

국내 방사선작업 종사자 선량분포

김소이 · 이병일 · 서동희 · 김정인 · 임영기
한국수력원자력(주) 방사선보건연구원
E-mail: yes3m@hanmail.net

중심어 (keyword) : 작업방사선량, 원자력발전소, 내부선량, 외부선량, 선량분포

서론

국제방사선방호위원회(ICRP)는 1990년에 방사선방호에 관한 신 권고(ICRP-60)를 발행하면서 방사선작업종사자의 선량한도를 연간 50 밀리 시버트(mSv)에서 연간 50 밀리 시버트를 넘지 않는 범위 내에서 5년간 100 밀리 시버트로 하향 권고하였고, 우리나라는 1998년에 ICRP-60의 선량한도를 법제화하였다.

방사선작업 종사자는 계획예방정비기간 동안 불균일한 방사선에 피폭될 수 있다. 불균일 방사선장에서 신체 일부만이 총 피폭의 2 mSv 또는 1.3배 가 초과되고 작업장 선량률이 1mSv/hr를 넘을 때, 가슴과 등에 TLD(Thermo Luminescent Dosimeter) 뱃지를 착용해야 한다.

원자력발전소의 모든 방사선작업 종사자들은 매년 주기적으로 전신계측기(WBC)를 이용하여 내부피폭검사를 받으며, 내부피폭이 의심되는 작업을 했을 경우에도 즉시 내부피폭검사를 받는다. 가압중수로의 경우에는 내부피폭검사는 물론 관리구역 출입 시마다 뇨시료를 제출하여 삼중수소에 의한 내부피폭선량을 평가하며, 삼중수소의 측정에는 액체섬광계수기(LSC)가 사용된다.

한국수력원자력(주)는 방사선작업 종사자 관리, 방사선 피폭 저감화, 피폭방사선량 평가 등 종사자 방사선량관리(Radiation Management : RAM) 체계를 구축해 시행하고 있다.

작업방사선량에 대한 이전의 연구들은 방사선작업 종사자의 특정 방사선량분포를 제공해주지 못했다. 따라서 본 논문의 목적은 방사선량관리 체계에 의해 기록된 선량을 이용한 방사선작업 종사자의 작업방사선

피폭 경향 및 상세한 선량분포를 조사함에 있다.

재료 및 방법

총 유효선량을 결정하기 위해서는 외부 방사선 및 방사성동위원소섭취에 의한 작업피폭 평가로부터 피폭된 선량을 합산한다. 총 유효선량은 선량한도에 따라 다음과 같이 계산된다.

$$E = H_p(10) + E(50) \quad (1)$$

여기서, E 는 총 유효선량, $H_p(10)$ 은 외부피폭에 의한 개인선량당량, 그리고 $E(50)$ 은 내부피폭으로 인한 예탁유효선량이다[1].

불균일 방사선장에서 가슴과 등에 TLD 뱃지를 착용하는 경우, 전신유효선량은 다음의 NCRP 55/50 알고리즘에 따라 계산된다.

$$H_E = 0.55H_p(\text{chest}) + 0.50H_p(\text{back}) \quad (2)$$

여기서, H_E 는 전신 유효선량, $H_p(\text{chest})$ 는 가슴 부위의 심부선량 $H_p(10)$, $H_p(\text{back})$ 은 등 부위의 심부선량 $H_p(10)$ 이고, 0.55와 0.55는 TLD 위치에 따른 가중치이다[2].

피폭선량관리센터는 원자력발전소 내 방사선작업 종사자의 전리방사선에 의한 작업상 선량기록을 보유하고 있다. 1990년부터 2007년까지 33,680명의 선량기록 되었으며, 2007년에만 11,435명이 모니터링 되었다. 여기서 얻을 수 있는 정보는 이름, 성별, 생년월일, 주민등록번호, 작업분류, 매달 외부 및 내부선량 데이터, 측정 시작 및 종료일, 작업그룹 및 장소 등의 종사자 개개인의 피폭기록이다.

방사선작업 종사자는 원전운영, 원전보수, 연구 및 검사 및 방사선용역의 4개 작업군별로 그룹을 지었다.

내부피폭은 TLD를 기준으로, 내부피폭은 WBM/LSC를 기준으로 하였으며, 시설에서 사용된 모든 기계들은 매년 2회 보정되었다.

연간평균유효선량 및 연간집단유효선량의 분포조사는 방사선영향에 관한 유엔과학위원회 보고서의 알고리즘을 통해 계산되었다[3].

결과 및 고찰

원자력발전소의 경우 다른 분야와는 달리 직업군을 세부적으로 나누는 것이 쉽지 않다. 피폭선량관리센터 또한 작업자를 직업군별로 분류하고 있지 않아서 부여된 회사코드를 이용하여 유사직업군화 하였으며, 통계적으로 의미가 있는 1990년 이후부터 통계처리 하였다. '원전운영' 군(0.46mSv)에는 한국수력원자력(주)의 작업자가 분류되었으며, '원전보수' 군(2.27mSv)에는 기계, 전기, 계측 등 원전의 모든 설비를 점검하고 보수하는 회사의 직원들을 분류하였다. '연구 및 검사' 군(0.18mSv)에는 원자력발전소에 출입하는 모든 사람들이 포함되었으며, '방사선용역' 군(2.44mSv)에는 보건물리, 방사선방호, 방사성폐기물처리 등에 종사하는 전문용역회사 직원들이 포함되었다.

연령대별로는 30대가 39.94%로 가장 높았고, 그 다음으로 40대(31.92%), 20대(14.23%) 및 50대(13.91%) 순 이었다.

원자력발전소의 정상운전 대비 계획예방정비기간은 방사선피폭이 집중되고 있음을 보여주었다. 1990-2007년의 경우 정상운전 23%, 계획예방정비기간 77%의 비율을 보이고 있다.

피폭유형별 세부선량분포로는 외부피폭이 대부분을 차지(95%)하고 있고 내부피폭은 5%에 불과하다. 외부유효선량은 대부분 감마선에 의한 피폭이며, 중성자에 의한 피폭은 미미한 수준이었다. 내부유효선량은 중수로의 삼중수소에 의한 피폭선량이 거의 대부분을 차지하고 있으며, 미미하지만 경수로의 내부유효선량은 모두 ^{58}Co , ^{60}Co 등의 감마 방사성동위원소에 기인하고 있다.

결론

한국에서 고리1호기가 1978년도에 상업운전을 시작한 이래로 현재까지 지속적으로 원자력발전소 방사선작업 종사자가 증가해 오고 있으며, 앞으로도 계속해서 증가할 예정이다. 또한 한국 정부는 2030년까지 원자력발전 비중을 현재 35.5%에서 59%까지 늘리기로 계획했다.

이와는 반대로 개인평균선량은 지속적인 감소추세를 이어오고 있는데 이는 ICRP 선량한도의 하향 권고와 선량제약치 등 방사선방호의 최적화를 이루기 위한 ALARA 정책의 강화와 케를 같이해야 하기 때문이다.

실례로 ICRP 60의 선량한도 하향권고를 충족시키기 위하여 중장기적으로 기존 원전의 설비를 개선한 바 있으며, 신규원전의 경우, 기존원전보다 강화된 설계를 바탕으로 건설되고 있다.

이외에도 훈련 및 절차 등의 소프트웨어적 측면의 강화와 더불어 피폭저감화를 효율적으로 달성하기 위한 계획들이 지속적으로 수행되고 있다.

이러한 일련의 노력들로 인하여 앞으로도 지속적으로 개인평균선량이 낮게 유지될 것으로 예상된다.

참고 문헌

1. International Commission on Radiological Protection ICRP 103 recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP 73 (2007).
2. 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. Tian, Y. Dose level of occupational exposure in China, Radiat. Prot. Dosimetry 128(4), 491-495, (2008).