

국내 공기청정산업 현황 및 기술개발 동향

배귀남(한국과학기술연구원)

한화택(국민대학교)

유경훈(한국생산기술연구원)

김용진(한국기계연구원)

1. 머리말

인간은 공기와 더불어 살아가고 있는데, 산업이 발전함에 따라 공기의 중요성이 다양한 측면에서 새롭게 인식되고 있다. 과학기술의 발달로 초정밀, 고순도, 무균의 제조공정이 요구되고, 대기오염의 심화, 건물의 밀폐화, 지하공간의 활용 등 생활환경이 복잡해지고 다양화됨에 따라 자연상태의 공기환경에서는 제품을 생산할 수 없게 되고, 인간의 건강에 치명적인 영향을 줄 수 있는 상황에 이르렀다. 또한, 첨단제품의 생산으로 경제성장을 이루게 되고, 이로 인해 전반적으로 생활수준이 향상되어 삶의 질을 생각할 수 있는 여유가 생기게 되었다.

지금까지 공기청정산업은 제품생산과 관련되는 클린룸 분야가 주류를 이루었으나, 최근 들어 국민의 생활공간인 실내공간, 지하공간에 대한 관심이 높아지고 기술개발에 대한 수요도 증가하고 있다. 또한, 열악한 작업

환경의 개선을 위한 노력도 이루어지고 있으며, 급속한 산업발전 및 경제성장의 부산물로 대기오염이 심각한 수준에 이르러 대기오염제어에 집중적인 기술개발이 이루어지고 있다. 이처럼 공기청정산업이 크게 부각됨에 따라 금년에 한국공기청정협회가 정식으로 발족되었으며, 이것을 계기로 국내 공기청정산업의 현주소를 점검하는 것이 의미있는 일이라 생각된다.

공기청정산업은 공기중의 입자상 및 가스상 오염물질을 제거하여 청정한 공기환경을 조성하는 산업으로, 그 적용대상은 생산공간, 사무공간, 주거공간, 작업공간, 지하공간 뿐만 아니라 의료공간 등 매우 광범위하다. 이와 관련된 공기청정기술은 국가 경쟁력 확보의 관건이 되는 과학산업과 첨단기술산업의 생산수율 향상을 선도하는 핵심적인 생산기본기술이며, 국민의 생활환경을 공기오염으로부터 적극적으로 보호하여 삶의 질을 높여주는 공공복지기술이다. 본 고에서는 공기청

정산업을 크게 클린룸 분야, 실내환경 및 지하환경 분야, 작업환경 분야, 그리고 대기오염 분야로 나누어 각 분야의 시장 현황과 기술개발 동향 등을 살펴보고자 한다.

2. 클린룸 분야

첨단기술의 초정밀화, 고순도화, 무균화 추세에 따라 첨단제품은 청정한 환경인 클린룸에서 생산되고 있는데, 제품의 제조과정에서 오염물질이 제품에 부착하여 성능을 저하시키거나 불량률 초래함으로써 제품의 생산수율을 떨어뜨리는 문제가 발생되고 있다. 이와 같이 오염물질에 의한 문제를 총체적으로 해결하는 기술이 클린룸 기술이며, 생산기본

기술로 요구되고 있다. 클린룸은 미소 입자 오염이 주로 문제가 되는 반도체, LCD, 전자, 신소재, 정밀기계공업, 반도체용 화학약품을 제조하는 화학 공장 뿐만 아니라 미생물 오염이 문제가 되는 병원, 의약품 공장, 식품 공업, 농업 분야 나아가 우주개발에서도 사용되고 있다.(그림 1 참조)

국내 클린룸 산업을 선도하고 있는 반도체 산업의 경우 16Mb DRAM을 양산하기 위해서는 0.1 μ m 이상의 입자가 공기 1ft³ 내에 1개 이하로 제어되는 초청정 클린룸 시설과 반도체 제조장비, 재료·유틸리티 등이 요구되며, 이러한 것은 클린룸 기술에 의해 실현되므로 6,000억원 이상의 막대한 설비 투자비가 소요된다.

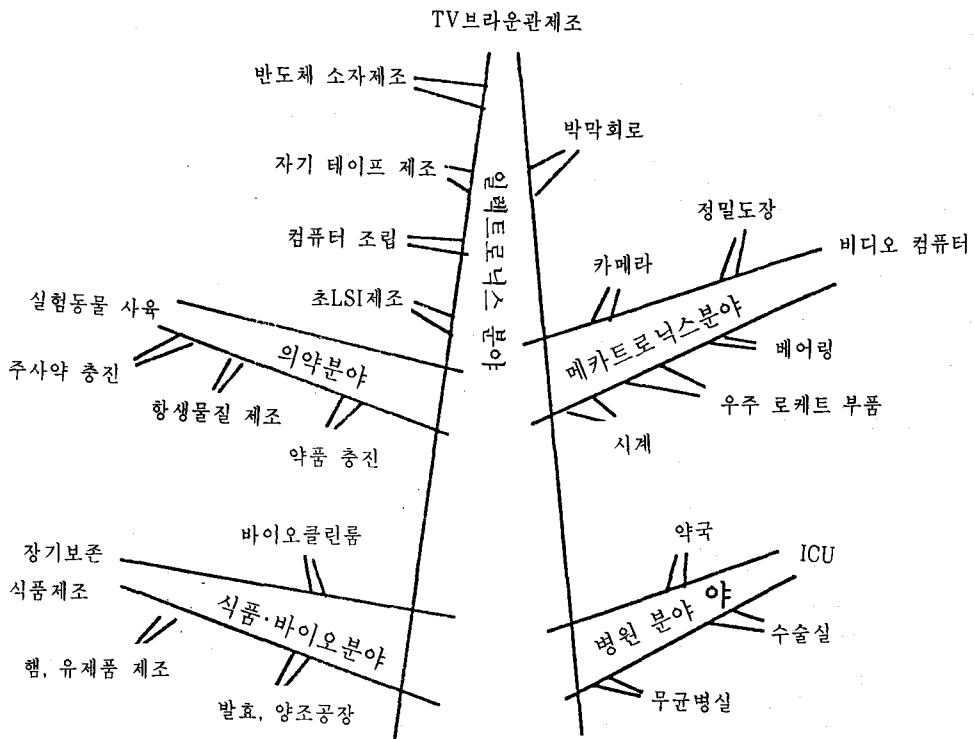


그림 1. 클린룸 사용 분야

64Mb DRAM의 경우 1조원 이상의 설비 투자비가 소용된 것으로 추정된다. 이처럼 투자효율이 매우 저조해지고 있는 추세이므로, 반도체 생산업체와 관련 지원업체가 공동으로 투자효율을 개선하기 위한 연구개발에 박차를 가하고 있다.

2.1 클린룸의 보급 현황 및 시장 구조

우리나라에서는 1960년대 경공업 제품을 수출하면서 클린룸의 필요성에 대한 인식이 싹트기 시작하였고, 당시에는 일부 제약회사와 병원의 수술실에서 클린룸 설비 전체를 수입하여 만든 바이오 클린룸을 사용하는 정도였다. 이렇게 시작된 우리나라 클린룸의 역사는 30년 정도 되지만, 70년대의 중공업 시대와 80년대의 중화학 공업 시대를 거치면서 이룬 고도의 경제성장과 반도체 산업과 같은 첨단산업의 급속한 성장에 힘입어 현재 국내 클린룸 시장은 2500억원 이상으로 추정되고 있다. 특히, 80년대 후반부터 국내 반도체 회사에서도 1Mb DRAM 이상의 초고집적 회로의 반도체 칩을 개발, 양산함에 따라 초청정 클린룸이 필요하게 되어 클린룸 산업도 양적 및 질적으로 급속한 성장을 이루게 되었다.

한편, 1962년 미국에서 품질이 우수한 의약품 제조를 위해 규범으로 발표된 GMP의 개념이 국내에도 도입되어 1977년에 보건복지부에서 “우수의약품 제조 관리 기준(KGMP)”을 제정하였다. 의약품의 수출 및 고품질의 신뢰성에 따른 국제 경쟁력 강화 등의 필요에 의해 정부에서 적극적인 시책을 펼쳐, 보건복지부로부터 지정된 KGMP 기준 적격업체가 80년대 중반부터 생기기 시작하

여 1991년말에는 75개에 이르렀다.

최근의 클린룸은 초청정을 지향하는 초청정 클린룸과 실내의 기류가 비단일방향류 분포인 저청정의 범용 클린룸으로 양극화 현상이 뚜렷하게 나타나고 있다. 저청정의 범용 클린룸은 기계가공이나 도장 등 종래에는 클린룸을 필요로 하지 않던 산업에도 도입되고, 매우 많은 산업에서 입자부착에 의한 제품 불량을 억제하는 것이 필수불가결하게 되고 있다.

한국공기청정연구조합이 1992년에 실시한 설문조사에 의하면 당시 국내에 200개 이상의 클린룸이 사용되고 있었다. 세계적인 수준에 있는 국내 반도체 산업의 영향으로 공기 청정도 등급 10 이상의 초청정 공간이 40% 이상을 차지하였으며, (그림 2 참조) 클린룸 청정공간의 면적은 100평 이하가 32%, 100~500평이 53%, 500평 이상이 15% 정도를 차지하고 있었다. (그림 3 참조) 우리나라에서 사용되고 있는 클린룸의 용도별 구성비를 보면, 산업용 클린룸이 67%, 바이오 클린룸이 32%, 바이오 하자드 설비가 1%로 되어 있어 산업용 클린룸이 전체의 약 2/3를 차지하고 있다.

국내 클린룸 시장은 공조위생설비업체가 62%, 종합건설업체가 33% 정도 점유하고 있어, 이들 업종에 의해 클린룸 시장이 형성되어 있다고 할 수 있다. 공조위생설비업체의 점유율이 높은 것은 클린룸의 시공이 건설 부문보다 청정도와 온·습도, 실내 압력 등 청정기술과 관련된 공조 부문이 중심이 되기 때문이다. 건설회사에서 일괄 수주하기는 어렵고, 공조위생설비회사와 함께 수주 또는 공조위생설비회사 단독으로 수주하는 경우가 많기 때문에 양업종간의 시장 점유율에 차이

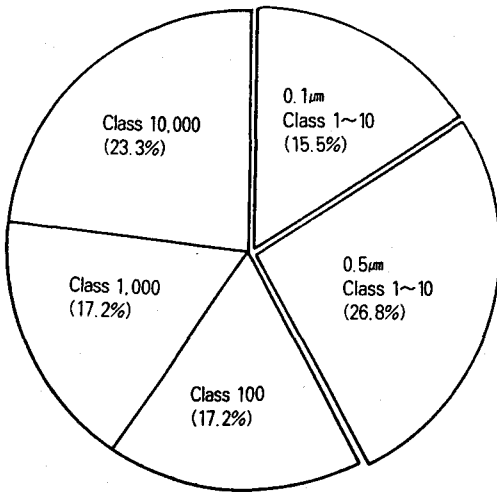


그림 2. 산업용 클린룸의 공기 청정도 분포 (1992년)

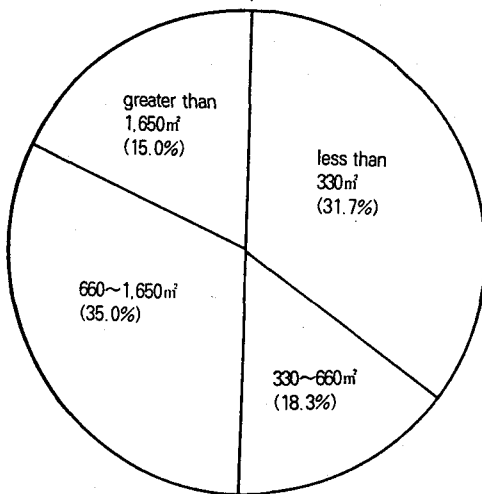


그림 3. 산업용 클린룸의 청정공간의 면적 분포 (1992년)

가 나타나고 있다. 그러나, 최근 반도체 등 첨단 산업에 대한 클린룸 시공은 점차 종합건설 회사에서 일괄 수주하여 공사하는 경우가 많아지고 있다. 이러한 국내 클린룸 시장 규모

는 1990년에 1,000억원을 돌파하였고, 현재는 클린룸 및 관련 기기류를 포함하여 2,500억원 정도로 증가하였을 것으로 추정된다.

2.2 클린룸 기술개발 동향

2.2.1 지금까지의 기술개발 현황

1980년대 대기업들이 첨단산업 분야에 집중적으로 투자함에 따라 클린룸의 수요가 급속히 증대하여 항온항습장치, 소형 냉동장치, 공기조화설비를 해오던 중소기업들이 클린룸 시장에 뛰어들기 시작하였다. 그리하여 80년대 중반에는 클린룸 관련 기업이 50여개에 이르렀으나, 대부분 축적된 클린룸 기술도 거의 없는 영세한 중소기업으로서 현실적으로 많은 어려움에 부딪히게 되었다. 따라서 클린룸 및 환경제어 기술의 자주적 개발과 국제 경쟁력을 강화하고, 관련 산업에 산재한 모든 문제점을 공동의 노력으로 해결하기 위하여 국내 21개 관련 업체 및 연구소들이 1986년 10월에 한국공기청정연구조합을 설립하게 되었다.

정부의 정책적인 뒷받침에 의해 주로 과학기술부와 산업자원부의 재원으로 정부출연연구소와 한국공기청정연구조합이 중심이 되어 클린룸 관련 연구를 수행하여 왔으며, 최근에 일부 대학에서도 관심을 갖고 연구를 수행하고 있다. 1993년까지 수행된 클린룸 관련 연구과제는 약 50개에 이르렀다.

지금까지 수행된 연구과제의 내용을 보면, 초창기의 클린룸 기술 현황 파악 및 시스템 개발, 고성능 필터 개발 등에서 점차 주제가 다양화되고 구체화되어 내장재, 바닥 패널, Clean Line Unit, 국부 초청정 장치, 공기중 입자계측기, Air Ionization System, Fan Fil-

ter Unit, 초청정 클린룸 시스템, 미립자 발생 및 측정기술, 웨이퍼상의 오염제거기술 등 세부요소기술도 연구개발되었다. 현재는 국부청정 SMIF 시스템, Chemical Air Filter, Boron Clean Filter, 클린룸내 암모니아 모니터링 시스템, 진공중 입자측정기술과 같은 첨단기술도 개발되고 있다. 또한, 클린룸 설계 및 건설회사에서는 다양한 에너지 절약기술을 개발하고 있다. 그런데, 1988년부터 4년 동안 국책과제인 극한기술의 초청정 기술개발의 일환으로 수행된 3개 연구과제를 제외하면 대부분의 연구가 산발적으로 이루어지고, 단품개발에 편중되어 있어 체계적이고 종합적인 클린룸 기술개발이 요구된다.

일찍이 국내 업계에서는 클린룸에 관한 기준의 중요성을 인식하여 국제적인 추세에 부응함과 동시에 국내 실정에 맞는 클린룸 시스템의 설계, 시험, 측정 및 시공제작, 운전관리 등 종합적인 클린룸 기술기준을 제정하기 위하여 과학기술부의 특정연구개발사업의 일환으로 한국과학기술연구원과 한국공기청정연구조합이 공동으로 연구를 수행하여 만든 "청정실 기술기준"이 1994년 9월에 국립기술품질원으로부터 단체규격으로 승인을 받았다. 앞으로 이 단체규격에 의거하여 심사요원을 선발 및 등록하여 청정도 등급 인증제도를 실시하고, 각종 기기 및 장비에 대한 단체규격을 제정할 계획이다.

클린룸의 중요성이 점차 증대함에 따라 각국의 상이한 관련 규격의 국제적 통일화, 기업체의 부담 완화, 클린룸 시장 및 투자의 확대, 실질적인 기술개발과 개발도상국으로의 기술이전의 촉진을 목적으로 클린룸 및 청정환경 관리의 국제 표준화 작업이 ISO/

TC 209를 중심으로 현재 한창 진행되고 있다. 이와 같은 국제적 표준화 움직임에 대응하기 위하여 현재 우리나라는 국립기술품질원의 산업표준심의회 내에 클린룸 환경관리 전문위원회를 설치하고 대책팀도 구성하였으며, 간사기관으로 한국공기청정연구조합이 활동하고 있다. 현재 한국은 정회원으로서 ISO/TC 209에 적극적으로 참여하고 있으며, 1997년 10월에는 총회를 서울에서 개최하기도 하였다. 한국공기청정연구조합에서는 ISO/TC 209 전문위원회를 신설하여 국제 표준화 작업 관련 국제회의의 참석 및 관련 문서의 검토작업을 수행하고 있다.

한편, 국내에서는 미국이나 일본과 달리 클린룸 기술에 대해 여러 연구소와 대학, 산업체간의 연구가 콘소시움과 학회를 통하여 거의 수행되고 있지 못하다. 그러므로, 국내 반도체 회사들이 당면하고 있는 실제 문제에 대한 기술개발 수준까지는 전반적으로 나아가지 못하고 있는 실정이다. 1994년 9월에 국내 에어로졸 전문가들을 결집하여 클린룸 기술을 학술적으로 접근하고자 한국에어로졸 연구회가 결성되었다. 따라서, 클린룸 기술의 국내 자립화를 위해서는 국내 인적자원의 최대 활용을 통한 체계적인 연구가 절실히 요구된다.

2.2.2 기술개발 동향

초청정 클린룸을 필요로 하는 반도체, LCD 산업 등이 국내 클린룸 기술을 선도하고 있으므로, 무정전 내장재, Chemical Air Filter, Fan Filter Unit, SMIF 시스템과 같이 초청정 클린룸에 사용되는 제품개발에 국내 업체들이 많은 관심을 갖고 투자를 하고 있

다. 본 고에서는 초청정 클린룸과 관련하여 향후 클린룸 기술개발 동향에 대하여 살펴보고자 한다.

대부분의 제품은 제조과정에서 공기가 포함된 공간에 노출되므로, 공기중의 오염물질에 의한 오염이 가장 먼저 문제가 되고 있다. 그러므로, 클린룸 기술 중에서도 공기중 오염제어 기술이 가장 중요하며 파급효과도 매우 크다. 공기중에 포함된 오염물질로는 입자가 가장 중요하고, 바이오 클린룸 이용분야에서는 미생물이 중요하다. 반도체 제조 기술의 급격한 발달로 인해 반도체 산업에서는 공기중에 포함된 미소 입자 뿐만 아니라 이온, 중금속, 유기물질, 유해가스 등도 오염물질로 인식되고 있다. 이러한 오염물질이 일정 수준 이하로 제어된 초청정 공간을 확보하기 위해서는 오염물질 계측 및 평가 기술, 오염물질 포집 및 제어 기술, 초청정 기기 및 장치 등이 필요하다.(그림 4 참조)

현재 클린룸 기술을 선도하고 있는 반도체 산업의 경우 반도체 칩의 수율은 웨이퍼 표면의 오염 정도에 좌우되며, 클린룸, 작업자, 제조장비, 재료(실리콘 웨이퍼, 초순수, 가스, 화학약품) 등이 웨이퍼의 주된 오염원이다. 이것들이 웨이퍼 표면에 오염을 일으키는 경우는 제조라인의 수준이나 공정의 종류에 따라 다르다. 반도체 제조설비에 있어서 미소 입자의 오염 기여율은 클린룸, 작업자로부터 제조장비와 재료로 이동해 가고 있다. 즉, 필터의 성능 향상 등에 의해 "클린룸"의 기여는 낮아지고, 클린룸용 의복, 관리기술의 진보나 자동화의 진전에 의해 "작업자"의 기여도 급속히 낮아지고 있다. 이에 반해 "제조장비", "재료"는 청정화의 속도가 늦어 상대적으로 오염에 대한 기여가 증대하고 있어 큰 문제로 되고 있다. 따라서, 웨이퍼 표면을 청정하게 유지하기 위해서는 이들 오염원을 청정하게 만드는 기술이 필요하다. 이와 관련된 클린룸 기술을 기술 특성별로 분류하면 그림 5와 같다.

산업의 고도화로 기술개발의 주기가 매우 짧아짐에 따라 가까운 장래에는 현재보다 더욱 고밀도, 고성능의 전자제품을 생산하기 위한 초청정 클린룸이 필요하게 될 것이다. 이처럼 클린룸이 질적으로 고도화되면 필연적으로 건설비와 운전비도 팽창하게 된다. 따라서 막대한 건설비와 운전비를 절감하기 위하여 불필요한 사양의 배제, 절대적으로 필요한 청정공간의 구축에 많은 노력을 기울일 것으로 예상된다. 또한, 지금까지의 클린룸은 인간은 도외시하고 오로지 제품생산의 관점에서 설계, 건설되어 클린룸 내의 작업

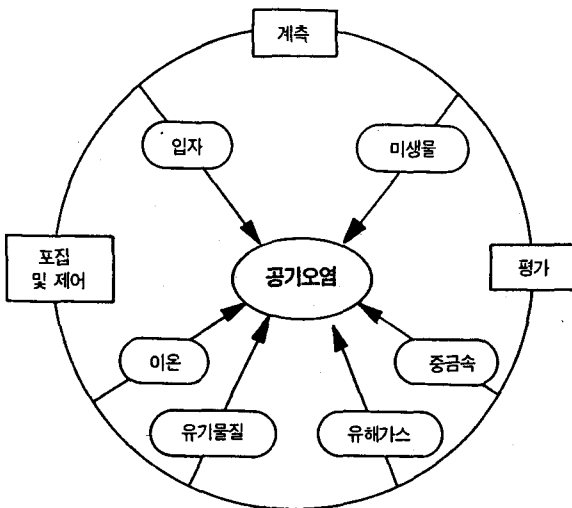


그림 4. 공기오염 문제의 개념도

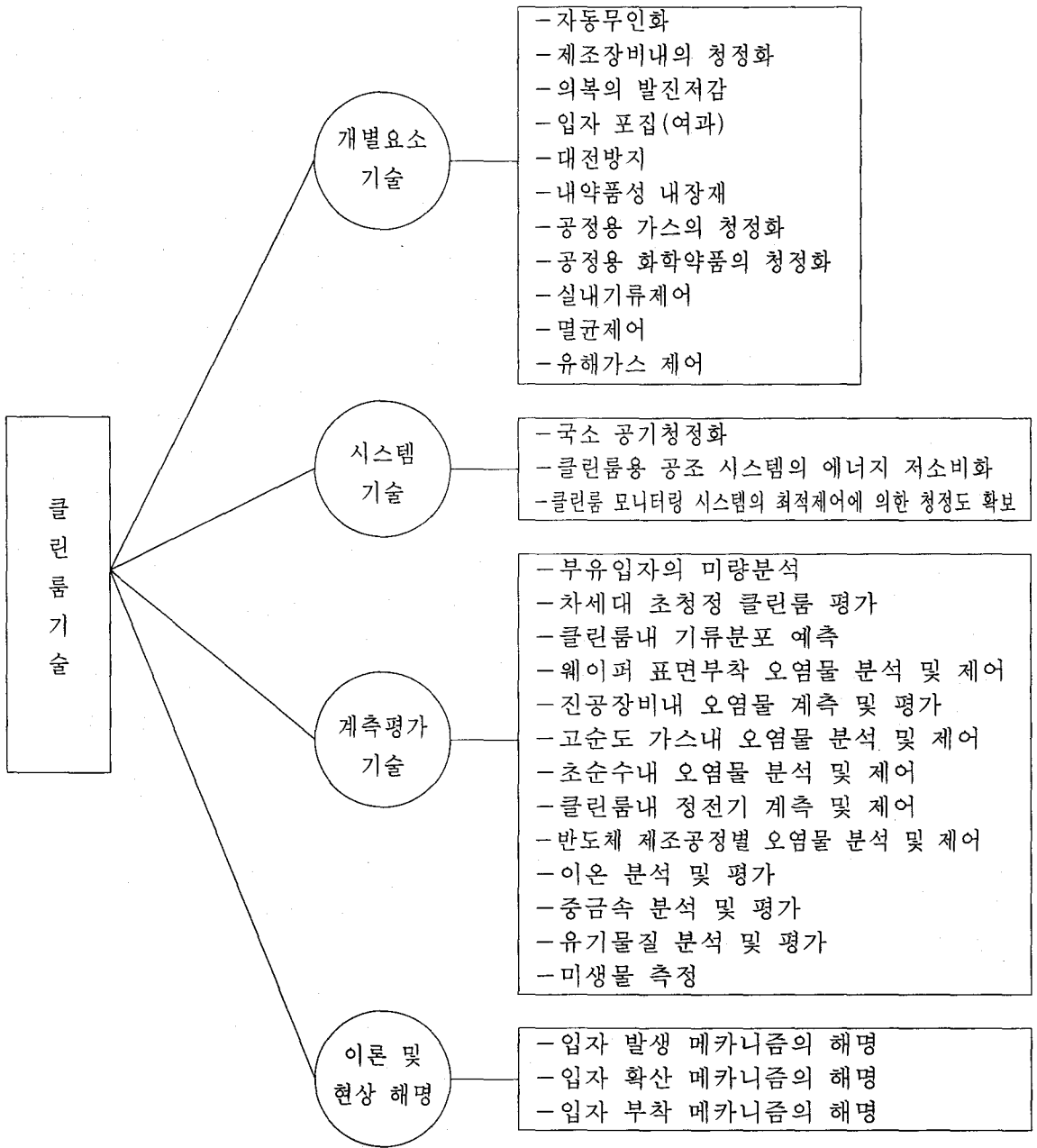


그림 5. 클린룸 기술의 분류

자는 일반 사무실에서 근무하는 사람보다 더 스트레스를 받기 쉽고, 여자의 경우 건강에 장애가 오는 경우도 있다. 그러므로, 차세대 클린룸에서는 인간에게 보다 쾌적한 관점에서 설계를 하려고 하며, 비용이 적게 드는 설계를 계획하고 있다. 이러한 2가지 목적에 부합되어 집중적으로 연구개발되고 있는 것이 초청정 구역을 제조공정이 이루어지는 제조장비 부근으로 국소화시키는 SMIF 시스템, Clean Tube 시스템과 같은 Minienvironment이다. 최근들어 Minienvironment와 함께 미생물 오염제어(Biocontamination Control)에 대한 관심이 고조되고 있다.

2.2.3 기술개발의 개념적 변화 경향

반도체 칩의 집적도가 급격히 증가함에 따라 칩의 생산과 관련된 클린룸 기술도 개념적으로 많이 변하고 있다. 국내 클린룸 산업을 발전시키기 위해서는 이러한 변화에 능동적으로 대처하여야 하므로, 클린룸 기술의 개념적 변화 경향을 정확히 파악할 필요가 있다. 최근의 클린룸 기술의 변화 경향을 요약하면 다음과 같이 7가지로 분류할 수 있다.

① 클린룸과 같은 웨이퍼 생산공간의 공기청정기술에서 제품의 불량과 직접적으로 관련되는 웨이퍼 표면의 청정기술이 보다 중요시되고 있다. 지금까지는 고성능 필터로 공기를 청정화 시키는 클린룸을 비롯하여 깨끗한 웨이퍼를 만들고 작업자의 발진을 억제하여 공기를 오염시키지 않는 공기청정이 클린룸 기술이었다. 즉, 클린룸 환경의 청정화 기술이었다. 초고집적 제조공정에서는 오염물질이 공기 중에 부유하는 것으로 나쁜 영향

을 미치지 않고, 웨이퍼에 부착하여야만 결함이 된다. 그러므로 웨이퍼 표면을 어떻게 청정화시킬 것인가라는 관점에서 기술개발이 이루어져야 한다.

② 사람이 작업하면서 무진화하는 기술에서 사람이 없는 자동화 환경에서 무진화하는 기술로 바뀌고 있다. 실내 부유입자의 대표적 발진원은 작업자인 사람이므로, 클린룸용 의복도 많이 개선되어 미국에서는 공기청정기가 부착된 우주복도 일부 사용되고 있다. 이러한 의복과 클린룸은 인간의 작업환경으로서 결코 쾌적한 환경이 아니므로, 웨이퍼 처리 영역으로부터 작업자를 배제시키는 것이 최선의 방법이다. 로봇화, 자동화, 프로세스의 복합화 등이 진전되어 사람의 문제는 많이 감소되고 있다. 또한, 앞으로 웨이퍼가 300mm 이상으로 대구경화되면, 웨이퍼 box가 무거워 사람이 손으로 운반할 수 없게 될 것이므로 무인화, 자동화가 필수적이다.

③ 전체 생산공간을 청정하게 하는 초청정 클린룸에서 제조공정이 이루어지는 국소공간만을 청정화시키는 Minienvironment로 바뀌고 있다. 지난 10여년간 제조공정이나 웨이퍼 이송의 자동화, 로봇화가 많이 진전되어 웨이퍼와 사람의 접촉회수가 계속 감소하였다. 제조장치가 through-the-wall 형태로 되고, cluster tool 방식의 제조장치가 본격적으로 도입되어 웨이퍼 처리영역과 사람의 격리가 진전되었으므로, 비용 측면에서 전면 수직층류 방식이 바람직한가를 검토하여야 한다. 현재 초청정 클린룸은 웨이퍼 처리공정 뿐만 아니라 조립공정이나 제조장치·재료 제작회사로 급속히 보급되고 있는데, 돈벌레라고 불리는 초청정 클린룸의 저비용

화·에너지 절감화는 반도체 산업 및 관련 산업의 건전한 발전을 위해서도 중요한 문제이다. 클린룸 자체가 돈 벌레인 전면층류 방식에서 Fan Filter Unit 방식으로 이행하였다. 유럽이나 대만에서는 Minienvironment가 일부 유행하고 있다. Minienvironment는 국소화한 청정환경으로 대공간의 클린룸 환경에 대한 축소판이라고 할 수 있다. 국소공간이 매우 작은 경우에는 Microenvironment라고 부른다. 클린룸 비용을 절감하기 위해서는 제조장치의 유지관리나 청정화(cleaning) 등이 필요없어야 한다.

④ 공기중의 입자오염 대책에서 화학오염을 포함하는 대책으로 바뀌고 있다. 입자나 중금속 불순물은 말할 것도 없고, 인이나 보론 등의 도포제도 배기의 미비나 공조의 불균형에 의해 클린룸내로 누설되면 중대한 웨이퍼 오염원이 된다. 공기중의 암모니아에 의해 화학증폭계 레지스터의 해상도가 떨어진다고 알려져 있다. 앞으로는 저농도의 화학오염에 대해서도 충분한 대책을 세워야 한다.

⑤ 제조라인의 청정화에서 지구환경의 청정화로 바뀌고 있다. 지구환경을 파괴하는 산업은 21세기에는 존재할 수 없다. 머지않아 반도체 공장은 300mm 내지 400mm 웨이퍼를 사용하여 대량생산하게 되는데, 이로 인해 대량 산업 폐기물이 발생된다. 지구환경보전의 입장에서 보면, 종래처럼 약품, 순수, 가스, 공기의 대량 소비형 공정기술을 탈피하여야 한다. 약품, 물, 가스, 기타 재료의 절감, 유기물질의 완전제거, 게다가 완전 리사이클링, 약품을 사용하지 않는 세정법의 실용화, 더 나아가서는 오염제거가 필요없는 초청정 공정의 개발 등 환경안전 측면에서도

돌파구가 필요하다.

⑥ 발생된 오염을 제거하는 수동적인 자세에서 오염을 원천적으로 방지하는 능동적인 자세로 바뀌고 있다. 앞으로는 실리콘 웨이퍼 표면에서의 오염제거보다는 오염방지 관점에서 종래 기술을 철저하게 검토하고, 더불어 새로운 오염방지기술을 접목시킨 전체 시스템으로 개발할 필요가 있다. 어떤 한 곳에서 오염발생원이 있으면, 다른 곳이 아무리 초청정이어도 높은 수율을 확보할 수는 없다. 그러므로 초LSI의 미세화에 따라 고감도의 간편한 오염계측평가기술의 개발과 실용화가 시급하다. 오염제어의 기본은 오염을 측정하여 파악하는 것이다. 일반적으로 측정평가기술은 초LSI의 진보에 비해 현저하게 뒤떨어져 있는 것이 현실이다. 이러한 실현에 의해 수율과 신뢰성을 좌우하는 변수의 인과관계를 해명하여야 공정변수의 완전제어가 가능하게 된다. 라인의 전자동화에는 in-situ monitor의 개발이 필수적이다.

⑦ 기술적인 know-how에서 과학을 이용한 접근으로 바뀌고 있다. 클린룸 기술에 대해 일본을 비롯한 대부분은 know-how 측면에서 접근하여 외부에 노출을 꺼리는 내향적인 기술영역으로 취급하였다. 이에 반해 유럽이나 미국은 제조·과학 측면에서 과학적, 계통적, 보편적인 기술로 취급하고 있다. 앞으로는 입자를 비롯하여 각종 오염의 발생, 부착 메카니즘을 정확히 해명하는 과학적 접근을 염두에 두어야 할 것이다.

3. 실내환경 및 지하환경 분야

현대인은 하루 일과 중에서 80% 이상을

실내에서 생활하고 있으며 심지어 90~95%의 시간을 실내에서 보내는 경우도 흔히 있다. 따라서 쾌적한 실내환경은 삶의 질을 유지하는데 매우 중요할 뿐만 아니라 오염된 실내공기는 대기오염보다 건강에 더 큰 영향을 미칠 수 있다. 최근 건축물이 밀폐화되고 지하생활공간이 늘어남에 따라 실내의 공기 오염은 더욱 심각해지고 있다. 사무실에서 근무하는 많은 사무직 근로자가 건물병 증후군(Sick Building Syndrome)을 호소하고 있으며, 지하역사와 지하상가에서의 먼지 오염은 매우 심각한 수준에 도달해 있는 것으로 보고되고 있다.

실내공기환경에 대한 관심은 전반적인 생활수준과 밀접한 관계가 있다. 대기환경에 대한 관심이 일정 수준에 도달한 이후에 비로소 실내공기환경에도 관심을 갖게 되며, 국민소득이 일정 수준 이상에 도달했을 때 관련된 산업이 본격적으로 성장하는 것으로 알려져 있다. 우리나라에서는 1980년대말 이후부터 대기오염이 심각한 사회문제로 대두됨에 따라 이를 해결하기 위한 환경 관련 신규 산업이 활발히 등장하고 있으나, 실내공기환경에 대해서는 아직 일반인의 관심이 매우 낮아 본격적인 산업이 형성되지 못한 실정이다.

실내공기환경과 관련된 산업은 일반적으로 환경산업이 갖는 특성을 그대로 가지고 있다. 첫째, 환경산업은 불특정 다수 및 광범위한 환경보전을 위한 사회간접자본으로서 공공재적인 성격이 강한 것처럼 실내공기환경의 경우에도 불특정 다수를 위한 공중보건적 성격이 강하다. 둘째, 공공적인 성격이 강하므로 자연발생적인 시장 창출보다는 환경오

염의 기준 등 정부의 법적, 제도적 규제에 의하여 시장수요가 창출된다. 셋째, 시설물의 구조와 발생하는 환경오염물질이 매우 다양하므로 각각의 경우에 따른 상이한 설비 및 해결방안이 요구되는 주문생산방식 위주인 경우가 많다. 넷째, 오염발생 요인과 현상이 다양하고 복잡적이므로 물리학, 화학, 생물학 등의 기초과학을 기반으로 기계, 화공, 건축, 의공학 등의 응용기술이 동원되는 종합과학기술을 필요로 한다.

본 고에서는 실내공기환경과 관련된 법안의 제정과정을 살펴보고, 그에 따른 산업동향과 최근의 연구개발 동향에 관하여 살펴보기로 한다.

3.1 관련 법안

산업공정 등에 의해 특수한 유해가스나 분진을 발생시키는 산업노동환경 이외의 일반 실내에 대한 환경기준으로는 보건복지부에서 정한 공중위생법과 최근 환경부에서 제정한 지하생활공간 공기질 관리법이 있다.

3.1.1 공중위생법

공중위생법에서는 분진, 이산화탄소, 일산화탄소, 온도, 습도, 기류속도, 그리고 조명 등 7개 항목에 관한 실내환경기준이 정해져 있다. 이 중에서 실내 공기질(IAQ)과 관련된 항목으로는 분진 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$, 이산화탄소 1000ppm, 일산화탄소 10ppm 이하 등 3개 항목이다. 공중위생법에서 정한 실내환경기준이 표 1에 나타나 있다. 실내공기환경 관리를 위하여 매년 2회씩 정밀검사를 하여 관계기관에 보고하도록 되어 있다. 그러나 1986년부터 시행된 이래 측정 기준치를 초과

하여 실내환경에 대하여 시정명령을 받은 건물이 한 곳도 없는 등 시행상 많은 문제점을 안고 있다. 또한, 덕트내의 먼지가 실내공기환경을 오염시키는 주요 오염원이 되고 있다는 판단 아래 1996년 8월 공중위생법 시행규칙을 개정하여 3년이 경과한 공중이용시설은 1년 이내에 덕트청소를 실시하고, 이후 3년에 1회 이상 청소할 것을 골자로 한 덕트정책을 발표하였다. 그러나 빌딩경영자협회 등이 반발하고 기간내에 청소를 실시한 이행율이 대단히 저조하여 채 1년도 되지 않아 이를 백지화하였다. 이에 덕트청소업체들이 다시 강력히 반발하자 보건복지부는 덕트청소업체와 건물주들의 입장을 절충하여 건축후 3년이 지난 공중이용시설을 3단계로 구분하여 1999년 4월까지 청소를 완료하는 것으로 최종 결정하였다. 대상건물은 연면적 5000㎡ 이상 사무용 건축물, 연면적 3000㎡ 이상의 지하상가, 그리고 객석수가 2000석 이상인 공연장과 실내체육시설이다.

3.1.2 지하생활공간 공기질 관리법

도시의 인구집중과 함께 토지 이용을 극대화하기 위하여 지하철 역사, 지하상가 등과 같은 지하시설이 날로 증가되고 있으며, 특히 65% 이상이 서울과 부산 등 대도시에 편중되어 있다. 1996년말 기준으로 대규모 지하상가만 전국적으로 59곳이며 총 10만여평에 이르고 있다. 이러한 지하생활공간에서는 환기 부족으로 인하여 일반 건축물에서의 공기오염보다 더욱 심각하다. 환경부에서는 1989년 9월 그 동안의 조사결과와 미국, 일본 등 선진국의 실내공간 관련 기준을 참고하여 지하공간 환경기준 권고치를 마련하였

다. 여기서는 먼지, 이산화탄소, 일산화탄소 등 14개 물질에 대한 공기질 유지 기준을 설정하고 있다. 서울과 부산지역 지하생활공간의 시설관리 실태를 조사한 결과에 따르면 환기설비 등의 기능미비, 흡배기구의 설계 잘못으로 오염물질의 유입, 청소의 미흡으로 조사대상 시설의 약 20%가 지하공간 환경기준 권고치를 초과하였다. 나머지 항목은 권고기준을 크게 하회하고 있으나, 먼지와 이산화탄소가 권고 기준치를 초과하고 있는 것으로 측정되었다. 그러나 환경기준 권고치만으로는 이들 초과된 시설에 대한 법적인 행정조치가 어렵고 관리의 실효성 문제가 제기됨에 따라 환경부에서는 지하생활공간에서의 공기질을 체계적이고 효율적으로 관리하기 위하여 1996년 12월 30일 지하생활공간 공기질 관리법을 제정 공포하였다. 권고치에서 제시된 내용에 따라 기준을 설정하고 동 기준을 유지하기 위하여 적절한 환기설비의 설치를 의무화하고 있으며, 위반시에는 개선명령과 함께 벌칙을 부과하도록 규정하고 있다. 모든 지하역사와 2000㎡ 이상의 지하상가가 그 대상이다. 지하생활공간 공기질 관리법이 표 1에 나타나 있다.

3.2 산업 동향

실내환경 관련 산업은 아직 개념 설정이 명확하게 되어 있지 않으며, 국내의 표준산업분류에도 정의되어 있지 않다. 실내공기환경과 관련된 산업은 제조업, 건축업, 그리고 서비스업의 이질적인 성격이 종합적으로 관련되어 있다. 이를 분류하여 보면 표 2에 나타난 바와 같이 에어필터를 포함한 공기청정기 등의 제조산업과 오염농도 측정센서 및 제어장비 산

업, 그리고 덕트청소나 실내환경 컨설팅 등의 서비스업으로 나누어 생각할 수 있다.

표 1. 지하생활공간 공기질 관리법 및 공중위생법

오염물질	지하생활공간 공기질 관리법 (환경부)	공중위생법 (보건복지부)
분진	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 (24시간 평균치) : PM ₁₀	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
아황산가스	0.25ppm 이하 (1시간 평균치)	-
이산화질소	0.15ppm 이하 (1시간 평균치)	-
일산화탄소	25ppm 이하 (1시간 평균치)	10ppm 이하
이산화탄소	1000ppm 이하 (1시간 평균치)	1000ppm 이하
포름알데히드	0.1ppm 이하 (24시간 평균치)	-
납	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 (24시간 평균치)	-
기류	-	0.5m/s 이하
온도	-	17~28°C
습도	-	40~70% RH
조명	-	100Lux 이상

3.2.1 공기청정기 산업

실내의 오염물질을 제거하는 장치를 공기정화기 또는 공기청정기라고 하는데, 여기에는 공기조화기나 덕트내에 설치하는 내장형과 실내에서 독립적으로 운영되는 단독형이 있다. 웅진코웨이, 청호인터내셔널, 신성씨엔지 등의 공기청정기 제조업체에서 다양한 오염제거기술을 이용한 공기청정기 신제품을 출시하고 있다. 먼지 제거를 위하여 단순히 여과필터를 장착한 것으로부터 전기집진식, 습식 등 다양한 방식에 의한 오염물질 제거 기능을 가진 것, 음이온, 오존, 그리고 향과 같은 추가적인 물질을 발생시키는 것도 있다. 또한, 미생물 입자의 제거를 위하여 플라즈마 화학처리방식이나 자외선 살균방식을 이용한 탈취, 살균기능을 갖춘 것도 있다. 이

러한 공기청정기는 독립된 제품 뿐만 아니라 에어컨, 진공청소기, 심지어 텔레비전, 컴퓨터 등과 같은 가전제품에 공기청정 기능이 복합된 제품도 선보이고 있다.

그러나 일부 업체에서는 외국제품을 단순 모방한 제품이 그대로 상품화되고 있으며, 이러한 제품들의 객관적인 성능이 제대로 평가되지 않은 단계에서 소비자를 현혹시키는 사례가 있다. 특히, 가스상 물질에 대한 제거 기능이나 살균기능, 탈취기능에 대해서는 성능평가 기준도 마련되어 있지 않아 객관적인 성능평가가 어려운 실정이다. 또한, 관련 기준 기기 및 설비와의 연계성이 검토되지 않아 에너지 낭비 및 부수적인 역효과 등이 발생할 수 있다.

표 2. 실내환경 관련 산업 분류

필터 및 공기청정기	Air Filters: High-Efficiency Filters HEPA and Near-HEPA Filters Electrostatic Filters Chemical Filters Chemical Filtration Media
	Air Cleaner: In-Duct Cleaners Mechanical Cleaners Electronic Cleaners
	Other Air Cleaning Equipment
오염측정 및 조절장비	Pollutant Detectors and Controllers: Carbon Monoxide Carbon Dioxide Formaldehyde Volatile Organic Compounds (VOCs) Particulates Nitrogen Dioxide Sulfur Dioxide Bioaerosols Other Pollutants Other Related Measurement Equipment
	Ventilation Testing Equipment
	Borescopes, Vacuums, and Mitigation Products
건축자재	Interior Construction Products
서비스 및 기술지도	Services: Duct Cleaning Services Air Balancing Services Consulting and Laboratory Services
	Training and Information Resources

업계에 따르면 공기청정기의 시장규모가 매년 15% 이상의 높은 성장율을 보이고 있으며, 시장규모는 1995년도에는 1000억원, 1996년도에는 1200억원 정도로 집계하고 있다. 이중 가정용 공기청정기 시장의 비율이 점차 높아져 전체의 약 50%를 차지하고 있다. 최근 경제불황으로 성장세가 당분간 둔화될 것으로 예상되나, 생활수준의 향상과 더불어 공기청정기의 수요는 앞으로도 꾸준히 증가할 것으로 예상된다.

3.2.2 덕트 클리닝 산업

덕트 클리닝 산업은 앞에서 설명한 바와 같이 최근 공중위생법에서 덕트청소를 의무화하는 것이 입법 예고된 이후 급속히 생겨나기 시작하였다. 1996년 덕트청소업을 주로 하는 대한 크린에어, 한국두라환경, 진성토탈크리닝 등 110 여개의 관련업체가 참가하여 전국 실내공기 정화협회가 결성되었는데, 이중 70%가 최근 설립된 신규업체이다. 이들 업계에 의하면 덕트청소 대상이 되는 전국의 건물은 총 4500여개이며, 시장규모는 연간 3000억원 정도로 보고 있다. 또한, 이들 청소업체를 대상으로 청소용 장비를 생산 판매하는 청소장비 공급업체도 10여곳 생겨났다.

덕트를 청소하는 공법에는 고압의 공기를 분사시켜 부착된 먼지를 제거하는 방법, 고풍속의 회전 난기류로 흡인하는 방법, 전동로봇이나 에어 로봇을 이용하여 먼지를 긁어내는 공법 등 다양한 공법이 있다. 이들 청소용 장비들에 대한 국산화와 공법의 개발이 필요하며 청소 상태에 대한 사후 검증이 필요하다.

3.2.3 IAQ 관련 측정 및 제어장비 산업

실내환경과 관련된 오염측정장비는 표 2에서와 같이 오염물질의 종류에 따라 여러 가지가 있으나, 이중에서 가장 많이 사용되고 있는 것이 이산화탄소와 분진농도 측정장비이다. 대형건물의 경우 재실인원에 따라 외기를 도입함으로써 에너지 절감을 도모하기 위하여 각 구역별로 이산화탄소 측정기를 설치하는 경우가 많다. 그러나 실제 관리상에서 냉난방 부하를 줄이기 위하여 외기 도입구를 아예 막아버리거나 센서 자체가 오동작을 일으켜 작동이 되지 않는 경우가 대부분이다. 실내환경의 제어를 위한 필요성을 절실히 느끼지 못하는 실정므로 설치된 측정장비가 무용지물이 되는 경우가 많다. 현재 우리나라에서 사용되고 있는 대부분의 측정장비의 핵심소자는 수입품이다. 이러한 측정장비의 개발에는 고도의 기술력이 바탕이 되어야 하는데, 아직 우리나라의 실정으로 보아 국산화는 요원하다. 실내환경 관련 산업 중에서도 가장 낙후된 분야이다. 최근에 실시한 공업기반기술 수요조사에 의거하여 IAQ 통합조절 시스템 개발을 위한 연구가 진행중에 있으나 주로 측정장비의 개발보다는 장비의 통합구성에 초점이 맞추어져 있다.

3.2.4 IAQ 컨설팅 산업

일반 건물의 실내환경이나 지하공간 뿐만 아니라 공장 등의 작업환경에 대하여 실내공기질을 전체적으로 평가하고 개선을 위한 제안을 하거나 직접 실내 공기질 관리를 해주는 IAQ 컨설팅 사업이 있다. 건축설비의 설계 단계부터 환기, 필터 설계, IAQ 장비

선택에 대한 자문을 수행하며, 환기설비의 유지, 보수, 필터 교체를 위한 계약용역, 빌딩 관리자를 대상으로 한 교육 및 기술지도를 한다. 우리나라에서는 카프엔지니어링 등 극소수의 업체가 있을 뿐이다. 시장규모가 확대됨에 따라 IAQ 컨설팅 사업은 각 업체별 특성화와 전문화를 이룰 수 있을 것으로 생각되나, 우리나라 실정에서는 우선 TAB 업체에서 실내환경에 대한 경험을 확장함으로써 IAQ 컨설팅 역할을 수행할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 컨설팅 사업은 기술력에 대한 신뢰가 특별히 중요하다.

3.3 연구 및 기술개발 동향

산업기술정책연구소에서 조사한 2000년을 향한 산업기술개발 수요에 의하면 대기오염 방지기술부문에서는 고효율 집진기술 등의 방진기술이 선진 외국기술의 도입 개량으로 선진기술 수준의 50% 정도의 수준에 이르고 있으며, 자동차 배기가스 저감기술도 선진기술 수준의 50% 정도에 이르고 있으나, 악취 및 휘발성 유기용제(VOC) 제거기술이나 실내환경 제어기술은 선진기술의 40%에도 못 미치는 매우 낙후되어 있는 것으로 평가하고 있다.

일반적으로 실내환경 관련 연구개발의 단계를 보면, 우선 실내오염의 실태조사에 관한 연구를 통하여 오염현황을 파악하고, 오염현상에 관한 연구를 수행하는 단계를 거쳐서 오염의 원인을 규명하고, 실내오염방지를 위한 대책 및 환경 제어기술에 관하여 연구하는 단계에 이른다. 국내외의 연구과제들을 참고로 하여 실내환경에 관련된 연구분야를 그 내용에 따라서 분류하면 아래와 같이 오

염물질에 관한 연구, 오염현황에 관한 연구, 오염제어기술에 관한 연구, 오염측정기술에 관한 연구, 그리고 실내오염관리에 관한 연구 등으로 나누어 생각할 수 있다.

공기청정기술과 관련하여 특히 실내오염 측정기술과 제어기술 개발에 주목하여야 하는데, 오염제어기술은 청정기를 이용한 오염 제거기술과 환기를 통한 회석제어기술, 그리고 오염 발생량을 줄이기 위한 발생제어기술로 나누어 생각할 수 있다. 선진 외국의 경우에는 오염제거기술과 관련하여 저압손고효율 필터 및 집진장치의 개발, 유해가스 및 냄새 제거를 위한 습식 스크러버, 물리화학 흡착제, 이온교환방식의 화학필터, 그리고 nano-second pulse를 이용한 코로나 방전 및 연면방전에 의한 플라즈마 화학처리기술 등의 다양한 신기술에 관한 연구가 진행되고 있다. 또한, 환기제어기술과 관련하여 실내오염물질의 거동과 기류분포를 효과적으로 제어함으로써 에너지 절약과 쾌적한 실내환경의 조성을 위한 새로운 공조기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

국내의 경우에는 건축설비 분야, 보건의학 분야, 대기오염 분야 등 개별 분야에서 소수의 전문가에 의해 실내환경에 관한 간헐적인 연구가 이루어지고 있을 뿐 연계된 연구가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 최근에 공기조화 전문업체들이 관심을 표명하고 있으며 공기청정기술의 확보에 착수하고 있다.

- ① 실내오염 물질에 관한 연구 (일산화탄소, 분진 등 오염물질별)
 - 오염물질의 물리화학적 특성
 - 인체 유해성 평가
- ② 실내오염 현황에 관한 조사 연구 (사무

실, 병원, 학교, 지하상가 등 대상건물 별)

- 실내오염농도 측정조사
- 외기도입량 측정 및 환기실패 조사
- 실내오염물질 발생량 조사:
건축자재, 연소기기 등
- 대기오염과의 관계 조사

③ 실내오염 제어기술에 관한 연구

㉔ 제거제어 기술

- 전기집진기, 필터 등 집진기술
- 가스상 오염물질의 제거기술
- 악취 등 복합물질 제거기술

㉕ 희석제어 기술

- 실내기류 및 환기특성 분석기술
- 공조 시스템의 설계 및 제어

㉖ 발생제어 기술

- 오염물질 저감 건축 내장재 개발
- 연소기기의 오염발생 저감
- 덕트청소 기술

④ 실내오염 측정기술에 관한 연구

- 오염물질 측정센서의 개발

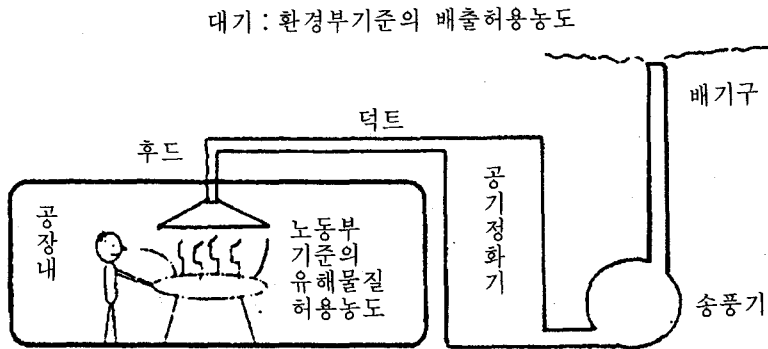
- 건물환기 측정시험 방법의 개발
- 공기청정기 및 집진기의 성능평가

⑤ 실내오염 관리에 관한 연구

- 환경기준 및 평가방법의 설정
- 실내환경 관리방안

4. 작업환경 분야

작업공간은 일상적인 작업시에 오염물질이 고농도로 발생하므로 근로자의 건강에는 직접적인 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 그리하여 그 동안 작업공간의 공기오염은 특정한 근로자에게만 해당되므로 일반 사람들의 관심을 끌지는 못하였으나, 광의의 의미에서는 그림 6에 의미하는 것과 같이 작업장의 오염물질이 작업장 내에서 처리되지 않고 대기로 방출될 경우 대기환경오염을 유발시키기 때문에 직업병의 예방과 같은 근로자의 건강보호 측면 뿐만 아니라 간접적으로는 일반 사람의 건강을 위협한다는 점에서 간과하여서는 안 될 것이다.



대기 : 환경부기준의 배출허용농도

그림 6. 근로자의 건강보호와 환경보호

우리나라는 산업재해방지 및 근로자의 건강유지 측면에서 "산업안전보건법"에 작업환경에 대한 사항을 법적으로 규정하고 있다. 이 법을 근거로 노동부에서는 1995년 7월 18일에 개정된 "작업환경측정 실시규정" 및 "작업환경측정에 관한 정도 관리규정"과 1991년에 개정된 "유해물질의 허용농도"에 관한 규정을 통하여 사업장의 작업환경측정 및 관리에 적용하고 있다. 작업환경측정 및 관리대상 작업장으로는 ① 분진이 현저하게 발생하는 옥내 작업장(갱내 포함), ② 연업무를 행하는 옥내 작업장, ③ 4알킬렌 업무를 행하는 옥내 작업장, ④ 유기용제 업무를 행하는 옥내 작업장, ⑤ 특정화학물질 등을 취급하는 옥내 작업장, ⑥ 산소결핍 위험이 있는 작업장, ⑦ 강렬한 소음이 발생하는 옥내 작업장, ⑧ 고열·한냉 또는 다습한 옥내 작업장, ⑨ 코우크스를 제조 또는 사용하는 작업장, ⑩ 기타 노동부장관이 정하는 유해화학물질을 취급 또는 제조하는 옥내 작업장 등이 해당된다.

본 고에서는 상기의 작업장중에서도 ⑦항의 소음·진동분야는 제외하고 공기오염에 초점을 맞추어 국내 작업환경 산업 분야 중에서도 산업환기와 관련하여 산업환기시설 전문업체 현황, 산업환기 기술 및 연구 현황, 산업환기시설 설치실태 등을 기술하고자 한다.

4.1 산업환기 일반

산업환기의 종류는 크게 전체환기(total ventilation)와 국소환기(local ventilation)로 나누어진다. 전체환기는 오염원의 발생위치가 고정되어 있지 않거나 불특정 오염물이

존재하는 실내의 공기를 외부로부터 작업장내로 공급된 청정공기와의 혼합을 통하여 유해물질의 농도가 희석되도록 하는 개념으로서 희석환기(dilution ventilation)라고도 한다. 국소환기는 특정한 오염물이 정해진 위치에서 발생하는 경우 오염원에서 방출된 유해물질이 작업장내로 확산되기 전에 고농도의 오염물을 흡인하여 제거시키거나 외부로 배출시키는 개념으로서 국소배기(local exhaust)라고도 한다. 대부분의 작업장에서의 환기는 국소환기를 이용하고 있다.

일반적으로 산업환기 설계의 전체적인 흐름을 살펴보면 공학적인 제어가 필요하다고 판단되는 사업장의 환기시설을 설계할 때 가장 먼저 결정해야 할 사항은 전체환기 시스템, 국소환기 시스템 중 어떤 것을 선택할 것인가이다. 가능한 한 국소배기 시스템을 우선적으로 설치하되 현장 상황, 오염물질 특성, 오염발생원의 공간적 분포 등을 고려하여 국소배기 시설의 설치가 용이하지 않을 경우에만 전체환기 방식을 채택해야 한다.

국소배기 시스템을 설치하려면 작업공정을 완전히 파악한 후 각 공정에 대해 어떤 형식의 후드를 사용할 것인가를 먼저 결정해야 한다. 이를 위해서 현재 국내에서는 미국 ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)에서 발간한 "산업환기 매뉴얼(Industrial Ventilation - A Manual of Recommended Practice, 일명 IV 매뉴얼)의 공정별 후드설계서(Specific Operations)와 한국산업안전공단에서 발간한 "작업환경설비 표준모델"을 참조하여 후드의 형식, 배풍량, 유입손실 등을 결정하고 있다. 각 공정의 후드사양을 결정한 후에는 덕트

배치도(system layout)를 작성하여 전체시스템을 설계하고, 그 결과로서 송풍기의 용량을 결정하게 된다. 이러한 전체적인 설계과정은 앞서 언급한 IV 매뉴얼에 상세히 기록되어 있으며 이 자료의 일부는 번역되어 있다.

그러나, 미국 ACGIH의 IV 매뉴얼을 이용한 설계과정에 익숙해지려면 상당한 기본적인 공학지식을 필요로 한다. 더욱 힘든 문제는 설계과정이 매우 복잡하여 수계산으로 설계할 경우 시간소요가 많을 뿐 아니라 설계상의 오류가 발생할 확률도 높다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 미국에서는 약 13년 전부터 설계계산 소프트웨어를 개발하여 이의 보급을 확대시키고 있다. 여러 가지가 있지만 이들 중 양대 산맥을 이루는 소프트웨어로는 J-Square Ventilation Company의 J. J. Loeffler가 개발한 "DSB2"와 University of Washington의 S.E. Guffey가 개발한 "HEAVENT"가 있다.

4.2 산업환기 분야의 국내 현황

4.2.1 업체 현황

산업환기 시설을 설계 및 시공할 수 있는 전문성을 가지고 있다고 판단되는 업체로서는 대기환경보전법(1993. 12. 27 개정) 제44조에 명시된 표 3의 대기오염방지 시설업 등

록기준에 의한 환경부의 대기오염방지 시설업 등록업체들을 들 수 있다. 1995년 3월말 기준으로 환경부에 등록된 대기오염방지 시설업체는 428개소로서 표 4와 같이 구성되어 있다.

한편, 노동부 산하의 한국산업안전공단은 산업환기시설 전문업체 지도육성업무처리규칙에 의하여 1994년 6월 1일부터 국내의 작업환경 개선을 위하여 사업장에 설치되는 산업환기시설의 올바른 설치를 도모하고자 산업환기시설 전문업체의 회원등록을 실시하였고, 등록업체의 기술수준 향상과 지도육성을 실시하여 왔다. 회원등록 요건은 기술인력, 시설, 장비 및 자본금이 표 5와 같은 등록기준을 만족하고, 작업환경 개선을 목적으로 산업환기시설의 설계 및 시공을 업으로 하는 자로서 사업자 등록을 완료한 법인 또는 개인이다. 1997년말 현재 등록된 회원업체수는 전국적으로 표 6과 같이 분포되어 총 97개 업체에 이른다. 이들 업체중 약 90%는 환경부의 대기오염방지 시설업에도 등록되어 있다. 최근에 노동부는 산업안전보건법 제72조에 근거하여 규칙별표 10의 2를 1997년 10월 16일에 신설하여 국소배기 및 전체환기 시설업체의 등록기준을 제정하였고 이를 시행할 예정이다.

표 3. 대기오염방지 시설업 등록 기준(환경부)

자본금	기술 능력	시설 및 장비	
		설계 및 시공장비	사무실
법인: 자본금 2억원 이상 개인: 재산 평 가액 4억원 이상	1. 대기관리기술사 1인 이상 2. 대기환경기사 1급 1인 이 상 3. 다음 각 항목중 2항목 이 상 해당자 각 1인 이상 가. 일반기계기사 1급, 건 설 기계기사 1급 또는 공조 냉동기계기사 1급 나. 화공기사 1급 또는 공 업 화학기사 1급 다. 전기기사 1급, 전기공 사 기사 1급, 전기기기 기능장 또는 전기공사 기능장 라. 산업위생관리기사 1급	1. 제도설비 : 2조 이상 2. 시공장비 가. 용접기(전기, 산소, 알 곤): 각 1대 이상 나. 압축기 : 5마력 이상, 1대 이상 다. 전압변환기 : 5kW 이 상, 1대 이상 라. 절단기(컷터기) : 3 마 력 이상, 1대 이상 마. 드릴(해머핸드) : 각 1 대 이상 바. 연마기 : 100mm 이 상, 1대 이상 사. 체인블록 : 1.5톤 이 상, 1대 이상 아. 파이프머신 : 3인치 이 상, 1대 이상	50m ³ 이상

* 대체기술인력의 자격범위 : 1. 대기관리기술사는 ① 화학장치설비기술사, 화학공장설계기술사, 산업위생관리 기술사, 유체기계기술사, 공조냉동기계기술사 ② 대기환경기사 1급 취득후 해당분야에서 7년 이상 종사한 자로 대체할 수 있다. 2. 기사 1급은 해당분야 기사 2급 취득후 해당분야에서 4년 이상 종사한 자로 대체할 수 있다.

표 4. 국내 대기오염방지시설업체의 지방환경관리청별 등록현황(1995년 3월말 현재)

해당청		한강환경 관리청	낙동강 환 경관리청	금강환경 관리청	영산강· 전주지방 환경청	대구지방 환경청	원주지방 환경청	소계
업 종	종합	53	8	6	-	5	-	72
	대기·수질	104	29	13	11	25	5	187
	대기	102	23	4	12	14	4	166
	대기·소음	9	-	1	-	-	-	3
소 계		268	60	24	23	44	9	428

* 표의 업종에서 대기·수질, 대기·소음, 종합은 대기오염방지 시설업 이외에 수질오염방지, 소음·진동방지 시설업을 동시에 또는 모두 등록한 경우를 의미한다.

4.2.2 기술도입 및 연구개발 현황

표 7은 1993년말까지 외국으로부터 국내로 도입된 환경기술 167건(환경대백과·총람, 1996)중 작업환경과 관련된다고 판단되는 기술도입 현황을 수록하고 있다. 이러한 국내 도입 환경기술 167건을 살펴보면, 대기와 수질오염 방지기술이 대부분이며 이에 비해 산업환기기술은 매우 미비함을 알 수 있다.

산업환기시설과 관련된 국내 연구개발 활동은 한국산업안전공단에서 활발히 이루어져 왔고, 다수의 연구보고서들이 출판되고 있으며 해마다 산업환기 기술 세미나를 개최하고 있다. 이러한 연구활동의 대표적 결과로서 산업안전공단에서 최근에 개발하여 실용화시킨 "VPMC(Velocity Pressure Method Calculation)" 소프트웨어가 있고, 이 소프트웨어는 앞에서 언급한 미국의 양대 소프트웨어인 DSB2와 HEAVENT에 대응하는 것이다. 이는 국소배기 설계단계 중에서 가장 먼저 결정해야 할 후드의 사양을 이미 알고 있

다는 전제에서 전체시스템을 설계하는 소프트웨어이다. 그러나, 간단한 후드일 때는 후드의 사양을 결정함에 있어 큰 어려움이 없으나, 개방조 후드(Open Surface Tank Hood)나 캐노피 후드를 설계할 때는 상당한 어려움이 있다. 예를 들어 개방조는 그 폭과 길이가 다양할 뿐만 아니라 사용물질의 독성(TLV, Threshold Limit Value) 및 온도 등 많은 설계변수를 갖고 있기 때문에 개방조의 특성에 따라서 다양한 후드(포위형, 캐노피형, 측방형, 푸쉬풀 후드)를 선정해야 하며, 이를 설계함에 있어 상당한 시간이 걸릴 뿐 아니라 설계상 오류가 발생할 확률도 높다. 캐노피 후드를 설계할 때는 개방조 설계 만큼의 어려움은 없으나 계산이 상당히 복잡하다.

더욱 최근에 상기의 문제점들을 해결하기 위하여 노동부의 직업병 예방을 위한 학술연구 용역사업의 일환으로 국립창원대학교와 한국산업안전공단이 산업환기 시스템 설계프

로그래밍 "C-VENT" 소프트웨어를 공동으로 개발하였다. 이는 전체환기 시스템, 캐노피 후드, 개방조 후드를 설계함에 있어 설계

시간을 단축시키고 설계상의 오류를 최소화시킬 수 있는 소프트웨어이다.

표 5. 산업환기시설 전문업체 회원등록기준 (한국산업안전공단)

자 본 금	기 술 능 력	시 설 및 장 비			
		설계 및 시공장비	작업환경 측정 및 분석장비	사무실	실험실
법인: 자본금 5천만원 이상 개인: 재산평가액 1억원 이상	1. 산업위생관리기술사 또는 대기환경관리기술사 1인 이상 2. 산업위생관리기사 1급 1인 이상 3. 다음 각 항목중 2항목 이상 해당자 각 1인 이상 가. 일반, 정밀, 건설, 기계, 공정설계기사 1급 나. 화공, 공업화학기사 1급 다. 전기, 전기공사 기사 1급 또는 전기기기 기능장 또는 전기공사 기능장 라. 대기환경관리 기사 1급	1. 제도설비 : 2조 이상 2. 시공장비 가. 용접기(전기, 산소, 알곤): 각 1대 이상 나. 절단기(컷터기): 3마력 이상, 1대 이상 다. 드릴(해머, 핸드): 각 1대 이상 라. 연삭기: 직경이 100mm 이상, 1대 이상 마. 체인블록: 1.5톤 이상, 1대 이상	1. 작업환경측정용 분진, 흙, 미스트 시료채취기 및 부대품: 2대 이상 2. 유기용제증기 및 유해가스 용 저용량 시료채취기 또는 검지기 및 부대품 2대 이상 3. 채취시료의 분석장비 - 화학천평 (0.01mg) - 가스크로마토그래피 (FID, ECD) - 광전분광광도계 - 원자흡광광도계 - 순수제조기 - 건조기 및 데시케이터 4. 산업환기시설 성능검사장비 - 스톱코 테스트: 1대 이상 - 정압 프로브가 달린 미풍속계: 1대 이상	50	30
				m ³ 이 상	m ² 이 상

* 대체기술인력의 자격범위 : 1. 산업위생관리기술사는 ① 화학장치설비기술사, 화학공장설계기술사, 유체기계기술사, 공조냉동기계기술사 또는 공학박사(환경공학전공에 한함) 학위소지자 또는 산업위생기사 1급 또는 대기환경기사 1급을 취득후 당해 전문기술분야에서 5년이상 종사한 자로 대체할 수 있다. 2. 산업위생관리기사 1급은 동분야 기사 2급 취득후 동분야에서 2년 이상 종사한 자로 대체할 수 있다. 3. 분석장비보유기관과 분석대행계약을 체결한 경우는 상기 작업환경측정 및 분석장비중 3항을 보유한 것으로 간주하며, 실험실을 별도로 보유하지 않아도 된다.

표 6. 산업환기시설 전문업체의 지도원별 회원등록 현황(1997년말 현재)

지도원	서울본부	서울북부	부산본부	광주본부	대구	대구남부	인천	대전
업체수	14	4	12	7	16	9	6	4
지도원	수원	청주	전주	창원	울산	여천	안산	춘천
업체수	2	5	3	6	2	1	5	1

표 7. 작업환경분야와 관련된 기술도입 현황(1993년말 현재)

기술도입자	기술제공자	기간 (년)	신고 수리일	기술도입명	기술내용	대가지불
롯데기계공업(주)	千代田엔지니어링(주) (일본)	3	1981. 2. 21	Oil Mist용 전 기집진장치	AB	경:3%
동국중기공업(주)	Nibonspindle Manufac- turing Co.(일본)	6	1985. 10. 12	국소집진설비	ABCD	착:\$6만 경:3%

* 기술내용에서 A: 기술정보 및 자료 제공, B: 기술용역 제공, C: 특허권 실시 허용, D: 상표 사용권 허용을 의미하고, 대가지불에서 경: 경상기술료, 착: 착수금을 의미한다.

4.2.3 설치 실태

한국산업안전공단이 1991년에 전국의 국소배기장치의 설치 실태를 파악하기 위하여 국내 제조업체 748개소를 대상으로 총 5,164개소(업체당 평균 약 7개)를 조사한 결과 아래와 같은 설치 실태를 보고하였다.

① 작업장소별 : 분진 작업장소 56.6%, 유기용제 작업장소 16.1%, 특정화학물질 작업장소 11.2%, 중금속 작업장소 7.5%, 기타 8.6%

② 후드형태별 : 외부식 49.6%, 포위식 21.6%, 레시바식 20.9%, 캐노피식 5.2%, 기타 2.8%

③ 포착속도(Capture Velocity : 후드의 유해물질 포집효율을 나타냄) : 전체의 54.2%

가 기준을 만족함

④ 포착속도 기준미달 원인 : 설계시 적정 배풍량을 고려하지 않은 경우가 가장 많고, 사후 관리의 미숙(덤퍼 조정 부적절, 덕트의 파손으로 인한 누기, 공기정화장치 관리 불량으로 인한 압력손실), 근로자의 교육미비로 인한 미숙의 순으로 파악됨

한편, 기존 작업장들은 공장건설 당시부터 국소배기 시스템을 거의 외면한 채 설계된 관계로 국소배기시설을 설치해야 하는 사업장임에도 불구하고 현실적으로 불가능한 경우가 많다. 그 대안으로 전체환기 시스템을 많이 사용하는 경향이 있으나 이의 설계 또한 사용물질의 특성(TLV, 분자량, 비중), 공장내부 구조 등 다양한 자료를 바탕으로 설

계해야 하기 때문에 이것 역시 어려움을 내포하고 있다.

5. 대기오염 분야

5.1. 대기오염 산업 및 시장 현황

5.1.1 대기오염

아황산가스(SO₂), 먼지(TSP), 이산화질소(NO_x), 일산화탄소(CO) 등의 대기오염물질의 발생은 발전소, 도시폐기물 소각로, 대규모 공장과 같이 하나의 시설이 다량의 오염물질을 배출하는 것과 주택과 같이 일정지역 내에 소규모 발생원이 다수 모여 오염물질을 발생함으로써 해당 지역내에 오염문제를 발생시키는 것이 있다. 각종 산업의 발달에 따라 1990년대에 국내 대기오염의 배출량은 현저히 증가하여 1995년을 기준으로 볼 때, 유류, 무연탄, 유연탄 등의 각종 에너지의 이용으로 연간 435만톤에 육박하고 있다. 그림 7은 1995년도 국내의 오염발생원별 대기오염 배출의 분포를 보여주고 있는 것으로, 수송부분이 전체의 48.8%인 2,122,272톤/년을 차지하는 것으로 나타나며, 다음으로 산업부분, 발전부분, 난방부분 순으로 나타나고 있다.

그리고 표 8의 연도별 대기오염물질 배출량을 보면 매년 유류 등 총연료 사용량의 증가에도 불구하고 저공해 연료공급확대(청정연료, 저황유) 및 저공해 자동차 보급 등으로 총오염물질 배출량은 감소하고 있다. 다만, 자동차의 급속한 증가로 질소산화물 배출량은 점차 늘어나고 있다. 따라서 먼지와 아황산가스는 산업부분, 일산화탄소의 경우 수송 및 난방부분에서 높은 비중을 차지하

고, 질소산화물 및 탄화수소는 수송부분에서 주로 배출되고 있음을 알 수 있다.

대기오염물질 주요 발생원인 대기배출업소는 연료사용량에 따라 1종에서 5종까지 구분하고 있는데, 1996년말 현재 총배출업소수는 31,229개소로 연도별 변화추이는 그림 8과 같다.

대기오염 문제에 대처하기 위하여 국내적으로는 대기오염 배출기준을 단계적으로 매우 엄격하게 설정하고 있을 뿐만 아니라 국제적으로도 지구환경보전차원과 자국의 환경보호를 위하여 대기오염물질 배출규제를 더욱 강화시키고 있으며, 각종 국제기구를 통하여 오염물질 배출공정이나 제품의 수출입도 통제하고 있는 실정이다. 따라서 국내의 현행 환경기준도 향후 WHO 권고기준 수준으로 점진적으로 강화될 예정이며(표 9 참조), 국가환경기준의 범위내에서도 자치단체별로 지역 실정에 맞도록 지역환경기준을 제정·운영할 것이다.

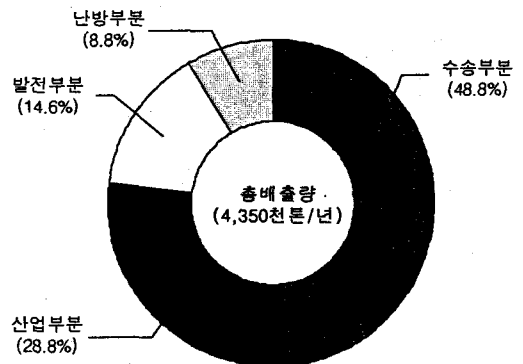


그림 7. 발생원별 대기오염물질 분포비율

또한 배출허용기준의 준수만으로 환경기준 달성이 곤란한 지역에 대해서는 총량규제를

단계적으로 도입(울산공단 SO₂에 대해 시범 실시) 할 것으로 예상된다.

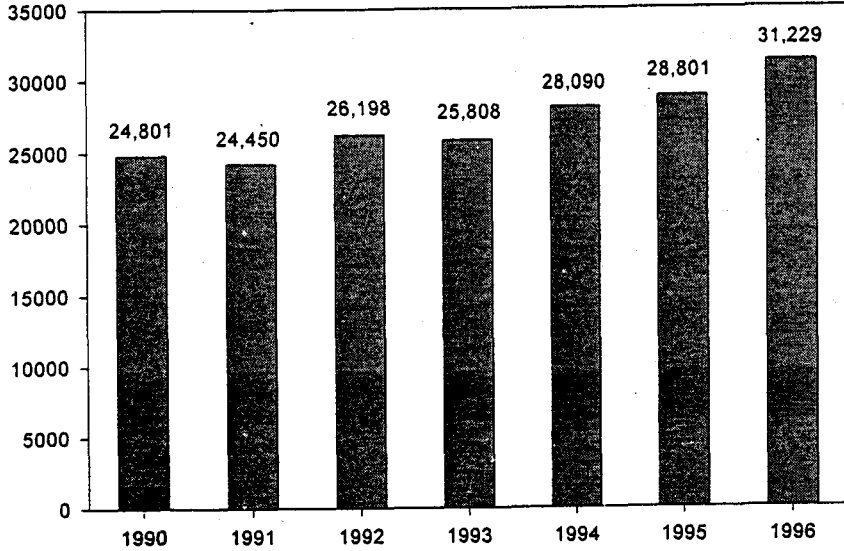


그림 8. 연도별 대기배출업소 변화추이

표 8. 연도별 대기오염물질 배출량 추이

(단위 : 톤/년)

연도 \ 오염물질	계	아황산가스 (SO ₂)	질소산화물 (NO _x)	먼 지 (TSP)	일산화탄소 (CO)	탄화수소 (HC)
'90	5,169,119	1,610,960	926,065	420,065	1,991,065	220,711
'91	4,869,959	1,597,780	878,389	431,375	1,759,505	199,910
'92	4,867,637	1,613,549	1,067,001	392,243	1,630,378	164,466
'93	4,583,839	1,571,700	1,186,697	389,750	1,290,527	145,165
'94	4,526,250	1,602,764	1,191,533	429,398	1,156,464	146,091
'95	4,349,606	1,532,320	1,152,765	405,526	1,109,097	149,898

표 9. 대기환경기준의 강화

구 분	현 행	WHO 기준
SO ₂ (ppm, 연평균)	0.03	0.015~0.023
TSP (mg/m ³ , 연평균)	150	60~90
PM ₁₀ (mg/m ³ , 일평균)	150	70

5.1.2 산업 및 시장 현황

대기오염을 포함하는 환경 관련 국내 산업은 1970년대 후반 환경문제가 가시화되면서 대두되기 시작하여 80년대 경제성장 과정을 겪으면서 전문산업으로 성장하였으며, 분야에 따라서는 동남아 지역을 중심으로 해외에 진출할 정도의 전문업종으로 성장한 업체도 있다. 최근 환경에 대한 관심이 증가함에 따라 대기업을 중심으로 환경산업에 대한 진출 움직임이 활발하였고, 일부 업체에서는 자체 연구소를 설치하여 소각시설, 오·폐수 고도처리기술 등 첨단환경기술의 연구개발에 박차를 가하고 있으나, 대부분의 환경산업체는 자본이 영세하여 자체 기술개발에 전력을 기울이지 못하고 있다.

현재 우리나라의 전체 환경산업은 환경오염방지시설업 등 17여종에 10,000여개 업체가 있으며, 연간 총 매출규모는 1995년 기준으로 약 4조원으로 추정되고 있다. 환경산업체중 가장 대표적인 환경오염방지시설업은 1996년 기준 769개 업체이며, 이 가운데 대기오염방지시설의 경우 190여개의 업체로 1992년까지는 연평균 17%씩 증가하여 왔으나 1993년에 5.5% 감소하였다가 1994년부터는 다시 증가하였다. 대기오염방지시설의 경

우 전세계적으로 수요는 연간 약 20조원의 시장을 형성하고 있으며, 표 10에서 보는 바와 같이 국내의 경우 대기오염방지시설업의 공사실적은 1996년을 기준으로 약 3,300건에 5,500억원의 규모로 지속적으로 성장하고 있다. 먼저 집진장치 관련 시장규모는 연간 1,000~2,000억원 정도이며 중소형 플랜트에 대한 전기집진기의 부분적 수출도 시도하고 있으며 주요 기자재 및 기술용역비를 포함하는 수입량은 연간 500~700억원에 이르는 것으로 추산되고 있으며, 일본의 증가를 비교하였을 때, 향후 국내시장규모는 2000년 기준으로 3,500억원/년에 이를 것으로 추산된다. 그리고 탈황과 탈질 플랜트에서도 현재까지는 국내의 배출허용기준이 약하였기 때문에 연료규제에만 주로 국한되었으나, 앞으로는 1990년대 말을 분기점으로 배출허용기준이 획기적으로 강화될 예정이므로, 대기업을 중심으로 이 분야에 대한 투자가 대폭적으로 증가되고 있으며, 기술개발의 국산화가 완료되면 동남아국가 등을 비롯한 개발도상국으로의 수출도 유망시 되는 분야이다. 한 예로, 향후 국내 탈황장치의 설치비 규모는 2001년까지 약 2조 5천억원(총 32기, 15,160MW)에 이를 것으로 추정된다.

표 10. 국내 대기오염방지시설업체 공사실적

(단위:건수, 백만원)

구분	'84	'86	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96
공사건수	1,727	1,839	2,170	2,707	2,657	3,692	3,183	3,250	3,234	3,375	3,273
공사금액	41,530	57,536	107,464	112,230	166,518	257,592	360,736	269,074	369,435	559,157	547,490

이러한 방지시설업 규모확대는 대기배출허용기준이 강화되고, 기업의 환경에 대한 관

심도 꾸준히 증가하여 방지시설에 대한 투자가 증가한 것과 동시에 WTO 출범 등 급격

한 세계적 환경변화에 따라 기업의 환경보전에 대한 인식이 높아진 것 등에 기인한 것으로 보인다. 그러나 1996년말 현재 방지시설업체의 자본금 규모를 살펴보면, 자본금 5억 원 미만인 중소기업체가 전체의 60% 정도로 대부분이 영세한 실정이다.

5.2 대기오염제어 기술개발 동향

미국, 일본 등을 비롯한 선진국들에서는 대기오염제어기술 분야에 대한 투자가 1970년대부터 본격적으로 시작되어, 다수의 설비 및 공정이 개발되어 개발도상국에 수출하여 막대한 외화를 획득하고 있으면서도, 기존의 단점을 극복하고 설치 및 운전비를 절감하기 위한 새로운 형상 및 방식의 고효율 집진/탈유해가스 설비 개발에 대한 연구가 계속적으로 진행중에 있다.

먼저, 대기오염의 입자상 오염물질의 제어장치는 전기집진장치와 백하우스(또는 여과포) 집진장치에 대한 연구개발이 주종을 이루고 있는데, 전기집진장치인 경우 일본과 유럽을 중심으로 간헐전류 공급방식과 광폭판 공간에 관한 연구가 집진효율의 증대와 동시에 설치비 및 운전비의 절감면에서 연구 개발되고 있으며, 미국을 중심으로 산화황의 제어기술에 의한 고전기저항 분진의 집진효율 증대에 관한 연구가 진행되고 있다. 백하우스 집진장치는 저유황 부산물의 집진에 매우 효과적이기 때문에 미국의 서부를 중심으로 그 수요가 점차 증가되고 있으며, 가장 큰 문제점인 여과필터의 압력손실, 수명 및 효율예측 능력에 관한 연구가 계속적으로 추진되고 있다.

그리고 가스상 오염물질인 SO_x , NO_x , CO_2

및 CFC의 제어기술 중에서 먼저 탈황장치로는 황의 부하, 장치 작동의 신뢰도 측면에서 습식 석회 스크루버 프로세서가 현재 대부분 채택되어 사용되어지고 있으나, 장비의 간단화 등의 이유로 최근에는 스프레이 및 전자빔, 플라즈마 또는 광화학 반응을 이용하는 반건식 또는 건식 스크루버 시스템의 개발과 적용에 관한 연구가 진행되고 있다. 아울러 탈질장치는 최근의 보일러 및 가스터어빈, 디젤 코제너레이션 플랜트 및 기타 화학 플랜트에서 그 수요가 급격히 증가되고 있는데, 탈황과 동시에 할 수 있는 하이브리드 동시처리공정에 관한 연구개발이 향후 대기오염방지설비 산업을 주도할 것으로 사료된다. 그리고 페인트 공정 및 화학 플랜트에서 다량 배출되는 휘발성 유기화합물(VOC)을 효과적으로 처리하기 위하여 바이오 필터법 및 열재생 소각기법 등이 연구 중에 있다.

6. 맺음말

산업화에 의한 경제발전으로 환경오염이 심각해짐에 따라 사람들의 환경에 대한 관심이 날로 높아지고 있으며, 다가오는 21세기는 환경이 우리의 경제활동이나 생활양식을 지배하는 시대가 될 것으로 예상된다. 지금까지는 환경오염과 관련하여 수질오염, 대기오염, 폐기물 처리, 토양오염 등이 주로 다루어져 왔다. 그리고, 제품생산 측면에서 클린룸, 작업환경이 다루어져 왔다. 앞으로는 우리 생활공간과 밀접한 실내환경과 지하환경 등도 관심있게 취급되어야 하므로, 본 고에서는 클린룸, 실내환경 및 지하환경, 작업환경, 그리고 대기오염과 관련된 국내 공기청

정 산업 현황 및 기술개발 동향을 살펴보았다.

정보통신시대에 반도체 못지 않게 중요한 산업 분야로 떠오른 LCD 개발에 삼성전자, LG전자, 현대전자 등의 국내 대기업들이 많은 투자를 하고 있다. 이처럼 초청정 클린룸을 필요로 하는 반도체, LCD 산업 등이 국내 클린룸 산업을 주도하고 있으므로, 클린룸 기술의 국내 자립화가 시급히 요구된다. 이 밖에도 의약품, 식품 등의 산업으로 클린룸의 수요가 계속 확대되는 추세이다. 한편, 현재 외국의 클린룸 전문업체들이 국내 시장에 진출을 시도하고 있으므로, 4500억원 정도로 추산되는 2000년대 클린룸 시장에서 우위를 차지하기 위한 국내외 업체간의 치열한 경쟁이 예상된다. 국내업체들이 이러한 경쟁에 대비하기 위해서는 국내의 연구인력을 충분히 활용하고 기술개발에 과감한 투자를 하여 자체 기술을 많이 확보하여야 할 것이다. 아울러 사용자인 반도체 회사, 제약회사 등의 긴밀한 협조가 요구되고, 이들과 공동연구 등을 통하여 당면한 애로기술을 타개하는 것이 중요하다. 또한, 클린룸 관련 업체들이 영세한 중소기업이므로 관련 단체나 정부의 적극적인 지원이 요망된다.

우리나라에서 실내공기오염에 관한 인식이 이제 서서히 자리를 잡아가고 있으나, 아직까지 관련된 산업이 본격적으로 성장하지 못하고 있으며 이에 필요한 연구 개발이 이루어지지 못하고 있다. 실내환경에 대한 관심은 삶의 질과 관련된 것으로 생활수준과 밀접한 관계가 있으므로, 경제여건에 따라 다소 둔화되는 경우가 있으나 앞으로 꾸준히 상승할 것으로 예상된다. 무엇보다도 실내공

기의 오염현황을 정확히 파악하고 실내오염의 심각성에 대한 인식의 확산이 선행되어야 한다. 연구개발 부분에서는 우선적으로 기획 연구를 통하여 공기청정과 관련된 기술을 분류하고 기술개발의 수요조사를 통하여 장단기 기술개발 전략을 수립하고 구체적인 연구과제를 도출하여야 할 것이다. 연구과제의 수행에 있어서는 실내환경이 갖는 종합적 과학기술의 특성으로 인해서 관련된 여러 학제간 연구가 절실히 필요하다.

우리나라는 괄목할 만한 경제성장에 의하여 작업장의 규모가 날로 대형화되고 있는 추세이며 작업환경 개선을 위한 다양하고도 심도있는 노력이 기울여지고 있다. 이러한 상황하에서 작업환경 개선을 위해 필수적인 요소중의 하나인 산업환기시스템의 적절한 선택과 설계가 매우 중요하다. 특히, 노동부가 1995년부터 시행하고 있는 "산재예방 특별사업"을 성공적으로 수행하기 위해서는 더욱 그러하다. 한편으로는 이러한 작업공간의 쾌적한 환경구축은 우리나라의 OECD 가입과 더불어 국제무역의 주요 쟁점인 Green Round의 개념과 부합되는 만큼 필히 관심을 갖고 개선되어야 할 문제이다. 따라서, 외형적 선진화보다는 열악한 환경에서 근무하는 근로자들의 보건안전의 기본권리를 우선적으로 고려하기 위하여 기업과 정부는 더욱 긴밀하게 다각적으로 협력해야 할 것으로 판단된다.

선진국들은 개발된 대기오염제기술들을 인터넷을 비롯한 정보통신망을 통하여 홍보하는 한편, 국제기구 등의 논의를 통하여 무역과 연계시키려는 움직임을 강화하고 있다. 대기오염제어 관련 국내 기술은 환경부의

G7 사업 등으로 현저히 향상되어 있으나, 선진국의 50~60% 수준으로 여전히 선진국에 비하여 낙후되어 있으며, 특히 일본으로부터의 기술도입 의존도가 심하다. 따라서 장기적으로 자체기술의 개발노력에 의한 기술자립과 환경제어기기 관련 시장증대에 대비한 기계설비 및 제품 기술의 확립이 매우 절실하다. 환경의 세기인 21세기를 맞이하여 정부는 제2차 환경개선중기종합계획(1997-2001)인 「환경비전 21」을 범정부적으로 수립하여 1997년 4월 15일 환경보전위원회에서 확정하였다. 이와 함께 OECD 가입에 따른 국내 제도의 선진화와 환경과 무역연계에 대응하기 위한 대기오염제어를 포함하는 전반적인 환경기술개발에 더욱 박차를 가해야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 배귀남, 1995, "국내 클린룸 산업 현황 및 기술개발 동향," 월간 반도체, 10월호, pp.47-60.
2. 최재홍, 김정호, 최치영, 정동억, 노길호, 1996, "국내 클린룸 기술현황," 국제공기청정심포지움 - 한국공기청정연구조합 창립 10주년 기념-, 한국공기청정연구조합, 서울, 11. 15-16, pp.69-140.
3. 김정호, 1997, "Boron Clean Filter의 개발 현황," 공기청정기술, 제10권, 제3호, pp.40-49.
4. 배귀남, 1995, "클린룸 관련 국제기준 제정작업 현황," 1995년도(제11회) 공기청정 기술 세미나, 한국공기청정연구조합, 서울, 5. 23, pp.29-59.
5. 환경부, 1997, 환경백서.
6. 한국공기청정연구조합, 1996, 공기청정편람, pp.67-89.
7. 산업기술정책연구소, 1996, 2000년을 향한 산업기술개발수요.
8. 김정호, 1994, "공조덕트 크리닝 기술," 공기청정기술, 제7권, 제1호, pp.42-53.
9. 오명도, 1995, "공기청정기의 성능 시험 및 평가," 공기청정기술, 제8권, 제2호, pp.48-70.
10. 배귀남, 1995, "실내 공기질의 평가," 공기청정기술, 제8권, 제3호, pp.16-29.
11. 한화택, 1995, "실내공기환경의 제어," 공기조화냉동공학회지, 제24권, 제2호, pp.187-193.
12. 김신도, 1993, "지하공간개발의 문제점," 공기청정기술, 제6권, 제1호, pp.76-82.
13. 김윤신, 1994, 실내환경과학, 대우학술총서 자연과학 95, 민음사.
14. 이동호, 1997, "산업환기시설의 설치실태 및 개선방안," 공기조화냉동공학회지, 제26권, 제2호, pp.67-75.
15. 한국환경보호협의회, 1996, 환경대백과·총람, 이조기확인쇄.
16. 한국산업안전공단, 1995, "국소배기장치 및 제진장치의 자체검사기법", 산업환기기술 Workshop 자료.
17. 한국산업안전공단, 1996, 산업환기시스템 설계프로그램(C-VENT소프트웨어).
18. 한화택, 1997, "국소배기장치에 의한 오염제어 및 유동특성", 공기청정기술, 제10권, 제1호, pp.21-32.
19. 배귀남, 1997, "작업환경의 측정 및 평가

- 방법," 공기청정기술, 제10권, 제1호, pp. 33-53.
20. Robert W. McIlvaine, 1994, "Air Pollution Challenges and Forecasts," J. Air Waste Manage. Assoc., Vol. 44, March, pp.248-252.
21. John C. Mycock, John D. McKenna, and Louis Theodore, 1995, Handbook of Air Pollution Control Engineering and Technology, CRC Press, Lewis Publishers.
22. Oglesby, S., Jr., 1990, "Future Directions of Particulate Control Technology: A Perspective," J. Air Waste Manage. Assoc., Vol. 40, No. 8, pp.1183-1185.
23. A. K. Hjalmarsson, 1991, FGD Installations on Coal-Fired Plants, ICHEME Symposium Series, No. 123, pp.1-11.

뉴스

대만 반도체산업 792억 달러 투자

대만 반도체업계가 생산능력 확대를 위한 대규모 장기투자에 나설 계획이라고 「로이터통신」이 보도했다.

이에 따르면 대만업계는 세계시장 점유율 향상을 통해 반도체 강국으로 부상한다는 목표에 따라 향후 13년간에 걸쳐 총 7백92억달러를 반도체 생산능력 강화에 쏟아부을 계획이다. 대만 산업개발부는 대만 내 2개의 주요 과학산업단지에 상당수의 반도체 공장이 건설중이거나 건설될 예정이라며 건설되는 공장엔 웨이퍼 가공과 조립 및 테스트 공장 등이 포함된다고 밝혔다.

주요 업체별 투자내역을 보면, 대만 최대의 반도체업체인 유나이티드 마이크로

일렉트로닉스가 이 기간 2개의 8인치 웨이퍼 공장과 5개의 12인치 웨이퍼 공장 건설을 위해 1백 88억달러를 투입한다.

대만 반도체 제조회사(TMS)도 1백45억달러를 투자해 1개의 8인치 웨이퍼 공장과 5개의 12인치 웨이퍼 공장을 건설할 예정이다.

또 텍사스 인스트루먼츠(TI)와의 합작청산에 따라 TI에이서에서 상호를 변경한 에이서반도체는 3개의 12인치 웨이퍼 공장 건설에 향후 10년간 90억달러를 투자키로 했다.

이밖에 매크로닉스 인터내셔널은 72억달러를 투자해 12인치 웨이퍼 공장 2, 3개를 건설할 계획이다.