

서울시 주요도로변 대기 중 니켈, 크롬, 구리 농도와 차종별 교통량과의 상관관계에 관한 연구

조준호 · 박석환*

서울대학교 보건대학원 환경보건학과, *서원대학교 자연과학대학 환경과학과

A Study on Ni, Cr and Cu Concentrations of Ambient Air Adjacent to Heavy Traffic Road Side in Seoul and Correlations between Those and Traffic Volume by Types of Car

Jun Ho Jo and Seok Hwan Park*

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 Ni, Cr and Cu, to analyze the correlations among those, and between concentrations and traffic volumes by type of car in roadside ambient air at Chongro-, Chungkechon- and Kangnam terminal-area in Seoul from October 1st to October 31st in 1997. The results were as follows ; 1. The means of concentrations of Ni in roadside ambient air were 34.1, 25.1 and 23.6 ng/m³ at Chungkechon, Kangnam terminal and Chongro area, respectively. The highest concentrations of Ni by time were 26.8 in the evening, 45.5 in the evening and 49.4 ng/m³ in the forenoon at Chongro, Chungkechon and Kangnam terminal area, respectively. 2. The means of concentrations of Cr in road side ambient air were 97.7, 80.1 and 70.9 ng/m³ at Chongro, Chungkechon and Kangnam terminal area, respectively. The highest concentrations of Cr by time were 113.1 in the evening, 119.3 in the evening and 142.4 ng/m³ in the forenoon at Chongro, Chungkechon and Kangnam terminal area, respectively. 3. The means of concentrations of Cu in road side ambient air were 175.6, 113.5 and 76.5 ng/m³ at Chongro, Chungkechon and Kangnam terminal area, respectively. The highest concentrations of Cu by time were 205.3 in the evening, 114.4 in the evening and 92.3 ng/m³ in the forenoon at Chongro, Chungkechon and Kangnam terminal area, respectively. 4. The tendencies of concentrations of Ni and Cr by time were similar to each other. Especially, at Kangnam terminal area, correlation coefficients between concentrations of Ni and Cr and the traffic volume of bus were high($r=0.997, 0.975$). 5. The tendency of concentration of Cu by time was very different from those of Ni and Cr. Correlation coefficients between concentrations of Cu and the traffic volume of passenger car at each area were high($r=0.832, 0.968$). 6. Correlation coefficients between Cu and Zn, and between Ni and Cr were 0.762 and 0.842, respectively. This means that the possibility of co-existence of Cu-Zn or Ni-Cr is very high.

Keywords : Ambient air, Ni, Cr, Cu, Correlation coefficients

I. 서 론

산업사회를 거치면서 인류는 많은 번영을 이루어 왔으나 이와 함께 환경오염을 유발하여 자연생태계에 혼란을 초래함은 물론 국민의 건강과 재산에 심각한 영향과 피해를 유발하고 있다.¹⁾

이러한 환경오염은 대기오염, 수질오염, 토양오염, 폐기물, 소음 및 진동 등 참으로 광범위하다고 할 수 있다. 이러한 것들 중 특히 대기오염은 그 범위가 매우 광범위하기 때문에 많은 관심을 기울여야만 한다.

역학자료에 의하면 그 지역의 대기오염과 가래, 기침, 천식, 기관지염 및 폐암 등의 호흡기계통 질병의 발병률과는 정의 상관관계를 가진다고 보고되고 있다.²⁾

특히 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.³⁾

중금속은 조직내 그들의 지속성 때문에 다른 유기성 발암물질에 대해 촉진제 또는 공동 발암원으로 작용할 수 있다.

최근의 외국의 대기 중 중금속 오염에 관한 연구는 체내 흡수도를 평가하고 인위적인 발생원인과의 관련성을 밝히기 위하여 입도 별 중금속 오염도를 조사하고 있으며.^{6,7)} 중금속과 다른 오염물질과의 상관성을 조사하는 등 오염원 추정을 위한 연구들이 보고되고 있다.

납중독의 대부분은 활자 주조, 인쇄, 페인트 도장 등에 종사하는 사람이 걸리는 이른바 공업중독이 대부분이다. 또한 흰 페인트의 납 성분을 가끔 가정에서 어린이들이 잘못 입에 넣어 중독사고를 일으킨 예들이 있다.⁵⁾ 유해 납염으로는 각종 산업용으로 사용되는 소산납, 염화납, 질산납, 산화납, 아산화납, 과산화납, 염기성 탄산납, 황산납 등이 있다. 4-ethyl 납도 자동차 기술련의 Anti-knocking Agent 성분으로 기술련이 연소할 때 대기 중에 방출된다. 납은 휘발유 뿐만 아니라 석탄연료와 폐기물을 연소시킬 때도 방출된다. 급속 중독의 경우, 구토, 위통, 허리, 구갈, 두통, 지각이상, 경련, 마비, 심장쇄약, 혼수, 허탈을 일으키지만, 사망하는 경우는 드물다. 만성중독에서는 초기에는 식욕부진, 두통, 치욕의 납 무릎을 볼 수 있으며, 더욱 진행되면 팔다리, 관절 등의 동통, 사지의 신근 마비를 일으킨다.

니켈로 인한 고혈당증, 니켈카보닐 중독환자에 의한 고혈당과 당뇨 등이 있으며, 폐의 병적 변화, 발암성 등도 보고되고 있다. 특히 아황화니켈(Ni_3S_2)은 발암성이 강한 것으로 알려져 있다. 크롬 화합물(크롬산칼륨, 중크롬산칼륨, 크롬 명반, 크롬산납)은 황색-적색 물질이 많고, 그 용액을 잘못 마셔서 중독된 예도 있다. 크롬산 칼륨 및 중크롬산 칼륨은 잘못하여 자살의 목적으로 비번히 사용된 적이 있다. 크롬산 또한 중크롬산을 섭취하였을 때 점막을 강하게 자극하며, 구강 및 인후의 동통, 연하곤란을 일으켜, 점막 조각이나 혈액을 수반한 황색-녹청색의 덩어리가 섞인 구토를 일으킨다. 복통, 콜레라 같은 설사, 신체의 동통이 있으며, 맥박은 작고 느리다. 사지 냉각감, 부정맥, 뇨 폐쇄, 황달, 현기증, 호흡곤란, 발열, 의식불명, 양다리의 경련 등을 일으켜 짧은 시간에 사망하는 경우가 있다. 크롬으로 인한 사람에 대한 독성에 대해선 기도로부터 들어오는 크롬으로 인한 호흡기 장애, 피부접촉으로 인한 피부장애

가 알려져 있으며 신장, 간장에도 영향을 주는 것으로 알려져 있고, 만성적으로는 6가 크롬에 의한 비중격 폐양, 천공, 피부염 등이 있으며 장기간에 걸친 폭로의 가장 심한 질환은 폐암이다.

구리는 사람에게 있어서 필수금속의 대표적인 것으로서 태고로부터 환경 중에 상당히 많은 양이 존재하고 있으며 대기중의 구리함량은 도쿄도의 조사에 의하면 도심지에서 $0.080\sim 0.446\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, 오가사와라에서 $0.075\sim 0.078\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 였다.⁵⁾

따라서 본 연구의 목적은 서울시 주요 도로변의 대기 중 니켈, 크롬, 구리 등의 농도를 측정 분석하고 각각의 중금속들의 농도에 있어서의 상관관계, 교통량과의 상관관계 등을 규명함으로써 환경보건 정책 및 대기오염 관리대책에 필요한 기초자료를 제공하기 위함이다.

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, 청계천5가, 강남터미널을 선정하였다.

연구기간 중 기상조건은 다음과 같다. 즉, 연구기간 중 일일 평균기온은 최저 3.3°C 에서 최고 19.1°C 이었으며 전체 평균기온은 12.3°C 를 나타냈다. 일일 평균풍속은 최소 $1.3\ \text{m/s}$ 에서 최고 $4.2\ \text{m/s}$ 이었다. 기간 중 강우일수는 총 6일이었으며 조사가 진행된 10월 중 강수량은 $22.1\ \text{mm}$ 로 매우 낮은 강수량을 나타냈다.¹⁸⁾

연구대상 지역의 교통량은 Table 2에서와 같이 차량의 종류와 시간대에 따라서 조사되었다. 차량의 종류는 소형차, 버스, 트럭 등으로 분류하여 조사되었으며, 시간은 오전 9:30-12:30, 점심 12:30-15:30, 저녁 15:30-18:30 등의 3가지 시간대로 나누어서 측정하였다. 시간당 총 통행량은 종로 지역이 가장 많았으며, 강남터미널, 청계천 순서로 나타났다. 시간당 트럭의 통행량은 청계천 지역이 가장 많았으며 종로, 강남터미널 순서로

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.

나타났다.

교통량을 추계하는 방법은 a. 교통량(대/시간) 조사결과를 이용하는 방법, b. OD표를 기초로 한 교통량배분 시뮬레이션에 의한 방법, c. 항공사진에 의한 방법⁷⁾이 있으나 본 연구에서는 a.방법을 이용하였으며 이 방법은 가장 기본이 되는 방법이다.¹²⁾

시료의 포집은 Table 1에서와 같이 각각의 포집 대상 지역으로 선정된 지역의 주요도로 변을 택하여서 도로로부터 거리가 1m되는 지점에서 높이는 사람의 호흡 위치인 1.5m의 높이로 샘플러를 설치하였다. 샘플링 지역의 특징을 살펴보면 종로는 비교적 다른 지역에 비해 건물들이 밀집된 지역이고, 청계천의 경우에는 고가도로가 있었다. 또한 강남터미널 지역은 도로의 주변에 대규모 아파트 단지가 있었으며 비교적 개방된 지역으로 분류할 수 있다. Table 2는 지역별로 차종별, 시간대별 교통량을 보여주고 있다.

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 37mm 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 24시간 동안 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 산출하였

다. 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 니켈, 크롬, 구리의 농도

먼지 중 니켈, 크롬, 구리의 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, 아연, 철의 농도를 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 대기중 니켈의 농도

현재 대기 중에서 검출되는 니켈은 화산 등 특수한 예를 제외하면 그 대부분이 인위적인 활동에 의한 것이며, 난방을 위한 석유, 자동차배기가스, 동력원으로서의 석탄·석유 등의 연소, 제련·제강소로부터의 배기 등 네가지가 주요한 원인으로 되어있다.

외국의 대기 중 니켈의 농도 수준은 미국의 도시평균이 23 ng/m³이고, 비도시 지역에서는 7 ng/m³으로 보고되었다. 또한 일본의 평균 니켈농도는 4-15 ng/m³의 농도 수준을 나타내고 있다. 본 연구에서 조사된 서울 지역의 대기 중 니켈 농도는 Table 3에서 보듯이 청계천이 34.1 ng/m³, 강남터미널이 25.1 ng/m³, 종로지역이 23.6 ng/m³을 나타내었으며 그래프로 살펴보면 Fig. 1와 같다. 이들은 모두 일본의 니켈 농도수준보다 높은 값을 나타내고 있다. 또한 시간대별 농도는 종로와

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

Sampling site	No.of sample	Ni concentration(ng/m ³)				
		9:30~12:30	12:30~15:30	15:30~18:30	Total(Mean±SD)	Range
Chongro	45	20.6	23.3	26.8	23.6±20.4	1.3-98.0
Chungkechun	22	27.7	30.2	45.5	34.1±31.7	3.4-134.3
Kangnam-terminal	27	49.4	19.6	6.2	25.1±50.1	0.5-232.5

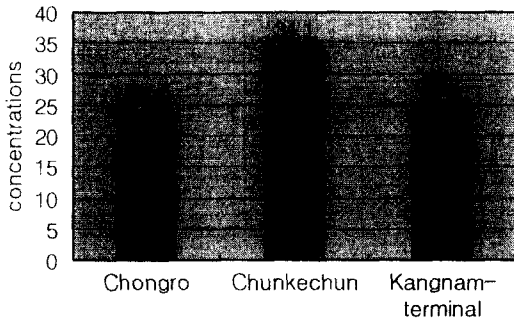


Fig. 1. Average Ni concentrations in atmosphere by sampling site(ng/m³).

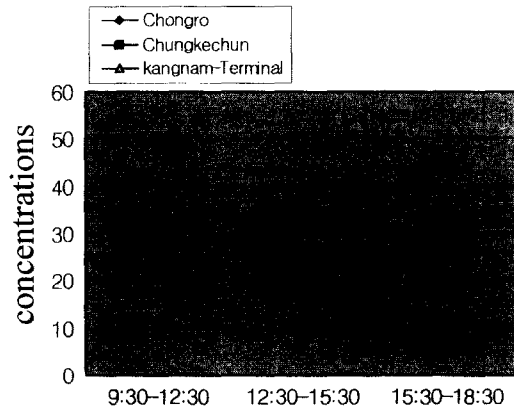


Fig. 2. Ni concentrations in atmosphere by sampling time(ng/m³).

청계천 지역은 저녁 시간대가 각각 26.8 ng/m³과 45.4 ng/m³로서 높은 농도를 보여주고 있으며, 강남은 49.4 ng/m³로서 아침 시간대에 가장 높은 농도를 나타내고 있다(Fig. 2). 특히 미국의 경우 대기 중 니켈

Table 4. Correlation coefficients between Ni-concentrations and traffic volumes by site

Sampling site	Correlation coefficients(r)			
	Total	Passenger car	Bus	Truck
Chongro	0.982	0.939	-0.985	0.998
Chungkechun	-0.968	-0.992	-0.656	0.298
Kangnam-terminal	0.941	-0.753	0.997	0.828

의 농도는 계속해서 감소하는 추세를 보이고 있으며, 본 연구에서 나타난 서울지역의 평균 니켈 농도 26.5 ng/m³는 미국의 1965년도 농도인 26.0 ng/m³와 같은 수준을 보이고 있다. 한편 다른 논문에 보고된 작업장에서의 니켈의 농도를 살펴보면 전처리시 니켈의 공기중 농도는 전처리가 7.7±11.75 µg/m³, 니켈조가 18.62±4.41 µg/m³, 포장은 1.1±0.47 µg/m³로 나타났으며 기중 니켈농도가 높고 부서별로 차이가 있는 것으로 보고되고 있다.¹⁾

각각의 포집 장소에 있어서 교통량과 Ni농도와의 상관관계식은 Table 4에 제시되어 있다.

2. 대기중 크롬의 농도

크롬은 일반적으로 석탄 중에는 평균 20 ppm(10-1,000 ppm), 석유에는 평균 0.3 ppm이 포함되어 있다. 석탄을 연료로 하는 공장의 배출이 오염도가 높고, 통상 입자 중에 2.3-31 ppm, 배출 가스 중에서는 0.22-2.2 mg/m³의 농도를 나타내며, 집진장치를 한 공장에서는 각각 0.19-6.6 ppm, 0.018-0.5 mg/m³라는 보고가 있다. 일반적인 도시의 대기 중 크롬 농도는 연평균 10.0-30.0 ng/m³이며, 시골에서는 10 ng/m³이하이다. 1969년 동경을 조사한 결과는 30.0-140.0 ng/m³이었다.

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

Sampling site	No.of sample	Cr concentration(ng/m ³)				
		9:30~12:30	12:30~15:30	15:30~18:30	Total(Mean±SD)	Range
Chongro	45	83.7	96.2	113.1	97.7±98.9	12.8-508.4
Chungkechun	22	63.1	60.4	119.3	80.1±74.4	1.7-289.4
Kangnam-terminal	25	142.4	30.9	30.6	70.9±141.7	1.9-676.3

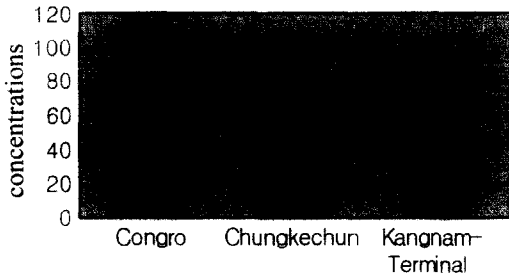


Fig. 3. Average Cr concentrations in atmosphere by sampling site(ng/m³).

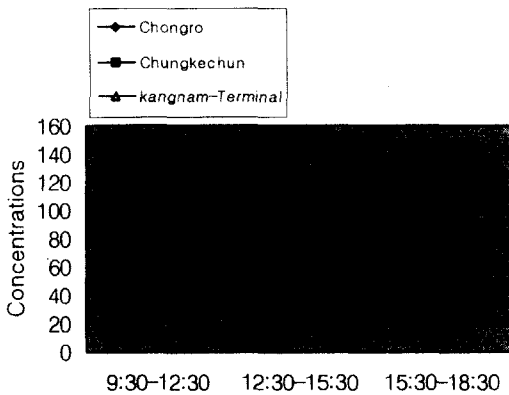


Fig. 4. Cr concentrations in atmosphere by sampling time (ng/m³).

본 연구에 의하면, Table 5에서 보듯이 크롬의 평균 농도는 종로가 97.7 ng/m³, 청계천이 80.1 ng/m³, 강남이 70.9 ng/m³의 비교적 높은 수준을 나타내고 있었고 (Fig. 3), 시간대별로는 역시 종로, 청계천의 경우 저녁 시간대가 각각 113.1 ng/m³, 119.3 ng/m³으로 높게 나타났으며 강남은 역시 아침 시간대가 142.4 ng/m³로서 매우 높게 나타났다(Fig. 4). 이는 외국의 농도수준보다 약 3배 가량의 높은 수준을 나타내고 있다. 또한 다른 보고서에 발표된 도금근로 작업장에서의 크롬의 농도를 살펴보면 전처리기가 2.0±2.00 µg/m³, 크롬조가 35.7 ± 53.07 µg/m³, 포장은 2.9±2.02 µg/m³로 부서별로 다르게 나타나며 크롬조가 가장 높게 나타나고 있다.¹⁾ 또한 정회경 등에 의하면 작업장 내에서 공기중 6가 크롬 농도는 대수정규 분포를 하였으며, 개인시료의 전체 평균이 0.45 µg/m³(범위; <0.05-37.40 µg/m³), 장소시료의 평균이 0.70 µg/m³(범위; <0.05-153.0 µg/m³)으로 보고되고 있으며 이 작업장내의 크롬의 농도와 본 연구의 결과를 비교해 볼 때 본 연구결과의 농도가 매우 낮음을 알 수 있다.²⁾

Table 6. Correlation coefficients between Cr-concentrations and traffic volumes by site

Sampling site	Correlation coefficients(r)			
	Total	Passenger car	Bus	Truck
Chongro	0.980	0.943	-0.983	0.999
Chungkechun	-0.911	-0.957	-0.518	0.132
Kangnam-terminal	0.999	-0.520	0.975	0.621

Table 6에서 보는 바와 같이 종로의 경우 승용차와 트럭의 통행량의 증감에 따라 Cr의 농도가 크게 영향 받고 있음을 알 수 있었으며 버스의 경우에는 부의 상관관계를 보이고 있으나 이는 버스의 통행량이 줄어들었으나 그 감소량이 전체의 통행량에 비하면 미약하다. 따라서 상관계수는 음을 나타내고 있으며 이것들이 모두 포함된 전체 통행량과의 상관관계는 정의 상관관계를 보이고 있다. 청계천의 경우 트럭의 증감과 Cr의 농도와는 별 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이는 앞에서 기술한 바와 같이 통행량에 포함되지 못한 고가도로를 지나가는 차량의 계수가 그 원인이며, 그럼에도 고가도로 위를 통행하면서 지나가는 차량들이 방출한 크롬이 청계천 지상에서의 크롬농도에 포함된 때문으로 생각된다. 또한 강남터미널의 경우 Ni의 경우와 마찬가지로 버스의 통행량의 증감에 따라 Cr의 농도는 크게 영향받는 것으로 나타났다. 여기서 승용차 통행량과의 상관관계가 부의 상관관계를 보여주고 있는데 이는 승용차의 통행량은 늘고 크롬의 농도는 감소하기 때문이다. 그러나 전체적으로 승용차의 통행량이 증가한 수치보다 버스 통행량 감소가 상대적으로 크므로 전체적인 통행량과 Cr농도와의 상관관계를 분석해 보면 정의 상관관계가 나타나는 것이 바른 것으로 판단된다 (r=0.999).

3. 대기 중 구리의 농도

토양·지각 중의 구리를 다른 몇 종류의 금속과 비교하면 구리는 다른 필수 금속에 비해 일반적으로 다소 낮은 값을 나타내지만, 오염금속에 비하면 상당히 높은 값을 나타낸다. 대기 중 구리 함량은 도쿄도 조사에 의하면(1969-1972) 도심지역에서 80.0-446.0 ng/m³을 나타내었고, 오사가와라(일본)에서는 75.0-78.0 ng/m³이었다.

본 연구에서 조사된 서울지역의 대기 중 구리의 농도는 Table 7에 나타난 데로 종로지역이 175.6 ng/m³, 청계천이 113.5 ng/m³, 강남이 76.5 ng/m³를 나타내었으며(Fig. 5), 시간대별 농도는 종로의 경우는 저녁 시간이 비교적 높은 농도를 나타내었으나 청계천이나 강

Table 7. Atmospheric Cu concentrations by sampling location and time in Seoul

Sampling site	No.of sample	Cu concentration(ng/m ³)				Range
		9:30~12:30	12:30~15:30	15:30~18:30	Total(Mean±SD)	
Chongro	45	172.1	148.3	205.3	175.6±74.6	9.6-428.0
Chungkechun	21	114.4	114.4	111.1	113.5±61.9	45.3-290.4
Kangnam-terminal	26	57.6	77.5	92.3	76.5±38.0	21.7-182.8

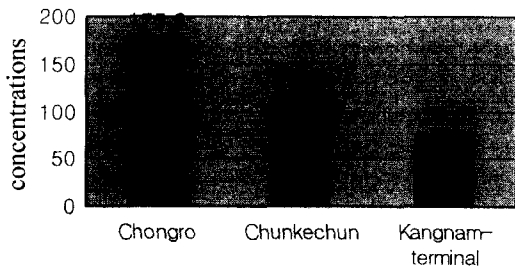


Fig. 5. Average Cu concentrations in atmosphere by sampling site(ng/m³).

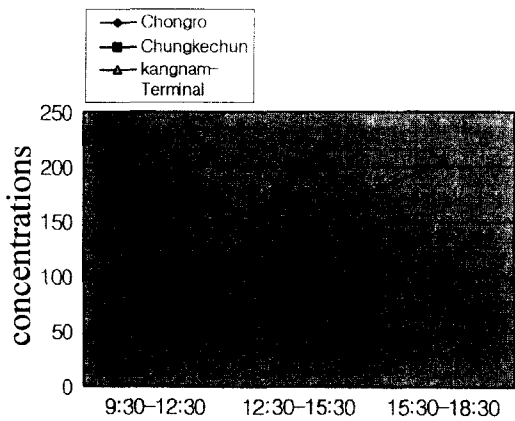


Fig. 6. Cu concentrations in atmosphere by sampling time.

남터미널의 경우에는 시간대별로 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 6).

Table 9. Correlation matrix of pollutants in Seoul air

Correlation	TSP	Pb	Zn	Fe	Cu	Ni	Cr
TSP	1.000	.105	.049	.219	.146	.093	.141
Pb		1.000	.097	-.040	-.117	.411**	.289**
Zn			1.000	.544**	.726**	.088	.039
Fe				1.000	.694**	.075	.253*
Cu					1.000	-.013	.063
Ni						1.000	.842**
Cr							1.000

*, p<0.05, **, p<0.01.

Table 8. Correlation coefficients between Cu-concentrations and traffic volumes by site

Sampling site	Correlation coefficients(r)			
	Total	Passenger car	Bus	Truck
Chongro	0.483	0.865	-0.495	0.682
Chungkechun	0.927	0.968	0.553	-0.172
Kangnam-terminal	-0.889	0.832	-0.978	-0.876

Table 8에서 보는 바와 같이 Cu의 농도와 차종별 교통량의 상관관계는 각 지역 공회 승용차량과 아주 밀접한 관계가 있는 것으로 나타내고 있다. 버스나 트럭의 통행량이 감소함에도 불구하고 농도는 증가하는 경향이 나타나고 있고 이것이 일부 음의 상관계수를 보이고 있다. 그럼에도 불구하고 구리의 농도는 증가의 경향을 보이고 있으며 이는 승용차의 증가와 경향을 같이 하고 있다. 이것으로 판단해 볼 때 구리의 주요 발생원은 주로 승용차의 차체 및 각종 부속품과 관련 있는 것으로 판단된다.⁵⁾

4. 대기 중 중금속 물질간 상관관계

대기중에 존재하는 각 중금속간의 상관계수를 구한 결과가 Table 9에 나와있다.

아연과 철이 상관계수가 0.544(p<0.01)를 나타내며 정의 상관관계가 있음을 보여주고 있다.

아연과 구리의 상관계수는 무려 0.726(p<0.01)으로 매우 높은 정의 상관관계가 있음을 알 수 있다. 철과 구리 또한 0.694 (p<0.01)의 높은 상관관계를 보이고

있다. 니켈과 구리는 0.842($p < 0.01$)의 높은 상관관계가 있음을 알 수 있다. 구리와 아연의 상관계수 및 니켈과 크롬의 상관계수 r 값이 각각 0.726 및 0.842로 매우 큰 것으로 나타났다($p < 0.01$). 이와 같은 대기중 중금속간의 상관관계가 있음은 매우 중요한 의미를 가진다. 즉 우리는 니켈과 구리가 상관관계가 있음을 통하여 두 인자 중 하나만 알고 있는 대기에 대해서 다른 중금속의 농도 수준을 개략적으로 추정할 수 있는 것이다.

IV. 요약 및 결론

이 조사는 종로, 청계천, 강남터미널 지역의 도로변 대기 중 니켈, 크롬, 구리 등의 농도를 1997년 10월 1일에서 10월 31일에 걸쳐 오전 9시 30분부터 6시 30분까지의 평균 농도를 측정하고 중금속간의 상관계수를 측정하였다.

조사 결과는 다음과 같다.

1. 대기 중 니켈의 농도는 청계천 지역이 34.1 ng/m^3 , 강남터미널이 25.1 ng/m^3 , 종로가 23.6 ng/m^3 이었으며, 시간대별로 본 니켈의 최고농도는 종로가 저녁시간에 26.8 ng/m^3 이고, 청계천이 저녁시간에 45.4 ng/m^3 이며, 강남터미널 경우가 49.4 ng/m^3 를 나타냈다.

2. 대기 중 크롬의 농도는 종로 지역이 97.7 ng/m^3 , 청계천 지역이 80.1 ng/m^3 , 강남터미널 지역이 70.9 ng/m^3 이었으며, 시간대별로 본 크롬의 최고농도는 종로가 저녁시간에 113.1 ng/m^3 , 청계천이 저녁시간에 119.3 ng/m^3 , 강남터미널 지역이 아침시간에 142.4 ng/m^3 를 나타내었다.

3. 대기 중 구리의 농도는 종로지역이 175.6 ng/m^3 , 청계천지역이 113.5 ng/m^3 , 강남터미널 지역이 76.5 ng/m^3 를 나타냈으며, 시간대별로는 종로의 경우 저녁시간대에 205.3 ng/m^3 , 청계천이 아침시간에 114.4 ng/m^3 , 강남터미널이 92.3 ng/m^3 를 나타내었다.

4. 시간의 경과에 따른 Ni과 Cr의 농도의 증감경향은 서로 유사했으며 각 지역에 있어서, 특히 강남지역의 경우 Ni과 Cr의 농도와 차종중 Bus의 교통량과 상관관계가 큰 것으로 나타났다($r=0.997, 0.975$).

5. 시간의 경과에 따른 Cu 농도의 증감경향은 Ni, Cr의 그것과는 전혀 달랐으며, 여러 가지 차종 중 승용차의 교통량과 상관관계가 큰 것으로 나타났다.

6. Cu와 Zn의 상관관계 및 Ni과 Cr의 상관관계 r 값이 각각 0.762 및 0.842로 매우 큰 것으로 나타나 ($P < 0.01$), 이들이 오염물질 중에 공존할 가능성이 매우 큰 것으로 판단되었다.

참고문헌

- 1) 신동천, 정 용, 김종만, 임영옥 : 서울시 대기 부유먼지 중 중금속에 대한 발암 위해성 평가, 한국대기보전학회지, **10**(2), 105-115, 1994.
- 2) 박기학 : 교통량 과밀 도로주변의 토양과 가루수, 대기 중 Pb, Cu, Zn 중금속 농도와 그 상관성에 관한 연구, 한국환경위생학회지, **18**(2), 19-25, 1992.
- 3) 임영옥, 정 용 : 호흡성먼지중의 중금속 오염도에 관한 조사연구, 한국대기보전학회지, **5**(1), 68-78, 1989.
- 4) 이영환, 정문호 : 금속과 사람, 신판출판사, 1993.
- 5) 손동현, 권창호, 정원태, 허문영 : 대기부유먼지 중 다환 방향족탄화수소 및 중금속의 농도, 한국대기보전학회지, **7**(1), 17-22, 1991.
- 6) 한진석, 김신도 : 서울시 대기중 입자상 오염물질의 조성에 관한 연구, 한국대기보전학회지, **12**(4), 389-398, 1996.
- 7) 조강래, 김양균, 동종인, 엄명도 : 자동차에 의한 오염물질 배출계수 및 배출량 산정에 관한 연구, 한국대기보전학회지, **3**(1), 55-64, 1987.
- 8) 대기오염 공정시험방법, 동화기술, 1996.
- 9) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) : Method No. 7300, NIOSH Manual of Analytical Method, 4th Edition, Cincinnati, OH, NIOSH, 1994.
- 10) 신동천, 임영옥, 박성은, 정 용 : 교통혼잡지역의 대기부유먼지 중 유기혼합물에 의한 발암 위해성 평가, 한국대기보전학회지, **12**(5), 557-576, 1996.
- 11) 유승성 : 대기 중금속성분이 토양에 미치는 영향, 건국대학교 석사학위논문, 1991.
- 12) 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.
- 13) 일기상통계표, 기상청, 1997.
- 14) 강희양 외 : 도로변 지표생물을 이용한 대기오염의 식물에 미치는 영향에 관한 연구, 한국환경위생학회지, **14**(2), 29-41, 1988.
- 15) 정 용 : 자동차 배출 물질과 건강장해, 대기보전학회 세미나집, 한국대기보전학회, 14-53, 1991.
- 16) 신찬기, 한진석, 김윤신 : 대기오염농도와 기상인자의 관련성연구 - 서울 광화문지역을 중심으로-, 한국대기보전학회지, **8**(4), 213-220, 1992.
- 17) 조준호, 박석환, 정문식 : 서울시 주요 도로변 대기중 납, 아연 및 철 농도에 관한 조사연구, 한국환경위생학회지, **24**(2), 110-117, 1998.
- 18) 윤형렬, 김장락, 홍대용 : 일부 크롬 폭로 근로자들에 있어서 변이원성 지표로서의 소핵검사, 대한산업의학회지, **5**(1), 45-57, 1993.
- 19) 황인담, 기노석, 이정상, 이상규 : Nickel화합물이 인혈 배양 임파구의 자매염색체교환 및 염색체 이상에 미치는 영향, 대한산업의학회지, **1**(1), 46-51.
- 20) 최호춘, 김해정, 정호근 : 도금업 근로자의 혈청과 공기중 크롬 및 니켈농도, 한국산업위생학회지, **1**(2), 117-127.
- 21) 정희경, 백남원 : 중소기업 도금공정에서의 6가 크롬폭로에 관한 연구, 한국산업위생학회지, **3**(2), 152-165.
- 22) 강용선, 김세동, 구태형, 윤형렬, 문덕환, 위해성수 : 금속제품 제조 산업장내 공기중 중금속농도에 관한 연구, 한국산업위생학회지, **6**(2), 249-264.