

KOSHA GUIDE

X - 34 - 2014

공정수명 단계별 리스크 평가 기법의
선정에 관한 지침

2014. 11.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 사단법인 한국안전학회 리스크관리 연구위원회
기술사사무소 차스텍이앤씨(주) 차순철
- 개정자 : 산업안전보건연구원 안전연구실
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 이경성

- 제·개정 경과
 - 2011년 6월 리스크관리분야 제정위원회 심의(제정)
 - 2012년 4월 리스크관리분야 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 등 반영)
 - 2014년 11월 리스크관리분야 제정위원회 심의(개정)

- 관련규격 및 자료
 - Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, CCPS of the American Institute of Chemical Engineers(2008, 3rd Edition)
 - KOSHA Guide P-81-2012(체크리스트(Checklist) 기법)
 - KOSHA Guide P-82-2012(연속공정의 위험과 운전분석(HAZOP)기법에 관한 기술지침)
 - KOSHA Guide P-83-2012(사고예상질문분석(What-If) 기법)
 - KOSHA Guide P-84-2012(결합수 분석 기법)
 - KOSHA Guide P-85-2012(이상위험도 분석기법 기술지침)
 - KOSHA Guide P-86-2012(회분식 공정에 대한 위험과 운전분석 기법)
 - KOSHA Guide P-87-2012(사건수 분석 기법)
 - KOSHA Guide P-113-2012(방호계층분석(LOPA) 기법에 관한 기술지침)
 - KOSHA Guide P-15-2012(위험기반검사(RBI) 기법에 의한 설비의 신뢰성 향상 가이드)
 - KOSHA Guide X-06-2012(고장형태와 영향분석(FMEA) 기법에 관한 지침)
 - KOSHA Guide X-20-2012(안전무결성등급(SIL) 산정에서의 인적안전 구분 관한 지침)
 - KOSHA Guide X-21-2012(안전무결성등급(SIL) 산정에서의 환경피해 구분에 관한 지침)
 - KOSHA Guide X-22-2012(안전무결성등급(SIL) 산정에서의 사업장 재산피해 구분에 관한 지침)
 - KOSHA Guide X-23-2012(안전무결성등급(SIL) 분석 작업표 작성방법에 관한 지침)
 - KOSHA Guide X-24-2012(안전무결성등급(SIL)의 산정에 관한 지침)

○ 기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건 기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료 등에 관하여 최근 개정 본이 있을 경우 해당 최근 개정 본을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2014년 11월 24일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

공정수명 단계별 리스크 평가 기법의 선정에 관한 지침

1. 목 적

본 지침은 기존의 운전 중인 사업장에서 리스크 평가 기법을 선정하거나 혹은 신규 사업장의 설계, 설치, 시공, 시운전 및 운전 등을 수행하는 단계에서 유해위험요인을 감소시키기 위하여 리스크 평가 기법을 선정할 때 도움을 주고자 하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 사업장에서 설계, 설치, 시공, 시운전 및 운전 등의 단계에 유해위험요인을 감소시키기 위하여 리스크 평가 기법을 선정할 때 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “고장형태와 영향분석(Failure modes and effects analysis, FMEA) 기법”이라 함은 부품, 장치, 설비 및 시스템의 고장 또는 기능상실의 형태에 따른 원인과 영향을 체계적으로 분류하고 필요한 조치를 수립하는 기법을 말하며, 이 기법에 관한 자세한 기술적 사항은 KOSHA GUIDE P-85-2012(이상위험도 분석 기법 기술지침)와 KOSHA GUIDE X-06-2012(고장형태와 영향분석(FMEA) 기법에 관한 지침)을 참조하도록 한다.

(나) “공정수명 단계”라 함은 공장의 개념설계, 상세설계, 제작, 구매, 설치, 시운전, 일상운전에 이르는 일련의 과정을 말한다.

- (다) “결함수 분석(Fault tree analysis, FTA) 기법”이라 함은 사고를 일으키는 장치의 이상이나 운전자 실수의 조합을 연역적으로 분석하는 정량적리스크 평가 기법을 말하며, 이 기법에 관한 자세한 기술적 사항은 KOSHA GUIDE P-84-2012(결함수분석 기법)를 참조하도록 한다.
- (라) “노출리스크평가(Exposure risk assessment, ERA) 기법”이라 함은 사업장 내의 위험물질에 노출될 때 발암성·장기독성·생식독성·급성독성 등을 규명하는 정량적리스크 평가 기법을 말한다.
- (마) “방호계층분석(Layer of protection analysis, LOPA) 기법”이라 함은 원하지 않는 사고의 빈도나 강도를 감소시키는 독립방호계층의 효과성을 평가하는 반 정량적 리스크 평가 기법을 말하며, 이 기법에 관한 자세한 기술적 사항은 KOSHA GUIDE P-113-2012(방호계층분석(LOPA) 기법에 관한 기술지침)를 참조하도록 한다.
- (바) “분산평가(Dispersion analysis, DA) 기법”이라 함은 사고 시나리오를 바탕으로 하여 위험물의 누출에 의한 분산을 정량적으로 분석하는 정량적리스크 평가 기법을 말한다.
- (사) “사건수 분석(Event tree analysis, ETA) 기법”이라 함은 초기사건으로 알려진 특정한 장치의 이상이나 운전자의 실수로부터 발생하는 잠재적인 사고 결과를 평가하는 정량적리스크 평가 기법을 말하며, 이 기법에 관한 자세한 기술적 사항은 KOSHA GUIDE P-87-2012(사건수분석 기법)을 참조하도록 한다.
- (아) “사고예상질문분석(What-If) 기법”이라 함은 공정에 잠재하고 있으면서 원하지 않는 나쁜 결과를 초래할 수 있는 사고를 예상질문을 통해 사전에 확인함으로써 그 위험과 결과 및 위험을 줄이는 방법을 제시하는 정성적리스크 평가 기법을 말하며, 이 기법에 관한 자세한 기술적 사항은 KOSHA GUIDE P-83-2012(사고예상질문분석(What-If) 기법)을 참조하도록 한다.
- (자) “수송정량적리스크평가(Transportation quantitative risk assessment, T-QRA) 기법”이라 함은 탱크로리 등과 같은 수송수단을 이용한 위험물의 수송 시 사고 시나리오를 바탕으로 한 빈도분석과 사고피해예측 등을 분석하여 개인적 리스크 및 사회적 리스크를 규명하는 정량적리스크 평가 기법을 말한다.

- (차) “안전무결성등급(Safety integrity level, SIL) 기법”이라 함은 전기·전자·프로그램 가능형 전자장치로 구성된 안전시스템에서, 기능안전의 안전무결성 요건(Safety integrity requirements)을 명시한 별개의 등급(1~4)을 산정하는 반 정량적리스크 평가 기법을 말하며, 이 기법에 관한 자세한 기술적 사항은 KOSHA GUIDE X-20-2012(안전무결성등급(SIL) 산정에서의 인적안전 구분에 관한 지침), KOSHA GUIDE X-21-2012(안전무결성등급(SIL) 산정에서의 환경피해 구분에 관한 지침), KOSHA GUIDE X-22-2012(안전무결성등급(SIL) 산정에서의 예서의 재산피해 구분에 관한 지침), KOSHA GUIDE X-23-2012(안전무결성등급(SIL) 분석작업표 작성방법에 관한 지침) 및 KOSHA GUIDE X-24-2012(안전무결성등급(SIL)의 산정에 관한 지침)을 참조하도록 한다.
- (카) “위험과 운전분석(HAZOP) 기법”이라 함은 공정에 존재하는 위험요인과 공정의 효율을 떨어뜨릴 수 있는 운전상의 문제점을 찾아내어 그 원인을 제거하는 기법을 말하며, 이 기법에 관한 자세한 기술적 사항은 KOSHA GUIDE P-82-2012(연속공정의 위험과 운전분석(HAZOP) 기법에 관한 기술지침)과 KOSHA GUIDE P-86-2012(회분식 공정에 대한 위험과 운전분석 기법)을 참조하도록 한다.
- (타) “위험기반검사(Risk based inspection, RBI) 기법”이라 함은 사업장의 설비를 위험등급화하여 부식정도를 규명하고 부식정도에 따라 설비의 검사주기를 규명하는 정량적리스크 평가 기법을 말하며, 이 기법에 관한 자세한 기술적 사항은 KOSHA GUIDE P-15-2012(위험기반검사(RBI) 기법에 의한 설비의 신뢰성 향상 가이드)를 참조하도록 한다.
- (파) “정량적리스크평가(Quantitative risk assessment, QRA) 기법”이라 함은 사고 시나리오를 바탕으로 한 빈도분석과 사고피해예측 등을 분석하여 개인적 리스크 및 사회적 리스크를 규명하는 정량적리스크 평가 기법을 말한다.
- (하) “체크리스트(Checklist) 기법”이라 함은 공정 및 설비의 오류, 결함상태 위험상태 등을 목록화한 형태로 작성하여 경험적으로 비교함으로써 리스크를 파악하는 기법을 말하며, 이 기법에 관한 자세한 기술적 사항은 KOSHA GUIDE P-81-2012(리스크 평가에서의 체크리스트(Checklist) 기법에 관한 기술지침)을 참조하도록 한다.

- (2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 관련 고시에서 정하는 바에 의한다.

4. 리스크 평가를 수행할 때 고려하여야 할 조건

- (1) 현재 다양한 리스크 평가 기법들이 존재하고 있으며, 각 리스크 평가 기법마다 그 목적과 수행방법이 다른 만큼 고려하여야 할 조건도 달라진다. 하지만 어떤 리스크 평가 기법을 수행하든 변하지 않는 근원적으로 고려하여야 할 조건이 있으며, 이는 아래와 같다.

(가) 리스크 평가가 필요한 공정수명 단계

(나) 사용할 수 있는 자료의 품질과 유효성

- (2) 리스크 평가자는 위 2가지 조건을 우선적으로 고려한 후 적합한 리스크 평가 기법을 선정하도록 한다.

5. 공정수명 단계별 적합한 리스크 평가 기법

- (1) 유효하고 적절한 정보는 성공적인 리스크 평가를 위한 필수 조건이며, 리스크 평가자가 사용할 수 있는 정보는 공정수명 단계에 따라 제한된다.
- (2) 공정수명 단계는 어떤 리스크 평가 기법을 사용하든 변하지 않으며 리스크 평가자가 변경할 수 없는 조건이다. 리스크 평가자가 공정수명 단계를 변경할 수는 없지만, 각각의 공정수명 단계에서 사용할 수 있는 정보를 바탕으로 적합한 리스크 평가 기법을 선정할 수는 있다.
- (3) 일반적으로 어떠한 정보가 공정수명 단계에 따라 사용가능한 정보로 변하는 시점과 정보의 유무에 따른 리스크 평가의 세부적인 수준 증가의 관계를 <표 1>에 나타내었으며, 각 공정수명 단계에 대한 설명은 아래와 같다.

(가) 연구개발 단계

기본적인 자료를 바탕으로 연구 및 실험을 진행하여 개발하고자 하는 공정을 구상하는 단계로, 이 단계에서는 물질, 물리적 및 화학적 자료 등의 기초자료를 정보로 사용할 수 있다.

(나) 개념설계 단계

기본적인 자료를 바탕으로 개념설계(Conceptual design)를 수행하는 단계로, 이 단계에서는 화학식 및 반응식 등 기본 화학공정 자료 등을 정보로 사용할 수 있다.

(다) 시험공장운전 단계

실제의 공장을 설치하거나 운전하기 전에 시험공장(Pilot plant)을 설치·운전함으로써 공정 상에 나타날 수 있는 문제점 등을 파악하는 단계로, 이 단계에서는 시험공장의 설치 및 운전을 통한 경험을 정보로 사용할 수 있다.

(라) 상세설계 단계

개념설계 단계 및 시험공장운전 단계에서의 설계를 기준하여 실제의 공장을 설치하고 운전하기 위한 설계를 수행하는 단계로, 이 단계에서는 공정배관·계장도(P&ID), 장치, 설비의 사양서 및 데이터시트 등을 정보로 사용할 수 있다.

(마) 설치/ 시운전 단계

실제의 공장을 설치한 다음에 일상운전 전에 시운전을 실시하는 단계로, 이 단계에서는 대부분의 설계자료를 정보로 사용할 수 있다.

(바) 일상운전 단계

일상적인 상업운전을 통해 제품을 생산하는 단계로, 이 단계에서는 설비의 실제 고장율, 운전원의 경험, 사고 사례 등 보다 현실적이고 직접적인 자료를 정보로 사용할 수 있다.

(4) 또한, 리스크 평가자가 정보의 부재 때문에 적절한 리스크 평가를 수행하지 못하여 그 목표를 달성할 수 없다면, 리스크 평가의 목표를 재검토하거나 충분한 정보를 사용할 수 있을 때까지 리스크 평가를 연기하도록 한다.


(5) 리스크 평가 기법에 따라 필요로 하는 정보 및 결과가 다르므로, 각각의 공정수명 단계에서 일반적으로 어떤 리스크 평가가 적합한지를 각 단계에서 사용가능한 정보를 고려하여 일반적으로 결정한다.

예를 들어, 공정의 개념설계 단계에서 리스크 평가를 수행한다면, 리스크 평가자는 공정배관·계장도(P&ID)를 보유하고 있지 않을 것이다. 따라서 리스크 평가자가 위험과 운전분석(HAZOP) 기법과 사고예상질문분석(What-If) 기법 중 하나의 기법을 선택해야 한다면, 위험과 운전분석(HAZOP) 기법을 수행하기에는 정보가 불충분하므로 사고예상질문분석(What-If) 기법을 선택하도록 한다. 특히 사고예상질문분석(What-If) 기법은 리스크 평가자의 경험과 능력에 상당히 의존하는 단점이 있지만, 공정수명의 전 단계에 걸쳐 적용할 수 있는 장점이 있다.

(6) <표 2>에 명시된 리스크 평가 기법들은 일반적으로 널리 사용되는 리스크 평가 기법들이며, 대부분의 리스크 평가 기법들은 안전보건기술지침에 제정되어 있으므로 참고하도록 한다.

(7) 결론적으로, 리스크 평가의 기초가 되는 정보를 수집하고 수립하는 것은 리스크 평가에 있어서 중요한 부분이며, 공정수명 단계에 맞춘 적절한 정보 수립 계획은 리스크 평가 수행이 지연되는 것을 방지할 수 있다.

<표 1> 사용가능한 자료로 변하는 시점과 정보에 따른 리스크 평가의 수준 변화

번호	정보의 형태	정보가 사용가능한 자료로 변하는 시점	리스크 평가의 세부적인 수준	비고
1	물질, 물리적 및 화학적 자료	연구개발	 증가	
2	기본 화학공정	↓ 개념설계		
3	물질 저장	↓ 시험공정운전		
4	유사공정에 대한 경험	↓ 상세설계		
5	공정흐름도(PFD)	↓ 설치/ 시운전		
6	공정 · 배관계장도(P&ID)	↓ 일상운전		
7	설치되어 있는 설비			
8	운전절차서			
9	특수한 운전경험			

<표 2> 공정수명 단계별 적합한 리스크 평가 기법

번 호	단계 리스크 평가 기법	연구 개발	개념 설계	시험 공장 운전	상세 설계	설치/ 시운 전	일상 운전	증설 및 변경	공정 사고 조사	조업 중지
1 * 주1	고장형태와 영향 분석 기법(FMEA)	X	X	△	O	X	O	O	△	X
2 * 주1	결함수분석 기법 (FTA)	X	X	△	O	X	O	O	O	X
3	노출리스크평가 기법(ERA)	X	O	△	O	X	X	O	X	X
4	방호계층분석 기법 (LOPA)	X	O	O	O	X	X	O	X	X
5	분산평가 기법 (DA)	X	O	△	O	X	X	O	X	X
6 * 주1	사건수분석 기법 (ETA)	X	X	△	O	X	O	O	△	X
7 * 주1	사고예상질문분석 기법(What-If)	O	O	△	O	△	O	O	△	△
8	수송정량적리스크 평가기법(T-QRA)	X	O	△	O	X	X	O	X	X
9 * 주1	안전무결성등급 기법(SIL)	X	O	△	O	X	X	O	X	X
10 * 주1	위험과 운전분석 기법(HAZOP)	X	X	O	O	X	O	O	△	X
11	위험기반검사 기법 (RBI)	X	O	△	O	X	O	O	△	X
12	정량적리스크평가 기법(QRA)	X	O	△	O	X	X	O	X	X
13 * 주1	체크리스트 기법 (Checklist)	X	O	△	O	O	O	O	X	O

O: 일반적으로 사용함.

△: 사업장의 요구에 따라 사용함.

X: 부적절하거나 거의 사용하지 않음.

* 주1: Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, CCPS of AIChE(2008, 3rd Edition)을 참조하였음.

6. 공정수명의 각 단계에서 사용할 수 있는 자료의 품질과 유효성

- (1) 공정수명의 각 단계에서 사용할 수 있는 자료의 품질과 유효성 또한 리스크 평가 시 중요한 고려대상이다.

예를 들어, 현존하는 공정에 대해 위험과 운전분석(HAZOP) 기법을 통해 리스크 평가를 할 때, 리스크 평가자는 공정배관·계장도(P&ID)를 사용할 것이다. 하지만, 최근의 것으로 갱신되어있지 않거나, 잘못 작성된 공정배관·계장도(P&ID)를 사용하여 리스크 평가를 수행하였다면, 이 리스크 평가는 시간과 자원의 낭비일 뿐 유효한 리스크 평가라고 할 수 없다.

- (2) 이렇듯 공정수명의 각 단계에서 자료의 존재여부와 함께 자료의 품질과 유효성도 중요한 고려대상이며, 리스크 평가 시에는 항상 최신의 것으로 개정된 유효한 자료를 사용하도록 한다.