

한국원자력학회 2020 추계학술대회

핵심구역 방호규제 정비

(Vital Area Identification in a NPP and Regulatory Revision)



이정호

목 차

01 개요

02 핵심구역 (재)설정(설정 절차 및 재설정 심사과정)

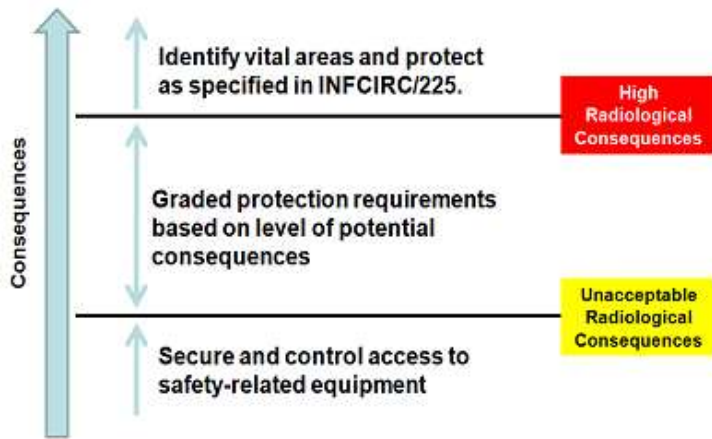
03 핵심구역 재설정 후속조치(법, 설계기준, 방호조치 적용)

04 향후 과제

개 요

■ 핵심구역이란?

- (방사능방재법) **사보타주**로 인하여 **직접 또는 간접적으로 회복할 수 없는 방사선영향**을 발생시킬 수 있는 구역
- (INFCIRC/225) 5.20. 고방사선영향을 일으킬 수 있는 양의 핵물질과 고방사선영향을 방지하기 위하여 필요한 최소한의 기기, 장비 및 설비 등은 핵심구역 내에 위치해야 한다. 핵심구역은 방호구역 내에 위치해야 한다.



IAEA NSS No.13의 사보타주 규제기준

구분	방호수준	
	국제기준	방호방재법
HRC	핵심구역 적용	핵심구역 적용
URC	사보타주 요건	사보타주 요건
	적절한 수준	등급III방호요건

URC: Unacceptable Radiological Consequence
(수용할 수 없는 방사선영향)

HRC: High Radiological Consequence
(회복할 수 없는 방사선 영향)

핵심구역 방호규제

- 핵심구역 설정

- (IPPAS 후속조치) 물리적방호 전주기(설계/건설/운영) 인허가 체제 기반 확보의 일환으로써 핵심구역 설정에 대한 규제 필요
- 원안위 핵심구역 방호 재정비 시정요구
 - ✓ 핵심구역 재설정(방재환경과-2236, '15.11)
 - ✓ 핵심구역 출입절차 개선(방재환경과-2072, '15.11)

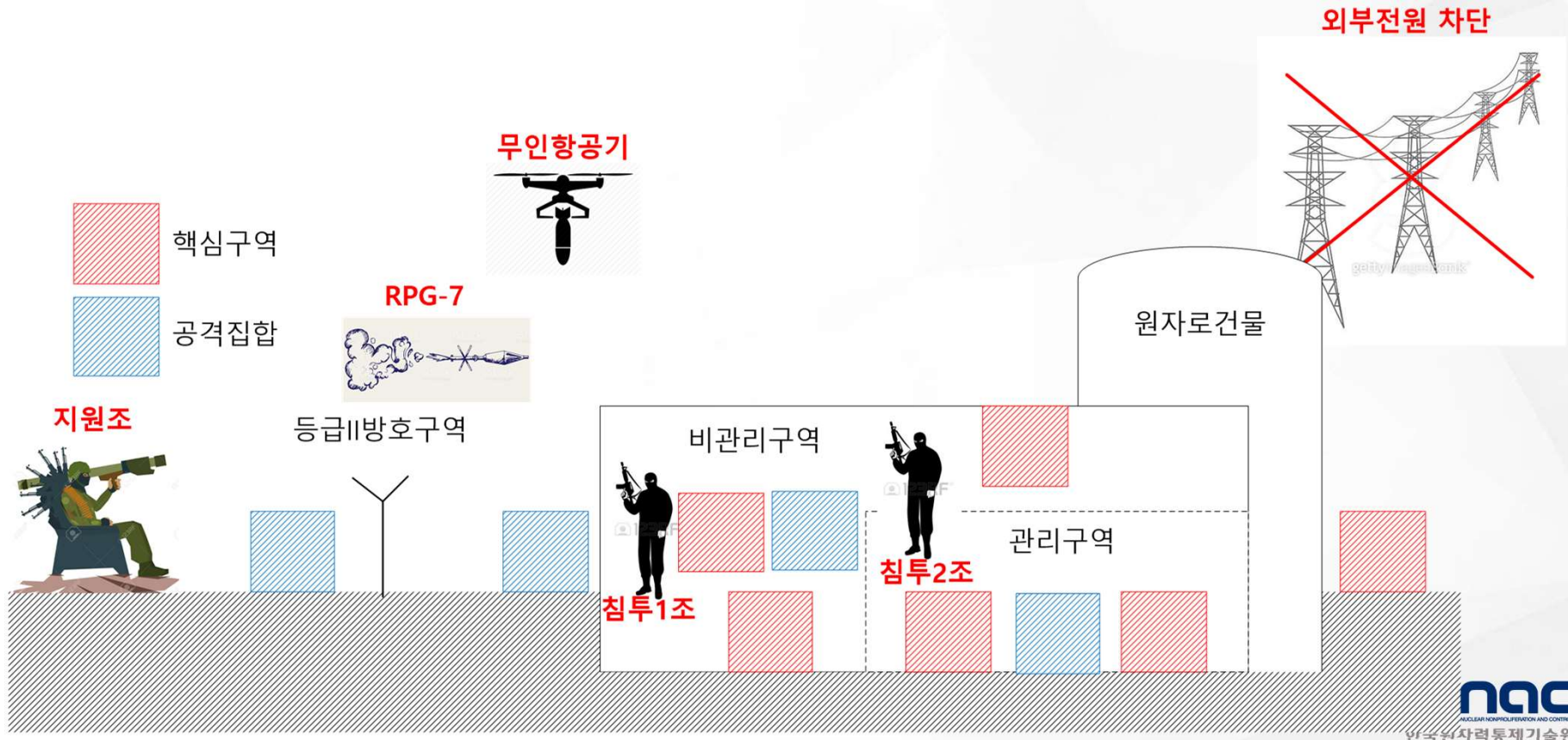
- 핵심구역 방호요건(방사능방재법 별표2)

- 핵심구역의 불법침입에 대하여 탐지체계, 경보기능 및 방호설비를 갖출 것
- 핵심구역내의 접근 및 출입구는 최소한으로 유지할 것
- 핵심구역으로의 출입은 최소화하고, 단독출입이 승인되지 않은 사람에 대해서는 단독출입이 승인된 사람이 동행할 것
- 핵심구역에 출입하는 사람, 차량 및 반출입되는 물품을 검색할 것
- 핵심구역은 일반통행로와 격리시키고 추가적인 방호조치를 적용할 것
- 핵심구역내에 개인차량의 출입을 금지할 것
- 핵심구역내에 운전정지 및 유지보수기간 중에 방호조치를 철저히 취할 것

핵심구역 설정

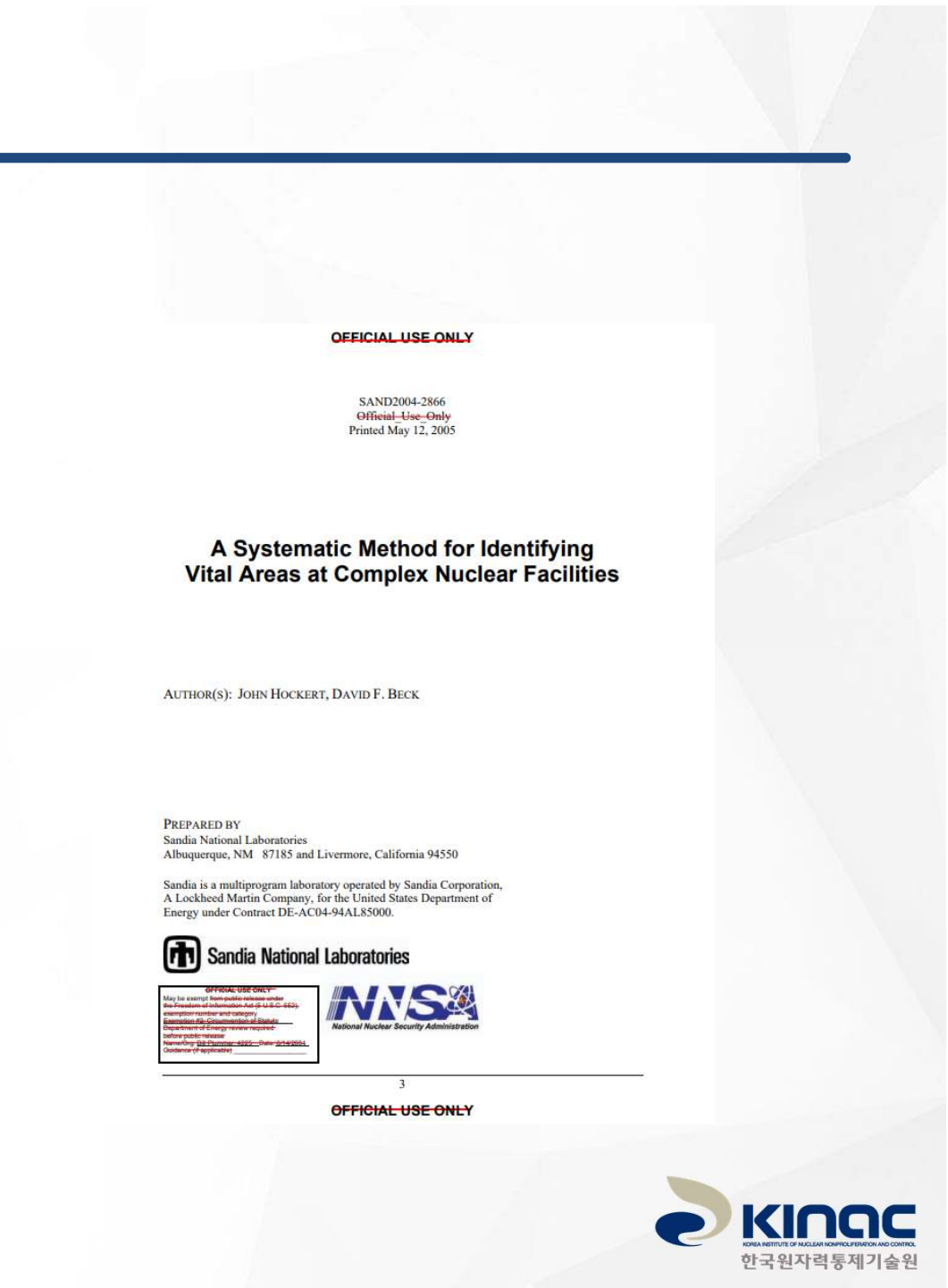
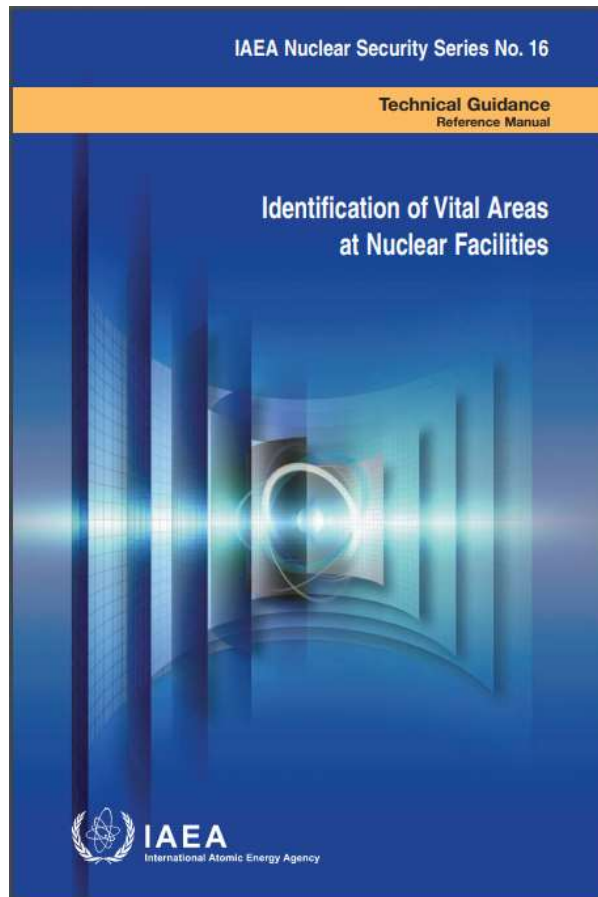
핵심구역 설정 관련 주요 개념

- 설계기준위협외의 위협 능력
- 공격목표집합: 기능이 상실되었을 때 노심손상을 일으킬 수 있는 격실 조합
- 핵심구역: 노심손상을 방지하기 위하여 방어해야하는 격실 조합



핵심구역 설정

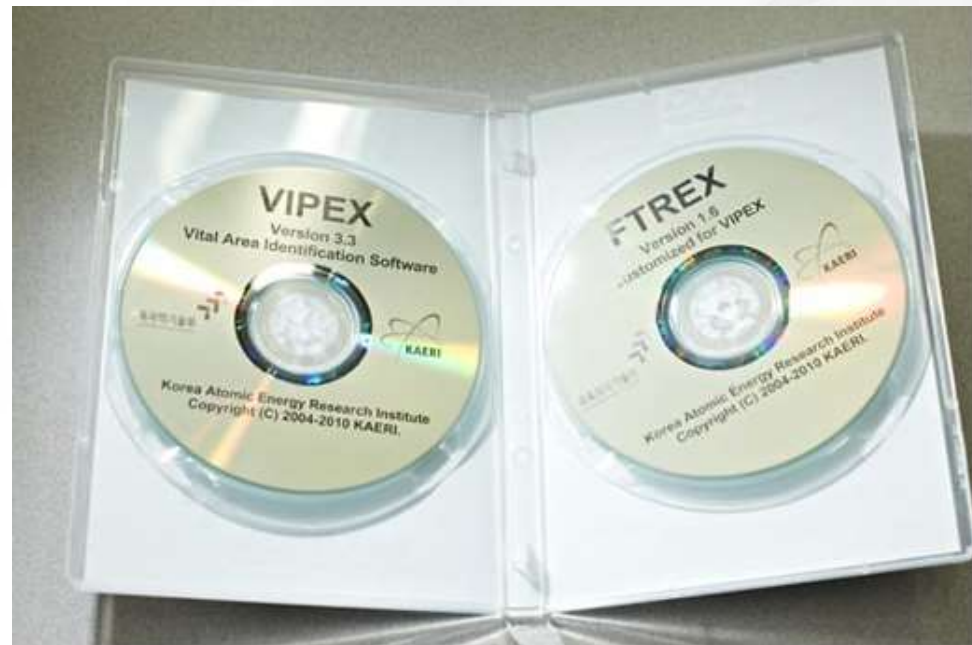
■ 핵심구역 설정 참고자료



핵심구역 설정

▪ VIPEX: 원자력연구원

- RSA 결과를 바탕으로 공격목표집합 및 저지집합을 식별하는 Software 개발
- VIPEX = Fault Tree 편집도구 (User Interface) + FTREX (계산 엔진)
- 교육훈련 목적으로 IAEA에 VIPEX를 기증



※ PSA: Probabilistic Safety Analysis | VIPEX: Vital area Identification Package EXpert

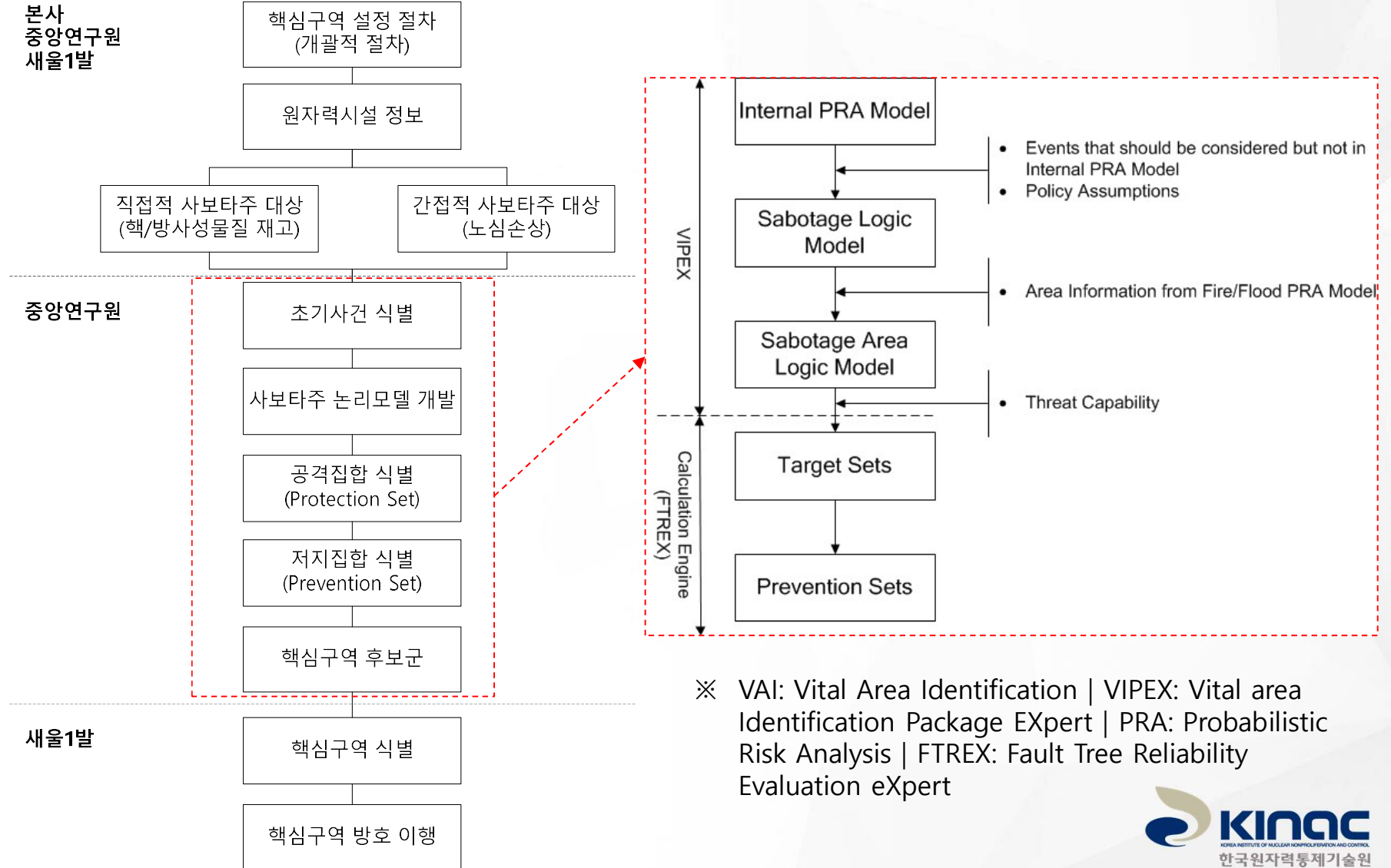
핵심구역 재설정

▪ 핵심구역 재설정 심사 경과

- '12.11월 UAE 원전수출에 따른 원전방호에 대한 산업부 과제 착수
 - '15.11월 원안위 핵심구역 방호규제 정비 정책 결정
 - '15.12월 한수원 핵심구역 재설정 추진계획 제출
 - '16. 3월 핵심구역 재설정을 위한 자문위원회(5명) 구성
 - '16. 6월 새울1발(APR-1400) 재설정 결과 및 운영방안 제출
 - '16.11월 고리3발(OPR-1000) 재설정 결과 및 운영방안 제출
 - '17. 5월 KINAC 새울1발 재설정 결과에 대한 심사결과 제출
 - '17. 7월 APR-1400 핵심구역 재설정 결과 승인(원자력통제과-913)
 - '17.11월 한수원 중수로 재설정 결과 및 운영방안 제출
 - '17.12월 KINAC 고리3발 재설정 결과에 대한 심사결과 제출
 - '18. 5월 OPR-1000(고리3발) 핵심구역 재설정 결과 승인(원자력통제과-650)
 - '19년~20년 기타 OPR-1000 노형에 대한 심사 완료
- ※ 현재 기타 중수로에 대한 심사 추진 중

핵심구역 재설정

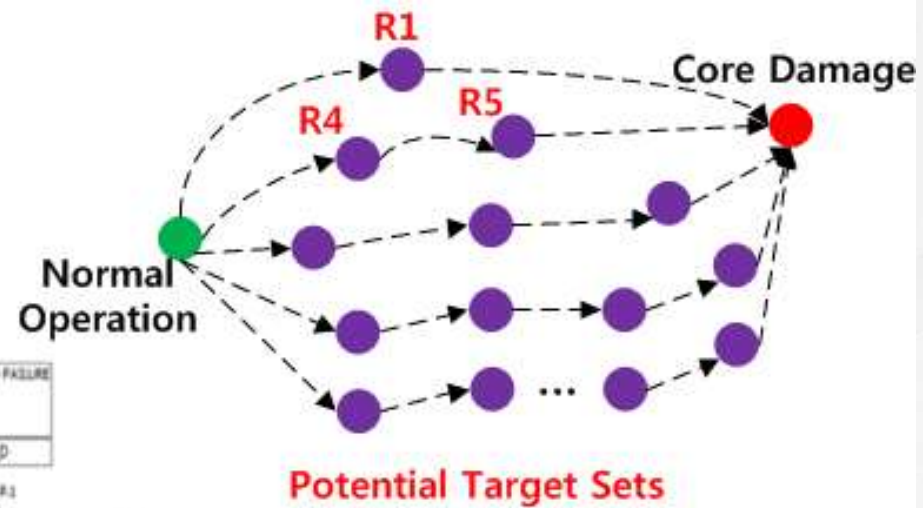
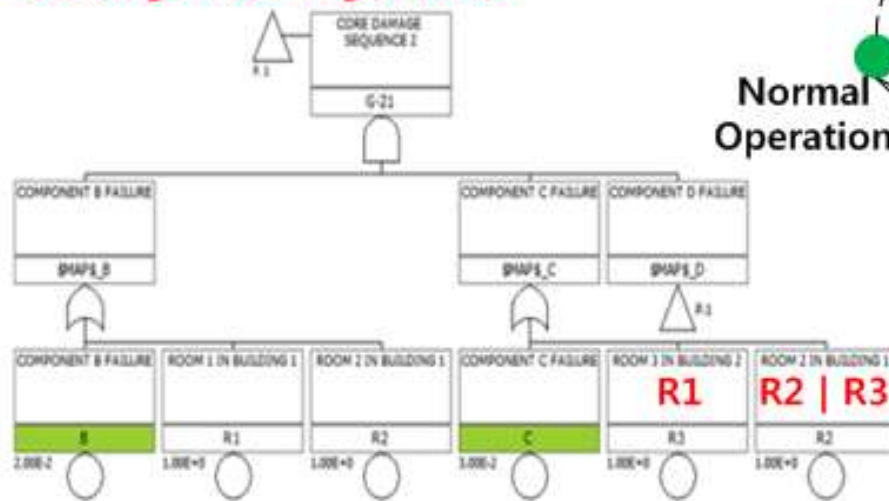
■ 핵심구역 설정 절차



핵심구역 재설정

핵심구역 설정 절차

Sabotage Area Logic Model



Potential Target Sets

$$CD = (R1) + (R4 * R5) + \dots + (R9 * R10 * R11) + \dots$$

Target Sets (under threat capability)

$$CD = (R1) + (R4 * R5) + (R4 * R7) + \dots + (R8 * R9)$$

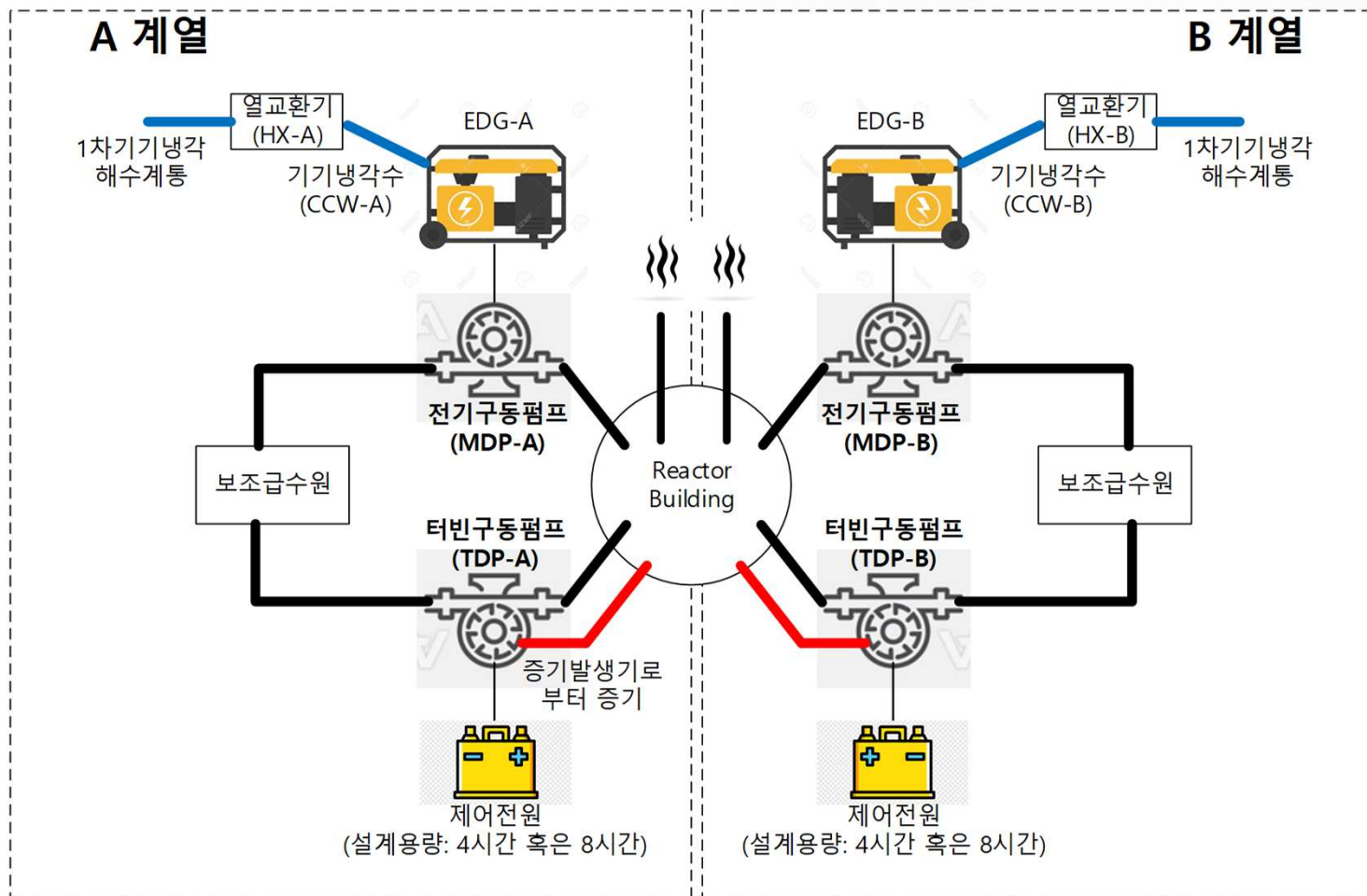
Prevention Sets

$$CD = (R1) * (R4 + R5) * \dots * (R8 * R9)$$

← 드모르간의 법칙

핵심구역 재설정

- 공격목표집합과 저지집합



핵심구역 재설정

■ 핵심구역 재설정 심사 과정: APR-1400

➤ 한수원 핵심구역 재설정 최초 보고서

- ✓ (중앙연) **35개 격실**을 핵심구역으로 분석
- ✓ (서울1발) **14개 격실**을 방호조치 어려움을 근거로 **제외**하고 **21개 격실**을 핵심구역으로 재설정하여 제출

➤ 핵심구역 재설정 심사 과정

- ✓ 사보타주 논리모델을 만드는 과정에서 내부사건PSA의 기기의 Random Failure가 완전히 배제되지 않음
- ✓ 한수원에서는 1대의 증기발생기로 2차측 TDP(Turbin Driven Pump)를 이용하여 노심의 열을 제거한다는 대응전략을 수립하고 이를 바탕으로 사보타주 논리모델을 재개발
- ✓ 14개 격실을 핵심구역으로 재설정

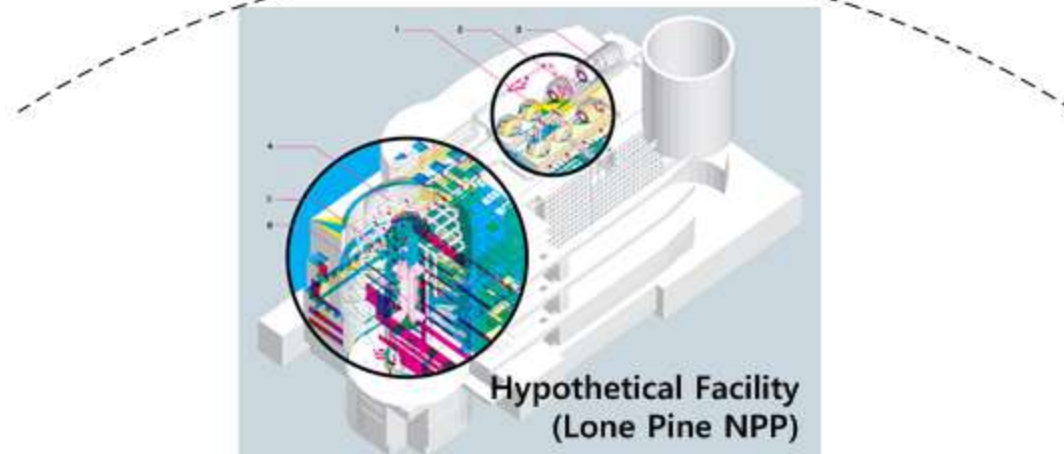
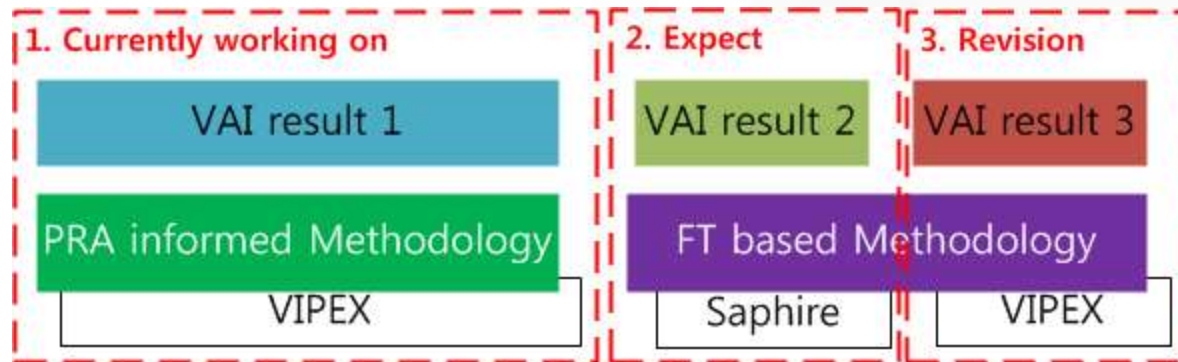
➤ 핵심구역 현장방문

- ✓ 핵심구역 현장답사 시 일부 배관이 누락된 것을 발견
- ✓ 한수원은 배관 설치 2개 격실을 추가하여 총 **16개 핵심구역**으로 설정

핵심구역 재설정

■ 핵심구역 재설정 심사 결과의 검증

- PCG AS-13(핵심구역 식별에 대한 한미 협력과제) 추진
- 가상 원자력시설을 기반으로 미국 방법론을 활용한 핵심구역 식별 결과 확인
- **핵심구역 설정 교육과정 개발: VIPEX + 가상원자력시설 (INSA만의 교육과정)**



핵심구역 재설정 후속조치

- **핵심구역 재설정 후속조치: 핵심구역 설정을 위한 법제도 정비**
 - **사보타주 방호요건 정비: 수용할 수 없는, 회복할 수 없는 방사선영향**
 - **핵심구역 설정에 대한 규제 근거 마련 필요**
 - ✓ 공격목표집합을 규제할 수 있도록!
 - ✓ 핵심구역은 등급II방호구역에 위치하여야 한다.
 - ※ **참고: 미국의 핵심구역 관련 법제도(핵심구역 보다 공격목표집합을 중점 규제)**
 - **공격목표집합(10CFR73.55 (f))**
 - ✓ 공격목표집합 식별 절차와 방법 수립
 - ✓ 공격목표집합을 식별할 때 사이버 공격 고려
 - ✓ 방호구역/핵심구역에 포함되지 않은 공격목표집합에 대한 방호전략 수립
 - ✓ 공격목표집합에 대한 관리절차 수립
 - **최소한의 핵심구역(10CFR73.55 (v))**
 - ✓ 주제어실, 사용후연료저장조, 중앙통제실, 보조중앙통제실, 보조전원실

핵심구역 재설정 후속조치

- 핵심구역 재설정 후속조치: 핵심구역 방호시설의 설계기준

- 미사일차단시설의 설치 및 설계기준

- Yard Area에 위치한 필수안전설비(공격목표집합)에 대한 방호시설의 설계기준



미 Bellefonte 원전



미 Crystal River 원전

향후 과제

■ 핵심구역 설정 과정의 가정사항에 대한 연구

- 원전 운전상태를 반영한 핵심구역 설정
- 방호비상시 추구해야하는 원전의 안전상태에 대한 정의 (Mission Time)
 - ✓ 위협의 능력과 방호성능에 대한 냉철한 평가가 선행
- 방호비상시 Random Failure와 유지보수 작업에 대한 영향 평가
- 핵심구역에 설치할 수 없는 필수안전설비에 대한 고려
- 방호비상시 복구활동 및 인적오류에 대한 고려
- 핵심구역 후보군(저지집합) 중 핵심구역을 설정할 때 방호 용이성, 효과성, 비용을 평가하는 정량적 방안
- 핵심구역 설정이 안전 및 방재활동에 미치는 영향 평가
- 필수안전설비의 신뢰성을 핵심구역 설정에 반영하는 방안

감사합니다

Question & Answer

