사고대응/대비(31)

사고 피해예측의 이해

조심조심 코리아
화재·폭발·누출 예방

사고 피해예측이란?

화학물질의 취급과 사고대응에 있어, 설정된 가상사고 시나리오에 따른 누출, 화재, 폭발사고가 발생하였을 때 이로 인한 복사열, 폭발압력, 누출로 인한 확산범위 및 피해를 사전에 평가하는 것이다. 피해 최소화 평가 결과는 비상조치계획에 활용되게 된다.

Key Point 예측을 잘해야 대처를 잘할 수 있다.

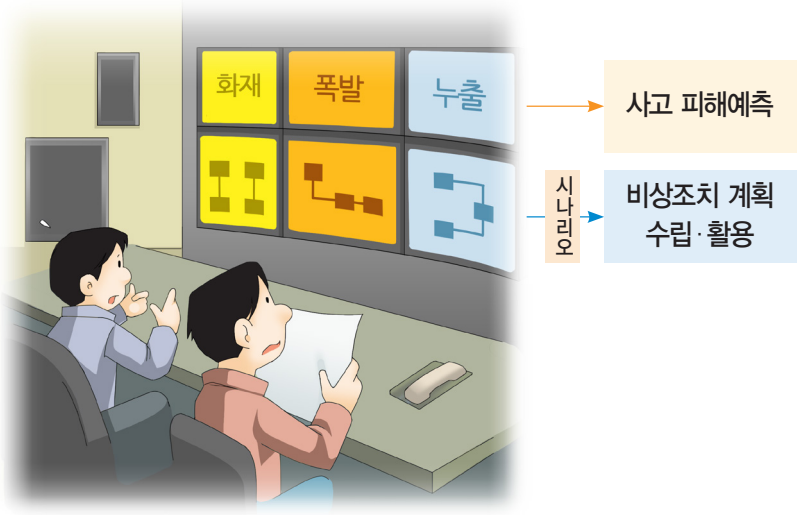
피해예측 대상 사고 시나리오

- 최악의 사고 시나리오
- 임의의 사고 시나리오

Key Point

평가대상 시나리오는 다양할수록 좋다.

공정별로 다양한 사고 시나리오가 평가되고 준비될수록 다양한 상황에 잘 대처할 수 있다.



- 화학사고의 유형 및 피해예측 내용

사고의 유형	누출		화재	폭발
대상물질	독성물질	인화성물질	인화성물질	인화성물질 폭발성물질
피해예측 내용	독성물질 확산 및 상해 범위	폭발범위 형성범위	거리별 복사열 크기 및 예상피해 정도	거리별 충격파 크기, 파열 물체의 비산범위

피해로 인한 영향을 평가해야 하는 최대범위(끝점 : Ending Point)

- 독성물질인 경우 다음 중 하나
  - 농도가 코드에서 규정한 농도(㎎/ℓ)에 도달하는 지점
  - ERPG2 수치(1시간 노출시 건강상의 이상이 없는 최고값)
    ※ ERPG(Emergency Response Programme Guideline : 미국 AIHA에서 정함)
  - IDLH(Immediately Dangerous to Life and Health) 수치의 10%
  - 0.2 × LC_{50} 또는 1 × LC_{Lo}

- 가연성가스 및 인화성물질인 경우

  (1) 폭발인 경우 – 0.07kgf/㎠의 과압(고막손상)이 걸리는 지점

  (2) 화재인 경우 – 40초 동안 5kW/㎡의 복사열(화상)에 노출되는 지점

  (3) 누출인 경우 – 누출된 물질의 폭발하한 농도에 이르는 지점

[사고 피해예측의 응용]

사고 피해예측 계산 방법

- KOSHA Guide(P–102–2012) 사고 피해예측에 관한 기술지침의 수식 활용
- 피해예측과 관련한 국내외 프로그램 활용
- 피해예측시 필요정보
  - 물질명, 혼합비율, 저장정보, 공정조건(온도, 압력, 유량), 누출대상 배관의 크기, 일기조건(풍향, 풍속, 온도), 적용하고자 하는 관심값 등

사고 피해예측시 주로 적용하는 관심값 및 의미

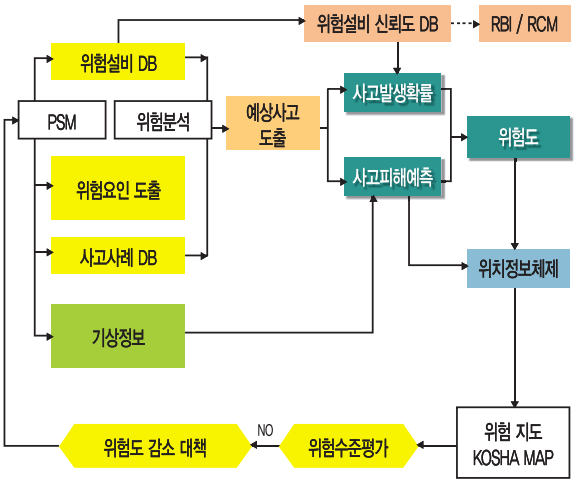
발생유형	평가하는 관심값(m)		
	평가내용	Level 1,2,3의 설정값(의미)	응용
1. 독성물질 누출	확산범위	1. ERPG 1(1시간내 미대피시 사망 가능) 2. ERPG 2(1시간내 미대피시 중상 가능) 3. TWA(감지기 경보발생)	● 사고 상황별/시간별 피해지역, 대피범위, 대피방향 설정 ● 농도별 적정보호구 선정 ● 출입하지 말아야 할 지역과 상황의 인식
2. 인화성물질 누출	확산범위	1. 폭발상한 2. 폭발하한(폭발발생 가능) 3. 폭발하한의 25%(감지기 경보발생)	● 가스감지기와 연동하여 상황 파악 ● 점화원 차단을 위한 비상정지범위 설정 ● 점화원을 배제하기 위한 조치(이격, 양압, 위치조정)
3. 화재	거리별 복사열 크기	1. 37.5kW/㎠(설비파손) 2. 12.5kW/㎠(목재착화) 3. 4kW/㎠ (화상가능)	● 화재시 피해예측에 따른 우선방호 대상 선택 ● 화원 접근 한계거리를 고려한 보완대책 수립 ● 고압설비 화재진압시 안전거리 확보
4. 폭발	거리별 충격파 크기	1. 0.84bar(구조물 전파) 2. 0.21bar(철골파손) 3. 0.07bar(고막파열)	● 제어실 근무자의 위험성 파악 및 보완(방폭벽 설치, 이전) ● 폭발피해 감소를 위한 안전거리 확보
	파열물체의 비산범위	–	● 공정운전시 안전거리 확보 ● 고압설비 화재진압시 안전거리 확보

※ 관심값의 Level 1,2,3값은 상황별 목적에 따라 변경하여 응용가능

사고 피해예측의 활용 및 사례

종합위험관리에 활용

- 평가된 피해범위에 따른 인명과 재산의 손실을 평가하고, 사고발생 확률을 반영하여 종합적인 위험도를 평가
- 평가된 위험도에 따른 수용 여부에 따라 위험을 감소하기 위한 보완조치
- 보완된 내용을 바탕으로 위험도의 재평가 및 수용 여부 결정



[종합위험관리 활용]

위험감소를 위한 설비적 보완(예)

- 폭발위험반경 내 제어실 근무자의 사망위험으로 평가되어 제어실 이전 또는 방폭벽 설치
- 탱크화재시 인접설비 복사열 피해위험이 있으므로 물분무 설비 설치 또는 방화벽 설치
- 소화전이 대상물과 근접하여 실제 사용할수 없으므로 방호복 비치 및 방수압 상향 조정
- 소화설비 수동조작 스위치의 위치가 대상물과 인접하여 이격설치
- 급성독성물질 누출시 사업장 외부까지 영향을 미치므로 부지 경계선에 가스감지기 설치
- 실제 독성물질 누출량 평가결과에 따른 적정 용량의 처리 설비 설치

피해최소화를 위한 비상조치계획의 보완

- 피해범위에 따른 위험수준의 설정 및 등급별 적정 비상조치계획 운영

종합적인 위험도 평가 및 토지사용계획(Land Use Planning)에 활용

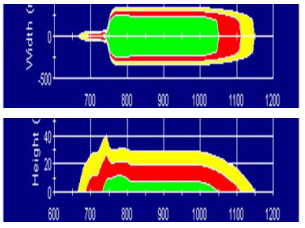
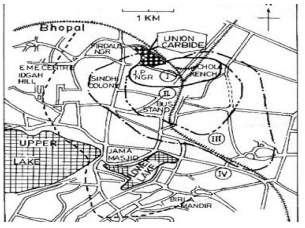
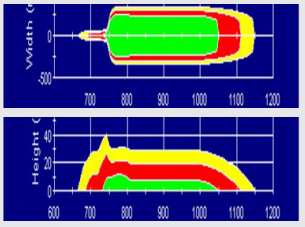
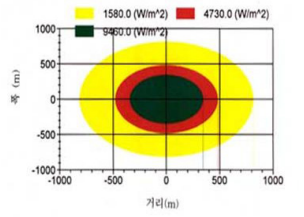
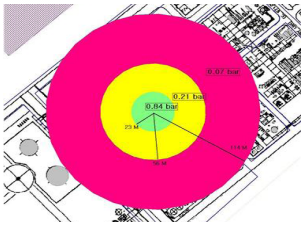
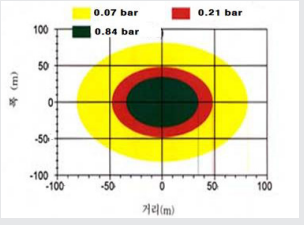
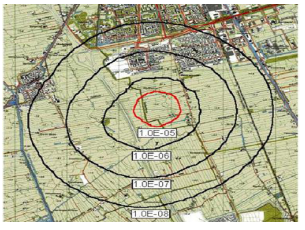
- 사고확률, 피해범위, 피해정도와 결합하여 위험설비로 인한 종합적인 위험도 평가
- 위험도를 근거로 토지사용계획에 있어 수용 가능 여부 및 이격거리 설정에 반영

[위험 감소를 위한 설비·관리적 보완]

피해예측 미실시로 인한 손실 사례

- 불화수소의 옥외누출에 대한 피해예측이 사전에 이루어지지 않아 적절한 대피범위의 설정 실패, 대피지연 및 피해확산
- 불산의 실내누출에 대한 독성 피해예측이 사전에 이루어지지 않아 폭로위험이 간과되고, 누출사고 발생시 무리한 보수작업 시도로 작업자의 사망사고 초래

사고 피해예측 사례

발생유형	평가결과와 현실		
	단순평가	피해지역의 예상손실평가	해당상황 및 결과
1. 독성물질 누출			
2. 인화성물질 누출			
3. 화재			
4. 폭발			
종합위험평가	누출·화재·폭발 각각의 사고로 인한 사망확률과 사고확률을 종합하여 위험설비로 인한 종합적인 위험도를 평가		위험도와 인구밀도를 종합한 종합위험을 산출하여 토지사용계획에서의 결정자료로 활용

관련 법규 및 안전보건기준

- **산업안전보건법**
  - 법 제49조의2(공정안전보고서 제출 등)
- **고용노동부 고시**(공정안전보고서의 제출·심사·확인 및 이행상태평가 등에 관한 규정)
- **KOSHA GUIDE**
  - P-107-2012 : 최악의 누출시나리오 선정지침
  - P-92-2012 : 누출원 모델링에 관한 기술지침
  - P-88-2012 : 사고피해영향 평가에 관한 기술지침
  - P-102-2012 : 사고 피해예측에 관한 기술지침
  - P-91-2012 : 화학물질폭로 영향지수(CEI) 산정지침
  - P-110-2012 : 화학공장의 피해최소화 대책 수립에 관한 기술지침