KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE 기술지원규정

작업자 실수분석 기법에 관한 기술지원규정

C-C-45-2026

한국산업안전보건공단

기술지원규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건법령의 요구사항을 이행하는데 참고하거나 사업장 안전·보건 수준향상에 필요한 기술적 권고 규정임

기술지원규정의 개요

○ 개정자 : 한국산업안전보건공단 전문기술실

○ 제·개정경과

- 1998년 7월 일반안전분야 제정위원회 심의
- 1998년 9월 총괄 제정위원회에서 심의
- 2007년 6월 화학안전분야 제정위원회 심의
- 2007년 8월 총괄 제정위원회에서 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
- 2023년 7월 화학안전분야 표준제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
- 2025년 12월 화학안전분야 전문위원회 심의(개정)
- 2026년 1월 표준제정위원회 본위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- CCPS, “Guidelines for preventing human error in process industries”
- IChemE, “Institution of Chemical Engineers)의 Human behavior and human error”

○ 관련 법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건법 시행규칙 제50조(공정안전보고서의 세부내용 등)

○ 기술지원규정의 적용 및 문의

- 이 기술지원규정에 대한 의견 또는 문의는 산업안전포털 홈페이지(portal.kosha.or.kr)의 기술지원규정(KOSHA GUIDE) 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 규정 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2026년 1월 30일
제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

목 차

1. 목적 ····· 1

2. 적용범위 ····· 1

3. 용어의 정의 ····· 1

4. 관련 법적 필수사항 ····· 2

4.1 공정안전보고서의 세부내용 등 ····· 2

5. 위험성평가 준비 ····· 3

5.1 평가팀 구성 ····· 3

5.2 평가에 필요한 자료 수집 ····· 3

6. 평가절차 ····· 4

6.1 주요 구성요소 및 평가 절차 ····· 4

6.1.1 공정업무 목록화 및 평가대상 선정 ····· 4

6.1.2 평가대상 업무에 대한 작업실수예측 분석 ····· 4

6.1.3 평가대상 업무에 대한 관리적 인자 분석 ····· 4

6.1.4 보고서 작성 및 후속조치 ····· 4

6.2 평가대상 업무 선정절차 ····· 5

6.2.1 업무의 목록화 ····· 5

6.2.2 잠재위험이 큰 업무 파악 ····· 5

6.2.3 잠재위허지수 결정표 작성 및 업무 위험순위 결정 ····· 7

6.3 작업별 실수위험 평가 ····· 7

6.3.1 작업의 세분화 ····· 7

6.3.2 작업내용 분류 및 내용 확인 ····· 8

6.3.3 작업실수예측 평가 ····· 8

6.4 실수인자관리 평가 ····· 10
6.4.1 실수인자파악 및 평가 ····· 10
6.4.2 실수인자 평가 보고서 작성 ····· 11
7. 보고서 작성 및 후속조치 ····· 11
7.1 보고서 작성 ····· 11
7.2 후속 조치 ····· 12

<부 록> 적용 및 보고서 작성 사례 ····· 17

작업자 실수분석 기법에 관한 기술지원규정

1. 목적

이 규정은 사업주가 작성해야 할 공정안전보고서 중 위험성 평가기법의 하나인 작업자 실수분석(HEA)에 필요한 사항을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 규정은 사업장내 운전원, 유지·보수 관계자 및 생산기술자 등 작업자가 작업중 실수할 수 있는 실수의 종류와 결과를 사전에 파악하여 이에 대한 작업방법을 개선함으로서 사고를 예방하기 위한 기법에 대하여 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “작업자 실수분석 (Human error analysis, HEA)” 이라 함은 공정 운전원, 보수반원, 기술자 등의 실수에 의해 작업에 영향을 미칠 수 있는 요소를 평가하고 그 실수의 원인을 파악·추적하여 이를 개선하기 위한 정성적 위험성 평가 기법을 말한다.

(나) “본질위험점수 (Intrinsic hazard score, IHS)” 라 함은 수행업무 자체가 본질적으로 어느 정도 위험을 내재하고 있는지를 표시하는 점수를 말한다.

(다) “위험취약점수 (Intrinsic vulnerability score, IVS)″ 라 함은 수행업무의 성격에 따라 업무에 내재된 본질위험이 외부로 표출될 수 있는지를 표시하는 점수를 말한다.

(라) “빈도점수 (Frequency score, FS)″ 라 함은 수행업무의 빈도를 표시하는 점수를 말한다.

(마) “잠재위험지수 (Potential risk exposure index, PREI)″ 라 함은 평가대상 업무의 평가 우선순위를 정하기 위하여 각 업무에 대한 전반적인 위험성을 표시하는 지수로서 본질위험점수, 위험취약점수, 빈도점수의 산술 평균치를 말한다.

(바) “단계별 작업분석 (Hierarchical task analysis, HTA)″ 이라 함은 작업의 전반적인

평가대상을 규정하고 대상작업에 대한 하위작업을 기능적인 순서에 따라 단계적으로 분류하여 하위작업을 평가하는 기법을 말한다.

(사) "작업실수 예측분석 (Predictive human error analysis, PHEA)" 이라 함은 작업자 실수에 대한 위험과 운전분석기법(HAZOP)을 사용하여 각 작업단계에서의 잠재적인 실수 및 이로 인한 결과를 예측, 파악하고 실수가 사고로 이어지지 않도록 사고예방 대책을 도출하는 일련의 평가기법을 말한다.

(아) "실수인자 (Performance influencing factor, PIF)"라 함은 작업절차의 신뢰성, 훈련의 효율성 등 실수발생 가능성에 영향을 미치는 관리적 인자를 말한다.

(2) 그 밖에 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 법적 필수사항

다음은 산업안전보건법령에 관한 사항으로써 반드시 준수하여야 한다.

4.1 공정안전보고서의 세부내용 등

사업주는 산업안전보건법 시행규칙 제50조(공정안전보고서의 세부내용 등)에 따른 내용을 공정안전보고서에 포함하여 작성·제출 하여야 한다.

산업안전보건법 시행규칙 제50조(공정안전보고서의 세부 내용 등)

① 영 제44조에 따라 공정안전보고서에 포함해야 할 세부내용은 다음 각 호와 같다.

2. 공정위험성평가서 및 잠재위험에 대한 사고예방·피해 최소화 대책(공정위험성평가서는 공정의 특성 등을 고려하여 다음 각 목의 위험성평가 기법 중 한 가지 이상을 선정하여 위험성평가를 한 후 그 결과에 따라 작성해야 하며, 사고예방·피해최소화 대책은 위험성평가 결과 잠재위험이 있다고 인정되는 경우에만 작성한다)

가. 체크리스트(Check List)
나. 상대위험순위 결정(Dow and Mond Indices)
다. 작업자 실수 분석(HEA)
라. 사고 예상 질문 분석(What-if)
마. 위험과 운전 분석(HAZOP)
바. 이상위험도 분석(FMECA)
사. 결함 수 분석(FTA)

아. 사건 수 분석(ETA)
자. 원인결과 분석(CCA)
차. 가목부터 자목까지의 규정과 같은 수준 이상의 기술적 평가기법

5. 위험성평가 준비

5.1 평가팀 구성

평가팀은 작업자 실수분석 전문가와 현장에 대한 지식이 있는 공정 전문가들로 구성하여야 한다.

5.2 평가에 필요한 자료 수집

평가에 필요한 자료는 작업자의 특성, 작업환경 및 수행작업을 파악할 수 있는 것이어야 하며 다음과 같은 자료와 방법을 통하여 수집할 수 있다.

(1) 작업자의 교육정도, 신체적 특성을 알 수 있는 통계자료

(2) 작업여건에 대한 서류 및 현장도면

(3) 서류화된 작업매뉴얼, 절차서 및 비상조치계획서

(4) 평가자의 현장상황 확인

(5) 실제 작업을 수행하는 작업자와 평가자의 면담을 통한 정보

(6) 작업배치상황 자료

(7) 제어반 및 경보시스템 배치현황

(8) 실수형태를 파악할 수 있는 과거 사고사례 및 연구보고서

(9) 작업과 관련된 기준, 지침 및 코드

(10) 해당 공정위험에 대한 위험과 운전 분석기법(HAZOP), 사건수 분석기법(FTA) 등 작업자실수 분석 이외의 방법에 의한 위험성평가 결과 보고서

(11) 타 공정에 대한 작업자 실수분석 평가 결과보고서 등

6. 평가절차

6.1 주요 구성요소 및 평가 절차

주요 구성요소에 대한 평가는 다음의 절차에 따라 실시한다.

6.1.1 공정업무 목록화 및 평가대상 선정

(1) 평가대상 공정 또는 공장에서 행하여지는 업무 목록화

(2) 목록화한 업무들의 위험정도 파악

(3) 위험이 높은 업무부분을 보다 집중 관리할 수 있도록 위험의 정도에 따라 순위를 부여한 후 위험이 높은 업무를 우선하여 평가대상 업무 선정

6.1.2 평가대상 업무에 대한 작업실수예측 분석

(1) 업무를 작업에 따라 세분화

(2) 작업에서의 발생할 수 있는 실수의 형태 예측

(3) 실수로 인한 결과 평가

(4) 심각한 손실을 발생시키는 결과가 예측될 경우 실수의 가능성 및 피해를 줄이기 위한 적절한 수단 강구

6.1.3 평가대상 업무에 대한 관리적 인자(이하 '실수인자' 라 한다.) 분석

(1) 작업에 영향을 미치는 실수인자파악

(2) 실수인자 세부분석 및 문제점 파악

(3) 관리 개선방안 도출

6.1.4 보고서 작성 및 후속조치

(1) 보고서 작성

(2) 개선조치 이행계획 작성

(3) 개선상태 및 효과 확인

6.2 평가대상 업무 선정절차

6.2.1 업무의 목록화

공정도, 운전절차, 유지관리 계획 등의 확인 및 운전원과 면담을 통하여 전반적인 작업자 업무를 목록화 한다.

6.2.2 잠재위험이 큰 업무 파악

다음 3가지 측면에서의 위험성을 평가하여 업무에 대한 잠재위험이 크다고 판단되는 업무를 파악한다.

(1) 본질위험점수

(가) 본질위험점수는 작업자체가 어느 정도의 위험을 잠재하고 있는지를 파악하는 지수이며 <표 1>과 같이 두 가지 항목으로 이루어져 있다.

<표 1> 본질위험점수 계산표

항목	본질적인 위험	점수
1	취급량, 취급온도, 취급압력, 인화성, 독성정도 등 위험물질의 취급위험정도	
2	고소작업, 고열작업, 수중작업 등 작업환경상의 위험정도	
계	S_1	

(나) 배점범위는 3단계로 구분하여 위험이 높음(3), 보통(2), 낮음(1)으로 적용한다.

(다) 본질위험점수는 다음 식 (1)과 같다.

본질위험점수 = (S1-2)/4 ----------(1)

여기서
S1 : <표 1> 에서 계산한 점수

(2) 위험취약점수

(가) 위험취약점수는 <표 2>와 같이 7개의 질문항목으로 구성되어 있으며 각 항목별로 점수를 부여한 뒤 전체적인 위험취약점수를 산정한다.

(나) 배점범위는 위험이 높음(3), 보통(2), 낮음(1) 등 3단계로 적용한다.

(다) 위험취약점수는 다음 식 (2)와 같다.

위험취약점수 = (S2-7)/14 ----------(2)

여기서
S2 : <표 2>에서 계산한 점수

<표 2> 위험취약점수 계산표

항목	관련성 구분	점수
1	작업시 작업원이 위험물질/작업/상황에 직접 접촉되는 가능성 정도	
2	공장설비의 분해/조립작업 정도	
3	기존 공정의 설비변경 정도	
4	공정제어 계통과 작업의 상호관련 정도	
5	작업과 안전체계의 상호관련 정도	
6	공정의 차단/해제가 필요한 정도	
7	특별한 접근이 필요한 정도	
계	S_2	

(3) 빈도점수

(가) 빈도점수는 <표 3>에 의하여 점수를 부여한다.

<표 3> 빈도점수 계산표

업무 수행 빈도	점수(S_3)
매일 2회 이상	6
매일 1회 이상	5
매주 1회 이상	4
매달 1회 이상	3
매년 1회 이상	2
매년 1회 이하	1

(나) 빈도지수는 다음 식 (3)과 같다.

빈도지수= (S3-1)/5 ----------(3)

여기서
S3 : <표 3>에 의한 배점

(4) 잠재위험지수

잠재위험지수는 업무에 대한 잠재적인 위험을 종합적으로 표시하게 되며 다음 계산식에 의해 산출되어 0(위험 낮음)에서 1(위험 높음)사이의 값을 표시하게 된다. 잠재위험지수는 다음 식 (4)와 같다.

잠재위험지수 = (S1 + S2 + S3)/3 ----------(4)

6.2.3 잠재위험지수 결정표 작성 및 업무 위험순위 결정

잠재위험지수를 결정하여 업무별로 위험순위를 결정하기 위하여 <별지 제1호 서식>에 업무별로 위험지수 산출내용을 기입한 후 잠재위험지수의 크기에 따라 업무별 위험순위를 정하여 위험순위가 큰 것부터 평가 대상작업으로 선정한다.

6.3 작업별 실수위험 평가

6.3.1 작업의 세분화

잠재위험지수가 높은 업무에 대해 작업을 세분화한 후 세분화된 작업별로 예상되는 실수, 사고로의 발생 가능성을 파악하고 사고발생 방지대책을 수립하여야 한다.

6.3.2 작업내용 분류 및 내용 확인

(1) 작업분류

(가) 평가대상 작업에 관련된 작업활동의 성격을 충분히 파악하여 평가대상 업무를 작업기능에 따라 단계별로 분류한다.

(나) 업무에 대해 세부적으로 분류된 각 개별 작업을 위한 작업표준을 파악한다.

(2) 추가 작업분류

5.2의 절차에 따라 위험을 추정하여 잠재위험이 높아 수용할 수 없다고 판단되는 작업에 대해서는 추가적으로 하위작업을 분류한다.

(3) 분류된 각 작업에 대해 작업실수 예측평가를 실시한다.

6.3.3 작업실수예측 평가

작업실수예측 평가는 작업계획실수예측평가와 작업수행실수예측 평가로 구분하여 실시한다.

(1) 작업계획실수예측 평가

(가) 작업계획실수예측 평가는 작업에 필요한 사전조건이 충족되지 않을 경우의 영향을 평가하는 “사전조건 평가”와 작업계획이 절차대로 이행되지 않을 경우의 영향을 평가하는 “내부계획 평가”로 구분하여 평가를 실시한다.

(나) 작업계획실수 예측평가결과는 <별지 제2호 서식>에 다음과 같은 작성요령에 따라 작성하여야 한다.

① 사전조건 또는 내부계획란에는 평가대상 작업에 필요한 사전조건 또는 작업계획을 기입한다.

② 실수내용란에는 사전조건이나 작업상황에 맞는 예상 가능한 실수내용을 파악하여 기입한다.

③ 결과란에는 실수로 인한 단기적 또는 장기적인 영향을 고려하여 결과의 형태 및 이로 인한 손실정도를 파악하여 기입한다.

④ 위험등급

㉮ 해당결과의 발생가능성, 피해영향을 각각 등급화하여 보고서에 기록한다. 결과에 대한 위험의 정도를 평가할 때 근로자, 공장, 공정 및 환경에 대한 영향을 반영하여야 한다. 등급은 평가자의 의견을 반영하는 것으로서 실수에 대해 충분한 지식을 가지고 있는 공정 운전자 및 기술진에 의해 기준이 설정되고 검토되어야 하며 회사의 실정에 맞게 부여한다.

㉯ 발생가능성, 피해정도를 조합한 위험매트릭스를 사용하여 위험에 대한 등급을 부여한 후 이를 위험등급란에 기입한다.

⑤ 복구조치란에는 실수가 발생하였을 경우 사고로 이어지지 않도록 할 수 있는 복구대책 및 안전조치의 여부를 파악하여 기입한다.

⑥ 위험등급이 허용수준 이상이고 복구조치가 없을 경우에는 반드시 개선방안이 마련되어야 하며 허용수준이내라 할지라도 추가적인 위험 감소방안이 필요할 경우 이를 개선방안에 기입한다. 그러나 기존에 시행하고 있는 조치사항은 기록하지 않는다.

(2) 작업수행실수예측 평가

각 작업단계별로 <표 4>의 실수 유형표를 활용, 구체적으로 실수유형을 분류하여 평가를 실시하고 결과를 <별지 제3호 서식>에 기록한다.

(가) 작업단계란에는 작업에서의 각 단계별 작업을 기입하고 행위, 점검 또는 의사전달 등 <표 4>에서 언급된 유형의 작업이 이루어지는지를 파악한다.

(나) 실수 유형란에는 실수 유형표를 참조하여 파악된 작업상황에 맞는 예상 가능한 모든 실수유형을 열거한다.

(다) 실수내용에는 해당 실수유형에 대한 실제 실수내용을 파악하여 기입한다.

(라) 결과에는 실수로 인한 단기적 또는 장기적인 영향을 고려하여 결과의 형태 및 이로 인한 손실정도를 파악한다.

<표 4> 작업실수예측 평가에서의 실수유형 및 작업유형별 변수

실수유형 / 작업유형	생략	미완료	시기 부적합	대상 부적합	부적합 행위	해석잘못	부족 및 과다	부적합대상에 대한 부적합행위
계획	계획 생략	계획 미완료	계획 시기부적합	계획대상 부적합	계획 부적합	계획내용 잘못해석	-	-
행위	행위 생략	행위 미완료	행위 시기부적합	행위대상 부적합	행위 부적합	-	행위의 부족 및 과다	대상선정 부적합 및 행위잘못
점검	점검 생략	점검 미완료	점검 시기부적합	점검대상 부적합	점검 부적합	점검내용 잘못해석	-	대상선정 부적합 및 점검잘못
정보 및 의사 전달	의사 미전달	의사전달 미완료	의사전달 시기부적합	의사전달 부적합	의사전달 부적합	정보 잘못해석	-	대상선정 부적합 및 잘못된 정보
교정	교정 생략	교정 미완료	교정 시기부적합	교정대상 부적합	잘못된 교정	교정 잘못해석	교정과다 및 부족	대상선정 부적합 및 잘못된 교정

(마) 위험등급은 작업계획실수예측평가에서의 방법과 같이 위험등급을 표시한다.

(바) 실수가 발생하였을 경우 사고로 이어지지 않도록 할 수 있는 복구조치여부를 파악하여 복구조치란에 기입한다.

(사) 위험등급이 허용수준 이상일 경우에는 반드시 개선방안이 마련되어야 하며 허용수준 이내라 할지라도 추가적인 위험 감소방안이 있을 경우에는 이를 실수감소 방안란에 기입한다. 그러나 기존에 시행하고 있는 조치사항은 기록하지 않는다.

6.4. 실수인자관리 평가

6.4.1 실수인자파악 및 평가

(1) <표 5>를 참고하여 절차의 신뢰성, 훈련의 효율성, 실수 발생시 복구할 수 있는 훈련정도, 안전관리체제, 작업조 편성, 작업에 대한 압박, 작업절차 준수 여부, 기업문화 및 동기부여 등 실수에 영향을 주는 실수인자의 관리수준을 파악한다.

(2) 현장작업자들과 면담을 실시하여 작업에 관련된 실수인자를 파악하되 가능한 많은 사람을 면담하여 대다수의 의견이 반영되도록 한다.

(3) 실수인자 파악에 필요한 질문은 작업과 관련되어야 하며 관리가 가능하여야 한다. 또한 작업에 직접적인 영향을 미치는 요소이어야 한다.

(4) 실수인자관리 평가는 사업장 여건에 따라 작업 전체에 대하여 적용하거나 위험이 높다고 판정된 작업에 대하여 보다 세부적으로 적용할 수 있다.

(5) 실수인자의 기여도를 판단하여 등급화하고 기여도가 높은 실수인자를 우선적으로 정밀하게 평가한다.

6.4.2 실수인자 평가 보고서 작성

실수인자를 평가하여 <표 6>과 같이 실수인자, 현재상황 및 개선대책의 내용이 포함된 결과표를 작성한다. 하위작업에 대한 추가적인 실수인자가 필요하다고 판단되면 이에 대한 추가평가를 실시할 수도 있다.

<표 6> 실수인자 평가 보고서

순번	실수인자	현재상황	개선대책

7. 보고서 작성 및 후속조치

7.1 보고서 작성

보고서에는 다음의 내용이 포함되어야 한다.

(1) 작업개요

(2) 평가팀 구성 및 인적사항

(3) 평가방법 개요

(4) 작업의 위험특성 및 관찰사항

(5) 평가 내용 및 결과

(6) 우선순위 및 일정이 포함된 개선조치 실행계획<별지 제4호 서식>

7.2 후속 조치

(1) 실수평가 결과에 따라 도출된 모든 위험감소 방안에 대한 실행조치계획을 수립하고 이를 시행하여야 한다.

(2) 경영자는 공정안전관리 추진팀에게 평가결과 보고서의 개선조치 내용들이 적절하게 추진되고 있는지를 감사 및 확인하도록 하여야 한다.

(3) 후속조치의 책임부서는 회사의 특성에 따라 품질관리부, 정비부, 기술부 또는 사업부 등에서 각각 시행할 수 있도록 시행 담당부서를 지정하여야 한다.

<별지 제 1호 서식>

잠재위험지수 검토결과

대상공정 : 검토자 : 검토일 :

업무종류	본질위험정도			위험 취약 정도								빈도		잠재위험지수
	질문별 점수		본질위험	항목별 점수							위험취약	점수	빈도	
	1	2	지수	1	2	3	4	5	6	7	지수		지수	

<별지 제 2호 서식>

작업계획실수예측평가 결과

작업명 : 분석자 : 분석일 : 페이지 :

작업계획	실수내용	결과	위험등급			복구조치	개선방안
			발생확률	피해영향	위험도		
<사전조건> <br

<별지 제 3호 서식>

작업수행실수예측평가 결과

작업명 : 분석자 : 분석일 : 페이지 :

작업단계	실수유형	실수내용	결과	위험등급			복구조치	실수 감소 방안
				발생확율	피해영향	위험도		

<별지 제 4호 서식>

작업실수평가결과 개선조치 실행계획

작업명 : 분석기간 :

번호	조치 순위	위험 등급	개선권고사항	책임부서	조치일정	조치진행결과	확인

<부록>

적용 및 보고서 작성 사례

다음 평가사례는 화학공장에 대한 것으로서, 평가대상 공장은 반응공정, 회수공정, 정제탑 공정, 용제교환공정 및 냉매공급유틸리티 등으로 구성되어 있다.

1. 평가 대상업무 선정

1.1 본질 위험지수 산정기준

1.1.1 위험물질 취급정도

○○공장에서는 위험물질 취급정도에 따라 공정지역을 다음 3개의 지역으로 구분하여 점수를 부여하고 있다.

(1) 위험물질을 취급하지 않는 작업 또는 운전 : 1

(2) (3)이외의 위험물질 취급작업 : 2

(3) 폭발위험장소 및 독성물질 취급지역에서 행해지는 모든 현장작업 : 3

1.1.2 작업환경상의 위험정도

작업환경의 열악한 정도와 관련하여 공정지역을 다음 3개 지역으로 구분하고 있다.

(1) 제어실 등 양호한 사무환경에서 실시되는 작업 또는 운전 : 1

(2) (3)이외의 현장작업 : 2

(3) 작업환경 측정결과 허용기준치 이상인 장소 및 산업안전보건법 시행령 제 11조 각호에 언급된 산업재해발생위험이 높은 현장에서 행해지는 작업 : 3

1.2 본질위험지수 적용결과

사업장에서 자체적으로 정한 본질위험지수 기준을 적용하여 얻은 정제탑 공정 내에서의 업무별 위험지수 산출 결과는 <부록 표 1>과 같다.

* 적용사례는 실제적용시의 방법을 소개하기 위한 것으로서 정제탑 공정관련 평가내용 중 일부만을 수록하고 있다. 실제 보고서 작성시에는 본문 5항 및 6항에서의 모든 평가내용이 기술되어야 한다.

<부록 표 1> 정제탑 관련 업무의 잠재위험지수 검토결과

잠재위험지수 검토결과

대상공정 : 정제탑 지역 검토자 : ○○○, ○○○ 검토일 : 2007. ○. ○○

업무종류	본질위험정도			위험 취약 정도								빈도		잠재위험지수
	질문별 점수		본질위험지수	항목별 점수							위험취약지수	점수	빈도지수	
	1	2		1	2	3	4	5	6	7				
벤젠 품질관리	2	1	.25	1	1	1	2	1	1	1	.07	6	1	.44(10)
순환공정 교번 작업	2	2	.5	2	1	2	1	1	3	1	.39	2	.2	.40(11)
검사 샘플링	3	2	.75	3	2	2	1	1	1	1	.39	5	.6	.58(6)
글리세린 정제 작업	2	1	.25	1	1	2	2	1	1	1	.14	6	1	.46(9)
촉매 샘플링	3	1	1	3	1	1	1	2	1	1	.39	5	.8	.73(4)
염산용기 교환	3	3	1	3	3	2	2	2	3	1	.64	4	.6	.75(3)
탱크로리 하역	3	3	1	3	3	3	2	3	3	1	.79	5	.8	.86(1)
액화석유 이송	2	2	.5	2	1	2	2	1	3	1	.36	5	.8	.55(7)
필터 교환	2	2	.5	2	3	2	1	1	3	1	.43	4	.6	.51(8)
암모니아 보충	3	3	1	3	3	1	3	2	3	1	.64	5	.8	.81(2)
염소차량 교환	3	3	1	3	3	1	1	3	3	1	.57	4	.6	.72(5)
촉매용기 교환	3	3	1	3	3	1	2	2	3	1	.57	4	.6	.72(5)

1.3 업무별 우선순위 결정

<부록 표 1>에 의하여 정제탑 지역에서의 업무에 대한 잠재위험지수 및 우선순위를 파악한 결과 아래의 작업순으로 위험이 높은 것으로 나타났으며, 이중 가장 위험이 높은 탱크하역 작업에 대해 실수분석 사례를 소개한다.

(1) 탱크하역작업

(2) 원료 화학물질의 보충

(3) 염산용기 교체

(4) 촉매 샘플링

2. 탱크 하역작업 내용

2.1 하역지역에서는 공정에 필요한 화학물질을 탱크로리(이하 '탱커'라 한다.) 로부터 입하한다. 각 물질 등은 하역지점으로 운송된 후 커플링을 이용하여 탱크로 저장된다. 일부 물질의 경우 탱크별로 별도의 하역지점이 지정되어 있다. 하역되는 물질 및 특성은 다음과 같다.

(1) 벤젠 : 공기와 혼합되면 폭발가능성이 있는 고 휘발성 탄화수소계의 용제 및 발암성 물질

(2) 글리세린 : 비 위험성 물질

(3) 액화석유가스 : 고 휘발성 액화가스

(4) 암모니아 : 고 휘발성 액화독성가스

2.2 물질이 탱커로부터 공장으로 운송되는 방식은 물질의 상태에 따라 다르다. 탱커에 설치된 압축기를 사용하기도 하고, 고정식 펌프나 압축가스를 이용하기도 한다. 모든 운송방법에 있어 탱커 운전기사나 공장의 운전원이 관계되며 물질별로 작성된 작업절차에 따라 시행된다.

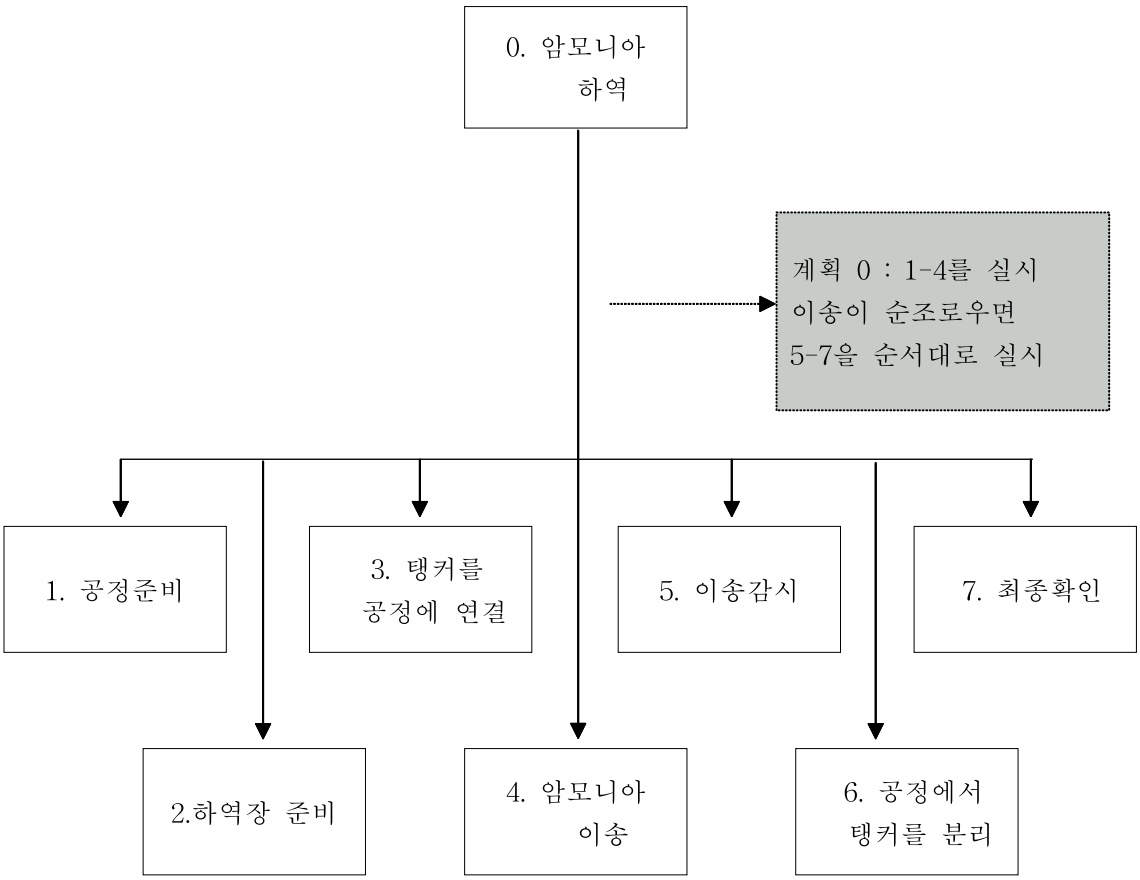
2.3 운전원은 운송과정의 감독 및 모든 공장설비에 대한 책임이 있다. 운전기사는 탱커의 기능유지, 커플링의 체결 및 해지에 대한 책임이 있다.

2.4 암모니아의 하역작업을 작업자 실수 분석대상 작업으로 선정하였으며 평가된 결과는 다른 하역작업에도 적용하게 된다.

3. 1차 작업 평가

작업절차, 관련서류, 일반적인 하역작업의 관찰, 암모니아의 하역작업 관찰 및 면담을 통하여 <부록 표 2>와 같은 작업평가 결과를 얻게 되었다.

<부록 표 2> 하역작업에 대한 1차 작업평가 (도표식)



4. 상세 작업평가

1차 작업평가 내용 중 잠재위험이 높은 작업 3, 4, 6에 대한 추가적인 상세작업 검토를 실시하였으며 나열식으로 표시한 평가결과는 <부록 표3>과 같다.

<부록 표 3> 암모니아 수송차량으로부터 하역작업에 대한 단계적 작업평가

시스템 목적 : 암모니아 탱커 하역 작업 계획 : 1-4를 실시, 이송이 안될 경우 1과 4를 실시, 이송이 순조로우면 5-7을 순서대로 실시
1. 공정 준비 2. 하역장 준비 3. 탱커를 공정에 연결 계획 : 순서대로 작업 3.1 작업자 보호구 착용 3.2 운전자 보호구 착용 3.3 접지클립 연결 3.4 접지 스위치 투입 3.5 연결호스를 탱커에 연결 3.6 공기공급라인을 수송차량의 공압 밸브에 연결 3.7 증기라인을 수송차량에 연결(왼손나사) 4. 암모니아 이송 계획 : 1에서 12까지 실시. 누출이 발생하면 13을 실시하고 누출이 발생한 시점으로 돌아가서 12까지 실시 4.1 작업자 보호구 착용 4.2 운전자 보호구 착용 4.3 브리더 밸브 닫힘 확인 4.4 차량밸브 개방 4.5 연결호스 가압 4.6 누출되지 않음을 확인 4.7 주 인입밸브 확인 4.8 상단 인입밸브 (Over head vapor valve) 개방 4.9 운전용 용기 인입밸브 (On-line vessel vapor valve) 개방 4.10 누출되지 않음을 확인 4.11 감시창(Sight glass)을 통하여 흐름을 확인 4.12 펌프가동 4.13 누출차단 계획 : 1-4를 순서대로 실시 4.13.1 : 차량의 밸브 차단 4.13.2 : 공정측 밸브 차단 4.13.3 배관 벤트 4.13.4 연결 재실시 5. 이송감시 6. 공정에서 탱커분리(내용생략) 7. 최종확인

5. 작업 실수예측 평가 실시

5.1 작업계획실수 예측평가

하위작업 3, 4 및 6에 대한 작업계획 실수예측평가를 실시한 결과는 다음과 같다.

(1) 사전조건계획 평가

하역작업에 필요한 사전조건은 다음과 같다.

(가) 공장에서 암모니아가 필요하다.

(나) 운송차량 배치계획이 적절하게 수립되었다.

(다) 하역에 필요한 적절한 인력, 공구 및 기기 등이 확보되었다.

각각의 사전조건에 대한 예상되는 실수 및 평가결과 사례는 <부록 표 4>와 같다.

(2) 내부계획 평가

내부계획 평가결과 사례는 <부록 표 5>와 같다.

5.2 작업수행실수예측 평가

하위작업 3- 탱커와 공정 연결에 대한 작업수행 실수 예측평가결과사례는 <부록 표 6>과 같다.

<부록 표 4> 암모니아 하역작업 사전조건계획 분석결과

작업계획 분석 기록지

작업명 : 암모니아 하역작업 분석자 : ○○○, ○○○ 분석일 : 2007.○. ○○ 페이지 : 1/1

작업계획	실수내용	결과	위험등급			복구조치	개선방안
			발생확률	피해영향	위험도		
<사전조건계획>							
공정에 암모니아 공급필요	암모니아 공급필요성을 파악하지 못함	하역작업을 빨리 수행하라는 압력발생	중	중	3		암모니아 신청기준설정
	암모니아 공급필요성 파악이 지연됨	상동	중	중	3		
암모니아 수송계획의 부적절	암모니아 재고가 없는 상태에서 수송요청	상동	하	중	3		
필요한 자원확보 가) 작업인력 나) 운전기사 다) 공구 및 기기	훈련된 작업자를 확보하지 못함	하역작업 지연 안전하지 못한 방법으로 하역 비상사태에 적절한 대응 곤란	상	중	2	투입전 실무교육 실시 및 자격부여	인원감축으로 재배치되는 인원이 많을 것으로 예상되므로 책임부서장책임하에 자격재확인
	훈련된 운전기사를 확보하지 못함	상동	상	중	2		외주기사의 평가제도수립
	적절한 기기를 확보하지 못함	하역 불가능 잘못된/누설되는 개스킷 사용	하	중	3		

<부록 표 5> 암모니아 하역작업 내부계획 분석결과

작업계획실수 예측평가 결과

작업명 : 암모니아 하역작업 분석자 : ○○○, ○○○ 분석일 : 2007.○.○○ 페이지 : 페이지 : 1/1

작업계획	실수내용	결과	위험등급			복구조치	개선방안
			발생확률	피해영향	위험도		
<작업에 대한 내부계획>							
시스템 목표: 운반차량의 하역완료 주계획 : 1-4의 작업을 순서대로 작업 실시, 이송되지 않을 경우 1 및 4를 반복, 그렇지 않을 경우 5-7을 순서대로 실시	이송되는 것을 알지못함 (실제사고사례로서 작업자가 확실한 이송방법을 알지 못하여 1시간이상 이송지연 되었음)	이송되지 않음	하	소	3	운전자 및 차량기사가 No flow를 감지	
4. 암모니아 이송 계획: 1-12의 순서대로 작업실시, 누출시 13을 실시하고 누출되는 작업으로 복귀하여 12 실시	누출감지에 실패	누출되는 상황에서 이송을 계속하여 암모니아가 다량 누출	중	대	2	작업자 및 운전기사에 의해서 관측	
	누출보수에 실패	누출되는 상황에서 이송을 계속하여 암모니아 다량누출	중	대	2	작업태만(Violation)에 의한 것일 경우 복귀불가	가스검지설비와 펌프인터록
	명시된 작업절차로 복귀하지 못함	암모니아 누출	중	대	2	작업자 및 운전기사에 의한 관측	

<부록 표 6> 작업수행 실수 예측분석결과 예

작업수행실수 예측평가 결과

작업명 : 암모니아 하역- 3. 탱커를 공정에 연결 분석자 : ○○○, ○○○ 분석일 : 2007.○.○○ 페이지 : 1/2

작업 단계	실수유형	실수내용	결과	위험등급			복구조치	개선 방안
				발생확률	피해영향	위험도		
3.1 작업자가 보호구를 제대로 착용	행동생략	작업자가 보호구를 착용하지 않음	작업자 위험노출	중	소	3	-규정미준수시 복구불가 -신호 및 다른방법에 의한 인지	
	행위대상 부적합	작업자가 부적절한 보호구를 착용	작업자 위험노출	상	소	3	상동	
3.2 운전기사가 보호구를 제대로 착용하는지 확인	점검생략	운전기사가 보호구를 착용하지 않음	운전기사 위험노출 또는 비상사태 대처불가	상	소	3	상동	
	점검미완료	작업자가 부적절한 보호구를 착용	운전기사 위험노출 또는 비상사태 대처불가	중	중	3	상동	
	점검시기 부적합	운전기사가 연결호스를 연결한뒤 보호구 사용	운전기사 위험노출 또는 비상사태 대처불가	중	중	3	상동	
3.3 접지클립 연결	행동생략	접지클립 미연결	이송중 정전기축적	중	대	2	작업자나 운전기사에 의한 인지	작업자와 운전기사의 교차확인
	행동미완료	접지상태가 좋지 않음	정전기 축적	중	대	2	복구불가	접지저항 월별 측정 규정화
3.4 호스연결	행동미완료	커플링호스를 제대로 체결하지 않음	이송중 누출	중	대	2	작업자나 운전기사에 의한 인지	작업자와 운전기사의 교차확인

5.3 위험등급

사고로 인한 위험등급은 발생확률 및 피해영향을 종합하여 표시하였으며 각각의 기준은 다음과 같다.

<부록 표 7> 종합위험등급의 구분

발생확률 / 피해영향	상	중	하
대	1	2	3
중	2	3	3
소	3	3	3

위험등급 1 : 허용할 수 없는 높은 위험
2 : 허용가능하나 투자효율을 판단하여 최대한 감소시켜야 하는 위험
3 : 경미하여 무시할 수 있는 위험

<부록 표 8> 실수가 발생할 확률 등급표

발생확률 등급	내용
상 (빈번)	빈번하게 발생하거나 자주 목격됨
중 (가끔)	가끔 발생하고 때때로 목격됨
하 (희박)	거의 발생하지 않거나 발생이 불가능함

<부록 표 9> 실수로 인한 피해영향 등급표

피해영향등급	개인적 상해	누출
대 (크다)	사망 또는 다수의 중상재해 가능	암모니아 액체/기체의 과다방출, 중대산업사고 및 비상조치계획발동
중 (중간)	소수의 중상재해 또는 다수의 경상재해 가능	암모니아 누출로 조치필요
소 (작다)	경상재해 가능	누출 및 추가조치 없음

5.4 작업실수 예측평가 결과

(1) 하역작업에 대한 작업실수 예측평가 결과 가장 위험이 큰 3개 하위작업에서의 실수가 도출되었으며 위험성 집계에 의해 이들 실수들이 순위가 정해졌다.

(2) 평가결과 하역작업에 대한 충분한 숙지가 이루어지고 6개의 잠재적 사전조건실수 및 6개의 내부계획실수가 파악되었다. 41개 작업단계에서 77개의 실수가 예측되었으며 사고결과 등급상의 총 89개 실수에서 30개의 실수가 위험이 높은 범주에 속하였으며 (상, 중)부분에서 가장 많은 분포를 보였다.

6. 실수인자 평가

6.1 평가대상에 대한 실수인자 선정

하역작업과 관련된 주 실수인자를 결정하기 위해 여러 작업자와 면담을 실시하였으며 면담결과 하역작업에 영향을 미치는 실수인자를 중요도별로 선정하였다.

<부록 표 10> 하역작업과 관련된 실수인자 구분

주요 원인	중급 원인	경미한 원인
훈련정도 개인적 특성 반영정도 절차개발 체계 비상조치계획 안전관리체제	공정관리 작업형태	현장상황 작업에 대한 압박감

6.2 실수인자 평가

(1) 실수인자 평가사례는 <부록 표 11>과 같다.

<부록 표 11> 실수인자 평가사례

실수인자 종류	현재상황	개선대책
1. 절차 개발 및 훈련	1.1 절차서에 숙련자를 위해 너무 세부적인 자료가 포함되어 있으며, 비 숙련자에게는 수준이 너무 높다. 1.2 작업자는 제공된 도면보다는 자기 자신이 별도로 작성한 도면을 주로 사용한다. 1.3 절차서가 한가지 방향으로만 작성되어 작업자는 많은 단계에 걸친 작업을 실시하거나 절차서에 명시되지 않은 복잡한 운전을 실시하여야 한다. 1.4 작업자가 변경된 절차를 제때에 통보받지 못함.	1.1 절차서에는 해당 작업자가 필요한 수준의 내용이 있어야 한다. 1.2 제공된 도면의 수용성에 영향을 미치는 요소가 검토되어야 한다. 1.3 절차서를 재검토하고 인적요소를 최대한 감안하여 재구성하여야 한다. 1.4 변경된 내용에 대해 작업자에게 통보되는 체제가 구축되어야 한다.
2. 비상조치 계획	2.1 작업자는 하역지역에서의 비상계획과 관련하여 일반적인 대책에만 의존하고 있다.	2.1 하역작업장 여건에 맞는 비상조치계획이 수립되어야 한다.
3. 안전관리 체제	3.1 하역지역을 방호하는 기준은 시행불가능하며 차량은 현 시설에 비해 커서 원만한 접속이 어렵다. 따라서 훈련내용이 절차서와 일치하지 않는다. 3.2 운전기사가 후면에 대한 보조자 없이 혼자서 상차작업대에 접근하는 경우가 있다. 3.3 운전기사가 작업자 없이 공정에서 연결 커플링을 분리하고 작업장을 떠나는 경우가 있다. 작업자가 서명한 서류에는 운전기사가 하역 후 운반차량이 안전한 상태로 떠나는지 명확하지 않다. 이러한 사항이 필수사항인데도 규정은 준수되고 있지 않고 있다.	3.1 운송차량이 제 위치에 있을 때 방호해야 하는 필요성, 방호장치 및 대책이 수립되어야 한다. 3.2 작업자는 운송차량이 도착 후 가능한 빨리 현장에 투입되어야 한다. 3.3 3.2와 동일하고 추가하여 운전기사가 작업자 없이 커플링을 분리한다는 내용에 대해 재검토하여 명확히 하여야 한다.
4. 개인적 특성	4.1 수집된 관련정보에는 이와 관련된 내용이 없다.	4.1 실수인자의 충분한 검토에 대한 시간상의 제약이 있었음.

(2) 위험이 높은 작업에 대한 실수인자 적용

실수로 인한 위험이 크다고 판단된 5개의 개별실수에 대한 상세한 실수인자 평가가 실시되었다. 평가 결과 중 작업 3.4 사례는 <부록 표 12>와 같다.

<부록 표 12> 실수 감소대책

<table>
<tr><th colspan="3">실수 3.4 : 접지를 연결하였으나 하역작업이 안됨(상, 중)</th></tr>
<tr><th>관련실수인자</th><th>내용</th><th>실수 감소 방안</th></tr>
<tr><td>1. 1.2</td><td>1. 작업자와 운전기사간의 상호점검 책임이 불분명하다.</td><td rowspan="3">1. 2. 3. 작업자와 운전기사의 상호감시 및 명확한 책임소재를 절차서에 명확히 하고 직원교육 훈련시에 다음 사항에 보다 중점을 둠.
- 구체적인 훈련 실시
- 훈련달성도 측정방법 개발
- 하역작업을 감시</td></tr>
<tr><td>2. 1.3</td><td>2. 절차서에 이와 관련된 내용이 언급되어 있지 않다.</td></tr>
<tr><td>3. 2.2, 2.3</td><td>3. 하역운전 중에 이에 대한 감시가 없다.</td></tr>
<tr><td>4. 2.7</td><td>4. 하역시간 단축에 대한 압박</td><td>4. 하역작업을 단축하도록 스트레스를 줄 수 있는 사항에 대해 점검 목록을 개발하고 이를 개선할 수 있도록 조치</td></tr>
</table>

기술지원규정 개정 이력

□ 개정일 : 2026. 1. 30.

○ 개정자 : 한국산업안전보건공단 전문기술실

○ 개정사유 : 확인(체계정비)

○ 주요 개정내용

- 항목 4(법적 필수사항) 추가
- 국문 명칭(기술지침→기술지원규정) 개정

KOSHA GUIDE
기술지원규정

·규정번호 : C-C-45-2026
·심　　의 : 산업안전보건표준제정위원회
·공 표 일 : 2026. 1. 30.