

## Analysis of Injury Characteristics by Manufacturing Work Process in Korean Manufacture of Plastics Products

Seung Bae Lee, Byung Yong Jeong, Myoung Hwan Park

Hansung University, Department of Industrial & Management Engineering, Seoul, 02876

### 국내 플라스틱 제품 제조업의 작업공정별 재해 특성 분석

이승배, 정병용, 박명환

한성대학교 산업경영공학과

#### Corresponding Author

Myoung Hwan Park

Hansung University, Department of  
Industrial & Management Engineering,  
Seoul, 02876

Mobile : +82-10-9027-1576

Email : mhpark@hansung.ac.kr

Received : March 18, 2019

Accepted : April 01, 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:** This study aims to analyze the accident characteristics of the Korean manufacture of plastics products by work process and to provide analytic results for recommendations on accident prevention.

**Background:** It is known that, In the chemical industry, the number of incidents is relatively small compared to the construction industry. But considering the risks and the possibility of damage, safety measures are needed in advance. Among chemical industries, manufacturing industry of the chemical material and chemical products including manufacture of plastics products are said to have the greatest number of serious disasters.

**Method:** The data of 1,846 workers approved as industrial accidents compensation of year 2015 in the manufacture of plastics products were analyzed. The injury characteristics of workers were analyzed in view of worker-related and accident-related attributes by manufacturing work process.

**Results:** The distribution of the injured workers by manufacturing work process was found to be different in nationality, age group, company size, employment type, work experience, events or exposures, agent, natures of injury and illnesses, injured body part. There is no difference in view of manufacturing work process in the employment type distribution of the injured.

**Conclusion:** In the work preparation process, the proportion of injured workers under 40 years old, working at company with 5~15 employees, with 6 months to 1 year experience, injured by equipment and parts, and struck by and against were relatively high. In the reaction and maintenance processes, the proportion of injured workers by the chemical composite/ceramic manufacturing machine were relatively higher, and the proportion of injured workers by the vehicles and the conveyer including the forklift was relatively higher in the logistics process. Some recommendations for the prevention of occupational injuries were given.

**Application:** The results in view of the manufacturing process can be used as a guideline to develop systematic measures for prevention of accidents in the manufacture of plastics products.

**Keywords:** Injury characteristics, Manufacturing work process, Safety, Manufacture of plastics products

## 1. Introduction

국내 산업재해율은 2013년 0.59%에서 2017년 0.48%로 감소 추세이지만 OECD 국가 중 아직도 높은 수준에 있다. 2017년 산업재해현황을 살펴보면 기타(35.0%)를 제외하고 건설업(30.6%)과 제조업(26.9%)에서 많이 발생하였고 제조업의 경우 비금속광물제품과 금속제품 등 제조업, 기계기구 제조업, 화학제품 제조업 순으로 나타났다(KOSHA, 2017). 화학업종의 경우 건설업 대비 발생건수는 상대적으로 많지 않지만 화재, 폭발, 누출을 포함한 위험도 및 피해 가능성을 고려할 경우 사전에 적극적인 안전보건 대책과 세밀한 사고 예방 대책이 수립되지 않으면 인적, 물적 피해는 물론 사업 연속성 측면에서 리스크가 증가한다. 특히 화학 관련 업종 중에서 화학물 및 화학제품 제조업이 중대재해자 수가 가장 많은 것으로 분석되었다(An, 2015).

또한, 화학업종은 타산업과 비교 시 많은 기계, 설비, 장치로 구성되어 대규모 투자가 수반되는 장치산업으로 분류되고 있으며 경쟁력 확보를 위한 설비의 자동화 및 대형화, 관련 시스템의 지속적인 고도화에 따라 근무 인력에 대한 운전스킬 향상과 더불어 안전관리 측면에서 다양하고 체계적인 교육이 지속적으로 이루어지고 있다. 그러나 설비의 시스템화 및 고도화, 화학물질의 유통량 증가 및 신규 화학물질의 도입으로 기존 대비 트러블 예측이 어렵고 휴먼에러에 따라 화학사고 발생에 대한 가능성이 점차 증가되고 있다(Ahn et al., 2014; Yoon et al., 2004).

특히, 대규모 화학공장 대비 50인 미만의 소규모 사업장의 경우 3D (Dirty, Dangerous, Difficult) 업종이라는 인식과 열악한 작업환경으로 인력 충원이 어렵고 근무자가 점차 고령화되고 부족한 인원들은 화학공정에 근무 경험이 없는 외국인들로 대체되고 있는 현실에 있다. 그 결과 근무자간 근무 경험차 및 언어적인 소통 문제와 국가간 문화적 차이로 인해 업무숙련도 향상이 더디고 비상대응 능력이 확보되지 않아 사건, 사고의 가능성이 점차 높아지고 있다.

Lee et al. (2018)은 국내 화학산업에 종사하는 외국인 근로자의 사고 특성을 파악하고 사고 예방에 관한 기본 지침을 제시하였다. 화학공장의 사고 현황과 예방을 위한 대책 수립 연구로 Khan et al. (2006)은 화학산업 중 비료산업에서 근로자들의 직업적 상해의 속성을 찾고 안전 문제를 개선하기 위해 산재 데이터를 연령, 성별, 기술수준, 재해발생시간, 상해부위, 기인물, 위험 유형 등의 측면에서 분석하였고 업무상 재해를 줄이기 위한 제언과 실행계획을 제시하였다. Saha et al. (2008)은 화학산업의 상해 원인에 대한 여러 가지 가능한 요인들을 파악하기 위해 연령, 경력, 음주 및 흡연 습관, 업무 및 고용 유형 등의 측면에서 산재 데이터를 분석하여 경력, 흡연, 고용형태 등이 업무상 재해에 영향을 미치는 요인임을 밝혔다. An (2015)은 화학 관련 산업에서 업종별 중대 재해 발생 사고를 분류하여 기인물, 설비결함, 방호시설, 불안전행동 및 고용형태 등에 의한 영향을 분석하였다. Shin (2013)은 화학공장의 정비 작업에서 발생하는 재해를 예방하기 위해 핵심대상 설비에 대한 위험성 평가를 실시하였고 설비별 위험 순위를 도출하였다. Jeong and Lee (2001)는 100인 미만 중소화학공장에서 발생한 재해자료를 수집하여 원인과 특성을 분석하였으며 재해의 예방과 관련한 정책을 제시하였다.

Lee (1999)는 화학사업장을 대상으로 안전의식, 방호장치 및 보호구, 저장 등 안전관리 실태를 분석하여 문제점을 파악하고 대책을 제시하였다. 인적오류와 관련하여 Yoon et al. (2004)는 화학공장에서의 안전사고를 유발하는 Human-Error 방지에 대한 연구를 수행하여 작업자를 중심으로 인지, 판단, 행동 그리고 감성 측면의 대책을 제시하였다. Jo et al. (2003)은 화학공정의 공정상태 정보와 안전장치의 상태에 따라 인적오류를 제어하는 방법을 검토하였다.

화학산업의 안전 분위기에 대한 연구로는 Baek et al. (2015)이 화학산업 작업자의 안전행동과 안전 분위기의 상관관계를 분석하여 안전보건 준수행동, 작업자의 참여행동과 지적활동 등 안전행동의 세부항목들에 영향을 끼치는 구성요소들을 확인하였다. Baek (2006)은 화학공장과 소속 근로자의 안전문화 수준과 관련 있는 변수들을 찾아내고 어느 영향요소들이 화학공장의 안전문화를 향상시키는가에 대한 연구를 수행하였다. Vinodkumar and Bhasi (2009)는 안전에 대한 경영진의 의지와 행동, 안전에 대한 근로자의 지식과 준수, 안전에 대한 근로자의 태도, 안전에 대한 노동자의 참여, 작업환경의 안전성, 조직의 비상 사태 대비, 생산에 대한 안전 우선 순위 등이 화학산업에 있어서 안전 분위기 요인임을 파악하였다.

본 연구에서는 재해발생 빈도는 높지 않으나 파급력이 큰 화학업종 중에서 플라스틱 제품 제조업을 중심으로 제조 프로세스에 따라 연령, 사업체 규모, 고용형태, 근무기간, 재해발생 형태, 기인물, 부상종류, 부상부위 등 재해자의 인적 특성과 사고의 특성을 기준으로 재해 특성을 비교 분석하고자 한다. 이를 통해 화학산업분야의 근로자 안전보건확보를 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

## 2. Methods

### 2.1 Definition

본 연구에서는 2015년 작업관련성 산업재해자로서 플라스틱 제품 제조업에서 작업 중 재해로 인하여 3일 이상의 휴무를 겪은 산업재해 승인자를 대상으로 한다.

화학산업에서 제조 프로세스(작업공정)란 원, 부원료를 사용하여 고객이나 소비자가 원하는 화학물질이나 제품을 가공, 생산하는 일련의 과정을 말하며 생산되는 제품에 따라 다양한 작업공정을 지니고 있다. 본 연구에서는 다른 산업에의 적용 및 확장성을 감안하여 일반적으로 통용되는 프로세스로 재정의하여 최초 작업준비(Work Preparation), 반응(Reaction), 가공/컷팅(Processing/Cutting), 물류(Logistics), 정비(Maintenance), 기타 프로세스로 정의하였다. 세부적으로 '작업준비'는 원재료나 부원료를 운반하거나 금형을 운반, 장착하는 프로세스를 말한다. '반응'은 재료를 혼합하고 성형과정을 거쳐 제품이 만들어지는 프로세스를 말하며 '가공/컷팅'은 제조된 제품을 원하는 형태로 가공하거나 컷팅하는 프로세스를 말한다. '물류'는 제작된 제품의 적재, 포장, 이송하는 프로세스를 말하며 '정비'는 해당 제조 프로세스 내 연속된 작업과 연계하여 부품을 교체하거나 고장난 기계설비를 수리하는 프로세스를 말한다. 기타 항목은 작업준비/종료 후 이동하거나 기타 활동 중 다친 사고 내용을 포함한다.

2015년에 국내 플라스틱 제품 제조업 종사자가 작업에서 발생한 사고로 인해 산업재해자로 승인된 재해자는 총 2,272명 중 결측값 및 기타 분류 불능을 제외한 1,846명을 기준으로 하였다. Table 1에서 보는 바와 같이 프로세스별로 보면 정비공정이 501명(27.1%)으로 가장 많았으며 반응공정이 21.7%(400명), 물류에서 18.7%(346명), 가공/컷팅 공정 17.9%(330명), 작업준비 단계에서 7.0%(130명) 및 기타 7.5%(139명) 순으로 나타났다.

**Table 1.** Distribution of the injured by work process (persons)

Process	Work preparation	Reaction	Processing/Cutting	Logistics	Maintenance	Others	Total
Injured workers	130	400	330	346	501	139	1,846
%	7.04%	21.67%	17.88%	18.74%	27.14%	7.53%	100.00%

### 2.2 Data analysis

본 연구에서는 재해자의 특성과 재해 특성 측면에서 분석을 한다. 재해자 특성은 국적, 연령, 회사 규모, 고용형태, 근속기간을 분석하였으며, 재해특성은 발생형태, 기인물, 부상종류, 부상부위 등으로 분석하였다. 본 연구에서는 프로세스별 재해자 특성, 재해 특성 측면에서 재해자의 전체적인 분포를 비교, 프로세스 별 분포에 차이가 있는가를 파악하기 위하여  $\chi^2$  검정을 실시하였다. 통계적 검정은 SPSS 18.0을 사용하였으며, 유의수준은 0.05로 하였다.

## 3. Results

### 3.1 Characteristics of the injured worker

#### 3.1.1 Analysis of the injured worker by process and nationality

프로세스별 국적별 분포의 특성은 Table 2와 같다. Table 2에서 보면 한국인이 78.7% 외국인 21.3%에 비해 매우 높게 나타났다. 카이제곱 검정에 의하면 프로세스에 따른 재해자의 국적별 분포는 차이가 있는 것으로 나타났다( $\chi^2=28.001, p<0.001$ ).

특히 물류 작업과 반응에서 한국인은 86.7%와 78.8%로 높게 나타났으며 작업준비, 정비, 가공/컷팅 작업에서 외국인은 각각 26.2%, 25.9%, 24.2%로 높게 나타났다.

**Table 2.** Distribution of the injured worker by process & nationality (persons)

	Work preparation	Reaction	Processing/Cutting	Logistics	Maintenance	Others	Total
Korean	96	315	250	300	371	120	1,452
	73.8%	78.8%	75.8%	86.7%	74.1%	86.3%	78.7%
Foreigner	34	85	80	46	130	19	394
	26.2%	21.3%	24.2%	13.3%	25.9%	13.7%	21.3%
Total	130	400	330	346	501	139	1,846
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

### 3.1.2 Analysis of the injured worker by process and age group

프로세스별 연령 분포의 특성은 Table 3과 같다. Table 3에서 보면 50세 이상이 38.5%로 가장 높게 나타났고, 40~49세(24.9%), 30~39세(24.1%), 30세 미만(12.6%) 순으로 나타났다.

카이제곱 검정에 의하면 프로세스에 따른 연령대별 재해자의 분포는 차이가 있는 것으로 나타났다( $\chi^2=29.835, p<0.001$ ).

프로세스에 따른 연령 분포를 살펴보면 작업준비에서는 30대(30%), 50대 이상(29.2%), 40~49세(23.1%) 순으로 나타났고 반응공정은 50세 이상(39.8%), 40~49세(23.0%), 30~39세(20.8%) 순으로 높게 나타났다. 가공/컷팅 작업은 50세(35.8%), 40~49세(27.3%), 30~39세(23.0%) 순으로 나타났으며 물류 작업은 50대 이상(41.6%), 30~39세(26.0%), 40~49세(25.1%) 순으로 높게 나타났다. 또한 정비 작업에서는 50세 이상(39.5%), 30~39세(25.3%), 40~49세(24.0%) 순으로 나타났다.

**Table 3.** Distribution of the injured worker by process & age group (persons)

	Work preparation	Reaction	Processing/Cutting	Logistics	Maintenance	Others	Total
Under 30	23	66	46	25	56	16	232
	17.7%	16.5%	13.9%	7.2%	11.2%	11.5%	12.6%
30~39	39	83	76	90	127	29	444
	30.0%	20.8%	23.0%	26.0%	25.3%	20.9%	24.1%
40~49	30	92	90	87	120	41	460
	23.1%	23.0%	27.3%	25.1%	24.0%	29.5%	24.9%
Over 50	38	159	118	144	198	53	710
	29.2%	39.8%	35.8%	41.6%	39.5%	38.1%	38.5%
Total	130	400	330	346	501	139	1,846
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

### 3.1.3 Distribution of the injured worker by process and company size

프로세스별 회사 규모에 대한 분포의 특성은 Table 4와 같다. Table 4에서 보면 5~15인이 36.3%로 가장 높게 나타났고, 5인 미만(21.7%), 50인 이상(17.8%), 16인~29인(15.3%) 순으로 나타났다.

카이제곱 검정에 의하면 프로세스에 따른 회사 규모의 분포는 차이가 있는 것으로 나타났다( $\chi^2=53.219, p<0.001$ ).

작업준비에서는 5~15인(43.8%), 50인 이상(20.8%), 5인 미만(14.6%) 순으로 나타났고, 반응공정은 5~15인(35.0%), 5인 미만(22.5%), 50인 이상(19.5%) 순으로 높게 나타났다. 가공/컷팅 작업은 5~15인(40.9%), 5인 미만(23.9%), 16~29인(13.6%) 순이며 물류 작업은 5~15인(33.5%), 5인 미만(27.7%), 16~29인(18.5%) 순으로 높게 나타났다. 정비 작업에서는 5~15인(36.1%), 5인 미만(20.4%), 50인 이상(19.8%) 순으로 높게 나타났다.

**Table 4.** Distribution of the injured worker by process & company size (persons)

	Work preparation	Reaction	Processing/ Cutting	Logistics	Maintenance	Others	Total
Less than 5 person	19	90	79	96	102	14	400
	14.6%	22.5%	23.9%	27.7%	20.4%	10.1%	21.7%
5~15	57	140	135	116	181	42	671
	43.8%	35.0%	40.9%	33.5%	36.1%	30.2%	36.3%
16~29	17	58	45	64	72	27	283
	13.1%	14.5%	13.6%	18.5%	14.4%	19.4%	15.3%
30~49	10	34	29	25	47	18	163
	7.7%	8.5%	8.8%	7.2%	9.4%	12.9%	8.8%
More than 50 person	27	78	42	45	99	38	329
	20.8%	19.5%	12.7%	13.0%	19.8%	27.3%	17.8%
Total	130	400	330	346	501	139	1,846
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

### 3.1.4 Analysis of the injured worker by process and employment type

프로세스별 고용형태 분포의 특성은 Table 5와 같다. Table 5에서 보면 정규직이 86.1%, 비정규직이 13.9%로 나타났다. 카이제곱 검정에 의하면 프로세스에 따른 고용형태 분포는 차이가 없는 것으로 나타났다( $\chi^2=6.880, p=0.230$ ).

**Table 5.** Distribution of the injured worker by process & employment type (persons)

	Work preparation	Reaction	Processing/ Cutting	Logistics	Maintenance	Others	Total
Regular	118	341	279	294	431	127	1,590
	90.8%	85.3%	84.5%	85.0%	86.0%	91.4%	86.1%

**Table 5.** Distribution of the injured worker by process & employment type (persons) (Continued)

	Work preparation	Reaction	Processing/ Cutting	Logistics	Maintenance	Others	Total
Temporary	12	59	51	52	70	12	256
	9.2%	14.8%	15.5%	15.0%	14.0%	8.6%	13.9%
Total	130	400	330	346	501	139	1,846
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

### 3.1.5 Analysis of the injured worker by process and work experience

프로세스별 근속기간 분포의 특성은 Table 6과 같다. Table 6에서 보면 6개월 미만의 근로자가 32.9%로 가장 높게 나타났고, 1년~3년 미만(25.0%), 6개월~1년 미만(13.5%), 3~5년 미만(11.3%) 순으로 나타났다.

카이제곱 검정에 의하면 프로세스에 따른 근속기간별 재해자의 분포는 차이가 있는 것으로 나타났다( $\chi^2=60.270, p<0.001$ ).

작업준비에서는 1년~3년 미만(26.9%), 6개월 미만(26.2%), 6개월~1년 미만(23.8%), 3년~5년(9.2%) 순이며, 반응공정은 6개월 미만(35.5%), 1년~3년 미만(25.5%), 6개월~1년 미만(12.3%), 3년~5년(11.3%) 순으로 높게 나타났다. 가공/컷팅 작업은 6개월 미만(36.1%), 1년~3년 미만(24.2%), 6개월~1년 미만(16.1%), 3년~5년(9.4%) 순이며, 물류 작업은 6개월 미만(35.3%), 1년~3년 미만(22.5%), 6개월~1년 미만(13.6%), 3년~5년(11.3%) 순으로 높게 나타났다. 정비 작업에서는 6개월 미만(31.1%), 1년~3년 미만(25.7%), 3년~5년 (14.0%), 6개월~1년 미만 (11.2%) 순으로 높게 나타났다.

**Table 6.** Distribution of the injured worker by process & work experience (persons)

	Work preparation	Reaction	Processing/ Cutting	Logistics	Maintenance	Others	Total
Less than 6 months	34	142	119	122	156	34	607
	26.2%	35.5%	36.1%	35.3%	31.1%	24.5%	32.9%
6 months~ 1 year	31	49	53	47	56	14	250
	23.8%	12.3%	16.1%	13.6%	11.2%	10.1%	13.5%
1~3 years	35	102	80	78	129	37	461
	26.9%	25.5%	24.2%	22.5%	25.7%	26.6%	25.0%
3~5 years	12	45	31	39	70	12	209
	9.2%	11.3%	9.4%	11.3%	14.0%	8.6%	11.3%
5~10 years	11	33	22	29	46	12	153
	8.5%	8.3%	6.7%	8.4%	9.2%	8.6%	8.3%
More than 10 years	7	29	25	31	44	30	166
	5.4%	7.3%	7.6%	9.0%	8.8%	21.6%	9.0%
Total	130	400	330	346	501	139	1,846
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

### 3.2 Accident characteristics of the injured worker

#### 3.2.1 Analysis of the injured worker by process and events or exposures

프로세스별 재해발생 형태 분포의 특성은 Table 7과 같다. Table 7에서 보면 절단/베임/찢림에 의한 재해가 39.0%로 가장 높게 나타났고 질병(12.2%), 화재/폭발/누출(11.3%), 넘어짐(11.0%) 순으로 나타났다.

카이제곱 검정에 의하면 프로세스에 따른 재해발생 형태별 재해자의 분포는 차이가 있는 것으로 나타났다( $\chi^2=1018.076, p<0.001$ ).

작업준비에서는 질병(29.2%), 절단/베임/찢림(26.2%), 맞음/부딪힘(17.7%) 순이며 반응과정에서는 절단/베임/찢림(51.1%), 질병(11.5%) 순으로 높게 나타났다. 가공/컷팅 작업은 절단/베임/찢림(50.0%), 화재/폭발/누출(37.0%) 순으로 나타났으며 물류 작업은 넘어짐(25.7%), 절단/베임/찢림(18.2%), 맞음/부딪힘(17.3%), 질병(17.1%) 순으로 높게 나타났다. 정비 작업은 절단/베임/찢림(50.3%), 넘어짐(12.6%) 순으로 높게 나타났다.

**Table 7.** Distribution of the injured worker by process & events or exposures (persons)

	Work preparation	Reaction	Processing/Cutting	Logistics	Maintenance	Others	Total
Caught in	3	7	3	21	13	27	74
	2.3%	1.8%	0.9%	6.1%	2.6%	19.4%	4.0%
Struck by/Against	23	18	8	60	19	36	164
	17.7%	4.6%	2.4%	17.3%	3.8%	25.9%	8.9%
Cuts, lacerations, punctures	34	204	165	63	252	2	720
	26.2%	51.0%	50.0%	18.2%	50.3%	1.4%	39.0%
Fall to lower level	7	21	3	37	23	53	144
	5.4%	5.3%	0.9%	10.7%	4.6%	38.1%	7.8%
Slips or trips	8	32	4	89	63	7	203
	6.2%	8.0%	1.2%	25.7%	12.6%	5.0%	11.0%
Work-related disorders	38	46	22	59	54	7	226
	29.2%	11.5%	6.7%	17.1%	10.8%	5.0%	12.2%
Fire/Explosion/Leakage	7	24	122	13	42	1	209
	5.4%	6.0%	37.0%	3.8%	8.4%	0.7%	11.3%
Others	10	48	3	4	35	6	106
	7.7%	12.0%	0.9%	1.2%	7.0%	4.3%	5.7%
Total	130	400	330	346	501	139	1,846
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

#### 3.2.2 Analysis of the injured worker by process and agent

프로세스별 기인물 분포의 특성은 Table 8과 같다. Table 8에서 보면 화합물, 요업토석 가공기계로 인한 재해가 17.2%로 가장 높게 나

타났고 기계, 설비 및 부품(16.8%), 화학물질, 재료 및 부품(8.8%), 공작 및 절단기계(8.7%), 지게차 포함 차량/컨베이어(8.2%), 바닥/통로/계단(7.2%) 순으로 나타났다.

카이제곱 검정에 의하면 프로세스에 따른 기인물별 재해자의 분포는 차이가 있는 것으로 나타났다( $\chi^2=104.260, p<0.001$ ).

프로세스에 따른 기인물별 분포를 보면 작업준비에서는 기계, 설비 및 부품(31.5%), 운반 및 포장용 용기 및 꾸러미(14.6%), 화학물질, 재료 및 부품(10.0%) 순이며 반응공정은 화합물, 요업토석 가공기계(30.5%), 기계, 설비 및 부품(19.0%), 화학물질, 재료 및 부품(12.3%) 순으로 나타났다. 가공/컷팅 작업에서는 공작 및 절단기계(41.2%), 화합물, 요업토석 가공기계(14.2%) 순이며 물류 작업은 지게차 포함 차량, 콘베이어(28.9%), 기계, 설비 및 부품(14.5%) 순으로 나타났다. 정비 작업에서는 화합물, 요업토석 가공기계(26.7%), 기계, 설비 및 부품(19.6%) 순으로 높게 나타났다.

**Table 8.** Distribution of the injured worker by process & agent (persons)

	Work preparation	Reaction	Processing/Cutting	Logistics	Maintenance	Others	Total
Chemical composite/ Ceramic manufacturing machine	10	122	47	3	134	1	317
	7.7%	30.5%	14.2%	0.9%	26.7%	0.7%	17.2%
Equipment and part	41	76	35	50	98	10	310
	31.5%	19.0%	10.6%	14.5%	19.6%	7.2%	16.8%
Chemical materials and parts	13	49	9	39	48	5	163
	10.0%	12.3%	2.7%	11.3%	9.6%	3.6%	8.8%
Machining and cutting machines	2	2	136	2	18	0	160
	1.5%	0.5%	41.2%	0.6%	3.6%	0.0%	8.7%
Vehicle including Fork lift/Conveyor	6	13	2	100	22	8	151
	4.6%	3.3%	0.6%	28.9%	4.4%	5.8%	8.2%
Floor/Corridor/Step	6	13	2	32	22	57	132
	4.6%	3.3%	0.6%	9.2%	4.4%	41.0%	7.2%
Hand tools	3	18	42	9	32	0	104
	2.3%	4.5%	12.7%	2.6%	6.4%	0.0%	5.6%
Containers for transport and package, fixtures	19	5	2	40	9	7	82
	14.6%	1.3%	0.6%	11.6%	1.8%	5.0%	4.4%
Others	30	102	55	71	118	51	427
	23.1%	25.5%	16.7%	20.5%	23.6%	36.7%	23.1%
Total	130	400	330	346	501	139	1,846
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

### 3.2.3 Analysis of the injured worker by process and natures of injury and illnesses

프로세스별 부상종류 분포의 특성은 Table 9와 같다. Table 9에서 보면 골절/파절이 43.8%로 가장 높게 나타났고, 절단(15.9%), 파열



(11.1%), 염좌/타박상(7.6%) 순으로 나타났다.

카이제곱 검정에 의하면 공정에 따른 부상종류별 재해자의 분포는 차이가 있는 것으로 나타났다( $\chi^2=310.617, p<0.001$ ).

프로세스에 따른 부상종류를 보면 작업준비에서는 골절/파절(46.9%), 절단(12.3%), 파열(9.2%), 염좌/타박상(8.5%) 순이며 반응공정에서는 골절/파절(43.8%), 절단(17.8%), 화상(11.8%), 파열(9.3%) 순으로 높게 나타났다. 가공/컷팅 작업은 골절/파절(33.6%), 절단(30.9%), 파열(12.7%), 열상(11.8%) 순이며 물류 작업은 골절/파절(51.7%), 파열(14.2%), 염좌/타박상(13.6%) 순으로 높게 나타났다. 정비 작업에서는 골절/파절(45.1%), 절단(17.2%), 화상(9.8%), 파열(9.0%) 순으로 높게 나타났다.

**Table 9.** Distribution of the injured worker by process & natures of injury and illnesses (persons)

	Work preparation	Reaction	Processing/Cutting	Logistics	Maintenance	Others	Total
Fracture	16	71	102	17	86	2	294
	12.3%	17.8%	30.9%	4.9%	17.2%	1.4%	15.9%
Amputation	61	175	111	179	226	56	808
	46.9%	43.8%	33.6%	51.7%	45.1%	40.3%	43.8%
Rupture	12	37	42	49	45	19	204
	9.2%	9.3%	12.7%	14.2%	9.0%	13.7%	11.1%
Sprains/Bruises	11	26	13	47	22	21	140
	8.5%	6.5%	3.9%	13.6%	4.4%	15.1%	7.6%
Laceration	7	22	39	13	44	5	130
	5.4%	5.5%	11.8%	3.8%	8.8%	3.6%	7.0%
Burns	9	47	4	4	49	4	117
	6.9%	11.8%	1.2%	1.2%	9.8%	2.9%	6.3%
Herniated disk	6	3	3	17	4	7	40
	4.6%	0.8%	0.9%	4.9%	0.8%	5.0%	2.2%
Cerebral cardiovascular	1	3	2	7	9	9	31
	0.8%	0.8%	0.6%	2.0%	1.8%	6.5%	1.7%
Others	7	16	14	13	16	16	82
	5.4%	4.0%	4.2%	3.8%	3.2%	11.5%	4.4%
Total	130	400	330	346	501	139	1,846
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

### 3.2.4 Analysis of the injured worker by process and injured body part

프로세스별 부상부위 분포의 특성은 Table 10과 같다. Table 10에서 보면 팔/손목에 해를 입은 재해자가 55.2%로 가장 높게 나타났고, 다리/발(17.9%), 가슴/허리(12.3%), 안면두부(7.6%) 순으로 나타났다.

카이제곱 검정에 의하면 공정에 따른 재해종류 별 재해자의 분포는 차이가 있는 것으로 나타났다( $\chi^2=430.509, p<0.001$ ).

프로세스에 따른 부상부위를 보면 작업준비에서는 손목/팔(41.5%), 다리/발(22.3%), 가슴/허리(19.2%) 순이며 반응공정은 팔/손목(62.5%), 다리/발(15.3%) 순으로 높게 나타났다. 가공/컷팅 작업은 팔/손목(84.8%)이 가장 높았으며 물류 작업은 다리/발(34.7%), 팔/손목(25.7%), 가슴/허리(25.1%) 순으로 높게 나타났다. 정비 작업에서는 팔/손목(63.1%), 다리/발(12.0%), 안면두부(10.4%) 순으로 높게 나타났다.

**Table 10.** Distribution of the injured worker by process & injured body part (persons)

	Work preparation	Reaction	Processing/ Cutting	Logistics	Maintenance	Others	Total
Facial	10	29	11	22	52	16	140
	7.7%	7.3%	3.3%	6.4%	10.4%	11.5%	7.6%
Neck	2	2	1	5	3	2	15
	1.5%	0.5%	0.3%	1.4%	0.6%	1.4%	0.8%
Shoulder	6	11	6	19	16	7	65
	4.6%	2.8%	1.8%	5.5%	3.2%	5.0%	3.5%
Chest/Waist	25	26	15	87	37	37	227
	19.2%	6.5%	4.5%	25.1%	7.4%	26.6%	12.3%
Arms/Hand	54	250	280	89	316	30	1019
	41.5%	62.5%	84.8%	25.7%	63.1%	21.6%	55.2%
Legs/Feet	29	61	15	120	60	46	331
	22.3%	15.3%	4.5%	34.7%	12.0%	33.1%	17.9%
Complex	4	21	2	4	17	1	49
	3.1%	5.3%	0.6%	1.2%	3.4%	0.7%	2.7%
Total	130	400	330	346	501	139	1,846
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

#### 4. Conclusion and Discussion

재해자의 인적 특성과 사고의 특성을 세부 프로세스(작업공정) 별로 구분하여 비교 분석한 결과 프로세스에 따른 재해자의 분포는 고용형태에 있어서는 차이가 없는데 반하여 국적, 연령, 근속기간, 재해발생 형태, 기인물, 부상종류, 부상부위 등에는 차이가 있는 것으로 나타났다.

플라스틱 제품 제조업 내 국적에 따른 재해자 분포는 한국인이 78.7%로 외국인 대비 높았다. 연령 분포에 따른 재해자의 분포는 50대가 38.5%로 다른 연령대 대비 높게 나타났다. Kahn et al. (2006)의 연구에 의하면 재해자의 분포는 50대가 48.5%로 다른 연령대 대비 높게 나타났다. 반면에 Saha et al. (2008)의 연구에 의하면 재해자의 분포는 45세 이상이 27.2%인 반면 25~34세가 26.7%로 나타났으며 100인 미만 사업체를 분석한 Jeong and Lee (2001)의 결과에서는 46세 이상이 29.9%로 나타났다. 공정별로는 작업준비에서 40세 이하의 비중이 상대적으로 높았다. 사업장 규모의 경우 5~15인 미만(36.3%), 5인 미만(21.7%) 순으로 15인 이하 소규모 사업장이 58%, 30인 미만이 모두 73.3%를 차지하고 있다. Jeong and Lee (2001)의 결과에서는 30인 이하가 61.7% 이었다. 공정별로는 작업준비에서 5~15인 규모 작업장의 비중이 상대적으로 높았다.

공정별 고용형태에 따른 재해자 분포는 차이가 없는 것으로 나타났으며 정규직 근로자가 86.1%를 차지하였다. Baek (2006)에 의하면 '고용기간'은 안전문화의 수준을 결정하는 중요한 요인인 것으로 나타났다. 근속년수를 보면 6개월 미만(32.9%), 6개월~1년(13.5%), 1~3년(25%)로 전체적으로 3년 미만에서 71.4%로 나타났다. Jeong and Lee (2001)의 결과에서는 6개월 미만(30.0%), 6개월~1년(15.0%), 1~3년(31.7%)로 나타났다. 반면에 Saha et al. (2008)의 연구에 의하면 10년 이상 경력자가 전체의 52.6%를 차지하였다. 공정별로는 작업준비에서 6개월에서 1년 사이의 경력자 비중이 상대적으로 높았다.

기인물의 경우 화합물, 요업토석 가공기계로 인한 재해가 17.2%로 가장 높게 나타났고 기계, 설비 및 부품(16.8%), 화학물질, 재료 및 부품(8.8%), 공작 및 절단기계(8.7%), 지게차 포함 차량/컨베이어(8.2%), 바닥/통로/계단(7.2%) 순으로 나타났다. Kahn et al. (2006)에 의하면 pump가 23.26%, carrying and lifting이 13.95%, vehicles가 10.47%를 차지하였다. 공정별로는 작업준비에서 기계, 설비 및 부품의 비중이, 반응과 유지보수에서 요업토석 가공기계의 비중이, 가공/컷팅 작업에서는 공작 및 절단기계의 비중이, 물류 작업에서는 지게차 포함 차량, 컨베이어의 비중이 상대적으로 높았다.

발생형태를 살펴보면 절단/베임/찢림(39.0%), 질병(12.2%) 순으로 나타났고 공정별로는 작업준비와 물류에서 맞음/부딪힘의 비중이 상대적으로 높았으며 반응, 가공, 컷팅과 유지보수에서 절단/베임/찢림의 비중이 상대적으로 높았다. 부상종류는 골절/파절(43.8%), 절단(15.9%)이 높게 나타났다. Jeong and Lee (2001)의 결과에서는 골절이 41.1%로 가장 높았다. 부상부위를 살펴보면 손목/팔(41.5%), 다리/발(22.3%) 순으로 나타났으며 공정별로는 작업준비나 반응, 정비 작업에서는 손목/팔이 물류 작업에서는 다리/발이 상대적으로 높게 나타났다. Jeong and Lee (2001)의 결과에서는 손(58.9%), 다리/발(11.2%) 순으로 나타났으며 Kahn et al. (2006)의 연구에 의하면 부상부위는 손목/팔(36.6%), 다리/발(25.7%) 순으로 나타났다.

플라스틱 제품 제조업에서 프로세스에 따른 근로자의 재해 예방을 위해서는 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 공정에 특화된 교육과 보호장치 및 보호장구의 도입이다.

본 연구에서 도출한 공정별 업무상 재해 특성 분석을 활용하여 화학산업의 공정별 주요 기인물과 재해발생 형태 및 부상부위를 고려하여 맞춤형 안전교육을 강화하고 재해 원인으로부터 작업자를 분리할 수 있는 보호장치와 개인별 보호장구를 적극 도입한다.

둘째, 경영층의 안전에 대한 리더십 실천 활동이다.

Jo et al. (2003)의 연구에 의하면 화학공정산업에서 대형사고의 50% 이상이 사람으로 인하여 발생하였다. 또한, Baek (2006)에 의하면 화학공장 안전문화의 주된 문제점으로는 부적절한 안전보건 절차와 규칙, 생산에 대한 압력, 그리고 규칙위반으로 나타났으며 Vinodkumar and Bhasi (2009)는 안전 분위기가 사고율과 높은 상관관계를 가졌음을 보였다. 이러한 점을 고려하여 리스크 요인을 사전에 파악하는 등 안전에 대한 관심도를 높여야 한다. 연구 결과에 나타난 바와 같이 특히, 15인 이하 소규모 사업장 사고가 58%임을 감안할 때 고위험 설비나 공정에 대해 유해, 위험요소를 근원적으로 제거할 수 있도록 리소스에 대해 투자가 뒷받침되어야 한다. 여기에서 리소스란 안전 관련 조직강화(인력확보), 관련 시설/설비 투자는 물론 안전 리더십 실천의 첫걸음이자 기본사항인 구성원과 소통의 장을 마련하는 것이다. 예를 들어 현장 방문시 체크리스트를 휴대하여 근무자나 안전관리자의 눈이 아닌 경영자 관점에서 3현주의(현장에서, 현물을 보고, 현상을 이야기)에 기초한 안전 리더십 활동을 구성원들에게 가시적으로 보여주어야 한다.

셋째, 안전보건 전문가의 전문성 확보이다.

이를 위해서는 위험성 평가와 같이 현재 업무에 있어 정성적인 내용을 정량화하고 업데이트하려는 노력이 필요하다. 합성수지/고무 제조업의 위험성 평가표와 같이 반응단계에서 끼임, 가공/컷팅 작업에서 끼임과 절단/베임/찢림과 같은 고위험 작업의 경우 세부 프로세스/작업 별 위험성을 평가하는 기법(예. JSA: Job Safety Analysis)을 완벽하게 학습하여 현장 구성원 스스로가 유해, 위험 요인에 대해 인지하고 운영될 수 있도록 조력자 역할을 수행하여야 한다. 또한 JSA 실시 결과가 없는 경우 작업이 진행되지 않도록 작업 프로세스를 정비하는 것도 하나의 대안이 될 수 있다.

마지막으로, 현장(Frontline)참여형의 실질적인 교육과 훈련이 수반되어야 한다.

분석 결과와 같이 정비 작업시 사고가 가장 많았음을 인식하고 작업 전, 중, 후에 대한 안전 관련 조치들이 선행되어야 한다. 특히 재해 빈도가 높게 나타난 프로세스 내 세부 작업의 경우 작업 전 위험요소에 대한 개인별 감수성을 높이는 위험예지훈련을 통해 비상

조치능력을 향상시켜야 한다. 작업 중에는 해당 작업이나 조치에 대한 경험이 많은 인력으로 관리 감독을 강화하여야 한다. 또한 작업 후에는 4M(설비, 작업방법 등) 변경사항에 대해 향후 OJT (On-the-job training) 시 활용될 수 있도록 작업표준과 절차를 지속적으로 업데이트하고 축적해야 한다.

본 연구의 한계점으로는 최소 3~5년 이상의 자료에 대한 연구가 아닌 2015년, 한 시점에서 발생한 재해를 기준으로 작성되었기에 플라스틱 제품 제조업 내 재해 유형과 경향을 이해하는데 다소 부족함이 있다. 그러나 사고 빈도 측면에서 건설업 다음으로 많이 차지하며 만약의 경우 피해강도가 가장 클 수 있는 플라스틱 제품 제조업 내 세부 업종에 따른 재해 분석 자료가 부족한 현실에서 첫 시도로서 의의가 있다고 할 수 있다. 특히 작업준비에서 반응, 가공 및 커팅, 트러블 조치 등의 정비, 물류 등 세부 프로세스별로 구분하여 재해 요인을 분석하고 그에 따른 감소 대책을 제안한 것은 의미가 있다. 이를 통해 다양한 화학물질을 취급하고 재해발생 빈도가 높은 전기, 전자 업종에도 확대, 적용되어 세부 프로세스별로 재해나 위험도를 분석하여 세부 예방 대책을 수립하고 각 공정별 작업 안전교육의 자료로도 활용될 수 있으리라 본다.

## Acknowledgement

This research was financially supported by Hansung University.

## References

- Ahn, S.R., Kim, S.B., Lee, J.H. and Chun, K.S., Study on Chemical Incident Response Plan Identified as a Chemical Accident Statistics, *Korean Journal of Hazardous Materials*, 2(1), 50-54, 2014.
- An, H.H., A Study on the Importance of Safety Measurement Based on the Analysis of the Factors Leading to Serious Accidents Related to Chemical Industries, *Journal of the Korean Institute of Gas*, 19(1), 45-50, 2015.
- Baek, J.B., Safety Climate Practice and its Affecting Variables in the Chemical Process Industry, *Journal of the KOSOS*, 21(4), 127-133, 2006.
- Baek, J.B., Uhm, M.Y. and Kim, J.S., The Relationship between Workers' Safety Behaviors and Safety Climate in Chemical Industry, *Journal of the Korean Society of Safety*, 30(5), 100-107, 2015.
- Jeong, B.Y. and Lee, D.H., Accident Characteristics and Prevention in Small Manufacturing Industries of Chemical Products, *Journal of the Korea Safety Management and Science*, 3(2), 105-112, 2001.
- Jo, Y.D., Park, K.S. and Park, H.J., A method of human error management in chemical process industries, *Journal of the Korean Institute of Gas*, 7(2), 42-47, 2003.
- Khan, M.M.A., Halim, Z.I. and Iqbal, M., Attributes of occupational injury among workers in the chemical industry and safety issues. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 12(3), 327-341, 2006.
- KOSHA (Korea Occupational Safety and Health Agency), Industrial Accident Statistics. 2017. <https://www.kosha.or.kr/kosha/data/industrialAccidentStatus.do?mode=view&articleNo=347616&article.offset=0&articleLimit=10> (retrieved October 25, 2018).
- Lee, S.B., Jeong, B.Y. and Park, M.H., Analysis of Accident Characteristics of Foreign Workers in Domestic Chemical Industry, *Journal of the Ergonomic Society of Korea*, 37(2), 1-14, 2018.

Lee, T.W., A Reserch and Analysis on the Actual Condition of Safety Management at Small-Medium Chemical Plant, *Journal of the Korea Safety Management and Science*, 1(1), 183-195, 1999.

Saha, A., Kumar, S. and Vasudevan, D.M., Factors of occupational injury: a survey in a chemical company, *Industrial Health*, 46(2), 152-157, 2008.

Shin, W.C., Risk Priority Number of Chemical Facilities by the Risk Assessment of Injury Analysis in the Chemical Plant, *Journal of the Korean Institute of Gas*, 17(4), 39-44, 2013.

Yoon, Y.G., Hong, S.M. and Park, P., A Study for Human-Error Prevention of Chemical Plant Safety Accident, *Journal of the Korea Safety Management and Science*, 6(2), 1-9, 2004.

Vinodkumar, M.N. and Bhasi, M., Safety climate factors and its relationship with accidents and personal attributes in the chemical industry. *Safety Science*, 47(5), 659-667, 2009.

## Author listings

**Seung Bae Lee:** 4ualife@hanmail.net

**Highest degree:** M.S, Department of Human Resource Development Global Graduate School, Chung-Ang University

**Position title:** PhD Student, Department of Industrial and Management Engineering, Hansung University

**Areas of interest:** Ergonomics, Safety and Health Management, Data Analytics

**Byung Yong Jeong:** byjeong@hansung.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Industrial Engineering, KAIST

**Position title:** Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Hansung University

**Areas of interest:** Ergonomics, Safety and Health Management, UX

**Myoung Hwan Park:** mhpark@hansung.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Industrial Engineering, KAIST

**Position title:** Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Hansung University

**Areas of interest:** Management Science, Innovation Engineering, Safety and Health Management