

버스 정비 작업자에 대한 석면 및 디젤 엔진 배출물질 노출 평가

이나루* · 이광용

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

Exposure Assessment to Asbestos and Diesel Engine Exhaust Particulate Matter in Urban Bus Garage

Naroo Lee* · Gwangyong Yi

Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency

ABSTRACT

Objectives: Lung cancer occurred with worker working in an urban bus garage. A survey was conducted to investigate whether lung cancer had causal relationship with work. Exposure to asbestos and diesel engine exhaust were suspected.

Methods: Airborne asbestos was sampled on membrane filter and analyzed using phase-contrast microscopy. Airborne diesel exhaust was sampled using quartz filter and analyzed with thermal-optical analyzer. Polynuclear aromatic hydrocarbons was sampled using PTFE filter and XAD-2 tube and analyzed with gas chromatography-mass selective detector.

Results: Airborne asbestos concentration was under 0.01 fiber/cc. Worker who warmed up an engine of urban bus for 2 hours was exposed to elemental carbon concentration, 15.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Only naphtalene among polynuclear aromatic hydrocarbons was detected.

Conclusions: It was difficult to conclude about worker exposure to asbestos because working hour related asbestos was too short. In reviewing papers, the exposure to asbestos over 0.01 fiber/cc during exchange brake lining was found. It was identified that worker's occupational exposure to diesel exhaust based on elemental carbon was higher than the other occupational exposure to diesel exhaust.

Key words: asbestos, diesel exhaust, lung cancer, urban bus garage

I. 서 론

국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서 2012년 디젤 엔진 배출물질(diesel engine exhaust)을 인체 발암성 물질 1급으로 지정한 이후에 국민들의 디젤 엔진 배출물질 노출에 대한 관심이 높아졌다(IARC, 2012). 외국에서는 디젤 엔진 배출물질에 대한 직업적 노출과 건강영향에 대한 관심이 그 이전부터 있었다(Gustavsson et al., 1990; Crump, 1999). 그러나 국내에서 2012년 이전에는

디젤 엔진 배출물질에 대한 직업적 노출 보고를 찾기 힘들다. 최근에 국내 환경미화원의 디젤엔진 배출물질에 대한 직업적 노출 보고가 있었다(Lee, 2015).

본 사례 보고는 시내버스 차고에서 엔진 예열 작업을 주로 하던 작업자의 폐암 발생과 관련하여 2000년 2월에 석면 노출과 디젤 엔진 배출물질 노출을 측정한 결과이며, 향후 디젤 엔진 배출물질 과거 노출 추정에 기여하고자 한다.

2000년 2월 폐암이 발생한 근로자의 작업관련 원

*Corresponding author: Naroo Lee, Tel:042-869-0321, E mail: naroolee@kosha.or.kr

Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency. #339-30 Exporo Yuseong-Gu, Daejeon, 34122, Republic of Korea

Received: April 7, 2016, Revised: May 24, 2016, Accepted: June 7, 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial

License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인을 찾기 위해 작업 환경을 조사하였다. 폐암의 작업관련 유해인자로 석면과 디젤 엔진 배출분진의 노출 가능성이 있었다. 석면은 폐암과 관련이 있는 발암성물질로 브레이크 라이닝에 함유되었을 가능성이 있었다. 디젤 엔진 배출분진은 폐암과 관련이 있는 발암의심물질(2000년 당시)로서 버스가 디젤엔진을 장착하고 때문에 근로자가 노출될 가능성이 있었다.

디젤 엔진 배출물질은 디젤엔진을 사용할 때 발생하는 공기 중 오염물질을 총칭하는 것으로 주요한 구성성분으로는 이산화탄소, 일산화탄소, 이산화질소, 일산화질소, 이산화황, 분진이며, 다핵방향족탄화수소(polynuclear aromatic hydrocarbon, PAHs)도 소량 포함되어 있다. 디젤 엔진 배출물질에 대한 국내 노출기준은 없으며, 2001년에 미국 산업위생가협회(ACGIH)에서는 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (원소탄소기준)으로 채택하기 위해 후보물질로 등록하였다가 추가 연구 물질로 지정하고, 후보물질에서 철회하였다(ACGIH, 2001). 미국 국립산업안전보건연구소(NIOSH)에서는 디젤 엔진 배출물질을 발암물질로 정하고 있으며 가능한 한 낮은 농도로 유지하도록 권고하고 있다(NIOSH, 1997).

디젤 엔진 배출물질에 대한 노출기준이 없고, 노출 지표가 명확하게 설정되어 있지 않으나, 디젤 엔진 배출물질에 대한 노출 평가는 여러 노출 지표를 이용하여 이루어지고 있다.

‘1 μm 미만의 미세분진’으로 정의된 디젤엔진 배출분진을 평가하기 위해 오래 전부터 중량법을 사용하였다. 캐나다 광산 노출 평가에서는 호흡성 연소 분진의 농도를 중량법을 이용하여 결정하는 호흡성 연소분진방법(respiratory combustible dust method)을 사용하였다. 중량법을 이용할 경우 검출 한계 때문에 낮은 농도를 정량하기 어려울 뿐 아니라 미스트, 담배 연기, 연료 등 다른 발생원의 분진과 구별할 수 없다는 단점이 있다. 이외에 유기용매 추출방법이 있으나 이 방법은 사용하는 용매에 따라 차이가 크다는 단점이 있다(Whittaker et al., 1999).

미국 국립산업안전보건연구원에서는 원소탄소를 디젤 엔진 배출물질의 노출지표로 권고하고 있는데, 현재까지의 연구결과를 보면 디젤 엔진 배출분진 중 원소탄소(elemental carbon, EC)가 함유량도 많고, 낮은 농도에서도 정량이 가능하기 때문에 가장 좋은

지표가 될 수 있다. 대부분의 작업장에서 디젤엔진이 원소탄소의 유일한 발생원이므로 방해물질의 영향을 받지 않는다(Birch & Cary, 1996).

디젤 엔진 배출물질에 다핵방향족탄화수소가 포함되어 있으나 미량이기 때문에 노출 지표로 사용되기는 어렵다.

본 조사에서는 첫째, 공기 중 석면 노출 평가를 실시하였다. 둘째, 디젤 엔진 배출물질에 대한 노출지표로 원소탄소 및 유기 탄소를 측정하였고, 셋째, 디젤 엔진 배출 물질 중 다핵방향족탄화수소 입자상 물질과 가스상 물질에 대한 노출평가를 실시하였다.

II. 조사 대상 및 방법

1. 조사 대상

현장 조사 대상은 좌석버스의 차고지로서 약 20대 이상의 버스가 뺑뺑하게 주차되어 있었다. 시내버스 차고지의 버스 정비 작업자는 하루반 소속으로 평일에는 매일 새벽 버스 운행 시작 전에 엔진을 예열시키기 위하여 운전자보다 미리 나가 시동을 켜고 차를 점검하는 작업과 간단한 정비를 하였으며, 일요일에는 브레이크 라이닝 교환 등 수리작업을 하였다. 2000년 2월 12일 새벽에 조사대상 근로자와 같은 일을 현재 수행하고 있는 근로자를 대상으로 디젤엔진 배출분진의 개인노출평가를 하였으며, 2월 13일 수리작업을 할 때 석면 노출을 평가하였다.

조사 대상 사업장의 버스는 석면이 포함된 브레이크 라이닝을 사용하고 있었다. 조사 당시 사용한 브레이크 라이닝은 국내 모회사에서 제조한 제품으로 석면이 약 40% 함유되어 있었다(제품에 표시되어 있음). 대상 근로자는 브레이크 라이닝 교환을 주로 일요일에 하였으며, 보통 한쪽 축을 교환하는데 약 30분 정도 걸렸다고 한다. 조사 당일에는 근로자가 브레이크 라이닝 교환 작업을 약 1시간 동안 하였다.

2. 공기 중 석면 시료 채취 및 분석

공기 중 석면 시료 채취는 브레이크 라이닝 교환 작업을 하는 근로자 4인을 대상으로 실제 작업시간을 포함하여 이루어졌다. 석면은 미국국립산업안전보건연구원 분석방법(NIOSH manual of analytical methods(NMAM)) 7400에 준하여 개인 섬유 노출 농

Table 1. Sampling strategy for asbestos, diesel exhaust and polyaromatic hydrocarbons(PAHs) in urban bus garage

Target substance	Sampling area	Sample Number	Description
Asbestos	Personal breathing zone	4	Sampling was conducted during changing break lining
	Personal breathing zone	1	Worker
Diesel engine exhaust	Area sample	8	Including exhaust port, area(3 m away from exhaust port at 1 m height) and office
PAHs	Area samples	4	Including exhaust port, area

도로 평가하였다. 25-mm cellulose ester membrane filter(공극 0.8 μm , Millipore cop. USA)에 포집하여 전처리 후 Walton-Beckett Graticule를 삽입한 위상차 현미경(phase contrast microscopy; Carl Zeiss, Germany)으로 400배의 배율에서 길이 5 μm 이상, 길이:두께 비가 3:1 이상 기준에 맞는 섬유를 계수하였다(NIOSH, 1998).

3. 공기 중 원소탄소 및 유기탄소 평가를 위한 시료 채취 및 분석

공기 중 원소탄소 및 유기탄소는 작업자 1인에 대해서는 개인시료 채취를 하였고, 작업 공간 주위, 배출구 바로 옆, 사무실 등에서 지역시료로 시료 채취를 하였다.

Prefired quartz fiber filter(SKC 225-401)를 이용하여 근로자 개인 시료와 지역 시료를 포집한 후 미국 실험실에 의뢰하여 열광학분석기기(thermal-optical analyzer; Sunset laboratory, USA)로 원소탄소와 유기탄소를 분석하였다(NMAM 5040). 이 방법은 헬륨가스를 이용하여 입자상 물질을 고온에서 증기화 시킨 후 유기탄소를 분석하고, 다음 단계에서 헬륨/산소 복합 가스를 이용하여 원소 탄소를 태워 메탄가스로 전처리한 후, 불꽃이온화검출기(FID)로 정량한다.

4. 다핵방향족 탄화수소

다핵방향족탄화수소는 인간에게 폐암을 유발한다고 확인된 물질이며, 본 조사에서는 지역시료로 입자상물질과 가스상 물질을 채취하였다. PTFE 여과지 및 XAD-2 튜브로 디젤배출분진과 같은 위치에서 시료채취를 하여 각각 메틸렌클로라이드, 톨루엔으로 추출한 후 다핵방향족탄화수소 16가지 물질(acenaphthene, acenaphthylene, anthracene, benz[a] anthracene, benzo[b] fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[ghi]perylene, benzo[a]pyrene, crysene, dibenz[a,h] anthracene, fluoranthene, fluorene,

indeno[1,2,3-cd] pyrene, naphthalene, phenanthrene, pyrene)에 대해 분석하였다(NMAM 5506). 분석은 정성과 정량을 위해 Gas Chromatography/Mass Selective Detector(Hewlett Packard 5971 Series, Hewlett Packard, USA)로 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 공기 중 석면 노출

2000년 당시 버스의 브레이크 라이닝 교환하는 작업 중 브레이크 교환과 디스크 교환 작업을 할 때 모두 석면 노출이 0.01 개/cc 미만으로 나타났다, 주변 근로자인 전기 및 판금 근로자 노출 농도 역시 0.01 개/cc 미만이었다(Table 2).

Paik & Lee(1991)은 우리나라 자동차 정비업소에서 브레이크 라이닝의 교체, 연마, 솔질 및 압축공기를 이용한 청소 등을 실시할 때 공기 중으로 비산된 석면의 전체 평균치가 0.27 개/cc이라고 보고하였다. Kauppinen & Korhonen(1987)은 핀란드 트럭, 버스 차고에서 브레이크 정비작업자들을 대상으로 석면 노출농도를 측정하였을 때 <0.1-4.5 개/cc(연마작업 제외)였다고 보고하였다. 석면이 40 - 60% 함유된 브레이크 라이닝 정비 작업동안에 석면 노출을 조사한

Table 2. Airborne asbestos concentration of worker in urban bus garage

Worker	Air volume(ℓ)	Concentration(fibers/cc)
Lower part team		
A	186	< 0.01
B	182	< 0.01
Electricity team		
C	272	< 0.01
Sheet metal team		
D	274	< 0.01

Hickish & Knight(1970)은 자동차 브레이크 교환의 경우 0.68 개/cc, 트럭 브레이크 교환의 경우 1.75 개/cc로 나타났다고 보고하였다.

버스 브레이크 라이닝 교환방법이 승용차의 작업 방법과 같지 않아 본 조사결과를 우리나라 자동차 정비업소의 브레이크 라이닝 교환 공정의 석면노출 농도와 직접 비교하기는 어려우나, 버스, 트럭의 브레이크 정비작업자들을 대상으로 한 Kauppinen & Korhonen(1987)의 논문과 비교하여 보더라도 본 조사의 석면 노출 농도 결과는 낮은 것으로 보인다. 본 조사는 브레이크라이닝 교환 시간이 1시간 정도로 매우 짧아, 공기 중 석면을 정확하게 측정하기 위한 공기 채취량이 부족한 단점이 있다. 또, 브레이크라이닝 교환 작업 시 솔질 및 압축공기를 이용하지 않고 교환 작업만 이루어졌다는 특징과 작업이 실외에서 이루어졌다는 특징이 있다.

자동차 정비업소에서 근무한 근로자들의 석면 노출에 의한 폐암과 중피종 발생 역학 연구는 많이 이루어지지 않았다. Kauppinen & Korhonen등(1987)은 캐나다에서 1960-1972년 사이, 미국에서 1972년 자동차 정비업에 종사한 근로자에게 최소한 11사례의 중피종이 진단되었다고 보고하여 자동차 정비업 종사자와 석면 노출의 관련성을 보여주었다. 그러나 스웨덴의 버스 차고 근로자들을 대상으로 한 역학조사 결과에 의하면 폐암위험도가 누적석면노출농도에 비례해서는 증가하지 않았으나 누적 디젤 엔진 배출분진 농도에 비례해서 증가하였다고 보고하여(Gustavsson et al., 1990), 버스차고 근로자들의 폐암 발생이 석면 노출보다 디젤 엔진 배출물질 노출에 의한 것일 가능

성이 있다고 주장하였다.

2. 디젤 엔진 배출 분진(원소탄소 및 유기탄소 측정)

디젤 엔진 배출 분진의 구성요소는 대부분 원소탄소(EC)와 유기탄소(OC)이며, 입자상 물질의 95% 이상이 공기역학적 직경 $1\ \mu\text{m}$ 미만이다. 유기탄소는 담배연기, 용접 흄, 가솔린엔진의 자동차 배출 분진에서도 발생이 되나 원소탄소는 디젤엔진에서만 배출된다.

본 조사에서 유기탄소(OC)의 농도가 $0.1381\text{--}4.1362\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 매우 높게 나타났다. 유기탄소의 발생원은 디젤엔진, 흡연, 자동차 엔진 등에서 발생하는데, 버스 배출구 뒤에서 측정한 DP-2 및 DP-6의 농도가 가장 높은 것으로 보아 유기탄소가 버스 디젤엔진에서 발생한 것으로 생각할 수 있다.

새벽에 버스를 예열시키기 위해 엔진을 가동하는 근로자를 2시간 동안 측정한 시료의 노출 평가 결과, 원소탄소 농도가 $15.5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다(Table 3). 이는 미국 로스엔젤러스 도심의 평균 원소 탄소 농도 $4.9\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높으며 트럭 운수업에 종사하는 근로자의 개인노출농도 $2\text{--}44\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 비슷한 농도이다(Birch & Cary, 1996).

버스 배기구 바로 뒤에서 측정한 시료(DP-2, DP-6) 원소탄소 농도가 각각 $200.1, 180.0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 매우 높았다. 각 버스의 뒤에서 측정된 시료(DP-3, 4, 5, 7)의 원소 탄소 농도는 각각 다르다. 이러한 차이는 대상 버스들의 엔진 상태가 달랐기 때문으로 생각된다(Table 3). 사무실에서 측정한 시료에서도 원소탄소 농도가 $8.0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 다른 연구 결과 보다 높게 나타

Table 3. Airborne diesel engine exhaust concentration in urban bus garage

Sample No.	Location of sample	Air volume(ℓ)	Elemental carbon concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Organic carbon concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
DP-1	Worker breathing zone	363	15.5	164
DP-2	Behind exhaust port	180	200.1	3812
DP-6	Behind exhaust port	180	180.0	4136
DP-3	Area sample at bus 1	198	10.8	659
DP-4	Area sample at bus 2	270	51.4	648
DP-5	Area sample at bus 3	216	8.7	1267
DP-7	Area sample at bus 4	252	56.3	705
DP-10	Boundary line	183	12.4	138
DP-11	Office	192	8.0	212

났는데, 이 사무실이 버스가 예열되고 있는 장소에서 있었고, 가연물 형태로 있었기 때문에 디젤 엔진을 장착한 버스의 영향을 받은 것으로 보인다. 따라서 이를 일반 대기 농도로 보기는 어려울 것 같다.

디젤 엔진 배출분진 중 원소탄소가 차지하는 비율에 대해 연구가 이루어졌으나 연구마다 결과가 다르게 나타났다. 여러 논문들을 개관한 Birch & Cary(1996)는 디젤엔진이 디젤엔진 배출분진의 주요 발생원이 될 경우, 즉 분진 농도에 영향을 주는 다른 요인들이 없을 경우 총 탄소 중 원소탄소가 30-80%를 차지한다고 보고하였다. 또한 총 탄소는 디젤배출분진의 85%를 차지한다고 보고하였다(Birch & Cary 1996).

본 연구 결과에서는 모든 시료에서 원소탄소 농도가 총 탄소원소의 10% 미만으로 Birch & Cary(1996) 보고한 결과와 다르게 나타났다. 이 결과는 Lee (2015) 연구 결과와 유사한 경향을 보인다. 폐기물 트럭이 운행되지 않고, 엔진만 가동한 상태에서 유기탄소/원소탄소의 비가 9.5-9.8로 운행되는 시기의 유기탄소/원소탄소 6.5-6.9에 비해 높게 나타났다. 본 연구 결과는 2000년에 운행되던 버스이고, Lee (2015)연구에서는 2014년 운행하던 트럭이라 직접 비교는 어렵지만, 디젤엔진 차량이 운행될 때 보다 엔진만 켜진 상태에서 유기탄소/원소탄소의 비가 높게 나타나는 것은 본 연구 결과와 일치한다.

원소탄소와 유기탄소 농도의 상관관계는 0.95로서 매우 높게 나타나 유기탄소 농도가 디젤배출물질과 상관이 있음을 나타내고 있다(Figure 1). 이 조사에서 나타난 상관계수는 Wheatley & Sadhra(2004)이 보고한 디젤 엔진 배출물질에 대한 직업적 노출에서 나타난 원소탄소와 유기탄소 농도의 상관관계 0.89보다 높았다.

현재 디젤 엔진 배출물질이 발암성물질로 지정되었지만, 노출 지표로 확정된 것은 없어 본 연구 결과를 노출 기준과 직접 비교하기는 어렵다. 다만, 버스 예열 작업 시 개인 노출 농도가 $15.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 다른 연구에서 보고되는 디젤배출물질에 대한 직업적 노출보다 높게 나타났다는 것을 확인했다. 또, 버스 엔진이 켜진 상태에서 유기탄소가 더 많이 발생한다는 사실을 확인하였고, 이를 근거로 디젤배출물질에 대한 평가가 이루어진다면 더 높은 디젤배출물질에 대한 노출이 있을 가능성이 있다.

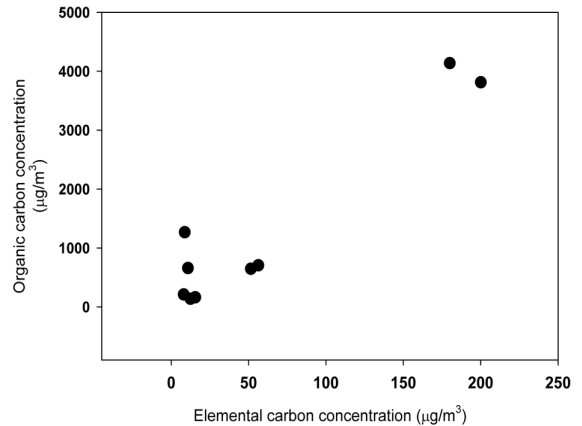


Figure 1. Correlation between organic carbon and elemental carbon concentration

Table 4. Airborne concentration Polynuclear aromatic hydrocarbons in urban bus garage

Sample name	Location	Naphthalene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
XAD-3	Same as DP-7	0.57
XAD-5	Same as DP-4	0.74
XAD-6	Same as DP-3	0.38
XAD-7	Same as DP-2	1.67

Method Detection Limit of Naphthalene : $21.75 \text{ pg}/\text{m}^3$ sample

3. 다핵방향족탄화수소

PTFE filter에서는 다핵방향족탄화수소 성분중 하나도 검출되지 않았으며, XAD 튜브에서는 16개 성분 중 나프탈렌만이 검출되었다(Table 4). 검출된 나프탈렌의 농도는 나프탈렌의 국내 노출기준인 $50 \text{ mg}/\text{m}^3$ 미만이었다. 미국산업위생가협의회 혹은 국제암연구소에서 정하고 있는 발암의심 물질, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benz(a)anthracene, Dibenz(a,h)anthracene은 검출되지 않았다.

V. 결 론

본 조사에서는 버스 차고지 작업환경에서 폐암과 관련된 위험인자가 존재함을 확인하였다. 버스 브레이크 라이닝으로 석면이 함유된 제품을 사용하고 있었고, 버스의 배출구에서 디젤 엔진 배출분진이 발생되어 이 작업장에서 일하고 있는 근로자가 디젤 엔진 배출분진에 노출되고 있었다.

석면 노출 농도는 0.01 개/cc 미만으로 나타났는데, 이는 브레이크 라이닝 취급 작업이 공기 중 석면의 농도를 측정하기에는 너무 단시간인 것에 기인할 수 있으므로 본 조사만으로 버스 정비 근로자의 석면 노출에 대해 정량적인 평가 결론을 내리기 어려워 보인다.

그리고 새벽에 버스 엔진을 예열시키는 약 2시간의 작업 시간 동안 근로자는 원소탄소 $15.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 노출되었다. 이 농도는 미국 로스엔젤러스 도심의 원소탄소 평균농도보다 높으므로, 작업자가 디젤 엔진 배출물질에 직업적인 노출이 있음을 나타내는 것일 수 있다. 그리고 이 농도는 2014년에 국내 환경미화원에 대한 디젤 엔진 배출물질 노출지표로 사용된 원소탄소 농도 $4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다도 높았다. 디젤 엔진 배출물질에 대한 노출평가가 원소탄소가 아닌 총 탄소농도로 이루어진다면 버스 엔진을 예열시키는 작업자는 다른 직업보다 더 높은 디젤 엔진 배출물질에 노출될 가능성이 있음을 확인하였다.

References

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 2001 TLVs and BEIs; 2001
- Birch ME, Cary RA. Elemental carbon-based Methods for monitoring occupational exposures to particulate diesel exhaust. *Aerosol Sci Tec* 1996;25(3):221-241
- Crump KS. Lung cancer mortality and diesel exhaust; Reanalysis of a retrospective cohort study of U.S. railroad workers. *Inhalation. Toxicol* 1999;11:101-107
- Gustavsson P, Plato N, Lidstrom EB, Hogstedt C. Lung cancer and exposure to diesel exhaust among bus garage workers. *Scand J Work Environ Health* 1990;16(5):348-354
- Hickish DE, Knight KL. Exposure to asbestos during brake maintenance. *Ann. Occup. Hyg* 1970;13:17-21
- International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humes Volume 105: Diesel and gasoline engine exhaust and some nitroarenes; 2012
- Kauppinen T, Korhonen K. Exposure to asbestos during brake maintenance of automotive vehicles by different methods. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J* 1987;48(5): 499-504
- Lee K. Occupational exposure to diesel engine exhaust in municipal household waste workers. Seoul National University. 2015
- National Institute for Occupational Safety Health. NIOSH Manual of Analytical Methods(NMAM), 4th ed. Cincinnati, DHHS(NIOSH) pub.; 1998
- National Institute for Occupational Safety Health. Pocket guide to chemical hazards. Cincinnati, NIOSH; 1997.
- Paik NW, Lee YH. Characterization of worker exposure to airborne asbestos in asbestos industry. *Korean Ind Hyg Assoc J* 1991;1(2):144-153
- Wheatley AD, Sathra S. Occupational exposure to diesel exhaust fumes. *Ann Occup Hyg* 2004;48(4):369-376
- Whittaker LS, MacIntosh DL, Williams PL. Employee exposure to diesel exhaust in the electric utility industry. *AIHA J* 1999;60(5):635-640