

HEPA, ULPA 필터에 관하여

[포집원리, 구조·종류, 성능특성]

일본캠부리지필터(주) 山田 猛

Takeshi Yamada

본고는 일본의 建築設備와 配管工事 98年 8月号에 게재된 내용을 대한설비건설협회 김성찬 설비기술연구소장이 번역한 것으로서 무단으로 복제하거나 복사 사용할 수 없음을 알려드립니다. [편집자 註]

1. 머리말

현재, 접어서 넣는 형 HEPA 필터(High Efficiency Particulate Air Filter)의 원형(原型)은 제2차 세계대전중 1942년 미국에서 완성하였다. 여재로서는 셀룰로스아스베스토 섬유여재가 사용되었다. 1954년, 미국 캠부리지필터사로부터 Absolute Filter라고 하는 명칭으로 시판하였다. 그후 1960년대에 고폐집효율화가 가능한 미세섬유로 된 글라스 섬유여재(濾材)가 개발되어, 대개 현재 상태의 형태로 되어 있다.

그후, 반도체공업에 있어서 LSI의 집적도(集積度) 향상의 요구 및 레이저식 파티클카운터의 보급에 따라 0.1 μ m 입자에 있어서도 포집효율 99.999% 이상을 보증하는 필터가 1980년대에 개발되었다.

당초에, 이 필터는 0.1 μ m HEPA 필터라고 불리

어졌으나 그후 ULPA(Ultra Low Penetration Air Filter)라고 불리게 되었다.

기술의 진보에 따라 HEPA, ULPA 필터의 종류도 다양화하여 다풍량형, 저압력손실형, 고폐집효율형, 박형 등의 제품이 시리즈화되었다. 또한 여재 자체도 섬유여재 뿐만이 아니고 폴리프로필렌제 여재, PTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene)막(膜) 사용 여재의 것도 제품화되었다.

본고에서는 글라스 섬유여재 HEPA, ULPA 필터의 포집(捕集)원리, 구조·종류, 용도, 성능 특성에 대하여 소개하고 신여재 필터에 관해서도 약간의 소개를 추가한다.

2. 규격

HEPA, ULPA 필터의 대표적 규격으로 아래와 같은 것이 있다. IES 규격에는 [표 1]과 같이 HEPA, ULPA 필터가 분류되어 있다.

[표 1] IES규격에 의한 HEPA/ULPA필터의 분류

| TYPE | 포집효율 | 측정입자경 | 리크테스트의 유·무 | 특기사항 |
|------|---------|-----------------|------------|---------------------------------|
| A | 99.97% | 0.3 μ m | 無 | |
| B | 99.97% | | 無 | 정격의 20%유량에 있어서도 99.97% 이상의 포집효율 |
| C | 99.99% | | 有 | |
| D | 99.999% | | 有 | |
| E | 99.97% | | 有 또는 無 | MIL-F-51477 or MIL-F-51068에 적합 |
| F | 99.999% | 0.1~0.2 μ m | 有 | ULPA필터 |

- JIS-Z-4812-1995(HEPA 방사성 에어로졸용)
- MIL-F-51068F-1988(HEPA 방사성 에어로졸 등 특수용)
- IES-RP-CC-001.3(HEPA, ULPA)
- UL-586-1996(HEPA)

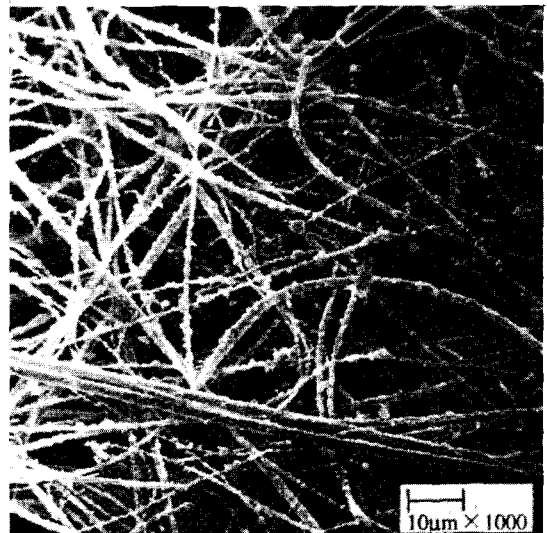
HEPA필터의 정의는 정격유량에 있어서 0.3 μ m의 DOP입자를 99.97% 이상 포집하고 압력손실이 249Pa(25.4mm H₂O) 이하의 에어필터였으나 정의의 흔들림이 보여진다.

JIS-Z-8122(1994) 오염제어용어에 의하면 HEPA필터는「정격유량에서 입경 0.3 μ m의 입자에 대하여 99.97% 이상의 포집효율을 가지며 또한 초기압력손실이 일반적으로 300Pa(30mm H₂O) 이하의 성능을 갖는 필터」로 되어 있다. 또 JIS-Z-4812(1995)에 의하면 0.15 μ m의 입자에 대해서 99.97%로 되어 있다.

3. 필터에 의한 입자포집의 원리

조진용(粗塵用), 중성능, HEPA, ULPA필터를 포함한 에어필터의 여재는 일반적으로 섬유층 여재라고 하는 것을 사용하고 있으며 소쿠리나 체 같은 구멍보다 큰 것을 제거하는 원리가 아니고, 여재를 구성하는 섬유 하나 하나에 입자가 접촉하므로써 포집한다고 하는 원리로 입자를 제거한다. [사진 1 참조]

[표 2]에 표시한 바와 같은 메카니즘이 있으나 HEPA, ULPA필터에서는 확산, 차단이 주된 메카니즘이 된다. 이들의 메카니즘은 입자경에 대



[사진 1] 글라스섬유여재의 분진포집 상황

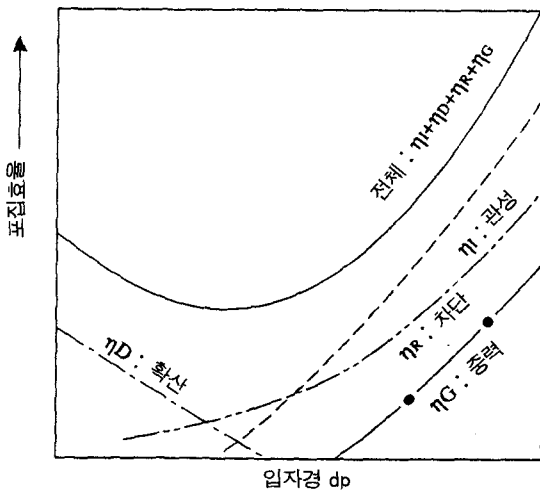
해서 [그림 1]에 표시한 경향을 나타내며, 전체로서 보면 어느 입자경에서 포집효율이 최저가 되는 선도로 된다. 이 입자경을 최대투과율경이라고 부른다.

[그림 2]에 표시한 바와 같이 글라스 섬유여재를 사용한 중성능 필터로부터 ULPA필터는 어느 것이나 정격유량으로 사용한 경우에 최대투과율경은 0.1~0.2 μ m에 존재한다. 이것이 ULPA필터에 있어서 포집효율을 0.1~0.2 μ m로 측정하는 근거로 되어 있다.

섬유에 부착한 입자는 여러가지 힘에 의하여

[표 2] 입자포집 메카니즘

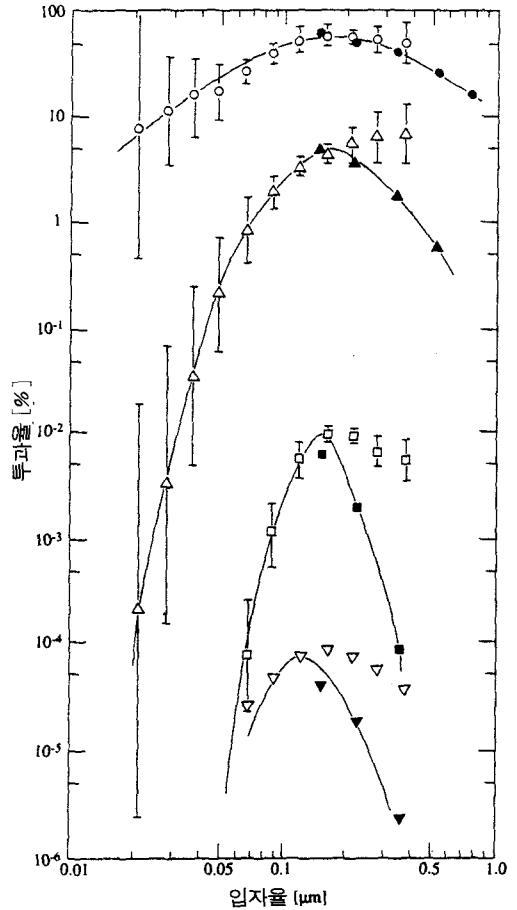
| | | |
|----------|--|--|
| (1) 관성효과 | | 기류를 타고 접근한 입자가 자신의 관성에 의하여 기류로부터 떨어져 섬유에 충돌하여 포집된다. 입경, 속도가 크면 유효하다. |
| (2) 확산효과 | | 입자의 공기분자에 의한 브라운운동으로 섬유에 접촉하여 포집된다. 입경, 속도가 적으면 유효하다. |
| (3) 차단효과 | | 입자에는 크기가 있으므로 그 크기에 따라 섬유에 접촉하여 포집된다. 입경섬유경의 비가 크면 유효하다. |
| (4) 중력효과 | | 입자가 자신의 중력에 의하여 기류로부터 떨어져 섬유에 침강하여 포집된다. 입경이 크고 속도가 적으면 유효하다. |



[그림 1] 입자경과 포집효율의 관계

강하게 부착하고 있으며, 또한 입자에 비하여 여재는 매우 두터움으로 여재 하류측에서 입자재비산(粒子再飛散)이라고 하는 현상은 생기지 않

| 측정기 | DB+CNC | LAS-226 |
|----------|--------|---------|
| 중성능필터 | ○ | ● |
| 준 HEPA필터 | △ | ▲ |
| HEPA 필터 | □ | ■ |
| ULPA 필터 | ▽ | ▼ |



[그림 2] 각종 필터의 입경별 포집효율

는다.

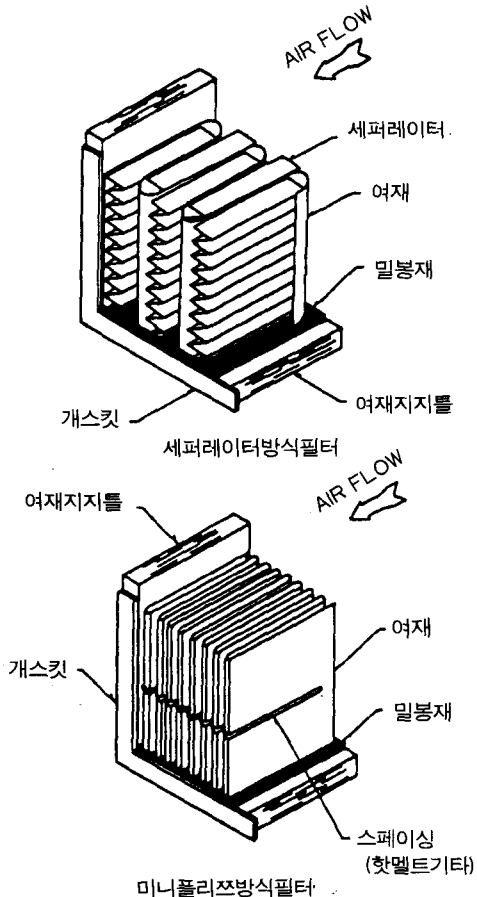
4. HEPA, ULPA 필터의 구조·재질

일반적으로 HEPA, ULPA 필터는 견고한 외부틀 안에 여재를 잡아 넣은 상자형의 구조로 되어 있다.

IES규격에 기재되어 있는 대표적인 2종류의 구조를 [그림 3]에 표시한다.

[표 3] 필터구성부재의 재질

| 부재 | 외부틀 | 여재 | 세퍼레이터 | 스페이서 | 밀봉재 | 개스킷 |
|----|---------|-------------|---------|---------|-----------|-----------|
| 재질 | * 알루미늄 | * 글라스 섬유부직포 | * 알루미늄 | * 유리실 | * 우레탄수지 | * 클로로플렌고무 |
| | * 합판 | * 폴리프로필렌 | * 종이 | * 글라스섬유 | * 클로로플렌고무 | * EPDM고무 |
| | * 도금강판 | * 일렉트로렛드부직포 | * 합성지 | 부직포 | * 에폭시수지 | * 실리콘고무 |
| | * 스테인리스 | * PTFE 멤브레인 | * 플라스틱 | * 핫멜트수지 | * 실리콘 | * 불소고무 |
| | * 플라스틱 | | * 스테인리스 | | * 세라믹 | * 겔실재 |



[그림 3] HEPA, ULPA 필터 구조

세퍼레이터방식필터는 일정한 폭으로 연속적으로 접어 넣은 여재에 공기의 유로(流路)를 확보하기 위하여 파형(波形)으로 성형한 세퍼레이터를 삽입한 것이다. 여재는 세퍼레이터로서 강

하고 단단하게 지지되어 있으며, 강도면에서도 뛰어나고 세퍼레이터의 정류작용에 의해 풍속분포의 균일성에도 우수한 특징이 있다.

미니플리쯔방식필터는 세퍼레이터를 삽입하는 대신에 여재에 가는 실 또는 리본형태의 스페이서를 붙여서 접어 넣는 것이다. 스페이서를 가늘게 하여 여재의 접어 넣는 간격을 적게 할 수 있으므로 소정의 외부틀 크기에 세퍼레이터방식 필터의 2~3배의 여재를 접어 넣을 수 있다. 따라서 세퍼레이터방식과 동등의 압력손실, 포집효율을 얻는데 높~높의 깊이가 가능하며 가볍고 콤팩트한 특징이 있다.

5. 용도

HEPA, ULPA 필터는 정밀전자·기계관련, 약품·의약·병원관련, 원자력산업관련, 빌딩공조관련, 소재기, 가정용 공기청정기 등, 여러가지 분야에서 청정공기, 청정공간(클린룸)을 만들며, 또는 외부에 유해분진을 배출하지 않기 위한 최종 필터로서 사용된다.

사용되는 구성부재는 여러가지 환경하에서의 사용에 견딜 수 있도록, 재질은 다양하게 걸쳐 있다. [표 3]에 사용구성부재의 일예를 표시한다.

6. HEPA, ULPA 필터의 성능

HEPA, ULPA 필터에 요구되는 성능에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 압력손실 ② 포집효율 ③ 리크테스트

여기에서 성능을 말하기 전에, 그 성능을 측정

할 때의 정격유량에 대해서 설명한다.

세퍼레이터방식에서 HEPA 필터의 정격유량에 대해서는 특수용도용인 MIL-F-51068F, JIS-Z-4812에 기재되어 있다. ULPA 필터에 관한 규격은 없으나 대개 그것에 준하고 있다.

그러나 현실에서는 정격유량은 필터메이커가 용도에 따라 결정하고 있는 상황이며 동일 치수의 필터라도 접어 넣는 여재면적, 사용하는 여재를 바꿈에 따라 여러가지 정격유량의 필터가 있다.

[표 4]는 대표적인 치수 610×610mm의 개구(開口)를 갖는 HEPA, ULPA 필터의 다양성을 예로 표시한다.

6-1. 압력손실

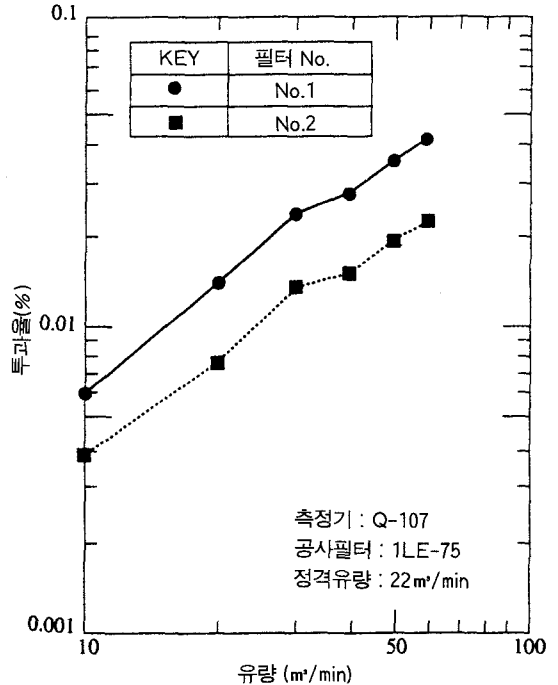
정격유량시에는 249Pa(25.4mm H₂O)이 기준이 된다. 그러나 [표 4]에 표시한 바와 같이 여러가지의 것이 있다.

HEPA, ULPA 필터의 압력손실은 정격유량 근처에서는 처리유량과 거의 비례관계에 있다고 생각해도 지장이 없다. 따라서, 예를들면 정격유량으로 200Pa의 필터를 1/2의 유량으로 사용하면 100Pa로 사용할 수 있다고 생각해도 지장이 없다.

6-2. 포집효율

HEPA 필터의 포집효율은 정격유량에서 0.3μm의 입자에 대하여 99.97% 이상이지만 처리유량이 변하면 포집효율도 변한다. [그림 4]는 HEPA 필터의 포집효율검사로 사용되는 Q-107형 시험장치로 포집효율의 유량의존성을 측정된 결과이다. 또 [그림 5]는 레이저파티클카운터에 의한 입경별 포집효율의 의존성을 측정된 결과를 표시한다.

어느 경우도 처리유량을 적게 하면 포집효율은 높아진다. 또한 [그림 5]로부터 입자경이 작을수록 유량의존성이 큰 것을 알 수 있다. 이것은



[그림 4] HEPA 필터의 포집효율 유량의존성

HEPA 필터를 통과하는 미소입자는 브라운확산에 의한 포집이 지배적이기 때문이다.

HEPA 필터에 한정되는 것이 아니고 일반적으로 에어필터는 일렉트레트(Electret) 여재(섬유가 帶電하고 있는 여재)를 제외하고 분진이 퇴적함에 따라 [그림 6]에 표시된 바와 같이 포집효율은 상승한다.

이런 것을 근거로 HEPA 필터는 초기포집효율 측정을 하여서 제품의 보증을 하고 있다.

ULPA 필터는 [표 4]에 표시된 바와 같이 0.1~0.2μm의 입자에 대하여 99.999%~99.99999%까지의 시리즈가 있다. 특성은 앞에서 말한 바와 같이 HEPA 필터와 다르지 않다. 다만, 유량의존성은 포집효율이 높은 필터일수록 크게 된다.

6-3. 리크테스트

HEPA, ULPA 필터에서는 유닛전체의 포집효

[표 4] ULPA, HEPA 필터의 종류

| 필터종류 | 구조 | 시리즈 | 포집효율 (%) | 압력손실 | | 정격유량 (m³/min) | 깊이 (mm) | IES 규격타입 | |
|---------|---------|-------------|----------|---------|---------|---------------|-----------|----------|-----|
| | | | | (Pa) | (mmH₂O) | | | | |
| ULPA | 세퍼레이터타입 | 표준 | 99.999이상 | 249 | 25.4 | 9 | 80 | F | |
| | | | | | | 17 | 150 | | |
| | | | | | | 28 | 292 | | |
| | 미니플리쯔타입 | 표준 | 99.999이상 | 147 | 15 | 7 | 50 | | |
| | | | | | | 10 | 65 | | |
| | | | | | | 고포집효율 | 99.9999이상 | | 157 |
| | | | | | | 10 | 65 | | |
| HEPA | 세퍼레이터타입 | 표준 | 99.97이상 | 249 | 25.4 | 9.2 | 80 | A | |
| | | | | | | 18 | 150 | | |
| | | | | | | 32 | 293 | | |
| | | 저압력손실 (다풍량) | 99.97이상 | 249 | 25.4 | 15 | 80 | A | |
| | | | | | | 28 | 150 | | |
| | | | | | | | 50 | 292 | |
| | SCAN 사양 | 99.99이상 | ---- | | --- | --- | C | | |
| | 미니플리쯔타입 | 표준 | 99.97이상 | 99.99이상 | 147 | 15 | 10 | 50 | A |
| | | | | | 98 | 10 | 10 | 65 | |
| | | 다풍량 | 99.97이상 | 249 | 25.4 | 25 | 65 | A | |
| SCAN 사양 | | 99.99이상 | ---- | | --- | --- | C | | |

- ⊙ ULPA필터는 전제품 리크테스트(SCAN TEST)를 실시.
- ⊙ 포집효율치는 ULPA : 0.1~0.2mm, HEPA : 0.3 μ m HOT DOP TEST치.
- ⊙ ULPA포집효율에 기재된 6N은 99.9999%, 8N은 99.999999%를 말함.
- ⊙ 깊이 치수에서 세퍼레이터 타입에는 120, 200mm, 미니플리쯔 타입에는 35, 80, 100, 120mm의 것도 있다.

율에 더하여 국소부분에서의 건전성이 중요하다. 그것을 보증하는 것이 스캐닝리크테스트이다.

이 테스트는 여재면 또는 여재와 외부틀과의 접합부에 편홀에 의한 리크가 없는 것을 확인하기 위하여 행하는 시험이다. [그림 7]에 나타난 방법을 사용한다.

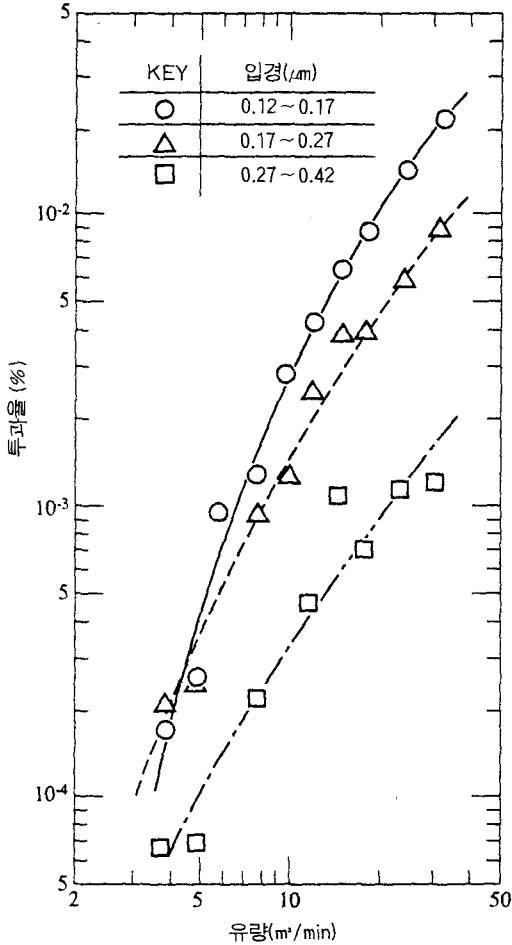
편홀에서의 미소한 리크는 필터의 포집효율에는 전혀 기여하지 않기 때문에 총량규제(배출규제)의 목적으로 사용되는 경우는 포집효율의 측

정만으로 충분하지만, 일방향류(一方向流)의 클린룸과 클린에어장치로 사용되는 경우에는 국소적인 청정도의 저하를 방지할 필요가 있으므로 이 테스트는 빠뜨리지 않는다. 편홀리크로부터는 입자경에 따르지 않고 상류측의 입자가 그대로 하류측으로 빠져나간다.

6-4. 기타

(1) 수명

조진(粗塵)필터, 중성능 필터에 있어서는 수명

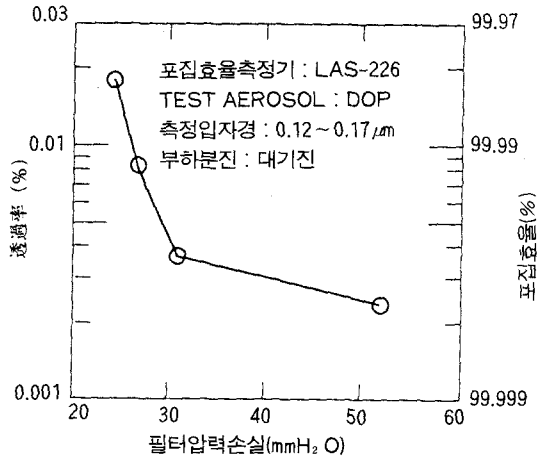


[그림 5] HEPA 필터의 포집효율 유량의존성
 시험입자 : DOP파티클카운터 : LAS-226
 정격유량 : 18m³/min

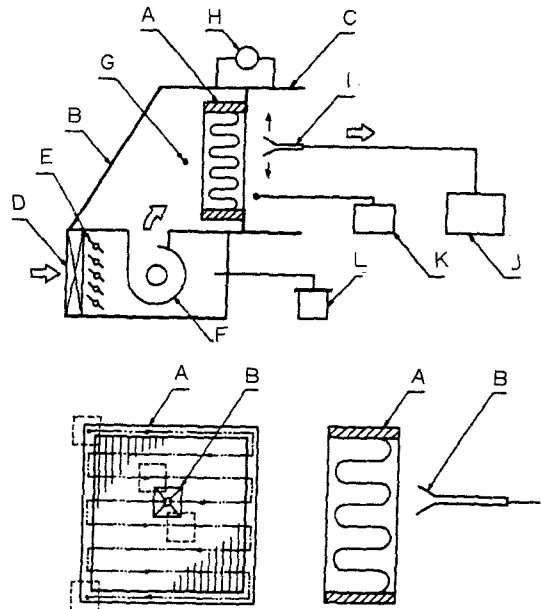
의 기준으로서 분진보지량(保持量) 측정(초기압력손실부터 최종압력손실에 도달하기까지 포집되는 시험더스트량)을 한다. 이 분진보지량을 사용환경의 분진농도로 나누어 개락수명을 계산한다. 그러나 HEPA, ULPA 필터에서는 이러한 측정은 규정되어 있지 않다.

수명에 대한 문의가 자주 있으나, 아래와 같은 이유로 정확한 수치를 나타내는 것은 곤란하다.

프리필터가 설치되어 있고, 부하로 되는 분진



[그림 6] HEPA 필터의 막힘에 의한 포집효율 상승



A : 시험용 HEPA 필터
 B : 입자계수기 검출구

- A : 시험용 HEPA 필터
- B : 상류덕트
- C : 하류덕트
- D : 공기취입용 필터
- E : 풍량조정댐퍼
- F : 송풍기
- G : 상류입자농도측정위치
- H : 압력손실측정기
- I : 검출기
- J : 광산란식입자계수기
- K : 풍속측정기
- L : 에어로졸발생기

[그림 7] 리크테스트방법 (SCAN TEST)

HEPA, ULPA 필터에 관하여

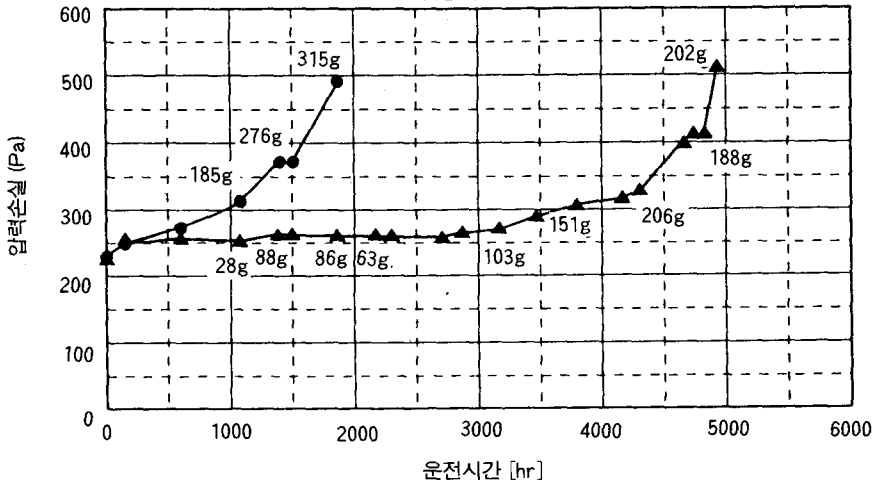
| KEY | HEPA필터 | 프리필터 |
|-----|---------|-------|
| ● | 1E-1000 | 無 |
| ▲ | 1E-1000 | CP-6B |

시험유량 : 32m³/min
 부하분진 : 대기진
 시험장소 : 神奈川県平塚市

HEPA: 610×610×92mm 표준타입

프리필터 : JIS-60% 그레이드

그림중의 숫자는 그 시점에서의 분진보지량을 표시함



[그림 8] HEPA필터의 수명 특성

의 입경분포가 변하면 분진보지량은 크게 변화한다. [그림 8]은 외기를 HEPA필터 단독으로 처리하였을 때와 중성능 필터를 프리필터로 하여 처리하였을 때의 압력손실의 상승 비교를 표시한 것이다. 운전기간(수명)은 2.7배로 되지만 그간에 포집된 분진량은 0.64배로 되어 있다. 수명추정을 하는데는 설치된 프리필터에 대한 분진보지량이 필요하며 전체의 조건에서 이것을 정확히 설정하는 것은 매우 곤란하다.

또한 사용유량이 다르면 동일필터에서도 큰 차이가 생긴다. 예를 들면 정격유량의 1/2 유량으로 같은 최종압력손실까지 사용하였다고 하면, 정격유량시의 3~4배의 수명을 기대할 수 있다.

1/3 유량에서는 9배 가까운 수명이 기대된다. (압력손실상승이 사용시간에 대해서 직선적으로

상승하면 계산상 유량비의 2승(乘)이 되지만 곡선상승이기 때문에 약간 짧게 된다)

더욱이 외기를 처리하였을 때의 압력손실상승 속도에는 패턴화된 계절변동이 보여진다. 4~5월에 늦어지고 10~12월에 피크가 된다. 폐사의 측정에서는 이 기간의 수명비는 4배 정도, 분진보지량비에서는 8배 정도로 되어 있다.

(2) 사용환경에서의 적응성

에어필터는 일반적으로 외기 뿐만이 아니고 여러가지 입자, 가스가 혼합된 공기와 고온공기를 처리하는 것이 있다. (내약품성, 내열성, 내압성, 내수성, 운습도사이클, 내진동성 등이 고려된다)

그때에는 내성이 있는 부재를 [표 3]으로부터 선정한다. 그러나 처리공기에 포함되어 있는 물

[표 5] HEPA필터의 미생물여과 효과에 관한 여러분의 보고

| Investigators | Biological aerosol | Particle size | Collection efficiency | Air flow rate |
|----------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------|
| Thorne and Burrows(1960) | Foot and Mouth virus | 0.01~0.012 μ m | 99.999% | 0.1m/sec |
| Washam, C.J.et al.(1966) | E.coli-phage | > 1 μ m | 99.999% | 0.2m/sec |
| Harstad, J.B.et al.(1966) | E.coli-T-1 phage | 0.094~0.170 μ m | 99.997% | 0.3m/sec |
| Harstad, J.B.et al.(1966) | B. subtilis var.niger(spore) | 1.0 μ m | 99.9993% | 0.3m/sec |
| Roelants, J.b.et al.(1968) | S. virginiae-S-1 phage | 0.05~0.45 μ m | 99.997% | 0.5m/sec |
| Furnhashi, M.et al.(1997) | Serratia marcescens | 0.5×1.0 μ m | 99.9964~99.9999% | 0.025m/sec |
| Furnhashi, M.et al.(1997) | Staph. aureus | 1.0 μ m | 100% | 0.13m/sec |

[표 6] 동일 설계로 하였을 때
각종 여재 ULPA필터의 비교

필터사이즈: 610×610×150mm
 정격유량: 17m³/min
 대상입경: 0.1~0.2 μ m

| | 글라스여재 | 일렉트레트여재 | PTFE여재 |
|------|---------|---------|----------|
| 압력손실 | 249Pa | 147Pa | 169Pa |
| 포집효율 | 99.999% | 99.999% | 99.9999% |

질이 단일약품이 아닌 경우와 공기온도의 문제 등 여러가지 조건이 겹친 것이 많아서 선정도 어렵다.

또한 고온공기를 처리하는 경우, 글라스섬유여재중의 발수제(撥水劑)가 80~130℃, 바인더가 260~280℃에서 입자상물질로서 발생하기 때문에 한번쯤 사용온도보다 높은 온도에서 열풍처리하여 제어한다.

그러나 250℃를 초과한 온도에서 열처리를 하면 바인더열화에 의한 여재강도저하가 생기고, 통풍온도의 변화(상승시, 하강시)가 수반하여 필터하류에 글라스섬유가 검출되게끔 되므로 주의 를 요한다.

(3) 세균포집효율

식품제조, 의약품제조, 병원 등에서 공기의 청정화를 하는 목적은 미생물에 의한 오염을 방지

하는 것이 있으므로 세균포집율이 문제가 된다.

이것에 관하여, HEPA필터의 자료를 [표 5]에 표시한다. 통상 세균은 0.5~10 μ m 정도의 크이고 부유진(浮遊塵)에 부착하여 있다고 말하며 99.97% 이상의 효율로 제거된다고 생각된다. 다만 포집된 세균의 사멸상황은 확실하지 않으며 생존 사멸의 보고에서 구별된다.

7. 글라스 섬유여재 이외의 필터

1990년 글라스 섬유여재를 사용한 필터가 HF증기에 의해 글라스 섬유가 침해되어 반도체 제조시에 유해한 보론(BF₃ 가스)을 발생한다고 하는 보고가 있었으며 내불산필터의 필요성이 시사되었다.

이 대책으로서 먼저 폴리프로필렌섬유제 일렉트레트 여재를 사용한 필터가 개발되었다. 그러나 이 타입은 정전기력에 의한 입자포집을 하기 때문에 사용중에 정전기력상실로 포집효율저하가 염려된다.

그후 PTFE(Poly-Tetra-Fluoro-Ethylene) 막(膜)을 사용한 여재로 필터가 개발되었다. 이것은 일렉트레트 여재와 같은 포집효율저하는 없으나 현재 상태에서는 고가(高價)이다.

동일 설계로 ULPA필터를 제조했을 때의 성능을 [표 6]에 표시한다. 양자(兩者)는 글라스 섬유필터에 비하여 성능은 상당히 좋다고 말한다.

8. 맺음말

이상 HEPA, ULPA 필터에 관하여 글라스 섬유필터를 중심으로 소개하였다.

ULPA 필터에서는 최대투과율경 부근의 입자를 99.999999% 제거할 수 있는 것도 있으며, 입자상물질제거에 관한 과제는 없어지고 있는 중이라고 생각된다.

그러나 근년의 반도체 제조산업에 있어서 에어필터는 미립자 제거라고 하는 본래의 목적 이외의 부분으로 먼저 서술한 보론과 같은 가스상 오염의 발생원으로서의 대책을 강구하도록 되어 있으며 구성부재에 대한 검토가 진행되고 있다.

〈參考文獻〉

- (1) 平譯ほか: 最近のフィルター, 建築設備と配管工事 1989. 6, P70
- (2) US Army Edgewood Arsenal Document No.136-300-175A : Instruction Manual for the Installation, Operation, and Maintenance of Penetrometer, Filter Testing, DOP, Q107, (1965)
- (3) JIS K 3801 : 除菌用HEPA フィルタのエアロゾル捕集性能試験方法
- (4) 小泉ほか: エアフィルタの大気塵による目詰まり速度の季節変動 第14回エアロゾル科学・技術研究討論會予稿集 P169, (1997)
- (5) 古橋正吉: バイオクリーンルーム手術室使用上の問題点, 空気が清浄, 17(7), P19, (1980)
- (6) 小西ら: HEPAフィルタによるボロン汚染防止対策, 月刊 Semiconductor Wolrd (1990. 12)

【筆者紹介】

山田 猛

(昭和84年 12月 28日生・石川県出身)
 日本ケンブリッジフィルター(株) 開発部開発課長
 〒229-1117 神奈川県相模原市小町通り 2-7-9
 TEL : 0427-79-6111 FAX : 0427-73-1146

건설기술교육원 강남교육장 입교식

건설기술교육원은 지난 12월 7일 서울지역에 거주하는 건설기술자들의 불편을 해소하기 위해 서울 강남교육장을 강남구 역삼동 과충회관에 마련하고 입교식을 가졌다.

이날 입교식에서 이종호 부원장은 『처음 발족한 서울 강남교육장이 협소한 강의실 및 휴식공간의 부족 등 불편한 점이 많으나 건설기술인 여러분의 이해를 바라며 교육원은 이러한



불편해소에 성심성을 다하겠다』는 다짐에 이어 『작금의 어려운 역경을 제도약의 발판으로 삼아 새로운 건설문화 창조의

기틀을 마련하자』고 강조했다.

이날 입교식에는 제27기 1주 과정에 70명이, 2주 과정에 260명이 입교했다.