

KOSHA GUIDE

X - 72 - 2017

휴먼에러의 체계적 예측 및 저감
방법(SHERPA)에 관한 지침

2017. 10.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 한국교통대학교 안전공학과 박정철

○ 제·개정 경과

- 2017년 9월 리스크관리분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련규격 및 자료

- C.A. Ericson II (2005) Hazard Analysis Techniques for System Safety. Wiley-Interscience.
- N.A. Stanton, P.M. Salmon, G.H. Walker, C. Baber, D.P. Jenkins (2005) Human Factors Methods - A Practical Guide for Engineering and Design. Ashgate.
- KOSHA GUIDE G-120(인적에러 방지를 위한 안전가이드)
- KOSHA GUIDE X-69(제어실 운전원 휴먼에러확률 예측기법(THERP)에 관한 기술지침)
- KOSHA GUIDE P-86(회분식 공정의 위험과 운전분석(HAZOP)기법에 관한 기술지침)

○ 기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2017년 10월 31일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

휴먼에러의 체계적 예측 및 저감방법(SHERPA)에 관한 지침

1. 목 적

이 지침은 작업자 또는 설계에 의해 유발되는 잠재적 에러를 예측하고 저감하기 위해 수행되는 휴먼에러의 체계적 예측 및 저감 방법(Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach, SHERPA)에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 화학 공장, 가스 기지, 발전소, 제조사업장 등 휴먼에러가 사고 발생에 영향을 미칠 수 있는 사업장에서 잠재적 휴먼에러를 예측하고 저감하는 데 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (가) “휴먼에러(Human error)”라 함은 의도치 않게 시스템의 효율, 안전, 성능 등을 저해할 수 있는 부적절하거나 바람직하지 않은 인간의 행동 또는 의사결정을 말한다.
- (나) “작업(Task)”이라 함은 시스템의 목적이나 기능을 달성하기 위한 인간 행동의 단위를 말한다.
- (다) “계층적 작업분석(Hierarchical task analysis)”이라 함은 작업을 목표에 따라 여러 개의 세부작업들로 나누고 이 세부작업들을 다시 더 작은 작업들로 나누는 과정을 반복함으로써 작업구조를 계층형태로 상세하게 표현하는 분석 방법을 말한다.
- (라) “결과(Consequence)”라 함은 휴먼에러가 발생함으로써 야기되는 상태를 말한다.

(2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는

산업안전보건법, 같은법 시행령, 같은법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. 휴먼에러의 체계적 예측 및 저감 방법 개요

4.1. 개발 배경

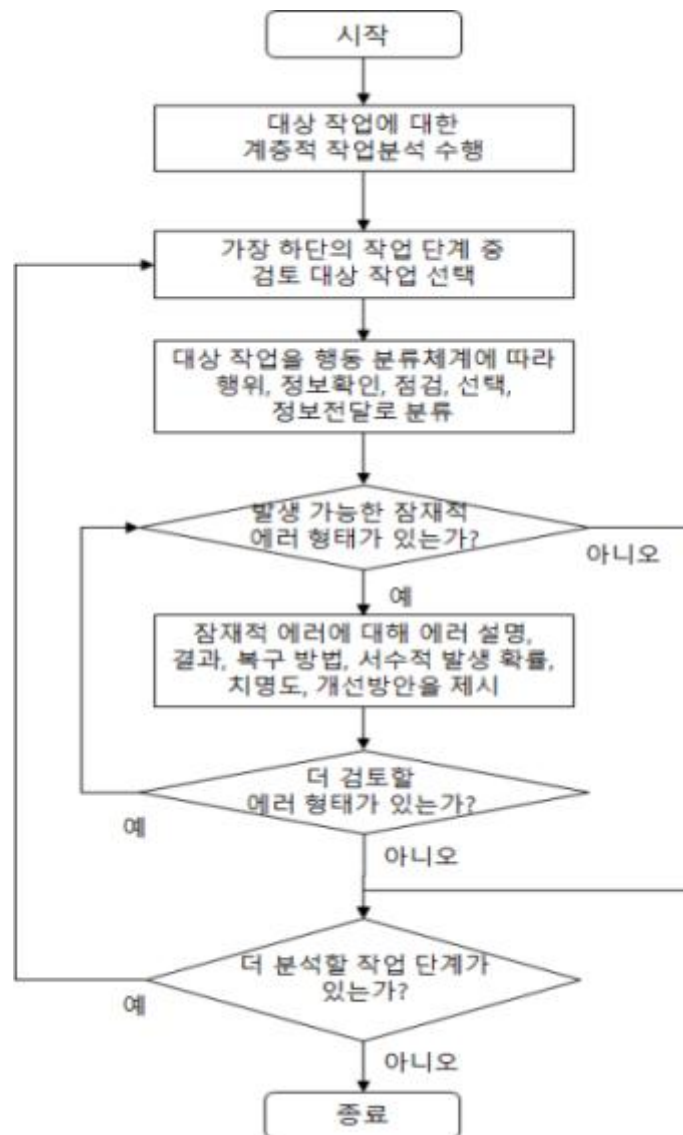
- (1) 이 기법은 원자력 재처리 산업에서의 휴먼에러의 예측에 사용될 목적으로 1986년 엠브리(Embrey)에 의해 처음 제안되었다.
- (2) 이후 항공, 공공기술, 전자 등 다양한 산업 분야에 적용되어 왔으며, 가장 보편적으로 사용되는 휴먼에러 확인 방법 중 하나이다.
- (3) 연구 문헌에 따르면 이 기법은 에러 예측의 정확도 측면에서 가장 성공적인 기법의 하나이다.
- (4) 다양한 분야의 많은 성공사례를 통해 많은 유효성 및 신뢰성 데이터가 축적되어 있다.

4.2. 기법의 특징

- (1) 이 기법은 범용의 행동 분류체계와 그에 따른 에러 형태 분류체계를 활용하여 작업자 또는 설비에 의해 유발될 수 있는 잠재적 에러를 확인한다.
- (2) 잠재적 에러의 확인에 앞서 계층적 작업분석을 활용해 대상 작업을 상세하게 분석한다.
- (3) 다양한 분야에 적용 가능하며, 다른 휴먼에러 분석 기법에 비해 상대적으로 쉽고 빠르게 적용할 수 있다.

5. 휴먼에러의 체계적 예측 및 저감 방법 절차

휴먼에러의 체계적 예측 및 저감 방법의 수행 절차는 8개의 세부 단계로 구성된다. 수행 절차의 흐름을 그림으로 나타내면 다음 <그림 1>과 같다. 분석 결과는 미리 정한 양식에 따라 기록지(부록 1 참조)에 기록한다. 부록 2는 노 가열 작업에 대한 적용 예시를 나타낸다.



<그림 1> 휴먼에러의 체계적 예측 및 저감 방법 수행 절차

5.1. 단계 1: 계층적 작업분석

이 단계에서는 위험요인을 찾기 전에 계층적 작업분석을 통해 휴먼에러의 체계적 예측 및 저감 방법의 대상이 될 작업과 시스템에 대해 철저하게 분석하여 기술한다.

- (1) 작업을 목표에 따라 여러 개의 세부 작업들로 구분하고, 필요한 경우 세부 작업들을 다시 더 작은 작업들로 나누는 과정을 반복한다.
- (2) 계층적 작업분석에 필요한 정보를 수집하기 위해 다음과 같은 다양한 데이터 수집 방법들이 사용될 수 있다.

(가) 실제 작업이 어떻게 수행되는지에 관한 전문가/작업자 대상 인터뷰

(나) 분석 대상 작업에 대한 직접적 또는 간접적 관찰

(다) 절차서, 작업 보조자료(체크리스트 등), 교육/훈련 자료, 관련 리스크 평가 결과 등에 대한 검토

5.2. 단계 2: 작업 분류

이 단계에서는 계층적 작업분석의 최하위 수준에 있는 작업들을 행동에 따라 분류한다. 이 단계에서 사용하는 행동 분류체계는 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 행동 분류체계(Stanton, 2005)

행동 분류	예시
행위(Action)	버튼 누르기, 스위치 조작, 문 열기 등
정보확인(Retrieval)	화면이나 절차서로부터 정보 습득
점검(Checking)	절차에 따른 점검 실시
선택(Selection)	여러 대안 중 하나를 고르기
정보전달 (Information communication)	다른 사람과 이야기하기

5.3. 단계 3: 휴먼에러 확인

이 단계에서는 에러 분류체계를 활용해 대상 작업에서 발생 가능한 에러를 찾는다.

- (1) 단계 2의 행동 분류 결과에 따라 발생 가능한 에러의 형태를 확인한다. 이를 위해 다음 <표 2>의 에러 형태 분류체계를 활용한다. 발생 가능한 에러 형태를 확인하기 위해서는 작업에 대한 전문 지식이 필요할 수 있다.
- (2) 발생 가능한 것으로 판정된 각각의 에러에 대해 에러에 대한 설명을 제시한다. 에러에 대한 설명은 명확하고 간결해야 한다.

<표 2> 에러 형태 분류체계

행동 분류	에러코드	에러 형태
행위 (Action)	A1	조작이 너무 길거나 짧음
	A2	조작 시점이 잘못됨
	A3	잘못된 방향으로 조작
	A4	조작이 너무 약하거나 강함
	A5	작업이 어긋남
	A6	잘못된 대상에 대한 올바른 조작
	A7	올바른 대상에 대한 잘못된 조작
	A8	작업이 생략됨
	A9	작업이 불완전함
	A10	잘못된 대상에 대한 잘못된 조작
정보 확인 (Retrieval)	R1	정보를 얻지 못함
	R2	잘못된 정보를 얻음
	R3	정보확인이 불완전함
점검 (Checking)	C1	점검이 생략됨
	C2	점검이 불완전함
	C3	잘못된 대상에 대한 올바른 점검
	C4	올바른 대상에 대한 잘못된 점검
	C5	점검 시점이 잘못됨
	C6	잘못된 대상에 대한 잘못된 점검
선택 (Selection)	S1	선택이 생략됨
	S2	잘못된 선택
정보전달 (Information communication)	I1	정보가 전달되지 않음
	I2	잘못된 정보가 전달됨
	I3	정보전달이 불완전함

5.4. 단계 4: 결과 분석

이 단계는 단계 3에서 확인된 에러들에 대해 관련된 결과를 기술한다. 각각의 발생 가능한 에러에 대해 작업에 관련된 결과를 명확하게 기술한다.

5.5. 단계 5: 복구 방법 분석

이 단계는 에러가 발생한 후 관련된 결과를 방지하기 위해 취할 수 있는 복구 방법에 대해 기술한다.

(1) 에러에 대한 복구는 일반적으로 다음의 세 단계를 거친다.

(가) 에러를 발견하는 단계

(나) 무엇이 어떻게 잘못되었는지에 대해 진단하는 단계

(다) 문제를 해결하는 단계

(2) 에러에 대한 복구 방법은 보통 계층적 작업분석 상의 다른 작업 단계나 별도의 복구 절차를 통해 확인할 수 있다.

(3) 해당 에러에 대한 복구 방법을 확인할 수 없는 경우, '없음'을 명시한다.

5.6. 단계 6: 서수적 발생 확률 분석

이 단계에서는 에러의 발생 확률을 서수적으로 평가한다.

(1) 일반적으로 발생 확률의 평가에는 '낮음', '중간', '높음'의 3단계 서수척도가 사용된다.

(2) 보통의 경우, 이전에 발생한 적이 없는 에러는 '낮음'으로 평가한다. 이전에 발생한 적이 있는 경우는 그 빈도에 따라 '중간' 또는 '높음'으로 평가한다.

5.7. 단계 7: 치명도 분석

이 단계에서는 에러의 결과가 얼마나 치명적인 영향을 갖는지에 대해 평가한다.

- (1) 치명도의 평가에는 일반적으로 ‘낮음’, ‘중간’, ‘높음’의 3단계 서수 척도가 사용된다.
- (2) 보통의 경우, 예러로 인해 작업에 관한 심각한 사건이 발생할 경우 ‘높음’으로 평가한다.

5.8. 단계 8: 개선방안 제시

이 단계는 마지막 단계로서, 예러를 저감시키기 위한 방법을 제시한다. 개선방안은 일반적으로 공정이나 시스템의 설계에 대한 변경을 포함한다. 개선방안은 다음의 4가지 범주를 포함한다.

- (1) 장비(예: 기존 장비의 변경이나 재설계)
- (2) 훈련(예: 교육 훈련 내용의 개선)
- (3) 절차(예: 새로운 절차의 제공이나 기존 절차의 재설계)
- (4) 조직(예: 조직의 정책이나 문화의 개선)

6. 장점과 단점

6.1. 장점

- (1) 휴먼예러의 예측을 위한 체계적이고 포괄적인 접근방법을 제공한다.
- (2) 범용의 예러 형태 분류체계를 통해 잠재적인 예러를 확인하므로 다양한 분야에 적용 가능하다.
- (3) 다양한 분야에 적용되어 성공사례를 가지고 있으며, 많은 유효성 및 신뢰성 데이터가 축적되어 있다.

(4) 다른 휴먼에러 확인 기법에 비해 빠르게 적용 가능하다.

(5) 최소한의 교육만으로 쉽게 배우고 적용할 수 있다.

(6) 에러에 대한 결과, 복구 방법, 발생 확률, 치명도, 개선방안을 모두 제시한다.

6.2. 단점

(1) 대규모의 복잡한 작업에 대해서는 수행하는 데 시간이 매우 오래 걸릴 수 있다.

(2) 계층적 작업분석을 위해 추가적인 시간이 필요하다.

(3) 일선 현장의 에러만 고려할 수 있으며, 시스템이나 조직의 에러는 고려하지 못한다.

부록 1.

휴먼에러의 체계적 예측 및 저감 방법(SHERPA) 기록 양식

작업명: _____

작성일: _____

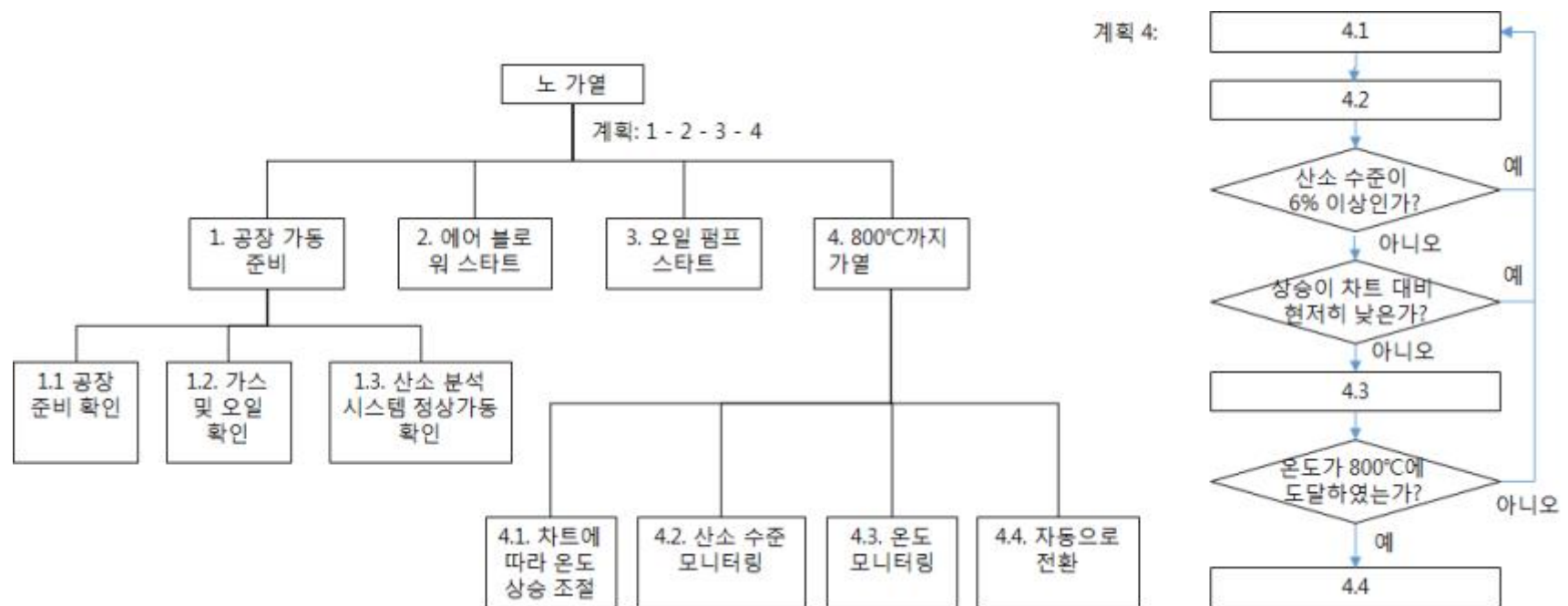
페이지: _____ / _____

작성자: _____

작업단계	에러 형태	에러 설명	결과	복구 방법	발생 확률	치명도	개선 대책

부록 2. 휴먼에러의 체계적 예측 및 저감 방법(SHERPA) 적용 예시

다음 예시는 노(Furnace)를 가열하는 작업에 대해 휴먼에러의 체계적 예측 및 저감 방법(SHERPA)을 적용한 사례를 나타낸다.
 <부록 그림 1>은 노를 가열하는 작업에 대한 계층적 작업분석 결과의 일부를 나타낸다.



<부록 그림 1> 노를 가열하는 작업에 대한 계층적 작업분석 결과 (일부)

<부록 표 1>은 계층적 작업분석 결과 중 두 번째 계층의 4번째 작업인 “800℃까지 가열”에 대해 휴먼에러의 체계적 예측 및 저감 방법(SHERPA)을 적용하여 분석한 결과의 예시이다.

<부록 표 1> 노 가열 작업에 대한 휴먼에러의 체계적 예측 및 저감 방법(SHERPA) 기록 결과 예시

작업단계	에러 형태	에러 설명	결과	복구 방법	발생 확률	치명도	개선 대책
1. 온도조절기를 조작하여 온도를 높인다.	A4. 조작이 너무 약하거나 강함	온도조절기를 과하게 조작함	온도가 급격히 상승하여 시스템에 부담을 줌	3. 온도 모니터링	낮음	중간	(절차) 절차서 상에 특정 온도 값을 명시 (훈련) 운전원의 조절기 조정 훈련 (장비) 온도조절기의 온도 수준을 명확하게 표시
2. 산소 수준을 모니터링한다.	R2. 잘못된 정보를 얻음	산소 다이얼을 잘못 읽음	산소 값이 높을 경우 온도가 급격히 상승하여 시스템에 부담을 줌	3. 온도 모니터링	낮음	중간	(절차) 절차서 상에 작업 전 경고 문구 삽입 (훈련) 정확한 산소 수준의 중요성을 강조하고 읽는 방법 훈련 (장비) 다른 다이얼과 혼동하지 않도록 배치
3. 온도를 모니터링한다.	R2. 잘못된 정보를 얻음	자동으로 전환하기 전 온도를 잘못 읽거나 잘못된 다이얼을 읽음	시스템이 실패하고 복구될 수 없음	없음	낮음	높음	(절차) 작업 이후에 다른 팀원이 온도 다이얼을 독립적으로 확인하도록 하는 절차 추가 (훈련) 정확한 온도 수준의 중요성 강조하고 읽는 방법 훈련 (장비) 다른 다이얼과 혼동하지 않도록 배치하고 위험 영역을 다이얼에 색상으로 표시
4. 자동으로 전환한다.	A6. 잘못된 대상에 대한 올바른 조작	잘못된 스위치를 조작할 가능성이 있음	확률이 낮으나, 공장이 이상 상태에 빠질 수 있음	없음	낮음	높음	(절차) 자동 설정 표시에 대한 피드백을 절차에 추가 (훈련) 운전을 자동으로 전환하고 정확한 피드백 표시 인식하는 훈련 (장비) 설정 완료를 명확히 표시하도록 표시등 설치