



화학공장의 근로자 불안전상태 예방을 위한 관리방법에 관한 연구

백주홍 · 임동휘* · 김민섭** · 설지우 · 유병태*** · †고재욱****

광운대학교 화학공학과 박사, *광운대학교 화학공학과 석사, **광운대학교 화학공학과 박사과정
한국교통대학교 안전공학과 교수, *광운대학교 화학공학과 교수
(2022년 4월 11일 접수, 2022년 4월 20일 수정, 2022년 4월 28일 채택)

A Study on the Management Method for Preventing Workers' unsafe Behavior in Chemical Plant

Ju Hong Baek · Dong-Hui Lim · Min-Seop Kim

Ji Woo Seol · Byung Tae Yoo* · †Jae Wook Ko

Dept. of chemical Engineering, Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

**Dept. of Safety Engineering, Korea National University of Transportation, Korea*

(Received April 11, 2022; Revised April 20, 2022; Accepted April 28, 2022)

요약

화학공장에서 발생하는 사고의 발생원인은 다양하지만, 전 세계적으로 발생하는 산업재해의 96%는 근로자의 불안전행동에 의해 발생된다. 국제노동기구(International Labour Organization, ILO)에서는 근로자의 불안전행동에 의한 사고의 위험성을 경고하기 위하여 산업현장에서 다발적으로 발생하는 근로자의 불안전 행동을 20개의 요소로 구분하여 발표한 바 있으며, 산업재해 예방을 위해서는 근로자의 불안전행동을 제어하여야 한다고 강조하고 있다. 본 연구에서는 근로자의 불안전행동을 관리할 수 있는 방법을 알아보기 위하여 국내 사업장의 사고조사 이력 정보를 토대로 현장에서 다발적으로 발생하는 주요 불안전행동 유형을 분석 하였다. 주요 불안전행동 분석 결과를 기반으로 Swiss Cheese Model을 이용하여 불안전 행동을 유발하는 근본원인을 분석하였으며, 각 근본원인별 관리방법을 제안하였다.

Abstract - The causes of accidents occurring in chemical plants vary, but 96% of industrial accidents occurring worldwide are caused by workers' unsafe behavior. The International Labour Organization (ILO) has announced 20 elements of workers' anxiety-warning behaviors that occur on multiple occasions at industrial sites in order to warn them of the risk of accidents caused by workers' anxiety-driven behavior, and to prevent industrial accidents, workers' anxiety-driven behavior should be controlled under stress In this study, major types of unsafe behavior were analyzed on the basis of information on the accident investigation history of domestic workplaces in order to find out how workers can manage their unsafe behavior. Based on the results of the analysis of the major anxiety war behavior, the root cause of causing anxiety war behavior was analyzed using the Swiss Cheese Model, and each root cause management method was proposed.

Key words : unsafe-behavior, safety culture, swiss cheese model

†Corresponding author:jwko@kw.ac.kr

Copyright © 2022 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

1960년대부터 우리나라의 산업은 정부주도하에 중화학공업의 육성과 경제산업구조 현대화가 진행되었다. 그러나 산재보상 적용대상 확대와 경제발전으로 인하여 산업재해자수는 지속적으로 증가하여 1970년대부터 산업재해가 심각한 사회문제로 대두되기 시작하였다. 그리고 시간이 지날수록 화학공장의 공정의 규모가 커지고 복잡성이 높아지면서 유해화학물질에 의한 잠재적 사고위험은 지속적으로 증가하였다. 우리나라는 1980년대 말 한국산업안전공단을 창립하고 다양한 산업재해예방 정책 및 적극적인 안전관리 사업을 수행하여 중대산업사고를 예방하기 위한 공정안전관리제도(PSM), KOSHA-18001 과 같은 안전보건경영 프로그램 수행 등 산업재해율의 저감을 위한 지속적인 노력을 해왔다.

그 결과 Table 1과 같이 1980년대 후반부터 우리나라의 산업재해율을 감소하기 시작하였으며, 1997년 0.6%를 시작으로 2004년에는 1.24% 까지 재해율이 상승하였으나, 2004년 이후로는 지속적으로 감소하여 2017년 기준 0.48% 의 낮은 재해율을 기록하고 있다.

낮은 재해율에도 불구하고 매년 발생하는 사고로 인한 사망자수는 감소되지 않으며 우리나라의 최근 10년간의 평균 ‘사망만인율’은 약 1.2로 2017년 기준 OECD국가들의 사망만인율을 비교하여 보면 미국 0.34, 일본 0.2, 독일 0.18, 영국 0.04 로 우리나라에 비하여 매우 낮은 사망만인율을 보여주고 있다.

Dupont에서 발표한 자료[1] “Annual Safety Culture

Report – The values-based safety process”에 의하면 발생하는 산업재해의 근본원인중 96%는 근로자의 불안전행동에 기인한다고 조사된바 있으며, 국제노동기구(International Labour Organization, ILO)에서는 근로자의 불안전행동에 의한 사고의 위험성을 경고하기 위하여 주로 발생하는 불안전행동 20가지를 분류하여 발표하였다.

지속적인 기술의 발전에 의하여 화학공장들의 공정체계는 상당한 수준으로 고도화가 되어 있으며, 공정에 사용하는 장비들의 신뢰성 또한 많이 상승되어 있는 추세이다. 따라서 본 연구에서는 전 세계적으로 산업재해의 주요 원인으로 주목하고 있는 근로자의 불안전행동 분석하기 위한 기반구조를 마련하고, 이를 토대로 효율적인 불안전행동 관리 방법을 제시하고자 수행하였다.

II. 이론

2.1. 불안전 행동 (Unsafe behavior)

불안전행동은 일반적으로 인정되는 안전한 방법이나 특정한 업무 수행 방법에서 벗어나 사고 확률을 높이는 행위를 말한다. 불안전행동을 유발하는 원인은 매우 다양하지만, 안전행동을 할 경우 나타날 수 있는 불편함, 시간소요, 주변의 압력 등과 같은 부정적인 결과로 인한 원인이 가장 많다.

하인리히는 산업재해의 원인을 설명하는 도미노 모델을 제안하였으며, 불안전행동과 불안전상태를 산업재해의 직접적 원인으로 지적하였다[3]. 그 중 불

Table 1. Statistical table of industrial accidents over the last 10 years (2008 ~ 2017)

연도별	2008	2009	2010	2011	2012
근로자수(명)	13,493,802	13,974,428	14,296,376	14,352,615	15,636,610
재해자수(명)	95,806	97,821	98,645	93,292	92,256
사망자수(명)	2,146	1,916	1,931	1,860	1,864
사망만인율	1.59	1.37	1.35	1.30	1.19
재해율 (%)	0.71	0.7	0.69	0.65	0.59
연도별	2013	2014	2015	2016	2017
근로자수(명)	15,563,390	17,152,642	17,968,931	18,431,716	18,560,142
재해자수(명)	91,824	90,909	90,129	90,666	89,848
사망자수(명)	1,929	1,850	1,810	1,777	1,957
사망만인율	1.24	1.08	1.01	0.96	1.05
재해율 (%)	0.59	0.58	0.5	0.49	0.48

안전행동의 예시는 아래와 같다.

- ① 개인보호구의 부적절한 사용 및 미사용
- ② 안전장치, 방호장치의 무력화
- ③ Lock-out/Tag-out 미실시
- ④ 경보장치 신호무시
- ⑤ 결함이 있는 장비의 사용
- ⑥ 작업 중 불필요한 동작
- ⑦ 작업 수행 결과 미확인
- ⑧ 접근 제한 장소에 무단출입

국제노동기구(ILO)에서는 불안전행동을 4개 분류 20개 요소로 구분하였으며, 아래와 같다.

(1) Personal Factors (PF)

- ① PF-01, Laziness : 게으름
- ② PF-02, Past experience : 과거의 경험
- ③ PF-03, Being in hurry : 서두름
- ④ PF-04, Showing off : 과시
- ⑤ PF-05, Being angry : 화남
- ⑥ PF-06, Being uncomfortable : 불편함
- ⑦ PF-07, Effects of using drugs and alcohol : 약물 사용
- ⑧ PF-08, Supervisor's acceptance : 관리감독자의 묵인
- ⑨ PF-09, Co-worker's acceptance : 동료작업자의 묵인
- ⑩ PF-10, Overconfidence : 자만심

(2) Job Factors (JF)

- ① JF-01, Too much work : 과중한 작업
- ② JF-02, Too little work : 과소한 작업
- ③ JF-03, Time pressure : 시간적 압박

(3) Management Factors (MF)

- ① MF-01, Management pressure : 관리적 압박
- ② MF-02, Management support : 관리적 지원
- ③ MF-03, Supervision : 관리감독
- ④ MF-04, Reward : 보상
- ⑤ MF-05, Penalty : 벌칙

(4) Workgroup Factors (WF)

- ① WF-01, Group norms : 작업그룹 표준
- ② WF-02, Group pressure : 작업그룹의 압박

국제노동기구에서 분류한 불안전행동은 개인적요소(Personal Factor), 업무요인(Job Factor), 관리요인(Management Factor), 작업조직요인(Workgroup Fac-

tor)로 구분되어 있으며, 4가지 유형의 근원적인 문제로 인하여 근로자가 잘못된 판단 (Decision to error) 하게 되며, 그로인하여 불안전행동을 유발시키고, 이것이 사고로 전개될 위험성이 있다고 분석하고 있다.

미 공군과 육군에서는 항공사고와 관련된 인적오류들을 분석하기 위한 인적요인분석분류시스템(HFACS, Human Factors Analysis and Classification System)을 개발하였으며, 이 시스템은 영국의 심리학자 Reson이 제시한 Swiss Cheese 모델의 잠재적실수와 실제실수를 바탕으로 4단계(불안전행동, 불안전행동의 전제조건, 불안전감독, 조직의 영향)로 나누어 인적오류를 정의하고 사고와 가장 밀접한 단계인 불안전행동의 주요 구성요소와 원인 범주들을 분류하였다. 이 모델은 불안전행동을 의사결정오류, 기술기반오류, 지각오류 등의 습관적인 위반과 예외적인 위반 총 5가지로 분류하였으며, 내용은 아래와 같다.

- 의사결정오류(Decision Errors) : 절차를 잘못 수행했거나 선택이 적절하지 않거나 주어진 정보를 잘못 해석한 경우 발생
- 기술기반오류(Skill-based Errors) : 행위의 실수에 대한 오류
- 지각오류(Perceptual Errors) : 감각이 저하되어 비정상적인 상태일 때 발생하는 오류
- 습관적 위반(Habitual Violation) : 관리감독시스템에서 규정하는 규칙과 별개로 규정에는 위배되지만 행위자체로 볼 때 관리감독시스템에서 지나치지만 않으면 규제하지 않는 행위들을 말한다.
- 예외적 위반(Exceptional Violation) : 개인의 성향이나 관리감독시스템이 묵인하는 위반과 달리 명백하게 규칙에 벗어나는 의도적인 위반을 지칭한다.

2.2 안전문화 (Safety Culture)

안전문화는 1980년대부터 광범위하게 연구되어온 개념으로 조직의 안전문화를 정의 하는데 많은 관점과 접근법이 존재한다. 안전문화는 조직문화와도 밀접한 연관이 있으며 조직원이 안전을 어떻게 인식하고 다루는지 또한 안전과 관련된 이슈를 제대로 파악하고 안전하게 작업을 수행하는지에 영향을 준다. 안전문화에 대한 개념은 심리학 기반과 공학적 기반 두 가지로 구분되어 연구가 진행되어왔다[4].

안전문화를 표현하기 위한 모델은 연구자들의 특성에 따라 다양한 형태로 표현하고 있으며 안전문화 모델을 개발하기 위한 이론적인 기초는 연구자마다 차이가 있으나 안전문화모델의 방향성과 구성요소는 비슷하다. 최초의 안전문화 모델은 Bandura(1986)가 제시한 상호 결정모델 (Model of reciprocal determin-

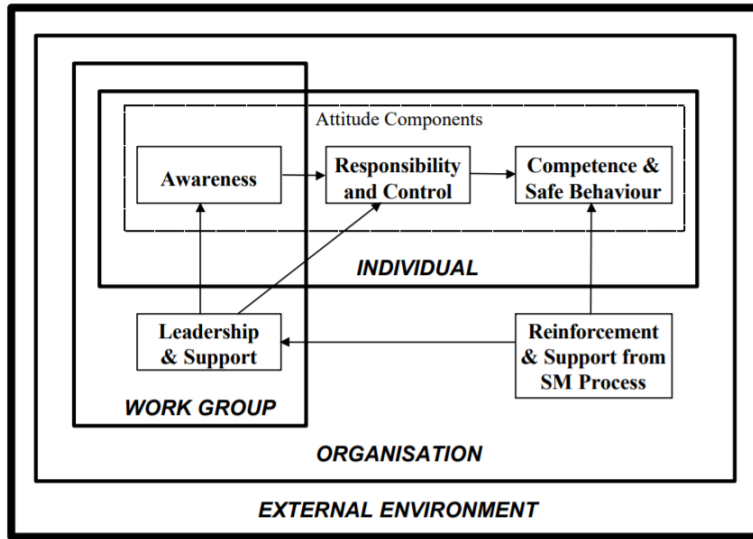


Fig. 1. A systems model of safety culture.

ism)을 근간으로 발전되었다[5]. 상호결정모델에 따르면 사람의 심리요인과 참여행동요인, 상황들이 서로 상호 작용을 통하여 의사가 결정된다.

영국 보건안전청(HSE)과 Loughborough University는 사업장의 안전문화를 측정 및 관리하기 위한 ‘Safety Climate Measurement Toolkit’를 개발하였으며, 이 모델은 개인영역과 조직영역, 작업그룹 영역으로 구분된 안전문화 모델을 제시하고 있다. 개인의 안전인식은 안전에 대한 책임 및 제어에 영향을 미치고 이는 안전역량과 안전행동으로 나타난다.

그리고 작업그룹의 안전리더십 및 지원이 근로자 개인의 안전에 대한 인식 및 안전과 관련된 책임 및 제어에 영향을 미치며, 조직의 지속적인 안전리더십 및 지원에 대한 보강과 안전관리 프로세스로부터의 지원이 작업그룹의 리더십 및 지원에 영향을 미친다. 조직의 지속적인 안전관리 및 지원, 안전리더십 지원, 개인에 대한 안전의식 향상, 근로자 개인의 안전행동 등 모든 영역이 상호 영향을 주어 궁극적으로 조직의 안전문화가 형성됨을 이 모델을 통해 알 수 있다.

III. 연구 방법

본 연구에서는 국내 사업장 근로자 불안전행동을 분류하기 위해 심리학자 James Reason이 제안한 사회심리학적 모델을 기반으로 사고 근본원인 분석을 통하여 불안전행동을 분류하였다. 사회심리학적 모델은 관련 문헌 및 사례, 비교자료가 가장 많으며, 선진

Table 2. Sites subject to statistical analysis of unsafe behavior

순번	대상기업	종속 사업장 수	사고 건 수 (최근 10년)
1	기업1	3	2,256
2	기업2	3	1,984
3	기업3	2	1,327
4	기업4	2	1,259
5	기업5	1	961
6	기업6	1	539

기업들이 가장 많이 선택하고 있는 방법이기 때문에 해당 연구에서 사용하여 근로자들의 불안전행동 요소를 구분하였다. 사고 근본원인 분석의 핵심은 근로자의 불안전행동이 사고로 발전되기 전 어느 단계에 방호장치(Barrier)를 설치할 것인지 구분하기 용이하며, 근로자의 불안전행동을 근본원인분석 방식으로 구분한다면 불안전행동 별 방호장치를 개발 및 적용하는데 용이하다.

국내 사업장의 불안전행동의 유형을 파악하기 위하여 6개 기업 12개 사업장의 사고조사 정보를 토대로 불안전행동의 유형을 분석하였으며, 대상 사업장의 개요와 분석한 사고정보의 개수는 Table 2와 같다.

사회심리학적 모델 기반 근본원인분석을 통하여

Table 3. Definition of intentional unsafe behavior

기호	용어	용어의 정의
B1	고의적 운전오류	회사에 대한 불만으로 운전, 조작을 고의적으로 실수하는 행위
B2	자해	경제적 이유 등으로 고의적으로 자기의 신체에 해를 입히는 행위
B3	시설파손	회사에 대한 앙갚음을 하기 위하여 고의적으로 시설을 파손하는 행위
B4	개인성향	산만함, 주의결핍 등의 개인적 성향으로 인하여 발생하는 불안전행동
B5	조직분위기	조직장의 안전관리 마인드의 차이로 발생하는 분위기
B6	불편한 작업환경	작업장 주변의 여건(공간, 기후, 소음, 조명)으로 인하여 근로자가 작업에 집중을 못하는 상황
B7	자외에 의한 서두름	의도적 의지로 업무를 빨리 끝내고자 서두르는 행위
B8	타인에 의한 서두름	타인의 지시에 의하여 업무를 빨리 끝내고자 서두르는 행위
B9	능력과시	타인에게 잘보이기 위하여 작업을 무리하게 진행하는 행위
B10	경험과신에 의한 잘못된 판단	자신의 경험을 과신하여 작업판단을 제대로 하지 못하는 상황
B11	성과 달성에 대한 강박관념	성과에 대한 강박관념으로 인하여 무리하게 작업을 진행하는 행위

Table 4. Definition of unintentional unsafe behavior

기호	용어	용어의 정의
B12	개인역량의 부족	안전하게 작업할 수 있는 근로자 개인의 능력이 부족한 상황
B13	교육관심도 저하	교육의 내용이 반복적이거나 지루하여 관심을 끌지 못하는 상황
B14	학습능력의 부족	근로자의 인지능력의 저하로 교육내용을 충분히 습득하지 못하는 상황
B15	작업 전 안전활동의 부족	작업 전에 점검해봐야 할 안전활동이 만족스럽지 못한 상황
B16	작업 중 안전활동의 부족	작업 중에 점검해봐야 할 안전활동이 만족스럽지 못한 상황
B17	의사소통의 오류	작업을 수행함에 있어, 동료 혹은 선/후임자 간의 의사소통이 원활하지 못한 상황

도출한 불안전행동 요소로는 크게 2가지 “의도적 불안전행동”, “비의도적 불안전행동”으로 분류하였다.

“작업표준을 위반함을 인지한 상태에서 작업진행 중에 발생하는 위험”, “비의도적 불안전행동”은 “위험을 인지하지 못한 상태에서 작업진행 중에 발생하는 위험”으로 구분하였다.

의도적 불안전행동은 “고의적 행위”와 “안전 불

감증”으로 구분되며, 근본원인으로는 11개의 유형으로 분석하였다. 비의도적 불안전행동은 크게 “개인역량의 부족”과 “조직역량의 부족” 2가지로 구분되었으며, 근본원인으로는 6개의 유형으로 분석하였다.

국내 석유화학 6개 기업 12개 사업장의 사고조사 이력 정보를 토대로 불안전행동 통계분석을 통하여

Table 5. Intentional unsafe behavior

개인적 요인	표본수	비율(%)
부주의(게으름)	2,562	30.8
경험과신에 의한 잘못된 판단 (자만심)	1,098	13.2
자의에 의한 서두름 (서두름)	366	4.4
타의에 의한 서두름 (시간적 압박)	1,321	15.9
성과달성에 대한 강박관념 (작업 그룹의 압력)	244	2.9
고의적 운전오류 (화남)	610	7.3
자만심 (능력과시)	488	5.9

Table 6. Unintentional unsafe behavior

작업적 요인 등	표본수	비율(%)
개인 및 조직역량의 부족	610	7.3
의사소통 오류 (관리자 또는 동료의 묵인)	1,027	12.3

다발적으로 발생하는 주요 불안전행동 유형을 분류한 결과는 아래와 같다.

- 1) 분석대상 : 8,326 건 (사고조사이력)
- 2) 분석방법 : Taproot, Root Cause Analysis
- 3) 분석결과
 - 가. 의도적 불안전행동이 약 80% 비의도적 위험요소는 20%
 - 나. 대표적인 불안전행동은 게으름, 자만심, 서두름이 약 60%

각 사고조사이력 정보에 대한 의도적 및 비의도적 불안전행동 통계는 **Table 5** 와 **Table 6** 와 같다.

국내 석유화학 6개 기업 12개 사업장의 사고조사이력 정보를 토대로 분석한 결과 근로자의 불안전행동 중 근로자의 자의적 판단에 의하여 발생하는 의도적 불안전행동이 80%, 비의도적 불안전행동은 20%로 나타났으며, 대표적인 불안전행동 유형은 게으름, 자만심, 서두름으로 분석되었으며, 이 세 가지 유형의 불안전행동이 의도적 불안전행동의 60%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

근로자의 불안전행동을 제어하기 위한 요소중 하나로 위험관리 능력을 구분하였으며, 이는 위험을 인지하는 능력, 평가하는 능력, 통제하는 능력과 위험에 대한 소통으로 구성할 수 있다.

비의도적, 의도적 불안전행동에 영향을 주는 위험관리능력을 총 네 가지로 분류하였으며, 위험인지와 위험평가는 비의도적 불안전행동을 제어하는 인자,

Table 7. Hazard Management Capability Classification

불안전행동 유형	비의도적 불안전행동 (Unintentional Unsafe Behavior)		의도적 불안전행동 (Intentional Unsafe Behavior)	
	위험관리 능력	위험 인지	위험 평가	위험 통제
		위험 인지	위험 평가	위험 통제

위험통제와 의사소통은 의도적 불안전행동을 제어하는 인자로 분류하였다(**Table 7**).

근로자의 위험관리 능력을 위험인지, 평가, 통제, 의사소통의 측면으로 분석하고자 평가 설문지를 구성하였다.

평가 설문지의 구성은 네덜란드 TNO(Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek, ; English: Netherlands Organisation for Applied Scientific Research) 산하 CGE와 국내 안전문화연구소가 공동으로 개발한 모델을 본 연구과제에 적합하게 변형하여 사용하였다.

- (1) 위험인지, 위험평가, 위험통제와 의사소통 능력의 평가로 구성
- (2) 전체 80문항으로 정리, 각 평가항목별 20문항으로 구성.

Table 8. Guidelines for Prevention of Unsafe Behavior

순번	불안전행동 예방 가이드라인
1	(1) 안전관리 감성교육 (2) 안전관리활동 평가 (KPI) (3) 안전대화 (Safety Forum)
2	(1) Expert Leadership 교육과정 (2) TRA Leader 활동
3	(1) SOP 교육 (2) 위험예지활동 (3) 정기적인 안전기술 교육
4	(1) 작업허가 관리 (Work permit) (2) 작업 전 안전교육
5	(1) 잠재재해 Report (2) Job Safety Analysis (3) 위험성평가를 이용한 작업환경 개선
6	(1) SOP 교육 (2) 위험예지활동 활성화
7	(1) 작업허가관리 (Work permit) (2) 작업 전 안전교육 (3) 위험예지활동 (4) 고 위험 작업에 대한 위험성평가
8	(1) 교육에 대한 Needs 조사 (2) 적절한 교육예산의 수립
9	(1) Job Safety Analysis (2) 위험성평가를 이용한 작업환경 개선
10	(1) 작업환경조사 활동 (2) SOP 스스로 작성하기
11	(1) 교육에 대한 Needs 조사 (2) 중장기적인 교육 커리큘럼 (3) 근로자 참여형태의 교육으로 전환
12	(1) VOWP(Voice of workplace)운영 (2) 산업안전보건위원회 활성화

- (3) True/False 테스트를 통하여 답변의 일관성이 떨어지는 설문자료는 통계에 반영하지 않음.
- (4) 참고문헌 : C-SMART (Culture-Safety Management Assessment and Rebuilding Tool)

위험관리 능력평가를 위한 설문을 토대로 다발적으로 불안전행동을 유발하는 12가지 요인을 발굴하였으며, 이에 대한 개선 방안을 제시하였다.

IV. 연구 결과

설문조사를 통해 불안전행동을 유발하는 12가지 요인을 발굴한 결과는 아래와 같다.

- 1) 안전관리 활동에 대한 근로자의 관심도 낮음
- 2) 숙련자의 매너리즘
- 3) 작업에 대한 위험인지 능력의 저하
- 4) 일반작업에 대한 안전관리 미흡
- 5) 불편한 작업환경
- 6) 작업을 빨리 마무리하고자 하는 문화
- 7) 위험을 감수하고 무리하게 작업
- 8) 안전교육 예산의 한계로 인한 교육의 질 저하
- 9) 지속적으로 개선이 안되는 작업환경
- 10) 작업환경과 차이가 있는 규정과 절차서
- 11) 반복적인 안전교육으로 인한 관심저하
- 12) 현장의 의견이 잘 반영되지 않는 회의 문화

각 행동별 불안전행동 예방가이드라인을 정리하면 아래와 같다.

V. 결론

전 세계적으로 안전관리 패러다임은 근로자의 불안전행동 예방에 초점이 맞춰지고 있으며, 산업재해 예방을 위하여 국내에서는 공정안전관리제도 (PSM)와 KOSHA-18001 안전보건경영시스템을 각 사업장에 구축하게 함으로써 산업재해를 감소라는 성과를 이루었다. 이러한 제도 및 시스템은 실제 현장에서 일하는 근로자가 능동적으로 산업재해에 대처할 수 있는 방식이 아니기에 장기적으로는 효과가 미비하여, 근로자의 안전불감증, 안전의식 결여 등과 같은 불안전행동에 의한 재해를 방지하기에는 한계가 있다. 최근 우리나라에서도 안전문화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 심리학, 사회학, 공학 등 여러 분야의 안전문화인식의 차이가 있고 실질적인 적용방법론에 있어 연구가 매우 부족한 실정이다. 이에 따라 본 연구는 산업재해 발생원인의 96%를 차지하는 근로자 불안전행동 예방을 위하여, 현장의 사고조사정보와 근본원인 분석을 이용한 불안전행동 분석방법을 제시하였으며, 불안전행동을 유발하는 12가지 주요요인을 도출하여 각각의 항목에 대한 불안전행동 발생 가능성을 계산하였고, 12가지 주요요인에 대한 예방방법을 제안하였다.

본 연구를 통해 화학공장의 근로자 불안전행동 감소가 사업장의 위험관리능력과 재해율에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 그러나 근로자의 불안전행동은

사업장의 특성 및 연구를 진행하는 연구자마다 그 구성요소와 변수들이 매우 다양하다. 따라서 본 연구결과를 획일적으로 모든 사업장의 근로자 불안전 행동을 예방하는데 적용하는 것은 한계가 있을 수 있다. 일반적으로, 공정안전관리제도(PSM), 안전보건경영시스템을 통하여 접근할 수 있는 재해예방에는 한계가 있으며, 기존의 시스템적 안전관리 프로그램에 근로자의 자율적인 안전의식이 결합되어야 진정한 산업재해 예방 프로그램이 될 수 있다고 생각한다. 또한 현대사회의 안전관리는 기존의 기계설비 중심에서 인적자원의 관리로 전환을 요구하고 있으며, 따라서 산업재해로 전개될 수 있는 사업장의 모든 잠재위험요소를 효과적으로 제어하기 위해서는 완성도 높은 안전경영시스템과 건강한 안전문화가 결합되어야 한다. 즉, 안전하고 건강한 사업장 환경을 조성하기 위해서는 전사적인 안전보건경영에 대한 지속적인 관심과 전 임직원의 능동적인 동참의지가 기업의 안전문화에 반영되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음. (과제번호 21ATOG-C162087-01).

REFERENCES

- [1] Dupont, Annual Safety Culture Report-The values-based safety process, (2011)
- [2] ILO, The Unsafe acts and the decision-to-err factors, (2005)
- [3] Heinrich. H. W., Peterson, D. Roos, N. Industrial Accident Prevention, (1980)
- [4] Anemones. S., Safety Culture Assessment : A Mission Impossible?, Journal of Contingencies and Crisis Management, (2009)
- [5] Bandura, A., Socialfoundations of Thoughtand Action. Englewood Cliffs, Nj:Prentics-Hal., (1986)
- [6] Guldenmund. F. W., Understanding and exploring safety culture. Delft University, (2010)
- [7] Barndoor, A., Social foundations of Thoughted action, Englewood Cliffs, Nj;Perntics-Hal., (1986)
- [8] Dow Chemical, Responsible Care Campaign, Annual Report US, (2008)
- [9] Hyuck-myun Kwon, "The effectiveness of process safety management(PSM) regulation for chemical industry in Korea", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19(1), 13~16, (2006)
- [10] "Layer of Protection Analysis", Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, (2001)
- [11] Crowl, D. A., J. F. Louvar, "Chemical Process Safety : Fundamentals with Applications", Second Edition, Prentice-Hall, New Jersey, (2002)
- [12] "Workplace Safety and Health Guidelines : Process Safety Performance Indicators", WSH Council & the Ministry of Manpower in Singapore, (2012)
- [13] J.Roberto Gonzalea, R.M. Drabra, Josep Arnaldos, "Using Fuzzy Logic to Introduce the Human Factor in the Failure Frequency Estimation of Storage Vessels in Chemical Plants", *Chemical Engineering Transactions*, 32, 193-198, (2013)
- [14] Rafiq M. Choudhry, Dongping Fang, "Why operatives engage in unsafe work behaviour: Investigating factors on constructions site", *safety science*, 46(4), 566-584, (2008)
- [15] Behoush Darabnia, Micaela Demichela, "Analysis and classification of Occupational Data: a Practical Comparison", *Chemical Engineering Transactions*, 43, 1267-1271, (2015)
- [16] Baysari M.T., McIntosh A.S., Wilson J.R., "Understanding the human factors contribution to railway accidents and incidents in Australia". *Accident Analysis and Prevention*, 40(5), 1750-1757, (2008)
- [17] "Process Safety – Recommended Practice on key Performance Indicators", International Association of Oil & Gas Producers, Report No. 456, (2011)
- [18] Petersen, D., "Human Error – Reduction and Safety Management". STPM Press, New York, (1982)
- [19] Reason, J.T., "Human Error. Cambridge University Press", New York, (1990)
- [20] Brown, I.D., "Accident reporting and analysis. In: Wilson, J.R., Corlett, E.N. (Eds.)", Evaluation of Human Work. Taylor & Francis, London. (1995)
- [21] Mark Tweeddale, "Managing risk and Reliability of process plant", Gulf Professional Publishing, Burlington, (2003)
- [22] Chuanjing Ju, Steve Rowlinson, Yan Ning, "Contractors' strategic responses to voluntary OHS programmes : An institutional perspective", *safety science*, 105, 22-31, (2018)

- [23] Donald A. Shafer, "Hazardous materials characterization: Evaluation method, procedures, and considerations", Wiley & Sons, New Jersey, (2006)
- [24] DNVGL, "Improving Refinery Safety using Quantitative Risk Assessment and the Role of Software", www.dnvgl.com/Images/Improving Refinery Safety using Quantitative Risk Assessment and the role of software Cavanagh 2001 tcm8-12453.pdf
- [25] Health and Safety Executive, "Reducing risk protecting people HSE's decision-making process", Norwich, (2001)
- [26] Clarke, Sharon, "Process Safety Culture: under-specified and overrated". International Journal of Management Reviews, 2(1), 65-90, (2000)
- [27] Carrillo, R.A.S., Expanding Managers' leadership role in safety. Professional Safety, 43(6), 38-41, (1998)
- [28] 이종은, "화학공장의 안전문화 향상을 위한 실증적 연구", 명지대학교 대학원 박사학위 논문, (2013)
- [29] Kang, M.J., Lee, Y.S., Kwon, H.M., "A Study on the Development of Safety Performance Index in Chemical Industry", *Journal of the Korean Society of Safety*, 23(6), 57~61, (2008)
- [30] 박계형, "안전문화에 영향을 미치는 요인들에 관한 연구", 서울과학기술대학교 산업대학원 석사학위논문, (2011)
- [31] 이경훈, "사업장 관리자의 안전리더십이 작업장 안전문화에 미치는 영향 연구", 서울과학기술대학교 산업안전공학과 박사학위 논문, (2012)
- [32] 하정호, "국내 안전보건시스템 도입실태 및 개선에 관한 연구", 명지대학교 대학원 박사학위 논문, (2004)
- [33] "안전문화 규제감독 기반 구축 및 시스템 개발보고서", 한국원자력안전기술원, (2015)
- [34] 안전보건공단, KOSHA Guide(G-83-2016), "산업재해 기록·분류에 관한 지침", (2016)
- [35] Health and Safety Executive, The role of managerial leadership in determining workplace safety outcomes, (2005)
- [36] Julian, B., E. Kevin, K., Catherine, L., "Development and Test of a Model Linking Safety-Specific Transformational Leadership and Occupational Safety", *Journal of Applied Psychology*, 87(3), 488-496, (2002)
- [37] IAEA, Safety Culture. Safety Series No.75-INSAG-4), IAEA, Vienna., (1991)
- [38] ACSNI, Human Factors Study Group. 3rd Report: Organising for Safety, Advisory Committee on the Safety of Nuclear Installations, Health and Safety Commission, (1993)
- [39] Hannaford, E., "Supervisors Guide to Human Relations". National Safety Council Chicago. (1976)
- [40] IAEA. Summary report on the post-accident review meeting on the Chernobyl accident (Safety Series 75-INSAG-4). Vienna : International Safety Advisory Group, (1986)