



# 大氣污染防止技術原理 및 機器 (1)

金 鍾 奭  
(環境廳大氣管理課長)

## 1. 序 論

大氣污染防止技術은 크게보아서는 大氣汚染物質全體(환경기준물질, 배출허용기준물질 및 特定有害物質)의 生成 擴散移動 國際法에 관한 機作과 原理等을 포괄하며 적게는 오염원인 배출시설, 보조시설(Local ventilation) 및 방지기에 대한 원리 설계 설치 및 유지관리에 관한 공학적이며 기술적인 실제문제를 다루도록 되어야 한다고 생각된다. 필자는 지면이 허락하는 범위에서 이들 개개분야에 대하여 배출시설 관리인이 참고가 될수있는 자료 및 이에 대한 손쉬운 설명을 지면이 허락하는 범위에서 간단히 시도코저 하였다.

大氣汚染物質은 정확한 분류를 하기는 어려우나 目的에 따라 分類하는 경우가 많으며 現在環境保全法과 作業環境規則에 따르면 대체로 아래 셋으로 分類될 수 있다고 생각된다.

○ 環境基準物質 { (Criteria pollutants) (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, CO, HC dust) }.

○ 排出許容基準物質 { (Emission standard pollutants) (NH<sub>3</sub>외 19개) }

○ 作業環境基準物質 [ (work environment pollutants) ] { (多數의 有害粉塵, 有害가스 등多數이며 環境保全法에서 다루는 一部特定有害物質도 포괄 된다) }

環境基準汚染物質은 주로 各種燃焼施設 및 車輛에서 起因하기 때문에 그 汚染의 汚染排出特性에 따라 點汚染原(Point source)와 面汚染原(Area source)로 區分한다. 點汚染은 主

로 大形굴뚝으로 생각할 수 있고 面오염원은 오염양상이 점오염과는 달리 家庭, 車輛等 그 汚染物質의 排出分布가 地域全體에서 發生되는 것으로 生覺할수 있는 것이다.

排出許容基準物質의 汚染原은 主로 産業工程이며 이를 좀더 자세히 살펴보면 高溫工程(Hot process)와 冷工程(cold)으로 分類할 수 있다. 이들 工程의 汚染排出特性은 點汚染原과 面汚染原을 結合하고 있는 경우가 많다. 汚染物質을 排出하는 産業工程에 局所排氣施設을 設置한 境遇 이는 點汚染으로 취급할수 있는 것이 많으며 一般排氣施設을 갖는 것은 飛散汚染物質(fugitive)을 排出하기 때문에 面汚染原으로 다루는 것이 쉽다.

作業環境汚染物質은 大部分 作業場內에 局限되는 汚染現象이나 大部分의 경우 作業場週圍로 飛散 또는 局所排氣되어 나가도록 하고 있기 때문에 環境管理 側面에서 排除할수 없다. 이와 같은 問題와 노출시간에 따른 영향때문에 最近에 大氣環境基準은 indoor-outdoor 관계란 새로운 次元에서 設定되며 일부 오염물질에 대해서 이런 원리에 따른 기준과 방지방법이 美國에서 대두되어 큰 관심을 모우고 있다.

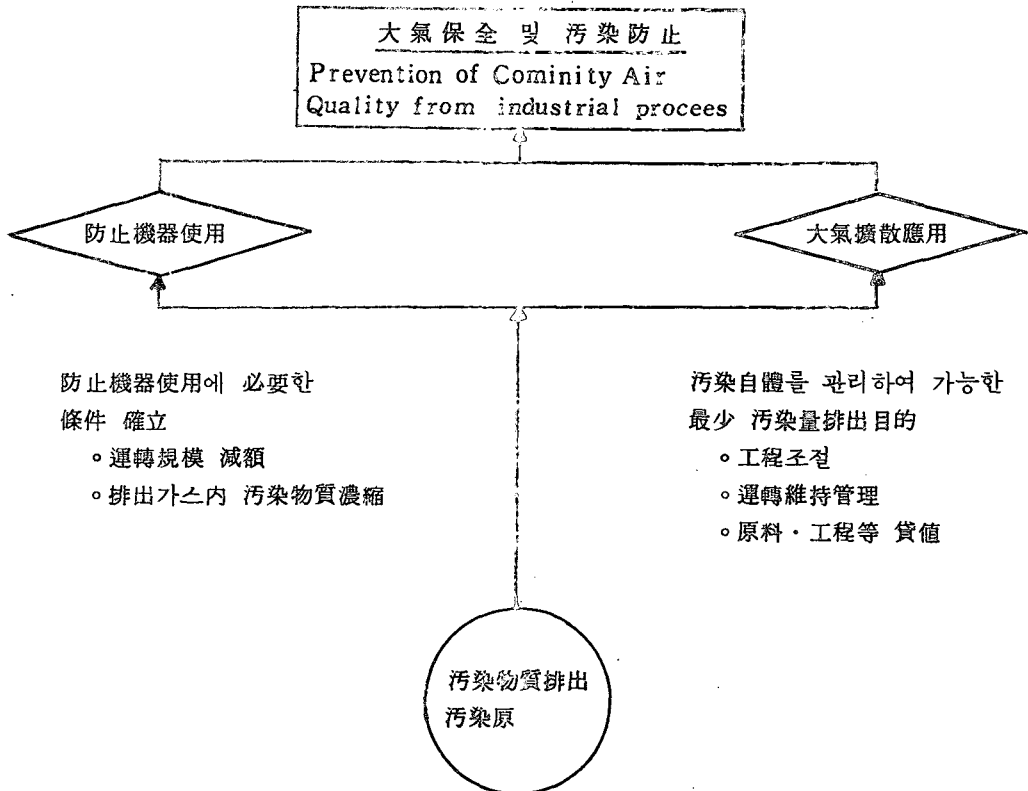
以上汚染物質種類 및 오염원특성에 따라 이를 배출하는 汚染物質減少방법 즉 大氣污染防止方法이 달라지게 된다. 現在 大氣污染管理方法을 살펴보면, 地域全體의 汚染水準把握과 이에 대한 對策樹立으로 볼 수 있다. 地域全體汚染把握에는 各種實例과 모넨링(modeling) 응용이 利用되며 이에 대한 具體的 對策으로는 工程 제어, 原料貸

值, 새로운 工程의 開發, 防止機器 使用, 및 效果的인 運轉 維持 管理 等の 技術的 조치가 關에서 주도하는 教育 團 指導監督에 의하여 실시되고 있다.

地域大氣汚染防止技術로 사용되는 것 中에 是 産業工程에 局所排氣等의 補助施設과 함께 排氣가스內에 가스 및 분진물질을 처리하는 방 지기기의 사용, 排出가스의 高空擴散을 爲한 高 煙突使用, 工程運轉等을 통한 계통방지( proc- ess operation and systematic control ) 特別 域管理等이 使用된다. 이들을 좀더 읽기쉽게 보 기 爲해서 아래와 같이 도식화 하였다. <表-1> 로 나타낸 大氣汚染防止方法의 內容은 어디 까

지나 기술적 측면에서 관찰한 것이며 最近에는 汚染物質을 財貨로 취급 續汚染物質排出 施設이 多量排出汚染原에 減量만큼은 販賣할수 있도록 함으로서 大氣汚染減少를 촉진하는 具體的 方法도 있으나 이와같은 方法은 여기서 다루지 않 기로 하겠다. 여기서는 特別히 <表-1>에서 보 는 것중 防止施設使用에 必要的인 條件의 內容과 方法 各種防止機器의 原理, 運轉 維持管理를 中 心으로 살펴 보고자 한다. 따라서 主要한 大氣 汚染排出施設의 汚染 및 排出特性을 다룬 후 大 氣汚染防止를 爲해서 必要的인 補助施設(局所排氣 施設) 防止施設을 차례로 다루고 이들 施設의

<表-1> 大氣汚染防止方法 內容



地域管理 : 대기오염 감소를 위하여 지역내 資源·인력·시설  
 汚染原管理 : 토지등의 최적화를 기한다.  
 土地利用

運轉維持管理을 점차적으로 다루어 보기로 한다.  
 汚染物質로서는 먼저 粉塵관계를 다루기로 하겠다.

## 2. 汚染物質

大氣汚染防止技術의 對象인 汚染物質은 그 處理(防止)方法에 따라 粉塵과 가스로 크게 分類할 수 있다. 순서에 따라 먼저 粉塵에 對해서 發生原과 特性에 對한 基礎的 事項을 검토 한다.

### (1) 粉塵

粉塵은 自然粉塵 産業粉塵 및 公害粉塵으로 便宜狀態분류로 할수있겠다. 자연분진은 자연상태로 發生하는 먼지라고 보며, 産業粉塵은 粉塵을 對象으로 하는 産業產物 即 시멘트 등의 粒狀物質을 뜻한다. 公害粉塵은 大氣汚染防止技術에서 對象으로 하는 施設 또는 住居地域 및 道路에서 生産 및 生活 活動에 依하여 發生하는 먼지를 총칭할 수 있다. 産業粉塵에 對하여는 많은 研究와 活用이 있지만 公害粉塵에 對하여는 그렇게 많이 연구되고 있지 않다. 실제로 集塵機를 설계 설치하는 사람도 때로는 그 對象粉塵의 特性을 정확히 파악치 못하고 있으므로 곤란을 당하는 경우가 있다. 公害粉塵에 對한 대부분의 연구는 産業粉塵에 對한 것을 適用한 경우가 많다.

集塵장치에서는 處理粉塵의 크기에 따라 集塵機의 性能(performance)이 달라지게 되므로 粉塵의 粒度 및 物理化學的性質이 重要하다.

#### ① 粉塵의 粒度

粉塵粒度라함은 쉽게 말해서 粉塵한개 한개의 크기이다. 실제로 우리가 다루는 粉塵은 個別的 으로는 서로다른 크기를 갖게 되므로 全體를 볼 때 一定한 範圍의 크기내에 屬한다. 이를 입경범위라 하며 분진이 일련의 粒經範圍를 갖고 있는 現象을 粒度分析한다고 한다.

실제로 粉塵을 精成하는 個個 먼지는 그 모양이 부정행이므로 그 크기를 정하기가 어렵다. 따라서 使用目的에 따라 해당 먼지의 質量 表面積 射影面積 容積 등을 中心으로 粒徑을 못하게 된다. 最近大氣汚染防止技術에서는 粒子의 動特性이 重要하므로 流體內에서 粒子의 動特性을 나타내는 動力學的粒徑(Aero dynamic diameter) 및 沈降粒徑 또는 스토크徑이란 것

을 흔히 使用한다. 粉塵粒徑을 알기 爲해 粒徑分析이 必要하며 이는 分析器를 通하여 이루어진다. 이에 使用되는 分析器중 重要한 것은 아래와 같다.

- 체가름법(Sieve method)
- 沈降法(Precipitation method)
- 遠心沈降法
- 현미경법
- 입액터사용법 등이 있다.

입자의 크기가  $50\mu\text{m}$  이상인 粗大粒子는 체가름법으로  $1\sim 50\mu\text{m}$  범위의 中間粒子는 침강 및 현미경법으로,  $1\mu\text{m}$  이하의 微小粒子는 전자현미경法等으로 하는 것이 편리 하나 이들은 주로 産業粉塵粒度分析에 使用하는 것 들이고 大氣汚染防止技術에서는 入액터法이 가장 많이 사용되고 또한 效果的이므로 여기서는 入액터법에 對하여 간략하게 설명코자 한다. 粉塵分析用 入액터에는 Anderson 社의 Anderson Cascade Impactor 또는 Mark III와 Sierra 社의 Sierra Model 형이 현재 가장 많이 使用되는 代表的 種類이다. 아래그림 1은 Anderson Mark III의 상세구조도와 그 作用原理이다. 다른

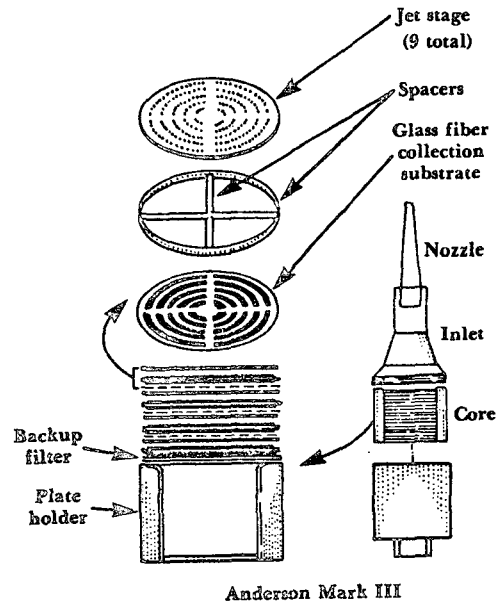


Figure 4-3. Schematic of two commercial cascade impactors.

粒度分析器에 의한 粒徑은 粒子의 幾何學的 構造에 의한 粒徑이나 衝擊터에 의한 粒徑은 動力局粒徑을 얻을 수 있다. 衝擊터로 分析 가능한 粒徑範圍는 보통  $0.2\ \mu\text{m} \sim 20\ \mu\text{m}$  범위에 속한다. 衝擊터는 몇개의 스테지, 격리판, 여과지지판, 백업필터 및 스테지홀더가 1組가 되어 사용된다.

스테지는 그림에서 보듯이 수많은 공기구멍이 뚫려 있고 이 구멍은 하단의 스테지일수록 일정비율로 적어져 하단으로 갈수록 이 구멍을 통과 하는 젯트 기류의 速度는 빨라진다. 따라서 하단으로 갈수록 입자에 대한 貫性은 增加한다. 따라서 上段스테지에서는 젯트氣流速度가 상대적으로 적으므로 비교적 粗大粒徑의 塵돌포집되며 아래로 내려갈수록 작은 粒徑의 粒子가 관성충돌하여 포집된다. 試料採取가 끝나면 衝擊터를 分解하여 각스테지別 重量을 評量하면 해당 粉塵의 粒徑을 粒徑範圍別로 그 量(重量)을 알 수 있다.

## ② 粒徑表示法

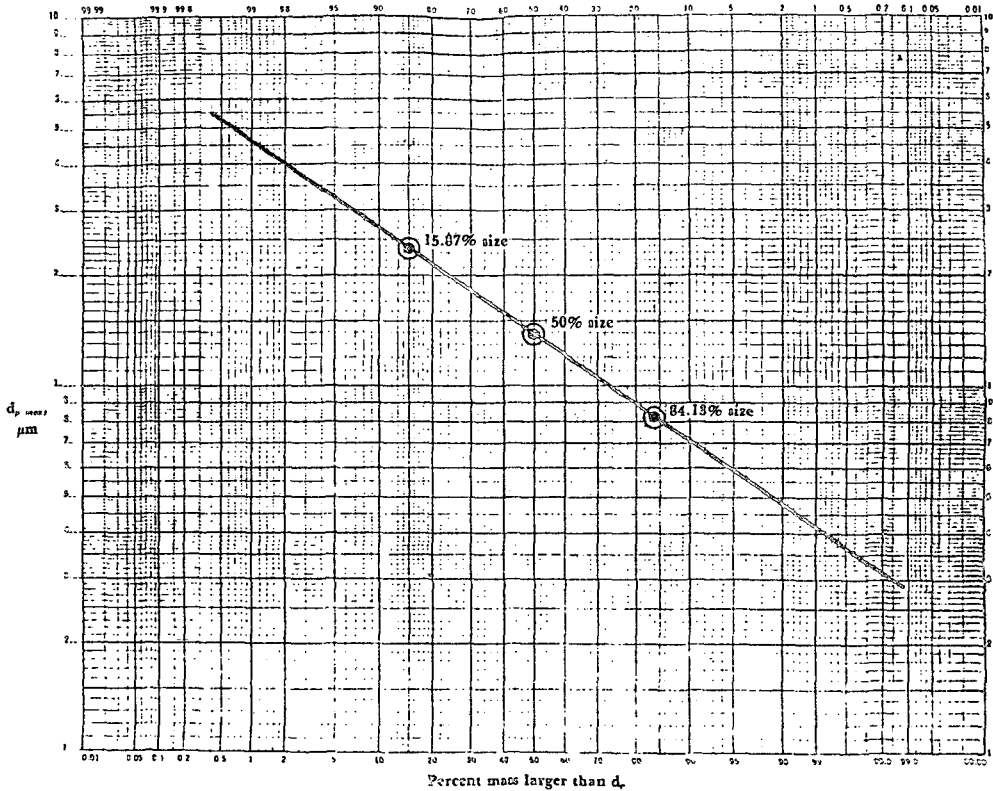
위에서와 같이 粉塵을 2粒徑範圍別로 分類 分析하면 粒徑分析에 對한 데이터를 얻게 된다. 실제로 이렇게 얻은 粒徑을 數學的으로 볼때 몇 가지 特殊한 分布양상을 나타낸다.

이들 粒徑分布를 알기쉽게 설명하면, 粉塵 粒徑分析結果 일정범위에 屬하는 粒子의 數가 즉 일정범위별 입자수가 全體粉塵粒子數에 몇 퍼센트에 해당하는 가로 나타낼 수 있고 이런 표시법을 빈도분석이라고 한다.

이 빈도분석을 通하여 粒徑分析結果 얻은 데이터를 表示해보면 大氣汚染에서는 세가지 중요한 分布가 얻어진다.

- 가우스분포(Gaus distribution)
- 對數正規確率分布(log normal distribution)
- 로진롬러分布(Rosin - Rommler distribution)

大氣汚染物件 塵(fume)의 mist와 같이 微



細粒徑을 갖는 粒子는 가우스分布를 따르는 경향이 높고, 工程에서 排出되는 大氣汚染粉塵은 對數正規確廣分布에 따르는 경향이 많고 産業工程에 生産物로서의 粉塵은 로진-롬러 分布를 따르는 경향이 높다. 앞으로 大氣汚染防止技術에서는 對數確廣分布를 가끔 利用할 것이며 이에 對하여 좀더 자세히 볼까 한다.

標準偏差  $\delta$  을 같은 粉塵의 粒徑을  $dp$  라하면 對數正規分布는 아래 式으로 表示된다.

$$R\% = 100 \int_{dp}^{\infty} \frac{1}{\log \delta \sqrt{2\pi}} e^{-\left\{ \frac{(\log dp - \log dp_0)^2}{2(\log \delta)^2} \right\}} d \log dp$$

對數正規分布를 하는 粉塵의 입경범위별 분진 발생빈도  $R(\%)$ 는 粒徑  $dp$ 의 指數函數로 表示된다.

對數分布函數值의 特徵은 그 幾何評均值와 幾何標準偏差  $\delta$  만으로 特徵지워지며 分布에 관한 모든 항목은 이들로부터 얻을수 있어 매우 중요하다.

실제로 粒徑分析으로 부터 얻은 데이터를 對數確率紙(log probability paper)에 작도해서 얻어지면 해당 粉塵은 對數正規分布함이 입증되며 이로 부터 해당분진의 評均粒徑(dpo), 幾何

標準偏差  $\delta$  등을 얻을수 있어 集塵機設計資料로 직접 活用될수 있다. 실제로 對數確率紙로 부터 評均值와 標準偏差를 얻는 構體的인 方法은 아래 그림과 같다.

일단 입경분석데이터를 사용하여 대수확률지에서 그림과 같이 분포도를 직선으로 얻었다면 이때 이 粉塵의 幾何評均 dpo 은

$$dpo = \frac{50\% \text{ 입경}}{84.13\% \text{ 입경}} \text{ 으로 얻어지고 標準偏差}$$

$\delta$  는

$$\delta = \frac{15.87\% \text{ 입경}}{50\% \text{ 입경}} \text{ 으로 얻어진다.}$$

또 入경범위별 발생빈수  $f\%$ 는 그림에서 개개 入경  $dp$ 에 대한  $f\%$ 을 읽으면 얻게된다. 따라서 粉塵에 對한 粒度分析데이터로 위의 그림과 같은 결과를 얻는 것은 粉塵分布 平均粒徑 偏差等 除塵技術에 必要한 分塵資料를 다 얻을수 있고 또 集塵機設計施工이 끝난후 性能試驗時 重要한 部分集塵效率를 쉽게 예측할 수 있다. 集塵機 성능에는 機種에 따라 다르나 一般적으로 決定된다. 處理對象排氣가스中 粉塵의 粒徑分布는 集塵方法 및 集塵機選定에도 크게 영향을 미치게된다. 現在 粒徑別<sup>\*</sup>적합한 集塵機의 선택에 관해서는 많은 資料가 나와 있으며 이들에 관해서는 集塵機編에서 좀더 상세하게 다루도록 하기로 한다.



實務者를 위한  
最新  
『下水道 핸드북』

高度로 産業化한 現代社會의 基幹的 都市 施設의 整備에 따라 實務者를 위한 下水道 핸드북이 發刊됐다.

本書는 下水道의 計劃, 排水設備, 工場排水와 除害施設 및 下水道管의 設計등 一般적이론을 전개하였으며 管渠의 維持管理, 펌프場의 設計, 펌프場의 維持管理에 이르는 既存施

設의 改善을 다루었다.

또 이책은 下水處理와 汚泥의 處理處分과 高度處理 및 下水處理의 循環利用, 下水處理場의 設計, 下水處理場 펌프場의 施工과 維推管理등 施設의 改善과 政策을 구체적으로 나열했다.

따라서 本書는 下水處理의 最新의 技術과 開發에 必要한 下水道事業의 執行, 下水道關連係法規과 水質汚濁등 下水處理의 근본원리와 포괄적인 改善策을 종합적으로 제시한 下水處理 관계자의 지침서이다.

發行 韓建設産業調查會(價格 75,000 원)