

실내외 NO₂농도 및 NO₂개인폭로량과 이들에 영향을 미치는 요인에 관한 연구

— 도시지역 주택 및 주부를 대상으로 —

인제대학 의학부 예방의학교실 및 산업의학연구소

전진호·이채언

동아대학교 의과대학 예방의학교실

김준연

조선대학교 의과대학 예방의학교실

정요한

= Abstract =

A Study on the Indoor-Outdoor NO₂ Levels and Personal Exposures to NO₂ with Analysis of Factors Affecting the NO₂ Concentrations

— Centering on Urban Homes and Housewives —

Jin-Ho Chun and Chae-Un Lee

Department of Preventive Medicine and Institute of Industrial Medicine, Inje College

Joon-Youn Kim

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dong-A University

Yo-Han Chung

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Cho-sun University

This study was conducted to establish the control program for preventing unfavorable health effects of nitrogen dioxide(NO₂) exposure in homes by preparing the fundamental data for evaluation of relationships between NO₂ levels and influencing factors through measurements of indoor-outdoor NO₂ levels and personal NO₂ exposures for housewives with questionnaire survey on 172 homes in Pusan area from April to June, 1987.

NO₂ measurements were made by using diffusion tube samplers(Palmes tube NO₂ sampler) for one week at 4 sites in homes : kitchen(KIT), bedroom(BED), living room(LIV), outdoor(OUT) and near the collar of housewives(personal exposure level, PNO).

The details of questionnaire were number of household members(FAM), number of regular smokers(SMOKER), daily number of meals eaten(MEAL), type of housing units(HOUSE), location of house with distance from the heavy traffic roads as walking time(DIST), and of kitchen(KAREA), kind of cooking fuels(FUEL), cooking time of each meal(CTIME), usage of kitchen fan for cooking(FAN), type of heating facilities(HEAT) and so on of subject homes.

* 본 논문은 1986년도 문교부 학술연구 조성비 지원에 의한 논문임.

The obtained results were as follows :

1) The mean NO₂ level was significantly higher at indoors than outdoors($p < 0.01$) and the kitchen NO₂ level was the highest with 33.7 ± 13.6 ppb($9.5 - 81.5$ ppb). The mean personal exposure level of NO₂ for housewives was 20.6 ± 8.8 ppb($3.1 - 46.9$ ppb).

2) The mean indoor NO₂ level was significantly higher in the group of household members above 5 than below 4($p < 0.05$), in detached dwellings than apartments($p < 0.001$), within 5 minutes of distance than over 5 minutes($p < 0.001$), in the group of unusing fan($p < 0.001$), in the group of longer cooking time($p < 0.001$), and it was in order of coal briquette, gas, electricity and oil by kind of cooking fuels($p < 0.05$).

3) Variables showing significant correlation($p < 0.001$) with indoor NO₂ level were kitchen NO₂ level($r = 0.8677$), cooking time($r = 0.5921$), outdoor NO₂ level($r = 0.5192$), personal NO₂ exposure level($r = 0.4615$), usage of kitchen fan($r = 0.3573$) and location of house($r = -0.2988$)

4) As a result of multiple regression analysis, the most significant influencing variable to the kitchen NO₂ level was cooking time($KIT = -0.378 \pm 11.772(CTIME) + 0.298(OUT) + 3.102(FAN)$), it was kitchen NO₂ level to the indoor NO₂ level($IND = 6.996 + 0.458(KIT) + 0.230(OUT) - 1.127(KAREA)$), and it was indoor NO₂ level to the personal NO₂ exposure level($PNO = 15.562 + 0.729(IND) - 4.542(DIST) - 0.200(KIT)$).

5) It was recognized that artificial ventilation in the kitchen, suppression of unnecessary combustion and replacement of cooking fuel, as much as possible, were effective means for decreasing indoor NO₂ levels in homes.

I. 서 론

대기오염이 건강에 미치는 영향과 관련하여 비직업환경에서의 실내공기오염에 대한 중요성이 인식된 것은 비교적 최근의 일이다. 즉 인간은 대부분의 생활을 실내에서 보내며 특히 도시인의 경우 가정을 비롯한 작업장, 사무실, 교통기관 등의 실내환경에서 90%이상의 생활을 영위하므로(Szalai, 1972; Chapin, 1975; NAS, 1981; Dockery & Spengler, 1981) 일상생활에서의 실내공기오염은 보건학적으로 중요한 관심사가 되고 있다. 더우기 최근에는 실내에서도 여러 종류의 오염물질이 발생되며(Anderson et al, 1975; Wadden & Scheff, 1983; Spengler & Sexton, 1983) 에너지절약 등을 위하여 주택이나 건물에서는 환기량을 되도록 줄이려는 노력이 보편화됨에 따라(Hollowell et al, 1979a; Woods, 1980) 실내에서도 다양한 오염물질에 폭로될 가능성이 더욱 높아졌으므로 외국에서는 실내공기오염에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다(Moschandreas et al, 1978; Hollowell et al, 1979b; Dockery & Spengler, 1981; Yocum, 1982).

어떤 공기오염물질은 실내에서도 비교적 높은 농도를 시현하며 오염물질에 대한 개인폭로량은 다양한 인간의

행동양상에 따라 서로 차이가 많으므로(Nitta et al, 1980) 근래에는 오염물질의 건강에 대한 영향을 평가하기 위하여 개인 폭로량을 직접 측정하는 방법의 개발과 함께(EPA, 1979) 실내환경의 어떤 요인이 개인폭로량에 중요한 역할을 하는가를 규명하여야 할 필요성이 제기되었다.

실내 공기오염물질의 하나로 알려진 이산화질소(이하 NO₂로 약기함)는 각종 연료의 연소시 필연적으로 발생하는 물질로서 대기중에서는 대부분 자동차 배기가스 및 산업장의 연소과정에서 유래된다고 하나(Wark & Warner, 1981; Spengler et al, 1983) 실내에서는 가스나 석유 등의 연료 연소시 공기중의 질소 및 연료자체에 함유되어 있는 유기 질소의 산화에 의하여 일차적으로 생성된 NO($N_2O_2 = 2NO$)의 산화과정($2NO + O_2 = 2NO_2$)을 통하여 발생한다고 한다(Fontijn et al, 1970; Vogt et al, 1978)

그러므로 일상생활에서 연소과정으로부터 쉽게 발생될 수 있는 NO₂에 의한 실내공기오염은 보건학적으로 관심의 대상이 될 수 있으며, 특히 실내거주의 시간이 많은 유아, 노인, 주부 등은 비교적 고농도의 NO₂에 폭로될 가능성이 있으므로 이에 의한 건강영향은 무시할 수 없을 것이다.

이러한 견지에서 외국에서는 오래전부터 NO₂에 의한 실내오염의 정도(Thompson et al, 1973; Derham et al,

1974 ; Wade et al, 1975 ; Hasegawa et al, 1977 ; Palmes et al, 1977 ; Melia et al, 1978 ; Spengler et al, 1979 ; Matsumura & Muramatsu, 1982)와 NO₂폭로에 의한 건강영향에 관한 연구(Melia et al, 1977, 1979 ; Ferris et al, 1978, 1979 ; Florey et al, 1979 ; Goldslein et al, 1979 ; Keller et al, 1979 ; Kerr et al, 1979 ; Lee, 1980 ; Speizer et al, 1980)는 물론 NO₂의 개인폭로량에 관한 조사(Nitta et al, 1980, 1981, 1982 ; Matsuki et al, 1983 ; Yanagisawa et al, 1984, 1986)와 NO₂발생에 대한 관리 대책(Bartok et al, 1969, 1977 ; Lyon, 1976 ; Mobley, 1980)까지도 연구 개발하고 있는 실정이다.

그러나 우리나라에서는 김등(1985, 1986)의 연구외에는 아직까지 이 분야에 관한 연구가 미흡한 실정이며 외국의 경우 가정내의 주 연소원이 가스 및 전기인데 반하여(US census, 1978 ; Wadden & Scheff, 1983) 우리나라는 연탄의 사용이 많아(경제기획원, 1985) 실내의 NO₂오염상태는 외국의 경우와 상이할 것으로 평가된다.

저자는 부산지역의 일반주택을 대상으로 실내의 NO₂ 농도를 측정하였으며 실내의 NO₂농도에 영향을 미칠 가능성이 있는 몇가지 변수에 대한 설문조사와 함께 가정에서 비교적 연소에 많이 폭로될 것으로 인정되는 주부를 대상으로 NO₂의 개인폭로량을 산정하여 우리나라 도시 주택의 실내 NO₂오염실태와 가정주부의 개인폭로량을 파악함과 동시에 이에 영향을 미치는 요인을 규명함으로써 가정에서의 NO₂폭로에 의한 건강장해를 예방하는데 일익이 되고자 본 연구를 실시하였다.

한편 NO₂의 측정은 Palmes method(Palmes et al, 1976)에 의하였으며 본 연구에 이용된 표본채집관(diffusion tube sampler)은 Palmes등(1976)의 채집관과 제원을 동일하게 하여 국내에서 대량 주문, 제작한 것이다.

II. 연구방법

1. 연구디자인 및 조사방법

부산시내에서 무작위로 추출한 250가구를 대상으로 1987년 2월부터 3월까지 사전설문(부록 1)을 통하여 본 연구에 대한 참여 여부를 파악하였으며 이에 동의한 172가구를 대상으로 4월 1일부터 6월 30일까지 동 주택의 부엌, 침실 및 거실과 주택 옥외의 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량을 측정함과 동시에 이들 NO₂농도의 영향을 미칠 것으로 기대되는 가족수, 가구내 흡연자수, 1일

식사횟수, 주택의 종류, 주택의 위치(간선도로변에서 도로로 걸리는 시간으로 환산), 부엌의 크기, 취사용연료의 종류, 조리소요시간, 조리시 부엌의 팬사용, 난방시설의 형태, 가족중 호흡기증상을 나타내는 사람수 등의 변수에 대한 설문조사(부록2)를 실시하였다.

훈련된 조사연구원은 대상가구를 직접 방문하여 부엌의 경우 취사구로부터 수평거리 1.5-2m, 바닥으로부터의 높이 1.5-2m 사이의 적당한 장소에, 침실 및 거실의 경우 동 측정소의 가장 중립된 지역으로 인정되는 벽면의 높이 1.5-2m 사이의 장소에, 그리고 옥외는 아궁이나 연소기구의 부근을 피하여 역시 1.5-2m사이의 높이에 각각 한쪽마개를 제거한 NO₂포집용 채집관을 테이프를 견고히 부착하고 부착시각을 정확히 기록하였다.

NO₂ 개인폭로량 측정은 대상가구에서 취사에 주로 종사하는 가정주부를 대상으로 동 채집관에 소형의 집게를 부착, 고정하여 의복의 목깃에 견고히 부착하여 7내지 8일간 항상 지니고 생활하도록 하였다.

설문조사의 실시는 채집관을 부착하기 위하여 각 대상가구를 방문하였던 조사연구원들이 동 가구의 주부들을 충분히 교육하여 그들이 직접 설문지를 작성하도록 한 다음, 7내지 8일이 경과한 후 채집관을 수거하기 위하여 동 가구를 재차 방문한 조사연구원들이 설문지의 응답 여부를 검토하고 누락이나 오기가 있는 경우 주부 및 가족으로부터 직접 청취하여 설문지를 완성하도록 하였다.

이들 172가구를 대상으로 실시한 본 조사에서 주택의 실내외에 부착하였던 NO₂포집용 채집관과 주부들에게 부착하였던 개인폭로량 측정용 채집관 및 설문지가 모두 회수된 가구수는 총 143가구로 회수율은 83.1%이었다 (Table 1).

2. NO₂포집용 채집관

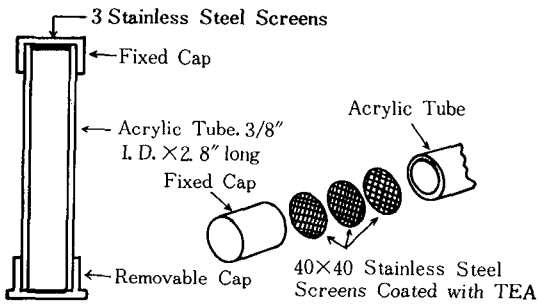
본 조사에 사용된 채집관은 1976년 미국 뉴욕대학교 메디칼센터 환경의학연구소의 Palmes등이 개발한 소형의 NO₂포집용 채집관으로서 비교적 장기간에 걸친 실내외의 NO₂농도와 피검자 개인의 NO₂폭로량을 매우 간편하고도 정확하게 측정할 수 있도록 제작된 것이다(Palmes et al, 1976).

이는 Fig. 1과 같이 한 쪽의 고정마개와 다른 쪽의 제거마개를 가진 길이 2.8inch, 내경3/8inch의 아크릴 관으로 triethanolamine(TEA)이 코팅된 3중의 미세한 철망이

Table 1. Summary of sampling design and sample size

Preliminary questionnaire survey	
Subjects	250
Respondents	172
Questionnaire survey with NO ₂ measurements	
Subjects	172
Questionnaire respondents	168
Collected samplers by measuring sites	
Kitchen	164
Bedroom	161
Living room	163
Outdoor	152
Personal	148
Complete set data*	143
(collection rate)	(83.1%)

* Complete set data means the data set of 5 samplers and questionnaire without missing data.



Exploded View of Sampler Bottom

Fig. 1. Schematic diagram of Palmes tube NO₂ sampler

고정마개의 내부에 놓여 있어 대기중의 NO₂농도에 비례하여 열린 쪽으로부터 확산되어 들어온 NO₂는 TEA-NO₂ complex를 형성하며 이는 매우 안정하여 실온에서 장기간 경과하여도 파괴되지 않아 NO₂의 농도를 효과적으로 산정할 수 있다고 한다.

본 채집관의 원리는 Fick의 기체확산법칙(Fick, 1855)에 근거한 것이며 시료채집을 위한 펌프나 동력이 필요하지 않는 것이 큰 장점이다.

또한 Warren Spring Laboratory는 이 채집관을 이용한 방법과 고전적인 NO₂측정법(standard chemiluminescent NO₂ monitor)의 성적을 비교하여 이 방법이 고전적인 NO₂측정법의 ±10% 이내의 정확도를 지닌다고 보고하고 있으나(Apling et al, 1979) 유일한 단점으로는 측정기

간중의 NO₂농도변화를 감지할 수 없다는 것이 지적되고 있다.

3. NO₂농도의 산정

포집된 NO₂는 분광계로 정량되며 결과는 전 측정기간의 평균농도를 지시하게 된다(Palmes et al, 1976).

즉 일정기간(7-8일) 폭로된 채집관 내에 sulfanilamide용액 1ml, 증류수 1ml 및 NEDA(naphtyl ethylene diamine dihydrochloride) 0.1ml를 차례로 가하여 10-15분간 실온에서 방치한 후 파장 540nm에서 분광계로 흡광도를 구한 다음 NO₂표준검량선과 Palmes등(1976)의 NO₂ 산출공식

$$NO_2(\text{ppm}) = \frac{X(\text{표준검량선으로부터 구한 } NO_2\text{농도})}{2.3 \times \text{폭로시간(hours)}} \text{을}$$

이용하여 NO₂농도를 구하게 된다.

표준검량선은 table 2에서와 같이 각 농도별 NO₂표준용액(nM/2.1ml)과 sulfanilamide, 증류수, NaNO₂50nM/2.1ml 및 NEDA를 이용하여 작성하였으며 본 실험에 이용된 표준검량선의 예는 table 2 및 fig. 2와 같다.

Table 2. Example of drawing up calibration curve for Palmes tube NO₂ sampler

Tube	(ml)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Abs.
1	0	5.0	5.0	0.0	0.5	0.005
2	5	5.0	4.5	0.5	0.5	0.162
3	10	5.0	4.0	1.0	0.5	0.318
4	15	5.0	3.5	1.5	0.5	0.475
5	20	5.0	3.0	2.0	0.5	0.629
6	30	5.0	2.0	3.0	0.5	0.955
7	40	5.0	1.0	4.0	0.5	1.229

(1) : Standard NO₂ soln.(nM/2.1ml)

(2) : Sulfanilamide

(3) : Distilled water (4) : NaNO₂ 50nM/2.1ml

(5) : NEDA(Naphtyl ethylene diamine dihydrochloride)

Abs. : absorbance(OD) calculated by log(100%T)

4. 자료의 집계 및 분석

자료의 집계 및 분석은 개인용컴퓨터(IBM PC/XT 16 bit with 20M Hard Disk)와 SPSS/PC+통계패키지(Nonrusis, 1986)를 이용하였다.

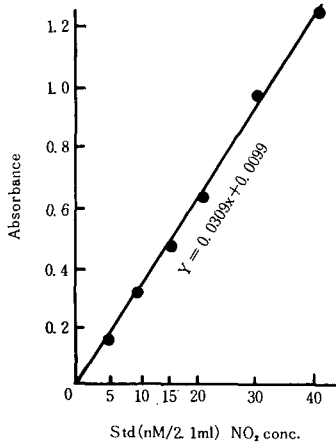


Fig. 2. Calibration curve for Palmes tube NO₂ sampler

III. 성 적

1. 주택의 실내의 NO₂농도 및 주부의 NO₂ 개인폭로량

1) 실내의 NO₂농도 및 NO₂개인폭로량의 평균농도

조사대상 주택의 실내의 NO₂평균농도는 부엌 33.7±13.6ppb(9.5-81.5ppb), 침실 21.0±7.8ppb(1.4-50.2ppb), 거실 23.8±8.1ppb(5.5-53.3ppb), 실외 22.9±8.0ppb(7.3-47.6ppb) 등으로 부엌의 농도가 가장 높았고 침실의 농도가 가장 낮았으며 실내 평균농도(부엌, 침실 및 거실의 NO₂ 평균농도)가 26.1±7.9ppb(8.4-53.2ppb)로 실외보다 유의하게 높았다(p < 0.01).

한편 대상 주부들에 대한 평균 NO₂개인폭로량은 20.6±8.8ppb(3.1-46.9ppb)이었다(Table 3).

Table 3. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives

	Mean±S. D. (Range) (ppb)
Kitchen	33.7±13.6(9.5-81.5)
Bedroom	21.0± 7.8(1.4-50.2)
Living room	23.8± 8.1(5.5-53.3)
Indoor*	26.1± 7.9(8.4-53.2)**
Outdoor	22.9± 8.0(7.3-47.6)
Personal	20.6± 8.8(3.1-46.9)

*Indoor : mean indoor NO₂ level

[(Kitchen+Bedroom+Living room)/3]

**p < 0.01 comparing to outdoor NO₂ level

2) 실내의 NO₂농도 및 NO₂ 개인폭로량에 영향을 미치는 변수별 NO₂평균농도

(1) 가족수별 NO₂평균농도

가족수를 4인 이하와 5인이상의 2군으로 나누어 측정된 실내의 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량은 Table 4와 같다.

즉 5인이상군은 부엌 36.7ppb, 실내 27.8ppb, 개인폭로량 22.3ppb로 4인 이하군의 31.5ppb, 25.0ppb, 19.5ppb에 비하여 다소 높은 경향이었으나 부엌(p < 0.05)을 제외하고는 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

(2) 흡연자수별 NO₂평균농도

가족중의 흡연자수를 1인 이하와 2인이상의 2군으로 나누어 측정된 실내의 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량은 Table 5와 같다.

즉 2인이상군은 침실 21.2ppb, 거실 24.4ppb, 개인폭로량 21.8ppb로 1인 이하군의 20.9ppb, 21.9ppb, 20.3ppb에 비하여 다소 높은 경향이었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

(3) 식사횟수별 NO₂평균농도

1일 식사횟수를 4회 이하와 5회 이상의 2군으로 나누어 측정된 실내의 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량은 Table 6과 같다.

즉 5회 이상군은 부엌 39.9ppb, 실내 28.7ppb, 개인폭로량 23.0ppb로 4회 이하군의 32.5ppb, 25.7ppb, 20.2ppb에 비하여 다소 높은 경향이었으나 부엌(p < 0.05)을 제외하고는 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

(4) 주택의 종류별 NO₂평균농도

대상주택의 종류를 아파트와 단독주택의 2군으로 나누어 측정된 실내의 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량은 Table 7과 같다.

즉 아파트군은 부엌 31.0ppb, 실내 23.9ppb, 실외 20.7ppb, 개인폭로량 18.5ppb로 단독주택군의 39.8ppb, 31.3ppb, 28.1ppb, 25.7ppb에 비하여 유의하게 낮았다(p < 0.001).

(5) 주택의 위치별 NO₂평균농도

대상주택의 위치를 간선도로변에서 도보로 소요되는 시간으로 환산하여 5분 이내와 5분 이상의 2군으로 나누어 측정된 실내의 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량은 Table 8과 같다.

즉 5분 이내군은 부엌 36.0ppb, 실내 29.0ppb, 실외 28.4ppb, 개인폭로량 25.0ppb로 5분 이상군의 32.0ppb, 24.2

Table 4. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives by number of household members

	Household members		t-value p*
	Below 4 (n=83)	Above 5 (n=60)	
	Kitchen	31.5± 13.0	
Bedroom	20.3± 8.1	21.9± 7.4	-1.23 0.222
Living room	23.2± 7.8	24.7± 8.5	-1.11 0.268
Indoor	25.0± 7.8	27.8± 7.8	-2.12 0.036
Outdoor	22.4± 7.5	23.7± 8.7	-0.93 0.356
Personal	19.5± 7.6	22.3± 10.2	-1.89 0.061

* two-tailed probability

Table 5. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives by number of regular smokers

	Number of regular smokers		t-value p*
	Below 1 (n=110)	Above 2 (n=33)	
	Kitchen	33.4± 13.3	
Bedroom	20.9± 8.2	21.2± 6.7	-0.19 0.848
Living room	21.9± 7.0	24.4± 8.3	-1.56 0.120
Indoor	26.2± 8.0	25.9± 7.7	0.20 0.843
Outdoor	21.2± 7.1	23.5± 8.2	-1.44 0.152
Personal	20.3± 8.8	21.8± 8.9	-0.85 0.398

* two-tailed probability

ppb, 19.2ppb, 17.6ppb에 비하여 유의하게 높았다($p < 0.001$).

(6) 부엌의 크기별 NO₂평균농도

대상주택의 부엌의 크기를 10m²(3평) 미만과 10m²(3평) 이상의 2군으로 나누어 측정된 실내외 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량은 Table 9와 같다.

즉 3평미만군은 부엌 32.0ppb, 실내 25.7ppb, 개인폭로량 21.0ppb로 3평이상군의 37.1ppb, 27.1ppb, 19.8ppb에

비하여 부엌은 낮고, 실내는 비슷하였으며, 개인폭로량은 약간 높았으나 부엌($p < 0.05$)을 제외하고는 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

(7) 취사용연료의 종류별 NO₂평균농도

취사용연료를 연탄, 가스, 전기, 유류의 4군으로 나누어 측정된 실내외 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량은 Table 10과 같다.

즉 연탄군은 부엌 47.6ppb, 실내 32.7ppb, 개인폭로량

Table 6. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives by daily number of meals eaten

	Daily number of meals eaten		t-value p*
	Below 4 (n=121)	Above 5 (n=22)	
	Kitchen	32.5± 13.6	
Bedroom	20.8± 8.0	21.7± 7.1	-0.47 0.637
Living room	23.7± 8.1	24.5± 7.8	-0.46 0.647
Indoor	25.7± 8.1	28.7± 5.8	-1.67 0.098
Outdoor	22.7± 8.1	24.4± 7.8	-0.95 0.346
Personal	20.2± 8.6	23.0± 10.0	-1.39 0.168

*two-tailed probability

Table 7. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives by type of housing units

	Type of housing units		t-value p*
	Apartment (n=100)	Detached dwelling (n=43)	
	Kitchen	31.0± 12.8	
Bedroom	18.9± 7.1	25.8± 7.3	-5.27 0.000
Living room	21.9± 7.0	28.3± 8.7	-4.64 0.000
Indoor	23.9± 6.9	31.3± 7.7	-5.62 0.000
Outdoor	20.7± 6.5	28.1± 8.9	-5.59 0.000
Personal	18.5± 7.9	25.7± 8.9	-4.81 0.000

*two-tailed probability

27.4ppb, 가스군은 부엌 34.7ppb, 실내 26.5ppb, 개인폭로량 21.3ppb, 전기군은 부엌 28.8ppb, 실내 23.9ppb, 개인폭로량 17.5ppb등으로 연탄군이 타군에 비하여 전반적으로 높은 양상은 보였으나 부엌농도($p < 0.01$)와 개인폭로량($p < 0.05$)에서만이 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다.

(8) 조리소요시간별 NO₂평균농도

1회조리에 소요되는 시간을 30분이내, 30분-1시간, 1

시간이상의 3군으로 나누어 측정한 실내외 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량은 Table 11과 같다.

즉 30분이내군은 부엌 26.2ppb, 실내 21.8ppb, 개인폭로량 18.3ppb, 30분-1시간군은 부엌 34.4ppb, 실내 27.3ppb, 개인폭로량 21.8ppb, 1시간이상군은 부엌 58.6ppb, 실내 37.5ppb, 개인폭로량 24.6ppb 등으로 조리소요시간이 길어짐에 따라 NO₂농도가 유의하게 증가하였다($p < 0.001$).

(9) 부엌의 팬사용별 NO₂평균농도

조리시 부엌의 팬사용에 대한 실내의 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량은 Table 12와 같다.

즉 팬사용군은 부엌 29.9ppb, 실내 24.0ppb, 개인폭로량 19.2ppb로 사용하지 않는 군의 37.8ppb, 28.6ppb, 22.2ppb에 비하여 유의하게 낮았다(p < 0.05).

(10) 난방시설의 형태별 NO₂평균농도

대상주택의 난방시설을 연탄보일러, 기름보일러, 중앙난방, 연탄아궁이의 4군으로 나누어 측정된 실내의 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량은 Table 13과 같다.

즉 연탄보일러군은 부엌 33.0ppb, 침실 22.1ppb, 거실 23.4ppb, 기름보일러군은 부엌 36.9ppb, 침실 21.6ppb, 거실 28.8ppb, 중앙난방군은 부엌 34.0ppb, 침실 18.5ppb, 거실 22.8ppb, 연탄아궁이군은 부엌 34.9ppb, 침실 23.7ppb, 거실 28.6ppb등으로 부엌을 제외하고는 전반적으로 연탄아궁이군이 타군에 비하여 높고 중앙난방군이 낮은 경향이었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

(11) 호흡기증상을 나타내는 사람수별 NO₂평균농도

건강 및 의학정보에 관한 설문조사에서 가족중 호흡기증상을 나타내는 사람수를 1명이하와 2명이상의 2군으로 나누어 측정된 실내의 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량은 Table 14와 같다.

즉 1명이하군은 부엌 32.5ppb, 실내 25.6ppb, 개인폭로량 20.6ppb로 2명 이상군의 35.6ppb, 27.2ppb, 20.6ppb에 비하여 부엌을 제외하고는 거의 유사하였다.

2. 주택의 실내외 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량에 영향을 미치는 변수에 관한 분석

1) 상관분석

대상주택의 실내외 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량과 각 변수간의 상관관계는 Table 15와 같다. 이중 통계적으로 유의한(p < 0.001) 상관관계를 나타낸 것은 부엌의 NO₂농도와는 실내농도(r=0.8677), 조리소요시간(r=0.6577), 실외농도(r=0.3751), 부엌의 팬 사용(r=0.3242), 개인폭로량(r=0.2930), 실내의 NO₂농도와는 부엌농도(r=0.8677), 조리소요시간(r=0.5921), 실외농도(r=0.5192), 개인폭로량(r=0.4615), 부엌의 팬사용(r=0.3573), 주택의 위치(r=-0.2988), 그리고 주부의 개인폭로량과는 실내농도(r=0.4615), 주택의 위치(r=-0.4120), 실외농도(r=0.3796), 부엌농도(r=0.2930), 조리소요시간(r=0.2488) 등이었으며 실외의 NO₂농도와 가장 높은 상관을 나타낸 변수는 주택의 위치(r=-0.5813)이었다.

2) 중회귀분석

(1) 부엌의 NO₂농도를 종속변수로 한 경우

부엌의 NO₂농도를 종속변수로 하고 실외농도, 가족수, 가구내 흡연자수, 식사횟수, 주택의 위치, 부엌의 크기, 조리소요시간, 조리시 부엌의 팬사용의 8가지 변수를 독립변수로 취하여 중회귀분석을 실시한 결과는 Table 16과 같다.

Table 8. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives by location of house with distance from the heavy traffic roads as walking time

	Location of house		t-value p*
	Within 5 min. (n=58)	Over 5 min. (n=85)	
Kitchen	36.0± 12.9	32.0± 13.9	1.73 0.086
Bedroom	23.6± 7.7	19.2± 7.5	3.45 0.001
Living room	27.3± 7.9	21.4± 7.3	4.63 0.000
Indoor	29.0± 7.6	24.2± 7.5	3.73 0.000
Outdoor	28.4± 7.5	19.2± 5.9	8.23 0.000
Personal	25.0± 9.0	17.6± 7.4	5.34 0.000

*two-tailed probability, min. : minutes

Table 9. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives by area of kitchen (ppb)

	Area of kitchen		t-value p*
	Below 10m ² (n=96)	Above 10m ² (n=47)	
Kitchen	32.0± 14.0	37.1± 12.4	-2.14 0.034
Bedroom	21.2± 8.6	20.4± 6.1	0.63 0.530
Living room	23.8± 8.3	23.9± 7.5	0.13 0.898
Indoor	25.7± 8.6	27.1± 6.2	-1.05 0.294
Outdoor	22.1± 8.1	24.6± 7.7	-1.74 0.084
Personal	21.0± 8.3	19.8± 9.9	0.79 0.431

* two-tailed probability

Table 10. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives by kind of cooking fuels (ppb)

	Type of cooking fuel				F-value p*
	Coal briquette (n=7)	Gas (n=97)	Electricity (n=35)	Oil (n=4)	
Kitchen	47.6± 19.8	34.7± 13.9	28.8± 9.5	26.3± 3.9	4.888 0.003
Bedroom	25.4± 5.4	20.6± 7.3	20.2± 8.2	27.1± 16.0	1.777 0.155
Living room	25.2± 9.8	24.2± 8.4	22.8± 7.0	21.7± 5.5	0.431 0.731
Indoor	32.7± 10.0	26.5± 8.0	23.9± 6.3	25.0± 7.7	2.756 0.045
Outdoor	25.0± 14.2	23.1± 7.7	22.6± 7.9	17.6± 2.2	0.775 0.510
Personal	27.4± 10.4	21.3± 9.2	17.5± 6.5	19.7± 5.2	3.180 0.026

* two-tailed probability

변수의 선택은 자유도조정을 거쳐 중상관계수의 값을 최대로 하는 기준에 따라 그 기준에 적합한 변수의 조합을 취하는 이른바 다단계 중회귀분석법을 이용하였다.

선택된 변수는 조리소요시간 및 실외농도($p < 0.01$), 부엌의 팬사용($p < 0.05$)이었고 중상관계수는 0.703이었으며 이들 변수가 부엌의 NO₂농도에 미치는 영향을 설명할 수 있는 설명력은 약 48%였으나 조리소요시간에 대한 표준화 편회귀계수가 0.573으로 가장 커 부엌의 NO₂

농도는 조리소요시간에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

(2) 실내의 NO₂농도를 종속변수로 한 경우

실내의 NO₂농도를 종속변수로 하고 전술한 8가지 변수에 부엌농도를 포함한 9가지 변수를 독립변수로 취하여 동일한 방법으로 중회귀분석을 실시한 결과는 Table 17과 같다.

선택된 변수는 부엌농도 및 실외농도($p < 0.01$), 부엌의

Table 11. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives by cooking time of each meal

	Mean cooking time of each meal			(ppb)
	Within 30min.	30min. - 1hr.	Over 1hr.	F-value
	(n=60)	(n=67)	(n=16)	p*
Kitchen	26.2± 8.3	34.4± 9.3	58.6± 14.9	70.909 0.000
Bedroom	17.8± 8.1	23.0± 6.9	24.3± 6.3	9.842 0.000
Living room	21.5± 7.0	24.5± 7.5	29.6± 10.7	7.524 0.001
Indoor	21.8± 6.0	27.3± 5.9	37.5± 8.9	40.943 0.000
Outdoor	20.2± 7.6	24.6± 7.9	26.2± 7.2	6.745 0.002
Personal	18.3± 6.8	21.8± 9.1	24.6± 12.1	4.642 0.011

* two-tailed probability, min. : minutes, hr. : hour

Table 12. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives by usage kitchen fan for cooking

	Usage of fan		(ppb)
	Yes	No	t-value
	(n=75)	(n=68)	p*
Kitchen	29.9± 10.1	37.8± 15.8	-3.58 0.000
Bedroom	19.3± 7.7	22.7± 7.6	-2.65 0.009
Living room	22.6± 8.0	25.2± 7.9	-1.91 0.058
Indoor	24.0± 6.8	28.6± 8.4	-3.64 0.000
Outdoor	21.8± 8.4	24.2± 7.5	-1.82 0.071
Personal	19.2± 8.6	22.2± 8.9	-2.00 0.047

* two-tailed probability

크기($p < 0.05$)이었고 부엌의 크기에 대한 표준화 편회 계수는 음의 값이었다. 중상관계수는 0.896이었으며 이들 변수가 실내의 NO₂농도에 미치는 영향에 대한 설명력은 약 80%였으나 부엌농도에 대한 표준화 편회계수가 0.792로 가장 커 주택의 실내 NO₂농도는 부엌농도에 많은 영향을 받는 것으로 나타난다.

(3) 주부의 NO₂개인폭로량을 종속변수로 한 경우

주부의 NO₂개인폭로량을 종속변수로 하고 전술한 9가지 변수에 실내농도를 포함한 10가지 변수를 독립변수로 취하여 중회귀분석을 실시한 결과는 Table 18과 같다.

선택된 변수는 실내농도 및 주택의 위치($p < 0.01$), 부엌농도($p < 0.05$)이었고 중상관계수는 0.563이었으며 이들 변수가 NO₂개인폭로량에 미치는 영향에 대한 설명력은

Table 13. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives by type of heating facilities

	Type of heating facilities				F-value p*
	Piped coal ¹⁾	Piped oil ²⁾	Central ³⁾	Briquette ⁴⁾	
	(n=78)	(n=9)	(n=48)	(n=8)	
Kitchen	33.0± 13.6	36.9± 18.9	34.0± 13.5	34.9± 8.4	0.265 0.851
Bedroom	22.1± 9.0	21.6± 5.7	18.5± 5.8	23.7± 5.7	2.536 0.059
Living room	23.4± 9.1	28.8± 5.9	22.8± 5.8	28.6± 8.8	2.484 0.063
Indoor	26.2± 8.9	29.1± 8.9	25.1± 5.9	29.1± 6.4	1.078 0.361
Outdoor	22.3± 8.0	24.4± 12.6	22.6± 6.1	29.5± 10.9	2.127 0.100
Personal	21.2± 8.9	23.3± 9.5	18.4± 8.6	25.7± 6.4	2.396 0.071

- 1) : Piped coal-briquette boiler system
 2) : Piped oil boiler system
 3) : Central heating system
 4) : Coal-briquette fuel hole hole system
 * two-tailed probability

Table 14. NO₂ levels inside and outside homes and personal exposure levels for housewives by number of persons with respiratory symptoms among the household members

	Number of person		t-value p*
	Below 1	Above 2	
	(n=91)	(n=52)	
Kitchen	32.5± 13.1	35.6± 14.4	-1.32 0.190
Bedroom	20.3± 8.1	22.1± 7.3	-1.29 0.199
Living room	23.9± 8.5	23.8± 7.3	0.06 0.952
Indoor	25.6± 8.2	27.2± 7.3	-1.16 0.246
Outdoor	22.9± 8.8	23.1± 6.7	-0.16 0.870
Personal	20.6± 8.7	20.6± 9.1	0.02 0.982

* two-tailed probability

약 30%로 부엌 및 실내농도에 비하여 다소 낮았으나 실내농도의 표준화 편회귀계수가 0.651로 가장 커 가정 주부의 NO₂ 개인폭로량은 주택의 실내 NO₂농도에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

IV. 고 찰

질소산화물(NO_x)에는 NO, NO₂, NO₃, N₂O, N₂O₃, N₂O₄ 및 N₂O₅ 등의 수종이 있으나 건강영향의 대부분은 이산

Table 15. Pearson's correlation coefficient matrix

	KIT	IND	OUT	PNO
KIT	1.0000	.8677**	.3751**	.2930**
IND	.8677**	1.0000	.5192**	.4615**
OUT	.3751**	.5192**	1.0000	.3796**
PNO	.2930**	.4615**	.3796**	1.0000
FAM	.1371	.0978	.0015	.0700
SMOKER	-.0107	-.0520	-.0982	.0422
MEAL	.0770	.0813	.0710	.0566
DIST	-.1396	-.2988**	-.5813**	-.4120**
KAREA	.1523	.0803	.1544	.0240
CTIME	.6577**	.5921**	.2855**	.2488*
FAN	.3242**	.3573**	.2291*	.1590
FSX	.1346	.0647	.0244	.0596

Number of cases : 143 2-tailed Significance : *-.01 **-.001

KIT : kitchen NO₂ level

LIV : living room NO₂ level

PNO : personal NO₂ exposure level

SMOKER : number of regular smokers

DIST : location of house with distance from the heavy traffic roads as walking time

KAREA : area of kitchen

FAN : usage of kitchen fan for cooking

BED : bedroom NO₂ level,

OUT : outdoor NO₂ level

FAM : number of household members

MEAL : daily number of meals eaten

CTIME : cooking time of each meal

FSX : number of persons with respiratory symptoms

Table 16. Multiple regression analysis of kitchen NO₂ levels

	B	SE B	Beta	T	Sig T
Cooking time	11.772	1.312	0.573	8.972	0.0000
Outdoor	0.298	0.109	0.175	2.740	0.0069
Usage of fan	3.102	1.233	0.158	2.515	0.0130
(constant)	-0.378	3.573		-0.106	0.9159

B : slope and intercept value

SE B : standard error of the estimate

Beta : standardized regression coefficient

Multiple correlation	0.703	F-statistics	45.20
Adjusted squared multiple correlation	0.483	d. f.	(3,139)
		Sig F	0.0000

화질소(NO₂)에 기인된다(Wark & Warner, 1976 ; Wadden & Scheff, 1983 ; Calrcrt et al, 1984).

인간생활에서 NO₂의 주 발생원은 원칙적으로 NO를 발생시키는 연소과정이다. 즉 NO₂는 주로 교통기관, 산업장, 주택 등의 동력용 및 취사용 연료의 고온연소 과정에서 NO_x의 산화로 생성되는 것이다(Wark & Warner, 1976 ; Wadden & Scheff, 1983 ; Calrcrt et al, 1984).

연소반응에 제공되는 질소의 공급원은 연소공기 중의 질소 혹은 그 연료가 함유하고 있는 질소성분(연료질소)으로 (Wark & Warner, 1976 ; Calrcrt et al, 1984) 탄화수소계 연료질소의 결합(C-N, N-H)이 대기중 질소의 결합(N≡N)에 비하여 훨씬 결합력이 약하기 때문에 연료질소의 연소시 NO_x의 발생이 용이하다고 한다(Perkins, 1974). 연소연료별 NO_x배출량은 연료중의 질소

Table 17. Multiple regression analysis of indoor NO₂ levels

	B	SE B	Beta	T	Sig T
Kitchen	0.458	0.024	0.792	19.347	0.0000
Outdoor	0.230	0.040	0.234	5.721	0.0000
Area of kitchen	-1.127	0.564	-0.077	-1.998	0.0477
(constant)	6.996	1.163		6.017	0.0000

B : slope and intercept value

SE B : standard error of the estimate

Beta : standardized regression coefficient

Multiple correlation 0.896 F-statistics 187.90
 Adjusted squared multiple correlation 0.798 d. f. (3,139)
 Sig F 0.0000

Table 18. Multiple regression analysis of personal NO₂ exposure levels for housewives

	B	SE B	Beta	T	Sig T
Indoor	0.729	0.169	0.651	4.310	0.0000
Location of house	-4.542	1.323	-0.260	-3.432	0.0008
Kitchen	-0.200	0.094	-0.309	-2.118	0.0359
(constant)	15.562	3.651		4.262	0.0000

B : slope and intercept value

SE B : standard error of the estimate

Beta : standardized regression coefficient

Multiple correlation 0.563 F-statistics 21.55
 Adjusted squared multiple correlation 0.303 d. f. (3,139)
 Sig F 0.0000

함유량과 연소시 온도에 따라 좌우되는 바 석탄과 유류는 다량의 연료질소를 함유하여 천연가스는 연료질소를 거의 함유하지 않으나 열기가 높기 때문에 역시 상당량의 NO_x를 배출하게 되며(Perkins, 1974) 그 배출량은 석탄 340lb/10⁹ BTU, 유류 80-480lb/10⁹ BTU, 가스 110lb/10⁹ BTU 정도이다(Duprey, 1965).

따라서 주택의 실내 NO₂농도는 이들 연료의 종류와 실내에서는 연료의 연소가 가장 빈번히 일어나는 부엌의 환기상태에 따라 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Derouance & Verduyn, 1974 ; Wade et al, 1975 ; Palmes et al, 1977, 1979 ; Melia et al, 1978 ; Goldstein et al, 1979 ; Spengler et al, 1979 ; Speizer et al, 1980 ; Wadden & Scheff, 1983).

즉, 현재까지의 NO₂에 관한 연구에 의하면 주택의 NO₂ 평균농도는 흔히 실내에서 실외보다 높으며(Thompson et al, 1973 ; Lutz et al, 1974 ; Belles et al, 1975 ; Derham et al, 1975 ; Palmes et al, 1977, 1979 ; Hollowell

et al, 1977 ; Melia et al, 1978 ; Moschandreas et al, 1978 ; Spengler et al, 1979 ; Goldstein et al, 1979 ; EPA, 1980) 특히 환기가 불충분한 경우 5분내지 1시간의 단 기간 평균 NO₂농도는 무려 1,000µg/m³(500ppb)을 초과할 수도 있는 것으로 보고되고 있으나(Wade et al, 1975 ; Speizer et al, 1980) 실내 대기중에서 이와같이 높은 NO₂ 농도를 측정할 수 있는 경우는 드물다.

하지만 실내 NO₂농도의 증가에 주 원인으로 작용하는 취사용연료(Derouance & Verduyn, 1974 ; Himmel & DeWerth, 1974 ; Wade et al, 1975)의 이용실태는 미국의 가정은 전체의 약 50%정도가 가스를 이용하고 있는데 반하여(US census, 1978) 우리나라는 연탄 48.5%, 가스 26.1%, 유류 8.0%, 전기 1.5% 등으로(경제기획원, 1986) 서로 달라 이들 연자의 성적을 우리나라 주택의 NO₂에 의한 실내오염 평가에 그대로 적용할 수는 없으므로 저자는 본 연구를 통하여 우리나라 주택의 실내 NO₂오염 실태와 이에 영향을 미치는 요인을 파악하여 보고자 하

였다.

부산지역 주택의 실내평균 NO₂농도는 부엌 33.7±13.6 ppb(9.5-81.5ppb), 침실 21.0±7.8ppb(1.4-50.2ppb), 거실 23.8±8.1ppb(5.5-53.3ppb) 등으로 부엌의 농도가 가장 높았고 이들 3개소의 평균실내농도는 26.1±7.9ppb(8.4-53.2ppb)로 실외에 비하여 유의하게(p < 0.01) 높아 타 연구자의 성적과 일치하였다(Chapin, 1974; Spengler et al, 1979; EPA, 1980). 이와같이 실내의 NO₂농도가 높은것은 부엌에서의 음식물의 조리등과 같이 NO₂의 발생원으로 작용하는 요인이 실내에 흔히 존재하기 때문인 것으로 사료된다.

또한 부엌의 NO₂농도 중 대기환경기준치(50ppb)를 초과하며 EPA(1981), WHO(1969) 등에서 인체에 장해를 초래할 수 있다고 보고한 60ppb 이상의 성적도 있는 것은 보건학적으로 심각한 일이 아닐 수 없으며 특히 많은 시간을 실내에서 보내며 호흡기질환에 민감한 노인과 소아들에 대하여는 이같이 높은 실내 NO₂농도는 엄격하게 관리되어야 할 것이다. 즉 적당량의 연소공기 공급 등에 의한 연소조건의 조절을 통하여 NO₂의 발생량을 줄이거나(Bartok et al, 1969; Perkins, 1974; Wark & Warner, 1976) 발생된 NO₂를 실외로 신속히 배기시켜 실내농도를 감소시킴으로써 NO₂폭로에 의한 건강피해를 최소화시키는 것이 바람직 할 것이다.

한편, 부산지역 주택의 실외평균 NO₂농도는 22.9ppb로 김등(1986)의 동계 21.0ppb 및 하계 16.0ppb에 비하여 다소 높았으나 환경청(1986)이 보고한 1985년의 부산시 평균인 24.0ppb와 비슷하였으며 대기환경기준치(보사부, 1983)에는 미달하였고 동 가정주부의 NO₂개인폭로량은 20.6±8.8ppb(3.1-46.9ppb)로 크게 높은 편은 아니었다.

가족수별 실내 NO₂농도 및 개인폭로량은 가족수별로 큰 차이가 없었으나 부엌에서만 유의한 차이를 나타내었다. 가족수가 실내의 NO₂농도에 미치는 영향에 관하여는 Goldstein등(1977)은 관련성이 있다고 하였으나 가족수의 직접적인 영향이라기 보다는 이에 따른 취사횟수의 증가, 연료소비량의 증가, 흡연등의 부수적 요인에 의한 것으로 추정되며 이에 대한 검토는 추후 연구되어야 할 것으로 생각된다.

흡연자수별 실내 NO₂농도 및 개인폭로량은 흡연자가 많은 가정이 적은 경우에 비하여 약간 높은 경향이었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었으며 이는 김등(1985, 1986)의 성적과 일치하였다.

그러나 담배연기는 실내공기오염의 한 요인으로 수종의 유해물질을 함유하고 있고(HEW, 1979; Wadden & Scheff, 1983) 담배 1개피(mainstream)당의 NO₂배출량은 0.5-30μg(HEW, 1979; Jenkins & Gill, 1980)에 이르며, 최근에는 수동적 흡연(passive smoking)이 실내오염에 있어 중요한 관심사의 하나로 등장하였을 뿐만 아니라(Weber et al, 1979; Matsuki et al, 1985) 특히 소아의 호흡기질환은 흡연과 관련이 많다는 보고도 다수 있는 실정이며(Florey et al, 1979; Tager et al, 1979; Speizer et al, 1980) 본 연구에서도 주로 흡연을 하는 장소로 인정되는 거실의 경우에는 흡연자수에 따라 다소 큰 농도 차이를 보이므로 향후 흡연에 기인되는 주택의 실내 NO₂오염에 관한 연구도 적극적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

1일 식사횟수별 실내 NO₂농도 및 개인폭로량은 식사 횟수가 많은 가정이 적은 경우에 비하여 다소 높은 양상이었으나 부엌에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 그러나 Goldstein등(1979)은 32쌍의 가구대상 조사 결과 실내 NO₂농도에 영향을 미치는 요인의 하나로 평균식사횟수(p < 0.01)를 들고 있으며 본 조사에서도 부엌의 경우 유의한 차이를 보여 식사횟수의 증가에 따른 연료소비량과 주택의 실내 NO₂농도는 다소 관련이 있을 것으로 생각된다.

주택의 종류별 실내 NO₂농도 및 개인폭로량은 공히 단독주택의 경우가 아파트에 비하여 통계적으로 유의하게 높은 경향으로 김등(1986)의 성적과는 차이를 보이는 바 가옥구조 자체보다는 이들 가정에서의 취사 및 난방의 형태, 환기, 생활수준 및 양식등의 사회경제력 특성에 따라 많은 영향을 받은 것으로 생각된다. 즉 조사대상의 아파트는 거의 대부분 취사용 연료로 가스를 사용하고 있어 본 조사기간인 춘계의 경우 취사동안에만 가스를 연소시키거나 단독주택의 경우 대부분 연탄을 사용하여 취사와 관계없이 계속적으로 연탄을 연소시킴으로써 NO₂의 발생량이 다소 많았을 것이며 난방 형태 또한 아파트는 대부분 중앙난방이나 단독주택은 연탄보일러 및 연탄아궁이인 점 등에서 양군 간에 차이가 있었던 것으로 사료된다.

간선도로변으로부터 도보거리로 환산한 주택의 위치별 실내의 NO₂농도 및 개인폭로량은 5분 이내인 가정이 5분 이상인 경우에 비하여 훨씬 높았으며 부엌을 제외하고는 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p < 0.01).

이는 예로부터 실내오염물질의 농도에 미치는 요인으로서는 외기의 농도가 중요한 역할을 하였으며(Nitta et al, 1980) 외기의 NO₂농도에는 자동차 배기가스의 영향이 크게 작용하므로(Wark & Warner, 1981 ; Spengler et al, 1983 ; 환경청, 1986) 간선도로로부터 가까운 거리에 있는 주택의 실내NO₂농도가 월등히 높았던 것으로 사료된다.

부엌의 크기별 실내NO₂농도 및 개인폭로량은 부엌의 농도만이 유의한 차이가 있었을 뿐 거의 비슷하였으며 이는 전술한 바와 같이 대상가구의 생활양식 등의 부수적 요인의 차이에 따른 것으로 생각된다.

취사용연료의 종류별 실내 NO₂농도 및 개인폭로량은 연탄을 주연료로 이용하는 가정이 가장 높았고 전기를 주연료로 이용하는 가정이 가장 낮았으며 부엌농도($p < 0.01$) 및 개인폭로량($p < 0.05$)은 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이와같은 성적은 전술한 바와 같이 NO_x의 배출량은 연탄, 유류(특히 중유)등이 가스에 비하여 훨씬 많으며(한국동력자원연구소, 1981 ; 일본동경가스 1983) 본 조사의 실시시기가 춘계로서 가스나 유류 등은 대개 취사시에만 연소되나 연탄은 취사와 관계없이 계속적으로 연소되는데서 기인된 듯하다.

본 조사의 경우 가스나 전기를 이용하는 가구수에 비하여 연탄 및 유류 이용가구의 수가 훨씬 적어 정확한 비교를 할 수 없었던 점도 고려하여야 할 것이다.

한편, 실내 NO₂농도에 관한 외국의 보고에 의하면 부엌의 경우 Goldstein등(1979)의 가스이용 가정 112.2ppb 및 전기이용 가정 18.0ppb, Palmes등(1977)의 가스이용 가정 24.5ppb 및 전기이용 가정 4.1ppb, Spengler등(1983)의 가스이용 가정 32.8ppb 및 전기이용 가정 4.2ppb 등으로 본 조사의 성적과는 많은 차이를 보이는 바 이는 이들 연구가 주로 동계에 실시되었던 반면 본 조사는 춘계에 실시되었던 점과 우리나라의 경우 주 취사연료로 전기를 이용한다 하더라도 대부분 가스, 연탄등을 병용하고 있는 것과 같은 취사형태의 특성이 서로 상이한 것에 기인된 것으로 생각된다.

조리소요시간별 실내 NO₂농도 및 개인폭로량은 동시간이 길수록 그 농도가 증가하는 양상이 뚜렷하였으며 이는 통계적으로도 매우 유의하여 주택의 실내 NO₂농도는 연료의 소비량과 밀접한 관계가 있음을 시사하였다.

부엌의 팬 사용에 따른 실내 NO₂농도 및 개인폭로량은 팬을 사용하는 가정에서 훨씬 낮았으며 이들의 차이는 부엌과 침실($p < 0.01$) 및 개인폭로량($p < 0.05$)에서 통계

적으로 유의하였다. 즉 타 연구보고와 마찬가지로(Melia et al, 1978 ; Palmes et al, 1979 ; Spengler et al, 1979 ; 김등, 1985) 인공환기 실시는 부엌의 NO₂농도를 감소시키는 효과를 지니는 것으로 인정되며 부엌의 NO₂농도는 주택의 실내 NO₂농도에 직접적인 영향을 미치므로 조리시 인공환기를 실시하는 것은 NO₂에 의한 실내오염의 관리방안의 하나로 의의가 있다고 생각된다.

대상주택의 난방형태별 실내 NO₂농도 및 개인폭로량은 난방의 형태에 따라 다소의 차이가 있었으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 이는 본 조사의 실시시기가 춘계로서 난방시기가 아니라는 점과 기름보일러와 연탄아궁이의 대상가구수가 너무 적어 정확한 비교가 될 수 없었던 점 외에도 난방시설은 대부분 실내와 격리되어 있어 난방이 실내 NO₂농도에 미치는 영향은 그리 크지 않을 것으로 생각된다.

실내 NO₂농도의 건강에 미치는 영향을 평가하기 위하여 가족중 호흡기증상이 있는 사람수에 따라 관찰한 실내 NO₂농도 및 개인폭로량은 유의한 차이가 없었다. 그러나 외국의 경우 NO₂폭로와 관련된 건강영향에 관하여는 많은 연구가 이루어져 있다. 즉 1950년대의 Silo fillers disease (Lowry & Schuman, 1956)를 비롯하여 수종의 실험동물을 이용한 연구에서 호흡기감염에 대한 내성의 약화와 (Purvis & Ehrlich, 1963 ; Ehrlich, 1966 ; Ehrlich & Henry, 1968 ; Henry et al, 1969 ; Freeman et al, 1974) 폐기종양 질환(emphysema-like disease)(Freeman et al, 1968) 및 알리지성 호흡기질환(Matsumura et al, 1972)의 발생에 관한 보고가 있고 NO₂에 감수성이 높은 사람에 대한 실험적 연구에서 일부 폐기능의 변화가 인지되었으며(Von Nieding et al, 1971, 1973 ; Orehek et al, 1976 ; Kagawa & Toyama, 1975 ; Kagawa et al, 1976) 특히 아동을 대상으로 한 역학연구에서는 호흡기증상 및 질환의 발생과 가스이용 간의 유의한 상관성이 관찰되었다 (Shy et al, 1970 ; Melia et al, 1977, 1979 ; Florey et al, 1979 ; Goldstein et al, 1979 ; EPA, 1980). Speizer등(1980)도 2세 이전의 호흡기병력과 FEV_{1.0}, FVC 등의 폐기능 검사소견이 가스이용과 유의한 상관성이 있다고 하였다.

한편 성인을 대상으로 한 연구에서는 저농도의 NO₂에 장기간 폭로될 시에는 건강장해가 거의 없다는 연구도 많다(Cohen et al, 1972 ; Burgess et al, 1973 ; Hackney et al, 1973 ; Speizer et al, 1973 ; Mitchell et al, 1974 ;

Derham et al, 1975 ; EPA, 1976 ; Hosein & Bouhuys, 1979 ; Keller et al, 1979a, b ; Kleinman et al, 1985 ; Linn et al, 1985, 1986) 본 조사의 성적과 부합하였다.

이와같이 장기간에 걸친 저농도의 NO₂폭로와 건강영향 간의 연관성에 대하여는 아직 분명히 규명된 바가 없으므로 이를 규명하기 위하여 NO₂개인폭로량 산정이 중요한 문제로 등장하게 되었으며(Palmes et al, 1976 ; EPA, 1979 ; Nitta et al, 1980 ; Matsuki et al, 1983 ; Yanagisawa et al, 1980, 1984, 1986) 최근에는 Palmes tube보다 더욱 개발된 뿔지형의 NO₂포집용 채집관이 개발되어 있는 실정이다(Yanagisawa & Nishimura, 1980, 1982).

한편 저자는 주택의 실내의 NO₂농도 및 주부의 NO₂개인폭로량에 영향을 미칠것으로 기대되는 여러변수 간의 상관관계와 대상주택의 여러특성 중 주택의 실내의 NO₂농도와 주부의 NO₂개인폭로량에 주로 영향을 미치는 요인을 규명하기 위하여 설문조사에서 얻은 수종의 변수를 이용하여 상관분석 및 중회귀분석을 실시하였다.

상관분석의 결과 각 NO₂농도는 상호 간에 유의한 상관을 나타내었으며 이들 NO₂농도와 유의한 상관을 지니는 변수는 주택의 위치, 조리소요시간, 부엌의 팬사용 등으로 나타나 주택의 실내 NO₂농도와 주부의 NO₂개인폭로량은 연료의 연소 및 외기의 NO₂농도와 직접적인 관련을 지닌 변수와 상관성이 많음을 시사하였다.

부엌의 NO₂농도, 실내의 NO₂농도, 주부의 NO₂개인폭로량의 3가지 변수에 대하여 이들 농도에 영향을 미칠 것으로 기대되는 여러변수를 독립변수로 취하여 실시한 중회귀분석의 결과 부엌의 NO₂농도에 대하여는 조리소요시간, 실외농도, 부엌의 팬사용 등의 변수가 선택되어 부엌의 NO₂농도에는 연료의 연소와 부엌의 환기가 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며 그중 조리소요시간의 영향이 가장 높았다. 즉 조리소요시간과 연료소비량은 밀접한 관계가 있으며 부엌은 주택의 실내에서 연료의 연소가 가장 빈번히 일어나는 곳이므로 이는 당연한 결과라고 생각한다. 또한 실내의 NO₂농도에 대하여는 부엌의 NO₂농도, 실외의 NO₂농도, 부엌의 크기 등의 변수가 선택되었으며, 이들중 부엌의 NO₂농도에 대한 편회계수가 타 변수에 비하여 월등히 높아 주택의 실내 NO₂농도에 대한 편회계수가 타 변수에 비하여 월등히 높아 주택의 실내 NO₂농도는 실내에서의 연소에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉 예로부터 실내오염물질의 농도는 실외농도, 실내의 오염발생원, 환기, 건물의

밀폐도 등에 주로 좌우되며 이러한 요인 중에서도 특히 NO_x에 관하여는 실내에서 발생하는 연료의 연소가 크게 관여한다고 하여 난방기에 있어 실내에서의 난로사용이나 부엌내 조리구의 역할이 강조되었지만(Yamanaka et al, 1979 ; Nitta et al, 1980) 본 조사에서는 조사시기가 춘계였던 관계로 거실에서의 난로사용시간 등에 대한 자료가 누락되었다.

한편 주부의 NO₂개인폭로량에 영향을 미치는 변수로는 실내의 NO₂농도, 주택의 위치, 부엌의 NO₂농도 등이 선택되어 개인폭로량은 환경농도에 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며 그중에서도 실내농도의 영향이 가장 높았다. 즉 주부는 전술한 바와같이 가정 내에서 생활하는 시간이 특히 많으므로(NHK, 1976) 이와같은 성적은 당연한 결과로 생각된다. 그러나 주택의 실내에서는 NO₂농도가 가장 높은 부엌의 NO₂농도가 주부의 개인폭로량에 대하여 덜 영향을 미치는 것은 취사를 하더라도 주부가 부엌에 있는 시간은 한정되므로 부엌의 NO₂농도가 개인폭로량과 직결되지 않을 수도 있다는 종래의 보고(Melia et al, 1978)와 부합하는 것이며 생활행동시간과 실제 주거공간과의 연관은 매우 복잡한 양상을 지니고 있으므로 향후 개인폭로량에 미치는 요인을 정확히 규명하기 위하여는 농도×시간의 개념을 동시에 고려하는 것이 바람직할 것이다(Spengler et al, 1979).

본 연구에서는 설문조사시 응답자의 편이를 위하여 대부분의 변수를 순위로 설정하였으므로 생활행동 양상에 따른 정확한 시간의 측정이 이루어지지 못하였고 또한 조사시기가 춘계에 한정되어 주택의 실내 NO₂농도에 비교적 많은 영향을 미칠 것으로 기대되는 변수들에 대한 자료가 누락되어 이들에 대한 평가를 할 수 없었음이 아쉬운 점의 하나로 지적된다.

그러나 본 조사의 결과 실내에서는 NO₂농도가 가장 높으며 평균 실내 NO₂농도에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타난 부엌에 대하여 가능한 불필요한 연소를 억제하고 강제환기를 실시하는 것은 주택에서의 NO₂폭로에 의한 건강장해 예방에 적지 않은 기여를 할 것으로 인정된다.

V. 결 론

저자는 부산시내의 172가구 및 동가구의 주부를 대상으로 1987년 4월 1일부터 6월 30일까지 소형의 NO₂포

집용채집관(Palmes tube NO₂ sampler)으로 1주일동안 주택의 실내의 NO₂농도와 주부의 NO₂개인폭로량을 측정하였으며 동시에 가족수, 가구내 흡연자수, 1일식사횟수, 주택의 종류, 간선도로변에서 도로로 걸리는 시간으로 환산한 주택의 위치, 부엌의 크기, 취사용연료의 종류, 조리소요시간, 조리시 부엌의 팬사용, 난방시설의 형태 등과 주택의 실내의 NO₂농도 간의 관련성에 관한 기초적인 자료를 마련함으로써 가정의 NO₂에 의한 공기오염과 이로 인한 건강장해를 예방하는데 일익이 되고자 본 연구를 시행하였다.

본 연구에서 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 주택의 NO₂평균농도는 실내가 실외보다 유의하게($p < 0.01$) 높았고 측정 장소 별로는 부엌이 33.7 ± 13.6 ppb ($9.5 - 81.5$ ppb)로 가장 높았으며 가정주부의 평균 NO₂ 개인폭로량은 20.6 ± 8.8 ppb ($3.1 - 46.9$ ppb)이었다.

2. 주택의 실내 NO₂평균농도는 가족수별로는 5인 이상군이 4인 이하군보다($p < 0.05$), 주택의 종류별로는 단독주택군이 아파트군보다($p < 0.001$), 주택의 위치별로는 5분 이내군이 5분 이상군보다($p < 0.001$), 조리시 부엌의 팬사용별로는 미사용군이 사용군보다($p < 0.001$) 각각 유의하게 높았고, 취사용연료의 종류별로는 연탄, 가스, 유류, 전기의 순이었으며($p < 0.05$) 조리소요시간별로는 소요시간이 길수록 높았다($p < 0.05$) 조리소요시간별로는 소요시간이 길수록 높았다($p < 0.001$).

3. 주택의 실내 NO₂농도와 유의한 상관($p < 0.001$)을 나타낸 변수는 부엌농도($r=0.8677$), 조리소요시간($r=0.5921$), 실외농도($r=0.5192$), 개인폭로량($r=0.4615$), 조리시 부엌의 팬사용($r=0.3573$), 주택의 위치($r=-0.2988$) 등이었다.

4. NO₂농도에 대한 중회귀분석 결과 NO₂농도에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 부엌의 경우 조리소요시간(부엌의 NO₂농도 = $-0.378 + 11.772(\text{조리소요시간}) + 0.298(\text{실외농도}) + 3.102(\text{부엌의 팬사용})$), 실내의 경우 부엌농도(실내의 NO₂농도 = $6.996 + 0.458(\text{부엌농도}) + 0.230(\text{실외농도}) - 1.127(\text{부엌의 크기})$), 그리고 개인폭로량의 경우 실내농도이었다(주부의 NO₂ 개인폭로량 = $15.562 + 0.729(\text{실내농도}) - 4.542(\text{주택의 위치}) - 0.200(\text{부엌농도})$).

5. 가정에서 실내의 NO₂농도를 감소시키기 위해서는 조리시 환기의 실시, 불필요한 연소의 억제, 취사용연료의

대체 등이 유의있을 것으로 인지되었다.

참 고 문 헌

- 경제기획원 조사통계국. 1985년 인구 및 주택 센서스 속보(2% 표본추출 집계 결과). 경제기획원 조사통계국, 1986, pp. 64-65
- 김용완, 배기택, 김성천 등. Palmes tube를 이용한 도시주택의 옥내외 NO₂농도에 관한 조사 연구. 예방의학회지 1986; 19(1) : 31-44
- 김준연, 이채연, 전진호 등. Palmes tube를 이용한 도시주택의 옥내외 NO₂농도에 관한 조사 연구. 인제논총 1985; 1(2) : 81-95
- 보건사회부. 환경보전법 시행규칙 제7조, 보사부령 733호, 1983
- 환경청. 환경보전. 서울, 환경청, 1986, p. 197
- 한국동력자원 연구소. 민수용 연료투자계획. 1981
- Anderson KD, Lundqvist GR, Molhave L. Indoor air pollution due to chipboard used as a construction material. Atmos Environ 1975; 9 : 1121-1127
- Apling AJ, Stevenson KJ, Goldstein BD et al. Air pollution in homes 2 : Validation of diffusion tube measurements of NO₂. Warren Spring Laboratory, Stevenage, Publ. No. LR 311(AP), 1979
- Bartok WA et al. Systems study of nitrogen oxide. Control methods for stationary sources. PB. 192789, 1969
- Belles FE, Himmel RL, DeWerth DW. Measurement and reduction of NOx emission from natural gas-fired appliances. Paper 75. 09. 1 at the 68th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, Boston, MA, 1975
- Burgess W, DiBerardinis L, Speizer FE. Exposure to automobile exhaust. III. An environmental assessment. Arch Environ Health 1973; 26 : 325-329
- Calcrct S et al. Handbook of air pollution technology. A Wiley-Interscience Publ., N. Y., 1984
- Chapin FS. Human activity patterns in the city. A Wiley-Interscience Publ., N. Y., 1974
- Cohen CA, Hudson AR, Clausen 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 et al. On the relation between the indoor and outdoor concentrations of NO₂. J Air Poll Contr Assoc 1974; 24 : 158-161
- Derouance A, Verduyn G. Trib. CEBEDEAU 1974; 27 : 482-488
- Dockery DW, Spengler JD. Personal exposure to respirable particulates and sulfates. J Air Poll Contr Assoc 1981; 31 : 153-159

- Duprey RL. *Complication of air pollution emission factors. PHS Publ. 999-AP-42, Durham, N. C. : National Center for Air Pollution Control, 1968*
- Ehrlich R. *Effects of NO₂ on resistance to respiratory infection. Bacteriol Rev 30 : 604, 1966*
- EPA. *Scientific and technical data base for criteria and hazardous pollutants. 1975 ERC/RTP Review. U. S. EPA, EPA-600/1 76-023, pp. 206-207, Research Triangle Park, North Carolina, 1976*
- EPA. *Air quality criteria for nitrogen oxides. Publ. AP-84, EPA Air Pollution Control Office, 1971*
- Ferris BG Jr. *Health effect of exposure to low levels of regulated pollutants-a critical review. J Air Poll Contr Assoc 1978 ; 28 : 482-497*
- Ferris BG et al. *Effects of indoor environment on pulmonary function of children 6-9 years old. Amer Rev Resp Dis 1979 ; 119 : 214*
- Fick A. *Uber diffusion. Poggendorff Ann Physics(Ser 2) 1855 ; 94 : 59-86*
- Florey C du Y, Melia RJW, Chinn S et al. *The relation between respiratory illness in primary schoolchildren and the use of gas for cooking III-NO₂ respiratory illness and lung infection. Int J Epidemiol 1979 ; 8 : 347-353*
- Fontijn A et al. *Homogenous chemiluminescence measurement of nitric oxide with ozone. Anal Chemistry 1970 ; 42 : 6*
- Freeman G, Crane SC, Stephens RJ et al. *Environmental factors in emphysema and a model system with NO₂. Yale J Biol and Med 1968 ; 40 : 566-575*
- Freeman G et al. *Pathology of pulmonary disease from exposure to ambient gases(NO₂ and O₃). Arch Environ Health 1974 ; 29 : 203*
- Goldstein BD, Melia RJW, Chinn S et al. *The relation between respiratory illness in primary schoolchildren and the use of gas for cooking II-factors affecting NO₂ level in the home. Int J Epidemiol 1979 ; 8 : 339-345*
- Hackney JD, Thiede FC, Linn WS et al. *Effect of short-term NO₂ exposure in lung function in normal human subjects (*Abstract). Chest 1973 ; 64 : 395*
- Hasegawa T, Kido K, Kozaru K. *A study of indoor nitrogen oxides concentration. Jap J Poll and Countermeasure 1977 ; 12 : 1192-1202*
- Henry MC, Ehrlich R, Blair WH. *Effect of NO₂ on resistance of squirrel monkeys to K. pneumoniae infection. Arch Environ Health 1969 ; 18 : 580*
- HEW. *Smoking and health-a report of the surgeon general. Department Health, Education and Welfare Publ No. (PHS), 79-50066, 1979*
- Himmel RL, DeWerth DW. *Evaluation of the pollutant emissions from gas-fired ranges. American Gas Association Laboratories, Report No. 1492, Cleveland, 1974*
- Hollowell CD, Berk JV, Traynor GW. *Impact of reduced infiltration and ventilation on indoor air quality. ASHRAE J. pp. 49-53, July, 1979a*
- Hollowell CD, Berk JV, Lin C et al. *Impact of energy conservation in buildings on health. In : Changing Energy Use Futures. Fazzolare RA, Smith CB. Eds., Pergamon, NY., 1979b*
- Hollowell CD, Budnitz RJ, Traynor GW. *Combustion-generated indoor air pollution. Proceedings of the 4th International Clean Air Congress, Tokyo, Japan, pp. 684-687, 1977*
- Hoseini HR, Bouhuys A. *Possible environmental hazards of gas cooking(Letter). Lancet 1979 ; 1 : 125*
- 일본동경가스. 1983 ; 9
- Jenkins RA, Gill BE. *Determination of oxides of nitrogen (NO_x) in cigarette smoke by chemiluminescent analysis. Anal Chemistry 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*
- Kagawa J, Toyama T, Nakaza M. *Pulmonary function tests in children exposed to air pollution. In : Clinical implications of air pollution research. Finkel AJ, Duet WC. Eds., Publication Sciences Group Inc., Acton Mass, pp. 305-320, 1976*
- Keller MD, Lanese RR, Mitchell RI et al. *Respiratory illness in households using gas and electricity for cooking II. Symptoms and objective findings. Environ Res 1979a ; 19 : 504-515*
- Keller MD, Lanese RR, Mitchell RI et al. *Respiratory illness in households using gas and electricity for cooking I. Survey of incidence. Environ Res 1979b ; 19 : 495-503*
- Kerr HD, Kulla TJ, McIlhany ML et al. *Effect of NO₂ on pulmonary function in human subjects : An environmental chamber study. Environ Res 1979 ; 19 : 392-404*
- Kleinman MT, Bailey RM, Whynot JD et al. *Controlled exposure to a mixture of SO₂, NO₂ and particulate air pollutants : Effects on human pulmonary function and respiratory symptoms. Arch Environ Health 1985 ; 40 : 197-201*
- Lee SD. *Nitrogen oxides and their effects on health. Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, 1980*
- Linn WS, Shamoo DA, Avol EL et al. *Dose-response study of asthmatic volunteers exposed to NO₂ during intermittent exercise. Arch Environ Health 1986 ; 41 : 292-296*
- Linn WS, Shamoo DA, Spier CE et al. *Controlled exposure of volunteers with chronic obstructive pulmonary disease*

- to NO₂. *Arch Environ Health* 1985 ; 40 : 313-317
- Linn WS, Solomon JC, Trim SC et al. *Effects of exposure to 4ppm NO₂ in healthy and asthmatic volunteers. Arch Environ Health* 1985 ; 40 : 234-239
- Lowry T, Schuman LM. *Silo fillers disease : A syndrome caused by NO₂. JAMA* 1956 ; 162 : 153-160
- Lutz GA, Mitchell RI, Cote RW et al. *Indoor epidemiology study. Columbus laboratories, Catalog No. M50677, Battelle, 1974*
- Lyon RK. *Communication of the Editor : The NH₃-NO-O₂ reaction. Int J Chem Kinetics* 1976 ; 8 : 315-318
- Matsuki H, Yanagisawa Y, Nishimura H et al. *Comparative study on the health effects of indoor air pollution with special reference to NO₂ and smoking in winter and summer. Jap J Public Health* 1985 ; 32 : 549-559
- Matsuki H, Yanagisawa Y, Nishimura H et al. *Epidemiological study on the assessment for cigarette smoking effects and personal exposure to NO₂ in winter season using urinary hydroxyproline to creatinine ratio. Jap J Public Health* 1983 ; 30 : 166-176
- Matsumura T, Muramatsu S. *A study on the indoor air pollution : On indoor NOx levels. Jap J Public Health* 1982 ; 29 : 273-277
- Matsumura Y, Mizuno K, Miyamoto T et al. *The effects of ozone, NO₂ and SO₂ on experimentally induced allergic respiratory disease in guinea pigs. IV. Effects on respiratory sensitivity to inhaled acetylcholine. Amer Rev Resp Dis* 1972 ; 105 : 262-267
- Melia RJW, Florey C du V, Altman DG et al. *Association between gas cooking and respiratory disease in children. Brit Med J* 1977 ; 2 : 149-152
- Melia RJW, Florey C du V, Chinn S. *The relation between respiratory illness in primary schoolchildren and the use of gas for cooking I-Results from a national survey. Int J Epidemiol* 1979 ; 8 : 333-338
- Melia RJW, Florey C du V, Palmes ED. *Differences in NO₂ levels in kitchens with gas or electric cookers. Atmos Environ* 1978 ; 12 : 1379-1381
- Mitchell RI, Williams R, Cote RW. *Household survey of the incidence of respiratory disease in relation to environmental pollutants, WHO symposium proceedings : Recent advances in the assessment of the health effects of environmental pollution. Luxembourg, CEC, 1975, Vol. 1, pp. 47-61*
- Mitchell RI, Williams T, Cote RW et al. *Household survey of the incidence of respiratory disease in relation to environmental pollutants. WHO symposium proceedings : Recent advance in the assessment of the health effects of environmental pollutants. Paris, 1974, June, pp. 24-28*
- Mobley JD. *Assessment of NOx fuel gas treatment technology. Proceedings of the joint symposium on stationary combustion NOx control, Vol. II. EPS/IERL-RTP-1084, EPA, 1980*
- Moschandreas DJ, Stark JWC, McFadden JC. *Indoor air pollution in the residential environment, Vol. I and II. EPA report No. EPA-600/7-78-229 a & b, Washington, DC, 1978*
- National Academy of Sciences. *Air pollutants. National academy of sciences. Washington, DC, 1981*
- National Academy of Sciences. *Nitrogen oxides. National academy of sciences. Washington, DC, 1977*
- NHK 放送世論調査所編 昭和 50年度 國民生活時間調査 日本放送協, 1976
- Nitta H, Yokohama Y, Miura K. *Studies on personal exposure to NO₂ for urban office workers. J Japan Soc Air Poll* 1981 ; 16 : 277-284
- Nitta H, Yokohama Y, Miura K. *Studies on personal exposure level of NO₂ : In case of housewives living in urban area. J Japan Soc Air Poll* 1980 ; 15 : 418-425
- Nitta H, Yokoyama Y, Aoki S. *Studies on personal exposure to NO₂. Jap J Public Health* 1982 ; 29 : 343-353
- Norusis MJ. *SPSS/PC-TM : SPSS for the IBM PC/XT/AT, SPSS Inc., 1986*
- Orehek JH, Massari JP, Gayrard P. *Effect of short-term low-level NO₂ exposure on bronchial sensitivity of asthmatic patients. J Clin Invest* 1976 ; 57 : 301-307
- Palmes ED, Gunnison AF. *Personal monitoring device for gaseous contaminants. Am Ind Hyg Assoc J* 1973 ; 34 : 78-81
- Palmes ED, Gunnison AF, Dimattio J. *Personal sampler for nitrogen dioxide, Am Ind Hyg Assoc J* 1976 ; 37 : 570-577
- Palmes ED, Tomczyk C, DiMattio J. *Average NO₂ concentrations in dwellings with gas or electric stoves. Atmos Environ* 1977 ; 11 : 869-872
- Palmes ED, Tomczyk C, March AW. *Relationship of indoor NO₂ concentrations to use of unvented gas appliances. J Air Poll Contr Assoc* 1979 ; 29 : 392-393
- Perkins HC. *Air pollution. McGraw-Hill Inc., 1974*
- Purvis MR, Ehrlich R. *Effect of atmospheric pollutants on susceptibility to respiratory infection II. Effect of NO₂. J Infect Dis* 1963 ; 113 : 72-76
- Shy CM, Creason JP, Perlman ME. *The chattanooga school children study : Effects of community exposure to NO₂ II. Incidence of acute respiratory illness, J Air Poll Contr Assoc* 1970 ; 20 : 582-588

- Speizer FE, Ferris BG Jr. *Exposure to automobile exhaust. II. Pulmonary function measurements. Arch Environ Health* 1973 ; 26 : 319-324
- Speizer FE, Ferris B, Bishop YMM. *Health effects of indoor NO₂ exposure, Preliminary results. Paper given at the American Chemical Society/Chemical Society of Japan Chemical Congress Honolulu, 1979*
- Speizer FE, Ferris B Jr, Bishop YMM. *Respiratory disease rates and pulmonary function in children associated with NO₂ exposure. Amer Rev Resp Dis* 1980 ; 121 : 3-10
- Spengler JD, Sexton K. *Indoor air pollution : A public health perspective. Science* 1983 ; 221 : 9-17
- Spengler JD, Duffy CP, Letz R. *NO₂ Inside and outside 137 homes and implications for ambient air quality standards and health effects research. Environ Sci Technology* 1983 ; 17 : 164-168
- Spengler JD, Ferris BG, Speizer FE. *SO₂ and NO₂ Levels inside and outside homes and the implication on health effects research. Environ Sci Tchnol* 1979 ; 13 : 1276-1280
- Szalai A. *The use of time : Daily activities of urban and suburban populations in twelve countries. Mouton and Co., The Hague, Netherlands, 1972*
- Tager IB et al. *Effect of parental cigarette smoking on the pulmonary function of children. Amer J Epidemiol* 1979 ; 110 : 15-26
- Thompson CR, Hensel EG, Dats G. *Outdoor-indoor levels of six air pollutants. J Air Poll Contr Assoc* 1973 ; 23 : 881-886
- US. Bureau of the Census. *Annual housing survey. Part F, Current Housing Reports Series, H-150, U. S. Bureau of the Census, Washington, DC, 1978*
- Vogt RA. *Preliminary measurements of fuel nitric oxide formation in a pulverized coal transport reactor. J Air Poll Contr Assoc* 1978 ; 28 : 60-62
- Von Nieding G, Krekeler H, Fuchs R. *Studies of the acute effect of NO₂ on lung function : Influence on diffusion, perfusion and ventilation in the lungs. Int Arch Arbeitsmed* 1973 ; 31 : 61-72
- Von Nieding G, Wagner HM, Krekeler H. *Minimum concentrations of NO₂ causing acute effects on the respiratory gas exchange and airway resistance in patients with chronic bronchitis. Int Arch Arbeitsmed* 1971 ; 27 : 339-348
- Wadden RA, Scheff RA. *Indoor air pollution. A Wiley-Interscience Publ, NY, 1983*
- Wade III WA, Cote WA, Yocom JE. *A study of indoor air quality. J Air Poll Contr Assoc* 1975 ; 25 : 933-939
- Wark K, Warner CF. *Air pollution ; Its original and control, 2nd ed. Harper & Row Publishers, N. Y., 1981*
- Weber A et al. *Passive smoking : Irritating effects of the total smoke and the gas phase. Int Arch Occup Environ Health* 1979 ; 43 : 183-193
- Woods JE. *Environmental implications of conservation and solar space heating. Engineering Res Inst, Iowa State Univ., Ames, Iowa, BEUL 80-3, Meeting of the New York Academy of Sciences, N. Y., 1980*
- WHO. *Health aspects related to indoor air quality. WHO. Geneva, 1979*
- Yamanaka S, Hirose H, Takada S. *Nitrogen oxides emissions from domestic kerosene-fired and gas-fired appliances. Atmos Environ* 1979 ; 13 : 407-412
- Yanagisawa Y, Nishimura H. *A badge-type personal sampler for measurement of personal exposure to NO₂ and NO in ambient air. Environ Int* 1982 ; 8 : 235-242
- Yanagisawa Y, Nishimura H. *A personal sampler for measurement of NO₂ in ambient air. J Japan Soc Air Poll* 1980 ; 15 : 316-323
- Yanagisawa Y, Nishimura H, Matsuki H. *Personal exposure and health effect relationship for NO₂ with urinary hydroxyproline to creatinine ratio as indicator. Arch Environ Health* 1986 ; 41 : 41-48
- Yanagisawa Y, Nishimura H, Matsuki H. *Estimation of annual average of personal NO₂ exposure from short period measurements. J Japan Soc Air Poll* 1984 ; 19 : 292-299
- Yocom JE. *Indoor-outdoor air quality relationships : A critical review. J Air Poll Contr Assoc* 1982 ; 32 : 500-520