

서울시 버스터미널의 이산화질소 및 아황산가스 농도

손부순·장봉기·김영규*

순천향대학교 환경보건학과·*용인대학교 환경보건학과

Concentration of NO₂ and SO₂ of Bus Terminals in Seoul

Bu-Soon Son · Bong-Ki Jang · Young-Gyu Kim*

Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University

**Department of Environmental Health Science, Yongin University*

Abstract

In this study, we researched the concentration of nitrogen dioxide(NO₂) and sulfur dioxide(SO₂) of indoor(waiting room) and outdoor(place of getting on the bus) at the bus terminals(Kang-Nam, Dong-Seoul and Nam-Bu) in Seoul to recognize the degree of pollution by exhaust gas of the diesel engine vehicles, and examine the factor that might affect air pollution of terminals.

The concentration of NO₂ and SO₂ were measured in winter and summer, and the results of the analysis are as follows:

The mean concentration of NO₂ was 57.49±21.86 ppb and the concentration of outdoor with 64.10±27.69 ppb was significantly higher than the indoor with 50.89±10.92 ppb (p<0.05), and the highest with 73.54±25.54 ppb at Kang-Nam terminal (p<0.01). The mean concentration of NO₂ was 62.80±24.74 ppb in winter and 52.19±17.50 ppb in summer, and had a not statistical difference.

The mean concentration of SO₂ was 31.71±8.73 ppb and the concentration of outdoor with 31.04±8.89 ppb was similar to the indoor with 32.39±8.70 ppb, and the highest with 32.57±9.01 ppb at Dong-Seoul terminal (p<0.05). The mean concentration of SO₂ in winter with 39.67±4.10 ppb was significantly higher than in summer with 23.76±2.61 ppb (p<0.01).

The concentration of outdoor NO₂ at Kang-Nam terminal was 104.84 ppb in winter and 81.20 ppb in summer, and had a statistical difference compared with the concentration of indoor NO₂ at Dong-Seoul and Nam-Bu terminals.

The concentrations of indoor NO₂ and SO₂ were higher than that of outdoor at Kang-Nam and Dong-Seoul terminals, but on the contrary, lower than that of outdoor at Nam-Bu terminal.

The concentration of NO₂ and SO₂ at Nam-Bu terminal were lower than those at Kang-Nam and Dong-Seoul terminals. While the concentration of SO₂ show the large difference between winter and summer, that of NO₂ does not.

I. 서 론

우리나라는 급격한 경제성장에 따른 산업화와 인구의 도시 집중화로 사람의 거주 환경에도 변화를 가져와 새로운 주택양식과 밀폐된 건물과 같은 실내에서 활동하는 시간이 더욱 많아지고 있으므로^{1,2)} 실외보다는 실내공간의 공기 오염에 더 큰 영향을 받는다^{3,4,5,6)}. 특히 도시인의 경우 일상생활이 사무실, 작업장, 교통기관, 주택 등의 실내환경에서 90% 이상 이루어 지고 있으므로⁷⁾, 실내 공기오염은 보건학적으로 중요한 관심사가 되고 있다.

대기오염물질중 이산화질소(NO_2)와 아황산가스(SO_2)는 주로 자동차 배기가스나 산업장의 연소과정에서 발생⁸⁾하며 특히 차량 증가에 기인한 배출량은 매년 급격한 증가 추세에 있다.

1995년말 자동차에 의한 오염물질 배출량은 연간 약 171만톤으로 전체 대기오염물질 배출량의 39.3%를 점유하고 있으며, 이중에 질소산화물이 30.3%, 황산화물은 2.3%를 차지하고 있다⁹⁾.

우리나라의 자동차 대수는 1965년도에 4만대에 불과했으나 1995년도에는 847만대를 초과하여 30년만에 212배 이상 증가하였고 이중 약 48%에 해당하는 410만대가 서울 등 6대 도시에 집중되어 있으며, 특히 서울의 경우 24%가 집중되어 있다⁹⁾.

차종별로는 휘발유(LPG포함)자동차가 전체 자동차 오염물질 배출량의 30.3%(차량대수 68.2%)를 차지하고 있는데 비하여 경유자동차가 69.7%(차량대수 31.8%)로 경유자동차의 오염비중이 높은 편이며, 특히 대형버스나 트럭과 같은 대형 경유자동차가 53.5%(차량대수 5%)를 차지하고 있다⁹⁾.

1988년도부터 가솔린 자동차에 대해서는 삼원촉매장치를 부착한 저공해 자동차를 생산, 보급하고 있기 때문에 차량당 대기오염물질 배출량은 상대적으로 감소되고 있으나 황산화물의 발생을 감소시키기 위한 저유황 연료의 사용은 완전연소를 위해 과잉의 산소를 공급해야 하므로 오히려 이산화질소의 발생을 상대적으로 증가시킬 수 있는 소인을 가지고 있다¹⁰⁾.

디젤 자동차로부터 배출되는 질소산화물의 양은 매년 증가하고 있는데 현재 디젤자동차 보유 비율이 36%로써 세계 어느 나라보다도 높기 때문에 디젤자동차로부터 많이 배출되는 질소산화물 등에 의한 대기오염 피해가 분세시 될 수 있다¹¹⁾.

실내 공기오염에 관한 연구는 주로 사무용 건물, 지하철, 아파트, 일반주택, 지하상가 및 터널 등에 대한 실내 공기질을 조사한 바 있다^{1,3,12,13,14,15,16,17)}. 하지만 많은 사람들이 이용하는 공공건물에서의 실내 공기오염이 불특정 다수인에게 건강상의 악영향을 줄 수 있음에도 불구하고, 실제로 공공건물에 대한 실내 공기질 조사는 미비한 실정이며, 특히 자동차에 의한 공기오염이 문제시될 수 있는 버스터미널에 대한 실내·외 공기질 조사는 극히 저조한 실정이다.

따라서 본 연구는 많은 사람들이 이용하고 있는 서울 특별시의 버스터미널(강남, 동서울, 남부터미널) 승강장과 대합실내의 이산화질소(NO_2)와 아황산가스(SO_2)의 농도를 동절기와 하절기로 나누어 측정하여 이를 비교 평가함으로써 환경관리행정 및 공공시설에 대한 실내 공기질의 기준 마련에 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

II. 재료 및 방법

1. 시료의 포집

서울시의 주요 3개 터미널(강남터미널, 동서울터미널, 남부터미널)을 대상으로 대합실(이후 실내라 함)과 승강장(이후 실외라 함)에서 NO_2 , SO_2 에 대한 오염도 조사를 실시하였다. 시료의 포집은 동절기의 경우에는 1996년 1월 첫째 주부터 3주간, 하절기는 1996년 8월 첫째 주부터 3주간에 걸쳐, 토·일요일의 오후 시간(13:00~17:00)에 행하였다.

시료포집시점은 실내의 농도를 대표할 수 있는 실내 중앙부분과, 대합실내 식당이나 대기실 등 사람이 많이 모여 있는 곳을 기준으로 선정하였으며, 터미널의 실외부는 버스승차장을 동일한 비율의 구역으로 나누어 포집시점으로 선정하였다.

시료는 NO_2 측정용과 SO_2 측정용으로 구분하여 포집하였고 각 터미널의 실내와 실외에서 각각 4개씩을 동절기와 하절기에 포집하여 총 96개를 분석하였다.

이와 더불어, 실내·외 간의 오염도에 영향을 줄 수 있다고 생각되는 각 터미널의 차량 운행대수, 대합실내 음식점 수, 환풍기 수, 대합실의 개구부 면적, 건물의 구조 등도 함께 조사하였다. 이에 대한 내용은 표 1에 나타내었다.

Table 1. The characteristics of terminals

Characteristic	Kang-Nam	Dong-Seoul	Nam-Bu
No. of moving bus (/day)	1400	1500	700
No. of restaurant in wait room	22	3	2
No. of fan	250	100	50
Open space of waiting room(m ²)	144	42	66
Type of building	Closed type*	Closed type*	Open type**

* Closed type(폐쇄형 구조) : 건물내에 계단이나 매점 등이 중앙에 위치해 있어 원활한 공기의 흐름을 방해하는 구조

** Open type(개방형 구조) : 건물내에 계단이나 매점 등이 외벽에 위치해 있어 원활한 공기의 흐름을 갖는 구조

2. 시료의 분석방법

NO₂는 Midget impinger에 흡수액(n-(1-Naphthyl)-Ethylene Diamin이염산염, Sulfamic Acid 및 초산 혼합액) 10ml를 넣은 후 air sampler(Gilian : P/N 800508)를 연결하여 약 0.4 l/min의 속도로 30분간 흡입하였다. 농도분석은 수동 Saltzman법¹⁸⁾(Methods of Air Sampling and Analysis, 406)에 준하여 자외선 분광광도계(UV-Visible Spectrophotometer : Milton Roy, Spectronic 601, USA)를 이용하여 550nm에서 측정하였다.

SO₂는 air sampler(Gilian : P/N 800508)를 이용하여 공기를 평균 0.5 l/min의 유량으로 흡수액(0.04몰 사염화수은 칼륨[TCM])에 흡수시켜 30분간 포집하였다. 농도분석은 파라로자닐린법¹⁸⁾ (Methods of Air Sampling and Analysis, 704A)에 준하여 자외선 분광광도계를 이용하여 510nm에서 흡광도 측정을 하였다.

분석 결과는 통계프로그램을 사용하여 터미널간의 비

교, 실내·외간의 비교 및 계절별 비교를 하였고 비모수 검정법인 Mann-Whitney검정을 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 터미널별 실내·외 및 계절별 이산화질소 농도

각 터미널의 실내와 실외에서의 이산화질소 농도를 비교한 결과는 Table 2와 Fig. 1과 같다. 전체적으로는 실외에서 64.10±27.69 ppb로 실내의 50.89±10.92 ppb보다 유의하게 높았다(p<0.05). 터미널별로는 강남터미널에서만 실외에서 93.02±20.56 ppb로 실내의 54.06±10.36 ppb보다 유의하게 높았다(p<0.01). 3개 터미널의 평균 이산화질소 농도는 57.49±21.86 ppb로 나타났으며 그중 강남터미널이 73.54±25.54 ppb로서 동서울이나 남부터미널보다 유의하게 높은 농도를 보였다(p<0.01). 이러한 결과는 우리나라 대기환경기준¹⁹⁾인 연평균 50 ppb를 대부분 넘는 값이며, 특히 강남터미널의 실외 농도인 93.02±20.56 ppb는 24시간 기준인 80 ppb를 초과하고 있어 특별한 관리가 요망되고 있다.

대기중 이산화질소의 주 오염원이 운송 수단 특히 버스와 같은 경유자동차¹¹⁾이고 이산화질소의 교통체증 시간대의 농도가 평균 수준보다 배이상 높다고 한 보고²⁰⁾를 감안하면 본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이 터미널의 실외인 승강장에서 높은 농도를 보인 것은 당연한 것으로 여겨진다.

박 등¹⁷⁾의 연구결과 도로변에서의 평균 이산화질소 농도는 42.92±18.13 ppb로 본 연구의 평균인 57.49 ppb보다는 낮았으나 개인 피폭량이 버스기사가 65.58±23.49 ppb로 가장 높았다고 하여 본 연구의 결과를 뒷받침하는

Table 2. Concentration(Mean ±S.D.) of NO₂ at each terminals by site

Site	(unit : ppb)			
	Kang-Nam	Dong-Seoul	Nam-Bu	Total
Indoor	54.06±10.36	55.19±12.28	43.42± 6.12	50.89±10.92
Outdoor	93.02±20.56**	52.11±13.68	47.16±21.45	64.10±27.69*
Total	73.54±25.54##	53.65±12.66	45.69±15.36	57.49±21.86

* : p<0.05, ** : p<0.01 (compared with indoor)

: p<0.01 (compared with Dong-Seoul or Nam-Bu terminal)

Table 3. Concentration of NO₂ at each terminals by season

(unit : ppb)				
Season	Kang-Nam	Dong-Seoul	Nam-Bu	Total
Winter	81.38 ± 28.40	57.34 ± 14.20	49.66 ± 19.40	62.80 ± 24.74
Summer	65.70 ± 21.23	49.96 ± 10.51	40.92 ± 9.42	52.19 ± 17.50

것으로 생각된다.

공중이용시설 4종류중 지하상가에서 이산화질소의 농도가 가장 높았다는 보고²¹⁾와 1988년 하계 및 1989년 동계에 김 등²⁾이 서울의 지하 환경질을 측정 한 결과 이산화질소는 강남터미널 지하상가에서 각각 89.1 ppb, 134.1 ppb로 가장 높았다고 했으며 이는 지하상가내 음식점의 주방연료 사용, 환기불량을 원인으로 지적했지만 본 연구의 결과로 볼 때 외부(승강장)의 차량들에 의한 높은 농도의 이산화질소가 지하상가로 유입되는 것도 하나의 원인으로 생각된다.

각 터미널별 동절기와 하절기의 이산화질소 농도를 비교한 결과는 Table 3과 Fig. 2와 같다. 전체적으로는 동절기가 62.80 ± 24.74 ppb로 하절기의 52.19 ± 17.50 ppb보다 높았으나 통계학적인 유의한 차이는 없었다.

터미널별로 보면 강남터미널에서 동절기가 81.38 ± 28.40 ppb로 하절기의 65.70 ± 21.23 ppb와는 차이가 가장 많았으며 3개 터미널 모두 동절기에 약간 높은 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 김 등²⁾도 서울의 지하 환경질을 측정 한 결과 이산화질소는 동절기가 하절기보다 높은 경향을 보였다고 했으며 그 이유로 난방 연료의 연소에 의한 이산화질소의 생성을 들었다. 반면 남 등²²⁾이 조사한 바 이산화질소 농도가 봄과 가을에 가장 높게 나타났고 하절기에 가장 낮았다고 한 결과로 미루어 보아 난방에 의한 이산화질소량의 증가보다는 교통기관에

기인한 것이 더 큰 요인이 아닌가 생각된다. 본 연구의 조사시기와 같은 시점에서의 환경부²³⁾의 서울 19개 지역에서의 대기질중 이산화질소의 평균 농도는 1996년 1월이 32.8 ppb, 8월이 28.5 ppb로 동절기에 약간 높아 유사한 경향이나 본 연구의 결과가 약 2배의 농도를 보임을 볼 때 각 버스터미널에서의 이산화질소 수준이 매우 높음을 나타낸다.

2. 터미널별 실내·외 및 계절별 아황산가스 농도(Mean ± S.D.)

각 터미널의 실내와 실외에서의 아황산가스 농도를 비교한 결과는 Table 4와 같다. 전체적으로는 실내에서 32.39 ± 8.70 ppb, 실외가 31.04 ± 8.89 ppb로 비슷한 농도를 나타내었으며, 터미널별로는 남부터미널이 29.73 ± 8.84 ppb로 강남터미널의 32.84 ± 8.56 ppb, 동서울터미널의 32.57 ± 9.01 ppb보다 유의하게 낮았다(p < 0.05). 3개 터미널의 평균 아황산가스 농도는 31.71 ± 8.73 ppb로서 우리나라 대기환경기준(대기환경보전법, 1996)인 연평균 30 ppb를 약간 초과하는 것으로 나타났다.

각 터미널별 동절기와 하절기의 아황산가스 농도를 비교한 결과는 Table 5와 같다. 전체적으로는 동절기가 39.67 ± 4.10 ppb로 하절기의 23.76 ± 2.61 ppb보다 통계학적으로 유의하게 높은 농도를 나타내었다(p < 0.01).

터미널별로 보았을 때 3개의 터미널 모두 동절기에 유의하게 높은 농도를 보였다(각각, p < 0.01).

Table 4. Concentration of SO₂ at each terminals by site

(unit : ppb)				
Site	Kang-Nam	Dong-Seoul	Nam-Bu	Total
Indoor	34.80 ± 8.99	32.95 ± 8.43	29.42 ± 8.95	32.39 ± 8.70
Outdoor	30.87 ± 8.21	32.19 ± 10.12	30.05 ± 9.34	31.04 ± 8.89
Total	32.84 ± 8.56*	32.57 ± 9.01*	29.73 ± 8.84	31.71 ± 8.73

* : p < 0.05 (compared with Nam-Bu terminal)

Table 5. Concentration of SO₂ at each terminals by season

Season	(unit : ppb)			
	Kang-Nam	Dong-Seoul	Nam-Bu	Total
Winter	40.27 ± 4.94**	40.64 ± 4.63**	38.10 ± 2.27**	39.67 ± 4.10**
Summer	25.40 ± 2.51	24.50 ± 1.88	21.37 ± 1.55	23.76 ± 2.61

** : p<0.01 (compared with summer)

남 등²²⁾도 아황산가스 농도가 동절기에 가장 높게 나타났다고 하였고, 본 연구의 조사시기와 같은 시점에서의 환경부²³⁾의 서울 19개 지역에서의 대기질중 아황산가스의 평균 농도는 1996년 1월이 18.7 ppb, 8월이 7.7 ppb로 동절기가 2배 이상 높아 난방에 기인한 것으로 여겨진다.

그러나 본 연구의 결과가 동절기에 약 2배, 하절기에 약 3배 이상의 농도를 보임을 볼 때 각 버스터미널에서의 아황산가스 평균 농도는 매우 높은 수준임을 알 수 있고 버스의 배기가스에 의한 영향도 큰 것으로 여겨진다.

3. 각 터미널에서의 계절별 실내외 이산화질소 및 아황산가스 농도

3.1 강남터미널(Table 6, Fig. 1, 2)

강남터미널에서의 이산화질소 농도는 동절기의 평균 농도는 실외가 104.84 ppb로 실내의 57.93 ppb 보다 유의하게 높았으며(p<0.05), 최고치는 실외에서 127.14 ppb까지 측정되었다. 또한 하절기의 경우에도 실외의 평균 농도가 81.20 ppb로 실내의 50.19 ppb보다 유의하게 높게 나타났으며(p<0.05), 최고 농도는 실외에서 104.58 ppb까지 측정되었다. 이는 모두 대기 환경기준¹⁹⁾의 1시간 평균

기준치인 150 ppb는 초과하지 않지만, 연간 평균치인 50 ppb를 초과하는 것으로 나타났으며, 특히 실외 평균 농도는 동절기와 하절기에 각각 104.84 ppb와 81.20 ppb로써 상당히 높아 이에 대한 특별한 관리가 필요하다고 생각된다. 이처럼 높은 농도를 보인 이유로는 대합실내 음식점의 취사 도구에서 발생하는 NO₂가 fan을 통해 승강장의 벽면 쪽으로 배출되고 있고, 승강장 위쪽이 지붕의 형태로 막혀 있기 때문에 확산이 제대로 되지 않는 것이 주요 원인으로 생각되며 이를 효과적으로 제거할 수 있는 대책 마련이 시급하므로 이에 대한 보다 구체적인 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

아황산가스의 경우 동절기의 평균 농도는 실내가 42.47 ppb로 실외의 38.07 ppb보다 높았으나 유의한 차이는 없었고 하절기에는 실내 평균 농도가 27.13 ppb로 실외의 23.68 ppb보다 유의하게 높은 결과(p<0.05)를 보여 대기 환경기준의 연평균 기준치인 30 ppb를 동절기에는 초과하는 것으로 나타났고 하절기에는 대기환경기준의 연평균 기준치에 근접하였다. 신 등¹²⁾이 사무실의 실내 SO₂ 농도보다는 실외 SO₂ 농도가 더 높다고 한 것과는 상반된 결과를 보여 주고 있는데, 이는 강남터미널이 건물의 노후화로 인해 국소배기장치의 효율적인 가동이 이루어

Table 6. Indoor and outdoor concentration of SO₂ and NO₂ by season at Kang-Nam terminal

Pollutants	Season	(unit : ppb)			
		Indoor		Outdoor	
		Mean ± S.D.	Range	Mean ± S.D.	Range
NO ₂	Winter	57.93 ± 11.06	48.53 ~ 72.88	104.84 ± 17.09*	86.88 ~ 127.14
	Summer	50.19 ± 9.38	39.49 ~ 61.26	81.20 ± 17.95*	64.74 ~ 104.58
SO ₂	Winter	42.47 ± 5.25	35.51 ~ 46.63	38.07 ± 4.01	32.78 ~ 42.63
	Summer	27.13 ± 1.99*	25.32 ~ 29.78	23.68 ± 1.66	21.57 ~ 25.62

* : p<0.05, compared with outdoor (Mann-Whitney test)

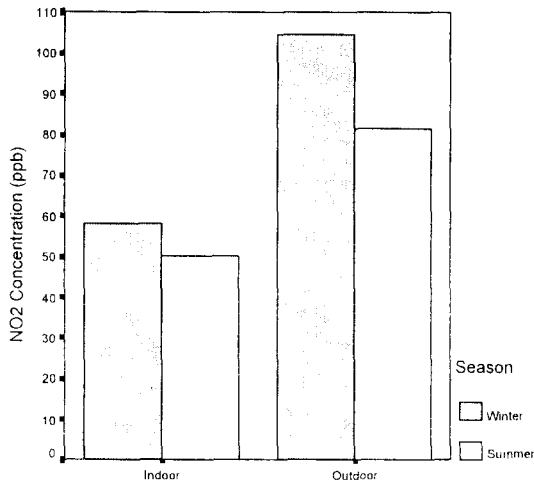


Fig. 1. NO₂ concentration of indoor and outdoor by season at Kang-Nam terminal

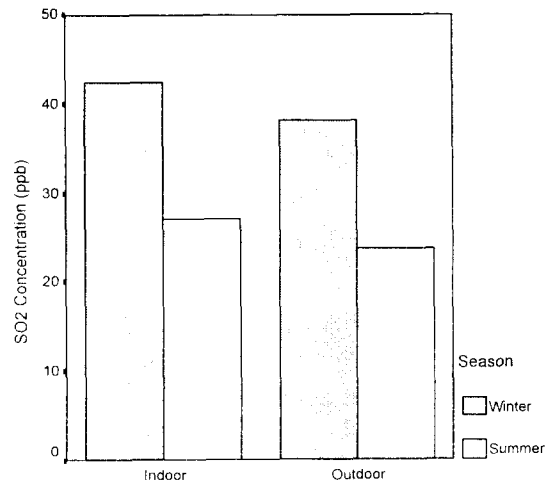


Fig. 2. SO₂ concentration of indoor and outdoor by season at Kang-Nam terminal

지지 못하고 있는 점과 대학실내에 다수의 음식점과 매점이 상주하고 있고, 대부분의 음식점이 주방에 국소배기 장치를 설치하고 있지 않아 그로부터 배출되는 각종 연소가스가 대학실내로 확산되어 실내 공기를 오염시키고 있는 것으로 생각된다. 따라서 이를 관리하기 위해서는 공공시설 내에 위치하는 각종 음식점에 대한 보건학적 설치 기준의 규제를 강화하여야 할 것으로 생각된다.

3.2 동서울터미널 (Table 7, Fig. 3, 4)

이산화질소는 동절기의 실내 평균 농도가 58.23 ppb, 실외는 56.46 ppb로서 대기환경기준의 연평균 기준치인 50 ppb를 초과하였으며, 하절기의 경우도 실내 평균 농도가 52.16 ppb, 실외가 47.77 ppb로서 모두 실내가 약간 더

높은 농도를 보였지만 통계적인 유의한 차이는 없었다.

아황산가스는 동절기에 실내 및 실외 평균 농도가 각각 40.76 ppb, 40.53 ppb로서 연평균 기준치인 30 ppb를 초과하고 있었으며, 하절기에는 실내가 25.15 ppb, 실외가 23.85 ppb를 나타내었다.

NO₂와 SO₂가 모두 실내·외에서 비슷한 농도를 나타냈는데, 이는 빈번한 사람들의 왕래로 출입구가 항상 개방되어 있으며, 또한 실내·외의 온도차로 인하여 실내·외간의 기류 확산이 원활하게 이루어져 NO₂ 및 SO₂ 농도가 평형을 이루었기 때문이라고 생각되어진다.

3.3 남부터미널 (Table 8, Fig. 5, 6)

이산화질소는 동절기의 실내 평균 농도가 46.50 ppb, 실

Table 7. Indoor and outdoor concentration of SO₂ and NO₂ by season at Dong-Seoul terminal

(unit : ppb)

Pollutants	Season	Indoor		Outdoor	
		Mean	Range	Mean	Range
NO ₂	Winter	58.23 ± 16.30	40.46 ~ 79.98	56.46 ± 14.25	37.10 ~ 70.69
	Summer	52.16 ± 7.87	43.57 ~ 59.78	47.77 ± 13.53	28.15 ~ 59.26
SO ₂	Winter	40.76 ± 1.07	39.96 ~ 42.34	40.53 ± 6.99	33.30 ~ 49.29
	Summer	25.15 ± 1.48	23.87 ~ 26.79	23.85 ± 2.21	21.54 ~ 26.48

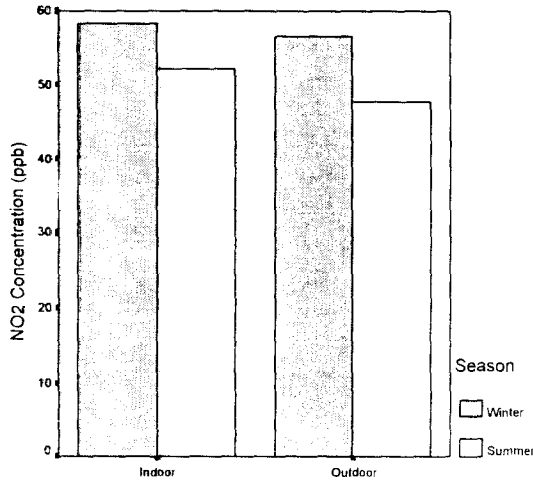


Fig. 3. NO₂ concentration of indoor and outdoor by season at Dong-Seoul terminal

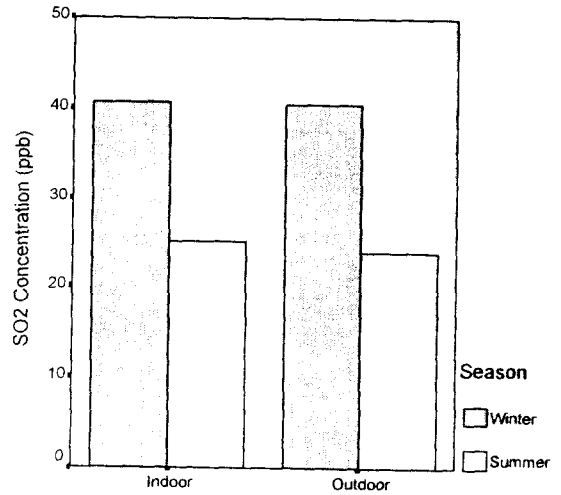


Fig. 4. SO₂ concentration of indoor and outdoor by season at Dong-Seoul terminal

의 평균 농도는 52.81 ppb로 나타났으며, 최고 농도는 실외에서 84.98 ppb까지 측정되어 실외 농도가 대기환경기준의 연평균 기준치인 50 ppb를 초과하는 것으로 나타났으며 하절기에는 실내 평균 농도가 40.33 ppb, 실외 평균 농도가 41.50 ppb로서, 대기 환경기준에 근접한 것으로 조사되었다.

아황산가스는 동절기의 실내 및 실외 평균 농도가 각각 37.76 ppb, 38.45 ppb로서 연평균 기준치인 30 ppb를 초과하였지만, 하절기에는 실내 평균 농도가 21.09 ppb, 실외 평균 농도가 21.65 ppb였다. SO₂ 역시 NO₂와 마찬가지로 실내보다 실외에서 약간 높은 수치를 보였지만 유의한 차이는 없었다.

IV. 결 론

본 연구는 서울시 주요 3개 버스터미널(강남, 동서울, 남부터미널)의 실내(대합실)와 실외(승강장)의 이산화질소 및 아황산가스 농도를 동절기의 경우에는 1996년 1월 첫째 주부터 3주간, 하절기는 1996년 8월 첫째 주부터 3주간에 걸쳐, 토·일요일의 오후 시간(13:00~17:00)에 측정하여 분석한 결과는 다음과 같다.

이산화질소의 평균 농도는 57.49±21.86 ppb였으며, 실외에서 64.10±27.69 ppb로 실내의 50.89±10.92 ppb보다 유의하게 높았고(p<0.05), 강남터미널이 평균 73.54±25.54 ppb로서 동서울이나 남부터미널보다 유의하게 높은 농도를 보였다(p<0.01). 동절기가 62.80±24.74 ppb로 하절기

Table 8. Indoor and outdoor concentration of SO₂ and NO₂ by season at Nam-Bu terminal

(unit : ppb)

Pollutants	Season	Indoor		Outdoor	
		Mean	Range	Mean	Range
NO ₂	Winter	46.50 ± 7.65	37.81 ~ 55.20	52.81 ± 28.17	26.46 ~ 84.98
	Summer	40.33 ± 1.83	38.12 ~ 42.54	41.50 ± 13.96	22.47 ~ 53.15
SO ₂	Winter	37.76 ± 1.00	36.88 ~ 38.63	38.45 ± 3.28	35.51 ~ 42.34
	Summer	21.09 ± 0.73	20.19 ~ 21.98	21.65 ± 2.20	19.83 ~ 24.79

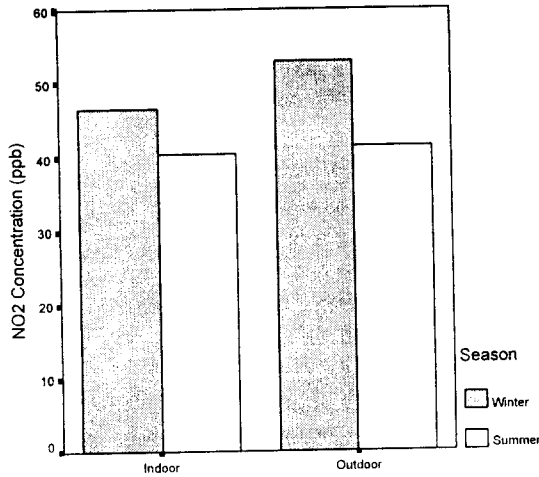


Fig. 5. NO₂ concentration of indoor and outdoor by season at Nam-Bu terminal

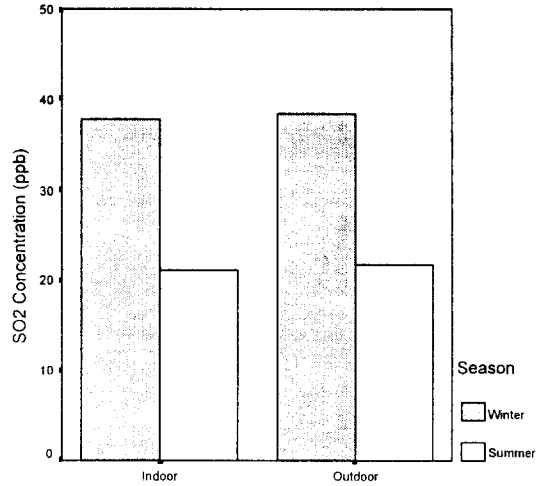


Fig. 6. SO₂ concentration of indoor and outdoor by season at Nam-Bu terminal

의 52.19±17.50 ppb보다 높았으나 통계학적인 유의한 차이는 없었다.

아황산가스의 평균 농도는 31.71±8.73 ppb였으며, 실내에서 32.39±8.70 ppb, 실외가 31.04±8.89 ppb로 비슷하였고, 남부터미널이 29.73±8.84 ppb로 강남터미널의 32.84±8.56 ppb, 동서울터미널의 32.57±9.01 ppb보다 유의하게 낮았다(p<0.05). 동절기가 39.67±4.10 ppb로 하절기의 23.76±2.61 ppb보다 통계학적으로 유의하게 높은 농도를 나타내었다(p<0.01).

강남터미널에서의 이산화질소 농도는 동절기의 실외가 104.84 ppb로 실내의 57.93 ppb 보다 유의하게 높았고(p<0.05), 하절기도 실외의 평균 농도가 81.20 ppb로 실내의 50.19 ppb보다 유의하게 높게 나타났다(p<0.05). 아황산가스 농도는 동절기와 하절기 모두 실내가 실외보다 높았으나 하절기에만 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

동서울터미널에서의 이산화질소는 동절기의 실내 평균 농도가 58.23 ppb, 실외는 56.46 ppb, 하절기에는 실내가 52.16 ppb, 실외가 47.77 ppb로서 모두 실내가 약간 더 높은 농도를 보였지만 유의한 차이는 없었다. 아황산가스는 동절기에 실내 및 실외 평균 농도가 각각 40.76 ppb, 40.53 ppb, 하절기에는 실내가 25.15 ppb, 실외가 23.85 ppb로 유사하였다.

남부터미널에서의 이산화질소는 동절기의 실내에서

46.50 ppb, 실외는 52.81 ppb로 나타났으며, 하절기에는 실내가 40.33 ppb, 실외는 41.50 ppb였다. 아황산가스는 동절기의 실내 및 실외 평균 농도가 각각 37.76 ppb, 38.45 ppb였으며 하절기는 실내가 21.09 ppb, 실외는 21.65 ppb였다.

이상의 결과에서 볼 때 버스 터미널의 이산화질소 및 아황산가스 농도는 대체로 연평균 대기환경기준을 초과하고 있어 국민의 건강에 악 영향을 미칠 수 있을 것이므로 공공시설에 대한 실내공기질의 기준을 조속히 확립하고 더 나아가 터미널의 건물구조와 공기오염에 관한 보다 구체적인 연구가 이루어져 건물구조와 공기오염과의 관계를 규명하고, 차후 공공시설의 건축시에 환경을 개선할 수 있는 보다 근본적인 대책을 뒷받침할 수 있는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. 김윤신, 윤영훈, 강미옥, 강혜진 : 사무용 건물에서 실내공기질의 조사연구, 환경과 산업의학, 3(1), 99~111, 1993.
2. 김윤신, 김동술, 이주형 : 실내외 공기질의 유해평가 관리 및 기준치 개발에 관한 연구, 한국과학재단, KOSEF 89-0705-03, 1991.
3. 김윤신 : 실내공기오염에 관한 소고, 한국대기보전학

- 회지, 9(1), 33~43, 1993.
4. 김윤신 : 실내환경과학, 민음사, 1995.
 5. 손부순 : 환경과학 개론, 신평출판사, 서울, 1995.
 6. 손부순 : 실내공기오염, 신평문화사, 서울, 1995.
 7. Dockery DW, Spengler JD : Personal exposure to respirable particulates and sulfate, J. Air Poll. Contr. Assoc., 31, 153-159, 1981.
 8. Wark K, Warner CF : Air pollution: It's original and control, 2nd ed., Harper & Row Publishers, New York, 1981.
 9. 환경부 : 환경백서, 1997.
 10. Eskinazi D, Cichanowicz TE, Linak WP, Hall RE : Stationary combustion NO₂ control: A summary of the 1989 symposium, II. Air Poll. Contr. Assoc., 39(8), 1131~1139, 1989.
 11. 조강래, 엄명도, 유정호, 한중수, 김여옥, 김창용 : 디젤 자동차 입자상물질 여과장치 개발(II), 국립환경연구원보, 14, 393~402, 1992.
 12. 신동천, 이호민, 김중만, 정 용 : 일부지역의 실내공기 오염도와 건강에 미치는 영향에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 6(1), 73~84, 1990.
 13. 김윤신, 윤영훈, 이도우, 강해진 : 서울시 일부 호텔기 폐쇄의 실내공기질에 관한 조사, 환경과 산업의학, 2(1), 67~70, 1992.
 14. 정 용 : 실내 공기오염과 건강위해도 평가에 관한 연구, 연세대학교 환경공해연구소, 1989.
 15. Spengler JD, Sexton K : Indoor air pollution: A public health perspective, Science, 221, 9~17, 1983.
 16. 김준연, 김정만, 정갑열, 김동일, 김용규, 김두희, 장봉기, 정경동, 박순우, 홍대용, 이종섭, 유일수 : Palmes Tube를 이용한 지역별 NO₂ 농도와 직종별 NO₂ 개인폭로량에 관한 연구, 대한의학협회지, 33(10), 1128~1136, 1990.
 17. 박명순, 김두희, 장봉기, 정경동, 박순우 : 이산화질소의 실내외 농도 및 개인폭로량, 경북대학교 환경과학연구소 논문집, 5, 41~55, 1991.
 18. 환경부고시 : 환경오염공정시험법, 대기부분, 동화기술, 1996.
 19. 대기환경보전법, 1996.
 20. 환경부 : 환경위해성평가 및 관리기술 -대기오염물질의 위해성평가 및 관리기술, 연세대학교 환경공해연구소, 제 2단계 1차년도 연차보고서, 1997.
 21. 김윤신, 고응린 : 공중이용시설 실내환경 관리방안연구, 보건사회부, 1993.
 22. 남원진, 정순구, 박영미, 이정식, 김학성 : 청주지역 대기중 SO₂와 NO₂의 농도조사(1993. 7~1994. 7), 충북대 환경안전연구소 환경과학기술, 4(1), 29~37, 1994.
 23. 환경부 : 월별 대기질 현황, 하이텔 공개자료, 1997.