

# 공동주택 주방의 취사시 실내공기환경에 관한 측정연구

## A Study on the Measurement of the Indoor Air Quality in the Apartment Kitchen

이 동 주\*      박 진 철\*\*      이 언 구\*\*\*  
Rhee, Dong-Ju    Park, Jin-Chul    Rhee, Eon-ku

### Abstract

This study aims to improve the ventilation systems of the kitchen in apartment. The results of this study can be summarized as follows; first, according to the field survey that was measured at apartment kitchens in Seoul area, the temperature and the concentration of CO<sub>2</sub> were higher than IAQ standards. And the laboratory experiment, the pollutants concentration(CO<sub>2</sub>, CO) and air temperature were found to be proportionally increased by the conditions of heat flux from gas range. But, the concentration of CO<sub>2</sub> was not reduced lower than IAQ standards even though the kitchen was ventilated. Therefore, to control the pollutants efficiently in apartment kitchen, more appropriate and active ventilation methods are required.

키워드 : 공동주택, 주방, 환기, 실내공기환경

Keywords : Apartment, Kitchen, Ventilation, Indoor Air Quality

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 목적 및 방법

건물내 공기환경(IAQ)은 전세계적으로 관심이 되고 있는 환경오염의 문제와 결부되어 매우 중요하게 인식되고 있다. 그 동안 공동주택은 에너지절약설계 및 시공기술 향상에 따라 단열 및 기밀성능에 있어 선진국 수준을 상회하는 수준에 있으나, 환기성능은 오히려 저하되어 실내 공기환경이 날로 악화되고 있는 실정이다. 특히, 밀폐된 공간에서 취사시 실내오염물질 발생은 재실자의 건강을 위협하고 있으며 지금까지의 주방환기시설은 오염원을 효과적으로 제거하는데 미흡한 실정에 있다.

본 연구는 주방의 환기시스템 개선을 위한 기초자료 제공을 목적으로 문헌조사, 실험실측정 및 아파트 주방 열환경 실험을 하고 여기서 얻은 결과를 CFD 시뮬레이션의 경계조건으로 이용하여 주방에 대한 환기장치, 건축적 조건 및 관리적 측면을 고려하여 다양하게 선정된 대안에 대하여 해석코자한다.

#### 1.2 연구의 범위

CFD 시뮬레이션을 통한 해석 부분은 현재 진행중에 있는 관계로 여기서는 연구범위를 실험실측정 및 실험부분에 한정하였다. 본 연구에서는 공동주택 주방의 실내공기환경을 측정하였고, 특히 주방을 가정한 실험실 측정에

서 가스레인지의 사용조건과 환기장치의 가동조건에 따른 실내공기환경 실태를 측정하고 분석하였다.

### 2. 공동주택 주방의 실내공기환경 실험

본 연구에서는 공동주택 주방의 조리시 발생하는 실내 공기환경의 실태를 파악하고자 서울지역에 위치한 약 32평 이하의 국민주택규모의 공동주택 6개소를 선정하여 난방기인 2월 중순에서 3월 하순 사이에 현장측정을 실시하였다.

측정요소는 온도 및 습도 등의 온열환경요소와 CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 등의 공기환경요소로 하였고 특히, 레인지후드의 가동여부를 조리전과 조리중으로 구분하여 측정하였다.

표-1에서 공동주택 주방의 실내공기환경 실태는 CO<sub>2</sub>인 경우 조리전에 평균 764ppm의 분포를 보이고 있었으나, 조리중에는 최고 1775ppm, 평균 1368ppm의 농도로 약 1.8배의 증가를 나타내고 있었으며 특히, 주방의 배기후드를 가동시에도 기준치(1000ppm)를 초과하는 것으로 나타났다. 한편, NO<sub>2</sub>는 최고 60.9ppb(기준치 50ppb), 평균 36.9ppb의 농도분포를 나타내고 있었다. 그러나, 이와 같은 값은 NO<sub>2</sub> 측정기기의 특성이 장시간 노출 평균값을 요구하기 때문에, 가스레인지의 사용여부에 따른 비교는 하지 못하였고 1주일간 주방 전체에서의 평균농도값을

\* 경민대학 건축환경설비과 조교수, 기술사

\*\* 경민대학 건축과 부교수, 공학박사

\*\*\* 중앙대학교 건축학과 교수, 건축학박사

표-1. 공동주택 주방의 실내공기환경실태조사

드명 구분	아 파	총계	명일	고척	광상	고척	개봉	평균	
		A	S	P	M	U	G		
온도	실내	26.2	26.4	20.1	21.3	21.1	22.1	22.9	
	실외	11.1	10.8	8.6	10.5	9.9	7.5	9.7	
습도	실내	45.1	43.2	35.1	44.0	43.0	43.2	40.1	
	실외	70.2	69.9	43.5	45.5	59.4	68.5	57.2	
공기 환경	조리 전	CO2 (ppm)	730	975	483	1225	573	600	764
		NO2 (ppb)	-	-	-	-	-	-	-
	조리 중	CO2 (ppm)	1180	1400	1175	1775	1275	1400	1368 (1.8배)
		NO2 (ppb)	33.2	24.4	38.8	32.4	60.9	31.5	36.9
	실외	CO2 (ppm)	350	390	300	330	340	330	340
		NO2 (ppb)	17.6	17.4	25.5	22.3	28.9	24.7	22.7

나타낸 것으로 가스레인지 사용에 따라서는 CO<sub>2</sub> 와 마찬가지로 높은 농도분포를 보일 것으로 판단된다.

공동주택 주방에서의 공기환경 실태조사에서는 가스레인지사용에 따라 CO<sub>2</sub> 오염 농도분포가 기준치를 훨씬 초과하여 약 1.8배까지 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 레인지후드 등의 환기장치를 가동할 경우에도 CO<sub>2</sub> 농도분포는 기준치(1000ppm)를 초과하는 것으로 나타나 이에 대한 대책이 요구되고 있었다.

### 3. 실험실 측정

#### 3.1 측정 개요

실험실은 장방형의 chamber로서 크기 3,030<sup>W</sup> × 4,400<sup>L</sup> × 2450<sup>H</sup> mm이다(그림-1 참조).

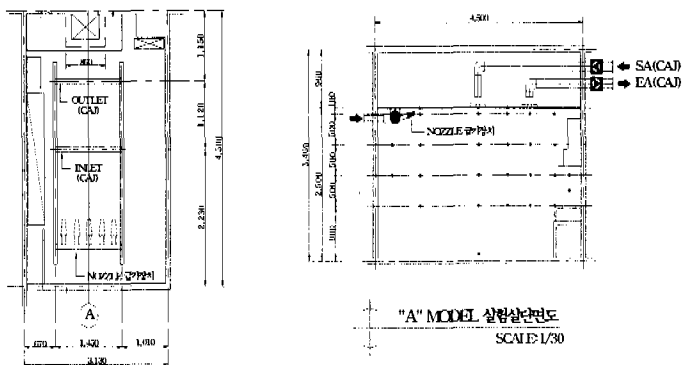


그림-1. 실험실 평면도 및 단면도

실험실에는 가스레인지(4구)를 설치하였고 특히 배기장치는 가스레인지 바로 상단에 현재 널리 사용되는 주방

배기후드(300CMH)와 천장면에 Capture Air Jet 급기(200CMH) 및 배기장치(500CMH)를 설치하였다(표-2 참조).



그림-2. 실험실 모습

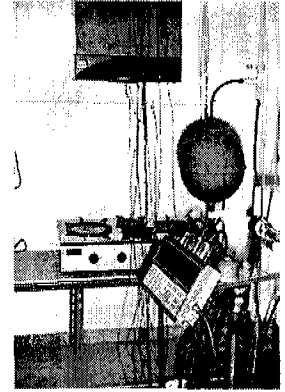


그림-3. 실내환경측정기

표-2. 실험실내 기구

구분	세원	비고
가스렌지	4구형(표준형 2구, 대용량 2구)	과열방지장치
주방후드	Wall Mount (Sirocco) 배기풍량 : 300 CMH 제어방식 : ON/OFF	부직포 필터
CAJ	급기풍량 : 0~200 CMH 배기풍량 : 0~500 CMH 제어방식 : 가변속	천장면 환기 (급/배기)용
노즐형 급기장치	급기풍량 : 0~600 CMH 제어방식 : 가변속(인버터)	천장면 환기 (급기)용
벽부형 측류팬	크기 : 300 X 300 배기풍량 : 900 CMH 제어방식 : ON/OFF	실험 전/후 준비 기간의 환기용

#### 3.2 실험실 측정

##### 1) 실험조건

본 연구에서는 가스레인지의 발열량을 기준으로 소발열, 중발열, 대발열로 구분하여 다음과 같이 실시하였다.

- 환기를 전혀 하지 않는 조건에서,
  - TA-1 : 소발열(가스렌지의 1구만 점화)
  - TA-2 : 중발열(가스렌지의 2구 동시 점화)
  - TA-3 : 대발열(가스렌지의 4구 모두 점화)
- 주방후드만을 이용하여 배기만 하는 조건에서,
  - TB-1 : 소발열(가스렌지의 1구만 점화)
  - TB-2 : 중발열(가스렌지의 2구 동시 점화)
- 중발열 상태에서 주방후드로 배기함과 동시에 CAJ 시스템의(급기는 정지) 배기만 실시하는 조건 ; TC-1
- 중발열 상태에서 주방후드는 정지하고 CAJ 시스템의 급·배기만 하는 경우 ; TC-2
- 중발열 상태에서 주방후드와 CAJ 시스템의 급·배기를 동시에 실시하는 조건 ; TC-3

실험은 각 Case 마다 본 측정에 들어가기에 앞서 약 30분간 환기를 충분히 시키고 이후 10분간 예비측정을 통하여 실험실내의 조건이 안정되었음을 확인한 후 본 실험으로 진행토록 하였다.

2) 실험방법

각 Case별로 설정한 실험·실측 조건에 따라 test chamber 내의 수직·수평온도와 CO<sub>2</sub>, CO농도, 상대습도, 기류속도를 해당 측정점에서 계측하였다. 실온의 측정점은 실험실 중앙부(그림-1참조)를 따라 상하 일정한 간격(격자형)으로 구획된 지점에 thermo couple을 30 point 설치하여 1초 간격으로 측정하였다. 그리고, CO, CO<sub>2</sub>, 상대습도(RH) 기류속도 등은 실내환경측정기를 이용하여 실험실 중앙부 1.2m 높이에서 측정하였다.

표-3. 측정기기

품명	사양
thermo-couple	T-type
data-logger	SOIAC-5 (35채널)
thermo-recorder	온도도리(TR-72S)
실내공기환경측정기	BABUC/M CO측정 레인지 : 0~50 ppm CO <sub>2</sub> 측정 레인지 : 0~3000 ppm

3.3 측정결과

주방후드의 풍량을 TSI 장비를 이용하여 측정하였는데, 최고 300CMH인 경우 실제 풍량은 170 CMH로 측정되어 약 60% 정도의 낮은 효율을 보이고 있는 것으로 나타났다. 또한, CAJ의 경우 급기량 260~270 CMH, 배기량 490~500 CMH 범위에서 운전되도록 하여 측정하였다. 각 Case 별 실험결과 주요내용을 요약하면 표-4 및 표-5 와 같다.

1) 환기를 전혀 하지 않은 경우(TA-1,2,3)

소, 중 및 대발열로 구분한 실험조건에 따른 기온분포에서는 발열량에 비례하여 실온이 상승되고 있었다. 특히, TA-1, 2, 3 의 경우 모두 가스레인지 점화후 불과 5분 이내에 기온이 급격히 상승하는 것으로 나타났다. TA-3 의 경우 20분 경과 후 최고실온은 실내호흡선 높이에서 46.1℃, 천장면에서 75.9℃ 까지 급격히 상승하는 것으로 나타났다. 이 때 오염농도인 CO<sub>2</sub>, CO는 TA-1 CO 농도만 제외하고 모두 기준치에 도달하는 것으로 측정되었다.

2) 주방 후드만으로 환기하는 경우(TB-1,2)

발열량에 비례하여 실온은 상승되고 있었으나 주방후드에 의한 환기의 영향으로 환기를 하지 않는 경우(TA-1,2,3)와 비교할 때 실내호흡선 높이에서 25.8℃, 천장면 37.2℃로 낮은 온도분포와 특히 CO<sub>2</sub>, CO 오염농도에 있어서도 기준치 도달시간이 약 2배 정도 지연되어

표-4. 실험별 유해가스농도 측정치

측정인자 실험구분	CO <sub>2</sub> (ppm) 실험전/ 최고치 1000ppm 도달시간	CO (ppm) 실험전/ 최고치 10ppm 도달시간	상대 습도 (%) 실험전 / 실험중	실험시간
TA-1	543 / 3000 7분 (1263)	6.3 / 7.3 -	57 / 48~54	60분
TA-2	752 / 3000 5분* (1355)	6.0 / 12.8 9분(10)	56 / 40~44	60분
TA-3	614 / 1285(F) 3분 (1285)	5.8 / 18.6(F) 4분(10)	51 / 21~24	20분
TB-1	512 / 2487 10분 (1053)	5.4 / 6.3 -	53 / 46~49	60분
TB-2	516 / 3000 5분 (1186)	5.8 / 10.4 18분(10)	41 / 41~31	60분
TC-1	578 / 1329 6분 (1133)	5.4 / 6.7 -	28 / 24~28	30분
TC-2	726 / 2490 4분* (1000)	5.4 / 7.1 -	30 / 21~30	60분
TC-3	680 / 1930 5분* (1000)	5.2 / 7.3 -	32 / 25~28	60분

표-5. 실험별 실내온도 측정치

측정인자 실험구분	실온 상승 소요 시간 (실내중앙 호흡선 기준)						바닥면 최고 (최저) 기준	천장면 최고 (최저) 기준
	실험전 실온	최대 상승실온	+5℃	+10 ℃	+15 ℃	+20 ℃		
TA-1	7.5	18.0	10분	54분	-	-	8.9 (6.9)	29.9 (10.3)
TA-2	10.2	29.3	4분*	12분	30분	60분 이상	10.7 (8.2)	42.9 (12.1)
TA-3	13.3	46.1	N.D	N.D	4분	6분	11.6 (9.4)	75.9 (13.8)
TB-1	11.9	18.8	23분	-	-	-	10.3 (9.4)	26.7 (12.0)
TB-2	9.3	25.8	5분	21분	56분	-	10.8 (8.1)	37.2 (9.4)
TC-1	14.3	21.4	11분	-	-	-	11.1 (10.7)	31.7 (13.9)
TC-2	15.3	28.8	5분	16분	-	-	11.7 (10.9)	35.6 (15.3)
TC-3	13.5	25.1	6분	36분	-	-	11.4 (10.3)	35.8 (13.2)

- 노트 : ① 상기표의 \*표시된 항목은 직선보간한 추정치임, 유해가스농도 초과시간에 ( )로 병기한 수치는 초과당시에 계측된 농도치를 나타내었음.  
 ② 실험에 있어 실내기류속도는 0.0~0.1 m/s로 나타남.  
 ③ N.D는 계측기의 데이터 센싱동작간격에 기인한 계측 결과가 없는 것을 나타냄.  
 ④ (F)는 실험 중 이상현상으로 인한 계획된 실험종료시간 이전에 중지된 것임을 나타냄.  
 ⑤ 바닥면 기온은 FL + 200 레벨에서 측정된 값이며, 천장면 기온은 FL+2350(천장빌 100) 레벨로서, 가스렌지로부터 1.5M 이격된 작업면 상부의 온도를 나타냄.

나타나고 있었다. 그러나, CO<sub>2</sub> 농도의 경우, 환기시에도 기준치(1000ppm)를 초과하고 있는 것으로 측정되었다.

3) 주방후드와 천장급배기(Capture air jet)를 동시에 가동하여 환기를 하는 경우(TC-1,2,3)

이 경우는 특히 배기뿐만 아니라 천장면에서 신선외기를 공급하는 것으로서 TB-1,2와 마찬가지로 낮은 온도분포와 CO<sub>2</sub> 및 CO 오염농도에서도 같은 패턴을 보이고 있었다. 그러나, 역시 CO<sub>2</sub> 농도의 경우 환기장치를 가동 시에도 오염농도는 기준치(1000ppm)를 초과하고 있었다.

4) 실험조건에 따른 주방 작업구역의 온도변화

실험결과, 주방작업구역(FL+1.9M, 가스레인지에서 1.2M 이격된 지점)에서의 실온상승은 TB-1이 가장 작고, TA-1, TC-1, TB-2, TA-2, TC-3, TC-2, TA-3 순으로 약간씩 높아지는 것으로 나타났다.

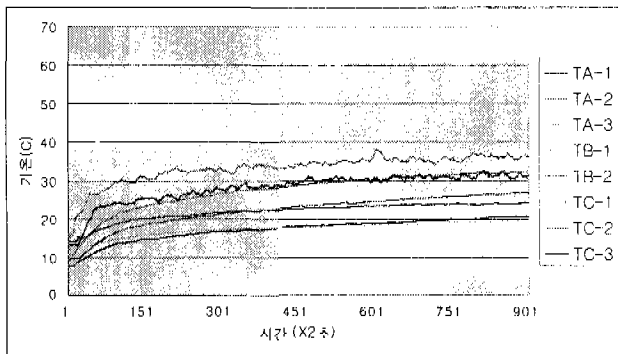


그림-4. 주방작업구역에서의 온도변화

기온분포에 따른 환기효과를 보면 TC-3와 TA-2가 비슷하고 TA-1과 TB-1이 거의 같은 것으로 나타났다. 한편, TC-1의 경우 초기의 실온은 TB-2보다 빠르게 상승하지만 약 15분 정도 경과된 후부터는 오히려 TB-2보다 실온이 하강되며 안정되는 것으로 나타났다. 취사 시 일반적인 조건으로 예상되는 TB-2에 대해 추세선을 삽입하여 검토한 결과  $y = 4.1456\ln(x) - 2.0295$ ,  $R^2 = 0.9654$  0 으로 나타났다.

#### 4. 결 론

본 연구는 공동주택 주방의 취사시 실내공기환경에 관한 측정 연구로서 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 공동주택 주방에서의 공기환경 실태조사에서는 레인지후드 등의 환기장치를 가동할 경우에도 CO<sub>2</sub> 농도분포는 기준치(1000ppm)를 초과하는 것으로 나타나 이에 대한 대책이 요구되고 있었다.

둘째, 주방의 취사시 가스레인지의 사용 및 환기장치의 가동에 따른 실험실 측정결과는 다음과 같다.

1) 환기를 전혀 하지 않은 경우(TA-1,2,3)에는 발열량에 비례하여 실온이 상승되고 있었으며 특히, 모두 가스레인지 점화 후 짧은 시간에 걸쳐(5분 정도 이내) 가파르게 기온이 상승한 후 완만한 상승세를 유지하였다. 이때 오염농도인 CO<sub>2</sub>, CO는 TA-1 CO농도만 제외하고 모두 기준치를 초과하는 것으로 측정됨으로써 이에 대한 대책이 요구되었다.

2) 주방 후드만으로 환기하는 경우(TB-1,2), 환기를 하지 않는 경우(TA-1,2,3)와 비교할 때 발열량에 비례하여 실온은 상승되고 있었으나 주방후드에 의한 환기의 영향으로 실내흡선 높이 25.8℃, 천장면 37.2℃로 낮은 온도분포를 보이고 있었고 특히 CO<sub>2</sub>, CO 오염농도에 있어서도 기준치 도달시간이 약 2배 정도 지연되어 나타나고 있었다. 그러나, CO<sub>2</sub> 농도의 경우, 주방환기를 가동시에도 기준치(1000ppm)를 초과하고 있는 것으로 측정됨으로써 이에 대한 적절한 환기대책이 요구되었다.

3) 주방후드와 천장급배기(Capture air jet)를 동시에 가동하여 환기를 하는 경우(TC-1,2,3)는 특히 배기뿐만 아니라 천장면에서 신선외기를 공급하는 것으로서 TB-1,2와 마찬가지로 낮은 온도분포와 CO<sub>2</sub> 및 CO 오염농도에서도 같은 패턴을 보이고 있었다.

그러나, 역시 CO<sub>2</sub> 농도의 경우 환기장치를 가동 시에도 오염농도는 기준치(1000ppm)를 초과하고 있었다.

지금까지의 연구결과를 종합할 때, 공동주택 주방의 공기환경은 CO<sub>2</sub> 및 CO 오염농도에 있어서 기준치를 초과하기 쉬운 여건으로, 환기에 대한 개선대책이 요구되고 있었다. 또한, 취사시 가스레인지 가동직후 초기에 높은 온도분포와 오염농도가 상승됨을 고려할 때, 주방환기는 가스레인지 가동과 동시에 적극적으로 실시해야 함을 알 수 있었다. 한편, 주방배기 및 천장급배기형 환기장치를 동시에 가동하는 경우에도 실온 및 오염농도가 눈에 띄게 줄어들고 있지 않음을 볼 때 환기장치의 선택과 위치선정에 세심한 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 전주영, 박진철, 이연구, 공동주택에 있어 주방의 공기환경에 관한 측정 연구, 대한건축학회학술발표논문집 제 14권 제1호, 1994
2. 이상수, 공동주택의 주방배기시스템 개선에 관한 연구, 중앙대 건설대학원, 1994
3. 박진철, 이상수, 이연구, 공동주택의 주방환기시스템 개선에 관한 연구, 건축설비학회논문 제3권, 3호, 2001
4. John Bower, Understanding Ventilation, The Heathy House Institute, 1995
5. Spengler et al., Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, 2001
6. Anthony L. Hines et al., Indoor Air Quality and Control, Prentice Hall, 1993
7. E. Willard Miller, Ruby M. Miller, Indoor Pollution, ABC-CLIO, 1998