

원전 주요 방사선작업별 피폭현황 및 방사선 에너지 특성 분석

김정인 · 정형권 · 이병일 · 임영기

한국수력원자력(주) 방사선보건연구원

E-mail: neogen21@khnp.co.kr

중심어 : 계획예방정비, 유효선량, 감마 스펙트로스코피, 선량제약치

서론

국제방사선방호위원회(ICRP)의 신 권고는 방사선 방호 최적화 및 선량저감에 더 많은 노력을 요구하고 있는 추세이며 이에 대한 세부 사항으로 방사선원에 대한 선량제약치(dose constraint)를 설정하여 원전종사자에 대해 적용할 것을 제시하고 있다.[1] 선량제약치의 대상이 되는 방사선원의 범주는 피폭의 특성이나 관리방안 등을 고려하여 설정될 수 있으며 원전의 경우에는 부지나 호기에서 세부 작업까지 확대할 수 있다. 선량제약치 설정을 위한 접근뿐만 아니라 방사선방호의 최적화 수행을 위해서 원전에서 수행되는 방사선작업은 세부적으로 분류되어 각 작업별 피폭특성 분석이 이루어져야 하며 이는 종사자의 선량관리 측면에서도 중요한 의미를 지닌다.

원전 종사자의 개인선량은 유효선량을 대신하는 방사선 실용량 개념의 개인선량계 측정값으로 관리되고 있으며 작업의 특성에 따라 복수선량계를 착용하고 유효선량으로 환산하는 방식이 적용되고 있다.[2] 복수선량계의 착용을 통해 유효선량 평가에 대한 방사선의 조사방향은 일부 고려된다고 볼 수 있으나 방사선의 에너지에 대한 부분은 현실적으로 적용의 한계가 있어 대표적인 기준선장으로 원전 피폭환경을 가정하여 보수적으로 접근한다.

따라서 본 연구에서는 원전 주요 방사선작업별 피폭현황을 분석하고 대표적인 작업을 도출하여 개인선량계의 기준선장에서 확장한 원전 주요 방사선작업별 방사선 에너지 분포 특성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

원전 방사선작업의 작업별 선량은 종사자 개인선량계인 열형광선량계(TLD)와 보조선량계인 전자식선량계(ADR)에 의한 측정값으로 관리되고 있으며 매년 '원자력발전소 방사선관리연보'에 작업별 선량자료가 집단선량으로 제시된다. 방사선작업은 정상운전, 계획예방정비, 중간정비 등으로 분류되며 그 중 계획예방정비기간의 선량이 전체의 약 80%에 해당하므로 세부작업 분류의 대상은 계획예방정비기간의 작업을 대상으로 하였다. 계획예방정비기간의 방사선작업은 관련계통 및 작업특성에 따라 작업코드로 분류되어 매 회마다 작업별로 선량이 관리된다. 그러나 작업코드별 분류방식이 통일되기 이전 자료는 해당 작업명을 기준으로 적합한 작업코드를 재할당하여 2001년부터 2007년까지 작업별 집단선량을 산출하였으며 실제 작업인원을 고려하여 개인별 선량으로 환산하고 방사선관리 측면에서 중요한 작업을 도출하였다.

도출된 주요 방사선작업에 대해 실제 계획예방정비기간 해당 작업이 이루어지는 공간에서 휴대용 감마핵종분석기를 이용하여 방사선 에너지 분포를 실측하였다. 사용된 휴대용 감마 핵종분석기는 MCNP코드를 이용하여 교정환경을 구현하여 적용하였으며 실측 자료는 선원항 분석 및 평균에너지를 평가하여 ANSI에서 제공하는 선원항 분석결과와 비교하였다.[3,4]

결과 및 고찰

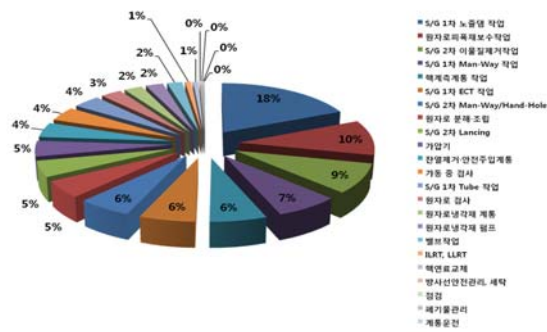


Fig. 1. The personal dose distribution by job types in O/H periods of Korean nuclear power plants (PWR, 2001-2007)

2001년부터 2007년까지 작업별 피폭현황을 보면 가동중 검사, 격납건물 누설시험, 계통운전, 방사선안전관리, 폐기물관리 등으로 구성된 작업코드 M에 해당하는 집단선량이 가장 높은 수치를 기록하고 있으며 다음으로 증기발생기 관련작업, 핵연료 및 원자로 분해작업, 원자로 냉각재펌프, 밸브점검 작업순으로 높은 집단선량을 보였다. 높은 집단선량을 보이는 작업이라도 적은 선량의 다수종사자에 의한 효과가 있으므로 집단선량을 실제 작업인원으로 나누어 표시하면 그림 1처럼 증기발생기 노즐담 작업이 선량관리 측면에서 중요한 작업으로 평가된다.

10개 작업을 대표작업으로 도출하고 각각에 대하여 에너지 분포를 측정 한 결과를 표 1에 나타내었다.

Table 1. Measured photon energy distribution at the working area of selected jobs in O/H periods.

| job / working area | photon energy (MeV) | |
|----------------------------|---------------------|------|
| | range | mean |
| S/G nozzle dam | 0.28-0.58 | 0.48 |
| S/G man-way | 0.36-0.37 | 0.37 |
| S/G ECT | 0.28-0.44 | 0.35 |
| S/G tube | 0.28-0.44 | 0.36 |
| Rx. head PT | 0.24-0.42 | 0.30 |
| stud hole inspection | 0.39-0.46 | 0.50 |
| Rx. cavity decontamination | 0.21-0.31 | 0.26 |
| in site inspection | 0.3-0.38 | 0.33 |
| RCP inspection | 0.25-0.35 | 0.31 |
| low dose area | 0.26-0.37 | 0.30 |

각각의 스펙트럼 측정결과를 보면 500keV 부근과 800keV 부근에서 감마선에너지 스펙트럼의 peak가 형성되는데 이는 ANSI에서 제시하는 원전의 선원향 분포 평가결과와도 잘 일치함을 확인하였다. 또한 평균에너지는 대체적으로 0.5MeV이하로 이는 교정선장보다 다소 낮은 것으로 평가되었으며 이러한 평균에너지는 방사선 차폐 및 개인선량계 교정선장등에 고려될 수 있는 특성으로 판단되었다.

결론

원전 주요 방사선작업에 대한 피폭현황을 분석하여 방사선관리 측면에서 중요한 작업들을 도출하고 해당 작업에 대한 방사선 에너지 분포를 평가하였다. 피폭분석결과 증기발생기 관련 작업이 비교적 고 피폭 작업군으로 평가되었으며 방사선에너지 분포 평가결과는 ANSI에서 제시하는 선원향 평가결과와 잘 일치함을 확인하였다.

본 연구결과는 향후 원전 작업별 방사선방호 최적화 및 선량제약치 설정에 기반자료로 활용이 가능할 것으로 판단되며, 아울러 방사선 에너지 분포자료는 원전 내 방사성 핵종의 거동평가 등에도 적용이 가능할 것이다.

참고 문헌

1. ICRP, ICRP Pub. 103. "2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection" (2007).
2. NCRP, NCRP Report No. 122, "Use of Personal Monitors to Estimate Effective Dose Equivalent and Effective Dose to Workers for External Exposure to Low-LET Radiation" (1995).
3. Denise B. Pelowitz, editor, "MCNPX™ user's manual, ver 2.6.0." LA-CP-07-1473, (2008).
4. ANSI/ANS-18.1-1999. "Radioactive Source Term for Normal Operation of Light Water Reactors" (1999).