

아산지역 도로변의 NO₂ 및 TSP 농도에 관한 연구

손부순 · 김현탁 · 차정훈*

순천향대학교 환경보건학과 · 국립환경연구원*

A study on NO₂ and TSP Levels of the Major Trunk Road in Asan-area

Bu-Soon Son · Hyun-Tak Kim · Jong-Hun Cha.*

*Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University
Nation Institute of Environmental Research**

Abstract

The atmospheric concentrations of Nitrogen Dioxide (NO₂) and Total Suspended Particulates (TSP) at the traffic road side were measured in Asan area, Choongchung-namdo during May 1998 and January, 1999.

The results of the study are as follows ;

1. The average value of airborne NO₂ and TSP levels were 28.5ppb and 5.9mg/m³ in Asan area.
2. The concentration distribution of NO₂ and TSP is high for the season of winter. On a daily pattern, somewhat high value is appeared in the afternoon.
3. For the station, terminal, and Shinchang, the average value of NO₂ is 33.6ppb, 27.9ppb and 24.1ppb in sequence, and the ones of TSP is 6.3mg/m³, 6.0mg/m³ and 5.3mg/m³ in order.
4. The high levels of NO₂ and TSP were positively related to traffic volume.

Key words : NO₂, TSP, Traffic volume, Asan area.

I. 서 론

급속한 도시화와 산업화 및 교통량의 팽창은 도시지역 대기환경의 오염을 가속화 시켰다.^{1, 2)}

최근의 대기오염은 고농도 오염의 중심인 황산화물(SOX)에 의한 오염은 개선되고 있지만, 질소산화물(NOX), 부유 입자성물질(Total Suspended particulate 이하 TSP)에 의한 오염은 증가되는 상태를 보이고 있다. 오염의 양태도 공장 등의 화석

연료 연소에 의한 오염이 중심이었던 것에서 자동차 주행에 동반되는 배출가스등, 일상 생활에 한층 밀착된 오염으로 변화하고 있다.^{3, 4)}

또 도시 지역의 간선 자동차 연도 등에 있어서 국소 오염이 칼로즈업 되고 건강영향은 종래의 이산화황(SO₂)을 중심으로 한 단일오염에서, 이산화질소(NO₂), SPM (Suspended Particulate Matter) 등의 복합오염으로 취급되어 저야 할 필요성이 대두되고 있다.¹⁾

근래들어 급격히 증가되고 있는 자동차 수와 빈번한 도로 공사로 많은 배기가스와 분진이 대기중 배출되고 있으며, 이로인해 도로변의 대기오염은 날로 심각해 지고 있다. 특히 도로 사정에 비해 많은 교통량을 수용한 결과 도로변에서 정체 또는 저속 주행 등으로 대기오염 물질의 배출량을 증가시켜 시민의 건강장해가 증가 될 것으로 예상된다.⁵⁾

또한 도로변에 고층건물과 상가가 밀집되어 있고 오래전에 건설된 도로가 많으므로 차량통과가 많을 때 대기오염물질이 다량 발생하여 확산되지 않을 가능성도 크다.⁶⁾

이와같이 도로변 대기오염에 대한 관심이 집중되고 있지만, 충남지역을 중심으로 그 실태를 조사한 예는 거의 없는 실정이다.

본 연구는 아산시 지역중 자동차로 인한 대기오염이 예측되는 지역을 선정하여 대기중 분진 및 NO₂ 농도를 조사하여 도로변 대기오염의 정도를 파악하고, 도시계획과 대기오염관리 대책에 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 실시하였다.

II. 연구방법

1. 측정기간과 측정항목

조사대상 지역은 아산시 국도 25호선 주변 지역에서 국도 21호선에 이르는 3지역(아산시 터미널, 아산역, 신창; 순천향대학부근)이 었다.

이 지역은 1일 교통량이 약 30000대로 되어있고,⁷⁾ 아산지역에서도 비교적 교통량이 많은 지역이다.

조사기간은 1998년 5월 1일부터 1999년 1월 30일까지 4회에 걸쳐서 실시 되었다. 시료는 오염물질의 일변화를 고려하여 오전(09:00-09:30), 점심(12:30-13:00), 오후(15:30-16:00)로 나누어 채취하였다.

조사 항목으로는 이산화질소(NO₂), 입자상물질(TSP)을 측정 하였다.

2. 시료포집 및 분석방법

NO₂의 시료포집 및 분석은 우리나라 환경공정 시험법⁸⁾ 이면서 미국EPA(Environmental Protection Agency)의 공정 시험법인 수동 Saltzman법

을 이용했다.

NO₂의 분석을 위한 시료포집을 위해 0.1% 보관용 발색액(n-1-N.E.D.C)원액은, n-1-N.E.D.C 0.1g을 탈이온수 100mg에 녹이고 흡수액은 빙초산 140mg에 탈이온수를 가해 용해시켜 약 900mg로 희석시킨다. 이 초산용액에 무수설파닐산 5.0g 또는 p-NH₂C₆H₄SO₃H H₂O 5.5g을 가하고 서서히 가열하면서 용해시킨다.

이 용액을 완전히 냉각시킨 후 0.1%-n-1-N.E.D.C 보관용액 20ml와 아세톤 10ml를 가하고 탈이온수를 부어 1000ml로 만들어 Midget impinger에 10ml를 넣은 후 개인용시료포집기(personal air sampling pump)에 연결하여 0.4 l/min의 유량으로 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 광도계(UV-Visible Spectrophotometer : multon Roy, Spectronic 601,USA)를 이용하여 550nm에서 흡광도를 측정하였다.

TSP측정에는 Digital Dust Indicator (SIBATA Scientific Technology社: Model p-5L2)를 이용했다.

측정원리는 부유분진에 빛을 쏘이면 동일 입자계에서는, 분진에 의한 광(光)산란양은 중량농도에 비례한다는 것을 이용한 것이다.

즉, 시료공기를 광 차단한 검출기내로 연속적으로 흡인토록 하고 일정 광을 쏘여, 이때의 산란광을 광전자 증배관에서 검출 측정하는 것이다.⁹⁾

이 기기는 직측측정 결과를 읽을 수 있으며, 1분간의 측정치, CPM(Count Per Minute)으로부터 공기중 분진 농도로 환산할 수 있다.

이때 계산에 이용된 식은 다음과 같다.

$$\text{분진농도(mg/m}^3\text{)} = \text{cpm} \times \text{분진농도 변환계수(k)}^{10)$$

$$k: 0.01\text{mg/m}^3$$

(k:0.3u의 스테아린산의 입자 발생장치를 이용하여 교정된 값)

Table 1. Monthly change of NO₂ and TSP concentrations in atmosphere surveyed from 1998 to 1999. mean(S.D)

	May	August	November	January
** NO ₂ (ppb)	16.0 (6.4)	24.1 (11.5)	33.1 (2.1)	40.9 (0.7)
TSP(mg/m ³)	6.1 (0.6)	5.4 (1.1)	5.9 (0.4)	6.4 (0.1)
Traffic volume(NO.)	385	410	421	412

** P < 0.01 compared with monthly (NO₂) (Mann-whitney test)

분석결과는 통계프로그램(spss)을 사용하여 계절별, 측정장소별, 시간대별 NO₂, TSP 농도를 비교하였고, 비모수 검정법인 Kruskal-wallis 1-way ANOVA와 Mann-whitney 법으로 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 계절별 NO₂, TSP 농도

NO₂ 는 자동차의 배기가스와 산업체의 배기가스에 의한 2차적인 대기오염물질로 차량의 증가와 밀접한 관련을 맺고 있다. 특히 낮동안은 일사량이 많은 경우 광화학 반응에 의해 O₃를 형성하여 도시대기오염을 야기 시키는 중요한 물질이다.¹¹⁾

본 연구기간 동안 아산지역에서 측정된 NO₂ 농도는 16-41ppb 사이의 값을 나타내고 있었다. (Table 1)

Table 1.에서 보듯이 5월의 NO₂ 농도는 16.0ppb, 8월 24.1ppb, 11월 33.1ppb, 1월 40.9ppb로 일본의 대기환경 기준(40ppb)을 초과했던 경우는 1월이었다.

이번 결과는 부산지역의 광복동 지점에서 조사한 자료와 유사한 농도 분포를 나타내고 있으며¹²⁾, 우리나라의 장기대기환경기준(50ppb/year)이나 단기대기환경기준(80ppb/day, 150ppb/hr)을 초과하지 않았다.

각종 산업시설에서 화석연료의 연소 또는 디젤 자동차의 증가에 의한 인위적인 배출원에서 주로 발생하는 입자상 물질의, 측정기간중 농도는 5월

6.1mg/m³, 11월 5.9mg/m³, 8월 5.4mg/m³, 1월 6.4mg/m³ 이었다. 이들 결과는 전등¹³⁾, 이 보고한 농도인 춘천 3.95mg/m³ 보다 높은 수치로, 이와같은 차이는 원주, 춘천지역의 경우는 주택가 외곽지역을 대상으로 했고, 아산은 도시 중심지역이 대상이었던 점과 아산의 이번 연구대상지역은 도로변에 초목이 거의 없었던 점등을 고려한다면 조사대상지역이 갖는 특성 차이가¹⁴⁾ 이들 농도에 영향을 준 것으로 생각된다.

본 연구에서 사용된 것과 동일한 측정기기를 이용한 이 등¹⁵⁾의 연구결과를 보면 청소시간의 A중학교 교실이 9.18mg/m³, 복도 6.25mg/m³, D중학교 교실 7.79mg/m³, 복도가 6.25mg/m³ 를 나타나 있다. 이들 농도와 본연구 결과를 비교하면 청소시간의 복도에서 측정된 결과와 비슷한 높은 농도를 알 수 있다.

이러한 결과는 측정장소가 도로변이기 때문에, 차량의 통행에 의해 비산되는 먼지도 TSP 고농도에 영향을 준 것으로 생각된다. 또한, 이번조사대상 지역이 고속전철 공사지역에 가까이 위치하고 있으므로 인한, 이들 공사의 영향과 도로 포장 상태의 불량, 도로망에 비해 차량수가 많은 점¹⁶⁾ 그리고 인근에 득산공단, 인주공단 등이 자리하고 있어 이들의 종합적인 영향에 의한 것으로 생각된다.

또한 본 연구결과 NO₂ 의 경우 농도변화 양상이 봄에는 농도가 낮으나 겨울철로 갈수록 높아지고 있었고, 통계적으로도 계절별 유의한 차이(P<0.05)를 보였다.

TSP의 경우도 NO₂ 와 마찬가지로 겨울철의 농

Table 2. NO₂ and TSP concentrations in atmosphere by sampling Monthly at three sampling site.

mean(S.D)

sampling site		Monthly	May	August*	November	January
		terminal	11.8 (1.8)	25.5 (0.2)	34.0 (0.2)	40.2 (5.2)
NO ₂ (ppb)	station	23.4 (1.0)	34.8 (1.4)	34.7 (0.7)	41.5 (2.4)	
	shin chang	12.8 (0.5)	11.9 (0.6)	30.7 (0.8)	40.9 (2.1)	
	terminal	6.4 (1.6)	5.5 (1.5)	6.1 (1.7)	6.3 (1.2)	
TSP (mg/m ³)	station	6.5 (1.6)	6.3 (2.0)	3.2 (2.1)	6.4 (1.3)	
	shin chang	5.3 (0.4)	4.0 (0.5)	5.4 (0.6)	6.6 (0.8)	

* P < 0.05 compared with sampling site (NO₂) (Mann- whitney test)

도가 높아지고 있다.

이처럼 NO₂, TSP 모두 겨울철의 농도가 높았던 것은, 여름은 장마와 같은 강수로 인한 Rain out 과 wash out 에 의한 세정작용의 영향으로 낮아졌고, 겨울은 난방연료의 많은 사용이 원인¹¹⁾으로 작용한 것으로 사료된다. 더불어 측정일의 기상조건¹⁸⁾을 보면 겨울의 풍속이 0.6m/sec였던 반면에 다른 측정기간은 1.5(봄), 1.8(여름), 1.2(가을) m/sec 의 풍속을 보인것도 이번 NO₂, TSP의 계절적 농도변화에 영향을¹¹⁾ 준 요인으로 생각할수 있을 것이다.

Table 2.는 계절별, 측정장소별 농도분포를 나타내고 있다.

NO₂의 경우 역의 농도가 5월 23.4ppb, 8월 34.8ppb, 11월 34.7ppb, 1월 41.5ppb로 나타났고, 터미널은 5월 11.8ppb, 8월 25.5ppb, 11월 34.0ppb, 1월 40.2ppb, 신창의 경우는 5월 12.8ppb, 8월 11.9ppb, 11월 30.7ppb, 1월 40.9ppb였다.

여름철인 8월에는 장소별 농도가 통계학적으로 유의한 차이(P < 0.05)가 있었다.

이번 결과는 박등¹⁶⁾ 이 제시한 NO₂농도는 다른 계절별에 비해 여름이 낮았다는 보고와 같은 경향을 보였다.

TSP의 경우는 5월에는 터미널 6.4mg/m³, 역 6.6mg/m³ 으로 높고 1월은 신창, 역 터미널 순으로 농도가 높게 나타났다. 이처럼 NO₂, TSP 모두 겨울에 높은 농도를 보인 결과는 도시내에 늘어나고 있는 차량증가와 동계에 난방이나 산업용, 교통용 연료소비가 증가됨을 잘 반영해 주고 있는 것으로 생각되며, 나아가 LNG와 같은 청정연료의 공급계획의 수립 및 실천의 필요성을 강하게 제시하고 있는 것으로도 사료된다.

2. 시간별 NO₂, TSP농도

측정시간별 NO₂, TSP 농도분포는 Table 3, Table 4.에 나타나 있다.

NO₂농도의 경우 오전 27.4ppb, 점심 28.5ppb, 오후 29.6ppb였다.

TSP는 오전 5.1mg/m³, 점심 5.4mg/m³, 오후 7.2mg/m³의 농도 분포를 보이고 있다.

이들 결과는 김해지방의¹¹⁾ 연구보고에 의하면 시간에 따른 교통량 증가를 원인으로 들고 있는데 아산지역도 측정시간의 자동차 통행량이 오후로 갈수록 많아지고 있어 이에 의한 영향이 큰 것으로 사료된다.

Table 3. Comparison of NO₂ and TSP concentrations by time.

	mean(S.D)		
	9:30~10:00	12:30~13:00	15:30~16:00
NO ₂ (ppb)	27.4 (0.4)	28.5 (0.3)	29.6 (0.4)
**TSP (mg/m ³)	5.1 (0.3)	5.4 (0.2)	7.2 (1.2)
Traffic volume (NO.)	433	493	608

** P < 0.01

또한 차량에 비해 도로폭이 좁아 이로 인한 차량의 정체도 영향을 준 것으로 생각된다.

Table 4.는 측정장소에 따른 시간별 농도 분포이다.

NO₂의 경우 터미널이 오전 26.3ppb, 점심 27.6ppb, 오후 29.7ppb, 역은 오전 32.8ppb, 점심 33.5ppb, 오후 34.4ppb, 신창이 오전 23.2ppb, 점심 24.5ppb, 저녁이 24.7ppb로 측정장소마다 오후로 갈수록

높은 농도 분포였다.

TSP의 경우도 측정장소별로 일정치는 않지만, 터미널의 오후 7.7mg/m³, 역오후 8.1mg/m³, 신창오후 5.8mg/m³으로 오후가 높은 농도로 나타나 박¹¹⁾, 전¹³⁾ 등의 연구보고와 일치되고 있다. 그리고 터미널의 TSP농도는 시간별로 통계적으로 유의한 차이(P < 0.05)가 있었다.

이상의 결과는 우리나라 자동차 등록대수가 1985년에 100만대를 넘어선 이후, 1998년 1,000만대로 급증하고 있고, 아산시의 경우도, 1992년의 차량등록 대수가 28368대에서 1997년 96375대로⁷⁾ 차량 증가가 계속되고 있는 점을 고려한다면, 앞으로 아산시는 대기오염 농도를 저감시키기 위해서는 도로확충과 더불어 기존의 도로 및 교통계획은 원활한 교통소통을 우선시하여, 주변 지역의 대기환경적 영향을 충분히 저감시킬 수 있는 대책 마련이 필요한 것으로 생각된다.

3. 측정장소별 NO₂, TSP농도

측정장소별 NO₂, TSP 농도는 Table 5.에 나타나 있다. NO₂농도 분포는 아산역 33.6ppb, 터미널

Table 4. comparison of NO₂ and TSP concentrations by time at three sampling site

		mean(S.D)		
sampling site \ Time		9:30 ~ 10:00	12:30 ~ 13:00	15:30 ~ 16:00
NO ₂ (ppb)	terminal	26.3 (11.3)	27.6 (12.5)	29.7 (13.4)
	station	32.8 (6.9)	33.5 (8.4)	34.4 (7.4)
	shin chang	23.2 (13.3)	24.5 (14.5)	24.7 (14.8)
TSP (mg/m ³)	* terminal	4.6 (0.4)	5.6 (0.3)	7.7 (0.2)
	station	5.4 (0.3)	5.0 (1.2)	8.1 (0.5)
	shin chang	5.2 (0.5)	4.9 (1.1)	5.8 (1.4)

* P < 0.05, compared with day time (Mann-whitney test)

Table 5. Comparison of airborne NO₂ and TSP concentration by sampling site.

	Terminal	Station	Shin chang
	mean(S.D)		
* NO ₂ (ppb)	27.9 (12.3)	33.6 (7.5)	24.1 (14.2)
TSP (mg/m ³)	6.0 (0.3)	6.3 (0.2)	5.3 (1.1)
Traffic volume (NO.)	512	390	406

* P < 0.05

27.1ppb, 신창 24.1ppb로 나타났고, TSP의 경우는 역6.3mg/m³, 신창 5.3mg/m³, 터미널 6.3mg/m³로 나타나 NO₂ 및 TSP 모두 역, 터미널, 신창 순으로 농도가 높게 분포되었고, 대상지역 모든 곳에서 우리나라 TSP 대기환경기준치를 넘고 있었다.

온양역이 다른 지역에 비해 비교적 적은 통행량임에도 불구하고 NO₂ 와 TSP 농도가 다른 장소보다 높게 나타났는데, 이는 측정장소의 특성상 역 주변이 상업지역이므로 건물내의 오염원으로 부터의 배출도 예상되며, 또 주변에 시내버스 정거장이 여러 곳 있어 차량의 배기가스에 의한 영향도 있었던 것으로 생각된다. 또한 주변에 고층건물도 많아 이들이 오염물질의 확산에 방해되어 타 지역에 비해 높은 농도를 보인 것으로 여겨진다. 박¹¹⁾도 도로변에 밀집된 고층건물은 자동차에서 배출되는 유해물질들이 대기중으로 희석 또는 확산을 저해한다고 보고하고 있어 이번 결과를 뒷 받침하고 있다.

터미널의 경우는, 다른 측정장소에 비해 상대적으로 교통량이 많은 것에 비해 농도가 낮았는데 이는 터미널의 지리적 특성(터미널 주위가 넓은 경작지)상 기류 등에 의해 오염물질의 축적이 상대적으로 적었기 때문인 것으로 생각된다.

본 연구 대상지역중 농도가 가장 낮게 나타난 신창은 순천향 대학이 인접한 곳으로 다른 장소에 비해, 고층건물과 공장지역이 주변에 적어, 다른 지역보다는 오염물질의 확산 현상이 원활했던 것

으로 사료된다.

지금까지의 연구 결과를 종합해 보면 본 연구대상 지역의 도로변 농도는 주변지역 주민들에게 만성적인 건강상의 피해가 예상되는 정도의 농도로¹⁷⁾ 주민 건강 보호를 위한 대안 제시의 필요가 시급한 것으로 생각된다. 따라서 이지역은 현재 도로망을 중심으로 생활하는 인구와 관광 유동인구의 증가도 예상되고 있어 도로망 확장 및 도로 포장, 자동차 오염물질 배출규제를 강화하여 이 지역에 맞는 대기오염 정책을 펴고, 도로변에 별도의 오염 측정망을 설치하여 NO₂, TSP 농도를 측정하여 구체적인 문제점을 찾아내고, 이에 대한 총괄적인 대책을 수립하여 아산지역 주민들의 건강을 유지, 보호, 증진 시키는데 노력해야 할 것이다.

IV. 결 론

충청남도 아산지역의 도로변 대기오염 상황을 파악하기 위해, 국도 25호선 주변지역에서 국도21호선에 이르는 세지역(아산역, 터미널, 신창 - 순천향대학부근)을 대상으로 1998년 5월부터 1999년 1월까지 NO₂ 및 TSP농도 측정을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 아산지역의 NO₂ 평균농도는 28.5ppb, TSP농도는 5.9mg/m³ 이었다.
2. NO₂ 와 TSP의 농도는 측정기간중 겨울철의 농도가 가장 높았으며, 하루중 오후에 높아지는 경향을 보였다.
3. 측정 장소별 NO₂와 TSP의 평균농도는 아산역(33.6ppb, 6.3mg/m³), 터미널(27.9ppb, 6.0mg/m³), 신창(24.1ppb, 5.3mg/m³)의 순으로 나타났다.
4. 도로변 NO₂, TSP농도는 교통량의 변화에 영향을 받는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과로 볼 때 아산지역 도로변의 NO₂ 농도는 대기 환경 기준치는 초과하지 않았지만 주의 해야할 농도로 나타났고, TSP 는 상당히 높은 상태이므로 이 지역의 정기적인 대기 환경 관리와 대책 마련이 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구의 일부는 순천향대학교의 연구 지원을 받아 수행 되었습니다. 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 손부순: 도시에 있어서 연도오염에 관한 연구, 순천향대학교 자연과학 연구, 3, 1, 381-387, 1997.
2. 정 용: 자동차 배출물질과 건강장해, 대기보전학회 세미나집, 14-53 1991.
3. 환경청 편: 환경백서, 1997(japan).
4. 박성규, 김신도, 김종호: 자동차 대기오염물질이 고속도로 인접지역에 미치는 농도 측에 관한 연구, 한국대기보건 학회지, 14, 6, 607-615, 1998.
5. 박정숙, 정문식, 박석환: 서울 일부지역 도로변 대기중 SO₂ 농도와 은행나무 잎의 수용성 황함량과의 관계, 한국환경위생학회지, 17, 1, 1-12, 1991.
6. 김지선, 박석환, 정문식: 서울 일부지역의 도로변 대기중 분진 및 납농도에 대한 조사 연구, 한국환경위생학회지, 18, 1, 12-21, 1992.
7. 아산시: 아산시 통계연보, 1997.
8. 환경부: 환경오염 공정 시험법(대기분야), 1997.
9. SIBATA .LTD Digital Dust Indicator Operation Manual, 1995.
10. 환경부: 대기오염 공정시험법, 1998.
11. 박종길, 김종필, 김지형: 김해지방의 대기오염 특성, 한국환경 과학회지, 8, 1, 33-43, 1999.
12. 박종길: 부산지방의 대기오염에 미치는 기상인자에 관한연구, 부산시정연구 보고, 5, 313-334, 1993.
13. 전상일, 백남원: 춘천지역 대기중 SO₂ 및 TSP 농도에 관한 조사 연구, 한국 환경 위생학회지, 17, 1, 20-31, 1991.
14. 박기학: 교통량 과밀 도로주변의 토양과 가로수 대기 중 pb, cu , zn 중금속 농도와 그 상관성에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 18, 2, 19-25, 1992.
15. 이영길, 백남원: 중학교 학생들의 분진 폭로에 관한 조사연구, 한국환경위생학회지, 13, 2, 25-33, 1987.
16. 박성규, 김신도, 김종호: 자동차 대기오염 물질이 고속도로 인접지역에 미치는 농도에측에 관한 연구, 한국대기 보건학회지, 14, 6, 607-620, 1998.
17. 정 용: 자동차 배출물질과 건강장해, 대기보전학회 세미나집, 한국대기보건학회, 14-53, 1991.
18. 아산시 일별 기상 통계표: 기상청, 1998. 1999.
19. Shaw. J.T: The measurement of Nitrogen dioxide in the air atmospheric Environment, 1, 81-85, 1965.
20. 정근호: 서울시 대기중의 SO₂ 및 NO₂에 관한 조사 연구, 공중보건잡지, 18, 2, 276-280, 1971.
21. Higgis, I. T. T: Effects of sulfur oxides and particulates on health, Arch. Environ. Health, 22, 584-589, 1971.