

CLEAN ROOM

양 희 찬*

미국 연방 규격에 依하면 Clean Room 이란 “空氣中에 있는 粒狀의 物質과 必要에 따라 濕度 壓力을 제어시켜 놓은 空間” 이라고 定義하고 있다. 따라서 일반적인 空間設備에다 먼지(塵埃)關係를 特別히 고려한 一種의 工業用 空調設備로 이해하면 좋을 것이다.

Clean Room이란 말을 使用하기 前에는 단지 塵埃나 細菌類를 除去하고자 하는 의미로의 無塵室, 無菌室, 滅菌室 이란 用語를 使用하였다.

Clean Room에는 제어를 目的으로 하는 Clean Room外에 微生物 즉 菌을 제어 대상으로 하는 Bio-Clean Room이 있으나 今回에는 前者의 Clean Room에 關한 一般的 知識과 設計 및 設備에 따른 特別 유의 事項 등을 資料와 함께 참고문헌 등에서 발췌해 보았다.

1. 一般的 知識

1) 必要性……科學의 發達에 수반한 精密, 電子, 醫藥, 食品, 産業 등에서는 高精度, 高品質이 要求되는바 特別히 精密電子工業에서는 超小形化 되어 눈에 보이지 않는 汚染粒子가 製品의 品質低下를 초래하는 원인이 되고 있다. 따라서 空氣中の 먼지나 菌 등 부유물질의 數를 제어하

는 것은 물론 室內의 溫度를 포함한 金屬表面의 녹을 防止하기 위한 溫度도 同時에 제어되어야 하며 室外의 塵埃가 室內에 들어오지 못하도록 室內의 氣壓도 제어 되어야 하는 환경 공간이 必要하게 되는바 이를 Clean Room 이라고 稱하고 있다.

2) 發展過程……最初로 必要로 했던 分野는 手術실로서 1800年 後期에 시작되어 第一次世界大戰에 더욱 進歩되었고 第二次世界大戰에서 高精度 電子裝置의 發達에 따라 電子機器 通信機器 등의 故障원인이 粉塵에 依한 것이 많음을 깨닫고 製作과정의 環境을 人工的으로 제어하기 爲한 Clean Room으로서의 發展이 急速히 이루어져 미사일, 宇宙船 등의 機器 製作에 따른 生産技術의 한 分野로서 NASA에서 開發 Project로 取扱하였고 塵埃에 依한 機器의 故障 Trouble을 解決코자 계속 研究되어 온 것이다.

3) Clean Room의 基準 및 규격……美國空軍에서 1961年 3월에 만든 「清淨室의 設計와 運轉을 爲한 機能基準」을 最初로 하여 1963年 7月 大幅 개정되었고 美國 연방국에서 1963年 12月 연방규격 No. 209로 「Clean Room 및 清淨작업대의 環境기준」을 만들었으며 그후 空軍基準도 1965年 8월에 다시 크게 개정 되었고

美연방규격 209B

清淨度別 (Class)	粒 子			壓力 mmAq	溫 度			濕 度			氣流 m/s	조도 (Lux)
	크기(μ)	個/ft ³	個/l		범위(°C)	기준치(°C)	오차(°C)	最高(%)	最低(%)	오차(%)		
100	0.5以下	100以下	3.5 以上	1.3以上	19.4 ~25	22.2	± 2.8	45	30	± 10	0.45 ±0.1	1.080 ~ 1.620
10,000	0.5 以上	10,000 "	"	"	"	"	특별한 경우	"	"	특별한 경우	"	
100,000	0.5 "	100,000 "	"	"	"	"	± 0.28	"	"	±0.28	"	

* 正會員, 법양냉방주식회사

〈表 2〉

美空軍규격 T-D-25-203

분 류	연방규격에依 한Class分類	粒 子		壓 力 (mmAq)	溫 度 (°C)	濕 度 (%)	氣 流 환 기 회 수	조 도 (Lux)
		크기(μ)	누적입자수 (個/ℓ)					
層流淸淨室	100	0.5 以上	3.5 以下	1.3 以上	22.2 ± 2.8	45-30	수평 0.5m/3 以上 수직 0.25m/s "	1,000 以上
淸淨作業台	作業中 1,000	"	3.5 "	-	-	-	0.5 m/3 以上	"
淸 淨 室	作業中 100,000	0.5 " 5.0 "	3,500 " 25 "	1.3 以上	22.2 ± 2.8	45-30	20回/時 以上	"

〈表 3〉

美航空宇宙國 규격 NHB 5340. 2

Bio Clean Room 級 別	粒 子		生 物 粒 子		壓 力 (mmAq)	溫 度 (°C)	濕 度 (%)	氣 流 환 기 회 수	조 도 (Lux)
	크기(μ)	누적입자수 (個/ℓ)	浮 遊 量 (個/ℓ)	沈 降 量 (個/m ² 週)					
100	0.5 以上	3.5 以下	0.0035 以下	12,900	1.3 以上	指定值	45 ~ 40	層 流 0.45±0.1m/s ~1,620 亂 流 28回/時以上	1,080
10,000	0.5 "	350 "	0.0176 "	64,600					
100,000	0.5 " 5.0 "	3,500 " 25 "	0.0884 "	323,000					

연방규격도 1966年 8월에 개정되어 No 209A 및 No 209B로 現在에 이르고 있고 또한 Bio-Clean Room의 基準으로서는 美國 NASA에서 1967년에 제정한 NHB 5340. 2가 있으며各 규격에 對한 詳細는 表 1~3과 같다.

現在 國內는 물론 日本國에서도 特別히 制定한 규격은 아직 없는 실정이고 통상 美 연방규격에서 定한 3 Class로 나누어 單位容積中의 粒子數를 규제한 것으로 圖-1의 粒子徑 分布

Class 100 : 單位體積 (ft³)당 0.5μ 以上의 粒子가 100 個를 넘지않고 4.0μ 以上의 粒子는 全無

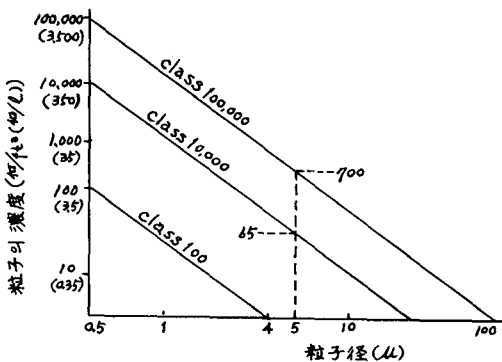
Class 10,000 : 單位體積 (ft³)당 0.5μ 的 粒子가 10,000 個를 넘지않고 5.0μ 以上의 粒子가 65 個以下

Class 100,000 : 單位體積 (ft³)당 0.5μ 以上의 粒子가 100,000 個를 넘지않고 5.0μ 以上의 粒子가 700 個 以下

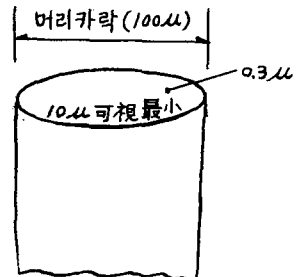
曲線과 같다.

4) 塵埃에 對한 高찰

粒子의 크기를 비교한다면 圖-2와 같으며 육안으로 보이지 않는 10μ 以下의 먼지는 아무리 넓고 깨끗한 바다위라도 表-5에서 보는 바와



〔圖-1〕 粒子徑 分布曲線



〔圖 2〕 粒子의 크기

CLEAN ROOM

같이 1ℓ의 空氣中에는 0.5μ 以上이 2,500 個 表 4는 空氣中の 微粒子의 크기를 表示한 것
정도 있다는 것이다. 이다.

〈表 4〉 空氣中の 微粒子 크기 (μ)

모래 : 90 ~ 2,000	담배연기 : 0.06 ~ 0.5	박테리아 0.22 ~ 10
먼지 (Dust) = 0.9 ~ 120	o 바이러스 : 0.015 ~ 0.22	

〈表 5〉 粒子 濃度 의 비 교 (個/ℓ)

구 분		全 粒 子 數	0.5 μ 以上	5 μ 以上
Class 100 Clean Room			3.5	
成 層 圈	4.0 km	5,200	7	
	1.0 km	35,000	20	
Class 10,000 Clean Room			350	2.3
大 洋		210,000	2,500	28
Class 100,000 Clean Room			3,500	28
大 陸		17,700,000	30,000	28
都 市	非汚染		177,000	69
	汚 染		350,000	
工 場			1,770,000	

(註) 1974 年度 KIST Clean Room 施設 당시 KIST 잔의 발에서
測定한 0.5μ 以上の 粒子數는 平均 60,000 個/ℓ 정도였다.

5) Clean Room의 種類와 특징

가) Clean Room의 分類

제어대상에 의한 分類

o Clean Room : 空氣中の 浮遊塵埃粒子
를 제어대상으로 하는것

o Bio - Clean Room : 空氣中の 浮遊塵
埃粒子和 微生物을 제어대상으로 하는것

형식 (空氣類) 에 의한 分類

o 非層流 (亂流) 型 Clean Room

o 層流型 Clean Room

수직 層流型 Clean Room

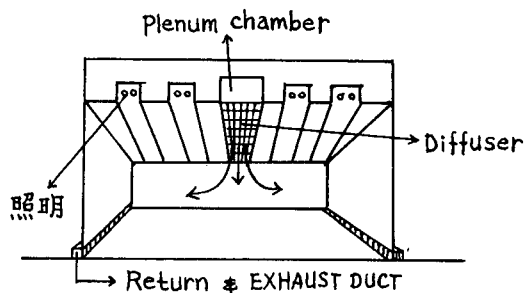
수평 層流型 Clean Room

o 水平單純型

o 水平竝列複式

o 水平二重型등

o 併用型 Clean Room..... 非層流型 +
Clean Bench



〔圖-3〕 非層流型

나) Clean Room 各形式에 의한 특징

① 非層流 (亂流) 型

最小한 Class 100,000 정도는 Cover 할수 있

作業狀態에 따라 변화한다.

② 層流型

Class 100에서 Class 10,000 정도에 이용하는 방식으로서 水直層流型이 水水平層流型에 比하여 塵埃의 沈降하는 方向을 생각해 볼때 더욱 現想的인 反面 Cost가 높은 결점이 있고 作業場上部에 塵埃의 發生原이 있다면 주의할 必要가 있다. 또한 吹出側 近處가 吹込側보다 淸淨도가 좋을 것이므로 作業台의 Lay out時 감안하여야 할 것이다.

- 장 점…… 1) 환기회수를 많이 할수 있다.
- 2) 粒子의 再浮遊가 거의 없다.
- 3) 室內 作業員의 數나 作業狀態 變化에 따른 淸淨度의 變化가 적다.
- 4) 室內에서 多量發生된 粒子도 곧 제거되어 汚染狀態로 부터의 회복이 빠르다.

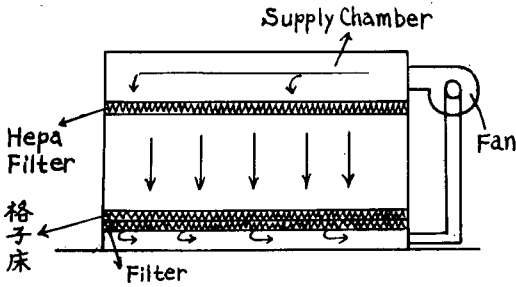
- 단 점…… 1) 均一한 흐름과 速度를 얻기가 어렵다.
- 2) 室의 확장이 어렵게 된다.
- 3) Filter의 Sealing이 파손되기 쉽다.
- 4) 건설비가 많이 먹힌다.

③ 併用型(非層流型+ Clean Bench)

室全體를 層流型으로 하면 風量도 많아지고 따라서 HEPA Filter 소요량도 많고 運轉動力費는 물론 건축 構造에 따른 建設費도 매우 높게 되므로 作業의 내용을 分析하여 可能하다면 室內全體는 非層流型으로 하여 Class 10,000 ~ 100,000 정도를 유지시키고 高度의 淸淨度를 要하는 공정만은 별도의 Clean Bench에서 作業하는 方式으로 併用할 수 있다.

Clean Bench라는 것은 송풍기, 高性能 Filter가 내장된 Unit型의 作業台로서 圖6에서 보는바와 같이 空氣가 作業台 前面에서 作業者 方向으로 層流를 이루는 水水平流型과 圖7과 같은 作業台 上部에서 作業面 方向으로 層流를 이루는 水直流型이 있다.

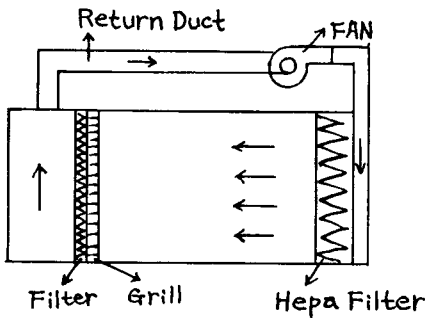
대개 Clean Room Class 100 정도의 淸淨度



〔圖 4〕 水直層流型 (Down Flow)

HEPA Filter=High Efficiency Particulate Air Filter

(美國의 原子力 위원회에 依하여 開發된 DOP 0.3 μ의 微粒子數 Test 방식에 依한 효율 99.97%의 高性能 Filter로서 Class 100,000 까지 使用된다.)



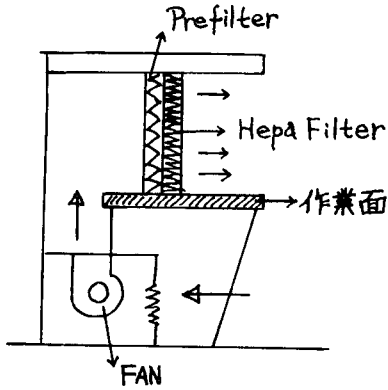
〔圖 5〕 水水平層流型 (Cross Flow)

으며 美國의 경우 全 Clean Room數의 약 60% 정도 차지하고 있다고 하며 이 방식에다 吹出口, 吹込口의 相對的인 위치와 모양의 改善에 따라 空氣의 亂流를 可能한한 억제하여 Class 10,000까지는 利用되고 있다.

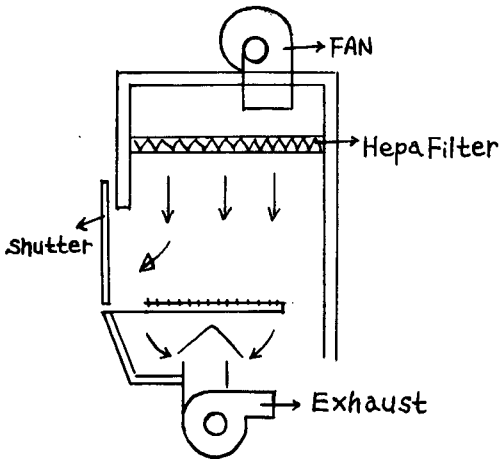
- 장 점…… 1) Filter 및 空氣處理가 간단히 解決된다.
- 2) 施設 규모의 확장이 용이하다.
- 3) 建設費가 적게 먹힌다.

- 단 점…… 1) 환기회수가 적어진다.
- 2) 亂流 및 와류로 인한 粒子가 室內를 계속 순환할 緣려가 있다.
- 3) 室內淸淨度가 作業員 數와

를 要求하는 곳에 利用되고 있다.



[圖 6]



[圖 7]

6) Clean Room을 施設하기 爲하여는 更衣室, 洗面所, 휴게실, 재료창고, 機械設備室, 前室 등 기능적으로 관련된 부수 공간이 必要한바, 이들 空間을 적절히 배치, 構成하여야 한다.

이들 Clean Room區域을 構成할 時 고려할 點은 作業者의 動線 作業 Lay out, 溫濕度 조건, 使用時間 등으로서 空内外의 汚染을 最小로 하고 보수관리에 용이하도록 하는 것이며 大별하여 준비실(로카실) 前室(準 淸淨區域), 作業室(淸淨區域)로 나누어 진다.

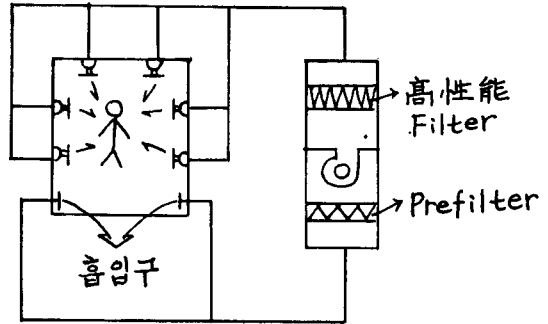
가장 重要한 것은 Clean Room出入의 빈도를 적게 하는 것이며 이들 구성의 良否가 Clean Room의 효율면, 經濟的인 運轉面에서 決定的인

영향을 주게 된다.

7) Clean Room의 부속장치

Clean Room에는 作業者나 物品의 出入으로 인한 外部로부터의 塵埃침입을 極小化 하기 위하여 다음과 같은 부속장치가 설치된다.

가) Air Shower : Clean Room으로 들어가는 作業員이나 物品의 表面에 붙어있는 塵埃粒자를 除去하기 위한 것으로서 Box Type의 벽면, 천정에 부착되어 있는 Nozzle로부터 高性能 Filter를 通過한 淸淨空氣가 22~40 m/s 정도로 분사되어 Shower를 시키게 된다.



Air Shower의 構成

나) Air Locker : 出入口를 通過할때 氣流方向을 室外로 하기 위한 것으로서 Interlock 시킨 2個의 Door로 조그만 방을 만들어 항상 室外의 汚染空氣가 직접 送流하지 못하도록 한 장치이다.

다) Pass Box : 物品을 室內로 搬入할때 사람이 운반하게 되면 실내 汚染의 可能성이 커지므로 벽면에 開口部를 만들어 物品만 出入시키기 위한 Box로서 室內外側에 各各Interlock 시킨 門을 두고 外部와 通할수 있는 通活設備와 強化 유리를 使用하여 內부를 불수 있도록 한다.

라) Shoe Cleaner : 접촉성이 있는 mat를 使用하는 것이 효과적이다.

마) Hand Dryer : Clean Room에 들어가기前 손을 씻은後 Towel類대신 淸淨溫風을 내는 Hand Dryer를 使用한다.

2. CLEAN ROOM의 設備와 空調設備

1) 계획과 설계

一般工業用 空調設備보다 추가해서 알아 내어야 할 設計資料로서는 ① 淸淨等級(Class) ② 作業者の 人員數 및 發塵量 ③ 機器의 運轉 및 資材, 物品 搬入으로 인한 發塵量 등이며 또한 건축 구조에 依한 영향으로는 건축재료로 부터의 發塵, 運轉休止時의 대기침입으로 인한 汚染, 코너部에 누적된 粉塵의 불규칙적인 비산등이며 作業者の 入室管理 및 電氣設備의 보수관리 등에도 細心한 주의를 기울인 設計가 되어야 한다.

가) 基本的인 條件

塵埃制御를 爲한 基本的인 主要條件은 다음과 같다.

① 室外의 空氣가 内部에 침입되는 것을 防止한다.

……室內의 壓力을 外氣 또는 인접한 室內보다 조금 높게 한다.

② 室內의 塵埃를 淨化 시킨다.

……室內空氣의 순환회수를 20回/時以上으로 하고 또 局所排氣로 인한 外氣導入時에는 外氣의 淨化처리를 별도로 강구한다.

③ 室內에서의 塵埃發生을 防止한다.

……室內에서의 布類 使用을 規制하고 室의 內裝材, 機具등은 塵埃의 發生이 적은 材質을 선택하도록 하며 특히 바닥재에는 주의를 기울여 비닐類, 포리에치렌 도장材料 또는 합성수지계열의 床Tile을 使用토록 한다.

④ 氣流方式, 風速등을 定할 때에는 아주 작은 粒子가 長時間 부유 落下하면서 응결하여 큰粒子가 되지 않도록 주의를 한다.

⑤ 作業員, 物品搬入에 依한 塵埃의 침입 防止를 爲하여 Air show, Air locker 등 부속 장치를 적절히 배치한다.

⑥ Clean Bench의 利用

特別히 높은 淸淨度를 要하는 부분 공정에 併用하여 經濟的이 되도록 한다.

나) 汚染源

汚染物을 分類하면

- A. 粒子狀態의 汚染物……塵埃, 煤煙, Fume
- B. 액체, 기체 狀態의 汚染物……기름의 粒子, 탄산GAS, 亞硫酸GAS, 유해 GAS
- C. 生物學的 汚染物……Bacteria, 바이러스
- D. Energy 狀態변화……光, 磁場, 放射能, 熱 등이며 일반 Clean Room에서의 제어대상 오염물은 주로 A항 (Bio Clean Room에서는 A와C)이며 그 오염源으로는
 - A. 内部作業 공정에 依한 發塵 (機器로 부터의 發塵)
 - B. 内部機器의 運轉에 따른 진동, 충격에 依한 건물 (특히 벽, 바닥, 천정)로부터의 發塵)
 - C. 作業員 自身으로 부터의 發塵 (의복, 두발, 피부)
 - D. 作業員의 作業이동에 따른 發塵 (착석, 起立, 步行등)
 - E. 材料物品의 搬入 運般에 따른 發塵
 - F. 給氣에 들어있는 塵埃 등이 있다.

上記한 發塵物이 어느정도 인가는 豫測 하기가 어려운 것이나 경험에 依한 Data들의 研究報告를 참조한다.

例로써 사람의 여러 動作에 따른 發塵量 Data가 表6에 보는 바와 같다.

다) 必要 淸淨度의 決定

가장 重要한 事項이므로 製品의 不良에 關連된 粒子가 몇micron以上 이었는지등 製作 現場에서 不良現像을 分析하여 圖-2의 粒子分析에 맞도록 Class를 決定 하여야 한다. 참고로 美國에서의 선택기준의 一例를 表-7에 보인다.

즉 1 μ 前後의 粒子에 依해 不良이 發生한 경우에는 Class 100을, 5~10 μ 정도의 경우에는 Class 10,000이 좋을 것이다.

라) 氣流方式의 決定

앞에서 설명한바 있으나 氣流方式이 淸淨度에 큰 영향을 주는 것이므로 실내배면, 作業者, 物品 등에서의 發塵에 대한 영향을 最小로 하려면 層流方式이 좋을 것이나 Cost가 높아질 것이다. 그러나 Class 100의 Clean Room은 發塵負荷

CLEAN ROOM

가 아주 적은 特例를 除外하고는 거의 層流式 方式이 채용되고 있다.

〈表 6〉 作 業 員 發 塵 量

動 作	發塵量 個/分 (0.3 μ 以上)
靜座 또는 起立 (정지상태)	100,000
着席 (머리, 팔 등을 가볍게 움직이는 정도)	500,000
〃 (몸, 발 〃 〃)	1,000,000
起立 (착석에서 기립할때)	2,500,000
步行 (1 m/s 정도)	5,000,000
〃 (1.5 m/s 정도)	7,500,000
〃 (速 步)	10,000,000
계단 오르기	10,000,000
체 조	15,000,000 ~ 30,000,000

〈表 7〉 職 種 別 必 要 清 淨 度

청정도 (清淨度)	대상塵埃粒子徑 (μ)	種 類
塵埃制御를 必要로 하는 分野	25 ~ 250	大型 Ball Bearing, 증폭기·오실로스코프, 加算器, 항공기조립, x선발생장치, 小型電子計算器조립, 보통측정기
Class 100,000	25 ~ 2.5	항공계기, 보통 Ball Bearing, 大型電子計算器, 전자부품, 진공관, 카메라조립, 時計조립, Print 板
Class 10,000	10 ~ 1	Class 100,000 에서 조립하는 製品의 部品, 칼라 TV 브라운관, 망원경, 水準器, 수술실, 해저통신용 전자기계, 식품포장
Class 100	2.5 ~ 0.25	miniture Bearing, 인공위성, 소형접점, micro film, busycon, 半導體, 宇宙 Rocket 제어장치, 무균실험, 약품공업, 세균실험

〈表 8〉 Clean Room 기류방식별 비교

氣流方式	清 淨 度	일 반 적 인 특 징
亂 流 式	Class 10,000 ~ 塵埃제어를 必要로 하는 分野	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가장 일반적이고 비교적 적용하기가 쉽다. ○ 건설비가 적다. ○ 환기회수가 적어 亂氣流가 일어나기 쉽다.
水平層流型式 (Cross Flow式)	Class 100 ~ Class 10,000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 上流의 영향이 下流에 미친다. ○ 상세한 관리가 필요하다.
垂直層流式 (Down Flow式)	Class 100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 구조가 간단하다. ○ 효과가 완전하다. ○ 건설비가 높다. ○ 천정 바닥의 Duct 로 인하여 건축에 제한을 준다.

< 表 9 >

Clean Room 통 계 (美國에서의)

Class	100	28 %
Class	10,000	25 "
Class	100,000	22 "
기	타	25 "

亂 流 方 式	58 %
수 평 層 流 方 式	26 "
수 직 層 流 方 式	16 "

마) 건축조건외 검토

건축설비상 일반적으로 要求되는 조건은 다음과 같다.

① 室 全體가 氣密이 되어 空氣의 누설이 적도록 할것.

② 溫度변화, 진동등으로 변형, 균열 등이 생기지 않을것.

③ 塵埃가 쌓이지 않도록 하는 構造일것.

④ 濕氣가 通하기 어려울것.

⑤ 열, 절연성이 있는 구조일것.

⑥ 出入口, 窓, 기타 Duct 관통부 등의 설치가 塵埃防止上 효과적일것.

일반적으로 利用되는 材料는 表 10 과 같으며 특히 바닥用 (床材) 으로는 硬하고 耐熱, 耐油, 耐藥品性이 있어야 겠다.

< 表 10 >

Clean Room 에 使用하는 材料

清 淨 度	床 材	天 井 , 壁 材
Class 100 ~ 10,000	o Al 또는 강판 表面 樹脂仕上 o 열화비닐, 또는 Epoxy 系 sheet 材	o Al 또는 Stainless steel o 메라민化粧板 o Vynil Sheet 접착仕上 o Colour 철판
Class 100,000 ~ 塵埃제어분야	o 合成樹脂系 Tile o Concrete + 表面수지 Coating o Flooring	o Concrete 面 + 表面수지 Coating o " + 비닐도장 o 석면 Slate 板 + 수지 Coating

건축의 内部 設備物에 對한 一般的 주의事項은 다음과 같다.

① 窓……class 10,000 以上の 精度가 높은室은 無窓으로 하는것이 좋으며 또 開口部는 最小로 하여 氣密性, 水密性을 높일 것이며 만약 室內외의 溫度差가 큰 경우에는 結露가 생기지 않는지 주의할것.

② 出入口……Door 의 크기는 可能한한 적게 하고 物品出入口와 사람의 通路는 별도로 할 것이며 開放時間이 길 경우에는 Air Curtain 등을 利用하고 精度가 높은 室에는 반드시 Air lock室 Air shower室을 施設할것.

③ 照明기구……塵埃가 쌓이지 않는 構造로서

보수점검이 용이하도록 하며 天井埋込型 보다는 天井直付型이 좋다. 照度는 一般的보다 높은 보통 700 ~ 1,500 Lux 정도로 하고 있다.

④ 배선배관……Clean Room 계획상 가장 까다로운 問題로서 보통 行하는 方法은 床下, 床上, 天井上, 天井下의 4 種類가 있으나 基準은 公정의 변경이 적은 場所에서는 바닥 (床), 많은 장소에서는 天井으로 하고 있다.

⑤ 安全設備……일반 건축의 안전설비는 물론 室內외를 연결 通하는 비상구 Interphone, 비상 Bell 장치가 있어야 한다.

2) Clean Room 과 空調設備
가) 空調設備 條件

CLEAN ROOM

o Clean Room의 溫, 濕度 條件은 제품의 제조공정용 空調條件과 같으나 一般的으로는 精密作業을 수행하자면 高度의 計測을 수반하는 경우가 많으므로 恒溫 恒濕의 條件이 된다.

溫度는 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 범위가 많으나 앞에서 언급한 미국 연방규격에 의하면 22°C 범위에서 $19^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 를 지정하고 있다. Clean Room에서는 無塵衣를 입게 되므로 設計溫度는 25°C 이상이 좋다. 실제 경험에 의하면 冷房時 27°C 로서는 더운感を 느낀다. 相對 濕度는 50%前後가 많으나 美國의 各 規格에서는 最高 45%, 最低 30%를 추천하고 있다.

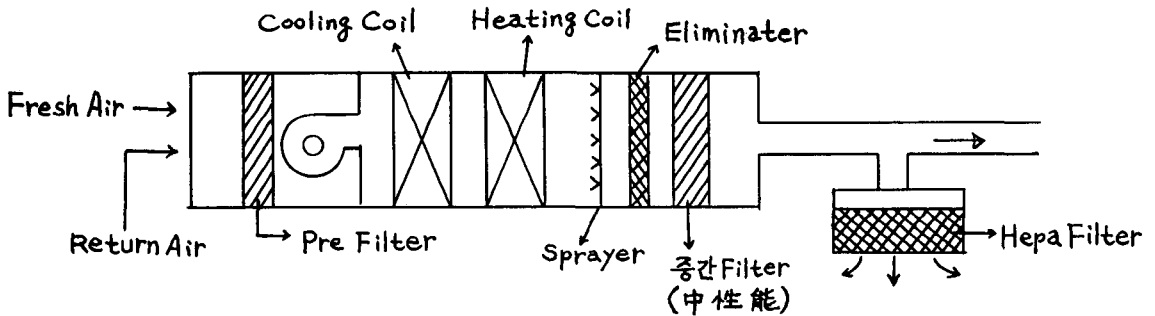
이러한 溫, 濕度 條件을 결정할때 주의할 점은 터보 냉동기등을 사용하여 冷水를 공급하는

비교적 대규모의 설비에서는 공기조화기를 임의로 설계하여도 좋지만 Packaged Air Conditioner를 사용하는 소규모의 Clean Room에서는 표준 Type를 改造하기가 어려우므로 이 점을 고려하여야 한다는 것이다.

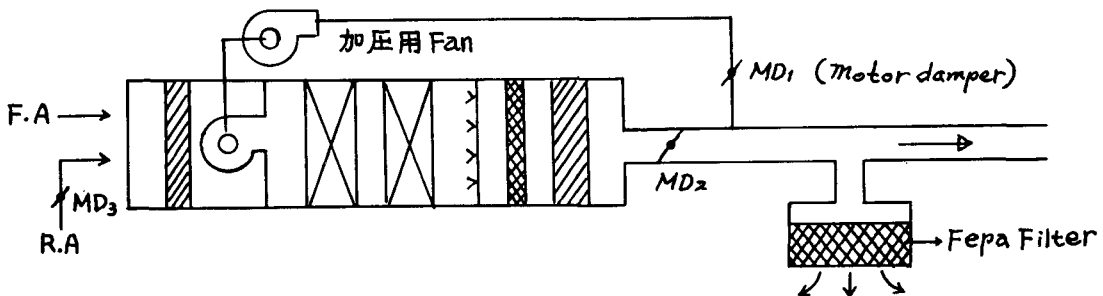
나) 空調方式

一般 恒溫恒濕의 空調方式과 같이 Single Duct에 Re-heating의 단순한 方式으로 충분하며 除塵이 主目的이므로 水↔空氣方式의 Fan Coil Unit를 사용하는 것은 피하여야 한다.

Clean Room에서 가장 중요한 HEPA FILTER의 설치위치는 圖- 8, 9와 같이 吹出口(吹出面)가 제일 좋다.



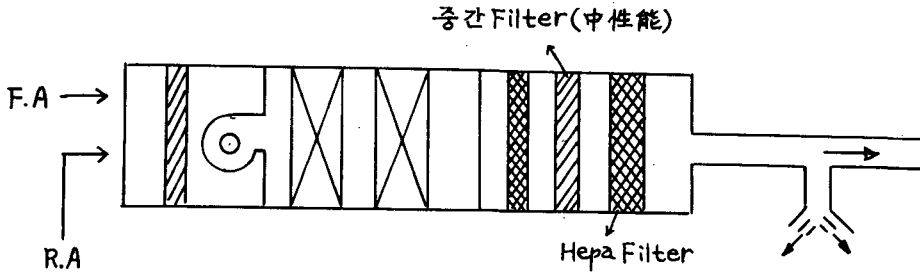
〔圖-8〕 空調方式 1



〔圖-9〕 空調方式 2

Clean Room에서 중요한 것으로서 잊지 말아야 할 것은 야간 운전·정지시의 汚染防止 對策이다. 圖-8은 가장 일반적인 Clean Room의 空調方式으로서 운전시의 문제는 전혀 없으나 야간에 송풍기를 정지할 경우, 外氣의 風壓으로

인하여 가장 큰 汚染原因 外氣가 外氣取入 Duct 및 Return Air Duct를 통하여 직접 室内에 導入되는 것이다. 이를 防止하기 위하여 外氣取入 Duct에 motor damper를 설치하여 Fan과 Interlock시키는 方法도 있으나, 완전



〔圖-10〕 空調方式 3

하게 막는 방법은 圖-9에서와 같은 방식으로 서 통상 운전시에는 motor damper MD₁을 닫고 MD₂, MD₃를 열린 상태에서 加壓用 Fan을 정지한 상태로 두며, 야간 비공조시에는 逆의 방법으로 motor damper를 作動시켜 室內를 최소의 淸淨空氣로 加壓하여 오염공기의 실내침입을 막는 방법이다.

非層流型 Clean Room에서 HEPA FILTER를 공조기 內에 설치하는 방법과 吹出口에 설치하는 방법등 2가지가 있으며 前者의 경우는 HEPA FILTER後의 Duct 재질을 Stainless, Al, 염화비닐등 發塵이 적은 것으로 할 필요가 있고 後者の 경우는 Duct 재질을 일반 Duct 材로 하여도 좋으나 Duct 內 壓力이 많이 걸리므로 強度와 공기 누설이 없도록 시공에 주의하여야 하며 後者の 방식이 경제적이기 때문에 近年에 많이 使用되고 있다.

다) Clean Room의 負荷

負荷의 특징은 일반작업에 비하여 人員密度가 적어 人員의 熱負荷가 적은 반면 높은 照度로 인한 照明負荷, 작업용의 發熱體, 外氣負荷가 壓倒的으로 많으므로 內部負荷의 精確한 산출과 外氣量의 精確한 계산이 중요하다는 것이다. 또 송풍량 소요정압도 일반 공조에 비하여 상당히 크므로 송풍하기 위한 動力의 負荷를 열계산에 반드시 포함시켜야 한다. 대개의 負荷 %는 다음과 같다.

- 구조체로부터의 傳熱負荷 : 5 ~ 10 %
- 內部負荷人員 : 1 ~ 6 %
- 內部負荷照明 : 8 ~ 20 %
- 內部負荷 作業用發熱體 : 13 ~ 16 %

- 外氣負荷 : 17 ~ 50 %
- 送風動力 負荷 : 7 ~ 18 %

그리고 소규모의 Clean Room으로서 기계실이 멀리 위치한 경우에는 Duct에 의한 열부손실의 비중이 크므로 이 점 注意할 필요가 있다.

라) 送風量의 決定

決定의 요인은 청정도 유지를 위한 것과 공조를 위한 2가지 이므로 送風量의 決定은 塵埃負荷에 의한 量과 熱負荷에 의한 量을 각각 계산하여 많은 쪽을 선택하여야 하며, 일반적으로는 前者의 除塵에 필요한 風量이 많으나 Class 10,000 이상에서는 後者の 풍량이 많은 경우도 있다. 공조의 熱負荷에 의한 送風量 決定方法은 생략하기로 하고 塵埃負荷에 의한 送風量 決定方法은 다음과 같다.

이는 氣流方式에 따라 달라지게 되는 바 層流일 경우와 亂流일 경우로 나누어 먼저 塵埃濃度를 구하는 公式부터 알아보기로 한다.

① 層流方式

圖-11과 같은 model의 定常狀態에서 ΔT分間에 最終 HEPA FILTER에 들어가는 塵埃數는,

$$\begin{aligned} & \text{外氣로부터 } \Delta T r Q M (1 - \eta_p) \text{ 個} \\ & \text{還氣로부터 } \Delta T (1 - r) (Q_N + G) \text{ 個} \\ & \text{合計 } \Delta T r Q M (1 - \eta_p) + \Delta T (1 - r) (Q_N + G) \text{ 個} \end{aligned}$$

ΔT分間에 給氣되는 送風量은 ΔTQ

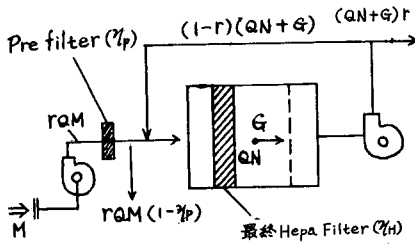
따라서 最終 HEPA FILTER를 통과한 직후의 塵埃濃度(N)는

CLEAN ROOM

$$N = \frac{\{\Delta TrQM(1-\eta_p) + \Delta T(1-r)(QN+G)\}(1-\eta_H)}{\Delta TQ} \text{ 에서}$$

$$N = \frac{\{(1-\eta_p)MQr + G(1-r)\}(1-\eta_H)}{Q(r+\eta_H-r\eta_H)} \text{ 가 된다.}$$

예를 들어 $G = 10^7$ 個/min, $Q = 30$ m^3 /min, $\eta_p = 0.85$, $\eta_H = 0.9997$, $r = 0.1$
 $M = 10^8$ 個/ m^3 이라면
 $N = 540$ 個/ $m^3 = 15$ 個/ ft^3 으로서 上流에서는 Class 100 범위안에 충분하다.



[圖 - 11]

N = Clean Room의 塵埃濃度 個/ m^3
 M = 外氣中の 塵埃濃度 個/min
 G = 室內에서 일어나는 發塵量 個/min
 Q = 送風量 m^3 /min
 η_p = Prefilter의 효율
 η_H = HEPA FILTER의 효율
 r = 外氣量 비율

② 亂流方式

圖-12와 같은 model의 定常狀態에서 생각하면 亂流方式에서는 室內發塵量 G 가 실내 전

체에 확산되어 직접 실내 塵埃濃도에 영향을 주므로 淸淨度計算은 실내 發塵量과 除塵量으로 따져야 한다.

즉, 室內에서 빠져나가는 塵埃數는 QN 個/min

室內로 들어오는 塵埃數는 $\{(1-r)QN + r \cdot Q \cdot M(1-\eta_p)\}(1-\eta_H)$ 個/min

室內에서 발생하는 塵埃數는 G 個/min

따라서 다음식이 얻어진다.

$$QN = \{(1-r)QN + r \cdot Q \cdot M(1-\eta_p)\}(1-\eta_H) + G \text{ 에서}$$

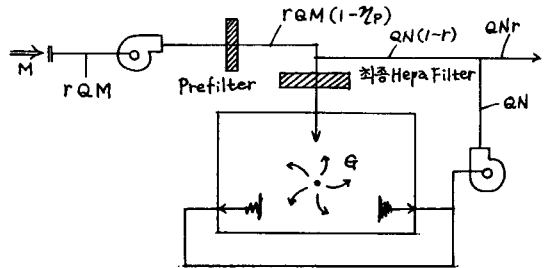
$$N = \frac{G + QrM(1-\eta_p)(1-\eta_H)}{Q(r+\eta_H-\eta_Hr)} \text{ 가 된다.}$$

여기서 층류방식과 같은 條件으로 하여 淸정도 N 을 계산해 보면

$N = 3.3 \times 10^5$ 個/ $m^3 = 9,500$ 個/ ft^3 으로서 室全體가 Class 10,000의 범위에 들게 된다.

이를 보면 같은 조건에서도 기류 방식에 따라 淸정도 및 그 분포의 달라짐을 명확히 알 수 있다.

다음엔 요구하는 淸정도 N 를 먼저 알고 送風量 Q 를 구하려면 상기式에서



※ 기호는 圖-11과 同一

[圖 - 12]

$$\text{총류방식 } Q = \frac{G(r - 1 + \eta_H - r\eta_H)}{r \cdot M(1 - \eta_P - \eta_H + \eta_P \eta_H) - N(r + \eta_H - r\eta_H)}$$

$$\text{난류방식 } Q = \frac{G}{Nr(1 - \eta_H) - Mr(1 - \eta_P)(1 - \eta_H) + N\eta_H}$$

여기에서 계산에 필요한 정수로서 외기조건(M)과 내부발진량(G)가 있는데 외기조건(M)은 대개 表 11을 적용시키고 있다.

内部發塵埃量(G)에 대하여는 앞의 汚染源항의 表 6 등을 참고하여 決定하고 있으나 機器의 發塵에 대하여는 확실한 Data가 없으며 比較의 内部發塵이 많은 電子工業의 경우에는 다음 식을 적용시키고 있다.

〈表 11〉 外氣塵埃濃度

分 類	정수(M) : 0.5 μ 이상의 粒子의 總數
汚染地區	5 × 10 ⁷ 個 / ft ³
普通地區	5 × 10 ⁶ "
清淨地區	10 ⁶ "

$$G = \frac{10^6 \text{ 個 / min 人} \times (\text{人員數}) + 45 \times 10^4 \text{ 個 / min} \cdot \text{m}^2 \times (\text{面積})}{}$$

↳人體로 부터의 發塵量

↳움직이는 物品으로 부터의 發塵量

일반적인 기준은 表 12 와 같다.

〈表 12〉 氣 流 및 換 氣 回 數

型 式	塵 埃 濃 度	風 速	換氣回數	吹出口・吸入口面積
수직층류	class 100 3.5 個 / l	0.25 m/s	약 400-회	吹出:天井의 80% 以上 吸込:床의 40% 以上
수평층류	class 100~10,000 3.5~350 個 / l	0.45 m/s	약 150 회	吹出:壁의 80% 以上 吸込:壁의 40% 以上
非層流 (亂流)	class 10,000 350 個 / l	-	약 20~50회	吹出: Filter 취출구 그대로 吸込:床面 가까이
	class 100,000 3,500 個 / l	-	"	吹出: Filter 취출구 그대로 吸込:床面 가까이

마) 吸入外氣量의 決定

外氣量에 관계하는 요인은 ①室內壓力 ②人體 위생상 必要한 外氣量(25 m³/h·人) ③作業中 發生한 GAS 나 熱 등의 배기 ④건물 틈새로 인한 누설 등이 主를 이루며 一般적으로는 ②와 ③+④를 比較하여 많은 쪽을 선택하고 있으나 問題는 ④項의 量을 決定 하기가 어려워 研究課題로 남아 있다. 또 ①項의 室內正壓 유지를 위

〈表 13〉 必要壓力差

構 分	必要最低壓力量
Class 가 다른 室 相互間	0.5 mm Aq
Clean Room 과 準清淨室	1.0 "
Clean Room 과 一般室	1.5 "
準清淨室과 一般室	1.0 "

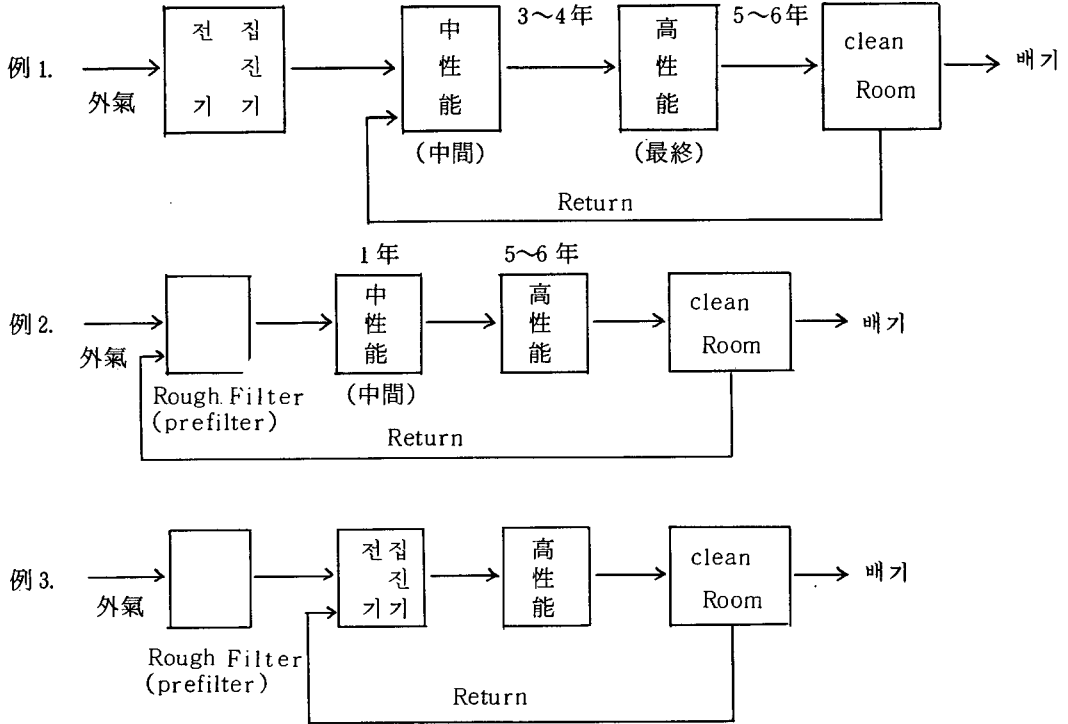
CLEAN ROOM

한 량은 산출식이 별도로 있으나 생략하고 일반적으로는 송풍량의 20~25%로 決定하고 있다. 室內加壓의 壓力 정도는 表 13 과 같다.

바) Air filter에 對하여

Clean Room에는 일반적으로 효율이 90% 이상의 mechanical Filter가 利用 되는데 이는

mechanical Filter가 事故가 적고 效率이 확실하기 때문이다. 그러나 이러한 Filter도 때로는 缺點이 發生 되므로 設計 할 때는 特種의 Filter를 組合하여 使用한다. 그 예는 圖-13 과 같으며 개략적인 Filter의 種料와 特長은 表 14 와 같다.



[圖-13] Filter의 組合例

<表 14>

Filter의 種類와 特長

Filter	效率(比色法)%	一般的 特長
Rough Filter (pre Filter)	5 ~ 30	○ 空氣저항(中) ○ 小塵埃에 적합(10 μ 以上) ○ 再生可能
中性能 Filter (중간 Filter)	80 ~ 90	○ 공기저항(中) ○ 中塵埃에 적합(1~10 μ) ○ 再生不可 ○ 비교적 高價
전기 집진기	85 ~ 95	○ 공기저항(小) ○ 小塵埃에 적합(0.1~1.0 μ) ○ 再生可能 ○ 高價
高性能 Filter (최종 Filter)	95 ~ 100	○ 공기저항(大) ○ 效率最高 ○ 再生不可 ○ 高價

사) 空調機器 및 設備上의 注意事項

Clean Room의 空調機器로서는 water chiller 와 공조기기의 使用이 많으며 特別히 空調機는 一般의 吸引方式(Draw through)을 絶대로 피하고 size 가 커질지라도 반드시 空調方式의 그림 과 같이 押込方式(BLow through)으로 하여야 한다. 이것은 空調機의 Casing 틈사이로 들어 오는 汚染空氣를 防止하는 것과 FAN 자체의 發塵을 prefilter에서 잡기 위함이다.

① Casing : 1.6 % 以上の 鐵板을 使用하고 Filter 접점 및 FAN의 유지보수를 위한 Access Door가 充分히 구비되어야 하며 良質의 Gasket 로 空氣의 누설이 없도록 하는 것이 重要하다.

② 送風機 : Filter 의 初期抵抗과 最終抵抗의 差가 크므로 送風機의 所要 靜壓도 크게 變할 수 있는 형식으로 Suction Vane 이 붙은 Type 이 좋으며 반드시 全 使用 期間을 cover 할 수 있는 FAN 성능곡선을 택하여야 한다. 일반적으로 極小 用量的 것은 직

결 motor 로서 회전수 제어방식을 쓰고 大用量的 것은 Belt Type 으로 하되 特別한 경우에는 pulley 를 數種 준비하여 必要에 따라 교환한다.

또 대개 靜壓이 높기 때문에 送風動力도 높고 따라서 發生騒音이 크게 되므로 흡음장치를 하여야 하고 저소음형의 송풍기를 큰 size 로 저속 회전하는 것이 좋다.

③ Duct : 空調方式에서도 언급한 바와 같이 일반적으로 아연도 鐵板을 使用하되 시공후 반드시 먼지가 들어가지 않도록 밀폐시켰다가 깨끗이 세척후 조립할 것이며 기밀시험은 일반 공조용 보다 엄격히 하여 공기 누설이 없도록 하여야 한다.

參 考 文 獻

- ① 공기조화와 냉동 Vol. 18 NO.2 .
- ② 냉동공조편람 응용편
- ③ 기타