

클린룸의 기류 조정에 대하여

임 태 빈

삼성종합건설(주), ROCA T/F팀

선임연구원, 공학박사

1. 머릿말

공기조화측면에서의 클린룸의 기본적인 개념은 실내의 온습도를 엄격히 제어함과 동시에 필터를 통과한 청정공기를 순환시키는 것이라 할 수 있다. 청정공기의 순환에 있어 층류형 클린룸의 경우에는 기류의 흐트러짐 또는 편류를 방지함으로써 일정 청정도를 유지할 수 있으며, 난류형 클린룸의 경우에는 청정공기에 의한 회석에 의해 필요 청정도를 달성하고 있다. 이와 같은 관점에서 클린룸에서의 기류형상은 실내 청정도 형성에 커다란 영향을 미치는 요인이므로, 보다 효율적으로 분진의 유입을 방지하고 발생분진을 신속히 배제하기 위해서는 균일류의 확보가 중요한 요소가 된다.

본고에서는 클린룸내의 적정기류 유지를 위한 주요사항과 클린룸의 설계·시공시의 편류 및 유인현상 방지책 등의 기류 조정을 소개코져 한다.

2. 적정기류를 유지하기 위한 기본조건

일반적으로 고성능필터를 통과한 공기는

상당히 청정하여 필터 직하의 일방향류(Uni-directional Flow)중에 장시간 Wafer를 방치하여 놓아도 Wafer 위에 먼지가 거의 부착하지 않는 것은 널리 알려진 사실이다. 따라서 여기에서 적정기류라 하는 것은 고성능필터를 통과한 공기가 주위의 공기를 유입하지 않고 Wafer나 제조장치 등의 오염제어역을 통과하는 상태를 의미한다. Wafer주변의 오염제어역에 이와같은 적정기류를 유지하기 위하여는 다음과 같은 3가지 항목을 유의하여야 한다.

1) 클린룸내의 전역에 걸쳐 큰 편류가 발생치 않도록 할것

대규모의 수직층류형 클린룸에서 많이 생기는 현상으로 편류가 광범위하게 일어날 경우 제조장치등으로 부터 일시적으로 발생하는 대량의 분진이 하류측을 광범위하게 오염시켜 버린다.

2) 오염제어역(Wafer의 이동역)에 주위의 공기를 유입하지 않을 것

일방향류의 기본조건이라 할 수 있다. 즉, 고성능 필터를 통과한 공기에 의해 오염제어역이 보호되며 주위의 오염공기와 접촉하지 않는한 Wafer위에 먼지가 거의 부착하지 않

으리라 생각된다. 따라서 이 청정공기 구역내에 주위의 먼지가 침입해 오는 것은 주로 편류 또는 유인에 의한 것이다.

3) 일방향류의 풍속이 접근하는 먼지를 배제할 수 있는 능력이 있을 것

일방향류의 풍속이 어느 정도이면 주위 먼지의 접근을 방지하고 배제할 수 있는가에 관한 문제이다. 일반적으로 풍속이 빠르면 배제능력이 뛰어나지만 송풍동력이 증가하여 운전경비가 상승한다.

3. 클린룸에서의 기류조정

3.1 클린룸에서 발생하기 쉬운 편류와 그 대책

1) 대규모 수직층류형 클린룸에서 발생하기 쉬운 편류

대규모 수직층류형 클린룸에서는 주로 그림 1과 같은 편류나 부분적인 상승류가 발생하기 쉬우며 이 현상을 방지하기 위하여는

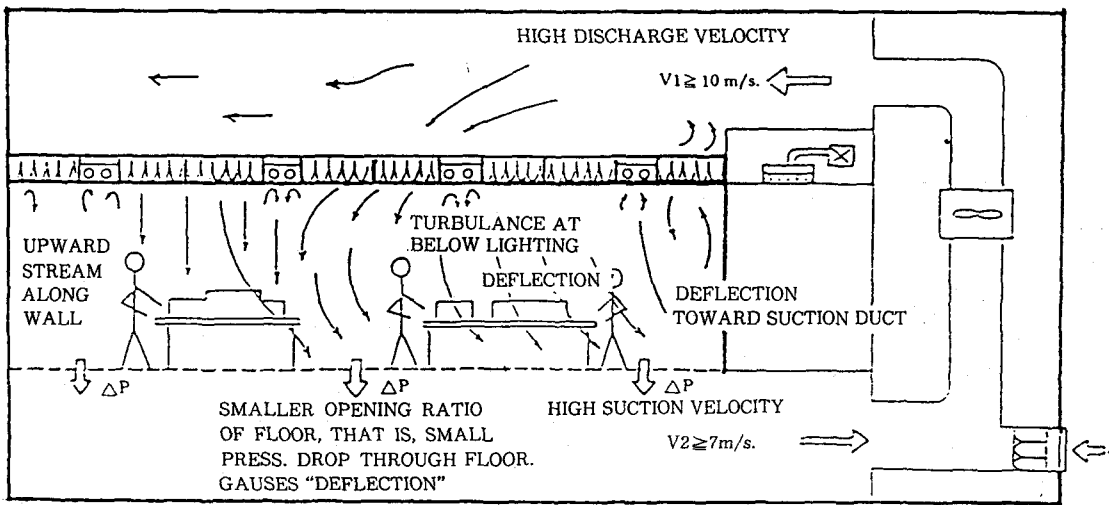
다음사항에 유의하여야 한다.

① 바닥풍도의 기류속도는 가장 풍속이 빠르지는 흡입구 모서리부의 풍속 V_2 가 $7m/s$ 이하, 가능하면 $5m/s$ 정도로 제어하면 기류조정이 쉬워진다. 리턴풍속이 빠르면 빠를수록 바닥풍도내의 부압이 크게되어 바닥면의 개구부를 향해 흘러들어오는 풍량이 증가한다.

② 공기의 바닥면 통과저항을 $0.5 \sim 1.0mmAq$ 정도로 한다. 그레이팅바닥과 같이 바닥면의 개공율이 $30 \sim 50\%$ 로 클 경우 공기가 바닥면을 통과할 때의 저항이 극히 작게 되어 바닥풍도내의 압력분포차이에 의해 영향을 받기 쉽다.

③ 천정내의 취출풍속 V_1 을 $5 \sim 7m/s$ 정도로 하는 것이 좋다. $10m/s$ 까지 되면 동압의 영향으로 기류가 도달되는 필터면의 풍속이 빨라져 수직층류의 균일 풍속을 얻기 어렵다.

④ 천정 필터면에서 형광등, 천정판넬 등 공기를 취출하지 않는 부분에서는 와류나 상승류를 발생하기 쉬우므로 천정면적에 대한



<그림 1> 대규모 수직층류형 클린룸에서의 편류

필터 면적비는 큰편이 안전하다.

2) 수직층류형 클린룸에서의 편류 발생례

① 바닥면 개구부의 영향

균일한 일방향류를 얻기 위하여는 공기의 통과저항이 0.5~1.0mmAq 정도로 하는 것이 바람직하며 이 정도의 통과저항을 얻기 위하여 바닥면의 개공율은 일반적으로 10~20%로 한다. 이를 위해 클린룸의 바닥에 트랩이나 유틸리티박스 등 커다란 개구부가 있으면 그 쪽으로 공기가 흘러들어 클린룸 전역에 편류가 발생한다.(그림 2)

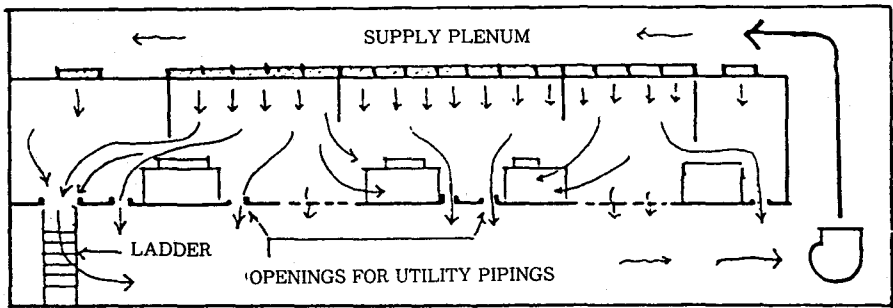
② 바닥밑 공기통로에서의 장애물에 의한

영향

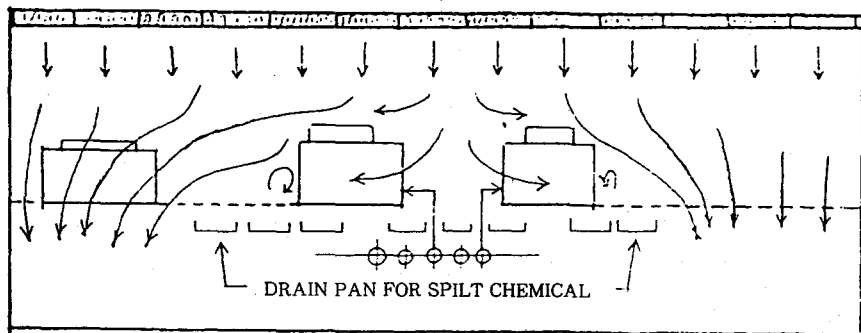
시운전 및 기류조정이 끝난 클린룸에서 화학약품을 업질었을 경우의 낙하방지를 위해 drain pan 등을 설치하게 되면 그 부분의 공기는 흡입되지 않고 주위를 향하여 편류를 형성하게 된다. 반도체공장에서는 이와같은 문제가 발생하기 쉬우므로 기류형상도 관리항목으로 할 필요가 있다.(그림 3)

③ 바닥풍도에서의 모서리 풍속의 영향

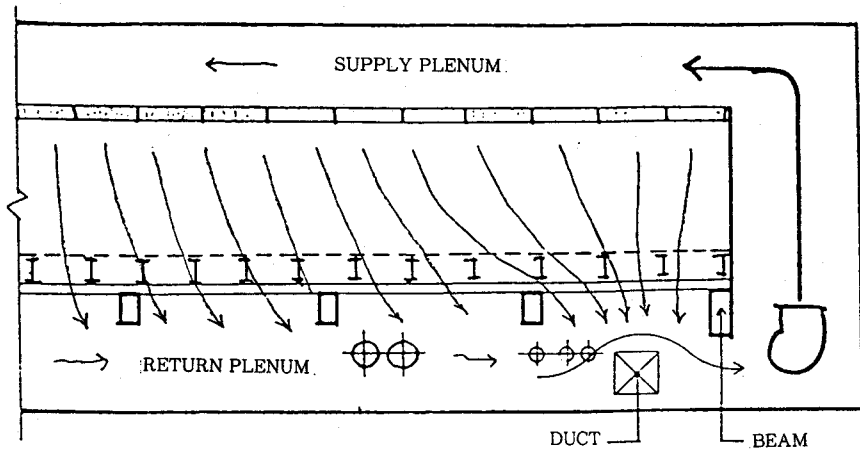
바닥풍도의 소풍팬 가까이에 또는 큰 덕트가 설치될 경우 모서리 풍속이 상당히 빠르게 되어 덕트 바로 위를 향하여 주위의 공기



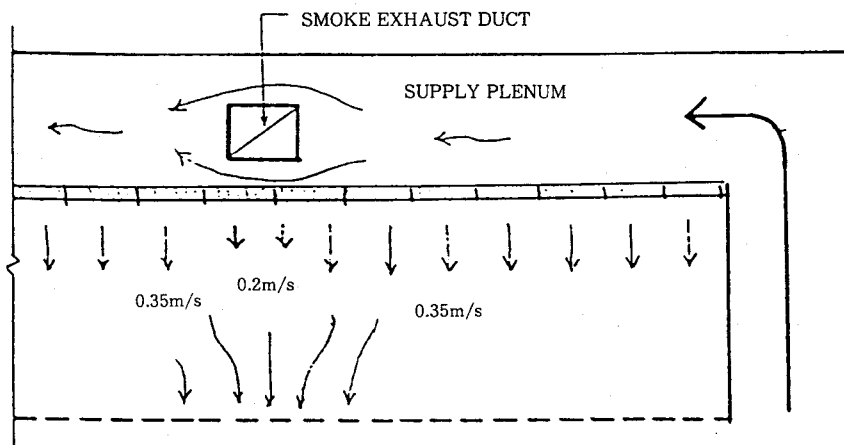
<그림 2> 바닥면 개구부의 영향



<그림 3> 바닥풍도에서의 장애물에 의한 영향



<그림 4> 바닥풍도의 모서리 풍속영향



<그림 5> 천정풍도내의 장애물에 의한 영향

가 빨려들어 온다. 이와같은 문제는 설계단계에서 고려하지 않으면 반드시 발생할 문제이며, 대규모 수직층류 클린룸에서는 기류가 일직선으로 흐르지 않는다고 생각할수록 더욱 많이 발생한다. (그림 4)

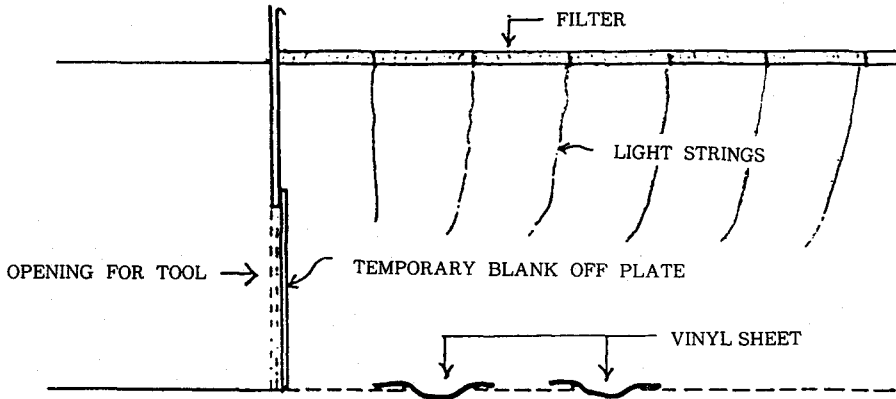
④ 천정풍도내의 덕트에 의한 영향

천정풍도내에 대형 배연덕트를 설치할 경

우, 동압은 증가하게 되나 정압이 감소하여 덕트 직하의 취출풍속에 현저하게 저하된다. 그 밖에도 천정내에 큰 보와 필터의 간격이 좁을 경우에도 동일한 현상이 발생하기 쉽다 (그림 5)

3) 기류조정 방법

수직층류형 클린룸을 공사완료 직후에 시



<그림 6> 수직층류형 클린룸에서의 기류조정 방법

운전하여 기류조정하는 방법에 관하여 기술한다. 일반적으로 반도체 공장에서는 준공을 전후로하여 제조장치를 반입·설치하기 때문에 내벽이나 바닥면에 큰 개구부가 있을 경우가 많다. 따라서 그 상태에서 시운전을 행할 경우 큰 편류를 발생시킨다. 이와같은 개구부는 비닐시트, 판넬등으로 임시로 막아 최종상태에 가까운 상황에서 기류조정에 임하지 않으면 안된다.(그림 6)

- ① 주위의 벽면이나 클린룸 바닥면에 큰 개구부가 있는지 확인한다.
- ② 필터 프레임에 수직으로 실을 띄워 전체의 기류형상을 확인한다.
- ③ 운전을 시작하여 편류가 발생할 경우 기류방향의 개구부에 비닐시트를 씌워 기류의 변화를 관측한다.
- ④ 실이 거의 수직으로 될때까지 시행착오를 반복한다.
- ⑤ 이때 바닥과 벽의 개구상태를 기록해 놓고 이것과 같이 바닥판넬의 셔터를 조정하든가 하여 개구부를 조절한다.

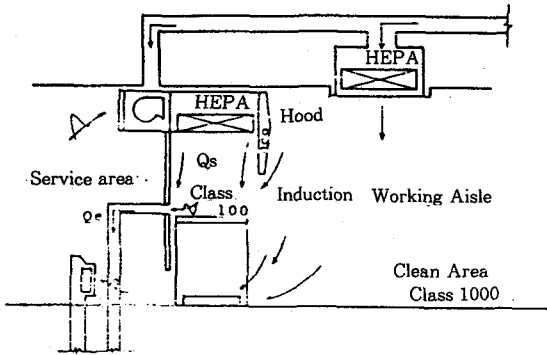
3.2 터널형 클린룸의 기류 유인현상과 방지 대책

본 절에서 언급하는 유인현상은 층류(균일류)의 방향과는 다른 기류가 발생하여 실내에서 발생한 분진 또는 인접 오염역의 분진을 상류역으로 유인하는 현상을 의미한다. 이와같은 유인현상은 반도체 메모리의 수율에 영향을 미치는 요인중의 하나로서 층류형 클린룸에 있어서는 해결해야할 문제이다. 또 유인에 의한 분진의 양은 극히 작아 발견하기 어려우며 발견해도 어디로부터 유인된 것인지 그 원인을 파악하는 것이 쉽지 않다. 본절에서는 유인현상에 관한 대표적인 사례를 중심으로 설명코져 한다.

(1) 제조장치의 배기량이 많을 경우

작업대역의 배기량 Q_e 가 특히 클 경우 통로 작업역의 공기가 작업대 위로 유입되기 쉽게 된다. $Q_e \approx Q_s$ 가 되면 터널내의 수직층류는 배기구를 향해 집중하기 때문에 작업대 위에 균일류가 유지되지 않고 주위의 기류를

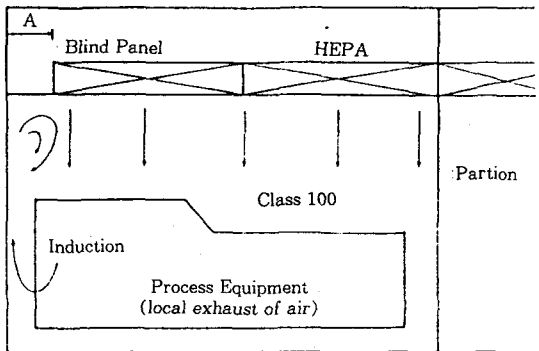
유인하게 된다. 이러한 경우에는 $Q_e(Q_s)$ 가 되도록 조정할 필요가 있다.(그림 7)



<그림 7> 제조장치의 배기량이 많은 경우

(2) 벽체사이의 맹판부분이 클 경우

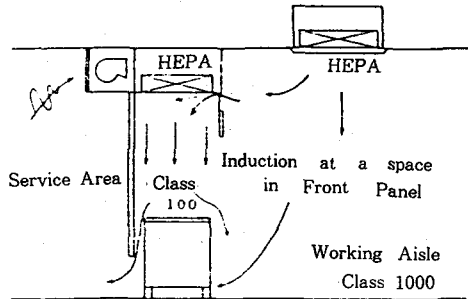
프로세스 기기가 국소배기를 필요로 하고 다른 기기와 칸막이로 막아야 할 경우 그 기기의 크기와 필터의 규격이 맞지 않아 맹판을 크게하면 그림과 같이 상승기류가 발생한다. 이러한 경우 특수 크기의 필터를 사용하여 방지하는 것이 가장 바람직하고, 부득이 맹판을 설치할 경우에도 벽면으로 부터 200mm이내로 하는 것이 유인을 작게하는 방법이다.(그림 8)



<그림 8> 벽체사이의 맹판부분이 클 경우

(3) 청정화 후드의 앞판넬에 틈새가 있는 경우

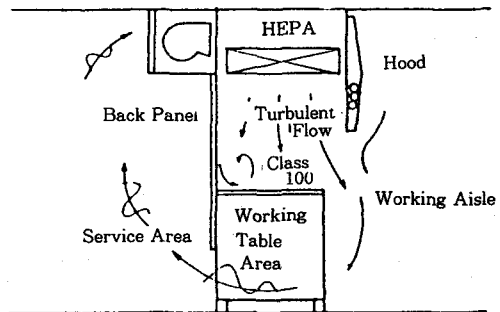
청정도 클래스가 서로 다른 작업역을 구획하기 위하여 앞판넬을 사용할 경우에 앞판넬 상부의 틈새가 크게 되면 그 틈새를 통하여 오염공기를 유인하게 된다. 따라서 판넬상부의 틈새를 최소한으로 하여야 한다.(그림 9)



<그림 9> 청정화 후드의 앞판넬에 틈새가 있는 경우

(4) 제조장치와 뒷판넬이 밀착되어 있는 경우

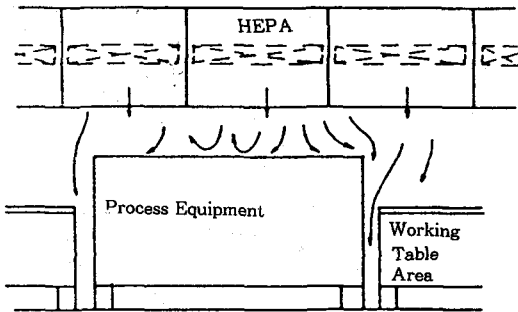
필터로부터 취출된 층류공기는 뒷판넬을 따라서 작업대 상면과 부딪쳐 와류를 형성한다. 이 난류에 정도에 따라 전면통로·작업역의 공기를 유인하게 된다.(그림 10)



<그림 10> 제조장치와 뒷판넬이 밀착되어 있는 경우

(5) 프로세스 기기 또는 작업대가 높은 경우

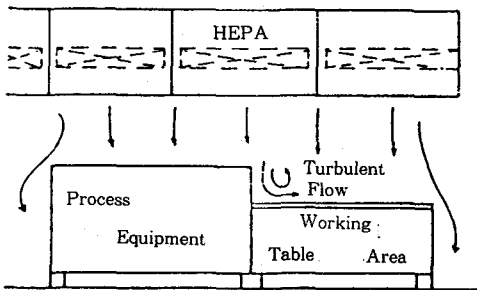
프로세스 기기 또는 작업대가 높거나 취출 풍속이 빠를 경우 기기부분을 통과하는 풍속이 빨라져 난류를 형성하게 된다. 이러한 경우 취출풍속을 조정할 필요가 있다.(그림 11)



<그림 11> 프로세스 기기 또는 작업대가 높은 경우

(6) 프로세스 기기간의 설치간격이 작고 단차가 있는 경우

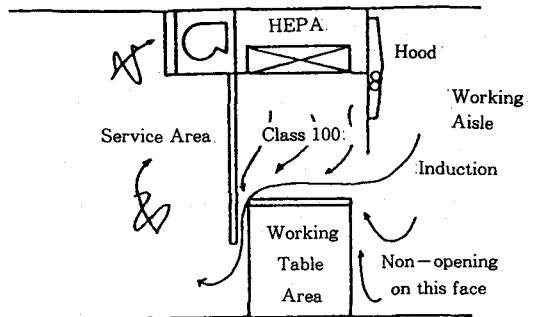
프로세스 기기간의 단차부분에 난류가 형성되므로 다소의 틈을 뚫어서 그 틈으로 공기를 통과시켜 난류형성을 완화시킬 수 있다.(그림 12)



<그림 12> 기기간의 설치간격이 좁고 단차가 있는 경우

(7) 프로세스 기기 또는 작업대와 바닥과의 틈이 없는 경우

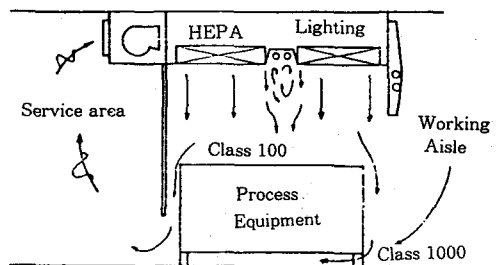
작업대 하부와 바닥과의 사이로 공기가 통과할 틈이 없으면 뒷판넬과의 틈 또는 프로세스 기기간의 틈에 기류가 흘러들어 통로·작업역의 오염공기를 유인 하게 된다. (그림 13)



<그림 13> 기기 또는 작업대와 바닥과의 틈이 없는 경우

(8) 청정화 후드의 청정면에 조명을 설치한 경우

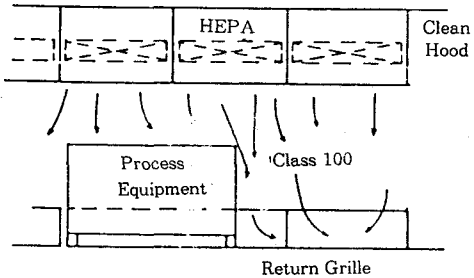
형광등 아래서는 열에 의한 기류상승과 맹판의 영향에 의해 난류역이 되고, 이것이 회복되는 것은 폭의 4~5배 하류이다. 따라서, 형광등의 폭은 가능한 작게하는 것이 바람직하다. (그림 14)



<그림 14> 청정화 후드의 천정면에 조명을 설치한 경우

(9) 흡입면의 통과 저항이 다른 경우

청정화 후드아래 프로세스 기기가 설치되어 있는 곳과 설치되어 있지 않은 곳에서는 흡입면의 통과 저항이 달라, 공기는 흡입 개구면적이 큰 쪽을 향하여 흐르게 된다. 그에 따라 후드내에 편류가 발생하고 그 주위에서 유인 현상이 일어난다. (그림 15)



<그림 15> 흡입면의 통과저항이 다른 경우

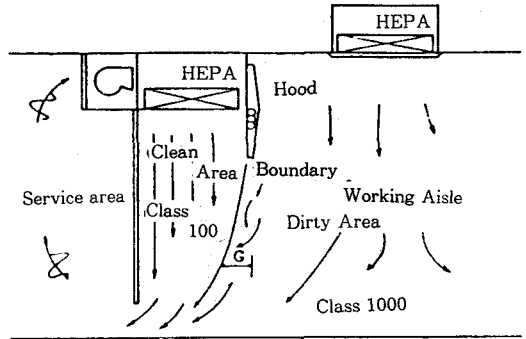
(10) 층류역과 난류역의 경계면

후드하부의 수직층류와 통로·작업역의 난류경계면에서는 기류가 불안정한 현상을 이루게 된다. 즉 난류가 층류역에 유인되어 그림의 G부분과 같이 오염될 가능성이 있다. G의 깊이는 통로부의 필터취출부 풍속과 방향에 따라 일정치 않다. 일반적으로 100~200mm정도로 생각된다.(그림 16)

3.3 층류형 클린룸에서의 압력분포

그림 17은 일반적인 층류형 클린룸에서 공기순환계의 압력분포를 나타낸 것으로 특기사항은 다음과 같다.

(1) 천정풍도내의 정압은 ⑩~⑪ 사이에서는 거의 균일하다. 이것은 말단으로 갈수록 풍속이 저하하고 동압이 전압의 손실과 같은 정도로 감소하기 때문에 정압은 변하지 않는



<그림 16> 층류역과 난류역의 경계면

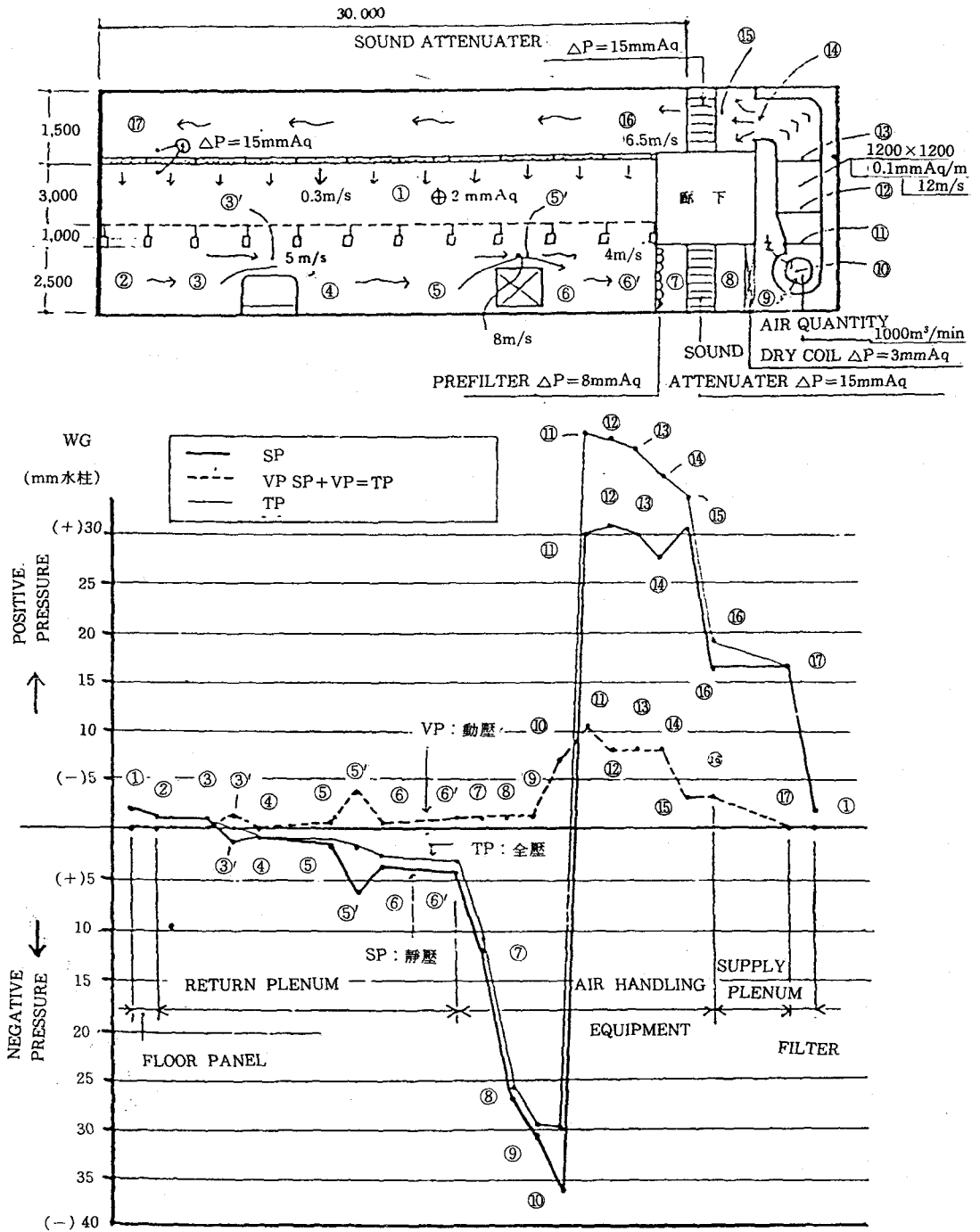
다.

(2) 바닥풍도내의 정압은 크게 변동한다. ③'부 및 ⑤'부에서는 풍속이 빨라져 부압도가 높아져 있다. 이 부분의 바닥면에 큰 개구부가 있으면 클린룸내의 기류는 개구부를 향하여 흘러 들어감으로 광범위하게 편류가 발생한다.

(3) 바닥풍도내의 풍속은 송풍기에 가까워질수록 빨라짐으로 그곳에는 장애물을 설치하지 않도록 설계시에 특별히 주의하여야 한다. 이 모서리부에 덕트등을 옆으로 설치하게 되면 부압도가 상당히 크게되어 기류조정이 곤란하게 된다.

4. 맺음말

이상으로 본고에서는 클린룸의 설계·시공시의 기류조정과 유인현상에 관하여 실예를 중심으로 기술하였으나 이것은 어디까지나 일반적인 예로서 그밖의 특수한 경우도 많으리라 생각된다. 따라서 그밖의 경우에는 상황에 따라 기류가시화 등을 통하여 기류성상을 파악하고 그에 따른 대책을 세워야 할 것이다. 또한 클린룸의 설계 및 시공자들은 기류



<그림 17> 수직층류형 클린룸에서의 압력분포

조정의 중요성을 충분히 인식하여 업무수행 시에 이에 대한 배려를 하여야 함은 물론이고, 제조 프로세스 담당자들로 적정기류 상태가 유지되고 있는지를 항상 감시하여야 할 것이다. 끝으로 본고는 기 발표된 자료를 중심으로 기술한 것임을 부연한다.

1. 橋本教禧: 「クリーンルームの氣流調整の要点」, LSI製造におけるプロセス高性能化技術, 半導體基盤技術研究會編, pp177-195, 1991.5
2. 橋本教禧, 富所正時: 「LSI工場クリーンルーム計劃の要点」, クリーンルームシステムの設計, (社) 日本空氣清淨協會編, pp14-18, 1984. 10

- 참고문헌 -

뉴스

■ 기술개발채권 올해부터 발행 ■

정부는 HAN프로젝트 등 과학기술개발에 필요한 자금을 확보하기 위해 올해부터 오는 96년까지 총 3조2천억원 규모의 기술개발채권을 발행기로 했다.

6월 17일 관계당국에 따르면 정부는 올해 한국종합기술금융주식회사를 통해 1천5백억원의 기술개발 채권을 발행하는 데 이어 내년에 3천5백억원, 94년에 6천억원, 95년에 9천억원, 96년에 1조2천억원 등으로 해마다 그 규모를 크게 확대해 나가기로 했다.

정부는 기술개발채권 발행으로 조정되는 자금을 HAN프로젝트를 비롯한 각종 연구개발사업과 기업의 기술개발 및 실용화연구 그리고 신기술창업 등에 대한 지원자금으로 장기저리용자할 계획이다.

이번에 정부가 발행기로 한 기술개발채권은 지난해 특별법으로 제정된 한국종합기술금융주식회사법에 근거한 것으로 한국종합기술금융은 자기 자본의 20배에 상당하는 기술개발채권을 발행할 수 있게 되어 있다.

한국종합기술금융은 현재의 한국기술개발주식회사가 다음달부터 확대개편되는 것인데, 한국기술개발(주)은 그동안 신기술기업화 등에 필요한 자금확보를 위해 지난 81년 이후 작년말까지 총 2천5백17억원 규모의 회사채를 발행해 왔다.

정부는 이와 관련, 한국기술개발주식회사의 자기자본금을 현재의 1천5백억원(납입자본 4백억원)에서 5천억원 규모로 늘리는 한편 각종 공공자금의 수신기능도 부여기로 했다.

한편 정부는 빠르면 오는 8월말부터 총 2천8백60억원 규모의 기술개발복권을 발행, 기업의 신기술개발 및 사업화 등을 지원해 줄 계획이다.