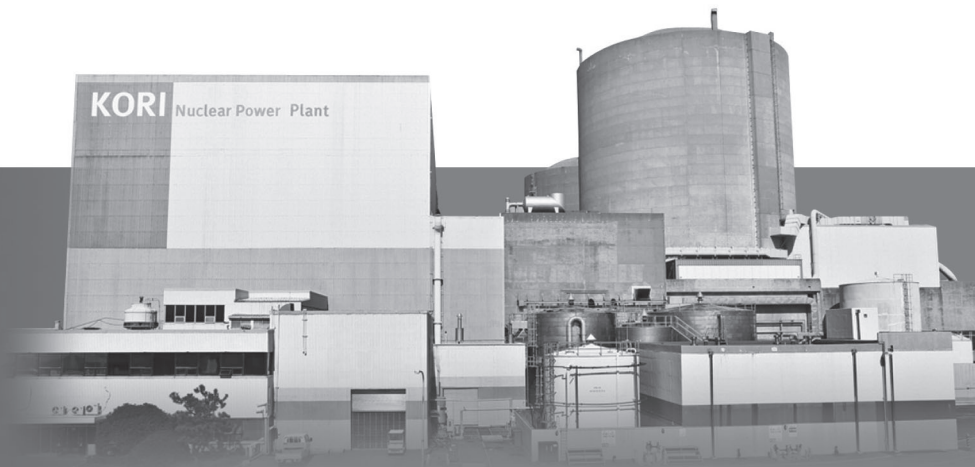


고리1호기 최종해체계획서 요약본



고리 1호기 최종해체계획서

이 요약본은 주민공람용 최종해체계획서의 이해를 돕기 위해 작성한 것입니다.

요약본 내용과 관련한 상세내용은 주민공람용 최종해체계획서 원문을 확인하여 주시기 바랍니다.



목 차

I. 해체계획 개요	1
II. 사업관리	3
III. 부지 및 환경현황	4
IV. 해체전략과 방법	7
V. 해체용이성을 위한 설계특성과 조치방안	15
VI. 안전성평가	17
VII. 방사선방호	31
VIII. 제염해체활동	37
IX. 방사성폐기물 관리	48
X. 환경영향평가	54
XI. 화재방호	56
부록. 용어해설	58

고리 1호기 최종해체계획서

I. 해체계획 개요

1. 목적

본 해체계획의 목적은 해체에 관한 업무를 수행하는 자의 권한과 의무를 정하고, 원자력발전소 해체에 따른 방사선(능)으로부터의 위해를 방지하기 위한 조치, 오염제거 방법, 방사성폐기물의 분류·처리·저장·처분 방법과 방사성물질이 환경에 미치는 영향의 평가 방법 및 대책 등 원자력발전소 해체에 대비한 전반적인 전략과 방향을 수립하여 안전하고 용이한 해체를 수행하는 것에 있다.

2. 시설 및 부지 허가 사용자

고리 1호기의 시설 및 부지 허가사용자는 한수원(주)이다. 한수원(주)는 한국전력공사가 소유하던 원자력 및 수력 관련 설비와 고용인원을 승계하여 2001년 4월 2일에 설립되었으며, 원전을 건설하고 운영하는 회사이다.

3. 발전소 일반사항

고리 1호기는 2개의 루프를 가진 595 MWe 용량의 웨스팅하우스형 가압경수로(PWR)로서 1977년 6월 19일 최초임계, 1978년 4월 29일 상업운전을 시작하여 2017년 6월 18일 영구정지되었다.

발전소의 설계·건설 및 시운전은 미국 웨스팅하우스사가 일괄발주방식으로 수행하였으며, 1차계통은 현대건설, 2차계통은 동아건설이 하도급형태로 참여하여 건설하였고 설계용역은 미국의 GILBERT ASSOCIATES INC.(GAI)사가 담당하였다.

원자로는 2-루프의 원자로냉각재배관을 갖춘 가압경수로형(PWR)이며 핵증기공급계통은 미국의 웨스팅하우스사가 공급하였고 외부방호용 철근 콘크리트 건물 내의 강재 격납용기에 수용되어 있다.

고리 1호기 최종해체계획서

4. 해체범위

고리 1호기의 해체범위는 고리 제1발전소 부지 중 고리 2호기 시설 및 외부탱크들을 제외한 약 50,000 m²의 구역을 포함한다.

주요 해체 대상 건물에는 격납건물(강재 격납용기 및 원자로차폐건물), 터빈 건물, 보조건물 등이 있으며, 보조건물은 각각 보조건물 구역, 원전연료취급 건물 구역, 중간건물 구역, 디젤발전기건물 구역, 기기냉각수건물 구역 등을 포함한다.

그 밖에 해체 대상 건물로는 기타 설비 및 매립 시설, 해체 시 추가된 임시 시설 등이 있다.

II. 사업관리

1. 조직

고리 1호기 해체를 완료할 때까지 원활한 사업관리를 위한 해체사업 총괄 관리조직, 현장 작업수행을 위한 해체사업소조직, 해체기술 개발을 위한 기술 지원조직을 구성하여 운영한다.

2. 인력

해체단계별 역무의 증감에 따라 인력도 함께 증감할 계획이다. 또한, 사업 수행시 한수원(주) 인력 이외에 해체작업에 따른 추가 인력이 별도로 투입 될 수 있다.

3. 비용

해체비용은 플랜트재고량, 방사선학적 특성평가 결과를 기초로 한 해체폐기 물량 산정 및 단위비용인자를 활용한 방법론을 통해 2018년말 기준으로 약 8,129억원으로 산정되었다.

< 해체 추정비용 >

(2018년 말 기준, 단위: 억원)

구 분		금 액
밀폐관리 및 철거비	해체사업비	3,708
	방사성폐기물 처리시설비	666
	기타비용	569
	소계	4,943
방사성폐기물 처분비	방사성폐기물 관리비용	2,451
	예비비	735
	소계	3,186
합 계		8,129

Ⅲ. 부지 및 환경현황

1. 부지위치

고리 1호기 부지는 한반도의 남동해안으로 울산에서 남쪽으로 약 24 km, 부산에서 북동쪽으로 약 30 km 떨어진 부산광역시 기장군 장안읍에 위치하고 있다.

부지주변의 주요 인공지형물로는 고리 2호기가 1호기 동쪽으로 약 100 m 정도 떨어져 위치하고 있으며 고리 3,4호기가 동쪽으로 각각 약 420 m, 670 m, 인재개발원이 고리 1호기로부터 북동쪽으로 약 2.4 km 정도 떨어진 지점에 위치하고 있다.

2. 부지 기상

고리 1호기 부지 기상관측을 위하여 원자력발전소에 설치된 기상탑으로부터 측정된 2016년 1월 1일부터 2017년 12월 31일까지의 2년 동안의 자료를 수집하여 분석하였다.

부지의 연평균 기온은 15.1 °C였고, 월평균 기온의 최고값은 8월에 26.7 °C, 최저값은 1월에 4.0 °C였다. 관측기간 동안 최고기온은 34.7 °C(2017년 8월 6일), 최저기온은 -9.7 °C(2016년 1월 24일)였다.

통계기간 동안 부지에서 평균 연강수량은 1,322.0 mm였고, 월별로는 9월에 340.3 mm로 가장 많았고, 2월에 39.2 mm로 가장 적은 것으로 나타났다. 24시간 최다 강수량은 150.0 mm로서 2016년 9월 17일에 기록되었다.

부지에서의 상대습도는 6월, 7월, 8월에 높았고 12월, 1월, 2월에 낮게 나타났다. 연평균 습도는 66.0 %였고, 관측된 최저습도는 6.0 %(2017년 12월 13일)였다.

고리 1호기 최종해체계획서

3. 환경방사선(능) 현황

원자력발전소 가동에 따른 원자력발전소 주변 지역의 환경방사선(능)을 감시하기 위하여 국내 모든 원자력발전소에서는 자체 계획을 수립하여 주기적인 조사를 실시하고 있다. 본 최종해체계획서에는 최근 3년(2015~2017년)간의 고리 원자력발전소 주변 지역의 환경방사선(능) 현황으로 제시하였다.

4. 부지 조사

가. 부지이력조사

부지이력조사는 해체시점까지 부지의 오염을 야기했거나 야기했을 가능성이 있는 원자력발전소의 건설, 운영 및 각종 인허가와 관련된 모든 기록 및 정보를 조사하여, 부지 내 잔류방사능의 종류와 대략적인 농도 및 범위를 파악한다.

나. 오염범위조사

오염범위조사는 부지이력조사의 결과를 확인하기 위한 조사로, 특히 오염이 의심되는 지역을 중심으로 오염의 범위를 확정하기 위한 조사를 실시한다. 원자력안전위원회 고시 “원자력이용시설 해체완료 후 부지 및 잔존건물의 재이용을 위한 기준”에 따라 부지의 규제해제 기준인 연간 0.1 mSv 미만이 되도록 잔류방사능 유도농도를 정해야 하며, 가능한 범위에서 예비적으로 정한 잔류방사능 유도농도에 따라 오염지역을 분류할 수 있다.

다. 상세특성조사

상세특성조사는 해당 부지 내 잔류방사능의 종류, 농도 및 분포를 부지복원 또는 부지개방에 필요한 수준으로 상세히 조사하는 것으로, 오염물질의 횡적인 분포뿐만 아니라 종적인 분포까지 파악한다.

고리 1호기 최종해체계획서

라. 최종상태조사

이 조사는 사전에 확정된 조사구역 별로 해당구역 내 잔류방사능 수준이 부지의 규제해제 기준을 만족하는지를 통계학적으로 판단하기 위해 수행하는 조사로써, 이전의 조사결과를 반영하여 계획을 수립하고 시행한다.

마. 부지의 방사성오염 수준 조사방법

방법	내용
현장 직접측정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조사대상이 되는 조사구역 전체의 평균 방사능농도를 결정하기 위해 사용 ○ 불연속 측정지점의 지표면에서 적당한 거리에 장비를 위치시킨 뒤 정해진 시간 동안 측정하는 방법
스캔조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조사구역 내 방사능농도가 국부적으로 높은 지역의 확인 및 범위를 정하기 위해 사용 ○ 방사선계측 장비를 표면 위로 이동시키면서 방사성오염 지점을 측정하는 방법
시료채취분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상기 두 방법으로 잔류방사능 유도농도기준 이하의 농도를 얻지 못하거나, 주변방사선 준위가 높아 직접 또는 스캔 측정법으로는 요구되는 측정감도를 얻지 못하는 경우, 그리고 오염물질의 종적인 분포를 파악할 수 없을 경우에 사용 ○ 토양, 지하수 등의 환경 매질의 대표성을 갖는 시료를 채취하여, 실험실에서 방사성핵종의 농도를 측정하는 방법

IV. 해체전략과 방법

1. 해체전략

해체전략에는 즉시해체와 지연해체가 있으며, 우리나라는 원전의 운영 경험 인력을 활용하여 잔류 방사성물질을 가능한 조기에 제거하여 안전성과 사회적 수용성을 확보하고자 즉시해체 전략을 추진한다.

이는 지연해체 시 야기되는 인허가 요건의 불확실성 감소와 장기간 안전관리에 따른 검사와 정비비용 등 해체비용의 변동성 축소 등에 의한 경제적인 측면을 동시에 고려한 것이다.

이에 따라 고리 1호기도 즉시해체 전략을 우선적으로 고려하였다.

가. 해체 기본원칙

해체기본원칙	내용
안전성을 최우선으로 고려	해체계획 수립, 해체실행, 부지복원 등 해체의 쏘과정에 걸쳐 인간과 사회, 환경에 미치는 위해 가능성을 예방하고, 합리적이고 예측 가능한 범위에서 최대한의 안전수준을 확보
국민의 신뢰와 이해를 바탕으로 추진	해체와 관련하여 규정된 국내와 국제 규범을 충실히 이행하며, 투명하고 공개적인 설득과 정보제공을 통해 국민의 신뢰와 이해를 바탕으로 해체를 추진
발전사업자의 책임으로 실행	원전해체는 장시간에 걸쳐 정밀한 실행과 철저한 안전관리가 필요하므로, 원인자인 발전사업자의 부담으로 책임 있게 수행
미래세대에 대한 책임성 강화	해체 시 발생하는 폐기물을 최소화 하고, 안정적인 해체비용 확보를 통해 경제적이고 안전한 해체기술의 개발과 관련 산업의 역량을 강화

나. 해체사업 추진 전략

고리 1호기 해체사업 계획에 따라 해체승인 이후 고리 2호기 안전을 전제로

고리 1호기 최종해체계획서

한 고리 1호기 단독 즉시해체를 수행하고 다수호기 부지 특성을 고려하여 “제한적 재이용” 수준으로 복원하되 부지 활용 계획은 지역 의견 수렴, 전문가 자문 등을 거쳐 수립한다.

또한 안전한 해체 방사성폐기물 관리로 작업자 피폭 및 지역주민의 영향을 최소화하고, 적절한 유형별 분류 및 절단, 제염, 감용 등의 처리를 통하여 해체비용을 절감한다.

고리 1호기 제염 및 철거에 직접적으로 필요한 기술을 사전에 확보하고, 고리 1호기 해체 완료시점에 관련 기술을 고도화하여 해체 경쟁력 제고 및 부가가치가 높은 핵심장비를 개발한다.

2. 해체 활동

즉시해체 전략에 근거해 고리 1호기의 해체 활동은 크게 4단계로 구분된다.

가. 사전준비 단계

사전준비 기간은 원전이 영구정지되기 전에 영구정지를 위한 운영변경허가를 신청하고, 영구정지 및 해체사업 계획을 준비하는 기간이다.

세부 활동	내용
해체사업 계획 수립	해체사업 계획을 구체화하기 위해 사업추진체계 및 수행방안을 수립
영구정지 유지·관리 계획 수립	영구정지 이후 필수계통 운전 및 계통제염 등 체계적으로 유지·관리하기 위한 종합관리계획을 수립

나. 영구정지 관리 및 해체준비 단계

영구정지를 위한 운영변경허가가 승인이 되면, 해체착수를 위하여 해체인허가를 신청하여야 한다.

고리 1호기 최종해체계획서

고리1호기는 관련 법령에 따라 영구정지일인 2017년 6월 18일로부터 5년이 되는 2022년 6월 18일 이전에 최종해체계획서 등의 인허가문서를 첨부하여 해체인허가 신청서를 규제기관에 제출하여야 한다.

또한 해체준비 단계에서는 사전준비 단계에서 해체운영 단계로 원활한 전환을 위해 필요한 일련의 상세 준비활동을 수행한다.

세부 활동	내용
사용후핵연료 안전관리	○ 노심에서 인출된 사용후핵연료는 붕괴열을 냉각하기 위하여 사용후핵연료저장조로 이송되어 최소 5년 이상 안전관리함
안전관리기간 업무 수행	○ 안전관리 기간 중 영구정지 시점에서부터 해체 운영단계로 주요업무의 전환이 이루어지도록 5년 이상에 걸쳐 해체를 위한 준비활동을 수행 ○ 주요 수행업무 : 해체종합설계, 해체전 방사능오염현황 조사(특성평가), 방사성폐기물 처리시설 설계, 운영허가에 따른 정기검사, 계통제염, 고리 1,2호기 공용설비 분리 및 설계변경 등
인허가 관련 활동	○ 해체승인신청서 제출 및 인허가 대응에 필요한 활동 수행

다. 해체착수 및 방사선관리구역 해체 단계

(1) 고리 1호기의 기본적인 철거전략 및 해체방법

고리 1호기의 기본적인 철거전략은 방사성오염 준위가 낮은 곳부터 해체 및 철거하는 "Cold to Hot 방식"으로 터빈건물 등 비방사성구역 내부의 계통 및 기기 철거부터 시작하여 원자로건물 등 오염구역 내부의 계통 및 기기를 철거 후 마지막으로 원자로내부구조물, 원자로압력용기 순서로 철거를 진행한다.

고리 1호기 최종해체계획서

기본적으로 해체작업 시 방사성오염 준위가 높은 구역의 해체는 원격으로 진행함을 원칙으로 한다. 다만, 원격으로 해체작업이 어려운 경우에는 부분 원격작업과 수작업을 병행하여 작업자의 피폭을 최소화할 수 있도록 한다.

방사성오염 준위가 낮은 구역의 해체 시에는 가능한 수작업으로 해체작업을 진행하고 절단 등을 통해 해체하는 대상물의 크기를 운반용기에 담을 수 있을 정도로 해체한다. 또한 고리 2호기 안전을 고려하여 철거공사 중 소음 및 진동 등에 의한 영향을 최소화할 수 있는 철거공법을 선정한다.

(2) 해체 단계별 세부활동

세부 활동	내용
해체용 유틸리티 설치	○ 해체공사를 수행하기 위해 일시적으로 필요하거나 철거 공사기간 내 장기적으로 요구되는 임시전력, 작업용수, 오수 및 폐수처리 설비 등과 관련된 공급계획을 준비 및 설치
비방사성구역 철거	○ 고리 1호기의 해체작업은 비방사성구역 기기 및 구조물의 철거부터 시작 ○ 해당 설비들은 비방사성폐기물로서 일반적인 해체철거 방식으로 철거가 되며, 철거된 폐기물은 폐기물의 재료, 크기 및 형태에 따라 처리
방사성폐기물 처리시설 구축	○ 해체 시 발생하는 방사성폐기물을 안전하고 효율적으로 처리하기 위해 방사성폐기물 처리시설을 고리본부 부지 내 별도의 장소에 건설 ○ 대형기기(원자로내부구조물 및 원자로압력용기 제외)의 절단 및 처리, 각종 해체 방사성폐기물의 분류, 취급, 측정, 제염, 처리, 포장, 저장과 처리완료 폐기물의 반출 수행
사용후핵연료 반출	○ 오염구역 제염·해체 전 부지 내 저장시설로 이동
오염구역 제염	○ 작업자의 피폭저감, 오염확산 방지 등을 위해 적절한 공정 및 기술을 통해 구조물·계통·기기로부터 오염 물질을 제거 ○ 원자로냉각재가 포함되어 있던 1차 계통은 화학적인 방법으로 계통제염을 수행 ○ 방사선관리구역 내부 임시작업장에서 해체작업을 수행하는 기기는 표면오염 제거를 위한 물리적 제염을 우선 수행

고리 1호기 최종해체계획서

세부 활동	내용
오염구역 철거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방사성오염 준위 및 작업구역을 고려하여 크게 원자로내부구조물 및 원자로압력용기를 제외한 대형기기 철거, 원자로내부구조물 및 원자로압력용기 철거, 일반기기 철거로 구분하여 대형기기 반출 이후에 원자로내부구조물 해체를 수행하고, 원자로내부구조물 해체 완료 시점에 원자로압력용기를 해체 ○ 대형기기인 증기발생기, 가압기, 원자로냉각재펌프는 계통에서 먼저 분리하여 원자로건물에서 방사성폐기물 처리시설로 운반한 후 절단, 세절, 제염, 감용 등의 후속작업을 수행 ○ 원자로내부구조물은 핵연료집합체와 가장 가까운 구조물로 장기간 운전에 따라 고방사화가 진행되어 해체 시 원자로공동(cavity) 수중에서 현장(in-situ) 절단 및 포장을 수행 ○ 원자로압력용기는 원자로내부구조물 수중 절단 이후 원자로공동 내부의 물을 제거한 후 원자로공동 내에 설치된 상태에서 현장 원격 제어를 통해 공기 중 절단을 수행 ○ 대형기기를 제외한 나머지 일반기기는 현장에서 모든 절단 및 해체를 수행하여 방사성폐기물 처리시설로 운반
방사능 감시 및 조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장 내 방사선장해의 우려가 있는 지역에 대한 방사선 및 방사능 준위를 사전 또는 작업 중에 측정하여 작업자의 피폭저감을 위한 방안을 계획, 조치함
해체 방사성폐기물 처리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 오염구역에서 발생한 해체 방사성폐기물은 임시작업장으로 운반하여 오염도를 측정하고 각 준위별로 구분하여 200 L 드럼 또는 별도의 포장용기에 보관 ○ 측정 결과 자체처분이 가능하다고 판단되는 폐기물은 고리 1호기 내부에 구축할 임시저장소에 보관하며, 추후 자체처분 대상 폐기물 추진정책을 마련하여 처리 ○ 분류된 방사성폐기물들은 유형별로 적절한 처리를 거쳐 포장된 상태로 방사성폐기물 처분시설로 운반하여 처분
건물 및 구조물 철거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제염 및 해체공사가 완료된 이후 건물을 포함한 구조물을 대상으로 철거가 시작되며, 이 작업은 부지복원 단계까지 시행 ○ 구조물은 구조안전성 확보 및 원활한 파쇄물 반출을 목적으로 상층부에서 지하층 순으로 철거하며, 통로 및 작업공간 확보를 위해 출입구 또는 장비에 근접한 곳에서부터 먼 방향으로 철거

고리 1호기 최종해체계획서

라. 부지복원 단계

방사선관리구역 콘크리트 및 지하매설물 등 잔여 시설 철거, 부지복원 활동 등을 수행하면서 부지에 대한 잔류방사능을 조사하고, 최종부지상태보고서를 첨부하여 원자로시설 해체완료보고서를 제출한다. 이에 따라 운영허가가 종료되면 해당부지는 부지재이용 계획에 따라 재이용할 수 있다.

(1) 부지복원 활동

고리 1호기의 환경정화 및 부지복원 범위는 고리 1호기 부지 내의 토양, 지표수 및 지하수이다.

원전 운영 과정에서 방사성 유체의 누설 등으로 인해 부지의 토양이 오염된 경우에는 토양을 제거하고 토양 분리기술 등을 통해 오염과 비오염 토양으로 분리한다.

비오염 토양은 부지 매립용으로 재활용할 수 있고, 오염 토양은 복원기술을 적용하여 오염을 제거한 후 다시 저준위방사성폐기물과 극저준위방사성폐기물로 구분하여 포장용기에 담아 처분시설로 운반 후 처분한다.

(2) 최종상태조사

부지복원 활동이 완료되면 오염도에 따라 분류된 모든 부지를 조사구역 단위로 세분화한다. 최종상태조사를 통해 오염도에 따라 분류된 개별 조사구역의 방사능 수준이 법적 기준치보다 낮음을 통계학적 검증방법을 이용하여 확인하여 최종적으로 해당 조사구역이 부지개방기준을 만족함을 입증한다.

(3) 부지 재이용

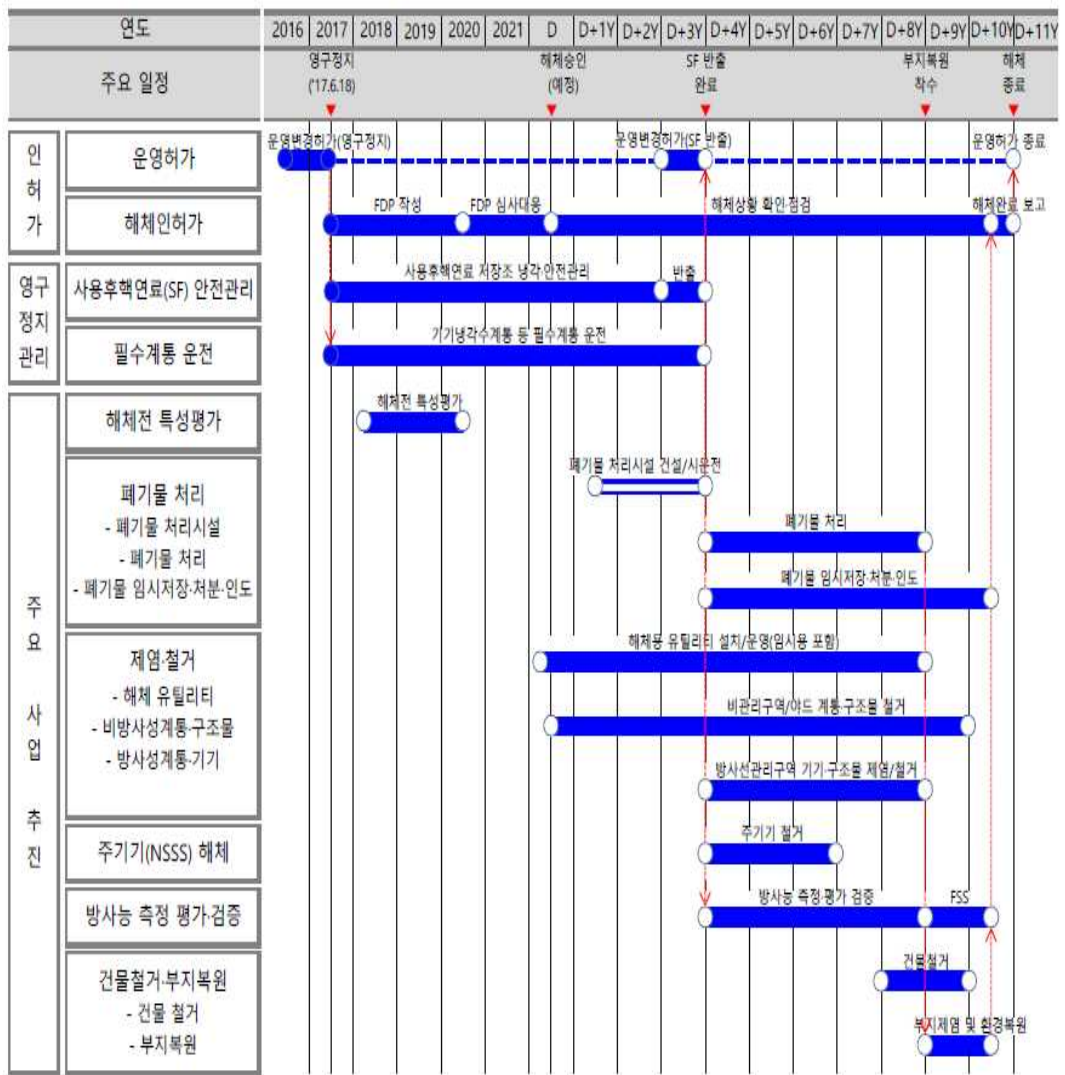
원전 해체 이후 부지는 녹지, 산업시설 및 원자로시설 부지 등으로 활용될 수 있으며, 고리 1호기의 경우 다수기 부지특성을 고려하여 “제한적 재이용” 수준의 복원을 목표로 하고 있다.

고리 1호기 최종해체계획서

해체가 완료된 고리 1호기 원전부지는 지역주민 및 지자체 의견수렴, 전문가 자문 등 종합적인 검토를 거쳐 해체 이후 부지 재이용 방안을 수립할 계획이며, 해체완료 보고 시 최종부지상태보고서에 포함하여 규제기관에 제출한다.

3. 해체일정

즉시해체에 따른 고리 1호기의 개략적인 전체 해체일정은 다음과 같다.



고리 1호기 최종해체계획서

고리 1호기 해체사업은 다음의 4단계로 진행되며, 해체관련 인허가, 사용후 핵연료 반출 일정 등에 따라 전체 일정은 조정될 수 있다.

가. 사전준비(~ 영구정지)

- 영구정지 유지·관리 계획 수립(필수계통 운전, 계통제엄 등)
- 해체사업 계획 수립(사업추진체계, 계약방안 등)

나. 영구정지 관리 및 해체준비(영구정지 ~ 해체승인(D))

- 사용후핵연료 안전관리, 운영허가에 따른 정기검사 등
- 해체종합설계, 해체전특성평가, 방사성폐기물 처리시설 설계/구매 등
- 최종해체계획서 작성, 인허가 신청 및 대응

다. 해체착수 및 방사선관리구역 해체(해체승인(D) ~ D+8.5Y)

- 비방사성구역 해체, 해체용 유틸리티 설치 운영
- 방사성폐기물 처리시설 구축, 사용후핵연료 반출
- 방사성계통·구조물 제엄·철거, 방사능 측정결과 검증 및 평가
- 방사성폐기물 처리시설 운영(제엄·절단·감용·포장 등)

라. 부지복원(D+8.5Y ~ D+10.5Y)

- 부지복원 공사, 최종부지상태조사(Final Status Survey: FSS)
- 해체완료검사, 운영허가 종료

V. 해체용이성을 위한 설계특성과 조치방안

1. 해체용이성을 위한 설계 특성

고리 1호기는 해체작업 시 해체작업을 용이하게 하고 해체 작업자에 대한 방사선피폭을 최소화하기 위해 설계단계에서 미국 원자력규제위원회 규제지침서 8.8의 ALARA(종사자 피폭을 합리적으로 최소화, As Low As Reasonably Achievable: ALARA) 설계개념을 적용하여 설계하였다

가. 해체시 대형 방사성기기를 용이하게 제거하기 위한 설계 특성

구분	내용
작업공간 확보 및 기기 제거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해체작업 시 기기로의 접근 및 작업이 용이하도록 기기 주위 및 이송로에 충분한 작업공간을 확보 ○ 기기의 제거, 이동, 교체 또는 정비작업 동안의 임시 차폐체 설치 등을 용이하게 할 수 있도록 기기를 인양할 수 있는 장비를 구비
중량물 제거 설비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 천정크레인, 원자로건물 장비 반입구 및 원자로건물 출입문 외부에 넓은 공간이 있어 해체 작업 시 원자로, 증기발생기, 가압기 등 중량물 제거가 용이하도록 설계

나. 방사성기기 및 계통의 설계 특성

방사성기기 및 계통은 신뢰성 있고 단순한 기기를 사용하도록 설계하여 해체작업 시 제거가 용이하고 폐기물 발생량이 최소화되도록 하였다.

다. 방사성물질 누설 최소화 설계 특성

구조물, 계통 및 기기에서 방사성유체의 누설이 최소화 될 수 있도록 설계하였다. 만약 구조물, 계통 및 기기로부터 방사성유체가 누설되는 경우에도 누설된 액체는 기기 및 바닥배수계통을 통해 보조건물 하부에 설치되어 있는 폐액 저장탱크 및 바닥배수탱크에 수집된다.

고리 1호기 최종해체계획서

라. 시설배치 최소화 설계 특성

구분	내용
방사성계통 및 기기 배치	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비방사성계통은 방사성계통과 분리하여 배치함으로써 오염확산을 방지 ○ 방사성유체 및 슬러리를 함유하는 배관이 작업자 이동로로 배치되는 것을 최소화함으로써 방사성폐기물 발생량을 최소화
배관 배치	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방사성계통의 배관은 관련 기기를 서로 인접 배치하여 길이를 최소화할 수 있도록 배치함으로써 해체폐기물 발생량이 최소화되도록 설계
작업 공간	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해체 시 기기를 제거할 경우 기기를 격실에서 끌어내는 작업이 용이하도록 하고 기기 이송을 용이하게 할 수 있도록 충분한 작업공간을 확보
대기 지역	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해체작업 동안 원자로건물의 내외부로 기기 이동 시 효율적인 방사선관리 및 대형기기 이동이 용이하도록 원자로 건물 장비반입구 및 원자로건물 출입문 외부에 넓은 대기공간을 확보

2. 해체용이성 확보를 위한 주요 조치방안

가. 발전소 운영시 ALARA를 위한 방법 (해체시에도 적용 가능)

- 고방사선구역과 인접한 일상작업구역(저방사선구역)에는 차폐벽과 같은 영구 차폐체 설치
- 화학 및 체적제어계통, 각종 펌프, 여과기 및 탈염기 등과 같이 방사화된 부식생성물 축적 가능성이 있는 계통 및 기기에 대한 정비 작업 수행 전에 세척 또는 화학제염을 실시하여 방사성물질 제거함으로써 방사선준위를 감소시키고, 결과적으로 종사자의 피폭 방사선량 감소
- 종사자들이 관리구역 작업용품의 착용 또는 탈의를 위하여 장시간의 체류를 요하는 출입통제소는 비방사선관리구역으로 설정하고, 이 지역으로의 오염 확산을 엄격히 제한
- 고오염기기에서의 작업 시 오염 확산방지를 위하여 장갑, 텐트 등 사용

VI. 안전성평가

1. 안전성평가 목적

안전성평가는 고리 1호기 사용후핵연료 이송 이후부터 부지 규제해제 이전까지의 모든 해체활동에서 발생 가능한 방사선학적 및 비방사선학적 위험으로부터 종사자, 주민 및 환경을 적절하게 보호하기 위함이다.

가. 안전원칙

(1) 방사선 안전원칙

고리 1호기 해체 안전성평가는 원자력안전위원회 고시 "원자력이용시설 해체 계획서 등의 작성에 관한 규정"을 따른다. 방사선 안전원칙은 다음과 같다.

- 어떠한 사람도 정상적인 해체활동 기간 중 법정 선량한도를 초과하는 피폭을 받지 않음
- 방사선에 대한 사람의 노출은 ALARA 원칙에 따라 합리적으로 실행 가능한 한 낮게 유지
- 원자력시설의 운영 결과로서 운영자와 일반 대중에 대한 집단유효 선량은 합리적으로 실행 가능한 한 낮게 유지
- 사고를 예방하기 위하여 합리적으로 실행 가능한 모든 조치를 취함
- 사고로 인한 방사선 결과를 최소화하기 위해 합리적으로 실행할 수 있는 모든 조치를 취함

(2) 비방사선 안전원칙

비방사선학적 안전원칙은 산업안전보건법 및 동법 시행령, 시행규칙을 따른다.

- 작업은 안전하고 건강한 작업환경에서 이루어짐
- 안전 및 보건 정책은 예방과 보호를 모두 목표로 함

고리 1호기 최종해체계획서

- 지속적인 산업안전보건 법률, 규정, 기준 등의 개정을 통해 적용
- 교육과 훈련을 통해 안전하고 건강한 근무 환경을 조성
- 종사자는 확립된 안전 절차를 따름

나. 안전기준

안전기준은 모든 해체활동에 대해 적용되어야 하며, 발생 가능한 모든 방사선 위험도 및 위해도로부터 관련된 안전기준에 충족함을 확인하기 위하여 다음의 기준을 적용한다.

(1) 방사선학적 안전기준

(가) 종사자 및 주민 방사선 안전기준

종사자 및 주민의 방사선 안전기준은 원자력안전법 시행령의 선량한도 기준을 적용한다.

구분		선량한도 기준(mSv/yr)		
		방사선 작업 종사자	수시출입자, 운반종사자, 18세 미만인 사람	주민
유효선량한도		연간 50을 넘지 않는 범위에서 5년간 100	6	1
등가 선량한도	수정체 등가선량	150	15	15
	손·발 및 피부	500	50	50

(나) 방사선학적 사고 선정 및 평가 기준

방사선학적 사고 시나리오는 예상되는 정성적 위험들을 정량화하여 위험도 평가(risk matrix 평가)를 실시하여 도출되며, 방사선학적 영향평가 기준은 원자력안전위원회 고시 “원자로시설의 위치에 관한 기술기준” 별표 2항과

고리 1호기 최종해체계획서

같이, 제한구역경계에서 전신선량에 대해 250 mSv, 갑상선 선량에 대해 3,000 mSv를 준용한다.

(다) 방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준

원자력안전위원회 고시 “방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정”에 따라 핵종별 허용농도에 따라 방사성폐기물을 분류한다.

(라) 부지 재이용 기준

원자력안전위원회 고시 “원자력이용시설 해체완료 후 부지 및 잔존건물 재이용 기준”을 적용하여, 피폭선량이 부지개방기준보다 낮게 유지됨을 합리적으로 입증함으로써 규제해제의 안전성을 평가한다.

(2) 비방사선학적 안전 기준

(가) 안전보건 기준

원전 해체과정에서 발생할 수 있는 직·간접적인 유해·위해요인을 파악, 평가·관리하기 위하여 안전보건기술지침(KOSHA Guide)을 참고할 수 있다.

(나) 대기환경 기준

해체는 장비 가동 및 토사 이동 시 비산먼지 발생으로 인해 대기오염도 변화를 유발할 수 있으므로 방사성오염물질의 발생, 공사차량의 토양 흩날림 및 비산 등을 최소화하기 위해 대기환경 기준을 적용할 수 있다.

(다) 소음·진동 기준

해체작업 시 기계, 장비 등의 사용으로 인해 발생하는 소음·진동에 의한 피해를 방지하고 적절한 관리를 위해 소음·진동 기준을 참고할 수 있다.

고리 1호기 최종해체계획서

2. 안전성평가 방법

고리 1호기 해체에 대한 안전성평가는 IAEA 해체 안전성평가 절차에 따라 수행되었다. 해당 절차의 각 단계에서 분석된 결과가 안전기준을 만족하는지 검토하였고, 안전기준을 만족하지 않는 위험에 대해서는 추가적인 조치 사항들을 적용하여 반복 평가하였다.

안전성평가 수행 단계는 다음과 같다.

- ①안전성평가 체계 수립 → ②시설 및 해체활동 확인 → ③위험 식별 → ④위험 선별 → ⑤위험 분석 → ⑥안전 제어조치

3. 안전성평가의 체계

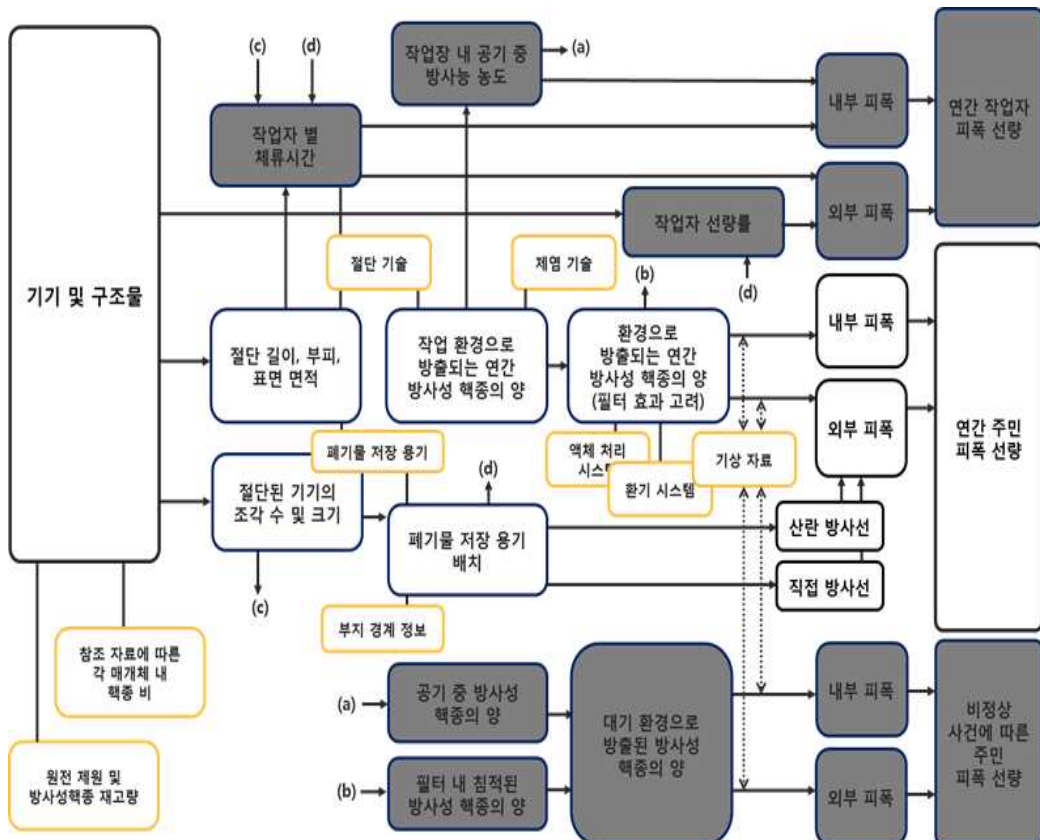
범주	내용
평가의 범위	해체시 종사자와 주민의 안전과 환경보호를 고려하여 원전시설을 안전하게 제거할 수 있는지에 대한 평가와 이를 위한 행정적 및 기술적 조치를 포함
평가의 목적	종사자와 주민의 안전, 규제 요구사항 및 기준의 준수를 입증하고, 기존 안전성을 확인하거나 새로운 안전 관련 시스템 및 조치 사항을 제시
기간	’22.6 ~ ’32.12
해체 종료단계 및 종료시점	해체완료 후 최종상태조사보고서가 규제기관으로부터 승인되는 시점
안전요건 및 기준	VI.1.가(안전원칙) 및 나(안전기준) 참조
안전성 평가 접근법	IAEA 해체 안전성평가 방법론 체계 적용

고리 1호기 최종해체계획서

4. 피폭시나리오

고리 1호기 해체 시 종사자와 주민은 아래와 같은 방사성핵종의 거동 또는 방사선에 의해 피폭을 받을 수 있다.

해체 시 환경으로 배출된 기체 및 액체 방사성물질은 대기 및 해양으로 확산된 후 주변 주민에게 방사선학적 영향을 미치게 된다. 이때 원전 주변 주민이 받을 수 있는 방사선 피폭경로는 오염된 대기와 토양 및 해양에 노출됨으로써 받게 되는 외부피폭과 호흡 및 음식물 섭취로 인한 내부피폭으로 구분할 수 있다. 이 외에도 임시저장시설 내 보관중인 해체 방사성폐기물 등에 의한 종사자의 직접피폭이 있을 수 있다.



< 원전 해체시 종사자 및 주민 피폭경로 >

고리 1호기 최종해체계획서

가. 종사자 피폭시나리오

종사자의 경우 정상 해체작업 계획이 선량평가의 대상이 되며, 피폭 가능상황은 다음과 같다.

피폭상황	내용
부지특성조사	부지 내 각 구역에서 특성조사 과정에 구역 내 방사성을 띄는 계통과 장비, 구성부품에 직접 노출됨으로써 외부피폭을 받을 수 있음
제염작업	계통 오염 제거, 표면 오염 제거 등의 제염 과정에서 발생하는 분진과 작업장 내부의 오염으로 인해 외부피폭 및 내부피폭을 받음
대형기기 인양작업	원자로압력용기 및 원자로내부구조물, 증기발생기 등의 해체 준비를 위한 인양작업 시 선원에 노출되어 외부피폭을 받음
기기/구조물 해체작업	해체 대상물의 조정, 운반, 분리, 취급 등의 과정에서 외부피폭을 받을 수 있으며, 절단작업 수행 시에는 발생하는 비산물로 인하여 내부피폭을 받을 수 있음
부지 최종상태 조사작업	방사성물질이 모두 제거되어 방사선량이 큰 폭으로 낮아지고, Background 방사선 수준의 낮은 피폭만이 남음
부지복원작업	오염물을 접촉할 가능성은 오염수준에 좌우되며, 종사자의 피폭은 모두 Background 방사선 수준으로 간주함
방사성폐기물 처리/저장시설 내 작업	해체된 대상물의 운반, 저장작업 또는 방사성폐기물 처리/저장 시설 내 작업에 의해 피폭을 받을 수 있음

(1) 외부피폭

종사자가 작업 수행 중에 받는 외부피폭을 유발하는 선원은 오염된 계통, 기기 및 구조물이다. 각 대상에 대한 해체작업 수행 시 종사자는 외부피폭을 받을 수 있다.

고리 1호기 최종해체계획서

(2) 내부피폭

고리 1호기 해체작업 중 종사자 내부피폭이 발생할 수 있는 작업은 금속 구조물 및 생체차폐 콘크리트 절단과 케이블 제염 및 콘크리트 스캐블링 작업이다.

각 작업이 수행되는 동안 임시 오염제어시설 내에서 종사자들은 호흡을 통해 내부피폭을 받을 수 있지만 해체 시 호흡기를 통한 내부피폭이 예상되는 작업에 대해서는 공기조화설비, 부압의 유지, 임시 텐트 등을 사용하여 공기 중 방사성물질을 효과적으로 제거하고 방사성물질의 확산을 차단하여 내부피폭 발생을 방지할 예정이다. 따라서 정상해체 과정에서 내부피폭이 피폭선량에 영향을 미칠 확률은 매우 적다.

나. 주민 피폭시나리오

원전의 영구정지 후, 환경에 대한 선량영향은 정상 운영 단계 때보다 낮아지며, 주민에 대한 주요 피폭경로는 기체/액체 배출물로 인한 영향과 고체 방사성폐기물로 인한 직접 방사선의 영향을 받을 수 있다.

해체구역 철거단계 시, 발생하는 기체/액체 방사성폐기물은 대부분 미립자 형태로 존재하기 때문에 여과방법을 이용하여 쉽게 제거할 수 있다. 따라서 방사성 기체 및 액체 처리시스템을 통해 소량의 방사성핵종만이 환경으로 배출하게 된다.

고체 방사성폐기물에 의한 직접 방사선은 주로 시설 내의 감마 방사선이 건물 차폐벽을 통과해 일반인에게 미치는 선량영향에 대해 고려하는데, 건물 내부에서 작업이 진행되고, 작업장에 충분한 차폐체가 설치되어 있기 때문에 주민에 대한 직접 방사선 영향은 미미할 것이다.

(1) 기체 배출물

고리1호기 해체 수행 중 절단, 제염 및 방사성폐기물 취급 작업 등으로 인해 기체 배출물이 생성될 수 있다.

고리 1호기 최종해체계획서

(가) 기체 배출물 유발 작업

활동명	내용
구조물 절단활동	해체 과정에서 발생하는 다양한 규격의 방사성폐기물을 포장 용기에 담기 위해 적절한 크기로 절단하는 작업
제염활동	표면오염 콘크리트 스캐블링, 전선 피복관 제염 등의 활동을 통해서 기체 배출물이 발생할 수 있음
방사성폐기물 취급 활동	제염 및 절단 작업 후의 방사성폐기물은 모두 밀봉 취급하므로, 기체 배출물을 발생하지 않는 것으로 고려

(나) 기체 배출물 핵종 거동

구분	내용
건물 내 방사성핵종 거동	기체 배출물 발생 작업의 경우 작업장을 설치하여 여과기를 통과하며 또한 건물 배기시스템의 여과기를 최종적으로 통과함. 보수적으로 건물 배기 시스템의 HEPA 필터는 없는 것으로 가정, 작업장의 필터효율만을 고려
환경에서의 방사성 핵종 거동	대기 내 방사성물질 거동은 주변 환경으로 배출된 기체상 방사성물질이 바람에 의해 이동되면서 확산되는 정도인 대기확산인자로 표현

(다) 기체 배출물에 의한 주민 피폭경로

주변 주민이 받을 수 있는 방사선 피폭경로는 오염된 대기 및 토양으로부터의 외부피폭과 오염된 농·축산물의 섭취와 오염된 대기의 호흡에 의한 내부피폭으로 분류할 수 있다. 이중 농·축산물의 섭취 피폭경로는 ①대기→목초→젖소→우유→인간, ②대기→목초→가축→육류→인간, ③대기→농작물→인간의 경로로 총 3가지가 고려된다.

(2) 액체 배출물

해체 시 환경으로 배출된 액체 방사성물질의 주민 피폭경로는 수영, 해변활동, 해상활동 시 오염된 해수 및 해변으로부터 받는 외부 피폭경로와 오염된 수산물의 섭취로 인한 내부 피폭경로가 있다.

고리 1호기 최종해체계획서

(가) 액체 배출물 유발 작업

활동명	내용
제염활동	1차 계통제염, 기기 및 구조물 표면오염 제염활동 등이 있음
영구정지 이후 운영계통의 배수활동	종사자들의 샤워폐액 및 오염된 피복류 세탁폐액 등이 있음

(나) 액체 배출물 거동

유수의 이동으로 인해 해변에 축적되거나, 수산물에 농축되거나, 수영 등 수상활동에 의해 주민피폭을 야기한다.

(다) 액체 배출물에 의한 주민 피폭경로

해변 축적물, 수영 및 수상활동으로 인한 외부 피폭경로와 음용수 섭취, 수산물 섭취, 오염된 물을 이용한 경작 농축산물 섭취에 의한 내부 피폭경로를 고려하여 해안에서의 개인피폭선량을 계산할 수 있다.

5. 비정상 사건

가. 사고 시나리오에 따른 종사자 피폭선량평가

해체 기간 동안 현장 내에서 발생할 수 있는 사고 중 일반적인 산업재해를 제외한 방사선 및 방사능 위험이 예상되는 사고 시나리오를 도출하였고 이를 통해 최종적으로 안전조치가 요구되는 시나리오 및 선량평가가 요구되는 사고 시나리오를 도출하였다.

고리 1호기 최종해체계획서

시나리오	내용
방사성폐기물 드럼 저장지역에서 화재	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사고 내용 : 케이블선 누전 및 단선 등 전기적인 요인에 의한 화재 사고와 크레인의 마찰열 및 전기장비 과열로 인해 주변 가연성물질이나 장비의 오일에 점화되는 등 열적요인에 의한 화재 사고 ○ 종사자 피폭선량 : 0.0579 mSv (<규제기준치 50mSv)
운송 중 방사성폐기물 드럼 낙하	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사고내용 : 검사를 위해 드럼을 이동하거나 적재하는 과정에서 크레인의 이상이나 조작 실수 등으로 드럼이 낙하하여 드럼내 방사성물질이 공기 중으로 분산되고, 사고 당시 임시저장고에 위치한 작업자가 사고 인지 후 대피하기까지 공기 중 분산된 방사성 물질로부터 내부/외부피폭을 받는 사고 ○ 종사자 피폭선량 : 4.87 mSv (<규제기준치 50mSv)
제염폐액 수집 탱크 파손	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사고내용 : 고리 1호기 제염으로 발생한 제염폐액을 수집한 제염폐액탱크가 파손되어 제염폐액 중 일부가 공기 중으로 분산되고, 사고 당시 탱크 구역에 위치한 작업자가 사고 인지 후 대피하기까지 공기 중 분산된 방사성 물질로부터 내부/외부피폭을 받는 사고 ○ 종사자 피폭선량 : 0.546 mSv (<규제기준치 50mSv)
RV 절단 중 폭발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사고내용 : 해체 현장에서 RV를 원형으로 이송하기 위한 절단 작업 중 절단 장비의 전기적 결함으로 주변 가연성 물질이나 장비 주입 가스의 폭발 사건 ○ 종사자 피폭선량 : 0.000000000199 mSv (<규제기준치 50mSv)

나. 사고 시나리오에 따른 주민 피폭선량평가

주민평가지 사고 시나리오는 종사자 피폭선량평가지 시나리오와 동일한 시나리오를 사용하고, 기상 및 인구분포 모델과 선량평가 모델을 활용하여 평가를 수행하였다.

사고유형별 제한구역경계(EAB)와 저인구지대경계(LPZ)에서의 개인선량 및 비상계획구역 내 주민집단 유효선량값이 모두 기준치 및 최고값보다 낮은 값으로 평가되었다.

고리 1호기 최종해체계획서

다. 안전조치방안

위해도	위해도 결과	안전조치방안
	공통 사항	<ul style="list-style-type: none"> - 작업장 내부구조 인지 및 비상시 대피 요령 교육 - 개인방호장구 착용 - 비상통로 확보 - 복구 후 작업 실시
차폐체의 부적절한 제거	종사자가 기기 중 최대 선량을 발생하는 기기에 피폭	<ul style="list-style-type: none"> - 원격도구 사용 - 개인방호 장비 착용 - 작업 중 방사선 측정 및 평가 실시를 통한 과피폭 방지
기체, 액체, 고체 형태의 방사성 물질의 누출/발생	폐액을 호스로 이송시 호스의 찢어짐 또는 연결부위의 체결 결함 등으로 인한 폐액의 방출	<ul style="list-style-type: none"> - 이중 호스 사용
	콘크리트 분진 (약간 오염된)	<ul style="list-style-type: none"> - 분진 최소화 기술 적용 - 필요시 이동식 환기설비 적용 - 방사성폐기물 드럼이나 용기에 담을 때 적절한 포대에 담거나 랩으로 포장
	오염된 액체를 함유한 배관의 제거	<ul style="list-style-type: none"> - 모든 폐액은 배수하거나 닦아냄 - 시료채취 시행
폭발/화재	전기누전에 의한 화재 위험	<ul style="list-style-type: none"> - 해체전 배수 확인 - 화재방호장비 설치 - 화재감시요원 배치 - 용접시 방화포 설치
	용매실 내의 화학물에 의한 화재 위험	
	플라즈마 아크토치에 의한 화재위험	
과열	절단 작업 중 과열로 인한 과피폭	<ul style="list-style-type: none"> - 과열 안전장구 착용

고리 1호기 최종해체계획서

위해도	위해도 결과	안전조치방안
정전, 전기회로 상 문제 발생	절단 작업 중 전기상 문제로 인한 과피폭	<ul style="list-style-type: none"> - 전기 상 문제가 발생할 수 있는 작업에는 절연용 보호구를 지급하고 착용 의무화 - 작업 전 전기선 표시 - 작업전 교육
	철거 대상물에 흐르는 전기로 인한 사고	<ul style="list-style-type: none"> - 전기 공급이 차단된 상태에서 작업 수행
정전, 전기회로 상 문제 발생	전기를 사용하는 장비 사용 중 정전 사고	<ul style="list-style-type: none"> - 정전에 의한 기계·설비의 갑작스러운 정지로 인하여 재해가 발생할 우려가 있는 경우, 비상전력이 공급되도록 해야 함 - 예비전력 공급설비가 없는 경우에 발생한 정전사고 시 작업구역의 환기·감시 설비가 작동되지 않으므로 종사자들을 철수시켜야 함
운동 에너지로 인한 사고	절단 장비 이탈로 인한 사고	<ul style="list-style-type: none"> - 원격도구 사용 - 작업전 장비 사용 교육 - 개인 보호 장비 착용
	철거 장비의 과도한 진동으로 인한 사고	<ul style="list-style-type: none"> - 가능한 진동이 적은 장비 사용 - 방진장갑 등 진동보호구 착용 의무화 - 진동이 가능한 낮은 수준으로 유지하기 위하여 정기적으로 보수
차량 운행 중 사고	차량 운행 중 장애물 충돌 사고	<ul style="list-style-type: none"> - 불가피한 장애물은 가능한 울타리를 설치하거나, 밝은 색의 테이프로 표시 - 차량 운전자에게 충돌 가능 장애물 위치 주지
낙하를 포함한 운반/취급 사고	호이스트 운반 중 낙하사고	<ul style="list-style-type: none"> - 포장용기 취급절차 이행
	크레인 인양 낙하사고	<ul style="list-style-type: none"> - 해당 설비 점검 및 유지보수 - 크레인 설명서 부착
부적절한 환기	콘크리트 제거 시 임시격납설비, 임시환기설비 또는 개인방호장구의 손상	<ul style="list-style-type: none"> - 사고 알림 - 비상절차 이행
	환기설비 성능 저하, 필터 성능 저하	<ul style="list-style-type: none"> - 적절한 설계 - 환기실패 시 작업중지

고리 1호기 최종해체계획서

6. 위해도

고리1호기 해체시 종사자 및 주민에게 영향을 미칠 수 있는 비방사선학적 위해요소를 도출하고, 종사자 및 주민 안전의 보장을 위한 안전조치방안을 고려하였다.

가. 재해 형태별 위험 도출

구분	내용
추락 재해	○ 비계 및 사다리 등 고소작업 중 종사자 추락
전도 재해	○ 구조물 해체작업 중 해체대상 구조물 전도
넘어짐, 미끄러짐 재해	○ 작업장 바닥 장애물에 의한 종사자 넘어짐 ○ 작업장 바닥 습기 및 유분기에 의한 종사자 미끄러짐
낙하, 비래 재해	○ 낙하물에 의한 하부작업 종사자 재해
붕괴 재해	○ 해체방법 및 공정 부적합으로 인한 콘크리트 또는 시설물의 붕괴
협착 재해	○ 해체 장비, 콘크리트, 시설물 등에 의한 협착
감전 재해	○ SSCs에 연결된 활성 전선에 의한 종사자의 감전
질식 재해	○ 탱크 등 밀폐작업 시 질식 위험
화재 재해	○ 각종 해체작업 시 발생 되는 가연성 물질 화재 위험 ○ 과전류 및 누전에 의한 화재
유해물질 노출 및 직접 접촉 재해	○ 유해가스 등 SSCs 내 존재하는 유해위험물질의 노출 및 접촉

나. 종사자 영향분석 및 평가

주요사고 원인으로 지목되는 인적실수는 ①인간적 요인(과오, 망각, 무의식, 피로 등), ②설비적 요인(기계 결함, 안전장치 미설치 등), ③작업적 요인(작업 순서, 동작, 방법, 환경 및 정리정돈 미흡 등), ④관리적 요인(안전관리 조직, 안전교육/훈련 미흡 등) 등의 영향을 받을 수 있다.

고리 1호기 최종해체계획서

특히 해체작업 특성상 와이어쏘, 용단기 등 장비 사용 부주의로 인한 영향 및 해체된 중량물 취급, 인양 시 발생하는 재해의 영향이 클 것으로 분석되었다.

다. 주민 영향분석 및 평가

시설물 해체공사의 특수성과 유해한 구조물, 계통 및 기기의 이동/반출 시 노출 및 접촉사고로 인한 영향을 고려하였다.

주민 영향에 대한 분석항목은 크게 대기환경, 수환경, 토지환경 등 6개로 나눌 수 있으며, 이 중 ①대기질, ②소음·진동, ③친환경적 자원순환의 영향이 높은 항목으로 평가되었다.

라. 종사자 및 주민 영향 최소화 조치

(1) 안전관리 보건방안

작업장 안전을 위한 작업관리 및 계획 수립 시 다음 사항들을 고려하여 관리할 수 있다.

- 해체작업용 기계·기구 준수사항
- 해체공사 전 확인사항
- 해체공사 공법별 준수사항
- 작업 시 준수사항

(2) 환경영향 저감방안

구분	인자	저감방안
대기환경	공사시 비산먼지 발생	차량 살수시설 및 적재함 덮개 설치 등의 대책 마련
소음 및 진동	공사장비 투입으로 발생	가설방음패널 등의 소음저감 설비설치
친환경적 자원순환	작업인력 투입 및 산업 폐기물 처리시설 운영에 의한 오수 발생	공사현장과 기존 오수처리시설 연계 처리 별도의 오수처리시설 신설 또는 증설 등

VII. 방사선방호

1. ALARA 적용

방사선방호의 기본방침은 원자력안전법에 따라, 개인 및 집단의 피폭선량을 가능한 합리적으로 낮게 유지시키고(As Low As Reasonably Achievable: ALARA), 종사자에 대한 과피폭 방지, 오염 확산 방지 및 방사성폐기물의 발생을 최소화하는데 있다.

가. 조치 및 기본방침

(1) ALARA 달성을 위한 조치

- 다양한 해체 환경을 반영한 작업계획을 수립하여 방사선 작업 종사자의 피폭선량 최소화 및 최적화 달성
- 방사선관리구역에서의 모든 작업은 반드시 해당 내용에 대하여 허가를 받은 종사자가 수행하고 피폭선량을 평가
- 작업 중 해체구역의 방사선 상황 또는 작업절차의 중대한 변화로 인해 책임자 또는 종사자가 작업 중지를 요구할 경우, ALARA에 부합하는 변경 조치방안 심의 및 새로운 조치 방안에 따라 작업 진행
- 방사선안전 관련 절차서를 개발하고 지속적으로 검토, 보완 및 개정

(2) 방사선피폭과 오염확산 최소화를 위한 기본방침

구분	내용
시간	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고방사선 준위 지역 작업은 사전 계획을 통하여 작업시간 최소화 ○ 장비의 신뢰성 및 내구성을 확보하여 오염된 장비나 오염구역에서 사용하는 장비의 보수 시간을 최소화 ○ 작업 능력을 높이고 방사선관리구역에서의 체류 시간을 감소시킬 수 있는 차폐복 및 호흡방호장구 선정 및 운영 ○ 방사선관리구역에서의 계획된 작업시간을 초과하지 않도록 관리 ○ 필요시 종사자가 최단시간에 업무를 수행할 수 있도록 접근성 확보

고리 1호기 최종해체계획서

구분	내용
거리	○ 필요시 원격조작기구 등을 사용하여 방사선원과 종사자간의 거리를 가능한 멀게 함
차폐	○ 작업구역에 적절한 차폐체의 설계 및 배치 고려 ○ 고방사선구역에서의 해체작업 등 필요시 임시 차폐체 설치 고려
방사선원 제거	○ 제거가 가능한 방사성물질 및 방사선원은 가능한 한 제거 ○ 해체작업 전 제염을 수행하여 잔류 방사능 최소화 ○ 액체 저장 탱크는 해체 전 바닥 침전물 등을 확인 및 제거
출입관리 및 작업인력 최적화	○ 방사선관리구역 출입관리를 통해 불필요한 인원의 출입을 통제 ○ 고방사선구역 출입을 제한하기 위한 절차 수립 ○ 업무수행에 지장을 주지 않는 한 종사자는 비방사선구역 체류 ○ 종사자들이 장시간 체류하는 출입통제소는 비방사선구역에 설치하고, 이 지역으로의 방사성오염 확산 방지 ○ 준비 작업은 가능한 한 비방사선구역 내에서 수행

나. ALARA 회의체 운영

방사선방호, 원자력 안전 분야 등의 전문가들로 구성된 ALARA 회의체는 해체 작업전 예상 피폭선량 또는 작업장의 예상 공기 중 방사능 농도 등을 고려한 방사선피폭 최소화 조치에 대하여 검토한다.

작업 후에는 실제 피폭선량과 예상 피폭선량간의 차이가 발생했을 경우, 필요시 동 회의체를 통하여 문제점을 파악하고 개선책을 도출한다.

2. 방사선방호 설계특성

가. 방사선관리구역

방사선피폭을 ALARA로 유지하기 위하여 해체시설 내 외부 방사선량률, 공기 중 방사성물질의 농도 또는 방사성물질에 의해 오염된 물질 표면의 오염도가 다음과 같은 값을 초과할 우려가 있는 곳으로서, 방사선의 안전관리를

고리 1호기 최종해체계획서

위하여 사람의 출입을 관리하고 출입자에 대하여 방사선 장애를 방지하기 위한 조치가 필요한 구역을 방사선관리구역이라 하며 절차에 따라 관리한다.

- 외부 방사선량률: 1주당 400 μSv
- 공기 중 방사성물질의 농도: 유도공기중농도(Derived Air Concentration: DAC)
- 물체 표면의 오염도: 허용표면오염도

방사선관리구역은 방사선량률에 따라 구역 별 등급을 다음과 같이 분류하고, 모든 방사선관리구역 출입자에게 이를 적용한다.

- 구역 I(비제한구역): 0.005 mSv/hr 이하
- 구역 II(일반출입구역): 0.005 mSv/hr 초과 0.025 mSv/hr 이하
- 구역 III(4시간/주 통제·제한출입구역): 0.025 mSv/hr 초과 0.25 mSv/hr 이하
- 구역 IV(1시간/주 통제·제한출입구역): 0.25 mSv/hr 초과 1 mSv/hr 이하
- 구역 V(고방사선구역, 제한구역): 1 mSv/hr 초과

방사선관리구역 입구에는 출입통제소를 설치하여 종사자와 물품의 반·출입을 관리한다. 방사성물질로부터 인체의 오염 및 피폭을 방지하기 위한 방호장구와 개인선량 감시를 위한 선량계를 비치하고, 방사선관리구역의 지속적인 감시를 통해 방사선피폭과 방사성오염의 확산을 관리한다.

고방사선구역의 경우 출입문에 잠금장치를 설치하여 출입을 제한하며 무단 출입을 방지하는 장치와 위험을 알리는 표지를 설치한다. 구역 표지는 “방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙”에 기술된 기준에 따라 식별이 용이한 장소에 설치한다.

해체 중 제염 및 철거가 진행됨에 따라 방사선관리구역을 변경할 수 있으며, 필요시 임시 방사선관리구역을 설정하여 관리한다. 임시 방사선관리구역 주변으로 접근하는 종사자가 방사선관리구역임을 인지하기 쉽도록 구역 경계에 표지를 부착하고 지역분리대나 로프 등을 설치한다.

고리 1호기 최종해체계획서

나. 해체를 위한 설비 및 기기 설계 특성

해체기간 중 종사자 피폭선량 최소화 및 장애방어, 방사성물질에 의한 오염 확산 방지를 목적으로 방사선방호 설비 및 기기를 구비한다.

(1) 차폐 설비 및 기기

해체 시 종사자의 보호를 위하여 방사선 준위를 낮출 필요가 있는 곳에는 차폐 설비 및 기기를 갖추어야 한다.

- 발전소 해체 중 방사선작업종사자에 대한 피폭선량이 원자력안전법에 정의된 선량한도를 준수하도록 차폐체 설치
- 방사선관리구역에 출입하는 종사자가 과피폭 되지 않도록 주요 차폐 지역 선정, 임시 차폐체 설치, 출입목적에 따라 차폐체 제공 등 검토

(2) 방사선(능) 감시 설비 및 기기

해체시설 내 방사선장해 우려가 있는 장소에서의 방사선 준위 및 방사성물질의 누설을 감시하고 그에 따라 수집된 정보를 필요로 하는 장소에 제공할 수 있는 지역 방사선 감시기, 휴대용 방사선(능) 계측기, 오염계측기 및 시료분석 장비 등의 설비를 갖춘다.

또한 방사선관리구역 출구에는 출입자 오염감시기 및 표면오염감시기를 비치하여 오염검사를 수행할 수 있도록 한다.

(3) 오염 관리 설비 및 기기

공기 중 방사성물질을 제거하기 위하여 공기조화설비를 갖추며, 필요시 임시설비로 대체될 수 있다.

방사선관리구역 출입자나 장비 등이 방사성물질로 오염된 경우 이를 제거하기 위한 장비 및 기기의 제염을 위한 제염용액, 종사자 오염제거를 위한 샤워시설, 방호복 세탁을 위한 세탁실 등의 적절한 제염설비를 갖춘다.

고리 1호기 최종해체계획서

3. 선량평가

고리 1호기 해체과정에서 종사자가 받게 되는 모든 해체작업 종사자의 전 해체기간 총 예상피폭선량 및 해체작업별 예상 피폭선량을 계산하였다.

총 예상 피폭선량(man·mSv)	3,657
- 원자로 압력용기 해체작업 예상 피폭선량(man·mSv)	296
- 원자로내부구조물 해체작업 예상 피폭선량(man·mSv)	1,151
- 기타 해체작업 예상 피폭선량(man·mSv)	2,210

4. 방사선방호계획

가. 조직 및 기능

방사선안전관리조직은 발전소의 해체환경이 원자력관계법령의 방사선방호 요건을 만족함을 보증하기 위하여 방사선방호계획을 수립하고 이행하며, 해체기간 중 방사선안전관리 업무를 담당한다.

나. 방사선관리구역 출입절차

방사선안전관리조직은 설정된 방사선관리구역에 대하여 행정 및 물리적 보안 조치를 통해 사람 또는 물건의 반·출입을 통제하며, 방사선관리구역에 출입하는 자는 출입 전 및 출입 시 준수사항 등을 철저히 준수해야 한다.

다. 방사선작업절차

방사선관리구역 내에서 작업을 하고자 하는 자는 작업 장소, 방사선 및 방사능 준위, 작업내용, 작업 기간 등의 내용을 명시한 방사선작업허가서를 작성하여 방사선안전관리 책임자 또는 그 대리인의 승인을 받는다.

고리 1호기 최종해체계획서

라. 방사선 및 오염 측정

안전한 작업을 위해 방사선관리구역의 방사선량률, 표면오염도 및 공기오염도 측정이 정기적으로 수행되며, 비정상 방사선 준위 또는 방사성물질 누설 시에는 필요에 따라 수행된다.

마. 개인 방사선 감시

개인 방사선 감시는 방사선관리구역 출입자의 피폭선량이 법적 선량한도를 초과하지 않도록 관리하기 위한 적절한 개인선량계의 착용, 피폭선량의 정확한 기록, 판독치의 적절한 평가, 필요에 따른 생체검사·의학검사와 전신 방사선 계측을 포함한다.

바. 오염관리

일반적인 오염은 오염구역과 비오염구역의 경계선에 지역분리대를 사용하여 구분하고, 오염 조건에 따라 관리 설비를 선택적으로 활용한다. 오염 확산을 방지하기 위해 오염구역 반·출입되는 작업용품에 비닐로 포장하는 등 예방조치를 취한다. 방호장구 등은 지역분리대가 위치한 장소에서 탈의한다.

사. 방사성물질 관리

방사성물질의 저장, 취급, 운반 그리고 처분은 종사자가 불필요하게 방사선에 노출되지 않도록 원자력 관계법령의 규정을 준수한다.

아. 교육훈련

방사선관리구역에 출입하는 모든 종사자가 방사선에 피폭될 수 있는 직무를 안전하게 수행할 수 있도록 방사선방호 교육을 수행한다. 방사선안전관리조직은 방사선 작업을 수행하는 종사자가 법적 요건 및 절차에서 요구되는 수준으로 교육을 받았음을 보증한다.

Ⅷ. 제염해체활동

1. 제염

가. 제염목표치 및 측정/분류 방법

방사성물질에 오염된 시설에 적용되는 제염목표치는 다음과 같다.

가. α선을 방출하는 방사성물질에 대하여는 0.04 Bq/cm² 미만

나. α선을 방출하지 아니하는 방사성물질에 대하여는 0.4 Bq/cm² 미만

시설의 벽, 바닥 및 천장의 표면오염도 측정은 직접법과 간접법을 병행해 방사선측정기로 표면오염을 측정해서 제거성 오염과 고착성 오염을 결정한다.

고착성 오염 부분은 콘크리트 제염 기술을 이용한 방법으로 제염하며 잔해는 방사성폐기물로 분류하고, 표면의 제거성 오염은 단순한 제염제 또는 수동적인 방법으로 제염하고 이와 같은 방법을 반복적으로 실행하여 제염목표치까지 제염한다.

나. 제염 기술 종류

구분	내용
화학적 제염 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기저금속 표면의 오염 산화막과 기저금속 일부를 고농도 또는 저농도의 화학약품을 사용하여 제거하는 기술 ○ 배관 내면과 같은 복잡한 형상의 기기에 대해 적용이 가능하고, 경우에 따라 매우 높은 제염계수 달성이 가능하며 적절한 약품만 선정되면 거의 모든 종류의 방사성물질의 제거가 가능
전기적 제염 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전기화학적인 반응을 활용하는 방법으로 제염 대상을 전해반응 수조에 담그거나 제염 대상 표면에 전해제염 패드를 부착하는 형태로 적용 ○ 처리시간이 짧고, 제염효과가 아주 높으며 2차 폐기물 발생량이 적음
기계적 제염 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대상의 표면오염을 물리적으로 제거하는 것으로 장비나 수작업을 이용한 분사세척, 연마, 초음파 및 문지름 방법 등이 있음 ○ 거의 모든 재질의 표면에 적용이 가능하고, 제염효과가 우수함

고리 1호기 최종해체계획서

다. 제염 방법

방사성물질로 오염된 각종 구조물, 계통 및 기기를 화학적, 전기적 및 기계적 기술 등을 이용하여 오염된 대상의 방사성오염 농도를 가능한 한 낮추고, 구조물, 계통 및 기기의 처리/처분을 용이하게 하며, 종사자의 방사선피폭을 합리적으로 가능한 한 낮게 유지하기 위해 수행한다.

(1) 해체 전 현장제염

해체 전 현장제염은 방사선방호 목적으로 해체대상 구성요소 주변의 선량을 감소, 구성요소를 해체하는 동안 오염확산 방지, 기존 환기계통의 부담을 줄이고 방사성물질의 환경 배출 최소화를 위해 수행된다.

구분	내용
시설 및 구조물 표면제염	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해체 준비공사 기간 또는 필요에 따라서 철거 전에 시설 및 구조물의 표면제염 작업을 수행 ○ 건물 내부 표면제염은 표면을 패드를 이용하여 종사자가 직접 닦는 방법, 독립된 배기시스템이 갖추어진 스캐블링 등의 기계적 제염 기술 등을 활용
계통 및 기기 내부제염	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대상 기기 등의 내·외부 방사성오염 물질을 제거하여 종사자의 예상되는 방사성피폭을 저감하고 해체대상에 근접하여 해체활동이 가능할 수 있도록 해체 작업 전 수행 ○ 대표적으로 계통제염 방법이 있음

(2) 해체 후 현장제염

해체 후 현장제염은 방사성폐기물 발생 최소화 및 최적 감소, 현장장비 재이용, 방사성폐기물 취급시 예상피폭선량을 잠재적으로 감소시키기 위해 수행된다.

구분	내용
현장 내 임시작업장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해체물의 절단, 제염, 측정, 포장 등 처리를 위해 별도의 임시작업장을 설치 ○ 현장상황에 따라 절단공간, 제염실 및 측정실 등으로 구성

고리 1호기 최종해체계획서

구분	내용
건물내부 표면제염	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적응성이 높은 기계적 제염 기술을 우선 고려 ○ 표면제염 기술의 사용 시점, 추후 건물의 재이용 필요성, 구조적으로 철거 불가능 또는 방사성폐기물의 최적 감소 등을 고려하여 적용
부지제염	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토양제염 : 오염된 토양을 굴착하여 제염하고 제염이 불가능한 경우 방사성폐기물로 처리 ○ 지하수제염 : 추출법, 추출재처리법, 자연저감법, 캡핑 기술 또는 공학적 봉인법 등에서 적절한 방법을 선택하여 처리

라. 해체기술

해체는 분해, 절단 및 철거를 이용하여 수행된다.

구분	내용
기계적 절단기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 절단 공구가 절단 대상물에 직접 접촉하여 절단하는 방법 ○ 금속류 철거시 전단기(shear), 톱(saw), 다이아몬드 와이어 쏘(diamond wire saw), 연마 워터 젯(abrasive water jet) 등 사용 ○ 콘크리트 구조물 철거시 다이아몬드 와이어 쏘(diamond wire saw), 휠 쏘(wheel saw), 해머(hammer) 등을 사용
열적 절단기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기계적 절단 기술에 비해 절단 속도는 상대적으로 빠르며 절단 공구와 절단 대상물 간에 직접적인 접촉이 없으므로 절단 작업 시 반발력도 발생하지 않음 ○ 열적 절단 기술은 플라스마 아크(plasma arc), 화염 절단(flame cutting), 금속 분해 가공(Metal Disintegration Machining: MDM) 및 접촉 아크 금속 절단(Contact Arc Metal Cutting: CAMC) 등이 있음

마. 해체 필요 설비와 장비

(1) 해체 공사용 유틸리티

해체 공사용 유틸리티는 해체기간 동안 일시적으로 필요하거나 철거 공사

고리 1호기 최종해체계획서

기간 내 장기적으로 요구되는 임시전원, 작업용수, 오수 및 폐수 처리설비 등을 말한다.

유틸리티	내용
임시전원	○ 각종 유압도구, 그라인더, 스캐블링 기기, 진공청소기, 드릴과 같은 해체 공사용 기기 및 도구와 임시조명설비, 제염설비 등에 필요한 전원은 임시전원을 사용하여 공급
작업용수	○ 제염기기 냉각 및 비산먼지 저감 등 제염작업에 필요한 용수는 임시배관이나 호스로 공급할 수 있으며 2차 방사성폐기물 발생으로 추가 오염이 되지 않도록 관리 ○ 용수 사용 후 발생하는 폐수는 배관 등을 통해 지정 장소로 운반
오수 및 폐수 처리설비	○ 구조물 철거현장에는 필요시 배수로, 오수로 등을 설치하고 배수로를 오염시키거나 하수도의 흐름을 방해할 경우 잔여물을 제거하고 액체인 것은 정화하여 배수
압축공기	○ 제염해체 작업 시 필요에 따라 이동용 공기압축기를 반입해 사용 ○ 엔진구동식 이동용 공기압축기를 사용할 경우에는 소음대책, 위험물 관리대책 등을 수립
공기정화설비	○ 제염해체 작업 시 공기정화설비는 가능한 건물 내 설비를 사용하고, 필요시 별도의 이동식 공기정화설비를 설치 및 운영 ○ 콘크리트 제염 작업 시 발생하는 분진은 1차적으로 여과시킨 후 가장 가까운 공기조화계통의 덕트에 연결하여 비산먼지 확산에 의한 오염을 최소화 ○ 필요시 제염에 필요한 별도의 고정식 공기정화설비를 추가
조명설비	○ 해체작업을 위해 필요시 별도의 전기계통을 이용하는 임시 조명설비를 설치
소화설비	○ 화재경보계통은 기존의 설비를 점검 및 보수하여 사용 ○ 소화설비는 옥외 소화전을 활용하며 소화전을 사용할 수 없는 작업지역은 분말소화기를 비치

(2) 방사성폐기물 처리시설

방사성폐기물 처리시설은 해체 시 발생하는 방사성폐기물을 안전하고 효율적으로 처리하기 위한 설비 등을 배치 및 운용하기 위한 시설로, 시설에서는 대형기기의 절단 및 처리, 각종 해체 방사성폐기물의 분류/취급/측정/제염/처리/저장/처리완료 폐기물의 반출 등을 수행한다.

고리 1호기 최종해체계획서

(3) 필요설비와 장비 목록

슬러지 제거를 위한 슬러지 수집장비, 대형기기 절단을 위한 동체 절단장비, 세절장비, 플랜지 절단 장비, 건물철거를 위한 잭 햄머(Jack hammer) 등의 설비와 장비 외에 신규 개발 또는 상용장비 등은 해체시점에서 적용가능성을 검증하여 추가한다.

(4) 공용설비 분리

공용설비 및 계통은 물리적으로 차단 또는 격리 등 안전조치를 통해 고리 1호기의 해체활동이 2호기의 운전에 영향이 없도록 조치한다.

2. 구조물, 계통 및 기기의 제염 및 해체

가. 준비작업

- 유해물질 사전 제거
- 발생하는 방사성폐기물은 관리되지 않은 외부로 방출되지 않도록 조치
- 액체방사성폐기물은 수집하여 가능한 액체방사성폐기물처리계통으로 처리하거나 필요시 이동식 처리장비 등을 구축하여 처리
- 탱크 및 용기의 슬러지 제거
- 입자성 방사성 배출물은 가능한 최대한 정화 및 감시
- 기기 분해 전 전기 및 압축공기 등의 운전계통 격리
- 기기의 개구부는 내부 오염을 막기 위해 보호 덮개 적용
- 외부 오염이 심한 계통, 구조물 및 기기는 제염제를 사용하여 닦아내거나, 고착제로 도장 또는 포장
- 오염된 배관 및 튜브 절단
- 오염된 장비 지지물은 장비 제거 작업 시 함께 제거
- 각 지역의 구조물 철거 활동을 시작하기 전에 계통 및 기기를 지역 및 건물에서 제거하고 건물에서 사용된 차폐벽은 계통 및 기기를 제거할 수 있도록 사전에 제거
- 오염된 매립형 도관, 덕트, 채널, 앵커, 섬프 및 슬리브는 제거되거나 구역 및 건물의 구조물 제염 활동 중에 제염

고리 1호기 최종해체계획서

- 기기를 포장하여 방사성폐기물 처분시설이나 방사성폐기물 처리시설로 운반을 용이하게 제염, 절단, 포장이 가능한 임시작업장 설치

나. 일반적인 제염해체 방법 및 절차

오염된 구조물, 계통 및 기기에 대한 제염 및 철거는 현장 내에서 제염작업을 포함하여 수행하거나 높은 오염도로 인해 추가적인 제염작업 없이 철거하여 분해, 분류, 포장 및 처분의 방법으로 수행할 수 있다.

추가적인 제염을 수행하지 않는 구조물, 계통 및 기기 등은 방사성폐기물로 분류하여 방사성폐기물 처분시설 또는 재분류를 위해 방사성폐기물 처리시설로 운반한다.

다. 제염해체 대상

대상	내용
구조물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원자로건물, 보조건물, 핵연료 취급지역 등 ○ 대부분 철근 콘크리트 구조물
계통	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원자로냉각재계통, 잔열제거계통, 화학 및 체적제어계통 등 ○ 계통제염이 수반되면 변경 가능
기기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배관, 탱크류, 펌프류, 열교환기류 등 오염이 확인된 기기류 ○ 대형기기는 원자로압력용기(RV) 및 원자로내부구조물(RVI), 원자로압력용기헤드(RVH), 증기발생기(S/G), 가압기(PZR), 원자로냉각재펌프(RCP) 등이 있음

라. 구조물 제염 방법 및 절차

(1) 콘크리트 구조물 제염 방법

방수 처리되거나 페인트로 도장된 콘크리트 표면의 제염은 1차적인 방법으로 제염제를 사용하여 닦아내는 방법을 우선적으로 고려하고 스팀을 이용한 제염을 추가적으로 고려할 수 있다. 이 방법으로도 오염물이 제거되지

고리 1호기 최종해체계획서

않을 경우에는 웨이빙, 스캐블링 등과 같은 콘크리트 표면제염 기술을 사용한다. 콘크리트 제염 시 오염의 확산을 야기할 수 있는 물 세척 등을 이용한 제염 기술은 가능한 한 자제한다.

(2) 강 구조물 제염 방법

표면은 부식 및 오염방지를 위해 도장이 되어 있어 대부분의 오염 형태는 제거성 오염으로 표면을 닦아내는 것으로 제염이 가능하다. 다만 고착성 오염의 경우 그라인딩 등의 기술을 이용한 방법으로 표면을 제거하여 방사성 폐기물로 처리하고, 그라인딩 등을 이용한 방법이 어려울 경우 표면에 고착제 또는 비닐 등을 이용한 오염 확산방지 조치를 취한 후 대상 자체를 철거하여 반출하는 방법을 사용한다.

(3) 구조물 제염 절차

구조물은 철거 전 표면오염도를 측정하여 오염 여부를 파악하며 오염도에 따라 적절한 제염 기술을 선정하여 제염한다. 일반적으로 건물내부의 제염은 천장, 벽, 바닥의 순서로, 상부에서 하부로 이어지는 순서로 실시한다.

건물 내부 제염을 실시한 후 규제해제기준 이하임을 확인하여야 하며 제염 및 측정을 반복적으로 실시하여 오염이 제거된 구조물은 철거 후 포장용기에 넣어 운반하고 오염된 폐기물은 폐기물 분류 및 처분기준에 따라 처분한다.

마. 구조물 해체(철거)

건물 및 구조물의 철거계획은 구조안전성 확보 및 폐기물의 원활한 반출을 위해 상층부에서 지하층 방향으로, 작업 통로 및 작업 공간 확보를 위해 출입구 또는 장비에 근접한 곳부터 먼 방향으로 철거하는 것을 원칙으로 한다. 지하부에 위치 및 매립된 구조물의 경우 대형 철근콘크리트 구조체가 대부분으로 이를 경제적이며 효율적으로 파쇄 및 반출할 수 있는 방법을 고려한다.

고리 1호기 최종해체계획서

일반적으로 지상부에 노출되어 있는 건물의 철거는 건물의 구성 재료 및 형상에 따라 철거공법이 적용된다. 예를 들어, 철근콘크리트 구조물의 경우 기본적으로 압쇄기 및 브레이커 등이 사용되며 대형 철골구조물의 경우 철골절단기 혹은 인력절단 후 크레인으로 인양하여 철거를 진행한다.

특수한 형태의 구조물의 예로는, 대형 철근콘크리트 외벽 및 철재격납 구조물의 2중 구조로 이루어진 원자로건물이 대표적으로, 고소작업 및 고난이도의 작업여건을 고려한 철거공법을 선정한다.

바. 방사화 콘크리트 해체

중성자에 의해 방사화 가능성이 있는 영역에 위치한 방사화 콘크리트의 표면이 스테인리스 스틸 라이너 플레이트(stainless steel liner plate) 또는 에폭시(epoxy)로 피복된 경우, 피복 제거를 먼저 수행하는 것이 필요하다.

피복 제거 후 다이아몬드 와이어 쏘(diamond wire saw), 원형 쏘(circular saw) 또는 디스크 쏘(disk saw) 등의 기계적 기술을 이용하여 절단한다.

사. 계통/기기 해체

(1) 주요 계통/기기 해체 순서

해체대상 주요 계통 및 기기의 해체 순서는 다음과 같다.

- 증기발생기(S/G) (2 sets) 반출
- 원자로냉각재펌프(RCP) (2 sets) 반출
- 가압기(PZR) 반출
- 원자로내부구조물(RVI) 해체
- 원자로압력용기(RV) 해체
- 원자로건물(RCB) 내부 차폐구조물 해체
- 방사선관리구역 내부 계통 및 기기 해체

고리 1호기 최종해체계획서

(2) 계통/기기 해체 방법 및 절차

기본적으로 일반 산업에서 사용되는 분해 및 절단 방법으로 수행되며 고리 1호기에 적용 가능한 해체 기술은 절단 기술의 특성을 고려하여 적용한다.

계통 및 기기의 해체를 위해 필요한 경우 크레인 등 임시 인양 장비를 마련하여 이용하고, 분리된 대상을 건물 외부로 반출하기 위해서 원자로건물 등에 별도의 관통부를 구축하여 활용한다.

대형기기를 오염구역에서 반출하기 위해 표면 도장, 포장 등의 작업을 수행해 운반대상의 표면오염도가 반출요건을 충족하도록 조치한다.

절단 과정에서 발생한 각종 배관 및 튜브의 개구부는 필요시 마개 등을 사용하여 용접으로 밀봉한다.

3. 부지복원 기술

부지 복원 기술은 크게 오염부지의 처리 위치에 따라 현장 내(in-situ) 및 현장 외(ex-situ) 기술로 나누어지며, 단순히 오염의 확산을 방지하기 위한 오염된 대상을 차단하는 기술과 방사성오염을 제거하는 기술로 구분된다.

현장 외 처리 기술은 오염된 물질을 굴착하여 이동시켜 처리하는 복원 기술로서 공정의 관리 및 효율 평가가 용이하나, 굴착과 이동에 많은 비용이 소요되며 채취 과정에서 오염의 확산을 유발할 가능성을 주의해야 한다.

이에 비하여, 현장 내 처리 기술은 주변 환경으로 방사성물질에 오염된 대상이 노출될 가능성이 적고 비용도 현장 외 처리 기술에 비해 낮은 편이나, 오염의 불균질성으로 복원 효율이 제한될 수 있으므로 면밀한 부지 평가와 모니터링 기술이 필요하다.

고리 1호기 최종해체계획서

(1) 토양 복원 기술

기술	내용
화학적 산화법 (Chemical Oxidation)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산화/환원반응을 활용한 방법이며, 일반적인 시약은 오존, 과산화수소, 차아염소산염, 염소 및 이산화염소 등이 있음. ○ 화학적 산화법은 먹는 물과 폐수의 재오염방지를 위해 사용되는 기술로 가장 일반적인 오염 토양처리 방법으로 현장 외(ex-situ) 및 현장 내(in-situ) 모두 적용 가능
토양세척법 (Soil Washing)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 오염토양으로부터 오염된 물질을 물로 전이시키고, 오염된 물질이 함유된 일부 미세 토사만을 분리하여 부피를 감소시킨 후 처리하는 방법 ○ 굴착이 필요한 현장 외(ex-situ) 방법으로 토양입자를 분리하는 공정과 오염된 물질을 추출하는 공정이 함께 이루어 지므로 물리 또는 화학적 처리 기술과 동시에 수행되기도 함
토양증기추출법 (Soil Vapor Extraction)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우물을 오염구역까지 굴착하고, 송풍기(blower)로 우물을 통해서 오염된 구역으로부터 공기를 빨아들여 과잉수분을 제거한 후 휘발유기성으로 오염된 물질을 제거 ○ 소요비용이 저렴하고, 광범위하게 오염된 토양 복원에 적합함
기반암 제거법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기반암 오염이 발견되었을 경우에는 주변의 오염된 토양을 포함하여 토양 아래에 위치하는 기반암을 굴착하여 방사성폐기물로 처분하는 방법 ○ 유압식 램(rams) 또는 저충격 발파(low impact blasting)로 기반암을 제거

(2) 지표수 및 지하수 복원 기술

기술	내용
추출법 (Pump and Discharge)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 오염된 지하수까지 관정을 설치하여 이를 지표면으로 추출한 후 방사성오염을 제거하는 처리 방법 ○ 처리된 액체는 시설에서의 이용 가능성 및 허가 요건에 따라 적절한 위치의 관정을 통해 지하수로 재주입 되거나 지표면의 수로 또는 하수 시스템으로 배출

고리 1호기 최종해체계획서

기술	내용
추출재처리법 (Pump and Treat)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 추출법과 원리는 동일하나 양수 우물을 적당히 지하수층의 포화대까지 깊이 판 후 펌프를 이용해 지하수를 지표의 모니터링 탱크까지 추출하여 이온교환수지 장비로 방사성오염을 제거 ○ 처리 후 액체는 배출 기준치를 만족할 경우 원전의 기존 배수 배관라인을 통해 배출
캡핑 기술 (Capping)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방사성물질이 지표수를 통해 지표 아래까지 침투해 지하수가 오염되는 위험을 차단하거나 줄이는 방법 ○ 캡핑 기술만으로는 방사성물질이 지하수를 따라 수평적으로 이동하는 것을 막을 수 없으므로 공학적 봉인법 등과 결합 사용
공학적 봉인법 (Engineered Confinement)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 구조물을 세워 지하수의 이동을 차단하여 오염구역의 범위가 확대되는 것을 방지하는 방법 ○ 추출법과 함께 사용하며 상류지역에서 지하수를 추출하여 봉인된 구조에서 과도한 수압으로 인해 범람하는 상황을 피할 수 있음

IX. 방사성폐기물 관리

1. 방사성폐기물의 종류 및 특성

구분	내용
고체 방사성 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대형기기, 소형금속류, 사용후핵연료저장랙, 단열재, 전선류, 콘크리트 조각, 스캐블링 콘크리트, 석면, 유해성폐기물, 토양 등과 일차계통과 기타 기기 등에 대한 제염공정에서 발생하는 폐수지 및 폐필터, 기타 잡고체폐기물 등으로 운영원전에 비해 대규모로 발생 ○ 발생원과 오염형태에 따라 방사화폐기물과 방사성오염 폐기물로 구분 ○ 해체방사성폐기물의 발생특성과 해체사업 전략 등을 고려한 별도의 방사성폐기물 처리시설을 구축하여 처리
액체 방사성 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제거 대상 물질의 농도는 낮으나 다량 발생하는 폐액(사용후핵연료저장조 냉각수, 핵연료재장전수) ○ 제거 대상 물질이 다양하고 농도가 높지만 소량 발생하는 폐액(제염/절단 폐액 등) ○ 작업자의 개인제염과 방호복 등의 세탁을 통해 발생하는 폐액 ○ 저농도의 다량 발생 액체방사성폐기물은 가능한 기존 정화계통을 최대한 활용한 후 배출기준을 만족하면 바로 배출하거나 기존 액체폐기물 처리계통 또는 이동식 처리설비로 처리 ○ 현장폐액과 같이 소량이지만 다양하게 발생하고 농도가 높은 폐액은 기존 액체폐기물 처리계통 또는 별도의 이동식 처리설비로 처리하거나 전용 운반용기 등을 이용하여 방사성폐기물 처리시설로 이송한 후 액체방사성폐기물 처리설비로 처리
기체 방사성 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 및 금속의 제염, 절단 등 해체작업 시 발생하는 방사성 먼지, 에어로졸 등 ○ 방사선관리구역 내 해체작업 시 건물 공기조화계통은 가능한 정상적으로 운전하며, 기체방사성폐기물이 다량 발생하는 지역은 확산 방지 및 구역 정화를 위한 장치를 운영/관리 ○ 기체방사성폐기물은 이동식/간이 공기정화기 및 건물 공기조화계통의 공기정화기로 연속 처리 및 배출하며 감쇄 및 자연처리가 필요한 기체핵종은 발생하지 않음

고리 1호기 최종해체계획서

2. 해체 방사성폐기물 이력관리

단계	주요 이력관리 내용
해체 작업 전	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해체 대상설비에 대한 특성자료(방사선학적, 물리적, 화학적 등) 입력 ○ 해체 대상설비에 폐기물 번호 부여
해체현장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장 측정 및 자체처분 가능 폐기물 분류 ○ 해체 대상설비 철거 및 폐기물 수집 ○ 폐기물 포장, 포장물 소내 이송
소내저장시설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중준위 및 단기간 내에 처리가 어려운 방사성폐기물 저장
방사성폐기물 임시저장시설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해체현장 포장물 임시 저장 ○ 방사성폐기물 처리시설로 소내 이송
자체처분 대상 폐기물 임시저장고	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자체처분 대상 폐기물 제염처리 ○ 시료채취 및 핵종 분석 ○ 자체처분 판정 ○ 방사성폐기물 처리시설 반송 혹은 자체처분 대상 폐기물 보관 창고로 이송
자체처분 대상 폐기물 보관창고	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자체처분 대상 폐기물 저장 ○ 자체처분 대상 폐기물 인도
방사성폐기물 처리시설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방사성폐기물 처리(제염/절단/용융/분쇄/압축/고형화/고정화) ○ 방사성폐기물 핵종 분석 및 준위 분류 ○ 방사성폐기물 포장 및 포장물 인도 전 자체검사 ○ 자체처분 임시저장폐기물 포장 및 포장물 인도 전 자체검사
방사성폐기물 드럼 임시 저장고	<ul style="list-style-type: none"> ○ 포장물 저장 ○ 포장물 인도

고리 1호기 최종해체계획서

3. 고체방사성폐기물 종류 및 처리

가. 고체방사성폐기물 종류

구분	내용
전선류	○ 방사선관리구역에서 표면만 오염된 것으로 예상되며 대부분 극저준위방사성폐기물로 구분 ○ 전선피복재 표면에 오염된 물질을 제염하거나 피복재를 분리하면 내부 구리 전선은 자체처분 대상 폐기물로 분류되어 재활용 가능
콘크리트 조각	○ 생체차폐콘크리트와 같이 방사화되어 체적 오염된 콘크리트와 표면만 오염된 콘크리트로서 절단 및 파쇄 등의 해체작업 과정에서 발생되며 저준위 또는 극저준위방사성폐기물로 분류
스케블링 콘크리트	○ 구조물 표면오염을 일정 깊이로 연마하여 제염하는 과정에서 발생하며 비산성이 강함
유해폐기물	○ 납, 구리, 알루미늄, 석면, 폐유, 소각재, 유기/형광 폐액, 배터리, 유해성 캔류, 윤활재 등 폭발성, 발화성, 인화성, 부식성, 유해성을 띄고 있는 폐기물로 혼합폐기물과 구분하여 관리
석면	○ 방사선관리구역에서 사용되어 혼합폐기물로 분류되는 방사성 석면과 방사선관리구역 외에서 사용되어 유해폐기물로 분류되는 일반 석면으로 분류
단열재	○ 원자로냉각재계의 배관, 탱크 등 상대적으로 열량이 높은 기기들의 열을 차폐하기 위한 용도로 사용
대형기기	○ 저준위 또는 극저준위방사성폐기물로 분류되며 종류는 원자로 압력용기, 증기발생기, 원자로냉각재펌프 및 가압기 등
소형금속류	○ 중준위 금속폐기물은 원자로내부구조물만 해당되고, 나머지 금속폐기물은 극저준위와 저준위방사성폐기물로 분류될 것으로 예상
사용후핵연료 저장랙	○ 방사화에 의한 체적오염의 가능성이 있어 소형 금속류와는 별도로 취급하며, 저준위 및 극저준위방사성폐기물 등급으로 예상
토양	○ 오염된 토양은 대부분 극저준위방사성폐기물로 예상되며, 일부 저준위방사성폐기물도 포함될 수 있음
일차계통 제염 폐수지 및 펌프	○ 안전한 주기기 철거를 위한 일차계통 제염작업으로 인하여 발생하며, 중준위 또는 저준위방사성폐기물로 분류 예상
일차계통 제염 외 기타 폐수지 및 펌프	○ 해체과정 중 절단작업의 비산물질을 포집하는 과정과 액체방사성폐기물 처리설비를 통해 다량의 제염수를 처리하는 과정에서 발생하며, 극저준위나 저준위방사성폐기물로 분류 예상
잡고체폐기물	○ 방사선관리구역 내 해체 작업 중 입는 방호복, 방호용구, 소형 공구, 제염용지, 목재류 등으로 대부분 극저준위방사성폐기물로 분류 예상

고리 1호기 최종해체계획서

나. 고체방사성폐기물 처리

단기간 대량으로 발생하는 해체 방사성폐기물을 안전하게 처리하기 위해서 부지 내에 방사성폐기물 처리시설을 구축할 예정이다. 철거작업이 수행되는 방사선관리구역 현장에는 현장 임시작업장을 구축하여, 발생한 방사성폐기물을 1차적으로 제염, 절단, 측정 및 분류할 계획이다.

자체처분 대상 폐기물로 분류될 경우 자체처분 보관창고로 이송하여 자체 처분 절차에 따라 처분하며, 방사성폐기물로 분류될 경우 방사성폐기물 처리시설로 운반하여 제염·감용·포장 등을 수행한다.

4. 액체방사성폐기물 처리 및 배출

사용후핵연료저장조 냉각수와 핵연료재장전수는 다른 장소로 이송하지 않고 사용후핵연료저장조와 원자로수조에서 처리된다. 해체작업 시 현장에서 발생된 제염/절단 폐액은 현장 상황에 따라 별도의 수집용기에 수집되거나 격납건물과 보조건물 등 작업구역의 집수정(sump)에 수집되어 폐액 저장탱크로 이송되고 탱크로리 등 안전한 이송수단에 의해 방사성폐기물 처리설비로 다시 이송된다.

방사성폐기물 처리시설에서 발생하는 액체방사성폐기물은 처리시설 내 액체방사성폐기물 처리계통의 수집/저장 탱크로 이송하여 처리하며, 방사성 샤워/세탁폐액은 세탁폐액처리계통의 수집/저장 탱크로 이송하여 처리한다.

최종 처리된 모든 방사성폐액은 재이용 또는 배출기준 만족 여부를 평가하기 위해 해당 처리계통의 감시탱크에 저장한다.

배출수의 화학 및 방사선학적 평가 등의 배출절차와 배출 중 연속감시 및 자동 차단 등 방사선감시계통(Radiation Monitoring System: RMS)에 의한 유출물 감시는 기본적으로 운영원전과 동일하다.

모든 배출지점에는 방사선 감시계통이 설치되어 그 결과를 보건물리실과

고리 1호기 최종해체계획서

주제어실 또는 방사성폐기물 처리시설 제어실로 보내 자동 또는 수동으로 필요한 조치를 취하게 한다. 각 라인에 설치된 방사선 감시기는 방사선관리 구역 내부 철거공사가 종료될 때 까지 유지하고 방사선관리구역 내부 철거공사가 종료되면 해체한다.

방사성폐기물 처리시설 액체방사성폐기물 계통의 후단에 설치되는 액체유출물방사선감시장치는 감마방사선을 측정하기 위해 섬광감지기를 사용하며, 액체폐기물계통 및 현장 이동식 처리설비를 통해 처리된 처리수는 감시탱크에서 시료채취 후 RMS를 거쳐 환경으로 배출한다.

5. 기체방사성폐기물 관리

기체방사성폐기물 관리의 목적은 공기 중 방사성물질의 농도가 배기 중의 배출관리기준을 초과하지 않도록 하는 것이다.

방사화로 체적오염되거나 표면오염도가 높은 콘크리트의 기계적 절단 및 스캐블링 제염작업이나 원자로압력용기 등의 공기 중 열적 절단 등의 해체 공정에서 분진이나 에어로졸 형태의 방사성 기체가 불가피하게 발생할 수 있다.

이에 대비하여 작업구역에 텐트를 설치하여 분진의 확산을 억제하고 분진 포집기나 이동식/간이 공기정화기를 설치하여 1차적으로 분진을 제거하며, 잔존하는 소량의 방사성 분진은 건물 공기조화계통의 공기정화기로 제거한다.

방사선관리구역 건물의 공기조화계통은 가능한 한 구조물과 계통 및 기기의 절단/제염 작업이 종료될 때까지 운전한다.

해체단계에서는 방사선관리구역에 해당하는 격납용기 퍼지계통과 보조건물 배기계통을 원자로압력용기 및 생체차폐콘크리트 절단작업 종료 시까지 기능을 유지하며, 공기 배출시 공기 중 방사성물질의 농도가 배출관리기준을 초과하지 않도록 관리하며, 해체 진행에 따라 임시 기체방사성폐기물 배기감시기를 설치하여 해체 전 기간에 걸쳐 기체방사성폐기물을 감시한다.

6. 혼합폐기물 관리

가. 혼합폐기물 종류

폐유, 알루미늄, 유기/형광 폐액, 삼인산나트륨, 농축폐유, 폐유 슬러지, 배터리, 유해성캔류, 그리스, 페인트, 석면, 납, 수은, 카드뮴, Poly Chlorinated Biphenyl (PCB), 보온재, 탈염수 오염 슬러지 등이 있다.

나. 혼합폐기물 특성

혼합폐기물은 방사성폐기물과 독성을 띄는 화학 물질 및 생물학적 물질, 습한 환경에 반응하는 물질(나트륨 및 나트륨 혼합물), 폭발성 또는 급작스런 발열성 반응을 보이는 물질 등이 혼합되어 물리적으로 분리가 어려운 상태에 있는 특성을 가지고 있다.

혼합폐기물은 그 종류와 특성을 예측하기 곤란하며 대부분 방사성물질의 누설이나 누수 등의 2차 오염에 의해 발생할 것으로 판단하고 있어 해체 과정에서 발생하는 모든 혼합폐기물은 극저준위 혹은 저준위방사성폐기물로 분류된다고 가정한다.

다. 혼합폐기물 처리

본격적인 현장 해체작업을 착수하기 전에 석면을 미리 제거할 것이며, 오염된 석면의 방사능은 동일 환경에서 오염된 콘크리트의 표면오염도와 유사한 것으로 가정한다.

혼합폐기물은 감용시설 내 처리가 가능한 경우 부지 내 방사성폐기물 처리 시설에서 플라즈마 토치 용융 등을 이용하여 비유해화 작업을 수행한다.

라. 혼합폐기물 처분

방사성폐기물 처분시설 인수기준에 혼합폐기물에 대한 정량적 인수기준이 마련될 경우, 수립된 인수기준에 맞게 처분할 예정이다.

X. 환경영향평가

1. 해체 전 환경감시

시간과 지역에 따라 변화하는 환경방사선의 특성과 부지 주변의 자연방사능 준위를 밝히는 것이 목적으로 수행되는 해체 전 환경조사는 '원자력 발전소 주변 환경방사선조사계획'의 가동 중 환경감시를 참고하여 수행한다.

2. 해체 중 환경감시

해체 중 환경조사는 원전이 해체된 이후 주변 환경에 방사성물질의 축적 및 분포 현황 등을 파악하는 것이 목적이며, 해체 전 환경조사 결과와 비교하여 원전 해체에 대한 안전성을 확신하거나 또는 미비점을 수정 및 보완하는데 이용할 수 있다.

해체 중 환경감시는 해체 전 환경감시와 동일하게 원자력안전위원회 고시 "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정"에 따라 조사하여 원자력발전소의 해체로 인한 방사능 영향을 평가하고 해체 이전의 수준과 비교한다.

3. 주변 주민에 대한 영향

가. 기체 배출물에 대한 방사성 피폭경로

원전 해체 시 배출되는 기체 방사성물질은 주로 입자성 핵종으로 공기 중에 부유하거나 채소, 지표면, 물 등에 침적된다. 이에 기인하는 방사선 피폭에는 오염된 대기, 토양으로부터의 외부피폭과 오염된 농·축산물의 섭취와 오염된 대기의 호흡으로 인한 내부피폭이 있다. 이중 농·축산물의 섭취피폭 경로는 대기-토양-목초-젖소-우유-인간의 경로, 대기-토양-목초-육우-육류-인간의 경로 및 대기-토양-농작물-인간의 경로가 있다.

고리 1호기 최종해체계획서

나. 액체 배출물에 대한 방사성 피폭경로

해체시 배출되는 액체 배출물에 기인하는 피폭경로에는 수영, 해변활동 및 해상활동 시 오염된 해수 및 해변으로부터 받는 외부피폭경로와 오염된 수산물의 섭취로 인한 내부피폭경로가 있다.

다. 주민 집단피폭선량 결과 비교

고리 1호기 해체로 인한 주민 집단피폭선량은 다음과 같다

(단위 : man·mSv/yr)

구분	유효선량	갑상선 등가선량
기체 배출물	27.3	26.0
액체 배출물	199	190

고리 원전 부지 주변의 최근 5년(2013~2017년)간 자연방사능에 의한 선량률은 0.0992~0.125 μ Sv/hr이며, 이 값을 연간 주민 유효선량으로 환산하면 0.87~1.10 mSv이기 때문에 고리 원전 비상계획구역 내 전체 주민(2032년 예상치: 475만명)이 받는 연간 주민 집단피폭선량인 $4.13 \times 10^6 \sim 5.22 \times 10^6$ man·mSv는 발전소 운영으로 인한 선량보다는 훨씬 큰 값으로 고리 원전 부지 내 고리 1호기 해체 시 관련 규제치를 충분히 만족하는 것으로 평가되었다.

XI. 화재방호

1. 화재방호 프로그램 운영

해체 전반에 걸쳐 화재발생 시 인명보호, 방사성물질 누출 가능성 최소화 등 화재안전성을 확보하기 위해 화재위험도분석보고서와 화재방호운영계획서를 갖추고 기술행정절차서 및 주기점검절차서 등을 운영한다.

2. 화재위험도분석

가. 화재재해 분석

방화구역별 화재위험요소, 화재방호설비 및 화재위험성을 평가하고, 해체작업으로 인해 구조물, 계통 및 기기의 물리적 형상이 변경됨에 따라 방화구획 검토를 통해 적절한 내화성능을 유지하도록 관리한다.

나. 화재안전성 분석

사용후핵연료저장조 냉각을 위해 필요한 계통과 기기를 분류하며, 화재발생 시 냉각기능에 미치는 영향을 분석하고, 영향이 있으면 대안을 마련한다.

3. 화재방호운영계획

가. 화재예방관리

해체기간 사용될 수 있는 가연물 및 점화원은 화재위험이 최소화되도록 사용하고, 해체를 위한 임시시설물에는 가능한 한 불연성 및 난연성 물질이 사용되어야 한다.

해체작업 시 사전에 화재위험 요소를 파악하여 가연물 및 점화원 특성에 적합한 화재예방 조치를 수립하고 방화지역의 화재예방을 위해 반입되는

고리 1호기 최종해체계획서

가연물 및 점화원에 대한 반·출입 관리를 하여 화재하중이 방화지역의 설계 내화등급을 초과하지 않도록 하며 화재 가능성이 있는 작업은 사전에 허가를 득해야 한다.

해체기간 중 방화지역의 통합은 화재하중 검토 등 화재재해 분석을 통해 수행한다. 방화지역이 변동될 경우 화재하중 등을 평가하여 그에 맞는 대체 소화설비를 배치하거나, 화재예방 및 대응조치를 한다.

나. 화재대응관리

화재진압대책은 방화구역별로 수립하며 화재의 종류, 크기, 지역 등에 따라 적절하게 이루어지도록 화재방호 조직과 비상연락체계를 운영한다. 해체기간 중 방화지역을 철거할 경우 해체 단계별 화재진압경로 및 피난경로를 재분석한다.

해체원전의 초동소방대는 화재진압대책을 숙지하고, 화재의 확인, 초기대응 및 외부소방대와의 협조를 통해 화재대응 임무를 수행하며 화재방호 관련 절차, 소방시설 현황, 화재진압, 인명구조, 장비사용 등 교육 및 훈련을 이수한다.

해체기간에 화재가 발생할 경우 고리 1호기 해체 화재방호운영계획서에 따라 초기대응 조치, 초기대응 실패 시 조치, 긴급조치 및 인명구조를 수행한다.

다. 소방시설 설치, 철거, 운영 및 유지보수 관리

해체 시 추가 또는 대체 소화설비를 설치하는 경우 화재하중 및 시설의 특성을 고려하여 화재에 대한 영향이 최소화되도록 관리한다. 해체공정에 따라 화재방호계통의 운영 및 유지보수 대상을 선정하고 화재방호계통의 성능 확인을 위하여 주기시험 계획을 수립한다.

부록. 용어해설

○ **ACU(Air Cleaning Unit)**

프리필터, HEPA필터, 활성탄여과 장치가 구비되어 배기되는 공기를 정화하는 장치

○ **ALARA**

방사선방호의 최적화로서 “모든 피폭은 사회적 경제적 요인을 고려하면서 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 억제해야 한다.”는 기본정신에 의해 피폭방사선량을 낮추는 것을 의미하며, As Low As Reasonably Achievable의 약어

○ **DCGLs(Derived Concentration Guideline Levels)**

잔류방사능 유도농도 기준

○ **HEPA**

High Efficiency Particulate Air Filter, 0.3um 먼지입자 제거효율이 99.97% 이상인 고효율 필터

○ **ICRP**

국제방사선방호위원회(The International Commission on Radiological Protection)

○ **PZR(Pressurizer)**

계통의 압력을 조절하여 냉각재가 끓는 것을 방지하는 역할을 하는 장치

○ **RCP(Reactor Coolant Pump)**

원자로 노심 안으로 진입하는 냉각재의 흐름을 도와주기 위해서 원자로 노심의 입구관 전단부에 설치한 대형 펌프

○ **RMS(Radiation Monitoring System)**

방사선 감시 계통

고리 1호기 최종해체계획서

○ RV(Reactor Vessel)

핵연료를 장전하여 연쇄적인 핵분열반응이 안전하게 일어날 수 있도록 탄소강 재질의 금속으로 이루어진 압력용기

○ RVI(Reactor Vessel Internals)

원자로압력용기 내부에 들어있는 구조물로서 핵연료와 제어관련 계통을 제외한 원자로압력용기 내의 탈부착이 가능한 모든 구조물을 원자로내부 구조물로 분류하며, 노심을 지지/보호 및 냉각수 흐름의 통로기능을 제공하고 또한 중성자 차폐막 역할을 수행

○ S/G(Steam Generator)

원자로에서 생성된 열로 2차 냉각 계통 냉각수를 증기로 만드는 열교환기

○ 개인선량

사람(개인)의 신체 내·외부에 피폭 받는 방사선량으로, 진료를 위해 피폭되는 방사선량과 자연방사선량은 제외

○ 개인선량계

사람의 신체 외부에 피폭되는 방사선량을 측정할 수 있는 장치

○ 검출목표치

잔류방사능 조사를 수행하기 전에 설정하는 검출목표 방사능 농도

○ 계통제엄

발전소 영구정지 직후, 기존 발전소의 운전계통을 최대한 활용하여 계통 전반의 선량률을 낮추고자 시행되는 공정임

○ 고준위방사성폐기물

반감기 20년 이상의 알파선 방출 핵종의 농도가 4,000Bq/g 이상이고 열 발생률이 2kW/m^3 이상인 폐기물로 사용후핵연료가 해당됨

○ 공극률(porosity)

토양의 전체 부피에 대한 공극의 비율을 나타내며 보통 퍼센트로 표시

고리 1호기 최종해체계획서

○ 공학적 봉인법(engineering confinement)

구조물을 세워 지하수의 이동을 차단함으로써 지하수가 오염 지역을 거치면서 하류지역의 지하수가 오염되는 것으로 피하고 이를 통해 오염지역의 범위가 확대되는 것을 방지하는 방법

○ 관리구역

피폭방사선량이 교육과학기술부장관이 정하는 선량한도를 초과하거나, 공기 중 또는 수중의 방사성물질 (공기 또는 수중에 자연적으로 함유되어 있는 방사성물질을 제외함)의 농도가 교육과학기술부장관이 정하는 농도를 초과하거나 방사성물질에 의하여 오염된 물건표면의 방사성물질 오염도가 교육과학기술부장관이 정하는 오염도를 초과하거나 초과할 우려가 있는 장소로서 교육과학기술부장관이 정하여 관리하는 장소

○ 그라인더(grinder)

다이아몬드 디스크 또는 합성수지 디스크를 이용하여 금속표면을 제거하는 도구

○ 극저준위방사성폐기물

중·저준위방사성폐기물 중에서 방사능 농도가 자체처분 허용농도 이상이고, 자체처분 허용농도의 100배 미만인 방사성폐기물

○ 기기제염

계통제염에 의해 선량률이 낮춰진 기기나 부품, 배관 등을 절단한 후 자체처분이 가능한 수준까지 선량률을 추가적으로 낮추기 위한 공정

○ 내부피폭

사람의 신체 내부에 유입되어 체내에 존재하는 방사선핵종으로부터 방출되는 방사선에 의한 피폭

○ 다이아몬드 와이어 쏘(diamond wire saw)

다이아몬드 와이어를 이용하여 철근 강화 콘크리트를 비교적 깨끗하고 부유물이 적게 발생되도록 하는 콘크리트 절단기술

고리 1호기 최종해체계획서

○ 등가선량

인체의 피폭선량을 나타낼 때 흡수선량에 해당 방사선의 방사선가중치를 곱한 양

○ 반감기

일정량의 방사성 원자핵이 처음의 수의 꼭 절반으로 줄 때까지 시간

○ 방사선

전자파 또는 입자선 중 직접 또는 간접으로 공기를 전리(電離)하는 능력을 가진 것으로서 대통령령으로 정하는 것

○ 방사선관리구역

외부의 방사선량률, 공기 중의 방사능물질의 농도 또는 방사성물질에 따라 오염된 물질의 표면의 오염도가 원자력안전위원회 규칙으로 정하는 값을 초과할 우려가 있는 곳으로서 방사선의 안전관리를 위하여 사람의 출입을 관리하고 출입자에 대하여 방사선의 장애를 방지하기 위한 조치가 필요한 구역

○ 방사선작업종사자

원자력이용시설의 운전·이용 또는 보전이나 방사성물질 등의 사용·취급·저장·보관·처리·배출·처분·운반과 그 밖의 관리 또는 오염제거 등 방사선에 피폭하거나 그 우려가 있는 업무에 종사하는 사람

○ 방사성물질

핵연료물질, 사용후핵연료, 방사성동위원소 및 원자핵분열생성물임

○ 방사성폐기물

방사성물질 또는 그에 따라 오염된 물질(방사성물질 등)로서 폐기의 대상이 되는 물질(원자력안전법 제35조제4항에 따라 폐기하기로 결정된 사용후핵연료 포함)

○ 방사성폐기물 처리시설

원전해체시 발생하는 방사성폐기물을 안전하고 효율적으로 처리하기 위한 설비 등을 배치 및 운용하기 위한 시설

고리 1호기 최종해체계획서

○ 방사성핵종

방사능을 가지는 동위원소를 방사성핵종이라고 하며, 방사성동위원소라고도 함

○ 배출관리기준

원자력 시설에서 환경으로 배출하는 액체 및 기체 유출물의 핵종별 배출 제한치

○ 배출물

방사성물질 또는 그로 인하여 오염된 물질(이하 방사성물질 등)로서 원자력 이용시설에서 정상운전 중에 발생한 액체 또는 기체 상태의 방사성물질 등

○ 부지

원자력시설이 설치된 구역으로 울타리 등으로 외부 지역과 관할 경계가 구분된 지역

○ 분사세척

높은 수압을 이용하여 표면의 오염물을 제거하는 방법

○ 불포화대(unsaturated zone)

땅속에 있는 물의 수직적 분포를 설명하기 위한 용어로서 즉, 지표면과 지하수면 사이의 지대

○ 비상계획구역

원자력시설에서 방사선비상 또는 방사능재난이 발생할 경우 주민 보호 등을 위하여 비상대책을 집중적으로 마련할 필요가 있어 제20조의2에 따라 설정된 구역

○ 비정상 사건

해체과정 동안 한번 이상 발생될 것으로 예상되는 것으로서, 정상 해체 활동은 아니지만 해체활동과 작업에 심각한 영향을 주어 해체활동과 작업이 계획대로 진행되지 아니하는 상태

고리 1호기 최종해체계획서

- **사용후핵연료**
원자로 연료로 사용된 뒤 배출되는 핵연료물질
- **사용후핵연료저장조**
사용후핵연료에서 방출되는 열을 냉각시키고 방사선을 차폐하는 등 사용후핵연료를 안전하게 저장하는 역할을 하는 수조(水槽)
- **산화막**
금속 외부가 산화되어 층을 이루어 표면을 둘러싸는 형태
- **생체차폐(bioshield)콘크리트**
원자로압력용기 주변에 위치하는 콘크리트 생체 일차 차폐벽
- **선량한도**
법에서 정해놓은 피폭의 상한치로 방사선작업종사자와 일반인을 구분해 설정된 값
- **설계수명**
원전의 설계 시 설정한 목표 기간으로서 원전의 안전성과 성능 기준을 만족하면서 운전 가능한 기간
- **쉐이빙(shaving)**
알루미늄과 같은 연질재료에 사용되는 기계가공법
- **스캐블링(scabbling)**
콘크리트 천장, 바닥, 벽면 등의 일부를 제거하는 제염법
- **연마 워터 젯(abrasive water jet)**
높은 수압과 연마재를 강한 압력으로 분사하는 표면제거 기술의 일종
- **영구정지**
원자로시설의 설계수명이 만료되어 그 시설을 계속운전하지 않는 것

고리 1호기 최종해체계획서

○ 예비해체계획서

원자력이용시설 건설·운영 단계의 해체계획서

○ 오염

베타선·감마선 및 저독성 알파방출체의 경우 제곱센티미터 당 0.4베크렐, 기타 알파방출체의 경우 제곱센티미터 당 0.04베크렐을 초과하는 방사성 물질이 물질의 표면에 존재하는 것

○ 외부피폭

사람의 신체외부에 있는 방사선원으로부터 방출된 방사선에 의한 피폭

○ 원자로공동(cavity)

원자로가 위치하고 핵연료교체를 위해 물을 채우는 수조

○ 위해도

인간의 건강 및 환경에 위해를 줄 가능성이 있는 물질, 활동 또는 프로세스의 본질적인 특성

○ 위험도

방사선피폭에 따른 인체의 부영향(암, 유전영향 등)에 대한 위험확률(10⁻²/Sv)을 정량화하여 나타낸 것. 일반적으로 전 단계의 값인 유효선량(Sv)으로 나타냄

○ 유도공기중농도

방사선작업종사자가 1년 동안 흡입할 경우 방사능 섭취량이 연간섭취한도(선량한도)에 이를 것으로 보이는 공기 중의 농도로서 원자력안전위원회가 정하는 값

○ 유해성폐기물

발화성, 유해성, 폭발성, 부식성, 기체발생, 인화성, 생물학적 물질을 포함한 폐기물

고리 1호기 최종해체계획서

○ 유효선량

인체 내 조직간 선량분포에 따른 위험 정도를 하나의 양으로 나타내기 위하여 각 조직의 등가선량에 해당 조직의 조직가중치를 곱하여 이를 모든 조직에 대해 합산한 양

○ 이온교환수지

이온교환을 할 수 있는 이온을 지닌 불용성 합성수지로서 양이온교환수지 및 음이온교환수지가 있음

○ 자체처분

방사성폐기물 중에서 핵종별 농도가 자체처분 허용농도 미만임이 확인된 것을 원자력안전법의 적용대상에서 제외하여 방사성폐기물이 아닌 폐기물로 소각, 매립 또는 재활용 등의 방법으로 관리하는 것

○ 자체처분 대상 폐기물

원자력안전법 시행령에 따라 방사성폐기물의 자체처분을 허용할 수 있는 방사성핵종별 방사능 농도에 해당하는 폐기물로서, 방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정의 허용농도 또는 방사성폐기물의 자체처분에 따른 개인에 대한 연간 예상 피폭방사선량이 10 마이크로시버트(μSv) 미만이고 집단에 대한 연간 예상 총피폭방사선량이 1 맨·시버트($\text{man}\cdot\text{Sv}$) 미만이 되는 값을 만족하는 폐기물

○ 잔류방사능

원자력이용시설 해체 후 부지 및 잔존건물에 잔류하는 방사능을 말하며, 자연방사능은 포함하지 않음

○ 잔류방사능 유도농도

해체 후 부지 등의 잔류방사능으로 인하여 대표인이 받을 수 있는 최대 피폭방사선량에 상당하는 방사능농도를 말함

○ 잡고체

종이, 먼, 목재 등 처분이 가능한 고체폐기물

고리 1호기 최종해체계획서

○ 재이용

승인된 해체계획서에 따라 해체공사를 완료한 자가 원자력안전법에 따라 해체 후 부지 등을 각종 제한으로부터 해제하여 다른 용도로 다시 이용하는 것

○ 저장

방사성폐기물 처리·처분방법의 하나로서 일정한 장소에 저장해 두는 것

○ 저준위방사성폐기물

중·저준위방사성폐기물 중에서 방사능 농도가 자체처분 허용농도의 100배 이상이고 방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정 별표2의 핵종별 농도 미만

○ 절단

해체공정 중 구조물(원자로, 증기발생기 등)을 해체하기 위하여 사용되는 방법으로 기계적 절단, 열적 절단 등을 말함

○ 접촉 아크 금속절단(Contact Arc Metal Cutting: CAMC)

아크를 이용한 절단법으로서 해체 중 수중에서 절단 가능한 열적 절단법

○ 제염

사람이나 설비가 방사성물질로 오염된 경우 이를 제거하는 것

○ 제염계수

오염의 원인이 되어 있는 방사성물질이 제염처리에 의해 제거되는 정도를 표시하는 지표로 통상 제염처리 전의 방사능농도를 처리 후의 방사능농도로 나눈 값을 나타냄 ($DF = \text{제염 전 방사능농도} / \text{제염 후 방사능농도}$)

○ 제염목표치

해체 후 제염을 통하여 방사성폐기물의 양과 농도를 최소화하여 오염된 해체대상을 더 낮은 준위의 방사성폐기물로 분류하도록 설정하는 기준치

고리 1호기 최종해체계획서

○ 제한구역

원자력시설 또는 기타 방사선원 주위에 허가되지 않은 자의 접근을 막기 위해 설정된 구역

○ 제한적 재이용

해체 후 부지 등의 잔류방사능에 의한 방사선피폭이 가능한 한 합리적으로 낮게 유지되도록 제한조건 등이 적용되어 결정집단의 개인에 대한 피폭선량이 연간 0.1 mSv를 초과하지 않을 경우에 한함

○ 주민

원자력안전법 제103조제1항에 따른 의견수렴 대상주민으로서 해당 시설의 비상계획구역내의 주민 및 비상계획구역 경계를 포함하는 읍·면·동의 주민을 말함

○ 중준위방사성폐기물

중·저준위방사성폐기물 중에서 방사능 농도가 방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정 별표2의 핵종별 농도 이상인 것

○ 즉시해체

원자력이용시설의 영구정지 이후 가능한 한 빨리 방사성물질에 오염된 해당 시설의 구조물·계통 및 기기와 부지를 철거하거나 방사성오염을 제거해서 원자력안전법의 적용대상에서 제외시키는 해체전략

○ 지연해체

원자력이용시설의 영구정지 이후 해당시설을 일정기간 안전하게 유지 및 관리한 다음 방사성물질에 오염된 해당시설과 부지를 철거하거나 방사성오염을 제거해서 원자력안전법의 적용대상에서 제외시키는 해체전략

○ 집단선량

일반적으로 집단을 대상으로 한 선량평가를 위해 평가대상이 되는 집단에서의 1인당 개인피폭선량을 모두 가산한 것이며 man·Sv의 단위로 표시함

고리 1호기 최종해체계획서

- **처리**
방사성폐기물의 저장·처분·재활용 등을 위하여 방사성폐기물을 물리적·화학적 방법으로 다루는 것
- **처분**
방사성폐기물을 인간의 생활권으로부터 영구히 격리시키는 것
- **최종해체계획서**
원자력이용시설의 해체승인 신청을 위한 해체계획서
- **추출법(pump and discharge)**
추출법은 오염된 지하수 안으로 관정을 뚫고 이를 지표면으로 펌핑한 후 처리하여 오염물질을 제거하는 방법
- **추출재처리법(pump and test)**
추출법과 원리는 동일하나 양수 우물을 적당히 지하수층의 포화대까지 깊이 판 후 펌프를 이용해 지하수를 지표의 모니터링 탱크까지 추출하여 이온교환수지 장비로 오염을 제거하는 방법
- **캡핑(capping)**
오염물이 지표수를 통해 지표 아래까지 침투해 지하수가 오염되는 리스크를 차단하거나 줄이는 방법
- **투수성(permeability)**
물이 토양 속을 얼마나 쉽게 통과할 수 있는지를 나타내는 토양의 성질을 나타냄
- **플라즈마 아크(plasma arc)**
고온의 아크열로 가열하여 노즐을 통해 분출하는 팽창된 고온의 가스(plasma)
- **피폭경로**
정상적인 배출 또는 방사선사고 등에 의해 방사성물질이 환경으로 방출된 경우 직접 또는 간접으로 여러 가지 경로를 거쳐 인체에 피폭되는 경로

고리 1호기 최종해체계획서

○ 피폭방사선량

사람의 신체의 외부 또는 내부에 피폭받는 방사선량으로, 진료를 위하여 피폭되는 방사선량과 인위적으로 증가시키지 아니하는 자연방사선량은 제외함. 통상 개인선량과 집단선량으로 구분

○ 해체

원자력안전법 제20조제1항(발전용원자로 및 관계시설의 운영)에 따라 허가를 받은 자가 원자력안전법에 따라 허가받은 시설의 운영을 영구적으로 정지한 후, 해당 시설과 부지를 철거하거나 방사성오염을 제거함으로써 원자력안전법의 적용대상에서 배제하기 위한 모든 활동

○ 해체활동

제염, 절단, 철거 및 방사성폐기물 처리 작업 등 발전소해체를 실행하고 완료하기 위한 종사자의 활동

○ 핵연료집합체(fuel assembly)

핵연료봉을 포함한 핵연료를 담는 집합장치

○ 혼합폐기물

해체과정 중 발생이 예상되는 방사성물질과 비방사성위해물질을 함께 포함한 폐기물

○ 화염 절단(flame cutting)

불꽃의 열을 이용하여 절단하는 것을 통칭하는 절단법

○ 화재

인간이 의도하지 않은, 또는 고의로 불을 낸 것을 의미하며, 소화시설을 이용해 소화할 필요가 있는 화학적인 폭발현상

○ 휠 쏘(wheel saw)

대형 원형톱날을 고속으로 회전시켜 대상물을 절단하는 공법