

한국원자력학회 2022 춘계학술발표회
워크숍 (E) 중대사고 현안해결 로드맵 개발 현황
2022년 5월 18일(수), 제주국제컨벤션센터, 2층 201호

중대사고 현안해결 로드맵 작성 현황

격납건물 방호 분과

분과장: 김성중 (한양대학교)

간사: 나영수 (한국원자력연구원)

1. 중대사고 로드맵 보고서 작성

격납건물 방호 분과 활동

1-1. 격납건물 방호 분과 활동

21.10.08. 연구수행 현황(2016~2021) 및 PIRT 재평가 서면 의견 취합

21.10.20. KNS 추계학술발표회 워크숍 발표(연구수행 현황, PIRT 재평가)

21.11.23. PIRT 재평가 전문가 회의(대전, 13명 격납건물 과압, HPME/DCH)

22.01.11. PIRT 재평가 전문가 회의(세종, 15명, 가연성 기체, FCI 논의)

22.02.09. PIRT 재평가 전문가 회의(온라인, 10명, MCCI 논의)

22.02.21. 격납건물 방호분야 보고서 취합(분과위원 작성)

22.04.15. 격납건물 방호분야 보고서 전문가 독립 검토

22.05.18. KNS 춘계학술발표회 워크숍 발표

중대사고 현상규명 및 대처체계 구축
로드맵 보고서

제 2권 격납건물 방호분야

2022. 4.

분과장 : 김성중(한양대학교)
간사 : 나영수(한국원자력연구원)
분과위원 : 김병조(한국전력기술)
 김응수(서울대학교)
 김종태(한국원자력연구원)
 김형대(경희대학교)
 박동민(한국전력기술)
 박래준(한국원자력연구원)
 박진성(한국원자력안전기술원)
 박창환(미래와도전)
 박현선(서울대학교)
 방광현(한국해양대학교)
 신태영(한수원 중앙연구원)
 신상우(한국전력기술)
 안상모(한국원자력연구원)
 이연건(제주대학교)
 정용훈(한국과학기술원)
 정재훈(한국원자력연구원)
 조성민(한국전력기술)
 최유정(한수원 중앙연구원)
 홍성완(한국원자력연구원)
총괄간사 : 하광순(한국원자력연구원)
위원장 : 김균태(한국원자력안전기술원)

2. 격납건물 방호분야 PIRT 전문가 재평가 결과

2-1. 격납건물 고온과압 PIRT 재평가

주요 현상	기술 현안 및 연구 수요	2016 지식 수준/중요도	2021 지식 수준/중요도	재평가 결과
격납건물 구조	격납건물 내압능력분석(구조손상거동)	중/상	중/상	변화 없음
국부고온 및 재가열	핵분열생성물 이송 침적에 따른 주요 기기의 재가열	중/중	중/하	중요도 하향 ⁽¹⁾
	수소연소/폭발 등에 따른 국부고온영향	중/상	중/상	변화 없음
계통설비 손상	관통부의 이음새, 밸브 패킹 등의 누설	중/상	중/상	변화 없음
여과배기	여과배기계통을 통한 사고 관리 전략	하/상	상/하	지식수준 상향 ⁽²⁾ , 중요도 하향 ⁽³⁾
	여과배기설비의 감압 능력	중/상	상/하	지식수준 상향 ⁽²⁾ , 중요도 하향 ⁽³⁾

(1) 대부분 주요 기기는 기기 검증 요건에 따라 고방사선 조건에서 성능 검증을 수행 → 핵분열생성물 침적에 따른 기기 재가열에 의한 영향은 제한적일 것으로 판단됨.

따라서 이로 인한 주요 기기 재가열이 격납건물 과압에 미치는 영향은 제한적일 것으로 판단됨.

(2) 여과배기계통 국산화로 국제수준의 기술 역량을 보유함.

여과배기계통 실효성에 대한 결론이 도출되었음. 여과배기계통을 이용한 사고관리전략은 이미 유럽, 캐나다 등에서 채택하였고, 국내 월성1호기에서도 채택되었음.

사고관리전략 측면에서의 기술 배경은 수립되었다고 판단됨. 국내 중대사고 법제화에 따른 방사선 영향 제한치와 상관관계에 문제가 있지만, 기술적인 지식 부족은 아님.

(3) 사고관리계획서 법제화에서 소외 선량 '250 mSV' 요건은 여과배기계통 작동 시 불활성 기체 핵분열생성물의 방출로 인해 만족하기 어려움.

여과배기계통 설치 필요성이 무효화됨에 따라 사고관리전략에 여과배기설비를 적용하지 않음.

2-2. 격납건물 직접가열 PIRT 재평가

주요 현상	기술 현안 및 연구 수요	2016 지식 수준/중요도	2021 지식 수준/중요도	재평가 결과
확산 이송	노심용융물 분출 모델	중/하	중/하	변화 없음
	격납건물 공동 내 용융물 확산 모델	중/하	중/하	변화 없음
	격납건물 상부로의 용융물의 이송 모델	중/하	중/하	변화 없음
	격납건물 공동 내 충수 모형에 따른 용융물 방출 특성 및 저감 설계	중/하	중/하	변화 없음
열전달	격납건물 대기와의 열전달 및 연소 모델	상/하	중/하	지식수준 하향 ⁽¹⁾
	격납건물 내부 구조물로의 열전달 모델	상/하	중/하	지식수준 하향 ⁽¹⁾
	격납건물 공동 내 충수냉각수의 영향(상호작용, 냉각 및 산화 반응)	상/하	상/중	중요도 상향 ⁽²⁾
완화 수단 평가	감압 계통의 설계 및 사고 관리 전략의 개발	상/상	상/중	중요도 하향 ⁽³⁾
	감압 사고 경위에 대한 Low Cut-off Pressure	상/상	상/상	변화 없음

(1) 이론적 모델의 불확실성이 대두되어, 모델 개선 필요가 있음.

(2) 충수냉각성에 따른 격납건물 핵분열생성물 거동 및 과압에 미치는 영향 존재.

(3) 국내 가동 원전은 중대사고로의 진행 후 적절한 사고 관리 및 대응 위해 관련 감압 계통 및 설비 보유하고 있음.

중대사고진입 후 일정 기준에 따라 RCS 압력을 낮추는 급속감압전략을 사고관리전략으로 채택하고 있으며, 이는 충분히 합리적인 것으로 판단됨.

2-3. 가연성 기체 연소 및 폭발 PIRT 재평가

주요 현상	기술 현안 및 연구 수요	2016 지식 수준/중요도	2021 지식 수준/중요도	재평가 결과
수소 생성 및 분포 모델	수소생성모델(노내 금속과 고온 수증기와의 산화 반응)	중/중	중/중	변화 없음
	수소방출모델(RCS 파단부, 감압 장치)	상/중	상/중	변화 없음
	수소확산분포모델(방출수소의 혼합기체 형태로 격실이동 및 확산, 수소성층화)	중/상	중/상	변화 없음
수소 연소 모델	수소연소모델(국소적인 수소농도에서 가연조건하에 열원과 접촉한 수소연소)	중/중	중/중	변화 없음
	수소화염가속모델(수소 화염의 난류가속)	중/중	중/중	변화 없음
	DDT(압력파와 화염면의 중첩에 따른 Detonation, 강한 연소 충격파의 전파모델)	하/중	중/중	지식수준 상향 ⁽¹⁾
사고 관리	법제화에 따른 수소 연소 제어를 위한 중대사고 관리전략 유효성	중/상	중/상	변화 없음
	피동축매형재결합기(PAR)를 포함한 수소제어 계통의 성능평가 실험 및 해석 검증	하/상	중/상	지식수준 상향 ⁽²⁾

(1) 사고관리계획서 법제화 후 가동원전 포함 전체 원전 대상 수소 연소에 따른 DDT 평가 수행.

(2) 다년간 국제공동연구 참여와 국내 대형실증실험 설비 실험연구를 통하여 기술 역량 보유. PAR 개발 및 성능평가 경험이 있음.

2-4. 노심용융물-냉각수 반응 PIRT 재평가

주요 현상	기술 현안 및 연구 수요	2016 지식 수준/중요도	2021 지식 수준/중요도	재평가 결과
초기	용융물 제트 냉각수 유입 특성(공기중 제트 파쇄, 냉각수 유입 속도, 제트 유입 직경 등)에 따른 영향	상/중	상/중	변화 없음
혼합	용융물 제트의 파쇄에 따른 용융물 평균 입자, 입자 분포 및 증기분율분포(비등 열전달) 모델	중/중	중/상	중요도 상향 ⁽¹⁾
	혼합과정에서의 증기 분포가 폭발 과정에 미치는 영향	중/중	중/중	변화 없음
	혼합과정에서의 냉각수의 화학적 특성이 폭발 과정에 미치는 영향(해수, 보론수, 핵분열생성물 등)	중/중	상/하	지식 수준 상향 ⁽²⁾ , 중요도 하향 ⁽²⁾
	혼합과정에서의 용융물 고화, 산화, 수소 생성 거동 및 영향	중/중	중/중	변화 없음
전파	복합 현상 체계에서의 증기폭발 전파 모델(벽/바닥의 영향, 복합 구조)	하/중	중/상	지식 수준 ⁽³⁾ /중요도 상향 ⁽⁴⁾
물성치	용융물 재료의 영향(금속 성분의 열유체역학적 영향, 산화 반응)	중/중	중/상	중요도 상향
냉각성	용융물 재료에 따라 산화반응이 발생할 경우의 냉각성 영향	하/상	중/상	지식 수준 상향 ⁽⁵⁾
	용융물 파편화에 따른 장기 냉각성 영향	하/상	중/상	지식 수준 상향 ⁽⁶⁾
	파쇄입자 침적에 따른 침적층 형성과정(입자층, Cake) 및 열전달 모델	하/상	중/상	지식 수준 상향 ^(6, 7)
사고관리	법제화에 따른 원전 스케일 불확실성 분석(사고관리전략 유효성) 평가 방법	중/상	중/상	변화 없음
	증기폭발 방지를 위한 대처 설비 기술개발	하/상	중/중	지식 수준 상향 ⁽⁸⁾ , 중요도 하향 ⁽⁹⁾

(1) 사고관리계획서 법제화에 따른 인허가 과정에서 용융물 제트 파쇄에 따른 용융물 입자 크기, 분포 및 냉각 특성과 관련된 사항이 주요 인허가 현안으로 도출.

용융물 파쇄량과 입자 크기 등이 FCI 혼합 과정의 중요 결과임. FCI가 MCCI와 연계되므로 중요성이 부각됨.

(2) 국외(일본) 연구결과에서 해수, 붕산수에 의한 물의 주요 물성치 변화는 무시할 수 있을 것으로 판단됨.

(3) 2차원 이상의 해석 모델이 폭발 압력의 공간적 전파 해석 가능함. 증기폭발 코드가 안정화 됨.

(4) 3차원 공간에서 폭발 압력 전파 특성이 최종 구조물에 대한 폭발 하중을 결정함.

(5) 산화반응이 폭발력을 크게 증가시킨다는 실험적 결과가 있음. (6) 국내외 입자 장기 냉각 연구를 수행함.

(7) 깊은 선침수 원자로공동에서의 용융물 제트 완전 분열 조건에 한하여 파쇄 입자층 형성과정에 대한 종합적인 모의실험을 통해 대표적인 입자층 형상 모델 제시됨.

(8) 냉각수 첨가제, 냉각수 거품화 등 방지 효과의 전략이 있음.

(9) 노외 증기 폭발에 따른 격납건물 공동에서의 구조건전성에 대한 영향 적음.

증기폭발 대처 기술의 가장 효과적인 방법은 원자로용기 파손 방지이며, 초기 냉각수 주입 등 노심 냉각의 신뢰도를 높이는 방안임.

원자로용기 파손 이후 증기 폭발을 방지할 수 있는 대처 설비가 안전성 향상 관점에서는 충분히 유효할 수 있지만, risk 대비 cost 관점을 고려해야함.

폭발 방지 전략의 실현성에 한계, 증기폭발 위해도가 크지 않음.

2-5. 노심용융물-콘크리트 반응 PIRT 재평가

주요 현상	기술 현안 및 연구 수요	2016 지식 수준/중요도	2021 지식 수준/중요도	재평가 결과
건식 공동	다차원 용발현상, 용융물 퍼짐, 용융물 분출	중/상	중/상	변화 없음
	비응축 기체 및 가연성 기체 생성(콘크리트 유형의 영향)	중/상	상/상	지식 수준 상향 ⁽¹⁾
	핵분열생성물 방출	중/상	중/상	변화 없음
	사후 상부 충수 시 냉각 거동(파편층 냉각, 상부 금속층 효과, 냉각수 주입모드 영향, 냉각수 침투, 용융물 분출)	중/상	중/상	변화 없음
습식 공동	사전습식공동에서 용융물 및 냉각수 조건에 따른 용융물 거동(파편화 정도, 입자크기분포)	하/상	중/상	지식 수준 상향 ⁽²⁾
	(건식 및 습식) 공동에서의 노심용융물 침적 및 퍼짐 현상(충수 깊이에 따른 연구 포함)	중/상	중/상	변화 없음
	충수공동에서의 다공용융물 냉각성(파편층 형상, 열전달 모드, 파편층 내 물 유입, 충수 깊이 및 용융물 냉각성)	중/상	중/상	변화 없음
사고 관리	원전스케일에서의 노외 냉각성 불확실도 평가	하/상	중/상	지식 수준 상향 ⁽³⁾
	국내 가동 원전에 대한 MCCI 대처능력 평가 및 결말 분석을 통한 사고관리방안	하/상	중/상	지식 수준 상향 ⁽⁴⁾
	MCCI 방지 또는 완화를 위한 대처 설비 또는 전략 개발	중/상	중/상	변화 없음

(1) 신고리 3, 4호기 및 UAE 원전 사업 통해 콘크리트 유형에 따른 MCCI 현상에 의한 비응축성 기체 및 가연성 기체 생성 평가 수행됨.

MCCI에 대한 실험 자료 및 모델링에서 반응 기체 해석 수준이 향상됨.

(2) 기존 TROI, FARO 등 원형 노심용융물 및 고온 상사물을 이용한 노심용융물-냉각수 반응 실험에서 발생한 파편 입자 크기 분포에 대한 종합적인 분석 수행됨.

대략적인 입자크기 분포 범위를 추정할 수 있음. 파편화 정도, 입자 크기에 대한 실험 자료 생산 및 이론적 모델을 개발함.

(3) 증기폭발 분야에서 용융물 분열에 대한 정보를 획득함.

(4) 사고관리계획서 법제화 후 전체 원전에 대한 MCCI 대처능력 평가를 수행함. MAAP 등의 해석 결과를 통해 국내 원전 MCCI 이슈 도출함.

- PIRT 재평가 방법
 - 국내 PWR 안전 현안의 지식 수준과 중요도를 기술(현상) 중심으로 재평가
 - 모든 현안이 원전 안전성 관점에서 중요하지만, 연구 필요성 관점에서 PIRT를 재평가
 - 지식수준과 중요도 변경 시 가능한 객관적 근거 자료 바탕으로 분과 위원 의견을 취합
 - PIRT 중요도 평가 시 현안 해결 관점과 격납건물 파손에 미치는 영향 관점 모두 고려할 필요가 있음
- 기타 논의 사항
 - 가동 원전 중심 PIRT 재평가 결과를 신규 원전(SMR 등)에 적용 및 활용을 위한 노력 필요 – 신규 원전 중대사고 현상을 정의하고, 관련 전문가 의견을 취합하는 것이 필요
 - 2016년 PIRT에서 다루지 않았던 수소 현안(예를 들어, 우회사고 시 보조건물에서 수소 거동, 사용후 핵연료저장조에서 수소 이슈 등)을 추가적 고민 필요.

- 기술적 관점
 - PIRT 재평가 결과, 노심용융물 및 MCCI에 상당한 연구적 투자의 효과가 나타남
 - 격납건물 배기 여과계통: 기술적/정책적 변화에 따라 그 중요성이 크게 격하됨
 - 증기폭발 연구: 여전히 중요도가 존재함에도 불구하고 연구적 투자는 미비한 것으로 판단됨
 - 수소 리스크 관련 연구: 국내 기술 수준 확립 필요 (PAR 관련 불확실성 및 인허가 이슈)
- 특별위원회 활동 관점
 - PIRT 재평가 객관화 보완 필요: 제한된 수의 전문가 참여로 인한 consensus 확보 부족
 - PIRT 재평가 결과의 활용성: 중점적 투자 필요한 연구 주제 파악과 관련 연구개발 추진
 - 전통적 중대사고 연구 프레임에 맞춘 분석 수행함에 따라 미래 수요가 필요한 중장기 연구 투자 전략 수립 필요 (예: 기존 Eulerian 해석 방식 중심에 따른 중대사고 현상 모사의 기술적 난이도 저감을 위한 연구적 노력 필요)

감사합니다!

김성중: sungjkim@hanyang.ac.kr

나영수: ysna@kaeri.re.kr

2016~2021 중대사고 격납건물 거동 관련 연구수행현황조사 결과

1. 수소 위험도 연구 과제

과제 제목	수행기관	수행 기간	주요 연구내용	추가 연구 주제
중대사고 시 수소폭발에 대한 건물 안전성평가 및 개선사항	한수원	2016.11-2020.06	<ul style="list-style-type: none"> 수소위험평가 대상원전 선정 중대사고 시 격납건물 및 인접건물 수소연소 전산해석 중대사고 시 격납건물 및 인접건물 수소연소 실험 	
중대사고 현안 평가 모델 규제검증연구	KINS	2021.02-2023.12	<ul style="list-style-type: none"> 중대사고 시 격납건물 내 수소 위험도 평가 방법론 개발 모델 평가, 개선/개발 3차원 수소분포 독립 모듈 개발 	
격납건물 수소제어 사고관리전략 평가기술 개발	KAERI	2017.03-2021.12	<ul style="list-style-type: none"> 중대사고 모의 격납건물 내 수소 거동/제어 실험 다차원 수소거동 상세해석 코드 개발 및 검증 다차원/종합해석 코드 연계 격납건물 수소제어 사고 관리 평가 	<ul style="list-style-type: none"> MCCI 현상 반영한 가연성 기체 거동 실험과 상세 해석 기술 개발 국산 PAR의 자연발화, CO 제거 특성 실험 및 모델 개발 국내 가동 원전의 PAR에 의한 자연발화 시 부정정 영향 평가 해석
중대사고 시 격납건물 내부 다원기체 분포 및 응축열전달 실험 연구	제주대	2019.04-2021.12	<ul style="list-style-type: none"> 응축 환경에서 증기-공기-헬륨 혼합기체의 분포 측정 및 성층화 평가 공기-헬륨 혼합물 존재 시 증기응축 열전달 실험 	<ul style="list-style-type: none"> 가벼운 비응축성 기체(수소)의 영향을 반영하는 응축 열전달 모델의 적용을 통한 격납건물 과도 거동 해석 연구
중대사고 시 격납건물 내 수소거동 평가를 위한 차원해석방법론 개발	KAERI	2018.04-2020.12	<ul style="list-style-type: none"> 수소 성층화 깨짐 관련 국내/외 실험 데이터베이스 구축 및 계측 오차 분석 차원해석을 통하여 수소 성층화 거동에 영향을 미치는 주요 변수의 무차원화 실험 DB로부터 무차원수 그룹의 함수적 상관관계 도출 및 수소분포 평가 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 성층화 깨짐 모델을 해석 코드에 반영하여 격납건물 수소 분포 거동 평가
중대사고 코드 연계 격납건물 수소 위험도 예측 프로그램 개발	한양대	2018.02-2020.01	<ul style="list-style-type: none"> 중대사고 수소 혼합물 가연성 평가방법론 개발 MELCOR 코드 연계 격납건물 수소 위험도 예측 프로그램 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 개발된 수소 혼합물 가연성 평가방법론을 통한 희석제 개발
수소 위험도 평가 프로그램 활용 체계 구축	한양대	2018.04-2020.12	<ul style="list-style-type: none"> 중대사고 종합해석코드 수소 혼합물 가연성 평가방법론 비교 검증 중대사고 종합해석코드 FA/DDT 평가방법론 검증 	<ul style="list-style-type: none"> H2/CO 혼합물 가연성 평가방법론 개발

2. 증기폭발 연구과제

과제 제목	수행기관	수행 기간	주요 연구내용	추가 연구 주제
증기폭발 리스크 평가를 위한 열수력 및 구조해석 선진 모델 개발	한국해양대	2018.04-2020.12	<ul style="list-style-type: none">● TRACER-II 증기폭발 해석 코드 선진화● 노외 증기폭발에 의한 원자로공동 및 주배관 동적거동 해석 개발	<ul style="list-style-type: none">● 3차원 증기폭발 코드 개발
3차원 증기폭발 해석코드 개발	한국해양대	2021.04-2023.12	<ul style="list-style-type: none">● 3차원 증기폭발 해석 코드 개발● 3차원 해석모델 검증용 실험	

3. 노심용융물 냉각 연구과제

과제 제목	수행기관	수행 기간	주요 연구내용	추가 연구 주제
중대사고시 노심용융물 노외 냉각 성능, 재임계 가능성 및 격납건물 내 핵분열생성물 거동평가·규제기술 개발	KINS	2021.01-2022.12	<ul style="list-style-type: none"> ● 노외 노심용융물 냉각 성능 평가방법론(안) 개발 및 적용성 평가 	
노외 노심용융물 냉각 및 안정화기술 개발	KAERI	2017.03-2021.12	<ul style="list-style-type: none"> ● 노외 방출 노심용융물 냉각평가 실험장치 구축 및 실험 ● 노외 방출 노심용융물 냉각모델 개발 및 냉각성능 종합평가 ● 노외 방출 노심용융물 냉각관련 사고관리전략 평가 및 개선안 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ● 고온 노심용융물 제트 분열 특성 및 파편층 형상 모델 개발 ● 고온 비정형 다분산 파편입자층 냉각성 모델 개발 및 검증실험 ● 노외 노심용융물 냉각 및 MCCI 연계 해석 체계 구축
선침수 원자로 공동에서 노심용융물 냉각성 해석모델 개발	한국해양대	2017.03-2019.12	<ul style="list-style-type: none"> ● 용융물 파편 생성 및 형상 모델 개발 ● 용융물 파편층 형성 변수 상관식 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ● 현실적 용융물 분출 형상에 대한 해석모델 개발 필요
중대사고 시 노심용융물 노외 냉각 성능, 재임계 가능성 및 격납건물 내 핵분열생성물 거동평가·규제기술 개발	KINS	2021.01-2022.12	<ul style="list-style-type: none"> ● 노외 노심용융물 냉각 성능 평가방법론(안) 개발 및 적용성 평가 	

4. MCCI 연구과제

과제 제목	수행기관	수행 기간	주요 연구내용	추가 연구 주제
중대사고동안 노심용융물과 콘크리트 반응영향 평가기술 개발	EN2T (KAERI, 세종대)	2019.10- 2023.09	<ul style="list-style-type: none"> ● 중대사고동안 노심용융물의 원자로공동 내 방출시 노심용융물의 냉각과 노심용융물-콘크리트 반응거동을 평가하는 독립적인 원자로공동 내 중대사고 최적 해석코드 개발 ● 국내외 원자로공동 내 노심용융물 냉각, 노심용융물 냉각설비 및 노심용융물-콘크리트 반응 실험 Database Platform 구축 ● 노심용융물 냉각설비 및 Pre-Flooding 냉각 성능평가 3차원 CFD 수치해석 방법론 개발 및 적용성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> ● 사전충수 조건에서 노심용융물 냉각 및 노심용융물-콘크리트 반응 실증 시험 및 CASTLE 코드 검증
실제적 시나리오기반 중대사고 진행 및 상세현상 분석	한수원	2016.10- 2020.11	<ul style="list-style-type: none"> ● OPR1000/CANDU형 MCCI 현상 상세분석 ● OPR1000형 대상 MAAP5/MELCOR 분석 비교 ● CANDU형 대상 MAAP4-ISAAC/MAAP5-CANDU 비교 	<ul style="list-style-type: none"> ● 국내 WH형 및 FR형 MCCI 상세 분석 및 대처능력 평가
국내원전 MCCI 대응을 위한 냉각수단 개념설계 기술개발	한수원 (포항공대)	2019.06- 2021.05	<ul style="list-style-type: none"> ● 제트 파쇄 입자화 기술개념 개발, 검증 실험 수행 및 분석 ● 파편입자 분산화 기술개념 개발, 검증 실험 수행 및 분석 ● 고온 파편잔해층 피동 냉각기술 개념 개발, 검증용 데모 실험 수행 ● 신개념 피동 냉각 기술의 효율 정량화 및 기존 냉각방식과의 비교를 통한 국내 원전 적용 가능성 평가 	

5. 기타 연구과제

과제 제목	수행기관	수행 기간	주요 연구내용	추가 연구 주제
중대사고 관리역량 강화를 위한 고 유 전산코드 인증 및 표준화	한수원 (KAERI, FNC, 한국전력기술(주), KAIST)	2019.5- 2023.4	<ul style="list-style-type: none"> ● CINEMA 모델개선 및 표준화 <ul style="list-style-type: none"> - 노내현상 모듈 개선 : 원자로용기 파손 해석모듈 개선, 용융물 방출 및 방출부 ablation 모델 적용 등 - 노외현상 모듈 개선 : Particulate Bed 모델 추가, Corium 및 Particle 퍼짐 해석 모델 추가, MCCI 해석모듈 개선 등 - 핵분열생성물 해석모듈 개선 : 에어로졸 입자 크기 추적, 분포 변화 관련 사항 개선, 간극방출 모델 개선 등 - ASME NQA-1-2008/2009a 기반 전산코드 형상관리 시스템 구축, 운영 ● OPR1000 원전에 대한 중대사고 종합해석 및 인허가용 보고서(TR, 특정기술주 제보고서) 작성 	● 중대사고 해석코드 인허가
기계학습법을 적용한 중대사고 관리전략 안전규제요소 도출 및 평가 방법론 개발	한양대	2020.04- 2022.12	<ul style="list-style-type: none"> ● 잠재적 안전규제요소에 따른 중대사고 관리전략 데이터베이스 구축 및 딥러닝 방법론 검토 ● 딥러닝 학습데이터 확보를 위한 대안모델 개발 및 기초 학습모델을 이용한 성능 최적화 ● 핵심 딥러닝 모델 개발 및 중대사고 관리전략 최적운영 조합 탐색을 통한 안전 규제요소 도출 	● 발전소정전사고 외 다양한 초기 사건 및 해당 특성을 고려할 수 있는 기계학습법 모델 개발
중대사고 현안 평가 모델 규제검증 연구	KINS	2021.02- 2023.12	<ul style="list-style-type: none"> ● 재임계 발생 시 반응도 변화에 의한 격납건물 내 열수력 거동 예측 모델 구축 	