

중·소규모 공정안전관리 사업장의 웹 전산시스템 개발

김영석 · 박달재^{*,†}

서울과학기술대학교 일반대학원 안전공학과 박사과정

01811 서울시 노원구 공릉로 232

*서울과학기술대학교 공과대학 안전공학과 교수

01811 서울시 노원구 공릉로 232

(2021년 11월 6일 접수, 2022년 2월 6일 수정본 접수, 2022년 2월 23일 채택)

A Development of Facility Web Program for Small and Medium-Sized PSM Workplaces

Young Suk Kim and Dal Jae Park^{*,†}

Department of Safety Engineering, Graduate School, Seoul National University of Science and Technology, 232 Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul, 01811, Korea

*Department of Safety Engineering, Faculty of Engineering, Seoul National University of Science and Technology, 232 Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul, 01811, Korea

(Received 6 November 2021; Received in revised from 6 February 2022; Accepted 23 February 2022)

요 약

중·소규모 사업장에서 중대산업사고가 발생되고 있는 원인 중 하나는 공정안전관리(PSM) 체계를 이해하고 적용하는데 관련 지식 및 정보 부족이다. 이를 해결하기 위해서는 PSM에 대한 실질적이며 지속적인 이행 수준을 확보하고 추적관리를 통해 인적오류를 제거할 수 있는 프로토콜이 뒷받침되어야 하나 그동안 이에 대한 연구가 미흡하였다. 이에 본 연구에서는 고용노동부 고시의 규정과 전국 300인 미만 중·소규모 PSM 사업장 200여 개사를 대상으로 행정처분 위반 사례를 조사·분석하였다. 이를 기반으로 설비유지관리 웹프로그램을 개발하여 중·소규모 사업장의 인적오류 제거를 통한 중대산업사고예방에 기여하고자 하였다. 본 연구를 통해 얻어진 주요 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 프로그램 접근 편의성을 위해 스마트 기기에서 QR코드를 통해 웹에 접속하여 설비의 채원 검색 기능, 고장 사유, 사진을 확인함으로써 실시간 점검, 정비요청을 할 수 있게 하였다. 둘째, 변경 대상 파악, 위험성 평가, 작업자 교육, 가동 전 점검을 프로그램과 연계하여 작업 시작 전부터 종료까지 모든 절차를 관리자가 추적관리 가능하도록 하였다. 셋째, 작업 완료 후 개선된 사진과 함께 수리, 시간, 비용 등을 등록하여 축적된 자료를 기반으로 설비의 수명 예측과 신뢰성을 검증하게 하였다. 이러한 연구결과는 중·소규모 PSM 사업장에게 실질적이고 체계적인 운영에 도움이 될 수 있으며 향후 정부 주도로 중·소규모 PSM 사업장을 대상으로 스마트팩토리 구축 시 설비유지관리 웹프로그램을 개발하여 보급하는데 유용하게 활용되리라 판단된다.

Abstract – There is a lack of knowledge and information on the understanding and application of the Process Safety Management (PSM) system, recognized as a major cause of industrial accidents in small-and medium-sized workplaces. Hence, it is necessary to prepare a protocol to secure the practical and continuous levels of implementation for PSM and eliminate human errors through tracking management. However, insufficient research has been conducted on this. Therefore, this study investigated and analyzed the various violations in the administrative measures, based on the regulations announced by the Ministry of Employment and Labor, in approximately 200 small-and medium-sized PSM workplaces with fewer than 300 employees across in Korea. This study intended to contribute to the prevention of major industrial accidents by developing a facility maintenance web program that removed human errors in small-and medium-sized workplaces. The major results are summarized as follows. First, It accessed the web via a QR code on a smart device to check the equipment's specification search function, cause of failure, and photos for the convenience of accessing the program, which made it possible to make requests for the it inspection and maintenance in real time. Second, it linked the identification of the targets to be changed, risk assessment, worker training, and pre-operation

[†] To whom correspondence should be addressed.

E-mail: pdj70@seoultech.ac.kr

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.

inspection with the program, which allowed the administrator to track all the procedures from start to finish. Third, it made it possible to predict the life of the equipment and verify its reliability based on the data accumulated through the registration of the pictures for improvements, repairs, time required, cost, etc. after the work was completed. It is suggested that these research results will be helpful in the practical and systematic operation of small-and medium-sized PSM workplaces. In addition, it can be utilized in a useful manner for the development and dissemination of a facility maintenance web program when establishing future smart factories in small-and medium-sized PSM workplaces under the direction of the government.

Key words: Process safety management (PSM), Small & medium sized workplace, Facility maintenance web program

1. 서 론

현재 국내 정유, 석유화학공장 등의 장치산업에서는 공정안전관리(PSM:Process Safety Management, 이하 PSM) 제도를 기준으로 사업장에 적합한 통합관리시스템을 체계적으로 운영하고 있다. 그러나 유해·위험물질을 취급하는 설비나 시설에 대한 종합적인 안전관리체계가 전산화되어 있지 않은 중·소규모 사업장에서는 유해·위험요인을 파악하고 위험물질로 인한 사고 가능성을 도출하는데 많은 시간과 인력이 요구되고 있다[1]. 최근 5년간 환경부 화학 안전정보공유시스템(CSC)의 사고분석 자료[2]를 살펴보면, 화학물질로부터 누출·화재·폭발사고 425건 중 약 40%(168건)가 설비의 유지·보수 기간에 주로 발생하였다. 주요 원인으로 작업자 부주의가 약 37%(158건)를 차지하였다. 또한, 고용노동부에서 2018년에 발표한 2017년 산업재해 현황[3] 사고유형 중 화재·폭발 및 누출·접촉사고 발생특성으로 한정하여 검토한 결과 100인 미만의 중·소규모 사업장에서의 화학물질 사고가 약 91%(294건)로서 대부분을 차지하였고, 50인 미만 중·소규모 PSM 사업장에서 전체 사망자 746명 중 약 70.3%(525명)의 사망자가 발생하였다. 이는 중·소규모 사업장에서 PSM 운영에 있어 어려움이 큰 것을 의미한다. 중·소규모 사업장에서의 이러한 문제를 해결하는데, 김태욱 등[4]은 중소기업에 맞춤형 PSM 시스템의 필요성을 강조하였다. 권혁면[5]은 중요한 요소 중 변경관리절차를 효율적으로 전산화할 수 있는 K-MOC를 개발하여 제안한 바 있다. 또한, 조현준[6]은 설비유지관리의 건전성을 확보하기 위한 프로그램 구축 방법론을 제시하였으며, 장남진[7]은 효율적인 공정 위험성 평가방법과 효율적인 안전관리 시스템의 개발 및 안전관리 규제의 적용 등 PSM 공정안전관리 정보를 체계화한 스마트 운영시스템 구축의 필요성을 언급하였다. 그동안 대규모 화학 공장 중심으로 통합관리시스템을 구축한 사례는 보고되고 있으나 중·소규모 사업장을 대상으로 인적오류를 최소화하기 위한 범용성과 사용자 편의성을 확보한 프로그램을 개발한 연구는 미흡하였다.

이에 본 연구에서는 중·소규모 PSM 사업장에서 웹 프로그램상에서 활용 가능한 중소기업 맞춤형 프로그램을 개발하였다. 이를 위해 첫 번째 미국의 화학공정안전센터(Center for Chemical Process Safety, 이하 CCPS)[8]와 고용노동부 고시[9]에서 정한 평가항목을 확인하고, 두 번째 최근 4년간 전국의 300인 미만 중·소규모 PSM 사업장 200개사를 대상으로 행정처분 위반사례 약 1600건을 수집·분석하여 개선이 필요한 우선순위 항목을 정하였다. 세 번째로 이러한 빅데이터를 기반으로 공정안전관리절차의 인적오류를 개선하기 위해 웹 전산시스템과 연결하고 데이터를 수집·처리 및 관리할 수 있는 웹 전산시스템을 체계화하였다. 고려된 주요 항목으로 설비 교체, 수리 등의 유지관리 절차의 이력관리, 작업허가 사전안전조치 사항의 추적관리, 근로자 교육훈련 성과 및 효과 등이며 각 사업장에

서 웹 페이지를 통해 고유 주소를 부여하고 사업장에서 규정한 자체 PSM 서식을 프로그램 내에서 등록하여 사용할 수 있도록 하였다. 이러한 플랫폼을 기반으로 중·소규모 사업장에 실질적인 도움을 제공하고, 향후 정부 주도로 중·소규모 PSM 웹프로그램지원 시 기초 자료로 활용하는데 도움을 주고자 하였다.

2. PSM 구성요소

Table 1은 CCPS에서 제시한 공정안전관리체계로 13가지 영역으로 구분하게 되며[10]. 국내 고용노동부 고시에서 정한 공정안전보고서의 내용은 크게 4가지 (공정안전자료, 공정 위험성 평가, 안전 운전계획, 비상조치계획)로 분류되며, Fig. 1과 같이 세부적으로는 12개 요소로 구성되어 상호 유기적으로 작동된다[4].

Table 1. PSM compliance audit category[10]

Num.	Categories
1	Safety management and employee involvement
2	Process safety information
3	Process hazard evaluation
4	Operating procedures and practices
5	Mechanical integrity: Maintenance procedures
6	Work permit procedures
7	Safety management of contractors
8	Employee training and education of process & operation
9	Pre-startup safety procedures
10	Management of change
11	Internal audit
12	Incidents investigation
13	Emergency preparedness

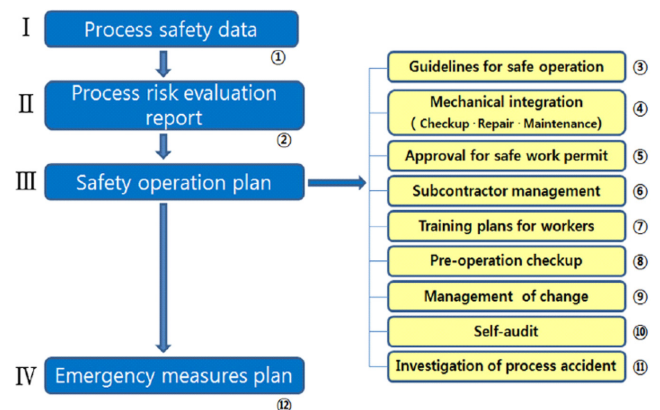


Fig. 1. Elements of process safety management system [4].

3. PSM 현황과 행정처분 실태조사

3-1. PSM 현황

2012년부터 2019년 9월까지 PSM 현황을 살펴보면, PSM 사업장 수는 총 2,224개소이며, P등급은 85개소(4%), S등급은 613개소(28%), M등급은 1,239개소(56%), 등급 미부여 287개소(13%)로 Fig. 2와 같이 분포된다. 특히, 2014년 등급 미부여 비율이 3월 12일부터 유해·위험물질 규정 수량 대상사업장이 확대됨에 따라 증가되었으며 PSM 이행관리 상태가 우수한 사업장에게 부여되는 P등급 사업장은 감소('12년 6% → '19년 4%)한 반면에 이행관리 상태가 부실한 M등급 사업장은 증가('12년 22% → '19년 52%)한 것으로 조사되었다[11]. Fig. 3과 같이 최근 PSM 등급을 받은 300인 미만의 중·소규모 사업장에서 이행관리상태가 부실한 M등급 사업장이 1,318개(87%)로서 가장 많이 분포한 것으로 나타났다.

3-2. PSM 행정처분 실태조사

Fig. 4는 최근 4년 동안(2017-2020) 전국의 PSM 규정량 이상 사업장 중 300인 미만의 중·소규모 사업장 200개 사에서 PSM 요소 중 안전운전계획 및 비상조치계획 관련 고용노동부로부터 행정처분 결

과를 나타낸 것이다. 주요 위반사항 951건을 수집·분석한 결과 안전작업허가절차 위반 193건(20%), 설비유지관리절차 위반 135건(14%), 근로자 교육훈련절차 위반이 124건(13%)으로 나타났다.

Fig. 5는 PSM 이행상태 항목 12개 분류에서 관찰관청으로부터 행정처분 위반행위 중 가장 큰 비중을 차지한 안전작업허가를 분석한 결과 안전작업허가서 미발행 53건(29%), 지침 이행 미준수 47건(24%) 순으로 나타났다. 이러한 실태조사로부터 PSM 사업장에서 가장 기본적인 공정안전관리 시스템이 중·소규모 사업장에서 뿌리내리지 않는 것으로 볼 수 있다. 특히 Fig. 5에서 언급한 안전작업허가서 행정위반 사례 중 작업허가서 발행 자체가 누락되거나 지침 불이행은 전체 위반사례의 과반(51%)을 차지하고 있다. 이는 PSM 절차상 안전작업허가 뿐만 아니라 그와 유기적으로 결합하여 활동하도록 규정되어 있는 사전안전조치 사항도 일정 부분 위반했을 것으로 추정할 수 있다. 이러한 위반 현상에 관해, 박정철[12]은 행동과 원인 차원에서의 인적오류로 판단하고 있어 인적오류로 특정 항목들이 누락되고 있으며, 설비 제원에 관한 효과적인 모니터링 시스템이 부재함을 시사했다. 이 같은 현상은 적절한 안전작업, 설비유지관리를 위한 중·소규모 사업장의 전문인력의 부족과 이를 관리할 전산시스템 구축 미비로 판단된다. 또한, 안전관리에 대한 사업주와 관리자

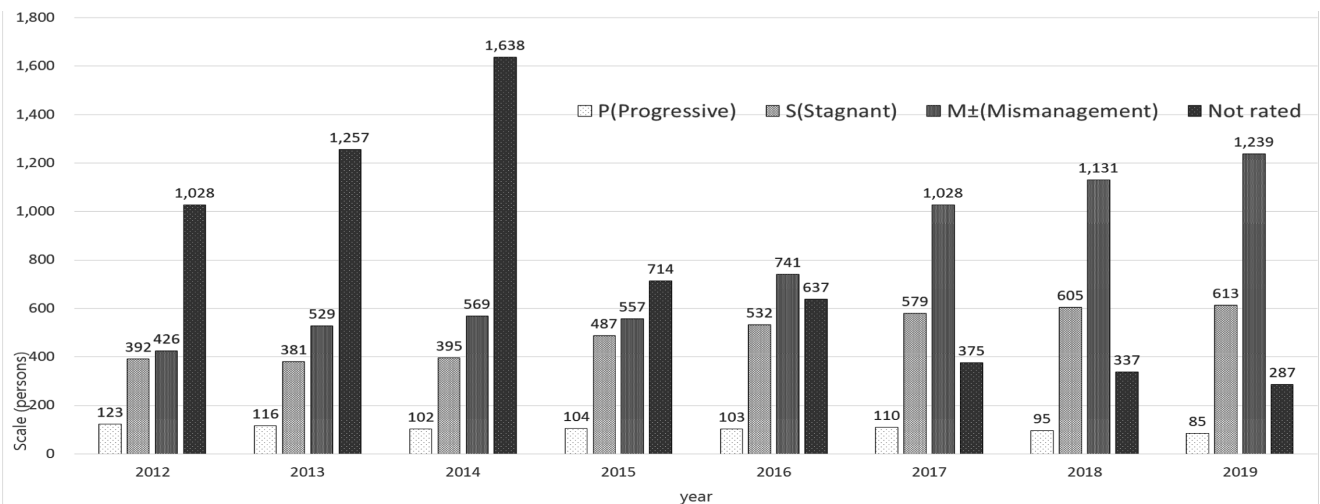


Fig. 2. Status of PSM Workplaces by Grade [11].

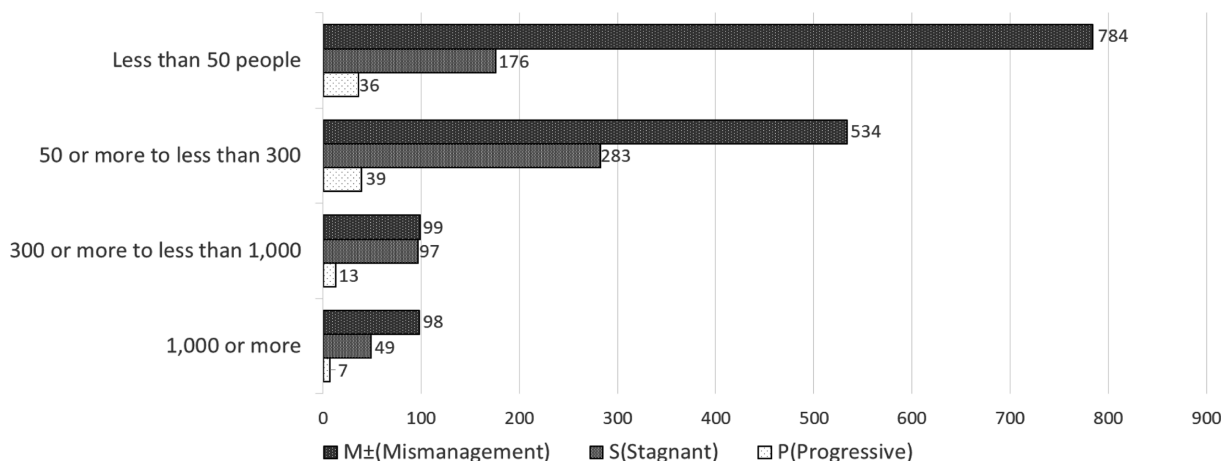


Fig. 3. Grade distribution by the size of PSM Workplaces [11].

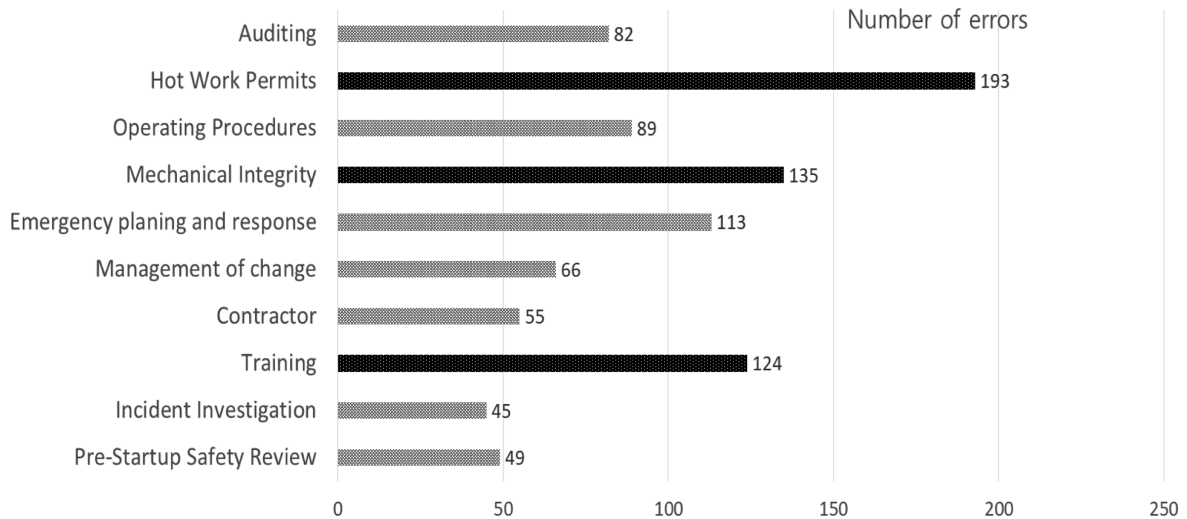


Fig. 4. Types of administrative penalties associated with PSM from 2017 to 2020.

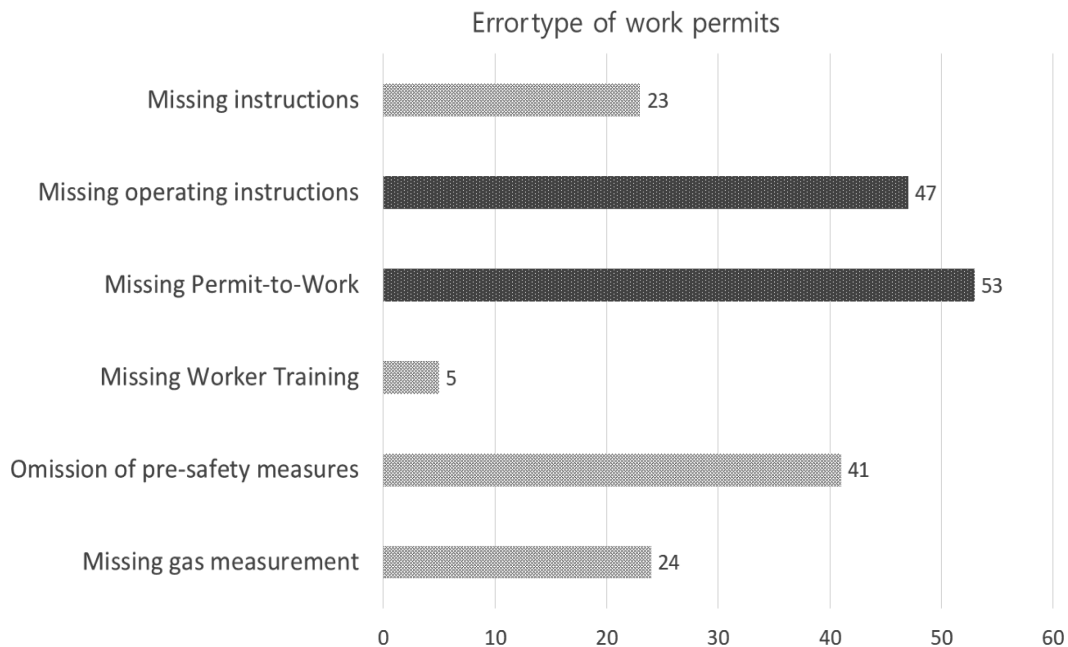


Fig. 5. Error type of work permits.

의 안전의식도 미흡함을 알 수 있다. 강미진[13]은 PSM 운영사업장 중 영세한 사업장이 전체의 39%를 차지하고 안전관리자 선임 대상인 50인 이상 300인 미만의 사업장은 법적으로 안전관리자 업무를 안전관리 위탁기관에 위탁할 수 있어 PSM 대상 사업장의 문제점으로 언급한 바 있고 실태조사 결과로부터 사업장 내 전문가와 정보 부족 등 구조적 한계를 지적하였다.

4. 중·소 규모 PSM 사업장의 설비유지관리 웹프로그램 시스템 개요와 구조

4.1. 연구대상과 방법

최근 5년간 전국의 300인 미만 중·소규모 PSM 사업장 200개사를 대상으로 중대산업사고 예방센터로부터 행정처분 위반사례를 1600건 수집, 분석하여 PSM 설비유지관리 웹프로그램 시스템에 적용되

어야 할 프로토콜을 크게 3가지(안전작업허가서, 설비유지관리지침, 근로자 교육평가)로 도출하였고, 이 문제의 원인을 인적오류와 효과적인 모니터링 시스템 부재로 판단하여 이 기준에 따라 해당 웹프로그램 시스템 구축을 진행하였다.

4-1-1. 시스템 개요

전문인력이 부족한 중·소규모 사업장에서 PSM 제도를 단기간에 이해하기 어려울 뿐만 아니라 인적오류 등으로 중대산업사고로 이어질 가능성이 크다. 따라서, 설비 중설과 절차 등의 변경 또는 점검·수리·교체 작업 시 사전 안전조치 사항인 작업위험성평가, 안전작업허가서, 작업자 교육 및 가동 전 점검항목을 기준으로 정비·보수 작업 시 Fig. 6과 같이 공정안전체계를 체계화할 수 있는 설비유지 관리 전산시스템을 개발하였다.

PSM 대상 모든 사업장에 적용 가능한 범용 시스템을 CCPS와 고

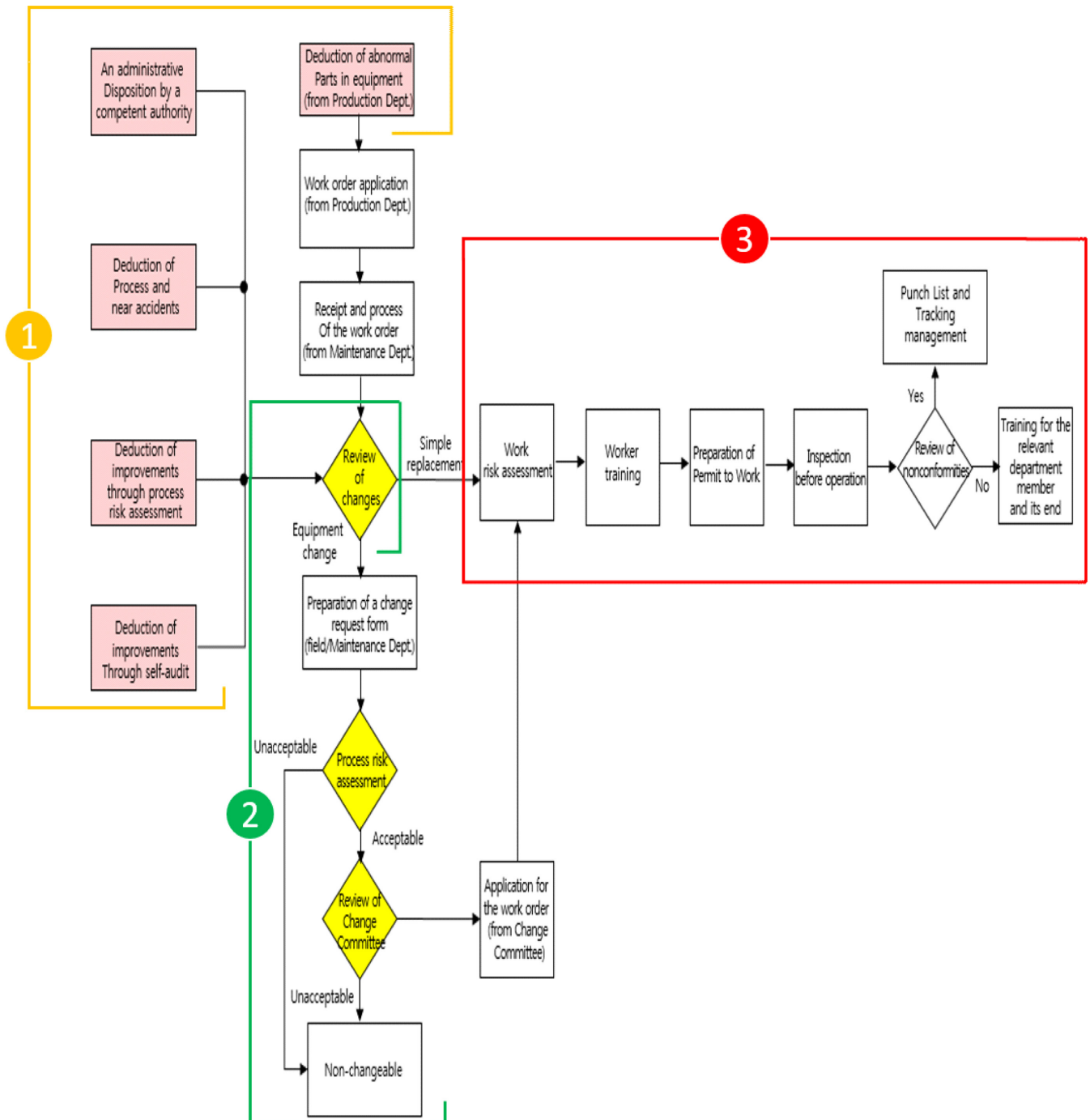


Fig. 6. The flow of a PSM facility maintenance protocol.

용노동부 고시 요구사항을 반영하여 Fig. 6과 같이 프로토콜을 설계하였다. ① 구역은 절차 또는 설비 등의 개정이 필요한 경우를 크게 5가지로 분류하였다. 관할관청의 행정조치, 아차 사고사례 개선사항, 공정 위험성 평가 후속 조치, 자체 감사 후속 조치 또는 설비 점검·수리·교체 등이 발생 되면 ②에서 절차 또는 기계·기구 등이 단순 교체되거나 증설 또는 감축 등 변경 여부를 판단하게 되며 중요 변경일 경우 공정위험성평가 과정을 거치게 된다. ③ 구역은 점검·수리·교체 작업 시 사전 안전조치 사항인 작업위험성평가, 안전작업허가서, 작업자 교육 및 가동 전 점검항목까지 흐름도를 나타낸 것이다. 본 웹전산프로그램의 구성 내용은 다음과 같다.

첫째, 상기 행정처분 위반사례 분석결과, 안전작업허가서의 행정처분 위반사례가 193건(20%)로 가장 높음에 따라 PSM 평가기준 뿐만 아니라 최근 행정처분 위반사례를 분석하여 인적오류로 인한 안전작업허가 항목의 안전작업허가 절차 및 단계별 사전안전조치사항 등이 누락 되지 않도록 프로토콜을 구축하였다.

둘째, 상기 행정처분 위반사례 분석결과, 설비유지관리지침서에 관한 행정처분 위반사례가 135건(14%)로 두 번째로 높음에 따라 설비유지관리지침 항목에 있어 설비 제원을 유형별, 등급별, 점검주기 도래 일을 등록하여 설비정비계획을 추적할 수 있도록 하고 설비 점검·정비 시 설비점검·정비유형, 설비고장 시간, 고장복구시간, 소

요금액 등을 포함하여 설비점검·정비 이력이 실시간 모니터링 가능하도록 하였다.

셋째, 상기 안전작업허가서, 설비유지관리지침서 행정처분 위반 사례는 인적오류와 설비 제원에 관한 효과적인 모니터링 시스템의 부재라고 판단하여 설비 제원, 설비점검정비 이력관리 및 공정안전 정보를 포함한 모든 정보는 QR Code를 통해 즉시 접근이 가능하도록 설계하였다.

넷째, 인적오류를 감소시키고, 모니터링 시스템 부재 문제 극복을 위해 설비의 점검의뢰 시 PSM 평가 기준에 의거 단순교체 또는 변경 여부, 변경등급 기준 등의 확인이 웹상에서 가능하도록 하였다.

다섯째, 공정안전관리제도에서 요구되는 내실 있는 근로자 교육을 검증할 수 있는 교육 평가 프로그램을 개발하고, 문항별 응답률을 분석하여 이해수준을 정량분석할 수 있도록 설계하였다.

이 시스템은 인터넷을 연결 매체로 하는 클라이언트-서버(client-server) 모델기반 프로그램으로서 서버 환경은 Microsoft Windows Server 2016이며, 웹 개발 환경은 ASP.NET MVC5 이고 개발 도구는

Microsoft Visual Studio 2017을 활용하였으며 접근 경로는 <http://sample.kpsm.kr/Home/Login>과 같다. 그리고 Fig. 7과 같이 각 사업장에서 고유 주소를 요청하게 되면 시스템 관리자는 각 사업장 웹주소를 부여하게 되며, 각 사업장 관리자는 사용자를 등록 및 자체 PSM 관련 서식을 프로그램 내에서 등록하여 운영할 수 있도록 지원하게 된다.

4-2. 시스템 구조

시스템 구조는 Fig. 8과 같이 메인 화면에는 설비점검·정비 수·발신 현황과 사용자의 설비점검·정비 계획일정 및 최근 발행된 종류별 작업허가서 현황을 관리할 수 있도록 구성하였다. 주요 기능으로는 설비유지관리 웹 시스템에서 점검·정비 관련 정비절차서, 설비인증서, 도면 등의 기술 자료를 등록하고 열람할 수 있으며 변경관리, 자체감사, 공정위험성평가, 공정사고조사, 작업허가서, 작업위험성평가, 가동 전 점검, 근로자 교육 평가 및 공정안전보고서 등 총 11가지 메뉴로 구성된다.

4-2-1. 설비이력관리카드 작성

PSM 사업장에서 중대산업사고 발생 빈도가 높은 유해·위험 설비를 체계적이고 효율적으로 관리하는 것이 중요하다. 이에 고정장치, 회전장치, 화재감지설비, 전기설비, 계측 및 제어설비, 안전밸브와 같은 설비를 등록할 수 있도록 개발하였다. Fig. 9에 나타난 바와 같이, 설비정보 입력화면에는 PSM 대상설비여부, 설비위치, 설비책임자, 설비분류, 설비번호, 설비위치, 설비책임자, 설비등급, 점검정비 절차서, 인증서류, 설비사진 등을 입력할 수 있다. 특히 중요 설비의 경우 신뢰성 확인을 위한 설비수명을 추적할 수 있도록 하였다.

설비의 유지보수작업에 정해진 검·교정주기가 필요한 경우 점검주기를 정하여 설비담당자가 4개월 이전부터 시스템 대시보드창을

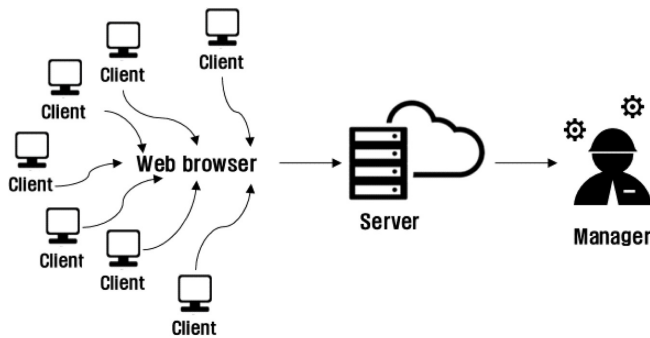


Fig. 7. The web server client system.

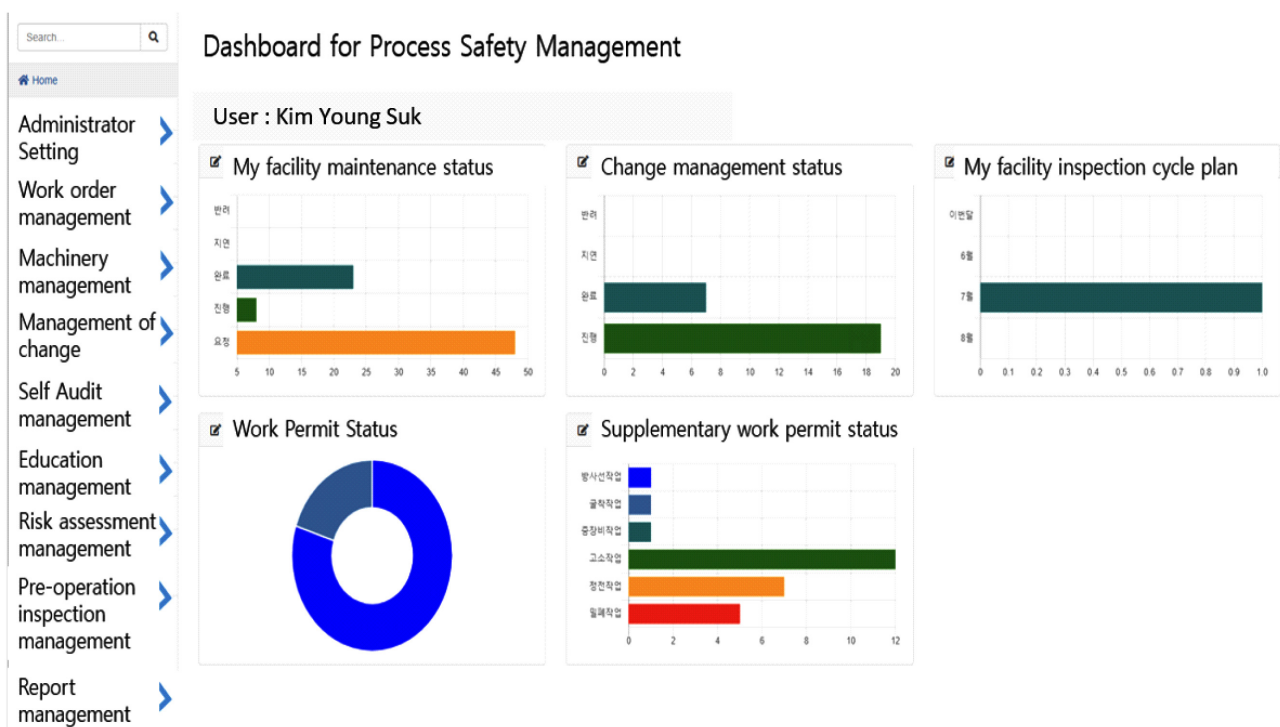


Fig. 8. The Menu of a facility maintenance program.

Detail

Equipment management card

Location	Field 1 team	PSM target	
Manager		Equipment class	
Equipment no		Regulations	
Equipment name		Inspection Schedule	Set date
Maker		Installation date	
Model		Explosion-proof class	
Serial No		Pressure (operation/design)	
Equipment price		Temperature (operation/design)	
Equipment rated capacity		User's Manual	
Certification		P&ID	

[Save as document](#)
[Save as PDF](#)
[Create QR code](#)
[Write maintenance history](#)

Device Inspection history record

	Division					Contents	Start date	End date	Repair time	Approver	Amount
	Jam	Inspection	PM	PdM	Etc.						
1	O	X	X	X	X		2020-09-26	2020-09-26			

Fig. 9. The creation of a facility history card.



Fig. 10. Equipment with a QR code attached.

통해 게시하여 담당자가 설비점검계획을 사전에 인지하고 점검계획을 수립하는데 관리할 수 있도록 하였다. 또한, 설비이력카드 화면에서 설비명, 설비번호, 설비등급 및 QR Code를 포함한 태그를 자동 생성하여 현장 설비에 게시를 통한 설비제원 등의 접근성을 강화하고 설비 신뢰도 관리화면을 통해 제작사가 권고한 설비의 한계수명을 기준으로 가동시간 추적을 통해 잔여수명을 예측을 통해 설비의 고장, 부품교체 등의 고장 횟수, 총 수리시간 등을 관리할 수 있도록 하였다.

4-2-2. 설비 점검·정비 의뢰서 작성

현장에서 설비의 제원을 파악하거나 결함이 발견되는 경우 Fig. 10과 같이 휴대용 모바일 기기를 활용하여 설비이력카드 화면에 접속할 수 있도록 하였다. 그리고 설비점검의뢰서를 Fig. 11과 같이 설비에 부착된 QR Code를 통해 전달할 수 있도록 고려하였으며, 관련 부서에 사진이 포함된 요청내용과 고장분류를 추가할 수 있도록 구현하여 설비 의뢰서 작성시 인적오류로 점검이 지연 또는 기록관리가 누락되는 등의 오류를 제거할 수 있다.

4-2-3. 설비점검·정비 진행절차

전문인력이 부족한 중·소규모 사업장에서는 유해·위험설비를 점검·정비·교체·철거 등의 작업 시 사전에 취해야 할 작업위험성평가, 작업자 교육, 작업허가서, 가동 전 점검 등의 세부사항 등을 누락 등의 오류가 없도록 관리하는 것이 중요하다. 이에 작업요청이 있는 경우 공무부서 등에서 확인 후 Fig. 12와 같이 유해·위험작업 시 규정에 의거 반드시 수행해야 하는 항목을 목록화하였다.

Fig. 12에서의 Order 1 View list를 선택하면 Fig. 13과 같이 기존 관리자가 등록한 Job Safety Analysis list 화면이 활성화되고, 작업 시 필요한 자료를 첨부할 수 있도록 하였다. 이때, 위험성평가 이외의 물질안전보건자료 또는 위험성평가와 관계되는 자료를 확인할 경우 함께 등록된 첨부서류를 선택하여 출력할 수 있도록 하였다. Fig. 12에서의 Order 5 View list를 선택하면 기존 관리자가 등록한 가동 전 점검 list 화면이 활성화되고, 작업 완료 시 필요한 가동 전 점검 자료를 Fig. 14와 같이 선택하여 첨부할 수 있도록 하였다.

또한, 설비점검·정비가 완료된 경우 일련번호, 작성 일자, 설비명,

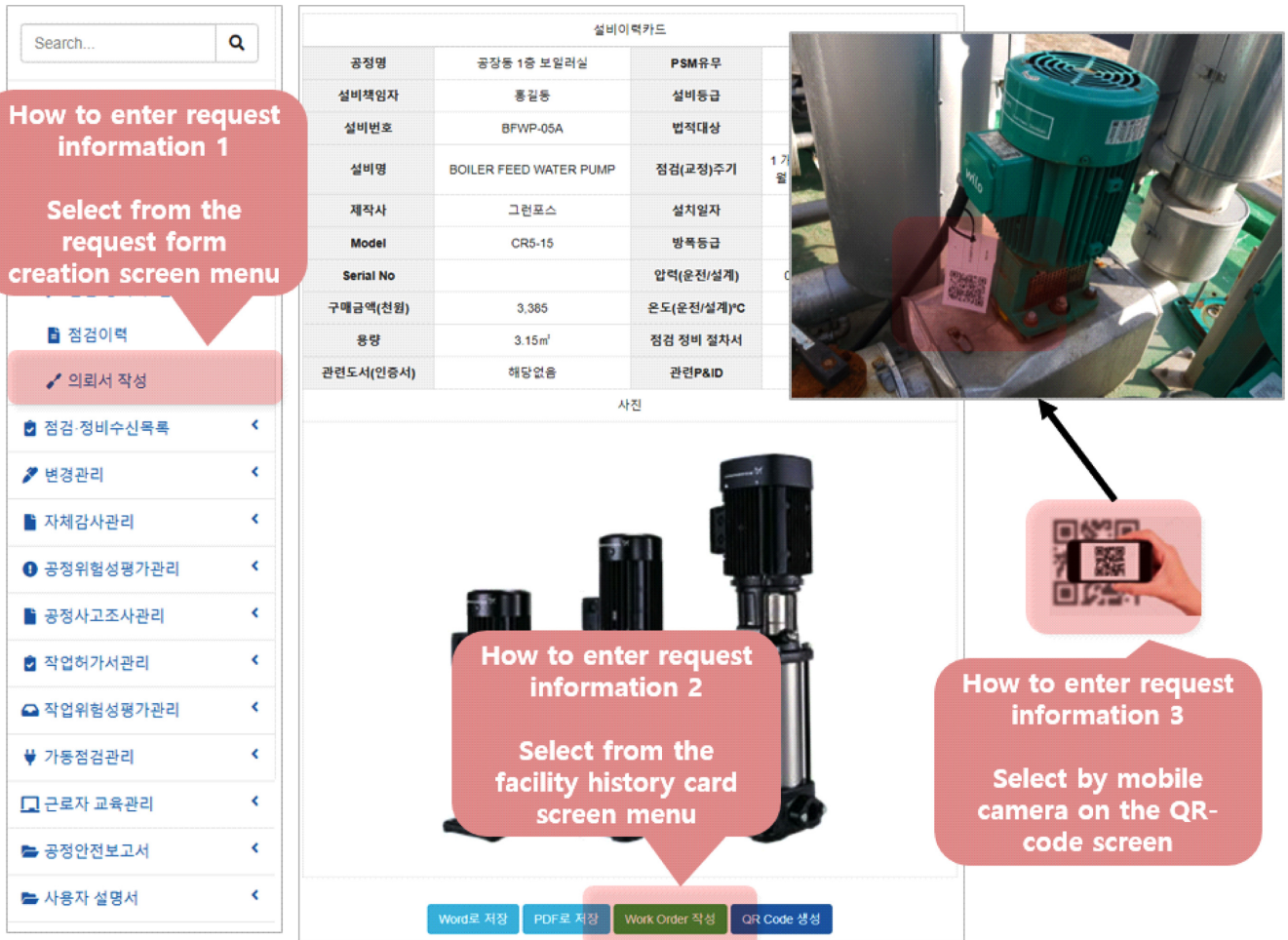


Fig. 11. An example for maintenance management of equipments using technologies suggested in this study.

Equipment inspection history

Name of the subcontractor: ☒ Outsourcing ☐ Self

Form list

Order	Classification	Form
1	Process risk assessment	View list
2	Work risk assessment	View list
3	Worker training	View list
4	Permit to Hot Work	View list
	Permit to General Work	View list
5	Pre-operation check	View list

[Save](#)

Fig. 12. The search of change requests.

Job Safety Analysis List

Team: Title:

Title	Team	Part No	Initial evaluation	latest revision	revision number	Remark	Attachments
V-belt replacement	D1	JSA-D1TEAM-001	2020-11-01	2020-11-01	0		
Safety valve test	C1	JSA-C1TEAM-002	2020-09-27	2020-09-27	0		
heat exchanger cleaning	Z1	JSA-Z1TEAM-003	2020-08-21	2020-08-21	1		

1

Fig. 13. The Search of job safety analysis list.

Pre-operation inspection management

Team: Title:

Title	Team	Part No	Initial evaluation	latest revision	revision number	Remark	Attachments
V-belt replacement	D1	POIM-D1TEAM-001	2020-11-01	2020-11-01	0		
Safety valve test	C1	POIM-C1TEAM-002	2020-09-27	2020-09-27	0		
heat exchanger cleaning	Z1	POIM-Z1TEAM-003	2020-08-21	2020-08-21	1		

1

Fig. 14. The search of pre-operation inspection management list.

설비등급, 작업내용, 작업위험성평가 결과, 작업허가서 발행현황, 가동 전 점검, 자료등록 여부 등이 포함된 점검 이력을 Fig. 15와 같이 조회할 수 있으며 등록된 설비 이력은 설비점검 이력 기록서와 연계되어 점검결과를 조회할 수 있다. 이를 통해 고용노동부 고시[9]에서 요구하는 설비점검·정비 수행 시 필요한 사전안전조치사항 등 후속 조치 이행에 필요한 인적오류를 제거하고 이력 현황을 추적하는데 유용할 수 있다.

4-2-4. 변경요청서 관리

소규모 화학 공장에서는 공정 이상, 장치 수명 및 경제 요인 등에 의하여 변경이 발생하고 있으나 현장경험이 부족하거나 공정전문가 부재 등의 이유로 체계적인 변경관리를 운영하기 어려운 상황이다. [14] 검토절차를 수행해야 하는 변경사항에 관한 오해가 없도록 하는 것과 변경사항을 능률적으로 관리하기 위해 유형별 변경사항을 목록화하여 변경관리 데이터베이스를 구축함은 상당한 도움이 된다. 이처럼 설비의 제원을 변경하려는 경우에는 Fig. 16과 같이 ‘변경요

Hazardous work permit history

검색

요청일자	작성부서	Proposer	Equipment no	Equipment name	Equipment class	Main Content	Vender	Equipment change	JRA	Education		Type of permit		
										field worker	field worker	화기	일반	정전
2021-10-15	환경안전 지원과		BF-01A	FD FAN	C등급	송풍기 필터 교체		해당없음				X	X	X
2021-10-15	환경안전 지원과		BF-02A	FD FAN	C등급			해당없음			해당없음	X	X	X
2021-10-15	환경안전 지원과		BF-03A	FD FAN	C등급			해당없음			해당없음	X	X	X
2021-10-15	환경안전 지원과		BF-05A	FD FAN	C등급			해당없음			해당없음	X	X	X
2020-11-13	환경안전 지원과		BO-04A	저압보일러 4호기 (10kgf/m ² 이하)	B등급			해당없음			해당없음	X	X	X
2020-11-13	환경안전 지원과		BF-06A	FD FAN	C등급			해당없음			해당없음	X	X	X
2021-07-02	환경안전 지원과		BO-02A	저압보일러 2호기 (10kgf/m ² 이하)	B등급			해당없음			해당없음	X	X	X
2021-10-15	환경안전 지원과		BO-05A	저압보일러 5호기 (10kgf/m ² 이하)	B등급			해당없음			해당없음	X	X	X

Fig. 15. A Screenshot for the search of history list.

Preparation of a change request

Create

Change request

Serial number

2020 Change-Chemical Consulting Dept.2-0006

Proposal date

Change classification

☒ Normal change
 ☐ Temporary change
 ☐ Emergency change

Expected recovery date

Status

☒ Progress
 ☐ Completed
 ☐ Rejection
 ☐ Delay

Reasons for rejection/delay

Proposer

Kim Young suk

Proposal Dept

Chemical Consulting Dept. 2

Changes

Change grade

Supporting documentation

(file selection)

No selected file

Form of a change request

Completion date

Process risk assessment

(file selection)

No selected file

☐ No corresponding

Worker training assessment

(file selection)

No selected file

Inspection results before operation

(file selection)

No selected file

save

Preparation guide for a change request

Change classification

Normal change: This refers to an intended change according to the normal change procedure.
 Emergency change: This refers to a change made in an emergency without following the normal change procedure.
 Emergency change: This refers to a change made in an emergency without following the normal change procedure.

Change grade

Grade 1: Expansion of process equipment.
 Grade 2: Change or production of equipment in a single process
 Grade 3
 -Change of a process container, storage container, or apparatus, and firefighting equipment
 -Increase or decrease in the amount of substances in the process
 -Addition or reduction of a safety device

Fig. 16. A Screenshot for the creation of a change request form.

청서 작성' 항목에서 변경요청서를 작성한다. 관리자는 작업절차, 작업 수행에 필요한 관련 자료를 등록하여 작업 수행에 필요한 최신의 자료를 공유할 수 있다. 변경 구분을 통해 정상변경, 임시변경 및

비상변경으로 세분화할 수 있다. 설비를 임시 적으로 변경하는 경우에는 복구에정일을 추가로 선택하여 추적 관리할 수 있도록 하였다. 또한, 변경판정에 필요한 자료를 등록할 수 있고, 변경 구분과 등급에

Korean Chem. Eng. Res., Vol. 60, No. 3, August, 2022

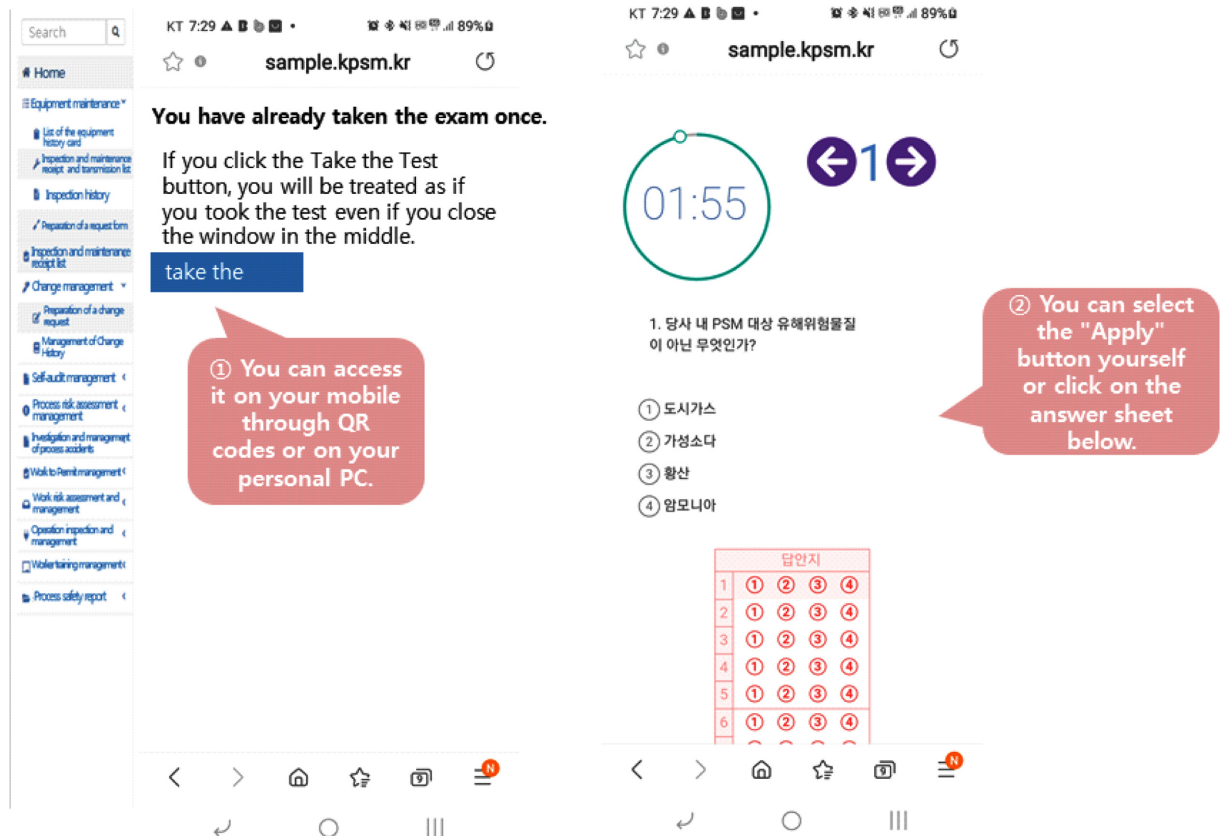


Fig. 17. A screenshot for the mobile-based test.

대한 구체적인 가이드를 제시될 수 있도록 개발하였다.

또한, 변경 일련번호, 변경 구분, 발의자, 발의부서, 변경내용, 변경등급, 진행단계 및 관련 자료를 등록하여 진행현황 등을 확인할 수 있도록 개발되었다. 이를 통해 진행, 완료, 반려 등의 진행단계 등

이 포함된 변경 이력을 조회할 수 있다. PSM 제도에서 요구하는 변경요소관리 항목이 누락 없이 절차에 따라 처리될 수 있으며 설비점검·정비 시 필요한 사전안전조치사항 등 후속 조치 이행에 필요한 인적요류를 제거하고 이력 현황을 체계적으로 관리할 수 있다.

Search

Q

Home

Administrator Setting

Work order management

Machinery management

Management of change

Self Audit management

Education management

Risk assessment management

Pre-operation inspection management

Report management

Training Results Report

1.Evaluation Overview

Evaluation target: Technology 1 team

Number of evaluations: 13

Lecturer: Inso Kim

2. Error rate analysis

No	question	answer	rate of wrong answers
1	What is not a hazardous material subject to PSM in our company?	② caustic soda	13%
2	What is the definition of flammable gas?	② Substances with a lower explosive limit of 13% or less	30%
3	Where is the explosion hazard area in our company?	① City gas static pressure chamber	17%
4	Where is the first assembly point in case of an emergency?	② security office	10%
5	Where are flammable gas detectors installed?	① City gas static pressure chamber	20%

Of the 55 people evaluated, the highest level of interest was four questions and the lowest level was two.

3. Evaluation analysis result

No	Department	score	name	Number of exams
----	------------	-------	------	-----------------

Fig. 18. A screenshot for the mobile-based test results reports.

4-2-5. 근로자 교육 평가 관리

공정안전관리 직무교육 과정에서는 근로자 이해수준을 평가하고 이를 통해 유효성을 검증하는 것이 중요하다. 이에 QR코드와 모바일을 결합하여 Fig. 17과 같이 접근 방식을 개발하였다. 관리자는 Fig. 18과 같이 교육 결과 보고서를 통해 문항별 오답률, 개인별 순위, 부서별 유효성을 파악할 수 있다. 이러한 분석 자료를 통해 단편적이고 형식적인 교육 운영 프로그램을 벗어나 향후 체계적이고 합리적인 교육 계획을 수립함으로써 근로자를 대상으로 지식의 깊이와 폭을 상향 평준화하는 데 도움이 될 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 대규모 사업장에서 자체 SAP ERP 시스템 등을 활용하는 것과는 다르게 별도 시스템 구축이 어려운 중·소규모 사업장에게 고유 Web browser 환경을 제공하고 PSM 관련 절차를 효율적이고 체계적으로 운영할 수 있는 웹전산시스템을 구축하여 절차누락 등의 인적오류를 방지를 통한 중대산업사고를 예방하는데 도움을 주고자 하였다. 이를 위해 먼저 미국의 CCPS와 고용노동부 고시에서 정한 평가 기준 대부분류 12개 및 세부류 162개 항목을 검토하였으며 최근 4년 동안 전국의 300인 미만의 중·소규모 PSM 사업장 200개사를 대상으로 과태료 처분통지 사례 약 1,600건을 수집·분석하였다. 이를 통해 반복적으로 도출된 안전작업허가절차 위반 193건(20%), 설비유지관리절차 위반 135건(14%) 등의 행정처분 위반사례를 세부적으로 파악하여 이를 제거할 수 있는 웹프로그램을 개발하였다. 본 연구를 통해 얻어진 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 프로그램의 접근 편의성을 극대화하기 위해 스마트 기기에서 QR코드를 통해 쉽게 웹에 접속하여 설비의 제원검색기능, 고장사유와 사진을 포함하여 실시간 점검·정비 요청을 할 수 있게 하였다. 이러한 시스템이 원활하게 작동하여 효과를 보기 위해서는 해당 요청에 대한 신속하고 능동적인 처리가 요구된다. 따라서, 현재 안전의식과 문화가 정착되지 않은 중소기업 대상 이러한 시스템 기능의 활용도를 극대화하기 위해서는 먼저 중소기업의 저하된 안전문화를 증진할 방안이 선행되어야 함이 시사된다. 또한, 기술적 측면으로는 현재 제안하는 실시간 점검, 정비 요청에 더하여 해당 문제를 발견한 작업자의 점검, 정비 방향에 관한 견해, 해당 문제가 발생할 때의 주변 환경적 상태 등 그 내용을 더 구체화하여 확장해 나간다면 알람을 받고 점검을 이행하는 작업자에게 더 큰 사전적 지식을 제공할 수 있다.

둘째, 변경 대상파악, 위험성 평가, 작업자 교육, 가동 전 점검을 프로그램과 연계하여 작업 시작 전부터 작업종료까지 모든 절차를 관리자가 추적관리 가능하도록 개발하였다. 이러한 기능이 향후 작업자 교육을 위한 유용한 자료로서 활용되기 위해 해당 데이터가 교육용으로 자동 전환될 수 있도록 시스템을 보완하면 더 효과적인 것이다. 또한, 해당 작업자의 관리자가 입력하는 데이터의 신빙성과 정확성을 추적관리 하기 위해 본 시스템의 정확도를 작업자를 선정하여 수시로 입력, 변경되는 데이터의 정확성을 점검하게 하거나 차후 본 시스템을 틀 연계한 프로그램을 개발한다면 본 프로그램의 효용성을 증대할 수 있다.

셋째, 작업 완료 후 개선 사진과 함께 수리시간·비용 등을 등록하여 축적된 자료를 기반으로 설비의 수명예측과 신뢰성을 검증할 수 있게 하였다. 이와 같은 기능은 차후 작업이 완료된 설비의 개선 사

진뿐만 아니라 원활하게 가동됨을 보여주는 수치 그리고 동영상 촬영 등의 기능을 추가해 나갈 필요가 있다.

본 연구에서 개발된 설비유지관리 웹프로그램은 중·소규모 PSM 사업장에게 실질적이고 체계적인 운영에 도움이 될 수 있으며 향후 정부주도로 중·소규모 PSM 사업장을 대상으로 스마트 팩토리 구축 시 설비유지관리 웹프로그램이 유용하게 활용되리라 판단된다. 그러나, 본 연구를 통해 개발된 웹프로그램이 사업장 환경에 효과적이고 높은 수준에서 완성도가 지속되기 위해서는 사업장 조직원의 참여율을 통해 수정·보완·개선하는 노력이 뒷받침되어야 한다.

감 사

본 연구는 사단법인 대한산업안전협회의 시스템 개발사업(19화학건설팅2국0071)의 일환으로 수행되었습니다.

References

1. Song, C. O. and Yang, B. S., "A Study on the Building of Disaster Prevention Platform for Effective Response System to Hazardous Chemical Accidents:Centering on Yeosu Industrial Complex," *Korean J. Society of Hazard Mitigation.*, **17**(2), 93-99(2017).
2. <https://icis.me.go.kr/search/searchType2.do>.
3. <https://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=38449>.
4. Lee, Y. J., Lee, K. W. and Ahn, B. J., "Improvement Plan of Implementing Condition Assessment in Process Safety Management (PSM) System," *Korean J. Society of Safety.*, **31**(4), 27-34 (2016).
5. Kwon, H. M. and Baek, J. B., "Development of Changing Management Software(K-MOC) for Chemical Plant," *Korean J. Society of Safety.*, **21**(1), 72-78(2006).
6. Cho, H. C., Jeong, W. J. and Sin, S. U., "Introduction to the Mechanical Integrity Program for Process Safety Management (PSM)," *Korean Chem. Eng. Res.*, **14**(2), 146-152(1996).
7. Jang, N. J., Dan, S. K., Shin, D. I. and Yoon, E. S., "The Role of Process Systems Engineering for Sustainability in the Chemical Industries," *Korean Chem. Eng. Res.*, **51**(2), 221-225 (2012).
8. Centre for Chemical Process Safety: Guidelines for Mechanical Integrity Systems, John Wiley & Sons, Inc(2006).
9. Korea Ministry of Employment and Labor, "Regulations on Submission, Review and Confirmation of Process Safety Reports and Evaluation of Implementation Status, etc.," *Ministry of Employment and Labor notification*, No.2020-62.(2020).
10. Kwon, H. M., Kang, M. J. and Lee, H. S., "A Study on the Development of Safety Performance Index in Chemical Industry," *Korean J. Society of Safety.*, **23**, 57-61(2008).
11. Kim, T. O., "A Study on the Improvement of the Process Safety Report Implementation Status Evaluation and Resubmission System," research report, KOSHA, Korea(2019).
12. Park J. C., "Research on Prevention Technology and Management Improvement Plan to Prevent Human Error Accidents in Domestic Chemical Facilities," research report, KOSHA, Korea, (2012).
13. Kang, M. J., "The Effective Regulatory System for the Prevention of Major Accident involving Hazardous Chemicals," Ph.D.

Dissertation, *Seoul National University of Science and Technology*(2008).

14. Yoo, J. H., "Management of Change in the Chemical Industries Based on Risk Assessment," *Korean Chem. Eng. Res.*, **46**(1), 156-163(2008).

Authors

Young Suk Kim: Phd Student, Department of Safety Engineering, Graduate School, Seoul National University of Science and Technology Seoul 01811, Korea; kisa2007@kakao.com

Dal Jae Park: Professor, Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea; pdj70@seoultech.ac.kr