

D Gフィルタの気中降下火砕物濃度の算出 について

2021年9月30日

○火山影響評価ガイドでは、気中降下火砕物濃度は、以下の手法により推定することとされている。

1. 降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する方法
2. 数値シミュレーションにより気中降下火砕物濃度を推定する方法

⇒当社では、設置許可段階での降灰量（層厚）の数値シミュレーション（Tephra2）との連続性の観点から、1. の手法を用いている。なお、2. の手法については、3次元の大気拡散シミュレーションで使用する噴煙高さの設定や噴出率の時間変化等に課題を残しているため、必要なパラメータを設定することが困難である。

1. 降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法

本手法においては、原子力発電所の敷地において運用期間中に想定される降下火砕物がある期間（降灰継続時間）に堆積したと仮定して、降下火砕物の粒径の割合から求まる粒径ごとの堆積速度と粒径ごとの気中濃度の総和を気中降下火砕物濃度として求める。

<計算方法>

- | | | |
|---------------------|-------------------------|---|
| ① 粒径 <i>i</i> の降灰量 | $W_i = p_i W_T$ | (p_i : 粒径 <i>i</i> の割合 W_T : 総降灰量) |
| ② 粒径 <i>i</i> の堆積速度 | $v_i = \frac{W_i}{t}$ | (t : 降灰継続時間) |
| ③ 粒径 <i>i</i> の気中濃度 | $C_i = \frac{v_i}{r_i}$ | (r_i : 粒径 <i>i</i> の降下火砕物の終端速度) |
| ④ 気中降下火砕物濃度 | $C_T = \sum_i C_i$ | |

次ページ以降に、各発電所における気中降下火砕物濃度の計算結果を示す。

表 1 入力条件及び計算結果

入力条件		備考
設計層厚	27 cm	見直し後の層厚 (Tephra2の結果21.9cmに対して1.2倍で設定)
総降灰量 W_T	A 329,400 g/m ²	設計層厚×降下火砕物密度1.22g/cm ³ (Tephra2による計算値)
降灰継続時間 t	B 24 h	Carey and Sigurdsson(1989)参考
粒径 i の割合 p_i	別表 1 参照	Tephra2による粒径分布の計算値
粒径 i の降灰量 W_i		式①
粒径 i の堆積速度 v_i		式②
粒径 i の終端速度 r_i		Suzuki(1983)参考 (図 1 参照)
粒径 i の気中濃度 C_i		式③
気中降下火砕物濃度 C_T	3.78 g/m ³	式④

別表 1 粒径ごとの入力条件及び計算結果

粒径 i Φ (μm)	0~1 (707)	1~2 (354)	2~3 (177)	3~4 (88)	4~5 (44)	5~6 (22)	6~7 (11)	合計
(1) 割合 p_i (wt%)	57.0	27.0	13.0	2.4	0.64	0.03	8.7×10^{-4}	100
(2) 降灰量 W_i (g/m ²) 式 (1)×A	1.9×10^5	8.9×10^4	4.3×10^4	7.9×10^3	2.1×10^3	1.0×10^2	2.9	$W_T=329,400$
(3) 堆積速度 v_i (g/s·m ²) 式 (2)÷B	2.2	1.0	5.0×10^{-1}	9.1×10^{-2}	2.4×10^{-2}	1.2×10^{-3}	3.3×10^{-5}	—
(4) 終端速度 r_i (m/s) 参考の図1より	1.8	1.0	0.5	0.35	0.1	2.6×10^{-2}	1.0×10^{-2}	—
(5) 気中濃度 C_i (g/m ³) 式 (3)÷(4)	1.2	1.0	9.9×10^{-1}	2.6×10^{-1}	2.4×10^{-1}	4.5×10^{-2}	3.3×10^{-3}	$C_T=3.78$

表 1 入力条件及び計算結果

入力条件		備考
設計層厚	25 cm	見直し後の層厚 (Tephra2の結果19.3cmに対して1.3倍で設定)
総降灰量 W_T	A 305,000 g/m ²	設計層厚×降下火砕物密度1.22g/cm ³ (Tephra2による計算値)
降灰継続時間 t	B 24 h	Carey and Sigurdsson(1989)参考
粒径 i の割合 p_i	別表 1 参照	Tephra2による粒径分布の計算値
粒径 i の降灰量 W_i		式①
粒径 i の堆積速度 v_i		式②
粒径 i の終端速度 r_i		Suzuki(1983)参考 (図 1 参照)
粒径 i の気中濃度 C_i		式③
気中降下火砕物濃度 C_T	3.63 g/m ³	式④

別表 1 粒径ごとの入力条件及び計算結果

粒径 i Φ (μm)	0~1 (707)	1~2 (354)	2~3 (177)	3~4 (88)	4~5 (44)	5~6 (22)	6~7 (11)	合計
(1) 割合 p_i (wt%)	52.8	29.9	14.0	2.6	6.6×10^{-1}	3.8×10^{-2}	1.0×10^{-3}	100
(2) 降灰量 W_i (g/m ²) 式 (1)×A	1.6×10^5	9.1×10^4	4.3×10^4	7.9×10^3	2.0×10^3	1.2×10^2	3.1	$W_T=305,000$
(3) 堆積速度 v_i (g/s·m ²) 式 (2)÷B	1.9	1.1	4.9×10^{-1}	9.2×10^{-2}	2.3×10^{-2}	1.3×10^{-3}	3.5×10^{-5}	—
(4) 終端速度 r_i (m/s) 参考の図1より	1.8	1.0	0.5	0.35	0.1	2.6×10^{-2}	1.0×10^{-2}	—
(5) 気中濃度 C_i (g/m ³) 式 (3)÷(4)	1.0	1.1	9.9×10^{-1}	2.6×10^{-1}	2.3×10^{-1}	5.1×10^{-2}	3.5×10^{-3}	$C_T=3.63$

表 1 入力条件及び計算結果

入力条件		備考
設計層厚	22 cm	見直し後の層厚 (Tephra2の結果13.5cmに対して1.6倍で設定)
総降灰量 W_T	A 277,200 g/m ²	設計層厚×降下火砕物密度1.24g/cm ³ (Tephra2による計算値)
降灰継続時間 t	B 24 h	Carey and Sigurdsson(1989)参考
粒径 i の割合 p_i	別表 1 参照	Tephra2による粒径分布の計算値
粒径 i の降灰量 W_i		式①
粒径 i の堆積速度 v_i		式②
粒径 i の終端速度 r_i		Suzuki(1983)参考 (図 1 参照)
粒径 i の気中濃度 C_i		式③
気中降下火砕物濃度 C_T	3.91 g/m ³	式④

別表 1 粒径ごとの入力条件及び計算結果

粒径 i Φ (μm)	0~1 (707)	1~2 (354)	2~3 (177)	3~4 (88)	4~5 (44)	5~6 (22)	6~7 (11)	合計
(1) 割合 p_i (wt%)	19.0	61.9	15.0	3.4	0.69	0.07	1.8×10^{-3}	100
(2) 降灰量 W_i (g/m ²) 式 (1)×A	5.3×10^4	1.7×10^5	4.2×10^4	9.4×10^3	1.9×10^3	1.8×10^2	5.0	$W_T=277,200$
(3) 堆積速度 v_i (g/s·m ²) 式 (2)÷B	6.1×10^{-1}	2.0	4.8×10^{-1}	1.1×10^{-1}	2.2×10^{-2}	2.1×10^{-3}	5.8×10^{-5}	—
(4) 終端速度 r_i (m/s) 参考の図1より	1.8	1.0	0.5	0.35	0.1	2.6×10^{-2}	1.0×10^{-2}	—
(5) 気中濃度 C_i (g/m ³) 式 (3)÷(4)	3.4×10^{-1}	2.0	9.6×10^{-1}	3.1×10^{-1}	2.2×10^{-1}	8.1×10^{-2}	5.8×10^{-3}	$C_T=3.91$

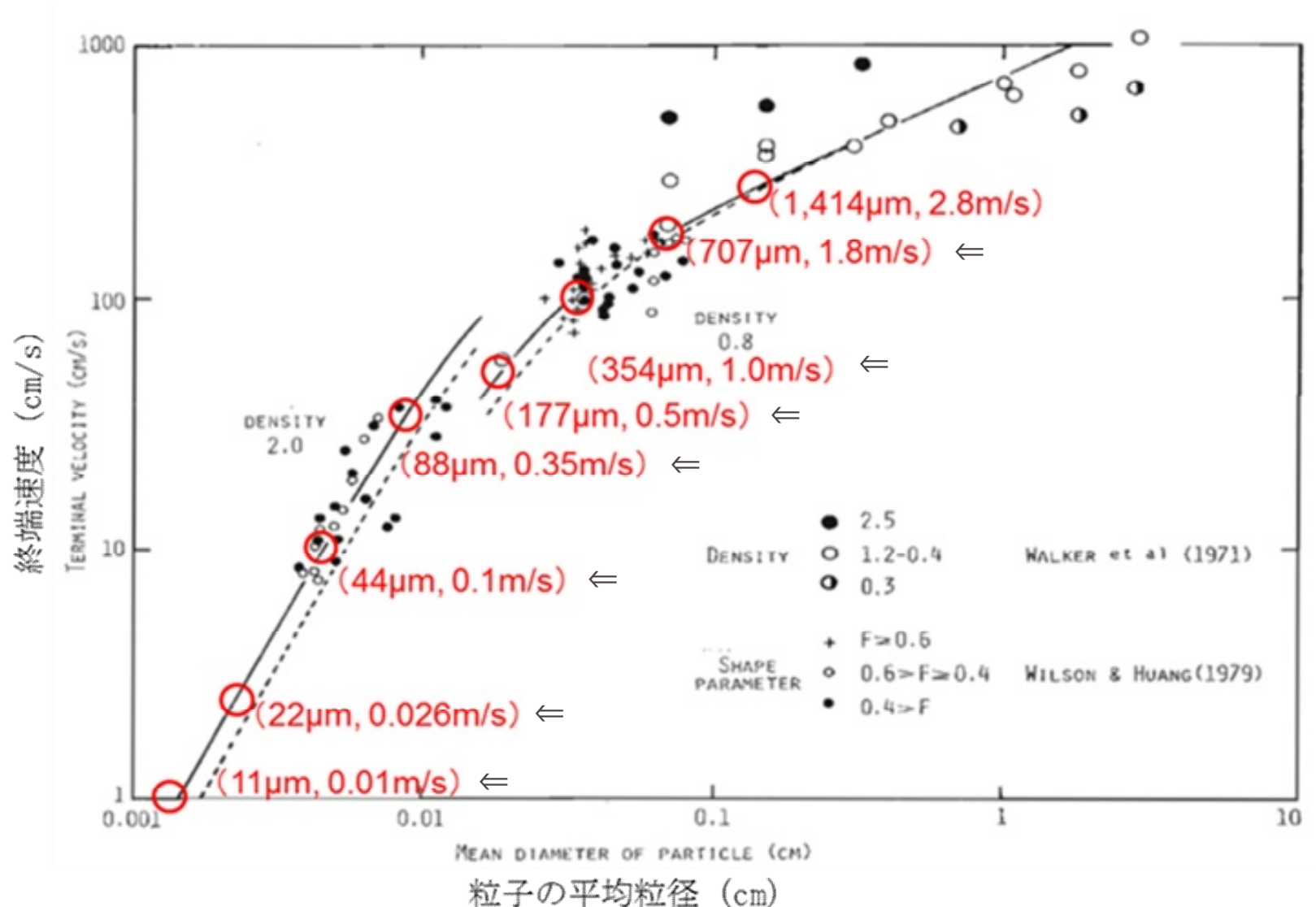


図1 Suzuki (1983) ※における降下火砕物の粒径と終端速度との関係図
(粒径*i*の終端速度を赤丸表示)

※Suzuki, T. (1983) A theoretical model for dispersion of tephra, Arc Volcanism : Physics and Tectonics : 95-116, Terra Scientific Publishing.

層厚と気中降下火砕物濃度の関係性

- ODNP噴出規模見直しを踏まえた層厚は、高浜＞大飯＞美浜の順となっているが、気中降下火砕物濃度は、美浜＞高浜＞大飯の順となっている。
- これは、気中降下火砕物濃度の設定において、Tephra2による層厚ではなく、越畑地点の層厚25cmをもとに大山からの距離を比例倍した層厚から算定しているためであり、美浜では高浜・大飯に比べて倍率が高くなっていることによる。
- また、大山からの距離は、美浜＞大飯＞高浜の順になっており、各プラントが同じ層厚であったとしても、大山からの距離が遠いほど、粒径が細かい火山灰が空気中を漂うことになるため、濃度が高くなる傾向がある。（粒径が細かいほど、火山灰は地面に落下しづらく、空気中に漂いやすくなるため、濃度が高くなる。）

	大山からの距離	見直し後の層厚	気中降下火砕物濃度	申請時の層厚 ()内はTephra2による層厚	気中降下火砕物濃度
高浜	約180km	27cm	3.78g/m ³	25cm (21.9cm)	3.5g/m ³
大飯	約190km	25cm	3.63g/m ³	22cm (19.3cm)	3.2g/m ³
美浜	約220km	22cm	3.91g/m ³	15cm (13.5cm)	2.7g/m ³

Tephra2による層厚からの設定ではなく、大山からの距離を比例倍して層厚を設定

- ・高浜：Tephra2による層厚の1.2倍
- ・大飯：Tephra2による層厚の1.3倍
- ・美浜：Tephra2による層厚の1.6倍

表 1 入力条件及び計算結果

入力条件		備考
設計層厚	25 cm	見直し後の層厚（Tephra2の結果21.9cmに対して1.1倍で設定）
総降灰量 W_T	305,000 g/m ²	設計層厚×降下火砕物密度1.22g/cm ³ （Tephra2による計算値）
降灰継続時間 t	24 h	Carey and Sigurdsson(1989)参考
粒径 i の割合 p_i	別表 1 参照	Tephra2による粒径分布の計算値
粒径 i の降灰量 W_i		式①
粒径 i の堆積速度 v_i		式②
粒径 i の終端速度 r_i		Suzuki(1983)参考（図 1 参照）
粒径 i の気中濃度 C_i		式③
気中降下火砕物濃度 C_T	3.5 g/m ³	式④

別表 1 粒径ごとの入力条件及び計算結果

粒径 i Φ (μm)	0~1 (707)	1~2 (354)	2~3 (177)	3~4 (88)	4~5 (44)	5~6 (22)	6~7 (11)	合計
(1) 割合 p_i (wt%)	57.0	27.0	13.0	2.4	0.64	0.03	8.7×10^{-4}	100
(2) 降灰量 W_i (g/m ²)	1.7×10^5	8.2×10^4	4.0×10^4	7.3×10^3	2.0×10^3	9.5×10^1	2.7	$W_T=305,000$
(3) 堆積速度 v_i (g/s·m ²)	2.0	9.5×10^{-1}	4.6×10^{-1}	8.5×10^{-2}	2.3×10^{-2}	1.1×10^{-3}	3.1×10^{-5}	—
(4) 終端速度 r_i (m/s)	1.8	1.0	0.5	0.35	0.1	2.6×10^{-2}	1.0×10^{-2}	—
(5) 気中濃度 C_i (g/m ³)	1.1	9.5×10^{-1}	9.2×10^{-1}	2.4×10^{-1}	2.3×10^{-1}	4.2×10^{-2}	3.1×10^{-3}	$C_T=3.5$

表 1 入力条件及び計算結果

入力条件		備考
設計層厚	22 cm	見直し後の層厚（Tephra2の結果19.3cmに対して1.1倍で設定）
総降灰量 W_T	268,400 g/m ²	設計層厚×降下火砕物密度1.22g/cm ³ （Tephra2による計算値）
降灰継続時間 t	24 h	Carey and Sigurdsson(1989)参考
粒径 i の割合 p_i	別表 1 参照	Tephra2による粒径分布の計算値
粒径 i の降灰量 W_i		式①
粒径 i の堆積速度 v_i		式②
粒径 i の終端速度 r_i		Suzuki(1983)参考（図 1 参照）
粒径 i の気中濃度 C_i		式③
気中降下火砕物濃度 C_T	3.2 g/m ³	式④

別表 1 粒径ごとの入力条件及び計算結果

粒径 i Φ (μm)	0~1 (707)	1~2 (354)	2~3 (177)	3~4 (88)	4~5 (44)	5~6 (22)	6~7 (11)	合計
(1) 割合 p_i (wt%)	52.8	29.9	14.0	2.6	6.6×10^{-1}	3.8×10^{-2}	1.0×10^{-3}	100
(2) 降灰量 W_i (g/m ²)	1.4×10^5	8.1×10^4	3.8×10^4	7.0×10^3	1.8×10^3	1.0×10^2	2.7	$W_T=268,400$
(3) 堆積速度 v_i (g/s·m ²)	1.6	9.3×10^{-1}	4.3×10^{-1}	8.1×10^{-2}	2.1×10^{-2}	1.2×10^{-3}	3.1×10^{-5}	—
(4) 終端速度 r_i (m/s)	1.8	1.0	0.5	0.35	0.1	2.6×10^{-2}	1.0×10^{-2}	—
(5) 気中濃度 C_i (g/m ³)	9.1×10^{-1}	9.3×10^{-1}	8.7×10^{-1}	2.3×10^{-1}	2.1×10^{-1}	4.5×10^{-2}	3.1×10^{-3}	$C_T=3.2$

表 1 入力条件及び計算結果

入力条件		備考
設計層厚	15 cm	見直し後の層厚（Tephra2の結果13.5cmに対して1.1倍で設定）
総降灰量 W_T	189,000 g/m ²	設計層厚×降下火砕物密度1.26g/cm ³ （Tephra2による計算値）
降灰継続時間 t	24 h	Carey and Sigurdsson(1989)参考
粒径 i の割合 p_i	別表 1 参照	Tephra2による粒径分布の計算値
粒径 i の降灰量 W_i		式①
粒径 i の堆積速度 v_i		式②
粒径 i の終端速度 r_i		Suzuki(1983)参考（図 1 参照）
粒径 i の気中濃度 C_i		式③
気中降下火砕物濃度 C_T	2.7 g/m ³	式④

別表 1 粒径ごとの入力条件及び計算結果

粒径 i Φ (μm)	0~1 (707)	1~2 (354)	2~3 (177)	3~4 (88)	4~5 (44)	5~6 (22)	6~7 (11)	合計
(1) 割合 p_i (wt%)	19.0	61.9	15.0	3.4	0.69	0.07	1.8×10^{-3}	100
(2) 降灰量 W_i (g/m ²)	3.6×10^4	1.2×10^5	2.8×10^4	6.4×10^3	1.3×10^3	1.2×10^2	3.4	$W_T=189,000$
(3) 堆積速度 v_i (g/s·m ²)	4.2×10^{-1}	1.4	3.3×10^{-1}	7.4×10^{-2}	1.5×10^{-2}	1.4×10^{-3}	3.9×10^{-5}	—
(4) 終端速度 r_i (m/s)	1.8	1.0	0.5	0.35	0.1	2.6×10^{-2}	1.0×10^{-2}	—
(5) 気中濃度 C_i (g/m ³)	2.3×10^{-1}	1.4	6.6×10^{-1}	2.1×10^{-1}	1.5×10^{-1}	5.6×10^{-2}	3.9×10^{-3}	$C_T=2.7$