

산업유해 위험물질 취급 제조현장 관리자의 공정안전관리(PSM)가 잠재위험도에 미치는 영향에 관한 연구

임채윤, 김채수*
동아대학교 산업경영공학과

A Study of on the Effect of Process Safety Management(PSM) of Manufacturing Site Manager Handling Industrial Hazardous Substances on Potential Risk

Chae-Yoon Lim, Chae-Soo Kim*
Industrial & Management Systems Engineering, Dong-A University

요약 본 연구는 국내 중소제조기업의 산업유해 위험물질 취급 제조 현장의 공정안전관리자를 대상으로 공정안전관리가 잠재위험도에 미치는 영향을 분석하는데 목적을 갖고, 2021년 4월 1일부터 5월 31일까지 61일간 국내 중소제조기업 위험물질을 취급하는 제조현장 공정안전 관리자 204명을 대상으로 지필식 설문조사를 하였고, SPSS 프로그램을 사용하여 분석하였다. 전체적인 연구결과 산업 유해 위험물질 취급 제조현장 공정안전 관리자의 공정안전관리(PSM)가 잠재 위험도에 미치는 영향력에 있어 인적 요인의 안전작업수행 ($B=.518, p<0.01$)이 잠재적 위험도에 유의한 영향력을 미치고, 시스템 요인인 안전조직, 의사소통은 유의적이지 않아 기각되었으며 산업재해 및 중대사고($B=-.252, p<0.05$)와 교육훈련($B=-.368, p<0.05$), 평가요인은 채택되었다. 그리고 통제변수에 따른 차이에 있어 성별, 연령($B=.048, p<0.005$), 직종, 본사와 협력회사 간의 변수는 유의적인 차이를 갖는 중요한 변수임을 나타내었고 경력, 직급, 종업원 수는 유의적이지 않아 기각되었다. 이 같은 결과는 공정 안전관리 활동에서의 인적 요인 중 안전작업수행과 중대사고 관리, 지속적인 교육훈련 및 평가가 재해예방성과로 연결될 수 있는 기반요소임을 실증해준 것으로, 작업현장에서 인적 안전관리가 매우 중요함을 시사한다. 따라서 제조 현장공정안전 관리자의 중대재해 처벌법에 기초한 안전교육과 훈련, 작업수행이 잠재적위험도를 예측하거나 낮추는 공정안전관리에 매우 중요함을 의미한 것으로 평가 할 수 있다.

Abstract This study aims to understand the impact of process safety management on potential risks for process safety managers at manufacturing sites handling industrial hazards. The research studied small and medium-sized manufacturing companies in Korea for 61 days from April 1 to May 31, 2021, and analyzed the observed data by using the SPSS program. Based on the study, safety awareness, level, goal, action plans, and carrying out work of PSM can be evaluated as important for PSM that predicts or lowers potential risks. In addition, based on differences according to control variables, variables such as gender, age, type of business, and the ones relating headquarters and partner companies were important with significant differences. On the other hand, career, positions, and the number of employees were rejected because they were insignificant. These results demonstrate that among human factors in PSM activities, safe work, serious accident management, continuous education and training, and evaluation are the basis for disaster prevention performance. This demonstration suggests that human safety management is very important at the workplace. Therefore, safety education, training, and safe work using PSM based on the Fatal Accidents Act are very important for process safety management.

Keywords : Small and Medium Sized Manufacturing Firms, Industrial Hazardous Substances, Manufacturing Site Safety Manager, Process Safety Management(PSM), Potential Risk

*Corresponding Author : Chae-Soo Kim(Dong-A Univ.)

email: cskim@dau.ac.kr

Received January 20, 2022

Revised February 23, 2022

Accepted March 4, 2022

Published March 31, 2022

1. 서론

유해·위험설비로부터 중대산업사고를 예방하기 위한 공정안전관리(Process Safety Management, PSM) 제도는 '95. 1. 5. 국내에 도입되어 현재 까지 시행되고 있다[1].

PSM제도는 공정안전보고서를 작성하여 안전보건공단에 제출하면 안전보건공단과 고용노동부는 이를 서류심사와 현장 확인을 한 후 이행수준평가와 및 이행실태를 점검하여 PSM사업장이 자율적으로 운영하도록 하고 있다[2].

PSM제도의 법적 근거는 산업안전보건법 제49조의2에 규정되어 있으며, 공정안전보고서의 제출대상은 산업안전보건법 시행령 제33조의 6(공정안전보고서의 제출 대상)에 명시된 공정설비를 갖춘 사업장이다[3]. 그러나 그동안 사업장을 5인 이상 사업장으로 확대(14.01.01)하거나, 대상 물질의 확대(14.09.13) 등으로[4], PSM사업장은 도입초기보다 6배 이상이 증가하였다[5,6]. 즉 선제적 화학사고 예방을 위한 위험경보제 도입(15.04.01), 이행상태평가 항목의 확대(97개 → 162개), 도급업체 안전관리 강화, 직권재평가 제도의 도입(16.08.18) 등을 통해 안전관리를 강화하여 왔으나, PSM사업장의 증가와 더불어 중대 산업사고가 지속적으로 발생하여 연간 10여 명 내외의 사망자가 발생되고 있는 것이다[7,8]. 따라서 이러한 사고의 발생을 예방하고 평상시 대응과 관련한 공정 안전관리의 혁신이 요구된다. 이러한 산업적 요구에 의해서 위험물질을 취급하고 있는 제조현장에 공정안전관리제도를 도입하고 적용하는 것은 잠재적 위험도가 높은 산업현장에서 필수적인 사항이다[1-3].

중대산업사고 현장에서의 안전사고 예방을 위한 체계적이고 구체적인 안전 활동으로 인정받고 있는 공정안전관리제도에는[4] 위험요소를 제거하는데 도움이 된다. 특히 위험물질취급 제조공정에 상식이 되어버린 공정안전관리 제도는 위험대상 물질이 확대되고, 대상사업장이 현저하게 늘어나면서 일관된 법의 틀 안에서 수행하기란 쉽지 않다[9,10] 이런 부담을 최소화하기 위해 사업장 안전의식을 개선하려는 노력으로 현재의 사업장 안전의식을 함양시켜 인적 안전의식 개선도 중요하지만 시스템적 요인 또한 중요한 요인이 되고 있다[11,12].

이는, 기존 인적 산업안전보건 요인의 규제 형태가 법규, 행정명령, 법규준수 이행과 같은 정책적 규제 중심에서 시스템적 공정안전관리 방식으로의 접근적 변화가 함께 이루어져야 한다[13,14].

이런 이유로 공정안전 요인은 공정안전 요인의 인적,

시스템적 요인의 측정지표를 적용한 잠재적 위험성 평가가 함께 선행되어야 한다[3,5,15].

안전제도는 안전 활동을 가능하게 하는 사회적 시스템을 갖추었을 때 비로소 안전한 제조현장의 문화가 정착될 수 있다[9].

이에 본 연구에서는 공정안전관리 사업장에 근로자의 공정안전 요인을 측정하여 산업 유해 위험물질 취급 제조 현장 관리자의 인적, 시스템적 요인이 잠재 위험도에 미치는 영향력을 밝혀 산업적, 실무적 시사점을 제안하는데 목적을 갖는다.

2. 공정안전관리 제도에 대한 이론적 배경

2.1 공정안전관리

공정안전관리는 중대산업사고를 예방하는데 있다[16,17]. 또한, 공정안전관리는 위험설비가 정해진 기준에 따라 설계, 제작, 설치, 운전 및 유지 관리되도록 전 과정을 대상으로 하며, 최고 경영자의 방침으로 정하여 실행확인이 수반되어야 한다. 공정안전관리는 실행 후 효과를 확인하고 개선하여야 한다[18,19].

즉, 단위공정별 우선순위를 결정하여 가장 위험성이 높은 공정부터 평가한다[20,21].

우선순위를 결정함에 있어서 우선 고려하게 되는데[22,23]. 이와 같은 공정안전 관리는 산업유해 위험물질 취급 제조현장에서의 잠재위험에 영향을 미치는 안전요소의 투입에 따른 감소 효과를 갖게하는 주요 요인이라 할 수 있다[24].

2.2 선행연구 검토

국내 PSM관련 선행 연구를 보면 먼저 윤경호[10]에서 국내·외 PSM 유사제도의 규정량을 검토하고, 정량화하여 적정 규정량 개선안을 제시하였다. 그리고 법령 개정안에 대한 규제영향분석서를 작성하였다. 즉, 수소, 암모니아 등의 21개 물질은 제안된 PSM 규정량 조정안이 매우 효율적이라고 하였다. 또한, PSM 사업성과 측정 및 효과분석에 관한 연구를 수행 한 이주영 외[4]는 PSM사업장과 중대산업사고예방센터에 대한 PSM 제도개선 설문조사를 실시하여 PSM 사업성과 측정 및 효과를 분석하였고, 선진 외국의 PSM제도와 비교·분석을 통해 실효성 있는 PSM제도 운용 및 새로운 발전방안을 제시하였다. 즉, PSM사업장을 대상으로 설문조사를 실시하여 PSM 만족도를 분석하였고, 사업장 규모별 운영현황과

운영효과를 분석하여 PSM제도 운영 및 정책수립의 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 그리고 이형섭·김우태[25]는 PSM사업장의 이행상태평가에도 불구하고, 최근 정비보수 중에 안전작업 절차 미준수와 협력업체 안전조치 미흡 등에 따른 대형사고가 발생되고 있기 때문에 사업장의 PSM제도 운영과 더불어 사업장 스스로 정비보수 중에 자율적으로 위험을 인지하고, 이를 보완할 수 있는 사고위험 정보 제 외 제도적 강화와 평가를 강화 할 것을 제안하였으며 본 제도 시행 이후에도 제도적 정책을 위한 잠재적 위험도를 낮추려는 속성을 찾는 연구까지 확대되고 있음을 엿볼 수 있다. 본 연구는 유해물질 취급공장의 정비보수작업 관련 운영제도, 지도감독 내용실태조사를 통하여 잠재적 위험요인을 도출하고자 한다.

2.3 공정위험성 평가방법 및 측정

위험성 평가는 위험이 공정·설비·인간실수에 의한 잠재적 위험이 있는 것에 대한 사고 발생 가능성을 사고가 발생하면 피해는 얼마나(어떻게) 되는지 위험을 제거하거나 발생 확률을 감소시킬 수 있는 방안은 무엇인가 등을 파악하기 위해 실시하는 것을 말한다[13].

평가방법의 선정은 사업장 스스로 결정하게 된다. 평가기법은 결합수 분석(FAT), 체크리스트분석, 작업자 실수 분석(HEA), 사고예상질문 분석(WHAT-IF), 상대 위험순위 결정분석방법(DOW/MOND INDICES) 등이 있다[6,7].

위험성 평가는 각 분야별 전문가로 구성된 팀에 의해 시행되는데 평가 팀에 최소한 설계전문가·공정운전전문가 등이 각 1인 이상 참여하도록 하고 있다. 이 중 팀 구성원 중 일인은 관련 자료를 평가 이전에 상호 교환하고, 필요 시 설명하여 팀 모두가 이해토록 함으로써 평가업무가 원활히 시행되도록 한다[15-17].

운전절차에는 각 운전공정 및 설비별 운전조건 범위(온도, 압력, 유량 등)가 명확히 기술되어야 하는데 특히 제조공정에서 취급되는 물질의 변경관리를 하여야 한다. 이때 안전운전 기준과 절차는 공정안전 기술자료의 내용과 일치해야 한다[26]. 운전 절차는 운전자의 운전담당 설비 및 운전분야가 명확하고 운전자의 운전위치가 분명하게 기술되어야 한다[17].

또한, 모든 사업장에서는 위험설비에서 운전, 작업하는 작업자들에게 제조공정과 잠재위험성 교육을 실시하여야 한다. 그리고 이를 작업자들이 이를 숙지하여 안전한 방법으로 운전·작업할 수 있는지 확인하여야 한다. 또한 사업장에서 위험설비에 대하여 자체검사와 시험 절차를

를 규정화하여 실시하고 자체검사 및 시험절차는 구체적이어야 하며 일반적으로 통용되는 기준에 따라야 한다[18]. 여기서 자체검사 및 시험실시 주기는 위험설비 제작 회사가 권장하는 주기 또는 사업장이 설비의 안정성을 유지하는데 필요하다고 판단되는 주기로 한다[19].

특히 산업유해 위험물질을 취급하는 사업장에서 화재·폭발·위험물 누출 등 중대산업사고가 발생하였을 때에는 인명과 재산을 보고하고 피해를 최소화하기 위한 비상조치 계획을 수립하여 실행하게 된다. 이때 사업장에서는 비상조치가 취해져야 할 경우 전 직원에 긴급 경보 조치를 취해야 하며 필요 시 인근지역 주민에게까지 비상사태를 알리고 필요한 조치를 하여야 한다. 사업장에서는 비상조치를 실행하기 전에 전 직원이 안전하고 질서있게 비상조치를 실행할 수 있도록 안내하고 지도 하는자를 지정하여야 하며 이들에게 안내·지도에 필요한 교육을 시행해야 한다[20,21].

여기서 비상조치계획은 서류로 알기 쉽게 작성되어 접근이 용이한 곳에 비치하여야 하며 근로자 30인 미만의 사업장은 서류 비치없이 대화로 비상조치 임무를 수행할 수 있어야 한다. 이 같은 요인과 평가방법에 근거한 적용을 통해 실증분석을 하고자 한다.

3. 연구방법

3.1 연구모형 및 가설의 선정

3.1.1 연구모형

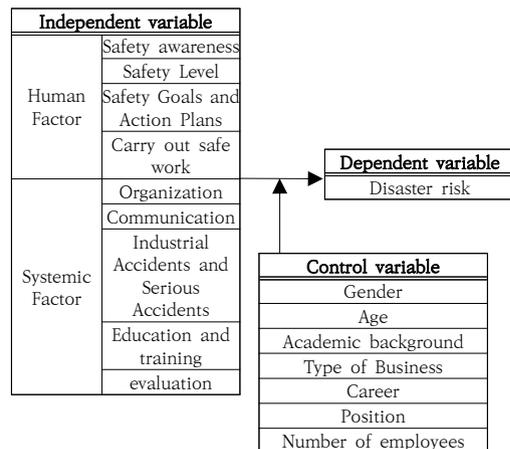


Fig. 1. Research model and Hypotheses

본 연구는 국내 중소 제조기업의 산업유해 위험물질 취급 제조현장 관리자의 공정안전관리(PSM)가 잠재위험도에 미치는 영향을 파악하는 데에 있다[1,6,7]. 이를 위해 선행연구[27-31]검토 결과를 바탕으로 재해위험에 영향을 미칠 것으로 예측하였다. 따라서 선행연구를 근거한, 가설설정은 Fig. 1과 같다.

3.1.2 가설의 설정

이형섭·김우태[25]는 PSM제도는 폭발성과 독성이 높은 물질이 사업장에 사용되면서 물질도 다양화 되고 있기 때문에 유해위험물질의 종류에 대한 공정관리 확대와 공정안전보고서 적용대상 사업장의 범위 확대가 요구된다고 하였다. 이 같은 공정안전관리의 확대적용은 유해위험물질 취급공장일수록 잠재위험도 또한 높아 질것을 예측할 수 있다. 이에 본 연구에서는 이 같은 이론을 준거로 산업유해 물질취급 제조현장관리자의 공정안전관리를 위한 인적 요인은 잠재위험도에 긍정적 영향을 미칠 것인 바 이를 바탕으로 다음과 같은 가설을 설정한다.

H1: 산업유해물질취급 제조현장관리자의 인적 요인은 잠재위험도에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

PSM/SMS제도의 합리적 개선방안을 연구한 이주엽 외[4]는 PSM 및 SMS제도의 운영 및 대상사업장의 적용과 국내외 PSM 및 SMS 관련 제도를 바탕으로 국내안전관리 기관의 역할 및 PSM 및 SMS제도의 합리적 운영의 정착을 위해 안정된 조직과 지속적인 교육훈련을 통한 평가가 이루어질 때 잠재위험도 또한 줄어 들 것임을 주장하였다. 이 같은 선행연구를 바탕으로 다음과 같은 가설을 설정하였다.

H2: 산업유해물질취급 제조현장 안전관리자의 시스템적 요인은 잠재위험도에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

PSM사업성과 측정 및 효과분석을 연구한 윤경호[10]는 국내에 PSM제도가 도입된 지 만10년이 되는 시점을 기준으로 PSM사업장의 조사와 영국·네덜란드 사례분석하고, PSM사업장과 측정기표 개발, PSM사업의 중장기 발전방향 제시 및 PSM제도 운영에 대한 중장기 발전 방향을 제시하였는데, 그는 여기서 공정안전관리가 잠재위험도에 미치는 영향력은 성별, 연령, 담당직무, 학력, 경력, 직급간의 통제에 따라 차이가 있음을 주장하였다. 따라서 이를 바탕으로 아래와 같이 가설을 설정하였다.

H3: 산업재해 위험물질 취급제조현장 안전관리자의 공정안전관리는 성별, 직종, 학력, 경력, 직급, 직무에 따라 통제받는 영향력이 각기 다를 것이다.

3.2 공정안전문화 측정방법

본 측정을 위한 설문구성을 조직구성에 있어 본사와 협력회사의 근로자들을 대상으로 동국대학교 안전공학과 최암식[14]과 윤경호[10]의 공정안전문화측정도구를 사용하여 측정하였다. 이 방법은 조직분석 그리고 경영시스템인 품질(ISO 9001), 안전보건 (KOSHA 18001), 환경 (IOS 14001) 과 포스코의 안전문화측정 툴인 PSRS(Posco Safety Rating System)을 벤치마킹한 것으로 이를 9개 요인으로 구성하였다.

본 설문문의 구성은 Table 1에서와 같이 총 48개 항목으로 구성하였다. 설문은 지필식 설문조사방법을 이용하였고 이를 회수하여 분석하였다.

Table 1. Detailed items for measurement tool in this study

Target	Spec.	Number of questions	Percentage
Company, Partner Company (Same question)	Safety awareness	3	39 questions (5-point scale)
	Safety level	5	
	Safety goals and action plans	4	
	Carry out safe work	4	
	Organization	3	
	Communication	8	
	Industrial accidents and serious accidents	3	
	Education and training	5	
	Evaluation	4	
	Suggestions for raising safety awareness	free form	

3.3 조사 대상 및 자료수집

표본설정 및 자료수집은 2021년 4월 1일부터 5월 31일까지 61일간 산업유해물질을 취급하는 중소제조기업 제조현장의 안전관리자 250명을 대상으로 설정하여 설문조사를 시행하였다. 또한 설문조사 응답률을 높이기 위해 전자우편조사와 방문조사를 병행하였다. 총 155개 기업을 대상으로 설문지를 발송하였으며 80개의 기업에

서 204명이 수집되어 총 배부 설문지의 약 65%를 최종 분석에 SPSS 23의 통계기법을 적용하여 실증분석을 실시하였다.

첫째, 빈도분석을 통해 조사대상자의 통계학적 분산과 변수들에 대한 현황을 파악하였다.

둘째, 본 연구의 중요 요인인 재해위험에 대한 기술분석을 실행하여 각 변수들의 분포와 특성을 파악하였다.

셋째, 본 연구의 요인을 구성하는 측정 도구들에 대해 내적 일관성을 검증하였고, 내적 일관성 척도로써 크론바 알파계수(Cronbach's alpha)를 적용하였다.

넷째, 본 연구에서 종속변수인 잠재적 재해위험도와 독립변수들끼리의 다중공선성을 살펴보기 위해 상관계수 분석(correlation analysis)을 실시하였다. 상관계수(correlation coefficient)는 두 변수 간의 관련성이 얼마나 강한지를 나타내는 지표를 의미하는데, 피어슨(Pearson)의 상관계수를 통해 변수들 간의 상관관계를 측정하였다.

다섯째, 본 연구의 가설(hypothesis)을 검증하기 위해 다중회귀분석을 실시하였다.

본 연구의 표본적 특성을 살펴보면 아래 응답자의 인구사회학적 특성을 살펴보면 Table 2와 같이 나타났다. 성별분포는 남자가 90.2%, 여자 9.8%로 나타났으며, 연령대는 40~49세 57.4%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 30~39세 26.0%, 50~59세 14.2%, 20~29세 2.5%로 나타났다. 학력은 대학교(4년제) 졸업이 69.6%, 대학원 이상이 16.7%, 전문대(2~3년제) 졸업이 12.7%, 고졸이 1.0%로 나타났다. 직업적 특성을 살펴보면, 먼저 직종은 경력은 공정담당자가 39.7%로 가장 많은 분포를 보였으며, 다음으로 작업반장이 21.1%, 안전관리자가 15.7%, 본사 안전관리팀이 12.3%, 시공관리자가 9.8% 순으로 나타났다. 경력은 11~15년이 40.2%로 가장 많은 분포를 보였으며, 다음으로 16~20년이 32.4%, 6~10년이 12.7%, 5년 이하가 9.3%, 20년 초과가 5.4% 순으로 나타났다. 직급은 과장급이 35.3%로 가장 많은 분포를 보였으며, 다음으로 차장급이 24.0%, 대리급이 17.2%, 부장급이 12.7%, 사원급이 5.9%, 임원급이 4.9% 순으로 나타났다. 매출액은 21~50억이 50.9%로 가장 많은 분포를 보였으며, 다음으로 11~20억이 35.5%, 10억 이하가 7.9%, 51~100억이 5.7% 순으로 나타났다. 종업원수는 21~50명이 45.6%로 가장 많은 분포를 보였으며, 다음으로 51~100명이 23.0%, 20명 이하가 19.6%, 101~300명이 5.9%, 501명 초과가 4.9%, 301~500명이 1.0% 순으로 나타났다.

Table 2. Sample characteristics

	Spec.	Frequency	Percentage
Gender	Male	184	90.2
	Female	20	9.8
Age	20~29	5	2.5
	30~39	53	20.6
	40~49	117	57.4
	50~59	29	14.2
Academic back ground	High School	2	1.0
	College Graduation	26	12.7
	4-Year University Graduation	142	69.6
	Over Graduate School Graduation	34	16.7
Type of business	Construction manager	20	9.8
	Safety manager	32	15.7
	Working group leader	43	21.1
	Headquarters safety management team	25	12.3
	Process manager	81	39.7
Career	5 years or less	19	9.3
	6-10 years	26	12.7
	11-15 years	82	40.2
	16-20 years	66	32.4
	More than 20 years	11	5.4
Position	Executive level	10	4.9
	Director level	26	12.7
	Deputy general manager	49	24.0
	Manager level	72	35.3
	Assistant manager level	35	17.2
	Employee	12	5.9
Sales	20 or less	40	19.6
	21~50	93	45.6
	51~100	47	23.0
	101~300	12	5.9
	301~500	2	1.0
	More than 500	10	4.9

4. 분석결과

4.1 주요 변수의 특성

주요 변수의 특성을 알아보기 위해 Table 3와 같이 평균, 표준편차를 살펴보았다. 먼저 종속변수인 재해위험은 평균 3.57(SD=0.81)로 나타났다. 독립변수인 안전의식의 평균은 3.88(SD=0.59), 안전수준은 평균 3.85(SD=0.45), 안전목표 및 실행계획은 평균 4.18(SD=0.63), 안전작업수행은 평균 4.02(SD=0.51), 조직은 평균

2.97(SD=1.00), 의사소통은 평균 3.58(SD=0.57), 산업 재해 및 중대사고는 평균 3.64(SD=0.60), 교육 및 훈련은 평균 3.69(SD=0.54), 평가는 평균 3.35(SD=0.81)로 나타났다.

Table 3. Characteristics of major variables

Spec.	N	Average	Standard deviation
Safety awareness	204	3.88	0.59
Safety level	204	3.85	0.45
Safety goals and action plans	204	4.18	0.63
Carry out safe work	204	4.02	0.51
Organization	204	2.97	1.00
Communication	204	3.58	0.57
Industrial accidents and serious accidents	204	3.64	0.60
Education and training	204	3.69	0.54
Evaluation	204	3.35	0.62
Disaster risk	204	3.57	0.81

4.2 신뢰도 분석

측정변수의 개념이 제대로 측정되었는지 확인하기 위해 신뢰도(reliability)를 분석해야한다. 동일 개념측정을 위해 내적일관성(internal consistency reliability) 평가방법으로 크론바흐 알파(Cronbach's α)계수를 통한 분석방법을 사용하였다. 허용기준치인 0.6이상을 확인하였으며, 이는 만족할만한 신뢰도가 충족되었음을 Table 4와 같이 알 수 있다.

Table 4. Reliability analysis

Spec.	Cronbach's α
Safety awareness	0.800
Safety level	0.695
Safety goals and action plans	0.835
Carry out safe work	0.680
Organization	0.948
Communication	0.806
Industrial accidents and serious accidents	0.748
Education and training	0.756
Evaluation	0.747
Disaster risk	0.814

4.3 상관관계 분석

종속변수 재해위험과 독립변수 안전의식, 안전수준, 안전목표 및 실행계획, 안전 작업 수행, 조직, 의사소통, 산업재해 및 중대사고, 교육 및 훈련, 평가 사이의 상관관계 분석 결과, Table 5와 같이 안전의식과의 상관관계 $r=.223$, 안전목표 및 실행, 계획 $r=.365$, 안전 작업 수행 $r=.351$, 평가 $r=.225$ 로 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 다음으로 각 회귀분석에서 독립변수들끼리의 다중공선성을 살펴보기 위해 상관계수를 살펴본 결과 $r=.004 \sim r=.720$ 사이의 상관관계로 나타나 독립변수들 사이의 다중공선성의 문제는 나타나지 않는 것으로 나타났다.

Table 5. Correlation analysis

Spec.	Safety awareness	Safety level	Safety goals and action plans	Carry out safe work	Organization	Communication	Industrial accidents and serious accidents	Education and training	Evaluation
Safety level	.663**								
Safety goals and action plans	.660**	.546**							
Carry out safe work	.586**	.649**	.636**						
Organization	.132	.453**	.004	.392**					
Communication	.602**	.665**	.561**	.586**	.517**				
Industrial accidents and serious accidents	.373**	.575**	.254**	.556**	.603**	.654**			
Education and training	.403**	.622**	.370**	.544**	.619**	.720**	.680**		
Evaluation	.286**	.492**	.336**	.503**	.652**	.606**	.545**	.715**	
Disaster risk	.223**	.109	.365**	.351**	.072	.166*	.004	.063	.225**

** p<.01. * p<.05.

4.4 재해위험 영향요인 분석

Table 6와 같이 안전의식, 안전수준, 안전목표 및 실행계획, 안전작업수행이 재해위험에 유의적인 영향을 미칠 것이다. 먼저, 위 가설에 있어 다중공선성을 분석한 결과 VIF가 1.127~4.915, 공차한계는 0.203~0.888로 다중공선성은 없는 것으로 드러났다. F값은 6.945(P<.001)로 통계적으로 의미있는 모형으로 분석되었다. 그리고

Table 6. Factor analysis

Factor	Non-standardized coefficient		Standardized coefficient	T	Significance Probability	Collinearity statistics	
	B	Standard error	Beta			Tolerance	VIF
(Constnat)	-0.891	1.039		-0.857	0.392		
Gender	0.549	0.168	0.208	3.277	0.001	0.791	1.264
Age	0.048	0.015	0.402	3.204	0.002	0.203	4.915
Academic background	-0.066	0.080	-0.049	-0.823	0.412	0.888	1.127
Type of business=1.0	-0.015	0.164	-0.006	-0.091	0.927	0.788	1.269
Type of business=2.0	0.034	0.134	0.016	0.249	0.803	0.787	1.271
Type of business=3.0	0.027	0.123	0.014	0.218	0.827	0.745	1.342
Type of business=4.0	-0.389	0.158	-0.167	-2.471	0.014	0.704	1.421
Career	0.160	0.091	0.206	1.748	0.082	0.230	4.354
Position	0.259	0.077	0.400	3.351	0.001	0.224	4.456
Number of employees	-0.074	0.044	-0.109	-1.661	0.098	0.745	1.343
Safety awareness	-0.018	0.127	-0.013	-0.140	0.889	0.349	2.863
Safety level	-0.294	0.185	-0.169	-1.585	0.115	0.281	3.563
Safety goals and action plans	0.192	0.128	0.152	1.507	0.134	0.315	3.175
Carry out safe work	0.518	0.163	0.306	3.177	0.002	0.345	2.898
Organization	0.056	0.080	0.073	0.707	0.481	0.300	3.338
Communication	0.011	0.156	0.008	0.073	0.942	0.268	3.731
Industrial accidents and serious accidents	-0.252	0.127	-0.182	-1.987	0.048	0.379	2.640
Education and training	-0.368	0.150	-0.248	-2.446	0.015	0.312	3.208
Evaluation	0.375	0.118	0.294	3.172	0.002	0.373	2.682
R2				0.422			
F(p)				6.945***			

설명력도 42.2%로 나타났으며 가설검정 결과 유의한 것으로 채택되었다.

가설1 : 안전요인의 안전의식, 안전수준, 안전목표 및 실행계획, 안전작업수행요인이 잠재적 재해 위험도에 영향을 미치는 요인분석에서 통제 변수를 투입하고 각 요인들의 영향력을 살펴본 결과, 독립변수 중 안전작업수행이 $B=0.518(p<0.01)$ 로 유의한 것으로 나타났고 안전의식, 안전수준, 안전목표 및 실행의 세 가지 요인은 유의하지 않을 것으로 나타나 가설1은 부분채택 되었다.

가설2: 독립변수인 조직, 의사소통 산업재해 및 중대 사고, 교육훈련, 평가의 5가지 요인 중 산업재해 및 중대사고가 $B=-0.252(p<0.05)$ 로 나타났으며 교육 및 훈련이 $B=-0.368(p<0.05)$ 로 평가요인이 $B=0.375(p<0.01)$ 로 나타나 채택된 반면, 조직, 의사소통 2개요인의 경우 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타나 기각되어 부분 채택 되었다.

가설3: 통제변수에서의 차이는 성별이 $B=0.549(p<0.005)$ 로 제시되어 남성일수록 재해위험이 높은 것으로 제시되었으며, 연령은 $B=0.048(p<0.005)$ 로 연령이 높을수록 재해위험이 높은 것으로 제시

되었고, 직종은 공정담당자보다는 본사 안전 관리팀일수록 잠재위험이 높은 것으로 나타나 통제변수에 따른 잠재위험에 미치는 영향력은 각기 다른 것으로 나타나 가설3도 부분채택 되었다.

5. 결론

전체적으로 산업 유해 위험물질 취급 제조현장 관리자에 공정안전관리(PSM)가 잠재 위험도에 미치는 영향력에 있어 안전작업 수행, 산업재해 및 중대사고, 교육 및 훈련 항목은 잠재적 위험도에 유의한 영향력을 미치고, 안전의식, 안전수준, 안전목표 및 실행계획, 조직, 의사소통, 평가는 유의적이지 않아 기각되었다. 그리고 통제 변수에 따른 차이에 있어 성별, 연령, 본사와 협력 회사 간의 변수는 유의적인 차이를 갖는 중요한 변수임을 나타내고 교육수준, 경력, 직종, 직급, 종업원 수는 유의적이지 않아 기각되었다.

이는 안전의식개선 활동에 따른 관련 중대산업재해와 사고, 교육, 훈련이 잠재위험도와 밀접한 연관성을 갖는 재해예방 성과로 연계될 수 있음을 의미하고 안전문화 확산을 위해 안전교육의 필요성을 제기한[8,25,29]점에서 본 연구에 매우 중요한 요소임을 실증해 준 것으로 평가할 수 있다. 그리고 공정안전관리에 있어 구성원 전원이 교육훈련에 자율적으로 참여할 수 있는 안전활동을 활성화 시킬 때 잠재적 안전사고가 개선될 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다.

이 같은 결과는 유해위험물질 취급산업일수록 기술집약적 장치산업으로, 각종 불안전 위험요소에 따른 높은 인적자원의 안전위험 수행이 중요하고 이를 위한 목표설정 및 철저한 실행이 요구되는데 이를 보완하기 위해서는 관련 안전관리자들이 공동으로 예방관리 목표를 설정해 실천함으로써 잠재위험 개선 등의 재해예방 효과를 가져 올 수 있음을 시사한 것으로 평가할 수 있다. 또한 공정위험 요인의 평가에 있어 서로 위험성 평가기법에 의해 공정의 안전특성을 고려하여 해당 위험성 평가기법을 선정한 후, 기각된 하위독립요인의 의존에서 벗어나 본 연구가설에서 채택된 인적자원의 안전작업수행을 위한 실질적인 투자 관리와 지원에 치중함으로써 잠재적 위험도를 낮출 수 있을 것으로 평가할 수 있다. 따라서 유해위험물질 취급산업 뿐만 아니라 원청업체와 협력업체가 서로 어떻게 협력하는가에 따라 산업재해 및 안전

사고의 개선이 향상되는지 아닌지를 파악할 수 있으며, 이 같은 진단을 통한 문제점을 파악하고 교육하여 안전 의식과 수준을 향상시킬 수 있을 것이다.

마지막으로 본 연구는 유해위험물질 취급업종에 관한 공정안전관리 속성과 요인의 도출을 통해 잠재적 위험도를 낮추는데 의의를 두고 접근했지만, 조사 대상과 지역적 제한 등 주요 연구 개념과 조사 문항 등을 일반기업의 것을 일부 활용한 한계를 가지고 있다. 따라서 향후 연구에서는 척도의 사용을 업종별 공정별 특성에 맞게 척도 개발과 함께 후속적 연구가 진행되어야 할 것이다.

References

- [1] Y. S. Kim, B. H. Kim, H. M. Kim, "A Study on Occupational Accident of Older Workers and Vulnerable Working Condition", *Health and Social Science*, Vol.35, No.1, p.309-329, 2014.
- [2] H. H. Cho, M. S. Park, "A study on the establishment of a safety prevention system for the excavation of burial cultural property", *KWLR*, Vol.63, pp.351-384, 2021.
- [3] K. D. Park, "Demographic Understandings of Occupational Injuries and Diseases", *The Korean Journal of Local Government Studies*, Vol.18, No.3, pp.183-204, 2014.
- [4] J. Y. Lee, K. W. Lee, B. J. Ahn, T. O. Kim, "Improvement Plan of Implementing Condition Assessment in Process Safety Management (PSM) System", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol.31, No.4, pp.27-34, 2016.
- [5] S. G. Jin, M. R. Kim, "A Study on the Reform the Industrial Safety and Health Management System", *Gri Review*, Vol.21, No.4, pp.85-106, 2019.
- [6] J. M. Seo, Analysis of supervisors' safety climate in the manufacturing industry, Master's thesis, Chungju National University, Korea, pp.53-54, 2012.
- [7] K. Y. Rhee, "The effect of the occupational safety and health activities on perception of the level of occupational safety and health in Korean manufacturing enterprises", *Korea Social Policy Review*, Vol.18, No.4, pp.79-111, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.17000/kspr.18.4.201112.79>
- [8] J. Y. Lee, K. W. Lee, K. J. Kim, T. O. Kim, "A Study on Improvement of Safety Management in Subcontractor through Process Safety Management", *Journal of The Korean Institute of Gas*, Vol.19, No.4, pp.15~21, 2015.
- [9] H. S. Jin, D. E. Lee, "Developing the Path Model defining the Relationship between Construction Worker's Personal Characteristics and Safety

- Behaviors”, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, Vol.13, No.2, pp.169-180, 2013.
- [10] K. H. Yoon, “A Case Study on Introduction of a National Risk Assessment - Lessons from the UK and Netherlands”, *Crisisonomy*, Vol.11, No.8, pp.19-41, 2015.
- [11] J. H. Lee, J. G. Lee, D. H. Seok, “Identification of Dimensions in Organizational Safety Climate and Relationship with Safety Behavior”, *Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, Vol.24, No.3, pp.627-650, 2011.
- [12] J. B. Baek, “A Measure for the Improvement Status of Process Safety Culture in the Chemical Process Industries”, *Journal of The Korean Institute of Gas*, Vol.10, No.2, pp.47-54, 2006.
- [13] D. J. Kim, I. B. Lee, J. Y. Moon, Y. W. Chen, “Offsite Consequence Analysis and safety management system process integration plan of safety management system”, *Journal of Korea Safety Management & Science*, Vol.18, No.3, pp.63-70, 2016.
- [14] A. S. Choi, A Study on Diagnosis and Improvement of Corporate Safety Culture, Master’s thesis, Dongguk University Seoul, Korea, pp.8-9, 2016.
- [15] Y. C. Yang, H. Choi, J. J. Kim, “A Study of Methods on Safety Checklist Improvement and Integrated Operation with Schedule for Construction Accident Prevention”, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.5, No.2, pp.123-135, 2004.
- [16] J. Y. Lee, K. W. Lee, K. J. Kim, T. O. Kim, “A Study on Improvement of Safety Management in Subcontractor through Process Safety Management”, *Journal of the Korean Institute of Gas*, Vol.19, No.4, pp.15-21, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.12812/ksms.2016.18.3.63>
- [17] D. C. Feldman, T. A. Beehr, “A three-phase model of retirement decision-making”, *American Psychologist*, Vol.66, No.3, pp.193-203, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1037/a0022153>
- [18] H. M. Hasselhorn, B. H. Müller, G. Freude, J. Tempel, S. Kaluzaa, “The work ability index(WAI)-establishment of a German WAI-network”, *International Cogress Series*, Vol.1280, No.1, pp.292-295, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1016/i.ics.2005.02.077>
- [19] J. Ilmarinen, K. Tuomi, J. Seitsamo, “New dimensions of work ability”, *International Cogress Series*, Vol.1280, No.1, pp.3-7, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1016/i.ics.2005.02.060>
- [20] B. Jorgensen, P. Taylor, “Employees, employer and the institutions of work : The global competition for terrain in the ageing workforce agenda”, *Foresight*, Vol.10, No.1, pp.22-36, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1108/14636680810856008>
- [21] I. Kloimüller, R. Karazman, H. Geissler, I. Karazman-Morawetz, H. Haupt, “The relation of age, work ability index and stress-inducing factors among bus drivers”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol.25, No.5, pp.497-502, 2000.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(99\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(99)00035-9)
- [22] J. Liira, E. Matikainen, P. Leino-Arjas, A. Malmivaara, P. Mutanen, H. Rytkönen, J. Juntunen, “A Work ability of middle-aged Finnish construction workekr-a follow-up study in 1991-1995”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol.25, No.5, pp.477-481, 2000.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(99\)00032-3](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(99)00032-3)
- [23] P. F. Orazem, M. Vodopivec, R. Wu, Worker displacement during the transition: Experience form Slovenia, *The Economics of Transition*, Vol.13, No.2, pp.311-340, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-0351.2005.00216.x>
- [24] P. J. Purcell, “Older workers : Employment and retirement trends”, *Journal of Pension Planning and Compliance*, Vol.34, No.1, pp.32-48, 2008.
- [25] H. S. Lee, W. T. Kim, “A Study on Settlement Planning of PSM system in the Small and Medium Sites”, *Korean Journal of Hazardous Materials*, Vol.5, No.1, pp.88-95, 2017.
- [26] L. M. Shore, J. A. M. Coyle-Shapiro, X. P. Chen, L. E. Tetrick, “Social exchange in work settings : Content, process, and mixed models”, *Management and Organization Review*, Vol.5, No.3, pp.289-302, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1740-8784.2009.00158.x>
- [27] V. Skirrbekk, “Age and individual productivity : A literature survey, In G. Feichtenger”, *Vienna Yearbook of Population Reseach*, Vol.2, No.1, pp.133-150, 2004.
<https://www.istor.org/stable/23025440>
- [28] J. Tang, C. MacLeod, “Labor force ageing and productivty performance in Canada”, *Canadian Journal of Economics Revue canadienne d'economique*, Vol.39, No.2, pp.582-602, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0008-4085.2006.00361.x>
- [29] Y. R. Jang, S. S. Go, “A Study on the Priority Safety Management Items in the Medium and Small sized Construction Sites”, *Korea Institute of Construction Engineering and Management*, Vol.21, No.4, pp.38-49, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2020.21.4.038>
- [30] S. K. Jin, M. R. Kim, “A Study on the Reform the Industrial Safety and Health Management System”, *Gri Review*, Vol.21, No.4, pp.85-106, 2019.
- [31] E. B. Lee, B. T. Yoo, “A Study on the Rationalization of Criteria for Facilities Handling Toxic Chemicals in Consideration of the Threshold Quantity”, *KRCCEM*, Vol.14, No.9, pp.111-120, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.14251/crisisonomy.2018.14.9.111>

임 채 윤(Chae-Yoon Lim)

[정회원]



- 2014년 2월 : 동아대학교 산업공학과 (공학사)
- 2016년 8월 : 동아대학교 산업경영공학과 (공학석사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 동아대학교 산업경영공학과 박사과정
- 2021년 10월 ~ 현재 : 진례 농협 이사

<관심분야>

산업안전관리, 품질관리, 생산관리

김 채 수(Chae-Soo Kim)

[정회원]



- 1985년 2월 : 동아대학교 공업경영학과 (공학사)
- 1991년 2월 : KIST 산업공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : KAIST 산업공학과 (공학박사)
- 2013년 7월 ~ 현재 : 동아대학교 산업경영공학과 교수

<관심분야>

물류시스템 설계, OR, TRIZ 응용