

二酸化窒素의 室內外 濃度 및 個人被暴量에 관한 調査研究†

Personal, Indoor and Outdoor NO₂ Measurements in
an Urban Area

金潤信*, 柳次 幸雄**

Yoon Shin Kim, Yukio Yanagisawa

ABSTRACT

A pilot study on indoor air concentrations of nitrogen dioxide (NO₂) was undertaken in the Seoul area, Korea during February-April 1986. Indoor and outdoor data on nitrogen dioxide concentrations were obtained for 48 private residences. Personal exposure to NO₂ was also investigated. Indoor outdoor ratio of NO₂ concentrations was 0.87, while the correlations between the indoor and outdoor levels were less than 0.50 for NO₂. Homes with an unvented space heater had average living room NO₂ concentrations approximately double those with a vented space heater. Residences with smokers have significantly higher living room NO₂ levels than those without smokers.

I. 緒 論

最近 都市人이 實際的으로 대부분의 時間을 室內에서 生活하고 있어 室內汚染에 관한 觀心이 높아지고 있다. 이같은 觀點에서 歐美各國에서는 1970年代 以後 室內汚染物質이 健康에 미치는 影響을 把握하는 疫學的 研究가 活潑히 進行되고 있다.¹⁻²⁾

室內空氣汚染物質中 二酸化窒素(NO₂)는 一般家庭에서 취사용 가스기구를 使用時에 發生하는 것으로 나타나 使用하는 家庭에 比하여 그 濃도가 높고, 家庭內 어린이들의 呼吸器疾患의 有病率과 二酸化窒素의 室內濃도와는 關聯性이 있는 것으로 調査報告 되어³⁻⁴⁾ 國內에서도 二酸化窒素의 室內外濃度 調査 및 疫學的 研究의 必要

性이 強調되고 있다. 또한 汚染物質의 各 個人暴露濃度を 正確하고 簡便하게 測定하기 위하여 個人用 測定器具가 開發되어 室內空氣汚染의 疫學的 調査時에 有效하게 使用되고 있다.

우리나라에서는 室內空氣汚染에 관한 研究가 未備한 實情이고 二酸化窒素의 室內外濃度 調査에 관한 數篇의 論文이 報告되고 있을 뿐이다.⁵⁻¹⁰⁾ 著者등은 室內空氣汚染에 관한 研究의 一環으로 1983年 以後 二酸化窒素의 室內外濃度 및 個人被暴量 調査를 계속적으로 實施하고 있다. 따라서 本 調査에서도 家庭에서의 二酸化窒素의 室內外濃度 및 個人的 暴露量을 把握함으로써 室內空氣汚染物質의 汚染源 發生을 糾明하고 汚染防止 對策을 提示하여 向後 室內空氣汚染의 本格的인 疫學的 調査 研究를 위한 基礎調査로서 本研

† 本 論文은 1986年度 韓國科學財團 基礎研究費 지원에 이루어졌음.

* 漢陽大學校 醫科大學 (College of Medicine, Hanyang University.)

** 하바드大學校 保健大學院 (School of Public Health, Harvard University.)

究를 시도하였다.

II. 調査對象 및 方法

NO₂의 測定方法은 Yanagisawa 등¹¹⁾이 開發한 일명 Filter Badge 를 使用하였다. 調査는 1986年 2~4月에 걸쳐 無作爲로 抽出한 서울시內의 50개 住宅을 調査對象으로 하였으며 NO₂ Filter Badge 를 個人用, 室內(居室)用, 그리고 屋內用으로 3個를 同時에 暴露시켰다. 個人用은 서울시의 莫大學院生을 對象으로 하여 各者의 옷깃에 달았으며, 室內用은 住宅의 居室에, 屋內用은 住宅外部에 設置하여 暴露시켰다. NO₂ Badge 는 24時間 暴露後 收去되어 分析하였다. 實驗裝置 및 分析方法에 대하여는 柳澤等의 論文¹²⁾에 잘 要約되 있어 本論文에서는 省略하고자 한다. 또한 NO₂ 濃度 測定外에 披調査者의 生活行動樣式, 住宅構造, 吸煙狀態 및 健康狀態 등을 把握하기 위한 設問調査를 並行하였다.

III. 結果

收集된 NO₂ Badge 中 分析可能한 것은 總 48개로 平均 二酸化窒素 濃度を 各 調査形態別로 나타내면 다음과 같다. 調査員 家庭은 모두 취사용 燃料로 가스를 使用하고 있었다.

測定된 NO₂ 濃度の 個人暴露量, 室內(屋內) 및 室外 濃度を 年平均値, 標準偏差 및 範圍로 보면 表1과 같다. 表에서 보는 바와 같이 平均個人暴露濃度は 30.7ppb로서 가장 낮았고 室外濃도가 36.8ppb로서 室內濃도보다 높게 나타났다. 調査期間中에 난로 使用 家口別로 各各의 平均濃도를 보면 表2와 같다. 난로를 使用하는 總家口는 22 家口로서 調査 家口중 난로의 形態(排氣形과 非排氣形)別로 나뉘어 NO₂ 濃도를 區別하였다. 表에서 보는 바와 같이 非排氣形 난로 使用家口에서의 NO₂ 濃도는 個人被暴露量 39.6ppb, 居室 濃度 53.2ppb, 屋外濃度 38.7ppb로서 排氣形난로 使用의 家口에서 測定된 各各의 NO₂ 濃도보다 1.2~2.2倍가량 높게 나타났다. 특히 室內(屋外)濃度에서는 非排氣形 난로 使用時에 排氣形 난로 使用보다 2.2倍 높게 나타나 統計적으로 有意한 差가 認定되었다.

Table 1. Personal, indoor and outdoor NO₂ concentrations (ppb) (24 hour average)

	Mean	S.D.†	Range	n
Personal	30.7	7.4	15.4-45.2	48
Living room	31.9	12.4	18.2-67.8	48
Outdoor	36.8	9.8	14.2-54.6	48

† Standard Deviation

Table 2. Mean NO₂ concentrations (ppb) by type of heaters in living room

	Vented heater (10)*	Unvented heater(12)	p†
Personal	26.2	39.6	0.103
Living room	24.6	53.2	0.002
Outdoor	33.5	38.7	0.185

* (number of data)

† level of significance

Table 3. Summary statistics of NO₂ concentrations (ppb) by type of heating source.

Heating source	N	Mean	S.D.	I/O Ratio†
'Yeontan'				
Personal	10	21.4	9.9	
Indoor	10	21.2	8.5	0.7
Outdoor	10	31.2	10.3	
Central Heating System				
Personal	16	26.7	12.8	
Indoor	16	19.2	15.7	0.7
Outdoor	16	28.3	11.8	
'Yeontan' + Kerosene heater				
Personal	22	44.0	31.5	
Indoor	22	55.7	25.0	1.1
Outdoor	22	50.9	26.8	

† I/O; Indoor/Outdoor

住宅의 暖房用 燃料 種類別로 各各의 NO₂ 濃度を 보면 <表 3>과 같다. 크기는 煉炭使用家口, 中央集中暖房式 家口, 煉炭使用外에 補助暖房으로 居室에 石油 난로를 使用하는 家口形態로 나눌 수 있었다. 表에서 보는 바와 같이 個人暴露量은 煉炭使用 家口에서, 室內(居室)濃도와 室外濃度は 中央暖房式 家口에서 各各 가장 낮게 나타났다. 全體의으로 各各의 NO₂ 濃度は 煉炭 및 石油 난로를 使用하는 家口에서 가장 높게 나타났고, 特히 補助 暖房으로서의 石油난로 使用시 室內 濃度は 中央 暖房式 家口보다 約 3倍 가까이 높게 나타나, 居室에서의 NO₂ 濃도가 增加됨을 알 수 있다. 또한 NO₂의 室內(居室) / 室外 濃度比는 石油난로 使用 家口에서는 1 이상을 나타내 室內 NO₂ 濃度は 室內汚染源에 의한 것을 反增하고 있다.

家庭에서 吸煙者의 有無別로 各各의 NO₂ 濃도를 보면 <表 4>와 같다. 대부분의 家庭에서 吸煙者가 있음을 알 수 있고 吸煙者가 있는 家庭에서의 NO₂ 濃도가 非吸煙者의 家庭보다 各各 1.1 ~ 2.0倍가량 높게 나타났다. 特히 吸煙者의 家庭에서의 室內濃도가 49.3ppb로 가장 높게 나타났다. 또한 吸煙者 家庭에서 NO₂ 濃度の 個人被暴量과 室內濃度は 非吸煙者 家庭에서 NO₂ 濃도보다 各各 높아 統計的으로 有意한 差를 나타냈다.

Table 4. Mean NO₂ concentrations (ppb) by presence of smokers in homes.

	Smoker		p [†]
	No(8)*	Yes (40)	
Personal	24.8	42.7	0.041
Living room	25.1	49.3	0.014
Outdoor	34.6	39.1	0.206

* (number of data)
[†] level of significance

IV. 考 察

二酸化窒素의 個人暴露量은 被調査者가 하루

日課中 室內 또는 室外의 어느 場所에서 生活했나에 左右된다. 따라서 個人暴露量을 正確히 分析하기 위하여는 各 個人의 하루 生活行動 時間을 調査하여 室內外 生活時間으로 나눠 室內外 濃度の 모델을 開發하여 좀더 細密한 個人暴露量을 計算하기도 한다.¹³⁾ <表 5>는 外國 論文에서 調査된 個人의 室內外 生活行動時間과 金潤信이 調査한 生活行動時間을 比較한 것이다. 1984年 우리나라 主婦의 室內에서의 生活은 하루중 95%를 차지하고 있으며 本 調査의 對象者인 大學院生은 약 85%를 室內에서 生活하는 것으로 나타나 都市人이 하루 時間중 80% 이상을 室內에서 生活하고 있음을 잘 反映하고 있다.

本 調査에서 測定된 NO₂는 金이 調査한 主婦에서의 個人被暴量(29ppb)보다 약간 높았고 기타 金 外的 研究結果值(28ppb)¹⁰⁾보다 약간 높게 나타나 本 調査對象者인 大學院生들이 主婦보

Table 5. Summary of time-use studies into indoor and outdoor activity pattern

Location	Hour spent in each location			
	Kim (1986)	Kim (1984)	Chapin (1974)	Szalai (1972)
home, indoors	12.99	16.01	16.03	16.75
work, indoors	5.78	5.12	4.61	4.03
other, indoors	1.59	1.76	1.31	1.63
total indoors	20.36	22.89	21.95	22.41
transit	1.75	0.45	1.16	1.25
total outdoors	1.86	0.68	0.54	0.35
Total	23.97	24.02	23.65	24.01

다 室外에서 많이 生活하고 있음을 反映하고 있다. 特히 本 調査結果는 室外濃도가 室內濃도보다 높게 나타나 他 論文 結果值⁹⁻¹⁰⁾와는 相反됨을 알 수 있다. 이와 같이 室外濃도가 높은 理由는 최근 자동차 需要의 增加에 의한 非出가스에 의한 것이 아닌가 생각된다. 그러나 實際的으로 室外濃도를 增加시키는 發生源이 있는지 또는 室內에서의 二酸化窒素 濃도가 室外로 排出된 緣由에서인지에 대하여는 不確實하므로 이에대한 具體的 調査가 要請된다. 室內外 空氣汚染物質의

汚染源 및 發生 이전에 대하여 數篇의 著者 論文¹⁴⁻¹⁵⁾에서 言及하고 있으나 空氣汚染物質의 汚染源을 正確히 分析하기 위하여는 住宅內외의 汚染 發生源을 자세히 調査하여야 한다.

우리나라의 많은 家庭에서 補助暖房器具로 使用되는 石油난로는 本 研究 結果 二酸化窒素 濃度を 增加시키는 主要한 發生源으로 示사되었다. 따라서 겨울철 石油난로를 使用時는 室內空氣汚染을 增加시키므로 非排氣形 난로의 使用時 適切한 換氣 施設 및 汚染防止對策이 家庭에서도 强求되어야 한다.

二酸化窒素의 個人暴露量과 室內濃도가 吸煙者가 있는 家庭에서 非吸煙子 家庭보다 높게 나타난 것은 吸煙이 室內空氣汚染의 發生에 影響을 주는 것을 시사하고 있다. 그러나 汚染 濃도는 室內에서의 住宅 環境 및 生活樣式에 따라 다를 수 있어 吸煙이 二酸化窒素 濃度の 增加에 直接

的으로 影響을 주는지에 대하여는 주의깊은 研究가 이뤄져야 한다.

各種 汚染物質의 室內外 濃度を 簡便히 測定하기 위하여 歐美各國에서는 Personal sampler 가 계속적으로 開發되고 있다. 우리나라에서도 NO₂ personal sampler 를 利用한 NO₂ 의 個人暴露量 및 室內外 濃度 調査의 研究論文이 數篇 發表되고 있다. <表 6>은 最近까지 NO₂ personal sampler 를 利用하여 調査된 NO₂ 濃度 結果를 나타낸 것이다. 우리나라에서는 室內空氣汚染 研究중 NO₂ 調査가 主流을 이뤘고 著者 金에 의한 포름알데히드, 라돈의 室內濃度 調査가 進行되고 있다. 따라서 우리나라의 室內空氣汚染源중 主要한 部分을 이룰 수 있는 一酸化炭素의 室內 濃度 測定을 煉炭使用 家庭에서 實施하면 向後 一酸化炭素가스 中毒防止를 爲한 國民健康 向上에도 도움이 될 것으로 思料된다. 그

Table 6. Summary of studies on NO₂ measurements using personal samplers in Korea

Author (Year)	Study area, period	NO ₂ sampler	Subjects	NO ₂ concentration		
Y.S. Kim et al. (1984)	Seoul area, Feb.-Mar. 1984	Palmes tube, Filter badge	48 homes, housewives	kitchen - 52.6 ppb living room - 43.7ppb personal - 29.2ppb		
Y.S. Kim et al. (1985)	Seoul area, Feb.-Apr. 1984	Palmes tube, Filter badge	20 building offices	Tube-40.6ppb Badge-32.6ppb		
J.Y. Kim et al. (1985,1986)	Pusan area, Nov. 1984-Feb. 1985	Palmes tube	285 homes	Winter (ppb)	Summer	
				kitchen	29	22
				living room	22	18
				bed room	17	16
				outdoor	21	16
M.Y. Kim et al. (1986)	Seoul area, Aug.-Sept. 1984 Dec. 1985-Feb. 1986	Filter badge	67 homes, housewives	Winter (ppb)	Summer	
				living room	28.0	17.3
				personal	28.2	20.6
				outdoor	18.4	25.1
Y.S. Kim (in press)	Seoul area, Winter 1984, 1986	Palmes tube, Filter badge	20 underground shopping shops	1984 (ppb)	1986	
				tube	25.5	38.9
				Badge	33.5	35.7
Y.S. Kim et al. (in press)	Seoul area, Winter 1986	Filter badge	48 homes, graduate students	living room	31.9ppb	
				personal	30.7ppb	
				outdoor	36.8ppb	

리기 위하여는 關聯當局과 學者들간에 室內空氣汚染 研究에 대한 關心과 學問的 情報交換이 이뤄져야 하며, 室內空氣汚染物質이 健康에 미치는 影響을 把握하기 위한 疫學調査가 實施되어야 한다고 思料된다.

V. 結 論

서울市 一部 地域에 居住하는 大學生의 家庭을 對象으로 1986年 2~4 월에 걸쳐 NO₂ Filter Badge 를 利用하여 NO₂ 의 個人暴露量, 室內(居室) 및 室外濃度を 調査하며 얻은 結果는 다음과 같다.

1. NO₂ 의 個人的 暴露量은 31ppb, 室內濃度は 37ppb 로서 室外濃도가 가장 높게 나타났다.
2. 居室의 NO₂ 濃度は 非 排氣形 난로 使用 家庭에서 排氣形 난로 使用 家庭보다 약 2 倍가량 統計的으로 有意하게 높았다.
3. 吸煙者의 家庭에서는 各 NO₂ 濃도가 非 吸煙者 家庭보다 높게 나타났다.
4. 補助暖房으로서 石油 난로를 使用하는 家庭에서는 二酸化窒素의 濃도가 煤炭使用家庭 또는 中央 暖房式의 家庭보다 높게 나타나 石油난로가 二酸化窒素 濃度の 增加에 影響을 주는 것으로 시사되었다.

(原稿接受 '87.10.8)

參 考 文 獻

1. Spengler, J.D., Ferris, B.G., et al. (1979) Sulfur dioxide and nitrogen dioxide levels inside and outside homes and the implications on health effects research, Environ. Sci. Technol. 13, 1276-1280.
2. Bracken, M.J., Leasa, D.J., et al. (1985) Exposure to formaldehyde: relationship to respiratory symptoms and function. Can. J. Publ. Health 76, 312-316.
3. Melia, R.J.W., Florey, C du Ve., et al. (1978) Association between gas cooking and respiratory disease in children, Br. Med. J. 2, 149-152.
4. Melia, R.J.W., Florey, C du Ve., et al. (1982) Childhood respiratory illness and the home environment. II. Association between respiratory illness and nitrogen dioxide, temperature and relative humidity, Int. J. Epidemiol. 11, 164-169.
5. 金潤信 (1983) 室內 空氣汚染에 관한 保健學的 高찰, 대한보건의학회지, 9, 27-39.
6. 金潤信, Spengler, J.D., 柳澤幸雄 (1984) 우리나라에 있어서 室內空氣汚染에 관한 연구: 個人用 sampler 를 이용한 이산화질소 농도 측정, 대한보건의학회지, 10, 89-96.
7. Kim, Y.S. and Spengler, J.D. (1985) Respiratory effects of cigarette smoking and indoor NO₂ levels on Korean housewives. Presented at the Int. Conf. on Atmos. Sci. and Applications to Air Quality, May 20-24, Seoul.
8. Kim, Y.S., Spengler, J.D., Yanagisawa, Y. (1986) Measurements of indoor and personal exposure to nitrogen dioxide in Korea. Environ. Int. 12, 401-406.
9. 김용완 외 5인 (1986) Palmes tube 를 이용한 도시주택의 옥내외 NO₂ 농도에 관한 조사 연구. 예방의학회지, 19, 31-44.
10. 김민영 외 3인 (1986) 이산화질소의 개인 피폭량에 관한 연구. 한국대기보건의학회지 2, 55-72.
11. Yanagisawa, Y. and Nishimura, H. (1982) A badge-type personal sampler for measurement of personal exposure to NO₂ and NO in ambient air, Environ. Int. 8, 235-242.
12. 柳澤幸雄 (1980) 生活環境中 濃度測定用 パーソナルサンプリング, 大氣汚染學會誌, 15, 316-323.
13. Johnson, T.R. (1984) A study of personal exposure to carbon monoxide in Denver, Colorado. Presented at the 77th Annual Meeting of the APCA, June 24-29, San Francisco.
14. Kim, Y.S. and Stock, T.H. (1985) Com-

parison of five pollutant levels between inside and outside homes. Presented at the 113th Annual Meeting of the APHA, Nov. 17-21, Washington, D.C.

15. Kim, YS. and Stock, TH(1986) House-specific characterization of indoor and outdoor aerosols. Environ. Int. 12, 75-92.