

## 서울지역 지하철역 구내의 아황산가스 농도

손부순 · 장봉기  
순천향대학교 환경보건학과

### Concentration of Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) of Subway Stations in Seoul

Bu-Soon Son · Bong-Ki Jang  
*Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University*

#### Abstract

This study was performed to survey the SO<sub>2</sub> level at several underground spaces connected to 5 subway stations (City Hall, Kang Nam, Seoul stations, Hye Hwa and Ulchiro 1 Ga) in Seoul. The period of survey was from July to November, 1997.

The results of the study were as follows:

1. The mean concentration of SO<sub>2</sub> was 0.057 ± 0.015 ppm in all subway stations. The highest SO<sub>2</sub> level among the five stations was 0.067 ± 0.011 ppm at City Hall (P<0.01), and the highest with 0.071 ± 0.013 ppm at November (P<0.01).
2. In underground shopping centers, the mean concentration of SO<sub>2</sub> was 0.112 ± 0.059 ppm.
3. The mean concentration of SO<sub>2</sub> at evening with 0.057 ppm and morning with 0.053 ppm were significantly higher than at noon with 0.043 ppm (P<0.05).
4. The SO<sub>2</sub> level of floor at Kang Nam station with 0.044 ppm was significantly higher than that of platform with 0.037 ppm (P<0.01).
5. For the City Hall stations, the line #1 and line #2 subway spaces show significantly different level of SO<sub>2</sub>, 0.042ppm and 0.033ppm respectively (P<0.05).

**Key words** : Sulfur dioxide, SO<sub>2</sub>, Subway station, Underground shopping center

## I. 서론

인구의 증가와 경제의 급격한 성장 및 산업구조의 변화에 따른 도시집중화로 교통난과 도시의 부족이 심각해지고 있으며, 이를 해결하기 위한 수단으로 지하철·지하상가·지하도·지하 주차장 등

의 지하 시설물들을 만들어 토지 이용의 효율을 극대화하고 있는 반면에 이에 따른 문제점도 발견되고 있다<sup>1,2)</sup>.

지하공간에서 장시간 생활하는 사람들의 경우는 공기 오염으로 인한 건강상해가 증가 될 것으로 생각되지만, 실내 공기 오염이 인체에 중요한 영향

을 줄 수 있음에도 불구하고 대부분의 사람들은 실내공기오염이 인체에 미치는 영향이 대기 오염보다 더욱 중요하다는 것을 거의 인식하지 못하고 있으며, 실내 공기 오염물질의 성질과 농도에 대해서도 잘 파악하지 못하고 있는 실정이다<sup>3,6)</sup>.

지하시설은 다수인이 이용하는 지하철역, 지하상가가 주류를 이루고 있으며, 대도시에 편중되어 있어 1997년 현재 전국의 497개소중 55%인 271개소(역사 175개소, 지하상가 21개소, 지하보·차도 57개소, 지하터널 18개소)가 서울에 소재하고 있다<sup>7)</sup>.

최근에 들어와서는 문제의 심각성을 인식한 많은 연구자들이 실내공기질 조사를 하고 있다<sup>8,10)</sup>. 하지만 많은 사람들이 이용하는 시설물에서의 실내 공기 오염이 불특정다수에게 건강영향을 줄 수 있음에도 불구하고 이러한 시설물에 대한 실내공기질 조사는 다소 미비한 실정이다.

각종 연료의 연소과정에서 발생하는 기준성 공기오염물질 중의 하나인 아황산가스(SO<sub>2</sub>)는 인간뿐만 아니라 동물·식물 등에 까지도 악영향을 끼친다<sup>15)</sup>. 인간에게는 눈이나 호흡기계의 점막에 자극을 주며 기관지염과 폐기종 같은 만성호흡기 질환을 일으키며, 정상인의 경우 공기중 SO<sub>2</sub> 농도가 0.3~1.0 ppm일 때 그 존재를 느낄 수 있고, 0.5ppm의 아황산가스는 대다수의 사람이 느낄 수 있는 농도이다<sup>1,6,11)</sup>.

현재까지 아황산가스에 관한 연구는 주로 실외 대기와 관계된 것이 대부분이었으나, 지하공간에서 활동하는 시간과 인구가 증가됨에 따라 실내공간에서의 공기오염이 심각한 사회문제화로 이어져 최근에 와서 활발한 연구가 진행되고 있으며, 이에 따라 지하생활공간 공기질관리법이 제정되어 시행되게 되었다.

지하역사와 지하상가관리자는 지하생활공간 공기질관리법 시행규칙의 규정에 의한 지하 공기질 기준을 지켜야 하며, 지하보·차도와 터널에 대해서는 환경부장관이 권고기준을 정하여 고시할 수 있도록 규정한 바에 따라 현재 검토중에 있으며, 이에 따라 아황산가스의 지하공기질 기준은 1시간 평균이 0.25ppm을 초과할 수 없도록 규정하고 있다.

따라서 본 연구는 수많은 사람들이 이용하는 서울지역 지하철역 구내시설에서의 공기오염의

기준성 지표중의 하나인 아황산가스의 농도를 역사별, 시간대별, 노선별 등으로 측정, 분석하여 지하 생활공간의 공기오염 방지에 일조가 될 수 있는 기초 자료로 제공하고자 한다.

## II. 조사지역 및 방법

### 1. 조사기간 및 대상지역

조사기간은 1997년 7월 1일부터 11월 30일까지였으며, 조사대상지역은 서울 시내에 위치한 지하철역과 지하상가가 연결된 역 5곳(시청역, 강남역, 서울역, 혜화역, 을지로 입구역)의 복도 계단에서 각 월별로 초순과 하순에 오후 6시부터 6시 30분 사이에 측정하여 평균하였다. 아울러 아침, 점심, 저녁 시간대별 변화도 측정하였다.

지하상가 내부는 강남역, 서울역, 을지로역의 세 곳에서 월별로 아침(10:00)과 저녁(17:00)에 측정하였다.

지하철 승강장과 복도에서의 농도 비교를 위하여 강남역에서 1997년 7월 20일에 시간대별로 측정하였고, 1호선과 2호선의 환승역에서의 노선별 비교를 위해 1997년 7월 6일에 시청역에서 시간대별로 비교 분석하였다.

### 2. 시료포집 및 분석방법

시료포집 및 분석은 우리나라 환경오염공정시험법<sup>12)</sup>이면서 미국 EPA(Environmental Protection Agency)의 공정시험법인 파리로자닐린법에 따라 실시하였다.

시료포집은 1시료당 흡수액(K<sub>2</sub>HgCl<sub>4</sub>, potassium tetrachloromercurate, TCM)을 midget impinger에 10ml 넣은 후 개인용 시료포집기(Gilian: P/N 800508)에 연결하여 0.5 l/min의 속도로 30분간 흡입하였다.

TCM용액 10ml를 25ml용량플라스크에 넣어 바탕용액으로 하였으며, 표준용액은 25ml용량플라스크에 검량선용 아황산 TCM용액을 단계적으로 0.5, 1, 2, 4ml씩 넣은 후 흡수액을 10ml씩 넣었으며 자외선 분광광도계(UV Visible spectrophotometer)를 이용하여 540nm에서 흡광도를 측정하였다(Fig. 1).

분석 결과는 통계프로그램을 사용하여 지하철역

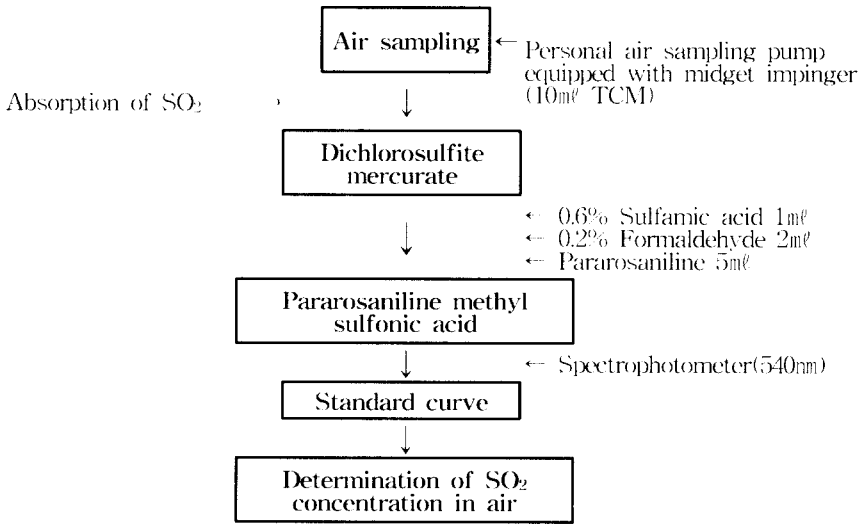


Fig. 1. Airborne SO<sub>2</sub> sampling and analytical procedure.

과 지하상가별 아황산가스 농도 비교, 월별, 시간대별, 위치별, 환승역간의 비교를 하였고 비모수 검정법인 Kruskal-Wallis 1 way ANOVA와 Mann-Whitney법으로 유의성을 검정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 지하철역별, 월별 공기 중 SO<sub>2</sub> 농도

1997년 7월부터 11월까지 시청역, 강남역, 서울역, 혜화역, 을지로역에서 환달에 2회(조수와 하순)씩 측정된 지하철역별, 월별 SO<sub>2</sub> 농도는 Table 1과 같다.

전 지하철역의 평균 SO<sub>2</sub> 농도는 0.057 ± 0.015ppm으로서 1987년 도시지하공간을 대상으로 조사한 이<sup>23)</sup>의 0.051ppm, 1990년부터 1991년까지 부산지역 4개 백화점의 실내 공기오염도를 조사한 문 등<sup>14)</sup>의 0.052ppm과는 유사하였으나 손 등<sup>15)</sup>의 3개 마스터미널의 내·외부 평균 SO<sub>2</sub> 농도인 0.032 ± 0.009ppm보다는 높았고, 1985년 서울시내 주요 지하주차장을 대상으로 조사한 김 등<sup>16)</sup>의 0.073ppm보다는 낮았다.

그러나 우리나라의 대기환경기준<sup>18)</sup>인 연간 SO<sub>2</sub> 평균치 0.03ppm은 초과하는 것이나 1일 평균치 0.14ppm과 지하생활공간 환경 권고치<sup>19)</sup>인 1일 평균 0.15ppm 및 지하공기질 기준<sup>30)</sup>인 1시간 평균

0.25ppm에는 훨씬 못 미치는 농도로 나타났다.

본 조사에서의 평균 SO<sub>2</sub> 농도는 환경부<sup>21)</sup>가 대기 자동측정망에서 동일한 시기(7월부터 11월)의 서울지역 20개소의 배월의 총측정값을 평균한 값인 0.0071ppm보다는 8배나 높은 값을 나타내었는데 이는 조사대상 지역이 다르고 분석방법(자동분석)의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

각 지하철역 간에는 통계학적으로 유의한 SO<sub>2</sub> 농도 차이를 나타내었으며(P<0.01), 가장 높은 SO<sub>2</sub> 평균농도를 보인 지하철역은 시청역으로써 0.067 ± 0.011ppm이며 이는 상부의 차량 통행량(다른 역에 비해 약 700여대가 많음)이 많고<sup>13)</sup> 다른 역에 비해 지하 상가의 환기 시설장치의 노후화와 가장 오래 전에 만들어진 1호선이면서 지상에서 가까워 지상의 오염된 공기가 쉽게 지하로 유입되기 때문에 농도가 높게 나타난 것이 아닌가 여겨진다. 가장 낮은 평균농도는 4호선의 혜화역으로 0.038ppm이었으며 이는 비교적 최근에 만들어진 것이며, 지상과 거리가 멀고 지하상가의 환기시설이 비교적 잘 되어 있기 때문으로 생각된다.

측정 시기별 SO<sub>2</sub> 평균농도는 11월에 0.071 ± 0.013ppm으로 가장 높았고 7월에 0.046ppm으로 가장 낮았다(P<0.01). 이는 환경부<sup>21)</sup>가 대기 자동측정망에서 분석한 7월부터 11월의 서울지역 20개소의 월별 평균치도 동일한 경향을 보였는데 일반적인

Table 1. Comparison of airborne SO<sub>2</sub> concentrations by sampling locations

(unit : ppm)

Month Date Sampling location	July		Aug.		Sep.		Oct.		Nov.		Total
	13th	26th	10th	24th	7th	20th	12th	25th	8th	22th	
City Hall	0.054	0.052	0.056	0.063	0.066	0.072	0.070	0.071	0.076	0.087	0.067 ± 0.011
Kang Nam	0.053	0.056	0.053	0.058	0.057	0.064	0.072	0.083	0.084	0.081	0.066 ± 0.013
Seoul station	0.048	0.046	0.047	0.050	0.052	0.054	0.063	0.058	0.072	0.069	0.056 ± 0.009
Hye Hwa	0.024	0.021	0.030	0.034	0.031	0.040	0.048	0.047	0.050	0.048	0.038 ± 0.010
Ulchiro 1 Ga	0.050	0.051	0.049	0.054	0.056	0.055	0.057	0.064	0.071	0.073	0.058 ± 0.008
Total	0.046 ± 0.013		0.049 ± 0.010		0.055 ± 0.011		0.064 ± 0.012		0.071 ± 0.013		0.057 ± 0.015

: P&lt;0.01 (compared with other subway stations by Kruskal Wallis 1 way ANOVA)

\* : P&lt;0.01 (compared with months by Kruskal Wallis 1 way ANOVA)

Table 2. Comparison of SO<sub>2</sub> concentrations in underground shopping centers by time

(unit : ppm)

Month Time Shopping centers	July		Aug.		Sep.		Oct.		Nov.		Mean ± S.D
	10:00	19:00	10:00	19:00	10:00	19:00	10:00	19:00	10:00	19:00	
Kang Nam	0.071	0.102	0.056	0.066	0.218	0.236	0.074	0.088	0.153	0.175	0.124 ± 0.067
Seoul station	0.073	0.083	0.038	0.048	0.174	0.190	0.062	0.072	0.096	0.120	0.096 ± 0.051
Ulchiro 1 Ga	0.083	0.105	0.049	0.055	0.195	0.233	0.070	0.076	0.131	0.155	0.115 ± 0.062
Mean	0.076	0.097	0.048	0.056	0.200	0.220	0.069	0.079	0.127	0.150	0.112 ± 0.059

로 아황산가스의 농도는 난방을 많이 하는 겨울철에 높게 나타났다는 보고<sup>17,23)</sup>와 유사한 경향을 보이는 것으로 보아 지하철역에서의 아황산 가스 농도는 외부 대기와 밀접한 관련이 있는 것으로 여겨진다.

## 2. 지하상가 공기중 SO<sub>2</sub>농도

지하철역(강남, 서울, 을지로역) 구내에 위치한 지하상가 내부의 공기중 SO<sub>2</sub> 농도를 7월부터 11월 까지 월별로 오전 10시와 오후 7시에 측정할 평균 농도는 Table 2와 같다.

각 월별 모두 오후 7시대에 측정할 SO<sub>2</sub> 농도가 오전 10시대 보다 높았는데 이는 지하상가의 통행 자수가 더 많은 시간대이고 지하상가에 입주한 음식점 등에서 연료로 사용하는 액화석유가스(LPG)의 연소시 발생하는 SO<sub>2</sub>에 기인한 것으로 생각된다. 또한 조사대상 지하상가 전체의 평균 SO<sub>2</sub> 농도가 0.112 ± 0.059ppm으로 지하철 역구내의 평균

농도 0.057 ± 0.015ppm보다 2배 가까이 나타난 것으로 보아 지하상가에서의 아황산가스 누출이 지하철 역구내의 SO<sub>2</sub> 농도에 많은 영향을 줄 것으로 여겨진다.

따라서 지하철역 구내의 쾌적한 실내환경을 유지하기 위해서는 지하상가의 각 점포별로 외부의 신선한 공기를 유입시켜 실내의 충분한 환기가 이루어지야 하지만 현재 우리나라의 외부공기 자체의 오염도도 높으므로 적절한 공기 청정장치(air cleaner)를 사용하여 유입되는 외부공기를 정화시키는 방법도 충분히 고려되어야 할 것으로 생각된다.

## 3. 지하철역 공간의 역사별·시간대별 공기중 SO<sub>2</sub> 농도 비교

지하철역 공간의 역사별·시간대별 공기중 SO<sub>2</sub> 농도는 Table 3과 같다. 시간대는 오전(08:00-10:00), 낮(12:00-14:00), 저녁(18:00-20:00)으로 구분하였다.

Table 3. Comparison of SO<sub>2</sub> concentrations by time

(unit : ppm)

Subway stations	08:00 - 10:00	12:00 - 14:00	18:00 - 20:00
City Hall	0.066	0.053	0.072
Kang Nam	0.057	0.041	0.064
Seoul station	0.052	0.043	0.054
Hye Hwa	0.031	0.031	0.040
Ulchiro 1 Ga	0.056	0.047	0.055
Mean ± S.D.	0.053 ± 0.012	0.043 ± 0.008	0.057 ± 0.012

∗ P < 0.05, compared with day time (Mann-Whitney test)

Table 4. Comparison of airborne SO<sub>2</sub> concentrations at the floor and platform in Kang Nam subway station (unit : ppm)

Sampling time	Floor	Platform
08:00 - 09:00	0.063	0.054
10:00 - 11:00	0.054	0.046
12:00 - 13:00	0.040	0.033
14:00 - 15:00	0.026	0.027
16:00 - 17:00	0.034	0.027
18:00 - 19:00	0.043	0.030
20:00 - 21:00	0.051	0.041
Mean ± S.D.	0.044 ± 0.013	0.037 ± 0.010

∗ P < 0.01, compared with platform (Mann-Whitney test)

평균 SO<sub>2</sub> 농도는 낮에 0.043ppm으로서 오전의 0.053ppm, 저녁의 0.057ppm보다 유의하게 낮았다 (P < 0.05). 이러한 결과는 지하상가에서의 취사로 인한 아황산가스 누출과 지상부에서 rush hour때의 교통기관에서 유래된 아황산가스가 통로를 통한 확산이나 외부공기의 지하유입 환기구를 통한 지하 유입이 그 원인으로 생각되며, 교통재중시간대의 농도가 평균수준보다 배이상 높다고 한 보고<sup>20)</sup>로 볼 때 외부공기의 오염이 그 하루의 지하공간에 영향을 미칠 수 있는 것으로 생각된다.

#### 4. 지하철 승강장과 복도의 공기중 SO<sub>2</sub> 농도비교(강남역)

강남역에서 승차장과 복도에서 SO<sub>2</sub> 농도를 측정된 결과는 Table 4.에서와 같이 승차장은 0.037ppm, 복도가 0.044ppm으로 복도에서 통계학적으로

로 유의하게 높은 농도를 보였다(P < 0.01). 이러한 결과는 지하철 승차장으로 지상부와 지하상가에서의 SO<sub>2</sub>가 대부분 유입되기 때문으로 여겨지며, 지하철도 운행에 따른 승차장으로의 아황산가스 유입 가능성은 미미한 것으로 생각된다. 따라서 바람직한 지하공간의 실내공기질을 유지하기 위해서는 이를 차단할 수 있는 대책이 강구되어야 하고, 단계별로 적절한 환기시설의 용량을 선택하여 보다 효율적인 관리가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

#### 5. 환승역(1/2 호선)에서의 공기중 SO<sub>2</sub> 농도비교(시청역)

환승역에서의 SO<sub>2</sub> 농도를 비교한 결과는 Table 5.와 같다.

시청역 1호선의 공기중 SO<sub>2</sub> 농도는 0.042ppm으로서 2호선의 0.033ppm보다 통계학적으로 유의하게 높았다(P < 0.05). 1호선의 공기중 SO<sub>2</sub>농도가 2호선의 SO<sub>2</sub>농도보다 높은 것은 1호선 승차장의 경우는 2호선 승차장보다 지상에서 가깝고, 환기 방식에 있어서도 1호선 승차장에서는 배기만 실시하여 외부공기가 쉽게 유입될 수 있지만, 2호선의 경우는 공기 청정기를 통한 흡기와 배기를 동시에 실시하기 때문에 오염된 외부공기의 유입이 비교적 적은 때문으로 생각된다.

따라서 보다 쾌적한 실내공기질을 지하철 이용자들에게 제공하기 위해서는 실내공기 오염에 대한 방지책으로 환기를 철저히 하고, 실내공기오염물질 발생시키는 발생원을 제거·대체 또는 개선하는 것은 물론이고, 유입 공기에 정화장치를 사용하여 모든 지하철역을 이동하는 사람들에게 공기오

Table 5. Comparison of airborne SO<sub>2</sub> concentrations at transit line of City Hall subway station (unit : ppm)

Sampling time	Line #1	Line #2
08:00 - 09:00	0.037	0.033
10:00 - 11:00	0.034	0.029
12:00 - 13:00	0.020	0.019
14:00 - 15:00	0.043	0.037
16:00 - 17:00	0.051	0.036
18:00 - 19:00	0.063	0.038
20:00 - 21:00	0.044	0.039
Mean ± S.D.	0.042 ± 0.014 <sup>*</sup>	0.033 ± 0.007

<sup>\*</sup> : p<0.05, compared with line #2 (Mann-Whitney test)

염분질로 인한 피해를 최소화하는 방향의 대책이 고려되어야 할 것으로 생각된다.

또한 정기적으로 지하공간의 SO<sub>2</sub> 농도를 측정하여 문제점을 찾아내고, 이에 대한 종합적인 대책을 수립하여 공중시설을 이용하는 사람들의 건강을 보호·유지·증진시키는데 노력해야 할 것이다.

#### IV. 결 론

본 조사는 서울 시내에 위치한 지하철역 5개소(시청역, 강남역, 서울역, 혜화역, 을지로 1가역)와 환승역 1개소(시청역)와 연계된 지하 상가 3개소(강남역, 서울역, 을지로 1가역)를 대상으로 1997년 7월부터 11월까지 공기중 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 농도를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 전 지하철역의 평균 SO<sub>2</sub> 농도는 0.057 ± 0.015 ppm이었다. 각 지하철 역 간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며(P<0.01), 가장 높은 SO<sub>2</sub> 평균농도를 보인 지하철역은 시청역으로써 0.067 ± 0.011 ppm이었고, 가장 낮은 평균농도는 4호선의 혜화역으로 0.038 ppm이었다. 측정 시기별 SO<sub>2</sub> 평균농도는 11월에 0.071 ± 0.013 ppm으로 가장 높았고 7월에 0.046 ppm으로 가장 낮았다(P<0.01).
2. 지하철역(강남, 서울, 을지로역) 구내에 위치한 지하상가 내부의 SO<sub>2</sub> 농도는 평균 0.112 ± 0.059 ppm으로 지하철 역구내의 평균농도보

다 2배 가까이 나타났으며, 오후 7시대에 측정된 농도가 오전 10시시대보다 높았다.

3. 지하철역 공간의 시간대별 평균 SO<sub>2</sub> 농도는 낮에 0.043 ppm으로서 오전의 0.053 ppm, 저녁의 0.057 ppm보다 유의하게 낮았다(P<0.05).
4. 강남역의 복도에서 0.044 ppm으로 승차장의 0.037 ppm보다 통계학적으로 유의하게 높은 농도를 보였다(P<0.01).
5. 환승역인 시청역 1호선의 SO<sub>2</sub> 농도는 0.042 ppm으로서 2호선의 0.033 ppm보다 통계학적으로 유의하게 높았다(P<0.05).

이상의 결과로 볼 때 지하철역 구내는 우리나라의 대기환경기준인 연간 SO<sub>2</sub> 평균치 0.03 ppm은 초과하고 있으나, 1일 평균치 0.14 ppm과 지하생활 공간 환경 권고치인 1일 평균 0.15 ppm 및 지하공기질 기준인 1시간 평균 0.25 ppm에는 못 미치는 농도로 나타났지만 상당히 높은 상태이므로 정기적인 실내환경에 대한 관리와 대책마련이 필요할 것으로 생각된다.

#### 참 고 문 헌

1. 김윤신, 윤영훈, 강미옥, 강혜진 : 사무용 건물에서 실내공기질의 조사연구, 환경과 산업의학, 3(1), 99-111, 1993.
2. 김윤신, 김동술, 이주형 : 실내외 공기질의 유해평가관리 및 기준치 개발에 관한 연구, 한국과학재단, KOSEF 89-0705-03, 1991.
3. 김윤신 : 실내공기오염에 관한 소고, 한국대기보전학회지, 9(1), 33-43, 1993.
4. 김윤신 : 실내환경과학, 민음사, 1995.
5. 손부순 : 환경과학 개론, 신광출판사, 서울, 1995.
6. 손부순 : 실내공기오염, 신광문화사, 서울, 1995.
7. 환경부 : 환경백서, 1998.
8. 신동천, 이효민, 김중만, 정 용 : 일부지역의 실내공기오염도와 건강에 미치는 영향에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 6(1), 73-84, 1990.
9. 김윤신, 윤영훈, 이도우, 강혜진 : 서울시 일부 호텔커피숍의 실내공기질에 관한 조사, 환경과 산업의학, 2(1), 67-70, 1992.
10. 정 용 : 실내 공기오염과 건강위해도 평가에

관한 연구, 연세대학교 환경공해연구소, 1989.

11. Revelle P, Revelle C : The environment, 2nd ed., Whillard Grant Press, 395-401, 1984.
12. 환경부 : 환경오염공정시험법(대기분야), 1997.
13. 이인린 : 도시지하공간의 공기중 SO<sub>2</sub> 농도에 관한 조사 연구, 석사학위논문, 서울대학교 보건대학원, 1988.
14. 문덕환, 이현우, 이채연 : 부산지역 4개 백화점의 공기오염도에 관한 조사연구, 한국산업위생학회지, 1(2), 164-179, 1991.
15. 손부순, 장봉기, 김영규 : 서울시 버스터미널의 이산화질소 및 아황산가스 농도, 대한위생학회지, 12(3), 51-59, 1997.
16. 김민영, 한상운, 김광진, 김용국 : 서울시내 주요 지하철차장의 공기오염 현황 조사 연구, 서울특별시 보건환경연구소보, 1986.
17. 박영미 : 대기중 아황산가스 농도변화에 영향을 미치는 인자, 석사학위논문, 연세대학교 보건대학원, 1985.
18. 대기환경보전법, 1996.
19. 환경부 : 환경백서, 1997.
20. 지하생활공간 공기질관리법, 1998.
21. 환경부 : 월별 대기질 현황, 하이텔 공개자료, 1998.
22. 남원진, 정순구, 박영미, 이정식, 김학성 : 청주 지역 대기중 SO<sub>2</sub>와 NO<sub>x</sub>의 농도조사(1993. 7~1994. 7), 충북대 환경안전연구소, 환경과학기술, 4(1), 29-37, 1994.
23. 환경부 : 환경위해성평가 및 관리기술 대기오염물질의 위해성평가 및 관리기술, 연세대학교 환경공해연구소, 제 2단계 1차년도 연차보고서, 1997.