

중대사고 현상규명 및 대처체계 구축 로드맵 작성

- 원자로 방호 분과 -

2021.10.20, 창원컨벤션센터, 추계원자력학회

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

발표순서

- ❖ 2차 로드맵 작성 경과
- ❖ 1차 로드맵 PIRT 결과
- ❖ 중점기술 연구수행 현황
- ❖ 연구분야별 지식수준 및 중요도 변화
- ❖ 마무리

2차 로드맵 작성 경과



모임	일시/장소	주요 협의 내용
착수회의	2021.8.3 온라인	<p>총 9명 참석 (위원장, 분과장, 간사) 2차 로드맵 활동 취지 설명, 전문위원 선정 2차 로드맵 작성 추진 방안 논의</p> <p>➔ 1차 로드맵에서 도출된 중점기술 현안에 대한 연구수행 현황 조사</p>
2차회의	2021.9.3 온라인	<p>총 9명 참석 (위원장, 분과장, 간사) 분과별 연구 수행현황 검토 국내외 환경변화에 따른 중점기술 변화 논의</p> <p>➔ 연구분야별 지식수준 및 중요도에 대한 재평가</p>
3차회의	2021.10.5 온라인	<p>총 9명 참석 (위원장, 분과장, 간사) 분과별 연구 수행현황 검토 기존 PIRT 재평가를 위한 분과별 취합 내용 검토 2차 로드맵 보고서 목차 작성 논의</p> <p>➔ 보고서 목차 초안 작성</p>

발표순서

- ❖ 2차 로드맵 작성 경과
- ❖ **1차 로드맵 PIRT 결과**
- ❖ 중점기술 연구수행 현황
- ❖ 연구분야별 지식수준 및 중요도 변화
- ❖ 마무리

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	봉괴열, 노심냉각가능성 (재충수), 피복재산화, 산화열	증기발생기냉각온전 냉각수주입	봉괴열 수준 및 FP 방출 평가, 산화열/수소생성량 평가	노심가열 속도에 따른 영향	피복재파손, 방출량
		노심용융 (유로 막힘)	중/중	촛농현상 (candling), 유로 막힘	증기발생기냉각온전 냉각수주입	수소농도 제한, 용융, 재배치 및 재고화에 따른 노심밀집구성비	수소연소, 용융물조성비	피복재파손, 방출량
		노심 파편침/ 용융물 형성	중/중	용융물의성장, 용융물 조성 형성, 냉각수로의 FP 용해 및 재증발	증기발생기냉각온전 냉각수주입, 수소 감시	사용모델의 가정 및 불확실성, 고체파편 및 용융물들 형성 양상, 노심용융진행 막기 위한 냉각재 주입량, 유덕덕, 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 손수들주입시 재임계 가능성	조기외벽냉각조치, 수소감시 및 제어	재충수 냉각효과 및 부작용 (재임계, 수소 및 FP 발생 등) 평가	재충수로 인한 추가적인 수소 생성효과	재충수로 인한 FP 제거효과
		용융물 재배치 (이송)	하/중	용융물 재배치전개(시정, 온도), 노 심 용융 및 재배치 지연효과	증기발생기냉각온전 냉각수주입	하반구에 재배치되는 용융물 형태/질량/ 열하중 평가	노내 증기폭발 여부	없음
	원자로하부구조물 건전성 상실	용융물 냉각가능성	하/상	불확실한 용융물 형성, 불확실한 열전달기제, 재임계조건, 재 임계에 따른 출력증가및 용융가속화	감압, 냉각수 주입, 원자로공통충수	노내 냉각재에 의한 냉각효과 평가 (용융 물들 상부 및 gap-cooling), 재임계가능 성 평가, 재충수 냉각효과 및 부작용(재임 계, 수소 및 FP 발생 등) 평가	추가적인 수소생성, 저압에서의 증기폭발가능성	재충수로 인한 FP 제거효과
		하반구 가열 및 용발 (ablation)	중/상	용융물들 초기형상, 증상화, 자연대류열전달, 열하중집중현상, 용융물들간열전달, 외벽냉각열전달	원자로용기외벽냉각, 용기내냉각수주입	열적파손기준에 따른 외벽냉각전략 성공 가능성 평가		없음
		하반구 파손 모드	중/상	용융물 냉각여부, 외벽냉각 조건에서의 용기파손	감압, 원자로공통충수	종합적 파손모드를 고려한 하반구 건전성 평가	원자로건물건전성 초기조건 제시(온도/조성/방출물/방출량)	고압파손모드인경우 다량 의 FP추가방출
		고압방출 (HPME)	상/하	격납건물 건전성 위협 여부, 파손크기, 방출량	감압(2MPa이하)	HPME 대처 완화 수단 및 안전등급의 감압설비 구비	원자로건물건전성위협, 수소생성	고압파손모드인경우 다량의 FP추가방출
		상부구조물 파손	상/하	노심손상지연효과 (열침원, 금속밀집증가)	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	고압고압 기인 경계상실	증기발생기 세관 파손	중/상	자연순환, 물성치 부재, 2차측조건, 핵분열생성물발출	HPME 예방을 위한	고압 중대사고 시 증기발생기 세관 파손 확률 평가, 증기발생기 임구 플레넘 혼합 평가		방출기준 초과 가능
		밀림관 파손	상/하	자연순환	일차계통 감압이 동일하게			
		고온관 파손	상/하	자연순환	적용			
	조기사건 기인 경계상실	ISLOCA/SGTR	상/상			체크밸브 및 보조계통 건전성 보장		
		PORV/배관 파손	상/중			운전원 판단요류 배제		

발표순서

- ❖ 2차 로드맵 작성 경과
- ❖ 1차 로드맵 PIRT 결과
- ❖ **중점기술 연구수행 현황**
- ❖ 연구분야별 지식수준 및 중요도 변화
- ❖ 마무리

중점기술 연구수행 현황



➤ 연구수행 현황조사 (2016 ~ 2021)

연구분야	연구주제
용융물 냉각 가능성	중대형 원전 노내외 냉각성능 및 불확실도 평가기술 개발
	완화입자유체동역학 코드와의 연계를 위한 원자로용기 외벽냉각 계통해석 모델 개발
	중대사고시 노심용융물 노외 냉각 성능, 재임계 가능성 및 격납건물 내 핵분열생성물 거동평가·규제기술 개발
	중대사고 현안 평가 모델 규제검증연구
증기발생기 세관 파단	중대사고 기인 증기발생기 세관파단사고 평가기술 개발
중대사고 코드 개발	중대사고 관리역량 강화를 위한 고유 전산코드 인증 및 표준화
	중수로 중대사고 정밀 해석코드 개발 및 사고관리기술 고도화
SMR 중대사고	혁신형 SMR 요소기술개발 민간사업 PSA/중대사고 해석

중점기술 연구수행 현황 (1/8)

➤ 용융물 냉각 가능성 (1/4)

1. 과제 개요			
과제명	중대형 원전 노내외 냉각성능 및 불확실도 평가기술 개발		
수행기관	경희대학교(국제캠퍼스)	과제기간	2017.03.01 - 2021.12.31
과제정보	<ul style="list-style-type: none"> 세부과제(총괄과제): 중대사고 진행예측 및 방사성물질 방출저감 기술개발, 한국원자력연구원 참여(위탁기관): 한양대학교, 전담기관: NRF 		
2. 최종연구목표		TRL 수준	3→6
		적용도형	APR1400
<ul style="list-style-type: none"> 중대형 원전 용융노심의 다양한 열전달 조건에 대한 열부하 규명 원자로 하반구 조건에 따른 임계열유속 모델 개발 원자로용기 하반구 조건 하 임계열유속 모사 실험방법론 개발 다수기 외부 중대사고관리전략 불확실도 평가 			
3. 주요연구 내용			
1. 중대형 원전 용융노심 열부하 평가 <ul style="list-style-type: none"> 용융노심 3층구조 형성시 중형비에 따른 열부하 평가 원자로 내벽 피막 형성시 피막 두께에 따른 열부하 평가 노내 Debris 형성 높이, 위치에 따른 열부하 변화 확인 2. 원자로용기 외벽냉각 해석 <ul style="list-style-type: none"> 하향벽면 기포의 거동 특성 및 비등기포 인자 측정 벽면 기울기 및 기공율을 고려한 비등열전달 모델 개발 및 열수력 코드 내 적용 전산유체역학용 하향 가열벽면 임계열유속 모델 개선 3. 수소기포를 이용한 원자로용기 하반구 임계열유속 모사실험 <ul style="list-style-type: none"> 수소환원 현상에 따른 임계전류밀도 측정 임계열유속과 임계전류밀도 간의 기포거동, 핵비등 특성 유사성 확인 하향벽면의 기울기, 유로간극, 기공율에 따른 임계전류밀도 측정 및 임계열유속 현상과의 상사성 확인 4. 중대형 원전 노내외 냉각성능 불확실도 평가 <ul style="list-style-type: none"> 전략 수행시간 분포에 따른 냉각성능 평가 및 노외 노심용융물 초기조건 분포 도출 중대사고 시 완화전략 성공기준 도출을 위한 MELCOR 해석 수행 다수기 특성에 따른 중대사고 관리전략의 불확실 인자 검토 및 분석 			

중점기술 연구수행 현황 (2/8)

➤ 용융물 냉각 가능성 (2/4)

1. 과제 개요			
과제명	완화입자유체동역학 코드와의 연계를 위한 원자로용기 외벽냉각 계통해석 모델 개발		
수행기관	제주대학교 산학협력단	과제기간	2019. 04. 01 - 2021. 12. 31
과제정보	<ul style="list-style-type: none"> 세부과제(총괄과제: 완화입자유체동역학과 MARS코드를 연계한 노심용융물 노내역류 및 원자로용기 외벽냉각 전산해석방법 개발, 서울대학교) 전담기관: KoFONS 		
연구분야	일차계통방호-원자로용기 하부반구에서의 용융물 냉각성능 평가		
2. 최종연구목표		TRL 수준	2→4
		적용노형	APR1400
<ul style="list-style-type: none"> 완화입자유체동역학 코드와의 연계를 위한 원자로용기 외벽냉각 계통해석 모델 개발 노심용융물 거동모의 코드와의 연계모듈을 개발하고, 사고 시나리오별 열적여유도 평가에 적용 			
3. 주요연구 내용			
<ol style="list-style-type: none"> 원자로용기 외벽냉각 계통해석 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> 대상 노형에 대해 원자로용기와 단열체, 원자로공동 간 자연대류 유로 입력개발 CFD 해석 결과와의 비교를 통한 자연대류 유로 압력강하(손실계수) 모델 수립 원자로용기 하반구 임계열유속 실험 DB 이식 및 열전달영역 판별 기준 수정 완화입자유체동역학 코드와의 연계모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> 노내 노심용융물의 거동은 완화입자유체동역학 코드가, 노외 원자로용기 외벽냉각은 MARS-KS 코드가 모의하는 연계 플랫폼 개발 대상 노형 사고 시나리오별 열적여유도 평가에 적용 상용 중대사고 해석코드와의 비교/검증 <ul style="list-style-type: none"> 중대사고 해석코드(MELCOR)를 이용한 노심용융물 노내역류 해석 결과 도출 새롭게 개발한 전산해석코드의 모의 결과와의 상호 비교 및 차이점 분석 			

중점기술 연구수행 현황 (3/8)

▶ 용융물 냉각 가능성 (3/4)

1. 과제 개요			
과제명	중대사고시 노심용융물 노외 냉각 성능, 재임계 가능성 및 격납건물 내 핵분열생성물 거동평가·규제기술 개발		
수행기관	한국원자력안전기술원	과제기간	2018.04.01 - 2022.12.31
과제정보	<ul style="list-style-type: none"> 세부과제(총괄과제: 중대사고 시 격납건물 파손방지 검증 기술개발, 한국원자력안전기술원) 참여(위탁기관): 경희대학교, 한양대학교, 전담기관: 한국원자력안전재단 		
2. 최종연구목표		TRL 수준	3→7
		적용노형	
중대사고시 격납건물 건전성을 위협하는 주요 현상 및 안전현안에 대한 거동평가 방법론 개발			
3. 주요연구 내용			
<ol style="list-style-type: none"> 노외 노심용융물 냉각성능 평가방법론 개발 <ul style="list-style-type: none"> 노외 노심용융물 냉각 관련 실험 해석 및 최신 연구동향을 반영한 기존 코드 적용성 평가 중대사고시 노내 및 노외 노심용융물 재임계 가능성 평가 방법론 개발 <ul style="list-style-type: none"> 다분야 전산코드 연계를 통한 재임계 가능성 평가체계 개발 격납건물 내 핵분열생성물 거동 평가모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> 핵분열생성물 거동 관련 기존 모델 평가 및 개선 핵분열생성물 거동 관련 최신결과 반영 신규 모델 개발 원자로용기 파손가능성 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> 중대사고 해석 코드 활용성 검토를 위한 하부헤드 관통부 및 증기발생기 세관 재료 별 크립 물성 검증 NUREG/CR-5642 관통관 분출 모델 접촉 압력 평가식 검증 및 탄성 영역에서의 접촉 압력 평가식 개선 원자로냉각재계통 압력경계 파손가능성 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> 증기발생기 세관 파단 분석 및 민감도 분석 Reactor를 포함한 중대사고 시 자연순환유동 실험 CFD 분석 격납건물 동하중(수소 및 증기폭발 하중) 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> THAI-3 Project에 대한 수소 연소 거동 및 수소 연소 3차원 상세해석 PAR 제조사 별 수소 제거율 상관식을 도입한 수소 거동 변화 3차원 상세 해석 			

중점기술 연구수행 현황 (4/8)

➤ 용융물 냉각 가능성 (4/4)

1. 과제 개요			
과제명	중대사고 현안 평가 모델 규제검증연구		
수행기관	한국원자력안전기술원	과제기간	2021.02.01 - 2026.12.31
과제정보	<ul style="list-style-type: none"> 단위과제 위탁기관: 한국원자력연구원, 영남대학교 연구관리전문기관 : 한국원자력안전재단 국제협력 : IVMR status report, THEMIS, BCAPFIS, H2-SOAR, ESTER (이상 OECD/NEA), IAEA IVMR 		
2. 최종연구목표		TRL 수준	
		적용노형	전노형 (중수로 제외)
<ul style="list-style-type: none"> 중대사고 현안 평가 모델 검증, 개선 및 연계 평가 체계 총괄 			
3. 주요연구 내용			
<p>1단계 (2021.02.01 - 2023.12.31)</p> <ul style="list-style-type: none"> 격납건물 내 방사선원향 거동 관련 모델 개선 및 개발 원자로용기 하부헤드 전역적 및 국부적 파손 모델 평가 및 개선 중대사고 시 격납건물 내 수소 위험도 평가 및 3차원 수소분포 독립 모듈 개발 격납건물 열소력 및 중대사고 평가 체계 및 격납건물 내 중대사고 현상 별 모델 규제활용성 검토·평가 <p>2단계 (2024.01.01 - 2026.12.31)</p> <ul style="list-style-type: none"> 격납건물 내 방사선원향 거동 관련 모델 개선 및 개발 재입계 발생 시 반응도에 의한 격납건물 내 열소력 거동 예측 모델 구축 원자로용기 하부헤드 국부적 파손 기존 모델 개선 및 하부헤드 파손 평가 모듈 개발 및 원전 적용성 평가 중대사고 통합 평가 체계와 수소 위험도 평가 방법론 및 3차원 수소분포 독립 모듈 연동 환경 구축 및 개선 격납건물 열소력 및 중대사고 평가 체계 및 격납건물 내 중대사고 현상 별 모델 규제활용성 검토·평가 			

중점기술 연구수행 현황 (5/8)

➤ 증기발생기 세관 판단 (1/1)

1. 과제 개요			
과제명	중대사고 기인 증기발생기 세관판단사고 평가기술 개발		
수행기관	한국원자력연구원	과제기간	2017.03.01 - 2021.12.31
과제정보	<ul style="list-style-type: none"> 세부과제(총괄과제: 중대사고 진행예측 및 방사성물질 방출저감 기술개발, 한국원자력연구원) 참여(위탁기관): 연세대학교, 전담기관: NRF 국제협력: OECD/NEA ARC-F, THEMIS, STEM-2, BSAF2, U.S.NRC/CSARP, NUGENIA 		
2. 최종연구목표		TRL 수준	3→7
		적용노형	OPR1000
<ul style="list-style-type: none"> SGTR 사고 시 방사성물질 평가 도구 개발 (MELCOR 해석 + 실험 데이터) SGTR 사고 시 방사성물질 방출 저감 위한 사고관리전략 평가 및 개선안 도출 			
3. 주요연구 내용			
<ol style="list-style-type: none"> 증기발생기 세관판단사고 시 에어로졸 평가 <ul style="list-style-type: none"> SG 세관판단사고 실험장치 설계 및 구축 SG 세관판단사고 에어로졸 실험 SG 세관판단사고 에어로졸 실험 결과 평가 및 모델개선 Jet pool scrubbing 실험 및 모델 개선 증기발생기 세관판단사고 위험도 평가 및 사고관리전략 개선 <ul style="list-style-type: none"> SG 세관판단사고 경위 예비 해석 SG 세관판단사고 경위해석 평가 및 개선안 도출 SG 세관판단사고 사고 위험도 평가 SG 세관판단사고 관리전략 평가 SG 세관판단사고 관리전략 개선안 도출 및 평가 			

중점기술 연구수행 현황 (6/8)

➤ 중대사고 코드 개발 (1/2)

1. 과제 개요			
과제명	중대사고 관리역량 강화를 위한 고유 전산코드 인증 및 표준화		
수행기관	한국수력원자력(주)	과제기간	2019. 5.1. - 2023. 4.30.
과제정보	• 참여기관(책임자) : 한국원자력연구원(하광순), (주)미래와도전(박창환), 한국전력기술(주)(윤선홍), 한국과학기술원(정용훈)		
연구분야	• 중대사고 종합해석 코드개발		
2. 최종연구목표		TRL 수준	5→8
		적용노형	OPR1000, APR1400
• 경수로형 원전 국산 중대사고 종합해석코드(CINEMA)의 표준화 및 인허가 기반 확보			
3. 주요연구 내용			
1. CINEMA 모델 개선 및 표준화			
• 코드 현상 모듈(노내외, 핵분열생성물)별 기능 개선 및 보완			
• CINEMA 코드 표준화 및 형상관리			
2. 표준형원전 가상 중대사고 분석을 통한 성능검증			
• OPR1000원전 중대사고 종합해석			
• MAAP5 코드와의 분석결과 비교			
3. 중대사고 분석코드 간 성능비교 자동평가 사용자 편의도구 개발			
• 코드 Benchmark 자동평가도구 개발			
• 사용자 수요를 반영한 GUI 개선 및 코드 사용자그룹 구성/운영			
4. 상용화를 위한 인허가 기반 구축			
• 중대사고 분석방법론 개발 및 인허가문서 작성			
• 표준 CINEMA 검증 매트릭스 개발 및 평가			

중점기술 연구수행 현황 (7/8)

➤ 중대사고 코드 개발 (2/2)

1. 과제 개요

과제명	중수로 중대사고 정밀 해석코드 개발 및 사고관리기술 고도화		
수행기관	한국원자력연구원	과제기간	2017.04.01 - 2021.12.31
과제정보	<ul style="list-style-type: none">세부과제(총괄과제: 중수로 노후압력관 건전성 평가 및 사고관리 기술개발, 한국원자력연구원)참여(위탁기관): 경북대학교, 전담기관: NRF국제협력: IAEA-CRP		
연구분야	<ul style="list-style-type: none">중수로 중대사고 현상 모델링 및 해석코드 개발중수로 중대사고 시나리오 해석 및 현안 분석		

2. 최종연구목표

TRL 수준	3→7
적용노형	OPR1000

- 1단계 종료시점까지 노내 중대사고 해석모델 개발을 완료하고, 2단계까지 격납건물 해석을 포함한 중수로 중대사고 종합해석코드를 완성함

AMP 제출(19년 6월)

	1단계			2단계	
	2017	2018	2019	2020	2021
단계별 목표	노내 해석모델 개발 (칼란드리아탱크 내부)			중수로 중대사고 종합 해석 코드 완성	
세부 목표	해석코드 분석 및 열수력 모델 설계	노심 가열모델 및 재배치 모델 개발	칼란드리아탱크 Debris Bed 모델개발	노심 손상 모델 통합 및 계통 열수력 모델	격납건물 모델 통합 및 검증
TRL	5	5	6	6	7

3. 주요연구 내용

- 중수로 중대사고 진행 단계별 상세 노심손상 모델 개발
 - 중수로 중대사고 노심가열 모델 개발
 - 중수로 핵연료봉 용융 및 재배치 해석 모델 개발
 - 중수로 칼란드리아 탱크 내부의 용융물 거동 해석 모델 개발
- 중수로 중대사고 정밀해석용 계통 열수력 모델 개발
 - 중수로 계통 열수력 해석 방법론 개발
 - 중수로 중대사고 열수력 계통해석 모델 개발
- 국내 중수로 중대사고 핵심쟁점 분석/관리 기술 개발
 - 중대사고 약점 (DCRV/격납건물 밀봉누설) 개선기술 개발
 - 중대사고 방사선원항 켈점 (격납건물내 정밀선원항) 분석 기술 개발

중점기술 연구수행 현황 (8/8)

➤ SMR 중대사고 (1/1)

1. 과제 개요			
과제명	혁신형 SMR 요소기술개발 민간사업 PSA/중대사고 해석		
수행기관	한국원자력연구원	과제기간	2021.07.13 - 2024.06.30
과제정보	<ul style="list-style-type: none"> 세부과제(총괄과제: 혁신형 SMR 요소기술개발 민간사업, 한국원자력연구원) 		
연구분야	<ul style="list-style-type: none"> 일차계통방호-기타(SMR 적용) 		
2. 최종연구목표		TRL 수준	2→4
		적용노형	혁신형SMR
<ul style="list-style-type: none"> 혁신형SMR 예비 PSA 혁신형SMR 예비 중대사고 평가 혁신형SMR EPZ 예비 평가 			
3. 주요연구 내용			
<ol style="list-style-type: none"> 혁신형SMR 예비 PSA <ul style="list-style-type: none"> 리스크 기반 Defence-In-Depth 평가 혁신형 SMR 예비 PSA 평가 혁신형SMR 예비 중대사고 평가 <ul style="list-style-type: none"> 혁신형 SMR 중대사고 경위 예비 평가 혁신형 SMR 핵분열생성물 예비 평가 혁신형SMR EPZ 예비 평가 <ul style="list-style-type: none"> EPZ 예비 분석 혁신형 SMR EPZ 대응 방안 수립 			

발표순서

- ❖ 2차 로드맵 작성 경과
- ❖ 1차 로드맵 PIRT 결과
- ❖ 중점기술 연구수행 현황
- ❖ **연구분야별 지식수준 및 중요도 변화**
- ❖ 마무리

PIRT 지식수준/중요도 변화 (1/2)

원자로 손상 단계

일차계통 손상 단계	세부 손상 단계	주요 현상	지식 수준/ 중요도	재평가	
				지식 수준	중요도
원자로 손상	원자로심 건전성 상실	노심가열 (피복재 산화)	상/중		
		노심용융 (유로 막힘)	중/중	중하	상
		노심 파편층/용융물 풀 형성	중/중	중하	상
		용융물 냉각가능성	하/중	중	상
		용융물 재배치 (이송)	하/중	중하	상

지식수준 변경 사유 (하 → 중)

- 코드 간 분석 연구에 따르면 **노심물질 재배치 관련 주요 모델들이 검증 없이 코드마다 상이**하며, 이에 따라 노심물질 재배치 양상이 차이가 분명함이 확인됨.

중요도 변경 사유 (중 → 상)

- 사고관리계획서 법제화 이후 도입되고 있는 대부분의 신규 **중대사고 대처 조치들이 노심손상 초기 운전원 조치에 크게 의존하고 있음**. 노심손상 진행 정도의 정확한 분석과 예측이 이들 조치의 가용 시간이나 조치 효과에 매우 중요 하기에 중요도 상향 조정 필요함
- 중대사고 평가 정확성 요구 수준이 높아짐에 따라 **노심 영역에서의 노심물질 재배치 현상은 원자로용기 하반구 거동의 주요 입력 변수**라는 측면에서 중요성이 상향되어야 함
- 노내 재임계 평가결과, **순수를 주입하는 경우 재임계발생 가능성이 높음을 확인하였음**. 또한 재임계 발생시 핵분열 생성물과 수소가 더 많이 생성될 것으로 예측되며, 노심손상 속도가 빨라질 수 있음

PIRT 지식수준/중요도 변화 (2/2)

➤ 일차계통 손상 단계

일차계통 손상 단계	세부 손상 단계	주요 현상	지식 수준/ 중요도	재평가	
				지식 수준	중요도
일차계통 경계손상	고온고압 기인 경계상실	증기발생기 세관 파손	중/상		중
		밀림관 파손	상/하		
		고온관 파손	상/하		
	초기사건 기인 경계상실	ISLOCA/SGTR	상/상		중
		PORV/배관 파손	상/중		

➤ 중요도 변경 사유 (상 → 중)

- TI-SGTR은 발생확률이 현저하게 낮은 Rare event 이며, RCS가 저압인 경우 TI-SGTR 사고가 발생되기 어렵기 때문에 사고관리측면에서 중대사고 진입 후 급속감압 전략적용을 통해 관리하고 있어 추가 연구분야 적음
- 이외, SGTR에 의한 중대사고로의 진행에 따른 손상된 증기발생기에 대해서는 격리조치 등의 적절한 사고관리가 수행되고 있음


마 무 리

□ 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

□ 다양한 원자로를 고려한 PIRT 구조

- 기본적으로는 경수로 현상 위주로 정리 → 액체금속로, 고온가스로, 용융염원자로 등 다양한 노형에 대한 현상 추가 필요
- 각 현상들에 대해서 규제 및 사고관리, 연구 분야에서 바라보는 활용성/중요도 정보 수록
- 소형모듈원자로(SMR)에서 각 현상들의 지식수준/중요도 분석 필요
- 사용후핵연료저장조에 대한 중대사고 현상 추가 필요



**경청해주셔서
감사합니다.**