

주:본 자료는 일본어로 작성한 자료의 잠정적 번역임.
 2011년 5월 12일
 문 부 과 학 성

"잠정적 생각"을 정리함에 있어 검토한 내부 피폭에 관한 산정결과와 근거

방사선의학종합연구소의 협력을 얻어 다음과 같이 산정하였다.

외부 피폭은 공간선량률에서 구하였다.

내부 피폭은 다음과 같은 순서로 구하였다. (4월 14일 문부과학성이 실시한 토양조사 데이터를 사용)

- 토양에 침착해 있는 방사성 물질이 일정한 비율로 공중으로 감아올라간다(재부유).
- 재부유의 비율은 IAEA 와 NCRP 에 의해 주어진 계수를 사용한다.
- 호흡에 의해 흡입하는 재부유 방사성 물질의 양을 추정한다(연령에 따른 호흡률과 체류시간을 이용한다).
- 토양을 잘못해서 입에 들어갈 수 있는 것에 의한 경구 섭취를 고려한다.
- 상처로 인한 방사성 물질의 침입을 고려한다.
- 체내에 들어간 방사성 물질의 양(Bq)에서 흡수 선량(Sv)을 산정한다(ICRP 로 정해져 있는 선량 환산계수를 이용).

고리야마시립 가오루초등학교의 경우(학교에 다니는 200 일의 그라운드에서의 선량)

외부 피폭 1.5mSv 내부 피폭 0.038mSv 합계 1.538mSv

합계 선량의 내부 피폭 선량의 비율 $0.038/1.538=2.5\%$

No.	학교명	내부 피폭의 기여 비율 (%)
3	고리야마시립 가오루초등학교	2.5
21	후쿠시마시립 오나미초등학교	1.6
22	다테시립 오구니초등학교	2.3
27	후쿠시마시 세이신산이쿠보육원	2.9
28	후쿠시마시 산이쿠유치원	1.0
29	다테시립 도미나리초등학교	1.7
32	후쿠시마시립 오야마초등학교	2.4
35	후쿠시마시립 후쿠시마제 2 중학교	0.5
36	후쿠시마대학 부속유치원	1.2
37	후쿠시마대학 부속중학교	0.6
38	후쿠시마시 후쿠시마세이케이중학교	0.7
41	후쿠시마시립 후쿠시마제 3 초등학교	1.8
49	후쿠시마시립 와타리중학교	0.9
	이상 3.8μSv/h 를 넘은 13 교	평균 1.5%
	그 외의 유치원·학교를 포함한 최대치	4.1
	최소치	0.5
	평균	1.9

학교 그라운드 이용에 따른 피폭 선량을 평가하기 위한 조건

■ 산정 조건

- * 그라운드에 체류하는 시간의 외부 피폭과 내부 피폭을 평가하고 내부 피폭의 기여를 산정한다.
- * 그라운드 오염에서만 외부, 흡입, 경구, 상처의 피폭을 평가한다.
- * 2011년 4월 14일부터 2012년 4월 14일 사이의 평가를 실시한다.
- * 그라운드 체류시간은 다음과 같다(유치원생, 아동, 학생의 행동조사를 기준).
 - ┆ 유치원 등원일 220일, 그라운드 체류시간 1일 2시간
 - ┆ 초등학교 등교일 200일, 그라운드 체류시간 1일 2시간
 - ┆ 중학교 등교일 200일, 그라운드 체류시간 1일 4시간
- * 외부 흡입, 경구, 상처 선량당 "감퇴를 고려하지 않는 평가"와 "감퇴를 고려하는 평가"를 실시한다.
- * 대기중의 핵종의 비율과 토양 핵종의 비율은 같은 것으로 한다.
- * 평가 대상핵종: Cs-134, Cs-137, Cs-136, I-131, Te-132, I-132
- * 토양의 밀도는 1300kg/m³ 로 한다.
- * 흡입 피폭은 그라운드에서 발생한 먼지에서만 평가
- * Cs-136의 토양 방사능 농도의 실제 데이터가 없기 때문에 방사선의학종합연구소가 측정된 J빌리지 토양의 Cs-137 및 Cs-136의 비율(Cs-136/Cs-137=약 0.1. 이번에 0.1을 사용)에서 Cs-136의 농도를 추정하였다.
- * 내부 피폭 평가에 이용하는 실효선량 환산계수는 아래 문헌에서 인용한 각각의 피폭 경로에 따라 표의 수치를 사용하였다.

실효선량 환산계수를 인용한 문헌

피폭의 종류	문헌	비고
흡입 피폭	NCRP-R-129, 1999	대기중의 에어로졸 AMD 이 2-6 μ m 사이에 있음
	ICRP	공중에는 디폴트로 1 μ m
경구 피폭	ICRP	
주입(상처에 의한) 피폭	ICRP모델 이용의 IMBA	
	↓	
이번 설정	사용하는 환산계수	사용하는 입경, 유형
흡입 피폭	ICRP1998CDROM(ICRP72), NCRP-R-129, 1999	입자계는 5 μ m, 유형은 안전측
경구 피폭	ICRP1998CDROM(ICRP72)	
주입(상처에 의한) 피폭	ICRP모델 이용의 IMBA	

사용한 실효선량 환산계수의 수치(Sv/Bq)

핵종	연령	Cs-134	C-137 (Ba137m)	Cs-136	I-131	I-132	Te-132
흡입	1세	3.20E-08	4.20E-08	1.00E-08	8.60E-08	1.20E-09	2.00E-08
흡입	유치원(5세)	2.30E-08	3.70E-08	6.50E-09	5.00E-08	6.10E-10	1.10E-08
흡입	초등학생(10세)	1.60E-08	2.60E-08	4.50E-09	2.50E-08	4.20E-10	5.40E-09
흡입	중고생(15세)	1.60E-08	2.80E-08	4.30E-09	1.70E-08	2.90E-10	3.80E-09
흡입	대인	1.30E-08	2.40E-08	3.10E-09	1.10E-08	2.00E-10	2.80E-09
경구	1세	1.60E-08	1.20E-08	9.50E-09	1.80E-07	2.40E-09	3.00E-08
경구	유치원(5세)	1.30E-08	9.60E-09	6.10E-09	1.00E-07	1.30E-09	1.60E-08
경구	초등학생(10세)	1.40E-08	1.00E-08	4.40E-09	5.20E-08	6.20E-10	8.30E-09
경구	중고생(15세)	1.90E-08	1.30E-08	3.40E-09	3.40E-08	4.10E-10	5.30E-09
경구	대인	1.90E-08	1.30E-08	3.00E-09	2.20E-08	2.90E-10	3.80E-09
상처 (주입)	대인	1.93E-08	1.35E-08	3.02E-09	2.20E-08	2.75E-10	1.37E-09
비고	흡입 유형	S	S	S	F	F	15세, 대인 : M, 그 이외는 F
각 핵종의 유형은 가장 안전측을 사용.							

■외부 피폭

[계산식]

실효선량(Sv)=공간선량률(Sv/s)×핵종의 기여×체류시간(s)×감퇴 보정[보정하는 경우] (1)

각각의 핵종에 대해 (1)식에서 선량을 구하여 합산한다.

[매개변수 조건]

* 공간선량률

그라운드외의 실측치(초등학교, 유치원은 높이 50cm, 중학교는 높이 1m의 공간선량률에서 평가)

서베이미터 판독치(실측치)인 1cm 선량당량을 안전측에 실효선량으로 사용한다.

공기 카마 K와 1cm 선량당량 H의 환산은 각 에너지에서 동일하다고 가정하고, 공기 카마의 선량 기여율=1cm 선량당량의 선량 기여율로 하였다.

에너지 0.3MeV-0.8MeV 범위에서 H/K는 1.3-1.2의 범위에 있으며, 유아의 E/K는 전에너지 범위에서 최대라고 하더라도 1.2배 정도(조사조건:지표면 선원에서 조사)이다.

실효선량에 H(1cm 선량당량)를 사용하면 안전측.

* 핵종의 기여

토양 핵종은 모두 최고 표면에 있다고 가정하고, 반무한 평면에서의 각 핵종의 공간선량률을 구하여 각 핵종의 공간선량률 기여를 산출

■ 흡입 섭취에 의한 피폭

[계산식]

$$\text{실효선량}(Sv) = \text{표면 오염 밀도}(Bq/m^2) \times \text{재부유률}(1/m) \times \text{옥외 먼지 침입 계수} \times \text{실효선량 환산계수}(Sv/Bq) \times \text{호흡률}(m^3/s) \times \text{체류시간}(s) \times \text{감퇴 보정} [\text{보정하는 경우 (2)}]$$

각각의 핵종에 대해 (2)식에서 선량을 구하여 합산한다.

[매개변수 조건]

* 표면 오염 밀도

토양중의 핵종이 모두 최고 표면에 있다고 가정하고 토양 농도에서 산출

$$\text{오염 밀도}(Bq/m^2) = \text{채취 깊이}(0.05m(\text{이번에 } 5cm)) \times \text{토양 밀도}(kg/m^3) \times \text{토양의 농도}(Bq/kg)$$

* 재부유률(1/m)

아래 문헌을 검토하여 설정하였다.

인용 문헌	오염 표면에서의 재부유 계수(1/m)	비고	
IAEA SS 111-P-1.1, 1992	1.0E-06		
SRS	1.0E-07	도회, 비농경지;	
SRS	1.0E-05	농경지의 토양	
NCRP-R-129, 1999	7.50E-10	학교, 공원, 레크레이션 시설	심도 분포 가정
NCRP-R-129, 1999	1.0E-06		오염 직후
NCRP-R-129, 1999	3.3E-08	p70	오염 후 30 일
NCRP-R-129, 1999	1.0E-09	p70	오염 후 1000 일
이번 설정	1.00E-06	학교에서는 학생들이 여기저기 뛰어다니므로 공기중에 많이 나는 것을 고려하여 안전측인 IAEA SS111 과 NCRP-R129가 지면에 침착한 초기값을 사용한다.	

○호흡률

아래 문헌을 검토하여 설정하였다.

연령	경작업		sitting		비고
	m ³ /h	m ³ /s	m ³ /h	m ³ /s	
17 세 이상	1. 500	4. 17E-04	0. 54	1. 50E-04	ICRP72, CD1998
15 세 (12 세-17 세 미만)	1. 380	3. 83E-04	0. 48	1. 33E-04	ICRP72, CD1998
10 세 (7 세-12 세 미만)	1. 120	3. 11E-04	0. 38	1. 06E-04	ICRP72, CD1998
5 세(2 세-7 세 미만)	0. 570	1. 58E-04	0. 32	8. 89E-05	ICRP72, CD1998
1 세(1 세-2 세 미만)	0. 350	9. 72E-05	0. 22	6. 11E-05	ICRP72, CD1998
3 개월(1 세 미만)	0. 190	5. 28E-05	0. 09	2. 50E-05	ICRP72, CD1998, sitting 이 없으므로 Sleep 의 수치
이번 설정	상기 동일	상기 동일	상기 동일	상기 동일	

■ 경구 섭취

손이 오염되어 그것을 입으로 섭취하는 것을 가정한다.

[계산식]

실효선량(Sv)=손에서의 경구 섭취율(kg/d)×토양 방사능 농도(Bq/kg)×실효선량 환산계수(Sv/Bq)×섭취시간×(쇠퇴 보정) (3)

[매개변수 조건]

손에서의 경구 섭취율에 관한 문헌치와 이것들을 고려한 설정치를 다음 페이지 표에 나타낸다.

경구 섭취는 그라운드에서의 체류시간에서만 일어난다고는 할 수 없으므로 1 일의 섭취량을 이용하였다.

손 오염에 의한 경구 섭취에 있어서의 경구 섭취율에 관한 문헌치와 설정치

인용 문헌	경구 섭취율
IAEA SRS 44, 2005	25g/y (0.07g/d) 시나리오 RP:공공의 장소가 오염 물질로 덮혀 있다. 반무한의 선원
RP-122part2	연령에 의존. 0-1 세:0g/h, 1-2 세:0.01g/h, 2-7 세:0.01g/h, 7-12 세:0.005g/h, 12-17 세:0.005g/h, 17 세 이상:0.005 시나리오 Play ground:운동장, 공공의 장소가 오염물로 덮혀 있다. 10cm의 반무한 평면.
IAEA SS 111-P-1.1, 1992	0.1g/d(어린이)
NCRP-R-129, 1999	0.05(어른, 도시 근교), 0.1(어린이, 도시 근교), 0.1(어른, 드문드문하게 식생된 지방의 토지), 0.2(어린이, 드문드문하게 식생된 지방의 토지)
EPA, OSWER Directive #9285.7-01a, 1989	0.1g/d(어른), 0.2g/d(어린이)
EPA, OSWER Directive #9850.4, 1989	
EPA/540/1-89/002, PB90-155581, 1989	

↓

이벤 설정	g/d
17 세 이상	0.1
15 세(12 세-17 세 미만)	0.1
10 세(7 세-12 세 미만)	0.2
5 세(2 세-7 세 미만)	0.2
1 세(1 세-2 세 미만)	0.2
3 개월(1 세 미만)	0

■ 상처에서의 침입

손이 오염되어 그것을 입으로 섭취하는 것을 가정한다.

[계산식]

$$\text{실효선량}(Sv) = \text{상처로 들어간 양}(kg/회) \times \text{방사능 농도}(Bq/kg) \times \text{실효선량 환산계수}(Sv/Bq) \times \text{상처를 입은 회수} \times (\text{쇠퇴 보정}) \quad (4)$$

[매개변수 조건]

- * 월 1 회 상처를 입는 것으로 한다.
- * 피부 부착량에 대해서는 안전측에 가장 부착하기 쉬운 것으로 생각되는 손에 부착한 경우를 가정한다.
- * 1 회 의 상처로 손에 부착해 있는 먼지를 모두 혈중에 주입되었다고 가정한다(안전측에 평가).
- * 피부 중에서도 가장 오염되었을 것 같은 손에 부착되어 있는 먼지 농도는 아래 문헌에서 10mg 정도이므로 상처를 입은 손이라고 가정하고, 1 회 상처로 손에 부착되어 있는 먼지가 모두 혈중에 주입되었다고 가정하였다.
- * 선량 환산계수는 성인을 이용. ICRP 경구 환산계수에서 많이 추정해도 아이들의 선량 환산계수는 성인의 선량 환산계수의 10 배(요오드 131 은 10 배, 세슘 137 은 2 배)이므로 주입도 아이들은 성인의 10 배 선량이 높다고 추정해도 이번에 산정한 선량은 충분히 낮은 것으로 볼 수 있다. 또한 혈중 투여(injection)는 경구 섭취보다도 약간 높은 수치이다.

인용 문헌	손의 오염 물질의 양	비고
IAEA SS 111-P-1.1, 1992	0.011g	인용:Lepow et al(1975)
	↓	
이번 설정	0.011	

후쿠시마현내의 학교 재검사 결과 일람

검사 실시일: 2011년 4월 14일

No.	소재지	조사대상 학교명	토양 방사능 (Bq/Kg·습)			비고
			I-131	Cs		
				Cs-134	Cs-137	
1	고리야마시	고리야마시립 고리야마제2중학교	1200	2800	3400	
2	고리야마시	세인트 폴 유치원	2300	5500	6400	
3	고리야마시	고리야마시립 가오루초등학교	3300	7200	8600	
4	고리야마시	고리야마시립 고리야마제1중학교	1700	3900	4500	
5	고리야마시	고리야마시립 고리야마제3중학교	1900	3600	4100	
6	모토미야시	미야모토시립 고타구가와초등학교	2300	5100	5800	
7	모토미야시	모토미야제4보육소	3700	8600	9900	
8	모토미야시	모토미야시립 와다유치원	3100	6900	8200	
9	모토미야시	모토미야시립 와다초등학교	3400	7800	9100	
10	니혼마쓰시	니혼마쓰시립 이시이유치원	3900	7700	8800	
11	니혼마쓰시	니혼마쓰시립 이시이초등학교	1900	4300	5000	
12	니혼마쓰시	니혼마쓰시립 다케시타초등학교	3100	5600	6400	

No.	소재지	조사대상 학교명	토양 방사능(Bq/Kg*습)			비고
			I-131	Cs		
				Cs-134	Cs-137	
13	니혼마쓰시	마쓰가오카보육소	2700	5400	6300	
14	니혼마쓰시	니혼마쓰시립 스기타초등학교	2100	3600	4200	
15	니혼마쓰시	니혼마쓰시립 스기타유치원	2400	4500	5200	
16	니혼마쓰시	니혼마쓰시립 니혼마쓰제2중학교	2700	4900	5800	
17	니혼마쓰시	니혼마쓰시립 오바마중학교	2600	2900	3400	
18	후쿠시마시	후쿠시마시립 시모카와사키초등학교	2100	4700	5500	
19	후쿠시마시	후쿠시마시립 오쿠보초등학교	6200	6200	7500	
20	후쿠시마시	후쿠시마시립 난코다이초등학교	4000	3200	3800	
21	후쿠시마시	후쿠시마시립 오나미초등학교	3700	3000	3800	
22	다테시	다테시립 오구니초등학교	6800	6700	8100	
23	소마시	다마노유치원				No.25와 같은 그라운드이므로 채취 없음
24	소마시	다마노중학교	2900	3300	3900	
25	소마시	다마노초등학교	2700	3200	3800	
26	후쿠시마시	후쿠시마시립 오카야마초등학교	3500	2200	2800	

No.	소재지	조사대상 학교명	토양 방사능 (Bq/Kg*습)		비고	
			I-131	Cs		
				Cs-134		Cs-137
27	후쿠시마시	세이신산이쿠보육원	4600	4700	5600	
28	후쿠시마시	산이쿠유치원	2200	480	620	
29	다테시	다테시립 도미나리초등학교	5000	3700	4300	
30	후쿠시마시	후쿠시마시립 후쿠시마양호학교	4800	4300	5500	
31	후쿠시마시	오야마보육소	3200	3800	4300	
32	후쿠시마시	후쿠시마시립 오야마초등학교	5000	5800	6800	
33	후쿠시마시	후쿠시마시립 신료중학교	4600	6500	7700	
34	후쿠시마시	후쿠시마시립 히라노중학교	3500	3300	4200	
35	후쿠시마시	후쿠시마시립 후쿠시마제2중학교	2400	2340	2300	
36	후쿠시마시	후쿠시마대학 부속유치원	2250	1340	1330	
37	후쿠시마시	후쿠시마대학 부속중학교	2800	2590	2530	
38	후쿠시마시	후쿠시마세이케이중학교	2600	3660	3730	
39	후쿠시마시	후쿠시마시립 가쿠요중학교	2180	2210	2270	
40	후쿠시마시	후쿠시마시립 후쿠시마제1중학교	2920	2900	3020	

No.	소재지	조사대상 학교명	토양 방사능(Bq/Kg·습)		비고	
			I-131	Cs		
				Cs-134		Cs-137
41	후쿠시마시	후쿠시마시립 후쿠시마제3초등학교	3330	4710	4760	
42	후쿠시마시	후쿠시마시립 후쿠시마제2초등학교	2780	3140	3130	
43	후쿠시마시	사쿠라노세이보학원유치원	2540	3520	3520	
44	후쿠시마시	사쿠라노세이보학원초등학교	2580	2030	2070	
45	후쿠시마시	후쿠시마대학 부속초등학교	2550	3120	3120	
46	후쿠시마시	후쿠시마현립 맹인학교	2990	3210	3180	
47	후쿠시마시	와타리보육소	3260	3480	3570	
48	후쿠시마시	어린이 집 소라마메	4090	5740	5930	
49	후쿠시마시	후쿠시마시립 와타리중학교	3250	4190	4200	
50	후쿠시마시	후쿠시마시립 와타리유치원	3090	3840	3870	
51	후쿠시마시	사쿠라보육원	2090	2560	2500	
52	후쿠시마시	후쿠시마시립 와타리초등학교	2800	3420	3550	