

실험실 안전관리를 위한 사전안전성평가(JSA) 개발에 관한 연구

정인희, 강승균, 서우수, 신진우, 정상용¹, 고재욱*
광운대학교 화학공학과, ¹가스안전공사
(jwko@kw.ac.kr*)

A study on Development of Job Safety Assessment for Laboratory Safety Management

In-Hee Jung, Seung-Gyun Kang, Woo-Su Seo, Jin-Woo Sin, Sang-Yong Jung¹,
Jae-Wook Ko*
Department of Chemical Engineering Kwangwoon University,
¹Korea Gas Safety Corporation
(jwko@kw.ac.kr*)

서론

2003년 대전 한국과학기술원 풍동실험실에서 사고발생, 2005년 SK 대덕기술원에서 폭발사고, 올해 초 서울대학교에서 폐기물을 옮기던 연구원이 3도 화상을 입은 사고 등 우리나라의 핵심적인 과학기술을 담당하고 우수인력을 보유한 실험실에서 끊임없이 사고가 발생하고 있다.

현재 아직 대학교 및 연구기관 내의 실험실은 일하는 장소라기보다는 공부, 연구하는 장소로 인식되어 있어 실질적인 업무라 인정하는 시스템이 아니기 때문에 안전관리가 상대적으로 미흡한 형편이다. 또한 많은 연구실에서는 유해물질, 위험물, 화공약품, 생화학실험, 위험기계 시설 등 잠재위험성이 높은 다양한 연구시설과 약품반응 제조 실험이 실시되고 있어 연구에 임하는 연구책임자 들은 사전에 연구원들에게 연구실 안전교육을 철저히 주지시켜야 함에도 기본적인 안전교육을 받지 않은 상태에서 연구실험활동이 추진되고 있다.

그럼에도 불구하고 대학교 및 연구기관 내의 실험실에서 발생하는 안전과 보건의 문제는 사회적으로 크게 관심을 가져야 하는 수준이 되었으나 국·공립 연구소나 대기업 부설 연구소와 같은 규모가 큰 실험실을 제외하고는 사립대학 실험실에서조차 특별한 안전관리부서나 시스템이 거의 전무한 실태이고 안전관리부서가 존재하더라도 지원예산이나 관리가 부족한 실정이다. 때문에 사고는 반복적으로 일어나고 있으며 그 유형을 살펴보면 복잡한 공정이나 큰 규모에서 발생하기보다도 기초적인 지식부족이나 기본적인 안전수칙의 부재에서 일어나는 일이 많다. 2005년 “연구실 안전·환경 조성에 관한 법률”이 제정되고 시행되었으나 안전 불감증이 만연하고 안전에 대한 필요성을 깊게 의식하지 못하여 최소한 법에 위배되지 않는 선에서 지켜지고 있는 실정이다. 실험실에서 연구 활동은, 첨단적인 학술연구의 추진 및 연구 분야의 확대, 산학연 연계의 강화 등을 비롯하여 보다 고도화 다양화되고 있으며, 이에 따른 연구실험 내용이나 방법도 보다 고도의 기술적인 형태로 변화되고 있어 이러한 상황 변화에 적극 대응하는 연구실 안전관리가 요망 되고 있다. 따라서 실험실에서 사전 안전성 평가를 행하여 실험실의 잠재적인 위험성을 평가하고 관리할 수 있는 사전 안전성 평가(JSA)를 연구하고자 한다.

본론

- 2007년 7월 27일(목) 실험실에 보관되어 있던 오래된 시약을 폐기하기 위하여 후드에서 인산, 질산, 황산 순으로 18ℓ 합성수지 용기에 산성용액을 혼합 수거하는 중에 질산을 넣었을 때 열은 색의 연기가 미약하게 발생하기 시작했으며 황산을 넣을 때 폭발적인 반응과 함께 용액이 분출하고 용액 일부가 비산하면서 수거자의 왼쪽 팔목에 튀어 팔목 부위 국부화상(1도 화상)을 입음
- 2007.02.01일, 서울대학교 자연대학 생명과학부 20동에서 자연대 생명과학부 대학원생이 자신이 소속된 실험실에서 발생한 폐수를 처리하기 위하여 임시저장고로 이동하는 과정에서 운반카트에 실려 있던 폐수용기가 폭발한 사고로 생명과학부 대학원생, 방호원이 화상을 입음
- 2005년 대전시 유성구 원촌동 140의1 SK대덕기술원 의약중간체(CMS) 실험동, 의약품 관련 합성실험을 하는 곳으로 실험 도중 반응기가 과열되는 바람에 폭발사고가 발생하여 지하 1층, 지상 2층 규모의 조립식 건물 한쪽 벽면이 날아갔으며 6명이 다쳐 을지대병원에서 치료를 받음
- 2003년 5월 13일 오후 3시쯤 한국과학기술원(KAIST) 항공우주공학 전공 공동실험실에서 폭발사고가 발생하여 불의의 사고로 박사 과정 2년차인 조정훈 연구원이 목숨을 잃고 4년차인 강지훈 연구원은 두 다리를 잃음

위의 사례들은 우리나라의 핵심적인 과학기술을 담당하고 우수인력을 보유한 실험실에서 최근 몇 년 동안 발생한 대표적인 사고사례들이다. 우리나라의 사고사례들을 살펴보면 피해의 규모가 큰 사고나 작은 사고 모두 폐액관리나 응급조치, 화재관리와 같은 기초적인 안전관리의 부족에서 발생하는 사고가 대부분이다. 그나마 국·공립 연구소나 대기업 부설 연구소와 같은 규모가 큰 실험실을 제외하고는 사립대학 실험실에서조차 특별한 안전관리부서나 시스템이 거의 전무한 실태이고 안전관리부서가 존재하더라도 지원예산이나 관리가 부족한 실정이다. 따라서 매우 위험하거나 큰 사고가 발생할 만한 실험을 하지 않는 대학교 또는 중·고등학교 실험실에서도 안전관리규정과 함께 위험요소를 파악하고 인지할 수 있는 안전성평가 tool이 절실히 필요한 실정이다.

JSA의 목적은 적절한 운전 절차 및 제작과 관련된 안전상의 문제 및 절차를 기술하는 것으로 운전조건, 장비, 화학물질에 대한 상세한 특성을 기술하게 되어 있어 실험 전 어떤 위험요소가 잠재되어 있는지를 확인할 수 있다.

Michigan Technology University에서 사용 중인 Job Safety Assessment Form을 살펴보면 실험실 안에 Hazard를 항목별로 상세히 기술하게 되어 있다. Hazard 작성 시 위험요소를 인식하고 실험 시 자신의 안전에 대한 의식이 고취될 수 있어 상급관리의 비용이나 효과보다 더 큰 장점을 얻을 수 있다. 따라서 아래 표와 같이 실험 전 실험과정과 잠재 위험성, 위험요소를 관리할 수 있는 방법과 그에 따른 개인 보호 장비를 기술할 수 있는 양식을 각 실험실에 이용하여 실험실 안전을 향상시킬 수 있다. 또한 방학동안 실험실 안전에 관한 관심이 지속되기 힘들고 개강 후 일일이 안전교육을 실시하는 것은 안전관리규정이나 안전관리조직이 형성되지 않은 현 시점에서 불가능하거나 효과적으로 실행될 수 없기 때문에 한 학기동안 실시할 예정인 실험들에 대한 위험을 미리 숙지할 수 있으며 위험요소를 알고 있으므로 사고를 예방할 수 있다.

Hazard Summary Check all general hazards that are likely to be encountered during this experiment and list the major source of the hazard.

Hazard	Major Source of Hazard
<input type="checkbox"/> Toxicity	Primary toxic chemicals include potassium iodide, sodium thiosulfate, and glacial acetic acid.
<input type="checkbox"/> Fire/Flammability	Pressurized hydrogen is highly flammable.
<input type="checkbox"/> Reactivity	A time based reaction is used to stop the vehicle and the potassium iodide is toxic—should be handled with gloves(see procedures fo further details)
<input type="checkbox"/> Pressure Hazard	
<input type="checkbox"/> Electrical Shock	
<input type="checkbox"/> Mechanical Hazard	
<input type="checkbox"/> Hot Surfaces/ High Temp > 150 F	
<input type="checkbox"/> Biohazard	
<input type="checkbox"/> Laser Radiation	
<input type="checkbox"/> Ionizing radiation	
<input type="checkbox"/> Other:	
<input type="checkbox"/> Other:	

그림 1 Job Safety Assessment Form

실험방법	잠재 위험성	위험요소 관리 방법	필요한 개인보호장비나 설비
Solution : Anhydrous Sodium Thiosulfate 1. Objective is to prepare a 0.008M solution. 2. Measure 1.265g of sodium thiosulfate. 3. Place the sodium thiosulfate into a 1 liter flask. 4. Measure 1 liter of tap water and pour into the 1 liter flask. 5. Mix the solution on a magnetic stirrer and stir the solution using a stir bar.	Toxicity Hazard	Remember to handle all chemicals safety. Do not ingest, eye contact, or excessive skin contact.	safety glasses

표 1 Safe Operating Procedures Page

또한 모든 실험실에 대한 기본적인 관리는 checklist로 작성하는 것이 효율적이기 때문에

- 비상사태
- 개인보호장비
- 환기장치
- 화재 방지 점검
- 응급 조치 사항

항목들에 대한 관리는 아래와 같이 작성하고 화학, 전기, 생물 실험실 각각의 특성에 맞는 checklist는 따로 작성하도록 한다.

항목	check	참고사항
후드 입구		<ol style="list-style-type: none"> 1. 제어풍속은 0.4~0.5m/sec로 하여 실험실 오염물질을 억제하고 분무입자의 운동에너지, 가스 및 증기의 분자확산운동, 후드의 내외에서 발생하는 모든 다른 운동들을 이겨낼 수 있어야 한다. 2. 후드입구의 공기의 흐름방향은 입구 면에 수직이고 안쪽으로 향하여야 한다. 3. 후드의 위치는 문, 창문, 보행자로부터 떨어져 있어야 한다.
실내의 공기흐름		<ol style="list-style-type: none"> 1. 문, 창문, 보행자 등은 후드입구의 풍속보다 더 큰 속도를 가진 공기의 흐름을 발생 시킬 수 있으며 후드로부터 오염공기를 제거하거나 뽑아내기 어렵게 만든다. 2. 천장이나 벽에 붙어 있는 환풍기 등에서 들어오는 공기는 후드의 성능에 영향을 미치지 않도록 조절되어야 하며 영향범위에 들어오기 전에 에너지를 상실하도록 하여야 한다. 3. 후드의 입구에서 외부공기흐름이 0.1~0.13m/sec를 넘지 않도록 한다
후드입구 공기흐름의 작업장 영향		<ol style="list-style-type: none"> 1. 후드 앞에 서 있는 작업자는 주위에 흐르는 공기를 난류로 만들므로 작업자를 최소화한다. 2. 작업자 앞부분이 낮은 압력을 유지하지 않으면 후드의 오염물질 배출성능을 심각하게 저하 시킬 수 있으므로 작업자를 최소화한다.
유지 관리		<ol style="list-style-type: none"> 1. 후드는 규정에 맞추어 설치하여야 한다. 2. 후드는 항상 양호한 상태로 유지되어야 하며, 후드나 배기장치에 이상이 생겼을 경우에는 즉시 수리를 의뢰하고 수리중이라는 표지를 붙인다. 3. 후드로 배출되는 물질의 냄새가 감지되면 배기팬이 작동되는지 점검하고, 후드의 작동상태가 양호하지 않으면 정비하도록 한다. 4. 후드배기가 안될 경우의 비상대응조치사항을 비치한다. 5. 후드 안에서 화학물질을 가지고 작업할 때에는 보호의 및 보호장갑, 보안경, 실험복, 안면보호구 등을 착용하여 화학물질의 반응으로부터 보호되어야 한다. 6. 고체덩어리나 물질이 후드위에 연결된 배기 덕트 안으로 들어가지 않도록 한다. 7. 후드를 폐기물이나 시약 보관 장소로 사용하지 말아야 한다. 8. 작동이 되지 않은 후드는 꼭 “사용금지” 라고 표시 해둘 것

결론

가장 기초적인 안전관리 항목들을 간편하게 평가할 수 있는 checklist와 JSA를 통하여 각각의 실험에 대한 세부적인 위험요소를 알고 예측 가능한 hazard를 알고 near miss를 줄임으로서 중대한 사고를 예방할 수 있다.

또한 각 대학교 실험실이나 연구실에서 checklist나 JSA를 빠지지 않고 행할 수 있는 법적인 tool이 제공된다면 일반 대학교의 실험실에서는 큰 비용을 들이지 않고 효율적인 안전관리가 이루어 질 수 있다.