

# 2022 KNS 추계학회 워크숍

과제번호 : 202015203000090

과제유형 : 혁신제품형

## 원전해체 핵심실증시설 안전성평가 및 설계기술개발

2022.10.19.

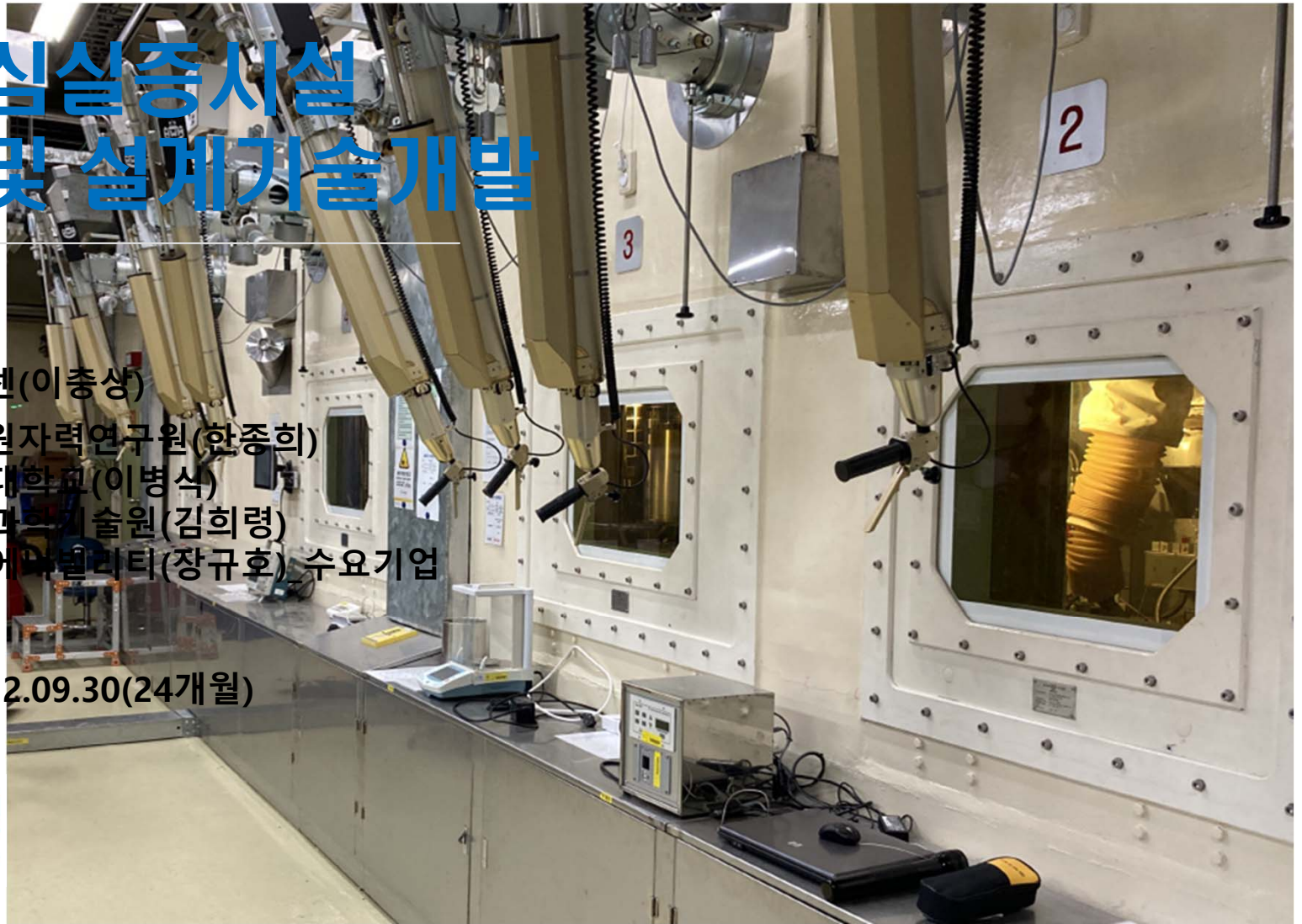
주관연구개발기관 : (주)코센(이충상)

공동연구개발기관 : 한국원자력연구원(한종희)  
단국대학교(이병식)  
울산과학기술원(김희령)  
두산에너지솔루션(장규호) 수요기업

연구기간 : '20.10.01 ~ '22.09.30(24개월)



주식회사 코센  
KOCEN Co., Ltd.



**1 기관 소개**

**2 과제 개요**



주식회사 코센(KOCEN Co., Ltd.)은 1998년 12월, 한국전력기술(주)로부터 분사되어 설립된 이래, 고객 여러분의 성원에 힘입어, 국내외 원자력, 화력발전소 및 기타 플랜트의 품질검사, 콘크리트시험, 설계엔지니어링, 자료관리분야에서 선도 기업 역할을 하고 있습니다.

## 주주 / CEO

임영하 대표이사

## 주요 사업

- **품질검사**  
원자력, 화력발전소 및 플랜트 기자재 품질검사 선도 업체
- **콘크리트시험**  
원자력발전소 콘크리트시험 TOP 1 PROVIDER
- **설계 엔지니어링**  
UAE 원전 배관설계, ITER설계 및 가동원전 설비개선설계의 성공적 수행
- **자료관리**  
원자력 및 화력발전소 자료관리 분야의 탁월한 수행 경험

## 주요 인허가 및 우수실적

- KOLAS 국가공인검사기관(SO / IEC 17020)
- KOLAS 국제공인시험기관(SO / IEC 17025)
- ISO 9001 품질경영시스템
- 엔지니어링사업자 11개 전문분야
- 한수원 가동원전 기계 및 구조 설계 Q등록
- 특허 17개 보유 등
- 'Barakah 원전 1호기 준공 기념' 한기 사장 감사패 수상
- 유관기업(한수원 중앙연구원, 한국전력기술)에서 독일 TÜV SÜD사와 함께 원전 해체 워크숍을 개최하는 등 원전 해체 분야에서도 기술력을 보유

## 근무지

- 성남 크란츠테크노(본사)
- 기장 사무소(대경기술빌딩)
- 고리, 창원, 울진, 김천, 경주, 울산, UAE Barakah 외

## 인력

- **높은 기술력의 탁월한 전문 경험인력 161명 보유**  
기술사 등 총 200개 기술자격 보유



# 1. 공동연구개발기관 소개: 한국원자력연구원, 울산과학기술원

4



- 국내에서 유일하게 사용후핵연료 취급과 조사재료특성 분석 등을 위한 핫셀을 운영
- 사용후핵연료 취급 시설 요건 개발 및 설계, 방사선 안전해석, 원격장치 개발 및 검증과 관련된 연구 경험 다수 보유

## 보유 기술

- 대형 기밀셀 설계/구축/운영기술



- 고준위용 핫셀 설계/운영기술
- 핫셀 안전해석 기술 (임계/차폐/화재/오염확산)

## 연구시설/장비보유현황

- 중콘크리트 핫셀 시설



- 원격취급시험 가상/VR/실증 목업



- '원전 해체 핵심요소 기술 원천 기반 연구 센터' 과제를 통해 다양한 원전 제염해체 기술 개발, 방사성 폐기물 처리 기술 개발, 해체부지의 방사선 측정 등 **종합적인 원전해체 관련 기술 개발 및 적용 연구**를 수행
- MCNP, VISPLAN 등 시뮬레이션 코드를 사용한 연구 수행 경험 다수 보유

## 특 허

- 삼중수소 및 전베타 측정을 위한 모니터링 시스템 및 분석방법 (19.10.28)
- 액체 중 방사능 검출 시스템 (19.02.25)
- 현장 베타 핵종 분석 시스템 및 분석방법 (19.03.14)
- 원자로 냉각재 환경기반 보론미터 정확도 평가 시스템 (18.10.17)
- 섬광체를 이용한 슬롯형 삼중수소 검출기 (18.12.13)
- 섬광형 검출기와 자율주행장치를 활용한 실시간 원격 현장형 해양 감마핵종 분석 시스템 (18.11.28)
- 수중 현장 베타 모니터링을 위한 전처리 및 검출부 통합 시스템 (18.09.10)
- 섬광섬유를 이용한 대면적 베타 방사선 모니터링 시스템 (18.03.07)
- 토양 내 베타방출 핵종의 현장 방사능 깊이 분포 분석을 위한 검출기 및 신호처리 방법 (18.03.19)

## 논 문

- Kang, K, Bae, J. W., & Kim, H. R. (2019). Detection of tritium generated by proton exchange membrane electrolysis by optimization of electrolysis conditions. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 322(3), 1417-1421.
- Kang, K. J., Bae, J. W., & Kim, H. R. (2021). Tritium radioactivity estimation in cement mortar by heat-extraction and liquid scintillation counting. Nud. Technol. 53(11):3798-3807
- Lee, C, Kim, H. R., & Lee, S. J. (2021). Radiological safety evaluation of dismantled radioactive concrete from Kori Unit 1 in the disposal and recycling process. Nuclear Engineering and Technology, 53(6), 2019-2024. 외 1건





- 원전 해체 핵심요소 기술 원천 기반 연구 센터' 과제를 통해 해체작업에 대한 역무분석, 예상 사고 시나리오 도출 및 인적 오류에 영향을 미치는 설계요인, 환경요인 검토 등 종합적인 원전해체 관련 안전성평가 기술 개발 및 적용 연구 수행 경험 보유

## 특 허

- 인적오류 통합 시뮬레이션 모형(21.09.01)
- MATLAB(매트랩)을 통한 Fuzzy-AHP(퍼지-에이에이치피) 도출(AHP derivation though MATLAB) (21.06.11)

## 논 문

- Nam, C. S., Lee, S. G. & Lee, B. S. (2021) Deriving Multiplier for the Stress PSF of RPM Decommissioning Activities, Journal of Korean Radioactive Waste Society, 342.
- Nam, C. S., Kim, M. S., Kim, M. J., Kim, H. S. & Lee, B. S. (2021), Human Error Probability Estimate from the Stress on the RPM Dismantling Work, Transactions of the Korean Nuclear Society, S21-359.
- Kim, D. J., Kim, H. J., Ha, W. I. & Lee, B. S. (2021), Proposed safety class of core demonstration facilities for nuclear power plant decommissioning, Transactions of the Korean Nuclear Society, 21S-419.
- Kim, D. J., Lee, S. H. & Lee, B. S. A Study on the Class Classification of the Hot Cell Facility, Journal of Korean Radioactive Waste Society, 350.
- Lim, Y. J., Hwang, S. M., Park, S. O. & Lee, B. S. (2021), A Study on Importance of Value Criteria in Clearance Waste Recycling Scenario Using Fuzzy-AHP Process, Journal of Korean Radioactive Waste Society, 252.
- Lim, Y. J., Hwang, S. M., Park, S. O. & Lee, B. S. (2021), A Review on the Status of the Decommissioning Waste Recycling System in the World, Transactions of the Korean Nuclear Society, 21S-398



- '국내에 총 23기의 원전에 주요 기기 공급과 인허가 승인을 통해 기기 설계, 건전성 평가 및 차폐평가기술 축적
- 원자력 관계 시설의 내진해석, 구조 건전성 설계, 차폐 설계, 공조 설계 등 관련 기술 및 경험 보유

## 주요 사업

- 원전 주요기기
  - 1986년 한빛 원전 12호기를 시작으로 국내 원전 총 23기에 주요 기기 공급
  - 신한울 12호기부터는 RCP 및 MMIS를 포함하는 APR1400 주요 기기 완전 국산화 공급
- 원전 서비스
  - 원전의 장기 운전에 따른 Alloy 600 소재의 1차수 응력부식균열을 예방하기 위해 한국형 노형 및 Westinghouse 및 Framatome형 교체 기기를 제작 및 공급
- 원전 해체
  - 경수로형 방사화 압력용기 현장 해체 공정/장비 개발 및 Mock-up 실증 시험 완료
  - 증기발생기 해체 공정/장비 개발 및 Mock-up 실증 시험을 통한 신기술 (NET)인증 취득 및 혁신 제품 등록
  - 국내/외 Cask 제작 경험을 토대로 최적화된 설계를 구현한 제품 공급을 통해 국내/외 시장 참여 확대 추진

## 인증 및 수상

- 유자격공급자 등록(원전 증기발생기 전열관 정비기술 용역)
- 품질경영시스템(ISO 9001) 인증, 안전보건경영시스템(ISO 45001) 인증, 환경경영시스템(ISO 14001) 인증
- 품질경영대상 수상(1993)
- 신기술(NET) 인증(원전의 증기발생기 제염/해체 기술)

### 1. 과제명

- 원전 해체 핵심실증시설 안전성 평가 및 설계기술 개발

### 2. 주관기관 및 참여기관

- 주관 : (주)코센 / 참여기관 : 한국원자력연구원, 단국대학교, 울산과학기술원, 두산에너지빌리티(주)수요기업

### 3. 연구기간 및 총사업비

- 2020.10 ~ 2022.09 (24개월) / 2,595(백만원)

### 4. 과제추진배경(목적)

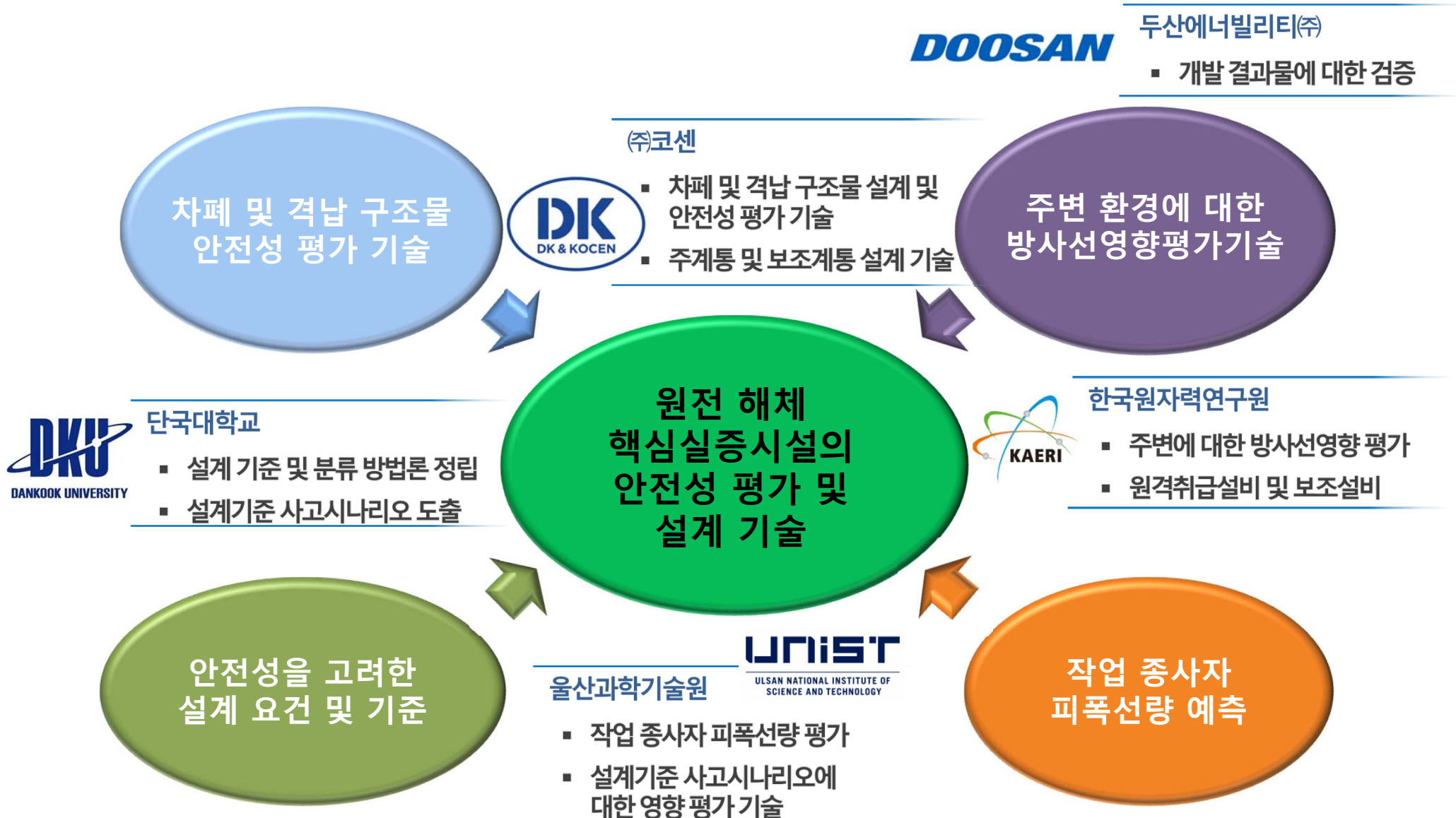
- 고리1호기 영구정지 선포('17.6)로 인해 원전 해체 시 배출되는 중저준위 폐기물의 재료 특성분석을 위해 핵심실증시설(핫셀)의 방사선학적 안전성을 평가하고 이를 바탕으로 차폐 및 격납 구조물과 주요 설비에 대한 설계 기술을 개발하기 위함

### 5. 원자력해체연구소(본원) 시설구축 계획



원전해체연구소 (본원)	
위치	부산시 기장군 장안읍 (고리원전인근, 부·산울산 경계지역)
부지면적(m <sup>2</sup> )	약 138,000
건축연면적(m <sup>2</sup> )	약 22,600(일반:13,158+관리9,450)
인프라 구성	일반건축 : 사무동, 연구동, Mock-up시험동(3개동) 방사선관리시설 : 실증분석동(1개동)
운영인력	80 ~ 120명
착공예정	일반시설('22.10) / 관리시설('23.02)

### 6. 기관별 기술개발 추진체계



### 7. 주요 개발내용

#### 7-1 핵심실증시설 안전성 평가기술

- 방사선원향 예측 및 평가
- 차폐평가 및 종사자 피폭선량 평가
- 주변환경에 대한 방사선환경영향 평가
- 차폐 및 격납 구조물에 대한 안전성 평가

#### 7-2 핵심실증시설 설계기술

- 핵심실증시설 일반설계기준서 개발
- 핵심실증시설 차폐 및 격납구조물 관련 설계자료 개발
- 핵심실증시설 주계통 설계자료 개발
- 상위 시설과 연계 위한 보조계통 상세 요건 개발
- 원격취급설비 및 보조설비 설계기술 및 기술사양 개발

#### 7-3 원전해체연구소 시설 인허가를 위한 핵심 입력자료 제공

- 방사선안전보고서





### 8. 핫셀의 주요 구성요소(구조물, 계통, 기기)

- ① 차폐 및 격납구조물
- ② 주계통 설비
  - 공기조화계통설비
- ③ 보조계통 연계설비
  - 전력공급설비, 계측제어설비
  - 소화약제공급설비, 압축공기공급설비
  - 용수공급설비, 조명설비
  - 방사선감시설비
- ④ 원격취급설비
  - 원격조정장치(Master Slave Manipulator)
  - 셀 내 크레인(In-Cell Crane) 외 3종
- ⑤ 보조설비
  - 차폐창(Radiation Shielding Window), 차폐도어(Shielding Door) 및 해치(Hatch)
  - 피드쓰루(Feed-through), 셀간도어(Pass-Thru Door)
  - 전면 투입구(Toboggan), 핫셀라이닝 및 작업테이블(Hot cell liner plate and working table)
  - 파디락(Padirac), 시료이송대차(Sample Transfer Cart & Rail)
  - 공압이송장치 외13종

## 9. 핵심실증시설 반입 시료

원자로압력용기 : 노심재모재 / 용접부 위치

원자로내부구조물 : core barrel, baffle plate, baffle former bolt 위치

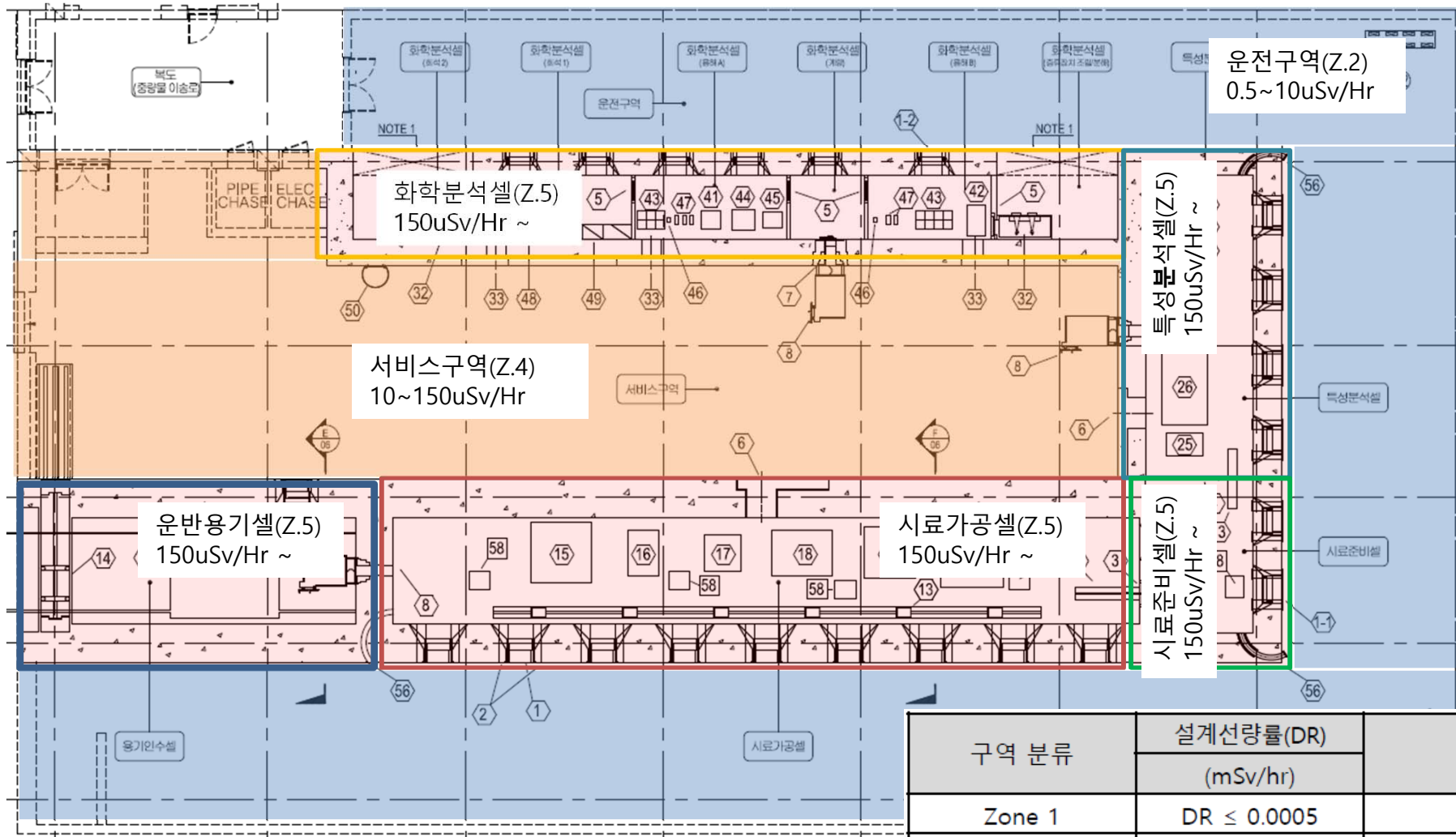
## 10. 핵심실증시설에서 수행되는 가공 및 시험을 위한 Flow Chart(공정 중심)

1. (GA 개발 관련) 핫셀에서 수행되는 시험을 이해하기 위한 Radioactive Sample Flow Chart 및 핫셀(시료가공/시료준비/특성분석/화학분석셀)에 대한 상세 용도/기능 설명 자료

용기인수셀	인수저장셀	시료 가공셀	시료 준비셀	특성 분석셀	화학 분석셀
운반용기인수 용기개폐/반출	반출입 대상 시료의 임시저장	반입된 해체 시료의 1차 기계적 절단 및 재료 특성 시험시편 가공 - 인장시편, 파괴인성시편, 충격시편	정밀분석(물리적성질)을 위한 미세시료 가공 - 조직검사용, 화학분석용 시편	방사성폐기물 재료특성 분석 - 인장/압축/충격/인성 시험 - 조직관찰 및 경도측정	핵종분석을 위한 전처리(용해/ 희석) 및 시료이송
차폐도어 용기대차 수평전안장치 IN-Cell Crane	설비 : IN-Cell Crane, MSM, 차폐창, 전면 투입구, 차폐해치, 라이 닝, 공조 및 유틸 리티 공급설비	공정장비 : Circular saw 절단기, Band saw 절 단기, CNC 선반 / 밀링, 와이어컷 방전가공기, 방전가공기 설비 : IN-Cell Crane, MSM, 차폐창, 차폐도어, 셀간도어, 시료이송대차, Padirac, 전면투입구, 차폐해치, 라이닝, 작업테이블, 공조 및 유틸리 티 공급설비	공정장비 : 핫셀용 고속 정밀 절단기, 핫셀용 저속 정밀 절단기, 핫셀용 마운팅장치, 핫셀용 연마장치 설비 : MSM, 차폐창, 셀간도어, 시료이송대차, Padirac, 전면투입구, 차폐해치, 라이닝, 작업테 이블, 공압이송장치, 공조 및 유틸리티 공급설 비	공정장비 : 레이저 마킹기, 핫 셀용 정적/동적 만능시험기, 핫 셀용 샤르피 충격시험기, 실체/ 광학 현미경, 미세경도계 설비 : MSM, 차폐창, 차폐도어, 셀 간 도 어, 시료 이 송 대 차, Padirac, 전면투입구, 라이닝, 작업테이블, 공조 및 유틸리티 공급설비	공정장비 : 전기로, 고온회화로, 핵종처리시스템, 원심분리기, 분해장치, 핫플레이트 설비 : MSM, 차폐창, 차폐도어, 셀간도어, Padirac, 전면투입구, 차폐해치, 라이닝, 작업테이블, 공압이송장치, 공조 및 유틸리 티 공급설비

## 11. 핵심실증시설 배치 및 방사선 관리구역 분류

## <지상 1층>



- 1.방사선준위 10 CFR 20.11301 주민선량 초과기준  
2.원자력안전위원회"방사선 안전관리 등의 기술기준  
제3조 규정값기준 초과

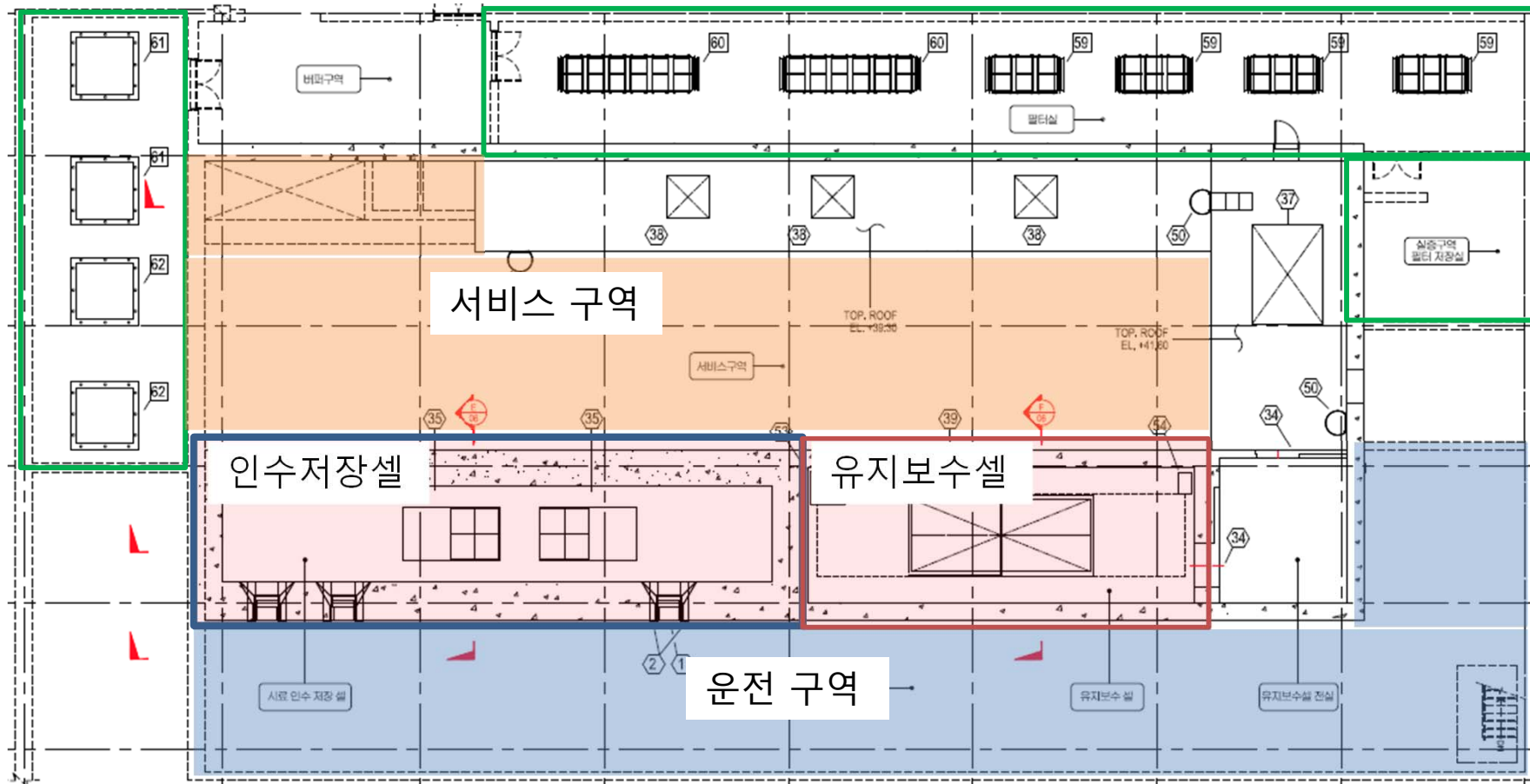
구역 분류	설계선량률(DR)	구역 설명
	(mSv/hr)	
Zone 1	$DR \leq 0.0005$	비관리구역
Zone 2	$0.0005 < DR \leq 0.01$	제한출입, 40시간/주 이하
Zone 3	$0.01 < DR \leq 0.1$	제한출입, 4시간/주 이하
Zone 4	$0.1 < DR \leq 1$	제한출입, 20분/주 이하
Zone 5	$DR > 1$	출입통제

### 11. 핵심실증시설 배치 구성

#### <지상 2층>

배기팬실

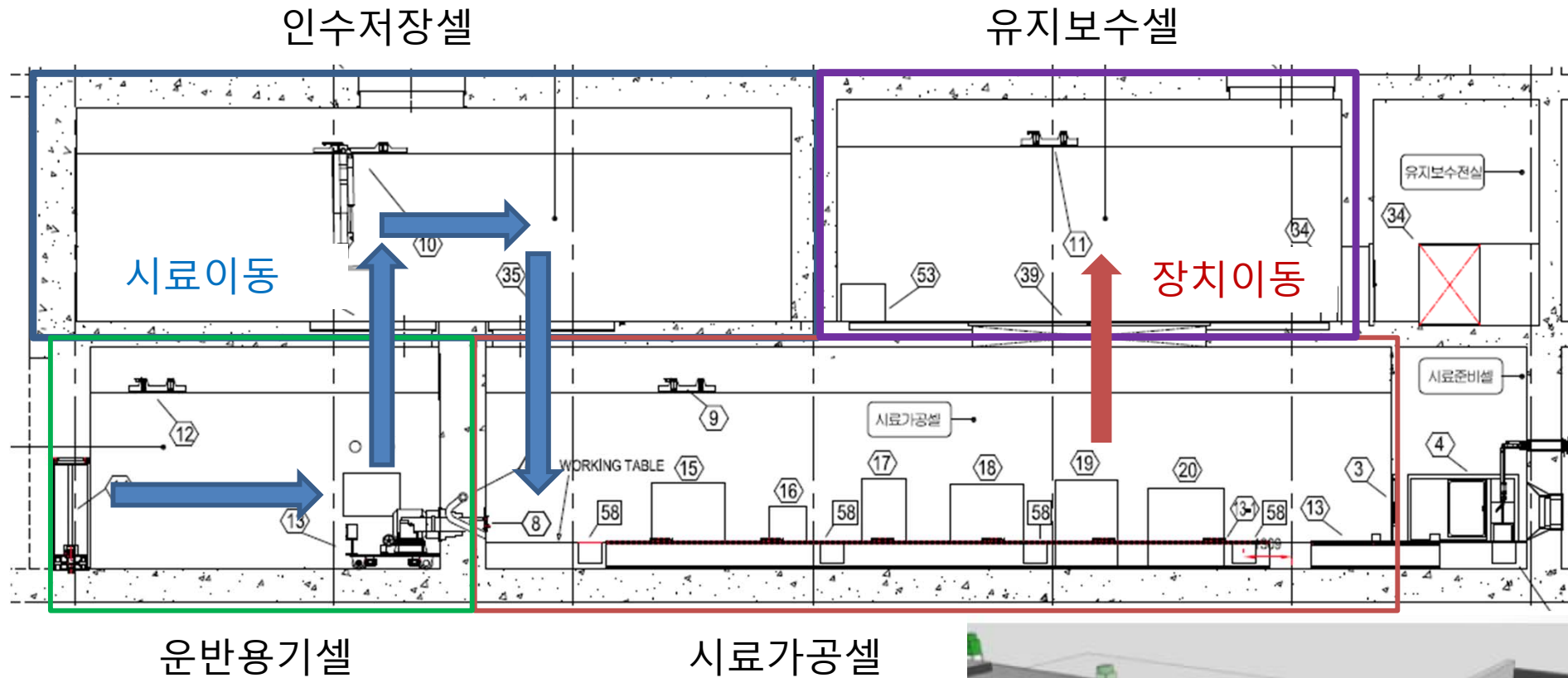
필터실





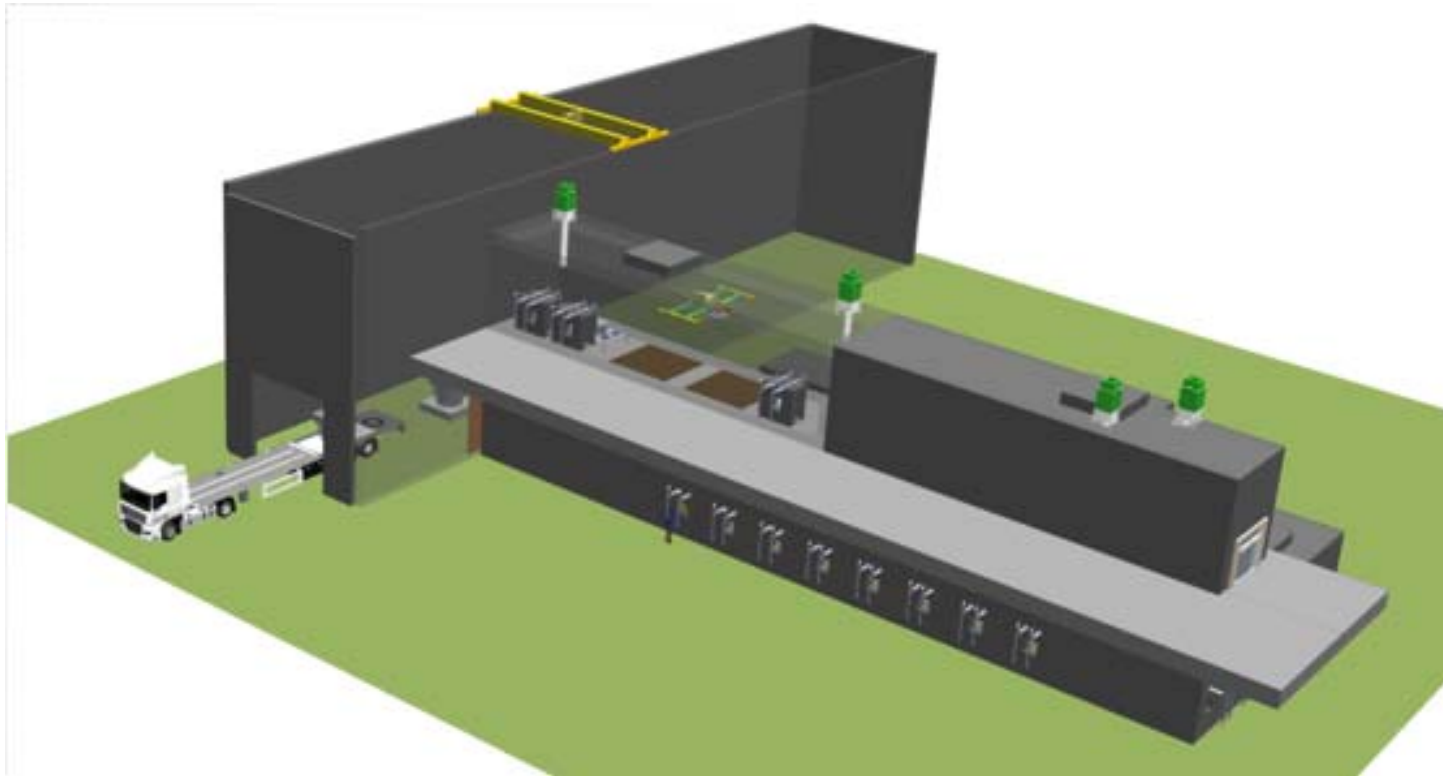
### 11. 핵심실증시설 배치 구성

#### <시료 반출입 및 장치 유지보수경로>



### 11. 핵심실증시설 배치 구성

#### <핵심실증시설 조감도>



감사합니다.

[www.kocen.com](http://www.kocen.com)

Tel 031-777-8500, FAX 031-777-8530

경기도 성남시 중원구 둔촌대로 388, 크란츠테크노 13층(상대원동)

**주식회사 코센**  
KOCEN Co., Ltd.

## 원전해체 핵심실증시설 격납 구조물 설계

2022.10.19.

주관연구개발기관 : (주)코센(이충상)

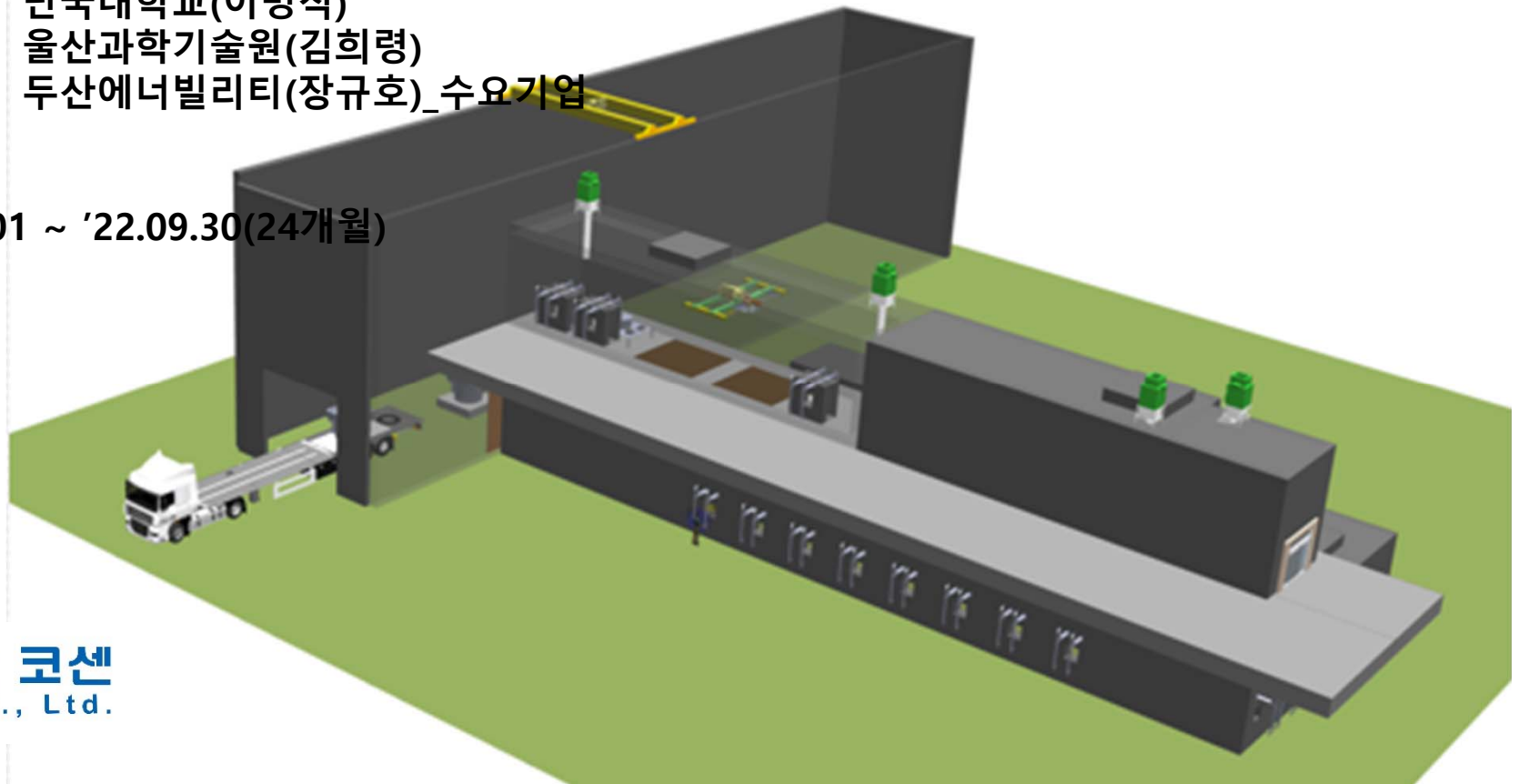
공동연구개발기관 : 한국원자력연구원(한종희)

단국대학교(이병식)

울산과학기술원(김희령)

두산에너지(장규호)\_수요기업

연구기간 : '20.10.01 ~ '22.09.30(24개월)





## 1 연구수행실적

## 2 기타

## 1. 주요 개발내용

### 1-1 핵심실증시설 안전성 평가기술

- 방사선원항 예측 및 평가
- 차폐평가 및 종사자 피폭선량 평가
- 주변환경에 대한 방사선환경영향 평가
- 차폐 및 격납 구조물에 대한 안전성 평가

### 1-2 핵심실증시설 설계기술

- 핵심실증시설 일반설계기준서 개발
- 핵심실증시설 차폐 및 격납구조물 관련 설계자료 개발
- 핵심실증시설 주계통 설계자료 개발
- 상위 시설과 연계 위한 보조계통 상세 요건 개발
- 원격취급설비 및 보조설비 설계기술 및 기술사양 개발

### 1-3 원전해체연구소 시설 인허가를 위한 핵심 입력자료 제공

- 방사선안전보고서



## 차폐 및 격납 구조물에 대한 안전성 평가

### 1 차폐 및 격납 구조물(핵심실증시설) 건전성 평가

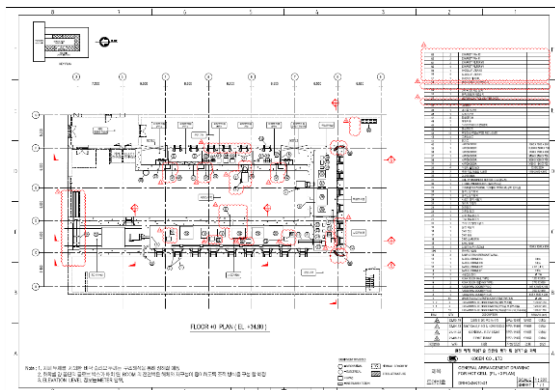
#### 1.1 특기사항

- 실증분석동 내 핵심실증시설(핫셀) 구조체가 존재하는 일체형 구조물로 핵심실증시설 포함한 실증분석동을 모델링하여 해석을 수행하였으며, 핵심실증시설에 해당하는 부재의 해석을 통해 철근 콘크리트 부재 및 강구조의 구조적 건전성을 평가함

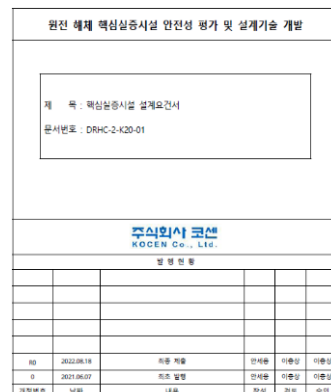
#### 1.2 실증분석동 구조해석을 위한 핵심실증시설(핫셀) 설계자료

##### ① GA(General Arrangement) DWG. / ② 핵심실증시설 설계요건서 / ③ 핵심실증시설 기기 하중정보 목록

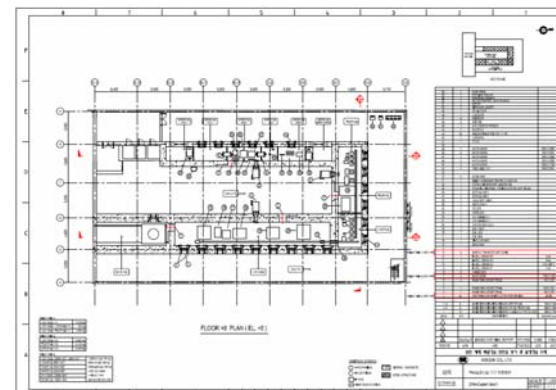
- 핫셀 구조물 차폐평가를 통한 두께 정보, 운전 및 기능을 고려한 셀 배치, 시료 및 장비의 반·출입, 동선, 서비스공간 및 운전구역 등을 고려한 핵심실증시설의 구조 배치도면(평면도, 단면도, 상세도) 작성
- 핵심실증시설 설계, 내진, 기준요건에 관한 정보 작성
- 핵심실증시설 내 원격제어설비, 보조설비 및 공정장비 하중정보 작성



GA(General Arrangement) DWG.



핵심실증시설 설계요건서



핵심실증시설 기기 하중정보

## 차폐 및 격납 구조물에 대한 안전성 평가

### 1.3 건물개요

원전해체연구소 (본원) 내 실증분석동	
건물위치	부산시 기장군 장안읍(고리원전인근, 부·산울산 경계지역)
건물규모 및 형식	지하1층 ~ 지상2층 철근콘크리트구조물(지붕: 철골구조)
지진하중	지역계수 0.22g(2,400년 재현주기) / 지반등급 S2 / 내진등급(특)
풍하중	기본 풍속 38m/sec(100년 재현주기) / 노풍도 D

### 1.4 적용기준 및 참고문헌

관련 법규	건축법 및 시행령/건축물의 구조기준에 관한 규칙)
구조시스템	건축구조기준(KDS 41(KBC-2019), 국토교통부)
지진하중	건축물 내진설계기준 및 해설(대한건축학회,2019) 콘크리트 구조설계(국토교통부,KDS 4130,KDS1420) 콘크리트 구조기준(한국콘크리트학회,KCI-USD12)



## 차폐 및 격납 구조물에 대한 안전성 평가

### 1.5 재료강도

구 분	강 도		비 고
콘크리트	전부재(기초제외)	$f_{ck} = 30$	28일 재령기준 강도
	기초	$f_{ck} = 30$	
철근	HD13 이하	$F_y = 500(\text{SD500})$	KS D 3504
	HD16 이상	$F_y = 600(\text{SD600})$	

### 1.6 지반조건 및 지하수위

- 기초형식 : 말뚝기초, PHC D600(말뚝허용지지력  $R_a=1,900 \text{ kN/ea}$ )
- 지하수위 : GL -1.5m

### 1.7 구조해석 프로그램

구 분	해 석 프 로 그 램
골조해석 및 기둥, 보	MIDAS GEN(Ver. 896)
바닥판 해석 및 설계	MIDAS SDS(Ver. 390)
기타 부재	MIDAS Design+ (Ver. 460), BEST (Ver. 2.7.1)

## 차폐 및 격납 구조물에 대한 안전성 평가

### 1.8 건정성 평가 입력정보

#### ① 고정하중 및 활하중

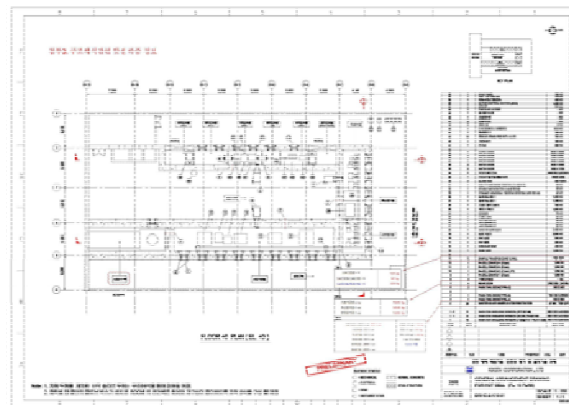
- PH ROOF, 지붕층(내/외부), 지상1층, 지상2층(무근콘크리트, 슬래브, 경량천장, 자갈, 마감, 모르타르 등)

#### ② 핵심실증시설 기기 하중정보 목록

- 핵심실증시설 내 원격제어설비, 보조설비 및 공정장비 하중정보 리스트화 산정

PH ROOF						
구분	두께	비중	Dead Load	Live Load	Service Load	Factored Load
무근콘크리트	T=150	23	3.45 kN/m <sup>2</sup>		(1.0DL+1.0LL)	(1.2DL+1.6LL)
방수 및 단열	T=150		1.00 kN/m <sup>2</sup>			
슬래브	T=150	24	3.60 kN/m <sup>2</sup>			
경량천장			0.50 kN/m <sup>2</sup>			
Total Dead Load			8.55 kN/m <sup>2</sup>	5.00 kN/m <sup>2</sup>	13.55 kN/m <sup>2</sup>	18.26 kN/m <sup>2</sup>
지붕층(외부)						
구분	두께	비중	Dead Load	Live Load	Service Load	Factored Load
자갈	T=125	23	2.88 kN/m <sup>2</sup>			
방수 및 단열			1.20 kN/m <sup>2</sup>			
무근콘크리트	T=150	23	3.45 kN/m <sup>2</sup>		(1.0DL+1.0LL)	(1.2DL+1.6LL)
슬래브	T=150	24	3.60 kN/m <sup>2</sup>			
경량천장			0.50 kN/m <sup>2</sup>			
Total Dead Load			11.63 kN/m <sup>2</sup>	5.00 kN/m <sup>2</sup>	16.63 kN/m <sup>2</sup>	21.95 kN/m <sup>2</sup>
지붕층(THIC.700), 내부(EL.+13400)						
구분	두께	비중	Dead Load	Live Load	Service Load	Factored Load
마감	T=100	20	2.00 kN/m <sup>2</sup>			
슬래브	T=700	24	16.80 kN/m <sup>2</sup>			
경량천장			0.50 kN/m <sup>2</sup>			
Total Dead Load			19.30 kN/m <sup>2</sup>	6.00 kN/m <sup>2</sup>	25.30 kN/m <sup>2</sup>	32.76 kN/m <sup>2</sup>

고정하중 및 활하중



핵심실증시설 기기 하중정보

#### ③ 핵심실증시설 크레인(30T, 10T) 기둥반력 산정

- 크레인 Data Sheet 입력정보 활용하여 Max & Design wheel Load, Max Crane girder reaction 값 산정

## 차폐 및 격납 구조물에 대한 안전성 평가

### 1.8 건정성 평가 입력정보

#### ④ 풍하중 산정

- 설계풍력 및 설계풍압: 설계 속도압, 가스트 영향계수, 풍력계수, 풍압계수 활용

#### ⑤ 적설하중 산정

- 평지붕&경사지붕 적설하중, 경사도계수, 적설하중계수, 노출계수, 온도, 중요도계수, 지상적설하중

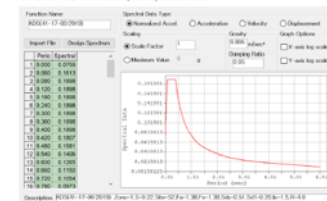
#### ⑥ 지진하중

- 건축구조설계기준(KSD 41, 2019)에 따라 설계스펙트럼 가속도를 산정하고, 대지위치, 중요도 등 자료를 이용하여 내진설계 범주를 결정
- 결정된 범주에 따라 동적해석법 중 하나인 응답스펙트럼 해석 (Response Spectrum Analysis) 을 적용
- 등가정적해석법 절차에 따라 밀면 전단력(V)을 구하고 이를 동적해석법(응답스펙트럼 해석법)에 의해 산출된 밀면 전단력과 비교하여 계산된 증가 계수를 모든 부재설계시 반영하고, 또한 비정형성 여부에 따라 특별지진하중(E<sub>m</sub>)을 반영하는 절차로 수행

표 3-4 지진하중

구분	계수	비고
지반응답	52	없고 단단한 지반
유표지반가속도	0.22	지반지진
중요도 계수	1.5	내진성능(제)
설계스펙트럼가속도	원주(150g) 0.500g 1.5중주(75g) 0.200g	$S_{ds} < 2.5 \times F_a \times 25$ $S_{ds} > 2.5 \times F_a \times 25$
내진성능계수	단주기 2 1.5중주기 2	$0.50g \leq S_{ds}$ $0.20g \leq S_{ds}$
지반진동주기(T <sub>1</sub> )	$T_1 = T_2 = 0.0688 \times 0.001^{0.75}$	평균반사지진, 단주기, 구조, 지진, 중요
연속주파수(1/T <sub>1</sub> )	3.75 4.0	평균반사지진, 보통, 단주기
지진설계지진도(1/T <sub>1</sub> )	2.5 4.0	연속주파수지진도(1/T <sub>1</sub> )

3.4.5 설계용 응답 스펙트럼(Response Spectrum) Data



지진하중

3.4.3 내진능력 산정

표 3-5 내진능력 산정

중요도 계수	1.5	비고
지반	0.22g	(유표지반가속도 2000년 재현주기)
F <sub>a</sub>	1.38	(단주기 지반응답계수)
F <sub>v</sub>	1.38	(1.5중주기 지반응답계수)
최대지반가속도	0.30g	$0.22 \times 1.5 \times F_a \times 25$

최대지반가속도(g)	내진능력(3000년 재현주기)	비고
0.002 이상 0.004 미만	1	
0.004 이상 0.008 미만	2	
0.008 이상 0.017 미만	3	
0.017 이상 0.033 미만	4	
0.033 이상 0.066 미만	5	
0.066 이상 0.133 미만	6	
0.133 이상 0.264 미만	7	
0.264 이상 0.528 미만	8	
0.528 이상 1.056 미만	9	
1.056 이상 2.112 미만	10	
2.112 이상 4.224 미만	11	
4.224 이상	12	

## 차폐 및 격납 구조물에 대한 안전성 평가

### 1.8 건정성 평가 입력정보

- ⑦ 이외 적재하중, 유체하중, 온도하중, 토압 및 수압 등 산정
- ⑧ 하중조합
  - 강도 한계상태설계의 하중조합(Ultimate Design Load Combination)
  - 사용하중상태의 하중조합(Service Load Combination)

### 1.9 구조해석

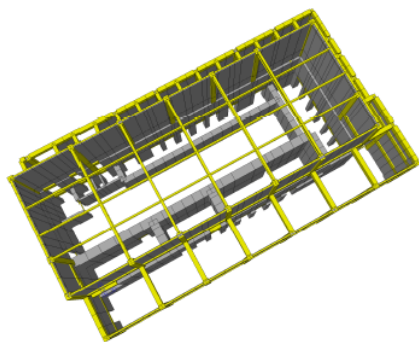
- 구조해석은 구조물의 정확한 거동분석 및 해석을 위해 핫셀을 포함한 전체 구조물에 대해 3차원 모델링하였으며, 모든 부재는 해당 부재의 이론적 등가 강성을 가지는 3차원 보 요소 및 트러스 요소로 이상화된 3차원 모델을 유한요소 해석법을 이용한 구조해석을 수행하여 구조 안전성 검토와 구조물 설계를 수행

#### ① MODELING

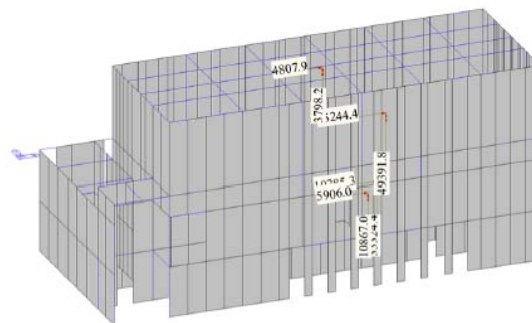
#### ② LOADING ASSIGN (ROOF 1~3 DEAD & LIVE LOAD, 1F ~ 2F DEAD & LIVE LOAD, CRANE LOAD, WIND LOAD, SEISMIC LOAD)

#### ③ 구조해석 OUTPUT DATA (반력데이터, 최대발생변위(X,Y))

그림4-1 팔조 투시도



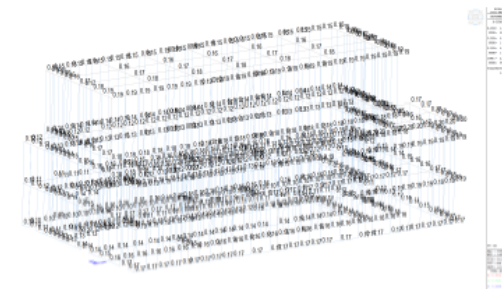
MODELING



LOADING ASSIGN



그림4-16 100년 재현주기 풍하중에 의한 X 방향 변위

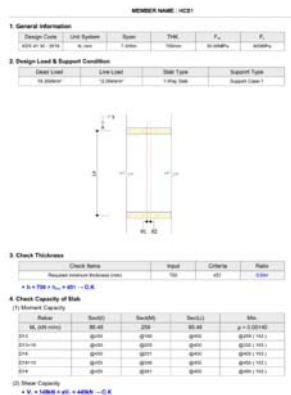


최대발생변위

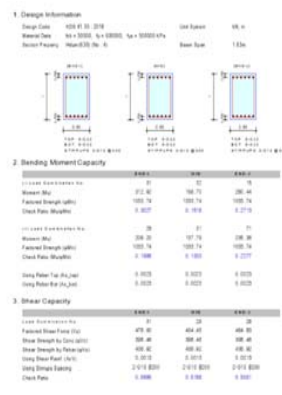
## 차폐 및 격납 구조물에 대한 안전성 평가

### 1.10 부재 설계

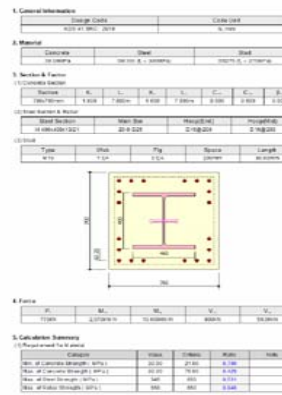
- ① 슬래브 설계
- ② 보 및 거더 설계
- ③ 기둥설계
- ④ 벽체설계
- ⑤ 기초설계



슬래브 설계



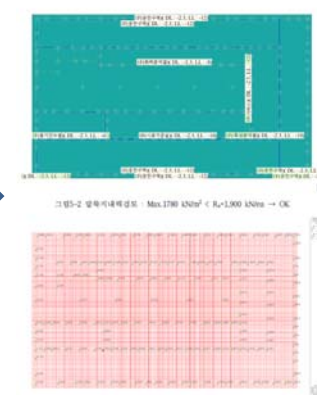
보 및 거더 설계



기둥설계



벽체설계



기초설계

### 1.11 구조 건전성 평가 결과

- 본 연구과제의 대상인 핵심실증시설(핫셀)에 대하여 지진하중을 포함한 구조해석을 통하여 해당 부재의 구조적 안전성을 확보할 수 있도록 부재설계를 진행하여, 지진하중을 포함한 외부 영향에 대하여 충분한 안전성을 확보하였고, 핵심실증시설 정적/동적 구조 건전성 평가 보고서를 과제 결과물로 개발 완료함.

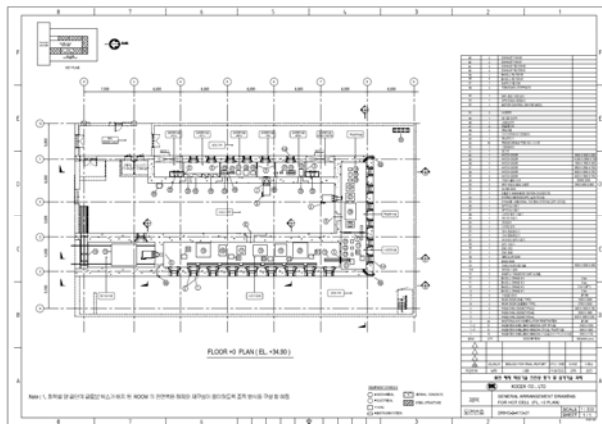


## 핵심실증시설 차폐 및 격납구조물 설계기술 개발

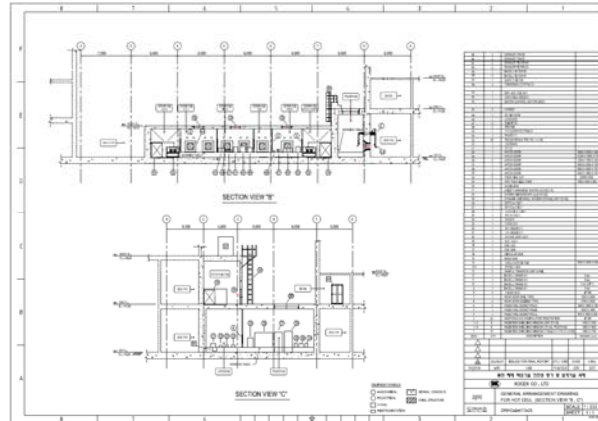
## 2 핵심실증시설 차폐 및 격납구조물 관련 설계기술

### 2.1 핵심실증시설(핫셀) General Arrangement 도면

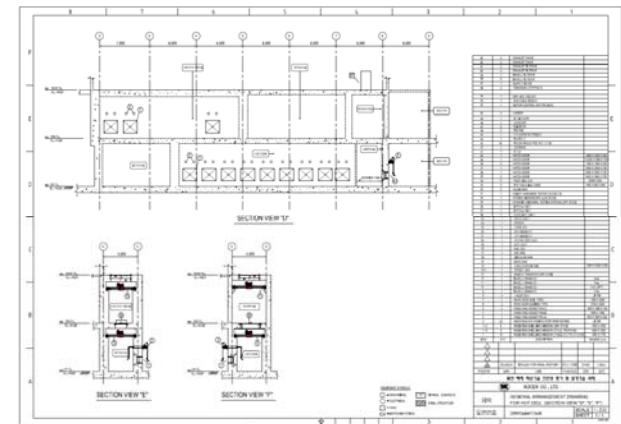
- 핫셀 구조물 차폐평가를 통한 두께 정보, 운전 및 기능을 고려한 셀 배치, 시료 및 장비의 반·출입, 동선, 서비스공간 및 운전구역 등을 고려한 핵심실증시설의 구조 배치도면(평면도, 단면도, 상세도) 작성



평면도(1층, 2층, 지붕)



단면도

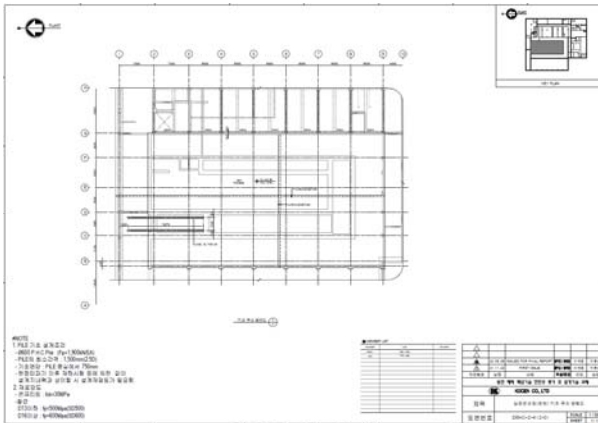


단면도

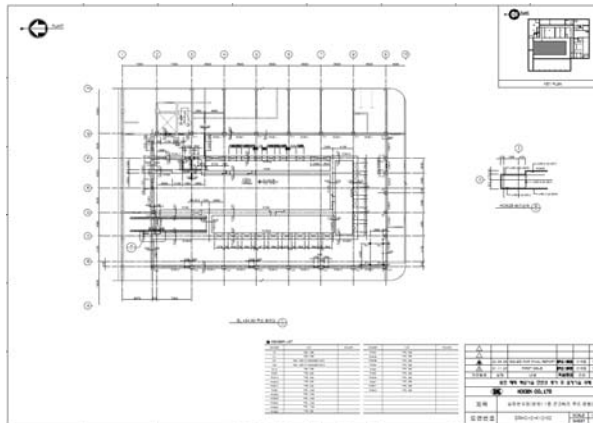
## 핵심실증시설 차폐 및 격납구조물 설계기술 개발

### 22 핵심실증시설(핫셀) 콘크리트 구조도면

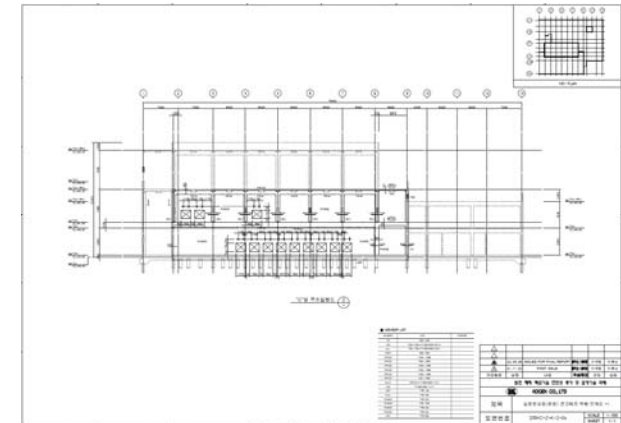
- 핵심실증시설(이하"핫셀") 정적/동적 구조 건전성 평가를 기반으로한 콘크리트 구조도면 개발



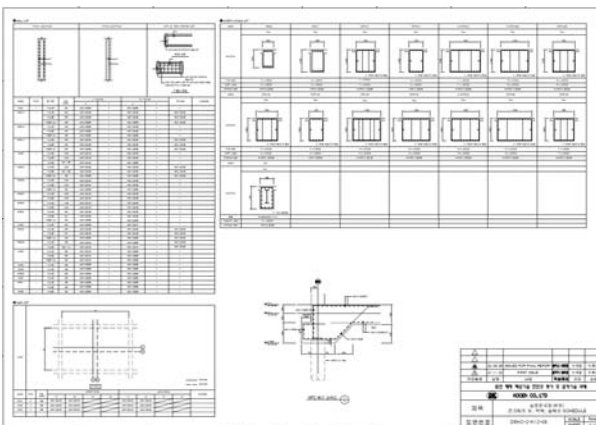
기초구조평면도



1층2층,지붕층 콘크리트 구조 평면도



콘크리트 벽면 전개도

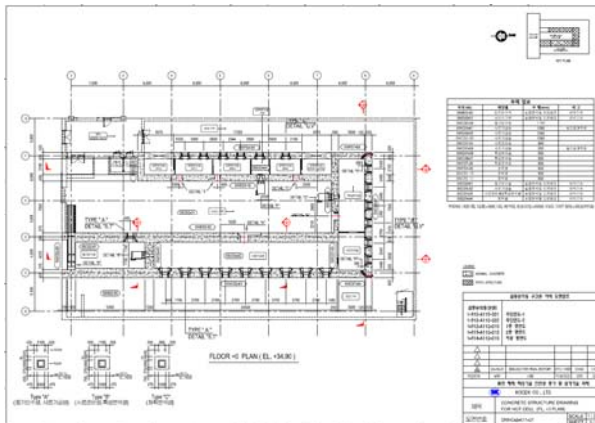


콘크리트 보, 벽체, 슬래브 SCHEDULE, MEMBER LIST

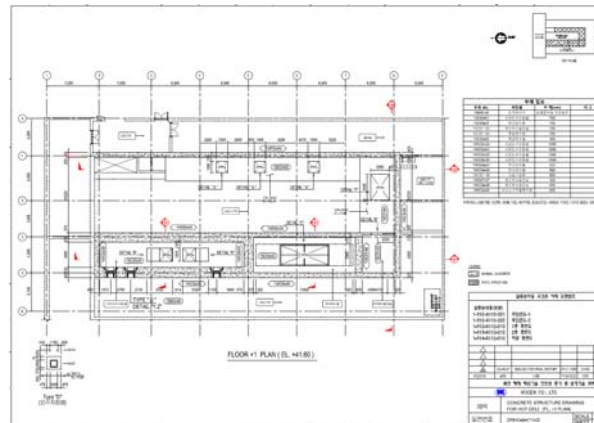
## 핵심실증시설 차폐 및 격납구조물 설계기술 개발

### 23 핵심실증시설(핫셀) 건축도면

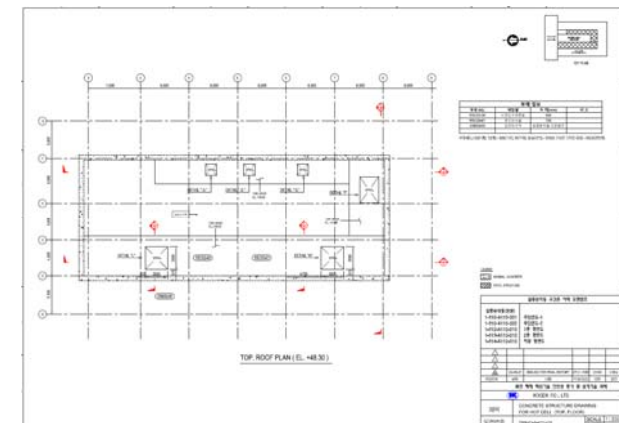
- 핵심실증시설(이하"핫셀") 정적/동적 구조 건전성 평가를 기반으로한 콘크리트 건축도면 개발
- 벽체, 슬래브 NO & SIZE, 마감, 개구부 상세, 각층 및 반자높이 정보



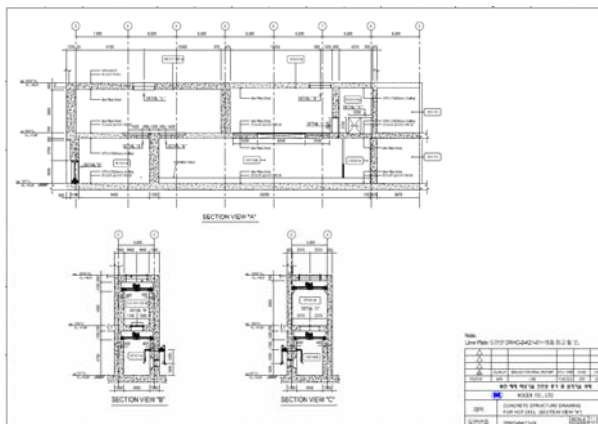
FLOOR +0 (EL. 34.90)



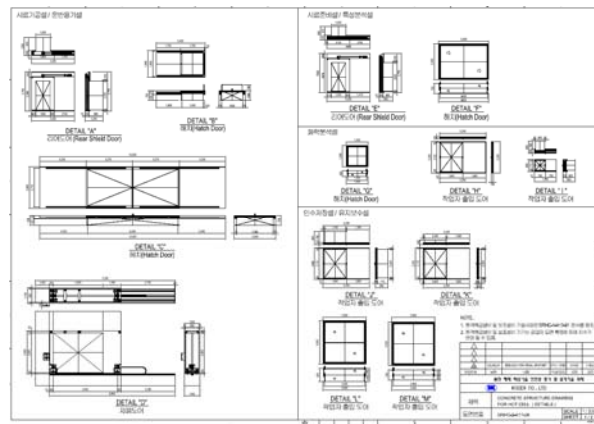
FLOOR +1(EL. 41.60)



TOP. ROOF(EL. 48.30)



단면도

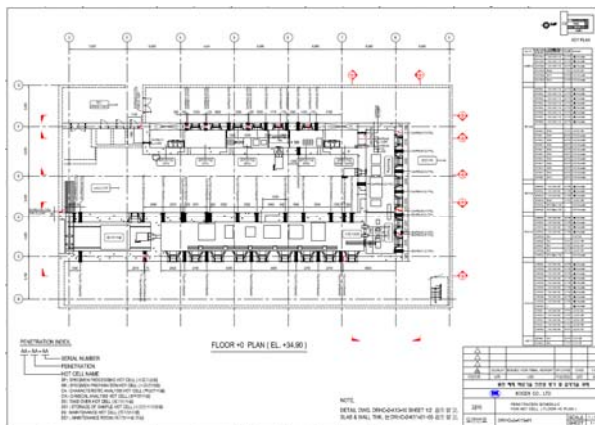


개구부 상세도

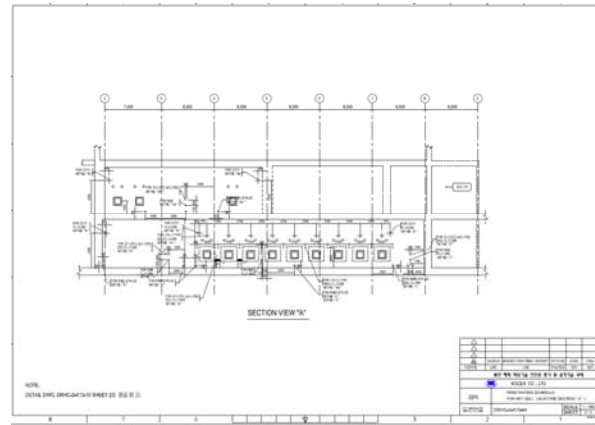
## 핵심실증시설 차폐 및 격납구조물 설계기술 개발

### 2.4 Penetration Schedule 도면

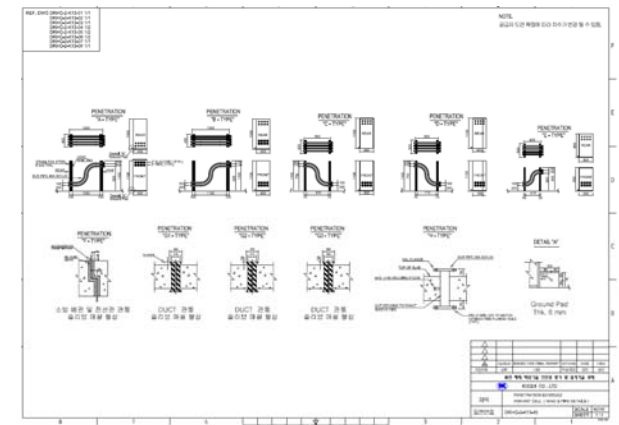
- 각종 관통부(Penetration): 핫셀에 설치되는 관통부는 1) 핫셀 보조설비(공압포트, RMS, CCTV, 각종센서류(차압,온도), 차폐플러그 등) 2) 핫셀 내부의 공기조화를 위한 덕트 3) 전력, 신호 및 유틸리티 공급을 위한 배선 및 배관
- 차폐 및 밀봉 성능을 갖추기 위해서 관통부 sleeve는 직선으로 관통되지 않도록 하며, 불가피하게 직선으로 관통하는 경우(덕트)에는 나선형태의 shield screw 와 방사선량 측정을 위한 v-probe,나 내부 차폐체를 관통부 sleeve 내부에 설치되도록 설계
- 배선(Cable)을 위한 관통부 sleeve는 S자 형태의 sleeve로 제작 하고, 차폐능력이 취약한 부분은 sleeve 외부에 납 차폐체가 설치되도록 하며, 배관용 관통부 sleeve는 작업대(working table)상부에, 배선용 관통부 sleeve는 작업대(working table)하부에 위치하여 가능한 분리하고 밀봉 요건에 맞춰 설계



관통부 평면도, Schedule



관통부 입면도



관통부 상세

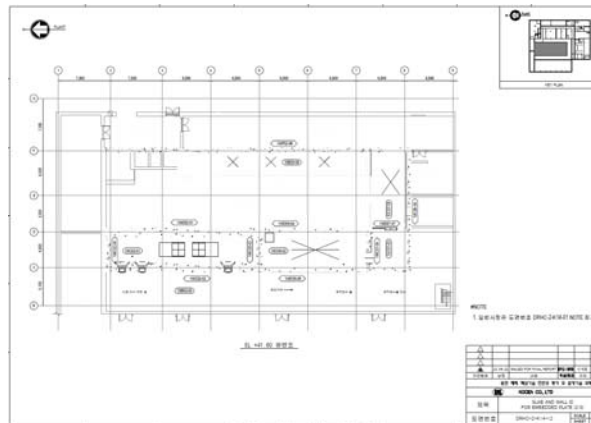
## 핵심실증시설 차폐 및 격납구조물 설계기술 개발

### 2.4 EMBEDDED PLATE SCHEDULE

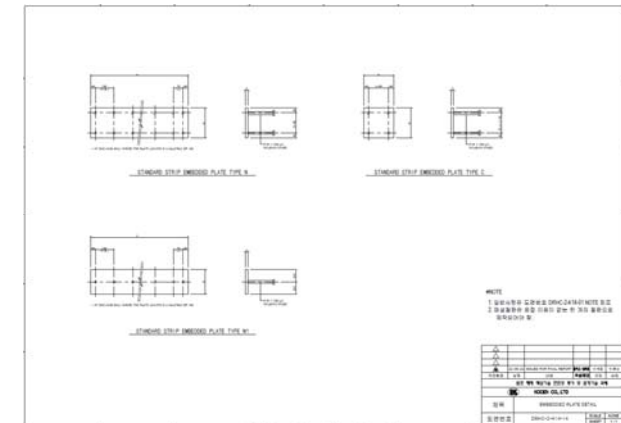
- Utility PIPE(압축공기/용수/소방) & Cable Tray Support 용 EMBEDDED PLATE SCHEDULE
- EP. SIZE, Location, EP. NO, STUD Information

NO	EP. NO.	PIPE & NAME	LOCATION	COORDINATE	DESCRIPTION	EP. SIZE	STUD	REMARK
1	EP-001	PIPE-001	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
2	EP-002	PIPE-002	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
3	EP-003	PIPE-003	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
4	EP-004	PIPE-004	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
5	EP-005	PIPE-005	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
6	EP-006	PIPE-006	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
7	EP-007	PIPE-007	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
8	EP-008	PIPE-008	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
9	EP-009	PIPE-009	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
10	EP-010	PIPE-010	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
11	EP-011	PIPE-011	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
12	EP-012	PIPE-012	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
13	EP-013	PIPE-013	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
14	EP-014	PIPE-014	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
15	EP-015	PIPE-015	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
16	EP-016	PIPE-016	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
17	EP-017	PIPE-017	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
18	EP-018	PIPE-018	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
19	EP-019	PIPE-019	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
20	EP-020	PIPE-020	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
21	EP-021	PIPE-021	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
22	EP-022	PIPE-022	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
23	EP-023	PIPE-023	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
24	EP-024	PIPE-024	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
25	EP-025	PIPE-025	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
26	EP-026	PIPE-026	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
27	EP-027	PIPE-027	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
28	EP-028	PIPE-028	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
29	EP-029	PIPE-029	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000
30	EP-030	PIPE-030	1F	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000	1000, 1000

EMBEDDED PLATE SCHEDULE



SLAB AND WALL ID.



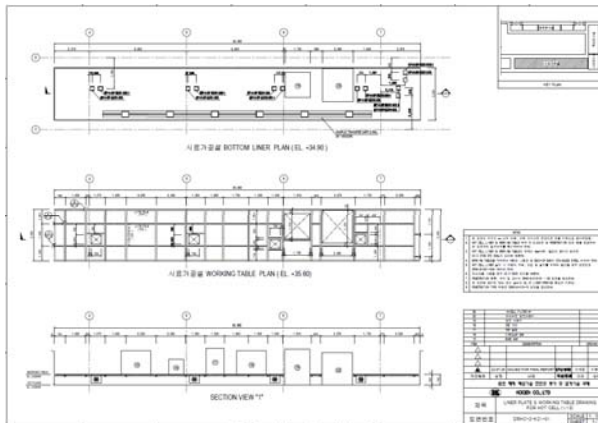
EMBEDDED PLATE DETAIL



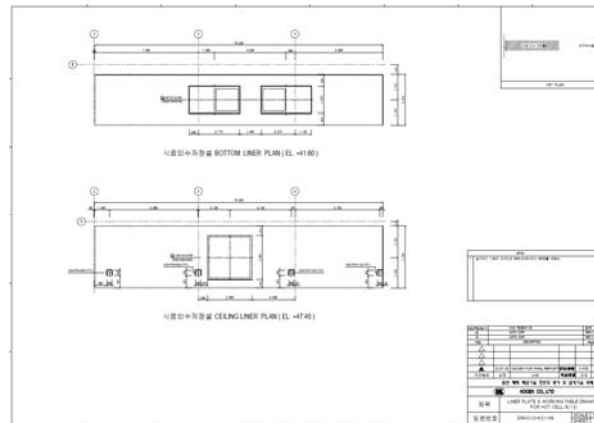
## 핵심실증시설 차폐 및 격납구조물 설계기술 개발

### 2.5 LINER PLATE & WORKING TABLE DRAWING

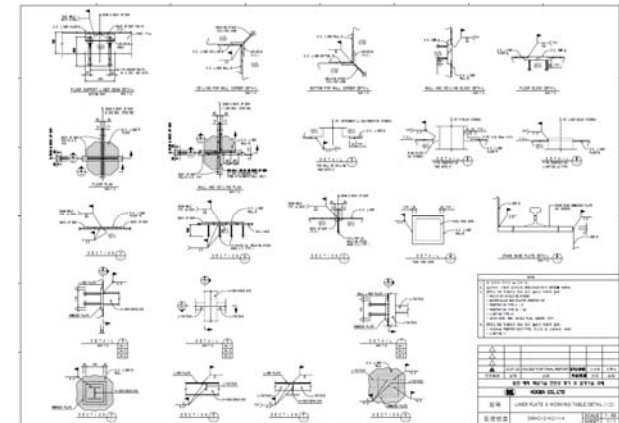
- 핫셀 내벽은 콘크리트 시공후 거친 표면으로 인해 오염 물질들이 부착될 우려 방지와 오염 시 제염의 용이성, 그리고 핫셀의 기밀성 확보를 위하여 Stainless Steel 라이너 마감하며, 핫셀 내 공정장비 운전 및 운전원 시야확보를 위한 작업테이블 도면 개발



LINER PLATE & WORKING TABLE DWG



LINER PLATE DWG



LINER PLATE & WORKING TABLE 상세

## 핵심실증시설 주계통 설계기술 개발

### 3 핵심실증시설 주계통 설계기술

#### 3.1 핵심실증시설 HVAC 시스템 설계요건서

##### ① 기능 요건

- 방사선관리구역 구분
- 구분된 구역을 참고하여 KS A ISO 17873:2012, 원자력 시설 – 원자력 시설용 환기계통의설계 및 운전 기준(원자로 제외)에 따라 격납등급 / 환기유형을 선정

##### ② 성능요건

- 부압, 기기차폐, 부속기기(필터, 댐퍼 등) 요건

##### ③ 연계요건

- 전원공급, 계측제어, 방사선 모니터링, 화재방호 요건

##### ④ 재질, 등급분류 요건

##### ⑤ 환경요건

- 시스템작동 요건(압력, 온도, 습도)

##### ⑥ 유지관리 요건

##### ⑦ 가동중 검사 요건

##### ⑧ 품질보증 요건

##### ⑨ 참고문헌

원전 해체 핵심실증시설 안전성 평가 및 설계기술 개발					
제 목 : 핵심실증시설 HVAC 시스템 설계요건서					
문서번호 : DRHC-Z-K40-01					
주식회사 코센 KOCEN Co., Ltd.					
발 행 연 황					
RD	2022.08.03	ISSUED FOR FINAL REPORT	강경민	안세웅	이종상
개정번호	날짜	내용	작성	검토	승인

## 핵심실증시설 주계통 설계기술 개발

### 3.2 핵심실증시설 HVAC 시스템 설계 계산서

#### ① 일반사항

#### ② 설계조건

- 가정사항, 적용요건

#### ③ 핫셀 내 발열 부하

- 각 셀별 내부 발열부하 계산(장비운전, 조명 등)

#### ④ 발열 부하에 따른 풍량

- 냉각풍량, 설정온도 및 취출공기온도 기준

#### ⑤ 환기횟수 선정 및 배기풍량 계산

- 환기 횟수는 유도공기중농도(Derived Air Concentration, DAC) 여건, 차압, 온도/습도 요건을 고려

#### ⑥ 핫셀별 설계풍량 계산

- 누설량 계산 값 기준

#### ⑦ 배기팬 선정

#### ⑧ 참고문헌

원전 해체 핵심실증시설 안전성 평가 및 설계기술 개발					
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px;"> <p>제 목 : 공조 설계 계산서</p> <p>문서번호 : DRHC-2-K44-01</p> </div>					
<b>주식회사 코센</b> <b>KOCEN Co., Ltd.</b>					
발 행 인					
RD	2022.08.03	ISSUED FOR FINAL REPORT	강경민	안성용	이종삼
개정번호	날짜	내용	작성	검토	승인

핵심실증시설 HVAC 시스템 계산서

## 핵심실증시설 주계통 설계기술 개발

### 3.3 핵심실증시설 HVAC System Description

- ① 목적
- ② 설계요건
- ③ 계통 및 기기 설명
  - 설계기준, 공정, 계통 구성기기, 계측제어
- ④ 신뢰성
- ⑤ 정비성
- ⑥ 기기 제작 요건
- ⑦ 설치
- ⑧ 시운전 및 정보요건
- ⑨ 운전
  - 전제조건, 정상운전, 비정상운전
- ⑩ 참고문헌

원전 해체 핵심실증시설 안전성 평가 및 설계기술 개발					
<div>제 목 : 핵심실증시설 HVAC System Description</div> <div>문서 번호 : DRHC-2-K41-01</div>					
<div>주식회사 코센</div> <div>KOCEN Co., Ltd.</div>					
발행현황					
R0	2022.08.18	ISSUED FOR FINAL REPORT	강경민	안세용	이종상
개정번호	날짜	내용	작성	검토	승인

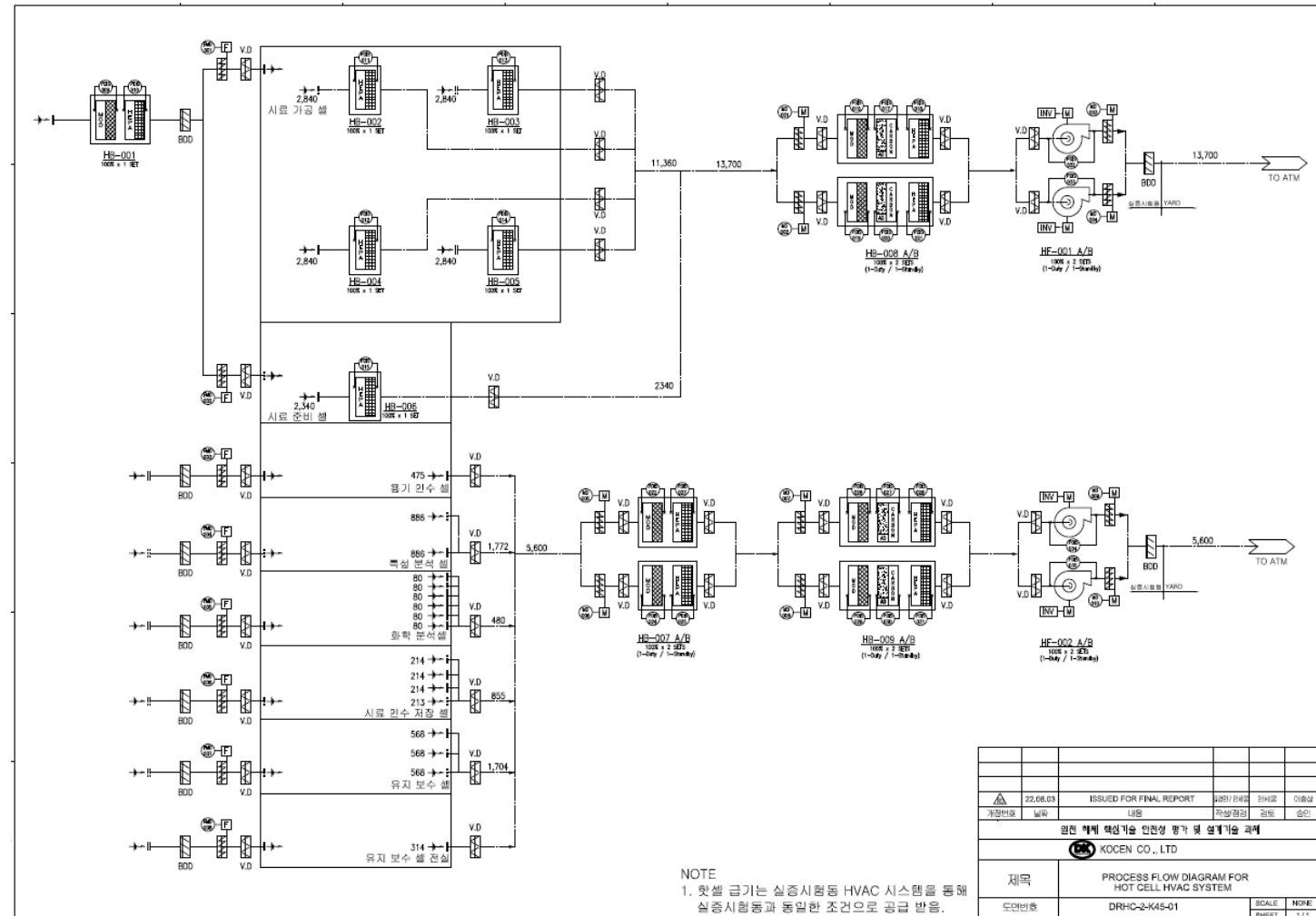
핵심실증시설 HVAC 계통 설명서

## 핵심실증시설 주계통 설계기술 개발

### 3.4 P&ID For Hot Cell HVAC System

- 핵심실증시설 HVAC 시스템 설계 계산서와 계통 설명서를 기반으로 핵심실증시설 HVAC 시스템 P&ID 작성
- 방사선 준위가 높은 구역을 낮은 구역보다 부압을 높게 설정하여 오염도가 높은 공기가 낮은 구역으로 역류되지 않도록 하며, 회전시킨 공기는 다시 이용하지 않는 Once-Through 시스템으로 설계

Process Flow Diagram 으로 대체 첨부함



22.06.03	ISSUED FOR FINAL REPORT	김민기	김민기	이종남
김민기	김민기	김민기	김민기	김민기
KOCEN CO., LTD.				
제출	PROCESS FLOW DIAGRAM FOR HOT CELL HVAC SYSTEM			
도면번호	DRHC-2-K45-01			
SCALE	NONE			
SHEET	1/1			



## 상위 시설과 연계 위한 보조계통 상세요건 개발

### 4 핵심실증시설 연계계통 설계요건

#### 4.1 목적

- 상위시설(실증분석동)과 핵심실증시설(이하"핫셀")간 연계계통 설계 요건을 기술하여, 핫셀의 상세설계를 위한 지침으로 활용하기 위함

#### 4.2 핫셀 연계계통의 경계

- ① Utility 배관(소방, 압축공기, 용수)
- ② 전기, 계측 및 케이블
- ③ 방사선 감시계통(Radiation Monitoring System)
- ④ 실증분석동과 핫셀간 구조물

#### 4.3 핫셀 연계계통 요건

- ① 전력공급계통
  - 상용전원 공급(460V) / 무 정전 전원공급(120V, 220V) / 핫셀 내 전원부하 정보
- ② 조명계통
  - 일반조명 전원공급
- ③ 화재방호계통
  - 화재감지신호 / 핫셀 화재진압 소화약제(IG-541) 요구량

원전 해체 핵심실증시설 안전성 평가 및 설계기술 개발					
제 목 : 핵심실증시설 연계계통 설계요건 문서번호 : DRHC-2-K50-01					
주식회사 코센 KOCEN Co., Ltd.					
발 행 연 령					
NO	2022.07.11	ISSUED FOR FINAL REPORT	신수철	안재훈	이종상
개정번호	날짜	내용	작성	검토	승인

핵심실증시설 연계계통 설계요건

## 상위 시설과 연계 위한 보조계통 상세요건 개발

### 4.3 핫셀 연계계통 요건

#### ④ 압축공기공급계통

- 압축공기 요건 / 핫셀 압축공기(I/A/SA) 소모량

#### ⑤ 용수공급계통

- 용수 요건 / 핫셀 용수 요구량

#### ⑥ 가스 및 초순수 공급계통

- 가스 및 초순수 요건 / 가스 및 초순수 요구량(실증분석동 또는 핫셀내 공급기기로 부터 공급)

#### ⑦ 방사선 감시계통(Radiation Monitoring System)

- 경보신호

#### ⑧ 트럭베이 및 실증분석동 서비스구역 크레인

- 인양하중 / 인양높이

#### ⑨ 공조계통

- 급기풍량 / 배기덕트 위치 및 크기 / 계측신호

#### ⑨ 핫셀 격납 구조물

- 핫셀 내 원격제어설비, 보조설비 및 공정 기기의 하중정보

### 4.4 참고문헌

## 질의 & 응답

감사합니다.

[www.kocen.com](http://www.kocen.com)

Tel 031-777-8500, FAX 031-777-8530

경기도 성남시 중원구 둔촌대로 388, 크란츠테크노 13층(상대원동)

**주식회사 코센**  
KOCEN Co., Ltd.