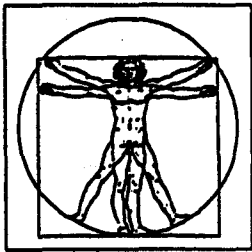


난류형 크린룸과 국소청정화 기술



I. 난류형 크린룸의 실제와 평가

1. 머릿말

난류형 크린룸은 층류형 크린룸과 비교하여 연구, 개발이 매우 활발하다. 이것은 일반적인 난류형 크린룸이 요구되는 기능면의 레벨이 낮고, 연구개발의 필요성이 많지 않은데에 기인한다. 그러나 경제적인 측면에서 보아도, 현상태에 과반수의 크린룸은 난류형이다.

크린룸으로서의 효율은 높은 성에너지, 낮은 코스트 크린룸 개발의 유효성이 크다. 여기서 환기효율의 지표를 정의시, 난류형 크린룸을 효율면에서 검토를 한다.

2. 환기효율의 지표

난류형 크린룸 설계의 고려할 방향은 실내에 발생 또는 유입되는 오염물질을 실내에 공급하는 청정공기로 희석하는 일인, 대표적 시스템의 계산식을 아래에 표시한다.

기 호

Q_r : 환기량

Q_o : 취입 외기량

rQ_r : 순환량

P : 필터분진통과율

G : 실내발생 분진량

C_r : 실내분진 농도

C_o : 외기분진 농도

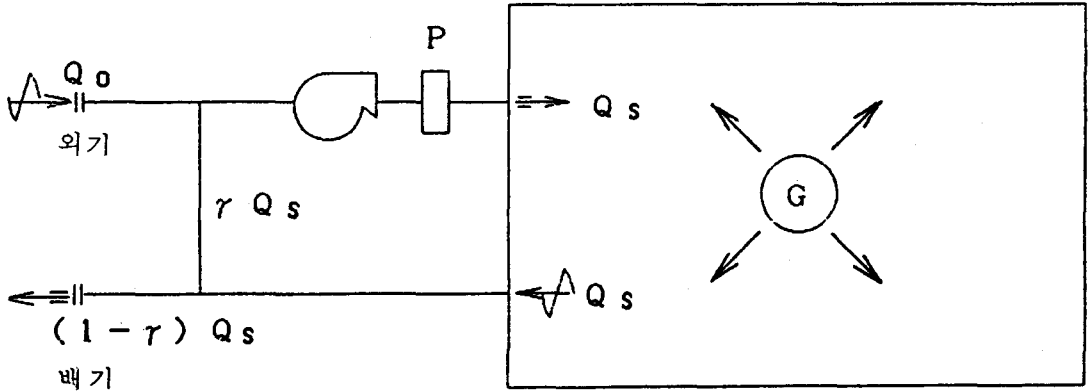


그림-1 크린룸 계통도

실내로 유입되는 오염물질량은,
공조를 할때 : $P(C_o Q_o + C_r r Q_s)$

실내발생 : G

실내에서 유출되는 오염물질량은,
공조를 할때 : $C_r Q_s$

실내에 유입량과 유출량은 정상상태에서는 같은 것으로 아래의 식이 성립된다.

$$P(C_o Q_o + C_r r Q_s) + G = C_r Q_s \dots (1)$$

$$C_r = (P C_o Q_o + G) / Q_s (1 - P r) \dots (2)$$

실제 설계에 있어서는 실내 발생 분진량의 파악이 곤란한 경우도 있어, 실내 청정도에 대응되는 환기 횟수에 공급량을 결정하는 방법이 많이 이용되고 있다. 표-1은 청정도와 환기회수의 대응되는 예를 표시한다.

(1) 식은 실내발생 오염물질이 짧은 시간에 균등 확산된 상태일때의 등식이며, 실제의 크린룸에서는 실내에 분진농도분포가 존재한다. 이 농도분포를 개선하는 일따라 동일 청정도를 더욱 적은 환기량으로 얻을수 있다.

청 정 도 (CLASS) ($0.5 \mu m$ 입자대상)	환기횟수 (회/h)
1,000	50
10,000	30
100,000	20

표-1 크린룸의 청정도와 환기횟수

여기서 실내분진농도와 구별하기 위하여 환기의 분진농도를 C_{r0} 로 하면 (1)식은,

$$P(C_o Q_o + C_{r0} r Q_s) + G = C_{r0} Q_s \dots (3)$$

이 된다.여기를 기준으로 완전확산실을 고려한 환기량을 Q_s^* , 분진농도를 C_r^* , C_r^* ($C_r^* = C_{r0}^*$)로 하면 (3)식은,

$$P(C_o Q_o + C_r^* r Q_s) + G = C_r^* Q_s^* \dots (4)$$

이 된다.

환기효율의 한지표로 실내분진농도 C_r 는 C_r^* 와 같게되고 환기량 Q_s 와 Q_s^* 의 비를 m 이라하면,

$$\begin{aligned} m &= Q_s^* / Q_s \\ &= (C_{r0} - P C_{r0} r) / (C_r - P C_r r) \\ &\cong C_{r0} / C_r \dots (5) \end{aligned}$$

이 m 값은 기준이 되는 완전확산실의 분진배제 능력의 m 배가 되는것을 의미한다. 따라서 완전확산실의 m 은 1 이되고, m 값이 커지게 되는 동안 환기효율은 높고, 작으면 환기효율은 낮다.

항상 동일 크린룸에 있어서도 각 장소마다 m 값은 존재하고 청정도 요구가 높은 장소는 m 값이 높은 설계가 요구되어 진다.

3. 모델 크린룸에서의 환기효율의 실험

1항에 정의된 m 값을 토출구, 흡입구와 발진의 위치를 파라메타로 하여 측정한다. 그림-2에 모델 크린룸, 그림-3에 실험 개요를 표시한다.

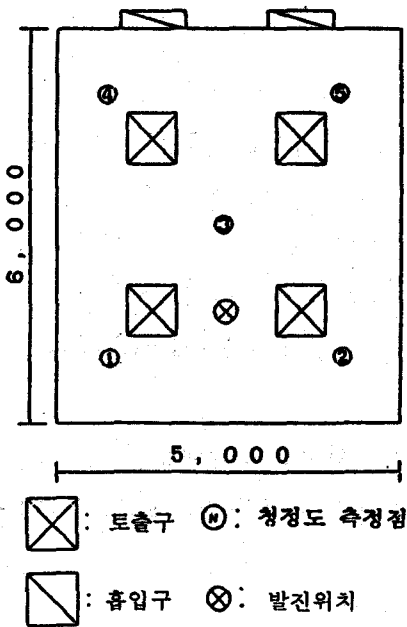


그림-2 모델 크린룸 개략도

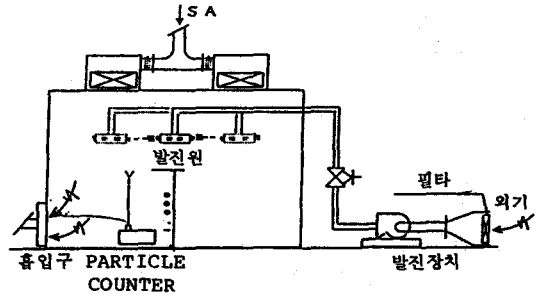


그림-3 실험 개요도

발진원은 외기의 도입에 의해서 행하고 있다. 실험의 측정 데이터는 그림-4 ~ 그림-12에 표시한다.

그림중 우측에는 측정 조건에 따라 토출구, 흡입구, 발진의 위치를 표시한다.

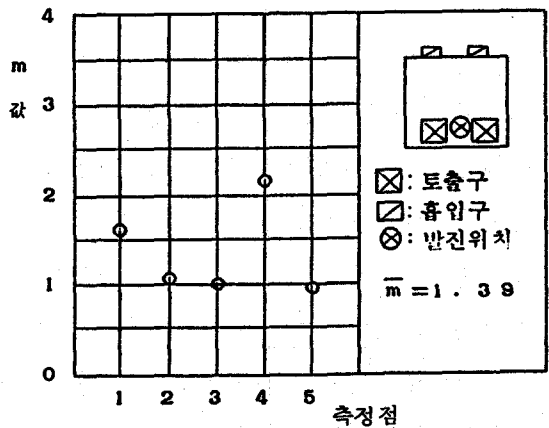


그림-4 환기효율 (m)

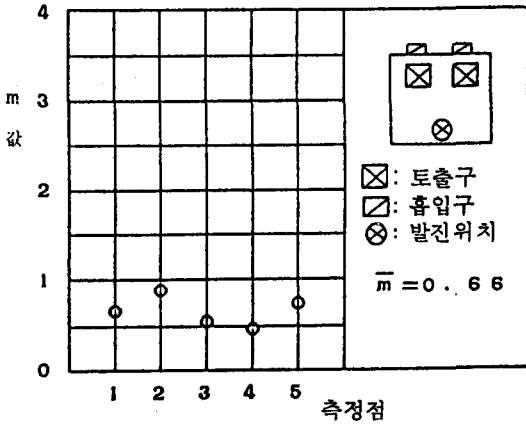


그림-5 환기효율 (m)

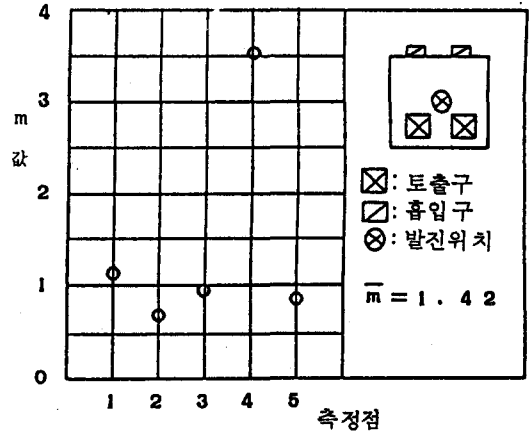


그림-7 환기효율 (m)

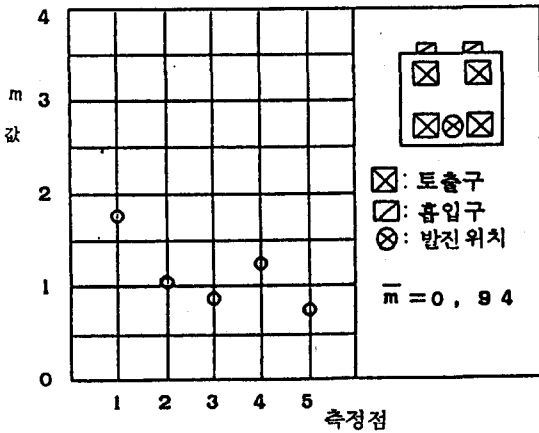


그림-6 환기효율 (m)

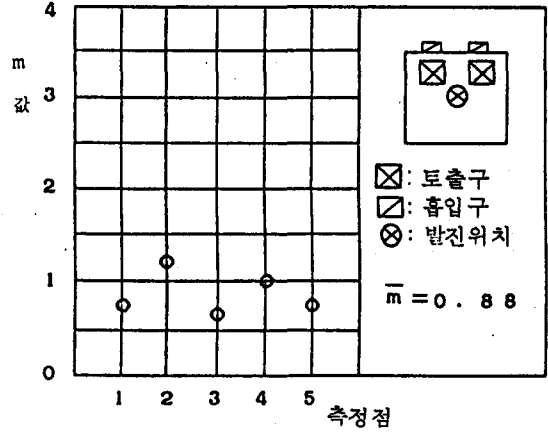


그림-8 환기효율 (m)

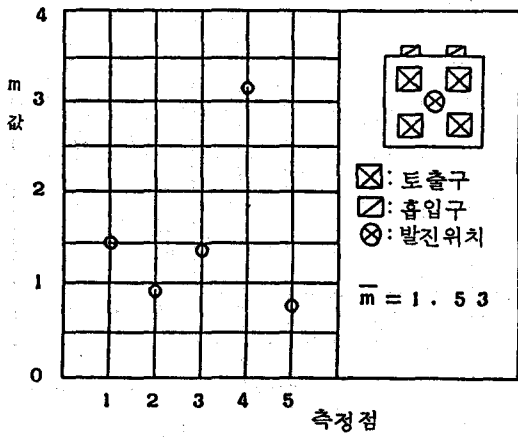


그림-9 환기효율 (m)

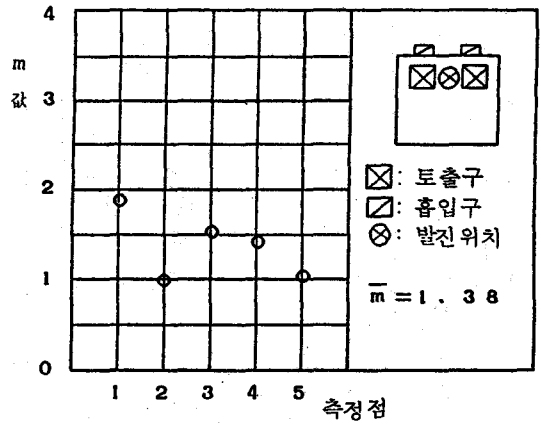


그림-11 환기효율 (m)

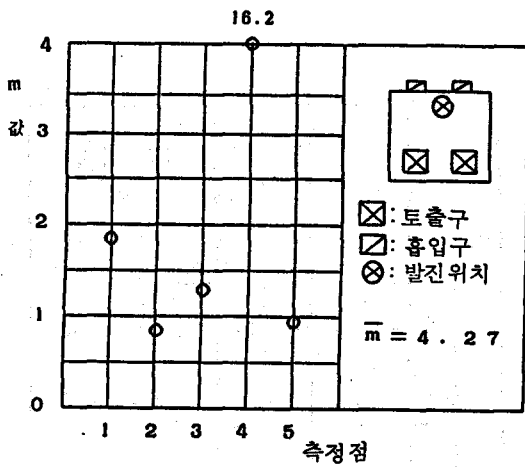


그림-10 환기효율 (m)

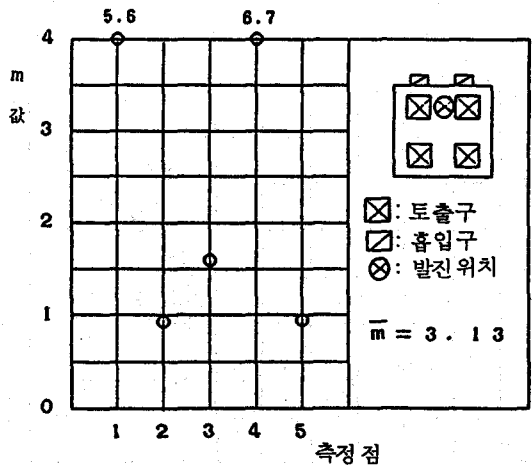


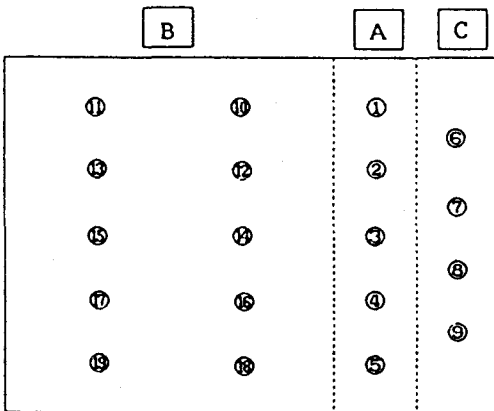
그림-12 환기효율 (m)

측정결과에 따라 \bar{m} 값은 0.66~4.27 의 사이에 분포되고, 위치관계의 유의차(有意差)는 인정이 된다. 또 측정점 4에서 얻은 데이터는 많은데, 이것은 실험실 고유의 실내기류에 기인되는 일로 생각된다.

4. 환기효율을 활용한 크린룸의 실예

동일 크린룸내에 요구 청정도 크라스가 그림-13에 표시처럼 2종류 있다.

시스템 계통도를 그림-14에 표시한다.



- A : CLASS 1,000 ZONE
- B : CLASS 10,000 ZONE
- C : CLASS 10,000 ZONE
- (N) : 청정도 측정점

그림-13 크린룸 개요도(실예)

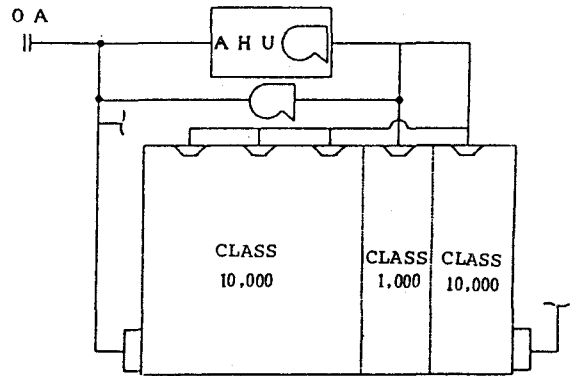


그림-14 크린룸 계통도(실예)

동 크린룸의 측정 결과를 그림-15에 표시한다. 그림중 m의 첨자는 대상 미립자의 입경을 의미한다.

측정 결과에 따라 크라스 1,000의 범위에는 m값이 모두 2이상이고 평균치도 7근방으로 전지역 조건을 만족으로 나타내고 있다.

5. 맺는 말

난류형 크린룸에 있어서도 토출구, 흡입구 발전의 차이가 생긴다. 이것으로 실내 기류를 개선하는 일에 따라 실내 청정도를 향상시킬수 있다는 것을 의미하게 된다. 즉 실내 m값에서 차이를 갖지 않게 함에 따라, 동일 실내에서 1단계 정도의 차(예를들면, 크라

스 1,000과 10,000등) 크린 룸을 실현할 수 있는 것이 가능하게 된다. 정성적으로는 환기효율을 향상시키는 것인데, 토출구는 청정도역에 가깝게 흡입구의 위치는 발진원의 근방에 두는 것이 좋다. 금후 환기효율을 정량적으로 취급함에는 실내기류의 컴퓨터 시뮬레이션에 따라 환기효율을 예측하여 행할 필요가 있다. 이것으로 경제적인 크린 룸의 설계가 가능하게 된다.

— 참 고 문 헌 —

- 一. 村上周三, 加藤信介 : 新たな換氣効率指標と三次元亂流數値 ツユミレーションによる算出法
空氣調和・衛生工學會論文集 1986.10.
- 一. 早川一せ : クリーン設計ハンドブック 施策研究センター

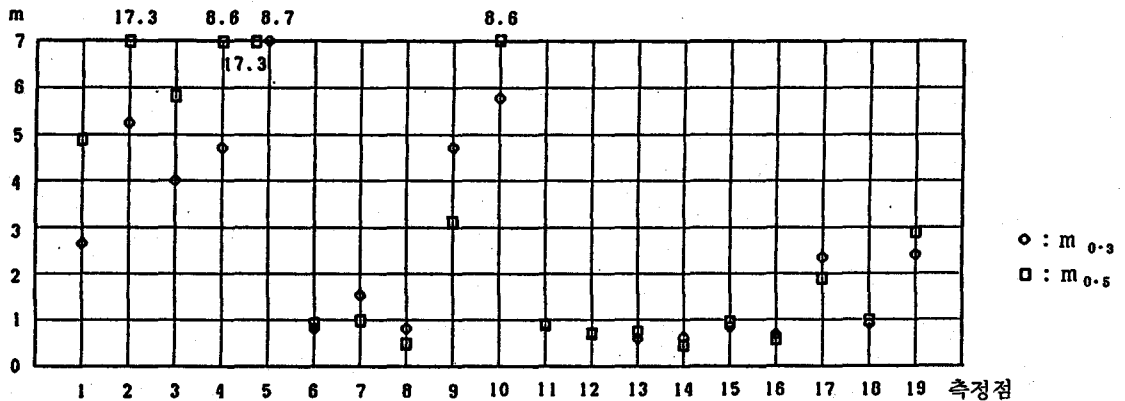


그림 - 15 환기효율 (m)

II. 국소 청정화 기술의 활용사례

1. 머리말

반도체 공장과 크린 룸을 분리하여 생각할 수 없다. 최근에는 전자기기공업, 정밀기기공업을 비롯하여 적은 하이테크 산업이라고 부르는 업계에도 환경의 청정화 요구가 높게 증시되고 있다.

주지한바와 같이, 크린 룸은 건설코스트도 운전유지 코스트도 일반건물보다 고가이다. 작업환경 전체의 청정화를 요구하는 케이스는 극히 적게 있고 (예를들면, 우주개발기기의 조립공장 등), 반도체 공장에서는 중요한 부분의 청정화 즉 「국소청정화」가 올

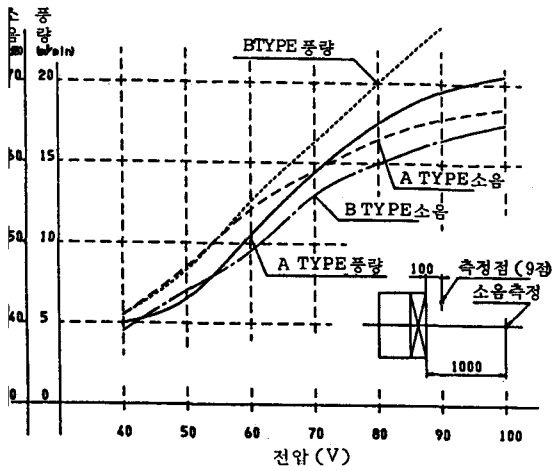
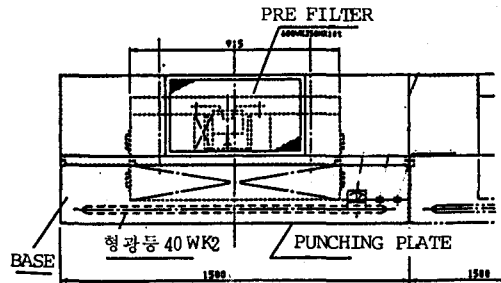


그림 2 ACU-20의 풍량, 소음 데이터

그림 4는 라인상에 설치된 천정형 크린유닛이고 바로밑의 청정도를 측정하면 CLASS 1,000의 크린룸내의 작업 공간 청정도는 1단계 이상 개선시킬 수 있다.



3. CLEAN UNIT ACU TYPE의 응용

3.1 천정형 CLEAN UNIT

크린룸의 천정에서 필요한 장소에 크린유닛을 설치함에 따라 작업 공간을 좁게 하지 않고 생산라인에 적합한 청정공간을 자유로이 바꿀수도 있다. 그림 3에 구조를 예시하였다.

실내 공기를 상면으로 흡입하고 바로 아래 수직층류의 청정공기를 토출하는 방식인데 순환 여과횟수를 콘트롤이 개별로 행하여 진다.

증설과 위치변경이 유닛 단위로 할수 있어 생산규모와 PROCESS LAYOUT 변경때에도 용이하게 대응시킬 수 있다.

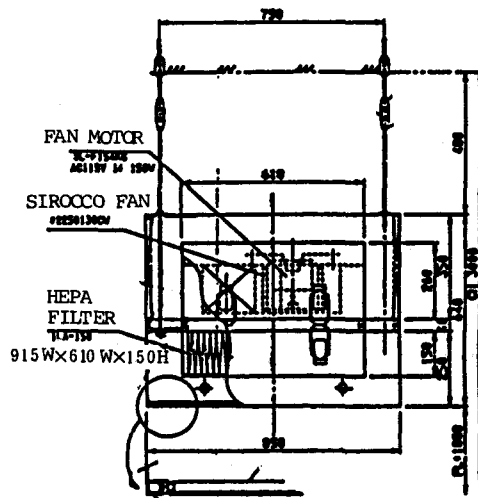


그림 3 천정형 CLEAN UNIT 구조도 (ACU-20 응용)

바르다고 보고 있다. 국소청정화 기술의 목적은 아래 3가지가 있다.

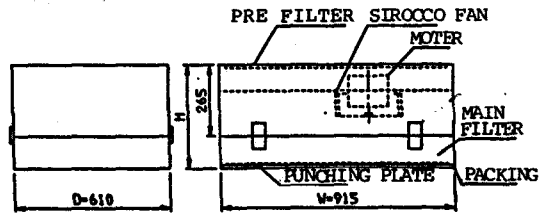
- 1) 설비코스트와 운전유지코스트의 절감
- 2) LAYOUT변경에 대응하기 쉽다.
- 3) 기존 크린룸의 실질적인 레벨

1), 2)는 신설크린룸에서, 2), 3)은 기존크린룸의 개보수에서 검토될 수 있다. 국소청정화기술이 자주 화제에 오르고 있는데 SMIF(Standard Mechanical Inter Face)가 있다. 자료에 따르면 통상의 오피스 레벨의 환경에서도 LIS의 생산이 가능하다고 보고되고 있다. 그러나 각 프로세스기기의 규격 통일이 전제되지 않고는 보급되기 어렵다. 이것은 생산라인에 주체를 놓지 않을수 없는 약점이 있다. 이것과 대조되는 이번에 해설된 국소청정화는 작업을 하는 장소에서 바라는 청정환경을 만드는 것이다. 이 방법은 공기청정기술의 본질을 잘 이해하여 활용하지 않으면 안된다. 따라서 매우 경험적인 지식이 필요하게 된다. 그것의 실험예를 표시하고 해설하였다.

2. CLEAN UNIT ACU-TYPE

경량화, 다풍량화, HIGH COST PER - FORMANCE를 실현한 새로운 타입의 CLEAN UNIT는 매분 20 m³의 토출량을 갖는 ACU-20형은 동일 토출면적을 갖고있는 유니트와 비교할때 풍량은 1.3배, 단위 중량당의 풍량은 2~2.4배의 고성능화가 그림에 있다. 이것은 새로운 FAN의 개발과 경

금속을 사용하여 BODY, 필터설계에 따라 장소가 커진다. 외관과 주된 사양은 그림 1과 같다. 메인 필터는 0.1 μm의 ULPA 필터로 바꿈에 따라 그래프를 표시하였고, 수평, 수직의 어느곳에도 취부할 수 있는 구조이고, 각종 부착물에 따라 광범위하게 접근을 가능하게 한다.



사 양

외형 SIZE	A TYPE	915W×610D×335H
	B TYPE	915W×610D×420H
토출풍량	~20m³/min 연속가변	
FILTER	MAIN FILTER HEPA FILTER 효율 99.97%이상(0.3μm입자이상)	
	PRE FILTER 875W×570D×10t 나이론 부직포	
CASE	알루미늄제 메라인 소부도장	
전 원	AC 100V 50/60 Hz 전원코드	
중 량	A TYPE	24kg
	B TYPE	29kg
OPTION	HEPA FILTER를 ULPA FILTER (0.1 μm이상 99.995%이상)취부가능	

그림 1 CLEAN UNIT ACU-20

	No. 73	No. 72
0.3 μm	0	0
A 0.5	0	0
1	0	0
0.3 μm	110	20
B 0.5	80	10
1	30	10
0.3 μm	460	440
C 0.5	320	320
1	140	150

그림 4 천정형 CLEAN UNIT 청정도

No. 73은 HEPA가 없는 DEMI-UNIT

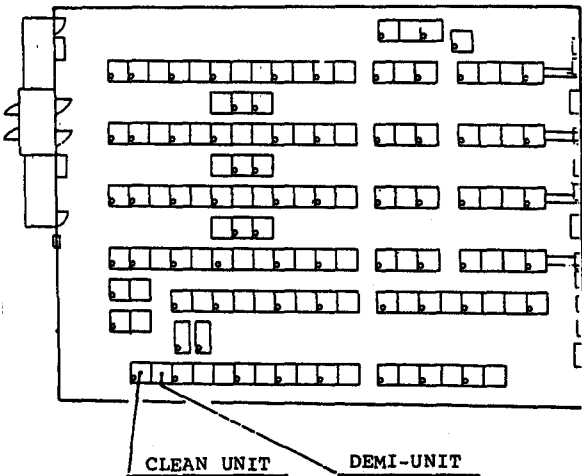
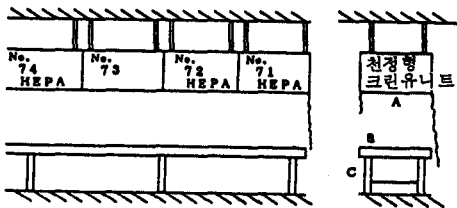


그림 5 ACU를 응용한 크린룸의 일례

그림 5에는 ACU를 응용한 크린룸의 일례를 소개한다.

연면적 800 m^2 , 제적 2400 m^3 의 판넬구조의 방에 외기 침입율을 포함 8대의 ACU형 크린유닛을 배치하여 환기회수 40 회/HR로 하여 작업시 청정도가 CLASS 1,000, 실내정압 2.5 mm Ag의 크린룸이 되게한다.

ACU를 사용한 크린룸은 ASCII와 컴퓨터 기기의 조립용 작업장에 수요가 많다.

3.2 간이형 CLEAN BOOTH

전항에서 소개한 ACU형 크린유닛트를 사용한 간이형 CLEAN BOOTH인데 그림 6에 CPV TYPE의 외관을 표시하였다.

가공재 파이프류를 사용한 가대재료와 무정전 비닐시트를 부착하여 일반화하여 표 1에 표시된 8종류의 표준타입이 쓰여지고 있다.

기존 설치장치, 설비주변의 청정화, 청정 실험부스, 청정보관실에 관계없이 간단하게 이용할 수 있다.

그림 7에 4030형 크린부스 청정도 특성을 표시하였다.

4. 온도조절부착 SPOT CLEAN HOOD

본 장치는 냉각, 가열장치를 한 SPOT CLEAN HOOD인데 흡입공기는 CHILLER에 의해 먼저 냉각되고, 가열 히타에 의해 설정온도까지 온도를 상승시킨후 ULPA 필터를 통하여, 상부 토출구까지 청정 공기를

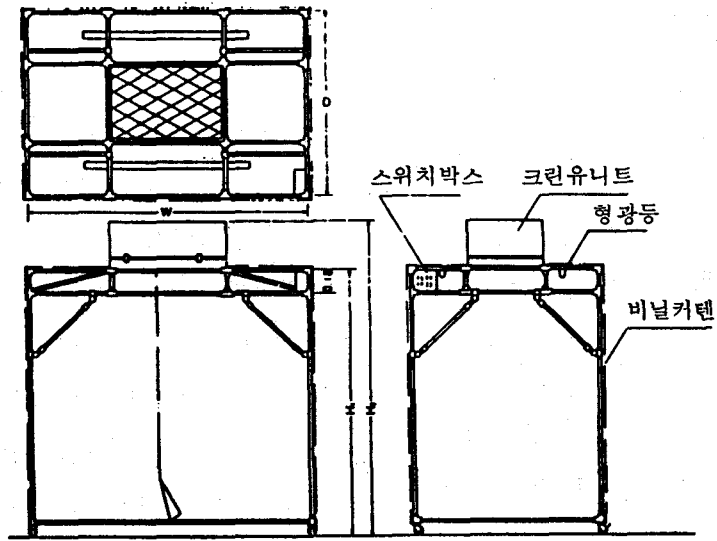


그림 6 간이 크린부스 구조에

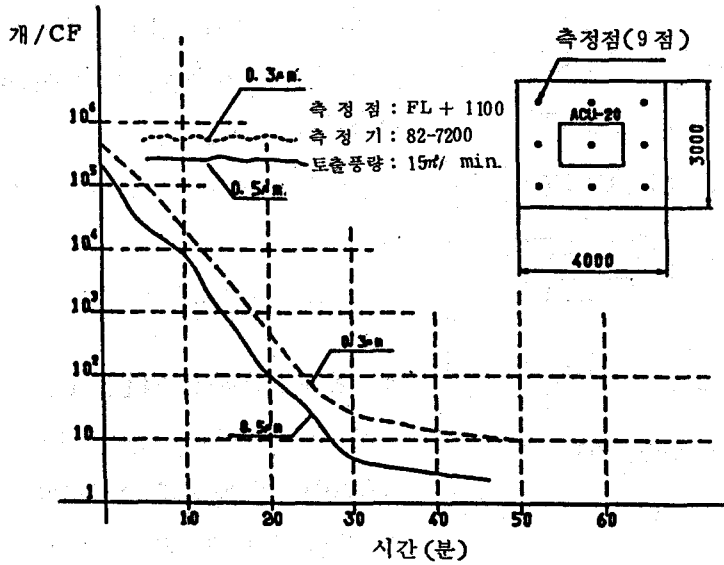


그림 7 간이 크린부스내의 청정도

표 1. 간이형 크린부스

형 식 CPV	-2015	-2020	-2030	-3015	-3020	-3030	-4020	-4030
상 면 적 W×D(m)	2×1.5	2×2	2×3	3×1.5	3×2	3×3	4×2	4×3
천 정 고 H ₁ (m)	2							
높 이 H ₂ (m)	2.35							
필 타 유 너 트	ACU-20 1대 토출풍량 20CMM							
가 대 재 질	강판에 ASS수지피복							
칸 막 이	무정전 투명비닐시트 0.3t							
전 원	AC100V 50/60Hz							
OPTION	조명기구, 이동용 CASTER 폴리우레탄 φ 50 스톱페 부착							

공급하며 설정온도는 ±0.2 °C 이내로 콘트롤이 된다. 콤팩트해서 장치내에서 수납이 되며, 국부적인 정온 청정구역을 만들어서 최적의 CLEAN HOOD로 이용할 수 있다.

5. 온·습도절부 SPOT CLEAN HOOD

온도조절부착 SPOT CLEAN HOOD 에 순수 공급이 있는 습도조절기구를 부착한 장치이며 설정습도 40 ~ 50 %를 ±2%정도로 콘트롤이 가능하다.

본 장치는 전항의 장치 모두 특별한 레지스터 처리장치, 노광장치에 사용되고 있다.

외관은 그림 9에 예시되어 있다.

표 2. 溫調付 SPOT CLEAN HOOD 사양

집진율	0.12~0.17μ에서 99.999% (DOP 테스트)
-----	--------------------------------

풍속	0.7m/s
풍량	1.2m ³ /min
토출온도	20 ~ 25 °C ± 0.2 °C (실온 18 ~ 28°C)
전원	AC100V 20A
냉각수량	5ℓ/min
본체	580 W × 415 D × 550 H SUS 304 헤어라인

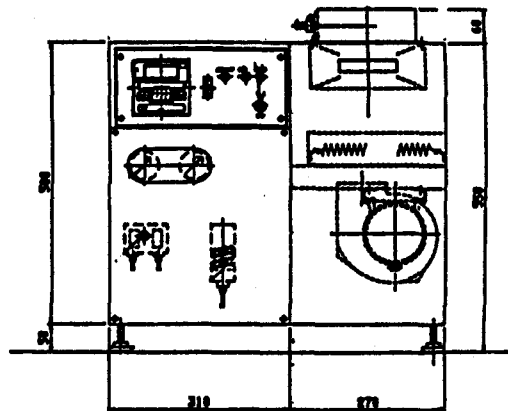


그림 8 온조부 STOP CLEAN HOOD

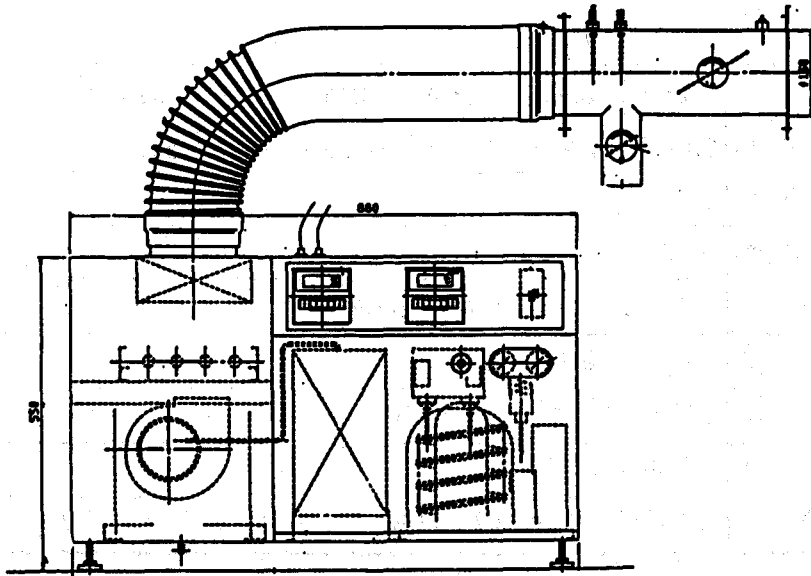


그림 9 온·습도 조절부 SPOT CLEAN HOOD의 관도