

# PM<sub>2.5</sub>濃度測定装置 VI-PM2.5

ホソカワミクロン(株) 東 充延

## ● はじめに

2013年の年初以降、大気汚染が深刻な中国からの飛来が懸念されるPM<sub>2.5</sub>(微小粒子状物質)の大気中濃度が西日本を中心に高くなり、健康被害をもたらす恐れがあるとして騒がれるようになった。PM<sub>2.5</sub>とは、大気中に浮遊する粒子のうち大きさが2.5マイクロメートル以下の小さな粒子であり、昭和48年に環境基準が定められ、対策が進められてきた10マイクロメートル以下の浮遊粒子状物質(SPM)よりもさらに小さな粒子状物質を指す。この粒子状物質は、髪の毛の1/30程度と非常に小さいため、肺の奥深くまで入りやすいために、ぜんそくや気管支炎などの呼吸器系への影響に加え、循環器系への影響や肺がんの危険性を高めると懸念されている。この物質は、単一の化学物質ではなく、炭素、硝酸塩、硫酸塩、金属を主な成分とするさまざまな物質の混合物であり、発生源としては、自動車の排ガス、火力発電に用いる石炭、各種工事、産業排ガスなどが主なものと考えられている。中国でのPM<sub>2.5</sub>の濃度上昇、大気汚染の実態が報道され、日本国内でも、当物質の中国からの越境汚染が危惧されているが、国内にも発生源は多く存在する。発生源からの排出実態や成分などの本格的な分析はこれからというのが実情だが、予測されるさまざまな発生源からの排出量(濃度)の高精度な測定法は、この問題の解決に欠かせない要素技術といえる。

本稿では、当社が産学共同で開発し、

8月から販売開始を予定する固定発生源の1つである煙道用PM<sub>2.5</sub>濃度測定装置「VI-PM2.5」について紹介する。

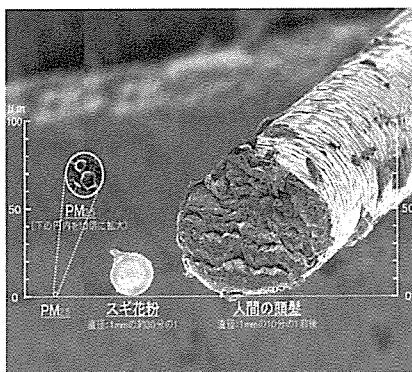


写真1 PM<sub>2.5</sub> (東京都ホームページから引用)

## ● 製品開発の背景

この測定装置は、2012年6月にPM<sub>2.5</sub>の主要な固定発生源と考えられる工場などの煙道中でのPM<sub>2.5</sub>濃度測定法の国際標準規格であるISO 13271で規定された要求性能に準拠して製作されている。そのため、当装置の開発背景としては、先ずISO規格化の経緯が欠かせない。

このISO規格は、さまざまな機関からの支援や関係者の努力によって、日本発の国際規格として成立した。2005～2007年度の間は、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)による知的基盤創成事業における研究開発として、2008～2010年度の間は、標準化フォローアップおよび戦略的国際標

準化事業として、そして2011年度は、経済産業省の国際標準化事業として支援を得て進められた。これらによる支援の下、東京農工大学大学院 神谷秀博教授が中心となり、日本発のISO規格として2007年頃から国際規格化を目指して取り組みが開始され、5年間におよぶISOの技術委員会TC146(大気環境基準)での折衝、討議を経て規格化された。また、この規格化の過程では、実際の規格化の検討が行われたTC146の日本側機関である(株)産業環境管理協会の指宿 堯嗣 常務、大野香代博士との粘り強い連携があった。

煙道でのPM<sub>2.5</sub>濃度の測定法は、ドイツが中心となって提案するカスケードインパクト法が先にISO 23210として国際規格化されたが、大気環境に比べて粒子濃度が高い煙道中では、バーチャルインパクト法を用いた方が、より精度の高い計測が可能のため、その方法を国際標準とすべく、日本が中心となって具体的には上記のような経緯を辿り、規格化に取り組んだのである。

2006年にWHO(世界保健機構)でもガイドラインが策定されたPM<sub>2.5</sub>についてISO(国際標準化機構)による測定法の規格化を目的に、NEDOおよび経済産業省の知的基盤整備事業のプロジェクトとして、神谷教授が中心となって取り組まれた詳細については、前記の通りであるが、その際、オーストリア・ウィーン大学 シマンスキー(W. W. Szymanski)教授の基本設計に基づくバーチャルインパクト法を用

いた微粒子濃度測定装置を煙道測定用に改造して用いることになった。そして、この測定装置の改造、試作を流体関連計測機器やシステムの輸入・製造販売を主業とする東京ダイレック㈱(東京都新宿区、代表取締役 白井 忠)に委託された。当初の試作品は、ステンレスとアルミを用いて作られた。

しかし、当測定装置は、高温で腐食性ガス成分の存在も予測される煙道中での計測を目的とするため、軽量で耐久性の高いチタン合金での製造が必要とされる上、構造が複雑で高度な加工精度も求められる。そのため、TC146の中の検討ワーキンググループのコンビナー(議長)に神谷教授、セクレタリーに大野博士が選任され、バーチャルインパクト法を用いたISO化の見通しが立ち始めた2010年頃、神谷教授から当社にチタン合金製のバーチャルインパクト式測定装置の詳細設計と製造について協力依頼があった。

当社では、この依頼を受け、チタン材料を用いて高所にある高温の煙道での測定を可能にする軽量化と耐腐蝕面の改良を施し、さらに微粉体測定の知見を加味して再設計し、煙道測定用装置として完成させた経緯をもつ。

また、工学院大学並木則和教授は、当装置の改良助言者として実際にオールチタン製の当社試作機を用いてPM<sub>2.5</sub>のさまざまな発生源(ゴミ焼却場や工場排煙部など)での測定に加え、大気中の浮遊PM<sub>2.5</sub>の観測を継続されている。

このように試作品による国内外でのフィールド試験を通して、バーチャルインパクト法が、より正確にPM<sub>2.5</sub>濃度を測定できることを実証できたことから、東京農工大学大学院神谷教授、塚田まゆみ技術専門員、工学院大学並木教授、ウィーン大学シマンスキー教授、東京ダイレック㈱と共同でPM<sub>2.5</sub>(微小粒子状物質)の発生源となる工場などから排出されるPM<sub>2.5</sub>濃度を高精度で測

定できる装置「VI-PM2.5」の開発・製品化に至ったのである。

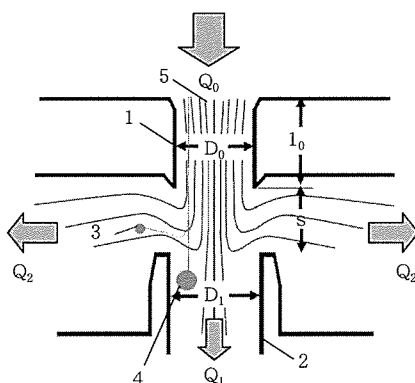
なお、当測定装置は、標準化事業に関わった東京ダイレック㈱が販売を担当し、2013年8月から販売を開始する予定である。

## ● 装置の概要

VI-PM2.5は、粒子の慣性力と遠心力を使用した慣性分級方式であるバーチャルインパクト法を用い、基本理論と計算機シミュレーションおよび実験による裏付けに基づいて設計されたノズル径と流速によって、PM<sub>2.5</sub>を国際規格(ISO 7708)で規定した性能で分級できる計測用サンプラーである。

本装置は、シマンスキー教授らが大気環境用に作製した3段式バーチャルインパクトを固定発生源の煙道中でPM<sub>10</sub>やPM<sub>2.5</sub>を分級・捕集できるように改造したマルチノズル型マルチステージバーチャルインパクトである。

3段階の粒子捕集構造となっており、



- 1 : 粒子加速ノズル
- 2 : 粒子捕集ノズル
- 3 : 主流内微粒子の軌跡
- 4 : 副流内粗粒子の軌跡
- 5 : ガス流線
- D<sub>0</sub> : 粒子加速ノズル直径
- D<sub>1</sub> : 粒子捕集ノズル直径
- l<sub>0</sub> : 粒子加速ノズル長さ
- s : 粒子加速ノズルの出口と捕集ノズルの入口の距離
- Q<sub>0</sub> : 全流量
- Q<sub>1</sub> : 副流流量
- Q<sub>2</sub> : 主流流量

図1 バーチャルインパクト概念図

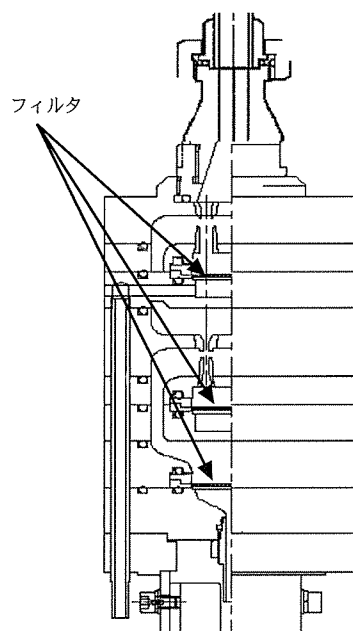


図2 VI-PM2.5構造図

上部から順に1段目がPM<sub>10</sub>分級部で10 μm以上の粗大粒子、2段目がPM<sub>2.5</sub>分級部で2.5~10 μmの粒子(PM<sub>10~2.5</sub>)を分級・捕集する。そして、3段目にはPM<sub>2.5</sub>捕集部があり、目的とするPM<sub>2.5</sub>をフィルタで捕集する。また、分級部は、加速ノズルと捕集ノズルを同軸上に配した構成で、加速ノズル通過流量の約1割を捕集ノズルで吸引する形式にすることで、含塵気流は捕集ノズル手前で方向を変えて次段へと流れ、設定したカットオフ径以上の粒子は主流を外れて直進し、捕集ノズルを通してフィルタで捕集される。そして、そのPM<sub>2.5</sub>粒子を捕集したフィルタ重量を測定することで、PM<sub>2.5</sub>濃度を測定する仕組みである。

## ● 特長

大気環境測定器のように捕集粒子のβ線吸収量から計算して濃度を測定するものとは異なり、微粒子発生源での濃度測定の標準化を目的とし、煙道での直接測定に耐える仕様となっている。そのため、排ガス濃度や温度が高く、

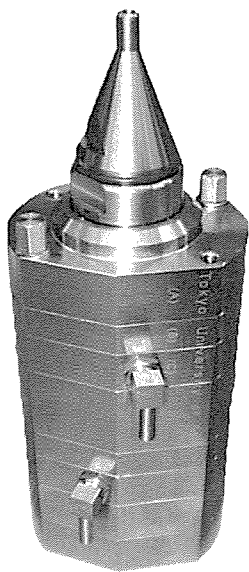


写真2 VI-PM2.5一次試作機外観

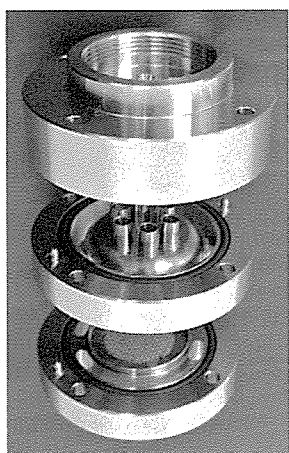
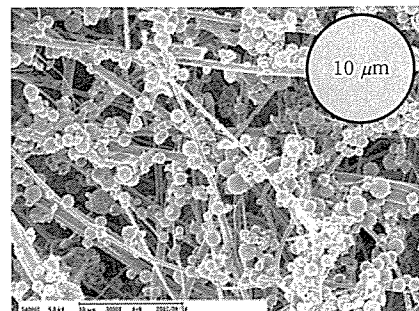
写真3 VI-PM2.5改良機外観  
(500 mLペットボトルとの対比)

写真4 VI-PM2.5改良機部品外観

大流量測定が必要とされる微粒子発生源（製鉄炉や火力発電炉など）の煙道中など厳しい条件下での測定が可能である。

また、バーチャルインパクト法は、捕集板を使わず吸引ノズルで粗粒子を吸引する形式であり、カスケードインパクト法で問題となる捕集板上での粒子の跳ね返りや再飛散が生じないため、捕集量にかかわらず分級性能は安定している。そのため、 $PM_{2.5}$ 濃度を過大評価することがない。また、捕集板にグリースなどの粘着剤を用いないため、大気中よりも高温で反応性ガスを含む場合が多い煙道中などでのグリースの揮発や分解、反応などによる質量変化が生じない。そのため、高温や高粉塵濃度での正確な測定に適している。さらにサイクロン法との比較においても、捕集量が多い場合の微粒子搬送気流への粗粒子の巻き込みや分級された粗粒子の壁面付着などの問題を回避できるため、特に高濃度測定では優位性が高い。

このように、厳しい条件下で正確な $PM_{2.5}$ 濃度の測定を可能とする当測定装置は、 $PM_{2.5}$ 対策として企業に過剰な設備投資を強いることなく、それぞれの施設に適切な能力を有する抑制設備の設置に効果を発揮する。そればかりか、正確な現状認識を可能にする測定装置の提供は、今後ますます強化が予想さ

図4 バーチャルインパクトによる $PM_{2.5}$ 捕集

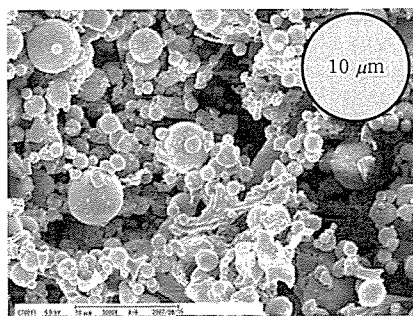
れる環境規制をクリアする投資を適切な範囲に抑えることで、企業の環境問題への取り組みを支援することにもつながる。

## ● 適用例

バーチャルインパクト法を用いた当装置の国際的な規格面での適用例としては、2012年6月のISO 13271規格化に続いて、2013年には英国規格協会(BSI)がISO 13271と整合をとった英国規格(BS)としてBS/ISOに当規格を採用しており、バーチャルインパクト法の優位性は国際的に立証されつつある。さらに、同国際規格のJIS(日本工業規格)化も現在進行中であり、今秋頃には成立の見込みである。

## ● おわりに

$PM_{2.5}$ は、都心部での大気汚染が深刻な中国からの飛来懸念で急速に注目が高まったが、発生源となり得る各種施設からの排出実態の調査は、日本のみならず世界各国でもこれから開始される段階にある。このような時期にあって、 $PM_{2.5}$ の発生濃度が高いために大きな影響力をもつ固定発生源施設での正確な実態把握につながる測定装置の果たす役割は大きい。しかし、ただ発生源での実態を把握するだけでは問題の解決にはつながらない。少なくとも実態を明らかにすることで、該当施設での問題意識を高め、排出抑制への歩み

図3 カスケードインパクトによる $PM_{2.5}$ 捕集 $2.5 \mu m$ 以上の粒子の混入が見られる

を進める契機としていくことが肝心である。この意識向上のために高い精度をもつ測定装置がきっかけとなることを期待する。

今後、PM<sub>2.5</sub>による大気汚染の問題が深刻化していけば、業界団体や地方自治体、政府・省庁などによるPM<sub>2.5</sub>排出の自主規制や法規制が敷かれることも考えられる。また、社会や住民の環境意識のさらなる高まりが、この動きを加速することにもなろう。そしてこの傾向は国際規制に発展する可能性もある。また、汚染物質の発生を抑制する装置の開発需要の高まりにもつながる。

世界的に環境意識が高まる傾向に疑いの余地はない。地球という限られた空間で人類が生活していく以上、環境問題は永遠かつ不変のテーマであり、その実態把握のために求められる測定装置が果たす役割はその起点を提供するものである。

#### ＜参考文献＞

- (1) 東京都ホームページ  
[http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/air/air\\_pollution/PM2.5/about.html](http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/air/air_pollution/PM2.5/about.html)
- (2) 和田匡司ら：固定発生源煙道内PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub>質量濃度測定用multi-stage VIS impactorの分級特性、粉体工学会誌、Vol.46、No.6、pp.467-475 (2009)

- (3) 小暮信之：発生源PM<sub>2.5</sub>の測定技術、産業総合技術総合研究所、環境管理技術研究部門研究成果発表会資料 (2011年7月14日)
- (4) 東京ダイレック：VI-PM2.5カタログ

#### 筆者紹介

##### 東 充延

ホソカワミクロン㈱ 企画管理本部  
企画部 経営企画課 課長  
〒573-1132  
大阪府枚方市招提田近1-9  
TEL：072-855-2704  
FAX：072-855-2561  
E-mail：mhigashi  
@hmc.hosokawa.com