

|||||||
特 輯
|||||||

최근의 냉동공조기제산업의 현황과 Clean Room 설비동향

서 석 청*

The Present Status of Refrigerating and Air-Conditioning Engineering Industry, and A Facilities Trends of Clean Room

Seok Cheong Seo*

1. 개 요

첨단기술 분야에서 불가결한 설비인 쾌적환경을 개척하는 냉동공조기제는 모든 산업 지원의 기본이 되는 역할을 하고 있다.

특히 요즘은 국제환경의 변화에 주목해 가면서 국제분업화로 무역마찰을 회피하고 질서있는 수출확대를 꾀하여 중공, 미국, 일본, 남미등에 대한 전략을 앞으로의 새로운 과제로 삼아야 되겠다.

환경시험의 고도화에 대응해서 Clean Room의 관련 기술개발은 물론 중요한 초, 극 저온의 연구개발도 박차를 가해야 되겠다.

냉동공조 기계분야에서 일본은 미국 다음으로 세계 제 2위로 중동, 동남아시아를 중심으로 해외에서 많은 신장을 하고 있다.

냉동공조 기계는 생활밀착형의 용도로 최근에는 초저온, Electronics, Bio Tech 등 High Tech. 산업을 지원하는데 없어서는 안될 설비로 등장하여 그 용도가 확실해 졌다.

국제적인 확장, 유통의 적정화 등을 전개하는 문제를 새로운 과제로 들 수 있다.

한편 공기조화의 영역은 다양화해져서 Clean Room, Bio Clean Room, 생물환경실, 전천후시험실, 원자력 시설, 교통기관, Tunnel 등에 공기조화의 기술이 적용되어 지역 열공급, 태양열 이용, 지열의 다목적이용, 폐열이용, 축열등에 너지 문제도 다루고 있다.

최근 Clean Room 산업은 초청정 공간을 만들어 내는 것으로 급속한 성장을 계속하고 있으며, 여러분야에서 그 필요성이 높아지고 있다. 제품의 기능면에서 정밀화, 초소형화로 공기중 눈에 보이지 않는 미세한 물질이 제조과정에서 제품에 부착해서 품질, 성능에 악영향을 미친다. 따라서, 이와같은 공장에서는 공장전체 또는 가장 중요한 제품공정을 청정한 공간으로 할 필요가 있다.

Clean Room은 제어대상에 따라서 Industrial Clean Room과 Bio Clean Room으로 나눌 수 있다. 전자는 주로 미립자를 대상으로 하는 반도체산업, 우주항공, 전자, 정밀공업 등이 있고, 후자는 세균이나 곰팡이 등의 생물입자를 대상으로 하고 있는 의료, 식품공업, 제약

* 正會員, 한국기제연구소, 책임연구원

공업 및 생명공학 등이 있다.

최근 각 분야에서 설비기능의 합리화, Flexibility 등 새로운 과제가 대두되고 있고, System과 더불어 고도화, 복잡화, 단순건축, 공조기술분야 뿐만 아니라 내부 기능면을 포함한 여러 각도에서의 기술적인 검토가 필요로 하고 있다. 따라서 Clean Room은 적극적으로 공기를 정화하는 역할을 갖는 공조 System 검토와 병행해서, 생산기능 System 및 공장 관리운영 System에 이르기까지 종합적인 기술검토가 이루어져야 한다.

Clean Room의 규격에는 미국 연방규격 209B 등을 참고하여 입점 $0.5\mu\text{m}$ 이상의 부유 미립자 농도 (1Ft^3 당) 값을 취하여 Class100~Class 100,000 등으로 부르고 있다. 최근은 규격외의 Super Clean Room이 대표적으로 반도체 제조업체에서 기술혁신으로 실제적인 수요에 따라 제작되게 되었고, Class 10 또는 $0.1\mu\text{m}$ Class10 등의 호칭도 사용되고 있으며, 현재 256 KDRAM 및 1M bit 생산단계에서 고집적화에 따른 연구, 개발 및 생산설비의 투자는 놀랄만하다. 생산면에 있어서는 제품의 질적향상을 목적으로 청정도, 온, 습도, 작업성 등의 조건을 비롯하여 진동소음, 안전, 방재, 공해대책 등 환경조건도 중요한 개발기술의 하나이다.

위와 같이 반도체 산업은 앞으로 생산성, 안전성 향상에 무진화, 무인화 방향으로 점점 진행된다고 생각되며, 자동화는 생산관리, Process 관리, 품질관리와 더불어 추진되고 있으며, 기술진보에 따라 전체내용에 균형있는 System 구성이 요구되고 있다.

그리고 Bio Clean Room은 앞의 기술한 바와 같이 공업용 Clean Room과의 차이가 미생물을 의미하는 "균"이라는 언어의 발단이 있고 Bio Clean Room의 기술은 Clean Room의 응용이면서도 본래 그 대상을 다르게 한 것에서 그 발달의 역사와 형태가 다르다.

Bio Clean Room은 우선 격리된 공간일 것이

며, 그 속에서 실시되는 작업에 대하여 특정의 표준상태를 유지하기 위해서 온도, 습도, 기압, 이 제어되고, 생물성입자, 비생물성 입자도 제어 시킨다. Bio Clean Room이 사용되고 있는 분야는 의료시설, 의약품, 식품, 생물연구소, 동물실험시설, 유전자교체 DNA 연구시설 등이 있다.

식품공장의 GMP (Good Manufacturing Practice)나, 실험실의 GLP (Good Laboratory Practice) 등 이런분야에서 생물학적 위험성 (biological hazards)이 따르는데 이를 방지하기 위한 Bio Hazard 설비가 요구된다.

Bio Hazard 대책시설에서 안정성 확보가 제일 우선이고, 유지성, 기능면도 종합 고려하여 효과적이면서도 신뢰성, 경제성을 갖는 시스템 설계쪽으로 지향하고 있다.

Industrial Clean Room과 Bio Clean Room 분야에서 가장 유의해야 할 것은 미립자 발생인데, 이는 작업원 및 작업원이 외부에서 들어서 들어오는 경우가 있어서, 이들 공기중 미립자 및 먼지에 부착해서 생물성입자로 부유하고 있는 것을 배제하기 위해서는 공조설비의 급, 배기구에서 고성능 필터로 제진하는 것이 무진 무균화를 달성하는 길이라고 볼 수 있으며, 이런 기술을 확립하기 위해서는 고성능필터(HEPA Filter)의 기술개발 등 관련되는 분야의 기술발달에 따르는 것이 크다고 볼 수 있다.

2. 국내, 외 시장동향

국내, 외 시장동향에서 금회에는 일본의 동향에 대해서 설명하기로 하면, 냉동공조기제산업의 경우, 최근 10년간 년평균 10% 이상의 성장을 했으며, 특히 1984년도에는 생산고가 1조 6천 4백억엔, 출하고가 1조 5천 3백억엔으로 내용적으로는 소형 에어컨, 패키지 에어컨, 카-에어콘의 3기종이 전체의 74%를 차지했다.

소형에어콘이 5천 2백억원, 전년대비 116%, 패키지 에어컨의 사업소 수요의 증가를 반영해서 2천억원, 전년대비 128%, 카-에어콘이 4천백억원, 전년대비 114%이다. 그리고 냉동기, 리빙유니트, 쇼-케이스 등이 약 26%로 평균 전년대비 103%이다.

일본기계산업의 약 80 조엔의 출하액중에서 3분의 1이 일반기계산업이다. 이 중에서 냉동공조기계산업은 엔지니어링 산업과, 정보소프트 산업을 제외하고, 제일 큰 규모로 이것을 산업기계중에서 7%에 해당하는 1조 6천억엔이다.

일본에서의 Clean Room 시장규모는 1981년도에 474억 5천만엔으로 추정되고 있다. 과거 4년간 연평균 성장률은 48.3%로 Electronics 분야를 중심으로 시장은 높은 성장율을 계속해 왔다.

I.C.R 분야는 IC.LSI의 고집적화에 수반해서 고청정도의 Clean Room이 연간 60% 성장될 것으로 추정되고 있고, B.C.R은 연간 30-35% 성장될 것으로 추정되고 있다. 그리고 C.R기기에서 중요한 일부분을 점유하고 있는 Air Filter의 전체시장규모는 1981년도에 130억엔 시장이었다. 여기서 Clean Room에 사용

되는 HEPA Filter는 38%로서 48.7억엔으로 추정된다.

최근 HEPA Filter의 신장은 반도체, 정밀기계, 약품공장, 병원, Bio Clean Room의 신장에 비례하여 연간 30%의 신장을 나타내고 있다.

참고로 100 RT 이상되는 Centrifugal & Absorption Chillers의 세계시장 수요(1984)년도를 보면 다음 그림과 같다.

3. 연구동향

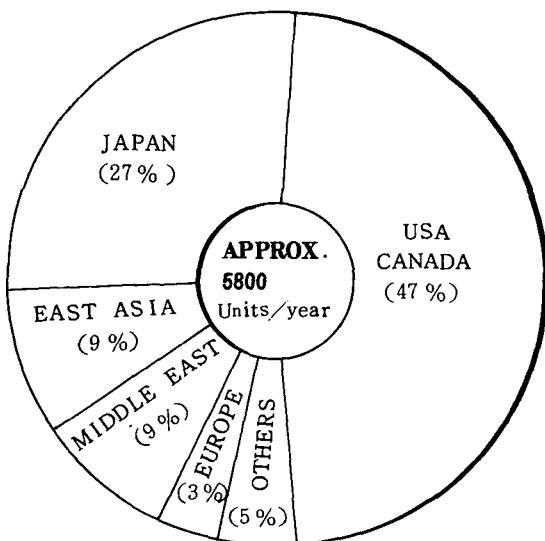
미국 냉난방 공조학회인 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.)의 동향이 일본을 비롯하여 여러나라의 연구동향에 영향을 주고 있으며, 인체 열환경, 복사열환경, 온감각, 쾌감각표시법, 비정상 부하계산등의 기본적인 문제가 다시 취급되고 있다.

1970년도에 NBS(National Bureau of Standard)와 ASHRAE의 주최로 건축환경공학에서의 Computer 이용에 관한 제1회 Symposium이 개최되어 59건의 논문이 발표된 적도 있었다.

특히 실내환경문제에 대해서 일본 공기청정협회에서는 공기 Filter의 설치 기준을 발표했으며, 고도의 청정도를 요구하는 여러 공업분야의 Clean Room 수요와 그 성과를 취급하였으며, AACC(American Association for Contamination Control)에 논문이 발표되기도 했다.

냉동공조산업은 high-tech. 산업의 지원형 인간의 환경과 식품산업에 기본적인 주도역할을 담당한다고 볼 수 있다. 또 건설, 농림수산 운수의 각 산업 등 생산에서 유통, 판매, 소비까지 관계되는 분야가 넓다.

그리고 첨단기술 분야쪽으로 반도체, 우주, 항공, Bio-Tech.가 있고 초저온, 극저온과



Clean Room, High-Tech 의 요소(要素), High Tech. Support 분야가 있다.

또한 Clean Room은 건축, 공조공학, 의학, 원자력분야 등의 공동 집합체의 High-Tech. 분야라 볼 수 있다.

1) 냉동 공조분야

냉동 공조분야에 있어서의 최근의 연구활동은 그 내용이 압도적으로 전열관계가 많다. 에너지 관련은 열회수, 축열기술 등 System 응용과 열수지의 Simulation이 많이 나왔다. 또한 빙축열이 실용화 수준으로 등장했다.

그러나, 민생용 에너지원은 도시가스로의 경향이 계속되고 있고, 가스 냉운수기가 소형의 이중효용 등 여러가지가 개발되고 있다. 더불어 One Side 발전, 구동원으로서 이용하는 Total Energy Sys. 의 수 많은 실시예가 보고되었다.

Heat Pump의 개발, 이용은 여전히 한창이고, 급탕용 고온 Heat Pump, 산업용 고온 흡수식 Heat Pump 역시 활발하다.

에어콘, 냉동장치에 있어서 IC, 마이콤의 이용은 활발하고, Inverter의 활용도 정착된 상태이다.

자동제어면에서도 IC, LSI를 구성한 Sensor, 변환기, 조절기의 활용뿐만 아니고, DDC수법(Direct Digital Control)이 활용되기 시작했다.

거주환경에 있어서 공기정화에 관해서는 흡연, 비흡연시의 실내공기 환경의 비교, 담배연기의 비흡연자에 대한 장애, 담배의 조화의 억제, 개별실에서의 공기청정기의 평가법, 배기구멍이 가까이 있는 경우의 취입구 공기의 오염 추정법 등이 보고 되었다.

그밖에 유해물질의 확산방지를 목적으로 하는 환기법에 관해서는 실험실의 Fume Hood의 제어, 의료시설의 Fume Hood의 설계와 응용등이 보고 되었다.

공조의 본산은 실은 미국이다. 식품관계는기

계시스템을 비롯해서 유럽쪽이다. 그러나, 2차 대전이후 비즈니스의 지도성을 통감한 일본은 미국과 적극적인 기술협력과 비즈니스협력으로 현재 세계 2위에 이른 것이다. 보통의 냉동공조는 저온으로는 마이너스 30도, 고온으로는 푸러스 60도까지의 범위를 컨트롤하는 것이라 했다.

요즈음은 우주개발이 시작되어 급속히 변화가는 과정이다.

우주비행시에는 지상에서 경험하지 못했던 마이너스 80도의 지역을 통과한다. 따라서 초저온에서의 환경시험은 필요해졌다.

또, 지금은 High-Tech. 시대에 접어들었다.그 대표적인 것이 반도체의 제조과정중에서 실리콘 웨이퍼에 흠을 내는 것으로 이 공정은 초진공 상태에서 구멍을 내는 것으로 급속을 증착시키고 곳에서 필름을 만드는 작업이 충분하다는 것을 알 수 있다. 초진공에서는 처음에는 마이너스 120도 정도의 냉동이 가능하면 충분했으나 최근은 더 낮은 쪽으로 요구되고 있다. 곧 반도체의 제조과정에 있어서는 반드시 초저온이 필요한 것이다.

최근 Bio-Tech.에서 생물을 살아있는 상태로 보존하기 위한 기술이 필요하게 되었다. 이것도 처음에는 마이너스 80도 정도의 온도에서 보존할 수 있다고 알았으나, 더 오랜기간 보존하게 하려면 마이너스 180도 정도의 온도로 하는 편이 보존상태가 좋다는 것을 알게 되어서 다른업계의 기술을 만족하기 위하여 저온의 필요범위가 점점 낮아지게 된 것을 알 수 있다.

저온 극한의 절대온도 0(零)도 부근에서 초전도(超傳度)라는 용도가 나오므로 이것이 에너지를 만드는 핵융합에도 이용되게 되었다. 이것은 발전기, 전자석 등에도 사용되기 시작한 것을 알 수 있다.

또 초전도의 이론과 같으나 아주 적은 에너지로 빠른 속도로 계산되어지는 소자가 조셉슨

소자이다. 이것을 모두 초저온, 극저온이 필요하게 되었다. 현재까지 조셉슨 소자를 사용하는 제 5세대 컴퓨터의 개발이 세계각국에서 개발중이다. 이 개발중에서 극저온의 기술이 불가결의 것으로 냉동 기초기술에서 세계에서 일련의 컴퓨터 메이커가 유리한 조건을 갖추는 것은 이 때문으로 현재 예측하고 있다.

2) 특수 공조분야

반도체 산업이 앞으로 2~3년내에 $0.1\mu\text{m}$ 까지 기준 크기를 낮출 것이 요구되고 있어서 Clean Room 기술의 거의 전분야에서 연구가 활발히 진행중에 있다.

먼저 오염 입자 발생 등에 관한 기초 자료가 완전히 재구성되어야 하고 청정의 및 내장재 재료도 새로이 개발되어야 하며, 현재 UL-PA 필터가 시판되고는 있으나, 최대투과 크기가 $0.1\mu\text{m}$ 정도이므로 최대투과가 $0.1\mu\text{m}$ 보다 작은 입자에 대응하도록 필터여지에 개선이 요구된다. 그리고 이를 측정할 수 있는 새로운 측정기술의 확립이 요구되고 있다.

공기중의 부유 미세분진을 대상으로 한 공기정화와 건물의 압력을 조정하는 기술은 Clean Room에 있어서는 입경 $0.1\mu\text{m}$ 이상의 먼지입자가 1ft^3 에 10개 이하라는 Super Clean Room이 초 LSI 제조시설에서 실용화되게 되었다.

이 기술에 관련해서 가습수의 미생물 오염과 공중 부유균에 관한 조사연구, Clean Tunnel에 있어서 유인방지(誘引防止), Submicron 입자의 제척, 제거대책에 관련하여 Submicron 입자의 발생기술에 관한 위원회 보고, Bio-hazard 방지시설에 실험 동물시설 등의 Bio hazard 대책에 관한 특집, HEPA Filter의 여지 효율과 그 검사법, 생물학적 안전 Cabinet의 생물학적 검사등이 보고되었고,

그 실시예로서는 병원, LSI 공장, 의약품 제조공장, 실험동물 사육설비 등의 Clean Ro-

om, 병원의 수술실, Plastic Film 공장의 Clean Room 등이 보고되었으며, 그 내용이 해설적으로 되어 있는 것이 많은 첨단기술에 관계되는 부분이 있기 때문에 부득이 하다고 보겠다.

최근에는 병원의 원내감염의 방지, 수술실이나 중환자의 회복실의 Bio-Clean Room의 연구가 활발하다. 일반 실내의 공기 분포도 커다란 문제로 커다란 공간 건축물이 모형실험을 위해서 어떤 조건하에서 닮은(相似)조건으로서 아르키메데스수(數)를 들 수 있다.

특수한 것은 Clean Room이 소규모적인 장치생산에서 대규모적인 건설에 까지 대단한 공동집합체의 기술분야라는 것이다. 이것은 이상하게 반도체분야로 가해져서, 제약공업에서의 Bio-Clean Room의 필요성, 한층 더 나아가서는 식품공업에의 확장에 따르게 된 것이다. 이 Clean Room의 호조는 본 분야에 있어서 생산면 뿐만 아니고 연구개발에도 많은 자극을 주었다.

4. 결 론

극한환경기술(極限環境技術)은 기계산업의 중요한 기술로서 이와 관련되는 냉동공조기술분야의 High - Tech를 포함한 기술개발에 대한 지원 필요성이 크게 강조되고 있다. 따라서 초저온, 극저온, Clean Room 또는 초진공, 여러가지 요소기술을 위한 개발에 대해서는 첨단기술세계 7%의 감세가 결정되어 현재 일본에서 시행되고 있는 실정으로서 우리나라 첨단기술발전을 위해서 과감한 대책이 수립되어야 하겠다.

그런 의미에서 냉동공조기계산업은 단적으로 산업의 크기만이 아니고, 기술면에서도 첨단기술의 중요한 요소로서 전체 첨단산업 발전을 위한 기초요소라 해도 과언은 아니다. 기술이 아주 복합화되어 있고, 특히 냉동 공조기술 진

보라는 새로운 차원에서 소재라든가 또는 Sensor 나 Mechatronics 등 여러가지 기술 융합에 의해서 점점 크게 넓게 확산되어 가는 감을 받는다. 그런 의미에서도 다른 업종과의 공동 개발이라든가, 다른 기술에도 인배하면서 융합하여 나아가는 것이 중요하다고 생각되며 국가에서도 이를 위해 적극적인 지원을 아끼지 않아야 된다.

우리나라에서는 요즘 급격히 반도체 공업이 활발해짐에 따라 Clean Room에 대한 수요가 날로 증가되고 있는 실정이다. 그러나 아직까지 연구 개발된 실적은 부진한 실정이며 약 20개의 Clean Room 관련업체가 있는데 이 중 대부분이 부속설비를 제작 판매하는 실정이며, 단지 공조기기 메이커와 필터 제조 메이커에서 몇몇 외국기업과의 기술 제휴로 실질적인 제조에 임하고 있는 실정이다.

일본도 초기단계에는 국가적인 차원에서 Science and Technology Agency의 원조에 의해 연구 개발이 이루어 졌으며, 초기에는 장비들을 수입했고, 그 다음 단계에는 장비들을 일본 자체에서 조립했고, 마지막에는 이러한 장비들이 일본규격 명세서에 따라 제조되었다는 것을 볼 때 국내 관련업체에서도 Contamination Free Air System의 필요성을 깊이 인식하여 Clean Room 조사 및 연구 개발에 좀더 역점을 두었으면 한다.

Clean Room의 규모가 대형화 됨으로써 처리 풍량도 커져서 운전비용의 대부분이 송풍동력비가 차지하게 되었다. 곧 Air Filter의 에너지 절약 대책은 그 압력 손실을 내리는 것으로 앞으로 저압력손실 HEPA, ULPA Filter의 압력손실 특성에 관한 연구가 계속되어야 하겠다. 특히 HEPA Filter는 물론 ULPA Filter에 대해서 그 성능보증을 위한 계측기 및 계측방법의 확립이 이후의 중요한 과제가 될 수 있다고 보겠다.

KAIST에서 현재 최적설계 기술의 국내 정립

을 위하여 설계 기본 자료수집과 Simulation Model 확립을 통한 설계 최적화에 관한 연구가 수행중에 있으며, 금년 들어서 KIMM에서 HE-PA Filter 국산화를 위한 기초연구를 시작하였으며 품질보증체제의 기법에 관한 확립이 아울러 연구 검토되고 있다.

그리고 일부 대학에서 Clean Room내에서의 변화특성에 관한 연구, 대기 중의 부유 미립자의 농도에 관한 연구 등, 또 일부 업계에서도 설계기술의 고도화를 위한 자체 연구가 시작되고 있으며, Sub Micron 분진 제어장치와 측정기술의 개발에 대한 연구도 금년 하반기부터 시도되고 있는 것으로 알고 있다.

그러나 Class 100보다 높은 청정도가 요구되는 Clean Room의 성공적 설계 제작에는 공장의 운전경험과 공정상의 특성 등을 세밀하게 검토하여 이를 충분히 참고할 수 있도록 Clean Room의 사용자와 설계 제작 업체 그리고 산학연의 관련분야 전문가들이 긴밀한 상호협조와 지속적인 대화가 이루어질 수 있도록 조정 및 장려될 수 있는 대책이 강구되어야 하겠다.

앞으로 각 기종의 신장과 관련해서 일반적인 생활의 질적인 향상의 요구가 높아질 것이고 생활공간의 유통, 지역 냉난방의 확대, High-Tech를 중심으로 한 산업지원형의 역할이 업계를 중심으로 해서 중대될 것이다.

첫째, 기술혁신에 적극적인 참여로 생활면에서 질적인 향상에 대한 요구에 대해서 업계에서는 기술면에서의 상품력의 향상으로 대응하고,

둘째, 수출정책 국제환경의 변화에 적극대처하기 위해서는 생산도 포함하여 질서있는 해외사업의 확대가 필요하다.

셋째, 산업지원형의 설비, 지역 냉난방 등 타 업계와의 연계도 강화해 나가면서, 첨단 기술분야에서의 냉동공조기계 산업의 중, 장기 계획이 수립실천될 수 있는 정책적인 배려와 산학연 협동체제가 꾸준히 조성되어야 하겠다.