

자동차 선적작업장의 공기오염 실태조사

Investigation into air pollution in car shipping workshop

김지호 · 원종욱¹⁾ · 김치년¹⁾ · 노재훈^{1)‡}
한국노총 산업환경연구소, 연세대학교 산업보건연구소¹⁾

Investigation into air pollution in car shipping workshop in Pyeongtaek port

Ji-Ho Kim · Jong-Uk Won¹⁾ · Chi-Nyon Kim¹⁾ · Jaehoon Roh^{1)‡}

*Occupational Health & Safety Institute, Federation of Korean Trade Unions,
Institute for Occupational Health, Yonsei University College of medicine¹⁾*

This study purposed to investigate air pollution in car shipping yards and, for this purpose, we selected an outdoor open-air yard and an indoor ramp into the ship and measured the concentrations of sulfur dioxide, nitrogen dioxide, carbon monoxide, PM10, PM2.5 and heavy metals in the air. The results of this study are as follows.

No significant difference was observed in temperature and humidity between the outdoor and indoor workshop, and the average air flow was 0.52 m/s in the indoor workshop, which is higher than 0.19 m/s in the outdoor workshop($p < 0.01$). The average concentrations of sulfur dioxide, nitrogen dioxide, carbon monoxide, PM10 and PM2.5 according to workplace were 0.03ppm(± 0.01), 0.03ppm(± 0.01), 0.46ppm(± 0.22), 39.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 2.45) and 5.45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 1.15) respectively in the outdoor workshop, and 0.15ppm(± 0.05), 0.22ppm(± 0.06), 8.85ppm(± 3.35), 236.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 58.21) and 152.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 35.42) respectively in the indoor workshop. Thus, the concentrations of gaseous substances in the indoor workshop were 4.9~19.2 times higher than those in the outdoor workshop, and the concentrations of fine dusts were 5.9~27.9 times higher($p < 0.01$). In addition, according to the result of investigating pollutant concentrations according to displacement and the number of car loaded when shipping gasoline cars into the ship, no significant relation between the number of cars loaded and pollutants was observed in shipping passenger cars, but the concentrations of nitrogen dioxide and carbon monoxide

got somewhat higher with the increase of the number of cars loaded($p<0.05$). In addition, the concentrations of nitrogen dioxide, carbon monoxide, PM10 and PM2.5 in the air were significantly higher when shipping recreational vehicles, the displacement of which is larger than passenger cars, than when shipping passenger cars($p<0.01$).

On the other hand, the average heavy metal concentrations of the air in indoor workshop were: lead - $0.05\mu\text{g}/\text{m}^3(\pm 0.10)$; chromium - $0.90\mu\text{g}/\text{m}^3(\pm 0.18)$; zinc - $0.38\mu\text{g}/\text{m}^3(\pm 0.24)$; copper - $0.18\mu\text{g}/\text{m}^3(\pm 0.22)$; and manganese and cadmium - not detected.

In addition, the complaining rates of 'asthma,' a major symptom of chronic respiratory diseases, were 18.5% and 22.5% respectively in indoor workers and outdoor workers. Thus the rate was somewhat higher in indoor workers but the difference was not statistically significant. The complaining rates of 'chronic cough' and 'chronic phlegm' were very low and little different between indoor and outdoor workers.

The results of this study show that the reason for the higher air pollution in indoor than in outdoor workshop is incomplete combustion of fuel due to sudden start and over-speed when cars are driven inside the ship. In order to prevent high air pollution, efficient management measures should be taken including the observance of the optimal speed, the improvement of old ships and the installation of efficient ventilation system.

Key words : car shipping, air pollution, questionnaire survey, subjective respiratory symptoms

I. 서론

자동차 선적작업은 한국표준산업분류상 수상화물취급업 또는 항만내 화물취급업으로 분류되어 항구 내에서 선박과 부두, 선박과 선박 간에 직접 화물을 운반하여 이를 선적 또는 하역하는 산업 활동을 의미한다. 또한 한국표준직업분류상으로는 기타 승용차 및 경화물차 운전원으로 신형자동차를 항구의 선착장, 총판매 또는 기타 장소에 끌어다 주는 운전원 등을 말한다(통계청, 2000).

전국적으로 운수업 종사자수는 553,248명이고 그 중 여행알선, 창고 및 운송관련 서비스업의 종사자수는 174,676명, 그리고 화물취급업의 사업체수는 599개소, 17,430명이다(노동부, 2002). 한편 전국에 있는 29개항의 항만하역사업체 수는 274개소이고 하역종사자수는 하역업체 인원 10,958명, 항운노조원 10,645명으로 총 21,603명이다(한국항만물류협회, 2003).

작업환경측정은 산업현장에서 발생하는 각종 유해인자의 노출로 인해 근로자 개개인의 건강장해를 초래하는 것을 사전에 예방하고자 유해인자의 노출정도나 발생수준을 측정하고 적절한 대책을 강구하여 쾌적한 작업환경을 조성하는 것이다. 2002년도 작업환경측정 실시현황을 보면 상반기 작업환경측정 대상사업장수가 28,745개소에서 하반기 31,663개소로 증가하였다(노동부, 2003). 또한 개정된 산업안전보건법에 의해 2004년 1월부터 측정대상의 범위가 5인 이상의 사업장에서 1인 이상의 사업장으로 확대되고, 기존 옥내작업장에만 한정하던 것이 옥내와 옥외를 구분하지 않으면서 점점 증가추세에 있다. 그러나 아직도 유해인자에 대한 노출평가가 제대로 이루어지지 않아 근로자의 건강이 위협받고 있으며 따라서 작업환경측정이 보고되지 않은 작업장에 대한 연구가 필요하다. 자동차 선적작업도 그 중 하나로 선박내 작업시 자동차 배기가스로 인해 발생하는 가스상 및 입자상 오염물질에 근로자들이 노출되고 있다.

배기가스란 자동차 엔진이 연료와 산소를 혼합하여 동력을 얻을 때 발생하는 것으로, 배출되는 오염물질의 종류는 자동차 연료에 따라 약간씩 상이한데 보통 일반승용차나 영업용택시에 사용되는 휘발유나 LPG의 경우 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx) 등이며, 유연휘발유의 경우 납 화합물이 배출되고, 경유를 연료로 하는 차량에서는 주로 매연과 황산화물(SOx)의 배출이 문제시 된다(손부순, 2001). 이러한 물질들은 대기오염의 대표적인 오염물질들로 인체에 미치는 영향은 물리적, 화학적 성상 및 오염물질의 농도, 양 그리고 폭로기간 등에 따라 다르다(박인용, 1972).

각 오염물질별 건강피해를 보면 아황산가스는 대기오염물질중 가장 대표적인 독성을 가지고

있으며 눈, 점막 및 피부를 자극하고 질소산화물은 고온 연소시 발생하여 95%가 일산화질소(NO)이나 공기 중에서 서서히 산화하면 이산화질소(NO₂)가 되어 건강장해를 유발한다. 이산화질소는 호흡기 자극제로 호흡시 체내에 침입해서 폐포에 까지 도달하며 고농도인 경우는 수 시간 내에 호흡곤란을 수반한 폐수종을 일으킨다.

자동차 배출가스중 일산화탄소는 사람이 흡입하였을 경우 혈액중 헤모글로빈(Hb)과 결합능력이 산소에 비해서 약 210~240배 정도 강하여 혈액중의 산소운반 능력을 감소시킨다. 따라서 조직세포로 공급되는 산소의 부족으로 산소결핍증을 일으켜 중독 내지는 사망에까지 이를 수 있다(정규철, 1995).

한편 자동차 배기가스로 인한 입자상물질중 호흡성분진은 직경이 10 μ m이하의 작은 입자로서 대기중에 배출되면 큰 입자보다 오랫동안 대기중에 떠돌아 다니며 호흡에 의해 폐 깊숙이 침착되어 암을 유발시키는 것으로 알려져 있다. 특히 대기중에 돌연변이성 물질이나 발암 물질은 입자상 물질을 매개체로 하여 쉽게 인체에 침투되는데 발암물질로는 다환방향족탄화수소류(PAHs)인 Benzo(a) Pyrens등이 포함되어 있다.

ISO(International Organization for Standard)의 정의에 따르면 입자크기가 185 μ m 미만인 먼지를 통틀어 ‘흡입성(inspirable)먼지’라 하고, 이를 두 부분으로 나누어 상기도에 침착하는 먼지 즉, ‘흉곽 외(extra-thoracic)먼지’와 기도, 기관지 및 폐에 침착하는 먼지 즉, ‘흉곽성(thoracic)먼지’로 구분하였으며, 흉곽성 먼지는 평균 입경(D₅₀)이 10 μ m인 먼지로 하였다. 흉곽성 먼지는 다시 기도, 기관지에 침착하는 먼지(tracheobronchial dust)와 폐포에 침착하는 먼지(alveolar dust)로 구분하였으며, 폐포에 침착하는 먼지를 호흡성 먼지라고 하였다(ISO, 1995).

이 호흡성분진 중 입경이 2.5 μ m 이하 되는 분진(PM2.5)을 다시 미세입자라고 분류하여 입자의 입경이 2.5 μ m이상 되는 거대입자는 주로 자연적 배출원에서 배출되는 토사, 해염 및 황사 등 인데 반해 미세입자는 자동차의 배기가스, 산업장 등에서의 연소가스, 폐기물 소각장에서의 배출가스 등에서 생성되기도 하고 그들의 광화학 반응이나 가스상 물질의 응축 등을 통하여 상당량 2차적으로 생성되기도 한다(Gartrell 등, 1975). 주요 구성성분은 SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, OC(organic carbon), EC(elemental carbon) 및 Pb 등을 포함한 미량원소로 알려져 있다(Seinfeld, 1986). 이들은 크기가 작은 대신 상대적으로 표면적이 크기 때문에 각종 중금속과 유해 대기 오염물질들과의 흡착이 용이하여 호흡기계통의 질병을 일으킬 수 있는 확률이 높고(Infante 등, 1991), 실제로 입경분포에 따른 건강의 위해도를 예측한 최근의 연구결과를 보면 PM10보다 PM2.5가 위해도와

더 확실한 상관관계를 보였다(Schwartz 등, 1999).

이러한 특성으로 인해 선진국에서는 다양한 연구를 통해 미세먼자에 대한 저감대책을 수립하고 있으며 미국 EPA(Environment Protection Agency)에서는 1997년에 PM_{2.5} 기준(24시간 평균 65 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, 연평균 15 $\mu\text{m}/\text{m}^3$)을 신설하여 PM₁₀과 함께 사용하고 있으며, 우리나라의 대기기준도 1995년 1월 1일부터 먼지 기준을 미세 먼지인 PM₁₀으로 시행하고 있다.

과거 역학 자료를 보면 대기중 미세한 오염물질들이 사망률의 증가를 포함한 광범위한 건강상의 문제들과 관련이 있으며, 현재의 공기오염이 천식의 유병률을 높이지는 않는다 해도 최소한 기존의 천식을 악화시킨다는 것은 명백한 사실이다(Bates, 1995). 흉곽성 입자의 노출은 사람들의 사망률이나 병원 입원률을 높일 수 있고 특히, 노년층에서 이러한 경향이 높게 나타나고 있다. 또한 먼지나 입자상 물질로 존재하는 먼지 내 중금속들은 호흡기계 뿐만 아니라 심혈관계 및 심폐기관에 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다(Chapman 등, 1997; Voutsas 등, 2002). 한편 대기질 변화추이에서는 청정연료의 사용, 저황유 공급확대, 저공해 자동차 보급 등 각종 대기오염 저감에 힘입어 아황산가스는 개선되는 추세이나, 자동차의 급속한 증가 및 산업활동에 따라 이산화질소, 미세먼지 오염도는 증가추세에 있으며(환경부, 2004), 조수현 등(1993)은 대기오염에 의해 발병될 수 있거나 또는 악화된다고 알려진 만성기관지염이나 기관지천식 등 만성폐쇄성 호흡기질환으로 인한 입원율은 1980년대 이후 두 배 이상으로 증가하였다고 보고하였다. 또한 대기오염이 고속도로 톨게이트 근무자의 건강에 미치는 영향에 대해 조사한 연구도 있다(이윤재 등, 1988; 차철환 등, 1988).

기존의 연구에서는 대기오염의 건강영향에 관한 연구가 활발하게 진행되어 왔으나 작업환경에서 유해인자의 노출, 즉 단위작업장소인 자동차 선적업의 선박내 작업내용 및 선적되는 자동차의 차량수와 배기량, 작업위치에 따라 노출되는 유해인자의 분포와 평가에 관한 연구 자료는 매우 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 자동차 선적종사자들의 직무에 따른 작업특성을 파악하여 작업장소에 따라 자동차 배기가스에 의한 공기중 오염물질의 농도를 측정하고 호흡기 자각증상 설문문을 통하여 향후 건강장해 예방을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다. 세부목적으로는 다음과 같다.

첫째, 자동차 선적업의 작업특성을 조사한다.

둘째, 자동차 배기가스 오염물질(SO₂, NO₂, CO, 미세먼지, 중금속)의 농도를 측정한다.

셋째, 직무에 따른 호흡기 자각증상을 설문조사한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 경기도에 위치한 자동차 전용부두에서 자동차 선적 근로자 157명을 대상으로 호흡기질환과 관련된 자각증상 및 일반적 현황을 알아보기 위하여 설문조사를 실시하였다. 또한 휘발유 자동차 선적 작업시 장시간동안 선박내의 적재장소에서 주차 및 고정 작업을 하는 근로자의 건강에 영향을 미칠 수 있는 유해요인을 파악하기 위하여 옥내작업장인 선박내 이동경사로(inner ramp)의 시료공기를 채취하여 미세먼지(PM10, PM2.5)와 아황산가스(SO₂), 이산화질소(NO₂), 일산화탄소(CO), 중금속(Pb, Cr, Cd, Zn, Mn, Cu)을 측정하였고, 비교지점으로는 옥외작업장인 야적장(apron)을 선정하였다.

2. 연구방법

가. 측정방법

시료공기의 채취는 자동차 선적작업이 이루어지는 오전 시간대(08:00-09:20, 10:00-11:20)와 오후 시간대(13:00-14:20, 15:00-16:20)에 야적장(apron)은 각각 2회씩 8회를 반복하여 측정하였으며, 선박내 차량의 층간 이동로(inner ramp)에서는 배기량이 1500CC와 2500CC인 자동차가 적재되는 갑판으로 구분하고, 선적되는 차량수가 150대 미만일 경우와 150대 이상일 경우의 네 가지로 각각 구분하여 8회씩 32회를 측정하였다.

입자상물질중 PM10과 PM2.5는 미세먼지측정기인 Aerosol monitor(GT-331, SIBATA, Japan)로 측정하였고, 아황산가스와 이산화질소는 검지관(Detector tube, Gastec, Japan)으로, 일산화탄소는 CO/CO₂ Meter(COX-2, SIBATA, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 중금속(Pb, Cr, Cd, Zn, Mn, Cu)은 개인시료포집기(ESCORT ELF, MSA, USA)로 Mixed Cellulose Ester filter(SKC, 37mm, 0.8 μ m)에 채취하여 질산(동우화인켐, korea. Electronic Grade.) 1ml를 먼저 넣고 증류수 9ml를 첨가한 후 Microwave Digestion System(QUESTRON, EnviroPrepQ45, USA)을 이용하여 전처리하며 MCE Filter를 녹인 후 원자흡수분광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer, Varian, Spectra AA-880)로 분석하였다. 기상조건인 기온, 습도, 기류는 열선풍속계(8360-M-GB, TSI, USA)를 이용하여 조사하였다.

나. 설문조사

본 연구에서는 호흡기계 자각 증상을 파악하기 위하여 미국 흉부학회(American Thoracic

Society, ATS)의 표준화된 설문지(ATS-TLD-78)를 수정하여 이용하였으며 조사방법은 자동차 선적 작업자가 자기 기입식으로 하였다. 기입요령이나 자구해석 등에 관한 보충설명은 하지 않았다. 주요증상 및 항목은 기침(cough), 가래(phlegm), 천식(asthma), 흡연력 등으로 만성기관지염을 나타내는 기침과 가래에 대한 문항은 먼저 증상유무를 확인한 후 증상이 있는 사람은 거의 매일 기침을 하는 날이 일년 중에 3개월 이상이 되는지와 총 몇 년간 지속되었는지를 질문하여 판단하였고 천명(wheezing)과 호흡곤란(dyspnea)증상이 있는지에 관한 질문으로 천식을 정의하였다.

3. 분석방법

결과에 대한 통계학적 분석은 SAS version 8.01 프로그램을 이용하였다. 옥외인 야적장(apron)과 옥내인 이동경사로(inner ramp)에서의 오염물질의 농도 차이를 보기 위하여 t-test를 실시하였고, 선박내 이동경사로(inner ramp)에서 자동차의 배기량과 주차대수에 따른 차이를 보기 위하여 t-test를 실시하였다. 또한 설문지의 분석은 만성호흡기질환을 나타내는 ‘만성기침’, ‘만성가래’, ‘천식’의 자각증상 호소율을 구하고 chi-square검정법을 이용하여 옥외작업(야적, 드라이버)과 옥내작업(키카, 라싱, 신호수)의 작업장소간에 통계학적으로 유의한 차이가 있는지를 검증하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 자동차 선적작업의 일반적 현황

가. 선적요원의 구성 및 근무특성

자동차 수출선적에 중요한 역할을 담당하고 있는 것은 선적 작업원이다. 야적장 주차에서부터 수출 선박에 적재하는 과정은 일반 운전 형태와는 전혀 다른 기능을 가져야 하며 취급되는 화물이란 포장되지 않고 주행되어 적재하기 때문에 조그만 상처에도 클레임이 제기되는 관계로 이들 화물을 취급함에 있어 선적 작업원의 기능은 무엇보다 중요하다.

선적작업의 효율성을 보장하고 보다 안전한 방법으로 작업이 이루어지기 위해서는 작업원을 어떻게 구성할 것인가, 또한 작업소요 인원을 기능별로 어떻게 배치할 것인가에 따라 작업의 소요시간을 단축하고 안전한 작업이 이루어지는 것이다.

작업원의 구성을 보면 선적요원과 하차요원으로 구분되며 한개 조의 인원이 선적요원 8명, 하차요원 12명으로 편성되어져 있으며 선적요원의 기능별 작업을 구분하면 신호수 1명, 키카(key car) 2명, 드라이버(driver) 5명으로 한개의 조가 되고 수출차량 작업형태에 따라 3~4개조가 함께 투입되는 경우도 있다.

평택항의 경우 한개 조당 19~20명씩 10개조로 총 195명의 근로자가 작업을 수행하고 있는데 이중 한개 조 내에서 비번인 4~5명을 제외하고는 2주 간격으로 각 기능을 순환하며 근무를 하고 있다.

각 기능별 역할을 살펴보면 야적장에 주차되어 있는 자동차를 5명이 한 조로서 본선에 운반하는 역할을 하는 것이 드라이버(driver)이며 이때 드라이버들은 운전경력이 풍부한 운전자를 배치하여 조원을 유도하고 나머지 조원은 선행 차들과 같은 속도(40km미만)로 수행리듬을 타고 운전해야만 의외의 사태를 당하지 않을 수 있다. 또한 작업과정에서 흐름의 일치를 가져야 할 조는 키카(key car)와 신호수간의 작업이다. 즉 키카는 신호수의 신호에 따라 후진주차하며 순발력이 뛰어나야 자동차선적 기준에 맞게 정확히 주차시킬 수 있는 것이다.

키카와 신호수의 작업관계에서 무엇보다 우선이 되는 것은 신호수의 차량유도라 할 수 있으며 신호의 정확한 동작과 운전자의 습관, 운전태도, 차의 성능을 파악하며 신호를 해야 함으로 선적작업에서 신호의 중요성이 더욱 강조된다. 즉 운전자는 주차시 후방, 좌우 안전을 확인하기 어려우므로 신호수의 신호에 절대적으로 따라야 한다.

나. 자동차 선적작업 방법

자동차는 야적장(apron)으로부터 접안경사로(shore ramp)를 통과하여 선박내의 적재위치에 선적하게 되며 선적작업을 할 때는 경사로에서의 접촉이나 잘 보이지 않는 곳에서 충돌로 인한 사고를 방지하기 위하여 사전에 경사로의 구조, 강도, 자동차의 크기(길이, 폭, 높이)등이 조사되어야 한다. 선박 내 갑판에서는 자동차의 적재면적이 제한되어 있기 때문에 공간의 낭비를 피하면서 적재가 잘 계획되어야 하며 적재기준에 따라 신호수가 호루라기 및 손전등을 사용하여 유도한다. 또 적재시 차량의 앞 범퍼들이 나란히 정렬 되게 하고 매듭 공간과 풀어주는 공간을 확보할 수 있도록 적재하여야 한다. 적재가 완료되면 운전석의 좌석은 하역을 용이하게 하기 위해 완전히 뒤로 밀려져야 하며 핸드브레이크를 당겨놓고, 선박의 동요로 인해 차체에 손상이 되는 것을 방지하기 위하여 매듭작업을 통해 단단히 자동차를 고정시킨다.

다. 자동차 전용선박의 구조

자동차 전용선(Pure Car Carrier : P.C.C)은 전형적으로 자동차 운송을 위해 만들어진 것으로 1층~12.13층의 구조로 된 화물선을 말한다.

전용선의 구조적인 형태를 보면 선측 부두에서 선내로 진입할 수 있는 측면경사로(side ramp)와 선미경사로(stern ramp)를 가지고 있고, 선내에서는 이동경사로(inner ramp)가 있어 자동차가 각 층별로 이동하여 적재된다.

자동차 전용선의 구조는 그림 1, 2, 3과 같다(Figure 1, Figure 2, Figure 3).

2. 기상조건

기상조건을 보면 옥외장소인 야적장(apron)의 기온은 오전에 12.2~13.5℃, 오후에는 16.4~17.3℃이고, 옥내장소인 이동경사로(inner ramp)에서는 오전에 11.9~13.8℃, 오후에 17.3~18.8℃로 두 장소간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 상대습도도 옥외작업장은 평균 38.2%(±1.7), 옥내작업장은 평균 37.5%(±3.0)로 유의한 차이를 보이지 않았다. 옥내·외의 기류는 각각 평균 0.19m/s(±0.08), 0.52m/s(±0.31)로 이동경사로의 기류상태가 야적장보다 유의하게 높았다($p<0.01$)(표1).

3. 작업장소별 오염물질의 농도

가. 가스상물질

옥외인 야적장과 옥내인 이동경사로의 작업장소별 오염물질 농도결과를 보면 옥외작업장의 아황산가스농도는 평균 0.03ppm(± 0.01)이고 옥내작업장은 평균 0.15ppm(± 0.05)으로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$). 이산화질소 농도는 옥외에서 평균 0.03ppm(± 0.01), 옥내는 평균 0.22ppm(± 0.06)으로 옥내작업장이 약 8배정도 높았다. 일산화탄소의 농도는 옥외에서 평균 0.46ppm(± 0.22)이고 옥내는 평균 8.85ppm(± 3.35)으로 유의한 차이를 보였다($P < 0.01$)(표2).

한편 옥내작업장 오염물질의 농도에서 아황산가스의 평균농도는 대기환경기준(대기환경보전법, 2003)인 24시간 평균치 0.05ppm을 초과하였으나 산업안전보건법(노동부, 2002)에서 제시한 작업환경 노출기준인 2ppm보다는 낮았다. 공기중 이산화질소 농도는 평균 0.22ppm으로 대기환경기준(대기환경보전법, 2003)인 24시간 평균치 0.08ppm을 초과하였으나 산업안전보건법(노동부, 2002)의 작업환경 노출기준인 3ppm보다는 낮았다. 옥내작업장의 일산화탄소 평균농도는 옥외작업장보다 높은 8.85ppm으로 대기환경기준(대기환경기준법, 2003) 8시간 평균치 9ppm과 산업안전보건법(노동부, 2003)의 사무실 공기기준인 10ppm보다는 낮은 수준이었다.

나. 미세먼지

미세먼지인 PM₁₀의 옥외작업장에서의 공기중 평균 농도는 $39.44\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 2.45)이고 옥내작업장은 평균 $236.39\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 58.21)으로 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며($p < 0.01$), PM_{2.5}의 옥외작업장에서의 공기중 평균 농도는 $5.45\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 1.15), 옥내작업장에서는 평균 $152.43\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 35.42)으로 차량통행 및 적재작업이 이루어지고 있는 옥내작업장이 옥외작업장보다 약 28배가량 높았다(표2).

한편 옥내작업장의 PM₁₀과 PM_{2.5}의 공기중 평균 농도($236.39\mu\text{g}/\text{m}^3$, $152.43\mu\text{g}/\text{m}^3$)는 대기환경기준(대기환경기준법, 2003)인 24시간 평균치 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 산업안전보건법(노동부, 2003)의 사무실 공기기준인 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 모두 초과하였다.

다. 중금속

옥내작업장인 이동경사로의 공기중 중금속의 평균 농도는 납은 $0.05\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 0.10), 크롬은 $0.90\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 0.18), 아연은 $0.38\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 0.24), 망간과 카드뮴은 검출한계 이하였으며 구리는 $0.18\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 0.22)의 농도 수준으로 산업안전보건법(노동부, 2002)에서 제시하는 각각의 노출기준치인 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ (납), $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ (크롬), $10\text{mg}/\text{m}^3$ (아연), $5\text{mg}/\text{m}^3$ (망간), $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ (카드뮴), $1\text{mg}/\text{m}^3$ (구리) 보다는 낮은 수준이었다.

4. 자동차 배기량 및 차량수에 따른 오염물질의 농도

옥내작업장에서 자동차 배기량 및 주차되는 차량수에 따른 오염물질의 농도는 표3과 같다. 승용차에서는 150대 이하와 150대 이상의 주차대수에 따른 오염물질간에는 유의한 차이가 없었다. 레저용 차량에서는 주차대수가 150대 이하인 경우와 150대 이상인 경우에서 이산화질소와 일산화탄소에서 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 승용차와 레저용 차량의 배기량에 따른 오염물질간의 농도는 레저용 차량에서 이산화질소, 일산화탄소, PM10, PM2.5의 기중 농도가 유의하게 높았다($p < 0.01$)(표3).

5. 설문조사 결과

가. 설문응답자의 일반적 특성

설문응답자의 일반적 특성중 호흡기증상의 발현에 영향을 미칠 수 있는 나이를 살펴보았다. 옥외작업자(apron)의 평균연령은 39.65세(± 7.42), 옥내작업자(inner ramp)의 평균연령은 37.50세(± 6.81)로 두 지역간에 차이가 없었고 총 근무기간에 있어서도 옥외작업자가 평균 46.59개월(± 18.53), 옥내작업자가 평균 45.43개월(± 17.05)로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 설문응답자의 일평균 근무시간은 10.22시간(± 2.16), 일일 휴식횟수와 1회당 휴식시간은 각각 3.08회(± 1.31), 29.34분(± 19.68)이었으며, 휴식횟수는 옥내작업자가 옥외작업자보다 다소 높은 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 한편 흡연율은 옥내·외 작업자간에 유의한 차이가 없었다(표6).

나. 만성호흡기질환 자각증상 호소율 분석

옥외작업자와 옥내작업자의 만성호흡기질환 자각증상 호소율은 표7과 같다. ‘만성가래’를 호소한 작업자는 없었고 ‘만성기침’과 ‘천식’증상은 두 지역간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 ‘천식’은 옥내작업자가 18%로 옥외작업자의 12%보다 다소 높았다(표7).

IV. 고 찰

최근 급속히 늘어난 자동차는 국내 대도시 공해문제의 가장 중요한 오염원으로 다양한 연구가 시도되고 있으나 작업환경 관련 연구는 미흡한 실정이다. 고속도로 톨게이트 근무자들의 작업환경 조사(노영만 등, 1990)에 따르면 톨게이트 부스 외부의 총분진, 아황산가스, 일산화탄소, 이산화질소 그리고 기중 연농도는 각각 평균 $1.546\text{mg}/\text{m}^3$, 0.094ppm , 4.300ppm , 0.068ppm 및 $2.700\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며 내부에서의 각각의 평균 농도는 $0.792\text{mg}/\text{m}^3$, 0.034ppm , 2.200ppm , 0.031ppm 그리고 $1.800\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다. 이러한 결과는 부스안의 근로자가 외부 대기오염물질 농도의 30~50%정도에 폭로되고 있었고 교통량과 대기오염 물질들간의 관계는 상관이 없는 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 자동차 배출가스에 직접적으로 노출되는 옥내작업장인 선박내 이동경사로에서의 아황산가스, 이산화질소, 일산화탄소, PM10, PM2.5의 기중 농도가 각각 평균 0.15ppm , 0.22ppm , 8.85ppm , $236.39\mu\text{g}/\text{m}^3$, $152.43\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 옥외작업장인 야적장에서는 각각 평균 농도가 0.03ppm , 0.03ppm , 0.46ppm , $39.44\mu\text{g}/\text{m}^3$, $5.45\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 통계학적으로 유의한 차이를 보였는데($p<0.01$), 이는 옥외작업장인 야적장에 비해 상대적으로 밀폐된 공간인 선박내 옥내작업장이 자동차 배출가스의 영향을 더 많이 받고 있기 때문인 것으로 판단된다.

자동차전용 선박내 이동경사로에서 선적되는 차량의 배기량(Passenger car, Recreational vehicles)차이 그리고 선적 주차대수에 따라 오염물질 농도의 차이가 있는지를 알아보기 위하여 한개 층에 적재되는 총 자동차수(300~350대)의 절반정도인 150대를 기준으로 오염물질의 농도를 조사한 결과 이산화질소, 일산화탄소, PM10, PM2.5의 농도는 배기량이 클수록 높은 농도를 보였고 레저용 차량(Recreational vehicles)에서 이산화질소와 일산화탄소의 농도는 선적되는 차량수가 많을수록 다소 높게 나타났다. 이는 송희봉 등(1998)의 연구결과에서 지하주차장의 차량의 운행횟수와 이용객의 수가 상대적으로 증가할수록, 즉 실제차량유입대수와 실제주차밀도가 높을수록 실내·외의 모든 분석대상물질(TSP, CO, CO₂, HCHO)의 농도가 높다는 결과와 유사하였고 이때의 실내농도인 이산화질소와 일산화탄소는 각각 0.071ppm , 5.200ppm 으로 이윤재 등(1988)의 고속도로 톨게이트 조사에서의 이산화질소 농도 0.055ppm , 일산화탄소 농도 $7.400\sim 8.800\text{ppm}$ 과 본 연구결과에서의 이산화질소 0.22ppm , 일산화탄소 8.85ppm 을 비교해 볼 때 선행연구보다 다소 높은 결과로 나타났다.

선박내 기중 중금속(납, 크롬, 아연, 망간, 카드뮴, 구리)의 농도는 모두 산업안전보건법(노동부, 2002)에서 제시하는 각각의 노출기준치 보다는 낮은 수준으로 다른 유해요인 보다는 유해성

이 상대적으로 낮았다.

대기오염도가 심한 공단지역과 상대적으로 대기오염도가 낮은 농촌지역을 대상으로 호흡기 증상발현에 미치는 영향을 조사한 권호장(1994)의 연구에서는 환경부의 대기오염 자동측정망에서 측정한 자료를 이용하였으나 두 측정자료는 측정기관이 다르기 때문에 직접적인 비교에 문제가 있다고 지적하였다. 본 연구에서는 동일한 측정기와 측정방법을 사용하였으며 설문조사시 성(性)과 거주지역, 간접흡연에 의한 혼란요인은 배제하였다.

조사대상자의 나이는 호흡기증상의 발현에 영향을 줄 수 있는 위험인자로 55~65세에 만성폐쇄성 호흡기질환이 가장 많이 진단된다고 하였으며(Wyngaarden et al, 1992), 조수현 등(1993)은 나이가 증가함에 따라 만성폐쇄성 호흡기질환으로 인한 입원율이 증가한다고 하였다. 한편 옥외작업장과 옥내작업장 근로자간의 자각증상 호소율은 ‘만성기침’, ‘만성가래’, ‘천식’ 모두 두 지역간에 유의한 차이가 없었다. ‘천식’증상은 옥내작업자에서 22.5%로 옥외작업자의 18.5%보다는 다소 높았으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 이는 옥외작업자와 옥내작업자의 순환근무로 인해 다양한 선적작업을 반복적으로 수행하기 때문인 것으로 해석된다. 또한 ‘만성기침’과 ‘만성가래’의 경우 자각증상 호소율이 낮게 나온 것은 먼저 증상유무의 질문과 증상이 있는 사람이 거의 매일 기침이나 가래를 하는 날이 일년중에 3개월이상이 되고 2년간 지속되었는지를 모두 포함하여 정의를 내렸기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점으로 첫째는 설문지 작성시 응답자의 이해도와 응답태도에 따라 많은 영향을 받았을 것으로 사료되어 향후 설문지와 동시에 폐기능 검사를 실시하여 상관성을 살펴보는 연구가 필요하다.

둘째로는 작업환경측정 방법에 있어서 작업의 불편함과 자동차 손상의 이유로 개인 시료를 하지 못하고 지역 시료를 채취한 것이다. 두 방법의 선택여부에 따라 측정치에 변화가 있을 것으로 예상되므로 이를 보완할 수 있는 연구방안이 필요하다.

마지막으로 좀더 다양하고 정확한 노출평가를 위해 향후 작업환경측정을 실시할 때 전국에 분포된 선적항들을 대상으로 온·습도에 영향을 받을 수 있는 계절을 구분하고 자동차의 사용연료, 선박의 노후정도와 통풍설비에 대한 조사가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

자동차 선적 작업장의 공기오염도를 알아보기 위하여 옥외작업장인 야적장과 옥내작업장인 선박내 진입로를 선정하여 아황산가스, 이산화질소, 일산화탄소, PM10, PM2.5와 중금속의 기중 농도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 자동차 선적작업 옥외작업장과 옥내작업장의 온도와 습도는 유의한 차이가 없었으며 기류는 옥내작업장에서 평균 0.52m/s로 옥외작업장의 평균 0.19m/s보다 높았다($p < 0.01$).

2. 작업장소별 아황산가스, 이산화질소, 일산화탄소, PM10, PM2.5의 공기중 평균 농도는 옥외작업장에서 각각 0.03ppm, 0.03ppm, 0.46ppm, $39.44\mu\text{g}/\text{m}^3$, $5.45\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고 옥내작업장에서는 각각의 평균농도가 0.15ppm, 0.22ppm, 8.85ppm, $236.39\mu\text{g}/\text{m}^3$, $152.43\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 측정되었다. 옥내작업장이 옥외작업장보다 가스상물질 농도는 4.9~19.2배, 미세먼지 농도는 5.9~27.9배 높았다($p < 0.01$).

3. 옥내작업장인 선박내 기중 중금속들의 평균 농도는 납이 $0.05\mu\text{g}/\text{m}^3(\pm 0.10)$, 크롬은 $0.90\mu\text{g}/\text{m}^3(\pm 0.18)$, 아연은 $0.38\mu\text{g}/\text{m}^3(\pm 0.24)$, 구리는 $0.18\mu\text{g}/\text{m}^3(\pm 0.22)$ 그리고 망간과 카드뮴은 검출한계 이하였다.

4. 선박내 선적작업시 이산화질소, 일산화탄소, PM10, PM2.5의 농도는 배기량이 클수록 높았고 레저용 차량에서는 이산화질소와 일산화탄소의 농도가 주차대수가 많을수록 높았다($p < 0.05$).

5. 만성호흡기질환의 주요증세인 '천식'의 자각증상 호소율은 옥외와 옥내작업자간에 각각 18.5%, 22.5%로 옥내작업자에서 다소 높은 결과를 보였으나 유의한 차이가 없었고, '만성기침'과 '만성가래'의 자각증상 호소율은 매우 낮은 수준으로 옥내·외 근로자간에 차이가 없었다.

이상의 결과에서 옥외작업장보다 선박내 옥내작업장의 공기오염도가 높은 이유는 선박내 차량이동시 급출발 및 과속으로 인한 불완전연소가스의 발생량이 많기 때문이며 이를 방지하기 위한 대책으로 적정속도의 준수와 노후된 선박의 정비 그리고 원활한 공조시스템을 갖추는 등의 효율적인 관리방안이 필요하다.

참고 문헌

- 권호장. 설문지에 의한 대기오염의 호흡기계 증상 발현에 관한 조사. 서울대학교 대학원 석사학위 논문, 1994
- 노동부. 작업환경관리백서, 2003
- 노동부. 전국사업체수 및 종사자수, 2002
- 노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 2002
- 노영만, 박정일, 정치경, 이광목, 민병기, 이승한. 우리나라 고속도로 톨케이트의 대기오염에 관한 조사연구. 대한 산업의학회지 1990; 2(2): 142-152
- 박인용. 대기오염과 이비인후과. 대한기관식도과학회 1972; 1972: 6-7
- 손부순. 아산 터미널의 실내,외 공기 오염 농도. 순천향자연과학연구논문집 2001;7(2): 235-238
- 송희봉, 권택규, 홍성희, 백성옥. 대구지역 대규모 지하주차장의 실내공기질 특성 평가. 대한환경 공학회지 1998; 20(9): 1315-1330
- 인천항만연수원. 자동차선적요령, 2003
- 이윤재, 김정철, 김광종, 송동빈, 차철환, 권영근. 고속도로 요금소 주변의 대기오염에 관한 조사 연구. 한국대기보존학회지 1998; 4(1): 76
- 정규철. 서울시 대기오염이 시민보건에 미치는 영향에 관한 조사연구. 대한예방의학회지 1969; 2(1): 5-22

조수현, 권호장, 한상환, 하미나. 환경오염 관련 질병양상에 관한 실태조사. 대한의협보고서 1993, pp39-42

차철환, 엄용태, 김영환. 대기오염이 톨게이트 근무자의 건강에 미치는 영향. 한국대기보존학회지 1998; 4(1); 71

통계청. 한국표준산업분류, 2000

통계청. 한국표준직업분류, 2000

환경부. 대기환경보전법, 2003

환경부. 환경백서, 2004

Chapman, R. S., W. P. Watkinson., K. L. Dreher and D. L. Costa. Ambient particulate matter and respiratory and cardiovascular illness in adults: particle-borne transition metals and the heart-lung axis. Environmental Toxicology and Pharmacology 1997; 4: 331-338

David V Bates. Adverse health impacts of air pollution - continuing problem. Scandinavian Journal of Work Environmental Health 1995; 21: 405-11

Gartrell. G., S. K. Friedlander. Relating Particulate Pollution to Source-the 7972 California Aerosol Characterization Study. Atmos. Environ 1975; 9: 279-289

Infante P., I. L. Acosta. Size Distribution of Trace Metals in Ponce Puerto Rico Air Particulate Matter. Atmos. Environ 1991; 25B: 121-131

ISO : Air Quality-Particle Size Fraction Definition for Health-related Sampling. Reference number ISO 7798, 1995

NIOSH : NIOSH Manual of Analytical Methods, Cincinnati, National Institute for Occupational Safety and Health, 1984, 7082-1

Schwartz J., Norris G., Larson T. Episodes of High Coarse Particle Concentrations Are Not Associated with Increased Mortality. Environ. Health perspect 1999; 107: 339-342

Seinfeld, J. H. Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. John Wiley and Sons, New York 1986

Voutsas, D., C. Samara. Labile and bioaccessible fractions of heavy metals in the airborne particulate matter from urban and industrial area. Atmospheric Environment 2002; 36: 3583-3590

Wyngaarden JB, Smith LH, Bennett JC, Cecil Textbook of Medicine. Philadelphia, WB Saunders Co 1992; 19; 389-395

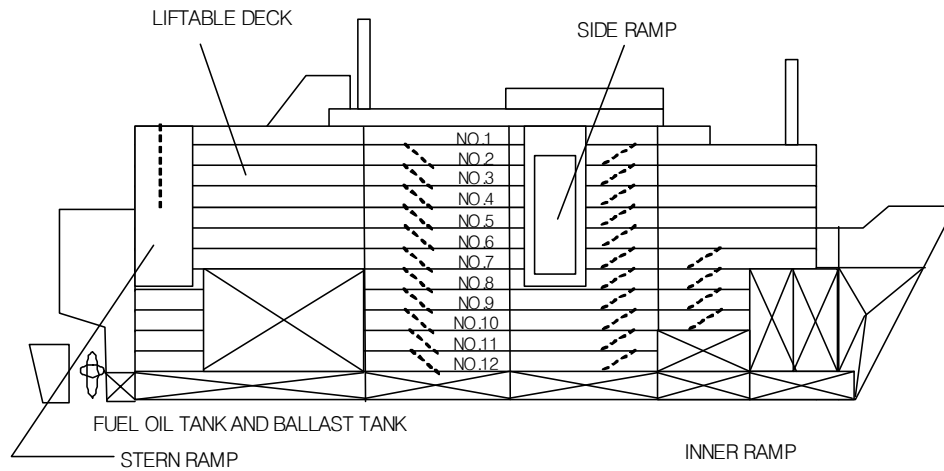


Figure 1. A side plan of Pure Car Carrier

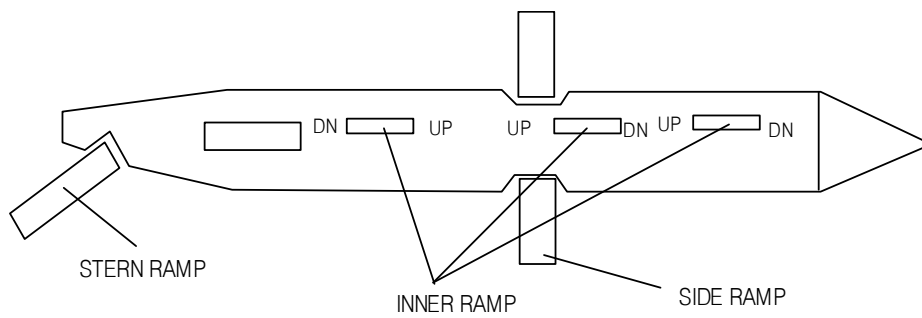


Figure 2. A floor plan of Pure Car Carrier

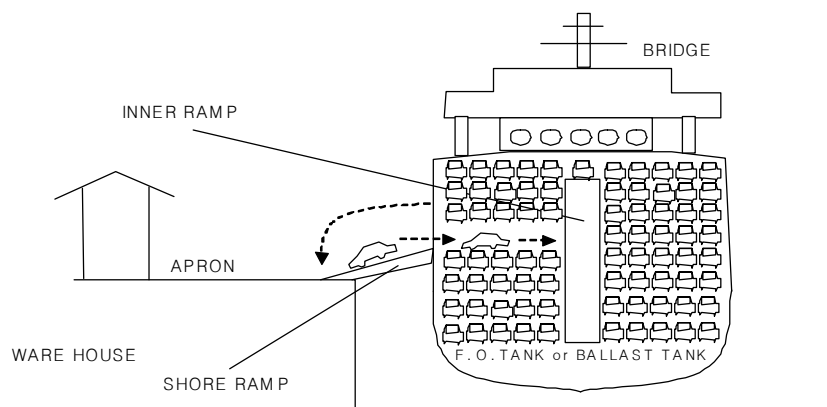


Figure 3. A cross-sectional plan of Pure Car Carrier

Table 1. Meteorological conditions during survey period

Work- place	No. of sampled	Temperature (°C)	Humidity (%)	Air flow (m/s)
Apron	8	14.8±2.20 ⁽¹⁾ (12.2~17.30) ⁽²⁾	38.2±1.7 (35.4~40.2)	0.19±0.08 (0.10~0.33)
Inner ramp	8	15.5±2.50 (11.9~18.80)	37.5±3.0 (34.2~41.6)	0.52±0.31* (0.25~1.20)

⁽¹⁾, Mean±S.D; ⁽²⁾, Range; *, p < 0.01

Table 2. Airborne concentration of air pollutants according to workshop

Work- place	No. of sampled	Airborne concentration				
		SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	CO(ppm)	PM10(μ g/m ³)	PM2.5(μ g/m ³)
Apron	8	0.03±0.01 ⁽¹⁾ (0.03~0.05) ⁽²⁾	0.03±0.01 (0.03~0.05)	0.46±0.22 (0.20~0.80)	39.44±2.45 (36.00~43.20)	5.45±1.15 (3.90~7.50)
Inner ramp	32	0.15±0.05* (0.05~0.20)	0.22±0.06* (0.10~0.40)	8.85±3.35* (3.20~15.50)	236.39±58.21* (97.20~354.70)	152.43±35.42* (68.40~195.40)

⁽¹⁾, Mean±S.D; ⁽²⁾, Range; *, p < 0.01

Table 3. Airborne concentration of air pollutants according to displacement when shipping cars into the ship

Displacement (CC)	No. of car loaded	No. of sampled	Airborne concentration				
			SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	CO(ppm)	PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Passenger Cars (1500CC)	<=150	8	0.13 \pm 0.05 ⁽¹⁾	0.16 \pm 0.06	5.71 \pm 2.26	192.44 \pm 58.58	121.90 \pm 33.45
			(0.05~0.20) ⁽²⁾	(0.10~0.30)	(4.20~11.20)	(98.50~250.30)	(68.70~160.40)
	>150	8	0.14 \pm 0.05	0.21 \pm 0.04	8.23 \pm 3.23	208.80 \pm 63.72	140.39 \pm 42.96
			(0.05~0.20)	(0.15~0.30)	(3.20~12.00)	(97.20~260.10)	(68.40~177.50)
Total		16	0.13 \pm 0.05 (0.05~0.20)	0.18 \pm 0.06 (0.10~0.30)	6.97 \pm 2.99 (3.20~12.00)	200.62 \pm 59.73 (97.20~260.10)	131.15 \pm 38.40 (68.40~177.50)
Recreational Vehicles (2500CC)	<=150	8	0.166 \pm 0.03	0.22 \pm 0.03	9.13 \pm 1.26	264.80 \pm 17.17	170.55 \pm 13.09
			(0.10~0.20)	(0.20~0.25)	(7.50~11.20)	(250.80~301.20)	(149.50~190.90)
	>150	8	0.18 \pm 0.03	0.28 \pm 0.06*	12.35 \pm 2.59**	279.54 \pm 33.08	176.86 \pm 11.51
			(0.15~0.20)	(0.20~0.40)	(8.50~15.50)	(241.40~354.70)	(155.00~195.40)
Total		16	0.17 \pm 0.03* (0.10~0.20)	0.25 \pm 0.06** (0.20~0.40)	10.74 \pm 2.58** (7.50~15.50)	272.17 \pm 26.57** (241.40~354.70)	173.71 \pm 12.34** (149.50~195.40)

⁽¹⁾, Mean \pm S.D; ⁽²⁾, Range; *, p < 0.05; **, p < 0.01

Table 4. General characteristics of respondents

Characteristic	Apron	Inner ramp	Total
Age(yr)	39.65±7.42 ⁽¹⁾ (n=65) ⁽²⁾	37.50±6.81 (n=80)	38.46±7.15 (n=145)
Working duration(month)	46.59±18.53 (n=65)	45.43±17.05 (n=80)	45.94±17.68 (n=145)
Working time(hr/day)	9.98±2.05 (n=64)	10.42±2.25 (n=77)	10.22±2.16 (n=141)
Rest time(min/no)	30.09±17.39 (n=55)	28.73±21.48 (n=67)	29.34±19.68 (n=122)
Rest time(No/day)	2.85±1.11 (n=54)	3.28±1.44 (n=65)	3.08±1.31 * (n=119)
Smoking habit			
Smoker	53(46.9) ⁽³⁾	60(53.1)	113(100)
Non-smoker	11(40.7)	16(59.3)	27(100)

⁽¹⁾, Mean±S.D; ⁽²⁾, Number of respondents; ⁽³⁾, Number of respondents(%);

*, p < 0.05

Table 5. Comparison of subjective respiratory symptom between the outdoor workshop and indoor workshop

	Apron No(%)	Inner ramp No(%)
Chr. Cough ⁽¹⁾	4(6.15)	3(3.75)
Asthma	12(18.46)	18(22.50)
No. of respondents	65(100.00)	80(100.00)

⁽¹⁾, Cough for at least 3 months of the year for more than 2 consecutive years