

일부 도시 교통경찰관의 일산화탄소 개인 노출과 혈중 카르복실헤모글로빈에 관한 연구

Personal Carbon Monoxide Exposures and Carboxyhemoglobin Levels of the Traffic Policemen

정 용 · 신 동 천 · 박 성 은 · 이 기 영¹⁾
연세대 환경공해연구소
¹⁾하버드 보건대학원 환경보건과

Yong Chung, Dong-Chun Shin, Seong-Eun Park, Ki-Young Lee¹⁾
*Dept. of Preventive Medicine and
Institute for Environmental Research, Yonsei University*
¹⁾*Harvard School of Public Health
Dept. of Environmental Health*

Abstract

The number of motor vehicles in Korea has increased to about 4 million, and the exhaust gases of these vehicles have become a more threatening factor to public health. Traffic policemen are one of the highest health risk groups since they work on roadsides where they are exposed to high levels of air pollutants. The health effects on them due to air pollution were determined by measuring personal carbon monoxide(CO) exposure and carboxyhemoglobin(COHB) level in blood. Thirty-one traffic policemen in Seoul volunteered to be subjects of the study. In October 1992, personal CO exposure was measured by a CO passive sampler. The subjects wore the CO passive sampler for 8 hours while on duty. The exposed samplers were analyzed by gas chromatography. Blood samples from each subject were collected just after the exposure sampling, and were analyzed within 3 hours of blood collection by a CO-oximeter. The activities of the subjects were recorded by the subject in 30 minute intervals using an activity log sheet containing location and time spent. Personal CO exposure were ranged between 0.1 and 14.5ppm, with an average of 5.9ppm.

Carboxyhemoglobin levels ranged from 1.1% to 6.9%, with an average of 3.6%. Policemen on duty outdoors had significantly higher CO exposures and COHB levels than policemen on duty indoors($p < 0.01$). Personal CO exposure and COHB were positively correlated, although the coefficient was not significant. The relationship between CO level and COHB level was confounded by smoking status. Among smokers, COHB level was significantly higher as CO exposure and hours worked outdoors increased.

1. 서 론

대기오염물질에 빈번히 노출되는 도로주변 생활자, 택

시기사, 청소부, 교통경찰관등은 건강에 큰 피해를 받을 수 있는 고위험 노출군이다(Johnes et al., 1972; 권숙표 등, 1988). 특히, 대기오염물질에 직접적으로 장시간 노출되어 근무하는 도로 교통경찰관은 일반인보다 더

많은 건강장해의 위험요소를 갖고 있다. 실제로 이에 관해 아직까지 우리나라에서 연구 확인된 바는 없으나 타 부서에 근무하는 다른 경찰관보다도 더 많은 스트레스를 받는 것으로 조사된 연구가 있어(김옥자, 1988), 스트레스의 한 요인으로 대기오염에 의한 관련성을 예측해 볼 수 있다.

이들은 자동차의 배기가스에 3~7% 가량 포함되어 있는 일산화탄소에 장기간 폭로됨으로써 모르는 사이에 건강을 해칠 수 있다. 일반적으로 폐를 통하여 흡수된 CO는 혈색소와 높은 친화력을 갖고 결합하여 산소운반 및 산소해리 장애를 일으키는 한편 조직의 저산소증을 초래하여 산소요구량이 많은 중추신경계, 심장, 신장 및 폐에 민감한 병변을 일으킨다고 알려져 있다(Samet and Spengler, 1991). 대기환경에서와 같은 저농도의 일산화탄소에의 노출은 가시광선 역치를 증가시키는 등 건강한 사람의 분별력을 떨어뜨리고 심혈관계 질환을 앓고 있는자의 상태를 악화시킨다(Stewart, 1976; WHO, 1987).

일산화탄소에 의한 급성 중독 및 만성적인 영향은 혈중 carboxyhemoglobin(CO_hb) 형성을 통해 조직의 저산소증을 보이는 것이 주요 기전이며 보통 저농도 CO에의 노출은 10%~15% 이하의 혈중 CO_hb 포화도를 보인다(Stewart, 1976).

우리나라는 세계적으로 연탄가스 중독으로 인한 사망률이 높아 그동안 고농도의 일산화탄소의 급성중독에 관해서 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 일반 대기 환경중의 일산화탄소에 노출됨으로써 입을 수 있는 건강피해에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 더우기 만성적인 노출대상이 될 수 있는 교통경찰관에 대해서 대기오염물질의 노출정도 및 인체내 정도를 평가한 연구는 전혀 되어 있지 않다고 할 수 있다. 대기오염에 의한 인체의 위해가 날로 우려되고 있는 가운데 이를 효과적으로 평가하고 관리하기 위해서는 그 노출수준을 파악하는 것이 선행되어야 한다.

현재 서울의 일산화탄소의 연평균 오염도는 1.9ppm(환경처, 1992)을 나타내고 있다. 그러나 고정 측정망에 의해서 측정되는 일산화탄소와 개인의 혈중 CO_hb 농도와의 상관관계는 항상 잘 일치하는 것은 아니어서 인체의 건강에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 개인의 노출량을 측정하는 것이 더욱 타당하다(Wallace and Ziegenfus, 1985).

따라서 본 연구에서는 대기오염이 교통경찰관에 미치는 위해정도를 평가하기 위하여 간편하고도 측정이 용이한 기구들을 이용하여 교통경찰관의 일산화탄소 개인노

출량을 측정하고 혈중에서 CO_hb의 양을 조사하였다. 또한 이들의 상관관계 및 이에 영향을 미치는 변수들과의 관계를 규명함으로써 일산화탄소의 인체 위해성 평가에 있어 개인노출에 관한 기초적 자료로 제공하고자 하였다.

2. 조사방법

2. 1 연구대상

교통경찰관의 일산화탄소 노출량과 체내오염의 지표로서 혈중 CO_hb량을 측정하기 위하여 서울지역에서 근무하는 교통경찰관 31명을 조사대상군으로 선정하였다. 이들은 설문문을 통하여 자원받은, 건강이 양호한 대상군들이었다. 조사대상자들의 특성을 표 1에 나타내었는데 실외근무자(도로근무자)가 22명, 실내 근무자 9명이었다. 또한 우리나라의 교통경찰관들은 크게 의무적으로 군복무를 하는 의무경찰관과 직업경찰관으로 나누어지는데 이들의 생활 행태(life stayle)에는 크게 차이가 있어 이를 하나의 변수로 분류하였다. 특히 의무경찰관은 나이가 어리고(25세 이하), 근무경력 이 직업경찰관에 비해 짧은 대신에 실제로 도로에서 근무하는 시간은 많은 특징을 갖고 있다. 한편, CO의 체내오염의 중요한 변수로써 작용할 수 있는 흡연이라는 요인을 고려하기 위해 조사대상군을 흡연자와 비흡연자로 구분하여 살펴본 결과 흡연자는 23명, 비흡연자는 8명이었다.

Table 1. Characteristics of study subjects.

Characteristics	Category	Number
Duty type	Outside	22
	Inside	9
Classification	Obligatory	19
	Professional	12
Smoking habits	Smoker	23
	Nonsmoker	8

2. 2 일산화탄소 개인별 노출 및 혈액가스의 측정

일산화탄소 개인노출량을 측정하기 위해 일산화탄소 개인용 측정 샘플러(Carbon Monoxide Personal Sampler; 이하 COPS)를 사용하였다. 튜브타입의 COPS는 이온교환된 zeolite를 고체흡착제로 이용한 것으로 경찰관의 호흡기 근처인 왼쪽 가슴에 달아 1992년 10월의 일일중 8시간 노출시킨 후 수거하였다. COPS는 기체 크로마토그래피의 불꽃이온화검출기(Shimadzu

Co. GC-8A)를 이용하여 미국 Harvard대학에서 분석하였다. 일산화탄소가 확산튜브를 통과하면서 고체흡착제에 흡착된 뒤 메탄으로 전환되어 열적으로 분리되는 원리를 갖고 있는 이 passive sampler는 저농도의 일산화탄소를 측정하는데 유용하며 정확도가 높은 새로운 측정기구(Lee et al., 1992)로서 이미 우리나라에 소개된 바 있다(김윤신 등, 1990; Chung et al., 1994).

노출시킨 COPS를 수거하면서 피검자의 혈액을 ED-TA(Ethylene Diamine Tetraacetic Acid)가 첨가된 진공 시험관에 기포없이 5ml씩 채혈하여 냉장상태(ice box 4°C)로 보관하여 채혈 후 3시간 이내에 분석하였다. 이때 전체 피검자간의 채혈시간의 차이는 1시간 이내로 하였다. Total hemoglobin(Total-Hb), Carboxyhemoglobin(COHB), Oxyhemoglobin(O₂Hb), Methemoglobin(MetHb)를 CO-oximeter (Instrumentation Laboratories, IL 482)로 분석하였다.

흡광도를 이용해서 측정이 가능한 혈중 COHB 농도의 측정은 자동화된 분광 광도계인 CO-oximeter를 이용하면 별다른 전처리 없이 높은 민감도와 특이성 상태에서 측정할 수 있어 폭넓게 응용되고 있다(Venkatram and Louch, 1979; 김선민 등, 1991).

2. 3 개인활동력 조사

COPS노출 시간동안 교통경찰관의 근무행태를 알아보기 위하여 개인의 일일 활동력(daily life activity)을 크게 근무시간과 근무외 시간으로 구분하고 그것을 또한 실내·외로 나누어 30분 간격으로 구분한 양식지(daily activity log sheet)를 만들어 자가기입하도록 하였다.

2. 4 통계 분석방법

SAS(Statistical Analysis System)-통계프로그램을 이용하여 교통경찰관의 일산화탄소 노출량과 혈중

COHB농도에 교통경찰관의 근무형태와 분류, 흡연유무가 차이를 주는지 검증하기 위해 Wilcoxon rank sum test를 이용하였고 이들 두 요인들이 영향을 주는지를 검증하기 위해 Friedman-test를 실시하였다. 일산화탄소 노출량, 혈중 COHB 농도와 일일 생활양식지를 이용한 도로 근무시간 비율과의 상관관계를 분석하고, 특성요인에 따른 도로 근무시간비율과 혈중 COHB와의 관계를 보기 위하여 가변수 처리한 다중회귀분석을 실시하였다.

3. 조사 결과

3. 1 개인 일산화탄소 노출량 및 혈중 COHB 농도

총 대상자 31명의 일산화탄소 측정결과를 표 2에 나타내었다. 교통경찰관의 일산화탄소 8시간 평균 개인 노출량은 5.9ppm이었으며, 그 범위는 0.1~14.5ppm으로 조사되었다. 근무형태에 따라 외근 근무자는 평균 7.4ppm, 내근 근무자는 평균 2.2ppm으로 외근 근무자가 내근 근무자에 비해 약 3.4배 높은 농도로 노출된 것으로 나타났다. 이러한 차이는 Wilcoxon rank sum test결과 유의확률이 p<0.01으로 검증되어 통계적으로도 매우 유의함을 알 수 있었다.

의무 교통경찰관이 평균 7.3ppm으로써 직업 교통경찰관보다 높은 농도를 보였으며(p<0.05), 흡연요인에 따른 일산화탄소 노출 농도의 차이는 흡연자가 6.50ppm, 비흡연자가 4.42ppm으로, 흡연하는 교통경찰관이 높은 것으로 나타났으나 이는 통계적으로 유의하지 않았다. 특히, 분류 요인별로 가장 높은 노출 오염도를 보인 그룹은 외근하는 의무 교통경찰관으로써 8시간 개인노출량이 9.0ppm이었다.

조사대상자 28명의 혈중 COHB의 농도를 요인별로 비교한 결과를 표 3에 나타내었다. 실내·외 근무자간에

Table 2. CO personal exposure levels of traffic policemen by duty type, classification and smoking habit. unit: ppm(mean±S.D.)

		Duty type**		All
		Inside(n=9)	Outside(n=22)	
Classification*	Obligatory(n=19)	2.5±1.3	9.0±3.2	7.3±4.0
	Professional(n=12)	1.7±0.6	4.7±5.2	3.7±4.4
Smoking habit	Smoker(n=23)	1.9±0.4	7.6±4.0	6.3±4.3
	Nonsmoker(n=8)	2.5±1.5	6.9±6.9	4.7±5.2
All		2.2±1.0	7.4±4.5	5.9±4.5

* p<0.05 ** p<0.01

Table 3. Comparison of COHb levels of traffic policemen at duty type, classification and smoking habit.
unit: %(mean±S.D.)

		Duty type*		Mean
		Inside(n=6)	Outside(n=22)	
Classification	Obligatory(n=19)	2.0±0.5	4.1±1.7	3.6±1.7
	Professional(n=9)	3.9	3.7±1.6	3.7±1.5
Smoking habit*	Smoker(n=21)	2.1±0.5	4.2±1.5	3.9±1.6
	Nonsmoker(n=7)	2.6±1.2	2.6±1.5	2.6±1.2
Mean		2.3±0.9	3.9±1.6	3.6±1.6

*p<0.05

는 실외근무자가 3.9%, 실내근무자가 2.3%로 실외근무자가 실내근무자에 비해 평균적으로 높았으며 이 요인간에는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05). 의무 교통경찰관과 직업경찰관 간에는 농도의 차이가 없었고, 흡연유무로 비교해 본 혈중 COHb의 농도는 전체적으로는 흡연자가 3.9%, 비흡연자가 2.6%로 흡연자가 비흡연자에 비해 높았으나(p<0.05), 실외에서는 흡연자가 비흡연자보다 다소 높았다.

3. 2 CO와 혈중 COHb와의 관계

조사대상자의 일산화탄소 노출시간동안 작성한 일일 활동기록에 의하면 실외근무자의 경우 노출 측정시간동안 도로 근무시간 비율이 51%, 실내 근무자는 5%로 조사되었으며 직업교통경찰관은 32%, 의무경찰관은 50%로 조사되었다. 도로 근무시간 비율과 일산화탄소 노출량과 혈중 COHb 농도의 상관성(multi correlation)을 조사한 결과 일산화탄소에 대한 폭로농도가 높을수록 혈중 COHb가 높은 것으로 나타나는 양의 상관을 보였으나 이는 통계적으로 유의하지 않았다. 도로 근무시간 비율이 증가함에 따라 혈중 COHb 농도와는 유의한 순상관을 보여(r=0.47, p<0.05) 도로근무시간이 증가할수록 혈중 COHb농도가 유의하게 증가하는 것으로 나

Table 4. Correlation coefficient between COHb in blood, 8hr CO exposures and outside working time*.

	CO(ppm)	COHb(%)	Outside Working time(%)
CO	1.0000		
COHb	.2253	1.0000	
Outside Working time	-.0246	.4699*	1.0000

*Proportion of outdoor stay to working time.

*p<0.05

타났다(표 4).

또한, 혈중 COHb에 영향을 주는 요인을 분석하기 위해 일산화탄소, 도로근무시간 비율과 특성 요인을 가변수 처리하여 이들을 다중회귀분석(multiple regression)을 실시한 바, 흡연영향을 고려하기 위하여 흡연유무를 따로 구분하여 다중회귀분석 결과를 표 5에 나타내었다. 이때 흡연자의 경우 일산화탄소와 혈중 COHb 간에 통계적으로 유의한 회귀식;

$$\text{혈중 COHb(\%)} = 2.45 + 0.17 \text{ CO(ppm)} + 1.52 \text{ 도로 근무시간 비율(\%)}$$

을 도출할 수 있었으나 비흡연자의 경우는 대상자수가 적어 관계를 알 수 없었다.

Table 5. Result of multiple regression of COHb, CO and outside working time by smoking habit.

	Variable	Coefficient	t
Smoker	CO	0.17	2.31**
	Working time	1.52	1.28*
	Constant	2.45	3.14
	adj R ² =0.37		
Nonsmoker	CO	-0.06	-0.53
	Working time	1.85	-0.91
	Constant	2.76	2.66
	adj R ² =0.30		

*p<0.05 **p<0.01

4. 고 찰

도에서 근무하는 시간이 많은 교통경찰관의 경우 자동차 배기가스 등에서 배출된 일산화탄소에 의하여 만성

적인 건강 장애를 받을 수가 있다. 대기오염과 건강영향과의 관계를 규명하기 위해서는 동물실험 및 역학적 연구들이 수반되어야 하나 본 연구에서는 개인의 일산화탄소 노출량과 일산화탄소의 체내 오염의 지표인 혈중 COHb농도와와의 관계를 살펴봄으로써 교통경찰관의 대기오염으로 인한 건강영향을 평가해 보고자 하였다.

조사결과 교통경찰관은 일산화탄소에 평균 5.9ppm의 농도로 노출되고 있었다. 대기오염물질 고정측정망에 의해서 측정된 서울의 일산화탄소 농도가 1.9ppm이라는 오염수치와 비교해 볼때 약 3배의 농도 차이를 보여 교통경찰관의 개인의 대기오염 노출정도와 고정측정망의 오염도에는 차이가 있었다. 본 연구는 비교적 적은 수를 대상으로 1회 측정된 자료로써 계절적, 지역적인 요인, 개인 특성의 차이 등 여러 요인들을 감안하여 조사한다면 다른 양상을 보일수 있지만, 측정 대기오염에 의한 피해를 줄이고 효과적인 인체 위해성평가 및 관리를 하기 위해서는 기초적으로 개인의 오염 노출측정이 필수적이라는 것을 시사한다.

한편, 교통경찰관의 특성 요인별로 개인 노출의 차이를 비교해 본 결과 외근 근무자는 내근 근무자에 비해 약 3배가량 높은 CO노출량을 보였다. 이는 실외에서 근무하는 교통경찰관이 실내에서 근무하는 경찰관보다 CO에 더 많이 노출됨을 밝힌 Jabara와 Keefe(1980)연구와 일치하는 결과로써 교통경찰관의 경우 자동차 배기가스와 같은 실외 오염원에 의해 더 많은 영향을 받을수 있다.

본 연구에서 가장 높은 CO노출량을 보인 분류는 외근하는 의무 교통경찰관으로 조사되었는데 이는 직업적인 교통경찰관보다 일일 도로에서 근무하는 시간이 상대적으로 많기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 도로근무시간에만 국한하여 이를 판단할 수는 없으며 더우기 근무경력이 짧은 의무경찰에 비해 직업경찰은 자동차배기가스에 더 오랜동안 노출될 가능성이 있어 만성적인 인체 영향이 다른 유형으로 나타날 것으로 예상된다. 따라서 유의한 순상관 관계를 보인 도로근무시간과 COHb농도와의 관계를 의무경찰관과 직업경찰로 나누어 본 결과 그림 1과 같이 다른 양상을 보였다. 즉, 직업경찰관의 경우 COHb농도의 절편값은 의무경찰보다 높지만 그 증가추세는 완만한 것으로 나타났다. 이는 혈청단백질의 쇠약, 과대사 등에 증가되는 내생(endogenous)의 COHb와 같은 체내의 COHb수준이 오랜동안 직업적으로 노출되어온 직업교통경찰관의 경우 더 증가되어있는 상태이지만 외부의 자극에 의해 반응하는 속도는 더 둔감하게 작용하는것으로 생각해 볼 수 있다. 그러나 이러한

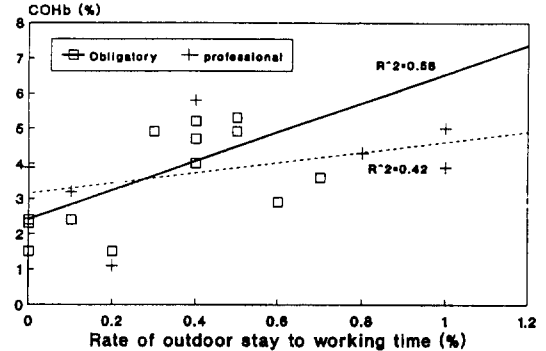


Fig. 1. Relationship of outdoorstay rate to working time(%) and COHb(%) by policemen classification.

결과는 흡연과 같은 다른 요인에 의한 영향 등 앞으로 더 연구되어야 할 부분이 남아있는 것으로 판단된다.

일산화탄소의 인체영향 연구에 있어 일산화탄소의 체내 함량을 용이하게 측정할 수 있는 혈중 COHb는 일반적으로 비흡연자는 2%, 흡연자는 5% 이상의 농도일때 중추 신경계에 영향을 미친다고 한다(Amdur et al., 1986). COHb의 저농도에서의 인체영향을 살펴보면 농도가 2.3~4.3%에서는 활동적인 젊은 남성의 근무시간과 피로사이의 관계에 있어 통계학적으로 유의한 활동력 감소를 보이며, 2.9~4.5%에서는 협심증환자에 있어 활동능력의 유의한 감소와 협심통을 느끼는 횟수의 증가를 나타내며, 5.0~5.5%에서는 격렬한 운동을 하는 젊은 남성에게 있어 최대 산소 소비량과 운동시간의 유의한 감소를 보이며, 5.0~7.6%에서는 건강한 실험대상에 있어서 통계학적으로 유의한 각성 장애를 보이는 것으로 구분하였다(US EPA, 1979).

본 연구에서 조사된 바로는 교통경찰관의 평균 COHb 농도가 3.6%였으며 최고 6.9%까지의 농도를 보였다. 본 연구와 동일한 기구들을 이용하여 조사한, 연탄을 주 난방연료로 사용하는 가정주부 대상의 연구(Chung et al., 1994)에서는 일산화탄소 개인 노출량이 5.6ppm이고 혈중 COHb는 2.4%로 측정되어 교통경찰관들의 혈중 COHb는 연탄중 CO가스에 노출되는 가정주부들보다 높게 나타났다고 할 수 있다. 현재 미국의 CO 대기환경 기준은 건강영향을 고려하여 혈중 COHb가 2%를 넘지 않는 수준에서 정하고 있다. 미국 20개 도시에서 혈중 COHb의 농도는 평균 1.6%, 비흡연자의 70%가 1% 이하였고(Wallace and Ziegenfus, 1985), 1976~1980년동안 미국 65개지역에서 조사한 바로는 평균 1%로 보고되었다(Radford and Dirzd, 1982). 이러한

수치들과 비교해 볼때 본 연구에서 조사된 교통경찰관의 혈중 COHb농도는 인체에 영향을 줄 수 있는 다소 높은 수준이라고 할 수 있다.

도시지역의 일산화탄소의 배출원은 수송기관이 80%로서 대부분을 차지하고 있으며 일산화탄소의 대기오염 농도는 1990년 이후 대체로 다소 감소되고 있지만 1995년 이후 자동차의 증가에 따른 일산화탄소 배출량이 완만하게 증가 추세를 보일 것으로 전망하고 있다(조강래 등, 1991). 따라서 앞으로 만성적 노출집단의 경우 대기중 일산화탄소에 의한 건강영향이 더욱 심해질 것으로 판단된다.

일산화탄소 노출과 혈중 COHb에 관한 이 연구는 교통경찰관 31명을 대상으로 조사한 것으로서 표본집단이 작고 1회 측정 한 것이기 때문에 연구 결과를 일반화시키기에는 대표성 문제에 있어서 제약이 있다고 생각된다. 그러나 인체를 대상으로 한 실험연구는 방법의 실행이나 비용적인 측면에 있어서 매우 어려운 문제로서 본 연구에서 시도된 평가방법은 간편하고도 저렴한 실험방법으로 조사되었기에 더욱 의의가 있다 할 수 있겠다. 앞으로 이러한 연구를 기초로 대규모의 연구를 진행하여 대기오염에 의한 인체의 건강피해를 줄일 수 있는 적극적인 방안을 모색하는 것이 타당하리라 제안된다.

5. 결 론

교통 경찰관들에게 있어 대기오염에 의한 건강영향을 평가해 보기 위하여 도시에서 근무하고 있는 내·외근직의 교통경찰관들을 대상으로 대기중 일산화탄소의 개인 노출과 혈중 COHb농도를 조사하였다. 총 31명의 조사대상자들의 일산화탄소 8시간 평균 노출량은 5.9ppm (0.1~14.5ppm)이었으며 외근 근무자는 내근 근무자에 비해 약 3.4배의 높은 농도를 보였다($p < 0.01$). 혈중 COHb는 평균 3.59%(1.1~6.9%)로 나타났으며 실내·외 근무자간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 혈중 COHb에 영향을 주는 요인을 분석하기 위해 일산화탄소, 도로근무시간 비율과 특성 요인간에 다중회귀분석 결과 흡연자의 경우 일산화탄소와 혈중 COHb 간에 통계적으로 유의한 회귀식(혈중 COHb(%) = $2.45 + 0.17CO(\text{ppm}) + 1.52$ 도로근무시간비율(%))을 도출할 수 있었다.

참 고 문 헌

권숙표, 심상황, 윤명조, 나규환, 조규상(1988) 최신

환경 위생학, 집현사.

김선민, 김 헌, 조수현(1991) 백서 주령에 따른 carboxyhemoglobin의 해리양상에 관한 연구, 예방의학회지, 24(4), 507-515.

김옥자(1988) 일도기에 근무하는 경찰관의 스트레스 요인 분석, 연세대학교 보건대학원논문집.

김운신, 손부순, 유행행용(1990) 일산화탄소의 가정 내 농도 및 주부의 개인 폭로 농도에 관한 조사연구, 한국 대기보전학회지, 6(1), 97-102.

조강래(1991) 도시지역 대기질 개선에 관한 연구(III) -이동배출원의 오염물질 배출 부하량 산정을 중심으로-, 국립환경연구원보, 13, 129-139.

환경처(1992) 환경백서.

Amdur, M.O., C.D. Klaassen, and J. Doull (1986) Casarett and Doull's Toxicology: The basic science of poisons(3rd edition), Pergamon press, 819-820.

Chung, Y., S.E. Park, K.Y. Lee, Y. Yanagisawa, and J.D. Spengler(1994) Determination of personal carbon monoxide exposure and blood carboxyhemoglobin levels in Korea, Yonsei Medical Journal, 35(4), 420-428.

Jabara J.W., and T.J. Keefe(1980) Carbon monoxide: Occupational exposures in Denver, Colorado, Arch. Environ. Health, 35(4), 198-204

Johnes, R.D., B.T. Commins, and A.A. Cernik (1972) Blood lead and carboxyhemoglobin levels in London taxi drivers, Lancet, 2, 302-303

Lee, K.Y., Y. Yanangisawa, M. Hishinuma, J. D. Spengler, and I.H. Billick(1992) A passive sampler for measurement of carbon monoxide exposure using a solid adsorbent, Environ. Sci. and Technol., 26(4), 697-702.

Radford, E.P., and T.AQ. Drizd(1982) Blood carbon monoxide levels in persons 3-74 years by age, United States, 1976-1980, National Center for Health Statistics: advance data from vital and health statistics no.76 DHHS Publication no.(PHS) 82-1250.

Samet, J.M., and J.D. Spengler(1991) Indoor air

- pollution: a health perspective, The Johns Hopkins University Press.
- Stewart, R.D.(1976) The effects of carbon monoxide on humans, J. Occup. Med., 18 (5), 304-309.
- US EPA(1979) Air quality criteria for carbon monoxide and revised evaluation of health effects associated with carbon monoxide exposure, Washington D.C.
- Venkatram, A., and R. Louch(1979) Evaluation of CO air quality criteria using a HbCO model, Atmos. Environ., 13, 869-872.
- Wallace, L.A., and R.C. Ziegenfus(1985) Comparison of carboxyhemoglobin concentrations in adult nonsmokers with ambient carbon monoxide levels, J. Air Pollut. Control Assoc., 35, 944-949.
- WHO(1987) Air quality guidelines for Europe, WHO Regional Publications, European Series No 23, ISBN 92-890-1114-9, 210-220.