

ETA(Event Tree Analysis) 사건수분석

2009.03.07

Presented by Jong Kyoung, Jang

Global system 2009

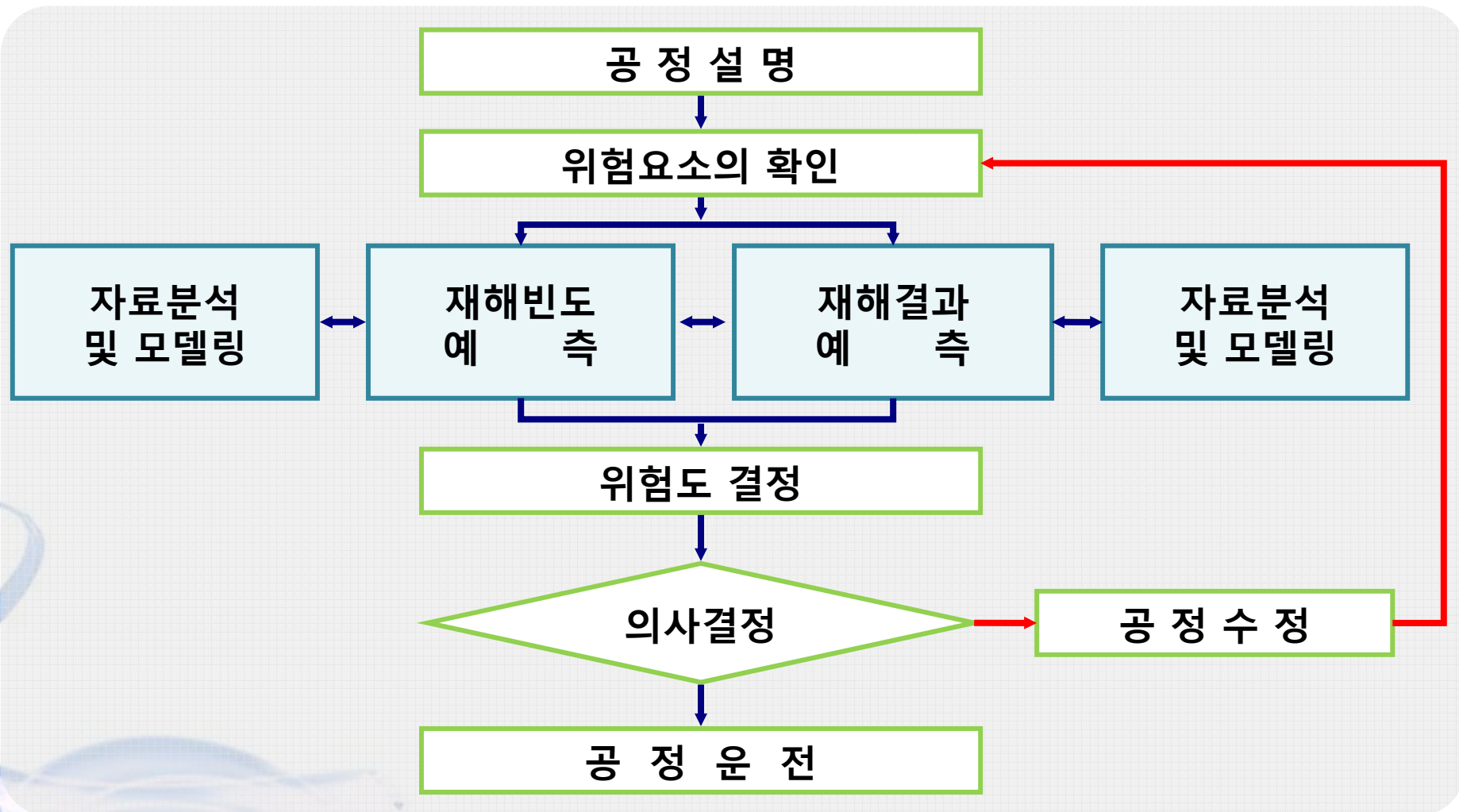
순서

1. 위험성평가기법의 종류

2. ETA 개요 및 절차

3. ETA 사례

위험성 평가 절차도



위험성 평가 기법의 종류

• 정성평가 (*Hazard Identification Method*)

- ◇ 체크리스트 (Checklist)
- ◇ 사고예상질문분석 (What – if)
- ◇ 상대위험순위 (Dow and Mond Indices)
- ◇ 위험과 운전분석 (HAZOP)
- ◇ 이상위험도분석 (FMFCA)
: Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)
- ◇ 작업자 실수분석 (Human Error Analysis)

• 정량평가 (*Hazard assessment Method*)

- ◇ 결함수 분석 (FTA: Fault Tree Analysis)
- ◇ 사건수 분석 (ETA: Event Tree Analysis)
- ◇ 원인-결과분석 (Cause – Consequence Analysis)

평가 기법 산정 기준

구 분		Checklist	What-if	HAZOP	FMECA	FTA
사업 단계	사업초기	●	●			
	상세설계	●	●	●	●	●
목적	위험의 일반적 이해	●	●			
	위험의 철저한 분석			●	●	●
	정량적 분석					●
공정 형태	간단,알려진 기술	●	●	●		●
	복잡,신기술			●	●	
	제어,연동			●	●	
	회분공정,운전절차			●	●	

Project 단계별 평가 방법

Activity	Checklist	What-if (Course HAZOP)	HAZOP	Available information
Feasibility	⊙	○	-	Basic Outline
Budgetary Request	⊙	○	-	General Description
Conceptual Design	○	⊙	○	General Layout, PFD's
Intermediate Drawings	○	⊙ [*]	⊙ [*]	Preliminary P&ID's
Vendor Drawings	○	⊙ [*]	⊙ [*]	Preliminary P&ID's
Final Design	-	⊙ [*]	⊙ [*]	★
Operational or Facility Changes	▶	▶	▶	▶
Periodic PHA	▶	▶	▶	★

○ = Optional ⊙ = Recommended ⊙^{*} = 설비에 따라 적용

▶ = 공정변화의 정도에 따라 달라진다. ★ = 세부적인 공정안전자료

ETA 개요

- **FTA** 원하지 않는 재해나 사고의 원인을 규명하는 연역적 해석방법
- **ETA** 초기사건으로 인하여 어떠한 사고나 재해를 규명하는 귀납적 해석 방법

- 1) 시스템에서 공정사고가 발생하였을 때 실시하여야 하는 운전의 대응, 안전장치의 작동순서 등을 확인하고 이들의 대응상태에 따라 발생 할 수 있는 사고를 예측할 수 있다.
- 2) 각각의 사고에 대한 시나리오를 예측할 수 있으며 사고가 발생할 수 있는 확률을 산출할 수 있다.

ETA 수행 절차

초기사건의 정의

- ① 발생 가능한 시스템/공정의 실패나 고장에 대한 예측
예) 공정사고, 기계(설비)고장
산화반응에서의 냉각수 공급이상

출력에 대한 안전조치의 확인

- ② 초기사건발생시 대응할 수 있는 안전조치를 발생순서에 따라 파악(운전매뉴얼 등 참조)
예) 자동안전장치, 긴급차단발브
-경보(압력, 온도, 액위)/- 운전자의 대응(비상조치)
- 한계상황에서의 방호, 차단방법(각종 Inter Lock, 자동 S/D, Dike)

ET 작성

- ③ 사건의 진행(대응)순서에 따라 좌에서 우측으로 기재
④ 성공은 상부방향, 실패는 하부방향으로 분할

재해결과에 대한 분석과 분류

- ⑤ 사건에 대한 대응 단계별로 최종결과를 종류별로 구분

재해발생률의 계산 및 해석

- ⑥ 대응단계별 성공/실패의 확률을 대입하여 결과에 대한 발생률 예측

평가 및 수정보완

- ⑦ 예측된 발생률이 수용범위를 벗어날 경우 대응단계별 수정, 보완대책을 수립하거나 추가적인 대응책 계획
평가 및 수정보완

위험요소

- 독성
- 가연성
- 반응성
- 고압
- 질식.

정상운전

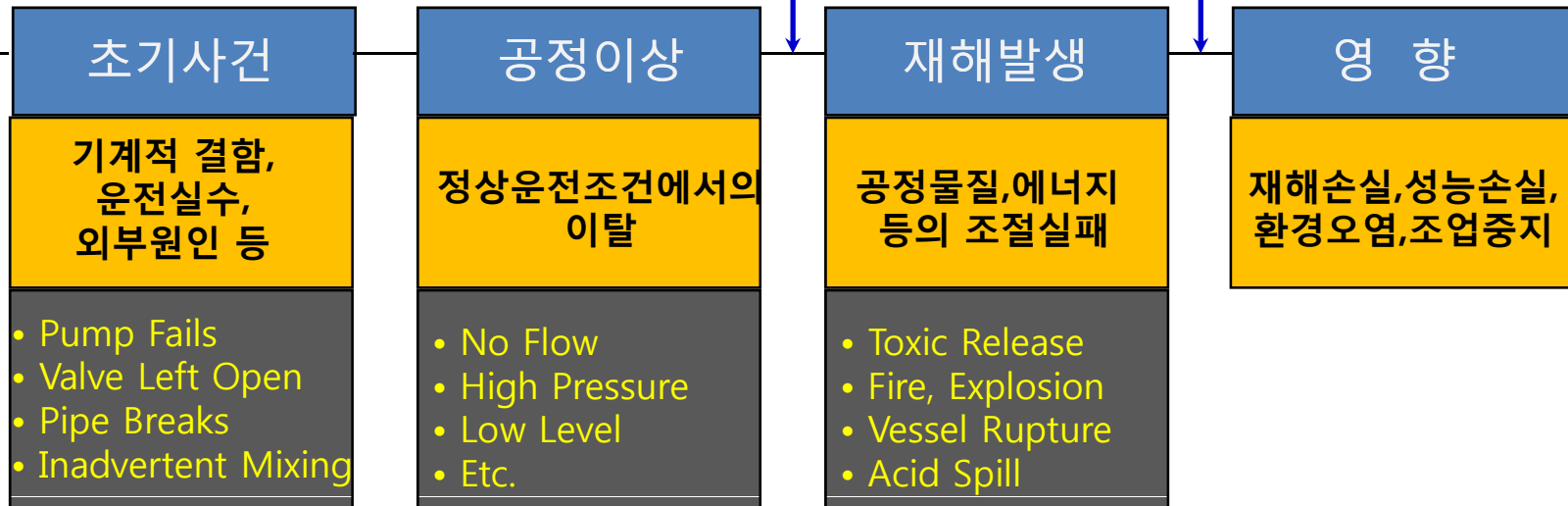
사고 발생 계통도

방호대책

- 경보
- 인터록
- 비상배출
- 운전조절
- 점화원제거

완화대책

- 비상조치
- 방화대책
- 확대방지
- 차단
- Fog/water curtain



What-if

HAZOP

FMEA

FTA

ETA

ETA 사례

사례: “산화반응에서의 냉각수 공급이상”

• 공정 개요

산화반응은 급격한 발열반응으로서 냉각수 공급이상, 축매에 의한 Hot Spot, 이상반응, 운전실수 등의 작은 결함에 의하여 반응폭주 현상이 발생할 수 있다. 이와 같이 여러 원인들 중 반응기에 공급되는 냉각수 계통에 이상상태가 발생할 때에 초래할 수 있는 결과에 대하여 검토한다.

• 안전장치 및 대응관계 검토

- (1) High Temperature Alarm: 반응기 내부온도가 Set Point 이상 상승할 경우 경보작동
- (2) Operator에 의한 조치 : High Temperature Alarm이 작동할 때 근무자는 냉각수계통 회복에 대하여 적절한 조치 실시
- (3) Automatic Shutdown System : 반응기 온도가 허용할 수 있는 범위를 초과할 경우 공정에 대한 자동운전정지 시스템 작동

ETA 작성

A (정상사상)	B(대응1) 고온경보	C(대응2) 운전자조치	D(2차경보) 인터록	결과
냉각수공급중단	S(0.9)	S(0.95)	ABC	정상가동 (0.855)
		F(0.05)	S(0.9) ABCD	정상S/D (0.9855)
			F(0.1) ABCD	반응폭주 (0.0145)
	F(0.1)		S(0.9) ABD	정상S/D
			F(0.1) ABD	반응폭주

재해 결과의 해석

1) 대응 단계별 확률 검토

- High Temperature Alarm : S(0.9), F(0.1)
- Operator에 의한 조치 : S(0.95), F(0.05)
- Automatic S/D System ; S(0.9), F(0.1)

2) 결과에 의한 발생확률 계산 (예)

결 과	확 률
ABC	$0.9 \times 0.95 = 0.855$
AB $\overline{C}$ D	$0.9 \times 0.05 \times 0.9 = 0.0405$
AB $\overline{C}\overline{D}$	$0.9 \times 0.05 \times 0.1 = 0.0045$
A $\overline{B}$ D	$0.1 \times 0.9 = 0.09$
A $\overline{B}\overline{D}$	$0.1 \times 0.1 = 0.01$
TOTAL	1.00

3) 평가

평가항목	수용수준	평가결과	개선대책	비고
안전, 정상조업	0.90	0.855	B, C	
안전, 비정상	0.99	0.9855	B, C, D	
폭주반응	0.01.	0.0145	B, C, D	

사고전과 사고후의 ETA (Pre-Accident and Post-Accident)

사고 전 ETA는 사고로 나타날 수 있는 원인(고장)이 발생하였을때 다중요소의 안전조치에 대한 효과를 평가하고 어떤 사고가 발생할 수 있는지를 예측하는데 이용할 수 있다.

발열반응에서 냉각시스템의 고장으로 인한 사고를 예측하기 위하여 실시한 ETA의 예를 살펴보자

A(정상사상)	B(냉각수 경보기)	C(반응기 온도경보)	D(반응물Dump V/V)	결 과
냉각수공급중단	YES	YES	YES ABCD	1 안전S/D
			NO ABCD	2 폭주반응
		NO	YES ABCD	3 안전S/D
			NO ABCD	4 폭주반응
	NO	YES	YES ABCD	5 안전S/D
			NO ABCD	6 폭주반응
		NO	YES ABCD	7 안전S/D
			NO ABCD	8 폭주반응

사고전과 사고후의 ETA (Pre-Accident and Post-Accident)

사고 후 ETA는 사고가 발생한 후에 어떤 사고결과(증기운폭발,플래쉬화재 등)가 일어날 수 있는지를 예측하는데 이용할 수 있다. 그림은 가연성 물질이 X지점에서 누출하고, 바람방향인 Y 지점에 점화원이 존재할 때의 사고결과를 예측하기 위하여 실시한 예이다.

A	B(X지점바로점화)	C(풍향Y방향)	D(Y지점점화)	폭 발		결 과	
가연성 물질 누출	YES			YES	ABE	1 X지점 폭발	
	NO			NO	ABE	2 X지점 화재	
		YES	YES	YES	YES	ABCDE	3 Y지점 폭발
				NO	NO	ABCDE	4 Y지점 화재
		NO				ABCD	5 확산 소멸
	NO					ABC	6 확산 소멸

ETA 후속 조치

- 발생할 수 있는 사고결과를 예측하기 위하여 각각의 사건에 대한
도/확률을 구한다

- ◇ FTA결과
- ◇ 전문가의 의견
- ◇ 과거사례
- ◇ 설문조사 등

- 비상조치계획 수립 및 시행

- 사고결과 평가방법

- ◇ 누출원 모델
- ◇ 확산모델
- ◇ 화재모델
- ◇ 폭발모델
- ◇ 영향모델 등

심사 초점

- 위험성평가방법선정의 적합성
- 평가대상의 선정(HAZOP결과 등 정성적 평가 자료)
- 확률,빈도자료의 신뢰성
- 정상사상에 대한 개선대책의 적합성
- 결과개선에 대한 후속조치

잘 먹고(식사)

1. 자연식 섭취
(가공 시 영양파괴)
2. 무리한 체중 감량
(월 1~2 Kg 이하)
3. 차(물) 많이 마시자
(수분 70% 탄력성)
4. 비타민 섭취
(발가락 썩는 병 나옴)
5. 잘 씹어 먹자
(5분 포만감, 뇌 운동)
6. 패스트푸드 절제
(저 영양, 고 칼로리)

열심히 일하고(운동)

1. 적당한 운동(아침)
(주 3~5회, 30분 이상)
2. 피부관리
(선크림, 피부손상)

꼭 쉬자(수면)

1. 스트레스 해소법
(술, 담배로 풀지 말자)
2. 충분한 수면
(수면 시 피로 회복
에너지 재충전)