

## 공정 플랜트의 위험성과 신뢰성 관리 단계

“아래의 글은 Mark Tweedle의 *Managing Risk and Reliability of Process Plants* 책의 서론부분에서 일부 발췌한 한 것입니다.”

### I. 위험성 관리의 필요성

전 세계적으로 점차 치열해지는 경쟁 환경 속에서 자본 투자에 따른 수익 극대화를 위해 공장을 안전하게 가동하는 것은 매우 중요하다. 파이프 배관에 의한 가스 공급과 같이 지속적인 서비스를 제공하는 운영 시설의 경우 공급 중단은 서비스 손실뿐만 아니라 관련 업계 수익성, 공공시설, 안전성, 환경 영향 등의 부분에 심각한 영향을 줄 수 있다.

산업 또는 서비스 분야의 기업(예: 운송, 전력, 용수)에서 발생하는 주요 고장 또는 사고는 관련 직원의 과실에 의한 결과라는 사실은 널리 알려진 사회적 통념이다. 지역 사회는 대기업 경영진의 "과실"에 대해 매우 민감하다. 전문적인 기업일수록 해당 구성원은 일반적으로 조직 또는 개인의 책임에 앞서 지역 사회에 대한 책임 의식이 필요하다. 피해를 보상 받기 위한 법적 소송은 이제 일반화되어 있다. 그러나 법적 책임에 대한 가능성을 매우 낮은 수준으로 줄일 수 있는 여러 접근 방식이 있다. 또한 기업의 상업적 목적을 만족시키기 위해 상업적 위험에 대한 노출을 실질적으로 분석하여 정량화하는 것이 중요하다. 그런 다음 사고에 대한 재정적인 위험을 감수할지 또는 보험에 의해 위험을 보장 받을지 여부를 결정할 수 있다.

위험 요소가 존재한다는 사실만으로 어떠한 조치를 취할 필요는 없다. 위험 요소는 피해를 일으킬 수 있는 잠재적인 가능성이다. 우리가 생활하는 주변에는 많은 위험 요소가 존재하고 있다. 우리는 이러한 대부분의 위험 요소를 아무런 걱정 없이 수용하고 있다. 위험 요소에 의해 발생할 수 있는 피해 확률이 매우 낮은 경우, 위험도 낮기 때문에 어떠한 조치도 필요하지 않다. 피해가 재정적으로 매우 심각할 가능성이 있거나 그러할 확률이 높은 경우, 보험에 가입하는 것이 적절하다고 판단된다. 원칙적으로, 평가된 위험은 합리적인 수준의 보험료를 결정하는 데 도움을 준다.

위험성 관리는 위험 요소 확인, 각각의 위험 요소에 대한 위험 평가 및 필요한 경우 취해야 할 조치를 결정하기 위한 체계적인 접근 방식을 의미한다. 모든 종류의 위험 확인 및 평가, 그러한 위험을 줄이거나 이전하기 위해 사용되는 접근 방식을 통해 위험성 관리의 기준을 구축한다.

### II. 위험성 관리의 장점

관련 경험과 전문 기술을 가진 조직 내의 직원이 위험 요소 발견을 위해 최선을 다하고 체계적으로 업무를 수행한다면 심각한 사고가 발생할 가능성은 상당히 감소될 수 있다.

특히 다음과 같은 경우이다.

- 사람, 환경, 재산 및 생산 연속성에 대한 위험 요소를 종합적으로 확인한다(모든 위험 요소를 확인하는 것은 불가능하지만).
- 위험 요소로 인한 위험을 중요도 순서에 의해 우선순위를 설정하여 조치를 취할 대상, 연기하거나 적용할 대상을 결정하는 데 도움을 준다.
- 위험을 줄이기 위한 가장 비용 효율적인 방법 및 존재하는 위험에 적합한 보험 종류와 적용 범위에 대한 결정에 도움을 준다.
- 관련 전문 기술(예: 운영, 엔지니어링, 금융, 보험, 경영)을 가진 가용 인원의 노력을 집중할 수 있도록 절차를 구성한다.
- 절차를 준수하여 적절한 구성원을 가진 팀을 통해 위험을 최소화하기 위한 운영 방법에 대한 정보 전달을 유도하고 전사적인 합의를 촉진한다.

### III. 공정 플랜트의 위험성 관리 단계

아래 그림 1의 순서도는 공정 플랜트의 위험 관리 단계를 보여 주고 있다.

#### 1. 상황에 대한 정의

법률적 요구 사항, "이해 당사자"(사원, 일반인, 고객, 공급 업체, 이해관계에 있는 그룹 등)의 기대치를 포함하여 상황을 검토하고 위험 관리 필요성 및 수행할 프로그램의 특성과 범위를 구축하는 방법으로 현재까지의 성과, 현재 및 미래의 성과에 대한 수준을 검토한다.

#### 2. 위험요소 및 잠재적 사고에 대한 확인

취급하는 물질, 사용하는 공정 및 수행하는 작업에 대한 위험 요소를 확인하여 목록으로 작성한다. 이 단계의 최종 목적은 물질, 공정 및 작업에 내재된 위험 요소(예: 화재, 폭발, 독성)에 대한 목록과 이러한 내재된 위험 요소에 의한 위험 사고(예: 연료 저장 탱크와 충돌로 인한 화재 발생)에 대한 목록을 작성하는 것이다.

이를 위해 진행되고 있는 연구 활동의 정도에 따라 다양한 방법으로 수행된다. 예를 들어 철도(鐵道) 작업에서 발생할 수 있는 위험 요소 사고 목록은 정유 공장에서 발생할 수 있는 위험 요소 사고 목록과는 완전히 다르다.

#### 3. 등급 및 간단한 목록

다음 사항을 결정하기 위해 합리적이고 체계적인 방법으로 확인된 위험 사고 또는 상황에 대한 간단한 목록을 작성한다.

- (a) 종합적인 위험성 평가 보장(예: 위험이 매우 높아 보이는 시나리오, 자금 또는 인력에 대한 단위 지출 당 위험 감소 비율이 잠재적으로 매우 높은 시나리오 등)
- (b) 일상적인 모니터링 및 감사를 위해 관리 시스템에 포함되는 시스템 설계 및 운영의 "목적에 맞는 적합성"(예: 품질)에 대한 철저한 검토 보장(예: 잠재적인 사고 영향 발생이 매우 높은 상황).
- (c) 우선순위가 낮지만 지속적인 모니터링 및 감사 필요성

#### 4. 답변 대상 질문 정의

위험성 평가 시 답변이 예상되는 질문 유형 또는 정보를 제공해야 하는 결정을 확인한다. 그런 다음 해당 정보가 필요한 담당자 유형과 그에 따라 제공해야 하는 정보에 대한 형식을 확인한다. 대표적인 담당자로는 관리자, 기타 사원, 사법 기관, 지역 주민, 이해관계 그룹, 고객 및 공급 업체 등이 있다. 일부 질문 및 결정은 정량화된 정보가 필요하고 일부는 정성적인 정보가 필요할 수 있으며 일부는 두 가지 모두가 필요하다. 정보에는 유형의 객관적인 요소 및 무형의 주관적인 의견이 포함될 수 있다.

#### 5. 위험 대상 정의

정량화된 위험성 또는 안전성 대상을 정의한다. 이것은 일반적으로 연간 사망 위험성과 같이 지정된 기간 내의 정의된 원하지 않는 사건의 발생 확률로 표현한다. 사용되는 위험 대상의 특성은 간단한 위험 요소 목록 시나리오의 특성에 따라 달라진다. 예를 들어 인화 물질 또는 폭발물 저장소 근처의 공공 안전 기준은  $10^{-6}$  p.a.(per action) 또는 연간 1백만분의 1과 같이 연간 사망 확률의 측면에서 지정될 수 있다. 특정 공정 물질로 인해 발생하는 환경 피해 기준은 예를 들어 200리터와 같이 정의된 물질 수량을 배출하는 빈도의 측면에서 지정될 수 있으나 해당 물질의 생태 독성에 따라 달라진다. 계약 업무에 대한 위험성 기준은 예를 들어 20%와 같이 일부 지정된 수준을 초과하는 비용 과다 지출 확률의 측면에서 표현될 수 있다.

#### 6. 간단한 사고 목록에 대한 영향 평가

각각의 간단한 잠재 위험 요소 사고 목록 또는 시나리오의 경우, 사고 유형에 맞는 방법을 사용하여 예상 결과 심각도를 평가한다. 예를 들어 석유 누출로 인해 발생한 화재는 복사열 측면에서 평가할 수 있다. 복사열 계산을 통해 다양한 거리에 따른 복사열 강도 및 사망 또는 심각한 부상자 발생 확률을 계산할 수 있다. 유독 가스 누출 사고의 경우 누출 속도를 계산하고 다양한 유형의 기상 상태에 대해 다양한 거리에서 바람을 받는 상태에서의 가스 농도를 계산할 수 있다. 이러한 농도를 통해 지정된 시간 동안 노출되는 경우의 사망 확률을 계산할 수 있다.

#### 7. 간단한 사고 목록에 대한 빈도 평가

각각의 열거된 잠재 위험 사고의 경우, 발생 확률 또는 빈도를 평가한다. 이 평가는 사고 특성에 따라 다양한 방법으로 수행할 수 있다. 예를 들어 송유관 누출로 인한 화재 빈도는 송유관의 길이, 지름 및 송유량에 의해 측정될 수 있으며 특정 지역에 누출된 원유의 착화 확률도 추정할 수 있다.

#### 8. 간단한 사고 목록에 대한 위험성 평가

각각의 위험 사고에 대한 심각도와 빈도를 곱한 다음 모든 사고에 대한 총 노출(Total exposure)을 결정하는 방법으로 위험 대상(노출된 사람, 환경, 공장, 생산 지속성 또는 재산)에 대한 위험을 평가한다. 예를 들어 특정 개인이 화재 및 유독 가스 누출 사고에 잠재적으로 노출된 경우 누적 사망 위험에 대해 다음과 같이 광범위하게 평가할 수 있다. 화재가 발생하여 열 노출에 의한 치명적인 증상 확률은 10%로 평가되고 이러한 화재 발생 빈도는 연간 1/1,000로 평가된 경우 화재에 대한 위험성은 연간 1/10,000 또는 연간 0.0001

이 된다. 유독 가스에 치명적인 노출 확률이 누출 한건 당 1%로 평가되고 이러한 누출 빈도가 연간 1/500으로 평가된 경우 위험성은 연간 1/50,000 또는 연간 0.00002가 된다. 개인에 대한 누적 사망 위험은 연간 0.00012가 된다.

#### 9. 위험 및 대상 비교 / 실행 결정

기준 또는 대상에 대해 평가된 누적 위험을 비교하여 위험 감소에 필요한 정도를 결정한다. 예를 들어 개인에 대한 사망 위험 기준이 연간 약 1/1,000,000(연간 0.000001) 정도로 설정된 경우, 평가된 사망 위험은 분명히 매우 큰 값을 가질 것이며(기준의 약120배 정도) 이 수치는 줄여야 한다.

#### 10. 위험 감소/ 위험 이전

평가된 위험에 가장 영향을 주는 요소들을 조사하여 위험 감소가 가장 필요한 영역을 결정하고 적절한 조사 및 조치를 수립한다.

예를 들어 위에 제공된 가설의 경우 평가된 위험의 가장 큰 요소는 화재로 인한 것이었다. 따라서 잠재 가스 누출에 의한 위험 구성 요소를 고려하기 전에 화재의 심각도 또는 빈도(또는 두 가지 모두)를 줄이는 방법을 먼저 고려하는 것이 바람직하다.

#### 모니터링 및 감사를 보증하는 시나리오의 경우

#### 11. “품질” 작업 설정

사고 발생 가능성이 낮도록 운영, 유지 보수, 감독 및 관리 방법을 수립한다(예: "해당 목적에 적합"하도록 운영 방침을 수립).

#### 12. 지속적인 모니터링

일상적인 모니터링 요구 사항을 정의한다(예: 모니터링 대상, 빈도, 모니터링 수행자, 기준이 되는 표준 등).

#### 13. 정기적인 감사

주기적인 감사 협정을 정의한다(예: 피감사 대상, 빈도, 감사 수행자 등).

지속적인 주기 간격으로 진행 과정을 모니터링 및 검토하고 중요한 위험이 간과되고 있거나 낮은 위험이 발생하고 있는 징후에 대해 경고하는 방식으로 이 전체 프로세스를 수행한다.

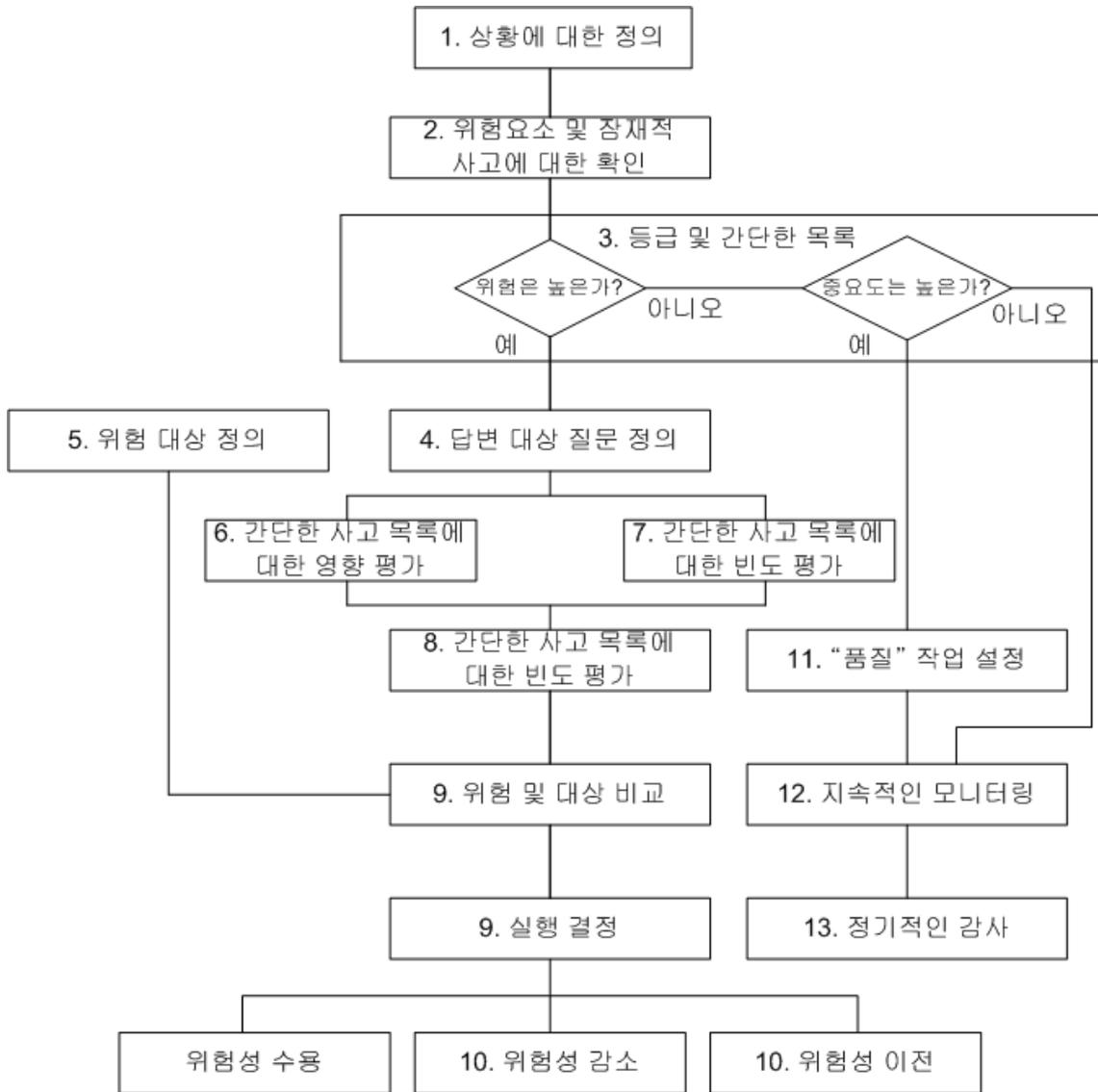


그림 1. 종합적인 위험성 평가를 위한 공정 위험성 관리 순서도