

중대사고 현상규명 및 대처체계 구축 로드맵 작성

- 일차계통 거동 분과 -

2022.5.18, 제주컨벤션센터, 춘계원자력학회

강준영, 김동하, 김병조, 김상백, 김상호, 김성일, 손동건, 박래준, 박재환, 배준호*,
안상모, 안광일, 이윤희, 임국희, 정재훈, 정용훈, 정범진, 조용진, 최유정, 하광순

CONTENTS



- ❖ 배경
- ❖ 2차 로드맵 추진 경과
- ❖ 연구수행 현황
- ❖ 지식수준 및 중요도 변화
- ❖ 보고서 목차
- ❖ 마무리

- ❑ 원자력안전법 개정·공포(2015.6.22) 및 사고관리계획서 제출 (2019.6.)
 - 중대사고시 방사성물질 방출에 관한 현상 규명 및 저감방안 개발 시급
- ❑ 2016년 한국원자력학회에서 “중대사고 현상규명 및 대처체계 구축 로드맵 보고서 ” 를 발간함
 - 2021년 현재 시점에서 업데이트된 연구개발 결과를 바탕으로 보고서를 개정할 필요성
 - 기존 보고서에 포함되지 않은 SMR 설계에서 중대사고 이슈에 대한 분석 및 평가 수행
- ❑ 2016년도 로드맵 작성과 동일하게 3개의 분과로 나누어 운영
 - 일차계통 거동, 격납건물 거동, 핵분열생성물 거동

일차계통 거동 분과 전문위원 구성

- 일차계통 거동 분과의 전문위원
 - 총 18인의 산·학·연 전문가로 구성

구분	소속	이름	인원
학계	경희대학교	정범진	3
	한국과학기술원	정용훈	
	한양대학교	김동하	
산업계	한국수력원자력	최유정, 박재환	3
	(주)한전기술	김병조	
연구기관	한국원자력연구원	배준호, 강준영, 김상백, 김상호, 박래준, 손동건, 안상모, 안광일, 정재훈	9
규제기관	한국원자력안전기술원	임국희, 조용진, 이윤희	3

추진 경과

<총괄 회의>

2021.08.03 : 착수 회의
2021.09.03 : 1차 회의

·
·
·

2021.04.26 : 8차 회의

- 총 9차 회의:
 - 분과별 진행 내용 공유
 - 향후 진행 방향 정립

<일차계통 거동 분과 회의>

2021.8.22.

- 연구수행 현황 조사

2021.10.1.

- 지식수준 및 중요도에 대한 재평가 의견제출

2021.10.20.

- 2021 KNS 추계 워크숍

2021.11.30.

- 1차 분과회의 (KINS 회의실, 15명 참석)
 - 연구수행현황 공유
 - 개정 보고서 목차 선정

2022.1.21.

- 개정 보고서 1차 취합
- 분과위원 회람

2022.2.10.

- 주요 관점별 중요도 및 지식수준 의견취합

2022.2.21.

- 2차 분과회의 (KINS 회의실, 12명 참석)
 - 개정 보고서 바탕으로 중요도 및 지식수준 의견교환

2022.3.20.

- 개정 보고서 독립 검토

2022.4.30.

- 최종 개정 보고서 제출

1차 로드맵 PIRT 결과 (1/2)



원자로 손상 단계

일차계통 손상 단계	세부 손상 단계	주요 현상	지식 수준/ 중요도*	현안 및 중요성	사고관리 방안	규제관점 중요성	원자로건물 건전성 관점	핵분열생성물 거동 관점
원자로 손상	원자로심 건전성 상실	노심가열 (피복재 산화)	상/중	불괴열, 노심냉각가능성 (재충수), 피복재산화, 산화열	증기발생기냉각온전, 냉각수주입	불괴열 수준 및 FP 발생 평가, 산화열/수소생성량 평가	노심가열속도에 따른 영향	피복재파손, 방출량
		노심용융 (유로 막힘)	중/중	촛농현상 (candling), 유로 막힘	증기발생기냉각온전, 냉각수주입	수소농도 제한, 용융, 재배치 및 재고화에 따른 노심물질구성비	수소연소, 용융물조성비	피복재파손, 방출량
		노심 파편층/ 용융물 형성	중/중	용융물의성장, 용융물 조성 형성, 냉각수로의 FP 용해 및 재증발	증기발생기냉각온전, 냉각수주입, 수소 감시	사용도열의 가정 및 불확실성, 고체파편 및 용융물들 형성 양상, 노심용융진행률 막기 위한 냉각재 주입량, 유역력, 용융물 형성모델검증	수소방출, 용융물 조성 (FCI)	용융물들 온도에 따른 FP 방출
		용융물 냉각가능성	하/중	재임계는 가능성 희박, 유로변형 이후의 충수주입 효과, 일부 건전노 심에 순수물주입시 재임계 가능성	조기외벽냉각조치, 수소감시 및 제어	재충수 냉각효과 및 부작용 (재임계, 수소 및 FP 발생 등) 평가	재충수로 인한 추가적인 수소 생성효과	재충수로인한 FP 제거효과
		용융물 재배치 (이송)	하/중	용융물 재배치전개(시점, 온도), 노 심 용융 및 재배치 지연효과	증기발생기냉각온전, 냉각수주입	하반구에 재배치되는 용융물 형태/질량/ 열하중 평가	노내 증기폭발 여부	없음
	원자로하반구조물 건전성 상실	용융물 냉각가능성	하/상	불확실한 용융물 형성, 불확실한 열전달기제, 재임계조건, 재 임계에 따른 출력증가및 용융가속화	감압, 냉각수 주입, 원자로공 동충수	노내 냉각재에 의한 냉각효과 평가 (용융 물들 상부 및 gap-coding), 재임계가 가능성 평가, 재충수 냉각효과 및 부작용(재임 계, 수소 및 FP 발생 등) 평가	추가적인 수소생성, 저압에서의 증기폭발가능성	재충수로인한 FP 제거효과
		하반구 가열 및 용발 (ablation)	중/상	용융물들 초기형상, 충상화, 자연대류열전달, 열하중집중현상, 용융물충간열전달, 외벽냉각열전달	원자로용기외벽냉각, 용기내냉각수주입	열적파손기준에 따른 외벽냉각전략 성공 가능성 평가		없음
		하반구 파손 모드	중/상	용융물 냉각여부, 외벽냉각 조건에서의 용기파손	감압, 원자로공 동충수	종합적 파손모드를 고려한 하반구 건전성 평가	원자로건물건전성 초기조건 제시(온도/조성/방출물/방출량)	고압파손모드인경우 다량 의 FP추가방출
		고압방출 (HPME)	상/하	적압건물 건전성 위협 여부, 파손크기, 방출량	감압(2MPa이하)	HPME 대처 원화 수단 및 안전등급의 감압설비 구비	원자로건물건전성위협, 수소생성	고압파손모드인경우 다량의 FP추가방출
		상부구조물 파손	상/하	노심손상지연효과 (열침전, 금속물질증가)	없음	구조물 하반구 재배치량 평가	용융물조성영향, 초기조건변화	

1차 로드맵 PIRT 결과 (2/2)



➤ 일차계통 손상 단계

일차계통 손상 단계	세부 손상 단계	주요 현상	지식 수준/ 중요도*	현안 및 중요성	사고관리 방안	규제관점 중요성	원자로건물 건전성 관점	핵분열생성물 거동 관점
일차계통 경계손상	고온고압 기인 경계상실	증기발생기 세관 파손	중/상	자연순환, 물성치 부재, 2차측조건, 핵분열생성물방출	HPME 예방을 위한	고압 중대사고 시 증기발생기 세관 파손 확률 평가, 증기발생기 입구 플레넘 혼합 평가		방출기준 초과 가능
		압력관 파손	중/하	자연순환	일차계통 감압이 동일하게			
		고온관 파손	상/하	자연순환	적용			
	초기사건 기인 경계상실	ISLOCA/SGTR	상/상			체크밸브 및 보조계통 건전성 보장		
		PORV/배관 파손	상/중			운전원 판단오류 배제		



➤ 일차계통 거동 관련, 국내 연구수행 현황 (2016 ~ 2021)

- ✓ 하부반구 용융물 냉각 가능성 (4건)
- ✓ 증기발생기 세관 파단 (1건)
- ✓ 중대사고 해석코드 개발 (2건)
- ✓ SMR 중대사고 (1건)

연구분야	과제 제목	수행기관	수행기간	주요 연구내용
용융물 냉각 가능성	중대형 원전 노내외 냉각성능 및 불확실도 평가기술 개발	경희대	2017.03 - 2021.12	<ul style="list-style-type: none"> 원자로 하반구 조건에 따른 임계열유속 모델 개발 원자로용기 하반구 조건 하 임계열유속 모사 실험방법론 개발 다수기 외부 중대사고관리전략 불확실도 평가
	완화입자유체동역학 코드와의 연계를 위한 원자로용기 외벽냉각 계통해석 모델 개발	제주대	2019.04 - 2021.12	<ul style="list-style-type: none"> 완화입자유체동역학 코드와의 연계를 위한 원자로용기 외벽냉각 계통해석 모델 개발 노심용융물 거동모의 코드와의 연계모델 개발
	중대사고시 노심용융물 노외 냉각 성능, 재임계 가능성 및 격납건물 내 규제기술 개발	KINS	2018.04 - 2022.12	<ul style="list-style-type: none"> 노외 노심용융물 냉각성능 평가방법론 개발 중대사고시 노내 및 노외 노심용융물 재임계 가능성 평가 방법론 개발 격납건물 내 핵분열생성물 거동 평가모델 개발 원자로냉각재계통 압력경계 파손가능성 평가기술 개발
	중대사고 현안 평가 모델 규제검증연구	KINS	2021.02 - 2026.12	<ul style="list-style-type: none"> 격납건물 내 방사선원향 거동 관련 모델 개발 원자로용기 하부헤드 파손 모듈 개발 중대사고 시 격납건물 내 수소 위험도 평가 중대사고 현상별 모델 규제활용성 평가

최근 연구수행 현황 (2/2)

➤ 일차계통 거동 관련, 국내 연구수행 현황 (2016 ~ 2021)

- ✓ 하부반구 용융물 냉각 가능성 (4건)
- ✓ 증기발생기 세관 파단 (1건)
- ✓ 중대사고 해석코드 개발 (2건)
- ✓ SMR 중대사고 (1건)

연구분야	과제 제목	수행기관	수행기간	주요 연구내용
증기발생기 세관 파단	중대사고 기인 증기발생기 세관파단 사고 평가기술 개발	KAERI	2017.03 - 2021.12	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 증기발생기 세관파단 사고시 에어로졸 거동 평가 ▪ 증기발생기 세관파단사고 위해도 평가 및 사고관리전략 개선
중대사고 해석코드 개발	중대사고 관리역량 강화를 위한 고유 전산코드 인증 및 표준화	KHNP	2019.05 - 2023.04	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CINEMA 모델 개선 및 표준화 ▪ 표준형원전 중대사고 분석을 통한 성능검증 ▪ 상용화를 위한 인허가 기반 구축
	중수로 중대사고 정밀 해석코드 개발 및 사고관리기술 고도화	KAERI	2017.04 - 2021.12	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 중수로 중대사고 노심손상 모듈 (CAISER) 개발 ▪ 중수로 중대사고 계통 열수력 해석모듈 개발 ▪ 국내 중수로 중대사고 핵심쟁점 관리기술 개발
SMR 중대사고	혁신형 SMR 요소기술개발 민간사업 PSA/중대사고 해석	KAERI	2021.07 - 2024.06	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 혁신형 SMR 예비 PSA ▪ 혁신형 SMR 예비 중대사고 평가 ▪ 혁신형 SMR EPZ 예비 평가

PIRT 지식수준/중요도 변화 (1/3)

원자로 손상 단계

일차계통 손상 단계	세부 손상 단계	주요 현상	1차 로드맵	2차 로드맵	현안 및 중요성
			지식 수준 / 중요도	지식 수준 / 중요도	
원자로 손상	원자로심 건전성 상실	노심가열 (피복재 산화)	상/중	상/중	붕괴열, 노심냉각가능성, 피복재산화, 산화열
		노심용융 (유로 막힘)	중/중	중/상	춧농현상, 유로막힘
		노심 파편층/용융물 풀 형성	중/중	중/중	용융물의 성장, 용융물 풀 조성 형상, 냉각수로의 FP 용해 및 재증발
		용융물 냉각가능성	하/중	중/중	재임계 희박 , 유로변형이후의 증수주입효과, 일부 건전노심에 순수를 주입시 재임계 가능성
		용융물 재배치 (이송)	하/중	중/중	용융물재배치전개, 노심용융 및 재배치 지연효과

노심용융 (유로막힘) 중요도 변화 (중 → 상)

- 수소 발생 및 냉각성에 중요한 영향, 노드 민감도 존재, 노심손상 이후 사고대응(냉각수 공급) 관점에서 중요함.
- 임계도 측면과 냉각 측면에서 영향을 모두 고려해야 함

용융물 냉각가능성 지식수준 변화 (하 → 중)

- 국내 (KINS 등)에서 연구가 수행됨 (미임계 상태를 유지하기 위한 봉산 농도 계산).
- 현안 측면에서, 기존의 “재임계 희박” 삭제. (BWR 대비 PWR 의 경우 봉산수 주입 영향만 고려되었음)

용융물 재배치 지식수준 변화 (하 → 중)

- Code-to-code 검증 활발,
- BWR 노심 재배치 (이송) 평가가 후쿠시마 사고 원전에서 활발히 진행 중,
- 재배치 형상 혹은 이송 메커니즘 불확실도 존재하나 코드 별로 적절한 모델링 활용하여 합리적인 사고 경위 추적 가능

PIRT 지식수준/중요도 변화 (2/3)

원자로 손상 단계

일차계통 손상 단계	세부 손상 단계	주요 현상	1차 로드맵	2차 로드맵
			지식 수준 / 중요도	지식 수준 / 중요도
원자로 손상	원자로하부구조물 건전성 상실	용융물 냉각가능성	하/상	중/상
		하부반구 가열 및 용발	중/상	중/상
		하부반구 파손 모드	중/상	중/상
		고압방출(HPME)	상/하	상/하
		상부구조물 파손	상/하	상/하

용융물 냉각가능성 지식수준 변경 (하 → 중)

- 국내(경희대, 포항공대) 및 해외(유럽 IVMR)에서 최근 연구가 많이 진행됨.
- 용융물과 하부반구 사이의 gap cooling 가능성 및 코드에서의 모의방법에 한계성 있음
- 노심용융물의 형상에 따른 외벽 열적 경계조건의 영향 및 불확실성 존재함

하부반구 가열 및 용발 지식수준 유지 (중 → 중)

- 하부반구 용융물 냉각가능성, 하부반구 파손 모드와 밀접한 주제로서, 추가적인 연구주제가 남아 있음

PIRT 지식수준/중요도 변화 (3/3)

원자로 손상 단계

일차계통 손상 단계	세부 손상 단계	주요 현상	1차 로드맵	2차 로드맵
			지식 수준 / 중요도	지식 수준 / 중요도
일차계통 경계손상	고온고압 기인경계상실	증기발생기 세관 파손	중/상	중/상
		밀림관 파손	상/하	상/하
		고온관 파손	상/하	상/하
	초기사건 기인경계상실	ISLOCA/SGTR	상/상	상/상
		PORT/배관 파손	상/중	상/중

증기발생기 세관 파손 지식수준 유지(중 → 중)

- 최근 5년간 국내 OPR1000 원전 기준으로 KAERI 과제 수행을 통해 에서 1차 분석 완료
- 발생 빈도 낮긴 하지만, 한번 발생시 무조건 규제 조건 250Msv 넘기 때문에, 중요도는 여전히 높음
(PSA 분석 및 결정론적 분석에서 여전히 고려사항임)
- CFD 해석의 불확실성, 자연순환 관련 모의 실험 자료의 부족함, 재료 물성치 미흡 등 보완 필요 분야가 다수 존재

개정 보고서 목차 (1/3)

➤ 기존(1차) 로드맵 보고서 목차

제3장 일차계통 내 중대사고 주요 현상 및 평가

제1절 원자로용기 건전성 상실

1. 노심 건전성 상실

가. 노심 가열 및 피복재 산화

나. 노심 용융 및 유로 막힘

다. 노심파편층/용융물풀 형성

라. 용융물 냉각가능성 (재충수)

마. 용융물 재배치 (이송)

2. 하부 및 상부헤드 건전성 상실

가. 하부헤드 용융물 냉각 가능성

나. 하부헤드 구조물 가열 및 용발

다. 하부헤드 파손(lower head failure) 모드

라. 고압용융물방출사고 (HPME)

마. 상부구조물 파손

3. 운전원 조치

가. 감압 전략

나. 노내 냉각수 주입 전략

다. 노외 냉각수 주입 전략

제2절 일차계통 경계 건전성 상실

1. 초기사건으로 인한 RCS 경계 파손

가. ISLOCA와 SGTR

나. PORV/ 배관 파손

2. 고온/고압 유발 일차계통 경계 파손

가. 증기발생기 세관, 가압기 밀림관 및 고온관 파손

제3절 사용후연료저장조 및 증수로 적용

1. 사용후연료저장조 (SFP) 냉각 상실

2. 증수로 적용

제3장 일차계통 내 중대사고 주요 현상 및 평가

제1절 원자로용기 건전성 상실

1. 노심 건전성 상실

가. 노심 가열 및 피복재 산화

(1) 주요 현상

(2) 지식 수준

(3) 현안 및 중요성

(4) 사고관리 방안

(5) 규제 관점

(6) 원자로 건물 건전성 관련 관점

(6) 핵분열생성물 거동 관련 관점

나. 노심 용융 및 유로 막힘

다. 노심파편층/용융물풀 형성

라. 용융물 냉각가능성 (재충수)

마. 용융물 재배치 (이송)

2. 하부 및 상부헤드 건전성 상실

가. 하부헤드 용융물 냉각 가능성

나. 하부헤드 구조물 가열 및 용발

다. 하부헤드 파손(lower head failure) 모드

라. 고압용융물방출사고 (HPME)

마. 상부구조물 파손

3. 운전원 조치

가. 감압 전략

나. 노내 냉각수 주입 전략

다. 노외 냉각수 주입 전략

개정 보고서 목차 (2/3)

➤ 개정(2차) 로드맵 보고서 목차

제3장 일차계통 내 중대사고 주요 현상 및 평가

제1절 원자로용기 건전성 상실

1. 노심 건전성 상실
 - 가. 노심 가열 및 피복재 산화
 - 나. 노심 용융 및 유로 막힘
 - 다. 노심파편층/용융물층 형성
 - 라. 용융물 냉각가능성 (재충수)
 - 마. 용융물 재배치 (이송)
2. 하부 및 상부헤드 건전성 상실
 - 가. 하부헤드 용융물 냉각 가능성
 - 나. 하부헤드 구조물 가열 및 용탈
 - 다. 하부헤드 파손(lower head failure) 모드
 - 라. 고압용융물방출사고 (HPME)
 - 마. 상부구조물 파손
3. 운전원 조치
 - 가. 감압 전략
 - 나. 노내 냉각수 주입 전략
 - 다. 노외 냉각수 주입 전략

제2절 일차계통 경계 건전성 상실

1. 초기사건으로 인한 RCS 경계 파손
 - 가. ISLOCA와 SGTR
 - 나. PORV/ 배관 파손
2. 고온/고압 유발 일차계통 경계 파손
 - 가. 증기발생기 세관, 가압기 밀림관 및 고온관 파손

제3절 사용후연료저장조 및 기타 원전 적용

1. 사용후연료저장조 (SFP) 냉각 상실
2. 중수로 적용
3. 기타 원전 적용

- 가. SMR
- 나. 연구로

제4절 PSA 적용

제3장 일차계통 내 중대사고 주요 현상 및 평가

제1절 원자로용기 건전성 상실

1. 노심 건전성 상실
 - 가. 노심 가열 및 피복재 산화
 - (1) 주요 현상
 - (2) 지식 수준
 - (가) 이해도 및 불확실도
 - (나) 국내외 연구 동향
 - (다) 전산 코드 모델링 현황
 - (3) 현안 및 중요성
 - (4) 시고관리 방안
 - (5) 규제 관점
 - (4) 원자로 용기 건전성 관련 관점
 - (5) 원자로 건물 건전성 관련 관점
 - (6) 핵분열생성물 거동 관련 관점

- 나. 노심 용융 및 유로 막힘
- 다. 노심파편층/용융물층 형성
- 라. 용융물 냉각가능성 (재충수)
- 마. 용융물 재배치 (이송)
2. 하부 및 상부헤드 건전성 상실
 - 가. 하부헤드 용융물 냉각 가능성
 - 나. 하부헤드 구조물 가열 및 용탈
 - 다. 하부헤드 파손(lower head failure) 모드
 - 라. 고압용융물방출사고 (HPME)
 - 마. 상부구조물 파손

개정 보고서 목차 (3/3)

목 차

제1장 서론(김군대)	7
제1절 배경 및 필요성	7
제2절 목적 및 내용	8
제2장 중대사고 진행 특성 및 중대사고 실제 사례 소개(박래준)	11
제1절 사고경위	11
1. 고압 노내 중대사고 경위	11
2. 저압 노내 중대사고 경위	12
제2절 TMI 사고경위 소개	14
제3절 후쿠시마 사고경위 소개	16
제3장 일차계통 내 중대사고 주요 현상 및 평가(배준호)	21
제1절 원자로용기 건전성 상실(배준호)	21
1. 노심 건전성 상실(배준호, 강준영)	21
가. 노심 가열 및 피복재 산화(배준호)	
나. 노심 용융 및 유로 막힘(손동건)	
다. 노심파편증/용융물줄 형성(강준영)	
라. 용융물 냉각가능성 (재중수)(이준희)	
마. 용융물 재배치 (이송)(강준영)	
2. 하부 및 상부헤드 건전성 상실(임국희)	38
가. 하부헤드 용융물 냉각 가능성(안상모)	
나. 하부헤드 구조물 가열 및 용발(정재훈)	
다. 하부헤드 파손(lower head failure) 모드(임국희, 안상모)	
라. 고압용융물방출사고 (HPME)(김상백)	
마. 상부구조물 파손(김병조)	
3. 운전원 조치(최유경, 박재환)	54
가. 감압 전략(최유경, 박재환)	
나. 노내 냉각수 주입 전략(최유경, 박재환)	
다. 노외 냉각수 주입 전략(최유경, 박재환, 정용문)	
제2절 일차계통 경계 건전성 상실(김성일)	62
1. 초기사건으로 인한 RCS 경계 파손(김성일)	62
가. ISLOCA와 SGTR(김성일)	
나. PORV/ 배관 파손(김병조)	
2. 고온/고압 유발 일차계통 경계 파손(조용진)	65
가. 증기발생기 세관 가압기 밀링관 및 고온관 파손	
제3절 삼중후연료저장조 및 기타 원전 격동(배준호)	68
1. 삼중후연료저장조 (SFP) 냉각 상실(안광일)	68

가. SFP 냉각기능 상실사고	
나. SFP 냉각재 상실사고	
2. 중수로 격동(배준호)	72
3. 기타 원전 격동	
가. SMR(김상호)	
나. 연구로(김상백)	
제4절 PSA 격동(안광일)	
제4장 향후 연구를 위한 제언	74
제5장 결론	76
제6장 참고문헌	77

결론 및 제언 (1/2)

- 1차 로드맵 통한 연구 우선항목의 연구수행 활발
 - 원자로 용기 하부반구 내 용융물 냉각 가능성 → 4개 과제 수행
 - 고온고압 사고시 증기발생기 세관파손 가능성 → 1개 과제 수행

- 2021년 현재 시점에서 업데이트된 연구개발 결과를 바탕으로 보고서 개정
 - 2016년도 1차 로드맵 기본 틀 유지
 - 최근 국내외 연구동향 및 전산코드 모델링 현황 추가
 - 활용 차원의 “규제 관점”, “사고관리 관점” 제외한 반면,
defense-in-depth 차원의 “원자로 용기 건전성 관점” 추가
 - 기존 보고서에 포함되지 않은 SMR, 연구로 설계에서 중대사고 이슈에 대한 분석 및 평가 수행

- 1차 로드맵 대비, “하부반구 냉각성능 평가”, “용융물 재배치 (이송)”에서 지식수준 상향,
“노심용융(유로 막힘)”에서 중요도의 상향

결론 및 제언 (2/2)




□ 일차계통 거동 관련, 추가 연구가 필요한 항목 도출

- 노심용융 과정 중에 발생하는 유로 막힘 현상 모델링
- 하부반구에서의 용융물 냉각 성능 평가
- 하부반구 가열 및 용발
- 증기발생기 세관파손

□ 다양한 원자로를 고려한 PIRT 구조 및 중대사고 현안 분석 필요

- 기본적으로는 경수로 현상 위주로 정리
 - 액체금속로, 고온가스로, 용융염원자로 등 다양한 노형에 대한 현상 추가 필요
- 소형모듈원자로(SMR)에서 각 현상들의 지식수준/중요도 분석 필요



**경청해주셔서
감사합니다.**