

T
95-M 86831

TM

중앙대학교

第 84 回 碩士學位 論文

697.92

指導教授 李 彦 求

洪善



T0086831

아파트型工場의 室內空氣環境을
考慮한 換氣計劃에 關한 研究

A Study on the Ventilation Design in the
Apartment-type Factory Considering IAQ

中央大學校 大學院
建築工學科 建築計劃 및 環境 專攻

洪 善

1995年 12月

아파트型工場의 室內空氣環境을
考慮한 換氣計劃에 關한 研究

A Study on the Ventilation Design in the
Apartment-type Factory Considering IAQ

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

1995年 12月

中 央 大 學 校 大 學 院
建築工學科 建築計劃 및 環境 專攻
洪 燦 善

洪燦善의 碩士學位 論文을 認定함.

審查委員長 印

審查委員 印

審查委員 印

中央大學校 大學院

1995年 12月

洪燦善의 碩士學位 論文을 認定 함.

審查 委員長 _____ 印

審查 委員 _____ 印

審查 委員 _____ 印

中央大學校 大學院

1995年 12月

국문 요약

본 연구는 아파트형 공장을 대상으로 실내 공기 환경의 개선을 위한 연구 방법론의 하나로서, 아파트형 공장의 실내 오염 실태를 파악하기 위해서 업종별로 기온, 습도, 이산화탄소, 분진, 포름알데히드, 휘발성유기용제 등을 현장 측정하고, 아파트형 공장 중 섬유업종을 대상으로 시뮬레이션을 통하여 실내 공기 환경을 허용기준 이하로 유지하기 위하여 필요한 환기량을 산정하였다.

또한, 설문조사를 이용 환경에 대한 거주자의 반응과 공기청정도에 대한 거주자의 만족감에 영향을 미치는 요소를 분석하여 거주자의 반응을 고려한 환기계획의 기초자료를 제안하고자 하였다. 본 연구을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 서울과 수도권에 위치한 6개 아파트형 공장 중 12업체를 대상으로 실내 공기 환경을 실측한 결과 휘발성유기용제의 실내농도가 인쇄업종에서 본 연구의 허용기준을 초과하였고 다른 오염물질의 농도는 모두 허용기준 이하였으나 실내농도가 실외보다 매우 높은 농도분포를 보이고 있었다.

본 연구의 측정은 개구부를 완전개방한 상태에서 수행한 것으로 개구부를 통한 자연환기가 원활하기 때문에 실내 오염 농도가 제어되므로 대부분의 오염물질이 환경기준을 초과하지 않았으나, 개구부가 밀폐되는 난방기에는 실내 오염 농도가 증가할 것이므로 이에 대한 평가와 대책이 필요하다.

그러므로 본 연구에서는 실내 공기 환경을 허용 기준 이하로 유지하는데 필요한 환기량을 시뮬레이션을 통해 산정하여 환기계획 수립시 참고할 수 있도록 하였다. 시뮬레이션은 아파트형 공장 중 섬유업종을 대상으로 수행하였다.

시뮬레이션 결과에 따르면, 섬유업종에서는 포름알데히드를 실내허용기준 이하로 유지하기 위해 필요한 환기량인 단위면적당 $27.4\text{m}^3/\text{h}$ 을 유지하면, 다른 오염물질들도 모두 실내허용기준 이하의 농도를 유지한다.

이와 같이 다른 업종에 대해서도 동일하게 필요한 환기량을 산정할 수 있고, 아파트형 공장과 같이 동일한 건물 안에 여러 업종이 입주해 있는 경우는 건물 전체에 대해 일괄적으로 환기량을 산정하면, 업종의 특성에 따라 다양하게 발생하는 오염물질을 효과적으로 제어하지 못할 수 있으므로, 각 업종의 특성에 따른 실내 공기 환경을 허용 기준 이하로 유지하기 위한 필요환기량을 산정하여 건물 전체의 환기설비를 결정하는 것이 바람직하다.

현재 대부분의 아파트형 공장은 개구부를 밀폐하는 난방기에는 환기량이 부족하므로 기계 환기 설비를 이용하여 환기량을 크게 할 필요가 있다. 그러나, 환기량을 증가시키면 난방기에 난방부하가 증가하기 때문에 오염물질의 발생이 예상되는 부분에서 국소매기를 이용하여 오염물질을 배기하도록 계획하는 것이 바람직하다고 생각된다.

둘째, 설문조사를 이용하여 실내환경에 대한 거주자의 주관적 반응과 실내공기의 청정도에 대한 만족감과 상호관련이 있는 요소를 통계적인 방법으로 검토한 결과, 온열감은 실제 환경과 비슷하였고, 습도감은 약간 건조하게, 분진감은 실제보다 더 많다고 반응했으며, 환기감은 더 부족하게 생각했다. 공기청정도에 대한 만족감과 관련이 있는 요소는 온열감, 습도감, 분진감, 환기감, 기류감이었고, 성별, 조명, 소음, 취기감은 관련이 없었다.

아파트형 공장의 실내공기를 청정하게 유지하기 위해서 계획할 때 각 업종별로 거주자의 주관적 반응을 고려하면 효과적으로 거주자의 만족감을 크게 할 수 있다. 섬유 작업장의 경우 중간기에는 습도를 건조하지 않게 유지하고 실내온도를 덥지 않게 그리고 실내에서 기류분포가 일정하게 유지하면 실내 공기의 청정도에 만족하는 거주자의 반응을 크게 할 수 있다.

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 목적 및 배경	1
1.2 연구의 범위 및 방법	3
1.2.1 연구의 범위	4
1.2.2 연구의 방법	4
제 2 장 아파트형공장의 개요	6
2.1 아파트형공장의 개요	6
2.2 아파트형공장의 기대효과	8
2.3 아파트형공장의 현황	10
2.3.1 국내현황	10
2.3.2 외국의 아파트형공장	12
제 3 장 환기 이론에 대한 고찰	14
3.1 환기의 개요	14
3.2 환기의 종류	15
3.2.1 자연환기	15
3.2.2 기계환기	16
3.3 필요환기량	18
3.3.1 필요환기량에 대한 기준 고찰	18
3.3.2 필요환기량 계산방법	20
3.4 환기량 계산 방법	21
3.4.1 압력차에 의한 환기량 계산	21
3.4.2 온도차에 의한 환기량 계산	26
3.4.3 침기량의 계산방법	27

제 4 장 아파트형공장 작업장의 실내공기환경의 특성 및 기준치 설정	29
4.1 아파트형 공장 작업장의 공기환경 개요	29
4.2 오염물질의 발생이 인체에 미치는 영향	31
4.2.1 휘발성유기용제	32
4.2.2 분진	35
4.2.3 포름알데히드	37
4.2.4 연소가스(일산화탄소와 이산화탄소)	38
4.3 아파트형공장실내환경기준 설정	40
4.3.1 국내외 실내환경기준의 고찰	40
4.3.2 아파트형공장의 실내환경기준 설정	43
제 5 장 아파트형공장의 실내공기환경 측정	46
5.1 측정개요	46
5.2 측정기기 및 방법	51
5.2.1 기온, 습도, 부유분진, 이산화탄소	51
5.2.2 휘발성유기용제	53
5.2.3 포름알데히드	57
5.3 측정결과 및 고찰	58
5.3.1 휘발성유기용제의 측정결과	59
5.3.2 포름알데히드의 측정결과	63
5.3.3 이산화탄소와 분진의 측정결과	64
5.3.4 기온과 습도의 측정결과	66
5.4 소 결	69
제 6 장 필요환기량 계산을 위한 시뮬레이션	71
6.1 환기량 예측을 위한 시뮬레이션의 개요	71
6.1.1 시뮬레이션의 개요	71
6.1.2 대상건물의 개요	73

6.2 환기량 계산과 오염도 예측	74
6.2.1 환기량 계산	74
6.2.2 실내오염물질 발생강도, 실내오염농도와 필요환기량 예측	75
6.3 환기량 계산 및, 실내오염물질발생강도, 개구부밀폐시 실내오염농도 ..	77
6.3.1 환기량 계산결과	77
6.3.2 건물의 실내오염물질 발생강도와 난방기 실내오염농도 예측결과 ..	78
6.4 개구부 밀폐시 실내공기오염농도 측정	79
6.4.1 측정개요	79
6.4.2 측정결과 및 분석	79
6.5 필요환기량 예측 결과	86
6.5.1 휘발성유기용제의 실내오염농도에 따른 필요환기량	86
6.5.2 이산화탄소의 실내오염농도에 따른 필요환기량	87
6.5.3 분진의 실내오염농도에 따른 필요환기량	88
6.5.4 포름알데히드의 실내오염농도에 따른 필요환기량	89
6.6 소결	91
 제 7 장 환경에 대한 거주자의 주관적 반응 평가 조사	93
7.1 조사개요	93
7.2 환경에 대한 거주자의 주관적 응답 조사 결과	95
7.2.1 온열감과 습도감	95
7.2.2 환기감과 취기감	95
7.2.3 분진감	96
7.2.4 기류감	97
7.2.5 전반적인 환경과 실내공기환경의 청정도에 대한 만족감	97
7.2.6 조명과 소음	98
7.3 주관적 반응의 분석	99
7.3.1 개 요	99
7.3.2 χ^2 (chi-square)검증결과	99
7.4 소결	106
 제 8 장 결 론	107

추후연구할 과제	109
참고문헌	110
[부 록] 설문지	114
ABSTRACT	116
感謝의 글	

표 목 차

<표 2-1> 아파트형공장의 장단점	7
<표 2-2> 아파트형공장의 추진연혁	7
<표 2-3> 아파트형 공장의 현황(95년 기준) 완공가동중	10
<표 2-4> 아파트형 공장의 현황(95년 기준) 건설중	11
<표 2-5> 아파트형 공장의 현황(95년 기준) 계획중	11
<표 3-1> 필요환기량 계산식	20
<표 3-2> 유량계수	23
<표 4-1> 공기중에 존재하는 오염물질의 종류	29
<표 4-2> 아파트형공장 환기설비현황 (95년 현재 서울시)	30
<표 4-3> 실내공기 오염물질과 발생원 및 인체에 미치는 영향	31
<표 4-4> 부유분진이 인체에 미치는 영향	35
<표 4-5> 포름알데히드가 인체에 미치는 영향	37
<표 4-6> 일산화탄소가 인체에 미치는 영향	39
<표 4-7> 이산화탄소(CO ₂)가 인체에 미치는 영향	39
<표 4-8> 국내·외 공기환경기준	42
<표 4-9> 아파트형공장의 실내공기환경기준	44
<표 5-1> 아파트형공장의 개요	47
<표 5-2> 휘발성유기용제(VOCs)의 농도분석을 위한 검량선 작성	54
<표 5-3> 측정결과(종합)	58
<표 5-4> 아파트형 공장 업종별 휘발성유기용제 측정결과	60
<표 5-5> 아파트형 공장 업종군별 휘발성유기용제의 실내오염농도	62
<표 5-6> 포름알데히드의 측정결과	63
<표 5-7> 이산화탄소와 분진의 측정결과	65
<표 5-8> 기온, 습도의 측정결과	67
<표 6-1> 섬유업체의 실내·외 공기오염농도 입력용 실측자료	72
<표 6-2> 서울지방의 기상자료	72
<표 6-3> 시뮬레이션 대상건물의 개요	73
<표 6-4> 대상건물의 개구부 개방시와 밀폐시 환기량	77
<표 6-5> 건물의 실내오염물질 발생강도	78
<표 6-6> 건물의 개구부 밀폐시 실내오염농도 예측결과	78

<표 6-7> 아파트형공장의 실내공기환경 측정결과종합 (개구부 닫은상태)	80
<표 6-8> 휘발성유기용제의 실내허용오염농도에 따른 환기량과 환기횟수	86
<표 6-9> 이산화탄소의 실내허용농도에 따른 환기량과 환기횟수	87
<표 6-10> 분진의 실내허용오염농도에 따른 환기량과 환기횟수	88
<표 6-11> 포름알데히드의 농도에 따른 환기량과 환기횟수	90
<표 6-12> 필요환기량 시뮬레이션 결과 종합	92
<표 7-1> 설문조사의 내용	94
<표 7-2> 주관적 반응 조사를 위한 척도	94
<표 7-3> 응답자의 온열감	95
<표 7-4> 응답자의 습도감	95
<표 7-5> 응답자의 환기감	95
<표 7-6> 응답자의 취기감	95
<표 7-7> 응답자의 분진감	96
<표 7-8> 응답자의 기류감	97
<표 7-9> 환경에 대한 만족도	97
<표 7-10> 청정도에 관한 만족도	97
<표 7-11> 실내의 조명과 소음에 관한 작업자의 주관적 반응	98
<표 7-12> χ^2 (chi-square)테스트 결과	99
<표 7-13> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 연령	100
<표 7-14> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 온열감	100
<표 7-15> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 습도감	100
<표 7-16> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 환기감	101
<표 7-17> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 분진감	101
<표 7-18> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 기류감	101
<표 8-1> 필요환기량	107

그 림 목 차

(그림 1.1) 연구의 흐름도	3
(그림 2.1) 외국의 아파트형공장 평면도	13
(그림 3.1) 실내공기질에 영향을 미치는 요소	14
(그림 3.2) 기계환기 방식	17
(그림 3.3) 필요환기량 기준의 변천	19
(그림 3.4) 개구부	21
(그림 3.5) 건물의 풍압계수	25
(그림 3.6) 개구부에서 온도에 의한 압력차	26
(그림 4.1) 분진의 크기	36
(그림 4.2) 사람이 분진을 호흡하는 경로	36
(그림 4.3) 기준치 설정의 단계	44
(그림 5.1) 성수동 S-아파트형 공장	48
(그림 5.2) 번동 아파트형 공장	48
(그림 5.3) 월계아파트형 공장	49
(그림 5.4) 성남 아파트형공장	50
(그림 5.5) 기온, 습도, CO ² 측정기	52
(그림 5.6) 분진 측정기기	52
(그림 5.7) 휘발성유기용제(VOCs) 측정기기	55
(그림 5.8) 휘발성유기용제(VOCs)의 분석에 사용된GC (Gas Chromatograph; SRI 사, 8610B)	55
(그림 5.9) 휘발성유기용제의 농도분석을 위한 검량선	56
(그림 5.10) 포름알데히드 측정기기	57
(그림 5.11) 업종별 톨루엔 분포	61
(그림 5.12) 업종별 크실렌 분포	61
(그림 5.13) 업종군별 톨루엔 농도	62
(그림 5.14) 업종군별 크실렌 농도	62
(그림 5.15) 업종별 포름알데히드 농도	64
(그림 5.16) 업종별 이산화탄소 농도	65
(그림 5.17) 업종별 분진의 농도	66
(그림 5.18) 업종별 온도 분포	68

(그림 5.19) 업종별 습도 분포	68
(그림 6.1) 시뮬레이션 흐름도	71
(그림 6.2) 시뮬레이션 대상 건물의 평면	73
(그림 6.3) 환기만의 시스템	75
(그림 6.4) 개구부 상태에 따른 실내·외 온도의 분포	81
(그림 6.5) 개구부 상태에 따른 실내·외 습도의 분포	82
(그림 6.6) 개구부 상태에 따른 실내·외 이산화탄소의 분포	83
(그림 6.7) 개구부 상태에 따른 실내·외 분진의 분포	83
(그림 6.8) 개구부 상태에 따른 실내·외 톨루엔의 분포	84
(그림 6.9) 개구부 상태에 따른 실내·외 크실렌의 분포	85
(그림 6.10) 톨루엔의 농도에 따른 환기횟수와 단위면적당 환기량	86
(그림 6.11) 크실렌의 농도에 따른 환기횟수와 단위면적당 환기량	87
(그림 6.12) 이산화탄소의 농도에 따른 환기횟수와 단위면적당 환기량	88
(그림 6.13) 분진의 농도에 따른 환기횟수와 단위면적당 환기량	89
(그림 6.14) 포름알데하이드의 농도에 따른 환기횟수와 단위면적당 환기량	90
(그림 7.1) 실내 공기청정도 VS. 연령층	102
(그림 7.2) 실내 공기청정도 VS. 온열감	102
(그림 7.3) 실내 공기청정도 VS. 습도감	103
(그림 7.4) 실내공기 청정도 VS. 환기감	103
(그림 7.5) 실내환경에 대한 만족도 VS. 온열감	104
(그림 7.6) 실내환경에 대한 만족도 VS. 환기감	104

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

과거 수 차례의 에너지 위기는 에너지 절약을 위한 건축기술의 발달을 초래하였고, 건물은 점차 단열화, 기밀화 되었고, 외기도입이 최소화되어 실내에서는 신선한 공기가 충분히 확보되지 못하고 있다. 이러한 건물에서는 재실자가 졸음, 두통, 무기력증 등을 느끼는 현대식 건물 증후군(SBS:Sick Building Syndrome)이 발생하게 되며, 결과적으로 재실자에게 건강의 문제가 발생하고, 생산성이 저하되었다.

현대인들은 실내에서 하루 80%이상의 많은 시간을 실내에서 체류하기 때문에 실내 환경은 인간에게 직접적으로 영향을 미치며, 이러한 이유 때문에 실내 공기환경에 대한 관심이 고조되어 주거공간(주택, 공동주택, 연립주택 등등)과 사무소, 상업시설인 백화점이나 지하상가, 그리고 지하역사 등의 실내공기환경에 대해서는 실태조사와 개선안제시 및 환경기준설정 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

아파트형 공장이란 도시의 한정되고 비싼 토지를 효율적으로 이용하는 한편, 주로 도시형 업종인 중소기업의 안정조업을 도모하기 위하여 동일건물 내에 다수의 업체를 집단화하여 입주시키고 시설 및 일부 공정의 공동화를 도모하기 위한 다층의 공장용 건물을 말한다.

도시의 성장과정에서 자연발생적으로 성장한 도시내 중소기업체의 공장들은 도시 발전계획에 의해 도시내에서 공장의 입지가 제한되었다. 도시 내의 대부분의 지역은 비공업지역으로 지정되었고 수도권정비계획법 및 공업배치 및 공장설립에 관한 법률 등은 대도시내 공장의 입지를 제한하였으며, 주거지역내에서 주거기능을 보장하기 위해서 주거활동을 제외한 경제활동의 기회가 주어지지 않았

다. 그러나 대도시에 입지가 불가피한 노동집약적이고 영세한 소규모 가내공업 형대로 운영하고 있는 도시형업종들은 각종 법령의 규제에도 불구하고 무등록 공장으로 남아 열악한 환경에서 조업을 하게 되었다. 이렇게 대도시내 입지가 불가피한 노동 집약적이고, 업체의 영세성 때문에 개별적인 사업장의 확보가 어려운 영세 중소규모 공장들에게 쾌적한 작업환경을 제공하며, 인근의 도시 영세민에게 취업의 기회를 확대할 수 있는 아파트형공장의 등장은 펼연적이라 할 수 있다.

현재 전국에는 약 43개동의 아파트형공장이 있으며, 오는 2000년까지는 56개동의 아파트형공장이 건설될 예정이다. 특히 정부가 아파트형공장에 대해서 적극적으로 지원하면서 아파트형공장의 건립은 더욱 활기를 떨 것으로 보인다.

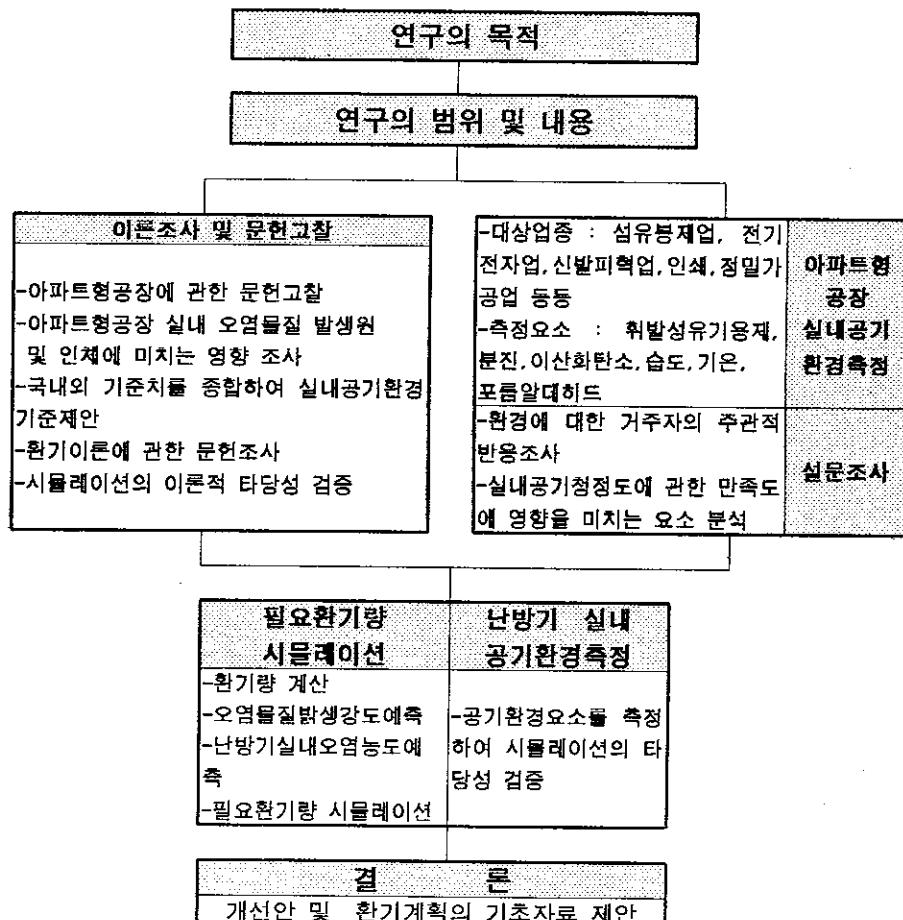
현재의 아파트형 공장은 대부분 분양가 상승으로 인한 분양실적 저조를 우려하여 최소한의 설비만을 갖추고 있으며, 또한 아파트형 공장에 설치된 환기설비는 미비하고, 작업장의 실내공기환경을 효과적으로 조절하지 못하고 있어, 대부분의 작업장에서는 실내공기환경을 창문, 문 등의 개구부를 열어놓음으로 조절하고 있는 설정이다. 자연환기에 의해서 실내오염물질을 배출할 수 있는 중간기의 경우는 어느 정도 실내공기환경을 제어할 수 있으나 개구부를 닫는 난방기에는 그러한 조절이 가능하지 않기 때문에 실내공기환경이 더욱 악화될 것이다. 그러므로 아파트형공장의 실내공기환경을 쾌적하게 유지하기 위한 필요환기량 산정과 환기계획등에 관한 체계적인 연구가 요구된다.

본 연구에서는 아파트형 공장을 대상으로 업종에 따라서 실내공기환경을 쾌적하게 유지하는데 필요한 환기량을 산정하는 방법을 제안하고, 실제환경에 대한 거주자의 반응을 고려하여 실내환경을 쾌적하게 조성하는 방안을 도출하여, 작업장 실내환경을 쾌적하게 유지하고, 궁극적으로는 작업장 근무 근로자들 복지와 건강 향상에 도움을 주고자 하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 아파트형공장을 대상으로 수행한 실내공기환경 연구방법론의 하나로서, 국내·외 기준을 종합하여 아파트형공장에 적용할 수 있는 환경기준을 제안하고, 현재 아파트형공장의 실내공기환경을 측정하여 실내오염실태를 평가하며, 섬유업종을 대상으로 간단한 시뮬레이션을 이용하여 설정된 환경기준이 하로 실내를 유지하는데 필요한 환기량을 계산하고, 실내공기환경의 청정도의 만족감에 대한 주관적 반응을 조사하여 아파트형 공장의 설계시에 참고할 수 있는 종합적인 환기계획의 기초자료를 제시하고자 하였다.

본 연구의 흐름도는 다음과 같다(그림 1.1).



(그림 1.1) 연구의 흐름도

1.2.1 연구의 범위

본 연구는 다음과 같은 제한 조건 하에서 진행이 되었다.

① 아파트형 공장 실내공기환경을 파악하기 위해서 업종을 4업종 군으로 나누어 실측하였다. 4 업종 군은 다음과 같다.

- | | |
|------------|----------------------|
| 1) 섬유·봉제업종 | 2) 전기·전자조립업군 |
| 3) 신발·피혁업군 | 4) 기타(인쇄업종, 정밀 가공업종) |

측정대상업체는 아파트형공장에서 지상층에 위치한 업체로 한정했다.

② 실내공기환경을 쾌적하게 유지하기 위해 필요한 환기량을 산정하는 시뮬레이션의 대상업종은 섬유업종으로 한정하였고, 대상 아파트형 공장은 중소기업진흥공단에서 건설한 것을 대상으로 하였다.

③ 거주자의 주관적 반응을 조사하기 위한 설문 조사는 섬유봉제업종군에 한정했다.

1.2.2 연구의 방법

본 연구의 방법은 다음과 같은 단계로 구분되고, 각 연구 단계의 세부적인 내용은 다음과 같다.

1. 이론고찰 및 기준자료조사

아파트형 공장에서 환기의 필요성과 목적 및 실내공간의 공기환경을 오염시키는 오염물질과 인체에 미치는 영향에 대해 국내·외 문헌을 조사하고 실내오염물질에 관한 국내·외 기준을 고찰하여 아파트형 공장에 적용이 적절한 기준을 제안하고, 환기방식의 유형과 필요한 환기량을 계산하는 방법 등에 관하여 국내·외 문헌을 통해 자료조사를 하였다.

2. 아파트형 공장 실내공기환경(IAQ) 평가 단계

이 단계에서는 전 단계에서 제안한 아파트형공장의 환경기준에 따라 아파트형 공장의 실내공기환경을 평가하기 위하여 현장조사를 실시하였다. 공기환경요소인 휘발성유기용제, 이산화탄소, 분진과 온열환경요소로서 중요한 온도, 습도를 측정하고 분석하여, 아파트형공장의 실내공기환경의 실태를 파악하였다.

3. 필요환기량 계산을 위한 시뮬레이션

아파트형 공장중에서 섬유작업장을 대상으로 실험측정결과와 이론조사 단계에서 타당성이 검증된 환기량 예측과 오염농도 예측방정식을 이용하여, 난방기 개구부를 닫았을때 실내오염농도를 예측·평가하고, 공간의 특성에 따라 설정한 실내허용기준에 따라 실내공기환경을 쾌적하게 유지하기 위하여 필요한 환기량을 계산하였다.

4. 거주자의 주관적 반응 평가 단계

본 단계에서는 아파트형 공장 중 섬유업종 작업자들을 대상으로 실내공기환경의 만족도에 가장 크게 영향을 미치는 요소를 설문조사 하였고, 결과를 SPSS/PC⁺를 이용하여 통계처리하고 분석하여, 실내공기환경에 대한 만족도에 대해 아파트형공장 근로자들에게 영향을 미치는 실내환경요소를 파악하여 쾌적한 환경 조성을 위한 기초자료로 사용할 수 있도록 계획하였다.

5. 아파트형 공장 실내공기환경을 고려한 환기계획 제시 단계

지금 까지 진행된 단계를 통하여 얻어진 결과를 토대로하여 아파트형 공장의 실내공기환경에 적용할 수 있는 종합적인 환기계획의 기초자료를 제시하였다.

제 2 장 아파트형공장의 개요

2.1 아파트형공장의 개요

아파트형공장이란 공장배치법 및 공장시설에 관한 법률에 따르면 동일 건물 안에 다수의 공장이 입주할 수 있는 다층형집합건축물로¹⁾, 도시의 한정되고 비싼 토지를 효율적으로 이용하는 한편, 주로 도시형 업종인 중소기업의 안정조업을 도모하기 위하여 동일건물 내에 다수의 업체를 집단화하여 입주시키고 시설 및 일부 공정의 공동화(共同化)를 도모하기 위한 다층의 공장용 건물을 말한다.

수도권내에 산재한 도시형 업종의 중소기업을 유치하여 도시 안에 한정된 공장부지를 효율적으로 이용하고 지역사회의 소득원 개발에 기여하고 작업환경개선과 생산시설현대화를 위해 계획된 아파트형 공장은 87년 대통령 공약사항이 되면서 본격적으로 시작되었다.

입주대상업체는 도시형업종으로 주로 노동생산성과 대지 생산성이 높고 용수, 전력, 및 연료 다소비형이 아니고, 동시에 공해 발생 가능성도 낮은 업종이라 할 수 있다. 도시형업종을 유형별로 보면 대도시의 소비요소와 밀접한 업종(주로 식품·섬유·가구산업) 고도의 정보기술등과 밀접한 업종(예 : 컴퓨터, 반도체 등의 부품 조립업), 제조공장의 개념이 약한 작업장 성격의 공장(예 : 귀금속 가공, 안경), 문화적 요구가 큰 도시의 근대환경에 부합되는 업종(예 : 구두, 의류, 핸드백)들로 나눌 수 있다. 이와 같은 도시형 업종은 우리나라의 경우 대체로 다른 제조업보다 매우 취약, 영세하고 무허가 공장인 경우가 많아 아파트형 공장을 건설하여 입주시킴으로써 양성화시킬 수 있다²⁾.

1) 대한상공회의소 입지지원센터, **아파트형공장제도 해설**, 1992. 7, p 3

2) 김 정홍, **아파트형공장의 국내외 설립동향과 배치방향**, p 23

아파트형 공장의 장단점과 추진연혁은 다음과 같다.

<표 2-1> 아파트형 공장의 장단점³⁾

장 점	1. 고층화를 통한 작업장 수급 원활 및 작업장 부지의 효율적 이용
	2. 작업 적정공간 확보 및 불리한 작업환경 개선
	3. 동일 건물내 다수 공장 입지로 행정지원 및 관리원활
	4. 제조공정의 집중화로 인한 서비스 및 난방비용 절감
	5. 기술, 판매 등에 있어서 상호 교류에 의한 정보교환
	6. 복합건물 운영의 경우 직주(職住)근접 효과
	- 통근시간 절감 - 가사부담 경감 - 소득증대
단 점	1. 수직운반에 따른 부담(운반비용, 운반시간, 운반인원, 재해발생의 원인)
	2. 건설공사비 및 유지관리비 상승
	3. 환기채광 통풍이 다층공장에 비해 불리
	4. 변전실, 기계실 등의 부대시설과 복도, 엘리베이터, 비상대피공간등의 비업무용 공간으로 실가용 면적의 축소
	5. 불평불만의 조직화로 인한 근로자의 집단분규등의 과밀에 따른 역효과
	6. 축소 확대시 적용이 어려움

<표 2-2> 아파트형 공장의 추진 연혁

날자	추진 연혁
89. 2.24.	① 공장배치법 시행령을 개정하여 아파트형 공장의 설치근거 마련
89. 3.22.	① 건축법 시행령을 개정하여 도시계획법상 일반주거지역, 준주거지역, 근린상업지역에서 아파트형 공장 건설을 허용 ② 서민주택건설 기획단 회의-지역주민 소득증대사업의 일환으로 아파트형 공장 건설대책반 구성 ③ 상공부주관으로 아파트형 공장 건설대책반 구성
89. 6. 2.	① 영구임대주택내 부대 복리시설 설치기준 확정-1,000세대 이상의 단지내 복리시설로 아파트형 공장 설치
89.11.20.	① 건축법 시행령을 개정하여 개별 공장의 일주면적제한을 삭제하고 아파트형 공장의 건축면적의 합계를 일반주거지역 5,000㎡, 준주거지역 7,500㎡, 근린상업지역 및 영구임대주택단지내는 10,000㎡ 까지 확대함.
90. 7.16.	① 건축법 시행령을 개정하여 용도지역별건축면적 규모를 시도 조례로 정하도록 위임하고 자연녹지역 안에서 도시기본계획상 주거지역, 상업지역 및 공업지역으로 계획이 수립된 구역중에서 지정, 공고한 구역에 한해서 설치허용.
91. 1.14.	② 공업배치 및 공장설립에 관한 법률 제정 시행, 공장설립업무지침 (상공부고시 제 91-30, '91.6.15)에서 아파트형 공장제도 보완 정비
91. 3.14.	③ 제조업 경쟁력 강화대책 회의 -아파트형 공장 등 중소기업 입지공급 확대
92. 12.	④ 아파트형 공장 건축조례 작성기준 변경시달(건설부 → 각 시·도)

3) 대한주택공사, **아파트형 공장의 실용화 방안 연구**, 1987. 12, pp 9-118

2.2 아파트형공장의 기대효과

아파트형공장의 건설은 중소기업 혹은 무등록공장을 위한 대책으로서 뿐 아니라 지역환경의 개선을 도모하기 위한 목적도 있어 지역정비정책과 조화시켜 계획적으로 시행하면 여러가지 효과를 기대할 수 있다.

개별기업적 측면에서 보면, 영세 사업자를 위한 작업장 제공과 자가 공장 보유를 지원함으로서 원가절감이 되고, 집중적인 행정지원 및 관리가 용이할 뿐만 아니라, 유사한 여러 업체가 동일 건물 내에 입주하기 때문에 기술개발 원료 및 부품조달과 업체간 상호교류 및 정보교환이 원활해져서 생산성이 향상된다. 그리고 작업환경 개선에 의한 안정적 조업과 이에 따른 품질 개선, 원가경쟁력 강화, 안정적 시장확보가 가능하며, 유휴노동력 유치로 인해 생산원수가 절감되고, 용지이용 극대화에 따른 부지의 투자부담이 감소한다.

산업정책적 수단으로서의 기대효과를 보면 아파트형공장은 도시형업종에 속하는 산업발전을 위한 정책수단이 될 수 있다. 우리나라와 같이 도심권에 산재되어 있는 도시형업종에 속하는 다수의 영세 무허가공장을 아파트형공장에 우선적으로 입주하게 함으로써 자연적으로 양성화 시킬 수 있고, 방치하면 다른 지역으로 전출되거나 전폐업하게 되는 소규모업체를 그 지역내에서 육성시켜서 그 지역의 공업발전을 위해 꼭 필요한 업종을 보전시킬 수 있다.

영세업체들에 대해서는 경영기반의 강화 및 시설개선이 이루어질 수 있어 기업근대화를 도모할 수 있으며, 창업기업이나 영세업체에 대해 인큐베이터의 역할을 수행할 수 있다. 즉, 기업규모가 작은 경우 아파트형공장에서 생산시설의 공동이용과 정보교환을 통해 성장할 수 있고, 대외경쟁력이 생기고 일정 규모 이상으로 기업이 성장하면, 아파트형공장의 규모확대가 용이하지 않으므로 다른 곳에 독자적으로 전출해 나갈 수 밖에 없어 다른 창업기업이나 영세업체에게 인큐베이터의 역할을 제공할 수 있다.

도시 밀착형 업체의 도시내 합리적 수용으로 인한 도시내 공업의 재배치가 이루어지고, 중소규모 공장의 집단화를 통한 도시미관, 도시기능을 개선할 수 있을 뿐만 아니라 기존 지역의 기능활성화에 기여할 수 있게 된다.

또한, 지역경제적 측면에서는 무허가 공장 양성화로 인한 지역 기업의 경쟁력이 향상되고, 지역주민의 경제활동에 대한 욕구충족 및 유휴노동력의 취업으로 주민소득이 증대되고, 기업의 안정된 생활활동보장으로 인한 기업투자가 용이해져 지역경제 발전에 기여한다.

아파트형 공장의 시설지역은 지역환경개선을 도모할 수 있는데, 대도시지역 내에서 住·工분리가 이루어져서 주택과 공장의 질서있는 공존 및 발전이 가능해진다. 즉, 주거 및 상업지역내에 산재해 있는 무등록 무허가영세 공장들을 아파트형공장으로 이주시켜 지역환경의 개선을 도모할 수 있다. 또한, 아파트형공장의 건설에 의해 근원적으로 공장의 공해방지정책을 취할 수 있고, 각종 공해로 인해 주거지역에서 발생하는 민원도 줄어들게 된다.

2.3 아파트형공장의 현황

2.3.1 국내현황

95년 현재 전국의 아파트형공장은 전국적으로 약 43개동 19만 9천 7백평에 달하고 있고, 56개동 24만 1천 8백평 규모의 아파트형공장이 오는 2000년까지 신규 건설될 예정이다. 특히, 정부가 중소기업진흥공단 등의 공공사업자에게 한 해 지원하던 아파트형공장 건설자금을 민간에게도 지원키로 하는 등의 대책을 95. 6.에 마련, 시행에 들어가 수요가 많은 아파트형공장의 건립은 더욱 활기를 떨 것으로 보인다⁴⁾.

현재 전국적인 아파트형공장의 현황은 다음과 같다(<표 2-3>, <표 2-4>, <표 2-5> 참조)⁵⁾.

<표 2-3> 아파트형 공장의 현황(95년 기준)-완공가동중

지 역	설 치 자	규 모		비 고
		동 수	입 주 입 체 수	
서울 하월곡, 마천 중계, 가양 번동, 월계 성수동 성수동 독산동 신도림	서울시정사회과 도시개발공사 중소기업진흥공단 인쇄조합 삼풍건설 대동건설 천강건설	2 2 3 1 1 1 1	13 43 49 18 31 28 36	임 대 분 양 분 양 분 양 분 양 분 양 분 양
대구 월성	대구시	1	12	분 양
광주	중소기업진흥공단	1	19	분 양
광주 인쇄조합	인쇄조합	1	6	분 양
경기 수원(권선) 경기 수원 수원(우만) 성남(분당) 안양 광명 군포 군포 군포 남양주 광주하남	천자산업 중소기업진흥공단 전명종합 성남시 유천건설 경기도지사 윤여진의 2명 삼풍건설 최덕범 외 4인 진명종합건설 진명종합	1 1 1 5 1 4 1 1 1 2	100 10 12 355 196 112 13 12 32 30 19	분 양 분 양 분 양 분 양 분 양 분 양 분 양 분 양 분 양 분 양
인천 주안 남동	중소기업진흥공단 수출산업	1 1	51 40	분 양 분 양
부산 모라 모라 용호	중소기업진흥공단 부산시 경동건설	1 1 1	18 11 24	분 양 분 양 분 양
경남 창원	동남공단	7	44	임 대

4) 조선일보, **아파트형공장 설립급증**, 95. 7. 19

5) 중소기업진흥공단과 통상산업부에서 집계한 통계자료를 종합정리한 것임.

<표 2-4> 아파트형 공장의 현황(95년 기준)-건설중

지 역	설 치 자	규 모		비 고
		동 수	입 주업 체수	
서울 오류동 독산동	동선주택	1	6	분 양
	풀립토건	1	20	분 양
부산	금사협업화 협동조합	1	40	분 양
대구	중소기업진흥공단	1	18	분 양
인천	수출산업공단	2	75	임 대
	현광종합건설	2	80	분 양
	고려다이아몬드(주)	3	115	분 양
경기 의왕 남양주 시화공단 안양 군포	박 교식외 3인	1	35	분 양
	손 길동외 2인	11	22	분 양
	서부공단	3	23	임 대
	동일주택	1	19	분 양
	성진산업개발(주)	2	?	분 양
충남 천안 2공단 천안 신방동	충진공	1	50	분 양
	구 본수	1	3	분 양
경남 울산시	이 장섭외 2인	1	20	분 양

<표 2-5> 아파트형 공장의 현황(95년 기준)-계획중

지 역	설 치 자	규 모		비 고
		동 수	입 주업 체수	
서울 중계동 자양동, 신내동 신2도림 당산동 문래동 문래동	중소기업진흥공단	3	60	설계 중
	도시개발공사	3	98	분 양
	천강건설	1	65	분 양
	희명주택	1	37	분 양
	우정건설	1	150	분 양
	동아건설	1	?	설계 중
대구 성서공단 범물	대구시	2	78	분 양
	충진공	1	?	설계 중
경기 군포 군포 부천(중동) 일산	성진산업개발	1	55	분 양
	군포시	1	?	-
	부천시	10	334	설계 중 예정
	일산시	1	?	
부산 삼동	인쇄조합	1	?	설계 중
경남 창원	동남공단	2	60	임 대
천안 차암	중소기업진흥공단	1	50	설계 중
대전 광암	중소기업진흥공단	1	20	부지매입완료
인천 남동 시화	수출산업공단	1	?	설계 중
	서부지역관리공단	3	?	설계 중
전북 전주	중소기업진흥공단	1	?	부지매입완료

2.3.2 외국의 아파트형공장⁶⁾

인구밀도가 높고 산업용 토지가 부족한 홍콩, 싱가포르, 대만 등지의 나라에서는 아파트형공장이 널리 보급되어 있으며, 일본이나 유럽지역 각 국에서도 아파트형공장이 보급되어 있다. 아파트형공장의 명칭은 각 나라마다 다른데, 대만에서는 ‘표준공장’, 홍콩에서는 ‘Industrial Tower’, 싱가포르에서는 ‘Flatted Factory’라고 불리워 진다.

아파트형공장의 보급이 가장 일반화된 홍콩에서는 1960년대부터 1970년 사이에 성행하던 무허가 공장을 수용하기 위한 방안으로 도시외곽의 17개 공업단지에 35개동의 아파트형공장을 건설하기 시작하여 1984년 현재 48,992개의 제조업체 중 40,000여 업체가 이에 입주해 있는 것으로 추산되고 있다.

싱가포르에서는 근로자의 편의를 도모하고 유휴노동력을 활용하기 위해서 도심외곽의 주거지역에 16개소에 1985년말 현재 58개동의 아파트형 공장을 건설 약 1,000업체가 입주해 있다.

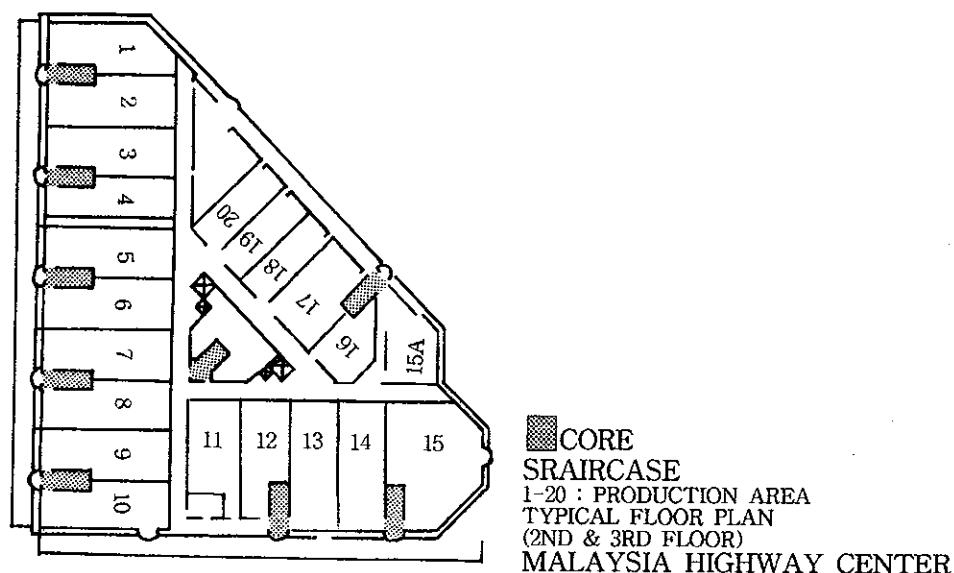
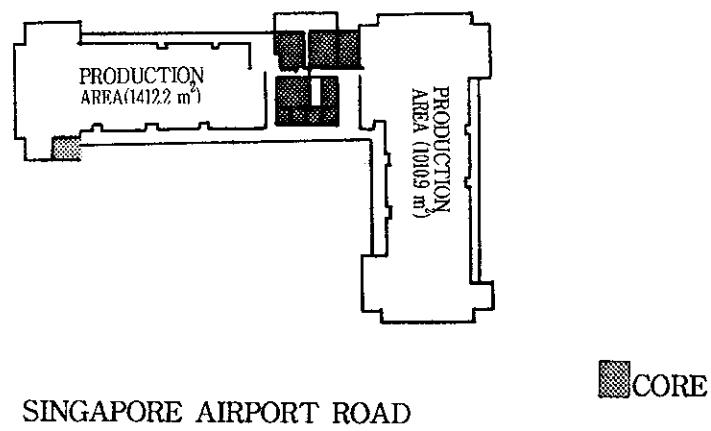
대만에서는 중소규모의 공장설립을 위한 공장부지의 수요가 계속증가함에도 불구하고 도시 근처에 공장용지를 구하기 어려운 문제와 제한된 토지의 경제적 이용이라는 문제를 사용하기 위해서 국영 종합건설업체인 중화공정공사로 하여금 시장조사와 가능성을 연구케 한 후 적절한 지역을 선정 구매하여 공업단지로 개발 공업단지내 표준공장을 건설하여 중소규모 업체에게 공급하도록 지원하고 있다.

일본에서는 기존 시가지에 산재한 중소기업이 교통문제나 공해 등으로 주거

6) 주택공사연구소, **아파트형공장의 실용화 방안에 관한 연구**, 1987. 12., pp109~110

한국기업정책연구소, **서울특별시 소재 무등록 공장 실태와 대책에 관한 연구** - **아파트형공장을 중심으로**, 중소기업협동조합중앙회 서울지회, 1990.12., pp 81~89

환경을 악화시키자 아파트형공장과 같은 집단화 사업을 통하여 공업단지로의 이전을 도모하고자 시작되었는데 1978년에 오사카에만 5개소 건설되어 164업체가 이에 참여하고 있다.



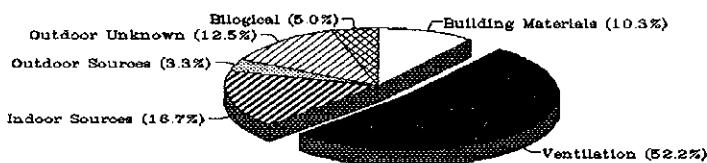
(그림 2.1) 외국의 아파트형 공장 평면도

제 3 장 환기 이론에 대한 고찰

3.1 환기의 개요

환기란 자연 또는 기계적인 수단에 의하여 오염된 실내공기를 신선한 외기로 교환하는 과정으로, 환기는 두가지 의미를 갖고 있다. 첫째는 건물의 내구성과 위생성을 유지하기 위하여 습기를 제거할 목적으로 개방된 개구부를 통해서 환기를 하는 것을 말하며, 이를 일반적으로 통기, 통풍이라고 한다. 두번째는 체감기류나 실내공기의 청정도를 유지하기 위하여 혼탁해진 실내공기를 신선한 외기와 교환하는 것을 의미하며, 이를 환기, 환풍이라고 한다⁷⁾.

실내공기환경에 환기가 미치는 중요성을 미국 NIOSH가 446개의 건물을 대상으로 수행한 연구결과를 통해 살펴보면, 실내공기질에 영향을 미치는 인자는 환기, 실내 오염원, 실외 오염원, 건축재료, 미생물, 기타 등으로, 그 중에서 환기가 실내공기질에 미치는 영향은 52.5%로 가장크고, 실내공기질을 제어하는 데 가장 효과적인 방법⁸⁾임을 알 수 있다.



(그림 3.1) 실내공기질에 영향을 미치는 요소⁹⁾

7) 이연구 외, *건축환경계획론*, 서울:태림문화사, 1993, p 97

8) Ren Anderson, *Indoor Air Quality Design Guidebook: Techniques for Modeling ventilation Efficiency and Air Distribution in Occupied Spaces*, The Fairmont Press, INC., 1991, pp. 117-119.

9) ibid., p 118

3.2 환기방식의 종류

환기방식은 분류방법에 따라 여러가지로 나눌 수 있다. 실내·외 간의 공기를 이동시킬 때 송·배풍기등의 기계력을 이용하는지의 여부에 따라 자연환기와 기계환기로 나눌 수 있고, 환기가 필요한 실을 전체적으로 환기하느냐 또는 부분적으로 환기하느냐에 따라 전체환기(회석환기)와 국부환기로 나눌 수 있다.

3.3.1 자연환기

자연환기란 자연의 물리적 변화를 이용하여 환기하는 것을 말한다. 자연환기를 일으키는 원동력은 실내외간의 압력차이 때문이며, 압력차이는 풍압과 온도차이에 의해서 발생한다¹⁰⁾. 풍압은 바람으로 때문에 생기는 것으로 평균풍속에 의한 값을 고려하며, 실측치나 모형실험 결과치를 사용하기도 한다. 온도차이에 의한 환기는 굴뚝효과라고도 하는데, 벽으로 둘러싸인 공간내에서 난방기간에 공기밀도 차이에 의하여 더운 공기가 위로 올라가고 외부의 차가운 공기가 들어오는 것이다.

실제로 환기는 온도차 및 풍압에 의해서 동시에 발생한다. 이때 환기량은 이 두 힘으로 인한 각각의 압력을 합산하면 된다. 압력의 방향에 따라서 온도차 및 풍압에 의한 환기량은 가감되기도 한다. 이 두 힘이 같은 방향으로 작용할 경우에도 환기량은 압력차의 제곱에 비례하기 때문에 약 40%정도만 증가한다¹¹⁾.

온도차(Thermal Force)에 의한 환기는 내외부 온도차 및 환기경로의 수직높이 중 어느 하나라도 충분히 클 경우 발생한다.

그러나 건물의 층고가 낮을 겨우는 환기경로가 작기 때문에 환기경로의 수직높이에 의한 환기는 발생하지 않는다. 그리고, 여름철이나 중간기는 실내외의 온

10) B. Givoni, *Man Climate & Architecture*, New York:VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY, p281

11) ibid, p287

도차가 크지 않기 때문에 온도차에 의한 환기 역시 매우 미약하다¹²⁾.

3.2.2 기계환기¹³⁾

기계환기는 건물이나 실내에 적당한 급기구나 배기구를 설치하여 송풍기(팬)를 사용하여 강제적으로 외부의 공기를 끌어들이고, 실내공기를 밖으로 배출하는 것으로서, 자연력에 좌우되지 않고 일정한 환기량을 유지할 수 있다. 송풍기에 의해 발생하는 압력은 유량에 따라 다르며, 유량에 의한 전압, 흐울, 축동력 등의 변화를 나타낸 것을 송풍기의 특성 곡선이라고 한다. 송풍기라 하더라도 압력이 높아지지 않는 환기 팬 같은 경우에는 바람 압력이 큰 경우나 고층 빌딩 등에서 온도차에 의한 굴뚝효과 때문에 환기 성능이 크게 저하하는 경우가 있으므로 주의를 요한다. 송풍기에 의한 압력차의 발생은 실의 벽, 바닥, 천장 등 모든 면에 대해 같은 압력을 작용시킨다.

기계환기의 종류는 다음과 같다.

- 1종 환기법 - 송풍기와 배풍기를 이용한 환기방식
- 2종 환기법 - 송풍기만으로 환기하는 방식
- 3종 환기법 - 배풍기만으로 환기하는 방식

(1) 1종환기

송풍기를 사용하여 실내에 외기를 도입하는 동시에 배풍기에 의하여 실내공기를 배출하는 방법이다. 실내외의 압력을 조절할 수 있으므로 가장 우수한 환기를 행할 수 있다. 이 방식은 환기량을 확실하게 얻을 수 있고, 실내의 기류분포를 쉽게 설계할 수 있다는 장점이 있다. 또한 급배기량을 변화시켜 실내압을 정부압 어느 쪽이나 유지할 수가 있다.

실외공기가 오염되어 정화가 필요한 경우는 송풍기의 1차 측에 필터를 설치

12) loc. cit.

13) 한국건설기술연구원, *지하상가의 환기시스템 연구*, 1988. 12., pp 5-8

우원설비(주)기획실, *환기시스템의 기본개념*, 월간설비기술, 1992. 9, pp 2-11

김 광우 외, *건축공기조화설비*, 서울;기문당, 1995, pp 273-274

하고, 배기를 정화하여 배출할 필요가 있는 경우는 배기 송풍기의 2차 측에 필터를 설치한다.

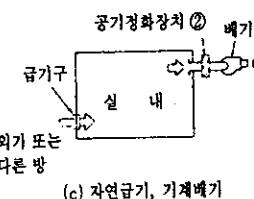
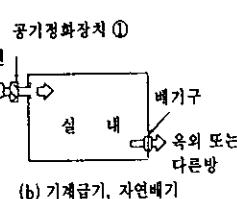
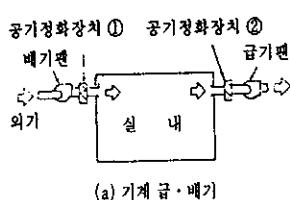
(2) 2종환기

실내의 적당한 위치에 배기구를 설치하고 송풍기에 의해서 외기를 강제로 도입하고, 배기는 개구부를 통하여 자연적으로 밀려 나가도록 하는 방식이다. 이 방식은 자연 배기구가 실내 공기를 직접 외기에 배출할 수 있는 경우와 자연 배기구가 적당한 곳에서 실내공기를 간접적으로 외기에 배출 할 수 있는 경우에 사용된다. 오염된 공기가 침입해서는 안되는 공간(실내가 부압이 되어서는 안되는 공간) 또는 연소흡합공기를 필요로 하는 공간의 환기에 적합하다. 2종환기에서 주의할 점은 실내의 어느 한 지점에 유해가스가 발생할 때 급기로 인하여 필요 이상으로 실내에 확산되는 경우가 발생하기 때문에 이와간은 문제를 충분히 검토해야 한다.

(3) 3종환기

실내의 적당한 위치에 급기구를 설치하고 실내공기는 배풍기를 이용하여 강제로 옥외등으로 배출하고, 외기는 급기구를 통하여 자연적으로 유입시키는 방식이다. 자연급기구가 직접 외기를 도입할 수 있거나, 자연급기구가 복도 등의 경로를 통하여 간접적으로 외기를 도입할 수 있는 경우에 사용되는 방식이다.

일반적으로 냄새, 유해장소, 오염물질의 발생이 예상되는 곳이나 오염물질이 다른 실로 유출되어서는 안되는 공간의 환기에 적합하다. 3종환기에서는 흡입구의 위치선정이 잘못되면 국부적인 환기가 되기 때문에 주의해야 한다.



(그림 3.2) 기계환기 방식

3.3 필요환기량

쾌적한 실내환경을 유지하기 위해 필요한 외기도입량은 오랫동안 논란이 되어 왔다. 여러가지 추론에 의해서 근본적으로 매우 다른 기준들이 만들어 졌다(Grimsrud & Teidman Janssen 1989; Klauss et al. 1970; Yaglou et al. 1936, 1937).

과거에 필요환기량 규정을 위해 주로 관심을 가진 사항은 습기제어를 위한 외기량, CO_2 취기, 거주자에 의한 흡연이었다. 최근에 들어오면서, 거주자에 의해서 발생되지 않는 오염물질들을 허용할 만한 수준으로 유지하는 것이 큰 관심이 되고 있다. 그러나 실내허용농도는 매우 다양하기 때문에 최소환기율을 유지하는 것이 모든 상황에서 허용할 만한 실내 환경을 보장하지는 않는다¹⁴⁾.

3.3.1 필요환기량에 대한 기준 고찰

환기에 대한 기준은 성능기준과 지시기준으로 구분할 수 있다. 성능기준은 목표로 하는 공기의 질을 규정하지만 그 방법에 대해서는 정하지 않고 있으며, 일반적을 특정한 환경내의 재실자의 건강 위험으로부터 거주자를 보호하기 위해 만들어졌다. 지시기준은 1인당 필요환기량을 cfm, 1/sec, 또는 ACR(환기횟수:Air Change Rate)로 규정하고 유지되어야 할 공기의 질에 대해서는 언급하지 않고 있다.

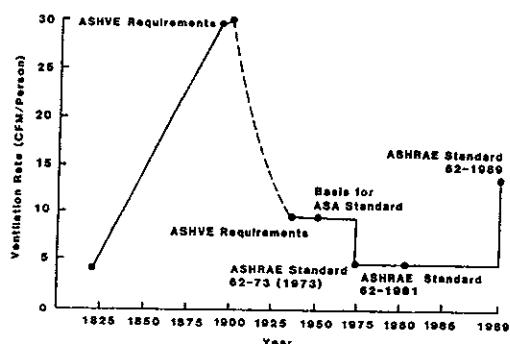
환기에 대한 기준은 정확한 것은 아니며, 현재 유효한 자료에 근거하여 만든 것이다. 이 기준은 생활양식, 사용기기, 대기오염등이 변화에 따라 달라지게 된다. 미국의 경우 주거용 건물에 대한 환기기준은 ASHRAE Standard 62-1989 "Ventilation for Acceptable IAQ"와 HUD(Department of Housing & Urban Development)의 최소성능기준(MPS, Minimum Property Standard)의 두 가지가 있는데, 1979년에 공표된 MPS는 0.5ACH(Air Change per Hour)정도의 침기량

14) ASHRAE, *ASHRAE HANDBOOK 1993 FUNDAMENTAL*, 1993,
pp 23.2

에, 개방 가능한 창을 이용한 환기를 기준으로 하고 있으며 창의 크기는 바닥 면적의 1/20이상이어야 한다고 정하고 있다.

미국에서의 환기량 기준의 변천에 관하여 살펴보면 과거에는 체취와 흡연 농도로써 환기율을 결정하곤 했는데, 실내의 이산화탄소 농도를 낮추기 위한 필요환기량에 대한 논쟁은 이미 지난 19세기 부터 시작되었다. 즉, 1893년, Billings는 이산화탄소 및 기타 오염물을 제거하기 위한 최소 환기량은 1인당 30cfm이 되어야 한다는 기준을 제시하였으며, ASHVE(American Society of Heating & Ventilating Engineers)가 이 기준을 채택하여 1925년에는 미국내 22개주에서 법제화되었다. 1930년대에 Yaglou는 냄새없는 환경의 유지를 위해 1인당 10cfm의 최소환기량을 제시하였고 1946년 ASA에 의해 이 기준이 채택되었다. 1973년 ASHRAE는 실내의 냄새 제거를 전제로 한 ASA의 기준을 개정하여 에너지 절약을 위한 필요환기량으로 1인당 5cfm을 제안하였으며 동시에 이보다 2-3배 큰 수치를 채택하고 냄새가 없는 실내 환경기준으로 추천, ASA의 후신인 ANSI(American National Standard Institute)가 1977년에 기준으로 채택하였다.

즉, 미국에서의 20세기 초 환기량은 $30\text{ft}^3/\text{min}\text{人}$ 이었던 것이 1973년에는 $5\text{ft}^3/\text{min}\text{人}$ 으로 줄어들었으나, 1978년부터 1988년까지 NIOSH가 실내공기질에 문제가 있는 380개의 상업 건물을 감정한 결과, 이를 건물의 약 1/2이 부적절한 환기가 불량한 공기환경의 원인으로 밝혀졌고, ASHRAE에서는 환기가 공기질을 향상시킬 수 있는 실제적인 수단이 될 수 있다고 판단하여 1989년 $15\text{ft}^3/\text{min}\text{人}$ 까지 환기량을 늘릴 것을 제안했다(그림 3.3) 참조).



(그림 3.3) 필요환기량 기준의 변천

3.3.2 필요환기량 계산방법¹⁵⁾

실내공기환경을 유지하기 위해서는 제어대상이 되는 오염 요소들을 희석 및 제거하기 위한 청정한 공기가 필요하게 된다. 이를 필요환기량이라하는데 실내에서의 여러 요소별로 그 양을 산정한 후 그 중에서 큰 값을 환기계획에 적용하게 된다. 필요환기량의 산정에 고려되는 인자로서는 산소, 이산화탄소, 온도, 습도, 분진, 기타 유해물질 등을 들 수 있다(<표 3-1> 참조).

<표 3-1> 필요환기량 계산식¹⁶⁾

환경요인	계산식	비고
산소결핍	$Q = \frac{c}{a - b}$	V : 필요환기량[m ³ /h] a : 공기중의 산소함유량(=0.2095) b : 유지하고자하는 산소농도(=0.1900) c : 산소소비량[m ³ /h]
CO ₂ 증가	$Q = \frac{k}{p - q}$	V : 필요환기량[m ³ /h] p : 유지하고자하는 농도(=0.0007-0.001) q : 공기중의 함유량(=0.0003) k : CO ₂ 발생량[m ³ /h]
열	$Q = \frac{H_s}{0.29(t_i - t_o)}$	H _s : 발생현열량 (kcal/h) t _i : 허용 실내온도 (°C) t _o : 도입 외기온도 (°C)
습도증가	$Q = \frac{W}{1.2(X_i - X_o)}$	W : 수증기발생량 (kg/h) X _i : 허용 실내절대습도 (kg/kg') X _o : 도입 외기절대습도 (kg/kg')
가스	$Q = \frac{100M}{K - K_o}$	M : 가스 발생량 (m ³ /h) K : 허용 실내가스농도 (용적%) K _o : 도입 외기가스농도 (용적%)
분진	$Q = \frac{M}{C - C_o}$	M : 먼지 발생량 (mg/m ³) C : 허용 실내먼지농도 (mg/m ³) C _o : 도입 외기먼지농도 (mg/m ³)
물	$Q = K \cdot L$	K : 환기량 (m ³ /kcal 또는 m ³ /kg) (이론 폐가스량×배기조건) L : 연소기구의 연료소비량 (kcal/h 또는 m ³ /kg)

15) 이 연구 외, *건축환경계획론*, 서울; 태림문화사, 1993, pp 107-109

16) ibid., pp107-109

우원설비(주)기획실, *환경시스템의 기본개념*, 월간설비기술, 1992. 9, p 4

3.4 환기량 계산 방법

3.4.1 압력차에 의한 환기량 계산

(1) 개구부를 통한 환기량 계산

(그림3.4)와 같은 개구부를 통과하는 풍량은 양쪽의 압력차에 비례하며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V = a \Delta p^{(1/n)} \quad \text{---(1) } ^{(17)}$$

V : 통풍량 [m^3/h]

a : 통기율 [$m^3/hmmAq^{(1/n)}$]

Δp : 압력차 [mmAq]

n : 1-2

n의 값은 보통 개구부가 아주 작은 틈새일 경우는 1이고, 클때는 2를 적용 한다. n이 2일때 (1)식은 다음과 같다.

$$V = a A \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta p} \quad \text{---(2) } ^{(18)}$$

V : 통풍량 [m^3/h]

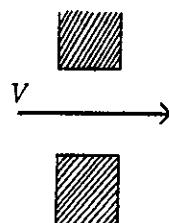
a : 유량계수 유량계수의 값은 <표 3-2>과 같다.

A : 개구부 면적 [m^2]

g : 중력가속도 9.81 [m/s^2]

γ : 공기비중량 [kg/m^3]

Δp : 압력차 [mmAq]



(그림 3.4) 개구부

17) 김 신도외, 건축환경계획론, 서울:태림문화사, 1993, p100

18) loc. cit.

창이 달혀 있는 경우는 개구부의 면적을 창틀의 틈새로서 다음과 같이 구할 수 있다.

$$V = b \Delta p^{\frac{1}{n}} \quad \text{---(3) } 19)$$

$$V_s = c \Delta p^m \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta p} \quad \text{---(4) } 20)$$

V : 통풍량 [m^3/h]

V_s : 통풍량 [m^3/s]

b, c : 틈새계수

1 : 틈새길이

m,n : 틈세지수

(2) 개구부의 합성

1) 직렬합성

몇 개의 개구부를 바람이 순차적으로 통과하는 경우 유효 개구부는 아래와 같은 방법으로 합성한다.

$$\frac{1}{\alpha A} = \sqrt{\left(\frac{1}{\alpha_1 A_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{\alpha_2 A_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{1}{\alpha_n A_n}\right)^2} \quad 21)$$

2) 병렬합성

동일 벽면에 2개 이상의 개구부가 있으면, 그 개구부를 통과하는 풍량은 각각의 개구부를 통과하는 풍량의 합이된다.

$$\alpha A = \alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 + \alpha_3 A_3 + \dots + \alpha_n A_n \quad 22)$$

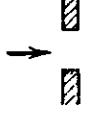
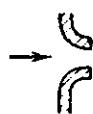
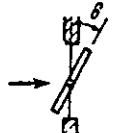
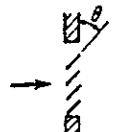
19) loc. cit.

20) loc. cit.

21) ibid., p 104

22) ibid., p 103

<표 3-2> 유량계수²³⁾

명칭	형상	유량계수(α)		압력손실계수(C_s)	
단순창		0.65-0.7		2.4-2.0	
오리피스		0.60		2.78	
밸마우스		0.97-0.99		1.06-1.02	
돌출창		θ	1:1	1:00	1:1
		15	0.25	0.18	1.60
		30	0.42	0.33	5.65
		45	0.52	0.44	3.68
		60	0.57	0.53	3.07
		90	0.62	0.62	2.59
		15	0.30	0.18	11.1
		30	0.45	0.34	4.9
		45	0.56	0.46	3.18
		60	0.63	0.55	2.51
		90	0.67	0.63	2.22
회전창		15	0.15	4.53	
		30	0.30	11.1	
		45	0.44	5.15	
		60	0.56	3.18	
		90	0.64	2.43	
블라인드		30	0.15-0.30		
		50	0.35-0.45		
		70	0.40-0.50		
		90	0.65-0.80		

23) ibid., p101

(3) 바람에 의한 환기

바람에 의한 환기는 풍압에 의해 발생하게 된다. 바람의 유입구의 풍압계수를 C_1 , 유출구의 유압계수를 C_2 라고 하면, 유입구와 유출구 압력은 다음과 같다.

$$P_1 = C_1 \frac{\gamma}{2g} v^2 \quad \text{--- (1) } ^{24)}$$

$$P_2 = C_2 \frac{\gamma}{2g} v^2 \quad \text{--- (2) } ^{25)}$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = (C_1 - C_2) \frac{\gamma}{2g} v^2 \quad \text{--- (3) } ^{26)}$$

$$V_s = aA \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta P} \quad \text{--- (4) } ^{27)}$$

$$V_s = aA \sqrt{(C_1 - C_2)v^2} \quad \text{--- (5) } ^{28)}$$

V_s : 통풍량 [m^3/s]

C_1 : 유입구의 풍압계수

C_2 : 유출구의 풍압계수

v : 풍속 [m/s]

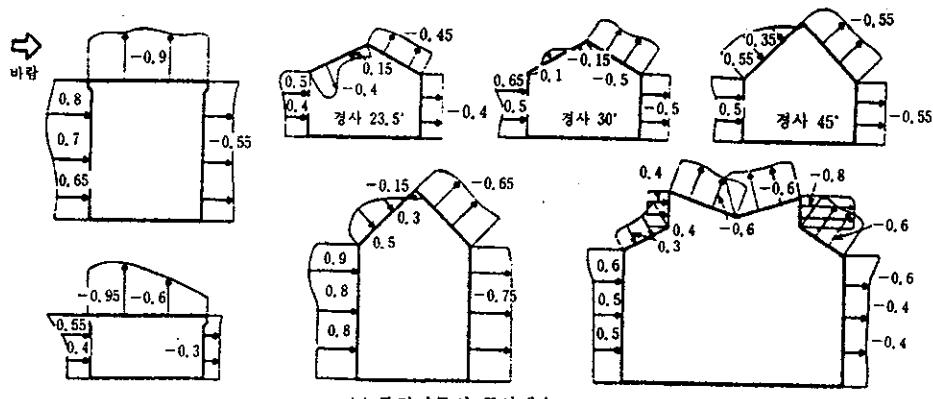
24) ibid., p106

25) loc. cit.

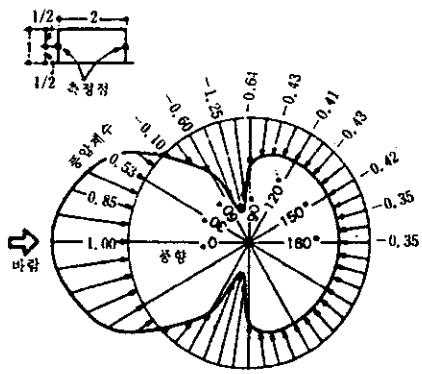
26) loc. cit.

27) loc. cit.

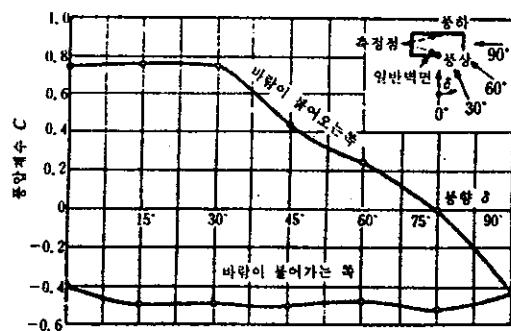
28) loc. cit.



(a) 독립건물의 풍압계수



(b) 원형건물의 풍압계수



(c) 풍향에 의한 일반벽면의 풍압계수

(그림 3.5) 건물의 풍압계수²⁹⁾

29) ibid., pp 106-107

3.4.2 온도차에 의한 환기량 계산

실내와 외기와의 온도차에 의해 공기의 비중량이 달라지므로 환기가 발생한다. 실내의 온도가 높으면 상부는 공기를 배출하고, 하부는 공기를 유입한다. 이 때 실내외의 압력차가 0이 되며 공기의 유출입이 없는 면이 발생하게 되는데 이를 중성대라 한다.

$$\Delta P = h(\gamma_o - \gamma_i) \quad \text{--- (1) } ^{30}$$

$$V_s = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{\gamma} h(\gamma_o - \gamma_i)} \quad \text{--- (2) } ^{31}$$

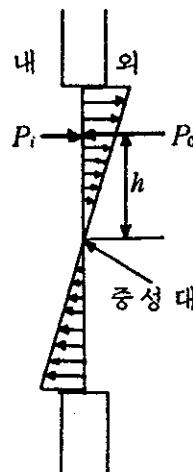
$$V_s = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{T_i} h(t_i - t_o)} \quad \text{--- (3) } ^{32}$$

V_s : 통풍량 [m^3/s]

T_i : 실내절대온도(K)

t_i : 실내온도(°C)

t_o : 실외온도(°C)



(그림 3.6) 개구부에서 온도에 의한 압력차

30) ibid., p 105

31) loc. cit.

32) loc.cit.

3.4.3 침기량의 계산방법

(1) 상수법(Constant Rate Method)

실의 환기량은 실의 크기, 내부 발열량등에 따라서 달라지게 된다. 이러한 필요환기량을 창문 또는 바닥면적에 대해서 일정한 상수값으로 정하여 환기량을 추정하는 방법이다. 창문에 대한 환기량은 창문의 구조, 기밀재의 사용여부에 따라 창문 단위 면적당의 환기량으로 구할 수 있다.

(2) 환기횟수법(Air Change Method)

실의 환기량은 외부벽체 및 지붕의 단열구조의 밀실정도와 외벽면이 외기와 접촉 정도에 따라 달라지게 된다. 이에 따른 환기량은 아래 식에서 구할 수 있다.

$$Q = nV$$

Q =환기량 [m^3/Hr]

n =환기횟수 [$\text{회}/\text{Hr}$]

V =실체적 [m^3]

(3) 틈새법(Crack Method)

환기횟수법에 의한 실내 환기량의 산정 방식이 개략적인 추정치인데 비하여 틈새법에 의한 환기량은 건물에 설치된 창문의 틈새형상에 따라 틈새길이와 면적을 산출하여 환기량을 계산하게 되므로 실제에 보다 근접한 환기량을 산출할 수 있다.

1) 간이 틈새법(Simplified Crack Method)

창문이나 문등의 개구부를 통해 발생하는 침입외기량을 환기량으로 나타낸다. 틈새에 의한 자연환기량은 외기에 접하는 창의 틈새폭, 길이, 형태, 외기의 풍속, 실내외 온도차에 따라 달라지게 된다.

2) 정밀틈새법(Detailed Crack Method)

정밀틈새법에 의한 실내 환기량은 실내외 온도차에 의한 굴뚝효과와 외기의 풍속에 따른 건물내외의 압력차를 고려한다. 이의 계산방법으로는 실내외 압력 차와 세시정수, 풍압계수를 고려하는 방법과 ASHRAE에서 제시한 L.B.L.계산법이 있다. L.B.L.계산법은 굴뚝효과와 지형적 요소를 고려한 차폐계수, 창문틈새의 유효면적을 이용하여 틈새환기량을 산정하는 방법이다.

(4) 기타

선형회귀법 : 일정한 조건에서 측정된 환기횟수와 외부풍속, 실내외 온도와의 상관관계를 1차 선형 방정식으로 표시한 회귀식에 의하여 환기량을 계산하는 방법이다.

정밀시뮬레이션법 : 틈새환기량을 측정하고자 하는 대상건물을 일정한 비율로 축소하여 풍동내에 설치하고, 풍동실험을 통하여 측정하고자 하는 지점의 풍압을 측정하여 풍압계수를 구하게 된다. 이러한 모형실험방법은 풍동내의 조건을 여러가지로 변화시킬 수 있으므로 실제 외기조건에 근접한 값을 구할 수 있다.

제 4 장 아파트형 공장 작업장의 실내공기환경의 특성 및 기준치 고찰

4.1 아파트형 공장 작업장의 실내공기환경 개요

우리가 호흡하는 공기는 여러가지 물질의 혼합물로서 연소, 작업, 호흡 등에 사용됨에 따라 여러가지 유해물질을 포함하게 되며, 이러한 유해물질이 공기중에 존재하는 것을 공기오염이라고 한다.

오염된 공기는 호흡에 의해 체내로 들어가서 인체에 여러가지 영향을 미친다. 호흡량은 작업량에 따라서 달라지나 사람이 호흡하는 공기의 절대량이 크기 때문에 공기중에 아주 적은 농도의 오염물이 있어도 인체에 미치는 영향은 지대하다. 그래서 공기오염을 나타내는 단위는 일반적으로 ppm(part per million)이나 ppb(part per billion) 또는 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 등을 사용한다. 일반적으로 공기중에 존재하는 오염물질을 분류하면 다음과 같다.

<표 4-1> 공기 중에 존재하는 오염물질의 종류

종류	대표 예
입자상오염물질	분진, 미스트, 흄, 스모그, 중금속, 석면, 라돈
가스상오염물질	유독가스, 악취, 휘발성유기용제, 포름알데히드, 중기
부유미생물	조류, 균류, 세균, 박테리아, 꽃가루

작업환경에서는 작업유형에 따라 발생하는 오염물의 종류가 달라지지만, 아파트형 공장의 경우는 작업과정에서 발생하는 분진과 유해가스가 유해환경요소로 작용할 수 있다.

현재 아파트형공장의 환기설비는 환기설비를 따로 설치하지 않고 있으며, 벽에 설치한 환기팬에 의한 3종환기 유형이 주종을 이루고, 환기덕트를 설치한 3종환기방식도 있다. 환기팬에 의한 3종환기는 실내환경을 효과적으로 제어하지 못하고 있으며, 환기덕트를 통한 3종환기방식 역시 일반적인 공장에 적용되는

기준에 근거하여 환기용량이 산정되고 또한 운전이 간헐적으로 이루어지므로 실내공기환경을 효과적으로 조절하지 못하고 있는 설정이다. 그러므로 개구부를 통한 자연환기를 이용할 수 있는 충간기등에는 실내공기환경이 어느정도 조절이 되나 겨울철 같이 개구부가 밀폐되는 난방기에는 실내공기환경은 더욱 악화되고 있다(<표 4-2> 참조).

<표 4-2> 아파트형공장 환기설비현황 (95년 현재 서울시)

원 공 가 동 증	위치	설치자	단지규모		층수	건설기간	환기방식
			동수	업체			
	하월곡지구	서울시청사회과	1	7	3/1	91.2.완공	환기설비(팬설치)
	마천지구	서울시청사회과	1	6	4/1	91.12.-93.2.	환기설비(팬설치)
	증계지구	도시개발공사	1	23	7/2	90.12.-91.12	3종환기(팬설치)
	가양지구	도시개발공사	1	20	7/2	91.5-92.10.	3종환기(팬설치)
	변동지구	중소기업진흥공단	2	32	8/2	90.3-91.12	3종환기(덕트설비)
	월계지구	중소기업진흥공단	1	17	9/1		3종환기(덕트설비)
	성수동	삼풍건설	1	31	7/2	91.1-92.8	2종환기(덕트설비)
	성수동	중소기업진흥공단	1	18	4/2	91.12-93.10	3종환기(덕트설비)
	독산동	대동건설	1	27	6/2	92.11-93.10	3종환기(팬설치)
	신도림	천강건설	1	36	8/2	-95.9	3종환기(팬설치)

실내공기환경이 악화되면 생산성이 떨어지며, 근무 근로자의 건강을 위협하므로 이에 대한 대책으로 아파트형공장의 실내공기환경을 향상하기 위해 적절한 환기대책이 필요하다.

4.2 오염물질의 발생원 및 인체에 미치는 영향

주요 실내 공기 오염물질과 발생원 및 인체에 미치는 영향을 요약하면 다음과 같다(<표 4-3> 참조).

<표 4-3> 실내공기 오염물질과 발생원 및 인체에 미치는 영향³³⁾

오염물질	발생원	인체에 미치는 영향
분진 (TSP)	공업원료, 용접시, 석면, 시멘트, 목재가공, 대기중 분진이 실내 유입, 실내 바닥 먼지, 담배 재, 채탄작업, 방직공장에서 작업, 석면사용, 경금속 생산공정, 제품생산 등	규폐증, 진폐증, 탄폐증, 석면폐증 등
담배연기 (각종가스, HC, PAH, 분진, HCHO, 니코틴등)	담배, 권련, 파이프담배 등	두통, 피로감, 기관지염, 폐렴, 기관지 천식, 폐암등
연소가스 (CO, CO ₂ , NO ₂ , SO ₂ 등)	각종 난로, 연료, 연소, 가스렌지 등	만성폐질환, 기도 저항증가, 증추 신경 영향 등
라돈 (라돈가스의 부산물)	흙, 바위, 물, 지하수, 화강암, 콘크리트 등	폐암 등
포름알데히드 (HCHO)	각종 합판, 보드, 기구, 단열재 (UFFI), 소취제, 담배연기, 옷감 등	눈, 코, 목자극증상, 기침, 설사, 어지러움, 구토, 피부 질환, 비암, 정서 불안정, 기억력 상실 등
석면	단열재, 젤연재, 석면 타일, 석면, 브레이크, 방열재 등	피부 질환, 호흡기 질환, 석면증, 폐암, 중폐증, 편평상피 등
미생물성물질 (곰팡이, 박테리아, 바이러스, 꽃가루등)	가습기, 냉방장치, 냉장고, 해충, 인간 등	알레르기 성 질환, 호흡기 질환 등
휘발성유기용제 (VOCs)	도료, 접착제, 인쇄잉크, 수지, 유지 제조업, 도장작업, 인쇄출판업, 신발제조업, 고무화학 제조업, 프라스틱 제조업, 금속섬유 탈지 및 세척	피로감, 정신착란, 두통, 구역, 현기증, 증추신경 억제 작용 등
악취	외부 악취가 실내로 유입, 담배의 흡연 등	식욕 감퇴, 구토, 불면, 알레르기증, 정신신경증 등

33) 김희강, *대기오염 개론*, 서울:동화기술, 1993, p.252.

4.2.1 휘발성유기용제가 인체에 미치는 영향

유기용제란 비수용성물질(유지, 천연합성수지, 섬유소, 고무 등)을 잘 녹이고 상온, 상압하에서 휘발성이 크며, 용제를 제거하면 용해되어 있던 물질(용질)을 그대로 회수할 수 있는 성질을 지닌 유기화합물을 편의상 유기용제라 총칭한다. 유기용제는 탄화수소계, 할로겐족, 일콜류, 에스텔류, 케톤류 등의 여러종류가 있다.

벤젠, 톨루엔, 크실렌 등의 방향족 탄화수소는 공업용 원재료로서 이용되어지는 외에 신나, 도료, 잉크, 접착제 등의 용도의 혼합용제로 널리 사용되어져 이를 취급하는 근로자들의 직업적 폭로기회가 점차 많아지고 있으며 이들 용제는 중추신경계 및 조혈 기능장애를 비롯한 여러가지 신체장애를 일으키는 것으로 알려져 있다(조병만, 1989; Ogata, 1981; Zene, 1988; 黃健, 1988 등)³⁴⁾.

휘발성유기용제는 작업자에게 하나의 유기용제가 영향을 미치기 보다는 복합적으로 영향을 미치고, 직업적으로 유기용제에 폭로되고 있는 근로자 중에는 피로, 신경질, 두통, 어지러움, 오심 등 신경행동적 수행능력의 차이가 있을 수 있다(Hannonen 등, 1976; Elofsson 등, 1980)낮은 농도의 유기용제라 하더라도 장기간 폭로 되었을 경우 신경행동학적 검사의 수행능력이 저하된다³⁵⁾.

① 벤젠

벤젠은 방향족 탄화수소화합물이다. 벤젠은 물리적인 특성 때문에, 화학반응의 기본 물질로서 화학공업에서 널리 이용되며, 용제로서 이용된다. 벤젠은 상업용 제품으로 널리 쓰이기 때문에 대부분의 사람들이 벤젠을 흡입한다 해도 과언이 아니다.

34) 배기택외, 톨루엔 크실렌 및 벤젠폭로의 생화학지표들에 관한 연구,

대한산업의학회지, 제3권 제2호, 1991. 11, p166

35) 이 광목외, 유기용제 성분분석과 건강영향에 관한 연구, 대한산업의학회지
제5권 제1호, pp88-103

벤젠은 급성으로 중추신경계의 저하를 일으키지만, 혈액질환(골수세포성 및 단핵구성 백혈병, 재생불량성 빙혈)을 나타내는 특성은 특이하다. 1980년, 미연방 법원은 1978년 산업안전보건청(OSHA)이 벤젠의 허용농도를 최고 5ppm이고, 8시간 기중농도를 1ppm으로 더 엄격하게 정한 것을 승인하는 데 실패했다.

벤젠때문에 발생되는 급성영향은 다음과 같다. 중추신경계의 저하 현상은 고농도의 급성폭로시에 일어나며, 도취감, 두통, 구역질, 비틀거림으로 인한 보행장애, 무감각, 혼수상태와 발작이 특징적으로 일어난다. 불면증, 불안초조함, 두통, 식욕부진 등이 폭로후 몇 주간 계속된다. 고농도의 폭로가 일어날때 점막과 폐에 강한 자극을 준다. 벤젠은 만성적인 폭로에 의하여 골수억제반응이 일어나는 혈액독성을 일으킨다. 만성적인 벤젠폭로는 혈액구성을 감소시켜서, 골수파괴와 과증식, 골수 이영양증, 또는 골수섬유증과 연관된 전혈구 감소증을 유발한다. 말초혈액구성의 초기감소는 재생불량성 빙혈이라는 골수파괴에 이른다. 보통 폭로가 심할 때 증상이 일어난다. 혈액구성의 감소는 무력감, 피로, 혈액응고가 잘 안되는 징후(잇몸에서 피가나고, 코피, 장관출혈)가 생긴다.

②톨루엔

톨루엔은 벤젠보다 휘발성과 지용성이 약하고, 벤젠처럼 중추신경계의 억제제로 작용한다. 톨루엔은 벤젠에 비하여 독성이 적고 만성중독을 일으키는 예가 드물다고 해서(Clayton, 1981) 최근 가장 널리 이용되고 있는 유기용제이며, 그 결과 작업환경을 오염시키는 주요한 물질의 하나가 되었다(김정만, 1983; 오세훈, 1986; Baelum 등, 1981)³⁶⁾. 최근 상업용제는 그 용도에 따라 조금씩 성분이 다를 수 있으나 대개 톨루엔, 크실렌, MEBK, 사이크로헥산, 휘발유 등의 혼합물이며 그중 톨루엔 성분이 가장 많다. 따라서 톨루엔은 최근 산업부분에서 가장 많이 사용되는 유기용제의 하나로 작업환경을 오염시키고 근로자의 건강을 위협하는 중요한 물질이 되었다. 허용농도는 미국의 ACGIH(1991)에 따르면 TLV-TWA로는 50ppm으로 권고하고 있으며, 이는 중추신경계의 영향을 고려해 최근 개정

36) 한태영 외, 작업시간대별 톨루엔 기중농도와 요즘 마요산 배설량에 관한 연구, 대한산업의학회지, 제5권 제2호, PP205-215

한 것이나 우리나라는 100ppm이다(노동부, 1991)³⁷⁾.

신경학적이상을 초래하지 않을 기준치이하의 농도로 폭로되어도 여러 가지 자각증세가 나타남을 알 수 있다. 이러한 결과는 유기용제를 사용하는 산업장 근로자에게는 만성중추신경장애 중에서 주로 기질적 정서 증후군 증상이 대부분 을 차지하며(Cherryemd, 1985) 기준치이하의 농도일지라도 오랜기간 폭로될 경우 정신운동기능과 인지능력의 저하를 초래한다는(Maizlich, 1985) 기준 지식과도 일치한다³⁸⁾. 툴루엔은 허용농도 이하의 저 농도로 폭로될 경우 인체에 미치는 영향은 임상학적 분류가 명확하지 않지만 주로 정신의학상의 문제로 나타난다. 이러한 결과에서 근로자의 작업안전과 생산성의 향상이라는 측면에서 저농도폭로의 위험성을 검토해야 한다고 생각한다.

③크실렌

크실렌은 공업적으로 용매, 세척제, 탈지제, 그리고 항공연료 등으로 사용된다. 급성중독의 평가기준을 살펴보면 다음과 같다. 미국에서의 기준은 8시간 TWA에서 100ppm이며, 15분 최고허용농도를 150ppm으로 정하고 있다.

크실렌은 중추신경계에 대한 억제제로, 낮은 농도에서는 어지러움, 구역질, 두통, 운동실조증 등을 일으키고 높은 강도에서는 혼미, 호흡저하, 그리고 혼수를 일으킨다. 200ppm이상에서 크실렌은 결막염, 코 점막의 자극, 인후통을 일으키며, 높은 농도에서는 강한 호흡기 자극물질이다. 다른 유기용제와 같이 오랜 피부노출의 경우 탈지 피부염을 일으킨다³⁹⁾.

37) loc. cit.

38) 김선민 등, 저농도 복합유기용제 폭로 근로자의 주관적 자각 증상에 관한 연구, *대한산업의학회지*, 제5권 제1호, pp104-113

39) 염용태역, 화학물질의 독성 방향족탄화수소화합물들, *산업보건*, 94, 3, pp 29-30

Mathew J. Ellenhorn & Donald G. Barceloux, *Medical Toxicology*, , pp

4.2.2 분진

공기중에는 0.05-500 μm 의 분진이 존재하며, 분진은 공기 중에 부유하고 있는 모든 분진인 총부유분진(TSP:Total Suspended Particulates)과 호흡을 통하여 인체에 들어올 수 있는 분진인 호흡성분진(Respirable Dust)으로 분류된다.

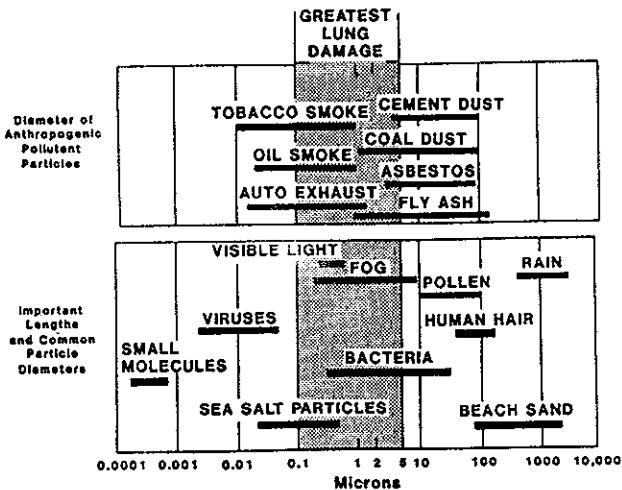
먼지의 크기는 인체에 미치는 영향과 밀접한 관계가 있으며, 그 크기는 적경 0.01-150 μm 정도의 범위이다. 큰 입자는 관성에 의하여 제거되고 아주 작은 입자는 상부기도의 표면에서 가스와 마찬가지로 확산되어 부착된다. 그러나 0.8-5 μm 범위정도의 입자는 도중에 포집되지 않고 그대로 폐포에 도달하게 된다. 이러한 현상으로 10 μm 이하 특히 5 μm 이하의 입자는 인체에 유해하다고 한다. 작업자 호흡역인 분진은 일부는 코, 입, 머리부근의 기류조건에 따라 큰 분진은 코, 입, 후두에 정착되고 작은분진이 기관, 기관지, 그리고 폐 등에 도달한다. 일부 입자는 기도점막의 섬모작용에 의해 소화관으로 운반된다. 폐에 도달한 분진중 수용성 물질은 녹아서 인체의 각 기관에 영향을 주고, 불용성 물질은 폐에 남아있거나 섬모운동으로 외부로 배출된다. 따라서 건강이 나쁠 때는 섬모의 운동이 활발하지 못하므로 문제를 일으킬 수 있다. 또한 인체에 직접 피해를 주지 않는 분진이라 해도 폐내에 있으면 그 주위의 불순물의 부착을 유발하여 또 다른 피해를 나타낼 수 있다. 이러한 호흡성 분진의 흡입에 의한 질병을 진폐증이라 한다. 작업에서 발생하는 분진뿐만 아니라 건축재료의 석면, 토양의 라돈, 중금속 등이 함께 존재할 경우 더욱 큰 피해를 나타낼 수 있어 이에 의한 영향을 무시할 수 없다 40). 부유분진의 크기에 따라 인체에 미치는 영향은 다음과 같다.

<표 4-4> 부유분진이 인체에 미치는 영향⁴¹⁾

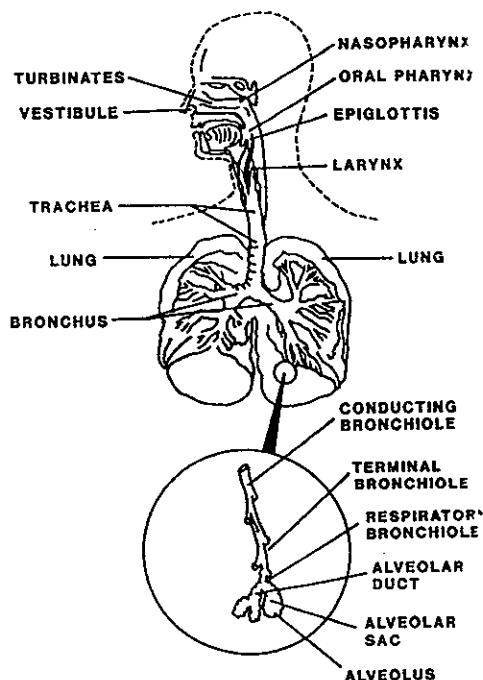
분진의 크기	인체에 미치는 영향
< 0.5 μm	폐포에 부착된 후, 호흡운동에 의하여 밖으로 배출됨
0.5 ~ 5.0 μm	폐포를 통하여 혈관 또는 임파선에 침입
> 5.0 μm	거의 모든 분진이 인후 또는 기관지 점막으로 흡인된 후, 섬모 운동에 의해 객담과 함께 밖으로 배출되거나 식도를 통하여 위속으로 넘어간다.

40) 한국전력공사 기술연구원, 발전소 운전원 근무환경에 관한 기초조사(II), 중앙대학교기술과학연구소, 1992.11, pp 15-16

41) 김 희강, 대기오염개론, 서울:동화기술, 1993, p 253



(그림 4.1) 분진의 크기⁴²⁾



(그림 4.2) 사람이 분진을 호흡하는 경로⁴³⁾

- 42) Anthony L. Hines, *INDOOR AIR Quality and Control*, New Jersey:PTR Prentice-Hall, 1993, p 117
 43) loc. cit.

4.2.3 포름알데히드가 인체에 미치는 영향⁴⁴⁾

포름알데히드는 자극취가 있는 무색의 기체이며, 물에 잘 녹고, 산업적으로는 우레아포름알데히드폼, 폐인트도료, 플라스틱 몰딩 등을 제작하는데 사용된다. 구김이 잘 않가거나, 주름잡히지 않는 섬유를 가공처리 할 때도 사용된다. 또한 플라스틱, 종이류, 염료, 화학비료, 주물공장 그리고 제철산업 등에서도 발생한다. 플라스티보드, 가스사용기기, 카펫등은 실내에서 포름알데히드 증기를 방출한다. 습기와 열은 포름알데히드를 포함하고 있는 생산물을 분해시켜 포름알데히드 증기로 만드는 작용을 한다. 이동주택의 경우 이렇게 발생한 포름알데히드 증기는 두통, 폐와 피부에 자극을 유발한다. 우레아 포름알데히드단열재(UFFI)는 우레아와 포름알데히드와 다른 몇 가지의 화학물질의 결합체이다. 포름알데히드는 온도, 습도, 그리고 품의 산함유량에 따라 방출되는데, 실내에 평균 약 0.049ppm정도 방출한다. 그러나 농도는 1-3년에 걸쳐서 감소한다.

포름알데히드는 눈, 호흡기, 피부를 자극한다⁴⁵⁾. 0.9-1.6ppm농도에 폭로된 근로자들의 눈 가려움증, 인후염, 수면장애, 심한 갈증을 보고 하였다. 포름알데히드의 농도에 따라 인체에 미치는 영향은 다음과 같다(<표 4-5> 참조).

<표 4-5> 포름알데히드가 인체에 미치는 영향⁴⁶⁾

농도(ppm)	인체에 미치는 영향
0.05-1.5	신경정신적 영향
0.05-1.0	냄새를 맡을 수 있음
0.01-2.0	눈 자극
0.1-25	상부기도 자극
5-30	하부기도와 폐에 영향
50-100	폐기증, 폐렴, 열증
100 이상	사망

44) 산업보건의학협회, 작업환경을 위한 TLV의 근거, 산업보건, 1992., pp37~40

Mathew J. Ellenhorn & Donald G. Barceloux, *Medical Toxicology*, , pp1001-1004

45) Henderson, Y. & H.W.Haggard, *Noxious cases*, New York(1943); Reinhold publishing Corp., p128

46) Anthony L. Hines, *INDOORAIR Quality and Control*, New Jersey:PTR Prentice-Hall, 1993, p24

허용기준은 NIOSH에 의하여 작업환경 허용기준치가 30분 폭로시 1.0ppm으로 권고되었다. 기준설정후에 Kane와 Alarie는 NIOSH의 1.0ppm 권고치가 너무 높다고 주장하였으며 기준치로 0.03~0.3으로 낮추어야 한다고 하였다.

우리 나라의 작업환경허용기준은 TWA 1ppm으로 이러한 농도에서는 심한 신체적 장애나 영구적인 부작용을 예방할 수 있다. 그러나 1.0ppm이하에서도 눈 자극과 호흡기 자극이 발생할 수 있다는 연구도 있다⁴⁷⁾.

4.2.4 연소가스(일산화탄소와 이산화탄소)

일산화탄소는 연료의 과잉공급에 의한 불완전 연소로 발생한다. 일산화탄소는 탄소를 포함한 모든 물질이 연소할 때 발생하며 특히 산소의 공급이 부족할 때 그 발생량은 급증한다. 따라서 취사, 난방으로 인한 각종 연소 과정에서부터 각종 차량 또는 비행기 엔진의 배기가스, 깍연 등에 이르기까지 우리의 생활 주변에서 많이 발생하고 있는 가스로서 발생한 즉시 인체에 바로 흡입될 수 있는 것이 특징이다.

급성중독시에는 맥박 상승, 심전도 이상 등의 순환기 장해, 국소부종 등의 피부병, 호흡 장해 등이 나타나며 신경계의 이상증상이 발생한다. 만성중독시는 주로 저농도의 일산화탄소가 존재하는 생활공간 및 작업환경에서 일하는 사람들에게서 발생할 수 있으며, 저농도에서 장시간 노출되면 작업 능률 저하, 두통, 현기증, 협심증 등 각종 관상동맥 질환을 유발할 수 있다. 일산화탄소 중독 후에 나타나는 후유증을 살펴보면 시각 및 청각 장애, 운동장애, 언어 장애, 지각력 장애, 경련, 발작, 무감통, 공간인지력 장애, 실어증 등을 들 수 있다.⁴⁸⁾

47) Morril, E.E., Air Cond, Heat. vent. 53, p94(1961) ; Bourne, H.G & S.Sefarian, Ind. Med. Surg. 28, p232(1959)

48) 김윤신, 실내외 공기 질의 유해 평가 및 기준치 개발에 관한 연구,
한국 과학 재단, 1991, p66-68

일산화탄소가 인체에 미치는 영향은 다음과 같다(<표 4-6> 참조).

<표 4-6> 일산화탄소가 인체에 미치는 영향⁴⁹⁾

농도 (ppm)	인체에 미치는 영향
10	실내 공기의 허용 한도
30	8시간에 시각 및 정신 기능 장애
200	2-3시간에 두통
500	2-4시간에 강렬한 두통, 무기력, 시력 장애, 탈진
1,000	20분에 두통, 현기증, 구토, 2시간에 사망
2,000	5-10분에 두통 및 현기증, 1시간에 사망

이산화탄소는 모든 연소 상태와 인체의 신진대사에서 발생하는 것으로 실내의 공기중 3%이상의 농도에서는 질식 상태가 발생한다. 일반 대기 중에서의 이산화탄소 농도는 0.03~0.04% 정도로 일정하며, 실내에 위치한 작업장에 있어서는 연소와 호흡에 의해서 농도가 변하게 된다. 또한 실내에서의 이산화탄소는 그 자체에 의해 중독을 일으키거나 신체 장애를 일으키지는 않으나 다른 실내 오염 가스가 증가할 때 비례적으로 이산화탄소가 증가하므로 실내 환경을 평가하는 지표로서 이산화탄소가 주로 이용된다. 인체에 미치는 영향은 <표 4-7>과 같다.

<표 4-7> 이산화탄소(CO₂)가 인체에 미치는 영향⁵⁰⁾

농도(ppm)	인체에 미치는 영향
700	다수의 사람들이 있을 경우 허용농도(Petten Krofer) 실내공기의 허용한도
1,000	
2,000 ~ 5,000	매우 불량한 공기조건으로 경미한 두통을 느낀다
10,000	호흡기, 순환기, 대뇌의 기능을 저하시킨다
40,000	귀울림, 두통, 혈압상승이 크게 나타난다
80,000	10분에 격심한 호흡곤란, 의식 혼미
200,000	중추장애를 일으켜 사망

49) 한국전력공사기술연구원, 발전소 운전원 균무환경에 관한 기초조사(II), 중앙대학교 기술과학연구소, 1992.11, p 22

50) ibid., p 23

4.3 아파트형 공장의 실내허용기준 설정

지금까지의 공기환경 문제에 대한 대처방안을 살펴보면, 단지 작업공간이라는 관점하에서 주로 온습도 및 청정도 등 규정된 일정수치를 유지하는데 관심을 기울이는 등 획일적인 상태의 형성에 주안점을 두어 왔으며 특히, 공기오염 그 자체에만 국한되어 생각하는 경향이 지배적이었다.

그러나, 최근 폐적인 작업환경에 대한 관심이 높아지면서 작업환경기준 설정에 대한 제안이 선진국 등에서는 20여년 동안 계속되어 왔고, 특히 단순한 작업 공간의 개념을 벗어나 여러조건들을 고려한 폐적 공간으로 유지하려는 법적 규제조치가 점차 강화되어 가고 있는 실정이다.

특히 작업환경에서는 작업유형에 따라 발생되는 오염물질의 종류가 각양각색 일뿐 아니라, 작업과정에서 발생하는 각종 유해가능한 인체에 미치는 영향이 심각함을 고려해 볼 때 작업환경에 따른 공기환경기준의 설정 및 재정립이 요구된다.

4.3.1 국내외 실내환경기준의 고찰

우리나라에서는 일반대기의 환경기준은 환경처에서 대기환경기준을 정하여 관리하고 있고, 실내공기환경에 대해서는 건설부와 보사부에서 실내공기환경기준을 정하여 규제하며, 작업장에 대한 유해물질의 허용기준은 산업안전보건법, 동시행령, 산업안전시행규칙에관한규칙에 규정되어 있거나 근거하고 있는 인체에 유해한 화학물질의 가스, 증기, 미스트, 흄이나 분진, 소음 및 고온에 대하여 근로자의 보건상 유해하지 않은 기준을 노동부에서 허용기준으로 규제하고 있다.

작업장에 있어서의 화학물질농도는 노동부의 유해물질 허용농도(TLVs: threshold limit values)에서 정하고 있는데 여기서는 시간가중평균농도(TWA:

time weighted average concentration)와 단기간노출허용농도(STEL: short term exposure limit) 그리고 최고허용농도(CL: Ceiling Limit)로 구분하고 있다⁵¹⁾.

일반적으로 실내공기환경 기준에서는 일산화탄소(CO) 및 탄산가스(CO₂)농도로서 다른 오염 물질을 대표시키고 있으나, 노동 환경과 달리 일반 실내 환경에서는 어느 특정 오염 물질이 특별히 많은 경우는 드물고, 한 물질로서는 비교적 농도가 낮은 여러 종류의 것들이 혼합되어 있는 경우가 보통이다.

국내외의 작업장과 실내환경에 대한 허용기준은 다음과 같다(<표 4-8> 참조).

-
- 51) TWA란 1일 8시간 작업시 거의 모든 근로자가 건강상 위험을 느끼지 않는 농도를 말하며 산출공식은 다음과 같다.

$$\text{TWA 농도} = (C_1T_1 + C_2T_2 + \dots + C_nT_n) / 8$$

C : 측정농도 (ppm 또는 mg/m³)

T : 폭로시간 (시간)

STEL은 근로자가 1회에 15분동안 연속적으로 노출되어도 조직파괴, 혼수상태, 작업 능률 저하 등을 일으키지 않는 농도를 말하며, 1회 노출간격이 1시간일 경우 1일 작업 시간 동안 4회까지 노출이 허용될 수 있는 농도를 말한다.

유해물질이 2종 이상 혼재하는 경우의 허용농도는, 다음 식에 의하여 산출하는 수치가 1을 초과하지 않도록 하고 있다.

$$C_1/T_1 + C_2/T_2 + \dots + C_n/T_n < 1$$

C: 각각의 측정농도 (ppm 또는 mg/m³)

T: 각각의 허용농도 (ppm 또는 mg/m³)

최고허용농도(Ceiling)는 근로자가 1일 작업시간동안 잠시라도 노출되어서는 아니되는 최고허용농도를 말한다. 일반적으로 사용되는 작업장의 허용기준은 TWA (ppm) 농도를 말한다.

<표 4-8> 국내외 실내공기환경 기준

오염물질 종류		환경 기준							
취 발 성 유 기 용 제	방 화 제 수 소	외 국				국 내			
		OSHA		NIOSH		ACGIH		산업안전보건법	
		TWA	C	Peak	TWA	TLV	STEL	TWA	STEL
EPA: 0.63ppm(cancer risk for occupational standards) 건강을 고려한 실내 평균농도 및 허용농도: ACGIH : 실내 평균농도 0.01~0.04mg/m ³ (8.3~33.2 ppb) 허용농도 1 ppm									
방 화 제 탄 화 수 소	에 틸 렌 제	OSHA				ACGIH		산업안전보건법	
		TWA	C	Peak	TWA	C	TLV	STEL	TWA
		200	300	500	100	200	100	150	100ppm
European WHO: 2.1ppm(24hour outdoor guideline) 건강을 고려한 실내 평균농도 및 허용농도: 실내 평균농도 0.01~0.07mg/m ³ (12.5~58.1 ppb) ACGIH : 허용농도 375mg/m ³ (100 ppm)									
포 름 알 데 히 드	라 돈 pCi/L	OSHA				ACGIH		산업안전보건법	
		TWA	C	Peak	TLV	STEL	TWA	STEL	
		100	-	-	100	125	100ppm	125ppm	
연 소 가 스 CO _x NO _x ppm	NAAQS for NO ₂ EPA년평균	OSHA				ACGIH		산업안전보건법	
		OSHA (작업장) 8시간	스웨덴 노후건물	RWD공업 화주택	NRC	ASHRAE	유럽WHO 외기	산업안전보건법	
		1 ppm	max 0.7	0.4 ppm	0.25	0.1 ppm	0.08 ppm	TWA	STEL
건강을 고려한 실내 평균농도 및 허용농도: 실내 평균농도 0.01~0.05mg/m ³ (10~60 ppb) 허용농도 435mg/m ³ (100ppm)									
분 진 TSP μg/m ³	일본 오피스 실내 기준	스웨덴 캐 나 다				영국 신축기준		미국 EPA	
		신축	개축	기준	신축기준	EPA	ASHRAEannual avg.	미국, 영국, 독일 등의 주 택관련 농도조 시자로: 1 pCi/L	원자력시설에서의 공기 중 최대허용 농도: 30pCi/L(작업환경), 일반인 3pCi/L
		1.9	5.4	10.8	22	3.0	22	4.0	1.0
연 소 가 스 CO _x NO _x ppm	Germany & U. S. outdoor(CO)	European WHO(CO)				산업안전보건법(CO)		건축법(CO)	
		8hour	1hour	1hour	30min	15min	TWA	STEL	10ppm
		9ppm	35ppm	3ppm	55ppm	90ppm	50ppm	400ppm	
연 소 가 스 CO _x NO _x ppm	5000 ppm	OSHA 8시간기준 (CO ₂)	일본오피스 IAQ기준(CO ₂)	도시의외기 (CO ₂)	Indicates cfm/person(CO ₂) 2.25		산업안전보건법 (CO ₂)		건축법(CO ₂)
		5000 ppm	1000 ppm	350~450	5000ppm	500ppm	TWA	STEL	1,000 5,000 ppm
		0.05ppm	0.075ppm	0.2ppm	3ppm	5ppm	0.05	0.1	
분 진 TSP μg/m ³	일본 오피스 실내 기준	European WHO ambient air quality guideline		산업안전보건법				대기환경보건 법	
		미국 EPA 외기 기준	유럽 WHO 외기기준 24시간	독일 외기기준 1시간	TWA	STEL	년평 균	시간 평균	
		150	150	120	480	2	5	10	2 0.15 0.3

4.3.2 아파트형공장의 실내환경기준 설정

우리나라의 실내공기환경 기준은 작업장의 경우 산업안전보건법으로 규정되어 있고, 일반건축환경의 경우에는 건축법에 의해 기준이 정해져 있다. 작업장의 경우는 일정한 작업시간이 규정되어 있고 작업공간과 사무·휴식공간의 구별이 있으며 산업안전보건법에 따라 적절한 보호장치와 휴식시간이 보장되어 있기 때문에 일반적으로 같은 장소에서 장시간 지속적으로 생활하는 일반건축생활환경에 비해 실내공기기준이 높게 설정되어 있다.

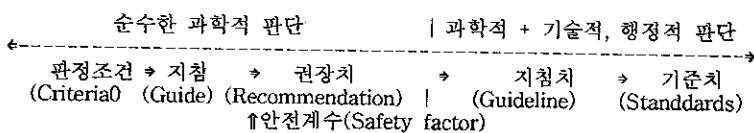
그러나 아파트형공장의 경우에는 열밀한 의미에서는 작업장에 해당하지만 실제의 경우에는 단일 공간에서 작업·사무·휴식등의 기능이 동시에 일어나고, 업무에 한계도 구별없이 이루어지기 때문에 작업환경기준은 그대로 적용하기에 무리가 있고, 오히려 일반 건축환경 기준을 적용하는 것이 타당성이 있을 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 CO, CO₂, 분진, 포름알데히드, 라돈의 경우에는 국내·외 기준을 고려하여 실내건축환경의 기준을 아파트형공장의 공기환경기준으로 설정하였다. 그러나, 휘발성유기용제의 경우에는 일반건축환경에 대한 실내환경 기준이 아직까지 국내법으로는 규정되어 있지 않으며, 외국의 경우에도 거의 기준이 마련되어 있지 않은 상황이다. 또한 산업안전보건법에 규정된 작업장의 기준은 일반적으로 매우 높기 때문에 이를 아파트형공장에 그대로 적용할 수도 없으므로 미국의 ASHRAE에서 예비지침치를 제안하는 방법에 따라 작업장 기준의 1/10을 허용농도로 설정하였다⁵²⁾. 그러나 이와 같은 환경기준은 연구자의 주관적 판단에 의해서 설정된 것이기 때문에 과학적 근거를 갖고 있는 것은 아니다.

일반적으로 대기환경에서의 환경기준을 설정할 경우, 먼저 각 오염물질에 관

52) Anthony L. Hines, *INDOOR AIR Quality and Control*, New Jersey:PTR Prentice-Hall, 1993, p24

한 판정조건을 여러가지 과학적 방법을 토대로 정리하고 그외에 이것을 오염물질의 폭로량과 영향의 관련성을 평가하여 지침을 내놓고 이것을 기초로 지역사회와 공중보건을 보호하기 위한 장려치가 나오게 된다. 다음에 이것을 기초로하여 사회경제학자, 오염방지기술자, 행정관등이 참여하여 정책적인 고려를 가미하여 지침치가 결정된 후 이것을 정식으로 정부기관이 채용하게 되면 환경기준이 된다. 이 과정에서 Guide에서 Recomendation이 나오기까지 안전계수가 고려되어져야 한다((그림 4.5) 참조)53).



(그림 4.3)기준치 설정의 단계54)

<표 4-9>은 기존의 실내공기환경기준과 본 연구에서 채택한 아파트형공장의 실내공기환경기준을 나타태고 있다.

<표 4-9> 아파트형공장의 실내공기환경기준55)

기준 오염원	작업장환경	일반 건축물	아파트형 공장
CO ppm	산업안전보건법: TWA 50 (55mg/m ³) STEL : 400(440) OSHA : TWA 50 (55mg/m ³) 8hr	건축법 : 10 ppm EPA : 35 ppm 24hr 9 ppm 8hr	10 ppm
CO ₂ ppm	산업안전보건법: TWA 5000 STEL 30,000	건축법: 1000	1000 ppm

53) 김 윤신외, *실내외 공기질의 유해평가관리 및 기준치 개발에 관한 연구*, 서울:한국과학재단, 1991, pp 92-93

54) loc. cit.

55) -ASHRAE, *ASHRAE STANDARD 62-1989*, pp 1-26

-Hines, et al., *Indoor Air Quality and Control*, New Jersey:
PTR Prentice Hall, 1993, pp 20-204

-노동부, *사업장자율환경계획 수립시행요령*, 1992.12, pp 155-199

-김 신도 외, *대기오염개론*, 서울:동화기술, 1993.8, p 250

<표 4-9> 아파트형공장의 실내공기환경기준(계속)

기준 오염원	작업장환경	일반 건축물	아파트형 공장
분진 mg/m^3	산업안전위생법 제1종분진: 2 제2종분진: 5 제3종분진: 10 호흡성분진: 물질별로 별도규정	건축법/공중위생법 : 0.15 일본사무소실내기준: 0.15 EPA 0.15 24hr 0.055 (Short Term)	$0.15 \text{ mg}/\text{m}^3$
HCHO ppb	산업안전위생법: 1000 TWA 2000 STEL ACGIH 1000 8hr TLV-TWA 2000 15min STEL NAS 우주선권고치 : 1000 60min 100 90day, 6month	건축법 규정없음 100 ppb ASHRAE WHO 지침치 100:Sweden(신축건물최대) 독일, 핀란드 지침치 0.25 mg/m^3 (203ppb at 25°C) : Sweden indoor recomenadation(최대) 400 ppb : USA State standard for indoor exposure 700 : 스웨덴노후주택	400 ppb
Radon pCi/l	30: 원자력시설(국내기준) 1.0 WL 러돈농도최대 (Mine Safety and Health Admin.)	건축법 규정없음 EPA : 4 ASHRAE : 1	4 pCi/l (연평균)
벤젠 ppm	산업안전보건법: TWA 10 ($30\text{mg}/\text{m}^3$) ACGIH 10ppm TLV-TWA 25ppm STEL OSHA 10ppm TWA 25 C	건축법 규정없음 EPA 0.63ppm 공동주택 : 0.02	1 ppm
VOC 톨루엔 ppm	산업안전보건법: TWA100($375\text{mg}/\text{m}^3$) STEL 150($560\text{mg}/\text{m}^3$) ACGIH TLV-TWA 50(1991) NIOSH TWA 100, C 200	건축법 규정없음 0.053 ($0.2\text{mg}/\text{m}^3$) : Poland Nation Standard 2.1 : European WHO 공동주택 : 0.05	5 ppm
크실렌 ppm	산업안전보건법: TWA100($435\text{mg}/\text{m}^3$) STEL 150($655\text{mg}/\text{m}^3$) NIOSH TWA 100, C 200 ACGIH TLV 100, STEL 150	건축법 규정없음 0.023 ($0.1\text{mg}/\text{m}^3$) : Poland Nation Standard 공동주택 : 0.05	5 ppm

NOTE : TWA = Time Weighted Average Concentration

TLV = Threshold Limit Value

STEL = Short Term Exposure Limit

C = Ceiling Concentration

OSHA : Occupational Safety and Health Administration

ACGIH : American Conference of Govermental Industrial Hygienists

NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health

공동주택 : 박 진철, 신축공동주택의 실내공기환경(IAQ) 개선에 관한 연구,
중앙대대학원 박사학위논문, 1994. 12, p 52

제 5 장 아파트형공장의 실내공기환경 측정

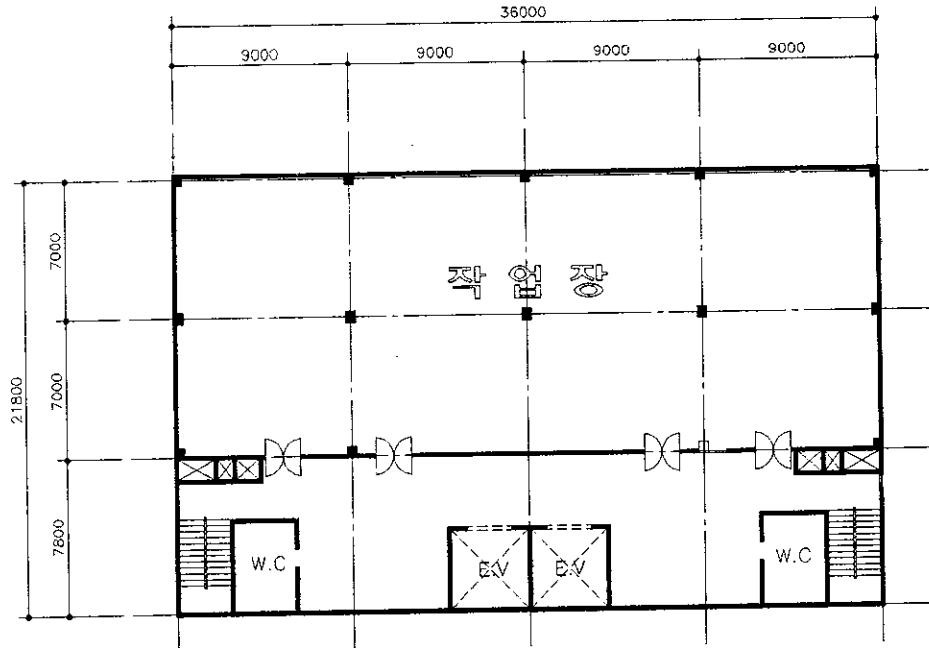
5.1 측정개요

본 연구에서는 기존 아파트형공장의 실내공기환경을 파악하기 위하여 서울과 수도권에 위치한 아파트형공장을 대상으로, 업종을 섬유·봉제업종, 전기·전자조립업군, 신발·피혁업군, 기타(인쇄업종, 정밀 가공업종) 4업종군으로 나누어, 아파트형 공장에 입주해 있는 업체 작업장의 실내공기환경을 현장측정하였다. 아파트형공장 작업장의 측정은 6월 10일부터 9월 15일 까지 수행하였다.

측정개요은 다음과 같다(<표 5-1> 참조).

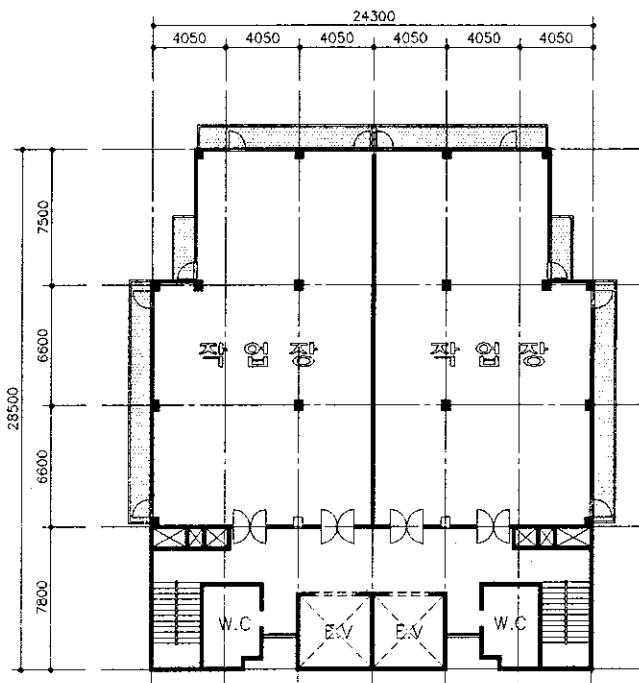
<표 5-1> 아파트형공장의 개요

업종별 분류		위치 층수	면적	작업장 개요
신 발 피 혁 업 군	구두 제조	4F	294 m^2	근무인원: 11명, 작업중 사용물질: 접착제 구조:RC, 벽면:2면유리창, 편복도형, 위치:도심준공업지역 설비:난방(개별식-온풍기), 냉방안함, 2종환기
	등산화 제조	6F	588 m^2	근무인원: 40 명, 작업중 사용물질: 접착제 구조:RC, 벽면:3면유리창, 편복도형, 위치:도심준공업지역 설비:난방(개별식-유류용온풍기), 냉방안함, 2종환기
	피혁, 핸드백 제조	1F	294 m^2	근무인원: 20 명, 구조:RC, 벽면:2면유리창, 편복도형 작업공정:제품개발, 검사-포장, 제품개발과정본드이용 위치:도심 준공업지역 설비:개별식 냉난방-온풍기+덕트설비, 2종환기
섬 유 봉 제 업 군	섬유1	5F	126 m^2	근무인원: 35 명, 작업중 사용물질: 솔벤트 구조:RC, 벽면:2면유리창, 편복도형, 위치:도심준공업지역 작업공정 : 재단→가공생산→검사→포장 설비:개별식 냉난방-온풍기, 2종환기
	섬유2	3F	249. ¹ m^2	근무인원 : 45명 작업중 사용물질: 벤зол 구조:RC, 벽면:2면유리창, 편복도형, 위치:아파트단지내 大路변 작업공정 : 재단→가공생산→검사→포장 설비:개별식냉난방-패키지에어콘, 가스방열기, 3종환기
	섬유3	1F	432. ⁸ m^2	근무인원 : 27명, 작업중 사용물질:신나, 솔벤트 구조:RC, 벽면:1면유리창, 편복도형, 위치:아파트단지내 작업공정 : 편직→재단→가공생산→검사→포장 설비 : 중앙식난방(지역난방) 개별냉방:선풍기+패키지에어콘, 환기설비없음
전 기 전 자 업 군	전기 부품	5F	126 m^2	근무인원 : 10명, 작업중 사용물질:락카 구조:RC, 벽면:2면유리창, 편복도형, 위치:도심준공업지역 작업공정 : 자재반입→조립→포장(자동전기제어기기생산) 설비 : 개별식 냉·난방, 2종환기
	전자 조립	4F	432. ⁸ m^2	근무인원 : 40명 ,작업중 사용물질:플렉스, 납 구조:RC, 벽면:2면유리창, 편복도형, 위치:도심아파트단지내 작업공정 : 자재반입→커팅→납땜→포장(전화기생산) 설비:난방(지역난방), 개별냉방, 3종환기, 국부배기시설
기 타	인쇄1	1F	198 m^2	근무인원 : 10명, 구조:RC, 벽면 : 1면유리창, 중복도형 위치:도심준공업지역 설비 : 중앙식온수난방-가스히터, 3종환기
	인쇄2	2F	198 m^2	근무인원 : 10명, 구조:RC, 벽면 : 2면유리창, 중복도형 설비 : 중앙식온수난방-가스히터, 개별냉방-패키지에어콘, 3종환기 위치:도심준공업지역



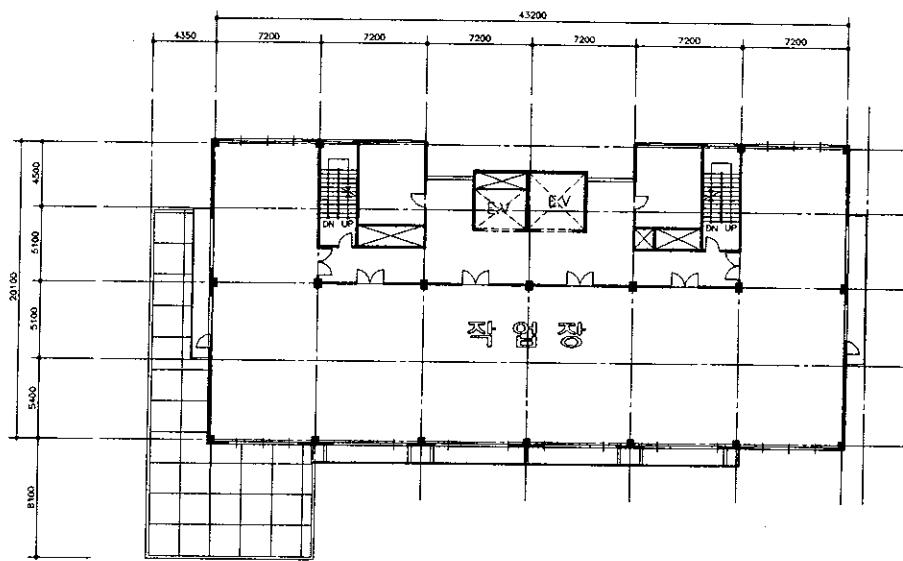
(그림 5.1) 성수동 S-아파트형공장 평면도

(건물규모 : 지상 6층/지하 2층 ; 측정업체: 구두체조(4F),
동산화제조(6F), 피혁핸드백제조(1F), 섬유1(5F), 전기부품(4F))

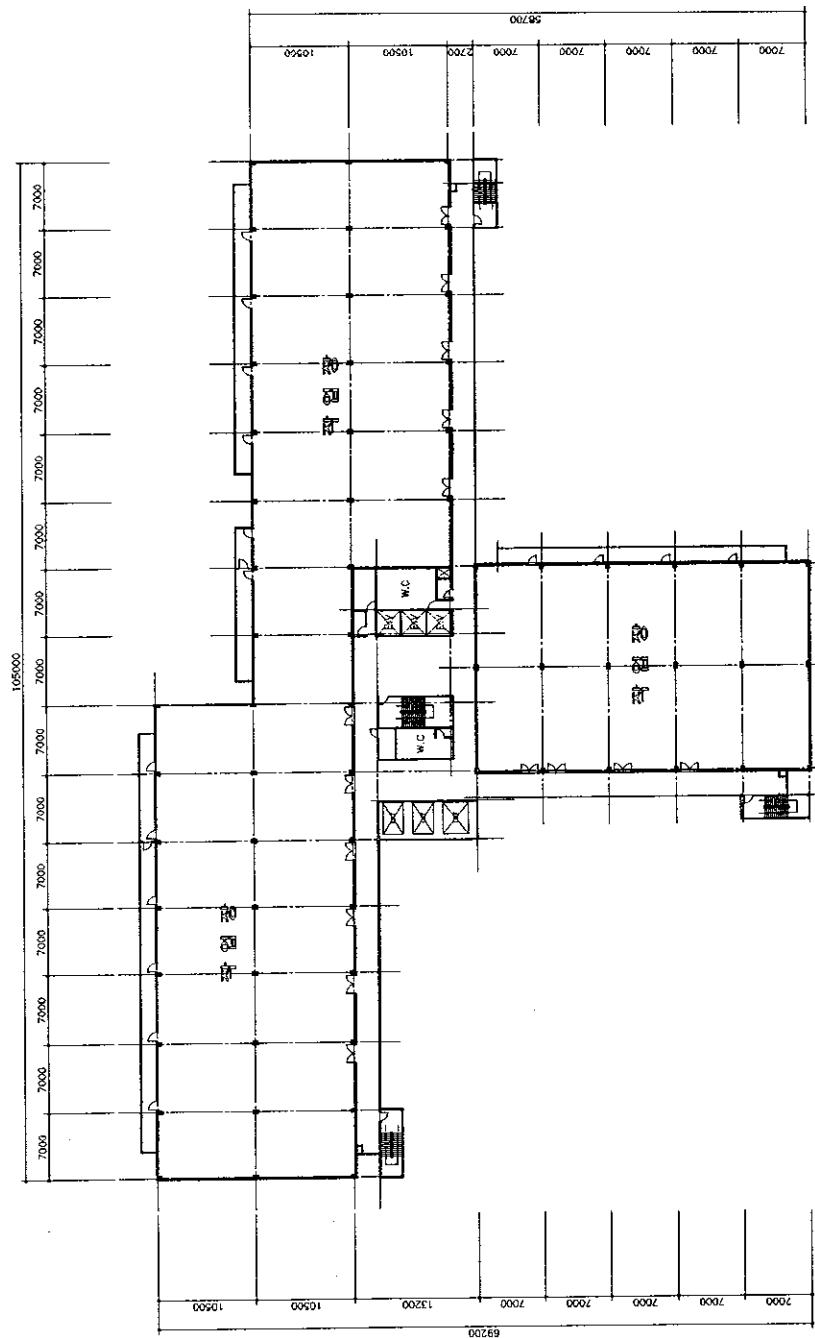


(그림 5.2) 변동 아파트형공장

(규모: 지상8층/지하2층; 측정업체 : 섬유2 (3F))



(그림 5.3) 월계 아파트형공장
 (규모:지상/지하 ; 측정업체:시계부품업(8F))



(그림 5.4) 성남 아파트형공장

(규모:지상8층/지하2층; 측정업체: 섬유3(1F), 전자조립업(4F))

5.2 측정기기 및 방법

5.2.1 기온, 습도, 부유분진, CO₂

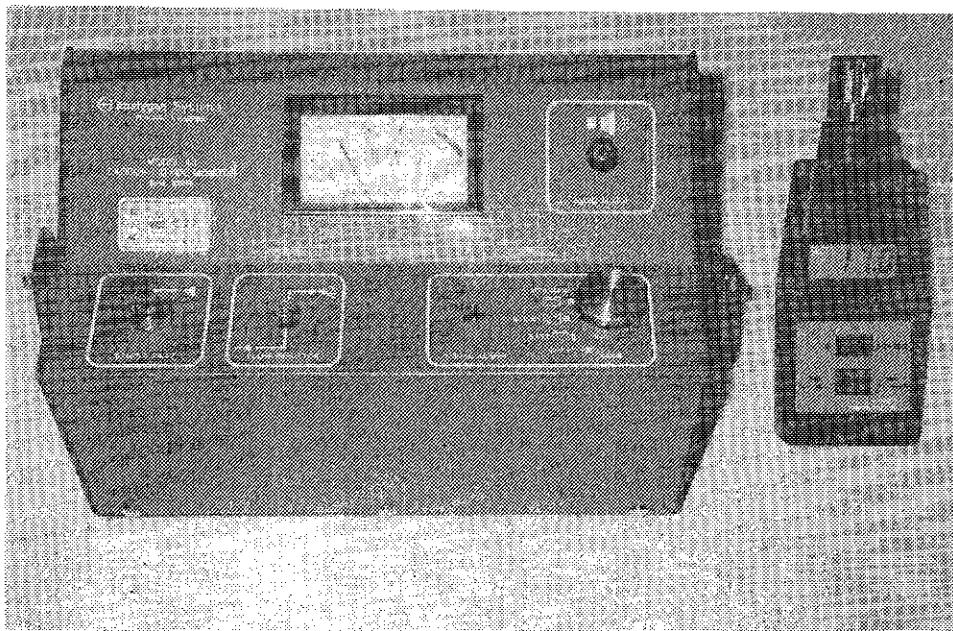
온열환경요소로 중요한 인자인 기온은 Portable Digital Thermometer(C822-2)/ Psychrometer(C846-2)를 이용하여 실내온도를 측정하였다. 측정점은 작업장을 분할하여 3-4곳을 측정하였고, 바닥으로부터 1.5m높이에서, 한 측정점마다 2회 측정하여 평균치를 사용하였다. (그림 5.5)은 기온 측정기를 나타낸다.

습도는 극단적으로 높거나 낮지 않으면 체적범위에 크게 영향을 미치지 않지만 증발조절범위에서 영향을 미친다. 실내습도의 영향은 실내온도와 마찬가지로 Portable Digital Thermometer(C822-2)/Psychrometer(C846-2)로 측정하였다((그림 5.5) 참조). 측정점과 측정횟수는 온도와 동일하다.

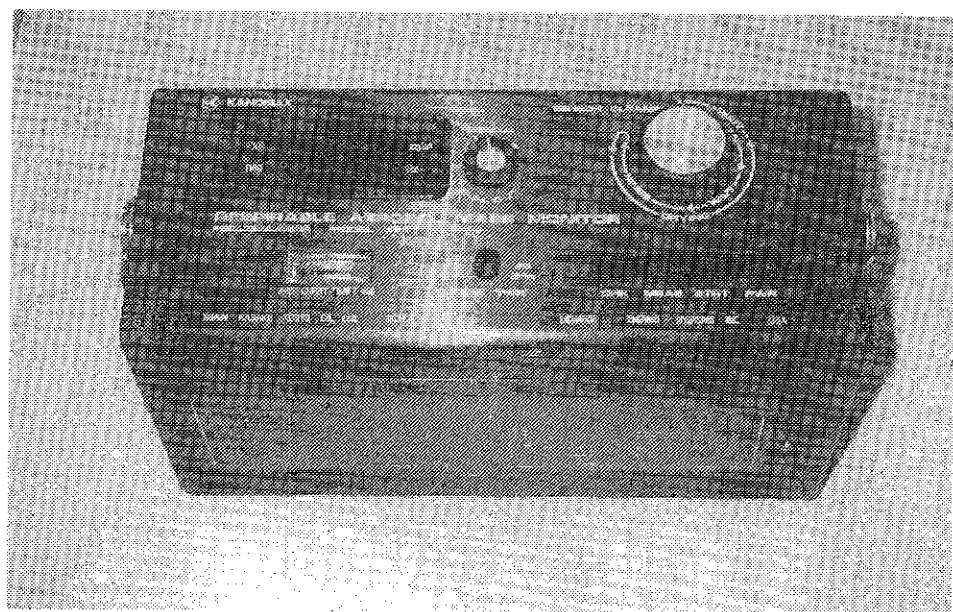
이산화탄소의 측정은 주로 작업장내의 이산화탄소를 측정하는 Portable Carbon Dioxide Analyzer(Canada LTD., range:0-10,000ppm)를 이용하였고 측정방법은 분진과 동일하게 하였다.

이산화탄소의 측정기는 다음과 같다((그림 5.5) 참조).

아파트형공장에서 부유분진은 포집된 분진의 질량에 의해 진동수를 변화시켜 주파수 변동에 따라 센서자체의 질량을 재는 Piesobalance(Knomax LTD)분진측정계를 사용하였다. 측정점과 측정횟수는 온도와 동일하다. (그림 5.6)은 부유분진 측정기를 나타낸다.



(그림 5.5) 기온, 습도, CO₂측정기



(그림 5.6) 분진측정기

5.2.2 휘발성유기용제

유기용제를 측정하기 위한 시료의 포집방법에는 직접포집법과 액체포집법, 고체포집법이 있다. 직접포집법은 흡수흡착등의 방법을 거치지 않고 시료공기를 직접 포집용기내에 채취하는 것을 말하며, 액체 포집법은 시료공기를 액체에 통과시켜 액체에 용해시키거나 반응 또는 충돌시켜서 측정 대상물질을 포집하는 방법을 말한다⁵⁶⁾. 고체포집법은 시료를 고체포집체에 통과시켜서 기체상의 물질을 고체입자에 흡착시키는 방법을 이용한다. 이 방법으로 포집된 기체상의 물질은 고체 입자로 부터 탈착되어 GC 또는 흡광도 분석에 이용된다.

고체 포집체로는 실리카겔, 활성탄 등의 흡착제 혹은 가스크레마토그래피 용 켈럼충진제 등이 쓰이며, 이들은 일정한 규정의 유리관에 일정하게 충진시키고 충진제 양끝을 글라스울 등으로 고정한 후 유리관의 양 끝을 막아 완성한다. 자주 쓰이는 것은 활성탄판이다⁵⁷⁾. 일반적으로 활성탄판을 사용하여 포집할 때 유속은 50~500ml/min 범위내에서 대상물질에 따라 다르게 한다. Easley 와 Saggs(1985)는 활성탄 1g이 흡착할 수 있는 유기용제의 양을 263mg이라고 보고 한적 있다. 유량과 포집시간은 이 한도를 넘게 잡아서는 않된다⁵⁸⁾. 포집시 주의 할 것은 반드시 활성탄판을 수직으로 하여야 한다는 것이다.

본 연구에서는 고형 흡착제에 활성탄등의 포집제를 유리관에 충진시킨 Charcoal Tube (활성탄판)에 일정한 흡입 유량을 Air Sampler를 통하여 채취하였다. 이때 흡입 유량은 NIOSH MANUAL(1501)에 의하여 200cc/min이하로 하고, 시료 채취 시간은 약 2~4시간 정도 하였으며, 채취한 활성탄판 시료는 양쪽에 플라스틱 캡을 씌워 완전히 밀봉한 후 냉장실에 보관한 후 약 14일 이내에 실험실에서 분석하였다⁵⁹⁾((그림 5.7) 참조).

56) 산업보건, 대한산업보건협회, 92. 1, pp39~40

산업보건, 대한산업보건협회, 92. 2·3, pp39~40

57) 산업보건, 대한산업보건협회, 92. 5, pp22~25

58) 이 광목외, 유기용제 성분분석과 건강영향에 관한 연구, **대한산업의학회지 제5권 제1호**, pp

59) Peter M.E., **NIOSH Manual of Analytical Methods**. Third edition,

포집된 휘발성유기용제는 NIOSH MANUAL(1501) 방법에 의하여 유기용제(VOCs)를 분리할 수 있는 GC(Gas Chromatograph; SRI 사, 8610B)를 이용하였다(그림 5.8) 참조).

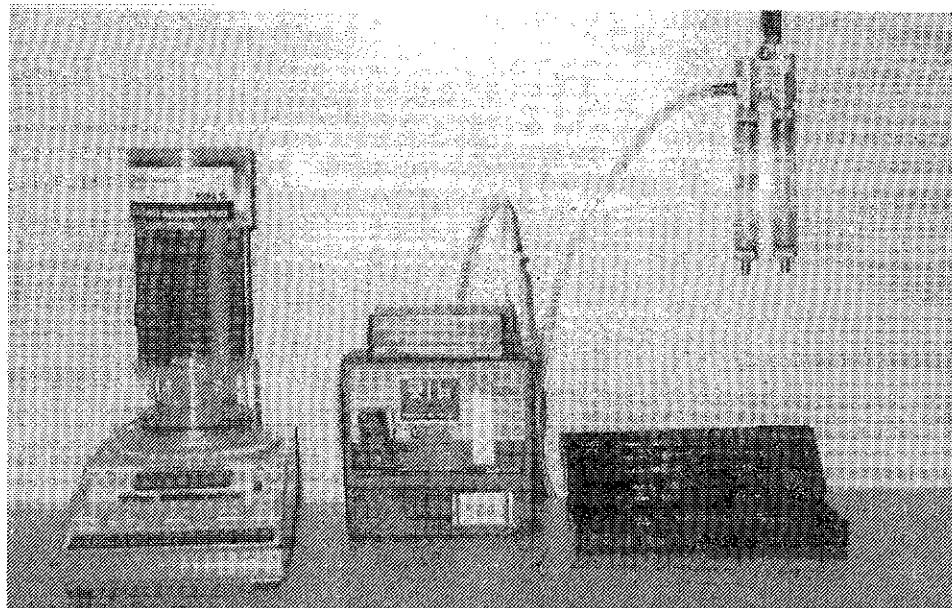
또한, Recovery 테스트는 활성탄판의 양끝을 자른 후, 유입구 부분(100mg)에 벤젠 및 톨루엔 각각의 용액을 1.0㎕를 주입시켜 플라스틱 캡으로 양쪽을 밀폐하여 24시간 저온에서 방치하여 마찬가지로 동일 조건에서 가스크로마토그래피로 반응시간을 확인한 결과, 같은 시간대에서 각각의 피크가 검출됨을 알 수 있었다. 그리고, 시료 채취과정에서 장시간 샘플링 시간이나 과잉 유량에 의한 휘발성유기용제의 Breakthrough 테스트는 활성탄판의 유입구(100mg)에 흡착된 유기용제의 농도가 유출구(50mg)에 흡착된 농도보다 10배이상 검출됨으로써 시료채취 시간과 유량이 본 연구의 테스트에서 적절한 것임을 알 수 있었다.

휘발성유기용제의 농도분석을 위해서는 일반적으로 표준용액제조에 따른 검량선 작성이 필요하다. 표준용액제조 방법은 벤젠, 톨루엔, 크실렌(B.T.X) 용액을 각각 1㎕씩 넣은 flask에 4ml의 이황화탄소(CS_2)를 넣어 희석하고, 이 용액 1㎕와 2㎕의 농도를 산출하여 농도에 따른 기울기와 절편을 구함으로써, 각 용액의 검량선을 작성하였다(<표 5-2>, (그림 5.9) 참조).

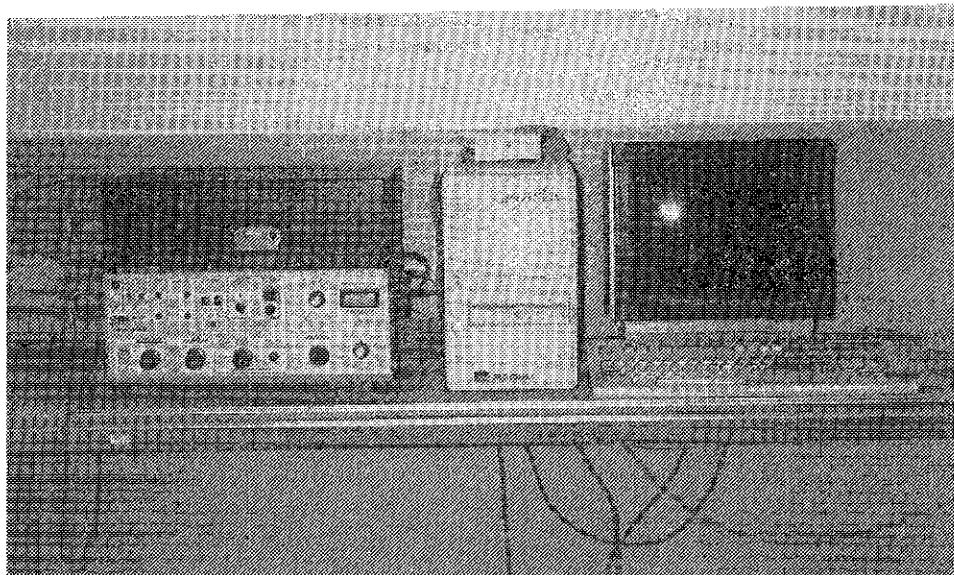
<표 5-2> 휘발성유기용제(VOCs)의 농도분석을 위한 검량선 작성

물질	검량선	R-squared
벤젠	$Y = 0.0007255*X$	0.7386136
톨루엔	$Y = 0.0002301*X$	0.9126157
크실렌 : P-크실렌	$Y = 0.9580376*X$	0.9580376
M-크실렌	$Y = 3.3225806*X$	0.8126426

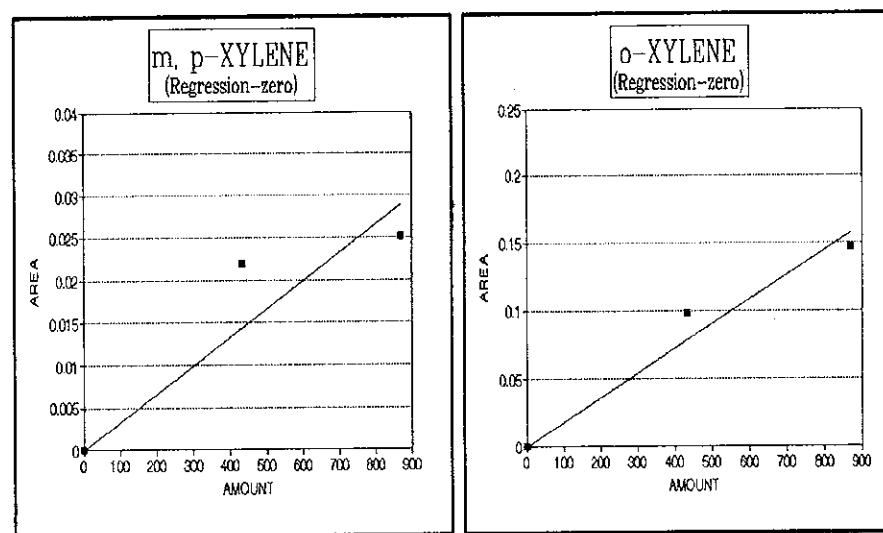
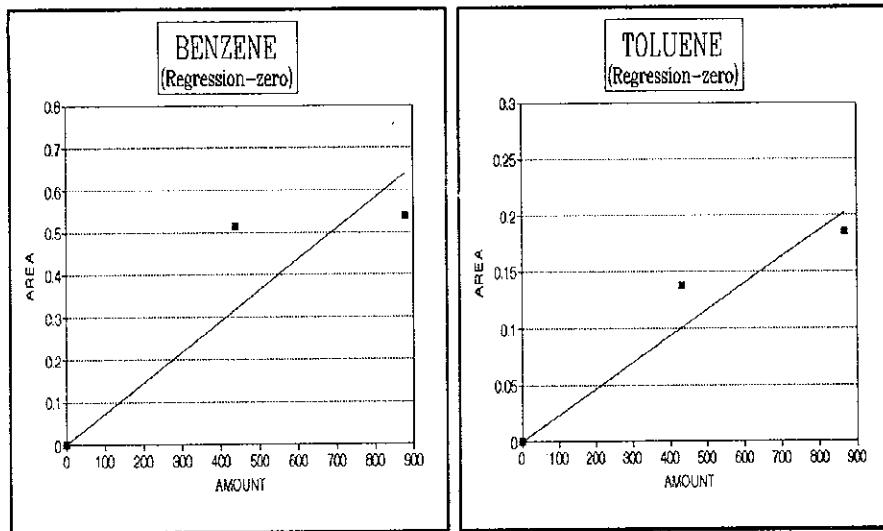
Cincinnati(Ohio): U.S, Department of health & human services, Vol.1,
150-1~1501-7, 1984.2.



(그림 5.7) 휘발성유기용제(VOCs) 측정기기



(그림 5.8) 휘발성유기용제(VOCs)의 분석에 사용된GC
(Gas Chromatograph; SRI 사, 8610B)



(그림 5.9) 휘발성유기용제의 농도분석을 위한 검량선

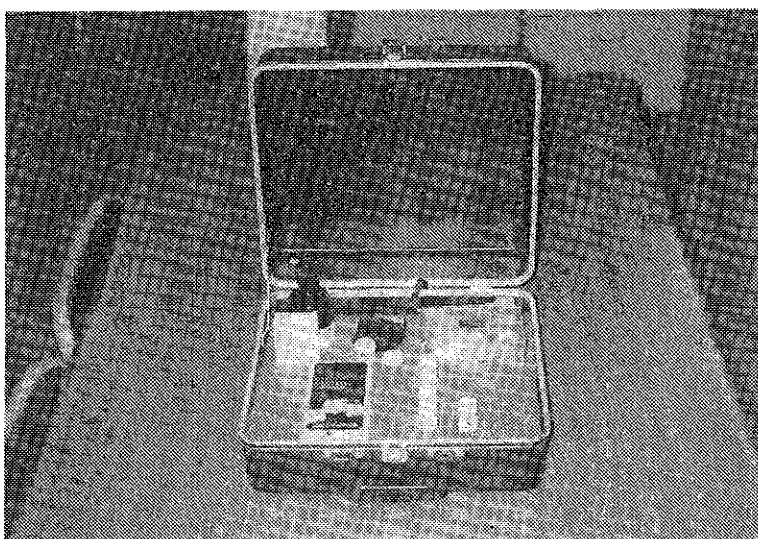
5.2.3 포름알데히드

포름알데히드는 건축물의 단열재나, 작업공정중에 사용되는 접착제, 그리고 작업과정에서 사용되는 각종 재료에서 발생할 것이라고 예상하고 측정하였다.

본 연구에서는 실내공간에서 발생하는 포름알데히드 가스의 농도를 가중평균치로 계산하여 간단히 측정할 수 있는 Formaldehyde Mornitering Kit with Digital Colorimeter(SKC 사)를 이용하였다. 본 측정기는 개인호흡지역 측정에 적합하도록 제작한 것으로 10ml 용량의 Vial용기, A,B시약, Knudsen확산 디스크 및 Colorimeter로 구성되어 있다((그림 5.10) 참조).

측정은 바이알에 종류수 5ml와 A시약을 넣어 30분간 standing한후 Knudsen 확산 디스크를, 용액과 접촉시켜 측정장소에 적정시간 동안 노출시켜 포집하고 B시약을 넣고 30분간 standing한후 Colorimeter를 이용하여 농도를 계산한다. 이 때 포집량은 Knudsen확산 디스크의 성능과 노출시간에 따라 달라진다⁶⁰⁾.

포름알데히드의 측정점은 온·습도, CO₂, 분진과 동일하게 하였다.



(그림 5.10) 포름알데히드 측정기기

60) *Instruction Manual for Formaldehyde Mornitering Kit with Digital Colorimeter*, PA:SKC 사, Version 6.0, 1992.

5.3 측정결과 및 고찰

본 연구에서 수행한 각각의 업종별에 따른 공기환경의 측정 결과는 <표 5-3>과 같다.

<표 5-3> 측정결과

측정항목 업종별업체명	온도 (°C)		습도 (%)		분진 (mg/m³)		CO₂ (ppm)		VOCs (ppb)						측정조건	
	실내	실외	실내	실외	실내	실외	실내	실외	벤젠		톨루엔		크실렌			
									실내	실외	실내	실외	실내	실외		
신발제조업체 피혁업체	신발 1	28.8	27.0	63.6	79.8	0.145	0.03	625	450	N.D.	N.D.	1777.9	930.7	473.0	105.3	구두제조업 개구부 OPEN
	신발 2	26.5	N.E.	72.5	N.E.	0.103	0.03	500	450	N.D.	N.D.	3290.8	977.7	455.0	338.3	동산화, 운동화제조 개구부 OPEN
	피혁핸드백제조업	24.3	N.E.	54.0	N.E.	0.087	0.03	750	450	N.D.	N.D.	1890.8	977.7	961.4	338.3	판지 플랜드백, 가방 포장 작업위주 개구부 1/2 OPEN
섬유업체 제조업체	섬유업체 1	28.4	27.0	62.5	79.8	0.097	0.03	600	450	N.D.	N.D.	1038.0	930.7	330.4	105.3	개구부 1/2 OPEN 의류업체 (제단·가공생산)
	섬유업체 2	25.9	24.9	73.7	74.2	0.05	0.02	700	450	N.D.	N.D.	1594.3	881.1	364.8	61.4	개구부 OPEN 의류업체 (제단·가공생산)
	섬유업체 3	26.5	24.7	20.1	14.9	0.073	0.05	566.7	400	N.D.	N.D.	1470.4	N.D.	262.8	158.8	유아용 생산업체 (편직·제단·가공생산) 개구부 open
전기전자제조업체	전기부품	28.1	27.0	54.4	79.8	0.08	0.03	650	450	N.D.	N.D.	1198.7	930.7	347.7	105.3	개구부 1/2 OPEN 자동전기제어기기 생산업체
	전자부품	24.5	24.8	19.9	16.2	0.05	0.03	483.3	450	N.D.	N.E.	1096.7	N.E.	248.4	N.E.	전자부품조립업체 국부제거시설유
인쇄업체 인쇄업체	인쇄업체 1	29.1	27.3	66.5	77.2	0.13	0.04	600	420	N.D.	N.E.	4948.6	N.E.	101.1	N.E.	1면 외기에 접함 1면 복도에 접함 개구부 OPEN
	인쇄업체 2	26.0	27.3	54.2	77.2	0.14	0.04	500	420	N.D.	N.E.	4769.6	N.E.	540.8	N.E.	2면 외기에 접함, 1면 복도에 접함, 개구부 OPEN, 방风气 가동
시가조리업체		25.6	23.9	70.7	77.8	0.12	0.02	500	370	N.D.	N.D.	1085.9	N.D.	207.6	390.1	3면 외기에 접함 1면 복도에 접함 개구부 OPEN

5.3.1 업종별 휘발성유기용제의 측정결과

본 연구에서 현재 가동중인 아파트형공장의 실내공기의 휘발성유기용제를 측정한 결과 툴루엔과 크실렌이 검출되었다. 휘발성유기용제의 평균실내농도는 툴루엔이 최대 5466ppb(인쇄1), 최저 1038ppb(섬유1)이고, 크실렌은 최고 961ppb(피혁핸드백), 최저 184ppb(전자부품)의 농도분포를 보인다. 그리고 툴루엔과 크실렌의 실내평균농도비를 비교하면 최대 54배($5466/101$:인쇄1), 최소 2배($1890.8/961.4$:피혁핸드백)이고 전체 평균은 약 9배 정도로 나타나, 툴루엔의 농도가 크실렌보다 상대적으로 매우 높은 분포를 보이고 있었다.

툴루엔과 크실렌의 실내농도는 작업장허용기준은 TWA 100ppm보다 훨씬 낮았으나, 본 연구에서 제안한 환경기준은 인쇄업체가 허용치를 초과했고, 나머지 업체는 모두 허용기준보다 낮았지만, 외기에 비해서 매우 높은 측정치를 나타내고 있었다.

그리고, 본 측정시 측정조건은 개구부를 완전개방하여 측정한 것으로 개구부를 통한 자연환기가 원활하기 때문에 실내오염농도가 제어되나, 개구부를 닫는 난방기는 실내오염농도가 증가할 것으로 생각되어 그에 대한 대책이 필요하다고 생각된다.

휘발성유기용제의 측정결과를 기존 아파트의 실내 실측값과 비교해보면 다음과 같다. 툴루엔의 경우 개구부를 닫은 상태에서 측정한 기존 아파트의 실내농도와 아파트형공장의 작업장의 농도를 비교해보면, 툴루엔이 최고 7.86배(인쇄1)에서 최저 1.5배(섬유1), 평균 3.2배 였고, 크실렌의 경우는 최고 4.75(피혁), 최저 0.5(인쇄1), 평균농도는 약 2배 였다.

아파트 단지내에 위치한 아파트형공장의 실외 농도 측정결과 툴루엔은 검출되지 않았고, 크실렌은 최소 약 78ppb에서 최대 약 158ppb정도가 검출되었다. 그리고 준공업지역에 위치하고 있는 아파트형공장에 위치하고 있는 작업장인 경

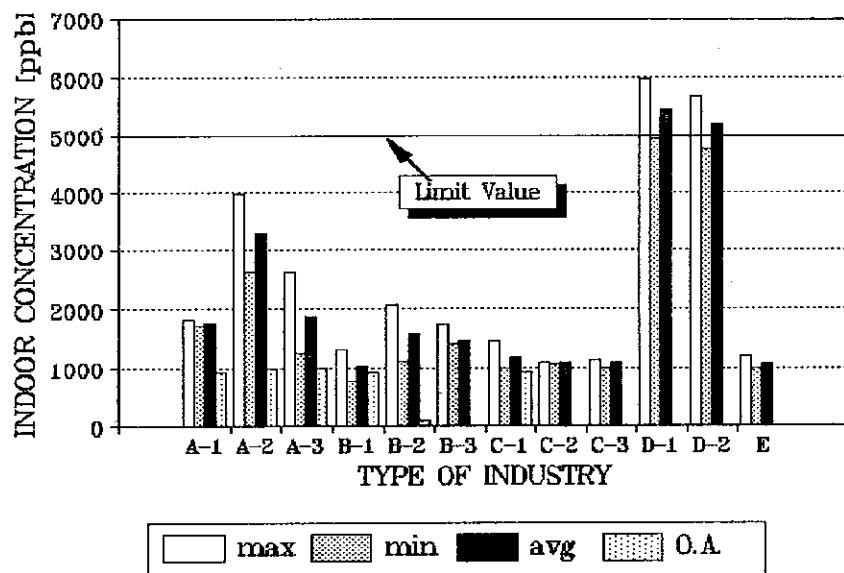
우 실외농도가 툴루엔이 최대 978 ppb, 최소 930 ppb, 평균 954 ppb이고, 크실렌이 최대 338 ppb, 최소 105 ppb, 평균 222 ppb의 농도 분포를 보였다.

업종별 휘발성유기용제의 농도분포는 다음과 같다(<표 5-4>, (그림 5.11), (그림 5.12) 참조).

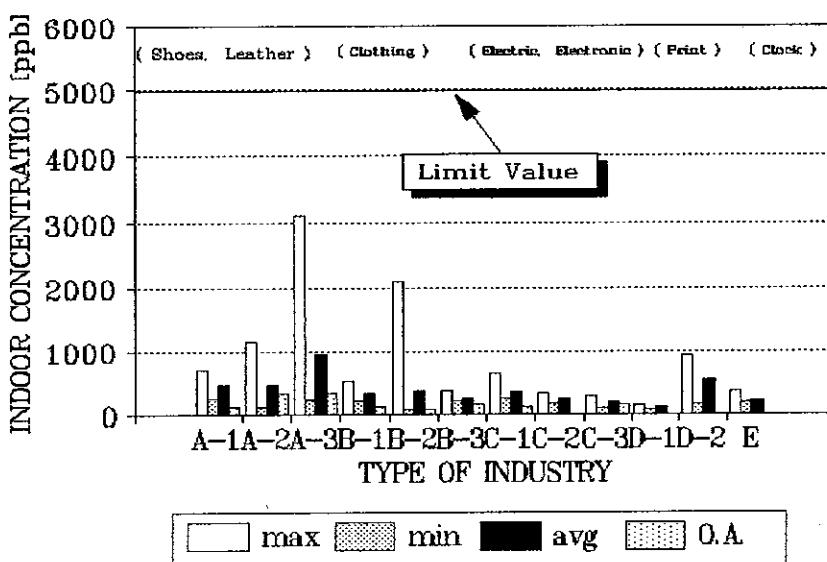
<표 5-4> 아파트형공장 업종별 휘발성유기용제 측정결과

업종별업체명	휘발성유기용제 농도		면전(ppb)	툴루엔(ppb)			크실렌(ppb)			업종과 측정조건	실내허용기준		
	실내	실외		실내			실외	실내					
				최대	최소	평균		최대	최소	평균			
신발·피혁업	A-1	ND	ND	1835.9	1719.9	1777.9	930.78	696.6	249.6	473.1	105.3	구두 제조업 개구부 open	
	A-2	ND	ND	3978.7	2637.6	3290.4	977.8	1161.6	121.6	455.1	338.3	등산화·운동화제 조 개구부 open	
설유·봉제업	피혁 핸드백	ND	ND	2625.3	1253.7	1890.8	977.8	3104.9	231.4	961.4	338.3	완성된 핸드백, 가 방 포장작업위주 개구부 1/2 close	
	B-1	ND	ND	1377.6	770.0	1038.0	930.8	528.9	208.4	330.4	105.3	의류업체 (재단→가공생산) 개구부 1/2 close	
	B-2	ND	ND	2072.0	1118.2	1594.3	ND	2079.8	87.0	364.8	61.3	의류업체 (재단→가공생산) 개구부 open	
전기·전자업	B-3	ND	ND	1742.6	1405.7	1470.4	ND	351.2	216.1	262.8	158.8	유아복 생산업체 (편지·재단·가공생산) 개구부 open	
	C-1	ND	ND	1453.8	1003.5	1198.7	930.8	645.4	262.6	347.7	105.3	자동·전기제어기 제작회사 개구부 open	
	C-2	ND	ND	1109.1	1084.4	1096.7	NE	327.0	169.8	248.4	NE	전자부품조립업체 국부배기시설유	
인쇄업	D-1	ND	ND	1147.6	994.5	1092.0	ND	284.6	89.3	184.1	158.8	핸드폰제작업체 제품성능시험공정	
	D-2	ND	NE	5985.1	4948.6	5466.9	NE	131.8	70.4	101.1	NE	개구부 open	
기타	E-1	ND	NE	5679.1	4769.6	5224.4	NE	930.4	151.2	540.8	NE	개구부 open	
	E-2	ND	ND	1226.0	1002.6	1085.9	ND	358.2	185.1	207.6	ND	개구부 open	

주) A-1:신발1, A-2:신발2, A-3:피혁·핸드백, B-1:설유1, B-2:설유2, B-3:설유3,
C-1:전기부품, C-2:전자부품, D-1:인쇄1, D-2:인쇄2, E:시계조립업



(그림 5.11) 업종별 톨루엔 분포

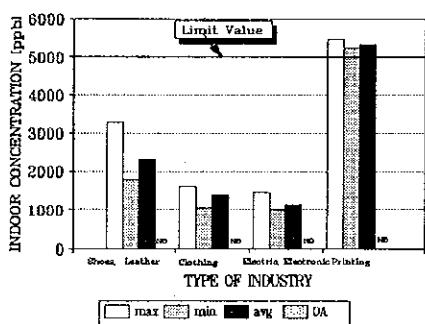


(그림 5.12) 업종별 크실렌 분포

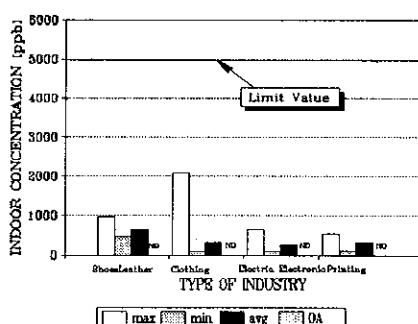
업종군별 휘발성유기용제의 농도를 비교하면, 톨루엔의 농도는 인쇄업종군이 평균농도가 평균 5346ppm으로 제일 높았고, 신발·피혁, 섬유·봉제, 전기·전자업종군 순으로 농도가 낮아졌다. 크실렌의 농도는 톨루엔의 농도보다 훨씬 낮았으며, 크실렌의 농도는 신발피혁업종군이 평균 625.85ppm으로 가장 높은 측정치를 나타냈으며, 인쇄, 섬유, 전기·전자업종군 순서의 순서로 농도가 낮아지고 있었다.

<표 5-5> 아파트형 공장의 업종군별 휘발성유기용제의 실내오염농도

업종	면적		톨루엔				크실렌			
	실내	실외	실내			실외	실내			실외
			최대	최소	평균		최대	최소	평균	
신발·섬유업종	ND	ND	3290.4	1777.9	2319.7	ND	961.4	455.1	625.9	ND
섬유·봉제업종	ND	ND	1594.3	1038.0	1367.6	ND	2079.8	87.0	319.3	ND
전기·전자업종	ND	ND	1453.8	994.5	1129.1	ND	645.4	89.3	260.1	ND
인쇄업종	ND	ND	5466.9	5224.4	5345.7	ND	540.8	101.1	320.9	ND



(그림 5.13) 업종군별 톨루엔 농도



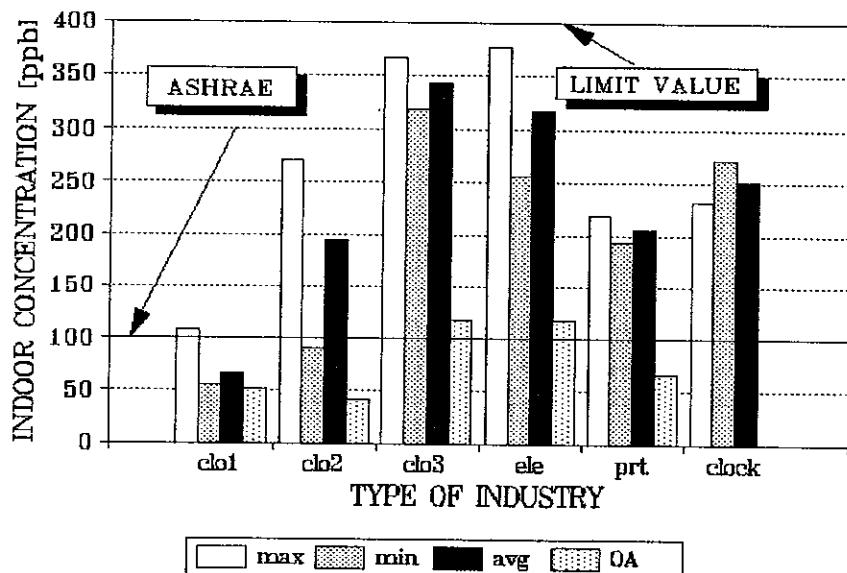
(그림 5.14) 업종군별 크실렌 농도

5.3.2 포름알데히드의 측정 결과

포름알데히드는 측정장치의 제약으로 인하여 전 업종에서 측정하지 못하고, 전자부품조립업체와 섬유업체를 대상으로 측정하였다. 아파트형공장의 포름알데히드의 실내평균농도는 TWA - TLV 1.0 ppm의 작업장 기준을 초과하지 않았으나, WHO나 ASHRAE의 실내환경기준인 100ppb는 섬유2,3 전자부품조립업체, 인쇄업체, 시계부품가공업체가 초과 하였고, 아파트형공장의 실내최대농도는 모두 허용치를 크게 초과하고 있었다. 그러나 본 측정이 개구부가 완전개방된 경우에 이루어졌기 때문에 개구부를 닫는 난방기 경우는 오염농도가 크게 증가되리라 생각되므로 적절한 대책이 필요하다고 생각된다.

<표 5-6> 포름알데히드의 측정결과

업종	농도	실내(ppb)			실외(ppb)	측정조건	실내허용기준
		최대	최소	평균			
· 등재 업군	섬유업체 1	107.4	55.6	66.5	51.8	측정시 *개구부개방 *맞통풍원활	(단위 : ppm) 작업장기준 TWA-1 아파트형 공장기준 TWA-0.4
	섬유업체 2	270.22	90.07	195.16	42.5		
	섬유업체 3	366	318	342	118		
전자부품조립 업체		376	256	316.67	118		
인쇄업체		218.46	193.25	205.85	65.19		
시계부품가공 업체		231.4	272.28	251.84	N.E.		



(그림 5.15) 업종별 포름알데히드 농도

5.3.3 이산화탄소, 분진의 측정결과

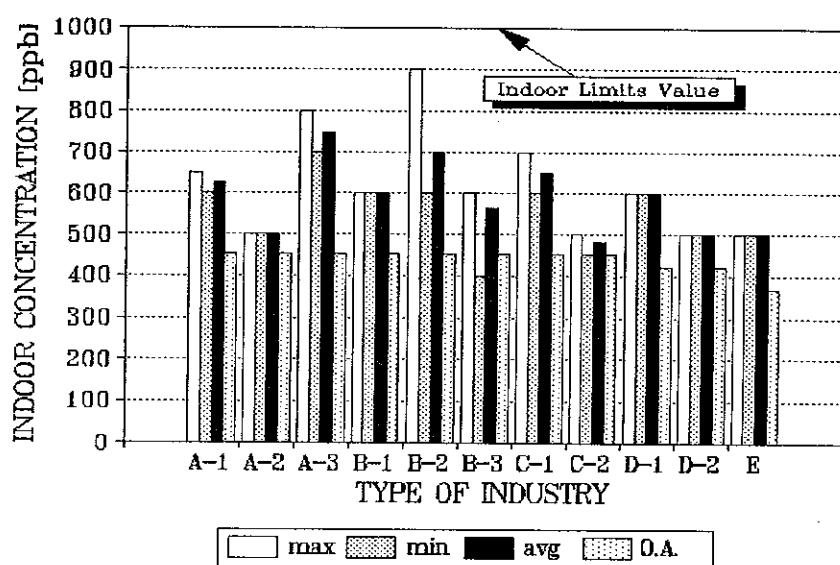
개구부를 완전히 개방한 상태에서 실시한 이산화탄소와 분진의 측정결과, 이산화탄소의 실내농도분포는 최대 750ppm에서 최소 483.3ppm으로 실내허용기준인 1000ppm보다 훨씬 낮은 분포를 보이고 있었다.

작업장의 실내 평균 분진 농도 역시 실내허용기준 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 을 초과하지 않았다. 그러나 신발제조업체와 인쇄업체와 시계조립업 작업장 경우는 개구부를 개방하여 자연환기가 원활하게 이루어지는 상태에서도 비교적 실내평균농도 ($0.1\text{--}0.145\text{ mg}/\text{m}^3$)가 높은 것으로 나타났고, 신발1의 경우 최대농도가 허용치를 초과하고 있으므로 이에 대한 적절한 대책이 필요하며, 실내최대농도와 최저농도간의 차이가 큰 업종의 경우는 확산에 의하여 실내전체적으로 분진의 농도를 증가시킬 수 있으므로 환기계획시에 이러한 점을 고려해야 한다고 사료되며, 개구부가 밀폐되는 난방기에는 분진과 이산화탄소의 실내농도가 문제가 되리라 생각된다.

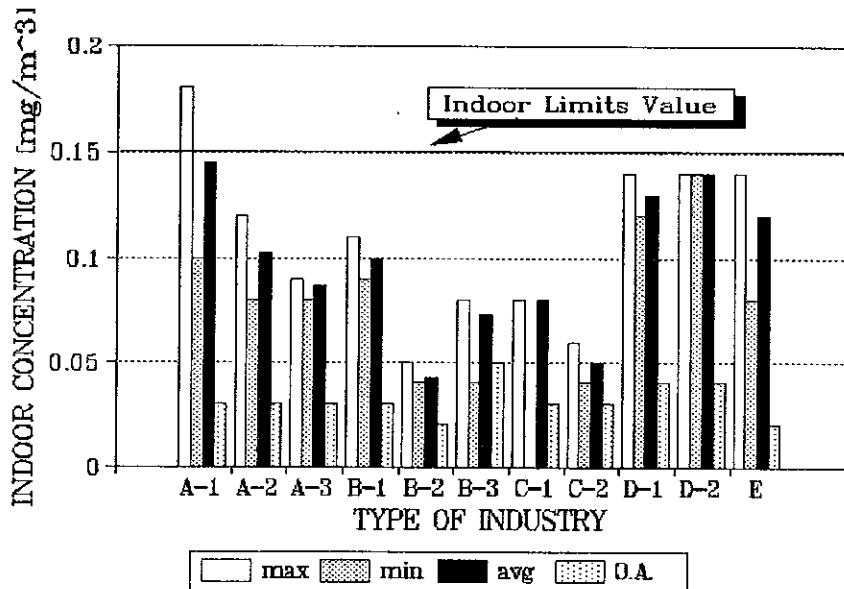
<표 5-7> 이산화탄소와 분진의 측정 결과

업체명	농도 (ppm)	이산화탄소			분진 (mg/m³)			실내허용 기준	
		실내		실외	실내		실외		
		최대	최소	평균	최대	최소	평균		
신발	신발 1	650	600	625	450	0.18	0.1	0.145	0.03
	신발 2	500	500	500	450	0.12	0.08	0.103	0.03
피혁	피혁·핸드백	800	700	750	450	0.09	0.08	0.87	0.03
	설유업체 1	600	600	600	450	0.11	0.09	0.1	0.03
설유 봉제	설유업체 2	900	600	700	400	0.05	0.04	0.043	0.02
	설유업체 3	600	400	566.7	450	0.08	0.04	0.073	0.05
전기	전기부품	700	600	650	450	0.08	-	0.08	0.03
	전자부품	500	450	483.3	450	0.06	0.04	0.05	0.03
인쇄	인쇄업체 1	600	-	600	420	0.14	0.12	0.13	0.04
	인쇄업체 2	500	-	500	420	0.14	0.14	0.14	0.04
기타	시계 조립업	500	500	500	370	0.14	0.08	0.12	0.02

주) A-1:신발1, A-2:신발2, A-3:피혁·핸드백, B-1:설유1, B-2:설유2, B-3:설유3,
C-1:전기부품, C-2:전자부품, D-1:인쇄1, D-2:인쇄2, E:시계조립업



(그림 5.16) 업종별 이산화탄소 농도



(그림 5.17) 업종별 분진의 농도

5.3.4 기온, 습도의 측정결과

기온은 개구부를 전부 개방한 상태에서 측정하였기 때문에 실내외가 비슷한 분포를 나타내지만, 실내발열로 인하여 대부분 실내가 실외보다는 약간 높게 나타나고 있었다. 개별식 냉동기와 덕트를 설치하여 실내를 냉방하는 피혁핸드백 제조업체의 경우에는 개구부를 약 1/2 정도 개방하고 있는 상태에서 실내기온이 외기보다 약 3°C 낮은 평균 24.3°C를 나타내고 있었고, 패키지 에어콘을 가동중인 인쇄업종2의 경우도 실외온도보다 약 1°C 낮은 평균기온 26.0°C의 분포를 나타내고 있었다. 이러한 결과를 보면, 덕트를 설치하여 실내를 중앙식 처럼 공조하는 작업장이 더 쾌적조건을 만족시키는 효과적인 제어를 한다고 생각된다.

실내습도의 경우도 실내외가 거의 비슷한 분포를 나타내지만, 대부분 실내가 실외보다 약간 낮은 것으로 나타났다. 그러나 작업과정 중에 스팀다림질을 할 때 효과적으로 배기가 이루어지지 않고 있는 섬유업체3의 경우는 실내습도가 실외보다 약 4%정도가 높은 20.1%를 나타내고 있다.

개별식 냉동기와 턱트를 설치하여 실내를 공조하는 피혁핸드백업체와 인쇄2 업체의 경우는 여름철에 실외 기온과 습도가 27°C, 79.8%와 27.3°C, 77.2%일 때 실내가 24.3°C, 54.2%와 26.0°C, 54.2%로 외기와 상관없이 실내조건이 폐적대에 위치하고 있음을 알 수 있다.

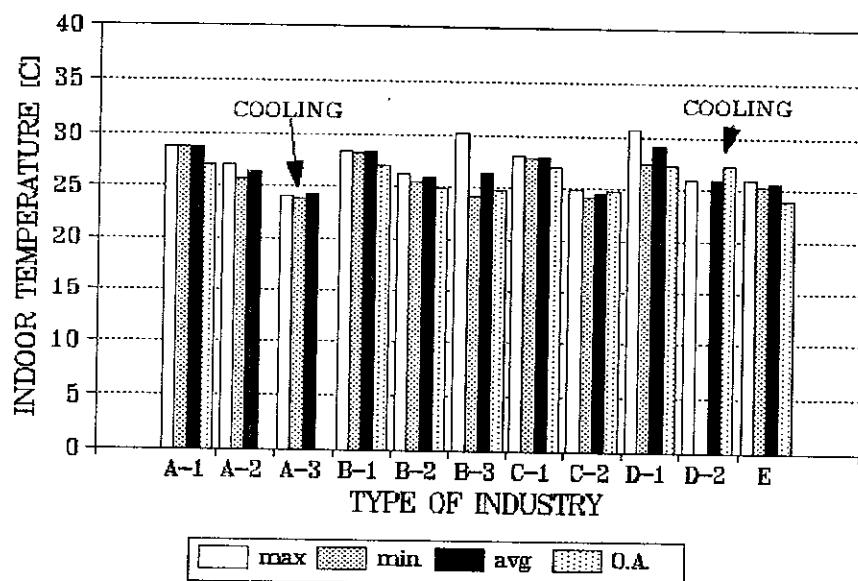
기온과 습도의 측정결과는 다음과 같다(<표 5-8>, (그림 5.18), (그림 5.19) 참조).

<표 5-8> 기온, 습도의 측정 결과

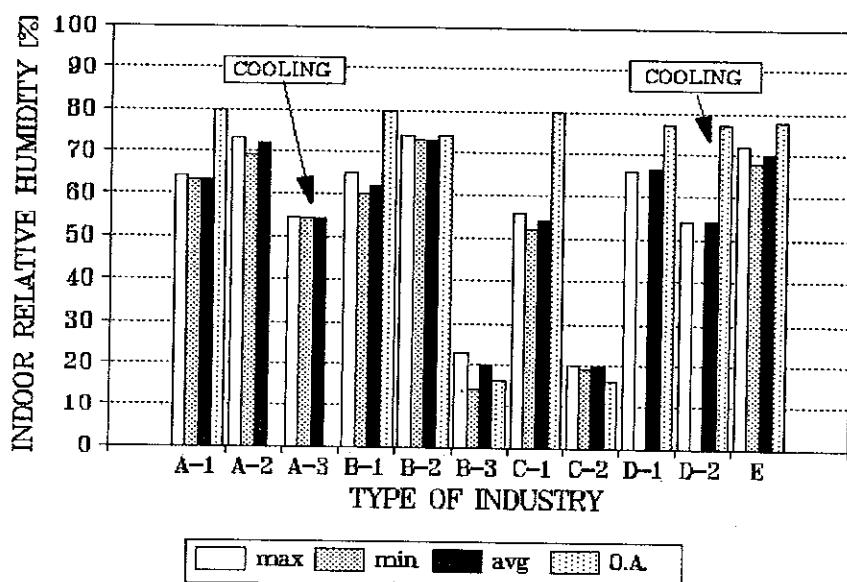
업체명	온도	온도			습도			측정 조건		
		실내			실외	실내				
		최대	최소	평균		최대	최소	평균		
신발	신발 1	28.8	28.7	28.8	27.0	64.0	63.2	63.6	79.8	-
	신발 2	27.3	25.7	26.5	N.E.	73.2	69.7	72.5	N.E.	-
피혁	피혁핸드백	24.8	23.8	24.3	N.E.	54.4	54.0	54.2	N.E.	냉방
	섬유업체 1	28.4	28.3	28.4	27.0	64.8	60.2	62.5	79.8	-
섬유	섬유업체 2	26.3	25.5	25.9	24.9	74.0	73.3	73.7	74.2	-
	섬유업체 3	30.2	24.2	26.5	24.8	23.0	14.8	20.1	16.2	-
전자	전기부품	28.2	27.9	28.1	27.0	56.5	52.3	54.4	79.8	-
	전자부품	24.9	24.2	24.5	24.8	20.3	19.6	19.9	16.2	-
인쇄	인쇄업체 1	30.7	27.4	29.1	27.3	66.5	-	66.5	77.2	-
	인쇄업체 2	26	-	26	27.3	54.2	-	54.2	77.2	냉방
기타	시계조립	26.0	25.2	25.6	23.9	72.5	68.5	70.7	77.8	-

*N.E. : 미측정

주) A-1:신발1, A-2:신발2, A-3:피혁·핸드백, B-1:섬유1, B-2:섬유2, B-3:섬유3,
C-1:전기부품, C-2:전자부품, D-1:인쇄1, D-2:인쇄2, E:시계조립업



(그림 5.18) 업종별 온도 분포



(그림 5.19) 업종별 습도 분포

5.4 소결

본 연구는 아파트형 공장의 실내공기환경의 실태를 파악하기 위해서 서울시내와 수도권에 위치한 아파트형 공장을 대상으로 현장측정을 실시하였다. 결과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, 아파트형 공장에서 휘발성유기용제의 실내오염농도를 측정한 결과 벤젠은 검출되지 않았고, 톨루엔과 크실렌이 검출되었다. 톨루엔과 크실렌의 평균 실내농도비는 최대 54배(5466/101:인쇄1), 최소 2배(1890.8/961.4:피혁핸드백)이고 전체 평균은 약 9배 정도로 나타나, 톨루엔의 농도가 크실렌보다 매우 높은 농도 분포를 보이고 있었다. 톨루엔과 크실렌의 실내농도는 작업장허용기준은 TWA 100 ppm보다 훨씬 낮았고, 본 연구에서 제안한 환경기준 보다 낮게 검출되었으나, 외기에 비해서 매우 높은 측정치를 나타내고 있었다.

둘째, 측정장치의 제약 때문에 부분적으로 수행된 아파트형 공장의 포름알데히드 측정 결과, 실내평균농도는 TWA - TLV 1.0 ppm의 작업장 기준을 초과하지 않았으나, WHO나 ASHRAE의 실내환경기준인 0.1ppm을 섬유2,3 전자부품 조립업체, 인쇄업체, 시계부품가공업체가 초과 하였고, 아파트형 공장의 실내최대농도는 모두 허용치를 크게 초과하고 있었다. 그러나 본 연구에서 제안한 허용기준인 0.4ppm보다 낮은 측정치를 나타내고 이었다.

셋째, 이산화탄소를 측정한 결과 실내농도분포는 최대 750ppm에서 최소 483.3 ppm으로 실내허용기준인 1000ppm보다 훨씬 낮은 분포를 보이고 있었다.

넷째, 작업장의 실내 평균 분진 농도 역시 실내허용기준 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 을 초과하지 않으나, 신발제조업체와 인쇄업체와 시계조립업 작업장 경우는 개구부를 개방하여 자연환기가 원활하게 이루어지는 상태에서도 비교적 실내평균농도가 $0.1\text{--}0.145\text{ mg}/\text{m}^3$ 로 높아, 개구부가 밀폐되는 난방기에는 문제가 되리라 생각되며, 일부업체의 최고농도가 허용기준을 초과하므로 이에 대한 적절한 대책이 필

요하다.

다섯째, 기온은 개구부를 개방한 상태에서 측정하였으므로 실내외가 비슷한 분포를 나타내지만, 실내밸열로 인하여 대부분 실내가 실외보다는 약간 높게 나타나고 있었다. 실내습도의 경우도 마찬가지로 실내외가 거의 비슷한 분포를 나타내지만, 대부분 실내가 실외보다 약간 낮은 것으로 나타났다.

본 연구의 측정은 개구부를 완전개방한 상태에서 수행한 것으로 개구부를 통한 자연환기가 원활하기 때문에 실내외온도가 제어되므로 대부분 실내외온률질이 환경기준을 초과하지 않았으나, 개구부를 닫는 난방기는 실내외온도가 증가할 것으로 생각되므로 개구부를 닫는 난방기에 대한 실내공기환경의 평가가 요구되며 개구부 밀폐시 실내외온에 대한 대책이 필요하다고 생각된다.

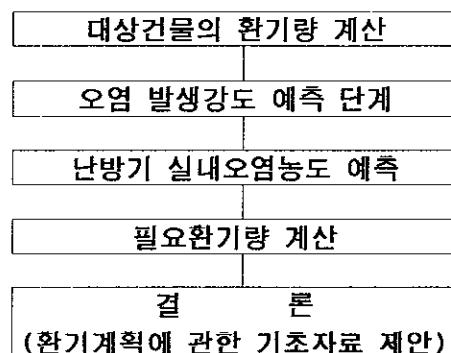
제 6 장 필요환기량 계산을 위한 시뮬레이션

6.1 필요환기량 예측을 위한 시뮬레이션의 개요

6.1.1 시뮬레이션의 개요

개구부 개방시에는 실내공기환경이 대부분 실내허용농도 이하로 유지되어 실내공기환경이 문제가 되지 않았으나, 개구부 밀폐되는 겨울철의 난방기 등은 실내공기환경이 악화되리라 예상되므로, 본 장에서는 섬유업종을 대상으로 간단한 환기량 계산방법과 현장측정자료를 이용한 시뮬레이션을 통해 개구부 밀폐시 실내오염농도를 예측하여 실내공기환경 실태를 평가해 보고, 본 연구에서 제안한 실내허용농도를 기초로하여 실내공기환경을 허용기준 이하로 유지하는데 필요한 환기량을 산정하였다. 그러나 본 연구에서 설정한 환경기준은 연구자의 주관적 판단에 의한 것으로 과학적 근거를 갖는 것은 아니므로 본 연구에서는 이와 함께 다양한 기준치에 대해서도 필요환기량을 산정할 수 있는 도표를 제시함으로써, 추후 기준치가 설정·변경되더라도 환기량 산정이 가능할 수 있는 방법을 제시하였다.

이와같은 필요환기량은 아파트형공장의 설계시에 설계자가 환기계획에 이용할 수 있는 기초자료로 활용할 수 있을 것이다. 본 질의 연구는 다음과 같은 흐름도를 따라 진행하였다.



(그림 6.1) 시뮬레이션 흐름도

본 연구의 시뮬레이션에서 이용한 건물은 중소기업진흥공단에서 설계시공한 아파트형공장을 대상으로 하였다.

시뮬레이션에 있어서 실내공기오염농도에 대한 입력자료는 측정된 자료의 평균값을 사용하였고(<표 6-1> 참조) 기상자료는 기상청의 자료를 사용하였다(<표 6-2> 참조).

<표 6-1> 섬유업체의 실내·외 공기오염농도 입력용 실측자료

	온도		습도		CO ₂ (ppm)		TSP (mg/m ³)		VOCs (ppb)				HCHO (ppb)			
	실내	실외	실내	실외	실내	실외	실내	실외	Benzene	Toluene	Xylene	실내	실외	실내	실외	
평균	24.9	24.8	44.9	41.6	556.7	383.3	0.048	0.028	N.D.	N.D.	1073.9	N.D.	364.8	61.4	195.2	42.5

<표 6-2> 서울지방의 기상자료

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
온도 ℃	-2.9	-0.6	5.2	12.2	17.5	21.9	24.4	25.6	20.9	14.3	6.8	0.3
습도 %	63.1	61.4	60.8	57.8	63.9	70.1	81.4	76.6	72.4	66.0	64.9	64.8
기류 m/s	2.4	2.7	2.8	2.9	2.6	2.4	2.4	2.1	2.0	2.0	2.3	2.4

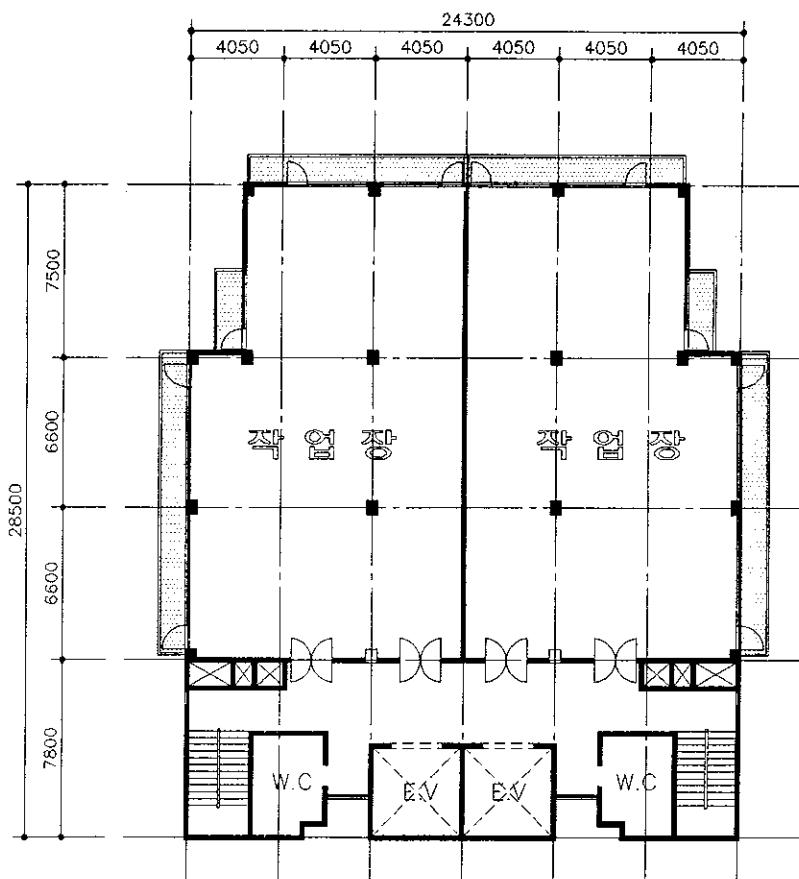
※근거: 중앙기상청(서울시 1983년 - 1992년간 평균자료)

6.1.2 대상건물의 개요

본 연구에서 이용한 대상건물의 평면은 (그림 6.2)와 같다. 이 건물은 중소기업진흥공단에서 설계·시공한 것으로, 전형적인 소규모 아파트형공장이다.

<표 6-3> 시뮬레이션 대상 건물의 개요

건물구조	RC 구조
총 수	지상 8층, 지하 2층
바닥면적	249.1 [m ²]
실용적	896.7 [m ³]



(그림 6.2) 시뮬레이션 대상건물의 평면도

6.2 환기량 계산과 오염도 예측

6.2.1 환기량 계산

개구부를 완전히 열고 실내공기오염을 제어하는 냉방기 및 중간기에는 실내·외 온도차가 크지 않기 때문에 온도차에 의한 환기는 거의 발생하지 않으므로 풍압에 의한 환기만을 고려하였다⁶¹⁾.

난방기의 환기량은 개구부가 밀폐된 상태에서 틈새에 의한 침기량을 계산하였다. 침기면적은 ASHRAE기준 $2.5 \text{ cm}^2/\text{lmc}$ (linear meter of crack)⁶²⁾을 이용하여 산정하였다.

바람의 유입구의 풍압계수를 C_1 , 유출구의 유압계수를 C_2 라고 하면, 개구부를 개방한 상태에서의 환기량은 아래의 식으로 산정한다.

$$V_s = \alpha A \sqrt{(C_1 - C_2) v^2}^{63)}$$

V_s : 통풍량 [m^3/s] 2

α : 유량계수

A : 개구부 면적 [m^2]

C_1 : 바람의 유입구의 풍압계수

C_2 : 바람의 유출구의 유압계수

몇 개의 개구부를 바람이 순차적으로 통과하는 경우 유효 개구부는 아래와 같은 방법으로 합성한다.

$$\frac{1}{aA} = \sqrt{(\frac{1}{\alpha_1 A_1})^2 + (\frac{1}{\alpha_2 A_2})^2 + \dots + (\frac{1}{\alpha_n A_n})^2}^{64)}$$

61) B. Givoni, *Man Climate & Architecture*, New York:VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY, p281

62) ASHRAE, *ASHRAE HANDBOOK 1993 FUNDAMENTAL*, 1993, pp23.15

63) 김 신도 외, *건축환경계획*, 서울:태림문화사, 1993, p 106

본 연구에 사용된 모델에 적용되는 풍압계수와 유량계수의 값은 3장과 같다 ((그림 3.4), <표 3-2> 참조).

6.2.2 실내오염물질 발생강도, 실내오염농도와 필요환기량 예측

(그림 6.3)과 같이 환기량이 존재하는 시스템에서는 개구부를 열고 지속적으로 환기가 이루어지는 경우, 시간이 지나면 실내오염농도는 정상상태를 유지한다고 가정하고, 실내오염농도, 필요환기량, 실내오염물질 발생강도는 다음의식으로 계산할 수 있다.

$$C = C_o + \frac{M}{Q} \quad \text{---(1)65}$$

C : 실내의 오염농도(mg/m^3) 또는 중량비

C_o : 외기의 오염농도(mg/m^3) 또는 중량비

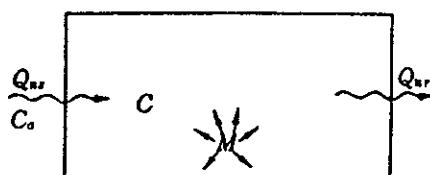
Q : 환기량 (m^3/h)

M : 실내의 오염물질 발생량 (mg/h or m^3/h)

Q_{ns} : 자연급기량(m^3/h)

Q_{nr} : 자연배기량(m^3/h)

필요환기량 계산시 C, C_o 값은 측정자료를 이용하였다(<표 6-1> 참조).



(그림 6.3) 환기만의 시스템

64) ibid., p 104

65) ASHRAE, *ASHRAE HANDBOOK 1993 FUNDAMENTAL*, 1993,
pp 23.2

필요환기량은 실내공기오염농도 C를 실내허용농도 C_d 로 치환하였을때 환기량 Q_{min} 에 해당한다. 즉 식(2)에 해당한다.

$$Q_{min} = \frac{M}{C_d - C_o} \quad \text{---(2)}$$

이것은 실내에서 오염물질이 M의 양만큼 발생하고 있을때 실내공기의 오염농도를 허용수준 C_d 로 유지하는데 필요환기량 Q_{min} 이 요구된다는 것이다. 이러한 관계는 한결같이 확산정상 가정을 적용할 수 있는 모든 오염물질에 적용되며, 열제거에 대해서도 같은 방식을 적용할 수 있다.

그리고, 식 (1)에서 Q를 Q_{min} 으로 고정하고 C를 C_d 로 고정할 경우 외기오염농도가 변하지 않는다면 오염물질 발생강도 M을 결정할 수 있다(식(3) 참조).

$$M = (C - C_o) * Q_{min} \quad \text{---(3)}$$

그리나 필요환기량 계산시 정상상태로 가정한 외기오염농도(C_o), 오염물질 발생량(M)은 실제로 시간적공간적으로 크게 변동하는 사항이며, 이것을 항상 일정한 외기량 Q_{min} 을 공급하여 실내환경을 제어할때 8항상 실내공기오염농도(C)를 실내허용농도(C_d)이하로 유지하기 못할 수도 있기 때문에 충분한 여유를 둔 수치의 Q_{min} 이 필요하다⁶⁶⁾.

66) 吉澤 普, 실내환경과 필요환기량, *설비기술*, 1992. 9, p 49

6.3 환기량 계산 및, 실내오염물질발생강도, 개구부밀폐시 실내오염농도 예측 결과

6.3.1 환기량 계산결과

중간기와 냉방기에 개구부를 완전개방시 자연환기량은 $9651 \text{ m}^3/\text{hr}$ 이고 개구부를 닫은 상태에서 침기에 의한 환기량은 $8.3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 이었다. 기계환기량은 배기용으로 $50\text{m}^3/\text{min}$ 팬이 2개설치되어 있는 기준의 상태를 그대로 적용하였다. 전체환기량은 개구부 개방시 $16062.3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 로 시간당 환기회수는 17.9회이고, 단위면적당 환기량은 약 $64.5 \text{ m}^3/\text{hr}$ 이었다.

건물의 개구부 개방시와 밀폐시 환기량을 계산한 결과는 다음과 같다(<표 6-4> 참조).

<표 6-4> 대상건물의 개구부 개방시와 밀폐시 환기량

개구부상태	개구부 완전개방			개구부 밀폐		
	창호유형	면적 [m^2]	유량계수	틈새길이 [m]	틈새면적 [m^2]	유량 계수
동쪽벽면	단순창	5.92	0.7	32.27	0.0081	0.7
	Door	3.56	0.7	12.04	0.0030	0.7
남쪽벽면	단순창	1.44	0.7	4.3	0.0013	0.7
	Door	2.96	0.7	16.86	0.0041	0.7
북쪽벽면	단순창	1.18	0.7	6.02	0.0015	0.7
	Door	5.94	0.7	20.4	0.0051	0.7
aA	1.0			0.00086		
자연환기량 [m^3/hr]	9651.4			8.3		
기계환기량 [m^3/hr]	6000.0			6000.0		
환기량 [m^3/hr]	15651.4			6008.3		

6.3.2 건물의 실내오염물질 발생강도와 난방기 실내오염농도 예측결과

건물의 실내오염물질 발생강도를 예측한 결과는 다음과 같다(<표 6-5> 참조). 환기량 산정식은 6.2절에 제시한 방법을 이용하였고, 예측에 이용된 실내·외 농도는 실측자료(<표 6-1> 참조)를 이용하였다.

<표 6-5> 건물의 실내오염물질 발생강도

실내오염물질	실내오염물질 발생강도
이산화탄소	5013367.2 [mg/hr]
분진	321.2 [mg/hr]
휘발성유기용제	톨루엔 크실렌
	64863.4 [mg/hr] 21073.7 [mg/hr]
포름알데히드	3003.0 [mg/hr]

개구부가 밀폐되는 난방기의 실내오염농도를 예측한 결과는 다음과 같다(<표 6-6> 참조). 오염농도 산정식은 6.2절의 식(1)을 이용하였고, 예측에 이용된 실내·외 농도는 실측자료(<표 6-1> 참조)를 이용하였다.

예측결과 이산화탄소, 분진, 휘발성유기용제의 농도는 본 연구에서 제안한 허용기준을 초과하지 않았으나, 포름알데히드의 농도는 허용수준을 초과하고 있음으로 이에 대한 대책이 필요하다.

<표 6-6> 건물의 개구부 밀폐시 실내오염농도 예측결과

실내오염물질	실내오염농도
이산화탄소	846.8 ppm
분진	81.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
휘발성유기용제	톨루엔 크실렌
	2787.0 ppb 871.0 ppb
포름알데히드	449.3 ppb

6.4 개구부 밀폐시 실내공기오염농도 측정

6.4.1 측정개요

개구부를 닫은 상태의 경우 실내공기환경은 팬에 의한 기계환기량과 틈새바람에 의한 자연환기량에 의해서 실내환경이 제어된다. 시뮬레이션의 타당성을 검증하기 위하여 개구부를 닫은 상태에서 실내공기환경을 측정하여 예상농도와 실제 농도가 일치하는지를 비교하여 보았다. 포름알데히드는 기기상의 문제로 측정하지 못하였고 측정기기와 항목은 5장과 동일하고, 본 측정은 10.31-11.1동안에 수행하였다.

6.4.2 측정결과 및 분석

개구부를 닫은 상태의 측정조건에서 실내오염농도는 시뮬레이션으로 예측한 오염농도보다 이산화탄소가 31ppm, 분진이 $6.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 높게 검출되었고, 휘발성유기용제는 툴루엔이 85ppb 낮게, 크실렌은 11.4ppb 높게 검출되었다. 예측한 실내 오염농도와 비교하면 최소 크실렌이 약 1%, 크실렌 8.2%, 이산화탄소 3.7%, 그리고 최대 분진이 8.3%의 오차를 보여주어 본 시뮬레이션이 타당함을 나타내었다.

개구부를 닫은 상태에서 건물의 실내공기환경 측정결과는 다음과 같다(<표 6-7> 참조).

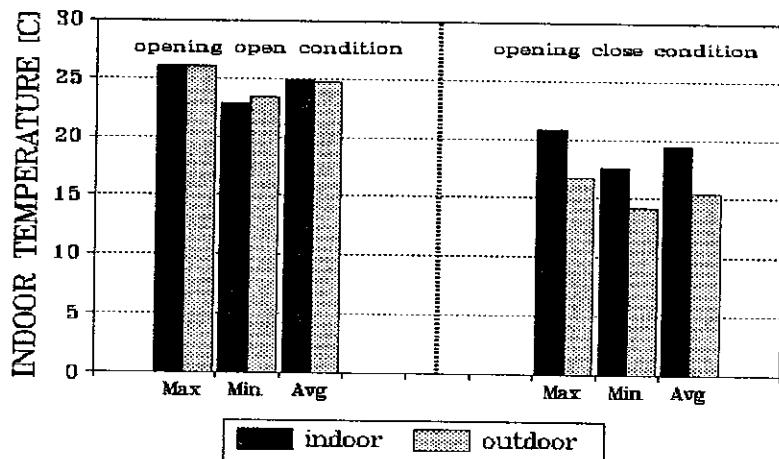
<표 6-7> 아파트형공장의 실내공기환경 측정결과종합 (개구부 닫은상태)

측정 횟수	온도 [°C]		습도 [%]		CO2 [ppm]		TSP [μg/m ³] ³¹		VOCs (ppb)						
									Benzene		Toluene		Xylene		
	실내	실외	실내	실외	실내	실외	실내	실외	실내	실외	실내	실외	실내	실외	
1	최대	20.3	16.7	35.7	26.3	1000	350	120	30	N.E.	N.D.	N.E.	N.D.	N.E.	99.1
	최소	17.8		31.5		820		70		N.E.		N.E.		N.E.	
	평균	19.2		33.2		881. 1		92.9		N.E.		N.E.		N.E.	
2	최대	20.9	15.5	33.3	26.5	1020	350	110	20	N.D.		2092		1229. 6	
	최소	17.9		26.8		750		70		N.D.				783. 2	
	평균	19.8		29.8		859		83.4		N.D.		2092		882. 4	
3	최대	20.8	14.1	34.6	50.8	1050	375	110	10	N.D.		3573		888. 9	
	최소	17.2		31.3		800		80		N.D.		2693		628. 0	
	평균	19.4		32.8		894. 5		88.3		N.D.		3133		758. 5	
평균		19.4	15.4	31.7	34.5	878. 2	358. .9	88.2	20	N.D.	N.D.	2786	N.D.	882. 4	99.1

1) 기온과 습도분포

외기온은 개구부 개방시 실내외가 비슷한 분포를 보이지만, 실내발열로 인하여 실내기온이 약간 높게 나타났고, 개구부를 닫았을 경우는 실외 기온분포와 비슷한 분포를 보이지 않았고 3-5°C 높게 나타났다.

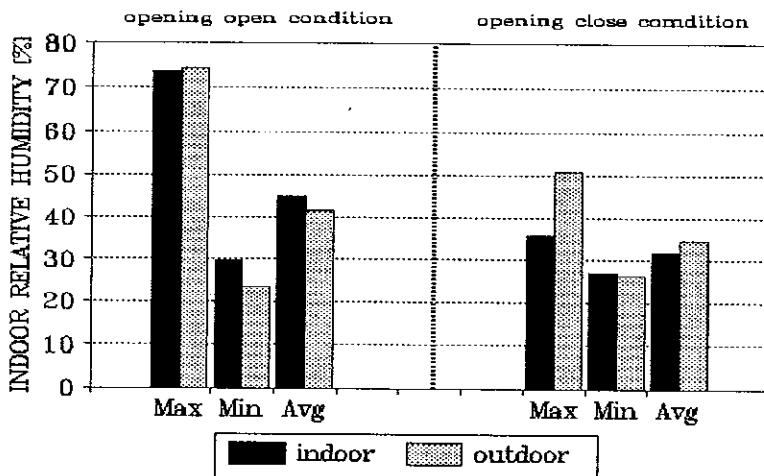
개구부를 열고 측정한 결과와 닫고 측정한 기온의 분포는 다음과 같다((그림 6.4) 참조).



(그림 6.4) 개구부 상태에 따른 실내외 온도의 분포

개구부를 개방한 상태에서 측정한 결과 실내습도는 실내외가 비슷한 분포를 보이고 있지만 섬유작업장의 스텀다림질 과정중에 발생하는 습기때문에 평균분포는 실내가 실외보다 높게 나타났다. 개구부를 닫은 상태에서는 실내가 실외보다 낮게 나타났으나, 측정당시 비가왔기 때문에 습도가 증가했기 때문이라고 생각된다.

개구부를 열고 측정한 결과와 닫고 측정한 습도의 분포는 다음과 같다((그림 6.5) 참조).



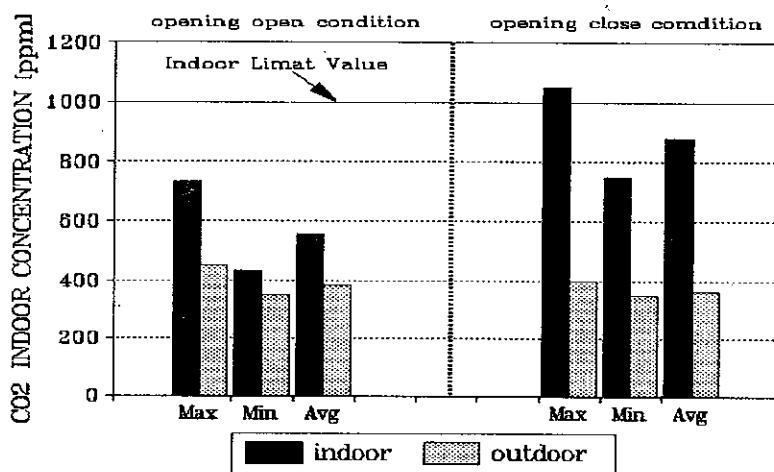
(그림 6.5) 개구부 상태에 따른 실내외 습도의 분포

2) 이산화탄소 농도분포

개구부를 열고 측정한 결과와 닫고 측정한 이산화탄소의 실내외 온도분포는 다음과 같다((그림 6.6) 참조).

개구부를 닫았을 경우 개구부를 열었을 경우 측정치와 비교하면 실내외 온도가 최대 1.4배, 최소 1.7배, 평균 1.6배 증가하였다. 측정결과 실내평균온도는 약 878.2 ppm으로 실내허용기준 1000ppm을 초과하지 않았다. 그리고 벽에 설치된 팬에 가까운 측정점에서는 750ppm정도이고 멀리위치한 측정점에서는 1000-1050ppm의 농도를 보여주고 있어 벽면에 설치된 팬은 실 전체의 오염농도를 조절하지 못하기 때문에, 적절한 환기계획이 필요하다고 생각된다.

본 측정은 단지 개구부를 닫고 측정하였으나, 난방기에 난방기기를 사용하면 실내 이산화탄소의 농도가 증가할 것이 예상되므로 이에 대한 대책이 필요하다고 생각된다.

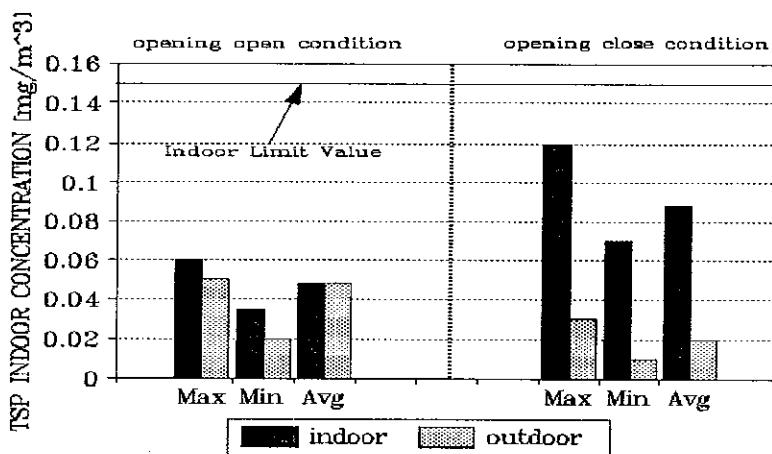


(그림 6.6) 개구부 상태에 따른 실내외 이산화탄소의 분포

3) 분진의 농도분포

개구부를 열고 측정한 결과와 닫고 측정한 분진의 분포는 다음과 같다((그림 6.7) 참조).

개구부를 닫고 분진의 농도를 측정한 결과 실내허용기준인 0.15 mg/m^3 은 초과하지 않았다. 개구부를 닫았을 경우 개구부를 열고 측정한 결과와 비교하면 실내농도는 최대 2배, 최소 2배, 평균 1.8배 증가하였다. 실내농도분포는 $0.7\text{-}0.12 \text{ mg/m}^3$ 이고 이산화탄소와 같이 팬에서 멀리 떨어질수록 오염농도가 증가했다.



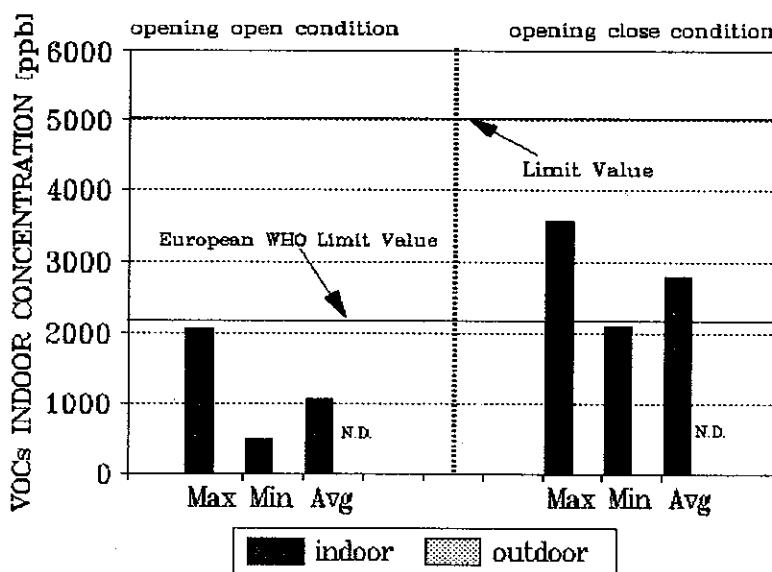
(그림 6.7) 개구부 상태에 따른 실내외 분진의 분포

4) 휘발성유기용제의 농도분포

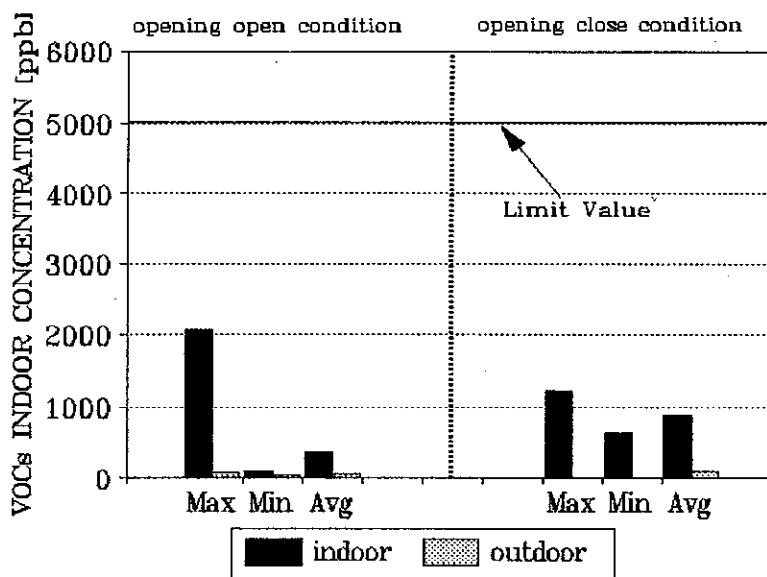
개구부를 열고 측정한 결과와 닫고 측정한 휘발성유기용제의 실내외 염농도 분포는 다음과 같다((그림 6.8) (그림 6.9) 참조).

개구부를 닫은 상태에서 측정한 툴루엔과 크실렌의 실내외 염농도는 작업장 허용기준인 TWA 100ppm을 초과하지 않았고, 본 연구에서 제안한 실내허용농도 5ppm도 초과하지 않았다. 그러나 European WHO 2.1ppm은 초과하였다.

개구부를 닫은 상태와 열고 측정한 결과를 비교해보면 툴루엔이 최대 1.7배, 최소 4.1배, 평균 2.6배 증가하였고, 크실렌의 경우는 최대값은 오히려 개구부를 밀폐한 상태보다 개구부를 개방한 경우의 측정값이 2070ppb로 훨씬 높은 농도를 나타냈는데 이는 오염물질 제거 작업과정에서 사용된 휘발성유기용제의 폭로때문이며, 최소값은 7.2배, 평균값 2.4배 증가하였다.



(그림 6.8) 개구부 상태에 따른 실내외 툴루엔의 분포



(그림 6.9) 개구부 상태에 따른 실내외 크실렌의 분포

6.5 필요환기량 예측 결과

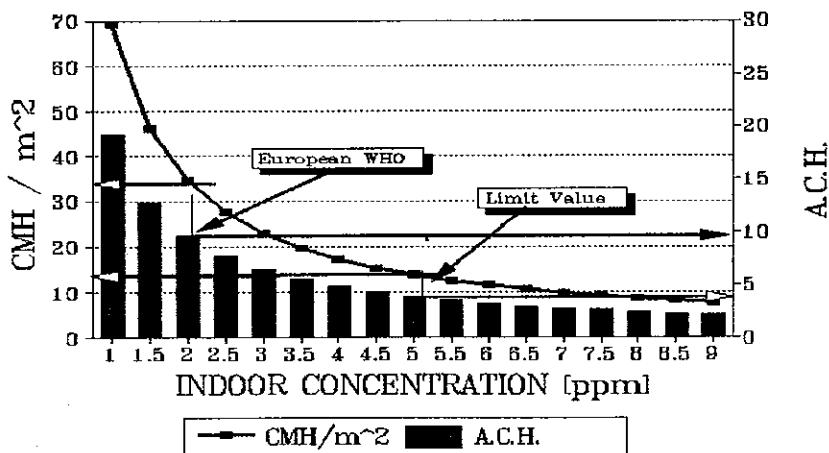
6.5.1 휘발성유기용제의 실내오염농도에 따른 필요환기량

휘발성유기용제 중에서 툴루엔과 크실렌에 대한 단위면적당 적당 필요환기량과 환기횟수를 시뮬레이션한 결과는 다음과 같다(<표 6-8>, (그림 6.10,11) 참조).

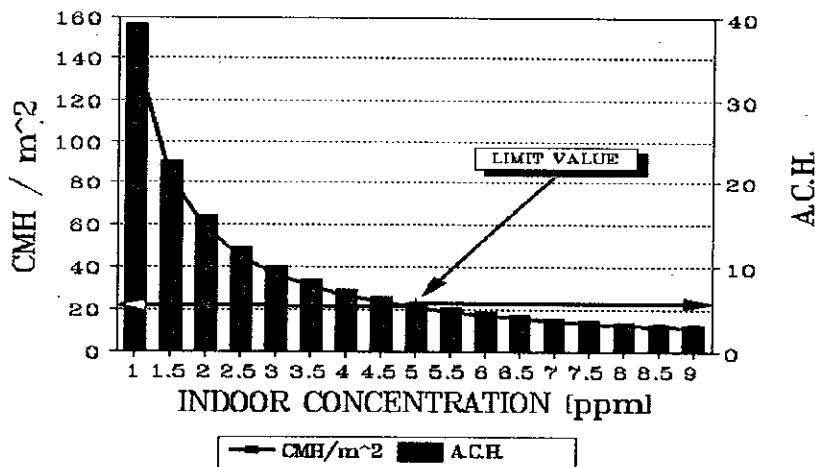
툴루엔과 크실렌에 대하여 설정된 허용기준인 5ppm 이하로 실내공기환경을 유지하려면 각각 $13.9, 20.8 \text{ m}^3/\text{hr}$ 의 단위면적당 환기량과 3.8, 5.8 회 시간당 환기횟수가 필요하다.

<표 6-8> 휘발성유기용제의 실내허용오염농도에 따른 환기량과 환기횟수

툴루엔				크실렌			
허용실내 오염농도 [ppm]	필요 환기량 [m^3/hr]	단위면적당 필요환기량 [$\text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$]	환기횟 수	허용실내 오염농도 [ppm]	필요 환기량 [m^3/hr]	단위면적당 필요환기량 [$\text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$]	환기횟 수
1	17250	69.3	19.2	1	35115	141	39.2
3	5750	23.1	6.4	3	9036	36.3	10.1
5	3450	13.9	3.8	5	5185	20.8	5.8
7	2464	9.9	2.7	7	3636	14.6	4.1
9	1917	7.7	2.1	9	2777	10.6	3.0



(그림 6.10) 툴루엔의 농도에 따른 환기횟수와 단위면적당 환기량



(그림 6.11) 크실렌의 농도에 따른 환기횟수와 단위면적당 환기량

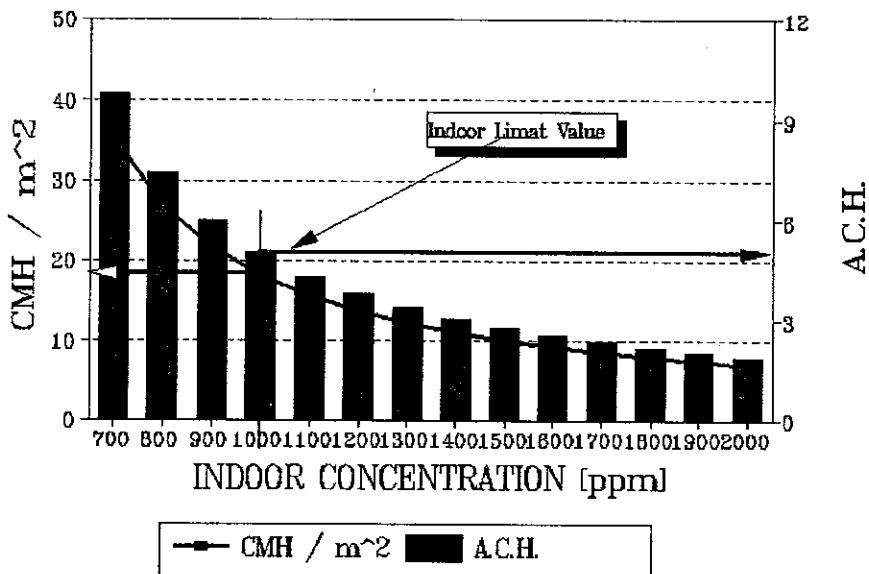
6.5.2 이산화탄소의 실내오염농도에 따른 필요환기량

이산화탄소의 실내오염발생강도를 이용하여 필요환기량을 시뮬레이션한 결과는 다음과 같다(<표 6-9>, (그림 6.12) 참조).

본 연구에서 제안한 아파트형공장의 실내허용기준인 1000ppm 이하로 실내공기를 유지하기 위해서 $18.1 \text{ m}^3/\text{hr}$ 의 단위면적당 환기량과 5.0 회/hr 환기횟수가 필요하다.

<표 6-9> 이산화탄소의 실내허용농도에 따른 환기량과 환기횟수

허용실내오염농도 [ppm]	필요환기량 [m ³ /hr]	단위면적당 필요환기량 [m ³ /hr/m ²]	환기횟수 [회/hr]
700	8795	35.3	9.8
1000	4516	18.1	5.0
1300	3038	12.2	3.4
1500	2494	10.0	2.8



(그림 6.12) 이산화탄소의 농도에 따른 환기횟수와 단위면적당 환기량

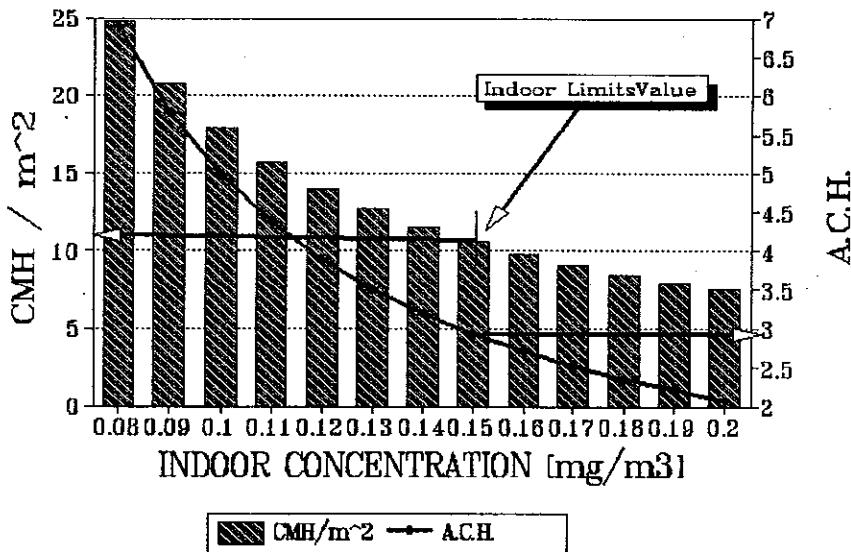
6.5.3 분진의 실내오염농도에 따른 필요환기량

분진의 실내오염발생강도를 이용하여 필요환기량과 환기횟수를 시뮬레이션한 결과는 다음과 같다(<표 6-10>, (그림 6.13) 참조).

본 연구에서 제안한 아파트형공장의 실내기준인 0.15 mg/m^3 이하로 실내공기환경을 유지하려면 $10.6 \text{ m}^3/\text{hr}$ 의 단위면적당 환기량과 2.9 회/hr 환기횟수가 필요하다.

<표 6-10> 분진의 실내허용오염농도에 따른 환기량과 환기횟수

허용실내오염농도 [mg/m ³]	필요환기량 [m ³ /hr]	단위면적당 필요환기량 [m ³ /hr/m ²]	환기횟수 [회/hr]
0.08	6177	24.8	6.9
0.10	4461	17.9	5.0
0.13	3149	12.6	3.5
0.15	2633	10.6	2.9



(그림 6.13) 분진의 농도에 따른 환기횟수와 단위면적당 환기량

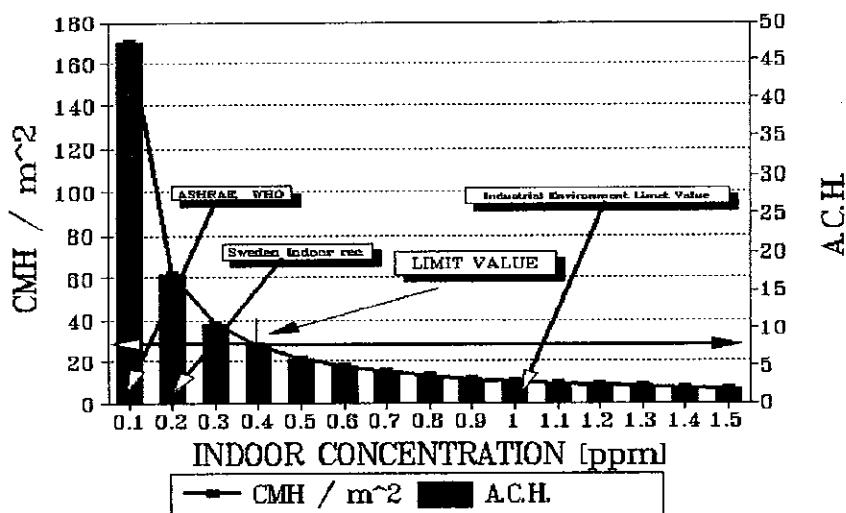
6.5.4 포름알데히드의 실내오염농도에 따른 필요환기량

포름알데히드를 이용하여 환기량과 단위바닥면적당 환기량과 환기횟수를 예측해본 결과는 다음과 같다(<표 6-11>, (그림 6.14) 참조).

작업장허용기준인 1.0ppm이하로 실내공기환경을 유지하려면 약 11.4 m³/hr/m²단위면적당환기량이나 3.2회 시간당환기횟수가 필요하다. 실내노출에 대한 미국 주기준(state standard)으로 본 연구에서 제안한 실내환경기준 0.4ppm이하를 유지하려면, 약 27.4 m³/hr/m² 단위면적당환기량이나 7.6회/hr 시간당환기횟수가 필요하다.

<표 6-11> 포름알데히드의 농도에 따른 환기량과 환기횟수

허용실내오염농도 [ppb]	필요환기량 [m ³ /hr]	단위면적당 필요환기량 [m ³ /hr/m ²]	환기횟수 [회/hr]
100	42461	170.4	47.4
200	15502	62.2	17.3
400	6829	27.4	7.6
600	4374	17.6	4.9
1000	2549	11.4	3.2



(그림 6.14) 포름알데히드의 농도에 따른 환기횟수와 단위면적당 환기량

6.6 소결

본 연구는 아파트형공장을 대상으로 수행한 실내공기환경 연구방법론의 하나로서, 섬유업종을 대상으로 간단한 환기량 계산방법과 현장측정자료를 이용하여 실내오염원의 발생강도와 난방기 실내오염농도를 예측하고, 본 연구에서 제안한 실내허용농도를 유지하기 위해 필요한 환기량을 산정하기 위해 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션의 결과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, 대상건물에서 기계환기량을 고려한 전체 환기량은 개구부 개방시 $15062.3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 로 시간당 환기횟수는 16.8회이고, 단위면적당 환기량은 약 $60.5 \text{ m}^3/\text{hr}$ 이었다. 오염물질 발생강도는 이산화탄소 $5013367.2\text{mg}/\text{hr}$, 분진 $321.2\text{mg}/\text{hr}$, 톨루エン $64863.4\text{mg}/\text{hr}$, 크실렌 $21073.7\text{mg}/\text{hr}$, 포름알데히드 $3003 \text{ mg}/\text{hr}$ 였다. 개구부 밀폐시 실내오염농도를 예측한 결과 이산화탄소 846.8ppm , 분진 $81.5\mu\text{g}/\text{m}^3$, 톨루엔 2787ppb , 크실렌 871ppb , 포름알데히드 449.3ppb 의 농도로 나타냈다.

실내오염농도를 예측해 본 결과 분진, 이산화탄소, 휘발성유기용제의 측정결과와 시뮬레이션 결과가 본 연구에서 설정한 허용기준을 초과하지 않았으나 포름알데히드는 개구부 밀폐시에 예상오염농도가 허용기준을 초과하기 때문에 개구부 밀폐시 실내공기오염농도를 허용치 이하로 유지하기 위해서 환기량을 증가시키는 것이 필요하다.

둘째, 개구부를 닫은 상태에서 실내공기환경을 측정해본 결과는 다음과 같다. 기기상의 문제가 있는 포름알데히드를 제외한 기온, 습도, 분진, 이산화탄소, 휘발성유기용제를 측정하였다.

개구부를 밀폐한 상태의 측정조건에서 실내 오염농도 측정결과와 예측한 실내오염농도와 비교하면 최소 크실렌이 약 1%(+11ppb), 톨루エン 8.2%(+85ppb), 이산화탄소 3.7%(+31ppm), 그리고 최대 분진이 8.3%(+0.07mg/m³)의 오차를 보여

주어 본 시뮬레이션이 타당함을 나타내었다.

셋째, 필요환기량을 시뮬레이션한 결과는 다음과 같다(<표 6-12> 참조).

<표 6-12> 필요환기량 시뮬레이션 결과 종합

오염원	CO ₂ ppm	분진 mg/m ³	HCHO ppb	취발성유기용제	
				톨루エン ppm	크실렌 ppm
환경기준	1000	0.15	400	5	5
단위면적당 필요환기량 [m ³ /hr]	18.1	10.6	27.4	13.9	20.8
A.C.H.	5.0	2.9	7.6	3.8	5.8

아파트형공장중 섬유작업자의 필요환기량은 포름알데히드를 실내허용기준이 하로 유지할 수 있는 수준인 단위면적당환기량 27.4m³/h와 7.6회 시간당환기횟수를 환기계획의 지표로 사용해야한다. 이때 다른 오염물질들의 실내오염농도는 예측해 보면 이산화탄소 766ppm, 분진 약 67.0μg/m³, 톨루엔 약 2526ppb, 크실렌이 811.8ppb를 유지한다.

제 7 장 환경에 대한 거주자의 주관적 반응조사

7.1 조사개요

실제환경과 거주자가 느끼는 환경에 대한 주관적 반응은 일치하지 않으므로 실내환경에 대한 거주자의 주관적 반응을 조사하여, 거주자에게 폐적환경을 조성하기 위해 고려해야할 중요한 요소를 찾아 실내환경을 조절하면 효과적으로 거주자에게 만족감을 줄 수 있다.

본 연구에서는 실내공기환경을 폐적하게 유지하는데 필요한 환기량을 산정하기 위해 시뮬레이션을 실시한 섬유작업장을 대상으로 설문조사를 통하여 실내공기환경의 청정도에 영향을 미치는 요소를 조사하였다.

공기환경요소인 휘발성유기용제, 이산화탄소, 분진과 온열환경요소인 온도와 습도를 측정하는 동시에, 작업장에 일하는 근로자 30명을 대상으로 작업시간별로 오전 8:30- 9:00 시(작업전), 오전 12:00 시(점심시간직전), 오후 4:00 시, 3회에 걸쳐서 설문을 조사하였다. 설문조사는 1995. 9.25. - 9.27. 사이에 실시하였다.

설문지는 모두 68부가 회수되었고, 자료분석은 SPSS/PC+를 이용하여 전산 처리 하였으며, 연구 내용별 구체적인 통계처리 내용은 다음과 같다.

- 1) 설문지에서 응답자의 일반적인 사항과 변인들을 기술적 통계분석을 하였다.
- 2) 비모수 통계기법인 χ^2 (chi-square)검증을 이용하여, 변수간에 서로 상관성이 있는지 여부를 조사하였다.

설문조사의 기본내용과 척도는 다음과 같다.(<표 7-1>,<표 7-2> 참조)

<표 7-1> 설문조사의 내용

-
- 응답자의 일반적사항
 - 온도, 습도감
 - 실내의 환기상태
 - 냄새, 먼지, 기류감
 - 조명, 소음
 - 실내공기청정도에 관한 만족도
 - 실내환경에 대한 만족도
-

<표 7-2> 주관적 반응 조사를 위한 척도

번 수	척도	번 수	척도	번 수	척도	번 수	척도	번 수	척도
온 열 감	매우춥다.(1) 춥다.(2) 조금춥다.(3) 적당하다.(4) 조금덥다.(5) 덥다.(6) 매우덥다.(7)	습 도 감	매우건조하다.(1) 건조하다.(2) 조금건조하다.(3) 적당하다.(4) 조금습하다.(5) 습하다.(6) 매우습하다.(7)	환 기 정 도	매우충분하다.(1) 충분하다.(2) 그저그렇다.(3) 부족하다.(4) 매우부족하다.(5)	취 기 감	전혀없다.(5) 별로없다.(4) 약간심하다.(3) 심하다.(2) 매우심하다.(1)	분 진 감	전혀없다.(5) 별로없다.(4) 약간많다.(3) 많다.(2) 매우많다.(1)
번 수	척도	번 수	척도	번 수	척도	번 수	척도	번 수	척도
기 류 감	천혜느끼지못 한다.(5) 별로느끼지못 한다.(4) 약간느낀다.(3) 많이느낀다.(2) 매우심하게느 낀다.(1)	정 점 도 만 족 감	매우만족한다.(1) 만족한다.(2) 약간만족한다.(3) 그저그렇다.(4) 약간불만족하다.(5) 불만족하다.(6) 매우불만족하다.(7)	환 경 만 족 감	매우만족한다.(1) 만족한다.(2) 약간만족한다.(3) 그저그렇다.(4) 약간불만족하다.(5) 불만족하다.(6) 매우불만족하다.(7)	조 명 수 준	매우밝다.(7) 밝다.(5) 약간밝다..(3) 적당하다.(1) 약간어둡다.(2) 어둡다.(4) 매우어둡다.(6)	소 음 정 도	매우조용하다.(5) 조용하다.(4) 그저그렇다.(3) 시끄럽다.(2) 매우시끄럽다.(1)

7.2 환경에 대한 거주자의 주관적 응답 조사결과

7.2.1 온열감과 습도감

섬유작업장에 근무하는 사람들의 대부분(75%)은 실내기온이 적당하다고 대답했다. 그리고, 약 반수 이상의 근로자들은 작업장이 건조하다고 생각했다. 실내 온도와 습도를 측정해본 결과 실내평균 습도가 36%이고, 평균온도는 23°C였다. 설문에 응답한 사람들이 느끼는 온열감과 습도감은 다음과 같다.

<표 7-3> 응답자의 온열감

번호	빈도수	유효백분율 (%)
1 매우춥다.	1	1.5
2 춥다.	1	1.5
3 조금춥다.	6	8.8
4 적당하다.	51	75.0
5 조금덥다.	4	5.9
6 덥다.	5	7.4
7 매우덥다.	-	-

<표 7-4> 응답자의 습도감

번호	빈도수	유효백분율 (%)
1 매우건조하다.	-	-
2 건조하다.	15	22.4
3 조금건조하다.	22	32.8
4 적당하다.	26	38.8
5 조금습하다.	3	4.5
6 습하다.	-	-
7 매우습하다.	1	1.5

7.2.2 환기감과 취기감

응답자가 느끼는 환기감과 취기감은 다음과 같다.

<표 7-5> 응답자의 환기감

환기감	빈도수	유효백분율 (%)
1 매우충분하다.	0	0
2 충분하다.	4	5.9
3 그저그렇다.	34	50.0
4 부족하다.	21	30.9
5 매우부족하다.	9	13.2

<표 7-6> 응답자의 취기감

취기감	빈도수	유효백분율 (%)
5 전혀없다.	1	1.5
4 별로없다.	42	61.8
3 약간심하다.	15	22.1
2 심하다.	4	5.9
1 매우심하다.	6	8.8

설문에 응한 섬유작업장 근로자들은 환기정도에 대해서 약 50%가 그지그렇다라고 생각하고 있었고, 약 44%가 부족하다(부족하다+매우부족하다)고 생각하고 있었다. 설문조사 당시 펜에의한 기계환기량은 $6000\text{m}^3/\text{h}$ 였고, 개구부를 개방한 상태에서 자연 환기가 원활히 이루어지고 있었으나 전반적으로 환기 정도가 불충분하다고 생각하고 있음을 알 수 있다.

취기감에 대하여 약 62%의 작업자들은 작업장내의 냄새가 별로없다고 대답한 반면, 약 37%사람들이 심하다(약간심하다+심하다+매우심하다)고 대답해, 근로자들이 취기감에 대해서는 별로 문제를 느끼지 않으나, 일부 작업자들은 취기감을 약간 심하다거나 심하게 느끼고 있음을 알수 있다. 이는 작업장내에 전반적인 환기가 원활하게 이루어지지 않고 있거나, 일부 작업 공정중에 솔벤트 등 의 유기용제 같은 물질을 사용하는 곳에서 부분적으로 취기감을 많이 느끼기 때문이었다.

7.2.3 분진감

약 64%의 섬유업종 전반적으로 작업장내에 분진이 많다고 생각하고 있었다. 그러나 작업장내에서 분진의 실내평균농도를 측정한 결과 $84\mu\text{g}/\text{m}^3$ 였고, 실내허용기준인 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하지 않았으나 응답자들은 실내에 분진이 많다고 생각하고 있었다.

<표7-7> 응답자의 분진감

분진감	빈도수	유효백분율 (%)
5 전혀없다.	-	-
4 별로없다.	24	35.8
3 약간많다.	26	38.8
2 많다.	15	22.4
1 매우많다.	2	3.0

7.2.4 기류감

기류감에 대해서 작업자들은 약 37% 정도가 약간느끼고 있었고, 약 34%가 별로 느끼지 못하고 있는 반면, 약 21% 정도가 많이 느끼고 있었다. 이는 작업장 내에 기류분포가 균일하지 못하기 때문에 작업장내의 위치에 따라서 기류감을 다양하게 느끼고 있음을 알 수 있다.

<표 7-8> 응답자의 기류감

분진감	빈도수	유효백분율 (%)
5 전혀느끼지못한다.	-	-
4 별로느끼지못한다.	24	33.8
3 약간느낀다.	26	36.6
2 많이느낀다.	15	21.1
1 매우심하게느낀다.	2	2.8

7.2.5 환경에 대한 만족도와 실내공기환경의 청정도에 대한 만족도

작업장내의 근로자는 전반적으로 환경에 대해 불만족한 비율(30.3%)과 만족하는 비율(31.8%)로 나타나서 환경에 대해서는 비교적 중립적인 반응을 나타냈다. 이에 비해 근로자들은 실내공기의 청정도에는 전체적으로 약간 불만족하게 생각하고 있었다. 분포는 다음과 같다.

<표 7-9> 환경에 대한 만족도

<표 7-10> 청정도에 관한 만족도

변수	빈도수	유효백분율 (%)	변수	빈도수	유효백분율 (%)
1 매우만족한다.	0	0	1 매우만족한다.	0	0
2 만족한다.	9	13.6	2 만족한다.	6	9.1
3 약간만족한다.	12	18.2	3 약간만족한다.	8	12.1
4 그저그렇다.	25	37.6	4 그저그렇다.	23	34.8
5 약간불만족하다.	12	18.2	5 약간불만족하다.	15	22.7
6 불만족하다.	3	4.5	6 불만족하다.	7	10.6
7 매우불만족하다.	5	7.6	7 매우불만족하다.	7	10.6

7.2.6 조명과 소음

작업장에 근무하는 사람들(약 49%)은 대부분 조명이 적당하다고 생각했으며, 약 23%의 응답자는 조명이 밝다고 대답했다.

소음에 대한 근로자의 반응을 살펴보면 약 43%의 사람들은 그저그렇다라고 대답했고, 약 36%의 사람들은 시끄럽다고 대답했고, 전반적으로 만족하지 못하고 있었다.

<표 7-11> 실내의 조명과 소음에 관한 작업자의 주관적 반응

번호	빈도수	유효백분율(%)	소음	빈도수	유효백분율(%)
1	매우밝다.	0	매우조용하다.	1	1.5
2	밝다.	16	조용하다.	10	14.9
3	약간밝다.	4	그저그렇다.	29	43.3
4	적당하다.	35	시끄럽다.	24	35.8
5	약간어둡다.	11	매우시끄럽다.	3	4.5
6	어둡다.	1			
7	매우어둡다.	0			

7.3 주관적 반응의 분석

7.3.1 개요

실내공기환경의 청정도에 대한 만족감에 대하여, 나머지 변수 각각의 상호독립성을, 비모수 통계기법인 χ^2 검증을 실행하여 파악했다. ‘두 변수사이의 관계는 상호 독립적이다’라는 영가설을 기각시킬 최소 유의수준은 0.05로 정하였다.

7.3.2 χ^2 (chi-square)검증결과

χ^2 테스트 결과 나이, 온열감, 습도감, 환기정도, 분진감, 기류감은 실내공기청정도와 통계적으로 유의하게 관련이 있었다. 반면에 성별, 취기감, 조명, 소음은 실내공기청정도에 대한 만족감과 관련이 없었다.

χ^2 (chi-square)검증결과는 다음과 같다(<표 7-12> 참조).

<표 7-12> χ^2 (chi-square)테스트 결과

(공기청정도에 대한 만족도 VS. 각각의 변수, 유의수준 5%)

조합 (공기청정도 VS.)	D.F.	significanc e	상관관련성
나이	8	0.0002	H_1 :상호관련성있음
성별	4	0.2938	H_0 :상호관련성없음
온열감	8	0.0390	H_1 :상호관련성있음
습도감	8	0.0001	H_1 :상호관련성있음
환기정도	8	0.0100	H_1 :상호관련성있음
취기감	8	0.1982	H_0 :상호관련성없음
분진감	8	0.0000	H_1 :상호관련성있음
공기흐름	8	0.0010	H_1 :상호관련성있음
조명	8	0.1184	H_0 :상호관련성없음
소음	8	0.21633	H_0 :상호관련성없음

실내공기청정도에 대한 만족도와 통계적으로 유의한 수준에서 상호관련성이 있는 변수간의 교차분석표는 다음과 같다(<표 7-13> - <표 7-18> 참조).

<표 7-13> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 연령

관찰치 기대치	24세 이하	25~34세	35세 이상	행전체
만족한다.	1 2.5	4 1.7	1 1.7	6 10.2%
약간만족한다.	3 3.4	4 2.3	1 2.3	8 13.6%
보통이다	3 8.9	8 6.1	10 6.1	21 35.6%
약간불만족하다.	11 5.1	1 3.5	0 3.5	12 20.3%
불만족하다.	7 5.1	0 3.5	5 3.5	12 20.3%
열전체	25 42.4%	17 28.8%	17 28.8%	59 100%

<표 7-14> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 온열감

관찰치 기대치	춥다	적당하다	덥다	행전체
만족한다.	0 0.5	6 4.6	0 0.8	6 9.1%
약간만족한다.	1 0.7	7 6.2	0 1.1	8 12.1%
보통이다	2 2.1	20 17.8	1 3.1	23 34.8%
약간불만족하다.	1 1.4	12 11.6	2 2.0	15 22.7%
불만족하다.	2 1.3	6 10.8	6 1.9	14 21.2%
열전체	6 9.1%	51 77.3%	9 13.6%	66 100%

<표 7-15> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 습도감

관찰치 기대치	건조하다	적당하다	습하다	행전체
만족한다.	0 3.2	6 2.4	0 0.4	6 9.2%
약간만족한다.	0 3.8	7 2.8	0 0.4	7 10.8%
보통이다	3 8.9	8 6.1	10 6.1	21 35.6%
약간불만족하다.	11 5.1	1 3.5	0 3.5	12 20.3%
불만족하다.	7 5.1	0 3.5	5 3.5	12 20.3%
열전체	25 42.4%	17 28.8%	17 28.8%	59 100%

<표 7-16> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 환기감

관찰치 기대치	충분하다	보통이다	부족하다	행전체
만족한다.	1 0.4	5 2.9	0 2.7	6 9.1%
약간만족한다.	1 0.5	6 3.9	1 3.6	8 12.1%
보통이다	1 1.4	12 11.2	10 10.5	23 34.8%
약간불만족하다.	0 0.9	8 7.3	7 6.8	15 22.7%
불만족하다.	1 0.8	1 6.8	12 6.4	14 21.2%
일전체	4 6.1%	32 48.5%	30 45.5%	66 100%

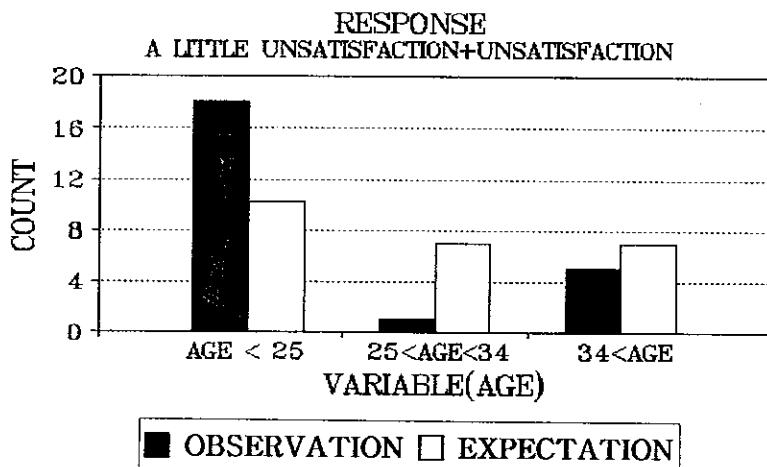
<표 7-17> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 분진감

관찰치 기대치	많다	보통이다	적다	행전체
만족한다.	2 3.5	0 1.7	4 0.8	6 9.1%
약간만족한다.	1 4.6	4 2.3	3 1.1	8 12.8%
보통이다	11 13.2	10 6.6	2 3.1	23 34.8%
약간불만족하다.	11 8.6	4 4.3	0 2.0	15 22.7%
불만족하다.	13 8.1	1 4.0	0 1.9	14 21.2%
일전체	38 57.6%	19 28.8%	9 13.6%	66 100%

<표 7-18> 실내공기 청정도에 대한 만족도 VS. 기류감

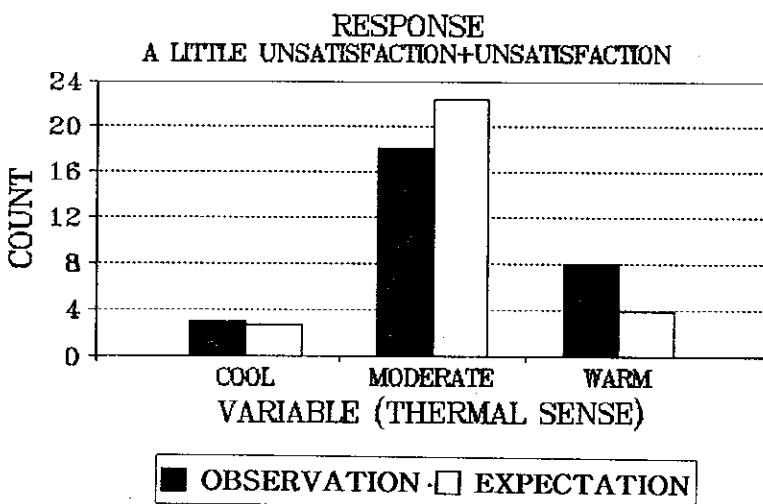
관찰치 기대치	심하다	보통이다	심하지 않다	행전체
만족한다.	0 1.5	1 2.4	5 2.1	6 9.1%
약간만족한다.	0 2.1	2 3.2	6 2.8	8 12.1%
보통이다	4 5.9	14 9.1	5 8.0	23 34.8%
약간불만족하다.	5 3.9	7 5.9	3 5.2	15 22.7%
불만족하다.	8 3.6	2 5.5	4 4.9	14 21.2%
일전체	17 25.8%	26 39.4%	23 34.8%	66 100%

- 24세 이하의 연령층에 있는 응답자들은 실내공기환경에 대한 만족도에 대해서 기대치보다 실제로 불만족하는 경향이 매우 크고, 25세에서 34세의 연령층은 기대치보다 실제로 불만족하는 경향이 매우 작은 반면, 35세 이상의 사람들은 기대치와 실제 응답이 비슷한 경향을 나타냈다(그림 7.1) 참조).



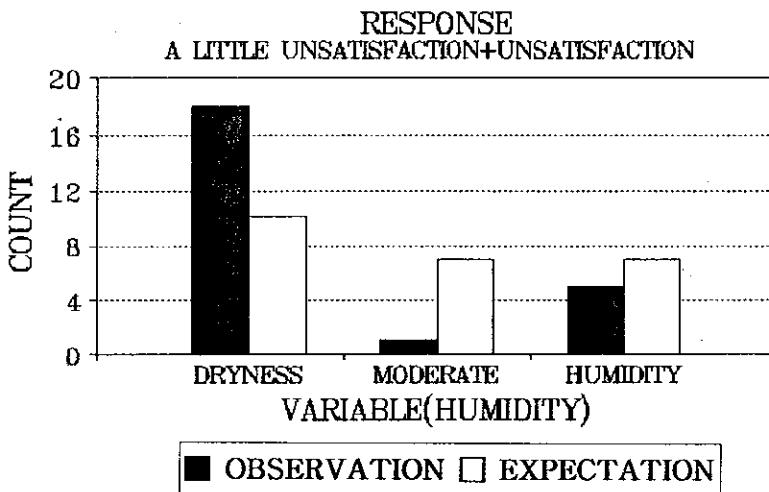
(그림 7.1) 실내 공기청정도 VS. 연령층 (χ^2 (chi-square) 테스트 결과)

2. 온열감을 덥다고 느끼는 경우 청정도에 대해 불만족하다고 응답하는 반응이 기대치보다 실제 응답에서 많이 나타나, 온열감을 덥게 느낄때 청정도에 불만족하는 경향이 크다는 것을 알 수 있다((그림 7.2) 참조).



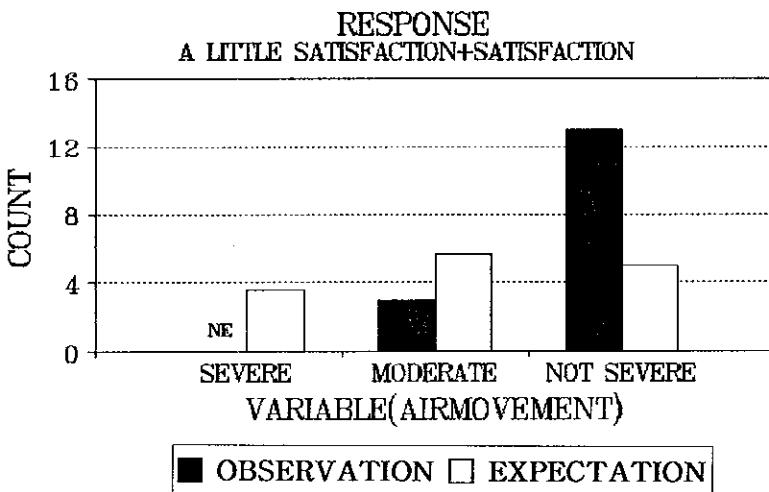
(그림 7.2) 실내 공기청정도 VS. 온열감 (χ^2 (chi-square) 테스트 결과)

3. 습도 역시 건조하다고 반응하는 경우 청정도에 대하여 불만족하는 반응이 기대치보다 실제 응답에서 많이 나타나 습도감이 건조하다고 반응할 때 청정도에 대해서 불만족하는 경향이 있음을 알 수 있다((그림 7.17) 참조).



(그림 7.3) 실내 공기청정도 VS. 습도감 (χ^2 (chi-square) 테스트 결과)

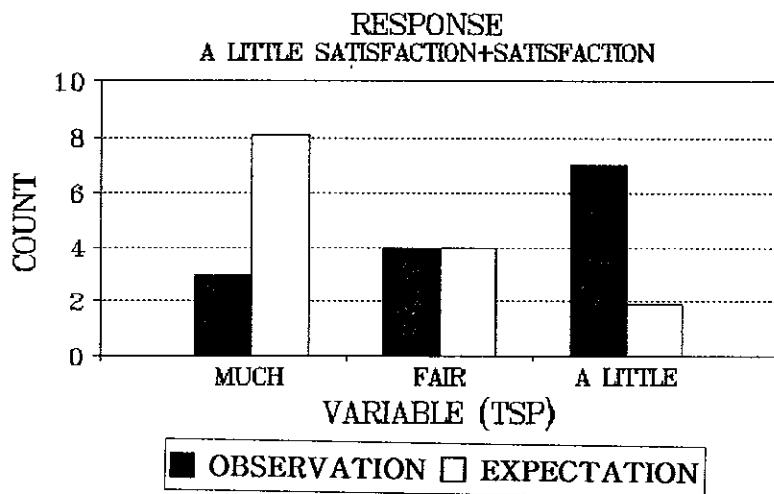
4. 기류감을 심하게 느끼지 않을 때 기대치보다 실제 응답하는 사람이 많게 반응하므로, 기류감을 심하지 않게 느낄 수록 실내공기의 청정도에 만족하는 경향임을 알 수 있다.



(그림 7.4) 실내공기 청정도 VS. 기류감 (χ^2 (chi-square) 테스트 결과)

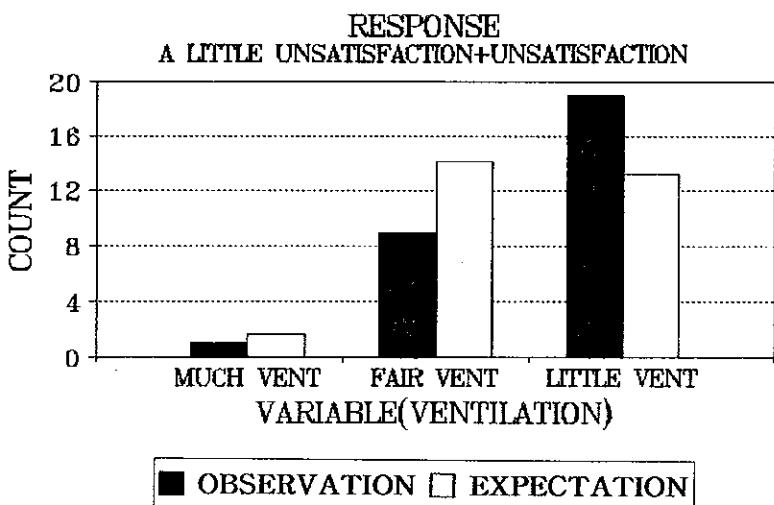
5. 분진이 많다고 느낄 때 기대치보다 실제응답시 만족하다는 반응이 매우 적고, 반면에 적다고 느끼는 경우 실제 응답시 매우 만족하는 경향을 보였다((그

립 7.5) 참조).



(그림 7.5) 실내공기청정도 V.S. 분진감 (χ^2 (chi-square) 테스트 결과)

6. 환기가 부족하다고 느낄 때도 마찬가지로 실내공기의 청정도에 불만족하는 비율이 기대치보다 실제로 응답에서 많게 나타나, 환기가 부족하다고 느낄 때에 사람들이 실내공기환경의 청정도에 불만족하는 경향이 있음을 알 수 있다 ((그림 7.6) 참조).



(그림 7.6) 실내공기 청정도 VS. 환기감 (χ^2 (chi-square) 테스트 결과)

7. 실내공기의 청정도에 대한 만족도와 성별, 취기감, 조명수준, 소음감파는 상호관련성이 없다.

7.4 소 결

섬유작업장 작업자를 대상으로 수행한 설문조사를 통하여 수행한 거주자의 주관적 반응에 대한 조사 결과는 다음과 같다.

첫째, 실제환경에 대한 주관적 반응조사 결과, 작업장 근로자들은 대부분 실내기온이 적당하다고 반응하였고, 응답자들의 온열감은 실제환경과 비슷하게, 습도감은 실제보다 약간 건조하게, 분진감은 실내농도가 허용기준을 초과하지 않았으나 많다고 반응했다. 섬유작업장 근로자들은 자연환기가 원활하게 이루어지는 조건에서도 전반적으로 환기가 불충분하다고 생각하고 있었고, 췌기감에 대해서는 별로 민감하지 않은 반응을 보였다. 작업장내 근로자들은 실내환경에 대해서는 중립적인 반응을 나타냈고, 실내공기의 청정도에 대한 만족감은 전체적으로 약간 불만족하게 반응했다.

둘째, 실내공기환경의 청정도에 대한 만족도와 각각의 변수와의 χ^2 테스트 결과, 온열감을 덥게느낄때 실내공기청정도를 불만족하게 느끼는 경향이 크게 나타났고, 습도감 역시 건조하게 느끼는 경우 불만족도가 커지는 경향이 나타났다. 기류감을 심하게 느낄 때 청정도에 불만족 하는 경향이 크게 나타났으며, 환기가 부족하다고 생각하는 사람들은 청정도에 불만족한 경향이 컸다. 그리고, 성별, 췌기감, 조명수준, 소음정도는 실내공기청정도에 대한 만족감과 상호관련성이 없었다.

위와 같은 결과를 종합하면 실내공기의 청정도에 대한 만족도에 영향을 미치는 요소는 온열감, 습도감, 분진감, 기류감 등으로, 섬유작업장 응답자들은 분진에 대해서 실내가 허용수준 이하의 농도에서도 분진감을 빼게 느끼므로, 온열감과 습도감과 기류감을 이용하여 실내 거주자가 실내공기의 청정도에 만족하도록 조정할 수 있다. 이때, 실내온도는 덥게 느끼지 않도록, 습도는 건조하지 않도록 하고 기류는 심하지 않도록 유지하면 거주자는 실내공기환경에 대한 청정도에 만족하는 반응이 커진다.

제 8 장 결 론

본 연구는 아파트형 공장을 대상으로 수행된 실내 공기 환경 개선을 위한 연구 방법론의 하나로서, 국내·외 환경기준을 종합 정리하여 아파트형 공장에 적용이 가능한 기준을 제안한 후, 서울 시내와 수도권에 위치한 아파트형 공장 중 업종별로 기온, 습도, 이산화탄소, 분진, 포름알데히드, 휘발성유기용제 등을 현장 측정하여 실내 오염 실태를 파악하고, 시뮬레이션을 통하여 아파트형 공장의 실내 공기 환경을 허용기준 이하로 유지하는데 필요한 환기량을 산정하였다. 또한 실내 공기 환경의 청정도에 대한 거주자의 만족도를 설문조사를 통해 파악하여, 실내환경을 체적하게 유지하기 위해 환기를 계획할 때 환경에 대한 거주자의 반응을 고려하여 종합적으로 계획할 수 있도록 기초자료를 제안하고자 하였다. 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 수행한 아파트형 공장 중 섬유업종의 실내 공기 환경을 체적하게 유지하는데 필요한 환기량을 시뮬레이션을 이용하여 예측한 결과, 최대값은 포름알데히드를 제어하기 위한 환기량으로 단위면적당 환기량 $27.4\text{m}^3/\text{hr}$ 가 필요하고, 나머지 각각의 오염물질을 제어하기 위한 환기량 예측 결과는 크실렌에 대해서 $20.8\text{m}^3/\text{hr}$, 이산화탄소에 대해서 $18.1\text{m}^3/\text{hr}$, 툴루엔에 대해서 $13.9\text{m}^3/\text{hr}$, 분진에 대해서 $10.6\text{m}^3/\text{hr}$ 이 필요하다.

따라서, 섬유업종에서는 포름알데히드를 실내 허용 기준 이하로 제어하기 위해 필요한 환기량인 단위면적당 $27.4\text{m}^3/\text{h}$ 을 유지하면, 다른 오염물질들도 모두 실내 허용 기준 이하의 농도를 유지한다.

또한, 다른 업종의 경우 업종의 특성에 따라 최대 환기량을 산정하는데 영향을 미치는 실내 오염 물질이 다르다. 따라서, 아파트형 공장과 같이 동일한 건물 안에 여러 업종이 입주해 있는 경우는 건물 전체에 대한 환기량을 일괄적으로 산정하면, 업종의 특성에 따라 다양하게 발생하는 오염물질을 효과적으로 제어하지 못할 수 있으므로, 각 업종의 특성에 따라 실내 공기 환경을 허용기준 이

하로 유지하는데 필요환기량을 산정하여 건물전체의 환기설비를 결정하는 것이 바람직하다.

현재 대부분의 아파트형 공장은 개구부를 밀폐하는 난방기에는 환기량이 부족하므로 기계환기설비를 이용하여 환기량을 크게 할 필요가 있다. 그러나, 환기량을 증가시키면 난방기에 난방부하가 증가하기 때문에 오염물질의 발생이 예상되는 부분에서 국소배기를 이용하여 오염물질을 배기하도록 계획하는 것이 바람직하다고 판단된다.

둘째, 설문조사를 이용하여 실내환경에 대한 거주자의 주관적 반응과 실내공기의 청정도에 대한 만족감과 상호 관련이 있는 요소를 통계적인 방법으로 검토한 결과, 아파트형 공장의 실내공기를 청정하게 유지하기 위해서 계획할 때 각 업종별로 거주자의 주관적 반응을 고려하면 효과적으로 거주자의 만족감을 크게 할 수 있다. 섬유작업장의 경우 중간기에는 습도를 조절하지 않게 유지하고 실내온도를 덥지 않게 그리고 실내에서 기류분포가 일정하게 유지하면 실내공기의 청정도에 만족하는 거주자의 반응을 크게 할 수 있다.

추후 연구할 과제를 제안하면 다음과 같다.

1. 본 연구는 중소기업진흥공단에서 설계한 소규모 아파트형 공장을 대상으로 수행하였지만, 향후 연구에서는 현재 아파트형 공장의 대표적인 평면 유형을 분류하여 다양한 건물에 대한 연구가 필요하고, 대상업종 역시 아파트형공장에 입주하고 있는 다양한 업체에 대해서 연구해야 한다.
2. 본 연구에서 주관적 반응에 대한 조사는 중간기에 수행된 것으로 냉·난방기에 거주자의 주관적 반응을 고려할 수 있는 연구가 향후 필요하며, 온도, 습도, 기류속도, 분진 등등의 실내요소들의 쾌적범위에 대한 연구가 필요하다.
3. 아파트형 공장의 업종에 따라서 실내공기환경을 쾌적하게 유지하기 위해 필요한, 구체적인 아파트형 공장의 환기설비계획에 대한 연구가 수행되어져야 한다.

참 고 문 헌

■ 단행본 및 보고서

1. 이인구 외, *건축환경계획론*, 서울;태림출판사, 1993
2. 이인구, 김광우 역, *ENVIRONMENTAL SCIENCE IN BUILDING*, 서울;태림문화사, 1994
3. 이경희, *건축환경계획*, 서울;문운당, 1993
4. 김희강, *대기오염개론*, 서울;동화기술, 1993
5. 서승직, *건축설비*, 서울;일진사, 1991
6. 김광우, 정평섭, *건축공기조화설비*, 서울;기문당, 1995
7. 공기조화냉동공학회, *공기조화 냉동 위생공학 편람*, 1991
8. 한국과학재단, *실내외 공기질의 유해평가관리 및 기준치 개발에 관한 연구*, 서울;한양대학교, 1991
9. 한국과학재단, *지하공간의 공기환경 및 환기성능 평가에 관한 연구*, 1993
10. 한국건설기술연구원, *지하상가의 환기시스템 연구*, 1988. 12.
11. 현대산업개발 기술연구소, *신축공동주택의 실내공기환경 개선에 관한 연구*, 서울:중앙대생산공학연구소, 1994
12. 오택섭, *사회과학 데이터분석법(SPSS PC+)*, 서울;나남, 1993
13. 강병서 외, *통계분석을 위한 SPSS/PC+*, 서울;무역경영사, 1993
14. 채서일 외, *spss/pc+를 이용한 통계분석*, 서울;학연사, 1992
15. 중소기업진흥공단, *월계아파트형공장보고서*, 1992
16. 중소기업진흥공단, *수원아파트형공장보고서*, 1992
17. 중소기업진흥공단, *천안아파트형공장보고서*, 1994
18. 주택공사연구소, *아파트형공장의 실용화 방안에 관한 연구*, 1987. 12.
19. 한국기업정책연구소, *서울특별시소재무등록공장실태와 대책에 관한 연구 - 아파트형공장을 중심으로*, 중소기업협동조합중앙회 서울지회, 1990. 12.
20. 대한상공회의소 입지지원센터, *아파트형공장제도해설*, 1992. 7
21. 김정홍, *아파트형공장의 국내외 설립동향과 배치방향*,
22. 노동부, *사업장 자율 작업환경개선 계획수립시행 요령*, 1992. 12
23. D. Jeff Burton et al. *IAQ & HVAC Workbook*, Utah : IVE Inc., 1993
24. ASHRAE, *ASHRAE Standard : Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, Atalanta;ASHRAE STANDARD 62-1989, 1989
25. ASHRAE, *ASHRAE HANDBOOK 1993 FUNDAMENTALS*, 1993.

26. B.Givoni, *Man, Climate & Architecture*, NEW YORK:Van Nostrand Reinhold Company, 1976.
27. Anthony L.Hines, *Indoor Air Quality and Control*, New Jersey;PTR Prentice Hall, 1993
28. F. Lunau, *Indoor Air Quality and Ventilation*, London:Publications Division, 1990
29. H.B.AWBI, *Ventilation of Buildings*, New York:E & FN SPON, 1991
30. Jaime Benitez, *Process Engineering and Design for Air Pollution Control*, New Jersey;PTR Prentice Hall, 1993
31. Milton Meckler,P.E, *Indoor Air Quality Design Guidebook*, Lilburn:THE FAIRMONT PRESS, 1990
32. Peter M. Eller, *Niosh Manual of Analytical Methods*, Ohio: Dep. of Health and Human Service, 1984
33. Richard A. Wadden & Peter A. Scheff, *Indoor Air Pollution*, Maryland:A Wiley-Interscience Publication, 1991
34. Thad Godish, *Indoor Air Pollution Control*, Michigan:LEWIS PUBLISHERS, 1989
35. Jonathan M. Samet and Jone D. Spengler, *Indoor air pollution:a health perspective*, Maryland:The Jones Hopkins University Press, 1993
36. Indoor Air '93,*Proceedings of the 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Vol. 1-6. Helsinki, Finland, July 4-8, 1993.
37. Donald Watson, FAIA, and Kenneth Labs, *Climatic Design*, NEW YORK:McGRAW-HILL BOOK COMP., 1983
38. Bill Holdsworth and Antony Sealey, *Healthy Buildings*, England:Longman, 1992

■ 학위논문

1. 박진철, *신축공동주택의 실내공기환경 개선에 관한 연구*, 중앙대대학원 박사학위논문, 1994
2. 윤재옥, *공동주택의 실내 청정도를 고려한 환기설계기준 설정방법에 관한 연구*, 연세대대학원 박사학위논문,
3. 이해영, *자연환기량의 예측과 실내공기환경*, 충남대대학원석사학위논문, 1992

4. 김남웅, 공동주택에 있어서 틈새바람에 의한 적정환기량 산정에 관한 연구, 중앙대건설대학원 석사논문, 1992
5. 이호준, 대학도서관의 폐적환경에 관한 연구, 중앙대대학원석사학위논문, 1994
6. 전주영, 공동주택에 있어서 주방의 공기환경개선에 관한 연구, 중앙대 대학원석사학위논문, 1994
7. 안태경, 실내공기환경과 외부환경부하를 고려한 공동주택의 환경성능 평가에 관한 연구, 중앙대대학원 박사학위논문, 1995
8. 김용훈, 지하주차장의 환기량산정에 관한 연구, 중앙대건설대학원 석사논문, 1993
9. 김일도, 아파트형공장의 실내공기환경에 관한 조사연구, 중앙대건설대학원석사논문, 1995
10. 정태영, 백화점의 실내공기환경에 관한 조사연구, 중앙대 건설대학원 석사학위논문, 1993
11. 김형기, 공동주택 실내공기환경의 질(IAQ)에 관한 조사연구, 중앙대 건설대학원 석사학위논문, 1993
12. 유현영, 바람에 의한 침기량 변화가 주택의 난방부하 및 IAQ에 미치는 영향, 충남대대학원 박사학위논문, 1991
13. 이희관, 환기가 실내공기오염물질의 제거에 미치는 영향에 관한 연구, 서울시립대학석사학위논문, 1993
14. 신혜수, 실내외 공기중 휘발성유기화물질(VOCs)의 농도조사에 관한 연구, 한양대석사학위논문, 1993

■ 학술대회 및 심포지움

1. 손장렬 외, 사무소건물의 실내환경 및 냄새 측정에 관한 연구, **대한건축학회 학술 발표논문집**, 제 14권 제 1-2호, 1994.
2. 이언구 외, 신축공동주택의 실내공기환경에 관한 연구, **대한건축학회 학술발표논문집**, 제 14권 제 1호, 2호, 1994.
3. 이언구 외, 기존공동주택의 실내공기환경에 관한 연구, **대한건축학회 학술발표논문집**, 제15권 제1호, 1995.

■ 정기간행물

1. 김신도, 21세기 공기환경, **건축**, 1994. 3
2. 김윤신, 실내공기오염에 관한 소고, **한국대기보전학회지**, 제9권

제1호, 1993

3. 김윤신, 우리나라 실내공기오염 현황과 대책, **공기조화 냉동 공학회**, 1990
4. 윤동원, 실내공기질(IAQ)의 특성과 관리대책, **건축**, 1994. 3.
5. 윤동원, 특집 21세기의 환경기술; 실내공기질(IAQ)의 특성과 관리대책, **대한건축학회지**, 제 38권 제3호, 1994. 3.
6. 우원설비(주)가획실, 환기시스템의 기본개념, **월간설비기술**, 1992.9
7. 이성환, 대공간의 환기설비, **월간설비기술**, 1992.9
8. 홍석남, 실내 공기 오염 대책, **공기조화 냉동공학**, 1992
9. 김순덕, 유기용제 취급에 따른 직업병 발생, **산업안전관리공단**, 1990. 1.
10. 정규철, 유기용제 취급과 건강장애, **한국산업안전관리공단**, 1990. 1
11. 한화텍, 실내 공기 환경의 제어, **공기조화 냉동공학**, 제24권 제2호, 1995
12. 손장열, 온열환경과 실내공기질(IAQ), **한국인간온열학회지** 제1권 제3호, 1994
13. 배기택외, 톨루엔 크실렌 및 벤젠폭로의 생화학지표들에 관한 연구, **대한 산업의학회지**, 제3권 제2호, 1991. 11
14. 이 광목외, 유기용제 성분분석과 건강영향에 관한 연구, **대한산업의학회지**, 제5권 제1호
15. 김선민 등, 저농도 복합유기용제 폭로 근로자의 주관적 자각 증상에 관한 연구, **대한산업의학회지**, 제5권 제1호
16. 한태영 외, 작업시간대별 톨루엔 기중농도와 요즘 마요산 배설량에 관한 연구, **대한산업의학회지**, 제5권 제2호
17. 염용태 역, Mathew J. Ellenhorn & Donald G. Barceloux, **Medical Toxicology**, **산업보건**, 94. 3,
18. 산업보건의학협회, 작업환경을 위한 TLV의 근거, **산업보건**, 1992.
19. 吉澤 普, 실내환경과 필요환기량, **월간설비기술**, 1992. 9. 1993.1

[부록]

설문지

안녕하십니까. 저는 중앙대학교 건축공학과 대학원에서는 아파트형공장의
업종별 실내공기의 쾌적에 관한 설계의 기초자료에 관한 연구를 진해 중에 있습
니다. 보다 나은 아파트형공장의 작업장 설계를 위한 자료수집을 위해 협조해
주시면 감사하겠습니다. 본 설문의 내용은 순수한 학문연구에 쓰여집니다.

연령 : 24세이하____ 25-34____ 35-44____ 45-54____ 55세이상____

성별 : 남____ 여____

귀하의 작업중에는 먼지나 냄새를 유발하는 활동이 있습니까 ? 예____ 아니오____

귀하가 하시는 작업의 종류는 무엇입니까 ? _____

귀하가 작업 중에 사용하시는 물질이 있으면 써주십시오. (예: 신나, 솔벤트 등)

■ 다음 질문들은 작업장 환경에 관한 질문들입니다. 대답에 해당하는 번호를 빈 칸에
써 주십시오.

1. 현재 작업작의 온열환경(온도)이 어떻다고 생각하십니까 ? ()

- ①매우춥다 ②춥다 ③조금춥다 ④적당하다 ⑤조금덥다
⑥덥다 ⑦매우덥다

2. 현재 작업장의 공기중의 습도는 어떻다고 생각하십니까 ? ()

- ①매우건조하다 ②건조하다 ③약간건조하다 ④적당하다 ⑤약간습하다
⑥습하다 ⑦매우습하다

3. 현재 작업장의 환기에 대하여 어떻게 생각하십니까 ? ()

- ①매우충분하다 ②충분하다 ③그저그렇다 ④부족하다 ⑤매우부족하다

4. 현재 작업장의 냄새(취기)에 대하여 어떻게 생각하십니까 ? ()

- ①매우심하다 ②심하다 ③약간심하다 ④별로없다 ⑤전혀없다

5. 현재 작업장의 먼지(분진)에 대해서 어떻게 생각하십니까 ? ()

- ①매우많다 ②많다 ③약간많다 ④별로없다 ⑤전혀없다

6. 작업장의 공기흐름에 대해서 어떻게 생각하십니까 ? ()

- ①매우심하게 느낀다 ②많이 느낀다 ③약간느낀다 ④별로 느끼지 못한다
⑤전혀느끼지 못한다

7. 현재 작업장의 실내공기의 청정도(깨끗함)에 만족하십니까 ? ()

- ①매우만족하다 ②만족하다 ③약간만족하다 ④약간불만족하다
⑤불만족하다 ⑥매우불만족하다

8. 현재 작업장의 환경(온도, 습도, 실내공기 등)에 대해서 어떻게 생각하십니까 ? ()

- ①매우만족하다 ②만족하다 ③약간만족하다 ④약간불만족하다
⑤불만족하다 ⑥매우불만족하다

9. 현재 작업장의 조명의 밝기에 대해서 어떻게 생각하십니까 ? ()

- ①매우밝다 ②밝다 ③약간밝다 ④적당하다 ⑤약간어둡다
⑥어둡다 ⑦매우어둡다

10. 작업장의 소음의 정도에 대해서 어떻게 생각하십니까 ? ()

- ①매우시끄럽다 ②시끄럽다 ③그저그렇다 ④조용하다
⑤매우조용하다

설문에 응해주셔서 감사합니다.

ABSTRACT

A Study on The Ventilation Design in Apartment-type Factory Considering IAQ

Hong, Chan-Sun

Dept. of Architectural Engineering

The Graduate School

Chung-Ang University

Advised by Eon-ku Rhee, Ph.D.

The research aims to suggest ventilation design data for apartment-type factories in relation to Indoor Air Quality(IAQ). The concentration of indoor air pollutants such as HCHO, VOCs, CO₂, and TSP was investigate, and the required ventilation rate of Clothing industry in apartment-type factories was calculated using a simple computer simulation. In addition, to identify factors which might affect satisfaction for indoor air cleanness and understanding of overall environmental comfort, a questionnaire survey was conducted.

The results of this study can be summarized as follow.

1. The field measurement of apartment-type factories during the summer with open-window situation reveals that the concentration of toluene was higher than the IAQ standard, while that of other pollutants did not exceed the standard. The indoor concentration of pollutants was much higher than that of outdoor air pollutants.

In order to predict IAQ during the heating season with all the openings closed, a computer simulation was conducted. The result of the simulation indicates that in the apparel industry the ventilation rate required to keep the concentration of HCHO below IAQ standard is $27.4 \text{ m}^3/\text{h}$, which is sufficient to keep the concentration of other pollutants under the IAQ standard.

It is suggested that the ventilation rate for various industry should be determined by carefully analyzing the characteristics of the industry and its production process in apartment-type factories.

2. The result of a questionnaire survey shows that the occupants' satisfaction with the IAQ of apartment-type factories were significantly associated with their perceptions on the air temperature, humidity, ventilation, and air movement.

The result indicates that the satisfaction can be increased if the factory environment be kept cooler and more humid than existing conditions in order to be satisfactory from the view of the occupants.

■ 감사의 글

사랑하는 부모님께 이 논문을 드립니다.

0은 제게 견디는 훈련을 시키시는 때가 있습니다. 이제는 논문을 위한 마지막 밤을 보내게 되었습니다. 논문을 다쓰고 나니, 부끄럽다는 생각이 듭니다. 한 편으로는 비록 작기는 하지만 열매를 맺었다는 것이 저를 기쁘게 합니다. 어느 선배님의 말씀처럼 이제 새로운 시작을 하게 되는 것 같습니다.

논문의 시작부터 끝까지 세세하게 지도해 주신, 이연구 교수님께는 무슨 말로 감사드려야 할지 모르겠습니다. 스승의 본을 보여주신 교수님께 진심으로 감사 드리며, 앞으로 교수님의 제자로서 열심히 살아가겠습니다. 제 논문의 전체적인 문제점을 세세하게 지적해 주시고 심사해 주신 이명호 교수님과 최윤경 교수님께 감사드립니다. 지금은 정년퇴임 하셨지만 항상 인자하게 대해 주신 신현식 교수님과 학부 시절부터 저를 지도해 주신 김덕재 교수님, 정현수 교수님, 이 현호 교수님, 그리고 박찬식 교수님께 감사를 드립니다.

바쁘신 중에도 항상 내일처럼 걱정해 주시고, 조언해 주신 송국섭, 안태경, 박진철, 권영철 선배님께 감사드립니다. 그리고 가끔씩 전화로 위로하며 힘을 주신 강일경, 윤기만, 전주영, 이호준 선배님께 감사드리며, 건축환경연구실의 모든 선배님과 자신의 것들을 포기하며 저를 도와주고 마음써 준 익형, 기원, 민호, 도환, 은희와 지금은 휴학중인 유정씨에게 정말 감사드립니다. 그리고, 격려하며 함께 고생했던 기훈 형과 상형에게 감사합니다.

6년 동안 정이든工大건물에서, 오며 가며 만났을 때 힘나도록 격려해 준 과동기들과 졸업 후 자주 만나지는 못했지만 꾸준히 연락하며 걱정해 준 친구들에게 감사를 전합니다.

제가 힘이들때 저를 위해 기도해 주었던 사랑하는 또래-기보, 주천, 용제, 형남, 명호, 준영, 준상, 상현, 명철, 일규, 성기, 건, 경원, 낙림, John, 형서-친구들과, 함께 생활하며 섬겨 주었던 경섭과 병택, 준섭에게 감사하며, 옆에서 늘 함께 해주신 성은형과 민영기전도사님, 사랑의 교회 대학1부 자체들에게 감사합니다. 그리고, 저를 가르치신 이 수팔 간사님과 기태형과 형수님에게 감사드립니다.

실험과 설문 조사를 할 수 있도록 저에게 도움을 주신 오린교역 김월일 사장님께 특히 감사드립니다. 또한 제가 실험을 할 때 도움을 주신 모든 분과 아파트형 공장 관리소장님들에게 감사드립니다. 그리고 통계처리방법에 대하여 자세하게 도움을 주신 통계연구소의 김용희 선배님께 감사드립니다.

저를 위하여 당신의 삶을 희생하신 부모님께 감사드리며, 항상 따뜻한 사랑으로 신경을 써 준 묵선, 미선, 주연, 미경 누나와 매형들께와 동생 주선에게 감사하며 이 기쁨을 나누고 싶습니다.

1995. 12. 21.

洪 燥 善 拜上

홍천