

# 국제 원자력기관(IAEA)의 「電離방사선의防護 및 방사선원 안전의 국제 기본안전 기준」 (BSS)의 소개(下)

Minoru Fujita

藤田 稔

일본 千代田테크놀(株) 고문

## 〈 제 3 장 〉

**개**인의 선량한도는 행위의 정당화, 방호의 최적화와 함께 방사선 방호 체계의 기초이며, 또한 방사선업무종사자에게 가장 절실한 것 중의 하나이다. IAEA의 Safety Series No. 115, 국제 기본안전기준(BSS)은 ICRP의 Publication 60에 제시한 직업피폭시의 개인선량한도치 개정권고를 기본으로 하여 준수해야 할 선량한도치를 보다 실제적인 방사선관리에 가까운 형태로 제시하고 있다. 이하 BSS의 선량한도치와 관련된 부분인 별표 II를 중심으로 소개해 보고자 한다.

### 선량한도의 적용범위와 수치

#### 별표 II 선량한도

#### 적 용

II-1. 별표 II에 규정된 선량한도는 행위

(Practices)에 기인하는 여러가지 피폭에 적용(행위에 대해서는 용어의 해설 참조)한다. 다만 의료피폭 및 당사자의 책임하에 있지 않다고 보는 것이 합리적이라 생각되는 자연 선원에 기인하는 피폭은 제외한다.

II-2. (205)항에 기술한 조건 즉 작업에 부수적으로 발생하는 라돈에의 피폭이 만성피폭의 상황에 있고, 작업장의 라돈의 평균농도가  $1000\text{Bqm}^{-3}$ 을 초과하는 조건의 경우에는, 작업자의 피폭에 대해 Table II-I의 한도를 적용한다.

II-3. 선량한도는 잠재피폭의 제어에는 적절하지 않다.

II-4. 선량한도는 개입을 하는가 아닌가의 결정, 또는 어떻게 개입하는가의 결정에는 적절하지 않다. 그러나 개입을 행하는 작업자는 V. 27에 기술되어 있는 요구사항(Table a)에 따라야 한다.

Table II-I 라돈 자손핵종 및 토론 자손핵종의 연섭취한도 및 연피폭한도

양	단 위	라돈 자손핵종	토론 자손핵종
5년 평균치			
연 포텐셜 $\alpha$ -에너지 섭취	J	0.017	0.051
연 포텐셜 $\alpha$ -에너지 피폭	Jhm <sup>-3</sup>	0.014*	0.042*
	WLM	4.0*	12*
단일 연최대치			
포텐셜 $\alpha$ -에너지 섭취	J	0.042	0.127
포텐셜 $\alpha$ -에너지 피폭	Jhm <sup>-3</sup>	0.035**	0.105**
	WLM	10.0**	30**

注) WLM에 대해서는 용어해설 참조

라돈 자손핵종의 한도는 ICRP Publ.65의 값과 같다.

\*마크는 20mSv에, \*\*마크는 50mSv에 상당한다.

Table a 개입을 행하는 작업자<sup>1)</sup> 선량의 上限

	IAEA	ICRP
사고의 制御 긴급한 구제작업(인명구조 이외)	모든 합리적인 노력을 하여, (최대연선량한도)×2	실효선량이 약 0.5Sv를 초과하는 것을 허용해서는 안된다. 피부등가선량이 약 5Sv를 초과하는 것을 허용해서는 안된다.
인명구조	모든 합리적인 노력을 하여, (최대연선량한도)×10이 한도치에 가깝거나 초과하는 조치는 작업자 자신의 리스크보다 타인의 이익이 우선하는 경우에만 행한다.	선량의 算定値에 의해 제한되는 경우는 드물다.

1) a) 인명구조 또는 중대한 傷害를 방지하는 목적을 가진 작업자

b) 대량의 집단선량을 회피하기 위한 조치를 행하는 작업자

c) 큰 재해상황의 확대를 방지하기 위한 처리를 하는 작업자

Table b IAEA와 ICRP의 직업피폭과 공중피폭 한도의 비교

피폭 구분	대상자 또는 상황	선량의 구분	I A E A	I C R P
직업	18세이상	실효선량 등가선량 눈의 수정체 말단부(손, 발) 또는 피부	5년간에 평균 20mSv/연 1년간에 50mSv  1년간에 150mSv 1년간에 500mSv	좌와 같음
	16~18세의 견습생 및 학생	실효선량 등가선량 눈의 수정체 말단부(손, 발) 또는 피부	1년간에 6mSv  1년간에 50mSv 1년간에 150mSv	기재 없음
	특별한 상황	실효선량 (a) 또는 (b)	(a) 평균기간을 최대 10년 까지 연장할 수 있다. 평균 20mSv/연 또는 1년간 50mSv (b) 변경기간은 5년간을 초과하지 않는다. 1년간에 50mSv	기재없음
공중피폭		실효선량 등가선량 눈의 수정체 피부	1년간에 1mSv  1년간에 15mSv 1년간에 50mSv	좌와 같음
		실효선량	5년간 평균 1mSv/연을 초과하지 않는 조건으로 1년간에 5mSv	5년간 평균 1mSv/연을 초과하지 않는 조건으로 1mSv/연보다 높은 값

Table c 환자의 간호자 또는 방문자의 선량구속치

대상자 구분	I A E A	I C R P
간호자	5mSv/검사 또는 치료기간	기재없음
방문자 RI투여환자에의 방문자(아이)	5mSv/검사 또는 치료기간 1mSv	기재없음

## 직업피폭 선량한도

II-5. 작업자의 직업상 피폭은 모두 아래의 한도를 넘지 않도록 制御하지 않으면 안된다.

- (a) 실효선량이 연속적인 5년간에 걸쳐 평균 1년간에 20mSv<sup>2)</sup>
- (b) 실효선량이 임의의 1년간에 50mSv
- (c) 눈의 수정체의 등가선량이 1년간에 150mSv
- (d) 말단부(손과 발) 또는 피부의 등가선량이 1년간에 500mSv.(注: 이러한 한도치는 모두 ICRP의 권고치와 일치하고 있다.)

II-6. 방사선피폭을 수반하는 직종에 일하고 자 훈련을 받고 있는 16~18세의 견습생 및 학습과정에서 선원을 사용할 필요가 있는 16~18세의 학생에 대해, 직업상 피폭은 아래의 한도를 넘지 않도록 制御하지 않으면 안된다.

- (a) 실효선량이 1년간에 6mSv
- (b) 눈의 수정체에 대한 등가선량이 1년간에 150mSv

(주: 작업자에 대한 한도의 약 1/3이라는 이 한도치를 ICRP는 부여하지 않고 있다.)

2) 평균기간의 개시는 IAEA의 기준이 시행된 후 적절한 1년간의 기간중 최초의 일자와 일치시켜야 한다. 과거로 거슬러 올라 평균하는 일은 없다.

- \* i) 행위가 정당화되어 있어 좋은 습관에 따라 계획 실행되고 있다.
- ii) 행위에 대해 방호의 최적화가 되어 있지만, 직업 피폭이 한도를 넘어서고 있다.
- iii) 합리적인 노력에 의해 직업피폭이 곧 한도 이하가 될 것이 예상될 경우에는, 규제당국은 예외적으로 한도의 요건을 일시적으로 변화하는 것을 인가할 수 있다.

\* \* 환자를 간호하는 사람의 피폭을 ICRP는 의료피폭에 분류하여 설명하고 있는데, IAEA는 간호하는 사람에 대한 한도를 공중피폭의 항목에서 설명하고 있어 양자가 일치하지 않는다.

## 특별한 상황

II-7. 특별한 상황\*에서는 선량제한 요건의 일시적인 변경에 인가된다.

(a) II-5항 (a)에서 말한 선량의 평균 기간은 규제당국이 지정한 경우, 예외적으로 연속하는 10년간이나 된다. 실효선량은 이 기간에 걸쳐 평균으로 1년간 20mSv를 넘어서는 안된다. 또한 임의의 1년에 대해서는 50mSv를 넘어서는 안된다. 더욱이 어느 임의의 작업자의 集積線량이 연장한 평균기간의 개시부터 100Sv에 이르렀을 때, 그 상황을 재음미하지 않으면 안된다.

또한, (b) 선량제한의 일시적 변경은 규제당국이 지정한 것이어야 하지만, 임의의 1년에 있어서는 50mSv를 넘어서는 안되며, 일시적 변경기간은 5년간을 넘어서는 안된다.

(주: 이 (a), (b)에 해당하는 것은 ICRP 권고에는 없다.)

## 공중피폭 선량한도

II-8. 적절한 결정집단의 공중 구성원에 대한 추정 평균선량이며, 행위에 기인하는 선량은 아래 한도를 초과해서는 안된다.

- (a) 실효선량이 1년간에 1mSv
- (b) 특별한 상황에서 연속하는 5년간에 걸쳐 평균 실효선량이 1mSv/연을 넘지 않는다는 조건으로 실효선량이 1년간 최대 5mSv.

(주: 이 한도치는 ICRP 권고에는 없다.)

## 환자의 간호자\*\* 및 방문자의 선량제한

II-9. 이 개소(공중피폭)에서 말하는 선량한도는, 환자의 간호자 즉 의료상의 진단 또는 치료를 받고 있는 환자에 대한 보살핌, 시중, 간호를 자발적으로 하고 있는 동안 양해

하고서 피폭하는 개인에는 적용해서는 안된다. 그러나 이런 간호자 또는 환자 방문자의 선량은 구속을 받아 환자의 진단검사 또는 치료기간 동안 5mSv를 넘지 않도록 하여야 한다. 방사성물질을 체내에 섭취한 환자를 방문하는 어린이에의 선량은 마찬가지로 1mSv보다 적도록 구속하여야 한다.

(주: ICRP는 이러한 구속치를 정하고 있지 않다.)

선량한도를 따르고 있다는 증명

II-10. 별표 II에 규정된 선량한도는 지정된 기간내의 외부피폭에 의한 해당 선량과 같은 기간내에 섭취한 해당 예탁선량의 합에 대해 적용한다. 예탁선량을 계산하는 기간은 통상 성인의 섭취에 대해서는 50년간, 아이의 섭취에 대해서는 70년간으로 하여야 한다.

II-11, II-12 (생략)

II-13. 라돈 자손핵종 및 토론 자손핵종을 제외하여, (방사성 핵종의) 단위섭취량의 예탁 실효선량(실효선량 계수)의 값이 공중피폭에 대해, 經口섭취와 흡입섭취로 나누어 각각 Table II-III(생략)과 II-IV(생략)에 주어지고, 또한 직업피폭에 대해, 경구섭취와 흡입섭취 양쪽 경우의 실효선량 계수의 값이 Table II-V(생략)에 주어지고 있다.

(주: ICRP는 공중피폭에 대한 실효선량 계수의 값을 Publ. 56, 67, 69, 71에 제시하고, 또한 직업피폭에 대한 실효선량 계수의 값을 Publ. 68에 제시하고 있다.) 핵종j의 연섭취한도(ALI)의 값  $I_{i, j}$ 는 다음 식에서 구할 수 있다.

$$I_{i, j} = \frac{DL}{h_j}$$

여기서 DL은 실효선량의 연한도 중에 해당하는 값,  $h_j$ 는 Table II-III, II-IV 또는 II-V에 제시하는 단위 섭취량당의 실효선량 중 해당하는 값.

II-14, II-15 (생략)

II-16. 라돈 자손핵종에의 폭로에 대해  $mj \cdot h \cdot m^{-3}$ 당 1.4mSv라는 변환계수의 값(이 값은 ICRP Publ. 65의 값과 같다)을 사용하면, II-5항의 선량한도는 다음과 같이 해석된다. 20mSv는  $14mJ \cdot h \cdot m^{-3}$ (4WLM)에 대응한다. 50mSv는  $35mJ \cdot h \cdot m^{-3}$ (10WLM)에 대응한다.(WLM에 대해서는 용어의 해설 참조)

또한 IAEA는 근무조건에 관한 사항으로, Appendix I의 I.17에 고용자는 임신을 한 여성의 직업상 피폭에 관한 작업조건을 수정하여, 공중의 구성원에 요구된 레벨과 같은 레벨의 방호를 胚 또는 태아가 받도록 보증되어야 한다고 기술하고 있다.

ICRP도 또한 胚 또는 태아에 대한 방호는 공중 구성원에 대한 방호와 같은 레벨이어야 한다는 방침을 정하고 있다. 그리고 구체적으로는 일단 임신이 신고되면 여성의 복부(동체 하부)의 표면에 대해, 임신의 나머지 기간에 2mSv라는 등가 선량한도를 적용함으로써 胚 또는 태아를 방호하도록 하고 있다. 또한 어머니의 방사성물질 섭취는 ALI의 1/20으로 제한한다.

Table d. 임신을 계출(신고)한 여성의 피폭한도

IAEA	ICRP
胚 또는 태아에 대한 방호의 레벨은 공중 구성원에 대한 방호레벨과 같음	복부 표면에 대해 임신의 나머지 기간 2mSv

**용어 해설**

◎ 행위(Practice)(IAEA)

피폭의 선원 내지 피폭의 경로를 첨가하거나, 또는 피폭된 사람들을 더욱 증가시

키거나, 또는 피폭경로의 네트워크를 바꾸어 사람들의 피폭을 또는 피폭의 발생을 증가시키거나, 또는 피폭된 사람들의 수를 증가시키는 모든 인간의 활동

◎ 워킹레벨(Working Level, WL)

라돈 자손핵종 또는 토론 자손핵종의 존재에 기인하는 포텐셜 알파 에너지 농도(즉 단위체적의 공기중에 있는 원자 및 그 자손핵종의 완전한 붕괴의 기간에 방출되는 알파 입자에 의해 야기된, 공기의 단위체적당의 모든 에너지의 합)이며, 공기 1ℓ 당 알파 에너지  $1.3 \times 10^5 \text{MeV}$ 의 방출과 같다. SI단위로 WL은  $2.1 \times 10^{-5} \text{J} \cdot \text{m}^{-3}$ 와 같다.

◎ 워킹 레벨 먼스(Working Level Month, WLM)

라돈 자손핵종에의 폭로단위

$$1\text{WLM} = 170\text{WL} \cdot \text{h}$$

1WLM는  $3.54\text{mJ} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ 과 같다.

## 〈 제 4 장 〉

어떤 행위에 있어 취급하는 방사성 핵종의 양 또는 농도가 확실히 적거나, 또는 방사선 발생장치에서 방출되는 방사선의 양이 확실히 적다면, 이러한 방사선이 인체(직업인, 공중)에 주는 영향은 극히 적기 때문에 이러한 선원에 대해 특별히 제출, 등록, 인허가의 법적 규제를 할 필요가 없지 않느냐 하는 생각이 있다. 이것이 면제(Exemption)라 부르는 개념이다. 또한 ICRP Publ. 60에는 면제를 적용하는 이유로 이 선원이 사소하다는 것 외에 그 방사능 내지 농도에 의한 선량(개인선량 및 집단선량)을 有

意하게 저감하는 비용이 부당하게 高價이므로 합리적인 수단이 없다는 것을 또 하나의 이유로 삼고 있다(Table a).

IAEA(BSS)는 각 방사성 핵종에 대해, 선량이 적은 것의 근거가 되는 면제 레벨(방사능 농도(Bq/g) 및 방사능(Bq))을 제시하고 있다. 또한 방사선발생장치에 대해서도 면제의 조건을 부여하고 있다. 면제에 대한 구체적인 수치는 ICRP에 의해 부여되지는 않으며, 면제 레벨을 포함한 BSS의 면제와 관계가 있는 항목은 참고가 될 것이 많으리라 생각되기 때문에 관계가 있는 대목을 소개한다. 또한 이러한 면제 레벨(방사능농도 및 양)을 구하는 방법이 유럽공동체의 문헌<sup>1)</sup>에 제시되어 있으므로 그 일부도 포함시켜 소개한다.

## IAEA(BSS) 별표 1(면제)

### 면제의 기준

1-1. 행위 및 행위내의 선원이 본 별표에 규정한 면제의 기준 또는 면제의 레벨에 의거하여 규제당국이 규정한 다른 면제 레벨과 합치하고 있음을 규제당국이 확신한 경우, 이러한 행위 및 행위내의 선원은 제출, 등록 및 인가의 요건을 포함하는 본기준(BSS)의 요건에서 면제하여도 좋다. 정당화되지 않는 행위를 허가하기 위해 면제를 부여하여서는 안 된다.

1-2. 면제에 관한 일반원칙<sup>35)</sup>은 다음과 같다.

- (a) 면제된 행위 내지 선원에 의해 야기된 개인의 방사선 리스크는 규제가 관여하지 않아도 될 정도로 충분히 적다.
- (b) 면제된 행위 내지 선원의 집단에 대한 방사선 영향은 일반적 상황하에서는 충분히 적기 때문에, 규제하여 관리하는 것은 시인되지 아니한다.
- (c) 면제된 행위 및 선원은, 기본적으로 안

35) 국제 원자력기관, 방사선원 및 행위의 규제관리로부터의 면제에 대한 원칙, Safety Series No. 89, IAEA Vienna(1988)

전하여 기준 (a), (b)와 맞지 않는 시나리오의 거의 일어날 것 같지 않다.

1-3. 행위 또는 행위내의 선원이 있을 수 있는 모든 상황에서 아래 기준을 충족하는 경우에는 그 이상 고려하는 일 없이 면제하여도 좋다.

- (a) 면제된 행위 내지 선원에 의해 공중의 구성원이 입을 것으로 예측되는 실효 선량은 누구에게도 1년간 약  $10\mu\text{Sv}$  이하이다.
- (b) 1년간의 행위 실시에 의해 예탁되는 집단 실효선량이 대략  $1\text{mSv}$ 를 넘지 않거나, 또는 방호의 최적화를 위한 평가에 의해, 면제가 최적의 선택肢임을 제시되거나 하는 경우이다.

36) 별표 1의 표 1-1에 있는 지침의 면제 레벨은 다 음사고에 따른다.

- (a) 면제 레벨의 값을 (i) 1-3항의 기준 및 (ii) 일련의 한정된(上限의) 사용 및 처리 시나리오에 의거한 안전측의 모델을 사용하여 이끈다. 방사능 농도와 모든 방사능량의 값은 중정도의 물질량에 대한 모든 시나리오로 계산된 값중의 가장 낮은 값으로 한다. (유럽 공동체 위원회, 유럽지령서 중에 보고를 필요로 하지 않는 농도 및 양(면제치)을 확립하기 위한 원칙과 방법, 방사선방호 65, Doc. XI-028/93, 브뤼셀 (1993) 참조)
- (b) 제외되지 아니한 자연방사성 핵종에의 면제의 적용은 자연에 존재하는 방사성핵종을 소비자 제품에 도입하는 경우 또는 방사선원으로 사용하는 경우(이들테면, Ra-226, Po-210), 또는 원소의 특성을 사용하는 경우(이들테면 토륨, 우라늄)에 한한다.
- (c) 한 핵종이 초과할 경우에는 각 핵종의 방사능 또는 방사능 농도의 이것에 대응하는 면제 방사능 또는 방사능 농도에 대한 비율에 해당하는 합을 고려해야 한다.
- (d) 만일 제외되어 있지 않으면, 표의 1-1 지침의 면제 레벨을 밀도는 방사선 농도를 가진 대량 물질의 면제에 대해서는 규제 당국의 거듭된 고려가 필요하게 될지도 모른다.

면제된 선원 및 면제 레벨 1-4, 1-3항의 기준에서 행위 내의 아래 선원은 그 이상 고려함이 없이 배출, 등록 및 허가를 포함한 본 기준(BSS)의 요건이 자동적으로 면제된다.

- (a) 임의의 한 시기에 건물 안에 존재하는 지정 핵종의 방사능 全量 또는 행위로 사용하는 그 방사능 농도의 어느 것이, 별표 1의 Table 1-1에 제공된 면제 레벨을 넘지 않는 방사성물질<sup>36)</sup>이다(Table 1-1(발체) 및 Fig. a참조.)
- (b) 규제당국에 의해 인가된 型式의 방사선 발생장치 및 畫像 표시용의 음극선관과 같은 전자관으로 다음 조건을 충족시키는 것
  - (i) 정상적인 운전상태시에 사람이 접촉하는 장치표면에서 0.1m의 거리에 있어  $1\mu\text{Sv}/\text{時}$ 를 초과하는 주변 선량당량을 또는 방향성 선량당량을, 어느쪽도 발생하지 않는다.
  - (ii) 발생하는 방사선의 최대 에너지가 5KeV를 초과하지 않는다.

1-5. 이를테면 방사성물질의 물리적인 형태 또는 화학형 및 방사성물질의 사용 또는 처리에 관한 조건과 같이, 규제당국이 규정한 조건으로 조건부 면제를 인정해도 좋다. 특히 이러한 면제를 1-4항 (a)의 규정에서는 면제를 받지 않는 방사성물질을 포함한 機器에 대해 다음의 조건으로 인정하여도 좋다.

- (a) 규제당국에 의해 인가된 型式의 것이다.
- (b) 방사성물질이 방사성물질 또는 그 누설물과의 접촉을 유효하게 방지할 수 있는 밀봉선원의 상태가 되어 있다. 다만, 이 조건은 방사 면제측정에 사용되고 있는 비밀봉선원과 같이, 소량의 비밀봉선원의 면제를 방해해서는 안된다.
- (c) 정상적 운전상태시에 사람이 접촉하는

장치 표면의 0.1m 거리에서 1 $\mu$ Sv/時를 초과하는 주변 선량당량을 또는 방향 선량당량을, 그 어느쪽에 해당되는

것도 발생하지 않는다.

(d) 처분에 대한 필요조건이 규제당국에 의해 규정되어 있다.

Table 1-1 BSS의 면제 레벨(방사성 핵종의 면제) 방사능 농도 및 면제 방사능(발취)(사사오입한 값) (각주 36 참조)와 현행법령의 면제레벨

核 種	IAEA(BSS)		現 行 法 令		群
	放射能濃度 (Bq/g)	放 射 能 (Bg)	放射能濃度 (Bq/g)	放 射 能 (Bq)	
H-3	1 $\times$ 10 <sup>6</sup> (INGACC(P))	1 $\times$ 10 <sup>9</sup> (INGACC(P))	7.4 $\times$ 10 <sup>1</sup>	3.7 $\times$ 10 <sup>6</sup>	4
C-14	1 $\times$ 10 <sup>4</sup> (INGACC(P))	1 $\times$ 10 <sup>7</sup> (INGACC(P))	7.4 $\times$ 10 <sup>1</sup>	3.7 $\times$ 10 <sup>6</sup>	4
P-32	1 $\times$ 10 <sup>3</sup> (EXT(W))	1 $\times$ 10 <sup>5</sup> (SKIN(W))	7.4 $\times$ 10 <sup>1</sup>	3.7 $\times$ 10 <sup>5</sup>	3
Co-60	1 $\times$ 10 <sup>1</sup> (EXT(W))	1 $\times$ 10 <sup>5</sup> (SKIN(W))	7.4 $\times$ 10 <sup>1</sup>	3.7 $\times$ 10 <sup>4</sup>	2
Sr-90	1 $\times$ 10 <sup>2</sup> (EXT(W))	1 $\times$ 10 <sup>4</sup> (SKIN(W))	7.4 $\times$ 10 <sup>1</sup>	3.7 $\times$ 10 <sup>3</sup>	1
I-131	1 $\times$ 10 <sup>2</sup> (EXT(W))	1 $\times$ 10 <sup>6</sup> (INGACC(P))	7.4 $\times$ 10 <sup>1</sup>	3.7 $\times$ 10 <sup>5</sup>	3
Cs-137	1 $\times$ 10 <sup>1</sup> (EXT(W))	1 $\times$ 10 <sup>4</sup> (SKIN(W))	7.4 $\times$ 10 <sup>1</sup>	3.7 $\times$ 10 <sup>4</sup>	2
Am-241	1 $\times$ 10 <sup>0</sup> (INH(W))	1 $\times$ 10 <sup>4</sup> (INHACC(P))	7.4 $\times$ 10 <sup>1</sup>	3.7 $\times$ 10 <sup>3</sup>	1

주 : 숫자 밑의 괄호안의 기호는 그 면제레벨이 얻어진 피폭경로를 나타낸다.

INGACC(F) : 처분장에 있어서의 공중(P)의 사곡적(ACC)인 經口 섭취(ING)

EXT(W) : 1입방미터의 선원에 의한 작업자(W)의 외부피폭(EXT)

INH(W) : 작업자(W)의 흡입섭취(INH)

SKIN(W) : 작업자(W)의 피부 등가선량(SKIN)

INHACC(P) : 처분장에 있어서의 공중(P)의 사곡적(ACC)의 흡입섭취(INH)

피부이외는 실효선량을 산출한다.

- 호흡 氣道 모델의 변경(ICRP Publ. 66(1994)) 및 動態 모델의 변경(Publ. 68)에 의해, Am-241의 실효선량 계수가 약 1/2이 되었고 Publ. 68(1994) 및 Publ. 71(1995)때문에 면제레벨이 표에 있는 값의 약 2배가 될 가능성이 있다.



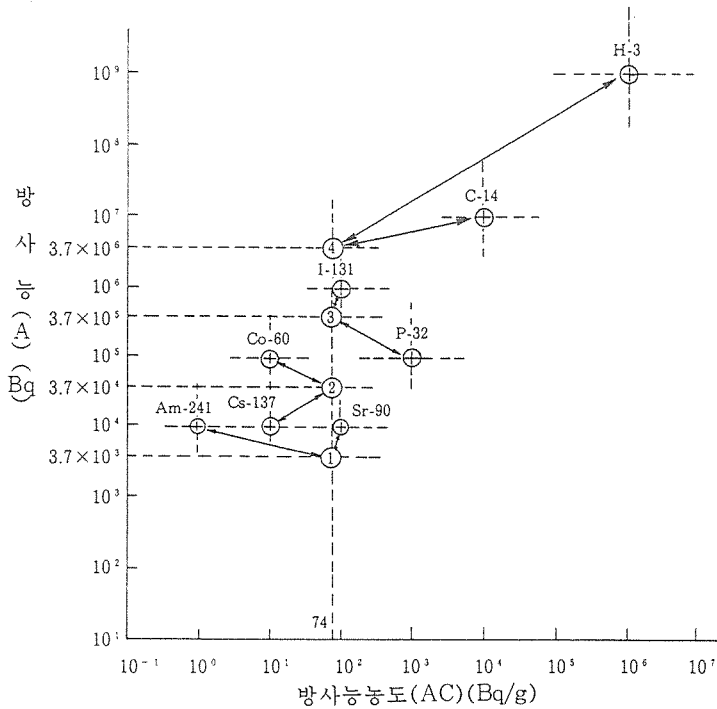


Fig. a 규제 면제 레벨(현행법령, IAEA)의 비교

①, ②, ③, ④의 점은 현행법령에 있는 각종 방사능(Bq)의 상한치와 면제 방사능농도(Bq/g)의 상한치와의 교차점을 나타낸다. 이 점을 원점으로 하는 좌표축의 제3象限에 해당하는 부분만이 면제된다. 핵종명 밑의 ⊕표는 IAEA의 각핵종에 대한 면제의 방사능 상한치와 면제의 방사능 농도의 상한치 교차점을 나타낸다. IAEA의 면제조건은 방사능 또는 방사능 농도 어느 것의 상한치도 초과하지 않는 것이기 때문에, 이 ⊕점을 원점으로 하는 좌표의 제1象限을 제외한다. 제2, 제3, 제4象限의 부분이 제외되는 것이 같다.

1-6. 인가되어 있는 행위 또는 인가되어 있는 선원에 유래한 방사성물질로 환경에의 방출이 허가되어 있는 것에 대해서는 규제당국에 의해 별도로 규정되어 있지 않은 경우 신규로 제출, 등록하거나 또는 인가를 받는 요건을 면제한다(면제와 클리어런스 참조).

**면제레벨(방사능 농도 및 방사능)의 계산방법(유럽공동체 위원회)**

IAEA(BSS)의 면제레벨은 유럽공동체 위

원회의 보고서 「방사선 방호-65」에 나타난 원칙과 방법에 의해 각 피폭경로에 대해 계산된 값 중에 최소의 값이다. Table 1-1의 괄호내 기호는 가장 크리티컬한 피폭경로를 나타낸다. 이하 면제 방사능농도 및 면제방사능을 구하는 유럽공동체 위원회의 방법의 개요와 세가지 경로에 의한 선량계산법을 소개한다.

면제방사능 농도 및 면제방사능을 구하는 방법의 개요

면제방사능 농도 및 면제방사능을 구하는 방법은 Fig 1, 2에 요약되어 있다. 즉, 선원의 방사능농도 내지 방사능이 작업장소 또는 폐기물 처분장(매립지)에서 정상적인 사용이나 또는 사고에 의해 사람에게 외부조사 및 또는 흡입섭취, 경구섭취를 가져오게 한다. 이러한 경로에 의한 선량이  $10\mu\text{Sv}/\text{년}$ (실효선량) 또는  $50\text{mSv}/\text{년}$ (피부선량)이 되는 방사능농도 및 방사능의 값 중에 최소의 값을 면제 레벨로 한다. 다음으로 각 경로에 의한 선량계산법에 관해 세가지 예를 소개한다.

작업장소에서의 작업자(W)의 (어떤 방사능농도의)  $1\text{m}^3$ 의 선원에 의한 외부조사(EXT(W))

취급자는 약  $1\text{m}^3$ 의 선원에서 T시간(1년에 100시간)조사를 받는 것으로 가정한다.

$1\text{m}^3$ 의 선원에 의한 선량의 계산에는 베타선 및 감마선의 에너지에 있어 얻어진 각각 반무한 내지 무한의 平板上  $1\text{m}$ 의 거리에 있는 실효선량을 계수( $\text{GAM} = 3 \times 10^{-7} (\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}) / (\text{Bq} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{MeV})$ ) 및 BETA(단위:  $(\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}) / (\text{Bq} \cdot \text{g}^{-1})$ )(값은 에너지 별로 문헌에서 구한다)를 사용하며 감마선에 있어서는 무한 平板의 선원을  $1\text{m}^3$ 의 선원으로 補正하기 위해 감마선 선량을 계수(GAM)에 기하학적 배수계수 GEOM(  $= 2 \times 10^{-2}$ )을 적용하고, 또한 베타선 선량을 계수(BETA)에 선원을 수용한 상자에 의한 베타선의 차폐효과를 표시하는 차폐계수(SHIELD = 1/10)를 곱한다. 그리고 두 선량을 계수에 대해 선량내의 자기감약을 고려한다. 즉 실효선량 E( $\text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$ )는 다음 식에 의해 주어진다.

核種의 種類                      시나리오                      피폭 經路                      사용된 線量拘束值

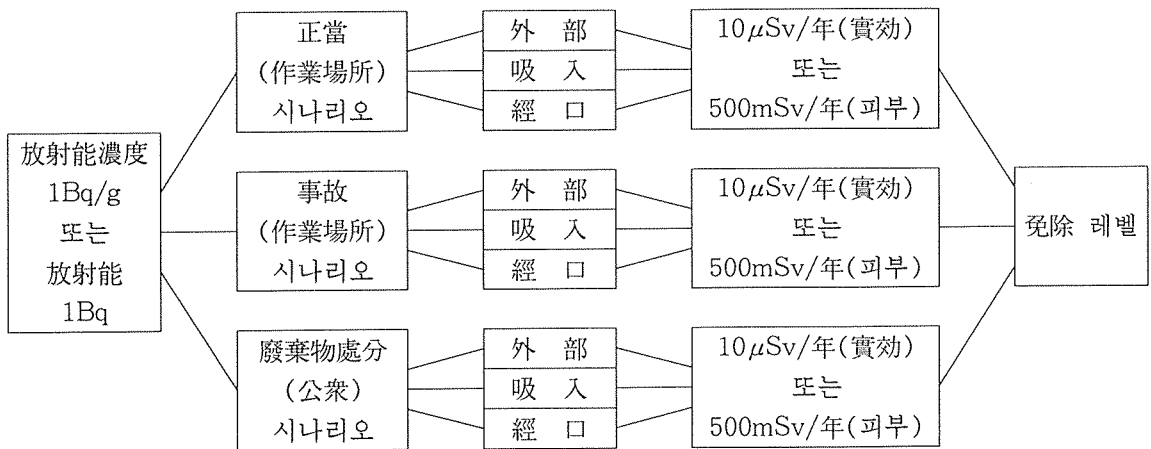


Fig. 1 면제 방사능농도 및 면제방사능을 계산하는 방법을 나타내는 블록 그림<sup>1)</sup>

• 사고시의 1회의 선량 구속치는  $1\text{mSv}$ (실효선량). 사고의 확률을  $1/100\text{년}$ 으로 하고,  $1\text{mSv} \times 1/100\text{년} = 10\mu\text{Sv}/\text{년}$ 이 된다.

$$E = CT((GAM \cdot R \cdot GEOM) + (BETA \cdot SHIELD))$$

여기서,

C = 단위질량당 방사능농도(Bqg<sup>-1</sup>)

R<sub>1</sub> = 1붕괴당 평균 광자에너지(MeV)

작업장소에서의 작업자(W)의 피부(SKIN) 등가선량(SKIN(W))

작업자가 한정된 시간T(T = 약 2~3분/일 = 10시간/연)동안 선원을 손으로 집어 조작하는 것으로 가정한다(이러하면, 작은 선원을 교정장치의 지그(Jig)에 끼워넣는 것과 같은 조작). 선원을 손가락 또는 손바닥으

로 가져 그 피부의 두께를 400μm라 가정한다. 베타선에 대해서는 깊이 400μm에 대한 선량을 계수 R<sub>24</sub>(단위 : (Svh<sup>-1</sup>)/(Bqcm<sup>-2</sup>))를 사용하고, 감마선에 대해서는 달리 데이터가 없기 때문에 깊이 70μm의 선량을 계수 R<sub>7</sub>(단위 : (Svh<sup>-1</sup>)/(Bqcm<sup>-2</sup>))로 대응한다. 선원이 액체 글라스 용기에 들어 있는 경우는 150mg/cm<sup>2</sup>의 유리벽의 두께에 의한 베타선이 減衰하는 것으로 가정한다(차폐계수 SF를 고려한다).

접촉한 외부선원에 의한 피부의 등가 선량 H<sub>skin</sub>은 다음 식에 의해 얻어진다.

$$H_{skin} = AsT(R_7 + R_{24})(\text{樹脂, 밀봉가스 선원, 캡슐, 箔})$$

$$H_{skin} = AsT(R_7 + R_{24}/SF)(\text{액체})$$

### 시나리오

#### 作業場所用 시나리오

없어져 있지 않는 개개의 선원에 의한 年間線量

없어져 있지 않는 개개의 선원 (經口攝取, 吸入攝取 및 接觸) 및 없어진 개개의 선원 (外部피폭)에 의한 年間線量

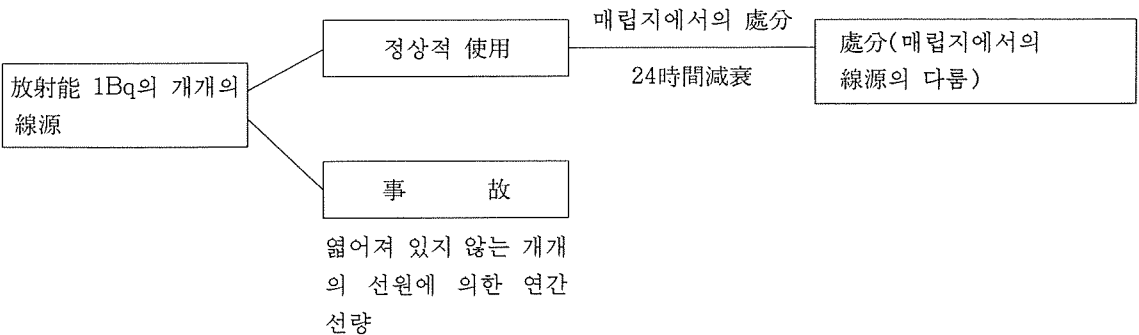


Fig.2 방사능 1Bq의 경우에 선량을 계산하기 위해 사용한 작업장소용과 공중용의 시나리오를 나타내는 블록 도표<sup>1)</sup>

방사능 농도 1Bq/g의 각 선원에 대해서도 Fig. 2와 같은 시나리오를 생각할 수 있지만, 작업장소에서의 사고에 의한 평균 年間線량은 정상적 사용에 의한 年間線量보다 낮기 때문에 사고(작업장소)의 시나리오는 정상적 사용(작업장소)의 시나리오의 의해 커버되는 것으로 되어 있다.

여기서,

$$A_s = \text{선원과 접촉한 피부의 단위면적당 선원의 방사능(Bqcm}^{-2}\text{)}$$

$$A_s = \frac{A(\text{선원의 방사능(Bq)})}{\text{CONTACT}(\text{선원과 접촉한 피부의 면적(cm}^{-2}\text{)})}$$

작업장소에서의 정상적 사용에 의한  
더스트 흡입(INH(W))

작업장소의 환기에 기술적인 조정이 적절히 가해진 것으로 가정하여, 작업자가 0.04mgm<sup>-3</sup>의 더스트 농도의 분위기에 정규의 작업시간 T(T = 2,000시간/년)의 동안에 노출되는 것으로 가정한다. 0.04mgm<sup>-3</sup>이라는 공기중 더스트 농도의 레벨은, 화학독성으로 보아 공업상의 공정에 대해 허용되고 있는 몇가지 원소에 대한 공기중 농도의 평균치에 가까운 값이다. 이를 테면 규소와 코발트는 0.1mgm<sup>-3</sup>, 헬륨은 0.002mgm<sup>-3</sup>이 한도치이다.

더스트 및 휘발물의 흡입에 의한 예탁 실효선량 E(Svy<sup>-1</sup>)는 다음 식에 의해 주어진다.

$$E = CT(\text{INH})R_{10} \text{ Dust}$$

여기서,

$$C = \text{방사능 농도(Bqg}^{-1}\text{)}$$

$$\text{INH} = \text{호흡율(m}^3\text{h}^{-1}\text{)} (= 1\text{m}^3\text{h}^{-1}\text{)}$$

$$R_{10} = \text{단위흡입 섭취량당 예탁 실효선량(SvBq}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Dust} = \text{공기중 더스트 농도(gm}^{-3}\text{)} (= 4 \times 10^{-5}\text{gm}^{-3}\text{)}$$

이밖에 매립지(처분장)에서의 사고적 방사능 경구섭취 및 흡입섭취, 또는 오염된 손을 통한 경구섭취 등 많은 시나리오가 가정되고 있지만, 상세한 부분에 대해서는 지면 관계로 여기서는 생략한다.

## 면제와 클리어런스

면제와 유사하지만 다른 개념인 IAEA가

명명한 클리어런스라는 개념이 있다. 면제란 이미 말한 바와 같이, 당초부터 어느 레벨 이하의 방사능이나 방사능 농도가 법적규제 대상 밖의 것을 말한다. 이를 테면 일본에서는 장애방지법의 告示「방사선을 방출하는 동위원소의 수량 등을 정하는 건」의 제1조의 표에 나타나 있는 동위원소의 수량(방사능)이하의 것은 법령규제가 대상은 되지 않는다.

이에 반해 클리어런스는 당초에는 법령규제의 대상이었지만 그 방사능 농도, 방사능에 따라 기준 레벨 이하의 경우에는 환경에 방출하는 것이 허용되어 그 후에 법적규제를 받을 필요가 없게 된 것을 말한다(용어의 해설 참조). 일본 법령으로는 배수구, 배기구(주변 감시구역 밖)의 농도가 기준치 이하이면, 환경에 방출하는 것이 허용되어 있으며 이러한 방사능 농도 및 방사능 기준치를 IAEA는 클리어런스라 부르고 있다(용어의 해설 참조)

면제의 기준이 되는 선량으로는 이미 말한 바와 같이 IAEA가 10μSv/연(개인), 1mSv(집단)를 채용하고 있지만 액체, 기체에 대한 클리어런스 레벨의 기준이 되는 선량으로는 일본 법령에는 공중의 한도선량인 1mSv/연(개인)을 채용하고 있다.

### 용어 해설

#### ◎ 클리어런스(IAEA)

인가된 행위에 포함된 방사성 물질 또는 방사성 물체를 그 후의 규제당국 규제에서 벗어나게 하는 것.

#### ◎ 클리어런스 레벨(IAEA)

규제당국이 제정한 방사능 농도 및 또는 모든 방사능에 관한 값으로 그 값 이하의 방사선원이 규제상 관리에서 개방된 값.