

공정안전관리(Process Safety Management)와 방화엔지니어의 역할

김 원 국*

1. 서 론

오늘날에 있어서 방화엔지니어의 역할은 점점 더 확대되어 가고 있다. 이러한 추세는 일반적인 특성으로써 타분야에서도 두드러진 현상이다. 현대의 기업에서는 다기능화를 요구한다. 이러한 추세에 부응하여 방화엔지니어로써 우리가 수행할 수 있는 영역을 넓혀나가는 일이 중요하다.

본론에서는 요즘 관심의 고조되고 있는 공정 위험관리의 주요내용을 소개하고 이에 따른 방화 엔지니어들의 역할을 규정함으로써 관계자들 및 방화엔지니어 당사자들이 공정안전관리에서의 그들의 역할을 올바르게 인식하고 수행하게 될 것을 기대하는 바이다.

2. 본 론

1993년 국제노동기구를 통하여 중대재해방지를 위한 공정안전관리가 이 땅에 소개된 이후로 오늘에 이르기 까지 관계 기관 및 기업체를 통하여 여러번 공정안전관리에 대한 교육이 있었다. 공정안전관리란 말 그대로 위험한 화학물질을 취급하는 공정에서 일어날 수 있는 재해를 방지하기 위한 안전 관리를 이야기한다. 그러면 공정관리는 어떤 위험으로부터 종업원을 보호하려는 것인가? 화학

제품의 위험성은 화재, 폭발, 독성등으로 분류할 수 있다. 따라서 화학물질이 누출되면 이들의 화재, 폭발 및 독성은 1차적으로 종업원들의 생명을 2차적으로 인근 주민들을 위협하게 된다. 여기서 우리는 공정안전관리의 대상에서 화재 및 폭발이 차지하고 있는 비중이 매우 큰것을 알 수 있게된다.

2.1 공정위험관리(Process Safety Management)란 무엇인가?

인간의 행복을 위해서 만들어진 화학제품이 거꾸로 인간의 생명을 위협한다면 그것은 분명한 잘못이다. 실제로 우리 주위를 둘러보면 우리는 수많은 화학제품 속에서 살고 있는 것을 발견할 수 있다. 이제 그것들은 우리생활에서 없어서는 안되는 중요한 위치를 차지하게 된 것이다. 그러나 최근 이십여년간 일어난 사고를 돌이켜 보면 이러한 화학제품을 생산하는 공장에서 수많은 생명을 앗아간 사고를 발견할 수 있다. 세계는 지금 위험한 화학제품의 누출로 부터 종업원 및 인근 주민의 생명을 보호하기 위한 노력을 시작하였다. 사실상 규모가 큰 화학 공장들은 이미 이와 같은 활동을 하여 왔으나 공장 마다 그 수준이 틀리고 적용의도가 서로 다르므로 이러한 안전 관리 활동을 범규화 하기에 이른 것이다. 미국을 비롯한 유럽의 여러 국가들은 이미 이러한 법률을 제정하여 시행중이다. 유엔 또한 국제노동기구를 통하여 회원국

* HSB Professional Loss Control 한국지사장

에게 이러한 법규의 제정을 권고하고 있는 실정이다. 다음은 PSM에 관한 역사적인 배경 및 그 내용들을 간추려 본 것이다.

2.1.1 역사적인 배경

PSM이 법규로서의 필요성을 갖게된 데에는 수많은 인명을 앗아간 중대재해가 있었다. 다음은 연대별로 정리해본 중대 사건 기록이다 :

- * 1974년, 영국의 Flixborough, 사이클로hex산 폭발, 29명 사망
- * 1976년, 이태리의 세베소, 다이옥신 누출, 막대한 환경 피해
- * 1984년, 멕시코의 멕시코시티, 액화석유가스 폭발, 650명 사망
- * 1984년, 인도의 보팔, 메틸 아이소사이네이트 누출, 2000명 사망
- * 1989년, 미국 파사데나 필립공장, 석유화학제품 폭발, 23명 사망
- * 1990년, 미국 찬넬뷰 아코 공장, 석유화학제품 폭발, 17명 사망

우리나라에서도 지난 20여년간 화학 공장에서 여러 차례 크고 작은 사고가 발생하였다. 이렇듯 세계 각국에서 발생한 화재, 폭발, 그리고 독성가스의 누출 사건은 PSM과 같은 종합적인 안전관리 체계를 탄생시켰다. 이제 더 이상 화학공장의 안전은 회사 측에 자율적으로 맡겨 놓지 못하게 된 것이다. 이러한 요구는 보험사 측에서도 마찬가지였다. 세계적으로 잦은 대형사고 및 천재지변은 굵직한 재보험사들을 휘청거리게 하였고, 그 여파가 산업체에 미치기 시작하였다. 따라서 보험사들은 보험을 인수함에 있어서 PSM과 같은 종합적인 안전관리대책을 요구하기에 이르렀다. 따라서 현재 우리 업계는 순수한 노동 안전 이외에도 보험업계의 요구사항이 추가되어 있는 상황이다.

2.1.2 PSM에서 요구하는 사항(OSHA 법규기준)

* 공정 안전 자료(Process Safety Information)

정해진 순서에 따라 고용주는 공정위험분석(Process Hazard Analysis)를 하기전에 공정 안전자료를 작성해야 한다. 이는 고용주 및 작업자들이 위험성이 높은 물질을 취급하는 공정상에 잠재된 위험을 확인하고 이해하기 위함이다.

이러한 공정 안전 자료는 공정에 의해 사용되고 생산되는 위험물질의 위험도 관련정보, 공정기술 관련정보, 공정장치 관련정보를 포함해야 된다.

(1) 공정내의 매우 위험한 화학 물질의 위험 관련 정보 이러한 정보는 최소한 다음과 같은 사항들로 이루어져야 한다.

- (i) 독극성 관련 정보
- (ii) 허용 노출 한계(Permissible Exposure Limit : PEL)
- (iii) 물성치 관련 자료(Physical Data)
- (iv) 반응성 관련 자료(Reactivity Data)
- (v) 부식성 관련 자료(Corrosivity Data)
- (vi) 열적 및 화학적 안정성 관련 자료
- (vii) 발생가능한 이물질의 부주의한 혼합으로 인한 위험

* 주(註) : 29 CER 1910. 1200 (g)의 요구사항을 만족하는 MSDS(Material Safety Data Sheets)가 위의 정보를 갖추고 있다면 사용될 수 있다.

(2) 공정기술 관련 자료

(i) 공정기술 관련자료는 최소한 다음과 같은 사항을 포함 해야 한다.

- (A) Block Flow Diagram 또는 단순화된 Process Flow Diagram
- (B) 공정내의 화학적 성질(Process Chemistry)
- (C) 포괄적인 물품 명세서

(D) 온도, 압력, 유량, 혼합물 성분 등의 안전 관련 상한선 및 하한선

(E) 고용자들의 안전 및 보건에 대한 악영향을 포함하는 이탈(Deviation)의 결과에 대한 분석

(ii) 본래의 기술관련자료가 더 이상 남아있지 않은 경우, 분석을 뒷받침 하기 위해서 공정위험 분석과 함께 보완될 수 있다.

(3) 공정 장치 관련자료

(i) 공정장치 관련자료는 다음을 포함한다.

- (A) 공사 자재
- (B) Piping and Instrument Diagram (P&ID's)
- (C) 전기적 등급(Electrical Classification)
- (D) 배출시설(Relief System)설계와 그 설계 기준
- (E) 환기시설 설계
- (F) 적용되는 설계법규(Design Codes)와 표준(Standards)
- (G) 표준일(Date of Standard) 이후에 완공된 공정에 대한 물질수지 및 에너지수지(Material & Energy Balances)
- (H) 안전시설(Interlock, 검지 및 진압(Detection and Suppression) 시설 등)

(ii) 고용주는 공인되고, 일반적으로 인정되는 좋은 공학지침서(Eng's Practices)를 준수하는 장치 관련자료를 기록해야 한다.

(iii) 더 이상 사용되지 않는 법규, 표준, 지침서에 의해 설계되고 시공된 장치에 대해서는 고용자는 장치가 안전한 방법으로 설계, 유지보수, 검색, 시험 및 작동되고 있음을 파악한 후 기록해야 한다.

* 공정 위험 분석(Process Hazard Analysis)

(1) 고용주는 본 표준 범위내에 규정된 공정에 대해 초기에 공정위험분석(Process Hazard Analysis : Hazard Evaluation)을 수행해야 한다. 공정위험 분석(PHA)은 어떠한 복잡한 공정에도

적합하여야 하며, 공정상의 위험(Hazard)을 확인, 평가 및 제어하여야 한다. 고용주는 공정 위험의 범위, 악영향을 입을 가능성 있는 고용자의 수, 공장년수, 그리고 장치의 조업연혁 등에 바탕을 준 PHA 수행 우선순위를 결정하고 기록해야 한다. PHA는 가능한 빨리, 다음의 일정계획에 따라 수행되어야 한다.

(i) 유효 표준일(Effective Date of Standard) 이후, 2년 내에 초기 PHA의 25% 이상이 이루어져야 한다

(ii) 유효 표준일 이후, 3년내에 50%이상이 이루어져야 한다

(iii) 유효 표준일 이후, 4년내에 75%이상이 이루어져야 한다

(iv) 유효 표준일 이후, 5년내에 모든 초기 PHA가 완결되어야 한다.

(v) 유효 표준일 이전 5년이내에 완성된 PHA 중 위의 요구 사항을 만족시키는 것은 초기PHA로 인정된다. 이러한 PHA는 위 항목에 규정된 일자에 바탕을 두고 개정 및 재유효화를 실시해야 한다.

(2) 고용주는 분석중인 공정위험을 결정하고 평가하는데 적합한, 아래의 방법중에서 최소 하나 이상을 사용해야 한다.

- (i) What-If
- (ii) Checklist
- (iii) What-If /Checklist
- (iv) Hazard Operability study(HAZOP)
- (v) Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)
- (vi) Fault Tree Analysis(FTA)
- (vii) 이상과 동일하게 취급되는 기타 방법들

(3) 위험분석은 다음을 포함해야 한다.

- (i) 공정내 위험(The hazard of the process)
- (ii) 작업장내 큰 피해를 가져다줄 수 있는 이전 사고(Incident)에 대한 내용

(iii) 위험(Hazard)에 적용되는 공학적 및 운영상 통제 방법과 누출에 대한 조기 경보를 발하는 검지(Detection)방법과의 연관관계.(보다 효율적인 검색 방법에는 Process Monitoring과 경보, Hydro Carbon Sensor와 같은 검색 Hard Ware를 갖춘 제어장비가 포함될 수 있다.)

(iv) 공학적, 운영상 통제 실패에 대한 결과

(v) 설비의 위치

(vi) Human Factors

(vii) 작업장내의 통제 실패시, 작업자에게 미칠 안전 및 보건에 대한 악영향의 정성적 분석(Qualitative Analysis)

(4) PHA는 공학 및 공정운전의 전문가가 포함된 팀에 의해 수행되어야 하며, 팀에는 평가중인 공정에 관련된 경험 및 지식을 갖춘 고용자가 적어도 한명 이상 포함되어야 한다. 또한, 팀 구성원 중 한명은 현재 사용되는 위험분석 방법에 대한 지식을 갖추어야 한다.

(5) 고용주는 팀의 의견 및 제안사항을 신속히 전달하고, 제안 사항이 적절한 방법으로 분석 및 기록됨을 확인하고, 취하여질 조치를 기록하고, 가능한 빠른 시일내에 조치를 내릴 수 있고, 이러한 조치가 취하여질 시점이 나타난 계획을 발전시킬 수 있고 운전 및 유지 보수에 관련된 작업자뿐 아니라, 제안사항 및 조치에 의해 영향을 받는 모든 작업자들에게 이러한 조치를 전달할 수 있는 체계를 갖추어야 한다.

(6) 초기 PHA완성 후 적어도 매 5년마다, 현 공정에 부합됨을 확신하기 위해서 PHA는 (e) (4)항목의 요구조건에 부합되는 팀에 의해 개정 및 재유효화 되어야 한다.

(7) 고용주는 공정 수명연장을 위해 이 항의 (e) (5)항목에 기술된 제안 사항의 분석뿐만 아니라 이 항에서 다룬 각 공정에 대한 개정 또는 재유효화를 계속해서 수행해야 한다.

* 운전 절차서(Operating Procedure)

(1) 고용주는 공정 안전 자료와 부합되는 각 공정의 안전조치에 대한 명확한 지침을 제공하는 운전절차를 개선시키고, 보완하여야 한다. 또한 절차서는 최소한 다음의 요소들을 담고 있어야 한다.

(i) 각 작업 단계

(A) 초기 Start-up

(B) 정상(正常) 운전(Normal Operation)

(C) 일시적 운전(Temporary Operation)

(D) 비상조업중단(Emergency Shutdown)이 요구되는 상황과 비상조업 중단이 안전하고 적절한 방법으로 수행되고 있다는 확신을 주기 위하여 우수한 작업자에게 넘긴 비상조업중단 결정권 이양

(E) 비상운전(Emergency Operation)

(F) 정상(正常) 조업중단(Normal Shutdown)

(G) 작업전환(Turnaround) 후 혹은, 비상조업 중단 이후의 조업재개

(ii) 작업 한계

(A) 이탈(Deviation)의 결과

(B) 이탈을 수정하거나 피하기위한 단계

(iii) 안전과 보건에 관한 고려사항

(A) 공정 내에서 사용되는 화학물질의 상태량(Property)과 화학 물질로 인한 위험

(B) 운영상 및 공학적 통제와 개인용 보호 장비 등을 규정한 노출 방지를 위한 예방책

(C) 물리적 접촉 혹은 대기상의 방출시에 취해지는 통제수단

(D) 원자재의 품질관리와 위험 화학물 목록의 관리

(E) 모든 특별한 혹은 독특한 위험

(iv) 안전설비(Safety System)와 그 기능

(2) 운전 절차서는 작업자가 쉽게 접할 수 있어야 한다.

(3) 운전 절차서는 공정상의 화학물질, 기술과 장치의 변화, 그리고 설비에 관한 변화로 인한 변경사항이 포함된 최근의 운전 지침서가 반영되고 있다는 것을 확인 할 수 있을 만큼 가능한 자주 검토되어야 한다. 고용주는 이러한 운전 절차서가 최신의 것이고 정확하다는 것을 매년마다 보증해야 한다.

(4) 고용주는 Lock /Tagout, 제한 공간의 출입, 공정장치 또는 배관라인의 개방, 그리고 수리공, 하도급 고용자, 연구팀, 혹은 다른 보조 작업자의 설비 내 출입통제와 같은 내용을 명시한 안전작업 지침서(Safety Work Practices)를 개선시키고 보증해야 한다.

* 교육 훈련(Training)

(1) 초급 교육 훈련

(i) 현재 공정운전 업무를 담당하는 고용자 및 새로 도입된 공정의 운전을 담당케 될 고용자는 공정 개요 및 운전 절차에 대한 교육 훈련을 받아야 한다. 교육내용은 특별 안전 및 보건 위험에 관한 강조사항, 조업중단 등과 같은 비상운전(Emergency Operating), 그리고 고용자 업무에 적용되는 안전 업무 지침(Safe Work Practices)을 포함해야 한다.

(ii) 이미 유효 표준일(Effective Date of Standard) 이후 줄곧 공정 운전이 가담한 고용자에 대해선 초급교육 훈련 대신에 고용주는 고용자가 작업 절차서에 명시된 책임과 의무를 안전하게 수행할 수 있는 요구지식과 기술, 그리고 능력을 가졌다는 것을 기록상으로 보증해야 한다.

(2) 재할 교육 훈련(Refresher Training)

고용주는 고용자가 최근의 공정운전 절차를 이

해하고, 수행한다는 것을 확인하기위해 공정운전 업무를 담당하는 고용자에게 필요한 만큼, 그러나 최소 3년마다 재할 교육 훈련을 시켜야 한다. 고용주는 공정운전 업무를 담당하는 고용자와 의논 후에 재할교육 훈련의 적절한 실시주기를 결정해야 한다.

(3) 훈련기록(Training Documentation)

고용주는 공정운전 담당 고용자가 위에 명시된 교육훈련을 받았고, 이해했다는 사실을 보증해야 한다. 또한, 고용주는 고용자의 신상명세, 교육훈련 실시날짜와 고용자가 교육을 이해했다는 것을 보증하는 기록을 갖추어야 한다.

* 하도급 고용자(Contractor)

(1) 적용범위

이 단락(Paragraph)은 공정상 또는 인근에서 유지보수, 작업전환(Turnaround), 주요 정비 및 특별 업무를 수행하는 하도급 고용자에 적용된다. 경비업무, 식당일, 세탁일, 배달 또는 기타 조달업무와 같은 공정상에 영향을 미치지 않는 부수업무를 담당하는 하도급 고용자에게는 적용되지 않는다.

(2) 고용주 책임

(i) 하도급 고용자를 선택할 때, 고용주는 하도급 고용자의 안전업무 수행 및 프로그램과 관련된 정보를 입수하고, 평가해야 한다.

(ii) 고용주는 하도급 고용자에게 업무 및 공정과 관련된 기존의 잠재적 화재, 폭발 및 독극물 노출 위험을 알려야 한다.

(iii) 고용주는 하도급 고용자에게 이 단락에서 요구하는 비상조치 계획(Emergency Action Plan)의 적절한 준비작업을 설명해야 한다.

(iv) 고용주는 취급하는 공정 구역내의 하도급 업체 고용주와 고용자의 출입을 통제하기 위한 이 단락의(f) (4)문항에 부합되는 안전업무 지침서를 개선시키고 보증해야 한다.

(v) 고용주는(h) (3)문항에 명시된대로 하도급 고용자가 그들의 임무를 수행하는지를 정기적으로 평가해야 한다.

(vi) 고용주는 하도급 고용자의 업무와 관련된 산재 및 건강기록을 계속적으로 수행해야 한다.

(3) 하도급 업체 고용주 책임

(i) 하도급 업체 고용주는 하도급 고용자가 업무를 안전하게 수행하기 위해 필요한 실습훈련을 받았다는 것을 보증해야 한다.

(ii) 하도급 고용주는 하도급 고용자가 업무와 관련된 발생 가능한 화재, 폭발, 혹은 독극물 누설 위험과 비상조치 계획의 적절한 준비작업에 대해 교육을 받았다는 것을 보증해야 한다.

(iii) 하도급 고용주는 하도급 고용자가 이 단원에서 요구되는 훈련을 이수하고 이해 했다는 것을 기록으로 남겨야 한다. 하도급 고용주는 하도급 고용자가 교육을 이해 했다는 것을 증명하기 위한 그들의 신상명세, 교육실시 일자, 사용방법 등을 담은 기록을 준비해야 한다.

(iv) 하도급 고용주는 이 단원의(f) (4) 항목에 의해 요구되는 안전업무 지침을 포함하는 설비에 대한 안전수칙을 하도급 고용자가 준수하고 있다는 것을 보증해야 한다.

(v) 하도급 업체 고용주는 고용주에게 업무 중에 발생하는 또는 발견되는 독특한 위험에 대해 주지 시켜야 한다.

* 안전 시운전 안전검토(Pre-Startup Safety Review)

(1) 고용자는 공정안전 자료의 변경을 요구할 만큼 수정사항이 큰 새로 도입되거나 수정 보완되는 설비에 대한 안전 검토를 수행해야 한다.

(2) 사전 시운전 안전검토는 공정내에 매우 위험한 화학물질을 도입하기 전에 다음 사항을 확인해야 한다.

(i) 시공 및 장치가 Design Spec.을 따르고 있는가?

(ii) 안전 운전, 유지보수 그리고 긴급절차(Emergency Procedure)가 적재적소에 적용되는가?

(iii) 새로운 설비에 대해 PHA가 수행되고 제안사항이 시운전 이전에 해결되고 보완되는지? 그리고, 변경 설비가 (1)단락에 담겨있는 요구사항을 만족 하는지?

(iv) 공정의 운전업무를 맡은 각 고용자의 교육이 완결 되었는지?

* 기계의 계속성(Mechanical Integrity)

(1) 적용

이 단원의 (j) (2)단락에서 (j) (6)단락까지는 다음의 공정장치에 적용된다.

(i) 압력용기 및 저장탱크

(ii) 배관시설(밸브 등의 배관부품 포함)

(iii) 배출(Relief) 및 통기(Venting) 시설과 장비

(iv) 비상 조업중단 설비

(v) 통제 설비(모니터, 센서, 경보 그리고 연동장치(Interlock)

(vi) 펌프

(2) 절차서

고용주는 공정장치의 연속작업을 유지하기 위한 절차서를 완성하고 보완해야 한다.

(3) 공정 유지 보수작업에 대한 교육훈련

고용주는 공정장치의 연속작업에 관련된 업무를 담당하는 고용자가 안전하게 그들의 업무를 수행하는 것을 보증하기 위해서 그들의 업무에 적용되는 절차와 공정 및 그와 관련된 위험에 대한 개요교육을 받아야 한다.

(4) 검사 및 시험(Inspection & Testing)

(i) 공정장치에 관한 검사 및 시험이 수행되어야 한다.

(ii) 검사와 시험절차는 널리 공인된 공학 지침서(Eng's Practices)를 따라야 한다.

(iii) 공정장치의 검사 및 시험에 대한 횟수는 담당 생산 작업자의 조언 또는 좋은 공학 지침서에 의하거나, 이전 운전 경험에 비추어서 필요하다면 보다 자주 해주어야 한다.

(iv) 고용주는 공정장치에 대해 기 수행된 검사 및 시험내용을 기록해야 한다. 기록내용은 검사 및 시험일자, 검사 및 시험을 수행한 자의 성명, 수행된 장치의 일련번호, 기타 인식사항, 검사내용과 검사 및 시험 결과 등을 포함해야 한다.

(5) 장치의 부족

고용주는 제한수량(추가 사용전 (d)단락의 공정안전 자료에 의하거나 안전운전 보증을 위한 필요수단이 취해질때, 안전하고 적기(適期)의 방법에 의해 정의 되는)을 밀도는 장치의 부족을 보충해야 한다.

(6) 품질보증

(i) 공장 및 장치공사 중에 고용주는 장치가 제조된 상태대로 공정 과정에서 사용될 수 있는지를 보증해야 한다.

(ii) 장치가 적절히 설치 되었는지, Design Spec. 과 제조업체 지침서를 잘 따르는지를 보증하기 위해서 적절한 점검 및 검사가 수행되어야 한다.

(iii) 고용주는 유지 보수용 자재 및 장치가 공정상 알맞게 적용되는지를 보증해야 한다.

* 위험작업(Hot Work) 허가

(1) 고용주는 취급되는 공정상 혹은 주변에서 이루어지는 위험작업 운전에 대한 허가서를 발행해야 한다.

(2) 허가서는 29 CFR 1910.252(a)에 담긴 화재 예방과 소방상 요구조건이 위험작업 실시 이전에 수행되었다는 것을 기록하고 위험작업의 수행일

자 및 수행목적을 밝혀야 한다. 허가서는 위험작업 운전이 완전히 이루어질때까지 서류철로 남겨져야 한다.

* 변경사항의 관리(Management of Change)

(1) 고용주는 공정에 사용되는 화학물질, 기술상 및 장치상의 변경사항(동종(同種)간의 교체는 제외)과 취급되는 공정에 영향을 미치는 설비상의 변경사항을 관리하기 위한 절차서를 만들고 보완해야 한다.

(2) 절차서는 어떠한 변경이 발생되기 이전에 다음의 고려사항을 전달해야 한다.

- (i) 제안된 변경사항에 관한 기술적인 바탕
- (ii) 변경사항이 안전 및 보전에 미치는 영향
- (iii) 운전 절차서에 대한 수정사항
- (iv) 변경시 소요시간
- (v) 제안된 변경사항에 대한 법적 허가 관련사항

(3) 공정운전 및 유지보수 업무를 담당하는 고용자와 공정상 변화에 의해 업무에 지장을 초래하는 하도급 고용자들은 공전 및 공정의 영향하에 있는 부분의 시운전(Start-up) 이전에 변경사항에 관해 통지를 받거나 교육을 받아야 한다.

(4) 여기서 취급하는 변경사항이 (d)절에 의해 요구되는 공정안전 자료 상의 변화를 초래한다면 그러한 자료는 개선되어야 한다.

(5) 만일, 이 절에서 취급하는 변경사항이 (f) 절에 의해 요구되는 운전절차서 혹은 지침서의 변경을 초래한다면 그러한 절차서 및 지침서는 개선되어야 한다.

* 사고조사(Incident Investigation)

(1) 고용주는 작업자 내의 매우 위험한 화학물질의 누출재해를 일으키는 혹은 일으킬 가능성이

있는 각 사고에 대한 조사를 해야 한다.

(2) 사고 조사는 가능한 사고 직후 즉시, 늦어도 사고 발행 48시간 내에 이루어져야 한다.

(3) 사고를 철저히 조사하기 위해 적어도 공정에 관한 지식이 있는 한명, 만일 하도급 고용자 업무와 관련된 사고라면 하도급 고용자 한명, 그리고 기타 필요에 의한 지식 및 경험이 있는 자로 구성된 사고조사 팀이 결성되어야 한다.

(4) 최소한 다음의 사항을 포함하는 보고서를 조사 후 결론을 위해 준비해야 한다

- (i) 사고 발생일
- (ii) 사고조사 착수일
- (iii) 사고의 상황설명
- (iv) 사고의 발생요인
- (v) 조사로부터 얻은 제안사항

(5) 고용주는 사고보고서의 발견사항과 제안사항을 즉시 전달하고 해결할 수 있는 체계를 만들어야 한다.

(6) 보고서는 하도급 고용자를 포함하여 관련업무가 사고와 관계하는 개인에 대한 검토를 하여야 한다.

(7) 사고 조사 보고서는 5년동안 보관되어야 한다.

*** 비상시 계획과 대책(Emergency Planning and Response)**

고용주는 29CFR 1910.38(a) 조항에 따라서 전 공장에 대한 비상시 계획(Emergency Action Plan)을 완성하고 보완해야 한다. 뿐만 아니라 비상시 계획은 규모가 작은 누출을 처리하기 위한 절차도 포함해야 한다. 이러한 표준에 의해 해당되는 고용주들은 29CFR 1910(a), (p)와 (g)에 명시된 위험 폐기물과 긴급 대응책 조항에 따라야

한다.

*** 허가 안전 검열(Compliance Safety Audits)**

(1) 고용주들은 표준에 의거한 절차서 및 지침서가 타당하고 표준에 따랐다는 확인을 위해 최소 매 3년마다 이 조항을 준수했다는 보증을 하여야 한다.

(2) 허가 검열은 최소한 공정에 관한 지식이 있는 한 사람에게 의해 수행되어야 한다.

(3) 검열에 관한 평가 보고서가 개선되어야 한다.

(4) 고용주는 허가 검열의 평가 항목에 대한 적절한 대책을 결정, 기록하며 부족된 부분이 시정되었다는 기록을 남겨야 한다.

(5) 고용주는 가장 최근의 허가 검열 보고서를 2부 보관해야 한다.

*** 운전 절차서(Operating Procedure)**

(1) 고용주는 공정 안전 자료와 부합되는 각 공정의 안전조치에 대한 명확한 지침을 제공하는 운전절차를 개선시키고, 보완하여야 한다. 또한 절차서는 최소한 다음의 요소들을 담고 있어야 한다.

(i) 각 작업 단계

- (A) 초기 Start-up
- (B) 정상(正常) 운전(Normal Operation)
- (C) 일시적 운전(Temporary Operation)
- (D) 비상조업중단(Emergency Shutdown)이 요구되는 상황과 비상조업 중단이 안전하고 적절한 방법으로 수행되고 있다는 확신을 주기 위하여 우수한 작업자에게 넘긴 비상조업중단 결정권 이양
- (E) 비상운전(Emergency Operation)

(F) 정상(正常) 조업중단(Normal Shutdown)
(G) 작업전환(Turnaround) 후 혹은, 비상조업 중단 이후의 조업재개

(ii) 작업 한계

(A) 이탈(Deviation)의 결과
(B) 이탈을 수정하거나 피하기위한 단계

(iii) 안전과 보건에 관한 고려사항

(A) 공정 내에서 사용되는 화학물질의 상태량(Property)과 화학물질로 인한 위험
(B) 운영상 및 공학적 통제와 개인용 보호 장비 등을 규정한 노출방지를 위한 예방책
(C) 물리적 접촉 혹은 대기상의 방출시에 취해지는 통제수단
(D) 원자재의 품질관리와 위험 화학물 목록의 관리
(E) 모든 특별한 혹은 독특한 위험

(iv) 안전설비(Safety System)와 그 기능

(2) 운전 절차서는 작업자가 쉽게 접할 수 있어야 한다.

(3) 운전 절차서는 공정상의 화학물질, 기술과 장치의 변화, 그리고 설비에 관한 변화로 인한 변경사항이 포함된 최근의 운전 지침서가 반영되고 있다는 것을 확인 할 수 있을 만큼 가능한 자주 검토되어야 한다. 고용주는 이러한 운전 절차서가 최신의 것이고 정확하다는 것을 매년마다 보증해야 한다.

(4) 고용주는 Lock /Tagout, 제한 공간의 출입, 공정장치 또는 배관라인의 개방, 그리고 수리공, 하도급 고용자, 연구팀, 혹은 다른 보조 작업자의 설비 내 출입통제와 같은 내용을 명시한 안전작업 지침서(Safety Work Practices)를 개선시키고 보충해야 한다.

* 교육 훈련(Training)

(1) 초급 교육 훈련

(i) 현재 공정운전 업무를 담당하는 고용자 및 새로 도입된 공정의 운전을 담당케 될 고용자는 공정 개요 및 운전 절차에 대한 교육 훈련을 받아야 한다. 교육내용은 특별 안전 및 보건 위험에 관한 강조사항, 조업중단 등과 같은 비상운전(Emergency Operating), 그리고 고용자 업무에 적용되는 안전 업무 지침(Safe Work Practices)을 포함해야 한다.

(ii) 이미 유효 표준일(Effective Date of Standard) 이후 줄곧 공정 운전이 가담한 고용자에 대해선 초급교육 훈련 대신에 고용주는 고용자가 작업 절차서에 명시된 책임과 의무를 안전하게 수행할 수 있는 요구지식과 기술, 그리고 능력을 가졌다는 것을 기록상으로 보증해야 한다.

(2) 재할 교육 훈련(Refresher Training)

고용주는 고용자가 최근의 공정운전 절차를 이해하고, 수행한다는 것을 확인하기위해 공정운전 업무를 담당하는 고용자에게 필요한 만큼, 그러나 최소 3년마다 재할 교육 훈련을 시켜야 한다. 고용주는 공정운전 업무를 담당하는 고용자와 의논 후에 재할교육 훈련의 적절한 실시주기를 결정해야 한다.

(3) 훈련기록(Training Documentation)

고용주는 공정운전 담당 고용자가 위에 명시된 교육훈련을 받았고, 이해했다는 사실을 보증해야 한다. 또한, 고용주는 고용자의 신상명세, 교육훈련 실시날짜와 고용자가 교육을 이해했다는 것을 보증하는 기록을 갖추어야 한다.

* 하도급 고용자(Contractor)

(1) 적용범위

이 단락(Paragraph)은 공정상 또는 인근에서 유지보수, 작업전환(Turnaround), 주요 정비 및 특별 업무를 수행하는 하도급 고용자에 적용된다.

경비업무, 식당일, 세탁일, 배달 또는 기타 조달업무와 같은 공정상에 영향을 미치지 않는 부수업무를 담당하는 하도급 고용자에게는 적용되지 않는다.

(2) 고용주 책임

(i) 하도급 고용자를 선택할 때, 고용주는 하도급 고용자의 안전업무 수행 및 프로그램과 관련된 정보를 입수하고, 평가해야 한다.

(ii) 고용주는 하도급 고용자에게 업무 및 공정과 관련된 기존의 잠재적 화재, 폭발 및 독극물 노출 위험을 알려야 한다.

(iii) 고용주는 하도급 고용자에게 이 단락에서 요구하는 비상조치 계획(Emergency Action Plan)의 적절한 준비작업을 설명해야 한다.

(iv) 고용주는 취급하는 공정 구역내의 하도급 업체 고용주와 고용자의 출입을 통제하기 위한 이 단락의 (f) (4)문항에 부합되는 안전업무 지침서를 개선시키고 보충해야 한다.

(v) 고용주는 (h) (3)문항에 명시된대로 하도급 고용자가 그들의 임무를 수행하는지를 정기적으로 평가해야 한다.

(vi) 고용주는 하도급 고용자의 업무와 관련된 산재 및 건강기록을 계속적으로 수행해야 한다.

(3) 하도급 업체 고용주 책임

(i) 하도급 업체 고용주는 하도급 고용자가 업무를 안전하게 수행하기 위해 필요한 실습훈련을 받았다는 것을 보증해야 한다.

(ii) 하도급 고용주는 하도급 고용자가 업무와 관련된 발생 가능한 화재, 폭발, 혹은 독극물 누설 위험과 비상조치 계획의 적절한 준비작업에 대해 교육을 받았다는 것을 보증해야 한다.

(iii) 하도급 고용주는 하도급 고용자가 이 단락에서 요구되는 훈련을 이수하고 이해 했다는 것을 기록으로 남겨야 한다. 하도급 고용주는 하도급 고용자가 교육을 이해 했다는 것을 증명하기 위한 그들의 신상명세, 교육실시 일자, 사용방법 등을 담은 기록을 준비해야 한다.

(iv) 하도급 고용주는 이 단락의 (f) (4) 항목

에 의해 요구되는 안전업무 지침을 포함하는 설비에 대한 안전수칙을 하도급 고용자가 준수하고 있다는 것을 보증해야 한다.

(v) 하도급 업체 고용주는 고용주에게 업무 중에 발생하는 또는 발견 되는 독특한 위험에 대해 주지 시켜야 한다.

* 안전 시운전 안전검토(Pre-Startup Safety Review)

(1) 고용자는 공정안전 자료의 변경을 요구할 만큼 수정사항이 큰 새로 도입되거나 수정 보완되는 설비에 대한 안전 검토를 수행해야 한다.

(2) 사전 시운전 안전검토는 공정내에 매우 위험한 화학물질을 도입하기 전에 다음 사항을 확인해야 한다.

(i) 시공 및 장치가 Design Spec.을 따르고 있는가?

(ii) 안전 운전, 유지보수 그리고 긴급절차(Emergency Procedure)가 적재적소에 적용되는가?

(iii) 새로운 설비에 대해 PHA가 수행되고 제안사항이 시운전 이전에 해결되고 보완되는지? 그리고, 변경 설비가 (1)단락에 담겨있는 요구사항을 만족 하는지?

(iv) 공정의 운전업무를 맡은 각 고용자의 교육이 완결 되었는지?

* 기계의 계속성(Mechanical Integrity)

(1) 적용

이 단락의 (j) (2)단락에서 (j) (6)단락까지는 다음의 공정장치에 적용된다.

(i) 압력용기 및 저장탱크

(ii) 배관시설(밸브 등의 배관부품 포함)

(iii) 배출(Relief) 및 통기(Venting) 시설과 장비

(iv) 비상 조업중단 설비

(v) 통제 설비(모니터, 센서, 경보 그리고 연동

장치(Interlock)

(vi) 펌프

(2) 절차서

고용주는 공정장치의 연속작업을 유지하기 위한 절차서를 완성하고 보완해야 한다.

(3) 공정 유지 보수작업에 대한 교육훈련

고용주는 공정장치의 연속작업에 관련된 업무를 담당하는 고용자가 안전하게 그들의 업무를 수행하는 것을 보증하기 위해서 그들의 업무에 적용되는 절차와 공정 및 그와 관련된 위험에 대한 개요교육을 받아야 한다.

(4) 검사 및 시험(Inspection & Testing)

(i) 공정장치에 관한 검사 및 시험이 수행되어야 한다.

(ii) 검사와 시험절차는 널리 공인된 공학 지침서(Eng's Practices)를 따라야 한다.

(iii) 공정장치의 검사 및 시험에 대한 횟수는 담당 생산 작업자의 조언 또는 좋은 공학 지침서에 의하거나, 이전 운전 경험에 비추어서 필요하다면 보다 자주 해주어야 한다.

(iv) 고용주는 공정장치에 대해 기 수행된 검사 및 시험내용을 기록 해야 한다. 기록내용은 검사 및 시험일자, 검사 및 시험을 수행한 자의 성명, 수행된 장치의 일련번호, 기타 인식사항, 검사내용과 검사 및 시험 결과 등을 포함해야 한다.

(5) 장치의 부족

고용주는 제한수량(추가 사용전 (d)단락의 공정안전 자료에 의하거나 안전운전 보증을 위한 필요수단이 취해질때, 안전하고 적기(適期)의 방법에 의해 정의 되는)을 밀도는 장치의 부족을 보충해야 한다.

(6) 품질보증

(i) 공장 및 장치공사 중에 고용주는 장치가 제조된 상태대로 공정과정에서 사용될 수 있는지

를 보증해야 한다.

(ii) 장치가 적절히 설치 되었는지, Design Spec. 과 제조업체 지침서를 잘 따르는지를 보증하기 위해서 적절한 점검 및 검사가 수행되어야 한다.

(iii) 고용주는 유지 보수용 자재 및 장치가 공정상 알맞게 적용되는지를 보증해야 한다.

* 위험작업(Hot Work) 허가

(1) 고용주는 취급되는 공정상 혹은 주변에서 이루어지는 위험작업 운전에 대한 허가서를 발행해야 한다.

(2) 허가서는 29 CFR 1910.252(a)에 담긴 화재 예방과 소방상 요구조건이 위험작업 실시 이전에 수행되었다는 것을 기록하고 위험작업의 수행 일자 및 수행목적을 밝혀야 한다. 허가서는 위험작업 운전이 완전히 이루어질때까지 서류철로 남겨져야 한다.

* 변경사항의 관리(Management of Change)

(1) 고용주는 공정에 사용되는 화학물질, 기술상 및 장치상의 변경사항(동종(同種)간의 교체는 제외)과 취급되는 공정에 영향을 미치는 설비상의 변경사항을 관리하기 위한 절차서를 만들고 보완해야 한다.

(2) 절차서는 어떠한 변경이 발생되기 이전에 다음의 고려사항을 전달해야 한다.

(i) 제안된 변경사항에 관한 기술적인 바탕

(ii) 변경사항이 안전 및 보건에 미치는 영향

(iii) 운전 절차서에 대한 수정사항

(iv) 변경시 소요시간

(v) 제안된 변경사항에 대한 법적 허가 관련사항

(3) 공정운전 및 유지보수 업무를 담당하는 고용자와 공정상 변화에 의해 업무에 지장을 초래하는 하도급 고용자들은 공전 및 공정의 영향하에

있는 부분의 시운전(Start-up) 이전에 변경사항에 관해 통지를 받거나 교육을 받아야 한다.

(4) 여기서 취급하는 변경사항이 (d)절에 의해 요구되는 공정안전 자료상의 변화를 초래한다면 그러한 자료는 개선되어야 한다.

(5) 만일, 이 절에서 취급하는 변경사항이 (f)절에 의해 요구되는 운전 절차서 혹은 지침서의 변경을 초래한다면 그러한 절차서 및 지침서는 개선되어야 한다.

* 사고조사(Incident Investigation)

(1) 고용주는 작업자 내의 매우 위험한 화학물질의 누출해해를 일으키는 혹은 일으킬 가능성이 있는 각 사고에 대한 조사를 해야 한다.

(2) 사고 조사는 가능한 사고 직후 즉시, 늦어도 사고 발행 48시간 내에 이루어져야 한다.

(3) 사고를 철저히 조사하기 위해 적어도 공정에 관한 지식이 있는 한명, 만일 하도급 고용자 업무와 관련된 사고라면 하도급 고용자 한명, 그리고 기타 필요에 의한 지식 및 경험이 있는 자로 구성된 사고 조사 팀이 결성되어야 한다.

(4) 최소한 다음의 사항을 포함하는 보고서를 조사 후 결론을 위해 준비해야 한다

- (i) 사고 발생일
- (ii) 사고조사 착수일
- (iii) 사고의 상황설명
- (iv) 사고의 발생요인
- (v) 조사로부터 얻은 제안사항

(5) 고용주는 사고보고서의 발견사항과 제안사항을 즉시 전달하고 해결할 수 있는 체계를 만들어야 한다.

(6) 보고서는 하도급 고용자를 포함하여 관련업무가 사고와 관계하는 개인에 대한 검토를 하여야

한다.

(7) 사고 조사 보고서는 5년동안 보관되어야 한다.

* 비상시 계획과 대책(Emergency Planning and Response)

고용주는 29CFR 1910.38(a) 조항에 따라서 전 공장에 대한 비상시 계획(Emergency Action Plan)을 완성하고 보완해야 한다. 뿐만 아니라 비상시 계획은 규모가 작은 누출을 처리하기 위한 절차도 포함해야 한다. 이러한 표준에 의해 해당되는 고용주들은 29CFR 1910(a), (p)와 (g)에 명시된 위험 폐기물과 긴급 대응책 조항에 따라야 한다.

* 허가 안전 검열(Compliance Safety Audits)

(1) 고용주들은 표준에 의거한 절차서 및 지침서가 타당하고 표준에 따랐다는 확인을 위해 최소 매 3년마다 이 조항을 준수했다는 보증을 하여야 한다.

(2) 허가 검열은 최소한 공정에 관한 지식이 있는 한 사람에게 의해 수행되어야 한다.

(3) 검열에 관한 평가 보고서가 개선되어야 한다.

(4) 고용주는 허가 검열의 평가 항목에 대한 적절한 대책을 결정, 기록하며 부족된 부분이 시정되었다는 기록을 남겨야 한다.

(5) 고용주는 가장 최근의 허가 검열 보고서를 2부 보관해야 한다.

이상은 OSHA에서 규정하고 있는 공정안전관리 사항에 대한 소개였다.

2.2 공정위험분석(Process Hazard Analysis)

공정위험분석은 대부분의 경우 가장 시간이 많이 소요되는 부분으로써 분석기법뿐 아니라 결과분석(Consequence Analysis)에 대한 지식도 요구되어진다. 결과분석의 경우 화재, 폭발 및 독성 가스의 누출 등으로 피해 범위를 나눌 수 있으며, 여기서 화재 및 폭발에 관한 결과를 분석할 때, 방화엔지니어의 도움이 필요하게 된다. 화재, 폭발 분야의 결과분석에서는 화재의 종류 및 크기, 폭발압력등의 계산이 필요하게 되므로 방화엔지니어의 역할이 필수적이다. 실질적으로 미국에서 PSM 법규를 마련하는 과정에서 방화엔지니어의 참여가 이루어졌다.

화학공장에서 위험을 줄일 수 있는 방법에는 일차적으로 안전장치들을 들 수 있다. 공정위험분석 시 많은 시간이 이러한 안전장치들의 설계사항을 검토하게 되는것이다. 하지만 인도 보팔시의 사고에서 보듯이 5개의 안전장치가 하나도 작동하지 않는 경우도 고려해야 하기 때문에 일단 위험 화학물질의 누출을 대비해야 하는 것이다. 사실상 우리나라에서도 화학공장에서 여러차례 크고 작은 화재, 폭발 사고를 경험하였다. 누출 전까지의 예방을 보호시스템(Protection) 이라 한다면, 감

지기, 경보기, 소화설비 및 방화설비등은 재해확대방지시스템(Mitigation)이라 할 수 있다.

이렇듯 PHA에서는 화재 및 폭발에 대한 원리를 충분히 이해해야될 뿐더러 기존의 방화,방폭 시스템에 대한 확실한 이해를 필요로 하므로 PSM에서의 방화엔지니어의 역할은 필수적이라 할 수 있다.

3. 결 론

PSM에서 방화엔지니어들의 역할을 이해하기 위해서 PSM의 내용 및 방화엔지니어링의 응용분야를 살펴 보았다. 점점 더 다기능화를 요구하는 사회적인 추세에 비추어 볼 때에 방화공학과 안전공학의 접목은 당연한 귀결이 될 것이다. 우리는 방화엔지니어링의 고유 업무만을 고집하지 말고, PSM과 같은 종합적인 안전관리시스템의 계획 및 실행에 적극 참여해서 방화공학의 영역을 넓혀가야 될것이다. 끝으로 우리의 영역을 확대해가는 과정에서 우리의 전문성에만 집착하지 말고 안전공학분야의 새로운 기법을 배우고 익혀서 방화공학에 접목시키는 일도 게을리하지 말아야 할것이다.