

TM  
699.93  
750-000  
1517  
第 81 回 碩士學位 論文  
指導教授 李 彥 求



공동주택에 있어서 주방의 공기환경  
개선에 관한 연구

- A Study on the Improvement of Indoor Air  
Quality in Kitchens of Apartment Houses -

中央大學校 大學院  
建築工學科 建築計劃 및 環境 專攻  
全 烊 英  
1994年 6月

# 공동주택에 있어서 주방의 공기환경 개선에 관한 연구

- A Study on the Improvement of Indoor Air  
Quality in Kitchens of Apartment Houses -

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

1994年 6月

中央大學校 大學院  
建築工學科 建築計劃 및 環境 專攻  
全 烊 英

全柱英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

1994년 6월

## 국문요약

일반인의 하루일과 중 실내에서의 생활시간이 80%이상으로 많아지면서 실내 공기환경조건은 사람의 건강, 체적 및 작업의 능률에 많은 영향을 주게되었다. 특히, 일반주거환경은 주부와 신체 저항력이 약한 노약자의 거주시간이 길므로 일반건물에 비해 실내공기오염이 인체에 미치는 영향은 실로 크다. 이러한 주거환경의 실내에서 발생되는 대부분의 오염물질은 주방에서 취사시 사용하는 연료의 연소와 흡연에 의해 발생되며, 주방과 인접한 다른 공간에도 영향을 주고 있다. 따라서, 본 연구는 공동주택의 실내공기오염에 큰 영향을 미치는 주방에 있어서 취사용 가스기구 사용시에 발생하는 여러가지 실내 공기환경 오염 요소를 측정·분석하여 주방의 공기오염실태를 알아보고, 모형실험을 통하여 취사용 가스기구 사용시 오염가스의 정확한 발생량을 파악하여 적정 환기량을 산정함으로써 체적한 실내공기환경을 조성할 수 있는 환기시스템 설계에 관한 기초자료를 제시하고자 하였다.

연구의 방법은 먼저 공동주택의 주방에서 발생하는 오염물질의 종류와 특성을 파악하고 오염물질이 인체에 미치는 영향을 조사하여 그에따른 실내공기환경기준을 고찰하였으며, 환기시스템의 특성을 조사하였다. 또한 규모가 작은 7개의 공동주택의 19세대를 선정하여 주방의 공기오염실태를 측정분석하였으며, 이에따른 주방에서의 필요환기량을 산정하기위하여 축소모형을 통하여 가스기구 사용시의 오염가스의 정확한 발생량을 파악하고 필요환기량을 산정하였다. 위로부터 산정된 필요환기량과 주방의 렌지후드의 환풍량을 비교분석하여 공동주택의 주방에서의 환기시스템 개선에 관한 기초자료를 제시하고자 하였으며 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 7개 공동주택의 19세대에 대하여 난방기에 주방에 있어서 취사시와 비

취사시의 각종 실내환경요소를 측정, 분석 함으로써 실내공기환경의 실태를 파악하였으며, 측정결과 공동주택의 주방에 있어서 실내공기환경은 취사시에 기온과 습도가 상승되고  $\text{CO}_2$  및  $\text{NO}_2$ 가스는 실내환경기준을 초과하여 오랜시간 이와같은 환경에 노출되는 경우 인체에 악영향을 미칠 것으로 판단되며, 세대내에 보일러가 있는 개별난방방식의 아파트와 후드가 설치되지 않은 아파트경우 다른 공동주택과 비교하여 취사시  $\text{CO}_2$  및  $\text{NO}_2$ 가스의 상승이 높은 것으로 나타났다.

둘째, 현장측정을 기초로 주방공간에서 필요한 적정환기량산정을 위하여 가스기구 사용시 오염가스의 발생량을 파악해야 하는데 일반 공동주택의 주방은 크기, 형태, 개구부 및 후드의 성능이 다르므로 발생량을 파악하기 어려우므로 축소모형을 통하여 가스기구 사용시의 오염가스( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ )의 정확한 발생량을 파악하여 필요환기량을 산정하였다. 오염가스의 발생량은 가스렌지 1단(표준발열량 680kcal/h)의 경우  $\text{CO}_2$ 가스발생량은  $0.12\text{m}^3/\text{h}$ ,  $\text{NO}_2$ 가스발생량은  $0.00000442\text{m}^3/\text{h}$ 이며, 가스렌지 2단(표준발열량 1420kcal/h)의 경우  $\text{CO}_2$ 가스발생량은  $0.26\text{m}^3/\text{h}$ ,  $\text{NO}_2$ 가스발생량은  $0.0000045\text{m}^3/\text{h}$ 이다. 가스렌지 3단(표준발열량 2600kcal/h)의 경우  $\text{CO}_2$ 가스발생량은  $0.46\text{m}^3/\text{h}$ 이며,  $\text{NO}_2$ 가스발생량은  $0.00000454\text{m}^3/\text{h}$ 로 측정되었다.

위로부터 산정된 발생량으로 필요환기량을 산정한결과 가스렌지 1단(표준발열량 680kcal/h)의 경우 필요환기량은  $182.6\text{m}^3/\text{h}$ , 가스렌지 2단(표준발열량 1420kcal/h)의 경우 필요환기량은  $395.6\text{m}^3/\text{h}$ , 가스렌지 3단(표준발열량 2600kcal/h)의 경우 필요환기량은  $699.9\text{m}^3/\text{h}$ 로 산정되었다.

이상의 결과로 공동주택의 주방에서 일반적으로 사용되는 환기량이 평균  $312\text{m}^3/\text{h}$ 인 렌지후드는 가스렌지 1단을 제외한 2단, 3단의 경우 충분한 환기를 할 수 없는 것으로 나타났다.

셋째, 주방에서 가스기구 사용시의 필요환기량을 산정한 결과 공동주택의 주방에 설치되어 있는 렌지후드의 환기량으로는 취사시 발생하는 오염가스를 충

분히 환기할 수 없으므로 주방의 환기시스템 개선대책을 다음과 같이 제시하였다.

- 1) 렌지후드의 배기량으로는 주방에서 발생되는 오염가스를 충분히 환기시킬 수 없으므로 자연환기를 병행하며, 렌지후드의 배기량을 증가시키고 풍량을 여러단계로 나누어 렌지사용량에 따라 효율적으로 환기가 될 수 있도록 한다.
- 2) 렌지후드에 CO<sub>2</sub>감지기를 설치하여 가스기구 사용시 발생되는 CO<sub>2</sub>가스의 농도가 기준을 초과하는 경우 팬이 자동으로 작동할 수 있도록 한다.
- 3) 후드의 배기구가 연결된 입상풍도(Air Duct)는 여러세대가 동시에 후드를 사용할 경우라도 원활한 배기가 될 수 있도록 크기가 개선되어야하며, 입상풍도의 최상부에 설치된 무동력 벤틸레이터는 일기변화에 따라 성능이 좌우되고 일정한 풍량을 항상 유지할 수 있는 동력 벤틸레이터의 설치가 바람직하다.

# 목 차

## 제 1 장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적-----	1
1.2 국내외 연구동향-----	3
1.3 연구의 범위 및 방법-----	5

## 제 2 장 공동주택의 공기환경 특성

2.1 실내공기오염의 개요-----	7
2.2 공동주택의 실내공기오염 물질 발생원 및 인체에 미치는 영향-----	8
2.3 실내공기환경의 기준 고찰-----	20
2.4 환기시스템 개요-----	27
2.4.1 자연환기-----	27
2.4.2 기계환기-----	27
2.4.3 전체(회식환기)-----	29
2.4.4. 국부환기-----	32

## 제 3 장 공동주택에 있어서 주방의 공기환경 측정

3.1 측정 개요-----	35
3.2 측정 항목 및 방법-----	36
3.2.1 기온 및 습도-----	37
3.2.2 부유분진-----	37
3.2.3 CO <sub>2</sub> 가스 -----	37
3.2.4 NO <sub>2</sub> 가스-----	39
3.3 공동주택의 주방 공기환경 측정결과 분석-----	41
3.3.1 기온-----	42

3.3.2 상대습도-----	43
3.3.3 CO <sub>2</sub> 농도-----	44
3.3.4 기류 및 부유분진-----	45
3.3.5 NO <sub>2</sub> 가스-----	46

## 제 4 장 모형실험

4.1 실험개요-----	47
4.2 실험방법-----	49
4.3 실험결과-----	50
4.3.1 CO <sub>2</sub> 가스농도-----	51
4.3.2 NO <sub>2</sub> 가스농도-----	54

## 제 5 장 공동주택에 있어서 주방의 환기량 산정 및 환기시스템

5.1 모형실험을 통한 주방의 환기량 산정-----	55
5.1.1 환기량산정-----	56
5.2 공동주택에 있어서 주방의 환기계획-----	61
5.2.1 주방 환기용 렌지후드의 성능과 필요환기량-----	62
5.2.2 주방의 환기실태 및 문제점-----	63
5.2.3 주방의 환기시스템 개선대책-----	64

## 제 6 장 결론----- 65

## 참고문헌----- 68

# 표 목 차

<표 2-1> 공동주택의 실내공기 오염물질과 발생원 및 인체영향-----	9
<표 2-2> 분진의 크기에 따른 인체에 미치는 영향-----	10
<표 2-3> 일산화 탄소(CO)의 농도가 인체에 미치는 영향-----	12
<표 2-4> 인체로 부터의 CO <sub>2</sub> 발생량과 에너지 대사율-----	13
<표 2-5> 이산화탄소(CO <sub>2</sub> )의 농도가 인체에 미치는 영향-----	14
<표 2-6> 이산화질소(NO <sub>2</sub> )가 인체에 미치는 영향-----	15
<표 2-7> 라돈이 인체에 미치는 영향-----	18
<표 2-8> 유기용제가 인체에 미치는 영향-----	19
<표 2-9> 건축법과 환경보전법에서 규정하고 있는 공기환경기준-----	20
<표 2-10> 일산화 탄소(CO)의 환경기준-----	21
<표 2-11> 탄산가스(CO <sub>2</sub> )의 환경기준-----	22
<표 2-12> 이산화 질소(NO <sub>2</sub> )의 환경기준-----	23
<표 2-13> 포름알데히드(HCHO)의 환경기준-----	24
<표 2-14> 석면(Asbestos)의 환경기준-----	25
<표 2-15> 라돈(Radon)의 환경기준-----	25
<표 2-16> 유기용제(VOCs)의 환경기준-----	26
<표 2-17> 각 실별 환기회수 및 환기량-----	30
<표 2-18> 필요환기량의 계산식-----	31
<표 2-19> 법규에서 제시하는 환기량-----	32
<표 3-1> 측정대상 공동주택의 개요-----	35
<표 3-2> 측정항목 및 측정기기-----	36
<표 3-3> NO <sub>2</sub> 가스의 검량선 작성표-----	40
<표 3-4> 공동주택의 주방의 공기환경 측정결과-----	41
<표 5-1> 모형실험에 의한 CO <sub>2</sub> 농도-----	56

<표 5-2> 모형실험에 의한 NO <sub>2</sub> 농도-----	59
<표 5-3> 일반적으로 사용되는 렌지후드의 규격과 성능-----	61
<표 5-4> 가스기구사용시 오염가스 발생량에 따른 후드의 환기량과 자연환기량-----	62

# 그 림 목 차

(그림 1-1) 연구의 흐름도-----	6
(그림 2-1) 기계급·배기-----	28
(그림 2-2) 기계급기, 자연배기-----	28
(그림 2-3) 자연급기, 기계배기-----	29
(그림 2-4) 국부환경의 종류-----	33
(그림 3-1) NO <sub>2</sub> 가스분석 개략도-----	39
(그림 3-2) 공동주택의 주방에서 취사시와 비취사시의 기온분포-----	42
(그림 3-3) 공동주택의 주방에서 취사시와 비취사시의 상대습도분포-----	43
(그림 3-4) 공동주택의 주방에서 취사시와 비취사시의 CO <sub>2</sub> 농도분포-----	44
(그림 3-5) 공동주택의 주방에서 취사시와 비취사시의 부유분진분포-----	45
(그림 3-6) 공동주택의 주방에서 NO <sub>2</sub> 농도분포-----	46
(그림 4-1) 축소모형의 개략도-----	47
(그림 4-2) 환기량에 따른 CO <sub>2</sub> 가스농도 변화(가스렌지 3단)-----	50
(그림 4-3) 환기량에 따른 CO <sub>2</sub> 가스농도 변화(가스렌지 2단)-----	51
(그림 4-4) 환기량에 따른 CO <sub>2</sub> 가스농도 변화(가스렌지 1단)-----	52
(그림 4-5) 환기량에 따른 CO <sub>2</sub> 가스농도(가스렌지 1단, 2단, 3단)-----	54

## 사 진 목 차

(사진 3-1) 측정기기-----	38
(사진 3-2) NO <sub>2</sub> 가스 분석용 Spectro-Photometer-----	38
(사진 4-1) 실험모형-----	48

# 제 1 장 서론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

경제발전에 따른 급속한 산업화와 인구의 도시집중화는 각종 환경을 오염시키고 자연생태계를 파괴시켜 환경오염의 해결이 시대적 당면과제로 등장하게 되었다. 특히 1970년대 이후 우리나라는 산업구조의 대형화로 에너지소비가 급증함에 따라 대기오염물질의 발생량 또한 증가하여 인체에 미치는 영향이 우려되고 있다.

일반적으로 일반인의 하루 일과 중 실내에서의 생활시간이 80%이상으로 많아지면서 실내공기환경조건은 사람의 건강, 체적 및 작업의 능률에 많은 영향을 주게 되었다. 실내공기환경은 온도, 습도, 기류, 복사온도 등의 온열환경과 탄산가스, 일산화탄소, 질소산화물, 분진, 냄새 등의 공기질 환경으로 구분할 수 있는데 온열환경은 최근 에너지 Cost의 급증에 따라 일반주택 뿐아니라 공공건물에 이르기까지 에너지 보존을 위한 다양한 기술이 개발되면서 많은 연구가 진행되어 왔으나 실내공기환경의 질(IAQ)에 대한 연구와 대책은 미미한 실정이다. 1970년대 초에 선진 구미각국에서는 건물의 사무실에서 일하는 직장인들 가운데 각종 건강장애와 관련된 증상을 호소하는 사람들이 늘어났는데, 이를 증상중 두통, 안질, 후두염, 알레르기성 질환, 어지러움 등의 각종 증세가 실내공기오염에 의한 것으로 밝여지면서 실내공기 오염에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다.<sup>1)</sup> 특히, 작업장에서 실내환경 뿐아니라 일반인이 생활하는 실내에서의 환경오염의 발생원과 그것이 건강에 미치는 영향을 파악하여 보다 나은 실내 생활환경을 계획함으로써 인간의 건강증진과 복지향상을 위한 노력이 경주되고 있다. 그러나 우리나라는 1963년 11월 공해방지법 제정 이후, 1978년 7

---

1. 김희강 외, “대기오염개론”, 동화기술, 1993, pp247-248

월부터 환경보전법을 시행하여 왔으나 실내공기오염에 관한 연구는 미비한 상태로 실내공기오염의 중요성은 인식되지 않고 있는 실정이다. 또한 실외의 대기오염문제에 있어서는 환경오염문제를 보다 종합적, 체계적으로 대처해 나가기위한 노력이 이루어지고 작업환경과 지하공간 및 사무실환경에 대한 연구도 비교적 활발히 진행되고 있는 반면, 일반 주거환경의 실내공기환경에 대해서는 연구활동이 미비한 실정이며 실내환경 기준치조차도 거의 설정되어 있지않다.

주거건물은 일반건물에 비해 주부와 특히 신체 저항력이 약한 노약자의 거주시간이 길므로 공기오염이 인체에 미치는 영향은 실로 크다. 구조가 기밀한 공동주택의 공기오염은 주로 실내에서 발생하는 오염물질이 외부로 환기되지 않기 때문에 나타나며, 실내에서 발생되는 대부분의 오염물질은 주방에서 취사시 사용하는 연료의 연소와 흡연에 의해 발생되어 주택 내부의 다른 공간에도 영향을 주고 있다. 이와같이 다량의 오염물을 제공하고 있는 취사용 연료는 대부분의 가정에서 과거 연탄을 주로 사용하여 오다가 1970년대 이후 석유와 가스 사용이 급증되어 왔고, 도시에서는 가정내 주방연료로서 프로판가스의 사용이 급증되어 왔으며, 1987년 7월부터는 LNG(액화천연가스)를 이용한 도시가스가 사용되고 있다.<sup>2)</sup> 프로판가스와 도시가스등 연료의 불완전연소에서 발생되는 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화질소등의 각종 유해가스는 건물의 기밀화와 환기부족으로 거주자에게 두통, 현기증, 졸음 등의 실내환경문제를 발생시키고 있다.

따라서, 본 연구에서는 공동주택의 실내공기오염에 큰 영향을 미치는 주방에 있어서 취사용 가스기구 사용시에 발생하는 여러가지 실내 공기환경 오염요소를 측정·분석하여 주방의 공기오염실태를 알아보고, 모형실험을 통하여 취사용 가스기구 사용시 오염가스의 정확한 발생량을 파악하여 적정 환기량을 산정함으로써 쾌적한 실내공기환경을 조성할 수 있는 환기시스템 설계에 관한 기초자료를 제시하고자 하였다.

2. 김윤신, “우리나라의 실내공기오염 현황과 대책”, 공기조화·냉동공학 제9권 제6호, 1990

## 1.2 국내외 연구동향

구미 선진국에서 실내 공기오염이 논의되기 시작한 것은 성에너지의 대책으로서 외기량의 삭감에 대한 논의가 시작된 1970년대 후반부터이다. Yocom은 실내, 외의 공기오염 측정 데이터를 정리하였으며, 또 미국 환경청(EPA)의 위탁 연구에서는 실내 공기오염에 대한 공학적인 접근이 시도되었다. 그후, 1981년에는 하버드대학, EPA, WHO등이 주최한 제2회 실내공기질 국제 심포지움이 개최되어 실내공기오염문제가 주요 관심사가 되었으며, 1987년 서베를린에서의 제4회 심포지움에서는 Sick Building 같은 전체적인 문제, 담배연기, 연소폐기, 입자물질, 인공섬유, 냄새, 미생물, 라돈 등의 오염실태, 기기 및 기타로부터의 발생상황, 환기효율, 필요환기량 등이 논의의 대상이 되었다. 미국 공기조화·냉동공학회(ASHRAE)는 1973년 이후 환기기준에 관한 논의를 활발히 하였으며, 환기기준 중 특히 담배연기가 큰 문제로 대두되었다. 1985년에는 환경건강위원회(Environmental Health Committee)를 설치하고 공조와 실내오염의 관계에 대해서 조사연구를 활발하게 하고 있다. 또한 ASTM(American Society of Testing Materials)은 실내공기의 측정방법의 개발과 측정방법의 표준화를 위해서 노력하고 있다. 1988년 스黠흘름에서 개최된 CIB(국제건축기술 정보기구)의 국제회의 「Healthy Building '88」에서는 실내공기환경 전반에 대한 건강한 건물에 초점을 맞추어 검토가 이루어졌다.<sup>3)</sup>

최근에는 실내공기오염 감소를 위한 각종 신기술이 개발되고 있는데, 1970년부터 시작한 실내공기오염에 관한 연구 중 실내오염이 인체에 미치는 영향을 파악하기 위하여 환경학자 뿐만 아니라 각 분야의 연구를 통하여 공기오염물질의 개인용 측정기구를 개발함으로써 개인이 오염물질에 폭로되는 양을 정확히 측정하고자 하였다. 한편, 실내오염물질 제거를 위한 공기청정장치와 클린룸 기술의 개발에도 박차를 가하고 있는 실정이다.

---

3. 吉澤普, "Sick Building을 들러싼 최근의 제문제", 월간 설비공사, 1993. 1

최근 실내공기오염에 관하여 국제적으로 많은 연구가 진행되는 분야는 1) 위  
해평가방법의 구성(Risk Assessment Method Framework) 2) 오염노출평가 및  
모델링(Exposure Assessment and Modelling) 3) 오염원 규명의 정량분석  
(Quantifying Source Identification) 4) 오염방지대책 기술개발(Control  
Technique Development) 5) 종합적 건물시스템의 관리(Total Building System  
Management) 6) 복합적 연구(Crosscutting Research)의 체계확립 등으로 1980  
년대 들어 구미각국, 일본 등에서 연구가 활발히 진행되어 오고 있다.<sup>4)</sup>

현재 우리나라의 경우는 에너지절약을 위하여 건물이 기밀화되면서 환기문제  
로 인한 실내공기 오염문제가 크게 대두되어 왔으나 작업환경과 지하공간 및  
사무실환경에 대한 연구는 몇몇 연구자들에 의해 비교적 활발히 진행되어온 반  
면 일반 주거환경에 대한 연구는 미비한 실정이며 일반인들의 인식도 낮은 편  
이다. 그러므로 앞으로 실내공기오염문제를 종합적으로 대체해 나가기 위하여  
각 분야의 활발한 연구가 진행되어야 할것이다.

---

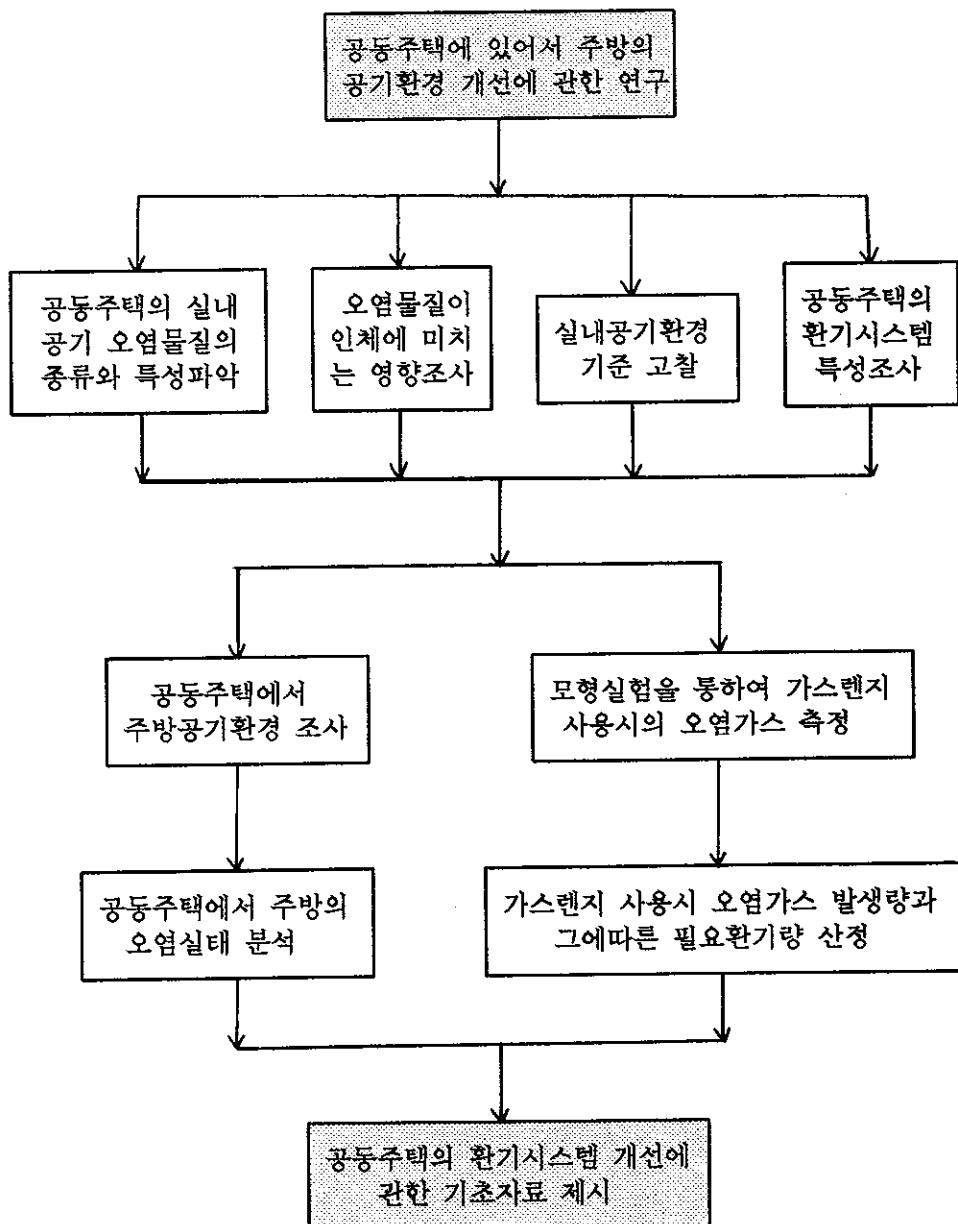
4. 김윤신, “실내공기오염에 관한 소고”, 한국대기보전학회지 제9권 제1호,  
1993

### 1.3 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위와 방법을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 공동주택의 주방에 있어서 발생할 수 있는 실내공기 오염물질의 종류와 특성을 파악하고 오염물질이 인체에 미치는 영향을 조사하여 그에 따른 실내공기환경의 기준을 고찰하며, 공동주택에 있어서 주방의 환기시스템과 환기기준 및 필요환기량을 살펴본다.
- (2) 서울에 위치한 비교적 규모가 작은 7개의 공동주택을 선정하여 건물의 준공년도, 난방방식, 후드의 유무, 가족구성형태, 흡연자수, 취사시의 환기 여부 등의 영향을 고려하여 각각의 공동주택에서 2-3세대씩 모두 19세대를 측정한다. 측정항목은 주방의 실내외 기온, 상대습도, 기류 속도 등의 온열환경 요소와 부유분진 및 취사용 가스기구로 부터 발생하는  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ 등의 공기 환경요소를 측정한다.
- (3) 주방의 각종 온열환경과 공기환경에 대한 측정결과를 분석하여 주방의 오염정도를 파악한다.
- (4) 공동주택에 있어서 주방의 현장측정을 기초로하여 축소모형을 제작하여,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ 를 중심으로 취사용 가스기구 사용시의 오염가스의 정확한 발생량을 파악한다.
- (5) 모형실험을 통하여 측정된 오염가스의 발생량을 이용하여 실제 주방에서 요구되는 필요환기량을 산정한다.
- (6) 현재 공동주택의 주방에서 환기문제와 엔지후드 환풍량의 적정여부를 파악하여 환기시스템 개선방안을 제시한다.

(그림 1-1)은 본 연구의 흐름과 방법을 나타낸 개략도이다.



(그림 1-1) 연구의 흐름도

## 제 2 장 공동주택의 공기환경 특성

### 2.1 실내공기오염의 개요

산업시설의 확장과 인구의 집중화로 인한 대기오염은 인간이 생명을 유지하기 위해서는 항상 신선한 공기를 충분하게 공급받아야 함에도 불구하고 심각하게 주변의 공기를 더럽혀온 실정이다. 특히, 우리나라는 1970년대 이후 산업구조의 대형화로 에너지소비가 급증함에 따라 대기오염(실외공기오염)물질의 발생량이 증가하여 대기오염에 관한 규제 및 연구가 계속적으로 진행되고 있다.

그러나 대부분의 사람들은 실내오염이 인체에 미치는 영향이 실외의 대기오염보다 더욱 중요하다는 사실을 거의 인식하지 못하고 있으며, 실내오염물질의 성질과 농도에 대해서도 파악하지 못하는 실정이다.

실내공기오염이 인간의 건강과 관련지어 대기오염보다 더욱 중요한 이유는 첫째, 인간은 하루 24시간 중 80% 이상을 실내(가정, 일반사무실, 실내작업장, 공공건물, 지하시설물, 상가, 음식점, 자동차, 지하철등)에서 생활하는 것으로 조사 보고되며, 둘째, 대기오염은 자연적인 희석율이 크고 대기오염에 대한 사회적 인식, 각종 규제로 인하여 억제되고 있으나, 실내공기는 한정된 공간에서 인공적인 설비를 통하여 오염된 공기가 계속적으로 순환되면서 그 농도가 증가될 수 있기 때문이다. 세째는 1970년대 이후 에너지 보존을 위한 다양한 산업 기술이 만들어 낸 새로운 건축자재가 공공건물뿐만 아니라 일반주택에도 사용되고 있는데 이같은 새로운 건축자재에서 의외의 오염물질이 방출하게 되며, 또한 경제수준의 향상으로 다양한 생활용품의 사용이 증가하는데 이같은 생활용품에서도 뜻밖의 오염물질이 방출되기 때문이다. 넷째는 에너지 절감율을 높이기 위해서 건물의 밀폐화가 진행되면서 건물내 거주자들이 일시적 또는 만성적인 건강과 관련된 증상을 호소하는 사례가 증가되고 있다는 점 등이다.<sup>5)</sup>

5. 김윤신, “실내외 공기질의 유해평가관리 및 기준치 개발에 관한 연구,  
한국과학재단, 1991, pp16-17

이러한 이유로 실내에서 장시간 거주하는 동안의 실내에서의 환경문제가 발생할 경우 인체에 미치는 영향은 실외환경의 영향보다 크다고 할 수 있다. 1970년대 초에 들어 구미선진국에서는 사무실에서 일하는 사무원들이 실내 거주시간이 많아짐에 따라 건조하고 혼탁한 공기로 인하여 두통이나 현기증, 안질, 후두염, 알레르기성 질환등의 각종 건강장애와 관련된 증상을 호소하는 비율이 증가하기에 이르렀다. 이러한 현상은 각종 건축물 및 산업장에서 에너지 절약 및 효율을 높이기 위한 일환으로 건물의 단열화 및 밀폐화로 인하여 건물내의 기상조건, 공기의 질이 변화하여 건물내에 오염물질을 발생시킨 것으로 나타났다. 이런 현상을 일명 '빌딩증후군(Sick Building Syndrome-SBS현상)'이라고 하며, 1970년대 영국, 미국을 비롯한 선진각국에서 에너지문제와 관련하여 새로운 사회적 공해문제로 다루고 있다. 이러한 빌딩증후군은 근본적으로 건물내 에너지 절약방법에서 나온 부산물로 볼 수 있으며, 불충분한 환기량에 의해 발생된 것으로 실내로의 공기유입이 감소되어 신선한 공기가 충분히 공급되지 못하기 때문에 발생한다.

## 2.2 공동주택의 실내공기오염 물질 발생원 및 인체에 미치는 영향

일반적으로 건물의 거주자들은 그들의 오감과 신체의 자극에 의해서 실내공기의 오염을 감지하게 되는데 불행히도 인간의 신체감각은 특성 보다는 쾌적성을 더 쉽게 감지한다. 즉, 오존, 일산화질소, 포름알데히드 등과 같은 몇 가지의 미립자는 감지를 하지만 더욱 위험스러운 일산화탄소, 부유미립자, 석면 등은 위험한 수준을 넘어도 감지하지 못한다. 이와같은 오염물질이 발생되는 진행과정에는 실내공기질을 좌우하는 요소들 즉, 외부공기의 상태, 환기율, 각 거주자들이 이용할수 있는 공기의 체적, 실내 거주에 필요한 공기 체적, 실내

에서의 미세기후(microclimate)등의 제요인이 작용한다고 할 수 있다.

실내공기중의 오염물질은 외부 공기중의 오염물질이 실내로 유입된 것이거나 실내에서 발생되는 오염물질등 다수가 보고되고 있으나 주로 실내에서 발생되는 오염물질의 농도가 클수록 심하게 나타날 수 있으며 상기의 오염물질 이외에도 냄새, 유기성물질, 오존( $O_3$ ), 중금속물질(납, 수은등), 할로겐물질등이 있으며 이것들은 건축자재, 연소연료, 생활용품, 흡연등에서 방출되고 있다.

공동주택의 주요 실내공기오염물질과 발생원 및 인체에 미치는 영향을 요약하면<표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 공동주택의 실내공기오염물질과 발생원 및 인체영향<sup>6)</sup>

오 염 물 질	발 생 원	인 체 영 향
분 진	대기 중 분진이 실내로 유입, 실내바닥의 먼지, 담배재 등	규폐증, 진폐증, 탄폐증, 석면폐증 등
담배연기 (각종가스, HC, PAH, 분진, HCHO, 니코틴 등)	담배, 권련, 파이프담배등	두통, 피로감, 기관지염, 폐렴, 기관지천식, 폐암 등
연소가스 (CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , RSPS등)	각종난로(연탄, 가스, 석유), 벽난로, 연료연소, 가스렌지 등	만성폐질환, 기도저항 증가, 증추신경 영향 등
라 돈 (라돈가스의 부산물)	흙, 바위, 물, 지하수, 화강암, 콘크리트 등	폐암 등
포름알데히드	각종 합판, 보드, 가구, 단열재 (UFFI), 소취제, 담배연기, 화장품, 옷감 등	눈, 코, 목 자극증상, 기침, 설사, 어지러움, 구토, 피부 질환, 비암, 정서불안정, 기억력상실 등
석 면	단열재, 젤연재, 석면타일, 석면, 브레이크, 방열재 등	피부질환, 호흡기질환, 석면증, 폐암, 증피종, 편평상피 등
미생물성물질 (곰팡이, 박테리아, 바이러스, 꽃가루 등)	가습기, 냉방장치, 냉장고, 애완동물, 해충, 인간 등	알레르기성 질환, 호흡기질환 등
유기용제 (에스테르, 알데히드, 케톤 등)	페인트, 접착제, 스프레이, 연소과정, 세탁소, 의복, 방향제, 건축자재, 왁스 등	피로감, 정신착란, 두통, 구역, 현기증, 증추신경 억제작용 등
악 취	외부 악취가 실내로 유입, 담배의 흡연 등	식욕감퇴, 구토, 불면, 알레르기증, 정신신경증 등

6. 김희강, “대기오염개론”, 동화기술, 1993, p252

## 2.2.1 분진

분진이라 함은 대기중에 부유하거나 비산 강하하는 미세한 입자상 물질을 말하며 분진의 입경은  $0.05\text{-}500\mu\text{m}$ 로 대부분  $0.1\text{-}10\mu\text{m}$ 의 크기를 갖는다.

실내에서의 분진은 크게 실외 중의 분진이 실내로 유입되거나, 실내 자체내에서 발생된 분진으로 나눌 수 있다. 실내 자체에서 발생된 분진은 실내바닥에서 발생된 먼지, 담배재, 난로의 연소과정에서 나오는 먼지 등이다. 분진은 그 구성성분에 따라 여러종류로 나눌 수 있으며, 그 크기에 따라 인체에 미치는 영향이 다르다. 분진은 코, 눈, 입을 통하여 인체에 침투하지만, 호흡기를 통해서 흡입된 분진들은 기도 또는 기관지에서 점액에 잡혀 섬모운동에 의하거나 또는 기침에 의해서 밖으로 배출된다. 일반적으로 실내의 총부유분진(TSP: Total Suspended Particulates)보다는 호흡성 분진(RSP: Respirable Suspended Particulates)이 폐포에 까지 흡입되어 각종 호흡성 질환을 유발시킨다. 호흡성 분진에 의한 인체영향은 장시간 노출되어 있을 때에 분진의 성분에 따라 규폐증, 진폐증, 탄폐증, 석면폐증 등의 폐질환을 일으킬 수 있다. 일반적으로 호흡성 분진은 총부유분진의 40-60%로 추정되고 있다. 분진의 크기에 따른 인체에 미치는 영향은 <표 2-2>와 같다.

<표 2-2> 분진의 크기에 따른 인체에 미치는 영향<sup>7)</sup>

분진의 크기	인체에 미치는 영향
$< 0.5\mu\text{m}$	폐포에 부착되 후, 호흡운동에 의하여 밖으로 배출된다.
$0.5 - 5.0\mu\text{m}$	폐포를 통하여 혈관 또는 임파선에 침입한다.
$> 5.0\mu\text{m}$	거의 모든 분진이 인후 또는 기관지 점막으로 흡인되후, 섬모운동에 의해 객담과 함께 밖으로 배출되거나 식도를 통하여 위속으로 넘어간다.

7. Ibid, p253

## 2.2.2 흡연

10

흡연은 담배의 연소에 의하여 tar, nicotine, 수분, toluene, phenol, aniline등의 부유입자물질과 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화질소, 암모니아, methane, hydrogencyanide, acetylen등의 기체성분을 비롯한 1000종류 이상의 오염물질을 발생시켜 일반 실내환경에 있어서 최악의 오염원으로 볼 수 있다. 흡연이 인체에 미치는 영향은 직접 담배를 피우는 사람에게 폐암, 후두암, 간암 등을 유발시키고, 순환기와 소화기에도 질환을 일으키는 것으로 나타났으며 동시에 흡연자와 같은 생활공간에 있는 비흡연자에게도 극심한 피해를 주는 것으로 나타났다.

단기간의 간접흡연으로 인한 증상으로는 안구 자극증상이 빈번하게 나타나고 두통, 비강자극증상, 기침등이 발생하며, 작업능률의 저하의 원인이 되기도 한다. 단기간 담배연기에 노출될 경우 건강한 성인의 폐기능에서는 큰 영향을 미치지는 않지만 나이가 어린 소아의 폐기능에서는 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 더욱기 현재 우리나라는 젊은 남자의 70%이상이 흡연을 하고 있어 가정내의 비흡연자에게 미치는 영향은 매우 심각한 실정이다.

## 2.2.3 일산화탄소

일산화탄소는 탄소를 포함한 모든 물질이 연소할 때 발생하며 특히 산소의 공급이 부족할 때 그 발생량은 급증한다. 따라서 취사, 난방으로 인한 각종 연소과정에서부터 각종 차량 또는 비행기 엔진의 배기ガ스, 쥐연등에 이르기까지 우리의 생활주변에서 많이 발생하고 있는 가스로서 발생한 즉시 인체에 바로 흡입될 수 있는 것이 특징이다. 일산화탄소는 무색, 무취, 무미의 기체로 무연탄과 각종 유류등의 연료의 불완전연소로 많이 발생되므로 특히 우리나라에서 연탄을 취사와 난방의 주연료로 사용하는 가정에서의 피해가 많이 발생하

고 있다.

일산화탄소를 포함한 공기를 호흡하면 폐를 통해서 흡입되어 혈액중의 헤모글로빈과 쉽게 결합하여 일산화탄소-헤모글로빈(CO-Hb)을 형성하고, 이로인해 혈액에 의한 산소운반 기능이 저지되어 신체 각조직은 일종의 질식상태를 일으킨다. CO-Hb이 혈액중 50%이상인 상태로 그대로 방치하면 생명을 잃게되고, 가령 생명을 건져 회복되더라도 대뇌 손상을 입어 정신장애를 일으킨다. 급성증독시에는 맥박상승, 심전도 이상 등의 순환기 장해, 국소부종 등의 피부병변, 호흡장해, 단백뇨 등이 나타나며 신경계의 이상증상이 발생한다. 만성증독시는 주로 저농도의 일산화탄소가 존재하는 생활공간 및 작업환경에서 일하는 사람들에게서 발생할 수 있으며, 저농도에서 장시간 노출되면 작업능률 저하, 두통, 현기증, 협심증등 각종 관상동맥질환을 유발할 수 있다. 일산화탄소 중독 후에 나타나는 후유증을 살펴보면 시각 및 청각장애, 운동장애, 언어장애, 지각력장애, 경련, 발작, 무감통, 공간인지력 장애, 실언증등을 들 수 있다.<sup>8)</sup>

<표 2-3> 일산화탄소(CO)의 농도가 인체에 미치는 영향

농도	인체에 미치는 영향
10ppm (0.001%)	실내공기의 허용한도
30ppm (0.003%)	8시간에 시각 및 정신기능 장애
200ppm (0.02%)	2-3시간에 두통
500ppm (0.05%)	2-4시간에 강렬한 두통, 무기력, 시력장애, 탈진
1,000ppm (0.1%)	20분에 두통, 현기증, 구토, 2시간에 사망
2,000ppm (0.2%)	5-10분에 두통 및 현기증, 1시간에 사망

8. 김윤신, “실내외 공기질의 유해평가 및 기준치 개발에 관한 연구”, 한국과학재단, 1991, pp66-68

## 2.2.4 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )

일반 대기 중에서의 이산화탄소농도는 0.03-0.04% 정도이며, 실내에서의 이산화탄소의 농도는 연소기구와 호흡에 의해서 농도가 변한다. 또한 실내에서의 이산화탄소는 그 자체에 의해 증독을 일으키거나 신체장애를 일으키지는 않으나 다른 실내오염가스가 증가할 때 비례적으로 이산화탄소가 증가하므로 실내환경을 평가하는 지표로서 이산화탄소가 주로 이용된다. 이산화탄소의 발생 중에서 인간의 활동에 의한  $\text{CO}_2$ 의 발생량은 <표 2-4>와 같으며, 이로 인한 인체에 미치는 영향은 <표 2-5>와 같다.

<표 2-4> 인체로 부터의  $\text{CO}_2$  발생량과 에너지 대사율<sup>9)</sup>

작업 상태	건물	에너지대사율 (Met)	$\text{O}_2$ 소비량 ( $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{인}$ )	$\text{CO}_2$ 호기량 ( $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{인}$ )
착석(안정시)	극장, 초등·중학교	1.0	0.0160	0.0152
착석(경작업시)	고등학교	1.1	0.0176	0.0167
사무작업(일반)	사무소, 호텔	1.2	0.0192	0.0182
사무작업	사무소	1.3	0.0208	0.0198
기립(요리)	주택	1.8	0.0288	0.0274
기립(상품판매)	백화점	2.0	0.0320	0.0304
착석(중작업)	공장(전기기구)	2.2	0.0352	0.0334
보행(4.8km/h)	공장	2.5	0.0400	0.0380
중작업	공장	3.7	0.0592	0.0562

$$(Met) = 58.14W/m^2 \text{ (남자의 표준체표면적 } 1.6m^2, \text{ } \text{O}_2\text{소비량 } 0.1721/W, \\ \text{호흡효율} = (\text{CO}_2\text{발생량}) / (\text{O}_2\text{소비량}) = 0.95 \text{로 산출})$$

9. 한국전력공사 기술연구원, “발전소 운전원 근무환경에 관한 기초조사(2)”, 1992.11, p22

<표 2-5> 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )의 농도가 인체에 미치는 영향

농도	인체에 미치는 영향
1,000ppm (0.1%)	실내공기의 허용한도
2,000 - 5,000ppm (0.2-0.5%)	매우 불량한 공기조건으로 경미한 두통을 느낀다
10,000ppm (1.0%)	호흡기, 순환기, 대뇌의 기능을 저하시킨다
40,000ppm (4.0%)	귀울림, 두통, 혈압상승이 크게 나타난다
80,000ppm (8.0%)	10분에 격심한 호흡곤란, 의식 혼미

## 2.2.5 이산화질소( $\text{NO}_2$ )

이산화질소는 일반가정에서 취사용 가스기구의 사용시 다량 발생하고, 흡연, 실내건축자재, 난방기구 및 외부에서 실내로 유입되는 오염물질 등에서 발생하며 이 결과 인체에 유해한 각종 중독증상과 기관지염, 폐기능 저하등의 호흡기 질환에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이산화질소는 공기중의 질소 혹은 연료 자체의 질소성분이 연료와 공기혼합과정에서 많이 발생하며, 교통기관과 발전소, 공장, 주택의 각종 동력연료의 연소과정에서 발생한다. 이산화질소는 일산화질소보다 독성이 4배 강하고 물에 잘 녹지 않아 비교적 건조한 기관지를 통하여 폐의 점액성 내면의 폐포에 까지 이르게 된다. 이산화질소 농도 높을 때에는 단기간 접촉해도 호흡이 빨라지는데 이는 폐에 이상이 생겨서 다량의 공기를 흡수할 수 없기 때문이다. 또한 낮은 농도에서 장기간 접촉하면 만성 폐질환을 일으킨다. 사람은 이산화질소의 농도가 1-3ppm정도일때 냄새를 감지할

수 있으며, 이산화질소 5ppm( $9.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ )에서 10분동안 폭로됐을때는 일시적으로 기도저항이 증가된다. 13ppm에서는 호흡기점막에 자극이 일어나고, 100ppm에서 150ppm의 농도에서 30분-60분동안 폭로되면 기도가 차단되어 수종(edema)으로 사망에 이르게 될 정도로 치명적이다. 이산화질소가 인체에 미치는 영향은 <표 2-6>과 같다.

<표 2-6> 이산화질소( $\text{NO}_2$ )가 인체에 미치는 영향

농도 (ppm)	폭로시간	인체에 미치는 영향
0.2		우주여행 허용기준
1 ~ 3		취각 탐지
5	8시간	산업안전 허용기준
13		눈, 코의 자극, 폐기관의 불쾌감, 증추신경 영향
10 ~ 40	계속노출	만성 폐기종
50 ~ 100	6 ~ 8주	섬유 폐쇄성 기관지 폐열
100	3 ~ 5분	이후의 뚜렷한 자극과 심한 기침
500	3 ~ 5분	기관지 폐열이 겹친 급성 폐부종

## 2.2.6 포름알데히드

포름알데히드는 자극취가 있는 무색의 기체이며 물에 잘 녹고 40%수용액은 포르말린이라고 하여 살균방부제로 이용된다. 포름알데히드의 발생원은 일반주택 및 공공건물에 많이 사용되는 단열재(UFFI:Urea-Formaldehyde Foam Insulation)와 섬유옷감이 그 발생원이 되고 있으며 또한, 실내가구의 철, 난방연료의 연소과정, 흡연, 생활용품, 접착제, 의약품 등에서도 방출되며 접착용 합성수지의 원료로도 사용된다. 따라서 실내 포름알데히드 농도는 신건축물

에서 높게 나타나며 조리, 난로 등에서도 방출된다. 건축자재에서 발생된 포름 알데히드는 건축자재의 수명, 실내온도 및 습도에 따라 그 방출량이 좌우되며 일반적으로 방출되는 기간은 4.4년으로 추정되고 있다. 포름알데히드는 건축물과 관련된 질환을 나타내는 화학물질로서 포름알데히드에 단기간 노출되었을 경우 눈, 코, 목의 자극 증상을 보이고 장기간 폭로되었을 경우 기침, 설사, 어지러움, 구토, 피부질환 등을 일으키며 동물실험 결과에서는 발암성(비암)이 있는 것으로 나타났다. 또한 단열재를 사용한 주택에 살고 있는 사람을 조사한 결과 오래동안 포름알데히드에 폭로되었을 경우 정서적 불안정, 기억력 상실, 정신집중의 곤란등을 가져온다고 한다.

#### 2.2.7 석면( Asbestos )

석면은 여러가지 광물섬유나 asbestosiform 형태에 대한 집합적 용어이며, 석면섬유는 섬유유리, 광물면, 셀룰로즈 등의 구성물질로서 거의 모든 건축자재나 기구, 소비물품, 가정용품등에 다양하게 이용되어 왔다.

호흡기에서의 석면섬유의 침착과 체류시간은 섬유크기와 호흡상태, 공기 중의 섬유농도에 달려 있으며 사람의 폐에 남아 있는 대부분의 섬유들은 5 $\mu\text{m}$ 보다 짧으며, 대략적으로 직경이 2.5 $\mu\text{m}$ 이하이지만, 200 $\mu\text{m}$ 에 상당하는 일부 가는 섬유도 폐에서 발견된다.

석면은 우리생활환경의 모든 곳에 존재하고, 생활에 이용되는 주요한 용도만으로도 수천 가지에 달하며 1970년대 초반까지 석면은 세계각국의 건설업에서 화재방지용 또는 단열재로 널리 사용되어 왔으나 발암성 물질로 밝혀진 후로는 석면에 대한 강력한 행정적 규제를 가하고 있는 실정이다.

석면가루에 폭로될 경우에는 피부질환, 호흡기질환, 석면증(asbestosis) 뿐만 아니라 치명적인 폐암 및 증피증(mesothelioma), 편평상피(squamous cell carcinoma)등을 유발한다고 알려져 있으며, 특히 석면에 직접적으로 노출된 사

립들 중에서 폐암이 상당히 많이 발견되었다.

### 2.2.8 라돈

라돈은 지구상에서 발견된 약 70여가지의 자연 방사능 물질의 하나로서 사람이 가장 흡입하기 쉬운 기체성 물질로서 반감기는 3.8일간으로 라듐(Radium : Ra-226)의 핵분열시 생성되는 물질이다. 라돈은 일반적으로 흙, 시멘트, 콘크리트, 대리석, 모래, 진흙, 벽돌등과 같은 건축자재 및 우물, 동굴, 천연가스 등에 존재하며 공기중으로 방출되고 있다. 이와같이 라돈은 자연계에 널리 존재하며 주로 건축자재를 통하여 인체에 영향을 미치고 있다. 주택에서의 라돈 오염은 우라늄을 함유한 암석질토양을 사용한 주택, 토양에 노출되기 쉬운 지하실을 갖춘 주택 또는 암석을 축열재로 사용하는 태양열 주택등에서 문제가 발생한다.

실내 라돈농도는 지역, 지상조건, 외기 중의 라돈농도, 건물의 건축자재, 토양, 음료수등의 라돈 함유량, 건축구조, 실내기상조건 등에 따라 형성될 수 있다. 토양에서 방출되는 라돈가스는 콘크리트판이나 블록의 기공을 통하여나 사이름, 물구덩이, 하수관이 누수됨으로 침투할 수 있으며 건축자재에서 방출되는 라돈은 화강암에서 4.2-3.0 pci/g을 방출할 수 있다. 또한 라돈가스는 공기보다 9배난 무겁기 때문에 지표에 가깝게 존재하므로 그 방출량은 증가될 수 있다.

라돈이 인체에 미치는 영향은 라돈의 알파붕괴에 의하여 라듐의 낭핵종(Radon daughter)이 생성되는데 이 낭핵종은 기체가 아니 미세한 입자로 폐에 흡입되어 폐포나 기관지에 부착되어 알파선을 방출하기 때문에 폐암을 유발시키는 것으로 나타났다. 미국의 국립방사능 방어 및 측정위원회(NCRP)에서 미국 내 연간 13만명의 폐암 사망자중 약 5천-2만명이 주택내에서 발생한 라돈 농도에 폭로된 영향으로 사망한 것으로 추정하고 있다. 또한 구미 각국에서는 역학조사 및 동물실험을 통하여 라돈 농도가 5pci 상태에서 1년간 생활할 경우 1백

만명 중 4백명 정도가 폐암 발생을 나타낸다고 추산하고 있다.

<표 2-7> 라돈이 인체에 미치는 영향

농도	인체에 미치는 영향
4 pCi/L	일생동안 폭로될 경우 폐암으로 사망할 위험율이 약 1-2% 정도로 추정된다.
5 pCi/L	이 농도에서 1년간 생활할 경우에 1백만명 중 4백명 정도의 폐암이 발생된다고 추정된다.
200 pCi/L	약 44%의 폐암 발생 위험율에 달할 수 있는 농도로 추정된다.

### 2.2.9 유기용제(VOCs, Volatile Organic Compounds)

일부 새로 지은 건물에서 빌딩증후군(Sick Building Syndrom)과 연관이 있는 화학물질 즉 VOCs가 발생하는데 이 VOCs중 Xylenes과 Decane은 실외 공기보다 그 농도가 100배 이상으로 밝혀졌다. 유기용제는 피용해물질의 성질을 변화시키지 않고, 어떤 물질을 녹일 수 있는 액체성 유기화합물질을 말하며 건축재료, 세탁용제, 가구설비, 살충제, 카펫점착제, 합성판 등에서 많이 방출된다. 유기용제는 유지류를 녹이고 그것에 스며드는 성질이 있으므로 피부에 흡수되기 쉽고, 체내에 흡수된 후에도 중추신경과 부신 등 주요기관을 침범하기 쉽다. 또한 유기용제는 휘발성이 크므로 공기중에 가스로 포함되어 있어 이런 물질들은 피부에 직접 닿지 않더라도 호흡기에 흡입되면 중독을 일으키게 된다.

유기용제는 크게 탄화수소계, 할로겐 탄화수소, 알콜류, 에스테ル류, 알데히드류, 케톤류, 글리콜류, 에텔류 등으로 분류하며 새로 지은 건물에서는 건물 완성후 방향족과 지방족 탄화수소의 농도가 상당히 높게 나타나고 몇개월이 지나고 나면 그 농도는 급격히 저하되는데 경우에 따라서는 실내농도가 실외농도와

같은 농도로 저하되는데 1년이 소요된다.

벤젠, 툴루엔, 크실렌, 시클로헥산 등은 방향족 탄화수소로 순순한 툴루엔의 공기중 농도가 600ppm인 곳에서 8시간 폭로되면 피로감, 정신착란, 두통, 구토, 현기증 등의 증상이 나타난다. 또한 툴루엔은 호흡기와 소화기를 통해 체내로 흡수되며 눈, 코, 인후, 피부등에 발생하는 자극증상과, 중추신경계 억제 작용으로 피로, 졸리움, 두통, 어지러움, 우울증 등의 신경증상을 나타낸다. 저농도의 벤젠에 장기간 폭로되어 만성중독을 일으키는 경우는 조혈 장기를 침범하여 빈혈, 혈액응고 장애, 그리고 백혈구를 파괴하여 감염에 대한 저항력이 떨어진다.

대부분의 유기용제는 마취작용을 갖고 있는데, 이것은 신경계의 지방조직에 대한 친화성 때문이다. 일반적으로 한꺼번에 다량을 흡입하면 마취작용을 나타내지만 마취되지 않을 정도의 적은 양을 오랜시간 동안 반복하여 흡입하게 되면 만성중독을 일으킨다. 유기용제에 대한 감수성은 다른 유독물질에서와 마찬 가지로 개인차가 있다. 각 유기용제가 인체에 미치는 영향을 보면<표 2-8>과 같다.

<표 2-8> 유기용제가 인체에 미치는 영향

유기용제	인체에 미치는 영향
벤젠	혈액에 대한 독성이 아주 강함
툴루엔	간, 신장, 혈액, 신경 등에 대한 독성이 강함
크실렌	간, 신장, 혈액에 대한 독성이 강함
에틸벤젠	신경계에 대한 독성이 아주 강함
스틸렌	신경계, 피부점막 등에 대한 독성이 강함

## 2.3 실내공기환경의 기준 고찰

우리나라는 공기조화를 실시하는 건물의 실내공기 허용기준을 보사부와 건축법 시행규칙에서 정하고 있고 작업장환경은 노동부에서 기준을 정하여 관리하고 있으며, 대기 환경기준은 1978년 정해진 환경보전법에서 규정하고 있다. <표 2-9>는 우리나라 건축법과 환경보전법에서 규정하고 있는 공기환경기준을 나타낸 것이다.

<표 2-9> 건축법과 환경보전법에서 규정하고 있는 공기환경기준

항 목	실 내 공 기 환 경		대 기 환 경	
	건축법, 공중위생보건법	환경 보 전 법		
부유분진 (TSP)	0.15 mg/m <sup>3</sup> 이하	연 평균치	150 µg/m <sup>3</sup> 이하	
		24시간 평균치	300 µg/m <sup>3</sup> 이하	
		1시간 평균치	400 µg/m <sup>3</sup> 이하	
일산화탄소 (CO)	10 ppm 이하	연 평균치	8 ppm 이하	
		8시간 평균치	20 ppm 이하	
이산화탄소 (CO <sub>2</sub> )	1000 ppm 이하	-	-	
이산화질소 (NO <sub>2</sub> )	-	연 평균치	0.05 ppm 이하	
		1시간 평균치	0.15 ppm 이하	
아황산가스 (SO <sub>2</sub> )	-	연 평균치	0.05 ppm 이하	
		24시간 평균치	0.15 ppm 이하	
		1시간 평균치	0.27 ppm 이하	
탄화수소 (HC)	-	연 평균치	3 ppm 이하	
		8시간 평균치	10 ppm 이하	
오 존 (O <sub>3</sub> )	-	연 평균치	0.02 ppm 이하	
		8시간 평균치	0.10 ppm 이하	
온도	(1) 18°C - 27°C (2) 거실온도를 외기온보다 낮게 할 경우 그차이는 7°C이하	-	-	
습도	40% - 70%	-	-	
기류	0.5m/sec 이하	-	-	

이와같이 우리나라는 실내공기환경을 위한 기준치로는 보사부에서 정한 공중위생법과 건축법 시행규칙에서 CO, CO<sub>2</sub>, 부유분진에 대한 기준치만이 설정되어 있으며, 지하환경에 대한 Guidline이 참고로 있을 뿐이다. 그러므로 일반 실내에서는 의학적인 면에서 제정된 노동환경의 허용치를 사용하지 않고, 개략적으로 단순히 노동환경 허용치의 1/10 ~ 1/100정도를 취하는 것이 보통이었다. 그러므로 앞으로 이러한 실내 오염물질 농도의 허용치에 대한 폭넓은 생리적인 연구와 역학적인 연구를 기초로 하여 보다 타당성 있는 규정치가 정해져야 할 것으로 판단된다.

### 2.3.1 일산화탄소(CO)

실내공기환경의 일산화탄소에 대한 공기환경기준은 <표 2-10>과 같다.

<표 2-10> 일산화탄소(CO)의 환경 기준

구 분	허 용 농 도	비 고
일 반 생활환경	90 ppm	유럽 WHO(8시간동안 15분이 초과되서는 안되는 농도)
	55 ppm	유럽 WHO(8시간동안 30분이 초과되서는 안되는 농도)
	35 ppm	유럽 WHO <sup>1)</sup> 실내공기환경 (1시간) 독 일
	20 ppm	미국 NAAQS <sup>2)</sup> (1시간)
	10 ppm (20 ppm)	일본 공해대책기본법 (대기오염 환경기준 : 8시간) 일본 건축기준법 및 빌딩관리법 (공기오염이 심한 경우)
	10 ppm	일본 공해대책기본법 (대기오염 환경기준 : 24시간)
	9 ppm	유럽 WHO 실내공기환경 (8시간) 독 일 미국 NAAQS (8시간)
작업환경	10ppm	일본 사무소위생 기준규칙 (노동안전위생법)
	50ppm	일본 산업위생학회 허용농도

1) WHO (World Health Organization)

2) NAAQS (National Ambient Air Quality Standards)

유럽의 세계보건기구인 WHO에서는 일산화탄소의 허용기준을 9ppm(8시간)으로 규정하고 있으며 우리나라를 비롯한 일본은 24시간 평균 1ppm으로 규정하고 있다.

### 2.3.2 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )

이산화탄소는 탄소의 완전연소로 방출되는 무색, 무미, 무취의 기체로 이산화탄소 자체는 인체에 무해한 것으로 알려져 있으나 사람의 활동에 의하여 배출되므로 실내의 종합적인 오염정도와 체취 등을 평가하는 척도로 사용하고 있다. 미국 NASA는 우주선의 환경기준을 1%(10000ppm)이하로 설정하고 있고 잠수함에서는 0.7%로 기준을 설정하고 있으며, 세계보건기구에서는 실내의 이산화탄소의 농도를 0.5%(5000ppm)로, 미국 ASHRAE에서는 0.25%(2500ppm)로 규정하고 있다. 그러나 우리나라를 비롯한 세계각국에서는 실내의 농도를 0.1%(1000ppm)로 규정하여 실내공기환경을 관리하고 있다.

〈표 2-11〉 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )의 환경기준

구 분	허 용 농 도	비 고
일 반 생활환경	2500 ppm	미국 ASHRAE <sup>1)</sup> 기준 (8시간)
	5000 ppm	미국 OSHA <sup>2)</sup> 기준 (8시간)
	1000 ppm	일본 건축기준법 및 빌딩위생관리법
	920 ppm	유럽 WHO 실내공기환경기준 (8시간)
작업환경	1000 ppm	일본 사무소위생 기준규칙 (노동안전 위생법)
	5000 ppm	일본 산업위생학회 허용농도

1) ASHRAE(American Society of Heating Refrigeration and Air conditioning Engineers)

2) OSHA(Occupational Safety and Health Administration: 노동안전위생국)

〈표 2-13〉 포름알데히드(HCHO)의 환경기준

구 분	허 용 농 도	비 고
덴 마 크	0.12ppm 이하	권 고 치
네덜란드	0.1 ppm 이하	위생복지처 권고치
스웨덴	0.1 ppm 이하 (신축건물) 0.4 ~ 0.7ppm 이하 (기존건물)	국가위생복지부
독 일	0.1 ppm 이하	보 건 부
노동환경 : 미국	3 ppm (TWA) <sup>1)</sup> 5 ppm (Ceiling) <sup>2)</sup> 1ppm 이하(30분 최대노출농도)	OSHA OSHA NIOSH <sup>3)</sup>

1) TWA(Time Weighted Average Concentration) : 1일 8시간 작업을 기준으로 유해요인의 측정농도에 발생시간을 곱하여 8시간으로 나눈 농도

2) Ceiling : 1일 작업시간 동안 잠시라도 노출되서는 아니되는 최고 허용농도

3) NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)

### 2.3.5 석면(Asbestos)

건축자재에서 주로 단열재로 쓰이는 석면에 대한 안전한 농도레벨은 전혀 알려지지 않고 있으며, 미국 노동안전위생연구소(NIOSH)에서는 공기 1m<sup>3</sup>마다 5μm 크기의 섬유 0.1개(fibers/cm<sup>3</sup>)로 제한하고 있으며, 현재 0.01개로 강화하려 하고 있다.

〈표 2-14〉 석면(Asbestos)의 환경기준

구 분	허 용 농 도	비 고
일반 생활환경	(안전기준결정불가능) 0.2 f/cm <sup>3</sup> 0.1 f/cm <sup>3</sup>	유럽 WHO 미국 OSHA(작업장8시간평균:>5μm) 미국 OSHA(작업자의 호흡기보호기준치) 미국 ASHRAE 영국 환경청
노동환경	2 f/cm <sup>3</sup> 1 f/cm <sup>3</sup> 0.5 f/cm <sup>3</sup>	일본 산업위생학회 프랑스 영국

### 2.3.6 라돈

라돈의 기준은 미국 환경청EPA에서 4pCi/l, ASHRAE에서는 2pCi/l로 규정하고 있으며 국제 방사선 방어 위원회(ICRP)에서는 기준치를 2.7pCi/l로 규정하고 있다. 또한 스웨덴에서는 라돈의 발생농도를 법적으로 규정하고 있으며 신축주택에서는 1.9pCi/l, 기존주택은 10.8pCi/l이하로 규정하고 있다. 핀란드의 경우 기존건물이 9.7pCi/l, 신축건물이 1.9pCi/l이고, 미국은 기존건물이 4.1pCi/l. 소련은 신축건물이 1.9pCi/l이하로 제한하고 있다. 각 나라의 건물 내 공기중 라돈농도의 기준치는 <표 2-15>와 같다.

<표 2-15> 라돈(Radon)의 환경기준

허용농도	비고
22pCi/l(400Bcq/m <sup>3</sup> )	스웨덴(치료가 요구되는 수치)
20 pCi/l	캐나다 방사능 보호국
10.8 pCi/l	스웨덴 (기존주택)
9.7 pCi/l	핀란드 (기존건물)
4.1 pCi/l	미국 (기존건물)
4 pCi/l	미국EPA <sup>2)</sup> (우라늄지역의 주택)
2 pCi/l	ASHRAE STANDARD 62-1981
1.9 pCi/l	소련 (신축건물) 핀란드 (신축건물) 스웨덴 (신축건물)

### 2.3.7 유기용제(VOCs)

건축재료 및 살충제, 페인트접착제, 약품제조 등에 널리 사용되는 유기용제의 허용농도로서 실내공기환경에 대한 기준은 아직 규정되어 있지 않으며 작업

### 2.3.6 라돈

라돈의 기준은 미국 환경청EPA에서  $4\text{pCi/l}$ , ASHRAE에서는  $2\text{pCi/l}$ 로 규정하고 있으며 국제 방사선 방어 위원회(ICRP)에서는 기준치를  $2.7\text{pCi/l}$ 로 규정하고 있다. 또한 스웨덴에서는 라돈의 발생농도를 법적으로 규정하고 있으며 신축주택에서는  $1.9\text{pCi/l}$ , 기존주택은  $10.8\text{pCi/l}$ 이하로 규정하고 있다. 핀란드의 경우 기존건물이  $9.7\text{pCi/l}$ , 신축건물이  $1.9\text{pCi/l}$ 이고, 미국은 기존건물이  $4.1\text{pCi/l}$ . 소련은 신축건물이  $1.9\text{pCi/l}$ 이하로 제한하고 있다. 각 나라의 건물 내 공기중 라돈농도의 기준치는 <표 2-15>와 같다.

<표 2-15> 라돈(Radon)의 환경기준

허용농도	비고
$22\text{pCi/l}(400\text{Bq/m}^3)$	스웨덴(치료가 요구되는 수치)
$20\text{ pCi/l}$	캐나다 방사능 보호국
$10.8\text{ pCi/l}$	스웨덴(기존주택)
$9.7\text{ pCi/l}$	핀란드(기존건물)
$4.1\text{ pCi/l}$	미국(기존건물)
$4\text{ pCi/l}$	미국EPA <sup>2)</sup> (우라늄지역의 주택)
$2\text{ pCi/l}$	ASHRAE STANDARD 62-1981
$1.9\text{ pCi/l}$	소련(신축건물) 핀란드(신축건물) 스웨덴(신축건물)

### 2.3.7 유기용제(VOCs)

건축재료 및 살충제, 페인트접착제, 약품제조 등에 널리 사용되는 유기용제의 허용농도로서 실내공기환경에 대한 기준은 아직 규정되어 있지 않으며 작업

환경기준으로 TWA(시간가중평균농도)와 STEL(단시간노출 허용농도)로 나누어져 규정되어 있다.

〈표 2-16〉 유기용제(VOCs)의 환경기준

유기용제	허용농도	비 고
벤젠	25ppm	ACGIH (STEL) <sup>1)</sup>
	10ppm	OSHA (TWA) <sup>2)</sup>
	1ppm	국내 산업안전보건법 (TWA) NIOSH (TWA)
톨루엔	200ppm	OSHA (TWA)
	150ppm	ACGIH <sup>3)</sup> (STEL)
	100ppm	국내 산업안전보건법 (STEL) NIOSH (TWA) 국내 산업안전보건법(TWA)
크실렌	150ppm	ACGIH (STEL)
	100ppm	국내 산업안전보건법 (STEL) OSHA (TWA) 국내 산업안전보건법(TWA)
에틸벤젠	125ppm	ACGIH (STEL)
	100ppm	국내 산업안전보건법 (STEL) OSHA (TWA) 국내 산업안전보건법(TWA)
스틸렌	100ppm	OSHA (TWA) ACGIH (STEL)
	50ppm	국내 산업안전보건법 (STEL) NIOSH (TWA) 국내 산업안전보건법 (TWA)

- 1) STEL(Short Term Exposure Limit) : 1회 15분간 유해요인에 노출되는 허용농도로 이 농도 이하에서는 1회 노출간격이 1시간 이상인 경우 1일 작업시간 동안 4회 까지 노출이 허용될 수 있는 농도
- 2) TWA(Time Weighted Average Concentration) : 1일 8시간 작업을 기준으로 하여 유해요인의 측정농도에 발생시간을 곱하여 8시간으로 나눈 농도
- 3) ACGIH (American Conference of Governmental and Industrial Hygienists)

## 2.4 환기시스템 개요<sup>10)</sup>

환기란 자연 또는 기계적인 수단에 의하여 실내공기와 외기를 바꿔주는 것을 말하며, 실내공기의 정화, 열의 제거, 산소의 공급, 수증기의 제거 등을 목적으로 한다. 환기방식은 분류방법에 따라 여러가지로 나누어질 수 있다. 먼저 환기구에 동력사용 유무에 따라 자연환기와 기계환기로 나눌 수 있으며, 환기가 필요한 실을 전체적으로 환기하느냐 또는 부분적으로 환기하느냐에 따라 전 체환기(회식환기)와 국부환기로 나눌 수가 있다.

### 2.4.1 자연환기

자연환기는 실내외의 온도차에 의해 부력 및 외기의 바람 등에 의하여 생기는 압력을 이용하여 환기를 행하는 것이다. 이 방식은 계절에 따른 외기온의 변화, 바람의 강약, 풍향의 변화에 따라 환기량이 좌우된다는 단점을 가지고 있다. 반면에 동력비가 들지 않는다는 장점이 있다.

### 2.4.2 기계환기

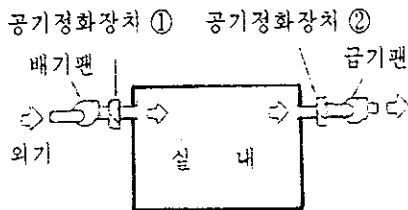
기계환기는 송풍기등의 기계력을 이용하여 환기를 행하는 것으로 (그림 5-1)에 나타난 바와 같이 송풍기를 급기계 또는 배기계의 어느 쪽에 설치하는가에 따라 세가지 종류로 분류한다.

#### (1) 기계급, 배기

이는 송풍기를 사용하여 실내에 외기를 도입하는 동시에 배풍기에 의하여 실내의 공기를 배출하는 방법이다. 이 방식은 환기량을 확실하게 얻을 수가 있고 실내의 기류분포도 쉽게 설계할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한, 급 배기량을 변화시켜 실내압을 정부압(+, -) 어느 쪽이나 유지 할 수가 있다.

---

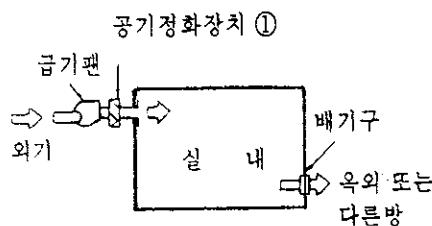
10. 우원설비(주)기획실, “환기시스템설계의 기본개념”, 월간 설비기술, 1992. 9



(그림 2-1) 기계급·배기

### (2) 기계급기, 자연배기

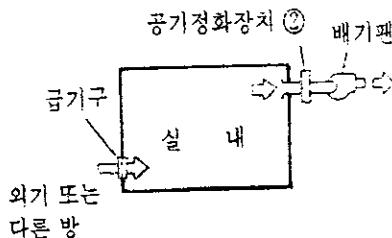
이는 실내의 적당한 위치에 배기구를 설치하고 송풍기에 의하여 외기를 강제적으로 도입하고 배기는 배기구에서 자연적으로 밀려 나가도록 하는 방식이다. 이 방식은 오염된 공기가 들어와서는 안되는 공간 또는 연소공기를 필요로 하는 공간의 환기에 적합하다.



(그림 2-2) 기계급기, 자연배기

### (3) 자연급기, 기계배기

이는 실내의 적당한 위치에 급기구를 설치하고 실내공기는 배풍기에 의하여 강제적으로 옥외 등으로 배출하고, 외기는 급기를 통하여 자연적으로 유입시키는 방식이다. 실내가 부압(-)으로 되기 때문에 화장실이나 욕실과 같이 실내에서 발생한 냄새 또는 수증기가 다른 실로 유출되서는 안되는 공간의 환기에 적합하다.



(그림 2-3) 자연급기, 기계배기

### 2.4.3 전체(회석)환기

유해물질의 발생원이 실내에 넓게 분포하거나 이동하는 실의 경우에 실내공기의 오염도가 유해한 정도까지 다다르지 않게 하려면 실내공기를 신선외기로 교체할 필요가 있으며 이를 위해서는 전체환기가 필요하다.

유해물질이 직접 발생하는 생산현장을 대상으로 공장 환기를 고려하는 경우, 전체환기가 자연환기만을 이용해서도 어느 정도 달성되나, 이 방법으로는 외기온의 변화, 바람의 강약, 풍향의 변동에 따라 환기효과가 불확실해 지며, 또한 효과도 기대하기 어려운 경우가 많다. 따라서 안정된 확실한 환기효과를 얻기 위해서는 기계환기방식을 사용하는 것이 바람직하다.

#### 1) 환기량 산정

환기량은 대상 오염물질의 실내농도를 허용치 이하로 유지할 수 있는 양을 기준으로 한다. 이때 필요한 최소 풍량을 필요 환기량이라 하고, 환기회수에 의한 계산, 필요환기량에 의한 계산, 환경보전법·건축법 등의 법규에 의한 계산방법 등이 있다.

### (1) 환기회수에 의한 계산방법

실의 용적을 구하여 <표 2-17>에 나타낸 바와 같은 환기회수를 적용하여 환기량을 산출한다. 이 방법은 허용치 또는 오염원의 상태를 파악할 수 없는 경우, 또는 이 환기량으로 계획하더라도 별 문제가 일어나지 않는 실에 대하여 적용한다.

<표 2-17> 각 실별 환기회수 및 환기량

실명	환기회수 (회/h)	환기량 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h)	실명	환기회수 (회/h)	환기량 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h)
주방(대)	40 - 60	100 - 150	흡연실	12 - 15	25 - 30
주방(소)	30 - 40	120 - 160	배선실	15 - 20	30 - 45
수세식 화장실 (사무실)	5 - 10	15 - 30	욕실	15 - 20	30 - 45
수세식 화장실 (극장)	10 - 15	30 - 45	자동차 차고	10 - 15	25 - 30
탕비실	10 - 15	30 - 45	변압기실	10 - 15	30 - 50
보일러실	급기 10-15	30 - 50	발전기실	30 - 50	150 - 200
	배기 7-10	20 - 30	지하창고	5 - 10	15 - 30
미용실	5 - 10	12 - 20	세탁실	20 - 40	60 - 120

### (2) 필요환기량에 의한 계산방법

실내환경을 유지하기 위해 환기요인의 허용치와 오염원이 제시되는 경우, 그 허용치를 벗어나지 않기 위하여 필요한 환기량은 <표 2-18>에 제시한 계산식에 의하여 구한다.

<표 2-18> 필요환기량의 계산식

환기요인	계 산 식	비 고
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)
수증기	$Q = \frac{W}{0.29(X_i - X_o)}$	$W$ : 수증기발생량 (kg/h) $t_i$ : 허용 실내절대습도 (kg/kg') $t_o$ : 도입 외기절대습도 (kg/kg')
가스	$Q = \frac{100M}{K - K_o}$	$M$ : 가스 발생량 (m³/h) $K$ : 허용 실내가스농도 (용적%) $K_o$ : 도입 외기ガ스농도 (용적%)
먼지	$Q = \frac{M}{C - C_o}$	$M$ : 먼지 발생량 (mg/m³) $C$ : 허용 실내먼지농도 (mg/m³) $C_o$ : 도입 외기먼지농도 (mg/m³)
불	$Q = KL$	$K$ : 환기량 (m³/kcal 또는 m³/kg) (이론 폐가스량 × 배기조건) $L$ : 연소기구의 연료소비량 (kcal/h 또는 m³/kg)

### (3) 법규에 따른 계산방법

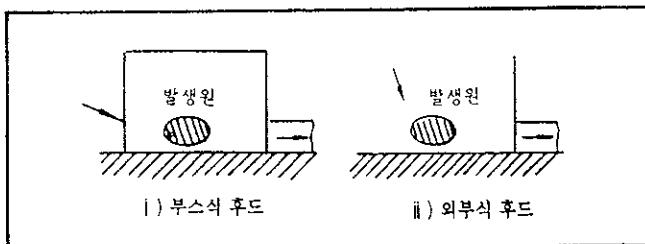
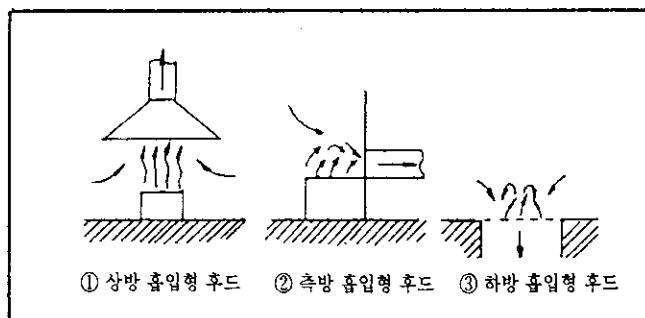
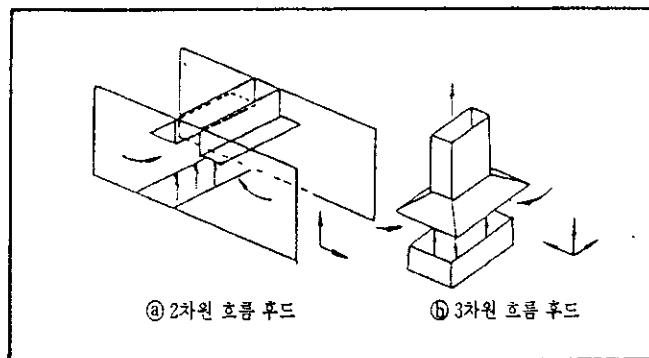
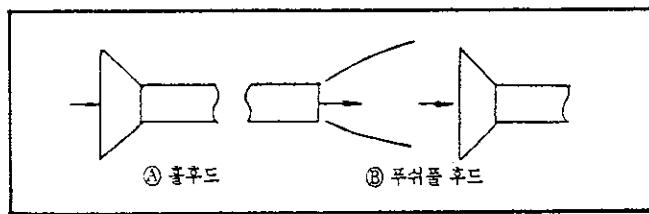
환경보전법, 건축법에서는 실내환경기준을 정하여 규제치 또는 계산식에 의하여 법적 환기량을 준수하도록 규정하고 있다. 따라서, 법규에 의한 환기량은 이론적 계산에 의하여 구한 값보다 효력이 크다. <표 2-19>은 우리나라의 현행 각종 법규에 제시한 환기량을 나타낸다.

<표 2-19> 법규에서 제시한 환기량

실 명	환 기 조 건	법 규
거 실	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 중앙식 공조설비를 설치할 경우 먼지의 양 : <math>0.15(\text{mg}/\text{m}^3)</math> CO 함유율 : <math>10(\text{ppm})</math>이하 <math>\text{CO}_2</math> 함유율 : <math>1,000(\text{ppm})</math>이하 풍속 : <math>0.5(\text{m/s})</math>이하</li> <li>* 기계환기 설비의 경우 유효환기량 <math>V=20 \cdot Af/N</math>  <math>V</math> : 유효환기량 (<math>\text{m}^3/\text{h}</math>)  <math>Af</math> : 거실의 바닥면적(<math>\text{m}^2</math>)          다만, 창 등의 유효 개구부가 있는 경우에는 그 면적의 20배를 감한다.  <math>N</math> : 1인당 점유면적(<math>\text{m}^2</math>)          다만, <math>N &gt; 10</math>일 때에는 10으로 한다.</li> </ul>	건축물의 설비 기준등에 관한 규칙 제12조
옥내주차장	* CO 농도 $50\text{ppm}$ (평균치)이하	주차장법 시행규 칙 제6조 ⑦항

#### 2.4.4 국부환기

주방, 공장, 실험실 등의 먼지, 증기, 유독가스, 고열 등이 발생하는 곳에서 국부적으로 배기하여 오염물질들이 실내에 확산하는 것을 방지하고 최소의 배기량으로 실내환경을 쾌적하고 안전하게 유지하는 방법이다. 일반적으로 국부 배기에는 후드가 사용되며, 취출 및 흡입개구에 따라서 다음 그림과 같이 구분 될 수 있다(그림 2-4)



(그림 2-4) 국부환기의 종류

일본의 노동안전위생법에서는 국부배기장치의 요점으로 다음과 같이 정의하고 있다.

- ① 가스, 증기 또는 분진의 발생원별로 설치할 것.
- ② 작업방법이나 가스, 증기, 분진발산 등의 상황 및 비중에 따라서 흡인에 적절한 형식이나 크기의 것으로 할 것.
- ③ 측방 흡입형 후드 또는 상방 흡입형 후드는 가스, 증기 또는 분진의 발생 원에 되도록 가까운 위치에 설치할 것.
- ④ 작업 방법으로 보아 설치 곤란한 경우를 제외하고는 부스식으로 할 것.

배기후드에서의 필요배기량은 배기장치, 연료의 종류 및 소비량에 의하여 구한다. 한편, 기구에서의 열, 수증기, 연기 등이 발생하면 이것들을 제거하는데 필요한 기술상의 배기량을 확보할 필요가 있다. 일반 후드의 면풍속은 0.2-0.5m/s, 이중후드의 주변슬롯 폭은 10-20mm이고, 면풍속은 5-10m/s로 한다. 기타 불을 사용하는 배기후드에는 다음과 같은 사항에 유의해야 한다.

- ① 기구가 2개 이상인 경우에는 연속후드로 한다.
- ② 배기후드는 스테인레스제로 하고 판두께는 1.0mm이상으로 한다.
- ③ 기름기 있는 배기에 사용하는 후드는 그리스 필터와 방화댐퍼를 설치하여 덱트에 화재가 확산되는 것을 방지한다.
- ④ 주방설비에서 다량(30만 kcal/h이상)의 불을 사용하는 경우 31mm를 초과하는 건물에서 기름기가 있는 증기를 발생할 때에는 후드 및 배기덱트에 화재의 확산방지를 위하여 국부식 분말소화장치를 설치한다.

## 제 3 장 공동주택에 있어서 주방의 공기환경 측정

### 3.1 측정개요

본 연구는 공동주택의 주방에서의 실내공기환경의 오염실태를 조사하기 위해 서울에 위치한 7개의 공동주택으로 평수가 18-33평 정도의 비교적 규모가 작은 곳을 선정하여 측정하였다. 또한, 주방의 공기환경에 영향을 크게 미치는 건물의 준공년도, 난방방식, 후드의 유무, 가족구성형태, 흡연자수, 취사시 환기여부를 고려하여 각각의 공동주택에서 2-3세대씩 모두 19세대를 측정하였으며 측정대상건물의 개요는 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> 측정대상 공동주택의 개요

건물명	측정세대수	평수	준공년도	난방방식	후드유무
홍제동 A아파트	3	25	1992	중앙식	유
명일동 S아파트	3	23	1984	중앙식	유
고척동 P빌라	3	18	1980	개별식	무
고척동 H아파트	3	33	1986	중앙식	유
광장동 M빌라	2	25	1986	개별식	유
고척동 U아파트	3	18	1976	개별식	무
개봉동 G아파트	2	32	1989	중앙식	유

측정기간은 1994년 2월 21일-3월 23일 사이에 측정하였으며 이산화질소는 1주일 동안 포집시켰고 그 외의 공기환경요소는 1주일 중 1일을 취사시와 비취사시에 각각 측정하였다.

### 3.2 측정 항목 및 방법

측정항목으로는 주방과 거실 및 실외의 기온, 상대습도, 기류속도 등의 온열환경요소와 부유분진 및 취사용 가스기구로 부터 발생하는 CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>등 공기환경요소로 하였다. 또한 주방의 공기환경에 중요한 영향을 미치는 주부의 취사시 환기실태를 조사하였으며, 측정기간 1주일동안의 취사시간수와 후드의 사용여부, 사용시간, 주방창문의 개폐상태를 주부가 직접 작성하도록 하였다. 주요 측정항목과 측정기기는 <표 3-2>와 같다. 측정점의 위치는 주방의 크기를 고려하여 가스기구에서 1.5m떨어진 2점을 선정하였으며, 거실은 중앙에 1점을 선정하여 측정하였다.

<표 3-2> 측정항목 및 측정기기

측정항목	측정기기	측정점
온도	Digital Thermometer(C822-2)	
상대습도	Digital Psychrometer(C846-2)	
기류속도	Anemometer	
CO	USI Gas Detector	
CO <sub>2</sub>	Portable Carbon Dioxide Analyzer	
부유분진	Respirable Aerosol Mass Moniter (PIEZOBALANCE-KANOMAX사)	가스기구에서 1.5m떨어지고 지면에서 1.5m높이의 2점
NO <sub>2</sub>	Palmes Tube Spectrophotometer	

### **3.2.1 기온 및 습도**

공동주택의 주방에 있어서 기온 및 습도 측정은 Portable Digital Thermometer (C822-2)/Digital Psychrometer(C846-2)를 사용하여 연소기구로부터 1.5m 떨어진 2점을 선정하여 바닥으로부터 1.5m높이에서 측정하였다.

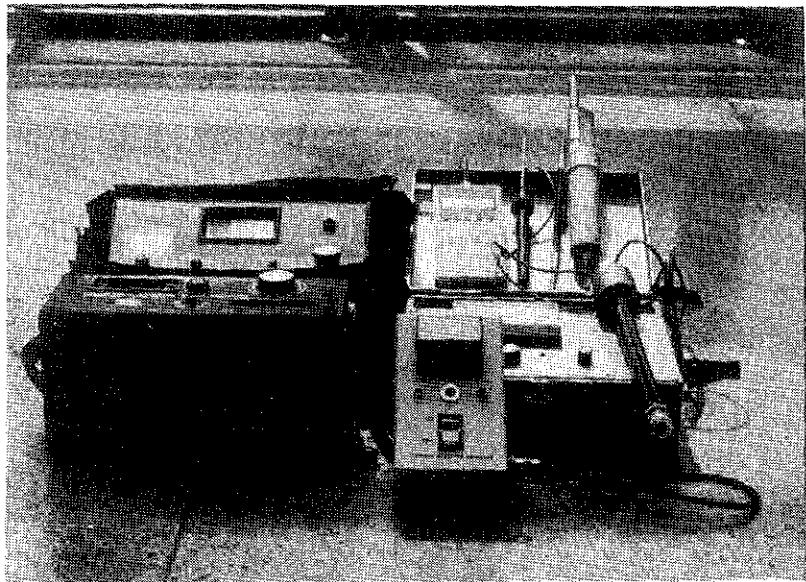
### **3.2.2 부유분진**

본 연구에서는 포집된 분진의 질량에 의하여 진동수를 변화시켜 주파수변동에 따라 sensor 자체의 질량을 재는 PIEZOBALANCE(KANOMAX社)형 분진측정계를 사용하여 연소기구로 부터 1.5m 떨어진 2점을 선정하여 바닥으로부터 1.5m높이에서 측정하였다.

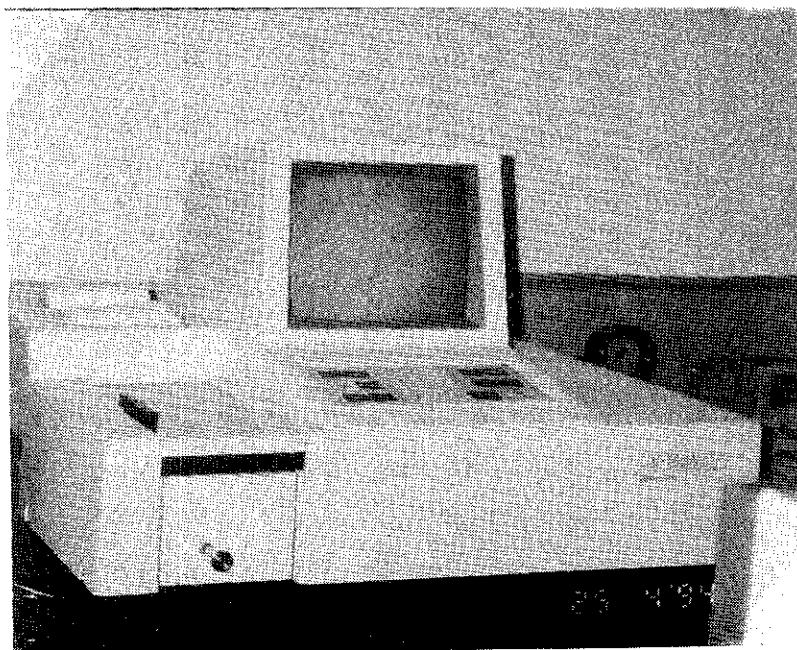
### **3.2.3 CO<sub>2</sub>가스 및 CO가스**

CO<sub>2</sub>가스는 그 자체는 유독하지는 않으나 농도증가는 실내공기환경의 악화와 타오염 인자의 증가와 비례하는 것으로 실내공기오염의 종합적 평가수단으로 이용되며 CO<sub>2</sub>가스 측정은 Portable Carbon Dioxide Analyzer(캐나다제품 range: 0-10,000ppm)를 이용하여 측정하였다.

또한 CO가스는 탄소를 포함한 모든 물질이 연소할 때 발생하며 특히 산소의 공급이 부족할 때 그 발생량은 급증하고 있어 주방 및 난방시설의 각종 열원 기기로부터 방출되고 있다. CO가스의 측정은 대기 및 실내공기등의 CO가스 (range: 0-250ppm)가 니크롬선에 닿아 연소됨으로써 감지되는 USI CO Gas Detectors 를 사용하였다.



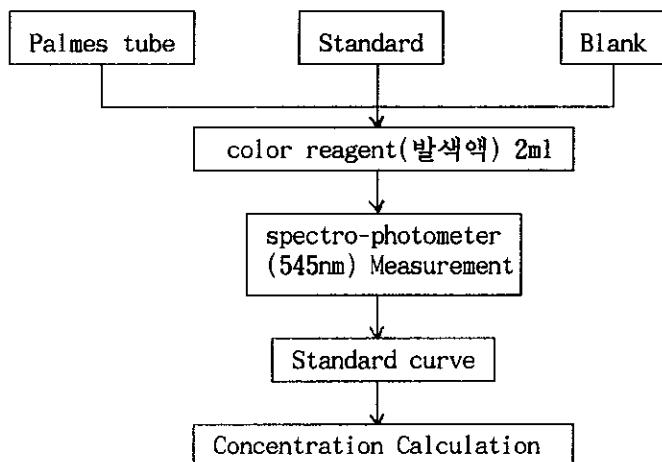
(사진 3-1) 측정기기



(사진 3-2) NO<sub>2</sub>가스 분석용 Spectro-photometer

### 3.2.4 NO<sub>2</sub>가스<sup>11)</sup>

이산화 질소는 정상 대기 중에는 약 1ppb가량 존재하고 있는 적갈색의 유독 가스로서 실내 이산화질소의 경우는 일반 가정에서 취사용 가스기구 사용시에 다량 발생하고 흡연과 난방연료 연소시에도 발생할 뿐만 아니라 외부에서 실내로 유입되는 경우도 있다. 이산화질소는 자극적인 염화수소, 아황산가스등과는 달리 비작극성이기 때문에 위험을 감지하지 못하고 오염된 장소에서 장시간 폭로될 가능성이 크며, 비록 저농도라도 반복적으로 장시간 폭로시는 폐기능감소와 특히 소아들에 있어서는 기관지염, 천식, 폐암 및 만성 폐질환등의 호흡기 질환의 발생이 높다고 보고되어 있다. (그림 3-1)는 NO<sub>2</sub>가스 분석 개략도를 나타낸것이다.



(그림 3-1) NO<sub>2</sub>가스 분석 개략도

Personal Sampler를 이용한 이산화질소의 농도측정방법으로는 Badge Tube과 Palms Tube의 2종류가 있는데 본 연구에서는 Palms Tube를 이용하여 측정하

11. Anthony M.Majahad, "Palms NO<sub>2</sub> Diffusion Tube Standard Operating Procedures", Harvard School, 1988

였다. Palms Tube는 NIOSH에서 이산화질소 포집용으로 사용하고 있으며 휴대가 간편하고 오차가  $\pm 10\%$  이내로 정확성이 뛰어나며 재현성이 클뿐만 아니라 분해 및 파괴의 위험성이 적은 것으로 최대 검출능력은 600ppb NO<sub>2</sub>/hr이다.

Tube는 가스렌지에서 1.5m떨어진 곳의 지면에서 1.5m높이의 벽과 싱크대에 각각 3개씩 1주일동안 폭로시켰으며 분석방법은 Tube를 회수하여 removable cap을 제거한후 stainless steel screen에 발색액(10g의 Sulfanilamide를 85% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 50ml에 용해 시켜 중류수를 가해 만든 2000ml + NEDA 140mg에 중류수를 가해 만든 100ml) 2ml를 위하여 가볍게 흔들어 30분간 충분히 발색시킨후 10mm 석영cell에 넣어 545nm의 파장에서 Spectrophotometer로 부터 흡광도를 측정하였다. 얻어진 흡광도로 부터 검량선을 이용하여 이산화질소 가스의 nmol을 계산, 농도(ppb)를 산정하였다. 검량선은 NaNO<sub>2</sub>를 표준물질로 하여 <표 3-3>와 같이 NO<sub>2</sub>-stock soln. 및 working soln.을 만들어 절대 검량선법에 의하여 구하였다. 계산되어진 이산화질소 가스의 nmol로 부터 이산화질소가스 농도산정공식에 의하여 NO<sub>2</sub>가스의 농도(ppb)를 산정하였다.

NO<sub>2</sub>가스의 농도산정 공식은 다음과 같다.

$$\text{ppb NO}_2 = \text{nmol NO}_2 \left[ \frac{\text{ppm. hr}}{Q \text{ nmol NO}_2} \right] \left[ \frac{1}{\chi \text{ hrs}} \right] \left[ \frac{1000 \text{ ppb NO}_2}{\text{ppm NO}_2} \right]$$

<표 3-3> NO<sub>2</sub> 가스 검량선 작성표

Stock solution ( ml )	Working solution ( $\mu$ l )	Volume of Coloring reagent added (ml)	Standard solution ( nmoles of NO <sub>2</sub> )
0.50	20.0	4.0	2.49
0.50	20.0	2.0	4.95
1.00	20.0	2.0	9.90
2.00	20.0	2.0	19.80
3.00	20.0	2.0	29.70
4.00	20.0	2.0	39.60
6.00	20.0	2.0	59.40
8.00	20.0	2.0	79.21

### 3.3 공동주택의 주방 공기환경 측정결과 분석

본 연구에서는 주방에서 비취사시와 각종 취사기구와 열원기기를 사용하는 취사시의 온도, 상대습도, 기류속도 등의 온열환경과 CO<sub>2</sub>, TSP, NO<sub>2</sub>등의 공기환경을 조사하였다. 측정요소 중 NO<sub>2</sub>를 제외한 다른 요소들은 각종 기기를 이용하여 순간농도나 순간값으로 측정하였으며 NO<sub>2</sub>가스는 1주일간의 주방에서의 평균농도를 측정하였다. 측정결과는 <표 3-4>와 같다.

<표 3-4> 공동주택의 주방의 공기환경 측정결과

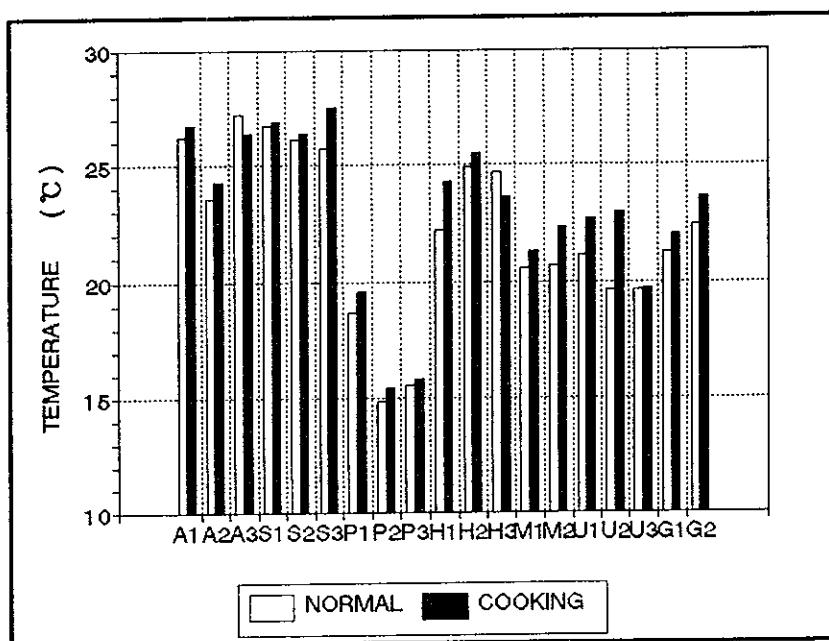
측정요소	온도 (°C)	습도 (%)		기류 (m/s)		CO <sub>2</sub> (ppb)		TSP (ppm)		NO <sub>2</sub> (ppb)		
		*1	*2	*1	*2	*1	*2	*1	*2			
A아파트	외기	11.13		70.1		0.4		350		0.02	33.2	
	A1	26.23	26.73	59	49.5	0	0.01	950	1400	0.04	0.05	20.5
	A2	23.55	24.3	43.7	46.8	0	0	500	850	0.03	0.05	21
	A3	27.2	26.37	41.4	45.7	0	0	750	1300	0.03	0.04	11.5
S아파트	외기	10.82		69.9		0.45		390		0.01	17.4	
	S1	26.7	26.9	42	46.3	0	0	250	1100	0.03	0.03	16
	S2	26.1	26.4	49.6	42.2	0	0	950	600	0.07	0.08	25.5
	S3	25.7	27.5	41.5	47.5	0	0.03	1000	1700	0.02	0.04	31.8
P빌라	외기	8.61		43.5		0.6		300		0.03	25.5	
	P1	18.7	19.57	32.6	38.6	0	0	450	1300	0.02	0.05	35.8
	P2	14.8	15.43	31.6	39.5	0	0	450	600	0.05	0.06	28.8
	P3	15.54	15.8	43.7	44.2	0	0	550	1050	0.03	0.05	51.9
H아파트	외기	4.52		43.8		0.8		360		0.03	26.8	
	H1	22.2	24.3	22.4	27.2	0	0.01	350	600	0.03	0.04	35.8
	H2	24.9	25.53	25.52	27.2	0	0	550	500	0.04	0.05	40.9
	H3	24.68	23.62	28.9	28.8	0	0	450	400	0.02	0.03	23.4
M빌라	외기	10.5		45.5		0.7		330		0.05	22.3	
	M1	20.6	21.3	55.1	57.5	0.01	0	1850	2200	0.07	0.08	32.4
	M2	20.7	22.3	31	36	0.01	0	600	1350	0.05	0.05	32.4
U아파트	외기	9.95		59.4		1.8		340		0.05	28.9	
	U1	21.15	22.67	31.5	31.7	0	0	520	600	0.06	0.07	38.2
	U2	19.65	22.96	42.7	49.3	0	0	600	1750	0.06	0.08	86.7
	U3	19.66	19.68	37	40.1	0	0	600	800	0.05	0.07	57.8
G아파트	외기	7.57		68.5		2		330		0.07	24.7	
	G1	21.24	22.02	42.2	45.1	0	0	550	1050	0.08	0.09	27.8
	G2	22.42	23.65	40.0	42.8	0	0	650	1750	0.07	0.08	35.2

\*1 비취사시

\*2 취사시

### 3.3.1 기온

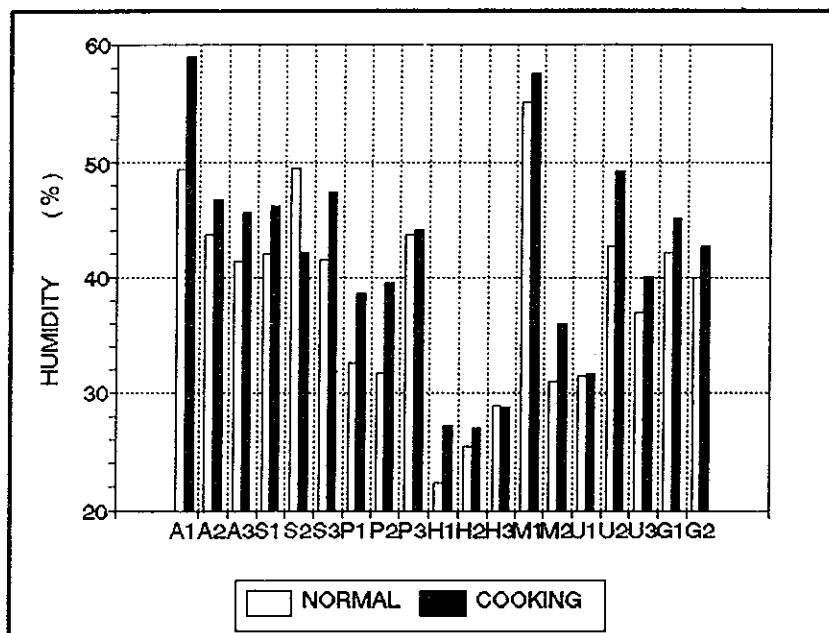
측정 공동주택의 주방에서 19주택 평균 기온분포는 외기온  $9.01^{\circ}\text{C}$ , 주방에서 비취사시의 평균기온은  $22.2^{\circ}\text{C}$ , 취사시의 평균기온은  $23.0^{\circ}\text{C}$ 로 나타나 취사시의 기온이 평균  $0.8^{\circ}\text{C}$ 높은 것으로 나타났다. 아파트단위의 평균기온을 보면 A아파트  $25.7^{\circ}\text{C}$ , S아파트  $26.2^{\circ}\text{C}$ , P빌라  $16.4^{\circ}\text{C}$ , H아파트  $23.9^{\circ}\text{C}$ , M빌라  $20.7^{\circ}\text{C}$ , U아파트  $20.2^{\circ}\text{C}$ , G아파트  $21.8^{\circ}\text{C}$ 로 나타나 개별난방방식인 P,M,U아파트의 기온이 중앙난방방식인 A,S,H,G아파트의 기온보다 비교적 낮은 것으로 나타났다. 취사시의 평균기온은 A아파트  $25.8^{\circ}\text{C}$ , S아파트  $26.9^{\circ}\text{C}$ , P빌라  $16.9^{\circ}\text{C}$ , H아파트  $24.5^{\circ}\text{C}$ , M빌라  $21.8^{\circ}\text{C}$ , U아파트  $21.8^{\circ}\text{C}$ , G아파트  $22.8^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다(그림 3-2).



(그림 3-2) 공동주택의 주방에서 취사시와 비취사시의 기온분포

### 3.3.2 상대습도

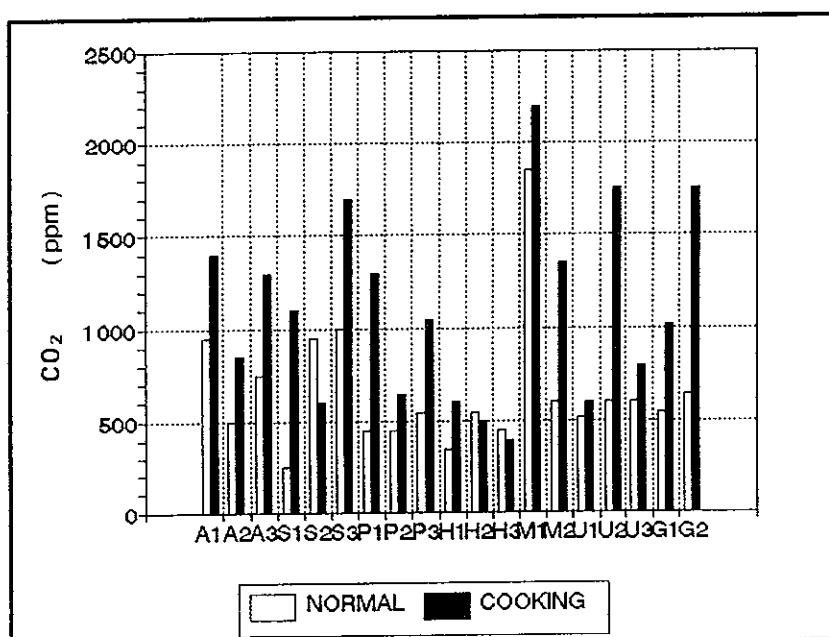
측정 공동주택의 주방에서 19주택 평균 상대습도는 외기 57.2%, 주방에서 비취사시의 상대습도는 38.5%, 취사시의 상대습도는 41.9%로 나타나 취사시의 상대습도가 평균 3.4% 높은 것으로 나타났다. 아파트단위의 평균상대습도를 보면 A아파트 44.9%, S아파트 44.4%, P빌라 36%, H아파트 25.7%, M빌라 43.1%, U아파트 37.1%, G아파트 41.1%로 나타났으며 취사시는 A아파트 50.5%, S아파트 45.3%, P빌라 40.8%, H아파트 27.7%, M빌라 46.8%, U아파트 40.4%, G아파트 44%로 나타났다. S2세대와 H3세대는 취사시 창문을 통한 자연환기에 의해 비취사시보다 상대습도가 낮게 나타났으며 특히 S2세대의 경우는 7.4% 더 낮게 나타났다(그림 3-3).



(그림 3-3) 공동주택의 주방에서 취사시와 비취사시의 상대습도분포

### 3.3.3 CO<sub>2</sub>농도

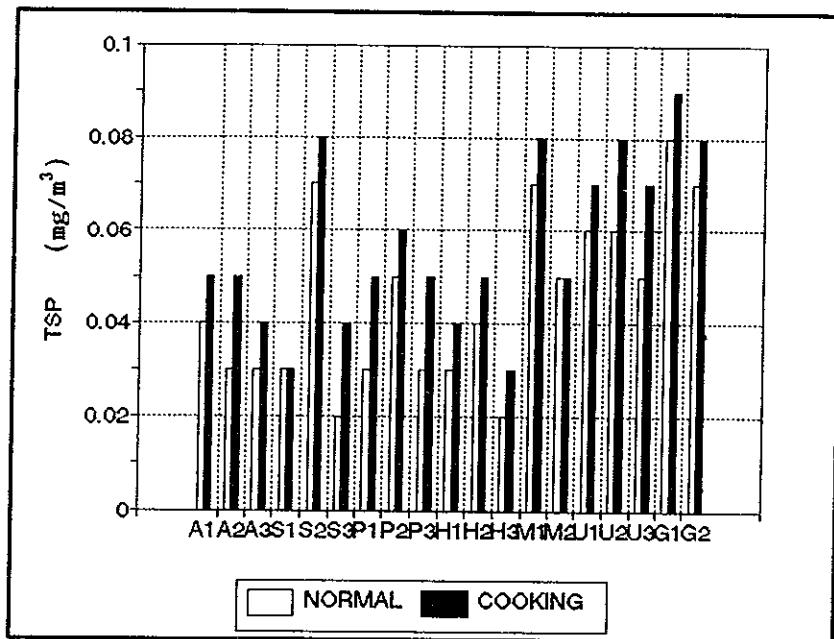
측정 공동주택의 주방에서 19주택 평균 CO<sub>2</sub>가스농도는 외기 334.3ppm, 주방에서 비취사시의 CO<sub>2</sub>가스농도는 661.1ppm, 취사시의 CO<sub>2</sub>가스농도는 1101.1ppm으로 나타나 취사시의 CO<sub>2</sub>가스농도가 평균 440ppm 높은 것으로 나타났다. 아파트단 위의 평균CO<sub>2</sub>가스농도를 보면 A아파트 733ppm, S아파트 733ppm, P빌라 483ppm, H아파트 450ppm, M빌라 1225ppm, U아파트 573ppm, G아파트 600ppm으로 나타났으며 M빌라의 평균 CO<sub>2</sub>농도는 이미 비취사시에 실내 허용기준치인 1000ppm(건축법)을 넘는 것으로 나타났다. 취사시의 평균 CO<sub>2</sub>농도는 A아파트 1183ppm, S아파트 1133ppm, P빌라 1100ppm, H아파트 500ppm, M빌라 1775ppm, U아파트 1050ppm, G아파트 1385ppm으로 H아파트를 제외한 공동주택이 기준치를 넘고 있으며, 비취사시 이미 기준치를 넘은 M빌라는 1775ppm으로 최대 CO<sub>2</sub>가스농도를 나타냈다. S2, H2, H3세대의 경우는 취사시 환기로 인하여 CO<sub>2</sub>농도가 비취사시 보다 다소 낮아지는 것으로 측정되었다(그림 3-4).



(그림 3-4) 공동주택의 주방에서 취사시와 비취사시의 CO<sub>2</sub>농도 분포

### 3.3.4 기류 및 부유분진

주방에서의 기류는 취사시 및 비취사시 모두 큰 변화가 없이 매우 낮은 것으로 나타났다. 한편, 부유분진은 측정 공동주택의 주방에서 19주택 평균 외기  $0.037\text{mg}/\text{m}^3$ , 주방에서 비취사시  $0.045\text{mg}/\text{m}^3$ , 취사시  $0.057\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 나타나 건축법규에서 제시하고 있는 실내 부유분진 기준치인  $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ (건축법)과 비교해 볼때 문제가 없는 것으로 나타났다(그림 3-5).

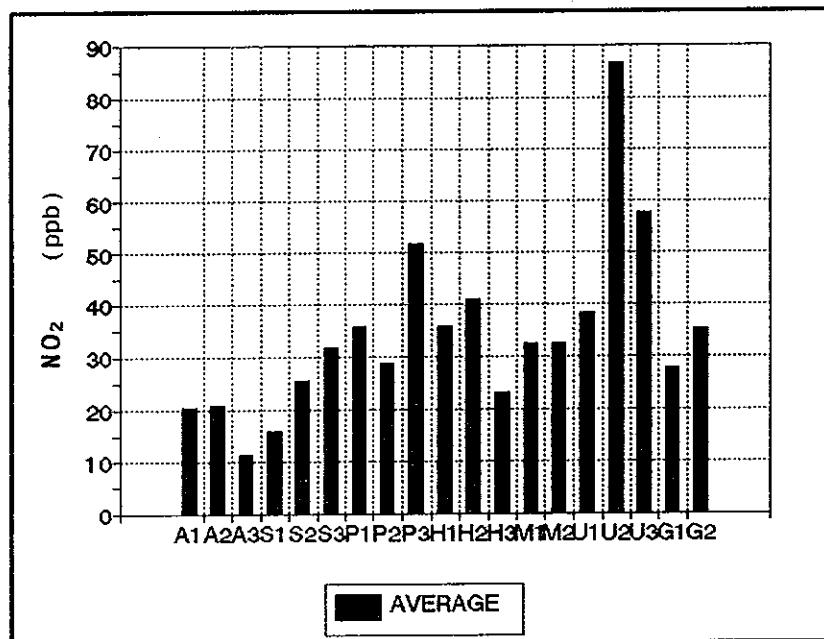


(그림 3-5) 공동주택의 주방에서 취사시와 비취사시의 부유분진 분포

### 3.3.5 $\text{NO}_2$ 농도

측정 공동주택의 주방에서 19주택 평균  $\text{NO}_2$  가스농도는 외기 25.26ppb, 주방

34.4ppb로 나타났다. 아파트단위의 평균 NO<sub>2</sub>가스 농도는 A아파트 17.7ppb, S아파트 24.4ppb, P빌라 38.8ppb, H아파트 33.4ppb, M빌라 32.4ppb, U아파트 60.9ppb, G아파트 31.5ppb로 나타났다. 후드가 설치되지 않은 U아파트는 평균 NO<sub>2</sub>농도가 가장 높은 60.9ppb로 대기환경 기준치인 50ppb(환경보전법)를 넘고 있으며 그중 U2세대의 경우는 86.7ppb로 기준치의 1.7배의 최대 NO<sub>2</sub>농도를 나타냈다. U2세대의 경우는 후드가 없고, 취사시 창문을 통한 환기를 하고 있지 않은 것으로 조사되었다. 또한 U3세대와 P3세대의 경우도 각각 57.8ppb, 51.9ppb로 기준치를 넘고 있다(그림 3-6).

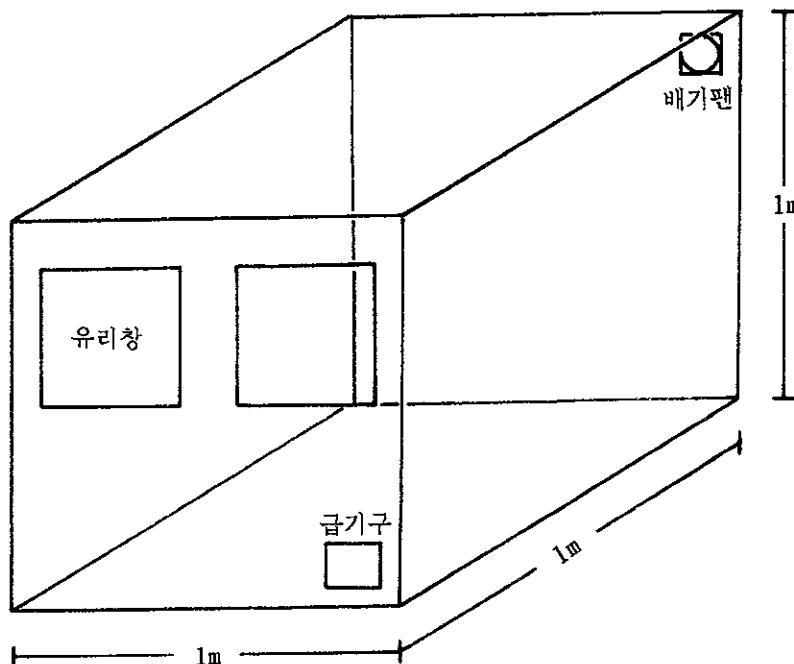


(그림 3-6) 공동주택의 주방에서 NO<sub>2</sub>농도 분포

## 제 4 장 모형실험

### 4.1 실험개요

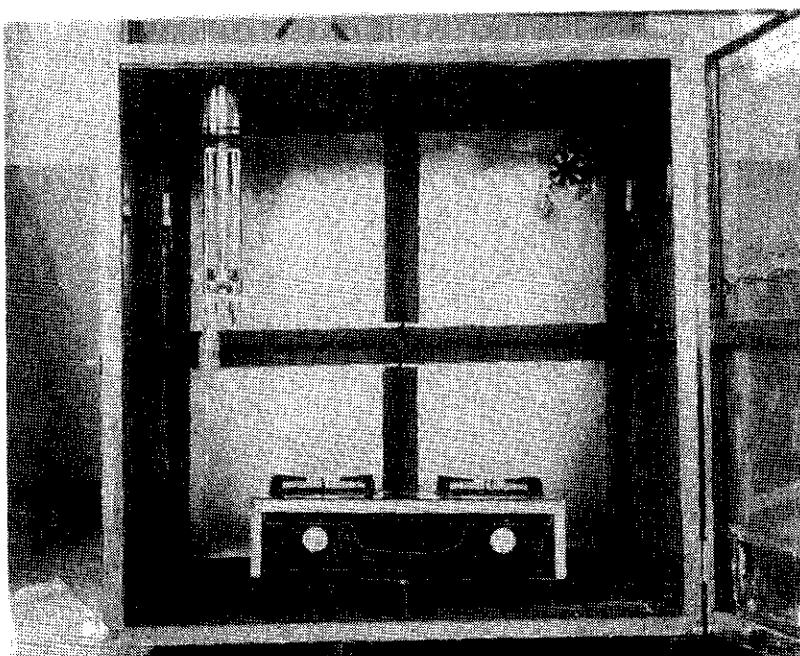
본 장에서는 축소모형을 통하여 취사용 가스렌지 사용시 오염물질의 정확한 발생량을 파악하고 그에 따른 적정환기량을 산정하여 배기팬의 성능에 따라 환기가 어느 정도 효과적으로 되는지 또한 실제 주방공간에서 사용하는 팬의 성능은 적정한지 실험을 통하여 분석하였다.



(그림 4-1) 축소모형의 개략도

(그림 4-1)은 본 실험에서 사용한 축소모형의 크기와 개략도이다. 모형은 앞

서 3장에서 측정한 공동주택에서 조사한 주방공간의 평균체적에 1/17의 크기인  $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$  ( $1\text{m}^3$ )이며, 아래 사진에서 보는 바와 같이 배기팬은 후면 상단에 금기구는 전면 하단에 설치되어 있다. 배기팬의 크기는  $0.08\text{m} \times 0.08\text{m}$ 이며 배기팬의 풍속은  $0.93\text{m/sec}$  (환기량  $21.4\text{m}^3/\text{h}$ ),  $1.5\text{m/sec}$  (환기량  $34.6\text{m}^3/\text{h}$ ),  $2.2\text{m/sec}$  (환기량  $49.8\text{m}^3/\text{h}$ ),  $4\text{m/sec}$  (환기량  $92.2\text{m}^3/\text{h}$ )의 4단계로 실험하였다. 가스렌지는 일반적으로 주방에서 많이 사용하는 2-burner 가스렌지로 표준발열량은 1단 (불꽃小)- $680\text{kcal/h}$  ( $0.0574\text{kg/h}$ ), 2단 (불꽃中)-  $1420\text{kcal/h}$  ( $0.1170\text{kg/h}$ ), 3단 (불꽃大)- $2600\text{kcal/h}$  ( $0.21\text{kg/h}$ )의 발열량을 내는 가스렌지를 사용하였으며 실험시는 가스렌지를 모형중앙에 위치 시켰다. 측정기는 3-2장에서 전술한 바와 같으며 모형상부와 좌측면에 오염물질 측정기기의 센서를 위한 개구부가 있고 실험시는 센서주위를 밀폐시켰으며 실험시 온도와 습도 측정을 위하여 아스만 온도계를 내부에 설치하였다. (사진 4-1)은 모형의 모습을 나타낸다.



(사진 4-1) 실험모형

## 4.2 실험방법

본 실험에서는 축소모형을 통하여 취사용 가스렌지 사용시에 발생되는 오염 물질의 정확한 발생량을 파악하기 위하여 실험과정은 가스렌지를 1단(불꽃 小), 2단(불꽃 中), 3단(불꽃 大)의 3종류에 대하여 배기팬의 풍속을 각각  $0.93\text{m/sec}$ (환기량  $21.4\text{m}^3/\text{h}$ ),  $1.5\text{m/sec}$ (환기량  $34.6\text{m}^3/\text{h}$ ),  $2.2\text{m/sec}$ (환기량  $49.8\text{m}^3/\text{h}$ ),  $4\text{m/sec}$ (환기량  $92.2\text{m}^3/\text{h}$ )의 4단계로 모두 12 case로 측정하였다.

실험과정을 요약하면 다음과 같다.

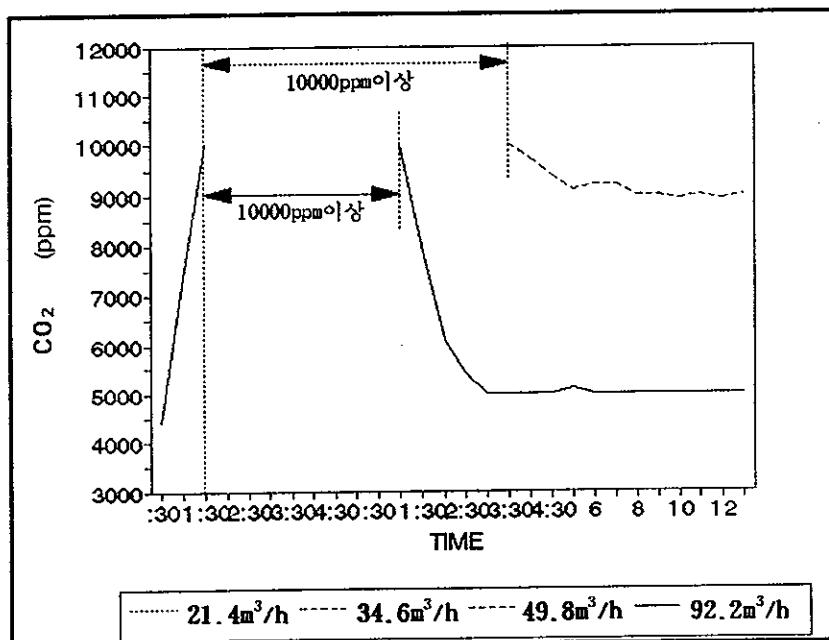
- ① 실험에 들어가기전에 외기와 모형내부의 온·습도와  $\text{CO}_2$ 가스를 측정한다.
- ② 모형내부 벽면에  $\text{NO}_2$ 측정용 Palmes Tube를 6곳에 부착한후 공기 흡입구를 연상태에서 가스렌지와 배기팬을 동시에 작동 시킨후 모형입구를 밀폐시킨다.
- ③ 실험시작후 한시간동안 매 2분마다 측정기기를 이용하여 온·습도와  $\text{CO}_2$ 가스의 농도변화를 측정, 기록한다.
- ④ 실험시작후 한시간이 지나면 모형입구를 열어 가스렌지를 끄고 Palmes Tube를 회수하여 removable cap을 씌운다.
- ⑤ 모형입구를 열고 배기팬을 이용하여 충분히 환기하여 전실험이 후실험에 영향을 주지않도록 한다.
- ⑥ 회수한 Palmes Tube는 Spectro-Photometer측정기를 이용하여  $\text{NO}_2$ 농도를 측정한다.

## 4.3 실험결과

이상의 방법에 의한 실험결과 취사용 가스렌지의 세기와 배기팬의 성능에 따른 12case의 실험결과는 다음과 같다.

### 4.3.1 CO<sub>2</sub>가스 농도

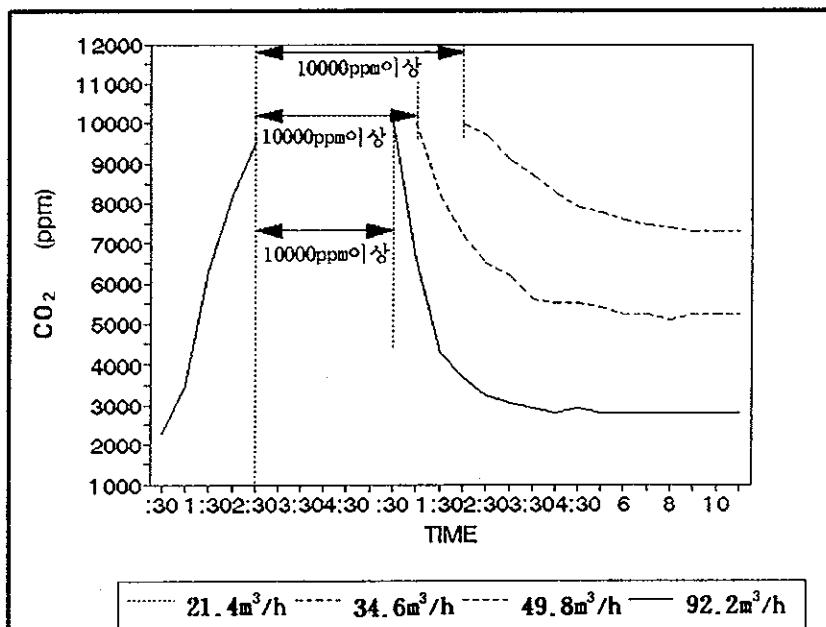
1. 팬을 작동하지 않은 상태에서 표준 발열량이 「2600kcal/h」인 가스렌지 3단을 5분동안 작동시킨후 환기량이 92.2m<sup>3</sup>/h, 49.8m<sup>3</sup>/h, 34.6m<sup>3</sup>/h, 21.4m<sup>3</sup>/h인 4종류의 팬을 1시간동안 작동 시켰을 때 CO<sub>2</sub>가스 농도의 변화를 실험하였다. (그림 4-2)는 환기량에 따른 CO<sub>2</sub>가스 농도의 변화를 나타낸다.



(그림 4-2) 환기량에 따른 CO<sub>2</sub>가스 농도변화(가스렌지 3단)

가스렌지 3단을 작동한지 1분30초 후에 10000ppm이상으로 CO<sub>2</sub>가스농도가 높아졌으며 가스렌지 작동 5분후에 팬을 작동시켰을때 팬환기량이 21.4m<sup>3</sup>/h, 34.6m<sup>3</sup>/h의 경우 팬 작동후에도 CO<sub>2</sub>가스농도가 낮아지지 않고 10000ppm이상이였으며 팬환기량이 49.8m<sup>3</sup>/h의 경우는 3분30초가 되어서야 10000ppm이하로 낮아졌으며 8분에 9000ppm으로 낮아져 그후로는 9000ppm으로 안정되었다. 또한 팬환기량이 92.2m<sup>3</sup>/h인 경우는 팬 작동후 1분 지나서 10000ppm이하로 낮아졌으며 5분30초에 5000ppm으로 안정되었다.

2. 표준 발열량이 「1420kcal/h」인 가스렌지 2단을 5분동안 작동시킨후 환기량이 21.4m<sup>3</sup>/h, 34.6m<sup>3</sup>/h, 49.8m<sup>3</sup>/h, 92.2m<sup>3</sup>/h인 4종류의 팬을 1시간동안 작동시켰을 때의 CO<sub>2</sub>가스 농도의 변화를 실험하였다. (그림 4-3)는 가스렌지 2단 작동시 환기량에 따른 CO<sub>2</sub>가스농도의 변화를 나타낸다.

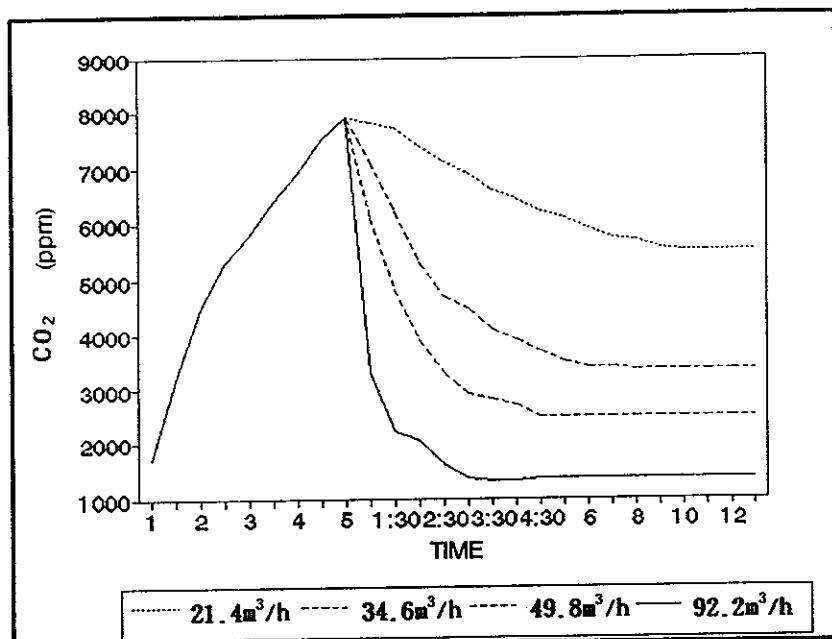


(그림 4-3) 환기량에 따른 CO<sub>2</sub>가스 농도변화(가스렌지 2단)

가스렌지 2단을 작동한후 2분30초 만에 CO<sub>2</sub>가스농도가 10000ppm이상으로 높아졌으며 가스렌지를 계속 작동하고 5분후에 팬을 작동시켰다.

팬환기량이 21.4m<sup>3</sup>/h인 경우 팬을 지속적으로 작동하여도 CO<sub>2</sub>농도가 낮아지지 않고 10000ppm이상이었으며, 팬환기량이 34.6m<sup>3</sup>/h의 경우는 팬작동 2분만에 10000ppm이하로 낮아져 지속적인 팬작동에 의해 CO<sub>2</sub>농도가 낮아졌으나 9분후에는 7300ppm으로 안정되었다. 팬환기량이 49.8m<sup>3</sup>/h인 경우는 1분후에 10000ppm이하로 낮아졌으며 팬작동 6분후에는 5300ppm으로 안정되었다. 팬환기량이 92.2m<sup>3</sup>/h의 경우는 팬가동 30초만에 10000ppm이하로 낮아졌으며 작동 4분후에는 2800ppm으로 안정되었다.

3. 표준 발열량이 「680kcal/h」인 가스렌지 1단을 5분동안 작동시킨후 환기량이 92.2m<sup>3</sup>/h, 49.8m<sup>3</sup>/h, 34.6m<sup>3</sup>/h, 21.4m<sup>3</sup>/h인 4종류의 팬을 작동시켰을때 1시간 동안의 CO<sub>2</sub>가스 농도의 변화는 다음(그림 4-4)과 같다.

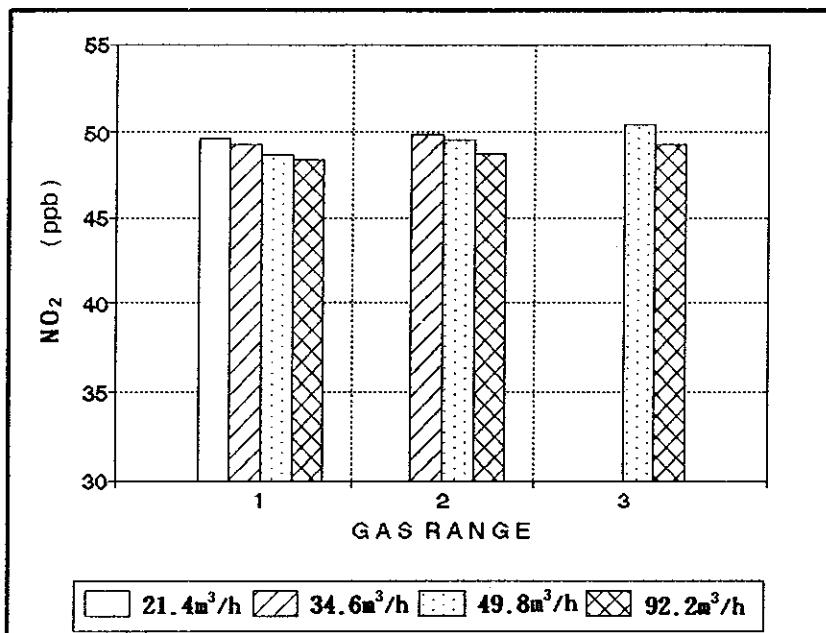


(그림 4-4) 환기량에 따른 CO<sub>2</sub>가스 농도변화(가스렌지 1단)

가스렌지 1단을 작동한 2분후에 CO<sub>2</sub>가스농도가 4500ppm이상으로 높아졌고 3분 후에 5800ppm으로 계속 증가하다 5분후에 7900ppm까지 높아졌다. 가스렌지 작동 5분후에 팬을 작동하였을때 팬환기량이 21.4m<sup>3</sup>/h의 경우 팬작동 1분후에 7800ppm, 2분후에 7400ppm으로 낮아져 지속적으로 농도가 낮아지다가 9분후에는 5500ppm으로 안정되었다. 팬환기량이 34.6m<sup>3</sup>/h의 경우는 팬작동 1분후에 7100ppm, 2분후에 5100ppm으로 낮아지다가 7분30초에 3350ppm으로 안정되었다. 팬환기량이 49.8m<sup>3</sup>/h인 경우는 1분후에 6100ppm으로 낮아졌으며 팬작동 3분후에는 2900ppm, 4분30초에는 2500ppm으로 낮아져 그후 지속적으로 팬을 작동하여도 CO<sub>2</sub>농도가 2500ppm으로 안정되었다. 팬환기량이 92.2m<sup>3</sup>/h의 경우는 CO<sub>2</sub>농도가 급격히 낮아져 1분후에 3300ppm, 2분후에 2050ppm, 3분후에 1350ppm으로 낮아지고 그후로는 1350ppm으로 농도가 안정되었다.

#### 4.3.2 NO<sub>2</sub>가스 농도

NO<sub>2</sub>가스 농도는 3장에서와 마찬가지로 Palmes Tube를 이용하여 측정하였으므로 환기팬의 가동시간에 따른 변화량은 측정할 수 없었으며, 가스렌지 1단, 2단, 3단 작동시에 각각 4종류 환기량의 팬을 작동시켜 1시간동안의 평균 NO<sub>2</sub>가스 농도를 측정하였다. 가스렌지와 환기량에 따른 NO<sub>2</sub>가스 농도는 다음 (그림 4-5)과 같다.



(그림 4-5) 환기량에 따른 NO<sub>2</sub>가스 농도(가스렌지 1단, 2단, 3단)

NO<sub>2</sub>가스의 대기환경 기준치인 50ppb와 비교할때 모든 경우가 50ppb에 가까운 높은 농도를 나타내 취사용 가스렌지 사용시 다량의 NO<sub>2</sub>가스가 발생하는 것을 알 수 있다.

# 제 5 장 공동주택에 있어서 주방의 환기량 산정 및 환기시스템

## 5.1 모형실험을 통한 주방의 환기량 산정

공동주택에 있어서 필요환기량을 산정하기 위해서는 취사시 사용하는 오염물질의 주요 생성원인 가스기구로부터 발생하는 오염물질의 정확한 발생량을 파악해야 하는데 이러한 가스기구 사용시의 오염물질의 발생량은 일반 주방에서는 자연환기와 틈새바람, 렌지후드에 의해 정확한 발생량을 알 수 없으므로 모형실험을 통하여 얻은 data를 이용하여 발생량을 산정하였다.

### 1) 오염가스의 발생량 산정식

앞서 4-4장의 모형실험결과를 통하여 살펴본 바와 같이 일정 환기량하에서 가스렌지에서 발생하는 오염가스의 농도가 평형을 이루는 것을 파악하였다. 그러므로 오염가스의 농도가 일정치가 되고 평형을 이루고 있는 경우에는 오염가스의 발생량과 환기에 의해 상실되는 가스량이 같다. 이로부터 오염가스의 발생량을 다음과 같이 산정한다.<sup>12)</sup>

$$K = Q \times P / 100 \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

여기서, K : 모형에서 가스렌지 작동시 오염가스 발생량 [ $m^3/h$ ]

Q : 환기량 [ $m^3/h$ ]

P : 모형에서 가스렌지 작동시 오염가스 농도 [%]

---

12. 이건영, “건축환경공학”, 영문사, 1984, p114

## 2) 오염가스에 의한 필요환기량 산정식

공동주택의 주방에 있어서 필요환기량 산정 방법은 모형실험을 통하여 얻어진 data를 이용하여 오염가스에 따른 발생량을 파악하고 오염가스 제어에 필요한 환기량을 다음과 같이 산정한다.<sup>13)</sup>

$$V = \frac{K}{C_i - C_o} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

여기서,  $V$  : 주방의 필요환기량 [ $m^3/h$ ]

$K$  : 주방에서의 오염가스의 발생량 [ $m^3/h$ ]

$C_i$  : 주방에서의 오염가스의 설계농도(실내기준치) [ $m^3/m^3$ ]

$C_o$  : 도입외기 중의 오염가스 농도 [ $m^3/m^3$ ]

### 5.1.1 환기량 산정

#### 1) CO<sub>2</sub>가스

##### (1) CO<sub>2</sub>가스 발생량 산정

4-4장의 모형실험결과 가스렌지 1, 2, 3단과 21.4 $m^3/h$ , 49.8 $m^3/h$ , 34.6 $m^3/h$ , 92.2 $m^3/h$ 의 4종류의 환기량에 따른 CO<sub>2</sub>가스 농도를 정리하면 <표 5-1>과 같다.

<표 5-1> 모형실험에 의한 CO<sub>2</sub>농도

배기면풍속 (환기량)	0.93m/s (21.4 $m^3/h$ )		1.5m/s (34.6 $m^3/h$ )		2.2m/s (49.8 $m^3/h$ )		4m/s (92.2 $m^3/h$ )	
	가스렌지	실험전	실험후	실험전	실험후	실험전	실험후	실험전
1 단	350	5500	350	3350	350	2500	330	1350
2 단	350	*	350	7400	330	5300	350	2800
3 단	330	*	350	*	330	9200	350	5000

\* 10000ppm 이상

13. 이연구 외, “건축환경계획론”, 태림문화사, 1993, pp108-109

위의 <표 5-1>과 식 (1)을 이용하여 CO<sub>2</sub>가스 발생량을 산정하였다.

① 가스렌지 1단 (불꽃 小 : 발열량 680kcal/h)

$$\text{환기량 } 21.4\text{m}^3/\text{h} : K = 21.4(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.55(\%)/100 = 0.1177 (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{환기량 } 34.6\text{m}^3/\text{h} : K = 34.6(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.335(\%)/100 = 0.1159 (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{환기량 } 49.8\text{m}^3/\text{h} : K = 49.8(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.25(\%)/100 = 0.1245 (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{환기량 } 92.2\text{m}^3/\text{h} : K = 92.2(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.135(\%)/100 = 0.1245 (\text{m}^3/\text{h})$$

가스렌지 1단의 경우 평균 0.12m<sup>3</sup>/h(120000ppm)의 CO<sub>2</sub>가스를 발생된다.

② 가스렌지 2단 (불꽃 中 : 발열량 1420kcal/h)

가스렌지 2단 작동시 환기량이 21.4m<sup>3</sup>/h인 배기팬은 CO<sub>2</sub>농도가 10000ppm이상으로 증가하므로 CO<sub>2</sub>가스 배출량 산정시 제외되었다.

$$\text{환기량 } 34.6\text{m}^3/\text{h} : K = 34.6(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.74(\%)/100 = 0.256 (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{환기량 } 49.8\text{m}^3/\text{h} : K = 49.8(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.52(\%)/100 = 0.259 (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{환기량 } 92.2\text{m}^3/\text{h} : K = 92.2(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.28(\%)/100 = 0.258 (\text{m}^3/\text{h})$$

가스렌지 2단의 경우 평균 0.26m<sup>3</sup>/h(260000ppm)의 CO<sub>2</sub>가스가 발생된다.

③ 가스렌지 3단 (불꽃 大 : 발열량 2600kcal/h)

가스렌지 3단 작동시 환기량 21.4m<sup>3</sup>/h, 34.6m<sup>3</sup>/h인 배기팬은 CO<sub>2</sub>농도가 10000ppm이상으로 증가하므로 CO<sub>2</sub>가스 배출량 산정시 제외되었다.

$$\text{환기량 } 49.8\text{m}^3/\text{h} : K = 49.8(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.92(\%)/100 = 0.458 (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{환기량 } 92.2\text{m}^3/\text{h} : K = 92.2(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.5(\%)/100 = 0.461 (\text{m}^3/\text{h})$$

가스렌지 3단의 경우 평균 0.46m<sup>3</sup>/h(460000ppm)의 CO<sub>2</sub>가스가 발생된다.

가스렌지 1단에서 발생되는 발열량은 680kcal/h이고 2단에서는 1단의 2.1배인 1420kcal/h가 발생되며 3단에서는 2단의 1.8배인 2600kcal/h가 발생한다. CO<sub>2</sub>가스의 발생량도 1단은 0.12m<sup>3</sup>/h가 발생하고 2단에서는 1단의 2.2배인 0.26m<sup>3</sup>/h가 발생되며 3단에서는 2단의 1.8배인 0.46m<sup>3</sup>/h가 발생되어 가스렌지의 발열량 사이의 관계와 CO<sub>2</sub>가스 발생량 사이의 관계가 유사한것으로 나타났다. 그러므로 공동주택의 주방에 사용하는 평균적인 2버너-가스렌지의 경우 좌측버너에서 발생되는 발열량은 우측버너의 발열량의 약 20%이므로 CO<sub>2</sub>가스 발생량 또한 좌측버너는 우측버너에서 발생하는 CO<sub>2</sub>가스 발생량의 20%가 발생하는 것으로 판단된다.

## (2) CO<sub>2</sub>가스발생에 의한 주방의 환기량 산정

가스렌지 1단, 2단, 3단 작동시 CO<sub>2</sub>가스 발생량과 식(2)를 이용하여 실제 주방에서 CO<sub>2</sub>가스발생에 의한 필요환기량을 다음과 같이 산정하였다.

식(2)에서 Ci(주방에서의 CO<sub>2</sub>가스 설계농도)는 건축법에서 제시하고 있는 실내환경기준치인 0.001(1000ppm)으로 정하였으며, Co(도입외기 중의 CO<sub>2</sub>가스농도)는 공동주택의 주방공기환경 측정결과 나타난 평균 외기 CO<sub>2</sub>가스농도인 0.0003428(342.8ppm)으로 하였다.

### ① 가스렌지 1단 (불꽃 小 : CO<sub>2</sub>가스 발생량 0.12m<sup>3</sup>/h)

$$V = \frac{0.12}{0.001 - 0.0003428} = 182.6 \text{ (m}^3/\text{h})$$

### ② 가스렌지 2단 (불꽃 中 : CO<sub>2</sub>가스 발생량 0.26m<sup>3</sup>/h)

$$V = \frac{0.26}{0.001 - 0.0003428} = 395.6 \text{ (m}^3/\text{h})$$

③ 가스렌지 3단 (불꽃 大 : CO<sub>2</sub>가스 발생량 0.46m<sup>3</sup>/h)

$$V = \frac{0.46}{0.001 - 0.0003428} = 699.9 (\text{m}^3/\text{h})$$

2) NO<sub>2</sub>가스

(1) NO<sub>2</sub>가스 발생량 산정

환기량이 92.2m<sup>3</sup>/h인 경우에 있어서 가스렌지 1단, 2단, 3단일때의 NO<sub>2</sub>가스 발생량을 모형에서 가스렌지 사용시 NO<sub>2</sub>가스농도<표 5-2>와 식(1)을 이용하여 다음과 같이 계산하였다.

<표 5-2> 모형실험에 의한 NO<sub>2</sub>가스농도

가스 렌지 배기팬 풍속 (환기량)	1 단	2 단	3 단
4m/s (92.2m <sup>3</sup> /h)	47.98	48.76	49.27

① 가스렌지 1단 (불꽃 小 : 발열량 680kcal/h)

$$K = 92.2(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.0000049(\%) / 100 = 0.00000443(\text{m}^3/\text{h})$$

가스렌지 1단인 경우 평균 0.00000443m<sup>3</sup>/h(4430ppb)의 NO<sub>2</sub>가스가 발생된다.

② 가스렌지 2단 (불꽃 中 : 발열량 1420kcal/h)

$$K = 92.2(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.00000498(\%) / 100 = 0.00000449(\text{m}^3/\text{h})$$

가스렌지 1단인 경우 평균 0.00000448m<sup>3</sup>/h(4490ppb)의 NO<sub>2</sub>가스가 발생된다.

③ 가스렌지 3단 (불꽃 大 : 발열량 2600kcal/h)

$$K = 92.2(\text{m}^3/\text{h}) \times 0.00000493(\%) / 100 = 0.00000454(\text{m}^3/\text{h})$$

가스렌지 3단인 경우 평균  $0.00000454\text{m}^3/\text{h}$ (4540ppb)의  $\text{NO}_2$ 가스가 발생된다.

## (2) $\text{NO}_2$ 가스 발생에 의한 주방의 환기량 산정

가스렌지 1단, 2단, 3단 작동시  $\text{NO}_2$ 가스 발생량과 식(2)를 이용하여 주방에서의  $\text{NO}_2$ 가스발생에 의한 필요환기량을 다음과 같이 산정하였다.

식(2)에서  $C_i$ (주방에서의  $\text{NO}_2$ 가스 설계농도)는 실내환경기준치가 설정되어 있지 않아 환경보전법에서 규정하고 있는 대기환경기준치인 0.00000005(50ppb)로 정하였으며,  $C_o$ (도입외기 중의  $\text{NO}_2$ 가스농도)는 공동주택의 주방공기환경 측정결과 나타난 평균 외기  $\text{NO}_2$ 가스농도인 0.0000000255(25.5ppb)를 하였다.

① 가스렌지 1단 (불꽃 小 :  $\text{NO}_2$ 가스 발생량  $0.00000443\text{m}^3/\text{h}$ )

$$V = \frac{0.00000443}{0.00000005 - 0.0000000255} = 180.6 (\text{m}^3/\text{h})$$

② 가스렌지 2단 (불꽃 中 :  $\text{NO}_2$ 가스 발생량  $0.00000448\text{m}^3/\text{h}$ )

$$V = \frac{0.00000448}{0.00000005 - 0.0000000255} = 183.5 (\text{m}^3/\text{h})$$

③ 가스렌지 3단 (불꽃 大 :  $\text{NO}_2$ 가스 발생량  $0.00000454\text{m}^3/\text{h}$ )

$$V = \frac{0.00000454}{0.00000005 - 0.0000000255} = 185.4 (\text{m}^3/\text{h})$$

주방에서 가스기구 사용시 발생하는  $\text{CO}_2$ 가스와  $\text{NO}_2$ 가스에 의한 환기량을 위와

같이 산정한 결과 유해가스 중 CO<sub>2</sub>가스에 의한 환기량이 가장 많아 공동주택의 주방에서의 필요환기량은 가스렌지 1단의 경우 182.6m<sup>3</sup>/h, 가스렌지 2단의 경우 395.6m<sup>3</sup>/h, 가스렌지 3단의 경우 699.9m<sup>3</sup>/h로 산정되었다.

## 5.2 공동주택에 있어서 주방의 환기 계획

### 5.2.1 주방환기용 렌지후드의 성능과 필요환기량

일반적으로 공동주택의 주방에 설치되어 있는 렌지후드의 성능을 살펴보면 다음<표 5-3>와 같다.

<표 5-3> 일반적으로 사용되는 렌지후드의 규격과 성능

구 분 렌지후드	규격(폭×깊이)	소비전력	팬 날개지름	풍량(m <sup>3</sup> /min)
D제품	600/700×450	50W	20cm	4.35
J제품	600/700×450	50W	23cm	5.3
H제품	600/700×480	70W	23cm	6

위의 표에서 보는 바와 같이 일반적으로 공동주택의 주방에 설치되어 있는 렌지후드는 팬의 날개지름이 20-23cm이고 크기는 600mm×450mm이며 평균적인 환기량은 5.2m<sup>3</sup>/min(312m<sup>3</sup>/h)으로 나타났다.

공동주택에서 일반적으로 시공되고 있는 렌지후드의 성능과 5-1-1장에서 산정한 주방에서 발생하는 오염가스에 의한 필요환기량과 비교분석해본 결과는 <표 5-4>와 같다.

〈표 5-4〉 가스기구 사용시 오염가스발생량에 따른

후드의 환기량과 자연환기량

환기량 가스기구	오염가스발생량에 따른 필요환기량	배기량	
		렌지후드에 의해 배기되는 양	자연환기 해야할 양
가스렌지 1단	182.6 $\text{m}^3/\text{h}$	5.2 $\text{m}^3/\text{min}$ (312 $\text{m}^3/\text{h}$ )	×
가스렌지 2단	395.6 $\text{m}^3/\text{h}$	5.2 $\text{m}^3/\text{min}$ (312 $\text{m}^3/\text{h}$ )	83.6 $\text{m}^3/\text{h}$
가스렌지 3단	699.9 $\text{m}^3/\text{h}$	5.2 $\text{m}^3/\text{min}$ (312 $\text{m}^3/\text{h}$ )	387.9 $\text{m}^3/\text{h}$

위의 표에서 보는 바와 같이 가스렌지 1단(필요환기량:  $182.6 \text{m}^3/\text{h}$ )을 사용할 경우는 렌지후드만으로 충분한 환기를 할 수 있으나 가스렌지 2단(필요환기량:  $395.6 \text{m}^3/\text{h}$ )과 가스렌지 3단(필요환기량:  $699.9 \text{m}^3/\text{h}$ )을 사용할 경우는 렌지후드에 의한 환기만으로 충분하지 못하다. 그러므로 가스렌지 2단과 3단을 사용할 경우는 렌지후드에 의한 환기뿐만 아니라 창문을 통한 자연환기를 병행해야 한다. 가스렌지 2단을 사용할 경우는 렌지후드를 사용하면서  $83.6 \text{m}^3/\text{h}$ 에 해당하는 자연환기를 해야하며 가스렌지 3단을 사용할 경우는 렌지후드를 사용하면서  $387.9 \text{m}^3/\text{h}$ 에 해당하는 자연환기를 해야 주방에서 쾌적한 공기환경을 유지할 수 있다.

### 5.2.2 주방의 환기실태 및 문제점

일반적으로 공동주택의 주방에서는 취사시 창문을 통한 자연환기와 렌지후드에 의한 국부환기를 하고 있으며 렌지후드는 후드에 부착된 소형 배기팬으로 배기되며 렌지후드의 배기구는 1층에서 최상층 옥상까지 연결된 입상풍도(Air Duct)에 연결되어 최상부에 설치된 무동력 벤탈레이터에 의해 외부로 환기되고

있다. 하절기는 창문을 열어 두기 때문에 취사시 발생되는 오염가스들이 자연 환기에 의해 어느정도 환기가 되나, 동절기에는 창문을 밀폐시켜서 렌지후드를 통한 환기 이외는 거의 환기가 되지 않고 있는 실정이다. 주방에서 환기시의 문제점을 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 위에서 살펴본 바와 같이 주방에 설치되어 있는 렌지후드의 환기량으로는 취사시 발생하는 오염물질들을 충분히 환기할 수 없으며 동시에 자연환기를 병행해야 하는 것으로 나타났다.
- 2) 주방에서 발생되는 오염가스의 제거를 위해서는 렌지후드의 역할이 중요함에도 불구하고 주방에서 취사시 사용하는 가스기구의 연소시 발생하는 오염물들은 대부분 무색, 무미, 무취이기 때문에 실내 거주하는 사람들은 그 심각성을 인식하지 못하여 주방의 오염실태를 조사한 결과 취사시 대다수의 사람이 렌지후드를 자주 사용하지 않아 주방에서 심각한 오염문제를 야기시키고 있는 것으로 나타났다.
- 3) 렌지후드의 팬은 자주 세척하고 청소하여 후드가 제 성능을 발휘할 수 있도록 관리해야 하는데 대부분의 경우 관리를 소홀히 하여 조리시 발생하는 오염물들과 습기등이 팬에 부착되어 후드의 성능이 떨어지는 것으로 나타났다.
- 4) 렌지후드의 배기구가 연결된 입상풍도(Air Duct)는 단면적이 작아 여러세대가 동시에 사용할 경우 적정한 배기가 이루어지지 않게 된다.
- 5) 입상풍도(Air Duct)의 최상부에 설치된 벤틸레이터는 풍력에 의해 작동되는 무동력 배기팬을 사용하기 때문에 일기변화에 따라서 팬성능이 좌우되므로 적정한 배기를 기대할 수 없다.

### 5.2.3 주방의 환기시스템 개선대책

- 1) 주방에서 오염물 발생에 따른 환기량과 렌지후드의 배기량을 비교해 볼때 렌지후드의 환기량이 매우 부족하므로 가스사용에 따른 렌지후드의 배기량을 증가시켜야 한다. 또한 기존 렌지후드의 경우 풍량조절이 보통 2단(강, 약)으로 되어있으나, 사용자가 렌지사용량에 따라 환기를 적정하게 할 수 있도록 풍량을 여러단계로 나누어 렌지후드를 더욱 효율적으로 사용할 수 있도록 해야한다.
- 2) 가스렌지를 장시간 사용하거나 2, 3단으로 사용할때는 렌지후드뿐아니라 창문을 통한 자연환기를 동시에 병행하여 폐적한 주방공간을 유지한다.
- 3) 최근 개발된 CO<sub>2</sub>감지기를 설치하여 가스기구 사용시 발생되는 CO<sub>2</sub>가스농도가 기준을 초과하는 경우 렌지후드의 팬이 자동으로 작동할 수 있도록 한다.
- 4) 입상풍도(Air Duct)는 여러세대가 동시에 사용할 경우라도 원활한 배기가 될 수 있도록 크기가 충분히 고려되어야 하며 Duct내부의 마찰을 최소화하고 역류를 방지할 수 있어야 한다. 또한 일기변화에 따라 성능이 좌우되는 무동력 벤틸레이터대신 충분한 풍량을 항상 유지할 수 있는 동력 벤틸레이터를 설치하는 것이 바람직하다.

## 제 6 장 결론

본 연구에서는 공동주택의 실내공기오염에 큰 영향을 미치는 주방에 있어서 취사용 가스기구 사용시에 발생하는 각종 실내환경요소를 측정·분석하여 주방의 공기오염실태를 알아보고, 모형실험을 통하여 취사용 가스기구 사용시 오염 가스의 정확한 발생량을 파악하여 적정 환기량을 산정함으로써 쾌적한 실내공기환경을 조성할 수 있는 환기시스템 설계에 관한 기초자료를 제시하고자 하였으며 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 7개 공동주택의 19세대에 대하여 난방기에 주방에 있어서 취사시와 비취사시의 각종 실내환경요소를 측정, 분석 함으로써 실내공기환경의 실태를 파악하였으며 측정결과는 다음과 같다.

- 1) 실내 평균기온은 비취사시  $22.2^{\circ}\text{C}$ , 취사시  $23^{\circ}\text{C}$ 로 취사시에 평균  $0.8^{\circ}\text{C}$  상승하였으며, 비취사시 개별난방방식인 P, M, U 아파트의 기온이 중앙난방방식인 A, S, H, G아파트의 기온보다 비교적 낮은것으로 나타났고 후드가 설치되지 않은 U아파트경우 취사시 가장 큰 온도상승을 나타냈다.
- 2) 평균상대습도는 비취사시 38.9%, 취사시 42.2%로 취사시 평균 3.3% 상승하였으며, 취사시 창문을 통한 자연환기를 하는 세대의 경우 비취사시 보다 취사시 상대습도가 낮게 나타났다.
- 3) 평균  $\text{CO}_2$ 가스농도 비취사시 685ppm, 취사시 1161ppm으로 평균 476ppm이 상승하였고 취사시 대부분 공동주택의 주방에서 실내환경기준치인 1000ppm을 넘는 것으로 나타났으며 개별난방방식인 M빌라의 경우는 1775ppm으로 최대  $\text{CO}_2$ 가스농도를 나타냈다.

4) 기류는 취사시와 비취사시의 큰 변화 없이 낮은 것으로 나타났으며, 부유분진은 19세대 평균 취사시  $0.05\text{mg}/\text{m}^3$  비취사시  $0.06\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 취사에 의한 부유분진량의 증가는 심각하지 않은 것으로 나타났다.

5)  $\text{NO}_2$ 가스농도는 주방에서 일주일동안의 비취사시와 취사시의 평균농도를 나타내는 것으로 평균 34.2ppb로 나타났으며, 개별난방방식인 U아파트의 경우 60.9ppb로 대기환경기준치인 50ppb를 넘어 최대  $\text{NO}_2$ 농도를 나타냈다.

이상의 결과를 통하여 공동주택의 주방에 있어서 실내공기환경은 취사시에 기온과 습도가 상승되고  $\text{CO}_2$  및  $\text{NO}_2$ 가스는 실내환경기준을 초과하여 오랜시간 이와같은 환경에 노출되는 경우 인체에 악영향을 미칠 것으로 판단되며, 세대 내에 보일러가 있는 개별난방방식의 아파트와 후드가 설치되지 않은 아파트 경우 다른 공동주택과 비교하여 취사시  $\text{CO}_2$  및  $\text{NO}_2$ 가스의 상승이 높은 것으로 나타났다.

둘째, 현장측정을 기초로 주방공간에서 필요한 적정환기량산정을 위하여 가스기구 사용시 오염가스의 발생량을 파악해야 하는데 일반 공동주택의 주방은 크기, 형태, 개구부 및 후드의 성능이 다르므로 발생량을 파악하기 어려우므로 축소모형을 통하여 가스기구 사용시의 오염가스( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ )의 정확한 발생량을 파악하여 필요환기량을 산정하였다.

1) 가스렌지 1단의 경우  $\text{CO}_2$ 가스발생량은  $0.12\text{m}^3/\text{h}$ ,  $\text{NO}_2$ 가스발생량은  $0.00000442\text{m}^3/\text{h}$ 이며, 가스렌지 2단의 경우  $\text{CO}_2$ 가스발생량은  $0.26\text{m}^3/\text{h}$ ,  $\text{NO}_2$ 가스발생량은  $0.0000045\text{m}^3/\text{h}$ 이다. 가스렌지 3단의 경우  $\text{CO}_2$ 가스발생량은  $0.46\text{m}^3/\text{h}$ 이며  $\text{NO}_2$ 가스발생량은  $0.00000454\text{m}^3/\text{h}$ 로 측정되었다.

2)  $\text{CO}_2$ 가스발생량과  $\text{NO}_2$ 가스발생량으로 필요환기량을 산정한 결과 가스렌지 1 단의 경우 필요환기량은  $182.6\text{m}^3/\text{h}$ 이며, 가스렌지 2단의 경우 필요환기량은

$395.6\text{m}^3/\text{h}$ , 가스렌지 3단의 경우 필요환기량은  $699.9\text{m}^3/\text{h}$ 로 산정되었다.

이상의 결과로 공동주택의 주방에서 일반적으로 사용되는 환기량이 평균  $312\text{m}^3/\text{h}$ 인 렌지후드는 가스렌지 1단을 제외한 2단, 3단의 경우 충분한 환기를 할 수 없는 것으로 나타났다.

셋째, 주방에서 가스기구 사용시의 필요환기량을 산정한 결과 공동주택의 주방에 설치되어 있는 렌지후드의 환기량으로는 취사시 발생하는 오염가스를 충분히 환기할 수 없으므로 주방의 환기시스템 개선대책을 다음과 같이 제시하고자 한다.

- 1) 렌지후드의 배기량으로는 주방에서 발생되는 오염가스를 충분히 환기시킬 수 없으므로 자연환기를 병행하며, 렌지후드의 배기량을 증가시키고 풍량을 여러단계로 나누어 렌지사용량에 따라 효율적으로 환기가 될 수 있도록 한다.
- 2) 렌지후드에  $\text{CO}_2$ 감지기를 설치하여 가스기구 사용시 발생되는  $\text{CO}_2$ 가스의 농도가 기준을 초과하는 경우 팬이 자동으로 작동할 수 있도록 한다.
- 3) 후드의 배기구가 연결된 입상풍도(Air Duct)는 여러세대가 동시에 후드를 사용할 경우라도 원활한 배기가 될 수 있도록 크기가 개선되어야하며, 입상풍도의 최상부에 설치된 무동력 벤틸레이터는 일기변화에 따라 성능이 좌우되므로 일정한 풍량을 항상 유지할 수 있는 동력 벤틸레이터의 설치가 바람직하다.

## 참 고 문 헌

1. 김신도, “21세기 공기환경”, 건축 9403, 1994
2. 김윤신, “실내공기오염에 관한 소고”, 한국대기보전학회지 제9권 제1호, 1993
3. 김윤신, “실내외 공기질의 유해평가관리 및 기준치 개발에 관한 연구”, 한국과학재단, 1991
4. 김윤신, “우리나라 실내공기오염 현황과 대책”, 공기조화 냉동공학, 1990
5. 김형기, “공동주택 실내공기환경의 질(IAQ)에 관한 조사연구”, 중앙대, 1993
6. 김희강, “대기오염개론”, 동화기술, 1993
7. 박승익, “사무소 건축의 실내공기 오염에 관한 연구”, 건국대, 1990
8. 박승조, “대기오염물 조사 방법”, 동화기술, 1991
9. 서승직, “건축설비”, 일진사, 1991
10. 신완균, “Palms Tube를 이용한 실내 공기 중 NO<sub>2</sub>가스의 농도”, 중앙대, 1991
11. 오명도, “실내공기질(IAQ)유지를 위한 오염제어 및 Air Cleaning시스템”, 공기조화 냉동공학, 1990
12. 우원설비(주)기획실, “환기시스템 설계의 기본개념”, 월간설비기술, 1992. 9
13. 유혜성, “바람에 의한 침기량 변화가 주택의 난방부하 및 IAQ에 미치는 영향”, 충남대, 1991
14. 윤동원, “실내공기질(IAQ)의 특성과 관리대책”, 건축 9403, 1994
15. 윤동원, “지하공간의 공기환경 및 환기성능 평가에 관한 연구”, 한국과학재단, 1993
16. 이건영, “건축환경공학”, 영문사, 1984

17. 이경희, “건축환경계획”, 문운당, 1992
18. 이성환, “대공간의 환기설비”, 설비기술, 1992. 9
19. 이언구 외, “건축환경계획론”, 태림문화사, 1993
20. 이희관, “환기가 실내공기오염물질의 제거에 미치는 영향에 관한 연구”, 서울시립대, 1993
21. (일)공기조화 위생공학, “미국에서의 실내공기환경의 현황”, 냉동공조기  
술, 1989. 5
22. (일)공기조화 위생공학, “일본에서의 실내환경 측정 결과와 문제점”, 냉동  
공조기술, 1989. 5
23. 조성환, “혼합대류가 존재하는 실내공간에서 오염물질의 거동에 관한 연  
구”, 한양대학교, 1989
24. 에너콘엔지니어링, “실내오염 규제기준 및 시험방법”, 설비기술,
25. 최윤현, ‘아파트의 실내공기 오염에 관한 연구”, 건국대, 1990
26. 홍석남, “실내 공기 오염 대책”, 공기조화 냉동공학, 1992
27. Anthony L. Hines, “Indoorair Quality and Control”, PTR Prentice Hall,  
New Jersey, 1993
28. Anthony M. Majahad, “Palmes NO<sub>2</sub> Diffusion Tube Standard Operating  
Procedures”, Harvard School, 1988
29. F. Lunau, “Indoor Air Quality and Ventilation”, Publications  
Division, London, 1990
30. Go Iwashita, “Assessment of Indoor Air Quality based on Human  
Olfactory Sensation”, Waseda University, Tokyo, 1992
31. H. B. AWBI, “Ventilation of Buildings”, E & FN SPON, New York, 1991
32. International Conference on Human-Environment System, “ICHES'91”, The  
Organizing Committee for International Conference on Human-Environment  
System, Tokyo, 1991
33. Jaime Benitez, “Process Engineering and Design for Air Pollution

- Control", PTR Prentice Hall, New Jersey, 1993
34. Milton Meckler,P.E, "Indoor Air Quality Design Guidebook", THE FAIRMONT PRESS, Lilburn, 1990
35. Peter M. Eller, "Niosh Manusl of Analutical Methods", U.S. Dep. of Health and Human Service, Ohio, 1984
36. Richard A. Wadden & Peter A. Scheff, "Indoor Air Pollution", A Wiley-Interscience Publication, Maryland, 1991
37. Thad Godish, "Indoor Air Pollution Control", LEWIS PUBLISHERS, Michigan, 1989
38. 吉澤普, "Sick Building을 둘러싼 최근의 제문제", 월간설비공사, 1993.1

## ABSTRACT

### A Study on the Improvement of Indoor Air Quality in the Kitchens of Apartment Buildings

Jun, Joo-Young  
Dept. of Architectural Engineering.  
The Graduate School of  
Chung-Ang University.  
Advised by Eon-Ku Rhee, Ph.D.

This study aims to present the basic considerations for improving indoor air quality(IAQ) in the kitchens of apartment buildings.

Most of the Air pollutants in residential buildings are generated from combustibles in kitchens and the IAQ of their adjacent rooms is influence by these pollutants.

Nineteen kitchens in seven small apartment buildings in Seoul were selected as subjects and the indoor air pollutants such as CO<sub>2</sub>, TSP, and NO<sub>2</sub> and thermal environment such as air temperature, humidity and air velocity were measured to find out the current condition of the IAQ in the kitchens of apartment buildings.

In addition, model experiment was conducted to grasp the exact amount of the pollutants generated from gas ranges and to calculate the required ventilation rate in the kitchens.

1. The temperature and the humidity of kitchens were increased in proportion to the hour of cooking, and the concentration of CO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> were much higher than the IAQ standards of 1000ppm and 50ppb during cooking.

Individually-heated apartment buildings showed higher concentration of CO<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> than centrally-heated ones. At the same time, the concentration of CO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> of the kitchens with range hood were lower than the kitchens without range hood.

2. Due to the difficulties of identifying the kind and amount of pollutants from gas range in kitchens, model experiment was made for the quantitative analysis of the pollutants.

The amount of the generated CO<sub>2</sub> was 0.12m<sup>3</sup>/h, 0.26m<sup>3</sup>/h, and 0.46m<sup>3</sup>/h according to the respective generated heat from the gas range of 680kcal/h, 1420kcal/h, and 2600kcal/h; and the amount of the generated of NO<sub>2</sub> was 0.00000442m<sup>3</sup>/h, 0.0000045m<sup>3</sup>/h and 0.00000454m<sup>3</sup>/h under the same conditions.

On the basis of the model experiment, the required ventilation rate was calculated as 182.6m<sup>3</sup>/h, 395.6m<sup>3</sup>/h, 699.9m<sup>3</sup>/h according to the respective generated heat from the gas range of 680kcal/h, 1420kcal/h and 2600kcal/h, under the same condition.

The results demonstrated that the average ventilation rate of which is 312m<sup>3</sup>/h was represented as insufficient for the normal gasrange hood.

3. On the basis of the results of the calculation of the required ventilation rate, the normal range hoods equipped in apartment buildings turned out to be insufficient. Therefore, the following strategies are recommended for the satisfied ventilation.

- 1) As the ventilation rate of the ordinary range hood is not sufficient to exhaust the pollutants from the gas ranges in apartment buildings, the increase of the ventilation rate by natural ventilation should be supplemented.
- 2) Automatically-operated fan, which is controled by the CO<sub>2</sub>

sensor equipped in range hood, is recommended to expel the pollutants beyond the IAQ standards.

- 3) Power-driven ventilators instead of current wind-driven ventilators are desirable for a constant exhaust performance.

## 감사의 글

- 미흡하나마 많은 분들의 도움속에 본 논문이 완성되었습니다. -

대학원 생활동안 많은 가르침을 주시고 본 논문이 완성되기까지 세심히 지도 해주신 이연구교수님께 진심으로 감사드리며, 조언과 격려를 해주신 이명호교수님, 신현식교수님, 이현호교수님, 이희봉교수님께 감사드립니다.

또한 본 논문에 아낌없는 관심과 격려를 해주신 송국섭선배님, 안태경선배님, 박진철선배님, 권영철선배님을 비롯한 환경연구실의 모든 선배님들께 감사드리며, 모형실험을 함께한 이호준, 나수연, 배재원, 이상형, 김기훈, 홍찬선 환경실 후배님들에게도 감사드립니다. 또한, 2년동안의 대학원생활을 함께 해온 건축공학과의 모든 연구실 선, 후배님들에게 감사드립니다.

이산화질소분석에 도움을 주신 약대의 손동현교수님께 감사드리며, 바쁘신 중에도 분석의 처음부터 끝까지 함께 해주신 정성윤조교님께 깊은 감사를 드립니다.

오늘이 있기까지 깊은 사랑으로 보살펴주시고 믿음으로 지켜봐주신 아버님, 어머님과 사랑하는 동생들에게도 감사드립니다. 또한, 본 논문이 있기까지 격려와 고민을 함께한 이대정선배님께 깊은 감사를 드리며, 도움을 주신 모든 분들과 이기쁨을 함께하고 싶습니다.

- 본 논문을 밑거름으로 모든 분들의 기대에 어긋나지 않도록 노력하겠습니다. -

1994년 6월

전주영