

시스템 안전 분석

-Energy Trace Barrier Analysis (ETBA)-

충주대학교 안전공학과
박정철

ETBA 개요

□ ETBA

- 에너지원과 연관된 위험 파악
- 위험한 에너지 흐름을 차단하는 방법 평가
- 에너지의 사람이나 장치로의 원치 않는 흐름 파악

□ 시점

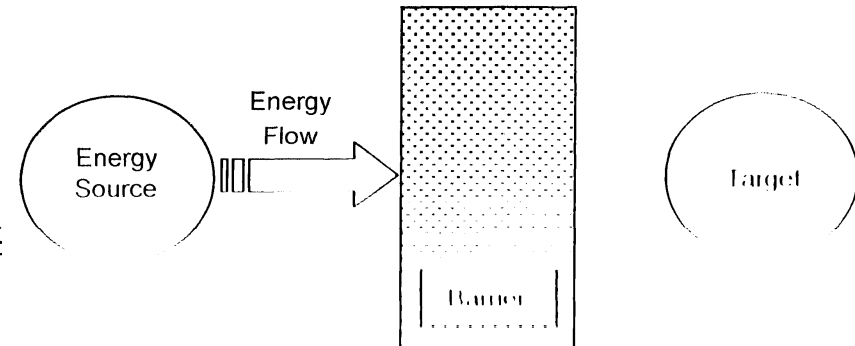
- 단계에 구애받지 않음
- 사전 설계, 기초 설계, 상세 설계

□ 기원

- William Haddon Jr.의 이론에 기초
- MORT의 일부분으로 개발됨

□ 활용

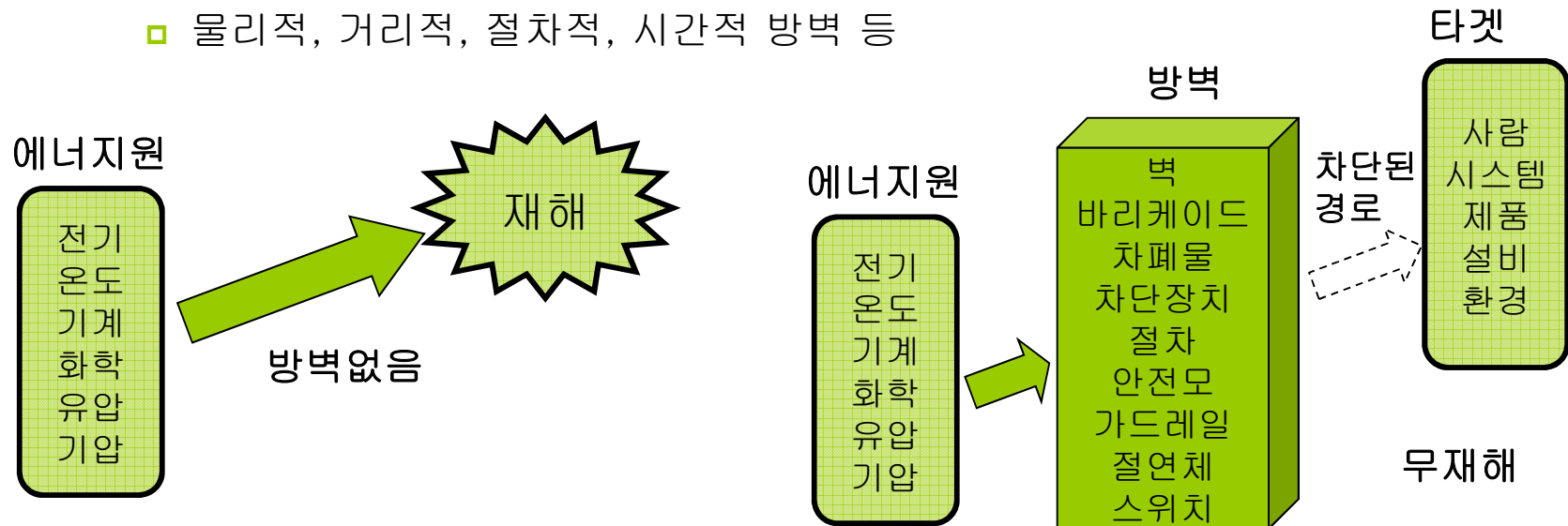
- 에너지 관련 위험 파악
- 사고 조사시 사고 시나리오 구성
- 에너지원 전반에 대한 검토 및 상세 분석 필요성 파악



ETBA 이론

□ 정의

- 에너지 원 (Energy source)
 - 방출될 수 있는 잠재적 에너지를 지닌 재료, 기구 또는 프로세스
- 에너지 경로 (Energy Path)
 - 에너지원에서 타겟으로의 에너지 이동 경로
 - 광의의 에너지 경로: 시스템으로의 유입, 시스템 내의 이동, 외부로의 유출
- 에너지 방벽(Energy Barrier)
 - 위험 에너지원이 잠재적 타겟에 도달해 부상이나 손실을 입히지 않도록 막는 설계나 행정 상의 방법
 - 물리적, 거리적, 절차적, 시간적 방벽 등



ETBA 프로세스

수행 작업	설명
에너지원 파악	모든 잠재적 위험 에너지원 검토 에너지원 체크리스트 활용 에너지 양 및 위치 파악
에너지 경로 파악	재해로 이어질 수 있는 모든 잠재적 에너지 경로 파악 복수의 에너지원이 관여하는 경로 포함
타겟 파악	각 에너지원에 대해 시스템 내 이동 경로 추적 다이아그램 활용해 가능한 모든 타겟 파악
타겟 취약성 파악	각 타겟의 에너지원에 대한 취약성 파악
안전 방벽 파악	현존 및 필요 방벽 파악 방벽의 부재나 결함의 영향 파악
시스템 리스크 평가	방벽 존재/부재 시 시스템의 재해 리스크 평가
수정조치 제안	현재 방벽의 적절성 평가, 부적절시 필요 방벽 제안 추가 분석 필요성(e.g., FTA) 결정
위험 추적	위험 추적 시스템에 등록
문서화	프로세스 및 워크시트 문서화 신규 정보 업데이트

위험 체크리스트 및 방벽 분류

□ 위험 파악 체크리스트

에너지 흐름 변화	방벽 변화
과다/부족/부재 너무 이르거나 늦음 너무 빠르거나 느림 흐름의 장애/축적/방출 잘못된 형태의 입력이나 흐름 방출의 단계적 효과 다른 에너지 흐름과의 충돌	방벽이 너무 강하거나 약함 방벽 설계 오류 방벽이 너무 빠르거나 늦음 방벽의 약화/오작동/장애 방벽의 흐름 방해 또는 강화 잘못된 방벽 유형 선택

□ 방벽 분류

기능	방지 경감
위치	에너지원 주위 에너지원과 타겟 사이 타겟 주위 시간/공간 이용 분리
유형	물리적 방벽 설비 설계 경고 장치 절차 / 작업 프로세스 지식 및 기술 감독

방벽 유형 (우선순위 순)

- 시스템에서 위험 에너지원 제거 (타 에너지원으로 대체)
- 에너지 양 경감 (전압, 연료 저장량)
- 에너지 방출 방지 (에너지 격납 강화)
- 에너지 방출 속도 경감 (가열 속도 늦춤)
- 방출된 에너지의 축적 방지
- 부적절한 에너지 입력의 통제
- 에너지의 타겟으로부터의 시간/공간적 분리 (전선을 통행로에서 격리)
- 중간 방호재 삽입 (보안경, 절연, 가드)
- 충격 집중이 가능한 표면 변경 (곡면 처리)
- 타겟의 에너지 저항 강화 (내진 설계)
- 에너지 방출의 피해 제한 (조기 경보, 스프링클러)
- 에너지 방출 회피 교육 (경고, 절차)

ETBA 양식

Energy Trace Barrier Analysis						
에너지원	에너지 위험	타겟	초기 리스크	방벽	조치후 리스크	비 고
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

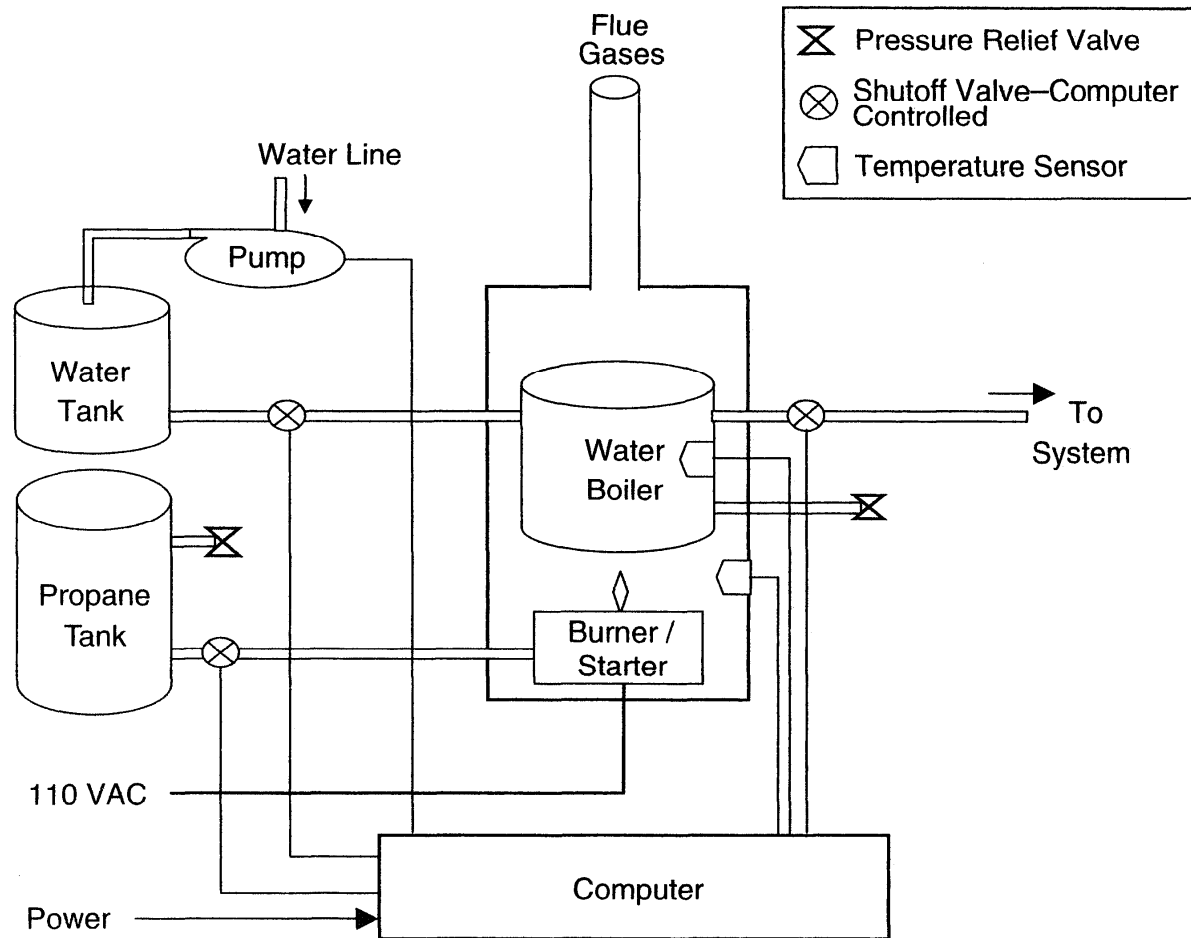
② 에너지원과 관계된 위험의 종류

- 원인, 경로, 결과 포함
- 하드웨어, 소프트웨어, 인적 오류 포함

⑤ 방벽

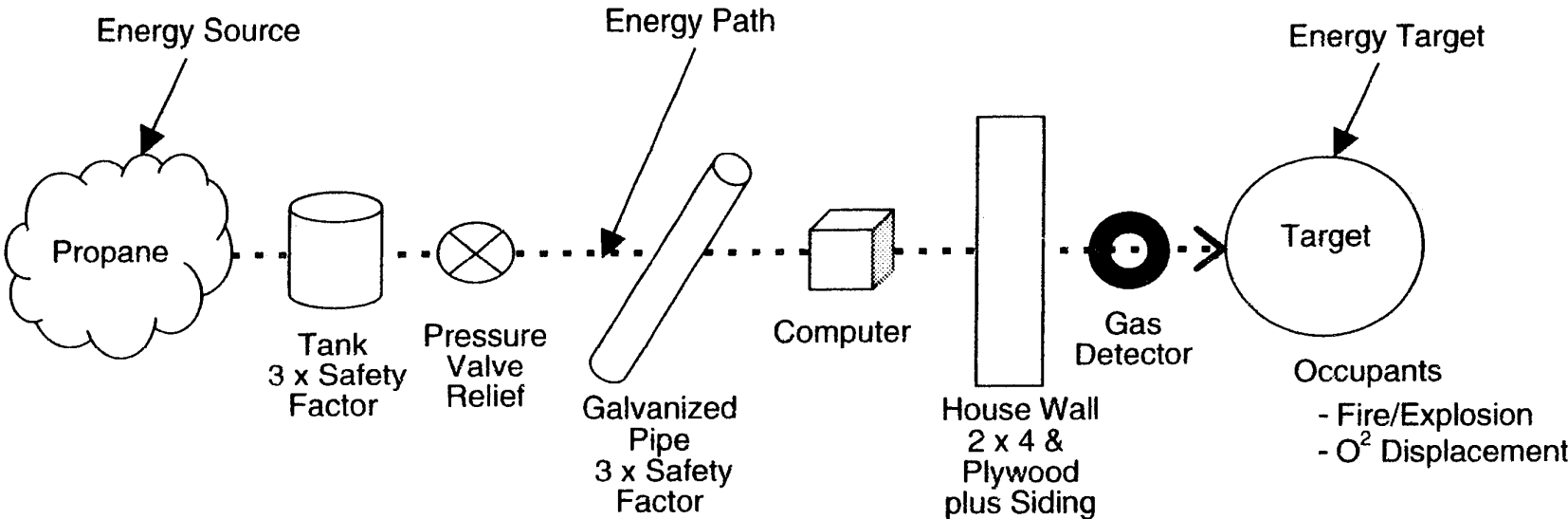
- 설계 제거 → 안전 장치 → 경고 장치 → 훈련/절차

ETBA 예 - 보일러



ETBA 예 - 보일러

System Component	Hazardous Energy Source	Hazard Potential	Barrier
Propane tank	Yes	Yes	Yes
Propane gas	Yes	Yes	Yes
Water tank	Yes	Yes	Yes
Water	Yes	Yes	Yes
Water boiler	Yes	Yes	Yes
Electricity	Yes	Yes	Yes
Gas burner	Yes	Yes	Yes
Computer	No	Yes	Yes



ETBA 예 - 보일러

Energy Trace Barrier Analysis						
에너지원	에너지 위험	타겟	초기 리스크	방벽	조치후 리스크	비 고
프로판	화재/폭발로 인한 사망, 부상, 손실	사람/설비	1C	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 가스탱크 격리 ▣ 방호 파이프 사용 ▣ 발화원 최소화 	1E	
	고압 방출로 인한 사망, 부상, 손실	사람/설비	1C	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 가스탱크 격리 ▣ 방호 파이프 사용 ▣ 파이프 격리 ▣ 압력경감밸브 사용 	1E	
	산소 부족으로 인한 사망	사람	1C	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 가스 감지기 사용 	1E	
물	고열로 인한 탱크 폭발에 의한 사망, 부상, 손실	사람/설비	1C	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 보일러 탱크 격리 	1E	
	범람으로 인한 손실	설비	2C	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 탱크의 설비로부터의 격리 ▣ 수면 감지기 사용 	2E	

ETBA 특성

□ 장점

- 이해와 사용이 쉬움
- 위험의 시각화가 용이함
- 비용이 저렴하고 신속한 분석 가능
- 대부분의 에너지원이 쉽게 파악 가능함
- 수명 주기 상의 단계에 구매받지 않음

□ 단점

- 분석자의 위험 에너지 분석 능력에 의존
- 에너지원에 관계된 위험만을 파악 (소프트웨어, 인적 오류 파악 불가)
- 에너지원으로 인지되기 어려운 위험 원인이 존재 (질식가스, 병원체 등)

□ 유의사항

- 에너지원 누락
- 에너지 방벽의 잠재적 결함 미파악
- 에너지원의 가능한 연쇄효과 미파악
- 에너지 경로 누락
- 시스템의 일부분만 고려