

# 신고리 5,6호기 액체 및 기체 상태의 방사성물질 등의 배출계획서



**한국수력원자력|주|**

# “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서



**한국수력원자력주식회사**



“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

목 차 (2 중 1)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
1	<u>배출계획의 개요</u>	1-1
1.1	개요	1-1
1.2	설계특성 개요	1-2
1.3	액체 및 기체방사성물질의 특성	1-2
2	<u>액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 처리시설 및 감시설비</u>	2-1
2.1	액체방사성물질 처리시설 및 감시설비	2-1
2.2	기체방사성물질 처리시설 및 감시설비	2-6
3	<u>액체 및 기체 상태의 방사성물질등에 대한 시료채집 및 분석계획</u>	3-1
3.1	시료채집을 위한 핵종군의 선정	3-1
3.2	액체방사성물질 시료채집 및 분석주기	3-2
3.3	기체방사성물질 시료채집 및 분석주기	3-4
3.4	방사성물질 시료채집 및 분석장비	3-6
4	<u>액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출제한치 설정방법</u>	4-1
4.1	배출제한치 설정에 적용할 법적기준	4-1
4.2	배출제한치 설정 방법론	4-2
4.3	배출제한치 설정을 위한 핵종군의 분류	4-9
4.4	배출제한치 설정을 위한 주민피폭선량 설계치	4-27
4.5	주민피폭선량 평가모델 및 인자	4-29
4.6	주민피폭선량 계산결과	4-37
4.7	배출제한치와 유사시설 과거 배출량 비교	4-39
5	<u>배출제한치 계산결과 및 배출계획</u>	5-1
5.1	해당시설의 배출제한치	5-1
5.2	동일부지 내에 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우의 배출제한치	5-4
5.3	배출계획의 품질보증 및 관리기준	5-8

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

목 차 (2 중 2)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
6	<u>참고문헌</u>	6-1
6.1	개요	6-1
6.2	참고문헌	6-1



“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

부록 목차 (1 중 1)

<u>번호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
부록 1	<u>용어해설</u>	부록-1
부록 1.1	개요	부록-1
부록 1.2	용어해설	부록-1
부록 2	<u>주민피폭선량평가 적용인자</u>	부록-3
부록 2.1	개요	부록-3
부록 2.2	희석수 유량	부록-3
부록 2.3	액체방사성물질에 의한 주민피폭선량 평가 입력자료	부록-4
부록 2.4	기체방사성물질에 의한 주민피폭선량 평가 입력자료	부록-5



“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

표 목차 (1 중 1)

번 호	제 목	페이지
표 2-1	액체방사성물질 감시설비 종류	2-3
표 2-2	액체방사성물질 감시기의 경고/경보 설정치 및 기능	2-5
표 2-3	기체방사성물질 감시기의 경고/경보 설정치 및 기능	2-11
표 3-1	액체방사성물질 시료채집 및 분석주기	3-2
표 3-2	기체방사성물질 시료채집 및 분석주기	3-4
표 3-3	시료채집 핵종군별 방사성물질 분석장비	3-7
표 4-1	고리/서울본부 액체방사성물질 중 핵종별, 호기별 연간유효선량기준 대비 실적	4-10
표 4-2	고리/서울본부 액체방사성물질 중 핵종별 유효선량 기여도	4-12
표 4-3	고리/서울본부 액체방사성물질의 핵종별 배출실적 구성비	4-14
표 4-4	고리/서울본부 액체방사성물질 중 기타 핵종의 섭취에 대한 유효선량환산인자	4-16
표 4-5	액체방사성물질 배출제한치 설정 핵종군 및 설정근거	4-17
표 4-6	액체방사성물질 시료채집 핵종군과 배출제한치 설정 핵종군	4-17
표 4-7	고리/서울본부 기체방사성물질 중 핵종별, 호기별 연간유효선량기준 대비 실적	4-18
표 4-8	고리/서울본부 기체방사성물질 중 핵종별 유효선량 기여도	4-20
표 4-9	고리/서울본부 기체방사성물질의 핵종별 배출실적 구성비	4-22
표 4-10	고리/서울본부 기체방사성물질 중 방사성우소의 섭취에 대한 감상선량환산인자	4-24
표 4-11	고리/서울본부 기체방사성물질 중 불활성기체의 선량환산인자	4-24
표 4-12	고리/서울본부 기체방사성물질 중 기타 핵종의 섭취에 대한 유효선량환산인자	4-25
표 4-13	기체방사성물질 배출제한치 설정 핵종군 및 설정근거	4-25
표 4-14	기체방사성물질 시료채집 핵종군과 배출제한치 설정 핵종군	4-26
표 4-15	해당시설의 배출제한치 설정을 위한 경로별/핵종군별 주민피폭선량 설계치	4-27
표 4-16	동일부지 내 배출제한치 설정을 위한 경로별/핵종군별 주민피폭선량 설계치	4-28
표 4-17	주민피폭선량평가에 사용된 전산코드(K-DOSE60)의 주요 특성	4-29
표 4-18	주민피폭선량평가 피폭경로 비교	4-34
표 4-19	대기확산인자 평가방법론	4-35
표 4-20	주민피폭선량에 사용된 대기확산인자	4-36
표 4-21	액체방사성물질 핵종군별 주민피폭선량 계산결과(해당시설 기준)	4-37
표 4-22	기체방사성물질 핵종군별 주민피폭선량 계산결과(해당시설 기준)	4-37
표 4-23	액체방사성물질 핵종군별 주민피폭선량 계산결과(부지 기준)	4-38
표 4-24	기체방사성물질 핵종군별 주민피폭선량 계산결과(부지 기준)	4-38
표 4-25	신고리 5,6호기 해당시설의 연간 배출제한치와 유사호기 과거 연간 배출실적	4-39

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

표 4-26	신고리 5,6호기 해당시설의 분기 배출제한치와 유사호기 과거 분기 배출실적	4-40
표 4-27	신고리 5,6호기 해당시설의 월간 배출제한치와 유사호기 과거 월간 배출실적	4-40
표 5-1	신고리 5호기 액체 및 기체방사성물질 배출제한치	5-2
표 5-2	신고리 6호기 액체 및 기체방사성물질 배출제한치	5-2
표 5-3	서울본부 호기별 액체 및 기체방사성물질 배출분배량	5-4
표 5-4	서울본부 액체 및 기체방사성물질 배출제한치	5-5
표 5-5	신고리 5,6호기 호기 액체 및 기체방사성물질 자체 배출관리치	5-7





“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

그림 목차 (1 중 1)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
그림 2-1	액체방사성폐기물 배출유로	2-1
그림 2-2	액체비방사성폐기물 배출유로	2-1
그림 2-3	액체방사성물질 배출지점	2-2
그림 2-4	기체방사성물질 배출유로	2-6
그림 2-5	기체방사성물질 배출지점	2-7
그림 4-1	해당시설의 액체방사성물질 핵종군의 연간선량 계산방법	4-2
그림 4-2	해당시설의 기체방사성물질 핵종군의 연간선량 계산방법	4-4
그림 4-3	동일부지 내 기체방사성물질 핵종군의 연간선량 계산방법	4-7
그림 4-4	주민피폭선량 평가지점	4-30
그림 4-5	액체방사성물질 주민피폭선량 평가모델	4-31
그림 4-6	기체방사성물질 주민피폭선량 평가모델	4-32



## 1 배출계획의 개요

### 1.1 개요

신고리 원자력발전소 5,6호기(이하 “신고리 5,6호기” 또는 “발전소”로 기술한다) 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서(이하 “배출계획서”라 한다)는 한국수력원자력주식회사(이하 “한수원(주)”로 기술한다)가 작성하여 원자력안전위원회에 제출하는 문서이다.

본 배출계획서는 원자력안전법 제20조(운영허가) 제2항 및 원자력안전위원회 고시 “발전용원자로 및 관계시설의 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서 작성에 관한 규정”에 근거하여 정상 운전시 원자력발전소에서 배출되는 액체 및 기체방사성물질의 배출계획 수립 및 배출물 관리에 대한 제반사항을 기술한다.

2장에서는 액체 및 기체방사성물질의 배출유로, 방사성물질 처리시설 및 감시설비에 대해 기술하였다.

3장에서는 액체 및 기체방사성물질에 대한 시료채집 핵종군 선정 및 채집/분석 계획을 기술하였다.

4장에서는 배출제한치 설정을 위한 법적기준, 설정 방법론, 핵종군의 분류, 배출계획 수립을 위해 적용된 주민피폭선량 평가모델 및 인자, 주민피폭선량 계산결과 등을 기술하고, 계산된 배출제한치와 유사시설의 과거 배출량을 비교하였다.

5장에서는 신고리 5,6호기 액체 및 기체방사성물질의 호기기준 배출제한치 계산결과와 새울본부 부지기준 배출제한치 계산결과를 제시하였고, 배출계획의 품질보증 및 배출제한치 초과시 조치계획에 대해 기술하였다.

#### 1.1.1 목적

본 배출계획서는 원자력안전법 시행규칙 제16조(운영허가의 신청 등) 제6항에 따른 원자력안전위원회 고시 “발전용원자로 및 관계시설의 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서 작성에 관한 규정”의 작성요령에 의거 신고리 5,6호기의 액체 및 기체방사성물질에 대한 배출제한치를 설정하여 배출계획을 수립함으로써 방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모함을 목적으로 한다.

#### 1.1.2 적용범위

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

본 배출계획서는 원자력안전법 제20조(운영허가) 제2항에 따른 발전용원자로 및 관계시설의 운영허가 신청서류로서 신고리 5,6호기의 호기기준 배출관리와 새울본부 부지기준 액체 및 기체방사성물질 배출관리에 적용한다.

## 1.2 설계특성 개요

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

원자력발전소 부지는 행정구역상 울산광역시 울주군 서생면 신암리에 위치하고 있으며, 지리학적으로는 한반도의 동해안에 위치하며, 신고리 5,6호기의 위도와 경도는 각 원자로 중심 사이를 기준으로 각각 이다.

2개의 루프(loop)를 가진 가압경수형 원자로의 핵증기공급계통은 두산중공업주식회사(DOOSAN)와 한국전력기술주식회사(KOPEC E&C)가 공급한 것으로, 이 핵증기공급계통은 한국전력기술주식회사에서 설계한 프리스트레스트 콘크리트에 강철판이 라이닝된 원자로건물 내에 수용되어 있다.

핵중기공급시스템의 열출력은 4,000 MWt로, 터빈/발전기시스템의 각 호기 당 보증된 발전기 출력은 1,455 MWe으로 정격 운전된다. 터빈/발전기는 두산중공업주식회사가 공급하였다

본관건물의 배치는 각각 터빈건물이 원자로건물에 대하여 방사형 배치형태가 되도록 하였으며, 양 호기 공유형인 복합건물을 중심으로 각 호기는 원자로건물, 보조건물 및 터빈건물로 구성되어 있다. 보조건물은 핵연료취급 영역과 비상디젤발전기 영역을 통합한 4분할(quadrant) 배치로써, 원자로건물을 둘러싸고 있는 형태로 배치되어 있다.

### 1.3 액체 및 기체방사성물질의 특성

신고리 5,6호기의 운영으로 인해 배출되는 액체방사성물질은 H-3, I-131, 용존기체(감마방출체), 전알파, Sr-89, Sr-90, Fe-55, Ni-63, 주요 감마방출체로 분류할 수 있고 복수기 냉각수로 희석하여 배출관리 기준 등을 만족하도록 방사선감시기의 감시 하에 환경으로 배출된다. 기체방사성물질은 H-3, C-14, I-131, 전알파, Sr-89, Sr-90, 주요 감마방출체, 불활성기체(전베타 또는 감마)로 분류할 수 있고 매기구에서 방사선감시기의 감시 하에 환경으로 배출된다.

## 2 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 처리시설 및 감시설비

### 2.1 액체방사성물질 처리시설 및 감시설비

#### 2.1.1 액체방사성물질 배출유로 및 배출지점

액체방사성폐기물은 발전소운전으로 인하여 발생한 1차계통의 액체방사성물질 또는 그것에 의하여 오염된 액체로서 이에 대한 배출유로는 그림 2-1에 도식하였다.

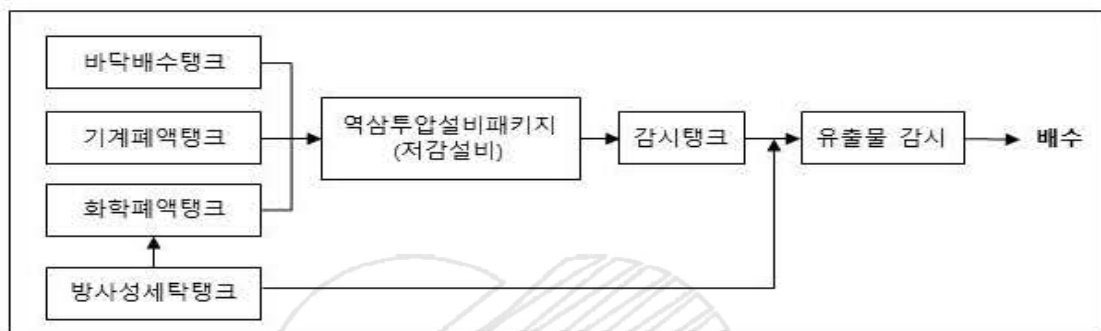


그림 2-1  
액체방사성폐기물 배출유로

액체방사성폐기물은 증기발생기 취출수, 증기발생기 Wet Lay-up Pump, 복수기 피트 배수조, 복수탈염구역 배수조, 복수기 Overboard Pump에서 발생하는 배출물로 종합폐수처리장을 통해 배출된다. 이에 대한 배출유로는 그림 2-2에 도식하였다.

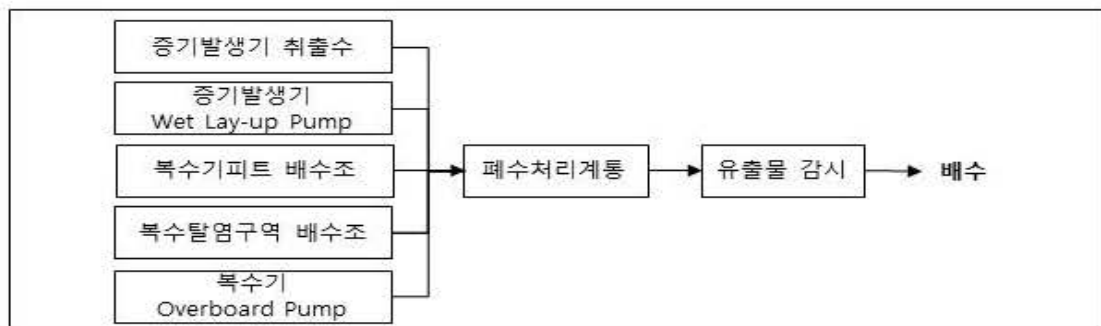


그림 2-2  
액체방사성폐기물 배출유로

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

액체방사성물질은 순환수계통 및 공동배수모관을 통하여 바다로 배출되는데 액체 방사성물질의 유일한 배출지점은 순환수 배출도관이다. 액체방사성물질의 배출지점을 그림 2-3에 도식하였다.

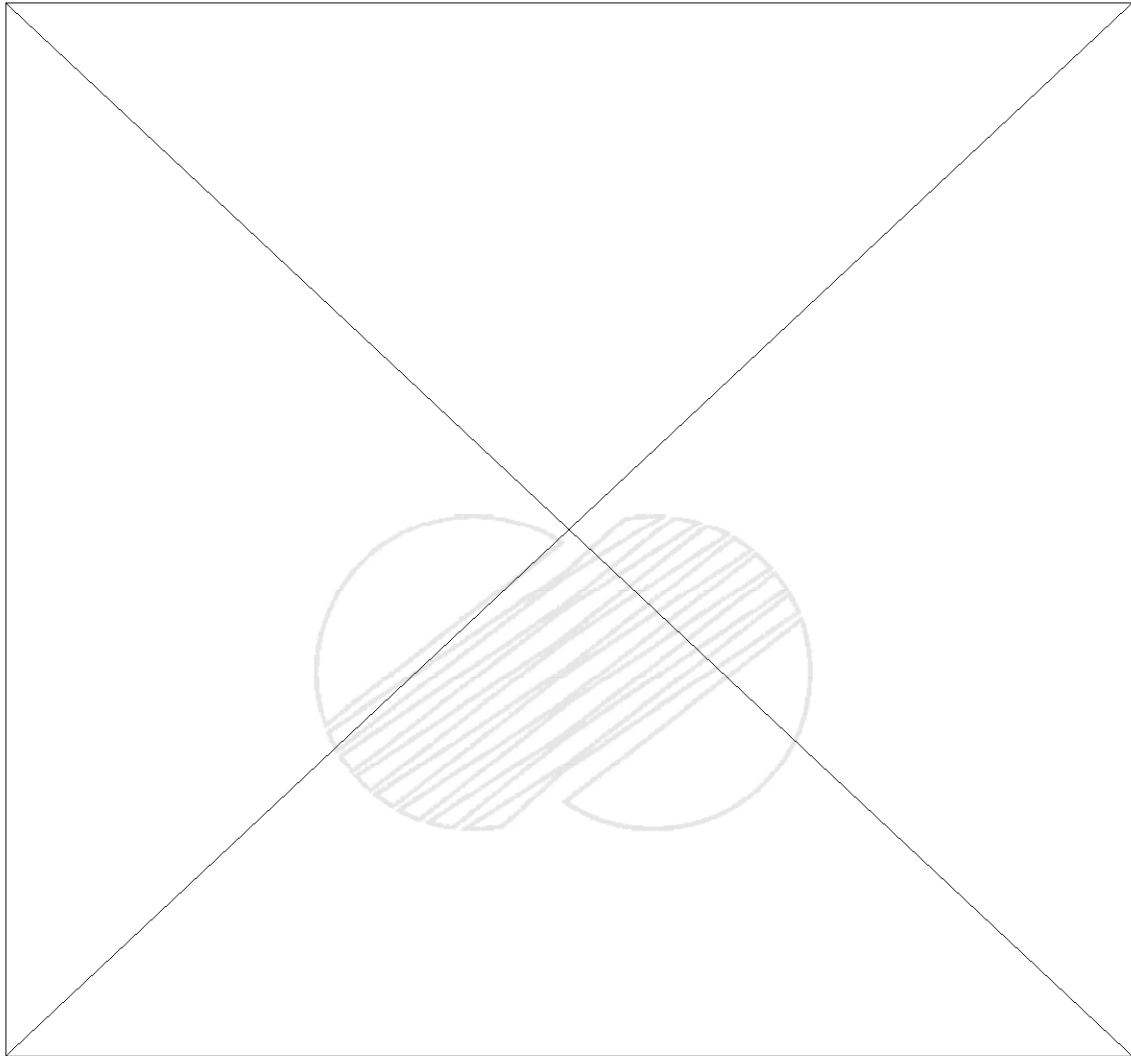


그림 2-3  
액체방사성물질 배출지점

### 2.1.2 액체방사성물질 처리시설

액체방사성물질의 처리시설은 감시탱크, 감시탱크펌프, 방사성세탁계통 배수탱크, 방사성세탁계통 배수탱크펌프, 방사성세탁계통 배수여과기, 밀봉수 열교환기, 정밀 여과막 모듈탱크, 정밀 여과막 모듈, 오일제거필터, 역삼투압설비 공급탱크, 정화

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

설비 공급탱크, 양이온 교환기, 혼상이온 교환기, 역삼투압설비 모듈, 정밀 여과막 펌프, 정밀 여과막 역세정 펌프, 역삼투압 설비 공급펌프, 정화설비 공급펌프, 농축폐액 탱크, 농축폐액 공급펌프 등으로 구성되어 있다. 처리시설의 상세종류 및 설계용량 등은 신고리 5,6호기 최종안전성분석보고서 표 11.2-10의 “액체방사성폐기물관리계통 기기목록”에 구체적으로 제시되어 있다.

액체방사성폐기물관리계통은 표준심사지침(NRC NUREG-0800) 11.2절에 정의된 허용기준에 따라 설계되었다[11]. 이에 대한 상세한 설계기준 및 평가, 규격 및 표준, 특성은 신고리 5,6호기 최종안전성분석보고서 11.2.1(설계기준)에 제시되어 있다[5].

### 2.1.3 액체방사성물질 감시설비 및 경보연동

#### 2.1.3.1 액체방사성물질 감시설비

액체방사성물질의 감시설비는 표 2-1에 나타난 것처럼 액체방사성폐기물 유출물 감시기, 액체비방사성폐기물 유출물감시기로 나눌 수 있다.

표 2-1  
액체방사성물질 감시설비 종류

구 분	대상 감시설비
액체방사성폐기물 유출물감시기	액체방사성폐기물 유출물감시기
액체비방사성폐기물 유출물감시기	종합폐수처리장 집수조감시기

#### ☐ 액체방사성폐기물 유출물감시기

액체방사성폐기물 감시탱크의 유출물을 감시하기 위해 방사선감시기가 양호기 공용으로 2대 설치된다.

#### ☐ 액체비방사성폐기물 유출물감시기

##### - 종합폐수처리장 집수조감시기

종합폐수처리장 집수조 출구에서의 방사능유출을 측정하기 위해 방사선감시기가

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

설치되며, 최종 방류구에는 연속시료 채취기가 설치된다.

### 2.1.3.2 액체방사성물질 감시설비 정보연동

액체방사성물질 감시설비의 방사선준위 신호와 고방사선 경고 및 운전상태 경보는 개별 감시기의 마이크로프로세서에 의해 발생되며, 해당신호는 현장과 정보처리계통, 주요변수지시 및 경보계통과 기타 연계계통으로 전송된다. 방사선 경고(Alert), 고방사선 및 운전상태 경보(Alarm)가 제공된다. 일부감시기의 고방사선 경보는 관련계통의 배출차단 또는 유로변경과 같은 제어기능을 작동시키기 위해 사용되고, 복합건물의 액체방사선감시기 경보는 주제어실과 방사성폐기물처리계통 제어실에 표시된다. 전원상실, 채취시료유실, 검출기신호상실, 점검용선원 응답오류, 필터페이퍼의 기능상실 등과 같이 감시기가 정상적으로 작동하지 않는 경우, 해당 운전상태에 대한 경보가 마이크로프로세서에 의해 발생한다. 각 방사선감시기의 고방사선 경고 발생 시에는 새울 제2발전소 운영절차서 “소내방사선 감시계통 비정상시 조치”에 제시된 절차에 따라 적절하게 조치한다. 액체유출물감시기의 정보연동에 관한 내용을 요약하면 다음과 같다.

#### ☐ 액체방사성폐기물 유출물감시기 정보연동

액체방사성폐기물 관리계통 감시기는 주제어실과 방사성폐기물처리계통 제어실에 경보를 발생시키고, 유출물의 배출을 차단한다.

#### ☐ 액체비방사성폐기물 유출물감시기 정보연동

##### - 종합폐수처리장 집수조감시기

유출물에 설정치 이상의 고방사선량이 검출되면 종합폐수장으로부터의 배출을 자동으로 차단하고 운전원에게 경보를 제공한다.

### 2.1.3.3 액체방사성물질 감시기의 기능시험 주기 및 절차

감시기의 검출기는 공장시험을 거치며, 검출기의 기능은 점검선원(Check Source)을 활용하여 주기적으로 확인하고, 검출기 교정은 교정선원(Calibration Source)을 이용하여 현장에서 교정한다.

방사선감시계통 기기는 주기적으로 조사 및 검사하고, 검출기는 조사선원의 응답이 부적절하게 지시되거나 다른 기기의 유지보수로 인해 지시계기의 정밀도에 영향을 줄 수 있을 경우에도 교정한다.

표 2-2에는 액체방사성물질을 감시하기 위한 감시기별 감시형태, 경고, 경보 및 그 기능 등이 제시되어 있다. 감시설비에 대한 추가적인 세부사항은 신고리 5,6호

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

기 최종안전성분석보고서 표 11.5-2의 “액체 공정 및 유출물 방사선감시계통”에 구체적으로 제시되어 있다[5].

표 2-2  
액체방사성물질 감시기의 경고/경보 설정치 및 기능

No.	기기번호	설치장소	감시형태	경고 (Bq/cc)	경보 (Bq/cc)	기능 및 비고
1	RE-183 RE-184	액체방사성 폐기물관리계통 유출물	액체			- 지시 및 경보(주제어실) - 감시탱크 배출 밸브 자동 폐쇄
2	RE-190	중합폐수처리장 집수조	액체			- 지시 및 경보(주제어실) - 펌프정지신호





## 2.2 기체방사성물질 처리시설 및 감시설비

### 2.2.1 기체방사성물질 배출유로 및 배출지점

기체방사성물질 배출유로는 원자로건물 공기조화계통, 복합건물 공기조화계통, 보조건물 공기조화계통, 터빈건물 공기조화계통, 중저준위 방사성폐기물 임시저장고 공기조화계통으로 구성되어 있다. 원자로건물 공기조화계통 유로는 배치로 배출되고, 복합건물 공기조화계통, 터빈건물 공기조화계통 유로에서는 연속적으로 배출된다. 이 배출유로에 대해 그림 2-4에 도식하였다.

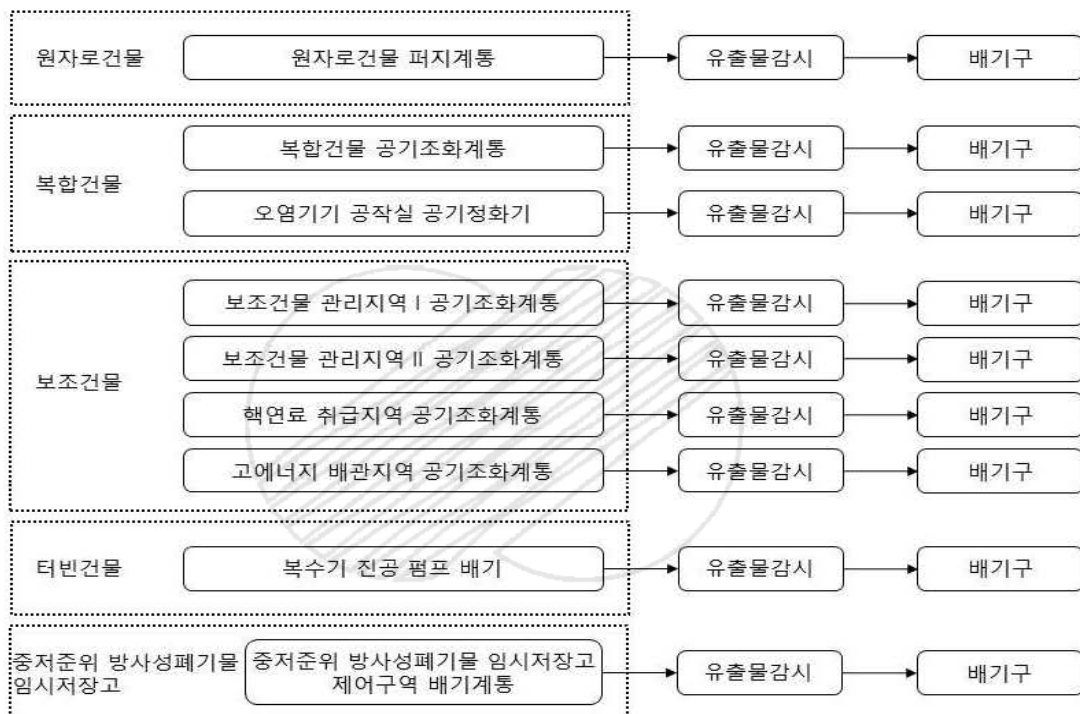


그림 2-4  
기체방사성물질 배출유로

기체방사성물질은 그림 2-5와 같이 각 건물의 배기구를 통해 환경으로 배출된다. 이러한 모든 배출지점에는 방사선감시계통이 설치되어 그 결과를 보건물리실과 주제어실 또는 방사성폐기물처리계통 제어실로 보내 자동 또는 수동으로 필요한 조치를 취하게 한다.

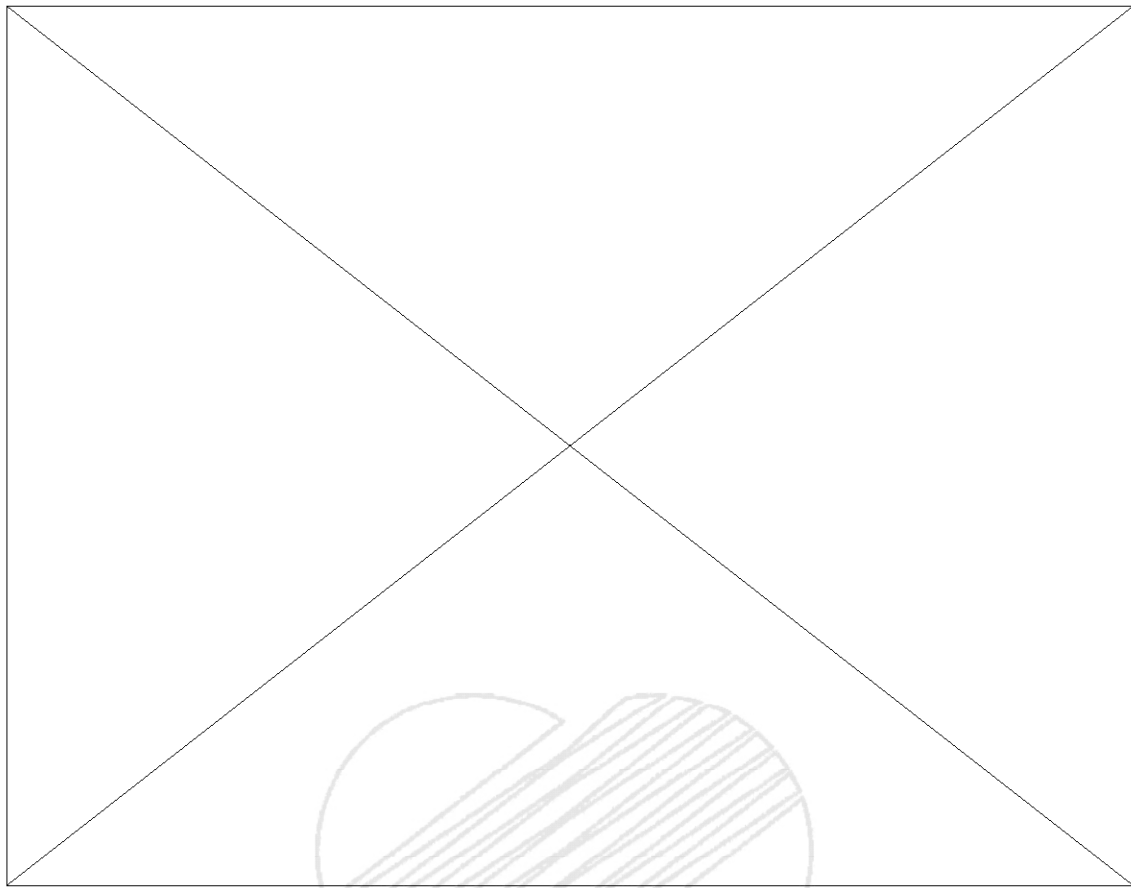


그림 2-5  
기체방사성물질 배출지점

## 2.2.2 기체방사성물질 처리시설

기체방사성물질 처리시설은 탈기체 처리기기들로부터 배기되는 고준위 방사성기체를 수집하여 처리하는 기체방사성폐기물 관리계통과 저준위 방사성기체를 여과 처리하여 배기로 배출하는 공기조화계통으로 구성되어 있다. 처리시설의 상세종류 및 설계용량 등은 신고리 5,6호기 최종안전성분석보고서 표 11.3-6의 “기체방사성폐기물관리계통 기기목록”에 구체적으로 제시되어 있다[5].

기체방사성폐기물 관리계통은 표준심사지침(NRC NUREG-0800) 11.3절에 정의된 허용기준에 따라 설계되었다[11]. 이에 대한 상세한 설계기준 및 평가, 규격 및 표준, 특성은 신고리 5,6호기 최종안전성분석보고서 11.3.1(설계기준)에 제시되어 있다[5].

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

### 2.2.2.1 기체방사성폐기물계통

고준위 방사성기체의 처리를 위한 시설로서 모관배수탱크, 활성탄보호대, 활성탄지연대, 고성능 입자여과기, 폐기체 건조기 등의 처리시설이 있다. 이에 대한 종류, 설계기준, 설계 용량 등은 신고리 5,6호기 최종안전성분석보고서 표 11.3-6의 “기체방사성폐기물 관리계통 기기 목록”에 구체적으로 제시되어 있다[5].

### 2.2.2.2 공기조화계통

저준위 방사성기체는 해당건물 공기조화계통에서 여과 처리된 다음 대기로 배출된다. 저준위 방사성기체를 처리하는 계통에는 건물 배기계통, 복수기 진공계통 및 터빈축 밀봉계통이 있으며 이들 계통에 대한 상세내용은 신고리 5,6호기 최종안전성분석보고서 9.4절, 10.4.2절 및 10.4.3절에 각각 기술되어 있다[5].

## 2.2.3 기체방사성물질 감시설비 및 경보연동

### 2.2.3.1 기체방사성물질 감시설비

기체방사성물질 감시설비는 교에너지 배관지역 유출물감시기, 보조건물 관리구역 I, II 공기조화계통 정상배기 유출물감시기, 원자로건물 유출물감시기, 핵연료 취급지역 유출물감시기, 복수기 진공배기 유출물감시기, 복합건물 유출물감시기, 오염기기공작실 유출물감시기, 중저준위 방사성폐기물 임시저장고 제어구역 유출물감시기 등이 있다.

#### ☐ 교에너지 배관지역 유출물감시기

교에너지 배관지역 공기조화계통 입구 방사능 준위를 감시하기 위해 공기입자, 기체 및 요오드 채널로 구성된 감시기 1대가 설치되고, 공기조화계통 출구 방사능농도를 측정하기 위해 공기입자 및 요오드 시료채취기(Sampler) 1대가 설치된다.

#### ☐ 보조건물 관리구역 I, II 공기조화계통 정상배기 유출물감시기

보조건물 관리구역 I, II 공기조화계통 정상배기 공기정화기로 유입되는 공기를 감시하기 위해 공기입자, 기체 및 요오드 채널로 구성된 2대의 감시기가 설치되며, 정상배기 공기정화기 배출구로부터 배출되는 유출물을 감시하기 위해 공기입자 및 요오드 시료채취를 위해 2대의 시료채취기(Sampler)가 설치된다.

#### ☐ 원자로건물 유출물감시기

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

원자로건물 유출물을 감시하기 위하여 공기입자, 기체 및 요오드 채널로 구성된 방사선감시기로 측정한다.

### ☐ 핵연료 취급지역 유출물감시기

핵연료 취급지역의 공기조화계통으로부터 배출되는 유출물을 감시하기 위해 공기입자, 기체 및 요오드 채널로 구성된 1대의 감시기가 설치된다.

### ☐ 복수기 진공배기 유출물감시기

복수기 진공계통의 유출물을 감시하기 위해 공기입자 및 요오드 시료채취기(Sampler)를 갖춘 기체 채널 감시기 1대가 설치된다.

### ☐ 복합건물 유출물감시기

복합건물 공기조화계통의 유출물을 감시하기 위해 공기입자, 요오드 및 기체채널로 구성된 1대의 감시기가 설치된다.

### ☐ 오염기기 공작실 유출물감시기

복합건물 오염기기 공작실 배기구로 배출되는 유출물을 감시하기 위해 공기입자, 요오드 및 기체 채널설비를 갖춘 방사선감시기 1대가 설치된다.

### ☐ 중저준위 방사성폐기물 임시저장고 제어구역 유출물감시기

중저준위 방사성폐기물 임시저장고 제어구역 배기계통의 유출물을 감시하기 위해 공기입자, 요오드 및 기체 채널 설비를 갖춘 방사선감시기 1대가 설치된다.

#### 2.2.3.2 기체방사성물질 감시설비 경보연동

기체방사성물질 감시설비의 방사선준위 신호와 고방사선 경보 및 운전상태 경보는 개별 감시기의 마이크로프로세서에 의해 발생되며, 해당신호는 현장과 정보처리계통, 주요변수지시 및 경보계통과 기타 연계계통으로 전송된다. 방사선 경고(Alert), 고방사선 및 운전상태 경보(Alarm)가 제공된다. 일부 감시기의 고방사선 경보는 관련계통의 배출차단 또는 유로변경과 같은 제어기능을 작동시키기 위해 사용되고, 복합건물의 기체방사선감시기 경보는 주제어실과 방사성폐기물처리계통 제어실에 표시된다. 전원상실, 채취시료 유실, 검출기 신호상실, 점검용선원 응답 오류, 필터페이퍼의 기능상실 등과 같이 감시기가 정상적으로 작동하지 않는 경

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

우, 해당 운전 상태에 대한 경보가 마이크로프로세서에 의해 발생한다. 각 방사선 감시기의 교방사선 경보 발생 시에는 새울 제2발전소 운영절차서 “기체방사성폐기물 배출관리”에 제시된 절차에 따라 적절하게 조치한다.

### ☐ 원자로건물 유출물감시기 경보연동

교방사선 경보 발생 시 배기팬이 정지되어 자동으로 배출이 차단된다.

### ☐ 복합건물 유출물감시기 경보연동

복합건물 배기 공기정화기 입구감시기에 교방사선 경보 발생 시 정상 배기팬이 정지되고 비상 배기팬이 자동으로 기동된다.

### ☐ 복수기 진공배기 유출물감시기 경보연동

교방사선 경보 발생 시 복수기 내 가스배출유로가 원자로건물내부로 변경된다.

### ☐ 핵연료 취급지역 공기조화계통 유출물감시기 경보연동

교방사선 경보 발생 시 정상 배기팬이 정지되고 비상 배기팬이 자동으로 기동된다.

### ☐ 중저준위 방사성폐기물 임시저장고 제어구역 유출물감시기 경보연동

교방사선 경보 발생 시 중저준위 방사성폐기물 임시저장고 제어구역 배기팬이 자동 정지된다.

## 2.2.3.3 기체방사성물질 감시기의 기능시험 주기 및 절차

감시기의 검출기는 공장시험을 거치며, 검출기의 기능은 점검선원(Check Source)을 활용하여 주기적으로 확인하고, 검출기 교정은 교정선원(Calibration Source)을 이용하여 현장에서 교정한다.

방사선감시계통 기기는 주기적으로 조사 및 검사하고, 검출기는 조사선원의 응답이 부적절하게 지시되거나 다른 기기의 유지보수로 인해 지시계기의 정밀도에 영향을 줄 수 있을 경우에도 교정한다.

표 2-3에는 기체방사성물질을 감시하기 위한 감시기별 감시형태, 경고, 경보 및 그 기능 등이 제시되어 있다. 감시설비에 대한 추가적인 세부 사항은 신고리 5,6호기 최종안전성분석보고서 표 11.5-1의 “기체 공정 및 유출물 방사선감시계통”에 구체적으로 제시되어 있다[5].

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

표 2-3  
기체방사성물질 감시기의 경고/경보 설정치 및 기능

No.	기기번호	설치장소	감시형태	경고 (Bq/cc)	경보 (Bq/cc)	기능 및 비고
1	RE-007	고에너지 배관지역 배기 공기정화기 입구	공기입자			· 지시 및 경보 (주제어실)
			요오드			
			기체			
2	RE-013 RE-014	보조건물 관리구역 I, II 정상배기 공기정화기 입구	공기입자			· 지시 및 경보 (주제어실)
			요오드			
			기체			
3	RE-037	원자로건물 펄지 유출물 <sup>1)</sup>	공기입자			· 지시 및 경보 (주제어실) · 원자로 배기팬 정지
			요오드			
			기체			
4	RE-043	핵연료 취급지역 공기조화계통 유출물	공기입자			· 지시 및 경보 (주제어실)
			요오드			
			기체			
5	RE-063	복수기 진공펌프 배기 유출물 <sup>2)</sup>	공기입자			· 지시 및 경보 (주제어실) · 환경에서 원자로건물로 배출경로 변경 분석
			요오드			
			기체			
6	RE-082	복합건물 공기조화계통 유출물	공기입자			· 지시 및 경보 (주제어실)
			요오드			
			기체			
7	RE-084	복합건물 오염기기 공작실 공기정화기 출구	공기입자			· 지시 및 경보 (주제어실)
			요오드			
			기체			
8	RE-301	증저준위 방사성폐기물 임시저장고 공기조화계통	공기입자			· 지시 및 경보 (현장)
			요오드			
			기체			

1) 원자로건물 자체적 배기 시 경고/경보치, 팔호안은 고체적 배기 시 경고/경보치.

2) 복수기 진공펌프 배기 유출물을 감시하기 위해 공기입자 및 요오드 시료채취기(Sampler)를 갖춘 기체 채널 감시기 1대가 설치됨.

### 3 액체 및 기체 상태의 방사성물질등에 대한 시료채집 및 분석계획

#### 3.1 시료채집을 위한 핵종군의 선정

원자력안전위원회 고시 “방사선방호등에 관한 기준” 제16조(환경상의 위해방지) 제2항의 1에는 해당시설의 설계에 적용할 선량기준과 제2항의 2에 동일부지 내의 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우에 적용할 선량기준을 제시하고 있다[4]. 구체적으로 해당시설에 대해서는 액체상태의 배출물에 의한 유효선량, 인체 장기등가선량, 기체상태 배출물에 의한 감마선에 의한 공기의 흡수선량, 베타선에 의한 공기의 흡수선량, 외부피폭에 의한 유효선량, 외부피폭에 의한 피부등가선량, 입자상 방사성물질, H-3, C-14 및 방사성옥소에 의한 인체장기등가선량 기준을 제시하고 있으며, 동일부지 내의 다수의 원자력관계시설에 대해서는 액체 및 기체 상태의 배출물에 의한 유효선량, 감마선등가선량 기준을 제시하고 있다. 시료채집 핵종군은 위 고시에 제시된 선량을 평가할 수 있도록 선정되었다.

방사성물질의 채집을 위한 핵종군은 새울 제2발전소 운영절차서 “액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출관리계획서”를 근거로 액체의 경우, H-3, I-131, 용존 기체(감마방출체), 전알파, Sr-89, Sr-90, Fe-55, Ni-63, 주요 감마방출체로 분류하여 시료를 채집하고, 기체의 경우, H-3, C-14, I-131, 전알파, Sr-89, Sr-90, 주요 감마방출체, 불활성기체로 분류하여 시료를 채집한다.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

### 3.2 액체방사성물질 시료채집 및 분석주기

액체방사성물질의 모든 배출유로에서 표 3-1의 방사능 분석항목에 대하여 매치배출 시와 연속배출 시에 시료를 채집하여 분석한다. 시료의 분석주기는 매배출시, 주, 월, 분기 등으로 구분된다.

상세한 액체방사성물질의 시료채집 및 분석계획은 새울 제2발전소 운영절차서 “액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출관리계획서”의 붙임 7.1을 따른다.

표 3-1  
액체방사성물질 시료채집 및 분석주기

배출형태	방사능 분석항목	시료채집 빈도/형태	최소분석 주기	검출하한치 <sup>1)</sup> (Bq/ml)
1. 매치배출 가. 액체방사성폐기물 관리계통 감시탱크 나. 방사성세탁계통 배수탱크 다. 증기발생기 Wet Lay-up Pump <sup>4)</sup> (환경배출시) 라. 복수기 Overboard Pump <sup>4)</sup> (환경배출시)	주요 감마방출체 <sup>2)</sup>	매배출전/그랩	매배출시	$1.85 \times 10^{-2}$
	I-131	매배출전/그랩	매배출시	$3.70 \times 10^{-2}$
	용존기체(감마방출체)	매배출전/그랩	매배출시	$3.70 \times 10^{-1}$
	H-3	매배출전/그랩	매배출시	$3.70 \times 10^{-1}$
	전알파	매배출전/그랩	월 복합시료	$3.70 \times 10^{-3}$
	Sr-89, Sr-90	매배출전/그랩	분기 복합시료	$1.85 \times 10^{-3}$
	Fe-55, Ni-63	매배출전/그랩	분기 복합시료	$3.70 \times 10^{-2}$
2. 연속배출 가. 증기발생기 취출수 <sup>5)</sup> (환경배출시) 나. 복수탈염설비구역 배수조 (환경배출시) 다. 복수기피트 배수조 <sup>6)</sup>	주요 감마방출체 <sup>2)</sup>	연속 <sup>3)</sup>	주 복합시료	$1.85 \times 10^{-2}$
	I-131	연속 <sup>3)</sup>	주 복합시료	$3.70 \times 10^{-2}$
	용존기체(감마방출체)	연속 <sup>3)</sup>	주 복합시료	$3.70 \times 10^{-1}$
	H-3	연속 <sup>3)</sup>	월 복합시료	$3.70 \times 10^{-1}$
	전알파	연속 <sup>3)</sup>	월 복합시료	$3.70 \times 10^{-3}$
	Sr-89, Sr-90	연속 <sup>3)</sup>	분기 복합시료	$1.85 \times 10^{-3}$
	Fe-55, Ni-63	연속 <sup>3)</sup>	분기 복합시료	$3.70 \times 10^{-2}$

1) 검출하한치(LLD)는 U.S.NRC, NUREG-1301, Table 4.11-1을 따름. 단, Ni-63의 경우에는 베타선 방출핵종으로 Fe-55와 동일하게 설정함.

2) 주요 감마방출체는 다음과 같음.

- Mn-54, Fe-59, Co-58, Co-60, Zn-65, Mo-99, Cs-134, Cs-137, Ce-141 및 Ce-144
- 상기 핵종들 외에 판별 가능한 뚜렷한 감마선 피크를 갖는 다른 감마선 방출핵종들을 포함.

3) 액체 배출물 중 방사성물질의 대표 농도와 양이 되기 위하여, 시료는 배출 유량률에 비례하여 연속적으로 수집하며, 분석에



## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

앞서 채집된 모든 시료는 배출물의 대표 시료가 되도록 완전히 혼합함.

- 4) 삼중수소( $\text{H-3}$ )의 최소분석 주기는 ‘월 복합시료’로 함.
- 5) 삼중수소( $\text{H-3}$ )의 경우, 시료채집 및 빈도의 형태는 ‘매배출전/그랩’이며, 최소분석 주기는 ‘월 복합시료’로 한다. 주요 감마방출체,  $\text{I-131}$ , 용존기체(감마방출체)의 경우, 시료채집 및 빈도의 형태는 ‘매배출전/그랩’이며, 최소분석 주기는 ‘매배출시’로 함.
- 6) 복수기퍼트 배수조의 경우 2차측 오염정후 발생 시(복수기 배기감시기 또는  $\text{N-16}$ 감시기의 수치가 정상지시치의 3배 증가 시)에 한하여 시료채취 및 분석을 실시함.



### 3.3 기체방사성물질 시료채집 및 분석주기

기체방사성물질의 모든 배출유로에서 표 3-2의 방사능 분석항목에 대하여 원자로 건물 폐기배출과 연속배출 시에 시료를 채집하여 분석한다. 시료의 분석주기는 매 배출시, 주, 월, 분기 등으로 구분된다.

상세한 기체방사성물질의 시료채집 및 분석계획은 새울 제2발전소 운영절차서 “액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출관리계획서”의 붙임 7.2를 따른다.

표 3-2  
기체방사성물질 시료채집 및 분석주기

배출형태	방사능 분석항목	시료채집 빈도/형태 <sup>1)</sup>	최소분석 주기	검출하한치 <sup>2)</sup> (Bq/ml)
1. 원자로건물 폐기	주요 감마방출체 <sup>3)</sup>	매배출시/입자필터	매배출시	3.7
	I-131	매배출시/활성탄필터	매배출시	$3.7 \times 10^{-8}$
	불활성기체	매배출시/그랩	매배출시	$3.7 \times 10^{-2}$
	H-3	매배출시/포집	매배출시	$3.7 \times 10^{-2}$
	전알파	매배출시/입자필터	월 복합시료	$3.7 \times 10^{-7}$
	Sr-89, Sr-90	매배출시/입자필터	분기 복합시료	$3.7 \times 10^{-7}$
2. 증기발생기 대기덤프 (S/G Tube Leak시)	주요 감마방출체 <sup>3)</sup>	매배출시/입자필터	매배출시	3.7
	I-131	매배출시/활성탄필터	매배출시	$3.7 \times 10^{-8}$
	불활성기체	매배출시/그랩	매배출시	$3.7 \times 10^{-2}$
	H-3	매배출시/포집	매배출시	$3.7 \times 10^{-2}$
	전알파	매배출시/입자필터	월 복합시료	$3.7 \times 10^{-7}$
	Sr-89, Sr-90	매배출시/입자필터	분기 복합시료	$3.7 \times 10^{-7}$
3. 연속배출 가. 보조건물 · 보조건물 관리구역 I배기 · 보조건물 관리구역 II배기 · 핵연료 취급지역 배기 · 고에너지 배관지역 배기 나. 복합건물 · 복합건물 배기 · 복합건물 오염기기 공작실 배기 다. 터빈건물 · 복수기 진공배기 라. 중저준위 방사성폐기물 임시저장고 · 제어구역 배기	주요 감마방출체 <sup>3)</sup>	연속/입자필터	주 <sup>5)</sup>	$3.7 \times 10^{-7}$
	I-131	연속/활성탄필터	주 <sup>5)</sup>	$3.7 \times 10^{-8}$
	불활성기체	주1회/그랩	주 <sup>5)</sup>	$3.7 \times 10^{-2}$
	H-3	주1회/포집	주 <sup>5)</sup>	$3.7 \times 10^{-2}$
	C-14 <sup>4)</sup>	연속/포집	월	$1.0 \times 10^{-3}$
	전알파	연속/입자필터	월 복합시료	$3.7 \times 10^{-7}$
	Sr-89, Sr-90	연속/입자필터	분기 복합시료	$3.7 \times 10^{-7}$

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

- 1) 시료채집 형태는 입자필터, 활성탄필터, 그랩, 포집 등 4가지 형태로 구분함. 주요 감마방출체, 전알파, Sr-89, Sr-90 등의 핵종에 대한 시료채집 형태는 ‘입자필터’, 방사성옥소의 시료채집 형태는 ‘활성탄필터’, 마르넬리비이커 형태를 이용하여 채집하는 불활성기체는 ‘그랩’으로 표시함. 삼중수소(H-3) 및 방사성탄소(C-14)와 같이 특정한 수용액에 버블러를 이용하여 시료를 채집하는 형태는 ‘포집’으로 표시함.
- 2) 검출하한치(LLD)는 U.S.NRC, NUREG-1301, Table 4.11-2를 따름.
- 3) 주요 감마방출체는 다음과 같음.
  - 미립자의 경우로 Mn-54, Fe-59, Co-58, Co-60, Zn-65, Mo-99, Cs-134, Cs-137, Ce-141 및 Ce-144.
  - 상기 핵종들 외에 판별 가능한 뚜렷한 감마선 피크를 갖는 다른 감마선 방출핵종들을 포함.
- 4) C-14 시료채취 및 분석
  - 보조건물 관리구역 II배기, 핵연료취급지역배기, 고에너지배관지역 배기, 복합건물 배기에 한함.
  - 보조건물 관리구역 I 배기의 경우 보조건물 관리구역 II배기의 분석값으로 적용.
- 5) 시료채집은 운전정지, 기동 또는 열출력 변화가 1시간 이내에 정격 열출력의 15%를 초과할 때에는 적어도 7일 동안 매 24시간 마다 수행되어야 하며, 분석은 변화 후 48시간 이내에 완료되어야 함. 24시간 이내에 수집된 시료가 분석될 때 검출하한치(LLD)는 10배 증가될 수 있다. 이러한 요구사항은 다음의 경우에는 적용되지 않음.
  - 원자로냉각재내의 I-131 등가방사능이 3배 이상 증가되지 않는 경우
  - 불활성기체 배기감시기의 방사능이 3배 이상 증가되지 않는 경우



### 3.4 방사성물질 시료채집 및 분석장비

#### 3.4.1 액체 및 기체방사성물질 시료채집 장비

액체방사성물질의 배출 형태는 배치배출과 연속배출로 나뉘어진다. 배치배출시 시료는 각 배치 전에 채집하며, 채집된 시료를 각 배치별로 측정하는 방식과 복합시료로 혼합하여 측정하는 방식이 사용된다. 연속배출시 시료는 측정 주기 동안 연속으로 시료를 채집하여 복합시료를 만들어 측정하는 방식과 배출기간 동안 1회 채집하여 측정하는 방식이 사용된다. 액체 시료는 현장의 시료채집 배관 및 지정된 시료채집기에서 채집할 수 있다.

기체방사성물질의 배출 형태는 원자로건물 폐기배출과 연속배출로 나뉘어진다. 원자로건물 폐기배출 시료는 매폐지시 그래프 채집 후 분석하고, 연속배출 시료는 활성탄 흡착 및 입자필터를 이용하여 주간 단위로 채집 후 주간, 월간(복합시료), 분기(복합시료)로 분석한다.

시료채집기의 종류로는 삼중수소(H-3) 채집기, 방사성탄소(C-14) 포집장치, 활성탄포집장치, 입자포집장치가 있다. 삼중수소(H-3) 채집기는 버블링을 이용하여 시료를 채집할 있다. 방사성탄소(C-14) 포집장치는 원자력발전소 배기구로부터의 방출 기체 시료로부터 무기물 ( $^{14}\text{CO}_2$ ) 형태의 방사성탄소(C-14)를 포집하기 위한 장치로 구성되어 있다. 활성탄포집장치는 차콜필터의 형태로 설계되어 있으며, 이 장치를 이용하여 방사성옥소를 포집할 수 있다. 입자포집장치는 입자필터를 장착할 수 있게 설계되어 있으며, 기체입자를 포집할 수 있다.

#### 3.4.2 액체 및 기체방사성물질 분석장비

액체 및 기체방사성물질 분석을 위한 장비는 감마핵종분석장비, 액체섬광계수기, 알파/베타계수기 등이 있으며, 이 분석 장비의 품질관리를 위해 자체적으로 ‘감마핵종분석장비 운영 및 교정’, ‘액체섬광계수기 운영 및 교정’, ‘저준위알파/베타계수기 운영 및 교정’, ‘시험장비 관리’, ‘시험요원 자격관리’ 등의 운영절차서에 근거하여 관리한다.

계측장비는 항상 청결을 유지하여야 하며, 계측실은 항온항습을 유지하여 최적의 계측조건을 유지하도록 한다.

계측장비용 교정용 방사능인증 표준물질은 공인기관에서 시료 형태와 유사하게 제조한 표준물질을 구매하여 사용하여야 한다. 측정기기의 교정은 측정기기 별로 6개월~연1회 주기로 실시하며, 검출기 교체 또는 필요시에는 그때마다 실시한다.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

교정 필증은 항상 확인이 가능하도록 계측기 표면에 부착한다. 측정기기 교정 주기는 해당 기기 절차서에 따른다. 감마핵종분석기의 경우 에너지 분해능 점검과 계수율 혹은 계수효율점검을 주기적 또는 수시로 실시하여야 한다.

측정기기의 점검은 측정기기 별로 주1회~반기1회 주기로 실시하고 장비별 절차서에 따라 점검일지를 작성, 보관한다.

시료채집 핵종군에 따른 방사성물질 분석장비를 표 3-3에 제시하였다.

표 3-3  
시료채집 핵종군별 방사성물질 분석장비

배출형태	시료채집 핵종군	분석장비
액체	H-3	액체섬광계수기(LSC)
	I-131	감마핵종분석장비(HPGe)
	용존기체(감마방출체)	감마핵종분석장비(HPGe)
	전알파	알파/베타계수기(LB)
	Sr-89, Sr-90, Fe-55, Ni-63	액체섬광계수기(LSC)
	주요 감마방출체	감마핵종분석장비(HPGe)
기체	H-3	액체섬광계수기(LSC)
	C-14	액체섬광계수기(LSC)
	I-131	감마핵종분석장비(HPGe)
	전알파	알파/베타계수기(LB)
	Sr-89, Sr-90	액체섬광계수기(LSC)
	주요 감마방출체	감마핵종분석장비(HPGe)
	불활성기체	감마핵종분석장비(HPGe)

#### 3.4.2.1 감마핵종분석장비(HPGe)

감마핵종분석장비는 감마선 스펙트럼을 분석하여 감마선 방출핵종의 종류 및 방사능 농도를 측정하는 장비이다. 검출기는 주로 반도체가 이용되며, 특히 고순도 게르마늄검출기(HPGe)는 열전자에 의한 잡음을 줄이기 위하여 액체질소로 냉각하면서 사용해야 한다. 이러한 감마핵종분석장비는 액체 및 기체방사성물질 핵종군 중 방사성옥소, 불활성기체, 주요 감마방출체 등 감마방출체의 분석에 이용된다.

#### 3.4.2.2 액체섬광계수기(LSC)

삼중수소(H-3)나 방사성탄소(C-14) 등의 방사성핵종에서 방출하는 베타선은 그 에너지가 매우 낮고 공기중 비정기 수 mm 이하이기 때문에 시험관 벽이나 결정형광체 보호막을 통과하지 못한다. 그러므로 이들 핵종의 베타선을 측정하기 위해서는 액체상태의 발광체를 이용하여, 그 속에 시료를 녹여서 간접적으로 측정하여야만 한다. 방사선여기에 의한 액체 형광체에서의 발광은 방사선에너지가 흡수한 용매분자의 여기가 일어나고, 여기 용매분자에서 용질분자로의 에너지가 전달되어 이 용질분자로부터 발광이 일어나게 된다. 이 발광을 액체섬광계수기의 두 광전자증배관이 받아 전기적 신호로 변환하여 그 발생 횟수를 동시계측법으로 계수한다. 이러한 액체섬광계수기는 액체 및 기체방사성물질 핵종군 중 H-3, C-14, Sr-89, Sr-90, Fe-55, Ni-63의 분석에 이용된다.

#### 3.4.2.3 알파/베타계수기(LB)

알파/베타계수기는 비례계수기를 이용하는 검출기로 높은 계수효율, 고계수율의 측정능력, 양호한 공간분해능(Spatial Resolution), 양호한 에너지선형성, 넓은 측정면적 등의 장점을 가지고 있다. 비례계수기는 오래전에 개발된 기기로서 알파나 베타입자 측정용으로 다양하게 사용된다. 이와 같은 알파/베타계수기는 액체 및 기체방사성물질 핵종군 중 전알파의 분석에 이용된다.

## 4 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출제한치 설정방법

### 4.1 배출제한치 설정에 적용할 법적기준

액체 및 기체방사성물질의 배출계획 수립을 위해 적용한 기준은 원자력안전위원회 고시 “방사선방호등에 관한 기준” 제16조(환경상의 위해방지) 제2항의 1에 제시된 해당시설의 설계에 적용할 선량기준과 제2항의 2에 동일부지 내의 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우에 적용할 선량 기준을 적용하였다[4].

#### 4.1.1 해당시설의 설계에 적용할 기준

##### 4.1.1.1 액체상태의 유출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량

- 1) 유효선량 : 0.03밀리시버트
- 2) 인체 장기 등가선량 : 0.1밀리시버트

##### 4.1.1.2 기체상태의 유출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량

- 1) 감마선에 의한 공기의 흡수선량 : 0.1밀리그레이
- 2) 베타선에 의한 공기의 흡수선량 : 0.2밀리그레이
- 3) 외부피폭에 의한 유효선량 : 0.05밀리시버트
- 4) 외부피폭에 의한 피부등가선량 : 0.15밀리시버트
- 5) 입자상 방사성물질,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  및 방사성옥소에 의한 인체 장기 등가선량 : 0.15밀리시버트

#### 4.1.2 동일부지 내에 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우에 적용할 기준

##### 4.1.2.1 제한구역 경계에서의 연간선량

- 1) 유효선량 : 0.25밀리시버트
- 2) 갑상선 등가선량 : 0.75밀리시버트

## 4.2 배출제한치 설정 방법론

### 4.2.1 해당시설의 액체방사성물질 배출제한치 설정방법

해당시설의 액체방사성물질 배출제한치는 4.1.1.1절의 선량기준치를 각 핵종군별 대표핵종을 연간 1 TBq 배출하였을 시 계산된 주민피폭선량으로 나눈 값으로부터 유도되었다.

#### 4.2.1.1 액체방사성물질 1TBq 배출시 연간선량 계산

해당시설의 액체방사성물질의 경로별, 핵종군별 배출제한치는 핵종군별 대표핵종을 연간 1 TBq 배출하였을 경우 제한구역경계에서의 선량( $Dose_{i,j}$ ,  $i$ =핵종군,  $j$ =선량 종류)은 그림 4-1의 방법으로 계산된다.

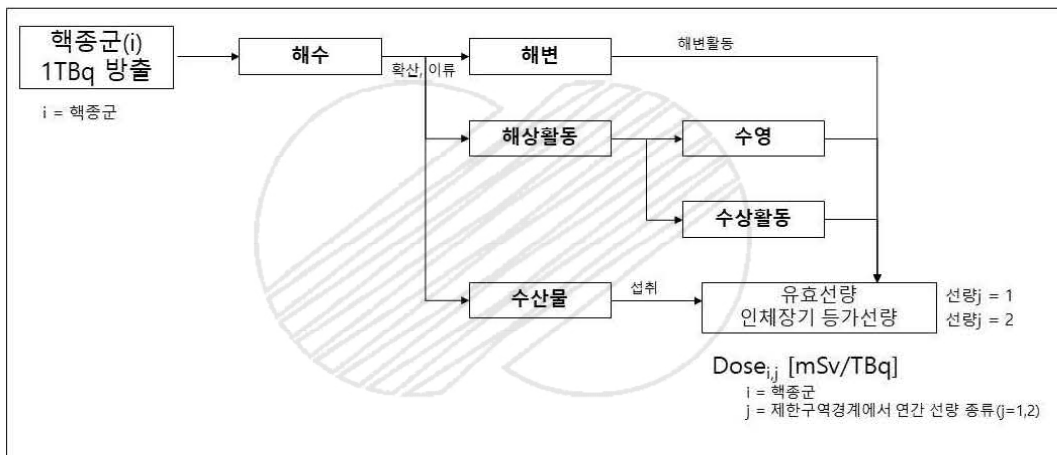


그림 4-1  
해당시설의 액체방사성물질 핵종군의 연간선량 계산방법

#### 4.2.1.2 액체방사성물질 배출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량 기준

해당시설의 액체방사성물질 배출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량 기준 (Dose Limits,  $DL$ )은 다음과 같다.

- $DL_1$  : 고시에 의한 유효선량 기준값(0.03mSv)
- $DL_2$  : 고시에 의한 인체장기 등가선량 기준값(0.1mSv)

#### 4.2.1.3 액체방사성물질 배출물의 유도배출제한치



해당시설의 액체방사성물질 배출물의 핵종군별 유도배출제한치(Derived Release Limits,  $DRL$ )는 다음과 같이 유도된다.

$i$  핵종군에 대해  $j$  선량제한치를 충족하기 위한 유도배출제한치는 다음과 같다.

$$DRL_{i,j} = \frac{DL_j}{Dose_{i,j}} \quad (\text{식 4.1})$$

여기서,  $DRL_{i,j}$  : 유도배출제한치(TBq/yr)

$i$  = 핵종군

$j$  = 제한구역경계에서 연간 선량 종류( $j=1,2$ )

$i$  핵종군에 대한 배출제한치는 각각의 선량제한치( $j=1,2$ )를 충족하기 위한 배출제한치 집합의 최소값으로 정한다.

$$DRL_i = \text{Minimum}(DRL_{i,j})$$

#### 4.2.2 해당시설의 기체방사성물질 배출제한치 설정방법

해당시설의 기체방사성물질 배출제한치는 4.1.1.2절의 선량기준치를 각 핵종군별 대표핵종을 연간 1 TBq 배출하였을 시 계산된 주민피폭선량으로 나눈 값으로부터 유도되었다.

##### 4.2.2.1 기체방사성물질 1 TBq 배출시 연간선량 계산

해당시설의 기체방사성물질의 경로별, 핵종군별 배출제한치는 핵종군별 대표핵종을 연간 1 TBq 배출하였을 경우의 제한구역경계에서의 선량( $Dose_{i,j}$ ,  $i$ =핵종군,  $j$ =선량 종류)은 그림 4-2의 방법으로 계산된다.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

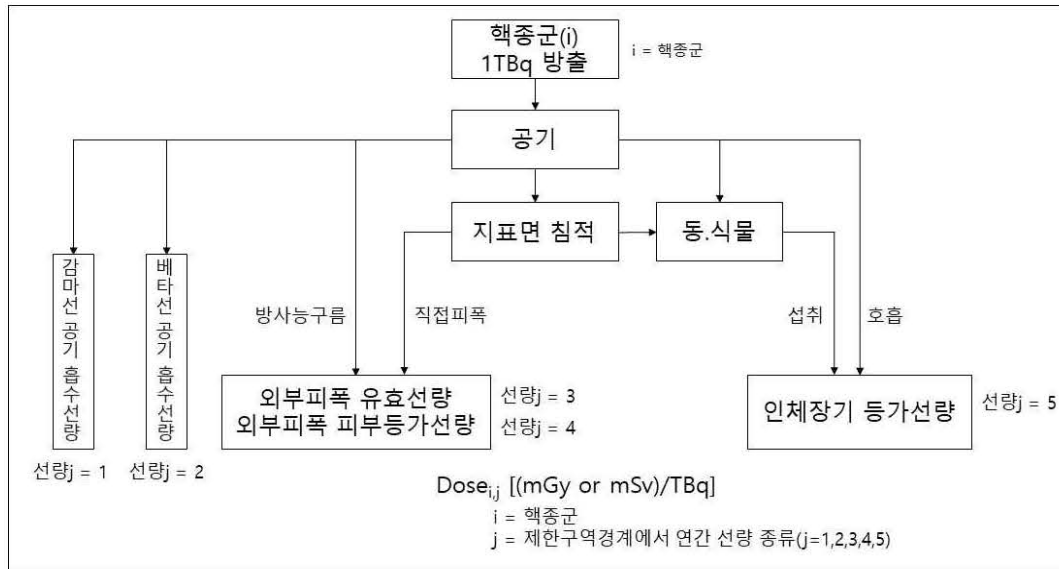


그림 4-2  
해당시설의 기체방사성물질 핵종군의 연간선량 계산방법

4.2.2.2 기체방사성물질 배출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량 기준

해당시설의 기체방사성물질 배출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량 기준은 다음과 같다.

- $DL_1$  : 고시에 의한 감마선에 의한 공기의 흡수선량 기준값(0.1mGy)
- $DL_2$  : 고시에 의한 베타선에 의한 공기의 흡수선량 기준값(0.2mGy)
- $DL_3$  : 고시에 의한 외부피폭에 의한 유효선량 기준값(0.05mSv)
- $DL_4$  : 고시에 의한 외부피폭에 의한 피부등가선량 기준값(0.15mSv)
- $DL_5$  : 고시에 의한 인체장기 등가선량 기준값(0.15mSv)

4.2.2.3 기체방사성물질 배출물의 유도배출제한치

해당시설의 기체방사성물질 배출물의 핵종군별 유도배출제한치는 다음과 같이 유도된다.

$$DRL_{i,j} = \frac{DL_j}{Dose_{i,j}} \quad (\text{식 4.2})$$

여기서,  $DRL_{i,j}$  : 유도배출제한치(TBq/yr)

$i$  = 핵종군

$j$  = 제한구역경계에서 연간 선량 종류( $j=1,2,3,4,5$ )

$i$  핵종군에 대한 배출제한치는 각각의 선량제한치( $j=1,2,3,4,5$ )를 충족하기 위한 배출제한치 집합의 최소값으로 정한다.

$$DRL_i = \text{Minimum}(DRL_{i,j})$$

#### 4.2.3 동일부지 내에 액체방사성물질 배출제한치 설정방법

동일부지 내 액체방사성물질의 핵종군별 배출제한치는 4.1.2.1절의 선량 종류별 기준치에 대한 호기별 할당량인 1/4(새울본부 호기수)을 핵종군별 대표핵종을 연간 1 TBq 배출하였을 경우 계산된 호기별 주민피폭선량으로 나눈 값의 합으로부터 유도되었다.

##### 4.2.3.1 액체방사성물질 1TBq 배출시 연간선량 계산

동일부지 내 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우 액체방사성물질의 경로별, 핵종군별 배출제한치는 핵종군별 대표핵종을 연간 1 TBq 배출하였을 경우의 제한구역경계에서의 선량( $Dose_{i,j}$ ,  $i$ =핵종군,  $j$ =선량 종류)은 그림 4-1의 방법으로 계산된다.

##### 4.2.3.2 액체방사성물질 배출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량 기준

동일부지 내 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우 액체방사성물질 배출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량 기준은 다음과 같다.

- $DL_1$  : [고시에 의한 부지기준 유효선량 기준값(0.25mSv) ÷ 4(호기수)](mSv/yr)
- $DL_2$  : [고시에 의한 부지기준 갑상선 등가선량 기준값(0.75mSv) ÷ 4(호기수)](mSv/yr)

##### 4.2.3.3 액체방사성물질 배출물의 유도배출제한치

동일부지 내 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우 액체방사성물질 배출물의 핵종군별 유도배출제한치는 다음과 같이 유도된다.

$$DRL_{i,j} = \frac{DL_j}{Dose_{i,j}} \quad (\text{식 4.3})$$

여기서,  $DRL_{i,j}$  : 유도배출제한치(TBq/yr)

$i$  = 핵종군

$j$  = 제한구역경계에서 연간 선량 종류( $j=1,2$ )

$i$  핵종군에 대한 배출제한치는 각각의 선량제한치( $j=1,2$ )를 충족하기 위한 배출제한치 집합의 최소값으로 정한다.

$$DRL_i = \text{Minimum}(DRL_{i,j})$$

#### 4.2.4 동일부지 내의 기체방사성물질 배출제한치 설정방법

동일부지 내 기체방사성물질의 핵종군별 배출제한치는 4.1.2.1절의 선량 종류별 기준치에 대한 호기별 할당량인 1/4(서울본부 호기수)을 핵종군별 대표핵종을 연간 1 TBq 배출하였을 경우 계산된 호기별 주민피폭선량으로 나눈 값의 합으로부터 유도되었다.

##### 4.2.4.1 기체방사성물질 1 TBq 배출시 연간선량 계산

동일부지 내 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우 기체방사성물질의 경로별, 핵종군별 배출제한치는 핵종군별 대표핵종을 연간 1 TBq 배출하였을 경우의 제한구역경계에서의 선량( $Dose_{i,j}$ ,  $i$ =핵종군,  $j$ =선량 종류)은 그림 4-3의 방법으로 계산된다.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

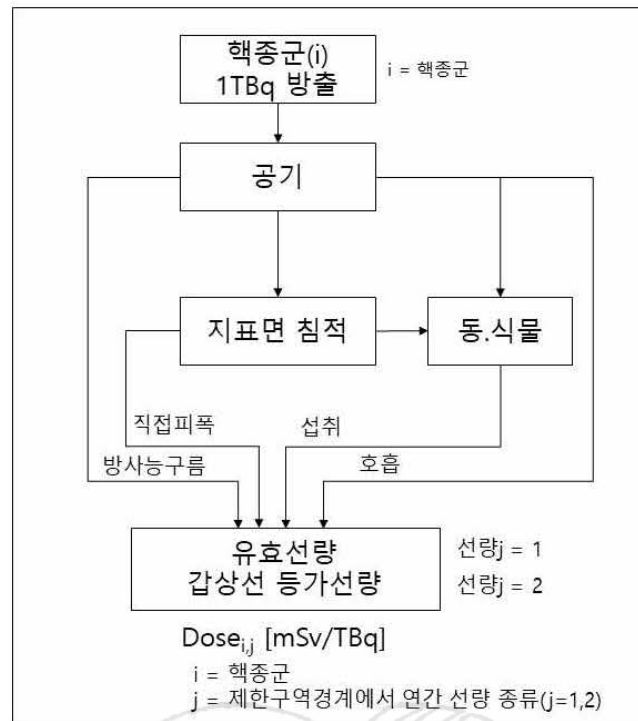


그림 4-3  
동일부지 내 기체방사성물질 핵종군의 연간선량 계산방법

4.2.4.2 기체방사성물질 배출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량 기준

동일부지 내 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우 직접피폭은 배경준위와 구별되지 않으므로 고려하지 않았으며, 기체방사성물질 배출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량 기준은 다음과 같다.

- $DL_1$  : [고시에 의한 부지기준 유효선량 기준값(0.25mSv) ÷ 4(호기수)](mSv/yr)
- $DL_2$  : [고시에 의한 부지기준 갑상선 등가선량 기준값(0.75mSv) ÷ 4(호기수)](mSv/yr)

4.2.4.3 기체방사성물질 배출물의 유도배출제한치

동일부지 내 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우 기체방사성물질 배출물의 핵종군별 유도배출제한치는 다음과 같이 유도된다.

$$DRL_{i,j} = \frac{DL_j}{Dose_{i,j}} \quad (\text{식 4.4})$$

여기서,  $DRL_{i,j}$  : 유도배출제한치(TBq/yr)

$i$  = 핵종군

$j$  = 제한구역경계에서 연간 선량 종류( $j=1,2,3,4,5$ )

$i$  핵종군에 대한 배출제한치는 각각의 선량제한치( $j=1,2,3,4,5$ )를 충족하기 위한 배출제한치 집합의 최소값으로 정한다.

$$DRL_i = \text{Minimum}(DRL_{i,j})$$



#### 4.3 배출제한치 설정을 위한 핵종군의 분류

국제원자력기구(IAEA) 일반 안전 안내서(No. GSG-9)에서는 배출물 관리를 위한 핵종군 선정을 위하여 다음과 같은 원칙을 권고하고 있다[10].

- 배출그룹의 설정 시 (a)핵종의 검출용이성, (b)선량기여도, (c)시설의 방사능관리 성능 평가 지표로서의 적절성 등을 고려
- 비방사능은 낮지만 배출량이 많은 핵종(H-3, C-14)에 대해 별도의 배출한도 설정 고려
- 선량평가의 관점에서 유사핵종들을 불활성기체, 방사성옥소, 미립자(기타) 등의 핵종군으로 분류 고려
- 핵종군은 유사성을 지녀야 하며, 측정이 용이하고 선량관점에서 중요도가 큰 핵종을 대표핵종으로 선정 고려

본 배출계획서에서는 IAEA 권고를 적용하여 선량기여도, 선량평가 관점에서의 유사성, 배출량 등을 종합적으로 고려하여 핵종군을 선정하고 선량관점에서 중요도가 큰 핵종을 대표핵종으로 선정하였다. 선량기여도 측면에서는 최근 5년간의 유효선량실적이 원자력안전위원회 고시 “방사선방호등에 관한 기준” 제16조(환경상의 위해방지)에 제시된 동일부지 내에 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우에 적용되는 유효선량의 5% 이상을 핵종군 선정 기준<sup>1)</sup>으로 설정하였다.

---

1) IAEA No. GSG-9, 5.68 Discharge limits should be specified for different radionuclides, or groups of radionuclides, depending on:  
(b) The significance of the radionuclides in terms of dose to the representative person.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

4.3.1 액체방사성물질 핵종군

4.3.1.1 액체방사성물질 핵종군 분류 근거

가. 유효선량 기여도 고려

최근 5년간(2014년~2018년) 고리/새울본부에서 배출한 액체방사성물질 중 핵종별 연간유효선량기준 대비 실적을 표 4-1에 나타내었다. 액체방사성물질 배출의 경우, 모든 핵종에 대한 연간유효선량기준 대비 실적이 원자력안전위원회 고시 “방사선방호등에 관한 기준” 제16조(환경상의 위해방지)에 제시된 동일부지 내 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우에 적용되는 유효선량(호기분배량)의 5% 이내로 나타났다.

표 4-1

고리/새울본부 액체방사성물질 중 핵종별, 호기별 연간유효선량기준<sup>1)</sup> 대비 실적

연도	핵종	고리1	고리2	고리3	고리4	신고리1	신고리2	신고리3
2014	H-3	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	0.01%	0.01%	-
	Mn-54	-	-	-	-	0.04%	0.04%	-
	Fe-59	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Co-58	<0.01%	<0.01%	-	-	0.01%	0.01%	-
	Co-60	<0.01%	<0.01%	-	-	0.19%	0.19%	-
	Ag-110m	<0.01%	<0.01%	-	-	-	-	-
	Sb-125	-	-	-	-	0.09%	0.09%	-
	Te-123m	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Te-132	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Cs-137	-	<0.01%	-	-	-	-	-
2015	H-3	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	0.35%	0.35%	-
	Cr-51	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	-
	Mn-54	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Fe-59	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Co-58	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Co-60	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Zr-95	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Nb-95	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Ag-110m	<0.01%	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Sb-124	<0.01%	<0.01%	-	-	-	-	-
	Sb-125	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Te-123m	<0.01%	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Cs-137	<0.01%	-	-	-	-	-	-
2016	H-3	<0.01%	<0.01%	-	-	-	-	-
	Mn-54	<0.01%	0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	-



“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

	Co-57	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-58	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-60	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Zr-95	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Nb-95	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Ag-110m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Sb-124	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Sb-125	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Te-123m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Cs-137	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
2017	H-3	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Cr-51	<0.01%	<0.01%	-	-	-	-	-
	Mn-54	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-58	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-60	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Zr-95	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Nb-95	-	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Sb-124	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Sb-125	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-135	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Cs-137	-	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
2018	H-3	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Mn-54	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Fe-59	-	<0.01%	-	-	-	-	-
	Co-57	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-58	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-60	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Zr-95	-	-	-	-	-	-	<0.01%
	Nb-95	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Sb-124	-	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Sb-125	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Xe-133	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Cs-137	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	W-187	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%

1) 호기별 연간유효선량기준 = 2014~2015년 : 부지 유효선량기준(0.25mSv/yr) ÷ 호기수(6호기), 2016~2018년 : 부지 유효선량기준(0.25mSv/yr) ÷ 호기수(7호기) 적용.

최근 5년간(2014년~2018년) 고리/새울본부에서 배출한 액체방사성물질 중 연도별, 핵종별, 호기별 유효선량 기여도를 표 4-2에 나타내었다. 최근 5년간(2014년~

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

2018년) 고리/서울본부에서 배출한 액체방사성물질 중에서 연도별 5% 이상의 유효선량 기여도를 보이는 핵종으로는 삼중수소(H-3), Mn-54, Fe-59, Co-58, Co-60, Nb-95, Sb-125 등이 있다.

표 4-2  
고리/서울본부 액체방사성물질 중 핵종별 유효선량 기여도

연도	핵종	고리1	고리2	고리3	고리4	신고리1	신고리2	신고리3
2014	H-3	42.6%	21.5%	100.0%	100.0%	3.9%	3.8%	-
	Mn-54	-	-	-	-	11.4%	11.4%	-
	Fe-59	-	-	-	-	2.0%	2.0%	-
	Co-58	0.04%	1.5%	-	-	3.3%	3.3%	-
	Co-60	41.6%	66.9%	-	-	54.6%	54.6%	-
	Ag-110m	8.3%	3.9%	-	-	-	-	-
	Sb-125	-	-	-	-	24.5%	24.5%	-
	Te-123m	7.4%	-	-	-	-	-	-
	Te-132	-	-	-	-	0.4%	0.4%	-
	Xe-133	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Cs-137	-	6.2%	-	-	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-
2015	H-3	81.2%	18.8%	100.0%	100.0%	27.7%	27.7%	-
	Cr-51	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Mn-54	-	-	-	-	13.6%	13.6%	-
	Fe-59	-	-	-	-	2.7%	2.7%	-
	Co-58	0.5%	14.3%	-	-	28.8%	28.8%	-
	Co-60	12.5%	63.9%	-	-	17.3%	17.3%	-
	Zr-95	-	-	-	-	0.02%	0.02%	-
	Nb-95	0.1%	-	-	-	1.7%	1.7%	-
	Ag-110m	0.7%	0.5%	-	-	-	-	-
	Sb-124	-	-	-	-	0.6%	0.6%	-
	Sb-125	0.4%	-	-	-	7.6%	7.6%	-
	Te-123m	4.6%	-	-	-	-	-	-
	Cs-137	0.02%	2.5%	-	-	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-
2016	H-3	84.7%	36.4%	100.0%	100.0%	22.9%	22.9%	57.4%
	Mn-54	-	-	-	-	8.5%	8.5%	7.8%
	Co-57	<0.01%	<0.01%	-	-	0.01%	0.01%	-
	Co-58	0.2%	4.3%	-	-	21.7%	21.7%	30.5%
	Co-60	10.8%	50.5%	-	-	38.2%	38.2%	-
	Zr-95	-	-	-	-	0.2%	0.2%	-
	Nb-95	-	-	-	-	7.3%	7.3%	-
	Ag-110m	0.1%	-	-	-	-	-	-

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

	Sb-124	-	-	-	-	0.3%	0.3%	4.3%
	Sb-125	0.4%	2.7%	-	-	0.9%	0.9%	-
	Te-123m	3.9%	-	-	-	-	-	-
	Cs-137	<0.01%	6.1%	-	-	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
2017	H-3	99.7%	30.0%	100.0%	100.0%	21.3%	21.3%	99.8%
	Cr-51	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Mn-54	-	-	-	-	5.4%	5.4%	-
	Co-58	-	2.6%	-	-	6.5%	6.5%	0.2%
	Co-60	0.3%	64.9%	-	-	50.6%	50.6%	-
	Zr-95	-	-	-	-	0.4%	0.4%	-
	Nb-95	-	-	-	-	12.3%	12.3%	-
	Sb-124	-	-	-	-	0.1%	0.1%	-
	Sb-125	-	1.0%	-	-	3.4%	3.4%	-
	Xe-133	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Xe-135	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Cs-137	-	1.6%	-	-	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
2018	H-3	93.2%	89.2%	100.0%	100.0%	18.2%	18.2%	19.9%
	Mn-54	-	-	-	-	5.4%	5.4%	8.3%
	Fe-59	-	-	-	-	-	-	10.7%
	Co-57	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Co-58	-	0.9%	-	-	5.7%	5.7%	35.5%
	Co-60	6.8%	9.9%	-	-	66.0%	66.0%	12.1%
	Zr-95	-	-	-	-	0.1%	0.1%	0.4%
	Nb-95	-	-	-	-	2.2%	2.2%	12.9%
	Sb-124	-	-	-	-	0.2%	0.2%	0.1%
	Sb-125	-	-	-	-	2.2%	2.2%	-
	Xe-133	-	<0.01%	-	-	-	-	-
	Cs-137	-	0.1%	-	-	-	-	-
	W-187	-	-	-	-	-	-	<0.01%
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

나. 핵종의 검출 용이성, 피폭경로, 배출량 등의 고려

최근 5년간(2014년~2018년) 고리/서울본부 액체방사성물질의 배출실적 구성비를 표 4-3에 나타내었다. 고리/서울본부 액체방사성물질의 배출실적을 분석한 결과,

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

삼중수소(H-3)의 배출량이 전체배출량의 대부분을 차지하였다.

표 4-3  
고리/서울본부 액체방사성물질의 핵종별 배출실적 구성비

연도	핵종	고리1	고리2	고리3	고리4	신고리1	신고리2	신고리3
2014	H-3	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-
	Mn-54	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Fe-59	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Co-58	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Co-60	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Ag-110m	<0.01%	<0.01%	-	-	-	-	-
	Sb-125	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Te-123m	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Te-132	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Cs-137	-	<0.01%	-	-	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-
2015	H-3	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-
	Cr-51	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Mn-54	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Fe-59	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Co-58	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Co-60	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Zr-95	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Nb-95	<0.01%	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Ag-110m	<0.01%	<0.01%	-	-	-	-	-
	Sb-124	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Sb-125	<0.01%	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Te-123m	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Cs-137	<0.01%	<0.01%	-	-	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-
2016	H-3	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	Mn-54	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-57	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Co-58	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-60	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Zr-95	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Nb-95	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Ag-110m	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Sb-124	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Sb-125	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Te-123m	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Cs-137	<0.01%	<0.01%	-	-	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

2017	H-3	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	Cr-51	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Mn-54	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Co-58	-	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-60	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Zr-95	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Nb-95	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Sb-124	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Sb-125	-	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Xe-135	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Cs-137	-	<0.01%	-	-	-	-	-
소계		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
2018	H-3	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	Mn-54	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Fe-59	-	-	-	-	-	-	<0.01%
	Co-57	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Co-58	-	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-60	<0.01%	<0.01%	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Zr-95	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Nb-95	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Sb-124	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Sb-125	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	-	<0.01%	-	-	-	-	-
	Cs-137	-	<0.01%	-	-	-	-	-
	W-187	-	-	-	-	-	-	<0.01%
소계		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

다. 핵종군 선정

위 ‘가’와 ‘나’항을 종합적으로 고려하여, 액체에서는 삼중수소와 기타 핵종군으로 분류하였다. 기타 핵종군은 액체방사성물질 배출핵종 중 삼중수소를 제외한 모든 핵종(Na-24, Cr-51, Mn-54, Fe-59, Co-57, Co-58, Co-60, Sr-89, Zr-95, Nb-95, Ag-110m, Sb-124, Sb-125, Te-123m, Cs-137, W-187)을 포함한다.

라. 기타 핵종군에 대한 대표핵종 선정

IAEA No. GSG-9, (A-27~30항)에서는 유사한 핵종들에 대해 개별적인 제한치를 두는 것은 비효율적이므로, 측정이 용이하고 선량관점에서 중요도가 큰 핵종을 대표핵종으로 선정하도록 권고하고 있다. 이에 따라 기타 핵종들 중 과거 실제 배출 실적이 있는 핵종 중 선량환산인자가 최대인 Co-60 핵종을 대표핵종으로 선정하였다. 표 4-4에는 고리/서울본부 액체방사성물질의 기타 핵종 중 선량기여도가

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

1% 이상인 핵종들에 대한 유효선량환산인자를 나타내었다.

표 4-4  
고리/서울본부 액체방사성물질 중 기타 핵종의 섭취에 대한 유효선량환산인자

기타 핵종	연령군					
	3개월	1세	5세	10세	15세	성인
Mn-54	5.40E-09	3.10E-09	1.90E-09	1.30E-09	8.70E-10	7.10E-10
Fe-59	3.90E-08	1.30E-08	7.50E-09	4.70E-09	3.10E-09	1.80E-09
Co-57	2.90E-09	1.60E-09	8.90E-10	5.80E-10	3.70E-10	2.10E-10
Co-58	7.40E-09	4.50E-09	2.60E-09	1.70E-09	1.10E-09	7.50E-10
Co-60 <sup>1)</sup>	5.40E-08	2.70E-08	1.70E-08	1.10E-08	7.90E-09	3.40E-09
Nb-95	4.60E-09	3.20E-09	1.80E-09	1.20E-09	7.40E-10	5.90E-10
Ag-110m	2.40E-08	1.40E-08	7.90E-09	5.20E-09	3.40E-09	2.80E-09
Sb-124	2.50E-08	1.60E-08	8.40E-09	5.20E-09	3.20E-09	2.50E-09
Sb-125	1.10E-08	6.10E-09	3.40E-09	2.10E-09	1.40E-09	1.10E-09
Te-123m	1.90E-08	8.80E-09	4.90E-09	2.80E-09	1.70E-09	1.40E-09
Cs-137	2.10E-08	1.20E-08	9.70E-09	1.00E-08	1.30E-08	1.40E-08

1) Co-60의 선량환산인자가 3개월, 1세, 5세, 10세에서 최대선량환산인자를 보이고, 15세와 성인에서는 Cs-137이 최대선량환산인자를 보임. 그러나 Co-60을 대표핵종으로 적용한 경우 가장 낮은 배출제한치를 보임에 따라 보수적으로 Co-60을 대표핵종으로 선정함.

#### 4.3.1.2 액체방사성물질 배출물 핵종군 설정

액체방사성물질의 핵종군은 4.3.1.1절의 액체방사성물질 핵종군 분류 근거에 따라 유효선량 기여도, 핵종의 검출 용이성, 피폭경로, 배출량 등을 고려하여 설정하였다. 액체방사성물질 배출제한치 설정 핵종군의 설정근거 및 대표핵종을 표 4-5와 표 4-6에 나타내었다.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

표 4-5  
액체방사성물질 배출제한치 설정 핵종군 및 설정근거

핵종군	핵종군 설정근거	대표핵종
H-3	배출실적 및 선량기여도가 높은 핵종	H-3
기타 <sup>1)</sup>	H-3 외의 모든 핵종	Co-60 <sup>2)</sup>

1) 액체 시료채집 핵종군 중에서 H-3을 제외한 핵종(방사성옥소, 용존기체(감마방출체), 전알파, Sr-89, Sr-90, Fe-55, Ni-63, 주요 감마방출체).

2) 해당 핵종군 중 최근 5년간 실제 배출실적이 있는 핵종 중 섭취에 대한 유효선량환산인자가 최대인 핵종.

표 4-6  
액체방사성물질 시료채집 핵종군과 배출제한치 설정 핵종군

배출형태	시료채집 핵종군	배출제한치 설정 핵종군
액체	H-3	H-3
	방사성옥소	기타
	용존기체(감마방출체)	
	전알파	
	Sr-89, Sr-90, Fe-55, Ni-63	
	주요 감마방출체	

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

### 4.3.2 기체방사성물질 핵종군

#### 4.3.2.1 기체방사성물질 핵종군 분류 근거

##### 가. 유효선량 기여도 고려

최근 5년간(2014년~2018년) 고리/새울본부에서 배출한 기체방사성물질 중 핵종별 연간유효선량기준 대비 실적을 표 4-7에 나타내었다. 기체방사성물질 배출의 경우, 원자력안전위원회 고시 “방사선방호등에 관한 기준” 제16조(환경상의 위해방지)에 제시된 동일부지 내 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우에 적용되는 유효선량(호기분배량)의 5%를 초과하는 핵종은 방사성탄소(C-14) 이다.

표 4-7

고리/새울본부 기체방사성물질 중 핵종별, 호기별 연간유효선량기준<sup>1)</sup> 대비 실적

연도	핵종	고리1	고리2	고리3	고리4	신고리1	신고리2	신고리3
2014	H-3	0.14%	0.68%	0.26%	0.24%	0.08%	0.05%	-
	C-14	0.46%	0.24%	1.94%	1.37%	0.52%	0.94%	-
	I-131	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	I-132	<0.01%	-	<0.01%	<0.01%	-	-	-
	I-133	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	0.01%	-
	Kr-85	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	0.02%	0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133m	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Xe-135	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Cr-51	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Co-58	<0.01%	-	<0.01%	<0.01%	-	-	-
	Co-60	<0.01%	-	<0.01%	-	-	-	-
	Br-82	-	-	<0.01%	<0.01%	-	-	-
	Nb-95	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Sb-124	<0.01%	-	-	-	-	-	-
2015	H-3	0.16%	0.49%	0.36%	0.26%	0.10%	0.10%	-
	C-14	1.56%	2.03%	3.84%	3.15%	1.63%	4.84%	-
	I-131	<0.01%	-	-	-	-	<0.01%	-
	I-132	<0.01%	-	<0.01%	-	<0.01%	-	-



“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

	I-133	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	-
	Kr-85	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	<0.01%	0.02%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-135	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Co-58	-	-	-	-	<0.01%	-	-
	Br-82	-	-	<0.01%	<0.01%	-	-	-
2016	H-3	0.18%	0.60%	0.36%	0.24%	0.13%	0.26%	<0.01%
	C-14	2.11%	3.57%	2.08%	3.23%	0.84%	8.24%	1.69%
	I-131	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	I-132	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	0.01%	0.03%	0.01%
	Kr-85	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Xe-131m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	<0.01%	0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-135	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Co-58	-	<0.01%	-	<0.01%	-	-	-
2017	H-3	0.18%	1.17%	0.48%	0.24%	0.38%	0.29%	0.02%
	C-14	2.33%	0.85%	6.09%	4.00%	4.41%	1.47%	0.18%
	I-132	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	0.01%	<0.01%	<0.01%
	Kr-85	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	-
2018	H-3	0.31%	0.71%	0.32%	0.18%	0.31%	0.52%	0.14%
	C-14	0.85%	2.98%	1.44%	2.88%	1.11%	5.80%	110.0%
	Ar-41	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Kr-85	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	-	-	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-58	-	-	-	-	-	-	<0.01%

1) 호기별 연간유효선량기준 = 2014~2015년 : 부지 유효선량기준(0.25mSv/yr) ÷ 호기수(6호기), 2016~2018년 : 부지 유효선량기준(0.25mSv/yr) ÷ 호기수(7호기) 적용.

최근 5년간(2014년~2018년) 고리/새울본부에서 배출한 기체방사성물질 중 연도별, 핵종별, 호기별 유효선량 기여도를 표 4-8에 나타내었다. 최근 5년간(2014년~

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

2018년) 고리/서울본부에서 배출한 기체방사성물질 중에서 연도별 5% 이상의 유효선량 기여도를 보이는 핵종으로는 삼중수소(H-3)와 방사성탄소(C-14)가 해당한다.

표 4-8  
고리/서울본부 기체방사성물질 중 핵종별 유효선량 기여도

연도	핵종	고리1	고리2	고리3	고리4	신고리1	신고리2	신고리3
2014	H-3	22.2%	72.4%	11.7%	14.8%	13.2%	4.6%	-
	C-14	71.4%	26.0%	88.1%	85.0%	85.2%	94.3%	-
	I-131	1.1%	-	-	-	-	-	-
	I-132	<0.01%	-	<0.01%	<0.01%	-	-	-
	I-133	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	0.4%	0.3%	0.1%	0.1%	1.5%	1.1%	-
	Kr-85	-	-	-	-	0.1%	0.1%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	3.7%	1.2%	0.03%	0.04%	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133m	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Xe-135	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Cr-51	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Co-58	0.04%	-	<0.01%	<0.01%	-	-	-
	Co-60	1.1%	-	0.1%	-	-	-	-
	Br-82	-	-	<0.01%	<0.01%	-	-	-
	Nb-95	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Sb-124	0.01%	-	-	-	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-
2015	H-3	9.4%	19.2%	8.5%	7.5%	5.5%	2.0%	-
	C-14	90.4%	80.1%	91.4%	92.5%	93.9%	97.9%	-
	I-131	<0.01%	-	-	-	-	<0.01%	-
	I-132	<0.01%	-	<0.01%	-	<0.01%	-	-
	I-133	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	0.1%	0.05%	0.03%	<0.01%	0.4%	0.1%	-
	Kr-85	-	-	-	-	0.2%	0.1%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	0.1%	0.6%	0.02%	0.01%	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-135	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Co-58	-	-	-	-	<0.01%	-	-
	Br-82	-	-	<0.01%	<0.01%	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

2016	H-3	7.8%	14.4%	14.8%	6.9%	13.0%	3.0%	0.01%
	C-14	92.2%	85.3%	85.2%	93.0%	85.4%	96.7%	99.4%
	I-131	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	I-132	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	0.03%	0.04%	0.01%	0.04%	1.5%	0.3%	0.6%
	Kr-85	-	-	-	-	0.1%	0.01%	0.01%
	Xe-131m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	0.02%	0.3%	0.04%	0.03%	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-135	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Co-58	-	<0.01%	-	<0.01%	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
2017	H-3	7.3%	57.8%	7.3%	5.7%	7.9%	16.6%	8.6%
	C-14	92.7%	42.1%	92.7%	94.3%	91.8%	83.0%	88.7%
	I-132	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	0.03%	0.1%	<0.01%	<0.01%	0.3%	0.4%	2.7%
	Kr-85	-	-	-	-	0.01%	0.03%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	<0.01%	<0.01%	<0.01%	0.01%	<0.01%	<0.01%	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
2018	H-3	26.7%	19.2%	18.1%	6.0%	21.9%	8.1%	0.1%
	C-14	73.3%	80.7%	81.9%	94.0%	77.7%	91.7%	99.9%
	Ar-41	-	0.05%	0.01%	<0.01%	0.5%	0.1%	<0.01%
	Kr-85	-	-	-	-	0.0%	<0.01%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	<0.01%	<0.01%	-
	Xe-133	-	-	0.01%	0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%
	Co-58	-	-	-	-	-	-	<0.01%
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

나. 핵종의 검출 용이성, 피폭경로, 배출량 등의 고려

최근 5년간(2014년~2018년) 고리/서울본부 기체방사성물질의 핵종별 배출실적 구성비를 표 4-9에 나타내었다. 고리/서울본부 기체방사성물질 중 5% 이상의 배출 실적을 보이는 핵종으로는 삼중수소(H-3), 방사성 탄소(C-14), Ar-41, Kr-85, Xe-133 등으로 나타났다.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

표 4-9  
고리/서울본부 기체방사성물질의 핵종별 배출실적 구성비

연도	핵종	고리1	고리2	고리3	고리4	신고리1	신고리2	신고리3
2014	H-3	32.7%	76.8%	93.9%	93.8%	65.8%	47.8%	-
	C-14	0.6%	0.3%	2.7%	2.2%	4.6%	10.9%	-
	I-131	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	I-132	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	I-133	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	0.2%	0.1%	0.2%	0.3%	1.9%	2.8%	-
	Kr-85	-	-	-	-	27.5%	38.1%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	0.2%	0.3%	-
	Xe-133	66.6%	22.8%	3.2%	3.7%	0.0%	0.0%	-
	Xe-133m	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Xe-135	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Cr-51	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Co-58	<0.01%	-	<0.01%	<0.01%	-	-	-
	Co-60	<0.01%	-	<0.01%	-	-	-	-
	Br-82	-	-	<0.01%	<0.01%	-	-	-
	Nb-95	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Sb-124	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-
2015	H-3	82.9%	66.4%	93.2%	93.1%	34.5%	29.9%	-
	C-14	2.6%	0.9%	3.2%	4.2%	5.8%	15.0%	-
	I-131	<0.01%	-	-	-	-	<0.01%	-
	I-132	<0.01%	-	<0.01%	-	<0.01%	-	-
	I-133	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	0.7%	0.4%	-
	Kr-85	-	-	-	-	58.4%	54.2%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	0.5%	0.5%	-
	Xe-133	14.3%	32.6%	3.5%	2.7%	0.1%	0.1%	-
	Xe-135	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Co-58	-	-	-	-	<0.01%	-	-
	Br-82	-	-	<0.01%	<0.01%	-	-	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-
2016	H-3	91.9%	76.3%	94.4%	89.8%	65.0%	63.1%	0.6%
	C-14	3.5%	1.6%	1.7%	4.4%	3.5%	18.4%	20.3%
	I-131	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	I-132	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%	1.9%	1.8%	11.5%
	Kr-85	-	-	-	-	29.2%	16.5%	67.5%
	Xe-131m	-	-	-	-	0.3%	0.2%	-
	Xe-133	4.3%	22.1%	3.8%	5.6%	0.0%	0.0%	-
	Xe-135	0.1%	-	-	-	-	-	-
	Co-58	-	<0.01%	-	<0.01%	-	-	-

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
2017	H-3	94.6%	99.5%	95.3%	92.3%	83.2%	85.5%	87.6%
	C-14	5.3%	0.4%	3.6%	4.8%	9.6%	4.5%	3.6%
	I-132	<0.01%	-	-	-	-	-	-
	Ar-41	0.1%	0.1%	0.0%	<0.01%	0.8%	0.5%	8.8%
	Kr-85	-	-	-	-	6.4%	9.4%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	0.1%	0.1%	-
	Xe-133	0.0%	<0.01%	1.1%	2.9%	<0.01%	0.0%	-
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
2018	H-3	98.8%	98.6%	97.5%	92.5%	90.7%	86.9%	27.6%
	C-14	1.2%	1.3%	1.3%	4.5%	2.8%	8.9%	72.1%
	Ar-41	-	0.1%	0.0%	0.0%	0.5%	0.4%	0.3%
	Kr-85	-	-	-	-	6.0%	3.8%	-
	Xe-131m	-	-	-	-	0.1%	0.0%	-
	Xe-133	-	-	1.1%	3.0%	<0.01%	<0.01%	0.0%
	Co-58	-	-	-	-	-	-	<0.01%
	소계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

#### 다. 핵종군 선정

방사성탄소(C-14)의 경우, 연간유효선량기준 대비 실적이 5%를 초과하여 별도의 핵종으로 분류하였다.

삼중수소(H-3)의 경우, 방사성탄소(C-14) 다음으로 유효선량 기여도가 크고, 배출량도 크므로 별도의 핵종으로 분류하였다.

기체방사성물질 배출핵종 중 방사성옥소의 경우는 배출실적은 미미하지만 갑상선에 대한 주요 피폭경로를 형성하고, 불활성기체는 외부피폭의 주요경로를 형성하므로, 이러한 피폭경로 특성을 반영하여 방사성옥소와 불활성기체를 별도의 핵종군으로 분류하였다.

따라서 위의 ‘가’와 ‘나’항을 종합적으로 고려하여, 기체방사성물질에서는 삼중수소(H-3), 방사성탄소(C-14), 방사성옥소, 불활성기체, 기타 핵종군 등 5개의 배출제한치 설정 핵종군으로 분류하였다. 기타 핵종군은 기체방사성물질 배출핵종 중 삼중수소(H-3), 방사성탄소(C-14), 방사성옥소, 불활성기체를 제외한 모든 핵종(Cr-51, Co-58, Co-60, Br-82, Nb-95, Sb-124)을 포함한다.

#### 라. 방사성옥소, 불활성기체, 기타 핵종군에 대한 대표핵종 선정

IAEA No. GSG-9, (A-27~30항)에서는 유사한 핵종들에 대해 개별적인 제한치를 두는 것은 비효율적이므로, 측정이 용이하고 선량관점에서 중요도가 큰 핵종을 대

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

표핵종으로 선정하도록 권고하고 있다. 연도별 배출빈도 및 각각의 선량환산인자를 복합적으로 고려하여 방사성옥소의 대표핵종으로 I-131, 불활성기체의 대표핵종으로 Ar-41, 기타 핵종군의 대표핵종으로 Co-60을 선정하였다.

표 4-10부터 표 4-12에는 방사성옥소, 불활성기체, 기타 핵종군에 대한 선량환산인자를 비교·제시하였다.

표 4-10

고리/서울본부 기체방사성물질 중 방사성옥소의 섭취에 대한 감상선선량환산인자

핵종군	핵종	연령군					
		3개월	1세	5세	10세	15세	성인
방사성 옥소	I-131 <sup>1)</sup>	3.70E-06	3.60E-06	2.10E-06	1.00E-06	6.80E-07	4.30E-07
	I-132	4.00E-08	3.50E-08	1.90E-08	8.30E-09	5.40E-09	3.40E-09
	I-133	9.60E-07	8.60E-07	4.60E-07	2.00E-07	1.30E-07	8.20E-08
	I-134	6.30E-09	5.60E-09	2.90E-09	1.30E-09	8.50E-10	5.40E-10
	I-135	1.90E-07	1.70E-07	8.70E-08	3.90E-08	2.50E-08	1.60E-08

- 1) I-131의 선량환산인자가 최대선량환산인자를 보이고 있으며, I-131을 대표핵종으로 적용한 경우 가장 낮은 배출제한치를 보임. 따라서 보수적으로 I-131을 대표핵종으로 선정함.

표 4-11

고리/서울본부 기체방사성물질 중 불활성기체의 선량환산인자

핵종군	핵종	선량환산인자 종류	
		Gamma-air	Beta-air
불활성기체	Ar-41 <sup>1)</sup>	2.51E-03	8.86E-04
	Kr-85	4.65E-06	5.27E-04
	Kr-85m	3.32E-04	5.32E-04
	Kr-88	4.11E-03	7.92E-04
	Xe-133	9.54E-05	2.84E-04
	Xe-131m	4.22E-05	3.00E-04
	Xe-135	5.19E-04	6.65E-04

- 1) Gamma-air에 대해서는 Kr-88이 최대선량환산인자를 보이고 있으며, Beta-air에 대해서는 Ar-41이 최대선량환산인자를 보이고 있음. 실제 대표핵종을 Kr-88로 적용했을 경우, Ar-41을 대표핵종으로 적용한 경우보다 낮은 배출제한치를 보이나, 실제 배출빈도를 고려할 경우 Kr-88의 배출빈도가 매우 낮으므로 실험 측정면에서 Ar-41을 대표핵종으로 선정함.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

표 4-12

고리/서울본부 기체방사성물질 중 기타 핵종의 섭취에 대한 유효선량환산인자

핵종군	핵종	연령군					
		3개월	1세	5세	10세	15세	성인
기타	Cr-51	3.50E-10	2.10E-10	1.20E-10	7.80E-11	4.80E-11	3.80E-11
	Co-58	7.40E-09	4.50E-09	2.60E-09	1.70E-09	1.10E-09	7.50E-10
	Co-60 <sup>1)</sup>	5.40E-08	2.70E-08	1.70E-08	1.10E-08	7.90E-09	3.40E-09
	Br-82	3.70E-09	2.60E-09	1.50E-09	9.50E-10	6.40E-10	5.40E-10
	Nb-95	4.60E-09	3.20E-09	1.80E-09	1.20E-09	7.40E-10	5.90E-10
	Sb-124	2.50E-08	1.60E-08	8.40E-09	5.20E-09	3.20E-09	2.50E-09

1) Co-60의 선량환산인자가 최대선량환산인자를 보이고 있으며, Co-60을 대표핵종으로 적용한 경우 가장 낮은 배출제한치를 보임. 따라서 보수적으로 Co-60을 대표핵종으로 선정함.

#### 4.3.2.2 기체방사성물질 배출물 핵종군 설정

기체방사성물질의 핵종군은 4.3.2.1절의 액체방사성물질 핵종군 분류 근거에 따라 유효선량 기여도, 핵종의 검출 용이성, 피폭경로, 배출량 등을 고려하여 설정하였다. 기체방사성물질 배출제한치 설정 핵종군 및 설정근거를 표 4-13에 제시하였으며, 기체방사성물질 시료채집 핵종군과 배출제한치 설정 핵종군에 대한 비교를 표 4-14에 제시하였다.

표 4-13

기체방사성물질 배출제한치 설정 핵종군 및 설정근거

핵종군	핵종군 설정근거	대표핵종
H-3	배출실적이 높은 핵종	H-3
C-14	선량기여도가 높은 핵종	C-14
방사성옥소	갑상선등가선량 기여도 높은 핵종	I-131
불활성기체	배출빈도가 높은 핵종 중 선량환산인자가 높은 핵종	Ar-41
기타 <sup>1)</sup>	H-3, C-14, 방사성옥소, 불활성기체 외의 핵종	Co-60 <sup>2)</sup>

1) 기체 시료채집 핵종군 중에서 H-3, C-14, 방사성옥소, 불활성기체를 제외한 핵종으로 전알파, Sr-89, Sr-90, 주요 감마방출체.

2) 해당 핵종군 중 최근 5년간 실제 배출실적이 있는 핵종 중 섭취에 대한 유효선량환산인자가 최대인 핵종.

표 4-14  
기체방사성물질 시료채집 핵종군과 배출제한치 설정 핵종군

배출형태	시료채집 핵종군	배출제한치 설정 핵종군
기체	H-3	H-3
	C-14	C-14
	방사성옥소	방사성옥소
	불활성기체(전베타 또는 감마)	불활성기체
	전알파	기타
	Sr-89, Sr-90	
	주요 감마방출체	





## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

### 4.4 배출제한치 설정을 위한 주민피폭선량 설계치

#### 4.4.1 해당시설의 배출제한치 설정을 위한 핵종군별 주민피폭선량 설계치

해당시설의 액체 및 기체방사성물질의 배출제한치를 구하기 위해 적용된 규제기준은 주민피폭선량평가를 통해 가장 보수적인 기준을 적용하였다. 표 4-15에 해당시설의 배출제한치 설정에 사용된 경로별, 핵종군별 주민피폭선량 설계치를 나타내었다.

표 4-15

해당시설의 배출제한치 설정을 위한 경로별/핵종군별 주민피폭선량 설계치

경로	핵종군	규제기준	
		적용기준	선량치(mSv/yr)
액체	H-3	유효선량	0.03
	기타	유효선량	0.03
기체	H-3	인체장기등가선량	0.15
	C-14	인체장기등가선량	0.15
	방사성옥소	인체장기등가선량	0.15
	불활성기체	외부피폭유효선량	0.05
	기타	외부피폭유효선량	0.05

#### 4.4.2 동일부지 내 배출제한치 설정을 위한 핵종군별 주민피폭선량 설계치

동일부지 내에 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우의 액체 및 기체방사성물질의 배출제한치를 구하기 위해 적용된 규제기준은 주민피폭선량평가를 통해 가장 보수적인 기준을 적용하였으며, 이를 서울본부 내 원전 호기수인 4로 나누어 분배하였다. 표 4-16에 동일부지 내 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우의 배출제한치 설정을 위한 경로별, 핵종군별 주민피폭선량 설계치를 나타내었다.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

표 4-16

동일부지 내 배출제한치 설정을 위한 경로별/핵종군별 주민피폭선량 설계치

경로	핵종군	규제기준	
		적용기준	선량치(mSv/yr)
액체	H-3	유효선량	0.25
	기타	유효선량	0.25
기체	H-3	유효선량	0.25
	C-14	유효선량	0.25
	방사성옥소	갑상선등가선량	0.75
	불활성기체	유효선량	0.25
	기타	유효선량	0.25



## 4.5 주민피폭선량 평가모델 및 인자

### 4.5.1 주민피폭선량 평가코드

신고리 5,6호기로부터 배출되는 액체 및 기체 방사성물질에 의한 주민피폭선량평가 모델은 서울원자력 대외협력처 운영절차서인 “발전소주변 주민피폭선량계산 지침서(ODCM)”를 준용하였으나, C-14 거동해석 방법, 일부 입력자료(공기중 탄소함량 등)는 규제지침 및 신고리 5,6호기 방사선환경영향평가서의 적용값을 적용하였다. 서울원자력본부의 배출계획 수립을 위한 주민피폭선량 평가에 사용된 전산코드는 K-DOSE60이다. K-DOSE60 전산코드의 주요 특성은 표 4-17과 같다. 표 4-17에 기술된 특성 이외의 액체 및 기체방사성물질에 의한 주민피폭선량평가 입력자료는 부록 2.3과 부록 2.4에 기술되어 있다.

표 4-17  
주민피폭선량평가에 사용된 전산코드(K-DOSE60)의 주요 특성

전산코드명		K-DOSE60
참조 기술기준		○ 주민피폭선량 계산지침 (KINS/GR-199) ○ Regulatory Guide 1.109
H-3	해석모델	○ 대기-식물: 비방사능 모델 ○ 식물-동물: 전이모델
	화학적형태	HTO, OBT
	절대습도	0.0114 kg/m <sup>3</sup>
	농작물 수분분율	곡류/과일/김치/채소 (0.75)
C-14	해석모델	○ 대기-식물: 비방사능 모델 ○ 식물-동물: 전이모델
	공기중 탄소함량	0.16 g-C/m <sup>3</sup>
	농작물 탄소함량	곡류/과일/김치/채소 (110 g-C/kg)
농축산물 오염분율		곡식/과일/김치/채소/축산물 (1.0/0.7/1.0/1.0/0.5)
가식부 이동계수		곡식/과일/김치/채소/목초 (0.1/0.1/1.0/1.0/1.0)
농작물 잔류계수	요오드	0.5
	기타	0.2
가축이 청초를 섭취하는 분율		0.7
해양 회석인자		2.0
해양 이동시간		1.0시간
해양 농축계수		요오드(I) - 해조류 (4000)
수산물 경로		4개군 (어류/연체/갑각류/해조류)

## 4.5.2 주민피폭선량 평가모델

### 4.5.2.1 주민피폭선량 평가지점

액체 및 기체방사성물질에 의한 주민피폭선량 평가하는 대상은 경수로형 원전 규제 지침에 따라 「결정집단을 대표하는 개인」의 개념을 적용하였다. 여기서 「결정집단을 대표하는 개인」이라 하면 인구집단에서 보다 높은 피폭을 받는 개인들의 대표를 말한다.

평가지점에 대하여 전망적 주민피폭선량을 평가하기 위해 피폭자의 위치를 설정할 때, 보다 많은 피폭을 받을 것으로 예상되는 인구집단을 대표하고, 농작물 생산(경작) 가능성 등 현실적인 토지 이용 상황을 고려하였다.

액체 및 기체방사성물질에 의한 주민피폭선량 평가 시 평가지점에 대하여 개인이 부지 제한구역경계에서 거주(또는 점유) 및 호흡하면서 최대 오염이 발생할 수 있는 경작지(논/밭)에서 생산된 음식물을 섭취하는 것으로 가정하였다. 점유 관점에서 해상 활동시간(약 1,500시간/년) 동안의 피폭을 고려하기 위해 외부피폭 및 호흡에 의한 주민피폭선량 평가지점에 해양방위를 포함하여 평가하였다. 호기 및 부지당 선량제한치 비교를 위한 선량은 그림 4-4의 부지 제한구역 경계지점(1~23번 지점)에서 계산된다.

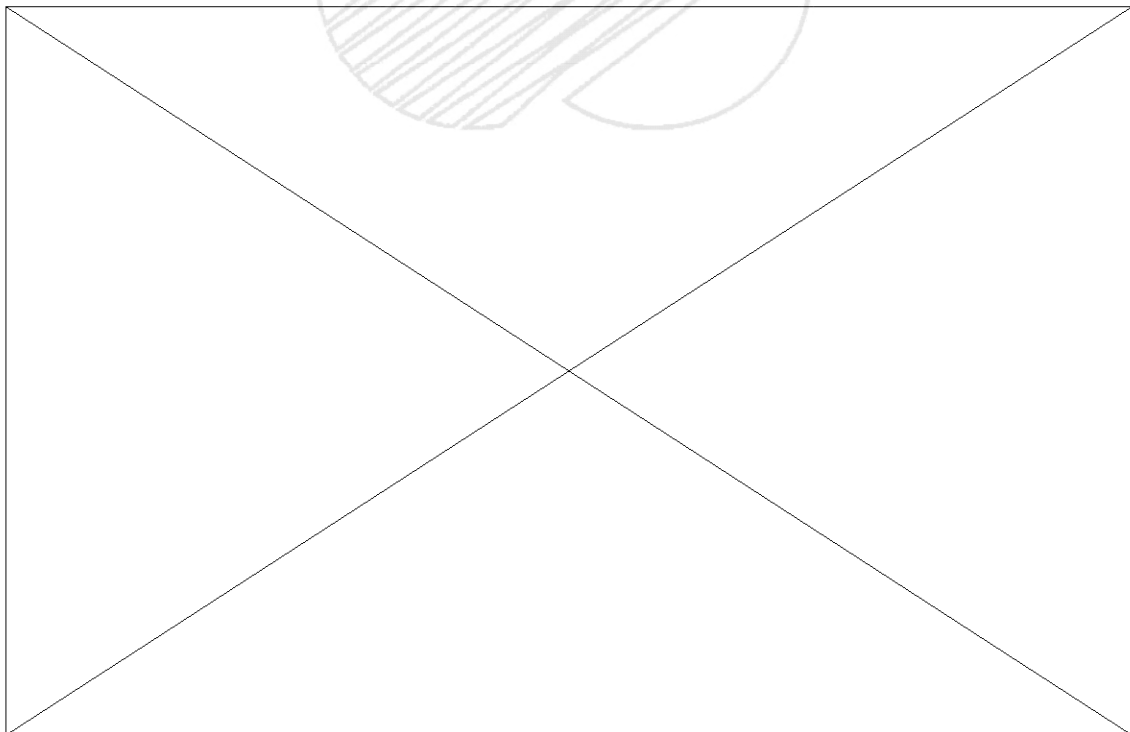


그림 4-4  
주민피폭선량 평가지점

#### 4.5.2.2 액체방사성물질에 의한 주민피폭선량 평가모델

액체방사성물질에 대한 주민피폭선량 평가모델은 그림 4-5와 같으며, 액체방사성물질에 의한 피폭경로는 해변활동, 수영 및 수상활동에 의한 외부피폭과 수산물섭취에 의한 내부피폭으로 구분한다. 액체방사성물질은 해양으로 배출되기 때문에 육상 하천수 또는 호수로 배출할 경우에 고려하는 오염된 물을 이용하여 경작한 농산물섭취 및 음용수섭취 경로는 제외한다.

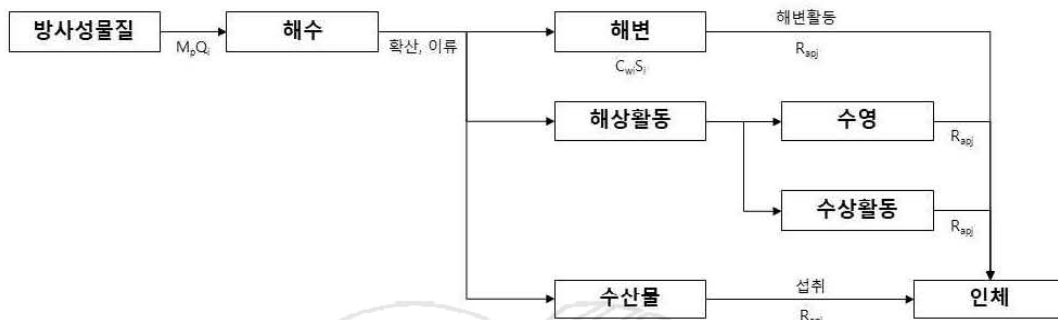


그림 4-5  
액체방사성물질 주민피폭선량 평가모델

최대개인에 대한 선량은 각 피폭경로별 선량을 평가하여, 피폭경로별로 계산된 선량의 합으로써 연평균별 유효 및 인체내부 장기별 최대개인선량을 계산한다.

##### □ 해변축적물에 의한 선량

해변축적물에 의한 선량의 계산은 해변축적물, 이동, 부유 및 축적물내의 방사능농도 등을 추정하여 실시한다.

##### □ 해상활동에 의한 선량

수영 또는 수상활동에 의한 선량은 수중 방사능농도에 비례한다.

##### □ 수산물섭취에 의한 선량

수산물섭취에 의한 선량은 어류, 연체류, 갑각류, 해조류 등 4 종류의 수산물 섭취로 구분하여 계산한다.

수산물내 방사능농도는 수중 방사능농도와 직접적으로 관계가 있다고 가정하며,

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

생체축적인자를 도입하여 사용한다.

### 4.5.2.3 기체방사성물질에 의한 주민피폭선량 평가모델

기체방사성물질에 대한 주민피폭선량 평가모델은 그림 4-6과 같으며, 기체방사성물질에 의한 피폭경로는 방사능구름에 의한 외부피폭, 불활성기체 및 지표면 침적물에 의한 외부피폭, 호흡 및 농/축산물 섭취에 의한 내부피폭으로 구분한다.

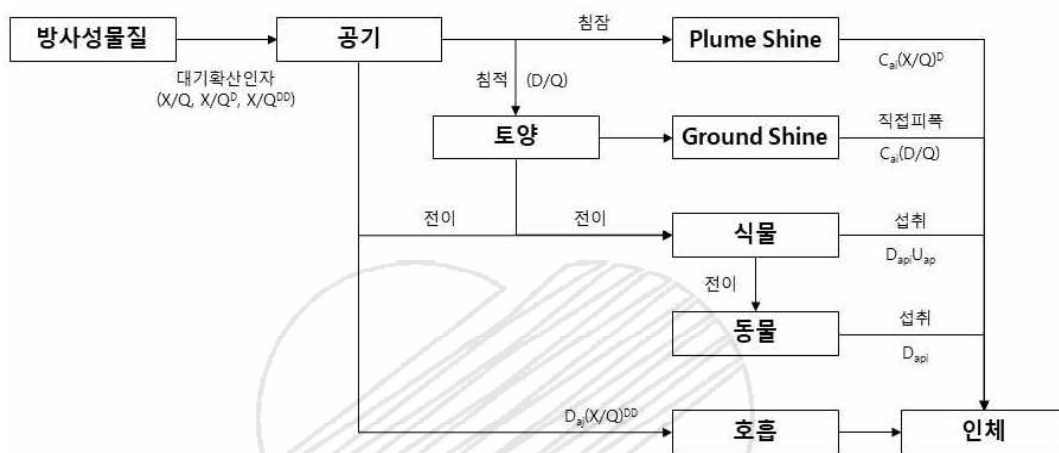


그림 4-6  
기체방사성물질 주민피폭선량 평가모델

#### □ 방사능구름에 의한 외부피폭선량

방사능구름에 의한 외부 피폭선량은 그림 4-4와 같이 부지 제한구역 경계지점에서 계산된다.

호기당 및 부지당 선량제한치 비교를 위한 선량은 그림 4-4에서 해양방위를 포함한 부지 제한구역 경계지점(지점번호 01~23)에서 모두 계산된다.

선량계산 지점을 선정하는 방법은 먼저, 신고리 6호기 원자로를 기준으로 각 방위별로 부지 제한구역경계 16지점을 선정하고, 각 호기로부터 16방위별로 최소한 1개 지점 이상의 계산지점이 포함되도록 신고리 3호기부터 신고리 6호기까지 순차적으로 선량계산지점을 추가하였다. 지점번호는 신고리 6호기를 기준으로 북북서쪽부터 시계방향으로 정하였다.

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

선량계산은 호기별 선량은 원자로 기준 방위별, 부지 합산선량은 부지 대표방위별 대  
푯값으로 제시하며, 동일 방위 내에 평가지점이 다수 존재할 경우, 지점 중 최대 선  
량값을 그 해당방위의 대표값으로 정한다.

방사능구름에 의한 외부선량은 공기흡수선량(베타선 및 감마선), 유효 및 장기 등  
가선량으로 구분하여 계산하며, 모든 연령군에 대해 적용한다. 피부선량은 장기별  
선량환산인자 중 피부에 대한 선량환산인자를 적용하여 계산한다.

### □ 지표면에 침적된 방사성물질에 의한 외부피폭선량

방사성물질이 침적된 토양에 의한 선량은 유효 및 장기에 대한 등가선량이 계산  
되며, 연령군에 대한 구별은 하지 않는다. 등가선량은 방사능구름에 의한 선량과  
동일한 장기에 대해 계산한다. 방사선량은 해양방위를 포함한 부지 제한구역 경계  
지점에서 계산된다.

### □ 농/축산물의 섭취에 의한 선량

농/축산물 섭취에 의한 방사선량은 각 호기로부터 내륙 전체방위에 대해 최단거  
리의 논/밭 경작 지점에서 계산하며, 6개 대표 연령군별(3개월, 1세, 5세, 10세, 15  
세, 성인)로 적용한다. 농산물은 종류에 관계없이 논 또는 밭에서 모두 재배가 가  
능하다고 가정하여 논과 밭은 구분하지 않았다. 또한 소, 돼지 및 닭의 사료를 인  
근의 논과 밭에서 조달할 가능성이 있기 때문에 논과 밭이 존재하는 곳을 기준으  
로 선량 계산지점을 선정한다.

#### - 농작물의 섭취에 의한 선량

방사성물질이 농작물에 오염되는 경로는 방사성물질이 농작물 표면에 침적되어  
남아있는 경우와 오염된 토양내의 방사성물질을 뿌리를 통하여 흡수하는 두 가지  
경로가 있다. 토양의 방사능농도는 지표면에 침적된 방사성물질에 의한 외부피폭  
선량계산에 사용된 지표면 농도계산 방법을 적용한다.

#### - 축산물의 섭취에 의한 선량

축산물은 우유, 쇠고기, 돼지고기, 닭고기 등으로 나눌 수 있으며, 이들 가축이 먹  
는 사료내 방사성물질의 농도는 농작물내 방사능농도와 동일하다.

### □ 호흡에 의한 피폭선량

호흡에 의해 흡입된 방사성물질은 호흡기에 피폭을 줄 뿐만 아니라 다른 내부 장  
기에 전이되어 피폭을 주게 된다. 다만, 불활성기체의 경우는 호흡기에 침적되지

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

않고 혈액에도 아주 작은 양만 흡수되므로 불활성기체의 흡입에 의한 내부장기의 피폭은 고려하지 않는다. 불활성기체가 배출하는 감마선에 의한 호흡기 선량은 방사능구름(불활성 기체)에 의한 외부선량 계산 시 사용된 선량환산인자에 이미 포함되어 있다. 호흡경로에서는 유효선량과 장기에 대한 등가선량을 연령군별로 계산한다. 방사선량은 해양방위를 포함한 부지 제한구역 경계지점에서 계산된다.

### 4.5.2.4 주민피폭선량 평가에 적용된 피폭경로

주민피폭선량 평가에 적용된 피폭경로는 “경수로형 원전 규제지침 2.2 주민 피폭 선량평가”에 제시된 피폭경로를 토대로, 부지 특성을 반영하여 결정하였다. 배출 계획서 작성시 적용된 피폭경로를 규제지침과 비교하여 표 4-18에 제시하였다.

표 4-18  
주민피폭선량평가 피폭경로 비교

규제지침 <sup>1)</sup>					배출계획서		
					적용여부	적용 핵종	
기체	외부피폭	방사능 구름			○	불활성기체	
		오염된 토양			○	불활성기체, H-3, C-14 제외한 입자성핵종	
	내부피폭	섭취	호흡			○	불활성기체를 제외한 전핵종
			농작물	곡식	○	불활성기체를 제외한 전핵종	
				과일	○		
				김장채소	○		
		엽채류		○			
		축산물	우유	○			
			소고기	○			
			돼지고기	○			
닭고기	○						
액체	외부피폭	해변 축적물 (해변활동)			○	불활성기체, H-3, C-14	
		수영 또는 수상활동			○	제외한 입자성핵종	
	내부피폭	음용수 섭취 <sup>2)</sup>			×		
		수산물 섭취	어류	○	불활성기체를 제외한 전핵종		
			연체/갑각류	○			
			해조류	○			
		오염 관개수 이용 경작 농축산물 섭취 <sup>2)</sup>	농작물	×			
축산물	×						

1) 한국원자력안전기술원. 주민피폭선량평가 규제지침, KINS/RG-N02.02, 개정2, 2016.

2) 액체방사성물질은 해양으로 배출되므로, 오염된 물이 식수 및 농작물 관개용수로 사용되지 않기 때문에 이에 따른 피폭경로는 제외함.



#### 4.5.3 주민피폭선량 평가인자

##### 4.5.3.1 선량환산인자

서울원자력본부의 주민피폭선량 평가는 “발전소주변 주민피폭선량계산 지침서 (ODCM)”에 따라 수행하였으며, 이에 적용된 인자는 동일 지침서 붙임 12.1. 주민 피폭선량 계산 입력자료와 붙임 12.2 선량환산인자를 사용하였다.

##### 4.5.3.2 대기확산인자

신고리 5,6호기 배출계획서에 사용된 대기확산인자 평가방법론은 모두 미국 규제 지침 Regulatory Guide 1.111(rev. 1, 1977)에 제시된 “Constant Mean Wind Direction Model”을 근간으로 개발된 K-DOSE60(XOQDOQ) 전산코드를 사용하였으며, 배출계획서에 사용된 대기확산인자의 평가방법론은 표 4-19와 같다.

표 4-19  
대기확산인자 평가방법론

계산 전산코드		K-DOSE60(XOQDOQ)
평가모델		Mean wind direction model (USNRC Reg. Guide 1.111)
풍속등급		11등급 (05/10/15/20/30/40/50/60/80/100 이상)
건물와류효과		고려하지 않음
발단풍속 (정온)	풍속	< 0.3m/s
	처리방법	최소 풍속등급 풍향별 발생비율로 분배
배출고도		지표면 배출
기상관측 고도		풍향/풍속(58m), 기온(58/10m)
지표면 침적인자		건식 + 습식 침적 고려

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

서울본부 액체 및 기체방사성물질 등의 배출제한치의 설정을 위해 수행한 주민피폭선량평가에 적용된 대기확산인자는 장기간(5년간, 2014.1.1.~2018.12.31)의 기상자료를 이용하여 부지제한구역경계의 23개 지점과 농축산물 생산지점 14개 지점에 대해 평가하였다. 각 호기별/피폭경로별로 최대값 기준 대기확산인자 평가 결과는 표 4-20과 같다.

표 4-20  
주민피폭선량에 사용된 대기확산인자

경로	대상핵종	신고리 3	신고리 4	신고리 5	신고리 6
외부피폭/호흡 내부피폭	전핵종 [EAB, 대기확산인자, s/m <sup>3</sup> ]	2.17E-05	1.41E-05	1.46E-05	1.47E-05
지표면 침적 외부피폭	전핵종 [EAB 침적인자, 1/m <sup>2</sup> ]	5.76E-08	3.94E-08	3.07E-08	4.20E-08
음식물 섭취 내부피폭	삼중수소, C-14 [생산지 대기확산인자, s/m <sup>3</sup> ]	2.74E-06	3.29E-06	5.26E-06	6.71E-06
	입자성물질, 방사성 요오드 [생산지 침적인자, 1/m <sup>2</sup> ]	9.83E-09	1.17E-08	1.79E-08	2.22E-08

#### 4.6 주민피폭선량 계산결과

##### 4.6.1 해당시설에 대한 주민피폭선량 계산

신고리 5,6호기에서 경로별, 핵종군별 대표핵종을 1TBq 배출했을 시의 주민피폭선량 계산결과를 산출하였다. 배출제한치를 보수적으로 설정하기 위해 규제선량의 종류 중 가장 높은 선량을 보이는 규제선량의 값을 선정하여 이를 배출제한치 설정을 위한 자료로 이용하였다. 표 4-21과 표 4-22에 해당시설에 대한 주민피폭선량 계산결과를 나타냈다.

표 4-21  
액체방사성물질 핵종군별 주민피폭선량 계산결과(해당시설 기준)

핵종군	적용 선량 (연령군) <sup>1)</sup>	주민피폭선량 계산결과 (mSv/TBq)	
		신고리 5호기	신고리 6호기
H-3	유효선량 (성인)		
기타	유효선량 (성인)		

1) 가장 보수적인 배출제한치를 주는 선량 종류 및 연령군

표 4-22  
기체방사성물질 핵종군별 주민피폭선량 계산결과(해당시설 기준)

핵종군	적용 선량 (장기, 연령군) <sup>1)</sup>	주민피폭선량 계산결과 (mSv/TBq)	
		신고리 5호기	신고리 6호기
H-3	인체장기 등가선량 (기타장기, 5세)		
C-14	인체장기 등가선량 (위, 1세)		
방사성옥소	인체장기 등가선량 (갑상선, 1세)		
불활성기체	외부피폭에 의한 유효선량		
기타	외부피폭에 의한 유효선량		

1) 가장 보수적인 배출제한치를 주는 선량 종류, 장기, 연령군

#### 4.6.2 동일부지 내에 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우에 대한 주민피폭선량 계산

서울본부 내 각 호기에서 경로별, 핵종군별 대표핵종을 1TBq 배출했을 시의 주민피폭선량 계산결과를 산출하였다. 배출제한치를 보수적으로 설정하기 위해 규제선량의 종류 중 가장 높은 선량을 보이는 규제선량의 값을 선정하여 이를 배출제한치 설정을 위한 자료로 이용하였다. 표 4-23과 표 4-24에 동일부지 내 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우에 대한 주민피폭선량 계산결과를 나타냈다.

표 4-23

액체방사성물질 핵종군별 주민피폭선량 계산결과(부지 기준)

핵종군	적용선량 (연령군) <sup>1)</sup>	서울본부 호기별 주민피폭선량 계산결과 (mSv/TBq)			
		신고리3	신고리4	신고리5	신고리6
H-3	유효선량 (성인)				
기타	유효선량 (성인)				

1) 가장 보수적인 배출제한치를 주는 선량 종류 및 연령군

표 4-24

기체방사성물질 핵종군별 주민피폭선량 계산결과(부지 기준)

핵종군	적용선량 (연령군) <sup>1)</sup>	서울본부 호기별 주민피폭선량 계산결과 (mSv/TBq)			
		신고리3	신고리4	신고리5	신고리6
H-3	유효선량 (5세)				
C-14	유효선량 (1세)				
방사성옥소 <sup>2)</sup>	감상선등가선량 (1세)				
불활성 기체	유효선량 (성인)				
기타 <sup>2)</sup>	유효선량 (1세)				

1) 가장 보수적인 배출제한치를 주는 선량 종류 및 연령군

2) 신고리 3호기의 경우, 가장 보수적인 배출제한치를 주는 연령군은 5세임.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

4.7 배출제한치와 유사시설 과거 배출량 비교

4.7.1 신고리, 신월성 등 유사시설의 과거 배출량과의 비교

신고리 5,6호기의 유사원전은 신고리 1,2,3호기, 신월성 1,2호기이다. 이들 유사원전의 2012년부터 2018년까지 각 핵종군별, 기간별(연간, 분기, 월간 등) 최대 배출실적을 신고리 5,6호기 해당시설의 연간, 분기, 월간 등의 각 배출제한치와 비교한 결과를 표 4-25부터 표 4-27에 요약하여 제시하였다. 기체 C-14의 경우, 각 기간별(연간, 분기, 월간 등) 배출제한치 대비 유사호기 최대 배출실적을 분석한 결과, 연간 최대배출비율은 신고리 5,6호기에서 각각 23.85%, 30.42% 이고, 분기 최대배출비율은 36.83%, 46.97%, 월간 최대배출비율은 67.33%와 85.87%를 보이고 있다.

표 4-25

신고리 5,6호기 해당시설의 연간 배출제한치와 유사호기 과거 연간 배출실적

경로	핵종군	해당시설의 연간 배출제한치(A) (TBq/yr)		유사호기 <sup>1)</sup> 과거 연간 배출실적 (TBq/yr)		유사호기 최대배출비율 (B÷A)×100	
		신고리5	신고리6	평균 <sup>2)</sup>	최대(B) <sup>2)</sup>	신고리5	신고리6
액체	H-3						
	기타						
기체	H-3						
	C-14						
	방사성옥소						
	불활성기체						
	기타						

1) 유사호기 : 신고리 1,2,3호기, 신월성 1,2호기.

2) 평균, 최대 : 유사호기 2012년부터 2018년도까지 연간 배출실적의 평균, 최대임.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

표 4-26

신고리 5,6호기 해당시설의 분기 배출제한치와 유사호기 과거 분기 배출실적

경로	핵종군	해당시설의 분기 배출제한치(A) (TBq/분기)		유사호기 <sup>1)</sup> 과거 분기 배출실적 (TBq/분기)		유사호기 최대배출비율 (B÷A)×100	
		신고리5	신고리6	평균 <sup>2)</sup>	최대(B) <sup>2)</sup>	신고리5	신고리6
액체	H-3						
	기타						
기체	H-3						
	C-14						
	방사성옥소						
	불활성기체						
	기타						

1) 유사호기 : 신고리 1,2,3호기, 신월성 1,2호기.

2) 평균, 최대 : 유사호기 2012년부터 2018년도까지 분기 배출실적의 평균, 최대임.

표 4-27

신고리 5,6호기 해당시설의 월간 배출제한치와 유사호기 과거 월간 배출실적

경로	핵종군	해당시설의 월간 배출제한치(A) (TBq/월간)		유사호기 <sup>1)</sup> 과거 월간 배출실적 (TBq/월간)		유사호기 최대배출비율 (B÷A)×100	
		신고리5	신고리6	평균 <sup>2)</sup>	최대(B) <sup>2)</sup>	신고리5	신고리6
액체	H-3						
	기타						
기체	H-3						
	C-14						
	방사성옥소						
	불활성기체						
	기타						

1) 유사호기 : 신고리 1,2,3호기, 신월성 1,2호기.

2) 평균, 최대 : 유사호기 2012년부터 2018년도까지 월간 배출실적의 평균, 최대임.

## 5 배출제한치 계산결과 및 배출계획

### 5.1 해당시설의 배출제한치

#### 5.1.1 배출제한치 계산결과

신고리 5,6호기 액체 및 기체방사성물질의 배출제한치는 원자력안전위원회 고시 “방사선방호등에 관한 기준” 제16조(환경상의 위해방지)의 제2항의 1. 해당시설의 설계에 적용할 기준의 규제선량치와 주민피폭선량평가 결과값을 인자로 사용하여 4.2절의 식 4.1과 식 4.2를 사용하여 계산하였다.

배출제한치는 기본적으로 연간을 기준으로 설정되지만, IAEA No. GSG-9(A-34 항)에서 권고하는 관리측면을 고려하여, 분기 및 월간 등 기간별 배출제한치를 설정하였다. 신고리 5,6호기의 배출제한치는 연간 배출제한치로부터 분기 50%, 월간 20%로 설정하여 유도하였다. 이는 IAEA No. GSG-9 문서의 전신인 IAEA SAFETY GUIDE No. WS-G-2.3의 3.42항을 근거로 설정된 것이다[9]. 식 5.1과 식 5.2에 의해 계산된 신고리 5,6호기의 배출제한치를 표 5-1과 표 5-2에 각각 나타내었다.

$$\text{분기배출제한치(TBq/quarter)} = \text{연간배출제한치(TBq/yr)} \times 50\% \quad (\text{식 5.1})$$

$$\text{월간배출제한치(TBq/month)} = \text{연간배출제한치(TBq/yr)} \times 20\% \quad (\text{식 5.2})$$

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

표 5-1  
신고리 5호기 액체 및 기체방사성물질 배출제한치

피폭경로	핵종군	해당시설 배출제한치(TBq) <sup>1)</sup>		
		연간	분기	월간
액체	H-3			
	기타			
기체	H-3			
	C-14			
	방사성옥소			
	불활성기체			
	기타			

1) 배출제한치는 단일핵종이 최대한 배출될 수 있는 제한치이며, 실제 운영 시에는 각 핵종별 제한치 분율의 합이 1을 넘지 않도록 관리함.

표 5-2  
신고리 6호기 액체 및 기체방사성물질 배출제한치

피폭경로	핵종군	해당시설 배출제한치(TBq) <sup>1)</sup>		
		연간	분기	월간
액체	H-3			
	기타			
기체	H-3			
	C-14			
	방사성옥소			
	불활성기체			
	기타			

1) 배출제한치는 단일핵종이 최대한 배출될 수 있는 제한치이며, 실제 운영 시에는 각 핵종별 제한치 분율의 합이 1을 넘지 않도록 관리함.



### 5.1.2 배출제한치 제한조건

각 핵종군의 실제 배출실적을 해당 핵종군의 배출제한치로 나누어 각 핵종군의 배출실적분율을 구한다. 배출실적분율은 식 5.3과 같다.

$$\text{배출실적분율}_i = \left( \frac{\text{배출실적}_i}{\text{배출제한치}_i} \right) \quad (\text{식 5.3})$$

여기서,  $i$ 는 핵종군의 수로서 액체의 경우 ( $i=1,2$ ), 기체의 경우 ( $i=1,2,3,4,5$ ) 이다.

액체방사성물질 배출제한치에 대한 제한조건은 식 5.2와 같이 액체 경로의 핵종군인 삼중수소의 배출실적분율과 기타핵종군의 배출실적분율의 합은 1이하로 제한되어야 한다.

$$\sum_{i=1}^2 \text{배출실적분율}_i \leq 1 \quad (\text{식 5.4})$$

여기서, 삼중수소의 경우 ( $i=1$ ), 기타 핵종군의 경우 ( $i=2$ )이다.

기체방사성물질 배출제한치에 대한 제한조건은 식 5.5와 같이 기체 경로의 핵종군인 삼중수소 배출실적분율, 방사성탄소 배출실적분율, 방사성옥소 배출실적분율, 불활성기체 배출실적분율, 기타 핵종군 배출실적분율의 총합은 1이하로 제한되어야 한다.

$$\sum_{i=1}^5 \text{배출실적분율}_i \leq 1 \quad (\text{식 5.5})$$

여기서, 삼중수소의 경우 ( $i=1$ ), 방사성탄소의 경우 ( $i=2$ ), 방사성옥소의 경우 ( $i=3$ ), 불활성기체의 경우 ( $i=4$ ), 기타 핵종군의 경우 ( $i=5$ )이다.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

5.2 동일부지 내에 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우의 배출제한치

5.2.1 배출제한치 계산결과

5.2.1.1 호기별 배출분배량

4.2절의 식 4.3과 식 4.4를 사용하여 계산한 경로별, 핵종군별, 호기별 배출분배량 결과를 표 5-3에 제시하였다.

표 5-3  
서울본부 호기별 액체 및 기체방사성물질 배출분배량

경로	핵종군	서울본부 호기별 배출분배량 (TBq/yr)			
		신고리3	신고리4	신고리5	신고리6
액체 <sup>1)</sup>	H-3				
	기타				
기체	H-3				
	C-14				
	방사성옥소				
	불활성기체				
	기타				

1) 호기별 배출분배량이 해당시설의 배출제한치를 초과하는 경우, 보수적으로 각 호기별 해당시설의 배출제한치를 배출분배량으로 적용함.

5.2.1.2 배출제한치 계산결과

신고리 5,6호기 액체 및 기체방사성물질의 배출제한치는 원자력안전위원회고시 방사선방호등에 관한 기준의 제16조(환경상의 위해방지)의 제2항의 2. 동일부지 내에 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우에 적용할 기준의 규제선량치를 호기별로 할당하여 유도된 주민피폭선량평가 결과값을 인자로 사용하여 계산하였다.

동일부지 내에 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우의 액체 및 기체 방사성물

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

질의 배출제한치의 분기 및 월간 등 기간별 배출제한치는 연간 배출제한치로부터 분기 50%, 월간 20%로 설정하여 유도하였다. 이는 IAEA No. GSG-9 문서의 전신인 IAEA SAFETY GUIDE No. WS-G-2.3의 3.42항을 근거로 설정된 것이다 [9]. 동일부지 내에 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우의 액체 및 기체방사성물질의 배출제한치는 표 5-4에 제시된 호기별 배출분배량을 이용하여 계산되며, 4.2절의 식 4.3과 식 4.4에 의해 모두 합한 부지 배출제한치를 표 5-6에 제시하였다.

표 5-4  
새울본부 액체 및 기체방사성물질 배출제한치

피폭경로	핵종군	부지 배출제한치(TBq) <sup>1)</sup>		
		연간	분기	월간
액체	H-3			
	기타			
기체	H-3			
	C-14			
	방사성옥소			
	불활성기체			
	기타			

1) 부지 배출제한치(TBq/yr) = 새울본부 호기별 배출분배량의 총합. 배출제한치는 단일핵종이 최대한 배출될 수 있는 제한치이며, 실제 운영 시에는 각 핵종별 제한치 비율의 합이 1을 넘지 않도록 관리함.

## 5.2.2 배출제한치 제한조건

부지핵종 배출실적은 특정핵종에 대하여 모든 호기의 배출량을 합한다.

$$\text{부지핵종 배출실적}_i = \sum_{k=1}^4 \text{호기별 핵종 배출실적}_{i,k} \quad (\text{식 5.6})$$

여기서, i는 핵종군으로 액체의 삼중수소, 기타핵종과 기체의 삼중수소, 방사성탄소, 방사성옥소, 불활성기체, 기타핵종으로 (i=1,2,3,4,5,6,7) 이다. k는 호기로 (k=1,2,3,4) 이다.

부지핵종 배출제한치는 당해 핵종에 대한 호기별 분배량의 총합이다.

$$\text{부지핵종 배출제한치}_i = \sum_{k=1}^4 \text{호기별 핵종 배출제한치}_{i,k} \quad (\text{식 5.7})$$

여기서, i는 핵종군으로 액체의 삼중수소, 기타핵종과 기체의 삼중수소, 방사성탄소, 방사성옥소, 불활성기체, 기타핵종으로 (i=1,2,3,4,5,6,7) 이다. k는 호기로 (k=1,2,3,4) 이다.

부지핵종 배출실적분율은 식 5.6의 부지핵종 배출실적을 식 5.7의 부지핵종 배출제한치로 나눈값이다.

$$\text{부지핵종 배출실적분율}_i = \frac{\text{부지핵종 배출실적}_i}{\text{부지핵종 배출제한치}_i} = \frac{\sum_{k=1}^4 \text{호기별 핵종 배출실적}_{i,k}}{\sum_{k=1}^4 \text{호기별 핵종 배출제한치}_{i,k}} \quad (\text{식 5.8})$$

제한조건은 부지핵종 배출실적분율의 총합이 1이하로 제한되어야 한다.

$$\sum_{i=1}^7 \text{부지핵종 배출실적분율}_i \leq 1 \quad (\text{식 5.9})$$

여기서, i는 핵종군으로 액체 삼중수소(i=1), 액체 기타핵종(i=2), 기체 삼중수소(i=3), 기체 방사성탄소(i=4), 기체 방사성옥소(i=5), 기체 불활성기체(i=6), 기체 기타핵종(i=7) 이다.

### 5.2.3 자체 배출관리기준

연간 배출제한치를 준수하기 위하여 ALARA(As Low AS Reasonably Achievable) 측면에서 월간 및 연간 자체 배출관리치를 설정하여 운영하고, 자체 배출관리기준은 NRC NUREG-1301<sup>2)</sup>을 참조하여 설정하였다[13]. 신고리 5,6호기 액체 및 기체방사성물질의 자체 배출관리치는 표 5-5와 같다.

표 5-5  
신고리 5,6호기 액체 및 기체방사성물질 자체 배출관리치

피폭경로	핵종군	자체 배출관리치(TBq)			
		신고리 5호기		신고리 6호기	
		월간 <sup>1)</sup>	연간 <sup>2)</sup>	월간 <sup>1)</sup>	연간 <sup>2)</sup>
액체	H-3				
	기타				
기체	H-3				
	C-14				
	방사성옥소				
	불활성기체				
	기타				

- 1) 월간 자체 배출관리치는 연간 배출제한치의 2%.  
2) 연간 자체 배출관리치는 연간 배출제한치의 24%.

2) NUREG 1301 : Offsite Dose Calculation Manual Guidance: Standard Radiological Effluent Controls for Pressurized Water Reactors.

### 5.3 배출계획의 품질보증 및 관리기준

#### 5.3.1 품질보증계획

##### 5.3.1.1 배출제한치 재평가

배출제한치 설정 방법 및 평가에 사용된 사회환경인자 등의 제반 변수(대기확산 인자 및 섭취에 의한 선량계산 인자 등)에 대하여 5년 주기로 조사·검토하고, 제반 변수 및 기타 사항 등으로 인해 배출제한치가 현행대비 10% 이상 변동이 예상될 경우 현행 평가방법 및 입력자료의 타당성에 대한 검토계획을 재수립하여 배출제한치를 재설정한다.

##### 5.3.1.2 시료채집 및 분석주기

핵종군별, 기간별(연간, 분기, 월간 등) 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출 제한치 만족여부를 확인하기 위한 시료채집 및 분석주기는 본 배출계획서 3.2절과 3.3절에 따라 수행한다.

##### 5.3.1.3 분석장비의 교정 및 유지보수

분석장비의 건전성을 확인하기 위하여 분석장비는 주기적으로 품질검사를 수행해야하며, 품질관리 기록에는 일상적인 테스트 및 점검 결과, 백그라운드 데이터, 교정결과, 유지보수 이력 등이 포함된다. 배출제한치 만족여부를 감시하기 위한 배수·배기 감시설비는 지정된 주기로 점검 및 교정을 실시한다.

##### 5.3.1.4 배출량 기록관리

액체 및 기체방사성물질의 배출량 평가자는 새울 제2발전소 표준절차서 “시험요원 자격관리”에 따라 Level-II(중급) 이상 자격이 인증된 자가 시험을 수행 또는 감독하여 기록관리 하며, 발전소 내에서 발생하는 모든 액체 방사성물질 및 1차 계통내에서 발생하는 기체방사성물질은 검출핵종, 배출시간, 배출량, 배출농도, 배출방사능량 등 필요한 기록을 보존한다.

### 5.3.2 배출제한치 감시 및 관리

액체 및 기체방사성물질이 표 5-5의 자체 배출관리치를 만족하고, 표 5-1, 표 5-2, 표 5-4의 배출제한치를 초과하지 않도록 다음과 같이 감시 및 관리한다.

#### 5.3.2.1 액체방사성물질 배출 감시 및 관리

- ☐ 배치배출의 경우, 배출허가 사전평가 시 호기별, 경로별, 핵종군별(사전평가 적용 핵종), 기간별 배출실적분율 결과를 통해 배출제한치 미만여부를 확인한 후 배출을 수행하고, 다음과 같이 주기적인 점검을 통해 감시 및 관리한다.
  - 액체방사성물질에 대한 환경으로의 배출은 배출 전 점검, 배출 후 점검, 월간점검, 분기점검을 통해 감시 및 관리한다.
  - 배출 전 방사능 분석이 완료되면 해양 희석인자를 적용한 배출제한계수 및 사전 주민피폭선량 평가를 수행한 후 판정기준을 만족하면 배출을 허가하고, 판정기준을 불만족하면 추가적인 조치를 통해 판정기준을 만족시킨 후 배출을 허가한다.
- ☐ 연속배출의 경우, 다음과 같이 주기적인 점검을 통해 배출추이를 감시하고 배출량이 연간 배출제한치를 초과할 것으로 예상되는 경우 분석주기를 단축하는 등의 조치를 통해 감시 및 관리를 강화한다.
  - 폐수처리계통 방류조, 복수탈염구역 배수조, 복수기 피트 배수조 배출은 주간, 월간, 분기점검을 통해 감시 및 관리하고, 증기발생기 취출수는 폐수처리계통으로 배출 시에 배출 전 점검, 월간 및 분기 점검을 통해 감시 및 관리한다.

#### 5.3.2.2 기체방사성물질 배출 감시 및 관리

- ☐ 배치배출의 경우, 배출허가 사전평가 시 호기별, 경로별, 핵종군별(사전평가 적용 핵종), 기간별 배출실적분율 결과를 통해 배출제한치 미만여부를 확인한 후 배출을 수행하고, 다음과 같이 주기적인 점검을 통해 감시 및 관리한다.
  - 원자로건물 내 공기의 환경으로의 배출은 배출 전 점검, 배출 후 점검, 월간 점검, 분기점검을 통해 감시 및 관리한다.
  - 배출 전 방사능 분석이 완료되면 희석인자를 적용한 배출제한계수 및 사전 주민피폭선량 평가를 수행한 후 판정기준을 만족하면 배출을 허가하고 판정기준을 불만족하면 추가적인 조치를 통해 판정기준을 만족시킨 후 배출을 허가한다.
- ☐ 연속배출의 경우, 다음과 같이 주기적인 점검을 통해 배출추이를 감시하고 배출량이 연간 배출제한치를 초과할 것으로 예상되는 경우 분석주기를 단축하는

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

등의 조치를 통해 감시 및 관리를 강화한다.

- 복합건물 공기조화계통, 보조건물 공기조화계통, 터빈건물 공기조화계통은 주간, 월간, 분기점검을 통하여 감시 및 관리한다.

### 5.3.3 배출제한치 초과시 조치

배출제한치는 운영기술지침서의 운전제한조건이 적용되지 않으나, 액체 및 기체 방사성물질이 표 5-5의 자체 배출관리치와 표 5-1, 표 5-2, 표 5-4의 배출제한치를 초과하는 경우, 다음과 같이 조치한다.

- 월간 및 연간 누적 배출량이 월간 및 연간 자체 배출관리치 초과 시, 액체 및 기체 방사성폐기물 처리계통의 각 설비의 성능에 대한 건전성 평가 및 조치를 통해 배출 방사능량을 감소시키고, 연간 누적 주민피폭선량을 평가하여 피폭선량이 원자력관계법령 등에서 정한 제한치를 만족하는지 확인한다.
- 매월 배출량이 월간 배출제한치 초과 시, 액체 및 기체 방사성폐기물 처리계통의 각 설비의 성능에 대한 건전성 평가 및 조치를 통해 배출 방사능량을 감소시키고, 원인 조사 및 시정조치 계획을 수립하여 조치 후 연간 배출제한치 만족여부를 확인한다.
- 매분기 배출량이 분기 배출제한치 초과 시, 액체 및 기체 방사성폐기물 처리계통의 각 설비의 성능에 대한 건전성 평가 및 조치를 통해 배출 방사능량을 감소시키고, 발전소원자력안전위원회(PNSC : Plant Nuclear Safety Committee)를 개최하여 분기 배출제한치 초과 원인을 규명하고, 연간 배출제한치를 만족하기 위한 조치계획을 수립한다.
- 연간 누적 배출량이 연간 배출제한치 초과 시, 원자력안전위원회에 즉시 보고하고 가능한 조치사항을 시행한다. 아울러, 원자력발전안전위원회(KNRB : KHNP Nuclear Review Board)를 개최하여 연간 배출제한치 초과원인 분석, 액체 및 기체 방사성폐기물 처리계통의 각 설비의 성능에 대한 건전성 평가, 상세 선량평가, 배출량을 감소시키기 위한 시정조치 사항 등의 재발방지대책을 수립한다. 또한, 시정조치에 의해 차기년도 배출량이 배출제한치를 준수할 수 있는지에 대한 분석을 수행한다.



## 6 참고문헌

### 6.1 개요

이 장에서는 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서를 작성함에 있어 인용된 모든 참고문헌을 기재한다.

### 6.2 참고문헌

1. “원자력안전법”, 원자력안전위원회.
2. “원자력안전법 시행령”, 원자력안전위원회.
3. “원자력안전법 시행규칙”, 원자력안전위원회.
4. “방사선방호 등에 관한 기준”, 원자력안전위원회 고시.
5. “신고리 5,6호기 최종안전성분석보고서”, 한국수력원자력(주).
6. “신고리 5,6호기 방사선환경영향평가서”, 한국수력원자력(주).
7. “고리, 새울 원자력본부 환경방사능 조사 및 평가보고서”, 한국수력원자력(주).
8. “발전소주변 주민피폭선량계산 지침서”. 한국수력원자력(주).
9. “Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment”, Safety Guide No. WS-G-2.3, IAEA.
10. “Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment”, General Safety Guide No. GSG-9, IAEA.
11. “Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants: LWR Edition”, NUREG-0800, U.S. NRC.
12. “Measuring, Evaluating, and Reporting Radioactive material in Liquid and Gaseous Effluents and Solid Waste”, Regulatory Guide 1.21, U.S. NRC.
13. “Offsite Dose Calculation Manual Guidance: Standard Radiological Effluent Controls for Pressurized Water Reactors”, NUREG-1301, U.S. NRC.

## 부록 1 용어해설

### 부록.1.1 개요

이 장에서는 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서를 작성함에 있어 인용된 용어의 해설을 기재한다.

### 부록.1.2 용어해설

#### 부록.1.2.1 감시설비

액체 또는 기체 상태의 방사성물질 농도를 감시하고, 설정된 방사성물질의 농도에서 경보를 울리거나 배출을 자동으로 차단하는 기능을 가진 설비 등을 말한다.

#### 부록.1.2.2 검출하한치(LLD)

검출하한치(LLD)는 계통의 자연방사능준위보다 높은 계수치가 산출되는 시료내 방사성물질의 검출 가능한 최소방사능농도 준위이며 95% 정도의 ‘참’ 신호 발생확률과 5%의 ‘거짓’ 신호 발생확률로 검출될 수 있는 값으로서, 이 값은 시료를 측정할 ‘후(posteriori)’의 제한치가 아니라, 시료를 측정하기 ‘전(priori)’의 제한치를 말한다.

#### 부록.1.2.3 규제선량치

원자력안전위원회 고시 “방사선방호등에 관한 기준” 16조(환경상의 위해방지)에서 정한 액체 및 기체 배출물에 의한 제한구역 경계에서의 연간선량이다.

#### 부록.1.2.4 액체방사성물질

발전소 배수구를 통해 연속 또는 배치(불연속)로 배출되는 방사성 액체 배출물을 말한다.

#### 부록.1.2.5 기체방사성물질

발전소 배기구를 통해 연속 또는 배치(불연속)로 배출되는 방사성 기체 배출물을 말한다.

#### 부록.1.2.6 배출제한치 설정 핵종군

배출량 관리를 위해 물리화학적 성질이 유사하거나 배출특성이 유사한 방사성핵종을 임의로 구분한 것을 말한다(예, 액체상 삼중수소, 기체상 방사성옥

## “신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

소, 기체상 불활성기체, 기타 등).

### 부록.1.2.7 배치배출

방사성물질의 일괄처리방식을 의미한다. 분석을 위해 시료를 채집하기 전, 각 배치는 격리되어야 하며, 완전히 혼합되어야 한다.

### 부록.1.2.8 연속배출

방사성물질을 계속적으로 배출하는 것으로서 연속배출기간 동안 입력유량을 가지는 계통으로부터 비단속적으로 배출되는 것을 의미한다.

### 부록.1.2.9 해당시설 배출제한치

단일핵종군 배출로 인해 원자력안전위원회 고시 “방사선방호등에 관한 기준” 16조(환경상의 위해방지)의 1항(해당 시설의 설계에 적용할 기준)을 만족하기 위한 단일핵종군의 해당시설 배출량 제한치를 말한다.

### 부록.1.2.10 부지 배출제한치

단일핵종군 배출로 인해 원자력안전위원회 고시 “방사선방호등에 관한 기준” 16조(환경상의 위해방지)의 2항(동일부지 내에 다수의 원자력관계시설을 운영하는 경우에 적용할 기준)을 만족하기 위한 단일핵종군의 부지배출량 제한치를 말한다.

### 부록.1.2.11 핵종군

물리화학적 성질이 유사하거나 배출특성이 유사한 방사성핵종을 임의로 구분한 것을 말한다(예, 불활성기체, 전알파, 방사성옥소, 삼중수소 등).

### 부록.1.2.12 시료채집 핵종군

시료채집 및 방사성물질 배출량 측정을 위해 물리화학적 성질이 유사하거나 배출특성이 유사한 방사성핵종을 임의로 구분한 것을 말한다(예, 전알파, Sr-89, Sr-90, 주요 감마방출체 등).

### 부록.1.2.13 제한조건 불만족시 조치

제한조건을 만족하지 못하는 조건하에서 취해야할 조치사항을 규정하는 것으로 자체 배출관리치, 월간, 분기, 연간 배출제한치 초과시 조치사항을 말한다.

## 부록 2 주민피폭선량평가 적용인자

### 부록.2.1 개요

이 장에서는 액체 및 기체 상태의 방사성물질 등의 배출계획서를 작성함에 있어 인용된 주민피폭선량평가의 적용인자값을 기재한다.

### 부록.2.2 회석수 유량

2015년부터 운영된 신고리 3호기의 경우만 가동시작 후 최근 4년간(2015년~2018년)의 회석수 유량값 중 최소값을 적용하였으며, 신고리 4호기의 경우에는 최종안전성분석보고서의 설계값을 적용하고, 신고리 5,6호기의 경우에는 최종안전성분석보고서의 설계값을 적용하였다.

부록 표 2-1

새울본부 호기별 주민피폭선량 계산시 적용된 회석수 유량(m<sup>3</sup>/sec)

연도	신고리3	신고리4	신고리5	신고리6
2015	44.10			
2016	47.60			
2017	58.70			
2018	45.70	67.18 <sup>1)</sup>	45.63 <sup>2)</sup>	45.63 <sup>2)</sup>

적용값	44.10	67.18 <sup>1)</sup>	45.63 <sup>2)</sup>	45.63 <sup>2)</sup>
-----	-------	---------------------	---------------------	---------------------

1) 신고리 3,4호기 최종안전성분석보고서 회석수 유량 참조.

2) 신고리 5,6호기 최종안전성분석보고서 회석수 유량 참조.

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

부록.2.3 액체방사성물질에 의한 주민피폭선량평가 입력자료

가. 연령군별 수산물 섭취량

구분 [단위]	3개월	1세	5세	10세	15세	성인
어류 [kg/yr]	3.1	11.6	10.3	11.3	16.0	32.4
갑각류 [kg/yr]	0.4	2.1	4.5	6.1	6.1	8.8
연체류 [kg/yr]	0.0	0.2	3.8	5.2	6.5	6.5
해조류 [kg/yr]	2.3	2.8	2.5	2.6	3.6	6.6

나. 연령군별 해변활동, 해수욕 및 해상활동 시간

구분 [단위]	3개월	1세	5세	10세	15세	성인
해변활동 시간 [hr/yr]	—	—	120	440	275	2240
해수욕 시간 [hr/yr]	—	—	220	185	200	174
해상활동 시간 [hr/yr]	—	—	20	80	72	1572

다. 기타 입력자료

구분	적용 값
수산물 수확에서 소비까지의 시간 [hr]	24
해변 넓이인자 (해안가 주변)	0.5
해양 희석인자	2.0

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

부록.2.4 기체방사성물질에 의한 주민피폭선량평가 입력자료

가. 연령군별 농축산물 섭취량 및 호흡량

구분 [단위]		3개월	1세	5세	10세	15세	성인	
농작물	곡식 [kg/yr]	28.8	84.7	105.8	132.5	160.0	160.0	
	김치 [(kg/yr]	0.5	9.8	27.0	48.1	62.3	89.9	
	엽채류 [kg/yr]	11.5	39.9	68.2	98.0	121.7	161.8	
	과일 [kg/yr]	37.5	77.0	81.3	93.9	62.3	97.0	
축산물	우유 [ $\ell$ /yr]	241.5	219.6	184.4	166.5	151.3	73.2	
	육류	소고기 [kg/yr]	2.5	6.9	7.8	13.5	12.7	15.7
		돼지고기 [kg/yr]	2.2	3.7	13.3	25.3	40.4	28.8
		닭고기 [kg/yr]	6.4	12.8	21.2	28.4	38.0	26.6
호흡량 [m <sup>3</sup> /yr]		1,400	2,500	6,700	7,300	7,900	7,400	

나. 기타 입력자료

구 분 [단위]		적용 값
농축산물 생산에서 소비까지의 시간 [일]	곡식	14
	과일	14
	김장채소	14
	엽채류	1
	우유	1
	소고기	7
	돼지고기	7
	닭고기	3
농작물 생장기간 [일]	곡식	150
	과일	155
	김장채소	90
	엽채류	60
	목초	180
동물사료의 저장기간 [일]		75

“신고리 원자력발전소 5,6호기” 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서

나. 기타 입력자료(계속)

가축의 사료 섭취량 [kg/day]	젖소	55
	육우	55
	돼지	4.2
	닭	0.12
농작물 단위면적당 생산량 [kg/m <sup>2</sup> ]	곡식	0.36
	과일	1.13
	김장채소	4.53
	엽채류	4.52
	목초	4.0
	사료작물	0.34
토양의 유효표면밀도 [kg/m <sup>2</sup> ]		165
입자성 핵종의 농작물에 대한 잔류계수		0.25
방사성요오드의 농작물에 대한 잔류계수		0.5
공기중으로부터 침적되는 방사성요오드 비율		0.5
가식부 이동계수(곡류/과일/김치/채소/목초)		0.1/0.1/1/1/1
기상에 의한 방사성물질의 제거상수 [sec <sup>-1</sup> ]		5.73E-07
토양의 오염기간-발전소 수명의 절반 [년]		30
주거용 건물의 차폐인자		0.7
유아의 우유 섭취량중 분유섭취 비율		1
젖소가 목초지에서 생활하는 연분율		1
젖소가 목초지에 있는 동안 목초의 섭취비율		1
육우가 목초지에서 생활하는 연분율		1
육우가 목초지에 있는 동안 목초의 섭취비율		1
농축산물 오염분율	곡식	1
	과일	0.7
	김장채소	1
	엽채류	1
	축산물	0.5
삼중수소 및 C-14	생장기간 중 평균 절대습도 [kg/m <sup>3</sup> ]	0.0114
	농작물 내 수분이 차지하는 비율	0.75
	대기/농작물 수분의 H-3 농도비	0.5
	대기 중 탄소의 농도 [g/m <sup>3</sup> ]	0.16
	농작물 내 탄소함량 [g-C/kg]	0.11

부록-6