

大阪府の実態に合わせた焼却処理シナリオにおける被ばく線量の試算

焼却処理シナリオ(大阪)

No.		【大阪府】 単位焼却灰中濃度 あたりの年間被ばく 線量 (mSv/y per Bq/g)			1mSv/y相当程 度 (Bq/kg)	備 考
		Cs(134+137)			Cs(134+137)	
26	焼却灰積み下ろし作業員外部	2.1	E	-2	47,619	焼却灰:4m×2.5m×2.0m 年間作業時間 125時間
27	焼却灰積み下ろし作業員吸入	1.1	E	-5	90,909,091	
28	焼却灰積み下ろし作業員直接経口摂取	8.9	E	-5	11,235,955	
30	焼却灰運搬作業員外部	8.7	E	-2	11,494	焼却灰:4m×2.5m×2.0m 年間作業時間 1,000時間

【参考】

焼却処理シナリオ(大阪)

No.		【大阪府】 単位焼却灰中濃 度あたりの年間 被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			3,000Bq/kgの 災害廃棄物の 場合の年間被 ばく線量 (mSv/y)	5,000Bq/kgの 災害廃棄物の 場合の年間被 ばく線量 (mSv/y)	8,000Bq/kgの 災害廃棄物の 場合の年間被 ばく線量 (mSv/y)	備 考
		Cs(134+137)			Cs(134+137)	Cs(134+137)	Cs(134+137)	
26	焼却灰積み下ろし作業員外部	2.1	E	-2	0.063	0.11	0.17	
27	焼却灰積み下ろし作業員吸入	1.1	E	-5	0.000033	0.000055	0.000088	
28	焼却灰積み下ろし作業員直接経口摂取	8.9	E	-5	0.00027	0.00045	0.00071	
	合計				0.063	0.11	0.17	
30	焼却灰運搬作業員外部	8.7	E	-2	0.26	0.44	0.70	

焼却処理シナリオ(大阪府)

26 焼却灰積み下ろし作業者外部

$$D_{ext}(i) = C_w(i) \cdot S_o \cdot t_o \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i}$$

¹³⁴ Cs	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量(mSv/y per Bq/g)	0.015
D_{ext}(i)	: 作業時における核種iによる外部被ばく線量(μSv/y) 134Cs	
C_w(i)	: 焼却灰中の核種iの濃度(Bq/g)	1.00
S_o	: 外部被ばくに対する遮へい係数(-) →0.8(p.20)・・・直方体の線源(5m×2m×1.5m)に対し、鉄板6.4mm	0.8
t_o	: 年間作業時間(h/y)→125(h/y) 焼却灰の積み込み 年間 750回 1回あたり 10分 750(回/y) × 1/6(h/回) = 125(h/y)	125
DF_{ext}(i)	: 核種iの外部被ばくに対する線量換算係数(μSv/h per Bq/g) 条件は以下の通りである。 焼却灰の形状:4m×2.5m×2mの直方体 評価点:4m×2mの面の表面から1m 線源密度 1.0g/cm ³ →134Cs=1.8×10 ⁻¹ (μSv/h per Bq/g)	0.18
λ_i	: 核種iの崩壊係数(1/y)であり、λ _i =ln2/T(1/2)(i) T(1/2)(i)は核種(i)の半減期・・・134Csは2年、137Csは30年	0.346574
t_i	: 被ばく中の減衰期間(y) 1年	1

¹³⁷ Cs	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量(mSv/y per Bq/g)	0.0265
D_{ext}(i)	: 作業時における核種iによる外部被ばく線量(μSv/y) 137Cs	
DF_{ext}(i)	: 核種iの外部被ばくに対する線量換算係数(μSv/h per Bq/g) →137Cs=6.7×10 ⁻² (μSv/h per Bq/g)	0.067
λ_i	: 核種iの崩壊係数(1/y)であり、λ _i =ln2/T(1/2)(i) T(1/2)(i)は核種(i)の半減期・・・134Csは2年、137Csは30年	0.023105
t_i	: 被ばく中の減衰期間(y) 1年	1

134Csと137Csの濃度比 134Cs/137Cs=0.806 p48

(134+137)Cs[mSv/y per Bq/g]=	0.021
------------------------------	-------

※第3回環境省災害廃棄物安全評価検討会 資料4「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(日本原子力研究開発機構 安全研究センター H23.6.19)を参考に作成(以下同じ)

焼却処理シナリオ(大阪府)

27 焼却灰積み下ろし作業者吸入

$$D_{inh}(i) = C_w(i) \cdot C_{dust} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_0 \cdot t_0 \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i}$$

¹³⁴ Cs	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量(mSv/y per Bq/g)	4.87E-06
D_{inh}(i)	: 作業時における核種iによる吸入被ばく線量(μ Sv/y) 134Cs	
C_w(i)	: 焼却灰中の核種iの濃度(Bq/g)	1.00
C_{dust}	: 作業時の空气中粉じん濃度(g/m ³) → 0.001 (p.20)	0.001
f_{dust,inh}	: 微粒子への放射性物質の濃縮係数(-) p14	4
B₀	: 作業者の呼吸量(m ³ /h) p14	1.2
t₀	: 年間作業時間(h/y)→125(h/y) 焼却灰の積込み 年間 750回 1回あたり 10分 750(回/y) × 1/6(h/回) = 125(h/y)	125
DF_{inh}(i)	: 核種iの吸収被ばくに対する線量係数(μ Sv/h) p47 → 134Cs=9.6x10⁻⁹(Sv/h) = 9.6x10⁻³(μ Sv/h)	0.0096
λ_i	: 核種iの崩壊係数(1/y)であり、λ _i =ln2/T(1/2)(i) T(1/2)(i)は核種(i)の半減期・・・ 134Csは2年、137Csは30年 λ(134Cs)は約 0.35 、λ(137Cs)は約 0.023	0.34657359
t_i	: 被ばく中の減衰期間(y) 1年	1

¹³⁷ Cs	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量(mSv/y per Bq/g)	1.59E-05
D_{ext}(i)	: 作業時における核種iによる外部被ばく線量(μ Sv/y) 137Cs	
DF_{inh}(i)	: 核種iの吸収被ばくに対する線量係数(μ Sv/h) p47 → 137Cs=6.7x10⁻⁹(Sv/h) = 6.7x10⁻³(μ Sv/h)	0.0067
λ_i	: 核種iの崩壊係数(1/y)であり、λ _i =ln2/T(1/2)(i) T(1/2)(i)は核種(i)の半減期・・・ 134Csは2年、137Csは30年	0.02310491
t_i	: 被ばく中の減衰期間(y) 1年	1

134Csと137Csの濃度比 134Cs/137Cs=0.806 p48

(134+137)Cs[mSv/y per Bq/g]=	1.1E-05
------------------------------	----------------

焼却処理シナリオ(大阪府)

28 焼却灰積み下ろし作業者直接経口摂取

$$D_{direct}(i) = C_w(i) \cdot f_{c,ing} \cdot q \cdot t_0 \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i}$$

¹³⁴ Cs	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)	4.01E-05
Ddirect(i)	: 作業時における核種iによる吸入被ばく線量 (μ Sv/y) 134Cs	
C _w (i)	: 焼却灰中の核種iの濃度 (Bq/g)	1.00
f_{c,ing}	: 微粒子への放射性物質の濃縮係数(経口摂取) (-) 経口摂取及び皮膚被ばく=2 p12	2
q	: 粉じんの経口摂取率(g/h) p12	0.01
t ₀	: 年間作業時間(h/y) → 125(h/y)	125
<p>焼却灰の積み込み 年間 750回 1回あたり 10分 750(回/y) × 1/6(h/回) = 125(h/y)</p>		
DF_{inh}(i)	: 核種iの吸入被ばくに対する線量係数 (μ Sv/h) p47 → 134Cs=1.9x10 ⁻⁸ (Sv/h) = 1.9x10 ⁻² (μ Sv/h)	0.019
λ _i	: 核種iの崩壊係数 (1/y)であり、λ _i =ln2/T(1/2) (i) T(1/2) (i)は核種(i)の半減期・・・134Csは2年、137Csは30年	0.3465736
t_i	: 被ばく中の減衰期間 (y) 1年	1

¹³⁷ Cs	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)	1.29E-04
Ddirect(i)	: 作業時における核種iによる吸入被ばく線量 (μ Sv/y) 137Cs	
DF_{inh}(i)	: 核種iの吸入被ばくに対する線量係数 (μ Sv/h) p47 → 137Cs=1.3x10 ⁻⁸ (Sv/h) = 1.3x10 ⁻² (μ Sv/h)	0.013
λ _i	: 核種iの崩壊係数 (1/y)であり、λ _i =ln2/T(1/2) (i) T(1/2) (i)は核種(i)の半減期・・・134Csは2年、137Csは30年	0.0231049
t_i	: 被ばく中の減衰期間 (y) 1年	1

134Csと137Csの濃度比 134Cs/137Cs=0.806 p48

(134+137)Cs[mSv/y per Bq/g]=	8.9E-05
------------------------------	---------

焼却処理シナリオ(大阪府)

30 焼却灰運搬作業外部

$$D_{ext}(i) = C_w(i) \cdot S_o \cdot t_o \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i}$$

¹³⁴ Cs	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)	0.114
D_{ext}(i)	: 作業時における核種iによる外部被ばく線量 (μSv/y) 134Cs	
C_w(i)	: 焼却灰中の核種iの濃度 (Bq/g)	1.00
S_o	: 外部被ばくに対する遮へい係数 (-) →0.8(p.21)・・・鉄板3mm	0.9
t_o	: 年間作業時間 (h/y) →1000 (h/y) 1日8時間労働 うち半分の時間を焼却灰の側で作業 年間250日 8(h/day) × 250 (day/y) × 0.5 = 1,000 (h/y)	1,000
DF_{ext}(i)	: 核種iの外部被ばくに対する線量換算係数 (μSv/h per Bq/g) 条件は以下の通りである。 焼却灰の形状: 4m × 2.5m × 2mの直方体 評価点: 2.5m × 2mの面の表面から1m 線源密度: 1.0g/cm ³ →134Cs=1.5×10 ⁻¹ (μSv/h per Bq/g)	0.15
λ_i	: 核種iの崩壊係数 (1/y) であり、λ _i =ln2/T(1/2) (i) T(1/2) (i)は核種(i)の半減期・・・134Csは2年、137Csは30年	0.346574
t_i	: 被ばく中の減衰期間 (y) 1年	1

¹³⁷ Cs	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)	0.0657
D_{ext}(i)	: 作業時における核種iによる外部被ばく線量 (μSv/y) 137Cs	
DF_{ext}(i)	: 核種iの外部被ばくに対する線量換算係数 (μSv/h per Bq/g) →137Cs=5.5×10 ⁻² (μSv/h per Bq/g)	0.055
λ_i	: 核種iの崩壊係数 (1/y) であり、λ _i =ln2/T(1/2) (i) T(1/2) (i)は核種(i)の半減期・・・134Csは2年、137Csは30年	0.023105
t_i	: 被ばく中の減衰期間 (y) 1年	1

134Csと137Csの濃度比 134Cs/137Cs=0.806 p48

(134+137)Cs[mSv/y per Bq/g]=	0.087
------------------------------	-------

焼却施設における作業者への影響

○平成 23 年 6 月 23 日付け環境省通知「福島県内の災害廃棄物の処理の方針」において、埋立処分における作業者への影響について、原子力安全委員会から作業者の安全も確保される放射性セシウム濃度レベルとして **8,000Bq/kg** が示されている。

- ・この値は、1 日 8 時間、年間 250 日の労働時間のうち、半分の時間を廃棄物のそばで作業すること、
- ・1 日の作業の終了時の覆土である即日覆土を行わず、中間覆度のみを行うことを仮定して計算されたもの。

○作業者の安全確保

災害廃棄物を焼却する施設、埋め立てる管理型最終処分場等の事業場内において、電離放射線障害防止規則が適用される条件

- ・外部放射線による実効線量が 3 月間につき **1.3mSv (2.5 μSv/h)** を超える恐れがある場合
- ・放射性セシウムの場合はセシウム **134** とセシウム **137** の濃度の合計が 1 万 **Bq/kg** を超える場合

○焼却施設における維持管理状況

- ・焼却灰や飛灰の搬出コンベア、磁選機、飛灰処理施設、排ガス処理施設等の機械設備や薬品タンク、灰ピット、灰出ホoppa等の状況を確認（作業時間は 1 日あたり 1 時間から 2 時間）。
- ・施設内の作業環境については、法令に基づき、濃度測定を実施。
測定場所：灰だし施設、飛灰処理施設、排ガス処理施設、灰出しホoppa等の施設近傍の作業場。
測定項目：粉じん（年 2 回）、ダイオキシン類（年 1 回）
- ・灰の搬出は、建屋内でクレーン等により、運搬車に積込み後、飛散防止のためシート掛けし、搬出。



磁選機：主灰の中の金属を除去する



灰だしホoppa：上部から灰を投入し、下部にあるバンカが開いてダンプカーに灰を積込む

【参 考】

○飛灰について

飛灰は、薬剤処理される場合、排ガス処理装置である集じん装置からコンベアで飛灰貯留槽に搬送され、貯留される。次に混練機で飛灰に薬剤を添加して、均質化されてから専用のピットに保管される。



飛灰貯留槽とコンベア：貯留した飛灰を定量的に飛灰処理施設（混練機）に搬送する



飛灰処理施設（混練機）：飛灰に薬剤を添加・混練し、安定した処理物にする

<飛灰の処理>

・ 薬剤処理

飛灰と重金属固定剤とを均一に混合し、飛灰中の重金属類が溶出しないよう安定化させ埋立地で処分される。

・ コンクリート処理

飛灰と水とセメントを均一に混合し、飛灰中の重金属類を溶出しないよう安定化させ埋立地で処分される。

・ 熔融処理

主灰と飛灰を熔融炉に送り、高温（**1,200℃**以上）で熔融し、水で急冷すると、スラグ（無機物を冷却したガラス質の固化物）とメタル（灰に含まれていた金属分が熔融されて、比重の差で沈降したものを冷却した固化物）になる。これらは、資源としてリサイクル可能。

○主灰について

主灰は、焼却炉の下部に設置された搬送コンベアに落ちたのち、磁選機により金属が除去され、水分を多く含んだ状態で専用のピットに保管される。



落下灰コンベア：水をためており、灰が冷却される



焼却灰のピット：焼却灰を保管する

○焼却灰の搬出

ピットに保管された焼却灰は、クレーンやバンカ等により運搬用ダンプカーに積込まれ、飛散ないようにシート掛けをした後、最終処分場に運搬される。



バンカ：焼却灰を一時貯留し、適時ダンプカー積込む



上部のバンカが開き、ダンプカーに焼却灰が積込まれる。