

平成23年5月12日

文 部 科 学 省

「暫定的考え方」の取りまとめに際し検討した内部被ばくに関する算定結果と根拠

放射線医学総合研究所の協力を得て、以下のとおり算定を行った。

外部被ばくは空間線量率から求めた。

内部被ばくは次の手順で求めた。(4月14日に文部科学省実施の土壌調査データを使用)

- 土壌に沈着している放射性物質が一定の割合で空中に巻き上げられる(再浮遊)
- 再浮遊の割合はIAEAやNCRPによって与えられている係数を用いる。
- 呼吸によって吸入する再浮遊放射性物質量を推定する(年齢に応じた呼吸率と滞在時間を用いる)。
- 土壌を誤って口に入れることによる経口摂取を考慮する。
- 傷口からの放射性物質の侵入を考慮する。
- 体内に取り込まれた放射性物質の量(Bq)から吸収線量(Sv)を算定する(ICRPによって定められている線量換算係数を用いる)

郡山市立薫小学校の場合(学校に通う200日のグラウンド上での線量)

外部被ばく 1.5 mSv 内部被ばく 0.038 mSv 合計 1.538mSv

合計線量における内部被ばく線量の割合 $0.038/1.538 = 2.5\%$

No.	学校名	内部被ばくの寄与割合(%)
3	郡山市立薫小学校	2.5
21	福島市立大波小学校	1.6
22	伊達市立小国小学校	2.3
27	福島市聖心三育保育園	2.9
28	福島市三育幼稚園	1.0
29	伊達市立富成小学校	1.7
32	福島市立御山小学校	2.4
35	福島市立福島第二中学校	0.5
36	福島大学付属幼稚園	1.2
37	福島大学付属中学校	0.6
38	福島市福島成蹊中学校	0.7
41	福島市立福島第三小学校	1.8
49	福島市立渡利中学校	0.9
	以上 $3.8 \mu\text{Sv/h}$ を超えた 13 校	平均 1.5 %
	その他の園・学校を含む最大値	4.1
	最小値	0.5
	平均	1.9

学校グラウンドの利用に伴う被ばく線量を評価するための条件

算定条件

- ・ グラウンドに滞在する時間における外部被ばくと、内部被ばくを評価し、内部被ばくの寄与を算定する。
- ・ グラウンドの汚染のみからの外部、吸入、経口、傷口被ばくを評価する。
- ・ 2011年4月14日から2012年4月14日の間の評価を行う。
- ・ グラウンド滞在時間は次の通りとする（園児、児童、生徒の行動調査に基づく）。
 - 幼稚園 登園日 220日、グラウンド滞在時間 1日 2時間
 - 小学校 登校日 200日、グラウンド滞在時間 1日 2時間
 - 中学校 登校日 200日、グラウンド滞在時間 1日 4時間
- ・ 外部、吸入、経口、傷口線量につき「減衰を考慮しない評価」と「減衰を考慮する評価」を行う。
- ・ 大気中の核種の比率と土壌の核種の比率は同じものとする。
- ・ 評価の対象核種：Cs-134、Cs-137、Cs-136、I-131、Te-132、I-132
- ・ 土壌の密度は 1300 kg/m³とする。
- ・ 吸入被ばくはグラウンドから生じたダストからのみ評価
- ・ Cs-136の土壌放射能濃度の生データがないので、放医研が測定したJビレッジの土壌のCs-137とCs-136の比率(Cs-136/Cs-137=約0.1。今回0.1を使用)からCs-136の濃度を推定した。
- ・ 内部被ばく評価に用いる実効線量換算係数は、以下の文献から引用したそれぞれの被ばく経路に応じて表の値を用いた。

実効線量換算係数を引用した文献

被ばくの種類	文献	備考
吸入被ばく	NCRP-R-129, 1999	大気中のエアロゾルAMDが2-6 μmの間にある
	ICRP	公衆にはデフォルトで1 μm
経口被ばく	ICRP	
注入(怪我による)被ばく	ICRPモデル利用のIMBA	
今回の設定	使用する換算係数	使用する粒径、タイプ
吸入被ばく	ICRP1998CDROM(ICRP72)、 NCRP-R-129, 1999	粒子系は5 μm、タイプは安全側
経口被ばく	ICRP1998CDROM(ICRP72)	
注入(怪我による)被ばく	ICRPモデル利用のIMBA	

用いた実効線量換算係数の値 (Sv/Bq)

核種	年齢	Cs-134	C-137 (Ba137m)	Cs-136	I-131	I-132	Te-132
吸入	1歳	3.20E-08	4.20E-08	1.00E-08	8.60E-08	1.20E-09	2.00E-08
吸入	幼稚園(5歳)	2.30E-08	3.70E-08	6.50E-09	5.00E-08	6.10E-10	1.10E-08
吸入	小学生(10歳)	1.60E-08	2.60E-08	4.50E-09	2.50E-08	4.20E-10	5.40E-09
吸入	中高生(15歳)	1.60E-08	2.80E-08	4.30E-09	1.70E-08	2.90E-10	3.80E-09
吸入	大人	1.30E-08	2.40E-08	3.10E-09	1.10E-08	2.00E-10	2.80E-09
経口	1歳	1.60E-08	1.20E-08	9.50E-09	1.80E-07	2.40E-09	3.00E-08
経口	幼稚園(5歳)	1.30E-08	9.60E-09	6.10E-09	1.00E-07	1.30E-09	1.60E-08
経口	小学生(10歳)	1.40E-08	1.00E-08	4.40E-09	5.20E-08	6.20E-10	8.30E-09
経口	中高生(15歳)	1.90E-08	1.30E-08	3.40E-09	3.40E-08	4.10E-10	5.30E-09
経口	大人	1.90E-08	1.30E-08	3.00E-09	2.20E-08	2.90E-10	3.80E-09
傷口(注入)	大人	1.93E-08	1.35E-08	3.02E-09	2.20E-08	2.75E-10	1.37E-09
備考	吸入タイプ	S	S	S	F	F	15歳、大人:M、それ以外はF
		各核種のタイプは最も安全側を使用。					

外部被ばく

[計算式]

実効線量(Sv)=空間線量率(Sv/s)×核種の寄与×滞在時間(s)×減衰補正[補正する場合]

(1)

それぞれの核種に対して(1)式から線量を求めて、合算する。

[パラメータ条件]

・空間線量率

グラウンドにおける実測値(小学校、幼稚園は高さ50cm、中学校は高さ1mの空間線量率から評価)

サーベイメータの読み値(生の実測値)である1cm線量当量を安全側に実効線量として使用する。

空気カーマKと1cm線量当量Hの換算は各エネルギーで同一と仮定し、空気カーマの線量寄与率=1cm線量当量の線量寄与率とした。

エネルギー0.3MeV-0.8MeVの範囲でH/Kは1.3-1.2の範囲にあり、乳児のE/Kは全エネルギー範囲で最大でも1.2倍程度(照射条件:地表面線源からの照射)である。実効線量にH(1cm線量当量)を使用すれば安全側。

・核種の寄与

土壌の核種はすべて最表面にあると仮定し、半無限平面からのそれぞれの核種の空間線量率を求めてそれぞれの核種の空間線量率の寄与を算出

吸入摂取による被ばく

[計算式]

$$\text{実効線量(Sv)} = \text{表面汚染密度(Bq/m}^2\text{)} \times \text{再浮遊率(1/m)} \times \text{屋外ダスト侵入係数} \times \text{実効線量換算係数(Sv/Bq)} \times \text{呼吸率(m}^3\text{/s)} \times \text{滞在時間(s)} \times \text{減衰補正[補正する場合]} \quad (2)$$

それぞれの核種に対して(2)式から線量を求めて、合算する。

[パラメータ条件]

・表面汚染密度

土壌中の核種がすべて最表面にあると仮定して、土壌濃度濃度から算出

$$\text{汚染密度(Bq/m}^2\text{)} = \text{採取深さ(0.05m(今回 5cm))} \times \text{土壌密度(kg/m}^3\text{)} \times \text{土壌の濃度(Bq/kg)}$$

・再浮遊率(1/m)

以下の文献を検討して設定した。

引用文献	汚染表面からの再浮遊係数(1/m)	備考	
IAEA SS 111-P-1.1、1992	1.0E-06		
SRS	1.0E-07	都会、非農耕地;	
SRS	1.0E-05	農耕地の土壌	
NCRP-R-129, 1999	7.50E-10	学校,公園,レクリエーション施設	深度分布仮定
NCRP-R-129, 1999	1.0E-06		汚染直後
NCRP-R-129, 1999	3.3E-08	p70	汚染後 30 日
NCRP-R-129, 1999	1.0E-09	p70	汚染後 1000 日
今回の設定	1.00E-06	学校では生徒が走り回ることから、舞い上がりが多くなることを考慮して、安全側のIAEA SS111とNCRP-R129の地面に沈着した初期値を用いる。	

呼吸率

以下の文献を検討して設定した。

年齢	軽作業		sitting		備考
	m ³ /h	m ³ /s	m ³ /h	m ³ /s	

17歳以上	1.500	4.17E-04	0.54	1.50E-04	ICRP72, CD1998
15歳(12歳-17歳未満)	1.380	3.83E-04	0.48	1.33E-04	ICRP72, CD1998
10歳(7歳-12歳未満)	1.120	3.11E-04	0.38	1.06E-04	ICRP72, CD1998
5歳(2歳-7歳未満)	0.570	1.58E-04	0.32	8.89E-05	ICRP72, CD1998
1歳(1歳-2歳未満)	0.350	9.72E-05	0.22	6.11E-05	ICRP72, CD1998
3ヶ月(1歳未満)	0.190	5.28E-05	0.09	2.50E-05	ICRP72, CD1998, sitting がないので Sleep の値
今回の設定	上記同 —	上記 同一	上記同 —	上記 同一	

経口摂取

手が汚染し、それを口から摂取することを想定する。。

[計算式]

実効線量(Sv)=手からの経口摂取率(kg/d) × 土壌放射能濃度(Bq/kg) × 実効線量換算係数(Sv/Bq) × 摂取時間 × (減衰補正) (3)

[パラメータ条件]

手からの経口摂取率に関する文献値とこれらを考慮した設定値を次ページの表に示す。

経口摂取は、グラウンドでの滞在時間に生じるとは限らないので、1日の摂取量を用いた。

手の汚染による経口摂取における経口摂取率に関する文献値と設定値

引用文献	経口摂取率
IAEA SRS 44, 2005	25g/y (0.07g/d) シナリオ RP : 公共の場が汚染物質で覆われている。半無限の線源
RP-122part2	年齢に依存。0-1歳 : 0g/h、1-2歳 : 0.01g/h、2-7歳 : 0.01g/h、7-12歳 : 0.005g/h、12-17歳 : 0.005g/h、17歳以上 : 0.005 シナリオ Play ground : 運動場、公共の場が汚染物でカバーされている。10cmの半無限平面。
IAEA SS 111-P-1.1, 1992	0.1g/d(子供)
NCRP-R-129, 1999	0.05(大人、都市近郊)、0.1(子供、都市近郊)、0.1(大人、まばらに植生された地方の土地)、0.2(子供、まばらに植生された地方の土地)
EPA、OSWER Directive #9285.7-01a, 1989	0.1g/d(大人)、0.2g/d(子供)
EPA、OSWER Directive #9850.4, 1989	
EPA/540/1-89/002, PB90-155581, 1989	

今回の設定	g/d
17歳以上	0.1
15歳(12歳-17歳未満)	0.1
10歳(7歳-12歳未満)	0.2
5歳(2歳-7歳未満)	0.2
1歳(1歳-2歳未満)	0.2
3ヶ月(1歳未満)	0

傷口からの侵入

手が汚染し、それを口から摂取することを想定する。

[計算式]

実効線量(Sv)=怪我で取り込まれる量(kg/回)×放射能濃度(Bq/kg)×実効線量換算係数(Sv/Bq)×怪我をする回数×(減衰補正)(4)

[パラメータ条件]

- ・ 月に 1 回怪我するものとする。
- ・ 皮膚への付着の量については、安全側に最も付着しやすいと考えられる手に付着した場合を想定する。
- ・ 1 回の怪我で手に付着しているダストがすべて血中に注入されたと仮定する(安全側に評価)。
- ・ 皮膚の中でも最も汚染しそうな手に付着している塵埃の濃度は、下記の文献で 10mg 程度なので、怪我したところが手だと仮定して、1 回の怪我で手に付着している塵埃がすべて血中に注入されたと仮定した。
- ・ 線量換算係数は成人を利用。ICRP 経口摂取換算係数から多く見積もっても子供の線量換算係数は大人の線量換算係数の 10 倍(ヨウ素 131 は 10 倍、セシウム 137 は 2 倍)なので注入も子供は大人の 10 倍線量が高いと見積もっても今回算定した線量は十分低いことがいえる。ちなみに、血中投与 (injection) は経口摂取よりも若干高い値である。

引用文献	手の汚染物質の量	備考
IAEA SS 111-P-1.1、 1992	0.011g	引用:Lepow et al(1975)
今回の設定	0.011	

福島県内の学校再調査の結果一覧

調査実施日: 平成23年4月14日

No.	所在地	調査対象学校名	土壌放射能(Bq/Kg・湿)			備考
			I-131	Cs		
				Cs-134	Cs-137	
1	郡山市	郡山市立郡山第二中学校	1200	2800	3400	
2	郡山市	セントポール幼稚園	2300	5500	6400	
3	郡山市	郡山市立薫小学校	3300	7200	8600	
4	郡山市	郡山市立郡山第一中学校	1700	3900	4500	
5	郡山市	郡山市立郡山第三中学校	1900	3600	4100	
6	本宮市	本宮市立五百川小学校	2300	5100	5800	
7	本宮市	本宮第四保育所	3700	8600	9900	
8	本宮市	本宮市立和田幼稚園	3100	6900	8200	
9	本宮市	本宮市立和田小学校	3400	7800	9100	
10	二本松市	二本松市立石井幼稚園	3900	7700	8800	
11	二本松市	二本松市立石井小学校	1900	4300	5000	
12	二本松市	二本松市立岳下小学校	3100	5600	6400	

No.	所在地	調査対象学校名	土壌放射能(Bq/Kg・湿)			備考
			I-131	Cs		
				Cs-134	Cs-137	
13	二本松市	まつが丘保育所	2700	5400	6300	
14	二本松市	二本松市立杉田小学校	2100	3600	4200	
15	二本松市	二本松市立杉田幼稚園	2400	4500	5200	
16	二本松市	二本松市立二本松第二中学校	2700	4900	5800	
17	二本松市	二本松市立小浜中学校	2600	2900	3400	
18	福島市	福島市立下川崎小学校	2100	4700	5500	
19	福島市	福島市立大久保小学校	6200	6200	7500	
20	福島市	福島市立南向台小学校	4000	3200	3800	
21	福島市	福島市立大波小学校	3700	3000	3800	
22	伊達市	伊達市立小国小学校	6800	6700	8100	
23	相馬市	玉野幼稚園				No.25と同じグラウンドのため、採取なし
24	相馬市	玉野中学校	2900	3300	3900	
25	相馬市	玉野小学校	2700	3200	3800	
26	福島市	福島市立岡山小学校	3500	2200	2800	

No.	所在地	調査対象学校名	土壌放射能(Bq/Kg・湿)			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	伊達市立富成小学校	5000	3700	4300	
30	福島市	福島市立福島養護学校	4800	4300	5500	
31	福島市	御山保育所	3200	3800	4300	
32	福島市	福島市立御山小学校	5000	5800	6800	
33	福島市	福島市立信陵中学校	4600	6500	7700	
34	福島市	福島市立平野中学校	3500	3300	4200	
35	福島市	福島市立福島第二中学校	2400	2340	2300	
36	福島市	福島大学付属幼稚園	2250	1340	1330	
37	福島市	福島大学付属中学校	2800	2590	2530	
38	福島市	福島成蹊中学校	2600	3660	3730	
39	福島市	福島市立岳陽中学校	2180	2210	2270	
40	福島市	福島市立福島第一中学校	2920	2900	3020	

No.	所在地	調査対象学校名	土壌放射能(Bq/Kg・湿)			備考
			I-131	Cs		
				Cs-134	Cs-137	
41	福島市	福島市立福島第三小学校	3330	4710	4760	
42	福島市	福島市立福島第二小学校	2780	3140	3130	
43	福島市	桜の聖母学院幼稚園	2540	3520	3520	
44	福島市	桜の聖母学院小学校	2580	2030	2070	
45	福島市	福島大学付属小学校	2550	3120	3120	
46	福島市	福島県立盲学校	2990	3210	3180	
47	福島市	渡利保育所	3260	3480	3570	
48	福島市	こどものいえ そらまめ	4090	5740	5930	
49	福島市	福島市立渡利中学校	3250	4190	4200	
50	福島市	福島市立渡利幼稚園	3090	3840	3870	
51	福島市	さくら保育園	2090	2560	2500	
52	福島市	福島市立渡利小学校	2800	3420	3550	