예방의학회지 : 제30권 제3호
Korean J. of Preventive Medicine
Vol. 30, No. 3, September. 1997

도시아파트의 실내외 NO_2 농도와 관련요인에 관한 연구

서병성[1], 김성환[1], 김인식[2], 허윤영[2], 도수영[2], 김정만[1], 김준연[1]

동아대학교 의과대학 예방의학교실 및 산업의학연구소[1], 동아대학교병원 산업의학과[2]

= Abstract =

Study on the Indoor-Outdoor NO_2 Levels and Related Factors in Urban Apartments

Byung Seong Suh[1], Sung Hwan Kim[1], In Shik Kim[2], Yun Young Hur[2],
Sou Young Do[2], Jung Man Kim[1], Joon Youn Kim[1]

Department of Preventive Medicine and Industrial Medicine Research Institute[1],
Dong-A University College of Medicine
Department of Occupational Medicine, Dong-A University Hospital[2]

Nitrogen dioxide (NO_2) has been regarded as one of the main elements among air pollutants, and we measured NO_2 levels of near gas range, kitchen, living room and outdoor on 489 apartments in Pusan area. NO_2 were sampled by using Palmes tubes (diffusion tube sampler) during August 16-25, 1995 (summer) and January 15-29, 1996 (winter), respectively.

Authors wanted to know comparison of NO_2 levels in summer and winter, NO_2 levels categorized by variables, and variables affected to NO_2 levels. According to this study, we conducted to establish the degree of indoor-outdoor air pollution of urban apartments in Korea and methods to reduce indoor air pollution.

The results of this study were summarized as follows:

1) Mean NO_2 levels of near gas range, kitchen, living room, and outdoor were 25.9±10.0 ppb, 23.3±8.0 ppb, 19.9±6.1 ppb, and 19.0±6.0 ppb in summer, and 34.5±16.8 ppb, 28.2±13.4 ppb, 25.3±12.5 ppb, 21.8±9.8 ppb in winter, respectively.

2) Mean NO_2 levels according to the floor levels were not significantly different in summer, and in winter, NO_2 levels were decreased as the floor levels were increasing, but those were increased above 16th floor.

* 본 논문은 1995년도 동아대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었슴.

3) Variables showing significant correlation($p<0.05$) with NO_2 levels were as follows; Summer: floor level, family size, number of family during a meal, number using gas range during rice cooking per day, and natural ventilation.

Winter: floor level, family size, number of person who have been respiratory disease in a house, number of family during a meal, total number of meals, and number using gas range during rice or side-dish cooking per day.

4) We suggest that the methods of reducing indoor NO_2 levels are ventilation during cooking, complete combustion, decreasing number and time of cooking, and substitution of fuels.

Key words : NO_2 levels, urban apartments, Palmes tubes

서 론

대부분의 도시민은 가정을 비롯한 작업장, 사무실 등의 실내에서 하루중 90% 이상의 시간을 영위하므로 (Szalai, 1972 ; Eskinazi 등, 1989) 쾌적한 실내 생활환경의 조성은 인간의 삶의 질 향상에 필수적이다. 특히 유아, 노인, 주부 등은 주택의 실내에서 거주하는 시간이 비교적 많으므로 실내의 공기오염은 보건학적 측면에서 중요한 의의를 가진다.

실내공기오염 물질로는 질소산화물, 일산화탄소, 이산화탄소, 담배연기, 석면, 포르말린, 부유분진, 라돈, 오존 등이 있으며 (Wadden과 Scheff, 1976), 이 중 질소산화물에는 일산화질소 (nitric oxide : NO)와 이산화질소 (nitrogen dioxide : NO_2)가 있으나, 동일한 농도 하에서 NO_2가 NO보다 인간과 동식물에 미치는 영향이 더욱 현저한 편이다 (Wark 등, 1976).

NO_2는 물에 대한 용해도가 낮고 폐에 대한 침습성이 높아서 급성 상부 호흡기도 자극은 경미하나 때로는 폐부종을 일으켜 사망을 초래하기도 하는 자극성 가스이며, 동식물에 직접 손상을 초래하거나 직물의 염색을 바래고 플라스틱 재료를 변질시키며 금속을 부식시키고 산성비를 생성하는 유독가스로 알려져 있다 (Calrcrt 등, 1984).

NO_2는 혐기성 조건에서 질소 화합물들의 환원과정 중 박테리아의 작용에 의해 상당량 생성된다고 하나, 공기오염원으로서의 NO_2의 발생은 대부분 연료의 연소과정에서 발생하며 (Mayer, 1965; Robinson과 Robbins, 1970), 이는 공기중 질소의 산화와 연소연료 자체에 함유되어 있는 유기질소의 산화에 의해 일차적으로 생성된 NO ($N_2+O_2 \leftrightarrow 2NO$)의 산화과정 ($2NO+O_2 \leftrightarrow 2NO_2$)에 기인한 것이다 (Fontijin, 1970 ; Vogt, 1978). 연소는 자동차나 산업장에서 (Wark와 Warner, 1981 ; Spengler와 Sexton, 1983) 뿐만 아니라, 실내에서는 흡연, 취사, 난방기구의 사용에 의한 연소과정으로도 일어날 수 있다 (Thompson, 1976 ; Leaderer 등, 1984).

NO_2에 관한 연구로서, 외국의 경우 주택의 실내외 NO_2 농도 (Derham 등, 1974 ; Thompson, 1976 ; Wadden과 Scheff, 1976 ; Spengler와 Sexton, 1983), 취사연료로서 가스와 전기 사용에 대한 NO_2의 발생 (Wade 등, 1975 ; Melia 등, 1978 ; Palmes 등, 1979), NO_2와 호흡기질환 발생과의 관련성 (Keller, 1979b) 및 소아의 폐기능과 NO_2 폭로와의 연관성 (Speizer 등, 1980) 등을 들 수 있다.

한편, 국내에서는, 아파트와 단독주택, 사무실 등의 실내외 NO_2 농도 (김준연 등, 1985 ; 김용완과 배기택 등, 1986 ; 김준연 등, 1990 ; 김동일 등, 1990), 교통기관과 간선 도로변 (김준연 등, 1990)의 NO_2 농도 조사와 주택의 NO_2 농도에 영향을 미치는 요인 (전진호 등, 1988) 등에 관한 연구가 있다.

그러나, 1985년도 실시한 주거형태 조사에 의하면 전체 주거형태중 전국은 13.5%, 서울은 26.1%, 부산

은 23.0%가 아파트이었으나 (통계청, 1986), 1995년도에는 전국 37.6%, 서울 42.7%, 부산 43.9%로서 (통계청, 1996) 10년 사이에 전국은 물론 도시지역의 주거형태중 아파트가 차지하는 비중이 상당히 증가하였다. 산업화와 도시화의 영향으로 도시민의 주거형태가 일반주택에서 아파트로 크게 변모하였지만, 도시 아파트를 대상으로 실내외 NO_2 농도에 관한 연구의 결과는 희소하며 대상 아파트의 수도 적은 편이었고 특히, 고층 아파트를 대상으로 아파트 층수별 NO_2 농도에 관한 연구는 전무하였다.

이에 저자들은 도시 지역의 25층 고층 아파트를 대상으로, 아파트 층수별 동하계의 실내외 NO_2 농도를 조사하고 나아가서 NO_2 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인들에 대하여 연구함으로써 아파트의 실내오염의 정도를 파악하고 이에 대한 예방책을 제시하고자 본 연구를 시행하였다.

연구대상 및 방법

부산지역의 모 아파트 단지 947세대 중에서 본 연구에 참여하기를 동의한 아파트 489세대를 연구대상으로 하였다. 아파트 실내외의 NO_2 포집은 Palmes 등 (1976)이 개발한 개인용 NO_2 포집관 (Palmes tube)을 사용하였고, 포집기간은 하계는 1995년 8월 16일-8월 25일, 동계는 1996년 1월 15일-1월 29일 동안의 3-5일간 (평균 78.6 시간)이었으며, 휴일을 제외한 맑은 날에 주로 포집하였다.

포집관은 사전에 훈련된 보조연구원에 의하여, 연구대상 아파트의 주방, 거실과 옥외에 부착하였고, 부착위치는 주방의 경우 취사도구 (가스렌지) 근처 및 주방 바닥으로부터 1.5-2.0m 높이의 주방 벽면에, 거실은 가구원들이 주로 생활하는 위치를 고려하여, 거실 바닥으로부터 1.5-2.0m 높이의 거실 벽면에, 옥외는 거실 바닥으로부터 1.5-2.0m 높이의 아파트 외벽에, 각각 부착하였다.

보조연구원들이 포집관 부착을 위하여 각 가구를 직접 방문시 미리 준비된 설문지를 배부하고 설문지 작성 요령을 자세히 설명하였으며, 작성된 설문지는 보조연구원들이 NO_2 포집관의 수거를 위하여 재차 가구 방문시 작성내용을 확인하고 수거하였다. 설문지의 내용은 주소, 전화번호, 동호수, 평수, 가족 구성원의 성과 연령, 식사인원, 취사도구, 조리도구, 조리시 환기여부, 자연환기상태, 가정에서 하루 평균 흡연량, 흡연자수, 호흡기 질환자수, 천식 및 보조 난방기구 사용여부 등을 포함하였다.

한편 NO_2 농도의 산출은 일정기간 NO_2를 포집한 Palmes tube내에 sulfanilamide 용액 1m ℓ와 증류수 1m ℓ를 가한 다음 NEDA (Naphtyl ethylene diamine dihydrochloride) 0.1m ℓ를 즉시 가하여 10-15분간 실온에서 보존한 후 분광광도계 (Spectronic 20D, Milton Roy Company)로서 파장 540nm에서 흡광도를 측정하여 NO_2 표준검량선과 아래의 Palmes 등 (1976)의 NO_2 산출공식 (1시간 평균 NO_2 농도)에 의하였다.

$$NO_2\ (ppm) = \frac{\text{표준검량선으로부터 구한 } NO_2 \text{ 값}}{2.3 \times \text{폭로시간 (hours)}} \times 1{,}000$$

본 연구의 표준검량선의 예는 Fig. 1. 과 같다.

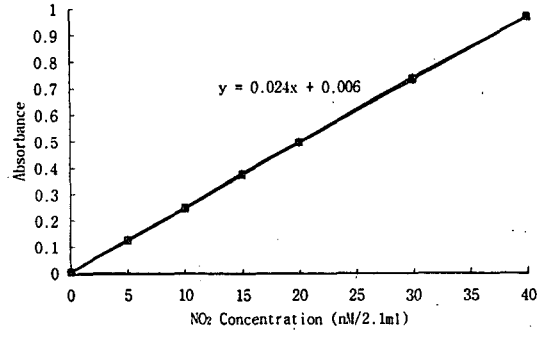

Fig. 1. Standard curve for measurement of NO_2 levels.

본 연구의 자료는 excel 5.0 version과 한글 3.0b window version을 이용해서 coding 하였으며, SAS

6.08 window version과 EPI INFO 6.01 version을 이용하여 다음과 같이 자료를 분석하였다.

즉 동하계 아파트 실내외 NO_2 농도의 산술평균과 표준편차를 산출하고, 하계와 동계의 실내외 NO_2 농도 차이는 paired t-test, 각 변수에 따른 실내외 NO_2 농도의 비교는 ANOVA를, 그리고 각 변수에 따른 군간 비교는 Student's t-test를 각각 이용하였다. NO_2 농도 관련 변수들의 동하계 빈도에 따른 비교는 x^2-test를 이용하였고, 실내외 NO_2 농도와 여러 변수들과의 상관관계는 NO_2 농도를 각 변수별로 재분류하여 Pearson's correlation coefficient로 비교하였다.

결 과

1. 아파트 실내외의 NO_2 농도

연구대상 아파트의 동하계의 실내외 NO_2 평균농도는, 하계의 경우 주방의 취사도구 근처 (이하 가스렌지 근처로 표기함)가 25.9±10.0ppb로서 가장 높았으며, 거실과 옥외간을 제외한 실내외 NO_2 농도의 차이는 유의하였다. 동계 역시 가스렌지 근처가 34.5±16.8ppb로서 가장 높았으며, 각 측정위치간 NO_2 농도의 차이는 모두 유의하였다.

NO_2 측정위치별 동하계간의 NO_2 농도의 차이는 가스렌지 근처가 8.6ppb로서 최고이었으며, 주방, 거실과 옥외 역시 동계의 NO_2 농도가 유의하게 높았다(Table 1).

Table 1. Indoor and outdoor NO_2 levels (M±SD) in summer and winter (ppb)

Sites	Summer[a]	Winter[b]
Near gas range	25.9±10.0(9.0-77.0)	34.5±16.8(4.4-135.1)
Kitchen	23.3± 8.0(7.8-73.4)	28.2±13.4(2.6- 86.1)
Living room	19.9± 6.1(3.9-43.9)	25.3±12.5(2.8- 89.4)
Outdoor	19.0± 6.0(6.0-45.9)	21.8±9.8(2.4- 58.5)

( ) : range
[a]: $p<0.01$ except between living room and outdoor
[b]: $p<0.01$

2. 아파트 층수와 크기별 NO_2 농도

아파트 층수에 따라 1-5층, 6-10층, 11-15층 및 16-25층의 네 군으로 분류하여 하계와 동계의 실내외 NO_2 농도를 산정한 결과는 Table 2-1과 같다.

네 군 모두 실내 NO_2 농도는 동계에서 유의하게 높았다 ($p<0.01$)

하계의 네 군간 실내 NO_2 농도는 유의한 차이가 없었으며, 동계에는 아파트 층수가 16층 이상인 경우를 제외하고는 아파트 층수가 높을수록 실내외 NO_2 농도는 점차 낮아지는 경향이었다.

Table 2-1. Indoor and outdoor NO_2 levels (M±SD) by apartment floor (ppb)

Floor	Season	No.	Near gas range	Kitchen	Living room	Outdoor[b]
1-5	Summer	127	25.3± 9.3	22.5± 6.7	20.0± 6.3	19.3± 6.3
	Winter		37.0±18.5	30.9±14.9[a]	27.8±14.5[a]	22.7±10.4
6-10	Summer	126	25.7± 9.9	24.1± 8.6	20.2± 5.7	19.5± 5.9
	Winter		34.6±16.7	28.5±12.9	25.2±11.7	22.1± 9.4
	Summer	136	26.2±10.9	23.9± 8.2	19.6± 6.1	19.0± 5.3
11-15	Winter		32.0±15.2	25.4±11.4	22.4±11.6	19.7± 9.3
	Summer	100	26.0± 9.9	21.8± 8.3	19.3± 6.4	17.2± 6.3
16-25	Winter		34.5±16.8	28.1±14.2	26.2±11.1	23.2±10.0

[a]: $p<0.01$ 1-5 vs. 11-15th floor in winter
[b]: $p<0.05$ in summer and winter

아파트 크기에 따라 34평 이하와 35평 이상의 양군으로 나누어 하계와 동계의 실내 NO_2 농도를 산정한 결과는 Table 2-2와 같다.

양 군간 실내 NO_2 농도는 동계에서 유의하게 높았다 ($p<0.01$).

하계의 양 군간 실내 NO_2 농도는, 주방의 경우 양군간에 차이가 있었으며 ($p<0.05$), 동계에는 양 군간에 차이가 없었다.

Table 2-2. Indoor NO_2 levels (M±SD) by size of apartment (ppb)

Area(Pyung)	Season	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
Below 34	Summer	329	26.2±10.5	22.7± 7.8	19.6± 6.4
	Winter		34.4±16.3	27.6±13.3	25.6±12.1
Above 35	Summer	160	25.3± 8.9	24.5± 8.3[a]	20.5± 5.2
	Winter		34.8±18.2	29.5±13.7	24.4±13.4

[a]: $p<0.05$ in summer

3. 가족 특성별 NO_2 농도

1회 식사시 평균 가족수를 4명 미만과 4명 이상의 양 군으로 나누어 하계와 동계의 실내 NO_2 농도를 산정한 결과는 Table 3-1과 같다.

양 군간 실내 NO_2 농도는 동계에서 유의하게 높았다 ($p<0.01$).

하계의 양 군간 실내 NO_2 농도는, 4명 이상군의 주방의 NO_2 농도가 4명 미만군에 비하여 유의하게 높았으며 ($p<0.05$), 동계에는 4명 이상군의 가스렌지 근처와 거실의 NO_2 농도가 4명 미만군에 비하여 유의하게 높았다 ($p<0.05$).

Table 3-1. Indoor NO_2 levels (M±SD) by number of family during a meal (ppb)

Number	Season	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
< 4	Summer	382	25.6± 9.9	22.7± 7.3	19.8± 6.1
	Winter		33.7±17.2	27.8±13.6	24.5±12.4
≥ 4	Summer	107	26.9±10.3	25.3± 9.6[b]	19.9± 6.0
	Winter		37.3±15.1a	29.6±12.7	27.9±12.5[a]

[a]: $p<0.05$ in winter

[b]: $p<0.05$ in summer

가족 구성원의 연령을 합산하여 120세 미만과 120세 이상의 양 군으로 나누어 하계와 동계의 실내 NO_2 농도를 산정한 결과는 Table 3-2와 같다.

양 군간 실내 NO_2 농도는 동계에서 유의하게 높았다 ($p<0.01$).

하계에는 양 군간에 유의한 차이가 없었으며, 동계에는 120세 이상군의 가스렌지 근처와 주방의 NO_2 농도가 120세 미만군에 비하여 유의하게 높았다 ($p<0.05$).

Table 3-2. Indoor NO_2 levels (M±SD) by total ages of family members (ppb)

Total age	Season	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
<120	Summer	278	25.5±10.1	23.4± 8.6	19.8± 6.2
	Winter		32.9±15.3	26.3±12.2	24.3±11.2
≥120	Summer	211	26.5± 9.8	23.0± 7.1	19.9± 5.8
	Winter		36.7±18.6[a]	30.7±14.6[a]	26.5±13.9

[a]: $p<0.05$ in winter

4. 취사도구 사용 횟수별 NO_2 농도

취사용 가스렌지 사용 횟수별로 1일 평균 2회 미만과 2회 이상의 양 군으로 나누어 하계와 동계의 실내 NO_2 농도를 산정한 결과는 Table 4와 같다.

양 군간 실내 NO_2 농도는 동계에서 유의하게 높았다 ($p<0.01$).

하계의 양 군간 실내의 NO_2 농도는 유의한 차이가 없었으며, 동계에는 2회 이상군의 가스렌지 근처와 거실의 NO_2 농도가 2회 미만군에 비하여 유의하게 높았다 ($p<0.05$).

Table 4. Indoor NO_2 levels (M±SD) by number using gas range per day (ppb)

Total age	Season	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
< 2	Summer	217	25.2± 9.9	22.9± 8.1	19.6± 6.5
	Winter	257	33.0±16.6	27.2±13.1	24.1±11.6
≥ 2	Summer	272	26.4±10.0	23.6± 7.9	20.0± 5.7
	Winter	232	36.1±17.0[a]	29.3±13.8	26.5±13.3[a]

[a]: $p<0.01$ in winter

5. 환기와 NO_2 농도

취사시 자연환기 (부엌내 창문을 통한 환기) 실시 여부별로 동하계의 실내 NO_2 농도를 산정한 결과는 Table 5-1과 같다.

양 군간 실내 NO_2 농도는 동계에서 유의하게 높았다 ($p<0.01$).

하계의 양 군간 실내 NO_2 농도는, 자연환기 실시군의 가스렌지 근처의 NO_2 농도가 자연환기 비실시군에 비하여 유의하게 높았으며 ($p<0.05$), 동계에는 양 군간에 차이가 없었다.

Table 5-1. Indoor NO_2 levels (M±SD) by natural ventilation during cooking (ppb)

Nat. Vent.	Season	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
Yes	Summer	412	25.5± 9.7	23.1± 7.6	19.7± 6.0
	Winter	379	34.1±16.1	27.8±13.1	25.2±12.5
No	Summer	77	28.3±11.2[a]	24.2± 9.5	20.8± 6.3
	Winter	110	35.6±19.9	29.4±14.9	25.5±12.6

[a]: $p<0.05$ in summer

취사시 인공환기 (Fan 사용) 실시 여부별로 동하계의 실내 NO_2 농도를 산정한 결과는 Table 5-2와 같다.

양 군간 실내 NO_2 농도는 동계에서 유의하게 높았으며 ($p<0.01$), 동하계의 양 군간 NO_2 농도는 차이가 없었다.

Table 5-2. Indoor NO_2 levels (M±SD) by artificial ventilation during cooking (ppb)

Art. Vent.	Season	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
Yes	Summer	354	26.1±10.2	23.4± 7.9	19.9± 5.8
	Winter	390	34.3±16.6	27.7±12.9	25.0±12.4
No	Summer	135	25.3± 9.4	22.9± 8.1	19.7± 6.8
	Winter	99	34.1±17.0	29.1±15.0	25.9±12.4

6. 흡연과 NO_2 농도

가족의 흡연자중 아파트 실내에서의 흡연 유무에 따라 양 군으로 나누어 동하계의 실내 NO_2 농도를 산정한 결과는 Table 6-1과 같다.

양 군간 실내 NO_2 농도는 동계에서 유의하게 높았으며 ($p<0.01$), 동하계의 양 군간 NO_2 농도는 차이가 없었다.

Table 6-1. Indoor NO_2 levels (M±SD) by smokers in household (ppb)

Smoker	Season	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
No	Summer	179	25.33± 9.36	23.49± 8.31	20.18± 6.08
	Winter	215	33.58±16.76	28.58±13.90	24.56±11.93
Yes	Summer	310	26.22±10.32	23.13± 7.76	19.66± 6.07
	Winter	274	35.03±17.03	27.84±13.22	25.83±12.90

한편 흡연자의 흡연양에 따라 1-4, 5-9, 10 개비 이상의 세 군으로 나누어 동하계의 실내 NO_2 농도를 산정한 결과는 Table 6-2와 같다.

세 군 모두 실내 NO_2 농도는 동계에서 유의하게 높았으며 ($p<0.01$), 동하계의 세 군간 NO_2 농도는 차이가 없었다.

Table 6-2. Indoor NO_2 levels (M±SD) by smoking amount (ppb)

Smoking amount	Season	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
1 - 4	Summer	114	25.1± 9.7	22.4± 8.2	19.1± 6.0
	Winter	99	32.7±15.4	27.3±13.7	25.5±13.8
5 - 9	Summer	62	26.7±10.6	23.8± 7.2	20.9± 6.9
	Winter	68	34.7±15.4	28.4±13.3	26.6±11.3
10≤	Summer	88	26.9±10.4	23.5± 7.7	19.8± 5.6
	Winter	80	37.2±19.8	28.4±13.3	25.6±13.8

7. 호흡기 질환과 NO_2 농도

가족중 최근 1개월 이내의 호흡기 질환자 유무별로 동하계의 실내 NO_2 농도를 산정한 결과는 Table 7-1과 같다.

양 군간 실내 NO_2 농도는 동계에서 유의하게 높았으며 ($p<0.01$), 동하계의 양 군간 NO_2 농도는 차이가 없었다.

Table 7-1. Indoor NO_2 levels (M±SD) by respiratory disease patient in a month (ppb)

Resp. Dis.	Season	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
No	Summer	422	25.7± 9.9	23.1± 7.9	19.8± 6.1
	Winter	347	33.7±15.4	27.5±12.6	24.4±11.6
Yes	Summer	67	26.9±10.2	24.1± 8.3	20.2± 6.1
	Winter	142	36.1±20.1	29.7±15.4	25.3±14.2[a]

[a]: $p<0.05$ in winter

한편 가족중 최근 1개월 이내의 천식 증상 유무별로 동하계의 실내 NO_2 농도를 산정한 결과는 Table 7-2와 같다.

양 군간 실내 NO_2 농도는 동계에서 유의하게 높았으며 ($p<0.01$), 동하계의 양 군간 실내 NO_2 농도는 차이가 없었다.

Table 7-2. Indoor NO_2 levels (M ±SD) by asthma attack (ppb)

Asthma	Season	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
No	Summer	468	25.9± 9.9	23.2± 7.9	19.9± 6.1
	Winter	464	30.1±17.0	26.7±11.7	23.1±11.9
Yes	Summer	21	26.0±11.5	24.5± 8.3	18.3± 6.1
	Winter	25	34.7±16.9	28.3±13.6	25.4±12.5

8. 보조난방과 NO_2 농도

아파트의 중앙난방 외에 동계에 보조난방 (주로 거실) 실시군과 비실시군으로 나누어 실내의 NO_2 농도를 산정하였는 바, 양 군간에 차이가 없었다 (Table 8-1).

Table 8-1. Indoor NO_2 levels (M ±SD) by local heating in winter (ppb)

Local heating	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
No	369	34.6±16.1	28.3±13.0	25.0±11.4
Yes	120	34.0±19.1	27.9±14.9	26.1±15.2

한편, 보조난방 실시군의 경우, 난방기구의 연료원에 따라 가스, 전기, 석유의 세 군으로 나누어 실내의 NO_2 농도를 산정하였는 바, 가스렌지 근처, 주방, 거실 공히 석유를 사용하는 군에서 가스나 전기를 사용하는 군에 비하여 NO_2 농도가 유의하게 높았다 (Table 8-2).

Table 8-2. Indoor NO_2 levels (M ±SD) by kind of fuels in local heating (ppb)

Fuel	No.	Near gas range	Kitchen	Living room
Gas	80	31.9±17.1	24.4±11.4	23.6±13.1
Electric	24	28.9± 9.9	28.1±12.7	24.4±10.7
Petroleum	16	51.1±29.5[a]	44.7±22.2[b]	41.5±23.2[c]

[a, b, c]: $p<0.01$

9. NO_2 농도와 관련 변수들간의 상관성

하계의 아파트 실내 NO_2 농도와 이에 영향을 미칠 수 있는 변수들간의 상관성은 Table-9와 같다. 즉 가스렌지 근처의 NO_2 농도와 유의한 상관관계 ($p<0.05$)

를 나타낸 변수는 주방과 거실의 NO_2 농도, 가족수, 취사시 가스렌지 1일 평균 사용횟수, 조리시 가스렌지 1일 평균 사용횟수 및 자연환기 등이었다. 주방의 NO_2 농도와는 가스렌지 근처와 거실 및 옥외의 NO_2 농도, 1회 식사시 평균 가족수, 취사시 가스렌지 1일 평균 사용횟수 등이었으며, 거실의 NO_2 농도와는 가스렌지 근처와 주방 및 옥외의 NO_2 농도이었다.

Table 9. Pearson's correlation coefficients matrix of NO_2 levels in summer

Variable	Near gas range	Kitchen	Living room
Near gas range	1.0000	0.3042**	0.1656**
Kitchen	0.3042**	1.0000	0.2709**
Living room	0.1656**	0.2709**	1.0000
Outdoor	0.0357	0.2043**	0.1652**
FLOOR	0.0536	-0.0029	-0.0436
AREA	-0.0371	0.0691	0.0077
FAM	0.0940*	0.0803	-0.0470
EATM	0.0736	0.1362**	-0.0410
EATS	0.0381	0.0774	-0.0141
EATN	0.0017	-0.0027	0.0726
AGEM	-0.0296	-0.0451	0.0196
AGES	0.0459	0.0359	-0.0156
BT1	-0.0713	-0.0602	0.0649
BTSD	0.0953*	0.1006*	-0.0044
JTSD	0.0932*	0.0284	0.0800
VENT	-0.0999*	-0.0533	-0.0233
FANSD	-0.0025	-0.0042	0.0457
DIS	0.0530	0.0293	-0.0145

2-tailed significance : * -0.05 ** -0.01
FLOOR : floor level
AREA : extent (pyung)
FAM : number of family size
EATM : number of family during a meal
EATS : total number of person during whole meal
EATN : number of meals
AGEM : average age of family
AGES : total ages of family
BT1 : number using electric rice cooker per day
BTSD : number using gas range during rice cooking per day
JTSD : number using gas range during dish cooking per day
VENT : natural ventilation
FANSD : artificial ventilation (fan)
SMOKE : cigarette smoking
DIS : number of person who have been respiratory disease
AS : asthma attack

동계의 아파트 실내 NO_2 농도에 영향을 미칠 수 있는 변수들과의 상관성은 Table-10과 같다. 즉 가스렌지 근처의 NO_2 농도와 유의한 상관관계 ($p<0.05$)를 나타낸 변수는 주방과 거실 및 옥외의 NO_2 농도, 가족수, 1회 식사시 평균 가족수, 총 식사 인원수, 식사 횟수, 가족의 총 연령, 취사시 가스렌지 1일 평균 사용횟수, 조리시 가스렌지 1일 평균 사용 횟수, 호흡기 질환자 유무 등이었다. 주방의 NO_2 농도와는 가스렌지 근처와 거실 및 옥외의 NO_2 농도, 평수, 층수, 가족수, 총 식사 인원수, 가족의 총 연령, 취사시 가스렌지 1일 평균 사용 횟수, 조리시 가스렌지 1일 평균 사용 횟수, 호흡기 질환자 유무 등이었다. 거실의 NO_2 농도와는 가스렌지 근처와 주방 및 옥외의 NO_2 농도, 가족수, 1회 식사시 평균 가족수, 총 식사 인원수, 식사 횟수, 가족의 총 연령, 취사시 가스렌지 1일 평균 사용 횟수, 조리시 가스렌지 1일 평균 사용 횟수, 호흡기 질환자 유무 등이었다.

Table 10. Pearson's correlation coefficients matrix of NO_2 levels in winter

Variable	Near gas range	Kitchen	Living room
Near gas range	1.0000	0.7080**	0.5893**
Kitchen	0.7080**	1.0000	0.6276**
Living room	0.5893**	0.6276**	1.0000
Outdoor	0.4209**	0.4475**	0.5674**
FLOOR	-0.0728	-0.1057*	-0.0785
AREA	0.0506	0.0981*	0.0006
FAM	0.1364**	0.1497**	0.1702**
EATM	0.0907*	0.0846	0.1145*
EATS	0.1190**	0.1092*	0.1534**
EATN	0.0966*	0.0794	0.1322**
AGEM	0.0494	0.0703	0.0019
AGES	0.1507**	0.1730**	0.1427**
BT1	-0.0048	-0.0149	-0.0171
BTSD	0.1583**	0.1416**	0.1381**
JTSD	0.1848**	0.1603**	0.1838**
VENT	0.0361	0.0483	0.0102
FANSD	0.0312	-0.0049	0.0724
DIS	0.0892*	0.0941*	0.1361**

2-tailed significance : * -0.05 ** -0.01

고 찰

실내오염 물질의 하나로 알려진 질소산화물은 일반적으로 2가지의 경로를 통하여 생성된다. 그 한 가지는 연소과정과 무관하게 대기중의 NO가 산화과정을 통하여 생성되는 것으로 다음의 3가지 경우가 있다. 첫번째는 대기중의 O_2와 NO의 단순반응 ($2NO+O_2=2NO_2$)을 통한 NO_2 발생이고, 두번째는 대기중의 오존과 반응하여 NO_2를 발생시키는 경우 ($NO+O_3=NO_2+O_2$)이며, 세번째는 NO의 광화학적 산화과정 ($RO_2+NO=RO+NO_2$, RO_2 : peroxyradical)을 통하여 발생되는 경우이다 (Kawaga와 Toyama, 1975 ; Vogt, 1978 ; Lindvall, 1985).

그리고, 다른 한가지는 연소과정에서 일어나는 반응의 결과로 생성되며 주로 교통기관, 발전소, 공장, 주택 등의 동력용 및 취사용 연료의 연소과정에서 생성된다 (Perkins, 1974 ; Purdon, 1980 ; Wark와 Warner, 1981 ; Wadden, 1983 ; Calrcrt, 1984). 물론 주택의 실내 NO_2 농도는 취사용 연료의 종류와 주방 환기 외에도 난방용 연료, 가족수, 흡연자수, 주방의 크기, 국소 냉난방 기기 및 여러 가지 가전제품의 사용 등에 따라 차이를 나타낼 수 있으나 (Wadden, 1983), 이들 중 취사용 연료의 종류와 주방의 환기실시 여부가 비교적 크게 영향을 미치는 요인으로 보고되고 있다 (Palmes, 1977 ; 김준연 등, 1985).

특히 질소산화물은 1100℃ (2000℉) 이상의 온도에서 연소될 때 주로 발생되며, 높은 압력에서의 연소는 질소산화물의 생성을 촉진한다 (Robinson과 Robbins, 1970). 연소반응시의 연소원은 주로 연소 공기중의 질소 혹은 그 연료가 함유하고 있는 질소성분 (연료질소)이며 (Wark와 Warner, 1981), 탄화수소계 연료질소의 결합(C-N, N-H)이 대기중 질소의 결합($N\equiv N$)에 비해 결합력에 있어서 훨씬 약하기 때문에 연료질소의 연소시 질소산화물의 발생이 용이하다고 한다 (Perkins, 1974 ; Calrcrt, 1984).

인체에 대한 영향으로는 비록 저농도일지라도 반복하여 장기간 폭로시는 폐기능의 감소와, 특히 소아들에 있어서 기관지염, 천식 및 폐질환 등의 호흡기 질환의 발생에 영향을 준다고 한다 (Melia 등, 1978 ; Speizer 등, 1980). 우리나라의 경우 질소산화물의 대기환경기준은 연간 평균치 50ppb이하이며, 24시간 평균치 80ppb, 1시간 평균치 150ppb를 연간 3회 이상 초과하지 못하도록 되어 있다 (환경부, 1996).

본 연구에 있어서, 도시아파트 489세대의 NO_2 측정 위치별 아파트 실내의 NO_2 평균 농도는 동하계 공히 가스렌지 근처가 주방과 거실에 비하여 유의하게 높았으며, 아파트 실내의 NO_2 농도가 옥외에 비하여 동하계에 공히 높게 시현되었다. 한편 아파트 실내외의 NO_2 농도는 하계에 비하여 동계에서 유의하게 높았다 (Table 1).

김용완과 김준연 등 (1986)이 동계에 측정한 도시아파트의 실내외 NO_2 농도 즉 주방 30ppb, 거실 24ppb, 실외 22ppb와 하계의 주방 24ppb, 거실 18ppb, 실외 17ppb 및 김준연 등 (1985)이 부산 시내의 아파트 151세대를 대상으로 동계의 NO_2 농도를 조사한 성적 (주방 29ppb, 거실 22ppb, 실외 20ppb) 등과 본 연구의 결과가 거의 일치하였다.

동계가 하계에 비하여, 주방 (특히 취사도구 근처)이 다른 위치에 비하여, 실내가 옥외에 비하여 NO_2 농도가 높은 이유는 조리와 취사가 주요인이며, 그 외에도 밀폐, 환기, 난방 및 생활 방식의 차이 등으로 사려된다.

더욱이 저자들은 주방의 NO_2 농도를 취사도구 (가스렌지) 인근과 주방 실내로 구분하여 측정하였던 바, 주방내에서도 취사도구 주위의 NO_2 농도가 유의하게 높았던 것으로 보아 취사 혹은 조리시의 NO_2 발생이 높은 것을 확인할 수가 있었다.

이러한 연유에서, 실내 NO_2의 농도를 감소시키기 위한 방안의 하나로 주방내 특히 취사도구 근처의 NO_2 농도를 집중적으로 저하시키는 것이 매우 효과적이라고 사려된다.

본 연구의 경우 1995년 8월의 아파트 옥외의 NO_2 농도가 19ppb이었고 1996년 1월에는 21ppb로서, 1995년도 부산의 간선도로변의 대기중 NO_2 농도인 1

월 32ppb, 8월 25ppb (환경부, 1996)에 비하여 낮은 농도를 나타내었으나 이는 NO_2를 측정한 위치와 측정 기간에 따른 평균치의 차이에 의한 것으로 생각된다.

아파트 층수에 따른 NO_2 농도를 관찰하기 위하여, 본 연구에서는 고층아파트 (25층)를 대상으로 1-5, 6-10, 11-15, 16-25의 네 군으로 나누어 비교하였다 (Table 2-1). 아파트 층수를 네 군으로 분류한 이유는 각 군당 가구수를 조정하고, 네 군으로 나눌시 NO_2 농도 간의 차이가 어느 정도 있었기 때문이다. 하계에는 층수가 높아짐에 따라 실내 NO_2 농도의 유의한 차이가 없었지만, 동계에는 실외를 포함한 실내의 NO_2 농도는 층수가 높을수록 NO_2 농도가 낮아지는 경향이었으나, 16층 이상의 군에서는 오히려 증가된 결과를 나타내었다. 동계의 경우, 기온의 차이 (대류)와 바람의 영향으로 아파트 층수가 높을수록 옥외의 NO_2 농도가 낮아, 결국 실내 NO_2 농도에 주로 영향을 미친 것으로 생각된다. 그러나, 동계의 16층 이상의 고층아파트의 경우, 상대적으로 난방용 연료의 사용과 생활행태가 다르기 때문에 오히려 16층 미만군에 비하여 실내 NO_2 농도가 증가된 것으로 사려되며, 나아가서 16층 이상군의 옥외 NO_2 농도가 높았던 것도 실내 NO_2 농도의 증가에 영향을 미친 것으로 생각된다. 16층 이상군의 실내외 NO_2 농도가 동계에 높게 시현된 것에 대해서는 향후 각 가구의 월별 가스 혹은 전기 사용량을 포함한 다른 요인들에 관하여 부가적인 연구가 필요하다고 생각한다.

뿐만아니라 아파트층수에 따른 NO_2 농도에 관해서는 대기중의 NO_2 수직분포를 고려하여 향후 조사할 필요가 있다고 사려된다.

평수에 따른 비교 (Table 2-2)에서는, 하계의 경우 35평 이상의 가구에서 34평 이하군에 비하여 주방의 NO_2 농도가 높았다. 이는 아마도 가족수, 취사 혹은 조리행태 (취사횟수 등) 등의 요인이 작용한 것으로 생각된다.

평균 가족수에 따른 비교 (4명 이하와 5명 이상)에서는, 하계에는 가스렌지 근처와 부엌에서 5명이상 군에서 높은 NO_2 농도를 보였으나 유의한 차이는 아니었고, 동계에는 부엌에서만 5명 이상 군에서 유의하게 높았으며 ($p<0.05$), 이는 가족수를 4명 이하와 5명 이상의 양 군으로 나누어 조사한 전진호 등 (1988)의 연구결과와 비슷하였고, 가족수에 따라서 실내 NO_2 농도의 유의한 차이가 없다는 연구 (Speizer 등, 1980 ; 김준연 등, 1985 ; 김용완과 배기택 등, 1986)와는 상이하였다.

1회 식사시 평균 가족수 (4명 미만과 4명 이상)에 따른 비교 (Table 3-1)의 경우, 4명 이상군에서 NO_2 농도가 하계에는 주방에서, 동계에는 가스렌지 근처와 거실에서 각각 유의하게 높았으며 ($p<0.05$), 이는 위의 평균 가족수에 따른 연구결과와도 관련이 있는 듯하다. 가족수 혹은 식사 인원 자체가 실내 NO_2 농도의 유의한 변수인지, 아닌지에 대해서는 추후 더욱 연구가 되어야겠지만 저자들의 견해로는 가족수에 따른 취사 및 조리횟수 (시간)의 차이로 인해 실내 NO_2 농도가 다소 영향을 받을 것으로 사려된다.

주부나 노인들이 실제 집에서 오랜 시간을 보내는 경우가 많으므로 가족의 총 연령을 합산하여 실내 NO_2 농도를 비교하였다 (Table 3-2). 즉 120세를 기준으로 하여 두 군으로 분류해서 비교하였는 바 120세 이상 군에서 실내의 NO_2 농도가 비교적 높았으며, 특히 가스렌지 근처와 주방의 NO_2 농도가 유의하게 높았다 ($p<0.05$). 이는 120세 이상군의 경우 가족수가 많거나 가족중 고연령자가 많아 취사 혹은 조리의 내용 등의 생활습관이 상대적으로 차이가 있었기 때문으로 사려된다.

취사는 가스와 전기를 사용하고 있으나 전기 사용에 따라서는 NO_2 농도에 유의한 차이가 없었다. 한편 취사시 1일 평균 가스렌지 사용 횟수에 따른 비교 (Table 4)에서는, 동계에는 2회 이상 사용한 군이 2회 미만 사용 군보다 대체적으로 실내 NO_2 농도가 높았으며, 특히 가스렌지 근처와 거실의 NO_2 농도가 유의하게 높았다 ($p<0.05$). 1회 조리시간에 따라 30분 이내, 30분-1시간, 1시간 이상의 3군으로 분류한 연구 (전진호 등, 1988)에서도 1회 1시간 이상군에서 각 측정위치에 관계없이 NO_2 농도가 높았던 것으로 보아,

취사시 가스사용 내지 조리시간은 실내 NO_2 농도의 유의한 변수로 사려되는 바, 이는 실내 NO_2 농도의 감소방안과 관련지어 고려될 수 있다고 생각된다.

취사시 자연환기 (부엌내 창문을 통한 환기) 실시 여부에 따른 아파트 실내 NO_2 농도의 비교 (Table 5-1)에서, 비환기군의 NO_2 농도가 비교적 높은 경향을 나타내었으나, 하계의 가스렌지 근처에서만 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p<0.05$).

한편 인공환기 실시 여부에 따라서는, 본 연구에서는 유의한 차이를 관찰할 수 없었으나, 김용완과 김준연 등 (1986)은 인공환기 실시 여부에 따라 주택 (아파트 포함) 실내의 하계 NO_2 농도가 유의한 차이가 있다고 하였으며, 김준연 등 (1985)도 동계에서 아파트 주방의 실내 NO_2 농도가 인공환기 실시 여부에 따라 유의한 차이가 있다고 하였으나, 전진호 등 (1988)은 춘계에 취사시 인공환기 실시 여부에 따라 실내 NO_2 농도는 차이가 유의하지 않다고 하여, 연구자들에 따라 연구결과가 일치하지 않고 있다.

저자들의 견해로는, Spengler 등 (1979)의 연구에서와 같이 인공환기는 실내 NO_2 농도에 영향을 미치는 변수 가운데 하나로 간주되나 환기 관련 변수들, 예를 들면 환기의 정의, 환기 시간, 환기 행태 및 환기 조사 방법 등의 내용에 따라서 연구의 결과가 달라질 수 있다고 생각된다.

가족 중 아파트 실내에서의 흡연군과 비흡연군으로 나누어 실내 NO_2 농도의 차이를 비교한 결과 (Table 6-1)에서는, 하계와 동계 모두 유의한 차이를 보이지 않았으며, 흡연군을 흡연량에 따라 1-4, 5-9, 10 개비 이상의 3 군으로 나누어 비교한 결과 (Table 6-2)에서도 유의한 차이가 없었다. 이는 다른 연구 (김준연 등, 1985 ; 김용완과 김준연 등, 1986 ; 전진호 등, 1988)의 성적과도 일치된 것으로 보아, 가정에서의 실내 흡연 그 자체는 실내 NO_2 농도에 직접적으로는 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

그러나 흡연으로 NO, NO_2, 니코틴, 벤조피렌, 니켈, 카드뮴, 포르말린, 암모니아 등 유해물질이 발생되며, NO_2는 담배 1개비당 0.5-30μg (HEW, 1979 ; Jenkins, 1980)이 배출되므로, 비록 유의한 결과가 관찰되지는 않았으나, NO_2 농도 관련 변수들과 흡연행태를 고려하여 향후 흡연과 NO_2에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

호흡기 질환자 유무에 따른 실내 NO_2 농도의 비교 (Table 7-1)에서는, 동하계 모두 호흡기 질환자 군에서 실내의 NO_2 농도가 높은 경향을 나타내었고, 특히 하계에서 거실의 NO_2 농도는 유의한 차이를 시현하였다 ($p<0.05$).

Volkmer 등 (1995)은 호흡기 증상은 조리, 난방시 사용연료의 종류와 부모의 흡연과 관련이 있다고 하였으며, NO_2에 감수성이 높은 사람에 대한 실험적 연구에서 일부 폐기능의 변화가 인지되었다 (Kagawa와 Toyama, 1975 ; Orehek 등, 1976)고 한다.

저농도의 NO_2에 장기간 폭로되더라도 건강장해가 없다는 연구 (Cohen 등, 1972 ; Hosein과 Bouhuys, 1979 ; Keller 등, 1979b ; Kleinman 등, 1985)와 호흡기 질환자를 1명 이하와 2명 이상으로 나누어 비교한 연구 (전진호 등, 1988)에서 NO_2 농도의 유의한 차이가 없었다는 연구결과 등 NO_2와 호흡기 질환과의 관련에 대해서는 연구의 결과가 일치하지 않고 있다. 이러한 관점에서 보아, 호흡기 질환자 혹은 호흡기 질환의 고위험군에 대한 NO_2의 영향에 관하여 추후 연구가 필요하리라 생각된다.

가족중 최근 1개월 이내의 천식소견 유무에 따른 실내 NO_2 농도의 비교 (Table 7-2)에서, 천식과 NO_2 농도간에 유의한 관련성이 관찰되지 아니하였다. 이는 김용완과 김준연 등 (1986)의 연구성적과 일치하였으나, 천식과 NO_2 농도간에 다소의 유의한 관련이 있다는 김준연 등 (1985)의 결과와 NO_2가 소아천식과 관련이 높다는 Melia (1977)의 연구성적과는 일치하지 아니하였다.

저자들의 견해로는, NO_2가 천식증상의 유발요인으로 연관성이 있을 것으로 보아 향후 천식환자 혹은 천식 고위험군을 대상으로 추후 연구가 필요하다고 사려된다.

동계에 중앙난방 (LPG 연료 사용) 이외에 보조난방

실시 여부에 따른 실내 NO_2 농도의 조사 (Table 8-1)에서는 양 군간에 차이가 없었으나, 보조난방 연료의 종류 (석유, 가스, 전기)에 따른 비교 (Table 8-2)에서는 석유를 사용하는 군에서 실내의 NO_2 농도가 유의하게 높았다 ($p<0.05$).

전진호 등 (1988)은 취사용 연료의 종류별 (연탄, 가스, 유류)로 아파트와 일반주택의 실내 NO_2 농도를 조사한 결과, 주방은 연탄, 가스, 유류의 순으로 NO_2 농도가 높았고, 거실은 유류를 사용하는 군에서 가장 높았다고 보고하였다.

저자들의 경우 보조난방의 연료원에 따른 실내 NO_2의 농도 조사이었고 전진호 등 (1988)은 취사용 연료원에 관한 연구이었기에 상호간의 연구결과를 직접 비교하기란 불가하나 연료원에 따라 NO_2 의 발생이 차이가 있으며, 특히 유류를 사용하는 보조난방기에서도 상당량의 NO_2가 발생된다고 사려되는 바, 동계에 실내 NO_2 농도의 저감을 위해서는 유류용 보조난방기 사용의 제한이 필요하다고 생각된다.

하계와 동계에 어떠한 요인들이 아파트 실내의 NO_2 농도에 영향을 미치는 가를 평가하기 위해서, 조사된 여러 가지 변수들 간의 상관관계를 조사하였다. 즉 하계에는 NO_2 측정위치별 농도, 1회 식사시 평균 가족수, 취사시 가스렌지 1일 평균 사용횟수, 자연 환기와 유의한 상관성이 있었다.

동계에는 NO_2 측정위치별 농도, 아파트 층수, 평수, 1회 식사시 평균 가족수, 가족의 총 연령, 취사시 가스렌지 1일 평균 사용 횟수, 호흡기 질환자 유무이었다. 이중에서 1회 식사시 평균 가족수, 가족의 총 연령, 취사시 가스렌지 1일 평균 사용 횟수, 호흡기 질환자 유무는 가스렌지 근처, 주방, 거실 모두에서 상관성이 있었고, 이 변수들이 동계의 실내 NO_2 농도와 상관성이 높은 변수들로 인지되었다. 하계보다 동계에 더 많은 변수들이 상관관계를 가지는 것은 주로 환기 요인에 의해서라고 생각된다. 왜냐하면, 하계의 경우는 환기가 아파트 실내의 NO_2 농도와 역상관을 가지는 데 반하여, 동계에는 환기가 상관성이 없는 결과를 나타내었기 때문이다.

전진호 등 (1988)은 중회귀분석을 실시하여 주방의 NO_2 농도는 조리 소요시간이 가장 영향을 미치는 요인이라고 했으며, 실내의 NO_2 농도 (주방, 거실, 침실의 평균 NO_2 농도)는 주방의 NO_2 농도가 가장 영향을 준다고 했다. 김동일 등 (1990)은 다분류 해석법에 의해 실내 NO_2 농도에 영향을 미치는 요인으로 난방형태 (대류형 석유난로, 복사형 석유난로, 난방시설이 없는 군의 순으로 NO_2 농도가 높음), 환기형태 ('환기를 하지 않는다', '창문을 연다', '팬을 돌린다' 순으로 NO_2 농도가 높음) 등을 지적하였고, NO_2 개인 폭로량에 영향을 미치는 요인은 난방형태, 난방기로 부터 거리 등이라고 하였다. 본 연구에서도 중회귀분석을 실시하였으나 각 측정위치간의 NO_2 농도만 서로 유의한 차이가 있어 본 연구에서는 제외하였다.

본 연구를 통하여, 아파트 실내의 NO_2 농도를 줄이기 위해서는 첫째, 취사 및 조리도구 (가스렌지 등)의 사용 횟수를 줄이고, 둘째, 보조난방기의 사용을 가급적 제한하며 특히 유류 연료의 사용을 지양하고, 셋째, 난방기에 연통을 설치하거나 환기를 자주 실시하여 발생된 NO_2를 신속히 실외로 배기시켜 실내의 NO_2 농도를 감소시킴으로써 NO_2 폭로에 의한 건강장해를 최소화하는 것이 바람직할 것이다.

요 약

부산지역의 한 아파트 단지내 489세대를 대상으로 아파트 실내외의 NO_2 농도를 측정하고 동시에 NO_2 농도의 관련 변수들을 조사하여 양자간의 관련성을 파악하고자 본 연구를 실시하였다. 아파트 실내외의 NO_2 농도는 개인용 NO_2 포집관 (Palmes tube)을 사용하여 1995년 8월 16일 - 8월 25일 (하계)과 1996년 1월 15일 - 1월 29일 (동계)간에, 그리고 가스렌지 근처, 주방, 거실 및 아파트 옥외에서 측정하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 각 세대의 가스렌지 근처와 주방, 거실 및 실외의 평균 NO_2 농도는 하계는 각각 25.9±10.0ppb, 23.3±8.0ppb, 19.9±6.1ppb 및 19.0±6.0ppb이며, 동계는

34.5±16.8ppb, 28.2±13.4ppb, 25.3±12.5ppb 및 21.8±9.8ppb로서 동하계 공히 부엌의 가스렌지 근처의 NO_2 농도가 최고이었고 하계에 비하여 동계의 실내외 NO_2 농도가 유의하게 높았다.

2) 아파트 층수별 NO_2 농도는 하계에는 층수에 따른 NO_2 농도의 유의한 변화가 없었으나, 동계는 16층 이상을 제외하면 층수가 높아짐에 따라 NO_2 농도가 감소하였다.

3) 아파트 실내 NO_2 농도의 관련변수는 하계의 경우 층수, 가족수, 1회 식사시 평균 가족수, 취사시 가스렌지 1일 평균 사용횟수, 자연 환기이었고, 동계에는 층수, 가족수, 1회 식사시 평균 가족수, 총 식사 인원수, 식사 횟수, 가족의 총 연령, 취사시 가스렌지 1일 평균 사용 횟수, 조리시 가스렌지 1일 평균 사용 횟수, 호흡기 질환자 유무 등이었다.

4) 아파트 실내 NO_2 농도의 감소 방안으로는 취사 혹은 조리시 환기를 철저히 하고, 완전연소, 연소의 횟수와 시간 단축 및 연료의 대체가 필요하다고 생각한다.

참고문헌

김동일, 김준연, 홍대용. 실내 NO_2 농도 및 NO_2 개인폭로량에 영향을 미치는 요인에 관한 연구 -부산지역 모 대학교 및 교직원과 학생을 대상으로-. 동아의대학술지 1990;2(1):27-36

김용완, 김준연, 이채언, 전진호, 문덕환, 신해림, 이종태, 이명철, 김성천, 배기택. 부산의 대기오염도 조사. 예방의학회지 1986;19(2):252-262

김용완, 배기택, 김성천, 문덕환, 이종태, 김준연. Palmes Tube를 이용한 도시 주택의 옥내외 NO_2 농도에 관한 조사 연구. 예방의학회지 1986;19(1):31-44

김준연, 김정만, 정갑열, 김동일, 김용규, 김두희, 장봉기, 정경동, 박순우, 홍대용, 이종섭, 유일수. Palmes Tube를 이용한 지역별 NO_2 농도와 직종별 NO_2 개인 폭로량에 관한 연구. 대한의학협회지 1990;33(10):1-9

김준연, 이채언, 전진호, 문덕환, 이명철, 김준효, 김병수, 김용완. Palmes Tube를 이용한 도시주택의 옥내외 NO_2 가스의 농도에 관한 연구. 인제논총 1985;1(2):81-95

김준연, 정갑열, 김정만, 김용규. Palmes Tube를 이용한 실내외 NO_2 농도 측정. 동아의대학술지 1990;1(2):61-71

전진호, 이채언, 김준연, 정요한. 실내외 NO_2 농도에 및 NO_2 개인폭로량과 이들에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 예방의학회지 1988;1(21):132-151

통계청. 한국통계연감. 제23-42호 1976-1995

환경부. 한국환경연감. 제9호. 1996

Calrcrt S et al. Handbook of Air Pollution Technology. A Wiley-Interscience Publication 1984

Cohen CA, Hudson AR, Causen JL et al. Respiratory Symptoms Spirometry and Oxidant Air Pollution in Nonsmoking Adults. Amer Rev Resp Dis 1972;105:251-261

Derham RL, Peterson G, Sabersky RH, Shair FH. On the Relation Between the Indoor and Outdoor Concentrations of Nitrogen Oxides. J Air Poll Contr Assoc 1974;24(2):158-161

Dutt D, Srinvivasa DK, Rotti SB, Sahai A, Konar D. Effect of Indoor Air Pollution on Respiratory System of Women Using Different Fuels for Cooking in an Urban Slum on Pondicherry. Natl Med J India. 1996;9(3):113-117

Eskinazi D et al Stationary Combustion NOx Control: A Summary of the 1989 Symposium, Air & Waste Management Association. 1989;39(8):1131-1139

Fontijin A el al. Homogeneous Chemiluminescence Measurement of Nitric Oxide with Ozone. Anal Chem 1970;42:6

HEW. Smoking and Health-A Report of the Surgeon General, Department of Health, Education and Welfare Pub No(PHS) 1979;79-50066

Hosein HR, Bouhuys A. Possible Environmental Hazards of Gas Cooking(Letter). Lancet 1979;1:125

Jenkins RA et al. Determination of Oxides of Nitrogen(NOX) in Cigarette Smoke by Chemiluminescent Analysis. Anal Chem 1980;52:925-928

Kagawa J, Toyama T. Photochemical Air Pollution; Its Effect on Respiratory Function of Elementary School Children. Arch Environ Health 1975;30:117-122

Kawaga J, Toyama T. Photochemical Air Pollution: Its Effect on Respiratory Function of Elementary Schoolchildren. Arch Environ Health

1975;30:117-122

Keller MD, Lanese RR, MItchell RI et al. Respiratory Illness in Households Using Gas and Electricity for Cooking I. Survey of Incidence. Environ Rev 1979b;19:495-503

Kleinman MT, Bailey RM, Whynot JD et al. Controlled Exposure to a Mixture of SO2, NO_2 and Particulate Air Pollutants: Effects on Human Pulmonary Function and Respiratory Symptoms. Arch Environ Health 1985;40:197-201

Leaderer BP, Cain WS, Isseroff R, Berglund G. Ventilation requirements in buildings : Particulate matter and carbon monoxide from cigarette smoking. Atmos Environ 1984;18(1):99-106

Lindvall T. Recommendation for Air Quality Standard for NO_2 and ozone. Scand J Work Environ Health. 1985;11(3):3-9

Mayer M. A Complication of Air Pollution Emission Factors, Division of Air Pollution, Cincinnati, Ohio, U. S. Public Health Service., 1965

Melia RJW, Florey C du V, Darby SC, Palmes ED, Goldesein BD. Differences in NO_2 levels in kitchens with gas or electric cookers. Atmos Environ 1978;12:1379-1381

Melia RJW et al. Association between Gas Cooking and Respiratory Disease in Children. Brit Med J 1977;2:149-152

Orehek JH, Massari JP, Gayrard P. Effect of Short-term Low Level NO_2 Exposure on Bronchial Sensitivity of Asthmatic Patients. J Clin Invest 1976;57:301-307

Palmes ED, Gunnison AF, Dimattio J. Personal Sampler for Nitrogen Dioxide. Am Ind Hyg Assoc J 1976;37:570-577

Palmes ED, Tomczyk C. Relationship of Indoor NO_2 Concentrations to Use of Unvented Gas Appliances. J Air Poll Contr Assoc 1979;29(4):392-393

Palmes ED et al. Average NO_2 Concentrations in Dwellings with Gas or Electric Stoves. J Atmo Environ. 1977;11:869-872

Perkins HC. Air Pollution. LTD Tokyo, McGraw-Hill Inc., 1974

Purdon PW. Environmental Healthy 2nd Ed, Academic Press, 1980, pp. 246-247

Robinson E, Robbins RC. Gaseous Nitrogen Compound Pollutants from Urban and Natural Sources. J Air Poll Contr Assoc 1970;20(5):303-306

Speizer FE, Ferris BJR, Bishop YMM, Spengler JD. Respiratory Disease Rates and Pulmonary Function in Children Associated with NO_2 Exposure. Am Rev Resp Dis 1980;121:3-10

Spengler JD, et al. Sulfur dioxide and nitrogen dioxide levels inside and outside homes and the implications on health effects research. Environ Sci Technol 1979;13:1276-1280

Spengler JD, Sexton K. Indoor air pollution : A public health perspective. Science 1983;221:9-17

Szalai A. The Use of Time: Daily Activity of Urban and Suburban Populations in Twelve Countries. the Hague, Netherland, Mouton and Co 1972;41-48

Thompson CR. Outdoor-indoor levels of six air pollutions. J Air Poll Contr Assoc 1976;23:881-886

Vogt RA. Preliminary measurements of fuel nitric oxide formation in a pulverized coal transport reactor. J Air Poll Contr Assoc 1978;28:60-62

Volkmer RE, Ruffin RE, Wigg NR, Davies N. The Prevalence of Respiratory Symptoms in South Australian Preschool Children. II Factors Associated with Indoor Air Quality. J Paediatr Child Health 1995;31(2):116-120

Wadden RA, Scheff PA. Indoor Air Pollution, NY, A Wiley-Interscience Publ., 1983

Wade WA III, Cote WA, Yocom JE. A Study of Indoor Air Quality. J Air Poll Contr Assoc 1975;25(9):933-939

Wark K, Warner CF. Air pollution; Its Original and Control, 2nd ed. NY, Harper & Row Publishers., 1981

Wark K et al. Air Pollution-It's Origin and Control. Purdue University 1976

WHO. Health Aspects Related to Indoor Air Quality. Geneva, WHO 1979

Yocom JE, Clink WL, Cote WA. Indoor/outdoor air quality relationships. 1971;21(5):251