

発生源 PM10/PM2.5 測定法の問題点

○小暮信之¹⁾, 酒井茂克²⁾, 田森行男³⁾

1) 産総研, 2) 北海道環境科学研究所, 3) 日本品質保証機構

1. はじめに

固定発生源の粒子測定法においても、人体に悪影響を及ぼす微粒子、すなわち PM10/PM2.5 などの粒子径に着目した微粒子側に向けられるようになった。このため、現在発生源 PM10/PM2.5 の国際標準測定法¹⁾が 3 方式に分けて審議中である。これまで、発生源 PM10/PM2.5 測定について等速吸引法の観点で研究²⁾してきた立場から、最も早く制定予定のインパクタ法を中心に、各測定法の特徴と問題点について概説する。

2. ISO 法の特徴

各測定法の共通点は、大気中 PM10/PM2.5 測定法と同様に、50%分離粒子径 d_{p50} が $10 \mu\text{m}$ と $2.5 \mu\text{m}$ の 2 段式カスケード形を基本とし、図 1 の実線で示す ISO 7708³⁾ の分級曲線が得られなければならない。

1) インパクタ法 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以下の低濃度測定用として分類されており、多孔式円形ノズルを用いることは従来のアンダーセンサンプラーと同じであるが、ノズル位置が分級板の外側円周上に設けられている。このため、PM10 分級部のノズルから噴出した含じん流は、対向した中央開口部のある捕集板に衝突したのち、開口部から下流し、その後再び同じ構造の PM2.5 分級部へと移動して分級が行われ、最終的に PM2.5 がろ過捕集される。なお、捕集板は、PM2.5 捕集用の円形ろ紙と同じ石英繊維製の平板ろ紙を用いる。

2) サイクロン法 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以上の高濃度測定用に分類されており、2 つのサイクロンが逆向きで直列に連結され、最終的に PM2.5 が石英繊維製円形ろ紙によりろ過捕集される。逆向きに連結するため、通常サイクロンの上部にある出口が、ホッパーの下端からサイクロンの内部中心を貫通して上部内筒内まで伸びる出口に代わった特殊な PM10 分級部のサイクロン構造となっている。このホッパーの下端に突き出した出口は、後段の PM2.5 分級部の入口とグースネック形の導管によって連結されている。

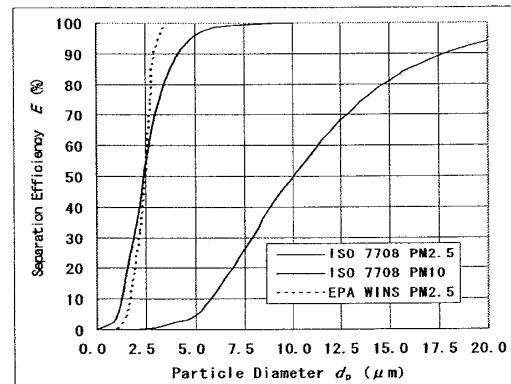
3) バーチャルインパクタ法 低濃度から高濃度までに適用できるため、測定濃度の区分は行われていない。粒子の分級捕集板の代わりに 2 流体の速度差に基づく空気層が活用されるので、インパクタのような粒子再飛散問題は解消される。分級した各粒子は、いずれも石英繊維製円形ろ紙によってろ過捕集される。

3. PM10/PM2.5 測定法の問題点

1) PM10/PM2.5 分級特性 ISO 法では、図 1 に示した PM10/PM2.5 分級曲線と同じ曲線が得られ、それぞれの分級効率が $E=50 \pm 5\%$ と規定しているだけである。一方、参考として点線で示した大気中 PM2.5 測定法 (USEPA-FRM) では、ISO 7708 よりも曲線の傾きが幾分鋭くなっている。また、最近制定された大気中 PM2.5 サンプラー (JIS Z 8851²⁰⁰⁸) は、基本的に USEPA 法をベースにするものの、ISO 法よりも一步踏み込んだ条件を規定している。すなわち、50%分離粒子径 $d_{p50}=2.5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ 、勾配 $d_{p80}/d_{p20} < 1.5$ としており、分級性能の評価が ISO 法に比べてより明確になった。

2) 等速吸引 各測定法とも、排ガス流速が変化した場合には、その変化に対応できない定流量等速吸引方式である。このため、非等速吸引は避けられないが、吸引流速の許容範囲を、ダスト濃度測定法 (ISO 9096 又は ISO 12141) の $\pm 10\%$ よりもプラス側を拡大し、 -10% ~ $+30\%$ としている。図 2 に、フライアッシュ試験粒子を用いたインパクタ法の PM10/PM2.5 の非等速吸引試験結果を示す。マイナス側に比べてプラス側の濃度誤差は小さく、ISO 法の許容範囲の拡大根拠を裏付けているが、粒子の種類(粒度や密度)や排ガス条件(流速)などによって、これらの特性の大きな変化が予想されるので、より一層詳細な検討が必要である。

3) 吸引ノズルの形状 90° ベンドノズルやグースネックノズルは、ベンド部での付着・沈着粒子が少なく、PM10 や PM2.5 に影響を及ぼさない場合には使用できるが、原則ストレートノズルを使用することとなっている。しかし、ベンドノズルの明確な使用条件や確認方法は規定されておらず、従ってストレートノ

図 1 ISO 7708 の PM10/PM2.5 分級曲線³⁾

ズルを使用せざるを得ない状況になる。2段式PM10/PM2.5インパクタとバーチャルインパクタは、外径8cm前後、長さ30~40cm程度の大きさがあり、我が国ではφ10cm前後の測定孔に挿入できない事態が生じうる。このため、ベンドノズルの使用条件や確認方法、煙道内に挿入して90°傾斜できるサンプラーの首振り機構の導入、ベンド部付着粒子のPM10/PM2.5補正方法など、早急に検討する必要がある。

4) 粒子再飛散 インパクタ法における厄介な問題は、粒子の捕集板上の跳ね返りや捕集粒子の吹き飛ばしなどによる粒子再飛散と含じん流の内壁面や分級板への接触・付着などによる粒子内部損失である。この内部損失は、アンダーセンスタックサンプラーでは一般に各段ほぼ均等にわずかずつ生じるが、評価が極めて厄介で時間がかかるなどのため、通常無視される。一方、再飛散粒子は下流に同伴されるため、最終的にはPM2.5を大きく評価するので問題となる。大気中PM2.5測定法のように、高温排ガス中ではオイルやグリースなどの飛散防止剤を用いることができないため、粒子の跳ね返りを少なくするような捕集板の使用や粒子の再飛散が生じる前にサンプリングを終了するなどの対応が必要である。

ISO法では、粒子の跳ね返りを和らげ、表面が凹凸で粒子が飛ばされにくい石英繊維製円形ろ紙を使用することとし、PM2.5捕集板上の粒子分級量を制限している。しかし、このPM分級量の根拠は曖昧であり、単に目安としてメーカーの提示値として、例えばISO-DRAFTに登場したJohnasインパクタでは、3mg以下としているだけである。排ガスや操業条件などが様々に変化する状況下において、サンプリング中にこのPM分級量を推定することは極めて困難であり、多大な労力を払って数時間に及ぶサンプリングを行っても、結局3mgを超えたデータは無効扱いとなる。

図3には、8段式アンダーセンスタックサンプラーのPM分級段数を変えたものと、2段式PM10/PM2.5インパクタにPM5.0分級部を加えた3段式PM10/PM5.0/PM2.5インパクタのPM分級割合を示したもので、分級段数を増やすことにより、最終段の円形ろ紙に捕集されるPM割合が減少することを示している。すなわち、現状のISO法におけるPM2.5への再飛散の影響は、PM5.0分級部を加えることによって和らぐ。このため、サンプリングは2段式よりも3段式の方が容易になり、データの無効数も減らすことができる。

サイクロンにおける粒子の再飛散は、ダストホッパーからの分級粒子の巻き上げや円すい部内壁に遠心分離された粒子の同伴などによって生じ、結局PM2.5に影響を及ぼす。通常、サイクロンは垂直に用いて、円すい部内壁に分離した粒子を重力落下させてホッパーに回収するが、水平煙道では横に倒して用いるため、粒子再飛散はさらに大きくなる。また、PM10分級部のホッパーの中心部には出口へ連なる導管があるため、円すい部下端のホッパーへの入口開口面積が極めて小さくなり、粒子の架橋現象や閉塞が生じ易くなり、粗大粒子の再飛散がより増えると考えられる。

4. おわりに

すでに、一部の自治体では、今年度から各種のばい煙発生施設において、PM10/PM2.5の排出実態の調査を計画中である。いずれの方式を採用すべきかの選択は難しいが、各種の測定現場状況に対応してデータ蓄積を図るなど、早急に検討を開始すべきであろう。

引用文献： 1) ISO-DRAFT(2006) Stationary source emissions- Determination of PM10/PM2.5 mass concentration in flue gas, 2) 小暮、酒井、田森(2008) 発生源PM10/PM2.5測定システムの開発-口径可変式吸引ノズルの活用、大気環境学会誌 43:9-22, 3) ISO 7708(1995) Air quality-particle size fraction definitions for health-related sampling, 4) 小暮、酒井(2007) 3段式インパクタによる発生源PM10/PM2.5測定の試み、第48回大気環境学会年会講演要旨集 1F0954

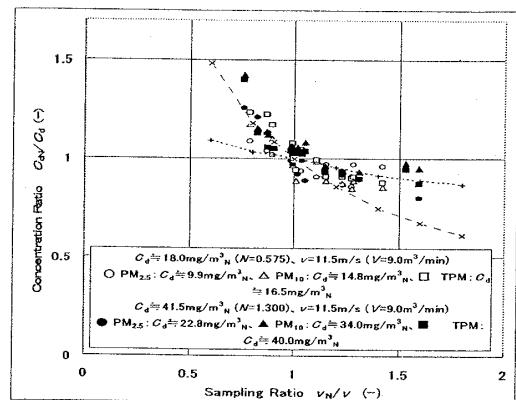


図2 PM10/PM2.5 非等速吸引試験結果²⁾

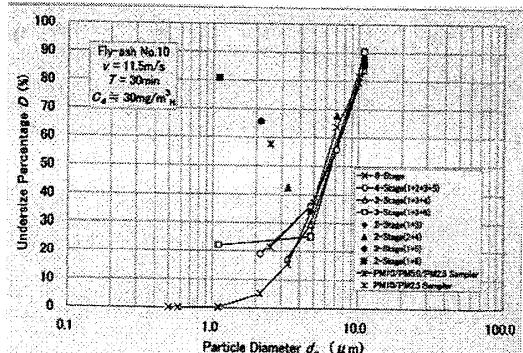


図3 多段式インパクタの分級特性⁴⁾