

원전 고피폭 접촉작업에서 손이 받는 등가선량 평가

김희근 · 공태영 · 정택민* · 이상구* · 안용민*
한전전력연구원, *한국수력원자력(주)
E-mail: hkkim@kepri.re.kr

중심어 (keyword) : 고피폭 접촉작업, 손, 등가선량, 말단선량계, 피폭방사선장, 원자력발전소

서 론

국제방사선방호위원회(ICRP)는 1990년 방사선방호 체계를 ICRP-60으로 권고하여 발행하였고, 국제원자력기구(IAEA)는 1996년 ICRP-60을 근거로 기본안전기준(BSS-96)을 개정하였다[1,2]. 국내 원자력법령에도 ICRP-60과 IAEA BSS-96의 내용이 반영되었고, 2003년 1월부터 방사선관리 실무에 적용 중에 있다. 한편 2007년 ICRP는 1990년에 권고한 방사선방호 체계인 ICRP-60을 개정 ICRP-103으로 발간하였다[3].

ICRP는 ICRP-60에서 피폭방사선량 평가에서 유효선량(Effective dose)을 사용하도록 권고하였다. 이러한 내용은 2007년 ICRP-103 권고에서도 대부분 그대로 유지되었다. 유효선량은 방사선 가중치와 신체 조직 가중치를 고려하여 흡산한 전신이 받는 이론적인 방호 양이다. 따라서 우리 몸에서 직접 측정이 불가능하기 때문에 심부선량(Deep dose)이라는 실용 양을 이용하여 평가하고 있다. 교육과학기술부 고시 제 2008-48호(판독업무 등록기준 및 검사 규정)에서 심부선량은 국제방사선도량형위원회(ICRU)가 정하는 $H_p(10)$ 으로 신체 1 cm 깊이, 즉 심부에서 인체 조직이 받는 피폭 방사선량으로 정의된다[4].

원전 계획예방정비(O/H) 기간 증기발생기 수실작업 등은 매우 높은 방사선량을 보이는 지역으로 짧은 시간 동안 작업으로도 높은 피폭을 받을 가능성이 있다. 특히 이런 작업조건에서는 방사선물질과 접촉하여 작업을 하는 작업자의 손이 고피폭을 받을 가능성이 있다. 본 논문은 원전 불균일 방사선장이 형성되는 고 피폭 접촉작업에서 말단선량계를 패용하여 작업자의 손이 받는 등가선량을 평가하였다.

말단선량 한도 및 기술기준

방사선작업종사자의 공식적인 피폭방사선량은 심부선량을 유효선량으로 평가하고 기록으로 저장하고 있다. 유효선량에 대해 5년간 100mSv(특정 해에 50mSv까지 허용)를 선량한도(Dose Limit)로 정하고 있다. 이외에 수정체, 피부 및 손발에 대한 등가 선량 한도를 설정하고 있으나, 대부분 국가에서 법적으로 선량평가를 요구하고 있지 않은 실정이다. 한편 손과 발이 받는 등가선량에 대해서 연간 500mSv를 선량한도를 정하고 있다. 이러한 손과 발이 받는 선량평가의 두께(Depth)는 $7\text{mg}/\text{cm}^2$ 에서 받는 표층선량(Shallow dose)을 기준으로 하고 있다.

말단선량계의 구조 및 형태

말단선량계는 손가락의 표층이 받는 $7\text{mg}/\text{cm}^2$ 두께에서 등가선량을 측정하도록 제작되어 있으며, 1개의 소자를 이용하여 피폭방사선량을 측정한다. Harshaw 말단선량계는 외형에 따라 반지모양선량계(DXTRAD)와 밴드모양의 선량계(EXTRAD)로 구분된다. 그림-1과 2에 이를 나타내었다[5].

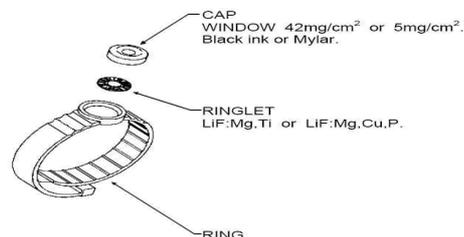


그림-1 Harshaw DXTRAD 말단선량계



그림-2 Harshaw EXTRAD 말단선량계

Panasonic 말단선량계 형광소자는 ${}^{11}\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 이며, 조그만 원형으로 반지모양의 Ring에 삽입하여 사용하고 있다. 그림-3에 이를 나타내었다[6].



그림-3 Panasonic 말단선량계

고피폭 접촉작업의 말단선량 평가

원전 계획예방정비(O/H) 기간 대표적 고피폭은 증기발생기(S/G) 작업에서 발생한다. S/G 수실은 대부분 ${}^{58}\text{Co}$ 과 ${}^{60}\text{Co}$ 등의 핵종에 의해 방사선량이 위쪽에 있는 U-tube로부터 아래로 수십 mSv/hr 이상으로 형성된다[7]. 따라서 작업자의 위치와 동선에 따라 선량을 구배(Dose rate gradient)가 매우 불균일하게 형성된다. 그림-4에 S/G 작업 모형을 나타냈다[8].

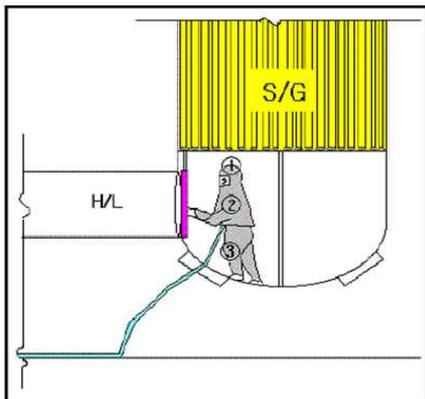


그림-4 증기발생기 수실 작업

S/G 내부에서는 불균일한 고피폭 방사선량에 따라 작업종사자는 가슴과 등에 복수로 개인선량계를 패용하며, 전자식 개인 보조선량계를 동시에 패용한다. 한편 작업자의 손이 받는 등가선량을 평가하기 위해 추가로 손목에는 가슴과 등에 패용한 동일한 개인선량계를 패용하였으며, 손가락에는 말단선량계를 패용하였다. 손목에 패용한 선량계는 손에 입사하는 피폭방사선장의 에너지를 분석하기 위한 목적이었으며, 손가락에는 손이 받는 등가선량을 평가하기 위한 목적으로 패용하였다. 그 결과 손에 입사하는 방사선은 고에너지 감마선장으로 나타났으며, 손가락이 받는 등가선량은 심부선량의 2배 정도로 낮게 나타났다[9].

결 론

원전 O/H 기간 고피폭접촉 작업에서 입사 방사선은 투과성이 큰 고에너지 광자로 확인되었다. 또한 작업자의 손가락이 받는 말단선량은 예상보다 높지 않게 나타났다. 따라서 심부선량 평가만으로 작업종사자 피폭방사선량 평가가 충분하게 이루어질 수 있다고 판단되었다. 또한 고피폭 접촉 작업 과정에서 말단선량계 지급을 최소화할 필요가 있다고 판단되었다.

참 고 문 헌

1. ICRP, Recommendations of the ICRP-60, 1990.
2. IAEA, Basic Safety Standards, BSS-96, 1996.
3. ICRP, Recommendations of the ICRP-103, 2007
4. 교육과학기술부 고시 제 2008-48호(판독업무 등 록 기준 및 검사 규정), 2008.
5. Harshaw Brochure, Extremity Dosimeter, 2008
6. Panasonic Brochure, Extremity Dosimeter, 2008
7. H.Ocken, Techniques for Controlling Radiation Exposure, Nuclear News(Feb.) 43-47, 1993
8. 김희근, 원전 고피폭 접촉작업의 방사선장 분석, 전력연구원 기술간행물, 2009.
9. 김희근, 원전 고피폭 접촉작업의 말단선량 평가, 전력연구원 기술간행물, 2009

감사의 글

이 논문은 한수원(주)와 한전전력연구원의 전력사공동 중장기연구개발사업에 의해 수행되었습니다.