

都市에 있어서 沿道汚染에 關한 研究

(1) 東京都 沿道家庭의 NO₂ 濃度 測定

손 부 순

순천향대학교 자연과학대학 환경보건학과

A Study on the Air Pollution Around a Major Trunk Road in Urban Area

(1) Measurements of NO₂ Concentrations in Homes Along the Major Arterial Roads in Tokyo

Busoon Son

Department of Environmental Health Science, college of Natural Sciences,
Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

ABSTRACT

To assess the contribution of automobile exhaust to indoor and outdoor levels of NO₂ around a major trunk road in Tokyo, NO₂ levels of 200 homes were measured at living rooms, kitchens and outdoor at each season, from the summer of 1990 to the spring of 1991, NO₂ level was measured for four days using diffusion NO₂ dosimeter.

Outdoor NO₂ levels at each season and indoor NO₂ levels at seasons when heaters were not used decreased according to the distance from the roadside. The differences between NO₂ levels at zone I(within 20m from the roadside) and zone III(beyond 50m) was about 3 ppb. Automobile exhaust seemed to contribute to this difference.

At seasons when heaters were used, indoor NO₂ levels of the homes equipped with vented heater, decreased according to the distance from the roadside. However, there was no correlation between indoor levels and the distance from the roadside at homes equipped with unvented heater.

Keywords :

I. 서 론

최근, 地域住民에게 제일 關心이 있는 空氣汚染 問題는 自動車 排氣가스와 關連된 沿道汚染일 것이다. 그리고, 自動車 배기가스의 健康影響을 알기 위해 沿道住民을 對象으로 한 疫學研究도 많다고는 할 수 없지만 行해지고 있다.^{1,2)}

沿道汚染을 생각하는 경우, 自動車 배기가스 關連의 汚染물질은 많이 있지만³⁾ 가장 문제시되고 있는 汚染물질은 질소산화물, 특히 이산화질소(이하 NO₂)와 부유입자상물질(suspended particle Matter, 이하 SPM)일 것이다. 이것들은 실외에서는 自動車 배기

가스, 실내에서는 난방과 흡연 등, 실내·실외 兩方에 發生원을 갖는 汚染물질로 알려져 있다.⁴⁾

이들 汚染물질은 실외보다도 실내 汚染의 重要性이 이야기되고 있지만, 지금까지 연도오염에 關한 역학조사는 실외농도에 기초해서 실시되었다.

그러나 실외농도가 높은 도로 주변의 가옥에서도 汚染원은 복수(다수)로 존재하므로, 실외와 실내중 어느 쪽에서 發生한 汚染물질이 보다 폭로에 關여하고 있는지를 파악할 필요가 있을 것이다. 본 연구는 역학 연구에 있어서의 폭로평가와 汚染물질에 대한 대책을 위해, 실외의 汚染 상황이 다른 연도 가정에 있어서 NO₂와 SPM 실내오염의 현상을 파악

하는 것을 목적으로 실시되었다. 또한 연도 주민의 호흡기 증상과 연도오염과의 관련을 조사했고 그 결과에 대해서 몇회(回)에 나누어 보고한다.

NO₂ 농도에 관한 이번 보고는 각 계절마다, 도로변에서 떨어진 거리에 따라 간선도로로 주변 가정의 실내의 NO₂ 농도가 어느 정도 변화가 있고, 감소하는지를 파악하는데 중점을 두었다.

II. 對象 및 方法

1. 對象

조사대상 지역은, 東京都 國道 6號線(水戸街道) 주변지역에서, 蒸川에서 環狀7號線에 이르는 지역이었다. 이 지역은 1일 교통량이 약 76000台(二輪 이상)로 되어있고(警視廳 交通部, 1987), 都内에서도 꽤 교통량이 많은 지역이다.

조사는 1990년 7月(以下 夏期), 同年 10月(以下 秋期), 1991년 2月(以下 冬期), 同年 5月(以下 春期) 4회에 걸쳐서, 각각 4日間 실시되었다.

對象家庭은 가족 중에 국민학생이 포함된 家庭을 中心으로 道路변에서 20m까지(이하 地域 I), 20m에서 50m까지(地域 II), 50m에서 150m까지(地域 III)를 3지역으로 分類하고 住民基本台帳에서 200世帯를 抽出했다. 原則적으로 계속해서 조사가 실시되도록 依頼했지만 拒否, 이사 등의 이유에 의해 계속추정이 실시되지 않은 경우도 있었다.

2. 測定方法 NO₂ 측정은 filter badge(東洋濾紙製)를 使用하여 실시했으며, 室内用(居室·부엌), 室外用의 3種類를 同時に 暴露시켰다. 거실용은 T.V. 위에, 부엌용은 전등아래에, 室外用은 베란다나 현관 밖의 換風機를 피하여 설치하도록 依頼했다.

調査 시작日 午前 9時에서 3日後 오전 8時까지, 연속 4일간 NO₂ 濃度を 측정했고, 농도측정과 함께 質問紙를 利用하여 가옥구조, 흡연, 사용난방기구등 家庭内環境에 대해서도 把握했다.

NO₂ 測定用 badge는 曝露 終了後, 비닐製 密閉 봉지에 넣고, 플라스틱製密閉 容器에 保存하도록 對象者에게 指示하고, 3일 以内に 회수하였다.

3. 分析方法

回收한 NO₂ filter badge는 case의 뚜껑을 연 後, 핀셋으로 pre-filter를 除去한 후 Triethanolamine 溶液을 첨가시킨 셀룰로오스 濾紙를 꺼내어 共栓試驗管에 넣어 여기에 發色液(sulfanilic acid 5g, H₃PO₄ 50 ml, 0.1% N-1-Naphthylethylenediamine·2HCl

溶液 50 ml를 녹여서 1/로 한 것)을 10 ml 加하여 때때로 가볍게 흔들고, 發色시킨 다음 約 1시간 後, 545 nm의 波長에서 吸光度를 測定하였다. 對照液은 評藥溶液을 이용하고, 또 폭로시키지 않고 回收時까지 保存用 plastic製 容器에 넣어 두었던 것의 吸光度를 마찬가지로 操作으로 測定하여, blank值로 하였다. 이 吸光度로부터 측정기간중의 平均 NO₂ 濃度を 算出하였다.

그리고, 도로에서 떨어진 거리가 어느 정도 실내 농도에 寄與하는가를 조사하기 위해, 실내외 각 測定場所마다 농도의 지역간 비교(I, II, III)를 했다. 또한 질문지에 의해 파악한 室内외 농도에 기여한다고 생각되는, 난방기구등의 요인에 대해서도 검토했다.

Data의 解析은 주로 統計 package HALBAU를 利用하였다.

III. 結果

1. 屬性集計 結果

各 測定回의 가옥구조, 가정내 흡연상황, 지역별 냉·난방 사용 상황을 Table 1, Table 2, Table 3에 나타낸다.

가옥구조는 3群으로 분류했는데, 모든 측정회에서 分布에 차이가 있었고, 지역 I에서는 철근 또는 鐵骨 가옥이 봄, 여름, 가을 31세대, 겨울 35세대로 많았다. 그 밖의 지역에서는 목조의 알미늄샷시 집이 많았고, 전체적으로도 40~50%를 차지하고 있다(Table 1).

흡연상황은, 흡연이 없는 비율이 높은 경우도 있지만, 어느 측정회에서도 지역별로 유의차는 없었고, 여름 이외는 전체적으로 봐도 흡연상황은 거의 비슷했다(Table 2).

여름의 냉방사용 상황은, 냉방이 없는 쪽이 58.4%로 많았지만 유의차는 없었다. 가을의 난방기구 사용은, 개방형 난방기구 사용비율이 지역 III(23세대), I(8세대), II(5세대)의 순으로 높았다. 겨울은, 전체적으로 개방형 난방기구의 사용비율이 높고, 도로에서 떨어져있는 거리에 따라 높은 경향을 보였다(Table 3). 그리고 봄의 개방형 난방기구 사용 가정은 I지역의 1세대 뿐이었다.

2. 地域別 濃度 測定結果

지역별 농도 측정결과를 Table 4에 나타냈다. 25 퍼센트, 중앙치, 75퍼센트 및 평균치에 대하여 보면, 여름은 거실, 부엌, 옥외 모두 거의 13~29 ppb의 범위로 분포되어 있고, 도로변에서 떨어져 있는 거

Table 1. Structure of House, by distance from the roadside

	Summer			Autumn			Winter			Spring		
	W.W.	W.Al.	R.C.	W.W.	W.Al.	R.C.	W.W.	W.Al.	R.C.	W.W.	W.Al.	R.C.
0~ 20 m	9 (18.0)	10 (20.0)	31 (62.0)	11 (22.4)	7 (14.3)	31 (63.3)	11 (20.8)	7 (13.2)	35 (66.0)	11 (20.0)	10 (18.2)	34 (61.8)
20~ 50 m	3 (5.2)	33 (56.9)	22 (37.9)	2 (4.4)	30 (66.7)	13 (28.9)	2 (4.4)	26 (57.8)	17 (37.8)	2 (4.4)	24 (53.3)	19 (42.2)
50~150 m	24 (30.4)	35 (44.3)	20 (25.3)	27 (30.3)	50 (56.2)	12 (13.5)	28 (32.2)	47 (54.0)	12 (13.8)	27 (29.7)	49 (53.8)	15 (16.5)
Total	36 (19.3)	78 (41.7)	73 (39.0)	30 (21.9)	71 (47.5)	50 (30.6)	34 (22.2)	67 (43.2)	59 (34.6)	40 (20.9)	83 (43.5)	68 (35.6)

(): percent, W.W.: wooden with wooden window frame, W.Al: wooden with aluminium window frame, R.C.: reinforced concrete.

Table 2. Number of cigarettes smoked, by distance from the roadside

	Summer			Autumn			Winter			Spring		
	No	1~20	>20	No	1~20	>20	No	1~20	>20	No	1~20	>20
0~ 20 m	20 (39.2)	16 (31.4)	15 (62.0)	20 (40.0)	19 (38.0)	11 (22.0)	19 (35.8)	17 (32.1)	17 (32.1)	21 (38.2)	17 (30.9)	17 (30.9)
20~ 50 m	25 (43.9)	7 (12.3)	25 (43.9)	19 (39.1)	11 (23.9)	17 (37.0)	19 (41.3)	11 (23.9)	16 (34.8)	18 (40.0)	14 (31.1)	13 (28.9)
50~150 m	31 (38.3)	18 (22.9)	32 (39.5)	27 (29.7)	34 (37.4)	30 (33.0)	24 (27.6)	34 (39.1)	29 (33.3)	26 (28.6)	35 (38.5)	30 (33.0)
Total	76 (40.2)	41 (21.7)	72 (38.1)	65 (34.8)	64 (34.2)	58 (31.0)	62 (33.3)	62 (33.3)	62 (33.3)	65 (34.0)	66 (34.6)	60 (31.4)

(): percent, No: no-smoked, 1~20: 1~20 cig. >20: more than 20 cig.

Table 3. With or without air conditioner and type of heating, by distance from the roadside installation of air conditioner in Summer and type of heating in the other seasons, by distance from the Roadside

	Summer		Autumn		Winter		Spring	
	WITHOUT	WITH	VENT.	UNVENT.	VENT.	UNVENT.	VENT.	UNVENT.
0~ 20 m	29 (56.9)*	22 (43.1)	42 (84.0)	8 (16.0)	24 (45.3)	29 (54.7)	53 (98.1)	1 (1.9)
20~ 50 m	30 (51.7)	28 (48.3)	41 (89.1)	5 (10.9)	19 (41.3)	27 (58.7)	46 (100.0)	0 (0.0)
50~150 m	52 (64.2)*	29 (35.8)	68 (74.7)	23 (25.3)	27 (30.3)	62 (69.7)	91 (100.0)	0 (0.0)
Total	111	79	151	36	70	118	190	0

(): percent, WITHOUT: without air conditioner in summer, WITH: with air conditioner, VENT.: without unvented heater, UNVENT.: with unvented heater, *P<0.05 (Kruskal-Wallis test).

리에 따라 농도가 감소하는 거리감소 경향이 있었다. 그리고 옥외 NO₂ 농도에서는 봄(P<0.01 I-III 지역), 여름 (P<0.05 I-II 지역, I-III 지역), 가을 (P<0.01 I-III 지역), 겨울(P<0.05 I-II 지역, II-III 지역)에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 거실에서는 봄

(P<0.05 I-III 지역), 여름(P<0.01 I-II 지역), 부엌의 경우는 겨울의 II-III 지역에서만 통계적으로 유의한 차이(P<0.05)를 보였다.

중앙치로 비교하면 I 지역과 II 지역의 차는 봄의 경우는 거실 I 지역 23.0, II 지역 21.0, 부엌의 I 지역

Table 4. NO₂ concentrations, by distance from the roadside(ppb)

Season	Location	Distance	n	Mean	S.D.	Min.	25%	Med.	75%	Max.
Summer	living room	0~ 20 m	51	*19.4**	11.7	8.1	15.2	19.4	23.2	39.7
		20~ 50 m	58	*16.3	11.6	2.0	13.8	15.9	20.2	28.6
		50~150 m	81	16.4**	5.1	10.3	13.6	15.9	18.6	28.9
	kitchen	0~ 20 m	51	22.1	13.4	8.5	17.0	21.0	25.7	43.7
		20~ 50 m	58	20.7	14.5	11.0	16.5	19.8	23.2	43.0
		50~150 m	81	20.3	7.0	12.3	16.3	18.1	22.1	51.5
	outdoor	0~ 20 m	51	*24.3**	14.7	13.7	20.8	23.6	28.7	37.2
		20~ 50 m	58	*21.6	15.1	12.3	18.8	21.6	25.0	30.1
		50~150 m	81	21.0**	6.9	13.7	18.6	20.8	23.6	27.6
Autumn	living room	0~ 20 m	50	25.8	15.6	10.7	16.9	21.2	33.3	68.3
		20~ 50 m	46	22.6	15.3	9.7	17.1	20.8	26.9	48.8
		50~150 m	91	27.2	18.6	8.6	19.1	23.5	29.7	101.0
	kitchen	0~ 20 m	50	34.7	21.0	11.2	20.5	29.7	47.9	73.8
		20~50 m	46	31.3	21.8	11.8	21.0	25.9	38.6	77.2
		50~150 m	91	39.8	20.1	9.5	23.0	31.3	49.9	115.9
	outdoor	0~ 20 m	50	33.9**	19.0	18.7	28.5	33.7	38.5	54.6
		20~ 50 m	46	30.8	21.5	18.0	26.3	30.2	34.6	50.9
		50~150 m	91	29.4**	9.3	6.6	25.1	29.1	33.6	55.3
Winter	living room	0~ 20 m	54	47.5	28.8	10.7	23.0	33.2	63.5	272.4
		20~ 50 m	46	41.6	29.1	4.91	23.1	33.6	60.5	117.3
		50~150 m	90	55.0	25.7	4.53	27.3	45.5	78.4	207.2
	kitchen	0~ 20 m	54	57.8	35.0	13.2	29.4	43.6	73.2	259.8
		20~ 50 m	46	49.8	34.8	5.2	26.9	47.8	62.3	149.7
		50~150 m	90	71.1	36.2	14.9	33.0	56.5	91.3	309.1
	outdoor	0~ 20 m	54	31.4*	23.0	19.5	24.5	29.1	39.7	52.9
		20~ 50 m	46	30.5	22.3	0.7	23.1	28.8	39.6	52.7
		50~150 m	90	27.3*	12.3	17.3	21.9	26.3	29.9	45.1
Spring	living room	0~ 20 m	53	23.7*	14.4	5.4	18.4	23.0	28.2	48.1
		20~ 50 m	46	21.9	15.3	12.7	17.5	22.0	25.6	35.2
		50~150 m	91	21.1*	11.1	0.8	16.9	21.0	25.7	41.6
	kitchen	0~ 20 m	53	29.2	17.7	11.9	20.1	26.8	32.8	98.7
		20~ 50 m	46	27.4	19.2	10.3	20.5	24.9	33.2	61.3
		50~150 m	91	27.2	9.2	2.7	21.1	25.0	31.7	62.2
	outdoor	0~ 20 m	53	29.7*	18.0	3.1	22.8	28.3	35.6	50.0
		20~ 50 m	46	26.8	18.7	13.3	21.8	26.1	31.7	38.5
		50~150 m	91	24.9*	5.8	4.3	20.7	25.2	28.9	38.4

* P<0.05 (Kruskal-Wallis test), ** P<0.01 (Kruskal-Wallis test).

26.8, III 지역 25.0, 옥외 I 지역 28.3, III 지역 25.2, 여름은 거실 I 지역 19.4, III 지역 15.9, 부엌 I 지역 21.0, III 지역 18.1, 옥외 I 지역 23.6, III 지역 20.8, 가을은 옥외 I 지역 33.7, III 지역 29.1, 겨울은 옥외 I 지역 29.1, III 지역 26.3 등으로 대략 3ppb 정도였다.

또 거실이 제일 낮고 옥외가 제일 높은 경향이 보였다. 가을은 여름보다도, 각 농도 level 및 산포도가 증가하고 있었다. 실외농도를 보면 여름보다 8.3~10.1 ppb 정도 상승하는 경향이 보였다. 옥외에서는 거리감소 경향이 보였으며, I 지역 33.9, II 지역 30.8, III 지역 29.4로 유의한 차이도 있었지만(P<0.05),

Table 5. Indoor NO₂ concentrations in autumn, by type of heating, number of smoking and distance from the roadside

Heating	Smoking	Distance	n	Living room	Kitchen
-	-	0~ 20 m	19	23.2(15.3~34.0)*	30.5(24.2~43.6)
		20~ 50 m	16	21.8(15.2~28.9)	26.8(18.6~37.6)
		50~150 m	21	20.1(14.3~23.3)*	26.2(18.1~39.6)
-	+	0~ 20 m	15	18.5(15.6~20.5)	24.0(18.9~38.5)
		20~ 50 m	10	18.9(15.8~21.8)	22.4(20.4~36.1)
		50~150 m	23	22.0(14.1~27.4)	30.4(21.7~50.4)
-	++	0~ 20 m	8	24.3(18.3~36.9)	37.1(21.1~50.9)
		20~ 50 m	15	20.2(18.3~28.3)	29.0(21.4~44.6)
		50~150 m	24	23.2(20.2~25.6)	33.2(26.9~44.3)
+	-	0~ 20 m	1	44.6	50.5
		20~ 50 m	2 [#]	31.1(24.8~37.3)	44.4(41.1~47.6)
		50~150 m	6	29.1(24.8~47.1)**	37.3(26.0~74.3)
+	+	0~ 20 m	4	29.0(21.2~54.7)	48.6(23.5~71.5)
		20~ 50 m	1	22.9	25.0
		50~150 m	11	34.4(24.6~56.6)**	36.2(30.8~54.1)
+	++	0~ 20 m	3 [#]	18.4(17.6~56.6)**	45.7(39.6~71.3)
		20~ 50 m	2 [#]	21.4(12.3~30.5)	42.5(15.1~69.9)
		50~150 m	6	45.7(39.6~71.3)**	78.3(45.4~103.0)

median (25 percentile~75 percentile): ppb, [#]: minimum-maximum in parentheses, heating -: vented, +: un-vented, smoking -: no-smoked, +: 1~20 cig. ++: more than 20 cig.

** P<0.01 (Kruskal-Wallis test), * P<0.05 (Kruskal-Wallis test).

실내에서는 대부분 차이가 없었다. 또, 전체적인 계절 농도에서는 봄·가을에서 부엌, 옥외, 거실 順의 傾向을 보였다. 겨울을 보면, 실내는 가을보다도 농도 level, 분산이 함께 증가하고 있으나 거리감소 경향은 없었다. 역으로 III 지역의 농도가(거실 55.0, 옥외 71.1)로 가장 높은 경향이 보였다. 한편, 옥외는 가을보다도 분산이 크며, 중앙치, 평균치의 값은 약간 감소하고 있었고, 거리감소 경향도 보였다(P<0.05). 실내농도 쪽이 실외농도보다도 꽤 높게 나타나 있다. 봄은 여름과 가을의 대략 중간정도의 농도로 분포하고 있으며, 약간의 거리 감소 경향이 나타나 있다(거실(P<0.05), 옥외(P<0.01)). 한편, 여름을 제외하면 꽤 높은 농도쪽으로 분포되는 것이 보였고, 또 상당히 낮은 값도 존재했지만, 측정 오류라고 판단할 만한 확증은 얻을 수 없었다. 이 때문에 이하에서는 평균치가 아니고, 중앙치 및 4분위 범위를 이용한 결과를 기술 및 고찰을 실시했다.

3. 暖房器具別·喫煙狀況別 結果

도로변에서의 거리에 의한 區分 이외에도 농도에 寄與하는 요인이 있다는 점을 고려해서, 가을, 겨울

에 난방기구별·흡연상황별로 농도를 집계한 것이 Table 5, Table 6이다.

가을을 보면, 흡연이 없는 배기형 난방기구 사용 가정에서는 거실 I 지역 23.2 II 지역 21.8, III 지역 20.1, 부엌 I 지역 30.5, II 지역 26.8, III 지역 26.2로 거리 감소 경향이 보였고 지역간에(I-III) 통계적으로도 유의한 차이가 있었다(P<0.01). 그 밖의 조합에서는 거의 거리감소 경향이 보이지 않았다. 개방형 난방기구 사용 가정에서는, 배기형 난방기구 사용 가정보다도 농도가 높고, 도로변에서 가장 먼 지역의 가정에서는, 거실 20.1, 22.0, 23.2, 부엌 26.2, 30.4, 33.2로 흡연 개피수가 증가함에 따라 농도가 상승하는 경향이 보였다(Table 5). 겨울도 가을의 결과와 거의 같은 모양이었으며, 실내농도의 거리감소 경향은, 배기형 가정에서, 또한 흡연이 없는 가정을 제외하고, 보였다. 개방형 난방기구 사용쪽이 배기형 난방기구 사용보다 모든 지역(I, II, III)에서의 실내 농도가 증가함으로 인해, 난방기구가 다른 것의 차이가 보다 명확히 나타났음을 알 수 있으며, 개방형 난방기구 사용 가정에서의 흡연개피수 상승에 의해 농도 상승(no-s 27.6, +s 37.7, ++s 79.2)도 III

Table 6. Indoor NO₂ concentrations in winter, by type of heating, number of smoking and distance from the roadside

Heating	Smoking	Distance	n	Living room	Kitchen
-	-	0~ 20 m	12	20.9(14.8~52.2)	38.2(21.0~76.9)
		20~ 50 m	11	23.5(15.5~32.8)	36.1(22.0~49.4)
		50~150 m	10	15.3(9.3~22.2)	27.6(19.5~35.4)*
-	+	0~ 20 m	8	25.7(19.6~38.5)	34.1(26.2~54.4)
		20~ 50 m	3 [#]	23.3(11.5~31.1)	26.3(16.2~60.3)
		50~150 m	6	23.9(22.8~30.7)	37.7(28.5~50.2)*
--	++	0~ 20 m	3 [#]	25.3(23.9~25.6)	28.4(24.9~29.1)
		20~ 50 m	5	19.4(12.2~26.8)	21.5(12.1~27.9)
		50~150 m	10	30.1(21.7~33.5)	79.2(29.6~102.9)*
+	-	0~ 20 m	7	32.5(16.9~84.9)	57.1(37.3~153.1)
		20~ 50 m	8	50.3(39.4~59.9)	49.8(46.8~64.8)
		50~150 m	13	49.3(33.9~72.5)	50.7(34.6~94.6)
+	+	0~ 20 m	9	32.4(27.3~59.1)	44.9(32.0~73.4)
		20~ 50 m	8	54.7(21.5~89.3)	50.5(41.0~110.3)
		50~150 m	28	68.9(33.1~83.8)	69.5(38.3~86.7)
+	++	0~ 20 m	13	69.4(37.8~83.0)	58.9(41.4~86.6)
		20~ 50 m	11	62.7(34.4~75.4)	68.4(45.6~85.3)
		50~150 m	19	78.7(48.2~94.1)	73.9(52.6~109.1)

Median (25 percentile-75 percentile): ppb, #: minimum-maximum in parentheses, heating -: vented, +: un-vented, smoking -: no-smoked, +: 1~20 cig. ++: more than 20 cig.

* P<0.05 (Kruskal-Wallis test).

지역에서 보였고 통계적으로도 유의했다(P<0.05) (Table 6).

부엌농도가 모든 측정 회에서 거실과 실외농도보다 높게 나타났다. 이는 부엌에서의 조리용 연소기구 사용에 의한 것으로 생각된다. 이번 조사에서의 주방기구 사용시간은 계절, 지역간 큰 차이 없이 일 평균 여름 90분, 봄·가을·겨울은 95~106분의 분포를 보였다.

또한 가옥구조에 관해서도 흡연상황별, 사용 난방기구별 集計를 실행했지만, 가옥구조가 다른 것에 의한 농도차는 보이지 않았다.

IV. 考 察

NO₂는 옥외 및 실내에서 발생원이 존재하는 오염물질로 알려지고 있다.⁴⁾ 그러나 옥외농도에서는 개인 폭로 농도를 정확히 반영하고 있다고는 말할 수 없고, 개인 폭로 농도에 좀더 기여하는 것은 실내농도라는 것이 지적되고 있다.⁵⁾ 실내농도와 옥외농도의 관련은 가정내에서 사용하는 난방기구의 종류에 의해 상당히 좌우되는 것이 지적되고 있으며,⁶⁾

近年의 미국에서의 NO₂ 관련 조사는 실내오염에 의한 건강영향 조사가 중심이 되고 있다.⁷⁾

NO₂를 중심으로 한 자동차 배기가스에 의한 연도오염을 생각할 때, 교통량이 많은 主要 幹線 도로주변에도 일반주택은 많이 存在하고 있고, 간선도로 주변에서는 도로변에서의 거리에 따라 옥외 NO₂ 농도의 농도차가 관찰되고 있다.⁸⁾ 또 장기적으로 보면, 난방기구의 사용은 가을, 겨울의 일시적인 것으로 생각되어질지도 모르지만, NO₂ 농도에 대해서는 실내 뿐만 아니라 옥외의 영향도 생각하지 않으면 안된다. 이와 같이 옥외·옥내에 발생원이 여러개 있을 경우, 각각에 대한 기여의 양적인 파악이, 그리고 옥외 발생원의 실내농도에의 기여가 어느 정도 실내 요인에 의해 설명될 수 있다는 견해도 필요할 것이다.

봄, 여름 등 소위 비난방기에서는, 옥내·옥외 농도 모두 도로변에서 가까운 지역의 NO₂ 농도가 높아, 자동차 배기 가스의 영향을 받고 있다고 생각된다. 이것은 냉방사용의 유무, 흡연상황 등의 요인으로 層別한 해석에서도 인정되었다. 이중 냉방의 사용이 있다는 것은 가옥이 밀폐되고, 공기의 교환도

적다는 것을 나타내는 것이다. 이럼에도 불구하고 사용하지 않는 가정과의 사이에 농도차가 보이지 않는 것은 냉방사용 시간도 문제이지만, 비난방기에 있어서는 실내에서 발생하는 NO₂는 옥외농도에 의해 그 기여가 미치지 않을 정도로 낮고, 그리고 도로에 발생원이 있다고 생각되어지고 있는 NO₂가 실내 오염에 크게 기여하고 있다는 것을 시사하는 것으로 생각되어진다.

한편, 가을·겨울의 난방기를 보면 옥외농도에서는 비난방기와 같은 모양으로 농도의 거리 감소경향이 인정되었지만 실내농도를 보면 배기형의 난방기구를 사용하고 있는 가정 이외에서는 거리감소경향이 거의 보이지 않았고, 개방형 난방기구, 가정내 흡연이라는 요인에 의한 기여가 큰 형태로 나타났다.

개방형 난방기구 사용 가정과 배기형 난방기구 사용 가정의 농도차는 5~40 ppb정도 인정되었다. 지역차에 의한 농도차와 난방기구에 의한 농도차를 생각할 경우 난방기구에 의한 농도차쪽이 크고, 실내에서의 지역 농도차는, 비난방기와는 반대로 난방기구에 의한 기여에 의해 감추어진 것으로 생각된다.

흡연의 기여는 비난방기에서는 인정되지 않았다. 지금까지의 연구에서는, 흡연의 기여는 일정한 경향은 없다고 보고되고 있고,⁹⁾ 이것과 일치하는 것이다.

그러나 본 연구에서는 개방형 난방기구를 사용하고 있는 가정에서 흡연량이 증가하는데 따라 농도가 상승하고 있고, 그 傾向도 가을보다는 난방기구 사용시간과 사용횟수가 많은 겨울에서 명확히 나타나고 있다. 개방형 난방기구 사용가정에 限定해서 본다면, 흡연에 의한 실내 NO₂ 농도에의 寄與가 관찰되어진다.

가옥구조의 기여에 대하여 中井,¹⁴⁾ 相原¹⁵⁾ 등은 NO₂ 농도와 가옥의 밀폐도와는 뚜렷한 관련이 인정되지 않는다고 보고하고 있다. 본 연구의 경우 도로변에서의 거리에 의한 지역구분에만 한정하여 생각한다면, 밀폐도가 상승하는 난방기에서의 농도가 비난방기보다 높은 점, 여름에 창을 열고 닫는 여부에 차이를 가져오는 냉방사용 가정과 비사용 가정에서 차이가 인정되지 않는 등의 모순되는 점도 있어서 가옥구조의 기여에 관해서는 보다 詳細한 검토가 필요하다고 생각된다.

이상 이번 조사결과에서는 지역간의 농도차 보다도 난방기에서의 난방기구 차이에 의한 농도차 쪽이 크다고 생각된다. 난방기구의 사용시기는 1년중 한정되어 있다. 그러나 건강영향을 생각하는 경우, 평

균 폭로농도보다는 단기간이라도 최대농도가 영향을 준다고 말할 수 있다.⁶⁾

가정내에서 연소기구를 이용하면 일반적이라도 NO₂ 농도는 꽤 상승하며,¹⁰⁾ 그 농도도 옥외농도의 피크보다 높은 것이 예상된다. 따라서 NO₂에 한정하여 연도오염을 생각할 경우에, 단순히 오염물질 대책의 입장에서 생각하면, 난방기구에서 발생하는 NO₂를 control하는 것이 급선무라는 것을 이번 결과로 알 수 있다고도 말할 수 있을 것이다. 물론, 가정내의 NO₂ 발생원은 개방형 난방기구만은 아니다. 가스주방 기구에서도 NO₂가 발생하며, 발생정도에 대해서도 미국에서는 많은 조사가 이루어지고 있다.¹⁰⁾

가스주방기구의 기여에 대하여는 年間을 통하여 約 8~11 ppb의 실내 농도의 上昇이 생각되어진다는 報告가 있다.¹⁴⁾ 이번 조사 결과도 부엌의 농도가 거실농도에 비해 높게 나타나 위의 결과와 크게 다르지 않음을 볼 수 있다. 또한 여름에는 부엌, 거실, 실외 농도에 별 차이가 없어 주방기구에 의한 영향이 없는 듯한 분포가 관찰되었고, 가을·겨울에는 부엌의 농도가 높아지는 경향이였다.

이는 계절에 따라 식사 내용도 달라지고 주방기구의 사용시간이 여름에 비해 길어지는 점, 또 기온이 내려감에 따라 창을 열어 놓는 등의 자연 환기가 줄어든 것에 의한 영향이라고 생각할 수 있을 것이다. 그리고 환기에 의한 기여에 대해서는 장차 충분히 논의할 필요는 있다고 생각된다.

일반적으로 NO₂를 중심으로 한 연도오염과 호흡기 증상의 관련을 논하기 위해서는 비교적 추운 시기에 연구가 실시되어야 한다고 생각한다. 그러나 전반적으로 볼 때 이미 나타난대로 추운 시기에서의 실내농도는 거리감소 경향이 분명치 않았고, 배기형 난방기구를 사용하고 있는 가정과 비난방기에서도 자동차 배기가스의 기여가 없다고는 말할 수 없다. 따라서 NO₂ 단독의 연도가정 주민에 대한 건강 영향을 조사하고자 할 때는, 난방기구의 기여를 고려할 필요가 없는 가정에 대하여 조사되는 것이 좋을 것으로 생각된다.

本 논문의 Table에 제시된 수치가 推定値나 대표치를 나타내기에는 대상집단의 선정, 대상자의 샘플링法, 생활 환경의 측정 등 조사 方法上的 문제와 더불어 통계학적인 문제도 존재할 수 있다. 따라서 Table의 數値는 各 要因의 관련성의 強度와 相對的인 관계를 나타내는 것으로 解析하여야 할 것이다.

V. 要 約

연도 오염에 의한 간선도로주변 가정의 오염상황을 파악하기 위해 filter badge를 이용하여 東京都 國道 6號線(水戸街道) 주변지역에서 蒸川에서 環狀7號線에 이르는 지역을 대상으로, 1990年 7월부터 1991年 5월까지 NO₂ 농도측정을 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 옥외농도는 계절별 지역별로 봄 I 지역 23.7, II 지역 21.9, III 지역 21.1, 여름 I 지역 24.3, II 지역 21.6, III 지역 21.0, 가을 I 지역 31.4, II 지역 30.5, III 지역 27.3 겨울 I 지역 29.7, II 지역 26.8, III 지역 24.9로 거리 감소 경향이 보였고 통계적으로도 유의성(봄·가을은 I-III 지역: P<0.01, 여름·겨울은 I-II, I-III 지역; P<0.05)이 나타나, 자동차 배기가스에 의한 연도 오염의 기여가 인정되었다.
- (2) 비난방기에서의 실내 NO₂ 농도는 부엌(22.1>20.7>20.3)과, 거실(19.4>16.3>16.4) 모두 옥외농도(24.3>21.6>21.0)와 같은 정도의 거리 감소 경향이 보였고, 거실의 경우는(I-II, I-III) 지역에서 통계적으로 유의한 차(P<0.01)가 보였다.
- (3) 난방기에서는 개방형 난방기구 사용가정이 배기형 난방기구 사용 가정보다 농도가 높게 나타났다. 가을의 경우, 흡연이 없는 배기형 난방기구 사용 가정은 거실(23.2, 21.8, 20.1 ppb)과 부엌(30.5, 26.8, 26.2 ppb)에서 거리 감소 경향이 보였고, 거실(I-II 지역)에서는 통계적으로 유의했다(P<0.05).

그러나 그밖의 구분에서는 거리 감소 경향이 보이지 않아, 연도오염의 기여는 나타나지 않았다.

參考文獻

- 1) 後藤隆雄, 藤田 睦: 幹線道路沿いの一小學校區における二酸化窒素濃度と學童肺機能檢査結果との關係, 大氣汚染學會誌, **20**, 331-341, 1985.
- 2) Doll, R. and Hill, A. B.: A Study of the Aetiology of Carcinoma of the Lung, *Br. Med. J.*, **2**, 1271-1286, 1952.
- 3) 堀 素夫: 昭和55-57年度文部省化學研究費による特別研究「環境科學」環境情報(情報システム)領域班: 大氣環境のサーベイランス・システム—測定・設

計・解析—研究報告書, 1984.

- 4) Yocom, J. D.: Indoor-outdoor air Quality relationship - A critical review -, *JAPCA*, **32**, 500-520, 1982.
- 5) Committee on Indoor Pollutants: Indoor Pollutants, National Academy Press, Washington, D.C. 1981.
- 6) Spengler, J. D. and Duffy, G. P., Letz, R., Tibbits, T. W. and Ferris, Jr. B. G.: Nitrogen dioxide inside and outside 137 homes and implications for ambient air quality standards and health effects research, *Environ. Sci. Technol.*, **17**, 164-168, 1983.
- 7) Schenker, M. B., Samet, J. M. and Speizer, F. E.: Risk factors for childhood respiratory disease. The effect of host factors and home environmental exposures, *Am. Rev. Respir. Dis.*, **128**, 1038-1043, 1983.
- 8) 坂本明弘, 二階建・簡易測定法による NO·NO₂의 調査—沿道環境及び住居環境について—, 和衛公研年報, **36**, 45-49, 1990.
- 9) 石油化學工業會 NO_x 對策本部企劃委員會・調査分科會: NO₂による室内汚染の實態について, 産業公害, **12**, 789-193, 1976.
- 10) Goldstein, I. F. and Andrews, L. R.: Peak exposure to nitrogen dioxide and study design to detect their acute health effects, *PB Reports* No. PB-86-192549, 1986.
- 11) Palmes, E. D., Tomczyk, C. and DiMattio, J.: Average NO₂ concentrations in dwellings with gas or electric stoves, *Atmos Environ.*, **11**, 869-872, 1977.
- 12) Melia, R. J. W., Florely, C. du Y., Darby, S. C. and Palmes, E. D. and Goldstein, B. D.: Differences in NO₂ levels in kitchens with gas or electric cookers, *ibid.*, **12**, 1379-1381, 1978.
- 13) Dockery, D. W., Spengler, J.D., Reed, M. P. and Ware, J.: Relationships among personal indoor and outdoor NO₂ measurements, *Environ. Int.*, **5**, 101-107, 1981.
- 14) 中井里史, 新田裕史, 前田和甫: 全電化家庭と電氣・ガス併用家庭の室内NO₂濃度の比較についての豫備的研究, 日本公衛誌, **34**, 129-137, 1987.
- 15) 相原良行: 仙台市におけるNO₂バッチ法による環境調査, 居住室内及び自動車排ガス關係について, 仙台市衛生試驗所報, **15**, 367-377, 1986.