2019년 KEPIC 원전해체 워크샵

고리1호기 최종해체계획서 작성 현황

KHNP
http://www.khnp.co.kr

2019. 8. 27

한수원 중앙연구원
원전사후그룹 부장 손진원

CONTENTS

1 추진 전략 및 체계

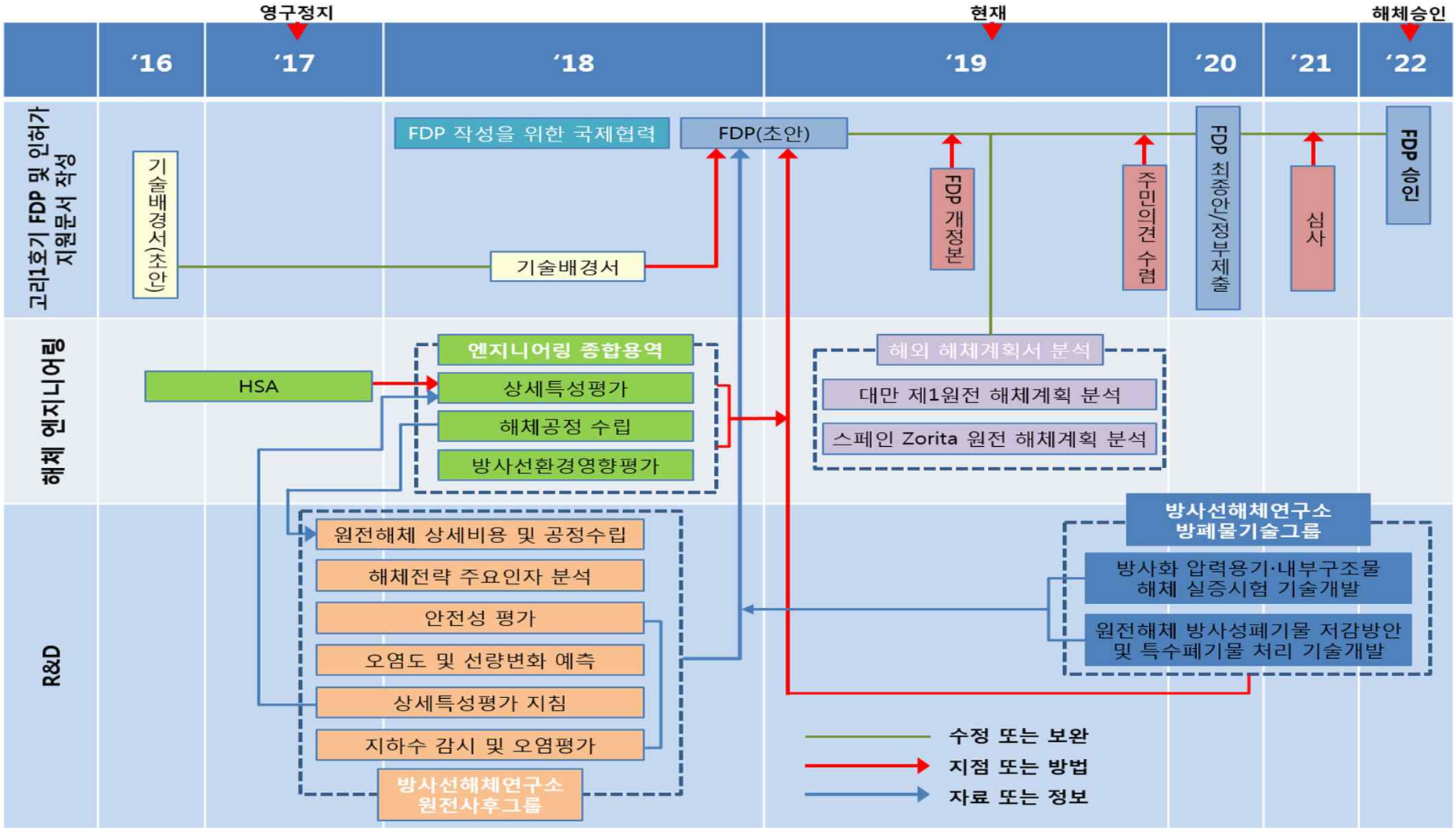
2 작성개요

3 작성현황

4 고리1호기 FDP

5 향후 계획

1. 추진 전략 및 체계


영구정지
현재
해체승인
'16
'17
'18
'19
'20
'21
'22
고리1호기 FDP 및 인허가 지원문서 작성
기술배경서(초안)
FDP 작성을 위한 국제협력
기술배경서
FDP(초안)
FDP 개정본
주민의견 수렴
FDP 최종안/정부제출
심사
FDP 승인
해체 엔지니어링
HSA
엔지니어링 종합용역
상세특성평가
해체공정 수립
방사선환경영향평가
해외 해체계획서 분석
대만 제1원전 해체계획 분석
스페인 Zorita 원전 해체계획 분석
R&D
원전해체 상세비용 및 공정수립
해체전략 주요인자 분석
안전성 평가
오염도 및 선량변화 예측
상세특성평가 지침
지하수 감시 및 오염평가
방사선해체연구소 원전사후그룹
방사선해체연구소 방폐물기술그룹
방사화 압력용기·내부구조물 해체 실증시험 기술개발
원전해체 방사성폐기물 저감방안 및 특수폐기물 처리 기술개발
수정 또는 보완
지점 또는 방법
자료 또는 정보

2. 작성 개요

FDP 작성 기준

- (기준) 원안위고시 제2018-10호(원자력이용시설 해체계획서 등의 작성에 관한 규정)
- 참고문서 : 고리1호기 예비해체계획서(KINS 질의답변 중), 인허가문서, 운영절차서 등

고리1호기 FDP 작성

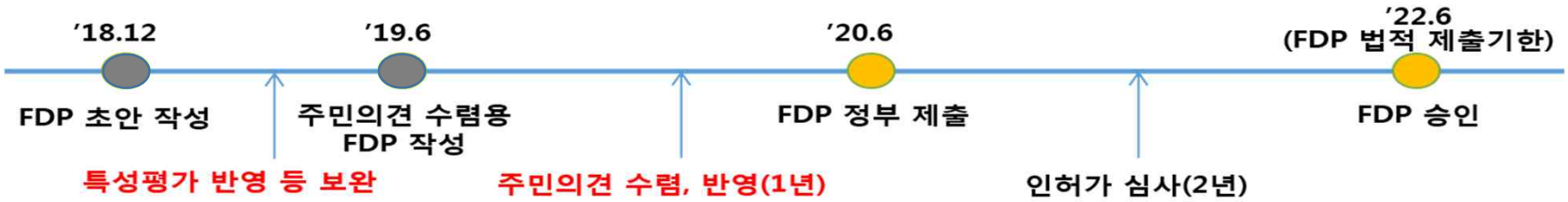
- 연구과제 수행 : 해체위험도분석, 해체공정 난이도평가 등 관련 연구과제 수행 및 해당 성과물 반영
- 해체엔지니어링 : 고리1호기 부지이력조사(HSA), 해체종합설계용역 추진 및 용역결과물 검토·반영
- 해외 인허가문서 확보 및 검토
  - ENRESA(Zorita 원전)/대만 제1원전/Yankee Rowe 원전 등 인허가문서
  - 해체 관련 국내외 법적 요건 및 기술보고서 등 검토

고리1호기 FDP 완성도 제고

- 국제협력 및 고리1호기 FDP 집중검토
  - 웨스팅하우스(스페인) 일반·전문교육 및 분야별 전문가 컨설팅 수행
  - 사내 유관부서와의 FDP 집중검토 및 전문가 활용 기술검토 수행

3. 작성 현황

고리1호기 FDP 작성 Milestone



고리1호기 주민공람용 FDP 작성 경위

- 고리 원자력발전소 1호기 "발전용원자로 및 관계시설의 해체계획서" 초안 작성 및 제출 : 2018. 12. 28
- 원전해체 관련 KHNP-KINS 제1차 현안협의회 개최 : 2019. 02. 21
- CRI 전문가 활용 "고리1호기 FDP 집중검토 TF" 운영 : 2019. 03. 29
- 본사-연구원-현장 간 고리1호기 최종해체계획서(FDP) 작성방향 및 현안 검토회의 : 2019. 04. 11
- 원전 해체계획서 심사현황 점검회의 : 2019. 05. 24
- 고리1호기 해체공정관리 협의회('19-1차) 개최 : 2019. 05. 30
- 고리1호기 FDP 작성을 위한 종합설계용역 결과물 초안 확보 : 2019. 06. 14

해외 해체인허가 문서, 사내 · 외 검토의견, 종합설계용역 결과 등 반영 **고리1호기 최종해체계획서** 초안 작성

4. 고리1호기 FDP(1/12)

▪ 원자력이용시설 해체계획서 등의 작성에 관한 규정[원안위 고시 제2018-10호]

➢ [별표 2] 원자력이용시설 해체승인 신청시 최종해체계획서 작성요령

항목	기술사항
1. 해체계획의 개요	1) 사업개요 2) 시설현황 3) 시설운영이력 4) 사고 및 방사능누출 이력
2. 사업관리	1) 조직 2) 인력 3) 비용 4) 재원확보
3. 부지 및 환경현황	1) 부지현황 2) 환경현황 3) 방사선학적 특성
4. 해체전략과 방법	1) 해체전략 2) 해체방법과 일정
5. 해체용이성을 위한 설계특성과 조치방안	1) 설계특성 2) 조치방안
6. 안전성평가	1) 원칙과 기준 2) 피폭시나리오 3) 선량평가 4) 잔류방사능 5) 비정상사건 6) 위해도

항목	기술사항
7. 방사선방호	1) ALARA 적용 2) 방사선방호 설계특성 3) 선량평가 4) 방사선방호 계획
8. 제염해체활동	1) 제염해체방법 2) 구조물, 계통 및 기기의 제염 및 해체 3) 토양, 지표수 및 지하수 복원
9. 방사성폐기물관리	1) 방사성폐기물의 발생 및 특성 2) 고체방사성폐기물관리 3) 액체방사성폐기물관리 4) 기체방사성폐기물관리 5) 혼합폐기물관리 6) 운영중 발생 폐기물관리
10. 환경영향평가	1) 해체전 환경감시 2) 해체중 환경감시 3) 주민에 대한 영향
11. 화재방호	1) 화재방호
12. 기타	
13. 참고문헌	
부록 : 용어해설	

4. 고리1호기 FDP(2/12)

구분	주요 내용/계획	배경/근거
1장 해체계획의 개요	▪ 사업개요 : 해체 사업의 추진배경, 목적, 사업자 등 ▪ 시설현황 : 부지위치, 해체범위, 발전소 시설 일반 사항 등 ▪ 시설운영이력 : 인허가사항, 건설/운영에 관한 주요 이력 기술 ▪ 사고 및 방사능 누출 이력 : 운영 중 보고대상 사건(5건) 내용 기술 ▪ FDP의 구성 및 형식 : 작성기준, 참고문헌, 사용단위, 개정정보 등 기술	• 원자로시설 기술기준에 관한 규칙 제2장 제5절 "원자로시설의 해체" • 건설/운영원전 IDP 참조 • Zorita DP, 대만 제1원전 DP • FSAR, PSR, 운전이력, 시행계획

순번	계통명	계통약어	비고
1	Acoustic Leakage Monitoring	AM	
2	Steam Generator Blowdown	BD	
3	Boron Recovery	BR	
4	Chemical & Volume Control	CS	
5	ROD Control & Position Indicator	CP	
6	Containment Vessel	CV	
7	Generator Electrical	EG	
8	Containment Penetration(Electrical)	EI	
9	Engineered Safety Features Actuation	ES	
10	Auxiliary Feed Water	FE	
11	Main Feedwater	FW	
12	Generator Stator Winding Cooling Water	GC	
13	Generator Gas	GG	
14	Grand Sealing System	GS	
15	Gland Sealing Water	GW	
16	CTMT Combustible Gas Control	HC	
17	Heater Drains	HD	
18	LP Exhaust Cooling	HS	
19	Heater Vents	HV	
20	Hydrogen	HY	
21	Incore Instrument	IC	
22	Loose Parts Monitoring	LM	
23	TG Lubricating Oil & Jacking Oil	LO	
24	Containment Leak Rate Testing	LR	
25	Generator & Exciter Misc Measurement	MM	

계통 목록 : 미운영 계통

순번	계통명	계통약어	비고
1	Aux Cooling Water	AC	부분사용
2	Annunciator	AN	
3	Alternate AC Power Supply	AP	
4	Condenser Air Removal	AR	부분사용
5	Auxiliary Steam	AS	부분사용
6	MCR Main Control Board	CB	
7	Component Cooling Water	CC	부분사용
8	Condensate	CD	부분사용
9	Computer System	CU	
10	Circulating Water	CW	부분사용
11	Diesel Fuel	DF	부분사용
12	Emergency Diesel Generator	DG	
13	AC Power Distribution	EA	
14	Cathodic Protection	EC	
15	DC Power	ED	
16	Site Emergency Power	EE	
17	Electrical Heat Tracing	ET	
18	Fuel Handling	FH	부분사용
19	Fire Protection	FP	부분사용
20	Instrument Air	IA	부분사용
21	Material Handling Crain & Hoist	MH	
22	Nitrogen	NI	부분사용
23	Primary Make-up Water	PM	부분사용
24	Refueling Water	RF	
25	Radiation Monitoring	RM	부분사용

계통 목록 : 운영 계통

공 정	일 자
본관 기초굴착 착수	1971. 11. 15.
건설 허가 및 운영 허가	1972. 05. 31.
최초콘크리트 타설	1972. 08. 01.
상온수압시험	1976. 08. 30.
격납건물 종합누설률시험	1976. 11. 10.
고온기능시험(연료장전 전)	1977. 02. 10.
초기 노심 장전	1977. 04. 24.
최초임계	1977. 06. 19.
최초 계통병입	1977. 06. 27.
상업운전	1978. 04. 29.
복수탈염설비 신설	1982. ~ 1983.
복수기 전열관 교체	1988. 04.
저압터빈 회전자 교체	1997. 06.
증기발생기 및 공정제어·보호 계통 교체	1998. 09.
순수처리건물 신축	1999. 11.

주요 연혁

4. 고리1호기 FDP(3/12)

구분	주요 내용/계획	배경/근거
2장 사업관리	▪ 조직 : 해체 필요 조직과 부서, 절차서 운영계획/기술사항 등 포괄적 기술 ▪ 인력 : 해체단계별 인력확보 및 편성계획, 교육훈련계획 ▪ 비용 : 비용산정체계(US DOE), 주요 가정사항, 산정방법, 해체비용 결과 ▪ 재원확보 : 해체재원 및 적립방법, 확보방안	• 산업부고시 제2017-195호 • 해외원전 해체계획서/보고서 • 건설/운영원전 IDP

(2016년 말 기준, 단위: 억원)

구 분		금 액	비 고
밀폐관리 및 철거비	해체사업비	3,306	-
	방사성폐기물 처리시설비	639	
	기타비용	681	
	소계	4,626	
해체폐기물 처분비	폐기물 관리비용	2,222	-
	예비비	667	
	소계	2,889	
합 계		7,515	-

해체 추정비용 상세내역

해체비용 충당금 산정 계산식

초기 충당금	추정비용 × (1 + 물가상승률)^{물가반영기간} × 1/(1 + 할인율)^{할인기간}
해당 연도 충당금	전년도 말 누계 충당금 × 이자율

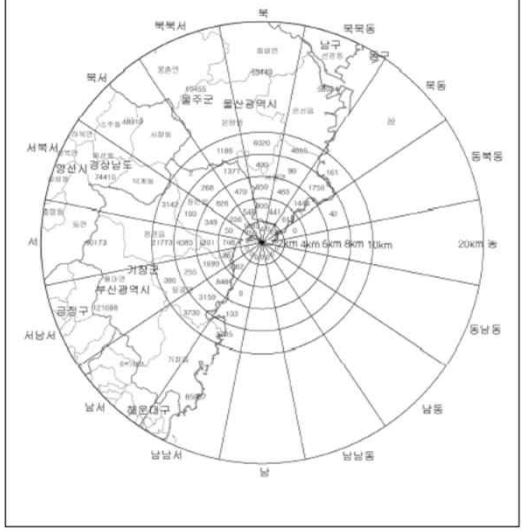
해체비용 충당금 산정 계산식

4. 고리1호기 FDP(4/12)

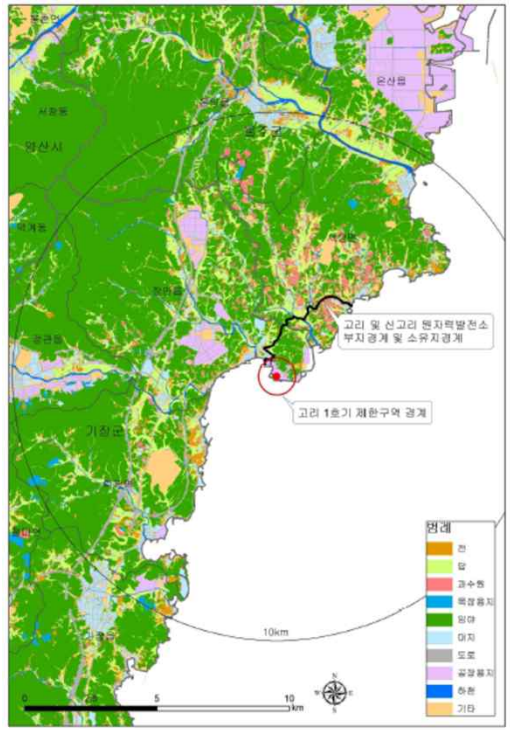
구분	주요 내용/계획	배경/근거
3장 부지 및 환경현황	▪ 부지현황 : 해체대상 부지위치와 명세, 주변지역 인구분포, 토지이용 등 ▪ 환경현황 : 대상 부지/주변지역의 기상, 지진·지질, 수문, 해양, 환경방사능 ▪ 방사선학적 특성평가 : 특성평가 방법과 절차 기술, 방사능 오염정도 - 구조물, 계통, 기기/ 토양 및 지하토양/ 지표수 및 지하수	• 원안위고시 제2017-16호 • 고리1호기 방사선환경영향평가 • 고리1호기 IDP, 연구과제결과, 해외 원전 해체계획서

부지반경 20 km 이내의 구역별 인구

구간(km)	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~20	합계
인구수(명)	2,399	5,468	8,188	12,354	46,914	777,828	853,151

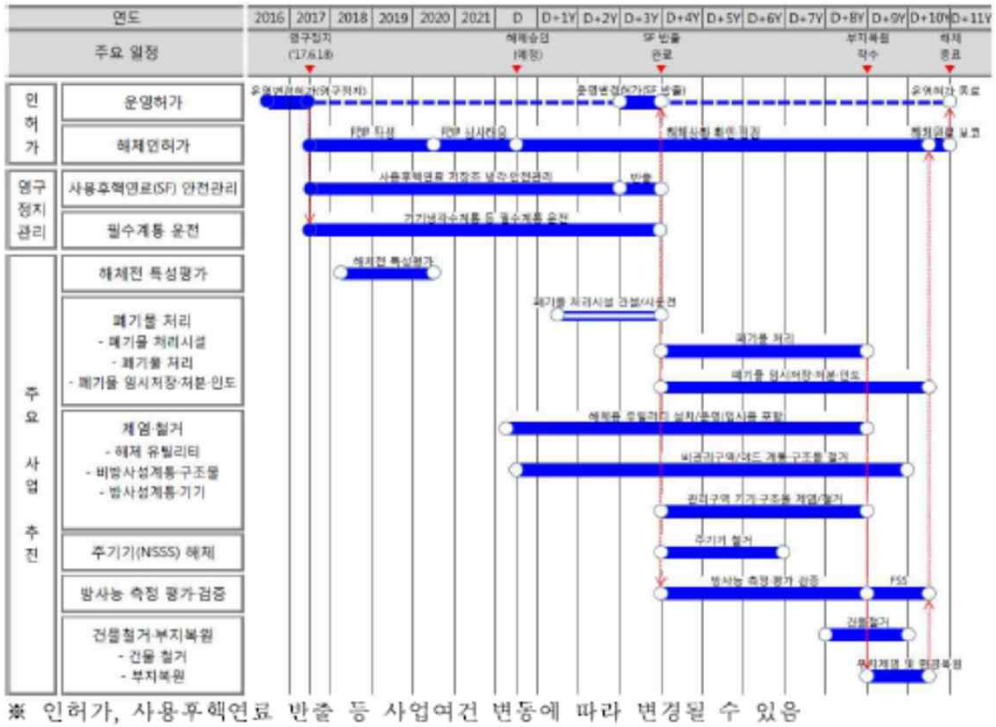


부지반경 10 km 이내의 토지이용도



4. 고리1호기 FDP(5/12)

구분	주요 내용/계획	배경/근거
4장 해체전략	▪ 해체전략 : 즉시해체 - 선정 배경 및 근거 : 정부권고 및 영향인자 평가결과 반영 ▪ 해체방법과 일정 - 즉시해체 해체활동(4단계) 구분, 고리1호기 해체사업 시행계획 일정반영	• 원자력진흥위원회 보고서 • 고리1호기 해체사업 시행계획 • 해외 FDP, IAEA SRS-50 등 • 해체종합설계용역 결과물



고리1호기 해체 일정

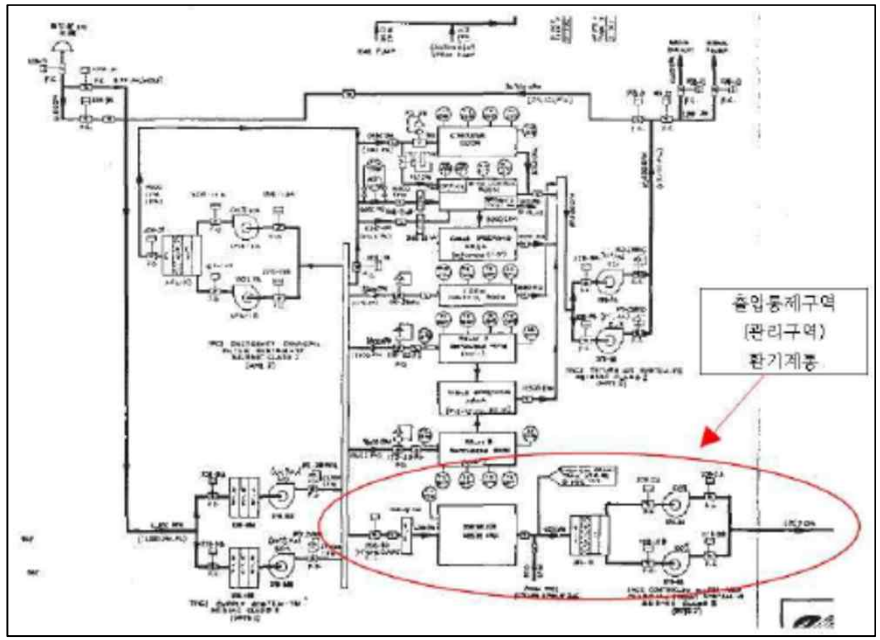
※ 인허가, 사용후핵연료 반출 등 사업여건 변동에 따라 변경될 수 있음

4. 고리1호기 FDP(6/12)

구분	주요 내용/계획	배경/근거
5장 해체용이성을 위한 설계특성 과 조치 방안	▪ 해체용이성 확보 및 설계특성의 용이성 - ALARA 설계특성, 누설 및 오염, 방폐물 최소화, 시설배치 최적화 등 ▪ 건설/운영 상의 조치방안 및 유효성 - 설계특성과 관련한 건설/운영 상의 조치방안, 기록관리 등에 관한 사항	• 건설/운영원전 IDP

ALARA 설계특성	해체고려 설계 효과
비방사성 능동기기는 방사선구역 3 이상의 구역에 설치되지 않아야 함	계측설비들은 가능한 지방사선구역에 설치되어 오염최소화 및 폐기물발생 최소화
계기, 시료채취설비, 회전기기 등과 같이 정기보수, 시험 및 검사가 필요한 기기는 용이하게 접근할 수 있도록 배치되어야 하며 쉽게 분리할 수 있도록 설계되어야 함	접근 및 분리가 용이하여 해체 용이성에 기여
계기 : 정기적인 점검이 요구되는 계기는 가능한 방사선구역 1 또는 2에 설치되어야 함	지방사선구역에 설치되어 오염 최소화 및 폐기물발생 최소화
계기 : 만일 계기 및 그 부품을 방사선구역 4 이상인 구역에 설치해야 하는 경우, 관측, 보수 및 교정을 위해 쉽게 접근할 수 있으며 장시간 보수나 교정이 필요할 경우에는 지방사선구역으로 쉽게 이동시킬 수 있도록 설치해야 함	접근 및 분리가 용이하여 해체 용이성에 기여

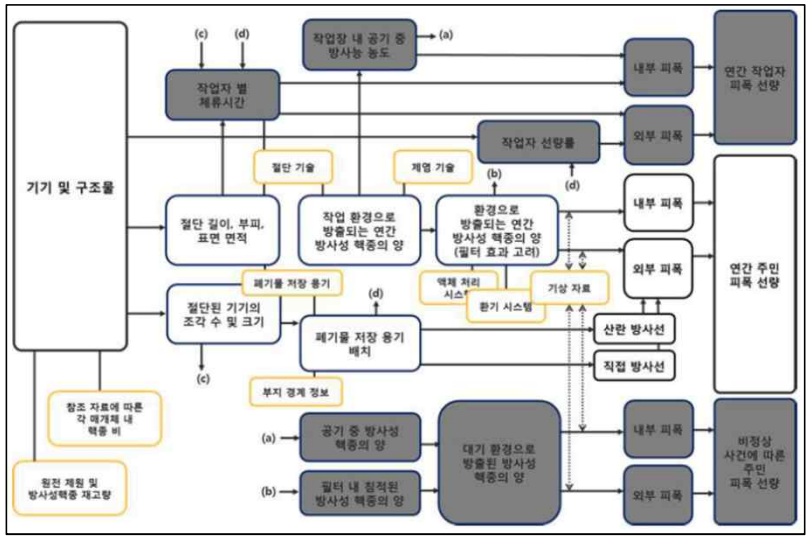
방사선구역 내 계측설비에 대한 설계특성



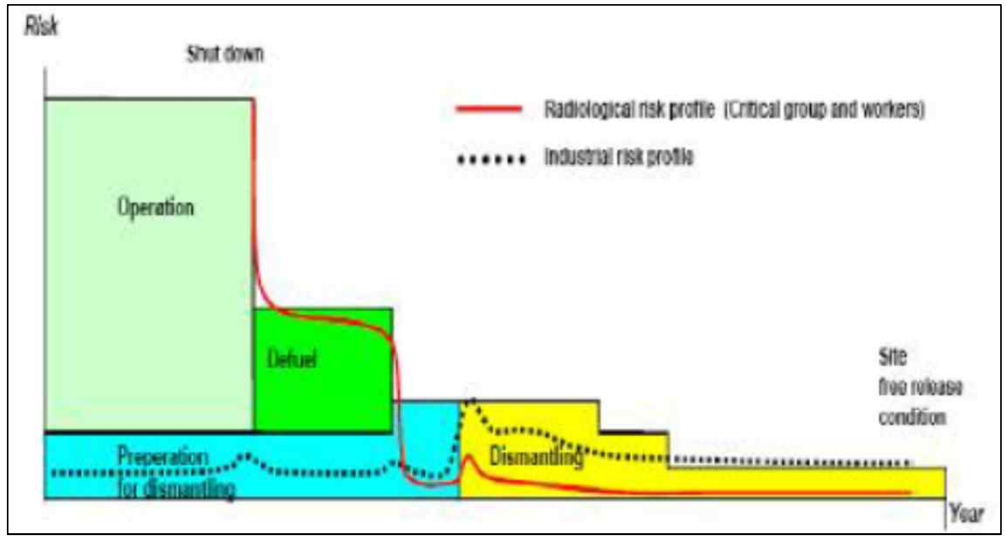
고리1호기 보조건물 환기유로

4. 고리1호기 FDP(7/12)

구분	주요 내용/계획	배경/근거
6장 안전성평가	▪ 원칙과 기준 : 방사선안전기준, 산업안전기준에 따른 안정성 평가 방법론 ▪ 피폭시나리오 : 종사자(작업분류), 주민(기체/액체폐기물 방출에 따른 피폭) ▪ 선량평가 : 운영 중 5년간 기체/액체 방출량 평균값을 선원항으로 평가 ▪ 잔류방사능 목표치 및 타당성 기술 : RESRAD 활용 ▪ 비정상사건 : IAEA 위험도 평가방법 적용, HAZOP 회의 결과 반영 ▪ 위해도 : 비방사선 위해요소 평가 및 영향 최소화 안전조치 내용 기술	• IAEA 안전지침 및 보고서 • 해외원전 해체계획서/보고서 • 산업안전보건기준 • 고리1호기 방사선환경영향평가



원전해체시 종사자 및 주민 피폭경로



시간에 따른 방사선학적, 산업안전적 사고 위험

4. 고리1호기 FDP(8/12)

구분	주요 내용/계획	배경/근거
7장 방사선방호	▪ ALARA 적용 : 방사선방호 기준, 고려사항 및 관리체계 내용 기술 ▪ 방사선방호 설계특성 : 운영중 방사선방호 계획 기준 작성 ▪ 선량평가 : 해체중 종사자 피폭선량 정량적 평가(10,000 man-mSv 미만) ▪ 방사선방호 계획 : 조직 및 기능, 방사선방호 및 감시 업무 수행 절차	• 원안위고시 제2017-16호 • 고리1호기 방사선환경영향평가 • 고리1호기 IDP, 연구과제결과, 해외 원전 해체계획서

핵종	호흡 유효선량환산인자 (mSv/Bq)
Cr-51	3.70E-08
Mn-54	1.50E-06
Fe-59	4.00E-06
Co-58	2.10E-06
Co-60	3.10E-05
Zr-95	5.90E-06

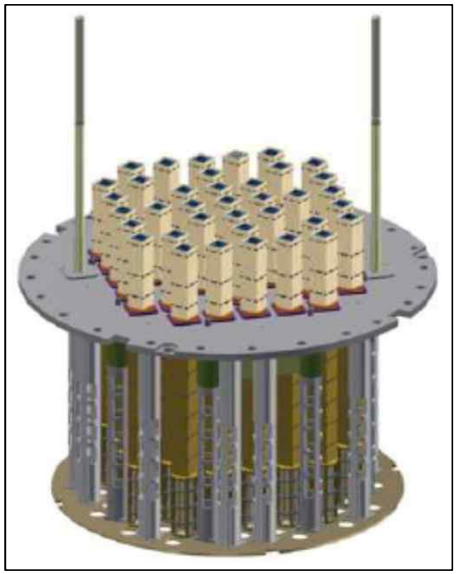
호흡에 의한 유효선량 환산인자

배관 크기	제염전 (mSv)		제염계수 50 제염 후 (mSv)		제염계수 100 제염 후 (mSv)	
	1차측	2차측	1차측	2차측	1차측	2차측
1 in	2.61E-03	2.61E-04	5.23E-05	5.23E-06	2.61E-05	2.61E-06
2 in	5.15E-03	5.15E-04	1.03E-04	1.03E-05	5.15E-05	5.15E-06
3 in	7.65E-03	7.65E-04	1.53E-04	1.53E-05	7.65E-05	7.65E-06
4 in	1.00E-02	1.00E-03	2.01E-04	2.01E-05	1.00E-04	1.00E-05
5 in	1.26E-02	1.26E-03	2.52E-04	2.52E-05	1.26E-04	1.26E-05
6 in	1.51E-02	1.51E-03	3.02E-04	3.02E-05	1.51E-04	1.51E-05
8 in	1.99E-02	1.99E-03	3.98E-04	3.98E-05	1.99E-04	1.99E-05
10 in	2.50E-02	2.50E-03	4.99E-04	4.99E-05	2.50E-04	2.50E-05

배관 크기 별 내부피폭선량 계산 결과

4. 고리1호기 FDP(9/12)

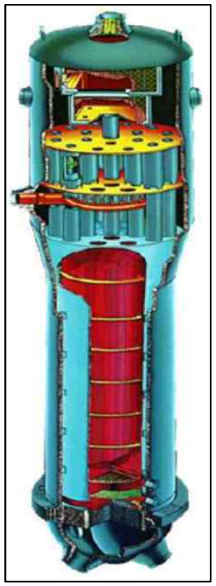
구분	주요 내용/계획	배경/근거
8장 제염해체활동	▪ 제염해체방법 : 제염목표치, 타당성, 제염해체방법 및 필요 설비와 장비 등 ▪ 발전소 내부 구조물/계통 철거 기술, 방법 절차 기술 ▪ 토양, 지표수 및 지하수 복원 - 지하수관련 연구 결과 추후 반영 예정	• 예비해체계획서 심사지침 • 종합설계용역 공사설계 결과물 • 연구과제 결과 • 해외원전 FDP 및 해외자료



원자로 상부내부구조물

원자로 하부내부구조물

원자로압력용기 개략도



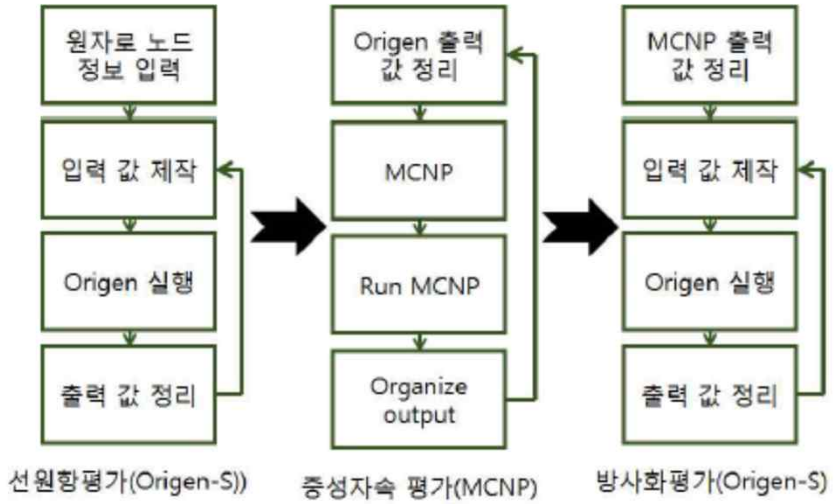
원자로압력용기 개략도

4. 고리1호기 FDP(10/12)

구분	주요 내용/계획	배경/근거
9장 방사성폐기물 관리	▪ 방사성폐기물의 발생 및 특성 : 발생원 및 종류, 수량 및 농도 등 기술 ▪ 고체방사성폐기물관리 : 종류, 부피, 방사능 및 처리/저장/처분 방법 기술 ▪ 액체방사성폐기물관리 : 종류, 부피, 방사능 및 처리/저장/배출 방법 기술 ▪ 기체방사선폐기물관리 : 종류, 부피, 방사능 및 처리/저장/배출 방법 기술 ▪ 혼합폐기물관리 : 종류, 부피, 방사능 및 처리/저장/처분 방법 기술 ▪ 운영중 발생 폐기물관리 : 운영 방폐물 관리계획 및 SF 종합관리계획 반영	• KORAD 인수기준, 원안위 고시 • 연구과제 결과물 • 종합설계용역결과물 • 연구로 FDP 및 해외 자료 등 • FSAR, DSAR, 처리시설 기본설계 • 중장기 방폐물관리 로드맵

운반용기 구분	운반대상 포장물	용기크기 (m)	두께 (mm)	용기중량 (ton)	최대중량 (ton)
KORAD-IP2형-I	200 L 드럼 포장물	L3.4 × W1.6 x H1.2	12	3.6	6.4
KORAD-IP2형-II	320 L 드럼 포장물	L3.4 × W1.6 x H1.2	12	3.6	6.2

해체 방사성폐기물 운반용기 제원



방사화 평가 절차

4. 고리1호기 FDP(11/12)

구분	주요 내용/계획	배경/근거
10장 환경영향평가	▪ 해체전 환경감시 : 해체전 환경감시계획 및 측정 방법/절차 ▪ 해체중 환경감시 : 해체중 환경감시계획 및 측정 방법/절차 ▪ 주민에 대한 영향 - 방사성유출물에 위한 피폭시나리오 개발 - 피폭선량계산 및 방법 - 다수호기 운영에 의한 영향 기술	• 원안위고시 제2017-17호 • 고리본부 환경방사선 조사계획 • 고리1호기 방사선환경영향평가 활용 작성

종류	단 위	1세	5세	10세	15세	성인
농작물	kg/yr	78.54	137.20	200.86	224.77	273.06
우유	l/yr	55.74	62.74	56.79	41.25	15.51
육류	kg/yr	9.27	23.43	36.97	48.91	34.93
어류	kg/yr	3.77	5.40	6.79	9.02	15.95
연체류 및 갑각류	kg/yr	0.86	3.03	4.67	6.24	6.97
해초류	kg/yr	1.03	1.75	1.90	2.37	3.76

출처: 한수원(주), 2009, 원자력발전소 주변 방사선 환경감시 및 영향 평가 체계개선(최종보고서)

연령군별 평균인의 연간 음식물 섭취량

연령군	적용 선량환산계수
신생아～1세 미만의 인구집단	3개월
1 세～2세 미만의 인구집단	1세
2세～7세 미만의 인구집단	5세
7세～12세 미만의 인구집단	10세
12세～17세 미만의 인구집단	15세
17세 이상의 인구집단	성인

6개 피폭연령군 및 연령군별 적용 선량환산계수

4. 고리1호기 FDP(12/12)

구분	주요 내용/계획	배경/근거
11장 화재방호	▪ 개요 : 해체원전의 화재방호계획 수립 방법 제시 ▪ 화재방호프로그램 : 해체원전 화재방호계획에 따라 운영 ▪ 화재위험도분석 : 기술사항, 평가항목 및 분석방법 등 기술 ▪ 화재방호 운영계획 : 기술사항, 화재방호일반, 예방관리, 대응관리	• 원안위고시 제2018-8,9호 • 고리1호기 화재방호계획서 별도 작성

5. 향후 계획

주민의견 수렴용 FDP 작성

- 본사-CRI 검토, 사내전문가 검토 및 해체종합설계용역 결과 보완 등을 통한 FDP 완성도 제고
- 주민의견 수렴용 FDP 작성

주민의견수렴

- 주민의견수렴 관련 협의(지자체) 및 설명(규제기관)
- 초안제출 및 초안공람(법정기한 : 20일~60일)
- 공청회 개최 관련 협의(지자체) 및 설명(규제기관)
- 공청회 개최 및 결과 통지

인허가 신청

- 주민의견반영 → 최종검토 → 인허가 신청

Thank you ☺

KHNP