

최근 화학사고 발생의 문제점과 예방대책

이 충 호*

지난해 9월 27일 구미지역의 한 사업장에서 불화수소가 누출되어 5명의 근로자가 목숨을 잃고 12,000여 명이 병원치료를 받았으며 인근지역 농작물 및 가축 피해가 발생하는 등 사회적 파장이 컸다. 이 사고 이후 화재·폭발 및 누출 등 화학사고는 금년까지 잇따라 발생하면서 국민이 불안해 하는 등 문제점을 드러내고 있다.

최근 10여년간 화학사고 신고건수는 연평균 12건 정도였으나 금년의 경우 5월 말 현재 31건으로 이 추세가 연말까지 이어진다면 70여 건에 이를 수 있다는 전망이 가능하다. 따라서 우리나라 화학산업의 현주소와 화학물질 유통 및 사용실태를 알아보고 최근 발생하는 화학물질 누출 및 화재폭발사고의 원인과 예방대책을 논해 보고자 한다.

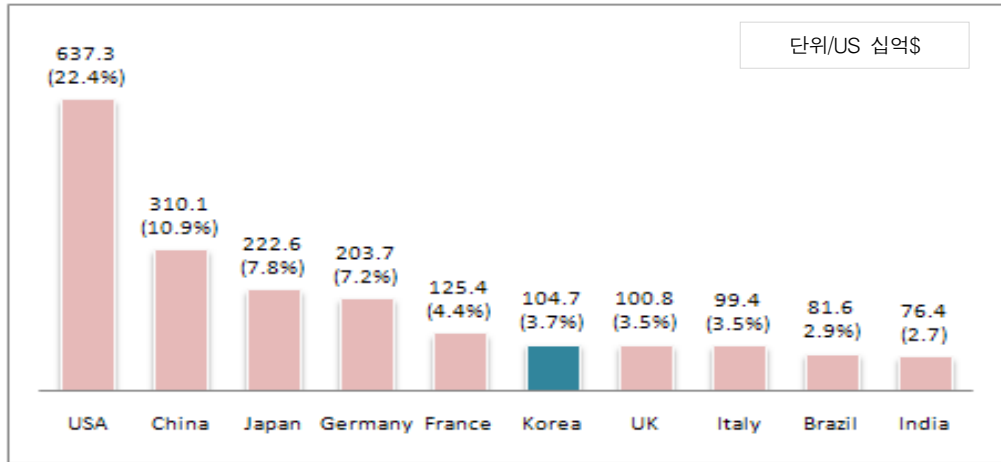
I. 화학산업 및 화학물질 유통실태

화학산업은 거의 모든 산업에 직·간접적으로 관련되어 있을 뿐만 아니라 산업규모 면에서도 매우 큰 비중을 차지하고 있다. 세계 화학산업의 제품 출하액은 2000년 이후 연평균 9% 이상 높은 성장을 기록하고 있으며 우리나라 화학산업 생산액은 2006년 기준 약 89조 원으로 제조업 총생산의 9.8%, 수출액은 294억 달러로서 국내 총수출의 11%를 점유하고 있어 국내 경제에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

국제화학단체협의회(ICCA) 통계자료에 의하면 우리나라 화학산업의 규모는 2006년도 화학제품 출하액 기준으로 약 103조 원(USD 1,047억)으로 세계 6위이며 세계시장의 3.7%를 차지하고 있다. 석유화학산업 기초원료인 에틸렌(Ethylene)의 국내 생산능력도 약 730만톤(2009년)으로 세계 5위 규모이다.

* 안전보건공단 중대산업사고예방실장(leecho@kosha.net).

(그림 1) 주요 국가별 화학제품 출하 규모(2007년 화학물질 유통량 조사결과, 환경부)



ACS(American Chemical Society)에 따르면 전세계적으로 약 246,000종의 화학물질이 상업적으로 유통되고 있으며 우리나라에서도 40,731종의 화학물질이 유통되고 매년 약 400종의 신규 화학물질이 국내시장에 새로이 진입하고 있는 것으로 파악되고 있다. 화학물질은 우리의 생활필수품뿐만 아니라 반도체, 전기전자, 자동차, 항공우주산업을 비롯하여 최근에는 IT(Information Technology), BT(Bio-Technology), NT(Nano-Technology) 등 각종 첨단산업에서도 반드시 필요한 원료 또는 기초소재로 사용되고 있다. 한 예로 기계산업의 중심으로 자리한 자동차산업도 전자를 거쳐 이제는 화학산업 의존도가 훨씬 커지는 추세이다. 따라서 화학산업의 발전과 화학물질 유통량 증가는 국가 산업발전에 크게 기여한 측면이 있는 반면 많은 위험이 발생할 수 있어 그 위험의 통제, 관리 실패로 인한 화학사고 발생이라는 어두운 그림자가 있는 것도 사실이다.

특히 울산, 여수 등 화학산업의 메카인 화학공단이 가동을 시작한 것은 50여년 전으로 설비 노후화에 따른 정비보수가 증가하면서 대형 화재폭발 위험도 커지고 있다. 뿐만 아니라 반도체 등 전자전기 관련 산업의 비약적 발전으로 화학물질 사용량과 유해위험성이 높은 다양한 신종 화학물질 수요가 증가하면서 화학물질 누출사고 발생 위험도 크게 증가하고 있는 것이 사실이다.

Tip 1 화학물질이라 함은 “원소·화합물 및 그에 인위적인 반응을 일으켜 얻어진 물질과 자연상태에서 존재하는 물질을 추출 또는 정제한 것”으로 정의됨. 석유, 석탄, 천연가스, 물, 공기 등 자연상태에서 존재하는 물질을 가공·정제하여 에틸렌, 프로필렌, 벤젠, 톨루엔 등 1차적인 기초유분을 생산하고 기초유분을 가공함으로써 에틸렌옥사이드, 프로필렌옥사이드 등이 생산됨. 화학물질은 사용형태에 따라 정밀화학제품, 소비자용 화학제품, 생명과학제품, 기초화합물 등 4가지로 구분되며 산업분야의 기초소재로 사용

II. 화학사고 발생 현황 및 시사점

대부분의 화학사고는 화학물질을 저장, 취급, 이송하는 설비에서 발생하는 경우와 정유 및 화학공장에서 기초유분을 생산 또는 가공하는 공정에서 발생하는 경우로 분류할 수 있다. 따라서 화학물질을 많이 취급하고 많은 종류의 물질을 사용할수록 공정과 설비가 복잡하고 적정한 공정안전관리가 이루어지지 않을 경우 위험은 배가되어 커지게 된다. 그리고 화학공장이나 화학물질 취급 공정은 대부분 고도의 기술이 집약된 복잡한 공정 등이 상호 연속되어 움직이는 장치산업 형태로 구성되어 있어 화재·폭발·누출과 같은 중대산업사고가 발생하는 경우에 한번의 사고만으로도 막대한 인적·물적 손실을 초래할 뿐 아니라 환경을 오염시키거나 지역주민들에게 피해를 주는 경우가 많이 있다.

지난해 우리나라 산업현장에서는 화재·폭발·누출 등 화학사고가 1,100여 건이나 발생하였다. 이 중 370여 건이 화학물질 누출사고였으나 이 수치는 근로자가 다치거나 사망해 산업재해로 인정된 사고에 국한해 통계로 산입되었다고 볼 때 실제 화학물질 누출사고는 더 많을 것으로 추정된다. 최근 10년간 화학사고 발생건수를 비교해 볼 때 <표 1>에서 보듯이 매년 약간의 감소추세를 유지하고 있으나 1,000여 건 이하로는 감소되지 않고 있으며 지난해 이후 증가추세를 보이고 있다.

<표 1> 화재·폭발·누출에 의한 재해발생 현황

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
전체	1,234	1,370	1,373	1,279	1,337	1,395	1,286	1,345	1,204	1,070	1,125
화재	531	561	582	547	571	663	440	497	403	385	419
폭발	463	526	498	423	502	480	481	441	373	353	337
누출	240	283	293	309	264	252	365	407	428	332	369

지난해 6월 이후 1년간 발생한 16건의 화재·폭발·누출사고(표 2)를 살펴보면 유해화학물질 누출사고의 경우 배관, 저장탱크, 밸브에서 주로 사고가 발생하고 폭발의 경우 용접 등 화기관리가 문제가 되고 있다. 이는 대부분의 사고가 설비 고장 또는 노후화에 따른 보수·정비 작업중에 안전수칙 또는 절차를 준수하지 않아 발생하는 것으로 분석된다. 따라서 정상운전 시보다 유지보수 등 작업 시 사고 위험이 크고 원청인 모기업 직원보다 설비관리 또는 연차보수 등을 도급받은 하청업체 직원이 사고 위험에 더 많이 노출된다는 특징을 보인다.

〈표 2〉 최근 발생한 주요 화학사고 사례

	발생일	피해 현황	사고물질	사고과정
한국실리콘	12. 6. 7	부상 62명	삼염화실란	배관 이송 중 누출
LG화학	12. 8.23	사망 8명, 부상 3명	페다이옥신	유기용제 배관 이송 중 폭발
휴브글로벌	12. 9.27	사망 5명, 부상 18명, 병원치료 12,000명	불화수소	이송준비 중 누출
영암산업단지	12.10.31	사망 2명, 부상 8명	인화성가스	용접작업 중 폭발
웅진폴리실리콘	13. 1.12	인명피해 없음	염산(35%)	배관 파손으로 누출
지디	13. 1.15	인명피해 없음	혼산	플랜지 파손 누출
삼성전자	13. 1.27	사망 1명, 부상 4명	불산(50%)	배관 수리 중 누출
LG실트론	13. 3. 2	인명 피해 없음	혼산	수리 후 재가동 중 누출
구미케미칼	13. 3. 5	부상 1명, 병원치료 160명	염소	정화장치 고장으로 역류 누출
포스코엠텍	13. 3. 6	인명피해 없음	이산화질소가스	원료 혼합과정 중 누출
대림산업	13. 3.14	사망 6명, 부상 11명	폴리에틸렌분진	사일로 보수작업 중 폭발
삼성디스플레이	13. 3.21	인명피해 없음	삼불화질소	배기덕트 교체작업 중 누출
SK하이닉스	13. 3.22	인명피해 없음	염소가스	배관 지지대 수리 중 누출
LG실트론	13. 3.22	인명피해 없음	폐혼산	배관 균열로 누출
포스코	13. 3.22	인명피해 없음	고열코크스	송풍관 탈락으로 코크스 비산 화재
삼성전자	13. 4. 2	부상 3명	불산(50%)	탱크교체작업 중 누출

이와 같은 공통점을 정리해 보면 사고발생 원인이나 문제점은 몇 가지로 요약된다. 첫째, 화학물질 관리나 화학설비 관리가 체계적으로 이루어지지 않는 사업장에서 사고가 많이 발생하고 있다. 인화성, 독성물질 등은 유통, 취급, 사용에 있어 엄격한 절차와 기준을 요구하며, 이를 준수하지 않을 경우 대형 사고로 연결되기 쉽다. 그러나 많은 중소기업은 화학물질을 안전하게 다루기 위한 절차나 기준이 마련되어 있지 못하고 여기에 종사하는 근로자가 취급 화학물질에 대한 지식이 부족하고 안전의식도 낮은 것이 사실이다.

둘째, 화학설비 정비·보수 시 폭발, 누출사고가 많이 발생하고 있다. 설비 보수나 예방정비는 안전작업 허가, 폭발위험방지 조치, 위험물질 사전 제거, 적정보호장구 착용 등과 같은 사전 안전조치가 필수임에도 이런 절차들이 무시되거나 지켜지지 않고 작업을 무리하게 추진하는 과정에서 발생한다. 특히 화학물질이 충전되어 있는 탱크, 배관, 밸브 등을 교체·수리하는 작업은 고도의 기술과 안전조치가 요구되지만 많은 중소기업은 그렇지 못하다. 뿐만 아니라 대규모 정유 및 화학공장들도 경영 합리화 등을 명분으로 자체 정비 보수 담당부서를 폐지하거나 최소화하여 아웃소싱하면서 현장경험이 많은 숙련기술자층이 얇아져 설비관리나 연차보수 등 정비보수작업의 취약성을 가중시키고 있다.

셋째, 반도체, 전자제품, 화학제품 제조업체의 화학물질 관련 협력업체나 임가공업체에서 사고가 다발하고 있다. 대기업들은 화학물질 취급공정을 협력업체에 하청을 주어 운영하거나 외부 임가공업체를 통해 화학물질을 공급받고 있는 경우가 대부분이나, 원청업체의 총괄안전관리가 체계적으로 지원되지 않고 자율적인 안전관리 능력도 부족한 것이 대형 사고의 원인으로 작용하고 있다. 특히 유해화학물질 저장 및 취급 설비의 운영 및 유지보수를 도급받은 하청업체의 경우 설비의 소유권이 원청에 있고 생산에 지배적인 영향을 받는 설비라는 이유로 가동정지나 공정안전을 위한 변경 등이 원천적으로 제한되어 설비 가동 중 또는 휴일, 야간 보수정비작업을 진행하다 사고를 일으키는 경우가 많다.

넷째, 화학물질 관련 법령이나 제도권에서 다소 벗어나 있는 사업장에서 사고가 발생하고 사고 영향도 크게 나타나고 있다. 대표적인 예로 구미 불화수소 누출사고(2012.9.27)는 공정안전보고서 제출 대상에서 제외되어 산업안전보건법에서 요구하고 있는 안전상의 조치를 소홀히 한 탓에 사고발생 위험이 컸고 사고피해도 막대했다. 그러나 상주 염산 누출사고(2013.1.12)의 경우 공정안전보고서 심사 확인을 통해 안전시설을 갖추고 있어 염산 누출량이 2만톤 규모였지만 누출된 염산을 방유체에 모아 폐수처리장으로 쉽게 유도함으로써 인명피해도 막을 수 있었고 사고 피해범위도 최소화할 수 있었다

다섯째, 위험을 사전에 제거하여 사고를 예방하는 것이 최선이지만 불가항력으로 사고가 발생된 경우는 피해를 최소화하는 것도 매우 중요한데 많은 사업장들이 비상조치계획을 마련해 평소 훈련을 통해 대비하고 있지 못해 피해를 키우고 있다. 특히 사업장 위험정보의 주민 고지제도나 화학공장 신설 시 인허가 기준이 되는 유럽의 토지이용계획 같은 제도가 미흡한 우리 입장에서 지역이나 기업단위의 위기대응시스템이 제대로 작동되지 않는다면 심각한 문제이다.

Tip 2 불화수소(HF, Hydrogen Fluoride)는 상온, 상압에서 기체상태의 급성독성물질로 무색이지만 강하고 자극적인 냄새가 나며 기체상태의 불화수소를 가압·냉각시키면 액화되어 다량으로 운반·보관이 가능함. 불산은 불화수소를 물에 녹여 만든 수용액으로 부식성 물질이며 물의 함량이 높을수록 증기압은 낮아지고 끓는점은 높아지므로 확산 위험성은 상대적으로 낮아짐.

Ⅲ. 화학사고 예방대책

1. 안전점검 등을 통한 설비의 유지관리 철저

유해화학물질로 인한 사고원인을 분석해 보면 설비가 가동 중인 경우의 사고보다는 설비의 보수작업 중에 발생하는 사고가 많음을 알 수 있다. 이러한 사고를 예방하기 위해서는 유해위험설비의 점검·정비·유지·보수계획을 수립·시행하여야 한다. 사업장에서 구축하여 사용하는 안전작업절차 및 보수작업에 관한 절차를 정비하여 실행가능한 절차서를 만들도록 하는 것이 필요하다. 공정안전보고서 작성내용 중 ‘설비점검·정비·유지·보수계획’, ‘안전작업 허가’, ‘협력업체 관리’ 등 안전작업매뉴얼은 정상작업을 포함하여 비정상작업 시에도 운용할 수 있도록 안전작업절차서를 보완하여야 한다. 보수작업 사고와 관련한 또 하나의 확실한 방법은 작업책임자의 서명허가에 의하여 모든 안전조치를 사전에 취한 후에 변경 또는 보수작업을 하도록 안전작업허가제도를 철저히 이행하는 것이다. 또한 주기적으로 안전작업 허가 기준 및 절차에 대하여 개선 필요성을 검토한 후, 필요시 개정·보완하여 시행하여야만 작업허가제도의 실효성을 확보할 수 있다고 판단된다.

2. 설비의 변경관리 철저

설비의 정비보수작업 중에 이루어지는 사고를 예방하기 위한 방법 가운데 전문가들이 제시하는 방법 중의 하나는 모든 설비에서의 변경이 이루어질 경우 정확한 변경관리(Management of Change : MOC)를 통하여 안전을 확보할 수 있다는 것이다. 화학공장에서 시행되는 변경관리의 목적은 설비 변경 시 발생가능한 위험물질의 누출로 인한 화재·폭발 및 중독 위험뿐만 아니라 설비 운전 등에 미치는 기존 공정의 영향을 최소화하여 항상 설비가 안전한 조건에서 운전되도록 하는 절차를 확립하는 것이다.

3. 안전수칙 준수풍토 조성

복잡한 공정으로 구성된 장치산업에서 유해화학물질을 원재료로 사용하거나 제품으로 생산하는 경우 안전수칙이나 표준 안전작업절차는 매우 중요하다. 따라서 수칙이나 절차의 준수를 생활화하는 안전 최우선 경영을 정착시켜야 한다.

4. 공정안전리더십 확립

경영자는 안전경영의 중요성을 깊이 인식하고 기업경영 방침에 안전정책을 뚜렷이 천명하며 이를 몸소 실천하여야 한다. 경영자가 안전을 중시하고 이를 실천수범할 때 그 기업에 소속된 모든 직원이 안전에 동참하는 계기가 되어 생산과 안전이 함께 실천될 수 있다. 따라서 경영자는 안전보건리더십 발휘가 무엇보다 중요한 데 열린문화 조성, 공정 위험성과 취약성 인지, 공정안전 관련 프로그램 관련정보의 이해와 소통, 설비운전의 위험요인관리를 위한 조직의 준수사항 확인, 지속적인 공정안전 관리실태 모니터링이 요체이다. 특히 현대기업의 특성에서 나타나는 원·하청 형태의 생산구조에서는 원청인 모기업의 협력업체에 대한 안전관리에 대한 배려가 매우 중요하다. 모기업 자산인 공정설비에 대한 관리와 협력업체 근로자에 대한 교육 등 통합안전관리 지원이 이루어져야 한다.

5. 비상조치계획 수립 및 훈련

화학사고 발생 시 피해최소화를 위해 비상조치계획을 수립하고, 지속적인 훈련을 통해 항상 준비되어 있어야 한다. 사고가 발생하면 사고로 인한 영향이 사업장 내의 근로자뿐만 아니라 인근사업장, 지역주민에게 영향을 미칠 수 있으므로 피해를 최소화할 수 있도록 누출사고 발생 시 내부 직원의 행동요령, 연락체계를 정비하고 수습조치절차를 마련하여 수시 훈련을 통해 실제사고에 대비해야 한다.

6. 화학물질관리제도의 보완

현행 산안법상 공정안전보고서 제출대상은 7개 석유화학업종에 해당하는 사업장과 21개 화학물질을 규정량 이상 사용하는 사업장 중 5인 이상 사업장에 국한해 적용된다. 따라서 화학물질을 다량 사용하는 소규모 사업장이나 21개 물질 이외의 유해위험물질을 사용하는 사업장은 적용이 제외되어 있다. 5인 미만의 사업장도 유해화학물질을 다량 사용하는 사업장은 이 제도권으로 편입시켜 적정한 안전관리 규제권 내에 있도록 하고, 미국(137종 및 2개 그룹물질), 유럽(46종, 10개 그룹물질) 등이 우리나라(19종 및 2개 그룹물질)보다 훨씬 많은 화학물질을 대상으로 공정안전보고서 제출의무를 부과하고 있는 점을 고려할 때 사고가 발생할 경우 그 위험이 큰 물질은 추가로 대상에 포함하는 것이 필요하다. 화학물질 취급설비를 관리 및 정비보수를 도급 운영하는 경우 원청의 안전관리의무를 강화하고 사업장의 유해위험정보를 주민에게 고지하는 등 기업과 지역사회 간 커뮤니케이션 강화방안도 검토해야 한다.

Tip 3 “공정안전관리제도(PSM)”란 산업안전보건법 제49조의 2의 규정에 의거 중대산업사고를 야기할 가능성이 큰 유해·위험설비를 보유한 사업장이 공정안전자료, 공정위험성 평가, 안전운전계획 및 비상조치 계획 수립 등에 관한 사항을 기록한 공정안전보고서를 안전보건공단에 제출하여 심사·확인을 받는 제도로써 적용대상은 석유정제업 등 7개 업종과 불화수소 등 21개 물질을 규정량 이상 취급하는 사업장임.

IV. 맺으며

한 건의 화재·폭발·누출사고는 기업에 회생이 불가능할 정도로 큰 손실을 주고 어마어마한 사회적 파장을 가져온다. 그럼에도 불구하고 작금의 화학물질 누출이나 대형 폭발사고를 보면 기본적인 절차와 기준이 무시되고 허술한 관리시스템이 원인이 되고 있으며 그로 인한 사고 결과는 기업과 사회의 엄청난 부담으로 작용하고 있음을 보게 된다. 안전환경보건과 공정안전의 책무를 준수하는 것이 기업의 생존을 위해서도 절대적으로 필요한 가치이다. 따라서 화학사고를 예방하기 위한 가장 좋은 해결방안은 안전의 중요성을 인식하고 안전경영을 통해 안전관리시스템을 정착시키는 것이다. **KLI**