

# 大気汚染監視用 SPM 濃度測定装置 APDA-361

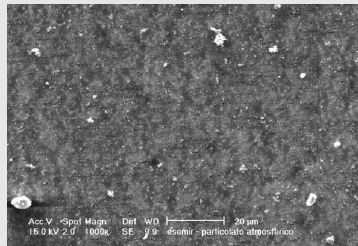
Ambient SPM Monitor APDA-361

篠原 政良

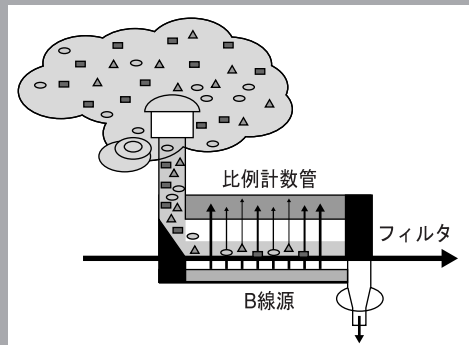


APDA-361

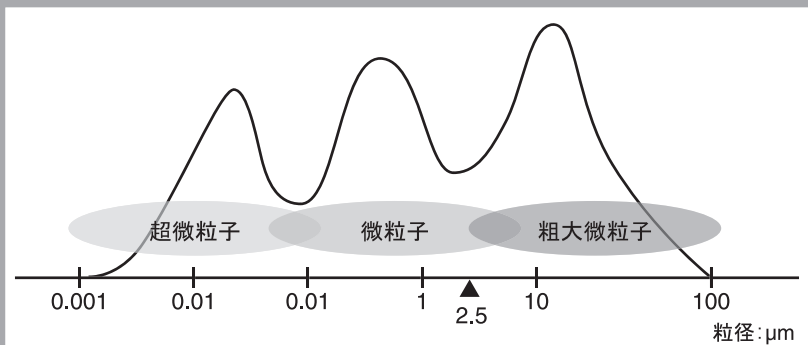
高速道路100m上空の  
SPMのSEM像



測定原理



SPMの粒径分布



## 要旨

大気中の浮遊粒子状物質 (SPM) による健康障害が心配されている。なかでも  $2.5\mu\text{m}$  以下の微粒子 (PM<sub>2.5</sub>) は、直接肺に吸い込まれるため、対策が急がれている。ホリバはサイクロンとインパクタの両方式のサンブラを備え、PM<sub>2.5</sub> を含む全ての SPM を測定できる大気汚染監視用浮遊粒子状物質濃度測定装置 APDA-361 を製品化した。本稿では、本装置の測定原理、特徴、評価結果を報告する。

## Abstract

There is concern about health impairment due to suspended particulate matter (SPM) in the atmosphere. Particulate matter of 2.5 microns and smaller (PM 2.5) is breathed directly into the lungs, and because of this countermeasures for it are being urgently pursued. Horiba has now developed as a commercial product the APDA-361 Ambient SPM Monitor, which is able to measure all SPM including PM<sub>2.5</sub> and is equipped with both cyclone and impactor samplers. This paper describes the device's measuring principles and features, and presents the results of its evaluation.

## 1 はじめに

わが国における浮遊粒子状物質 (Suspended Particulate Matter : SPM) の大気中濃度は、都市部において相変わらず高い値を示している。図 1 に SPM 濃度の年平均値の推移を示す。

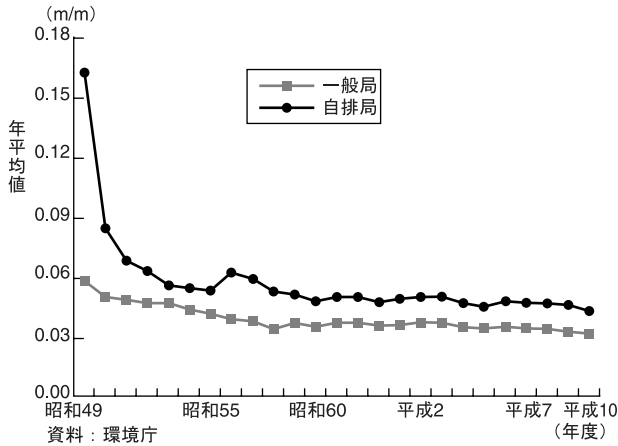


図 1 SPM 生成メカニズム

図 2 に SPM 生成メカニズムを示す。SPM には、1) 発生源から大気中に排出されたときすでに粒子状である 1 次発生粒子と、2) 排出時には窒素酸化物、硫黄酸化物、塩化水素、炭化水素などのガス状物質であったものが紫外線による光化学反応により形成される 2 次生成粒子とがある。1 次発生粒子は 10 $\mu$ m 付近に粒子径分布のピークがあり、2 次発生粒子は 2.5 $\mu$ m 以下にピークがある。大気中に浮遊する SPM は、これらが複雑に混ざり合っていると考えられている。

アメリカのハーバード大学が疫学調査の結果をもとに、SPM の中でもとくに粒径 2.5 $\mu$ m 以下の微粒子 (PM2.5) が人の死亡率と関係が深いと報告して以来、PM2.5 の対策が急に国際的な課題になっている<sup>1)</sup>。もちろん、わが国にとっても SPM は緊急課題で、環境省では 1999 年 6 月に「浮遊粒子状物質総合対策検討会」を設置し、SPM とくに PM2.5 の削減に向けて、様々な検討を開始している。

ホリバは、従来よりも微小な PM2.5 をも正確、安定に測ることができる浮遊粒子状物質濃度測定装置 APDA-361 を製品化した。

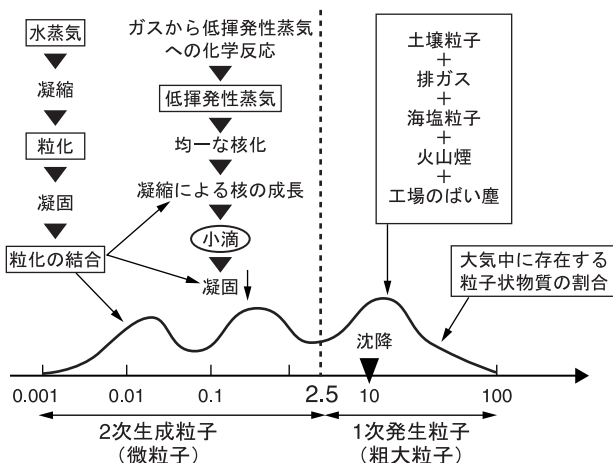
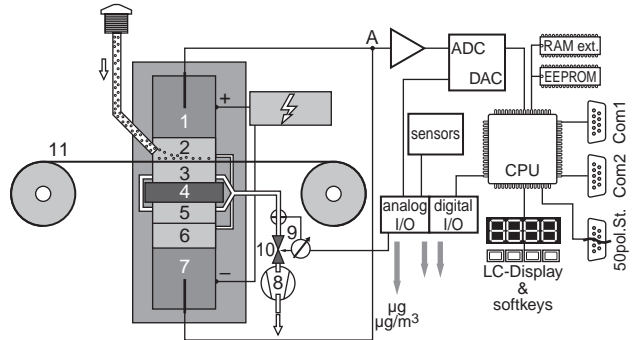


図 2 SPM 生成メカニズム

## 2 測定原理

APDA-361 は、測定原理に線吸収方式<sup>2)</sup>を用いている。これは、放射線の 1 つである線が物質 (SPM) を通過するとき物質内の電子と衝突や散乱を起こして吸収され、この吸収量が SPM の質量に比例する現象を利用した測定方法である。

図 3 に APDA-361 の測定原理を示す。



1. イオンチャンバ
2. 粒子の補集
3. 真空チャンバ
4. ベータ線源
5. 補償チャンバ
6. 補償チャンバ
7. 補償イオンチャンバ
8. 真空ポンプ
9. ガス流量計
10. ガス流量調整器
11. リボンフィルタ

図 3 分析部のイラスト

大気をサンプリングポンプで吸引し、ガス中の SPM をろ紙の上に連続的に捕集する。この SPM が堆積したフィルタに線を照射すると、SPM およびフィルタにより線が吸収される。そして、SPM 質量は線の強度を測定し (1) 式により算出する。

$$m = F \times \ln(R_0/R) [\mu\text{g}] \text{ ---- (1)}$$

ただし、

$R_0$  : 空のフィルタの線散乱強度 [1/s]

$R$  : SPM 補集後のフィルタの線散乱強度 [1/s]

$F$  : 校正係数 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

校正係数  $F$  は線散乱強度を SPM の質量に換算するための係数で、 $F = A(\mu/)$  で表される。ここで、 $A$  [ $\text{cm}^3$ ] はフィルタの測定断面積 [ $\text{cm}^3$ ] であり、 $\mu/$  [ $\text{cm}/\text{mg}$ ] は APDA-361 固有の質量崩壊係数 ( $\text{cm}/\text{mg}$ ) である。

これらの式から得られた SPM の質量と、サンプルガスの流量、圧力を補正して最終的に SPM 濃度  $M$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] を算出する。

### 3 APDA-361 の特長

#### 3.1 全 SPM と PM2.5 を測定

従来、SPM測定装置は、おもにサイクロン式ポリウムサンプラを用いてSPMをほ補集していた。しかし、サイクロンにはPM2.5のような微粒子の補集効率が低い欠点があった。そこで、環境庁は平成12年9月に「大気中微少粒子状物質(PM2.5)質量濃度測定方法暫定マニュアル」を発行し、2.5 $\mu$ m以下の微粒子を選択的に分粒するインパクト式ローポリウムサンプラの採用を暫定的に採用した。

ホリバのAPDA-361は、サイクロンとインパクトの2種類のサンプラが用意されており、用途に応じて両者を選択する。サイクロンは装置の裏側(図4)に、インパクトは上部(図5)に取り付けられており、両者は配管とコネクタで簡単に切替えることができる。APDA-361のコンパクトな設計は、既設のモニタリングステーションに設置する時、とくに便利だと好評をいただいている。

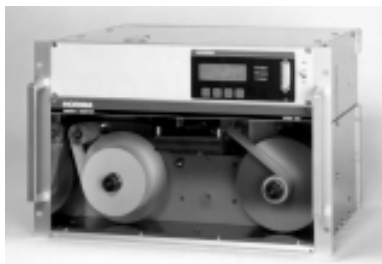


図4 SPM測定タイプ(サイクロン)



図5 PM2.5測定タイプ(インパクト)

#### 3.2 長期にわたり安定に測定

##### (1) 長寿命<sup>14</sup>C密封線源

線源には半減期が5730年ときわめて長い<sup>14</sup>C密封線源を使用しており、線源の交換なしで長期にわたり安定な測定ができる。また、線源の強度が $3.7 \times 10^6$ Bq以下のため、取り扱いのための資格や届け出は不要である。

##### (2) バックグラウンド影響の低減

線の検出器には比例計数管を採用している。比例計数管は、管内に封入された気体に放射線(線)が入射するとイオン化し、生じたイオン電流で放射線を測る。しかし、材料中の放射性物質や宇宙線などの自然放射線もバックグラウンドとしてカウントされ、SPM測定の誤差となる。APDA-361では、実測されたパルス信号をソフトウェアで処理し、バックグラウンドの影響を取り除いて測定精度を高めている。

##### (3) サンプリングポンプの長寿命化

サンプリングポンプにはカーボン弁式ポンプを採用した。これにより、1年ごとのカーボン粉末の清掃および2年ごとのカーボン交換により安定した測定が可能で、ランニングコストも低減できる。

#### 3.3 瞬時値と積分値の並列表示

測定結果は、各時点における瞬時値と、一定設定時間内に鋸歯状の積分値のどちらか一方を出力することができる。とくに瞬時値の表示は、トンネルなど浮遊粒子状物質の多い環境を測定する場合や、異常の発見などには便利な機能である。

#### 3.4 稼動状況の表示

装置の稼動状態は次の6桁のコードでモニタ画面上に表示される。

- 1) 運転ステータス：動作条件を表示
- 2) エラーステータス：異常が発生した場合に状況を表示
- 3) 制限ステータス：測定値が予め設定した濃度範囲を超えている時に警告

APDA-361のおもな仕様を表1に示す。

型式	APDA-361
測定対象 <sup>1)</sup>	大気中の10 $\mu$ m以下の浮遊粒子状物質(SPM)もしくは大気中の2.5 $\mu$ m以下の浮遊粒子状物質(PM2.5)
測定原理	線吸収方式
測定レンジ	0 ~ 1000/5000 $\mu$ g/m <sup>3</sup>
線源	種類 C14(密封線源) 強度 3.7MBq(100 $\mu$ Ci以下) 半減期 5730年
検出器	比例計数管
分粒器	サイクロン(SPM)もしくはインパクト( PM2.5)
測定時間	1時間
吸引流量	1000L/h(16.7L/min)
ポンプ	ロータリー式
ろ紙	1時間測定にて約2ヶ月
電源	AC 100V $\pm$ 10%, 50/60Hz
消費電力	約250VA
外形寸法	310(H) $\times$ 446(W) $\times$ 327(D)mm(突起物を除く)
質量	本体：約25kg, ポンプ：約6kg

<sup>1)</sup> SPM, PM2.5を測定する場合、分粒器を交換する必要がある

表1 APDA-361のおもな仕様

## 4 試験結果

APDA-361 の性能は、校正試料による濃度目盛り校正試験と、フィールドでの実測試験で評価した。

校正試験は、マイカの薄膜に石英ダストを貼り付けて精密天秤で重量を測って値決めしてある校正用ホイルを使い、AAPDA-361 による測定結果とを比較した。結果、両者の間には表2と図6に示すように、 $Y=0.9994x+1.3118$ 、 $R^2=1$  と高い相関性が認められた。

基準値(校正ホイル)μg	0	541	2160
データ1	0	540	2162
データ2	2	543	2160
データ3	2	543	2158
平均値	1.3	542	2160
標準偏差	0.89	1.33	1.33

校正ホイル:マイカの薄膜

表2 結果

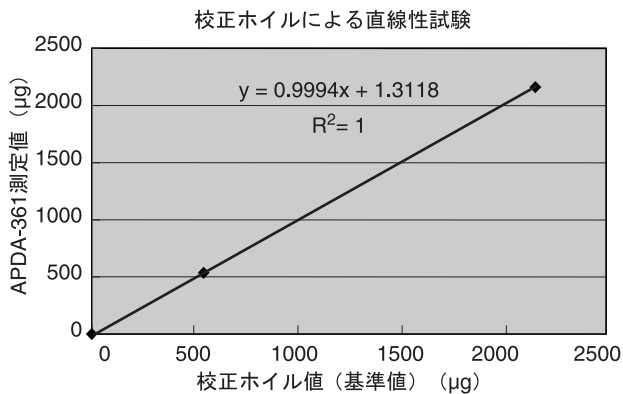


図6 結果

## 5 おわりに

以上紹介したように APDA-361 は、PM2.5 を含め大気中の SPM を安定かつ容易に測定することができる。今、ディーゼル車から排出される SPM が注目されている。今回、APDA-361 を製品化したことにより、ホリバが地球環境の保全に、より幅広く貢献できるものと考えている。今後さらに発展させるためには、お客様の使用状態を十分に把握することが第一と考えている。一層の叱咤激励を願っている。

### 参考文献

- 1) 佐藤健二, 浮遊粒子状物質総合対策に係わる調査・検討状況について, 大気中微小粒子と健康に関する国際シンポジウム要旨集, 29-32, 1999
- 2) 日本工業規格 B-7954



篠原 政良

Masayoshi SHINOHARA

環境計測開発部