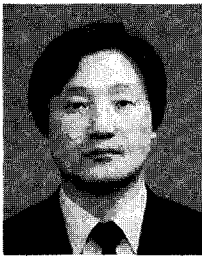


클린룸에 있어서의 측정과 평가

글/김광영 <공학박사·(주)신성기연 기술연구소 소장>



1. 클린룸의 관리

(1) 머릿말

클린룸은 반도체공업·정밀기계공업·사진공업이나, 의약품제조업·병원의 바이오로지컬 클린룸등 현재 첨단산업이라고 불리워지는 분야에서는 물론, 최근에는 식품공업·농업분야 외에, 주변산업에까지 확대되고 있다. 특히, LSI, VLSI등 반도체관련분야에서는, 대상으로 하는 입자도 $0.1\mu\text{m}$ 입자와 미소한 입자와 농도도 $10\text{개}/\text{ft}^3$ 이하라는 소위 슈퍼클린룸도 제작되고 있다.

이와같이 고청정도의 클린룸시설을 설치하는 것을 포함하여, 기존의 클린룸의 수준향상을 도모하는등, 클린룸으로서의 적절한 운용에 대해 생각하는 것은 중요한 과제이다. 클린룸의 수준향상에는 클린룸의 증축, 개축등의 하드(Horel)면, 클린룸의 관리·기기·용품등의 청정화등의 소프트(Soft)면으로 생각할 수 있다.

클린룸의 유지·관리에 대하여는 (사)일본공기청정협회 JACA14(클린룸운전관리지침)에서 검토되어 있으므로, 이를 참고로 클린룸에 있어서의 환경모니터링(monitoring)에 대해 기술한다.

(2) 모니터링(monitoring)의 목적

클린룸의 모니터링(monitoring) 목적으로서는, 공기의 청정도에 대한 감시·기록을 통하여

- ① 정상운전의 확인
- ② 이상의 발전과 보수
- ③ 오염문제 발생시등의 원인규명 데이터의 축적
- ④ 제품의 품질관리상의 기초 데이터의 축적
- ⑤ 기타

가 있다.

실내청정도를 관리하기 위한 주대책으로서 전술한 세가지의 관점에서 원인을 검토할 필요가 있다. 외부로부터의 입자의 침입방지라는 관점으로, HEPA, 덕트(duct)등의 급기계통의 누설방지, 실내정압의 유지, 설비기기·재료등의 반입·반출시 입자의 침입방지, 클린룸요원의 입·퇴실시와 입자의 침입방지를 고려하여야 한다. 실내에서의 발전방지라는 관점으로는 입실자의 제한, 청정도 관점에서 본 내벽·배관등의 보수·점검, 의복 및 에어샤워 등의 유지·관리, 처리라인의 자동화, 기기발전의 방지, 종이류 등의 유지·관리가 포함되고 있다. 실내발생입자의 제거라는 관점으로는, 급배기계통을 고려한 적정배치, 청소에 의한 제거 등이 포함되고 있다.

클린룸의 기류는, 공기의 급·배기외에, 생산설비·기기의 배치, 국부적인 배기, 설비의 움직임, 발열, 클린룸요원의 움직임 등에 좌우되는데에 주의를 요한다.

연1회정도 행하는 검사는, 클린룸의 성능확인을 위한 것으로, 클린룸 준공시 검사와 유사한 것이다.

- HEPA등의 필터 누설시험
- 풍량·풍속측정
- 기류분포 측정
- 실내의 압력차

- 온·습도
 - 실내 청정도
- 등의 검사를 행하는 것이 바람직하다.

(3) 모니터링 항목과 방법

클린룸의 모니터링 항목에는, 매일 실시하는 것으로부터, 연1회 실시하는 검사가 있으며, 이들 검사에는 교정이된 기기를 이용하여 올바른 순서대로 정확히 측정·기록하여, 보관·참조할 필요가 있다. 측정·기록은, 모든 항목에 대하여 전문가가 행하도록 한다. 클린룸전문가는, 당해 클린룸의 특성을 고려하여, 측정위치의 결정, 측정기록 결과와 설계치와의 차이를 검토 및 현상의 양호불량을 표시하는 등 이를 행할 의무를 진다. 다음과 같이 클린룸의 모니터링 항목과 그 방법을 정리한다.

① 기 류

클린룸내의 기류측정은 규정된 기류패턴이 확보되어 있는지 어떤지를 확인하기 위해 실시한다. 측정은, 클린룸을 오염할 가능성이 적다고 생각되는 타프트(tuft)법에 의해 실시하는게 바람직하다. 전문가는, 작업구역 및 혼란이 일어나기 쉬운 위치에서, 연1회 정도, 측정을 하여 기록한다.

② 풍 속

클린룸내의 풍속측정은, 규정된 기류패턴이 확보되어 있는지 어떤지를 확인하기 위하여 실시한다. 풍속의 측정계기는, JIST8203(휴대용열식풍속계)에서 규정하는 풍속계 또는 동등이상의 성능을 갖는 것으로 한다. 측정은, 각 HEPA(High Efficiency Particulate Air) 필터의 대표점 외에, 전문가가 결정한 위치 및 높이로 월1회 이상 자주 실시하여 기록한다.

③ 풍 량

클린룸내에 공급되는 풍량은, 필요공기량이 확보되고 있는지 어떤지를 확인하기 위하여, 풍속측정결과로부터 구한다. 풍량산출을 위한 풍속측정은, 공급필터내에서 실시하는 것이 바람직한데, 각 HEPA필터의 대표점에서 실시해도 좋다. 측정방법 및 측정빈도는 전문가가 결정하여 기록한다.

④ 공 기 압

클린룸의 공기압 측정은, 오염된 공기가 틈새로 침입하지 않도록, 클린룸에 인접하는(보다 청정도가 낮은 클린룸, 클린룸에 부속하는 시설, 외기 등) 모든 공

기의 공기압보다 미미하지만, 높은 압력이 유지되고 있는지 어떤지를 확인하기 위하여 실시한다. 공기압의 측정계기는, 클린룸내외의 차압을 0.98Pa(0.1mm Ag)까지 측정가능한 차압계, 또는 이것과 대응되는 측정기로 한다. 측정은, 클린룸이 정상상태가 된 작업개시전 및 작업종료후에 실시하여 기록한다.

〈표 1〉 공기청정 측정 빈도

| 클린룸의 청정도 | | |
|----------|-------|-------|
| Class | 5 미 만 | 5 이 상 |
| 측정빈도 | 매 월 | 3개월마다 |

⑤ 실온과 상대습도

클린룸의 온도와 습도 측정은 프로세스등의 영향 및 작업자의 쾌적성을 고려하여, 규정내에서 관리되고 있는지 어떤지를 확인하기 위해 실시한다. 측정은 원칙적으로서 아스만 건습계 또는 동등이상의 성능을 갖는 측정계기를 이용하여, 클린룸이 정상상태가 된 작업개시전 및 작업종료후에 실시하여 기록한다. 또한, 클린룸내의 온도분포에 대하여는 전문가가 〈표 1〉(공기청정도 측정 빈도)를 준용하여 측정하고 기록한다. 온도변화에 대단히 민감한 작업을 행할때에는 급격한 온도변화를 감지하기위해 자동온도경보장치를 설치한다.

또한, 필요에 따라서는 공조계통에 이상이 발생할 경우에 경보 가능한 경보장치를 적절한 위치에 설치한다. 습도에 대단히 민감한 제품을 취급하는 경우에는 별도특수대책을 취할 필요가 있다.

⑥ 공기의 청정도

클린룸내의 부유미립자농도의 측정은 프로세스의 영향이라는 관점에서 특히 중요하며, 그 농도가 규정내에서 관리되고 있는지 어떤지를 확인하기위해 실시한다. 부유미립자 농도의 측정계기는 JISB9921(광산란기입자계수기)에서 규정하는 측정기, 또는 동등이상의 성능을 갖는 것으로 한다. 측정은, JISB9920(클린룸중에서의 부유미립자 측정방법)³⁾에 준하여, 원칙적으로서 〈표 1〉에 표시하는 빈도로 실시하여 기록한다. 또한 측정은 측정공기체적의 총량이 적어도 10⁻³ m³에 도달하기까지 계속 또는 단속하여 행한다. 개수농도가 500×10³개/m³을 넘으리라고 예측되는 경우에는 그 농도범위의 계수를 얻을 수 있는 범위에서 측

정공기 총체적을 감소해도 괜찮지만, $10 \times 10^{-3} m^3$ 을 밑돌아서는 안된다. 더구나 정기적인 부유미립자 농도 측정외에 주사(走査)누설시험을 원칙으로서 연1회 실시한다. 또한, ULPA(Ultra Low Penetration Air) 필터·HEPA필터를 교환했을 때나 공기청정도에 이상을 발견했을 때도 실시한다. 주사(走査)누설시험은, ULPA·HEPA필터면의 흡출구에 평행으로 흡출구에서 약 10mm 하류의 위치에 계속 유지하여, 필터의 한쪽에서 다른쪽까지 6m/sec속도로 주사(走査)하여, 주사(走査)피치 30mm를 한도로하여 필터전면에 대해 행한다.

⑦ 유해가스·미생물·기타

클린룸의 유독가스·부유미생물·방사성원소·필요산소 농도 등의 측정은 작업자의 건강 및 프로세스에의 영향을 고려하여, 규정내에 관리되고 있는지 어떤지를 확인하기 위해 실시한다. 대상물질, 측정계기, 그리고 측정빈도는 전문가가 결정한다.

2. 클린룸내의 부유미립자 측정

클린룸 등의 미립자계측에 있어서는, 대상입경이 매우 작으며 그 농도가 매우 낮은 이유때문에, 정밀한 계측기술이 요구되며, 계측치의 신뢰성에 관해서도 충분히 배려가 필요하게 된다. 현재, 일반적으로 클린룸에서 사용되고 있는 계측기로서는 광산란식 입자계수와 응축핵 측정기를 들 수 있다.

응축핵 측정기는 0.1 μm 이하의 미소 입경 범위에서도 계측이 가능하므로 유용하지만, Sampling Volume이 적은 것, 입경분포의 정보를 얻기 위해서는 적당한 입경분급장치와의 병용이 따라야 하는 결점이 있으며 아직까지 입경분급치의 신뢰성에 관해서는 분명하게 밝혀지지 않고 있다. 광산란식 입자계수기는 입자수와 입경분포가 동시에 측정이 되며, 매분 1cft정도의 Sampling Volume을 갖는 것도 개발되어 시판되고 있다. 이러한 장점때문에 현재 클린룸의 감시용으로 많이 사용되고 있으며 앞으로도 그 사용이 증대되리라 생각된다. <표 2>에 각종 계측법을 정리하여 나타낸다.

(1) 광산란법

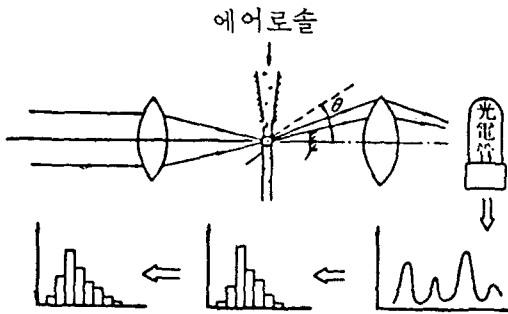
광산란식 측정법의 원리를 <그림 1>에 표시한다. 광원으로부터의 빛을 렌즈계로 집광하여, 좁은 관찰공간에 조사(照射)한다.

개개의 입자가 그 관찰공간을 통과하면 펄스(PULSE)모양의 산란광을 방사하고, 펄스(PULSE)모양의 산란광을 광전관으로 받는다. 펄스(PULSE)파장치에서 입경을, 펄스수에서 입자의 수농도를 구한다. <그림 2>에 레이저광원에 의한 측정기를 나타낸다.

(2) CNC

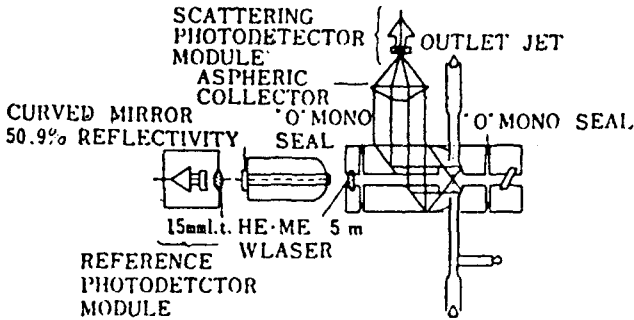
<표 2> 일반적인 부유미립자의 측정법

| | | |
|--|-----------------|---|
| (a) 포 집법 | | |
| { 여과형 에어 샘플러 } { 충돌형 에어 샘플러 } { 정전형 에어 샘플러 } | 평 광 법 (질량농도) | { 정밀 천평에 의한다. { 압전 진동자의 공진주파 저하에 의한다. { β 선의 흡수 감쇠도에 의한다. |
| | 계 수 법 (개수농도) | |
| (b) 비포집법 | | |
| { 포트메터 (디지털 분진계) } { 파티클 카운터 (광산란식 입자 계수기 CNC) } | 균계측법 (상대농도) | { 광투과량의 감쇠도에 의한다. { 광산란에 의한다. |
| | 개계측법 (개수농도) | { 광산란에 의한다. { 파포화 증기에 의한 입경 확대 광산란에 { 의한 검출 |



〈그림 1〉 광산란식 측정기의 원리

LAS-200 OPTICAL SYSTEM DIAGRAM



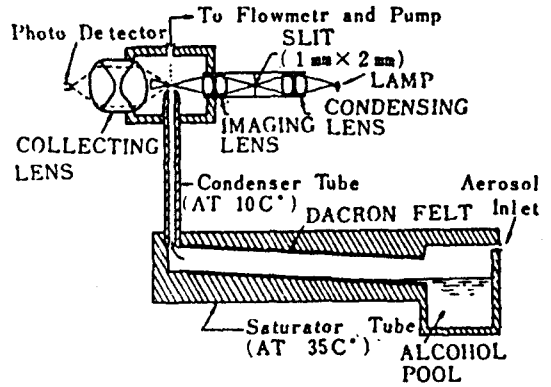
〈그림 2〉 레이저광원 측정기

CNC는 Condensation Nucleus Counter의 약칭으로, 통상 응축핵 측정기라고 부르고 있다. 이것은 미립자를 포함하는 공기를 과포화상태로 함에 따라, 입자에 증기를 응축시켜, 입자를 성장시키는 것이다. 현재 이방법으로 1) 단열팽창형, 2) 가열냉각형, 3) 증기혼합형의 3종류가 실용화되고 있다.

1) 단열팽창형은 입자의 도입·단열팽창·입자수농도의 측정·입자의 배기라는 일련의 동작으로 구성되어서 단속적인 샘플링이 되지 않을 수 없다. 또한 입자수농도의 측정은, 광투과식이어서 클린룸등의 저농도(10^3 개/cm 이하)의 환경하에서의 측정에는 적합치 않다.

2) 가열냉각형은 고온의 물 또는 알코올증기 등에 입자를 도입하여, 이 포화증기를 냉각함으로 인해 입자를 핵으로 하여 응축 성장시키는 것이다. 단열팽창형과 비교하여 연속적인 샘플링이 가능한 점에서 유효하지만 샘플링이 유량을 크게할 수 없는게 결점이

다. 가열냉각형의 원리도를 〈그림 3〉에 나타낸다.



〈그림 3〉 가열냉각형 CNC³⁾

3) 증기혼합형은 최근 개발된 것으로, 각 고온과 저온의 포화증기 중에 입자를 통하여 이를 일정한 비율로 혼합하여 이때 형성되는 과포화로 인해 입자응축 성장시키는 것이다.

—알고 계십니까?—

♣ 페인트칠의 요령

우선 페인트를 칠할 부분을 깨끗이 닦아 낸 뒤 칠해야 한다. 비나 부식(腐蝕)을 막기 위한 유성 페인트를 칠할 때는 잘 휘저어서 솔에 조금씩 묻혀 몇 번이고 거yy듬바른다.

수성 페인트는 솔이 끈적거리지 않을 정도로 물을 타서 쓴다. 수성 페인트칠엔 로울러가 편리하다. 보통 두 번 이상 칠하는데 처음은 묽게, 나중은 되게 칠하는 것이 좋다.

페인트칠을 하기 전이나 기름기를 만지는 일에 앞서 손뽀 끝을 비누에 대고 굵적굵적해 두면 일이 끝난 뒤 손을 씻을 때 손뽀 속에 페인트가 묻어 들어가지 않아 좋다. 또 스위치 판, 문손잡이, 장판 가장자리 같은 곳은 미리 축축한 비누를 발라 둔 다음 작업을 한다. 이렇게 해 두면 칠이 묻어도 쉽게 닦아 낼 수 있다. 페인트가 묻기 쉬운 곳은 신문지 같은 것을 테이프로 붙여 두어도 좋다.