

서울시 주요 도로변 대기중 납, 아연 및 철 농도에 관한 조사연구

조준호 · 박석환* · 정문식

서울대학교 보건대학원 환경보건학과, *서원대학교 자연과학대학 환경과학과

A study on Pb, Zn and Fe Concentrations of Ambient Air Adjacent to Heavy Traffic Road Side in Seoul

Jun-Ho Jo, Seok-Hwan Park* and Moon-Shik Zong

Department of Environmental Health, School of Public Health, Seoul National University

*Department of Environmental Science, College of Natural Science, Seowon University

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the concentrations of TSP, Pb, Zn and Fe in ambient air adjacent to the heavy traffic road side in Seoul from October 1 to October 31, 1997. The results were as follows:

1. The concentrations of TSP were 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 147 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Chongro, Chungkechun and Kangnam-terminal, respectively. The concentration of TSP was correlated with the traffic volume of the sampling sites ($r=0.77$).

2. The concentrations of Pb were 638 ng/m^3 , 335 ng/m^3 , 233 ng/m^3 in Chungkechun, Kangnam-terminal and Chongro, respectively. The concentration of Pb was correlated with the Truck (over 1.4 ton) volume of the sampling sites ($r=0.71$). The Pb contents among these sites were significantly different ($p < 0.05$).

3. The concentrations of Zn were 535 ng/m^3 , 461 ng/m^3 , 439 ng/m^3 in Chongro, Kangnam-terminal and Chungkechun, respectively. The concentration of Zn was badly correlated with the traffic volume of the sampling sites ($r=0.23$).

4. The concentrations of Fe were 5.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 4.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 3.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Chongro, Kangnam-terminal and Chungkechun, respectively. The concentration of Fe was correlated with the traffic volume of the sampling sites ($r=0.83$). The Fe contents among these sites were significantly different ($p < 0.05$).

5. The concentrations of TSP, Pb, Zn, Fe investigated didn't exceed the Korean Ambient Air Quality Standards, but more researches in relation to these will be required in considering people working in these sites suffered from cough, asthma and chronic headache.

Keywords: Ambient Air, TSP, Pb, Zn, Fe

I. 서 론

최근 우리나라는 산업사회로의 전환되는 과정에서 발생하는 환경오염으로 인해 자연 생태계에 많은 혼란을 초래하고 있으며 또한 국민의 재산과 건강에 심각한 영향과 피해를 유발하고 있다.¹⁾ 특히 우리나라

라에 있어서 대기오염의 주요원인 중의 하나인 자동차 배출물질에 의한 대기오염 문제는 자동차 보유대수가 '87년 1백 6십만 대에서 '97년 현재 1천만 대에 이르는 것으로 볼 때 그 심각성을 짐작할 수 있을 것이다.²⁾ 역학 자료에 의하면 그 지역의 대기오염 수준과 가래, 기침, 천식, 기관지염, 및 폐암 등의 호흡기

계통 질병의 발병율과는 정의 상관관계를 가진다고 보고되고 있다.³⁾ 특히 자동차 배기가스에 의한 대기 미세먼지는 각종 유해한 유기물질과 중금속 등을 포함하고 있으며 이들을 흡입시 인체에 건강장해를 초래하고 가스상 물질과 상승작용으로 장시간 폭로 시 기관지염, 천식, 심장병 질환자의 질병을 악화시킨다.⁴⁾ 중금속은 가장 오래 전부터 알려진 독성물질로서, 주기율표 내에 원소 중 76개의 원소가 금속으로 분류되며 그 중 약 30가지 금속이 사람에게 독성을 발현하는 것으로 알려져 있다.⁵⁾ 중금속은 조직 내 그들의 지속성 때문에 다른 유기성 발암물질에 대해 촉진제 또는 공동 발암원으로도 작용할 수 있다.

최근의 외국의 대기중 중금속 오염에 관한 연구는 체내 흡수도를 평가하고 인위적인 발생원과의 관련성을 밝히기 위하여 입도별 중금속 오염도를 조사하고 있으며,^{6,7)} 중금속과 다른 오염물질과의 상관성을 조사하는 등 오염원 추정을 위한 연구들이 보고되고 있다. 중금속 중 납은 장시간 폭로시 빈혈, 복통 등의 증상이 나타나며 조혈기관 장애, 소화기 장애 및 중추신경장애를 동반한다.^{8,9,10)} 납 오염은 4에틸납을 녹징방지제로 휘발유에 넣기 시작한 1940년대부터 급속 진전되었으며, 우리나라는 대기오염 저감방안의 일환으로 87년 7월 1일부터 무연휘발유를 공급하기 시작하여, 1993년 초부터는 유연휘발유 공급을 전면 중단하였으며 이에 따른 대기중 납 농도에 대한 연구가 필요하다.¹¹⁾

대기중의 아연은 자연현상 이외에 자동차, 연료연소, 소각, 기타 인위적 원인에서 유래된다. 특히 자동차에서 고무타이어는 1.5%의 아연을 함유하며, 연간 한 개의 타이어에 대해서 45g의 아연이, 100만km 주행에 대해서 1.2kg의 아연이 방출된다. 아연의 급성중독 증상은 전신권태, 조건반사 지연, 혈성장염, 설사, 백혈구 수 감소, 중추신경계 억제 및 진전, 사지 마비가 주요한 것이고 동물의 고환 내 아연으로 인한 기형종을 주로 한 발암을 볼 수 있으며 사람의 암 조직에서 아연의 동향이 주목되고 있다.⁵⁾ 철은 시각에서 네 번째로 많은 금속으로 그 존재량은 전체

금속의 5.4%를 차지한다. 철은 공업과정에서 그 일 정비율이 환경 중으로 방출되고 일부가 대기중에 오염을 일으킨다.⁵⁾ 철의 흡입독성으로 산화철 폭로 노동자에서 진폐의 하나인 철폐를 볼 수 있는 것으로 알려져 있으며, 철카보닐[Fe(Co)₅]은 유독 가스로 알려져 있고, 흡입시 두통, 호흡곤란, 구토, 청색증(cyanosis), 발열 등을 볼 수 있으며, 폐부종, 중추신경 장애로 사망하는 일이 있다.⁵⁾

따라서, 본 연구의 목적은 서울시 주요 도로변의 대기중 납, 아연, 철 농도를 조사하여 대기오염정도를 파악하고, 다른 요소와의 관련성을 분석하여 환경보건정책 및 대기오염 관리대책에 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 실시하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 1997년 10월 1일부터 10월 31일까지 실시하였으며 교통량 통계자료와 예비조사를 통하여 교통량, 건물 밀집도, 도로형태 등을 고려하여 Table 1에서와 같이 종로5가, 청계5가, 강남고속터미널을 선정하였다.

연구기간 중 기상조건은 다음과 같다. 연구기간 중 일 평균기온은 최저 3.3°C에서 최고 19.1°C이었으며 일 평균은 12.3°C를 나타냈다. 일 평균풍속은 최소 1.3 m/s에서 최고 4.2 m/s의 범위를 나타내었으며 평균풍속은 2.6 m/s 이었다. 기간 중 강우일수는 총 6일이며 조사가 진행된 10월 중 총 강수량은 22.1 mm로 매우 낮은 강수량을 나타냈다.¹²⁾

연구대상 지역의 교통량은 Table 2에서와 같이 차량의 종류와 시간대에 따라서 조사되었다. 차량의 시간당 총 통행량은 종로 지역이 가장 많았으며, 강남터미널, 청계천 순서로 나타났다. 시간당 트럭의 통행량은 청계천 지역이 가장 많았으며 종로, 강남터미널 순서로 나타났다.

교통량을 추계하는 방법은 a.교통량(대/시간) 조사결과를 이용하는 방법, b.OD표를 기초로 한 교통

Table 1. Sampling location in this study

Sampling site	Area characteristics	Sampling location	
		Height (m)	Distance from road (m)
Chongro	Building-densed area	1.5	1
Chungkechon	Overhead road	1.5	1
Kangnam-terminal	Open area	1.5	1

Table 2. Traffic volume by time, site and type of car

Sampling site	Time	Traffic volume (number of vehicles/hr)			
		Total	Passenger Car	Bus	Truck*
Chongro	9:30~12:30	4146	3582	492	336
	12:30~15:30	4368	3604	418	346
	15:30~18:30	4516	3788	366	362
	Mean	4431	3658	425	348
Chungkechon	9:30~12:30	3128	2344	350	434
	12:30~15:30	2984	2276	188	520
	15:30~18:30	2748	2082	176	490
	Mean	2953	2234	238	481
Kangnam-terminal	9:30~12:30	3920	2946	666	308
	12:30~15:30	3778	2950	542	286
	15:30~18:30	3784	3114	504	166
	Mean	3827	3003	571	253

*Over 1.4 ton truck.

량배분 시뮬레이션에 의한 방법, c.항공사진에 의한 방법⁷⁾이 있으나 본 연구에서는 a.방법을 이용하였으며 이 방법은 가장 기본이 되는 방법이다.¹²⁾

2. 연구방법

1) 대기중 먼지 포집과 농도의 측정

먼지의 농도는 중량분석법에 의하여 계산하였으며, 실험방법의 개요는 다음과 같다.¹³⁾ High Volume Air Sampler(Gilian model HVC-500)에 37 mm 여과지(Cellulose ester membrane filter)를 담은 three-piece-cassette를 연결하여 유량 19.0~21.0 LPM으로 150~190분 동안 공기를 포집하였다. 여과지는 시료채취 전에 24시간동안 데시케이터에서 건조시킨 후 무게를 측정하고, 시료채취 후 다시 24시간 건조시킨 후 무게를 측정하여 중량차를 구한 후 공시료(blank) 보정을 한 뒤 포집한 총 공기량으로 나누어 농도를 산출하였다. 시료는 하루를 3개의 시간대(9:30~12:30, 12:30~15:30, 15:30~18:30)로 나누어 시료를 포집하였으며 시료포집펌프와 train의 calibration을 정기적으로 실시하였다.

2) 먼지 중 납, 아연, 철의 농도

먼지 중 납, 아연, 철의 분석은 미국 국립산업안전보건연구소(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) 공정시험법인 NIOSH No.7300에 따라 실시하였다.¹⁴⁾ 질산, 염산 혼합액에 의한 초음파 추출법을 거친 후 Inductively Coupled Plasma(I.C.P.)를 사용하여 납, 아

연, 철의 농도를 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 대기중 먼지의 농도

대기중 먼지는 금속, 수용성 성분을 비롯하여 탄소입자, 유기탄소 및 기타 유기물질 등으로 복잡하게 이루어져 있다.¹⁵⁾ 이들 중 미세입자는 태양광선을 산란, 흡수시키므로 시정감소의 주요원인물질로 작용하고 구름 속에 혼입되어 구름의 반사율을 변화시키고, 무엇보다도 호흡을 통하여 인체의 기관지 및 폐 내에 흡입되어 천식과 폐암을 유발시키기도 한다. 본 조사결과 Table 3과 Fig. 1에서와 같이 먼지의 농도는 자동차의 총 대수가 가장 많은 종로가 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났으며, 그 다음 총 대수가 많은 강남터미널이 184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 두 번째로 높았으며, 총 대수가 가장 적은 청계천이 먼지의 농도 또한 147 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 낮게 조사되었다. Fig. 3에서 보듯이 각 지역의 시간당 평균 통행량과 각 지역의 평균 먼지와의 상관계수는 $r=0.77$ 으로 나타났다. 이들 먼지의 농도는 김³⁾이 오전 9시부터 오후 8시까지 조사한 결과 270~440 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 이보다 낮은 값을 나타냈다. 세 지역 모두 같은 기간의 서울 주거지역의 24시간 평균 61.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높게 나타났다. 이것은 주요 도로변 상인과 행인들 모두 상대적으로 높은 농도에 노출되고 있음을 나타낸다. Table 3과 Fig. 2에서와 같이 먼지의 시간대별 농도를 살펴

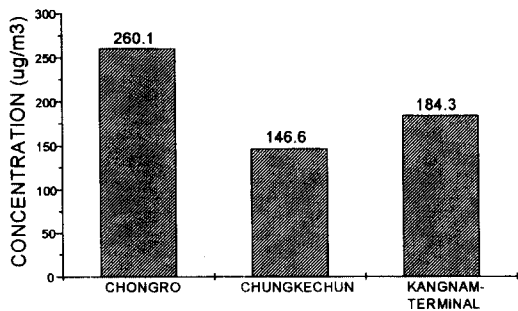


Fig. 1. Average TSP concentrations in atmosphere by sampling site.

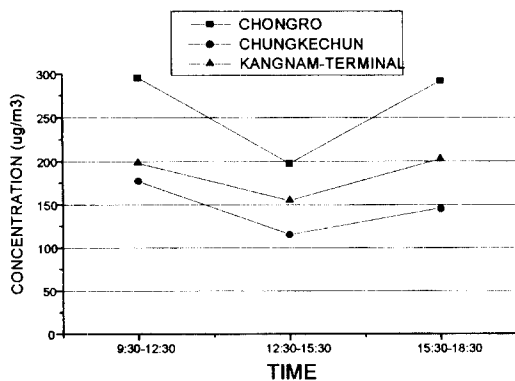


Fig. 2. TSP concentrations in atmosphere by sampling time.

면 세 지역 모두 출근과 퇴근시간에 높게 나타났으며 상대적으로 교통량이 적은 점심시간대에는 먼지의 농도 또한 낮은 값으로 조사되었다. 종로와 강남터미널은 각각 출근시간대와 퇴근시간대는 먼지의 농도분포 차이가 적게 나타났으나, 청계천 지역은 출근시의 먼지 농도가 퇴근시의 농도 보다 나타났다. 이 역시 교통량이 먼지의 농도에 반영된 것으로 사료된다. 이것으로 추정해 볼 때 아침에 출근하고 오후에 퇴근하는 경로인 종로와 강남터미널과는 달리 청계천일대에 왕래하는 차량들은 오전에 일을 끝내고 바로 돌아가는 생활양상이 먼지의 농도에 반영

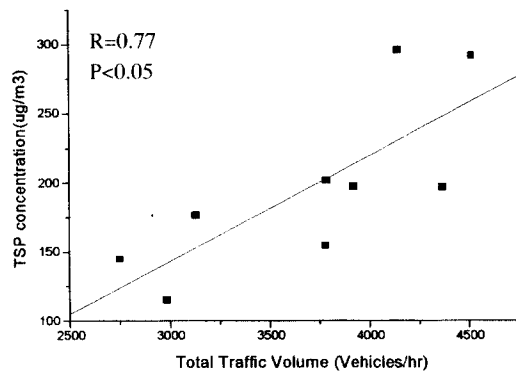


Fig. 3. Relationship between TSP and Total Traffic Volume.

된 것으로 사료된다.

2. 대기중 납의 농도

물리화학적 관점에서 보면 납은 거대입자군에 비해 미세입자군의 농도가 밀집되기 때문에 여타 중금속에 비해 훨씬 긴 대기체류시간을 유지할 수 있으며,^{16,17)} 과거 서울대기중 납 농도의 연도별 변화 양상이 유연휘발유의 소모 양상과 유사하다는 사실로부터 서울 대기중의 납이 대부분 국내 유연휘발유자동차에서 배출되는 것으로 추정되었다.³⁰⁾ 본 조사에서 나타난 대기중 납의 농도는 Table 4와 Fig. 4에서와 같이 청계천, 강남터미널, 종로의 순으로 각각 638, 335, 233 ng/m³을 나타내고 있다. 이 농도값은 1992년 박²⁾의 결과인 1,650~2,520 ng/m³보다 낮은 값을 나타내고 있으며 같은 시기의 조사결과로 김³⁾의 결과인 550~1,070 ng/m³보다도 낮은 값을 나타내고 있다. 전체 교통량과 상관관계는 나타내지 않았으나 Fig. 6에서 보듯이 트럭(1.4 ton 이상)의 교통 양과 상관관계가 있음을 알 수 있다(상관계수 r=0.71). 즉 청계천의 총 교통량은 세 지역 중 가장 낮은 값을 나타내고 있으나 트럭의 수에 있어서는 강남터미널의 무려 2배에 가깝게 높은 통행량을 나타내고 있다. 또한 하루의 납 농도 변화량도 급격한 감소를 보이고

Table 3. Atmospheric TSP concentrations by sampling location and time in Seoul

Sampling site	No. of sample	TSP concentration (μg/m ³)				
		9:30~12:30	12:30~15:30	15:30~18:30	Total(Mean±SD)	Range
Chongro	43	295.9	197.1	291.9	260.1±133.6	11.2-570.8
Chungkechun	34	176.9	115.1	145.1	146.6± 92.2	36.6-352.5
Kangnam-terminal	27	197.6	154.7	202.1	184.3±174.6	30.8-666.4

Table 4. Atmospheric Pb concentrations by sampling location and time in Seoul

Sampling site	No of sample	Pb concentration (ng/m ³)				
		9:30~12:30	12:30~15:30	15:30~18:30	Total(Mean±SD)	Range
Chongro	43	248.5	202.4	246.8	232.6±145.6	84.1~ 779.4
Chungkechun	22	524.4	553.5	852.1	637.9±643.9	101.7~2030.2
Kangnam-Terminal	27	324.8	546.3	132.7	334.6±558.9	59.1~2145.1

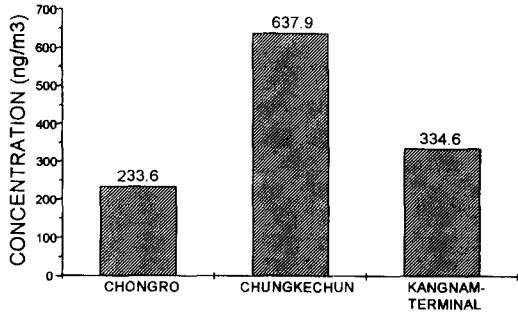


Fig. 4. Average Pb concentrations in atmosphere by sampling site.

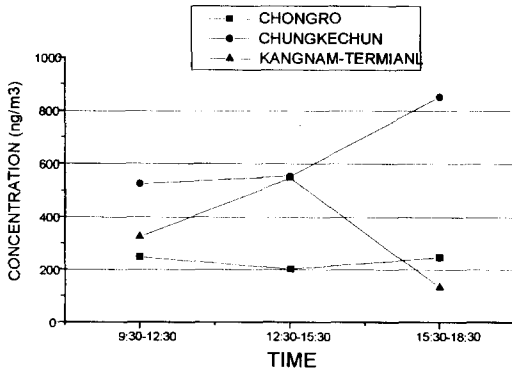


Fig. 5. Pb concentrations in atmosphere by sampling time.

있는데 이것은 강남터미널의 트럭 통행량이 급격히 감소하는 것과 일치한다. 이는 트럭의 관리상태가 다른 대중교통수단인 버스나 택시의 경우와 같이 집단적으로 정비사를 두고 관리하는 것과는 달리 개인적이고 비전문적으로 관리하는 과정에 기인하는 것으로 생각된다. 즉, 각종 납 또는 납합금을 함유한 기계 장치 및 부품의 납땀 및 용접상태가 불량함에 따라 트럭들이 운행중에 발생하는 마찰과 마멸, 진동의 영향이 관리가 양호한 승용차 버스 등 보다 큰 것으로 사료되나 앞으로 이와 관련된 보다 많은 연구가 행해져야 할 것으로 판단된다. 다른 연구에 의하면 여러금

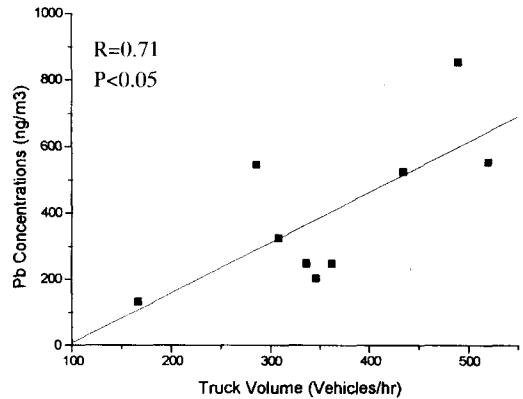


Fig. 6. Relationship between Pb and Truck Volume.

속들이 주행시 차량의 노후정도와 마찰, 마멸등에 의해 주변으로 배출되는 것으로 보고되고 있다.²⁾ 또한 청계천 일대 도로변 상가들이 각종 금속류의 부품 및 공구류를 판매하고 있는 환경이 청계천 외기 농도 중 납 농도를 증가시키는 원인 중 하나의 요인으로 작용했을 가능성도 배제할 수 없다. 서울 지역의 1997년도 10월 대기중 주거 지역 평균 납 농도인 67.5 ng/m³와 비교해 볼 때 세 지역 모두 이 보다 높은 값을 나타내고 있다.

우리나라 환경보존법 시행규칙의 대기오염 환경기준 및 미국 환경보호청(EPA)의 환경기준은 납에 대해 3개월 평균치로 1.5 µg/m³로 규정하고 있는데, 본 조사의 세 지역 평균치는 모두 이를 만족시키고 있다. 이는 1993년 시행된 유연휘발유의 전면 사용 금지의 결과라 생각되어진다. 이 세 지역간의 대기 중 납 농도 사이의 차이를 Duncan test로 검정한 결과 세 지역 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05).

3. 대기중 아연 농도

대기중 아연의 농도는 납의 경우와는 달리 연도별 변화가 거의 없거나 오히려 최근으로 올수록 다소간 높아지는 경향을 보이고 있다. 아연의 오염원이 자

Table 5. Atmospheric Zn concentrations by sampling location and time in Seoul

Sampling site	No. of sample	Zn concentration (ng/m ³)			
		9:30~12:30	12:30~15:30	15:30~18:30	Total(Mean±SD) Range
Chongro	43	479.6	422.0	701.9	534.6±359.7 179.7-1828.6
Chungkechun	22	380.6	340.0	605.6	439.3±341.5 194.5-1819.9
Kangnam-Terminal	27	820.2	265.0	298.4	461.2±559.0 134.2-5126.1

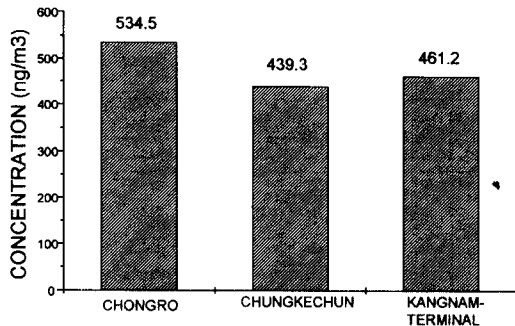


Fig. 7. Average Zn concentrations in atmosphere by sampling site.

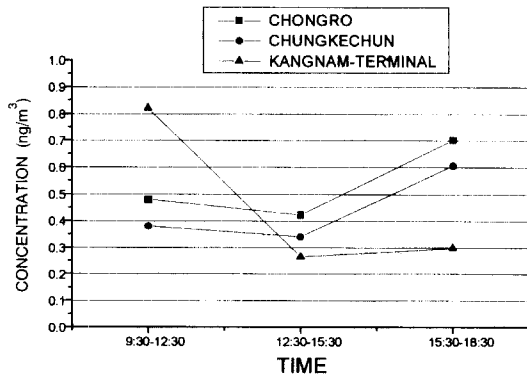


Fig. 8. Zn concentrations in atmosphere by sampling time.

동차의 타이어와 부속품, 합금등에서 기인하며 도로 주행 시도로의 노후 상태와 자동차의 수명정도와의 관련이 크며 이들이 도로 주변으로 배출됨으로써 주변환경에 대한 피해가 큰 것으로 보고되고 있다.^{16,19)} 본 연구에서는 Fig. 9에서와 같이 대기중 아연의 농도가 전체 차량의 통행량과 상관성이 거의 없는 것으로 조사되었다(상관계수 r=0.23). 이와같이 다른 연구와 차이를 보이는 이유는 연구수행중 다른 요인에 의해 대기중 아연 농도가 영향을 받은 것으로 생각된다. 이것은 Table 5과 Fig. 8에서와 같이 시간대별 아연농도 분포에서 강남터미널 지역의 오전 아연

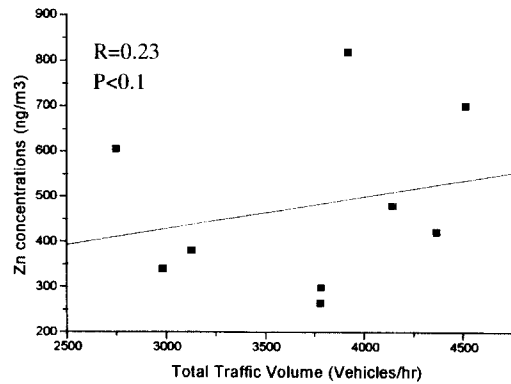


Fig. 9. Relationship between Zn and Total Traffic Volume.

농도가 타지역에 비해 두 배 이상 높게 조사된 것으로 볼 때 이것이 혼란변수로 작용한 것으로 생각된다. 오후 들어 강남터미널의 아연 농도는 다시 정상적인 수준으로 낮은 상태를 보이고 있다. 대기중 아연의 농도는 Table 5와 Fig. 7에서와 같이 535 ng/m³으로 종로 지역이 가장 높게 나왔으며 다음은 461 ng/m³로 강남터미널 지역이 높게 나왔다. 청계천 지역은 439 ng/m³로 가장 낮은 값을 나타냈다. 이 결과는 임²¹⁾ 등이 호흡성 먼지에서 검출한 농도 350.0~360.0 ng/m³보다 높은 것으로 나타났다. 시간대별 아연의 농도를 살펴보면 종로와 청계천 지역은 출근 시 보다 퇴근 시 아연농도가 높게 나타났으며, 강남터미널 지역은 출근 시에 높고 퇴근 시에 낮은 아연 농도를 나타냈다.

4. 대기중 철의 농도

대기중 철 농도를 살펴보면 Table 6과 Fig. 10에서 보듯이 종로지역이 5.32 µg/m³으로 가장 높았고, 다음은 강남터미널이 4.51 µg/m³으로 두 번째이고 청계천 지역이 3.18 µg/m³로 가장 낮게 나타났다. 이 역시 교통량과 정의 관계를 나타내는 것으로 Fig. 12와 같이 교통이 가장 많은 종로지역이 가장 높게 나타나 있다(상관계수 r=0.83). 인위적 오염이

Table 6. Atmospheric Fe concentrations by sampling location and time in Seoul

Sampling site	No. of sample	Fe concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
		9:30~12:30	12:30~15:30	15:30~18:30	Total(Mean \pm SD)	Range
Chongro	43	5.519	4.473	5.962	5.318 \pm 2.14	0.875-11.292
Chungkechun	22	3.022	2.792	3.746	3.179 \pm 1.24	1.315- 5.545
Kangnam-Terminal	27	4.645	3.869	4.998	4.513 \pm 3.06	1.773-12.157

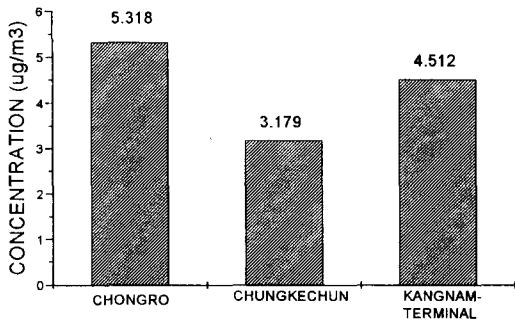


Fig. 10. Average Fe concentration in atmosphere by sampling site.

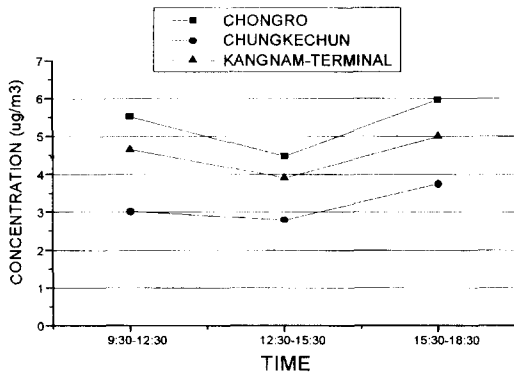


Fig. 11. Fe concentrations in atmosphere by sampling time.

없는 대기중에는 0.05~0.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연평균)⁵⁾인 점을 감안해 볼 때 세 지역 모두 상당히 높은 철 농도를 나타내고 있다. 즉 이는 자연상태로부터 공기 중으로 유입되는 양 이상을 나타내고 있는 것이다. 또한 이러한 철의 농도가 자동차의 통행량과 상관이 있는 것으로 볼 때 이 철의 오염원은 차체를 이루고 있는 철과 각종 부속품들로부터 기인 된 것으로 사료된다.^{21,22)} Table 6과 Fig. 11에서와 같이 하루중의 철 농도 또한 세 지역 모두에서 오전과 퇴근시간이 높게 나타났고 점심시간이 낮게 나타남을 보여 주고 있다. 철의 농도를 세 지역간의 차이가 있는가를 보

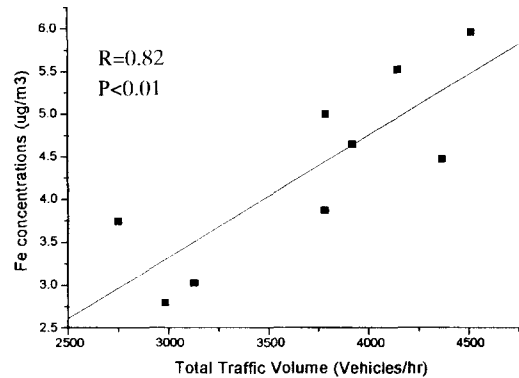


Fig. 12. Relationship between Fe and Total Traffic Volume.

기 위해 Duncan test로 검정한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

IV. 요약 및 결론

서울시의 대기중 오염농도는 일부지역의 24시간 평균치로 조사되고 있다. 이 조사연구는 종로, 청계천, 강남터미널 지역의 도로변 대기중 먼지, 납, 아연 및 철의 농도를 1997년 10월 1일에서 10월 31일에 걸쳐 이들 지역 상인의 주요 활동 시간인 오전 9시30분부터 저녁 6시30분까지의 평균 농도를 측정함으로써 인근 입주상인과 노점상인에 대한 실질적인 대기오염물질 노출 정도를 파악하기 위해 실시되었다.

조사 결과는 다음과 같다.

1. 대기중 먼지의 농도는 종로지역이 평균 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았고, 강남터미널 184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 청계천 147 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 순이었으며 총 교통량과 상관관계를 나타내었다($r=0.77$).

2. 대기중 납의 농도는 총 교통량이 적음에도 불구하고 청계천지역이 가장 높은 납의 농도 638 ng/m^3 을 나타냈으며, 강남터미널이 335 ng/m^3 , 종로지역이 233 ng/m^3 을 나타내었으며, 트럭(1.4 ton 이상)

의 통행량과 상관성을 나타냈다($r=0.71$). 그리고, 세 지역간 납의 농도는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

3. 대기중 아연의 농도는 종로가 535 ng/m^3 로 가장 높았고, 강남터미널이 461 ng/m^3 , 청계천이 439 ng/m^3 으로 나타났으며 이는 그 지역의 전체 통행량과 상관관계는 없었다($r=0.23$).

4. 대기중 철의 농도는 종로 $5.32 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, 강남터미널 $4.51 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, 청계천 $3.18 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 을 나타냈으며 각 지역의 통행량과 평균 철 농도와는 상관관계를 나타냈다($r=0.83$). 각 지역간의 철의 농도는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

5. 조사된 오염물질의 농도는 대기환경기준 미만이였다. 그럼에도 불구하고 이지역 상인들은 계속적으로 기침, 천식 만성적 두통 등을 호소하고 있는 실정으로 불 때 이와 관련된 많은 연구수행이 필요하다.

참고문헌

- 1) 신동천, 정 용, 김종만, 임영옥: 서울시 대기 부유 먼지 중 중금속에 대한 발암 위해성 평가, 한국대기보전학회지, **10**(2), 105-115, 1994.
- 2) 박기학: 교통량 과밀 도로주변의 토양과 가로수, 대기 중 Pb, Cu, Zn 중금속 농도와 그 상관성에 관한 연구, 한국환경위생학회지, **18**(2), 19-25, 1992.
- 3) 김지선: 서울시 일부지역 대기중 먼지 및 납 농도에 대한 조사 연구, 한국환경위생학회지, **18**(1), 12-21, 1992.
- 4) 임영옥, 정용: 호흡성먼지중의 중금속 오염도에 관한 조사연구, 한국대기보전학회지, **5**(1), 68-78, 1989.
- 5) 이영환, 정문호: 금속과 사람, 신광출판사, 1993.
- 6) 손동현, 권창호, 정원태, 허문영: 대기부유먼지 중 다환 방향족탄화수소 및 중금속의 농도, 한국대기보전학회지, **7**(1), 17-22, 1991.
- 7) 한진석, 김신도: 서울시 대기중 입자상 오염물질의 조성에 관한 연구, 한국대기보전학회지, **12**(4), 389-398, 1996.
- 8) Landrigan, P. J.: Strategies For Epidemiologic Studies of Lead in Bone in Occupationally Ex-

- posed Populations, Environmental Health Perspectives, **91**(2), 81-86, 1991.
- 9) Kim, R., Hu, H., Rotnitzky, A., Bellinger, D. and Needleman, H.: A longitudinal Study of Chronic Lead Exposure and Physical Growth in Boston Children, Environmental Health Perspectives, **103**(10), 952-957, 1995.
- 10) Kim, R., Rotnitzky, A., Sparrow, D., Weiss, S. T., Wager, C. and Hu, H.: A longitudinal Study of Low-level lead Exposure and Impairment of Renal Function, JAMA, **15**(1), 1177-1181, 1996.
- 11) 이동수, 이용근, 허주원, 이상일, 손동현, 김만구: 서울 대기중 납농도의 연도별 변화(1984-1993), 한국대기보전학회지, **10**(3), 170-174, 1994.
- 12) 조강래, 김양균, 동종인, 엄명도: 자동차에 의한 오염물질 배출계수 및 배출량 산정에 관한 연구, 한국대기보전학회지, **3**(1), 55-64, 1987.
- 13) 대기오염 공정시험방법, 동화기술, 1996.
- 14) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Method No. 7300, NIOSH Manual of Analytical Method, 4th Edition. Cincinnati, OH, NIOSH, 1994.
- 15) 신동천, 임영옥, 박성은, 정 용: 교통혼잡지역의 대기 부유먼지 중 유기혼합물에 의한 발암 위해성 평가, 한국대기보전학회지, **12**(5), 567-576, 1996.
- 16) 유승성: 대기 중금속성분이 토양에 미치는 영향, 건국대학교 석사학위논문, 1991.
- 17) Foltescu, V. L., Isakson, I., Selin, E. and Stikans, M.: Measured Fluxes of sulfur chlorine and some anthropogenic metals to the Swedish west coast. Atmos. Environ., **28**(16), 2639-3649, 1994.
- 18) 일기상통계표, 기상청, 1997.
- 19) 강희양 외: 도로변 지표생물을 이용한 대기오염의 식물에 미치는 영향에 관한 연구, 한국환경위생학회, **14**(2), 29-41, 1988.
- 20) 김기현, 김동술, 이태정: 대기중 납의 농도를 조절하는 요인에 대한 고찰, 한국대기보전학회지, **13**(2), 171-174, 1997.
- 21) 정 용: 자동차 배출 물질과 건강장해, 대기보전학회 세미나집, 한국대기보전학회, 14-53, 1991.
- 22) 신환기, 한진석, 김윤신: 대기오염농도와 기상인자의 관련성연구-서울 광화문지역을 중심으로-, 한국대기보전학회지, **8**(4), 213-220, 1992.