

KOSHA GUIDE

X - 47 - 2011

사고예상질문/체크리스트분석  
결합기법에 관한 기술지침

2011. 12.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 사단법인 한국안전학회 리스크관리 연구위원회  
충주대학교 화공생물공학과 이기백

○ 제·개정 경과

- 2011년 11월 리스크관리분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련규격 및 자료

- CCPS, Guideline for Hazard Evaluation Procedures, AIChE, New York, 2008

- KOSHA GUIDE X-1-2011, 리스크 관리의 용어 정의에 관한 지침

- KOSHA CODE P-3-1998, 사고예상질문분석(WHAT-IF)기법

- KOSHA CODE P-1-2008, 위험성평가에서의 체크리스트(Check list)기법에 관한  
기술지침

- KOSHA GUIDE 리스크 확인을 위한 정보 및 접근방법에 관한 지침

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2011년 12월 26일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 사고예상질문/체크리스트분석 결합기법에 관한 기술지침

### 1. 목 적

이 지침은 사업주가 수행하는 공정리스크 평가에 활용할 수 있는 기법 중 사고예상질문/체크리스트분석 결합기법에 관한 기술적 사항을 제시하는 데 그 목적이 있다.

### 2. 적용범위

이 지침은 사고예상질문/체크리스트분석 결합기법에 의한 공정리스크 평가를 수행하는 사업장에 적용한다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “사고예상질문 분석(What-if) 기법”이라 함은 공정에 잠재하고 있는 위험요소에 의해 야기될 수 있는 사고를 사전에 예상질문을 통하여 확인·예측하여 공정의 리스크 및 사고의 영향을 최소화하기 위한 대책을 제시하는 방법으로, 이 기법에 관한 자세한 기술적 사항은 안전보건기술지침 “사고예상질문 분석기법”을 참조하도록 한다.

(나) “체크리스트(Checklist) 기법”이라 함은 리스크 확인의 간단한 형식으로 공정 및 설비의 오류 결함상태, 위험상황 등을 목록화한 형태로 작성하여 경험적으로 비교함으로써 리스크를 확인하는 방법으로, 이 기법에 관한 자세한 기술적 사항은 안전보건기술지침 “위험성평가에서의 체크리스트 기법에 관한 기술지침”을 참조하도록 한다.

(2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙

및 안전보건기술지침 “리스크 관리의 용어 정의에 관한 지침”에서 정하는 바에 의한다.

## 4. 일반사항

### 4.1. 두 분석 기법의 결합

- (1) 사고예상질문/체크리스트분석 결합기법은 사고예상질문분석(What-If) 기법과 체크리스트 기법을 결합한 것으로, 분석팀은 사고예상질문분석 기법을 사용하여 공정 내에서 발생할 수 있는 다양한 유형의 사고에 대해 난상 토론한 다음 하나 이상의 체크리스트를 사용하여 누락된 부분을 채운다.
- (2) 두 방법을 결합하면 사고예상질문분석 기법의 창조성 및 체크리스트 기법의 철저한 경험 기반이라는 중요한 특징이 강조되면서 동시에 별도로 사용할 때의 단점이 보완된다.
- (3) 사고예상질문분석 기법은 잠재적인 사고 상황을 난상 토론하기 위해 팀의 창조성과 경험을 활용하지만, 더 조직적인 접근 방법(HAZOP 분석, FMEA)처럼 자세하고 체계적이며 철저하지 않기 때문에 체크리스트를 사용함으로써 리스크 분석팀은 그 사고 과정의 결함을 보완할 수 있다.
- (4) 전통적인 체크리스트 기법은 작성자가 축적하고 있는 관련 프로젝트 경험을 토대로 하지만, 대상공정에 관해 이용할 수 있는 관련 산업이나 회사의 경험이 거의 없는 경우에는 체크리스트가 대상공정, 설비 및 장치의 특성을 불완전하게 통찰할 가능성이 있기 때문에 더 일반적인 체크리스트가 있어야 한다.
- (5) 사고예상질문/체크리스트분석 결합기법에서 사용되는 체크리스트는 설계 또는 운전 특징에 대한 특수 목록이 아니라 더 일반적인 위험과 사고에 초점을 맞추므로써, 공정과 관련된 위험의 유형 및 소스에 대해 창조적으로 사고할 수 있게 한다.

### 4.2. 분석 팀 구성 및 소요 시간

- (1) 사고예상질문/체크리스트분석 결합기법은 대개 공정의 설계, 운전 및 보수에 경험이

있는 팀에 의해 수행된다.

- (2) 분석에 필요한 팀원의 수는 공정의 복잡성에 달려 있으며, 어느 정도는 평가할 공정의 수명 단계에 달려 있다.
- (3) 일반적으로 사고예상질문/체크리스트분석 결합기법에 의한 리스크 평가는 HAZOP 분석 같이 더 구조화된 기법 보다 더 적은 사람이 필요하며 회의 시간도 더 짧다.
- (4) <표 1>은 사고예상질문/체크리스트분석 결합기법을 이용하여 리스크 평가를 수행하는 데 필요한 예상 시간이다. 분석 시간은 체크리스트 작성자와 평가 팀의 경험에 따라 달라진다.

<표 1> 사고예상질문/체크리스트 분석 결합기법에 의한 평가 소요 시간

범위	준비 <sup>1</sup>	평가	문서화 <sup>2</sup>
작은 공정	6-12시간	6-12시간	4-6시간
대형 공정	1-3일	4-7일	1-3주

<sup>1</sup>팀리더. <sup>2</sup>팀리더와 회의 서기, 컴퓨터 소프트웨어를 사용할 경우 적어짐.

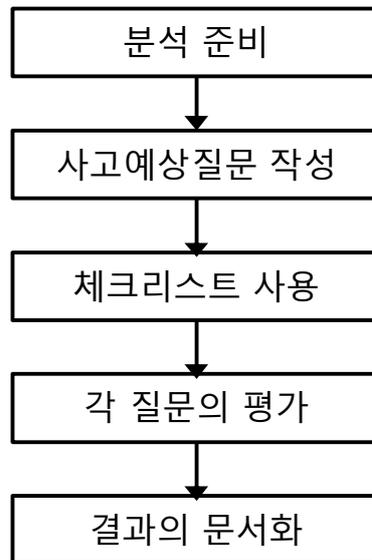
#### 4.3. 분석에 필요한 자료

- (1) 팀 리더는 리스크 평가의 목적과 범위를 정한 후 평가에 필요한 자료를 수집한다.
- (2) 설계도 등 공정안전 자료는 현장과 일치하여야 한다.
- (3) 분석에 필요한 자료목록은 다음과 같다.
  - (가) 과거의 리스크 평가실시 결과서
  - (나) 공정설명서
  - (다) 공정흐름도(PFD) 및 물질수지
  - (라) 공정배관 계장도(P&ID) 및 기기사양서

- (마) 전체 배치도(Plot plan) 및 기기배치도
- (바) 건축물 각 층의 평면도
- (사) 물질안전보건자료(MSDS)
- (아) 정상 및 비정상 운전절차서
- (자) 안전밸브 및 파열판 명세
- (차) 경보 및 자동운전정지 설정치 목록을 포함한 인터록 및 자동운전정지 로직
- (카) 전기단선도(Single line diagram), 방폭 및 접지 등 전기안전 관련자료
- (타) 점검, 정비 및 유지관리 지침서
- (파) 안전장치 및 설비 고장률 자료
- (하) 작업자 실수 관련 자료
- (거) 비상조치계획
- (너) 과거의 중대산업사고, 공정사고 및 앗차사고 사례
- (더) 기타 리스크 평가를 위한 자료

## 5. 분석절차

- (1) 사고예상질문/체크리스트분석 결합기법은 <그림 1>과 같이 5단계로 구분한다.



<그림 1> 사고예상질문/체크리스트분석 결합기법의 평가흐름도

- (2) 필요에 따라 두 번째(사고예상질문 작성)와 세 번째(체크리스트 사용)의 순서를 바꾸거나, 두 단계를 동시에 진행할 수도 있다.

## 5.2. 분석 준비

- (1) 팀 리더는 전문적 지식과 경험을 갖춘 팀을 구성한다.
- (2) 팀 리더는 분석 대상의 물리적 범위를 결정하는데, 공정이 큰 경우 기능적, 물리적 영역 또는 업무로 나누어 분석 순서를 정한다.
- (3) 팀 리더는 팀이 사용하기에 적합한 체크리스트를 수집하거나 작성해야 한다. 이때 체크리스트는 공정이나 운전의 일반적인 위험한 특징에 초점을 맞추어야 한다.

## 5.3. 사고예상질문의 작성

- (1) 잠재적인 사고 상황과 관련된 사고예상질문을 작성한다.
- (2) 사고예상질문에 대한 상세한 방법은 안전보건기술지침 “사고예상질문 분석기법”을 참조한다.

## 5.4. 사고예상질문을 보완하기 위한 체크리스트 사용

- (1) 팀이 공정이나 활동의 특정 영역 또는 단계와 관련된 모든 사고예상질문이 확인되면, 팀 리더는 미리 수집 또는 작성했던 체크리스트를 사용한다.
- (2) 팀은 이 체크리스트를 이용하여 다른 잠재적인 사고 상황을 파악할 수 있다. 앞 단계인 사고예상질문 분석과 마찬가지로 공정이나 활동의 각 영역 또는 단계에 대해 체크리스트를 적용한다.
- (3) 체크리스트를 사용하기 전에 분석 팀이 특정 공정의 위험과 잠재적인 사고 상황을 난상 토론하는 것이 더 바람직한 경우도 있다.
- (4) 순서를 바꾸어 체크리스트에서 시작하여 그 안에 있는 항목으로 사고예상질문을 작성함으로써 예상하지 못했던 사고예상질문을 얻게 되고, 이를 통해 더 좋은 결과를 얻는 경우도 있다. 그러나 체크리스트가 먼저 사용되는 경우, 팀 리더는 체크리스트가 팀의 창조성과 상상력을 제한하지 않도록 예방조치를 취해야 한다.

#### 5.5. 각 질문 평가

- (1) 팀은 잠재적인 사고 상황과 관련된 질문을 개발한 후, 각 사고 상황에 대해 검토하고, 그 상황에 의한 사고의 결과를 정성적으로 결정한 다음, 사고의 결과를 예방, 완화 또는 억제할 수 있는 기존의 안전조치를 열거한다.
- (2) 다음으로 각 사고 상황의 리스크 수준을 평가한 후, 특정한 개선권고 사항의 추천 여부를 결정한다.
- (3) 이 과정을 공정이나 활동의 각 영역 또는 단계에 대해 반복된다.
- (4) 분석 팀 외부인이 질문에 대해 평가하고 이 결과를 분석 팀에서 검토하는 경우도 있다.

#### 5.6. 결과의 문서화

- (1) 사고예상질문/체크리스트분석 결합기법의 결과는 사고예상질문 분석의 결과와 동일한 방식으로 문서화한다.

- (2) 회의의 서기는 보통 화이트보드나 빔프로젝터에 연결된 컴퓨터를 이용하여 질문, 사고 및 결과, 안전조치, 개선권고사항 등을 회의 중에 기록한다.
- (3) 회의가 끝나면 분석 팀의 리더와 서기는 사고예상질문 분석에서와 마찬가지로 [별지서식1]에 각 질문의 평가결과를 요약하고, [별지서식2]에 개선권고 사항의 조치계획을 요약한다. 필요한 경우 분석의 완성도를 나타내기 위해 체크리스트도 문서화할 수 있다.

[별지서식1]

## 사고예상질문분석표

공정:

구간:

검토일:

PAGE:

번호	사고 예상 질문	사고 및 결과	안전조치	리스크 수준	개선권고사항

[별지서식2]

## 리스크평가 결과 조치계획

PAGE:

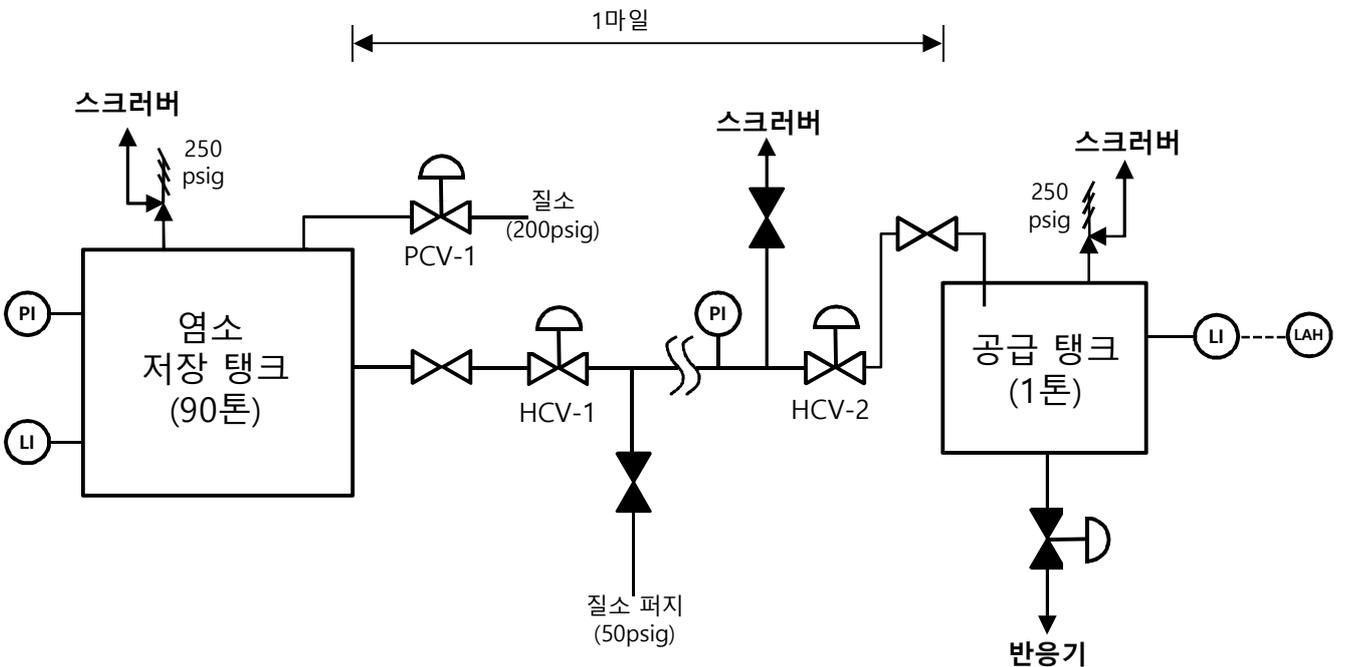
번호	리스크 수준	개선권고사항	책임 부서	일정	진행결과	확인	비고

## &lt;부록 1&gt;

## 적용사례

생산 증대를 위해 <부록그림 1>과 같이 90톤짜리 염소 저장탱크와 반응기 공급탱크 사이에 새 배관을 설치했다. 1회의 배치(Batch)에 대해 운전원은 1톤의 염소를 공급탱크로 보내야 하는데, 이 작업은 새 배관에서 1시간 반이(기존의 배관은 3시간) 소요된다. 두 탱크는 대기 온도에서 작동되며, 1 마일 거리에 있는 두 탱크 사이에서 액체질소를 이동시키기 위해 질소를 사용한다. 새 배관은 단열되지 않은 용접 배관이다.

운전원은 염소를 이송하기 위해 PCV-1을 목표 압력으로 설정하고 HCV-1을 연 다음 공급 탱크의 액위가 상승하는지 확인한다. 1톤의 염소가 이송되면, 공급 탱크의 경보가 울리게 되고, 운전자는 HCV-1과 PCV-1을 닫는다. 액체 염소가 긴 배관의 중간에 막히지 않도록 배치(Batch) 중간에 HCV-2는 열어 둔다.



&lt;부록그림 1&gt; 염소 공급 라인

이 공정 개선에 대해 잠재적 사고와 이에 대한 적절한 안전개선 사항이 있는지 분석하기 위해 사고예상질문/체크리스 분석 팀을 구성하였다.

분석 팀은 다음과 같은 사고예상질문을 작성하였다.

- 관 안에 습기가 있으면 어떻게 될까?
- 운전원이 두 배치에 해당하는 염소를 이송하면 어떻게 될까?
- HCV-1이 닫힌 채 있으면 어떻게 될까?
- 여름에 액체 염소가 가득 차 있으면 배관의 압력이 과도하게 상승하고 파열되는가?
- -29℃ 이하의 온도에서 배관 재질에 문제가 없나?
- 공급 탱크에서 저장 탱크로 역류하면 어떻게 될까?
- 염소가 누출하여 질소 시스템을 오염시킬 수 있는가?
- 차량 충격으로 야기된 것 같은 주요 파열이 있는 경우, 헤더를 차단시키려면 어떻게 해야 되는가?
- 스크러버의 설계 기준은 무엇인가? 비상사태 시 배관을 급감압해야 하는 경우 모든 염소를 처리할 수 있는가?
- HCV-2가 부주의하여 닫히게 되면 어떻게 될까?
- 공급탱크의 액위 지시계·경보 장치가 고장 나면 어떻게 될까?
- 시스템에 공기가 들어가면 어떻게 될까? 반응기 내에서 사고를 유발할 수 있는가?

분석 팀은 <부록표 1>와 <부록표 2>의 체크리스트를 사용하여 사고예상질문을 보완하여 다음 사고예상질문을 얻었는데, 이것들은 사고예상질문 기법만 사용하였을 때는 얻을 수 없는 것들이다.

- 보수 중 배관이 오일로 오염되면 어떻게 될까?

- 질소 헤더의 압력 조절기가 고장 나면 어떻게 될까?
- 염소 탱크는 완전 진공에서 문제가 없나?
- 야간 이송 작업 중에 염소가 누출되면 어떻게 될까?
- 이전의 염소 누출 사고를 검토했는가?
- 이 장비가 염소 협회의 권장 사항을 만족하는가?
- 배관의 낮은 지점에 샘플링이나 배출 포인트가 있는가?
- 배관의 무결성(Integrity)을 정기 검사하는 방법은?
- 인근 거주지에 대한 비상 통보 시스템은 어떤 것인가?

## &lt;부록표 1&gt; 단순화된 체크리스트의 사례

<b>원료, 제품 및 중간 생성물의 저장</b>	
저장탱크	설계, 분리, 불활성, 재질
방유제(Dike)	용량, 배출
긴급차단밸브	원격제어-위험물질
검사	역화 방지, 압력방출장치(Relief device)
절차	오염 방지, 분석
사양	화학적, 물리적, 품질, 안정성
한계	온도, 시간, 양
<b>물질 이송</b>	
펌프	대체, 역회전, 확인, 건축물 재질
덕트	폭발방지, 화재방지
컨베이어	비상정지장치, 이탈 등의 방지장치, 덮개 또는 울
절차	유출, 누출, 오염제거
배관	허용압력, 코드, 재질
<b>공정 장치, 시설물 및 절차</b>	
절차	시동, 정상조업, 차단, 비상상태
준수	작업감사, 손쉬운 방법(Shortcut), 제안
유틸리티	전기, 가열, 냉각수, 공기, 불활성물질, 교반
용기(Vessel)	설계, 재질, 코드, 접근하는 방법(Access), 재질
확인(Identification)	용기, 배관, 스위치, 밸브
안전장치	반응기, 열교환기
사고의 검토	공장, 회사, 산업
검사, 시험	용기, 안전장치, 부식
위험	폭주반응, 누출, 폭발
전기	지역 분류, 적합, 불활성화
공정	설명(Description), 시험 승인
운전 범위	온도, 압력, 흐름, 비율, 농도, 밀도, 액위, 시간, 순서
점화원	과산화물, 아세틸리드, 마찰, 오염, 압축기, 정전기, 밸브, 히터
호환성	가열수단, 윤활유, 패키징
안전 여유	냉각, 오염
<b>유지보수</b>	
오염 제거	용액, 장비, 절차
용기 열기	크기, 장애물, 통로
절차	용기로 들어감, 용접, 잠금, 작업 허가

<b>개별 보호 장치</b>	
보호 장치	바리케이드, 개인, 샤워, 탈출 보조 기구
환기	일반, 국부, 공기 흡입, 속도
노출	기타 공정, 일반인, 환경
유틸리티	차단: 공기, 물, 불활성물질, 증기
위험 메뉴얼	독성, 가연성, 반응성, 부식, 증상, 응급 치료
환경	샘플링, 증기, 먼지, 잡음, 복사
<b>샘플링 설비</b>	
샘플링 지점	접근성, 환기, Valving
절차	마개를 함(Plugging), 퍼징(Purging)
샘플	용기, 저장, 폐기
분석	절차, 기록, 피드백
<b>소화</b>	
고정된 보호 장치	화재 지역, 물 요구량, 분배 장치, 스프링클러, 범람, 모니터, 검사, 시험, 절차, 적합성
소화기	유형, 위치, 훈련
방화벽	적합성, 조건, 문
배수	경사, 배수율
비상 대응	소방대, 직원, 훈련, 장비
<b>제어 및 비상 장치</b>	
제어	범위, 중복, 실패-안전
보정, 검사	빈도, 적합성
경보장치	적합성, 한계, 화재, 연기
비상 조업정지 시스템	시험, 우회 절차
경감 장치	적합성, 벤트 크기, 배출, 지지대
비상사태	덤프, 침수, 억제, 희석
공정 차단	블록 밸브, 화재안전밸브, 배출
계기	공기 품질, 시간 지연, Reset windup, 재질
<b>쓰레기 처리</b>	
배수구	화염 방지 장치, 반응, 노출, 슬리드
방출(vent)	배출, 확산, 안개
특성	슬러지, 잔류물, 오염 물질

## &lt;부록표 2&gt; 유해위험요인 체크리스트의 사례

가속 (통제되지 않음-매우 많음, 매우 적음)	부주의한 움직임
	액체의 튼(Slosh)
	고정되지 않은 물체의 이동
감속 (제어되지 않음-매우 많거나 매우 적어서)	충격(급정지)
	브레이크, 휠, 타이어 등의 결합
	물체가 떨어짐
	파편 또는 비상체(Missile)
화학반응 (비화재)	분해반응
	화합반응
	물반응성(Water-reactive) 물질
	부식, 녹 등
전기	쇼크
	연소
	과열
	정전기
	부주의한 작동
	전기 폭발
폭발	상업용 폭발물 또는 충격에 민감한 물질
	가스/분무/분진폭발
	증기운폭발
	비등액체 팽창증기폭발(BLEVE)
가연성 및 화재	연료-고체, 액체, 가스, 미스트
	강한 산화제-산소, 과산화물 등
	강한 점화원-용접 토치, 가열기
	자연발화 물질
열 및 온도	비전기적 열원
	뜨거운 표면
	매우 차가운 표면
	열에 의해 증가된 가스 압력
	열에 의해 증가된 가연성
	열에 의해 증가된 휘발성
	열에 의해 증가된 반응성

기계	날카로운 모서리
	회전장치
	왕복장치
	핀치점(Pinch point)
	하중
	안정성
	비산물 또는 파편
압력	압축가스
	유압공구
	압력 시스템 배출
	갑작스러운 배출
	압력으로 추진되는 물체
	수격(Water hammer)
	정수압
물질의 누출	가연성
	독성
	부식성
	미끄러짐
방사	이온화 방사선
	자외선
	강한 가시광선
	적외선
	전자기선
	레이저
독성	가스 또는 액체(질식성, 자극성, 체내독성, 발암성, 돌연변이 유발성)
	화합물
	연소 생성물
진동	진동 도구
	강렬한 소음수준
	심리적 피로
	흐름 또는 제트 진동
	초음속
기타	오염
	윤활