

KOSHA GUIDE

X - 64 - 2013

유해·위험물질 누출시의
리스크 평가지침

2013. 11.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 사단법인 한국안전학회
충북대학교 안전공학과 임현교

- 제·개정 경과
 - 2013년 9월 리스크관리분야 제정위원회 심의(제정)

- 관련규격 및 자료
 - KOSHA GUIDE P-101 - 2012 (비상조치계획 수립지침)
 - KOSHA GUIDE P-110 - 2012 (화학공장의 피해최소화대책 수립에 관한 기술지침)
 - KOSHA GUIDE X - 31 - 2012 (화재 리스크 평가에 관한 기술지침)
 - KOSHA GUIDE X - 30 - 2012 (사업장 화재 및 응급서비스에 관한 리스크 지침)
 - 산업안전보건연구원, 위험물질 누출감지 기술 개발 연구, 2000.
 - OHSW&IM PROCEDURE Chemical Spill Management, OHSW&IM Services, 2011.
 - 化学物質リスクアセスメント事例集, 中央労働災害防止協会, 2010.
 - 労働者の有害物によるばく露評価ガイドライン, 化学物質のリスク評価検討会ばく露評価小検討会, 2009.
 - 化学系工場等のためのリスク評価マニュアル, 埼玉県, 2003.

- 기술지침의 적용 및 문의
이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2013년 11월 6일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

유해·위험물질 누출시의 리스크 평가지침

1. 목 적

이 지침은 생산설비의 유해·위험물질 누출 발생과 관련되는 산업재해의 피해를 최소화하기 위하여 누출 발생시 검토되어야 하는 리스크 평가 업무에 기술적 사항을 제공하는 데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 유해·위험물질 누출의 일반적인 지침으로, 생산설비의 유해·위험물질 누출에 대응하고자 하는 사업장에 적용된다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “누출”이라 함은 유해·위험물질이 공정, 배관, 용기 등에서 의도하지 않게 새어 나오는 현상을 말한다.

(나) “유해·위험물질(이하 “위험물질”이라 한다)”이라 함은 화재, 폭발 또는 건강상의 문제를 초래할 수 있는 물질을 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준 및 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. 누출 리스크의 사전 평가

4.1 평가 시기

리스크 평가의 대상은 사업장의 모든 유해·위험물질을 취급하는 작업 및 설비이며 리스크 평가는 다음과 같은 시기에 실시한다.

- (1) 최초 설비 설치시
- (2) 새로운 설비를 도입시
- (3) 신입 작업자 및 작업자의 변경시
- (4) 공장의 배치를 변경시
- (5) 작업 절차 및 작업 조건 변경시
- (6) 사고나 재해 발생시
- (7) 새로운 물질의 사업장 반입시

4.2 평가 방법

- (1) 누출 리스크를 확인하고 리스크 목록을 작성한다. 리스크 확인에는 다음과 같은 기법을 활용할 수 있다.
 - (가) 위험과 운전 분석기법 (Hazard and Operability Study)
설계의도에서 벗어나는 일탈현상(이상상태)을 찾아내어 공정의 위험요소와 운전상의 문제점을 도출하는 기법으로 경험을 가진 전문가로 팀을 이루어 토론에 의해 잠재적인 위험 요소를 확인, 도출한다.
 - (나) 이상위험도 분석법 (Failure Mode Effect Analysis)
시스템을 구성하는 부품들의 고장모드가 타 부품과 시스템 및 사용자에게 미치는 영향과 고장의 원인을 상향식(bottom-up)으로 조사하는 정성

적 고장해석기법이다.

(다) 사고예상 질문법 (What-if Analysis)

설비의 설계, 건설, 운전단계, 공정의 수정 등에서 생길 수 있는 원치 않는 사건을 What-if 로 시작하여, 예상되는 사고 및 결과를 조사하는 기법이다.

(라) 예비위험 분석법(Preliminary Hazard Analysis)

의도된 사용환경에서 위험요소가 어떻게 영향을 미치는가를 분석하는 방법으로, 공정의 위험부분을 열거하고 그 사고 빈도와 심각성에 대해 토의하여 결정하는 기법이다.

(2) 리스크를 확인한 후에는 리스크의 발생 가능성과 결과, 영향 요인, 통제수단 등을 고려하여 리스크를 분석한다.

(3) 특정 사상의 발생을 가정하여 발생 가능한 사고 시나리오를 작성하고 이로 인한 영향을 예측한다. 리스크 평가 절차에 관한 자세한 기술적 사항은 KOSHA GUIDE X-3-2011(리스크 평가 절차에 관한 지침)을 참조하도록 한다.

4.3 평가 내용

해당 공정 담당자 또는 담당자의 부재시, 보조 담당자는 유해·위험물질의 누출 통제를 위한 사전 리스크 평가를 수행한다. 사전 리스크 평가는 다음의 사항을 수행한다.

(1) 사업장의 구조 및 유해·위험물질을 취급하는 공정을 파악한다. 공정의 파악에는 다음의 사항을 고려한다.

- 공정별로 예상되는 리스크
- 누출사고의 전개과정
- 최대피해 규모

- 피해 최소화대책

- 과거 유사한 누출사고의 기록

- 누출사고의 결과예측

(2) 취급하는 유해·위험물질의 리스트를 작성한다. 리스트의 작성내용은 다음을 사항을 포함해야 한다.

- 유해·위험물질 또는 유해·위험물질을 함유한 제재의 종류 및 그 유해·위험성

- 안전·보건상의 취급주의 사항

- 폭발·화재·누출 시의 대처 방법

- 응급조치 및 긴급대피 요령

- 물질안전보건자료(MSDS) 및 경고표지

(3) 보유 설비와 취급하는 물질에 의해 발생 가능한 리스크를 도출한다.

- 누출

- 부식, 산화

- 중독

- 파열

- 화재, 폭발

- 기타 위험

4.4 리스크 저감대책 수립

도출된 리스크의 위험등급에 따라 우선순위를 정하여 리스크 저감 대책을 수립한다. 자세한 리스크 저감 대책의 수립에 대한 사항은 KOSHA GUIDE P - 110 - 2012 (화학공장의 피해최소화대책 수립에 관한 기술지침)을 참고한다.

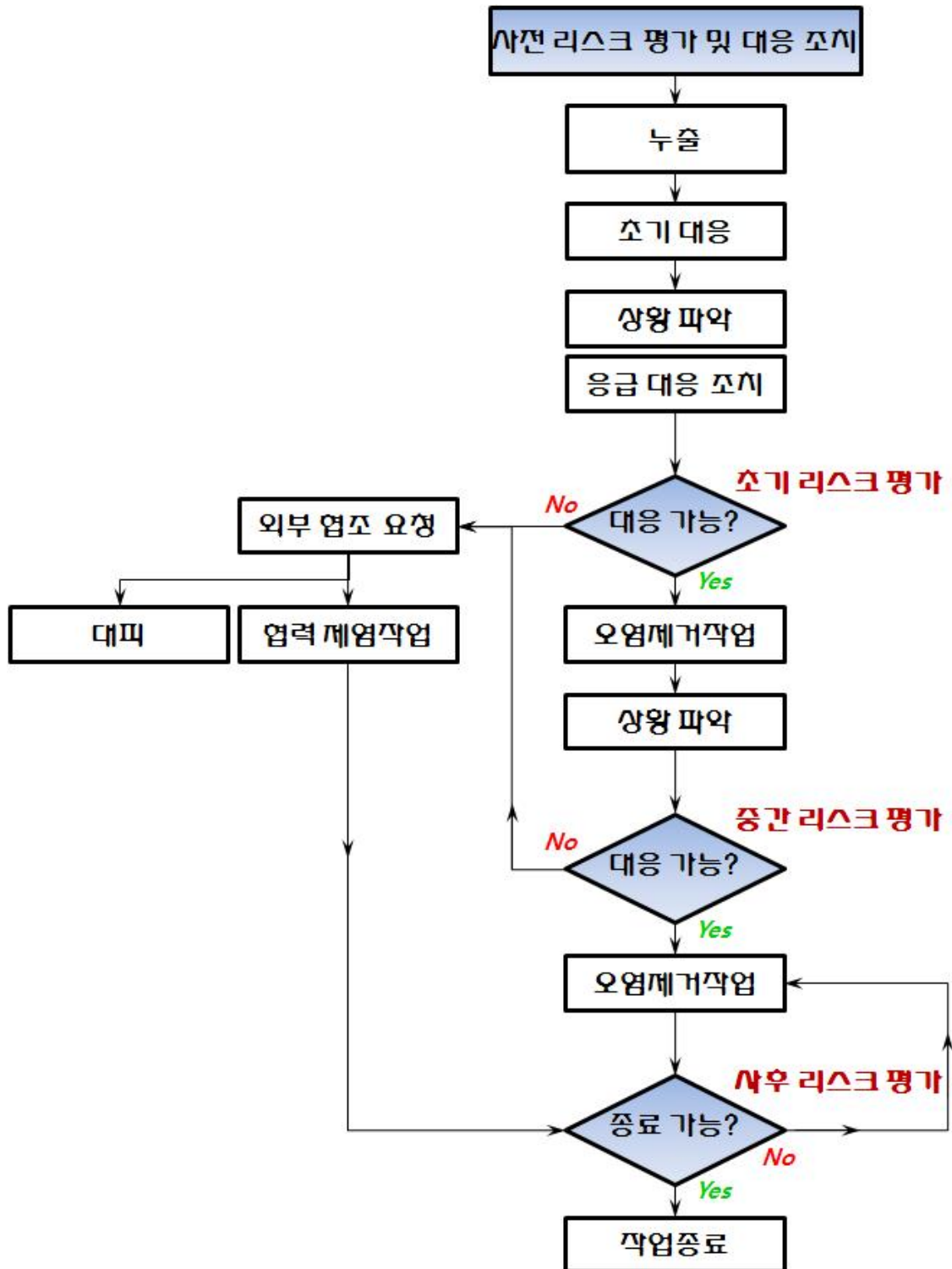
4.5 정상시의 대응

대책의 적용 후에도 남아 있는 리스크에 대해서 정상시 리스크 관리 및 모니터링을 실시한다. 정상시 관리는 다음의 사항을 고려한다.

- (1) 설비의 부식, 파손여부
- (2) 설비의 균열 및 변형
- (3) 설비의 온도변화
- (4) 설비의 침수
- (5) 압력용기의 압력 변화
- (6) 지진, 태풍 등의 자연재해
- (7) 기타

5. 누출사고 발생시 대응단계별 리스크 평가

유해·위험물질 누출 사고 대응절차의 개요는 <그림 1> 과 같다.



<그림 1> 유해·위험물질 누출 리스크 평가 흐름도

5.1 사고 초기의 리스크 평가

(1) 사고의 정보를 사고 발견자로부터 전달받는 경우, 다음의 사항을 조사하여 사고의 내용을 파악한다.

- 누출 발생 시간
- 누출 발생 위치
- 누출 발생 원인
- 원인 물질
- 배출 · 누출량
- 응급 조치 내용
- 오염 확대 예측
- 피해 상황
- 기타 필요한 정보
- 조사 기록자 성명

(2) 화학 물질 누출 리스크 평가시에는 다음 사항을 고려해야 한다.

(가) 유해·위험물질 관련 특성

- ① 유해·위험물질의 종류 및 유해·위험성
- ② 유해·위험물질의 자체 반응성 및 반응 물질

- ③ 물질을 처리하기 위해 필요한 교육
- ④ 물질을 처리하기 위해 필요한 장비
- ⑤ 누출을 처리하기 위해 필요한 절차

(나) 공정의 특성

- ① 유해·위험물질이 해당공정에서 사용되는 상 (고체, 액체, 기체)
- ② 다른 유해·위험물질의 혼합사용 여부
- ③ 유사한 공정 설비의 유무
- ④ 누출사고가 전후 설비에 미치는 영향
- ⑤ 누출 부위
 - 저장 탱크
 - 압력 용기
 - 배관, 연결부
 - 기타

(다) 누출 현장 특성

- ① 사고발생 장소 특성
 - 누출 지점 접근성
 - 누출 지점의 높이

- 강, 하천, 주거지역과의 거리

- 기타

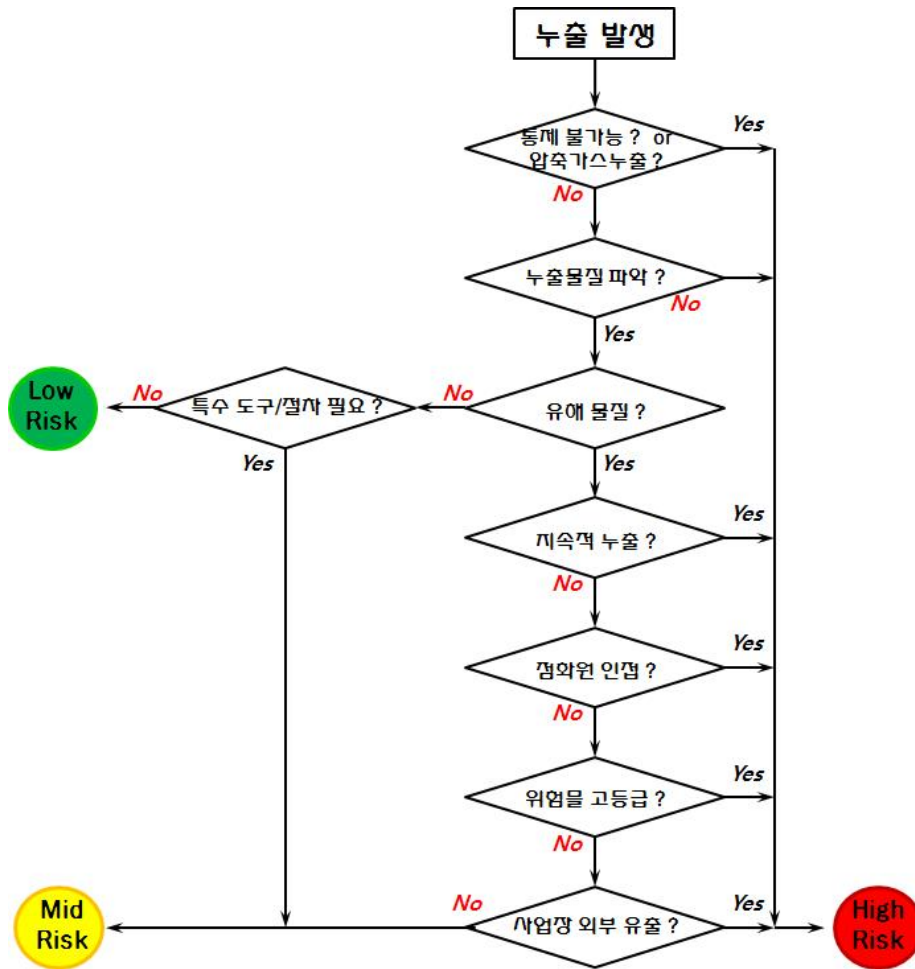
② 누출 형태

- 지속적인 누출 (Plume)

- 일시적인 누출 (Puff)

③ 당일 기상 상황

(3) 리스크 등급의 결정은 누출물질 및 현장의 상황을 고려하여 결정하며 <그림 2> 와 같은 과정을 거쳐 결정한다.



<그림 2> 리스크 평가 절차

(4) 위험도 판정에 따른 조치

(가) 고 위험도 누출시 조치

소방서, 외부전문가의 도움을 받아 사고에 대응한다. 안전이 확보된 상태에서 누출 격리 조치 및 확산 방지 조치 등을 실시한다.

(나) 중 위험도 누출시 조치

대응 절차는 시설 관리자 혹은 비상 조치 절차에 의해 제공된 절차를 따른다. 응급조치에 대한 사항은 KOSHA GUIDE X-30-2012 (사업장 화재 및 응급서비스에 관한 리스크 관리지침)을 참고한다.

(다) 저 위험도 누출 시 대응

- ① 사전에 훈련받은 물질의 처리방법, 절차에 따라 물질의 처리 및 오염 제거작업을 실시한다.
- ② 공정/설비를 잘 아는 관리자의 지시 하에 작업자가 저 위험도의 누출을 처리할 수 있다.

5.2 사고 전개 후 리스크 평가

(1) 상황 파악

(가) 사고 조사는 관계자로부터 사고의 원인, 누출 물질의 종류 및 양을 청취하여, 사고 현장 및 주변 지역의 상황을 조사한다.

- ① 지속적인 누출의 징후
- ② 누출된 물질의 잔여량
- ③ 피해 인원
- ④ 누출의 대응 상태
- ⑤ 외부 누출 여부
- ⑥ 추가적인 누출, 화재의 발생 여부

(나) 사후 리스크 평가시에는 다음의 사항을 고려한다.

- ① 당일 기상 상황
- ② 풍량 · 풍향
- ③ 기온 이상 개황

④ 생물 상태 기록

(2) 리스크 평가

리스크 평가를 재실시하여 결정된 리스크에 따라 대응 조치를 변경, 지속한다.

5.3 사고 대응 종료시 리스크 평가

(1) 대응 조치의 종료 기준

대응의 종료는 다음의 기준을 모두 만족하는 시점에서 종료할 수 있다. 대응 종료는 외부전문가 또는 사고 대응 책임자의 판단 하에 결정한다.

- 누출의 봉쇄 완료
- 누출 물질이 검지되지 않음
- 전후 설비의 이상 상태가 발견되지 않음
- 기타 추가적인 위험이 발생하지 않음

(2) 리스크 평가

리스크 평가를 재실시하여 저 위험도 이하, 대응 조치 종료 기준을 모두 만족하는 시점에서 대응 조치를 종료한다.

6. 누출 리스크 평가시 주의 사항

(1) 조사자의 안전 확보

조사자가 조사 중인 누출 물질 등에 의해 피해를 받지 않도록 안전을 확보한다. 다음과 같은 징후가 보일시에는 즉각 현장에서 대피한다.

- 통제 불가능한 화염 발생시

KOSHA GUIDE

X - 64 - 2013

- 통제 불가능한 압축가스의 누출시

- 작업자의 안전이나 건강에 위협을 미치는 상황 발생시

(2) 유해·위험물질 누출시의 비상조치에 관한 사항은 KOSHA GUIDE

P-58-2012 (위험물질 사고대응에 관한 기술지침)을 참고하여 조치한다.

<부록>

유해·위험물질 누출 리스크 평가 예시

다음은 생산설비의 유해·위험물질 누출 대응시의 리스크를 평가하고자 하는 사업장에서 활용할 수 있는 리스크 평가 방법(덧셈법)의 예시이다. 사업장에서 수행되는 누출대응 활동의 리스크 평가는 일반적으로 다음의 순서에 따라서 진행된다. 평가항목 및 평점은 사업장의 특성에 따라 임의 변경할 수 있다.

1. 유해·위험물질 누출 리스크 분석

유해·위험물질 누출 리스크 분석은 누출 물질의 분석, 누출현상 분석, 피해범위 분석으로 나누어 평가할 수 있다.

(1) 누출 물질의 분석

누출 물질의 분석은 누출된 유해·위험물질에 대한 정보를 평가하는 것으로, 누출된 유해·위험물질의 특성이나 누출량을 확실하게 모를 경우에는 각 항목의 최고점을 부여한다.

항목별 리스크는 다음의 항목별 분석 기준표를 활용하여 평가한다.

(가) 유해·위험성

누출 물질의 유해·위험성은 상, 중, 하로 구분하여 리스크를 평가한다.

유해·위험성	분석 기준 예	리스크 평점
상	인체에 치명적 영향	3
중	인체에 중대한 영향	2
하	인체에 경미한 영향	1

(나) 사용량

누출 물질의 사용량을 고려하여 리스크를 평가한다.

사용량	분석 기준 예	리스크 평점
대량	ton, kl 단위	3
중량	kg, l 단위	2
소량	g, ml 단위	1

(다) 물질의 상

누출 물질의 확산가능성을 기준으로 물질의 상을 고려하여 리스크를 평가한다.

물질의 상	분석 기준 예	리스크 평점
기체	확산 가능성 大	3
액체	확산 가능성 中	2
고체	확산 가능성 小	1

(2) 누출현상 분석

누출현상 분석은 누출에 대한 즉각 대응의 가능성 여부를 평가하는 것으로, 누출 대응이 불가능한 경우에는 각 항목의 최고점을 부여한다.

항목별 리스크는 다음의 항목별 분석 기준표를 활용하여 평가한다.

(가) 누출량

누출 대응이 가능하다고 판단된 경우, 누출량을 기준으로 리스크를 평가한다.

누출량	분석 기준 예	리스크 평점
대량	ton, kl 단위	3
중량	kg, l 단위	2
소량	g, ml 단위	1

(나) 누출 처리 난이도

누출의 처리 난이도를 기준으로 하여 리스크를 평가한다.

누출 처리 난이도	분석 기준 예	리스크 평점
상	특수절차, 약품 필요	3
중	보호구 착용하에 가능	2
하	수거후 폐기 가능	1

(3) 피해범위 분석

피해범위 분석은 누출물질에 의해 피해를 입는 사업장, 설비, 및 주변환경과 누출로 인한 인명피해의 정도에 따라 리스크 관리여부를 평가하는 것으로, 누출된 물질이 사업장, 설비의 외부로 누출되었을 시에는 최고점을 부여한다.

항목별 리스크는 다음의 항목별 분석 기준표를 활용하여 평가한다.

(가) 피해 정도

누출로 인한 피해인원의 수를 기준으로 하여 리스크를 평가한다.

피해 정도	분석 기준 예	리스크 평점
대	5인 이상 다수인원 피해	3
중	1~4인 소수인원 피해	2
소	인원피해 없음	1

(나) 누출 장소 주변환경

누출 발생이 주변 환경에 미치는 리스크를 평가한다. 많은 사람들이 모이는 곳 주변에서 누출이 발생할 경우, 리스크의 크기가 가장 크다.

주변 환경	분석 기준 예	리스크 평점
치명적인 위험	주거지 또는 공공시설	4
매우 높은 위험	상수원, 양식장, 농경지, 과수원 등	3
높은 위험	산업단지	2
위험	산림 또는 임야	1

2. 리스크 수준 판정

리스크 수준 판정은 누출 리스크 평가 항목별 리스크 합계점수에 따라 허용할 수 있는 리스크인지, 허용할 수 없는 리스크인지 판단하고, 대응책을 결정하는 단계이다.

리스크 평점	리스크 수준		대응책 예
7~10	I	경미한 리스크	책임자에게 연락하고, 지시에 따라 초기소화활동을 전개한다.
11~14	II	상당한 리스크	작업공정을 정지한 후 비상조치활동 계획을 따른다.
15~18	III	중대한 리스크	대피경보를 울리고 즉각 현장에서 대피한다.
19~22	IV	허용불가 리스크	즉시 책임자에게 연락하고 관계 기관에 협조를 요청한다.

3. 누출 리스크 평가 사례 종합 결과표

다음은 페인트를 생산하는 사업장에서의 누출 리스크 평가 결과 사례를 보여 준다.

<상황>

산업단지 내의 페인트 제조업체에서 종류가 파악되지 않은 액상의 물질 약 200ℓ가 저장 탱크로부터 누출되어, 사업장 내부 탱크 주변으로 퍼져 나가고 있다. 사고지점 주변에서 작업 중이던 작업자 2명이 눈과, 피부의 자극을 호소하고, 추가 인명피해는 발생하지 않은 상황이다. 누출 물질은 내부의 방호벽을 따라 흐르고 있으며 사업장 외부로 유출은 발생하지 않았다.

<평가>

이 정보들을 근거로 누출 리스크를 평가하고 대응책을 선정하면 다음 표와 같다.

해당공정		혼합공정		누출 리스크 평가	책임자	박문수
발생위치		저장탱크			담당자	홍길동
발생일시		13/09/12 13:50			종료일시	13/09/13 00:15
평가항목			등급 분류 (*모르거나 확실하지 않은 경우 최고점 부여)		리스크 평점	
1. 누출 물질의 분석						
누출 물질을 알고 있다.	유해·위험성	상 (인체에 치명적 영향) 또는 불명		3	3	9
		중 (인체에 중대한 영향)		2		
		하 (인체에 경미한 영향)		1		
	사용량	대량 (ton, kl 단위) 또는 불명		3	3	
		중량 (kg, l 단위)		2		
		소량 (g, ml 단위)		1		
	물질의 상	기체 (확산 가능성 大) 또는 불명		3	3	
		액체 (확산 가능성 中)		2		
		고체 (확산 가능성 小)		1		
2. 누출현상 분석						
누출 대응이 가능하다.	예상 누출량	대량 (ton, kl 단위)		3	2	4
		중량 (kg, l 단위)		2		
		소량 (g, ml 단위)		1		
	누출 처리 난이도	상 (특수절차, 약품 필요)		3	2	
		중 (보호구 착용 하에 가능)		2		
		하 (수거 후 폐기 가능)		1		
3. 피해범위 분석						
피해현황을 파악할 수 있다.	피해정도	대 (5인 이상 다수인원 피해)		3	2	4
		중 (1~4인 소수인원 피해)		2		
		소 (인원피해 없음)		1		
	누출장소 주변환경	주거지 또는 공공시설		4	2	
		상수원, 양식장, 농경지, 과수원, 등		3		
		산업단지		2		
		산림 또는 임야		1		
관정기준 및 대응책					총점	
7~10	I	경미한 리스크	책임자에게 연락하고, 지시에 따라 초기대응활동을 전개한다.	17		
11~14	II	상당한 리스크	작업공정을 정지한 후 비상조치활동 계획을 따른다.			
15~18	III	중대한 리스크	대피경보를 울리고 즉각 현장에서 대피한다.			
19~22	IV	허용불가 리스크	즉시 책임자에게 연락하고 관계 기관에 협조를 요청한다.			