

# 신 고 리 원 자 력 5,6 호 기 예 비 해 체 계 획 서

## (개 정 3)

2017. 06.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

<Intentionally Blank>



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

신고리원자력 5,6호기 예비해체계획서(개정1) 개정 목록

[한국원자력안전기술원 공문 신고리56PM-49(2015.8.13.) 및 한국수력원자력(주)  
공문 건설(인)-4949(2015.8.17.)]

장/절	개정 페이지	개정 사유	비고
목차	i	본문 보완에 따른 페이지 번호 변경	
표 목차	v	본문 보완에 따른 페이지 번호 변경	
5장	5-1 ~ 5-9	보충서류 및 기타 자료 제출 요청에 따른 보완	



신고리 5,6호기 예비해체계획서

신고리 원자력 5,6호기 예비해체계획서(개정2) 개정 목록

[한국원자력안전기술원 공문 신고리56PM-81(2015.10.21.), 한국수력원자력(주) 공문 건설(인)-804(2016.2.5.), 원자력안전위원회 공문 원자력심사과-594(2016.6.27.)]

장/절	개정 페이지	개정 사유(질의번호)	비고
목차	i, ii	본문 보완에 따른 절 제목 및 페이지 번호 변경	
표 목차	v	본문 보완에 따른 표 내역 및 페이지 번호 변경	
그림 목차	vi	본문 보완에 따른 그림 내역 및 페이지 번호 변경	
1.1.1	1-1	심사질의 답변에 따른 보완(DP-1.0-1-K1)	
1.1.2	1-2	심사질의 답변에 따른 보완(DP-1.0-1-K1)	
1.2	1-2	심사질의 답변에 따른 보완(DP-1.0-2-K1)	
1.2.1, 1.2.1.1~1.2.1.5	1-2 ~ 1-4	심사질의 답변에 따른 보완(DP-1.0-1-K1)	
1.2.2, 1.2.3, 1.2.4, 1.2.4.1~1.2.4.4, 1.2.5, 1.2.5.1, 1.2.5.2, 1.2.5.3, 1.2.5.3.1~1.2.5.3.3, 1.2.5.4, 1.2.5.5	1-4 ~ 1-8	심사질의 답변에 따른 보완(DP-1.0-2-K1)	
1.3.1, 1.3.3	1-8, 1-9	심사질의 답변에 따른 보완(DP-1.0-1-K1)	
1.4	1-9, 1-10	심사질의 답변에 따른 보완(DP-1.0-1-K1)	
표 1-2	1-12	심사질의 답변에 따른 보완(DP-1.0-2-K1)	
3.1	3-1	심사질의 답변에 따른 보완(DP-3.1-1-K1)	
3.1.1	3-1	심사질의 답변에 따른 보완(DP-3.1-1-K1)	
3.2.1.1, 3.2.1.1.1, 3.2.1.1.2, 3.2.1.1.3, 3.2.1.1.4, 3.2.1.1.5, 3.2.1.2.1, 3.2.1.2.2, 3.2.1.3	3-4 ~ 3-7	심사질의 답변에 따른 보완(DP-3.2.1-1-K1)	
3.2.2.1, 3.2.2.2	3-9, 3-10	심사질의 답변에 따른 보완(DP-3.2.2-1-K1)	
3.2.4, 3.2.4.1, 3.2.4.2	3-11, 3-12	심사질의 답변에 따른 보완(DP-3.2.4-1-K1)	
3.2.5.1, 3.2.5.2	3-13	심사질의 답변에 따른 보완(DP-3.2.5-1-K1)	

신고리 5,6호기 예비해체계획서

신고리 원자력 5,6호기 예비해체계획서(개정2) 개정 목록

[한국원자력안전기술원 공문 신고리56PM-81(2015.10.21.), 한국수력원자력(주) 공문 건설(인)-804(2016.2.5.), 원자력안전위원회 공문 원자력심사과-594(2016.6.27.)]

장/절	개정 페이지	개정 사유(질의번호)	비고
3.4	3-17	심사질의 답변에 따른 보완(DP-3.2.4-1-K1, 3.2.5-1-K1)	
4.1.1	4-1, 4-2	심사질의 답변에 따른 보완(DP-4.1-1-K1)	
4.1.2	4-2	심사질의 답변에 따른 보완(DP-4.1.2-1-K1)	
4.2	4-2, 4-3	심사질의 답변에 따른 보완(DP-1.0-1-K1, DP-4.1-1-K1)	
그림 4-1	4-4	심사질의 답변에 따른 보완(DP-4.1.2-1-K1)	
5.1.1.2.1, 5.1.1.2.5	5-2, 5-3	심사질의 답변에 따른 보완(DP-5.1.1-2-K1)	
5.1.3.2	5-5	심사질의 답변에 따른 보완(DP-5.1-6-K1)	
5.1.4.1	5-6	심사질의 답변에 따른 보완(DP-5.1.4.1-1-K1)	
그림 5-6	5-16	심사질의 답변에 따른 보완(DP-5.1-6-K1)	
9.1, 9.1.1, 9.1.2, 9.2, 9.2.1, 9.2.2, 9.3, 9.3.1, 9.3.2, 9.3.3, 9.3.3.1, 9.3.3.2, 9.3.3.3, 9.4	9-1 ~ 9-5	심사질의 답변에 따른 보완(DP-9.0-1-K1)	
10.1, 10.1.1, 10.1.2	10-1	심사질의 답변에 따른 보완(DP-10.1-1-K1)	
10.3, 10.3.2, 10.3.2.2	10-3, 10-4	심사질의 답변에 따른 보완(DP-10.3.2-1-K1)	
10.4	10-4 ~ 10-5	심사질의 답변에 따른 보완(DP-10.1-1-K1, 10.3.2-1-K1)	
11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.4.1, 11.5, 11.5.1, 11.5.2, 11.5.3, 11.5.4, 11.5.5, 11.6, 11.7, 11.8	11-1 ~ 11-3	심사질의 답변에 따른 보완(DP-11.1-1-K1)	
12.2	12-1 ~ 12-4	심사질의 답변에 따른 보완(DP-1.0-1-K1, DP-3.2.4-1-K1, DP-3.2.5-1-K1, DP-4.1-1-K1, DP-9.0-1-K1, DP-10.1-1-K1, DP-10.3.2-1-K1, DP-11.1-1-K1)	

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

신고리원자력 5,6호기 예비해체계획서(개정3) 개정 목록

[한국수력원자력(주) 공문 건설(인)-2985(2017.5.17.) 및 원자력안전위원회 공문  
고리원전지역사무소-818(2017.5.19.)]

장/절	개정 페이지	개정 사유	비고
표 1-2	1-12	건설일정 변경	



목 차 (3 중 1)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
1	<u>해체계획의 개요</u>	1-1
1.1	개요	1-1
1.2	해체대상 시설의 종류와 특성	1-2
1.3	예비해체계획서의 구성 및 형식	1-8
1.4	참고문헌	1-9
2	<u>사업관리</u>	2-1
2.1	조직	2-1
2.2	인력	2-1
2.3	해체비용	2-1
2.4	재원확보	2-2
2.5	참고문헌	2-3
3	<u>부지 및 환경현황</u>	3-1
3.1	부지현황	3-1
3.2	환경현황	3-3
3.3	방사선학적 특성	3-13
3.4	참고문헌	3-17
4	<u>해체전략과 방법</u>	4-1
4.1	해체전략과 방법	4-1
4.2	참고문헌	4-2
5	<u>해체용이성을 위한 설계특성과 조치방안</u>	5-1
5.1	설계특성	5-1
5.2	조치방안	5-7
5.3	참고문헌	5-9
6	<u>안전성평가</u>	6-1

목 차 (3 중 2)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
6.1	방사선위험도 평가	6-1
6.2	위해도 평가	6-2
6.3	참고문헌	6-3
7	<u>방사선방호</u>	7-1
7.1	방사선량의 ALARA 유지	7-1
7.2	방사선방호 계획	7-2
7.3	참고문헌	7-3
8	<u>제염해체 활동</u>	8-1
8.1	제염 활동	8-1
8.2	해체 활동	8-5
8.3	참고문헌	8-9
9	<u>방사성폐기물 관리</u>	9-1
9.1	방사성폐기물 분류	9-1
9.2	운영 중 발생한 방사성폐기물 관리	9-2
9.3	해체과정에서 발생하는 방사성폐기물 관리	9-2
9.4	참고문헌	9-5
10	<u>환경영향 평가</u>	10-1
10.1	해체 전 환경감시	10-1
10.2	해체 중 환경감시	10-2
10.3	주변주민에 대한 영향	10-3
10.4	참고문헌	10-4
11	<u>화재방호</u>	11-1
11.1	개요	11-1
11.2	화재방호계획	11-1
11.3	화재예방	11-1

신고리 5,6호기 예비해체계획서

목 차 (3 중 3)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
11.4	화재감지 및 통보	11-1
11.5	화재진압	11-1
11.6	화재의 확산 방지	11-2
11.7	인명안전	11-2
11.8	참고문헌	11-3
12	<u>참고문헌</u>	12-1
12.1	개요	12-1
12.2	참고문헌	12-1



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

부록 목차 (1 중 1)

<u>번호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
부록 1	<u>용어해설</u>	부록 1-1
부록 1.1	개요	부록 1-1
부록 1.2	용어해설	부록 1-1



표 목차 (1 중 1)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
표 1-1	출력	1-11
표 1-2	주요 건설 일정	1-12
표 2-1	호기별 원전해체비용 상세내역	2-4
표 2-2	원전해체충당금 계산식	2-5
표 5-1	정상운영 시 방사선구역 분류 기준	5-10
표 8-1	화학적 제염법의 특성	8-10
표 8-2	절단 방법의 특성	8-11



그림 목차 (1 중 1)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
그림 4-1	원전해체 개략 일정	4-4   2
그림 5-1	기기 제거를 위한 설계 예시	5-11
그림 5-2	천정 크레인, 장비 반입구 및 원자로건물 출입구 설계 예시	5-12
그림 5-3	방사선 구역도 예시	5-13
그림 5-4	연석(Curb) 설계 예시	5-14
그림 5-5	공기조화계통 배기 설계기준 도면 예시	5-15
그림 5-6	방사성배수 집수조 도면 예시	5-16
그림 5-7	세척 연결배관 도면 예시	5-17
그림 5-8	배관경사 설계도면 예시	5-18
그림 5-9	Gas Stripper Skid 예시	5-19
그림 8-1	미국 Maine Yankee 원전의 계통제염 유로 사례	8-12
그림 8-2	원자로압력용기 절단 라인 사례	8-13

## 1 해체계획의 개요

### 1.1 개요

신고리원자력 5,6호기(이하 “신고리 5,6호기”로 기술한다) 예비해체계획서는 한국수력원자력주식회사(이하 “한수원(주)”로 기술한다)가 작성하여 신고리 5,6호기 건설허가 신청서의 첨부 서류로서 원자력안전위원회로 제출하는 것이다.

#### 1.1.1 추진배경

원자력시설의 해체와 관련하여 2015년 초에 원자력안전법의 일부 개정 법률안이 공포되었다. 이어서 원자력안전법 시행령과 시행규칙, 원자력안전위원회 규칙 “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙” 개정 및 원자력안전위원회 고시 “원자력이용시설 해체계획서 등의 작성에 관한 규정”이 공포되었다(참고문헌 1~5).

2

개정된 원자력안전법은 해체(Decommissioning)에 관한 정의와 규제요건을 포함하고 있다. 해체는 원전의 운영허가를 받은 자가 이 법에 따라 허가 받은 시설의 운영을 영구적으로 정지한 후, 해당 시설과 부지를 철거하거나 방사성오염을 제거함으로써, 이 법의 적용대상에서 배제하기 위한 모든 활동으로 정의하고 있다.

2

개정된 원자력안전법에서는 원전을 건설 또는 운영하거나 원전의 영구정지 후 해체하기 위해서는 해체계획서를 작성하여 규제기관에 제출하도록 규정하고 있다. 이에 따라, 원자로시설 사업자는 건설·운영원전 인허가 신청 시, 예비해체계획서를 규제기관에 제출하여야 한다.

2

따라서 이 보고서는 한수원(주)가 원자력안전법 제10조에 따라 건설허가 시 요구되는 신고리 5,6호기의 예비해체계획을 수립하여, 원자력안전위원회에 제출할 목적으로 작성되었다.

#### 1.1.2 목적

예비해체계획서 작성의 목적은 원자로시설의 건설 개시 전에 해체에 관한 업무를 수행하는 자의 권한과 의무를 정하고, 원자로시설을 안전하게 해체할 수 있는 예상비용의 평가 및 이에 대한 재원확보 방안을 수립하는데 있다. 아울러 원자로시설의 해체에 대비한 전략을 건설 개시 전에 수립하고, 안전하고 용이한 해체를 위한 사항과 건설·운영 중의 주요 변경사항을 반영하여, 그 유효성을 유지하는데 있다.

또한 원전의 해체에 따른 방사선/능으로부터의 위해를 방지하기 위한 조치, 오염제거 방법, 방사성폐기물의 분류·처리·저장·처분 방법과 환경에 미치는 영향의 평가 방법 및 계

획 등을 수립하여, 해체활동의 안전성 입증, 주변주민 및 주변 환경보호 등이 이루어질 수 있도록 하는데 있다(참고문헌 1~5).

2

## 1.2 해체대상 시설의 종류와 특성

해체대상 시설의 종류와 특성은 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서를 참조하여 간략하게 기술하였다(참고문헌 6).

### 1.2.1 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제5절 “원자로시설의 해체” 준수

원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제5절 “원자로시설의 해체” 제85조의 3으로부터 7까지의 기술기준은 다음과 같이 준수한다.

#### 1.2.1.1 제85조의 3(해체에 대비한 조직 및 인력)

사업자는 원자로시설의 건설 개시 전에 해체계획의 수립 및 유지·관리 업무를 수행하는 자의 권한과 의무를 정하여야 한다.

#### 반영내용

원전해체에 필요한 조직은 본사와 사업소에 구성되며, 기술지원 조직을 둔다. 이들 조직에는 해체단계 별로 요구되는 인력을 확보한다. 상세한 내용은 이 보고서의 2.1절 및 2.2절에서 기술하고 있다.

2

#### 1.2.1.2 제85조의4(해체에 대비한 비용 및 재원)

사업자는 원자로시설을 안전하게 해체하는데 소요될 것으로 예상되는 비용을 평가하여야 하며, 해체비용 평가결과의 타당성을 입증하여야 한다. 사업자는 해체비용을 안정적으로 확보하기 위한 재원확보 방안을 수립하여 이행하여야 한다.

#### 반영내용

해체비용은 방사성폐기물관리법에서 정하는 사항에 따라 원전해체 시 소요될 것으로 예상되는 비용을 평가하고 재원확보 방안을 정한다. 원전해체 비용은 2년마다 방사성폐기물관리기금운용심의회를 통하여 원전해체에 소요되는 추정비용을 산정한다. 발전소의 해체재원은 해체에 쓰일 총당금을 매년 「주식회사의 외부감사에 관한 법률」 제13조에 따른 회계처리 기준에 따라 총당부채로 적립하여 확보한다. 위의 기술기준을 반영한 해체비용 산정 및 확보방안은 이 보고서의 2.3절 및 2.4절에서 기술하고 있다.

### 1.2.1.3 제85조의5(해체에 대비한 전략 등)

사업자는 원자로시설의 건설 개시 전에 해체전략을 수립하여야 하며, 건설·운영 중 주요 변경사항을 반영하여 그 유효성을 유지하여야 한다. 동일한 부지 안에 둘 이상의 원자로 시설을 설치·운영하는 경우에는 특정한 원자로시설의 해체가 다른 원자로시설의 안전성에 영향을 미치지 아니하도록 해체전략이 수립되어야 한다. 원자로시설의 해체에는 입증된 기술을 적용하여야 하며, 새로운 해체방법을 적용할 경우에는 타당한 근거를 제시하고 그 안전성을 입증하여야 한다. 해체전략의 수립 및 해체방법의 선정에는 국내외 유사 시설의 해체경험과 교훈을 반영하여야 한다.

#### 반영내용

세계주요국가의 원전해체 경험과 교훈을 반영하고, 안전성과 경제성 등의 다양한 검토를 통하여 해체전략이 결정되었다. 이 세부내용은 4.1절에서 기술하고 있다. 발전소의 건설·운영 중 주요 변경사항은 예비해체계획서의 주기적인 갱신 시에 반영할 계획이다. 이러한 내용은 5.2절에서 기술하고 있다. 동일한 부지 안에 둘 이상의 원자로시설 설치에 따른 해체영향 평가계획 및 이에 따른 해체전략은 4.1절에서 기술하고 있다. 또한 해체에는 입증된 기술을 적용할 계획이다. 해체기술 적용에 대한 내용은 이 보고서의 8장에서 상세하게 기술하고 있다. 해체전략의 수립 및 해체방법의 선정에는 국내외 유사시설의 해체경험과 교훈을 반영할 계획이다. 이러한 내용은 제4장과 제8장에서 상세히 기술하고 있다.

2

### 1.2.1.4 제85조의6(용이한 해체를 위한 조치)

원자로시설은 안전하고 용이한 해체를 위하여 다음 각 호의 기준에 따라 설계·건설 및 운영하여야 한다. 1) 원자로시설의 주요 계통은 방사성오염의 발생 및 방사성물질의 누설 가능성을 최소화할 수 있을 것, 2) 원자로시설의 주요 구조물 및 기기는 철거가 용이하도록 배치할 것, 3) 방사성물질에 오염된 구조물·계통 및 기기를 제거하기 위한 방안을 갖출 것, 4) 방사성폐기물의 발생량(방사능 및 부피를 말한다)을 가능한 한 최소화할 것, 5) 해체에 영향을 미칠 수 있는 설계·건설 및 운영에 관한 주요 기록을 보존할 것

#### 반영내용

발전소는 용이한 해체를 위해 설계·건설 및 운영이 적절히 이루어지도록 하고 있다. 1) 원자로시설의 주요 계통은 가능한 범위 내에서 방사성오염의 반영 및 방사성물질의 누설 가능성을 최소화하도록 하고 있다. 이러한 내용은 5.1절 및 5.2절과 참고문헌 6의 11장 및 12장에서 기술하고 있다. 2) 원자로시설의 주요 구조물 및 기기는 가능한 범위 내에서 철거가 용이하도록 배치하고 있다. 이러한 내용은 5.1절과 참고문헌 6의 12장에서 기술하고 있다. 3) 발전소는 가능한 범위 내에서 방사성물질에 오염된 구조물, 계통 및 기

기를 제염하기 위한 방안을 갖추도록 하고 있다. 이러한 내용은 5.1절과 참고문헌 6의 11장 및 12장에서 기술하고 있다. 4) 발전소는 가능한 범위 내에서 방사성폐기물의 발생량(방사능 및 부피)을 최소화하도록 하고 있다. 이러한 내용은 5.1절과 5.2절 및 참고문헌 6의 11장에서 기술하고 있다. 5) 발전소는 해체에 영향을 미칠 수 있는 설계·건설 및 운영에 관한 주요기록을 보존하도록 조치한다. 이러한 내용은 5.2절에서 기술하고 있다.

#### 1.2.1.5 제85조의7(해체를 위한 사전계획)

사업자는 원자로시설의 건설 개시 전에 해체 시 적용할 다음 각 호에 관한 개략적인 계획을 수립하고, 건설·운영 중 주요 변경사항을 반영하여 그 유효성을 유지하여야 한다. 1) 방사선으로부터의 재해를 방지하기 위한 조치, 2) 방사성물질 및 그에 따른 오염의 제거방법, 3) 방사성폐기물의 처리·저장·처분 방법, 4) 방사성물질 등이 환경에 미치는 영향의 평가 및 그 대책

2

#### 반영내용

발전소는 건설 개시 전에 다음과 같이 해체 시 적용할 개략적인 계획을 수립하였으며, 운영단계에서 운영 중 주요 변경사항을 주기적으로 반영하여 그 유효성을 유지할 예정이다. 1) 발전소는 해체 시 방사성물질로부터 재해를 방지하기 위한 조치를 고려하고 있다. 이에 대해서는 6장과 7장에서 상세히 기술하고 있다. 2) 발전소는 해체 시 방사성물질 및 그에 따른 오염의 제거방법을 고려하고 있다. 이에 대해서는 7장, 8장 및 9장에서 상세히 기술하고 있다. 3) 발전소는 해체 시 방사성폐기물의 처리, 저장 및 처분을 고려하고 있다. 이에 대해서는 9장에서 상세히 기술하고 있다. 4) 발전소는 방사성물질이 환경에 미치는 영향의 평가 및 그 대책을 고려하고 있다. 이에 대해서는 10장에서 상세히 기술하고 있다.

#### 1.2.2 해체대상 시설의 개요

2

신고리 5,6호기는 기존 고리 1,2,3,4호기와 신고리 1,2,3,4호기가 인접해 있는 울산광역시 울주군 서생면 신암리 일원에 위치하고 있으며, 전기출력 1,400 MWe 동일용량의 2개 호기로 구성된다.

2개의 루프(Loop)를 가진 가압정수형 원자로의 핵중기공급계통은 두산중공업주식회사(DOOSAN)와 한국전력기술주식회사(KEPCO E&C)가 공급하는 것으로, 이 핵중기공급계통은 한국전력기술주식회사에서 설계한 프리스트레스트 콘크리트에 강철판이 라이닝된 원자로건물 내에 각각 수용된다.

2

원자로출력 및 전기출력은 표 1-1에 표시되어 있으며, 주요 건설공정은 표 1-2에 표시되어 있다. 핵중기공급계통은 출력 4,000 MWt로, 터빈/발전기계통은 각 호기 당 보증된 발

전기 출력 1,455 MWe으로 정격 운전된다. 터빈발전기는 두산중공업주식회사가 공급한다 (참고문헌 6).

2

### 1.2.3 발전소 배치요약

2

본관건물의 배치는 각각 터빈건물이 원자로건물에 대하여 방사형 배치형태가 되도록 하며, 양 호기 공유형인 복합건물을 중심으로 각 호기는 원자로건물, 보조건물 및 터빈건물로 구성되어 있다. 보조건물은 핵연료취급 지역과 비상디젤발전기 지역을 통합한 4분할 (Quadrant) 배치로서, 원자로건물을 둘러싸고 있는 형태로 배치된다.

각 호기는 인접한 발전소 부지와와의 간섭을 피하여 배치한다. 순환수 취수 및 배수 구조물에 대한 위치는 인접호기의 배치를 고려하여 부지활용의 극대화와 경제적인 배치가 되도록 한다. 발전소 정상 가동 시 단일 통제장소를 통하여 사람의 출입을 철저히 통제할 수 있도록 배치한다.

발전소 배치에 대한 그림과 발전소 건물 및 기기에 대한 상세 배치도는 각각 참고문헌 6의 그림 1.2-1과 1.2-2~1.2-34를 참조한다.

2

### 1.2.4 주요건물

#### 1.2.4.1 원자로건물

원자로건물은 원통형 벽체와 반구형 돔으로 구성되는 프리스트레스트 콘크리트 셸 구조로 안전성관련 구조물 공동메트 기초슬래브에 의해 지지된다. 원자로건물의 내측 면은 누설방지를 위해 강재 라이너플레이트로 피복된다. 원자로건물은 원자로, 증기발생기, 원자로냉각재계통, 보조계통 및 공학적 안전설비계통을 수용한다.

#### 1.2.4.2 보조건물

2

보조건물은 전기 및 제어계통지역, 주증기밸브격실, 화학 및 체적제어계통지역, 비상디젤발전기지역 그리고 핵연료취급지역으로 구성된다. 보조건물의 벽체 및 층슬래브는 철근 콘크리트 구조물로 구성된다.

#### 1.2.4.3 터빈건물

터빈건물은 고압터빈, 저압터빈, 발전기 및 관련된 보조계통 등을 수용하는 건물이다. 건물 기초 및 지하 전단벽을 포함하는 건물하부는 철근콘크리트 전면기초이며 상부구조물은 브레이싱으로 보강되는 철근띠대 구조이다.

#### 1.2.4.4 복합건물

복합건물은 기존 표준원전의 방사성폐기물건물과 2개 호기의 출입통제건물의 통합된 구조물로 양호기 보조건물 사이에 위치하고 있으며 각각의 건물들과 분리/독립된 기초를 갖는다. 건물외부의 전단벽과 지붕은 방사선차폐 및 비산물 방호역할을 하며 각층 및 지붕은 슬래브, 보, 기둥 및 내부벽체로 구성된다.

#### 1.2.5 주요계통

##### 1.2.5.1 핵중기공급계통

핵중기 공급계통은 가압정수형 원자로, 원자로냉각재계통 및 기타 관련 보조계통으로 구성된다.

원자로는 241개의 핵연료집합체가 장전되어 핵분열에너지를 발생시키는 노심, 노심을 지지하는 노심지지구조물, 제어장치 및 이들을 에워싸고 있는 원자로용기로 구성된다. 원자로용기는 원통형의 용기로서, 밀부분은 반구형이며, 윗덮개는 플랜지로 접속되어 있어 필요시 헤드를 떼어낼 수 있다. 윗덮개 플랜지와 노심 상단 사이에는 원자로냉각재 입구 노즐과 출구노즐이 동일 수평면상에 설치되어 있다. 원자로용기 본체는 오스테나이트 스테인리스강으로 피복된 저합금강으로 제작되며 냉각재와 접촉하는 내면은 스텐레스강으로 라이닝된다.

원자로내부구조물은 노심지지배럴, 하부지지구조물/노내계측기 노즐집합체, 노심슈라우드, 그리고 상부안내구조물집합체를 포함한다. 노심지지배럴은 원통 구조물로서 상단부의 환형 플랜지가 원자로용기의 턱(ledge)에 의해 지지되며, 노심 전체의 무게를 지탱한다. 노심지지배럴의 하부에는 방진기(snubber)가 설치되어 횡방향 및 비틀림 운동이 제한된다. 하부지지구조물은 노심의 무게를 보(beam) 구조물을 통해 노심지지배럴에 전달한다. 노심슈라우드는 노심을 둘러싸며, 노심의 우회유량을 최소화시킨다. 상부안내구조물집합체는 냉각재의 유동으로부터 제어봉집합체를 보호하고 핵연료집합체 이탈을 방지한다.

원자로냉각재계통은 원자로용기에 대칭으로 연결된 2개의 폐쇄 유로로 구성되며 각 유로는 내경이 1.07m(42인치)인 하나의 출구관, 한 대의 증기발생기, 내경이 0.76m(30인치) 두 개의 입구관 및 두 대의 원자로 냉각재펌프로 구성된다. 두 유로중 하나에는 전기가열식 가압기가 연결되며 원자로용기 상부에 4개의 안전주입관이 연결된다.

그 외의 보조계통으로는 원자로냉각재계통의 붕소 농도를 포함한 화학조건과 냉각재의 순도를 유지하고 원자로냉각재 온도의 변화로 인한 원자로냉각재의 체적을 조절하는 화학 및 체적제어계통과 원자로 정지시 붕괴열을 제거하는 정지냉각계통 등이 있다.

### 1.2.5.2 중기 및 동력변환계통

중기 및 동력변환계통의 기능은 원자로에서 생성된 열에너지를 전기에너지로 변환하는 것이다. 터빈발전기는 2대의 중기발생기로부터 생산된 중기로 구동된다.

전부하 주중기유량의 55%를 감당할 수 있는 터빈우회계통은 터빈으로의 중기공급 중지 에 따른 중기발생기 압력 상승을 제한하기 위해 8개의 터빈우회밸브로 구성되어 있다.

주중기격리밸브 전단에 설치되는 주중기대기방출밸브는 고온대기 시 발전소를 유지하고, 순환수펌프로의 공급전원상실 시에는 정지냉각계통의 운전시점까지 발전소를 냉각할 수 있도록 설계된다.

각 중기발생기는 2개의 주중기배관을 가지고 있다. 각 배관은 유량측정기, 5개의 스프링 구동 주중기 안전밸브, 주중기격리밸브 그리고 동력구동 대기방출밸브로 구성되어 있으며, 각각의 주중기격리밸브 주위에는 우회배관과 밸브가 설치된다.

2대의 터빈구동 및 2대 전동기구동 보조급수펌프가 주급수펌프의 상실사건시에 적절한 급수를 중기발생기로 공급될 수 있도록 설치된다.

### 1.2.5.3 방사성폐기물 처리계통

#### 1.2.5.3.1 기체방사성폐기물 처리계통

기체방사성폐기물계통은 신고리 5,6호기 공용으로, 다음과 같은 계통들에서 수집, 처리된다.

- 가. 기체방사성 폐기물계통 (Gaseous Radwaste System)
- 나. 복수기진공계통 (Main Condenser Evacuation System)
- 다. 터빈중기밀봉계통 (Turbine Gland Seal System)
- 라. 건물배기계통 (Building Ventilation System)

#### 1.2.5.3.2 액체방사성폐기물 처리계통

액체방사성폐기물 처리계통은 신고리 5,6호기 공용으로 설치되어, 양 호기로부터 발생된 액체방사성폐기물을 수집, 처리한다.

#### 1.2.5.3.3 고체방사성폐기물 처리계통

고체방사성폐기물 처리계통은 다음과 같은 부계통들로 구성된다.

- 가. 폐수지 이송 및 저장 부계통
- 나. 여과기 및 막 취급 부계통
- 다. 건조폐기물 분류 및 처리 부계통
- 라. 농축폐액처리 부계통
- 마. 폴리머고화처리 부계통

#### 1.2.5.4 유출물 감시계통

정상운전, 예상과도사고 및 가상 사고시 방출되는 방사성물질을 감시, 기록하고 운전원에게 방출물의 방사능 준위에 대한 정보를 제공하는 공정 및 유출물 방사선 감시계통이 다음과 같은 배기구들에 설치된다.

- 가. 원자로건물/보조건물 통합 배기구
- 나. 터빈건물 배기구
- 다. 핵연료취급지역 배기구
- 라. 복합건물 배기구

#### 1.2.5.5 공기조화계통

모든 건물의 공기조화계통은 발전소 운전원의 편의성과 기기 운전을 위해 다음과 같은 계통들이 있다.

- 가. 주제어실 공기조화계통
- 나. 핵연료취급지역 공기조화계통
- 다. 복합건물 공기조화계통
- 라. 보조건물 관리지역 공기조화계통
- 마. 원자로건물 폐지계통

### 1.3 예비해체계획서의 구성 및 형식

#### 1.3.1 작성기준

예비해체계획서의 작성 요령은 원자력이용시설 해체계획서 등의 작성에 관한 규정을 참조하였다(참고문헌 5). 편집 양식은 미국 원자력규제위원회의 규제지침서 1.70 “원자력발전소 안전성분석보고서 표준양식 및 내용에 관한 지침” 개정 3에 따라 작성하였다(참고문헌 7). 이외 작성에 인용된 참고문헌은 12장에 제시한다.

#### 1.3.2 페이지 부여

본문이나 표에 대한 개정사항을 반영할 수 있도록 페이지가 주어져 있으며, 모든 페이지에는 장 단위로 번호가 주어져 있다. 즉 1-1은 1장의 첫 페이지를 나타내며 표와 그림도 장 단위로 번호가 매겨져 있다. 또한, “표 1-1”은 1장의 첫 번째 표를 나타내며, 표와 그림은 장의 끝 부분에 위치한다.

### 1.3.3 참고문헌

본문에서 참고한 기술기준과 특정보고서 등은 각 장의 마지막 절로 작성되어 있다. 주요 참고자료로서, 이 계획서에 인용된 기술기준, 특정보고서 및 기타 문서들이 12장의 참고 문헌에 나열되어 있다. | 2

### 1.3.4 사용단위

본문에 기재되어 있는 변수들은 법정계량단위를 주단위로 사용하고, 필요 시 영미 단위(ft-lb)를 병행 표기하였다. 단, 방사선 관련 변수들은 현 국내·외 추세에 따라 법정계량 단위만을 사용하였다.

### 1.3.5 개정 정보의 표시

추가적인 혹은 개정된 정보가 이 계획서에 반영될 때는 영향 받는 관련 페이지가 개정번호 및 개정 날짜와 함께 표시될 것이며, 개정번호와 함께 수직선이 개정된 부분의 측면에 표시될 것이다.

### 1.3.6 도면

관련 계통 설명 시 필요할 경우 도면은 별도로 수록하지 않고, 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서와 신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서 등 인허가 관련 서류를 참조토록 하였다.

## 1.4 참고문헌

1. “원자력안전법”, 원자력안전위원회, 2015.
2. “원자력안전법 시행령”, 원자력안전위원회, 2015.
3. “원자력안전법 시행규칙”, 원자력안전위원회, 2015.
4. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”, 원자력안전위원회, 2015.

5. “원자력이용시설 해체계획서 등의 작성에 관한 규정”, 원자력안전위원회, 2015.
6. “신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서”, (1차개정), 한수원(주), 2013.
7. Regulatory Guide 1.70, “Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants (LWR Edition)” (Revision 3), U.S.NRC, 1978.



신고리 5,6호기 예비해체계획서

표 1-1

출력

출력 형태	정격 및 설계 출력
노심 열출력(MWt)	3,983
원자로냉각재펌프 출력(MWt)	17
터빈발전기 출력(MWe) (밸브 완전 개방 시)	1,512 <sup>1)</sup>
터빈발전기 보증출력(MWe)	1,455 <sup>1)</sup>



1) 여자 및 터빈/발전기 보조계통에서의 사용동력을 제외한 전기적 출력

표 1-2

주요 건설 일정\*

공 정	일 자	
	5호기	6호기
건설허가 신청	2012. 09. 21	2012. 09. 21
본관 기초굴착 착수	2016. 07. 01.	2016. 07. 01.
최초콘크리트 타설	2017. 04. 01.	2018. 04. 01.
운영허가 신청	2019. 02. 01.	2019. 02. 01.
상온수압시험	2020. 07. 01.	2021. 07. 01.
고온기능시험	2020. 11. 01.	2021. 11. 01.
핵연료장전	2021. 03. 01.	2022. 03. 01.
상업운전	2021. 10. 31.	2022. 10. 31.

| 2 |

3

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

## 2 사업관리

### 2.1 조직

해체를 위해 필요한 조직으로 원전해체 총괄조직과 품질관리 조직이 본사에 구성되고, 해체가 이루어지는 현장의 해체사업소가 해체를 전담한다. 기술지원 조직은 해체기술 개발 및 기술지원 업무를 담당한다.

해체역무와 관련하여 본사에서는 해체사업관리, 해체인허가, 해체비용관리, 품질보증 및 품질계획 업무를 수행하게 된다. 해체 사업소에서는 사용후핵연료 냉각 및 운전을 위한 교대근무조직과 계통제염, 계통운영, 해체공정관리, 안전관리(방사선안전관리, 산업안전관리, 화재방호관리, 보안관리 등), 해체폐기물관리, 철거작업관리 등을 수행하는 해체사업조직이 운영된다. 한편 제염·해체가 완료된 단계에서, 본사는 부지에 대한 운영허가 종료료를 위한 인허가 관련 업무를 수행한다. 현장의 해체사업소는 잔류 방사능 측정 및 평가, 부지복원 등의 작업을 수행하는 조직을 운영한다. 기술지원 조직에서는 해체 전 과정에서 해체계획서와 해체완료보고서 등의 작성과 인허가를 지원하고, 해체기술개발 및 기술지원 업무를 수행한다.

### 2.2 인력

원전의 해체를 위해서는 해체단계에 따라 역무에 적합한 인력이 필요하다. 영구정지 전 준비 단계에서는, 해체사업의 준비와 계획의 수립을 위해 인력이 필요하며, 영구정지 결정 시 인력이 확대된다.

두 번째 단계인 안전관리 기간에는, 최종해체계획서 및 원전해체 인허가를 위한 본사의 인력 이외에, 사용후핵연료 관리를 위한 인력과 계통제염 및 운영 등을 위한 해체사업소 인력이 필요하다. 이 인력은 기존 운영원전의 인력에서 교대근무 인력, 유지/보수 인력 일부의 전환에 따라 점진적으로 확보된다.

제염·해체가 착수될 경우, 현장 해체사업소 인력이 추가로 필요하며, 단계적으로 증원된다. 이들은 공정관리, 작업관리, 안전관리, 해체폐기물 관리 등의 역무를 담당하게 된다. 제염·해체가 종료된 후 부지복원 단계에서는, 본사에서 운영허가 종료 문서개발 등 인허가 업무를 수행하게 되며, 해체사업소에서는 부지 잔류 방사능 평가 등의 역무를 담당한다.

원전의 해체수행 시 한수원(주)의 인력 이외에 작업내용에 따른 추가 인력이 별도로 투입된다. 계통 및 기기의 제염, 해체 및 철거 작업, 해체 폐기물 처리 작업, 안전관리 및 부지복원 등의 업무에 계약사의 인력이 투입될 수 있다.

### 2.3 해체비용

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

해체비용 산정의 목적은 원전 해체 시 소요될 것으로 예상되는 비용을 평가하여, 향후 해체사업을 원활하게 수행하기 위한 충분한 해체 자금을 확보하기 위함이다. 이 예비해체계획서에 산출된 해체비용은 방사성폐기물관리법에서 정하는 사항을 요약하여 발췌하였다(참고문헌 1).

### 2.3.1 해체비용 산정 체계

방사성폐기물 관리법 제17조(원전 해체비용의 적립), 동법 시행령 제5조(방사성폐기물 관리비용의 산정기준), 제12조(충당금의 적립)에 따르면 산업통상자원부장관은 2년마다 방사성폐기물관리기금운용심의회를 통하여 원전을 해체하는 데 소요되는 추정비용을 산정하여 고시하도록 되어있다(참고문헌 1).

## 2.4 재원확보

### 2.4.1 해체재원

신고리 5,6호기 해체재원은 방사성폐기물관리법 제17조에 따라, 해체에 쓰일 충당금을 매년 「주식회사의 외부감사에 관한 법률」 제13조에 따른 회계처리 기준에 따라 충당부채로 적립하여 확보한다(참고문헌 2).

### 2.4.2 충당부채 적립방법

충당부채는 상업운전 개시 년도에 초기충당금(2014년 말 기준, 호기 당 6,437억 원의 현재 가치)을 적립하고, 매년 초기충당금의 가치 보전을 위해 할인율을 적용한 금액을 추가로 적립한다. 이 예비해체계획서에서 산출된 해체비용은 방사성폐기물관리법에서 정하는 사항을 요약·발췌 기술하였다(참고문헌 1, 2). 표 2-1에 2014년 말 기준 호기당 원전해체비용 상세내역을 제시하였다(참고문헌 2).

초기 충당금은 초기 충당금 산정시점에서 원전을 해체하는 데 소요되는 추정비용을 산정하고, 여기에 불가상승률을 반영하여 철거 예상시점에서의 추정비용을 산정한 후, 이를 할인율로 할인하여 현재가치로 환산한 금액이다. 표 2-2에 원전해체 충당금 계산식을 제시하였다(참고문헌 1, 2). 여기에서 해당 연도 충당금이란 초기 충당금에 전년도 말까지 누계 이자를 합한 것에 이자율을 곱하여 산정한 금액이다. 또한 불가반영 기간 및 할인기간이란 초기 충당금 산정시점에서 원전을 해체하는 시점까지의 기간을 말한다. 다만, 할인기간은 산업통상자원부 장관이 정한 고시의 시행연도부터 1년이 지날 때마다 1년씩 뺀 기간으로 한다. 추정비용, 불가상승률, 불가반영기간, 할인율, 할인기간 및 이자율은 산업통상자원부 장관이 정하는 고시에 따른다(참고문헌 2).

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

### 2.5 참고문헌

1. “방사성폐기물 관리법 및 방사성폐기물 관리법 시행령”, 산업통상자원부, 2015.
2. “방사성폐기물 관리비용 및 사용후핵연료관리부담금 등의 산정기준에 관한 규정”, 산업통상자원부, 2015.



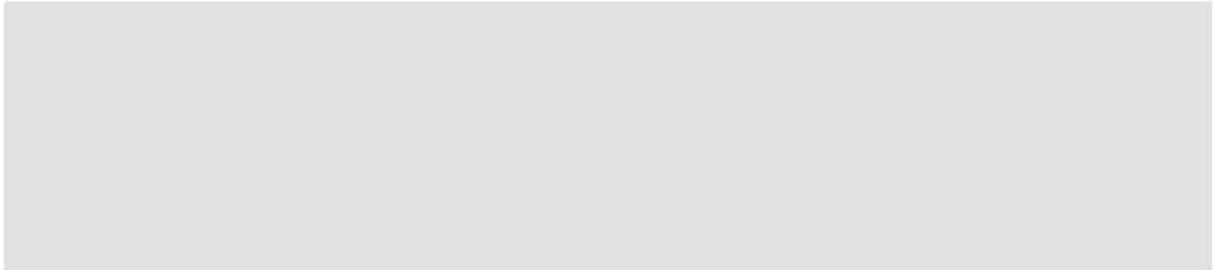
본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

표 2-1

호기당 원전해체비용 상세내역

(2014년 말 기준, 단위: 억 원)



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

표 2-2

원전해체총당금 계산식

초기 총당금	$\text{추정비용} \times (1 + \text{불가상승률})^{\text{평가반영기간}} \times 1/(1 + \text{할인율})^{\text{할인기간}}$
해당 연도 총당금	$\text{전년도 말 누계 총당금} \times \text{이자율}$



### 3 부지 및 환경현황

#### 3.1 부지현황

부지현황은 신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서를 참조하여 기술하였다 (참고문헌 1).

2

##### 3.1.1 부지위치

신고리 5,6호기의 부지는 행정구역상 울산광역시 울주군 서생면 신암리의 해안가에 위치하며, 신고리 1,2호기에서 북동쪽으로 약 2km 이격되어 있고, 신고리 3,4호기와 북쪽으로 인접하여 있다. 부지는 구룡지대에 위치하는 소규모의 평지와 효암천 인근의 저지대 및 해안으로 형성되어 있다. 구룡의 표고는 해발 150m 내외로 비교적 낮은 편이며, 부지 인근의 장안천과 효암천 주변의 저지대에는 농경지 등이 분포하고 있다. 해안가 주위로 소규모의 촌락이 형성되어 있으며, 방파제 등과 같은 인공구조물이 축조되어 있다.

부지반경 10km 이내의 주요 자연지형물은 아산 및 하천으로 이루어져 있다. 신고리 5,6호기 중심으로부터 가장 인접한 자연지형물은 효암천(연장 16.85km)과 봉대산(해발 84.2m)으로 신고리 5,6호기 중심으로부터 각각 남서쪽방향 0.9km, 서남쪽방향 1.9km 이격되어 있으며, 효암천의 경우 신고리 1,2호기와 3,4호기 부지 사이를 가로질러 흐르고 있다. 부지반경 10km 이내의 주요 지형물에 대한 그림은 참고문헌 1의 그림 2.1-1을 참조한다.

2

신고리 5,6호기의 부지 좌표는 각 원자로 중심 사이의 세계측지계 기준 TM(Transverse Mercator)으로 [ ] N, [ ] E이고, 이를 위경도 좌표로 환산하면 북위 [ ], 동경 [ ]이다.

2

신고리 5,6호기 및 기존 신고리 1~4호기 부지를 포함한 전체 사업부지 면적은 1,771,118 m<sup>2</sup>로 이 구역 내에 발전소의 주요 시설물들이 위치한다.

제한구역은 부지의 중심에 위치하고 있는 원자로용기를 중심으로 하여 560m 원내의 지역으로 부지의 동남쪽 일부는 동해에 인접하여 있어 제한구역의 일부는 바다에 속한다. 이 제한구역 내의 지역은 원자력안전법 제89조(제한구역의 설정)의 규정을 충족하도록 설정되었다. 발전소 부지 내 주요 시설물 위치는 참고문헌 1의 그림 2.1-2를 참조하고, 발전소 부지경계와 제한구역 경계는 참고문헌 1의 그림 2.1-3을 참조한다. 저인구지대는 원자로 중심으로 반경 3km 이내로 한정한다. 저인구 지대의 범위는 참고문헌 2의 그림 2.1-21을 참조하며, 기장군 장안읍과 울주군 서생면 일부 지역을 포함한다.

2

##### 3.1.2 주변지역의 인구분포

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

### 3.1.2.1 인구수 및 인구밀도

부지반경 20km 이내에는 울산광역시 울주군, 동구, 남구, 북구 일부지역, 부산광역시 금정구, 해운대구 일부 지역 및 기장군 대부분이 해당되며 양산시 일부 지역이 포함된다. 이들 지역의 행정단위별 인구는 2010년 말 현재 총 1,719,607명이며, 이중 인구가 가장 많은 행정구역은 남서방향 19km에 위치하고 있는 부산광역시 해운대구로 426,729명이 거주하고 있다(참고문헌 1). 부지반경 20km 이내의 행정구역 인구현황에 대한 표는 신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서 표 2.7-3을 참조한다(참고문헌1).

부지가 위치하는 울주군의 인구는 1990년 이후 지속적인 증가를 보이다가, 1997년 행정구역이 개편되면서 강동면과 농소면이 울산광역시에 편입되어 감소된 후 다시 증가하여, 2010년 말 현재 울주군의 인구는 206,088명에 인구밀도는 273명/㎢으로 나타났다. 발전소가 위치하는 서생면의 인구는 8,038명으로 울주군 전체의 3.9%를 차지하고 있다(참고문헌 1). 이들 인구현황은 계획서의 개정과 연계하여 업데이트할 예정이다.

### 3.1.2.2 구역별 상주인구

부지로부터 반경 20km 이내의 지역을 16개 방위와 6개의 동심원(원자로 노심으로부터의 2, 4, 6, 8, 10, 20km 거리에 의해 구분됨)으로 구분되는 총 96개의 구역으로 구분하여 분석하였다. 부지반경 20km 이내에는 2010년 말 현재 행정단위별 총 인구의 약 25%인 437,448명이 상주하며, 이중 인구가 가장 많은 구역은 남서방향 10~20km 사이로 총 87,147명이 거주하는 것으로 나타났다. 이는 남서방향에 부산광역시 해운대구가 위치하기 때문이다(참고문헌 1). 부지반경 20km 이내의 구역별 인구분포에 대한 표와 그림은 신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서 표 2.7-8과 그림 2.7-3을 참조한다(참고문헌 1). 이들 인구현황은 계획서의 개정과 연계하여 업데이트할 예정이다.

### 3.1.3 토지이용

신고리 5,6호기 부지는 울산광역시 울주군 서생면에 위치하며, 부지반경 10km 이내에는 울주군 서생면, 온양면, 온산읍과 기장군 장안읍, 일광면, 정관면 일부가 포함된다.

발전소 부지가 위치하는 지역은 북동쪽에서 남서쪽에 이르는 지역이 바다와 접하고 있으며, 내륙 쪽은 산지와 구릉지가 넓은 지역에 걸쳐 분포하고 있다. 발전소가 위치하는 울주군 서생면의 경우 구릉지를 포함한 임야가 차지하는 비율은 56.7%로 전체 면적의 절반 이상을 차지하고 있으며, 인접한 기장군 장안읍의 경우에는 임야의 비율이 70.7%에 달한다. 울주군 서생면 및 기장군 장안읍의 토지이용 현황에 대한 표는 신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서 표 2.2-1을 참조한다(참고문헌 1).

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

임야지대는 발전소 부지 서쪽의 석은산(542.9m), 달음산(587.5m), 삼각산(466.7m), 대운산(742.1m), 방모산(153.5m)을 비롯한 산지와 100m 내외의 봉대산 및 태봉산과 같은 비교적 낮은 구릉 등으로 구성되어 있다. 따라서 대규모의 도심지는 형성되어 있지 않으며, 소규모의 마을이 14번과 31번국도 인근지역과 농정지, 그리고 해안가 저지대에 형성되어 있을 뿐이다. 그러나 기장군의 경우 최근 부산광역시의 확장과 부산광역시를 생활중심으로 한, 소규모 위성도시의 형성이 활발히 진행되고 있어, 배후도시로서의 개발 가능성이 높으나, 부지 인근지역이 2001년까지 개발제한 구역으로 지정되어 있어, 개발이 제한되어 왔다. 이후 2002년 1월 4일 발전소 부지 인근 대부분의 개발제한구역이 해제(건설교통부 고시 제2001-364호)되었다.

논과 밭은 구릉의 완경사지, 도로 및 장안천, 효암천, 화산천 등 하천주변의 하상평탄지, 그리고 해안면 완경사지에 넓게 분포하고 있으며, 최근 구릉지를 이용한 과수원이 늘어나고 있다.

부지 인근의 주요 주거지로는 울주군 서생면 진하리, 온양읍 남창리, 정관면 용암리와 기장군 장안읍의 월내리, 좌천리 등이 있으며, 이외의 소규모 주거지는 주로 해안가 도로를 따라 형성되어 있다.

한편, 부지인근의 주요 산업시설로는 부지 북동쪽에 비철금속 제련을 주로 하는 온산공단이 위치하여, 부지반경 10km 이내에는 23개 업체가 운영되고 있으며, 그 외, 부지 서쪽에는 정관농공단지가, 북북서쪽에는 온양지구 등이 조성되어 각각 5개 업체가 운영되고 있다. 그러나 서생면과 장안읍 대부분의 지역이 2001년까지 개발제한구역으로 지정되어, 이 지역 전체의 도시화 및 지역개발은 거의 이루어지지 않았다.

울주군 서생면 및 기장군 장안읍의 전체적인 토지이용 효율은 해안을 따라 개설되어 있는 31번국도 주변지역이 높은 편으로 주거, 업무, 상업지역으로 이용되고 있는 반면, 서쪽의 부산-울산간 주요 도로인 7번과 14번국도 주변지역에는 일부 소규모 촌락만이 산재하고 있어 토지의 이용효율은 비교적 낮은 편이다.

부지반경 10km 이내의 토지이용 현황에 대한 표는 신고리 원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서 표 2.2-2를 참조한다(참고문헌 1). 현황을 살펴보면 토지 이용효율은 매우 낮은 편인데, 이러한 현상은 이 지역 대부분이 최근까지 개발제한구역으로 지정되어 있었던 영향으로 판단된다(참고문헌 1).

### 3.2 환경현황

#### 3.2.1 기상현황

##### 3.2.1.1 지역기후

신고리 부지는 한반도 동남해안에 있고, 한반도는 유라시아 대륙의 동안에 위치하고 있다. 따라서 우리나라의 기후는 위도, 지형 및 계절별로 변화하는 대륙과 해양사이의 기압배치와 해류 등의 모든 기후인자 및 기후요소가 종합되어 결정된다.

계절별 기후 특성을 보면, 겨울에는 시베리아 대륙성 한대기단의 영향을 받아 서고동저형의 기압배치를 이루므로, 한냉 건조한 북서계절풍이 강하게 분다. 봄에는 양쯔강 유역에서 발달된 대륙성 한대기단이 겨울에 발달했던 시베리아 고기압의 약화로 그 일부가 분리되어 이동성 고기압으로 발달됨에 따라, 약 3~4일 간격으로 이동성 고기압과 저기압이 통과하게 되므로 변덕스러운 날씨변화를 보인다. 이때 바람은 북풍계열에서 서풍계열로 전환되는 경향을 보인다. 여름에는 고온다습한 북태평양 해양성 열대기단의 영향을 받아, 남고북저형의 기압배치를 이루어 남서 내지 남동계절풍이 불게 된다. 또한, 북태평양 기단과 오호츠크해 기단사이에 정체성 잠마전선이 형성되어 많은 강수현상이 나타난다. 가을로 접어들면서 북태평양 고기압이 점차 쇠약해지는 반면, 시베리아 고기압이 발달하기 시작하면서 여름철의 남고북저형 기압배치가 무너지게 되고, 중국북부에 위치한 고기압의 일부가 분리되어 이동성 고기압이 우리나라를 자주 통과하게 된다. 이로 인하여 시원하고 건조한 바람이 불어 청명한 날씨가 많아지므로 기온의 일교차가 비교적 크게 나타나고, 바람은 남풍계열에서 북풍계열로 바뀌기 시작한다(참고문헌 1).

부산지역의 기후자료 및 울산지역의 기후자료가 각각 참고문헌 1의 표 2.4-1과 표 2.4-2에 제시되어 있으며, 부산지역의 풍향별 평균풍속 및 울산지역의 풍향별 평균풍속이 각각 참고문헌 1의 표 2.4-5와 표 2.4-6에 제시되어 있다.

#### 3.2.1.1.1 기온

연평균 기온의 분포는 대체로 7~15°C로 나타나나, 중북부 산간지방을 제외하면 연평균 기온은 10~16°C의 사이에서, 북쪽은 낮고 남쪽은 높은 기온분포를 보인다. 1월의 평균 최저기온은 제주도를 제외하고는 전국이 -2~-12°C의 분포를 나타내고 있다. 8월의 평균 최고기온은 24~31°C의 분포이며, 기온의 연교차는 북쪽으로 갈수록 내륙지방으로 갈수록 다소 증가한다. 이상 기술된 기온분포에서 우리나라는 대체로 대륙성 기후의 특성이 많음을 알 수 있다.

기온 분포도로부터 부지 인근지역의 기온을 선형내삽하면 연평균 기온은 14°C 내외, 1월의 평균 일 최저기온은 -2~-3°C, 8월의 평균 일 최고기온은 29~30°C이며, 기온의 일교차는 8~9°C로 나타난다. 한편, 신고리 부지 인근에서 관측된 최고기온은 각각 36.7°C와 38.6°C이고, 최저기온은 -14.0°C와 -16.7°C이다.

#### 3.2.1.1.2 강수량 및 상대습도

강수량은 전국적으로 1,000~1,700mm의 분포를 보인다. 우리나라는 계절에 따른 강수량의 변화가 뚜렷하며, 특히 여름철(6~8월)의 장마기간 중 강수량은 연간 총 강수량의 40~60%에 달한다. 이 기간 동안 집중호우로 인한 홍수가 매년 발생하는데 이러한 집중호우는 6월부터 9월 사이에 통과하는 태풍이나 국지적인 폭풍우에 기인하기도 한다. 부산과 울산의 연평균 강수량은 각각 1,504.4mm와 1,283.1mm이다.

우리나라의 평균 상대습도는 65~75% 정도이며, 내륙에 위치한 영주 및 안동지역이 65%로 가장 낮고, 서해안 지방이 75% 이상으로 가장 높다. 부산과 울산지역의 연평균 상대습도는 각각 66%와 67%이다.

### 3.2.1.1.3 풍향 및 풍속

우리나라의 겨울철에는 주로 북서풍이, 여름철에는 남동 내지 남서풍이 우세하며, 봄철과 가을철에는 풍향변화가 다양하다. 풍속은 제주도과 울릉도 지방이 4.7~4.8m/sec로서 가장 높고, 그 밖의 지역은 2~3m/sec의 분포를 보이고 있다. 부산과 울산지역의 연평균 풍속은 각각 4.0m/sec와 2.3m/sec로 나타났다.

부산과 울산지역에서의 연간 정온발생 비율은 각기 2.4%와 14%이며, 부산지역은 연중 북동계열의 바람이 우세하고(30.5%), 울산지역은 북서계열의 바람이 우세(22.8%)하였다.

한편, 부산지역은 남서풍이 불 경우 가장 풍속이 강하고(4.8m/sec), 울산지역은 북북서풍이 불 경우 가장 풍속이 강하다(2.7m/sec).

### 3.2.1.1.4 안개 및 적설량

부산과 울산지역의 평균 연간 안개일수는 각각 16.9일과 9.8일이고, 주로 4~7월에 빈번하게 발생한다. 부산 및 울산지역의 적설일수의 평균은 연간 각각 5.8일과 6.2일이고, 각 지역의 최심 적설량은 37.2cm와 18.4cm이다.

### 3.2.1.1.5 일조율

연평균 일조율은 부산과 울산지역에서 각각 52.0%(2,302.0시간)과 51.4%(2,241.4시간)로 월별로는 시베리아 기단의 영향을 받아 맑은 날이 많은 12월과 1월에 비교적 높게 나타났다.

## 3.2.1.2 부지기상

### 3.2.1.2.1 부지기상관측

신고리 원전 부지 내 기상환경을 대표하는 지점에 기상관측소가 건설되어 1.5m, 10m 및 58m 높이에서 기본적인 기상자료를 관측하고 있다. 설치된 기기의 종류, 설치위치 및 설치된 기기의 사양은 참고문헌 1의 표 2.4-7과 표 2.4-8을 참조한다.

부지기상관측 시스템은 센서부, 데이터 수집부(Data Logger), 데이터 처리부(PC) 및 단말 장치로 구성되어 있다. 각 센서로부터의 아날로그 신호는 데이터 수집장치에 의해 디지털 신호로 변환되고, 3초마다 데이터 처리부로 전송된다. 데이터 처리장치에서는 데이터 수집부에서 전송된 3초마다 취득값을 수신하여 10분 이동평균한 1분 간격의 최종 자료를 화면에 표시하고 저장한다. 또한, 소 내 전산설비, 환경방사선감시설비 및 각 발전소 등에 10분 이동평균한 1분 간격의 자료를 전송한다.

모든 관측기기는 기상청의 검정규정에 따라 보정되며, 제조회사에서 공급 시 최초로 보정된다. 관측기기의 정확도를 유지하기 위하여 매 6개월마다 관측기기 교정을 실시하고, 3년마다 기상청의 재검정을 받는다. 또한, 기상관측소의 설비점검은 매주 실시한다.

기상관측표준화법에 따른 기상관측업무 종사자의 기준을 만족하는 자가 관측업무를 수행하며, 관측기기의 고장에 대비하여 관측기기의 예비품을 1식 이상 구비한다. 모든 기기의 점검 및 관리, 각 부품의 교체 및 그 시기 등을 제조회사의 사용 설명서에 따르고 주요 기기장애가 발생할 경우에는 전자분야 전문가에 의뢰하여 수리한다. 또한, 외부전원 상실에 대비하여 기상관측소는 무인정전전원장치가 설치된다.

2

#### 3.2.1.2.2 부지기상관측 결과

부지에서 2008년 1월 1일부터 2011년 12월 31일까지의 4년간 관측한 부지기상자료를 분석하였다. 총 분석기간 동안 자료의 수집율은 97%이었으며, 부지기상의 분석결과는 참고문헌 1의 표 2.4-10을 참조한다.

상기 표에 제시된 바에 따르면 부지의 연평균 기온은 14.8℃이었으며, 월평균 최고기온은 8월의 26.0℃, 최저기온은 1월의 2.7℃, 연교차는 23.9℃였고, 관측기간 동안 부지에서의 최저기온은 -13.7℃(2011.1.16)였고, 최고기온은 33.9℃(2009.8.21)이었다. 부지에서의 상대습도는 여름철에 높고 겨울철에 낮았으며, 평균 및 최저습도는 각각 73%와 10%로 나타났다.

또한 관측기간 동안 부지에서의 평균 연강수량은 1,260.9mm였고, 여름철(6, 7, 8월)의 강수 집중률은 45.7%였다. 관측기간 중 부지에서의 월 최대 강우량은 2009년 7월의 630.6mm였으며, 24시간 최대 강우량은 2009년 7월 7일에 기록된 214.6mm이었다.

관측기간 동안 계절별 및 연간 평균풍속은 봄철 3.4m/sec, 여름철 3.1m/sec, 가을철 3.0m/sec 및 겨울철 3.1m/sec로 연평균 3.1m/sec였다. 계절별 풍향 발생빈도에 따르면 각

계절마다 풍향변화의 특징을 보여주고 있다. 봄에는 북북서풍이 가장 우세(26.1%)하였고, 여름에는 남남서풍(20.2%), 가을에는 북북서풍(44.4%), 그리고 겨울에는 북북서풍(43.4%)이 우세하게 나타나고 있다. 부지의 계절별 바람분포를 바람장미(2008.1.1~2011.12.31)로 나타낸 그림은 참고문헌 1의 그림 2.4-2를 참조한다.

풍향의 분포는 기체상 방사성물질의 확산분석에 있어 매우 중요한 기상요소로 육풍이 불 경우에는 방사성물질이 바다로 불어나가게 되며, 해풍이 불 경우에는 사람이 거주하는 내륙지방으로 방사성물질이 수송된다. 참고문헌 1의 표 2.4-13에 나타난 바와 같이 부지의 연간 해풍과 육풍의 발생빈도는 각각 33.2%와 65.1%였으며, 정온상태는 1.6%였다. 봄과 여름에는 주로 해풍이 발달하고, 가을과 겨울에는 상대적으로 육풍이 많아지는 분포를 보이고 있다.

해풍 및 육풍에 따른 대기안정도의 분포는 참고문헌 1의 표 2.4-13에 제시되어 있으며, 주로 낮 시간에 부는 해풍인 경우에는 불안정하고, 반대로 야간의 육풍인 경우에는 안정한 상태가 많이 나타났다. 계절별 대기안정도의 발생빈도는 참고문헌 1의 표 2.4-14에 제시되어 있으며, 전반적으로 중립과 약간 안정인 상태가 많았으며 불안정한 경우는 상대적으로 봄과 겨울에 많이 나타났다.

부지에서 2009년 8월부터 2010년 4월까지 매 계절마다 하루에 3시간 간격으로 8회 상층 기상관측을 실시하였다. 부지에서 관측한 혼합고는 참고문헌 1의 표 2.4-19에 제시되어 있으며, 봄철에 일교차가 매우 커서 최대 혼합고는 2,230m였고 최소 혼합고는 410m였다.

### 3.2.1.3 대기확산

원전 운영 중에 대기로 방출된 기체상 방사성유출물은 바람을 타고 이동하면서 공기의 난류로 인해 확산되고, 지표면으로 침적된다. 환경으로 방출된 방사성물질이 공기중에서 확산되는 정도와 지표면에 침적정도를 각각 나타내는 연간평균 대기확산인자( $X/Q$ ; 대기 확산인자)와 연간평균 침적인자( $D/Q$ ; 침적인자)가 계산된다.

연평균  $X/Q$ 와  $D/Q$ 의 계산에 사용된 기상자료는 신고리 원전 부지 내 기상관측소에서 58m 높이에서 10분 간격으로 2008년 1월부터 2011년 12월까지 4년 동안 측정된 자료이다. 신고리 5,6호기로부터 주요 지점(제한구역 경계, 주민거주지역 경계, 저인구지대 경계 및 비상계획구역 경계)에서의 대기확산인자 및 침적인자 값은 참고문헌 1의 표 2.4-20~23에 제시되었고, 반경 80km 내 소구역별 대기확산인자 및 침적인자 값은 참고문헌 1의 표 2.4-24~27에 제시되어 있다.

## 3.2.2 지질 및 지진 현황

### 3.2.2.1 지형 및 지질

### 신고리 5,6호기 예비해체계획서

한반도는 지정학적으로 아시아 대륙의 동부 연변에 위치하고, 북으로는 중국의 북동부와 시베리아, 서쪽과 남쪽은 황해를 사이에 두고 중국의 남동부, 그리고 남동으로는 동해를 사이에 두고 일본과 접하고 있다. 한반도 동해안의 해안선은 단순한 선상으로 이루어져 있어 굴곡이 심하고 불규칙한 서해안과 비교된다.

부지 주변 산지의 전체적인 분포를 살펴보면 서쪽으로는 대운산, 석은산 등 해발 500 m 이상의 산지들이 지역 내에서는 가장 높은 산지를 이루며 북북동-남남서 방향으로 뻗어 있는 반면, 동쪽으로는 대체로 100 m 내외의 낮고 평평한 산지가 동해안을 따라 넓은 범위에 걸쳐 분포한다.

이와 같이 높은 산지가 해안에서 멀지 않은 곳에서 북북동-남남서 방향으로 뻗어 있는 관계로, 대부분의 하천은 길이가 짧고 유역면적도 작은 편이며, 유향은 동서 방향이 우세하다. 또한 이곳의 모든 하천은 동해로 유입하며 바다로 흘러드는 어귀에는 대체로 작은 규모의 범람원이 발달되어 있다. 이 지역에서 가장 큰 하천인 회야강 이외에 주요 하천 들로는 부지 인근의 효암천, 장안천, 재광천 등을 들 수 있다.

해안은 낮은 산지나 구릉지가 해안 가까이 놓인 관계로, 암반이 그대로 노출된 곳이 많으며, 전체적으로는 작은 곳과 만이 해안을 따라 반복되는 양상을 보인다. 특히 이러한 모습은 진하에서 월내에 이르는 해안에서 전형적이다.

부지반경 40 km 지역은 한반도의 지체구조구 상으로 경상분지의 남동부에 위치하고, 주로 백악기 퇴적암류인 하양층군, 백악기 말의 화산암류인 유천층군, 백악기 말~제 3기 초의 화강암류, 그리고 제 3기 중엽의 화성맥암류 등으로 구성되어 있다(참고문헌 3).

한편, 부지반경 8 km 지역의 기반암은 주로 백악기의 퇴적암, 백악기 말의 화산암, 백악기 말~제 3기 초의 화강암, 그리고 제 3기 중엽의 맥암류로 구성되며 대부분의 조사지역에는 백악기 말의 화산암체가 분포한다. 이 암체들은 국지적으로 제 4기 퇴적물에 의해 부정합으로 피복된다. 부지반경 8 km 지역의 지질도에 대한 그림은 신고리 5,6호기 예비 안전성분석보고서의 그림 2.5-64를 참조한다(참고문헌 2).

이 지역에서 가장 넓은 부분을 차지하는 백악기 말의 화산암체는 주로 석영안산암질 용회암과 안산암질 용회암으로 구성되며, 일부 석영안산암과 안산암이 분포하기도 하나 대부분은 산출상태가 불규칙하다. 이 화산암체는 백악기 말~제 3기 초의 화강암체에 의해 관입되어 있다.

부지반경 8 km 지역의 화강암체는 서생면 일대에 분포하는 백악기 말의 화산암체를 관입한 주로 각섬석화강암이며, 남서부 일광광산 일대에는 화강섬록암이 이천리층을 관입하며 소규모로 분포한다.

부지반경 1km 지역은 전체가 백악기 말~제 3기 초의 각섬석화강암으로 구성되며, 이를 관입한 제 3기 맥암류가 국지적으로 분포하고, 제 4기 충적층 및 퇴적물이 부정합적으로 피복되어 분포한다. 반경 1km 내의 지역 지질도는 참고문헌 2의 그림 2.5-155를 참조한다.

부지반경 1km 지역의 지질구조는 취성 변형작용에 따른 절리와 단층에 의한 단열구조만이 확인된다. 항공 및 위성사진 상에서 선구조로 확인되나 야외에서 확인되지 않는 북북서-남남동 방향의 구조선이 부지반경 1km 지역 남서부의 효암천을 따라 발달한다. 반경 1km 내의 지역 구조도는 참고문헌 2의 그림 2.5-156을 참조한다.

부지반경 1km 지역의 절리는 방향을 기준으로 Group 1(NS), Group 2(EW), Group 3(NE), Group 4(NW), 그리고 Group 5(평판절리)로 분류되고, 평판절리를 제외하고는 모두 수직에 가까운 고각의 절리이다. 각 그룹의 평균 주향/경사는 참고문헌 2의 그림 2.5-157을 참조한다.

부지반경 1km 지역의 단층은 해안가를 제외하고는 노두의 노출 상태가 불량하여 소수의 단층만을 관찰할 수 있다. 특히 노두의 노출이 매우 양호한 해안가에서도 변위가 수 cm 이상인 단층대는 관찰되지 않는다. 남북과 동서 계열의 단층이 우세하며 이들은 모두 고각이다. 남북 계열의 단층은 우수주향이동단층이며, 동서 계열의 단층은 주향이동 혹은 경사이동 단층이다.

### 3.2.2.2 지진

한반도의 지진자료는 약 1900여년에 걸친 역사지진 자료와 1905년 이후의 계기지진 자료로 나눌 수 있다. 역사지진 자료는 삼국시대의 초기부터 조선시대에 걸쳐, 여러 역사문헌에 서술되어 있다(참고문헌 2).

20세기 지진활동을 근거로 할 때 한반도는 지진학적으로 아주 안정된 곳이라고 말하고 있다. 최근 100년 이내에 한반도에서 관측된 주요 지진은 아래와 같다.

- 가. 지리산지진 (1936년 7월 3일)
- 나. 속리산지진 (1978년 9월 16일)
- 다. 홍성지진 (1978년 10월 7일)
- 라. 영월지진 (1996년 12월 13일)
- 마. 울진해역지진 (2004년 5월 29일)
- 바. 오대산지진 (2007년 01월 20일)

1세기부터 20세기까지의 역사지진 기록의 발생 횟수에 대한 그림은 신고리 5,6호기 예비 안전성분석보고서의 그림 2.5-238을 참조한다(참고문헌 2). 18세기 중반 이후의 뚜렷한

지진 활동의 감소는 1400년~1750년의 상대적으로 높은 지진활동 주기가 끝나고, 아직 다시 지진발생 증가 시기가 도래하지 않았다는 것을 보여준다. 1세기부터 14세기 사이의 낮은 지진활동률을 근거로 할 때, 과거 지진활동성의 주기성이 대표적이라고 여겨진다면 한반도에서는 앞으로 약 1,000년 동안은 높은 지진활동성 주기가 기대되지 않는다고 추정할 수 있다.

신고리 5,6호기 부지의 안전정지지진은 0.3g이며, 확률론적 지진재해도 분석을 통하여 역사지진 자료와 그 불확실성이 통합되어 정량적으로 평가된다. 안전정지지진 0.3g에 대한 지진의 재래주기는 중앙값에 대하여 약 58,900년, 평균값에 대하여 약 27,100년이다(참고 문헌 2).

2

### 3.2.3 수문특성

#### 3.2.3.1 지표수 현황

신고리 5,6호기 부지 인근의 주요 하천으로는 북쪽의 회야강, 서쪽의 효암천, 화산천 및 장안천 그리고 남서쪽의 좌광천이 분포하고 있다. 부지 인근의 지표수 수계도에 대한 그림은 신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서 그림 2.5-1을 참조한다(참고 문헌 1). 이들 하천은 대개 부지 북서쪽의 계곡으로부터 발원하여 남동방향으로 거의 평행선을 이루며 동해로 유입되고, 수계는 수지상을 보이고 있다. 회야강을 제외하고는 대체적으로 수계의 발달이 미약하여 유역면적이 좁고 유로연장은 짧은 편이다.

효암천은 부지 최근접 하천으로서, 장안읍 명례리의 하철령 인근 구룡(표고 166m)에서 발원하여 오리, 효암리를 거쳐 남류하는 본류구간과 서생면 화산리 복단과 용곡산(표고 209m)에서 발원하여 화산리, 위양리 일원을 거쳐 명산리에서 본류구간과 합류되는 지류부인 화산천으로 구성되어 있다. 효암천 수계에 분포하는 주요 저수지는 명례저수지, 대명소류지, 산막소류지, 신리지, 뒷골, 개천안골, 화산저수지 등이 위치하고 있다. 이중 화산저수지가 최근에 축조되어 가장 크지만 화산천 상류에 위치하여, 그 유역면적은 2.4km<sup>2</sup>에 불과하고, 나머지 저수지(소류지) 역시 소하천 상류에 위치하여 이 저수지보다 훨씬 작은 규모이다.

효암천의 경우 월별 유하량에 대해서는 관측 자료가 없기 때문에, 가지야마의 월별 유출고 공식을 적용하여 유출고 및 유하량을 산정하였다. 고리원전 부지 기상관측소에서 관측한 강수량 자료(1970.1~2009.12)를 이용하여, 가지야마 공식으로 산출한 효암천의 월평균 강수량, 유출고 및 유하량 자료에 대한 표는 신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서 표 2.5-3을 참조한다(참고문헌 1).

#### 3.2.3.2 지하수 현황

신고리 5,6호기 부지 내의 지하수 분포상태를 파악하기 위하여, 시추조사 중에 각 시추공에 대하여 지하수 관측을 실시하였으며, 시추종료 후에도 수위관측이 가능하도록 중요구조물 주변의 시추공을 이용하여 계속적인 수위관측을 수행하였다(참고문헌 2).

주요 구조물별 안정 지하수위에 대한 표는 신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서 표 2.5-4를 참조한다(참고문헌 1). 부지 내 지하수위 등고선도와 시추공별 일별 지하수위에 대한 그림은 각각 신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서 그림 2.5-2와 2.5-3을 참조한다(참고문헌 1).

관측된 지하수위는 지표면 하부로 평균 8~10m 정도에 분포하며, 전반적으로 지형적인 발달형태와 유사하게 북서에서 남동방향으로 지하수위가 유동할 것으로 예상된다. 이같이 시추공별로 관측된 자료를 근거로 제시한, 각 구조물별 안정 지하수위는 현재 부지정지가 이루어지지 않은 상태에서 얻어진 자료이므로, 부지정지 및 기초굴착 이후 지형적인 수위 변동이 예상된다. 그러나 기초지반 하부에 영구 지하수 처리 시설이 설치되므로, 건설완료 후에는 일정한 지하수위 유지가 가능할 것으로 판단된다(참고문헌 2).

### 3.2.4 해황 및 해양확산

2

#### 3.2.4.1 해황

한반도 동남단에 위치한 고리원전 주변해역은 대한해협과 매우 인접해 있다. 대한해협은 쿠로시오로부터 분지된 대마난류가 동해로 유입되는 입구이고, 대마난류의 수송량은 계절에 따라 변화한다. 참고문헌 1에 따르면 대한해협을 통한 대마난류의 수송량은 계절에 따라  $1.6 \sim 3.4 \text{ Sv}$  ( $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ 톤/sec}$ )의 변동을 보이고, 평균 약  $2.5 \text{ Sv}$ 의 수송량을 갖는 것으로 보고되고 있다.

2

신고리 부지 전면해역의 해저지형은 대체로 북동~남서방향의 등수심선 분포를 나타내나, 해안선의 굴곡이 심하여 연안 돌출부와 만입부 간의 수심경사 차이가 크다. 효암리 전면의 수심은 해안에서 약 1.2km 지점에 30m 등수심선이 나타나나, 이후 수심 50m까지는 경사가 완만하여 해안에서 약 4.3km 지점에 나타난다.

고리해역의 조석특성은 15일을 주기로 대조와 소조가 반복되어 나타나지만, 장주기 성분에 의한 해면변동이 동시에 나타나 복잡한 해수면 변동양상을 보인다. 대조차는 남에서 북으로 진행할수록 점점 작아지고, 남측해역에서는 “반일주조가 우세한 조석”의 특성을 보인다. 그리고 조류는 낙조류인 북향류가 다소 우세한 경향을 나타내며, 유속의 흐름은 4계절 모두 북동-남서방향의 왕복성 흐름을 나타낸다.

동해연안 수온의 공간분포 특성을 살펴보면 동해안 수온의 연평균치는  $8.6 \sim 15.9^\circ\text{C}$ 이며, 월평균치는 대체로 2월에 최저  $-1.3 \sim 11.3^\circ\text{C}$ 로부터 8월에 최고  $20.0 \sim 23.5^\circ\text{C}$ 까지 변화한

다. 동해안의 표면수온은 남부해역과 북부해역 사이에 계절에 따라 심한 차가 있다. 남부해역에서는 여름철에 대마 난류의 확장과 육지로부터 유입되는 육수의 영향, 그리고 태양의 복사열에 의해 수온이 높아져 최고 26~27℃ 정도가 되며, 겨울철에는 북상하는 대마난류에 의하여 10℃ 이상, 특히 외해측에서는 13~14℃ 정도를 나타낸다(참고문헌 1).

#### 3.2.4.2 해양확산

참고문헌 1에 따르면 부지 반경 10~80km 영역(동해 중간역)과 0.5~8.0km 영역(동해 협역)에 대하여 해양확산 평가를 실시하였으며, 이러한 해양확산 수치실험의 결과는 다음과 같다.

신고리 해역에서의 동한난류의 세기를 살펴보면 2월에 가장 약하게 나타나고, 5월에 다소 커지며 8월에 가장 크게 나타나고 있고, 11월에는 다시 약화되는 형태를 보이고 있다. 계절별 각 90일간의 해수유동 수치실험 결과 중 마지막 15일간 표층에서의 평균류가 참고문헌 1의 그림 2.6-18에 제시되어 있다.

정상운영 시 계절별 표층에서의 해양확산 분포도가 참고문헌 1의 그림 2.6-19에 제시되어 있으며, 부지반경 10km 이내의 영역에 대해서는 계절별로 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 연안을 따라 이동거리별 희석인자 및 이동시간은 참고문헌 1의 표 2.6-15와 같다. 희석인자는 심층배수구로부터 북쪽 및 남쪽 방향으로 0.56km(제한구역경계) 거리에서 각각 5.47와 7.40이고, 10km 거리에서는 각각  $1.02 \times 10^3$ 와  $3.15 \times 10^2$ 로 산정되었다. 부지반경 80km 이내에 분포하는 주요 해수욕장, 어항, 주요 양식장, 어장에서의 희석인자, 이동시간 및 주민활동시간이 참고문헌 1의 표 2.6-16~17-1에 제시되어 있다.

사고 시 액체방사성물질은 폐기물관리계통으로 전량 회수되어 원천적으로 해양으로 방류되지 않도록 설계되므로 해양확산이 일어나지 않는다. 해양확산 측면에서 보수적인 평가가 가능하도록 가장 희석이 작게 일어나는 경우의 희석인자를 산정한 결과, 비정상운영 시 해양확산 분포도는 참고문헌 1의 그림 2.6-20과 같다. 또한 비정상운영 시 희석인자는 심층배수구로부터 남·북 방향 0.5km 거리에서 각각 2.19와 3.11이며, 10km 거리에서는 각각 388과 126으로 산정되었다(참고문헌 1의 표 2.6-18).

해변활동에 의한 외부피폭선량 평가에 필요한 침적인자는 핵종별로 다르게 나타나므로 감마 방출핵종 중 선량기여도가 높은 I-131을 기준으로 제시하였으며, 정상운영 시 및 비정상운영 시 이동거리별 침적인자는 각각 참고문헌 1의 그림 2.6-20-1~20-2 및 표 2.6-19~20과 같다. 또한, 정상운영 시 부지반경 80km 이내에 분포하는 주요 해수욕장, 어항 및 양식장, 어장에서의 침적인자가 참고문헌 1의 표 2.6-21~22-1에 제시되어 있다.

#### 3.2.5 환경방사선/능 현황

### 3.2.5.1 환경방사선

원전 가동에 따른 주변지역의 환경방사선/능을 감시하기 위하여, 국내 모든 원전에서는 자체 계획을 수립하여 이에 대한 주기적인 조사를 실시하고 있다. 신고리 원자력본부에서도 신고리 1호기 건설 시작 시점부터 환경방사선/능 감시 활동을 지속적으로 실시하고 있는데, 신고리 5,6호기 부지는 기존 발전소에 인접하여 위치하고 있어, 신고리 원자력본부에서 조사한 최근 3년(2008년~2010년)간의 자료를 신고리 5,6호기 주변지역의 환경방사선/능 현황으로 제시한다(참고문헌 1).

2

발전소 부지주변 지점과 비교지점에 환경방사선감시기(ERMS: Environmental Radiation Monitoring System)를 설치하여 공간 감마선량률을 연속 감시하고 있다. 3년간의 측정 결과를 종합한 평균치는 정상변동범위를 나타내었다.

2

공간 집적선량은 발전소 부지 내부를 비롯하여 주변 인구밀집지역 등 반경 10km 이내 다수 지점과 비교지점인 부산대의 지상 1m 높이에 설치된 열형광선량계를 분기 주기로 회수하여 3개월간 누적선량을 판독하였다. 3년간의 측정결과를 종합한 평균치는 정상변동범위를 나타내었다.

2

### 3.2.5.2 환경방사능

발전소 부지 주변지역 공기 중의 방사선량 및 방사능 농도와 함께 토양, 식물, 빗물, 식수, 하천수, 지하수, 해수, 해저토 등 다양한 매질들과 우유, 육류, 어패류, 해조류, 곡류, 채소류, 과일류 등 식품류에서 시료를 채취하여 방사능 농도를 조사하였다. 3년간의 조사결과에서 모든 항목의 환경방사능은 정상변동범위 내 또는 최소검출하한치 이하로 측정 및 분석되었다.

2

## 3.3 방사선학적 특성

신고리 5,6호기의 운영에 따른 발전소 시설 및 부지 내에 존재하는 방사성물질의 종류, 양 및 분포 등 방사선원 평가결과는 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서 12장(방사선방호)에 자세히 기술되어 있다(참고문헌 2).

### 3.3.1 시설조사

원자로시설 내에 존재하는 방사성물질의 종류와 양은 영구정지 이후 시간이 경과함에 따라 단반감기 방사성 핵종은 소멸되고, 중/장반감기 방사성 핵종 위주로 존재하게 된다. 해체를 위해서는 시설 내에 존재하는 방사성물질의 종류, 양과 분포에 대한 정보가 요구된다. 이러한 방사성물질을 조사하기 위한 방법은 다음과 같다.

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

- 가. 영구정지 시점에서 원전 내 존재하는 방사성 핵종과 양을 기준으로 하여 영구 정지 후 시간 경과에 따른 계산
- 나. 감마방사선 준위 측정
- 다. 베타-감마방사선 탐사
- 라. 알파방사선 탐사
- 마. 스메어 탐사
- 바. 물 및 슬러지 시료 채집
- 사. 표면/표면아래(Surface/Subsurface) 토양 시료 채집
- 아. 파이프 및 기기의 시료 채집
- 자. 콘크리트 시료 채집
- 차. 금속 시료 채집
- 카. 에폭시 및 페인트 시료 채집 등

상기 방사선/능 측정 결과에 근거하여 얻어지는 정보는 아래와 같이 구분된다.

- 가. 원전 내 구역 별 방사선량률과 분포
- 나. 원전 내 구역 별 오염준위 및 오염 분포
- 다. 원전 내 계통 별 방사성 핵종의 종류, 방사능 및 분포
- 라. 원전 내 구역·계통 별 고오염 또는 고방사선량률 지점(Hot Spots)
- 마. 원전 내 방사선원 분포 또는 재고량 등

이러한 방사선학적 정보는 아래와 같은 절차를 통하여 얻어진다.

- 가. 방사성핵종 재고량의 이론적 계산
- 나. 시료채집 계획(위치, 개수 및 대상 핵종 등) 수립
- 다. 수동, 자동 또는 원격시료 채집
- 라. 감마, 베타 및 알파 방사성 핵종의 분석 및 정확도 결정
- 마. 시료채집 및 방사선/능 분석 결과의 해석(2D 또는 3D Mapping 포함)
- 바. 이론적 계산과 해석 값의 비교
- 사. Scale Factor 값의 결정 및 적용(타당성 입증 포함)
- 아. 해체작업 진행도에 따른 오염도 또는 선량의 변화 예측 등

### 3.3.2 부지조사

#### 3.3.2.1 조사절차

부지의 방사선학적 특성 조사절차, 즉 방사선/능 오염수준을 파악하기 위한 절차는 크게 부지 오염이력 조사(Historical Site Assessment), 오염범위조사(Scoping Survey) 및 상세조사(Characterization Survey)로 구분된다(참고문헌 3, 4).

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

### 가. 부지 오염이력 조사(Historical Site Assessment)

부지 오염이력 조사에서는 해체시점까지 부지의 오염을 야기했거나 야기했을 가능성이 있는 원자로의 건설, 운영 및 각종 인허가와 관련된 모든 기록 및 정보를 조사하여, 부지 내 잔류방사능의 종류와 대략적인 농도 및 범위를 파악한다. 이 기록에는 원전 운영 중에 발생한 비계획적 방출 등이 포함된다. 또한 부지와 관련하여 조사 및 연구가 수행된 경우, 해당 보고서도 조사한다. 조사 결과에 근거하여 부지를 오염여부에 따라 크게 오염지역(Impacted Area) 및 비오염지역(Non-impacted Area)으로 구분하며, 이후 조사대상이 되는 환경매질(Environmental Media)을 결정한다. 오염지역은 효율적인 조사수행을 위해 오염수준에 따라 구분한 후 조사단위(Survey Unit)를 세분하여 관리한다. 또한, 비오염지역 또는 주변의 부지와 유사한 조건의 지역에서 백그라운드 지역을 선정한다.

### 나. 오염범위조사(Scoping Survey)

오염범위조사는 부지오염 이력조사의 결과를 확인하기 위한 조사로, 특히 오염이 의심되는 지역을 중심으로 오염의 범위를 확정하기 위한 조사를 실시한다. 이 조사를 수행하기 위한 분석장비 및 분석방법의 결정을 위해서 부지오염 이력조사 결과를 바탕으로 핵종별 잔류방사능 유도농도기준(Derived Concentration Guideline Level)을 사전에 정한다. 한편, 오염범위 조사의 결과에 따라 필요한 경우, 부지오염 이력조사 단계에서 이루어진 오염지역 분류를 다시 하거나 잔류방사능 유도농도기준의 값을 수정하거나 추가한다.

### 다. 상세조사(Characterization Survey)

상세조사는 해당 부지 내 잔류방사능의 종류, 농도 및 분포를 부지복원 또는 부지개방에 필요한 수준으로 상세히 조사하는 것으로, 3.3.2.2 조사방법에서 기술한 대부분의 조사가 실제로 이루어지는 단계이다. 특히, 오염물질의 횡적인 분포뿐만 아니라 종적인 분포까지 파악한다. 이 조사의 계획 및 수행은 부지오염 이력조사 및 오염범위조사의 결과를 충분히 반영하여 수행한다. 한편, 오염범위조사 때와 마찬가지로, 상세조사의 결과에 따라 필요한 경우, 이전 단계에서 이루어진 오염지역 분류를 다시 하거나 잔류방사능 유도농도기준의 값을 수정하거나 추가한다. 특히 조사결과로 얻어진 부지 특성자료를 가능한 많이 반영하여 해당 부지에 적합한 잔류방사능 유도농도기준을 수립한다.

#### 3.3.2.2 조사방법

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

부지의 방사능 오염수준을 조사하는 방법으로는 현장측정(Direct Measurement), 스캔조사(Scanning Survey) 및 시료채취분석(Sampling & Laboratory Analysis) 등의 3가지 방법이 있다. 현장측정은 조사대상이 되는 조사단위 전체의 평균 방사능 농도를 결정하기 위해 사용되며, 스캔조사는 조사단위 내 방사능 농도가 국부적으로 높은 지역의 확인 및 범위를 정하기 위해 사용된다. 반면에 시료채취분석은 상기 두 방법으로 잔류방사능 유도농도기준 이하의 농도를 얻지 못하거나, 오염물질의 종적인 분포를 파악할 수 없을 경우에 사용한다. 그러나 대부분의 경우, 조사목적을 달성하기 위해 현장측정과 시료채취분석 모두를 수행하는 것이 필요하다. 또한 조사에 필요한 장비 및 분석기술은 오염의 종류, 요구되는 측정감도, 방사선조사의 목적 및 잔류방사능 유도농도기준 등에 근거하여 선택한다(참고문헌 3, 4).

### 가. 현장측정(Direct Measurement)

현장측정이란, 불연속 측정지점의 지표면에서 적당한 거리에 장비를 위치시킨 뒤 정해진 시간 동안 측정하는 방법이며 기본적으로 조사단위 전체의 평균 방사능 농도를 구하기 위해 사용된다. 조사단위 내 측정지점은 무작위로 선정되거나 또는 체계적인 방법으로 선정될 수 있으며, 후자의 경우 고방사능 준위의 국부영역을 감지하기 위해 스캔조사가 병행된다. 한편, 현장측정은 스캔조사에 의해 확인된 고방사능 준위의 선원함을 결정하기 위한 조사방법으로 사용되기도 하며 반대로 스캔조사가 현장측정과 같은 수준의 감도를 보일 경우는 현장측정을 대체하기도 한다.

### 나. 스캔조사(Scanning Survey)

스캔조사는 방사선계측 장비를 표면 위로 이동시키면서 방사능 오염 지점을 측정하는 조사방법이다. 다른 조사방법에 비해 조사시간이 짧으며 비용이 적게 든다는 장점 때문에 일반적으로 다른 조사방법을 수행하기 전에 먼저 실시된다.

### 다. 시료채취분석(Sampling & Laboratory Analysis)

시료채취분석이란 토양, 지하수 등의 환경 매체의 대표성을 갖는 시료를 채취하여, 실험실에서 방사성핵종의 농도를 측정하는 것을 말한다. 시료채취분석에서는 현장측정 및 스캔조사 등의 야외조사에서 사용되는 방사선계측 장비들이 사용된다. 이 경우 실험실에서 측정은 긴 시간 동안 이루어지기 때문에 측정감도가 높게 나타난다.

조사지점의 방사성핵종의 종류 및 농도를 정확하게 나타내는 대표 지점에서 토양시료를 채취하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 기 수행된 조사 자료를 충분히 검토하여 시료채취계획을 세워야 한다. 또한 깊이에 따른 방사능 농도의 변

화를 파악하기 위해 토양의 코어 시료채취 및 분석이 필요하다. 일반적으로 시료의 부피가 증가할수록 시료의 대표성이 증가할 뿐만 아니라 요구되는 검출한도를 만족시키기 쉽다는 장점이 있으나, 시료의 운반, 저장 및 처분의 문제를 야기할 수 있는 단점이 있으므로, 이를 동시에 고려하여 최적의 시료 채취 부피를 선정, 시행하여야 한다.

토양시료 이외에 조사대상이 될 수 있는 환경매질로는 천층토양, 지하수, 지표수, 퇴적물, 하수 및 정화조 시스템, 동식물, 부유입자 및 공기 등이 있다.

### 3.4 참고문헌

1. “신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서”, 한수원(주), 2013. | 2
2. “신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서” (1차개정), 한수원(주), 2013.
3. NUREG-1575, “Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual (MARSSIM)” (Revision 1), U.S.NRC, 2000.
4. Eric W. Abelquist, “Decommissioning Health Physics, a Handbook for MARSSIM Users” (2nd Ed.), CRC Press, 2014.

## 4 해체전략과 방법

### 4.1 해체전략과 방법

#### 4.1.1 해체전략

원자력발전소 등을 포함한 원자력이용시설의 일반적인 해체전략으로 각 국가에서는 즉시 해체와 지연해체 등의 전략을 제시하고 있다(참고문헌 1, 2). 국내 원자력관련 법령에서도 이들 2가지 전략을 해체전략으로 제시하고 있다(참고문헌 1).

즉시해체(Immediate Dismantling or Decommissioning)는 원자력이용시설의 영구정지 이후 가능한 빨리 방사성물질에 오염된 해당시설의 구조물, 계통 및 부품과 부지를 철거하거나, 방사성오염을 제거해서 원자력안전법의 적용대상에서 제외시키는 해체전략을 말한다(참고문헌 1). 이 경우 방사성물질을 포함하는 기기와 구조물, 계통 및 설비들은 제한적인 사용이나 규제를 해제하기 위한 수준까지 제염하거나 철거된다. 즉시해체의 특징으로는 원자력이용시설이 빠르게 철거되어 부지의 재이용 등 활용성 및 경제성을 확보할 수 있고, 방사성 오염물질을 제거함으로써 사회적 수용성이 높아진다. 반면에 해체 비용의 조달 및 집행이 조기에 이루어지며, 해체 시 방사선으로 인한 피폭 가능성이 높아질 수 있다.

지연해체(Deferred Dismantling or Decommissioning)는 원자력 이용시설의 영구정지 이후 해당시설을 일정기간 안전하게 유지 및 관리한 다음 방사성물질에 오염된 해당시설과 부지를 철거하거나, 방사성오염을 제거해서 원자력안전법의 적용대상에서 제외시키는 해체전략을 말한다(참고문헌 1). 지연해체는 설비를 안전하게 보관하기 위한 사전단계로서 일부설비를 조기 분해하거나 일부 방사성물질의 처리 및 설비로부터 분리하는 작업을 포함할 수 있다. 지연해체의 특징으로는 방사성물질의 붕괴로 방사선피폭을 감소할 수 있고 방사성폐기물량을 줄일 수 있으며, 해체비용이 부족할 경우 비용마련을 위한 기간을 확보할 수 있다. 그러나 원자력이용시설이 해체되지 않는 상태로 장기간 보관에 따른 방사성물질로 부터의 안전성을 확보해야하며, 부지의 재이용에 따른 경제성과 사회적 수용성이 낮아질 수 있는 단점이 있다.

세계 주요 원전운영국은 해체비용이 부족하거나, 정책 및 규정이 미흡한 경우 또는 흑연 감속로와 같이 해체기술 확보가 미흡한 경우, 지연해체하는 전략을 취하고 있다. 그러나 대부분의 국가에서는 안전성, 경제성과 사회적 수용성 등을 고려하여, 즉시해체를 실시하는 전략을 선호하고 있다.

국내 원전의 해체전략은 잔류하는 방사성물질을 가능한 한 빨리 제거하여 안전성을 확보하고, 협소한 국토의 활용성과 부지 재활용, 국가의 방사성폐기물 정책과 해체전략 등을 우선 고려한 정부 정책에 따라 즉시해체를 추진한다(참고문헌 3). 이러한 원전해체 시

IAEA 안전기준에 따라 해체를 수행한다(참고문헌 4, 5). 더불어, 원전해체 사업의 사회적 수용성 등을 확보하는 차원에서 즉시해체하는 전략을 취하나, 사용후핵연료 운반 및 저장시설로의 이송 등을 고려하여 안전관리기간을 탄력적으로 운영한다. 한편 국내원전의 경우 동일부지에 2기 단위로 건설되고 있어, 해체 시 발생될 수 있는 인접호기에 대한 영향과 2개 호기에서 공동으로 사용하는 공용설비의 기능과 해체비용 등 경제적 효과를 고려하여, 동일부지 2개호기를 동시 해체하는 전략을 우선적으로 고려하고 있다(참고문헌 6).

#### 4.1.2 해체방법과 일정

국내원전은 영구정지 이후 최소 5년 이상 사용후핵연료의 냉각을 위한 안전관리 기간을 확보한다. 이 기간 동안 노심에서 연료가 인출되어 사용후핵연료 저장조로 이송 후 냉각이 이루어진다. 안전관리 기간 동안 원자로냉각재계통 등에 대한 계통제염과, 운전필요 기기와 설비 해체를 위한 계통의 분류 등이 이루어진다. 한편 사용후핵연료는 냉각이 이루어진 이후, 본격적인 제염·해체 전 부지 내 또는 부지 외 저장·처분시설로 이동하게 된다(참고문헌 6).

해체 승인 후 최소 6년 이상 제염 및 해체 공사가 수행된다. 이 기간은 해체작업 공정에 따라 변경될 수 있다. 우선 방사성오염이 낮은 관리구역의 시설과 기기부터 제염과 해체에 착수한다. 마지막으로 원자로 및 내부구조물에 대한 절단, 철거 작업이 이루어진다. 이 기간 동안 방사성오염 설비에 대한 제염과 방사성폐기물 분류, 포장 및 반출이 이루어진다. 방사성오염 기기는 화학제염, 기계적 제염 등의 방법으로 제염하고, 압축, 용융 등의 감용 과정을 통해 방사성폐기물의 양을 줄인다. 설비의 제염, 해체가 완료된 후 구조물은 절단, 파쇄 등의 방법으로 철거가 이루어진다. 자체처분제한치 미만 해체폐기물은 규제해체 절차를 통해 반출 처리되고, 방사성폐기물은 중저준위 방사성폐기물 처분장으로 이송·처분된다.

제염·해체 공사가 완료된 후 부지에 대한 잔류방사선 조사를 수행하고, 운영허가 종료를 신청한다. 이후 부지재이용 계획에 따라 재이용한다.

이러한 원전해체에 대한 개략적인 일정을 그림 4-1에 제시하였다(참고문헌 6).

#### 4.2 참고문헌

1. “원자력이용시설 해체계획서 등의 작성에 관한 규정”, 원자력안전위원회, 2015.
2. Regulatory Guide 1.184, “Decommissioning of Nuclear Power Reactors” (Revision 1), U.S.NRC, 2013.

3. 원자력진흥위원회 보고(관계부처 합동), “안전하고 경제적인 원전해체와 원전해체산업 육성을 위한 정책방향”, 산업통상자원부, 2015.
4. Safety Standards Series No. GSR Part 6, “Decommissioning of Facilities”, IAEA, 2014.
5. Safety Reports Series No.50, “Decommissioning Strategies for Facilities Using Radioactive Material”, IAEA, 2007.
6. “증상기 원전해체 대책에 관한 연구”, 한수원(주), 2011.





그림 4-1 원전해체 개략 일정



## 5 해체용이성을 위한 설계특성과 조치방안

### 5.1 설계특성

신고리 5,6호기는 해체가 용이하고, 방사성폐기물 발생량이 최소화되도록 설계한다. 또한 종사자 피폭을 ALARA(As Low As Reasonably Achievable)로 유지하는 한편 접근 편이성과 충분한 작업공간을 제공하기 위한 설계특성을 가지고 있다(참고문헌 1, 2). 신고리 5,6호기 해체작업을 용이하게 하기 위한 설계특성은 다음과 같다.

#### 5.1.1 해체용이성을 위한 ALARA 설계특성

신고리 5,6호기는 해체작업시 해체작업을 용이하게 하고 해체 작업자에 대한 방사선피폭을 최소화하기 위해 설계단계에서 규제지침서 8.8의 ALARA 설계개념을 적용하여 설계된다. 해체 용이성을 위한 ALARA 설계특성으로는 해체시 대형 방사성기기를 용이하게 제거하기 위한 설계특성과 방사성 기기 및 계통설계에 적용된 해체작업을 위한 ALARA 설계특성이 있으며 상세한 내용은 다음과 같다.

##### 5.1.1.1 대형 방사성 기기를 용이하게 제거하기 위한 설계특성

###### 5.1.1.1.1 작업공간 확보 및 기기제거

해체작업시 기기로의 접근 및 작업이 용이하도록 기기 주위 및 이송로에 충분한 작업공간을 확보한다. 즉 기기를 교체하거나 제거할 경우 기기를 격실에 넣거나 끌어내는 작업을 용이하게 하고 기기 이송을 용이하게 할 수 있도록 충분한 공간을 확보하였다. 또한 기기의 제거, 이동, 교체 또는 정비작업 동안의 임시 차폐체 설치 등을 용이하게 할 수 있도록 기기를 인양할 수 있는 장비를 구비하였다. 그림 5-1에 해체작업시 제거된 방사성 기기의 이동 경로에 대한 설계 예시를 제시하였다.

###### 5.1.1.1.2 중량물 제거 설비

천정크레인, 원자로건물 장비 반입구 및 원자로건물 출입문 외부에 넓은 공간이 있어 해체 작업시 원자로, 증기발생기, 가압기 등의 중량물 제거를 용이하게 할 수 있도록 설계한다. 그림 5-2에 천정 크레인, 장비 반입구 및 원자로건물 출입구 설계 예시를 제시하였다.

###### 5.1.1.1.3 스킴드 설치

모터, 펌프를 포함한 일체형 기기는 스킴드에 설치함으로써 해체작업시 제거를 용이하게 수행할 수 있으며 이를 통해 작업자 방사선 피폭을 저감할 수 있도록 설계된다. 그림

5-9에 Gas Stripper 기기가 설치된 스킴의 예시를 제시하였다.

1

#### 5.1.1.2 방사성기기 및 계통의 설계특성

방사성기기 및 계통은 신뢰성 있고 단순한 기기를 사용하도록 설계함으로써 해체작업시 제거가 용이하고 폐기물 발생량이 최소화되도록 설계된다. 다음은 방사성 기기 및 계통설계에 적용된 ALARA 설계특성을 기술한다.

##### 5.1.1.2.1 펌프

원자로냉각재압력경계를 구성하는 펌프 및 고압력 배관계에 설치되는 펌프를 제외한 방사성펌프는 유지보수 및 해체작업 시 제거가 용이하도록 가능하면 플랜지로 연결한다. 모든 펌프 케이싱에는 제염을 용이하게 할 수 있도록 배수관이 설치된다. 배수관은 방사성부식생성물(크러드)의 축적을 최소화하기 위해 내부에 갈라진 틈새가 없도록 설계된다.

2

##### 5.1.1.2.2 이온교환기

이온교환기는 완전 배수가 될 수 있도록 설계되며, 관련 배관, 여과기 및 수지 스크린은 세척이 가능하여 세척모드에서 모든 폐수지를 제거할 수 있도록 설계된다. 또한 이온교환기 내부는 갈라진 틈새가 최소화 되도록 제작하여 방사성크러드가 축적되지 않도록 설계된다.

1

##### 5.1.1.2.3 액체여과기

여과기 하우징에는 배기관을 설치하고 완전 배수가 가능하도록 설계한다. 방사성크러드가 축적되지 않도록 하기 위해 내부의 갈라진 틈새가 최소화되도록 여과기 하우징을 설계한다. 카트리지지 여과기 하우징 상부덮개는 카트리지지 제거에 방해되지 않도록 흔들림이 없게 설계한다.

##### 5.1.1.2.4 탱크

탱크는 완전 배수가 가능하도록 설계하고 내부의 갈라진 틈새나 흠이 없도록 설계한다. 또한 해체작업시 방사선피폭을 최소화 할 수 있도록 다음과 같은 탱크 세정설비를 구비한다.

- 탱크 정비용 출입구로부터 세척을 용이하게 할 수 있는 충분한 공간 확보
- 방사성오염이 클 가능성이 있는 탱크에는 내부 제염을 위하여 내부 살수 노즐 설치
- 제염을 용이하게 할 수 있도록 스크린이 설치된 탱크나 용기의 스크린 입구를 역류방향으로 수압 세척하거나 배수가 가능하도록 설계

탱크는 방사성크러드의 축적을 최소화하고 배수를 용이하게 하기 위해 블록하거나 경사지게 바닥을 설계하며, 비가압탱크에는 바닥이나 땅으로 방사성유체가 유출되는 것을 방지하기 위하여 바닥배수펌프나 다른 적절한 수집지점으로 보낼 수 있는 넘침관을 설치한다. 바닥배수계통은 액체방사성폐기물관리계통으로 연결하여 환경으로 방출되기 전에 처리될 수 있도록 설계된다.

#### 5.1.1.2.5 벨브

벨브는 불필요한 유지보수를 줄이도록 설계하여 폐기물 발생량을 최소화 시킨다. 또한 벨브 내부에 방사성크러드의 축적을 최소화하도록 갈라진 틈새가 없도록 설계된다. 계통의 기기 및 배관에 설치되는 모든 안전 및 방출벨브는 가동중 검사 시 벨브의 설정압력 입증 및 보정을 위한 탈/부착을 용이하게 하기 위해 플랜지로 연결한다. 안전 및 방출벨브를 제외하고 원자로냉각재압력경계 내에 설치되는 모든 벨브는 용접으로 연결하며, 기타 계통에 설치되는 벨브에 대해서는 가동중 유지보수 등을 고려하여 필요할 경우 플랜지로 연결한다.

#### 5.1.1.2.6 배관 및 관통부

방사성배관 및 관통부 설계에 적용된 해체 용이성을 위한 ALARA 설계특성은 다음과 같다.

- 방사성 배관의 길이는 최소화하도록 설계하여 해체시 폐기물 발생량이 최소화
- 방사성배관은 가능한 한 차폐된 배관 격실 내에 배치하며, 슬러리 혹은 폐수지 수송 시 막힘이 없도록 설계
- 방사성크러드의 침적을 줄이기 위해 배관 고정장치(엘보우, 티 등)의 개수 최소화
- 방사성 물질의 축적을 유발할 수 있는 국부적인 낮은 지역, 막힌 배관, 수직형태 배관 등 최소화
- 배관은 경사지게 배치하고 가능한 한 중력에 의한 유동이 될 수 있도록 배치
- 소켓용접 대신 가압적 맞대기용접을 사용
- 방사선원과 관통부가 시각 상 일직선이 되지 않도록 관통부를 배치한다. 이를 통해 방사선 흐름으로 인한 작업자 피폭을 최소화할 수 있다.

#### 5.1.1.2.7 열교환기

열교환기는 유체와 접하는 내부표면은 방사성크러드 축적 가능성을 최소화하기 위해 갈라진 틈새가 없도록 설계하며 교체 필요성을 최소화하기 위해 내부식성 재질을 사용한다.

#### 5.1.1.2.8 단열재

방사성기기에 사용되는 단열재는 쉽게 제거할 수 있도록 블랭킷 형태의 단열재를 사용하

며 벨크로(velcro) 고정구에 의해 설치된다. 단열재는 신속하게 동작할 수 있는 버클 형태의 고정구가 설치된 금속 재킷으로 둘러싸인다. 이렇게 함으로써 해체작업시 단열재의 신속한 제거를 통해 해체 작업자의 방사선피폭을 최소화 할 수 있다.

#### 5.1.1.2.9 조명기기

방사선관리구역에는 신뢰성 및 내구성이 있는 조명기기를 사용하여 유지보수 빈도를 최소화함으로써 방사성폐기물 발생량을 최소화시키도록 한다.

### 5.1.2 방사성물질 누설 최소화 설계특성

신고리5,6호기는 방사성기기 및 배관으로부터 방사성유체의 누설을 최소화시킬 수 있도록 설계되며, 만약 방사성기기 및 배관으로부터 방사성액체가 누설될 경우에도 누설된 액체는 기기 및 바닥배수계통을 통해 보조건물 및 복합건물 하부에 설치되어 있는 기기폐액 및 바닥폐액 집수조에 수집되도록 설계된다. 기기폐액 및 바닥배수 집수조에 수집된 방사성폐액은 액체방사성폐기물 관리계통에서 처리되어 환경으로 배출된다. 방사성유체를 취급하는 배관은 가능한 한 내부식성 재질인 스테인레스강을 사용하여 부식으로 인한 방사성액체의 누설을 방지할 수 있도록 설계되며, 1차계통의 밸브 및 펌프 등에서 누설되는 원자로냉각재는 배수관을 연결하여 보조건물에 설치된 기기배수탱크에 수집되도록 설계한다.

보조건물 및 복합건물에서 옥외 탱크로 연결되는 방사성배관은 배관 터널을 통해 배치되도록 설계하며, 옥외 배관 터널내에서 누설된 방사성액체는 보조건물 또는 복합건물의 바닥배수 집수조에 수집된 후 액체폐기물관리계통에서 처리될 수 있도록 설계된다.

방사선구역의 콘크리트 벽과 바닥은 오염의 확산을 방지하고 시설물의 제염이 용이하도록, 표면이 매끄러운 에폭시 도장으로 보호한다. 또한 오염된 유체의 누설이 가능한 위치에는 연석(Curb)를 설치하여 오염물질의 확산을 방지한다. 그림 5-4에 연석(Curb) 설계예시를 제시하였다.

### 5.1.3 운영중 방사성폐기물 발생 최소화 설계특성

#### 5.1.3.1 공기중방사능오염 확산을 방지하기 위한 설계

환기계통은 오염확산을 최소화하기 위해, 풍량 조절을 통한 격실별로 적절한 차압이 유지되도록 설계함으로써 저방사선구역에서 고방사선구역으로 공기가 흐르도록 설계한다. 그림 5-5에 공기조화계통 배기 설계기준 도면 예시를 제시하였다. 또한 오염확산을 최소화하기 위하여 다음과 같은 설비를 갖춘다.

##### 5.1.3.1.1 기기누설물 수집용기

기기 유지보수나 교체시 계통에서 분리된 방사성 기기 및 배관으로부터 누설물을 수집하고 방사성 입자 핵종이 공기나 불활성기체 또는 방사성요오드 핵종과 같은 휘발성 핵종과 같이 부유되는 것을 방지하기 위하여 기기 누설물 수집용기를 사용한다. | 1

#### 5.1.3.1.2 글로브 백

밀폐지역에서 밸브 정비와 같은 유지보수작업을 수행할 경우에는 글로브 백을 사용하여 방사성물질의 공기중 확산을 방지한다. | 1

#### 5.1.3.1.3 천막

밀폐된 공간에서 대형 기기의 연삭 및 유지보수작업을 할 경우에는 천막을 사용한다. 이 천막 안에는 환기시설 및 소용량의 방사성기기공작시설을 갖춘다. | 1

#### 5.1.3.1.4 방사성기기 공작실

방사성기기 및 오염된 기기에 대한 정비 작업은 방사성기기 정비 공작실에서 작업을 수행함으로써 공기중방사성물질이 다른 격실로 확산되는 것을 방지한다. | 1

#### 5.1.3.1.5 루프밀봉

바닥배수계통은 오염된 공기가 바닥배수계통을 통하여 다른 지역이나 위/아래층으로 확산되지 않도록 물이 채워진 루프밀봉 설계를 한다. | 1

#### 5.1.3.2 방사성폐액 분리수집 및 처리 설계

방사성폐액은 그 특성에 따라 기기배수, 바닥배수 및 화학폐액배수 등으로 분리하여 수집하며, 수집된 폐액은 폐기물의 종류에 따라 최초 수집 배수조 또는 탱크로의 선택 유로를 통해 분리된다. 이러한 설계특성으로 인해 폐기물 종류별로 좀 더 효율적인 처리가 가능하도록 하며, 결과적으로 고체방사성폐기물 발생량을 감소시킬 수 있다. 그림 5-6에 방사성배수 집수조 도면 예시를 제시하였다. | 1 | 2

#### 5.1.3.3 세척 가능 설계

화학 및 체적제어계통, 정지냉각계통, 액체방사성폐기물계통, 각종 펌프, 여과기 및 탈염기 등과 같이 방사성물질의 축적 가능성이 있는 계통 및 기기에는, 잠재적인 고방사성입자의 침적을 제거하기 위한 세척용 설비를 설치한다. 이들 계통 및 기기에 대한 정비작업 수행 전에 물세척 또는 화학제염을 실시하여 방사성물질을 제거함으로써, 종사자 피폭선량을 감소시킴과 동시에 장기적인 방사성물질의 누적을 방지하여 해체를 용이하게 한 | 1

다. 그림 5-7에 세척 연결배관 도면 예시를 제시하였다.

#### 5.1.3.4 방사성크러드 축적 방지설계

1

배수배관은 방사성크러드의 축적을 방지하기 위해 정체 없이 중력에 의한 유동이 될 수 있도록 경사지게 배치한다. 그림 5-8에 배관경사 설계도면 예시를 제시하였다.

#### 5.1.3.5 자재선정

원자로냉각재 계통에 설치되는 기기에 존재하는 안티몬 및 코발트는 방사화부식생성물 발생의 주된 원인이 될 수 있으므로 이의 함량을 최소화하도록 설계함으로써 운영중 방사성폐기물 발생량을 최소화시키도록 한다(참고문헌 1, 2).

1

#### 5.1.3.6 운전 절차서 구비

1

시운전 및 정상운전 중 방사화된 부식생성물의 생성을 감소시키기 위한 1차계통 화학제어 지침이 명시되어 있다.

### 5.1.4 시설배치 최적화 설계특성

#### 5.1.4.1 방사성계통 및 기기배치

비방사성계통은 방사성계통과 분리하여 배치함으로써 오염확산을 방지하고 방사성 유체 및 슬러리를 함유하는 배관이 작업자 이동로로 배치되는 것을 최소화 함으로써 방사성폐기물 발생량을 최소화 하도록 설계된다.

또한 방사성기기는 가능한 한 격실별로 분리하여 배치하며, 방사성 기기는 접근 빈도, 운전특성 및 방사선준위를 고려하여 구분한다. 예를 들면 수지를 함유하는 이온교환기는 펌프 및 밸브와 같은 방사성기기와 분리하여 별도의 격실에 배치한다. 밸브는 밸브 격실에 별도로 배치한다. 방사성기기가 설치된 격실 벽은 인접격실로 부터의 방사성흐름을 최소화하여 해체 작업시 작업자에 대한 방사선피폭이 최소화되도록 차폐된다. 그림 5-3에 방사선 구역도를 제시하였으며, 표 5-1에 정상운영 시 방사선구역 분류 기준을 제시하였다.

1

2

#### 5.1.4.2 배관배치

방사성계통의 배관은 관련 기기를 서로 인접 배치하여 길이를 최소화할 수 있도록 배치함으로써 해체폐기물 발생량이 최소화되도록 설계된다.

#### 5.1.4.3 작업공간

해체 작업시 기기로의 접근 및 작업이 용이하도록 기기 주위 및 이송로에 충분한 작업공간이 확보되도록 설계된다. 즉 해체시 기기를 제거할 경우 기기를 격실에서 끌어내는 작업이 용이하도록 하고 기기 이송을 용이하게 할 수 있도록 충분한 작업공간을 확보한다.

#### 5.1.4.4 대기지역

해체작업 동안 원자로건물의 내외부로 기기 이동시 효율적인 방사선관리 및 대형기기 이동이 용이하도록 원자로건물 장비반입구 및 원자로건물 출입문 외부에 넓은 대기공간을 확보한다.

#### 5.1.4.5 작업자 제염 및 교체 공간

방사선관리구역의 출입통제지역 주변에 작업자 제염 및 교체 공간을 확보한다. 이곳에는 보호용 의류, 호흡기, 샤워실 및 화장실 설비, 옷장 및 오염된 옷을 담아둘 수 있는 용기들이 비치된다.

#### 5.1.4.6 방사선관리구역 접근

해체작업시 오직 한 곳에서만 방사선관리구역으로 접근할 수 있도록 설계하여 관리구역에서 해체 작업을 수행하는 작업자의 방사선피폭을 효율적으로 관리하도록 설계된다.

#### 5.1.4.7 원격조정 장비 설치

고방사선구역 내의 기기 조작 및 핵연료 취급을 보조하기 위해 원격장비를 설치한다.

### 5.2 조치방안

#### 5.2.1 발전소 운영 중 방사성물질의 누설, 방사성오염 및 방사성폐기물 발생 최소화를 위한 조치방안

발전소 운영 중 방사성물질의 누설, 방사성오염 및 방사성폐기물 발생 최소화를 위한 조치방안은 관련 절차에 따라 이행된다. 방사선관리구역 내 방사성폐기물 발생을 최소화하기 위하여 방사선관리구역 안으로 물품 반입 시 포장재, 용기 등과 같이 불필요한 것을 제거한다(참고문헌 5).

방사선관리구역에서 수행되는 방사선 작업 시 발생하는 방사성폐기물을 가능한 최소화하기 위해, 방사선안전을 관리하는 부서는 방사성폐기물 발생이 예상되는 작업에 대해 작업수행 부서와 협의하여 예상 방사성폐기물 발생량을 평가한다. 특히 방사성폐기물 발생량이 일정수준을 초과할 것으로 예상될 때, 방사성폐기물관리 회의체 운영을 통해 예상 방

사성폐기물 발생량 평가결과의 적절성 및 저감대책을 심의 후 작업을 수행한다(참고문헌 4). 작업이 종료된 후, 실제 방사성폐기물 발생량이 예상 발생량을 초과했을 경우에는 회의체 운영을 통해 문제점을 검토하고, 향후 작업 시 적용할 방사성폐기물 저감방안 등을 도출한다. 방사성폐기물 발생량을 저감하기 위한 검토 대상으로는 비닐류, 먼류, 종이류, 철재류, 플라스틱류 및 콘크리트 등이 있다(참고문헌 5).

파도현상이나 사고 발생으로 고방사능의 냉각재가 원자로건물 외부에 위치한 계통으로부터 누설되는 것을 방지 또는 최소화하기 위해, 다음과 같은 계통에 대해 주기적으로 육안 점검 및 누설시험을 수행한다(참고문헌 6).

- 가. 정지냉각계통
- 나. 안전주입계통
- 다. 화학 및 체적제어계통
- 라. 원자로건물 살수계통
- 마. 일차 시료채취 계통

복합건물 트럭베이 출입구 앞 등의 지역에 대해 표면오염도를 측정하고, 오/폐수처리계통 부산물(슬러지, 여재, 활성탄, 폐자재류 등)의 시료를 채취하여 방사성 오염여부를 확인하고 있다. 특히 다음과 같은 비방사성계통에서 시료를 채취하여 삼중수소 등의 방사능을 분석한다.

- 가. 터빈 남쪽/북쪽 집수조
- 나. 복수탈염계통 집수조
- 다. 폐수처리계통 방류조
- 라. 오수처리계통 방류조
- 마. 우수배수로

오염 시 원인 규명과 조치, 오염의 확산방지 및 제염을 통하여 비방사성계통을 통해 방사성 물질이 누설되는 것을 방지한다(참고문헌 7). 지하수 집수조에서 주기적으로 시료를 채취하여 감마방사능 및 삼중수소에 대한 방사능 분석을 통해 부지 내 지하수 방사능을 감시하고, 배출 방사능량 평가를 통해 방사선에 의한 환경 및 주민영향을 최소화한다(참고문헌 7).

## 5.2.2 주요 기록사항 관리

### 5.2.2.1 건설·설계에 관한 주요 기록사항 관리

원자력안전법 시행규칙 별표 7에 근거하여 발전용원자로의 건설허가를 받은 자가 기록·비치하여야 할 기록사항 중 해체에 영향을 미칠 수 있는 건설·설계에 관한 주요 기록사

항들은 아래와 같다.

- 가. 원자로시설의 위치
- 나. 원자로시설의 구조 및 설비
- 다. 원자로시설의 용력분석 등 안전성을 증명하는 기술자료
- 라. 원자력안전법 시행령 제27조 제1항에 따른 사용전검사의 결과

위의 기록사항들은 원자로시설을 해체할 때까지 보존되어야 하며, 한수원(주)의 “신고리 5,6호기 건설에 관한 품질보증계획서(참고문헌 8)”, “건설 품질보증기록관리 품질보증절차서(참고문헌 9)” 및 신고리 5,6호기 건설 사업에 참여하는 각 계약자의 품질보증계획서의 품질보증기록 요건에 따라 각각 품질보증기록으로 보존 및 관리된다.

1

### 5.3 참고문헌

1. “해체용이성 및 선행호기 대비 설계개선 보고서(신고리 5, 6호기)”, 한수원(주), 2012.
2. “신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서” (1차개정), 한수원(주), 2013.
3. “신고리 5,6호기 건설에 관한 품질보증계획서” (개정번호 2), 한수원(주), 2013.
4. 품질 17-2001, “건설 품질보증기록관리” 품질보증절차서 (개정번호 0), 한수원(주), 2013.
5. 표준방사-8620, “중·저준위 방사성폐기물 관리” 표준절차서 (2차개정), 한수원(주), 2015.
6. 운영절차서 기행-3317, “원자로건물 외부의 원자로냉각재 누설원 관리계획서” (1차개정), 한수원(주), 2014.
7. 운영절차서 방사선-8690, “비방사성계통, 지역 점검 및 방사능 오염 시 조치” (3차개정), 한수원(주), 2014.
8. “신고리 5,6호기 건설에 관한 품질보증계획서” (개정번호 2), 한수원(주), 2013.
9. 품질 17-2001, “건설 품질보증기록관리” 품질보증절차서 (개정번호 0), 한수원(주), 2013.

1

신고리 5,6호기 예비해체계획서

표 5-1

정상운영 시 방사선구역 분류 기준

구역 분류	설계 선량률 (mSv/hr)	구역 설명
1	$DR \leq 0.001$	비통제, 비제한 출입
2	$0.001 < DR \leq 0.01$	통제, 제한출입, 40시간/주
3	$0.01 < DR \leq 0.05$	통제, 제한출입, 8~40시간/주
4	$0.05 < DR \leq 0.2$	통제, 제한출입, 2~8 시간/주
5	$0.2 < DR \leq 1$	통제, 제한출입, 20분~2시간/주
6	$1 < DR \leq 10$	통제, 방사선방호작업자만 출입가능
7	$10 < DR \leq 5,000$	통제, 방사선방호작업자만 출입가능
8	$DR > 5,000$	통제, 방사선방호작업자만 출입가능

Note) DR : Dose Rate

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

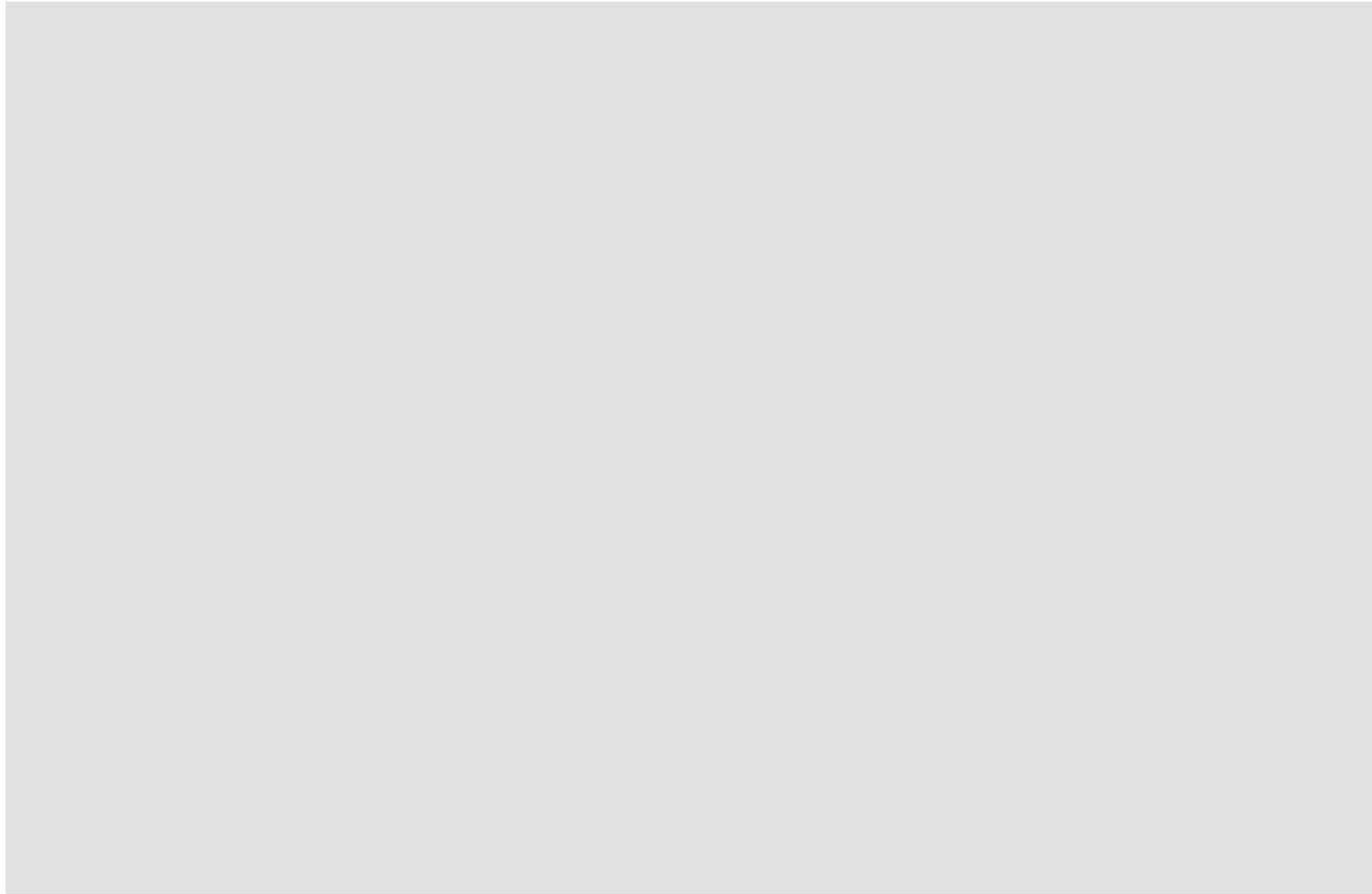


그림 5-1 기기 제거를 위한 이동경로 설계 예시

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

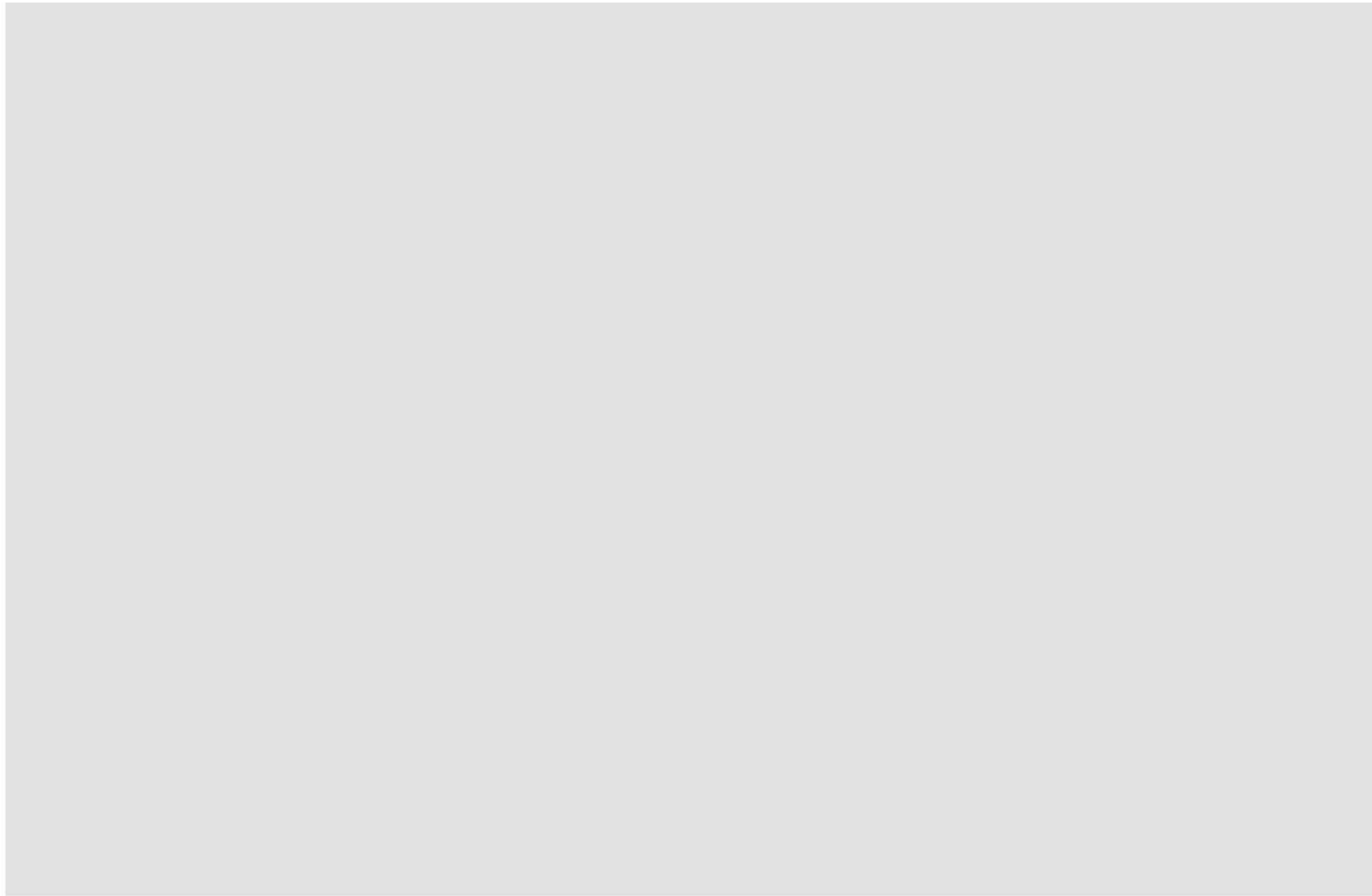


그림 5-2 천정 크레인, 장비 반입구 및 원자로건물 출입구 설계 예시

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

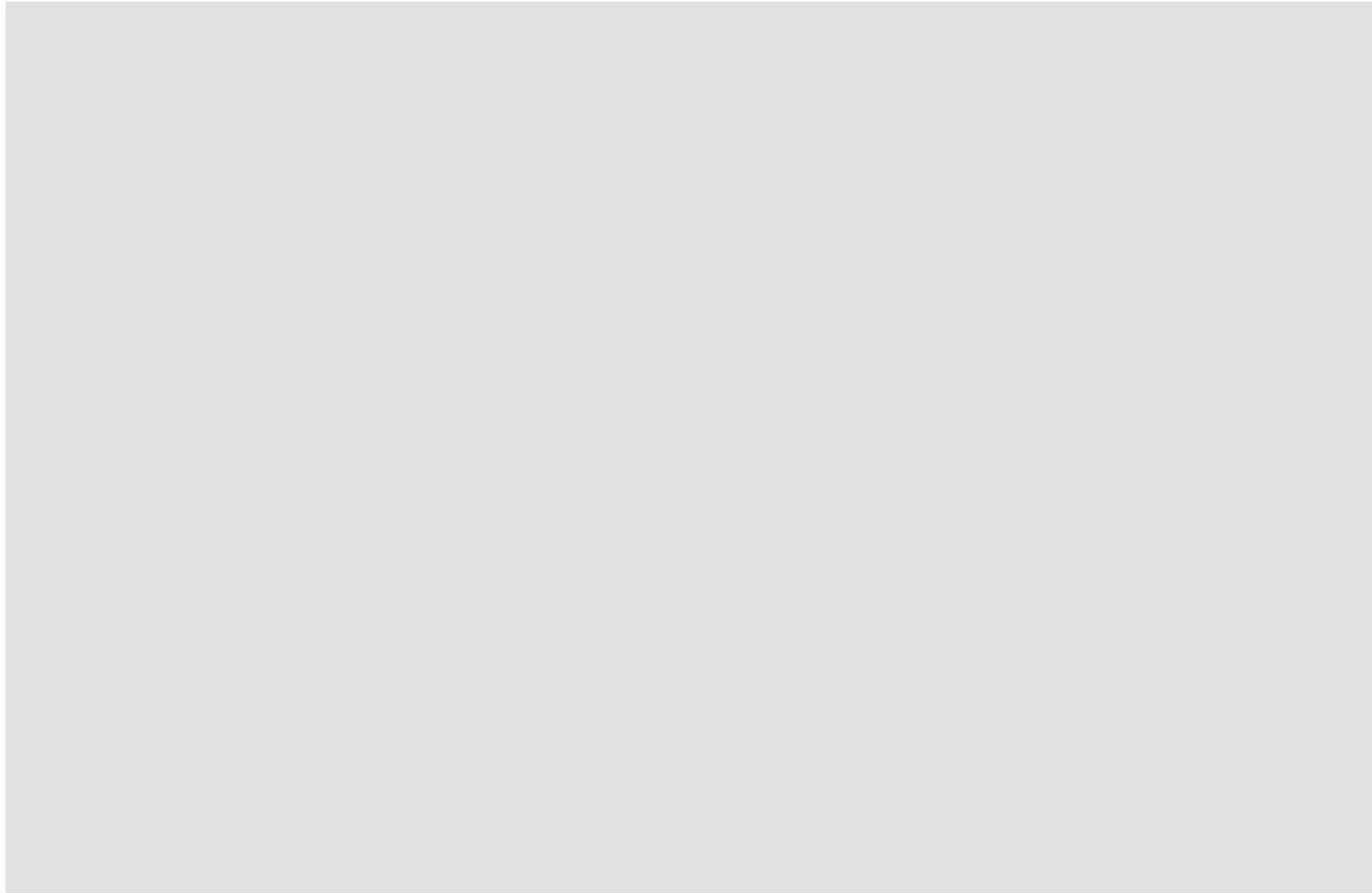


그림 5-3 방사선 구역도 예시

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

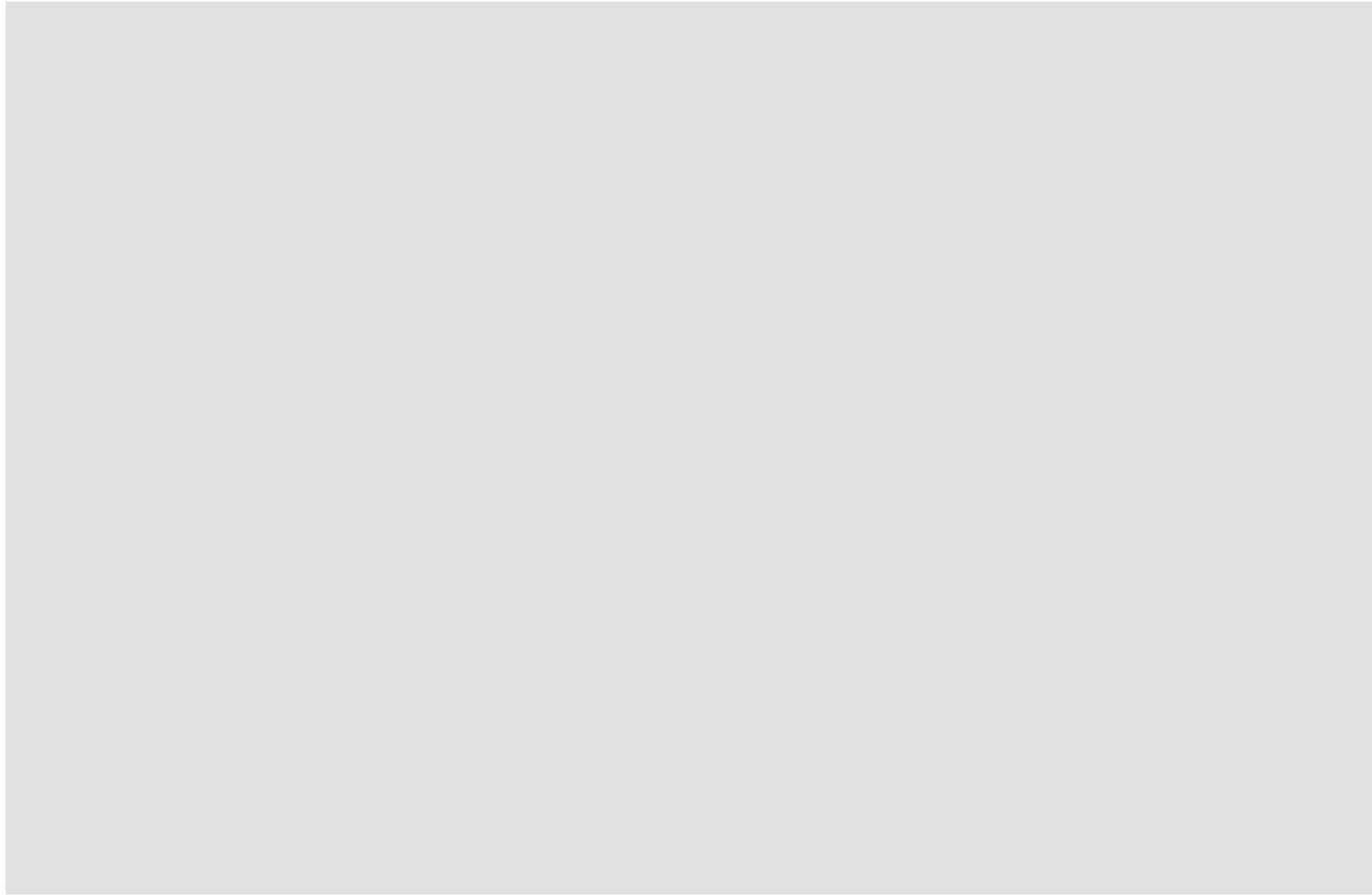


그림 5-4 연석(Curb) 설계 예시

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

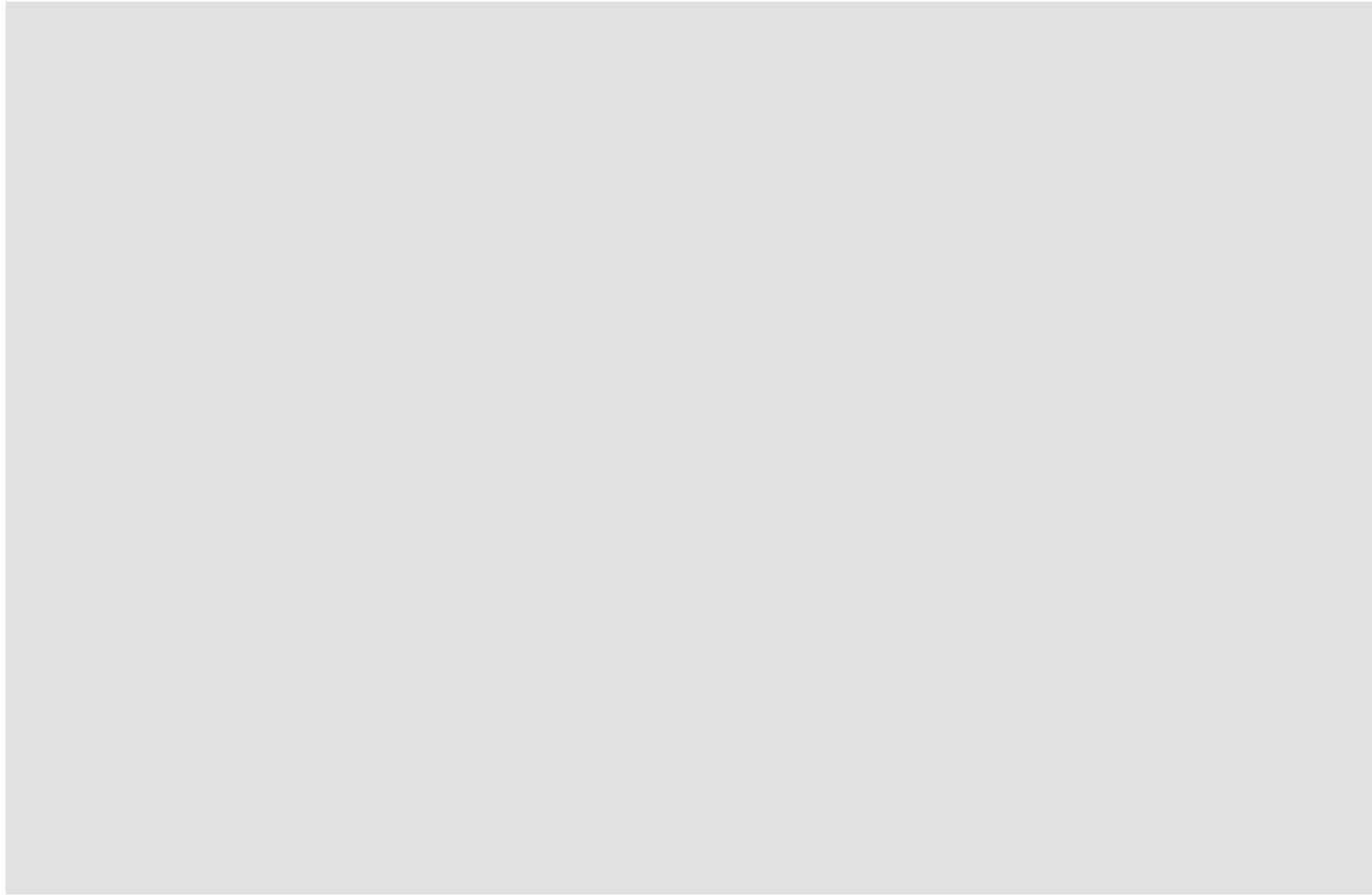


그림 5-5 공기조화계통 배기 설계기준 도면 예시

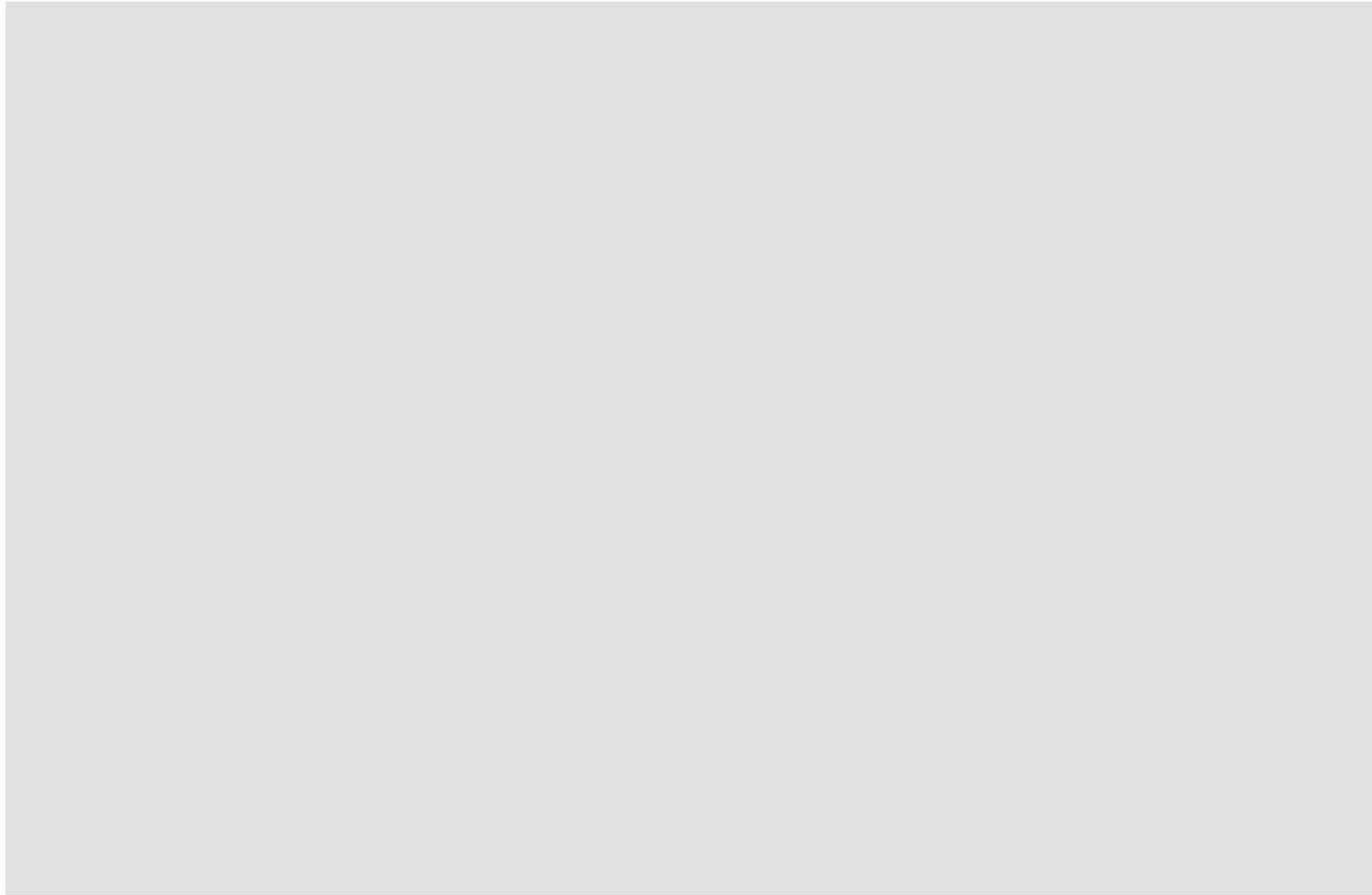


그림 5-6 방사성배수 집수조 도면 예시

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

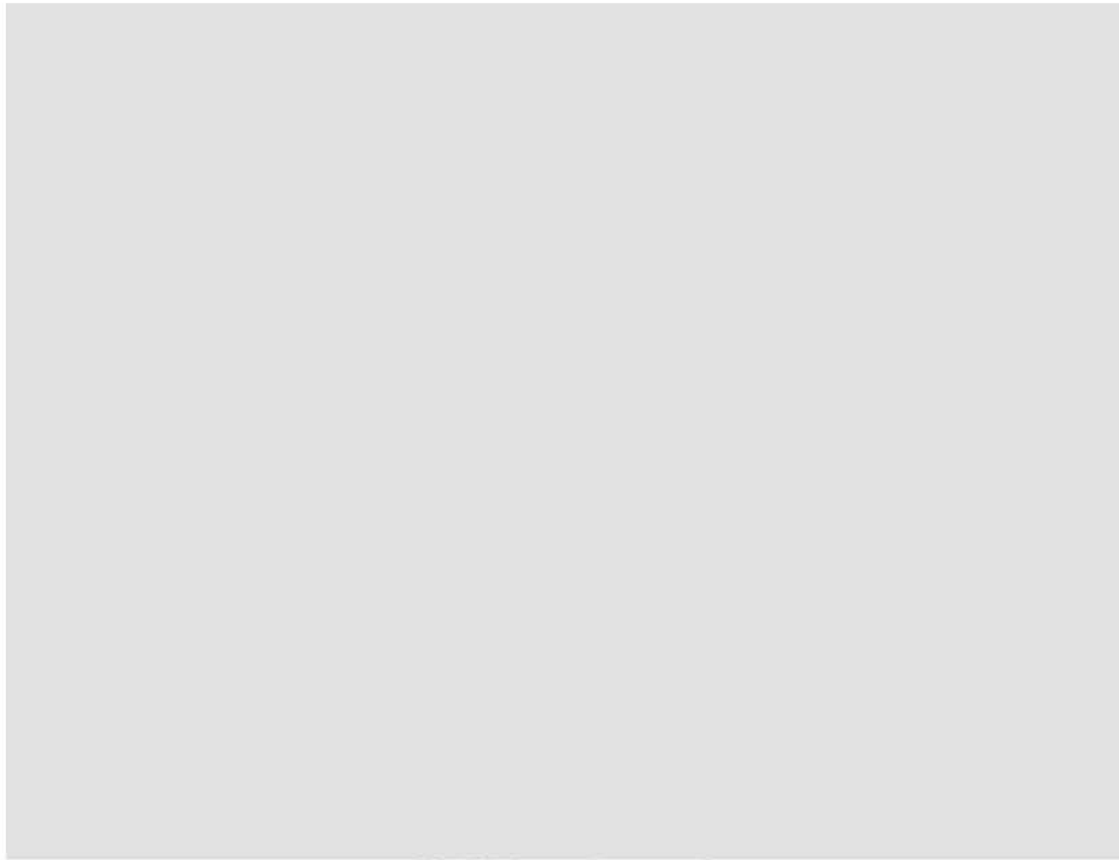


그림 5-7 세척 연결배관 도면 예시

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

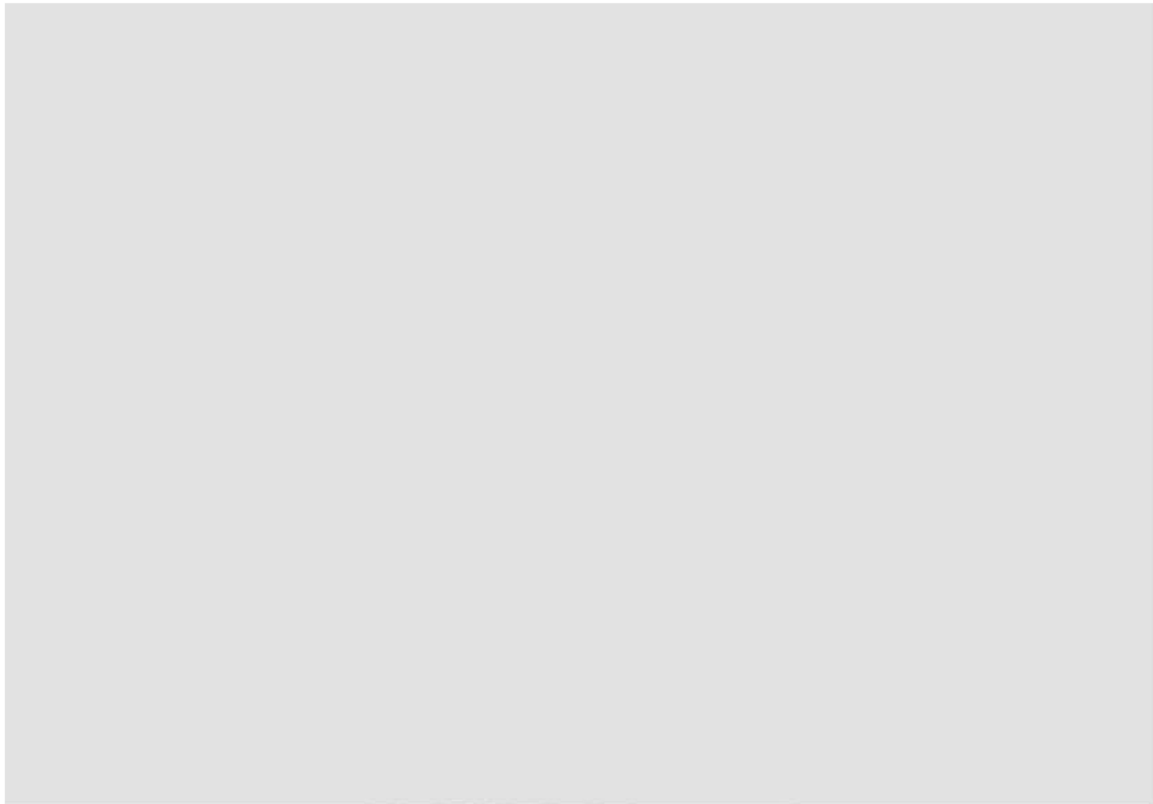


그림 5-8 배관정사 설계도면 예시

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

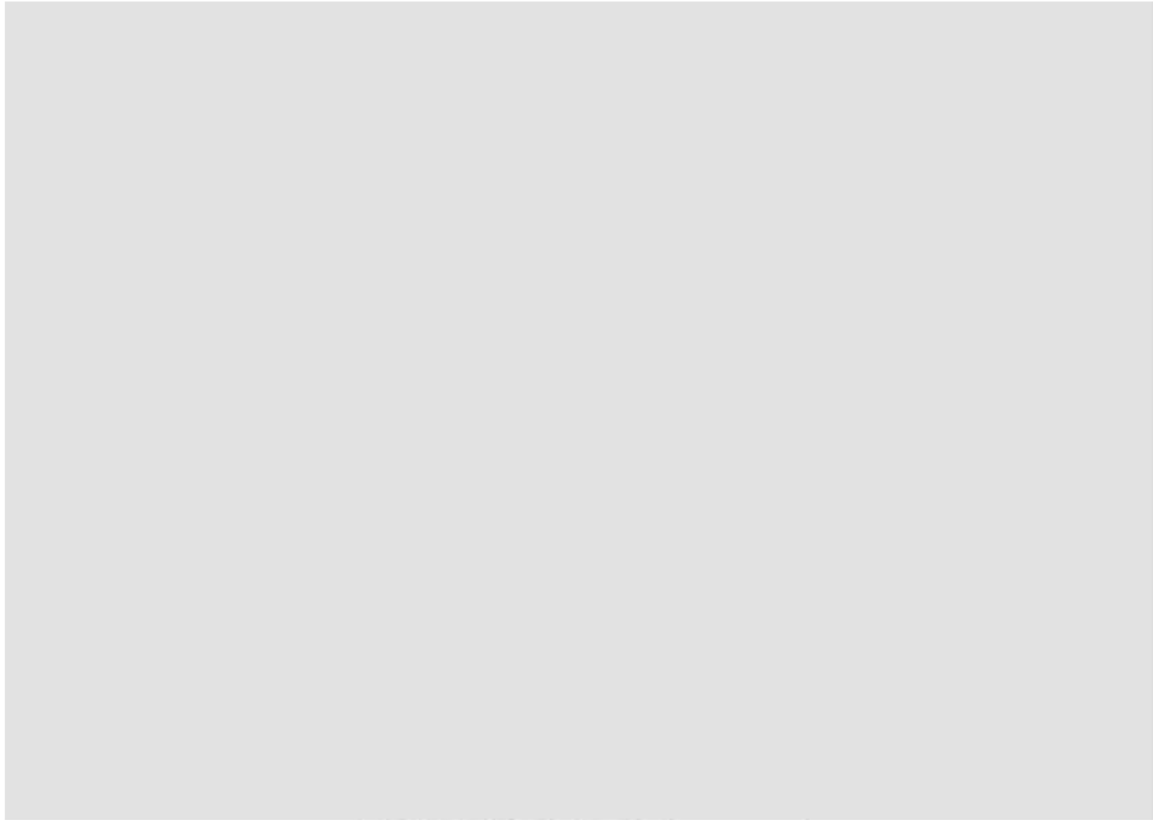


그림 5-9 Gas Stripper Skid 예시

## 6 안전성평가

### 6.1 방사선위험도 평가

이 절에서는 신고리 5,6호기 해체 작업에 따른 주변주민 및 종사자의 방사선 위험도를 평가하기 위한 안전성 평가 방법론에 대하여 기술한다. 방사선위험도 평가는 환경으로 잠재적 방사성 방출로 인한 주변주민의 방사선 피폭뿐만 아니라 직업상 방사선 피폭에 대한 영향을 포함한다. 이러한 평가는 주변주민에 대한 방사선위험도 평가와 해체 종사자에 대한 방사선위험도 평가로 구분한다.

해체 기간 동안 주변주민 및 종사자에 대한 방사선 피폭의 가능성을 확인하기 위해서는 방사선 피폭 가능성이 있는 해체 작업에 대해 방사선위험도를 평가한다.

절단작업 등으로 인해 공기 중으로 방사성 오염이 확산될 수 있으며, 제염 및 해체 작업으로 인해 환경으로 방출되는 방사성 물질을 예측하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

- 가. 방사성핵종, 방사성 오염도 또는 방사선량률 등 방사선학적 정보
- 나. 방사성핵종의 누설 또는 방출률 등에 대한 정보
- 다. 제염 인자 등

#### 6.1.1 종사자에 대한 피폭

해체 활동 중 종사자에 대한 피폭방사선량은 해체 전략, 선택된 기술 및 해체 활동 등에 따라 달라진다. 종사자에 대한 방사선피폭은 공기 중 방사성물질의 인체 내부유입에 의한 내부피폭과 구조물, 계통 및 기기 등의 방사성물질에서 발생하는 방사선에 의한 외부피폭 등에 의해 발생한다. 이 경우 종사자의 선량평가는 운영원전과 동일하게, 개인중심(Individual-related)으로 개인선량계를 종사자에게 지급하여 평가한다.

내부피폭이 예상되는 경우 종사자는 개인 호흡 방호장비 등을 착용하기 때문에, 공기 중 방사성물질의 흡입에 의한 내부피폭은 최소화 또는 방지될 수 있다. 따라서 해체 활동 동안 종사자에게 가장 큰 영향을 미치는 방사선피폭은 구조물, 계통 및 기기 등의 방사성 물질로부터 발생하는 방사선으로 인한 외부피폭이다. 종사자에 대한 피폭방사선량은 해체 원전 내 방사선준위와 작업시간 등을 고려하여 예측되나, 잔류 방사선 오염의 정도 또는 해체작업에서 발생하는 방사성폐기물 양 등에 따라 달라진다.

#### 6.1.2 주변주민에 대한 피폭

원전해체 과정에서 주변주민에 대한 방사선피폭은 정상적인 해체 활동에서 방출되는 기

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

체 및 액체 방사성핵종의 배출에 의한 피폭이 대부분이다. 배출된 방사성물질이 전량 주변주민에게 전달되어 피폭을 일으킨다는 선원중심(Source-related)의 피폭경로(Exposure Pathway)를 고려하여, 계산에 의한 평가를 수행한다. 이러한 선량평가는 운영원전의 주변주민 피폭방사선량 평가와 동일하게 수행된다. 주변주민에 대한 방사선피폭 경로는 방사성물질의 흡입, 외부피폭, 오염된 음식물 섭취 등을 고려한다(참고문헌 1).

제염 및 해체 작업이 수행되는 동안 기체 및 액체폐기물 처리설비를 사용하여, 기체 및 액체 방출로 인한 주변주민의 피폭을 낮은 수준으로 유지한다. 해체 활동으로 인해 주변주민의 방사선량에 영향을 줄 것으로 예상되는 방사성폐기물의 방출은 다음과 같다.

가. 제염 공정 중 발생된 액체 방사성폐기물

나. 기기/장비 또는 구조물의 절단(예, 기계 절단, 플라즈마 절단, 액압 절단 등) 중 오염된 기체입자

해체 활동 동안 방사능 방출은 사용기술과 철거대상 물질 또는 절단 환경(공기/수중 등)에 따라 달라진다. 제염 작업으로 인한 방출은 제염제, 표면 및 오염의 형태 또는 오염물질의 구성에 따라 달라진다. 또한, 해체 활동이 이루어지는 동안 방사능 방출과 오염의 확산을 최소화하는 기술과 대책을 수립하여 운영한다.

해체 활동에 대한 환경영향 평가 결과는 주변주민에 대한 피폭방사선량이 선량한도 이내에 있는지를 보증하는데 이용된다. 또한, 외부 및 내부 피폭방사선량을 산출하기 위한 해체 활동 중, 방사능 방출 양에 근거한 방사선량 평가는 정상 또는 사고 조건에서 대표인(Representative Individual)의 피폭경로를 고려한 전산 프로그램 또는 모델을 사용하여 수행된다. 이에 대한 세부사항은 10.3 주변주민에 대한 영향에서 기술한다.

## 6.2 위해도 평가

### 6.2.1 개요

원전해체에 따른 위해도 평가는 방사선학적 및 비방사선학적 위해도에 대하여 각각의 위해요소를 상세하게 조사하고, 이러한 위해요소의 진행 시나리오를 분석하여 해체활동 종사자(이하 종사자)와 주변주민에 미치는 영향을 평가하는 것이다.

위해도 평가결과는 해체활동 동안 방사선 피폭을 허용 준위 이내로 저감시키는 조치, 비정상 사건·사고(Events and Incidents) 방지, 종사자와 주변주민 보호 및 이들에게 미치는 영향의 완화에 활용된다(참고문헌 2).

### 6.2.2 주요 위해요소

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

해체활동으로 인하여 존재하거나 발생할 가능성이 있는 주요 위해요소들은 다음과 같이 분류된다(참고문헌 3). 이들 위해에 대한 평가는 영향의 정도 등을 고려하여 우선순위를 정하여 수행한다.

- 가. 방사선학적 위해
- 나. 화재/폭발 위해
- 다. 전기적 위해
- 라. 비전리방사선 위해
- 마. 화학/유독(Toxic) 물질 위해
- 바. 물리적 위해
- 사. 작업환경 위해
- 아. 사람/조직 위해
- 자. 외부 위해
- 차. 기타 위해 등

### 6.2.3 평가방법 및 절차

6.2.2 절에 기술된 모든 주요 위해요소들을 조사하고, 이들 중 정상 해체활동과 비정상 사건·사고 상황에서 수반되는 평가대상 위해요소들을 선별한다. 이를 토대로 정상 해체활동과 비정상 사건·사고 상황이 종사자와 주변주민에게 미치는 영향에 대하여 개념적 모델, 수학적 모델 및 전산코드 등을 이용하여 정성적 및 정량적으로 위해도를 평가한다(참고문헌 3). 이때 방사선량률, 방사능 재고량 및 적용된 해체 수단 등의 실제 상태가 반영된다. 위해도에 관한 평가는 아래 순서로 수행한다(참고문헌 3).

- 가. 6.2.2 절에 기술된 모든 위해요소들을 식별한다(목록화 등).
- 나. 체크리스트, 선별분석 및 전문가 판단 등을 통하여 모든 위해요소로부터 평가대상 위해요소를 선별한다.
- 다. 정상 해체활동과 비정상 사건·사고 상황의 시나리오를 확인한다.
- 라. 정상 해체활동과 비정상 사건·사고 시나리오가 종사자와 주변주민에 미치는 방사선학적 영향을 정량화한다.
- 마. 계획된 해체활동 동안 허용 준위까지 방사선 피폭을 감소시키는데 필요한 제한치 및 조건 등을 확인한다.
- 바. 사건·사고를 방지하고 비정상 사건·사고 시나리오로부터 종사자와 주변주민을 보호하고 그 영향을 완화하기 위한 추가 목표치를 설정하고 대책을 수립한다.
- 사. 결과(선량 및/또는 위험도)를 계산한다.

### 6.3 참고문헌

1. “신고리 5, 6호기 건설사업 방사선환경영향평가서”, 한수원(주), 2012.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

2. Safety Reports Series No.45 “Standard Format and Content for Safety Related Decommissioning Documents”, IAEA, 2005.
3. Safety Reports Series No.77 “Safety Assessment for Decommissioning”, IAEA, 2013.



## 7 방사선방호

### 7.1 방사선량의 ALARA 유지

원전 해체에 따른 종사자의 내·외부 피폭방사선량을 선량한도 이내로 유지하고, 합리적으로 달성 가능한 한 낮게(ALARA: As Low As Reasonably Achievable) 유지함을 보장하기 위하여 고려되는 방사선방호 수단에 대하여 기술한다. 원전 해체과정의 방사선방호와 ALARA 원칙 등은 원전 운영단계에서 적용된 원칙에 따라 적용된다.

해체 시 고려되는 방사선방호 수단은 배관 및 기기에서 방출되는 방사선을 충분히 감소할 수 있도록 설계된 임시 차폐체 설치, 해체 작업으로 인해 발생된 방사성폐기물을 차폐된 장소에 격리하거나, 저장용기에 보관, 원격 조작기기 및 자동장비 사용, 공기 중 방사성물질의 생성 가능성이 있는 장소에 환기설비 설치, 방사선감시 계통 설치, 피폭방사선량 저감을 위한 방사선방호 프로그램의 이행 등을 통해 달성된다(참고문헌 1, 2).

해체 시 방사선방호를 위하여 운영 원전의 장비 또는 설비 등을 최대한 활용한다. 이러한 장비 또는 설비 등이 최종적으로 철거되는 경우에는 동일한 성능의 임시 장비 또는 설비 등을 사용하여 해체 종사자의 피폭방사선량을 ALARA로 유지한다.

원전 해체와 관련된 방사선방호 정책은 원자력안전법에서 요구하는 규정을 준수하며, 종사자의 피폭방사선량을 ALARA로 유지하는 것이다. 이러한 ALARA 정책은 종사자의 개인 피폭방사선량 뿐만 아니라 집단선량(person·Sv)에도 적용된다(참고문헌 1, 2).

방사선방호 계획에는 원자력안전법령 이외에도, 원전 설계기준인 미국 규제지침서 8.8 및 8.10을 참조한다(참고문헌 3, 4). 종사자 피폭방사선량을 선량한도 이내에서 ALARA로 유지하기 위하여, 방사선 안전관련 절차서를 개발하고, 계속하여 검토·보완한다(참고문헌 1, 2). 이 절차서에는 국내/외 해체 발전소로부터 얻은 경험이 반영되며, 또한 종사자의 방사선방호 최적화를 위해 해체 중 제기된 개선사항 등이 절차서 개정 시 지속적으로 반영된다.

방사선관리구역 내에서 수행하는 해체 활동에 대해 방사선작업 허가서가 작업 전에 발행된다. 이 방사선작업 허가서에는 방사선관리구역에서 작업하는 종사자가 준수하여야 할 방사선방호 요건이 부과된다.

해체 작업 전, 회의체 운영을 통해 예상 피폭방사선량 또는 작업장의 예상 공기 중 방사능 농도 등에 따라 피폭 최소화 조치에 대하여 사전 점검한다. 작업 후 실제 피폭방사선량이 예상치와 현저한 차이가 발생했을 경우에도 회의체 운영을 통해 문제점을 도출하고, 향후 작업 시 적용할 피폭 최소화 방안 등을 검토하여 결정한다(참고문헌 2, 5).

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

신고리 5,6호기는 설계 시부터 해체를 고려하여 구조물, 계통 및 기기를 설계하고 배치하므로 해체작업 시 작업장 내 방사선 피폭을 줄이는 데 효과적이다(참고문헌 5). 해체 용이성을 위한 설계특성은 5장에 상세히 기술되어 있다.

### 7.2 방사선방호 계획

#### 7.2.1 목적과 내용

해체 시 방사선방호 계획의 목적은 다음과 같다.

- 가. 종사자의 피폭방사선량이 선량한도 이내에 있으며, 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 유지(ALARA)되고 있음을 보증한다.
- 나. 종사자가 방사선 방호에 관련된 모든 절차 및 요구사항을 따르고 있음을 보증한다.
- 다. 해체 방사성폐기물 배출은 관련 법령의 제한치 이내에 있음을 보증한다.
- 라. 이러한 방사선방호 목적을 달성하기 위해 요구되는 세부 절차 등은 해체사업소의 조직이 발족된 이후 따로 정한다.

#### 7.2.2 조직 및 기능

방사선방호 계획의 수립 및 시행을 위하여 필요한 조직을 구성한다(참고문헌 2). 방사선 안전을 관리하는 부서장은 방사선방호 계획을 수립 및 관리할 책임이 있으며, 종사자의 피폭방사선량이 ALARA로 유지될 수 있도록 방사선방호와 관련된 절차서를 개발하여 운영한다. 방사선안전을 관리하는 직원은 종사자의 피폭방사선량 최소화를 위하여 방사선 작업계획 이행 및 방사선작업 안전관리 업무를 담당한다.

#### 7.2.3 방사선관리구역

해체 작업 전 예상 방사선량률( $\text{mSv/hr}$ )에 따라 방사선관리구역을 설정한다. 방사선관리구역은 방호조치를 취해야 하거나, 취해야 할 우려가 있을 만큼의 방사성 물질이 있는 모든 지역을 포함한다.

방사선관리구역의 정상적인 출입은 출입관리 통제소를 통해 이루어지며, 방사선안전을 관리하는 직원에 의해 통제된다. 출입관리 통제소가 아닌 장소를 통해 비인가자의 출입을 방지하기 위하여 잠금장치 등을 설치한다.

방사선관리구역을 떠나는 모든 사람들이 스스로 방사성 오염 검사를 할 수 있도록 출입관리 통제소 출구지점에 휴대용 방사선계측기를 비치하거나, 전신오염감시기를 설치한다.

방사선관리구역을 출입하는 종사자에게는 개인선량계를 지급한다. 방사선작업허가서에는

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

작업 구역의 방사선량률 및 공기 중 농도 등을 표기하며, 필요한 방사선방호용품을 지정하고 허용 작업 시간을 명시한다.

### 7.2.4 방사선방호 교육

종사자는 원자력안전법에 따라 방사선방호 교육을 이수한다. 단위 해체작업에 특화된 방사선방호 교육이나 훈련에 대한 프로그램을 개발하고, 필요한 종사자에 대해 교육하거나 훈련을 실시한다. 이러한 별도의 교육이나 훈련은 방사선에 노출될 수 있는 종사자가 직무를 안전하게 수행할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

### 7.3 참고문헌

1. “신고리 3,4호기 최종안전성분석보고서” (1차개정), 한수원(주), 2015.
2. “신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서” (1차개정), 한수원(주), 2013.
3. Regulatory Guide 8.8, “Information Relevant to Ensuring that Occupational Radiation Exposures at Nuclear Power Stations will be as low as is Reasonably Achievable” (Revision 3), U.S. NRC, 1978.
4. Regulatory Guide 8.10, “Operating Philosophy for Maintaining Occupational Radiation Exposures as Low as is Reasonably Achievable” (Revision 1-R), U.S.NRC, 1977.
5. “해체용이성 및 선행호기 대비 설계개선보고서(신고리 5,6호기)”, 한수원(주), 2012.

## 8 제염해체 활동

### 8.1 제염 활동

#### 8.1.1 제염 기술

제염은 방사성 물질로 오염된 각종 계통 및 구성품, 부지를 화학적, 기계적인 방법 등을 이용하여 방사성물질의 농도를 안전한 수준으로 감소시켜, 계통·기기의 처리·처분을 용이하게 하고, 방사선 피폭을 낮게 유지하도록 제거하는 것을 말한다. 일차계통 주요 설비와 배관, 펌프 및 각종 탱크류, 콘크리트, 토양 등 방사성 물질에 오염된 시설과 부지를 제염 대상으로 한다. 원전해체 과정 중의 제염은 해체 종사자의 피폭저감, 설비·금속의 재활용, 최종처분 대상 방사성폐기물의 감량 및 부지와 설비 복원 등을 위해 수행한다.

제염 기술은 원전 운영 중 또는 해체 시에 모두 적용될 수 있다. 운영 중의 제염 기술은 발전소 운영설비의 건전성을 유지하는 범위 내에서, 가능한 높은 제염계수를 달성하는 수준에서 적용된다. 반면, 해체 시의 제염 기술은 운영설비의 건전성보다는 제염 공정의 적용이 가능한 범위에서, 가능한 많은 양의 방사성 물질을 제거함으로써 해체작업이 진행 가능한 수준, 또는 설비나 금속을 재활용 가능한 수준까지 감소시키는데 있다. 따라서 운영 중에 적용되는 제염 기술에 비해 해체 시에는 다양한 제염기술 선택이 가능하다.

제염 기술은 적용 방법에 따라 크게 전기적, 기계적 및 화학적 제염으로 구분될 수 있다(참고문헌 1). 전기적 제염에는 전해연마(양극) 방법과 전해세척(음극) 방법이 있으며, 기계적 제염은 손이나 기계를 이용하여 분사세척(Hydrolazing 또는 Jet Cleaning 등), 연마(Abrasive Blasting), 초음파(Ultrasonic) 및 문지름(Scrubbing) 방법 등이 있다. 화학적 제염은 방사성 오염물 자체나 이를 포함한 산화막 매질을 산용해 또는 환원용해하여 제거하는 방법이다.

##### 8.1.1.1 화학적 제염법

화학적 제염법은 기저금속 표면의 오염 산화막과 기저금속 일부를 고농도 또는 저농도의 화학약품을 사용하여 제거하는 기술로서, 기기 내부와 같이 물리적인 접근이 어렵거나 넓은 표면적을 가진 물질 또는 복잡한 형상을 가진 제염 대상에 대해 효과적인 방법이다. 제염 대상에 따라 별도의 화학 약품조에 넣어 제염하거나 스프레이, 젤 등의 방법으로 화학약품을 분사하여 제염할 수 있으며, 원자로냉각재계통 전체 또는 일부에 대해서는 발전소 설비를 최대한 활용하여 폐유로(Closed Circuit)를 구성한 후, 화학약품을 순환시켜 제염한다. 화학약품과의 접촉에 의해 제염 대상으로부터 용해된 방사성 물질들은 필터와 이온교환수지를 활용하여 처리한다.

생성되는 오염 산화막의 특성으로 인해 화학적 제염법은 산화공정, 환원공정으로 이루어

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

진 다단계 공정으로 구성된다. 화학약품에 의해 용해되어 나온 금속이온은 이온교환수지의 교환반응에 의해 최종 처리되며, 이 과정에서 일부 유기산과 같은 화학약품은 재사용 가능한 형태로 재생된다.

화학적 제염법은 배관 내면과 같은 복잡한 형상의 구성품에 대한 적용이 가능하고, 경우에 따라서는  $10^4$  이상의 제염계수 달성이 가능하며, 적절한 약품만 선정되면 거의 모든 종류의 방사성 물질의 제거가 가능하다는 장점을 지닌다. 표 8-1에는 상업적으로 많이 활용되고 있는 화학적 제염법의 특성을 간략히 요약하였다(참고문헌 1).

### 8.1.1.2 전기적 제염법

전기적 제염법은 전기화학적인 반응을 활용하는 방법으로서, 제염 대상을 전해반응조에 담그거나 제염 대상 표면에 전해제염 패드를 부착하는 형태로 적용된다. 전기적 제염법은 처리 시간이 짧고, 제염효과가 아주 높으며 이차폐기물 발생량이 적다는 장점을 지닌다. 전해 제염액의 종류와 운전 조건에 따라 인산 공정, 질산 공정, 황산 공정 및 ELDECON 등으로 분류된다(참고문헌 2).

### 8.1.1.3 기계적 제염법

기계적 제염법은 표면 오염물을 물리적인 충격으로 제거하는 것으로서, 분사세척, 연마 및 초음파, 문지름 방법 등으로 구분된다. 이 기계적 제염법은 화학적 제염법과 연계하여 활용되기도 하며, 이 경우 화학약품은 오염물의 박리를 용이하도록 하는 역할을 한다. 최근에는 제염 작업자의 방사선 피폭을 최소화하기 위하여 자동화·원격화 설비에 의한 기계적 제염법 적용이 증가하는 추세이다(참고문헌 2).

분사세척 방법은  $10^5 \sim 10^8$  Pa의 고압수를 사용하여 분사된 물의 물리적 충격력으로 제염하는 것을 말하며, 접근이 어려운 배관 내면이나 펌프 임펠라, 탱크 벽면 등에 주로 활용된다. 문지름 방법에 비해 종사자 피폭이 적으며 제염 대상의 크기, 형상에 관계없이 간단히 적용할 수 있는 장점을 지니지만, 여타의 기계적 제염법에 비해 폐액 발생량이 많다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 연마제나 화학약품을 혼입하여 적용하기도 한다.

연마 방법은 모래, 유리, 금속 등의 연마제를 초고속으로 분사시켜 그 충격력으로 표면 오염을 제거하는 방법으로서, 강한 연삭력에 의한 큰 제염효과를 기대할 수 있고, 작업하기 용이하며 발생 폐기물량이 적다는 장점 때문에 비교적 활발히 적용되고 있다. 연마 방법은 연마제의 분사매질에 따라 건식 또는 습식 연마로 구분된다. 건식 연마는 공기를 연마제 매질로 사용하는 방법으로서, 방사성 물질의 비산에 대한 별도의 집진대책이 요구되므로 원전에서는 잘 활용되지 않는다. 습식 연마는 연마제를 공기가 아닌 물로 이송하는 방법으로서, 매질의 재활용이 용이하고 방사성 물질의 비산이 최소화되는 장점을 지닌

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

다. 한편 연마제로는 세라믹(예: White Bauxilite 180/220), 유리구슬(예: Aqva Shene 105/210) 또는 연마제의 마모를 최소화하기 위해 강철을 사용하기도 한다. 이외에도 이산화탄소 펠렛 또는 얼음 입자, 스폰지 등이 연마제로 사용되기도 한다.

초음파 방법은 유체 내 초음파로 인해 생성된 기포가 붕괴할 때 발생하는 충격파로 표면 오염을 제거하는 방법이다. 이 과정에서 발생하는 캐비테이션 현상은 물체 표면뿐만 아니라 미세한 구멍, 좁은 틈새 안에서도 발생하므로 복잡한 형상의 부품이나 여타의 기계적 방법으로 제거하기 어려운 오염 물질도 효과적으로 제거할 수 있는 장점을 가진다. 또한 초음파 방법은 화학적 제염법 또는 전기적 제염법의 효과를 높이기 위한 보완적인 방법으로도 활용된다.

### 8.1.1.4 콘크리트 구조물 제염법

콘크리트 구조물의 제염에는 물 또는 거품을 이용한 세척, 브러싱(Brushing), 문지름(Scrubbing) 등의 기술이 적용된다. 이들 제염 기술은 다방면의 적용이 가능하다는 장점이 있는 반면, 인력이 많이 소요되고 제염효과도 높지 않아서 다음 단계의 제염을 위한 전처리 기술로 많이 활용된다. 본격적인 제염은 주로 오염된 콘크리트의 표면을 일정 두께로 깎아내는 스크레이프(Scraper), 표면층에 충격을 가해 일정 부분을 제거하는 콘크리트 파쇄기(Concrete Hammer), 콘크리트 내부 균열을 따라 방사성 물질이 깊숙이 침투했을 경우 콘크리트 코어 드릴(Core Drill) 등을 활용한 기계적인 제염방법을 활용한다(참고 문헌 2).

작은 규모의 오염일 경우 수작업으로 오염 물질 제거도 가능하나, 중장비에 다양한 콘크리트용 톨을 부착하면 넓은 범위의 제염 작업이 가능하다.

### 8.1.1.5 오염부지 제염법

토양은 물의 수직분포, 즉 지하수면의 위치에 의해 불포화대(Unsaturated Zone)와 포화대(Saturated Zone)로 구분될 수 있다. 방사성 물질의 토양층 내의 이동은 지하수면의 위치뿐만 아니라, 공극률(Porosity)과 투수성(Permeability)과 같은 토양의 물리화학적 특성에 의한 영향을 받는다. 이외에도 토양층을 통과하는 오염핵종의 특성, 즉 증기압과 화학적 반응특성에 의해서도 영향을 받는다. 따라서 토양의 제염 방법을 선정하기 위해서는 부지 내 토양층의 특성과 대상 오염핵종에 대한 사전 평가가 필요하다.

토양 제염 방법은 제염작업이 실시되는 위치에 따라 In-situ 제염 기술과 Ex-situ 제염 기술로 나누어지며, 단순히 오염의 확산을 방지하기 위한 오염물질 차폐기술과 오염물질 제거기술로 구분된다(참고문헌 2). In-situ 제염 기술은 오염 토양을 현장에서 직접 처리하는 기술로서, 주변 환경으로 오염물질이 노출될 가능성이 낮은 것이 특징이다. 비용은 Ex-situ 제염 기술에 비해 저렴한 편이나, 현장 토양의 불균질성으로 인해 제거 효율이

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

제한될 수 있다. 이에 비해 Ex-situ 제염 기술은 오염 토양을 굴착하여 이동시켜 처리하는 기술로서 제염 공정의 관리 및 효율 평가가 용이하다. 그러나 굴착과 이동에 많은 비용이 소요되며 굴착과정에서 지반환경을 교란하여 오염의 확산을 유발할 수 있는 단점이 있다.

적용 기술의 관점에서는 오염 핵종의 제거방법에 따라 생물학적, 물리화학적, 열적 기술로 분류될 수 있다. 이 중 열적 기술은 토양을 소각 또는 열분해 처리를 하여 오염 핵종을 분해시키도록 고안된 기술이다. 물리화학적 기술은 추출용매나 증기를 이용하여 추출하거나 전기적 방법에 의해 오염 토양과 오염 핵종을 분리시키는 방법과 화학적 산화·환원법에 의해 분해시키는 방법 등이 있다. 이러한 물리화학적 기술의 처리 효율은 오염 핵종의 물성(증기압과 분배계수, 용해도 등)과 토양의 입도분포, 점토 함량, 양이온교환능력 등의 영향을 받는다. 생물학적 기술은 토양 미생물 활성화나 적정화시켜 유기화합물의 생분해를 촉진시키는 방법으로, 다른 기술에 비해 친환경적이지만, 복원기간이 길고 고농도 오염물에 대해서는 효율이 제한되는 단점을 지닌다.

원전에 존재하는 방사성 핵종은 토양을 거쳐 지하수계로 유입될 수 있다. 이 과정에서 Co-60 등과 같은 대부분의 방사성 핵종은 토양 매질에 흡착되어 분포하게 된다. 이렇게 오염된 토양은 앞서 언급한 방법에 따라 제염한다. 원전 부지 경계면에서 주기적인 모니터링 등을 통해 이들 핵종이 부지 밖으로 배출되지 않도록 관리한다.

### 8.1.2 제염 활동 계획

제염 대상 중 구성품(예: 원자로냉각재펌프) 단위에 대해서는 기계적 또는 전기적 제염방법이 많이 활용되는 반면, 부분 계통(예: 정지냉각계통) 또는 전체 계통을 제염하고자 하는 경우에는 화학적 제염방법이 주로 활용된다. 이외에도 제염방법을 선정할 때에는 다음 사항들을 종합적으로 고려하여 최적의 기술을 선정한다.

- 가. 안전성 : 방사선학적, 또는 산업안전적인 측면 위험도가 증가되지 않도록 한다.
- 나. 효과성 : 제염 수행목적을 달성할 만큼의 충분히 높은 제염계수를 확보한다.
- 다. 효율성 : 비용/이득 측면에서의 경제성을 확보한다.
- 라. 이차폐기물 최소화 : 제염과정에 발생하는 이차폐기물을 최소화한다.
- 마. 작업용이성 : 특히 수작업으로 진행되는 제염방법의 경우, 제염 종사자의 과도한 피폭이나 작업 유해성이 유발되지 않도록 한다.
- 바. 기타 : 운전이력, 제염 대상의 형태(예: 배관, 탱크 등), 재료 및 오염 특성 등을 고려한다.

계통제염은 주로 원자로냉각재계통과 정지냉각계통, 화학 및 체적제어계통 등을 대상으로, 원자로냉각재계통의 오염 산화막과 기저금속 일부를 화학약품을 주입하여 제거하는 것이다. 따라서 계통제염은 가능한 발전소 설비를 활용하여 운전하기 때문에 설비의 정

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

상작동과 전기·순수 등의 유틸리티 공급이 보장되는 시점에서 시행하는 것이 바람직하다. 계통제염에 사용된 화학약품의 종류 및 이차폐기물(주로 폐수지) 처리방법은 약품별 제염계수와 폐기물 발생량에 근거하여 선정한다. 계통제염이 완료되면 계통수를 배수 및 처리하고, 필요에 따라 고방사선량률 지점(Hot Spots)에 대한 플러싱(Flushing)을 수행한다. 미국원전의 계통제염 유로에 대한 사례를 그림 8-1에 제시하였다(참고문헌 3).

해체계획서가 승인되고 본격적인 해체작업 수행으로 절단된 증기발생기, 원자로냉각재펌프, 가압기 등의 주요 기기와 배관, 각종 밸브류 및 탱크뿐만 아니라 콘크리트 폐기물에 대하여 제염 대상물질의 형상과 특성을 복합적으로 고려하여 적절한 기기제염 방법을 선정한다. 이 제염작업은 금속 재활용 또는 자체처분이 가능한 수준까지 시행하되, 제염종사자의 방사선 피폭을 최소화하기 위해 가급적 원격화·자동화를 구현한다. 한편 콘크리트 구조물에 대해서는 오염 정도나 구조물 형상을 고려하여 먼저 물 또는 거품을 이용한 세정 및 문지름 등의 방법으로 제염한 후, 필요한 경우 고압수나 스크레이프, 파쇄기 등을 이용한 기계적 제염법을 적용한다.

구조물, 계통 및 기기의 해체 활동이 완료되면 부지의 방사선학적인 특성조사를 통해 오염지역 및 오염수준을 먼저 파악한다. 이후 오염부지 토양의 성상과 제염 대상핵종의 물리화학적 특성, 강우에 의한 오염 확산 가능성 등을 종합적으로 고려하여 적합한 제염 기술을 선정하고, 부지에 대한 제염작업을 시행한다. 또한 일부 핵종에 의한 지하수 오염이 확인되면 오염지역에 대한 세밀한 조사를 실시하고, 지하수 유동에 대한 모델링을 통해 지하수의 흐름 방향을 파악한 후, 주기적인 모니터링 및 펌핑 작업 등을 시행한다.

## 8.2 해체 활동

### 8.2.1 해체 기술

해체 시 방사능에 오염된 구조물은 One Piece로 처분하거나, 처분 용기에 담을 수 있도록 적절한 크기로 절단한다. 방사능에 오염된 구조물의 절단 방법으로는 원형톱, 밴드톱, 다이아몬드와이어 절단기, 워터젯 절단기, 연삭 절단기 등의 절단기를 사용하는 기계적 절단 방법과, 산소절단기, 플라즈마 절단기, 레이저 절단기 등 열을 이용하여 부재를 녹여서 절단하는 열적 절단 방법의 두 가지가 있다.

#### 8.2.1.1 기계적 절단

기계적 절단 방법은 톱 등과 같이 절단 공구가 절단 대상물을 직접 접촉하여 절단이 이루어지는 것이 특징이다. 기계적 절단 방법은 공정이 잘 알려져 있고, 산업계에서 널리 사용되고 있다.

해체용 기계적 절단 장비는 이미 상용화되어 있는 기계적 절단 공구를 절단 목적에 맞게

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

개조하여 사용한다. 기계적인 절단 장비의 경우 절단 과정에서 큰 반발력이 발생하므로 대체로 무겁고 견고하게 제작된다. 절단 준비 작업은 비교적 단순하지만 정비 및 마모 부품의 교체에 상당한 시간과 노력이 필요하다.

수중에서 이루어지는 기계적 절단의 경우 시야 확보를 위해 물 정화 설비가 필요하다. 물 정화 설비의 경우 산업계에서 일반적으로 널리 활용되고 있는 설비를 원전해체에 적합하도록 개조하여 활용한다.

### 8.2.1.2 열적 절단

열적 절단 공구는 기계적인 절단 공구에 비해 그 크기는 작지만 절단 속도는 상대적으로 빠르다. 또한 기계 공구와 절단 대상물간에 직접적인 접촉이 없으므로 절단 작업 시 반발력도 발생하지 않는다. 열적 절단 방법도 기계적 절단 방법과 마찬가지로 그 공정이 잘 알려져 있고, 산업계에서 널리 사용되고 있다.

해체용 열적 절단 장비의 경우 이미 상용화되어 있는 열적 절단 장비를 활용하여 해당 절단 목적에 맞도록 개조하여 사용한다. 열적 절단 공구들은 절단 과정에서 반발력이 발생하지 않으므로 안전을 위해 부품을 무겁고 견고하게 제작할 필요가 없다. 열적 절단의 준비 작업은 기계적 절단 작업에 비해 복잡하나 정비 및 소모성 부품의 교체는 비교적 용이하다.

열적 절단을 위해서는 작업 전에 환기 시설 및 차단막 등 철저한 작업 준비가 필요하다. 로봇을 이용한 원격 절단 작업 시에는 로봇 시스템에 절단 라인을 학습시키는 데에 기계적 방법에 비해 많은 시간과 노력을 필요로 한다. 플라즈마 절단 등 일부 열적 절단 작업은 수중에서도 이루어 질 수 있다. 열적 절단 방법의 경우 기계적 절단 방법에 비해 공기 중 부유 오염 물질이 많이 발생하므로 공기집진 및 정화에 유의한다.

### 8.2.2 해체 활동 계획

우선 방사성오염이 낮은 관리구역의 시설과 기기부터 해체와 철거에 착수한다. 마지막으로 원자로 및 내부구조물에 대한 절단, 철거 작업이 이루어진다. 특히 원자로건물 내 설비의 해체는 증기발생기 등 대형기기의 제거 후 원자로용기 등을 해체하는 순으로 진행된다. 이 경우 반드시 이 순서를 따르는 것은 아니며, 작업 용이성과 종사자의 방사선위험도 등을 종합적으로 고려하여 해체 활동 계획을 수립한다.

방사능 오염 구역의 해체 작업 시에는 기존의 공기 정화 계통을 활용하거나, 새로운 공기 정화 계통을 설치하여 방사능 오염 물질이 확산되지 않도록 유의한다. 절단 등으로 해체되는 기기의 경우 방사능 오염 정도, 소재의 종류, 폐기물 발생 위치 및 발생 날짜 등에 따라 적절하게 분류하여 포장하고 기록을 남겨, 중·저준위 방사성폐기물 인도규정에 적합

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

하도록 한다.

### 8.2.2.1 절단 방법 및 장비 선정

원자로를 포함한 원자력시설의 해체에 있어서 최적의 절단 방법을 선정하기 위해서는 장비 설치 및 정비에 필요한 시간, 종사자 피폭, 장비 고장 시의 대책, 원격 조작 가능성, 입자성 방사성 물질의 확산 방지 대책, 소요 비용 등을 고려한다.

절단 장비 선정 시에는 산업계에서 많이 활용되고 있는 범용 절단 장비를 활용한다. 이 절단 장비들을 특정 절단 요건에 적합하도록 개조하여 활용하는 것이 경제적이며, 절단 장비의 신뢰도도 높일 수 있다.

절단 기술을 선정하는 데 있어서 영향을 미치는 인자들은 절단 대상물을 구성하는 소재, 대상물의 크기, 절단 환경, 장비 설치 및 제거 시간, 장비 정비 빈도, 방사성 물질 통제 방안, 종사자 피폭 관리, 2차 폐기물 발생량 등이 있다. 절단 기술에는 매우 많은 종류가 있으며, 작업의 특성에 따라 리스크 등을 고려하여 가장 적합한 기술을 선정하여 활용한다. 표 8-2에서는 금속 및 콘크리트의 절단 방법의 특성을 보여주고 있다(참고문헌 4).

현재 여러 가지 절단 및 해체 신기술이 개발되고 있으며, 향후 개발된 각종 기술의 적용성을 검토하여 해체원전에 적용할 수 있다.

### 8.2.2.2 증기발생기, 가압기 및 원자로 냉각재펌프 절단

증기발생기, 가압기 및 원자로냉각재펌프는 원자로건물 내부 또는 별도의 방사선 구역에서 기계적 또는 열적 절단 방법을 사용하여 절단하여 처분한다. 절단 조각 중 방사능 오염도가 낮아 재활용이 가능한 부분은 별도로 분리하여 재활용한다.

증기발생기, 가압기 및 원자로냉각재펌프의 경우 방사능 오염도가 높지 않아 종사자가 근접하여 절단 작업을 수행할 수 있다. 종사자에 의한 수작업 방식의 절단 시에는 반발력의 우려가 작은 절단 방법을 활용할 수 있으며, 상황에 따라 적절한 절단 방법을 선택하여 활용한다.

### 8.2.2.3 원자로 냉각재계통 배관 절단

원자로 냉각재계통을 구성하는 대형 배관의 경우 계통제염 등을 통해 방사능 오염도가 감소되므로 종사자가 접근하여 절단 작업을 수행할 수 있다. 수작업 절단 작업 시에는 열적 또는 기계적 절단 방법을 활용할 수 있다. 절단 조각 중 방사능 오염도가 낮아 재활용이 가능한 부분은 별도로 분리하여 재활용한다.

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

### 8.2.2.4 원자로 및 내부구조물 절단

원자로내부구조물은 적절한 차폐가 확보된 상태에서 원격설비 등을 이용하여 열적 또는 기계적 방법으로 적절한 크기로 절단, 포장한다. 원자로내부구조물 절단 조각 중 중준위 방사성폐기물은 별도의 저장 용기에 담아 보관한다. 이에 대한 사항은 9장 방사성폐기물 관리에서 기술한다.

원자로압력용기는 열적 또는 기계적 방법을 사용하여 적절한 크기로 절단하여 처분 용기에 담아 처분한다. 원자로압력용기 절단 조각은 폐기물 처분장 인수 요건을 충족시킬 수 있는 크기와 무게로 하며, 용기 표면 선량 요건을 충족시킬 수 있도록 각 조각들을 배치한다. 그럼에도 불구하고 인수 요건을 초과할 경우 별도의 저장 용기에 담아 보관한다. 그림 8-2에서는 독일 스타데원전 원자로압력용기의 절단 라인을 보여주고 있다(참고문헌 5).

원자로내부구조물과 원자로압력용기를 절단할 때에는 방사선으로부터 종사자의 피폭을 고려하여 수중에서 작업하는 방법과, 공기 중에서 원격 조작으로 작업하는 두 가지 방법 중에서 적절한 방법을 선택하여 활용한다. 수중 절단 시에는 절단 부위를 관찰할 수 있도록 물 정화 장치를 설치한다. 공기 중 절단 시에는 절단 중 발생하는 방사성 물질이 공기 중으로 확산되지 않도록 공기집진 및 정화 장치를 설치한다.

### 8.2.2.5 기타 기기 및 금속 구조물 절단

구조물의 형태, 크기 및 소재 등에 따라 적합한 기계적 또는 열적 절단 장비를 사용하여 용기에 담을 수 있는 크기로 절단한 후 오염 정도, 소재 및 발생 위치 등에 따라 분류하여 용기에 담아 처리 또는 처분한다.

### 8.2.2.6 콘크리트 구조물 해체

원자로 시설물의 대부분을 차지하고 있는 콘크리트는 원자로건물 내부구조물과 기타 부분으로 구분할 수 있다. 원자로건물 내부의 콘크리트 구조물 중 생물학적 차폐물 등은 방사화 정도가 높아 세밀한 해체 방법을 수립해야 한다. 이 외 저방사화 또는 방사화가 전혀 발생하지 않은 구조물은 일반적인 해체 방법으로 해체가 가능하다.

콘크리트 해체 대상 단면 두께가 얇은 바닥과 벽면은 콘크리트 연마기(Concrete Shaver), 미디어 블래스터(Media Blaster), 휴대용 장비(Hand-held Remediation Device) 등을 사용할 수 있다. 그러나 바닥과 벽 두께가 비교적 큰 경우에는 많은 면적과 깊은 천공이 필요하기 때문에 Single Operator Jackhammer, Brokk Compact Hydraulic Hammer, Large Hydraulic Hammer 및 다이아몬드 와이어 커팅 방법 등이 사용된다.

### 신고리 5,6호기 예비해체계획서

해체된 콘크리트 폐기물은 방사능 오염정도를 확인하여 열적/기계적/화학적 처리방법으로 가열 분쇄하여 처분대상 골재와 방사성 콘크리트 미분말로 분리하여 감용할 수 있도록 한다. 즉, 콘크리트 구조물의 경우 표면 및 내부의 방사능 오염 정도를 확인하여 오염물질을 제거한 후 용기에 담아 처분장으로 보낸다. 콘크리트에서 분리된 철근은 열적 또는 기계적 절단 장비를 사용하여 적절한 크기로 절단하여 처리한다.

### 8.3 참고문헌

1. TR-112352, "Decontamination Handbook," EPRI, 1999.
2. "Dismantling Techniques, Decontamination Techniques, Dissemination of Best Practice, Experience and Know-how", OECD/NEA, 2009.
3. TR-112092, "Evaluation of the Decontamination of the Reactor Coolant Systems at Maine Yankee and Connecticut Yankee", EPRI, 1999.
4. TR-3002005252, "Review of Waste Management Best Practices During Nuclear Plant Decommissioning", EPRI, 2015.
5. "Nuclear Decommissioning - Planning, Execution and International Experience", Woodhead Publishing Limited, 2012.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

표 8-1

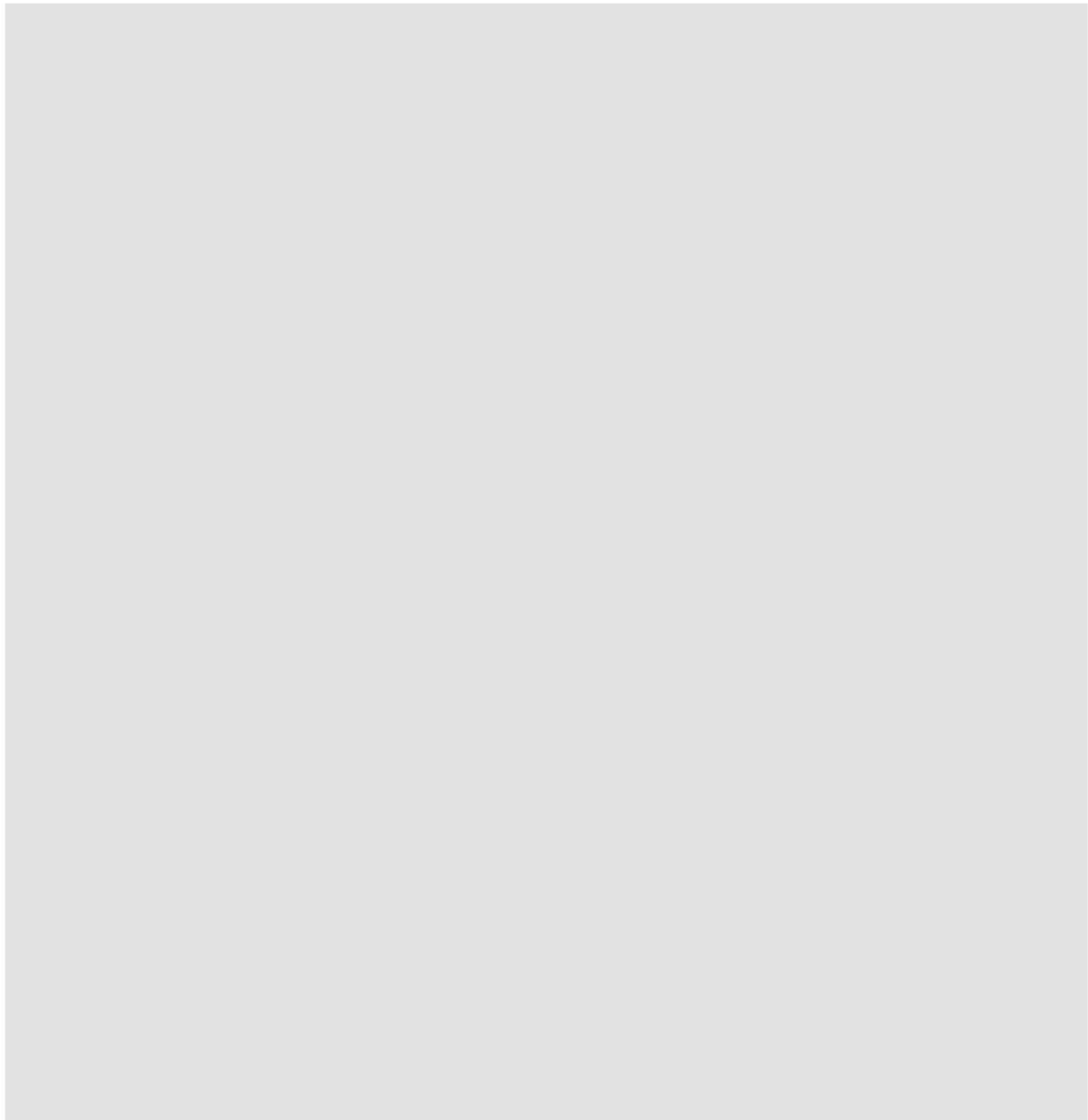
화학적 제염법의 특성

종 류	개 요
CORD	<u>Chemical Oxidation Reduction Decontamination</u> . 과망간산 ( $\text{HMnO}_4$ )과 옥살산( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )만을 활용한 제염공정으로서, 제염 후 옥살산을 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ 를 통해 분해하여 음이온교환수지의 소모량을 낮출 수 있는 장점을 지님. 산화단계, 환원단계, 제염(용해)단계, 분해/정화단계로 구성되며, 대부분 환원 및 제염(용해)단계가 동시에 수행됨. 전형적인 CORD 공정은 4~16시간 소요되는 반면, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ 분해를 적용하면 10~34시간이 소요됨. 미국 Connecticut Yankee 원전과 독일 Stade 원전 등의 해체제염에 적용됨.
DfD	<u>Decontamination for Decommissioning</u> . 플루오르화 붕산( $\text{HBF}_4$ )과 과망간산 칼륨( $\text{KMnO}_4$ ), 옥살산( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )을 활용한 제염공정으로서, $\text{HBF}_4$ 매질 하에서의 용해반응을 통해 해체제염에 최적화된 공정임. CORD 공정과 마찬가지로 저농도 공정으로 분류되며(화학약품 농도 1% 미만), 최종 단계에서 잔류 옥살산을 과망간산 칼륨으로 산화시켜 제거하므로 최종 폐기물에는 킬레이트 화합물이 존재치 않음. 전형적인 DfD 공정은 8~20시간 정도 소요됨. 미국 Maine Yankee, 스페인의 Zorita 원전 등의 해체제염에 적용됨.
NITROX	<u>NITric acid+OXalic acid NITROX</u> 공정은 크롬의 산화를 위한 NP(Nitric Permanganate)와 크롬이 없는 산화막의 제거를 위해 옥살산을 사용하는 두 단계 공정을 포함함. 주입약품 측면에서 CORD 공정과 매우 유사함. 주로 웨스팅하우스사가 DfD 공정과 혼합하여 활용하는 형태로 해체제염에 적용되고 있음.
CITROX	<u>CITRix acid+OXalic acid</u> . 1990년대 LOMI 공정에 이어 두 번째로 많이 활용된 공정으로서, 경수로형 원전의 주계통과 보조계통 및 각종 부품의 제염에 적합한 공정으로 알려져 있음. 제염효과가 높지 않으며, 운전 중 제염에 적합함. 전 계통 제염에 활용된 실적은 없으며, 구연산이 주요 착화제로 활용된다는 점이 여타의 공정과 구분됨.
LOMI	<u>Low Oxidation state Metal Ion</u> . LOMI 공정은 Vanadous Picolinate ( $\text{V(Pic)}_3^-$ )를 활용한 환원용해 공정으로서, 여타의 산성용해 공정에 비해 반응속도가 매우 빠르다는 장점을 가짐. Vanadous Formate와 Sodium Picolinate 약품이 활용되며, 액체 형태로 주입되므로 별도의 대용량 주입 탱크가 필요 없다는 장점이 있음. 용해 단계에서 이온교환수지를 활용한 핵종제거를 수행되지 않으므로 운전이 간편한 장점이 있으나, 용해액 내 선량률이 지속적으로 증가되는 단점이 있음. 또한 모든 제염공정 중 약품 구매에 가장 많은 비용이 소요된다는 단점이 있음.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

표 8-2

절단 방법의 특성



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

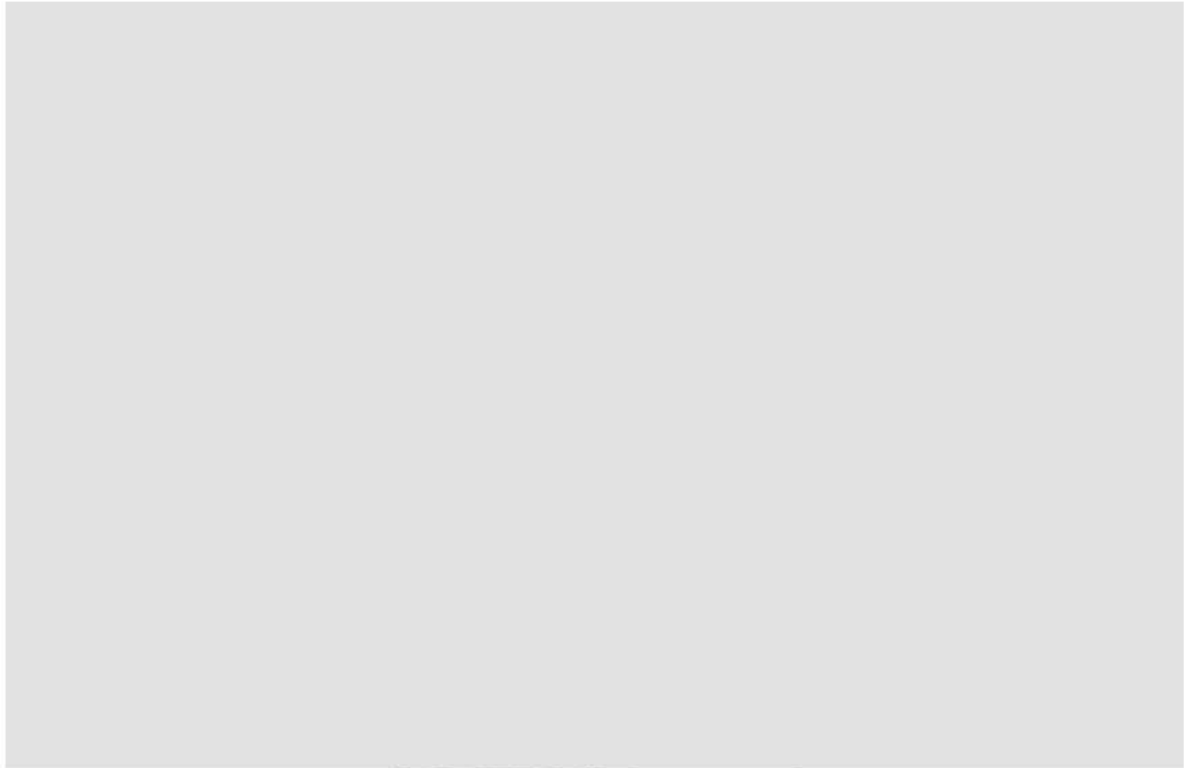


그림 8-1 미국 Maine Yankee 원전의 계통제염 유로 사례

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신고리 5,6호기 예비해체계획서

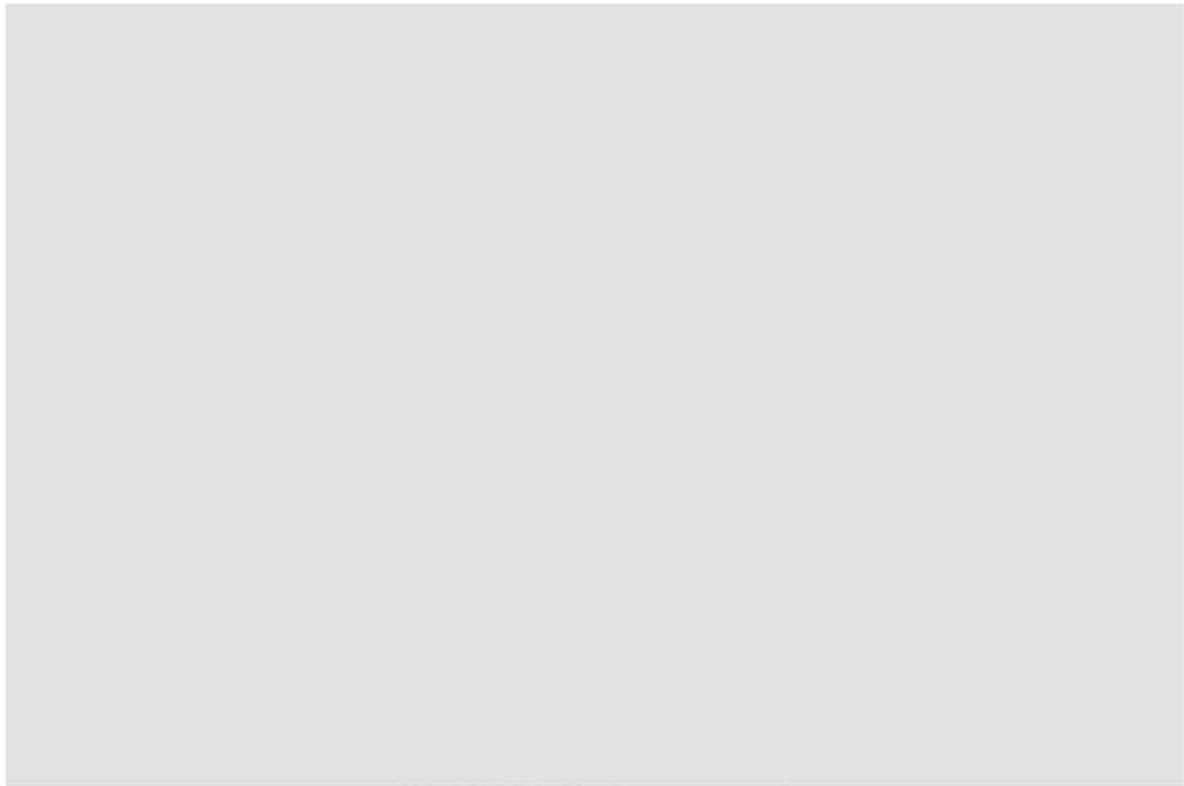


그림 8-2 원자로압력용기 절단 라인 사례

## 9 방사성폐기물 관리

### 9.1 방사성폐기물 분류

원자력안전법 시행령 및 방사선방호 등에 관한 기준에 따르면 고준위방사성폐기물은 반감기 20년 이상의 알파선 방출 핵종의 농도가 4,000 Bq/g 이상이고 열발생률이 2 kW/m<sup>3</sup> 이상인 폐기물로서, 원자력안전법 제35조 제4항에 따라 폐기하기로 결정한 사용후핵연료가 이에 속한다. 고준위방사성폐기물 외의 방사성폐기물은 중·저준위방사성폐기물이라고 한다(참고문헌 1, 2).

또한 방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정에 따르면 중·저준위방사성폐기물은 중준위, 저준위 및 극저준위방사성폐기물로 나뉜다. 중준위방사성폐기물은 방사능 농도가 동 규정 별표 2의 핵종별 농도 이상인 것, 저준위방사성폐기물은 방사능 농도가 동 규정 별표 1의 자체처분 허용농도의 100배 이상이고 핵종별 농도 미만인 것, 극저준위방사성폐기물은 방사능 농도가 자체처분 허용농도 이상이고 자체처분 허용농도의 100배 미만인 것을 말한다. 자체처분 허용농도 미만인 방사성폐기물은 자체처분할 수 있으며, 이를 자체처분 대상 폐기물이라고 한다(참고문헌 3).

원전운영 중이나 해체과정에서 발생하는 방사성폐기물 또한 위와 같이 분류되며, 물리적 상태에 따라 크게 기체, 액체 및 고체방사성폐기물로 분류되고 발생 및 처리과정에 따라 다음과 같이 분류 가능하다.

#### 9.1.1 원전운영 중 발생하는 방사성폐기물

원전운영 중 발생하는 기체방사성폐기물은 일차계통 탱크 및 탈기기 등의 공정에서 배기되는 핵분열성 불활성기체(제논, 크립톤, 요오드 등)로 구성된 방사성기체와 건물 내에 부유하며 미량의 방사성 미립자와 요오드 등으로 구성된 방사성기체로 분류된다. 전자는 방사능 준위가 높아 기체방사성폐기물관리계통에서 일정기간 체류하며 붕괴되어 배출되고, 후자는 방사능 준위가 낮아 공기조화계통에서 여과 처리되어 배출된다.

액체방사성폐기물은 기기폐액, 바닥배수폐액, 화학폐액 및 세탁폐액으로 크게 분류된다. 기기폐액은 일차계통 기기에서 배수되는 폐기물로서 보조건물 기기배수 및 기타 기기배수 폐기물로 분류된다. 바닥배수 폐액은 전기전도도가 높고 부유고형물 농도가 상대적으로 높은 폐기물로서 원자로건물 바닥배수, 보조건물 바닥배수, 복합건물 바닥배수 및 기타 바닥배수 폐기물로 분류된다. 화학폐액은 방사화학 실험실과 연료취급지역 및 기기제염 배수 및 기타 화학폐액 폐기물로 구분된다. 세탁폐액은 방호복 세탁폐액, 개인제염실에서 발생하는 폐기물 및 세제 형태의 제염용액 폐기물로 분류된다.

고체방사성폐기물은 액체방사성폐기물 처리설비에서 이차폐기물로 발생하는 농축폐액, 슬

러지, 폐수지, 폐필터, 폐막 등의 습식폐기물과, 금속폐기물(표면오염/방사화), 공기정화 필터 및 잡고체(걸레, 종이, 의복, 유리 및 소형 폐기물) 등의 건식폐기물로 분류된다(참고문헌 4).

### 9.1.2 해체과정에서 발생하는 방사성폐기물

해체과정에서 발생하는 기체방사성폐기물은 해체작업 과정에서 건물 내 공기 중에 부유하는 방사성 미립자이다. 액체방사성폐기물은 계통이나 기기의 제염작업으로 발생하는 방사성 제염폐액과 사용후핵연료저장조와 관련 정화 및 냉각계통에서 발생하는 방사성핵종이 함유된 계통수, 종사자의 방호복 세탁과 개인제염 등으로 발생하는 세탁폐액으로 분류된다. 고체 방사성폐기물은 방사성물질로 오염되거나 방사화된 금속폐기물, 방사성물질로 오염된 콘크리트 폐기물 및 토양 폐기물로 분류된다. 또한 액체 방사성폐기물관리 계통이나 설비에서 발생하는 폐수지, 폐필터, 폐막 및 슬러지 등의 습식폐기물과 각종 공기정화 필터와 기타 잡고체 등의 건식폐기물 그리고 방사성물질과 비방사성 위해물질이 혼합된 혼합폐기물로 분류된다(참고문헌 5).

## 9.2 운영 중 발생한 방사성폐기물 관리

### 9.2.1 중·저준위방사성폐기물

원전 운영 중 발생한 액체 방사성폐기물은 방사성폐기물관리계통에서 처리하거나 저장·수집한 후, 복수기 냉각수로 희석하여 배출관리 기준 등을 만족하도록 방사선 감시기의 감시 하에 환경으로 배출된다. 기체 방사성폐기물은 처리계통을 거친 후 배기구에서 방사선 감시기의 감시 하에 환경으로 배출된다.

농축폐액, 슬러지, 폐수지, 폐필터, 잡고체와 금속폐기물 등의 고체방사성폐기물은 고체방사성폐기물관리계통에서 처분요건에 적합하도록 압축, 절단, 고화 또는 고정화 과정을 거쳐 안정한 형태로 처리·포장하여, 부지 내 방사성폐기물 저장고에 임시 저장 후, 처분적합성 검사 후 방사성폐기물 처분장으로 처분한다. 고체방사성폐기물 중 별도로 구분하여 분리·저장된 자체처분 대상 폐기물은 자체처분 절차에 따라 방사선 영향을 평가하여 규제기관 심사 후 자체 처분한다(참고문헌 4).

### 9.2.2 사용후핵연료

일정기간 냉각된 사용후핵연료는 국가정책에 따라서 관리한다.

## 9.3 해체과정에서 발생하는 방사성폐기물 관리

해체방사성폐기물은 원전을 해체하는 과정에서 발생하는 방사성폐기물로서, 운영 중 방사

성폐기물에 비해 발생원이 다양하고, 단기간에 대량 발생한다. 이러한 해체방사성폐기물은 오염된 계통기기의 제염, 구조물의 해체 및 철거 등을 통해 발생하며, 재활용 또는 자체처분 목표에 적합한 수준까지 방사능 준위를 낮추는 과정에서도 발생한다. 일부 폐기물은 혼합폐기물 형태로 발생하기도 한다.

이러한 해체방사성폐기물의 관리는 안전성을 최우선으로, 경제성이 확보된 상태에서 합리적으로 수행된다. 해체 착수 전에 해체 방사성폐기물 관리계획을 수립·운영한다.

### 9.3.1 기체방사성폐기물

| 2

원전의 기기, 계통 및 구조물을 해체·철거하기 전에 최대한 제염하기 때문에 방사성오염 수준은 낮을 것으로 판단된다. 해체과정에서 발생하는 분진은 기존 공기조화계통(HVAC: Heating, Ventilation, and Air Conditioning)을 이용하여 처리하거나, 간이 공기정화기(ACU: Air Control Unit)를 설치하여 처리한다.

### 9.3.2 액체방사성폐기물

| 2

해체하는 과정에서 발생하는 폐액은 가능한 한 기설치되어 있는 액체폐기물처리계통으로 수집, 저장 및 처리한다. 그러나 방사성폐액이 급격히 증가하여 기설치된 액체폐기물처리계통의 처리 용량을 초과하거나, 폐액의 물리화학적 특성이 기존 처리공정의 설계 범위를 초과한 경우에는 성능이 입증된 처리설비를 도입하여 액체 방사성폐기물 처리공정을 보강한다.

### 9.3.3 고체방사성폐기물

| 2

원전 해체과정에서 발생하는 고체방사성폐기물은 오염준위에 따라 방사성폐기물과 비방사성폐기물, 규모에 따라 대형금속폐기물과 소형금속폐기물, 오염특성 측면에서는 방사화폐기물과 표면오염 폐기물, 오염상태에 따라서는 유리성오염 폐기물과 고착성오염 폐기물로 분류될 수 있다. 발생량이 적을 경우 고체방사성폐기물 처리계통으로 처리하나, 처리용량이 초과되는 경우에는 추가로 고체방사성폐기물 처리계통을 설치하여 운영한다.

#### 9.3.3.1 해체 시 발생하는 고체방사성폐기물

원전 해체 시 발생하는 고체방사성폐기물은 방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정에 따라 고준위, 중준위, 저준위, 극저준위, 규제해제 폐기물로 분류한다. 고체방사성폐기물 중 먼류, 종이류, 비닐류, 목재류, 플라스틱류, 폐수지 및 폐필터 등은 원전에 기설치되어 있는 고체방사성폐기물관리계통의 처리설비를 이용하여 수집, 분류 및 감용 처리한다. 그러나 발생량이 기설치된 고체방사성폐기물 처리설비의 처리용량을 초과할 경우에는 별도의 해체폐기물 종합처리시설에서 처리한다.

| 2

탱크류, 열교환기, 대/소구경 배관/덕트, 트레이, 펌프 및 밸브류 등의 중/소형 금속폐기물, 케이블류, 단열재, 콘크리트 및 토양 등은 제염, 해체 후 부지 내 처리시설로 수집하여 방사화 폐기물과 방사성오염 폐기물로, 방사선 준위에 따라서는 중준위, 저준위, 극저준위, 자체처분 폐기물로 분류 및 처리·처분한다.

중기발생기, 가압기, 원자로압력용기 및 헤드 등의 대형 금속폐기물은 무게, 부피, 방사선학적 오염도와 기술성, 안전성, 경제성, 사회적 수용성 측면 등을 종합적으로 평가하여 처리·처분한다. 이에 대한 대안으로 발생지에서 제염, 절단, 용융 등의 감용 처리 후 포장하여 처분장으로 운반하는 방안, 발생지에서 제염 등의 전처리 후 포장하여 해체폐기물 종합처리시설로 운반하여 감용 처리 후 처분장으로 운반하는 방안과 발생지에서 제염 등 전처리 후 포장하여 원형상태로 처분장으로 운반하는 방안을 고려한다. 이에 대한 세부사항은 향후 폐기물관리 여건을 종합적으로 평가하여 결정한다.

금속폐기물은 제염, 절단 및 분류과정을 거쳐 전기로, 플라즈마 등의 용융기술을 적용하여 잉곳 형태로 처리함으로써 감용비와 처분안전성을 높일 수 있다. 방사화된 금속폐기물의 잉곳은 방사능이 저감될 때까지 안전하게 저장한다. 재활용이 가능한 수준으로 처리된 금속폐기물의 잉곳은 금속폐기물 재활용 규정에 따라 원전의 기기 및 장치 제작 등에 재활용하거나 처리·처분한다.

원자로용기 내부구조물 등 중준위 방사성폐기물로 분류될 것으로 예상되는 방사성폐기물은 절단, 압축, 용융 등을 통해 감용 처리하고, 관련 규정에 따라 안전한 저장용기에 포장하여 국가 정책에 따라 처분한다(참고문헌 6).

2

#### 9.3.3.2 토양 및 콘크리트

오염된 토양은 세척, 가열 등의 처리를 통하여 부지개방이 가능한 수준으로 제염한다. 부지개방 수준으로 제염이 어려운 토양과 오염된 콘크리트는 분쇄, 플라즈마 용융 등의 기술을 이용한 감용 등의 처리 후 관련 규정에 따라 처분한다(참고문헌 7). 비오염 토양과 콘크리트는 관련 규정에 따라 부지 내 재이용하거나 자체처분 한다.

2

#### 9.3.3.3 혼합폐기물

해체과정 중 발생이 예상되는 폐기물로서 방사성물질과 비방사성 위해물질이 혼합된 혼합폐기물은 9.3.5절에 기술된 해체폐기물 종합처리시설에서 처리한다.

#### 9.3.4 자체처분

해체폐기물 중에서 자체처분 대상 폐기물은 자체처분 방법 및 절차에 따라 자체 처분한

다. 이 경우 산업폐기물 처분과 동일한 방법으로 매립 또는 재활용한다.

#### 9.3.5 해체폐기물 종합처리시설

해체 과정에서는 복합건물 내 각종 방사성폐기물관리계통과 처리장치를 최대한 이용하여 발생 폐기물을 처리한다. 해체작업이 진행되면서 기존의 폐기물처리계통의 처리용량을 초과하거나 발생 특성이 다양한 폐기물이 다량 발생시 별도의 해체폐기물 종합처리시설을 설치한다.

해체폐기물 종합처리 시설은 예상되는 폐기물의 종류와 특성, 발생량, 처리수준, 기술수준 및 규제여건 등에 근거하여 처리성과 용량을 확보할 수 있도록 설치한다.

#### 9.4 참고문헌

1. “원자력안전법 시행령”, 원자력안전위원회, 2015.
2. “방사선방호 등에 관한 기준”, 원자력안전위원회, 2014.
3. “방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정”, 원자력안전위원회, 2014.
4. “신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서” (1차개정), 한수원(주), 2013.
5. TR-3002005252, “Review of Waste Management Best Practices During Nuclear Plant Decommissioning”, EPRI, 2015.
6. TR-1011733, “Decommissioning San Onofre Nuclear Generating Station Unit 1 (SONGS-1), Reactor Vessel Internals Segmentation”, EPRI, 2005.
7. “The Decommissioning Handbook”, ASME, 2004.

## 10 환경영향 평가

환경영향평가의 목적은 주변주민의 건강과 안전을 도모하기 위해, 해체 전 및 해체 중에 해당 시설에서 방출되는 방사성물질로부터 주변주민이 받는 피폭방사선량 한도를 초과하지 않음을 확인하는 것이다. 이 장에서는 해체원전에 대한 환경감시로서, 해체 전 환경감시와 해체 중 환경감시에 대한 내용을 기술한다.

### 10.1 해체 전 환경감시

해체 전 환경감시는 원전의 가동 기간 중 발생하는 방사성물질의 주변 환경에 축적 및 분포현황 파악을 통해, 해체 중 환경감시의 기준을 제공한다. 실제 감시내용은 원자력안전위원회고시 “원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정”(참고문헌 1)에 따라 작성된 “신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서”(참고문헌 2)의 가동 중 환경감시와 동일하게 수행된다.

2

#### 10.1.1 조사계획

조사대상은 부지 내/외부의 환경방사선과 부지 외부의 육상 및 해양의 환경시료이다. 원전에서 배출이 예상되는 핵종은, 기체의 경우,  $^3\text{H}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{135}\text{Xe}$ ,  $^{131}\text{I}$  등이 있으며, 액체의 경우에는  $^3\text{H}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  및  $^{54}\text{Mn}$  등이 있다. 이들 핵종에 의한 환경방사선 및 환경시료의 조사항목, 주기, 방사선량 측정 및 시료채취 지점은 참고문헌 2의 표 7.1-1을 참조한다.

2

2

#### 10.1.2 환경방사능 분석항목 및 검출목표치

환경시료 중의 방사능을 분석하기 위해 분석대상 핵종을 크게 감시핵종, 참고핵종 및 천연핵종 등 세 가지로 분류한다. 감시핵종은 원전에서 배출된 것으로서 주변주민의 방사선 피폭에 영향을 미치는 비교적 장반감기인 핵종이다. 육상 및 공기시료는 기체방사성핵종 중에서 포함될 가능성이 높으며, 해양시료는 액체방사성핵종 중에서 포함될 가능성이 높다. 참고핵종은 감시핵종 이외에 환경방사능감시에서 포함된 핵종이며, 천연핵종은 시료 중에 천연적으로 포함되어 있는 핵종을 각각 선정하였다. 환경방사능 분석핵종은 참고문헌 2의 표 7.1-7을 참조한다. 감시핵종의 검출목표치는 참고문헌 2의 표 7.1-8을 참조한다.

2

#### 10.1.3 자료처리 및 평가

##### 10.1.3.1 기록관리

환경방사선/능 측정 자료의 기재 시 환경의 제반조건과 조사내용을 정확히 알 수 있도록

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

다음 사항을 기록한다.

- 가. 시료명
- 나. 채취지점(지명, 방위, 거리 또는 좌표 등)
- 다. 시료채취일시 및 채취자
- 라. 시료채취방법(채취량, 사용기기 등)
- 마. 분석·측정일자
- 바. 분석·측정방법(분석방법, 측정방법, 측정기, 측정단위 등)
- 사. 분석자·측정자 등

### 10.1.3.2 자료처리

환경조사 자료의 처리는 원자력안전위원회고시에 따르되, 측정결과에 대한 신뢰성 확보를 위해 측정 자료를 통계처리 후 평가한다(참고문헌 1). 주요 통계처리 내용은 다음과 같다.

- 가. 평균치 및 표준편차 산출
- 나. 측정오차의 합성
- 다. 이상치의 기각처리
- 라. 정규분포 적합도 검정 등

### 10.1.3.3 측정자료 평가

환경조사 자료는 측정결과에 대한 신뢰성 확보를 위해 다음과 같이 평가한다.

- 가. 조사지점별/환경조사 항목마다 평균치와 평상시 변동범위(최소치~최대치)를 설정한다.
- 나. 조사결과는 측정 및 분석의 정도를 가늠할 수 있도록 유효숫자 자리 수를 고려하여 표기하고 조사대상 항목별로 일관성을 유지한다.
- 다. 방사성 핵종이 검출되지 않는 경우에는 최소검출가능농도(MDC: Minimum Detectable Concentration)를 기재하고 “MDC 미만” 이라고 표시하되, 조사결과의 평균치 산출 시에는 최소검출가능농도를 사용한다.
- 라. 모든 조사결과가 최소검출가능농도 미만인 경우에는 평균치는 표시하지 않으며, 평상시 변동범위는 최소검출가능농도 중에서 가장 낮은 값을 기재하고 “MDC 미만” 이라고 표시한다.

## 10.2 해체 중 환경감시

해체 중 환경조사는 해체과정에서 발생하는 방사성유출물에 의한 주변주민에 대한 영향을 해체 전 환경감시의 결과와 비교하여 평가하는 것이다. 따라서 이 환경감시의 조사계

획, 분석항목, 검출목표치, 자료처리 및 평가 등은 해체 전 환경감시와 동일한 방법으로 수행한다. 다만, 해체 중 특수한 작업 및 일정으로 인해 감시 핵종 및 위치 등의 변화가 야기되거나 야기될 것으로 예상되는 경우에는 이를 반영하여 수행한다(참고문헌 2).

### 10.3 주변주민에 대한 영향

이 절에서는 신고리 5,6호기의 해체과정에서 발생하는 방사성유출물에 의해 주변주민이 받을 수 있는 방사선피폭 영향을 평가하기 위한 계획을 개략적으로 설명하였다. 이러한 평가는 방출된 방사성유출물이 피폭경로를 통해 방사성물질이 주변주민에 전달되는 모든 과정(Network)에 대한 수학적 모델 등을 근거로 수행된다(참고문헌 2). 해체로 인한 주변주민의 피폭방사선량평가에는 K-DOSE60 전산코드를 사용한다. 이외에도 미국 원자력규제위원회의 규제지침서 1.109(참고문헌 3) 및 고리원자력본부 운영지침인 “주민피폭선량 계산지침”(참고문헌 4)을 이용하여 수행한다.

2

#### 10.3.1 피폭경로

원전해체과정에서 환경으로 방출되는 기체상 배출물은 물리적·화학적 특성에 따라 공기 중에 부유하거나 농작물, 지표면, 물 등에 침적된다. 이로 인한 주요 피폭경로로는 오염된 공기, 토양으로부터의 베타선 및 감마선에 의한 외부피폭, 오염된 농/축산물의 섭취와 오염된 공기의 흡입에 의한 내부피폭이 있다. 그 외에 방사성물질이 빗물과 함께 지하로 스며들어 오염된 지하수를 사람이 섭취하는 과정 등이 피폭경로의 원인이 될 수 있다.

한편, 액체상 배출물로 인한 피폭경로에는 수영, 해변활동 및 해상활동 등이다. 오염된 해수 및 해변으로부터 노출되어 피폭되는 외부피폭과 오염된 수산물의 섭취로 인한 내부피폭 등이 있다.

#### 10.3.2 피폭방사선량 평가

원전의 운영과정에서 발생하는 기체상 및 액체상 방사성 배출물은 대기 또는 해양을 통하여 소외로 이동·확산된 후, 10.3.1절에서 기술한 다양한 피폭경로를 거쳐 최종적으로 주변주민에게 피폭을 일으키게 된다.

개인선량(Individual Dose)은 각 연령 군에 대해 평균적인 생리적 신진대사 등을 고려하나, 생활습성(식품섭취량, 활동시간 등)은 피폭영향이 최대가 될 수 있는 가상적 피폭자에 대한 선량을 의미한다. 개인선량은 각 피폭경로에 대해 독립적으로 피폭영향이 최대가 되는 생활습성을 고려하여 계산하고 이를 합산한다.

부지로부터 반경 80km 내에 거주하는 모든 주변주민이 받게 되는 피폭방사선량의 합을 집단선량(Collective Dose)이라 한다. 집단선량의 계산은 개인선량과 비교하여 각 피폭경

로에 대한 계산 모델 식은 동일하나 변수 값의 적용에 있어 차이를 나타낸다.

외부피폭은 인간의 몸 밖(외부)에 위치한 방사선원으로부터 받게 되는 피폭을 말하며, 내부피폭은 인체의 몸 안(내부)에 위치한 방사선원으로부터 받게 되는 피폭을 나타낸다. 내부피폭에 의한 선량은 외부피폭과 달리 특정기간 동안 흡입 또는 섭취 후 피폭자의 일생동안(70세까지 고려) 받게 되는 예탁선량(Committed Dose)으로 나타낸다.

신고리 5,6호기 해체 과정에서는 동일부지 내에 운영 중인 다른 원전의 영향을 종합하여 다수호기 영향을 평가한다. 이에 대한 평가는 원자력안전위원회 고시 제2014-34호 “방사선방호 등에 관한 기준”(참고문헌 5) 제16조 제2항의 2 “동일부지 내에 다수의 원자력 관계시설을 운영하는 경우에 적용할 기준”에 따라 작성된 참고문헌 2에서 기술된 방법으로 수행한다.

2

#### 10.3.2.1 기체상 배출물에 의한 방사선피폭

기체상 배출물에 의한 피폭은 크게 개인선량 평가와 집단선량 평가로 나누어 수행한다. 각각의 평가에서는 오염공기에 의한 외부피폭, 오염 지표면에 의한 외부피폭, 흡입에 의한 내부피폭 및 식품섭취에 의한 내부피폭 등의 네 가지 피폭경로에 대하여 평가하고 합산한다. 각 피폭경로에 대한 인체 영향을 정량화하기 위한 수학적 모델 및 입력 값 등은 기사용 모델 및 입력 값을 이용하거나, 필요시 개발하여 적용한다(참고문헌 2).

#### 10.3.2.2 액체상 배출물에 의한 방사선피폭

액체상 배출물에 의한 피폭은 크게 개인선량 평가 및 집단선량 평가로 나누어 수행한다. 각 평가에서는 해상활동(해변활동, 수영 또는 수상활동 등)에 의한 외부피폭과 수산물 섭취에 의한 내부피폭 등의 피폭경로 등에 대하여 평가하고 합산한다. 각 피폭경로에 대한 인체 영향을 정량화하기 위한 수학적 모델 및 입력 값 등은 기사용 모델 및 입력 값을 이용하거나 필요시 개발하여 적용한다(참고문헌 2).

2

### 10.4 참고문헌

1. “원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정”, 원자력안전위원회, 2014.
2. “신고리 원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서”, 한수원(주), 2013.
3. Regulatory Guide 1.109, “Calculation of Annual Doses to Man from Routine Releases of Reactor Effluents for the Purpose of Evaluating Compliance with 10 CFR Part 50, Appendix I”, U.S.NRC, 1977.

2

4. 지침-방환-01, “주민피폭선량 계산지침”, 고리원자력본부 운영지침서(개정번호 10), 한수원(주), 2014.
5. “방사선방호 등에 관한 기준”, 원자력안전위원회, 2014.



## 11 화재방호

### 11.1 개요

영구 정지된 원전의 해체 과정에서 화재안전 및 인명안전을 위하여 미국 원자력규제위원회의 규제지침서 1.191에 근거하여 화재방호 계통 및 설비의 기능을 유지한다(참고문헌 1).

2

### 11.2 화재방호계획

해체를 계획 또는 진행하는 원전은 외부환경으로의 위험물질이나 방사성물질의 잠재적 방출과 화재위험의 변화에 대응하도록 화재방호계획을 수립하고 지속적으로 유지한다(참고문헌 2).

2

### 11.3 화재예방

용접, 화염절단 그리고 연마작업 등은 작업허가제도 및 화재감시에 따라 통제한다. 화재 예방을 위해 다음 물질의 사용을 제한하고 통제한다(참고문헌 3).

2

가. 가연성 물질

나. 가연성 및 인화성 가스 및 액체

### 11.4 화재감지 및 통보

해체기간 중에는 상주지역에 화재발생을 통지하고 자체소방대와 발전소 종사자에게 위급한 상황을 통보할 수 있는 적절한 화재감지수단(화재감지설비 또는 화재정보설비)을 유지한다(참고문헌 2).

2

#### 11.4.1 화재감시인

화재감지계통이 제거된 후에는 화재감시인이 발전소 내를 주기적으로 점검한다. 건물이 완전히 해체되거나 모든 화재위험이 제거될 때까지 화재감시인을 유지한다(참고문헌 4).

2

### 11.5 화재진압

해체기간 중에 외부환경으로 위험물질이나 방사성물질의 잠재적 방출 및 화재위험의 변화에 대응하도록 다음 요소들을 설정하고 유지한다(참고문헌 2).

2

#### 11.5.1 소화기

해체계획에 포함된 방화지역은 가연성 물질 및 점화원이 제거될 때까지 소화기를 유지한다(참고문헌 2).

| 2

#### 11.5.2 연결송수관 및 소화전

기 설치된 연결송수관 및 소화전은 해체계획을 지원하기 위한 기능을 수행할 수 있도록 유지한다(참고문헌 2).

| 2

#### 11.5.3 자동화재진압설비

원전 해체를 진행할 때 기 설치된 자동화재진압설비는 화재위험도분석에 기초하여 유지한다. 화재 시 종사자의 피난을 위한 대피통로를 확보하도록 조치한다. 해체가 진행되는 동안 자동화재진압설비의 필요성에 영향을 미치는 조건의 변화에 대하여 검토한다(참고문헌 1).

| 2

#### 11.5.4 소화용수 공급

원전 내 화재방호용 소화용수공급 및 분배시스템의 요건을 준수한다. 화재진압용 소화용수의 공급, 분배 및 방출계통(연결송수관, 스프링클러 등)의 동결을 방지한다(참고문헌 2).

| 2

#### 11.5.5 소방대

자체소방대 요건과 소방대 장비요건을 준수한다. 소방대의 훈련과 실습은 화재위험에 상응하는 정도로 시행한다. 또한, 공공소방대와 연계한다(참고문헌 2).

| 2

#### 11.6 화재의 확산 방지

내화방벽과 방화지역 경계는 원전해체로 인한 변경사항을 반영하여 화재위험도 분석 등으로 평가한다. 필요한 경우 다음 기능을 제공하기 위하여 내화방벽과 방화지역 경계를 유지한다(참고문헌 2).

| 2

- 가. 화재위험의 격리
- 나. 화재에 대한 억제, 진압 및 제어능력의 지원
- 다. 종사자의 대피통로 보호
- 라. 방사성 오염물질 확산 최소화

#### 11.7 인명안전

해체기간 중에 인명안전을 위하여 대피경로를 설정하고 유지한다. 발전소의 배치 변경 시 비상조명과 대피정보 요건을 고려한다(참고문헌 2).

2

#### 11.8 참고문헌

1. Regulatory Guide 1.191, "Fire Protection Program for Nuclear Power Plants during Decommissioning and Permanent Shutdown", U.S.NRC, 2001.
2. NFPA 805, "Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants", 2015.
3. "신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서" (1차개정), 한수원(주), 2013.
4. CSA N293, "Fire Protection for Nuclear Power Plants", 2012.

2



## 12 참고문헌

### 12.1 개요

각 장에서 인용된 참고문헌이 각 장 별로 기재되어 있다. 이 장에서는 이 예비해체계획서를 작성함에 있어 인용된 모든 참고문헌을 기재한다.

### 12.2 참고문헌

1. “원자력안전법”, 원자력안전위원회, 2015.
2. “원자력안전법 시행령”, 원자력안전위원회, 2015.
3. “원자력안전법 시행규칙”, 원자력안전위원회, 2015.
4. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”, 원자력안전위원회, 2015.
5. “원자력이용시설 해체계획서 등의 작성에 관한 규정”, 원자력안전위원회, 2015.
6. “신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서” (1차개정), 한수원(주), 2013.
7. Regulatory Guide 1.70, “Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants(LWR Edition)” (Revision 3), U.S.NRC, 1978.
8. “방사성폐기물 관리법 및 방사성폐기물 관리법 시행령”, 산업통상자원부, 2015.
9. “방사성폐기물 관리비용 및 사용후핵연료관리부담금 등의 산정기준에 관한 규정”, 산업통상자원부, 2014.
10. “신고리원자력 5,6호기 건설사업 방사선환경영향평가서”, 한수원(주), 2013.
11. NUREG-1575, “Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual (MARSSIM)” (Revision 1), U.S.NRC, 2000.
12. Eric W. Abelquist, “Decommissioning Health Physics, a Handbook for MARSSIM Users” (2nd Ed.), CRC Press, 2014.
13. Regulatory Guide 1.184, “Decommissioning of Nuclear Power Reactors” (Revision 1), U.S.NRC, 2013.

14. 원자력진흥위원회 보고(관계부처 합동), “안전하고 경제적인 원전해체와 원전해체산업 육성을 위한 정책방향”, 산업통상자원부, 2015.
15. Safety Standards Series No. GSR Part 6, “Decommissioning of Facilities”, IAEA, 2014.
16. Safety Reports Series No.50, “Decommissioning Strategies for Facilities Using Radioactive Material”, IAEA, 2007.
17. “중장기 원전해체 대책에 관한 연구”, 한수원(주), 2011.
18. “해체용이성 및 선행호기 대비 설계개선 보고서(신고리 5, 6호기)”, 한수원(주), 2012.
19. “신고리 5,6호기 건설에 관한 품질보증계획서” (개정번호 2), 한수원(주), 2013.
20. 품질 17-2001, “건설 품질보증기록관리” 품질보증절차서 (개정번호 0), 한수원(주), 2013.
21. 표준방사-8620, “중·저준위 방사성폐기물 관리” 표준절차서 (2차개정), 한수원(주), 2015.
22. 운영절차서 기행-3317, “원자로건물 외부의 원자로냉각재 누설원 관리계획서” (1차개정), 한수원(주), 2014.
23. 운영절차서 방사선-8690, “비방사성계통, 지역 점검 및 방사능 오염 시 조치” (3차개정), 한수원(주), 2014.
24. Safety Reports Series No.45 “Standard Format and Content for Safety Related Decommissioning Documents”, IAEA, 2005.
25. Safety Reports Series No.77 “Safety Assessment for Decommissioning”, IAEA, 2013.
26. “신고리 3,4호기 최종안전성분석보고서” (1차개정), 한수원(주), 2015.
27. Regulatory Guide 8.8, “Information Relevant to Ensuring that Occupational Radiation Exposures at Nuclear Power Stations will be as low as is Reasonably Achievable” (Revision 3), U.S.NRC, 1978.

28. Regulatory Guide 8.10, "Operating Philosophy for Maintaining Occupational Radiation Exposures as Low as is Reasonably Achievable" (Revision 1-R), U.S.NRC, 1977.
29. TR-112352, "Decontamination Handbook," EPRI, 1999.
30. "Dismantling Techniques, Decontamination Techniques, Dissemination of Best Practice, Experience and Know-how", OECD/NEA, 2009.
31. TR-112092, "Evaluation of the Decontamination of the Reactor Coolant Systems at Maine Yankee and Connecticut Yankee", EPRI, 1999.
32. TR-3002005252, "Review of Waste Management Best Practices During Nuclear Plant Decommissioning", EPRI, 2015.
33. "Nuclear Decommissioning - Planning, Execution and International Experience", Woodhead Publishing Limited, 2012.
34. "방사선방호 등에 관한 기준", 원자력안전위원회, 2014.
35. "방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정", 원자력안전위원회, 2014.
36. TR-1011733, "Decommissioning San Onofre Nuclear Generating Station Unit 1 (SONGS-1), Reactor Vessel Internals Segmentation", EPRI, 2005.
37. "The Decommissioning Handbook", ASME, 2004.
38. "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정", 원자력안전위원회, 2014.
39. Regulatory Guide 1.109, "Calculation of Annual Doses to Man from Routine Releases of Reactor Effluents for the Purpose of Evaluating Compliance with 10 CFR Part 50, Appendix I", U.S.NRC, 1977.
40. 지침-방환-01, "주민피폭선량 계산지침", 고리원자력본부 운영지침서(개정번호 10), 한수원(주), 2014.
41. Regulatory Guide 1.191, "Fire Protection Program for Nuclear Power Plants during Decommissioning and Permanent Shutdown", U.S.NRC, 2001.

42. NFPA 805, "Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants", 2015.
43. CSA N293, "Fire Protection for Nuclear Power Plants", 2012.

2



신고리 5,6호기 예비해체계획서

부록 1

용어해설

부록 1.1 개요

이 부록은 신고리 5,6호기의 예비해체계획서에서 사용하는 용어의 해설을 기술한다.

부록 1.2 용어해설

○ ALARA

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

○ 개인선량

사람의 신체 내·외부에 피폭하는 개인이 받는 선량으로, 진료를 위해 피폭하는 방사선량과 자연방사선량은 제외

○ 개인선량계

사람의 신체 외부에 피폭되는 방사선량을 측정할 수 있는 장치

○ 검출목표치

잔류방사능 조사를 수행하기 전에 설정하는 검출목표 방사능 농도를 말함

○ 계통제염

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

○ 기기제염

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

○ 내부피폭

사람의 신체 내부에 유입되어 체내에 존재하는 방사선허종으로부터 방출되는 방사선에 의한 피폭

○ 대표인

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

안전성평가가 수행될 기간과 환경을 감안하여, 해체 후 부지 등의 잔류방사능에 의해 방사선영향이 가장 클 것이라 예상되는 대표성을 갖는 개인을 말함

○ 불가반영기간

초기 총당금 산정시점에서 원자력발전소를 해체하는 시점까지의 기간

○ 불가상승률

불가지수의 변화를 %로 나타낸 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 장해를 방지하기 위한 조치가 필요한 구역

○ 방사선방호

전리방사선에 기인한 장해 및 물질 손상에 대한 보호, 인간과 그 환경을 방사선 피폭이나 방사성 물질에 의한 오염으로부터 방호하고 방사선 장해의 발생을 방지하는 것

○ (방사선)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

○ 방사선작업종사자

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

○ 방사선작업허가서

방사선 작업 형태, 방사선준위 및 작업장 여건 등에 따라 일반 방사선작업허가서(ERWP), 작업별 방사선작업허가서(RRWP), 특수 방사선작업허가서(SRWP)로 구분

○ 방사선학적 특성조사

해체대상 시설과 부지에 존재하는 방사성물질의 종류, 양, 분포 등을 조사하는 것

○ 방사성물질

핵연료물질·사용후핵연료·방사성동위원소 및 원자핵분열생성물

### 신고리 5,6호기 예비해체계획서

○ 방사성 폐기물

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

○ 방사성 핵종

방사능을 가지는 동위원소를 방사성핵종이라고 하며, 방사성동위원라고도 함

○ 배출물

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

○ 부식생성물

기기나 배관의 부식으로 생성된 부식생성물이 원자로냉각재를 통해 원자로심에 유입된 후 중성자에 조사되어 방사성 물질이 된 상태

○ 비정상 사건

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

○ 사용후핵연료

원자로의 연료나 사용된 핵연료물질이나, 그 밖의 방법으로 핵분열시킨 핵연료물질

○ (피폭방사)선량한도

외부에 피폭하는 방사선량과 내부에 피폭하는 방사선량을 합한 피폭방사선량의 상한 값. 방사선작업종사자에 대해서 유효선량으로 연간 50mSv를 넘지 않는 범위에서 5년간 100mSv, 등가선량으로 눈 수정체에 대하여 연간 150mSv, 손·발 및 피부에 대하여 연간 500mSv임. 일반인에 대해서 연간 유효선량으로 1mSv, 등가선량으로 눈 수정체에 대하여 연간 15mSv, 손·발 및 피부에 대하여 연간 50mSv임

○ 설계수명

원자력발전소의 설계 시 설정한 목표 기간으로서 원자력발전소의 안전성과 성능 기준을 만족하면서 운전 가능한 기간

○ 영구정지

원자로시설의 설계수명이 만료되어 그 시설을 계속운전하지 않는 것

○ 예비해체계획서

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

### 원자력이용시설 건설·운영 단계의 해체계획서

- 오염  
베타선·감마선 및 저독성 알파방출체의 경우 제곱센티미터 당 0.4베크렐을 기타 알파방출체의 경우 제곱센티미터 당 0.04 베크렐을 초과하는 방사성물질이 물질의 표면에 존재하는 것
- 외부피폭  
사람의 신체외부에 있는 방사선원으로부터 방출된 방사선에 의한 피폭
- 위험도  
인간의 건강 및 환경에 위해를 줄 가능성이 있는 물질, 활동 또는 프로세스의 본질적인 특성
- 유도공기중농도  
방사선작업종사자가 1년 동안 흡입할 경우 방사능 섭취량이 연간섭취한도(선량 한도)에 이를 것으로 보이는 공기 중의 농도로서 위원회가 정하는 값
- 이자율  
기간 당 지급되는 이자를 원금의 비율로서 표시한 것
- 자체처분  
방사성 폐기물 중에서 핵종별 농도가 자체처분 허용농도 미만임이 확인된 것을 원자력안전법의 적용대상에서 제외하여 방사성폐기물이 아닌 폐기물로 소각, 매립 또는 재활용 등의 방법으로 관리하는 것
- 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 최대피폭방사선량에 상당하는 방사능농도를 말함
- 재이용  
승인된 해체계획서에 따라 해체공사를 완료한 자가 원자력안전법에 따라 해체 후 부지 등을 각종 제한으로부터 해제하여 다른 용도로 다시 이용하는 것

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

- 저장  
방사성 폐기물 처리·처분방법의 하나로서 일정한 장소에 저장해 두는 것
- 절단  
해체과정 중 구조물(원자로, 증기발생기 등)을 해체하기 위하여 사용되는 방법으로 기계적 절단, 열적 절단 등을 말함
- 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  
( $DF = \text{제염 전 방사능농도} / \text{제염 후 방사능농도}$ )
- (주변)주민  
「원자력안전법」 제103조제1항에 따른 의견수렴 대상주민으로서 해당 시설의 비상계획구역내의 주민 및 비상계획구역 경계를 포함하는 읍·면·동의 주민을 말함
- 주제어실  
발전소 운전제어를 위한 핵심시설이 설치된 운전원 상주 장소로서 발전팀장의 직접적인 통제 하에 있는 지역
- 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  $\text{person}\cdot\text{Sv}$ 의 단위로 표시함
- 처리  
방사성 폐기물의 저장·처분·재활용등을 위하여 방사성 폐기물을 물리적·화학적 방

## 신고리 5,6호기 예비해체계획서

### 법으로 다루는 것

#### ○ 처분

방사성 폐기물을 인간의 생활권으로부터 영구히 격리시키는 것

#### ○ 초기충당금

초기 충당금 산정시점에서 원자력발전소를 해체하는데 소요되는 추정비용을 산정하고, 여기에 불가상승률을 반영하여 철거 예상시점에서의 추정비용을 산정한 후, 이를 할인율로 할인하여 현재가치로 환산한 금액

#### ○ 최소검출가능농도

방사능계측기, 시료량, 회수율, 계측시간 등의 계측조건에 따라 정해지는 검출 가능한 최소 방사능농도를 말함

#### ○ 최종해체계획서

원자력이용시설 해체승인 신청을 위한 해체계획서

#### ○ 추정비용

해당 원자력발전소를 해체하는데 쓰일 해체비용을 추정한 비용

#### ○ 충당부채

해당 원자력발전소를 해체하는데 쓰일 충당금을 「주식회사의 외부감사에 관한 법률」 제13조에 따른 회계처리기준에 따라 적립한 금액

#### ○ 크러드(CRUD)

경수로 1차(원자로) 냉각수 중에서 배관계통 금속재료의 부식에 의해 생기는 부식생성물 중 물에 녹지 않고 분산되어 있는 금속산화물의 총칭이며 방사화되어 있으므로 1차(원자로) 냉각계통의 방사능 축적의 원인이 되며, Chalk River Unidentified Deposit의 약어

#### ○ 피폭경로

정상적인 배출 또는 방사선사고 등에 의해 방사성물질이 환경으로 방출된 경우 직접 또는 간접으로 여러 가지 경로를 거쳐 인체에 피폭되는 경로

#### ○ 피폭방사선량

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

### 신고리 5,6호기 예비해체계획서

#### ○ 필수기기

원전 운영경험과 해외원전 사례 등을 감안하여 발전사업자 스스로 기능적 중요도 결정(FID)에 의해 안전성영향등급(A등급)으로 관리가 필요하다고 판단한 기기나 품목

#### ○ 할인기간

추정비용, 불가상승률, 불가반영기간, 할인율, 할인기간 및 이자율은 산업통상자원부장관이 정하는데, 고시의 시행연도부터 1년이 지날 때마다 1년씩 뺀 기간

#### ○ 할인율

산업통상자원부장관이 정하여 고시하는 시점(기준시점) 이후 연도별로 사용후핵연료관리사업(사용후핵연료에 대한 법 제9조 각 호의 관리사업을 말한다)에 소요될 것으로 예상되는 비용을 기준시점의 현재가치로 각각 환산(실질할인율로 해당 기간만큼 할인하여 계산한다)하여 합산한 총액을 말함

#### ○ 해당 연도 총당금

초기 총당금에 전년도 말까지 누계 이자를 합한 것에 이자율을 곱하여 산정한 금액

#### ○ 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

#### ○ 해체비용

해당 원자력발전소를 해체하는데 쓰이는 비용

#### ○ 해체용이성 설계

ALARA 원칙에 부합하여 해체를 쉽게 하도록 고려된 설계특성이나 원자력이용시설의 구조물, 계통 및 부품에서 방사성물질의 누설 가능성을 최소화하기 위해 적용한 설계특성, 원자력이용시설에서 계획 및 통제되지 않은 상태에서 또는 배수구 및 배기구 이외의 곳에서 방사성물질의 환경으로 방출로 인한 방사성오염을 최소화하고 운영중 방사성폐기물의 발생을 최소화하기 위해 적용한 설계특성 및 원자력이용시설 해체과정에서 종사자의 접근성과 기기철거를 위한 시설배치의 최적화를 입증할 수 있는 설계특성을 포함

#### ○ 해체활동

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

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

### 신고리 5,6호기 예비해체계획서

- 화재  
안전에 중요한 구조물, 계통 및 기기 등에 대한 화재의 영향을 완화시키는 것
- 혼합폐기물  
해체과정 중 발생이 예상되는 방사성물질과 비방사성위해물질을 함께 포함한 폐기물

