

Palmes tube 를 이용한 도시 주택의 옥내외 NO₂ 농도에 관한 조사연구*

인제대학 의학부 예방의학교실 및 산업의학연구소

김 용 완 · 배 기 택 · 김 성 천
문 덕 환 · 이 종 태 · 김 준 연

=Abstract=

A Survey on the Level of NO₂ Inside and Outside Urban Homes by Palmes Tube

Yong Wan Kim, M.D., Ki Taek Pae, M.D., Sung Chun Kim, M.D., Duck Hwan Moon, M.D.
Jong Tae Lee, M.D. and Joon Youn Kim, M.D.

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

For many years, NO₂ has been regarded as one of the elements among indoor air pollutants of urban homes, leading to increased public concerns on this gas.

For the purpose of preparing the fundamental data for the evaluation and control of health effect relevant to NO₂ levels, authors measured the indoor (kitchen, living room, bed room) and outdoor NO₂ levels categorized by the type of house (apartment, detached dwelling) and cooking fuel (L.P.G., briquette) in the winter and summer, and surveyed the variables (kitchen ventilation, family size, parental smoking) may effect the indoor NO₂ levels.

The level of NO₂ was measured by Palmes tube, and this survey was carried out at 110 homes in the Pusan area from October 1984 to September 1985.

The obtained results were as follows:

1) The mean indoor and outdoor NO₂ level in winter and summer, respectively, was 0.029 ± 0.012 ppm and 0.022 ± 0.012 ppm in the kitchen, 0.022 ± 0.009 ppm and 0.018 ± 0.010 ppm in the living room, 0.017 ± 0.008 ppm and 0.016 ± 0.010 ppm in the bed room, and 0.021 ± 0.007 ppm and 0.016 ± 0.007 ppm outdoors.

2) In the category of the type of house and cooking fuel, the highest mean indoor and outdoor NO₂ level in the winter was in apartments using briquettes, and in the summer, the highest level was in apartments using L.P.G.

3) In the category of the type of house, the mean indoor and outdoor NO₂ level in the winter and summer was higher in the apartment group compared to detached dwelling.

4) In the category of the type of cooking fuel, the mean indoor and outdoor NO₂ level in

* 본 논문은 1985년도 인제 연구 장학재단의 연구비 보조로 이루어졌음.

* 본 논문은 제37차 대한 예방의학회 학술대회에서 연제로 발표되었음.

the winter was higher in the briquette group, and in the summer, the L.P.G. group was higher.

5) In the category of the kitchen ventilation, family size, parental smoking and asthma attack history of children, there was an insignificant difference in the indoor NO₂ levels.

I. 서 론

실내 공기 오염은 인간이 환기가 불충분한 동물속에서 불을 처음 사용했을 때부터 시작되었을만큼 그 역사는 오래이다. 오늘날에는 실내오염의 발생원이 실내에 매우 흔히 있을 뿐아니라 건물의 열효율을 극대화하기 위하여 견고한 건축으로 열차단 효과를 높이거나 실내 공기를 계속 순환시킴으로써 뜻밖에는 인간의 건강에 유해하고 생활의 질을 떨어뜨리는 불행은 초래하게 되었다. 더우기 우리들의 일상생활의 많은 시간은 주택의 실내에서 이루어지기 때문에 그 실내의 공기가 옥외에 비하여 높은 정도로 오염될 시에는 그 피해가 한층 증대될 것이다.

실내 공기 오염 물질로써 중요한 것은 이산화질소(이하 NO₂로 약기함), 일산화탄소, 흡연 성분, 분진, 포르말린, 오존, 탄산가스 및 석면등을 들 수 있으며¹⁾ 이들 가운데 NO₂는 물에 대한 용해도가 낮고 폐장에 대한 침습성이 높아 급성 상부 호흡기도 자극효과는 경미하나 때로는 갑자기 폐부종을 일으켜 사망을 초래하기도 하는 하기도 자극성의 독성 가스로서, 폭로 후 발병이 지연됨에 따라 의사가 NO₂중독자를 오진하는 경우도 있으며, 효소계에 있어서는 sulfhydryl(SH)기를 산화하는 작용도 가지고 있다²⁾. NO₂는 동식물에 직접 손상을 초래하거나 직물의 염색을 바래고 플라스틱 재료를 변질시키며 금속을 부식시키고 산성비를 생성하는 데에도 관여한다³⁾.

NO₂는 주로 교통기관, 발전소 및 공장등의 동력용 혹은 주택의 난방이나 취사용 연료의 연소시에 공기중 질소의 산화와 연소연료 자체에 함유되어 있는 유기질소의 산화에 의하여 생성된 NO(N₂O₂ ⇌ 2NO)⁴⁾의 산화과정을 통하여 발생된다(2NO + O₂ ⇌ 2NO₂)⁵⁾.

이러한 각종 연소연료의 소비는 도시 지역에서 월등하므로 NO₂에 의한 도시 공기의 실내의 오염에 관한 연구는 활발히 추진되어야 할 것으로 사료된다. 즉, 우리나라 도시의 가정에서는 난방용 혹은 취사용으로 다량의 탄화수소계 화석연료(연탄, 기름, 가스 등)를 사용하고 있을 뿐아니라 자동차, 공장, 대건물등이 역시 도시 지역에 집중되어 있어 NO₂의 옥내의 공기오

염이 문제시 될 소지가 많은 것으로 사료된다.

외국에서는 오래전부터 NO₂에 의한 공기오염의 정도와^{6~14)} 그것으로 인한 인체장해^{15~21)}에 관한 연구는 물론 NO₂발생에 대한 예방책^{22~25)}까지도 연구 개발하고 있는 실정이다. 이를테면 가스를 취사용 주연료로 사용하는 주택의 실내(부엌) NO₂농도는 옥외는 물론 전기를 사용하는 주택의 옥내의 농도에 비하여 공히 높으며^{6, 10~15)}, 연자에 따라서는 소아 호흡기 질환의 발생과 실내 NO₂농도간에는 유의한 상관성이 있다고 하였으며^{1, 12, 15, 26, 27)}, 적당량의 연소공기 공급에 의한 연소조건의 조절을 통하여 NO₂의 배출을 상당량 감소시켰다고 한다^{22, 28, 29)}.

그러나 우리나라에서는 1985년도 김동³⁰⁾의 연구외에는 이 분야에 관한 연구가 미흡한 실정이므로 본 연자들은 부산지역의 110개 주택을 대상으로 동·하계 실내의 NO₂의 농도를 주택의 종류(아파트, 독립주택)와 취사용 연료의 종류(연탄, L.P.G.; 이하 가스로 표기함)별로 측정하고 동시에 실내 NO₂의 농도에 영향을 미칠 가능성이 있는 몇가지 변수 및 소아 천식의 병력과 실내 NO₂농도와와의 관련성에 대해서도 조사 연구함으로써 NO₂에 의한 도시 주택의 옥내의 공기오염의 정도를 파악하며 향후 이 분야에 관련된 연구(역학, 인체영양, 예방)를 위한 기초자료의 일부로 제시하고자 본 연구를 시도하였다.

한편 NO₂의 측정은 Palmes method³¹⁾에 의하였고 그방법에 포함되어 사용된 Palmes tube(NO₂ sampler)는 국내에서 대량 주문하여 제작한 것이었다.

II. 연구대상 및 연구방법

1. 조사대상, 시료포집 및 면접조사

무작위로 추출한 부산시내의 110개 주택을 조사대상으로 하였으며, NO₂의 포집은 각 주택의 부엌, 거실 및 침실의 옥내 3개소와 옥외 1개소에 대하여 옥내의 경우 가장 안정된 NO₂치를 구할 수 있다고 사료되는, 상면에서 약 150 cm 상방의 벽면에 부착한 Palmes tube를 이용하였고 옥외는 옥내의 경우에 준하였다.

시료의 포집기간은 1984년 12월부터 1985년 2월까지의 통계와 1985년 7월부터 동년 8월까지의 하계에 대

Table 1. Distribution of total subjects by type of house and cooking fuel

Group	L.P.G.	Briquette	Total
Apartment	31	29	60
Detached dwelling	25	25	50
Total	56	54	110

L.P.G.: Liquefied Petroleum Gas

하여 5일이상 10일이하(평균 7일간)이었다.

한편 Palmes tube를 부착하기 위하여 각 가정을 방문하였던 연구보조원으로 하여금 부엌의 인공 환기 여부, 가족 수, 부모의 흡연여부 및 소아의 천식발작 병력등을 면접조사하게 하였다.

주택의 종류와 각 취사용 연료의 종류별 대상 주택의 수는 Table 1과 같다(Table 1참조).

2. Palmes tube의 구조 및 원리³¹⁾

Palmes tube는 1976년 미국 뉴욕 대학교 메디칼 센터의 환경의학연구소의 Palmes 등이 개발한 것으로 장기간에 걸친 실내의 NO₂의 농도와 발생량은 물론 피검자 개인의 NO₂폭로량을 매우 간편하고 쉽게 그리고 정확하게 구할 수 있도록 제작된 personal NO₂ sampler로서, Fig. 1과 같이 길이 2.8인치, 내경 3/8인치의 아크릴관과 양끝의 두개의 마개로 이루어져 있다.

Palmes tube를 통하여 실내의 공기중의 NO₂가 tube내로 확산되어 고정마개(fixed cap)에 코팅되어 있는 TEA(Triethanol amine)에 선택적으로 흡수되어 TEA-NO₂ complex를 형성하게 되며 이 complex는 매우 안정하여 실온에서 장기간의 보관이 가능하여 실내의 NO₂의 농도를 효과적으로 산정할 수 있다고 하며 이와같은 Palmes tube의 제작원리는 Fick의 기체확산법칙³²⁾에 근거한다고 한다.

3. NO₂ 산정방법(Palmes method)³¹⁾

일정기간 폭로된 Palmes tube내에 sulfanilamide 용액 1 ml와 증류수 1 ml를 가한 다음 NEDA(Naphthyl ethylene diamine dihydrochloride) 0.1 ml를 즉시 가하여 10~15분간 실온에서 방치한 후 spectrophotometer로 파장 540 nm에서 absorbance치를 구하여 NO₂표준 검량선과 Palmes 등의 산출공식에 의하여 옥내의 NO₂의 농도를 구하였다.

NO₂표준 검량선의 예는 Fig. 2와 같다(Fig. 2참조).

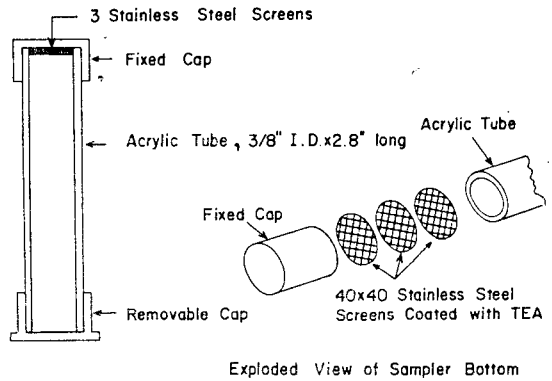


Fig. 1. Schematic diagram of palmes tube.

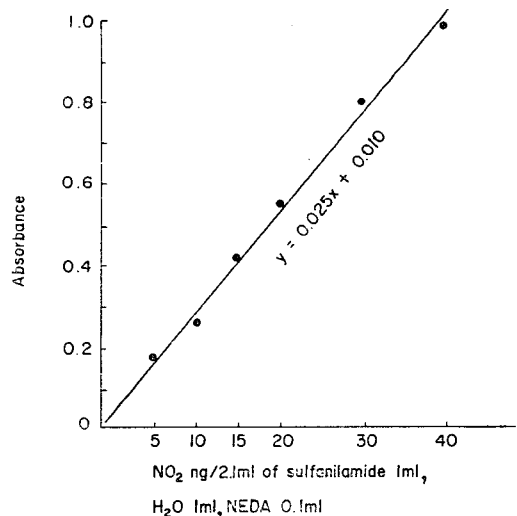


Fig. 2. Example of standard curve.

III. 성 적

1. 동·하계의 도시 주택 옥내의 NO₂의 농도

부산지역 주택의 옥내의 NO₂평균농도는 동계의 경우 부엌 0.029(0.010~0.085)ppm, 거실 0.022(0.005~0.056)ppm, 침실 0.017(0.005~0.055)ppm 및 옥외 0.021(0.007~0.055)ppm 등이었으며, 부엌과 침실의 농도는 옥외에 비하여 각각 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.01).

하계의 경우 부엌 0.022(0.005~0.063)ppm, 거실 0.018(0.005~0.056)ppm, 침실 0.016(0.004~0.057)

Table 2. NO₂ levels inside and outside homes in winter and summer

(ppm)

Sites	Winter	Summer	t-value
Kitchen	0.029±0.012(0.010~0.085)**	0.022±0.012(0.005~0.063)**	4.33**
Living Room	0.022±0.009(0.005~0.056)	0.018±0.010(0.005~0.056)	3.12**
Bed Room	0.017±0.008(0.005~0.055)**	0.016±0.010(0.004~0.057)	0.82
Outdoor	0.021±0.007(0.007~0.055)	0.016±0.007(0.004~0.038)	5.30**

Note; (): Range, **: p<0.01

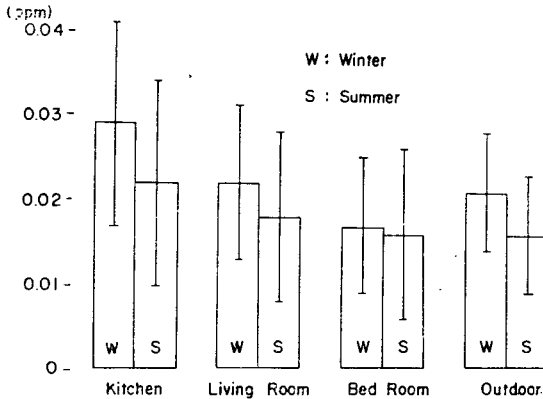


Fig. 3-1. Mean NO₂ Levels of indoor and outdoor in winter and summer.

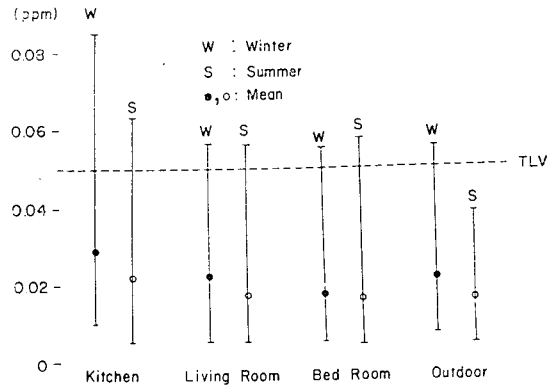


Fig. 3-2. Ranges of indoor and outdoor NO₂ levels in winter and summer.

ppm 및 옥외의 0.016(0.004~0.038)ppm 등의 농도이었으며, 부엌의 농도는 옥외에 비하여 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.01).

한편 동하계간의 옥내의 NO₂평균농도의 차이는 부엌 약 0.007 ppm(p<0.01), 거실 약 0.004 ppm(p<0.01), 침실 약 0.001 ppm 및 옥외 약 0.005 ppm(p<0.01)등으로 하계에 비하여 통계에 비교적 높은 농도를 정하였다(Table 2, Fig. 3-1 및 3-2참조).

2. 주택과 취사용 주연료의 종류별 동·하계 옥내의 NO₂의 농도

동계의 경우, 연탄을 취사용 주연료로 사용하는 아파트군의 옥내의 NO₂의 평균농도는 부엌 0.031(0.020~0.071)ppm, 거실 0.026(0.012~0.055)ppm, 침실 0.022(0.010~0.035)ppm 및 옥외 0.023(0.017~0.036)ppm 등으로 가스를 취사용 주연료로 사용하는 아파트군이나 가스 혹은 연탄을 주로 사용하는 독립주택군에 비하여 비교적 높은 NO₂농도를 나타내었으며, 하계에는 가스를 취사용 주연료로 사용하는 아파트군에서 부엌 0.030(0.015~0.063)ppm, 거실 0.025(0.005~0.056)ppm, 침실 0.021(0.008~0.045)ppm

및 옥외의 0.020(0.010~0.038)ppm 등으로, 다른 군에 비하여 비교적 높은 NO₂농도를 나타내었다.

한편 주택과 취사용 주연료의 종류별 옥내의 NO₂평균·농도의 동하계간의 차이는 부엌 0.001~0.014 ppm, 거실 0.001~0.014 ppm, 침실 0~0.009 ppm 및 옥외 0.001~0.013 ppm 등이었고 가장 큰 차이는 연탄의 아파트군으로 부엌 및 거실 약 0.014 ppm, 침실 약 0.009 ppm 및 옥외 약 0.013 ppm 등으로 하계에 비하여 통계에 뚜렷이 높은 농도를 정하였다(p<0.01)(Table 3 및 Fig. 4참조).

3. 주택의 종류별 동·하계 옥내의 NO₂의 농도

동계의 경우, 아파트군의 옥내의 NO₂의 평균농도는 부엌 0.030(0.012~0.071)ppm, 거실 0.024(0.011~0.056)ppm, 침실 0.020(0.005~0.055)ppm 및 옥외 0.022(0.008~0.036)ppm 등으로 독립주택군에 비하여 비교적 높았으며, 특히 거실과 침실에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.01).

한편 하계에는 동계에서와 같은 정도의 차이는 아니지만 옥외를 제외하고는 역시 독립주택군에 비하여 아파트군에서 다소 높은 NO₂농도를 나타내었다(Table 4

Table 3. NO₂ levels inside and outside homes by type of house and cooking fuel in winter and summer

Group	No. of Subject	Season	Kitchen	Living Room	Bed Room	Outdoor
Apartment, L.P.G.	31	W	0.029±0.011 (0.012~0.057)	0.023±0.009 (0.011~0.056)	0.018±0.010 (0.005~0.055)	0.021±0.004 (0.008~0.029)
		S	0.030±0.012 (0.015~0.063)	0.025±0.013 (0.005~0.056)	0.021±0.009 (0.008~0.045)	0.020±0.006 (0.010~0.038)
Apartment, Briquette	29	W	0.031±0.013** (0.020~0.071)	0.026±0.010** (0.012~0.055)	0.022±0.006** (0.010~0.035)	0.023±0.004** (0.017~0.036)
		S	0.017±0.006 (0.008~0.031)	0.012±0.005 (0.006~0.025)	0.013±0.009 (0.007~0.044)	0.010±0.003 (0.006~0.019)
Detached dwelling, L.P.G.	25	W	0.019±0.011* (0.011~0.059)	0.019±0.009 (0.005~0.044)	0.013±0.008 (0.005~0.042)	0.019±0.010 (0.007~0.055)
		S	0.022±0.008 (0.009~0.037)	0.018±0.007 (0.005~0.037)	0.016±0.008 (0.005~0.042)	0.017±0.008 (0.008~0.037)
Detached dwelling, Briquette	25	W	0.029±0.014* (0.010~0.085)	0.019±0.006 (0.008~0.033)	0.016±0.005 (0.007~0.026)	0.020±0.006** (0.008~0.030)
		S	0.020±0.014 (0.005~0.053)	0.017±0.009 (0.005~0.037)	0.016±0.012 (0.004~0.057)	0.015±0.007 (0.004~0.030)

Note; *: p<0.05, **: p<0.01, W: Winter, S: Summer, L.P.G.: Liquefied Petroleum Gas

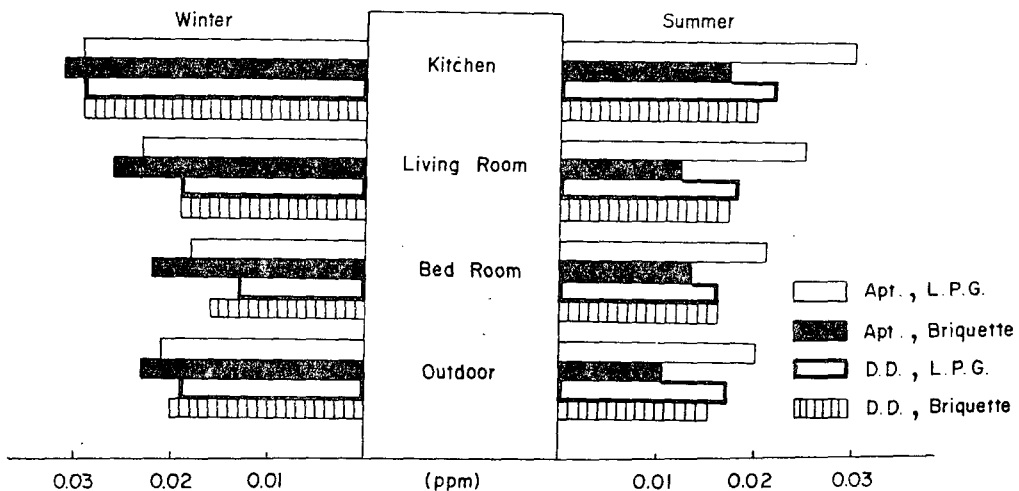


Fig. 4. Indoor & outdoor NO₂ levels by type of house and cooking fuel in winter and summer.

및 Fig. 5참조).

4. 취사용 주연료의 종류별 동·하계 옥내외 NO₂의 농도

동계의 경우, 취사용 주연료로 가스를 사용하는 주택에 비하여 연탄을 주로 사용하는 주택의 옥내외 NO₂의 평균농도가 다소 높았으나 침실(p<0.05)을 제외하고는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

한편 하계에는 동계와는 달리 가스를 주로 사용하는

주택의 옥내외 NO₂의 평균농도가 부엌 0.026(0.009~0.063)ppm, 거실 0.021(0.005~0.056)ppm, 침실 0.018(0.005~0.045)ppm 및 옥외 0.019(0.008~0.038)ppm 등으로 연탄을 주로 사용하는 경우에 비하여 높았으며 통계적으로 유의하였다(p<0.05)(Table 5 및 Fig. 6참조).

5. 부엌, 환기와 동·하계 실내 NO₂의 농도

동계의 경우 부엌내 인공환기 실시여부와 주택의 실

Table 4. NO₂ Levels inside & outside homes by type of house in winter and summer

Group	No. of Subject	Kitchen	Living Room	Bed Room	Outdoor
Winter					
Apartment	60	0.030±0.012 (0.012~0.071)	0.024±0.009** (0.011~0.056)	0.020±0.009** (0.005~0.055)	0.022±0.004 (0.008~0.036)
Detached dwelling	50	0.029±0.013 (0.010~0.085)	0.019±0.008 (0.005~0.044)	0.014±0.007 (0.005~0.042)	0.020±0.008 (0.007~0.055)
Summer					
Apartment	60	0.024±0.012 (0.008~0.063)	0.018±0.012 (0.005~0.056)	0.017±0.010 (0.007~0.045)	0.015±0.012 (0.006~0.038)
Detached dwelling	50	0.021±0.011 (0.005~0.053)	0.017±0.008 (0.005~0.037)	0.016±0.010 (0.004~0.057)	0.016±0.008 (0.004~0.037)

Note; **: p<0.01

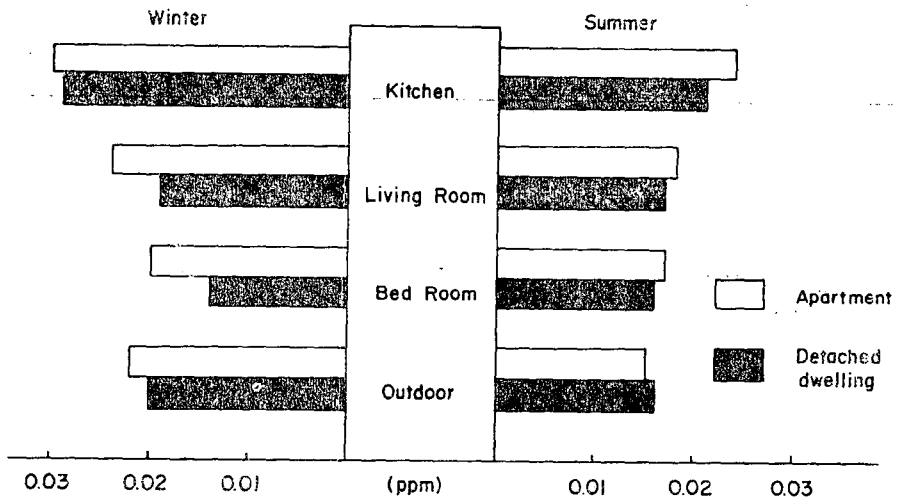


Fig. 5. Indoor & outdoor NO₂ levels by type of house in winter and summer.

내 NO₂의 평균농도와는 Table 6에서와 같이 아무런 차이가 없었으나 하계에는 부엌에서 환기를 실시하는 주택의 실내 NO₂의 농도가 그렇지 않은 경우에 비하여 다소 낮은 경향이었으나 부엌(p<0.05)을 제외하고는 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 6참조).

6. 가족수와 동·하계 실내 NO₂의 농도

가족수 5인이상 가정의 동하계 주택의 실내 NO₂의 평균농도는 Table 7에서와 같이 동하계 공히 가족수 4인이하의 경우에 비하여 다소 높은 경향이었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 7참조).

7. 부모의 흡연과 동하계 실내 NO₂의 농도

부모중 1인이라도 흡연을 하는 가정의 동·하계 주택

의 실내 NO₂의 평균농도는 Table 8에서와 같이 동하계 공히 부모가 흡연을 하지않는 경우에 비하여 다소 높은 경향이었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다 (Table 8참조).

8. 소아천식과 동하계 실내 NO₂의 농도

가족중 12세이하의 소아들 가운데 최근 2년이내에 현 주택의 실내에서 생활하는중 천식발작의 병력이 있었던 가정의 동하계 주택의 실내 NO₂의 평균농도는 Table 9에서와 같이 하계에는 침실에서 그리고 동계에는 부엌, 거실 및 침실에서 공히 천식 경향이 없었던 경우에 비하여 다소 높은 경향이었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 9참조).

Table 5. NO₂ levels inside & outside house by type of cooking fuel in winter and summer

Group	No. of Subject	Kitchen	Living Room	Bed Room	Outdoor
Winter					
L.P.G.	56	0.029±0.011 (0.011~0.059)	0.021±0.009 (0.005~0.056)	0.016±0.009 (0.005~0.055)	0.020±0.007 (0.007~0.055)
Briquette	54	0.030±0.013 (0.010~0.085)	0.022±0.009 (0.008~0.055)	0.019±0.006* (0.007~0.035)	0.021±0.006 (0.008~0.036)
Summer					
L.P.G.	56	0.026±0.011** (0.009~0.063)	0.021±0.012** (0.005~0.056)	0.018±0.009* (0.005~0.045)	0.019±0.007** (0.008~0.038)
Briquette	54	0.018±0.010 (0.005~0.053)	0.014±0.008 (0.005~0.037)	0.014±0.011 (0.004~0.057)	0.012±0.005 (0.004~0.030)

Note; *: p<0.05, **: p<0.01, L.P.G.: Liquefied Petroleum Gas

Table 6. Indoor NO₂ levels by kitchen ventilation in winter and summer (ppm)

Group	No. of Subject	Kitchen	Living Room	Bed Room
Winter				
Ventilation	23	0.029±0.011 (0.012~0.048)	0.022±0.007 (0.008~0.035)	0.017±0.009 (0.005~0.044)
No Ventilation	87	0.029±0.012 (0.010~0.085)	0.022±0.009 (0.005~0.056)	0.017±0.008 (0.006~0.055)
Summer				
Ventilation	23	0.021±0.012 (0.005~0.063)	0.017±0.010 (0.005~0.055)	0.016±0.010 (0.004~0.057)
No Ventilation	87	0.027±0.010* (0.011~0.053)	0.022±0.013 (0.005~0.056)	0.018±0.008 (0.006~0.036)

Note; *: p<0.05

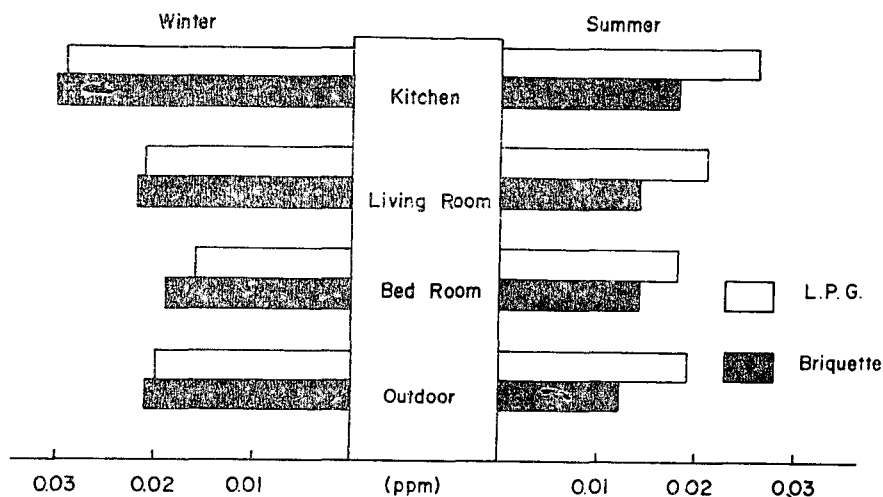


Fig. 6. Indoor & outdoor NO₂ levels by type of cooking Fuel in winter and summer.

Table 7. Indoor NO₂ levels by family size in winter and summer (ppm)

Group	No. of Subject	Kitchen	Living Room	Bed Room
Winter				
Below 4	58	0.029±0.011 (0.012~0.071)	0.020±0.007 (0.005~0.035)	0.016±0.009 (0.005~0.055)
Above 5	52	0.030±0.014 (0.010±0.085)	0.023±0.010 (0.008~0.056)	0.018±0.008 (0.005~0.044)
Summer				
Below 4	58	0.022±0.010 (0.005±0.057)	0.017±0.009 (0.005~0.055)	0.016±0.009 (0.005~0.044)
Above 5	52	0.023±0.013 (0.005~0.063)	0.019±0.011 (0.005~0.056)	0.017±0.011 (0.004~0.057)

Table 8. Indoor NO₂ levels by parental smoking in winter and summer (ppm)

Group	No. of Subject	Kitchen	Living Room	Bed Room
Winter				
No smoking	24	0.029±0.011 (0.010~0.071)	0.021±0.008 (0.005~0.056)	0.017±0.008 (0.005~0.055)
Smoking	86	0.032±0.015 (0.014~0.085)	0.022±0.011 (0.008~0.055)	0.019±0.010 (0.005~0.044)
Summer				
No smoking	24	0.022±0.011 (0.005~0.057)	0.018±0.010 (0.005~0.055)	0.016±0.009 (0.004~0.044)
Smoking	86	0.025±0.013 (0.008~0.063)	0.019±0.013 (0.005~0.056)	0.017±0.012 (0.006~0.057)

Table 9. Indoor NO₂ levels by asthma attack in winter and summer (ppm)

Group	No. of Subject	Kitchen	Living Room	Bed Room
Winter				
Absent	86	0.028±0.014 (0.012~0.085)	0.021±0.005 (0.012~0.034)	0.017±0.008 (0.005~0.055)
Present	24	0.030±0.011 (0.010~0.071)	0.022±0.010 (0.005~0.056)	0.019±0.009 (0.006~0.044)
Summer				
Absent	86	0.022±0.012 (0.005~0.063)	0.018±0.011 (0.005~0.055)	0.016±0.009 (0.004~0.045)
Present	24	0.022±0.008 (0.008~0.037)	0.018±0.010 (0.006~0.056)	0.018±0.012 (0.007~0.057)

IV. 고 찰

질소 산화물(NO_x)에는 NO , NO_2 , NO_3 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_4 및 N_2O_5 등의 7종이 있으나^{3, 29)} 양적, 생물학적 작용면으로 보아 공기 오염 물질로서 의의가 있는 것은 NO 와 NO_2 이지만 동일한 농도 하에서 NO_2 가 NO 보다 더 심한 장해를 초래하는 편이므로²⁹⁾ NO_2 는 주요 공기 오염물질 가운데 하나이다.

NO_2 를 포함한 질소산화물은 질소화합물에 대한 박테리아와 빛에 의한 산화작용이나 화산활동등의 연소 과정을 통한 자연상태하에서도 인공 발생량의 약 7~15배가 발생되며^{3, 33~35)} 인공적으로는 주로 교통기관, 발전소, 공장, 주택등의 동력용 및 취사용 연료의 연소 과정에서 발생된다^{1, 3, 28, 29, 36)}. 이를테면 1970년³⁷⁾, 1973년³⁸⁾ 공히 미국에서 연간 인공적으로 발생된 총 NO_x 량 가운데 교통기관의 배기가스에서 배출된 NO_x 량과 발전소, 공장, 주택등의 동력용 연료의 연소 과정에서 배출된 NO_x 량이 각각 약 절반씩이었다고 한다.

연소 반응에 제공되는 질소의 공급원은 연소 공기중의 질소 혹은 그 연료가 함유하고 있는 질소성분(연료질소)이며^{3, 29)}, 탄화수소계 연료질소의 결합(C-N , N-H)이 대기중 질소의 결합($\text{N}\equiv\text{N}$)에 비하여 결합력에 있어서 훨씬 약하기 때문에 연료질소의 연소시 NO_x 의 발생이 용이하다고 하며^{3, 29)} 흔히 사용되고 있는 연소연료 가운데 석탄과 기름은 연료질소를 함유하고 있으나 천연가스에는 없다고 한다^{3, 28, 29)}. 그러므로 석탄이나 기름은 열가가 천연가스보다 낮지만 연료질소 때문에 고온하에서는 상당량의 NO_x 를 배출하며, 역으로 천연가스에는 연료질소가 함유되어 있지 않지만 열가가 비교적 높기 때문에 역시 상당량의 NO_x 가 배출된다²⁸⁾. 가정용 연료 가운데 석탄은 $340 \text{ lb}/10^9 \text{ BTU}$, 기름은 $80\sim 480 \text{ lb}/10^9 \text{ BTU}$, 천연가스는 $110 \text{ lb}/10^9 \text{ BTU}$ 의 NO_x 를 각각 배출한다고 한다³⁹⁾.

한편 우리나라 도시가정에서 난방용 혹은 취사용으로 흔히 사용되고 있는 연탄이나 가스연료의 연소과정을 통해서도 NO_2 가 발생되어 주택 실내(부엌)의 NO_2 농도가 옥외에 비하여 높다고 한 바 있으며³⁰⁾ 외국의 경우, 취사용 연료로 가스를 주로 사용하는 가정의 실내(주로 부엌) NO_2 농도가 옥외는 물론 전기를 주로 취사용 연료로 사용하는 가정의 실내의 NO_2 농도에 비하여 각각 높다고 하며^{6, 10~15)} 부엌에서 옥외로 인공환기를 실시하는 경우 실내 NO_2 농도를 감소시키는 효과가 높다고 하였다⁶⁾.

물론 주택의 실내 NO_2 농도는 취사용 연료의 종류와 부엌 환기외에도 난방용 연료, 가족수, 흡연자수, 부엌의 크기, 국소 냉난방 기기 및 여러 가전제품의 사용등에 따라 차이를 나타낼 수도 있으나^{1, 6, 12)} 이들중 취사용 연료의 종류와 부엌 환기 실시 여부가 비교적 영향을 크게 미치는 요인으로 보고되고 있다^{6, 10~15, 30)}.

NO_2 는 정상 대기중 약 0.001 ppm 가량 존재하고 있는 적갈색의 유독가스로서^{28, 29)} 비록 저농도일지라도 반복하여 장기간 폭로시는 폐기능의 감소와 특히 소아들에 있어서 기관지염, 천식 및 폐질환등의 호흡기질환의 발생이 높다고 한다^{15, 16, 26, 29)}. 즉 0.01 ppm 이하의 NO_2 농도에서도 소아 기관지염의 발생이 높고²⁹⁾ 대기중의 농도하에서도 만성 폐섬유화가 초래될 수 있다고 한다⁴⁰⁾.

1971년 미국의 EPA 에서는⁴¹⁾ Shy 등의 연구⁴²⁾에 근거하여 NO_2 0.06 ppm 농도에서 인체장해가 초래될 수 있다고 하였으며, 또한 인구 5만명 이상의 미국 도시 가운데 50%이상의 도시가 0.06 ppm 혹은 근사농도에 있다고 하였다. NO_2 0.075 ppm 에서 암순응의 이상이 있으며⁴³⁾ 약 0.11 ppm 에서 냄새를 알 수 있고^{43, 44)}, 0.25 ppm 에서 시정의 감소를 초래하며²⁹⁾, 1.0 ppm 에서 눈으로 인지된다고 한다.

0.5 ppm 의 NO_2 농도에서 10~12일간 폭로시 식물의 성장장해(강낭콩, 토마토)가 있었다고 한다²⁹⁾.

부산의 주택지역의 옥외 NO_2 의 농도는 Table 2에서와 같이 동계에는 평균 0.021(0.007~0.055)ppm, 하계에는 평균 0.016(0.004~0.038)ppm으로 하계보다 동계의 평균 NO_2 농도가 높은 것은 NO_2 발생원(특히 가정)의 연료 소비량이 동계에 월등히 많은 것이 주요인일 것으로 사료되며 동계 성적(평균)은 환경청의 0.024 ppm⁴⁵⁾과 김등(1985)의 0.021 ppm³⁰⁾에 근사하였고, 하계(평균)에는 환경청 성적⁴⁵⁾에 미달이었으며, 동·하계 공히 환경보전법상의 허용기준⁴⁶⁾에는 훨씬 미달되는 농도이었다.

한편 주택의 실내 NO_2 농도는 동계의 경우 부엌 0.029(0.010~0.085)ppm, 거실 0.022(0.005~0.056)ppm, 침실 0.017(0.005~0.055)ppm 등으로 옥외에 비하여 부엌은 높았고($p < 0.01$), 침실은 낮았으며($p < 0.01$), 거실은 근사하여 김등(1985)의 성적³⁰⁾에 일치하였고 하계에는 부엌 0.022(0.005~0.063)ppm, 거실 0.018(0.005~0.056)ppm, 침실 0.016(0.00~0.05)ppm 등으로 부엌에서만 옥외에 비하여 유의한($p < 0.01$) 차이를 정하였다.

이와같이 부엌의 NO_2 농도가 높고 침실이 낮은 것은

부엌은 음식물의 조리등에 사용되는 연료의 연소 영향이 가장 많은 곳이며 침실은 비교적 밀폐되어 있을 뿐 아니라 연료연소와 관련이 적은 곳이기 때문에 사료되며, 특히 NO₂농도가 동하게 공히 최고인 부엌에서 NO₂의 발생을 줄이거나 발생된 NO₂를 옥외로 급히 배기하여 실내 NO₂의 농도를 감소시킴으로써 NO₂에 의한 장해를 예방하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

옥외에서와 같이 실내에서도 동계의 각 NO₂농도가 침실을 제외한 부엌, 거실에서 하계에 비하여 동계에 높은 농도를 정한것 역시 전술한 바와 같이 연료의 소비가 동계에 월등히 많다는 것이 주요인으로 사료된다.

Table 2와 Fig. 3-2에서와 같이 대기중 허용기준치 0.05 ppm⁴⁶⁾을 초과하거나 미국 EPA에서 인체 장해를 초래할 수 있다고 보고한 0.06 ppm^{44, 47)}을 초과한 옥외 혹은 실내가 존재하고 있다는 것은 보건학적으로 매우 불행한 일이 아닐 수 없으며 나아가서 주택지역의 옥외가 아닌 부산의 중심지 도로연변에는 주택지역의 옥외에 비하여 훨씬 높은 NO₂농도를 나타낼 것으로 보아 부산지역의 대기오염 예방사업이 더욱 활성화되고 적극적으로 실행되어야겠다고 생각한다. 더우기 우리들은 하루중 많은 시간을 가정에서 지낼뿐 아니라 가정에는 질병발생에 대하여 감수성이 높은 노인과 소아들마저 생활하고 있기때문에 실내의 NO₂농도가 지속적으로 허용치를 상회하는 것은 엄격하게 예방조치되어야함은 주지의 사실이다.

동계에 있어서 주택의 종류와 취사용 주연료의 종류별(Table 3참조)로, 가스의 아파트군을 제외하면 연탄을 취사용으로 주로 사용하는 아파트군의 거실(0.026 ppm)과 침실(0.022 ppm)에서(p<0.01), 가옥의 종류별(Table 4참조)로 역시 아파트군의 거실(0.024 ppm)과 침실(0.020 ppm)에서(p<0.01), 그리고 취사용 주연료의 종류별(Table 5참조)로 연탄을 주로 사용하는 주택의 침실(0.0 ppm)에서(p<0.05), 각각 비교적 높은 농도를 나타내는 것으로 보아 동계에는 첫째 아파트의 경우 건축 혹은 건물구조적으로 자연환기가 독립 주택에 비하여 부족하기 때문에 아파트 실내의 농도가 비교적 높았을 것으로 사료되며, 둘째 취사용 연료의 사용과 관계가 많은 부엌의 NO₂농도는 취사용 연료의 종류별로 뚜렷한 차이를 보이지 않으면서 오히려 취사와 관계가 훨씬 적은 침실 혹은 거실에서 취사용 연료의 종류별로 유의한 NO₂농도의 차이를 나타내고 있어 이를 동계 주택의 실내 NO₂농도는 취사의 내용과 환기 외에 난방형태와 난방용 연료의 종류등에 따라 크게 좌우되고 있다고 사료되며, 향후 우리나라 도시 가

정에서 주로 사용하고 있는 취사용 연료 즉 연탄과 가스에 대한 NO₂의 발생량 조사와 더불어 실내 NO₂농도에 관한 역학적 연구가 적극적으로 이루어져야할 것으로 생각된다.

한편 하계에 있어서는 주택의 종류별(Table 4참조) 옥내의 NO₂농도는 유의한 차이를 나타내지 않고 있으나 취사용 주연료의 종류별(Table 3 및 Table 5참조)로는 가스를 취사용 연료로 주로 사용하고 있는 주택의 옥내의 NO₂농도가 연탄을 주로 사용하는 경우에 비하여 높은 농도(p<0.01)를 나타내는 것으로 보아 하계에는 첫째 계절적인 영향(인공 및 자연환기) 때문에 주택의 종류에 따른 실내 NO₂의 농도는 유의한 차이가 없었던 것으로 사료되며(그러나 건축 구조상으로 아파트에 대한 계절적 영향이 다소 적은 듯함), 둘째 아파트군의 가정에서 가스사용이 월등하였다고 사료되거나 이것이 전적으로 취사용에 국한되었다고 볼 수 없는 듯하며, 따라서 하계에 아파트군에서 특별히 가스 연료의 사용이 어떠한 이유로 과다하였는지에 대하여 향후 검토되어야할 것으로 생각된다.

주택의 종류와 취사용 주연료의 종류별 옥내의 동·하계간 NO₂농도는 가스의 아파트군을 제외하고는 모든 군에서 동계에 높은 농도를 보였으며, 특히 연탄의 아파트군에서 동·하계간 차이가 최고이며(p<0.01) 또한 모든 군에서 부엌의 NO₂농도가 하계에 비하여 동계에 비교적 높은 점으로 보아 실내 NO₂농도는 가정에서 사용하는 각종 연소연료의 소비량(난방, 취사) 환기, 계절등에 따라 다르다는 것을 나타낸다고 사료된다.

한편 외국에서는 취사용 주연료로 가스나 전기를 사용하기 때문에 이러한 취사용 연료들의 연소과정을 통하여 발생하는 NO₂가스에 관하여 주로 연구하게 되나 우리나라의 가정에서는 주로 취사용 연료로 가스 혹은 연탄을 사용하기 때문에 외국과는 다른 연구대상(연탄)에 대하여 연구하게 됨은 우리나라가 가지는 특유의 사회적 현상의 하나로 지적하지 아니할 수 없다.

부엌의 인공환기 실시여부에 따른 도시 주택의 동하계 NO₂의 농도에 있어서 동계에는 인공환기 실시여부에 따라 실내 NO₂의 농도는 차이가 없었으며 하계에는 인공환기를 실시하는 주택의 실내 NO₂의 농도가 인공환기를 실시하지 않은 주택에 비하여 낮은 농도를 점하였으나 통계적으로 유의한 차이는 부엌에서만 볼 수 있었다(p<0.05).

김등(1985)⁸⁰⁾은 동계에 부엌환기를 실시하는 아파트군의 부엌의 NO₂농도가 부엌환기를 실시하지 않은 아

파트군의 부엌에 비하여 유의한 차이를 나타내었다고 보고하여 연자들의 성적은 그것과 일치하지 않고 있으나 이는 연구방법의 차이, 즉 김등(1985)³⁰⁾은 주택의 종류별로 부엌의 인공환기 실시여부에 대한 주택의 실내 NO₂농도를 조사하였고, 연자들은 주택을 종류별로 구분하지 않고 일괄하여 처리하였기 때문에 사료되어지며 하계에서조차 주택의 부엌내 NO₂농도가 인공환기 실시여부에 따라 뚜렷한 차이를 나타낸 것으로 보아 역시 김등(1985)³⁰⁾과 Spengler 등(1979)⁶⁾의 연구에서와 같이 부엌의 인공환기 실시여부와 주택 실내의 NO₂농도는 관계가 있는 것 같으며 이에 따라 실내 NO₂가스의 농도를 감소시키기 위한 방안의 하나로 환기를 실시하는 것이 의의가 있다고 생각된다.

가족수별 도시 주택의 동·하계 실내 NO₂의 농도는 동·하계 공히 가족수가 5인이상인 가정의 주택 실내의 NO₂농도가 가족수 4인이하인 경우에 비하여 다소 높은 경향을 보이는 것 같으나 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 가족수가 실내 NO₂의 농도에 미치는 영향에 관해서는^{12,30)} 논란이 있으므로 이에 대한 검토는 앞으로 계속되어야 할 것으로 생각한다.

흡연과 도시 주택의 동하계 실내 NO₂의 농도는 동하계 공히 부모중 1명이라도 흡연을 하는 가정의 주택 실내의 NO₂농도가 흡연하는 부모가 없는 경우에 비하여 다소 높은 경향을 보이는 것 같으나 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 이는 김등(1985)³⁰⁾의 성적과 일치하였다.

흡연은 실내 공기오염의 한 요인으로 NO, NO₂, 니코틴, 벤조피렌, 니켈, 카드뮴, 포르말린, 암모니아 등의 여러 유해물질들을 함유하고 있으며^{48,50)}, NO₂는 담배 1개피(mainstream)당 0.5~30 μg^{48~50)}이 배출된다고 하며, 특히 소아 호흡기질환의 발생과 흡연은 관련이 많다는 보고^{15,21,27)}도 있어 이들과 NO₂에 관한 연구도 향후 적극적으로 이루어져야 할 것으로 생각한다.

소아천식과 동하계 도시 주택의 실내 NO₂의 농도는 동하계 공히 12세이하의 소아들중 최근 2년 이내에 현 주택에서 생활하는 가운데 천식발작의 병력이 있었던 가정의 주택 실내의 NO₂ 농도가 천식발작의 병력이 없었던 경우에 비하여 뚜렷한 차이가 없었으며 이는 김등(1985)³⁰⁾의 성적과 대개 일치하였다.

한편 Melia 등(1977)¹⁶⁾이 NO₂는 소아 기관지염 발생과 천식발작에 관계가 있다고 보고한 것을 비롯하여 NO₂는 인체에 대하여 주로 호흡기계 질환의 발생과 악화 및 이로운한 폐기능의 감소를 초래한다고 하나^{16,}

^{41,47,51,52)}, Linn 등(1976)⁵³⁾은 평균 NO₂농도가 0.069 ppm 인 로스앤젤레스의 205명의 사무직 근로자들과 0.035 ppm 의 샌디에고의 439명의 사무직 근로자를 대상으로 폐기능 검사를 실시하였던 결과 양자간에 유의한 차이가 없었다고 하였고, Cohen 등(1972)은 로스앤젤레스 및 샌디에고의 성인 비흡연자를 대상으로 평균 0.051 ppm 및 0.02 ppm 의 NO₂농도하에서 NO₂와 폐기능과의 관계를 조사한 결과 역시 양군간에 차이가 없었다고 하였으며, Keller 등(1979)의 성적을 비롯한 여러 연구^{18~20,55)} 결과에서도 NO₂와 호흡기질환 발생과의 관련성을 발견하지 못하였다고 하여 결국 연자들에게 따라서 NO₂가스와 호흡기 질환간의 관련성이 논란되고 있으므로 추후 더욱 검토되어야 할 것으로 사료된다.

V. 요약

연자들은 동하계의 실내의 공기오염의 주인자 가운데 하나인 NO₂에 대하여 주택의 종류(아파트, 독립주택)와 취사용 주연료의 종류(연탄, 가스)별로 부산지역의 110개 주택을 대상으로 주택 옥내(부엌, 거실, 침실)와 옥외의 농도를 각각 산정하여 현재의 NO₂ 오염정도를 파악함은 물론 실내 NO₂농도와 부엌환기, 가족수, 흡연등과의 관련성 및 NO₂의 영향(천식)에 관한 기본적 연구를 실시함으로써 NO₂에 의한 인체장애 예방을 위한 자료로 제시하고자 본 연구를 실시하였다.

조사기간은 1984년 10월부터 1985년 9월까지 1년간이었으며, NO₂측정은 Palmes method에 의하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 동계 도시 주택의 옥내의 NO₂의 평균농도는 부엌 0.029(0.010~0.085)ppm, 거실 0.022(0.005~0.056)ppm, 침실 0.017(0.005~0.055)ppm 및 옥외 0.021(0.007~0.055)ppm 등이었고, 하계에는 부엌 0.022(0.005~0.063)ppm, 거실 0.018(0.005~0.056)ppm, 침실 0.016(0.004~0.057)ppm 및 옥외 0.016(0.004~0.038)ppm 등으로 동하계 공히 부엌내 농도가 최고이었으며 하계보다 동계에 비교적 높은 농도를 나타내었다.

2) 주택과 취사용 주연료의 종류별 도시 주택 옥내의 NO₂의 평균농도는 동계의 경우 연탄을 주로 사용하는 아파트군에서 그리고 하계에는 가스를 사용하는 아파트군에서 각각 최고이었다.

3) 주택의 종류별 도시 주택의 옥내의 NO₂의 평균

농도는 동하게 공히 독립주택군에 비하여 아파트군에서 비교적 높았다.

4) 취사용 주연료의 종류별 도시 주택 옥내의 NO₂의 평균농도는 동계에는 연탄을 주로 사용하는 경우, 그리고 하계에는 가스를 주로 사용하는 경우에서 각각 비교적 높았다.

5) 부엌 환기 여부, 가족수, 부모의 흡연여부 및 소아 천식병력 유무에 따른 도시 주택 실내 NO₂의 평균농도는 각 속성에 따라 다소의 차이를 보였으나 대부분 통계적으로는 유의하지 않았다.

참 고 문 헌

- 1) Wadden RA, et al. *Indoor air pollution*. A Wiley-Interscience Publication, 1983
- 2) Last JM. *Maxcy-rosenau(public health and preventive medicine*. 11th Ed., Appleton-Century-Crofts, New York, 1980
- 3) Calrcrt S, et al. *Handbook of air pollution technology*. A Wiley-Interscience Publication, 1984
- 4) Vogt RA, et al. *Preliminary measurements of fruel nitric oxideformation in a pulverized coal transport reactor*. *J Air Pollut Contr Assoc* 1978; 28:60-62
- 5) Fontijin A, et al. *Homogeneous chemiluminescence measurement of nitric oxide with ozone*. *Anal Chem* 1976; 42:6
- 6) Spengler JD, et al. *Sulfur dioxide and nitrogen dioxide levels inside and outside homes and the implication on health effects research*. *Environ Sci Technol* 1979; 13:1276-1280
- 7) Thompson CR, et al. *Outdoor-indoor levels of six air pollutants*. *J Air Pollut Contr Assoc* 1973; 23:881-886
- 8) Lutz GA, et al: *Indoor epidemiology study*. Columbus Laboratories, Catalog No M50677, Battelle, 1974
- 9) Derham RI, et al. *On the relation between the indoor and outdoor concentrations of nitrogen oxides*. *J Air Pollut Contr Assoc*, 1975;24: 158-161
- 10) Palmes ED, et al. *Average NO₂ concentrations in dwellings with gas or electric stoves*. *J Atmospheric Environment*, 1977; 11:869-872
- 11) Palmes ED, et al. *Relationship of indoor NO₂ concentrations to use of unvented gas appliances*. *J Air Pollut Contr Assoc*, 1979; 29:392-393
- 12) Goldstein BD, et al: *The relation between respiratory illness in primary school children and the use of gas for cooking, II-Factors affecting nitrogen dioxide levels in the home*. *Int J Epid* 1979; 8:4
- 13) Melia RJW, et al. *Difference in NO₂ levels in kitchens with gas or electric cookers*, *Atmos Environ*, 1978; 12:1379-1381
- 14) Wade WA, et al. *A study of indoor air quality*, *J Air Pollut Contr Assoc*, 1975; 25: 933-939
- 15) Speizer FE, et al. *Respiratory disease rates and pulmonary function in children associated with NO₂ exposure*. *Am Rev Resp Dis*, 1980; 121:3-10
- 16) Melia RJW, et al. *Association between gas cooking and respiratory disease in children*. *Brit Med J* 1977; 2:149-152
- 17) Keller MD, et al. *Respiratory illness in households using gas and electricity for cooking, I. Survey of incidence*. *Environ Res* 1979; 19:495-503
- 18) Keller MD, et al. *Respiratory illness in households using gas and electricity for cooking, II, Symptoms and objective findings*. *Environ Res* 1979;19:504-515
- 19) Bouhuys A, et al. *Do present levels of air pollution outdoors affect respiratory health?* *Nature* 1978; 276:466-471
- 20) Mitchell CA, et al: *Community studies of lung disease in connecticut: Organization and methods* *Am J Epide* 1976; 103:212-225
- 21) Tager IB, et al. *Effect of parental cigarette smoking on the pulmonary function of children*, *Am J Epid* 1979; 110:15-26
- 22) Bartok WA, et al. *Systems study of nitrogen oxide control methods for stationary sources*. PB 1969; 192789
- 23) Bartok WA, et al. *Non-catalytic reduction of*

- NO_x with NH_3 , *Proceeding of the second stationary source combustion symposium*. 1977; Vol II, EPA-600/7-77-0736, U.S. EPA
- 24) Lyon RK. *Communication of the Editor: The NH_3 - NO - O_2 reaction*. *Intl J Chem Kinetics* 1976; 8:315-318
- 25) Mobley JD. *Assessment of NO_x flue gas treatment technology*, *Proceedings of the joint symposium on stationary combustion NO_x control*: 1980; Vol II, EPA/IERL-RTP-1084, US EPA
- 26) Melia RJW, et al. *The relation between respiratory illness in primary school children and the use of gas for cooking, I, Results from a national study*. *Int J Epid* 1979; 8:333-338
- 27) Florey C duv. et al. *The relation between respiratory illness in primary school children and the use of gas for cooking, III-Nitrogen dioxide, Respiratory illness and lung infection*. 1979; *Int J Epid*, 8:347-353
- 28) Perkins HC. *Air pollution*, McGraw-Hill Kogakusha, LTD Tokyo 1974
- 29) Wark K, et al. *Air pollution-It's origin and control*, Purdue University, 1976
- 30) 김준연 등. *Palms tube를 이용한 도시 주택의 옥내의 NO_2 가스의 농도에 관한 조사 연구*. 인제논총 1985; 제1권 제2호
- 31) Palmes ED, et al. *Personal sampler for nitrogen dioxide*, *Am Ind Hyg Assoc J* 1976; 37:570-577
- 32) Fick A *Über diffusion*, *Poggendorff Ann Physic (Ser 2)*, 1855; 94:59-86
- 33) Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants: *Nitrogen oxides*, *National Academy of Sciences*, Washington DC 1977
- 34) Robinson E, et al. *Gaseous nitrogen compound pollutants from urban & natural sources*. *J Air Pollut Contr Assoc* 1970; 20:303-306
- 35) Robinson E, et al: *Global gaseous pollutant emissions and removal mechanisms*, *Proc Second Intl Clean Air Congress Washington DC*, 1970
- 36) Purdom PW. *Environmental Health 2nd Ed* Academic Press Inc New York 1980
- 37) Council on Environmental Quality. *Third annual report*, 1972
- 38) New Focus. *J Air Pollut Contr Assoc* 1974; 24
- 39) Duprey RL. *Complication of air pollution emission factors*, PHS publication 999-AP-42, Durham, NC: National Center for Air Pollution Control 1968
- 40) American Association for the Advancement of Science. *Air conservation Washington DC*, 1965
- 41) Air Pollution Control Office EPA. *Air quality criteria for nitrogen oxides*, Publication AP-84, 1971
- 42) Shy CM, et al. *The chattanooga school children study: Effect of community exposure to nitrogen dioxide*. *J Air Pollut Contr Assoc*, 1970; 20
- 43) National Academy of Sciences. *Nitrogen oxides Washington DC*, 1977
- 44) Clayton GD, et al. *Patty's industrial hygiene and toxicology*. A Wiley-Interscience Publication New York 1981
- 45) 환경청. 환경보전. 환경청, 서울, 1984
- 46) 보건사회부. 환경보전법 시행규칙 제7조. 보건사회부령 제733호, 1983
- 47) WHO. *Technical report series NO 415*, 1969
- 48) HEW. *Smoking and health-A Report of the surgeon general*, Department of Health, Education and Welfare Pub No(PHS) 1979; 79-50066
- 49) Jenkins RA, et al. *Determination of oxides of nitrogen(NO_x) in cigarette smoke by chemiluminescent analysis*. *Anal Chem* 1980; 52: 925-928
- 50) 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
- 51) Nieding G, et al. *Studies of acute effect of NO_2 on lung function: Influence on diffusion, perfusion and ventilation in the lungs*. *Int Arch Arbeitsmed* 1973; 31:61-72

- 52) Nieding G, et al. *Minimum concentrations of NO₂ causing acute effects on the respiratory gas exchange and airway resistance in patients with chronic bronchitis*, *Int Arch Arbeitsmed* 1971; 27:338-348
- 53) Linn WS, et al. *Respiratory function and symptoms in urban office workers in relation to oxidant air pollution exposure*, *Am Rev Resp Disease* 1976; 114:477-483
- 54) Cohen CA, et al. *Respiratory symptoms, spirometry and oxidant air pollution in nonsmoking adults*. *Am Rev Resp Disease* 1972; 105:251-261
- 55) Mitchell RI, et al. *House hold 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*
-