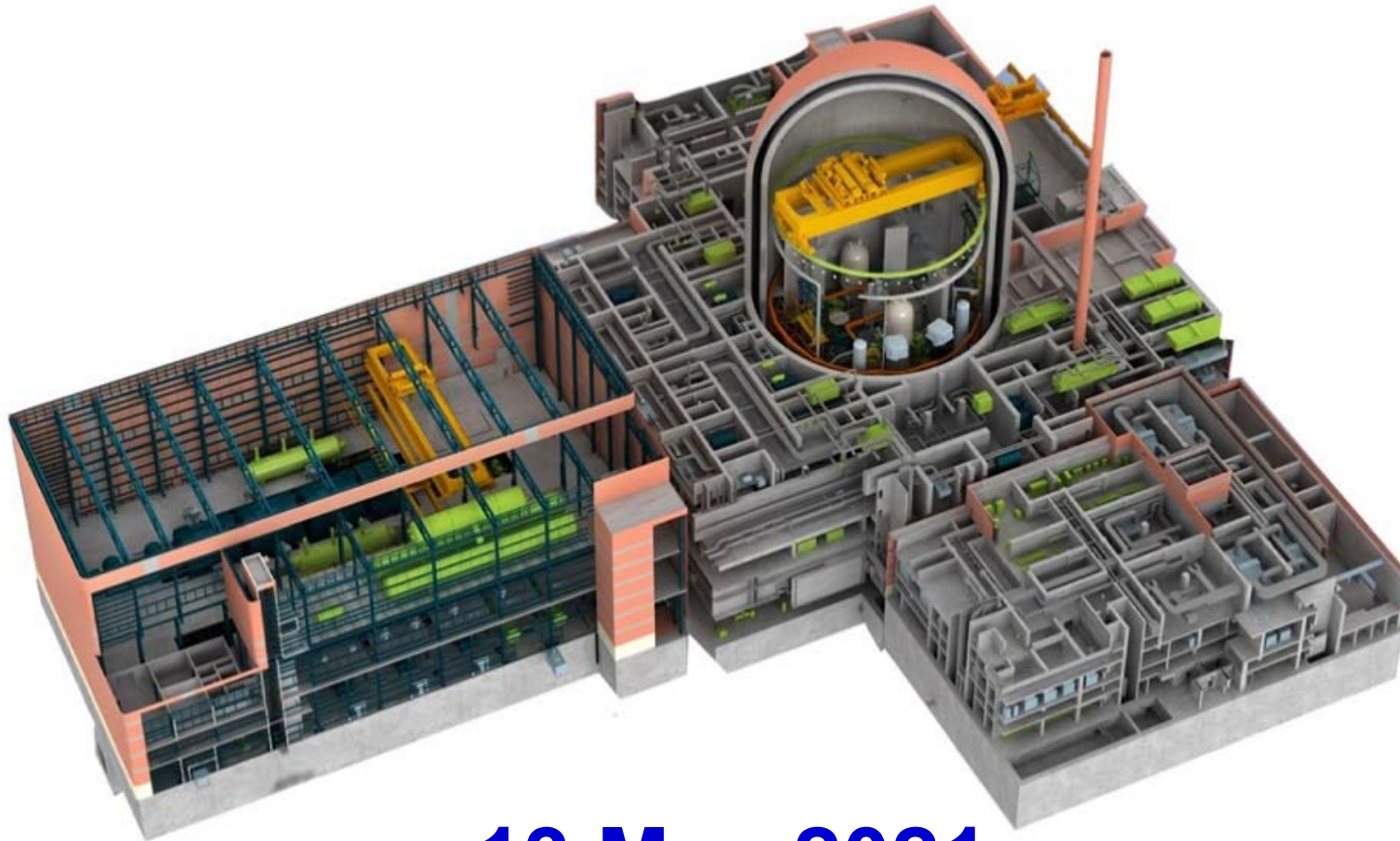


The design effectiveness of safety features of PAFS in APR1000 Level 1 PSA



13 May 2021

2021 춘계 원자력학회 May 13~14

목 차

- I. 개요
- II. APR1000 설계특성
- III. 전출력 내부사건 Level 1 PSA
- IV. 결론 및 향후 계획

I. 개요

● 수행 범위

■ APR1000 표준설계 확률론적 안전성평가 (PSA) 수행 (EUR Ch.2.17)

- Level 1 and Level 2 PSA for internal/external events during all operating modes including spent fuel pool risk assessment

Events	At-Power		LPSD		Remark
	L1	L2	L1	L2	
Internal Events	○	○	○	○	Quantitative analysis
Internal Fire	○	○	○	○	
Internal Flooding	○	○	○	○	
Spent fuel storage	○				
Seismic Events	○	○	○	○	Seismic Margin Analysis(Ch.2.4.5)
Other Internal Hazards	△				Qualitative analysis
Other External Hazards	N/A				Ch. 2.17.6 A1

△) Qualitative approach based on design requirements, engineering judgement or reference plant information

I. 개요

● 수행 목적

- 안전성향상 방안을 제시하여 설계지원 (Risk-Informed Design)
- EUR Rev.E 요건 충족 (Probabilistic safety Target) (EUR Ch.2.1)
 - Cumulative CDF lower than 10^{-5} / RY
 - Cumulative frequency exceeding CLI lower than 10^{-6} / RY
 - Avoidance of Cliff Edge Effect
- 실질적 배제 (Practical Elimination, PE) 요건충족
 - 해당요건 : IAEA, EUR Rev.E 2.1
 - INSAG-12 (1999) → NS-G-1.10 (2004) → SSR-2/1 (2016) → TECDOC-1791 (2016)
 - 사건 발생이 물리적으로 불가능하거나 높은 신뢰도를 가지고 발생 빈도가 극히 희박하여야 함
 - 발전소 제어상태 회복 및 격납기능 보장으로 조기/대량 방출 가능성을 실질적으로 배제

II. APR1000 설계특성

- Level 1 PSA에 반영된 APR1000 설계특성

항목	계통명	구 성
Primary System	RCS	2 SGs, 2 Hot Legs, 4 Cold Legs, 4 RCPs
	POSRV (PZR)	3
Safety System	Safety Injection System (SI)	4 trains (Via DVI)
	Safety Injection Tank (SIT)	4 trains (Via DVI)
	Shutdown Cooling/ Containment Spray System (SC/CS)	4 trains
	IRWST	1
Secondary System	Aux. Feedwater System (AFWS)	1 PAFS and 1 AAP per SG (Total 2/2)
	Main Steam Line (MS)	2 per SG (Total 4)
	MSSV	8 per SG (Total 16)
	MSADV (MSPOSRV)	2 per SG (Total 4)
	TBV	8
Electrical System	Class 1E 4.16kV Switchgear	4 trains
	EDG	4
	AAC Diesel Generator	1
Supporting System	ECW, CCW, ESW, HVAC	4 trains

II. APR1000 설계특성

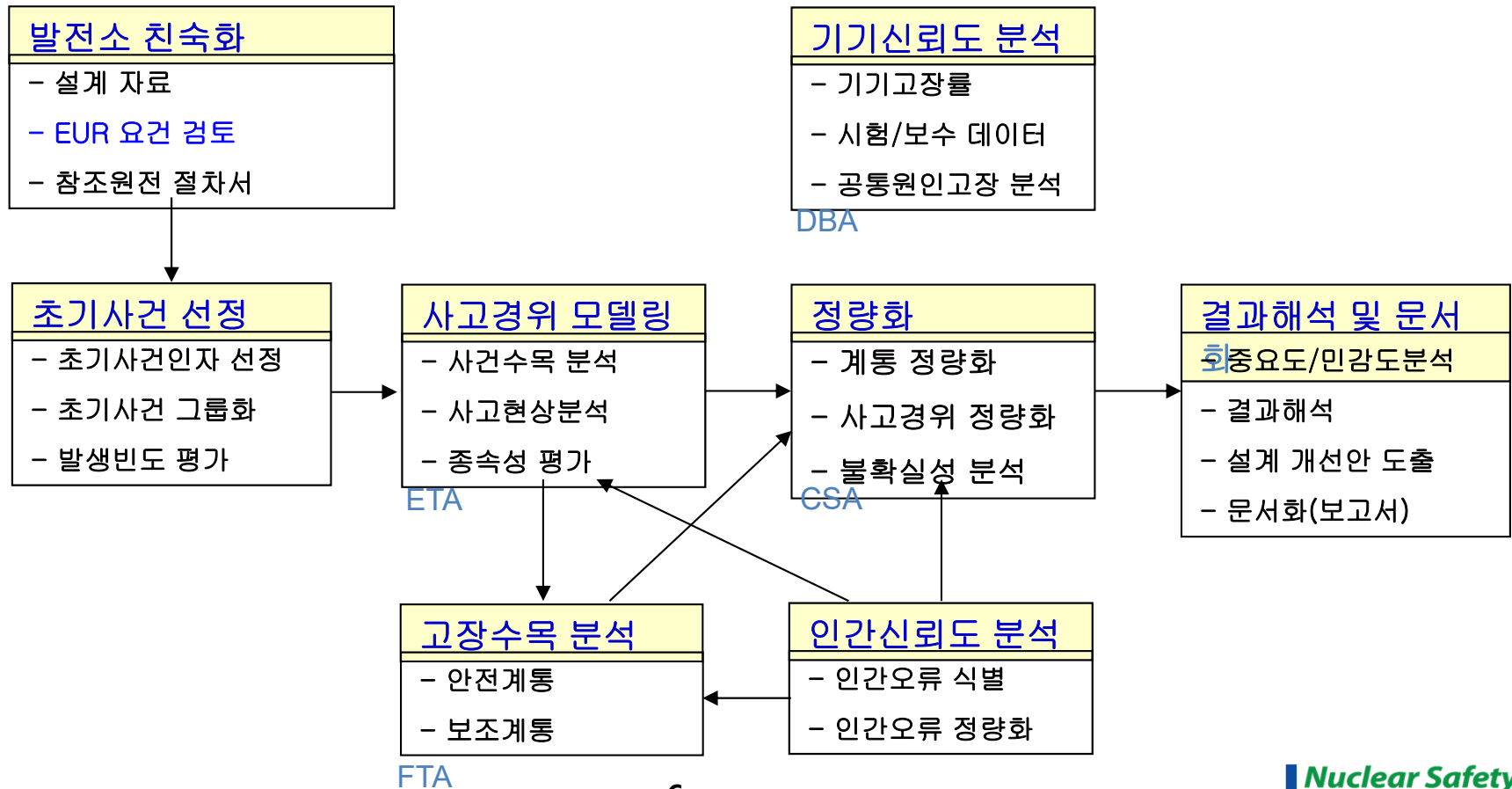
- 2차측 열제거 계통 특성 (PAFS, 피동보조급수계통)

- 발전소 정전사고시 대체교류전원이 공급되지 않아 모든 교류전원 상실시 노심붕괴열 제거를 위하여 PAFS (Passive Auxiliary Feedwater System) 이용
- 증기발생기 저수위 조건에서 피동보조급수 작동신호에 의하여 자동/수동에 의하여 기동
- 각 증기발생기와 연결된 두개의 피동보조급수 유로 중 적어도 하나의 유로를 통해 급수공급
 - 각 피동응축냉각냉크 (PCCT) 당 24시간 이상 열제거가 가능한 water capacity 보유
 - PAFS 응축수공급라인의 이중화 설계

III. 전출력 내부사건 Level 1 PSA

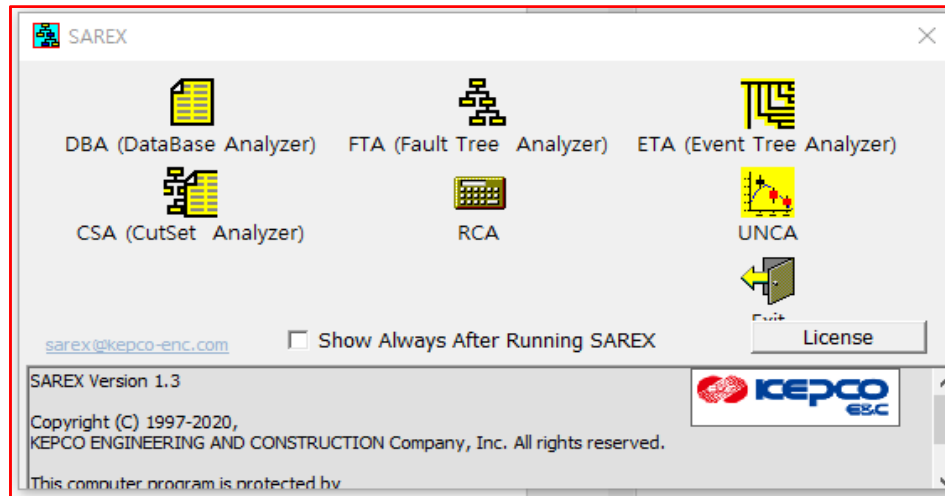
• 방법론

- 논리적(MLD) 및 경험적 (NUREG/CR-5750, 3862) 평가 수행
- 발전소고유분석 (고장수목) 및 일반데이터 (NUREG/CR-6928, 5497) 사용
- 인간신뢰도 분석 (NUREG/CR-1278 방법론 적용)



III. 전출력 내부사건 Level 1 PSA

- APR1000 PSA 모델개발에 사용한 전산코드
- 정량화: **PSA SAREX** (Safety and Reliability Evaluation Expert)
 - Integrated Level 1, 2 PSA Code Package (Quantification Engine: FTREX)



Main Module

- 인간신뢰도 평가: EPRI HRA Calculator
- 성공기준 및 중대사고현상분석: MAAP5
 - T/H analysis for Success Criteria of Level 1 PSA and SA of Level 2 PSA

III. 전출력 내부사건 Level 1 PSA

• PAFS 설계특성에 대한 민감도 분석

- 피동보조급수, 24시간 이상의 급수용량, 응축수 공급라인의 이중화 설계와 관련된 설계특성이 APR1000 리스크 저감에 미치는 영향이 큰 것으로 평가됨

번호	Base Case	민감도 내용	결과 (민감도/Base)
01		AFW-MDPs instead of PAFS	+96%
02	Design features of PAFS - more than 24hours PCC T water capacity - Redundancy of condensa tion line	Design features of PAFS - 8hours PCCT water capacity - Redundancy of condensation line	+11%
03		Design features of PAFS - more than 24hours PCCT water capacity - No Redundancy of condensation line	+129%

IV. 결론 및 향후 계획

- EUR_Rev.E 요건에 따른 APR1000 PSA 평가방법 검토
- 전출력 내부사건 Level 1 PSA 민감도 분석결과
 - PAFS의 설계 특성 (피동보조급수, PCCT 용량 증가, 응축수공급 라인 이중화)이 APR1000 리스크 저감에 효과적으로 평가됨)
- 향후 계획
 - Risk Insights 및 안전성 향상 방안 도출에 의한 리스크 저감
 - 중대사고완화계통 설계특성 및 MAAP 고유분석결과 반영을 통한 Level 2 PSA 모델 개발을 수행
 - EUR_Rev.E 및 TECDOC-1791 요건에 따른 중대사고 현상에 대한 실질적배제 (PE, Practical Elimination) Safety Target 만족여부 평가



Thank you
THANK YOU

kjg@kepcO-enc.com