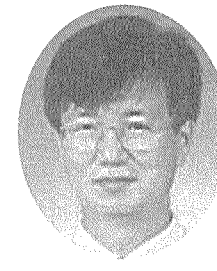
법령 해설

개인 피폭방사선량의 평가 및 관리



한승재
한국원자력안전기술원

1. 개 요

과학기술부는 원자력법 시행규칙 제116조의 규정에 의한 방사선작업종사자 및 수시출입자에 대한 피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정으로서 과학기술부고시 제2001-36호「개인 피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정」(2001. 11. 28)[1]을 고시하였다. 이 고시는 주로 종사자가 개인선량계를 착용하는 기간 중 발생될 수 있는 비정상적인 요인으로 인하여 선량계에 등록된 선량정보를 얻을 수 없는 경우에 종사자의 피폭선량을 산출하기 위하여 사업자가 취하여야 할 제반 조치에 대한 요건을 수립하고 있다.

고시를 요약하여 보면 ① 방사선작업종사자 또는 수시출입자가 착용하는 선량계를 구분하고, ② 선량계의 교체 및 선량판독 시기를 규정하였으며, ③ 선량계 착용방법을 제시하고, ④ 선량계의 착용기간 동안 선량한도를 초과, 선량판독이 불가능, 선량판독이 이루어지지 않은 경우에 대한 기준, 고시에서 정의하는 소위 '판독특이자'에 대한 선량평가 절차 및 기준을 마련하고 있다. 고시의 주요항목을 살펴보면 다음과 같다.

2. 고시 내용

가. 선량계의 구분

개인선량계란 신체외부의 방사선에 의한 피폭으로부터 인체가 받은 선량을 평가하기 위하여 개인에게 착용하도록 고안된 장치이다. 국내에서는 법적 선량을 측정 · 기록하기 위하여 필름배지 및 열형광선량계가 사용되어 왔다. 2001. 4. 25 개정된 과학기술부고시 제2001-12호[2]에 따르면 개인선량계는 개인의 피폭기록을 위하여 외부피폭선량을 측정할 수 있는 기구로서 필름선량계 또는 열형광선량계라고 정의하고 있다. 원자력법에서 정하고 있는 선량한도[3]에 대하여 인체의 유효선량 또는 등가선량은 실제 측정이 어렵고 복잡하다. 국제방사선방호위원회(ICRP)는 유효선량

은 인체 내의 한 지점에서 측정한 선량당량에 근거하여 평가하도록 제안[4]하고 있으며 이러한 선량당량은 현재 국제방사선측정위원회(ICRU)가 정하고 있는 개인선량당량 Hp(d)이다.[5] Hp(d)는 인체 조직의 깊이 d 에서의 선량당량으로서 인체 외부선량에 대하여 유효선량을 보수적으로 평가하는 측정량인 동시에 법적 기록으로 등록되는 양이다. 최근에는 개인선량계의 개발로 인하여 전자선량계(EPD), 광자극형광선량계(OSL) 및 유리선량계(Glass Dosimeter) 등 새로운 개인선량계 형태가 현재 일부 선진 외국에서 사용되고 있는 실정이다. 이러한 현실성을 고려하여 새 고시에서는 유리선량계의 사용 가능성도 포함시키고 있다. 즉, 고시에서는 방사선작업종사자 또는 수시출입자가 착용하는 주 선량계로서 필름배지, 열형광선량계 및 유리선량계를 허용하고 있다. 그렇다고 해서, 모든 형태의 필름배지, 열형광선량계 및 유리선량계가 종사자의 선량평가를 위해 사용되는 것은 아니다. 법적 선량을 측정할 목적으로 개인선량계 평가시스템을 사용하려면 (법적으로 '판독'이라는 용어을 사용함.) 법 제90조의 4 에 의거 등록하고 판독의 정확성 및 재현성에 대한 성능이 입증되어야 한다. 과학기술부는 1995년 최초로 판독의 성능검사 및 품질보증제도를 국내에 도입하여 판독업무를 관리하고 있으며 그 동안의 노력을 통하여 판독의 품질은 선진국 수준으로 유지하고 있다. 2001. 11. 30 현재 16개의 판독기관 (3개의 판독업체 포함)이 판독업무자로서 등록[6]되어 있으며 연1회의 정기점검 및 2년마다의 성능검증을 통해서 기술적 적합성을 인정받은 판독기관만이 판독서비스를 수행하고 있다. 그러나 유리선량계를 고려하는 경우 현행 원자력법에는 새로운 시설 및 취급기준이 필요하다.

법 제90조의 4와 관련된 과학기술부고시 제2001-12호는 원자력법 제90조의4제1항의 규정에 의하여 과학기술부장관에게 판독에 관한 업무를 등록한 자("판독업무자")에 대하여 원자력법시행령 제297조의2 제1항 및 제4항의 규정에 의하여 과학기술부장관이 실시하는 판독검사의 기준·방법 및 절차 등에 관한 사항과 원자력법시행규칙 제109조제5호 및 제6호의 규정에 의한 판독업무 등록기준에 관한 세부사항을 규정하고 있다. 동 고시에 따르면 개인선량계는 국제방사선측정위원회(ICRU)가 정한 심부선량, Hd(10) 및 표층선량, Hs(0.07)을 평가할 수 있어야 한다. 이러한 선량당량을 평가하는 데는 선량환산인자 및 실험을 통해 얻은 계산 프로그램인 알고리즘을 사용한다.

한편, 새 고시 제3조에서는 방사선작업종사자 또는 수시출입자가 착용하는 보조선량계로서 포켓선량계, 자동선량계, 전자선량계 및 개인 방사선경보기를 허용하고 있다. 이러한 선량계들에 대해서는 단지 보조적인 수단으로 사용한다는 목적 때문에 성능에 대한 검증은 요구되고 있지 않지만, 사용목적에 따라 품질관리를 위한 정기적 교정 또는 비교측정 등의 조치가 권고된다.

나. 선량계의 교체 및 선량판독 시기

고시 제4조에서는 방사선작업종사자가 착용한 선량계에 대해서는 필름선량계의 경우 1개월, 열형광·유리선량계의 경우 3개월을 초과하지 않는 기간에 착용한 선량계를 교체하여 선량판독하도록 정하고 있다. 필름선량계의 착용기간을 1개월로 정한 이유는 1개월 이상 지나게 되면 다른

선량계에 비하여 필름선량계가 온도, 습도 및 화학적 영향을 받기 쉽기 때문에 필름에 등록된 선량 정보가 소멸될 수 있으므로 이를 보정해 주어야 하기 때문이다. 국내 필름선량계 판독기관의 실험실 시험으로부터 얻은 자료에 의하면 상온 상압하에서 필름에 등록된 선량정보의 약 10%가 30일 경과후 퇴행하는 것으로 보고되었다.[7] 실제로, 종사자가 필름선량계를 착용하고 매우 높은 온도와 습도가 높은 환경에서 작업할 때 이러한 환경영향을 일일이 고려하기란 쉽지 않다. 즉 환경영향을 측정할 수 있는 별도의 선량계를 주의깊게 관리하여 보정인자를 산출하여야 하지만, 이는 실제로 용이하지 않고 대부분의 경우는 실험실 시험으로부터 얻은 보정인자를 적용하게 된다. 그러므로 착용기간을 짧게하여 잠상퇴행의 보정자체가 필요하지 않도록 관리할 필요가 있는 것이다. 일반적으로, 종사자이건 수시출입자이건 방사선작업시 착용한 선량계는 안전관리 목적상 필요에 따라 적절한 시기에 판독해야 한다. 예를들면, 방사선작업시 착용한 포켓선량계의 수치가 측정한계치를 초과하여 표시되는 경우 함께 착용하였던 선량계는 즉시 판독되어야 한다. 또한 작업후, 선량한도의 초과피폭이 의심나는 경우 선량계는 즉시 판독되어야 한다.

고시 제4조에서는 방사선작업종사자외에도 수시출입자의 경우 선량계를 교체하여 선량판독하여야 하는 기간은 필름선량계의 경우 1개월, 열형광 · 유리선량계의 경우 3개월을 초과하지 않는 기간 내에서 출입 종료시로 한다고 제한적으로 규정하고 있다.

다. 선량계 착용 방법

고시 제5조 제1항에서는 선량계 착용방법으로서 선량계는 작업자등의 가슴 부위에 착용하는 것을 원칙으로 한다는 것을 규정하고 있다. 아울러, 이 경우 작업자 등의 신체 조건 및 작업 조건을 고려하여 작업자 등의 피폭방사선량을 대표할 수 있어야 한다는 것을 추가로 규정하며, 제1항에서는 사업자는 선량판독의 신뢰성을 확보하기 위하여 선량계의 착용 및 관리에 대한 절차를 마련하여야 한다고 정하고 있다.

선량계는 우선적으로 전신선량을 대표할 수 있는 선량을 측정할 수 있도록 하기 위해 착용해야 하며 방사선에 대한 적절한 반응 및 반응수치를 토대로 선량을 적절하게 산출하기 위해서는 선량계의 전면이 방사선이 입사하는 방향으로 향하도록 착용하여야 한다. 예를들어 방사선이 입사하는 방향이 등 쪽임에도 불구하고 선량계를 가슴에 착용하면 인체의 실제 피폭선량은 선량계 측정치에 의하여 과소평가하게 된다. 세기가 다른 방사선이 여러 방향에서 입사하는 경우 한 개이상의 선량계를 착용하는 경우가 있다. 이러한 경우 인체가 받은 선량은 판독한 선량이 가장 큰 선량을 기록선량으로 한다는 것이 보수적인 평가 방법으로 적용되고 있다.[8]

라. 판독특이자에 대한 선량평가

고시 제6조는 판독특이자에 대한 조치로서 제1항은 시행규칙 제116조 제5호의 규정에 의한 판독특이자에 대한 판독업무자 또는 사업자의 조치를 규정하고 있다. 즉,

1. 판독업무자는 판독특이자가 발생한 경우, 판독특이자의 인적사항 및 선량판독 결과 등을 즉

시 과학기술부장관에게 보고하여야 하며, 선량판독을 위탁받은 판독업무자의 경우 동시에 해당 사업자에게 그 사실을 통보하여야 한다.

2. 판독특이자가 발생한 해당 사업자는 발생 사실을 인지한 날로부터 20일 이내에 별지 서식에 따라 보고서를 작성하여 과학기술부 장관에게 보고하여야 한다.

제2항에 의거 사업자는 제2조 제2호의 규정에 의한 판독특이자의 피폭방사선량이 제8조의 규정에 의하여 확정될 때까지 연간 선량한도가 초과하지 않도록 판독특이자에 대한 피폭을 최소화하기 위한 조치를 취하여야 한다.

개인선량계 착용중 선량계가 분실되거나 훼손이 되어 판독이 불가능해 지면 그 동안 선량계에 누적되어 있던 피폭선량에 대한 모든 정보는 잃어버리게 된다. 그러므로 종사자의 기록선량 관리에 공백이 생기게 된다. 자연 재해로 인한 경우로 인하여 발생되는 것을 제외하고 선량계 패용자는 선량계 분실 또는 훼손을 방지하기 위한 최선의 노력을 기울일 책임을 가져야한다. 선량계 패용자 및 방사선안전관리자는 만일의 경우 선량계의 분실 또는 훼손 등이 발생하였을 경우 개인 피폭선량을 추적하여 산출하기 위한 사전 준비, 즉 작업기록, 작업시 작업환경 선량률 측정, 작업조건 및 선원으로부터의 거리 등을 상세하게 준비해 놓는 등의 작업관행을 유지해야 하는 책임도 가져야 한다. 과학기술부는 방사선작업종사자의 생애피폭기록을 관리하는 책임을 지고 있다. 그러므로 판독업무자 또는 사업자는 판독특이자가 발생한 경우, 종사자의 생애피폭기록 관리의 연속성을 위하여 판독특이자의 인적사항, 선량평가기록 및 추정선량 평가결과 등을 과학기술부장관에게 보고하여야 할 필요가 있다. 아울러, 선량한도를 초과하지 않은 판독특이자에 대해서는 선량한도가 초과하지 않도록 피폭을 최소화하기 위한 조치를 취하여야 한다. 판독특이자에 대한 평가시 일반적으로 고려하여야 할 사항을 정리해보면 다음과 같다.

가. 개인별 과거 피폭선량 이력조사

- 종사자의 신원, 해당분야 관련 경험 및 방사선피폭에 대한 지식 정도
- 종사자의 월별 또는 분기별 피폭선량과 관련된 작업 종류 및 작업량

나. 판독특이자가 수행한 작업량 평가

- 판독특이자와 유사한 종류의 작업을 수행한 다른 종사자에 대한 조사

피폭방사선량이 선량한도를 초과하여 판독된 경우, 판독특이자에 대한 자료를 토대로 인체의 실제 피폭유무를 평가한다.

마. 판독특이자 선량관리

과학기술부는 한국원자력안전기술원으로 하여금 사업자의 보고서 내용을 기초로 사업자의 추정선량을 평가하고 심의를 통하여 피폭방사선량을 확정 · 관리하도록 하였다. 추가로 모든 피폭방사선량 측정 및 평가에 사용된 관련 자료의 기록을 유지하도록 규정하고 있다.

고시에서는 규정하고 있지 않지만, 판독특이자의 평가 결과방사선초과피폭이 확실한 것으로 판단되는 경우, 만일 피폭선량이 해당하는 선량한도 보다도 큰 선량이지만, 선량한도의 두 배를

초과치 않는다고 추정될 경우에는 그 조치는 주로 관리적인 것으로, 이와 같은 경우, 사업자는 피폭의 상황을 조사해야 하며, 필요한 경우, 확인을 위한 물리적인 측정을 수행할 필요가 있다.[9]

만일 피폭선량이 선량한도의 두 배를 초과하는 선량이지만 그 한도의 5배를 초과하지 않는다고 추정되는 경우, 가능성이 있는 생물학적인 결과의 산정과 함께 상세한 관리적 측면의 조사를 수행하여야 할 것이 권고된다. 피폭의 상세 내용은 의사에게 알려야 한다. 의사는 임상적 검사, 생물학적 검사, 또는 생화학적 검사의 필요성, 범위 및 종류를 정하여 피폭된 작업자에게 필요한 조언을 주어야 한다. 만일 피폭선량이 선량한도의 5배를 초과하는 선량이라고 추정될 때에는 앞에서 기술한 조치외에 의사로 하여금 피폭된 작업자의 진찰이 필요하다.

추정선량이 높으면 높을수록 또는 임상적인 징후와 증상이 나타나는 경우, 임상적, 생물학적, 생화학적 및 물리적인 산정의 종합평가에 의한 선량 추정치를 정확하게 산출해야 한다. 선량의 조기 추정치 및 그 정확도에 따라서 피폭의 상황을 재현할지의 여부를 결정해야 한다. 그러한 재현은 때로는 간단하기는 하나 경우에 따라서는 상당한 연구노력을 필요로 하기 때문에 각각의 경우에 대해 그 가치에 입각하여 고려해야만 한다.

3. 결 론

과학기술부는 1995년 최초로 판독의 성능검사 및 품질보증제도를 국내에 도입하여 판독업무를 관리하고 있으며 그동안의 노력을 통하여 판독의 품질은 선진국 수준으로 유지하고 있다. 종사자의 피폭선량은 판독의 정확성 및 재현성이 유지되고 있다 하더라도 피폭선량의 평가관리가 소홀하게 되면 법적 기록선량 관리에 중대한 영향을 미치게 된다. 따라서 과학기술부는 이러한 중요성을 고려하여 원자력법 시행규칙 제116조의 규정에 의한 방사선작업종사자 및 수시출입자에 대한 피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정으로서 과학기술부고시 제2001-36호 (2001. 11. 28) 「개인 피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정」[1]을 고시하였다. 고시는 종사자가 개인선량계를 착용하는 기간 중 발생될 수 있는 비정상적인 요인으로 인하여 선량계에 등록된 선량정보를 얻을 수 없는 경우에 종사자의 피폭선량을 산출하기 위하여 사업자가 취하여야 할 제반 조치에 대한 요건을 수립하고 있다. 즉, 방사선작업종사자 또는 수시출입자가 착용하는 선량계를 구분하고, 선량계의 교체 및 선량판독 시기를 규정하였으며, 선량계 착용방법을 제시하고, 선량계의 착용기간 동안 선량한도를 초과, 선량판독이 불가능, 선량판독이 이루어지지 않은 경우에 대한 기준, 소위 판독특이자에 대한 선량평가 절차 및 기준을 마련하였다. 이러한 조치는 판독규제와 더불어 종사자의 피폭관리의 완전성을 위한 조치라고 할 수 있다. KRIA

참 고 자 료

1. 과학기술부고시 제2001-36호「개인 피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정」
2. 과학기술부고시 제2001-12호「판독업무 등록기준 및 검사에 관한 규정」
3. 원자력법 시행령 제2조 제5호 (2001. 7. 17)
4. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, Amm. ICRP, Pergamon Press, Oxford(1991)
5. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources. ICRU Report 39, Bethesda, MD (1985)
6. 한국원자력안전기술원, 방사선방호편람, p56(2001. 9)
7. 한국원자력안전기술원, 제3차방사선피폭선량평가 WORKSHOP, p101(1997)
8. U.S. Regulatory Guide 8.34, Monitoring Criteria and Methods to Calculate 6Occupational Radiation Doses(1992)
9. 이수용, 放射線 作業 從事者의 緊急被曝 및 事故被曝에 대처하기 위한 諸原則과 一般節次, ICRP Publication 28 (1993)