

KOSHA GUIDE

X - 49 - 2018

위험물 운송 시 탱크트럭의 정량적  
리스크 분석에 관한 기술지침

2018. 11.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 사단법인 한국안전학회 리스크관리 연구위원회  
기술사사무소 차스텍이앤씨(주) 차순철
- 개정자 : 안전보건공단 김정덕
- 제·개정 경과
  - 2011년 11월 리스크관리분야 제정위원회 심의(제정)
  - 2018년 10월 리스크관리분야 제정위원회 심의(개정)
- 관련 규격 및 자료
  - KOSHA GUIDE P-31-2010 인화성 액체 이송용 탱크차량의 안전에 관한 기술지침
  - NFPA 385, Standard for Tank Vehicles for Flammable and Combustible Liquids, 2000
  - 화학물질관리법 시행규칙(환경부령 제647호, 2016.4.7)
- 기술지침의 적용 및 문의
  - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지([www.kosha.or.kr](http://www.kosha.or.kr))의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
  - 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 교정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.
- 공표일자 : 2018년 11월 05일
- 제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

# 위험물 운송 시 탱크트럭의 정량적 리스크 분석에 관한 기술지침

## 1. 목적

이 지침은 탱크트럭을 이용한 위험물 운송 시 화재 및 폭발, 독성물질 누출 등 사고시나리오에 대한 정량적 리스크분석을 수행함으로써 사고발생 시 피해를 최소화할 수 있는 지침을 제공하는데 그 목적이 있다.

## 2. 적용범위

이 지침은 탱크트럭의 탱크를 비우고 탱크를 채우는 작업을 포함한 위험물 운송 작업에 적용한다.

## 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “탱크트럭”이라 함은 본체 위에 카고 탱크를 장착하고 탱크 내부에 인화성 액체 등을 이송할 수 있도록 자체 엔진을 가지고 있는 차량을 말한다.

(나) “탱크트럭의 정량적 리스크분석”이라 함은 위험물 운송을 포함하여 탱크를 비우고 탱크를 채우는 작업에서의 정량적인 리스크 분석을 말한다.

(2) 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 위험물질 운송에 대한 규정

- (1) 위험물질의 저장, 운송 및 취급하는 자는 산업안전보건법, 화학물질관리법, 위험물안전관리법 등의 관계법령과 KOSHA Guide(인화성 액체 이송용 탱크차량의 안전에 관한 기술지침) 등을 준수하여야 한다.
- (2) 위험물을 운송하려는 경우 위험물을 운반하는 자(운반계획 작성자)는 운반자명, 운반차량, 운반물 정보, 운반시간, 운반경로(도로) 등을 포함한 운반계획을 작성하여야 한다.

#### 4.2 운반경로에 대한 정보

- (1) 4.1의 운반계획 작성에 포함되는 운반경로 관련 데이터는 경찰청, 도로교통공단, 환경부, 지방자치단체 등 운반경로 유관기관으로부터 수집한다.
- (2) 작성된 운반경로는 국가교통정보센터, 실시간교통정보 등을 통해 경로 상황, 안전 여부 등을 확인하여야 한다.

### 5. 정량적 리스크분석 방법

#### 5.1. 탱크트럭의 정량적 리스크분석은 다음 단계로 구성한다.

- (1) 탱크트럭의 정량적 리스크분석의 목적과 범위
- (2) 유해위험요인 확인(Hazard identification)
- (3) 도로 분석(Road analysis)
- (4) 빈도 분석(Frequency analysis)
- (5) 결과 분석(Consequence analysis)
- (6) 개인적 리스크 및 사회적 리스크 분석(Individual risk & societal risk analysis)
- (7) 민감도 분석(Sensitivity analysis)
- (8) 리스크 평가(Risk assessment)

#### 5.2. 탱크트럭의 정량적 리스크분석의 목적과 범위

리스크분석의 목적과 범위는 운송물질, 탱크를 비우는 시설, 탱크를 채우는 시설, 도로 사정 및 법규 요구사항 등을 포함한다.

### 5.3. 유해위험요인 확인

- (1) 이 단계의 목적은 빈도분석과 결과분석에서 모델링하는 사고 시나리오를 규명하는 것이다.
- (2) 유해위험요인의 확인은 탱크를 비우고 탱크를 채우는 작업과정, 운송과정에서의 취급하는 위험물의 물리·화학적 성상과 리스크의 확인을 포함한다.
- (3) 유해위험요인의 확인을 위한 방법은 크게 두 방식으로 구분할 수 있으며, 하향식(Top-down) 접근방식 및 상향식(Bottom-up) 접근방식이 있다.

#### 5.3.1. 하향식 접근방식

- (1) 하향식 접근방식들은 다음의 한 가지 또는 두 가지 모두를 고려한다.
  - (가) 사업장에서 각각의 잠재적인 사고들의 형태를 확인하기 위해 사용하는 유해위험요인의 종류별 체크리스트
  - (나) 시스템(즉, 배관, 용기 및 탱크로부터의 누출)의 누출원으로부터 누출의 영향
- (2) 하향식 접근방식은 상대적으로 적은 노력으로 탱크트럭 정량적 리스크 분석수행을 위해 사고 시나리오를 도출하는데 장점이 있다.

#### 5.3.2. 상향식 접근방식

- (1) 상향식 접근방식은 요구되는 분석수준에 상응하면서 구성요소 또는 하위체계(Sub-system) 수준의 부분을 포함한다.
- (2) 상향식 접근방식은 위험 및 운전분석(HAZOP) 또는 고장모드 및 영향분석(FMEA)을 포함한다.
- (3) 상향식 접근방식은 잠재적인 사고들의 원인들에 대한 상당한 정보를 제공하지만, 하향식 접근방식에 비하여 적용하는 데 많은 시간이 소요된다.

### 5.4. 도로 분석

이 단계의 목적은 안전운송, 환경조건, 기상조건, 도로상태, 도로의 혼잡성 특히, 교량의 허용하중 상태, 터널의 높이와 진입성, 그리고 고속도로, 국도와 지방도의 선택성을 분석하기 위함이다.

### 5.5. 빈도 분석

### 5.5.1. 사고빈도의 표현

- (1) 빈도분석은 사고 시나리오를 기준하여 사고발생 가능성을 분석하는 단계로서 일반적으로 연간 발생 회수로 표현한다.
- (2) 예를 들면 사고빈도  $1 \times 10^{-3}$ /년의 의미는 1년에 잠재적으로 발생할 수 있는 사고 1,000 번의 기회 중에서 한 번의 사고를 의미한다.

### 5.5.2. 빈도 분석방법

빈도 분석에는 3가지 주요 접근법이 있다.

#### (1) 최근 사고발생 자료의 분석

- (가) 사고빈도는 km 당 도로에서 발생하는 사고의 회수로 정의한다.
- (나) 사고빈도는 사고 회수를 탱크트럭의 이동거리로 나누어서 계산한다.

#### (2) 관련 있는 과거자료의 활용

- (가) 과거자료는 KOSHA 자료를 포함한 사고빈도 또는 특성화된 플랜트와 설비항목에 대한 고장빈도의 정보를 제공한다.
- (나) 이용하는 과거자료는 사고 시나리오와 유사한 사업장 설비자료를 포함한다.
- (다) 사업장 및 설비자료를 수집하기 위한 체계가 부족하거나 또는 그 과거자료가 통계적으로 신빙성이 높지 않은 경우에는 일반적으로 발표된 신뢰성 있는 정보를 기준하여 자료를 작성한다.

#### (3) 신뢰성 있는 글로벌 자료 활용, 결합수 분석과 같은 분석적 기법 혹은 시뮬레이션 기술을 이용한 빈도 도출

- (가) 신뢰성 있는 글로벌 자료는 OREDA(Offshore reliability data) 등을 활용한다.
- (나) 결합수 분석과 같은 분석적 기법은 체계의 실패를 모델링하며, 논리적인 도표를 이용하여 정량적인 고장빈도를 산출한다.
- (다) 신뢰성 있는 소프트웨어 프로그램을 이용해 고장빈도를 도출한다.

### 5.6. 결과 분석

결과분석은 다음과 같은 순서에 따라 수행하며, 이에 관하여는 안전보건기술지침 “누출원 모델링에 관한 기술지침”, [“사고 피해예측 기법에 관한 기술지침”](#), [“최악의 누출 시나리오 선정지침”](#), [“화학공장의 피해 최소화대책 수립에 관한 기술지침”](#) 및 “사고피해 영향평가 기법”을 참조한다.

## (1) 누출원 모델링(Source term modeling)

(가) 누출원 모델링은 유해위험요인의 확인에 의해 도출한 위험물의 다양한 누출의 특성을 의미한다. 누출의 특성은 바람의 속도와 같은 기상조건, 누출량, 누출속도, 물질상태(액상, 기상 또는 2개 상 등), 물질 온도 및 물질압력과 같은 변수를 포함한다.

(나) 결과분석은 통상적으로 소프트웨어 프로그램에 의하여 산출한다.

## (2) 물리적인 효과 모델링(Physical effects modeling)

(가) 가스 또는 증기의 확산과 화재 또는 폭발의 규모와 형태는 물리적인 효과 모델링을 사용하여 결정한다.

(나) 누출원의 변수와 영향 기준은 바람의 속도 및 방향과 같은 정보와 함께 공정 조건을 포함한다.

## (3) 영향평가 기준 정의(Definition of impact criteria)

영향평가 기준은 사람에게 피해를 가하는 독성영향, 사람이나 사업장의 설비 등에 피해를 입히는 복사열강도와 폭발 과압의 기준에 대한 것이다.

## (4) 영향평가 모델링(Effect modeling)

(가) 물리적인 효과 모델링의 결과는 영향평가 기준을 고려하여 누출원에서 사람, 환경 또는 설비에 대한 모델링의 영향을 평가한다.

(나) 영향평가는 사망가능성, 화상가능성, 복사열강도와 폭발과압에 의한 손상정도를 표현한다.

## 5.7. 개인적 리스크 및 사회적 리스크 분석

리스크 분석의 결과는 개인적 리스크와 사회적 리스크로 구분한다.

(1) 개인적 리스크는 사고 시나리오를 기준하여 개인 1명에 대하여 도출한 리스크다.

(2) 사회적 리스크는 사업장 내부 및 외부의 피해범위 내의 사람들에게 피해를 입히는 리스크이며, 이는 F-N(Frequency-Number of fatalities)곡선으로 표현한다.

## 5.8. 민감도 분석

민감도 분석은 다음을 포함한다.

(1) 개인과 프로빗 값(Probit value)과의 관계

(2) 사람들의 인구 분포

(3) 누출확률

(4) 누출 빈도

## 5.9. 리스크 평가

- (1) 리스크 평가는 ‘허용 가능한 기준(Tolerable acceptable criteria) ’을 토대로 한다.
- (2) 개인적 리스크는 사업장의 내부 및 외부에 대하여 별도의 기준을 설정하여야 한다.
- (3) 사회적 리스크는 사업장의 출하시설, 운송 경로 및 사업장의 입하시설이 사람에게 영향을 미칠 수 있는 ‘합리적으로 실행가능한 낮은 수준(ALARP) ’을 설정하여야 하며, 이를 기준으로 한다.