

2003 추계학술발표회 논문집
한국원자력학회

원전 작업종사자의 피폭저감화를 위한 고리 원자력 발전소의
방사선 작업 피폭경향에 관한 연구

A Study on the Radiation Exposure Trend at Kori Nuclear
Power Plants for the Reduction of Occupational Radiation Dose

홍대석, 이건재
한국과학기술원
대전광역시 유성구 구성동 373-1

요 약

원전의 가동년수 증가, 장주기 운전 등으로 인한 운전조건의 변화 및 국내외 방사선방호 관련 규제의 강화로 인해 방사선피폭 저감과 관련된 기술은 지속적으로 필요하게 된다. 본 연구에서는 방사선 작업자의 피폭저감화를 위한 기반 연구로써, 가동년수가 오래된 고리 1호기를 중심으로, 작업자의 방사선 피폭을 유발시키는 작업의 운전연한 증가에 따른 경향 및 특성분석을 수행하였다. 방사선 작업의 경향 파악에서는 원자로 관련작업, 증기발생기 관련작업, 펌프 및 밸브 관련작업 등으로 작업을 구분하여 각각의 경향을 파악하였다. 또한, 각 작업그룹에서 대표적으로 피폭을 유발시키는 작업을 파악하기 위하여 증기발생기 관련 작업을 세분화하여 작업별 피폭경향 분석을 수행하였다.

Abstract

Because of increase of the operation, extension of cycle and strengthening of regulation, technologies for the reduction of occupational radiation dose are necessary continually. As an basic study for the reduction of occupational radiation dose, in this study, the trends of the occupational dose in nuclear power plant at Kori site were analyzed. For the analysis, the radiation works are grouped as reactor related works, steam generator related works and pump and valve related works respectively. Also, the steam generator related works are subdivided to analyze the trends of each subdivided works.

1. 서론

국내에서 1978년 고리1호기가 상업운전을 개시한 이래 가동 원전의 호기수가 지속적으로 증가하여 2000년 말 기준 약 170 원자로·년 이상의 운전 실적을 보이고 있다. 이에 따라 전체 방사선 작업자의 피폭선량이 지속적으로 늘어나고 있으며 이의 저감화를 위한 기술의 개발은 지속적으로 필요하게 되었다. 최근 국내에서는 방사선방호 신개념(ICRP-60)이 법제화되고, 방사선관리에 대한 규제가 더욱 강화되는 추세로, 원전 작업자의 개인피폭선량한도는 연간 50mSv(5 rem)에서 5년간 100mSv(10rem) (연평균 20mSv)로 낮아지고, 또한 방사선 피폭선량의 법적 한도 준수이외에 방사선 피폭선량을 합리적으로 낮게 유지하도록 하는 이른바, ALARA(As Low As Reasonably Achievable) 개념도 법제화되어 원전의 방사선관리에 있어 큰 변화를 맞이하고 있다.¹⁾

또한 원자력발전소의 가동년수가 증가하게 되고, 장주기 운전 등으로 인한 원전 운전조건의 변화에 따라 원전 일차 계통내의 방사선량률이 증가가 될 것으로 예상되며 설비의 노후에 따른 보수 빈도가 늘어나게 되어 방사선 작업종사자의 피폭이 증가할 것으로 예상된다. 이외에도 작업자 피폭관리 측면의 국내외 방사선방호 관련 규제의 강화로 인해 방사선피폭저감과 관련된 기술은 지속적으로 필요하게 된다.

따라서 본 연구에서는 방사선 작업자의 피폭저감화를 작업자의 방사선 피폭을 유발시키는 작업의 운전연한 증가에 따른 경향분석을 수행하게 된다. 이를 위하여 방사선 관련 작업의 분류를 이용, 국내에서 운전중인 경수로형 원자로에서 수행되는 방사선 작업의 운전연도 증가에 따른 경향 분석을 수행하게 된다. 이러한 경향 분석을 통하여, 발전소의 운전 연한이 증가할 때, 작업자의 피폭선량에 기여하는 기기를 확인하게 되며 이를 바탕으로 작업자의 주피폭선원이 되는 기기 및 작업을 평가하여 운전중인 원전에 적용할 수 있는 방사선 피폭저감화 계획 수립의 기반을 제공, 장기적인 원전 방사선 작업종사자의 방사선 피폭선량을 저감화시키는데 활용하고자 한다.

2. 국내 운전중인 경수로의 노형 및 방사선 관련 작업의 분류

방사선 작업의 피폭경향 분석을 위해서, 발전소의 정기점검 기간동안 수행되는 작업을 작업대상 기기를 기준으로 분류하였다. 이는 각 발전소가 고유의 특성을 가지지만, 방사선 작업 측면에서는 피폭선량과 관련된 점에서 공통적인 경향을 나타내기 때문이다. “Work Management in the Nuclear Power Industry”²⁾에서 기술한 작업상 피폭에서의 작업관리의 영향은 다음과 같다. “방사선방호에서는 ‘80-20 law of nature’가 실재하는데 80%의 작업에서 20%의 집단선량, 20%의 작업에서 80%의 집단선량이 야기되는 것이 사실이다. 따라서 최적의 방법으로 자원을 사용하고 감독하기 위하여 20%의 선량 집중적인 작업을 확인하는 것은 매우 중요하다. 이를 위한 방사선 작업의 분류는 원자력 안전 기술원의 연구 결과를

바탕으로 수행하였다. 이에 따르면, 원전의 정기검사 기간에 수행되는 작업들은 피폭유발설비를 기준으로 표 1과 같이 크게 분류되었다.^{3),4)}

표 1. 방사선관련 작업 분류

방사선관련 작업 분류	작업내용
원자로 관련작업	핵연료교체
증기발생기 관련작업	S/G ECT, S/G Plugging, S/G Lancing, S/G Nozzle Dam, S/G Man-Way작업, S/G 관련 기타 작업
펌프 및 밸브 관련작업	펌프 점검/정비, 밸브 점검/정비
기타작업	가동중 검사, 가압기 정비, 스노버 검사, 작업, 폐기물 처리, 보건물리, 기타

3. 각 작업그룹별 1인 평균 피폭선량의 변화

그림 1에서 그림 4까지는 각 발전소별 1인 평균선량의 변화를 작업 그룹별로 나타내었다. 그림에서는 피폭유발설비를 기준으로 방사선 피폭선량의 변화를 나타내었으며, 표 1의 방사선 관련 작업분류에서 ‘기타작업’에 포함되는 작업들은 포함하지 않았다.

그림 1의 고리 1호기의 경우, 다른 발전소에 비하여 1인당 평균 피폭선량이 비교적 높은 것으로 평가되었다. 각 호기의 1인당 평균 피폭선량은 비교적 감소하는 추세를 나타내고 있었으며, 호기별로 차이는 있지만 원자로와 증기발생기에 의한 피폭선량이 다른 피폭유발 설비에 의한 피폭보다 높은 것으로 평가되었다.

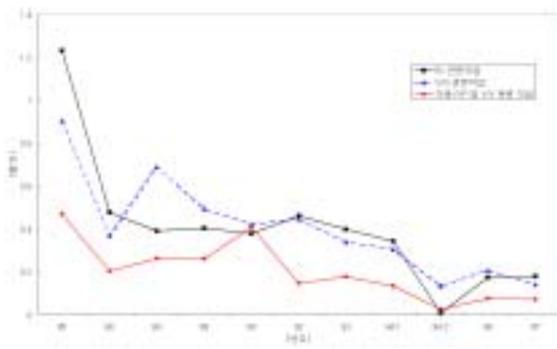


그림 1. 고리 1호기의 작업그룹별 1인 평균선량 변화

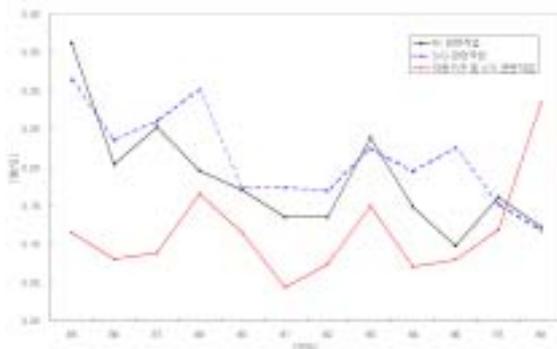


그림 2. 고리 2호기의 작업그룹별 1인 평균선량 변화

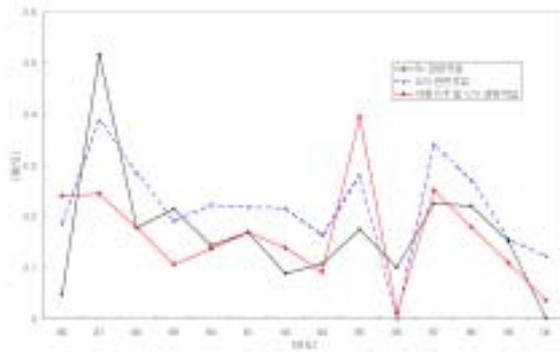


그림 3. 고리 3호기의 작업그룹별 1인
평균선량 변화

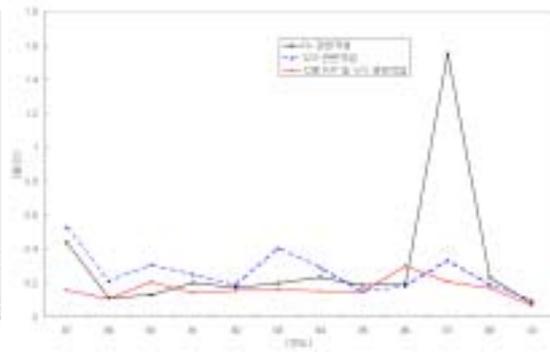


그림 4. 고리 4호기의 작업그룹별 1인
평균선량 변화

4. 증기발생기 관련 작업그룹의 세부작업별 경향분석

각 피폭유발설비 그룹별 방사선 작업의 피폭 경향 분석을 통하여 방사선 작업자의 주 피폭원을 평가하였으므로, 본 절에서는 피폭유발설비 관련 작업 중 주 피폭원이 되는 작업을 평가하게 된다.

앞서 언급한 각 작업그룹에서 원자로 관련작업은 핵연료 교체라는 단일 작업만을 포함하고 있으므로 세부작업으로 재구분되지 않는다. 또한 각종 펌프 및 밸브 관련작업은 해당 작업내용이 다양하므로 각 작업별 경향 분석에 어려움이 따르게 된다. 반면 증기발생기 관련 작업은 크게 몇가지 작업으로 구분되며, 특히 ‘방사선 관리연보’에서는 ‘와류탐상시험’, ‘누설관폐쇄작업’, ‘세척작업’ 및 ‘증기발생기 관련 기타작업’으로 크게 분류하고 있다.

증기발생기 관련 세부작업별 피폭경향은 그림 5에서 그림 8까지에 고리원자력발전소의 각 호기별로 나타나있다. 증기발생기 관련 전체 1인당 평균방사선량이 세부 작업들의 경향과 다르게 나타나는 것은, ‘증기발생기 관련 기타작업’ 및 ‘증기발생기 S/G Manway 작업’, ‘S/G Nozzle Dam관련작업’등이 포함되지 않았기 때문으로 판단된다. 경향 분석에서는 고리원자력 발전소의 전체 호기별로 ‘와류탐상시험’ 및 ‘누설관폐쇄작업’에 의한 피폭선량이 우세한 것으로 나타났다. 이러한 작업들은 타연구의 고평폭선량 상위 10개 방사선 작업¹⁾에서 나타난 바와 같이 다른 작업들에 비하여 방사선 피폭이 높은 것으로 평가되었다.

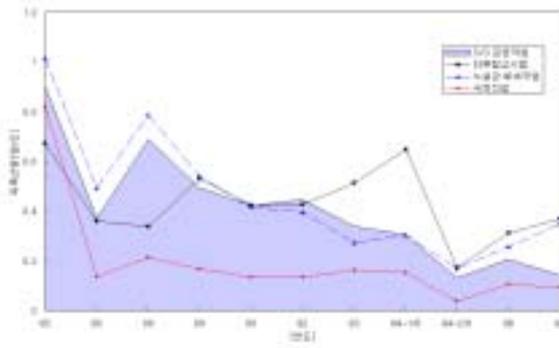


그림 5. 고리 1호기 증기발생기 관련 단위작업별 1인 평균 피폭선량변화

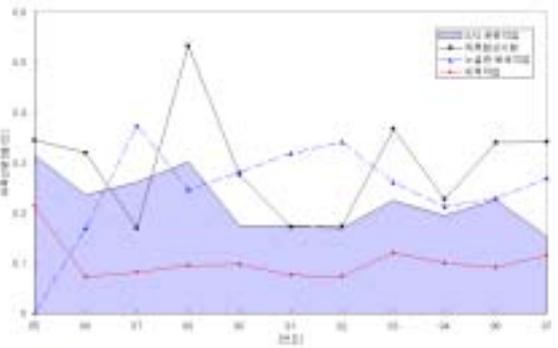


그림 6. 고리 2호기 증기발생기 관련 단위작업별 1인 평균 피폭선량변화

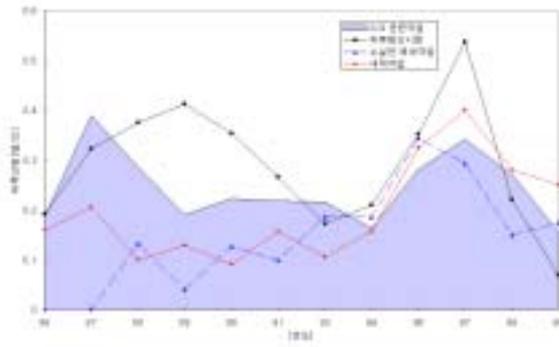


그림 7. 고리 3호기 증기발생기 관련 단위작업별 1인 평균 피폭선량변화

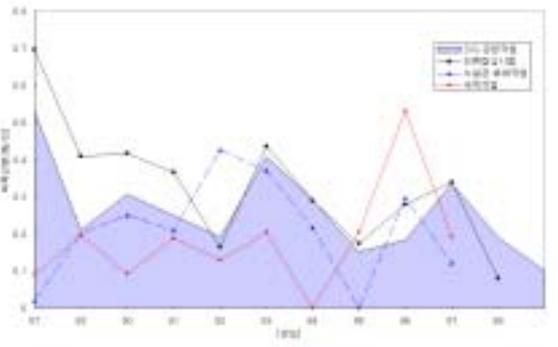


그림 8. 고리 4호기 증기발생기 관련 단위작업별 1인 평균 피폭선량변화

5. 결론

본 연구는 방사선 작업 종사자의 피폭저감화를 위한 기반연구로써, 발전소별 연도별 작업에 따른 피폭선량의 경향을 분석하였다. 경향의 분석에 있어서 작업의 대상이 되는 기기를 중심으로 작업을 분류하여 연도별 작업자 피폭선량을 분석하였다. 분석 결과 발전소 운전연한의 증가에 따라 작업자의 피폭선량은 감소하는 경향을 나타내고 있는 것으로 파악되었다.

또한 방사선 작업 대상이 되는 기기별로 작업 피폭선량 경향을 파악하였다. 방사선 작업의 경향 파악에서는 원자로 관련작업, 증기발생기 관련작업, 펌프 및 밸브 관련작업 등으로 작업을 구분하여 각각의 경향을 파악하였다.

이러한 경향에서 원자로 관련작업 및 증기발생기 관련작업에 의한 작업자 피폭이 우위를 나타내므로, 구체적인 작업별 피폭경향 분석을 위하여 증기발생기 관련 작업을 세분화하여

각 작업별 1인당 평균 피폭선량에 대한 경향을 분석하였다. 경향 분석에서는 고리원자력 발전소의 전체 호기별로 ‘와류탐상시험’ 및 ‘누설관폐쇄작업’에 의한 피폭선량이 우세한 것으로 나타났다. 이러한 작업들은 타연구의 고피폭선량 상위 10개 방사선작업¹⁾에도 포함되어 있다. 또한 본 연구에서는 고려하지 않은 ‘Nozzle Dam관련 작업’ 및 ‘Manway 작업’ 등은 작업빈도 면에서는 다른 작업들에 비하여 적은 편이지만, 고피폭선량 상위 작업에 포함되어 있으므로, 향후 이와 관련된 연구도 이루어져야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 과학기술부 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었다.

참고문헌

- 1) 원자력 안전기술원, ‘방사선 방호 규제기술 개발 - 원자력발전소 피폭저감화 기술·경험 분석 및 규제활요방안 연구’, KINS/HR-490, 3003
- 2) “Work Management in the Nuclear Power Industry” manual, OECD/NEA, 1997.
- 3) 원자력 안전기술원, ‘방사선 안전규제 기술개발 - 방사선 방호 규제기술 개발(제 2차년도 연차보고서)’, KINS/RR-058, 2001
- 4) 원자력 안전기술원, ‘방사선 안전규제 기술개발 - 방사선 방호 규제기술 개발(1단계 최종 보고서)’, KINS/GR-058, 2000
- 5) 한국전력공사, ‘방사선관리 연보’