

# 자동차 쇼크업소바 제조사업장의 작업자 노출 유해인자의 종류 및 노출수준의 경시적 변화

나규채 · 문찬석\*

부산가톨릭대학교 대학원 산업안전보건학과

## Types of Hazardous Factors and Time-trend of Exposure Levels from the Working Environment at a Shock Absorber Manufacturing Facility

Gyu-Chae Na · Chan-Seok Moon\*

Department of Environmental and Industrial Health, Graduate School of Catholic University of Pusan

### ABSTRACT

**Objective:** This study examines the types of hazardous factors in the working environment and the time-trend for their exposure levels over 10 years (2007 to 2016).

**Study Design and Method:** The types of hazardous factors and exposure levels were drawn from the 19 measurement reports on the working environment over 10 years at a shock absorber manufacturing facility. Risk assessment of the types of factors and time-trend of exposure levels were evaluated using the factors and exposure levels.

**Results:** A total of 34 hazardous factors were evaluated. The types were noise, 15 organic compounds, seven kinds of acid and alkalis, eight kinds of heavy metals, and three other compounds. Special management materials used were nickel, hexavalent chrome, and sulfuric acid. Human carcinogens (1A) used were trichloroethylene, nickel, and sulfuric acid. There were six types of substances belonging to the IARC's 2B (body carcinogens) classification or higher, including, methyl isobutyl ketone, ethyl benzene, and trichloroethylene. No detection was found for 627 out of the 2065 total measurements in 19 exposure survey reports, representing 30.4%. Organic solvents, acid and alkali products, and heavy metals showed continuous low exposure concentrations. Noise, welding fumes, and the evaluation of mixed solvents show a gradual decrease in geometric mean and maximum over the time-trend of 10 years.

**Conclusions:** In the case of a shock absorber manufacturing facility, the hazardous factors of noise and the evaluation of mixed solvents still indicate high concentrations exceeding the exposure limits and necessitate reduction studies. These two factors and welding fumes showed a continuous decrease in their ten-year tendency. Organic compounds, acids/alkalis, and heavy metals were managed smoothly in a work environment of continuous low concentrations.

**Key words:** automobile, noise, shock absorber, time-trend, work environment

## I 서 론

작업환경측정이란 작업환경 실태를 파악하기 위하여 해당 근로자 또는 작업장에 대하여 사업주가 측정 계획을 수립한 후 시료(試料)를 채취하고 분석·평가하는 것이다(KOSHA, 2012). 작업환경측정의 목적은 근로자가 호흡하는 공기 중의 유해물질 종류 및 농도

를 파악하고 해당 작업장에서 일하는 동안 건강장해가 유발될 가능성 여부를 평가하며 작업환경 개선의 필요성 여부를 판단하기 위하여 행해진다(Choi, 2008; KOSHA, 2012). 우리나라의 작업환경측정은 1959년 석탄공사 사보 2호에 발표된 '탄광직업병에 관한 조사보고'와 1959년 발표된 '모 탄광 광부들의 직업성 난청'이 시초라고 할 수 있다(Lee, 1999; Choi, 2008).

\*Corresponding author: Chan-Seok Moon, Tel: 051-510-0633, E-mail: csmoon@cup.ac.kr

Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan, 57 Oryundae-ro, Geumjeong-gu, Busan 46252

Received: August 23, 2018, Revised: November 20, 2018, Accepted: December 15, 2018

Chan-Seok Moon <http://orcid.org/0000-0002-1310-8403>

Gyu-Chae Na <http://orcid.org/0000-0002-7978-042X>

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.

산업안전보건법이 1981년 12월에 제정된 후 산업안전보건법 시행규칙에서 작업환경측정 대상과 측정대행기관 및 측정자의 자격을 정하였다. 작업환경측정 방법은 1983년 1월에 노동부 고시로 제정되어 세부적인 측정 및 평가방법이 제시되었다.(KOSHA, 1993; Yu et al., 2003) 작업환경측정의 대상 유해인자는 화학적 인자(유기화합물 113종, 금속류 23종, 산 및 알칼리류 17종, 가스상태 물질류(15종), 허가대상 유해물질(14종), 금속가공유), 물리적 인자(소음-8시간 시간가중 평균 80dB 이상, 고열), 분진(곡물 분진, 먼 분진, 나무 분진, 용접 흄, 유리섬유)으로 나누고 있다(MoEL, 2018).

자동차 생산과정의 작업환경은 다양한 산업이 집약된 산업의 총체로서 각종 유기용제, 용접흡과 같은 다양한 입자상의 물질, 소음, 진동, 중량물, 유해광선, 고열, 반복 작업과 관련된 인간공학적인 위험요인, 일산화탄소 등의 각종 유해가스과 금속가공유(Metal Working Fluids, MWFs)에서 문제되는 부패성 미생물과 같은 생물학적인 요인 등 여러 가지 유해요인들이 존재하여 산업보건의 보고라고 불리울 정도로 다양성을 가지고 있다(Oh & Lee, 2004). 따라서 이곳에서 문제되는 작업자들의 건강장해 역시 소음성 난청, 유기용제 중독, 진폐증, 직업성 암, 직업성 천식, 각종 피부질환, 직업성요통 등의 근골격계질환과 같이 많은 종류의 직업병에 노출될 수 있다(MoEL, 2013). 과거 우리나라 자동차 산업에서의 직업병 발생 사례를 보면 프레스 작업 및 임팩트 렌치, 그라인더 사용자의 소음성 난청이 발생하였고, 도장작업자의 유기용제 중독, 엔진가공 작업자의 직업성 피부염, 중량물 작업자의 직업성요통, 용접작업자의 진폐증 등 작업자들에서 직업병의 사례가 보고되었다. 또한 직업성 요통과 상지의 누적외상성질환과 같은 근골격계질환자도 발생하였으며 과거 자동차 산업의 중요한 산업보건 문제로 대두되었다(Kim et al., 2006; Mook et al., 2008; Korean metal workers' union and the Korean Federation for Environmental Movement, 2010).

이와 같이 우리나라에는 자동차 산업과 관련한 부품제조 및 부품의 조립과 관련하여 상당히 많은 제조업 사업장들이 이들 분야에 종사하고 있으며, 다양한 유해물질들이 사용되고 있고 또 다양한 유해요인들을 가지고 있다. 그러나 이들 유해요인들에 대한 노출 수준 및 유해요인 들의 노출평가 및 과거와 비교한 최

근의 경향에 대한 연구 보고는 거의 없는 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 자동차 부품 제조업 사업장의 하나인 쇼크업소버 제조 사업장을 대상으로 작업장 유해인자의 종류 및 노출수준을 확인하고, 과거 10년간의 노출 농도의 변화를 관찰하여 유해인자 노출의 변화를 평가하고자 한다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구내용

#### 1) 연구대상 작업장

쇼크업소버는 차량 등의 하부에 장착된 충격을 완충하는 장치로 자동차 하부 서스펜션에 장착된 스프링이 차체의 하중을 받아 수축된 상태로 안정되어 있다가 움직이기 시작하면 신축을 되풀이 한다. 한번 충격을 받은 스프링은 그대로 장시간 신축을 되풀이하게 된다. 쇼버는 움직임을 멈추려 하지 않는 스프링에 대하여 역방향으로 힘을 발생시켜 승차감과 안정성의 균형을 맞춰주는 역할을 한다. 본 연구에서는 부산지역의 자동차부품 제조업체인 A업체 및 협력업체들의 쇼크업소버(shock absorber)공정 작업장을 대상으로 2007년부터 2016년 상반기까지 19회 실시한 작업환경 측정자료를 대상으로 하였다. 작업환경 측정은 A업체는 7개 공정이 작업환경 측정 대상이며, 전체 유해인자는 34종이다.

#### 2) 대상 공정

공정은 각 부품의 소재를 가공하고, 세척하고 용접하는 공정을 거친 후 1차 조립을 거친 뒤, 제품에 따라 도금과 전착공정을 거치고 main공정에서 최종 조립을 하고 완성품 검사 후 제품이 출하된다(Figure 1). 화학물질은 3개 공정에서 사용되었다. 전착공정에서 인산(600 Kg/개월), 표면처리제, 착색제(400 Kg/개월), 전착제(8000 Kg/개월), 기타 희석제(전착제와 희석하는 휘발성 도료(200 Kg/개월), 수산화나트륨(검사 및 pH 조절용) 및 질산 약간의 양이 사용되었다. base-bar 가공공정(base-bar process)에서 3중 윤활유(100 Kg/개월)가 사용되었으며, main 공정에서 3중윤활유(150,000 L/개월), 방청유(20 L/개월)가 사용되었다. 이외의 서브-조립(sub-assembly process), 포장(packing) 및 출하(shipment)공정에서는 화학물질은 사용되지 않았다.

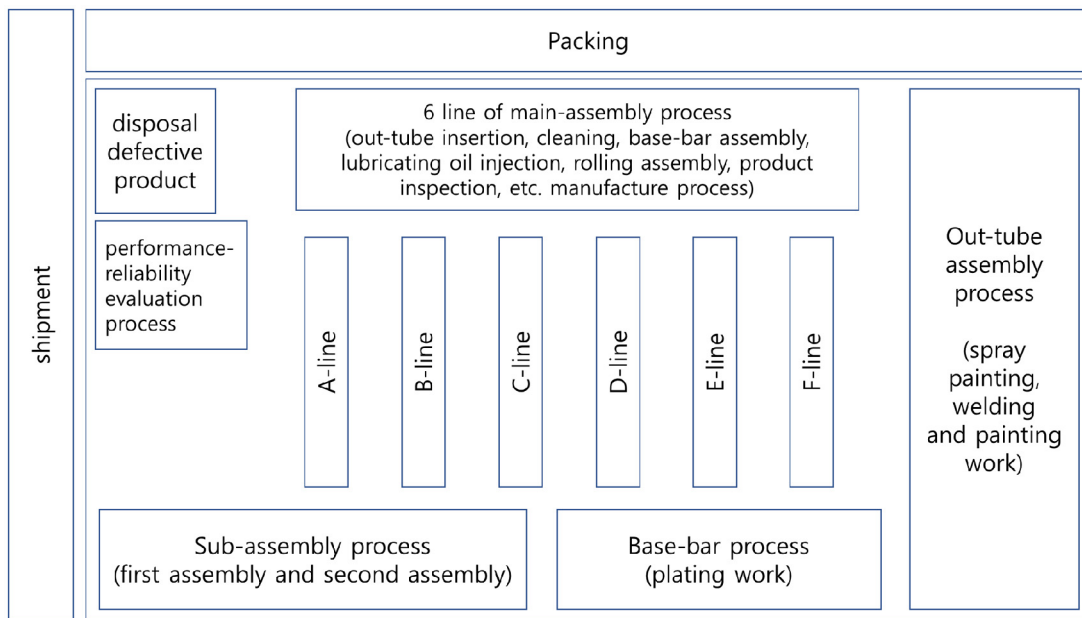


Figure 1. Diagram of work processes in the manufacture factory

3) 공정 별 작업환경측정 대상 유해인자

쇼크업소바 제조 공정은 8개 공정으로 나뉘며, 각 공정별 유해인자를 Table 1에 나타내었다. 유해인자가 가장 많이 나오는 공정은 전착공정으로 21개 유해인자가 대상이 되었으며, 2차조립과 1차조립 공정에서 각각 14종 10종의 유해인자가 대상이 되었다. 가공, 세척, 용접, 도금, 전착, 1차조립, 2차조립 그리고 포장/출하의 8개 공정상의 유해인자의 수는 모두 61종이다.

Table 2는 대상 유해인자 중 유기화합물, 중금속 및

산/알칼리류 중의 발암성 정도를 분류하여 나타내었다. 대상 유해인자 중 니켈, 6가크롬 및 황산은 산업 안전보건법에서 정한 특별관리 물질이며, 트리클로로 에틸렌, 니켈 및 황산(강산 mist)은 고용노동부 고시에서 정한 인체 발암성 물질 (1A군)이다. 국제 암 연구기구(International Agency for Research on Cancer, IARC)의 2B군 물질로 디에탄올아민, 메틸이소부틸케톤, 에틸벤젠, 니켈, 이산화티탄으로 5개 물질이다 (MoEL Notice No. 216-19. 2016).

Table 1. Subjected hazardous factors in each work

| Work             | Hazardous factors   | No. |
|------------------|---|-----|
| Manufacturing    | Metal working fluids, Barium, Ethanol amine, Diethanolamine, Noise  | 5   |
| Cleaning         | Sodium hydroxide  | 1   |
| Welding          | Welding fumes, Manganese, Copper, Zinc oxide, Iron oxide, Noise   | 6   |
| Plating          | Sodium hydroxide, Chromium(VI), Sulfuric acid, Noise  | 4   |
| Spray painting   | Acetone, Toluene, n-hexane, Ethylbenzene, Xylene, n-Butyl Acetate, Pentane, Butyl Cellosolve, 2-Butoxyethanol, Methanol, Evaluation of mixed solvents, Methyl isobutyl ketone, Sodium hydroxide, Sulfuric acid, Hydrochloric acid, Nitric acid, Phosphoric acid, Titanium dioxide, Acetic Acid, Zinc oxide, Noise | 21  |
| First Assembly   | Metal working fluids, Welding fumes, Copper, n-hexane, Toluene, Trichloroethylene, Methyl ethyl ketone, Isopropyl alcohol, Evaluation of mixed solvents, Noise  | 10  |
| Second Assembly  | Metal working fluids, Barium, Ethanol amine, Diethanolamine, Toluene, Ethylbenzene, Xylene, Evaluation of mixed solvents, Welding fumes, Iron oxide, Chromium, Nickel, Noise  | 14  |
| Packing/shipment | -   | 0   |
| Total            |   | 61  |

Table 2. Carcinogenicity of subjected hazardous factors

| Hazardous factors      | Korean act*      | MoEL Notice     | IARC | OSHA | ACGIH | NTP | EU CLP |
|------------------------|------------------|-----------------|------|------|-------|-----|--------|
| Acetone                | ·                | ·               | ·    | ·    | A4    | ·   | ·      |
| 2-Butoxyethanol        | ·                | 2               | 3    | A3   | ·     | ·   | ·      |
| Diethanolamine         | ·                | 2               | 2B   |      | A3    | ·   | ·      |
| Methanol               | ·                | ·               | ·    | ·    | ·     | ·   | 2      |
| Methyl isobutyl ketone | ·                | 2               | 2B   | ·    | A3    | ·   | ·      |
| Isopropyl alcohol      | ·                | ·               | 3    | ·    | A4    | ·   | ·      |
| Ethylbenzene           | ·                | 2               | 2B   | ·    | A3    | ·   | ·      |
| Xylene                 | ·                | ·               | 3    | ·    | A4    | ·   | ·      |
| Toluene                | ·                | ·               | 3    | ·    | A4    | ·   | ·      |
| Trichloroethylene      | ·                | 1A              | 1    | ·    | A2    | R   | 1B     |
| Copper                 | ·                | ·               | ·    | ·    | A4    | ·   | ·      |
| Nickel                 | SMS <sup>†</sup> | 1A              | 2B   | ·    | A5    | R   | 2      |
| Barium                 | ·                | ·               | ·    | ·    | A4    | ·   | ·      |
| Chromium               | ·                | ·               | 3    | ·    | A4    | ·   | ·      |
| Iron oxide             | ·                | ·               | 3    | ·    | A4    | ·   | ·      |
| Chromium(VI)           | SMS              | ·               | ·    | ·    | ·     | ·   | 1A     |
| Titanium dioxide       | ·                | 2               | 2B   | ·    | A4    | ·   | ·      |
| Hydrochloric acid      | ·                | ·               | 3    | ·    | A4    | ·   | ·      |
| Sulfuric acid          | SMS              | 1A <sup>‡</sup> | ·    | ·    | A2    | K   | ·      |

\* Occupational safety and health act in Korea

† special management substance

‡ Mist as strong acid

## 2. 연구방법

### 1) 측정방법

작업환경측정은 매년 상·하반기로 구분하여 노동부 지정 작업환경측정 전문기관에서 측정 하였으며 분석 결과를 도출하였다. 시료의 측정은 노동부 작업환경측정 실시 규정 노동부 고시 제 2001-20호 및 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)의 공정시험법, 미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA) 공정시험법에 의거하여 실시하였다. 국내 유기화학물질의 노출기준은 우리나라의 화학물질 및 물리적인자의 노출기준을 기준으로 하였다(MoEL, 2017).

혼합유기용제 평가는 작업환경측정방법(MoEL, 2007) 및 화학물질 및 물리적인자의 노출기준(MoEL, 2007)에 의하여 혼재하는 물질들의 노출농도를 다음식에 의하여 산출하였으며, 노출 기준은 1이다.

$$\frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \dots + \frac{Cn}{Tn}$$

C: Concentrations of chemicals

T: Occupational exposure limits of chemicals

### 2) 작업환경측정 결과의 데이터베이스 구축

A업체와 관련된 협력업체들의 2007년 상반기부터 2016년 상반기까지 실시한 총 19회의 작업환경 측정 결과 자료를 토대로 하여 연도, 공정, 측정물질, 측정 시간, 측정결과 등의 필수자료를 모두 MS-Excel을 이용하여 입력하여 데이터베이스를 작성하였다. 자료의 분석은 산 및 알칼리류, 유해화학물질 등 유기용제류, 중금속류, 가스류, 소음 등에 대해 각 화학물질별로 조건별 자료 수, 기하평균, 기하표준편차, 최소치, 최대치를 산출하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 유해인자별 검출율

A업체 및 협력업체의 10년간의 총 19회분의 작업환경측정에서 유기화합물류 533건, 산 및 알칼리류 433건, 중금속류 279건, 소음 416건의 유해인자가 검출되었다. 전체 시료채취건수 2,115건 중에서 검출된 건수는 물질별 구분하여 총 1,488건이고 불검출은 총 627건이다. 전체 검출율은 70%로 나타났으며, 소음과 용접흡은 100%의 검출율을 나타내었다. 유기용제류의 경우는 25%로 가장 낮게 나타났다. 유기용제의 경우 총 11종이 검출되었다. 용제의 종류는 트리클로로에틸렌을 비롯하여 톨루엔, 크실렌, 에틸벤젠, 이소프로필알콜, 메탄올, 메틸이소부틸케톤, 2-부톡시에탄올, 메틸에틸케톤, 부틸셀로솔브, n-헥산이 검출되었다. 에탄올아민, 디에탄올아민, n-펜탄, n-부틸아세테이트는 측정대상이나 검출은 되지 않았다. 트리클로로에틸렌은 인체 발암물질로서 1차조립 공정에서 사용되었다. 산 및 알칼리류는 모두 7종의 물질이 검출되었다. 수산화나트륨, 수산화칼륨, 황산, 질산, 염산, 초산이 검출되었으며, 인산은 검출되지 않았다. 중금속의 경우, 총 8종으로 6가크롬, 구리, 망간, 니켈, 산화아연, 산화철, 이산화티탄 및 바륨이 검출되었다. 중금속류는 용접공정에서 주로 사용되고 있고, 국소배기장치를 적절히 설치했다하더라도 중금속 미세 입자는 다른 물질에 비하여 무거운 경우가 많아 국소배기로 쉽게 제거되지 않는 경우가 있을 수 있고 따라서 공기 중에 떠다니는 중금속 입자가 검출이 보다 용이 할 수 있다.

#### 2. 물질별 노출농도 및 경시적 변화

##### 1) 유기용제

유기용제 12종의 물질별 노출농도 및 2007년에서 2016년 상반기까지의 측정결과를 Table 3에 나타내었다. 농도를 파악하기 위해 기본 통계량을 산출한 결과는 아래와 같다. 12종 물질 모두 10년간의 노출농도에서 볼 때 기하평균치 1 ppm 이하의 저농도가 유지되었으며, 10년간의 변화에서는 명확한 증감의 변화가 없이 지속적인 저농도를 보였다.

##### 2) 산 및 알칼리류

질산은 본 조사의 경우 전착공정에서 pH조절의 용도로 사용되는데 사용량은 월 20L 미만이다. 2007에

서 2016년까지의 경시적 변화를 볼 때 2007년-2009년까지는 일정한 노출 농도가 나타나다가 2010년부터는 거의 노출농도가 나타나지 않는 저농도가 유지되었다. 이는 작업장의 노출 관리가 해가 갈수록 강화되고 있음을 알 수 있었다.

황산의 사용공정은 전착공정과 도금공정이며 주로 pH농도를 일정하기 하기 위해 사용된다. 본 조사의 공정상의 전체 사용량은 월 100 L 미만이며, 전체 노출 기하평균값은 0.0461 mg/m<sup>3</sup>이며, 최대치는 0.2516 mg/m<sup>3</sup>였다. 경시적 변화에서 볼때는 증감의 변화없이 일정하게 저농도가 유지되었다.

염산은 전착공정에서만 소량을 사용되고 있다. 사용량은 월 10 L 미만으로 전착공정에서는 금속의 표면을 코팅하기 위해 각종 유기 및 산화피막을 제거하는 역할을 한다. 각 시기별 2회씩 측정을 하였으며 이 중 22건이 불검출 되었다. 평균값은 0.0494 mg/m<sup>3</sup>이고 최고값은 0.1747 mg/m<sup>3</sup>로 노출기준인 7.5 mg/m<sup>3</sup>에는 미치지 못하였다. 2012년 하반기부터는 검출값이 나타나지 않았는데 이는 염산의 사용량 감소와 물에 희석하여 사용함으로써 원물질 자체가 저농도이므로 실제 측정 시에도 검출이 되지 않는 경우가 나타났다. 염산도 질산의 경우와 비슷한 경향을 가지며 2010년부터는 거의 노출농도가 나타나지 않는 저농도가 유지되었다.

수산화나트륨은 비누 제조나 섬유공업에서 불순물 제거 등으로 사용되는데 본 조사에서의 용도는 주로 금속표면의 기름 때 등의 불순물 제거에 주로 사용되었다. 수산화나트륨은 부식성이 매우 강해 취급에 많은 주의가 요구되었으며, 물과 반응할 경우 많은 양의 열이 발생하는 특징을 가지고 있어 작업 시에 유의해야 하였다. 전착공정에서는 금속표면에 착색을 하기 전 금속표면에 각종 이물질을 제거하는데 쓰이고 있으며 세척공정에서는 기름 등의 이물질 제거와 pH 조절용으로도 사용되었다. 2012년 이후에는 검출이 거의 나타나지 않는 작업환경 상의 저농도가 유지되었다. 전착공정은 2007년 상반기 이후 전체 측정시기에 측정이 되었으며, 도금공정은 2013년 하반기 공정폐쇄로 이후 측정에서 제외 되었으며, 해당 공정 제외로 측정 평균값은 폐쇄이전보다 증가하는 경향을 나타내었다. 세척공정은 2011년 상반기 세척장비 신규 설치로 수산화나트륨의 측정이 시작되었으며 해당공정의 세척액이 수산화나트륨이 주성분이 되어 부품의 세척

Table 3. Exposure levels of organic solvents

|         | 2-BT*       | TCE†  | n-H‡  | MeOH§  | MEK    | MIBK¶  | BCSo** | Ace*  | EtB*‡ | IA    | Xyl~   | Tol*~  |
|---------|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
| TLV-TWA | 20          | 50    | 50    | 200    | 200    | 50     | 25     | 750   | 100   | 200   | 100    | 100    |
|         | ppm         | ppm   | ppm   | ppm    | ppm    | ppm    | ppm    | ppm   | ppm   | ppm   | ppm    | ppm    |
| 2007    | first half  | -     | -     | 14.263 | -      | -      | 0.188  | -     | -     | -     | 0.340  | 0.047  |
|         | second half | -     | 0.111 | 15.605 | -      | 0.474  | 0.145  | 0.090 | 3.022 | -     | 26.877 | 0.679  |
| 2008    | first half  | -     | -     | 0.647  | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
|         | second half | -     | -     | 0.713  | -      | -      | -      | -     | 0.188 | -     | 0.346  | 0.075  |
| 2009    | first half  | -     | -     | 1.021  | -      | -      | -      | -     | 0.138 | -     | 0.276  | -      |
|         | second half | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | 0.271 | -     | 1.331  | -      |
| 2010    | first half  | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | 0.118 | -     | 0.747  | 0.043  |
|         | second half | -     | -     | -      | -      | 0.055  | -      | -     | 0.023 | -     | 0.321  | -      |
| 2011    | first half  | -     | -     | -      | -      | 0.333  | -      | 0.210 | 0.123 | -     | 0.328  | 0.070  |
|         | second half | -     | -     | -      | -      | -      | -      | 0.226 | 0.262 | -     | 1.225  | 0.106  |
| 2012    | first half  | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | 0.362  | -      |
|         | second half | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | 0.375  | -      |
| 2013    | first half  | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | 0.270  |
|         | second half | -     | -     | -      | -      | -      | -      | 0.839 | -     | -     | 0.748  | 0.480  |
| 2014    | first half  | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
|         | second half | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | 0.569  | -      |
| 2015    | first half  | 0.041 | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | 0.371 | -      | -      |
|         | second half | -     | 0.997 | 0.417  | -      | -      | -      | -     | -     | 0.370 | -      | -      |
| 2016    | first half  | -     | 0.139 | -      | -      | 0.252  | -      | -     | -     | 0.187 | -      | -      |
|         | second half | -     | 0.180 | -      | -      | 0.184  | -      | -     | -     | 0.248 | -      | -      |
| 2017    | first half  | 3.418 | -     | -      | -      | 0.945  | -      | -     | -     | 0.366 | -      | -      |
|         | second half | 1.875 | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
| 2018    | first half  | -     | 0.721 | -      | -      | -      | -      | -     | -     | 2.587 | -      | -      |
|         | second half | -     | 0.232 | -      | -      | -      | -      | -     | -     | 0.148 | -      | 0.022  |
| 2019    | first half  | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
|         | second half | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
| 2020    | first half  | 4.628 | 9.226 | -      | -      | 0.780  | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
|         | second half | -     | 5.314 | -      | -      | 0.445  | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
| 2021    | first half  | -     | 1.349 | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
|         | second half | -     | 0.850 | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
| 2022    | first half  | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
|         | second half | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
| 2023    | first half  | 1.051 | 0.851 | 0.215  | 1.296  | 0.352  | 0.218  | 0.165 | 0.264 | 0.235 | 0.367  | 0.736  |
|         | second half | 8.964 | 4.238 | 2.553  | 5.803  | 2.384  | 3.583  | 1.203 | 2.259 | 3.779 | 2.548  | 3.199  |
| 2024    | first half  | 0.041 | 0.139 | 0.111  | 0.199  | 0.184  | 0.035  | 0.145 | 0.090 | 0.023 | 0.148  | 0.276  |
|         | second half | 0.041 | 0.139 | 0.111  | 0.199  | 0.184  | 0.035  | 0.145 | 0.090 | 0.023 | 0.148  | 0.276  |
| 2025    | first half  | 4.628 | 9.226 | 0.417  | 15.605 | 0.945  | 0.780  | 0.188 | 0.839 | 3.022 | 2.587  | 26.877 |
|         | second half | 4.628 | 9.226 | 0.417  | 15.605 | 0.945  | 0.780  | 0.188 | 0.839 | 3.022 | 2.587  | 26.877 |
| 2026    | first half  | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
|         | second half | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -      | -      |
| 2027    | first half  | GM    | 1.051 | 0.215  | 1.296  | 0.352  | 0.218  | 0.165 | 0.264 | 0.235 | 0.367  | 0.736  |
|         | second half | GSD   | 8.964 | 2.553  | 5.803  | 2.384  | 3.583  | 1.203 | 2.259 | 3.779 | 2.548  | 3.199  |
| 2028    | first half  | Min.  | 0.041 | 0.111  | 0.199  | 0.184  | 0.035  | 0.145 | 0.090 | 0.023 | 0.148  | 0.276  |
|         | second half | Max.  | 4.628 | 9.226  | 0.417  | 15.605 | 0.945  | 0.780 | 0.188 | 0.839 | 3.022  | 2.587  |

Abbreviations: \* 2-Butoxyethanol, † Trichloroethylene, ‡ n-Hexane, § Methanol, || Methyl ethyl ketone, ¶ Methyl isobutyl ketone, \*\* Butylcellosolve, \* Acetone, †† Ethylbenzene, | Isopropyl alcohol, ~ Xylene, \*~ Toluene

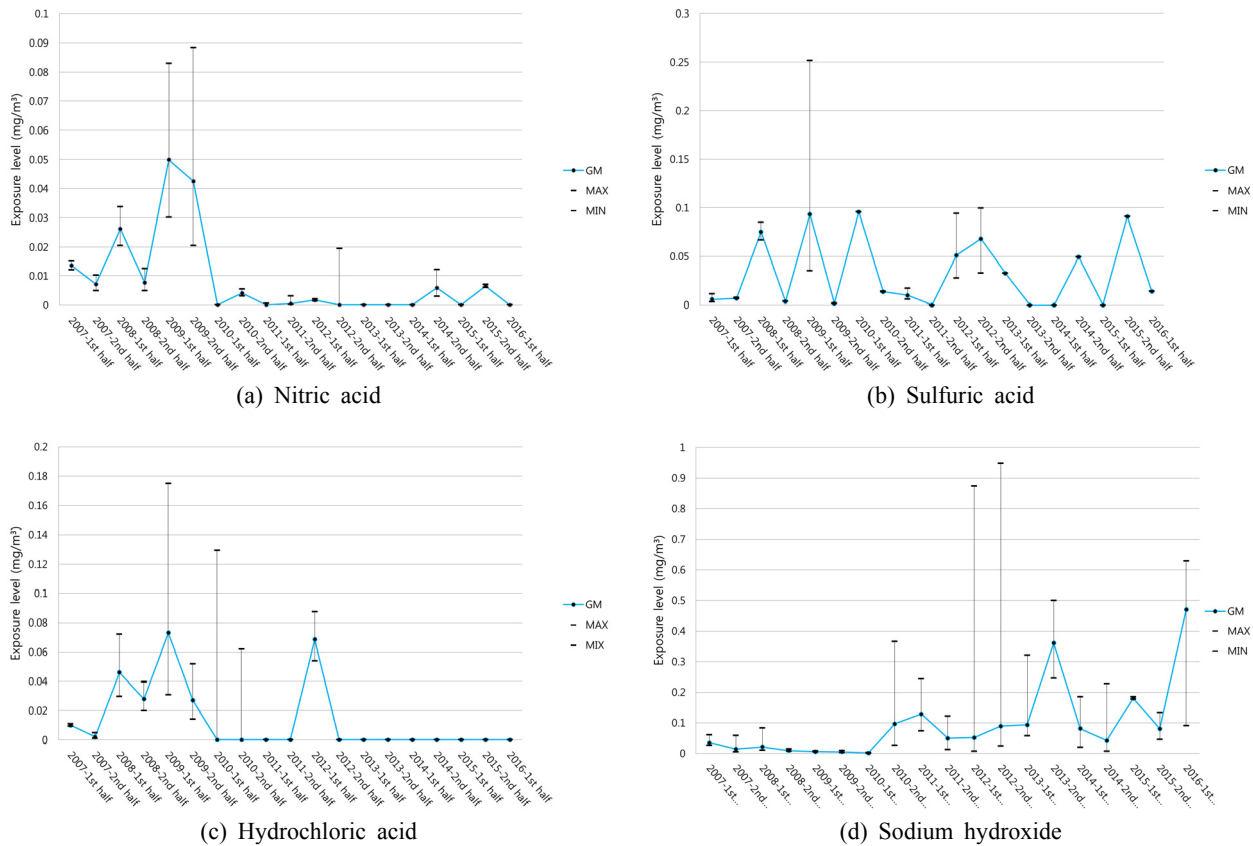


Figure 2. Variation of exposure level of nitric acid, sulfuric acid, hydrochloric acid, and sodium hydroxide

에 활용되므로 농도값이 높게 나타나는 경향을 나타 내었다(Figure 2).

### 3) 중금속

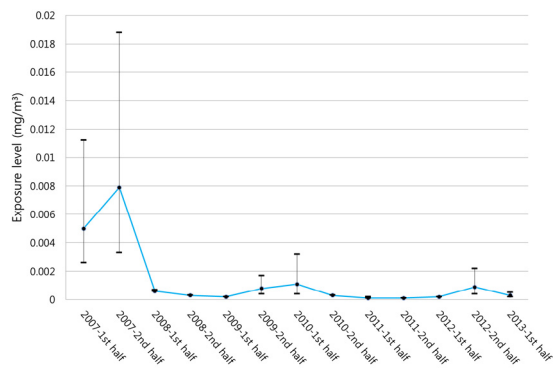
중금속의 작업환경측정 노출농도와 경시적 변화를 Figure 3에 나타내었다. 조사대상 중금속은 모두 노출 기준 이하였다. 2007년에서 2016년간의 10년간의 경 시적 변화의 경우에는 점진적인 감소를 보이거나 저 농도로서 지속적으로 유지되고 있는 경향을 나타 내었다. 각 중금속 별 최고치에서도 노출기준에는 미 치지 못하는 상당히 낮은 농도를 보였다.

6가크롬은 본 조사 작업장에서는 도금에서 사용되 는 물질로 금속 표면의 부식을 방지하고 외관 표면을 깨끗하게 다듬는 용도로 사용되고 있다. 특히 자동차 부품용 도금은 연료 공급 시스템, 각종 필터, 브레이크 피스톤, 기어 등의 내구성을 향상시키기 위해 사용되 어진다. 본 조사의 피스톤, base bar는 도금작업을 하 게 된다. base bar는 차량 하부의 업소버의 충격을 완 화하는 완충제 중 공기와 수분에 노출되므로 도금이

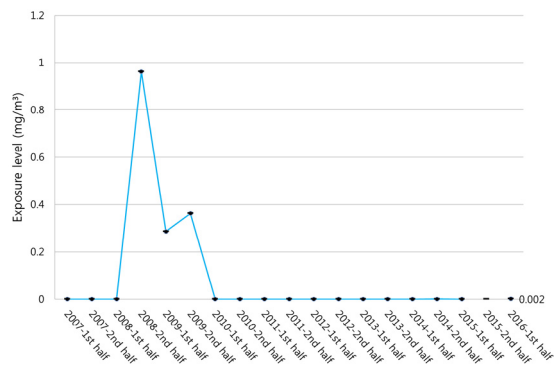
제대로 안될 경우 차량 충격의 완화에 악영향을 주게 된다. 특별관리물질에 해당되는 크롬(6가)화합물이 8 개 물질 중 가장 높은 값을 보였으며 0.05 mg/m³노출 기준에 비해 0.0025 mg/m³로 5%에 해당되는 낮은 값 이다. 2013년 하반기부터 측정값이 없는데 이는 공정 을 제거하여 외부 하도급 형태로 전환하였기 때문이 다. 2007년 상·하반기의 노출농도 측정값이 0.0112~ 0.0188 mg/m³(37.6% 이하)로 노출기준인 0.05 mg/m³ 에는 못 미치지만 다른 시기 측정값에 비해 비교적 높 았으며 이 시기를 제외하면 0.0001~0.0032 mg/m³ (6.4% 이하)로 나타났다.

구리는 10년간 총 6회 측정되었다. 2008년 하반기에 서 2009년 하반기까지, 2014년 상하반기, 2016년 상반 기 총 6회 중 2008년 하반기에서 2009년 하반기까지의 검출값은 노출기준을 초과하지는 못했지만 96%까지 근접하였고 다른 시기에 비해 높게 나타났으며 그 이 후에는 지속적인 저 농도가 유지되었다.

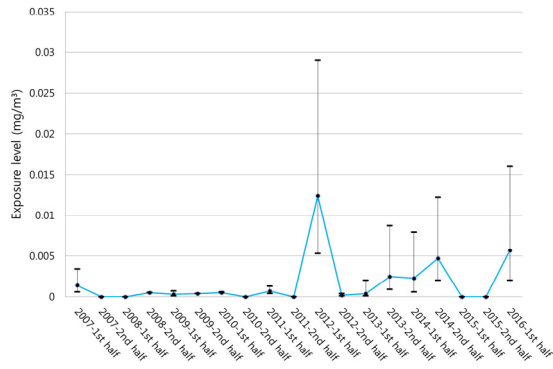
망간은 총 18회 측정되었다. 노출기준 1 mg/m³을 초 과하지 않았으며, 2012년 상반기가 가장 높은 값을 보



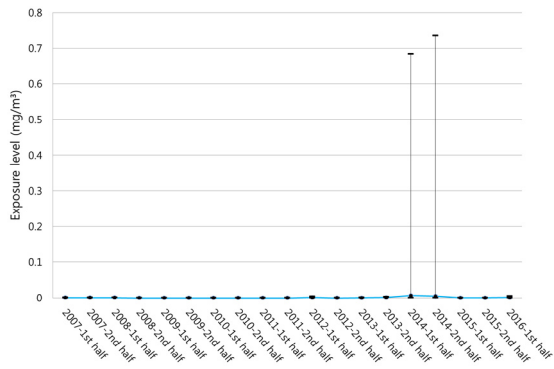
(a) Chromium(VI)



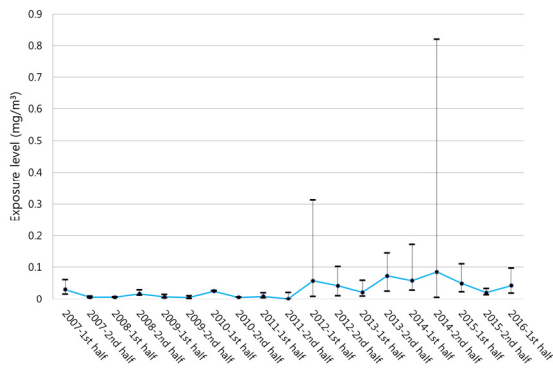
(b) Copper



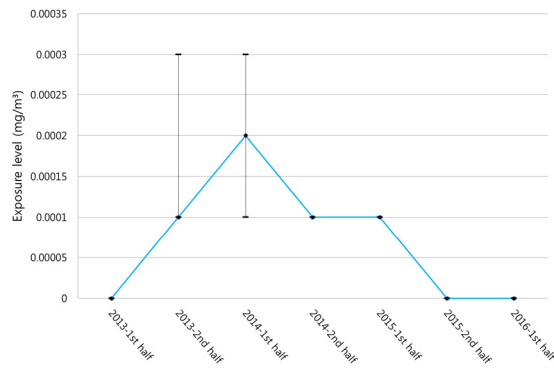
(c) Manganese



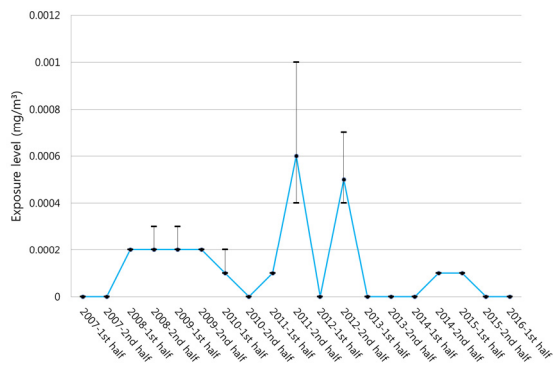
(d) Zinc oxide



(e) Iron oxide



(f) Barium



(g) Titanium dioxide

Figure 3. Variation of exposure level of chromium(VI), copper, manganese, zinc oxide, iron oxide, barium, and titanium dioxide



이는데 최고값이 0.029 mg/m<sup>3</sup>로 노출기준에 비해 2.9%로 낮은 농도이다.

산화아연은 10년간 총 11회 측정되었으며, 노출기준 5 mg/m<sup>3</sup>은 측정된 농도는 상당히 낮았다. 2014년 상·하반기의 검출된 값이 다른 시기 측정 농도와 비교하여 100배 이상 더 큰 값을 나타내었는데 국소배기장치의 불량으로 인한 작업환경 상의 변화가 있었을 것으로 추측된다.

산화철은 모두 검출되었다. 총 56회 측정에서 모두 검출되었으며, 노출기준 5 mg/m<sup>3</sup>이며 작업환경 노출기하평균값은 0.0605 mg/m<sup>3</sup>로 매우 낮았다. 최댓값 또한 0.8189 mg/m<sup>3</sup>로 높은 수치는 아니었다. 산화철은 용접공정에서 주로 사용되었고 용접작업의 원활한 국소배기장치에 의해 관리되었다.

바륨의 경우 기존이 방청유가 다른 제품으로 바뀌게 되면서 방청유에 함유된 혼합물질 중 바륨이 확인되어 2013년 하반기부터 측정인자가 추가되었다. 노출기준인 5 mg/m<sup>3</sup>보다 극히 작은 값이 검출되었다. 방청유는 금속이 녹슬게 되는 것을 방지하는 역할을 하는데 제품의 나사산부분이 쉬게 녹슬지 않도록 하기 위해 사용되어진다. 바륨이 방청유에 극히 일부만 함유되어 있으며 노출농도도 극히 적어 작업자 노출로서 의미를 가질만한 농도를 나타내지 않았다. 이후 2015년 하반기 이후 바륨을 제거하기 위해 방청유를 다른 제품으로 교체하게 되었으며 이 후 작업환경측정에서 제외되었다.

이산화티타늄은 절반정도의 시료에서 불검출이 발생하였다. 노출농도는 0.001 mg/m<sup>3</sup>으로서 노출기준치에 비하여 매우 낮은 농도를 나타내었다.

4) 소음

소음의 경우 8개 전 작업공정 중 7개 작업공정에서 발생되고 있으며, 총 측정 지점 수는 416개 지점이었고, 측정시기별 16~34개 지점을 측정하였다. 측정지점 총 기하평균값은 86.0 dB이며 2008년 상반기가 89.1 dB로 최고값이고, 2014년 하반기가 81.6 dB로 최저값이다. 특히 2008년 이후 대체적으로 완만히 감소하는 추세가 나타났는데 이는 소음이 큰 공정의 감소(도금, 2차가공 등)에 의한 소음값이 감소됨을 알 수 있었다. 이 중 48개 지점(11.5%)에서 노출기준(1일 8시간 작업시 90 dB을 초과하였다. 또한 85 dB이상의 소음은 소음성 난청을 유발할 수 있는데 이를 초과한 곳도 262개 지점으로 전체의 63%의 곳에서 나타났다. 노출기준을 초과하는 지점수가 점차 감소됨을 보이는데 2007년부터 2011년 상반기까지의 5년간의 노출초과 지점은 67곳인데 반해, 2011년 하반기 이후의 노출기준 초과는 8곳으로 노출기준 초과율은 기존의 16.1%에서 1.9%로 낮아져 현저한 감소를 보이고 있다. 최근 5년간의 측정값은 약 50% 이내로 점차 감소하는 추세를 보이고 있으며 소음공정이 일부 제거됨에 따라 소음 수치가 더 감소하였다. 그러나 소음의 경우는 본 제조업 사업장의 특성상 소음이 발생하는 공정이

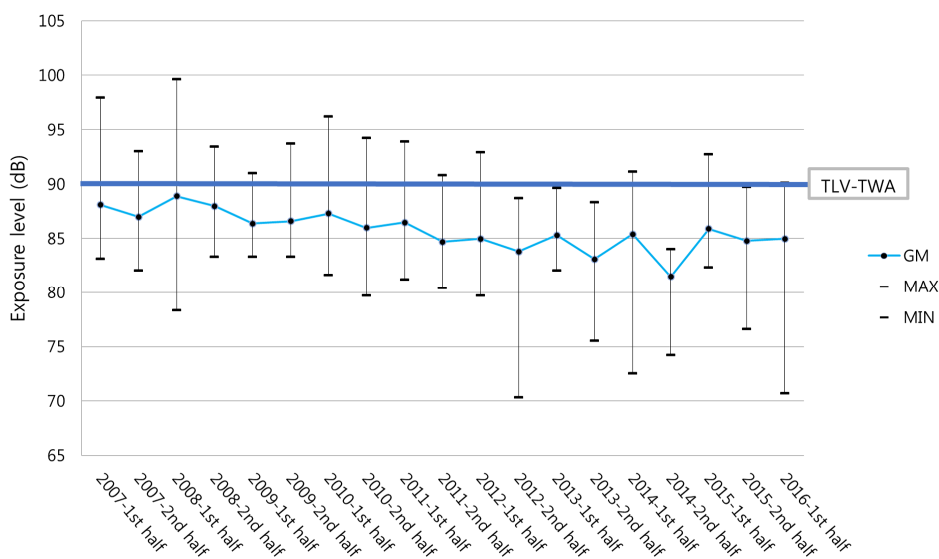


Figure 4. Variation of exposure level of noise

있고 이 공정이 지속적으로 가동되고 있으므로 향후 공정상의 소음감소를 위한 연구개발이 필요하다고 볼 수 있다(Figure 4).

각 공정별로 비교해보면, Table 4에서 나타난 바와 같이 도금(87.7 dB) 및 1차가공(87.2 dB)이 비교적 높은 노출치를 보이고 있으며, 조립공정(85.2 dB) 및 전착공정(85.1 dB)이 비교적 낮은 노출치를 나타내었다. 1차 가공은 전체공정에서 원재료의 금속을 절단, 표면가공, 연마하는 등의 가공공정으로 소음이 비교적 큰 공정이며, 도금 등에서는 자동도금에 의한 기계소음 등이 발생하여 소음값이 높았다. 그에 비해 2차 가공 및 조립, 전착공정에서는 완성된 각 부품의 미세가공, 표면 착색, 최종 조립 등으로 비교적 소음이 낮음을 알 수 있다. 또한 도금 및 2차 가공 공정의 제거는 전체 소음 수치의 감소에 영향을 나타내었으며 공정별 소음 상·하한폭도 점차 감소하여 공정별 평균

소음값이 82~87 dB 내외로 유지되었다.

#### 5) 금속가공유

금속가공유는 공정 대부분에서 측정이 되었으며 이는 제품에 투입하는 윤활유와 제품의 부식방지를 위한 방청유의 노출 농도를 측정하기 위한 것이다.

타 물질에 비해 시료수와 검출값이 비교적 높다고 할 수 있다. 노출기준 값이 0.8 mg/m<sup>3</sup>인데 이를 초과한 건수가 전체 293건 중 60건이 해당된다. 가공공정 및 조립공정에서도 검출이 되고 있는데 이는 여러 가지 원인에 의해 발생된다고 예상된다. 특히 2007년과 2008년에 검출값이 높았으며 이후 확연히 낮아지는 경향을 보였는데 이는 장비 개선이 있었다. 구형 장비를 교체하고 장비별 자동으로 전환하였고 장비 구역별 국소배기장치를 설치하여 근로자의 호흡기 건강에 도움을 주었다고 생각된다. 그로 인해 2009년 이후

Table 4. Variation of exposure level of noise in each working process

| Period            | TLV-TWA: 90 dB (8-hour per a day) |                |         |                  |         |                |                 |
|-------------------|-----------------------------------|----------------|---------|------------------|---------|----------------|-----------------|
|                   | First Operation                   | First Assembly | Plating | Second Operation | Welding | Spray painting | Second Assembly |
| 2007(first half)  | 90.5                              | 85.9           | 87.0    | 85.4             | 88.3    | 95.9           | 87.1            |
| 2007(second half) | 87.7                              | 87.1           | 89.0    | 83.7             | 87.4    | 87.2           | 86.7            |
| 2008(first half)  | 93.6                              | 89.7           | 85.3    | 83.2             | 90.5    | 92.4           | 85.8            |
| 2008(second half) | 90.7                              | 84.8           | 89.7    | 85.1             | 86.0    | 92.4           | 87.9            |
| 2009(first half)  | 86.8                              | 84.7           | ·       | 83.5             | 85.1    | 90.9           | 87.2            |
| 2009(second half) | 88.6                              | 87.9           | 86.4    | 84.7             | 84.7    | 85.2           | 85.3            |
| 2010(first half)  | 87.8                              | 87.0           | 96.2    | 91.4             | 87.7    | ·              | 84.1            |
| 2010(second half) | 90.3                              | 84.2           | 94.2    | ·                | 87.3    | 80.2           | 85.8            |
| 2011(first half)  | 90.7                              | 84.1           | 89.6    | ·                | 88.9    | 81.8           | 82.7            |
| 2011(second half) | 85.0                              | 84.1           | 86.3    | ·                | 88.4    | 83.6           | 83.2            |
| 2012(first half)  | 85.3                              | ·              | 86.7    | ·                | 88.1    | 81.3           | 83.3            |
| 2012(second half) | 81.8                              | 85.2           | 85.2    | ·                | 87.4    | 76.0           | 84.6            |
| 2013(first half)  | 86.9                              | 84.7           | 86.5    | ·                | 86.0    | 83.5           | 84.9            |
| 2013(second half) | 83.2                              | 79.0           | 78.7    | ·                | 85.8    | ·              | 84.0            |
| 2014(first half)  | 87.5                              | ·              | ·       | ·                | 85.5    | 80.2           | 87.5            |
| 2014(second half) | 85.4                              | 82.5           | ·       | ·                | 86.1    | ·              | 83.6            |
| 2015(first half)  | 87.5                              | 86.5           | ·       | ·                | 85.1    | 83.8           | 85.6            |
| 2015(second half) | 83.2                              | 85.4           | ·       | ·                | 84.4    | 82.3           | 86.9            |
| 2016(first half)  | 83.9                              | ·              | ·       | ·                | 87.5    | 85.7           | 85.1            |
| Total             | 87.2                              | 85.2           | 87.7    | 85.3             | 86.8    | 85.1           | 85.3            |

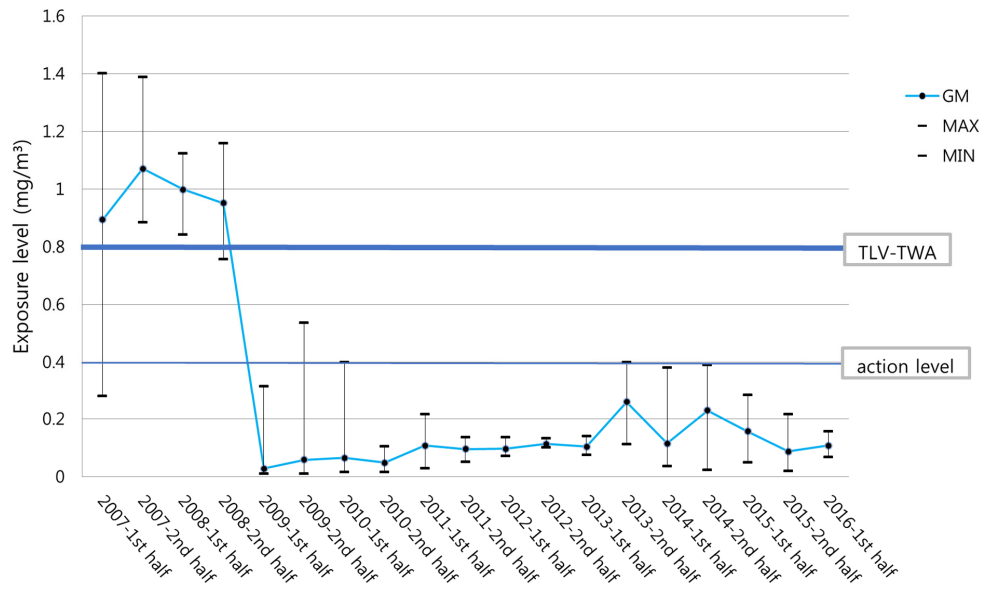


Figure 5. Variation of exposure level of oil mist

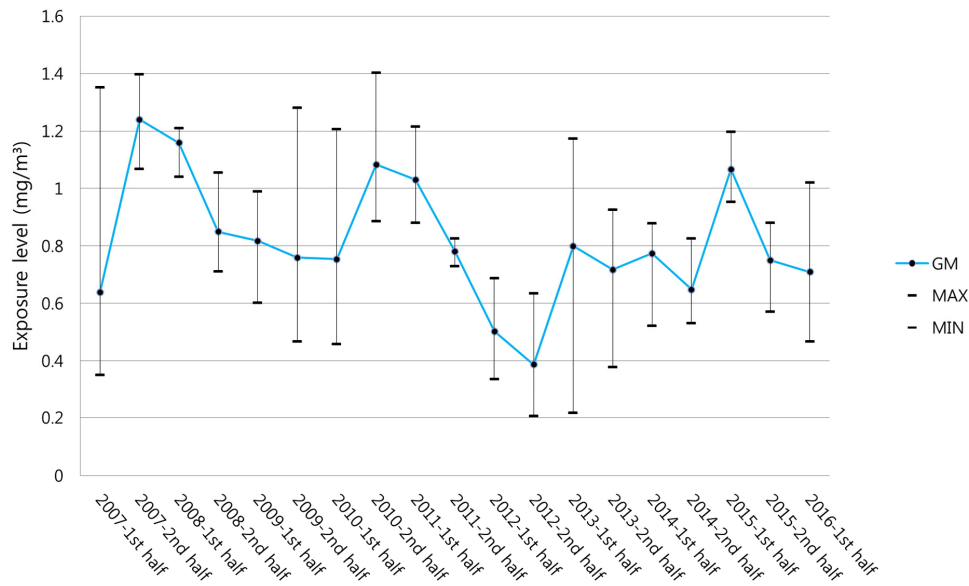


Figure 6. Variation of exposure level of welding fume

노출기준을 초과하지 않았다(Figure 5).

6) 용접흄

용접흄의 경우 제품의 외형을 용접하는 용접공정에서 발생하는 흄에 의한 측정이다. 용접흄은 전 시기에서 측정을 하였으며 불검출된 사례와 노출기준을 초과한 사례 모두 없었다. 노출기준인 5 mg/m<sup>3</sup>의 20% 이하의 평균값과 30%이하의 최댓값이 나타났다. 이

는 용접장비의 자동화와 용접부위의 국소배기장치의 성능에 의해 작업자가 흄으로부터의 노출을 최소화하였다고 생각된다. 구형장비의 경우 2차조립라인에 용접장비가 있어 작업자가 용접흄에 노출될 확률이 높았으나 자동장비 교체와 조립장비와 용접장비의 구분으로 인해 노출을 최소화했다고 판단된다. 10년간 변화에서 노출농도의 기하평균치 및 최댓치의 점진적인 감소경향을 나타내었다(Figure 6).

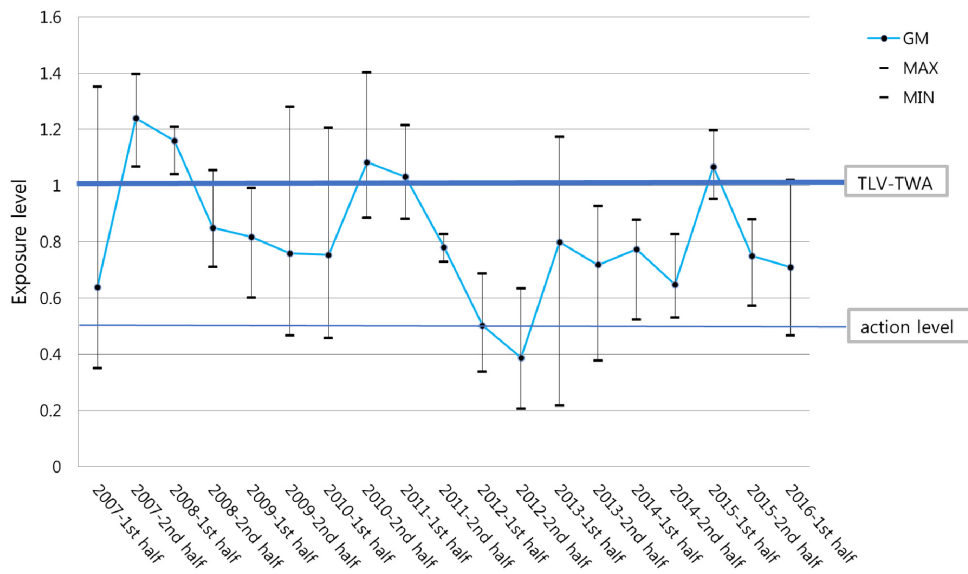


Figure 7. Variation of evaluation of mixed solvents

7) 혼합 유기용제 평가

혼합유기용제 평가의 경우 노출기준인 1을 기준으로 비교적 높게 유지되고 있음을 알 수 있다. 평균값은 0.8298이며, 최댓값은 1.4005로 노출 기준값을 넘는 경우도 발생하였으므로 개개의 유기용제의 농도가 기준치 이하라 하더라도 여러 종류의 유기물질에 동시에 노출될 경우 각별히 유의해야 하고 이에 대한 산업보건학적 관리가 이루어져야 할 것으로 생각되었다. 본 연구에서 볼 때 혼합물질평가의 경우 기준치 이하의 농도이기는 하지만 여러개의 용제가 동시에 노출됨에 따라 1의 노출기준을 초과하는 경우도 발생하고 있음을 알 수 있었다. 경시적 변화에서는 평균치와 최댓치의 점진적인 감소경향을 보였다(Figure 7).

IV. 결 론

본 연구에서는 자동차 부품 제조업 사업장인 쇼크업소버 제조 사업장을 대상으로 작업장 유해인자의 종류 및 노출수준을 확인하고, 과거 10년간의 노출 농도의 변화를 관찰하여 유해인자 노출의 변화를 평가하였다.

총 34종의 유해인자가 평가되었으며, 쇼크업소버 제조작업장 특성상 소음, 혼합물질평가 및 용접흡 농도 수준의 경우 경시적 변화에서 지속적인 감소경향이 나타나고 있으나 소음과 혼합물질평가는 여전히

노출기준을 초과하는 경우가 많아 이에 대한 감소방안이 모색되어야 한다.

특별관리물질로서 니켈, 6가크롬, 황산이 공정에서 사용되고 있었으며, 인체발암물질(1A) 군에 속하는 물질은 트리클로로에틸렌, 니켈, 황산이 사용되고 있었고, IARC의 2B(인체발암가능물질)군 이상에 속하는 물질로서 디에탄올아민, 메틸이소부틸케톤, 에틸벤젠, 트리클로로에틸렌, 니켈, 이산화티타늄의 6종의 물질이 작업현장에서 다루어지고 있었으며 비록 저농도이며 미량이 사용되고 있다고 하더라도 물질의 교체 등 추후 이에 대한 충분한 관리가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 부산가톨릭대학교 2017년도 학술연구비 지원으로 수행되었음

References

Choi S-J. Assessment on Work Environment Monitoring Program in Korea. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2008;18(4):282-292  
 Kim H, Choi S, Kang S, Park D. A Study on the Relationship between Job Stress and Subjective Symptoms Associated with Musculoskeletal Disorders of the Workers at Automobile Manufacturing Industry. J Korean Soc

- Occup Environ Hyg 2006;16(3):264-275
- Korean metal workers' union and the Korean Federation for Environmental Movement. Effects of Car carcinogens on Labor, Consumer and Environment. 2010
- KOSHA Guide for measuring work environment. 2012-Education Media-979. 2012
- KOSHA. A Study on the Improvement of Work-Environmental Measurement System(by Lee KN). KOSHA 1993;3-23
- Lee KM. Professor Lee Kwang-mook's memoir to celebrate his retirement; 40 years of Industrial Hygiene, The Footprints of Korean industrial hygiene. 1999. 1-20
- Ministry of Employment and Labor Notice No. 2017-27. Notice about work environment measurement and evaluation of designated measuring institutions. 2017
- Ministry of Employment and Labor Notice No. 216-19. Criteria for Classification, Displaying and Material Safety Data of Chemicals. 2016
- Ministry of Employment and Labor. Industrial Accident Statistics. 2013
- Ministry of Employment and Labor. Industrial Safety and Health Act. 2018
- Mok H, Jeon C, Han C, Song M, Park B et al. A Study on Remanufacturing Industry for Automobile Parts. Transactions of KSAE 2008;16(6):184-191
- Oh DS, Lee YH. Study on analysis for working environmental measurement results of automobile industries. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2004;14(3):233-242
- Yu SY, Kim CN, Kim HS, Roh J. A Comparison of Recognition on the working environmental measurement between industrial workers and health administrators. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2003;13(3):173-181