

국가산업단지의 석유화학 안전관리 방안에 관한 연구 A Study on the Safety Management of the Petrochemical Complex Area

김국래 · 황세연* · 김봉훈*†

Kug-Rae Kim · Sae-Yeon Hwang* · Bong-Hoon Kim*†

*울산온산소방서, **울산남부소방서
(2011. 10. 21. 접수/2012. 2. 9. 수정/2012. 2. 10. 채택)

요 약

울산, 여수 등 대단위 석유화학공장이 가동 중인 국가산업단지에서 화재·폭발 및 누출 등 중대산업사고가 발생하는 주요 원인과 안전관리 실태 등 문제점을 분석하여 이에 대한 제도적 측면 및 안전관리 측면에서 합리적인 대책을 제시해 보고자 한다.

ABSTRACT

Major industrial accidents such as fires, explosions and toxic releases have occurred in Ulsan, Yeosu petrochemical complex area every year. In this study, we analyzed the causes of the previous major accidents in order to provide reasonable measures for safety regulations and process safety management. Consequently, It is necessary to make constant revisions of safety regulations and to improve process safety management in other to prevent major industrial accidents in the petrochemical complex areas.

Key words : Petrochemical complex area, Major industrial accidents, Safety regulations

1. 서 론

석유화학산업은 나프타 또는 천연가스를 원료로 에틸렌, 프로필렌 등 올레핀계 제품과 벤젠, 톨루엔, 자일렌 등 방향족 제품을 생산하여 이를 원료로 합성수지, 합성원료, 합성고무 및 각종 기초 화학제품을 생산하는 대규모의 설비투자가 필요한 자본 집약적 장치산업이라는 특징이 있다. 따라서 기초유분을 생산하는 나프타 분해공장을 중심으로 관련 유도품 공장들이 계열화, 단지화되는 전형적인 콤비나트(Combinat) 형태로 운영되며 국내 정유 및 석유화학공장도 울산, 여수 등 국가산업단지내와 대산임해공단에서 가동중에 있다.¹⁾

국가산업단지내 석유화학공장에서는 다양한 종류의 위험물질을 대량으로 저장취급하고 있어 공정이상, 설비결함 등 여러 가지 원인에 의해 화재폭발 및 누출 등 중대산업사고가 발생할 수 있으며, 사고의 규모에

따라 막대한 인적물적 손실을 초래할 뿐 아니라 환경을 오염시키거나 인근지역 주민들에게 피해를 줄 수 있어 국가는 이에 대한 체계적인 안전관리 대책을 수립하여야 한다.

이러한 대단위 국가산업단지의 안전관리를 위하여 국내에서는 산업안전보건법, 고압가스안전관리법, 위험물안전관리법, 에너지이용합리화법 등 다수의 개별법으로 중복적 규제를 하고 있으나 규제의 필요성과 이행정도에는 차이를 나타내고 있어 이에 대한 대책이 필요한 실정이다.²⁾

2. 연구 배경

대량의 위험물질을 고온·고압으로 처리하는 화학공장은 본질적으로 큰 위험을 내포하고 있다. 또한 이들 시설은 석유화학단지내로 집단화 되어있고 인근의 주거지역과 근접하여 있는 등 지리적인 취약성을 가지고 있어 대형 화재폭발 및 독성물질의 누출 등 사고 시

†E-mail: gbhyhk@korea.kr

Table 1. Current Status of Domestic Petrochemical Complex Area (2010년 현재)

구분	계	울산광역시				충남대산 임해공단	전남여수 국가산단
		소계	울산·미포 국가산업단지		온산국가 산업단지		
			석화단지	여천단지			
위치	-	3개 단지	남구 상개동 일원	남구 여천동 일원	울주군 온산읍 일원	서산시 대산읍 일원	여주시 화치동 일원
부지면적(km ²)	83.218	43.912	9.068	24.678	10.166	8.000	31.306
조성년도	-	-	1962	1967	1974	1988	1966
업체수	658	413	28	122	263	13	232
근로자	42,744	24,977	4,458	7,325	13,194	3,770	13,997
위험물 총량(kl)	35,903,285	20,875,057	9,451,447	1,626,928	9,796,682	3,876,374	11,151,854
위험물제조소등	8,583	4,922	1,438	1,950	1,534	677	2,984
안전관리자	5,888	3,645	1,138	1,511	996	345	1,898
자체소방대(업체)	100	51	20	24	7	8	41
자체소방대(대수)	217	87	41	33	13	31	99

시민의 안전과 국가경제에 미치는 과급효과가 매우 큰 점을 감안하여 국가산업단지의 석유화학 안전관리 실태와 문제점을 분석하고 합리적인 대책을 제시해 보고자 한다.

2.1 석유화학 국가산업단지 현황

국내 주요 정유 및 석유화학업체는 울산, 여수 등 2개 지역 3개 국가산업단지와 충남대산임해공단에서 가동중에 있으며 주요 현황은 다음과 같다.³⁾

Table 1은 국내 국가산업단지의 조성년도, 위험물 총량 등에 대한 분석자료로 울산·미포 및 여수국가산업단지는 조성된 지 40년 이상 경과되고 있으나 여전히 다량의 위험물을 제조·저장 취급하고 있어 이에 대한 사고분석 및 관련 제도적 검토가 필요하다.

2.2 중대산업사고 현황

1996년부터 2008년도까지 13년간 발생한 중대산업사고(유해·위험설비로부터 위험물질의 누출·화재·

Table 2. Annual Status of Major Industrial Accidents

구분	건수	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08
사고건수	130	20	20	11	8	10	6	8	18	11	5	3	4	6
사망자수	86	15	16	4	1	9	6	7	7	9	3	2	4	3
부상자수	335	32	39	5	10	41	6	22	57	12	77	2	10	22

Table 3. Annual Status of Major Industrial Accidents for Petrochemical Plants

구분	건수	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08
계	130	20	20	11	8	10	6	8	18	11	5	3	4	6
정유	24	7	6		6	1			3	1				
석유화학	27	4	4	5		5	4	1	3					1
정밀화학	8	2	1	1	1			2	1					
화학제품	13		1		1				1	2	2	1	2	3
화약제품	8	2	1	1			1		2				1	
기타화학	32	2	4	3		4	1	4	5	6			1	2
기타산업	18	3	3	1				1	3	2	3	2		

폭발 등으로 인하여 사업장내의 근로자에게 피해를 주거나 사업장 인근지역에 피해를 줄 수 있는 사고) 130건에 대하여 사망자 및 부상자수를 분석해 보면 다음과 같다.⁴⁾

Table 2는 중대산업사고사례 분석자료로 사고건수 및 사상자수는 공정안전관리제도가 시행된 1996년도 이후 점차 감소하는 추세를 나타내고 있음을 알 수 있다.

사고형태별 현황은 폭발이 64건(49%), 화재 48건(37%), 누출 18건(14%)로 나타났으며 지역별로는 울산 등 대단위 석유화학 국가산업단지를 보유한 영남권에서 55건(42%), 호남권에서 42건(32%), 중부권에서 15건(12%), 수도권에서 18건(14%) 발생하였다.⁴⁾

Table 3은 업종별 사고현황으로 정유 및 석유화학 51건(39%), 기타화학 32건(25%), 기타산업 18건(14%), 화학제품 13건(10%), 정밀화학 8건(6%) 화약제품 8건(6%) 순으로 발생하였고 정유 및 석유화학업종의 화재·폭발사고가 1996년 이후 점차 감소추세에 있음을 알 수 있다.⁴⁾

3. 국가산업단지 석유화학 안전관리 문제점 분석

3.1 제도적 측면

국가산업단지 안전관리를 위한 통합법은 현재 없으며 부처별로 안전관련 개별법 위주로 규제하고 있어 안전관계 기관들의 관리감독 책임이 분산되어 유사시 신속한 의사결정과 협조, 지원체제 구축 등에 어려움

이 있을 것으로 판단된다.

Table 4는 국가산업단지의 안전관리 규제현황에 대한 분석 자료로 부처별로 관련법규 및 관리감독의 책임이 분산되어 있는 것을 알 수 있다. 만일 중대산업사고가 발생할 경우위험물질의 성상이나 산업재해자 발생여부 등에 따라 일부 부처는 개입하지 않거나 감독의 책임을 회피할 수도 있다.

또한 선행연구에서 개별법에 대한 안전규제의 필요성과 이행성 면에서 차이가 발생되었는데 그 원인분석 결과 피규제자의 자질향상에 비해 관련 부처의 제도개선 노력 미흡으로 신뢰가 저하된 점, 석유화학플랜트 적용 안전규제의 한계 불명확 또는 수준이 적정하지 못한 점, 소관부처 상호간에 유기적이지 못하고 중복 규제를 하는 점, 석유화학단지의 특성상 플랜트 간 상호 연계성을 고려하지 않은 채 일률적인 규제를 집행하는 점 등의 제도적 문제점이 도출되었다.²⁾

3.2 안전관리 측면

3.2.1 사고원인별 분석

1996년부터 2008년도까지 13년간 발생한 중대산업사고 130건의 사고원인을 분석해 보면 안전작업허가절차 미준수 49건(38%), 안전절차 미준수 31건(24%), 설비 유지관리 불량 18건(14%), 설계오류/설비결함 14건(11%), 이상반응 7건(5%), 안전장치 미설치/미작동 5건(4%), 변경관리미실시 4건(3%), 분류불가 2건(1%) 순으로 나타났다.⁴⁾

이와 같이 안전작업허가절차 및 안전절차 미준수가

Table 4. Current Status of Safety Regulations for Petrochemical Complex Areas

구분	관련 법규	주무부처	주요 업무	비고
예방	위험물안전관리법	소방방재청	위험물시설 인허가 소방검사, 화재조사 등	시도 소방본부 소방관서
		한국소방산업기술원	위험물탱크 검사 등	
	산업안전보건법	노동부	PSM 이행실태 평가 중대산업사고조사 등	중대산업사고 예방센터
		한국산업안전보건공단	PSM 심사 및 확인 중대산업사고조사 등	
	고압가스안전관리법	한국가스안전공사	SMS 심사 및 확인 가스사고 조사 등	석유화학부
	에너지이용합리화법	에너지관리공단	산업용 보일러, 압력용기 검사 등	
	전기사업법	한국전기안전공사	전기설비 점검, 검사 등	
유해화학물질관리법	환경부	유독물, 사고대비물질 관리 등	시도 환경과	
대응	소방기본법, 재난 및 안전관리기본법	소방방재청	화재진압 및 현장지휘 긴급구조통제단 가동 긴급구조지원기관 통제 등	시도 소방본부 소방관서

전체 사고원인의 62%를 차지하고 있는 점으로 볼 때 설비적 요인보다 인적 요인에 의해 사고가 유발됨을 알 수 있으며 이는 안전관리에 관한 각종 절차서 및 매뉴얼 등을 준수하지 않는 등 안전관리가 시스템으로 정착되지 못한 것이 주요 원인으로 나타났다.

3.2.2 사고설비별 분석

사고설비별 중대산업사고 현황을 분석해 보면 저장탱크 34건(26%), 배관 19건(15%), 반응기 18건(14%), 밸브 6건(5%), 분리기 5건(4%), 건조기·보일러·드럼 각 4건(3%), 열교환기 2건(1%), 기타 34건(26%) 순으로 발생하였다.⁴⁾

이와 같이 저장탱크, 배관 및 반응기가 전체 사고설비의 55%를 차지하고 있는 점으로 볼 때 상기 설비에 대한 안전관리가 강화되어야 할 것으로 나타났다.

3.3 국가산업단지 특별점검 결과 문제점 분석

2011년도에 실시한 울산지역 국가산업단지 특별점검 결과를 토대로 작성된 국가산업단지 석유화학 안전관리의 문제점을 분석해 보면 다음과 같다.⁵⁾

3.3.1 경영관리 측면

기업체 최고경영자 및 임원 등 관리자층의 안전의식이 부족한 실정이며, 기업 경쟁력 강화를 위한 안전 관련 규제완화로 안전비용 재투자를 소홀히 하거나 안전부서 조직 축소로 인한 형식적인 안전관리를 하는 등의 문제점이 있는 것으로 나타났다.

3.2.2 시설·구조 및 안전관리 측면

용접 등 보수작업시 안전절차 미준수 등 사전 안전조치 소홀, 지하배관의 20% 이상이 15년 이상 경과된 노후 배관으로 잠재적 위험 상존, 특수가연물 대량 취급으로 대형화재에 취약, 보수작업시 외주 증가로 안전작업절차 생략 등 관리감독 소홀, 외주업체 작업자의 전문성 부족 및 안전교육 소홀 등의 문제점이 있는 것으로 나타났다.

3.2.3 작업공정 및 기술관리 측면

안전관리자 감원 등 축소운영으로 안전관리업무 추진능력 부족, 비상대응계획 수립지침(ERPG)에 의한 단계적 시나리오 작성 및 교육·훈련 미흡, 공정배관계장도(P&ID) 변경관리 미흡, 안전밸브 및 파열판 등 안전장치에 대한 주기적 점검관리 미흡, 잠재적인 위험에 대비한 안전운전절차서(SOP) 작성 및 교육·훈련 미흡, 위험작업에 대한 안전작업 허가절차 생략 또는 미준수, 정기보수시 경비절감을 위한 정비기간 단축 및

최저입찰제에 의한 부적격 협력업체 선정으로 정비작업 부실화, 형식적인 공정위험성평가 수행, 위험물질 누출방지장치에 대한 관리소홀 등의 문제점이 있는 것으로 나타났다.

4. 국가산업단지 석유화학 안전관리 개선방안

4.1 제도개선 분야

울산, 여수 등 대단위 석유화학공장이 가동중인 국가산업단지에서의 화학사고는 인접 업체나 지역사회 더 나아가서 국가경제에 막대한 피해를 유발할 수 있다는 점을 감안해 볼 때 제도적 측면에서 다음과 같은 개선방안이 필요할 것으로 판단된다.

4.1.1 국가산업단지 안전관리 통합규제

국가산업단지의 석유화학공장들에 대한 소관부처의 관리감독 책임을 강화하기 위하여 안전규제 필요성, 실효성 등을 심층 분석하여 불필요한 형식적 규제는 과감히 폐지하고 유사내용에 대한 중복적 규제는 통합하는 등 안전관리의 통합규제 방안을 도입할 필요가 있다.

4.1.2 전문가에 의한 지속적 제도개선

안전관리 통합규제의 이행성을 높이기 위하여 획일적이거나 현실을 반영하지 못하는 안전관련 규제는 현장의 기술변화를 능동적, 합리적으로 반영할 수 있도록 안전관련 전문가의 검토를 거쳐 제·개정하는 등 지속적인 제도개선 노력이 필요하다.

4.2 안전관리 분야

석유화학공장에서의 화재·폭발 및 누출 등 중대산업사고 주요원인 분석 및 울산지역 국가산업단지 특별점검 결과 안전관리 측면에서 다음과 같은 개선방안이 필요할 것으로 사료된다.

4.2.1 안전절차 준수여부에 대한 지속적 평가관리

석유화학공장 경영층은 안전경영 방침을 선포하고 현장에서의 안전관리에 관한 각종 절차서 및 매뉴얼을 준수하는지 여부에 대하여 지속적인 평가관리가 필요하다.

4.2.2 사고다발 설비에 대한 점검·정비 체계화

설비별 분석결과 저장탱크, 배관 및 반응기 등 사고다발 설비의 경우 공정운전 조건, 취급물질, 사용제질 등에 따라 위험등급과 점검주기를 달리하는 등 체계적이고 과학적인 점검·정비의 이행이 요구된다.

4.2.3 지속적인 안전경영을 위한 시스템 구축

기업체 최고경영자 및 임원 등 관리계층이 주도하여 자체 위기대응 교육을 강화하고, 법인 책임자 및 현장 작업자 특별안전교육 실시, 안전시설에 대한 과감한 투자, 안전관리부서 전문인력 확충 및 조직 확대 등 지속적인 안전경영을 위한 예방, 대응, 복구시스템 구축 및 이행이 필요하다.

4.2.4 안전작업허가 및 안전분야 규제강화

용접 등 보수작업시 안전작업 허가절차 준수, 노후 지하배관의 안전관리를 위한 위험관리시스템 구축, 위험물 제조 및 취급작업시 안전관리 매뉴얼 준수, 협력업체 현장감독 및 작업자 안전교육 강화, 안전관련 법규 미준수자에 대한 벌칙 강화 등 안전분야 규제강화 조치가 필요할 것으로 사료된다.

4.2.5 체계적인 공정안전관리 방안 개발

체계적인 안전관리를 위한 안전보건경영시스템(KOSHA 18001/OHSAS 18001)의 도입, 공정안전관리 인력에 대한 교육 및 감독 강화, 비상대응계획수립지침(ERPG)에 의한 비상조치계획 수립 및 주기적인 훈련 실시, 공정시설 변경관리 및 공정도면 최신본 유지, 안전밸브 및 파열판 등 안전장치는 설치기준에 부합되게 설치하고 주기적 점검관리 실시, 현장실정에 맞는 안전운전절차서(SOP) 작성 및 주기적인 교육·훈련 실시, 위험작업에 대한 안전작업 허가절차 준수 및 사전 안전조치 강화, 정기보수시 설비내부에 위험물질 잔존 여부 등 확인 철저, 정비기간 준수 및 협력업체 평가 관리제 도입으로 부실공사 방지, 전문가에 의한 공정 위험성평가 수행, 위험물질 누출방지장치에 대한 점검 관리 철저 등의 체계적인 공정안전 관리방안을 개발하여야 할 것으로 사료된다.

5. 결 론

정유 및 석유화학공장의 중대산업사고를 예방하고 피해를 줄이기 위해서 제도, 의식 및 공정안전 기술이 함께 개선되어야 실질적 효과를 볼 수 있을 것으로 판

단되었다.

중대산업사고 현황 및 울산지역 국가산업단지에 대한 점검결과를 분석하여 얻은 결론 및 개별 제안사항은 다음과 같다.

- (1) 국가산업단지 석유화학공장 안전을 위한 관련 법령의 제·개정
 - (2) 지속적 경영을 위한 예방, 대응 및 복구 시스템 구축 및 이행
 - (3) 공정위험성평가, 안전운전 및 비상대응계획 등 체계적인 공정안전 관리방안 개발
- 국가산업단지의 석유화학 안전관리를 위한 제도적 측면과 현장 안전관리 측면에서의 개선방안을 도출하기 위해 분석하고자 했던 본 연구에서 2009년도 이후에 발생한 중대산업사고 현황 분석자료의 부재로 결론 도출에 한계가 있었으며 향후 보다 심층적인 추가연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

참고문헌

1. 김성곤, “석유화학공업단지 안전관리 제고방안에 관한 연구”, 서울시립대 방재공학과, Korea(2006).
2. 오형근, 백동승, “산업현장에서의 안전규제 적용실태 연구 - 석유화학공장을 중심으로”, 한국방재학회, Korea(2011).
3. NEMA, “위험물 통계자료”, National Emergency Management Agency, Seoul, Korea(2011).
4. KOSHA, “중대산업사고 사례집”, Korean Occupational Safety and Health Agency, Incheon, Korea(2008).
5. “국가산업단지 특별점검 결과를 토대로 한 화재사고 원인분석 및 개선방안”, 울산광역시 소방본부, Korea(2012).
6. UDI, “석유화학공단 위험성분석 및 소방관리대책”, Ulsan Development Institute, Ulsan, Korea(2004).
7. “울산국가산업단지 소방안전 심포지엄”, 울산광역시 소방본부, Korea(2006).
8. “석유화학공단 소방대책 연구자료”, 울산광역시 소방본부, Korea(2009).
9. “석유화학단지 재해예방 연구자료”, 울산광역시 소방본부, Korea(2010).