

# Investigation of Musculoskeletal Burdened Hazard Factor and Cause according to Work Unit of Chemical Plant: Case Study

Kyung-Sun Lee<sup>1</sup>, Seung-Min Mo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Catholic University of Pusan, Department of Industrial Health, Pusan, 46252

<sup>2</sup>Suncheon Jeil College, Department of Industrial & Chemical Engineering, Suncheon, 57997

## 화학플랜트의 단위 작업별 근골격계 부담 유해요인 및 원인 조사: 사례조사 연구

이경선<sup>1</sup>, 모승민<sup>2</sup>

<sup>1</sup>부산가톨릭대학교 산업보건학과

<sup>2</sup>순천제일대학교 산업기술화공과

### Corresponding Author

Seung-Min Mo

Suncheon Jeil College, Department of  
Industrial & Chemical Engineering,  
Suncheon, 57997

Mobile : +82-10-8899-3352

Email : smmo@suncheon.ac.kr

Received : April 19, 2019

Revised : May 20, 2019

Accepted : June 18, 2019

Copyright©2019 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

© 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.

**Objective:** The purpose of this study is to evaluate precisely the hazard factors and causes of each work unit in the workers in chemical plant.

**Background:** Due to the nature of the chemical plant, there was intermittent occurred the physical burdens during the period of checking, maintaining and repairing of production facilities. Therefore, these work units have high rates of the symptoms of work-related musculoskeletal disorders. However, these work units not classified as a musculoskeletal burdened work.

**Method:** This study evaluated the physical intensity and frequency of work units using hazard survey. Based on these results, a field survey conducted on hazardous work units with a score of 8 or more in the risk assessment (intensity x frequency) score. And we evaluated the hazard factor such as awkward posture, repetition, excessive force, contact stress and vibration.

**Results:** There were analyzed to 16 hazardous work units of the total 120 work units. For the support division, the hazardous work units were computing and material arrangement. Major risk factors were analyzed as awkward posture, insufficient space and repetition. For the development and operation division, the hazardous work units were using of jockey, B/A carrying, strainer carrying and bulk leak cleaning. Major risk factors were analyzed as awkward posture, excessive force and repetition. For the laboratory division, the hazardous work units were water quality analysis and sieve test. Major risk factors were analyzed as awkward posture and repetition. For the safety & environment, engineering division, the hazardous work unit was computing. Major risk factors were analyzed as long time static posture and insufficient space.

**Conclusion:** Because of the high ratio of non-routinized work for nature of the chemical plant, it should be improved to the work for a high subjective workload. The results of this study suggested that the necessity of ergonomic improvement of non-routinized work.

**Application:** This study may help develop a system to effectively evaluate the hazard factor and workload for the non-routinized work in the area of petrochemical plants.

**Keywords:** Chemical plant, Work-related musculoskeletal disorders, Hazard factor, Non-routinized work

## 1. Introduction

화학플랜트는 유해 화학 물질을 취급하며 수 많은 장치들로 구성되어 있는 매우 복잡한 장치 위주의 산업이다. 화학플랜트는 장치의 고장, 근로자의 실수 등으로 인하여 운전상에 오류가 발생하면 대형 사고가 발생할 위험이 높기 때문에 어느 산업분야보다 안전성을 확보하는 것이 매우 중요하다(Byun 2014). 화학플랜트에서 근로자의 주요업무는 공정 상태 모니터링과 플랜트 설비의 기계적인 부분을 점검하고 교체하는 일로 구분된다. 이러한 주요업무들은 플랜트의 안전 운영과 직접적인 관련성이 있기 때문에 정신 및 육체적 스트레스를 동반하게 된다. 특히 화학플랜트는 대규모의 복합적인 장치 산업으로 기계 및 설비들이 대형화되어 있기 때문에 이를 점검하거나 교체하는 작업은 특히 육체적인 부담 및 정신적인 스트레스를 동반하게 된다.

2017년 산업재해분석 결과에 따르면, 근골격계질환 요양재해 현황에서 제조업이 전체 산업에서 약 42.5%를 차지하였으며, 이 중 화학제품 제조업이 차지하는 비중이 약 2.4%로 선박건조 및 수리업(8.4%), 수송용기계기구제조업(7.1%), 비금속광물제품 및 금속제품제조업 또는 금속가공업(4.8%), 기계기구제조업(5.2%), 고무제품제조업(2.7%) 다음으로 높은 비율을 나타냈다(Ministry of Employment and Labor, 2017). 화학제품제조업의 근골격계질환 요양재해 현황을 세부항목별로 살펴보면, 신체부담작업이 약 39.0%로 가장 높은 비율을 나타냈으며 다음으로 사고성 요통 30.9%, 비사고성 요통 26.8%, 수근관증후군 3.3%를 나타냈다. 위의 결과는 다른 산업분야와는 약간의 차이가 있는 결과로써, 화학제품제조업의 근골격계질환 요양재해자의 세부 원인들의 비율은 큰 차이를 보이지 않는다. 이는 화학제품제조업의 업무상 특성이 다른 제조업과는 차이가 있기 때문으로, 이들을 비교하였을 때 신체적 부담을 주는 작업이 정형적으로 발생하지 않으며, 설비의 기계적인 부분을 점검, 유지 및 보수하는 대정비 기간에만 간헐적으로 발생하기 때문이다.

화학플랜트에 근무하는 근로자의 육체적 부담을 언급한 해외 연구를 살펴보면, Yang et al. (2004)의 연구에서는 화학플랜트 근로자의 직무스트레스와 작업능력에 대한 조사 연구를 실시한 결과, 육체적 노동 강도가 높거나 근골격계질환 증상이 있는 사람들이 조사대상자에 다수 존재하였으며, 이들의 작업능력은 다른 근로자에 비해 현저히 저하되었다고 보고하였다. Chen et al. (2009)은 Off-shore oil production의 근로자 561명을 대상으로 설문조사를 실시한 결과, 작업에 있어서의 인간공학이 고려되지 않은 요인들과 불안정한 물리적 환경은 직무스트레스에 영향을 주며, 특히 육체적 스트레스에 직접적인 영향을 나타낸다고 하였다. Morken et al. (2004)은 Petroleum worker가 병가를 신청하는 주요 원인 중 근골격계질환이 높은 비중을 차지하고 있으므로 이를 관리하는 것이 중요하지만 근골격계질환에 대한 연구가 해당 분야에서 활발하게 이루어지고 있지 않음을 지적하였다.

국내 연구를 살펴보면, Park (2006)의 연구에서는 화학플랜트에서 근무하는 근로자의 약 57%가 적어도 한군데 이상의 신체 부위에서 근골격계질환 관련 통증을 경험하고 있으며, 전체 조사대상자의 19%에 해당하는 근로자가 근골격계질환을 앓고 있을 가능성이 매우 높은 유병자로 추정된다고 하였다. 이외에, Kim et al. (2007)의 연구에서도 조사대상자의 89%가 한군데 이상의 신체 부위에 근골격계질환 관련 통증을 호소하였으며, 근골격계질환 관리대상자로 분류되는 작업자가 조사대상자 전체의 80%에 해당한다고 하였다.

하지만 국내 화학플랜트에서 근무하는 근로자를 대상으로 근골격계질환과 관련된 정밀조사를 실시한 연구는 찾아보기 힘들다. 위에서 언급한 연구들의 결과를 종합해 보면, 근로자를 대상으로 증상과 관련된 설문조사를 실시할 경우 근골격계질환에 대한 호소율이 매우 높게 나타나고 있으나 화학플랜트의 작업 특성상 비정형 또는 간헐적 작업이 대다수를 차지하고 있기 때문에 작업에 대한 정밀조사가 이루어지고 있지 않다는 문제점이 있다. 따라서 본 연구의 목적은 화학플랜트의 근로자를 대상으로 유해요인 기본조사표의 작업별 작업 부하 및 작업 빈도(근로자 면담)의 결과를 기반으로 단위 작업별 유해요인과 그 원인을 정밀하게 분석하는 것이다.

## 2. Method

### 2.1 Research subjects

본 조사는 전라도 소재의 A 화학플랜트를 대상으로 실시하였으며, 조사대상 부서는 지원팀, 실험실, 발전 및 공무팀, 안전환경 및 기술팀이었다. 부서별 조사대상 공정은 Table 1과 같다.

**Table 1.** Major processes by division

Division	Process
Support	Office work, Warehouse arrangement, Driving a forklift, Security, Other process
Laboratory	Water quality analysis, Data processing, Sample preparation and other analysis
Development and operation	Office, Boiler and steam line, Flue gas, Bulk line, Steam turbine, Feed water line, Bottom ash, Water treatment, Air compressor, Cooling tower, Aux., Chemical line, Deaerator, Coal handling, C/R operation, Other process
Safety & environment, Engineering	Office, Other process

### 2.2 Data collection and analysis

조사대상 부서의 총 120개 단위 작업에 대하여 작업량 상황조사, 작업조건 조사, 유해요인 및 원인 평가를 위하여 유해요인 기본조사표를 활용하였다. 본 연구는 KOSHA GUIDE H-9-2018에 따라 작업 부하 및 작업빈도를 5점 척도로 구분하였다(Table 2).

**Table 2.** Work intensity and frequency

Work intensity	Score	Work frequency (exposure level)	Score
Very easy	1	Quarterly	1
Easy	2	Sometimes (one day or 2~3 times a week)	2
A little hard	3	Frequently (less than 4 hours per day)	3
Hard	4	Continuously (more than 4 hours per day)	4
Very hard	5	Overtime (more than 8 hours per day)	5

본 연구는 Table 2에 따라 위험성 평가(작업 부하 X 작업 빈도) 점수가 8점 이상인 단위작업을 위험작업으로 정의하고 평가하였다(Kim and Jeong 2013). Kim and Jeong 2013은 8점까지 '수용 가능한' 수준으로 제시하였으나 본 연구는 화학플랜트 산업의 작업 특성 및 사전 작업자 면담 결과를 반영하여 보수적으로 1~7점 '수용 가능한', 8~15점 '견딜만한', 16~25점 '수용할 수 없는' 수준으로 평가하였다.

위험성 평가 점수가 8점 이상인 단위 작업에 대해 현장조사 및 작업자 인터뷰를 통해 단위작업별로 반복성, 부자연스러운 자세, 장시간 정적 자세, 과도한 힘, 접촉스트레스, 진동, 기타(여유공간 부족, 온도 등)의 유해요인을 평가하였다.

### 3. Results

#### 3.1 Field survey work unit

조사대상 부서의 총 120개 단위 작업 중 위험성 평가 점수가 8점 이상인 단위 작업은 총 16개로 분석되었다(Table 3). 지원팀의 경우에는 사무 및 창고 정리 공정에서 컴퓨터 문서 작업과 자재 정리 작업에서 높은 점수를 나타냈다. 발전 및 공무팀은 화학플랜트를 운영 및 유지·보수를 담당하는 핵심 부서이며, 총 11개의 작업에서 높은 점수를 나타냈다. 이들 작업을 나열하면, 컴퓨터 문서 작업, Fly Ash, Bottom sample Ash, 유압자키 사용 B/A 운반, Strainer 청소 및 운반, DCS 조작, 모니터 감시, 고압 V/V 조작, Bulk leak cleaning, 보온 작업, 비계 작업이었다. 이들 작업 중 가장 높은 점수를 나타낸 작업은 모니터 감시 작업이었다. 실험실은 수질분석 공정에서 분석 및 Sieve test 작업이 높은 점수를 나타냈으며, 안전환경팀 및 기술팀의 경우에는 컴퓨터 문서 작업이 높은 점수를 나타냈다.

**Table 3.** Work unit of high risk score in whole division

Division	Process	Work unit	Score
Support	Office work	Computing	8
	Warehouse arrangement	Material arrangement	12
Development and operation	Office work	Computing	10
	Bulk line	Fly Ash, Bottom sampling	8
	Bottom ash	Using of Jockey, B/A carrying	9
	Deaerator	Strainer cleaning	8
	Condensate Pump	Strainer carrying	8
	C/R operation	DCS control	12
		Monitoring	16
	Boiler and steam line	High pressure valve control	8
	Other process	Bulk leak cleaning	8
		Thermal work	12
Scaffold work		12	
Laboratory	Water quality analysis	Water quality analysis	9
		Sieve test	9
Safety & environment, Engineering	Office	Computing	10

\*Score: intensity X frequency

#### 3.2 Hazard factor and cause analysis in work unit

Table 4는 지원팀 부서의 위험성 평가 점수가 8점 이상인 단위 작업 및 유해요인 평가 결과이다. 단위 작업별 유해요인에 대한 원인을 자세히 살펴보면, 지원팀의 컴퓨터 문서 작업은 모니터 높이가 낮으며, 듀얼모니터의 위치 부적절 및 모니터와 작업자 눈과의 거리가 가까워 목 비틀림 및 굽힘 자세가 장시간 발생하였다. 또한 책상 밑 여유공간이 부족하여 허벅지 부위에 접촉스트레스가 발생하며 정적 자세를 유발하게 하는 문제점이 있었다. 자재 정리 작업은 80kg 정도의 중량물을 대차에 반복적으로 운반하는데 있어서 허리 굽힘 및 과도한 힘의 사용이 발생하며 사용하고 있는 대차가 무거워 이동이 어렵다는 문제점이 있었다.

**Table 4.** Hazard factor in work unit of high risk score in support division

Division	Process	Work unit	Hazard factor
Support	Office work	Computing	- Awkward posture - Long time static posture - Insufficient space
	Warehouse arrangement	Material arrangement	- Excessive force - Awkward posture - Long time repetitive work

Table 5는 발전 및 공무팀 부서의 위험성 평가 점수가 8점 이상인 단위 작업 및 유해요인 평가 결과이다. 발전 및 공무팀은 화학플랜트를 운영하는데 핵심적인 역할을 하는 부서로서, 공정을 운영하고 각종 설비 및 시설물 등을 점검하고 보수하는 일을 수행한다. 발전 및 공무팀 근로자들은 설비 및 시설물 등을 점검하거나 보수하는 일 이외에는 대부분 컴퓨터 문서 작업을 수행하는데 컴퓨터 문서 작업의 경우에는 지원팀의 유해요인에 대한 원인과 동일하였다. Fly Ash Bottom sampling 작업은 파이프를 망치로 타격해서 Ash sample을 받아야 하는 작업으로 손, 손목, 어깨에 과도한 힘과 진동이 발생한다. 작업이 주로 좁은 파이프 위에서 이루어지기 때문에 부적절한 자세가 발생하고 추락에 위험도 지니고 있다. 유압자키 사용 및 B/A 운반 작업의 주요 유해요인은 유압자키를 사용할 때 상지 부위에 과도한 힘이 반복적으로 발생하며, B/A Bag의 무게가 약 300kg 정도이기 때문에 운반 시 손, 손목, 팔꿈치, 어깨, 허리, 무릎 부위에 과도한 힘 및 부적절한 자세가 발생한다. Straier 청소 작업은 고압세척기를 장시간 사용하여 철망을 청소하는 작업으로써, 손, 손목, 팔꿈치에 과도한 힘 및 진동이 지속적으로 발생하며, Straier의 안쪽을 청소하기 위하여 과도한 허리 및 목의 굽힘 자세가 발생한다. Straier를 운반할 때에는 필터의 무게(약 100kg)가 무거워 과도한 힘이 발생되며, 적절한 손잡이가 없어 불편함이 존재한다.

C/R operation 공정은 화학플랜트의 공정운동을 감시하고 조작하는 중요한 공정으로써, 근무시간(8시간) 동안 정적 자세를 유지하게 된다. 특히 1인당 4개 이상의 모니터를 연속적으로 감시하기 때문에 반복적인 목 및 허리 부위의 굽힘 및 비틀림이 발생한다. 또한 책상 아래에는 다양한 서버들이 위치하고 있어서 다리의 여유공간이 전혀 존재하지 않으며 접촉스트레스가 발생한다는 문제점이 있다. 고압 V/V 조작 작업은 장시간 반복적으로 고압밸브를 회전해야 하는 작업으로 조작 시 손, 손목, 팔꿈치, 어깨 부위에 과도한 힘이 발생한다. 특히 작업공간이 협소하여 추락에 대한 위험 부담이 지니고 있으며, 밸브의 위치가 낮아 허리 굽힘 및 쪼그려 앉는 자세가 발생된다.

발전 및 공무팀에서 간헐적으로 이루어지는 작업 중 Bulk leak cleaning 작업은 설비 주변 소내를 청소하는 작업으로써, 대빗자루를 사용하여 반복적으로 작업이 이루어짐에 따라 어깨, 팔꿈치, 허리 부위에 부담이 발생한다. 보온 작업은 설비 유지/보수/점검을 위한 선·후속 작업으로써 파이프에 보온재를 교체해 주는 작업이 1일 4시간 가량 소요되며, 파이프의 볼트를 해체할 시 작업공간이 협소하여 부적절한 자세가 장시간 유지된다. 설비 유지/보수/점검을 위한 작업 중 하나인 비계 작업은 간헐적으로 발생하는 작업이지만 비계 설치 및 해체 작업 시 전신에 과도한 힘이 발생하고, 비계 결합 클램프 체결 및 해체 시 렌치 사용에 따른 손목 부위에 동작 반복성이 매우 높다.

**Table 5.** Hazard factor in work unit of high risk score in development and operation division

Division	Process	Work unit	Hazard factor
Development and operation	Office work	Computing	- Awkward posture - Long time static posture - Insufficient space
	Bulk line	Fly Ash, Bottom sampling,	- Excessive force - Awkward posture - Insufficient space - Vibration

**Table 5.** Hazard factor in Work unit of high risk score in development and operation division (Continued)

Division	Process	Work unit	Hazard factor
Development and operation	Bottom ash	Using of Jockey, B/A carrying	- Excessive force - Repetitive work
	Deaerator	Strainer cleaning	- Excessive force - Awkward posture - Long time repetitive work - Vibration
	Condensate pump	Strainer carrying	- Excessive force - Awkward posture
	C/R operation	DCS control	- Awkward posture - Long time static posture
		Monitoring	- Awkward posture - Long time static posture - Insufficient space
	Boiler and steam line	High pressure valve control	- Excessive force - Awkward posture - Insufficient space
	Others	Bulk leak cleaning	- Awkward posture - Long time repetitive work
		Thermal work	- Excessive force - Awkward posture - Insufficient space - high temperature
Scaffold work		- Excessive force - Awkward posture - Repetition	

Table 6는 실험실, 안전환경 및 기술팀 부서의 위험성 평가 점수가 8점 이상인 단위 작업 및 유해요인 평가 결과이다. 화학플랜트의 실험실은 물질에 대한 상태를 분석하고 관리하는 업무를 수행하는 부서로써, 수질분석과 Sieve test 작업에서 높은 부하를 나타냈다. 수질분석 작업은 하루 3~4시간 물질을 섞는 작업을 반복적으로 수행하는 것으로 손과 손가락에 부하가 발생하며, 수질분석 시 사용되 초순수를 운반하는 작업이 반복적으로 발생한다. Sieve test 작업은 하루 3~4시간 반복적으로 채고르기 작업을 수행하는 것으로써 손,

**Table 6.** Hazard factor in work unit of high risk score in laboratory and safety & environment, engineering divisions

Division	Process	Work unit	Hazard factor
Laboratory	Water quality analysis	Water quality analysis	- Repetition - Manual material handling
		Sieve test	- Repetition - Awkward posture
Safety & environment, Engineering	Office work	Computing	- Awkward posture - Long time static posture - Insufficient space

손가락, 손목에 과도한 힘을 요구한다.

안전환경 및 기술팀의 주요업무는 사무 작업으로써 컴퓨터 문서 작업 및 설계 작업이 주로 이루어진다. 따라서 장시간 컴퓨터 작업을 수행함에 따른 부적절한 자세가 발생하며 장시간 정적 자세가 유지된다. 또한 책상 밑 여유공간이 부족하다는 문제점을 지니고 있다. 이는 화학플랜트의 모든 부서에서 수행되는 사무 작업에서 공통적으로 발생하는 유해요인으로 판단된다.

#### 4. Discussion

본 연구의 목적은 화학플랜트의 근로자를 대상으로 유해요인 기본조사표의 작업별 작업 부하 및 작업 빈도(근로자 면담)의 결과를 기반으로 단위 작업별 유해요인과 유해요인에 대한 원인을 정밀하게 분석하는 것이다. 근골격계질환 요양재해 현황에서 화학제품제조업이 차지하는 비중이 약 2.4%로 높은 비율을 나타내고 있다(MOEL, 2017). 하지만 화학플랜트에 근무하는 근로자를 대상으로 근골격계질환 부담 작업 및 유해요인에 대한 원인을 면밀히 조사한 연구를 찾아보기 힘들다. 이는 화학플랜트의 작업 특성이 신체적 부담을 주는 주요 작업이 간헐적으로 발생하기 때문이다. 따라서 유해요인조사 시 사용되는 근골격계부담작업 범위 11가지에 포함되지 않는 작업이 많이 발생한다는 문제점이 있다. 따라서 본 연구는 근로자가 작업을 수행할 시 느끼는 주관적 부하가 높은 단위 작업에 대하여 그 유해요인과 원인을 인간공학관점에서 조사하였는데 그 연구의 의의가 있다.

본 연구의 결과를 종합해 보면, 부서별 작업에 대한 부담은 발전 및 공무팀에서 근로하는 근로자가 많았다. 발전 및 공무팀은 화학플랜트의 운영을 위한 핵심 부서로써 주로 공정 설비를 유지보수하고 운영하는 일을 담당한다. 공정 설비를 유지보수하는 작업들은 대부분 육체적인 부하를 동반하는 작업들이며, 주로 부적절한 자세, 과도한 힘의 사용, 여유공간 부족, 반복동작이 주요 원인이었다. 세 부적으로 유압작기 사용 및 B/A 운반 작업은 과도한 힘, 부자연스러운 자세의 유해요인 개선을 위해 전동식 대차 도입을 검토하여 공정 내 적용이 필요하며, Strainer 운반 및 청소 작업은 간헐적이지만 작업 부하가 높기 때문에 전용 공구와 공정 개선으로 작업 부하를 감소시켜야 할 것이다. 공정 내 설비 등의 점검에 따른 단위 작업은 오일레벨, 누수, 진동 등을 감지할 수 있는 센서 및 디스플레이를 기계 외부에 설치하여 육안점검 시 발생하는 부자연스러운 자세의 유해요인을 개선해야 하며 협소한 공간에서 발생하는 용접, 샘플링, 보온 등의 작업은 적절한 수공구와 공정 내 작업 여유공간을 확보하여 근골격계질환 예방이 필요할 것이다

공정을 운영하는 일은 주로 발전 시설의 이상유무를 PC 기반으로 모니터링하고 조작하는 작업을 의미하는데, 이는 장시간 정적인 자세를 유지하여야 하는 것이 부담요인으로 작용하였다. 또한 근로자 1인당 모니터링해야 하는 설비가 많기 때문에 시각적인 부담도 발생하였다. 컴퓨터를 사용하는 부서에서는 공통적으로 컴퓨터 작업에 대한 부담이 도출되었는데, 이는 인간공학적 사무실 설계가 전혀 이루어지고 있지 않음을 의미한다. 특히 모니터의 높이, 다리여유공간, 듀얼모니터 위치, 작업자와 모니터의 위치 등 다양한 설계 요소들이 전혀 반영되고 있지 않았다. 따라서 인간공학적 사무실 설계가 선제적으로 이루어지지 않을 경우에 근골격계질환 증상 호소자는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

공정에 따른 단위 작업에서 신체 부위별 불안정한 작업 자세 및 부담을 느끼는 부위로는 허리가 가장 많은 작업에서 발생하였으며, 다음으로 어깨와 목의 순서를 나타냈으며, 이는 Park (2006)의 연구와 동일한 결과이다. 앞서 서론에서도 언급했듯이 화학제품 제조업의 근골격계질환 요양재해 현황을 세부항목별로 살펴보면 신체부담 작업, 사고성 요통, 비사고성 요통이 유사한 비율로 나타나고 있는데, 이는 정형화된 제조업과는 큰 차이점이라고 할 수 있다. 이는 화학플랜트의 작업 특성상 정형화된 작업의 주된 요인인 반복성의 문제보다 과도한 힘의 사용과 부적절한 자세가 유해요인으로 많은 단위 작업에서 발생하기 때문으로 해석된다.

화학플랜트는 수 많은 장치들로 구성되어 있는 매우 복잡한 장치 산업으로 주요 공정은 설비 운영을 모니터링하거나 조작하는 일이다. 이외의 대다수의 작업은 설비들을 유지 보수하는 간헐적 작업으로 이루어져 있다. 이러한 간헐적으로 발생하는 유지보수 관련 작업들이 신체적으로 부담을 느끼는 작업으로 선제적 관리가 필요하다. 본 연구의 결과 화학플랜트 공정의 특성상 단기간 작업 또는 간헐적으로 수행하는 비정형적 단위 작업이 작업 부하가 높은 작업으로 다수 파악되었다. 이는 고용노동부 고시에서 제시하는 근골격계부담작업의 범위에는 포함되지 않기 때문에 선제적 관리의 필요성을 느끼지 못했기 때문으로 판단된다. 따라서 근원적으로 간헐적 및 비정형 작업에 대한 근골격계부담작업 평가를 위한 새로운 평가 체계 및 도구를 개발하는 연구가 필요하다고 판단된다.

본 연구는 조사 범위가 일부 화학플랜트 대상으로 제한적이라 전반적인 화학플랜트의 유해성으로 일반화하기에는 제한점이 존재한다. 향후 지속적인 화학플랜트 분야의 인간공학적인 작업 분석을 통해 다양한 작업 자세 및 작업 환경 평가 결과를 축적하여 화학플랜트 분야의 특성을 반영할 수 있는 신뢰도 높은 작업 부하 평가 시스템을 구축하는 연구가 필요할 것이다.

## 5. Conclusion

본 연구는 화학플랜트에서 발생하는 비정형 및 간헐적인 작업에 대해 단위 작업별 유해요인을 체계적으로 분석하였으며 인간공학적 인 개선안을 제안하였다. 화학플랜트 공정의 특성 상 비정형 및 간헐적 작업의 비율이 높기 때문에 고용노동부 고시의 근골격계부담 작업에 해당하지 않아도 근로자가 느끼는 주관적인 업무 강도가 높은 작업은 개선이 필요할 것으로 사료되며 필요하면 인간공학적 정밀조사 도구를 활용하여 작업을 개선해야 할 것이다. 본 연구의 결과는 비정형 작업에 대한 인간공학적인 작업 개선의 필요성을 시사하며 향후 비정형 작업의 유해 요소 및 작업 부하를 효과적으로 평가할 수 있는 체계를 마련하는데 도움이 되길 기대한다.

## Acknowledgements

This study was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2017R1D1A3B03035407).

This study was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2019R111A3A01061509).

## References

- Byun, Y.S., A Study on the system design of chemical process using quantitative risk assessment methodology, *Journal of the Korea Institute of Gas*, 18(6), 32-39, 2014.
- Chen, W.Q, Wong, T.W. and Yu, T.S., Influence of occupational stress on mental health among Chinese off-shore oil workers. *Scandinavian Journal of Public Health*, 37(7), 766-773, 2009.
- Kim, C.H., Moon, M.G., Lee, J.E. and Jung, E.H., A study of musculoskeletal disorders in a chemical industry, *Proceeding in Ergonomics Society of Korea*, 151-155, 2007.
- Kim, W.J. and Jeong, B.Y., Case studies of risk assessment in analyzing risks associated with MSDS, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 153-158, 2013.
- KOSHA, KOSHA GUIDE H-9-2018, 2018.
- Ministry of Employment and Labor (MOEL), 2017. Analyzing industrial accident data from 2017.
- Morken, T., Tveito, T.H., Torp, S. and Bakke, A., Musculoskeletal disorders in the offshore oil industry, *Tidsskr Nor Laegeforen*, 124(20), 2623-2326, 2004.
- Park, J.S., A study on the musculoskeletal disorders in petrochemical industry, *Korea Safety Management & Science*, 8(3), 77-86, 2006.
- Yang, H.F., Wang, M.Z., Wang, Z.M. and Lan, Y.J., Study on work ability and its risk factors in chemical plant workers. *Journal of Sichuan University. Medical Science Edition*, 35(2), 255-257, 2004.



## Author listings

**Kyung-Sun Lee:** kyungsunlee81@gmail.com

**Highest degree:** PhD, Department of Industrial Engineering, Ajou University

**Position title:** Assistant Professor Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan

**Areas of interest:** Ergonomics, Safety, Biomechanics, WMSDs, Work analysis and design, Human error

**Seung-Min Mo:** smmo@suncheon.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Industrial Engineering, Ajou University

**Position title:** Assistant Professor, Department of Industrial & Chemical Engineering, Suncheon Jeil College

**Areas of interest:** Ergonomics, Human-Robot Interaction, Biomechanics, Safety Engineering, Electromyography