

천안시내 지하상가의 이산화질소 및 이산화황 농도

손부순 · 장봉기
순천향대학교 환경보건학과

Concentration of NO₂ and SO₂ of Underground Shopping Center in Chonan City

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

Abstract

Seasonal variation of NO₂ and SO₂ concentration was investigated at the underground shopping center in Chonan from October 1997 to August 1998.

NO₂ and SO₂ was collected by personal air sampler at 0.4 l/min and 0.5 l/min respectively and analyzed using UV spectrophotometer at 550nm and 548nm individually.

The results were as follows.

1. The concentration of NO₂ was 0.070 ppm in spring, 0.068 ppm in summer, 0.074 ppm in autumn and 0.085 ppm in winter. There was no significant difference.
2. The concentration of SO₂ was 0.0233 ppm in spring, 0.0216 ppm in summer, 0.0188 ppm in autumn and 0.0621 ppm in winter. There was significant difference ($p < 0.01$).
3. The higher concentration of NO₂ and SO₂ gases were shown near the cafeteria ($p < 0.001$, $p < 0.05$).
4. The higher concentration of NO₂ was observed at indoor than the underground passage. There was significant difference between two values ($p < 0.01$).

I. 서론

산업의 발달과 도시화의 지속적인 진행으로 사람의 생활습관은 보다 많은 시간을 실외보다 실내에서 생활하도록 바뀌어 가고 있다^{1,2)}. 현재 도시 거주자의 대부분이 하루중 80~90%의 시간을 직장이나 학교 및 가정의 실내에서 생활하고 있으며, 노인이나 환자 및 어린이들은 하루의 거의 모든 시간을 실내에서 생활하고 있다^{3,4)}. 선진 구미 각국에서는 70년대를 전후하여 이미 몇몇 오염물질

의 농도가 실외보다 실내에서 더 높게 나타남을 입증하여 실내공기 오염이 인체에 미치는 건강장해 및 공중보건학적 문제에 대하여 관심을 집중하고 있는 실정이다^{5,6)}. 더욱이 제한된 장소를 효율적으로 활용하기 위해 지하공간의 이용율이 늘어가면서 지하공간에서의 생활시간도 증가되는 경향을 보이고 있어 실내환경의 일부분인 지하 공간내 공기오염의 건강영향에 대한 관심이 고조되고 있다. 우리나라에서도 지하시설물중의 일부분인 지하상가는 1967년 서울 시청 앞 지하상가를 시작으로

대도시에 많이 신설되고있는 추세이다. 이런 지하상가는 통로로서 사람의 왕래가 많고 또한 쇼핑센터, 음식점, 상점 등이 있어 도시생활자들이 항상 이용하는 중요한 생활공간으로서 점차 정착되어가고 있는 실정이다^{1,2)}. 그러나 이러한 지하공간의 급·배기 및 온·습도의 조절을 인공적으로 실시하고 있어 특히 겨울철에는 에너지 절약의 한 이유로써 실온유지를 위한 불충분한 환기로 인하여 외부와의 공기순환이 잘 이루어지지 않아 각종 오염물질이 조금만 발생되더라도 그대로 축적되어가고 있는 실정에 있으며 이들 공기를 호흡하고 있는 지하공간 내에서 근무하는 근로자들은 물론 지하공간을 이용하는 일반시민들에게까지도 그 피해가 우려된다. 또한 겨울철에는 많은 난방기구의 사용으로 다량의 SO₂, NO₂ 등이 배출되어 여름철보다 더 많은 환기가 필요해진다. 이에 계절의 변화가 실내공기의 오염에 어느 정도 영향을 미치는지 조사하고 또한 오염원의 분포에 따른 국지적인 오염농도의 차이를 조사하여 난방기구 등의 많은 사용으로 인해 계절 및 장소에 따라 큰 차이가 있다면 이에 따른 환기량이나 환기 횟수도 개선되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 지하생활권내의 SO₂, NO₂의 농도를 지하상가 내부 3개 지점에서 측정하고

계절 및 장소의 변화에 따른 공기오염 농도와의 상관성을 조사하여 천안시 지하상가 뿐 아니라 전국 지하생활권내의 지속적인 오염정도 조사와 이러한 연구의 필요성을 제시하며 일반대중의 실내 공기오염에 대한 인식을 높이고 지하 생활권내에서 생활하는 많은 사람들의 관심과 보다 나은 환기 등 오염감소대책을 수립하는데 기초자료를 제공코자 한다.

II. 연구방법

1997부터 1998년 현재 운영중인 모든 점포 및 통로를 포함한 천안 시내 지하상가를 대상으로 하였다. 천안시 지하상가는 1989년에 처음 건설되어 운영되어 오다가 1994년 추가 건설되어 현재 257개의 점포가 운영 중에 있다.

측정지점은 지하상가내부 지형, 연구목적 등을 고려하여 그림 1과 같이 정하였다. 취사연료로 가스 및 석유레인지 등을 주로 사용하는 식당 밀집지역과 자동차 배기가스 발생 예상지역인 지하 주차장 입구(지하주차장은 지하 1층, 지하상가는 지하 2층에 위치해 있다), 그리고 이 두 곳에서 떨어진 통로 중간지점으로 선정하였다.

조사 기간은 계절별 농도차이를 보기 위해 1997

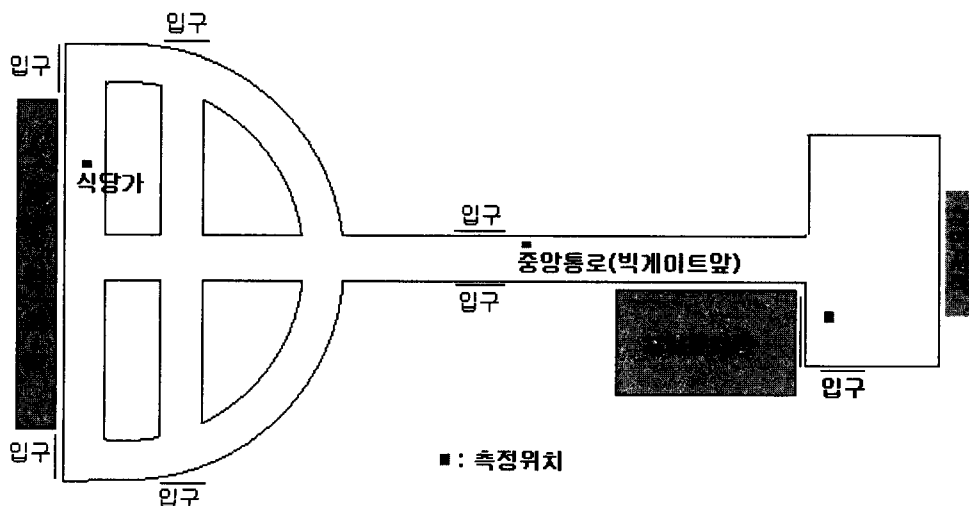


Fig. 1. Sampling sites.

년 10월(가을), 12월-1월(겨울), 1998년 3월(봄), 7월-8월(여름)까지 측정하였으며 오전과 오후, 하루 2회씩 측정하였다. 또한 식당내부와 식당통로지점에서의 농도차이 분석을 위해 식당 내·외부도 측정하였다.

조사 항목으로는 실내 난방 및 취사연료 사용시 발생하는 이산화질소(NO_2), 이산화황(SO_2)를 측정하였다.

2. 시료포집 및 분석방법

시료포집 및 분석은 우리나라 환경오염공정시험법인면서 미국환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)의 공정시험법인 파라로자닐린법(SO_2)과 수동 Saltzman법(NO_2)에 따라 실시했다.

2.1 NO_2 의 시료포집 및 분석

NO_2 의 분석을 위한 시료포집을 위해 0.1% 보관용 발색액(n-1-N.E.D.C) 20ml와 아세톤 10ml를 가하고 탈이온수를 부어 1000ml로 만들어 Midget impinger에 10ml를 넣은 후 개인용시료포집기에 연결하여 0.4 l/min의 속도로 30분간 흡입하였다.

포집된 시료의 분석은 25ml 메스플라스크에 흡수액을 표선까지 채워 바탕용액으로 하였으며 표준용액은 차례로 검량선용 아질산나트륨 표준용액을 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 그리고 1.0ml씩을 정확히 취하여 넣은 후 흡수액으로 표선까지 채워 충분히 혼합시켰다. 이것들을 15분간 방치하여 완전히 발색시킨 후 자외선 분광 광도계를 이용하여 550nm에서 흡광도를 측정하였다.

2.2 SO_2 의 시료포집 및 분석

시료의 포집은 흡수액(TCM : K_2HgCl_4)을 만들어 Midget impinger에 10ml를 넣은 후 개인용시료포집기(personal air sampler)에 연결하여 0.5 l/min의 속도로 30분간 흡입하였다.

포집된 시료의 분석은 TCM용액 10ml를 25ml용량플라스크에 넣어 바탕용액으로 하였으며, 표준용액은 25ml용량플라스크에 검량선용 아황산-TCM용액을 단계적으로 0.5, 1, 2, 4ml씩 넣은 후 흡수액을 10ml씩 넣었으며 자외선 분광 광도계(UV-visible spectrophotometer)를 이용하여 548nm에서

흡광도를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 이산화질소(NO_2)의 계절별, 장소별 농도변화

1.1 계절에 따른 이산화질소의 농도

천안시내 지하상가 내부의 계절에 따른 이산화질소 농도를 보면 Table 1에서와 같이 여름이 0.068 ppm으로 가장 낮고 겨울철이 0.085 ppm으로 약간 높게 나타났으나 계절에 따른 통계학적인 유의한 차이는 보이지 않았다. 그러나 최 등⁷⁾의 부산시내 지하생활권의 공기 오염도 조사에서는 동절기의 평균농도가 0.052 ppm으로 하절기의 0.042 ppm보다 유의하게 높았다고 보고하여 본 연구와 다소 차이는 있지만 겨울철에 높게 나타나는 경향은 유사하였으며, 대구지역 공중위생시설중 지하상가에서의 계절별 이산화질소 농도⁸⁾와 대기중 이산화질소 농도를 계절별로 조사한 민⁹⁾의 연구결과와도 유사한 경향이었다. 이로 볼 때 이산화질소의 주 오염원인 난방기기 및 주방기구의 사용으로 인하여 지하상가에서는 겨울철의 난방기구 사용의외에도 여름철기간 중에서도 지하상가 점포내에서 주방연료 사용이 이산화질소 농도를 증가시키는 것이 아닌가 생각된다.

본 조사의 4계절 평균 이산화질소 농도는 0.075 ppm으로서 대기환경기준¹⁰⁾인 연평균 0.05 ppm을 초과하고 있으나 지하생활공간공기질관리법¹¹⁾의 지하생활공간의 공기질 유지기준인 1시간 평균치 0.15 ppm에는 미치지 못하지만 상당히 높게 나타났는데 이는 서울의 대기중 이산화질소의 1997년과 1998년의 평균농도¹²⁾인 0.032 ppm, 0.030 ppm보다 2배 이상 높은 값을 보였다. 본 연구의 대상 지하상가가 위치한 곳은 천안역사 앞으로서 교통량이 가장 많고, 신호등 앞에 위치하고 있어 신호 대기차량의 공전과 서행으로 인해 발생하는 배출가스 중의 이산화질소가 직접 지하상가 출입구 및 환기구로 유입될 가능성이 많은 것도 그 이유가 될 수 있을 것이다.

Table 1. NO₂ concentration by season

Season	No.	NO ₂ (ppm)	
		Mean ± S.D.	Sig.
Spring	12	0.070 ± 0.024	N.S.
Summer	33	0.068 ± 0.013	
Autumn	24	0.074 ± 0.019	
Winter	24	0.085 ± 0.028	
Total	93	0.075 ± 0.023	

N.S. : Not significance

Table 2. NO₂ concentration by position

Site	No.	NO ₂ (ppm)	
		Mean ± SD	Sig.
Entrance of underground parking lot	31	0.068 ± 0.020	p < 0.001
Pathway	31	0.071 ± 0.021	
Around restaurant	31	0.086 ± 0.023	

1.2 장소에 따른 이산화질소의 농도

장소에 따른 이산화질소의 농도는 Table 2와 Fig. 2에 나타난 대로 3개 장소중 식당주변의 평균 농도가 0.086 ppm으로 유의하게 높게 나타났다 (p < 0.001). 이는 취사기구를 사용하는 점포가 밀집되어있는 식당주변 음식점의 연소가스 등이 혼합되어 실내공기질을 더욱 악화시키는 것이라고 여겨지며 박 등¹³⁾, 김 등¹⁴⁾의 연구에서도 취사와 난방에 의한 이산화질소의 발생량이 많음을 보고했다.

지하주차장 입구에서 이산화질소 농도가 0.068 ppm으로 가장 낮게 나타난 것은 지하 1층에 위치해 있고, 시료채취지점인 지하상가는 지하 2층이어서 거의 격리되어 있으며 조그마한 출입문으로 지하상가로 내려가도록 되어 있고, 항상 단혀 출입시에만 열도록 되어 있어 지하상가의 배기가스 유입은 미미하기 때문으로 생각된다.

1.3 식당내·외부의 이산화질소 농도

Table 3과 같이 식당내부에서의 농도는 0.091 ppm으로 식당외부(식당앞 통로)의 0.065 ppm 보다 유의하게 높은 농도를 보였다(p < 0.01). 이는

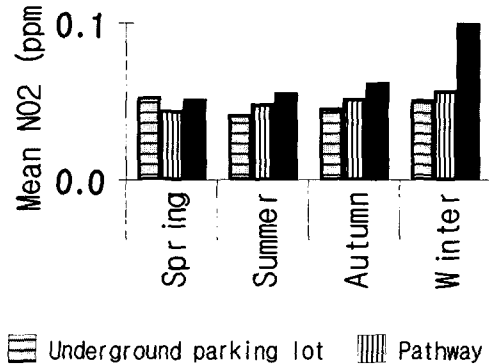


Fig. 2. Changing pattern of NO₂ concentration by season and position.

Table 3. NO₂ concentration of inside and outside of the restaurant

Site	No.	NO ₂ (ppm)	
		Mean ± S.D.	Sig.
Inside of the restaurant	2	0.091 ± 0.005	p < 0.01
Out side of the restaurant	13	0.065 ± 0.016	

Melia 등¹⁵⁾의 연구에서 부엌에서의 가스이용 취사 가정의 이산화질소 농도가 0.112 ppm 인데 비하여 전기이용 취사 가정에서는 0.018 ppm으로 보고한 것과 같이 지하상가 식당가에서 조리시 사용하는 연료가 대부분 가스나 석유렌지의 연소에 기인하여 높은 농도를 나타낸 것으로 여겨진다.

2. 이산화황(SO₂)의 계절별, 장소별 농도변화

2.1 계절에 따른 이산화황의 농도

천안지하상가의 이산화황의 계절별 농도는 봄철이 0.023ppm, 여름이 0.022ppm, 가을이 0.019ppm 그리고 겨울이 0.061 ppm으로 겨울철이 가장 높고 가을철이 가장 낮게 나타났다(p < 0.001)(Table 4).

이는 송과 김¹⁶⁾의 서울시 지역별 이산화황 오염도 조사와 송 등⁸⁾의 대구지역 공중위생시설중 지하상가에서의 농도 및 손과 장¹⁷⁾의 서울지역 지하철역 구내의 이산화황 농도 조사에서도 본 연구와 같은 경향을 나타내었다. 그러나 최 등⁷⁾의 부산시

내 지하생활권의 공기 오염도 조사에서는 동절기의 평균농도가 0.036 ppm으로 하절기의 0.040 ppm보다 낮았다고 보고하여 본 연구와 반대의 경향이었는데 이는 지하상가의 난방형태의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

이처럼 천안 지하상가의 겨울철 이산화황 농도가 가장 높은 이유는 중앙난방이 이루어지고는 있지만 충분한 난방이 되지 않음으로 해서 각 점포별로 개별적인 난방기구의 사용으로 인해 농도가 높게 나타난 것으로 여겨진다. 외기와 달리 실내의 공기오염도는 환기상태에 따라 달라지는데 본 지하상가의 경우 지하상가 전체의 환기는 국소배기 환기구가 몇 안되어 주로 통로에서 불어오는 자연 환기에 의존하는데 겨울철에는 난방을 유지하기 위해 지상에서 지하로 내려오는 출입문들을 밀폐하는 경향이 있어 봄, 여름, 가을에 비해 오염물질 농도가 겨울에 더 높은 이유중의 하나로 생각된다.

본 조사의 4계절 평균 이산화황 농도는 0.032 ppm으로서 대기환경기준¹⁰⁾인 연평균 0.03 ppm을 초과하고 있으나 지하생활공간공기질관리법¹¹⁾의 지하생활공간의 공기질 유지기준인 1시간 평균치 0.25 ppm에는 훨씬 못 미치지만 상당히 높게 나타났는데 이는 서울의 대기중 이산화질소의 1997년과 1998년의 평균농도¹²⁾인 0.011 ppm, 0.008 ppm보다 3배 이상 높은 값을 보였다. 이로 볼 때 난방기구의 사용으로 인한 요인뿐만 아니라 자동차 배출가스 중의 이산화황 또한 직접 지하상가 출입구 및 환기구로 유입될 가능성이 많은 것도 그 이유가 될 수 있을 것이다. 손 등¹⁸⁾의 서울시 버스터미널의 이산화황의 평균농도가 0.0317 ppm으로 본 조사와 거의 같은 농도를 보여 자동차에 의한 영향을 뒷받침하는 것으로 생각된다.

Table 4. SO₂ concentration by season

Season	No.	SO ₂ (ppm)	
		Mean ± S.D.	Sig.
Spring	12	0.023 ± 0.032	p < 0.001
Summer	33	0.022 ± 0.012	
Autumn	24	0.019 ± 0.011	
Winter	24	0.062 ± 0.053	
Total	93	0.032 ± 0.037	

2.2 장소에 따른 이산화황의 농도

장소별 농도는 지하주차장 입구에서 0.027ppm, 중앙통로가 0.023ppm 그리고 식당주변이 0.045ppm으로 가장 높게 나왔다(p<0.05)(Table 5)(Fig. 3).

이는 식당에서 취사연료로 사용하는 석유의 연소에 의한 것에 기인한 것으로 생각된다. 초창기 지하상가에서는 식당에서 취사도구로 석유를 기화해 사용하는 석유레인지를 사용하였다. 지금은 가스의 사용이 점차 늘고는 있으나 아직까지도 석유레인지를 사용 비율이 높으므로 좀더 나은 지하공기를 유지하기 위해서는 청정연료 보급의 확대가 시급하다고 생각된다.

이산화황 및 이산화질소의 실내오염원은 대체적으로 주방 및 난방연료가 원인인 되고 있다. 따라서 인공적인 환기가 필요한 대부분의 지하상가의 경우 각 점포내에서 사용하는 가스 및 석유난로 등이 이산화질소, 이산화황의 발생원이 된다고 가

Table 5. SO₂ concentration by position

Site	No.	SO ₂ (ppm)	
		Mean ± S.D.	Sig.
Entrance of underground parking lot	31	0.027 ± 0.028	p < 0.05
Pathway	31	0.023 ± 0.019	
Around restaurant	31	0.045 ± 0.053	

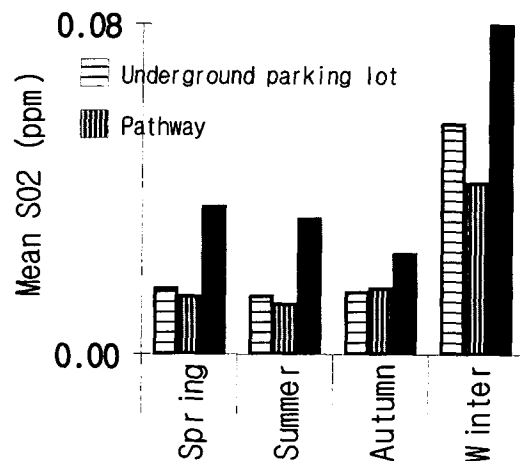


Fig. 3. Changing pattern of SO₂ concentration by season and position.

정할 수 있다. 특히, 지하상가내 음식점에서 사용하는 주방연료가 해당 점포내의 실내 이산화황 및 이산화질소 농도를 증가시키는 한편 지하도의 평균농도에도 큰 영향을 줄 것이라 시사되고 있다.

이에 따른 관리대책으로 환기설비 운영을 점검하고, 지하상가내 위생관리 및 환기설비기준을 현실정에 맞게 관계법규를 설정하여 근본적으로 환기설비의 정상적인 운영이 유지되도록 하여야 할 것이며, 정기적으로 상가주민을 대상으로 지하환경 오염의 중요성을 인식하고 주민 스스로 깨끗한 지하환경을 유지할 수 있도록 각종 홍보활동을 통하여 유도하여야 할 것이다.

아울러 대부분의 지하철이나 지하상가 등이 대도시의 교통량이 많은 도로변에 설치되어있어 지하공간으로 공급되는 공기로 인한 2차적인 오염방지를 위한 대책의 일환으로 청정장치를 거친 외부공기의 유입을 적극 고려하여야 할 것이다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 1997년부터 1998 현재 운영 관리중인 점포 및 통로를 포함한 천안지역 지하상가(천안역 앞 대흥동 소재) 전체를 대상으로 이산화질소 및 이산화황의 농도를 지하상가 내부 3개 지점(지하주차장 입구, 중앙통로, 식당주변)으로 나누어 계절별 및 장소에 따른 농도변화를 파악하기 위해 1997년 10월(가을), 12월~1월(겨울), 1998년 3월(봄), 7월~8월(여름)까지 오전, 오후로 나누어 측정된 결과는 다음과 같다.

1. 천안시내 지하상가의 NO₂ 평균농도는 여름철에 0.068 ppm으로 가장 낮고 겨울철이 0.085 ppm으로 약간 높게 나타났으나 통계학적인 유의한 차이는 없었다. SO₂의 평균농도는 봄과 여름의 농도가 각각 0.023 mppm, 0.022 ppm으로 비슷했으나 겨울철은 0.062 ppm으로 유의하게 높은 농도를 보였다(p<0.001). 4계절 평균 NO₂, SO₂ 농도는 0.075 ppm, 0.032 ppm이었다.
2. 장소에 따른 비교에 있어서는 NO₂ 및 SO₂ 모두 식당주변에서 가장 높게 나타났다(각각, p<0.01, p<0.05).

3. NO₂의 식당내 농도가 외부보다 유의하게 높았다(p<0.01).

이상의 결과로 볼 때 천안시의 지하상가는 우리나라 대기환경기준인 연간 NO₂ 평균치 0.05 ppm, SO₂ 평균치 0.03 ppm을 초과하고 있으나 지하공기질 기준인 1시간 평균치 0.15 ppm과 0.25 ppm에는 훨씬 못미치는 농도로 나타났지만 상당히 높은 상태였는데 이는 식당내부의 취사도구인 가스 및 석유렌지 등의 직접적인 발생원과 도로변에서의 유입 및 충분하지 못한 환기설비에 기인한다고 생각되며, 보다 원활한 환기설비를 갖추고 이에 대한 지속적이고 철저한 관리가 필요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. 김윤신, 윤영훈, 강미옥, 강혜진: 사무용 건물에서 실내공기질의 조사연구, 환경과 산업의학, 3(1), 99-111, 1993
2. 김윤신: 실내외 공기질의 유해평가관리 및 기준치 개발에 관한 연구, 한국과학재단, 1991
3. 김윤신: 실내공기오염에 관한 소고, 한국대기보전학회지, 9(1), 33-43, 1993
4. 김윤신: 실내환경과학, 민음사, 서울, 1995
5. 신동천, 이효민, 김종만, 정 용: 일부지역의 실내공기오염도와 건강에 미치는 영향에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 6(1), 73-84, 1990
6. 김윤신: 실내공기오염에 관한 소고, 한국대기보전학회지, 9(1), 33-43, 1993
7. 최성용, 문덕환, 이종태, 송인혁, 이채연, 이승민: 부산시내 지하생활권의 공기 오염도와 온열인자에 관한 조사연구, 예방의학회지, 27(3), 505-516, 1994
8. 송희봉, 민경섭, 한개희, 김종우, 백성욱: 대구 지역 공중이용시설의 실내·외 공기 중 기준성오염물질의 농도, 한국대기보전학회지, 12(4), 429-439, 1996
9. 민숙주: 한국의 대기오염농도와 기후요소의 관계, 석사학위논문, 건국대학교 대학원, 1995
10. 환경부: 환경백서, 1998
11. 환경부: 지하생활공간공기질관리법, 제정 96. 12.

- 30 법률제5224호, 법제5조, 시행규칙 제3조, 1997.
12. 환경부 : 환경통계연감, 1999
 13. 박명순, 김두희, 장봉기, 정경동, 박순우 : 이산화질소의 실내의 농도 및 개인 피폭량, 경북대학교 환경과학연구소 논문집, 5, 41-55, 1991
 14. 김준연, 김정만, 정갑열, 김용규, 김동일, 김두희, 장봉기, 정경동, 박순우, 홍대용, 이종섭, 유일수 : Palmes tube를 이용한 지역별 NO₂농도와 직종별 NO₂ 개인폭로량에 관한 연구, 대한의학협회지, 33(10), 1128-1136, 1990
 15. Melia, R.J.W., Florey, C., Du, V. and Palmes, E.D. : Differences in NO₂ levels in kitchens with gas or electric stoves, Atmos. Environ., 12, 1379-1381, 1978
 16. 송동용, 김원만 : 서울시 지역별 SO₂ 오염도 분석에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 7(1), 23-30, 1991
 17. 손부순, 장봉기 : 서울지역 지하철역 구내의 아황산가스 농도, 대한위생학회지, 14(1), 17-23, 1999
 18. 손부순, 장봉기, 김용규 : 서울시 버스터미널의 이산화질소 및 아황산가스 농도. 대한위생학회지, 12(3), 51-59, 1997