

## 원전 계획예방정비기간 불균일 방사선장에서 피폭 방사선량평가 알고리즘

김희근, 공태영, 강덕원, 이상구\*, 박성철\*

한전전력연구원, 대전시 유성구 문지동 103-16

\*한국수력원자력(주) 안전기술처, 서울시 강남구 삼성동 167

[hkkim@kepri.re.kr](mailto:hkkim@kepri.re.kr)

### 1. 서론

국제방사선방호위원회의 ICRP-60의 방사선방호 신개념 권고내용 중의 하나가 방사선량의 평가를 위한 단위로 유효선량(Effective dose)을 도입한 것이다[1]. 유효선량은 방사선의 가중치와 신체 각 조직의 가중치를 고려하여 합산한 양으로 인체의 전신이 받는 피폭 방사선량을 말한다. 국내에서도 기존 방사선방호 실무에서 사용하고 있는 심부선량(Deep dose)을 이용하여 유효선량을 평가해오고 있다. 심부선량은 신체 1cm 깊이에 있는 인체 조직이 받는 피폭 방사선량으로 원전에서는 1cm 필터 두께 개념을 갖는 열형광선량계(TLD: Thermoluminescent dosimeter)를 이용하여 평가하고 있다.

원전의 증기발생기 수실 내에서의 작업, 원자로 냉각재 펌프 보수 및 가압기 관련 작업 등은 높은 방사선량률을 나타내는 지역으로 방사선량률 구배(Dose rate gradients)가 커서 짧은 시간 동안의 작업에도 불구하고 높은 방사선량을 피폭 받을 가능성이 있다. 또한 이러한 작업에서 열형광선량계(TLD)를 통상적인 방사선작업과 같이 가슴부위에 하나만 착용할 경우 작업종사자가 받는 피폭 방사선량을 정확하게 평가하지 못할 수도 있게 된다. 그래서 원전에서는 복수선량계를 지급하고 있는데, 하나는 가슴 부위에, 하나는 머리 부위에 통상 2개를 채용하고 있다. 이 경우 국내 원전에서 작업종사자가 받은 전신선량은 가슴부위에 채용한 선량계와 머리 부위에 채용한 선량계를 판독하여 높은 심부선량 판독값을 기록선량으로 보고하는 보수적인 피폭 방사선량 평가방식을 취하고 있다[2].

따라서 본 논문에서는 원전 불균일 방사선장하에서 유효선량이 과대평가되는 문제점을 해결할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다. 국내의 복수선량계 이용현황, 복수선량계 알고리즘에 대한 소개, 국내 원전에서 알고리즘 적용성 평가 시험결과 등에 대해 다루고 있다. 특히 국내 원전에서 계획예방정비기간동안 선량계를 3개를 동시에 지급하여 이를 머리, 가슴, 등에 동시에 채용하고 판독하여 각 복수선량계 알고리즘의 적용성을 분석해 보았다.

### 2. 복수선량계 알고리즘 개발현황

미국 방사선방호위원회(NCRP)의 보고서인 NCRP-122에서는 작업종사자에게 지급한 2개의 복수선량계의 판독값별 가중치를 부여하여 유효선량을 평가하도록 하는 지침을 제공하고 있다[3]. 2004년 발행된 미국원자력규제위원회(USNRC)에서는 복수선량계에 대한 규제입장을 NRC Regulatory Issue Summary 2004-01에서 복수선량계의 판독값에 적절한 가중치를 부여하여 유효선량을 평가하도록 하는 규제지침을 내놓은 바 있다[4]. 또한 미국 국립표준기술협회(ANSI)에서 발행된 HPS N13.41-1997에서 복수선량계 판독값에 적절한 가중치를 부여하여 유효선량을 계산하도록 하는 알고리즘을 사용하도록 하는 기술기준을 제시하고 있다[5]. 이외에도 미국의 Texas A&M University를 중심으로 불균일 방사선장하에서 복수선량계를 사용하는 경우 이들 판독값에 적절한 가중치를 부여하여 유효선량을 평가하도록 하는 논문이 수편 발표된 바 있다[6].

### 3. 복수선량계 알고리즘 선정시험

각 복수선량계의 적용성 분석을 위해 국내 영광원전에서 최근 한주기 동안 불균일 방사선장이 형성되는 주요 방사선작업에 대해 작업종사자에게 3개의 열형광선량계(TLD)와 보조선량계(ADR)를 지급하여 머리, 가슴, 등에 TLD와 ADR을 동시에 채용하였다. 캐나다와 ANSI 알고리즘은 머리와

가슴에 패용한 TLD 판독값이 필요하며, NCRP, Xu 및 Kim의 알고리즘은 가슴과 등의 부위에 패용한 TLD 판독값이 필요하기 때문이다. 2004년도에 영광발전소를 대상으로 하였으며, 해당 작업은 증기발생기 노즐댐 설치작업, 노즐댐 제거 작업, 원자로헤드 PT (Penetration Test) 작업, 가압기 전열관 교체작업을 대상으로 하였다. 또한 추가적으로 2005년 초에 울진발전소를 대상으로 유사한 시험이 반복 수행되었다.

#### 4. 복수선량계 알고리즘 선정결과

국내 원전에 적절한 알고리즘을 선정할 목적으로 계획예방정비기간 동안 작업종사자에게 추가선량계 3개를 동시에 지급하여 이를 가슴, 머리, 등에 패용하고 판독하였다. 이 결과에 따르면 Lakshmanan 알고리즘을 제외하고는 유효선량 평가에서 모든 알고리즘이 거의 유사한 경향을 보이는 것으로 나타나 어떤 알고리즘을 적용하더라도 특별한 문제점이 없어 현재보다 개선된 선량평가가 가능한 것으로 나타났다. 이러한 후보 알고리즘에 대해 기술적 배경과 방사선작업의 편의성 등을 종합적으로 고려하여 NCRP(55/50) 알고리즘을 최종적으로 선정하였다. 또한 복수선량계 지급조건은 INPO의 지침을 따르되 단일 작업에서 2 mSv 이상 피폭을 받을 것으로 예상될 때 지급함이 타당한 것으로 평가되었다.

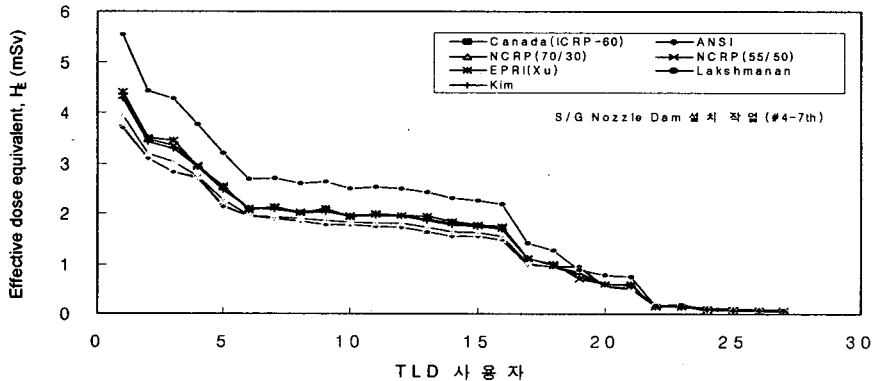


그림. 영광2발전소 'S/G Nozzle Dam 설치 작업에 대한 복수선량계 알고리즘 적용

#### 참고문헌

1. International Commission on Radiological Protection, 1990 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Pub. 60, Pergamon Press (1991).
2. 한국전력공사, 원자력발전소 방사선안전관리지침, 96본사-단005(1996) 및 국내 원전 절차서, 방사선작업자 선량관리절차서(방사 0-5-003) (2004).
3. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Use of Personal Monitors to Estimate Effective Dose Equivalent and Dose to Workers for External Exposure to Low-LET Radiation, NCRP Report No.122, Bethesda (1995).
4. United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC), NRC Regulatory Issue Summary 2004-01, Method for Estimating Effective Dose Equivalent from External Radiation Sources Using Two Dosimeters, Report No. RIS 2004-01 (2004).
5. American National Standards Institute (ANSI), An American National Standard Criteria for Performing Multiple Dosimetry, Report No. HPS N13.41 (1997).
6. 이계석, 광자 방사선장에서 TL 개인선량계의 감응과 유효선량과의 편차, 한양대학교 대학원 석사 학위논문 (2000).