

# 작업환경 개선을 위한 외국의 환기장치 설례 사례

장 경 진  
한 영 대  
기 계 문 수  
기계공학과 / 교수

## 1. 머리말

산업현장의 실내환경이 제품의 품질관리를 목표로 하지만 유해물질이 발생한 작업장의 내부에는 작업자의 건강에 직접영향을 미치므로 유해환경을 제거하면 품질개선과 쾌적한 환경으로 인한 작업능률을 기대할 수 있다.

유해물과 오염물이 발생한 공장내의 작업환경 개선을 목적으로 한 환기, 이른바 공장 환기에 관한 방법은 보다 안전한 생산환경을 창조해서 직업성 질병의 감소와 작업장의 유해물질과 오염물질의 발생원을 방지하고 간단한 구조물로 안전성 확보와 쾌적한 작업환경을 창조함으로써 내부의 생산향상과 품질 관리를 목적으로 몇가지 일본의 사례를 열거하였다.

여기서는 다섯가지 종류의 작업장에 대한 환기의 개선 사례를 소개하고자 한다.

첫째, 금속처리공장의 열처리로에서의 연폐가스의 배출을 위한 자연통풍식 국소배

기, 둘째 의약품공장 클린룸내의 유기용제 증기배출을 위한 국소배기, 셋째, 자동차조립 라인에서의 차량배기가스용 국소배기, 넷째, 베어링 연마작업 공장의 전체환기, 그리고 다섯째, 제약공장 분말 저울작업장의 국소배기 등이 그것이다.

## 2. 연속식 열처리로가 설치된 금속처리공장의 연소폐가스 배출을 위한 자연 통풍식 국소배기

### 2.1 작업내용

금속제 벨트콘베이어상에 연속적으로 투입된 열처리 대상물을 도시가스에 의해 가열되는 터널상의 노내를 통과시켜 가열한 후에 굽냉한다. 노내는 대상물을 보호하기 위한 분위기 보호가스가 충만되어 있다.

## 2.2 오염물 발생의 현황

가열용 도시가스의 연소폐가스의 온도는 450°C이고, 직경은 40mm의 가스관 9개로 되어 있으며, 분위기 보호가스의 연소폐가스의 온도는 700°C이고, 발생 면적은 750 × 250mm이다. 공장건물 내에서 고온의 연소폐가스를 그대로 방출하고 있으므로 온도 등 작업환경이 악화되고 있다.

## 2.3 설계 실시한 국소배기장치의 내용

### 2.3.1 장치설계에 있어서 문제점과 개선된 사항

- 고온에 의한 자연통기력을 이용하였다.
- 고온용 배출 덕트의 재질을 고려하였다.
- 배기덕트를 완전히 단열하고, 온도강하를 적게하여 통기력을 크게하였다.
- 폐가스는 부력에 의해 상승하므로 캐노피 후드로 하였다.
- 발생면을 에워싸 혼잡하게 되면 작업성 때문에 불가능하지만 방해기류도 다소 있으므로 발생면에 후드를 접하도록해서

후드설치 높이를 0m로 하였다.

### 2.3.2 후드의 종류, 형상, 치수등

그림 1에 후드의 종류, 형상, 치수 등을 나타냈다.

### 2.3.3 배풍량의 결정

연료의 사용량에 의해 연소가스의 발생량을 구하였고, 후드 관계 치수로부터 유량비법에 의해 배풍량을 구하였다.

### 2.3.4 덕트

자연통기식을 위해 배풍기는 사용하지 않았고, 덕트내 평균온도의 추정, 덕트치수를 가정하여 통기력·압력손실을 계산하였고, 압력손실이 통기력보다 적게되도록 다시 계산해서 덕트계를 결정하였고 그림 2에 나타냈다.

## 2.4 설치효과

종래 건물내에서 방출되었던 연소가스중의 H<sub>2</sub>O 때문에 제품에 부식이 발생하지 않았다.

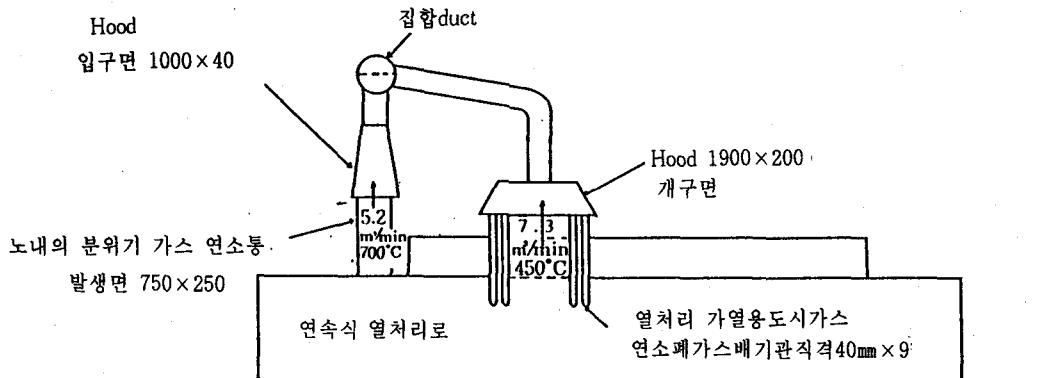


그림 1 열처리폐가스 배출을 위한 자연통풍식 국소배기

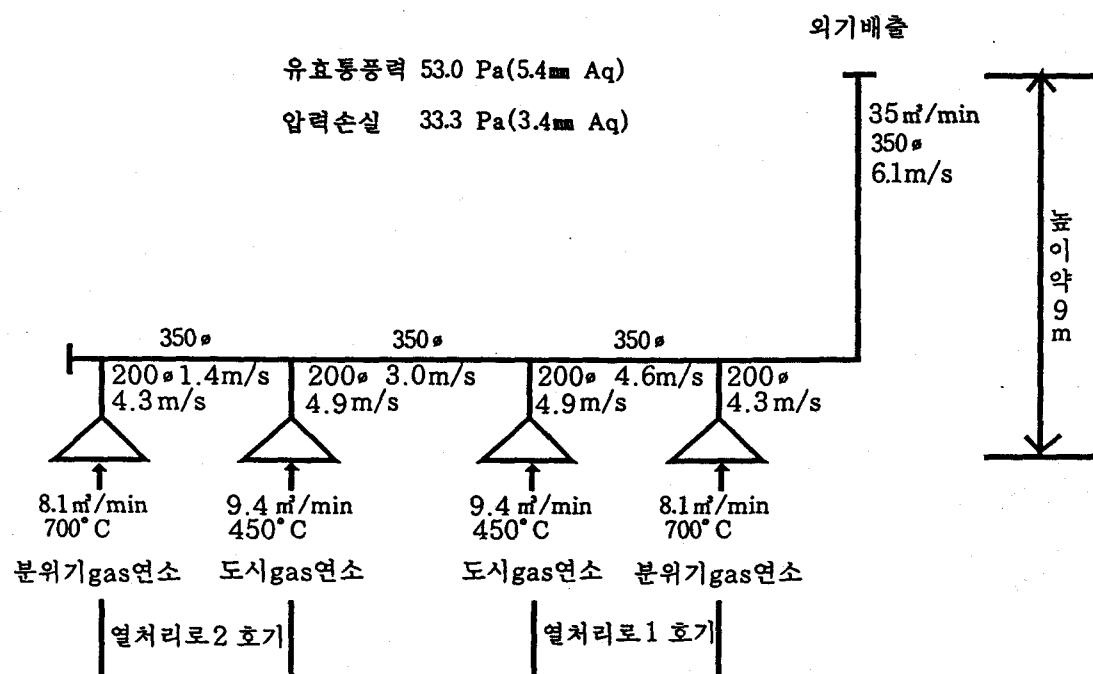


그림 2 연소폐가스 배출에 의한 자연통풍식 국소개비

### 3. 의약품공장 클린룸내의 유기용제 증기배출을 위한 국소배기

#### 3.1 작업내용

원약제조과정에 있어서, 원료의 조합시에 용매로 각종 유기용제를 반밀폐조에서 사용한다.

#### 3.2 오염발생원의 현황

반밀폐조에 유기용제를 투입해 조합하는 과정에서 조의 개구부로 부터 유기용제의 증기가 유출하고 공조용 기류에 따라 실내하부로 확산하여 실내 공기를 오염시킨다.

오염물은 클로로포룸(제1종 유기용제), 메

틸알코올 및 에틸알코올(제2종 유기용제)이며, 반밀폐조는  $350^\text{w} \times 400^\text{d} \times 350^\text{h}$ mm가 3대이고, 유출한 증기는 무거우므로 플로어로 깔려서 확산한다.

#### 3.3 설계·실시한 국소배기장치의 내용

##### 3.3.1 장치설치에 있어서의 문제점과 개선된 사항

- 오염물발생원이 적기 때문에 저장식 후드로 하였고 작업자와 오염원은 유리창으로 격리 가능하였다. 제어풍속(배기량)을 적게하는 이유는 클린룸에 필요한 양(+) 압유지를 위해 흡입한 외기량을 적게함으로써 경비절감을 도모하였다.
- 작업성 확보를 위해 반밀폐조의 설치높이

는 플로어에서 750mm 높이로 하고 하였고, 설치면에는 다공판을 이용해서 아래방향과 같은 속도로 흡입 하였다.

- 작업자의 안정성 확보가 불가피하므로 저장식 후드내부도 폭발방지를 위해 후드를 설치하였다.

### 3.3.2 후드의 종류, 형상, 치수등

그림 3에 저장식 후드형상, 치수 및 작업자와 오염원의 위치관계 등을 나타내었다. 온·습도의 조정후 청정도 유지를 목적으로 취출은 천정면에서 행하였다.

### 3.3.3 환풍량의 결정

$$\text{산출식 배출량 } Q = 60 \cdot A_0 \cdot v_C$$

$$= 60 \times 1.8m \times 0.45m \times 0.4m \\ /s \\ \approx 19.5m^3/min$$

제어풍속은 유기법 제16조에 의해 저장식에 있어 0.4m/s 이상, 개구치수는 1800mm<sup>w</sup>×

450mm<sup>h</sup>로 되어 있다. 환풍량은 후드가 2대이고 여유를 두기 위해 43.3m<sup>3</sup>/min으로 하였다.

### 3.3.4 덕트 배풍기

그림 4에서 배기에 따른 금기 계통도를 나타내었다.

오염원이 있는 저장식 후드내부는 음(–)압, 후드를 설치하고 있는 실은 클린룸을 위한 양(+)압으로하고, 배풍기는 고장시에 대비하여 백업용으로 2대를 설치하였다. 덕트의 압력손실과 풍량으로 부터 선정한 송배풍기는 다음과 같이 설치한다.

배풍기 : 2다익형 43.3m<sup>3</sup>/min, 392Pa  
(40mmAq), 1.5kW, 2기(안전증방 폭형, 1기는 예비)

송풍기(공조기) : 110m<sup>3</sup>/min, 1176Pa  
(120mmAq), 7.5kW,(취입외기46.7m<sup>3</sup>/min)

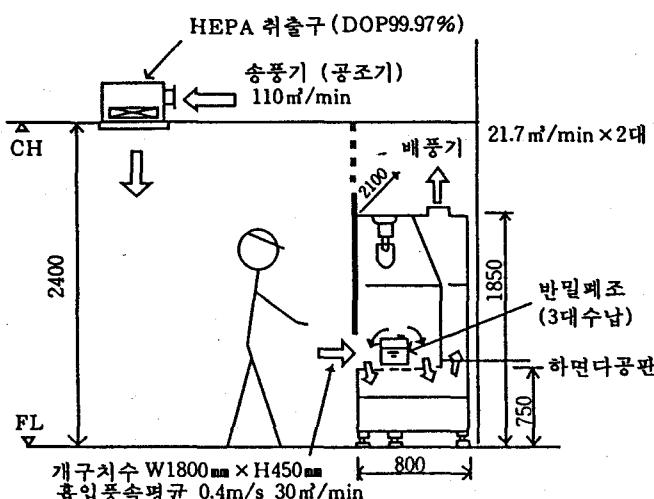


그림 3 분위기가스 단면도

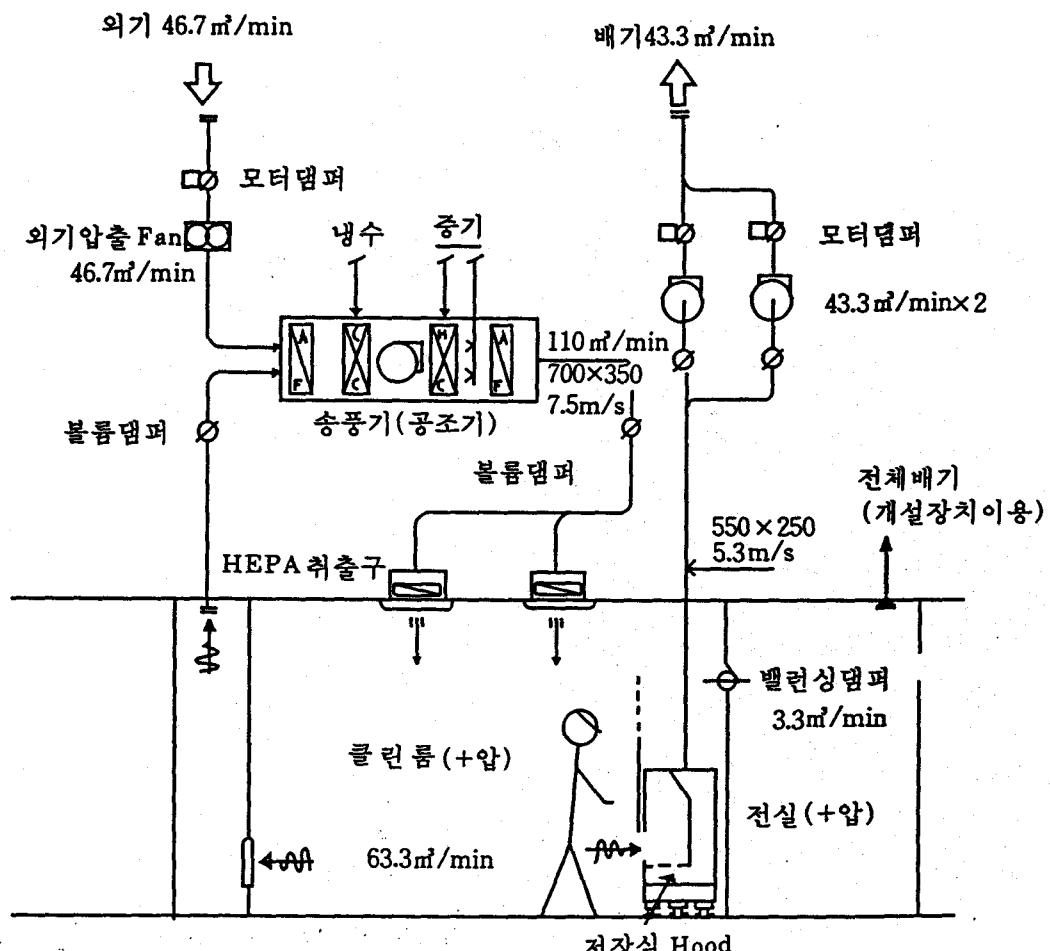


그림 4 Duct 계통도

### 3.4 설치효과

작업영역내에서 유기용체의 허용농도가 초과하더라도 부분적으로는 완전한 작업이 가능하고 또 청정도도 필요조건을 충분히 만족하고 있다.

### 3.5 그 이외의 특징

#### 3.5.1 폭발 방지 대책

- 저장식 후드의 조명 및 실내의 콘센트는 내부압력 폭발방지 구조로 하여야 한다.
- 실내의 조명기구, 배풍기, 송풍기는 보다 안전한 폭발 방지 구조로 하여야 한다.
- 본 시설은 2종 장소에 해당한다.

#### 3.5.2 실내조건

- 온습도의 범위는  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , 45~50% 정도 내에 들도록 한다.
- 유리의 청정도가 1000이하로 한다.

## 4. 자동차조립 라인에서의 차량 배기ガス用 국소배기

### 4.1 작업내용

조립종료후의 완성차 검사라인에서 기능검사를 위한 드럼 테스트로서 새시를 라를 이용해서 정지 고속주행시험을 행한다.

### 4.2 오염발생원의 현황

정지고속주행시 엔진은 최대 6000rpm으로 회전하며 배기ガス가 자동차 배기구(tail pipe) ( $60\phi \times 2$ )를 통해 50m/s로 라인내로 방출된다. 배기ガ스의 온도는 약 160°C로 배기ガ스 중에는 CO가 1~4% 포함한다. 종래는 측방흡입 혹은 하방흡입의 Push-pull방식으로 배기를 행했지만 배기ガ스의 속도가 빠르므로 포집효율이 나빠서 작업환경을 오염시킨다.

### 4.3 설계·실시한 국소배기장치의 내용

#### 4.3.1 장치설치에 있어서 문제점과 개선된 사항

- 차량의 배기ガ스량 및 속도는 차량 및 검사내용에 따라 다르므로 어느조건에 있어서도 배기ガ스의 효율을 양호하게 포집할 수 있었다.
- 차량통행에 지장이 되지 않도록 흡입구를 업-다운(up-down)으로 하고, 차량의 정위치 신호와 연동시켰다.
- 차량의 자동차 배기구(tail pipe)는 차종에 따라 좌.우 또는 양쪽방향의 경우가 있으므로 어느쪽에서도 대응할 수 있는

후드형상으로 하였다.

- 흡출과 흡입의 거리, 흡입풍속은 각종 패턴에 관해서 모형실험을 행하고 최적 흡입 풍속을 결정하였다.

#### 4.3.2 후드의 종류 형상 치수등

그림 5에 업-다운(up-down)후드의 형상, 치수 및 발생원의 위치관계를 나타내었다.

#### 4.3.3 배풍량의 결정

고속회전시에는 배기ガ스의 토출속도가 크므로 후드면에서 동압에 의한 확산을 막을수 있도록 하고 또 아이들링시는 토출속도가 적으므로 어느거리에 있어서도 배기ガ스의 포집효율이 떨어지지 않도록 설계하였다.

흡입구의 배기ガ스 토출측의 위치, 흡입형상, 흡입풍속의 관계를 모형실험에 의해 구하고, 후드 개구면 흡입풍속은 3.5~4.0m/s, 흡입풍량은 200m<sup>3</sup>/min로 하였다.

#### 4.3.4 후드·배풍기

그림 6에 배기계통도를 나타냈다. 업-다운(up-down)의 계통도와 동일한 배풍기계통으로 배기하고 있고 각 계통의 배기풍량은 그림에 나타내었다. 덕트내 압력손실은 1.47Pa/m(0.15mmAq/m)로서 배풍기 전압을 결정하였다.

배풍기는 축류형으로 \*900, 670m<sup>3</sup>/min, 784 Pa (80mmAq)이며 정격동력은 2.2kW이다.

또한, 축류송풍기는 전동기 외치 벨트 결이 방식으로 한다.

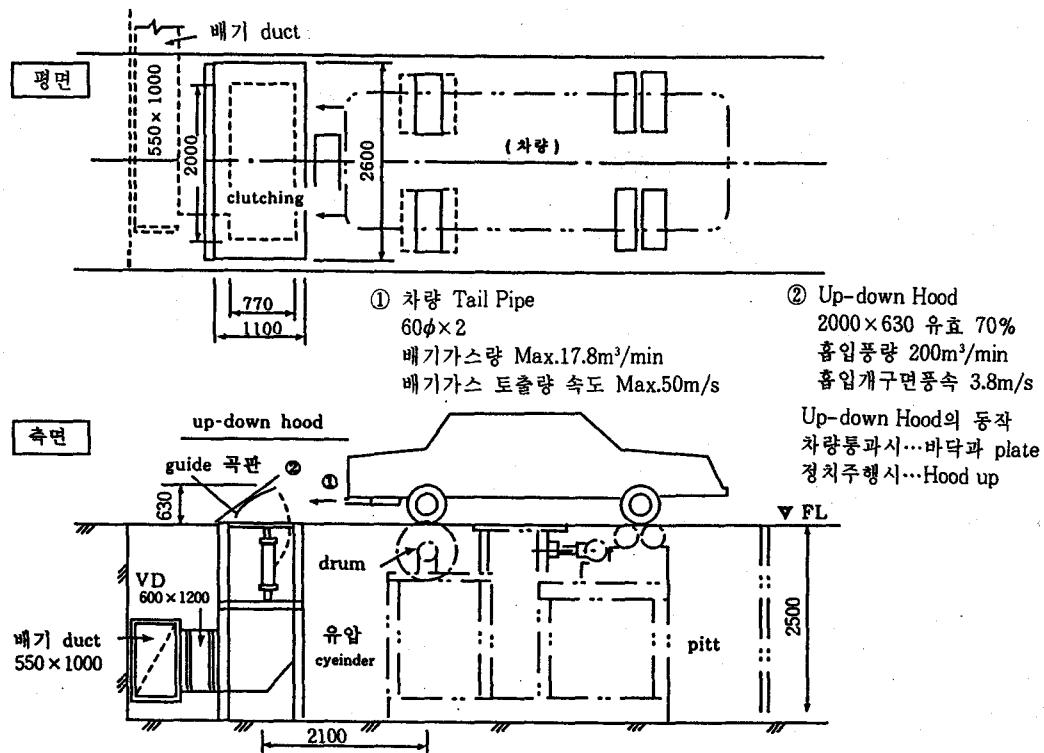


그림 5 Up-down Hood 형상, 치수 및 발생원의 위치관계

#### 4.4 설치효과

- 라인주위의 작업환경으로서 CO 농도를 10ppm이하로 하는 것이 가능하였다.
- 종래방식과 비교해서 배풍량은 30%정도 경감할 수 있었다.
- 단순화와 경량화가 가능하였다.

인터록을 취했다.

#### 5. 베어링 연마 공장의 전체환경

##### 5.1 작업내용

베어링내륜의 흠, 내경, 외경을 연마한다.

#### 4.5 그 이외의 특징

- 배기가스의 토출동압을 편리하게 이용하도록 가이드 곡판을 넣었다.
- 흡입챔버부에 점검구를 만들고 카본 등 이 쌓이는 것을 점검할 수 있도록 했다.
- 안전상의 배려로서 업다운은 진입차량과

##### 5.2 오염발생원의 현황

연마석으로 연마할 때 수용성 냉각수를 회전연마석에 뿌린다. 이때 냉각수가 고온의 안개상태 미립자(입경 0.4~6마이크로미터)로 되어 비산, 확산한다.

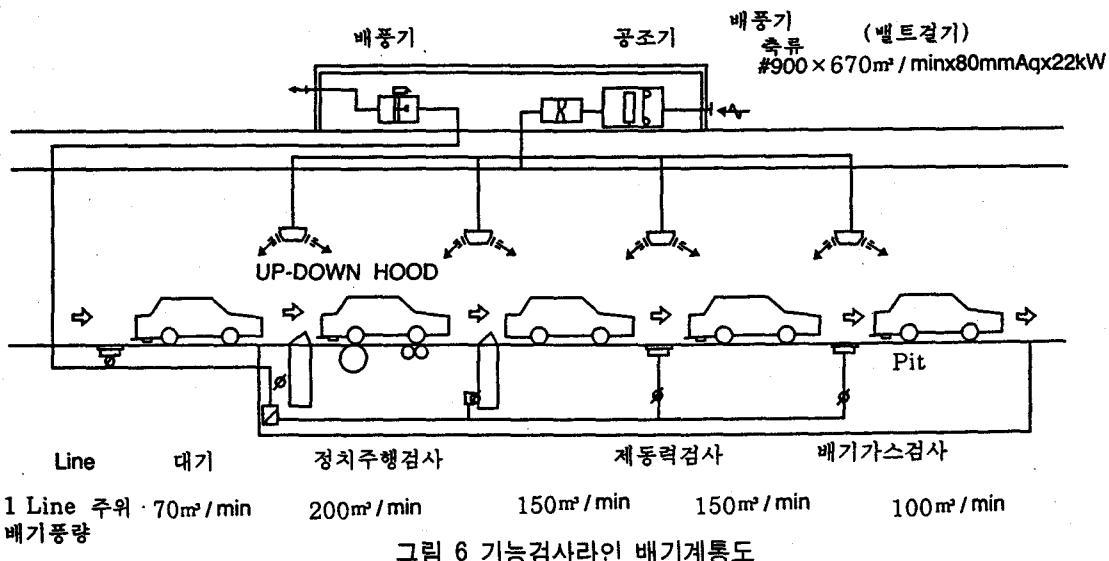


그림 6 기능검사라인 배기계통도

### 5.3 설계·실시한 전체환기장치의 내용

#### 5.3.1 장치설치에 있어서의 문제점과 개선된 사항.

- 민가가 인접하고 있으므로 공장의 창을 개방할 수 없다. 또 이층건물의 아래층에 위치하기 때문에 자연환기는 원하는 대로 되지 않는다. 따라서 기계 환기로 하였다.
- 실내작업환경의 개선을 주목적으로 하여 쾌적한 작업환경을 확보하기 위해 조절된 온도 공기(전외기)를 작업통로에 송풍하고 틈새로 들어오는 바람의 유입에 의한 실내에서의 악영향이 없도록 급배기량을 조절하였다.
- 작업통로를 청정구역으로 하여 배기구는 제조기계뒷면에 설치하고, 상부로 대류된 오염공기의 배출용으로 플로어로부터 4.4m의 높이에서도 배기구를 만들었다.

#### 5.3.2 전체환기의 방법

작업통로상부( $H=2.6m$ )에 의해 취출하고 제조기계뒷면과 상부( $H=4.4m$ )에 의해 배기 한다.(그림 7)

#### 5.3.3 급배기량의 결정

환기량은 공장의 주위환경과 풍량을 측정하고 설비비, 운전비 등을 검토한 결과, 환기회전수를 13회/h로 하였다.

$$\text{환기풍량} = 13\text{회}/\text{h} \times (1688\text{m}^2 \times 5.4\text{mH}) \\ \approx 125000\text{m}^3/\text{h} = 2083\text{m}^3/\text{min}$$

급기량의 배기량은

$$\text{작업통로로의 급기량} = 1050\text{m}^3/\text{min} (\text{공조기 계})$$

급기는 라인상의 토출구에서 송풍한다.

$$\text{룸(room)상부로의 급기량} = 2083 - 1050 \\ = 1033\text{m}^3/\text{min} (\text{외기})$$

제조기 본체로부터 배기량

$$= 733\text{m}^3/\text{min} (\text{합계})$$

룸(room)상부로 부터 배기량

$$= 5\text{회}/h \times 1688\text{m}^2 \times 1.8\text{m} (\text{상부체류역})$$

$$= 250\text{m}^3/\text{min}$$

제조기계뒷면으로 부터 배기량

$$= 2083 - (733 + 250)$$

$$= 1100\text{m}^3/\text{min}$$

#### 5.3.4 덕트와 금·배풍기

덕트계통도를 그림 8에 나타냈다.

사용한 송배풍기는 다음과 같다.

환풍기 : #5 편흡입다익형,  $675\text{m}^3/\text{min}$ ,

$588\text{Pa}(60\text{mmAq})$ ,  $30\text{kW}$ , 2기

# $5\frac{1}{2}$  편흡입다익형,  $733\text{m}^3/\text{min}$ ,  $686\text{Pa}$   
( $70\text{mmAq}$ ),  $30\text{kW}$ , 1기

송풍기 : # $4\frac{1}{2}$  편흡입다익형,  $517\text{m}^3/\text{min}$ ,  
 $490\text{Pa}(80\text{mmAq})$ ,  $22\text{kW}$ , 2기

공조기 : 양흡입다익형,  $1050\text{m}^3/\text{min}$ ,  $490\text{Pa}$   
( $50\text{mmAq}$ ),  $30\text{kW}$ , 1기

#### 5.3.5 배기의 처리장치

배기풍량이 많아서 전체풍량을 처리하는 것은 경제적으로 곤란하므로 비교적 농도가 높은 제조기계 본체로 부터의 배기만을 처리한다. 배기량  $733\text{m}^3/\text{min}$ 을 2대의 오일 미스트 제거장치에서 1차 처리한 후, 오일 미스트 제거 필터에서 2차 처리를 하여 배기하였다.

#### 5.4 설치효과

작업통로에 있어 분진농도(주로 오일 미스트)는 개선전  $1.11\text{mg/m}^3$ (환기횟수6.5회/h)이었지만 개선후  $0.52\text{ mg/m}^3$ (환기횟수13/h)이었다.

#### 6. 제약공장 분말 저울 작업장의 국소 배기

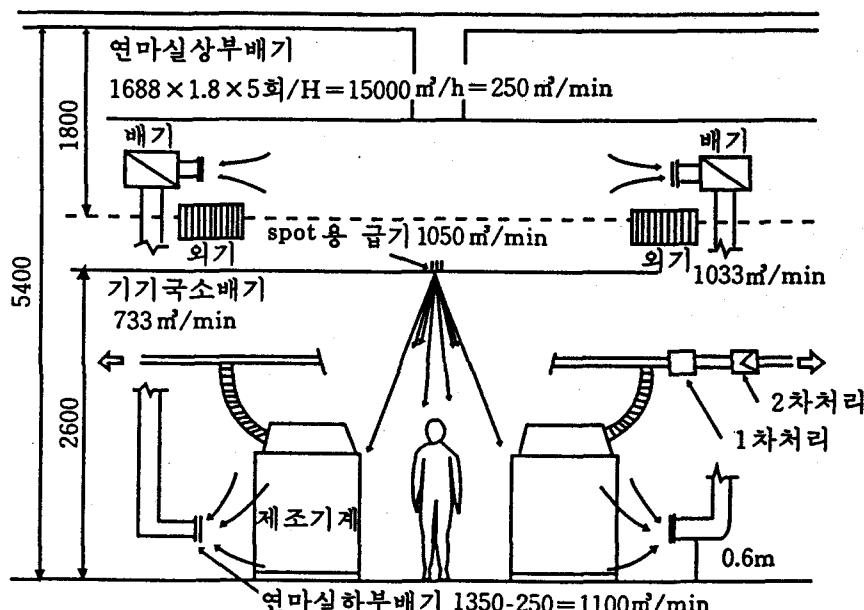


그림 7 연마실 spot 공조 및 환기 흐름도

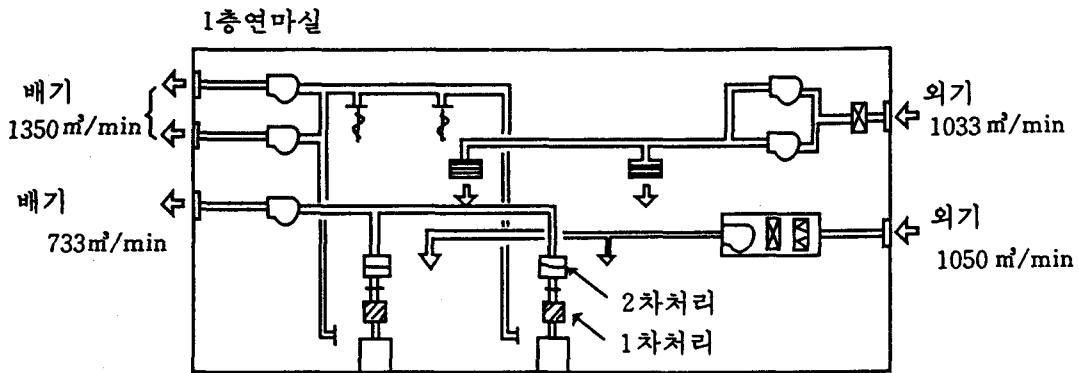


그림 8 Duct 흐름도

## 6.1 작업내용

정제제조과정에 있어서 분말상 약제의 저울질

## 6.2 오염물 발생원의 상황

부대에 들어있는 분말상 약제를 저울 위에 설치된 용기에 부을 때 분말이 주위로 비산 부유한다.

## 6.3 설계·실시된 국소 배기장치의 내용

### 6.3.1 장치설치에 있어서 문제점과 개선된 사항

- 공장내 작업실은 기준천정 높이가 4m으로 비산 부유한 분말을 효율적으로 포착하기 위해 저울질 작업구역의 제한 천정높이를 2m로 하였다.
- 후드에 의해 위방향에서 흡입된 기류에서는 경험적으로 포착할 수 없기 때문에 벽면흡입에 의한 수평기류 측방 흡입방식으로 하였다.

- 다른 작업영역으로 비산하지 않도록 한 방향 기류로 하였다.

- 흡입구 치수는  $5m^w \times 2m^H$ 의 크기가 있고 흡입풍속을 일정하게 하기 위해 흡입 면에서는 구멍 순서대로 필터를 설치하였다.

### 6.3.2 후드의 형상, 치수등

그림 9에 흡출, 흡입의 형식, 치수 및 작업자와 오염원의 위치관계 등을 나타내었고 저울질 작업장 치수에 따라 벽면흡입 개구의 치수를 폭 5m, 높이를 2m로 한다.

### 6.3.3 배풍량의 결정

흡입 풍속은 경험에 의해  $0.1m/s$ 로 결정하고 배풍량은  $5m \times 2m \times 0.1m/s \times 60 = 60m^3/min$ 로 하였다.

### 6.3.4 배기의 처리

흡입된 공기는 모두 재순환방식으로 하고 공조기내의 NBS 90%의 유니트 필터를 사용하여 분체를 제거하였다.

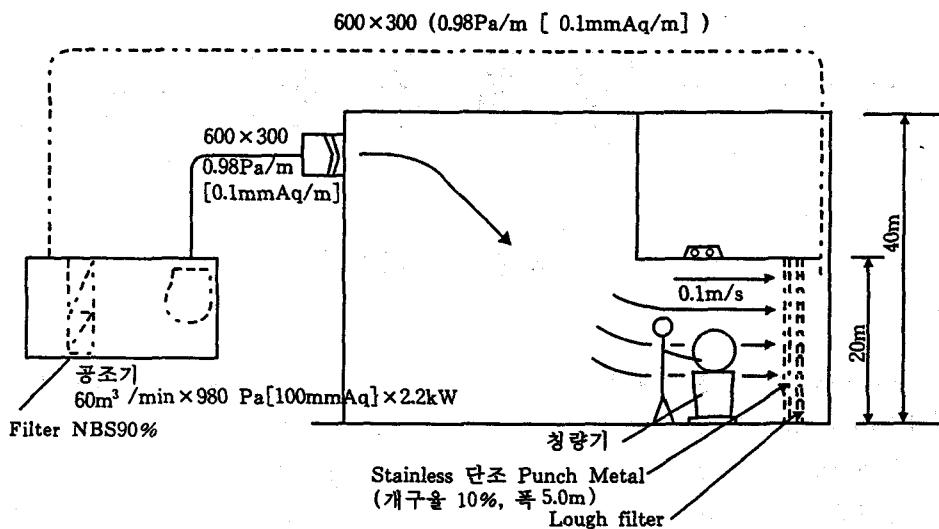


그림 9 분체청량작업장의 국소배기

#### 6.4 설치효과

이전에는 천정흡입 후드를 설치해 처리하였지만 흡인될 때까지 저울질 작업중에 분체가 비산·부유하고 약 30분간 부유하였다. 이번의 방식으로 개선한 후에는 약 2~3분간격으로 빠르게 속도가 회복하고 그외 작업영역까지 비산하는 경우도 없었다.

소개한 일본의 사례가 국내의 관련 작업장에 대한 환기장치의 설계에도 응용될 수 있기를 바란다.

#### -참 고 문 헌-

1. 일본 공기정화위생공학회, 1995, 공장환기의 이론과 실적

#### 7. 맷음말

지금까지 금속처리공장, 의약품공장, 자동차조립라인, 배어링 연마작업공장, 그리고 제약공장에서의 공장환기 개선사례를 일본의 사례를 중심으로 살펴보았다. 작업장에서의 발생하는 오염물질의 종류나 발생양상은 작업장의 종류에 따라서 매우 다양하기 때문에 작업장의 환기 계획 및 환기장치의 설계도 그에 따라 적절히 이루어져야 한다. 여기서