

# 자연 · 인공방사선의 레벨에 대하여

篠原 邦彦

일본 동력로 · 핵연료 개발사업단  
동해사업소 안전관리부 안전대책과장

국제연합과학위원회(UNSCEAR) 1993년 보고서는 자연방사선원 및 인공방사선원을 포함한 각종 방사선원에서의 인간에의 피폭자, 방사선 영향에 관한 최근의 지식을 정리한 것으로, 방사선 안전관리에 종사하는 사람으로서는 한번은 읽어야 할 간행물일 것이다.

여기서는 보고서 중에서 자연방사선원 인공방사선원에 의한 피폭, 의료피폭 및 직업상의 피폭에 관해 간단히 소개한다.

## 1. 국련 과학위원회

국제연합원자방사선의 영향에 관한 과학위원회(The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations, 약명 국련과학위원회 또는 UNSCEAR)는 1955년 12월에 개최된 제10회 국련총회의 결의에 의해 발족되었다. 국련과학위원회의 사명은, 자연 및 인공 방사선원에 의한 인간에의 영향을 평가하는 것, 또한 전리방사선의 인간에의 영향을 평가하는 것이다(방사선방호에 대한 논의는 대상

밖임.). 위원회는 현재 21개국으로 구성되어, 일본도 발족 당시부터 참가하고 있다. 위원회의 회의는, 이러한 21개국 외에 WHO, IAEA, ICRP, ICRU 및 CEC의 국제기관이 업저버로 참가하여, 원 국제센터에서 연 1회 정도 개최되고 있다.

## 2. 국련과학위원회 보고서

국련과학위원회에서의 검토결과는 현재까지 12권의 보고서(1958년, 1962년, 1964년, 1966년, 1969년, 1972년, 1977년, 1982년, 1986년, 1988년, 1993년, 1994년)로서 간행되고 있다. 최근의 보고서는 1994년에 간행되었는데, 이 보고서는 1993년 보고서에 맞추지 못한 「방사선 발암의 역학연구」 및 「세포 및 생물에 있어서의 방사선에의 적응반응」 만을 정리한 것으로, 1993년 보고서의 별책이라고 할 수 있다.

### 3. 1993년 보고서

국립과학위원회 1993년 보고서는 1989년의 제38회 위원회에서 1993년의 제42회 위원회까지의 5년간에 걸쳐 검토되어 온 것으로, 1988년 보고서 이후의 과학적 식견을 반영한 것이다. 필자는 다행히도 이 5년간의 검토기간을 통하여 일본대표로서 출석한 松平寬通 전 방사선의학연구소장의 고문으로 원자력연구소 동해연구소의 熊澤蕃씨 등과 함께 위원회에 참가할 수 있었다.

영문의 보고서는 본문 및 9편의 과학부속서를 포함한 900페이지를 초과하는 두터운 것이었고, 각각의 제목은 다음과 같다.

- 본문(국립총회에의 보고)
- 부속서A 자연방사선원에 의한 피폭
- 부속서B 인공방사선원에 의한 피폭
- 부속서C 의료방사선 피폭
- 부속서D 직업상 방사선 기구
- 부속서E 방사선 발암의 기구
- 부속서F 방사선의 확률적 영향에 대한 선량·선량률 효과
- 부속서G 방사선의 유전적 영향
- 부속서H 발육중의 인간뇌에 대한 방사선의 영향
- 부속서I 소아에 있어서의 晩發性 확정적 영향

필자의 공부 부족으로 부속서E~I의 생물의 영향에 대한 소개는 다소 부담스럽기 때문에, 여기서는 부속서 A~D의 각종 방사선원에서의 선량에 관한 부분을 간단히 소개한다.

#### 3-1. 자연방사선원에 의한 피폭

자연방사선원으로서의 우주방사선(우주선 및 우주선생성 방사성핵종), 지구기원의 방사선, 라돈 및 채취산업(채탄, 석탄화력발전 등)이 고려되고 있다. 선량은 1988년 보고서에서 “실효선량당량”이 평가되고 있었지만, 1993년 보고서에는 ICRP Publication 60의

방사선 하중계수 및 조직 하중계수를 사용한 “실효선량”이 평가되어 있다.

자연방사선원에서의 가장 중요한 피폭은 라돈 및 그 붕괴생성핵종(「딸핵종」이라 함은 성차별에 해당한다, 라는 논의를 미국 보건물리학회에서 읽은 적이 있다.)의 흡입에 의한 것이다. 1993년 보고서의 검토과정에서는 ICRP에 있어서의 라돈 선량평가에 관한 리뷰, 신호흡 氣道 모델 등을 고려하면서 몇가지 선량환산계수에 의한 평가가 시도되었지만, 최종적으로는 1988년 보고서와 기본적으로 같은 환산계수를 사용하는 것이 합리적인 것으로 판단되었다.

각종 자연방사선원에 의한 1인당 연평균 실효선량은 Table 1과 같이 평가되어 있다. 합계 2.4mSv라는 수치는 PA자료 등에서 자주 인용되고 있다. 1988년 보고서의 연평균 실효선량당량 2.4mSv와 수치상으로는 같다. 석탄, 석유 등의 채굴, 이용 등에 따른 연평균 실효선량은 약 20 $\mu$ Sv이며, 기타의 자연방사선원에서의 피폭과 비교하면 작은 수치이다.

#### 3-2. 인공방사선원에 의한 피폭

인공방사선원으로서의, 대기권내 핵실험, 지하 핵실험, 핵병기제조, 핵연료 사이클, 방사성동위원소의 제조·이용 및 사고가 고려되고 있다. 구소련 및 동구 여러나라에서의 사회체제의 변혁에 의한 긴장완화를 반영하여, 군사시설에 관한 평가精度가 향상될 것이라 기대되었지만 충분한 정도제공이 이루어지지 않았고, 정확성이 아주 없는 평가결과가 기재되어 있을 뿐이다.

우란 채광·제련 발전용 원자로, 연구용 원자로 및 재처리시설 등을 포함하는 핵연료 사이클시설에 관해서는 국련가명 각국에 질문서를 송부하여, 원자력 발전을 실시하는 대부분의 나라에서 방출원 정보 등이 입수되었다. 평가에 이용한 방출원 정보 등은 1985~1989년 동안의 실적에 의거하고 있

Table 1. 自然放射線源에서의 成人의 平均的實效線量

피 폭 원 인	年實效線量(mSv)	
	통상의 백그라운드 地域	높은 피폭 地域
宇宙線	0.38	2.0
宇宙線生成放射性核種	0.01	0.01
地球起源의 放射線: 外部피폭	0.46	4.3
地球起源의 放射線: 内部피폭(라돈 제외)	0.23	0.6
地球起源의 放射線: 内部피폭(라돈 및 崩壞生成核種)		
Rn-222 및 崩壞生成核種의 吸入攝取	1.2	10
Rn-220 및 崩壞生成核種의 吸入攝取	0.07	0.1
Rn-222 및 崩壞生成核種의 經口攝取	0.005	0.1
합 계	2.4	-

다. 재처리에 관해서는 국련과학위원회 보고서로서는 처음으로 동해 재처리공장에서 방출량이 기재되어 평가에 이용되었다. 단위 발전량당으로 규격화된 원자로 및 재처리에서의 방출에 따른 집단실효선량(normalized collective dose, 규격 집단실효선량이라 부르고, 단위는 man Sv/GW·연)은 1988년 보고서와 비교하여, 각각 약 1/2 및 약 1/5로 되어 있다. 이것은 전체적인 방출량의 저감경향을 반영한 것이다. 한편 우란 채광·제련에 있어서는 약 4배로 증가하고 있다. 핵연료 사이클 전체에 있어서는 1988년 보고서가 4man Sv/CW·연이었던 것에 비해, 1993년 보고서에는 3man Sv/GW·연으로 감소되어 있다.

인공방사선원에 의한 집단실효선량은 Table 2와 같이 평가되어 있다. 대기권내 핵실험에 의한 선량이 전체의 약 95%를 차지하고 있어, 원자력발전은 약 2%에 불과하다는 것을 알 수 있다.

### 3-3. 의료방사선 피폭

의료방사선 피폭에 있어서는 환자에 대해서는 진단용 X선검사, 방사성의약품의 진단

이용, 방사선의 치료이용 및 방사성의약품의 치료이용이 또한 일반대중에 대해서는 진단용 X선검사, 방사성의약품, 방사선치료 및 의학연구에 있어서의 자원봉사가 평가되어 있다.

의료방사선 피폭의 평가에 필요한 정보를 입수하기 위해, 국련과학위원회에서는 국련가맹 140개국에 질문서를 송부하여 방사선의 의학이용에 관한 조사를 실시했다. 이 결과 50개국이 넘는 나라에서 회답이 있었다. 평가를 위해 의사의 밀도에 따라 각국을 I~IV의 4개 건강관리 레벨로 분류하고 있다. 레벨 I은 의사 1인당의 인구가 1,000명 미만의 건강관리 레벨이 높은 나라를 뜻한다. 조사결과에 의하면 1990년의 방사선과 의사의 수는 210,000명, 진단용 X선장치의 수는 720,000기, X선 진단건수는 1,600만 건, 그리고 방사선치료 환자수는 600만명으로 되어 있다.

Table 3에 방사선의 의학적 이용에 따른 세계인구에의 선량평가결과를 제시한다. 다른 선원에서의 피폭과 비교하기 위해, 의료방사선 피폭에 대해서도 가능한 한 실효선량(또는 실효선량당량)으로 표시한다. 이것에 의하면 진단이용에 의한 세계평균 1인당 실효선량당

Table 2 人工放射線源에서의 集團實效線量 評價

線 源	集團實效線量(manSv) <sup>a</sup>	
	局地·地域	地球規模
大氣圈內核實驗		
地球規模		22,300,000
局地		
세미파라틴스크	4,600	
네바다	500 <sup>b</sup>	
오스트레일리아	700	
太平洋實驗場	160 <sup>b</sup>	
地下核實驗		200
核兵器製造		
初期의 行爲		
헨포드	8,000 <sup>c</sup>	
첼리아빈스크	15,000 <sup>d</sup>	
最近의 行爲	1,000	10,000
	30,000 <sup>e</sup>	
原子力發展		
採光·製鍊	2,700	
原子爐運轉	3,700	
再處理	4,600	
核燃料사이클	300,000 <sup>e</sup>	100,000
放射性 동위원소 製造·利用	2,000	80,000
事故		
스리마일섬(發電爐)	40	
체르노빌(發電爐)		600,000
키슈팀(軍事施設)	2,500	
윈즈케일(生産爐)	2,000	
빠로마레즈(核兵器)	3	
쓰루(核兵器)	0	
SNAP9A(人工衛星)		2,100
Cosmos954(人工衛星)		20
Ciudad Juarez(放射性동위원소)	150	
Mohammedia(放射性동위원소)	80	
Goiania(放射性동위원소)	60	
合 計	380,000	23,100,000
總集團實效線量	23,500,000	

a. 10,000년 이후를 평가하지 않는 값 d. Techa강의 방사성 핵종의 방출에서  
 b. 외부선량분 e. 尾鏡堆積物에서의 <sup>222</sup>Rn의 방출에 의  
 c. <sup>131</sup>I의 대기에서의 방출에서 한 長期의 集團線量

량은 0.3mSv이며, 치료이용에 의한 세계평균 1인당 실효선량당량도 0.3mSv이다.

3-4. 직업상의 방사선피폭

직업상의 방사선피폭에 대해서는, 핵연료 사이클, 군사활동, 방사선의 공업이용, 방사선의 의학이용, 자연방사선원 및 사고가 고려되어 있다.

직업피폭에 관해서는 국련과학위원회에서는 국련가맹 각국에 질문서를 송부하여 데이터를 수집하여, 1975년~1989년의 직업피폭의 동향 및 1985년~1989년의 평균선량을 정리하고 있다. 핵연료 사이클은 과거 15년간에 발전량은 3.5배, 종사자수는 1.5배로 증가했지만, 연집단 실효선량은 그다지 변화하고 있지 않다. 원자로는, 1980년대 중반경에 실시한 조업내용의 개선과 시설의 개수에 의해 개인선량이 감소했다. 금후 새로운 원자로시설이 가동하게 되면 보다 많은 개선이 기대된다. 일반산업에 있어서는 개인선량과 집단선량의 양쪽 모두 약 40% 감소했다. 관리대상 인원수는 큰 변화가 없었기 때문에 전체적인 개선이 이루어졌음을 나타내고 있다. 또한 의료종사자의 피폭은 집단선량에 있어서는 큰 변화가 없었지만, 개인평균선량에 있어서는 감소하고 있다.

1985년에서 1989년까지 개인피폭관리를 받은 작업자에 대한 세계규모의 인원수, 평균 연선량 및 집단선량을 Table 4에 밝힌다. Table 4에는 자연방사선원에서 비교적 높은 피폭을 입는 항공승무원 및 채광노동자의 피폭은 제외되어 있다. 각각의 연실효선량은 항공승무원이 2~3mSv, 탄광이 1~2mSv 및 그 밖의 광산이 1~10mSv가 대표적인 수치이다.

4. 각종 방사선원에서의 피폭의 비교

각종 선원마다의 피폭을 비교하기 위해,

Table 3. 放射線의 醫學利用에 의한 世界集團에의 線量評價値

醫學利用	1인당 實效線量當量(mSv)					集團實效線量當量(10 <sup>3</sup> manSv)				
	레벨	레벨	레벨	레벨	世界	레벨	레벨	레벨	레벨	世界
	I	II	III	IV		I	II	III	IV	
	診 斷									
醫學X線檢査	1.0	0.1	0.04	0.04	0.3	1,300	290	40	20	1,600
齒科X線檢査	0.01	0.001	0.0003	0.0003	0.003	14	3	0.3	0.1	17
核醫學	0.09	0.008	0.008	0.008	0.03	130	20	6	4	160
合計	1.1	0.1	0.05	0.05	0.3	1,400	310	46	24	1,800
	診 斷									
放射線治療	0.7	0.2	0.03	0.02	0.3	980	480	26	7	1,500
核醫學	0.004	0.0009	0.0009	0.0004	0.002	6	2	0.8	0.2	9
合計	0.7	0.2	0.03	0.02	0.3	990	480	27	7	1,500

Table 4 世界の 職業피폭(1985년~1989년)

職業分野	管理對象者人數 (千人)	年平均集團實效線量 (manSv)	平均年實效線量 (mSv)
核燃料사이클			
採鑛	260	1,100	4.4
製鍊	18	120	6.3
濃縮	5	0.4	0.08
燃料加工	28	22	0.8
原子爐運轉	430	1,100	2.5
再處理	12	36	3.0
研究	130	100	0.8
核燃料사이클 合計	880	2,500	2.9
軍事活動	380	250	0.7
産業利用	560	510	0.9
醫學利用	2,200	1,000	0.5
人工放射線合計	4,000	4,300	1.1
自然放射線 (우란 採鑛)	5,200	8,600	1.7
總計	9,200	13,000	1.4

현상 레벨이 50년간 계속한 경우의 피폭 및 핵실험에 대해서는 1945년부터 1992년까지의 피폭이 Table 5에 나와있다. 그것에 의하면, 자연방사선원에서의 피폭이 전체의

약 76%, 의료피폭이 약 19%가 되고, 원자력발전은 약 0.07%에 불과하다. 또한 의료 피폭 1년분은 자연방사선원에 의한 피폭의 약 90일분에, 원자력발전에 의한 피폭 1년

분은 1일분에, 또한 직업피폭 1년분은 약 8 시간분에 각각 상당한다.

Table 5. 現狀이 50年間繼續 또는 1945年~1992年の 피폭현상에 의한 世界集團線量

線 源	預託計算의 基礎	集團實效線量( $10^6$ manSv)
自然放射線源	現狀이 50年間 繼續	650
醫療피폭	現狀이 50年間繼續	165
大氣圈內核實驗	實施후의 全核實驗	30
原子力利用	현재까지의 稼動實績	0.4
	現狀이 50年間繼續	2
重大한 事故	현재까지의 事故	0.6
職業피폭	現狀이 50年間繼續	0.6

