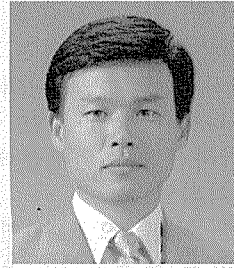


ALARA란 무엇인가?



조 건 우

한국원자력안전기술원 방사선환경부
방사선안전평가그룹 선임연구원

I. 서 론

지금으로부터 정확하게 100년전인 1895년에 렌트겐이 진공방전관을 사용한 음극선을 연구하던중 X선을 발견하였다. 즉, 인공 방사선은 물리학에서 탄생하여, 의학에서 그 유년 시절을 보내고, 핵무기개발 프로젝트에서 소년기를 보낸 다음, 현재와 같은 원자력의 평화적 이용의 시대에서 성년기를 맞이하여 지금에 이르고 있는 것이다.

미지의 신비한 광선이었던 X선을 발견한 19세기말이후 이를 연구하고 이용해 보려는 시도들이 폭발적으로 일어나면서, 이 방사선을 제1차 세계대전에서 부상자 치료등에 활용하는 등 인간의 생활 유익에 보탬이 되도록 하는 데에만 집중적인 관심을 보였지, 그 당시에는 이 방사선이 인체의 건강에 해로운 영향을 미칠수도 있으므로 이를 막아보려는 방사선방호 개념의 개발에 매우 미진한 정도였었다고 해도 과언이 아닐 것이다.

1915년 경 영국의 물리학자 루스가 영국 방사선학회(British Radiological Society)에 불필요한 피폭을 방지하기 위해서는 어떤 규칙이 필요하다는 제안을 한 이래, 방사선 취

급자들에게서 주로 피부의 홍반과 같은 장애의 발생이 속속 보고되자 방사선위험에 대한 인식이 싹트기 시작했으며, 1922년 스웨덴의 과학자 시버트는 방사선방호 문제의 심각성을 제기하면서 “연간 0.1 홍반선량 이하”라는 선량한도의 개념을 최초로 제시하였다.

이후 ICRU, ICRP, NCRP등의 발족으로 방사선방호의 개념은 활발히 개발되기 시작했으나, 역시 제2차 세계대전중 원폭개발을 위해 시작된 “맨하탄 프로젝트”에 의해 방사선방호 부분도 1950년대부터 비약적인 발전을 하게 되면서, 1970년대에 방사선피폭을 “합리적으로 달성가능한 낮게”라는 ALARA (As Low As is Reasonably Achievable)의 개념이 방사선방호의 원칙으로서 도입되게 되었다.

II. 본 론

현재 우리가 사용하고 있는 방사선방호의 기본 개념은 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection

;ICRP)의 권고에 기초하고 있는데, ICRP는 ICRP Pub. 9(1965년), Pub. 26(1977년), Pub. 60(1991년)등과 같은 일련의 보고서 발간을 통해 방사선방호의 기본 권고를 제시하고 있으며, 필자가 본고에서 살펴보고자 하는 이 ALARA의 개념은 1977년에 발간된 Pub. 26에서 확고하게 정립된 방사선방호의 개념으로서 현재까지 방사선관리의 실무에서 폭넓게 적용되고 있다.

ICRP는 Pub. 26에서 ALARA란 방사선방호를 “경제적 및 사회적 인자를 고려하여 개인의 피폭선량이나 피폭자 수, 잠재적 피폭위험을 합리적인 범위내에서 최소로 하는 것”이라고 정의하고 있다.

여기에서 먼저 언급해 두고 싶은 것은 이러한 ALARA의 정의 그 자체가 의미를 함축하고 있듯이 방사선방호가 단순히 과학적인 또는 기술적인 차원만의 문제가 아니라 경제, 사회, 윤리의 영역의 문제도 함께 취급해야 하며, 또한 그러한 영역으로부터 영향을 받는 철학적 문제임을 인식하는 것이 중요하다는 점이다.

ALARA 원칙은 방사선방호와 보건물리계 획등에서 가장 기본적인 개념으로서 널리 적용되고 있다. 방사선 피폭을 “합리적으로 달성가능한 낮게” 감소시키고자 하는 ALARA 원칙은 1959년 ICRP의 첫 보고서(ICRP Pub. 1)에 기술된바대로 모든 방사선 피폭은 “실질적인 낮게(As Low As Practicable; ALAP)” 유지되어야 한다는 권고에 기초를 두고 있다. 이 Pub. 1은 ICRP의 선량제한체계 권고의 그 기본을 이루는 것으로서 다음과 같은 두가지의 기본 개념을 담고 있다. 즉, 모든 불필요한 피폭은 방지되어야 하며, 모든 선량은 실질적으로 가능한 한 낮게 유지되어야 한다는 것이다.

ICRP는 이와같은 방호 개념을 보다 발전시키기 위한 과정에서 즉, 피폭선량을 실질적으로 가능한 한 낮게 유지하기 위한 허용선량의 수준을 결정하는데 있어서 경제적 및 사회적인 요인들을 반드시 고려해야만 한다는 것을 인식하게 되었으며, 따라서 1965년에 출간된 ICRP Pub. 9에서 ICRP는 피폭선량을 “경제적 및 사

회적 인자들을 고려하여 손 쉽게 달성가능한 낮게”(As Low As Readily Achievable, economic and social considerations being taken into account ; ALARA)유지되어야 한다고 권고하였다.

그 이후, ICRP는 이와같은 권고를 정성적으로만 표현하는 것은 ALARA 방호 원칙을 실질적으로 방사선관리 실무 현장에서 적용하는데 있어서 여러가지 어려움이 야기된다는 점을 감안하여, 1973년에 출간된 ICRP Pub. 22에서 ICRP는 “readily”를 “reasonably”로 용어 변경을 하면서, 최초로 방사선에 의해 야기된 상해의 정도를 측정하는 단위로서 집단선량이라는 양적인 개념을 도입하였으며, 아울러서 이 집단선량을 금전적인 가치로 환산하므로써 ALARA 원칙을 정량적으로 평가하여 그 결과를 방사선방호 목적에 사용할 수 있는 편익비용분석법의 개발을 시작하였다.

이와 같은 ALARA 원칙 정립을 통한 방사선방호 체계 개발을 위한 ICRP의 일련의 노력은 1977년에 출간된 ICRP Pub. 26을 통하여 다음과 같은 선량제한체계를 권고하므로써 완성되었다고 할 수 있겠다.

- (1) 방사선 피폭을 수반하는 모든 행위의 정당화
(The justification of a practice)
- (2) 방사선 피폭을 사회적 및 경제적 인자들을 고려하여 합리적으로 달성가능한 한도내에서 낮게 유지(As Low As Reasonably Achievable : ALARA, The Optimization of Protection)
- (3) 개인 피폭선량을 선량한도보다 낮게 유지
(Individual dose or limits)

이 선량제한체계는 최근 1990년의 신권고(ICRP Pub. 60)를 통해 방사선방호체계로서 재확인되었으며, 방사선방호의 최적화를 달성하고자 하는 개념으로서 발달하여 현재까지 방사선 피폭을 수반하는 모든 행위에 널리 적용되고 있다. 방사선방호의 최적화

(Optimization of protection)란 곧, “방사선 피폭을 사회적 및 경제적 인자등을 고려하여 합리적으로 달성가능한 한도내에서 낮게 (ALARA)” 유지한다는 것과 동일한 개념이다. ALARA가 근거하고 있는 기본적인 성질은 방사선 피폭을 저감화함으로써 얻어지는 건강적, 사회적 효과등에서의 이익과 그 피폭의 저감화를 달성하기 위해서 소요된 비용 사이의 균형을 이루는 데 있다.

즉, ALARA 방호원칙 이행의 근본적인 목적은 방사선 피폭이 수반되는 행위를 수행하므로써 얻게되는 이득과 이런 행위로 인하여 부득이 발생된 방사선 피폭으로부터의 위해 사이의 절대적인 균형을 달성하는 데에 있다고 하겠다. 실질적으로 이득과 위해(또는 위험) 사이에는 다음과 같은 상관관계가 있다. 즉, 위험이나 위해를 수용가능한 낮은 수준으로 낮추려고 하면 반드시 이득을 얻을 수 있는 가능성도 자연적으로 낮아지게 된다는 점이다. 그러나, 방사선피폭이 수반되는 행위를 수행함으로써 얻어지는 이득은 분명히 비용(위해)과 위험(장래의 위해에 대한 가능성)의 합계보다는 최소한 같거나 커야 할 것이다. 만일 이를 양적으로 표현하여 간단한 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{이득} \geq \text{비용} + \text{위험}$$

한편, 위의 수학적 관계식을 실제 상황에 적용하는 것은 불행히도 심리학적 및 사회적인 인자등을 포함하는 많은 미지수등이 있어서 그리 간단하지만은 않다. 따라서 방사선 피폭으로 인한 비용과 위험을 극소화하며 동시에 방사선 피폭을 수반한 행위로 부터 얻을 수 있는 이득을 극대화시킬 수 있는 방사선방호의 최적점을 찾아내기 위하여 정량적인 결정정보기술을 활용해야 하는 필요성이 여기에서 제기되는 것이다.

1989년에 발간된 ICRP Pub. 55 “Optimization and Decision-Making in Radiological Protection”에서는 이 정량적인 결정정보조

기술의 예로서 다음과 같은 네가지의 방법론에 관하여 상세히 설명하고 있다.

- (1) Cost-effectiveness Analysis
- (2) Cost-benefit Analysis incorporating differential cost-benefit analysis
- (3) Multi-attribute Utility Analysis
- (4) Multi-criteria Outranking Analysis

한편, ALARA 원칙의 중요한 면의 하나는 그 적용의 범위이다. ALARA 원칙은 작업종사자 개인의 피폭을 감소시키는 데에 국한되지 않고, 전체집단으로서의 작업종사자, 비작업종사자, 일반 공중 그리고 주변 환경등을 모두 적용대상으로 한다. 즉 개인 피폭선량 뿐만아니라 집단선량도 동시에 고려해야 하며, 아울러 주변 환경에 미치는 영향도 또한 감안해야 한다는 것이다.

예를 들면, 어떤 작업 환경이나 조건의 개선이 각 개인에 대한 피폭선량을 비록 낮출 수 있다 하더라도 맨시버트의 단위로 표현되는 어느 집단이나 전체에 대한 피폭선량을 과도하게 높게 할 경우에는 이런 작업 조건의 개선은 편익-비용분석 방법등에 의하여 고려해 볼 때 ALARA 원칙에 어긋나게 되는 것이다.

한편, 개인의 피폭을 감소시키고자 하는 ALARA 기본목적 이외에 환경에의 영향을 최소화시켜야 한다는 또 하나의 목적을 동시에 이루어야 한다. 이 환경에서의 영향은 주변 주민에 대한 현재 및 장래의 집단선량 예탁등의 양으로 표현된다.

즉, 개인의 작업상 피폭을 최소화하였다 하더라도 만일 환경에의 영향이 과도하게 커질 경우에는 이는 ALARA의 목적을 달성하였다고 할 수 없다는 것이다. 예를 들면, 어떤 작업을 자동화된 원격조작설비를 이용해 수행하므로써 종사자 개인피폭은 거의 없게 하였으나, 이 작업이 환경에로의 방사성 물질의 방출을 막대하게 초래하게 한 경우가 이에 해당된다고 하겠다.

최근 통계에 의하면 우리나라 및 외국의

원자력발전소 방사선 작업종사자들의 평균 개인피폭선량은 관계 법령에서 정하고 있는 최대허용피폭선량보다 훨씬 낮은 것을 알 수 있다. 이는 사업자들의 방사선방호 계획이 대부분의 경우에 방사선 피폭을 성공적으로 관리하고 있다는 것을 보여주고 있다고 하겠다. 하지만, 불필요한 방사선 피폭을 피하기 위한 노력은 계속적으로 강구되어야 하며, ALARA 계획은 더욱 강화되어야 할 것이다. 왜냐하면, 피폭이 합리적으로 달성 가능한 수준중의 가장 낮은 수준으로 지켜졌는지는 또다른 문제이기 때문이다.

방사선작업종사자에게 적용되는 선량한도란 방사선이 인체에 주는 생물학적 영향을 평가하고 이를 다른 일반산업에서의 안전한 위험도 수준(safe industry risks)과 비교하여 정한 값으로서, 이는 어느 한 개인의 피폭의 정도를 평가할 때 적용되는 양이다. 이를 어떤 피폭집단의 개인 평균 선량에 적용할 수는 없는 것이다. 방사선작업종사자, 일반 공중 그리고 환경을 방사선 위해로부터 방호하고자 하는 방사선방호 체제를 구축하고자 할 경우에 선량한도 그 자체만으로는 완전한 베이스가 되지 못하며, 이에 덧붙여 필수적으로 구비해야 하는 베이스가 바로 ALARA 원칙이다.

그러면, 방사선방호를 책임지고 관리하는 일선 관리자로서는 과연 종사자들의 피폭선량을 얼마나 낮게 유지하는 것이 “합리적으로 달성가능한 낮게”라는 ALARA 목표를 달성했다고 판단할 수 있겠느냐는 현실적인 질문을 가질 수 있다. 즉, 얼마정도 이하의 선량을 유지하면 종사자들의 피폭저감을 위한 더이상의 경제적 투자는 불필요하다고 볼 수 있겠느냐는 질문이다.

이에 대한 답변의 한 예로서 캐나다의 AECB는 다음과 같은 세가지의 기준을 정하였다. 즉, 연간집단선량이 1 맨시버트를 초과할 가능성이 없고, 연간 개인피폭선량이 1 밀리시버트를 초과할 가능성이 없으며, 동시에 시설 운영으로 인한 일반 공중의 연간 개인피

폭이 50 마이크로시버트를 초과할 가능성이 없다는 세가지의 조건이 동시에 충족되는 경우에는 동 시설에서의 방사선피폭의 ALARA가 성취되었다고 간주할 수 있으며, 현재의 방사선관리 체제에 대한 더이상의 검토나 개선은 불필요하다고 볼 수 있다는 것이다.

III. 맺는 말

ALARA의 개념이 최근에 우리나라의 원자력법에 정식으로 반영되어 입법화되었다. 원래 갓난아기에게는 단단한 음식을 주지않고 모유나 우유를 주는 법이다. 이는 아기가 어른들이 먹는 단단한 음식을 제대로 소화해 낼 수 있는 능력이 아직 갖추어지지 않았기 때문이다. 이번에 원자력법에 이 ALARA 개념이 반영되어 제도화된 것을 필자는 우리나라의 원자력제도 이제는 충분히 성숙되었다라는 사실을 증명한 결과라고 이해하고 싶다. 즉, 이제는 원자력의 이용이 우리에게 주는 경제적 이익만을 무조건적으로 기대하지는 않고, 경제적 이익과 함께 가져다 줄지도 모르는 사회적 및 건강적 재앙에 대해서도 원자력계에 종사하는 모든 이들과 우리 국민들이 충분히 대처해 나갈 준비가 되어 있음을 의미한다고 받아들이고 싶은 것이다.

ALARA라는 씨앗이 이제 우리나라의 원자력계라는 토양에 심어진 것이다. 이제는 정성을 들여 물과 거름을 주어 이를 잘 가꾸어 나가야 할 때라고 본다. 잘 가꾸어 나가기 위해서는 ALARA목표 달성을 위한 시행령, 시행규칙, 장관고시등의 정비, 안전규제지침 및 세부절차서등의 개발이라는 물도 필요하겠지만, 역시 가장 질 좋은 거름은 다름아닌 ALARA 원칙 이행에 최우선순위를 둔 훌륭한 방사선방호 정책 수립과 시행을 통해 종사자들의 방사선 안전을 최상의 수준으로 유지하겠다는 최고경영자를 포함한 모든 경영진이나 관리자등의 확고부동한 의지라 하겠다.