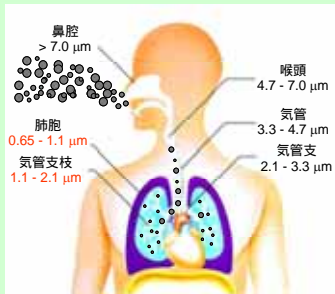


# 大都市東京における大気粉塵中の主成分元素と微量元素の長期モニタリング

理工学研究所 共同研究第2類

研究代表者 古田 直紀 研究

## 1 体内に取り込まれるAPM(大気粉塵)

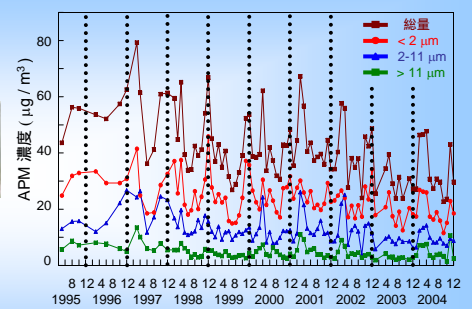


2 μm以下の微小粒子は肺の奥深くまで入り込み、健康被害を引き起こす。

## 2 APMの粒径別採取方法

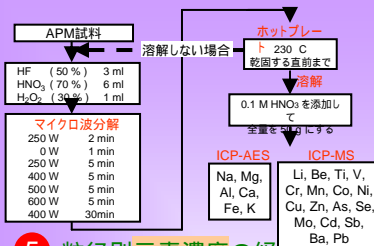


## 3 粒径別APM濃度の推移



- 2000年以降減少している傾向が見られる。
- 夏期に少なく、冬期～春期に多い季節変動。

## 4 元素分析時の試料前処理操作



## 6 濃縮係数の定義

$$\text{濃縮係数} = \frac{M(\text{APM}) / A(\text{APM})}{M(\text{地殻}) / A(\text{地殻})}$$

M (APM): 大気粉塵中のある金属Mの濃度  
M (地殻): 地殻中のある金属Mの濃度

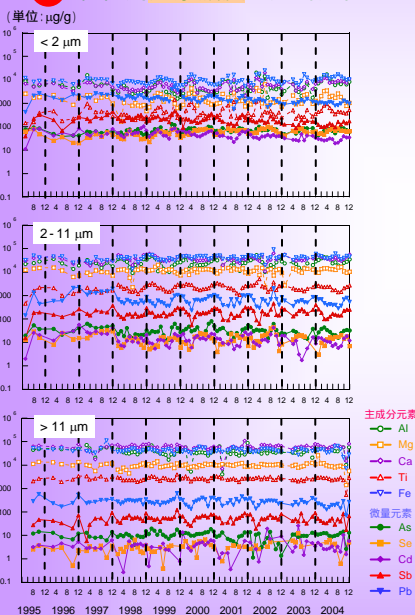
濃縮係数 1 自然起源  
濃縮係数 1 人為起源

## 8 粒径別APM中の主成分元素及び微量元素濃度と濃縮係数の平均値

| 地殻中濃度   |      | APM (< 2 μm) |                   | APM (2 - 11 μm) |       | APM (> 11 μm)     |      |      |
|---------|------|--------------|-------------------|-----------------|-------|-------------------|------|------|
| Element | μg/g | μg/g         | ng/m <sup>3</sup> | EF              | μg/g  | ng/m <sup>3</sup> | EF   |      |
| 主成分     | Na   | 24500        | 7540              | 173             | 5.5   | 48000             | 558  | 7.5  |
|         | Mg   | 13900        | 1590              | 37.3            | 1.8   | 11500             | 146  | 2.9  |
|         | Al   | 78300        | 5580              | 135             | 1.0   | 25600             | 332  | 1.0  |
|         | K    | 28200        | 8090              | 193             | 6.2   | 10100             | 131  | 1.4  |
|         | Ca   | 28700        | 6050              | 141             | 3.5   | 37700             | 461  | 4.4  |
|         | Fe   | 35400        | 9880              | 229             | 4.9   | 41400             | 506  | 4.0  |
| 微量元素    | Li   | 30           | 8.9               | 0.22            | 5.5   | 14.4              | 0.20 | 1.6  |
|         | Be   | 2.0          | 0.2               | 0.01            | 1.5   | 0.8               | 0.01 | 1.3  |
|         | Ti   | 4700         | 427               | 10.3            | 1.5   | 2170              | 28.2 | 1.5  |
|         | V    | 95           | 208               | 4.63            | 473   | 105               | 1.3  | 44.9 |
|         | Cr   | 70           | 113               | 2.58            | 31.7  | 283               | 3.3  | 14.6 |
|         | Mn   | 690          | 683               | 16.3            | 19.6  | 1030              | 12.8 | 5.2  |
|         | Co   | 12           | 5.8               | 0.14            | 8.9   | 15.2              | 0.2  | 4.3  |
|         | Ni   | 44           | 143               | 3.19            | 64.6  | 142               | 1.65 | 11.7 |
|         | Cu   | 30           | 478               | 11.9            | 341   | 1080              | 13.2 | 133  |
|         | Zn   | 60           | 5050              | 121             | 1770  | 4210              | 50.8 | 250  |
|         | As   | 1.7          | 68.0              | 1.60            | 781   | 32.5              | 0.43 | 65.8 |
|         | Se   | 0.09         | 56.5              | 1.30            | 12300 | 14.6              | 0.19 | 628  |
|         | Mo   | 1.0          | 72.0              | 1.64            | 1370  | 85.4              | 1.00 | 304  |
|         | Cd   | 0.1          | 46.5              | 1.17            | 9710  | 15.3              | 0.21 | 546  |
|         | Sb   | 0.2          | 199               | 4.93            | 20900 | 188               | 2.29 | 4330 |
|         | Ba   | 590          | 232               | 5.22            | 7.0   | 1170              | 13.7 | 6.9  |
| Pb      | 15   | 1570         | 39.2              | 2190            | 709   | 9.67              | 171  |      |

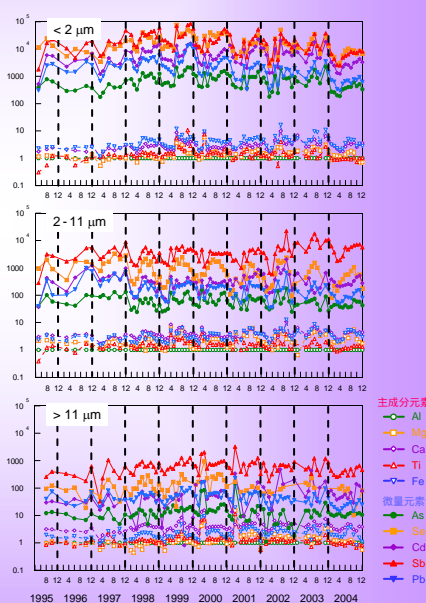
- 粒径2 μm以下のAs, Se, Cd, Sb, Pbの濃縮係数が高い。
- 特にSbの大きな人為起源の存在が示唆される。

## 5 粒径別元素濃度の経時変化



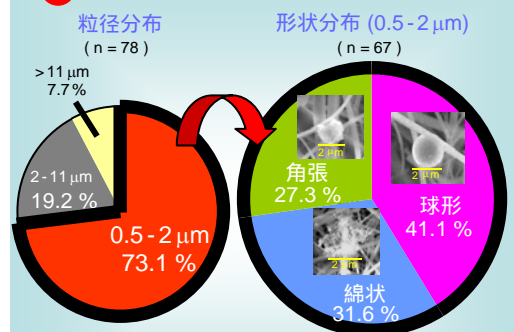
主成分元素: 粒径が大きいほど濃度が高い。  
微量元素: 粒径が小さいほど濃度が高い。

## 7 粒径別濃縮係数の経時変化



季節変動パターンが似ている元素グループ  
グループ1: Na, K, Ca, Fe 自然起源  
グループ2: V, Cr, Ni 化石燃焼起源  
グループ3: Cu, Zn, Mn, As, Se, Cd, Sb, Pb 人為起源

## 9 SEMを用いたAPMの粒径と形状分布



APM (< 2 μm) の形状は、球形、角張、綿状がほぼ等しく分布している。

## 結論

### 長期モニタリングの測定結果から

- ・ APM中の微小粒子(< 2 μm)にはSbが濃縮している。
- ・ 微小粒子(< 2 μm)中のSbの発生源は化学繊維の難燃剤、焼却灰、自動車のブレーキパッドなどが考えられる。

### 単一粒子の形状・組成の分析結果から

#### 東京におけるAPM

- ・ APM中の約70%が微小粒子(< 2 μm)である。
- ・ APM (< 2 μm)には球形、綿状、角張の形状の粒子が観察された。
- ・ 微小粒子(< 2 μm)中の角張粒子から高濃度のSbが検出された。

#### ブレーキパッドの摩耗粒子

- ・ 70%以上が微小粒子(< 2 μm)であり、その内の80%以上が角張粒子であった。

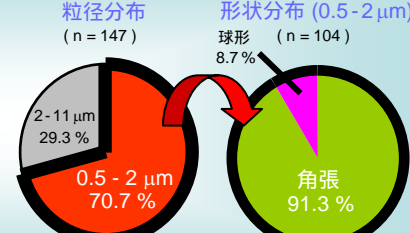
角張った微小粒子(< 2 μm)中のSbの発生源は、ブレーキパッドの摩耗粒子が多く占めると考えられる。

## 10 SEM-EDXを用いたAPM (< 2 μm) 各形状の単一粒子組成 (n = 20)

| APMの粒子組成 (μg/g) [Sb] > 50 μg/g |       |       |       | APMの粒子組成 (μg/g) [Sb] < 50 μg/g |       |       |        |
|--------------------------------|-------|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|--------|
| 形状                             | 球形    | 綿状    | 角張    | 形状                             | 球形    | 綿状    | 角張     |
| n=5                            | n=5   | n=5   | n=5   | n=15                           | n=15  | n=6   | n=6    |
| Na                             | 7970  | 1490  | 3310  | Na                             | 3340  | 1250  | 5300   |
| Mg                             | 22000 | 3520  | 3910  | Mg                             | 2270  | 1500  | 10400  |
| Al                             | 41300 | 7990  | 36000 | Al                             | 37610 | 8370  | 43600  |
| S                              | 44900 | 33650 | 28000 | S                              | 50020 | 22300 | 125100 |
| Cr                             | 470   | 50    | 150   | Cr                             | 140   | 90    | 210    |
| Fe                             | ND    | ND    | ND    | Fe                             | ND    | ND    | ND     |
| Cu                             | 390   | 170   | 240   | Cu                             | 230   | 220   | 420    |
| Zn                             | 18320 | 2590  | 5400  | Zn                             | 4990  | 3850  | 9330   |
| Cd                             | 160   | 10    | 80    | Cd                             | 80    | 10    | 80     |
| Sb                             | 360   | 220   | 50    | Sb                             | 8     | 2     | 5      |
| Ba                             | 7200  | 180   | 300   | Ba                             | 590   | 270   | 80     |
| Pb                             | ND    | ND    | ND    | Pb                             | ND    | ND    | ND     |

APM (< 2 μm) 中の角張粒子から高濃度のSbが検出された。(Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>はブレーキパッドの難燃剤として使用される)

## 11 プレーキパッド摩耗粒子の粒径と形状分布



角張のAPM (< 2 μm) が大部分を占める。

2004