

한국원자력학회

2021 추계학술발표회

---

워크숍 (D) 중대사고 현안해결 로드맵 개발 현황  
2021년 10월 20일(수), 창원컨벤션센터, 6층



# 중대사고 현안해결 로드맵 작성 특별 위원회 활동개요

위원장: 김 균 태 (한국원자력안전기술원)

총괄간사: 하 광 순 (한국원자력연구원)



KOREAN NUCLEAR SOCIETY

1 2021 AUTUMN MEETING

## » 중대사고 현상규명 및 대처체계 구축 로드맵 작성 특별위원회

### ○ 경위:

- 후쿠시마 원전 사고 이후 국가 차원의 "중대사고 현상규명 및 대처체계 구축을 위한 연구 로드맵"의 필요에 따라 원자력 학회 차원의 특별 위원회 구성 및 활동을 의결 (2015.04 월 KNS 이사회)

### ○ 목적: 중대사고 현상에 대한 PIRT 작성 및 산-학-연 분야의 장단기 연구 과제(안) 도출

### ○ 기간: 2015. 3. 1 ~ 2016. 8. 28 (18개월)

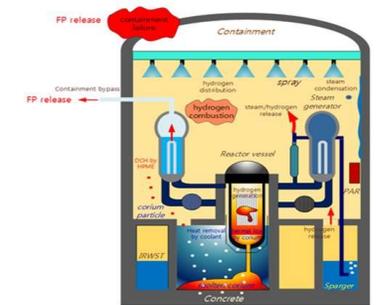
### ○ 구성

- 위원장: 류용호(한국원자력안전기술원), 부위원장: 송진호(한국원자력연구원)
- 일차계통 방호(19명), 격납건물 방호(20명), 핵분열생성물거동(15명)

### ○ 성과물: 중대사고 현상규명 및 대처체계 구축 로드맵 보고서, 2016. 8

- 중대사고 현상규명 및 대처체계 구축 로드맵 보고서 (제 1권 일차계통방호분야)
- 중대사고 현상규명 및 대처체계 구축 로드맵 보고서 (제 2권 격납건물방호분야)
- 중대사고 현상규명 및 대처체계 구축 로드맵 보고서 (제 3권 핵분열생성물거동분야)

### 중대사고 현상규명 및 대처체계 구축 로드맵 보고서



2016. 8

중대사고현상규명및대처체계구축로드맵작성특별위원회

# 배경

2016년

- » **가동 원전 (PWR, PHWR) 중대사고 대처 능력 향상**
  - 국내 외 중대사고 관리전략 법제화 (2016)
  - 인구 밀집 지역의 다수기 및 장기가동 원전의 대중 수용성
  - 국제안전협약 방사성물질 방출 제한 구체화
- » **SMART 원자로 수출**
  - 한-사우디 협력, 2018 예비 검토, 이후 시범 건설 중대사고 해석 기술 국산화 필요
- » **미래원전(SFR 중대사고 쟁점)**
  - 2018 실증로 표준설계, 2022 건설 허가
  - 소듐/격납건물 내 방사성 물질 거동
  - 냉각성능 확보/재임계 방지
- » **아시아 지역 리더십 유지**
  - 국제 수준 원천기술 (독자 코드, 실증실험) 개발 요구



2021년

- » **가동 원전 (PWR, PHWR) 중대사고 대처 능력 향상**
  - 국내 외 중대사고 관리전략 법제화, 사고관리계획서 제출
  - 원전 안전에 관한 대중 수용성
  - 방사성물질 방출에 대한 최적 평가
- » **i-SMR 개발 추진**
  - 혁신 소형 원전 설계에 따른 중대사고 쟁점?
- » **미래원전(SFR 중대사고 쟁점)**
  - 미래 원전에서의 중대사고 쟁점?
- » **아시아 지역 리더십 유지**
  - 국제 수준의 중대사고 평가기술 지속적 확보

## » 특별 위원회 구성

○ 명칭: 중대사고 현안해결 로드맵 작성 특별위원회(한국원자력학회 안전연구부회)

○ 목적:

- 2016년에 한국원자력학회에서 발간한 「중대사고 현상규명 및 대처체계 구축 로드맵 보고서」를 토대로,
- 그동안의 연구 성과와 동향을 정리하여 반영하고 현시점에서 향후 전망과 제안을 제시하기 위한
- 중대사고 현안해결 로드맵 작성

○ 기간: 2021. 9. 1 ~ 2022. 5. 31 (10개월)

○ 구성

	분과장	간사	전문가
총괄(위원장)	김근태(KINS)	하광순(KAERI)	자문: 류용호, 송진호
일차계통 거동	배준호(KAERI)	임국희(KINS)	강준영, 김동하, 김병조, 김상백, 김상호, 박래준, 박재환, 손동건, 안광일, 안상모, 이윤희, 정범진, 정용훈, 정재훈, 조용진, 최유정
격납건물 거동	김성중(한양대)	나영수(KAERI)	김병조, 김응수, 김종태, 김형대, 박동민, 박래준, 박진성, 박창환, 박현선, 방광현, 신상우, 신태영, 이연건, 정용훈, 조성민, 최유정, 홍성완
핵분열생성물 거동	윤종일(KAIST)	김성일(KAERI)	김태형, 김한철, 박병기, 서미로, 손동건, 송용만, 연제원, 이두용, 이윤희, 이준엽, 조창석

## » 경과

○ 제254차 이사회 승인, 2021. 08. 27

○ 1차 회의(사전회의): 2021. 8. 3, 온라인, 위원장, 분과장, 간사 등

▪ 안건:

✓ 중대사고 현안해결을 위한 로드맵 작성 추진 방안, 특별위원회 운영 방안, 특별위원회의 향후 수행 방안

▪ 조치:

✓ 2016년 보고서 송부, 연구수행 내역 및 추가연구방향 및 필요성 조사 양식 송부

○ 2차 회의: 2021. 9. 3, 온라인, 위원장, 분과장, 간사 등

▪ 안건:

✓ 기관별 연구 현황 조사 취합본 검토, 로드맵 보고서 작성 방향, 추계KNS 학술대회 워크숍 프로그램

▪ 조치:

✓ 기관별 연구 현황 조사 상세본 양식 송부, 기존 PIRT 재평가 방안 수립 및 송부, 워크숍 종합토의 주제 선정

## » 경과

○ 3차 회의: 2021. 10. 1, 온라인, 위원장, 분과장, 간사 등

▪ 안건:

- ✓ 연구 수행현황 조사 및 기존 PIRT 재평가를 위한 분과별 취합 검토, 기존 보고서 리뷰 및 개정 로드맵 보고서 작성 방안, 워크숍 운영 방안

▪ 조치:

- ✓ 기관별 연구 현황 및 PIRT 개정 방안 취합 기한 연장, 각 분과별 워크숍 발표 자료 작성,
- ✓ 분과별 개정 로드맵 보고서 목차 작성

# PIRT 재평가

## » 기존 PIRT 구성

### ○ 일차계통 방호

- 일차계통 손상단계별 주요현상
- 지식수준 / 중요도
- 현안 및 중요성, 사고관리 방안, 규제관점중요성, 원자로건물 건전성, 핵분열생성물 거동 관점

### ○ 격납건물 방호

- 격납건물 손상단계별 주요현상
- 지식수준 / 중요도
- 주요현안/불확실 현상, SAMG/Mitigation action, 규제관점 중요성, RCS 연관 현상, 핵분열생성물 거동 관점

### ○ 핵분열생성물 거동

- 핵분열생성물 방출/이동 단계별 주요현상
- 지식수준 / 중요도
- 주요현안/불확실 현상, SAMG/Mitigation action, 규제관점 중요성, RCS 연관 현상, 격납건물 연관 현상

# 연구분야 도출

## » 기존 우선 연구분야(1)

### ○ 일차계통 방호

- 원자로용기 하부반구에서의 용융물 냉각 성능
- 일차계통 내에서의 고온고압 수증기로 인해 발생할 수 있는 증기발생기 세관파손

### ○ 격납건물 방호

- 여과배기 성능평가 및 사고관리 전략
- 피동축매결합기(PAR)를 포함한 수소제어 계통의 성능평가 실험 및 해석검증(산소희석조건, 에어로졸에 의한 성능 저하, 역방향 유동)
- 용융물 재료에 따라 산화반응이 발생할 경우의 냉각성 영향
- 장기 냉각으로 연계 시 용융물 파편화 현상
- 파쇄입자 침적에 따른 침적층 형성과정(입자층, Cake) 및 파편 잔해층 열전달 모델
- 증기폭발방지를 위한 대처설비 기술개발
- 충수공동에서의 다공성 노심용융물 냉각성(파편층 형상, 열전달 모드, 파편층 내 물 유입, 충수깊이 및 용융물 냉각 가능성)
- 국내 가동원전에 대한 MCCI 대처능력 평가 및 결말 분석을 통한 사고관리방안

## » 기존 우선 연구분야(2)

### ○ 핵분열생성물 거동

- 노심 구조물(주로 제어봉) 손상 및 에어로졸 등 물질 방출 모델 개선
- 산화조건에서 핵연료부터 Ru 에어로졸의 방출 등 거동에 대한 실험데이터 확보
- 원자로냉각재계통으로부터 격납건물로의 Cs, I 방출 모델
- 에어로졸의 형성, 성장, 그리고 침착에 관한 현상(응결과 응축에 의한 성장: 격납건물 표면에서의 응축에 의한 에어로졸의 거동 포함)
- 다음 현상에 대한 기존 실험/이론적 연구결과 검토 및 평가, 실험과 모델링: (1) 벽면 및 기기의 표면에 흡탈착되는 아이오딘 핵종의 이동 (2) 기체상에서 아이오딘과 페인트의 반응에 의한 유기아이오딘의 형성
- MCCI Pool로부터 에어로졸 방출
- **Pool Scrubbing**: 격납건물 내 Pool로부터의 재유입, 포화상태까지 확장된 수조 Scrubbing 실험, 수조 표면 위 고압 조건, 물의 pH가 에어로졸 및 아이오딘 기체 억류에 미치는 영향, 잘 정의된 중대사고 환경조건에서 재부유 현상을 규명하기 위해 대표적인 에어로졸 물질을 사용하는 Scrubbing 종합효과시험
- CFVS 기존 실험/이론적 연구결과 검토 및 평가, 실험과 모델링 : 가동시점 또는 개방압력, SAMG 범주에서 CFVS 운전(개방지속/개폐반복), 격납건물 감압성능, 에어로졸과 기체상 아이오딘에 대한 제거효율, 피동 운전시간, 소내 및 소외선량
- 실제적으로 고려해야 할 사고경위들을 포괄하는 선원항 결정

# 지식 수준 재평가

## » 수행 과제 현황 파악

- 연구분야, 중점기술현안
- 연구기간: 단기, 중기, 장기
- 수행내역
  - 과제제목, 수행기관, 전담기관, 수행기간, 총과제비, 주요연구내용, 대표연구성과, 정량적성과,
  - 적용대상 원전, TRL 수준
- 추가연구방향 및 필요성
  - 추가연구주제, 타노형 적용을 위한 기술

# 향후 추진 일정

## » 추진 일정

- 2021.7. : 추진체계 구성
- 2021.8. : Kick-off(사전 회의)
- 2021.9. : 기존 보고서 Review
- 2021.9.~10. : 분야별 연구현황 및 국내외 동향 평가 (Workshop)
- 2021.11. : 평가결과 취합
- 2021.12. : 보고서 초안 작성 및 보완
- 2022.2. : Peer Review
- 2022.5. : 최종보고서 발간 및 Workshop