



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2024년 2월
석사학위 논문

국내 원전종사자 주요 방사선피폭
작업 분석 연구

조선대학교 대학원

원자력공학과

송창주

국내 원전종사자 주요 방사선피폭
작업 분석 연구

A Study on the Analysis of Dominant Radiation Exposure
Work in Korean Nuclear Power Plants

2024년 2월 23일

조선대학교 대학원

원자력공학과

송창주

국내 원전종사자 주요 방사선피폭
작업 분석 연구

지도교수 공 태 영

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2023년 10월

조선대학교 대학원

원 자 력 공 학 과

송 창 주

송창주의 석사학위논문을 인준함

위원장 송 종 순 (인)

위 원 공 태 영 (인)

위 원 이 경 진 (인)

2023년 12월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT	vii
제1장 서론	1
제1절 연구 배경	1
제2절 연구 목적	4
제2장 연구방법	6
제1절 작업별 분류	6
제2절 방사선관리연보 및 최종안전성분석보고서 분석	8
1. 방사선관리연보	8
2. 최종안전성분석보고서	11
제3절 방사선 작업 방사선량 분석 방법	13
제3장 원전 유형별 주요 피폭 작업 도출	15
제1절 2012-2021년 경수로 원전	15
1. 작업별 방사선량 분석	15
2. 주요 피폭 작업 도출	20
제2절 2012-2021년 중수로 원전	22
1. 작업별 방사선량 분석	22
2. 주요 피폭 작업 도출	27

제4장 원전 본부별 주요 피폭 작업 도출 29

 제1절 고리 본부 29

 1. 작업별 방사선량 분석 29

 2. 주요 피폭 작업 도출 34

 제2절 한빛 본부 36

 1. 작업별 방사선량 분석 36

 2. 주요 피폭 작업 도출 41

 제3절 한울 본부 43

 1. 작업별 방사선량 분석 43

 2. 주요 피폭 작업 도출 48

 제4절 월성 본부 51

 1. 작업별 방사선량 분석 51

 2. 주요 피폭 작업 도출 60

 제5절 새울 본부 63

 1. 작업별 방사선량 분석 63

 2. 주요 피폭 작업 도출 68

제5장 주요 피폭 작업 선량 비교분석 70

 제1절 원전 유형별 주요 작업 비교분석 70

 1. 방사선작업 비교분석 70

 2. 주요 피폭 작업 방사선량 비교 72

 제2절 원전 본부별 주요 작업 비교분석 74

1. 방사선작업 비교분석	74
2. 주요 피폭 작업 방사선량 비교	79
제6장 결론	81
참고문헌	84
부록 A 경수로 원전 작업목록	86
부록 B 중수로 원전 작업목록	92

표 목차

표 1.1 2012년-2021년 원전 종사자의 외부 및 내부피폭 현황	2
표 1.2 2012년-2021년 원전 종사자의 연평균 피폭선량	3
표 2.1 국내 원전 현황	9
표 2.2 정상운전, 계획정비, 중간정비의 10년간(2012-2021) 원전종사자의 피폭선량 비중	14
표 3.1 10년간(2012-2021) 경수로 원전의 평균 작업별 방사선량	16
표 3.2 10년간(2012-2021) 경수로 원전의 주요 피폭 작업	21
표 3.3 경수로 원전 주요 피폭 작업의 묶음 작업	21
표 3.4 10년간(2012-2021) 중수로 원전의 평균 작업별 방사선량	23
표 3.5 10년간(2012-2021) 중수로 원전의 주요 피폭 작업	28
표 3.6 중수로 원전 주요 피폭 작업의 묶음 작업	28
표 4.1 10년간(2012-2021) 고리 본부의 평균 작업별 방사선량	30
표 4.2 10년간(2012-2021) 고리 본부의 주요 피폭 작업	35
표 4.3 고리 본부 주요 피폭 작업의 묶음 작업	35
표 4.4 10년간(2012-2021) 한빛 본부의 평균 작업별 방사선량	37
표 4.5 10년간(2012-2021) 한빛 본부의 주요 피폭 작업	42
표 4.6 한빛 본부 주요 피폭 작업의 묶음 작업	42
표 4.7 10년간(2012-2021) 한울 본부의 평균 작업별 방사선량	44
표 4.8 10년간(2012-2021) 한울 본부의 주요 피폭 작업	49
표 4.9 한울 본부 주요 피폭 작업의 묶음 작업	49
표 4.10 10년간(2012-2021) 월성 본부 중수로 원전의 평균 작업별 방사선량 ·	52
표 4.11 10년간(2012-2021) 월성 본부 경수로 원전의 평균 작업별 방사선량 ·	56
표 4.12 10년간(2012-2021) 월성 본부의 중수로 원전 주요 피폭 작업	61

표 4.13 10년간(2012-2021) 월성 본부의 경수로 원전 주요 피폭 작업	61
표 4.14 월성 본부 중수로 원전 주요 피폭 작업의 묶음 작업	62
표 4.15 월성 본부 경수로 원전 주요 피폭 작업의 묶음 작업	62
표 4.16 6년간(2016-2021) 새울 본부의 평균 작업별 방사선량	64
표 4.17 6년간(2016-2021) 새울 본부의 주요 피폭 작업	69
표 4.18 새울 본부 주요 피폭 작업의 묶음 작업	69
표 5.1 원전 유형별 주요 피폭 작업의 차이 비교	71
표 5.2 원전 유형별 주요 피폭 작업 방사선량 비교	73
표 5.3 원전 본부별 주요 피폭 작업의 차이 비교	75
표 5.4 원전 본부별 주요 피폭 작업 방사선량 비교	80

ABSTRACT

A Study on the Analysis of Dominant Radiation Exposure Work in Korean Nuclear Power Plants

Chang Ju Song

Advisor : Prof. Kong Tae Young, Ph.D.

Department of Nuclear Engineering

Graduate School of Chosun University

Currently, the average annual occupational dose in Korean nuclear power plants (NPPs) over the past 10 years is recorded at 0.3–0.8 mSv, maintaining a very low dose. However, NPP workers who perform some high-exposure work receive relatively high doses compared to workers who perform other work. Comparing the radiation doses of these high-dose and high-exposure works and other works, it can be confirmed that inequity in occupational doses exists from a relative perspective even though the dose is low. To resolve this exposure inequity, the International Commission on Radiological Protection (ICRP) issued ICRP 103 recommendations in 2007, recommending the application of dose constraints as a means of optimizing radiation protection among radiation workers. This study classified the work performed at NPPs to determine high-dose and high-exposure work for NPP workers. In addition, this study analyzed radiation dose data by reactor types and by NPP sites using the NPP radiation management yearbook and final safety analysis report.

제1장 서론

제1절 연구 배경

원전에서 근무하는 종사자(이하 “원전종사자”라 한다)는 작업을 수행하는데 있어 방사선 피폭을 받는다. 방사선 피폭은 외부피폭과 내부피폭으로 분류되어 있다. 외부피폭은 사람의 신체 외부에 있는 방사선원으로부터 방출된 방사선에 의한 피폭을 말한다. 일반적으로 방사선작업장에서 외부피폭에 영향을 주로 미치는 방사선은 투과력이 강한 γ 선이다. 내부피폭은 신체 내부에 유입되어 체내에 존재하는 방사성핵종으로부터 방출되는 방사선에 의한 피폭을 말한다. 내부피폭에 영향을 크게 미치는 방사선은 투과력이 약한 α 선, β 선 등이 있다. 국내 원전종사자의 총 피폭방사선량 중 외부피폭이 차지하는 비율은 경수로의 경우 94.9-97.5%, 중수로의 경우 76.2-86.5%로 나타났다[1-10]. 표 1.1에서 원전종사자의 최근 10년간(2012~2021) 외부피폭과 내부피폭의 현황을 나타내었다[1-10]. 중수로 원전종사자의 내부피폭선량은 경수로 원전종사자보다 상대적으로 높게 나타나고 있으나 여전히 외부피폭의 비중이 내부피폭의 비중보다 높다. 따라서, 원전에서는 원전종사자의 피폭선량을 줄이기 위해 외부피폭 관리에 상대적으로 많은 관심을 가지고 방사선방호 조치를 취하고 있다.

국내 원전종사자의 방사선 피폭은 원자력안전법상 연간 선량한도인 50 mSv를 초과한 적은 없었다[11]. 국내 원전종사자의 지난 10년간 연평균 피폭선량은 0.3-0.8 mSv로 기록되고 있어 매우 낮은 선량을 유지하고 있다[1-10]. 표 1.2에서 최근 10년간(2012~2021) 원전종사자의 연평균 피폭선량을 나타내었다. 그러나 일부 고선량 고피폭 작업을 수행하는 작업자의 경우 상대적으로 높은 선량을 받고 있다[1-10]. 따라서 고선량 고피폭 작업을 수행하는 작업자들의 외부피폭 선량을 관리해 낮추는 것이 중요하다.

표 1.1 2012년-2021년 원전 종사자의 외부 및 내부피폭 현황

연도	경수로				중수로			
	외부피폭		내부피폭		외부피폭		내부피폭	
	집단 선량 (man- mSv)	비율 (%)	집단 선량 (man- mSv)	비율 (%)	집단 선량 (man- mSv)	비율 (%)	집단 선량 (man- mSv)	비율 (%)
2012	7516.22	94.90	403.93	5.10	2015.18	79.00	535.68	21.00
2013	9733.79	95.80	426.74	4.20	1590.57	81.10	370.67	18.90
2014	6538.81	95.80	286.67	4.20	1142.09	76.20	356.72	23.80
2015	6889.07	96.54	246.90	3.46	1420.87	82.34	304.74	17.66
2016	8948.92	96.50	324.57	3.50	1458.73	84.09	276.00	15.91
2017	5702.65	97.03	171.03	2.91	1427.63	86.46	223.57	13.54
2018	7183.71	96.60	252.84	3.40	1282.27	80.71	306.47	19.29
2019	5678.91	96.82	186.52	3.18	936.74	80.77	223.02	19.23
2020	7184.44	96.67	247.48	3.33	1007.98	77.69	289.46	22.31
2021	7392.52	97.54	186.44	2.46	1112.74	83.55	219.08	16.45

표 1.2 2012년-2021년 원전 종사자의 연평균 피폭선량

연도	선량범위(mSv)									계(명)	평균 피폭 선량(mSv)
	0.1 미만	0.1-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20 이상		
2012	9,436	2,715	965	519	524	412	131	12	1	14,715	0.7
2013	9,321	2,892	901	449	465	510	224	24	0	14,786	0.8
2014	9,811	2,382	765	430	415	375	77	5	0	14,260	0.6
2015	10,129	2,615	815	476	433	355	95	8	0	14,926	0.6
2016	9,300	2,644	894	431	510	398	184	35	0	14,396	0.8
2017	10,008	2,584	751	397	382	305	66	8	0	14,501	0.3
2018	10,356	3,198	969	462	466	328	89	9	0	15,877	0.4
2019	11,173	3,165	883	355	353	241	46	5	2	16,223	0.3
2020	11,920	2,796	831	411	421	355	93	17	0	16,844	0.3
2021	11,125	3,406	971	444	415	348	87	0	0	16,796	0.3

제2절 연구 목적

고선량 및 고피폭 작업을 수행하는 원전종사자는 여러 작업에 비해 상대적으로 많은 선량과 피폭을 받고 있다. 이러한 고선량 및 고피폭 원전종사자와 다른 작업을 수행하는 원전종사자의 방사선 피폭선량을 비교해 보면 비록 낮은 선량이지만 상대적인 측면에서 피폭선량의 불평등이 존재함을 확인할 수 있다. 원전종사자가 받는 고선량 및 고피폭은 방사선에 의한 확률론적 영향의 발생 가능성을 증가시킨다. 이는 문턱 없는 선형 모델의 개념이다. 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection)는 이러한 LNT 모델을 적용함에 있어 연간 100 mSv 미만에서 백그라운드 선량을 넘는 피폭선량에 비례하여 방사선에 의한 확률론적 영향이 증가한다고 가정하고 있다[12]. 즉, 피폭선량을 낮추는 것은 방사선에 의한 확률론적 영향의 발생을 낮추게 하는 효과를 가져다준다. 따라서, 원전종사자에 대한 확률론적 영향을 합리적으로 달성가능한 낮게 유지하기 위해, 원전종사자의 피폭선량을 낮게 유지하여야 하고 원전종사자 사이에 발생하는 피폭의 불평등도 해소되어야 할 필요가 있다.

ICRP는 2007년 ICRP 103 권고를 발행하면서 원전종사자 사이의 피폭 불평등을 해소하고자 방사선방호 최적화 수단으로 선량제약치 적용을 권고했다[12]. ICRP에 따르면 선량제약치는 계획피폭상황(선원을 의도적으로 도입하여 운영하는 것과 관련 있는 상황)에서 단일 선원에 의한 개인선량에 대한 전망적이고 선원중심적인 제한값으로서 해당 선원에 대한 방사선방호 최적화에서 예상 선량의 상한값이 된다[12]. 현재 국내 규제기관은 선량제약치를 원자력산업 전반에 적용하고자 “국내 특성을 반영한 방사선방호 최적화 규제체계 개발”을 진행하고 있으며 이를 통해 원전종사자에 대한 선량제약치 규제를 수립할 계획이다[13]. 따라서 본 연구에서는 원전종사자에 대한 고선량 및 고피폭 작업을 도출하여 향후 규제기관에서 선량제약치를 법제화할 시에 원전종사자 선량제약치에 대한 적절한 설정이 이루어질 수

있는 근거로 활용되고자 한다.

제2장 연구방법

제1절 작업별 분류

원전종사자의 고선량 및 고평폭 작업을 도출하기 위해서는 우선 원전에서 수행되는 작업을 분류해야 한다. 원전의 운전은 크게 정상운전, 계획정비, 중간정비로 나누어져 있다[1-10]. 정상운전시 작업은 원전이 정상가동시 수행되는 예방정비를 지칭한다. 여기에는 주기 예방정비 및 예측정비 활동을 포함한다. 또한 원전이 운전되는 상태에서 진행되는 정비이기 때문에 단시간에 많은 방사선량을 종사자가 피폭 받을 수 있다. 그러므로 원전의 대부분의 방사선작업은 계획정비 기간중에 진행된다. 계획정비(계획예방정비)는 연료 재장전 기간(일반적으로 18개월 주기) 동안에 수행되는 작업으로 원전 정상운전 중에는 수행할 수 없는 다양한 검사, 대규모 설비개선 또는 정비·교체 등을 포함한 작업이다. 중간정비는 원전 일부 기기에 이상 발생시 정비계획을 수립하여 전력수급상 지장이 적은 시기에 원전을 정지한 후 시행하는 정비 활동이다. 이러한 정비 작업은 국내 원전 방사선관리연보에서 작업코드와 작업명으로 분류되어 관리되고 있다[1-10].

방사선관리연보에서 제시된 작업은 경수로와 중수로로 나뉘어 있다. 부록 A와 B에 방사선관리연보의 경수로 작업과 중수로 작업을 2021년 기준으로 나타내었다[10]. 작업코드는 작업 구역별로 큰 단위(A, B, C 알파벳 순서)로 나누어지고 상세 작업은 하위 단위(A01, A02, ...)로 분류되어 관리된다. 경수로 작업과 중수로 작업은 큰 단위 작업에서 상대적으로 차이가 나지 않지만, 상세 작업에서는 차이가 상대적으로 많다. 차이가 발생하는 이유는 원전의 구조적 설계와 핵연료가 다르기 때문이다. 원전종사자의 작업별 방사선량은 묶음 작업으로 구성되어있다. 여기서 언급한 묶음 작업은 상세 작업에서 서로 연계된 작업을 묶어서 하나의 작업으로 진행하는 작업이다. 예를 들어, S/G ECT (Steam Generator Eddy Current Testin

g, 증기발생기 와류탐상시험) 작업을 수행할 때 S/G ECT 장비 설치 및 제거, S/G ECT 수행, S/G ECT 장비 점검 및 보수, S/G ECT 기타작업으로 세부적으로 구성되어 있으나 원전종사자 방사선량 기록은 하나의 S/G ECT 작업에 대한 선량만이 제공된다. 묶음 작업으로 방사선량을 측정하는 이유는 상세 작업이 각각의 방사선 작업으로 구성되어 있어 작업별로 정확한 방사선선량 분리계산이 어렵기 때문이다. 그리고 각각 방사선 작업의 선량을 계산하기 위한 방사선 작업의 시작과 끝의 기준이 모호하기 때문이다. 따라서 방사선 작업 수행에서 발생된 원전종사자의 피폭선량은 묶음 작업별로 분류되어 관리된다.

제2절 방사선관리연보 및 최종안전성분석보고서 분석

1. 방사선관리연보

원전 방사선관리연보는 한국수력원자력에서 매년 출간하는 간행물이다. 방사선관리연보는 크게 두 부분으로 구성되어 있으며 방사선량 관리 부분과 방사성폐기물 관리 부분으로 나누어져 있다. 방사선량 관리에서는 종합현황과 발전소별 관리현황으로 나누어져 있으며 여기에는 이전 연도 대비 원전종사자의 방사선량 및 평균선량에 대한 분석, 원전 운전현황, 방사선량 분포와 작업별 종사자 방사선량(경수로, 중수로)으로 구성되어 있다. 또한 방사선관리연보는 운전상태별 종사자 방사선량, 종사자 내·외부 방사선량과 발전소별 종사자 방사선량 분포도 제공하고 있다. 국내 원전 유형별 및 원전 본부별 주요 피폭 작업 선량 비교분석을 위해서는 방사선관리연보의 작업별 종사자 방사선량을 참고해야 한다. 여기에는 경수로형 원전(고리, 한빛, 한울, 신월성, 새울: 총 24기)과 중수로형 원전(월성: 총 4기)으로 나누어서 분석되어 있다. 표 2.1에는 현재 국내 원전의 현황을 나타내었다[14]. 작업별 종사자 방사선량에 대한 분석은 작업 코드, 작업 명, 작업시간, 연 출입 인원, 방사선량으로 나뉘어 있으며 작업 코드는 부록 A와 B에서 나타낸 작업 코드로 구성되어 있다. 해당 작업 코드에 대한 작업 명이 작성되어 있고, 작업시간은 작업자들의 총시간을 나타내며 단위는 man-h이다. 연 출입 인원은 해당 작업에 대한 출입 인원이 다. 방사선량은 정상운전, 계획정비, 중간정비, 합계로 나뉘어 있으며 이들은 집단선량으로 해당 작업의 인원 에 대한 총 선량이고 단위는 man-mSv이다. 방사선관리연보에서는 위와 같은 정보를 얻음으로써 국내 원전 유형별 및 원전 본부별 주요 피폭 작업 선량을 얻을 수 있다.

표 2.1 국내 원전 현황

원전 명	노형	전기 출력 (MWe)	상업 운전일	운영상태
고리-1	PWR	587	1978-04-29	정지
고리-2	PWR	650	1983-07-25	운영
고리-3	PWR	950	1985-09-30	운영
고리-4	PWR	950	1986-04-29	운영
신고리-1	PWR	1,000	2011-02-28	운영
신고리-2	PWR	1,000	2012-07-20	운영
서울-1	PWR	1,400	2016-12-20	운영
서울-2	PWR	1,400	2019-08-29	운영
신월성-1	PWR	1,000	2012-07-31	운영
신월성-2	PWR	1,000	2015-07-24	운영
월성-1	PHWR	679	1983-04-22	정지
월성-2	PHWR	700	1997-07-01	운영
월성-3	PHWR	700	1998-07-01	운영
월성-4	PHWR	700	1999-10-01	운영
한빛-1	PWR	950	1986-08-25	운영
한빛-2	PWR	950	1987-06-10	운영
한빛-3	PWR	1,000	1995-03-31	운영
한빛-4	PWR	1,000	1996-01-01	운영
한빛-5	PWR	1,000	2002-05-21	운영

표 2.1 국내 원전 현황(계속)

한빛-6	PWR	1,000	2002-12-24	운영
한울-1	PWR	950	1988-09-10	운영
한울-2	PWR	950	1989-09-30	운영
한울-3	PWR	1,000	1998-08-11	운영
한울-4	PWR	1,000	1999-12-31	운영
한울-5	PWR	1,000	2004-07-29	운영
한울-6	PWR	1,000	2005-04-22	운영
신한울-1	PWR	1,400	2022-12-07	운영
총	27	25,916		

2. 최종안전성분석보고서

최종안전성분석보고서(Final Safety Analysis Report: FSAR)는 한국수력원자력에서 작성한 분석보고서로서 원전의 호기별로 작성이 되어 있고 1장부터 18장의 구성으로 되어 있다. 또한 최종안전성분석보고서는 원전 사업자가 운영허가를 받기 위해 규제기관에 제출하는 보고서로 원전 설계, 안전 해석 결과 등 설계 전반에 대한 분석내용을 기술하고 있다. 본 연구에서는 방사선량과 관련하여 제12장 방사선 방호를 참고하였다. 최종안전성분석보고서에 작성된 방사선방호는 작업 방사선 피폭선량을 합리적으로 달성 가능한 한 낮게(As Low As Reasonably Achievable: ALARA) 유지하기 위해 작성되었다. 최종안전성분석보고서는 각 계통에 대한 방사선원의 정보를 제공한다. 방사선원은 작업자 보호시설의 설계 및 선량평가를 위한 차폐 설계의 계산 기준이 되는 방사선원에 관한 내용을 기술하고 있다. 여기에는 각 계통의 방사선원에 대한 정보가 제공되는데 해당 계통은 원자로 노심, 원자로냉각재계통, 주증기계통, 사용후연료 취급과 이송, 화학 및 체적제어계통, 정지냉각계통, 시료채취계통, 주제어실 경계, 핵연료건물과 터빈건물 등이 있다. 노심에서 발생하는 주된 방사선은 중성자와 감마선이다. 원자로냉각재계통은 냉각재 내에 순환하고 있는 방사화생성물과 부식생성물을 모두 포함하고 있으며, 차폐설계를 위한 변수를 적용하여 방사선원을 계산하였다. 또한 원자로냉각재계통은 주로 ^{16}N 이 주된 방사선원으로 결정되어 있으며, 이는 베타선과 고에너지 감마선을 방출한다. 주증기계통의 방사선원은 증기발생기의 액체 및 증기 부분의 방사능농도로 측정된다. 최종안전성분석보고서에서는 위와 같이 방사선원에 대한 정보를 얻을 수 있다.

최종안전성분석보고서는 작업자의 선량평가 결과를 제공한다. 선량평가에서는 원전종사자의 연간피폭선량과 원전 제한구역경계에서 일반인의 연간피폭선량을 평가하여 제공한다. 원전종사자의 연간피폭선량 평가는 발전소의 운전, 정비, 검사 및

방사선 작업시 작업자가 연간 받는 선량을 포함한다. 선량평가를 위해서 원전종사자의 선량한도는 원자력안전법 시행령의 작업자 연간 유효선량한도인 연간 50 mSv를 넘지 않는 범위에서 5년간 100 mSv를 적용한다. 또한 최종안전성분석보고서는 운영허가를 받기 위한 보고서로 실제 선량률이 아닌 설계 선량률을 통해 허가를 받는다. 하지만 실제 선량률은 설계 선량률보다 훨씬 낮기 때문에 설계 선량률을 기준으로 작업자 피폭선량을 계산하게 되면 매우 보수적인 결과를 얻게된다. 최종안전성분석보고서는 기존에 설치된 같은 유형의 국내 원전을 기준으로 실제적인 선량평가를 진행한다. 따라서 최종안전성분석보고서에서는 위와 같은 정보를 얻음으로써 해당 원전의 주요 피폭 작업과 설계 선량에 대한 정보를 얻을 수 있다.

제3절 방사선 작업별 원전종사자 피폭선량 분석 방법

원전종사자의 방사선량을 분석하기 위해 앞선 절에서는 방사선 작업 분류 방법을 조사했다. 또한 방사선 작업의 피폭선량을 분석하기 위해서는 묶음 작업으로 선량을 계산할 필요가 있다. 방사선관리연보에 따르면 운전상태가 정상운전, 계획정비, 중간정비로 나뉘어 있으며 피폭선량 비중이 큰 계획정비를 기준으로 작업별 종사자 방사선량을 분석했다. 표 2.2는 정상운전, 계획정비, 중간정비 기간에 대한 10년간(2012-2021) 원전종사자 피폭선량 비중을 나타내었다[1-10]. 표 2.2를 통해 원전종사자의 피폭선량이 계획정비 기간일 때 가장 높은 것을 확인할 수 있었다. 그러므로 원전종사자는 주요 피폭 작업 선정을 위해 작업별 종사자 방사선량은 피폭선량 비중이 큰 계획예방정비 기간에 수행되는 작업으로 선정하고 이러한 작업은 묶음 작업에 대해 선량 계산을 수행하여야 한다.

작업별 종사자 방사선량을 분석하는데 필요한 추가 정보가 있다. 필요한 추가 정보로는 묶음 작업의 방사선량(man-mSv), 묶음 작업의 작업시간(man-h), 묶음 작업의 출입 인원(명)이 필요하다. 방사선관리연보에서는 필요한 정보를 제공하고 있지만 작업별 종사자 방사선량을 분석하기 위해서는 이러한 정보들을 정규화해야 한다. 정규화를 해야 하는 이유는 작업시간이 길어질수록 방사선량은 증가하기 때문이다. 따라서 단위시간당 피폭선량을 비교하기 위해 정규화를 수행하고 이를 통해 작업시간이 서로 다른 작업들에서 발생된 방사선량을 비교할 수 있게 된다. 정규화 수식(1)은 다음과 같다.

$$\text{단위시간당 방사선량}[mSv \cdot h^{-1}] = \frac{\text{방사선량}[man - mSv]}{\text{작업시간}[man - h]} \quad (1)$$

정규화 수식(1)을 사용하기 위해서는 10년간 데이터를 평균하여 하나의 데이터로

도출한 뒤에 사용해야 한다. 본 연구에서는 작업별 종사자 방사선량을 분석하기 위해 10년간 데이터를 이용하여 방사선량을 분석했다. 이를 통해 작업별 종사자 방사선량 분석이 가능해지고 적은 시간 동안 상대적으로 많은 고선량 및 고피폭을 받는 작업을 확인할 수 있다.

표 2.2 정상운전, 계획정비, 중간정비의 10년간(2012-2021) 원전종사자의 피폭선량 비중

연도	방사선량						계 (man·mSv)
	정상운전		계획정비		중간정비		
	선량	비율	선량	비율	선량	비율	
	(man·mSv)	(%)	(man·mSv)	(%)	(man·mSv)	(%)	
2012	1279.53	12.22	9032.53	86.26	158.95	1.52	10471.01
2013	1302.15	10.74	10328.10	85.20	491.52	4.05	12121.77
2014	1130.96	13.59	7134.85	85.71	58.48	0.70	8324.29
2015	1109.79	12.52	7676.39	86.63	75.40	0.85	8861.58
2016	1072.02	9.74	9623.47	87.42	312.73	2.84	11008.22
2017	987.43	13.12	6527.58	86.71	13.39	0.18	7528.40
2018	833.14	9.23	8189.03	90.73	3.12	0.03	9025.29
2019	883.84	12.58	6141.35	87.42	0.00	0.00	7025.19
2020	835.77	9.57	7883.13	90.31	10.46	0.12	8729.36
2021	1089.83	12.23	7819.62	87.75	1.33	0.01	8910.78

제3장 원전 유형별 주요 피폭 작업 도출

제1절 2012-2021년 경수로 원전

1. 작업별 방사선량 분석

현재 경수로 원전은 고리(1호기, 2호기, 3호기, 4호기, 신 1호기, 신 2호기), 한빛(1호기, 2호기, 3호기, 4호기, 5호기, 6호기), 한울(1호기, 2호기, 3호기, 4호기, 5호기, 6호기, 신 1호기, 신 2호기), 신월성(1호기, 2호기), 새울(신고리 3호기, 4호기)로 총 24기가 있다[14]. 본 논문에서는 원전 유형별 주요 작업 비교분석을 위해 경수로 원전의 최근 10년간(2012-2021) 평균 작업별 피폭선량을 분석하였다. 작업별 선량 분석은 경수로 원전의 10년간 데이터를 통해 작업시간, 연 출입 인원, 방사선량의 값을 평균하여 도출하였다. 표 3.1은 10년간(2012-2021) 경수로 원전의 평균 작업별 방사선량을 나타내었다[1-10]. 표 3.1에서 제시한 것처럼 10년간 경수로형 원전의 계획정비 기간 중 평균 작업별 방사선량의 합은 6,801 man-mSv이고 이는 정상운전(720.42 man-mSv)과 중간정비(48.79 man-mSv) 시보다 상대적으로 높은 것을 알 수 있다. 특히, 계획정비 기간 중 분해·조립(B01-B04, B06), 핵계측계통 작업(B07-B21), 기타작업(B 기타), 원자로냉각재 펌프(I), 가동중검사(M01, M02, M09), 방사선안전관리 및 세탁(M31, M32), 기타작업(M 기타)의 방사선량은 400 man-mSv로 상대적으로 높은 방사선량을 발생하는 작업임을 알 수 있었다.

표 3.1 10년간(2012-2021) 경수로 원전의 평균 작업별 방사선량

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
A	핵연료교체	37,177.23	18,271	18.94	118.44	0.07	137.44	0.00319
	B01-B04, B06 분해·조립	17,808.51	8,262	0.48	478.31	2.64	481.43	0.02686
	B05, B32 검사	5,775.48	2,767	0.65	78.68	0.04	79.36	0.01362
B	B07-B21 핵계측계통	18,115.77	9,352	3.16	497.82	0.15	501.13	0.02748
	기타 기타작업	25,464.19	13,033	2.95	630.09	2.76	635.79	0.02474
	C01-C09 Man-way작업	2,597.84	1,334	0.16	83.03	0.30	83.48	0.03196
	C11-C19 노즐댐 작업	2,452.18	1,632	0.62	165.28	1.08	166.98	0.06740
C	C21-C29 ECT 작업	12,230.73	5,861	2.08	422.73	0.00	424.81	0.03456
	C31-C39 Tube 작업	8,347.78	4,020	0.32	178.57	0.00	178.89	0.02139
	C99 기타	2,312.09	1,243	0.44	106.31	33.62	140.36	0.04598

표 3.1 10년간(2012-2021) 경수로 원전의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
D01, D02	Man-way/Hand-Hole	1,666.82	954	0.00	51.16	0.00	51.16	0.03069
D	D03 Lancing	4,486.23	2,577	0.14	122.44	0.00	124.58	0.02774
	D04 이물질제거작업	5,336.90	2,714	0.00	164.02	0.00	164.03	0.03073
	D05, D06, D99 기타	15,962.90	6,590	1.11	86.52	0.00	87.63	0.00542
E	잔열제거·안전주입계통	7,263.75	4,213	3.10	93.84	0.04	96.98	0.01292
F, H, J	원자로냉각재 계통	11,271.93	7,012	15.84	134.58	0.17	150.60	0.01194
G	가압기	9,335.85	5,272	1.55	119.28	0.24	121.06	0.01278
I	원자로냉각재 펌프	52,314.63	28,369	109.56	505.15	0.18	614.89	0.00966
K	밸브작업	33,968.59	20,750	37.48	294.00	0.42	331.90	0.00865
L	점검	96,673.43	97,970	30.44	146.43	0.44	177.30	0.00151

표 3.1 10년간(2012-2021) 경수로 원전의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
M01, M02, M03	가동중검사	33,070.53	17,121	1.41	489.38	2.74	493.53	0.01480
M03, M04	기타검사	8,757.00	4,237	0.36	14.56	0.00	14.92	0.00166
M11-M19	ILRT, LLRT	11,178.56	6,918	1.04	37.01	0.02	38.08	0.00331
M21	계통운전	146,891.43	133,918	44.55	159.92	0.57	205.04	0.00109
M31, M32	방사선안전관리, 세탁	365,121.00	240,898	77.59	423.76	1.32	502.67	0.00116
M33, M34	폐기물관리	144,206.44	95,163	177.29	123.22	0.58	301.09	0.00085
M35, M36	유리화 설비	4,418.80	4,659	2.91	5.00	0.00	7.91	0.00113
기타	기타작업	212,119.04	143,090	148.85	482.98	1.08	632.91	0.00228
N	비계작업	7,522.31	4,087	1.28	41.72	0.00	43.00	0.00555
O	보온재작업	271.81	103	1.59	2.99	0.00	4.58	0.01100
P	제어봉 작업	6,035.30	3,004	0.35	62.92	0.08	63.34	0.01042

표 3.1 10년간(2012-2021) 경수로 원전의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
Q	상기 외 기타	57,378.62	35,611	31.64	167.50	0.24	199.38	0.00292
R	특별작업	5,010.84	2,690	2.06	14.26	0.00	16.32	0.00285
S	증기발생기 교체	43,068.90	23,618	0.32	238.08	0.00	238.39	0.00553
T	원자로헤드 교체	35,866.25	18,292	0.19	59.05	0.00	59.23	0.00165
	계	1,451,479.65	975,605	720.42	6,801.00	48.79	7,570.20	0.51543

2. 주요 피폭 작업 도출

표 3.1을 통해 작업의 시간이 길어질수록 해당 작업에서 받는 방사선량은 높아진다는 것을 알 수 있었다. 그러므로 작업 간 방사선량을 비교하기 위해서는 단위시간당 방사선량을 구해야 한다. 표 3.2에서는 앞선 경수로 작업별 선량 분석에서 단위시간당 방사선량이 높은 3가지 작업을 도출했다. 또한 도출된 3가지 작업의 상세 작업 목록을 표 3.3에 나타내었다. 묶음 작업 중 기타작업은 상대적으로 높은 방사선량을 가지고 있으나 방사선 작업 시 해당 작업을 특정 지을 수 없으므로 주요 피폭 작업에서 제외하였다. C11-C19(노즐담 작업) 작업은 원전 1차측 주요 장비인 증기발생기의 검사 및 유지보수작업시 원자로 냉각재 입출력을 차단하기 위해 증기발생기 노즐 부위에 진행되는 작업이다[15]. 노즐담 작업은 단위시간당 방사선량이 0.0674 mSv/h로 총 단위시간당 방사선량의 13.07%를 차지하였다. C21-C29(ECT 작업) 작업은 증기발생기 세관, 원자로내 중성자속 검출관 등의 설비를 와전류(비파괴적인 방법)로 검사할 수 있는 효과적인 방법의 하나로서 대부분의 원전에서 채택하여 검사에 활용되고 있다[16]. ECT(Eddy Current Testing) 작업은 단위시간당 방사선량이 0.03456 mSv/h로 총 단위시간당 방사선량의 6.71%를 차지하였다. C01-C09(Man-way 작업) 작업은 원전종사자가 증기발생기 수실 내로 들어가는 작업에 부수적으로 수행되는 작업이다[17]. Man-way 작업은 단위시간당 방사선량이 0.03196 mSv/h로 총 단위시간당 방사선량의 6.2%를 차지하였다. 그러므로 경수로 원전에서의 고선량 및 고피폭 작업은 단위시간당 방사선량이 높은 노즐담 작업, ECT 작업, Man-way 작업 순서로 도출되었다.

표 3.2 10년간(2012-2021) 경수로 원전의 주요 피폭 작업

작업코드	작업	작업시간 (man-h)	계획정비 방사선량 (man-mSv)	단위시간당 방사선량 (mSv/h)	단위시간당 방사선량 비율 (%)
C11-C19	노즐댐 작업	2,452.18	165.28	0.06740	13.07
C	C21-C29 ECT 작업	12,230.73	422.73	0.03456	6.71
	C01-C09 Man-way 작업	2,597.84	83.03	0.03196	6.2

표 3.3 경수로 원전 주요 피폭 작업의 묶음 작업

작업명	작업코드	상세 작업명
노즐댐 작업	C11	S/G NOZZLE DAM 설치
	C12	S/G NOZZLE DAM 제거
	C19	S/G NOZZLE DAM 기타작업
ECT 작업	C21	S/G ECT 장비 설치 및 제거
	C22	S/G ECT 수행
	C23	S/G ECT 장비 점검 및 보수
	C29	S/G ECT 기타작업
Man-way 작업	C01	S/G MAN WAY OPEN
	C02	S/G MAN WAY CLOSE
	C09	S/G MAN WAY 기타작업

제2절 2012년-2021년 중수로원전

1. 작업별 방사선량 분석

중수로 원전은 월성 1, 2, 3, 4호기로 총 4기가 있다. 원전 유형별 주요 피폭작업 비교분석을 위해 중수로 원전의 최근 10년간(2012-2021) 평균 작업별 피폭선량을 분석하였다. 중수로 원전은 경수로 원전과 같이 계획정비일 때 방사선량이 가장 높았다. 또한 경수로 원전의 계획정비 기간 중 총 방사선량은 6,801 man-mSv이고 중수로 원전의 계획정비 기간 중 총 방사선량은 1,252.46 man-mSv로써 중수로 원전은 상대적으로 경수로 원전보다 피폭선량이 낮은 것으로 확인되었다. 이러한 피폭선량의 차이는 경수로 원전의 호기수(23)가 중수로 원전의 호기수(4) 보다 약 6배 가량 많기 때문에 발생된 것으로 판단된다. 한편, 총 단위시간당 방사선량을 비교해 보면 중수로 원전이 0.77095 mSv/h이고 경수로 원전이 0.51543 mSv/h로 중수로 원전의 실제 종사자가 받는 방사선량이 높다는 것을 알 수 있다. 표 3.4는 10년간(2012-2021) 중수로 원전의 평균 작업별 방사선량을 나타내었다[1-10]. 또한 중수로 원전은 경수로 원전과 다른 구조로 되어 있으므로 몇몇 다른 작업이 있다. 그러나 작업별 큰 단위(A, B, C, ...)의 작업은 경수로 원전과 중수로 원전이 서로 같다. 중수로 원전 작업 중 경수로 원전의 작업과 다르게 구성되었으나 실제로 작업을 수행하지 않은 작업도 존재하였다.

표 3.4 10년간(2012-2021) 중수로 원전의 평균 작업별 방사선량

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)	
				정상운전	계획정비	중간정비	계		
A	A11-A13 핵연료교환기계통정비	7,518.72	5,818.00	37.10	56.05	6.60	99.75	0.00745	
	기타	21,302.67	17,563.00	66.22	62.15	15.17	143.54	0.00292	
B	B01	압력관체적검사(FCVI)	1,080.84	766.00	0.19	48.27	0.35	48.80	0.04466
	B02	SLARETTE	0	0	0	0	0	0	0
	B03	압력관 등가수소농도 측정	548.24	367.50	0.07	15.51	0	15.57	0.02829
	B04	END FITTING LAPPING	21.87	15.40	0	2.70	0.07	2.77	0.12327
	B08	연료관고정단 변경작업	975.50	697.00	0.01	33.95	0	33.96	0.03480
	B09	압력관 재질특성 시험	0	0	0	0	0	0	0
	기타	원자로 기타작업	1,999.59	1,424.00	4.03	43.25	0.14	47.42	0.02163
C,D	C01	Man-way 개폐	782.32	417.50	2.08	45.99	3.53	51.59	0.05878
	C11, C21	ECT	2,514.71	1,508.30	3.87	118.66	5.74	128.28	0.04719

표 3.4 10년간(2012-2021) 중수로 원전의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)	
				정상운전	계획정비	중간정비	계		
C,D	D11	개조작업 및 LANCING	616.50	404.20	0.01	16.48	0.00	16.48	0.00745
	기타	S/G 기타작업	17,716.63	5,773.60	1.83	87.98	0.06	89.86	0.00497
E	E02	SHUTDOWN COOLING SYSTEM	247.50	117.56	0.04	7.19	0.00	7.23	0.02905
H	H01-H04	감속재 보조계통	1,184.30	1,047.50	2.73	17.33	0.34	20.40	0.01464
	J01-J03								
	H11-H13	냉각재 보조계통	3,731.95	2,508.80	4.50	34.88	2.34	41.72	0.00935
I	I01-I03	감속재 펌프, 밀봉 장치	511.18	318.30	0.24	9.28	0.05	9.56	0.01815
	I11-I13	냉각재 펌프, 밀봉 장치	2,532.82	1,553.70	1.06	10.71	0.04	11.81	0.00423
K	K	밸브	2,490.53	1,704.00	3.39	17.75	0.08	21.22	0.00713
L	L01-L02	가동중검사 및 FEEDER 두께 측정	2,513.53	1,514.30	0.84	72.19	0.01	73.04	0.02872
	L03-L04	ILRT, LLRT	630.61	1,634.50	3.15	2.78	0.00	5.93	0.00441

표 3.4 10년간(2012-2021) 중수로 원전의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)	
				정상운전	계획정비	중간정비	계		
L	L14-L16	검사 및 감사관련	2,842.71	3,693.60	0.87	0.10	0.21	1.19	0.00004
	M01, M02	DN TUBE 작업	1,348.73	788.50	1.34	155.51	0.05	156.89	0.11530
	M03-M05	중수관련계통	3,127.45	1,937.00	1.48	10.47	0.04	11.99	0.00335
	M11-M12	운전원 일상점검	15,969.95	35,368.30	40.02	33.52	2.70	76.24	0.00210
	M13-M17	기타정기점검 및 Call-up관련 작업	16,751.36	20,448.40	11.22	18.24	0.28	29.74	0.00109
M	M21	방사선안전관리	82,352.50	94,062.10	29.08	75.34	6.68	111.10	0.00091
	M22-M23	SURVEY	4,532.44	3,933.30	1.49	8.60	1.08	11.17	0.00190
	M24	제염 및 세탁	2,481.70	1,687.10	1.07	1.92	0.25	3.23	0.00077
	M25-M28	폐기물 관리	16,339.40	17,862.30	25.05	9.26	6.20	40.51	0.00057
	M31	펌프작업	767.80	500.75	0.37	2.93	0.01	3.30	0.00381

표 3.4 10년간(2012-2021) 중수로 원전의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
M34	DOUSING 탱크	307.00	138.00	0.00	0.27	0.00	0.27	0.00088
M35	보온재	148.95	144.00	0.25	0.50	0.01	0.76	0.00333
M	M36-M39 공기정화관련계통	2,725.78	2,035.30	3.32	42.20	0.52	46.04	0.01548
M71	피동촉매형 수소재결합기(PAR) 설치	452.43	238.89	0.63	6.56	0.00	7.20	0.01451
M73	수소감시기 설치	1,708.25	1,000.25	0.00	5.67	0.00	5.68	0.00332
N	비계 작업	584.82	400.00	0.95	16.51	0.35	17.81	0.02823
Q	상기외 기타	66,596.04	68,526.80	68.06	158.09	16.50	242.65	0.00237
R	특별작업	65.10	33.10	0.03	3.69	0.09	3.81	0.05662
	계	288,022.43	298,011	316.55	1,252.46	69.47	1,638.48	0.77095

2. 주요 피폭 작업 도출

중수로 원전에서 도출된 주요 피폭 작업은 경수로 원전의 주요 피폭 작업과 차이가 있다. 주요 피폭 작업을 도출하기 위해서 표 3.5의 10년간(2012-2021) 중수로 원전의 평균 작업별 단위시간당 방사선량이 높은 순서대로 3가지 작업을 도출하였다. B4(END FITTING LAPPING) 작업은 연료관마개 끝단을 주철, 동합금 등으로 만들어진 랩을 통해 마모와 연삭작용을 활용하여 다듬는 정밀 가공 작업이다. END FITTING LAPPING 작업은 방사선량은 낮지만 단위시간당 방사선량이 0.12327 mSv/h로 짧은 시간에 상대적으로 많은 방사선량을 받을 수 있는 작업이다. M01, M02(DN TUBE) 작업은 정기검사 중에 DN tube에 대한 초기 마모 징후를 보인 튜브들을 전량 보수하는 작업이다[18]. DN TUBE(Delayed Neutron Monitoring System Tubing) 작업은 단위시간당 방사선량이 0.11530 mSv/h로 두 번째로 높은 작업이다. C01(Man-way 개폐) 작업은 단위시간당 방사선량이 0.05878 mSv/h로 도출되어 세 번째로 높은 피폭 작업이다. 또한 도출된 3가지 작업의 상세 작업 목록을 표 3.6에 나타내었다.

표 3.5 10년간(2012-2021) 중수로 원전의 주요 피폭 작업

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	계획정비 방사선량 (man-mSv)	단위시간당 방사선량 (mSv/h)	단위시간당 방사선량 비율 (%)
B B04	END FITTING LAPPING	21.87	2.70	0.12327	15.98
M M01, M02	DN TUBE 작업	1,348.73	155.51	0.11530	14.95
C C01	Man-way 개폐	782.32	45.99	0.05878	7.62

표 3.6 중수로 원전 주요 피폭 작업의 묶음 작업

작업명	작업코드	상세 작업명
END FITTING LAPPING	B04	END FITTING LAPPING
DN TUBE 작업	M01	DN TUBE 작업
	M02	DN 코일 집합체 작업
Man-way 개폐	C01	S/G MAN WAY OPEN & CLOSE

제4장 원전 본부별 주요 피폭 작업 도출

제1절 고리 본부

1. 작업별 방사선량 분석

고리 본부는 고리 1호기, 고리 2호기, 고리 3호기, 고리 4호기, 신고리 1호기, 신고리 2호기로 총 6기의 원전을 포함하고 있다. 고리 본부는 경수로 원전이 운영되고 있다. 원전 본부별 작업별 방사선량 비교를 위해 고리 본부의 10년간 (2012-2021) 평균 작업별 피폭선량을 표 4.1에 나타내었다. 고리 본부의 10년간 평균 방사선량의 합은 357.08 man-mSv 이다. 고리 본부의 10년간 평균 방사선량 중 대부분은 계획정비 기간 중에 발생하였으며 방사선량은 300.76 man-mSv이다. 계획정비 기간 중 방사선량이 가장 높은 작업은 B01-B04, B06(분해·조립) 작업으로 26.79 man-mSv이다.

표 4.1 10년간(2012-2021) 고리 본부의 평균 작업별 방사선량

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
A	핵연료교체	1,949.28	1,002.50	1.38	5.07	0.01	6.46	0.00260
B	B01-B04, B06 분해·조립	858.65	420.58	0.05	26.79	0.00	26.85	0.03121
	B05, B32 검사	355.37	176.83	0.08	4.01	0.00	4.09	0.01129
	B07-B21 핵계측계통	603.18	329.17	0.25	18.57	0.00	18.82	0.03078
	기타	750.91	419.32	0.14	23.60	0.00	23.74	0.03142
	C01-C09 Man-way작업	133.26	68.40	0.00	4.41	0.00	4.41	0.03306
	C11-C19 노즐땀 작업	91.85	65.20	0.01	7.29	0.00	7.29	0.07933
C	C21-C29 ECT 작업	569.24	287.08	0.05	18.46	0.00	18.51	0.03243
	C31-C39 Tube 작업	215.68	118.57	0.00	6.42	0.00	6.42	0.02975
	C99 기타	114.73	56.52	0.02	0.63	0.00	0.64	0.00545

표 4.1 10년간(2012-2021) 고리 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
D01, D02	Man-way/Hand-Hole	76.47	46.43	0.00	3.31	0.00	3.31	0.04325
D	D03 Lancing	198.97	121.48	0.00	7.87	0.00	7.88	0.03957
	D04 이물질제거작업	142.92	74.25	0.00	7.34	0.00	7.34	0.05139
	D05, D06, D99 기타	166.18	66.95	0.01	1.27	0.00	1.27	0.00761
E	잔열제거·안전주입계통	226.59	135.37	0.10	5.22	0.00	5.32	0.02305
F, H, J	원자로냉각재 계통	576.73	382.23	1.70	7.94	0.00	9.64	0.01376
G	가압기	137.60	82.98	0.19	2.38	0.00	2.57	0.01732
I	원자로냉각재 펌프	1,971.07	1,073.12	6.99	22.93	0.02	29.94	0.01163
K	밸브작업	1,418.37	927.93	2.35	14.91	0.04	17.30	0.01051
L	점검	4,739.48	5,354.97	2.44	8.60	0.02	11.06	0.00181

표 4.1 10년간(2012-2021) 고리 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
M01, M02, M03	가동중검사	1,834.98	1,017.63	0.14	26.45	0.00	26.59	0.01442
M03, M04	기타검사	299.93	155.53	0.05	0.75	0.00	0.79	0.00248
M11-M19	ILRT, LLRT	533.27	339.75	0.08	1.87	0.00	1.95	0.00351
M21	계통운전	3,968.97	5,377.70	2.45	5.71	0.03	8.19	0.00144
M31, M32	방사선안전관리, 세탁	15,608.40	12,333.17	7.67	19.29	0.02	26.97	0.00124
M33, M34	폐기물관리	6,695.79	5,002.52	12.92	6.95	0.04	19.91	0.00104
M35, M36	유리화 설비	39.15	36.47	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00000
기타	기타작업	10,595.85	7,263.03	13.89	26.59	0.05	40.54	0.00251
N	비계작업	224.24	125.25	0.11	1.20	0.00	1.30	0.00534
O	보온재작업	16.66	7.83	0.26	0.16	0.00	0.42	0.00967
P	제어봉 작업	507.82	270.80	0.02	1.67	0.00	1.69	0.00328

표 4.1 10년간(2012-2021) 고리 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
Q	상기 외 기타	2,951.80	1,878.77	2.66	8.76	0.02	11.43	0.00297
R	특별작업	95.64	51.38	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00002
S	증기발생기 교체	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
T	원자로헤드 교체	1,348.37	749.23	0.01	4.35	0.00	4.36	0.00323
	계	60,017.42	45,819	56.07	300.76	0.25	357.08	0.55838

2. 주요 피폭 작업 도출

고리 본부의 주요 피폭 작업은 단위시간당 방사선량이 높은 C11-C19(노즐땀 작업), D04(이물질제거작업), D01, D02(Man-way/Hand-Hole) 3가지로 도출되었다. 노즐땀 작업은 방사선량이 0.07933 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량에서 14.21%를 차지하여 가장 높은 선량 비율을 보여주었다. D04(이물질제거작업) 작업은 일반적으로 상용화된 내시경 장치를 사용하는 가장 기본적인 육안검사를 의미하지만 국내에서는 상용화된 내시경과 이물질 제거도구를 이용한 관관상부에서의 육안검사 및 이물질 제거 기술을 지칭하는 작업이다[19]. 이물질제거작업 작업은 방사선량이 0.05139 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 9.20%의 비중을 가지고 있다. Man-way/Hand-Hole 작업은 0.04325 mSv/h의 방사선량을 가지고 있고 전체 단위시간당 방사선량에서 7.75%를 차지하여 3번째로 높은 선량 값을 가지고 있었다. 고리 본부의 단위시간당 방사선량이 높은 3가지 주요 피폭 작업을 표 4.2에 나타내었다. 또한 도출된 3가지 작업의 상세 작업 목록을 표 4.3에 나타내었다.

표 4.2 10년간(2012-2021) 고리 본부의 주요 피폭 작업

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	계획정비 방사선량 (man-mSv)	단위시간당 방사선량 (mSv/h)	단위시간당 방사선량 비율 (%)	
C	C11-C19	노즐댐 작업	91.85	7.29	0.07933	14.21
	D04	이물질제거작업	142.92	7.34	0.05139	9.20
D	D01, D02	Man-way/ Hand-Hole	76.47	3.31	0.04325	7.75

표 4.3 고리 본부 주요 피폭 작업의 묶음 작업

작업명	작업코드	상세 작업명
노즐댐 작업	C11	S/G NOZZLE DAM 설치
	C12	S/G NOZZLE DAM 제거
	C19	S/G NOZZLE DAM 기타작업
이물질제거작업	D04	S/G 2차측 이물질 제거작업
Man-way/ Hand-Hole	D01	S/G 2차 MAN WAY OPEN & CLOSE
	D02	S/G HAND HOLE & EYE HOLE 작업

제2절 한빛 본부

1. 작업별 방사선량 분석

한빛 본부는 한빛 1호기, 한빛 2호기, 한빛 3호기, 한빛 4호기, 한빛 5호기, 한빛 6호기로 총 6기의 원전이 있다. 또한 한빛 본부는 경수로 원전으로 구성되어있다. 한빛 원전 총 6기의 10년간(2012-2021) 평균 작업별 피폭선량을 표 4.4에 나타내었다. 한빛 본부의 10년간 평균 총 방사선량은 446.92 man-mSv이며 그 중 계획정비에서 발생한 총 방사선량은 414.89 man-mSv(92.80%)로 작업의 대부분이 계획정비에서 발생한다는 것을 알 수 있다. 핵계측계통작업은 39.65man-mSv로 기타작업을 제외한 계획정비중 가장 높은 방사선량을 가진 작업이다.

표 4.4 10년간(2012-2021) 한빛 본부의 평균 작업별 방사선량

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
A	핵연료교체	1,582.28	737.00	0.40	6.14	0.00	6.55	0.00388
	B01-B04, B06 분해·조립	889.50	401.57	0.00	24.21	0.37	24.58	0.02721
	B05, B32 검사	228.42	106.17	0.01	2.50	0.00	2.50	0.01093
B	B07-B21 핵계측계통	1,723.32	881.70	0.04	39.65	0.03	39.71	0.02301
	기타 기타작업	2,067.37	1,007.67	0.05	61.67	0.08	61.80	0.02983
	C01-C09 Man-way작업	86.10	42.20	0.01	2.80	0.04	2.85	0.03253
	C11-C19 노즐뎀 작업	140.55	90.13	0.04	11.27	0.17	11.49	0.08018
C	C21-C29 ECT 작업	646.78	300.58	0.12	20.38	0.00	20.51	0.03151
	C31-C39 Tube 작업	823.03	390.90	0.00	18.05	0.00	18.05	0.02193
	C99 기타	196.75	104.00	0.04	15.81	5.60	21.45	0.08034

표 4.4 10년간(2012-2021) 한빛 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
D01, D02	Man-way/Hand-Hole	81.23	45.32	0.00	3.64	0.00	3.64	0.04482
D	D03 Lancing	186.08	113.03	0.00	6.02	0.00	6.02	0.03237
	D04 이물질제거작업	288.25	146.92	0.00	10.31	0.00	10.31	0.03578
	D05, D06, D99 기타	2,184.22	866.75	0.00	9.10	0.00	9.10	0.00416
E	잔열제거·안전주입계통	377.02	212.57	0.13	4.70	0.00	4.83	0.01246
F, H, J	원자로냉각재 계통	495.43	275.65	0.31	4.29	0.02	4.63	0.00867
G	가압기	695.32	323.42	0.03	11.63	0.02	11.68	0.01672
I	원자로냉각재 펌프	2,468.93	1,361.63	5.12	28.54	0.00	33.66	0.01156
K	밸브작업	1,545.77	886.42	2.36	12.59	0.01	14.96	0.00815
L	점검	5,342.02	4,932.23	1.00	7.45	0.03	8.48	0.00139

표 4.4 10년간(2012-2021) 한빛 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
M01, M02, M03	가동중검사	1,233.05	593.47	0.05	22.08	0.44	22.57	0.01791
M03, M04	기타검사	1,143.82	541.80	0.01	1.67	0.00	1.69	0.00146
M11-M19	ILRT, LLRT	425.90	238.85	0.04	1.36	0.00	1.40	0.00318
M21	계통운전	7,752.95	7,232.92	0.91	7.32	0.06	8.29	0.00094
M31, M32	방사선안전관리, 세탁	16,650.37	10,446.32	1.29	18.02	0.16	19.47	0.00108
M33, M34	폐기물관리	9,035.05	5,569.37	7.47	5.38	0.01	12.87	0.00060
M35, M36	유리화 설비	5.28	2.95	0	0	0	0	0.00006
기타	기타작업	9,883.28	6,354.02	3.92	18.92	0.06	22.90	0.00191
N	비계작업	255.47	121.13	0.01	2.90	0	2.91	0.01134
O	보온재작업	10.73	5.05	0	0.18	0	0.19	0.01697
P	제어봉 작업	289.48	137.02	0	5.09	0	5.09	0.01757

표 4.4 10년간(2012-2021) 한빛 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
Q	상기 외 기타	3,272.02	2,037.87	1.25	7.81	0.00	9.07	0.00239
R	특별작업	627.12	340.32	0.25	2.38	0.00	2.63	0.00379
S	증기발생기 교체	3,537.10	1,881.77	0.00	17.32	0.00	17.32	0.00490
T	원자로헤드 교체	3,246.00	1,609.58	0.02	3.71	0.00	3.73	0.00114
	계	79,415.98	50,339	24.91	414.89	7.12	446.92	0.60270

2. 주요 피폭 작업 도출

한빛 본부의 주요 피폭 작업은 기타작업을 제외한 단위시간당 방사선량이 높은 C11-C19(노즐땀 작업) 작업, D01, D02(Man-way/Hand-Hole) 작업, D04(이물질 제거작업) 작업으로 3가지 작업이 도출되었다. 한빛 본부의 10년간(2012-2021) 주요 피폭 작업 3가지를 표 4.5에 나타내었다. 노즐땀 작업은 0.08018 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 13.30%의 비중을 가지고 있으며 가장 높은 방사선량을 받는 작업이다. Hand-Hole 작업은 증기발생기 내부 검사가 필요할 때 발전소 수명기간 동안에 관관 상부에 쌓여있는 슬러지들을 제거하는 작업이다[20]. Man-way/Hand-Hole 작업은 0.04482 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 7.44%의 비중을 가지고 있다. 이물질제거작업은 0.03578 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 5.94%의 비중을 가지고 있다. 또한 이들의 상세작업을 표 4.6에 나타내었다.

표 4.5 10년간(2012-2021) 한빛 본부의 주요 피폭 작업

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	계획정비 방사선량 (man-mSv)	단위시간당 방사선량 (mSv/h)	단위시간당 방사선량 비율 (%)
C C11-C19	노즐댐 작업	140.55	11.27	0.08018	13.30
D	D01, D02 Man-way/ Hand-Hole	81.23	3.64	0.04482	7.44
	D04 이물질제거작업	288.25	10.31	0.03578	5.94

표 4.6 한빛 본부 주요 피폭 작업의 묶음 작업

작업명	작업코드	상세 작업명
노즐댐 작업	C11	S/G NOZZLE DAM 설치
	C12	S/G NOZZLE DAM 제거
	C19	S/G NOZZLE DAM 기타작업
Man-way/ Hand-Hole	D01	S/G 2차 MAN WAY OPEN & CLOSE
	D02	S/G HAND HOLE & EYE HOLE 작업
이물질제거작업	D04	S/G 2차측 이물질 제거작업

제3절 한울 본부

1. 작업별 방사선량 분석

한울 본부는 한울 1호기, 한울 2호기, 한울 3호기, 한울 4호기, 한울 5호기, 한울 6호기로 총 6기의 원전이 있다. 한울 본부의 10년간(2012-2021) 평균 작업별 방사선량을 표 4.7에 나타내었다. 평균 작업별 방사선량의 총합은 364.37 man-mSv를 차지하고 있으며 그 중 계획정비에서 발생한 총 방사선량은 330.25 man-mSv(90.63%)의 가장 높은 비중을 가지고 있다. 계획정비 중 M31, M32(방사선안전관리, 세탁)작업은 27.47 man-mSv로 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

표 4.7 10년간(2012-2021) 한울 본부의 평균 작업별 방사선량

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
A	핵연료교체	1,837.78	895.53	1.32	6.06	0.00	7.38	0.00330
	B01-B04, B06 분해·조립	828.90	373.78	0.00	17.94	0.07	18.01	0.02165
	B05, B32 검사	292.07	138.12	0.02	5.75	0.01	5.77	0.01970
B	B07-B21 핵계측계통	526.52	260.82	0.22	20.60	0.00	20.81	0.03912
	기타 기타작업	1,092.30	565.38	0.25	16.49	0.32	17.06	0.01510
	C01-C09 Man-way작업	143.38	74.52	0.01	5.08	0.00	5.09	0.03540
	C11-C19 노즐뎀 작업	126.82	80.60	0.04	6.05	0.00	6.08	0.04768
C	C21-C29 ECT 작업	561.60	272.57	0.11	21.61	0.00	21.72	0.03848
	C31-C39 Tube 작업	278.03	112.98	0.01	4.12	0.00	4.12	0.01481
	C99 기타	54.72	33.12	0.02	0.91	0.00	0.93	0.01670

표 4.7 10년간(2012-2021) 한울 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
D01, D02	Man-way/Hand-Hole	79.97	44.98	0.00	1.25	0.00	1.25	0.01557
D	D03 Lancing	240.78	130.98	0.02	5.48	0.00	5.50	0.02277
	D04 이물질제거작업	279.45	144.63	0.00	6.72	0.00	6.72	0.02404
	D05, D06, D99 기타	657.75	124.85	0.16	1.05	0.00	1.21	0.00160
E	잔열제거·안전주입계통	354.57	196.98	0.11	4.30	0.00	4.41	0.01212
F, H, J	원자로냉각재 계통	538.60	327.40	0.50	8.67	0.00	9.18	0.01610
G	가압기	329.13	165.68	0.01	4.27	0.01	4.30	0.01297
I	원자로냉각재 펌프	3,394.73	1,800.53	4.31	26.05	0.00	30.36	0.00767
K	밸브작업	1,897.32	1,122.78	1.20	17.85	0.00	19.06	0.00941
L	점검	3,781.47	3,508.78	1.51	6.41	0.01	7.93	0.00170

표 4.7 10년간(2012-2021) 한울 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
M01, M02, M03	가동중검사	1,823.45	902.28	0.03	25.51	0.00	25.54	0.01399
M03, M04	기타검사	0.55	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
M11-M19	ILRT, LLRT	556.60	340.35	0.05	2.17	0.00	2.22	0.00389
M21	계통운전	11,457.28	7,561.55	3.71	11.99	0.00	15.70	0.00105
M31, M32	방사선안전관리, 세탁	21,388.07	12,350.28	3.37	27.47	0.02	30.85	0.00128
M33, M34	폐기물관리	6,138.67	3,597.33	8.22	6.32	0.00	14.54	0.00103
M35, M36	유리화 설비	730.07	772.68	0.34	1.41	0.00	1.75	0.00194
기타	기타작업	10,812.80	7,409.55	6.03	28.21	0.02	34.26	0.00261
N	비계작업	523.67	282.78	0.09	1.93	0.00	2.02	0.00369
O	보온재작업	2.95	1.53	0.00	0.08	0.00	0.09	0.02864
P	제어봉 작업	151.30	69.97	0.03	2.70	0.00	2.74	0.01786

표 4.7 10년간(2012-2021) 한울 본부의 평균 작업별 방사선량

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
Q	상기 외 기타	4,389.77	2,475.02	1.84	12.79	0.03	14.66	0.00291
R	특별작업	104.75	52.82	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00000
S	증기발생기 교체	3,641.02	2,054.57	0.05	22.36	0.00	22.41	0.00614
T	원자로헤드 교체	622.60	296.28	0.00	0.66	0.00	0.66	0.00105
	계	79,639.42	48,542.38	33.64	330.25	0.48	364.37	0.46198

2. 주요 피폭 작업 도출

한울 본부의 주요 피폭 작업은 단위시간당 방사선량이 높은 C11-C19(노즐댐 작업) 작업, B07-B21(핵계측계통 작업) 작업, C21-C29(ECT 작업) 작업으로 3가지가 도출되었다. 한울 본부의 10년간(2012-2021) 주요 피폭 작업 3가지를 표 4.8에 나타내었다. 노즐댐 작업은 0.04768 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 10.32%의 비중을 가지고 있으며 가장 높은 방사선량을 받는 작업이다. B07-B21(핵계측계통 작업) 작업은 경수로 원전 내부를 이동형 검출기를 사용하여 원전 내의 지정된 안내관(Thimble)을 따라 상하로 이동하면서 중성자속의 분포를 측정하는 설비이다 [21]. 핵계측계통 작업작업은 0.03912 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 8.47%의 비중을 가지고 있다. ECT 작업은 0.03848 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 8.33%의 비중을 가지고 있다. 한울 본부 주요 피폭 작업의 상세목록을 표 4.9에 나타내었다.

표 4.8 10년간(2012-2021) 한울 본부의 주요 피폭 작업

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	계획정비 방사선량 (man-mSv)	단위시간당 방사선량 (mSv/h)	단위시간당 방사선량 비율 (%)
C C11-C19	노즐댐 작업	126.82	6.05	0.04768	10.32
B B07-B21	핵계측계통 작업	526.52	20.60	0.03912	8.47
C C21-C29	ECT 작업	561.60	21.61	0.03848	8.33

표 4.9 한울 본부 주요 피폭 작업의 묶음 작업

작업명	작업코드	상세 작업명
노즐댐 작업	C11	S/G NOZZLE DAM 설치
	C12	S/G NOZZLE DAM 제거
	C19	S/G NOZZLE DAM 기타작업
핵계측계통 작업	B07	IN_Core Detector 작업
	B08	노내열전대 교체
	B09	IN-Core 안내관 및 Seal Nozzle 교체
	B11	IN_Core THIM. 작업
	B12	IN_Core 기타작업
	B13	IN-Core Seal Housing 교체작업
	B15	원자로헤드 관통관 검사

표 4.9 한울 본부 주요 피폭 작업의 묶음 작업(계속)

작업명	작업코드	상세 작업명
핵계측계통 작업	B16	원자로 헤드 관통관 육안검사
	B17	원자로 헤드 관통관 체적검사
	B18	원자로 하부 보온재 점검구 설치 및 검사
	B19	제어봉 육안검사
	B21	EX_Core(OR SR/IR) Detector 작업
ECT 작업	C21	S/G ECT 장비설치 및 제거
	C22	S/G ECT 수행
	C23	S/G ECT 장비 점검 및 보수
	C29	S/G ECT 기타작업

제4절 월성 본부

1. 작업별 방사선량 분석

월성 본부는 중수로 원전인 월성 1호기, 월성 2호기, 월성 3호기, 월성 4호기로 총 4기의 원전과 경수로 원전인 신월성 1호기, 신월성 2호기로 총 2기의 원전이 있다. 월성 본부의 원전은 원전 유형이 서로 다르기 때문에 중수로 원전과 경수로 원전을 따로 나눠서 계산하였다. 월성 본부의 중수로 원전에 대한 10년간(2012-2021) 평균 작업별 방사선량을 표 4.10에 나타내었고 경수로 원전에 대한 10년간 평균 작업별 방사선량을 표 4.11에 나타내었다. 평균 작업별 방사선량의 총 합은 중수로 원전에서 408.14 man-mSv를 차지하고 있으며 그 중 계획정비에서 발생한 총 방사선량은 312.62 man-mSv(76.60%)로 높은 비중을 차지하고 있고 경수로 원전에서 298.71 man-mSv를 차지하고 있으며 그 중 계획정비에서 발생한 총 방사선량은 274.07 man-mSv(91.75%)로 높은 비중을 차지하고 있다. 계획정비 중 중수로 원전의 경우 기타 작업을 제외한 M01, M02(DN TUBE 작업)작업에서 38.88 man-mSv로 큰 비중을 차지하는 작업이고 경수로 원전의 경우 B01-B04, B06(분해·조립)작업에서 21.30 man-mSv로 큰 비중을 차지하는 작업이다.

표 4.10 10년간(2012-2021) 월성 본부 중수로 원전의 평균 작업별 방사선량

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
A	A11-A13 핵연료교환기계통정비	1,879.68	1,454.50	9.28	14.01	1.64	24.92	0.00745
	기타 기타핵연료관련설비점검	5,325.68	4,390.75	16.56	15.54	3.62	35.71	0.00292
	B01 압력관체적검사(FCVI)	270.22	191.50	0.05	12.07	0.00	12.12	0.04465
	B02 SLARETTE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
	B03 압력관 등가수소농도 측정	137.06	91.88	0.02	3.88	0.00	3.89	0.02829
B	B04 END FITTING LAPPING	5.46	3.85	0.00	0.67	0.02	0.69	0.12356
	B08 연료관고정단 변경작업	243.88	174.25	0.00	8.49	0.00	8.49	0.03480
	B09 압력관 재질특성 시험	185.80	120.25	0.10	8.39	0.00	8.48	0.04515
	기타 원자로 기타작업	323.32	245.68	0.92	2.45	0.04	3.41	0.00759
C,D	C01 Man-way 개폐	195.57	104.38	0.52	11.50	0.88	12.90	0.05879
	C11, C21 ECT	628.68	377.08	0.97	29.67	1.44	32.07	0.04719

표 4.10 10년간(2012-2021) 월성 본부 중수로 원전의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)	
				정상운전	계획정비	중간정비	계		
C,D	D11	개조작업 및 LANCING	154.12	101.05	0.00	4.12	0.00	4.12	0.02673
	기타	S/G 기타작업	4,429.16	1,443.40	0.46	21.99	0.01	22.46	0.00497
E	E02	SHUTDOWN COOLING SYSTEM	55.68	39.95	0.01	1.62	0.00	1.63	0.02906
H	H01-H04	감속재 보조계통	296.08	261.88	0.68	4.33	0.05	5.07	0.01464
	J01-J03								
	H11-H13	냉각재 보조계통	933.00	627.20	1.13	8.72	0.57	10.42	0.00935
I	I01-I03	감속재 펌프, 밀봉 장치	128.04	79.58	0.06	2.32	0.01	2.39	0.01812
	I11-I13	냉각재 펌프, 밀봉 장치	633.23	388.43	0.26	2.68	0.01	2.95	0.00423
K	K	밸브	560.39	383.40	0.76	4.72	0.02	5.51	0.00843
L	L01-L02	가동중검사 및 FEEDER 두께 측정	628.39	378.58	0.21	17.32	0.00	17.53	0.02756
	L03-L04	ILRT, LLRT	157.64	408.63	0.79	0.70	0.00	1.48	0.00442

표 4.10 10년간(2012-2021) 월성 본부 중수로 원전의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)	
				정상운전	계획정비	중간정비	계		
L	L14-L16	검사 및 감사관련	710.68	923.40	0.22	0.03	0.05	0.30	0.00004
	M01, M02	DN TUBE 작업	337.64	197.13	0.33	38.88	0.01	39.22	0.11514
	M03-M05	중수관련계통	781.85	484.25	0.37	2.62	0.01	3.00	0.00335
	M11-M12	운전원 일상점검	3,992.47	8,842.08	10.00	8.38	0.62	19.01	0.00210
	M13-M17	기타정기점검 및 Call-up관련 작업	4,187.85	5,112.10	2.80	4.56	0.07	7.43	0.00109
M	M21	방사선안전관리	20,588.12	23,515.53	7.27	18.84	1.59	27.70	0.00091
	M22-M23	SURVEY	1,133.11	983.33	0.37	2.15	0.04	2.57	0.00190
	M24	제염 및 세탁	620.44	421.78	0.27	0.48	0.06	0.81	0.00077
	M25-M28	폐기물 관리	4,084.85	4,484.45	6.26	2.31	1.42	9.99	0.00057
	M31	펌프작업	164.80	107.80	0.11	0.68	0.00	0.79	0.00411

표 4.10 10년간(2012-2021) 월성 본부 중수로 원전의 평균 작업별 방사선량

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
M34	DOUSING 탱크	15.35	6.90	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00088
M35	보온재	26.44	28.68	0.03	0.03	0.00	0.07	0.00125
M	M36-M39 공기정화관련계통	743.00	551.13	0.95	11.86	0.13	12.94	0.01596
M71	피동촉매형 수소재결합기(PAR) 설치	101.80	53.75	0.14	1.48	0.00	1.62	0.01451
M73	수소감시기 설치	170.83	100.03	0.00	0.57	0.00	0.57	0.00332
N	비계 작업	146.19	100.00	0.24	4.13	0.09	4.45	0.02823
Q	상기외 기타	16,649.01	17,131.70	17.01	39.52	3.94	60.47	0.00237
R	특별작업	16.29	8.28	0.01	0.92	0.02	0.95	0.05659
	계	71,641.72	74,318	79.15	312.62	16.37	408.14	0.80096

표 4.11 10년간(2012-2021) 월성 본부 경수로 원전의 평균 작업별 방사선량

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
A	핵연료교체	1,364.23	633.21	0.10	5.73	0.00	5.83	0.00420
	B01-B04, B06 분해·조립	660.14	301.64	0.00	21.30	0.00	21.31	0.03227
	B05, B32 검사	168.43	76.26	0.00	1.62	0.00	1.62	0.00960
B	B07-B21 핵계측계통	334.71	175.14	0.01	8.79	0.00	8.80	0.02626
	기타 기타작업	734.43	389.12	0.08	96.49	0.12	96.69	0.13138
	C01-C09 Man-way작업	154.51	80.79	0.00	2.91	0.03	2.94	0.01882
	C11-C19 노즐댐 작업	110.87	86.83	0.00	5.11	0.02	5.13	0.04608
C	C21-C29 ECT 작업	508.71	280.40	0.11	16.96	0.00	17.07	0.03334
	C31-C39 Tube 작업	217.19	139.68	0.01	2.60	0.00	2.61	0.01199
	C99 기타	45.13	28.68	0.04	0.98	0.00	1.01	0.02165

표 4.11 10년간(2012-2021) 월성 본부 경수로 원전의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)	
				정상운전	계획정비	중간정비	계		
D	D01, D02	Man-way/Hand-Hole	71.01	39.55	0.00	0.62	0.00	0.62	0.00879
	D03	Lancing	245.95	123.24	0.00	2.66	0.00	2.66	0.01081
	D04	이물질제거작업	416.03	204.53	0.00	6.49	0.00	6.49	0.01560
	D05, D06, D99	기타	212.82	128.21	0.00	4.62	0.00	4.62	0.02169
E		잔열제거·안전주입계통	463.18	299.71	0.52	2.59	0.00	3.12	0.00560
F, H, J		원자로냉각재 계통	360.43	217.69	0.72	2.93	0.01	3.66	0.00812
G		가압기	109.27	62.04	0.02	0.77	0.01	0.80	0.00705
I		원자로냉각재 펌프	2,191.05	1,192.21	6.65	17.75	0.01	24.40	0.00810
K		밸브작업	1,636.89	1,028.76	2.77	8.09	0.05	10.92	0.00494
L		점검	4,471.80	5,007.89	0.45	4.31	0.02	4.78	0.00096

표 4.11 10년간(2012-2021) 월성 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
M01, M02, M03	가동중검사	1,228.27	672.08	0.01	15.33	0.05	15.39	0.01248
M03, M04	기타검사	0.35	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00571
M11-M19	ILRT, LLRT	733.07	489.66	0.00	2.01	0.00	2.01	0.00274
M21	계통운전	3,805.62	6,318.29	2.33	3.50	0.01	5.83	0.00092
M31, M32	방사선안전관리, 세탁	14,031.89	8,822.71	1.65	11.86	0.10	13.61	0.00085
M33, M34	폐기물관리	5,034.52	3,744.53	2.51	3.92	0.18	6.61	0.00078
M35, M36	유리화 설비	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
기타	기타작업	8,427.91	5,970.85	2.66	12.69	0.10	15.45	0.00151
N	비계작업	410.13	234.60	0.00	1.99	0.00	1.99	0.00485
O	보온재작업	1.61	0.96	0.01	0.21	0.00	0.22	0.13139
P	제어봉 작업	383.41	190.73	0.00	3.73	0.05	3.78	0.00972

표 4.11 10년간(2012-2021) 월성 본부 경수로 원전의 평균 작업별 방사선량

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
Q	상기 외 기타	3,104.16	2,388.49	2.31	5.31	0.01	7.63	0.00171
R	특별작업	22.96	11.41	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00000
S	증기발생기 교체	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
T	원자로헤드 교체	1,791.30	1,587.35	0.93	0.19	0.00	1.12	0.00010
	계	53,451.99	40,928	23.89	274.07	0.74	298.71	0.60001

2. 주요 피폭 작업 도출

월성 본부의 주요 피폭 작업은 중수로 원전의 경우 단위시간당 방사선량이 높은 B04(END FITTING LAPPING) 작업, M01, M02(DN TUBE 작업) 작업, C01(Man-way 개폐) 작업으로 3가지가 도출되었고 경수로 원전의 경우 O(보온재 작업) 작업, C11-C19(노즐땀 작업) 작업, C21-C29(ECT 작업) 작업으로 3가지가 도출되었다. 월성 본부의 10년간(2012-2021) 중수로 원전의 주요 피폭 작업 3가지를 표 4.12에 나타내었고 경수로 원전의 주요 피폭 작업 3가지를 표 4.13에 나타내었다. 중수로 원전에서 END FITTING LAPPING 작업은 0.12356 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 15.43%의 비중을 가지고 있으며 가장 높은 방사선량을 받는 작업이다. DN TUBE 작업은 0.11514 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 14.38%의 비중을 가지고 있다. Man-way 개폐 작업의 경우 0.05879 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 7.74%의 비중을 가지고 있다. 표 4.14는 월성 본부의 중수로 원전 주요 피폭 작업의 상세목록을 나타내었다. 경수로 원전에서 보온재 작업의 보온재는 원자력발전소 계통기기의 고온 표면에서 열손실을 최소화하여 발전소 출력을 일정하게 유지시켜준다. 이는 증기발생기, 가압기를 포함하는 RCS 계통기기의 표면과 이격되어 설치되는 금속단열재이다[22]. 보온재작업은 0.13139 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 21.90%의 비중을 가지고 있고 가장 높은 방사선량을 받는 작업이다. 노즐땀 작업의 경우 0.04608 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 7.68%의 비중을 가지고 있다. ECT 작업의 경우 0.03334 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 5.56%의 비중을 가지고 있다. 표 4.15은 월성 본부의 경수로 원전 주요 피폭 작업의 상세목록을 나타내었다.

표 4.12 10년간(2012-2021) 월성 본부의 중수로 원전 주요 피폭 작업

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	계획정비 방사선량 (man-mSv)	단위시간당 방사선량 (mSv/h)	단위시간당 방사선량 비율 (%)
B B04	END FITTING LAPPING	5.46	0.67	0.12356	15.43
M M01, M02	DN TUBE 작업	337.64	38.88	0.11514	14.38
C C01	Man-way 개폐	195.57	11.50	0.05879	7.74

표 4.13 10년간(2012-2021) 월성 본부의 경수로 원전 주요 피폭 작업

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	계획정비 방사선량 (man-mSv)	단위시간당 방사선량 (mSv/h)	단위시간당 방사선량 비율 (%)
O	보온재작업	1.61	0.21	0.13139	21.90
C	C11-C19 노즐탭 작업	110.87	5.11	0.04608	7.68
	C21-C29 ECT 작업	508.71	16.96	0.03334	5.56

표 4.14 월성 본부 중수로 원전 주요 피폭 작업의 묶음 작업

작업명	작업코드	상세 작업명
END FITTING LAPPING	B04	END FITTING LAPPING
DN TUBE 작업	M01	DN TUBE 작업
	M02	DN 코일 집합체 작업
Man-way 개폐	C01	S/G MAN WAY OPEN & CLOSE

표 4.15 월성 본부 경수로 원전 주요 피폭 작업의 묶음 작업

작업명	작업코드	상세 작업명
보온재 작업	O01	RCS 배관 차폐체 설치 및 제거
	O99	기타 차폐작업
노즐댐 작업	C11	S/G NOZZLE DAM 설치
	C12	S/G NOZZLE DAM 제거
	C19	S/G NOZZLE DAM 기타작업
ECT 작업	C21	S/G ECT 장비 설치 및 제거
	C22	S/G ECT 수행
	C23	S/G ECT 장비 점검 및 보수
	C29	S/G ECT 기타작업

제5절 새울 본부

1. 작업별 선량 분석

새울 본부는 신고리 3호기와 신고리 4호기로 총 2기의 원전으로 구성되어있다. 새울 본부는 2016년부터 상업운전을 시작했기 때문에 새울 본부의 6년간 (2016-2021) 평균 작업별 방사선량을 표 4.16에 나타내었다. 새울 본부의 평균 작업별 방사선량의 총합은 150.28 man-mSv를 차지하고 있으며 그 중 계획정비에서 발생한 총 방사선량은 145.68 man-mSv(96.94%)로 높은 비중을 차지하고 있다. 새울 본부의 계획정비 중 C21-C29(ECT 작업)작업은 22.29 man-mSv로 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 또한 상업운전한지 오래 되지 않아 진행하지 않은 작업도 몇몇 존재한다.

표 4.16 6년간(2016-2021) 서울 본부의 평균 작업별 방사선량

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
A	핵연료교체	1,658.12	770.97	0.07	3.07	0.00	3.14	0.00185
	B01-B04, B06 분해·조립	771.92	342.70	0.11	15.01	0.00	15.13	0.01945
	B05, B32 검사	153.83	68.42	0.00	1.35	0.00	1.35	0.00880
B	B07-B21 핵계측계통	270.43	113.78	0.06	5.23	0.00	5.29	0.01934
	기타 기타작업	564.97	316.07	0.17	3.41	0.00	3.59	0.00604
	C01-C09 Man-way작업	101.83	52.28	0.05	3.17	0.00	3.23	0.03117
	C11-C19 노즐댐 작업	68.43	39.27	0.09	6.49	0.00	6.58	0.09477
C	C21-C29 ECT 작업	481.88	211.70	0.19	22.29	0.00	22.48	0.04626
	C31-C39 Tube 작업	55.38	35.42	0.22	1.93	0.00	2.15	0.03488
	C99 기타	30.52	26.80	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00789

표 4.16 6년간(2016-2021) 서울 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
D01, D02	Man-way/Hand-Hole	80.35	44.30	0.00	0.60	0.00	0.61	0.00752
D	D03 Lancing	211.22	118.35	0.01	2.30	0.00	2.31	0.01088
	D04 이물질제거작업	116.00	61.33	0.00	2.53	0.00	2.53	0.02180
	D05, D06, D99 기타	427.50	272.12	0.09	7.72	0.00	7.81	0.01806
E	잔열제거·안전주입계통	499.57	297.57	0.06	2.21	0.00	2.27	0.00442
F, H, J	원자로냉각재 계통	779.28	555.58	0.19	3.55	0.00	3.73	0.00445
G	가압기	1,854.78	1,440.53	0.10	6.76	0.00	6.86	0.00365
I	원자로냉각재 펌프	1,041.99	609.58	0.16	6.40	0.00	6.56	0.00614
K	밸브작업	1,498.08	1,033.02	0.18	4.90	0.00	5.08	0.00327
L	점검	4,325.18	5,467.63	0.21	2.44	0.00	2.65	0.00056

표 4.16 6년간(2016-2021) 서울 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
M01, M02, M03	가동중검사	1,107.66	606.37	0.08	13.09	0.00	13.17	0.01182
M03, M04	기타검사	18.42	8.25	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00181
M11-M19	ILRT, LLRT	575.80	393.72	0.02	0.72	0.00	0.74	0.00125
M21	계통운전	1,695.27	2,343.78	0.07	2.43	0.00	2.49	0.00143
M31, M32	방사선안전관리, 세탁	13,309.22	10,429.65	0.79	9.38	0.00	10.16	0.00070
M33, M34	폐기물관리	3,630.49	2,604.92	0.46	2.87	0.00	3.33	0.00079
M35, M36	유리화 설비	9.54	4.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
기타	기타작업	6,350.87	4,212.47	0.83	9.11	0.04	9.98	0.00143
N	비계작업	556.07	362.43	0.03	1.38	0.00	1.41	0.00248
O	보온재작업	72.33	12.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
P	제어봉 작업	21.98	12.55	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00270

표 4.16 6년간(2016-2021) 서울 본부의 평균 작업별 방사선량(계속)

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	연 출입 인원(명)	방사선량(man-mSv)				단위시간당 방사선량(mSv/h)
				정상운전	계획정비	중간정비	계	
Q	상기 외 기타	2,230.67	1,543.77	0.30	4.84	0.00	5.13	0.00217
R	특별작업	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
S	증기발생기 교체	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
T	원자로헤드 교체	442.35	253.75	0.00	0.18	0.00	0.18	0.00040
	계	45,011.94	34,666	4.55	145.68	0.05	150.28	0.37827

2. 주요 피폭 작업 도출

새울 본부의 주요 피폭 작업은 단위시간당 방사선량이 높은 C11-C19(노즐댐 작업), C21-C29(ECT 작업), C31-C39(TUBE 작업) 작업으로 3가지가 도출되었다. 새울 본부의 6년간(2016-2021) 주요 피폭 작업 3가지를 표 4.17에 나타내었다. 노즐댐 작업은 0.09477 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 25.05%의 비중을 가지고 있으며 상대적으로 많은 방사선량을 받는 작업이다. ECT 작업은 0.04626 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 12.23%의 비중을 가지고 있다. C31-C39(TUBE 작업) 작업은 원전종사자가 직접 증기발생기 수실 내부로 들어가서 작업한다. 내부에서 이루어지는 작업으로는 Tube Cleaning, Tube Sizing, Tube Plugging, Deplugging 작업 등이 있다[15]. TUBE 작업의 경우 0.03488 mSv/h로 전체 단위시간당 방사선량 중 9.22%의 비중을 가지고 있다. 또한 새울 본부 주요 피폭 작업의 상세목록을 표 4.18에 나타내었다.

표 4.17 6년간(2016-2021) 새울 본부의 주요 피폭 작업

작업코드	작업명	작업시간 (man-h)	계획정비 방사선량 (man-mSv)	단위시간당 방사선량 (mSv/h)	단위시간당 방사선량 비율 (%)
C11-C19	노즐댐 작업	68.43	6.49	0.09477	25.05
C21-C29	ECT 작업	481.88	22.29	0.04626	12.23
C31-C39	TUBE 작업	55.38	1.93	0.03488	9.22

표 4.18 새울 본부 주요 피폭 작업의 묶음 작업

작업명	작업코드	상세 작업명
노즐댐 작업	C11	S/G NOZZLE DAM 설치
	C12	S/G NOZZLE DAM 제거
	C19	S/G NOZZLE DAM 기타작업
ECT 작업	C21	S/G ECT 장비설치 및 제거
	C22	S/G ECT 수행
	C23	S/G ECT 장비 점검 및 보수
	C29	S/G ECT 기타작업
TUBE 작업	C31	S/G TUBE 준비작업
	C32	S/G TUBE 장비설치 및 제거
	C33	S/G TUBE Plugging & Sleeving
	C39	S/G TUBE 기타작업

제5장 주요 피폭 작업 방사선량 비교분석

제1절 원전 유형별 주요 피폭 작업 방사선량 비교분석

1. 방사선작업 비교분석

앞선 3장에서 원전 유형별 주요 피폭작업을 도출한 것을 바탕으로 경수로 원전과 중수로 원전의 작업을 비교분석 하였다. 부록 A와 B를 보면 경수로 원전 작업과 중수로 원전 작업의 차이를 확인할 수 있다. 두 노형의 작업은 큰 단위에서는 차이가 없지만 작업의 상세 단위에서는 차이가 있었다. 표 3.2에서 경수로 원전은 주요 피폭 작업으로 노즐댐 작업, ECT 작업, Man-way 작업 3가지가 도출되었다. 표 3.5에서 중수로 원전은 주요 피폭 작업으로 END FITTING LAPPING, DN TUBE 작업, Man-way 개폐 작업 3가지가 도출되었다. 도출된 주요 피폭 작업의 비교를 위해 표 5.1에 각 원전 유형별 작업을 정리하였다. 도출된 주요 피폭 작업의 상세 작업도 원전 노형별로 차이가 있음을 확인할 수 있었다. Man-way 작업의 경우 경수로 원전과 중수로 원전에 모두 포함된 주요 피폭 작업이다. 하지만 해당 작업의 상세 작업은 경수로 원전의 경우 3가지 상세 작업(C01, C02, C09)으로 나누어져 있고 중수로 원전의 경우 1가지 작업(C01)으로 지정되어 있다. 이러한 상세 작업의 차이는 원전 유형에 따라 운영에 필요한 장비나 시설이 다르기 때문이다.

표 5.1 원전 유형별 주요 피폭 작업의 차이 비교

	작업명	작업 코드	상세 작업명
경수로	노즐댐 작업	C11	S/G NOZZLE DAM 설치
		C12	S/G NOZZLE DAM 제거
		C19	S/G NOZZLE DAM 기타작업
	ECT 작업	C21	S/G ECT 장비 설치 및 제거
		C22	S/G ECT 수행
		C23	S/G ECT 장비 점검 및 보수
		C29	S/G ECT 기타작업
	Man-way 작업	C01	S/G MAN WAY OPEN
		C02	S/G MAN WAY CLOSE
		C09	S/G MAN WAY 기타작업
중수로	END FITTING LAPPING	B04	END FITTING LAPPING
	DN TUBE 작업	M01	DN TUBE 작업
		M02	DN 코일 집합체 작업
	Man-way 개폐	C01	S/G MAN WAY OPEN & CLOSE

2. 주요 피폭 작업 방사선량 비교

원전 유형별 주요 피폭 작업 방사선량 비교는 경수로 원전과 중수로 원전의 작업시간에 대한 차이로 단위시간당 방사선량을 비교해 보면 작업시간에 상관없이 해당 작업을 수행하는데 있어 원전종사자가 받는 방사선량을 비교할 수 있다. 작업시간의 차이는 원전의 유형별 숫자에 따라 차이가 발생하며, 경수로 원전은 총 24기가 있고 중수로 원전은 총 4기가 있다. 또한 경수로 원전과 중수로 원전의 작업을 도출할 때 각 발전소의 합으로 계산되었다. 경수로 원전과 중수로 원전의 주요 피폭 작업 방사선량 비교를 위해 표 5.2에 나타내었다. 그러나 주요 피폭 작업 방사선량을 비교하기 위해서는 단위시간당 방사선량으로 계산해야 한다. 경수로 원전의 경우 노즐댐 작업은 0.06740 mSv/h, ECT 작업은 0.03456 mSv/h, Man-way 작업은 0.03196 mSv/h로 계산되었고 중수로 원전의 경우 END FITTING LAPPING 작업은 0.12327 mSv/h, DN TUBE 작업은 0.11530 mSv/h, Man-way 개폐 작업은 0.05878 mSv/h로 계산되었다. 이를 통해 중수로 원전은 경수로 원전보다 상대적으로 높은 단위시간당 방사선량을 받고 있는 것으로 확인이 되었다.

표 5.2 원전 유형별 주요 피폭 작업 방사선량 비교

	작업명	단위시간당 방사선량 (mSv/h)
경수로	노즐땀 작업	0.06740
	ECT 작업	0.03456
	Man-way 작업	0.03196
중수로	END FITTING LAPPING	0.12327
	DN TUBE 작업	0.11530
	Man-way 개폐	0.05878

제2절 원전 본부별 주요 피폭 작업 비교분석

1. 방사선작업 비교분석

앞선 4장에서 원전 본부별 주요 피폭 작업을 도출한 것을 바탕으로 각 원전 본부별 주요 피폭 작업을 비교분석 하였다. 표 4.2에서 고리 본부의 주요 피폭 작업으로 노즐담 작업, 이물질제거 작업, Man-way/Hand-Hole이 도출되었다. 표 4.5에서 한빛 본부의 주요 피폭 작업으로 노즐담 작업, Man-way/Hand-Hole 작업, 이물질제거 작업이 도출되었다. 표 4.8에서 한울 본부의 주요 피폭 작업으로 노즐담 작업, 핵계측계통 작업, ECT 작업이 도출되었다. 표 4.12에서 월성 본부의 중수로 원전의 경우 주요 피폭 작업으로 END FITTING LAPPING, DN TUBE 작업, Man-way 개폐 작업이 도출되었고 표 4.13에서 경수로 원전의 경우 보온재 작업, 노즐담 작업, ECT 작업이 도출되었다. 마지막으로 표 4.17에서 새울 본부의 주요 피폭 작업으로 노즐담 작업, ECT 작업, TUBE 작업이 도출되었다. 각 원전 본부별 주요 피폭 작업은 원전 유형에 따라 유사하게 나타났으며 이들 작업의 비교를 표 5.3에 나타내었다.

표 5.3 원전 본부별 주요 피폭 작업의 차이 비교

원전 본부	작업명	작업코드	상세 작업명
	노즐댐 작업	C11	S/G NOZZLE DAM 설치
		C12	S/G NOZZLE DAM 제거
		C19	S/G NOZZLE DAM 기타작업
고리	이물질제거 작업	D04	S/G 2차측 이물질 제거작업
	Man-way/ Hand-Hole	D01	S/G 2차 MAN WAY OPEN & CLOSE
		D02	S/G HAND HOLE & EYE HOLE 작업
한빛	노즐댐 작업	C11	S/G NOZZLE DAM 설치
		C12	S/G NOZZLE DAM 제거
		C19	S/G NOZZLE DAM 기타작업
	Man-way/ Hand-Hole	D01	S/G 2차 MAN WAY OPEN & CLOSE
		D02	S/G HAND HOLE & EYE HOLE 작업
	이물질제거 작업	D04	S/G 2차측 이물질 제거작업

표 5.3 원전 본부별 주요 피폭 작업의 차이 비교(계속)

작업명	작업코드	상세 작업명	
노즐댐 작업	C11	S/G NOZZLE DAM 설치	
	C12	S/G NOZZLE DAM 제거	
	C19	S/G NOZZLE DAM 기타작업	
핵계측계통 작업 한울	B07	IN_Core Detector 작업	
	B08	노내열전대 교체	
	B09	IN-Core 안내관 및 Seal Nozzle 교체	
	B11	IN_Core THIM. 작업	
	B12	IN_Core 기타작업	
	B13	IN_Core Seal Housing 교체작업	
	B15	원자로헤드 관통관 검사	
	B16	원자로 헤드 관통관 육안검사	
	B17	원자로 헤드 관통관 체적검사	
	B18	원자로 하부 보온재 점검구 설치 및 검사	
	B19	제어봉 육안검사	
	B21	EX_Core(OR SR/IR) Detector 작업	
	ECT 작업	C21	S/G ECT 장비설치 및 제거
		C22	S/G ECT 수행
		C23	S/G ECT 장비 점검 및 보수
C29		S/G ECT 기타작업	

표 5.3 원전 본부별 주요 피폭 작업의 차이 비교(계속)

작업명	작업코드	상세 작업명
중수로	END FITTING LAPPING	B04 END FITTING LAPPING
	DN TUBE 작업	M01 DN TUBE 작업
월성	Man-way 개폐	C01 S/G MAN WAY OPEN & CLOSE
	보온재 작업	O01 RCS 배관 차폐체 설치 및 제거
O99 기타 차폐작업		
경수로	노즐댐 작업	C11 S/G NOZZLE DAM 설치
		C12 S/G NOZZLE DAM 제거
ECT 작업	C19 S/G NOZZLE DAM 기타작업	
	C21 S/G ECT 장비설치 및 제거	
	C22 S/G ECT 수행	
	C23 S/G ECT 장비 점검 및 보수	
	C29 S/G ECT 기타작업	
노즐댐 작업	C11 S/G NOZZLE DAM 설치	
	C12 S/G NOZZLE DAM 제거	
	C19 S/G NOZZLE DAM 기타작업	
ECT 작업	C21 S/G ECT 장비설치 및 제거	
	C22 S/G ECT 수행	
	C23 S/G ECT 장비 점검 및 보수	

표 5.3 원전 본부별 주요 피폭 작업의 차이 비교(계속)

작업명	작업코드	상세 작업명
ECT 작업	C29	S/G ECT 기타작업
서울 TUBE 작업	C31	S/G TUBE 준비작업
	C32	S/G TUBE 장비설치 및 제거
	C33	S/G TUBE Plugging & Sleeving
	C39	S/G TUBE 기타작업

2. 주요 피폭 작업 방사선량 비교

원전 본부별 주요 피폭 작업 방사선량 비교는 고리, 한빛, 한울, 월성, 새울 본부로 나누어서 도출된 주요 피폭 작업의 방사선량을 비교하였다. 그러나 원전 본부별 주요 피폭 작업을 도출할 때는 본부별 방사선량의 평균값을 적용하여 계산하였다. 원전 본부별 주요 피폭 작업 비교를 위해 표 5.4에 단위시간당 방사선량을 나타내었다. 방사선량이 가장 높은 작업은 월성 본부 경수로(신월성) 원전의 보온재 작업이며 방사선량은 0.13139 mSv/h다. 노즐담 작업은 각 원전 본부별로 주요 피폭 작업에 모두 포함되어 있다. 노즐담 작업의 방사선량은 0.04608-0.09477 mSv/h의 범위로 구성되어있다. Man-way/hand-Hole 작업과 이물질제거작업은 고리, 한빛 본부에 나타나고 있고 Man-way/hand-Hole 작업의 방사선량은 0.04325-0.04482 mSv/h, 이물질제거작업의 방사선량은 0.03578-0.05139 mSv/h다. ECT 작업은 한울, 월성, 새울 본부에 나타나고 있고 방사선량은 0.03334-0.04626 mSv/h다. 핵계측계통 작업은 한울 본부에서만 나타나고 있고 방사선량은 0.03912 mSv/h다. END FITTING LAPPING, DN TUBE 작업, Man-way 개폐 작업은 월성 본부의 중수로 원전에 나타나고 있다. 각각 작업의 방사선량은 0.12356, 0.11514, 0.05879 mSv/h다. TUBE 작업은 새울본부에만 나타나고 있으며, 방사선량은 0.03488 mSv/h다.

표 5.4 원전 본부별 주요 피폭 작업 방사선량 비교

	작업명	단위시간당 방사선량 (mSv/h)
고리 본부	노즐담 작업	0.07933
	Man-way/Hand-Hole	0.04325
	이물질제거작업	0.05139
한빛본부	노즐담 작업	0.08018
	Man-way/Hand-Hole	0.04482
	이물질제거작업	0.03578
한울본부	노즐담 작업	0.04768
	ECT 작업	0.03848
	핵계측계통 작업	0.03912
월성본부(경수로)	보온재작업	0.13139
	노즐담 작업	0.04608
	ECT 작업	0.03334
월성본부(중수로)	END FITTING LAPPING	0.12356
	DN TUBE 작업	0.11514
	Man-way 개폐	0.05879
새울본부	노즐담 작업	0.09477
	ECT 작업	0.04626
	TUBE 작업	0.03488

제6장 결론

국제방사선방호위원회는 2007년 ICRP 103 권고를 발행하면서 원전종사자 사이의 피폭 불평등을 해소하고자 방사선방호 최적화 수단으로 선량제약치 적용을 권고하고 있다. 국내 원전종사자의 최근 10년간 연평균 피폭선량은 0.3-0.8 mSv이고 이는 원자력안전법상 종사자 유효선량한도인 50 mSv보다 낮은 선량이다. 원전종사자의 선량분포를 분석한 결과 대부분의 종사자가 낮은 피폭을 받고 있으나 일부 종사자의 경우 상대적으로 높은 선량을 받고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 선량 차이는 상대적으로 종사자 사이에 피폭 불평등이 존재하고 있다는 보여준다. 국내 규제기관에서는 선량제약치를 국내에 법제화하기 위해 연구과제를 수행하였으며 원전종사자에 대해 선량제약치(안)를 도출하였다. 국내 원전의 경우 대부분의 종사자가 낮은 선량을 받고 있어 선량제약치 법제화에 큰 영향을 받지 않을 것으로 판단되었으나 상대적으로 높은 선량을 받는 일부 종사자의 경우 선량제약치의 영향을 받을 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 국내 원전에서 상대적으로 높은 피폭을 받을 수 있는 고피폭 및 고선량 작업을 도출하기 위해 수행되었다. 본 연구에서 국내 원전종사자의 피폭선량을 방사선 작업별로 분석하였고 고선량 및 고피폭 작업을 도출하기 위해 최근 10년간(2012-2021) 원전 방사선관리연보를 조사하였다. 그 결과 원전 유형별, 본부별로 나눠서 원전종사자 주요 피폭 작업을 도출하였다.

고선량 및 고피폭 작업을 도출하기에 앞서 방사선작업을 분류하였다. 원전종사자의 작업은 작업코드로 나누어져 있으며, 작업 구역별로 큰 단위(A, B, C, ...)와 큰 단위의 상세 작업인 하위 단위(A01, A02, ...)로 분류되어 있다. 작업코드는 원전본부별로 차이가 나지 않으며 유형에 따라 달라진다. 작업의 큰 단위는 원전 계통별로 나누어져있으며 이는 경수로 원전과 중수로 원전이 유사하다. 그러나 작업의 하위 단위는 경수로 원전과 중수로 원전의 구조적인 차이로 인해 차이가 있다. 한편,

방사선 작업은 하위 단위의 묶음으로 구성되어 있다(묶음 작업). 이러한 묶음 작업은 하위 단위 작업의 연계로 진행되기 때문에 하나의 작업으로 방사선량이 도출된다. 해당 작업의 방사선량은 작업간 선량 비교를 위해 작업시간을 고려한 정규화(단위 시간당 방사선량)를 진행해야 한다.

원전 유형별 주요 피폭 작업을 도출하기 위해 경수로 원전과 중수로 원전으로 나누어서 작업을 조사하였다. 경수로 원전에서는 C11-19(노즐댐 작업), C21-29(ECT 작업), C01-C09(Man-way 작업) 작업 순서로 단위시간당 방사선량이 높은 작업이 도출되었다. 또한 이들의 방사선량은 0.03196-0.06740 mSv/h다. 중수로 원전의 경우 B4(END FITTING LAPPING), M01-M02(DN TUBE 작업), C01(Man-way 개폐) 작업 순서로 단위시간당 방사선량이 높은 작업이 도출되었다. 이들의 방사선량은 0.05878-0.12327 mSv/h다. 경수로 원전과 중수로 원전의 단위시간당 방사선량을 비교해본 결과 중수로 원전종사자가 경수로 원전종사자에 비해 상대적으로 높은 단위시간당 방사선량을 받고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

원전 본부별 주요 피폭 작업은 각 본부에서 단위시간당 방사선량이 높은 작업 3가지를 도출하였다. 고리 본부는 C11-C19(노즐댐 작업), D4(이물질제거작업), D01, D02(Man-way/Hand-Hole) 작업 순서로 단위시간당 방사선량이 높게 나타났다. 이들의 방사선량은 0.04325-0.07933 mSv/h다. 한빛 본부의 경우 도출된 주요 피폭 작업은 동일하나 단위시간당 방사선량이 높은 작업순서가 C11-C19(노즐댐 작업), D01, D02(Man-way/Hand-Hole), D4(이물질제거작업) 작업으로 다르게 도출되었다. 이들의 방사선량은 0.03578-0.08018 mSv/h다. 한울 본부의 주요 피폭 작업은 C11-19(노즐댐 작업), B07-B21(핵계측계통 작업), C21-C29(ECT 작업)이다. 이들 작업은 단위시간당 방사선량이 높고 방사선량은 0.03848-0.04768 mSv/h다. 월성 본부의 경우 중수로(월성 1, 2, 3, 4) 원전과 경수로(신월성 1, 2) 원전으로 나누어져 있어 각각 주요 고피폭 작업을 도출하였다. 월성 본부의 중수로 원전 주요 피폭 작업은 B04(END FITTING LAPPING), M01, M02(DN TUBE 작업), C01(Man-way

개폐) 작업 순서로 도출되었으며 이들의 방사선량은 0.05879-0.12356 mSv/h다. 월성 본부의 경수로 원전의 주요 피폭 작업은 O(보온재작업), C11-C19(노즐담 작업), C21-C29(ECT 작업) 작업 순서로 도출되었으며 이들의 방사선량은 0.03334-0.13139 mSv/h다. 새울 본부의 주요 피폭 작업은 C11-C19(노즐담 작업), C21-C29(ECT 작업), C31-C39(TUBE 작업) 작업 순서로 도출되었으며 이들의 방사선량은 0.03488-0.09477 mSv/h다. 노즐담 작업의 경우 각 원전 본부별 주요 피폭 작업에 모두 포함되어 있다. 본 연구는 국내 원전의 고선량 및 고피폭 주요 작업을 도출하였다. 이러한 고선량 및 고피폭 작업의 원전종사자가 다른 원전종사자에 비해 상대적으로 높은 선량을 받는 것으로 나타나 향후 이러한 종사자의 피폭선량을 최적화할 때 본 연구의 결과과 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 한국수력원자력. 원자력발전소 방사선관리연보 2012년도 (2013)
- [2] 한국수력원자력. 원자력발전소 방사선관리연보 2013년도 (2014)
- [3] 한국수력원자력. 원자력발전소 방사선관리연보 2014년도 (2015)
- [4] 한국수력원자력. 원자력발전소 방사선관리연보 2015년도 (2016)
- [5] 한국수력원자력. 원자력발전소 방사선관리연보 2016년도 (2017)
- [6] 한국수력원자력. 원자력발전소 방사선관리연보 2017년도 (2018)
- [7] 한국수력원자력. 원자력발전소 방사선관리연보 2018년도 (2019)
- [8] 한국수력원자력. 원자력발전소 방사선관리연보 2019년도 (2020)
- [9] 한국수력원자력. 원자력발전소 방사선관리연보 2020년도. 일반 기술간행물, 2021-50207525-정-0578 (2021)
- [10] 한국수력원자력. 원자력발전소 방사선관리연보 2021년도. 일반 기술간행물, 2022-50207525-정-0227, (2022)
- [11] 원자력안전법 시행령. 대통령령 제 33322호 . (2023)
- [12] 이재기. 2007년 국제방사선방호위원회 권고 - ICRP 103 간행물. 대한방사선방어학회. (2009)
- [13] 원자력안전위원회. 원자력이용시설의 정상 운영 시 환경상의 위해방지 적용에 대한 국내 현황 검토. NSTAR-20RS51-29 (2020)
- [14] 한국수력원자력. 원자력발전소 현황. KHNP; updated Dec 2022;[cited Dec 2022], Available from:
https://npp.khnp.co.kr/index.khnp?menuCd=DOM_000000102002001001
- [15] 이동하. (2017). 증기발생기 수실 노즐캡 설치 및 제거작업의 피폭선량 저감에 영향을 주는 관리요인에 관한 연구. 대한인간공학회지, 36(5), 559-568.
- [16] 채경선. (2004). 원전 가동중 ECT검사 방사선작업시간 고찰.

- 방사선방어학회지, 29(1), 57-63.
- [17] 오해철. (1999). 원전에서의 피폭 저감화 설계방안 도출. 한국원자력학회지, 320
- [18] 송명호. (2011). 월성1호기 계속운전 관련 결합연료위치탐지계통 배관의 열화관리평가. 한국압력기기공학회 논문집, 7(2), 14-20
- [19] 박병목. (2016). 증기발생기 내부 이물질 검사 및 제거 작업시 작업시간 단축 및 방사선피폭저감을 위한 안내관 개선. 한국방사성폐기물학회 논문요약집, 230
- [20] 한국수력원자력(주). 원자력계통기초 II(표준형)[계통기초-2]. 2008-1276-단-026 (2004)
- [21] 이재경. (2006). 슬립을 고려한 정밀 노내 핵계측 검출기 안내관 인출 및 삽입 장비 제어시스템의 개발. 한국정밀공학회논문집, 363-364
- [22] 이성명. (2015). 원전 금속단열재의 구조 건전성 강화를 위한 설계 방안. 한국안전학회지, 30(3), 107-113

부록

부록 A 경수로 원전 작업목록

코드	작업명	코드	작업명
A00	REFUELLING	B11	IN-Core THIM 작업
A01	연료교체 준비작업	B12	IN-Core 기타작업
A02	연료인출	B13	IN-Core Seal Housing 교체작업
A03	연료검사	B15	원자로 헤드 관통관 검사
A04	연료장전	B16	원자로 헤드 관통관 육안검사
A05	연료교체장비 점검 및 보수	B17	원자로 헤드 관통관 체적검사
A06	제어봉 ECT 및 연료육안검사	B18	원자로 하부 보온재 점검구 설치 및 검사
A99	연료교체 기타작업	B19	제어봉 육안검사
B00	Reactor Vessel or Internal	B21	EX-Core(OR SR/IR) Detector 작업
B01	원자로 해체	B22	원자로 헤드 배기관 정비
B02	원자로 내장물 인양	B23	원자로 하부 기타작업
B03	원자로 내장물 안착	B31	이물질 탐사 및 제거작업
B04	원자로 조립	B32	MECH. UT
B05	원자로 및 내장물 검사	B33	원자로 피복재 보수작업
B06	Stud Bolt 작업	B34	원자로 용기 대체 감시자 교체
B07	IN-Core Detector 작업	B35	폴라 크레인 주행집전설비 교체공사
B08	노내열전대 교체	B99	원자로관련 기타작업
B09	IN-Core 안내관 및 Seal Nozzle 교체	C00	S/G - PRIMARY SIDE

부록 A 경수로 원전 작업목록(계속)

코드	작업명	코드	작업명
C01	S/G MAN WAY OPEN	D05	S/G UBIB 작업
C02	S/G MAN WAY CLOSE	D06	S/G UBHC 작업
C09	S/G MAN WAY 기타작업	D99	S/G 2차 기타작업
C11	S/G NOZZLE DAM 설치	E00	RHR & SI SYS
C12	S/G NOZZLE DAM 제거	E01	RHR P/P 점검 및 보수
C19	S/G NOZZLE DAM 기타작업	E02	RHR P/P 분해 및 조립
C21	S/G ECT 장비 설치 및 제거	E09	RHR 기타작업
C22	S/G ECT 수행	E11	LPSI P/P 점검 및 보수
C23	S/G ECT 장비 점검 및 보수	E12	LPSI P/P 분해 및 조립
C29	S/G ECT 기타작업	E19	LPSI 기타작업
C31	S/G TUBE 준비작업	E21	HPSI P/P 점검 및 보수
C32	S/G TUBE 장비설치 및 제거	E22	HPSI P/P 분해 및 조립
C33	S/G TUBE Plugging & Sleeving	E29	HPSI 기타작업
C39	S/G TUBE 기타작업	E31	SI P/P 작업
C99	S/G 1차 기타작업	E32	SI V/V 작업
D00	S/G - SECONDARY SIDE	E33	SI 열교환기 작업
D01	S/G 2차 MAN WAY OPEN & CLOSE	E99	기타 SI 작업
D02	S/G HAND HOLE & EYE HOLE 작업	F00	CVCS & Coolant Pump Seal Water System
D03	S/G LANCING 작업	F01	CHG P/P 점검 및 보수
D04	S/G 2차측 이물질 제거작업(FOSAR)	F02	CHG P/P 분해 및 조립

부록 A 경수로 원전 작업목록(계속)

코드	작업명	코드	작업명
F09	CHG P/P 기타작업	I04	RCP 모터교체
F11	CVCS FILTER 작업	I05	RCP INTERNAL 점검 및 교체
F12	CVCS 열교환기 작업	I06	RCP 화학제염
F13	CVCS V/V 작업	I99	RCP 기타작업
F19	CVCS 기타 작업	J00	PRIMARY CIRCUIT
F21	Coolant Pump Seal Water System	J01	RCS V/V 작업
G00	PZR	J11	SNUBBER 점검 및 보수
G01	PZR MAN WAY 작업	J12	SNUBBER 교체
G02	PZR 점검	J19	SNUBBER 기타작업
G03	PZR 외부작업	J99	PRIMARY CIRCUIT 기타작업
G04	PZR 내부작업	K00	VALVE WORK
G05	PZR 상부배관 OVERLAY	K01	MOV 작업
G06	PZR 하부 밀림관 OVERLAY	K02	AOV 진단시험 용역
G99	PZR 기타작업	K03	밸브 구동기 Refurbishment 정비공사
H00	Reactor Water Clean-up System	K04	안전등급 MOV 교체공사
H01	Reactor Water Clean-up System 작업	K99	기타 V/V 작업
I00	RCS PUMP	L00	ROUTINE INSPECTIONS
I01	RCP 점검 및 보수	L01	P/P 순회점검
I02	RCP 분해 및 조립	L02	PM 수행
I03	RCP SEAL 작업	L03	현장점검 및 감독

부록 A 경수로 원전 작업목록(계속)

코드	작업명	코드	작업명
L04	품질관리 활동	M34	드럼 임시저장고 작업
L05	IAEA 사찰 및 주재관 현장점검	M35	유리화설비 운전
L06	소방설비 점검	M36	유리화설비 정비
L99	기타 일상점검	M41	P/P 작업
M00	GENERAL WORK	M42	TANK 작업
M01	가동중 검사	M43	SUMP 작업
M02	가동중 공인검사	M44	배관작업(보온재, 지지대작업 포함)
M03	강제 격납용기 외면 건전성 검사	M45	열교환기 작업
M04	연료 재장전 수조 누설검사	M46	필터 작업
M09	가동중 검사 기타작업	M47	증발기 작업
M11	ILRT	M48	FAN 작업
M12	LLRT	M49	도장작업
M19	기타 누설시험	M50	C/V 기기냉각수 배관 작업
M21	계통운전	M51	비안전성 노후 소구경배관 교체
M22	계기 교정 및 작업	M52	충전 펌프실 냉각유로 개선
M23	화학 및 수질관리	M53	안전등급 계기용 공기공급계통 교체
M24	통신	M54	화재방호 방화재 설치
M31	방사선안전관리	M55	케이블 방화도로 도포
M32	제염 및 세탁	M56	방화벽 관통부 개선 및 보강
M33	방사성폐기물 처리	M57	내환경 검증 후속 조치

부록 A 경수로 원전 작업목록(계속)

코드	작업명	코드	작업명
M58	EQ 후속 공조설비 보강공사	Q06	RSG EDDY CURRENT TEST
M59	공기조화계통 방화댐퍼 작업	Q07	LPMS(금속파편 감시설비)
M60	AB 활성탄 공기정화기 소화설비 작업	Q08	PSR 관련 작업
M61	수소감시기 설치	Q10	HUT 복구작업
M62	재순환집수조 여과기 교체	Q11	공조설비 개선 교체공사
M99	기타 일반작업	Q99	기타작업
N00	SCAFFOLDING(비계작업)	R00	LARGE TASK
N01	비계작업	R01	조밀저장랙 작업
O00	INSULATION(차폐작업)	R02	RCP DACS 및 TVCS
O01	RCS 배관 차폐체 설치 및 제거	R03	RTD BYPASS LINE 교체작업
O99	기타 차폐작업	R04	S/G 교체
P00	CONTROL ROD DRIVE	R05	조밀랙 저장조내 장애물 제거(수중작업)
P01	제어봉안내관 지지핀 교체(GTSP)	R06	조밀랙 기존 저장대 인양 및 제염
P99	제어봉 기타 작업	R07	조밀랙 기존 저장대 절단 및 폐기
Q00	Dose By System Not Listed Above	R08	조밀저장대 관련 기타(준비/재배치/설치)
Q01	방문자(인솔)	S00	SGR - REPLACE
Q02	C/V VENT & DRAIN LINE 작업	S01	SGR S/G SUPPORTS
Q03	봉산수계통 누설시험	S02	SGR REACTOR CAVITY DECKING
Q04	공정보호 및 제어감시설비 개선공사	S03	SGR TEMPORARY LOAD SUPPORT
Q05	원전 수명관리 연구	S04	SGR S/G PLATFORM MODIFICATION

부록 A 경수로 원전 작업목록

코드	작업명	코드	작업명
S05	SGR TEMPORARY RUNWAY CART	S25	SGR WET LAYUP SYSTEM
S06	SGR POLAR CRANE MODIFICATION	S26	SGR WHIP RESTRAINT
S07	SGR Removal and Replacement of Interfere	S27	SGR INSULATION
S08	SGR HAUL ROUTE	S28	SGR OSG STORAGE FACILITY
S09	SGR S/G RIGGING AND TRANSPORT	S29	SGR TEMPORARY UTILITIES
S10	SGR OSG VESSEL WORK	S30	SGR Thermal Expansion Gaps
S11	SGR RSG VESSEL WORK	S31	SGR RADIATION SAFETY
S12	SGR RCS PIPING WORKS	S32	SGR INTERFERENCES
S13	SGR RCS Clamping Activities and Supports	S33	SGR OTHER WORKS
S14	SGR RCS CUTTING AND MACHINING	T00	REACTOR HEAD REPLACEMENT
S15	SGR RCS DECONTAMINATION	T01	구 원자로헤드 분해 및 반출
S16	SGR RCS TEMPLATING	T02	구 원자로헤드 운반
S17	SGR RCS WELDING AND NDE	T03	신 원자로헤드 반입 및 조립
S18	SGR RCS FOSAR	T04	격납건물 임시 관통구 설치
S19	SGR MAIN STEAM	T05	강제 격납용기(CLP) 절개 및 복구
S20	SGR FEEDWATER	T06	임시 플랫폼 설치 및 복구
S21	SGR BLOWDOWN	T07	격납건물 내/외부 간섭물 해체 및 복구
S22	SGR SHELL DRAIN	U00	DECOMMISSIONING
S23	SGR LEVEL INSTRUMENTATION	U01	DECOMMISSIONING
S24	SGR SAMPLE SYSTEM		

부록 B 중수로 원전 작업목록

코드	작업명	코드	작업명
A00	REFUELLING	B07	원자로 집합체 구성품 검사
A01	연료교체 작업	B08	연료관 고정단 변경작업
A02	신연료 이송, 저장계통 작업	B09	압력관 재질특성 시험
A11	핵연료 교환기계통	B11	원자로 FACE 보온재 관련작업
A12	F/M 점검	B21	기동계측기 작업
A13	F/M 브릿지	B22	IN-CORE Dectors System 작업
A14	F/M 중수공급 및 제어계통	B23	제1정지계통 유량계 작업
A15	F/M 필터 교체작업	B24	원자로계통 노후진리함 교체
A16	SHIELD DOOR 작업	B31	원자로전면 방사선량 측정
A19	F/M 기타작업	B32	원자로모관 핵종 분석
A21	사용후연료계통 작업	B33	공급자관 점검
A22	SFB 필터 교체작업	B99	원자로 기타작업
A99	연료교체 기타작업	C00	S/G - PRIMARY SIDE
B00	REACTOR VESSEL OR INTERNAL	C01	S/G MAN WAY OPEN & CLOSE
B01	압력관 관련계통 점검(CIGAR) 및 보수	C02	S/G MANWAY 개조
B02	SLARETTE	C11	S/G ECT장비 설치 및 제거
B03	압력관 등가수소농도 측정	C21	S/G ECT 수행
B04	END FITTING LAPPING	C31	S/G PLUGGING
B05	FEEDER GRAYLOC	C32	S/G 부분확관 초음파
B06	CHANNEL SHIFT	C99	S/G 1차 기타작업

부록 B 중수로 원전 작업목록(계속)

코드	작업명	코드	작업명
D00	S/G - SECONDARY SIDE	H05	감속재 정화계통 파열판 및 IX 분해점검
D01	S/G 2차 내부작업	H11	냉각재 보조계통 정비
D11	S/G 개조작업 및 LANCING	H12	냉각재 중수화/탈중수화(D/DD) 작업
D12	S/G LANCING 장비 설치 및 제거	H13	PHT 필터 작업
D21	S/G 2차측 맨웨이 가스켓 교체	H21	저등급 중수탱크 압력용기 교체
D99	S/G 2차 기타작업	H22	CT/LIN 간격측정 작업
E00	RHR & SI SYS	H99	중수세정계통 기타작업
E01	비상노심 냉각계통	I00	RCS PUMP
E02	SHUTDOWN COOLING SYSTEM	I01	감속재펌프 작업
E99	RHR & SI 기타작업	I02	감속재모터 작업
F00	CVCS & Coolant Pump Seal Water System	I03	감속재펌프밀봉장치점검 및 진동감쇄작업
F01	CVCS & Coolant Pump Seal Water System	I11	PHT 펌프 작업
F02	D2O FEED P/P 작업	I12	PHT 모터 작업
G00	PZR	I13	PHT 밀봉장치 점검작업
G01	PZR 점검 및 보수	I99	RCS P/P 기타작업
H00	Reactor Water Clean-up System	J00	PRIMARY CIRCUIT
H01	감속재 보조계통 정비	J01	감속재 역지밸브 분해작업
H02	감속재 정화계통 필터작업	J02	감속재 상층기체계통 과압보호 파열판 교체
H03	감속재 정화계통 RD, STR 작업	J03	주감속재계통 점검 보수
H04	감속재 중수화/탈중수화(D/DD) 작업	J04	감속재 노후계측설비 교체

부록 B 중수로 원전 작업목록(계속)

코드	작업명	코드	작업명
J11	SNUBBER 점검 및 보수	M02	DN 코일 집합체 작업
J21	냉각재 노후계측설비 교체	M03	중수관리계통
J99	PRIMARY CIRCUIT 기타작업	M04	중수세정 및 승급계통
K00	VALVE WORK	M05	중수 증기 회수계통
K01	V/V 작업	M06	FEEDER CABINET 작업
K02	1차측 M/V 작업	M07	3410-3460 보조계통 1
L00	ROUTINE INSPECTIONS	M08	3480-3490 보조계통 2
L01	가동중 검사	M09	7000 보조계통 3
L02	FEEDER	M11	발전부 운전원 일상점검
L03	ILRT	M12	핵연료운전원 일상점검
L04	LLRT	M13	전기설비 점검 및 보수
L11	중수(H3) 누설부위 점검	M14	계기 교정 및 작업
L12	진동, 오일점검	M15	화학 및 수질관리
L13	일반구조물(도장, 용접, 사다리등)보강점검	M16	통신설비 점검 및 보수
L14	현장점검 및 감독	M17	IAEA 감시카메라 케이블 정비
L15	품질관리 활동	M18	R/B 출입, 차폐, 밀폐문
L16	IAEA 사찰 및 규제기관 현장점검	M19	방사선관리구역 에폭시라이너 작업
L99	기타 일상점검	M21	방사선안전관리
M00	GENERAL WORK	M22	COLD SURVEY
M01	DN TUBE 작업	M23	HOT SURVEY

부록 B 중수로 원전 작업목록(계속)

코드	작업명	코드	작업명
M24	제염 및 세탁	M55	TRF: 중수화 및 탈중수화 계통 작업
M25	방사성폐기물 처리	M56	TRF: 중수소 보충계통 작업
M26	액체폐기물 저장탱크 작업	M57	TRF: 배기기체 및 재결합기 계통 작업
M27	방사성폐기물 임시저장고 작업	M58	TRF: 공기중 삼중수소감시계통 작업
M28	OGMS	M59	TRF: 기타작업
M31	P/P 작업	M61	3D LASER SCANNING
M32	RUPTURE DISC 작업	M71	피동축매형 수소재결합기(PAR) 설치
M33	스트레이너 작업	M72	피동축매형 수소재결합기(PAR) 점검
M34	DOUSING 탱크 작업	M73	수소감시기 설치
M35	배관 작업(보온재, 지지대 작업포함)	M99	기타 일반작업
M36	공기정화계통 작업	N00	SCAFFOLDING(비계작업)
M37	HVAC 필터 작업	N01	비계작업
M38	이온교환수지 작업	O00	INSULATION(차폐작업)
M39	LAC 점검	O01	차폐작업
M40	ANNULUS GAS 계통 작업	P00	CONTROL ROD DRIVE
M50	TRF: 중수 급수/생산물계통 작업	P01	정지봉(SDS #1) 작업
M51	TRF: LPCE 계통 작업	P02	독물질계통(SDS #2) 작업
M52	TRF: CD 계통 작업	P03	조절봉 작업
M53	TRF: TGHS 계통 작업	P04	흡수봉 작업
M54	TRF: 공기정화계통 작업	P05	LZC 작업

부록 B 중수로 원전 작업목록(계속)

코드	작업명	코드	작업명
Q00	Dose by System Not Listed Above	T03	자관 제거
Q01	방문자(인솔)	T04	엔드피팅 제거
Q02	로봇 시운전	T05	압력관 제거
Q03	폐액제염설비 개선	T06	칼란드리아관 삽입체 및 칼란드리아관 제거
Q99	기타작업	T07	칼란드리아관 점검
R00	LARGE TASK	T08	칼란드리아관 설치
R01	LARGE TASK	T09	압력관 및 엔드피팅 설치
S00	DECOMMISSIONING	T10	자관 설치
S01	DECOMMISSIONING	T11	마감 작업
T00	압력관 교체 공사	T12	압력관교체공사 방사선안전관리
T01	압력관 작업 준비	T13	압력관 폐기물 운반
T02	차폐마개 및 자관 연결 해체		