

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

제 12 장 - 방사선 방호

목 차

번 호	제 목	페이지
12.1	<u>직업 방사선 피폭선량을 합리적으로 달성 가능한 한 낮게(ALARA) 유지하기 위한 보장</u>	12.1-1
12.1.1	정책 고려사항	12.1-1
12.1.1.1	설계 및 건설 정책	12.1-2
12.1.1.2	운영 정책	12.1-3
12.1.2	설계 고려사항	12.1-5
12.1.2.1	ALARA를 위한 일반 고려사항	12.1-6
12.1.2.2	기기 설계 시 고려사항	12.1-7
12.1.2.3	설비 배치 및 방사선방호 고려사항	12.1-9
12.1.2.4	핵중기공급계통 설계 고려사항	12.1-11
12.1.3	운영 고려사항	12.1-13
12.1.3.1	ALARA를 위한 일반 고려사항	12.1-14
12.1.3.2	증기발생기 정비를 위한 고려사항	12.1-16
12.1.3.3	원자로용기상부헤드 제거 및 설치를 위한 고려사항	12.1-17
12.1.3.4	가동중검사를 위한 고려사항	12.1-17
12.1.3.5	방사선 피폭을 수반하는 기타 운전 등을 위한 상세 ALARA 고려사항	12.1-17
12.1.4	참고문헌	12.1-18
12.2	<u>방사선원</u>	12.2-1
12.2.1	밀봉 선원	12.2-1
12.2.1.1	원자로건물	12.2-1
12.2.1.1.1	원자로 노심	12.2-1
12.2.1.1.2	원자로냉각재계통	12.2-2
12.2.1.1.3	주중기계통	12.2-3
12.2.1.1.4	사용후연료 취급과 이송	12.2-3
12.2.1.1.5	화학 및 체적제어계통	12.2-4
12.2.1.2	보조건물	12.2-10

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

번 호	제 목	페이지
12.2.1.2.1	정지냉각계통	12.2-10
12.2.1.2.2	시료채취계통	12.2-11
12.2.1.2.3	주제어실 경계	12.2-11
12.2.1.3	핵연료건물	12.2-12
12.2.1.4	터빈건물	12.2-12
12.2.1.5	복합건물	12.2-13
12.2.1.5.1	액체 및 고체방사성 폐기물계통	12.2-13
12.2.1.5.2	기체방사성 폐기물계통	12.2-13
12.2.1.6	저장 방사능	12.2-13
12.2.2	설계기준사고 시 방사선원	12.2-14
12.2.2.1	대형 냉각재상실사고 시 방사선원	12.2-14
12.2.2.2	주제어실 방사선원	12.2-15
12.2.2.3	기타 방사선원	12.2-15
12.2.3	공기 중 방사선원	12.2-15
12.2.3.1	공기 중 방사성물질의 생성	12.2-15
12.2.3.1.1	정상 시 접근가능구역의 공기 중 방사선원	12.2-16
12.2.3.1.2	운전 중 격실 내 공기 중 방사능농도	12.2-17
12.2.3.1.3	공기 중 방사능농도 계산에 사용되는 매개변수와 모델	12.2-17
12.2.3.1.4	배기계통의 배기	12.2-18
12.2.4	참고문헌	12.2-18
12.3	방사선방호 설계 특성	12.3-1
12.3.1	설비 및 기기 설계	12.3-1
12.3.1.1	보조계통 설비 및 기기 설계	12.3-2
12.3.1.1.1	방사성기기 설계	12.3-2
12.3.1.1.2	기기 배수 및 세척설비 설계	12.3-6
12.3.1.1.3	오염제어설비 설계	12.3-7
12.3.1.1.4	소내 지원설비 설계	12.3-10
12.3.1.1.5	기타설비 설계	12.3-13
12.3.1.2	핵중기공급계통 설비 및 기기의 설계	12.3-14
12.3.1.3	공용설비 및 기기배치 설계	12.3-20

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

번 호	제 목	페이지
12.3.1.4	방사선구역 분류 및 출입통제	12.3-25
12.3.1.4.1	정상운전 시	12.3-25
12.3.1.4.2	사고 시	12.3-26
12.3.2	차폐 설계	12.3-32
12.3.2.1	일반 차폐설계 기준	12.3-32
12.3.2.2	일반 차폐설계 내용	12.3-35
12.3.2.3	차폐 계산방법	12.3-42
12.3.2.4	상세 차폐설계 기준	12.3-43
12.3.2.5	상세 차폐설계 내용	12.3-44
12.3.3	공기조화계통 설계	12.3-47
12.3.3.1	설계목적	12.3-47
12.3.3.2	설계기준	12.3-47
12.3.3.3	설계지침	12.3-48
12.3.3.4	계통 설명	12.3-50
12.3.3.5	공기정화계통 설계	12.3-50
12.3.4	지역 방사선 및 공기 중 방사능 감시설비 설계	12.3-51
12.3.4.1	지역방사선감시계통	12.3-51
12.3.4.1.1	설계기준	12.3-51
12.3.4.1.1.1	안전 설계기준	12.3-51
12.3.4.1.1.2	출력운전 설계기준	12.3-52
12.3.4.1.2	계통 설명	12.3-55
12.3.4.1.2.1	검출기 집합체	12.3-57
12.3.4.1.2.2	현장 기기제어반	12.3-57
12.3.4.1.2.3	제어실 지시판	12.3-58
12.3.4.1.2.4	계통 출력	12.3-58
12.3.4.1.2.5	점검선원	12.3-58
12.3.4.2	공기 중 방사선감시계통	12.3-59
12.3.4.2.1	설계기준	12.3-60
12.3.4.2.1.1	안전 설계기준	12.3-60
12.3.4.2.1.2	출력운전 설계기준	12.3-60
12.3.4.2.2	계통 설명	12.3-60
12.3.5	참고문헌	12.3-60

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
12.4	<u>선량 평가</u>	12.4-1
12.4.1	작업자의 연간 피폭선량 평가	12.4-1
12.4.2	일반인의 연간 피폭선량 평가	12.4-3
12.4.3	건설작업자의 연간 피폭선량 평가	12.4-4
12.4.3.1	직접선량	12.4-4
12.4.3.2	공기 중 방사능에 의한 선량	12.4-5
12.4.4	참고문헌	12.4-6
12.5	<u>방사선방호계획</u>	12.5-1
12.5.1	조직	12.5-1
12.5.1.1	방사선방호계획의 조직	12.5-1
12.5.1.2	방사선방호계획의 목적	12.5-1
12.5.1.3	방사선방호계획	12.5-2
12.5.2	장비, 계측기 및 설비	12.5-3
12.5.2.1	방사선관리구역	12.5-3
12.5.2.2	방사선방호 설비	12.5-5
12.5.2.3	방사선방호 설계	12.5-5
12.5.2.4	방사선방호용 계측기	12.5-6
12.5.2.4.1	실험실 방사선 측정장비	12.5-6
12.5.2.4.2	휴대용 방사선 측정기기	12.5-6
12.5.2.4.3	휴대용 공기시료 채집기	12.5-7
12.5.2.4.4	개인 방사선피폭 감시장비	12.5-8
12.5.2.4.5	비상용 계측기	12.5-8
12.5.2.4.6	방사선방호 계측기의 교정	12.5-9
12.5.2.5	장비 제염설비	12.5-9
12.5.3	절차	12.5-10
12.5.3.1	방사선 및 오염 측정	12.5-10
12.5.3.1.1	기본 원칙	12.5-10
12.5.3.1.2	책임	12.5-11

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
12.5.3.1.3	측정의 종류	12.5-11
12.5.3.2	방사선량의 ALARA 유지를 위한 절차 및 방법	12.5-12
12.5.3.3	출입 및 체류시간의 통제	12.5-12
12.5.3.3.1	기본원칙	12.5-12
12.5.3.3.2	방사선관리구역에 들어갈 때	12.5-13
12.5.3.3.3	방사선관리구역에서 나올 때	12.5-13
12.5.3.4	오염관리	12.5-14
12.5.3.4.1	설비에 대한 오염관리	12.5-14
12.5.3.4.2	개인의 오염관리	12.5-14
12.5.3.4.2.1	방사선관리구역 작업복	12.5-14
12.5.3.5	공기 중 방사능 관리	12.5-15
12.5.3.6	개인 방사선 감시	12.5-16
12.5.3.6.1	기본 원칙	12.5-16
12.5.3.6.2	발전소 종사자 방사선량	12.5-16
12.5.3.6.2.1	체외 방사선량 평가	12.5-16
12.5.3.6.2.2	체내 방사선량 평가	12.5-17
12.5.3.7	방사성물질의 안전관리계획	12.5-17
12.5.3.7.1	방사성물질의 반입	12.5-18
12.5.3.7.2	방사성물질의 저장	12.5-18
12.5.3.7.3	방사성물질의 소내 운반	12.5-18
12.5.3.7.4	핵연료의 취급, 저장 및 선적	12.5-19
12.5.3.8	방사선방호 교육훈련	12.5-19

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

제 12 장 - 방사선 방호

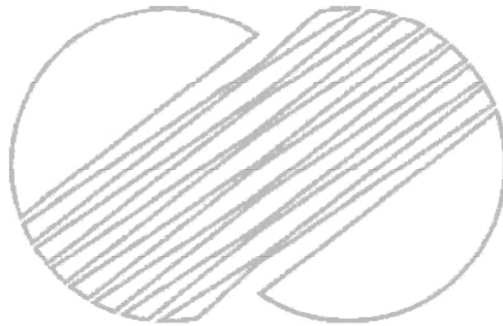
표 목 차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
12.2-1	원자로용기 바깥에서의 최대 중성자속	12.2-19
12.2-2	원자로용기 바깥에서의 최대 감마선속	12.2-20
12.2-3	원자로정지 후 원자로용기 바깥에서의 감마선속	12.2-21
12.2-4	원자로냉각재 내 핵분열생성물의 방사능 분석을 위한 기준	12.2-22
12.2-5	원자로냉각재의 최대 비방사능	12.2-24
12.2-6	원자로계통에 침적된 크러드 막의 평형 두께	12.2-26
12.2-7	N-16의 방사능	12.2-27
12.2-8	사용후연료 감마선원	12.2-28
12.2-9	화학 및 체적제어계통 열교환기 용해 방사성핵종 재고량	12.2-29
12.2-10	화학 및 체적제어계통 열교환기 방사능	12.2-31
12.2-11	화학 및 체적제어계통 이온교환기 방사성핵종 재고량	12.2-32
12.2-12	화학 및 체적제어계통 필터 방사성핵종 재고량	12.2-34
12.2-13	화학 및 체적제어계통 탱크 방사성핵종 재고량	12.2-36
12.2-14	정지냉각계통 선원세기	12.2-38
12.2-15	2차측 계통 내 차폐기준 방사능농도	12.2-39
12.2-16	2차측 화학제어계통 기기 및 유동경로별 차폐설계기준 방사능량	12.2-41
12.2-17	사용후연료저장조와 재장전수조 내 핵분열생성물 및 부식생성물 방사능농도	12.2-43
12.2-18	사용후연료저장조 냉각 및 정화계통 차폐설계기준 방사능량	12.2-44
12.2-19	액체방사성폐기물계통 차폐기준 방사선원	12.2-46
12.2-20	기체방사성폐기물계통 내 차폐기준 방사선원	12.2-52
12.2-21	노심 내 핵분열생성물 재고량	12.2-53
12.2-22	각 건물 내 주요 격실별 공기 중 방사능농도	12.2-55
12.3-1	정상운전 시 방사선구역 분류	12.3-63
12.3-2	사고 시 방사선구역 분류	12.3-64
12.3-3	차폐설계용 전산프로그램 목록	12.3-65
12.3-4	지역방사선 감시계통	12.3-66
12.3-5	밀봉선원 누설 또는 오염 점검	12.3-69

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 목 차 (계속)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
12.4-1	운전 중인 CE형 발전소의 작업자 피폭자료	12.4-8
12.4-2	운전 중인 CE형 발전소의 연평균 총작업자수와 총작업자선량	12.4-10
12.4-3	운전 중인 CE형 발전소의 작업별 총작업자수와 총작업자선량	12.4-11
12.4-4	신월성 1,2호기 작업별 예상 작업자 집단선량	12.4-12
12.4-5	건설기간별 예상 건설작업자수	12.4-13
12.4-6	건설작업자의 연간예상선량	12.4-14
12.4-7	총건설작업자의 연간예상선량	12.4-15



신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

제 12 장 - 방사선 방호

그림 목차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>
12.3-1	밸브, 펌프, 기기 및 제어반의 일반적인 배치도
12.3-2	방사선관리구역 내 작업자 출입경로
12.3-3	방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기) 원자로건물, 보조건물, 핵연료건물 및 터빈건물
12.3-4	방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기) 원자로건물, 보조건물, 핵연료건물 및 터빈건물
12.3-5	방사선구역도(정상 시) 복합건물
12.3-6	미로형 차폐격실 설계개념도
12.3-7	전형적인 차폐해치 배치도
12.3-8	방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기) 보조건물/원자로건물(사고 후 1시간)
12.3-9	방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기) 보조건물/원자로건물(사고 후 1시간)
12.3-10	방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기) 보조건물/원자로건물(사고 후 1일)
12.3-11	방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기) 보조건물/원자로건물(사고 후 1일)
12.3-12	방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기) 보조건물/원자로건물(사고 후 1주)
12.3-13	방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기) 보조건물/원자로건물(사고 후 1주)
12.3-14	접근필수구역 위치 및 접근로
12.3-15	방사선관리구역도(정상 시) 중저준위 저장고
12.5-1	방사선관리구역의 출입 경로

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12 방사선방호

12.1 직업 방사선 피폭선량을 합리적으로 달성 가능한 한 낮게(ALARA) 유지하기 위한 보장

본 절에서는 발전소 운영으로 인한 발전소 종사자 및 일반주민의 피폭 방사선량을 원자력안전법 시행령의 선량한도 이내로 유지하고, 합리적으로 달성 가능한 한 낮게(ALARA; As Low As Reasonably Achievable) 유지하기 위하여 발전소 설계 및 운영 시 고려되는 방사선방호 수단에 대하여 기술한다.

방사선방호 수단은 방사성 기기를 차폐된 격실에 분리 설치, 배관 및 기기에서 방출되는 이온화방사선을 충분히 감쇠할 수 있도록 설계된 차폐체 설치, 원격조작 기기 및 자동장비 사용, 공기 중 방사성물질의 생성 가능성이 있는 기기실 내 환기설비 설치, 방사선감시계통 설치, 방사선방호요원의 훈련 그리고 피폭선량 저감을 위한 행정적인 정책 및 절차의 개발과 이행 등을 포함한다.

12.1.1 정책 고려사항

한수원의 방사선방호 관련정책은 정비요건 및 예상되는 운전요건과 각종 규정을 만족하면서 종사자의 방사선 피폭선량을 ALARA로 유지하는 것이다. 이 ALARA 정책은 종사자의 개인 피폭선량 뿐만 아니라 집단선량(person-Sv)에도 적용된다. 방사선안전관리와 관련한 잠재된 문제점을 해결하기 위한 올바른 자세와 인식의 개발은 모든 발전소 종사자의 적절한 교육과 훈련에 의하여 이루어진다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.1.1.1 설계 및 건설 정책

ALARA 개념은 발전소의 초기 설계 및 건설단계부터 적용되는 데, 구체적인 설계의 적용은 ALARA 설계지침의 준수, 설계문서의 ALARA 검토 및 문서화에 의해 진행된다.

발전소의 설계 및 설계문서는 설계 및 건설단계 동안 지속적으로 검토, 개정 및 보완되었다.

발전소의 설계는 일반 배치, 차폐, 환기, 보안, 출입통제, 정비 및 가동중점검 등과 관련하여 피폭저감화를 달성하기 위한 방사선방호 관점에서 검토되었다.

방사성 유체를 함유하는 배관 및 기기는 방사선방호 관점에서 적절히 배치되었다. 즉, 방사성 배관 및 기기를 ALARA 설계기준에 따라 배치하고 차폐함으로써 종사자의 방사선 피폭이 ALARA로 유지되도록 하였으며 건설 시 필요한 경우 배관 배치 및 차폐요건이 설정된 기준을 만족하는 것을 보장하기 위하여 자체검사가 수행되었다. 건설기간 중에 설치된 차폐벽 내에 주요한 결함이 없다는 것을 보장하기 위하여 육안검사를 실시하였으며, 초기 출력운전 중에는 차폐설계가 발전소의 정상운전 및 정비 시 선량한도 요건을 만족함을 보장하기 위하여 방사선 측정을 수행한다.

한편, 기존의 발전소 설계자료 및 운영경험으로부터 얻은 정보는 종사자의 피폭선량을 ALARA로 유지하기 위한 설비 설계기준으로 사용되었다.

12.1.2절 및 12.1.3절에서는 종사자의 피폭선량을 ALARA로 유지하기 위하여 기기 및 발전소배치와 출입통제 설비를 포함한 차폐, 환기 및 방사선감시시스템의 설계 시 사용된 기준 및 방법을 기술한다.

발전설비건물 설계에 적용된 방사선방호 설계특성검토는 발전소 설계업무의 일부로, 전문 방사선방호기술자들에 의해 수행되었다. ALARA 설계 및 검토는 방사선원 평가, 피폭선

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

량 평가, 차폐설계 및 방사성폐기물계통 설계분야에 경험이 있으며, 방사선방호 개념을 설계에 적용할 수 있는 능력을 갖춘 기술자들에 의해 수행되었다.

한수원의 방사선안전관리부서는 발전소의 피폭이력 자료 및 설계사항을 검토하여 방사선 방호에 대한 기준 및 지침을 설정하며 방사선 피폭저감을 위하여 설정된 각종 기준이 설계에 제대로 적용되는지를 확인하기 위해 발전소 설계를 여러 측면에서 검토하고 필요 시 설계개선을 권고한다. 이러한 현장설계변경사항은 피폭선량 저감화를 위하여 건설기간 중 설계부서의 전문 방사선방호기술자에 의해 검토되며 이러한 검토결과는 규제지침서 8.8의 내용을 만족하도록 하였다.

핵증기공급계통 공급자는 발전소 운전, 검사 및 정비와 관련되는 방사선 피폭을 고려하여 설계된 계통 및 기기를 제공함으로써, 종사자 피폭선량을 ALARA로 유지하도록 할 책임이 있다. 이를 위하여 핵증기공급계통 공급자는 방사선관리그룹의 책임을 규정하고 이들이 임무를 적절하게 수행할 수 있는 환경을 제공한다. 이러한 방침과 규정은 방사선관리그룹의 조직표와 관련 절차서에 반영된다. 방사선 피폭선량 저감을 위한 핵증기공급계통 공급자의 설계 고려사항은 12.1.2.4절에 기술되어 있다.

12.1.1.2 운영 정책

발전소 운영과 관련된 한수원의 방사선방호정책은 원자력안전법, 원자력안전법 시행령, 원자력안전법 시행규칙과 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙(이하 “원자력 관계법령”이라 한다)의 방사선 안전관리와 관련한 규정을 준수하며 종사자 및 일반주민의 피폭선량을 ALARA로 유지하는 것이다. 신월성 1,2호기 방사선관리계획은 규제지침서 8.8 및 규제지침서 8.10의 권고사항을 따르는 한편, 국내 원자력법 관계법령에 명시된 내용을 준수할 수 있도록 하였다.

발전소장은 신월성 1,2호기 운영 시 방사선방호계획에 대한 이행 책임이 있으며, 이 계획

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

은 방사선관리와 관련된 절차서 및 방사선방호 기초훈련 등을 포함하며 발전소 운영자에 의하여 주기적으로 검토, 보완된다.

방사선안전관리부서장은 최초의 방사선방호계획을 작성할 책임이 있으며 발전소장에게 이를 보고하고 방사선안전관리부서를 관리, 감독해야 한다. 방사선안전관리 담당차장은 방사선안전관리부서장의 지시를 따르며 방사선안전관리원들의 관리, 감독은 물론 적절한 훈련도 실시해야 한다. 방사선안전관리원들은 현장 방사선준위 측정, 오염도 측정 및 공기시료 채취 등의 업무를 수행할 책임이 있다. 신월성 1,2호기 방사선안전관리부서의 조직은 13.1절에 기술되어 있다.

방사선안전관리부서는 아래와 같은 방사선방호 업무를 수행한다.

가. 승인된 방사선방호계획에 따라 자체 선량관리기준을 설정하며, 발전소 종사자 또는 방문자의 피폭선량이 ALARA로 유지될 수 있도록 발전소 가동 전에 상세한 방사선방호 절차서를 작성한다.

나. 방사선 안전관리는 다음과 같이 수행한다.

- 1) 방사선 작업장 환경을 평가하고 예방조치를 취한다.
- 2) 방사선관리구역 출입자 및 반출입 장비를 관리한다.
- 3) 방호장구의 적절한 사용과 관리를 보장한다.
- 4) 방사선관리구역 내의 각 구역에는 관계법령에 따른 표지판 및 필요 시 접근제한설비(시건장치, 로프 등)를 설치한다.
- 5) 승인된 절차에 따라 고방사선구역 및 고오염구역에서의 작업은 방사선작업허가서상의 조건대로 관리한다.

다. 개인 방사선감시장비의 사용에 대한 요건을 결정하고 개인 피폭선량 이력을

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

기록, 유지한다.

라. 발전소 부지로 또는 부지로부터 반출입되는 모든 방사성물질을 관리하고 계량한다.

마. 비상상태에 대처하기 위한 절차서를 작성한다.

바. 발전소 종사자와 필요한 경우 방문자에 대하여 방사선방호 정책 및 절차를 교육한다.

사. 발전소 방사선방호계획에 선량평가 프로그램을 포함하여 운영한다. 이 프로그램에는 종사자들의 방사성물질 흡입으로 인한 내부피폭선량을 측정하기 위한 사항이 포함된다.

아. 발전소 내 공정 및 유출물방사선감시기, 지역방사선감시기 및 휴대용 방사선감시기를 주기적으로 교정한다.

자. 발전소로부터 방출되는 방사성 유출물을 감시하고 기록을 유지한다.

차. 발전소 운전으로 인한 방사선 영향을 평가하는 데 필요한 자료를 수집한다.

12.1.2 설계 고려사항

발전소 종사자의 방사선피폭을 저감하기 위한 방사선방호 설계의 고려사항에는 방사성 기기의 차폐, 정비 빈도의 감소, 기기의 접근성 향상, 기기의 원격조작, 누설의 최소화, 적절한 환기 및 제염설비 설치 등이 포함된다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

신월성 1,2호기 방사선방호 설계의 주요 목표는 방사선피폭을 ALARA로 유지하는 것으로서 상세내용은 방사선방호 설계의 목적에 따라 정해진다. ALARA 요건을 만족시키기 위하여 설비 및 기기 설계 시에는 보수적인 기준을 적용하고, 현 설계의 개선을 위해 과거의 설계 및 운전경험을 반영하며, 이를 상세히 검토하기 위한 별도의 수단을 갖추도록 한다. 종사자의 방사선피폭을 ALARA로 유지하기 위한 방사선방호 설계의 구체적 내용은 12.3절에 기술되어 있다.

12.1.2.1 ALARA를 위한 일반 고려사항

방사선방호 설계목표는 규제지침서 8.8 및 ALARA 설계지침서에 따라 발전소 내 방사선 피폭을 ALARA로 유지하는 것으로서 세부목표는 다음과 같다.

- 가. 방사선관리구역 내 작업자의 정비 빈도 및 작업시간의 최소화
- 나. 소내 상시출입구역 및 기기 주변의 방사선준위 최소화
- 다. 기기 선정, 설치위치 결정, 계통 및 구조물 설계 시 정비로 인한 작업자 피폭 최소화

세부목표를 달성하기 위하여 다음과 같은 방사선방호 설계업무가 수행되었다.

- 가. 발전소 운전경험 및 원자력 관계법령의 작업자 선량한도를 근거로 일반출입구역에 대한 설계선량률 결정
- 나. 각각의 기기와 배관들에 대한 가장 보수적인 운전모드 결정
- 다. 설계기준 방사선원향을 기준으로 각 기기나 배관의 방사선원 결정

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

라. 설계선량률을 만족시키기 위한 차폐체 및 차폐벽 두께 결정

마. 기기의 위치, 방향 및 격리에 대한 장·단점 검토

바. 배관과 배관 관통부의 위치 선정 시 ALARA 지침 또는 기준 적용

기기 및 설비의 설계 시 발전소 가동, 유지, 정비, 재장전, 사용후연료 저장, 가동중점검, 교정, 방사성폐기물 처리 및 처분 등 발전소 정상운전 뿐만 아니라 기타 예상운전과도상 태하에서도 작업자의 피폭이 ALARA로 유지되도록 하였다.

12.1.2.2 기기 설계 시 고려사항

기기의 방사선방호 설계와 관련하여 차폐, 기기의 선정, 기기의 접근성 및 정비성 등을 고려하였으며 그 내용은 다음과 같다.

가. 방사선관리구역 내 체류시간 최소화를 위한 고려사항

- 1) 기기 및 자재 선정 시 신뢰성, 내구성, 시공성 및 수리 또는 예방정비를 줄이기 위한 설계특성을 고려
- 2) 바닥 높이보다 높은 위치에 설치되는 기기에 대하여 상부로부터의 접근이 가능하도록 통로, 개구부 및 그레이팅을 설치
- 3) 기기의 운전, 정비 및 제거를 위해 필요한 경우 크레인이나 인양고리를 설치
- 4) 교방사성 기기의 용이한 제거를 위하여 제거 가능한 블록벽, 벽 플러그 및 바닥 플러그를 설치
- 5) 펌프의 신속한 해체 및 설치를 위하여 플랜지 연결부 설치

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 6) 기기를 가능한 원격 또는 기계적으로 운전, 수리, 정비, 감시 및 검사하는 설비를 마련
- 7) 다이어프램 밸브 대신에 정비 빈도가 적은 플러그 밸브 사용
- 8) 표준패킹 대신 수명이 긴 흑연충진(graphite-filled) 패킹 사용
- 9) 기기는 격실 내 접근가능지역에 설치하며, 전체적 또는 부분적으로 빈번한 교체를 필요로 하는 기기는 기기의 반출입이 용이한 지역에 설치

나. 방사선관리구역 내 방사선피폭 최소화를 위한 고려사항

- 1) 빈번한 조작을 필요로 하는 방사성계통 밸브는 가능한 한 고방사성 기기로부터 격리 설치
- 2) 격리 설치가 곤란한 밸브(특히, 고방사선구역에 위치하는 밸브)는 가능한 한 원격으로 조작하고, 방사선준위 및 조작횟수를 고려하여 적절한 원격 밸브구동자를 선정
- 3) 방사성계통의 누설을 최소화하기 위한 설계사항 반영
가) 5.08 cm (2 in)보다 큰 밸브에는 이중패킹과 랜턴링 누출 라인 설치
나) 고압계통($632,764 \text{ kg/m}^2$ (정격 900 lb/in^2 이상)) 배관의 상부 배기구 및 하부 배수구에 이중밸브 설치
다) 다이어프램 밸브로는 패킹이 없는 다이어프램 밀봉밸브 사용
- 4) 폐수저장탱크로부터의 수지 이송을 위하여 탈염수를 사용하며, 탱크 내에 수지를 억류하기 위해 과유량 연결부에 자체세정식 스크린을 설치하고 방사성탱크의 과유량 연결부는 액체방사성 폐기물계통과 연결
- 5) 원격장비를 사용하여 교체할 수 있는 카트리지형 여과기를 설치
- 6) 탈염기의 폐수지는 수압식 원격장비를 사용하여 제거하며 원거리에서 수지 충전이 가능하도록 설계
- 7) 기기, 배관, 연결부 및 밸브는 방사성물질의 축적을 최소화하고 축적된 방사성 부식생성물의 세정이 가능하도록 설계

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 8) 기기실 내에서의 오염확산을 최소화하기 위하여 기기배수관 설치
- 9) 열교환기의 튜브는 내부식성 재질을 사용하고 튜브와 튜브쉬트의 연결부는 누설을 최소화하도록 제작하며 침식이 최소화되도록 충격방지판을 설치하고 유체의 속도를 제한하며, 정비를 위한 튜브의 제거가 용이하도록 설계
- 10) 운전 중 작업자의 방사선피폭을 최소화하기 위하여 가능한 한 원격운전 기기를 설치하며, 방사성폐기물 처리작업 중 자동화된 방사성폐기물 포장 설비를 설치
- 11) 저방사성 기기는 고방사성 기기와 분리된 격실에 배치
- 12) 기기 수리 시 시간적 여유를 가짐으로써 방사성붕괴에 의한 교체기기의 방사선준위 감소를 위해 다중기기 설치
- 13) 다중기기 또는 다중운전능력을 갖춘 관련기기 사이에 오염된 기기의 제거가 가능하도록 상호연결배관 설치
- 14) 펌프 밀봉부에 방사성물질의 축적을 방지하기 위한 기계적 밀봉세정용 배관 설치
- 15) 탱크 내부표면의 세정을 위한 세정설비 및 배수연결부 설치

12.1.2.3 설비 배치 및 방사선방호 고려사항

발전소 배치설계 시에는 직접방사선원(직접방사선원은 밀봉선원으로부터의 산란 또는 직사되는 감마선과 중성자선으로 정의됨)을 고려하고, 환기계통 설계 시에는 공기 중 방사선원을 고려하며 방사선방호 및 출입관리와 관련하여서는 직접방사선원과 공기 중 방사선원 모두를 고려한다.

가. 설비의 배치 설계 시 고려사항

- 1) 작업자가 기기에 용이하게 접근할 수 있도록 접근로(일반접근구역) 제공

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 2) 일반접근구역의 방사선준위를 ALARA로 유지
- 3) 일반접근구역의 직접방사선 차폐를 위한 차폐체 설치
- 4) 방사선구역 구분은 최대 방사선준위를 기준으로 분류
- 5) 방사성 기기는 가능한 한 서로 격리
- 6) 방사선차폐체는 기기의 해체 및 정비가 용이하도록 설계하며, 피폭저감을 위한 임시차폐체의 설치 또는 임시차폐체의 설치공간 확보
- 7) 관통부 또는 매설배관으로 인하여 차폐벽면에서의 고선량 지점 발생이 최소화되도록 설계
- 8) 12.3절에 제시된 설계기준에 따라 방사선방호 설계

나. 방사선방호 고려사항

- 1) 정상운전 시 작업자와 일반주민의 피폭선량을 원자력 관계법령에 제시된 선량한도 이하로 유지
- 2) 설계기준사고 시 주제어실 운전원의 피폭선량을 원자력안전법 시행령 및 10 CFR 50, 부록 A에 제시된 선량한도 이하로 유지
- 3) 사고 시 일반주민의 피폭선량을 원자력안전위원회고시 제2014-10호(원자로 시설의 위치에 관한 기술기준)의 10 CFR 100.11에 제시된 선량한도 이하로 유지
- 4) 과도한 공기 중 방사능과 고방사선준위를 계측하기 위한 방사선감시기의 설치
- 5) 작업자의 방사선피폭을 측정, 기록하기 위한 개인선량계 구비
- 6) 공기 중 방사성물질이 저방사선구역에서 고방사선구역으로 적절히 환기될 수 있도록 환기계통 설계
- 7) 환경으로의 방사성물질 방출구에 방사선감시기 설치
- 8) 방사성물질의 시료분석 설비 설치
- 9) 발전소의 전체 운전조건하에서 방사선피폭량이 ALARA로 유지될 수 있도록 방사성 기기로의 접근성 확보

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 10) 환경이나 일반접근구역으로의 방사성유체(액체 및 기체) 방출로 인한 피폭선량이 ALARA로 유지되도록 설계
- 11) 기기 및 방사선관리구역 작업복의 세정 및 제염설비 설치

12.1.2.4 핵증기공급계통 설계 고려사항

핵증기공급계통 ALARA 설계·검토지침을 설정하는 데 기존의 원자로설계 및 운전경험을 고려하였다. 방사능준위 저감에 대한 운전절차의 영향을 분석하고, 방사능 누적이 감소되도록 발전소 계통의 성능을 평가하고, 방사성물질의 누적과정을 밝히는 데 공학적인 노력을 기울였다. 이러한 노력으로부터 얻어진 자료와 경험을 신월성 1,2호기 핵증기공급계통 내 기기의 설계 및 개발에 적용하였다.

신월성 1,2호기 핵증기공급계통에서 이용하는 계통 및 기기는 방사선 지역에서 정비 필요성을 줄일 수 있도록 설계하였다. 빈번한 정비를 필요로 하는 기기는 가능한 한 저방사선구역에 설치하거나 저방사선구역으로 옮기는 것이 용이하도록 플랜지로 연결하였다. 재질은 가능한 한 40년간 사용할 수 있도록 선택하여 교체 필요성을 줄이고, 빈번한 정비를 줄일 수 있도록 하였다. 제어기는 저방사선구역에 원격으로 작동하도록 설치하였다. 열교환기 및 밸브와 같은 기기는 정비 시 접근이 용이하도록 설계하였다. 기기는 환경조건 및 운전조건하에서의 기능요건을 만족하도록 환경 검증을 거치게 된다. 기기설계의 목표는 운전원이 방사선 환경에서 최소한의 시간 동안 머물도록 함으로써 직업상방사선 피폭을 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 유지하는 것이다.

기존의 핵증기공급계통설계와 가동중검사 프로그램의 경험으로부터 얻은 직업상방사선 피폭을 감소시키는 설계 특성을 신월성 1,2호기 핵증기공급계통에 반영하였다. 가동중검사에 대비하여 가장 중요한 사항은 일차냉각재 접촉기기의 용접부위를 최소화하는 것이다. 기기를 재설계하거나 단조-용접부를 단조로 처리하거나 단조부의 크기를 증대시킴으로써 용접부위가 최소화 되도록 하였다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

신월성 1,2호기 핵증기공급계통에서 사용하는 계통 및 기기는 원자로 해체 시 직업상방사선피폭이 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 유지되도록 설계하였다. 발전소 내의 방사능 및 오염 축적을 최소화하는 설계를 통하여 원자로 해체를 용이하게 하였다.

신월성 1,2호기 핵증기공급계통은 발전소 내 방사선 피폭을 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 유지하기 위해 규제지침서 8.8을 적용하였다. 다음의 설계특징들은 원자로 해체 시 발전소 내 방사선 피폭을 줄이는 데 효과적이다.

- 가. 일차냉각재, 수지, 농축물과 같은 방사능물질을 포함하는 기기들은 물 세척 또는 화학제염제 세척을 위해 연결관을 설치해야 한다.
- 나. 기기는 크러드의 누적을 최소화하고 제염이 용이하도록 설계해야 한다.
- 다. 중성자 방사화로 인한 피폭을 줄이기 위하여 적절한 차폐물 설치공간이 있어야 한다.
- 라. 설계단계에서 내부식성 재질 선택, 적절한 화학제어 프로그램 규정, 일차냉각재에 노출되는 재질의 코발트 및 안티몬 함량 제한 등을 통해 핵증기공급계통의 수명기간 동안 방사화 부식생성물 누적을 최소화하여야 한다.

핵증기공급계통 ALARA 설계·검토지침은 규제지침서 8.8의 요건을 만족하도록 적용된다. 이 지침은 직업상방사선피폭을 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 유지하기 위해 각 분야의 설계자에게 제공되었다. 각 분야의 설계자는 규제지침서 8.8의 지침을 기준으로 방사선방호설계 검토를 수행하였다. 계통 및 기기에 대한 일반 설계목적은 규제지침서 8.8을 만족하고 방사선 피폭을 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 유지하고 원자력안전위원회고시 제 2016-16호(방사선방호 등에 관한 기준)에 주어진 제한구역에서의 방사선방호 제한치 내에서

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

운전하기 위한 것이다. 핵중기공급계통설계에 반영된 설계특징은 12.3.1.2절에 기술하였다.

방사선방호설계 검토는 설계 및 건설단계에서 계속 수행하였다. 직업상방사선피폭이 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 유지되도록 설계지침을 작성하였다. 방사선방호 설계자는 이 지침이 핵중기공급계통설계에 관련된 다른 분야에 종사하는 설계자에게도 제공되도록 하였다. 핵중기공급계통설계에 관련된 모든 분야에 이 지침을 적용하므로 모든 분야를 검토대상에 포함시켰다. 공정방사선제어계통 설계자는 모든 방사선방호가 고려될 수 있도록 다른 분야의 기술자나 설계자와 함께 일해야 한다. 이 설계자들은 또 다른 설계가 주어진 공정요건을 만족할 수 있다면 방사선방호를 위한 최적설계를 선택하도록 조언한다.

계통설계요건, 기기설계요건이 발행되기 전에 이미 작성된 지침을 토대로 방사선방호설계 검토를 수행하였다. 검토자는 검토의견을 관련 문서상에 기재하여 해당 설계자에게 전달하고, 이미 작성된 방사선방호지침에 따라 검토의견을 해결하기 위해 필요 시 후속 검토를 실시한다.

12.1.3 운영 고려사항

국내 원자력 관계법령에 명시된 선량한도를 준수하며 종사자 피폭선량을 ALARA로 유지하기 위하여 방사선 안전관리 절차서를 개발하고 계속하여 검토, 보완한다. 이 절차서에는 가동 중 발전소로부터 얻은 경험이 반영되며, 또한 종사자의 방사선방호를 최대화하기 위하여 운전 중 제기된 개선사항 등이 절차서 개정 시 지속적으로 반영된다.

방사선 안전관리 절차서는 방사선관리구역 내에서의 작업시간을 최소화하고 일상적인 출입이 요구되는 구역의 방사선준위를 감소시키기 위하여 구조물, 기기 및 차폐 등의 설계시 활용된다. 설계 시 고려사항은 12.1.2절에 기술된 바와 같이 가동 중인 발전소의 운전 경험 자료에 근거한 것이다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

방사선안전관리부서장은 방사선안전관리 절차를 작성, 관리하고, 발전소장은 작업자의 안전을 보장하기 위한 운영계획을 수립하고 이를 지시 및 지휘한다. 모든 종사자는 부여된 업무를 안전하게 수행하는 데 필요한 훈련을 받는다.

12.1.3.1 ALARA를 위한 일반 고려사항

다음에 기술되는 내용은 발전소 운영 시 ALARA를 위한 일반적 방법이며 절차서에 반영할 상세 사항에 대해서는 12.5절에 기술된다.

- 가. 고방사선구역과 인접한 일상작업구역(저방사선구역)에는 차폐벽과 같은 영구 차폐설비를 설치한다. 배관 차폐를 위한 납담요 또는 기기 주위 차폐를 위한 콘크리트 벽돌 등 임시차폐체를 필요한 구역에 비치한다. 임시차폐체는 차폐체 설치 및 제거 시 받는 방사선량을 포함하여 작업 시의 총 피폭선량이 효과적으로 저감되는 경우에만 사용한다.
- 나. 화학 및 체적제어계통, 정지냉각계통, 액체방사성폐기물계통, 각종 펌프, 여과기 및 탈염기 등과 같이 방사화된 부식생성물의 축적 가능성이 있는 계통 및 기기에는 잠재적인 고방사성 입자의 침적을 제거하기 위하여 세척용 설비를 설치한다. 이들 계통 및 기기에 대한 정비, 보수작업 수행 전에 세척 또는 화학제염을 실시하여 방사성물질 제거함으로써 방사선준위를 감소시키고, 결과적으로 종사자의 피폭선량을 감소시키게 된다.
- 다. 전신피폭선량률이 1 mSv/hr 이상인 고방사선구역 또는 유리성 오염도가 $1.67 \times 10^4 \text{ Bq/100 cm}^2$ ($10^6 \text{ dpm/100 cm}^2$) 이상 되는 구역에서의 작업은 작업 방사선량을 최소로 하며, 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 사전에 작업계획을 수립한다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 라. 절차가 복잡한 작업 또는 고방사선 작업에 대해서는 작업자들이 작업에 익숙하도록 실제 작업환경과 동일한 조건하에서 모의 작업훈련 및 실습을 실시한다. 이러한 방법은 작업자의 업무능력을 향상시키며 방사선구역 내에서 작업시간을 단축시키게 된다. 관련 경험은 문서화하여 차후 유사작업 수행 시 활용되도록 한다.
- 마. 기기설명서 및 작업절차서 숙지, 공기구 조정, 밸브 내부수리 및 기기의 1차조립 등과 같은 작업은 가능한 한 방사선관리구역 외부에서 수행한다.
- 바. 방사선관리구역 내에서 장시간이 요구되는 작업 시에는 전화 또는 폐쇄회로 텔레비전을 설치하여 방사선관리구역 외부에서 작업진행을 감독할 수 있도록 한다.
- 사. 방사선관리구역 내에서의 작업시간을 단축할 수 있도록 작업능률을 높이고 오류를 방지하기 위한 특수공기구를 사용한다. 이들 특수공기구는 작업자가 방사선원으로부터 멀리 떨어져서 작업을 할 수 있도록 함으로써 작업자의 피폭선량을 줄일 수 있도록 하며 이들 공기구의 설치 및 제거 시 받는 피폭선량을 포함하여 총 피폭선량이 효과적으로 저감되는 경우에만 사용된다.
- 아. 작업자들이 방사선관리구역 작업용품의 착용 또는 탈의를 위하여 장시간의 체류를 요하는 출입통제소는 청정구역으로 설정하고, 이 지역으로의 오염확산을 엄격히 제한한다.
- 자. 방사선관리구역 작업복 및 호흡방호장구는 착용에 따른 불편함을 최소화 하여 작업 능률을 높임으로써 방사선관리구역에서의 체류시간을 감소시킬 수 있도록 선정, 운영해야 한다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 차. 고오염 기기에서의 작업 시 오염확산 방지를 위하여 장갑, 텐트 등을 사용한다.
- 카. 업무수행에 지장을 주지 않는 한 작업자는 저방사선구역에 체류하도록 한다.
- 타. 작업 중 작업자 스스로가 피폭선량을 확인할 수 있도록 직독식 선량계를 지급하며, 작업조건에 따라 선량계 착용위치를 변경 또는 다수의 선량계를 착용토록 한다.
- 파. 매우 높은 방사선구역에서의 작업 시는 시계를 사용하여 총 피폭시간을 감시한다. 이를 통하여 방사선관리구역에서 체류할 수 있는 제한시간을 초과하지 않도록 함으로써 방사선안전관리 선량 및 법적 선량한도를 초과하지 않게 된다.
- 하. 고방사선구역 내에서 많은 방사선량을 받는 주요작업 수행 시는 작업 전에 작업계획을 수립한다.

12.1.3.2 중기발생기 정비를 위한 고려사항

본 절에서는 중기발생기 전열관의 검사 및 관막음작업 시 일반적으로 사용되는 방법을 기술한다. 다중스터드신장기(multi-stud tensioner)는 중기발생기 1차측 출입구를 단시간에 개폐하기 위하여 사용되는 장비로서, 결과적으로 방사선관리구역에서의 작업시간을 감소시킨다. 중기발생기 1차측 수실의 출입이 허용되면, 고온관 및 저온관 개방구는 루프 내로 공기구 등 기타 이물질 유입을 방지하기 위하여 뚜껑으로 막는 데, 이는 결과적으로 수실작업 시의 방사선피폭을 감소시킨다.

원격제어 와류탐상 장비는 슬리브나 관막음을 필요로 하는 손상된 전열관의 식별에 이용되며, 손상된 전열관의 위치가 확인되면 슬리브나 관막음을 한다. 따라서 이러한 장비

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

사용은 수실 내부에서의 작업시간을 단축하여 피폭선량을 감소시킨다.

12.1.3.3 원자로용기상부헤드 제거 및 설치를 위한 고려사항

본 절에서는 원자로용기상부헤드 제거 및 설치 시 일반적으로 사용되는 방법을 기술한다. 전기케이블 및 일체형원자로상부구조물의 신속한 제거는 방사선구역에서의 작업시간을 단축시킨다. 단일스터드신장기(single-stud tensioner)는 원자로용기상부헤드를 단시간에 제거 및 설치하는 데 사용된다. 만약 제어봉구동하우징에 크러드가 침적되었을 경우에는 피폭선량 감소를 위하여 제어봉구동장치 외부에 임시차폐체를 설치할 수 있다. 방사선으로부터 작업자를 보호하기 위하여 필요한 경우 재장전수조에 임시차폐체를 설치한다.

또한 핵연료교체 작업 시 감독자의 통신을 원활히 하기 위해 필요한 통신설비를 설치함으로써 핵연료교체 작업 시 교체시간 단축과 피폭선량 감소를 도모한다.

12.1.3.4 가동중검사를 위한 고려사항

본 절에서는 가동중검사 수행 시 일반적으로 사용되는 방법을 기술한다. 검사 시 원격시험 장비가 사용되며, 문서 및 사진 또는 영상기록은 향후 과다 방사선피폭을 유발할 것으로 예상되는 가동중검사를 위하여 보존된다. 검사자를 훈련시키거나 또는 검사자가 직면하게 될 특별한 문제에 대해 주의를 환기시킴으로써 방사선관리구역에서 체류하는 시간을 단축시킨다.

12.1.3.5 방사선 피폭을 수반하는 기타 운전 등을 위한 상세 ALARA 고려사항

핵연료재장전, 방사성폐기물 취급, 사용후연료 취급, 연료장전 및 선적, 정기보수, 시료채취 및 계기교정에 등에 대한 고려사항은 12.5절에 기술된다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.1.4 참고문헌

1. "Occupational Radiation Exposure at Light Water Cooled Power Reactors," U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-0323, March 1978.
2. "Compilation and Analysis of Data on Occupational Radiation Exposure Experienced at Operating Nuclear Power Plants," Atomic Industrial Forum, AIF/NESP-005, September 1974.
3. "Potential Benefits of Reducing Occupational Radiation Exposure," Atomic Industrial Forum, AIF/NESP-010, May 1978.
4. "Primary System Shutdown Radiation Levels at Nuclear Power Generating Stations," Electric Power Research Institute, EPRI-040-2, December 1975.
5. "An Engineering Evaluation of Nuclear Power Plant Decommissioning Alternatives," Atomic Industrial Forum, AIF/NESP-009, November 1976.
6. "Technology, Safety, and Costs of Decommissioning a Reference Pressurized Water Reactor," Battelle Pacific Northwest Laboratory, NUREG/CR-0130, June 1978.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.2 방사선원

본 절은 작업자 보호시설의 설계 및 선량평가를 위한 차폐설계 계산의 기준이 되는 방사선원에 대해 기술하였다.

12.2.1 밀봉 선원

차폐설계 방사선원항은 원자로 전출력운전 조건에서 핵연료피복재 손상률 0.25 % 및 탈기기 미운전 방식의 가정에 근거하여 계산하였다. 일차냉각재 내의 방사선원에는 결합핵연료피복재로부터 방출되는 핵분열생성물, 방사화생성물, 부식생성물 모두를 포함한다. 대부분의 원자로냉각재계통에서는 방사화생성물, 특히 N-16이 출력운전 동안의 차폐설계를 위한 주요 방사선원이다.

차폐설계 방사선원은 계통별로 다음 절에 제시하였다.

12.2.1.1 원자로건물

12.2.1.1.1 원자로 노심

정상운전 중 원자로 노심에서 방사되는 주된 방사선은 중성자와 감마선이다. 표 12.2-1과 표 12.2-2는 원자로용기 중간부분 바깥의 원자로공동에서의 중성자속과 감마선속을 나타내는 데, 이 값의 계산에 사용한 변수들은 4.3절에 기술한 변수들과 일치한다. 표 12.2-3은 원자로정지와 가동중검사 동안의 차폐요건에 적용하기 위해, 원자로가 정지된 후의 원자로용기 중간부분 바깥의 원자로공동에서의 감마선속을 나타낸다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.2.1.1.2 원자로냉각재계통

원자로냉각재계통의 방사선원은 핵연료에서 누출된 핵분열생성물과 냉각재 내에 순환하고 있는 방사화생성물 및 부식생성물 모두를 포함한다. 차폐설계를 위한 원자로냉각재계통 내 최대 방사능 계산에는 방사성핵종의 붕괴에너지, 반감기, 그리고 존재량 등을 복합적으로 고려하여 설계목적상 중요한 핵종을 포함시켰다.

차폐설계를 위한 원자로냉각재 내 핵분열생성물의 방사능을 계산하는 데 사용한 변수는 표 12.2-4에 제시하였으며, 원자로냉각재 내 핵분열생성물의 농도를 결정하는 데 사용한 계산모형 및 기본적인 입력자료 등은 11.1.1.1절에 상세히 기술하였다. 표 12.2-4의 설계변수를 이용하여 계산한 원자로냉각재의 비방사능은 표 12.2-5에 제시되어 있다.

원자로냉각재계통 내 크러드의 최대 방사능에 대해서는 11.1.3.1절에 상세히 기술하였다. 장반감기 크러드의 방사능이 표 11.1-12에 주어져 있으며, 운전 중인 발전소에서 측정된 일차계통 및 보조계통의 기기표면에 침적된 방사성크러드 막의 두께는 표 12.2-6에 제시하였다. 원자로냉각재 내에서 순환하는 크러드의 비방사능은 표 12.2-5에 제공하였다.

$O^{16}(n,p)N^{16}$ 반응에 의해 생성되는 N-16은 원자로냉각재펌프, 증기발생기 그리고 원자로냉각재 배관 등 원자로를 제외한 일차계통에서 가장 강력한 방사선원이다. N-16은 베타선 방출과 이의 73%에 해당하는 고에너지 감마선 방출을 하면서 붕괴하는데 감마선 에너지는 67%가 6.13 MeV, 5%가 7.10 MeV이며, 그 반감기는 7.13초이다. N-16 생성반응의 문턱에너지는 10.2 MeV이다. 다음의 수식과 원자로계통 변수에 근거하여 원자로냉각재계통 각 기기에서의 원자로냉각재의 N-16 방사능을 계산하였다. 표 12.2-7은 1차측 냉각재루프의 여러 지점에서의 전형적인 원자로냉각재의 N-16 방사능을 나타낸다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

(12.2-1)

여기서,

$\Sigma\phi$: 반응률(5.11×10^7 reactions/cm³-sec)

t_c : 냉각재의 노심 통과시간(0.74 sec)

t_t : 냉각재가 1차루프를 순환하는 시간(9.90 sec)

t_r : 냉각재가 유효노심 출구에서 대상지점을 통과할 때까지의 시간(sec)

λ : 붕괴상수(0.097 sec^{-1})

12.2.1.1.3 주증기계통

증기발생기의 액체 및 증기부분의 방사능농도는 2차측으로의 냉각재누설률 2.271 L/min (0.6 gpm)과 0.25 % 핵연료피폭재 손상률에 근거한 일차냉각재의 방사능농도와 표 11.1-5의 가정사항을 적용하여 계산하며 계산결과는 표 12.2-15에 제시되어 있다. 상세내용은 11.1.1.3절에 기술되며 증기발생기취출계통 내 기기별 방사능량은 표 12.2-16에 제시되어 있다.

12.2.1.1.4 사용후연료 취급과 이송

사용후연료집합체는 재장전을 위한 원자로 정지 후 원자로건물 내에 존재하는 지배적인 방사선원이다. 사용후연료집합체의 방사선원을 계산하기 위해, 원자로가 운전주기 동안 전출력으로 일정하게 운전되는 것을 가정하였다. 전형적인 사용후연료의 붕괴 감마선원을 표 12.2-8에 나타내었다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.2.1.1.5 화학 및 체적제어계통

화학 및 체적제어계통에서의 방사선원은 12.2.1.1.2절에 기술된 원자로냉각재의 방사성핵종을 포함한다. N-16은 재생열교환기의 주된 방사선원이다. 유출수가 원자로건물을 통과하기 전에 대부분의 N-16이 소멸되도록 유출계통을 설계하였다.

0.25 % 핵연료 손상률 및 탈기기 미운전 방식을 가정하여 방사선 차폐를 설계하였다. 원자로건물에 위치한 재생열교환기 및 원자로배수탱크의 방사선원을 표 12.2-9, 표 12.2-10 및 표 12.2-13에 기술하였다.

화학 및 체적제어계통의 주요한 부계통으로는 유출계통, 충전계통, 붕소회수계통, 밀봉주입계통, 원자로배수 및 기기배수처리계통 등이 있다.

화학 및 체적제어계통 중 유출 및 충전계통의 주요한 기기는 재생열교환기, 유출수열교환기, 원자로냉각재정화필터, 정화이온교환기, 붕소제거이온교환기, 체적제어탱크, 충전펌프, 보조충전펌프, 충전펌프 최소유량열교환기 등이 있다. 붕소회수계통은 붕산농축기와 붕산응축수이온교환기를 포함한다. 원자로냉각재펌프에 대한 밀봉주입계통은 밀봉주입필터를 포함한다. 원자로배수 및 기기배수처리계통은 원자로배수필터, 원자로배수펌프, 수용전이온교환기, 탈기기를 포함한다.

원자로냉각재는 정화이온교환기로 유입되기 전에 유출수열교환기에서 두 번째 단계로 냉각된다. 이 지점에서의 방사능농도는 원자로건물 외부의 유출냉각재 선원 방사능농도와 같다.

정화이온교환기는 양이온과 음이온 핵분열생성물 및 크러드를 제거한다. 2대의 정화이온교환기 각각은 최대 유출유량을 통과시킬 수 있는 크기로 설계되었다. 이 중 하나는 원자로냉각재 리튬농도를 제어하기 위해 간헐적으로 사용된다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

붕소제거이온교환기는 붕소농도가 낮은 노심주기 말기에 사용된다. 붕소제어를 위한 정상 주입 및 방출방법이 저붕소농도에서는 효과적이지 않기 때문에 이 방법을 사용한다.

탈염수를 체적제어탱크로 공급하는 주입 및 방출 방법에 의해 원자로냉각재 붕소농도를 감소시킨다. 체적제어탱크 수위가 고수위설정치를 초과할 때 유출수 흐름은 자동적으로 붕소회수계통으로 전환된다.

붕산수를 재장전수탱크로부터 체적제어탱크에 주입하여 원자로냉각재의 붕소농도를 증가시킨다.

이온교환기와 필터에는 많은 양의 방사성물질이 누적되므로, 방사선 차폐설계 시 중요하게 고려되는 기기이다.

재생열교환기, 원자로배수탱크, 유출수열교환기, 충전펌프 및 충전펌프 최소유량열교환기, 수용탱크, 원자로보충수탱크, 재장전수탱크를 제외한 화학 및 체적제어계통의 모든 주요한 기기들은 복합건물에 위치한다(재생열교환기와 원자로배수탱크는 원자로건물 내에, 유출수열교환기와 충전펌프 및 충전펌프 최소유량열교환기는 보조건물 내에, 수용탱크 및 원자로보충수탱크는 옥외에, 재장전수탱크는 핵연료건물에 각각 위치한다). 화학 및 체적제어계통 내 주요 기기의 설계변수들은 아래와 같다.

가. 열교환기

표 12.2-9와 표 12.2-10은 열교환기의 방사능 재고량을 보여준다.

1) 재생열교환기

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

유출수측 부피는 원자로냉각재의 비방사능을 보수적으로 계산한 25.4 L (6.7 gal)의 물을 기준으로 하였다. 충전수측 부피는 체적제어탱크의 비방사능을 고려하여 173.4 L (45.8 gal)의 물을 기준으로 하였다.

2) 유출수열교환기

튜브측 총 부피는 원자로냉각재의 비방사능을 보수적으로 계산한 287.3 L (75.9 gal)의 물을 기준으로 하였다.

3) 충전펌프 최소유량열교환기

튜브측 총 부피는 체적제어탱크의 비방사능을 고려하여 115.4 L (30.5 gal)의 물을 기준으로 하였다.

나. 이온교환기

표 12.2-11은 이온교환기의 방사능 재고량을 보여준다.

1) 정화이온교환기

총 방사능량은 유효전출력 571일간 수지에 누적되는 방사능량을 기준으로 하였다. 이 정화이온교환기는 원자로냉각재계통 유출수의 정화 및 리튬제거용으로 사용된다. 리튬제거용으로 평균 95일간 사용한 후 정화용으로 전환하여 476일간 사용한다.

음이온은 제염계수(DF)가 100이며 제거율 99 %이다. 크러드는 제염계수가 50이며 제거율 98 %이다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

제논, 크립톤, 루비듐, 트리튬, 이트륨 및 세슘을 제외한 모든 핵종은 제염계수가 50이며 제거율 98 %이다. 트리튬, 이트륨, 제논과 크립톤은 제염계수가 1이며 제거율 0 %이다. 루비듐과 세슘은 제염계수가 2이며 제거율 50 %이다.

2) 붕소제거이온교환기

총 방사능량은 붕소농도가 50 ppm이하인 노심말기 조건에서 원자로냉각재 붕소농도를 감소시킨 후, 정지화학 처리 시 불순물 정화운전을 고려한 기간을 기준으로 하였다.

음이온은 제염계수(DF)가 100이며 제거율 99 %이다. 크러드는 제염계수가 50이며 제거율 98 %이다.

제논, 크립톤, 루비듐, 트리튬, 이트륨 및 세슘을 제외한 모든 핵종은 제염계수가 50이며 제거율 98 %이다. 트리튬, 이트륨, 제논과 크립톤은 제염계수가 1이며 제거율 0 %이다. 루비듐과 세슘은 제염계수가 2이며 제거율 50 %이다.

3) 수용전이온교환기

총 방사능량은 유효전출력 476일간 수지에 누적되는 방사능량을 기준으로 하였다. 제논, 크립톤, 트리튬, 루비듐, 이트륨, 세슘을 제외한 모든 핵종은 제염계수가 10이며 제거율 90 %이다. 루비듐 및 세슘은 제염계수가 100이며 제거율 99 %이다. 제논, 트리튬, 이트륨, 크립톤은 제염계수가 1이며 제거율 0 %이다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

수용전이온교환기에 의해 처리되는 방사선원 유량은 정화이온교환기 및 정화필터로 처리된 유출수 8,744 L/day (2,310 gpd)와 원자로배수탱크로부터 757 L/day (200 gpd)와 기기배수탱크로부터 189 L/day (50 gpd)이다.

4) 봉산응축수이온교환기

총 방사능량은 유효전출력 476일간 수지에 누적되는 방사능량을 기준으로 하였다. 음이온은 제염계수가 10이고 제거율이 90 %이다. 크러드를 포함한 다른 모든 핵종들은 제염계수가 1이고 제거율이 0 %이다. 처리되는 유량은 설계유량 75.7 L/min (20 gpm)을 기준으로 하였다.

다. 필터

표 12.2-12는 필터의 방사능 재고량을 보여준다.

화학 및 체적제어계통의 모든 필터에 대한 총 방사능량은 유효전출력 476일간 누적되는 크러드의 방사능량을 기준으로 하였다. 화학 및 체적제어계통의 모든 필터는 제염계수가 10이며 제거율 90 %로 크러드를 제거한다.

라. 탱크

표 12.2-13은 탱크의 방사능 재고량을 보여준다.

1) 원자로배수탱크

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

원자로배수탱크의 총 방사능량은 최대 물 부피 17,279 L (4,565 gal)와 예상 최대 증기 부피 9,374 L (331 ft³)을 기준으로 한다. 탱크의 증기상과 액상은 평형상태에 있으며, 탱크 내 액체 방사능은 보수적으로 원자로냉각재계통의 값을 사용한다.

2) 기기배수탱크

기기배수탱크의 총 방사능량은 예상 최대 물 부피 17,979 L (4,750 gal)와 예상 최대 증기 부피 28,065 L (991 ft³)을 기준으로 하였다. 탱크의 증기상과 액상은 평형상태에 있으며, 탱크 내 액체 방사능은 원자로냉각재계통 값의 10%를 사용한다.

3) 체적제어탱크

체적제어탱크의 총 방사능량은 체적제어탱크 내에서 예상되는 최대 물 부피인 12,574 L (3,322 gal)의 원자로냉각재계통 유출수량과 예상 최대 증기 부피인 12,771 L (451 ft³)을 기준으로 하였다. 탈기장치는 운전되지 않는다는 보수적인 가정을 하였고, 체적제어탱크 내에서는 증기상과 액상이 평형상태에 있다.

4) 수용탱크

수용탱크의 총 방사능량은 예상 최대 물 부피 2.697×10^5 L (71,250 gal)을 기준으로 하였다. 탈기장치가 운전되지 않는다는 보수적인 가정을 하였고 수용탱크 내의 증기상과 액상은 평형상태에 있지 않다고 가정하였다. 탱크 내의 방사능은 원자로배수탱크로부터 757 L/day (200 gpd), 기기배수탱크로부터 189 L/day (50 gpd), 원자로냉각재계통 유출수로부터 8,744

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

L/day (2,310 gpd)을 수용하는 것을 기준으로 하였다.

5) 원자로보충수탱크

원자로보충수탱크의 총 방사능량은 예상 최대 물 부피 1.061×10^6 L (280,250 gal)을 기준으로 하였다. 탱크 내의 방사능은 봉산농축기로 처리된 4.16×10^6 L (1.10×10^6 gal)을 기준으로 하였다.

6) 재장전수탱크

재장전수탱크의 총 방사능량은 예상 최대 물 부피 2.939×10^6 L (776,462 gal)을 기준으로 하였다. 탱크 내의 방사능은 봉산농축기로 처리된 4.62×10^5 L (1.22×10^5 gal)을 기준으로 하였다.

12.2.1.2 보조건물

12.2.1.2.1 정지냉각계통

원자로 정지상태에서 방사선차폐에 고려할 주요한 방사선원은 사용후연료, 정지냉각계통, 그리고 노내핵계측계통 등이다. 각 기기는 크러드의 침적으로 인해 원자로정지 기간 중 방사선차폐를 필요로 한다. 침적 크러드 방사능은 11.1.3절에 기술하였다.

원자로냉각재계통과 화학 및 체적제어계통에서 방사선원은 이를 증가시키는 핵분열생성물 급증현상이나 크러드 용출이 발생하는 원자로 정지 후 24시간 이내의 짧은 시간 동안을 제외하고는 정상 출력운전 시의 선원이다. 이러한 급증현상은 손상된 핵연료봉의 내부 피복재 표면으로부터 축적되어 있던 수용성 염(즉, 요오드와 세슘)과 기체(제논과 크립톤)의 일부가 원자로 정지 및 감압 시 방출되기 때문이다(참고문헌 1).

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

크러드 용출은 축적된 부식생성물 일부가 원자로 정지 시 냉각재 산화과정에서 원자로냉각재계통으로 용해되거나 재현탁되는 현상이다. 그러나 이러한 방사능 증가를 고려한 차폐설계는 다음 요인 때문에 불필요하다.

가. 핵분열생성물 급증이나 크러드 용출은 단시간 동안(일반적으로 6시간이내) 발생한다.

나. 일반적으로 화학 및 체적제어계통은 원자로 정지 시 원자로냉각재를 최대 용량으로 정화하도록 운전된다.

정지냉각계통은 원자로 정지 후 원자로로부터 붕괴열을 제거한다. 정지냉각계통은 5.4.7절에 설명되어 있다. 정지냉각계통은 원자로 정지 후 약 4시간이 되는 시점에 가동된다. 정지냉각계통의 방사선원 세기는 표 12.2-14에 나타내었다.

12.2.1.2.2 시료채취계통

시료채취계통 및 관련배관에 대한 방사선차폐는 시료채취계통과 연결된 방사성계통에 대한 차폐기준 방사선원을 기초로 하며, 시료채취 조건과 이 조건이 차폐기준 방사선원에 미치는 영향을 고려한다. 시료채취계통에 대한 설명은 9.3.2절에 기술되어 있다.

12.2.1.2.3 주제어실 경계

주제어실 경계면 내부에는 어떠한 방사선원도 존재하지 않는다. 주제어실에 대한 방사선차폐 요건은 대형 냉각재상실사고(LOCA) 후 주제어실 내 운전원이 원자로건물 내 직사감마선원, 건물외부의 방사능운, 사고 후 가동되는 HVAC 여과기로부터 받는 피폭선량을 근거하여 설정된다. 이러한 방사선원에 대한 설명은 6.4절 및 15.6절에 기술되어 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.2.1.3 핵연료건물

핵연료건물 내의 방사선원은 정상운전 시에는 사용후연료저장조의 냉각수 내에 존재하는 방사능이며 핵연료 재장전기간 중에는 사용후연료집합체 방사선원이 추가적으로 고려된다. 이에 대한 설명은 12.2.1.1.4절에 기술되어 있으며 핵연료건물 방사선차폐 설계 시 핵연료재장전기간 중의 사용후연료집합체가 주요 방사선원항으로 고려된다. 사용후연료저장조 냉각 및 정화계통의 차폐기준 방사선원은 0.25%의 핵연료 손상률을 적용하고, 11.1.1.2절에 기술된 방법에 따라 계산된 핵연료재장전 기간 중의 사용후연료저장조 및 재장전수조 내 방사선원을 근거로 계산한다. 사용후연료저장조 및 재장전조 냉각수 내 방사선원은 표 12.2-17와 같다.

사용후연료저장조 냉각 및 정화계통의 탈염기 및 여과기에 대한 방사선원은 보수적으로 탈염기 및 여과기의 누적 방사능량이 최대가 되는 시점에서 계산하며 계산결과는 표 12.2-18에 제시되어 있다.

12.2.1.4 터빈건물

터빈건물 내에는 잠재 방사선원이 존재하며 이는 증기발생기 전열관 누설로 인해 주증기 공급계통과 전력변환계통 내 존재하는 방사능이다. 핵연료피복재 결함과 방사화 등에 의해 생성된 일차계통 내 방사성물질은 파손된 증기발생기 전열관을 통해 이차계통으로 유입된다. 정상운전 시 이 방사능의 준위는 매우 낮기 때문에 일반적으로 증기 및 응축수 함유배관은 별도의 방사선차폐를 필요로 하지 않는다. 복수탈염기의 방사능은 표 12.2-16에 제시되어 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.2.1.5 복합건물

12.2.1.5.1 액체 및 고체방사성 폐기물계통

복합건물 내 방사성폐기물계통의 방사선원에는 노심 및 원자로냉각재계통에서 생성된 핵분열생성물과 방사화생성물이 포함된다. 방사성폐기물계통 기기들은 다양한 방사성핵종을 함유하고 있으며, 이들 기기의 방사능준위는 방사성폐기물계통 구성기기와 운전변수에 의하여 결정된다.

방사성 폐기물계통 내 방사성핵종농도는 계통 내에서 방사성물질의 붕괴와 누적을 모델화할 수 있는 DIJESTER 전산프로그램(참고문헌 2)을 사용하여 계산한다. 액체방사성폐기물계통 기기의 방사선 차폐설계를 위한 방사선원은 표 12.2-5의 1차측 냉각재의 방사능농도와 표 11.2-7의 가정사항을 이용하여 계산하며 계산결과는 표 12.2-19에 제시되어 있다. 고체방사성폐기물계통 기기의 차폐설계기준 방사선원은 표 12.2-19에 제시된 방사선원을 기준으로 해당 기기로의 유입원을 고려하여 계산하였다.

12.2.1.5.2 기체방사성 폐기물계통

기체방사성폐기물계통 기기들의 방사선원은 방사선 차폐설계를 위하여 탈기기계통의 미운전 및 0.25%의 핵연료손상률을 가정하여 계산되며 표 12.2-20에 제시되어 있다.

12.2.1.6 저장 방사능

방사성물질을 함유하고 있는 옥외탱크로는 수용탱크, 원자로보충수탱크가 있으며 이들 탱크 구조물의 표면선량률이 $3 \mu\text{Sv/hr}$ 를 초과하지 않도록 차폐 설계되어 있다. 수용탱크와 원자로보충수탱크의 방사선원은 12.2.1.2.1절에 제시되어 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

상기 탱크를 제외한 기타의 방사성물질 수용탱크는 모두 발전설비 건물 내부에 설치되어 있다. 특히, 사용후연료는 사용후연료 캐스크를 사용하여 소외로 운송되기 전까지 사용후연료저장조에 저장되며, 폐여과기 카트리지와 탈수 및 건조 처리된 폐수지, 슬러지와 화학폐기물 등은 복합건물 내 저장시설 내에서 일정기간 저장된다. 발전설비건물 내부에 저장되는 방사성폐기물은 적절히 차폐되어 구조물 외부에서의 방사선량률이 방사선구역 1 범주($3 \mu\text{Sv/hr}$ 이하)를 유지하도록 한다.

12.2.2 설계기준사고 시 방사선원

설계기준사고에서의 방사선원은 정상운전 시 이미 원자로냉각재 내에 있던 방사성핵종의 양에 해당사고로 인해 핵연료에서 부가적으로 누출되리라고 가정하는 방사선원을 추가한다.

12.2.2.1 대형 냉각재상실사고 시 방사선원

대형 냉각재상실사고 직후 원자로건물로 누출되는 원자로노심의 핵분열생성 방사선원은 2,872 MWt(설계출력의 102%)의 출력준위와 54 GWD/MTU의 연소도를 가정하며, 표 12.2-21과 같다.

사고 후 원자로건물 내로 방출되는 방사선원으로는 노심 핵분열생성물 중 불활성기체의 100%, 할로겐의 50%와 기타 핵분열생성물의 1%가 고려되며, 이러한 가정은 참고문헌 3(항목 II.B.2)에 명시되어 있는 내용과 일치한다.

원자로건물 배수조의 액체상 방사성물질은 재순환 시 안전주입계통 및 원자로건물 살수계통에 연관되는 기기들로 흐른다고 가정하는 데 배수조 내 액체상 방사성핵종농도 계산 시에는 원자로냉각재, 재장전수탱크 및 안전주입탱크 냉각수의 희석이 고려되며, 원자로건물 대기 내 기체상 방사성핵종농도계산 시에는 원자로건물 내 공기에 의한 희석이 고려된다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.2.2.2 주제어실 방사선원

주제어실에 대한 차폐요건은 대형 냉각재상실사고 후 주제어실 내 운전원이 받는 피폭선량에 근거하여 설정된다. 운전원이 받는 피폭선량은 원자로건물 내 방사선원, 외부 방사능운, 사고 후 사용되는 공기조화계통 필터, 주제어실 내 공기 중 방사선원으로 인한 직접 감마선 피폭과 주제어실 내 공기 중 방사성물질의 호흡으로 인한 내부피폭에 기인한다. 주제어실에 영향을 주는 방사선원에 대한 사항은 6.4절 및 15.6절의 표에 보여지며 계산모델은 부록 15C에 기술되어 있다.

12.2.2.3 기타 방사선원

기타 사고에 대한 방사선원은 15장에 기술되고 평가되어 있다.

12.2.3 공기 중 방사선원

불활성기체를 포함한 공기 중 방사선원은 계통 내 방사성물질로부터 생성된다. 주로 펌프실 및 벨브실 등이 위치한 방사선관리구역 내 공기 중 방사능은 해당 구역에서 작업자의 작업시간을 제한하는 데 사용된다. 12.2.3.1.2절에는 정상운전 중 접근가능 구역의 공기 중 방사능과 계산모델이 기술되어 있다.

12.2.3.1 공기 중 방사성물질의 생성

공기 중 방사성물질은 증발되거나 부유된 물방울 또는 수증기에 부착되어 부유하게 된다. 수증기는 가압고온수를 함유하는 고에너지배관에서 누설되며 부유된 물방울은 누설 또는 분사에 의해 생성된다. 증발은 정제된 물이 있는 곳에서는 어디서든지 발생한다. 공기 중 방사성물질의 생성원 및 생성 메카니즘은 다음과 같다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

생성원

생성 메카니즘

사용후연료저장조	증발
방사성물질 함유계통	증발(배기)
고에너지배관 누설	증기, 증발
고에너지배관 분사	증기, 물방울, 증발
중에너지배관의 누설	물방울, 증발
범람(spill)	물방울, 증발

정상운전 시 공기 중 방사능의 주된 생성 요인으로는 (1) 화학 및 체적제어계통 누설, (2) 사용후연료저장조의 증발, (3) 방사성물질 함유계통 누설, (4) 방사성물질 함유탱크의 배기, (5) 공기정화계통의 누출 등이 고려된다. 이들 이외에 비교적 적은 영향을 미치는 요인으로는 (1) 세정설비와 체염장비, (2) 오염된 방호복, (3) 시료채취 및 분석 등이 있다.

한편, 공기 중 방사능은 (1) 방사성물질의 범람 또는 누설, (2) 배기계통의 고장, (3) 배관의 파열 또는 파단, (4) 펌프와 밸브 밀봉부의 손상, (5) 기기 오작동 등 비정상적 사건에 의해서도 생성될 수 있다.

12.2.3.1.1 정상 시 접근가능구역의 공기 중 방사선원

일반접근구역은 배기계통의 고장 또는 인접구역 방사성물질의 범람에 의해서만 공기 중 방사성물질로 오염되며, 정비지역, 방사화학실험실, 고방사능 계기실은 연료재장전 기간 중 공기 중 방사성물질에 의해 오염될 것으로 예상된다.

배기계통은 공기 중 방사능이 낮은 구역에서 높은 구역으로 공기가 흐르도록 설계되며 실험실, 정비지역, 고방사능계기실 및 원자로건물 핵연료재장전 구역 등의 공기 중 방사

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

능을 제어하도록 설계된다. 운전경험에 근거하면 공기 중 할로젠핵종 중 특히 요오드가 유도공기중농도(DAC; derived air concentration)에 대해 큰 비율을 차지할 것으로 예상되므로 공기 중 방사능 관점에서 중요하게 고려된다.

일반적으로 발전소 작업자는 비교적 공기 중 방사능이 높은 구역에서 빈번한 정비작업을 수행하여야 하기 때문에 보수작업 중 작업자가 받는 내부피폭선량이 작업자의 총 내부피폭선량 중 상당 부분을 차지하게 된다. 공기 중 방사능은 누설, 범람, 배기 등에 의해 생성되나, 가장 일반적 생성요인인 누설과 배기의 경우에 대해서만 주로 계산된다.

12.2.3.1.2 운전 중 격실 내 공기 중 방사능농도

격실 내 공기 중 방사능농도는 12.2.3.1.3절에 제시된 모델에 근거하여 계산되었다. 공기 중 불활성기체, 삼중수소 및 요오드의 농도는 원자로건물 대기, 보조건물과 복합건물 내 정상 시 접근가능 격실에 대하여 유도공기중농도의 비로서 계산되었다. 원자로건물 대기 중, 보조건물과 복합건물 내 주요 격실별 공기 중 방사능농도 및 유도공기중농도와의 비는 표 12.2-22에 제시되어 있다.

12.2.3.1.3 공기 중 방사능농도 계산에 사용되는 매개변수와 모델

정상운전 시 각 격실 내 평형상태의 공기 중 방사능농도는 다음과 같이 계산된다.



(12.2-2)

여기서,

C_A : 격실 내 공기 중 방사능농도, Bq/cc

L : 방사성 유체 누설률, cc

C_L : 방사성 유체의 농도, Bq/cc

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- P : 누설된 방사성 유체 중 공기 중으로 부유되는 분율
λ : 붕괴상수, min^{-1}
V : 격실 체적, cc
F : 격실 배기율, cc/min

식 (12.2-2)은 격실로 유입되는 공기 중에 방사성물질이 없으며, 평형상태라는 가정하에 미분방정식을 풀어서 얻은 해이다. 대상 격실에 유입되는 공기 중에 방사성물질이 포함될 경우 기본 미분방정식에 부가적인 항을 추가시킨 수정 미분방정식으로부터 공기 중 평형 방사능농도를 계산한다.

12.2.3.1.4 배기시스템의 배기

사무실과 행정지원건물 공기조화계를 제외한 소내 모든 배기시스템은 건물 배기구로 적절하게 연결되어 배출된다. 잠재적으로 고준위 부유 방사성물질을 함유하는 배기시스템에는 이를 포집 또는 제거하기 위하여 필터가 설치되었다(9.4절 참조). 건물 배기구를 통하여 방출되는 주요 방사성동위원소는 기체방사성 폐기물계통과 건물배기계통으로부터의 불활성기체로서, 이로 인한 정상운전 시의 연간 예상방출량은 11.3절에 제시되어 있다.

12.2.4 참고문헌

1. R. J. Lutz and W. Chubb, "Iodine Spiking - Cause and Effect," ANS Transactions, Vol. 28, p.649, June 1978.
2. D. J. Pichurski, "DIJESTER, A Program to Compute Radioactive Decay in Fluid Flow Systems," S&L Program No. 9.8.060-1.0, April 1976.
3. NUREG-0737, "Clarification of TMI Action Plan Requirements," U.S.Nuclear Regulatory Commission, November 1980.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-1

원자로용기 바깥에서의 최대 중성자속¹⁾

에너지(평균, eV)	중성자속(n/cm ² -s)	에너지(평균, eV)	중성자속(n/cm ² -s)
1.576E+07	5.01E+05	2.402E+05	2.12E+09
1.320E+07	1.41E+06	1.472E+05	2.00E+09
1.111E+07	5.38E+06	8.924E+04	1.28E+09
9.304E+06	9.65E+06	5.413E+04	9.28E+08
8.008E+06	1.42E+07	3.635E+04	3.20E+08
6.737E+06	3.00E+07	2.895E+04	1.98E+08
5.516E+06	3.98E+07	2.512E+04	5.20E+08
4.323E+06	6.55E+07	2.303E+04	2.91E+08
3.346E+06	5.19E+07	1.846E+04	6.43E+08
2.869E+06	4.07E+07	1.107E+04	8.41E+08
2.596E+06	5.13E+07	5.229E+03	8.61E+08
2.416E+06	2.63E+07	2.470E+03	7.43E+08
2.356E+06	8.19E+06	1.020E+03	1.17E+09
2.289E+06	4.10E+07	3.343E+02	5.96E+08
2.076E+06	1.13E+08	1.579E+02	6.33E+08
1.787E+06	1.58E+08	6.929E+01	7.83E+08
1.503E+06	2.68E+08	2.398E+01	8.96E+08
1.178E+06	6.18E+08	7.862E+00	4.85E+08
9.120E+05	6.07E+08	3.450E+00	5.97E+08
7.818E+05	2.81E+08	1.366E+00	4.24E+08
6.754E+05	1.24E+09	6.452E-01	3.94E+08
5.530E+05	1.08E+09	2.570E-01	5.48E+08
4.334E+05	1.18E+09	5.001E-02	3.48E+09
3.330E+05	1.65E+09		

1) 노심의 중간높이 부분, 원자로용기 바깥에서 15.24 cm (0.5 ft) 떨어진 곳

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-2

원자로용기 바깥에서의 최대 감마선속¹⁾

<u>에너지(평균, eV)</u>	<u>감마선속($\gamma/\text{cm}^2\text{-sec}$)</u>
1.200E+07	4.42E+05
9.000E+06	9.90E+07
7.500E+06	4.90E+08
6.500E+06	3.57E+08
5.500E+06	2.65E+08
4.500E+06	4.23E+08
3.500E+06	5.10E+08
2.500E+06	9.46E+08
1.750E+06	7.30E+08
1.250E+06	7.06E+08
9.000E+05	4.62E+08
7.500E+05	2.30E+08
6.500E+05	2.72E+08
5.000E+05	1.19E+09
3.000E+05	2.48E+09
1.500E+05	2.29E+09
8.000E+04	5.69E+08
4.500E+04	3.20E+07
2.500E+04	3.34E+05
1.500E+04	1.37E+05

1) 노심의 중간높이 부분, 원자로용기 바깥에서 15.24 cm (0.5 ft) 떨어진 곳

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-3

원자로정지 후 원자로용기 바깥에서의 감마선속¹⁾

에너지(평균, eV)	붕괴 감마선($\gamma/\text{cm}^2\text{-sec}$)	물질의 방사화($\gamma/\text{cm}^2\text{-sec}$)
1.200E+07	-	-
9.000E+06	-	-
7.500E+06	-	-
6.500E+06	-	-
5.500E+06	-	-
4.500E+06	-	4.24E+02
3.500E+06	8.96E+02	4.50E+01
2.500E+06	7.10E+04	1.31E+06
1.750E+06	1.41E+05	1.57E+04
1.250E+06	2.06E+05	1.10E+05
9.000E+05	1.14E+05	4.15E+04
7.500E+05	6.73E+04	2.58E+04
6.500E+05	7.80E+04	3.41E+04
5.000E+05	2.39E+05	1.57E+05
3.000E+05	5.33E+05	3.69E+05
1.500E+05	4.71E+05	3.05E+05
8.000E+04	8.38E+04	7.98E+04
4.500E+04	4.46E+03	4.21E+03
2.500E+04	1.08E+00	9.93E-01
1.500E+04	1.62E-03	1.48E-03

1) 노심의 중간높이 부분, 원자로용기 바깥에서 15.24 cm (0.5 ft) 떨어진 곳, 원자로 정지로부터 48시간 지난 후

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-4 (2 중 1)

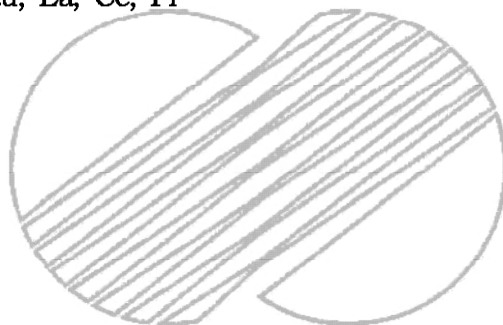
원자로냉각재 내 핵분열생성물의 방사능 분석을 위한 기준

변수	설계기준
노심출력준위(MWt)	2,872
평형노심 주기	5
평형노심주기길이(EFPD)	476
열중성자속($n/cm^2\text{-sec}$)	$6.53E+13$
평균핵분열율(fission/MWt-sec)	$3.13E+16$
손상된 핵연료 비율(fraction)	0.0025
원자로냉각재 질량(kg)	$2.20E+05$
노심내 냉각재와 원자로계통 내 냉각재의 비율(fraction)	0.072
정화유량(kg/sec)	4.723
노심 주기초의 붕소농도, 최소(ppm)	1,160
붕소농도 감소율(ppm/sec)	$2.75E-05$
이온교환기 및 탈기기의 제거 효율(fraction)	
CVCS 정화 이온교환기	
Xe, Kr, 삼중수소	0.0
Cs, Rb	0.5
음이온	0.99
그 이외의 핵종	0.98
CVCS 탈기기	
Xe, Kr	0.999
그 이외의 핵종	0.0
CVCS 탈기기의 운전	미운전

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-4 (2 중 2)

변 수	설계기준
핵분열생성물의 누설률계수(sec^{-1})	
Xe, Kr	6.5E-08
I, Br, Rb, Cs	1.3E-08
Mo	2.0E-09
Te	1.0E-09
Sr, Ba	1.0E-11
Tc, Y, Zr, Nb, Ru, La, Ce, Pr	1.6E-12



신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-5 (2 중 1)

원자로냉각재의 최대 비방사능

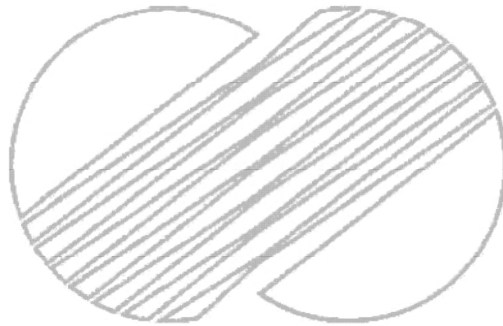
(노심출력 : 2,872 MWt, 핵연료 손상률 : 0.25%, 탈기기 미운전 가정)

핵종	비방사능(Bq/g)	핵종	비방사능(Bq/g)
Kr-85m	9.79E+03	Co-58	1.90E+02
Kr-85	3.86E+04	Co-60	1.58E+01
Kr-87	7.63E+03	Zn-65	1.52E+01 ¹⁾
Kr-88	2.14E+04	Sr-89	2.46E+01
Xe-131m	4.34E+04	Sr-90	1.23E+00
Xe-133m	2.54E+03	Sr-91	4.07E+01
Xe-133	2.72E+06	Y-91m	2.32E+01
Xe-135m	5.54E+03	Y-91	3.50E+00
Xe-135	5.41E+04	Y-93	9.71E-01
Xe-137	1.29E+03	Zr-95	1.16E+01
Xe-138	4.71E+03	Nb-95	3.82E+00
Br-84	1.81E+02	Mo-99	2.18E+03
I-131	1.88E+04	Tc-99m	1.16E+03
I-132	5.73E+03	Ru-103	1.32E+00
I-133	2.86E+04	Ru-106	5.24E-01
I-134	3.82E+03	Ag-110m	3.87E+01 ¹⁾
I-135	1.71E+04	Te-129m	4.50E+01
Rb-88	2.15E+04	Te-129	5.19E+01
Cs-134	2.13E+03	Te-131m	2.24E+02
Cs-136	3.58E+02	Te-131	9.54E+01
Cs-137	2.71E+03	Te-132	1.51E+03
		Ba-137m	2.55E+03
		Ba-140	3.03E+01

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-5 (2 중 2)

핵종	비방사능(Bq/g)	핵종	비방사능(Bq/g)
N-16	7.65E+06 ²⁾	La-140	9.29E+00
Na-24	1.49E+03 ¹⁾	Ce-141	1.13E+00
Cr-51	5.94E+02	Ce-143	3.32E+00
Mn-54	4.77E+01	Ce-144	3.06E+00
Fe-55	3.57E+01 ¹⁾	W-187	7.79E+01 ¹⁾
Fe-59	8.95E+00	Np-239	6.71E+01 ¹⁾
H-3	1.30E+05 ³⁾		



-
- 1) 예상 방사선원항 자료에 근거한 값
 - 2) 원자로용기 출구노즐에서의 비방사능
 - 3) 국내 운전 중인 원전의 삼중수소 측정값에 근거한 값

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-6

원자로계통에 침적된 크러드 막의 평형 두께

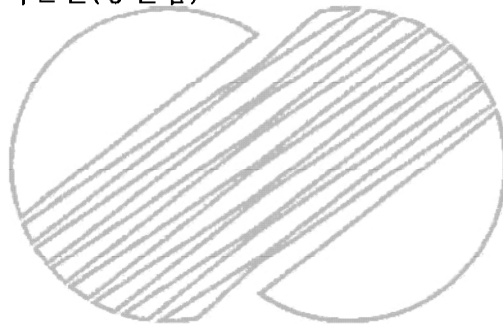
위치	두께(g/cm ²)
원자로용기 내부, 배관 및 증기발생기 입구측 공간	1.00E-03
가압기	
하부헤드	6.5E-04
밀림관	1.2E-03
제어봉구동장치, 원자로용기상부헤드 노내계측기 상부	3.0E-04
증기발생기 전열관	1.0E-04
재생열교환기	3.5E-04
유출수열교환기	3.0E-05
정지냉각열교환기	3.0E-05
충전펌프 최소유량 열교환기	3.0E-05
사용후연료저장조 열교환기	3.0E-06

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-7

N-16의 방사능

<u>위치</u>	<u>방사능(Bq/cm³)</u>
원자로용기 출구 노즐	5.04E+06
원자로용기 출구 고온관(중간점)	4.96E+06
증기발생기(중간점)	4.16E+06
원자로냉각재펌프(중간점)	3.17E+06
원자로용기 입구 저온관(중간점)	2.99E+06



신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-8

사용후연료 감마선원

(MeV/Watt-sec)

평균 에너지(MeV)	원자로정지 후 경과시간				
	50 시간	100 시간	200 시간	500 시간	1,000 시간
1.00E-02	1.97E+08	1.28E+08	6.82E+07	3.48E+07	2.59E+07
3.00E-02	1.61E+08	1.24E+08	8.80E+07	5.22E+07	3.60E+07
5.50E-02	1.35E+08	1.01E+08	7.01E+07	4.35E+07	3.17E+07
8.50E-02	2.62E+08	1.89E+08	1.14E+08	5.02E+07	3.07E+07
1.20E-01	1.07E+09	6.16E+08	2.31E+08	5.93E+07	4.46E+07
1.70E-01	3.09E+08	2.50E+08	1.91E+08	1.30E+08	8.83E+07
3.00E-01	2.15E+09	1.35E+09	6.66E+08	2.21E+08	1.03E+08
6.50E-01	8.46E+09	6.97E+09	5.73E+09	4.38E+09	3.46E+09
1.13E+00	1.22E+09	8.69E+08	5.63E+08	2.80E+08	1.44E+08
1.58E+00	3.11E+09	2.78E+09	2.20E+09	1.11E+09	3.81E+08
2.00E+00	2.84E+08	2.39E+08	1.85E+08	1.08E+08	5.60E+07
2.40E+00	2.32E+08	2.09E+08	1.67E+08	8.60E+07	2.96E+07
2.80E+00	4.06E+06	3.56E+06	2.92E+06	1.66E+06	7.99E+05
3.25E+00	1.85E+06	1.69E+06	1.39E+06	7.41E+05	2.88E+05
3.75E+00	6.37E+01	4.93E+01	4.89E+01	4.78E+01	4.61E+01
4.25E+00	8.82E+00	5.87E+00	5.84E+00	5.74E+00	5.60E+00
4.75E+00	2.81E+01	3.81E+00	3.78E+00	3.72E+00	3.63E+00
5.50E+00	4.17E+00	3.98E+00	3.96E+00	3.89E+00	3.80E+00

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-9 (2 중 1)

화학 및 체적제어계통 열교환기 용해 방사성핵종 재고량

(Bq)

(노심출력 : 2,872 MWt, 핵연료 손상률 : 0.25%, 탈기계통 미운전 가정)

핵 종	유 출 수	재 생	충전펌프 최소유량
H-3	3.7E+10	2.6E+10	1.5E+10
N-16	1.9E+10	5.0E+10	0.0E+00
Kr-85m	2.8E+09	1.9E+09	1.1E+09
Kr-85	1.1E+10	7.6E+09	4.3E+09
Kr-87	2.2E+09	1.4E+09	8.1E+08
Kr-88	6.1E+09	4.1E+09	2.4E+09
Xe-131m	1.2E+10	8.6E+09	5.1E+09
Xe-133m	7.3E+08	5.0E+08	2.9E+08
Xe-133	7.8E+11	5.4E+11	3.1E+11
Xe-135m	1.6E+09	8.9E+08	5.1E+08
Xe-135	1.6E+10	1.1E+10	6.0E+09
Xe-137	3.7E+08	1.7E+08	9.4E+07
Xe-138	1.4E+09	7.4E+08	4.1E+08
Br-84	5.2E+07	4.9E+06	1.8E+05
Rb-88	6.2E+09	2.0E+09	9.8E+08
Sr-89	7.1E+06	7.1E+05	5.6E+04
Sr-90	3.5E+05	3.5E+04	2.8E+03
Sr-91	1.2E+07	1.2E+06	9.4E+04
Y-91m	6.7E+06	4.2E+06	2.4E+06
Y-91	1.0E+06	7.0E+05	4.1E+05
Y-93	2.8E+05	1.9E+05	1.1E+05
Zr-95	3.3E+06	3.3E+05	2.7E+04
Nb-95	1.1E+06	1.1E+05	9.0E+03
Tc-99m	3.3E+08	3.3E+07	2.6E+06
Mo-99	6.3E+08	6.3E+07	5.1E+06
Ru-103	3.8E+05	3.8E+04	3.0E+03

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-9 (2 중 2)

핵 종	유출 수	재 생	충전펌프 최소유량
Ru-106	1.5E+05	1.5E+04	1.2E+03
Ag-110m	1.1E+07	1.1E+06	9.0E+04
Te-129m	1.3E+07	1.2E+06	5.1E+04
Te-129	1.5E+07	1.4E+06	5.6E+04
I-131	5.4E+09	5.1E+08	2.2E+07
Te-131m	6.4E+07	6.1E+06	2.6E+05
Te-131	2.7E+07	2.6E+06	9.0E+04
Te-132	4.3E+08	4.1E+07	1.8E+06
I-132	1.6E+09	1.5E+08	6.4E+06
I-133	8.2E+09	7.7E+08	3.3E+07
I-134	1.1E+09	1.0E+08	4.0E+06
Cs-134	6.1E+08	2.4E+08	1.2E+08
I-135	4.9E+09	4.6E+08	1.9E+07
Cs-136	1.0E+08	4.0E+07	2.1E+07
Cs-137	7.8E+08	3.0E+08	1.6E+08
Ba-140	8.7E+06	8.7E+05	6.8E+04
La-140	2.7E+06	2.7E+05	2.1E+04
Ce-141	3.2E+05	3.3E+04	2.6E+03
Ce-143	9.5E+05	9.6E+04	7.7E+03
Ce-144	8.8E+05	8.8E+04	7.3E+03
Na-24	4.3E+08	4.3E+07	3.4E+06
Cr-51	1.7E+08	1.7E+07	1.4E+06
Mn-54	1.4E+07	1.4E+06	1.1E+05
Fe-55	1.0E+07	1.0E+06	8.2E+04
Fe-59	2.6E+06	2.5E+05	2.1E+04
Co-58	5.5E+07	5.4E+06	4.4E+05
Co-60	4.5E+06	4.5E+05	3.7E+04
Zn-65	4.4E+06	4.4E+05	3.5E+04
Ba-137m	7.8E+08	3.0E+08	1.6E+08
W-187	2.2E+07	2.2E+06	1.8E+05
Np-239	1.9E+07	1.9E+06	1.5E+05

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-10

화학 및 체적제어계통 열교환기 방사능

(Gamma/sec)

(노심출력 : 2,872 MWt, 핵연료 손상률 : 0.25%, 탈기계통 미운전 가정)

<u>열교환기</u>	<u>유출수</u>			<u>재생</u>			<u>충전펌프 최소유량</u>		
<u>에너지그룹</u>									
<u>(MeV)</u>	<u>크리드</u>	<u>용해성</u>	<u>전 체</u>	<u>크리드</u>	<u>용해성</u>	<u>전 체</u>	<u>크리드</u>	<u>용해성</u>	<u>전 체</u>
0.25	1.0E+10	3.3E+11	3.4E+11	5.9E+10	2.2E+11	2.8E+11	5.4E+09	1.3E+11	1.4E+11
0.50	1.1E+10	1.5E+10	2.6E+10	6.2E+10	3.7E+09	6.6E+10	5.7E+09	1.5E+09	7.2E+09
0.75	3.8E+10	9.5E+09	4.7E+10	2.2E+11	1.9E+09	2.2E+11	2.0E+10	7.6E+08	2.1E+10
1.00	1.3E+09	4.9E+09	6.2E+09	7.5E+09	9.2E+08	8.4E+09	6.9E+08	3.3E+08	1.0E+09
1.38	1.4E+09	4.5E+09	5.9E+09	8.2E+09	9.8E+08	9.3E+09	7.6E+08	3.8E+08	1.1E+09
2.00	-	7.5E+09	7.5E+09	-	3.9E+09	3.9E+09	-	2.1E+09	2.1E+09
3.00	-	1.2E+09	1.2E+09	-	8.0E+08	8.0E+08	-	1.7E+08	1.7E+08
4.00	-	5.5E+06	5.5E+06	-	5.1E+05	5.1E+05	-	1.9E+04	1.9E+04
6.00	-	1.3E+10	1.3E+10	-	3.5E+10	3.5E+10	-	-	-

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-11 (2 중 1)

화학 및 체적제어시스템 이온교환기 방사성핵종 재고량

(Bq)

(노심출력 : 2,872 MWt, 핵연료 손상률 : 0.25%, 탈기시스템 미운전 가정)

핵 종	정화 이온교환기	붕소 제거 이온교환기	수용 전 이온교환기	붕산응축수 이온교환기
H-3	1.5E+11	1.5E+11	1.4E+11	1.3E+11
N-16	5.0E+07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Kr-85m	1.1E+10	1.1E+10	1.0E+10	1.6E+02
Kr-85	4.3E+10	4.3E+10	4.3E+10	2.8E+04
Kr-87	8.6E+09	8.6E+09	8.0E+09	3.5E+01
Kr-88	2.4E+10	2.4E+10	2.2E+10	2.2E+02
Xe-131m	4.9E+10	4.9E+10	4.7E+10	1.8E+04
Xe-133m	2.9E+09	2.9E+09	2.7E+09	4.2E+02
Xe-133	3.1E+12	3.1E+12	2.9E+12	8.8E+05
Xe-135m	6.2E+09	6.2E+09	5.8E+09	5.4E+00
Xe-135	6.1E+10	6.1E+10	5.7E+10	1.7E+03
Xe-137	1.5E+09	1.5E+09	1.4E+09	3.3E-01
Xe-138	5.3E+09	5.3E+09	4.9E+09	4.1E+00
Br-84	2.3E+09	2.3E+07	1.8E+06	3.6E-01
Rb-88	9.2E+10	3.9E+10	1.5E+09	1.1E+02
Sr-89	7.2E+11	2.2E+09	1.3E+09	1.9E+02
Sr-90	2.3E+11	1.2E+08	4.8E+08	1.2E+01
Sr-91	9.5E+09	1.9E+08	9.1E+06	7.2E+00
Y-91m	2.6E+07	2.6E+07	2.4E+07	7.8E+01
Y-91	3.9E+06	3.9E+06	3.8E+06	3.1E+03
Y-93	1.1E+06	1.1E+06	1.0E+06	3.7E+01
Zr-95	4.4E+11	1.1E+09	8.3E+08	9.2E+01
Nb-95	7.8E+10	3.3E+08	1.4E+08	2.6E+01
Tc-99m	1.7E+11	3.3E+09	1.6E+08	1.3E+02
Mo-99	3.5E+12	6.7E+10	4.0E+09	2.7E+03
Ru-103	3.0E+10	1.2E+08	5.5E+07	9.4E+00

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-11 (2 중 2)

핵 종	정화 이온교환기	붕소 제거 이온교환기	수용 전 이온교환기	붕산응축수 이온교환기
Ru-106	6.6E+10	5.1E+07	1.3E+08	4.8E+00
Ag-110m	4.1E+12	3.8E+09	8.3E+09	3.5E+02
Te-129m	9.0E+11	2.0E+09	1.4E+09	1.1E+05
Te-129	1.4E+09	1.4E+07	1.1E+06	4.7E-01
I-131	8.9E+13	5.8E+11	1.1E+11	4.9E+06
Te-131m	1.6E+11	1.6E+09	1.4E+08	1.3E+03
Te-131	9.7E+08	9.7E+06	7.3E+05	1.2E-01
Te-132	2.9E+12	2.7E+10	2.9E+09	6.8E+04
I-132	3.2E+11	3.2E+09	2.4E+08	2.1E+02
I-133	1.5E+13	1.4E+11	1.2E+10	8.9E+04
I-134	8.1E+10	8.1E+08	6.1E+07	2.1E+01
Cs-134	2.0E+14	2.7E+12	3.5E+12	9.6E+03
I-135	2.8E+12	2.8E+10	2.2E+09	5.5E+03
Cs-136	1.6E+12	3.3E+11	2.7E+10	9.6E+02
Cs-137	3.1E+14	3.4E+12	5.5E+12	1.2E+04
Ba-140	2.3E+11	2.2E+09	3.5E+08	1.3E+02
La-140	9.0E+09	1.8E+08	9.7E+06	6.8E+00
Ce-141	2.1E+10	9.8E+07	3.8E+07	7.6E+00
Ce-143	2.6E+09	5.3E+07	2.8E+06	2.0E+00
Ce-144	3.5E+11	3.0E+08	7.0E+08	2.8E+01
Na-24	5.4E+11	1.1E+10	5.3E+08	4.1E+02
Cr-51	9.6E+12	5.1E+10	1.7E+10	3.8E+03
Mn-54	5.6E+12	4.6E+09	1.1E+10	4.4E+02
Fe-55	5.8E+12	3.5E+09	1.2E+10	3.4E+02
Fe-59	2.3E+11	8.0E+08	4.3E+08	6.6E+01
Co-58	7.8E+12	1.8E+10	1.5E+10	1.5E+03
Co-60	2.8E+12	1.6E+09	5.7E+09	1.5E+02
Zn-65	1.6E+12	1.5E+09	3.2E+09	1.4E+02
Ba-137m	3.1E+14	3.4E+12	5.5E+12	1.2E+04
W-187	4.5E+10	9.0E+08	4.6E+07	3.4E+01
Np-239	9.1E+10	1.8E+09	1.0E+08	6.9E+01

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-12 (2 중 1)

화학 및 체적제어계통 필터 방사성핵종 재고량

(Bq)

(노심출력 : 2,872 MWt, 핵연료 손상률 : 0.25%, 탈기계통 미운전 가정)

핵 종	밀봉수 주 입	원자로 배 수	붕 산	정 화	원자로 보충수
H-3	5.4E+08	1.6E+09	2.8E+08	2.0E+09	1.9E+09
N-16	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E+07	0.0E+00
Kr-85m	4.0E+07	4.3E+07	0.0E+00	1.5E+08	1.0E-02
Kr-85	1.6E+08	4.7E+08	5.6E+02	5.8E+08	1.4E+02
Kr-87	2.9E+07	3.3E+07	0.0E+00	1.2E+08	6.6E-04
Kr-88	8.6E+07	9.3E+07	0.0E+00	3.2E+08	9.0E-03
Xe-131m	1.8E+08	3.7E+08	5.6E+01	6.6E+08	6.3E+01
Xe-133m	1.1E+07	1.4E+07	3.4E-03	3.8E+07	3.4E-01
Xe-133	1.1E+10	1.9E+10	3.4E+02	4.1E+10	1.6E+03
Xe-135m	1.8E+07	2.4E+07	0.0E+00	8.4E+07	2.2E-05
Xe-135	2.2E+08	2.5E+08	0.0E+00	8.2E+08	2.4E-01
Xe-137	3.4E+06	5.5E+06	0.0E+00	2.0E+07	3.5E-07
Xe-138	1.5E+07	2.0E+07	0.0E+00	7.1E+07	1.4E-05
Br-84	6.5E+03	7.7E+05	0.0E+00	2.7E+06	1.1E-06
Rb-88	3.5E+07	9.2E+07	0.0E+00	3.3E+08	4.8E-04
Sr-89	2.0E+03	2.7E+05	5.4E+02	3.7E+05	1.5E+00
Sr-90	1.0E+02	1.5E+04	2.6E+02	1.9E+04	1.7E-01
Sr-91	3.4E+03	1.9E+05	0.0E+00	6.2E+05	1.0E-03
Y-91m	8.6E+04	9.9E+04	0.0E+00	3.5E+05	9.6E-04
Y-91	1.5E+04	3.9E+04	1.1E+04	5.3E+04	2.7E+01
Y-93	4.0E+03	4.4E+03	0.0E+00	1.5E+04	5.5E-03
Zr-95	9.7E+02	1.3E+05	3.6E+02	1.8E+05	8.4E-01
Nb-95	3.2E+02	4.0E+04	4.8E+01	5.8E+04	1.8E-01
Tc-99m	9.5E+04	5.1E+06	0.0E+00	1.8E+07	1.1E-02
Mo-99	1.8E+05	1.3E+07	6.5E+00	3.3E+07	2.6E+00
Ru-103	1.1E+02	1.4E+04	2.0E+01	2.0E+04	7.0E-02

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-12 (2 중 2)

핵 종	밀봉수 주 입	원자로 배 수	붕 산	정 화	원자로 보충수
Ru-106	4.4E+01	6.4E+03	7.2E+01	8.0E+03	6.5E-02
Ag-110m	3.2E+03	4.7E+05	4.4E+03	5.9E+05	4.5E+00
Te-129m	1.9E+03	4.7E+05	4.9E+02	6.8E+05	1.9E-01
Te-129	2.0E+03	2.2E+05	0.0E+00	7.8E+05	1.5E-06
I-131	7.8E+05	1.5E+08	7.0E+03	2.8E+08	1.4E+01
Te-131m	9.3E+03	1.1E+06	3.1E-04	3.4E+06	4.2E-03
Te-131	3.3E+03	4.1E+05	0.0E+00	1.4E+06	3.7E-07
Te-132	6.3E+04	9.3E+06	1.0E+01	2.3E+07	2.1E-01
I-132	2.3E+05	2.5E+07	0.0E+00	8.7E+07	6.7E-04
I-133	1.2E+06	1.4E+08	3.9E-04	4.3E+08	2.8E-01
I-134	1.4E+05	1.6E+07	0.0E+00	5.8E+07	6.5E-05
Cs-134	4.4E+06	2.6E+07	1.8E+05	3.2E+07	1.3E+02
I-135	7.0E+05	7.6E+07	0.0E+00	2.6E+08	1.7E-02
Cs-136	7.5E+05	3.1E+06	3.6E+02	5.4E+06	3.7E+00
Cs-137	5.6E+06	3.4E+07	2.8E+05	4.1E+07	1.8E+02
Ba-140	2.5E+03	2.6E+05	4.9E+01	4.6E+05	5.1E-01
La-140	7.7E+02	5.0E+04	5.5E-04	1.4E+05	4.0E-03
Ce-141	9.4E+01	1.2E+04	1.3E+01	1.7E+04	5.1E-02
Ce-143	2.8E+02	1.7E+04	2.6E-05	5.0E+04	9.7E-04
Ce-144	2.5E+02	3.7E+04	3.7E+02	4.6E+04	3.6E-01
Na-24	1.2E+05	7.0E+06	4.9E-08	2.3E+07	9.0E-02
Cr-51	6.2E+10	1.4E+10	1.2E+07	8.8E+12	4.9E+05
Mn-54	3.6E+10	9.6E+09	1.0E+08	5.2E+12	8.7E+05
Fe-55	3.7E+10	1.0E+10	1.5E+08	5.3E+12	1.0E+06
Fe-59	1.5E+09	3.5E+08	6.2E+05	2.1E+11	1.7E+04
Co-58	5.0E+10	1.2E+10	3.9E+07	7.1E+12	7.6E+05
Co-60	1.8E+10	4.8E+09	7.9E+07	2.5E+12	5.0E+05
Zn-65	1.3E+03	1.8E+05	1.7E+03	2.3E+05	1.7E+00
Ba-137m	5.6E+06	3.4E+07	2.8E+05	4.1E+07	1.8E+02
W-187	6.5E+03	3.9E+05	1.1E-05	1.2E+06	1.2E-02
Np-239	5.6E+03	3.8E+05	6.4E-02	1.0E+06	5.7E-02

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-13 (2 중 1)

화학 및 체적제어계통 탱크 방사성핵종 재고량

(Bq)

(노심출력 : 2,872 MWt, 핵연료 손상률 : 0.25%, 탈기계통 미운전 가정)

핵 종	원자로 배 수	기기 배수	체적 제어	수 용	원자로 보충수	재 장 전수
H-3	2.2E+12	2.3E+11	1.6E+12	9.3E+13	1.3E+14	3.6E+13
N-16	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Kr-85m	9.2E+10	1.4E+10	2.7E+12	7.7E+09	3.5E+03	2.4E+08
Kr-85	8.3E+12	3.4E+11	1.1E+13	1.6E+11	1.1E+08	6.3E+11
Kr-87	5.2E+10	8.5E+09	1.9E+12	1.8E+09	2.3E+02	9.3E+00
Kr-88	1.7E+11	2.7E+10	5.8E+12	1.1E+10	3.1E+03	1.1E+07
Xe-131m	3.0E+12	5.7E+10	7.0E+12	1.4E+10	1.2E+07	6.4E+11
Xe-133m	6.9E+10	8.7E+09	4.1E+11	7.3E+09	6.4E+04	2.5E+10
Xe-133	1.2E+14	1.6E+13	4.4E+14	1.2E+13	3.0E+08	3.6E+13
Xe-135m	3.3E+10	5.7E+09	5.1E+11	1.2E+08	4.1E+00	0.0E+00
Xe-135	5.4E+11	7.7E+10	8.6E+12	3.8E+10	4.5E+04	4.1E+10
Xe-137	7.6E+09	1.3E+09	5.8E+10	7.3E+06	6.6E-02	0.0E+00
Xe-138	2.8E+10	4.8E+09	4.1E+11	9.1E+07	2.7E+00	0.0E+00
Br-84	1.1E+09	1.8E+08	2.0E+07	6.7E+05	8.0E-02	0.0E+00
Rb-88	1.3E+11	2.2E+10	1.1E+11	8.4E+07	3.4E+01	0.0E+00
Sr-89	3.8E+08	3.7E+07	6.2E+06	6.8E+07	1.1E+05	2.0E+08
Sr-90	2.1E+07	2.2E+06	3.1E+05	4.2E+06	1.2E+04	4.0E+07
Sr-91	2.5E+08	4.1E+07	1.0E+07	7.0E+06	7.2E+01	9.8E+06
Y-91m	1.4E+08	2.3E+07	2.6E+08	1.1E+08	6.8E+01	1.4E-07
Y-91	5.4E+07	5.4E+06	4.4E+07	1.4E+09	1.9E+06	1.5E+09
Y-93	6.1E+06	9.9E+05	1.2E+07	5.8E+07	3.9E+02	1.8E+06
Zr-95	1.8E+08	1.8E+07	2.9E+06	3.3E+07	5.9E+04	1.1E+08
Nb-95	5.6E+07	5.5E+06	9.6E+05	9.8E+06	1.3E+04	2.6E+07
Tc-99m	7.1E+09	1.2E+09	2.9E+08	1.3E+08	7.9E+02	4.1E+07
Mo-99	1.8E+10	2.3E+09	5.5E+08	1.9E+09	1.8E+05	7.7E+09
Ru-103	2.0E+07	1.9E+06	3.3E+05	3.5E+06	4.9E+03	9.5E+06

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-13 (2 중 2)

핵 종	원자로 배 수	기기 배수	체적 제어	수 용	원자로 보충수	재장 전수
Ru-106	8.9E+06	9.1E+05	1.3E+05	1.7E+06	4.5E+03	1.2E+07
Ag-110m	6.5E+08	6.7E+07	9.8E+06	1.3E+08	3.1E+05	7.5E+08
Te-129m	6.6E+08	6.5E+07	5.7E+06	1.0E+08	1.4E+04	3.0E+08
Te-129	3.0E+08	5.2E+07	6.0E+06	5.6E+05	1.1E-01	6.9E-04
I-131	2.0E+11	2.2E+10	2.4E+09	2.5E+10	9.9E+05	8.8E+10
Te-131m	1.6E+09	2.3E+08	2.8E+07	9.0E+07	3.0E+02	4.3E+08
Te-131	5.6E+08	9.6E+07	1.0E+07	2.6E+05	2.6E-02	0.0E+00
Te-132	1.3E+10	1.6E+09	1.9E+08	1.2E+09	1.5E+04	5.6E+09
I-132	3.4E+10	5.8E+09	6.9E+08	1.5E+08	4.7E+01	5.4E+04
I-133	1.9E+11	2.9E+10	3.6E+09	8.4E+09	2.0E+04	3.6E+10
I-134	2.2E+10	3.8E+09	4.3E+08	2.9E+07	4.6E+00	1.7E-05
Cs-134	3.6E+10	3.8E+09	1.3E+10	3.6E+09	9.5E+06	5.1E+10
I-135	1.0E+11	1.7E+10	2.1E+09	1.3E+09	1.2E+03	1.0E+09
Cs-136	4.4E+09	4.5E+08	2.3E+09	4.3E+08	2.6E+05	4.4E+09
Cs-137	4.7E+10	4.9E+09	1.7E+10	4.6E+09	1.3E+07	7.1E+10
Ba-140	3.7E+08	3.8E+07	7.6E+06	5.7E+07	3.6E+04	1.6E+08
La-140	6.9E+07	9.8E+06	2.3E+06	5.8E+06	2.8E+02	2.4E+07
Ce-141	1.6E+07	1.6E+06	2.8E+05	2.9E+06	3.6E+03	7.5E+06
Ce-143	2.4E+07	3.5E+06	8.3E+05	1.8E+06	6.8E+01	7.4E+06
Ce-144	5.2E+07	5.3E+06	7.7E+05	9.9E+06	2.5E+04	6.2E+07
Na-24	9.7E+09	1.5E+09	3.7E+08	4.0E+08	6.3E+03	1.1E+09
Cr-51	8.4E+09	8.3E+08	1.5E+08	1.4E+09	1.7E+06	3.8E+09
Mn-54	8.1E+08	8.3E+07	1.2E+07	1.6E+08	4.0E+05	1.0E+09
Fe-55	6.1E+08	6.3E+07	9.0E+06	1.2E+08	3.4E+05	1.0E+09
Fe-59	1.4E+08	1.3E+07	2.3E+06	2.4E+07	3.6E+04	6.8E+07
Co-58	3.0E+09	3.0E+08	4.8E+07	5.5E+08	1.0E+06	1.8E+09
Co-60	2.7E+08	2.8E+07	4.0E+06	5.3E+07	1.5E+05	4.8E+08
Zn-65	2.6E+08	2.6E+07	3.8E+06	4.9E+07	1.2E+05	2.9E+08
Ba-137m	4.7E+10	4.9E+09	1.7E+10	4.6E+09	1.3E+07	7.1E+10
W-187	5.3E+08	8.1E+07	2.0E+07	3.3E+07	8.4E+02	1.2E+08
NP-239	5.3E+08	7.1E+07	1.7E+07	5.2E+07	4.0E+03	2.2E+08

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-14

정지냉각계통 선원세기

(MeV/g-sec)

붕괴 시간	<u>에너지(MeV)</u>								
	<u>0.3</u>	<u>0.63</u>	<u>1.10</u>	<u>1.55</u>	<u>1.99</u>	<u>2.38</u>	<u>2.75</u>	<u>3.25</u>	<u>3.70</u>
1	3.3E+4	2.4E+5	6.7E+4	1.9E+4	4.7E+3	3.4E+2	1.6E+2	9.9E+1	1.2E+2
10	2.5E+4	1.2E+5	2.9E+4	7.5E+3	2.2E+3	2.9E+1	6.7E-1	6.2E-1	8.9E-3
100	1.8E+4	4.4E+4	6.3E+3	2.4E+3	3.5E+2	2.2E+1	2.7E-2	8.7E-3	-

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-15 (2 중 1)

2차측 계통 내 차폐기준 방사능농도¹⁾
(Bq/g)

방사성핵종	증기발생기 액체	주증기
Kr-85m	0.00E+00	1.69E-01
Kr-85	0.00E+00	6.67E-01
Kr-87	0.00E+00	1.32E-01
Kr-88	0.00E+00	3.70E-01
Xe-131m	0.00E+00	7.50E-01
Xe-133m	0.00E+00	4.39E-02
Xe-133	0.00E+00	4.70E+01
Xe-135m	0.00E+00	9.58E-02
Xe-135	0.00E+00	9.35E-01
Xe-137	0.00E+00	2.23E-02
Xe-138	0.00E+00	8.14E-02
Br-84	9.42E-02	9.42E-04
I-131	3.11E+01	3.11E-01
I-132	6.34E+00	6.34E-02
I-133	4.51E+01	4.51E-01
I-134	2.73E+00	2.73E-02
I-135	2.42E+01	2.42E-01
Rb-88	7.43E+00	3.72E-02
Cs-134	4.01E+00	2.00E-02
Cs-136	6.71E-01	3.35E-03
Cs-137	5.10E+00	2.55E-02
Na-24	2.30E+04	1.15E-02
Cr-51	1.02E+00	5.11E-03
Mn-54	8.22E-02	4.11E-04
Fe-55	6.15E-02	3.07E-04
Fe-59	1.54E-02	7.70E-05
Co-58	3.27E-01	1.64E-03
Co-60	2.72E-02	1.36E-04
Zn-65	2.57E-02	1.28E-04
Sr-89	4.23E-02	2.12E-04
Sr-90	2.12E-03	1.06E-05
Sr-91	6.22E-02	3.11E-04
Y-91m	2.90E-02	1.45E-04

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-15 (2 중 2)

방사성핵종	증기발생기 액체	주증기
Y-91	6.02E-03	3.01E-05
Y-93	1.49E-03	7.47E-06
Zr-95	2.00E-02	9.98E-05
Nb-95	6.57E-03	3.29E-05
Mo-99	3.69E+00	1.84E-02
Tc-99m	1.67E+00	8.33E-03
Ru-103	2.27E-03	1.14E-05
Ru-106	9.03E-04	4.51E-06
Ag-110m	6.67E-02	3.33E-03
Te-129m	7.74E-02	3.87E-04
Te-129	4.38E-02	2.19E-04
Te-131m	3.71E-01	1.85E-03
Te-131	4.23E-02	2.12E-04
Te-132	2.56E+00	1.28E-02
Ba-137m	5.10E+00	2.55E-02
Ba-140	5.20E-02	2.60E-04
La-140	1.55E-02	7.77E-05
Ce-141	1.94E-03	9.72E-06
Ce-143	5.52E-03	2.76E-05
Ce-144	5.27E-03	2.64E-05
W-187	1.28E-01	6.39E-04
Np-239	1.13E-01	5.66E-04
H-3	1.68E+04	1.68E+04

1) 0.25 % 핵연료피복재 손상을 적용

표 12.2-16 (2 중 1)

2차측 화학제어계통 기기 및 유동경로별 차폐설계기준 방사능량¹⁾

방사성핵종	증기발생기 취출수(Bq/g)	취출 탈염기(Bq)	취출 전치 여과기(Bq)	취출 후치 여과기(Bq)	복수 (Bq/g)	복수탈염 양이온베드(Bq)	복수탈염 혼합상베드(Bq)
Br-84	9.42E-02	4.11E+06	0.00E+00	0.00E+00	3.00E-04	0.00E+00	1.96E+05
I-131	3.11E+01	4.15E+11	0.00E+00	0.00E+00	9.91E-02	0.00E+00	2.21E+10
I-132	6.34E+00	1.20E+09	0.00E+00	0.00E+00	2.02E-02	0.00E+00	5.74E+07
I-133	4.51E+01	7.75E+10	0.00E+00	0.00E+00	1.44E-01	0.00E+00	3.70E+09
I-134	2.73E+00	1.97E+08	0.00E+00	0.00E+00	8.69E-03	0.00E+00	9.42E+06
I-135	2.42E+01	1.32E+10	0.00E+00	0.00E+00	7.71E-02	0.00E+00	6.29E+08
Rb-88	7.43E+00	1.65E+08	0.00E+00	0.00E+00	1.69E-02	6.19E+06	0.00E+00
Cs-134	4.01E+00	1.04E+11	0.00E+00	0.00E+00	9.11E-03	5.49E+08	0.00E+00
Cs-136	6.71E-01	1.06E+10	0.00E+00	0.00E+00	1.52E-03	8.53E+07	0.00E+00
Cs-137	5.10E+00	1.33E+11	0.00E+00	0.00E+00	1.16E-02	6.99E+08	0.00E+00
Na-24	2.30E+00	1.98E+09	0.00E+00	0.00E+00	2.09E-03	2.67E+07	2.70E+06
Cr-51	1.02E+00	2.29E+09	5.05E+10	5.10E+07	9.29E-04	5.40E+07	4.19E+07
Mn-54	8.22E-02	2.31E+08	1.54E+10	2.56E+07	7.47E-05	4.49E+06	4.71E+06
Fe-55	6.15E-02	1.76E+08	1.31E+10	2.47E+07	5.59E-05	3.37E+06	3.61E+06
Fe-59	1.54E-02	3.79E+07	1.16E+09	1.23E+06	1.40E-05	8.26E+05	7.22E+05
Co-58	3.27E-01	8.52E+08	3.47E+10	4.05E+07	2.97E-04	1.77E+07	1.67E+07
Co-60	2.72E-02	7.81E+07	5.99E+09	1.16E+07	2.47E-05	1.49E+06	1.61E+06
Zn-65	2.57E-02	1.24E+07	1.13E+08	1.13E+05	2.33E-05	9.56E+05	1.69E+05
Sr-89	4.23E-02	1.06E+09	0.00E+00	0.00E+00	3.85E-05	2.28E+06	2.04E+06
Sr-90	2.12E-03	6.10E+07	0.00E+00	0.00E+00	1.93E-06	1.16E+05	1.26E+05
Sr-91	6.22E-02	4.87E+07	0.00E+00	0.00E+00	5.66E-05	6.60E+05	6.64E+04
Y-91m	2.90E-02	7.64E+06	0.00E+00	0.00E+00	2.64E-05	1.04E+05	1.04E+04
Y-91	6.02E-03	1.54E+08	0.00E+00	0.00E+00	5.48E-06	3.25E+05	2.98E+05
Y-93	1.49E-03	1.25E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.36E-06	1.68E+04	1.70E+03

표 12.2-16 (2 중 2)

방사성핵종	증기발생기 취출수(Bq/g)	취출 탈열기(Bq)	취출 전치 여과기(Bq)	취출 후치 여과기(Bq)	복수 (Bq/g)	복수탈열 양이온베드(Bq)	복수탈열 혼합상베드(Bq)
Zr-95	2.00E-02	5.14E+07	1.98E+09	2.26E+06	1.82E-05	1.08E+06	1.00E+06
Nb-95	6.57E-03	1.55E+08	0.00E+00	0.00E+00	5.97E-06	3.50E+05	2.90E+05
Mo-99	3.69E+00	2.00E+10	0.00E+00	0.00E+00	3.35E-03	1.43E+08	2.74E+07
Tc-99m	1.67E+00	8.28E+08	0.00E+00	0.00E+00	1.51E-03	1.13E+07	1.13E+06
Ru-103	2.27E-03	5.47E+07	0.00E+00	0.00E+00	2.06E-06	1.21E+05	1.03E+05
Ru-106	9.03E-04	2.55E+07	0.00E+00	0.00E+00	8.21E-07	4.94E+04	5.21E+04
Ag-110m	6.67E-02	1.87E+09	0.00E+00	0.00E+00	6.06E-05	3.64E+06	3.79E+06
Te-129m	7.74E-02	1.81E+09	0.00E+00	0.00E+00	7.04E-05	4.12E+06	3.37E+06
Te-129	4.38E-02	4.19E+06	0.00E+00	0.00E+00	3.99E-05	5.71E+04	5.71E+03
Te-131m	3.71E-01	9.18E+08	0.00E+00	0.00E+00	3.37E-04	1.01E+07	1.25E+06
Te-131	4.23E-02	1.46E+06	0.00E+00	0.00E+00	3.85E-05	1.99E+04	1.99E+03
Te-132	2.56E+00	1.63E+10	0.00E+00	0.00E+00	2.33E-03	1.05E+08	2.25E+07
Ba-137m	5.10E+00	1.33E+11	0.00E+00	0.00E+00	1.16E-02	6.99E+08	6.09E+04
Ba-140	5.20E-02	8.94E+08	0.00E+00	0.00E+00	4.73E-05	2.64E+06	1.47E+06
La-140	1.55E-02	5.16E+07	0.00E+00	0.00E+00	1.41E-05	4.94E+05	7.04E+04
Ce-141	1.94E-03	4.51E+07	0.00E+00	0.00E+00	1.77E-06	1.03E+05	8.39E+04
Ce-143	5.52E-03	1.50E+07	0.00E+00	0.00E+00	5.02E-06	1.58E+05	2.05E+04
Ce-144	5.27E-03	1.48E+08	0.00E+00	0.00E+00	4.79E-06	2.88E+05	3.01E+05
W-187	1.28E-01	2.51E+08	0.00E+00	0.00E+00	1.16E-04	2.98E+06	3.42E+05
Np-239	1.13E-01	5.25E+08	0.00E+00	0.00E+00	1.03E-04	4.15E+06	7.17E+05
H-3	1.68E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.68E+04	0.00E+00	0.00E+00

1) 0.25 % 핵연료피복재 손상률 적용

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-17

사용후연료저장조와 재장전수조 내 핵분열생성물 및
부식생성물 방사능농도
(Bq/g)

(노심출력 : 2,872 MWt, 핵연료 손상률 : 0.25%, 탈기계통 미운전 가정)

<u>핵 종</u>	<u>비방사능</u>	<u>핵 종</u>	<u>비방사능</u>
H-3	1.4E+04	Te-129	2.9E-13
N-16	0.0E+00	I-131	3.7E+01
Kr-85m	1.0E-01	Te-131m	1.8E-01
Kr-85	2.6E+02	Te-131	0.0E+00
Kr-87	3.9E-09	Te-132	2.3E+00
Kr-88	4.5E-03	I-132	2.3E-05
Xe-131m	2.7E+02	I-133	1.5E+01
Xe-133m	1.1E+01	I-134	6.9E-15
Xe-133	1.5E+04	Cs-134	2.0E+01
Xe-135m	0.0E+00	I-135	4.2E-01
Xe-135	1.7E+01	Cs-136	1.9E+00
Xe-137	0.0E+00	Cs-137	2.8E+01
Xe-138	0.0E+00	Ba-140	6.6E-02
Br-84	0.0E+00	La-140	1.0E-02
Rb-88	0.0E+00	Ce-141	3.1E-03
Sr-89	7.9E-02	Ce-143	3.1E-03
Sr-90	1.5E-02	Ce-144	2.3E-02
Sr-91	4.1E-03	Na-24	4.6E-01
Y-91m	6.0E-16	Cr-51	1.5E+00
Y-91	5.3E-01	Mn-54	3.8E-01
Y-93	7.5E-04	Fe-55	3.7E-01
Zr-95	4.2E-02	Fe-59	2.7E-02
Nb-95	1.1E-02	Co-58	7.2E-01
Tc-99m	1.7E-02	Co-60	1.8E-01
Mo-99	3.2E+00	Zn-65	1.1E-01
Ru-103	3.8E-03	Ba-137m	2.8E+01
Ru-106	4.4E-03		
Ag-110m	2.8E-01		
Te-129m	1.2E-01		

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-18 (2 중 1)

사용후연료저장조 냉각 및 정화계통 차폐설계기준 방사능량
(Bq)

방사성핵종	여과기	이온교환기
Br-84	0.00E+00	0.00E+00
I-131	0.00E+00	6.13E+10
I-132	0.00E+00	6.05E-21
I-133	0.00E+00	8.28E+07
I-134	0.00E+00	0.00E+00
I-135	0.00E+00	2.43E+00
Rb-88	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	5.73E+10
Cs-136	0.00E+00	3.60E+09
Cs-137	0.00E+00	8.08E+10
Na-24	0.00E+00	4.41E+03
Sr-89	0.00E+00	2.34E+08
Sr-90	0.00E+00	4.95E+07
Sr-91	0.00E+00	1.11E+01
Y-91m	0.00E+00	1.59E-24
Y-91	0.00E+00	1.59E+09
Y-93	0.00E+00	4.71E+00
Zr-95	0.00E+00	1.27E+08
Nb-95	0.00E+00	3.10E+07
Mo-99	0.00E+00	1.41E+09
Tc-99m	0.00E+00	1.44E-02
Ru-103	0.00E+00	1.09E+07
Ru-106	0.00E+00	1.43E+07
Ag-110m	0.00E+00	9.04E+08
Te-129m	0.00E+00	3.36E+08
Te-129	0.00E+00	0.00E+00

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-18 (2 중 2)

<u>방사성핵종</u>	<u>여과기</u>	<u>이온교환기</u>
Te-131m	0.00E+00	7.04E+06
Te-131	0.00E+00	0.00E+00
Te-132	0.00E+00	1.38E+09
Ba-137m	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	1.41E+08
La-140	0.00E+00	1.21E+06
Ce-141	0.00E+00	8.62E+06
Ce-143	0.00E+00	1.81E+05
Ce-144	0.00E+00	7.44E+07
W-187	0.00E+00	6.30E+05
Np-239	0.00E+00	2.83E+07
Cr-51	3.73E+09	4.05E+09
Mn-54	1.11E+09	1.23E+09
Fe-55	1.09E+09	1.21E+09
Fe-59	7.17E+07	7.87E+07
Co-58	1.99E+09	2.20E+09
Co-60	5.31E+08	5.92E+08
Zn-65	4.48E+07	3.77E+07

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-19 (6 중 1)

액체방사성폐기물계통 차폐기준 방사선원

(노심출력 : 2,872 MWt, 핵연료 손상률 : 0.25%, 탈기장치 미운전 가정)

1. 액체방사성폐기물계통 폐기물 내 방사능농도(Bq/cc)

핵종	역삼투압설비 유입	역삼투압설비 유출	양이온교환기 유출	혼합상이온교 환기1 유출	혼합상이온교 환기2 유출	감시탱크 유출
H-3	4.55E+04	4.71E+04	4.71E+04	4.71E+04	4.71E+04	4.71E+04
Na-24	4.24E+02	4.24E+01	4.24E+00	4.24E-02	4.24E-03	3.12E-03
Cr-51	2.07E+02	2.07E+01	2.07E+00	2.07E-02	2.07E-03	2.05E-03
Mn-54	1.67E+01	1.67E+00	1.67E-01	1.67E-03	1.67E-04	1.67E-04
Fe-55	1.25E+01	1.25E+00	1.25E-01	1.25E-03	1.25E-04	1.25E-04
Co-58	6.64E+01	6.64E+00	6.64E-01	6.64E-03	6.64E-04	6.62E-04
Fe-59	3.12E+00	3.12E-01	3.12E-02	3.12E-04	3.12E-05	3.11E-05
Co-60	5.53E+00	5.53E-01	5.53E-02	5.53E-04	5.53E-05	5.53E-05
Zn-65	5.32E+00	5.32E-01	5.32E-02	5.32E-04	5.32E-05	5.31E-05
Br-84	8.41E+00	8.41E-01	8.41E-01	8.41E-03	8.41E-04	7.55E-05
Rb-88	5.93E+02	5.93E+01	5.93E+00	2.97E+00	2.97E-01	1.55E-02
Sr-89	8.58E+00	8.58E-01	8.58E-02	8.58E-04	8.58E-05	8.55E-05
Y-89m	8.58E-04	8.58E-05	8.58E-06	8.58E-08	8.58E-09	8.55E-09
Sr-90	4.30E-01	4.30E-02	4.30E-03	4.30E-05	4.30E-06	4.30E-06
Y-90m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-90	2.21E-02	2.21E-03	2.21E-04	2.21E-06	2.21E-07	5.38E-07
Sr-91	1.05E+01	1.05E+00	1.05E-01	1.05E-03	1.05E-04	6.74E-05
Y-91m	6.54E+00	6.54E-01	6.54E-02	6.54E-04	6.54E-05	4.30E-05
Y-91	1.25E+00	1.25E-01	1.25E-02	1.25E-04	1.25E-05	1.27E-05
Y-93	2.54E-01	2.54E-02	2.54E-03	2.54E-05	2.54E-06	1.66E-06
Zr-93	6.69E-11	6.69E-12	6.69E-13	6.69E-15	6.69E-16	1.35E-15
Nb-93m	1.85E-15	1.85E-16	1.85E-17	1.85E-19	1.85E-20	7.63E-20
Zr-95	4.05E+00	4.05E-01	4.05E-02	4.05E-04	4.05E-05	4.04E-05
Nb-95m	3.01E-03	3.01E-04	3.01E-05	3.01E-07	3.01E-08	7.39E-08
Nb-95	1.35E+00	1.35E-01	1.35E-02	1.35E-04	1.35E-05	1.36E-05
Mo-99	7.26E+02	7.26E+01	7.26E+00	7.26E-02	7.26E-03	6.72E-03
Tc-99m	4.90E+02	4.90E+01	4.90E+00	4.90E-02	4.90E-03	5.35E-03
Tc-99	1.09E-06	1.09E-07	1.09E-08	1.09E-10	1.09E-11	2.89E-11

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-19 (6 중 2)

1. 액체방사성 폐기물계통 폐기물 내 방사능농도(Bq/cc)

핵 종	역삼투압설비 유 입	역삼투압설비 유 출	양이온교환기 유 출	혼합상이온교 환기1 유출	혼합상이온교 환기2 유출	감 시 탱 크 유 출
Ru-103	4.60E-01	4.60E-02	4.60E-03	4.60E-05	4.60E-06	4.58E-06
Rh-103m	3.61E-01	3.74E-01	3.74E-01	3.74E-01	3.74E-01	5.61E-02
Ru-106	1.83E-01	1.83E-02	1.83E-03	1.83E-05	1.83E-06	1.83E-06
Rh-106m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rh-106	1.83E-01	1.89E-01	1.89E-01	1.89E-01	1.89E-01	2.95E-04
Ag-110m	1.35E+01	1.35E+00	1.35E-01	1.35E-03	1.35E-04	1.35E-04
Ag-110	1.76E-01	1.76E-02	1.76E-03	1.76E-05	1.76E-06	1.76E-06
Te-129m	1.57E+01	1.57E+00	1.57E-01	1.57E-03	1.57E-04	1.56E-04
Te-129	1.21E+01	1.21E+00	1.21E-01	1.21E-03	1.21E-04	1.03E-04
I-129	4.11E-10	4.11E-11	4.11E-11	4.11E-13	4.11E-14	4.69E-14
Te-131m	7.03E+01	7.03E+00	7.03E-01	7.03E-03	7.03E-04	5.96E-04
Te-131	1.49E+01	1.49E+00	1.49E-01	1.49E-03	1.49E-04	1.10E-04
I-131	6.46E+03	6.46E+02	6.46E+02	6.46E+00	6.46E-01	6.29E-01
Xe-131m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-132	5.06E+02	5.06E+01	5.06E+00	5.06E-02	5.06E-03	4.74E-03
I-132	1.10E+03	1.10E+02	1.10E+02	1.10E+00	1.10E-01	3.64E-02
I-133	8.59E+03	8.59E+02	8.59E+02	8.59E+00	8.59E-01	6.84E-01
Xe-133m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-134	2.68E+02	2.68E+01	2.68E+01	2.68E-01	2.68E-02	3.71E-03
Cs-134	7.45E+02	7.45E+01	7.45E+00	3.73E+00	3.73E-01	3.73E-01
I-135	3.95E+03	3.95E+02	3.95E+02	3.95E+00	3.95E-01	2.19E-01
Xe-135m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-136	1.24E+02	1.24E+01	1.24E+00	6.20E-01	6.20E-02	6.09E-02
Cs-137	9.48E+02	9.48E+01	9.48E+00	4.74E+00	4.74E-01	4.74E-01
Ba-137m	8.87E+02	8.87E+01	8.87E+00	8.87E-02	8.87E-03	4.40E-01

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-19 (6 중 3)

1. 액체방사성 폐기물계통 폐기물 내 방사능농도(Bq/cc)

핵종	역삼투압설비 유입	역삼투압설비 유출	양이온교환기 유출	혼합상이온교 환기1 유출	혼합상이온교 환기2 유출	감시탱크 유출
Ba-140	1.05E+01	1.05E+00	1.05E-01	1.05E-03	1.05E-04	1.03E-04
La-140	3.83E+00	3.83E-01	3.83E-02	3.83E-04	3.83E-05	4.59E-05
Ce-141	3.94E-01	3.94E-02	3.94E-03	3.94E-05	3.94E-06	3.91E-06
Ce-143	1.05E+00	1.05E-01	1.05E-02	1.05E-04	1.05E-05	9.04E-06
Pr-143	1.11E-02	1.14E-02	1.14E-02	1.14E-02	1.14E-02	1.12E-02
Ce-144	1.07E+00	1.07E-01	1.07E-02	1.07E-04	1.07E-05	1.07E-05
Pr-144	9.88E-01	1.02E+00	1.02E+00	1.02E+00	1.02E+00	5.20E-02
W-187	2.38E+01	2.38E+00	2.38E-01	2.38E-03	2.38E-04	1.94E-04
Np-239	2.21E+01	2.21E+00	2.21E-01	2.21E-03	2.21E-04	2.02E-04

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-19 (6 중 4)

2. 액체방사성 폐기물계통 기기 내 방사선원(Bq)

핵 종	저용존고형물 폐액탱크	역삼투압설비	양이온교환기	혼합상이온 교환기1	혼합상이온 교환기2	감 시 탱 크
H-3	3.10E+12	0.00E+00	6.66E+10	6.66E+10	6.66E+10	4.81E+12
Na-24	2.89E+10	6.21E+09	1.09E+10	1.19E+09	1.09E+07	3.19E+05
Cr-51	1.41E+10	3.20E+09	2.33E+10	2.57E+09	2.33E+07	2.10E+05
Mn-54	1.14E+09	2.59E+08	1.97E+09	2.17E+08	1.97E+06	1.70E+04
Fe-55	8.51E+08	1.94E+08	1.48E+09	1.63E+08	1.48E+06	1.28E+04
Co-58	4.52E+09	1.03E+09	7.72E+09	8.49E+08	7.72E+06	6.76E+04
Fe-59	2.13E+08	4.83E+07	3.59E+08	3.95E+07	3.59E+05	3.18E+03
Co-60	3.77E+08	8.57E+07	6.56E+08	7.22E+07	6.56E+05	5.65E+03
Zn-65	3.62E+08	8.24E+07	6.28E+08	6.90E+07	6.28E+05	5.43E+03
Br-84	5.73E+08	4.93E+07	1.19E+06	9.58E+06	8.82E+04	7.72E+03
Rb-88	4.04E+10	2.33E+09	3.85E+08	2.51E+07	1.93E+07	1.59E+06
Sr-89	5.85E+08	1.33E+08	9.92E+08	1.09E+08	9.92E+05	8.74E+03
Y-89m	5.85E+04	1.33E+04	9.92E+04	1.09E+04	9.92E+01	8.74E-01
Sr-90	2.93E+07	6.67E+06	5.11E+07	5.62E+06	5.11E+04	4.40E+02
Y-90m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-90	1.51E+06	4.28E+05	2.15E+07	2.36E+06	2.15E+04	5.50E+01
Sr-91	7.15E+08	1.49E+08	1.75E+08	1.92E+07	1.75E+05	6.89E+03
Y-91m	4.45E+08	9.42E+07	1.12E+08	1.23E+07	1.12E+05	4.40E+03
Y-91	8.51E+07	1.94E+07	1.52E+08	1.67E+07	1.52E+05	1.30E+03
Y-93	1.73E+07	3.62E+06	4.47E+06	4.91E+05	4.47E+03	1.70E+02
Zr-93	4.56E-03	1.28E-03	2.79E-02	3.07E-03	2.79E-05	1.38E-07
Nb-93m	1.26E-07	3.75E-08	9.15E-06	1.01E-06	9.15E-09	7.80E-12
Zr-95	2.76E+08	6.27E+07	4.70E+08	5.17E+07	4.70E+05	4.13E+03
Nb-95m	2.05E+05	5.82E+04	3.11E+06	3.42E+05	3.11E+03	7.56E+00
Nb-95	9.19E+07	2.09E+07	1.72E+08	1.90E+07	1.72E+05	1.39E+03
Mo-99	4.94E+10	1.11E+10	5.37E+10	5.91E+09	5.37E+07	6.86E+05
Tc-99m	3.34E+10	7.85E+09	4.94E+10	5.43E+09	4.94E+07	5.48E+05
Tc-99	7.41E+01	2.12E+01	1.33E+03	1.46E+02	1.33E+00	2.95E-03

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-19 (6 중 5)

2. 액체방사성 폐기물계통 기기 내 방사선원(Bq)

핵 종	저용준고형물 폐액탱크	역삼투압설비	양이온교환기	혼합상이온 교환기1	혼합상이온 교환기2	감시탱크
Ru-103	3.14E+07	7.13E+06	5.27E+07	5.80E+06	5.27E+04	4.68E+02
Rh-103m	2.46E+07	0.00E+00	5.25E+07	6.24E+06	5.81E+05	5.73E+06
Ru-106	1.25E+07	2.84E+06	2.17E+07	2.38E+06	2.17E+04	1.87E+02
Rh-106m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rh-106	1.25E+07	0.00E+00	2.19E+07	2.65E+06	2.90E+05	3.01E+04
Ag-110m	9.22E+08	2.10E+08	1.60E+09	1.76E+08	1.60E+06	1.38E+04
Ag-110	1.20E+07	2.73E+06	2.08E+07	2.29E+06	2.08E+04	1.80E+02
Te-129m	1.07E+09	2.43E+08	1.79E+09	1.96E+08	1.79E+06	1.59E+04
Te-129	8.22E+08	1.73E+08	1.15E+09	1.26E+08	1.15E+06	1.06E+04
I-129	2.80E-02	7.89E-03	4.22E-01	1.00E-01	9.10E-04	4.79E-06
Te-131m	4.79E+09	1.06E+09	3.26E+09	3.58E+08	3.26E+06	6.09E+04
Te-131	1.01E+09	2.03E+08	5.96E+08	6.56E+07	5.96E+05	1.13E+04
I-131	4.41E+11	9.97E+10	1.61E+09	7.10E+11	6.45E+09	6.43E+07
Xe-131m	0.00E+00	0.00E+00	3.81E+05	5.07E+08	4.61E+06	0.00E+00
Te-132	3.45E+10	7.76E+09	3.98E+10	4.38E+09	3.98E+07	4.84E+05
I-132	7.53E+10	1.45E+10	3.91E+10	9.22E+09	8.40E+07	3.72E+06
I-133	5.86E+11	1.28E+11	1.22E+09	3.29E+11	2.99E+09	7.00E+07
Xe-133m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.64E+09	4.22E+07	0.00E+00
Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E+11	9.55E+08	0.00E+00
I-134	1.82E+10	2.07E+09	3.79E+07	4.75E+08	4.35E+06	3.80E+05
Cs-134	5.08E+10	1.15E+10	8.83E+10	4.91E+09	4.42E+09	3.81E+07
I-135	2.69E+11	5.41E+10	5.59E+08	5.04E+10	4.58E+08	2.24E+07
Xe-135m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.49E+10	1.36E+08	0.00E+00
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.97E+10	4.52E+08	0.00E+00
Cs-135	0.00E+00	1.44E-01	0.00E+00	1.01E+02	9.18E-01	0.00E+00
Cs-136	8.45E+09	1.91E+09	1.32E+10	7.34E+08	6.60E+08	6.23E+06
Cs-137	6.46E+10	1.47E+10	1.13E+11	6.26E+09	5.63E+09	4.85E+07
Ba-137m	6.05E+10	1.37E+10	1.05E+11	5.86E+09	5.25E+09	4.50E+07

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-19 (6 중 6)

2. 액체방사성 폐기물계통 기기 내 방사선원(Bq)

핵 종	저용준고형물 폐액탱크	역삼투압설비	양이온교환기	혼합상이온 교환기1	혼합상이온 교환기2	감시탱크
Ba-140	7.15E+08	1.62E+08	1.11E+09	1.23E+08	1.11E+06	1.05E+04
La-140	2.61E+08	6.15E+07	8.16E+08	8.97E+07	8.16E+05	4.69E+03
Ce-141	2.68E+07	6.09E+06	4.48E+07	4.92E+06	4.48E+04	4.00E+02
Ce-143	7.17E+07	1.59E+07	5.23E+07	5.75E+06	5.23E+04	9.25E+02
Pr-143	7.53E+05	0.00E+00	6.80E+06	7.62E+05	2.30E+04	1.15E+06
Ce-144	7.30E+07	1.66E+07	1.26E+08	1.39E+07	1.26E+05	1.09E+03
Pr-144	6.73E+07	0.00E+00	1.27E+08	1.53E+07	1.57E+06	5.32E+06
W-187	1.62E+09	3.56E+08	9.23E+08	1.01E+08	9.23E+05	1.99E+04
Np-239	1.51E+09	3.38E+08	1.51E+09	1.67E+08	1.51E+06	2.07E+04

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-20

기체방사성폐기물계통 내 차폐기준 방사선원

(노심출력 : 2,872 MWt, 핵연료 손상률 : 0.25%, 탈기장치 미운전 가정)

핵 종	차폐기준 방사능농도 (Bq/cc)		활성탄지연대의 차폐기준 방사능량 (TBq)			
	입구측	출구측	첫번째	두번째	세번째	네번째
Kr-85m	3.04E+05	1.07E-02	6.10E+00	8.36E-02	1.44E-03	1.57E-05
Kr-85	1.20E+06	1.20E+06	1.04E+02	1.04E+02	1.04E+02	1.04E+02
Kr-87	2.40E+05	1.50E-21	1.38E+00	3.89E-07	1.09E-13	3.07E-20
Kr-88	6.64E+05	1.23E-06	8.56E+00	9.98E-03	1.16E-05	1.36E-08
Xe-131m	1.38E+06	1.11E+04	1.24E+03	3.73E+02	1.12E+02	3.35E+01
Xe-133m	7.81E+04	3.73E-07	1.86E+01	2.75E-02	4.06E-05	6.01E-08
Xe-133	8.36E+07	1.57E+03	4.46E+04	2.94E+03	1.94E+02	1.27E+01
Xe-135m	1.74E+05	0.00E+00	2.02E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.65E+06	8.90E-60	6.84E+01	3.29E-15	1.59E-31	7.64E-48
Xe-137	3.94E+04	0.00E+00	1.14E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	1.47E+05	0.00E+00	1.57E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Br-84	6.92E-02	0.00E+00	1.66E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	7.10E+00	0.00E+00	6.23E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-132	2.15E+00	0.00E+00	2.25E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	1.09E+01	0.00E+00	1.03E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-134	1.46E+00	0.00E+00	5.83E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	6.48E+00	0.00E+00	1.94E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-21 (2 중 1)

노심 내 핵분열생성물 재고량¹⁾

(Bq)

핵 종	재 고 량	핵 종	재 고 량
Se-84	1.00E+18	Y-95	6.29E+18
Br-84	1.03E+18	Zr-95	5.69E+18
As-85	1.61E+17	Nb-95	5.75E+18
Se-85	5.03E+17	Zr-99	5.61E+18
Br-85	1.19E+18	Nb-99	3.61E+18
Kr-85	4.18E+16	Mo-99	5.82E+18
Kr-85m	1.18E+18	Tc-99m	5.14E+18
Se-87	7.61E+17	Mo-103	5.15E+18
Br-87	1.96E+18	Tc-103	5.21E+18
Kr-87	2.43E+18	Ru-103	5.29E+18
Br-88	1.99E+18	Tc-106	2.92E+18
Kr-88	3.45E+18	Ru-106	2.34E+18
Rb-88	3.53E+18	Rh-106	2.51E+18
Br-89	1.34E+18	Ag-110m	2.38E+16
Kr-89	4.44E+18	I-127 ²⁾	4.36E+01
Rb-89	4.69E+18	Sn-129	4.00E+17
Sr-89	4.03E+18	Sb-129	1.01E+18
Br-90	6.90E+17	Te-129	9.64E+17
Kr-90	4.87E+18	Te-129m	1.98E+17
Rb-90	4.45E+18	I-129	1.58E+11
Sr-90	3.69E+17	Sn-131	9.66E+17
Y-90	3.87E+17	Sb-131	2.60E+18

1) 2,872 MWt 열출력 및 54 GWD/MTU 연소도

2) 안정핵종

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.2-21 (2 중 2)

핵 종	재 고 량	핵 종	재 고 량
Kr-91	3.38E+18	Te-131	2.63E+18
Rb-91	5.55E+18	Te-131m	6.38E+17
Sr-91	5.78E+18	I-131	3.04E+18
Y-91	4.87E+18	Xe-131m	3.45E+16
Y-91m	3.35E+18	Sn-132	7.06E+17
Y-93	4.14E+18	Sb-132	1.48E+18
Sr-95	5.31E+18	Te-132	4.33E+18
I-132	4.42E+18	Ba-137m	5.09E+17
Sn-133	2.11E+17	I-138	1.67E+18
Sb-133	2.48E+18	Xe-138	6.27E+18
Te-133	3.86E+18	Cs-138	6.57E+18
Te-133m	3.19E+18	Xe-140	3.82E+18
I-133	6.56E+18	Cs-140	5.73E+18
Xe-133	6.42E+18	Ba-140	5.87E+18
Xe-133m	1.97E+17	La-140	5.89E+18
Sb-134	4.88E+17	Ce-141	5.45E+18
Te-134	6.89E+18	Xe-143	7.26E+16
I-134	7.69E+18	Cs-143	1.51E+18
Cs-134	9.25E+17	Ba-143	5.19E+18
Sb-135	1.86E+17	La-143	5.79E+18
Te-135	3.37E+18	Ce-143	5.52E+18
I-135	6.29E+18	Pr-143	5.30E+18
Xe-135	2.11E+18	Xe-144	1.37E+16
Xe-135m	1.34E+18	Cs-144	3.98E+17
Cs-135	2.24E+17	Ba-144	4.41E+18
Cs-136	2.47E+17	La-144	5.29E+18
I-137	3.32E+18	Ce-144	4.00E+18
Xe-137	6.08E+18	Pr-144	4.03E+18
Cs-137	5.37E+17		

표 12.2-22 (3 중 1)

각 건물 내 주요 격실별 공기 중 방사능농도

위 치(EL)	지 역	배기율 (CFM)	공기 중 방사능농도(Bq/cc)			유도공기중농도(DAC)와의 비율			
			Kr, Xe	I	H-3	Kr, Xe	I	H-3	합계
원자로건물		1500	2.63E+02	1.04E-03	1.24E+01	1.44E+02	1.44E+00	6.21E+01	2.08E+2
<u>보조건물</u>									
	보조충전펌프격실	1,050	5.84E-01	1.51E-05	1.11E-02	4.93E-01	6.61E-03	3.70E-02	5.36E-01
	충전펌프최소유량 열교환기 격실	1,050	1.28E-01	3.26E-06	2.47E-03	1.08E-01	1.43E-03	8.23E-03	1.17E-01
	충전펌프격실	1,050	2.91E-01	7.28E-06	5.46E-03	2.43E-01	3.16E-03	1.82E-02	2.64E-01
	바닥배수 집수조 펌프격실	400	1.29E-02	3.29E-05	3.07E-04	1.11E-02	1.41E-02	1.02E-03	2.62E-02
	기기배수 집수조 펌프격실	550	9.17E-02	2.33E-04	2.17E-03	7.89E-02	9.99E-02	7.25E-03	1.86E-01
	안전주입 격실	1,050	2.83E-02	7.11E-05	6.71E-04	2.38E-02	3.08E-02	2.24E-03	5.68E-02
	안전주입 및 살수 밸브 격실	2,450	8.44E-03	2.15E-05	2.00E-04	7.24E-03	9.20E-03	6.67E-04	1.71E-02
	기계 관통부구역	1,200	1.71E-02	4.21E-05	4.08E-04	1.39E-02	1.87E-02	1.36E-03	3.39E-02
	유출수밸브격실	2,100	3.42E-01	8.68E-04	2.10E-02	2.95E-01	3.72E-01	2.10E-02	6.88E-01

$$1) \text{ Fraction of DAC} = \sum \frac{(\text{Airborne Concentration})_i}{\text{DAC}_i}$$

표 12.2-22 (3 중 2)

위 치(EL)	지 역	배기율 (CFM)	공기 중 방사능농도(Bq/cc)			유도공기중농도(DAC)와의 비율			
			Kr, Xe	I	H-3	Kr, Xe	I	H-3	합계
복합건물									
	고용존고형물폐액 펌프격실	450	0.00E+00	6.61E-05	6.05E-04	0.00E+00	3.41E-02	2.02E-03	3.61E-02
	저용존고형물폐액 펌프격실	450	0.00E+00	7.22E-05	6.60E-04	0.00E+00	3.72E-02	2.20E-03	3.94E-02
	감시기펌프격실	350	0.00E+00	9.11E-08	1.10E-03	0.00E+00	5.54E-05	3.66E-03	3.71E-03
	화학폐기물펌프격실	350	1.29E-03	3.26E-06	3.07E-05	1.10E-03	1.41E-03	1.02E-04	2.60E-03
	기기배수 집수조 펌프격실	550	3.59E-02	9.08E-05	8.53E-04	3.05E-02	3.91E-02	2.84E-03	7.25E-02
	원자로배수펌프격실	550	5.03E-01	9.94E-04	1.65E-02	3.59E-01	5.55E-01	5.50E-02	9.68E-01
	GRS 배수탱크	1,500	5.83E-01	1.83E-07	3.91E-05	5.03E-01	7.82E-05	3.70E-07	5.03E-01
	폐수지장기저장탱크 집수조펌프격실	1,050	0.00E+00	1.50E-04	1.83E-07	0.00E+00	6.44E-02	6.11E-07	6.44E-02
	제염집수조펌프격실	1,050	3.70E-04	9.40E-07	8.76E-06	3.18E-04	4.02E-04	2.92E-05	7.50E-04

표 12.2-22 (3 중 3)

위 치(EL)	지 역	배기율 (CFM)	공기 중 방사능농도(Bq/cc)			유도공기중농도(DAC)와의 비율			
			Kr, Xe	I	H-3	Kr, Xe	I	H-3	합계
복합건물									
	수용펌프격실	700	1.63E-04	1.02E-06	8.35E-03	8.06E-05	1.09E-03	2.78E-02	2.90E-02
	봉산보충펌프격실	550	4.35E-03	1.45E-06	2.22E-03	2.13E-03	1.39E-03	7.41E-03	1.09E-02
	체적제어탱크 펌프격실	1300	5.13E-01	2.63E-05	2.42E-02	4.41E-01	1.15E-02	8.06E-02	5.33E-01
	GRS 밸브격실	1850	6.45E-01	2.02E-07	1.23E-07	5.52E-01	8.64E-05	4.09E-07	5.52E-01
	저준위 폐수지탱크 밸브격실	1050	0.00E+00	4.38E-04	0.00E+00	0.00E+00	2.23E-01	0.00E+00	2.23E-01
	고준위 필터,탈염기 밸브격실	2700	2.05E-01	5.21E-04	4.87E-03	1.75E-01	2.23E-01	1.62E-02	4.15E-01
	저준위 필터,탈염기 밸브격실	950	3.23E-03	1.84E-06	3.41E-02	1.59E-03	1.75E-03	1.14E-01	1.17E-01
	밸브격실	1050	2.43E-01	6.16E-04	5.88E-03	2.07E-01	2.62E-01	1.96E-02	4.89E-01
핵연료건물									
	핵연료취급지역	15,000	-	-	1.33E-01	-	-	0.66	0.66

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.3 방사선방호 설계 특성

방사선방호 설계특성은 직사 방사선의 저감, 공기 중 방사성물질의 제어, 방사선구역의 설정, 작업자 및 작업장비의 제염, 방사선감시기의 설치 등을 통하여 정상운전 및 설계기준사고 등을 포함하는 발전소의 모든 운전조건하에서 발전소 작업자 및 일반주민의 방사선 피폭이 ALARA로 유지되도록 하는 것이다.

방사선방호 설계는 발전소 설비 및 기기의 ALARA 설계, 방사선차폐 설계, 환기계통 설계 및 방사선감시계통 설계를 포함한다.

12.3.1 설비 및 기기 설계

본 절에서는 작업자의 방사선피폭을 ALARA로 유지하기 위한 발전소 설비의 설계특성에 대하여 기술한다. 작업자의 방사선피폭을 최소화하기 위하여 규제지침서 8.8의 C.3항에 규정된 방사선방호 지침을 적용한다.

본 절에서는 사용후연료 취급과 방사성폐기물 처리를 위한 설비 및 기기에 대해서는 기술되지만 기타 특수 핵물질 및 부산물을 취급하기 위한 설비 및 기기는 기술하지 않는다. 사용후연료 취급과 방사성폐기물 처리를 위한 설비 및 기기는 9.1절과 11장에서 각각 기술되어 있다. 방사화학 실험실에서 취급되는 방사성물질과 계측기의 보정을 위하여 사용되는 밀봉된 방사선원은 방사선준위가 높지 않으므로 이들 선원을 취급하기 위한 별도의 특별한 설비를 필요로 하지 않는다. 단, 가동중 밀봉선원의 누설 및 오염정도를 표 12.3-5에 따라 주기적으로 시험한다. 밀봉되지 않은 방사선원과 방사성 시료는 9.4절에 기술된 실험실 공기조화계통의 일부인 후드 아래에서 취급된다.

본 절에서는 12.1.2절에서 제시한 설계 고려사항에 근거하여, 작업자의 방사선피폭을 ALARA로 유지하기 위한 설비 및 기기의 설계 특성에 대하여 개괄적으로 기술하였다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.3.1.1 보조계통 설비 및 기기 설계

본 절에서는 발전소 설계 시 일반적으로 사용되는 설비 및 기기의 분류방법에 근거하여 각 설비 및 기기에 적용되는 ALARA 설계특성에 대하여 기술하였다. 작업자의 방사선 피폭을 ALARA로 유지하기 위한 각 설비 및 기기의 ALARA 설계에는 일반적으로 유사한 설계특성이 적용되며 각 설비 및 기기의 ALARA 설계특성은 다음과 같다.

12.3.1.1.1 방사성기기 설계

가. 여과기

환기계통 및 기체방사성폐기물계통의 여과기를 제외한 발전소의 모든 방사성 여과기로 카트리지가 형태가 사용된다. 다량의 방사성물질이 존재하는 모든 여과기 카트리는 반원적 또는 원적 취급장비로 교체될 수 있도록 설계되며 여과기 격실 주변에는 여과기 카트리를 제거하여 운반용기에 적재하고 교체방사성폐기물계통으로 이송하기 위한 적절한 설비 및 공간이 확보된다.

방사성 여과기가 사용되는 모든 액체처리계통에는 여과기 하우스에서 폐여과기 카트리를 제거하여 교체폐기물 처리구역으로 이송하는 데 필요한 여과기 취급장비가 제공된다. 폐여과기 취급작업 시, 이 장비는 여과기 격실의 상부에 설치된 콘크리트 해치 또는 플러그 주위에 위치하며 폐여과기 카트리는 이 장비에 의해 인양되어 차폐된 운반용기에 적재된다. 방사성 여과기는 여과기 내부에 누적된 고준위 방사성물질로부터 주변구역을 방호하고 격리하기 위하여 차폐벽 또는 차폐격실 내부에 위치하게 되며 이렇게 함으로써 폐여과기 취급 작업 시 주변에 존재하는 방사선원으로부터 작업자의 방사선피폭을 최소화할 수 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

폐여과기 카트리지가 적재된 운반용기는 복합건물의 여과기 격실 상부에 위치한 크레인을 사용하여 이송한다. 운반용기 이송작업은 작업실수로 인한 환경으로의 방사성물질의 방출과 작업자의 방사선피폭을 최소화할 수 있는 방법으로 수행된다.

모든 방사성 여과기는 배기 및 배수밸브와 격실 배수기능을 갖춘 차폐된 격실 내부에 설치되었다. 이 격실의 해치에는 격실 내부의 방사선준위를 측정하기 위한 방사선계측기 탐침 출입용 구멍이 설치되었다.

나. 탈염기

방사성계통에 사용되는 탈염기는 폐수지의 장기저장 또는 건조처리를 위하여 원격조작 및 유압에 의해 폐수지저장탱크로 이송될 수 있고 신수지가 탈염기에 충전될 수 있도록 설계되었다. 탈염기 및 관련 배관은 탈염수에 의하여 세정이 가능하도록 설계되며 탈염기의 후단에는 스트레이너가 설치되어 수지가 탈염기 후단으로 누출되는 것을 방지한다. 탈염기는 방사선방호를 위하여 차폐된 격실 내부에 설치되며 격실의 해치에는 격실 내부의 방사선준위를 측정하기 위한 방사선계측기 탐침 출입용 구멍이 설치되었다.

다. 역삼투압설비

역삼투압설비의 고방사능 기기는 차폐벽에 의해 저방사능 기기와 분리된다. 모든 계기는 역삼투압 설비의 차폐벽 외부에 있는 접근가능한 구역에 설치되며 방사성 배관에 설치된 모든 밸브는 역삼투압설비의 차폐벽 외부에 위치하거나 차폐벽 외부의 접근가능한 구역에서 조작이 가능하도록 설치되었다.

라. 펌프

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

펌프에는 밀봉체의 정비시간과 밀봉체를 통한 방사성물질의 누출을 최소화하기 위하여 가능한 한 기계적 밀봉체가 사용되었다. 펌프 및 관련 배관은 용이한 접근과 정비를 위하여 충분한 공간이 확보될 수 있도록 배치되었다. 고방사성계통의 펌프는 제거가 용이하도록 가능한 한 플랜지 형태의 연결을 하며, 펌프케이싱과 받침대에는 배수설비가 설치되었다.

마. 탱크

탱크는 배수를 용이하게 하기 위하여 바닥이 경사지게 설계되며, 바닥에는 출구 연결관이 설치되었다. 탱크의 과유량 시, 발전소 구조물의 방사능 오염을 방지하기 위하여 과유량관은 폐기물 수집계통에 연결되며 격실 외부에 설치된 탱크의 과유량관은 액체방사성폐기물계통에 직접 연결되어 있다. 모든 탱크에는 과유량이 발생하기 이전에 경보를 발생할 수 있는 교수위 경보장치가 설치되어 있다.

바. 열교환기

열교환기는 방사성물질의 누설을 최소화하기 위하여 내부식성 스테인리스강 또는 등가의 내부식성 재질로 제작된 튜브를 사용하였다. 또한 열교환기에는 충격방지판이 설치되며 재질의 침식을 최소화하기 위하여 튜브측 및 셸측의 유속이 제한된다. 열교환기는 가능한 한 방사성 유체가 열교환기의 튜브측으로 흐르도록 설계되었다.

사. 밸브

방사성기기와 관련된 모든 밸브는 가능한 한 주변에 위치하는 방사성기기와

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

분리하여 차폐된 밸브실에 설치되었다. 밸브실에 설치되는 방사성배관의 길이는 밸브실 내 방사성물질의 양을 줄이기 위하여 가능한 한 최소화될 수 있도록 하였다.

모든 방사성 수동밸브의 운전구역은 가능한 한 방사성 수동밸브 및 관련 배관으로부터 차폐되며 다음과 같은 사항들이 고려되었다.

- 1) 고방사선구역(방사선구역 6 이상)에 설치되고 작동 빈도수가 많지 않은 기기의 경우, 기기의 안전운전, 운전정지 및 배수와 관련된 수동밸브에만 원격조작봉이 설치되었다.
- 2) 원격조작봉이 설치되는 밸브의 스템은 가능한 한 원격조작봉이 수평으로 설치될 수 있도록 수평으로 설치되었다.
- 3) 여과기 및 탈염기 격실의 내부에 설치되고, 정상운전 및 운전정지 시 작동되는 모든 수동밸브에는 원격조작봉을 설치하며 원격조작봉은 밸브 갤러리에서 조작될 수 있도록 설치하였다. 밸브 갤러리의 차폐벽은 갤러리 내부 또는 주변에 위치하는 작업자의 방사선피폭이 최소화될 수 있도록 설계되어 있다.

방사성밸브는 보수기간이 최소화될 수 있고 필요 시 주변의 방사성기기 및 관련 배관으로부터 작업자를 보호하기 위한 임시차폐체가 설치될 수 있도록 배치되어 있다.

모든 모터구동 또는 공기구동 방사성밸브는 관련기기 및 주변에 위치하는 방사성기기와 격리하여 차폐된 구역에 설치되어 있다. 이 밸브들은(일반적으로 수동밸브보다 정비 빈도가 높음) 차폐된 구역에 설치됨으로써 밸브의 정비 및

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

검사작업 동안 작업자의 방사선피폭이 최소화될 수 있다. 방사성밸브 정비 시 방사선피폭을 최소화하기 위하여 방사성 연결 배관과 밸브에는 배수 및 세정을 위한 설비가 설치되어 있다.

비방사성계통의 밸브는 가능한 한 방사선원으로부터 분리되며 항시 접근이 가능한 구역에 설치되어 있다.

밸브형태는 요구되는 정비시간, 관막힘 및 스템 패키징의 견고성, 스템누설 제한 요건 등에 따라 선택되며 가능한 안전성이 입증된 패키징재질이 사용되었다. 방사성고체가 침적될 수 있는 밸브는 최소한의 내부 균열이 존재하도록 설계되며 폐수지 이송배관의 바닥 설계에도 동일한 설계방법이 적용된다.

아. 배관

배관로에 설치된 배관은 발전소 수명기간과 동일한 설계수명을 갖도록 설계되어 있다. 밸브와 계기는 가능한 한 배관로 내에 설치되지 않는다. 일상정비를 위하여 접근이 요구되는 구역에 방사성배관이 설치될 경우, 이 배관에 의한 작업자의 방사선피폭이 최소화될 수 있도록 설치된다. 배관 배치와 관련된 보다 상세한 ALARA 설계 고려사항은 12.3.1.3절에 기술되어 있다.

12.3.1.1.2 기기 배수 및 세척설비 설계

방사성기기에는 배수 및 세척설비가 설치되며, 가능한 한 방사성물질이 기기 내에 부착되거나 누적될 수 있는 턱(ledge) 또는 포켓이 존재하지 않도록 설계되어 있다.

배수배관의 용접 시 균열은 방사성물질의 누적을 용이하게 할 수 있으므로 가능한 한 균열이 존재하지 않도록 한다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

모든 방사성기기의 배수설비는 중간 수집장소인 집수조를 통해 액체폐기물 저장탱크에 연결되며 집수조와 액체폐기물 저장탱크는 차폐되어 방사선관리구역에 설치되어 있다.

방사성 여과기의 설계 시, 여과기 부품의 교체작업 이전에 배수 및 세척이 가능하도록 설계되어 있다.

배수설비는 기기의 검사, 감시 및 정비 작업기간 동안 기기 내부에 누적된 방사성물질에 의한 작업자의 방사선피폭을 최소화하고 기기 내 부식생성물의 누적을 최소화하며 접근 가능구역에 대한 방사선준위의 과도한 증가를 방지한다.

방사성 탱크에는 탈염수 또는 세척제에 의해 탱크 내의 부식생성 침전물을 제거할 수 있도록 세척설비가 설치되어 있다.

12.3.1.1.3 오염 제어설비 설계

고방사성계통의 기기 배기 및 배수설비는 수집계통과 직접 연결되도록 설계되어 있다. 방사성 액체를 취급하는 계통의 경우, 기기의 누설에 의한 오염의 확산을 방지하기 위하여 적절한 누설의 감시, 계측 및 수집 방법들이 사용된다. 고방사성 기기의 누설은 현장 및 건물 집수조 수위지시기와 경보기에 의해 감시될 수 있으며 지역 및 공정 방사선감시기에 의해서도 감시될 수 있다. 계통 공정계기는 계통의 누설을 감시할 수 있는 기능을 갖추고 있다. 누설의 감시 및 제어와 관련된 설계 특성은 5.2.5절, 9.3.3절 및 12.3.4절에 제시되어 있으며 방사성물질의 오염제어와 관련된 ALARA 설계특성들은 다음과 같다.

가. 바닥 및 싱크 배수

방사성 유체를 함유하거나 함유할 가능성이 있는 기기가 위치한 격실에는 배수

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

가 용이하도록 바닥배수로가 설치되며, 물웅덩이가 발생하는 것을 방지하기 위하여 바닥은 경사지게 설치되어 있다. 배수를 용이하게 하고 제염효과를 향상시키기 위하여 콘크리트 바닥에는 연화 표면도장이 사용된다. 방사성 바닥배수로는 액체폐기물 저장탱크로 연결되며 집수조는 중간 수집장소로 사용된다. 집수조 및 액체폐기물탱크는 차폐되고 방사선관리구역 내에 설치되어 있다.

방사성물질의 함유하는 싱크 배수설비는 차폐 및 배치요건에 준하여 설계되어 있다.

바닥 및 싱크 배수의 배기설비는 방사성기체 및 증기가 청정 및 저방사선구역으로 확산되는 것을 최소화하도록 설계되어 있다.

나. 기기 배기

모든 방사성기기들(여과기, 탈염기, 폐기물계통 탱크 등)에서 발생하는 방사성기체는 체류구역 또는 기기 격실 내로 공기 중 오염이 확산되는 것을 방지 위하여 해당 건물의 배기계통 여과기를 통해 배기된다.

방사성 집수조의 배기는 집수조에 있는 오염된 유체로부터 부유하여 공기 중으로 누출되는 방사능의 농도를 제어하는 데 중요한 역할을 한다. 차폐된 격실 내에 설치된 집수조로부터의 배기는 격실 내부로 되기 때문에 격실의 환기율은 격실 내의 공기 중 방사능농도가 적절히 제어될 수 있도록 결정된다.

다. 연석(curb)

방사성 저장탱크, 용기 및 관련 배관의 파손이 발생할 가능성이 있는 구역의 경우 누출된 방사성물질이 격실 내부에만 국한되도록 격실의 바닥 높이를 격

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

실 출입구의 높이보다 낮게 설치하거나 연석을 설치하였다. 또한 제염작업 시 제염수가 주변 구역으로 확산되지 않도록 제염대 주위에는 연석이 설치되어 있다.

라. 표면 보호도장

콘크리트 표면(차폐벽, 바닥 및 천정)으로 방사성물질이 누설 또는 유출될 가능성이 있는 구역의 경우, 콘크리트 표면은 제염효과를 향상시키기 위하여 비침투성 도장재질로 도장되어 있다.

바닥, 연석, 벽체에는 물의 침투조건하에서 표면의 건전성이 유지될 수 있도록 솔벤트 타입(solvent-based)의 도장이 사용되었다. 바닥 및 램프(ramp)에는 예상되는 통행유형(사람, 운반트럭 등)하에서 표면의 건전성이 유지될 수 있는 도장방법이 사용되었다.

도장이 제 기능을 수행하기 위하여 도장 뿐만 아니라 표면처리가 선행되어야 한다. 표면처리는 표면세척, 구멍의 봉합(filling) 및 초벌도장을 포함한다.

도장은 정상 시 예상되는 방사선원과 환경조건하에서 40년의 운전기간 동안 표면 보호기능을 적절히 수행할 수 있도록 시행된다.

마. 방사선 감시

지역 및 공정 방사선감시기는 방사능오염을 감시하고 제어하기 위하여 사용되며 이를 달성하기 위한 위치에 설치되어 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.3.1.1.4 소내 지원설비 설계

가. 방사성기기 공작실 및 제염설비

발전소 내에는 오염된 기기 및 장비들을 충분히 제염할 수 있는 제염설비가 설치되어 있다. 제염실 설계 시 차폐, 환기 및 필요 시 제염실 내의 공기여과 등이 고려된다.

복합건물에는 방사성기기 공작실과 제염설비가 설치되어 있다. 이 설비는 장비 및 기기 부품을 세척, 정비 및 제염하기 위해 제공된다. 방사성기기 공작실에는 보관용 선반, 작업대, 후드가 설치된 싱크, 용접기기, 절삭용 기계, 톱, 드릴 및 탱크 등이 설치되어 있다. 대형 기기 또는 부품의 제염은 핵연료건물에 있는 사용후연료 캐스크 제염조에서 시행된다.

복합건물 내에서 수행되는 기기 정비작업을 지원하기 위하여 소형의 기기 제염대와 충분한 지원설비들이 소내 설치되어 있다. 이 설비는 주제염실로 운반되는 기기들의 예비제염에도 사용된다.

나. 작업자 제염설비

작업자 제염설비는 복합건물 내의 보건물리실 주변 구역에 설치되며 이 설비에는 샤워기, 싱크, 방사선 계측기기 및 탈의구역 등이 포함된다.

다. 실험실 설비

발전소의 실험실 설비는 방사화학 실험실과 액체와 기체 방사성 시료분석 및 스메어(smear) 시료의 방사능을 측정하는 계측실로 구성되어 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

1) 방사화학실험실

방사화학실험실은 방사성시료에 대해 안전하고 효과적인 처리와 분석이 가능하도록 설계되어 있다. 이 실험실에서 분석되는 시료들은 원자로냉각재계통, 화학 및 체적제어계통, 사용후연료취급 및 저장계통, 증기발생기 취출계통과 방사성 폐기물계통에서 채취된다.

이 실험실에 설치되는 주요설비에는 고효율 입자여과기가 부착된 공기조화계통과 연결된 연기후드, 액체방사성폐기물계통과 연결된 배수관이 설치된 싱크, 사용빈도가 잦은 기기가 상시 설치될 수 있는 충분한 크기의 작업대, 저장설비 및 적절한 전기장치, 실험실 장비에 요구되는 환경조건(온도, 습도)을 보장하기 위한 공기조화계통 등이 포함된다.

표면오염의 누적과 확산을 최소화하기 위하여 실험실 바닥 및 표면의 도장과 작업대 표면, 연기후드의 내부물, 싱크 및 배수 배관의 재질은 오염의 침착이 작고, 오염이 쉽게 제거될 수 있는 것으로 선택되었다. 휘발성 방사성 시료의 저장 및 처리 시에 발생하는 공기 중 방사성물질의 확산을 최소화하기 위하여 연기후드가 설치되어 있다. 방사화학실험실은 모든 주변 구역에 대해 부압이 유지되며 실험실 내의 공기는 환경으로 방출되기 전에 여과된다.

2) 계측실

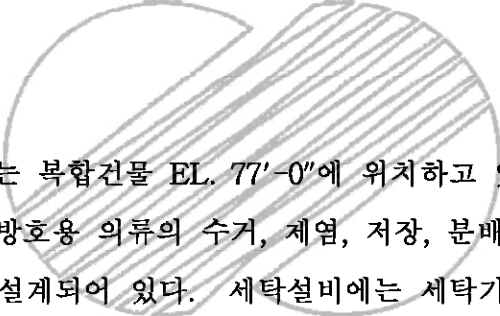
계측실은 복합건물의 EL. 77'-0"에 위치하고 있으며 동 격실에는 계측장비의 최적성능을 보장하기 위하여 전기장치 및 백열등이 설치되어 있다. 계측실 내부의 방사선준위는 가능한 한 낮게($1.0 \mu\text{Sv/hr}$ 이하) 유지된다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

발전소 내에 존재하는 공기 중 방사성물질의 유입을 방지하기 위하여 계측실은 주변 구역에 대하여 정압이 유지되며 여과 처리된 공기에 의해 환기된다. 계측실에 설치된 공기조화계통은 계측기 및 관련 전자장비와 컴퓨터 환경에 적합한 온도 및 습도 조건을 유지시킬 수 있도록 설계되어 있다. 계측실의 차폐에는 콘크리트에서 발생하는 자연방사선의 영향을 방지하기 위하여 최소한의 콘크리트만이 사용되었다. 계측장비의 차폐를 위하여 필요 시 국부 방사선 차폐체가 사용된다.

계측실에 설치되는 장비에는 감마선헤종 분석장비, 알파/베타 오염계측장비 등이 포함된다.

라. 세탁설비



소내 세탁설비는 복합건물 EL. 77'-0"에 위치하고 있으며 이 설비는 소내에서 사용된 방사선방호용 의류의 수거, 세염, 저장, 분배 등의 기능을 적절히 수행할 수 있도록 설계되어 있다. 세탁설비에는 세탁기, 건조기, 세탁물 오염감시장비, 국부환기설비를 가진 분류대, 싱크대 등이 포함된다. 세탁실의 바닥 및 표면 도장과 장비들은 표면오염이 최소화되고, 오염이 쉽게 제거될 수 있는 것으로 선택되었다. 세탁실은 오염된 방호용 의류의 취급 시 발생하는 공기 중 방사성물질의 확산을 방지하기 위하여 주변구역에 대하여 부압이 유지된다. 세탁실 내부에서의 공기흐름은 청정구역에서 오염구역으로 유지되도록 설계되어 있다.

세탁실에는 호흡장비의 세척설비가 설치되며 이 설비에는 호흡장비의 수집, 세척, 검사 및 임시저장을 위한 장비와 공간이 포함된다.

마. 교정실

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

복합건물에는 계측기기의 교정을 위한 교정실이 설치되어 있다. 계기교정실은 방사선 계측기를 교정, 보관 및 정비하고 필요 시 진공제염하는 장소가 제공될 수 있도록 설계되어 있다. 계기교정실에는 교정용 동위원소가 보관되며 주변의 일반접근구역을 방호하기 위하여 차폐가 제공된다.

12.3.1.1.5 기타설비 설계

가. 조명

교방사성 기기가 설치되는 격실에는 다수의 조명설비가 설치되어 있다. 이 경우 단일 램프의 손상 시에도 충분한 조명이 유지될 수 있으므로 조명설비의 고장수리를 위한 즉각적인 접근 및 교체의 필요성이 요구되지 않는다. 일반적으로 조명설비의 수리보수 시 작업자의 방사선피폭을 저감하기 위하여 수리보수에 적은 시간이 소요되는 백열등 또는 LED 등이 사용된다. 형광등이 사용될 경우, 교체요구 빈도를 줄이기 위하여 수명이 긴 형광등을 사용한다.

나. 공기조화계통

공기조화계통은 여과기 하우징에서 여과기가 신속히 교체될 수 있도록 설계되어 있다. 공기조화계통의 ALARA 설계특성은 12.3.3절에서 상세히 기술되며 덕트 배치에 적용되는 ALARA 고려사항은 12.3.1.3절에 기술되어 있다.

다. 시료채취실

공정유체의 일상시료채취를 위한 시료채취실은 접근이 가능한 구역에 설치되어 있다. 현장시료채취실에는 시료채취작업 시 주변구역에 대한 방사선구역

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

기준이 유지되고 방사선피폭이 최소화되도록 적절한 차폐, 배수 및 배기설비가 설치되어 있다. 계측실 및 실험설비는 12.5절에 기술되어 있다.

라. 청정계통

압축공기 배관, 청정수 배관, 환기덕트, 케이블 트레이와 같은 청정계통 및 기기는 방사성 배관로에 설치되지 않는다. 청정계통이 차폐된 격실을 관통할 경우 일반적으로 청정계통 및 기기는 그 격실 내부에서 끝나며 격실을 재관통하지 않는다.

12.3.1.2 핵증기공급계통 설비 및 기기의 설계

신월성 1,2호기 핵증기공급계통의 운전 및 정비로 인한 직업상방사선피폭을 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 유지하기 위한 구체적 설계 특징은 다음과 같다.

가. 펌프

- 1) 대부분의 펌프 및 관련 배관은 정비와 유지를 위해 저방사선 지역으로 제거가 용이하도록 플랜지로 연결되어 있다. 펌프 내부구조물은 정비를 위하여 저방사선 지역으로 제거할 수 있도록 한다.
- 2) 모든 펌프 케이싱에는 제염을 용이하게 하기 위해 배수 연결관을 설치하였다.

나. 이온교환기

- 1) 이온교환기는 완전히 배수 할 수 있도록 설계되어 있다.
- 2) 원격조절에 의한 수압조절 세척법을 이용하여 용기로부터 교체방사성 폐기물계통으로 폐수지를 제거할 수 있도록 설계하였다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 3) 새로운 수지주입을 위하여 이온교환기를 싸고 있는 방사선차폐 격실위의 저방사선 구역까지 수지 주입구를 확장해서 설계하였다.
- 4) 방사성크러드가 축적되지 않도록 하기 위해 갈라진 틈새가 최소화되도록 이온교환기를 설계하였다.

다. 필터

- 1) 필터 하우스에는 배기 연결관을 설치하고 완전 배수가 가능하도록 설계하였다.
- 2) 방사성크러드가 축적되지 않도록 하기 위해 갈라진 틈새가 최소화되도록 필터 하우스를 설계하였다.
- 3) 필터의 원격제거가 가능하도록 필터 하우스와 카트리지를 설계하였다.

라. 탱크

- 1) 탱크는 정비를 위해 격리할 수 있도록 설계하고 완전 배수가 가능하도록 설계하였다.
- 2) 탱크에는 제염목적으로 내부세척을 실시할 수 있도록 적어도 다음 중 하나의 수단을 공급하도록 한다.
 - 가) 탱크 보수용 출입구로부터 세척을 용이하게 할 수 있는 충분한 공간 확보
 - 나) 오염이 매우 클 가능성이 있는 탱크에는 내부제염을 위하여 내부 살수노즐 설치
 - 다) 제염을 용이하게 하기 위해 스크린이 설치된 탱크나 용기의 스크린 입구를 역류방향으로 수압 세척하거나 배수가 가능하도록 설계
- 3) 기체수집모관이나 기체밀립모관으로 배기되도록 모든 탱크를 설계하였다. 이는 발전소 정비 시 방사성기체의 제거를 용이하게 한다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 4) 비가압탱크에는 바닥이나 땅으로 방사성유체가 유출되는 것을 방지하기 위하여 바닥배수조나 다른 적절한 수집지점으로 보낼 수 있는 넘침관을 설치하였다.
- 5) 방사성크러드가 축적되지 않도록 하기 위해 갈라진 틈새를 최소화하도록 탱크를 설계하였다.

마. 일체형 기기

- 1) 일체형 기기는 정비를 위해 접근이 용이하고 저방사선 지역으로 신속하게 제거할 수 있도록 모든 모터 및 펌프를 스킴드에 설치하였다.
- 2) 스킴드에 휴대형 방사선차폐 설치를 위한 공간을 제공하였다.
- 3) 모든 일체형 기기에는 세척, 배수, 화학세정을 위한 설비를 제공하였다.
- 4) 열교환기는 정비를 위해 쉽게 접근 가능하도록 하였다.
- 5) 제어기는 원격으로 설치하여야 하고 일체형을 원격으로 감시할 수 있도록 하였다. 가능한 많은 제어기를 기기로부터 원격으로 설치하도록 하였다.
- 6) 기기는 방사성크러드가 축적되지 않도록 하기 위해 갈라진 틈새를 최소화하도록 설계하였다.
- 7) 방사성기체는 수집되어 기체방사성폐기물계통으로 보내진다.

바. 밸브

- 1) 밸브의 정비 빈도수를 줄이고 설계수명을 연장시키기 위하여 가능한 한 내방사선 밀봉재, 개스킷, 탄성 중합체를 사용하였다.
- 2) 일차계통내의 전기구동밸브에는 누수를 수집하여 방사성유체를 접근 지역으로부터 멀리 떨어진 곳으로 보내기 위해 스템 누설관, 랜턴 글랜드 (lantern gland), 이중 패킹재를 설치하였다. 모든 밸브 패킹 글랜드는 누수를 줄이기 위하여 패킹수축을 조절할 수 있는 장치를 설치하였다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 3) 요크(yoke)나 탑워크(topwork)를 제거하지 않고 다시 패킹할 수 있도록 설계된 밸브를 사용하였다.
- 4) 원격 작동밸브는 가능한 필요한 곳에 사용하였다.
- 5) 유체와 접촉되는 밸브 부분은 오스테나이트 스테인리스강이나 다른 내부식성 재질로 제작하였다.
- 6) 백시트(backseat)를 가진 저누설 밸브를 가능한 모든 곳에 사용하였다. 패킹없는 다이어프램 밸브는 오염이 높은 계통에 사용하였다.

사. 배관

- 1) 방사성유체가 흐르는 배관은 차폐 배관로나 차폐된 격실 내에 배치하였다.
- 2) 방사성크러드의 축적을 방지하고 제거를 용이하게 하기 위해 가능한 경사지도록 배관을 설치하였다.
- 3) 크러드의 침적을 줄이기 위해 엘보우, 티 등 의 갯수를 최소화해야 한다. 엘보우가 필요한 곳에는 침전물을 최소화하기 위해 반경이 큰 엘보우를 사용하였다. 크러드가 침적될 수 있는 저유속 부분을 가능한 피하였다.

아. 열교환기

- 1) 공칭배관구경이 10.16 cm (4 in) 보다 큰 열교환기는 정비 시 접근이 용이하여 작업자가 방사선 환경에서 보내는 시간을 줄이고 가동중검사가 가능하도록 설계하였다.
- 2) 교체 필요성을 최소화할 수 있는 재질을 선택하여야 하고 정비 빈도수를 줄이기 위해 내부식성 재질을 사용해야 한다.

자. 재질 선택

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

방사선원인 순환크러드를 줄이고 정비 빈도수를 줄임으로써 방사선피폭을 감소시키기 위하여 아래 기술된 바와 같이 재질을 선택하였다.

- 1) 방사성물질을 포함하는 기기의 재질은 이 재질로부터 방사화된 크러드의 잠재적 방출을 고려하여 선택하였다. 일차냉각재와 접촉하는 기기의 재질은 가능한 한 코발트 및 안티몬 함량을 제한하여 선택하였다.

일차계통 방사화 부식생성물 중 반감기가 긴 Co-60은 원전 작업종사자 방사선피폭량에 지배적인 영향을 미친다. 이에 따라 일차계통 재질의 함량 제어는 방사선 피폭량 저감을 위한 매우 중요한 요소이다. 따라서 일차계통 압력경계를 구성하는 기기 중 원자로냉각재와 접하는 표면적이 가장 넓은 증기발생기 전열관 재질의 코발트 함량을 엄격히 제한하여 Co-60의 생성량이 최소화되도록 하였다. 또한 다른 주기기의 원자로냉각재와 접하는 피복(클래딩)부분의 코발트 함량을 제한하여 Co-60의 생성량이 최소화되도록 설계하였으며 원자로냉각재펌프의 냉각수접촉 베어링에 방사선량 제어를 위해 안티몬 사용을 금지하였다. 일차 냉각수와 모든 기기는 내방사선 및 내부식성 특성을 부여하기 위하여 오스테나이트 재료 혹은 인코넬(A690) 재료를 사용하였다.

- 2) 40년 운전기간 동안 사용되는 기기의 재질선정 시 방사선누적량을 고려해야 한다.
- 3) 재질선정 시 어떤 유체조건하에서 재질손상이 조기에 야기되는지 고려해야 한다.
- 4) 5.2.3절에 기타 재질 고려사항을 기술하고 있다.

차. 원자로용기상부헤드 배기

배기노즐 및 배기관은 원자로용기상부헤드에 설치한다. 이런 설계특징은 헤드 제거 과정 시 기체가 원자로건물로 직접 방출되는 것을 최소화함으로써 방사

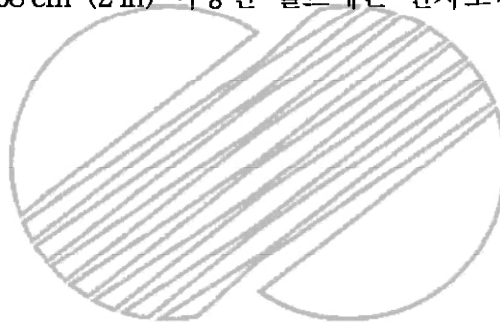
신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

선피폭을 감소시킨다.

카. 원자로냉각재계통 누설 제어

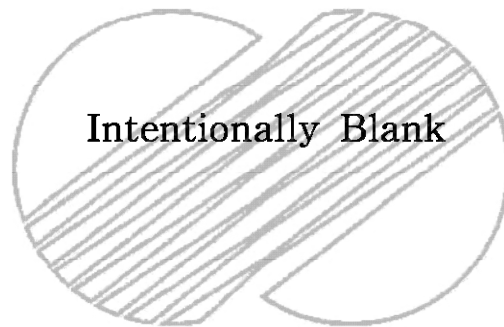
원자로건물로 들어가는 작업자에 대한 공기 중 방사성핵종으로부터의 방사선 피폭은 원자로건물 대기로 방출되는 원자로냉각재 누설량을 제어함으로써 최소화하였다. 이와 같이 제어된 누설의 일례는 다음과 같다.

- 1) 가압기안전밸브 누수는 5.2.2절에서 기술한 것과 같이 원자로배수탱크로 보낸다.
- 2) 직경이 5.08 cm (2 in) 이상인 밸브에는 원자로배수탱크로의 누설 연결관



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서



신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

과 중간 랜턴링을 설치하고 이중으로 패킹된 스템을 제공한다.

- 3) 원자로냉각재펌프 밀봉장치의 비정상적인 누설을 감지하는 계측기기를 공급해야 한다. 원자로냉각재펌프는 5.4절에서 기술한 바와 같이 2단 밀봉장치와 더불어 증기밀봉장치가 갖추어져 있다. 증기밀봉장치는 원자로건물 대기로의 누설을 방지하고 조절밀봉 누설을 체적제어탱크로 배출할 수 있도록 충분한 압력을 가하여 준다. 증기밀봉장치는 2개의 1차밀봉장치 중 모두 혹은 둘 중의 어느 1개가 손상되었을 경우에도 원자로냉각재계통 압력에 견딜 수 있도록 설계되어 있다.

타. 핵연료재장전 장비

- 1) 모든 사용후연료 이송 및 저장 운전은 작업지역에서의 최대 연속 방사선 준위를 제한하고 적절한 차폐를 보장하기 위해 수중에서 수행할 수 있도록 설계하였다.
- 2) 핵연료가 최소 안전수심위로 들어 올려지지 않게 하여 작업자에 대한 방사선피폭을 제한하고 핵연료손상을 방지할 수 있도록 장비를 설계하였다.
- 3) 핵연료손상 및 작업자피폭을 초래할 수 있는 부주의한 핵연료낙하 가능성을 방지할 수 있도록 장비를 설계하였다.
- 4) 재장전 시 총 핵연료 취급시간과 작업자 방사선피폭을 줄이기 위해, 사용후연료와 신연료를 동시에 이송할 수 있도록 핵연료재장전 장비를 설계하였다.
- 5) 안전한 핵연료 취급 및 시각제어를 용이하게 하여 실수 및 잠재적 방사선피폭을 최소화하기 위해 수중 카메라를 사용하였다.
- 6) 사용후 제어봉집합체 및 노내계측기 도입선을 절단하기 위해 휴대용 유압절단기를 사용한다. 이 절단기는 수중 사용이 가능하도록 한다.
- 7) 수중에서 핵연료집합체 누설을 확인할 수 있는 장비가 구비되어 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

파. 가동중검사 장비

원자로냉각재압력경계 검사는 작업자의 방사선피폭을 최소화하기 위해 원격장비로 수행한다.

하. 원격 계기

방사성유체를 포함하는 모든 계통은 가능한 원격으로 조절될 수 있도록 설계해야 한다. 이것은 정상운전 시 작업자의 방사선피폭을 최소화한다.

거. 원자로용기노즐 용접부의 가동중검사

원자로용기노즐과 원자로냉각재배관을 연결하는 용접부는 원자로용기내부로부터 가동중검사를 수행할 수 있도록 설계하였다. 이 지역에서는 원자로용기 압력경계 검사를 위해 자동화 장비를 사용한다. 만약 원자로용기 외부로부터 가동중검사를 수행하기 위하여 접근할 경우 원자로용기 및 원자로냉각재배관 단열재의 제거 가능한 부분을 이용한다. 제거 가능한 부분은 가볍고 신속하게 착탈시킬 수 있도록 버클고정구(fastener)로 설치한다. 요구된 검사를 수행하기 위해서는 필요한 패넌을 제거한 후에 원격장비를 이용한 검사를 실시한다.

12.3.1.3 공용설비 및 기기배치 설계

본 절에서는 발전소 공용설비 및 기기배치에 적용되는 설계특성을 기술하였다. 이 설계특성은 12.3.1.1절 및 12.3.1.2절에 기술된 일반 기기의 설계특성과 함께 발전소 설계 시 적절히 반영되었다.

가. 기기

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

화학 및 체적제어계통, 방사성폐기물계통 등과 같이 구성기기가 주요 방사선원인 계통들의 경우 펌프, 밸브 및 계기를 수동기기로부터 분리하여 설치함으로써 저방사선구역에서 이들 기기의 운전 및 정비 시 방사선피폭이 최소화되도록 하였다. 제어반은 저방사선구역(방사선구역 1, 2 및 3)에 설치되어 있다.

방사선관리구역내 작업공간에는 작업자들이 활동 할수있도록 충분한 여유공간이 제공되고, 작업자들이 저방사선구역에서 대기할 수 있도록 전용으로 설계되어 있다.

1

방사성계통 내의 탱크, 탈염기, 여과기 등 수동기기들은 차폐된 격실에 설치되어 있다.

방사성 격실의 출입구를 통한 방사선 흐름에 의하여 접근가능구역의 방사선준위가 제한치를 초과할 가능성이 있는 경우, 방사성 격실에는 미로형 차폐 출입구 또는 차폐문이 설치되어 있다. 여과기 및 탈염기와 같은 고방사능 기기는 차폐 플러그가 설치된 완전히 격리된 차폐격실 내에 설치되어 있다. 밸브, 펌프, 수동기기 및 제어반의 일반적인 배치방법은 그림 12.3-1에 제시되어 있다.

일상적인 가동중검사가 요구되는 검사부위는 가동중검사 시 작업자의 방사선피폭을 최소화하기 위하여 적절히 차폐된 저방사선구역에 설치되어 있다. 비방사성계통의 일상검사 시 방사선피폭을 적절히 제어하기 위하여 비방사성계통을 가능한 한 방사성계통과 분리하여 설치한다. 장시간의 일상검사가 요구되고 영구차폐체 설치가 불가능할 경우 임시차폐체 설치를 위한 적절한 설치공간이 제공되어 있다.

나. 밸브

밸브는 가능한 한 별도의 밸브실에 설치하며 밸브실에는 방사선방호를 위한 차폐된 출입구가 설치되어 있다. 밸브실은 가능한 한 개별기기와 관련된 배관 및 밸브들이 주변의 다른 기기들로부터 분리, 설치되도록 설계되며 방사능 누

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

설을 제한하기 위하여 바닥 배수설비가 설치되어 있다. 콘크리트 바닥에는 제염이 용이하도록 연화표면 도장이 시행된다. 밸브들에 대한 ALARA 설계특성들은 12.3.1.1.1절에 상세히 기술되어 있다.

다. 배관 및 덕트

모든 방사성 배관 및 덕트는 발전소 운전 및 정비요원의 방사선피폭이 최소화될 수 있도록 배치되고 차폐되어 있다. 각 배관은 발전소에 대한 방사선 영향을 평가하기 위하여 분석되며 덕트는 공기의 흐름이 공기 중 방사능이 낮은 구역에서 높은 구역으로 유지되도록 배치되어 있다. 배기 덕트의 관통부는 12.3.2.5절 “마”항에 제시된 관통부 설계요구조건이 만족되도록 설치되고 차폐되었다. 일반적으로 배관은 덕트에 비해 고준위 방사성물질을 이송하기 때문에 배관 배치 및 설치 시 방사선방호 측면에서 더욱 상세하게 고려되며 신월성 1,2호기 설계 시 다음과 같은 배관배치 지침이 적용되었다.

- 1) 방사성물질을 이송하는 배관은 차폐된 배관로에 설치되거나 배관의 방사선준위가 배관이 설치되는 구역의 방사선준위와 같거나 낮은 구역에 설치되어야 한다. 저방사선구역에 방사성배관이 설치되는 것은 가능한 한 피해야 한다.
- 2) 밸브 및 계기는 가능한 한 방사성배관로에 설치되지 않으며 배관로에는 배관로 주변에 위치하는 기기와 연결되는 배관만이 배치되어야 한다.
- 3) 배관로의 차폐벽은 배관로에 설치되는 배관에 의해서만 관통되어야 한다.
- 4) 방사성 및 비방사성 배관은 방사선피폭을 최소화하기 위하여 가능한 한 분리되어 배치되어야 한다. 방사성배관은 적절한 방사선관리구역 내로 배치되며 정상운전 시 유체의 유동이 없거나 구경이 작은 분기 배관은 주배관의 수평중간선 상부에 연결되어야 한다.
- 5) 정비작업이 필요한 경우, 방사성배관 및 관련기기의 격리와 배수를 위한

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

설비가 제공되어 있다. 배관은 저점부위(low point)와 사관(dead leg)이 최소화되도록 설치되며 저점부위와 사관 부위에는 배수설비를 설치하였다. 또한 배수를 촉진하고 부식생성물의 침적을 방지하기 위하여 배관은 경사지게 배치되어야 한다.

- 6) 공정배관 내의 부식생성물 침적을 방지하기 위하여 급격한 굴곡, 사관 및 트랩수 등이 최소화되도록 하였다. 특히 수지 슬러리 및 슬러지를 이송하는 배관의 경우 빈번하고 급격한 배관방향의 변화는 가능한 한 최소화되도록 하였다. 직경이 5.08 cm (2 in) 보다 큰 배관에는 부식생성물의 침적을 방지하기 위하여 소켓 용접과 백킹링을 사용하는 용접을 가능한 피하도록 하며, 수지슬러리 및 슬러지 이송 배관은 직경 5.08 cm (2 in) 이상이 되도록 하였다.
- 7) 저방사선구역에 설치되는 저방사성 배관은 운전 및 정비요원의 방사선 피폭이 최소화될 수 있도록 설치되어야 한다. 상기 배관은 가능한 한 바닥으로부터 3.048 m (10 ft) 이상되는 위치에 배치하며 일반접근구역, 갤러리 또는 높은 위치에 있는 작업구역에는 배치되지 않도록 한다. 그랩시료를 채취하는 방사성시료 배관은 그랩시료가 저방사선구역에서 채취될 수 있도록 배치되어야 한다.

라. 계기

계기의 판독장치, 압력스위치, 바이스테인블 장치, 인버터, 제어장치 등과 같은 출력장치들은 계기판독 및 정비 시 가능한 한 작업자의 방사선피폭이 최소화될 수 있는 장소에 설치되어 있다.

계기의 출력 및 제어장치는 가능한 한 방사선준위가 낮은 구역에 설치되며 계기 판독장치는 계기의 정확도 및 정밀도 등과 같은 다른 설계요건이 허용하는 한 작업자의 방사선피폭이 최소화될 수 있는 위치에 설치되어 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

계기 판독장치는 판독에 필요한 시간과 방사선피폭이 최소화될 수 있도록 설계 및 설치되어 있다. 계기 판독장치의 설치 시 방사선피폭을 ALARA로 유지하기 위하여 다음과 같은 사항들이 고려되었다.

- 1) 접근이 용이한 구역에 설치하였다.
- 2) 시차 보정장치를 사용하고 용이한 관측을 위하여 적절한 높이에 설치하였다.
- 3) 판독이 용이한 방향으로 설치하였다.
- 4) 판독이 용이한 아라비아 숫자와 관측이 용이한 지시자 및 바늘을 사용하였다.
- 5) 판독에 사용되는 배율기의 사용을 최소화하거나 사용하지 않았다.
- 6) 조명상태가 양호한 위치에 설치하였다.

계기 및 계기판독장치의 설치위치는 방사선흐름 현상과 배관, 덕트, 여과기 및 기기 내에 누적된 방사성물질에 의해 국부적으로 고방사선준위가 형성되는 지점을 피하여 선정되었다. 원격 판독장치가 설치된 방사선감시장비는 가능한 작업자가 정상적으로 접근할 수 있는 구역에 설치되어 있다.

고방사성 공정 배관에 사용되는 계기감지용 배관에는 배관 내에 존재하는 방사성물질에 의한 방사선피폭을 방지하기 위하여 가능한 한 격막 밀봉체가 사용되었다. 계기와 감지용 배관의 연결부는 부식생성물 및 방사성기체의 누적을 방지할 수 있도록 설계되어 있다.

마. 관통부

대형 관통부에는 관통부를 통한 방사선흐름 현상을 최소화하기 위하여 적절한 차폐체가 제공되며 방사선원과 접근가능구역 사이에 설치되는 대형 관통부는 오프셋(offset) 형태로 설계되어 있다. 만일 오프셋 설계가 불가능할 경우, 관

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

통부에 의한 방사선피폭을 최소화하기 위하여 관통부는 바닥에서 가능한 한 높은 위치에 설치되어 있다. 모든 관통부는 가능한 한 차폐벽과 동일한 차폐 효과를 갖는 밀봉재질로 밀봉되어 있다. 12.3.2.5절 “마”항에는 차폐벽에 설치되는 관통부에 대한 설계기준이 제시되어 있다.

12.3.1.4 방사선구역 분류 및 출입통제

12.3.1.4.1 정상운전 시

발전소 내부 및 옥외 구역에 대한 출입은 방사선구역 분류 및 출입통제 기준에 따라 통제된다. 발전소의 정상운전 시 작업자는 복합건물을 통하여 방사선관리구역으로 출입한다. 작업자의 출입경로는 그림 12.3-2에 제시되어 있다. 모든 발전소 구역은 예상 방사선준위와 작업자의 예상 체류시간에 준하여 특정 방사선구역으로 분류된다. 작업자의 방사선 피폭이 ALARA로 유지되고 원자력안전법 시행령의 선량한도 요건 및 10 CFR 20의 규제요건을 만족될 수 있도록 발전소 내 모든 건물의 개별 격실, 통로 및 배관로는 정상운전 및 운전정지기간 동안 예상되는 방사선원에 대하여 방사선방호 관점에서 분석된다. 방사선구역은 방사선원 또는 방사선이 투과되는 표면으로부터 30 cm 이격된 지점에서의 최대 방사선준위와 체류기준에 근거하여 설정되며 정상운전 시 적용되는 방사선구역 분류 기준은 표 12.3-1에 제시되어 있다.

상기 방사선구역 분류기준에 따른 발전소의 정상운전 시 방사선구역도는 그림 12.3-3, 그림 12.3-4, 그림 12.3-5 및 그림 12.3-15에 제시되어 있다.

접근통제구역에 대한 출입 및 허용 체류시간은 작업자의 방사선피폭을 원자력안전법 시행령의 선량한도 이하로 유지하기 위하여 발전소 방사선안전관리원에 의해 통제된다.

방사선구역 1은 일반관리구역으로서 구역 내 방사선감시가 필요한 지역에 대해 주기적으

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

로 방사선 준위를 측정하고 필요 시 접근을 통제한다.

격실 출입구는 12.3.2절에 제시된 차폐설계 요건이 만족되고 격실 출입이 허용될 수 있도록 설계되어 있다. 가장 빈번히 사용되는 방사성 격실의 출입구는 미로형 구조를 가지며, 미로형 출입구의 중요한 설계특성은 그림 12.3-6에 제시되어 있다. 그 다음으로 많이 사용되는 격실 출입구는 제거 가능한 해치 또는 플러그이며, 전형적인 바닥 해치의 구조는 그림 12.3-7에 제시되어 있다. 제거 가능한 콘크리트 차폐벽은 필요 시 기기의 정비 및 제거를 위하여 사용된다. 미로형 출입구의 천장들은 주변에 설치되는 계단, 갤러리 및 기타 체류구역을 방호하는 데 필요한 차폐의 크기를 결정하기 위하여 각각 평가된다.

12.3.1.4.2 사고 시

방사선 차폐의 추가적인 기능은 사고 시 사고를 완화하고 종결하기 위하여 설계기준사고 기간 동안 접근필수구역의 접근 및 체류를 보장하는 것이다.

원자력안전법 시행령, 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제25조 및 10 CFR 50, 부록 A의 일반설계기준 19는 다음과 같이 요구하고 있다. “사고조건하에서 전신에 대하여 50 mSv 또는 신체의 일부에 대하여 이와 동등한 선량을 초과하지 않고 사고기간 동안 주체어 실의 접근 및 체류가 보장되도록 적절한 방사선방호가 제공되어야 한다”.

NUREG-0737에는 설계기준사고 후 접근필수구역에 대한 선량한도를 설정하기 위한 추가적인 지침이 제시되어 있다.

가. 설계기준사고 후 방사선구역 분류

사고 후 방사선구역도는 설계기준사고의 방사선원과 사고 시나리오(예 : 대형 냉각재상실사고), 발전소 내의 배관, 기기 및 차폐체의 배치에 근거하여 작성되며 사고 후 발전소 내 방사선 환경을 표시한다. 이 방사선구역도는 사고발

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

생 후 경과시간대에 따라 작성되었다. 경과시간대는 방사능의 일시적 거동이 충분히 표시될 수 있도록 설정되었다. 일반적으로 사고 경과시간대는 1시간, 1일 및 1주로 구분되며 단기 비상사태를 분석하는 데 중요한 역할을 한다. 설계기준사고 후 방사선구역 분류기준은 표 12.3-2에 제시되어 있으며 설계기준 사고 후 원자로건물 및 보조건물에 대한 방사선구역도는 그림 12.3-8에서 12.3-13에 제시되어 있다.

나. 접근필수구역의 정의 및 지정

NUREG-0737, II.B.2에는 사고를 완화하고 종결하기 위하여 운전원의 체류가 요구되는 구역을 접근필수구역으로 정의하고 있으며 주제어실, 비상기술지원실, 시료채취실 및 시료분석실을 접근필수구역으로 분류하도록 규정하고 있다. 또한 추가 접근필수구역을 결정하기 위한 분석대상에는 대형 냉각재상실사고 후 원자로건물 격리 재설정 제어구역, 비상노심냉각계통 수동작동구역, 모터제어반 구역과 계전반, 비상전원 공급, 안전센터 및 방사성폐기물계통 제어반이 설치된 구역 등이 포함되도록 규정하고 있다. 상기 구역이 접근필수구역으로 지정되지 않을 경우, 이 구역에 대한 사고 후 선량평가는 수행되지 않는다.

신월성 1,2호기의 접근필수구역은 다음과 같다.

- 1) 주제어실
- 2) 비상기술지원실
- 3) 사고 후 시료채취구역
- 4) 사고 후 시료준비 및 분석 구역

정지냉각열교환기실, 저압안전주입펌프실 및 고압안전주입펌프실은 설계기준사고 동안 사용되는 주요 비상노심냉각계통기기실들이다. 상기 기기실들 및 이

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

기기실들의 주변구역도 접근필수구역이 아니다. 이 기기실들의 내부 및 외부에 위치하는 모든 안전성관련 기기들은 예상 설계기준사고 조건을 만족할 수 있도록 설계 및 검증되었다. 이 기기들은 접근필수구역과 이 구역에 대한 접근로는 그림 12.3-14에 제시되어 있다.

다. 접근필수구역 설계요건

접근필수구역에 대한 방사선방호 설계요건은 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제25조 및 NUREG-0737, II.B.2에 제시되어 있다. 이 설계요건에 의하면 접근필수구역에 체류하는 운전원에 대한 설계 방사선량은 원자력안전법 시행령 및 10 CFR 50, 부록 A의 일반설계기준 19에 규정된 선량한도 이하로 유지되어야 한다. 일반설계기준 19에는 사고기간 동안 전신에 대하여 50 mSv 또는 신체의 일부에 대하여 이와 동등한 선량을 초과하지 않도록 규정하고 있다. 접근필수구역에 체류하는 동안 체류요건이 고려되어야 한다. 사고기간 동안 연속적인 체류가 요구되지 않지만 필수활동(사고 후 시료채취 및 분석 등)을 위해 접근하여야 하는 접근필수구역에 대한 방사선피폭은 접근필수구역에 접근하고 체류하는 데 소요되는 시간 동안 또는 필수활동을 하는 데 소요되는 시간 동안 전신에 대하여 50 mSv 또는 신체의 일부에 대하여 동등한 선량을 초과하지 않아야 한다(NUREG-0737, II.B.2). 연속적인 체류가 요구되는 구역(주제어실 및 비상기술지원실)은 원자력안전법 시행령 및 일반설계기준 19의 선량요건을 만족시켜야 할 뿐만 아니라 설계기준사고 후 방사선량률이 30일 동안 평균 0.15 mSv/hr를 초과하지 않아야 한다.

신월성 1,2호기의 경우, 접근필수구역의 설계기준사고 후 선량률과 누적선량은 상기 방사선 피폭 요건을 만족한다. 요구되는 선량률 및 누적선량은 설계기준사고 후 방사선원이 존재하는 구역과 접근필수구역 사이에 설치되는 방사선 차폐(일반적으로 콘크리트)에 의해 주로 유지된다. 또한 설계기준사고 동안

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

공기 중 방사성물질의 흡입에 의한 내부선량을 제한하기 위하여 연속적인 체류가 요구되는 구역에는 공기 중에 존재하는 입자성 핵종 및 요오드 핵종을 제거하기 위한 환기계통(여과기 설치)이 설치되어 있다. 설계기준사고 동안 연속적인 체류가 요구되지 않는 접근필수구역의 호흡선량은 방독면 또는 독립적인 호흡장비의 사용을 통하여 제한된다.

NUREG-0718(개정 2), II.B.2에는 다음과 같이 규정되어 있다. “사업자는 (1) 사고의 결과로서 TID-14844 방사선원을 가질 것으로 예상되는 계통의 주변구역에 대하여 방사선차폐 설계검토를 수행하여야 하며 (2) 중요 구역에 대한 적절한 접근을 허용하고 방사선 환경으로부터 안전성관련 기기를 보호하는 데 필요한 발전소 설계변경을 시행하여야 한다. 사업자는 가능한한 예비설계자료를 제공하여야 하며 새로운 설계가 도입될 경우 사업자는 선택된 설계개념과 이를 입증하는 설계기준 및 요건을 상세히 기술함으로써 본 문서에 규정된 설계요건을 만족함을 보일 수 있는 포괄적인 자료를 제공하여야 한다.”

모든 접근필수구역 또는 접근로에 대한 설계기준사고 후 상세 선량계산 결과는 이들 구역의 선량률 및 선량요건을 잘 만족하고 있다.

라. 접근필수구역 접근성

1) 주제어실

주제어실은 설계기준사고 동안 운전원의 연속적인 체류가 요구되므로 설계선량률은 30일 동안 평균 0.15 mSv/hr를 초과하지 않도록 설계되어야 한다. 주제어실에 대한 접근은 복합건물을 통하여 이루어지며 주제어실의 위치와 접근로는 그림 12.3-14에 제시되어 있다. 사고 후 주제어실에 대한 선량평가 결과는 선량률 및 선량요건을 만족한다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

2) 비상기술지원실

비상기술지원실은 설계기준사고 동안 연속적인 체류가 요구되므로 설계 선량률은 30일 동안 평균 0.15 mSv/hr를 초과하지 않도록 설계된다.

비상기술지원실은 신월성 1,2호기의 복합건물에 위치한다. 전술한 바와 같이 복합건물은 보조건물 옆에 위치하며 보조건물보다 원자로건물로부터 멀리 위치한다. 따라서 설계기준사고 후 보조건물 및 원자로건물에 존재하는 방사선원에 의한 비상기술지원실의 직접선량 및 선량률은 상기 방사선원에 의한 주제어실의 직접선량 및 선량률에 비해 상대적으로 매우 작다. 비상기술지원실에 영향을 미치는 주요한 설계기준사고 후 방사선원은 비상기술지원실 외부에 형성된 방사능 구름과 비상기술지원실 내부 공기 중에 존재하는 부유 방사성물질이다. 방사능 구름에 존재하는 방사성물질은 여과되지 않고 원자로건물로부터 환경으로 누출되어 형성된 것과 환경으로 방출되기 이전 비상노심냉각계통기기실 공기조화계통의 활성탄흡착기 및 고효율입자여과기에 여과되어지는 비상노심냉각계통기기의 방사능 누출에 의해 생성된다. 외부에서 유입되는 공기 및 내부 공기는 비상기술지원실에 설치된 공기조화계통의 활성탄흡착기 및 고효율입자여과기에 의해 여과된다. 비상기술지원실은 외부의 방사능 구름으로부터의 직사 방사선원을 적절히 차폐할 수 있도록 설계된다. 비상기술지원실은 설계기준사고 후 방사선량률이 30일 동안 평균 0.15 mSv/hr를 초과하지 않도록 설계되며 비상기술지원실의 위치 및 접근로는 그림 12.3-14에 제시되어 있다.

3) 사고 후 시료채취, 준비 및 분석구역

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

설계기준사고 동안 사고 후 시료채취, 준비 및 분석구역에는 비정기적인 접근만이 요구되며 연속적인 체류는 요구되지 않는다. 이 구역들은 복합 건물에 위치한다.

이 구역들은 원자로건물 및 보조건물 내에 존재하는 설계기준사고 후의 방사선원에 의한 선량률 및 선량이 설계한도 이하로 유지될 수 있도록 이 구역들과 방사선원 사이에 충분한 콘크리트 차폐체가 설치되어 있다. 시료채취 작업 시의 선량률 및 선량요인은 시료채취 배관 내에 존재하는 사고 후 방사선원이다.

NUREG-0737, II.B.3에는 작업자의 방사선피폭이 전신에 대하여 30 mSv/hr 또는 손과 발에 대하여 18.75 mSv/hr를 초과하지 않고 사고 후 1 시간 이내에 시료를 채취하도록 규정하고 있다. 이 요건을 만족하기 위하여 시료채취 배관 주위에는 충분한 차폐체가 설치되며 설계기준사고 후 시료채취 작업 동안 시료채취실 내 접근가능구역의 방사선량률을 1 mSv/hr 이하로 유지한다.

시료채취싱크의 차폐는 싱크 공급자에 의해 제공된다. 일반적으로 시료채취 싱크의 앞면은 차폐용 납으로 차폐된다. 시료채취 작업 동안 시료채취 배관 및 시료채취싱크에 의한 방사선량률을 1 mSv/hr 이하로 유지함으로써 이 작업 동안의 방사선피폭은 시료채취 및 분석작업 시 허용되는 전신 50 mSv의 선량한도에 대하여 작은 비율로 제한된다.

시료채취, 준비 및 분석작업 시 사고 후 방사선량에 기여하는 주요한 기타 피폭요인은 시료취급 작업 시의 피폭과 보조건물 및 복합건물 내에 존재하는 공기 중 방사선원에 의한 피폭이다. 상기 방사선원으로 인한 선량의 상세분석 결과 시료취급 작업 시 선량요건을 만족하고 있다. 사

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

고 후 시료취급 작업 시의 선량률과 누적선량은 차폐된 운반용기, 원격 시료취급장비 등의 사용 및 개인 방사선방호용구의 착용에 의해 최소화 될 수 있다. 사고 후 시료채취실과 분석구역의 위치 및 접근로는 그림 12.3-14에 제시되어 있다.

12.3.2 차폐 설계

발전소의 차폐설계는 설계선량률과 설정된 설계요건에 따라 수행되었다. 차폐설계 방법은 12.2절에 기술된 방사선원과 설계요건에 근거하여 결정되었다.

12.3.2.1 일반 차폐설계 기준

방사성 유체를 취급하는 대부분의 기기는 차폐가 요구되며 차폐체 두께는 기기의 예상운전조건, 설계선량률 및 차폐체 재질에 근거하여 결정된다. 신월성 1,2호기의 차폐설계는 작업자 및 일반인의 선량한도를 권고, 규정하고 있는 원자력안전법 시행령 및 10 CFR 50의 권고 및 규제요건을 만족하도록 수행된다. 주제어실과 원자로건물 일차차폐는 안전성관련 차폐이며 10 CFR 50, 부록 A의 일반설계기준 19 및 원자력안전법 시행령의 선량한도 요건을 만족하도록 설계된다.

개인, 기기 및 재질에 대한 방사선방호는 주로 발전소 차폐설계에 달려 있다. 방사선차폐는 방사선 감쇠의 수동방호 기능을 가지며 방사선원과 작업자 또는 방호가 요구되는 기기 및 재질사이에 설치되는 차폐체로 구성되어 있다. 차폐계통은 발전소에서의 방사선 준위가 원자력안전법 시행령의 작업자 선량한도 요건을 만족시킬 뿐만 아니라 ALARA로 유지될 수 있도록 설계 및 설치되어 있다. 이 목적을 적절히 달성하기 위해 설정된 설계 선량률은 12.3.1.4절에 기술되며 표 12.3-1에 제시되어 있다.

차폐는 정상운전, 예상운전과도사건 및 설계기준사고와 관련된 각종 방사선원과 환경조건

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

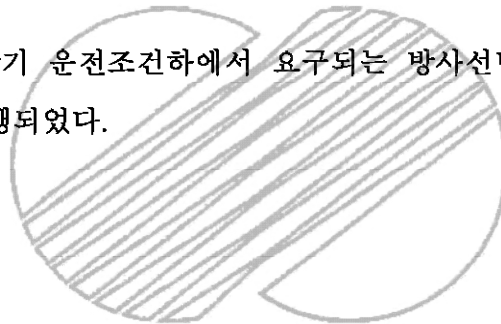
하에서 발전소 수명기간 동안 방사선방호 기능을 적절히 수행할 수 있도록 다음과 같이 설계되어 있다.

가. 정상운전 조건

차폐설계 시, 일반적으로 예상운전과도사건을 포함한 정상운전 조건이 고려되며 정상운전에는 다음과 같은 2가지 운전모드가 고려된다.

- 1) 예상운전과도사건을 포함한 원자로의 정상출력운전
- 2) 재장전작업을 포함한 원자로의 정상운전정지

차폐설계는 상기 운전조건하에서 요구되는 방사선방호 기능을 제공하기 위하여 적절히 수행되었다.



나. 사고 조건

차폐설계는 15장에 정의된 예상 설계기준사고하에서 운전요원 및 일반대중에 대하여 적절한 방호기능을 제공할 수 있도록 수행되었다.

1) 주제어실 거주성

주제어실은 원자력안전법 시행령 및 10 CFR 50, 부록 A의 일반설계기준 19에 규정된 설계요건에 준하여 설계되며 예상 설계기준사고가 발생한 후 사고기간 동안 이 구역의 접근 및 체류 시 피폭되는 선량을 포함하여 전신에 대하여 50 mSv 또는 신체의 일부에 대하여 이와 동등한 선량이 초과되지 않도록 차폐된다. 주제어실의 방사선 차폐설계는 설계기준사고에 의한 예상 방사선환경에 근거하며 주제어실의 설계는 6.4.2.5절에 기술되어 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

2) 소외선량

사고 시 발전소 내에 존재하는 방사선원에 의한 제한구역경계에서의 선량이 10 CFR 100.11과 표준심사지침 15장에 규정된 선량한도 이하로 유지되도록 차폐 설계된다.

다. 내진 및 안전등급 분류

발전소 구조물은 내진범주 요건이 만족되도록 설계되었다. 차폐벽은 방사선 방호요건 및 구조적 설계요건(구조적 건전성, 하중지지 능력 등)에 준하여 내진 범주 I급, II급 또는 III급으로 설계되었다. 원자로건물의 일차차폐체, 주제어실의 차폐벽 및 사용후연료저장조의 차폐벽 등은 내진범주 I급으로 설계되었다.

라. 기기 및 구조물 방호

차폐설계는 기기 및 구조물을 방호하기 위하여 아래와 같은 기능을 수행한다.

- 1) 방사선에 의한 콘크리트 구조물 내의 열생성 제한
- 2) 중성자에 의한 기기의 방사화 방지
- 3) 기기 및 재질에 대한 방사선량 제한

마. 정비, 검사 및 시험 고려사항

정비, 검사 및 시험이 요구되는 기기가 설치되는 구역에는 적절한 접근과 충분한 체류시간을 보장하기 위하여 차폐가 제공된다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.3.2.2 일반 차폐설계 내용

모든 발전소 구역에는 직사 및 산란 방사선준위가 해당 방사선구역의 선량률 한도 이하로 유지될 수 있도록 적절한 차폐가 제공된다. 발전소 구역에 대한 차폐기준은 설계단계에서 결정되었다. 관통부 설계는 규제지침서 8.8에 제시된 차폐기준을 적용하며 12.3.2.5 절 “마”항에 상세히 기술되어 있다.

발전소 차폐에는 대부분 밀도가 $2,324 \pm 80 \text{ kg/m}^3$ ($145 \pm 5 \text{ lb/ft}^3$)인 일반 콘크리트가 사용된다. 타설용 콘크리트 대신에 콘크리트 블럭 또는 다른 차폐재질이 사용될 경우, 선택된 차폐재질이 타설용 콘크리트와 동일한 차폐기능을 수행할 수 있도록 설계되었다. 콘크리트에 의한 방사선 차폐설계는 부록 1A의 규제지침서 1.69에 준하여 수행되었다. 사용후연료 이송 및 저장구역의 상부에 대한 차폐를 위하여 물이 일차적인 차폐재질로 사용된다.

가. 원자로건물 차폐설계

원자로 가동기간 동안 원자로건물은 원자로냉각재계통의 기기에서 발생하는 방사선으로부터 원자로건물의 내부 및 외부에 체류하는 작업자를 방호한다. 원자로건물의 콘크리트벽은 원자로용기의 차폐벽과 증기발생기 및 가압기 격실의 차폐벽과 함께 원자로건물 외부 옥외구역에서의 방사선량률을 $1.0 \mu\text{Sv/hr}$ 이하로 유지한다.

| 1

설계기준사고 시, 원자로건물은 건물 내에 존재하는 핵분열생성물로부터 주체어실에 미치는 방사선 영향이 원자력안전법 시행령 및 10 CFR 50, 부록 A의 일반설계기준 19에 규정된 사고 시 선량한도 이하로 유지될 수 있도록 설계되어 있다.

| 1

원자로건물벽에 작업자출입구, 장비만입구 또는 관통부가 설치될 경우, 정상운

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

전 및 운전정지기간 동안 원자로건물 외부에서의 방사선준위가 허용된 방사선 준위 이하로 유지되고 설계기준사고 동안 10 CFR 50 및 10 CFR 100.11에 규정된 사고 시 선량한도 이하로 유지되도록 필요 시 추가적인 차폐가 제공된다.

나. 원자로건물 내부 차폐설계

원자로 가동기간 동안 원자로건물 내부는 고방사선구역으로 정상적인 출입이 허용되지 않는다. 주요한 방사선원은 원자로용기, 증기발생기, 가압기, 원자로 냉각재펌프 및 관련 배관 등 원자로냉각재계통의 기기들이다. 원자로용기는 두께가 약 213.36 cm (7 ft)인 원자로공동 콘크리트 차폐체(일차차폐체) 및 두께가 약 121.92 cm (4 ft)인 이차차폐체에 의해 차폐된다. 일차차폐체 내의 과다한 열생성 및 탈수현상에 의한 차폐 및 구조적 기능의 저하를 방지하기 위하여 공기에 의한 일차차폐체의 냉각이 가능하도록 공기냉각설비가 제공된다. 전출력운전 시의 원자로 노심에 대한 차폐해석에는 ANISN 전산프로그램(참고 문헌 1)이 사용되었다. ANISN 전산프로그램은 노심, 원자로용기 및 관련 설계자료들을 입력으로 사용하며 일반적으로 적용되는 노심물리와 수송이론에 의한 해석방법을 사용한다. 일차차폐체의 차폐해석에는 발전소 가동초기의 전출력 노심과 DCL-175/BUGLE-93 단면적 자료(참고문헌 2)가 사용되며 노심 내장품, 원자로공동의 공기갭, 차폐두께 등의 상세설계자료가 보수적으로 계산 모델에 적용된다.

원자로 플랜지 주변의 원자로공동을 통한 산란중성자 및 감마선의 누설을 최소화하기 위하여 이중의 콘크리트 차폐 플러그가 설치되어 있다. 원자로공동 설계 시, 가동중검사 및 구역 배기요건 등 원자로공동의 설계 고려사항들이 설계에 반영된다.

이차차폐체는 배관, 펌프, 증기발생기, 가압기 등 원자로냉각재계통의 기기 주

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

위에 설치되는 콘크리트 구조물이다. 이차차폐체는 원자로냉각재 내의 방사화 생성물과 핵분열생성물에 의해 발생하는 감마선으로부터 작업자를 보호하며 일차차폐체를 통과한 중성자 및 감마선을 차폐함으로써 일차차폐체를 보조하며 전출력운전 동안 원자로건물 내부로 작업자의 제한된 접근이 허용되도록 설계되어 있다.

화학 및 체적제어시스템의 일부 기기들은 정상운전 시 고방사선구역인 원자로건물 내부의 차폐된 격실에 설치되어 있다. 재생열교환기 및 원자로배수탱크가 여기에 포함되며 이 기기들에 대한 차폐설계는 차폐 방사선원(12.2.1절 참조)에 근거하여 주변구역의 접근 및 방사선구역 분류기준을 만족할 수 있도록 수행되었다.

운전정지 후의 방사선량률은 원자로건물 내의 위치에 따라 다르며 $5\mu\text{Sv/hr}$ 에서 10mSv/hr 정도가 될 것으로 예측된다. 이 방사선량률은 핵분열생성물, 중성자에 의한 방사화생성물 및 원자로냉각재계통 내부의 부식생성물에 기인한다.

재장전기간 동안 주요한 방사선원은 사용후연료이다. 재장전수조 주변구역은 사용후연료로부터의 방사선을 주변구역에 설정된 방사선준위 이하로 저감하기 위하여 적절히 차폐되며 핵연료취급 작업 동안 사용후연료집합체 상부의 차폐를 위하여 물이 사용된다. 핵연료이송튜브의 주변지역에는 사용후연료의 이송 작업 동안 사용후연료에 의한 방사선영향을 방지하기 위하여 차폐체가 설치된다.

다. 보조건물 및 복합건물 차폐설계

화학 및 체적제어계통, 정지냉각계통, 사용후연료저장조 냉각 및 정화계통과 일차시료채취계통의 기기 및 배관 주변에는 기기들의 주변구역에 대한 방사선

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

구역 분류 및 접근기준을 만족하기 위하여 충분한 차폐가 제공되는 데 해당 기기 및 배관은 다음과 같다.

- 1) 유출수열교환기 및 배관
- 2) 정화, 수용 전 및 붕소제거 이온교환기
- 3) 체적제어탱크
- 4) 충전펌프 및 배관
- 5) 정지냉각열교환기
- 6) 저압안전주입펌프
- 7) 기기배수탱크 및 원자로배수펌프
- 8) 화학 및 체적제어계통 이온교환기 및 여과기
- 9) 사용후연료저장조 냉각 및 정화계통 이온교환기와 여과기
- 10) 화학 및 체적제어계통 탈기기
- 11) 붕소측정기
- 12) 공정방사선감시기
- 13) 붕산농축기
- 14) 붕산응축수 이온교환기
- 15) 충전펌프 최소유량 열교환기
- 16) 일차시료채취계통 밸브 및 냉각기

차폐설계는 12.2.1절에 제시된 설계기준 방사선원 조건하에서 기기가 운전된다는 가정을 기초로 하여 수행된다.

복합건물 내 방사선구역은 주변에 설치되는 방사성기기에 따라 방사선구역 2에서 8까지 다양하다. 통로는 방사선구역 2의 설계기준이 만족되도록 차폐되며 수동밸브의 운전구역은 방사선구역 3의 설계요건으로 제한된다. 빈번한 작동이 요구되는 교방사선구역 내의 밸브의 운전을 위해 가능한 방사선구역 2

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

또는 3의 구역에 원격 조작봉을 설치한다.

기기의 정비, 교체와 폐여과기 카트리지의 교체작업을 위하여 제거가능한 콘크리트 슬랩 또는 플러그가 설치된다. 격실 내 기기 사이에 설치되는 영구 및 임시차폐체는 방사선원으로부터 격실 내에 체류하는 정비요원의 방사선방호를 위하여 제공된다.

원자로 운전정지 후, 정지냉각시스템의 펌프 및 열교환기는 원자로에서 발생하는 잔열을 제거하기 위하여 작동된다. 정지냉각 운전 동안 이 시스템 주변의 방사선준위는 원자로냉각재 내의 부식생성물 및 핵분열생성물에 의해 일시적으로 고방사선구역 이상의 준위로 상승한다. 정지냉각 운전 동안 이 시스템이 설치된 주변지역의 방사선구역 분류기준을 만족하기 위하여 이 시스템의 주변에는 적절한 차폐체가 제공된다.

방사성폐기물시스템의 기기 및 배관 주변에는 기기의 주변구역에 대한 방사선구역 분류 및 접근기준을 만족하기 위하여 충분한 차폐가 제공되는 데, 해당하는 기기 및 배관은 다음과 같다.

- 1) 폐기물수집탱크 및 펌프
- 2) 감시탱크
- 3) 폐기물 역삼투압설비
- 4) 폐기물 이송기기
- 5) 폐기물 저장구역
- 6) 폐기물 배관
- 7) 여과기 및 탈염기
- 8) 폐수지장기저장탱크
- 9) 기체방사성 폐기물시스템 모관배수탱크

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

10) 기체방사성 폐기물계통 활성탄보호베드 및 지연베드

11) 화학폐기물탱크 및 펌프

차폐설계는 12장에 제시된 차폐 방사선원 조건하에서 기기가 운전된다는 가정을 기초로 하여 수행되었다.

기기의 정비, 교체 및 폐필터의 교체작업을 위하여 제거 가능한 콘크리트 블럭 및 플러그가 사용되며 여러 개의 기기가 설치되는 격실 내에는 정비작업 동안 피폭선량을 저감하기 위하여 임시차폐체의 사용이 고려된다.

라. 핵연료건물 차폐설계

핵연료이송조, 사용후연료저장조, 사용후연료 캐스크 적재조 및 제염조의 차폐벽은 차폐벽 외부에 있는 모든 접근가능구역의 방사선준위가 방사선구역 2의 기준을 만족하도록 충분한 두께로 설치되었다. 건물외벽은 건물 외부구역이 방사선구역 1의 기준을 만족하도록 설계되었다.

사용후연료저장조의 물은 사용후연료 이송 및 저장구역 상부에 있는 핵연료 취급구역에 대한 차폐기능을 수행하며 핵연료취급기기가 설치되는 구역의 방사선준위는 정상운전 및 핵연료취급 작업 동안 0.025 mSv/hr로 제한된다. 사용후연료저장조로부터의 방사선량률은 사용후연료저장조 냉각 및 정화계통의 운전과 핵분열생성물의 붕괴에 의해 제어된다. 사용후연료저장조 냉각 및 정화계통(9.1.3절)의 차폐는 12.2.1절에 제시된 설계기준 방사선원과 주변구역의 접근 및 방사선구역 분류기준에 근거하여 설계되었다. 사용후연료저장조 냉각 및 정화계통의 기기 중 차폐가 제공되는 기기는 열교환기, 펌프 및 관련 배관이다(여과기 및 이온교환기는 복합건물에 위치한다).

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

마. 터빈건물 차폐설계

터빈건물 내에 설치되는 대부분의 공정기기들에는 방사선차폐가 요구되지 않으며 터빈건물의 모든 구역은 정상적으로 방사선구역 1로 분류된다. 증기발생기에서 2차측으로 과도한 방사선 누출이 발생할 경우를 대비하여, 복수탈염제통의 탈염기 주변구역에는 차폐체가 설치되었다.

바. 주 제어실 차폐설계

주 제어실과 원자로건물과의 배치관계는 그림 12.3-14에 제시되어 있다. 주 제어실은 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 10 CFR 50, 부록 A의 일반 설계기준 19에 규정된 규제요건에 준하여 차폐설계되며 설계기준사고하에서 사고기간 동안 주 제어실의 접근 및 체류를 허용하고 모든 종류의 방사선원에 의한 전신선량이 0.05 Sv 이하로 유지되도록 설계되었다.

| 1

설계기준 냉각재상실사고는 15.6.5절에 기술되어 있다. 설계기준 냉각재상실사고 시 주 제어실에 체류하는 운전원의 피폭 방사선량을 분석할 때, 원자로건물 내부의 공기 중 방사능, 공기조화계통의 여과기에 수집된 핵분열생성물, 주 제어실 주위의 방사선원 등에 의한 직사 방사선원이 고려된다. 주 제어실의 거주성을 입증하기 위하여 규제지침서 1.4에 제시된 설계고려사항과 함께 다음과 같은 사항이 설계 시 고려되었다.

- 1) 원자로건물 외벽에 의한 차폐
- 2) 주 제어실의 벽 및 슬래브에 의한 차폐
- 3) 방사능 붕괴
- 4) 6.2.2.1절 및 6.5.2절에 기술된 요오드핵종 분포 및 원자로건물 살수에 의한 제거

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

원자로건물 내부구조물에 의한 차폐효과는 고려되지 않으며 공기조화시스템의 설계변수는 9.4.1절에 제시되어 있다.

사. 기타 발전소구역 및 옥외구역 차폐설계

방사성물질이 존재하는 모든 발전소 건물에는 건물 외벽에서의 방사선준위가 방사선구역 1의 기준 이하로 유지되도록 차폐가 제공된다. 발전소 옥외구역은 정상운전 및 운전정지 기간 동안 항상 작업자의 접근이 가능하도록 설계되었다.

옥외에 설치되는 방사성 탱크에는 탱크 구조물 표면의 방사선량률을 $1.0\mu\text{Sv/hr}$ 이하로 유지하기 위하여 차폐가 제공된다.

12.3.2.3 차폐 계산방법

개인, 기기 및 재질의 방사선피폭은 차폐설계 시 고려되는 다음과 같은 기본변수들의 함수이다.

- 가. 선원강도(기하학적 구조, 세기, 에너지)
- 나. 선원의 수, 기하학적 구조 및 자체흡수인자
- 다. 차폐체의 재질, 기하학적 구조 및 두께
- 라. 선원과 피폭체 사이의 거리

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

마. 피폭시간

바. 허용선량을 또는 선량

차폐체 두께는 발전소의 방사선구역 분류기준을 만족하도록 결정되며 발전소 작업자의 피폭을 최소화하기 위하여 방사선 차폐설계 시 연간 평균방사선원 대신에 12.2.1절에 제시된 발전소 운전조건하에서의 최대 기기방사선원이 사용되었다. 방사성기기 주변의 차폐벽 두께는 선원의 실제 기하학적 구조와 물리적 조건에 의해 결정되며, 방사선 차폐벽 두께 결정 시 방사선량 계산은 보수적으로 격실외벽에서 2.54 cm (1 in) 떨어진 지점에서 수행되었다.

감마선의 차폐해석 시 탱크, 열교환기, 여과기, 탈염기, 배관 및 원자로건물은 원통체적 선원으로 고려되며, ISOSHLD(참고문헌 3) 전산프로그램이 사용되었다. 이 전산프로그램은 점, 선, 구, 원통, 육면체 등 다양한 선원의 기하학적 모델에 대하여 감마선량률을 계산할 수 있으며 다양한 차폐체 재질에 대한 질량감쇠계수 및 누적인자가 이 전산프로그램에 내장되어 있다. 더욱 복잡한 기하학적 구조를 가진 선원에 대하여 감마선량률을 계산할 경우 QAD-G(참고문헌 4) 또는 QAD-CG 전산프로그램(참고문헌 6)이 사용되었으며 산란방사선의 차폐해석에는 GGG 전산프로그램(참고문헌 5)이 사용되었다. 일차차폐체 및 원자로공동 차폐해석에는 각각 ANISN 및 MCNP 전산프로그램이 사용되었으며 상기 전산프로그램의 기능은 표 12.3-3에 요약되어 있다.

12.3.2.4 상세 차폐설계 기준

설계 및 운전제어의 목적을 위하여 모든 발전소 구역은 작업자의 예상되는 접근 및 체류 기준에 준하여 분류되며 원자력안전법 시행령의 작업자의 선량한도에 근거하여 설계선량률이 설정된다. 각 구역의 선량률이 설계선량률을 초과하지 않도록 하기 위하여 각 구역에는 적절한 출입통제 형태와 연관하여 적절한 차폐가 제공된다. 신월성 1,2호기의 방사

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

선구역 분류 및 선량률의 범위는 표 12.3-1에 요약되어 있으며 방사선 차폐설계를 위하여 사용되는 발전소 방사선구역도는 건물별로 그림 12.3-3 및 그림 12.3-4에 제시되어 있다.

12.3.2.5 상세 차폐설계 내용

가. 차폐체 재질 및 시공방법

격실 차폐벽, 바닥 및 천장과 같은 차폐구조물은 주로 블럭 또는 현장 타설용 일반 콘크리트로 시공되었다. 콘크리트는 많은 물질들의 복합체이며 콘크리트의 종류에 따라 구성물질들의 구성비가 다르다. 방사선차폐에 사용되는 콘크리트는 원소들의 구성비에 따라 일반 또는 고밀도 콘크리트로 분류된다. 콘크리트 복합체의 설계, 콘크리트 차폐구조물의 건설, 타설된 콘크리트에 대한 적절한 품질보증방법들은 승인된 설계기준을 준수하였다.

나. 제거가능 차폐벽, 휴대용 차폐체 및 보상차폐

차폐체는 기기의 검사, 점검, 정비 및 교체에 필요한 작업자의 출입과 기기의 반출을 허용하기 위하여 제거될 수 있다. 제거가능 차폐벽은 기기정비 및 제거를 위하여 빈번한 출입이 요구되고 구역 내의 방사선준위가 외부구역에 대하여 과도한 영향을 유발할 수 있을 경우에 설치되며 차폐벽, 바닥 및 천정에 사용될 수 있다. 제거가능 차폐벽에는 조립용 콘크리트 패널과 차폐 해치 및 플러그의 두 가지 형태가 사용된다. 보상, 휴대 또는 임시차폐는 영구차폐가 불가능할 경우에 한하여 사용된다.

다. 가동중검사 및 정비

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

계통 및 기기는 검사, 시험 및 정비를 위한 작업자의 출입이 허용되도록 차폐 설계되었다. 차폐기능을 저하시키는 결함이나 갈라진 틈의 존재여부를 확인하기 위하여 건설기간 중에 차폐체에 대한 육안검사가 수행되었다.

라. 차폐두께

정상운전 시 최악의 조건하에서 또는 필요 시 사고조건하에서 구역의 방사선량률이 방사선구역 분류에 의해 설정된 설계선량률 이하로 유지될 수 있도록 차폐체 두께가 결정된다. 정상운전 시 최악의 조건은 12.2절에 기술된 바와 같이 최대 출력과 0.25 % 핵연료 손상률 및 탈기기 미운전 방식에 의한 방사선원을 의미하며 차폐두께의 결정 시 고려되는 설계변수들은 12.3.2.3절에 기술되어 있다.

마. 차폐벽 관통부 및 방사선흐름 비율

배관, 공기조화계통 덕트 및 개구부를 위하여 차폐벽에 설치되는 관통부는 작업자의 피폭을 최소화할 수 있도록 설계되어 있다. 운전 및 정비요원에 의해 빈번한 체류가 예상되는 구역으로의 방사선흐름이 최소화될 수 있도록 관통부의 위치 및 방향이 결정되었으며 관통부에 의한 과도한 방사선흐름과 국부 차폐능력의 감소를 보상하기 위하여 필요 시 보상차폐가 사용된다. 관통부 인접 지점에서의 선량률은 아래와 같이 허용된다.

- 1) 접근비통제구역(방사선구역 1)의 경우, 해당구역 설계선량률의 5배가 허용됨.
- 2) 접근통제구역(방사선구역 2 이상)의 경우, 관통부가 격실 바닥으로부터 상부 3.048 m (10 ft) 이내에 설치되는 경우에는 해당구역 설계선량률의 5배가, 관통부가 격실 바닥으로부터 상부 3.048 m (10 ft) 이상에 설치되는 경

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

우에는 해당구역 설계선량률의 10배가 허용됨

- 3) 설계선량률이 0.05 mSv/hr 보다 큰 접근통제구역(방사선구역 4 이상)의 경우, 관통부는 격실 바닥으로부터 3.048 m (10 ft) 이상에 설계함을 원칙으로 하되 바닥으로부터 3.048 m (10 ft) 이하에 위치하는 관통부에 대해서는 방사선흐름 비율이 위치마다 다르게 되므로 상세분석 후 관통부위치를 결정함.

차폐벽을 통과하는 관통부는 관통부 내 유체의 평균밀도가 관통되는 차폐체의 평균밀도보다 큰 경우를 제외하고는 방사선의 유로역할을 하게 된다. 방사선 흐름의 감쇠정도는 관통부의 기하학적 형태, 재질구성물, 선원의 특성에 따라 좌우된다.

방사선의 흐름으로 인한 방사선피폭을 최소화하기 위해 차폐벽 관통부의 위치 선정 시 다음의 지침을 준수하였다.

- 1) 불필요한 관통부를 차폐벽에 설치하지 않는다. 용수 및 급기를 위한 배관은 해당 격실 내 기기와 연결되지 않는 한 차폐된 격실을 관통하지 않도록 한다.
- 2) 관통부는 가능한 한 방사선원(예, 방사성물질을 함유하고 있는 용기나 배관)으로부터 멀리 위치하도록 한다.
- 3) 관통부는 가능한 다음의 위치에 설치한다.
 - 가) 기기실 상부 구석진 곳과 같이 차폐벽이 합치되는 지역
 - 나) 적어도 한면을 차폐할 수 있는 구조물(beam 또는 column) 부근
- 4) 관통부는 가능한 한 기기실 바닥으로부터 3.048 m (10 ft) 이상의 위치에 설치한다.
- 5) 관통부는 가능한 한 가장 얇은 차폐벽을 관통하도록 한다.
- 6) 관통부의 직경은 가능한 한 작게 한다. 전기관통부의 경우, 직경이 15.24

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

cm (6 in) 이상되는 슬리브나 도관의 사용은 피한다.

- 7) 공기조화계통의 덕트는 가능한 한 차폐벽을 관통하지 않도록 설치하며 차폐된 격실 출입구의 상부를 통과하도록 한다. 덕트가 차폐벽을 관통하는 경우 필요 시 별도의 차폐체를 설치한다.
- 8) 전기케이블이나 도관이 방사성 격실의 출입구 부근을 통과하는 경우에는, 차폐된 격실 출입구 위를 통과하는 덕트의 상부에 위치하도록 하고, 도관은 공기조화계통 댐퍼 옆 또는 미로형 격실 출입통로의 차폐벽을 따라 위치하도록 한다.
- 9) 모든 슬리브와 도관은 가능한 한 차폐 밀봉한다.
- 10) 두께가 91.4 cm (3 ft) 이상의 차폐벽을 갖는 고방사선구역으로의 대형 배관이나 덕트의 관통부는 오프셋 형태를 갖도록 설계한다. 특히, 덕트 관통부의 경우, 다른 적절한 차폐방법이 사용되지 않을 경우 오프셋 형태가 고려된다.

12.3.3 공기조화계통 설계

발전소 공기조화계통의 설계는 재장전, 정비 및 예상된 운전사고를 포함한 모든 발전소 운전조건하에서 부유 방사성 물질에 의한 피폭으로부터 발전소 운전원 및 정비원, 일반 주민을 보호한다.

12.3.3.1 설계목적

발전소 정상운전과 예상운전과도상태 및 사고를 위한 발전소 공기조화계통은 12.3.3.2절에 기술된 설계기준에 따라 설계되었다.

12.3.3.2 설계기준

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

발전소 공기조화계통의 설계기준은 다음 사항들을 포함한다.

- 가. 발전소 운전으로 인해 일반인이 받는 총 유효선량을 ALARA로 유지한다.
- 나. 건설 및 운전기간 동안 발전소 작업자가 받는 유효선량을 ALARA로 유지한다.
- 다. 발전소 기기가 받는 흡수선량은 기기의 가동성 또는 운전성을 저하시키지 않는다.
- 라. 방사성물질의 배기로 인한 소외선량은 정상운전 시는 원자력안전위원회고시 제2016-16호(방사선방호 등에 관한 기준)에 제시된 선량한도를, 사고 시에는 10 CFR 100.11에서 제시된 선량한도를 넘지 않는다.
- 마. 상기 설계기준들은 발전소의 안전성, 효율성 및 경제성을 균형있게 합리적으로 유지하도록 한다.

12.3.3.3 설계지침

설계목적을 달성하기 위하여 다음의 지침을 실질적으로 준수하였다.

- 가. 잠재적 공기오염 가능성이 있는 구역은 주변구역보다 낮은 압력으로 유지한다.
- 나. 공기의 흐름은 잠재적 오염가능성이 낮은 구역으로부터 잠재적 오염가능성이 높은 구역으로 유지되도록 한다.
- 다. 공기 오염원에 근접하여 배기 덕트를 설치한다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 라. 잠재적 공기오염 가능성이 있는 구역의 공기는 여과시켜 배출한다.
- 마. 잠재적 공기오염 가능성이 있는 구역으로부터 배출되는 공기는 사람이 접근하는 다른 구역의 환기로 사용되지 않는다.
- 바. 적절한 연속 공기감시기 또는 고정 시료채취기기를 설치한다.
- 사. 덕트 내 공기의 이동속도를 가능한 빠르게 유지시킴으로써 공기 중 방사성물질 침적에 의한 덕트의 오염가능성을 배제하도록 한다.
- 아. 공기 중 방사성입자의 침적가능성이 있는 관통부나 출입구를 통한 공기의 유동 속도를 적절히 유지한다.
- 자. 체류 가능성이 있거나 출입이 빈번한 구역의 공기유량은 구역 내 공기 중 방사능농도가 유도공기중농도의 10%보다 낮게 유지할 수 있도록 한다.
- 차. 잠재적 공기오염 가능성이 있는 구역으로부터 배출된 공기는 재순환시키지 않는다.
- 카. 격리덤퍼의 닫힘시간은 부유 방사성물질의 배출을 막기 위하여 방사능 측정 지점으로부터 격리덤퍼까지의 공기이송시간보다 짧게 한다.
- 타. 모든 공기인입구는 예상된 운전조건하에서 배기방출구로부터 충분한 거리에 설치하여 오염공기가 재유입되지 않도록 한다.
- 파. 시험이 필요한 덕트 부속물(시험지점 등)은 오염구역 외부에 위치한다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 하. 방사능오염이 가능한 모든 덕트는 발전소의 운전원과 정비원에 대한 방사선 피폭을 최소화하기 위하여, 적절한 배치 및 차폐요건을 적용한다.

12.3.3.4 계통 설명

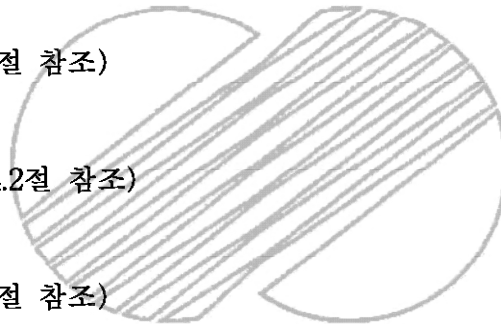
다음 건물의 공기조화계통은 잠재적인 방사능오염계통으로 고려되며, 9.4절에 상세히 기술되어 있다.

- 가. 원자로건물(9.4.6절 참조)

- 나. 보조건물(9.4.3절 참조)

- 다. 핵연료건물(9.4.2절 참조)

- 라. 복합건물(9.4.7절 참조)



비록 주제어실은 청정구역으로 간주되지만 설계기준사고 시에도 거주성이 확보되도록 방사선방호 관점에서 설계되어 있다(6.4절 참조).

다른 건물들(취수펌프구조물, 보조보일러건물 등)은 잠재적인 방사선원을 함유하지 않으므로 본 절에서 기술하지 않았다.

12.3.3.5 공기정화계통 설계

공기정화계통은 정비 및 현장 시험설비와 관련하여 규제지침서 1.52와 규제지침서 1.140의 지침 및 권고사항을 만족하도록 설계되어 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.3.4 지역 방사선 및 공기 중 방사능 감시설비 설계

지역방사선 및 공기 중 방사능감시계통은 발전소 내 여러 지역의 방사선준위를 측정하기 위해 설치되어 있다.

12.3.4.1 지역방사선감시계통

지역방사선감시계통은 발전소 내 특정한 위치에서의 총 감마방사선을 연속적으로 감시하기 위해 설계되어 있다. 지역방사선감시계통은 발전소건물 내 방사성물질이 존재, 저장, 취급 및 운반되거나 우연히 반입될 수 있는 위치에서의 방사선준위를 현장 및 주제어실의 운전원에게 연속적으로 제공하는 방사선감시기들로 구성되어 있다. 원자로건물 및 핵연료건물 내 설치되는 핵연료취급사고 감시기는 핵연료취급사고 시 사고결과를 완화시키는 계통을 작동시키는 안전관련 기능을 수행한다.

지역방사선감시계통은 12.5절에 기술된 발전소 방사선방호계획 및 ANSI/ANS-HPSSC-6.8.1에 따라 설치되었으며, 원자력안전법 및 관련규정과 10 CFR 50 및 규제지침서 8.2, 규제지침서 8.8을 준수하였다. 선정된 지역방사선감시계통의 감시기들은 안전관련기능을 수행하고 원자로건물퍼지격리작동신호와 핵연료건물비상환기작동신호 발생을 위한 보조기기 공학적안전설비작동계통에 신호를 제공한다. 사고 후 방사선준위를 감시하는 지역방사선감시계통은 규제지침서 1.97의 요건에 따라 설계되었다.

12.3.4.1.1 설계기준

12.3.4.1.1.1 안전 설계기준

지역방사선감시계통은 원자로건물 내부 혹은 핵연료건물의 핵연료취급사고를 감지할 수 있으며 적절한 보조기기 공학적안전설비의 작동을 위한 원자로건물퍼지격리작동신호 또

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

는 핵연료건물비상환기작동신호를 발생한다. 안전기능을 수행하는 방사선감시계통은 단일고장, 분리, 격리, 환경보증요건 및 지진보증요건을 만족시키기 위해 IEEE 379, 323 및 344 기준에 따라 설계되었다. 이 방사선감시계통은 11.5절에서 기술한 공정 및 유출 방사선감시계통과 함께 보조기기 공학적안전설비를 구성한다.

이 감시기들의 공학적안전설비 기능의 안전 평가는 7.3절에 기술되어 있다.

12.3.4.1.1.2 출력운전 설계기준

- 가. 현장 검출기들은 주변 환경하에서 적절히 동작하도록 설계된다.
- 나. 보조건물, 복합건물, 핵연료건물, 원자로건물에 설치된 검출기들은 정상 대기압에서 운전된다.
- 다. 지역감시기는 비포화(nonsaturating)형으로 설계되어 검출기가 측정범위를 초과하는 방사선에 노출될 때도 출력이 감소하지 않는다.
- 라. 모든 감시기 경보는 전자식이며 10 CFR 50, 부록 A, 일반설계기준 13을 충족하도록 전 계측범위에 대해서 연속적으로 조정 가능하다.
- 마. 원자로건물 고준위 지역감시기들은 냉각재상실사고 이후에도 동작할 수 있도록 설계되며, 주기적인 원자로건물 건전성 압력시험에 의해서도 악영향을 받지 않도록 설계된다.
- 바. 원자로건물폐지격리작동신호 및 핵연료건물비상환기작동신호를 생성하는 지역방사선감시기들은 1E급 계기 교류전원계통에서 전원을 공급받는다. 이를 제외한 지역방사선감시기는 비1E급 계측설비용 교류모선에서 전원

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

을 공급받으며, 규제지침서 1.97 범주 II용 방사선감시기는 발전소 사고 신호 발생 시에도 지속적인 전원공급이 되도록 구성된다.

사. 정상운전 중에 잠재적으로 0.01 mSv/hr 이상의 선량률을 생성하는 액체, 기체 혹은 미립자 방사선원을 포함한 지역들에는 다음의 조건에 해당되지 않을 때 지역감시기가 설치된다.

- 1) 주변의 다른 지역감시기가 해당지역을 감시할 수 있을 경우(즉, 그 감시기와 해당지역 사이가 개방되어 있고 그 감시기의 경보치가 감시될 모든 구역에 대해 같은 값임.)
- 2) 빈번하지 않는 수리, 비계획 정비 또는 주기적인 감시를 위해서만 접근하는 지역으로 작업자의 접근횟수가 아주 적으며 작업자의 출입 시 그 구역을 감시하기 위하여 휴대용 감시기를 사용할 수 있는 경우
- 3) 해당구역 내 사고누출의 가능성이 희박한 경우(즉, 밀봉된 용기만이 설치된 구역이나 정상운전 중에 그 구역 내 저방사능준위의 물질이 존재하는 구역)
- 4) 기체나 공기 중 미립자 방사성물질이 주로 포함되어 있는 지역으로 공기 중 방사능감시기가 지역방사선감시기와 동일한 기능을 수행하는 경우

아. 지역방사선감시계통은 발전소의 선정된 지점에서의 총 감마방사선을 연속적으로 감시하도록 설계된다. 지역방사선감시계통은 운전 종사자에게 발전소 내 선정된 지역의 방사선준위를 현장과 주제어실에 연속적으로

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

지시해 주는 다중채널로 구성되어 있다. 표 12.3-4에 나열된 지역감시기는 다음 설계목적을 수행한다.

- 1) 방사성물질의 유출을 초래하는 발전소 사고 시에 운전원이 발전소 종사자들을 적절히 대처할 수 있도록 한다.
- 2) 허가없이 혹은 부주의하게 발전소 내에서 방사성물질을 운반하는 것을 경고한다.
- 3) 발전소 내 선정된 지역의 비정상적인 고방사선 준위를 경고한다.
- 4) 해당 구역에 접근하거나 작업하는 작업자에게 방사선준위의 실질적인 변화에 대해 경보와 판독기능을 제공한다.
- 5) 핵연료 및 폐기물 저장과 취급구역의 감시에 대한 10 CFR 50, 부록 A, 일반설계기준 63의 요건을 준수한다.
- 6) 각 지역감시기는 현장 및 주제어실에서 지시되고 경보된다. 감시기 경보설정치는 검출기 설치지역의 정상적인 주변 방사선준위, 관리구역에서의 작업자 선량한도, 그리고 해당지역의 정상운전 상태에서 계산된 준위에 근거하여 정해진다.

원자로건물퍼지격리작동신호와 핵연료건물비상환기작동신호를 생성하는 지역감시기는 추가적인 안전기능을 수행한다. 핵연료건물비상환기작동신호는 핵연료건물 정상배기계통을 차단시키고, 핵연료건물 비상배기계통을 작동시킨다. 원자로건물퍼지격리작동신호는 원자로건물 퍼지계통을 차단시킨다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

원자로건물 교방사선 지역감시기는 냉각재상실사고 후 조건에서의 동작이 검증되어야 하며 냉각재상실사고 후에는 원자로건물 내부의 방사선준위를 지시한다. 이 기능은 NUREG-0718의 항목 II.F.1의 요건을 충족시킨다.

신월성 1,2호기 핵연료 저장 및 취급 설계요건에 따르면 임계경보감시기는 필요로 하지 않는다.

- 자. 각 검출기는 기기작동을 검사하기 위해 점검선원으로 시험한다. 점검선원의 에너지 방출범위는 검출기의 감시 에너지스펙트럼과 유사하다.
- 차. 각각의 현장제어 채널은 최소한 하나의 선량률트립 경보와 하나의 고장 트립 경보장치를 갖는다. 선량률트립은 교방사선을 의미하며 고장트립은 채널의 고장을 의미한다.
- 카. 정비요원에 대한 방사선피폭을 최소화하기 위해 신속하게 부품을 교체, 교정 및 설치할 수 있도록 설계된다.

12.3.4.1.2 계통 설명

지역방사선감시계통은 방사성물질이 존재하거나, 저장, 취급, 운반되거나 우연히 반입될 수 있는 발전소 건물 내 선정된 위치에서의 방사선준위를 현장 및 주제어실의 운전원에게 연속적으로 제공하는 다중 채널로 구성되어 있다. 연속적으로 방사선준위를 감시하지 않거나 자주 출입하지 않는 방사선관리구역은 출입 전과 출입 시에 휴대용 계측기를 이용하여 감시한다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

지역방사선감시계통의 각 채널은 검출기신호의 증폭, 계기로의 전원공급, 방사선준위의 현장 및 원격 판독과 고방사선준위에서의 현장 및 원격 경보를 위해 적절한 전자회로를 갖춘 고정형 가이거-물리(GM)관이나 전리함 검출기로 구성되어 있다.

감시하는 지역에서의 방사선에너지는 GM관이나 전리함으로 검출한다. 각 검출기의 출력신호는 현장에서 마이크로프로세서로 처리되어 컴퓨터실에 설치된 방사선감시 컴퓨터에 전송된다. 방사선감시계통은 마이크로프로세서를 기초로 하는 계통이다. 방사선 준위는 현장 제어기와 주제어실, 보건물리실, 컴퓨터실, 방사성폐기물제어실, 비상기술지원실 그리고 비상대책실의 방사선감시계통 화면표시기에 표시된다. 지역방사선감시계통 감시기들의 측정범위와 설치위치는 표 12.3-4에 제시되어 있다. 비정상적인 방사선준위는 시각 및 음향 경보로서 현장과 주제어실에 경보된다. 감시기 경보설정치는 검출기 설치 위치의 평상 시 주변 방사선준위, 방사선관리구역에서의 발전소 종사자의 피폭선량한도 그리고 해당 지역의 정상운전상태에서 계산된 준위로 정해진다.

각 채널은 방사선 추이변경을 확인하기 위해 정해진 주기로 점검되고 안전성관련 채널들은 매달 점검되며 각 계기는 핵연료재장전 시에 교정한다. 또한 계통성능에 영향을 미치는 모든 정비작업 뒤에 또는 주기적인 점검 시에 계기편차가 발생하면 교정작업이 수행된다. 지역방사선감시계통 감시기 설치위치는 표 12.3-4에 제시되어 있다.

원자로건물폐지격리작동신호 및 핵연료건물비상환기작동신호를 발생시키는 감시기는 안전기능을 수행한다. 핵연료건물에서의 고방사선 신호는 핵연료건물정상배기계통을 차단시키고 핵연료건물비상배기계통을 작동시킨다. 원자로건물에서의 고방사선 신호는 원자로건물 폐지계통을 차단시킨다.

복합건물 내의 지역방사선감시기는 필터취급구역, 교체방사성폐기물 트럭 적재구역, 중·저준위 방사성드럼 저장구역, 건조폐기물 저장구역 및 고방사능기기 공작실에서 방사선 준위를 감시한다. 이 감시기들의 지시치는 방사성폐기물제어실의 제어반에 표시된다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

지역방사선감시계통은 규제지침서 1.97의 요건을 충족시킨다. 원자로건물 고준위 지역방사선감시기는 NUREG-0718, II.F.1 항목의 요건에 따라 설치되었다.

12.3.4.1.2.1 검출기 집합체

검출기는 방수용기에 장착된 GM관이나 전리함으로 물 및 용제(solvent)로 오염될 수 있도록 밀봉된다. 검출기는 현장 경보-판독기에서 운전되고 벽 부착이 적합하도록 제작되었다.

12.3.4.1.2.2 현장 기기제어반

현장 기기제어반에는 다음 부품들이 포함된다.

가. 감시기 개폐식 스위치

나. 고방사선 (경고) 준위 표시등

다. 감시기 정상작동 표시등

라. 고-고(연동) 방사선(고경보)준위 표시등

마. 방사선 준위 표시기

바. 고방사선(경고) 경보기

사. 공정제어기기에 대한 연동스위치 기능 (필요시)



신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

아. 계기고장 경보등

안전성관련 원자로건물퍼지격리작동신호 및 핵연료건물비상환기작동신호 현장감시기는 보조기기 공학적안전설비에 1E급 격리된 접점 출력을 제공한다.

12.3.4.1.2.3 제어실 지시판

주제어실, 보건물리실, 컴퓨터실, 방사성폐기물제어실, 비상기술지원실 및 비상대책실에 설치된 계통 화면표시기는 계통의 모든 자료를 표시한다. 비상기술지원실 및 비상대책실을 제외한 모든 화면표시기용 키보드는 계통의 정보표시 기능을 포함한 모든 기능을 제어할 수 있으며 채널 화일까지도 변경시킬 수 있다.

12.3.4.1.2.4 계통 출력

안전성관련 분할 캐비닛(SRDC)은 공학적안전설비작동신호를 위한 격리된 1E급 접점 출력과 이 캐비닛 내부에 설치되는 기록기에 1E급 아날로그 출력을 제공한다.

방사선감시계통 캐비닛은 주제어반에 고방사선 공통 경보를 위한 접점을 제공하며 개별 정보는 방사선감시계통 화면표시기에 표시된다.

12.3.4.1.2.5 점검선원

각 채널에는 원격으로 조작되는 점검선원 또는 검출기의 건전성을 확인할 수 있는 설비가 설치된다. 점검선원의 에너지 방출범위는 감시되는 방사선 에너지스펙트럼과 유사하다. 선원 강도는 실질적으로 쉽게 감지할 수 있을 정도의 응답을 발생시키기에 충분해야 한다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

감시기의 채널 측정범위와 설치위치는 표 12.3-4에 주어진다.

12.3.4.2 공기 중 방사선감시계통

공기조화계통의 공기 중 방사능 시료채취 감시기는 다음과 같다.

- 가. 보조건물 공기조화계통 배기 감시기
- 나. 보조건물 공기조화계통 여과기입구 감시기
- 다. 복합건물 공기조화계통 배기 감시기
- 라. 복합건물 공기조화계통 여과기입구 감시기
- 마. 복합건물 공기조화계통 활성탄흡착기 배기 공기정화기입구 감시기
- 바. 복합건물 고에너지배관격실 공기조화계통 여과기입구 감시기
- 사. 핵연료건물 공기조화계통 배기 감시기
- 아. 원자로건물 공기조화계통 공정 감시기
- 자. 주제어실 공기흡입구 감시기
- 차. 비상기술지원실 공기흡입구 감시기

위의 감시기들은 11.5절에 기술되며 표 11.5-1에 나열되어 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.3.4.2.1 설계기준

12.3.4.2.1.1 안전 설계기준

공기 중 방사능감시기의 안전 설계기준은 11.5.1.1절에 기술되어 있다.

12.3.4.2.1.2 출력운전 설계기준

공기 중 방사능감시기의 출력운전 설계기준은 11.5.1.2절에 기술되어 있다.

12.3.4.2.2 계통 설명

공기 중 방사능감시기의 설명은 11.5.2절에 기술되어 있다.



12.3.5 참고문헌

1. Engle, W. W. Jr., "A User's Manual for ANISN, A One-Dimensional Discrete-Ordinates Transport Code with Anisotropic Scattering," K-1963, Union Carbide Corporation, Nuclear Division, March 30, 1967.
2. RSIC Data Library, "DLC-175/BUGLE-93 - Coupled 47 Neutron, 20 Gamma-Ray Group Cross Section Library Derived from ENDF/B-VI for LWR Shielding and Pressure Vessel Dosimetry Applications," Radiation Shielding Information Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, December 1972.
3. Engle, R. L, Greenborg, J. and Hendrickson, M. M, "ISOSHL D - A Computer Code for General-Purpose Isotope Shielding Analysis," BNWL-236, Pacific Northwest Laboratory, Richmond, Washington, June 1966, Supplement 1, March

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

1977, Supplement 2 April 1969.

4. Pichurski, D. J, "QAD-G - A General Purpose Point Kernel Integration Gamma-Ray Dose Rate Calculation Program," Sargent & Lundy Engineers Program Number 09.8.008-1.4, January 1982.
5. Malenfant, R. E, "GGG : A General Purpose Gamma-Ray Scattering Program," LA-5176, Los Alamos Scientific Laboratory, June 1973.
6. "QAD-CG : A PC Version of QAD-CG, A Point Kernel Code for Neutron and Gamma-Ray Shielding Calculations," KOPEC, Nov. 1990.
7. "MCNP4B : Monte Carlo N-Particle Transport Code Version 4B," CCC-660, Radiation Safety Information Computational Center, ORNL, April 1997.
8. ANSI N101.2, "Protective Coatings(Paints) for Light Water Nuclear Reactor Containment Facilities"
9. ANSI N101.4, "Quality Assurance for Protective Coatings Applied to Nuclear Facilities"
10. ANSI N512, "Protective Coatings(Paints) for the Nuclear Industry"
11. Regulatory Guide 1.54, "Quality Assurance Requirements for Protective Coatings Applied to Water-Cooled Nuclear Power Plants(1973. 6)," U.S. NRC, June 1973.
12. Regulatory Guide 1.69, "Concrete Radiation Shields for Nuclear Power Plants," U.S. NRC, December 1973.
13. ANSI N101.6-1972, "Concrete Radiation Shields"
14. 원자력안전위원회고시 제2016-16호 "방사선방호 등에 관한 기준" | 93 | 141
15. 10 CFR PART 20, "Standards for Protection against Radiation," U.S.NRC.
16. 10 CFR PART 50, "Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities," U.S.NRC.
17. Regulatory Guide 1.4, "Assumptions Used for Evaluating The Potential Radiological Consequences of A Loss of Coolant Accident for Pressurized Water Reactors," U.S. NRC, Rev.2, June 1974.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

18. Regulatory Guide 1.52, "Design, Testing, and Maintenance Criteria for Post-Accident Engineered Safety Feature Atmosphere Cleanup System Air Filtration and Adsorption Units of Light Water Cooled Nuclear Power Plants," U.S. NRC, Rev.2, March 1978.
19. Regulatory Guide 1.97, "Instrumentation for Light-Water-Cooled Nuclear Power Plants to Assess Plant and Environs Conditions during and following An Accident," U.S. NRC, Rev.3, May 1983.
20. Regulatory Guide 8.2, "Guide for Administrative Practices in Radiation Monitoring," U.S. NRC, February 1973.
21. Regulatory Guide 8.8, "Information Relevant to Ensuring That Occupational Radiation Exposures at Nuclear power stations Will Be As Low As Is Reasonably Achievable," U.S. NRC, Rev.2, March 1977.
22. Regulatory Guide 8.12, "Criticality Accident Alarm Systems," U.S. NRC, October 1988.
23. NUREG-0718, "Licensing Requirements for Pending Applications for Construction Permits and Manufacturing License, Final Report," U.S. NRC, Rev. 1, March 1982.
24. NUREG-0737, "Clarification of TMI Action Plan Requirements, Requirements for Emergency Response Capability," U.S. NRC, Supplement No.1, December 1982.
25. ANSI/ANS-HPSSC-6.8.1-1981, "Location and Design Criteria for Area Radiation Monitoring Systems for Light Water Nuclear Reactors," May 1981.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.3-1

정상운전 시 방사선구역 분류

<u>구역 분류</u>	<u>설계선량률(mSv/hr)</u>	<u>구역 설명</u>
1	$DR \leq 0.001$	일반출입통제, 비제한 출입
2	$0.001 < DR \leq 0.01$	통제, 제한출입, 40시간/주 이하
3	$0.01 < DR \leq 0.05$	통제, 제한출입, 8시간/주 이하
4	$0.05 < DR \leq 0.2$	통제, 제한출입, 2시간/주 이하
5	$0.2 < DR \leq 1$	통제, 제한출입, 0.5시간/주 이하
6	$1 < DR \leq 10$	통제, 출입허가 필요
7	$10 < DR \leq 5,000$	통제, 출입허가 필요
8	$DR > 5,000$	통제, 출입허가 필요

1

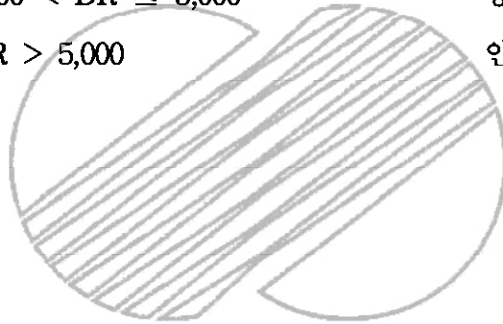
1) DR = 선량률

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.3-2

사고 시 방사선구역 분류

<u>구역 분류</u>	<u>설계선량률(mSv/hr)</u>	<u>구역 설명</u>
1	$DR \leq 0.15$	연속적인 체류 허용
2	$0.15 < DR \leq 1$	수시출입 가능
3	$1 < DR \leq 10$	출입 가능(5시간~50시간)
4	$10 < DR \leq 100$	제한 출입(30분~5시간)
5	$100 < DR \leq 1,000$	통제 출입(3분~30분)
6	$1000 < DR \leq 5,000$	통제 출입(40초~200초)
7	$DR > 5,000$	인명 구조 시에만 출입



1) DR = 선량률

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.3-3

차폐설계용 전산프로그램 목록

프로그램명	내 용
ISOSHLD	무한매질 누적계수 방법과 결합된 점 및 선 커널 적분기법을 사용하여 각종 선원 및 차폐구조에 대한 감마 및 베타 선량률을 계산하는 다중 그룹 전산프로그램
QAD-G	점커널 적분기법과 조합구조 표현기법을 사용하여 감마선량률 및 열생성률을 계산하는 다중그룹, 다중매질, 3차원 전산프로그램
QAD-CG	점커널 적분기법과 조합구조 표현기법을 사용하여 감마선량률 및 열생성률을 계산하는 다중그룹, 다중매질, 3차원 전산프로그램
GGG	점커널 적분기법을 사용하는 감마선, 점선원, 산란 전산프로그램
ANISN	슬랩, 원통 또는 구 구조에서 중성자 및 감마선에 대한 볼츠만 수송방정식을 해석하는 다중그룹, 다중매질 전산프로그램
MCNP	3차원 몬테칼로 중성자 및 감마선 범용 전산프로그램

표 12.3-4 (3 중 1)

지역방사선 감시계통

설 치 장 소	호기당수량	검출기형태	내진범주	감시매체	진 원	측정범위 (mSv/hr)	정확도 (% of reading)	경고/고경보 (mSv/hr)	기 능
일차시료채취실 (RE-205)	1	GM	III	공기	비1E급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.01 0.05	일차시료채취실 방사선준 위 감시
주증기 및 주급수 원자로건물 관통지역 (RE-228, 229)	2	GM	II	공기	비1E급 계측교류	$1 \sim 10^5$	±20	2 5	주증기 및 주급수 원자로건물 관통지역 방사선량을 감시
원자로건물 운전지역 (RE-231, 232)	2	IC	I	공기	1E급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.5 (0.025) ¹⁾ 2.5 (0.125) ¹⁾	· 정상운전 및 핵연료취급사 고 감시 · 원자로건물폐지격리작동신 호 발생
원자로건물 상부 운전지역 (RE-233, 234)	2	IC	I	공기	1E급 계측교류	$10^1 \sim 10^8$	±20	14 28	· 핵연료 취급 및 냉각재상실 사고 감시 · 원자로건물폐지격리작동신호 발생
노내계측기지역 (RE-235)	1	IC	II	공기	비1E급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.5(0.025) ¹⁾ 2.5(0.125) ¹⁾	노내계측기지역 방사선량 률 감시
원자로건물 인원 출입구 지역 (RE-236)	1	IC	II	공기	비1E급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.2 1	원자로건물 인원 출입구 지역 방사선량을 감시

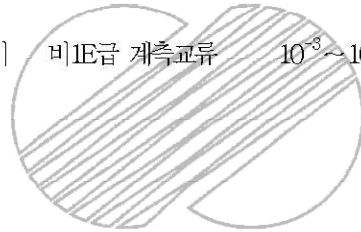
신원정 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.3-4 (3 중 2)

설 치 장 소	호기당갯수	검출기형태	내진범주	감시매체	전 원	측정범위 (mSv/hr)	정확도 (% of reading)	경고/고경보 (mSv/hr)	기 능
사용후연료저장조 지역 (RE-241, 242)	2	IC	I	공기	IE급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^3$	±20	0.025 0.125	핵연료건물내 핵연료취급 사고감시 및 핵연료건물 비상환기계통 작동
신연료 저장지역 (RE-244)	1	GM	II	공기	비IE급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.01 0.05	신연료 저장지역 방사선량 률 감시
비상기술지원실 지역(RE-255)	1 ²⁾	GM	II	공기	비IE급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.003 0.15	비상기술지원실지역 방사 선량률 감시
방사화학 실험실 (RE-257)	1 ²⁾	GM	III	공기	비IE급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.01 0.05	방사화학실험실 방사선량률 감시
주제어실 지역 (RE-275)	1	GM	II	공기	비IE급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.003 0.15	주제어실지역 방사선량률 감시
복합건물 건조폐기 물 저장지역 (RE-284)	1 ²⁾	GM	III	공기	비IE급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.05 0.25	방사성 폐기물계통 건조폐 기물 저장지역 방사선량률 감시
고체방사성 폐기물 트럭 베이 및 배관 로지역 (RE-289)	1 ²⁾	GM	III	공기	비IE급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.01 0.05	고체방사성 폐기물 트럭베 이 및 배관로지역 방사선 량률 감시
고체방사성 폐기물 트럭베이지역 (RE-291)	1 ²⁾	GM	III	공기	비IE급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.01 0.05	고체방사성 폐기물 트럭베 이지역 방사선량률 감시

표 12.3-4 (3 중 3)

설치장소	호기당수량	검출기형태	내진범주	감시매체	전원	측정범위 (mSv/hr)	정확도 (% of reading)	경고/고경보 (mSv/hr)	기능
방사성폐기물 드럼 저장지역 (RE-292)	1 ²⁾	GM	III	공기	비IE급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^3$	±20	1 5	방사성폐기물드럼 저장지 역 방사선량을 감시
고방사능기기 공 작실지역 (RE-293)	1 ²⁾	GM	III	공기	비IE급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.01 0.05	고방사능기기 공작실 방사 선량을 감시
드럼 및 필터 취급 실 지역 (RE-297) (삭제)	1 ²⁾	GM	III	공기	비IE급 계측교류	$10^{-3} \sim 10^2$	±20	0.01 0.05	방사성폐기물 드럼 및 필 터 취급실지역 방사선량을 감시



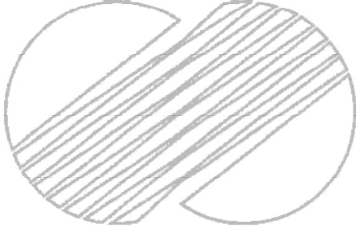
1) 경고/고경보 설정치는 정상운전 시의 값이며 팔호안의 값은 핵연료재장전 시의 값임.
2) 1, 2호기 공용

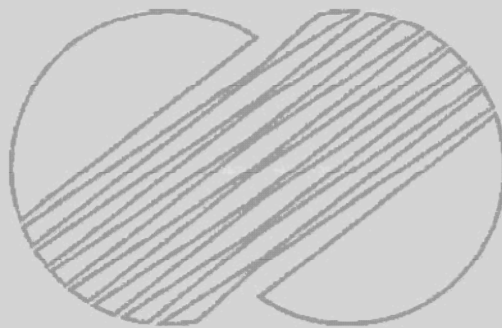
표 12.3-5 (2 중 1)

밀봉선원 누설 또는 오염 점검

계통 요구사항	점검 요구사항	점검주기	적용모드
<p>베타 또는 감마선을 방출하는 물질이 3.7 MBq를 초과하거나 알파선을 방출하는 물질이 0.37 MBq를 초과하는 방사성 물질을 함유한 각각의 밀봉된 방사선원은 제거해야 할 오염의 정도가 200 Bq를 초과해서는 안된다.</p>	<p>1. 시험 요구사항</p> <p>가. 각 범주의 밀봉선원의 누설 또는 오염정도에 대하여 아래에 기술된 주기로 면허소지자 또는 면허소지자의 지시 감독하에 동위원소를 담당하는 자에 의해 시험되어야 한다.</p> <p>나. 시험방법은 시험시료당 최소한 200 Bq 검출민감도를 가져야 한다.</p> <p>2. 시험방법</p> <p>가. 사용중인 선원</p> <p>다음의 방사성물질을 함유하는 모든 밀봉된 방사선원은 누설 또는 오염정도에 대해 시험되어야 한다.</p> <p>1) 반감기가 30일(삼중수소는 제외)을 넘는 물질</p> <p>2) 기체 이외의 다른 상태에 있는 물질</p>	<p>1년에 한번씩</p>	<p>모든 운전모드</p>

표 12.3-5 (2 중 2)

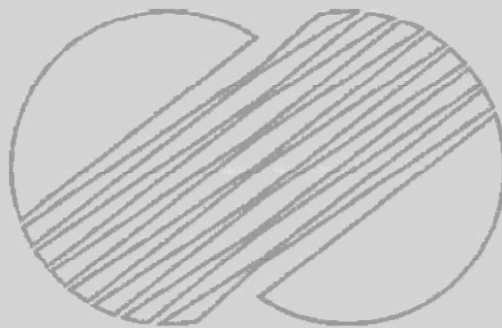
계통 요구사항	점검 요구사항	점검주기	적용모드
	<p>나. 사용중이 아닌 저장된 각 밀봉선원은 누설 또는 오염정도에 대해 시험되어야 한다.</p>  <p>다. 기동 선원 및 핵분열검출기는 누설 또는 오염여부가 시험되어야 한다.</p> <p>라. 만약 밀봉선원 혹은 핵분열검출기의 누설시험에서 제거해야 할 오염의 정도가 200 Bq을 초과한 것으로 확인시 보고서를 작성하여 원자력안전위원회에 제출하여야 한다.</p>	<p>6개월 내에 시험되지 않았으면 사용전 또는 다른 면허소지자에게 이송하기전</p> <p>그리고</p> <p>최종 시험일자를 명시한 확인서가 없이 인수한 경우 사용전</p> <p>노심에 설치하기전</p> <p>그리고</p> <p>선원 및 검출기의 수리 또는 보수 후</p> <p>1년 기준</p>	모든 운전모드



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

밸브, 펌프, 기기 및 제어반의
일반적인 배치도

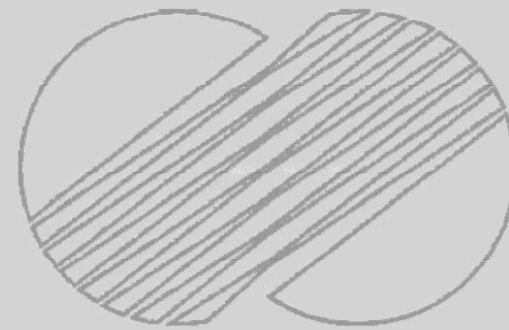
그림 12.3-1



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선관리구역 내 작업자 출입경로

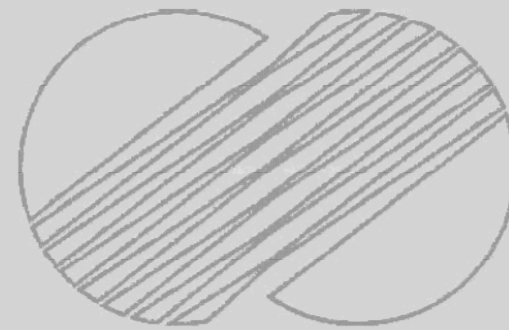
그림 12.3-2



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

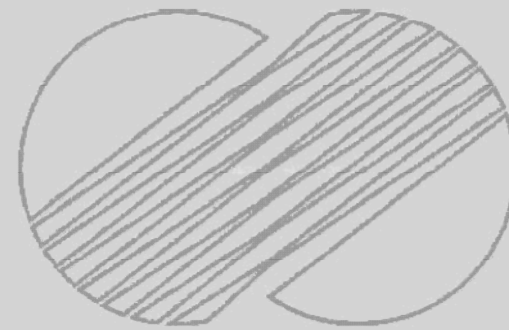
그림 12.3-3 (11 중 1)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

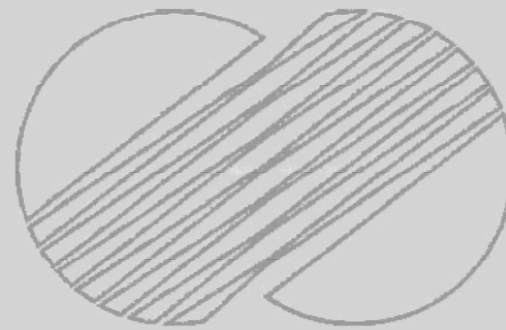
그림 12.3-3 (11 중 2)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

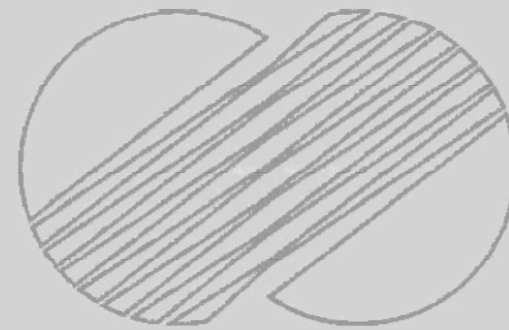
그림 12.3-3 (11 중 3)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

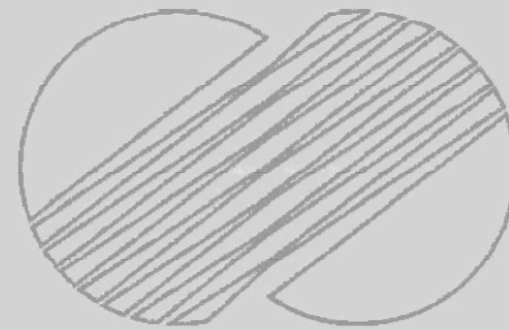
그림 12.3-3 (11 중 4)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

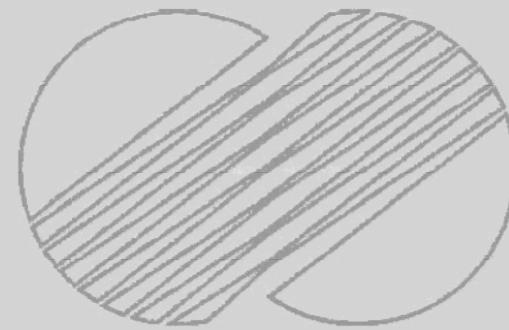
그림 12.3-3 (11 중 5)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

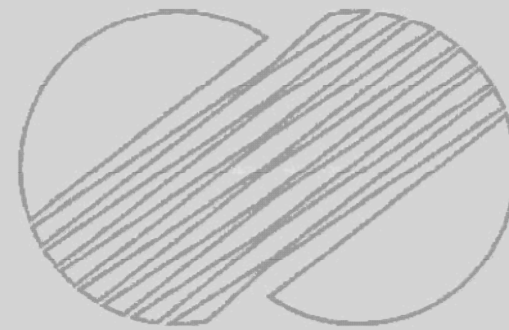
그림 12.3-3 (11 중 6)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

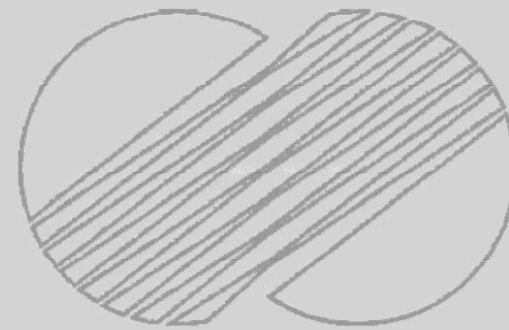
그림 12.3-3 (11 중 7)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

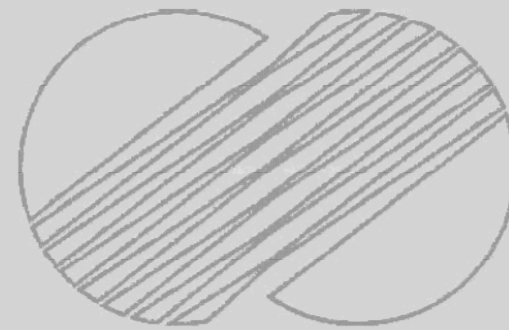
그림 12.3-3 (11 중 8)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

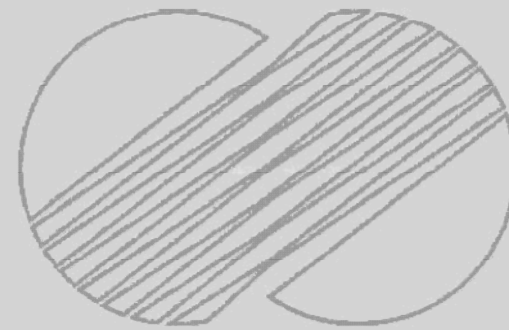
그림 12.3-3 (11 중 9)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

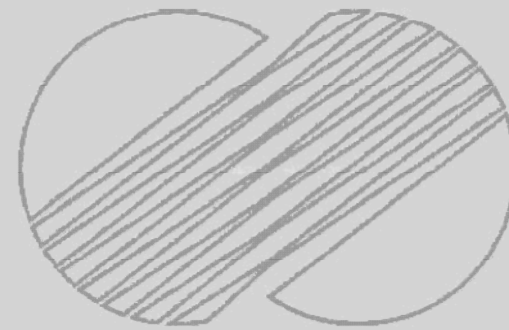
그림 12.3-3 (11 중 10)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 1호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

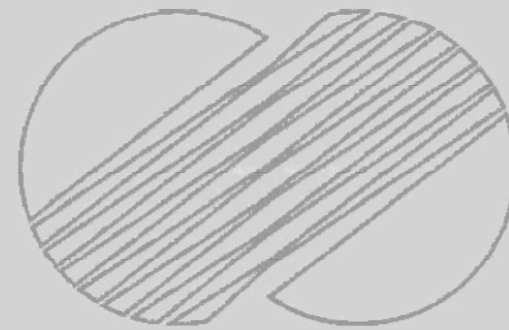
그림 12.3-3 (11 중 11)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

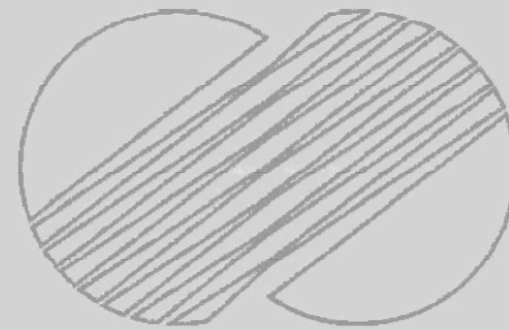
그림 12.3-4 (11 중 1)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

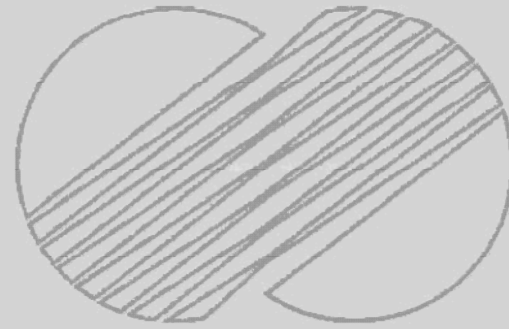
그림 12.3-4 (11 중 2)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

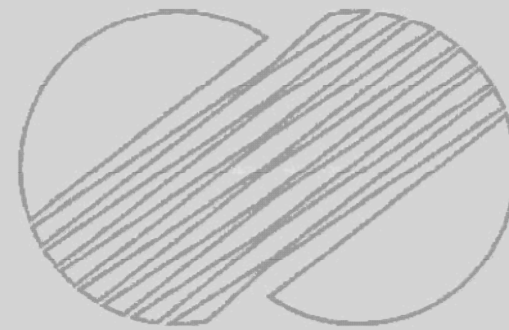
그림 12.3-4 (11 중 3)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

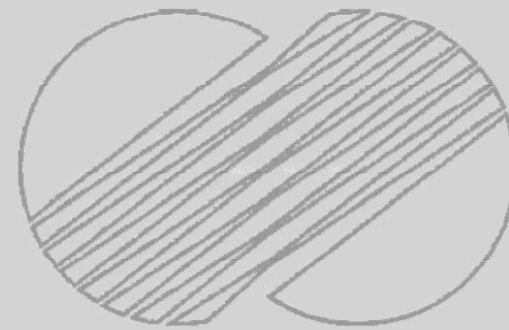
그림 12.3-4 (11 중 4)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

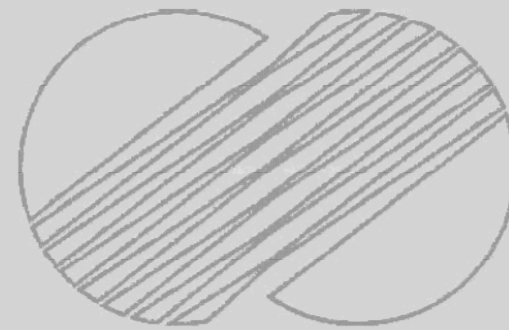
그림 12.3-4 (11 중 5)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

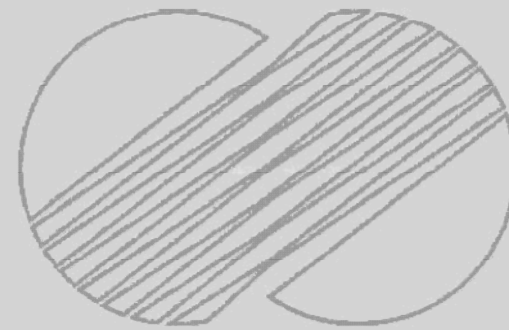
그림 12.3-4 (11 중 6)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

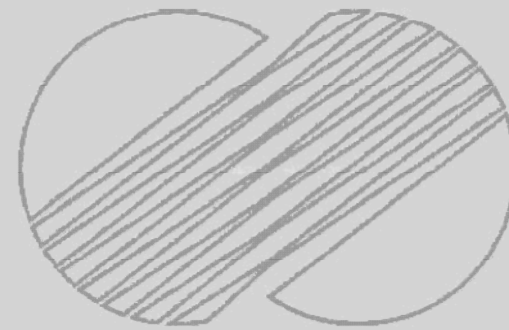
그림 12.3-4 (11 중 7)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

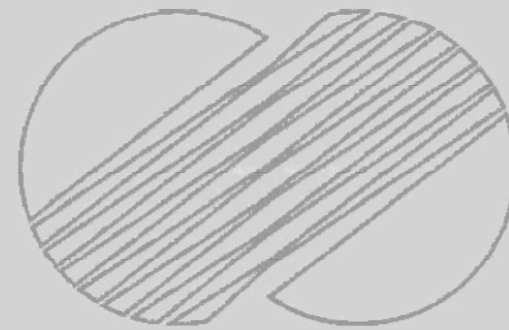
그림 12.3-4 (11 중 8)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

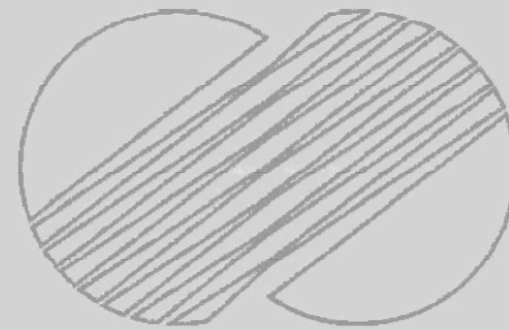
그림 12.3-4 (11 중 9)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

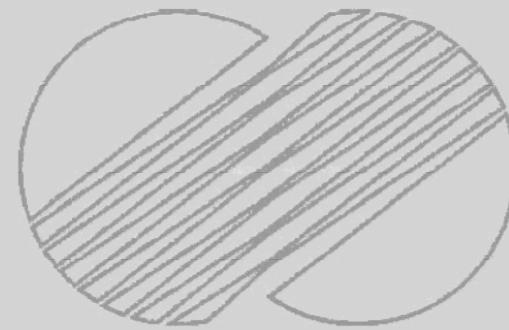
그림 12.3-4 (11 중 10)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시, 신월성 2호기)
원자로건물, 보조건물 및 핵연료건물

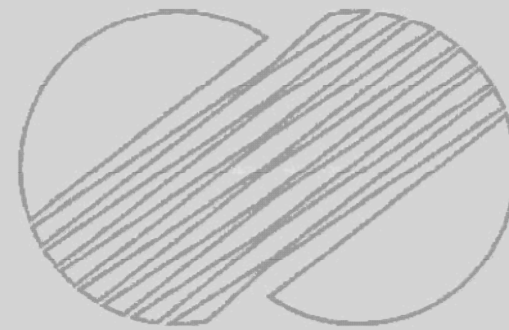
그림 12.3-4 (11 중 11)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시)
복합건물

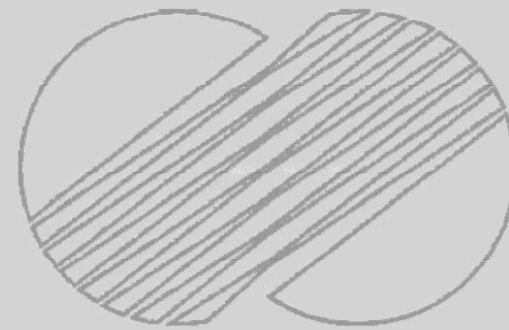
그림 12.3-5 (9 중 1)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시)
복합건물

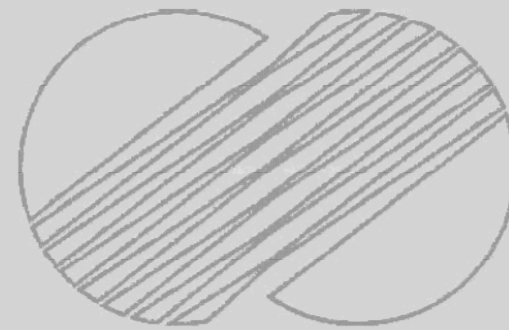
그림 12.3-5 (9 중 2)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시)
복합건물

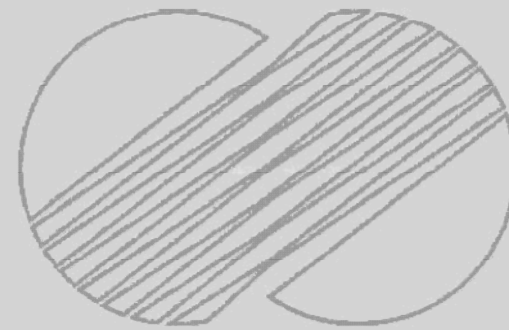
그림 12.3-5 (9 중 3)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시)
복합건물

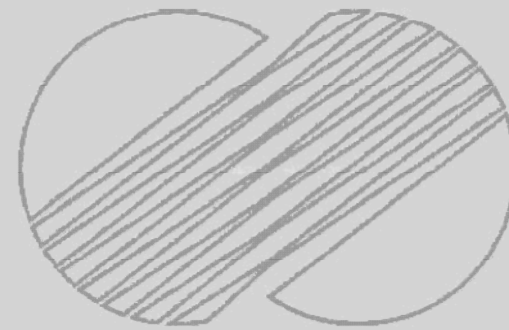
그림 12.3-5 (9 중 4)

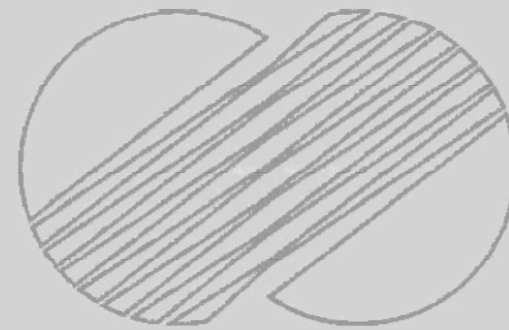


한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시)
복합건물

그림 12.3-5 (9 중 5)

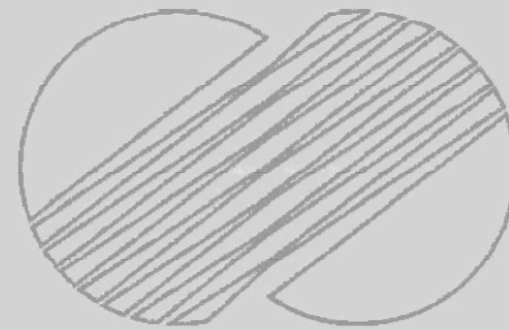




한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시)
복합건물

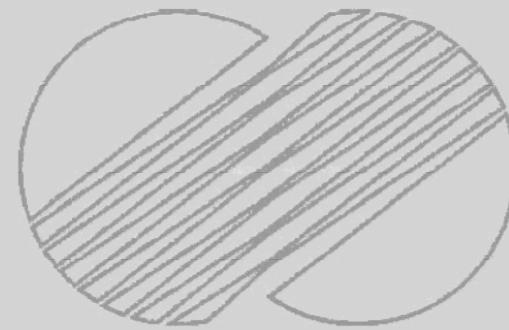
그림 12.3-5 (9 중 7)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시)
복합건물

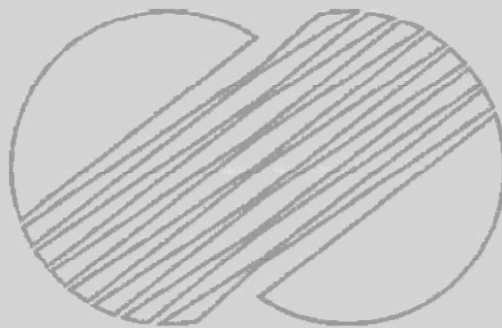
그림 12.3-5 (9 중 8)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(정상 시)
복합건물

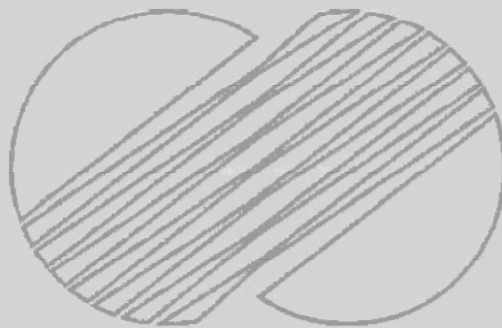
그림 12.3-5 (9 중 9)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

미로형 차폐격실 설계개념도

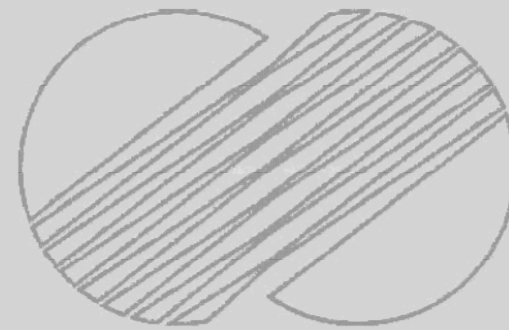
그림 12.3-6

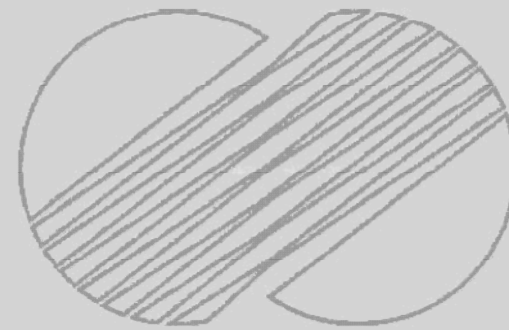


한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

전형적인 차폐해치 배치도

그림 12.3-7

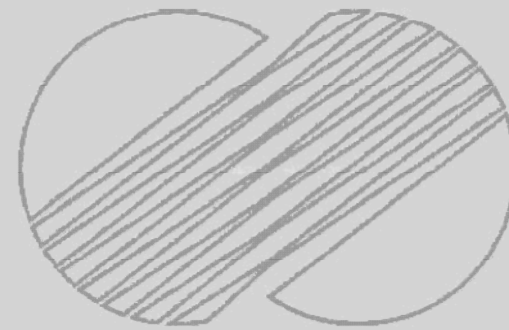




한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

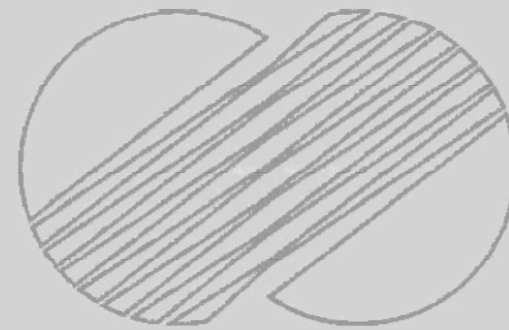
그림 12.3-8 (7 중 2)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

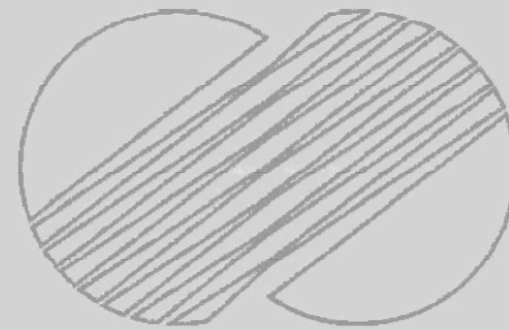
그림 12.3-8 (7 중 3)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

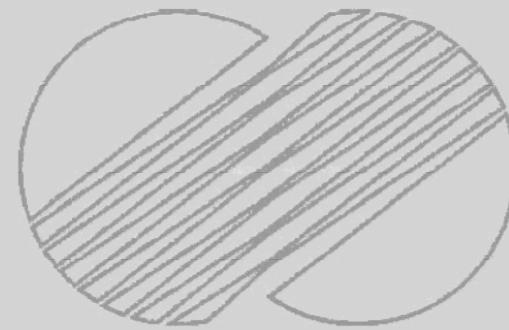
그림 12.3-8 (7 중 4)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

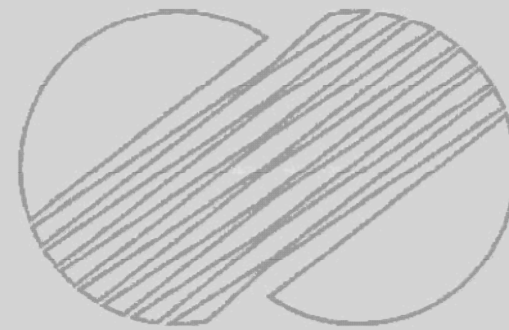
그림 12.3-8 (7 중 5)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

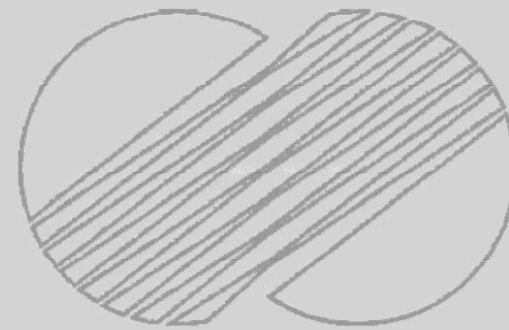
그림 12.3-8 (7 중 6)

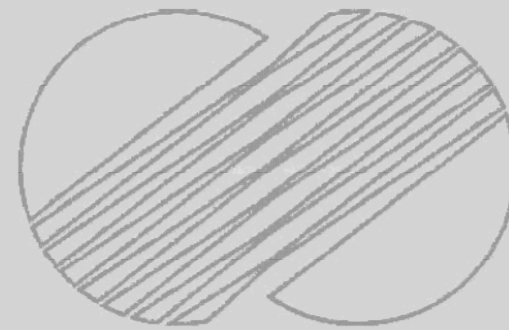


한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

그림 12.3-8 (7 중 7)

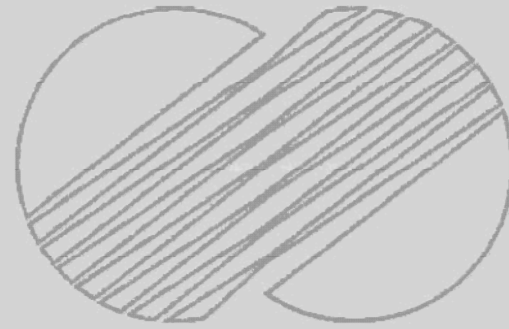




한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

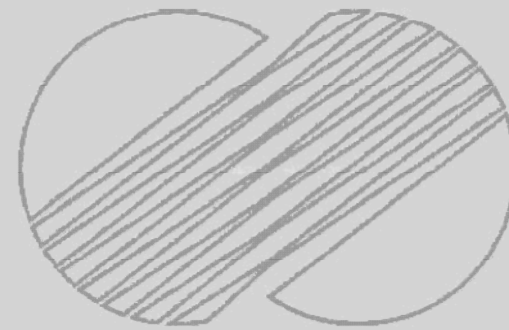
그림 12.3-9 (7 중 2)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

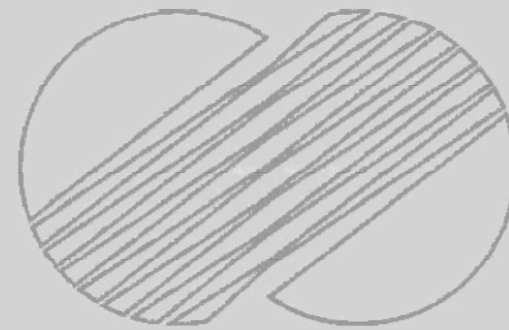
그림 12.3-9 (7 중 3)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

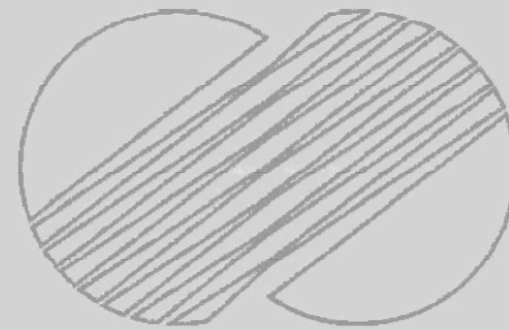
그림 12.3-9 (7 중 4)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

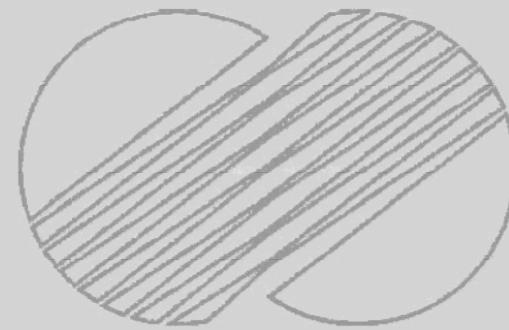
그림 12.3-9 (7 중 5)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

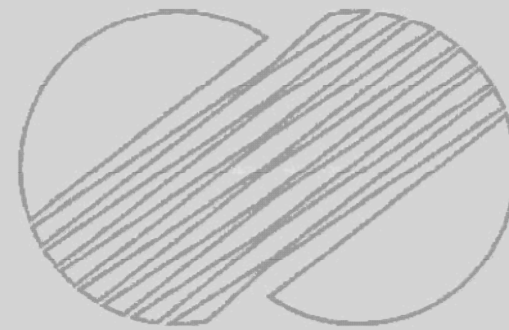
그림 12.3-9 (7 중 6)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1시간)

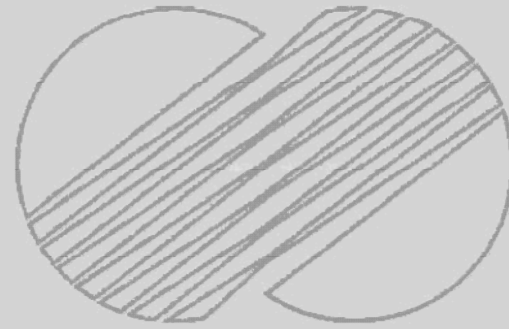
그림 12.3-9 (7 중 7)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

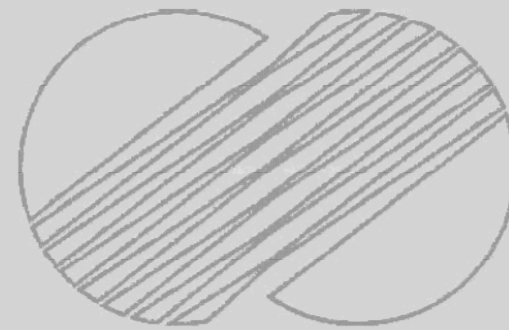
그림 12.3-10 (7 중 1)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

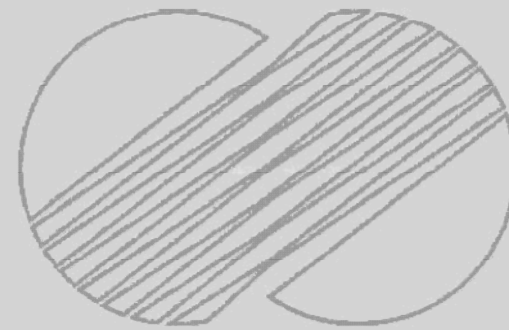
그림 12.3-10 (7 중 2)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

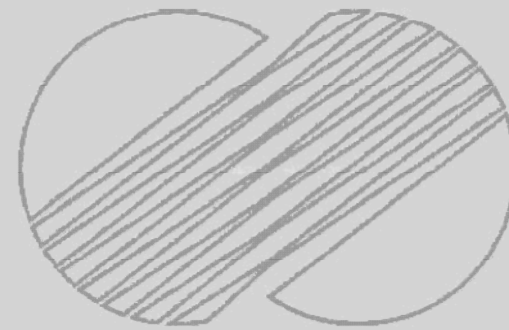
그림 12.3-10 (7 중 3)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

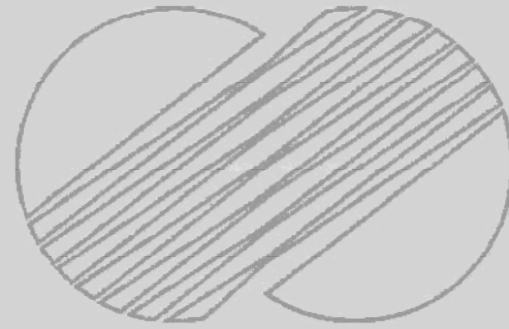
그림 12.3-10 (7 중 4)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

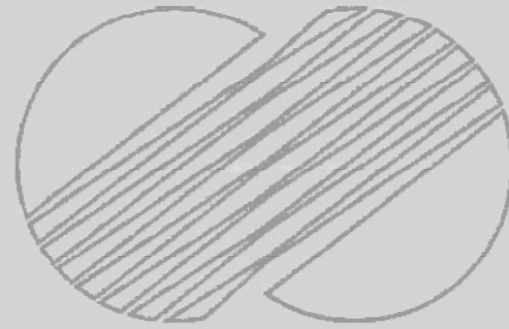
그림 12.3-10 (7 중 5)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

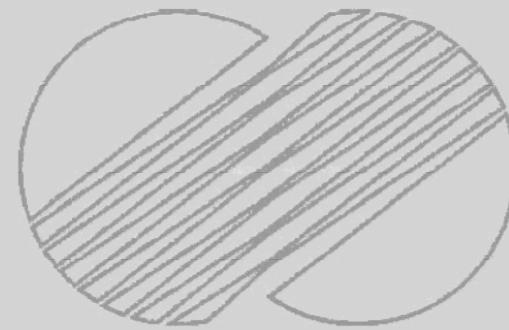
그림 12.3-10 (7 중 6)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

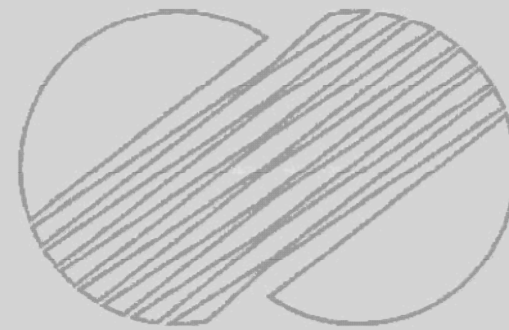
그림 12.3-10 (7 중 7)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

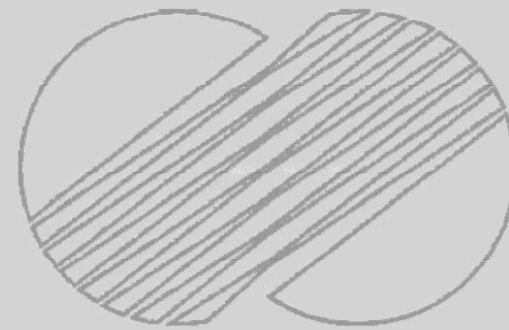
그림 12.3-11 (7 중 1)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

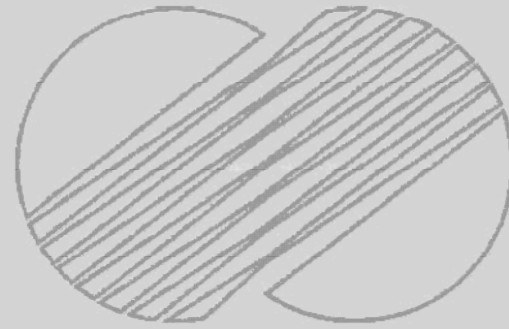
그림 12.3-11 (7 중 2)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

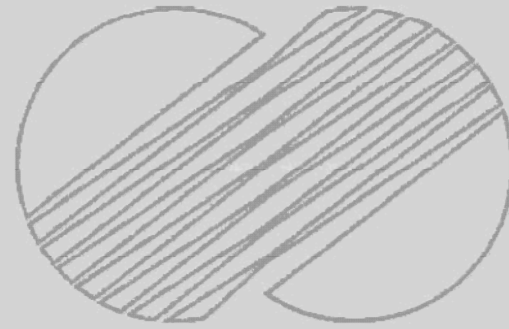
그림 12.3-11 (7 중 3)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

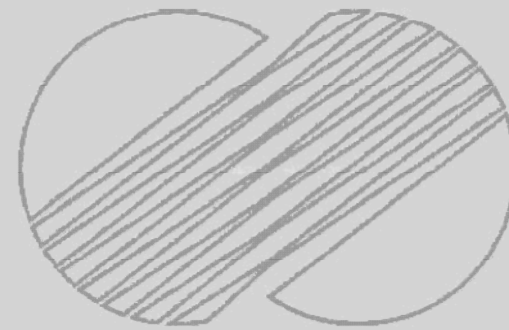
그림 12.3-11 (7 중 4)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

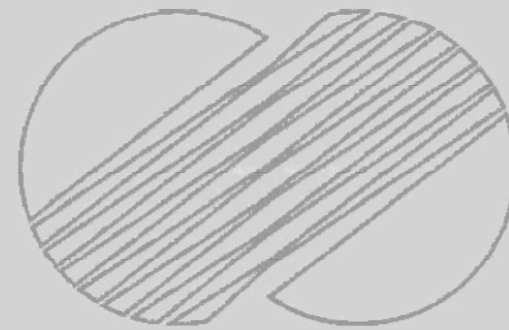
그림 12.3-11 (7 중 5)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

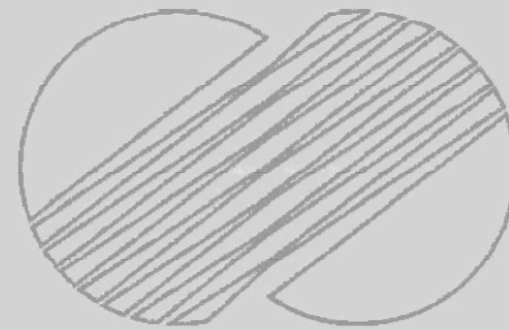
그림 12.3-11 (7 중 6)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1일)

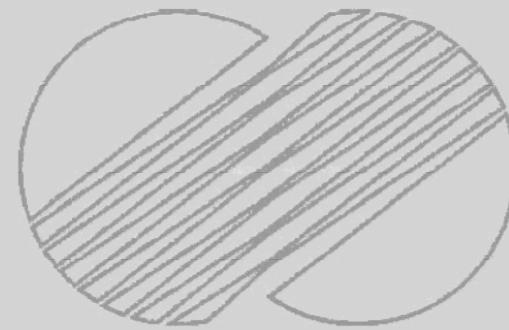
그림 12.3-11 (7 중 7)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

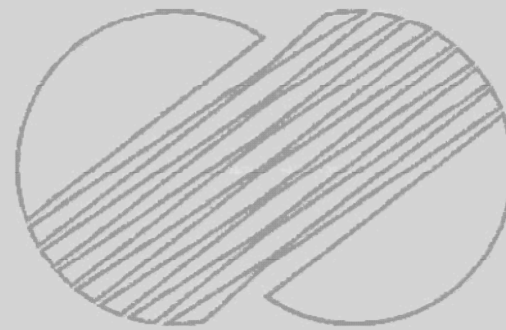
그림 12.3-12 (7 중 1)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

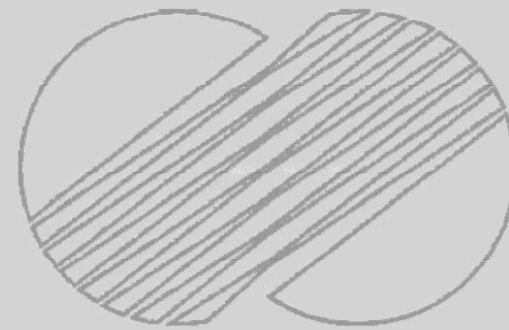
그림 12.3-12 (7 중 2)

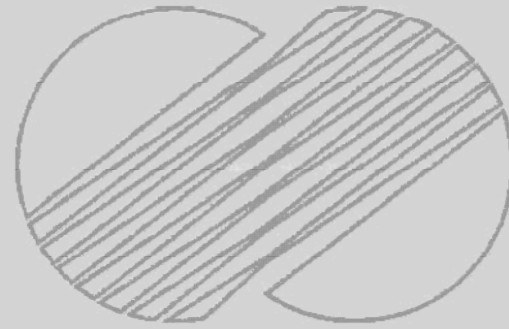


한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

그림 12.3-12 (7 중 3)

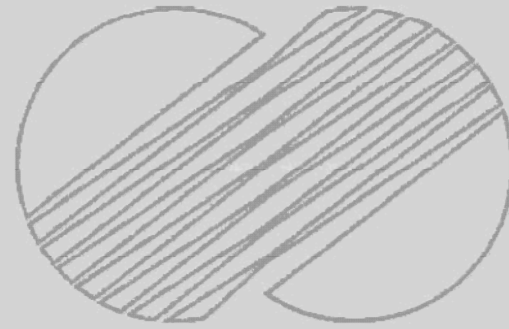




한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

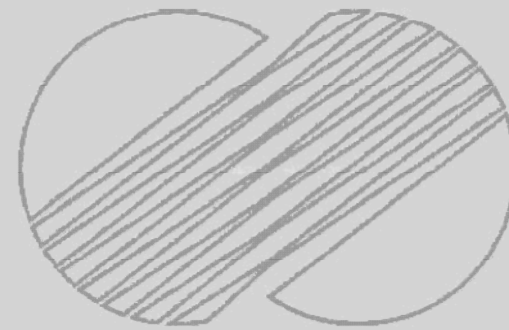
그림 12.3-12 (7 중 5)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

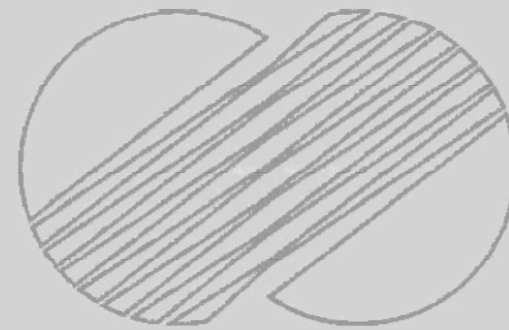
그림 12.3-12 (7 중 6)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 1호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

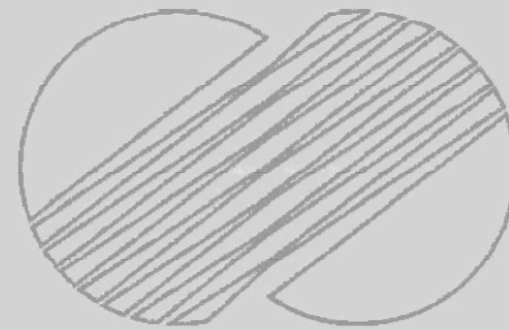
그림 12.3-12 (7 중 7)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

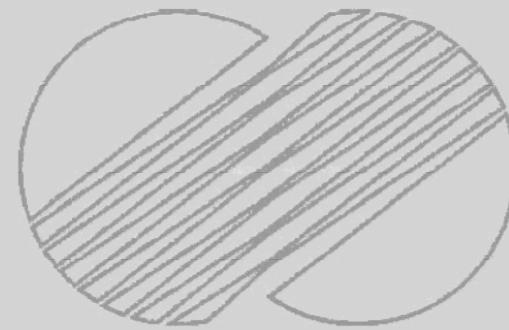
그림 12.3-13 (7 중 1)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

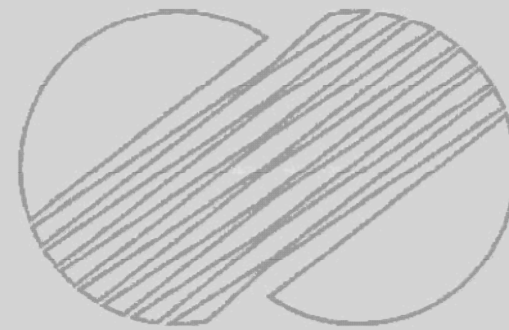
그림 12.3-13 (7 중 2)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

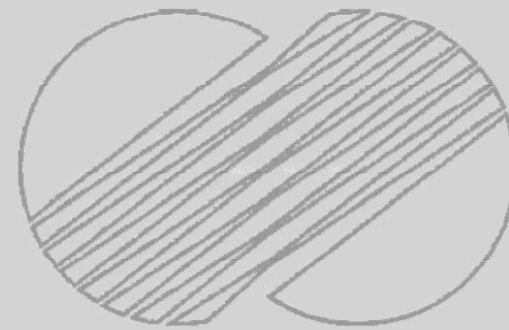
그림 12.3-13 (7 중 3)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

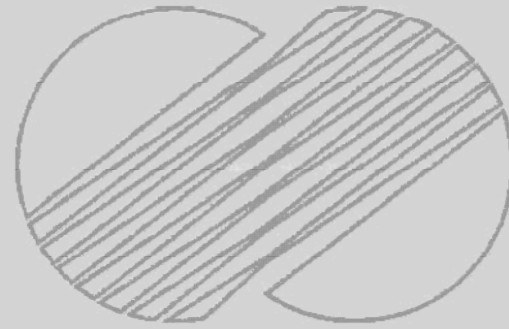
그림 12.3-13 (7 중 4)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

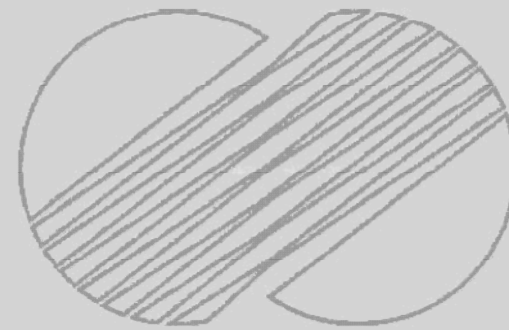
그림 12.3-13 (7 중 5)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

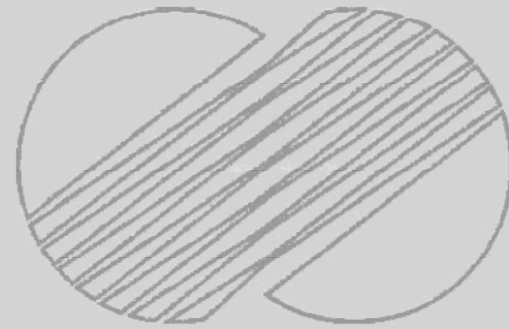
그림 12.3-13 (7 중 6)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

방사선구역도(사고 시, 신월성 2호기)
보조건물/원자로건물
(사고 후 1주)

그림 12.3-13 (7 중 7)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

접근필수구역 위치 및 접근로

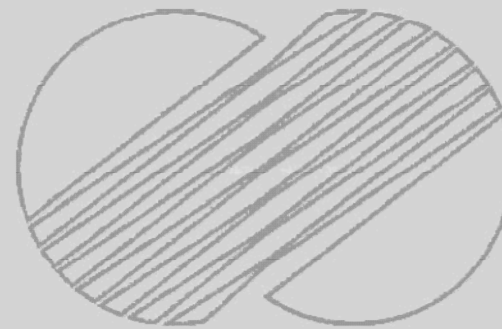
그림 12.3-14 (5 중 1)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

접근필수구역 위치 및 접근로

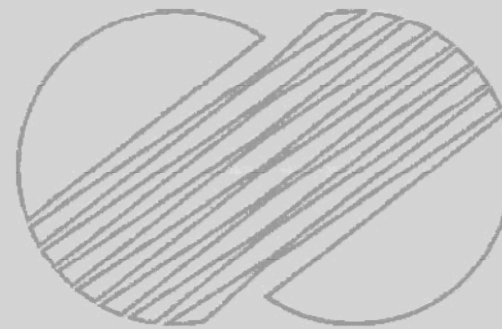
그림 12.3-14 (5 중 2)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

접근필수구역 위치 및 접근로

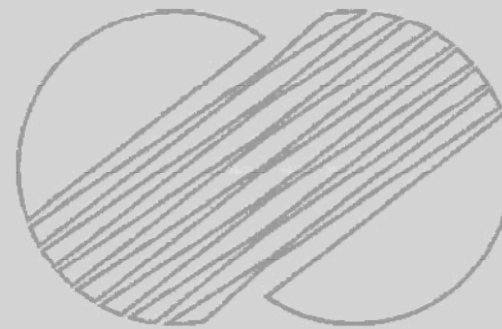
그림 12.3-14 (5 중 3)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

접근필수구역 위치 및 접근로

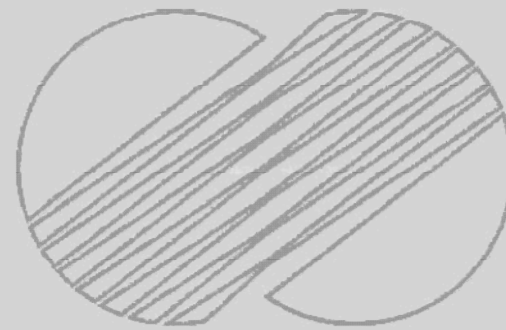
그림 12.3-14 (5 중 4)



한국수력원자력주식회사
신월성 1,2호기
최종안전성분석보고서

접근필수구역 위치 및 접근로

그림 12.3-14 (5 중 5)



	한국수력원자력주식회사 신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서
방사선관리구역도(정상 시) 중저준위 저장고	
그림 12.3-15	

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.4 선량 평가

본 절에서는 원자력발전소 내 작업자의 연간 피폭선량 및 제한구역경계에서의 일반인에 대한 연간 피폭선량을 평가하며, 아울러 원자력발전소 건설기간 중 건설작업자가 받게 되는 피폭선량을 평가하였다.

작업자의 연간 피폭선량 평가는 발전소의 운전, 정비, 검사 및 방사선작업 시 작업자가 연간 받게 되는 선량을 분석하며, 제한구역경계에서의 일반인에 대한 연간 피폭선량 평가는 발전소 내 시설물로부터의 직접선량과 발전소로부터 배출되는 공기 및 수중 방사성물질에 의한 선량을 분석하며, 건설작업자의 선량평가는 발전소의 건설에 참가하는 작업자가 건설기간 중 동일 부지 내 가동 중인 발전소로부터 받게 되는 선량을 평가한다.

12.4.1 작업자의 연간 피폭선량 평가

작업자 선량은 원자력발전소의 운전, 정비, 검사 및 방사선작업으로 인하여 원자력발전소의 작업자가 받는 연간 누적선량으로서 이 선량한도는 원자력안전법 시행령의 작업자 연간 유효선량한도인 연간 50 mSv를 넘지않는 범위에서 5년간 100mSv를 적용한다. 신월성 1,2호기에서는 작업자 선량을 줄이기 위해 방사성 부식생성물의 생성을 억제하는 재질을 선정하여 계통을 설계·제작하며, 체류 및 작업이 빈번한 구역에 대한 환기유량 조정, 방사선감시기의 경보설정치 강화, 방사선관리구역 출입통제 강화 및 방사선구역 세분화하는 등 다수의 ALARA 요건을 설계에 적용하도록 한다.

대부분의 방사선구역에서의 실제선량률은 설계선량률보다 훨씬 낮기 때문에 설계선량률을 기준으로 작업자 피폭선량을 계산하게 되면 매우 보수적인 결과를 얻게 된다. 따라서 작업자 피폭에 대한 실제적인 평가는 CE형 핵증기공급계통이 설치된 국내 발전소자료 중 올진 5,6호기 평가자료를 기준으로 하였다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 작업자의 연간 집단선량 예상치(즉, 1.07 person-Sv/unit)는 동 발전소의 선행원전인 울진 3,4호기와 영광 5,6호기에서 제기된 ALARA 개선사항이 반영되어 평가된 것이다.

울진 5,6호기 작업자의 연간 집단선량 예상치는 미국 내에서 운전 중에 있는 CE형 원전의 최근 9년간(1984년~1992년)의 작업자 피폭자료(표 12.4-1, 표 12.4-2, 표 12.4-3)와 같이 미국 원전의 호기별 작업자의 연간 집단선량 평균치는 2.95 person-Sv 정도)에서 울진 3,4호기 및 영광 5,6호기 설계에 반영된 다수의 ALARA 개선사항에 의한 피폭저감 효과를 고려한 값이다.

신월성 1,2호기는 울진 5,6호기와 비교할 때 원자력발전소 건물배치의 상당한 변경 및 액체방사성 폐기물 처리설비 변경 등이 반영된 ALARA 설계가 수행되었으며 그 내용은 다음과 같다.

- 가. 방사성 유체시스템의 필터 격실과 고준위폐기물 저장지역의 상하층 인접배치
- 나. 방사성기기 공작실을 복합건물의 내부에 배치
- 다. 탈염기와 폐수지 저장탱크사이의 폐수지 이동배관 길이의 축소
- 라. 액체방사성 폐기물계통에 역삼투압설비 설치에 따른 고체방사성폐기물 발생량 감소
- 마. 영구수조밀봉체 설치로 인한 작업시간 단축
- 바. 방사선관리구역 동선 개선으로 인한 방사선관리구역 축소

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

사. 일체형원자로상부구조물 설치로 인한 작업시간 단축

이상과 같은 설계개선으로 인해 신월성 1,2호기의 작업자의 연간 집단선량은 표 12.4-4에 제시된 값 이하로 유지될 것으로 예상된다.

이외에, 신월성 1,2호기는 ALARA 설계절차에 따라 설계되며, 운영자인 한수원의 ALARA 프로그램에 따라 운영될 것이기 때문에 발전소 작업자의 실제적 연간 선량은 상기 예측선량보다 낮을 것으로 예상된다.

12.4.2 일반인의 연간 피폭선량 평가

제한구역경계에서의 일반인의 연간 피폭선량 평가는 발전소시설물에 의한 직접선량과 발전소로부터 환경으로 방출된 액체 및 기체 방사성물질에 의한 피폭선량을 분석하는 것으로, 평가된 선량이 원자력안전법 시행령의 일반인의 연간 유효선량한도인 1mSv 이내인지를 평가하는 것이다.

원자로건물, 복합건물, 핵연료건물 및 터빈건물로부터의 직접적인 방사선피폭량은 옥외에 설치된 방사성물질 저장탱크에 의한 피폭량에 비하면 무시할 정도로 적다. 옥외저장탱크로는 화학 및 체적제어계통 내 수용탱크와 원자로보충수탱크 등이 있으며 이 탱크들은 탱크 또는 탱크 차폐벽 표면에서의 선량률이 $3\mu\text{Sv/hr}$ 이하로 유지되도록 설계되어 있다. 따라서 일반인의 연간 체류시간을 8,760 시간으로 가정하고 거리감쇠 효과를 고려할 경우, 제한구역경계에서의 연간 총 누적선량은 호기당 $1\mu\text{Sv}$ 로 예상된다.

발전소로부터의 액체 및 기체 방사성물질 방출에 의한 제한구역경계에서의 일반인의 선량평가 결과는 11.2.3절 및 11.3.3절에 제시되어 있다.

따라서 신월성 1,2호기의 가동으로 인하여 제한구역경계에서의 일반인이 받는 연간 피폭

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

선량은 11.2.3절 및 11.3.3절에 제시된 호기당 값에 2개호기를 고려하여도 원자력안전법 시행령의 일반인에 대한 선량한도 이내이다.

1

12.4.3 건설작업자의 연간 피폭선량 평가

건설작업자에 대한 선량평가는 원자력발전소의 건설에 참가하는 작업자가 건설기간 중 동일 부지 내에 있는 가동 중인 원자력발전소로부터 받는 피폭선량을 평가하는 것이다. 건설작업자가 받는 피폭경로로는 가동 중 발전소로부터 방출되는 기체상 방사성물질에 의한 피폭, 지표면에 침적된 방사성물질에 의한 피폭 및 직접 피폭의 3가지 경로가 고려된다. 신월성 1,2호기 건설작업자에 대한 선량기준은 원자력안전법 시행령의 일반인에 대한 연간 유효선량한도인 1 mSv 이며, 피폭경로별 선량 평가방법은 다음과 같다.

1

12.4.3.1 직접선량

건설작업자에 대한 연간 총누적 직접선량은 동일 부지 내 운전 중인 발전소의 원자로건물, 보조건물, 터빈건물, 복합건물, 핵연료건물과 옥외저장탱크로부터의 직접 조사선량을 합한 값으로서, 다음과 같은 가정에 의해 계산되었다.

가. 총 건설기간은 기초콘크리트 타설부터 핵연료장전까지 6년(호기별로는 각 5년)이며 신월성 1,2호기 건설 개시시점에 월성 1,2,3,4호기 모두 운전되며, 특히 신월성 2호기 건설 마지막해 1년간은 신월성 1호기가 운전된다.

나. 월성 1,2,3,4호기는 신월성 1,2호기와는 상당한 거리로 이격되어 있어서 직접적인 피폭이 발생하지 않는다. 신월성 2호기 건설 마지막 해에 건설 작업자의 20%가 신월성 1호기 주변에서 작업할 경우의 직접피폭을 고려한다.

다. 건설작업자의 연간 작업시간은 2,000 시간이다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

라. 각 발전소에 고용될 연간 건설작업자의 수는 표 12.4-5와 같다.

상기 가정을 기준으로 신월성 1,2호기의 건설작업자가 받는 연간 총 예상 개인선량은 표 12.4-6에 제시되어 있다.

12.4.3.2 공기 중 방사능에 의한 선량

공기 중 방사성물질에 의한 건설작업자의 피폭에는 방사능운에 의한 피폭과 지표면에 침적된 방사능에 의한 피폭이 고려되며, 규제지침서 1.109에 제시된 평가모델을 적용하여 계산하였다(참고문헌 11).

건설기간 동안 신월성 1,2호기 건설작업자들의 공기 중 방사능에 의한 연간 총 유효집단 선량(person-Sv)은 월성 1,2,3,4호기로부터의 방사능 누출에 의한 선량기여도 및 신월성 2호기 건설 마지막 해 1년간, 가동 중인 신월성 1호기로부터의 누출에 의한 선량기여도를 고려하여 계산하며 그 결과값은 표 12.4-7에 제시되어 있다.

각 위치별 대기확산인자(X/Q) 및 지표면 침적인자(D/Q)는 다음과 같다.

호 기 구 분	거리(m)	X/Q (sec/m ³)	D/Q (1/m ²)
월성 1,2호기~신월성 1호기	1,022	3.341E-06	9.398E-09
월성 3,4호기~신월성 1호기	1,364	2.024E-06	5.779E-09
월성 1,2호기~신월성 2호기	1,130	2.796E-06	7.940E-09
월성 3,4호기~신월성 2호기	1,478	1.770E-06	5.043E-09
신월성 1호기~신월성 2호기	117	1.660E-04	2.342E-07

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

작업자의 연간 작업시간을 2,000시간(40시간/주, 50주/년)으로 가정할 경우, 월성 1,2,3,4호기에 의하여 신월성 1,2호기 건설작업자가 받는 연간 선량 및 건설 마지막 해 1년 동안 월성 1,2,3,4호기 및 신월성 1호기에 의하여 신월성 2호기 건설작업자가 받는 총 예상 개인선량은 표 12.4-6에 제시되어 있다. 표 12.4-6에서 보는 바와 같이 신월성 1,2호기 건설작업자가 동일 부지 내 가동 중인 발전소로부터 받는 연간 유효선량은 원자력안전법 시행령의 일반인에 대한 선량한도 이내이다.

| 1

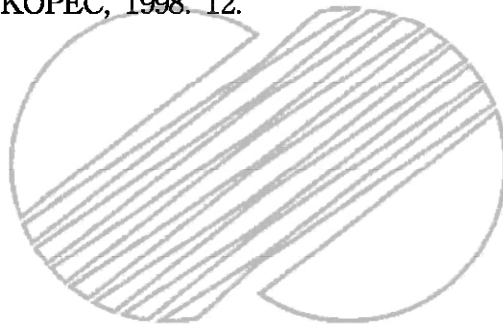
건설기간 동안 신월성 1,2호기의 건설작업자들의 연간 총 예상 집단선량(person-Sv/yr)은 표 12.4-7에 제시되어 있다.

12.4.4 참고문헌

1. "Design Improvement Studies on the Standardization of Nuclear Power Plants," Vol. 17, KOPEC, 1987. 8.
2. B. G. Brooks, "Occupational Radiation Exposure at Commercial Nuclear Power Reactors 1984," NUREG-0713 Vol.6, U.S. NRC, 1986.
3. B. G. Brooks, "Occupational Radiation Exposure at Commercial Nuclear Power Reactors 1985," NUREG-0713 Vol.7, U.S.NRC, 1987.
4. B. G. Brooks, "Occupational Radiation Exposure at Commercial Nuclear Power Reactors 1986," NUREG-0713 Vol.8, U.S.NRC, 1988.
5. B. G. Brooks, "Occupational Radiation Exposure at Commercial Nuclear Power Reactors 1987," NUREG-0713 Vol.9, U.S.NRC, 1989.
6. B. G. Brooks, "Occupational Radiation Exposure at Commercial Nuclear Power Reactor 1988," NUREG-0713 Vol.10, U.S.NRC, 1990.
7. B. G. Brooks, "Occupational Radiation Exposure at Commercial Nuclear Power Reactor 1989," NUREG-0713 Vol.11, U.S.NRC, 1991.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

8. B. G. Brooks, "Occupational Radiation Exposure at Commercial Nuclear Power Reactor 1990," NUREG-0713 Vol.12, U.S.NRC, 1992.
9. B. G. Brooks, "Occupational Radiation Exposure at Commercial Nuclear Power Reactor 1991," NUREG-0713 Vol.13, U.S.NRC, 1993.
10. B. G. Brooks, "Occupational Radiation Exposure at Commercial Nuclear Power Reactor 1992," NUREG-0713 Vol.14, U.S.NRC, 1994.
11. "Calculation of Annual Doses to Man from Routine Release of Reactor Effluents for the Purpose of Evaluating Compliance with 10 CFR 50, Appendix I," Regulatory Guide 1.109, U.S. NRC, Rev.1, 1977.
12. "ICRP-60 선권고안을 반영한 소외선량 평가모델 개발-전산코드 TEDII-60 개발," KOPEC/98-TD-009, KOPEC, 1998. 12.



신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.4-1 (2 중 1)

운전 중인 CE형 발전소의 작업자 피폭자료

연도	발전소명	설계전기출력 (MWe)	연간전기출력 (MWe-yr)	총작업자수	연간 총작업자 선량(person-Sv)
1984	Arkansas 2	858	653	871	4.03
	Calvert Cliffs 1, 2	1,650	1,389	1,369	4.79
	Millstone Point 2	857	783	285	1.20
	St. Lucie 1, 2	1,664	1,183	2,090	12.63
1985	Arkansas 2	858	596	631	1.43
	Calvert Cliffs 1, 2	1,650	1,190	1,598	6.94
	St. Lucie 1, 2	1,664	1,446	1,971	13.44
1986	Arkansas 2	858	535	1,068	5.71
	Calvert Cliffs 1, 2	1,650	1,530	1,296	3.47
	San Onofre 2, 3	2,150	1,412	2,988	6.85
	St. Lucie 1, 2	1,664	1,589	1,279	4.91
	Waterford 3	1,075	876	1,244	2.23
1987	Arkansas 2	858	683	562	1.91
	Calvert Cliffs 1, 2	1,650	1,207	1,384	4.12
	Millstone Point 2	857	678	601	2.11
	Palo Verde 1, 2	2,442	1,638	1,792	6.69
	San Onofre 2, 3	2,150	1,649	1,778	5.79
	St. Lucie 1, 2	1,664	1,408	2,012	9.51
	Waterford 3	1,075	892	959	1.56
1988	Arkansas 2	858	542	1,226	7.03
	Calvert Cliffs 1, 2	1,650	1,398	1,296	2.91
	Millstone Point 2, 3	2,000	1,595	1,827	8.04
	Palo Verde 1, 2	2,442	1,701	2,173	6.88
	San Onofre 2, 3	2,150	1,648	1,932	6.49
	St. Lucie 1, 2	1,678	1,640	1,448	6.11
	Waterford 3	1,075	784	1,246	2.59

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.4-1 (2 중 2)

연도	발전소명	설계전기출력 (MWe)	연간전기출력 (MWe-yr)	총작업자수	연간 총작업자 선량(person-Sv)
1989	Arkansas 2	858	540	1,044	3.59
	Millstone Point 2, 3	2,000	1,428	1,984	10.79
	San Onofre 2, 3	2,150	1,530	1,860	4.71
	St. Lucie 1, 2	1,678	1,493	1,414	4.95
	Waterford 3	1,075	910	1,306	2.65
1990	Arkansas 2	858	684	1,261	3.86
	Millstone Point 2, 3	2,000	1,615	1,652	5.93
	Palo Verde 1, 2, 3	3,663	2,501	2,236	4.99
	San Onofre 2, 3	2,150	1,647	1,849	7.36
	St. Lucie 1, 2	1,678	1,188	1,876	7.77
	Waterford 3	1,075	1,028	432	0.47
1991	Arkansas 2	858	768	1,044	1.78
	Calvert Cliffs 1, 2	1,650	1,085	1,974	1.32
	Palo Verde 1, 2, 3	3,663	3,044	2,242	6.05
	San Onofre 2, 3	2,150	1,652	1,507	3.42
	St. Lucie 1, 2	1,678	1,593	1,282	4.79
	Waterford 3	1,075	871	1,301	3.64
1992	Arkansas 2	858	685	1,576	4.43
	Calvert Cliffs 1, 2	1,650	1,271	1,979	3.30
	Millstone Point 2, 3	2,000	1,115	3,190	12.80
	Palo Verde 1, 2, 3	3,663	3,102	1,981	5.41
	San Onofre 2, 3	2,150	1,853	1,372	2.69
	St. Lucie 1, 2	1,678	1,512	1,251	2.64
	Waterford 3	1,075	910	1,213	2.26

1) 발전소 선정기준

- CE형 핵증기공급계통 설치
- 상업운전년도 1975년 이후
- 설계전기출력 800 MWe 이상
- 가동률 0.6 이상

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.4-2

운전 중인 CE형 발전소의 연평균 총작업자수와 총작업자선량¹⁾

연도	발전소 수	총작업자선량 (person-Sv)	호기당 연평균 작업자선량(person-Sv)	연간총전기출력 (MWe-yr)	단위전기출력당 연평균 총작업자선량 (person-Sv/MWe-yr)
1984	6	22.65	3.78	4,008	0.0057
1985	5	21.81	4.36	3,232	0.0067
1986	8	23.17	2.90	5,942	0.0039
1987	11	31.69	2.88	8,155	0.0039
1988	12	40.05	3.34	9,308	0.0043
1989	8	26.69	3.34	5,901	0.0045
1990	11	30.38	2.76	8,663	0.0035
1991	11	21.00	1.91	9,013	0.0023
1992	13	33.53	2.58	10,448	0.0032
1984~ 1992	85	250.97	2.95	64,670	0.0039

1) 선정된 발전소는 표 12.4-1과 같음

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.4-3

운전 중인 CE형 발전소의 작업별 총작업자수와 총작업자선량¹⁾

작업구분	호기당 연간작업자수 ²⁾	작업자 비율(%)	호기당 연간작업자선량 (person-Sv/unit-yr)	선량 비율(%)
일상운전 및 감시	144	16.2	0.37	12.5
정기보수	212	23.8	0.52	17.6
가동중검사	79	8.9	0.30	10.2
특수보수	266	29.9	1.05	35.6
방사성 폐기물 처리	65	7.3	0.20	6.8
핵연료 교체	124	13.9	0.51	17.3
합계	890	100.0	2.95	100.0

1) 1984~1992년 동안 CE형 발전소의 운전 중 방사선 피폭자료 참고
(참고문헌 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)

2) 산정 근거

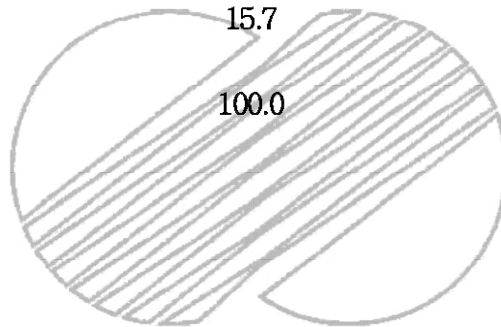
- 작업자들은 하나 이상의 작업에 투입 가능
- 연간 1 mSv/yr 이상을 피폭받은 작업자로 국한

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.4-4

신월성 1,2호기 작업별 예상 작업자 집단선량

작업 구분	선량 비율(%)	연간 작업자 집단선량 (person-Sv/unit-yr)
일상운전 및 감시	18.6	0.19
정기보수	13.7	0.14
가동 중 검사	9.8	0.10
특수보수	24.5	0.25
방사성 폐기물 처리	17.6	0.18
핵연료 교체	15.7	0.16
합계	100.0	1.02

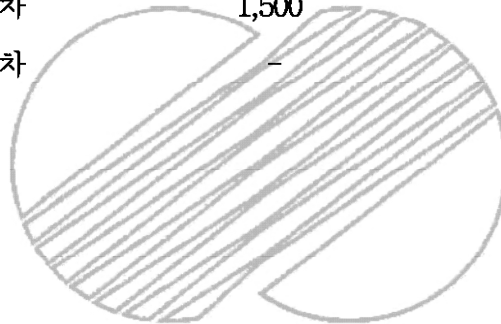


신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.4-5

건설기간별 예상 건설작업자수

<u>건설기간</u>	<u>신월성 1호기</u>	<u>신월성 2호기</u>
1년차	4,000	-
2년차	4,000	4,000
3년차	4,000	4,000
4년차	4,000	4,000
5년차	1,500	4,000
6년차	-	1,500



신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.4-6

건설작업자의 연간예상선량

(mSv/yr)

신월성 1호기 건설작업자 선량		신월성 2호기 건설작업자 선량		
		월성 1, 2, 3, 4호기의 기체방출물에 의한 선량	월성 1, 2, 3, 4호기의 기체방출물에 의한 선량	신월성 1호기 로부터 직접선량
건설 첫째	유효	4.83E-03	4.06E-03	-
	피부	7.06E-03	5.94E-03	-
	갑상선	4.82E-03	4.06E-03	-
건설 2, 3, 4	유효	4.83E-03	4.06E-03	-
	피부	7.06E-03	5.94E-03	-
	갑상선	4.82E-03	4.06E-03	-
건설마지막해	유효	4.83E-03	3.52E-02 ¹⁾	8.62E-02 ²⁾
	피부	7.06E-03	1.21E-01 ¹⁾	-
	갑상선	4.82E-03	4.60E-02 ¹⁾	-

1) 신월성 1호기로부터의 선량도 포함함

2) 신월성 1호기로부터의 선량임

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 12.4-7

총건설작업자의 연간예상선량

(person-Sv/yr)

<u>건설기간</u>	<u>신월성 1호기 건설작업자</u>			<u>신월성 2호기 건설작업자</u>		
	<u>유효</u>	<u>피부</u>	<u>갑상선</u>	<u>유효</u>	<u>피부</u>	<u>갑상선</u>
1년차	1.93E-02	2.83E-02	1.93E-02	-	-	-
2년차	1.93E-02	2.83E-02	1.93E-02	1.62E-02	2.38E-02	1.62E-02
3년차	1.93E-02	2.83E-02	1.93E-02	1.62E-02	2.38E-02	1.62E-02
4년차	1.93E-02	2.83E-02	1.93E-02	1.62E-02	2.38E-02	1.62E-02
5년차	7.24E-03	1.06E-02	7.23E-03	1.62E-02	2.38E-02	1.62E-02
6년차	-	-	-	1.82E-01	1.81E-01	6.90E-02

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.5 방사선방호계획

12.5.1 조직

12.5.1.1 방사선방호계획의 조직

발전소 방사선방호계획은 신월성 1,2호기에 공통으로 적용된다. 신월성 1,2호기의 조직은 13.1절에 기술된 바와 같으며 발전소장은 발전소의 방사선방호, 오염관리 및 제염에 대한 책임이 있다.

방사선안전관리부서장은 발전소 방사선방호계획을 관리할 책임이 있으며, 그 계획은 방사선원, 부산물, 오염물질 등 방사성물질의 취급 및 감시 작업을 포함하고 있다. 또한 방사선안전관리부서장은 발전소 운전이 방사선방호계획에 적용될 수 있는 원자력 관계법령에 만족함을 보증할 책임이 있다. 상기 문서에 나타난 정책과 그것을 이행하는 근거에 대해서는 12.1.1절에 기술되어 있다.

방사선안전관리원은 방사선방호계획을 수행하는 전문가로서, 방사선안전관리부서장에게 보고를 해야 하고, 방사선 작업절차를 수립하여 방사선 피폭선량이 ALARA로 유지될 수 있도록 관리하며, 방사선방호를 위한 방사선 측정과 방사성폐기물의 시료 채취 및 분석을 한다.

위에서 말한 감독자의 책임과 권한, 방사선안전관리원의 필요한 교육과 자격에 대한 상세 내용은 13.1.2절 및 13.1.3절에 기술되어 있다.

12.5.1.2 방사선방호계획의 목적

방사선방호계획은 다음과 같은 목적을 가지고 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 가. 작업자들의 피폭선량이 원자력 관계법령의 기준 내에 있으며, ALARA로 유지되고 있음이 보증될 수 있도록 발전소 작업자를 행정적으로 관리한다.

발전소 작업자들이 모든 절차 및 요구사항에 따르고 있음이 보증될 수 있도록 행정상의 관리지시 체계를 유지한다.

방사선방호를 위한 제한치는 원자력 관계법령에 일치하도록 개발되어야 하며, 발전소 작업자들이 방사선방호에 관련된 모든 절차 및 요구사항을 따르고 있음이 보증될 수 있도록 방사선 안전관리 절차서를 만들어 이용한다.

- 나. 방사성폐기물 방출은 원자력 관계법령의 제한치 이내에 있음이 보증될 수 있도록 관리한다.

12.5.1.3 방사선방호계획



방사선방호계획은 12.5.1.2절에 제시된 목적을 실제적으로 안전한 방법으로 수행하는 데 사용되는 절차로서, 원자력 관계법령을 만족하며 다음 업무를 수행하고 있음을 보증한다.

- 가. 작업자는 적절한 방사선방호 교육을 받는다.

- 나. 적절한 출입관리 절차 및 관리구역 작업복은 외부오염을 막는 데 사용된다.

- 다. 호흡방호장구는 체내 방사선피폭을 막는 데 사용한다.

- 라. 방사선구역은 방사성물질의 체내흡입을 방지하기 위하여 분리되고 적절히 표지된다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

마. 방사선량률과 표면오염 및 공기 중 방사능 등을 정확히 측정할 수 있도록 계측기 및 장비는 적절하게 교정된다.

바. 작업자들에게 적절한 선량측정장비가 제공된다.

사. 체내 선량평가 프로그램이 제공된다.

아. 방사성물질의 선적 및 하역이 올바르게 수행된다.

자. 작업 종사자의 방사선량은 ALARA로 유지될 수 있도록 필요한 조치가 취해진다.

이 계획을 이행하는 데 사용된 절차에 대한 상세 내용은 12.5.3절에 기술되어 있다. 또한 이 계획은 발전소로 인하여 주변환경과 주민에게 방사선 영향을 거의 주지 않음을 보증할 수 있도록 발전소 절차에 따라 적절한 방사성폐기물 방출시료를 채취하여 분석함을 보증하며, 13.3절에서 기술된 발전소 사고로 인한 영향을 줄일 수 있도록 비상계획이 갖추어져 있음을 보증한다.

12.5.2 장비, 계측기 및 설비

12.5.2.1 방사선관리구역

발전소 설계 시 각 호기별로 방사선관리구역을 설정한다. 방사선관리구역은 표 12.3-1에 나타나 있는 바와 같이, 방호조치를 취해야 하거나 취해야 할 우려가 있을 만큼의 방사성 물질이 있는 모든 지역과 방사선구역 2 또는 그 이상의 지역을 포함한다. 신월성 1,2호기의 정상운전 시 방사선구역도는 그림 12.3-3 및 그림 12.3-4에 나타나 있다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

방사선관리구역의 정상적인 출입은 복합건물(그림 12.5-1 참조)의 출입통제소를 통해 이루어지며, 방사선안전관리원에 의해 통제된다. 방사선관리구역으로 출입할 수 있는 다른 모든 곳은 잠금장치를 하거나 밀폐시켜 놓는다.

발전소의 청정지역에 임시 방사선관리구역이 설정될 수 있으나, 이 경우 방사선관리구역의 모든 규칙 및 절차를 따라야 한다. 방사선관리구역을 떠나는 모든 사람들이 스스로 오염검사를 할 수 있도록 방사선계측기를 출입통제 지점에 설치한다.

트럭이 핵연료건물과 복합건물을 출입할 수 있도록 발전소 옥외지역(즉 제한구역)의 일부를 포함하여 출입통제 요구조건을 확장할 수도 있다. 출입금지구역 경계에는 울타리, 밧줄 등 다른 장애물로 막아 놓아야 한다. 오염물질이 발전소 건물 외부지역에 방치되지 않도록 한다.

트럭운전사와 같은 사람이 방사선관리구역을 출입하게 될 때는 방사선관리구역 작업복을 착용하고 계속 감독을 받으며, 필요하다면 방사선량 측정장비도 지급한다. 트럭이 방사선관리구역을 떠날 때는, 트럭 및 운전사는 방사선 측정을 하여 그 결과를 기록, 유지한다. 방사선방호 교육을 받은 사람이나 교육을 받은 사람에 의해 안내되는 사람만이 방사선관리구역에 출입이 허가된다.

방사선관리구역을 출입하는 사람에게는 선량측정기를 지급한다. 방사선작업허가서에는 작업구역의 방사선 상태를 표시하며, 출입 시 필요한 방사선관리구역 작업복과 방사선 측정장비를 지정하고 허용 작업기간을 명시한다.

고방사선구역은 눈에 띄게 표시하며, 허가받지 않은 작업자의 출입을 방지하기 위하여 잠금장치 등 장애물을 설치한다. 고방사선구역을 출입하는 작업자는 방사선작업허가서가 발행될 때 방사선안전관리원으로부터 방사선방호에 관한 지침을 받는다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.5.2.2 방사선방호 설비

방사선방호를 위한 설비는 발전소의 오염가능지역으로의 출입이 편리한 곳에 위치하도록 하며, 다음과 같은 설비를 포함한다.

가. 방사능량과 방사능농도를 분석하기 위한 계측실

나. 보건물리실 및 출입관리 통제소

다. 작업자更衣실 및 보관함

라. 작업자 제염설비

마. 방호의류 및 방호장구 저장시설

바. 고정 지역방사선감시계통

사. 방사선관리구역에서 나가는 작업자의 방사성오염을 검사하기 위한 전신 오염 감시기와 휴대용 오염측정기

아. 계측기의 정비를 위한 계측기 작업장

12.5.2.3 방사선방호 설계

계속적으로 방사선준위가 1 mSv/hr를 넘을 가능성이 있는 지역은 잠금장치가 부착된 문을 설치하여 출입을 제한할 수 있어야 하고, 비상 시 빨리 출입할 수 있도록 설계되어야 한다. 방사선관리구역에서 일하는 작업자를 보호할 수 있도록 납벽돌 또는 납판과 같은 차폐

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

체를 제공하여 작업자의 방사선량이 ALARA로 유지될 수 있도록 한다. 원격도구 및 취급장비와 같은 특별한 장비 및 차폐된 이송용기 등이 방사성물질을 취급하기 위해 사용된다. 경우에 따라서 특별한 차폐 또는 도구가 작업자의 방사선 피폭선량을 실제로 줄일 수 있는 정도까지 이용된다. 이와 관련한 상세내용은 12.3.1절과 12.3.2절에 기술되어 있다.

12.5.2.4 방사선방호용 계측기

12.5.2.4.1 실험실 방사선 측정장비

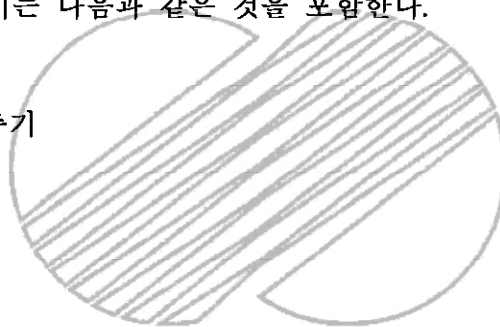
실험실용 방사선 측정장비는 다음과 같은 것을 포함한다.

가. 액체 섬광 계측기

나. 알파 계측기

다. 베타 계측기

라. 감마 핵종분석 장비



12.5.2.4.2 휴대용 방사선 측정기기

휴대용 방사선 측정기기는 다음과 같은 것을 포함한다.

가. 광역 베타, 감마선 측정기

나. 중간 영역 베타, 감마선 측정기

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

다. 협역 베타, 감마선 측정기

라. 중성자 측정기

마. 휴대용 표면오염 측정기

바. 베타 입자 공기감시기

사. 이동형 미립자, 요오드, 가스 감시기

12.5.2.4.3 휴대용 공기시료 채집기

휴대용 공기시료 채집기는 다음과 같은 것을 포함한다.

가. 건전지 작동 공기시료 채집기

나. 고유량 공기시료 채집기

다. 유량조절 공기시료 채집기

라. 삼중수소 시료 채집기

공기시료 채집기는 방사성입자와 할로젠 원소 및 불활성기체의 시료채취를 위해 사용된다. 이러한 시료 채집기들은 발전소 운전 중이나 정비기간 중에 작업자가 방사선관리구역 내에 들어가기 전 국부지역의 시료채취를 하기 위해 사용된다. 연속 공기감시기(CAMs)는 공기 중 방사성입자, 불활성기체 및 요오드의 방사능농도를 측정하며, 미리 설

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

정된 값 이상으로 공기 중 방사능준위가 상승하면 경보를 제공한다.

12.5.2.4.4 개인 방사선피폭 감시장비

개인 방사선피폭 감시장비는 다음과 같은 것을 포함한다.

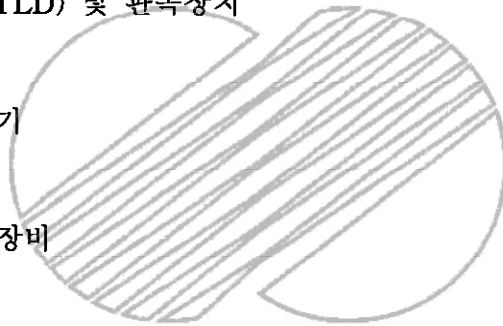
가. 중성자 선량계

나. 자동 선량 측정기

다. 열형광선량계(TLD) 및 판독장치

라. 전신오염 감시기

마. 체내피폭 검사장비



12.5.2.4.5 비상용 계측기

비상시를 대비하여 다음의 계측기를 비상기술지원실 등에 보관한다. 이들 계측기는 올바르게 작동하는지를 확인하기 위해 정기적으로 교정되고 점검된다.

가. 방사선량률 측정기

나. 표면오염 측정기

다. 공기시료 채집기

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

라. 개인 선량계

마. 호흡방호장비

12.5.2.4.6 방사선방호 계측기의 교정

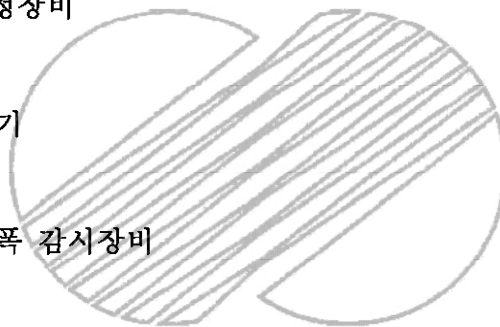
다음의 방사선방호 계측기는 검교정 요원에 의해 운영기술지침서에 따라 정기적으로, 그리고 필요 시 시험 및 교정된다. 수리와 교정은 적절한 교정설비와 승인된 절차서를 사용하여 교육받은 계측기 검교정 요원에 의해 수행된다.

가. 방사선(능) 측정장비

나. 공기시료 채집기

다. 개인 방사선피폭 감시장비

라. 비상용 계측기



12.5.2.5 장비 제염설비

방사선관리구역 중 필요한 지역에는 제염구역을 마련해 둔다. 원자로건물 내에는 세척패드와 영구분무노즐이 원자로용기상부헤드내부의 오염제거를 위하여 원자로용기상부헤드 안착지역에 설치되어 있다. 그 외에, 핵연료 재장전 후 재장전수조 라이너를 제염하기 위하여 호스와 배수연결 설비가 설치되어 있다.

핵연료건물에는 사용후연료 캐스크의 제염을 위하여 캐스크 제염조에 영구 분무노즐이 설치되어 있다. 복합건물에는 폐기물이 들어 있는 드럼의 겉표면을 국부적으로 제염하기

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

위하여 고체폐기물 구역 내에 제염대가 설치되어 있다. 오염장비공작실에는 공구와 장비의 오염제거를 위하여 제염설비가 설치되어 있다. 제염설비들은 분무실, 초음파 세척조 그리고 화학세척조 등을 갖추고 있다.

일반적으로, 공정시스템의 기기들은 정비 또는 해체하기 전에 그 위치에서 제염된다. 상당량의 방사성액체를 함유하고 있는 펌프, 열교환기 및 여과기와 같은 각 공정기기들은 세척과 배수연결설비를 갖추고 있다. 이들 기기들은 정비하기 전에 그 자리에서 세척한다. 만일 필요하다면, 세척과 배수연결부를 가진 기기에 대해 제염용액을 기기전체에 순환시키기 위해서 휴대용 펌프와 제염용 약품드럼을 사용할 수도 있다. 만일 기기들의 제염이 더 필요하다면 부품을 폴리에틸렌 주머니에 싸서 제염설비로 이송한다. 대형 기기는 기기의 배열과 위치가 다양하기 때문에 상황에 따라 제염된다. 필요한 경우, 현장제염이 요구될 때는 임시커튼을 기기주위에 설치할 수도 있다.

방사선관리구역 내에 있는 기기들은 제염의 편의를 위하여 제염도포제로 도포한다. 필요하다면, 제염의 최대효과를 위하여 도포제를 완전히 제거하는 데 용제 혹은 샌드블래스팅이 사용된다.

12.5.3 절차

12.5.3.1 방사선 및 오염 측정

12.5.3.1.1 기본 원칙

방사선과 오염의 측정절차는 최초 핵연료장전 이전에 수립된다. 이러한 절차는 일상적인 방사선 측정과 비일상적인 특별 측정을 위한 상태, 요건 및 구역을 규정한다. 측정 목적은 발전소 여러 지역의 방사선 및 오염 준위를 조사하여 자료를 모으는 것이다. 얻어진 정보는 작업자들이 작업을 수행하는 데 참고지침으로 사용된다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.5.3.1.2 책임

방사선안전관리원은 정기적으로 방사능 및 오염측정을 수행하고, 그 결과를 기록, 유지한다. 방사선방호차장은 측정결과를 검토하여 적절한 조치를 취한다. 방사선안전관리부서장은 방사선관리에 관한 책임을 진다.

12.5.3.1.3 측정의 종류

가. 방사선준위

정기적으로 일반적인 방사선준위 측정은 지역의 종류, 사용 그리고 잠재적인 위험에 따라 필요하다면 수시로, 또는 방사선 조건이 불확실하거나 변할때는 그때마다, 청정구역과 방사선관리구역에서 수행된다. 특별 방사선 측정은 필요에 따라 수행된다. 작업구역에서의 어떤 방사선 조건은 정비작업 수행 동안 연속 측정을 요구한다.

나. 오염

유리성 표면오염의 평가를 위한 오염 측정(스미어 측정)은 그 지역의 종류, 사용 및 잠재적인 위험에 따라 청정지역과 방사선관리구역에 대해 정기적으로 수행하며, 오염준위가 불확실할 때는 그때마다 수행한다. 특별 오염측정(스미어 측정)은 작업을 하기 위한 안전한 작업조건 여부를 평가하기 위해 작업감독자의 요청이 있을 경우에만 실시한다.

다. 공기

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

어느 지역에 있는 공기 중 방사능농도의 평가를 위한 공기 중 방사능농도 측정
정은 그 지역의 종류, 사용 그리고 잠재적인 위험에 따라 청정지역과 방사선관
리구역에서 정기적으로 하게 되고, 공기 중 오염이 불확실할 때는 그때마다 하
게 된다. 계획되지 않은 공기시료 채취는 안전한 작업조건인지를 평가하기 위
해 필요한 경우에 실시한다.

라. 물

정기적인 물 시료채취는 발전소 운전상태나 개인 장해가능성을 평가하고 현재
의 방사능농도를 분석하기 위해 수행한다.

12.5.3.2 방사선량의 ALARA 유지를 위한 절차 및 방법

방사선관리구역 또는 잠재적 방사선관리구역에의 출입관리 절차서는 방사선안전관리원에
의해 개발되어야 하고, 모든 작업자는 그것을 잘 숙지해야 한다. 작업자 개인의 방사선
피폭선량이 ALARA로 유지되도록 보증하기 위해 세밀하게 조사하고 기록되어야 한다.
발전소 방사선안전관리원은 ALARA 계획을 수행해야 한다.

12.5.3.3 출입 및 체류시간의 통제

12.5.3.3.1 기본원칙

방사선관리구역 출입절차를 철저히 숙지하지 못한 사람은 방사선안전관리원에 의해 안내
를 받거나, 충분한 방사선방호를 확보할 수 있도록 적절한 방호지침에 대한 교육을 받는다.
방사선관리구역 내에서 작업이 완료되는 즉시 작업자는 방사선관리구역을 떠나야 한다.
방사선관리구역 내 어떤 지역은 “인가자만 출입”이라는 표지가 붙어 있으며, 이러한
지역들은 방사선 작업허가서상에 적합한 출입허가를 받은 사람만이 들어갈 수 있다. 방

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

사선 작업허가서의 목적은 이러한 지역에 대한 출입을 통제하고, 방사선 작업자가 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 방사선 및 오염 준위, 필요한 방사선관리구역 작업용품 및 기타 요구사항을 알려줌으로써 피폭과 오염문제를 관리한다.

12.5.3.3.2 방사선관리구역에 들어갈 때

방사선관리구역에 들어가기 위한 절차는 다음과 같다.

- 가. 방사선작업허가서에 명시된 대로 열형광선량계, 보조선량계, 관리구역 작업복, 기타 필요한 방호장구를 착용한다.
- 나. 외부 상처가 있는 사람은 방사선안전관리원의 판단에 따라 방사선관리구역의 출입을 통제한다.
- 다. 방사선방호 교육을 받지 않은 사람은 방사선안전관리부서장이 지명한 직원이 나 방사선안전관리부서장이 평가하여 만족할 정도의 방사선방호 지식을 가진 사람에 의해 안내를 받는다.
- 라. 정상적으로 방사선관리구역 내로 들어가는 것은 출입통제소를 통하여 들어 가며, 다른 통로를 통하여 방사선관리구역 내로 들어갈 때는 발전소장 또는 그의 지명인에 의해 승인을 얻어야 하고, 그 내용이 기록되어야 한다.

12.5.3.3.3 방사선관리구역에서 나올 때

방사선관리구역을 떠날 때는 다음과 같은 절차를 따라야 한다.

- 가. 방사선관리구역을 나가는 것은 출입통제소를 통해서만 할 수 있다. 다른 통로

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

를 통해 방사선관리구역을 나갈 때는 발전소장 혹은 그의 지명인에 의해 승인을 받아야 한다.

나. 모든 관리구역 작업용품은 스텝-오프(step-off) 지역에서 벗는다.

다. 감시지역을 떠나기전 작업자는 스스로 오염검사를 한다.

라. 오염된 모든 작업자는 방사선안전관리원에게 보고해야 하며, 방사선관리구역을 떠나기 전에 제염을 실시한다.

마. 비상 시 방사선관리구역으로부터 나가는 것은 발전소 비상계획에 따라 한다.

12.5.3.4 오염관리

12.5.3.4.1 설비에 대한 오염관리

지역과 지역 사이의 작업자 통행에 의한 일반적인 지역의 오염은 스텝-오프 패드를 사용하여 관리한다. 고준위 오염과 관련된 작업을 할 경우는 이중 스텝-오프 패드를 사용한다.

지역간에 오염 공기구 및 장비를 이동하기 위해서는 플라스틱 봉지 또는 흡수지를 사용한다. 발전소 모든 직원들에 대한 최종 오염검사는 전신 오염감시기가 위치해 있는 출입 통제소에서 한다.

12.5.3.4.2 개인의 오염관리

12.5.3.4.2.1 방사선관리구역 작업복

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

오염구역을 들어갈 때 여러 종류의 방사선관리구역 작업복을 사용하여 개인의 오염관리를 한다.

가. 실험실 직원이 방사성시료를 분석할 때는 실험복을 착용한다.

나. 오염구역에 들어갈 때 대부분 경우에는 방사선관리구역 작업복을 착용한다.

다. 건식 오염구역에서는 면 신발덮개를 착용하고, 습식 오염구역인 경우에는 플라스틱 혹은 비닐 제품의 신발덮개를 착용한다.

라. 건식 오염구역에서는 면 장갑을 착용하고, 습식 오염지역에서는 고무 혹은 플라스틱 장갑을 착용한다.

마. 작업자에게 액체 오염이 될 우려가 있는 구역에서는 면 작업복 위에 비닐 작업복을 착용한다.

바. 저준위 오염지역에서는 면 작업모를 착용하고, 고준위 오염구역에서는 면 후드를 착용한다.

사. 오염구역에서 작업할 때 작업자는 방사선관리구역 작업복을 착용한다. 2중의 방사선관리구역 작업복을 착용하여야 할 경우에는 2중 스텝-오프 패드를 사용한다.

12.5.3.5 공기 중 방사능 관리

방사선안전관리원은 공기오염 지역을 들어가기 전에 방사선 작업허가서에 명시한 적절한 호흡방호장구를 착용한다. 지역의 방사선 측정 및 공기오염농도와 종류에 따라 필요한

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

방호장비를 결정하는 것은 방사선안전관리원의 책임이다. 방사선관리구역에서 작업을 할 때, 즉 공기오염이 존재할 가능성이 있을 때는 작업자와 작업감독자는 방사선안전관리원에게 알릴 책임이 있다. 공기 오염은 적절한 환기와 장비 및 작업지역의 제염을 통해 최소로 유지된다.

호흡 방호장구는 공기 중 방사능이 존재하는 지역에서 체내 피폭을 방지하기 위한 것이다. 이러한 경우에, 방사선안전관리원은 공기 중 시료를 채취하고, 착용해야 할 호흡 방호장구를 추천해야 한다. 호흡 방호장구로는 미립자 필터와 탄소 필터(또는 둘 중의 하나)가 구비된 반면 또는 전면 마스크, 그리고 공기공급형 마스크 등이 있다.

12.5.3.6 개인 방사선 감시

12.5.3.6.1 기본 원칙

방사선방호 계획 중 이 분야는 적절한 개인선량계의 착용, 피폭선량의 정확한 기록, 판독치의 적절한 평가 그리고 필요에 따라 의학적, 생체학적 검사와 전신 계측을 취급한다.

이 절차의 목적에 적합한 개인선량계에는 열형광선량계와 직독식 개인선량계 등이 있다. 모든 방사선 작업자들은 열형광선량계를 발급받게 될 것이고, 그리고 방사선관리구역 내에 체류하는 동안 이러한 선량계 등을 착용해야 한다.

12.5.3.6.2 발전소 종사자 방사선량

12.5.3.6.2.1 체외 방사선량 평가

방사선관리구역에 출입하는 모든 종사자는 열형광선량계를 발급 받아야 한다. 각각의 선량계는 고유번호를 갖고 있으며, 각 개인마다 지급해야 한다. 선량계는 방사선관리구역

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

내에 체류하는 동안에 항상 착용해야 하며, 착용 후에는 지정된 장소에 보관해야 한다. 개인선량계는 월단위로 관리하지만 종사자가 비상사고로 인해 피폭된 경우나 또는 개인의 피폭이 의심스러울 때는 그때 그때 요건에 따라 처리한다. 이러한 경우에 해당되는 종사자는 열형광선량계가 판독될 때까지 추가 피폭은 제한된다. 피부와 전신 체외 방사선량은 개인 열형광선량계에 의해 측정된다.

방사선관리구역에 들어가는 모든 종사자는 직독식 개인선량계를 발급받아야 한다. 이 직독식 개인선량계는 작업 후 즉시 판독값이 기록유지되어야 한다.

모든 방사선작업 종사자는 방사선관리구역에 최초로 출입하기 전에 원자력 관계법령에 의한 건강진단과 체내피폭 여부에 대한 전신계측 검사가 완료되어야 한다.

12.5.3.6.2.2 체내 방사선량 평가

방사선관리구역에서 일하는 작업자의 체내 방사성물질 침적은 전신계측 또는 뇨분석에 의해 평가된다. 뇨분석은 방사선안전관리부서장이 필요하다고 인정할 때 실시한다.

모든 방사선 작업자가 적어도 1년에 한번은 전신계측을 받도록 하고 주목할 만한 체내 방사선량이 있을거라고 생각될 때마다 방사선안전관리원은 특별 전신계측을 요청한다.

12.5.3.7 방사성물질의 안전관리계획

방사성물질의 저장, 취급, 수송 그리고 폐기는 발전소 절차에 기술되어 있으며, 동 절차는 작업자가 불필요하게 방사선에 노출되지 않도록 원자력 관계법령의 규정과 일치함을 보증한다.

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

12.5.3.7.1 방사성물질의 반입

작업자는 방사성물질을 구매할 때마다, 방사선안전관리원에게 구매한 물질의 종류, 방사능량, 물리적 및 화학적 형태를 알린다. 발전소 외부의 방사성물질을 내장한 화물의 포장과 표지는 원자력 관계법령의 규정과 일치하여야 한다. 발전소 내에서 포장된 방사성물질을 옮기기 전 방사선안전관리원은 외부 방사선량을 측정 한 후, 그 포장은 적절한 장소에 두고 적합한 표지를 부착한다. 만일 화물의 파손, 누출 혹은 수송용기의 결함이 있을 경우에는 방사선안전관리부서장은 원자력 관계법령에 따라 관계기관에 보고할 책임이 있다.

12.5.3.7.2 방사성물질의 저장

모든 방사성물질은 방사선안전관리원이 지정하는 장소에 저장한다. 방사성물질 저장지역에 반출입되는 모든 방사성물질을 기록하고, 모든 작업자가 이 지역을 분명히 알 수 있도록 표지를 해야 한다. 방사선원의 저장시설은 방사성동위원소 사용에 관한 원자력 관계법령에 일치해야 한다.

12.5.3.7.3 방사성물질의 소내 운반

방사성물질의 소내 운반은 노출 방사선량이 원자력 관계법령의 관련 규정을 초과하지 않도록 엄격히 관리한다. 작업지역의 작업자에게 운반사실을 알리지 않았다면, 작업자에게 불필요한 피폭을 초래할 수 있는 방사성물질들은 이동시키지 않아야 한다. 소내 운반용 방사성물질 이송용기는 누출 또는 파손이 쉽게 일어나지 않도록 제작 및 차폐되어야 한다. 차폐는 그 지역에 있는 작업자와 방사성물질 운반에 종사하는 작업자를 보호할 만큼 충분해야 한다.

작업자가 방사선에 노출될 가능성이 있을 때마다, 모든 방사성물질은 운반전에 기록되고

신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서

용기에 올바르게 표기가 되어야 한다.

12.5.3.7.4 핵연료의 취급, 저장 및 선적

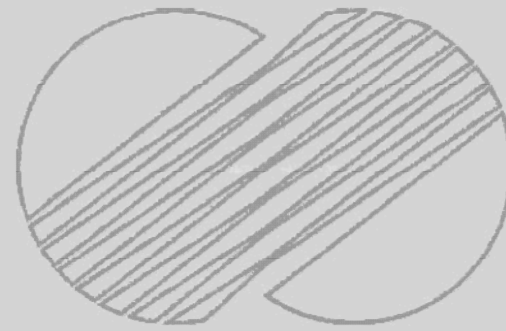
모든 신연료 및 사용후연료의 인수, 재고 조사(위치 선정 포함), 폐기 그리고 운반은 원자력 관계법령을 따른다.


방사선안전관리원은 포장을 풀고 저장하는 작업 전이나 작업 중에 방사선 및 오염 측정을 할 책임이 있다. 수송용기의 방사선 및 오염 측정은 소외로 운반하기 전에 수행한다.

12.5.3.8 방사선방호 교육훈련

방사선방호 교육·훈련의 목적은 모든 작업자가 방사선에 노출될 수 있는 직무를 안전하게 수행할 수 있도록 하는 데 있다. 교육·훈련 프로그램은 여러 직위에 있는 사람에게 필요한 깊이로, 필수적인 방사선방호 내용을 다룰 수 있도록 작성되어야 한다. 각 프로그램은 기본내용을 다루고 있으나, 작업자가 직무를 안전하게 수행하는 데 필요한 지식 수준에 따라 추가적인 내용을 포함한다.

방사선안전관리부서장은 신월성 1,2호기 종사자 및 발전소에 배속된 기타 작업자의 방사선방호 교육을 책임진다. 방사성물질과 관련된 작업을 하는 작업자 및 신월성 1,2호기에 배속된 기타 작업자가 충분한 교육을 받았음을 보증하는 것은 방사선안전관리부서장의 책임이다. 교육·훈련을 받은 모든 종사자의 교육·훈련 결과는 기록으로 보존되어야 한다.



	한국수력원자력주식회사 신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서
방사선관리구역의 출입경로	
그림 12.5-1	