

# 한국원자력학회 추계학술발표회 및 워크숍

원전 화재 방호 기술현안 규제

2015. 10. 28~30

# 광역화재 대응전략 평가 및 국내 대응방안 필요성

2015. 10. 28



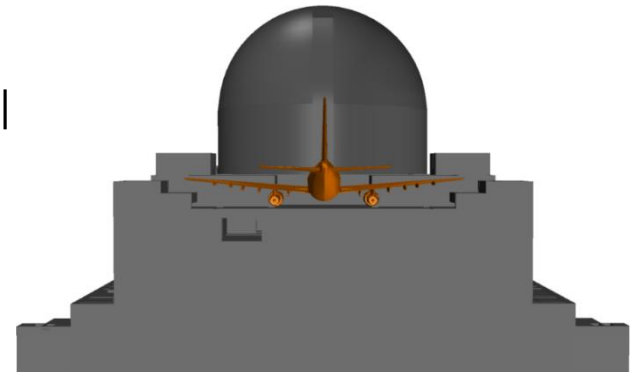
# 목차

- 개요
- 현황
- 미 NRC 평가 방법론
- 해외원전평가 및 대응설계
- 국내 대응방안 필요성

# 개요

- 기존 원전화재방호는 단일 방화구역의 화재사고 시 원자로안전정지 기능 유지를 목적으로 함
- 광역화재 : 원자력발전소 대구역상실을 초래하는 설계기준초과사고
- 대구역상실(LOLAs; Loss of Large Areas)
  - 대형화재 또는 폭발에 의한 발전소의 광역 손상상태
- 9.11테러와 같은 인위적 재해 또는 후쿠시마 지진과 같은 대형 자연재해는 설계기준을 초과하는 대형화재를 유발함
- 대형 화재는 원자력발전소의 대구역상실을 초래하는 위협요인
- 국내 안보상황과 테러위협을 고려한 인위적 또는 대형 자연재해로 인한 원전 광역화재 대응방안개발 필요
- 국내 광역화재 대응방안개발은 국내 원전의 안전성을 향상 시키며 해외 원전 수주 경쟁력을 확보할 수 있음

- 미국 NRC 광역화재 관련 기준
  - 9.11테러 이후 원전에서 발생하는 대형화재 또는 폭발에 의한 대응지침을 개발
  - LOLAs(Loss of Large Areas)
    - 10 CFR 50.52(hh)(2) : 대구역상실사고 대응전략 개발 요구
    - SRP 19.4 : 대구역상실사고 평가지침 제시
    - NEI 06-12 : Phase 2 and 3 전략에 대한 세부지침 제공
  - AIA(Aircraft Impact Assessment)
    - 10 CFR 50.150 : AIA 관련 허용 기준 제시
    - R.G 1.217 : NEI 07-13, Rev.8 방법론 허용
    - SRP 19.5 : 항공기 충돌 영향 평가 심사지침 제시
    - NEI 07-13 : AIA 평가방법론 제공



- 국내 광역화재 관련 현황
  - 광역화재 관련 국내기준 부재
  - BNPP, NRC DC 등 해외원전에 미국 규제지침을 적용한 대구역상실 (Loss of Large Areas; LOLAs) 평가와 항공기 충돌영향평가(Aircraft Impact Assessment; AIA)를 수행하여 방호 설계개선과 대응전략을 개발하고 있음
    - LOLA 및 AIA 평가 관련 사항은 10 CFR 2.390 에 의해 "Security Sensitive Information"으로 분류 됨
    - 관련 내용의 일반 공개에 제약이 있음
  - 국내 건설원전은 신고리 5,6호기 부터 AIA를 적용함
    - NEI 07-13 방법론
    - 국내 AIA 관련 보안 규정이 마련 되어 있지 않음



- 대구역상실사고(LOLA) 평가
  - NEI 06-12, Rev.3
    - B.5.b Phase 2 & 3 Submittal Guideline
    - NRC guidance document "Developing Mitigating Strategies/Guidance for Nuclear Power Plants to Respond to Loss of Large Areas of the Plant in Accordance with B.5.b of the February 25, 2002, Order" dated February 25, 2005 (Safeguards Information ; SGI)
    - B.5.b의 Three Phase 접근법
      - Phase 1 Enhanced fire fighting capabilities
      - Phase 2 Measures to mitigate damage to fuel in the spent fuel pool
      - Phase 3 Measures to mitigate damage to fuel in the reactor vessel and to minimize radiological release
  - Phase 1 : 화재진압능력 강화
    - Safeguards Information
    - SRP 19.4, "STRATEGIES AND GUIDANCE TO ADDRESS LOSS OF LARGE AREAS OF THE PLANT DUE TO EXPLOSIONS AND FIRES"
    - 화재방호 프로그램 및 장비활용
    - 최적의 초기대응
    - 분석결과의 활용

- 대구역상실사고(LOLA) 평가
  - Phase 2 : 사용후연료저장조 핵연료 손상 완화
    - 내부 냉각수 충수 전략
      - Normal SFP Makeup 외 최소 SFP 500gpm 충수 기능 확보
      - 운전원 조치를 고려한 "Diverse"개념 적용
    - 외부 냉각수 충수 및 살수 전략
      - 최소 500gpm 충수 및 최소 200gpm 살수
      - 외부 수원 및 펌프 활용
    - Site Specific SFP 충수 전략
    - SFP Leakage Control 전략



- 대구역상실사고(LOLA) 평가
  - Phase 3 : 원자로 핵연료손상완화 및 방사능유출 최소화
    - LOLA 평가를 위한 주요 가정사항
      - 전출력 운전
      - 전력분배계통 상실 가정 - 소내 모든 AC, DC 불능
      - 최소의 운전원 가정 - 주말 야간 근무
    - PWR 주요 안전기능 유지능력평가
      - 원자로냉각재계통(RCS) 재고량 유지
      - RCS 잔열 제거
      - 원자로건물 격리
      - 원자로건물 건전성 유지
      - 방사성물질 누출방지

- 대구역상실사고(LOLA) 평가

- Phase 3 : 원자로 핵연료손상완화 및 방사능유출 최소화

- 주요 안전기능계통 물리적 분리 적절성평가

- 최소 100yard (91.44m) 이격

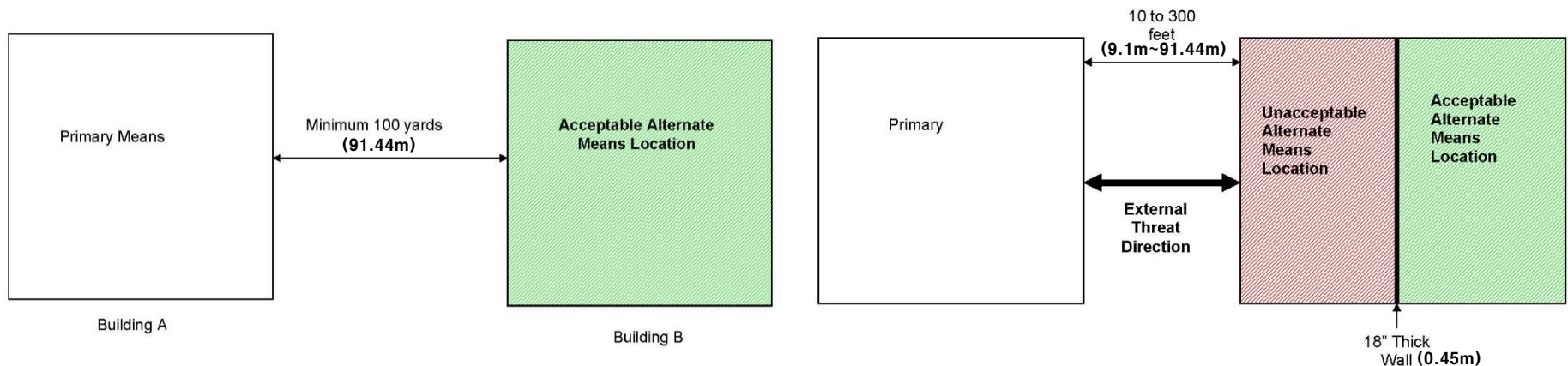
- 18inch (0.45m) 벽체의 방호 성능 허용

- Two-Barrier Option 적용

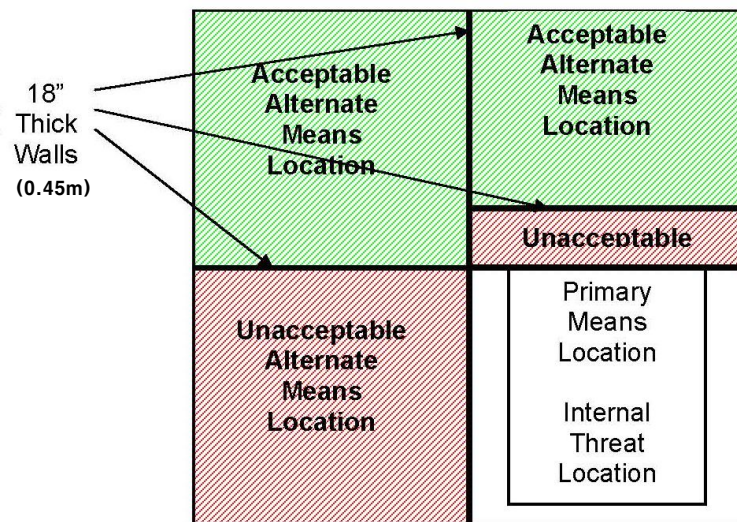
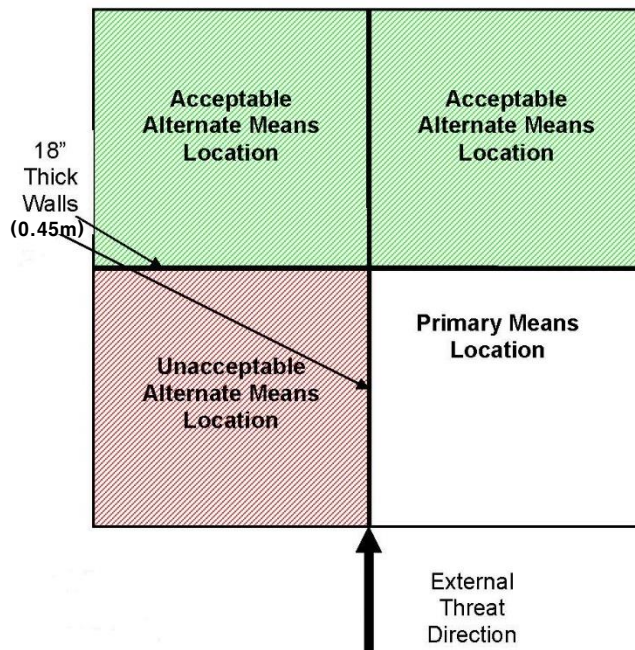
- Cable의 Elevation 분리 필요

- » Primary means과 같은 Level의 Cable 상실

- » Primary means의 상부 또는 하부 지역의 Cable 상실



- 대구역상실사고(LOLA) 평가
  - Phase 3 : 원자로 핵연료손상완화 및 방사능유출 최소화
    - 주요 안전기능계통 물리적 분리 적절성평가



- 대구역상실사고(LOLA) 평가
  - Phase 3 : 원자로 핵연료손상완화 및 방사능유출 최소화
    - 지휘 통제 기능 강화
      - 소내-소외 통신기능 강화
      - 비상 대응조직 소집
      - 초기 대응 전략 수행
      - 초기 손상 평가
    - PWR 완화전략 강화
      - IRWST 충수 전략
      - 증기발생기 수동 감압 전략
      - 터빈구동보조급수펌프 수동작동 전략
      - 이동형 펌프를 이용한 증기발생기 감압 전략
      - 보조급수저장탱크 충수 전략
      - 이동형 펌프를 이용한 원자로 침수 전략
      - 방사능 물질 누출 완화를 위한 이동형 살수 전략



# NRC 평가방법론

- 항공기충돌영향평가

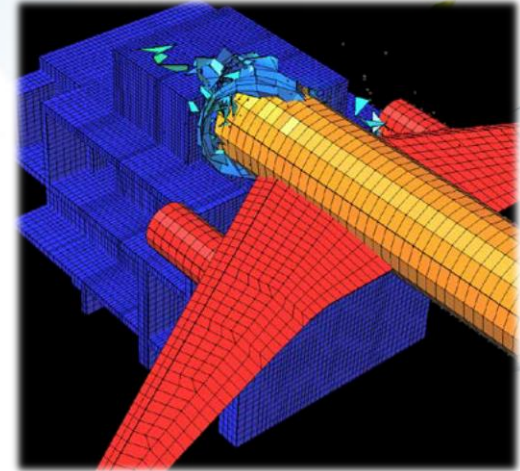
- NEI 07-13, Rev.8

- 허용기준

- 노심냉각 또는 원자로건물 건전성 유지
    - 사용후연료저장조 건전성 또는 냉각기능 유지

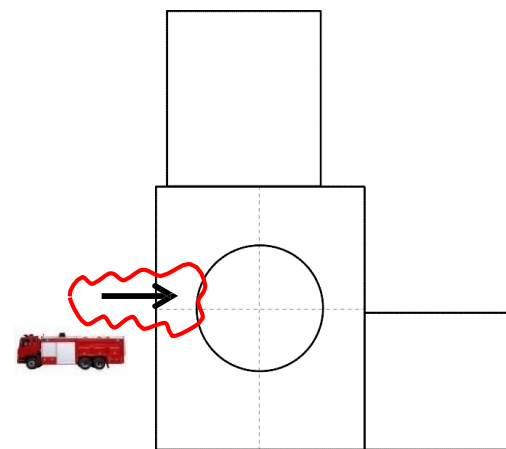
- 평가방법론

- 충돌대상 건물 정의
      - 안전정지관련 기기의 위치
      - 항공기에 대한 장애물
    - 대상 건물의 출동지점 정의
      - Shock Only 평가
      - 물리적, 화재전파, 충격 손상 평가



# 해외원전평가 및 대응설계

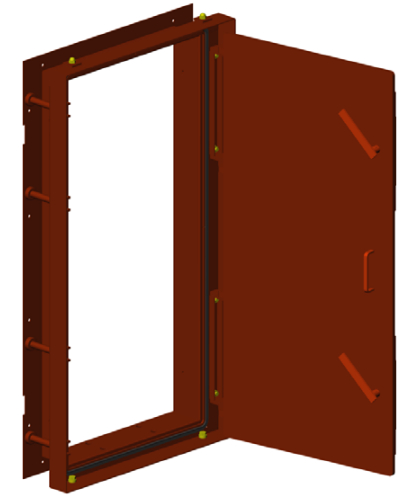
- 대구역상실사고 대응전략수립 및 수행
  - PWR 대응전략 개발
    - IRWST 충수 전략
    - 증기발생기 수동 감압 전략(재고량 유지)
    - 터빈구동보조급수펌프 수동 운전 전략
    - 이동형 펌프를 이용한 증기발생기 수동 감압 전략
    - 보조급수저장탱크 충수 전략
    - 이동형 펌프를 이용한 원자로건물 침수 전략 (Reactor Cavity Flooding)
    - 원자로건물 살수 전략
  - 대응전략 수행
    - 후쿠시마 후속설계 활용
    - 이동형 장비 및 외부 저장소
      - 이동형 펌프, 이동형 배터리, 이동형 호스 등
    - 전원(Power) 독립성 확보
    - Extensive Damage Mitigation Guidelines (EDMGs) 개발





# 해외원전평가 및 대응설계

- 항공기충돌사고 대응설계
  - 주요타격예상지점:원자로건물, 보조건물
  - 항공기충돌에 의한 구조물 건전성 확보
    - 외벽 강화
    - 방화문 및 방화댐퍼
    - Shock Mount System
    - 외부관통부 비산물 방호
  - 최소 1계열의 안전정지계통 생존
    - 내부 물리적 손상 최소화
    - 충격에 의한 기기의 손상 방지
    - 내부 화재전파 방지



# 국내 대응전략 필요성

- 기술 경쟁력 확보
  - 해외자문의 한계
  - 유럽기준을 포괄할 수 있는 전략 필요
  - 방호설계 및 대응방안의 타당성을 입증 할 수 있는 Basis 확보
- 국내 환경을 고려한 대응방안 필요
  - Multi-Unit Site 고려
  - 국내 원전 설계특성고려
  - 국가 재난 대응 전략 연계



# 국내 대응방안 필요성

- 광역화재 범주설정 및 영향분석 방법론 개발
  - 광역화재 범주 설정 및 대응방안 개발
    - 인위적 재해요인(항공기충돌, 테러 위협 등)을 고려한 광역화재 방호 대응방안
    - 자연적 재해요인(지진 등)을 고려한 광역화재 방호 대응방안
    - 복합적 재해요인(자연 및 인위적 화재)을 고려한 광역화재 방호 대응방안
  - 복합재해 기인 광역화재 영향평가 방법론 개발
    - 광역화재 시 발전소 단기 및 장기 냉각 성공기준
      - 노심냉각, 사용후연료저장조 냉각, 원자로건물 건전성
    - 항공기충돌에 기인한 광역화재 평가방법론
      - 안전성관련 건물 화재 (Power Block)
      - 기타 안전성관련 건물 화재 (Yard)
      - 가압화재 전파특성 평가
    - 지진 및 테러 위협에 기인한 광역화재 평가 방법론

# 국내 대응방안 필요성

- 지진 및 화재(복합재해) 대응방안
  - 복합재해 다중사고 시 대처능력 평가방법론 개발
    - 광역화재 범주별 대표적 사고 시나리오
    - 발전소 안전정지 및 장기 노심냉각 전략
    - 광역화재에 기인한 방사선 영향평가
  - 발전소 대구역손상 시 대처설비 요건 개발
    - 광역화재 진압 설비, 소화수 및 이동설비 요건
    - 장기 노심냉각 및 사용후연료저장조 냉각 설비 요건
    - 원자로건물 건전성 유지 및 방사능 누출 최소화 설비 요건

# 국내 대응방안 필요성

- 광역화재 지휘통제 및 대응방안 지침 개발
  - 광역화재 대응전략개발 지침서 개발
    - Site Specific EDMG 개발을 위한 Guideline
  - 광역화재 및 발전소 대구역손상 시 대응방안
    - 1단계 화재진압
    - 2단계 노심냉각 및 SFP냉각
    - 3단계 방사선 오염 및 환경누출 최소화
  - 항공기충돌 시 발전소 비상대응 절차
    - 관련 절차의 개발 및 기존 절차서와 연계 필요



경청해 주셔서 감사합니다.