

방사선방호 등에 관한 기준의 제정



조건우

한국원자력안전기술원 방사선방호실장

1. 배경

2001년 1월 31일자로 방사선 안전 분야에서 네 개의 과학기술부 고시가 새롭게 제정되었다.

이는 1999.2.8일에 있는 원자력법의 개정에 따른 후속 조치로서 그동안 99.8.31일에 동법 시행령을 그리고 2000.5.27일에 동법 시행규칙을 각각 개정하였으며, 또한 2000.4.18일에는 “방사선안전관리등의 기술기준에 관한 규칙(과학기술부령)”을 새로이 제정하였다.

이와 같은 일련의 원자력법령의 개정 동향에 따라 이번에 기존의 과학기술부고시 제98-12호 “방사선량등을 정하는 기준”을 폐지하고, 다음 표 1 및 2와같이 네 개의 고시를 새롭게 제정하게 되었다.

본 글은 고시 폐지 및 제정에 대한 배경과 그 주요 내용을 설명하여 방사선 이용 분야에 종사하는 자들의 이해를 돕고자 하였다.

제98-12호	방사선량 등을 정하는 기준	폐 지
↓		
제2001-2호	방사선방호 등에 관한 기준	제 정
제2001-3호	방사성동위원소에서 제외되는 물질 등에 관한 고시	〃
제2001-4호	방사선발생장치에서 제외되는 용도 및 용량 등에 관한 고시	〃
제2001-5호	사용허가 대상에서 제외되는 핵연료물질의 종류 및 수량 등에 관한 고시	〃

〈 표 1 〉 방사선 안전 분야 고시 폐지 및 신규 제정

구 고시

신 고시

방사선량 등을 정하는 기준 제11조(방사성동위원소) 일부	⇒	방사성동위원소에서 제외되는 물질 등에 관한 고시 (제2001-3호)
방사선량 등을 정하는 기준 제11조의 나머지 일부	⇒	사용허가 대상에서 제외되는 핵연료물질의 종류 및 수량 등에 관한 고시 (제2001-5호)
방사선량 등을 정하는 기준 제13조(제외되는 방사선발생장치)	⇒	방사선발생장치에서 제외되는 용도 및 용량 등에 관한 고시 (제2001-4호)
방사선량 등을 정하는 기준 그 이외의 모든 조항들	⇒	방사선방호 등에 관한 기준 (제2001-2호)

〈 표 2 〉 신·구 고시의 상호 관계

2. 고시 제2001-2호 “방사선방호 등에 관한 기준” 주요 제정 내용

“방사선방호 등에 관한 기준”(방호기준)에서의 주요한 제정 내용으로서는 다음과 같은 세 가지를 들 수 있겠다.

- 1) 원자력법 시행령 별표 1에 의거 방사선작업종사자중 임신이 확인된 자에 대한 선량한도를 새롭게 정함. (제4조)
- 2) 상위 법령에 근거 규정이 없어진 “최대허용표면오염도, 최대허용공기중 및 수중농도” 및 관련 조항을 삭제하고 방사성물질의 연간섭취한도, 유도공기중농도 및 배출관리기준을 새로 정함. (제6조, 제7조, 제8조)
- 3) 원자력법 시행령 제301조 제1항 제3호 마목의 방사선긴급작업과 시행령 제104조 제2항의 긴급작업시 피폭방사선량을 가능한 한 합리적으로 낮게 유지하기 위하여 필요한 방사선방호 조치를 취하도록 하는 등 긴급작업에 적용되는 절차를 세부적으로 새로 정함. (제15조)

〈 임신이 확인된 자에 대한 선량한도 〉

방사선작업종사자중 임신이 확인된 자에 대한 선량한도는 ICRP 60에 근거하여 방호기준 제4조에서 다음과 같이 정하였다.

임신한 사실을 사업자에게 보고하여 임신이 확인된 방사선작업종사자에 대하여는 임신이 확인된 시기부터 출산시까지 하복부 표면에서의 등가선량한도를 2 mSv로 하고 같은 기간 동안 섭취하는 방사성핵종의 한도는 제7조에서 정하는 연간섭취한도(ALI)의 1/20로 한다. 이때 외부피폭과 내부피폭이 병행한다면 각각 2 mSv 및 ALI/20에 대한 분율의 합이 1을 초과하지 아니하여야 한다.

ICRP 60 권고에 따르면 임신하고 있지 않은 여성 작업자의 직업상 피폭 관리는 남성의 경우와 동일하다. 다만, 임신이 확인된 자에 대한 선량한도를 별도로 정하는 것은 태아를 보호하기 위한 것이다. 태아에 대한 선량제한 값을 설정함에 있어 기본적인 원칙은 태아를 자연인으로서 일반인과 대등한 선량한도를 적용한다는 것이다.

그러므로 임신이 확인된 여성에 대해서는 잔여 임신기간 동안 하복부 표면에 2 mSv의 등가선량을 적용함으로써 내부 태아의 유효선량이 1 mSv보다 낮게 하며 또한 같은 기간중 임신부의 방사성 핵종의 섭취를 ALI의 1/20으로 제한함으로써 태아의 내부피폭을 일반인의 선량한도인 1 mSv 이하로 제한한다는 개념이다.

여기에서 규정의 적용 시점을 임신이 확인된 여성 즉, 임신 사실을 신고한 여성에 대해 적용하게 된 배경은 신고 전에 태아가 방사선에 피폭하였다 하더라도 ICRP가 직업상 피폭에 대해 권고한 선량한도를 포함하는 방사선 방호체계를 그 여성 작업자가 준수하였다면 태아는 적절히 방호되었다고 보는 것이다.

즉, 수태(受胎)후 최초의 3주간 이내의 배태(胚胎)의 피폭은 출생아에게 결정적 또는 확률적 영향을 야기하지 않는다고 보고 있다. 그리고 수태후 3주간이 경과한 날부터 임신 마지막까지의 기간을 통하여 받은 방사선 피폭은 출생아에게 암 발생 확률을 증가시킬 수도 있으나 그 위험도는 집단전체에 대한 위험도의 겨우 수배(數倍) 정도라고 판단한다.

한편, 외부피폭의 경우에 하복부 표면에서 2 mSv를 적용하는 이유는 외부피폭으로 인해 하복부 표면에서 2 mSv이면, 인체의 차폐효과로 대략적으로 태아는 1 mSv에 피폭할 것으로 가정하는 것이다.

참고로 상기의 별도 규정은 여자에 대한 여러 가지 종류의 차별 철폐에 관한 UN조약에 '모성(母性)을 보호하는 목적으로 특별조치를 취하는 것은 차별로 해석해서는 안된다' 고 하는 것에도

부합한다.

결국 임신이 가능한 여성 방사선작업종사자는 임신이 확인되면 즉시 고용주에게 그 사실을 보고하는 것이 무엇보다 중요하고, 뜻밖에 높은 준위의 피폭이 가능하거나 또는 방사성물질의 대량 섭취의 가능성이 크지 않는 종류의 작업을 담당하는 것과 같이 작업 근무 여건이 개선된 환경에서 종사해야 할 것이다.

〈 허용표면오염도, 연간섭취한도, 유도공기중농도 및 배출관리기준 〉

한편, 과거의 법령에서 사용하던 개념인 “최대허용표면오염도”와 “최대허용농도”의 개념이 1998년에 시작된 ICRP 60의 국내 제도화로 폐지됨에 따라, 금번에 허용표면오염도, 방사성물질의 연간섭취한도, 유도공기중농도 및 배출관리기준을 새로이 정하게 되었다.

허용표면오염도는 기존에 최대허용표면오염도와 허용표면오염도로 분리되어 있던 분류 기준을 허용표면오염도로 단일화하여, 기존의 관리구역과 방사선구역에 대해 상이하게 적용되고 있던 것을 단일 규제 체계로 통합하므로써 단순화하여 오염관리기준을 개선하였다.

금번에 정의한 허용표면오염도 값 그 자체는 기존에 적용하던 값과 차이가 없다. 다만, 표면오염도 기준을 적용함에 있어 유리성 오염과 고착성 오염의 경우에 각각 어떻게 적용해야 하는가를 보다 분명히 규정하기 위해 방호기준 제5조에서 허용표면오염도를 다음과 같이 정하였으므로, 원자력 관계 법령 등에서 ‘고착성 오염에 대해서 적용한다’라는 특별한 언급이 없는 경우에는 동 표면오염도 기준은 유리성 오염에 대해 적용하는 것이 타당하다.

영 제2조제10호의규정에 의한 허용표면오염도는 그 오염을 제거할 수 있는 경우로서 다음 각 호와 같다.

1. 선을 방출하는 방사성물질에 대하여는 4kBq/m²
2. 선을 방출하지 아니하는 방사성물질에 대하여는 40kBq/m²

또한, 기존의 방사선작업종사자에 대한 최대허용수중 및 공기중 농도 개념을 폐지하고, 그 대신에 99.8.31 원자력법 시행령 개정시에 ICRP 60 권고에 따라 동 시행령 제2조(정의) 제37호 및 제38호에 각각 방사선작업종사자에 대한 연간섭취한도 및 유도공기중농도 개념을 도입하였고, 금번에 제정 고시한 방호기준의 별표 3 및 별표 4에 그 구체적인 수치를 제시하였다.

연간섭취한도 및 유도공기중농도를 산출함에 있어서 기준 값인 종사자의 선량한도는 20 mSv/yr를 그리고 선량환산계수는 IAEA Safety Series 115에 제시된 값을 그리고 작업시간은 연간 2,000 시간, 호흡률은 1.2 m³/hr을 적용하였다.

한편, 기존의 일반인에 대한 최대허용수중 및 공기중 농도 개념을 폐지하고, 그 대신에 원자력

법 시행령 제2조(정의) 제36호에 따라 배출관리기준에 대한 구체적인 수치를 마찬가지로 방호 기준의 별표 3 및 별표 4에 제시하였다.

배출관리기준을 설정하게된 기본적인 배경은 일반인에 대해서는 흡입 또는 마시는 공기 및 물 중의 방사능 농도를 직접적으로 관리할 수 없으므로 그 대신에 원자력관계시설로부터 환경중으로 배출되는 방사성유출물에 함유된 공기중 및 수중 방사성핵종의 농도를 관리한다는 개념이다.

배기중 배출관리기준은 작업종사자에 대한 유도공기중농도로부터 산출되며, 이 때 적용되는 기준 값인 일반인 선량한도는 1 mSv/yr, 일반인과 작업자의 호흡률 및 활동시간의 차이(1/3), 연령군별 선량환산계수의 차이(1/2)를 가중하여 계산된다.

배수중 배출관리기준은 작업종사자에 대한 연간섭취한도로부터 산출되며, 이 때 적용되는 기준 값인 일반인 선량한도는 1 mSv/yr, ICRP 23에 제시된 표준인의 물 섭취율(2l/일), 연령군별 선량환산계수의 차이(1/2)를 가중한다.

상기와 같이 방사선방호의 기본 기준인 선량한도로부터 작업자 및 작업장의 관리를 실제로 용이하게 하기 위해 도입되는 각종 유도기준들을 산출하기 위한 원칙, 방법, 절차 등은 그리 단순하지는 않다. 따라서, 금번에 신설된 방호기준은 규정의 이해를 돕기 위해 별표 3 및 별표 4의 주석을 별도로 만들어서 동 고시에 함께 수록하였다.

한편, 유도기준들의 실제적인 산출 과정의 예를 살펴보면 다음과 같다.

〈 연간섭취한도(Bq) 및 유도공기중농도(Bq/m³) 산출 예 〉

- 작업종사자 선량한도(Sv) : 20 mSv/년
- 선량환산계수 값(Sv/Bq) : 단위방사능 농도 섭취 또는 호흡을 통해 받게되는 유효선량
- 연간섭취한도(ALI: Bq) = 선량한도(Sv)/선량환산계수(Sv/Bq)
- 작업자의 연간 작업시간 = 50주/년 × 8 시간/일 × 5일/주
= 2000 시간/년
- 작업자의 호흡률 = 0.02 m³/분 = 1.2 m³/시간
- 유도공기중농도(DAC: Bq/m³) = 연간섭취한도(ALI) / (2000 × 1.2)
= 연간섭취한도(ALI) / 2400

예) Co-58 (Moderate의 경우)

$$\begin{aligned} \text{연간섭취한도} &= (20 \times 10^{-3}) / (1.4 \times 10^{-9}) \text{ Bq/m}^3 \\ &= 1.4 \times 10^7 \text{ Bq/m}^3 \\ &\approx 1 \times 10^7 \text{ Bq/m}^3 \end{aligned}$$

(※ 참고 : 선량환산계수 1.4×10^{-9} 값은 IAEA BSS-115에서 인용)

$$\begin{aligned} \text{유도공기중농도} &= (1.4 \times 10^7) / 2400 = 5,952 \\ &\approx 6 \times 10^3 \text{ Bq/m}^3 \end{aligned}$$

〈 배기 및 배수중의 배출관리기준 산출 예 〉

o 배기중의 배출관리기준(불활성기체 제외) = DAC/(20×3×2)

- 20 : 일반인과 작업자와의 선량한도의 차이
- 3 : 작업자와 일반인의 호흡률 및 활동시간의 차이
- 2 : 연령군별(작업자와 일반인의) 선량환산계수의 차이

예) Co-58의 경우 (Moderate의 경우)

$$\begin{aligned} \text{배출관리기준} &= 6 \times 10^3 \text{ Bq/m}^3 / (20 \times 3 \times 2) \\ &= 50 \text{ Bq/m}^3 \end{aligned}$$

o 배수중의 배출관리기준(불활성기체 제외)

$$= (\text{섭취의 경우에 대한 종사자 연간섭취한도}) / (20 \times 2 \times 0.73)$$

- 20 : 일반인과 작업자와의 선량한도의 차이
- 2 : 연령군별(작업자와 일반인의) 선량환산계수의 차이
- 0.73 : 성인의 연간 물 섭취량 : 2 리터/일 = 0.73 m³/년

예) Co-58의 경우 (Moderate의 경우)

$$\begin{aligned} \text{섭취의 경우에 대한 종사자 연간섭취한도} \\ &= (20 \times 10^{-3}) / (7.4 \times 10^{-10}) \text{ Bq/m}^3 = 2.7 \times 10^7 \text{ Bq/m}^3 \\ &\approx 3 \times 10^7 \text{ Bq/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{배출관리기준} &= 2.7 \times 10^7 \text{ Bq/m}^3 / (20 \times 2 \times 0.73) \\ &\approx 9.2 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3 \end{aligned}$$

〈 긴급작업에 적용되는 절차 〉

마지막으로 원자력법 시행령 제301조 제1항 제3호 마목 및 제104조 제2항과 관련, 원자력관계시설의 운영중에 계통 또는 기기의 이상 등으로 예상치 않은 방사선피폭을 수반하는 방사선긴급작업을 불가피하게 수행해야만 하는 경우에 적용되는 절차를 구체적으로 방호기준 제15조에서 다음과 같이 규정하였다.

상기의 조항을 금번에 새로이 규정하게 된 배경은 최근 원전 등에서 발생한 일련의 사고·고장 사건에 대해 사업자가 취한 대응 조치의 적절성을 평가한 결과에 근거한 것으로 우선 동 규정에서는 방사선 긴급작업으로 인해 예상되는 피폭방사선량을 피할 수 있는 대안이 없거나 현실적으로 불가능한 극히 예외적인 상황일 때에만 사업자가 동 작업을 승인하도록 하였다.

또한, 긴급시의 방사선작업으로 인해 방사선피폭이 불가피하게 수반되기는 하지만, 이 경우에도 사업자는 작업에 참여하는 종사자의 피폭방사선량을 가능한 한 합리적으로 낮게 유지하기 위

제15조(긴급시 방사선작업절차 등) 제14조 및 영 제104조 제2항의 규정에 의한 긴급작업에 적용되는 절차는 다음과 같다.

1. 원자력관계사업자는 방사선 긴급작업으로 인해 예상되는 피폭방사선량을 피할 수 있는 대안이 없거나 현실적으로 불가능한 극히 예외적인 상황일 때에만 이를 승인하여야 한다.
2. 긴급시의 방사선작업은 작업 시작전에 원자력관계사업자(원자력관계사업자의 허가 등을 받은 자가 아닌 경우에는 그 고용주 또는 대리인)의 승인을 서면으로 받아야 한다.
3. 원자력관계사업자는 법 제97조 제1항 제4호의 규정에 따른 작업에 참여하는 자의 피폭 방사선량을 가능한 한 합리적으로 낮게 유지하기 위하여 필요한 방사선방호 조치를 취하여야 한다.
4. 원자력관계사업자는 작업 승인을 하기 전에 동 작업에 참여하는 자에게 다음 사항을 통보하여야 한다.

가. 계획된 긴급작업의 목적

나. 작업 수행으로 받게되는 예상 피폭방사선량, 부수적인 잠재적 위험도, 구체적인 방사선 준위 또는 기타 작업 조건

다. 제3호의 방사선방호 조치에 관한 구체적 지침

하여 필요한 모든 방사선방호 조치를 반드시 취하도록 하는 작업자 방사선피폭의 ALARA 원칙 준수 의무를 명확히 규정함으로써 긴급한 상황에서도 가능한 종사자의 방호에 최선을 다하도록 유도하였다.

3. 맺는말

금번에 새롭게 방호기준을 제정함으로써 1998년부터 시작된 ICRP 60의 국내 제도화가 이제 거의 마무리되었고 우리나라의 방사선방호 법령 체계가 명실공히 ICRP 60에 근거한 방호 체계라고 말할 수 있게 되었다고 본다.

새로운 방호 개념과 체계의 도입으로 우리에게 가져다주는 어려움과 혼란도 당분간은 충분히 예상할 수 있지만, 이러한 규정 개선 노력을 통해 우리나라의 방사선방호 수준이 점차 개선되어 결국 인간 중심의 안전규제 법령 체계로 발전해 나가는 것이라고 판단한다. 