

大気中浮遊粒子状物質の成分分析における精度向上を目的とした 新型サンプラの開発

小山 慎一¹⁾、○松本 淳子¹⁾、溝畑 朗²⁾

¹⁾ムラタ計測器サービス株式会社、²⁾大阪府立大学先端科学イノベーションセンター

1. はじめに

大気中の浮遊粒子状物質は、大気汚染物質として、粒径が $10\mu\text{m}$ 未満の浮遊粒子状物質 (SPM) について環境基準が設定されていたが、昨年にはより微小な粒子である粒径が $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$) についても環境基準が設定された。

浮遊粒子状物質は、さまざまな成分で構成されている混合物であることに大きな特徴がある。主な成分は、元素状炭素、有機炭素、イオン類であり、その他ナトリウムやアルミニウムなどの金属元素も含まれている。

環境基準は、SPM、 $\text{PM}_{2.5}$ ともに質量濃度で規定されているが、健康影響の面では、粒子を構成している各種成分が体内に入ることによる影響が大きいとも言われている。また、環境基準の設定により、今後、発生源対策が必要となるが、粒子の成分組成を把握することで、大気中の環境濃度に対してどのような発生源が寄与しているのか推測することができる。これらのことから、浮遊粒子状物質については、環境基準に対応する質量濃度だけでなく、その成分組成を把握することが重要である。

2. 浮遊粒子状物質の測定・分析

2.1 測定・分析手法

浮遊粒子状物質の成分分析を行うためには、ろ過捕集法 (フィルタ法) による試料採取が必要となる。ろ過捕集法とは、大気中の浮遊粒子状物質のうち、粗大粒子を取り除いた後、残りの微小粒子を含んだ大気をフィルタに通してろ過捕集するものである。代表的な採取装置では、粗大粒子を取り除くために、インパクタ方式の分粒装置が採用されている。この方式では、ノズルから大気試料を衝突板に吹き付け、ノズルと衝突板の間での急激な気流の変化に乗り切れない大きな粒子を衝突板上の捕集材に捕集するものである (図 1)。

代表的な成分分析の手法は、水溶性イオンではイオンクロマトグラフ法、有機炭素 (OC) 及び元素状炭素 (EC) などの炭素成分では熱分離熱分解補正法である。微量成分である金属成分の分析では、ICP-MS 法、中性子放射化分析法、PIXE 法、蛍光 X 線分析法などが代表的な手法である。ICP-MS 法は、広く一般的な手法となっているが、

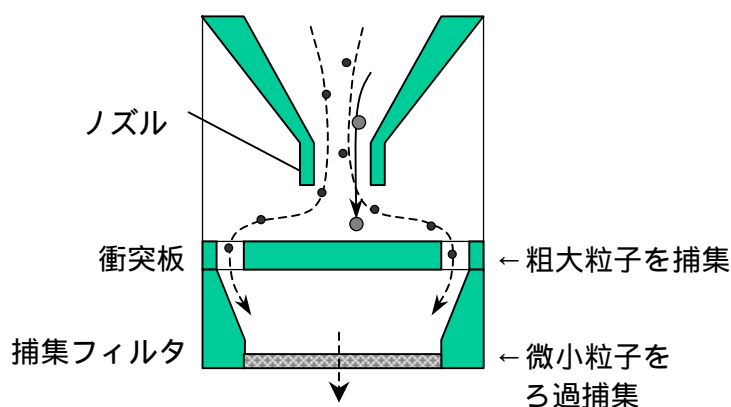


図 1 インパクタ方式の分粒装置の例

試料を溶液に溶かしてから分析するため、前処理におけるコンタミネーションの懸念が大きく、また分析の手間がかかることが欠点となっている。中性子放射化分析法、PIXE 法と蛍光 X 線分析法は非破壊分析法であり、前処理をほとんど必要とせず、試料を保存できることが利点である。しかし、中性子放射化分析法、PIXE 法は、一部の限られた施設でしか分析できず、定常的なモニタリングにおける分析手法とはなりえない。したがって、比較的一般に普及している蛍光 X 線分析法が、今後有用な分析法となることが考えられる。

2.2 試料を分析する際の問題点

これまで用いられてきた浮遊粒子状物質の試料採取装置では、得られる試料を成分分析に供するにはいくつかの問題点があった。

(1) 捕集量の不足

問題点の 1 つは、捕集量の不足である。浮遊粒子状物質に含まれる金属成分は、数ナノグラムまたはそれ以下の微量成分であるため、フィルタ上に捕集されている粒子の量が十分でないと定量することが難しい。

(2) 不純物の混入

もうひとつの問題点は、不純物の混入である。代表的な採取装置ではインパクタ方式の分粒装置が採用されているが、この方式の場合、粗大粒子の再飛散を防止するために、衝突板部分へのオイルの塗布を必要とするものがある。この方法は、確実に粗大粒子を捕集するには有効であるが、微小粒子捕集フィルタへのオイルの影響が考えられるため、試料は成分分析には適さないものとなる。

(3) 捕集面の不均一

さらに、分析手法によっては捕集面の不均一が問題となる場合がある。例えば、蛍光 X 線分析で精度の高い分析値を得るには、その原理上、粒子はフィルタ上に薄く均一に捕集されていることが望ましい。しかし、インパクタ方式の分粒装置を用いて粒径ごとに分粒された試料では、粒子は大気試料が吹き付けられた部分に山状に捕集され、フィルタ上に均一に捕集されない。

そこで、弊社では、これらの問題点を試料採取装置の面から解消するために、新型のサンプラ（スリットジェットエアサンプラ、MCAS-SJ）を開発した。

3 . 新型サンプラの特徴

開発したサンプラ（図 2、表 1）の特徴は次のとおりである。



図2 新型サンプラ（MCAS-SJ）

表1 新型サンプラの主な仕様

品名	スリットジェットアサンプラ		
型名	MCAS-SJ		
分粒方式	SPM：円形ノズルインパクト PM _{2.5} ：スリット型ジェットノズル式回転インパクト		
吸引流量	30L/min、2経路独立制御		
フィルタサイズ	47mm		
サイズ	本体	480(W)×490(D)×680(H) mm	
*一部突起を除く	ホース	450(W)×325(D)×315(H) mm	

（1）十分な捕集量の確保

MCAS-SJでは、吸引流量を従来の採取装置に比べて多くし、かつ、捕集面積を小さくすることで、成分分析、特に金属成分の分析に十分な単位面積当たりの捕集量を確保した。代表的な採取装置による捕集量を比較すると、MCAS-SJでは吸引流量を毎分30Lとし、捕集面積を従来と同じまたは4分の1に絞りこむことで、単位面積当たりの捕集量を従来の装置に比べて多くした（表2）。これにより、蛍光X線分析における精度を確保することができる。

表2 代表的採取装置による捕集量の比較

採取装置	吸引量 (L/min)	捕集面積 (cm ²)	フィルタ 捕集量* (μg)	単位面積あ たり捕集量* (μg/cm ²)
SASS	6.7	12	144	12
FRM	16.7	12	360	30
アンダーセン エアサンプラ	28.3	38	615	16
MCAS-SJ	30	12 , 3	645	54 , 215

* 環境中濃度 15 μg/m³、24 時間捕集の場合

（2）SPM を粗大粒子と微小粒子に分粒

サンプラの構造はSPMを粗大粒子と微小粒子に分けて捕集することができるようになっている（図3）。分粒装置はインパクト方式であり、新方式のスリット型ジェットノズルと回転式インパクト（衝突板）を採用した。衝突板上へのオイルの塗布なしでも、十分な分粒性能があることを確認した。

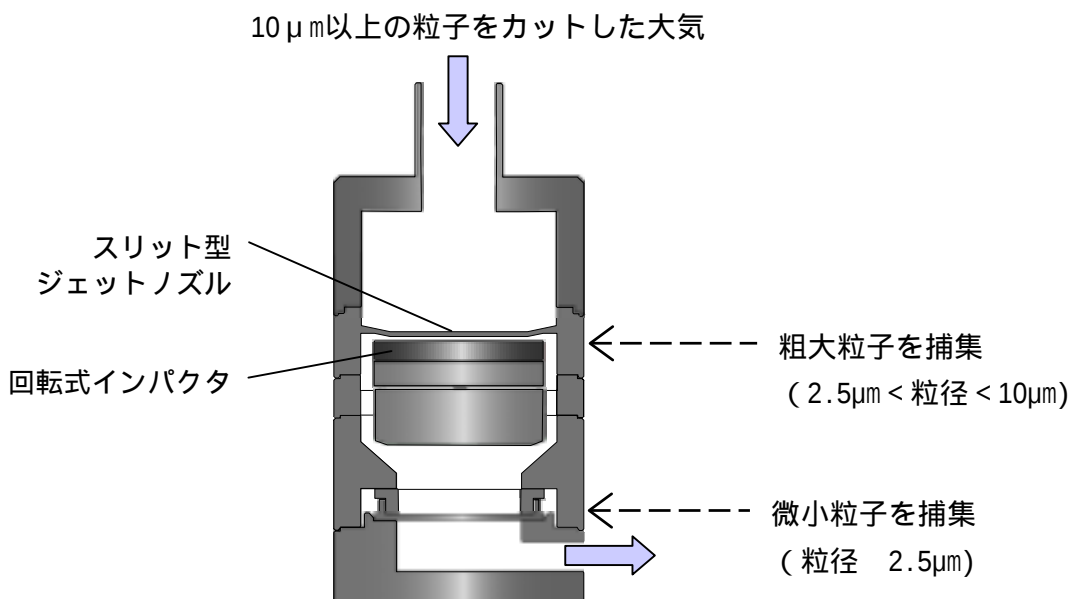


図3 分粒装置の断面図

(3) 粗大粒子を均一に捕集

分粒装置に工夫を施したことにより、粗大粒子の捕集部分は図4に示すようなドーナツ状に捕集される。捕集面上で均一な試料が得られるため、分粒捕集面でも金属成分などの成分分析が可能となった。これにより、SPMとPM_{2.5}を同一試料として捕集し、質量濃度だけでなく成分組成も含めて、同時に評価することができる。



図4 均一に捕集された分粒捕集面

4. まとめ

浮遊粒子状物質の実態把握には、成分組成の把握が重要となる。しかし、従来用いられている試料採取装置で得られる試料は、成分分析に適さないという問題点があった。そこで、それらの問題点を解消するため、新型サンプラを開発し、浮遊粒子状物質の成分分析に適する試料が得られることを確認した。