

# 클린룸의 세계적인 현상과 전망

## 1. CLEAN ROOM의 시장 동향

### 1-1 서론

먼지와 분진등 MICRON단위의 부유미립자를 없앤 초청정 공간 CLEAN ROOM의 기술은 놀랄만한 발전을 이루어 왔고 그 시장도 급속히 확산되고 있다.

산업의 주요 핵심부분, 즉 선진 기술분야의 주도적인 역할을 하고있는 반도체의 제조는 CLEAN ROOM없이 생각할 수 없지만 그 이외에도 HIGH-TECH화의 물결을 타고 고도의 청정화, 무균화된 CLEAN ROOM을 필요로 하는 산업은 급속하게 확산되고 있다.

각종 전자부품, 광학기기, 자기테이프, 정밀기기등의 업계는 물론, 제약, 식품, 의료, BIO-TECHNOLOGY등 그 범위는 매우 넓고 그 수요는 다양화, 고도화 되고 있다.

### 1-2 HIGH-TECH화의 KEY TECHNOLOGY

HIGH-TECH화의 진전과 초청정 공간에 대한 요구는 비례하고 초청정 공간의 열쇠가 되는 초고성능 FILTER의 개발과 미립자 제거 기술등의 연구, 개발도 고성능화가 일반화 되고 있다.

일반적으로 CLEAN ROOM이라는 것은 실내 공기중의 부유미립자와 미생물, 공기의 온도, 습도, 공기압, 기류의 분포, 속도등을 각각의 목적에 맞게, 요구되는 기준치를 유지하기 위해 완전히 인위적으로 제어된 방을 가리킨다.

그러기 위해 CLEAN ROOM은 그 시설(건물)과 설비의 무진화뿐만 아니라 설비환경, 생산제품과 그 생산규모, 전기, 가스, 수도 등의 각종 UTILITY설비 및 작업성, 보수성등의 관심도 더해지고 종합적인 동시에 다각적인 TOTAL SYSTEM으로 구축할 필요가 있다.

이들 중에서 하나라도 결여되면 그 목적을 충분히 달성할 수 없다. 이러한 조건을 고려해서 건축된 CLEAN ROOM은 SUB-MICRON (1/10,000mm) 단위의 초미소, 미량의 분진과 세균에 의한 오염도 허용되지 않는다.

동시에 LSI(대규모 집적회로)에 부착된 극소수의 작은 먼지가 정보 통신망을 혼란스럽게 하는 경우도 있으며 특히VLSI(초LSI)인 경우 새끼 손가락의 손톱 크기만한 SILICON WAFER에 무려 수십만개의 소자를 짜넣기 위한 제조 공정에서 미세한 극소수의 먼지, 분진이 부착된 정도일지라도 그 제품은 결함 상품이 되어 수명이 끝난다.

그러므로, 이러한 요구를 충족시켜주는 CLEAN ROOM을 만들어내기 위한 고도청정화 기술은 HIGH-TECH분야의 사활을 거는 KEY-TECHNOLOGY라 해도 과언이 아니다.

### 1-3 CLEAN ROOM의 역사

CLEAN ROOM은 일반적으로 실내의 공기중의 부유분진을 제어한 무진실로 생각될 수 있다.

그런데, 처음에는 세균의 발견과 동시에 병원등에 세균을 제어한 구역이 최초라고 했다.

분진뿐 아니라 실내 전부의 오염을 제어한 구역이라는 점에서, CLEAN ROOM은 "CONTAMINATION CONTROL(극미소오염제어)"라고도 할 수 있다. 그렇지만 당시의 병원등에서 세균의 제어는 가열과 약품에 의한 소독 등을 살균한 정도에 지나지 않았다.

실제로 공업 분야에서 생각할 수 있는 시초는 1930년대에 이루어졌다. 항공에 사용하는 BEARING과 치차의 불결이 원인이 되는 사고를 막기 위해 가공, 제조공장에서 CONTAMINATION CONTROL을 생각한 것이 시초였다.

그렇지만, 보통 공조설비에 간단한 AIR FILTER를 장치, 공중에 부유하는 커다란 분진을 제거하는 정도에 지나지 않았다.

CLEAN ROOM을 본격적으로 생각할 수 있게된 것은 제2차 세계대전의 말기에 미국에서 원자폭탄 개발시 방사성 미소 분진의 제거가 커다란 문제로 대두되고 부터이다.

적은 양의 분진을 제거해야 할 필요때문에 고성능의 FILTER의 개발을 진행할 수 있었고 특히 AEC(원자력 위원회) FILTER는 미립자를 99%이상 제거할 수 있는 성능을 지니고 있다.

이것은 현재의 HEPA(HIGH EFFICIENCY PARTICULATE AIR) FILTER의 전신이라 할 수 있다.

AEC FILTER는 실내의 공기중에 부유하는 방사성 물질을 외부에 방출하지 않는 것을 목적으로 하지만, 이것을 역으로 실내공기의 청정화에 사용하면 고도의 CLEAN ROOM이 된다.

이점에 착안하여 한국 전쟁시 빈번하게 고장이 일어났던 미군의 통신 기기와 레이더의 생산에 있어서 AEC FILTER를 사용한 구역에서 조립된 경우 90%이상의 기기가 고장이 나지 않았다고 한다.

FILTER의 중요도는 우주개발의 단계에따라 한층 더 증가되어 우주선과 인공위성의 신뢰도를 높이기 위해서 부품과 조립공장에 대규모의 CLEAN ROOM이 건설되어졌다.

이때까지는 주로 미국군부의 주도로 기술 개발이 진행되어 왔다.

민간으로서의 1955~1960년경, 우선 전자기기 제조공장, 정밀기기 공장에 AEC FILTER가 도입되기 시작했고 다음으로 사진의 필름, 자기테이프등의 제

조공장에 파급되었다.

AEC FILTER는 이 단계에서 HEPA FILTER(고 성능 필터)로 불려지게 되었다. 그래서 병원의 수술실과 특수한 무균병실, 생물공학과 의학연구에, 공기의 청정화뿐만 아니라 세균의 제거도 포함되어 BIOLOGICAL CLEAN ROOM이 도입되어졌고 이것이 식품공업, 양조공업, 약품공업등에 사용 되고 있다.

일본에서는 1935년에 항공기 계기류의 제조공장에서 공조설비를 갖추어 먼지가 적은 공간을 만든 것이 시초이다.

본격적인 것은 1955년이 되어서 미국으로부터 원자력기술과 방사성 물질의 이용기술이 도입되어 방사선에 의한 오염을 막을 필요성이 대두되고서부터 설치하게 되었다.

먼저 AEC FILTER가 수입되어 처음에 공기의 고도정화가 이루어졌다. 그것에 국한하지 않고 AEC FILTER의 일본에서의 제작을 기획하여 1958년경 정부의 위탁연구에 의해 개발에 성공하게 되었다.

산업계에서는 반도체 생산이 일본에서 시작되어 1960년경부터 CLEAN ROOM이 도입되어, 약품공업의 일부에도 BIOLOGICAL CLEAN ROOM이 등장하게 되었고 기술은 어떤것이라도 미국으로부터 도입, 극비로 다루어졌다.

CLEAN ROOM에 대해 일본의 제조업체가 관심을 갖기 시작한 것은 미국으로부터의 문헌이 발간되어 구득될 수 있었던 1965년경 일본공기청정협회의 탄생과 더불어 CLEAN ROOM의 연구회가 열렸던 것이 시작이다.

1970년에는 동협회(일본공기청정협회)가 주최한 CLEAN ROOM 조사단을 미국에 파견하여 NASA를 중심으로 공업용 CLEAN ROOM, 병원과 의학관계의 BIOLOGICAL CLEAN ROOM을 시찰하였다.

이것을 분기점으로 일본의 CLEAN ROOM 기술은 급속한 발전을 볼 수 있게 되었고 1980년 이후에는 TUNNEL 방식, OPEN BAY SYSTEM등을 반도체 공업에 적용시켜 CLEAN ROOM을 만들었다.

보통 BIOLOGICAL CLEAN ROOM은 공업용에 비해서 보급의 TEMPO가 늦어졌다. 먼저 1960년경부터 제약공업에 이어서 병원수술실 등에 도입되었고 급속히 보급하게된 것은 1980년대에 들어와서 부터이다.

현재는 식품공업, 양조공업, 의료, 생물공학 등의



분야에 널리 사용되고 있고 대기업의 공장, 연구실에는 거의 도입되어 신종의 식물과 무균묘목의 재배, 실험동물의 사육 등 다방면에 이용되고 있다.

#### 1-4 기술개발을 주도한 반도체

CLEAN ROOM이 가장 그 위력을 발휘한 것은 반도체 공업에 있어서이다.

TRANSISTER가 발전하여 반도체의 표면을 가공하는 일에 TRANSISTER에 상당하는 소자를 다집적하여 집적회로(IC)가 개발된 것은 1955년이다.

이것은 정도가 높은 기술이고 그 생산에 있어서 CLEAN ROOM이 아니면 생산될 수 없었다.

그 후에 기술 개발이 진행되고 집적도의 비약적인 향상, LSI로부터 VLSI에로의 진보와 동시에 CLEAN ROOM에 대한 부유분진의 크기와 그 수에 대한 규제 요구는 비례적으로 엄격하게 되었다.

이것에 부응하여 공기청정화 기술도 급속히 발달되었다.

그러므로 CLEAN ROOM 기술의 발달과 반도체공업을 중심으로 하는 전자공업의 발전은 긴밀한 관계가 되었다.

이와 관련하여 반도체공업을 중심으로 하는 전자공업과 공기청정화 기술의 발전 경로를 보면, 1965년경까지는 CLEAN ROOM의 기술은 크기도 소규모였고 청정도도 낮았다.

1970년경에 이르러 ONE ROOM TYPE으로 규모도 크게 되고 그래서, 1975년 이후에 이루어진 IC의 집적도가 급속히 높아지는 것과 동시에 대규모 CLEAN ROOM화도 진행되었다.

공업용 CLEAN ROOM의 건설은, 도입하는 기업이 최고의 비밀로 하고 있는 경우가 있어 현상을 정확하게 파악하는 것은 어렵지만 1961년을 기준으로 추정할 때 1975년에 10배, 1980년에 25배 전후로 급증하게 되었다.

특히 1975년 이후 CLEAN ROOM은 반도체 MAKER의 대규모 설비투자액에 힘입어 두드러지게 성장을 하였고 기술적으로도 비약적인 성장을 하였다.

지금은 질적으로 세계최고에 있다고 할만큼 되어 있다.

일본이 세계 제일의 반도체 제조국이 된 것은 클린룸 기술이 내적으로 튼튼하게 되어 있기 때문이다.

그 반도체 기술은 이미 세계에 선구적으로 4Mbit

[1M(메가)는 100만]시대에 돌입하고 있다. (1990년 현재)

이에 따라 CLEAN ROOM도 최고도의 기술을 구사한 SUPER-CLEAN ROOM이라 불리는 것이 등장하게 되었다.

4Mbit DRAM은 WAFER(기판)표면에 붙는 회로폭은  $0.8\mu m$ 라 할 수 있고, 클린룸 내부는 그 1/10에 해당하는 입경  $0.08\mu m$ 의 먼지, 티끌을 억제할 필요가 있다.

다음 단계로 16Mbit DRAM이 됨으로써 회로폭은  $0.5\mu m$ 로 되고, 관리해야 할 먼지, 티끌의 입자는  $0.05\mu m$ 가 된다.

이것은 현재의 규격에서는 최고로 엄격한 기준의 공기청정도로 되어 있지만 현재의 청정화 기술은 저압손형 ULPA FILTER의 진보로  $0.05\mu m$ 까지의 부유분진 배제가 가능하다.

1988년 현재 SUPER CLEAN ROOM의 건설 면적은 약  $50,000m^2$ 로 추정되고 있고 반도체 MAKER는 지금 차차세대 LSI라고 하는 64Mbit DRAM의 연구에 몰두하고 있고 SUPER CLEAN ROOM기술도 그 시작라인을 향해 개발이 진행되고 있다.

64Mbit DRAM으로 되는 것은 입경  $0.03\mu m$ 의 부유물이 청정화의 기준으로 된다.

#### 1-5 CLEAN ROOM의 종류

SUPER CLEAN ROOM의 요구는 보통 일부분을 고도의 CLEAN화 하는 SPOT CLEAN ROOM, CLEAN BOOTH도 등장하고 있다.

SPOT CLEAN ROOM은 부분적으로 높은 청정도를 실현하는 것이다.

현재이상의 CLEAN도가 필요로한 경우 CLEAN ROOM전체를 변경, 개량공사에는 막대한 자금이 소요되므로 필요한 공정 부분을 필요한 수치로 제어할





수 있는 SPOT CLEAN ROOM에 대한 수요는 날이 증가될 것이다.

향후에는 고집적도화하는 공장 뿐만 아니라 일반 공정 내와 연구소 내의 수요도 높아지고 있다.

CLEAN BOOTH도 같은 종류이고 철제 FRAME의 주위를 비닐-커텐으로 씌우는 것 만큼의 간단한 것이고 천정부에 FILTER UNIT를 취부하고 그것으로부터 실내에 청정한 공기를 불어넣고 난류식의 CLEAN ROOM을 만든다.

소형, 경량이기 때문에 설치와 이동등이 가능하여 식물 PLANT에서의 무균 묘의 재배와 품종개량의 연구 등에 이용되는 경우가 많다.

향후 일반제조 공정과 유통단계에도 채용될 전망이다.

또한 반도체의 집적도가 높아지는 추세이고 CLEAN ROOM내에 작업자의 입실을 최소한으로 하여 무인화 방향으로 진행하고 있다.

CLEAN ROOM내의 청정도는 공급하는 공기의 CLEAN도를 어느정도 높게해도 큰 지장은 없으나 문제는 내부에서 발생하는 먼지, 분진이다.

그 첫째는 내부에 있는 작업원으로부터 발생하는 것이고 다음으로는 기계설비등의 가동으로 인한 발생분진이 가장 큰 발원원이 되고 있다.

일반적으로 인간의 행동에서 1분간에 수천개의 먼지가 피부, 머리털, 옷 등에서 발생된다.

이것을 막기 위하여 방진복, 장갑, 마스크 등을 착용하지만 가장 효과적인 것은 CLEAN ROOM내에 가능한 한 작업자를 들여보내지 않는 것이 있다.

결국 생산 공정의 자동화-무인화로 하는 것이다.

무인화의 주역은 ROBOT라 할 수 있는데 ROBOT의 가동부분으로부터 발생하는 분진은 작업자로부터 나오는 분진보다 적고 최근에는 무진대책을 세운 자동

LOADING ROBOT도 등장하는 등 CLEAN ROOM의 자동화, FA화에 박차를 가하고 있다.

### 1-6 CLEAN ROOM의 시장규모

일본 CLEAN ROOM의 시장 규모는 1985년에는 1,000억엔을 돌파했고 현재 시점에서는 CLEAN ROOM과 이와 관련된 기기류를 포함하여 5,000억엔 전후까지 확대되었을 것으로 추정하고 있다.

또한 CLEAN ROOM에 종사하고 있는 기업은 당초에는 공조공사관련 업체와 PLANT 건설회사에 국한되어 있었지만 1970년대에 이르러 대 GENE-CON. (종합건설회사)도 참여하고 1975년 이후에는 준대 GENE-CON. 뿐만 아니라 공공사업 억제책으로 신규사업개척에 의욕을 갖는 화학회사, 상사, 화학기기 MAKER, 내장재, 가구 MAKER 등이 경쟁적으로 참여하고 있는 추세로 CLEAN ROOM관련 설비기기 제조기업도 증가해 CLEAN ROOM 시장의 범위도 상당히 증가했다.

보통 CLEAN ROOM의 통계에 대해서는 현재 정확한 통계자료는 없으나 이러한 이유는 CLEAN ROOM 자체가 이것을 건설하는 기업의 전략에 밀접하게 관계되어 있고 그 규모와 수준 등을 발표하는 것은 기업의 전략을 라이벌회사들에게 밝히려는 것이 되기 때문에 CLEAN ROOM 건설업자와의 극비계약으로 되고 있는 실정이다.

특히 반도체 MAKER에서는 다음 세대의 초LSI의 개발을 거쳐 치열한 경쟁을 하고 있는 상황이고 건설되어지는 CLEAN ROOM은 차세대의 생산 LINE도 염두에 두고 설계되는 경우가 많다.

이러한 것으로 CLEAN ROOM의 수준이 판단되어지고 그 MAKER의 반도체 개발전략이 노출되기 때문에 MAKER 각사들도 극력 공표를 꺼려하고 있다.

이러한 실정으로 CLEAN ROOM의 매상에 대하여는 추정수자 정도이고 위에서 밝힌 바와 같이 "대략 5,000억엔"이라고 한다.

그렇지만 일본의 산업기계공업회에서는 약 4,000억엔~5,000억엔으로 추정하고 있다.

일본공기청정협회, 산업기계공업회, 일본건재산업협회등에서는 CLEAN ROOM 전체는 물론 ICR, BCR의 구별과 CLEAN ROOM, CLEAN TUBE등 각각은 물론 특히 통계적인 숫자도 정확히 알고 있지 않다고 한다.

### 1-7 CLEAN ROOM의 시장구성

CLEAN ROOM이 2,000억엔을 초과하는 하나의 커다란 시장을 형성한 것은 1980년대 후반에 이르러서 부터이다.

1985년 이후 급성장의 원동력으로 된 반도체를 중심으로 하는 전자공업분야의 설비투자가 주로 이루어졌고 신장률은 둔화하였지만 안정된 성장을 지속하고 있다.

현시점에서의 수요분야별 구성비를 볼 때, 약간의 오차는 있지만, 전자공업분야 48%, 정밀공업분야 20%, 약품공업분야 14.8%, 의료분야 10.3%, 식품공업분야 5.5%, 기타 1.4%이고 이러한 구성비는 그다지 변화하고 있지 않다.

CLEAN ROOM시장은 공조위생설비업과 종합건설업에 형성되어 있다고 해도 과언이 아니다.

그 시장점유율은 공조위생설비업이 62%, 종합건설업이 33%정도로 추측되고 양업종을 합하면 실로 95%에 달하고 있다.

그중에서도 공조위생설비업의 점유율이 큰 것은 CLEAN ROOM의 시공이 건물부분보다도 공조주체의 공사로 되는 것과 청정도와 온, 습도, 실내압력 등 청정기술에 관하여 선행되고 있기 때문이다.

또, 수요자로부터 건설회사에 일괄 발주하기는 어렵고 공조위생설비회사와 합하여 발주 혹은 공조위생설비회사 단독의 발주로 되는 경우가 많기 때문에 양업종간의 시장 점유율 차가 나타나고 있다.

그 경향과 양업종의 수요분야별 구성비도 추측할 수 있다.

공조위생설비업은 전자공업분야 57%, 정밀공업분야 15.4%, 약품공업분야 12.8%, 식품공업분야 4.2%, 그외 2%로 특히 규모가 큰 전자공업분야에의 구성비가 크다.

이것에 비하여 종합건설업은 전자공업분야 30%, 정밀공업분야 29%, 약품공업분야 19%, 의료분야 14%, 식품공업분야 7.9%와 평균적인 수요분야로 구성되고 있다.

현재 CLEAN ROOM의 용도는 공업용 CLEAN ROOM, BIOCLEAR ROOM, 그리고 BIOHAZARD설비의 3가지로 대별될 수 있다.

그 구성비는 공업용 CLEAN ROOM이 67%, BIOCLEAR ROOM이 32%, BIO-HAZARD설비가 1%로 되어 있고 공업용 CLEAN ROOM이 전체의 약 2/3를 차지하고 있다.

이것을 시공업태별로 볼 때 공조위생설비업의 경우는 공업용 CLEAN ROOM이 70%, BIOCLEAR ROOM이 29.5%, BIOHAZARD설비가 0.5%로 공업용 CLEAN ROOM의 비중이 높다.

종합건설업의 경우에도 공업용 CLEAN ROOM이 61%, BIOCLEAR ROOM이 38%, BIO-HAZARD 설비가 1%로 거의 같은 상태의 경향을 나타내고 있지만 공조위생설비업에 있어서 BIOCLEAR ROOM의 점유비율은 해마다 증가되고 있는 것이 특징적이다. CLEAN ROOM의 시장동향을 파악하는데 시공방식별의 경향도 간과해서는 안될 중요한 판단요소의 하나라고 할 수 있다.

현재의 시공방식의 주류는 DOWN FLOW방식으로, 전체의 과반수를 점하고 있다. 이것은 CLEAN ROOM의 고성능화가 급속하게 진전하고 있는 것을 보증하고 있다. 또한 CONVENTIONAL은 40% 정도이고 GROSS FLOW방식은 수%전후로 추정되며 시공방식은 DOWN FLOW방식과 CONVENTIONAL FLOW방식으로 대별되고 있다.

이러한 상황에 입각하여 시장전체를 전망해볼 때 이후로도 CLEAN ROOM은 안정된 성장을 이룩할 수 있다고 예상된다.

견인차 역할을 하고 있는 반도체에서는 고집적화가 진행되고 있어 이에 대응하여 CLEAN ROOM 본체 등 관련설비기기도 보다 고성능화가 요구될 것이다. 더욱이 CLEAN ROOM 자체의 규모도 대형화되고 3,000~5,000㎡ 수준의 수요가 증가하고 있다.

한편 간단한 방식으로 대표되는 값싸고 일반적인 CLEAN ROOM의 등장에 의해 대기업 뿐만아니라 중소기업에서도 CLEAN ROOM에 대한 참여가 증가되고 있다.

지금까지 연구개발 분야를 주도하고 수요를 신장시켜온 것은 CLEAN ROOM부문이지만 제조공정에도 도입이 본격화되는 것에 맞춰 일반적으로 받아들여지는 중이고 그 시장은 주변기기를 포함, 확대일로에 있다.