

## PIXE 法による大気エアロゾルの元素分析

秋田県環境センター 齊藤勝美

### 1 はじめに

大気中に浮遊する微小な粒子には、工場・事業場のばい煙や自動車の排煙、物の破碎処理や堆積などに伴って発生・飛散する粉じん、海域からの海塩粒子、火山の噴煙、黄砂、ガス状物質が物理・化学的变化により生成する粒子など様々な種類がある。これらの粒子は、人の健康に影響を与えるだけでなく、視程や気候など地域的な環境から地球規模の環境まで、幅広い範囲で人の生活環境と生態系に影響を及ぼしている。大気中で浮遊し、大気環境影響で対象となる粒子径の範囲は 10nm~100 $\mu$ m とされているが、我が国では粒径 10 $\mu$ m 以下の粒子（浮遊粒子状物質：SPM）を大気中に比較的長時間滞留すること、人の気道や肺胞に沈着して呼吸器に影響する恐れがあるとして環境基準が定められている。ちなみに、SPM は粒径 10 $\mu$ m の粒子を 100%カット、PM10 は粒径 10 $\mu$ m の粒子を 50%カットしたものである。大気中粒子の性状は、化学組成、粒径、質量、形状、光学特性、反応性、水溶性など多くの因子によって表されるが、粒子の挙動や大気環境影響に関しては、化学組成、粒径、質量は最も重要な因子である。ここでは、PIXE 法による大気エアロゾルの元素分析の現状と今後期待される分析技術について述べる。

### 2 PIXE 法による元素分析

大気エアロゾルの元素分析はフィルター上に捕集された粒子を対象に行われ、その捕集にはローボリューム・エアー・サンプラー、ハイボリューム・エアー・サンプラー、アンダーセンサンプラー、インパクト、ステップサンプラーなどがあり、これらは調査の目的に応じて使い分けられている。また、粒子の捕集に用いられているフィルターには、石英繊維、テフロンおよびポリカーボネートメンブレンフィルターなどが用いられている。PIXE 法は ICP-MS 法とは異なり、煩雑な化学的処理をせずに高感度で直接分析することができるため、大気エアロゾルの性状調査などに広く利用されている。大気エアロゾルの元素分析に適した手法である PIXE 法にも問題はある。その一つはチャージアップが少なく、テフロンのようにガンマー線を放出しないポリカーボネートメンブレンフィルターしか今のところ使用できない点にある。ポリカーボネートメンブレンフィルターは、ハイボリューム・エアー・サンプラーやアンダーセンサンプラーには不向きで、ローボリューム・エアー・サンプラー、インパクトおよびステップサンプラーにしか用いることはできない。しかも、このフィルターは、圧損が高く、湿度の高い場合には目詰まりを起こして急激に流量低下する欠点がある。

### 3 今後期待される分析技術

大気エアロゾルは、時間・空間的にその性状が大きく異なることから、広域的に時間分解能の高い情報が求められている。広域的に時間分解能の高い分析サンプルを得ることは多大な費用を要するが、幸いにも我が国では約 2100ヶ所にも及ぶ常時監視測定局で、自動測定機により環境大気中の SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SPM などの測定が行われている。SPM は 1 時間間隔でテープ状の石英繊維又はテフロンフィルターに捕集され、ベータ線方式で SPM の質量を測定している。フィルターに捕集された SPM の化学組成の情報を得ることが可能となれば、常時監視で捉えた SPM のエピソード現象や地球環境における SPM の挙動を、ガス状物質や気象要素を加えた総合的で、しかも広域的に高い時間分解能で解析することができる。フィルターに捕集される SPM は、平均的には約 50 $\mu$ g、多くても 200 $\mu$ g と微量のため、ICP-MS 法では多元素を同時に検出することは難しく、微量の多元素同時分析に適している PIXE 法しかみあたらない。しかし、PIXE 法でもテフロンフィルターの場合には、X線スペクトルのバックグラウンドが極めて大きくなり、元素の特性X線がバックグラウンドに埋没して元素の検出を難しくする。また、石英繊維フィルターの場合には、フィルターの厚みが 0.3 mm あり、しかも多くの元素を含んでいるために、検出した元素の定量が不確実である。こうした問題、特にテフロンフィルターの問題が解決されれば、大気環境分野で PIXE はスーパーツールになると考えられる。