

2011年5月12日  
文 部 科 学 省

“临时方案”汇总时研究的体内辐射计算结果和根据

在放射线医学综合研究所的协助下进行了如下计算。

外部辐射根据空中核辐射含量计算。

体内辐射的计算顺序如下。(使用4月14日文部科学省实施的土壤调查数据)

- 沉积在土壤的放射性物质按一定比例飞扬到空中(再浮游)。
- 再浮游的比例采用IAEA和NCRP规定的系数。
- 估算通过呼吸吸入的再浮游放射性物质数量(采用根据年龄的呼吸率和逗留时间)。
- 考虑土壤误入口中,从口摄入的情况。
- 考虑放射性物资从伤口渗入的情况。
- 从进入体内的放射性物质数量(Bq)计算吸收核辐射含量(Sv)(采用ICRP规定的核辐射含量换算系数)。

郡山市立薰小学校的情况(去学校200天,操场上的核辐射含量)

外部辐射 1.5 mSv 体内辐射 0.038 mSv 总计 1.538mSv

总计核辐射含量中体内辐射含量的比例  $0.038/1.538 = 2.5\%$

No.	学校名称	体内辐射的贡献比例(%)
3	郡山市立薰小学	2.5
21	福岛市立大波小学	1.6
22	伊达市立小国小学	2.3
27	福岛市圣心三育保育园	2.9
28	福岛市三育幼儿园	1.0
29	伊达市立富成小学	1.7
32	福岛市立御山小学	2.4
35	福岛市立福岛第二中学	0.5
36	福岛大学附属幼儿园	1.2
37	福岛大学附属中学	0.6
38	福岛市福岛成蹊中学	0.7
41	福岛市立福岛第三小学	1.8
49	福岛市立渡利中学	0.9
	上面是超过 $3.8 \mu\text{Sv/h}$ 的 13 所学校	平均 1.5 %
	包含其它幼儿园、学校的最大值	4.1
	最小值	0.5
	平均	1.9

## 为了学校操场安全使用进行评估辐射含量的条件

### 计算条件

- 评估操场逗留时间内的外部辐射和体内辐射，计算体内辐射的贡献。
- 评估仅来自操场污染的外部、吸入、摄入、伤口渗入辐射。
- 对 2011 年 4 月 14 日至 2012 年 4 月 14 日期间进行评估。
- 操场逗留时间如下（根据幼儿园儿童、儿童、学生的行为调查）。
  - 幼儿园 上幼儿园 220 天，操场逗留时间 1 天 2 小时
  - 小学 上学 200 天，操场逗留时间 1 天 2 小时
  - 中学 上学 200 天，操场逗留时间 1 天 4 小时
- 对外部、吸入、摄入、伤口渗入辐射含量，进行“不考虑衰减的评估”和“考虑衰减的评估”。
- 假定大气中核素比例与土壤核素比例相同。
- 评估对象的核素：Cs-134、Cs-137、Cs-136、I-131、Te-132、I-132
- 土壤密度为 1300 kg/m<sup>3</sup>。
- 只评估操场产生的尘土吸入辐射。
- 由于没有 Cs-136 土壤放射性含量的实际数据，根据放射线医学综合研究所监测的 J 村土壤的 Cs-137 与 Cs-136 的比例(Cs-136/Cs-137=约 0.1。这次使用 0.1)估算 Cs-136 的含量。
- 用于体内辐射评估的实效辐射含量换算系数，按照各辐射途径，采用如下文献表中的值。

引用实效辐射含量换算系数的文献

辐射种类	文献	备注
吸入性辐射	NCRP-R-129, 1999	大气中悬浮微粒AMD在2-6 μm之间
	ICRP	公众默认值为1 μm
摄入性辐射	ICRP	
渗入性(因受伤)辐射	ICRP模式使用的IMBA	
这次设定	使用的换算系数	使用的颗粒直径、类型
吸入性辐射	ICRP1998CDROM(ICRP72)、 NCRP-R-129, 1999	颗粒为5 μm、类型为安全型
摄入性辐射	ICRP1998CDROM(ICRP72)	
渗入性(因受伤)辐射	ICRP模式使用的IMBA	

使用的实效辐射含量换算系数值 ( Sv/Bq )

核素	年龄	Cs-134	C-137 (Ba137m)	Cs-136	I-131	I-132	Te-132
吸入性	1岁	3.20E-08	4.20E-08	1.00E-08	8.60E-08	1.20E-09	2.00E-08
吸入性	幼儿园儿童 (5岁)	2.30E-08	3.70E-08	6.50E-09	5.00E-08	6.10E-10	1.10E-08
吸入性	小学生(10 岁)	1.60E-08	2.60E-08	4.50E-09	2.50E-08	4.20E-10	5.40E-09
吸入性	初中、高中生 (15岁)	1.60E-08	2.80E-08	4.30E-09	1.70E-08	2.90E-10	3.80E-09
吸入性	大人	1.30E-08	2.40E-08	3.10E-09	1.10E-08	2.00E-10	2.80E-09
摄入性	1岁	1.60E-08	1.20E-08	9.50E-09	1.80E-07	2.40E-09	3.00E-08
摄入性	幼儿园儿童 (5岁)	1.30E-08	9.60E-09	6.10E-09	1.00E-07	1.30E-09	1.60E-08
摄入性	小学生(10 岁)	1.40E-08	1.00E-08	4.40E-09	5.20E-08	6.20E-10	8.30E-09
摄入性	初中、高中生 (15岁)	1.90E-08	1.30E-08	3.40E-09	3.40E-08	4.10E-10	5.30E-09
摄入性	大人	1.90E-08	1.30E-08	3.00E-09	2.20E-08	2.90E-10	3.80E-09
伤口(渗入 性)	大人	1.93E-08	1.35E-08	3.02E-09	2.20E-08	2.75E-10	1.37E-09
备注	吸入类型	S	S	S	F	F	15岁、大人：M、除此以外：F
		各核素类型使用最安全型。					

## 外部辐射

[计算公式]

**实效辐射含量(Sv)=空中核辐射含量(Sv/s) × 核素的贡献 × 逗留时间(s) × 衰减修正[若需修正] (1)**

对各核素按公式(1)计算核辐射含量，然后累加。

[参数条件]

### · 空中核辐射量

操场的实测值(采用小学、幼儿园高度为50cm，中学高度为1m的空中核辐射含量进行评估)

监测仪的显示数据(不经修改的实测值)的1cm辐射当量作为安全型实效辐射含量。

空气比释动能K与1cm辐射当量H的换算，假定各能量相同，空气比释动能的辐射贡献率=1cm辐射当量的辐射贡献率。

在能量0.3MeV-0.8MeV范围内，H/K在1.3-1.2范围之内，婴儿的E/K在整个能量范围内，最大为1.2倍左右(辐射条件：来自地表面辐射源的辐射)。实效辐射含量使用H(1cm

辐射当量)就是安全型。

• 核素的贡献

假定土壤的核素都在最表层,计算半无限平面的各核素的空中核辐射含量,再算出各核素的空中核辐射含量的贡献

吸入性辐射

[计算公式]

**实效辐射含量(Sv)=表面污染密度(Bq/m<sup>2</sup>) × 再浮游率(1/m) × 屋外尘土进入系数 × 实效辐射含量换算系数(Sv/Bq) × 呼吸率(m<sup>3</sup>/s) × 逗留时间(s) × 衰减修正[若需修正] (2)**

对各核素按公式(2)计算核辐射含量,然后累加。

[参数条件]

• 表面污染密度

假定土壤中的核素都在最表层,从土壤含量计算

污染密度(Bq/m<sup>2</sup>)=采样深度(0.05m(这次为 5cm)) × 土壤密度(kg/m<sup>3</sup>) × 土壤含量(Bq/kg)

• 再浮游率(1/m)

研究以下文献设定。

引用文献	污染表面的再浮游系数(1/m)	备注	
IAEA SS 111-P-1.1、 1992	1.0E-06		
SRS	1.0E-07	城里, 非农用地	
SRS	1.0E-05	农用地土壤	
NCRP-R-129, 1999	7.50E-10	学校, 公园公园, 娱乐设施	假定深度分布
NCRP-R-129, 1999	1.0E-06		刚污染
NCRP-R-129, 1999	3.3E-08	p70	污染后 30 日
NCRP-R-129, 1999	1.0E-09	p70	污染后 1000 日
这次设定	1.00E-06	考虑到学校因为学生到处跑, 尘土飞扬, 使用沉积在安全型IAEA SS 111和 NCRP-R129 地面的初始值。	

## 呼吸率

研究以下文献设定。

年龄	轻工作		sitting		备注
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	
17 岁以上	1.500	4.17E-04	0.54	1.50E-04	ICRP72, CD1998
15 岁(12 岁-17 岁 不满)	1.380	3.83E-04	0.48	1.33E-04	ICRP72, CD1998
10 岁(7 岁-12 岁 不满)	1.120	3.11E-04	0.38	1.06E-04	ICRP72, CD1998
5 岁(2 岁-7 岁不 满)	0.570	1.58E-04	0.32	8.89E-05	ICRP72, CD1998
1 岁(1 岁-2 岁不 满)	0.350	9.72E-05	0.22	6.11E-05	ICRP72, CD1998
3 个月(1 岁不满)	0.190	5.28E-05	0.09	2.50E-05	因没有 ICRP72, CD1998, sitting, 所以是 Sleep 值
这次设定	同上	同上	同上	同上	

## 摄入性辐射

设想手受到污染，从口中摄入。

[计算公式]

**实效辐射含量(Sv)=经手摄入量(kg/d) × 土壤放射性含量(Bq/kg) × 实效辐射含量  
换算系数(Sv/Bq) × 摄入时间 × (衰减修正) (3)**

[参数条件]

经手摄入量中的摄入率的文献值和考虑这些情况的设定值列在下页。

不只是逗留在操场上才会从口摄入，所以采用 1 天的摄入量。

### 因手污染从口摄入的摄入率相关文献值和设定值

引用文献	从口摄入率
IAEA SRS 44、2005	25g/y ( 0.07g/d) 设想 RP：公共场所被污染物覆盖。半无限的污染源
RP-122part2	与年龄有关。0-1岁：0g/h、1-2岁：0.01g/h、2-7岁：0.01g/h、7-12岁：0.005g/h、12-17岁：0.005g/h、17岁以上：0.005 设想 Play ground：操场、公共场所被污染物覆盖。10cm 的半无限平面。
IAEA SS 111-P-1.1、1992	0.1g/d(儿童)
NCRP-R-129, 1999	0.05(成年人、城市近郊)、0.1(儿童、城市近郊)、0.1(成年人、稀疏地种了些草木的地方)、0.2(儿童、稀疏地种了些草木的地方)
EPA、OSWER Directive #9285.7-01a,1989	0.1g/d(成年人)、0.2g/d(儿童)
EPA、OSWER Directive #9850.4,1989	
EPA/540/1-89/002, PB90-155581,1989	

这次设定	g/d
17 岁以上	0.1
15 岁(12 岁-17 岁不满)	0.1
10 岁(7 岁-12 岁不满)	0.2
5 岁(2 岁-7 岁不满)	0.2
1 岁(1 岁-2 岁不满)	0.2
3 个月(1 岁不满)	0

### 伤口渗入

设想手受到污染，从口中摄入。

[计算公式]

**实效辐射含量(Sv)=受伤摄入的量(kg/次) × 放射性含量(Bq/kg) × 实效辐射含量换算系数(Sv/Bq) × 受伤次数 × (衰减修正) ( 4 )**

[参数条件]

- 假定每月受伤一次。
- 粘在皮肤上的量设想最容易粘到安全型的手上。
- 1 次受伤粘到手上的尘土假定全都渗入血液(安全型评估)。
- 粘在皮肤中最容易受污染的手上的尘土含量根据下列文献大约为 10mg 左右，所以假定是手受伤，假定 1 次受伤粘在手上的尘土全都渗入血液。
- 辐射含量换算系数使用成年人。即使由 ICRP 经口摄入换算系数过多的估算，儿童的辐射含量换算系数是成年人辐射含量换算系数的 10 倍(放射性碘 131 是 10 倍，放射性铯 137 是 2 倍)，所以即使估算儿童渗入是成年人的 10 倍辐射含量，也可以说这次计算得到的核辐射含量是非常低的。并且，静脉注射 (injection) 要比从口摄入高一些。

引用文献	手上污染物质量	备注
IAEA SS 111-P-1.1、 1992	0.011g	引用:Lepow et al(1975)
这次设定	0.011	

# 福岛县内学校再调查结果一览

调查实施日期： 2011年4月14日

No.	所在地	调查对象学校名称	土壤辐射量 (Bq/Kg·湿土)			備考
			I - 131	Cs		
				Cs - 134	Cs - 137	
1	郡山市	郡山市立郡山第二中学	1200	2800	3400	
2	郡山市	圣保罗幼儿园	2300	5500	6400	
3	郡山市	郡山市立薰小学	3300	7200	8600	
4	郡山市	郡山市立郡山第一中学	1700	3900	4500	
5	郡山市	郡山市立郡山第三中学	1900	3600	4100	
6	本宫市	本宫市立五百川小学	2300	5100	5800	
7	本宫市	本宫第四保育园	3700	8600	9900	
8	本宫市	本宫市立和田幼儿园	3100	6900	8200	
9	本宫市	本宫市立和田小学	3400	7800	9100	
10	二本松市	二本松市立石井幼儿园	3900	7700	8800	
11	二本松市	二本松市立石井小学	1900	4300	5000	
12	二本松市	二本松市立岳下小学	3100	5600	6400	



No.	所在地	调查对象学校名称	土壤辐射量 (Bq/Kg·湿土)			備考
			I - 131	Cs		
				Cs - 134	Cs - 137	
13	二本松市	松丘保育园	2700	5400	6300	
14	二本松市	二本松市立杉田小学	2100	3600	4200	
15	二本松市	二本松市立杉田幼儿园	2400	4500	5200	
16	二本松市	二本松市立二本松第二中学	2700	4900	5800	
17	二本松市	二本松市立小浜中学	2600	2900	3400	
18	福島市	福島市立下川崎小学	2100	4700	5500	
19	福島市	福島市立大久保小学	6200	6200	7500	
20	福島市	福島市立南向台小学	4000	3200	3800	
21	福島市	福島市立大波小学	3700	3000	3800	
22	伊达市	伊达市立小国小学	6800	6700	8100	
23	相马市	玉野幼儿园				因与No.25相同的操场， 不采样
24	相马市	玉野中学	2900	3300	3900	
25	相马市	玉野小学	2700	3200	3800	
26	福島市	福島市立岡山小学	3500	2200	2800	

No.	所在地	调查对象学校名称	土壤辐射量 (Bq/Kg·湿土)			備考
			I - 131	Cs		
				Cs - 134	Cs - 137	
27	福島市	聖心三育保育園	4600	4700	5600	
28	福島市	三育幼稚園	2200	480	620	
29	伊達市	伊達市立富成小学	5000	3700	4300	
30	福島市	福島市立福島养护学校	4800	4300	5500	
31	福島市	御山保育所	3200	3800	4300	
32	福島市	福島市立御山小学	5000	5800	6800	
33	福島市	福島市立信陵中学	4600	6500	7700	
34	福島市	福島市立平野中学	3500	3300	4200	
35	福島市	福島市立福島第二中学	2400	2340	2300	
36	福島市	福島大学附属幼稚園	2250	1340	1330	
37	福島市	福島大学附属中学	2800	2590	2530	
38	福島市	福島成蹊中学	2600	3660	3730	
39	福島市	福島市立岳阳中学	2180	2210	2270	
40	福島市	福島市立福島第一中学	2920	2900	3020	

No.	所在地	调查对象学校名称	土壤辐射量 (Bq/Kg·湿土)			備考
			I - 131	Cs		
				Cs - 134	Cs - 137	
41	福島市	福島市立福島第三小学	3330	4710	4760	
42	福島市	福島市立福島第二小学	2780	3140	3130	
43	福島市	櫻之圣母学院幼儿园	2540	3520	3520	
44	福島市	櫻之圣母学院小学	2580	2030	2070	
45	福島市	福島大学附属小学	2550	3120	3120	
46	福島市	福島县立盲学	2990	3210	3180	
47	福島市	渡利保育园	3260	3480	3570	
48	福島市	儿童之家 蚕豆	4090	5740	5930	
49	福島市	福島市立渡利中学	3250	4190	4200	
50	福島市	福島市立渡利幼儿园	3090	3840	3870	
51	福島市	櫻保育园	2090	2560	2500	
52	福島市	福島市立渡利小学	2800	3420	3550	