

薪ストーブ等の使用に伴い発生する灰の被ばく評価について

平成 24 年 4 月 6 日
 日本原子力研究開発機構
 安全研究センター
 廃棄物安全研究グループ

放射性物質によって汚染されたおそれのある薪をストーブや風呂に使用したときにおける使用者、作業員および周辺住民に与える線量を評価するため、評価経路、パラメータを設定し、当該薪を燃焼させた際に発生する灰に含まれる Cs-134、Cs-137、全 Cs (=Cs-134+Cs-137) について、単位濃度 (1 Bq/g) あたりの線量を計算する。

1. 評価経路

汚染されたおそれのある薪をストーブや風呂に使用した際に発生する灰について考慮すべき過程、および評価の対象となる具体的な行為 (評価対象)、放射性物質に汚染された物 (線源)、放射性物質により被ばくする具体的な対象者 (対象者)、被ばく形態 (外部、吸入、経口) *を整理し、評価経路として表 1 にまとめた。

※「福島県の浜通り及び中通り地方 (避難区域及び計画的避難区域を除く) の災害廃棄物の処理・処分における放射性物質による影響の評価について」⁽¹⁾ (以下、「災害廃棄物評価」) では「皮膚被ばく」の影響は他の経路に比べて相対的に小さかったことから、本評価では被ばく形態から除外することとした。

表 1 薪ストーブ等の使用に伴い発生する灰に係る評価経路

No	評価対象	線源	対象者	被ばく形態	備考		
1	薪ストーブ	ストーブの 受け皿にある灰	成人	外部	8 か月使用すると仮定		
2			子ども	外部			
3		ストーブの 受け皿にある灰	成人	外部			
4			子ども	外部			
5		灰出し作業	ストーブの 受け皿にある灰	成人		外部	
6						粉塵吸入	
7				子ども		外部	
8						粉塵吸入	
9						直接経口	
10		保管中の灰の 周辺居住	保管中の灰	成人		外部	使用期間中、常に一斗缶半量 が保管されていると仮定
11				子ども		外部	
12	薪風呂	風呂釜の 受け皿にある灰	成人	外部	1 年中使用すると仮定		
13			子ども	外部			
14		風呂釜の 受け皿にある灰	成人	外部			
15			子ども	外部			
16		灰出し作業	風呂釜の 受け皿にある灰	成人		外部	
17						粉塵吸入	
18				子ども		外部	
19						粉塵吸入	
20						直接経口	
21		保管中の灰の 周辺居住	保管中の灰	成人		外部	使用期間中、常に一斗缶半量 が保管されていると仮定
22				子ども		外部	

2. 評価パラメータ

評価に用いるパラメータを表2、3に示す。薪ストーブ及び薪風呂の使用する際の被ばく時間や外部被ばく経路の評価時に必要な線源形状などの条件は、環境省における薪及び灰の放射能濃度調査時のヒアリング結果に基づき設定した。

表2 薪ストーブ等の使用に伴い発生する灰に係る評価経路パラメータ一覧 (1/3)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠	
1-22	被ばく中の減衰期間	y	1	IAEA RS-G-1.7では、各評価経路について被ばく期間(1年)の減衰を考慮しており、本試算でも被ばく期間(1年)中の放射能の減衰を考慮することとした。	
1-22	線源に対する希釈係数	—	1	線源に対する希釈は保守的に1とした。	
1,2	薪ストーブの使用時間	h/y	3650	年8か月間薪ストーブを使用すると仮定。そのうち6か月間は就寝時を除く18時間、2か月間は6時間(朝2時間、夜4時間)使用することとした。 $18 \times 365 \times 6 / 12 + 6 \times 365 \times 2 / 12 \approx 3650$ 時間/年	
1,2	外部被ばくに対する線量換算係数(薪ストーブの使用)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$	1.5E-04	以下の条件で、QAD-CGGP2Rコードにより算出した。 線源の形状：高さ0.025m、幅0.3m、長さ0.3mの直方体 線源のかさ密度：1.3 g/cm ³ 遮蔽：1mmの鉄を想定 評価点：0.3m×0.3mの中心から2m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		5.5E-05	
1,2	薪ストーブの使用時の遮へい係数	—	1.0	外部被ばく線量換算係数算出時に既に遮蔽を考慮しているため1とした。	
3,4	薪ストーブに薪をくべる作業時間	h/y	122	年8か月間薪ストーブを使用すると仮定。使用期間中は30分/日作業することとした。 $30 / 60 \times 365 \times 8 / 12 \approx 122$ 時間/年	
3,4, 14,15	外部被ばくに対する線量換算係数(薪ストーブ/薪風呂に薪をくべる作業、に薪をくべる作業)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$	2.2E-03	以下の条件で、QAD-CGGP2Rコードにより算出した。 線源の形状：高さ0.025m、幅0.3m、長さ0.3mの直方体 線源のかさ密度：1.3 g/cm ³ 評価点：0.3m×0.3mの中心から0.5m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		8.1E-04	
3,4, 14,15	薪ストーブ/薪風呂に薪をくべる作業時の遮へい係数	—	1.0	保守的に1とした。	
5-9	薪ストーブの灰出し作業時間	h/y	41	年8か月間薪ストーブを使用すると仮定。使用期間中は10分/日作業することとした。 $10 / 60 \times 365 \times 8 / 12 \approx 41$ 時間/年	
5,7 14,16	外部被ばくに対する線量換算係数(薪ストーブ/薪風呂の灰出し作業)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$	8.8E-04	以下の条件で、QAD-CGGP2Rコードにより算出した。 線源の形状：高さ0.1m、幅0.1m、長さ0.1mの立方体 線源のかさ密度：1.3 g/cm ³ 評価点：0.1m×0.1mの中心から0.5m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		3.2E-04	
5,7 16,18	薪ストーブ/薪風呂の灰出し作業時の遮へい係数	—	1.0	保守的に1とした。	
6,8, 17,19	微粒子への放射性物質の濃縮係数(吸入摂取)	—	4	IAEA Safety Reports Series No.44に示された吸入可能な粒子の濃縮係数を使用した。	

表 2 薪ストーブ等の使用に伴い発生する灰に係る評価経路パラメーター一覧 (2 / 3)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠	
6,8,17,19	作業時の空气中ダスト濃度	g/m ³	5E-04	IAEA-TECDOC-401 に示されている、埋め立て作業時におけるダスト濃度の範囲 (1E-4~1E-3 g/m ³) の中央値である 5E-4 g/m ³ を選定した。	
6,17	成人の呼吸量	m ³ /h	0.96	ICRP Publ.23 で示されている標準人の1日の呼吸量の数値 2.3×10 ⁴ (L/d)を基に算定した。	
8,19	子どもの呼吸量	m ³ /h	0.22	IAEA Safety Reports Series No.44 に示されていた 1~2 歳の居住者の呼吸率として示されている値を採用した。	
9,20	微粒子への放射性物質の濃縮係数 (経口摂取)	—	2	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された経口摂取被ばくに関する粒子の濃縮係数を使用した。	
9,20	直接経口摂取率 (子ども)	g/h	0.02	NCRP Reports No.129 において、成人の2倍の経口摂取率を用いており、この値を使用した。	
10,11	年間居住時間	h/y	5840	保守的に、8 か月間絶えず灰の保管場所周辺で居住しているとした。 24×365×8/12=5840 時間/年	
10,11,21,22	外部被ばくに対する線量換算係数 (保管中の灰の周辺居住)	Cs-134	μSv/h per Bq/g	7.2E-05	以下の条件で、QAD-CGGP2R コードにより算出した。 線源の形状：高さ 0.2m、幅 0.2m、長さ 0.2m の立方体 (一斗缶半量の廃棄物が地上に 1 缶保管された状態) 線源のかさ密度：1.3 g/cm ³ 遮蔽：1mm の鉄を想定 評価点：底辺の中心から 5m、高さ 1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を 1.3 倍した。
Cs-137		2.6E-05			
10,11,21,22	居住時の遮へい係数	—	0.2	IAEA-TECDOC-401 から、居住時間の 20%を戸外で過ごすとして仮定した。	
12,13	薪風呂の使用時間	h/y	365	1 年中薪風呂を使用すると仮定。使用時間は 1 時間/日とした。 1×365=365 時間/年	

表 2 薪ストーブ等の使用に伴い発生する灰に係る評価経路パラメーター一覧 (3 / 3)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠	
12,13	薪風呂の使用時間	h/y	365	1 年中薪風呂を使用すると仮定。使用時間は 1 時間/日とした。 1×365=365 時間/年	
12,13	外部被ばくに対する線量換算係数 (薪風呂の使用)	Cs-134	μSv/h per Bq/g	5.9E-04	以下の条件で、QAD-CGGP2R コードにより算出した。 線源の形状：高さ 0.025m、幅 0.3m、長さ 0.3m の直方体 線源のかさ密度：1.3 g/cm ³ 遮蔽：1mm の鉄を想定 評価点：0.3m×0.3m の中心から 1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を 1.3 倍した。
Cs-137		2.1E-04			
12,13	薪風呂の使用時の遮へい係数	—	1.0	外部被ばく線量換算係数算出時に既に遮蔽を考慮しているため 1 とした。	
14,15	薪風呂に薪をくべる作業時間	h/y	183	1 年中薪風呂を使用すると仮定。使用期間中は 30 分/日作業するとした。 30/60×365=183 時間/年	
16-20	薪風呂の灰出し作業時間	h/y	61	1 年中薪風呂を使用すると仮定。使用期間中は 10 分/日作業するとした。 10/60×365=61 時間/年	
21,22	年間居住時間	h/y	8,760	保守的に、1 年間絶えず灰の保管場所周辺で居住しているとした。	

表 3 薪ストーブ等の使用に伴い発生する灰に係る評価経路パラメーター一覧
(内部被ばく線量係数)

内部被ばく線量係数(Sv/Bq)			
	一般公衆(ICRP Publ.72)		
	吸入		経口
	成人	子ども	子ども
Cs-134	6.6E-09	7.3E-09	1.6E-08
Cs-137	4.6E-09	5.4E-09	1.2E-08

4. 薪ストーブ等の使用に伴い発生する灰による影響の評価結果

表 4、5 に、各評価経路の Cs-134 及び Cs-137 の単位濃度 (1 Bq/g) あたりの影響を評価した結果を示す。また、文部科学省^②および福島県^③の行った土壌の放射能濃度分析結果から Cs-134 と Cs-137 の比を算出し、Cs-134/Cs-137=0.806 と仮定し、Cs-134 と Cs-137 の和 (全 Cs) による単位濃度 (1 Bq/g) あたりの線量に換算した値も併せて示す。さらに「薪ストーブ」、「薪風呂」に係る一連の経路における対象者ごとの重畳を考慮した結果を表 6 に示す。

表 4 評価結果 (薪ストーブ)

薪ストーブ				
No.	経路略称	単位廃棄物中濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
1	薪ストーブの使用(外部、成人)	4.7E-04	2.0E-04	3.2E-04
2	薪ストーブの使用(外部、子ども)	6.0E-04	2.6E-04	4.1E-04
3	薪をくべる作業(外部、成人)	2.3E-04	9.8E-05	1.6E-04
4	薪をくべる作業(外部、子ども)	3.0E-04	1.3E-04	2.0E-04
5	灰出し作業(外部、成人)	3.1E-05	1.3E-05	2.1E-05
6	灰出し作業(吸入、成人)	4.4E-07	3.6E-07	4.0E-07
7	灰出し作業(外部、子ども)	4.0E-05	1.7E-05	2.7E-05
8	灰出し作業(吸入、子ども)	1.1E-07	9.6E-08	1.0E-07
9	灰出し作業(直接経口、子ども)	2.2E-05	1.9E-05	2.1E-05
10	保管中の灰の周辺居住(外部、成人)	7.1E-05	3.0E-05	4.8E-05
11	保管中の灰の周辺居住(外部、子ども)	9.3E-05	3.9E-05	6.3E-05

表 5 評価結果 (薪風呂)

薪風呂				
No.	経路略称	単位廃棄物中濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
12	薪風呂の使用(外部、成人)	1.8E-04	7.6E-05	1.2E-04
13	薪風呂の使用(外部、子ども)	2.4E-04	9.8E-05	1.6E-04
14	薪をくべる作業(外部、成人)	3.4E-04	1.5E-04	2.3E-04
15	薪をくべる作業(外部、子ども)	4.4E-04	1.9E-04	3.0E-04
16	灰出し作業(外部、成人)	4.6E-05	1.9E-05	3.1E-05
17	灰出し作業(吸入、成人)	6.6E-07	5.3E-07	5.9E-07
18	灰出し作業(外部、子ども)	5.9E-05	2.5E-05	4.0E-05
19	灰出し作業(吸入、子ども)	1.7E-07	1.4E-07	1.5E-07
20	灰出し作業(直接経口、子ども)	3.3E-05	2.9E-05	3.1E-05
21	保管中の灰の周辺居住(外部、成人)	1.1E-04	4.5E-05	7.3E-05
22	保管中の灰の周辺居住(外部、子ども)	1.4E-04	5.9E-05	9.5E-05

表6 評価結果（対象者ごとの各評価経路結果の重畳）

対象者ごとの各評価経路結果の重畳

対象経路No.	経路略称	単位廃棄物中濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
1,3,5,6,10	薪ストーブ+灰の保管(成人)	8.0E-04	3.4E-04	5.4E-04
2,4,7,8,9,11	薪ストーブ+灰の保管(子ども)	1.1E-03	4.6E-04	7.3E-04
12,14,16,17,21	薪風呂+灰の保管(成人)	6.8E-04	2.9E-04	4.6E-04
13,15,18,19,20,22	薪風呂+灰の保管(子ども)	9.1E-04	4.0E-04	6.3E-04

参考文献

- (1) 日本原子力研究開発機構安全研究センター、「福島県の浜通り及び中通り地方（避難区域及び計画的避難区域を除く）の災害廃棄物の処理・処分における放射性物質による影響の評価について」、災害廃棄物安全評価検討回（第3回）資料4、平成23年6月19日（平成23年11月15日一部訂正及び修正、災害廃棄物安全評価検討回（第9回）資料11-1）
- (2) 文部科学省ホームページ、「土壌モニタリングの測定結果」、http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/1304006.htm
- (3) 福島県ホームページ、「福島県環境放射線モニタリング小・中学校等実施結果（土壌・ダスト）について」、<http://www.pref.fukushima.jp/j/schoolairsoil.pdf>