

# 가정 및 취업중에 있어서의 라돈-222의 방호

## (Protection Against Radon-222 at Home and at Work)



藤田稔(Minoru Fujita)  
千代田 보안용품(주) 연구개발 고문

ICRP는 1993년에 Publication 65 「가정 및 취업중에 있어서의 라돈-222의 방호」를 간행했다. 자연의 희(希)가스인 라돈-222는 옥외 및 옥내에 널리 존재하며, 지역에 따라서는 옥내의 농도가 매우 높은 것으로 보고되고 있다. 또한 우란 광산에서는 고농도의 라돈-222를 흡수한 광부 사이에 폐암의 발생률이 높다는 것이 확인되고 있다. 라돈-222에 대한 방호는 세계적으로 보아, 보편성이 있을 뿐 아니라 지역에 따라서는 가정에 있어서의 방호가 필요한 경우가 있기 때문에 많은 관심이 모아지고 있다.

광부 사이에는 라돈-222의 흡입 때문에 폐암의 발생률이 높다는 것이 보고되고 있다. 가정에 있어서도 직장에 있어서와 마찬가지로 라돈-222의 공기중 농도가 어느 수준을 초과할 경우에는 폐암의 발생률을 억제하기 위해 통풍 등에 의한 농도를 내리는 구체조치(개입)가 필요하게 된다.

또한 광부 등의 직업피폭에 대해서는 방사선 방호체계의 3원칙, 즉 행위의 정당화, 방호의 최적화, 개인선량의 한도가 적용된다.

라돈-222에 대한 방호에는 다른 선원과 달리, 가정에서의 방호가 필요할 경우가 있기 때문에 ICRP는 Publ. 65 「가정 및 취업중에 있어서의 방호」를 간행하여, 가정, 직장의 라돈-222의 방호에 대한 ICRP의 생각을 밝혀 대책 레벨의 값을 권고하고 있다.

### 머리말

가정 및 통상 직장에 있어서의 라돈-222에 의한 피폭은 라돈-222가 자연 방사선원이기 때문에 공중피폭으로 분류되지만, 우란 광산 등에서는 라돈-222의 공기중 농도가 높아 라돈-222에 의한 광부의 피폭은 직업피폭으로 분류되고 있다. 광산에서 일하는

### Publication 65의 내용

Publ. 65의 목차는 다음과 같다. 1. 서론,

2. 흡입한 라돈과 그 자손핵종의 건강에의 영향, 3. 건물에 있어서의 라돈, 4. 주거에 있어서 방호에의 수법, 5. 작업장소에 있어서 방호에의 수법, 6. 要約付屬書 A. 라돈 및 그 자손핵종에 被曝된 광부에 대한 疫學조사 의 실패, 부속서 B. 被曝의 한도에 대한 있을 수 있는 神正의 규모, 부속서 C. 용어의 설명. 광산 및 가정에 있어서 라돈 문제의 역사 Publ. 65에 관해 중요하다고 생각되는 점을 요약하면 다음과 같다.

- ① 라돈-222는 희가스이고 우란 계열에 속하며, 붕괴하여  $\alpha$  선을 방출하는 몇 가지 短壽命의 자손핵종을 연쇄적으로 발생시킨다. 라돈-222(자손핵종 포함)의 흡입에 의한 폐의 선량에 관련된 양으로, 선량(Gy 내지 Sv)대신에 대개의 경우 Working Level Month(약자 WLM) 또는 포텐셜 알파 에너지 被曝量(Potential alpha energy exposure)( $mJhm^{-3}$ )라는 특수한 양을 사용한다.(용어해설 참조). (이 소개의 글에서는 exposure를 被曝量이라 번역한다. Publ.60의 아이소토프 협회의 번역으로는 피폭으로 되어 있다).
- ② 이 피폭량을 사용하여 라돈에 의한 폐암의 발생확률의 추정치로  $8 \times 10^{-5}/(mJhm^{-3})$ 이 제시되고 있다. 라돈-222와 그 자손핵종의 흡입에 의한 ICRP Publ. 60에 定義된 손해의 확률(치사암, 비치

사암 및 유전적 영향에 의해 상실되거나 손상된 수명의 길이에 중점을 둔)을 구하고 있다. 그리고 비치사암에 의한 기여가 적고, 폐암을 제외한 암 발생확률이 낮고, 또한 폐암에 의한 수명의 손실의 무게가 거의 1과 같은 점에 비추어, 단위 피폭량에 대한 손해의 확률계수는 폐암의 발생확률계수와 거의 같은 것으로 되어 있다.

- ③ 앞에 말한 라돈-222 및 그 자손핵종의 흡입에 의한 손해의 확률계수(종사자, 공중 모두  $8 \times 10^{-5}/(mJhm^{-3})$ )와 Publ. 60 Table 3에 주어진 실효선량 1 Sv에 대한 손해확률계수(종사자  $5.6 \times 10^{-2}/Sv$ , 공중  $7.3 \times 10^{-2}/Sv$ )를 사용하여, 같은 손해를 일으키는  $mJhm^{-3}$ 와 실효선량 Sv는 서로 환산할 수 있는 것으로 본다. 종사자에 대해서는,  $1mJhm^{-3}$ 이 발생하는  $8 \times 10^{-5}$ 의 손해와 같은 손해를 일으키는 실효선량은  $1.4 \times 10^{-3}Sv$ 이라는 것에서,  $1mJhm^{-3}$ 은 실효선량 1.4mSv에 상당하는 것으로 본다. 公衆에 대해서는  $1mJhm^{-3}$ 이 발생하는  $8.0 \times 10^{-5}$ 의 손해와 같은 손해를 일으키는 실효선량은  $1.1 \times 10^{-3}Sv = 1.1mSv$ 임을 감안하여,  $1mJhm^{-3}$ 은 실효선량 1.1mSv에 상당하는 것으로 본다. (Table 1)(Publ. 65 Table 7)

Table 1. 선량환산계수(포텐셜 알파 에너지 피폭량에 대한 실효선량)

대 상 자	손해확률/실효선량 <sup>a</sup>	손해확률/피폭량 <sup>b</sup>	실효선량/피폭량 <sup>c</sup>
공중(0세~평생피폭)	$7.3 \times 10^{-5}/mSv$	$8.0 \times 10^{-5}/(mJhm^{-3})$ ( $3 \times 10^{-4}/WLM$ )	$1.1mSv/(mJhm^{-3})$ ( $4mSv/WLM$ )
작업자(18~65세 피폭)	$5.6 \times 10^{-5}/mSv$	$8.0 \times 10^{-5}/(mJhm^{-3})$ ( $3 \times 10^{-4}/WLM$ )	$1.4mSv/(mJhm^{-3})$ ( $5mSv/WLM$ )

a. ICRP Publ.60 Table 3에서

b. 포텐셜 알파 에너지 피폭량 및 WLM에 대한 손해확률. Publ.65의 2.2.2~2.2.4절 참조

c. 손해확률이 동일한 실효선량과 피폭량은 等價로 서로 환산이 가능한 것에서 구한 값 이를테면  $8.0 \times 10^{-5}/(mJhm^{-3}) = 7.3 \times 1.1 \times 10^{-5}/(mJhm^{-3}) = 7.3 \times 1.1 \times 10^{-5}/(1.1mSv)$ 에서  $1.1mSv = 1mJhm^{-3}$

(참고) UNSCEAR 1993년 보고에서는 폐에 대한 선량평가 모델을 채용하여, 실효선량  $9mSv/(Bqhm^{-3})(EEC)$

(EEC: 평형 등가 농도) ( $=1.6mSv/(mJhm^{-3})$ )을 채용하고 있다. 공중, 작업자의 구별은 없다.

이상에서  $mJhm^{-3}$ 의 실효선량에의 환산계수는 가정(공중)에서는  $1.1mSv/(mJhm^{-3})$ , 직장(종사자)에서는  $1.4mSv/(mJhm^{-3})$ 이 된다.

또한 인간의 호흡기계 모델을 사용하여, 포텐셜 알파 에너지 피폭량( $mJhm^{-3}$ ) 또는 라돈 평형등가 피폭량( $Bqhm^{-3}$ )에서 폐(肺胞上皮 및 氣管-氣管支 基底세포층)에의 선량을 산출하는 선량산출 모델은 Publ. 65에서는 사용되지 않고 있다. 그러나 1993년의 UN보고에는 호흡기 모델에 의한 선량산정 모델을 채용하고, 라돈 평형등가 피폭량  $1Bqhm^{-3}$ 에 의한 실효선량은  $9nSv$ 라 평가하고 있다. 이것은 포텐셜 알파 에너지 피폭량  $1mJhm^{-3}$ 이 실효선량  $1.6mSv$ 에 상당하는 것을 뜻한다. 이  $1.6mSv$ 라는 값은 Publ. 65의  $1.1mSv$ (공중),  $1.4mSv$ (직업인)과 대비할 수 있는 값이다. 이와 관련하여 UN보고에는 앞에 말한 호흡기 모델에 의한 선량평가치를 사용하여 라돈 흡입에 의한 年 실효선량은 세계평균  $1.2Sv$ 라 산정하고 있다.

④ 라돈-222의 대책 레벨은 다음과 같이

결정되고 있다. 라돈-222의 공기중 농도를 저감시킴으로써 폐암의 발생확율을 저하시키는 구제조치의 개시는 연속 피폭의 경우 실효선량이 연  $10mSv$ 를 초과하면 거의 언제나 정당화될 수 있다는 것에는 문제가 없다고 ICRP는 생각했다. 또한 구제조치가 간단한 경우, 보다 낮은 선량에 대책 레벨을 설정하는 것도 정당화될 수 있다고 생각되지만,  $10mSv$ 를 이룰테면 1/5~1/10배로 낮추면 2~ $1mSv$ 가 되어 자연방사선의 선량 레벨과 동등 내지 그 이하의 값이 되어버린다. 따라서 구제조치를 개시하는 대책 레벨로서는 자연방사선 레벨보다 크고  $10mSv$ 보다 작은 범위, 즉 실효선량 3~ $10mSv$ 가 선택되어진다. ICRP는 규제당국이 이 범위내에 대책 레벨을 설정하도록 권고하고 있다 (Table 2)(Publ. 65 Table 7). 또한 ICRP는 대책 레벨을 강제적인 것으로 할 것인가 또는 권고로 할 것인가를 규제당국이 결정할 문제라고 하고 있다.

Table 2. 권고된 대책 레벨 및 직업상의 年 피폭한도

대상으로 하는 자리		권 고 치	
장소	사람		
가정	일반공중	대책 레벨*의 범위	
		年 실효선량 3~ $10mSv$	年평균 라돈 농도** 200~600 $Bqm^{-3}$
취업 (작업) 장소	직업상의 피폭으로 간주되지 않는 작업자	동 상	동 상
		대책 레벨의 범위	
	직업상 피폭된 작업자	年 실효선량 3~ $10mSv$	年평균 라돈 농도** 500~1500 $Bqm^{-3}$
		선 량 한 도	
		年 실효선량 5년평균 단 1년 20 $mSv$ 50 $mSv$	피 폭 량 5년 평균 단 1년 14 $mJhm^{-3}$ 35 $mJhm^{-3}$ (4WLM) (10WLM)

★ 대책레벨 : 거주장소 내지 취업장소에 있어서의 피폭을 감소시키기 위해 그 값을 초과한 경우에 개입이 권고된 라돈 농도 또는 예측선량(방호조치가 없을 때 입을 것이라 예측되는 선량)

★★ 실내 1년당 7000시간, 취업 1년당 2000시간, 평형계수 0.4를 가정

- ⑤ 실효선량 3~10mSv/年の 대책 레벨은 가정이나 직장이나를 막론하고 동일해야 하지만, 이것을 라돈-222의 공기중 농도에 환산하면 가정에서는 200~600(Bqm<sup>-3</sup>), 직장에서는 500~1500(Bqm<sup>-3</sup>)이 된다(Table 2). 이 차이는 가정에서의 체재시간을 7000시간/年, 직장에서는 2000시간/年으로 한 것에 의존한다. 또한 라돈의 평형계수는 양자 모두 0.4로 가정하고 있다(평형계수에 관해서는 용어해설 참조).
- ⑥ 구제조치 및 예방조치의 중요한 방법으로는 다음과 같이 기술되어 있다.
  - (a) 건물과 토양간의 압력차를 역으로 함으로써 라돈의 건물에의 공급을 감소시킨다(토양 減壓). 제일 간단한 방법으로는 작은 팬을 사용하여 마루 밑의 공간에서 라돈을 뽑아낸다.
  - (b) 토양에서의 가스가 건물내에 침입하지 않도록 건물기초의 저항을 높임으로써 또는 建材에서의 라돈 누출이 감소되도록 建材를 처리함으로써, 다시말해 감시함으로써 라돈의 건물에의 공급을 감소시킨다.
  - (c) 라돈의 근원을 제거한다. 이것은 상

- 수에 대해서만 실행가능할 것이다.
- (d) 환기율을 높여 라돈과 그 자손핵종을 희박하게 한다. 그러나 냉, 난방비가 소요된다.
- (e) 실내의 공기를 여과하거나 움직임을 증가시킴으로써 라돈 자손핵종의 沈着을 높여 라돈 자손핵종의 농도를 감소시킨다.

Table 3(Publ. 65에서는 Table 4)은 앞에 말한 대책의 비용과 효과의 정도를 定性的으로 정리한 것이다.

- ⑦ 이를테면 광산에서 볼 수 있는 라돈-222에 의한 직업피폭에 대한 실효선량

Table 3. 건물에 대한 구제조치의 비용과 효과의 정도에 대한 지침

방 법	비 용	효과 의 정도*
토양의 減壓	중 간	높 음
마루의 밀봉	중 간	중 간
물의 처리	중 간	높 음
토양의 제거	높 음	높 음
환기의 증가	중 간	낮 음
공기의 움직임을 증가	낮 음	낮 음

\* 효과의 정도는 구제조치를 적용하는 대상인 라돈 자손 핵종이 농도에 끼치는 효과에 의해 판정된다.

Table 4. 환산계수 요약

양	單 位	값	Publ.65(절)
피폭량과 라돈 가스 환산 (평형계수)	(mJhm <sup>-3</sup> )/WLM (mJhm <sup>-3</sup> )/(Bqhm <sup>-3</sup> ) WLM/(Bqhm <sup>-3</sup> )	3.54 2.22×10 <sup>-6</sup> 6.28×10 <sup>-7</sup>	1.4
단위 라돈 농도당 年피폭량 <sup>a</sup>	(mJhm <sup>-3</sup> )/(Bqm <sup>-3</sup> ) (mJhm <sup>-3</sup> )/(Bqm <sup>-3</sup> ) WLM/(Bqm <sup>-3</sup> ) WLM/(Bqm <sup>-3</sup> )	1.56×10 <sup>-2</sup> 4.45×10 <sup>-3</sup> 4.40×10 <sup>-3</sup> 1.26×10 <sup>-3</sup>	1.4
선량환산(단위피폭량당 실효선량) <sup>b</sup>	mSv/(mJhm <sup>-3</sup> ) mSv/(mJhm <sup>-3</sup> )	1.1(1.095)c 1.4(1.43)c	2.25

a. 자기집 연각 7,000시간, 취업 연간 2,000시간 및 평형계수 0.4를 가정  
 b. Publ.65에는 Table 7에 표시되어 있으나 환산계수로서 이 표에 요약함.  
 c. 괄호 밖의 값은 괄호내의 값의 근사치

Table 5. 라돈-222와 단수명 자손핵종\*의 붕괴특성

		주요한 방사선 에너지와 붕괴비율					
		알 파		배 타		감 마	
방사성 핵종	반 감 기	에 너 지 (Mev)	비 율 (%)	에 너 지 (MeV)	비 율 (%)	에 너 지 (MeV)	비 율 (%)
<sup>222</sup> Rn	3.824일	5.49	100	-	-	-	-
<sup>218</sup> Po	3.05분	6.00	100	-	-	-	-
<sup>214</sup> Pb	26.8분	-	-	1.02	6	0.35	37
		-	-	0.70	42	0.30	19
		-	-	0.65	48	0.24	8
<sup>214</sup> Bi	19.9분	-	-	3.27	18	0.61	46
		-	-	1.54	18	1.77	16
		-	-	1.51	18	1.12	15
<sup>214</sup> Po	164마이크로초	7.69	100	-	-	-	-

★ <sup>214</sup>Po뒤에 <sup>210</sup>Pb(반감기 22.3년) → <sup>210</sup>Bi(5.01일) → <sup>210</sup>Po(138일) → <sup>206</sup>Pb(안정)으로 이어지지만 <sup>214</sup>Po까지 선량에 관여하기 때문에 <sup>210</sup>Po 이후는 선량평가상 문제되지 않는다.

Table 6. 원자당 및 단위 방사능당 포텐셜 알파 에너지

		포 텐 셴 알 파 에 너 지			
		원 자 당		단 위 방 사 능 당	
방사성 핵종	반 감 기(tr)	(MeV)	(10 <sup>-13</sup> J)	(MeVBq <sup>-1</sup> )	(10 <sup>-13</sup> JBq <sup>-1</sup> )
라돈( <sup>222</sup> Rn)					
자손핵종					
<sup>214</sup> Po	3.05分(183秒)	13.69	2.19	3615	5.79
<sup>214</sup> Pb	26.8分(1608秒)	7.69	1.23	17840	28.6
<sup>214</sup> Bi	19.9分(1194秒)	7.69	1.23	13250	21.2
<sup>214</sup> Po	164分(1.64×10 <sup>-1</sup> 秒)	7.69	1.23	2×10 <sup>-3</sup>	3×10 <sup>-1</sup>
합계(평형시의) 라돈 Bq당				34710	55.6

의 한도는 다른 직업피폭에 대한 한도와 같고 5년 평균 20mSv/年, 다만 일정한 해에 대한 50mSv/年이다. 라돈-222의 피폭량으로 환산하면, 각각 14.35(mJhm<sup>-3</sup>)이 된다.

⑧ 역사적인 피폭량 WLM를 포텐셜 알파 에너지의 피폭량(mJhm<sup>-3</sup>)으로 환산하는 계수가 주어진다. 또한 라돈-222의 방사능 농도(Bqm<sup>-3</sup>)를 年 피폭량(mJhm<sup>-3</sup>)으로 환산하는 계수가 연간의 피폭시간, 평형계수를 가정하여 주어진다(Table 4) (Publ. 65 Table 6, 7).

요약된 도표

라돈-222에 의한 폐암의 명목상의 생애 치사확률계수에 대한 값은, 광산 노동자에 대한 疫學的 조사 데이터를 출발점으로 하여 몇 가지 가정 밑에 미국국민에 대해 추정된 값을 다시 5개국 국민의 평균치로 補正함으로써 얻어지고 있다.

Fig. 2는 대책 레벨로써 권고된 실효선량 3~10mSv/年과 그것에 대응하는 年손해확률, 포텐셜 알파 에너지 年피폭량 및 年평균 라돈-222 농도의 관계를 나타낸 것이다.

Fig. 3은 작업장소와 주택으로 나누어 대책 레벨의 사용법을 나타낸 것이다.

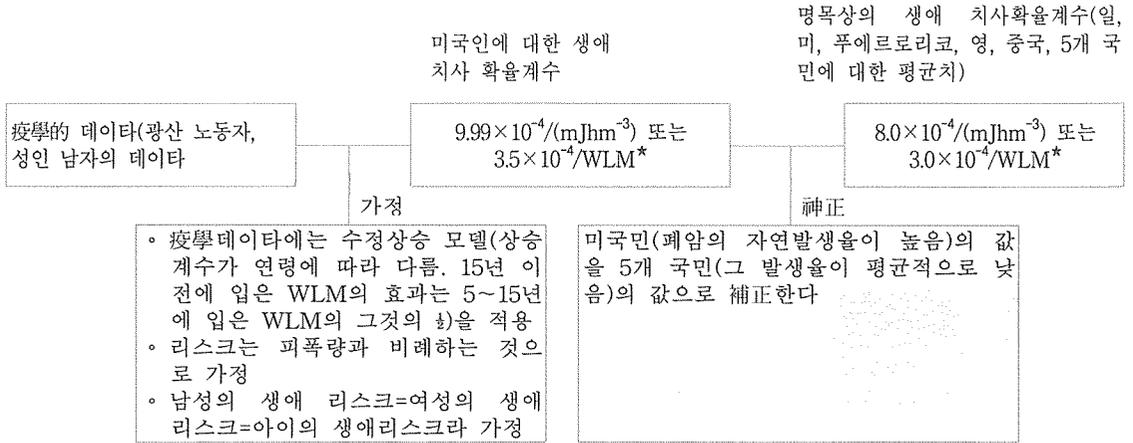


Fig. 1 라돈-222에 의한 폐암의 명목상의 생애 치사 확률계수 유도 (\*1WLM=3.54mJhm<sup>-3</sup>, 1mJhm<sup>-3</sup>=0.282WLM)

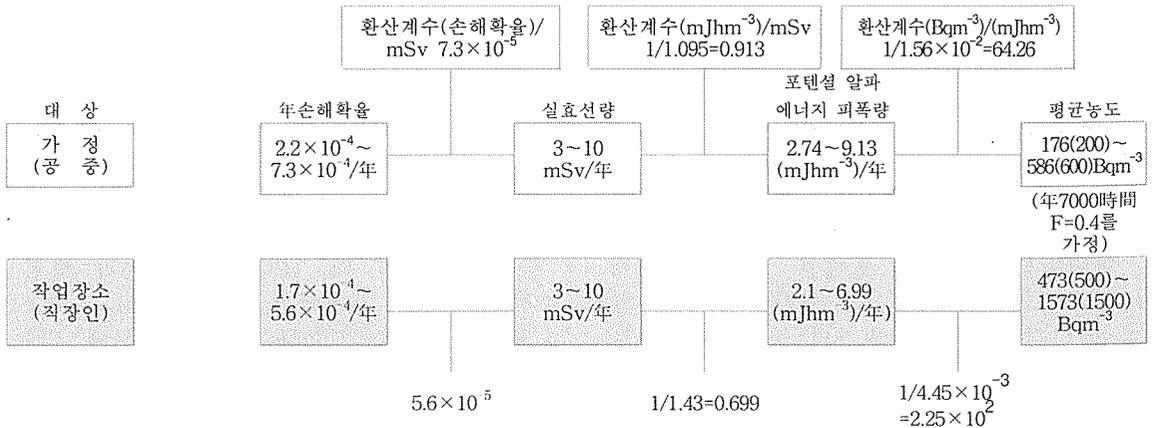


Fig.2 대상 레벨의 실효선량 3~10mSv/年을 기본으로 하여 유도된 年손해확률, 年피폭량 및 年平均 라돈 농도

라돈-222와 그 자손핵종의 붕괴특성 및 포텐셜 알파 에너지

라돈-222와 그 자손핵종 붕괴의 반감기, 방출되는 방사선 에너지, 방출비율을 Table 6(Publ. 65에서는 Table 2)에 밝힌다.

용어해설

◎ 포텐셜 알파 에너지(Potential alpha energy)

라돈의 붕괴연쇄내에 있는 원자의 포텐셜 알파 에너지(Ep)라는 것은 그 원자가 거의 안정된 반감기 22.3년의 <sup>210</sup>Pb에서 붕괴되기 까지 그 동안에 방출하는 모든 α 에너지 (MeV/원자 또는 J/원자)이다(Table 6).

자손핵종은 폐에 침착하여 붕괴할 때 α

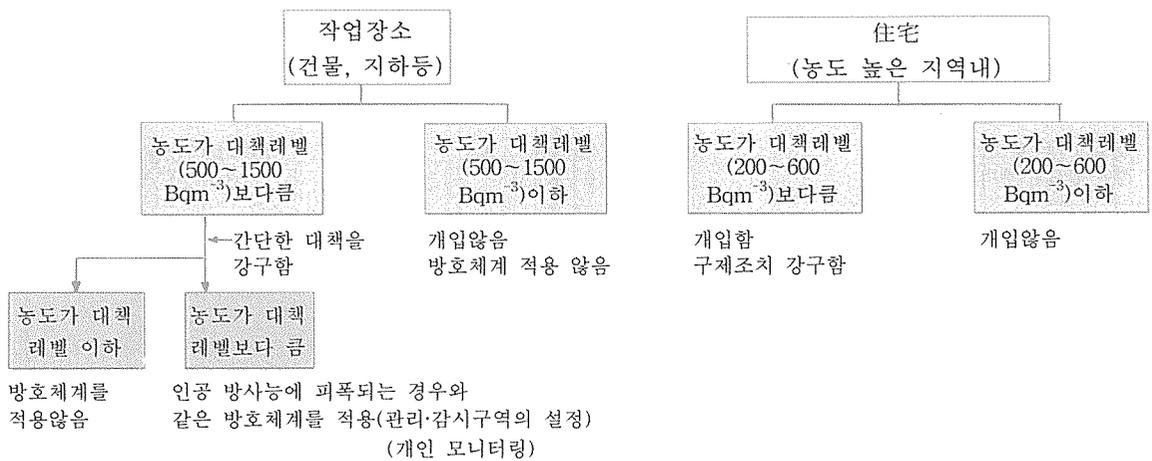


Fig. 3 대책레벨 사용법

에너지를 폐에 제공하지만, 어버이 핵종인 라돈은 희가스이기 때문에 폐에 침착하지 않아, 붕괴할 때  $\alpha$ 에너지가 폐의 선량에 기여하는 비율은 폐에 침착하는 자손핵종에 비해 극히 적다. 따라서 라돈 자신의  $\alpha$ 에너지는 고려에 넣지 않고 있다. 또한  $\beta$ ,  $\gamma$ 선에 대해서는 그 에너지가  $\alpha$ 선에 비해 적고 (Table 5), 또한  $\beta$ ,  $\gamma$ 선의 방사선 하중계수  $W_r=1$ ,  $\alpha$ 선의  $W_r=20$ 이 될 경우도 있어  $\beta$ ,  $\gamma$ 선의 등가선량은 고려에 넣지 않는다.

단위방사능(Bq)당 포텐셜 알파 에너지 (MeVBq<sup>-1</sup> 또는 JBq<sup>-1</sup>)는 원자의 포텐셜 알파 에너지( $E_p$ )를 그 원자의 붕괴정수  $\lambda r$ 로 나눈 것( $E_p/\lambda r$ )이다.  $tr$ 을 반감기로 하면  $1/\lambda r=Tr/\ln 2$ 이므로  $E_p tr/\ln 2$ 라고도 표현할 수 있다. (N개의 원자에 있어서 그 방사능(매초의 피변수)는  $\lambda rN$ (Bq)이다. 여기서  $\lambda r$ 는 1/초로 표시한 붕괴정수. N개의 원자 포텐셜 알파 에너지는  $NE_p$ 로, 그 방사능은 앞에 말한  $\lambda nN$ 이므로 단위 방사능당  $NE_p/\lambda rN=E_p/\lambda r$ 이 된다.)

◎ 평형 등가농도(equilibrium equivalent concentration)

공기중에 있는 라돈의 자손핵종의 임의 혼합물인 포텐셜 알파 에너지(p.a.e)는 어버이

이핵종인 라돈의 평형 등가농도로 환산하여 나타낼 수가 있다.

평형상태에 있지 않은 공기중의 라돈 자손핵종이 혼합물에 대응하는 평형 등가농도는 현실적으로 평형상태에 있지 않은 그 혼합물의 p.a.e 농도와 같은 p.a.e 를 가진, 단수명 자손핵종과 방사능적으로 평형상태에 있는 라돈의 방사능 농도(Bqm<sup>-3</sup>)이다. 이를테면 평형상태에 있지 않은 어느 라돈 자손핵종의 혼합물의 p.a.e 농도가  $4 \times 55.6 \times 10^{-10} \text{Jm}^{-3}$ 일 때, 1Bqm<sup>-3</sup>의 라돈과 평형상태에 있는 자손핵종의 혼합물의 p.a.e는  $55.6 \times 10^{-10} \text{Jm}^{-3}$ (Table 6)이기 때문에, 라돈 4Bqm<sup>-3</sup>이 그 평형상태에 있지 않은 자손핵종의 혼합물에 대응하는 평형 등가농도이다.

◎ 평형 계수(Equilibrium factor, F)

평형계수F는 다음과 같이 정의가 내려져 있다.

$$F = \frac{\text{평형 등가농도}}{\text{어버이핵종(라돈)의 공기중 방사능 농도}}$$

이 계수는 공기중의 단수명 자손핵종의 혼합물과 어버이핵종(라돈)사이의 불평형을 p.a.e에 의해 기술하는 것이다.

평형계수는 0.4라는 것은 이를테면 10Bqm<sup>-3</sup>

의 라돈이 존재할 때 그 속에 포함된 자손 핵종의 p.α.e 농도는 자손핵종과 평형상태에 있는(10×0.4=) 4Bqm<sup>-3</sup>의 라돈 p.α.e.농도(4×55.6×10<sup>-10</sup>Jm<sup>-3</sup>)와 동등하다는 것을 나타내고 있다.

◎ 포텐셜 알파 에너지 피폭량(potential alpha energy exposure)

라돈 자손핵종에의 개인 피폭량(또는 피폭량) P는 그 개인이 소정의 기간 T(이를테면 1년간)동안 피폭되는 공기중의 p.α.e.농도 Cp 또는 대응하는 라돈 평형등가 농도 Ceq의 그 기간에 있어서의 시간적분이라는 정의를 내린다.

포텐셜 α 에너지 피폭량 Pp(T)

$$P_p(T) = \int_0^T C_p(t) dt \text{ (Jhm}^{-3}\text{)}$$

평형등가 피폭량 Peq(T)

$$P_{eq}(T) = \int_0^T C_{eq}(t) dt \text{ (Bqhm}^{-3}\text{)}$$

◎ Working Level Month(WLM)

작업장의 포텐셜 α 에너지 피폭량 Pp의 역사적인 단위. 1WL은 최초 라돈 방사능

농도 100pCi l<sup>-1</sup> = 3.7Bq l<sup>-1</sup>과 평형에 있는 자손핵종과 결부되어 있는 p.α.e.농도이라는 정의가 내려졌다. 이 농도는 약 1.3×10<sup>5</sup>MeV l<sup>-1</sup>이지만 정확한 값은 붕괴에 대한 α에너지의 값에 의해 주어진다. 현재 Working Level은 1,300×10<sup>8</sup>MeV m<sup>-3</sup>의 p.α.e.농도라는 정의가 내려지고 있다. WLM은 직업상의 피폭량을 규정하기 위해 도입된 것으로 1개월을 170시간으로 하고 있다.

$$1\text{MeV} = 1.602 \times 10^{-13}\text{J에서,}$$

$$1\text{WLM} = 1.300 \times 10^8 \times 1.602 \times 10^{-13} \times 170\text{Jhm}^{-3} = 3.54\text{mJhm}^{-3}$$

또는

$$1\text{mJhm}^{-3} = 0.282\text{WLM}$$

---

문 헌

---

1. ICRP Publication 65, Protection Against Radon-222 at Home and at Work, Annals of ICRP, 23, No. 2(1993)
2. UNSCEAR 1993 Report, Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations, New York(1993)