元素について知る方法である。高感度の分析を行うには、原子炉の炉心附近のような高い中性子束密度が必要であり、また多くの元素は熱中性子など比較的エネルギーの低い中性子に対して、大きな核反応断面積を持つため、熱中性子放射化分析法と呼ばれる。生成した放射性核種が壊変する時に放出する  $\gamma$  線は、核種によって固有のエネルギー値および半減期を持つ。優秀なエネルギー分解能を有する半導体検出器とデータ処理機器を組み合わせて、照射後の試料の  $\gamma$  線測定を行うことにより、多元素が混在する試料についても元素の分別が可能となる。INAA (Instrumental Neutron Activation Analysis) 法は機器中性子放射化分析法と訳され、このように原子炉の熱中性子および高分解能  $\gamma$  線測定機器を使用することによって、一般の放射化分析法に伴う試料の化学的分離などの操作を行わずに、能率良く試料を分析することができる。

## 2) XRF法

蛍光X線分析 (X-Ray Fluorescence, XRF) 法は試料にX線を照射し、発生した固有X線 (蛍光X線) のエネルギー (波長) から試料中の元素の同定を行い、その強さから定量を行う方法である。INAA法と同様に、化学的分離なしで分析が行える利点がある。

## 3) 分析元素

図1には通常INAA法およびXRF法によって、大気中浮遊粒子状物質について測定される元素を示している。INAA法では多くの元素が測定可能であるが、一部の元素 (Si, S, Cd, Pb等) についてはXRF法を並用することによって多元素分析を一層充実させることができる。

## 3 センターにおける分析例等

センターでは早くからこれら分析の重要性を認識し、監督官庁の御指導御援助のもとに機器および測定技術の充実、向上をはかってきた。現在では、高分解能  $\gamma$  線測定装置および蛍光X線分析装置を完備し、INAA法、X

\*日本環境衛生センター公害部大気課

Air Pollution Laboratory, Department of Environmental Pollution, Japan Environmental Sanitation Center

RF法を駆使して環境調査を行っている。なお、原子炉については、立教大学または武蔵工業大学原子力研究所の実験研究用のTRIGA II型炉を必要に応じて利用させていただいている。

環境庁委託業務として昭和49年度以来継続して実施されている国設大気測定網 (NASN) 浮遊粒子状物質分析では、毎月全国16ヶ所の測定地点で採取した試料について分析を行っている。大気中の元素濃度は、その発生源からの影響を大きく受けていると考えられ、Al, Sc (土壌粒子), Na (海塩粒子), V (燃料油), Mn (鉄鋼), Br (自動車排気) 等の指標となりうる元素の分析値によって測定地点の地域特性を知るとともに大気汚染の監視を行っている。

土壌試料の分析では、分析値を「Bowenによる標準土壌値」等と比較する事によって汚染の程度が調べられる。

雨水や河川水試料の分析は濃縮、共沈等の簡単な前処理操作の後、他の試料と同様に行う。

植物試料の分析では、根、茎、実などの分析を行って物質吸収の様子を調べたり、葉の分析を行って、降下物による汚染状況を調べることができる。

生体試料では毛髪をはじめ、各種臓器の分析が行われている。血液はNaおよびCl濃度が高いために、他元素の

分析感度を低下させるのであまり分析に適していない。

岩石および石炭試料等は粉碎した後、分析に供する。岩石は地球化学の研究対象として、石炭は石油などとともに、燃焼に伴う重金属の発生量を調べる目的などのために、しばしば分析が行われている。

その他、魚貝類、海藻の分析やアクチバブルトレーサー試料の分析などが頻繁に行われている。また、大気中浮遊粒子状物質については、大気汚染の監視だけでなく、粒子径別の元素濃度分布の測定や、高速道路からの距離による濃度減衰、発生源の寄与率の推定など、研究調査的な方面の基礎データを得る目的でも分析が行われている。

#### 4 今後の見通し

未規制物質や、先端型産業で排出が懸念される物質の問題等、例をあげるまでもなく、環境試料を取り巻く情勢は今後、ますます多様化していくことが予想される。従来の分析方法をさらに広い範囲の試料について適用する必要が生じている一方、新しい高感度分析法への大きな期待が寄せられていることも確かである。今後とも、社会的ニーズに合致した分析方法を採用し、信頼性のあるデータを提供する努力を続けなければならない。

H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac																																											
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

図1 大気中浮遊粒子状物質中の放射化分析 (INAA) または、蛍光 X 線分析 (XRF) で分析できる元素を示す周期表 (塗りつぶした元素は普通に分析できる元素、また斜線はやや感度の劣るものを示す。左上が INAA、右下が XRF を示している)

注) グレン E, ゴードン, イルハン オーメッツ, 公害と対策, 22 (4), 310 (1986) より引用, 一部実情に合わせて修正した。