

# 黃砂現象이 우리나라에 미치는 影響

Yellow Sand Phenomena Influence to the Atmosphere in Korea

李 敏 熙            韓 義 正            元 良 洙

Min-Hee Lee, Eui-Jung Han, Yang-Soo Won

## Abstract

Particle size distribution of airborne suspended particulate concentrations according to particle size in the events of yellow sand phenomena, have been measured and analyzed by using Andersen air sampler for four years, January 1982 through December 1985. The conclusions are as follows:

1. Yellow sand phenomena, generally, occur between March and May.
2. The frequent occurrences of yellow sand were observed during March and April and airborne suspended particulate concentrations in the cases of yellow sand appeared to be 2~3.4 times higher than those of normal conditions.
3. Geometric mean particle diameter and its geometric mean standard deviation by logarithmic normal distribution sheet, were quite close to each other and log-distribution curves showed similar shapes.
4. Analysis by particle size distribution curve showed bi-modal distribution.
5. Concentrations of coarse particles in normal conditions were 1.2~2 times higher than those of fine particles and, similarly, coarse particle concentrations in yellow sand cases were 1.3~2.5 times higher than those of fine particles.
6. Concentrations of coarse particles in yellow sand cases were 2~3.6 times higher than those in normal conditions and those of fine particles were 1.7~3.5 times higher.

## 1. 緒 論

우리나라에서는 3月, 4月, 5月의 期間中 偏西風에 依해 아시아 大陸으로부터 輸送되어지는 黃砂現象이 종종 觀測되어진다.<sup>1)</sup> 黃砂의 原因은 大規模의 砂塵의 輸送移動現象의 하나로서 그 現象은 地球大氣의 에너지 收支라든지 降水의 原因이 되는 永晶核濃度에 크게 影響을 미치는 外에

도 大氣에어로졸의 主要成分이 되는 것으로도 알려져 있다.

그러므로 下層大氣에 있어서의 浮遊粉塵의 觀測도 活潑하여 粒徑分布라든지 그의 組成에 關係 많은 研究報告가 있다.<sup>2)-17)</sup>

그렇기 때문에 黃砂現象이 우리나라 大氣에어로졸에 미치는 影響을 解明한다는 것은 國境을 넘어서 오는 環境汚染의 立場에서도 重要한 意味

\* 國立環境研究所大氣研究部

Air Quality Research Department, National Environmental Protection Institute,

가 있다고 생각되어진다.

그래서 본 研究에서는 1982年 1月부터 1985年 12月까지 4個年에 걸쳐 人體影響 特히呼吸器障害를 評價하는데 있어 가장 最適으로 알려져 있는 Andersen Air Sampler<sup>18)</sup>를 使用하여 當 研究所屋上에서 調査한 結果에 關하여 統計的解

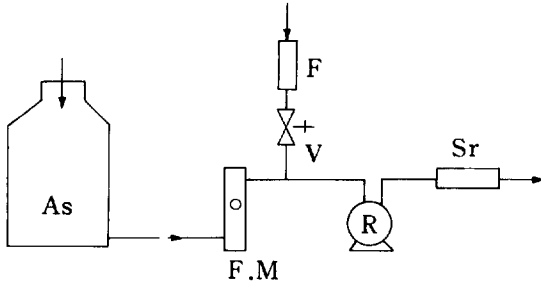


Fig.1 Flow diagram of andersen sampler.

- As : Andersen sampler
- F.M : Flow meter
- V : Flow adjusting valve
- F : Filter
- R : Pump
- Sr : Silencer

析을 通하여 黃砂現象이 우리나라에 미치는 影響에 關하여 檢討하였다.

## 2. 實 驗

### 2.1 裝置 및 測定條件

試料의 採取는 當 研究所의 3層屋上(地上 約 10m)에 Andersen Air Sampler (日本 Dylec 社製 Model AN-200)를 設置하여 測定하였다.

Andersen Air Sampler의 構成圖 및 分級粒徑 範圍를 그림 1과 2에 나타냈다.

試料採取時間은 7日間 吸引流量은 28.3 l/min로 大氣를 連續吸引하여 試料를 採取하였다.

各 stage 捕集板은 glass fiber filter(80mm φ)를 使用하였고 backup filter는 membrane filter를 使用하였다. 秤量은 捕集前의 各 filter를 105°C에서 2時間 乾燥後 silica gel decicator 中에서 48時間 放置後 直示 天秤(Kern 社製 Model S2000)으로 秤量하였다.

試料를 捕集한 後는 各 段으로 分級捕集한 試料를 silica gel decicator 中에서 48時間 放置後 秤量하였다.

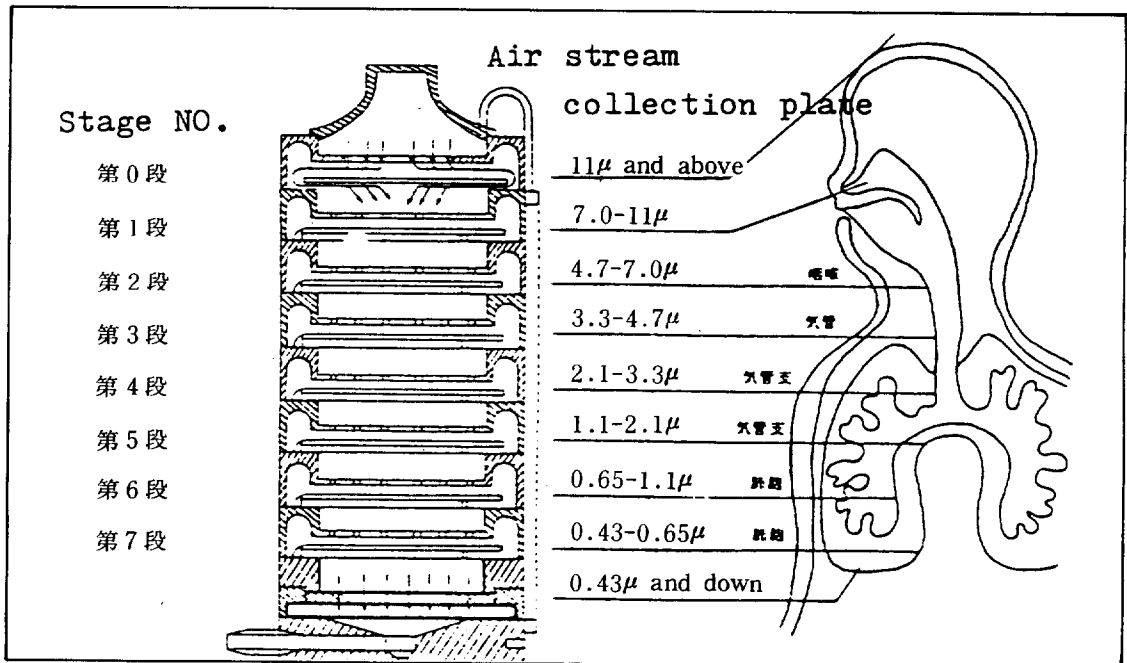


Fig.2 Andersen non-viable sampler model AN-200 and its aerodynamic size distribution range

## 2.2 測定期間 및 測定結果解析

測定期間과 回數는 表 1에 나타냈다. 測定結果의 解析은 各 段에 分級되어진 浮遊粉塵濃度마다 幾何平均해서 季節別로 解析을 하였고 黃砂現象의 測定值도 같은 方法으로 解析하였다. 黃砂現象의 發生與否는 氣象豫報<sup>1)</sup>에서 確認하였고 表 2는 黃砂現象 發生時日의 氣象狀態를 나타낸 것이다. 表 2에서 보는 것처럼 風向은 偏西風이고 平均風速은 1.6~7.6 m/sec였다.

Table 1. Monthly number of samples, 1982-1985

| Year<br>Month | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | Total |
|---------------|------|------|------|------|-------|
| 1             | 1    | 1    | 1    | 1    | 4     |
| 2             | 1    | 1    | 1    | 1    | 4     |
| 3             | 3    | 2    | 3    | 3    | 11    |
| 4             | 2    | 2    | 3    | 2    | 9     |
| 5             | 3    | 3    | 2    | 2    | 10    |
| 6             | 2    | 2    | 2    | 2    | 8     |
| 7             | 1    | 1    | 1    | 1    | 4     |
| 8             | 1    | 1    | 1    | 1    | 4     |
| 9             | 2    | 2    | 2    | 2    | 8     |
| 10            | 1    | 1    | 1    | 1    | 4     |
| 11            | 1    | 1    | 1    | 1    | 4     |
| 12            | 1    | 2    | 2    | 2    | 7     |
| Total         | 19   | 19   | 20   | 19   | 77    |

Table 2. Yearly ambient air conditions in yellow sand season

| Year | Period | Temp(°C) |           | R. H(%) |     | Ws(m/sec) |      | Wd  |
|------|--------|----------|-----------|---------|-----|-----------|------|-----|
|      |        | Ave      | Max-min   | Ave     | min | Ave       | min  |     |
| 1982 | 17 Mar | 2.8      | 3.9-1.6   | 84      | 67  | 1.6       | 4.0  | WNW |
|      | 25 Mar | 3.1      | 7.9-1.1   | 36      | 26  | 3.6       | 6.7  | W   |
| 1983 | 2 Apr  | 6.3      | 9.3-2.5   | 61      | 34  | 5.4       | 12   | W   |
|      | 29 Apr | 9.4      | 14.1-6.1  | 61.3    | 40  | 7.6       | 14   | SW  |
|      | 30 Apr | 10.8     | 15.6-5.3  | 55.5    | 44  | 5.1       | 10.7 | SW  |
|      | 2 Apr  | 13.1     | 19.1-7.3  | 67.3    | 42  | 3.1       | 8.7  | WSW |
|      | 3 May  | 16.5     | 22.9-9.3  | 56.3    | 26  | 1.8       | 5.3  | WSW |
| 1984 | 16 Mar | 4.3      | 7.6-1.3   | 66.3    | 33  | 4.9       | 4.7  | W   |
|      | 17 Mar | 2.6      | 7.3-3     | 59.3    | 38  | 5.0       | 5.2  | W   |
|      | 6 Apr  | 3.7      | 8.4-1     | 42      | 22  | 3.8       | 3.8  | SW  |
|      | 1 May  | 11.4     | 15.9-7.9  | 64.3    | 38  | 4.1       | 4.2  | WNW |
|      | 14 May | 16.9     | 24.8-10.8 | 63.3    | 38  | 2.3       | 2.5  | W   |
| 1985 | 28 Mar | 4.8      | 9.1-1.9   | 76.3    | 57  | 3.3       | 3.5  | SW  |
|      | 29 Mar | 2.9      | 6.7-5     | 53.0    | 34  | 4.1       | 4.6  | W   |

## 3. 結果 및 考察

### 3.1 粒度分布

그림 3-1~3-4에 粉塵의 粒度分布濃度와 黃砂

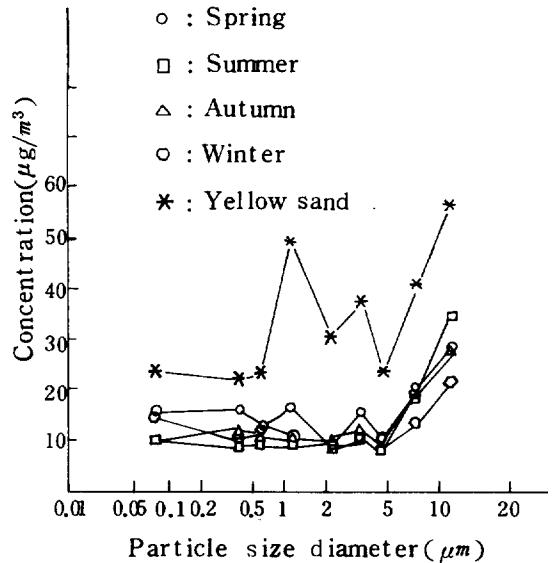


Fig.3-1 Particle size concentration (1982)

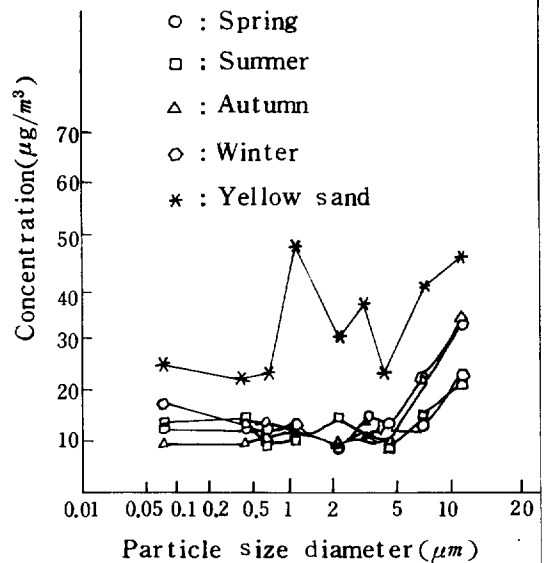


Fig.3-2 Particle size concentration (1983)

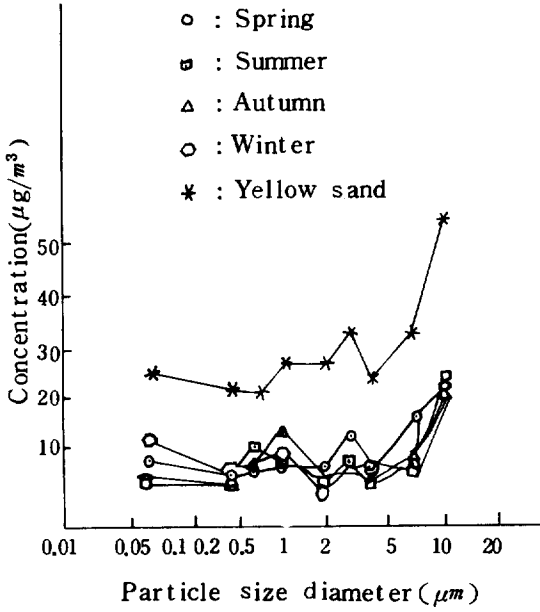


Fig.3-3 Particle size concentration (1984)

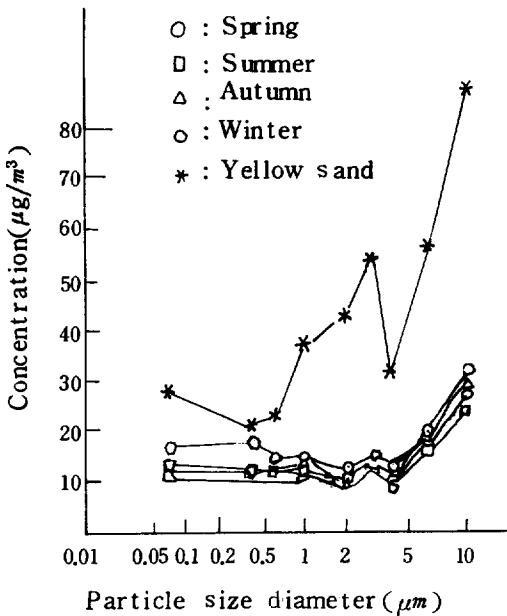


Fig.3-4. Particle size concentration (1985)

現象時의 粒度分布濃度와 그 變動을 季節別로 나타낸 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 黃砂現象이 없을 때의 粉塵의 粒度分布濃度는 季節에 關係없이 거의 같은 範圍의 濃度였으나, 黃砂現象이 있었을 때의 濃度는 黃砂現象이 없을 때 보다 約 2~3.4 倍로 높은 濃度였다.

田中等의 研究<sup>19)</sup>에 의하면 大氣中浮遊粒子狀物質濃度의 季節的 變化는 地域的 影響이 크게 左右되어 各都市에 共通의 傾向은 볼 수 없다고 하였다. 그러나 浮遊粒子狀物質에 對한 土壤粒子의 寄與度는 普通 10~40%程度의 値를 나타내어 比較的 安定되어 있으나 黃砂現象의 出現頻度가 높을 때는 最高値를 나타내고 各都市마다 50%以上으로 黃砂現象이 없을 때에 비해 2~5 倍가량의 높은 濃度가 되고 各都市에 共通的인 季節的 變化가 보였다고 報告하고 있다.

### 3.2 對數正規確率紙에 依한 解析

大氣汚染物質의 測定値는 그 觀測點의 汚染源群에 對한 相對位置 및 局地氣象條件에 依해 수

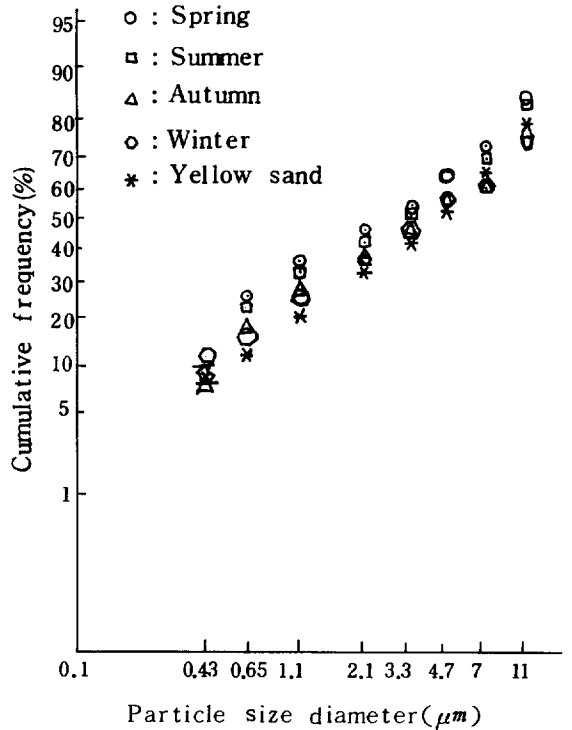


Fig.4-1 Cumulative frequency distribution curve(1982)

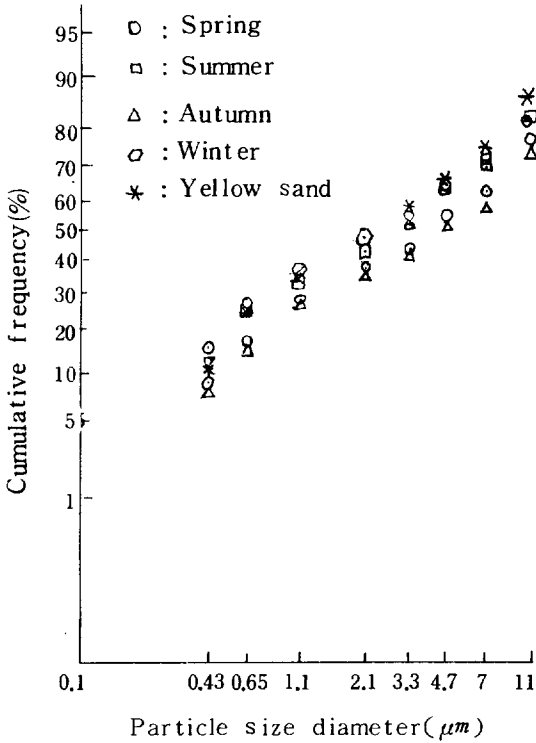


Fig.4-2 Cumulative frequency distribution curve(1983)

시로變動을 하나 Ledbter<sup>20)</sup>, Larsen<sup>21)</sup>, Zimmer<sup>22)</sup> 등의 研究에 依하면 近似的으로 對數正規分布를 한다고 報告하고 있어 粉塵의 粒徑分布도 對數正規分布를 한다고 假定하고 對數正規確率紙上에 各 粒徑測定值를 큰 順으로 累積頻度를 눈금에 적어 直線을 求하여 幾何平均粒徑(50% 粒徑Mg로 表示)幾何標準偏差(δg로 表示)로 粒度分布를 評價하였다.

Mg와 δg은 다음 式으로부터 求하였다.

$$Mg = \log_e(Y)_x = 50\%$$

$$\delta g = \log_e \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{(Y)_x = 50\%}{(Y)_x = 16\%} + \frac{(Y)_x = 84\%}{(Y)_x = 50\%} \right\} \right]$$

그림 4-1~4-4에 測定結果를 對數正規確率紙에 나타낸 것이고 Mg 및 δg를 表3에 나타냈다.

그림 4와 表3에서 보는 것처럼 δg은 거의 같은 範圍內에 있고 對數正規分布도 거의 같은 모양을 나타내고 있다. 이것은 高芝 등의 研究<sup>23)</sup>와도 一致하는 結果였다.

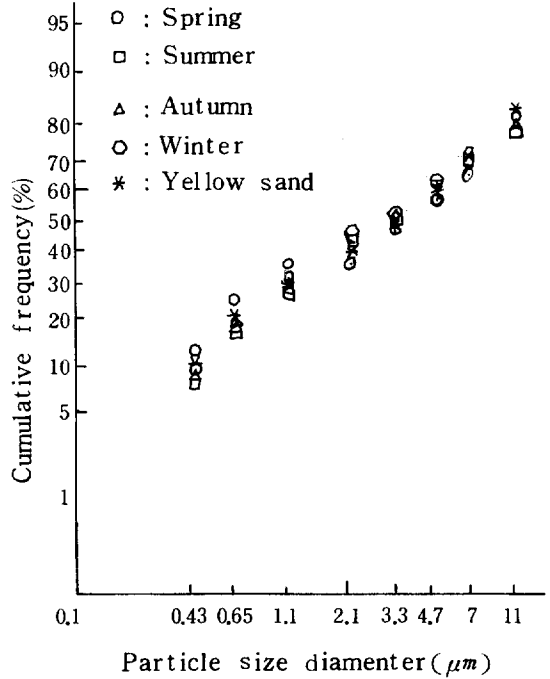


Fig.4-3 Cumulative frequency distribution curve(1984)

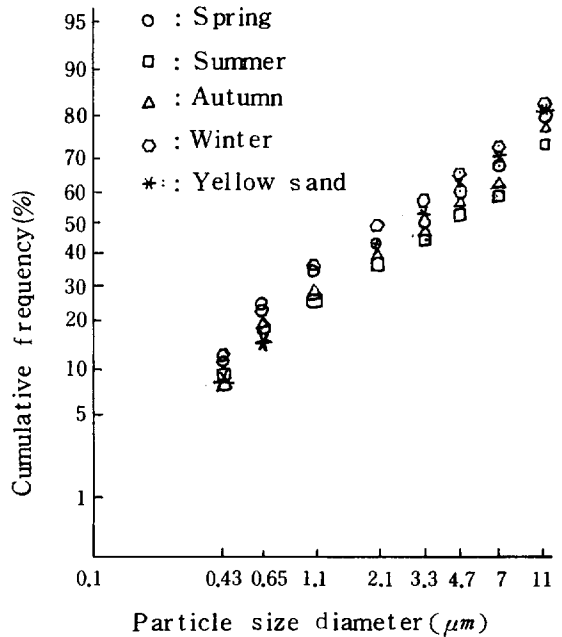


Fig.4-4 Cumulative frequency distribution curve(1985)

### 3.3 粒度別濃度變化

粉塵濃도의 histogram을 作成하기 위하여는 表 4에 나타낸 것과 같이 各段의 粒子의 分級幅

Table 4. Determination of representative particle diameter of each size class

| Stage No.     | Particle Size | ECD  | loged         | $\Delta(\loged)$ | Median Range |
|---------------|---------------|------|---------------|------------------|--------------|
| 0             | 11.0-30       | 11   | 2.398-3.401   | 1.00             | 2.899        |
| 1             | 7.0-11        | 7    | 1.946-2.398   | 0.45             | 2.172        |
| 2             | 4.7-7.0       | 4.7  | 1.548-1.946   | 0.40             | 1.747        |
| 3             | 3.3-4.7       | 3.3  | 1.194-1.548   | 0.35             | 1.371        |
| 4             | 2.1-3.3       | 2.1  | 0.742-1.194   | 0.45             | 0.968        |
| 5             | 1.1-2.1       | 1.1  | 0.095-0.742   | 0.65             | 0.419        |
| 6             | 0.65-1.1      | 0.65 | -0.431-0.095  | 0.53             | -0.168       |
| 7             | 0.43-0.65     | 0.43 | -0.844--0.431 | 0.41             | -0.637       |
| Backup filter | 0.08-0.43     | 0    | -0.525--0.844 | 1.68             | -1.68        |

( $\Delta$ 로 表示, 分級幅은 自然對數로 變換)를 求하여 各各의 重量濃度  $\mu g/m^3$  ( $\Delta m$ 로 表示)를 그 分級幅으로 나누어 一定하게 하고  $\Delta m/\Delta(\loged)$ 로 計算하였다. 또한 分級幅을 求하기 위하여는 最大徑과 最小徑이 問題되는데 Roesle 等은 電子顯微鏡에 의해 back up filter 上에 捕集되어

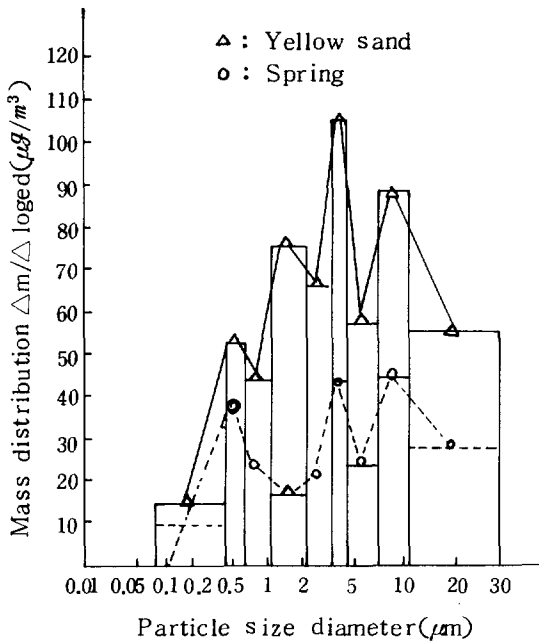


Fig.5 Histdgram(1982)

진 粒子의 最小徑은  $0.03\mu$ , 最大徑은  $18\mu$  이라고 報告하고 있으나 高芝<sup>24)</sup>, 角脇<sup>25),26)</sup> 等의 報告는 最小徑  $0.08\mu$ , 最大徑  $30\mu$  이라고 指摘하고 있어 最小徑  $0.08\mu$ , 最大徑  $30\mu$  로 하여 計算하였다.

그림 5에 나타낸 것은 1982年의 봄과 黃砂現象의 測定例를 各段에 있어서의 中心點을 連結하여 平滑曲線을 求한 것이다.

粒度分布型을 把握하기 위하여 平滑曲線을 그림 6에 나타냈다. 그림으로부터 粉塵의 粒徑分布曲線의 分布型은 一般적으로 stage 7( $0.43\sim 0.65\mu$ ) 및 stage 3( $3.3\sim 4.7\mu$ )을 peak로 하여 二山型의 分布를 하고 있다. 이것은 鈴木<sup>26)</sup> 等의 報告와도 一致하고 黃砂現象의 分布型도 一般적으로 비슷하게 一致하고 있다.

### 3.4 粗大粒子와 微小粒子

粗大粒子와 微小粒子를 區分하는 粒徑 分布型은 그림 6-1~6-4에 나타낸 各 stage 5( $1.6\sim 2.1\mu$ )에 一般적으로 最小値가 나타나고 stage

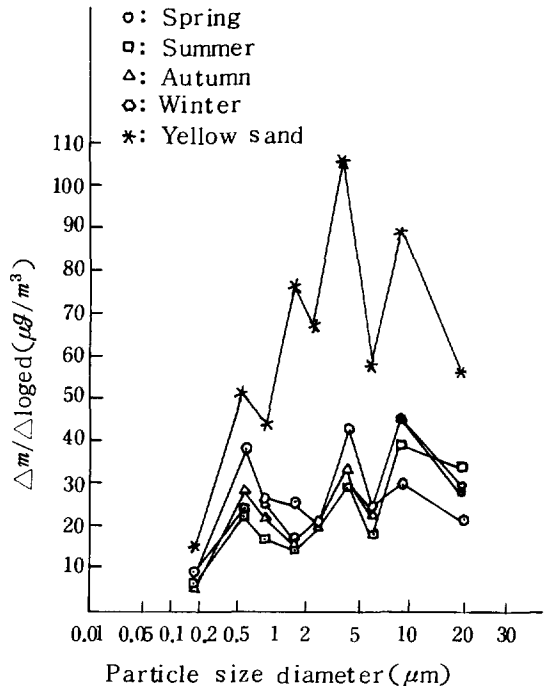


Fig.6-1 Particle size distribution curve(1982)

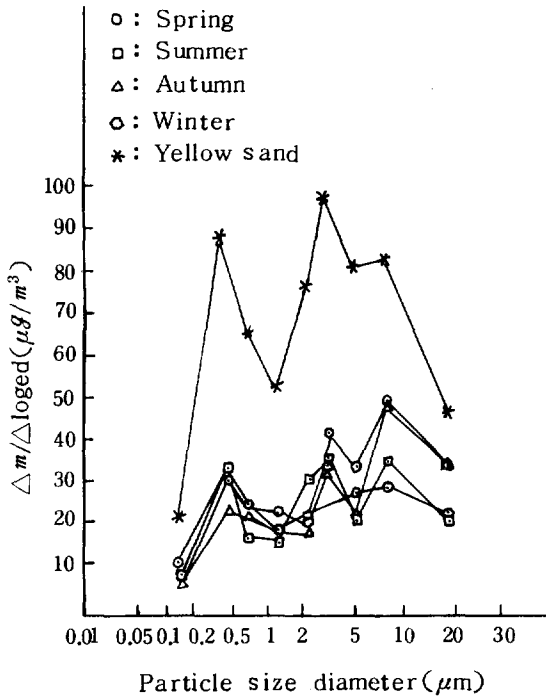


Fig.6-2 Particle size distribution curve(1983)

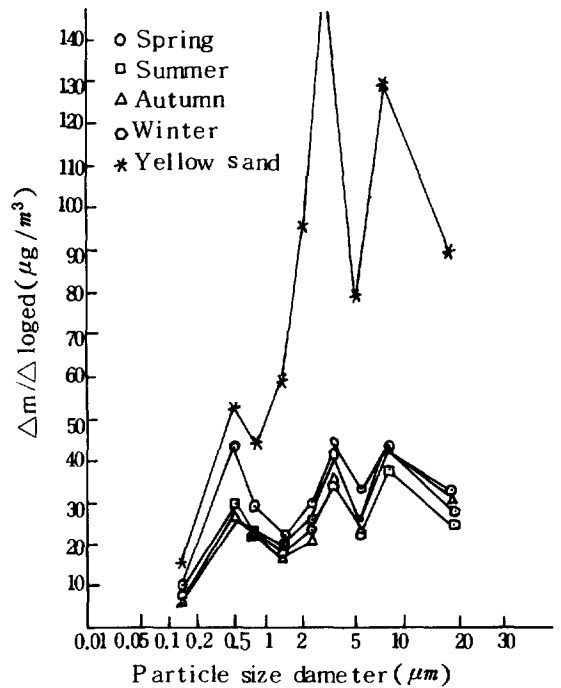


Fig.6-4 Particlesize distribution curve. (1985)

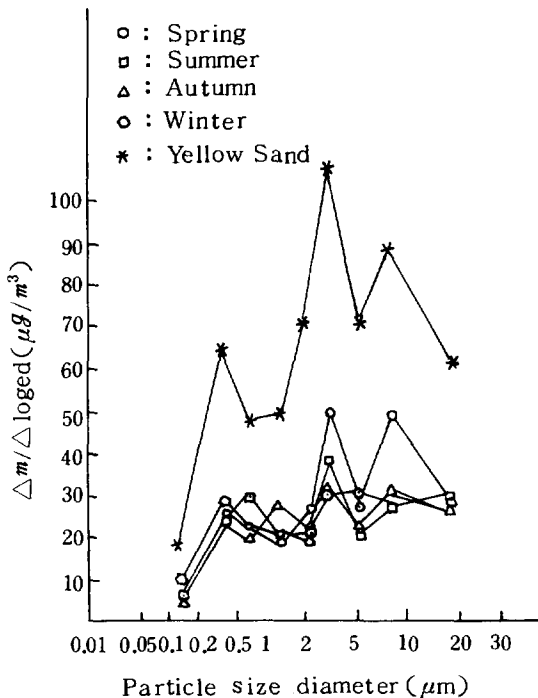


Fig.6-3 Particle size distribution curve(1984)

No.0~4에 分級되어진 粒子를 粗大粒子로 하고 No.5 以下の 分級範圍를 微小粒子로 하여 粗大粒子와 微小粒子의 濃度를 求한 것을 表5에 나타냈다.

그림 7-1~7-4는 粗大粒子와 微小粒子濃度를 總浮遊粉塵濃度와 比較한 것을 年度別로 나타낸 것이다.

表 5와 그림 7-1~7-4로부터 粗大粒子의 濃度는 微小粒子의 濃度보다 約 1.2~2 倍 가량 높고 黃砂現象時의 粗大粒子濃度는 微小粒子濃度보다 1.3~2.5 倍 가량 높았다.

또한 黃砂現象時 粗大粒子濃度는 黃砂現象이 없는 期間의 濃度보다 約 2~3.6 倍 가량 높았고 微小粒子濃度도 1.7~3.5 倍 정도 높았다.

微小粒子의 濃度の 變動은 總浮遊粉塵濃度の 變動에 關係없이 32.5~46.28% 範圍內였고 粗大粒子에 比해 濃度の 變動이 적었으나 黃砂現象時에는 1985 年을 除外하고는 36.37~43.11% 範圍로 濃度の 變動은 比較的 적었다.

大氣中の 粗大粒子의 生成機構로서는 바람에 의한 土壤이라든지 海鹽粒子의 飛散 등 自然界의 活動에 의한 것외도 機械的 摩擦 등에 의한 人爲

Table 5. Concentration of coarse and fine particles in urban air over seoul

| Year              | Sampling Period             | No Samples       | Coarse Particles( $>2\mu m$ ) |       |           | Fin Particles( $<2\mu m$ ) |                          |       |          | Total Particles |                          |        |            |
|-------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------|-------|-----------|----------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|--------------------------|--------|------------|
|                   |                             |                  | Ave Conc ( $\mu g/m^3$ )      | G.SD  | CP/TA (%) | CP/YTA (%)                 | Ave Conc ( $\mu g/m^3$ ) | G.SD  | FP/TA(%) | FP/YTA (%)      | Ave Conc ( $\mu g/m^3$ ) | G.SD   | TA/YTA (%) |
| 1982              | Spring (Mar-May)            | 6                | 83.0                          | 1.37  | 59.67     | 44.57                      | 56.1                     | 1.30  | 40.33    | 47.31           | 139.1                    | 1.17   | 45.63      |
|                   | Summer (June-Aug)           | 5                | 77.77                         | 1.32  | 67.46     | 41.76                      | 38.52                    | 1.45  | 32.54    | 32.48           | 115.29                   | 1.08   | 37.83      |
|                   | Autumn (Sep-Nov)            | 4                | 78.58                         | 1.71  | 64.20     | 42.20                      | 43.82                    | 2.63  | 35.80    | 36.95           | 122.4                    | 1.97   | 40.16      |
|                   | Winter (Dec-Feb)            | 3                | 63.91                         | 1.10  | 53.72     | 34.32                      | 55.05                    | 1.16  | 46.28    | 46.42           | 113.96                   | 1.09   | 39.03      |
|                   | Yellow Sand (March)         | 2                | 186.21                        | 1.96  | 61.09     |                            | 118.58                   | 2.53  | 38.91    |                 | 304.79                   | 2.23   |            |
| 1983              | Spring (Mar-May)            | 4                | 91.67                         | 1.19  | 64.95     | 49.96                      | 49.47                    | 1.17  | 35.05    | 35.57           | 141.14                   | 1.15   | 43.76      |
|                   | Summer (June-Aug)           | 4                | 69.58                         | 1.15  | 60.62     | 37.92                      | 45.21                    | 1.42  | 39.38    | 32.50           | 114.79                   | 1.05   | 35.59      |
|                   | Autumn (Sep-Nov)            | 4                | 82.91                         | 1.16  | 67.47     | 45.19                      | 39.98                    | 1.37  | 32.53    | 28.74           | 122.89                   | 1.14   | 38.10      |
|                   | Winter (Dec-Feb)            | 4                | 66.51                         | 1.23  | 54.80     | 36.25                      | 54.85                    | 1.09  | 45.20    | 39.43           | 121.36                   | 1.09   | 37.63      |
|                   | Yellow Sand (Apr-Mar)       | 3                | 183.48                        | 1.39  | 56.89     |                            | 139.09                   | 1.13  | 43.11    |                 | 322.53                   | 1.25   |            |
| 1984              | Spring (Mar-May)            | 5                | 90.91                         | 1.30  | 66.41     | 45.45                      | 45.98                    | 1.33  | 33.59    | 29.37           | 136.89                   | 1.24   | 43.54      |
|                   | Summer (June-Aug)           | 4                | 71.47                         | 1.32  | 60.00     | 35.73                      | 47.63                    | 1.43  | 40.00    | 41.65           | 119.1                    | 1.13   | 37.89      |
|                   | Autumn (Sep-Nov)            | 4                | 71.13                         | 1.50  | 59.23     | 35.56                      | 48.96                    | 1.61  | 40.77    | 42.54           | 120.09                   | 1.45   | 38.20      |
|                   | Winter (Dec-Feb)            | 4                | 70.93                         | 1.13  | 56.70     | 35.46                      | 54.16                    | 1.20  | 43.30    | 47.36           | 125.09                   | 1.04   | 39.79      |
|                   | Yellow Sand (Mar, Apr, May) | 3                | 200.02                        | 1.84  | 63.63     |                            | 114.35                   | 1.50  | 36.37    |                 | 314.37                   | 1.66   |            |
|                   | 1985                        | Spring (Mar-May) | 6                             | 87.04 | 1.21      | 57.46                      | 31.62                    | 64.44 | 1.55     | 42.54           | 58.00                    | 151.48 | 1.12       |
| Summer (June-Aug) |                             | 4                | 74.87                         | 1.26  | 60.16     | 27.20                      | 49.59                    | 1.54  | 39.84    | 44.64           | 124.46                   | 1.13   | 32.21      |
| Autumn (Sep-Nov)  |                             | 4                | 79.16                         | 1.13  | 63.65     | 28.75                      | 45.20                    | 1.12  | 36.35    | 40.68           | 124.36                   | 1.04   | 32.18      |
| Winter (Dec-Feb)  |                             | 4                | 83.80                         | 1.19  | 64.80     | 30.44                      | 45.52                    | 2.35  | 35.20    | 40.97           | 129.32                   | 1.29   | 33.47      |
| Yellow Sand (Mar) |                             | 1                | 275.3                         | 2.21  | 71.25     |                            | 111.10                   | 1.68  | 28.75    |                 | 386.4                    | 1.93   |            |

Ave Conc : Geometric mean

T.A. : Total Average

G.S.D. : Geometric Standard Deviation

Y.T.A. : Yellow Sand Total Average



의 汚染의 原因이 되는 것이 都市大氣中の 粗大粒子中 어느 程度를 차지하는가 하는 것이 問題일

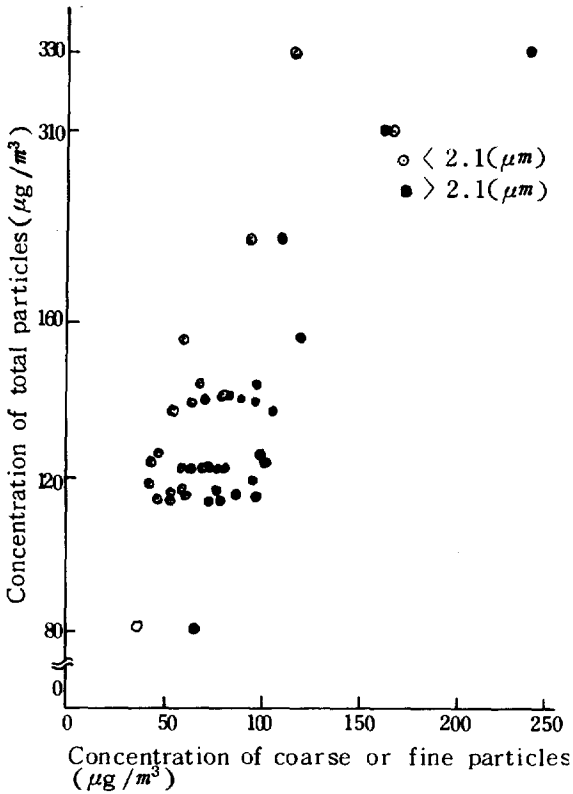


Fig.7-1 Relationship between concentration of total particles and coarse or fine particles.(1982)

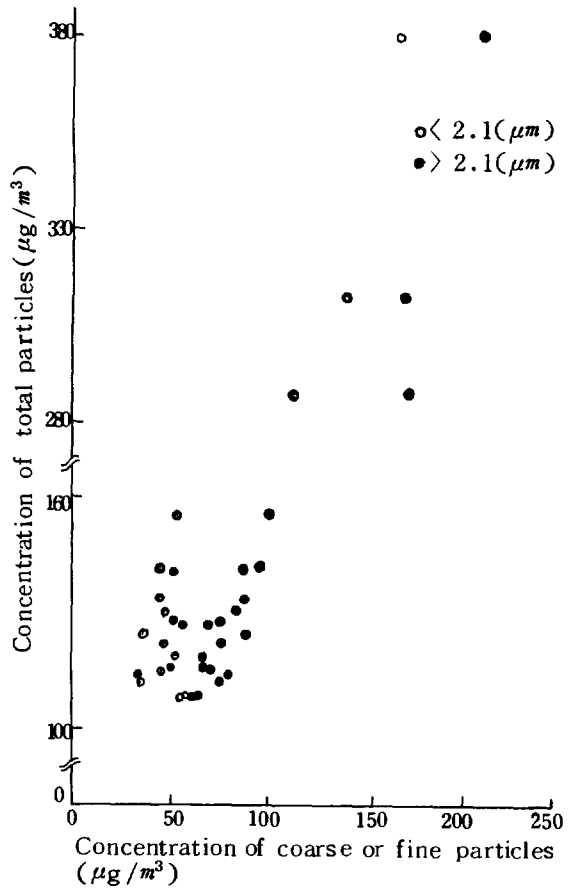


Fig.7-2 Relationship between concentration of total particles and coarse or fine particles.(1983)

것이다.

그러나 測定期間中 地下鐵 및 各種 建築, 土木 工事外도 燃料의 大部分을 차지하는 無燃炭의 燃燒後 收去時에 바람에 의해 飛散되는 것 등이 粗大粒子의 濃度를 增加시키는 原因의 하나로 보여진다.

#### 4. 結 論

1982年 1月부터 1985年 12月까지 4個年에 걸쳐 Andersen Air Sampler에 의해 大氣中の 浮遊粉塵을 粒度分布別로 測定하여 黃砂現象時의 粒度分布와 比較檢討한 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1) 黃砂現象은 3月부터 5月사이에 發生하고 있었다.

2) 黃砂現象出現頻度는 3月과 4월에 높았고 黃砂現象時 濃度는 黃砂現象이 없을 때의 濃度보다 2~3.4배 가량 높았다.

3) 對數正規確率紙에 의한 幾何平均徑 幾何標準偏差는 測定期間內에 거의 같은 範圍內에 있었고 對數正規分布도 같은 모양을 나타냈다.

4) 粒度分布曲線에서 分布型은 二山型分布를 나타냈다.

5) 粗大粒子濃度는 微小粒子濃度보다 1.2~2倍 가량 높았고 黃砂現象時 粗大粒子濃度는 微小粒子濃度보다 1.3~2.5倍 가량 높았다.

6) 黃砂現象時 粗大粒子濃度는 黃砂現象이 없

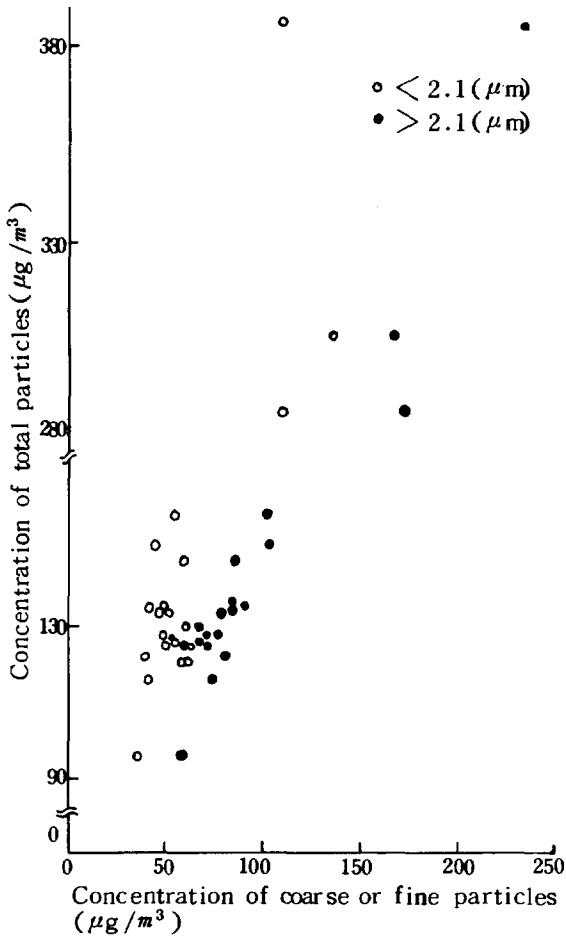


Fig.7-3 Relationship between concentration of total particles and coarse or fine particles.(1984)

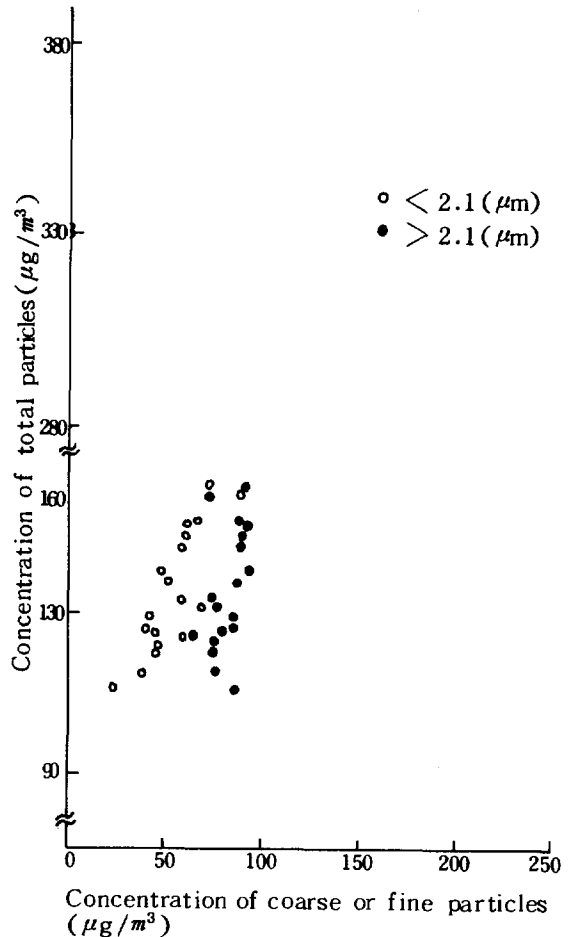


Fig.7-4 Relationship between concentration of total particles and coarse or fine particles.(1985)

는 期間의 濃度보다 2~3.6 倍 가 尙 높았고 微小 粒子 濃度는 1.7~3.5 倍 가 尙 높았다.

(原稿接受 '86.10.18)

### 참 고 문 헌

1. Central Meteorological Office Republic of Korea, Monthly Weather Report (1982, 1983, 1984, 1985)
2. 李敏熙, 沈應基 外 6 名 (1982), 大氣中浮遊粉塵의 成分에 關한 調查研究(I), 國立環境研究所報, 4, 27-47.
3. 李敏熙, 沈應基 外 6 名 (1983), 大氣中浮遊粉塵의 成分에 關한 調查研究(II), 國立環境研

所 研究報告書, 1-90.

4. 李敏熙, 沈應基 外 6 名 (1984), 大氣中浮遊粉塵의 成分에 關한 調查研究(III), 國立環境研究所 研究報告書, 1-98.
5. 李敏熙, 沈應基 外 6 名 (1984), 大氣中浮遊粒子狀物質의 濃度分布과 粒徑分布別 特性에 關한 研究(III), 國立環境研究所 研究報告書, 1-61.
6. 李敏熙, 沈應基 外 6 名 (1985), 大氣中浮遊粉塵의 成分에 關한 調查研究(IV), 國立環境研究所報, 7, 165-175.
7. 이윤재, 김희강 (1985), 粗大粒子가 大氣浮遊粉塵에 주는 負荷, 韓國大氣保全學會誌, 1, 71-82.

8. 李龍根, 金萬九, 元廷鎬(1985), Andersen 試料採取機를 이용한 都市大氣中 浮遊粒子狀物質의 粒度分布測定, 韓國大氣保全學會誌, 1, 93-98.
9. 申相殷, 金承學, 金熙江(1986), 都市大氣中 黃酸鹽과 窒酸鹽의 粒度分布에 關한 研究, 大氣保全, 2(1), 33-39.
10. 許文寧, 金滢春, 孫東憲(1986), 粒子狀物質中 金屬成分의 粒度分布, 大氣保全, 2(2), 9-18.
11. 李龍根, 元廷鎬 外2名(1986), 대기부유분진중의 고무성분 및 납과 아연의 입도별 거동, 大氣保全, 2(2), 60-65.
12. 김필수, 김운장 外3名(1986), 도시 대기 Aerosol 의 입자직경  $0.01 \sim 1.0 \mu m$  범위의 농도 변화 특성, 大氣保全, 2(2), 41-50.
13. H. Matsushita, H. Hayashi et al (1980), Distribution of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons and Heavy Metals in Various Sizes of Airborne Particulates, J. Japan Soc., Air Pollut. Vol 15(2), 45-52.
14. M. Fujimura, Y. Hashimoto et al (1978), Behaviors of Atmospheric Particulates and Trace Constituent Elements Classified by Particle Size Range, J. Japan Soc. Air Pollut., Vol. 13(7), 22-30
15. S. Kadowaki (1978), Estimation of Natural Burden to Aerosols in Urban Air, J. Japan Soc. Air Pollut., Vol. 13(6) 40-45
16. S. Tanaka, T. Yoshimori et al (1984), Seasonal Variation of Concentration and Size Distribution of Total Aerosols, Chloride Nitrate and Sulfate in Urban Air, J. Japan Soc. Air Pollut., 19(2), 104-113
17. S. Lothar, J. Ruprecht (1974), Particle Number and Mass Distribution Above  $10^{-4}$  Cm Radius in Sand and Aerosol of the Sahara Derert, Journal of Applied Meteorology, Vol.13, 863-870.
18. A.A. Andersen, A Sampler for Respiratory Health Hazard Assessment, Amer. Ind. Hyg, J 27
19. S. Tanaka, S. Tamura et al (1983), Long Range Transportation of Soil from Asian Continent to Japan and its Influence to the Atmosphere in Japan, by the results of N A S N date. J. Japan Soc. Air Pollut., 18 (3), 263-273
20. J. O. Ledbetter (1972), Air Pollution, Part A Analysis, MerceL Dekker N.Y.
21. R.I. Larsen (1971), A Methematical Model for Relating Air Quality Measurements to Air Quality Standards U.S. E P A, Reasearch Triangle Park
22. C.E. Zimmer (1977), "Air Quality Data Handling and Analaysis" in Air Pollution Vol. III 3rd ed A.C. Stern (ed) Academic, N.Y.
23. 高芝芳裕, 島洋久, (1975), 浮遊粉塵に關する研究(第10報 アンダーセンエアサンプラーにする粒度分布の解析)三重懸公害センター年報 3, 116 ~ 123.
24. 角脇恰, (1974), アンダーセンサンプラーにする都市大氣中の粒子狀物質の粒度分布, 分析化學, 23, 490 ~ 495.
25. 角脇恰, (1974), 都市大氣中における粒子狀物質の粒度分布, 大氣汚染研究 9, 251 第15回 大氣汚染全國協議會大會號.
26. 鈴木武夫, (1980), 大氣汚染の機構と解析 環境科學特論, 産業圖書, 126 ~ 138, 東京日本.