

高浜発電所 保安規定 補足説明資料への
DNP審査を踏まえた層厚変更によらない記載充実箇所

高浜発電所

改良型フィルタのフィルタ取替の着手時間について

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

改良型フィルタのフィルタ取替の着手時間について

< 目 次 >

- 1 対策の概要及び改良型フィルタの仕様
- 2 改良型フィルタの取付時間について
 - (1) 降灰到達時間
 - (2) 改良型フィルタの取付時間
- 3 フィルタ取替の着手時間の計算に用いる気中降下火砕物濃度
- 4 フィルタの基準捕集容量到達までの時間の計算について
- 5 フィルタ取替の着手時間の計算について
- 6 フィルタの取替・清掃回数について
- 7 ハの対応におけるディーゼル発電機の機能を期待する時間について
- 8 改良型フィルタの火山灰捕集について

(図面)

- 図1 改良型フィルタ外形図
- 図2 改良型フィルタの火山灰捕集の概要図

(別紙)

- 別紙1 フィルタの性能試験について
- 別紙2 降灰到達時間について
- 別紙3 気中降下火砕物濃度の算出手法及び算出結果
- 別紙4 ディーゼル発電機機関出力と吸気流量の関係について

改良型フィルタのフィルタ取替の着手時間について

ディーゼル発電機については、屋外に設置している吸気消音器の吸気フィルタの閉塞が想定されるため、高濃度の降下火砕物濃度に対して確実にディーゼル発電機の機能を維持できるよう、改良型フィルタを配備している。

本資料では、改良型フィルタのフィルタ取替の基準となる着手時間を計算する。

1 対策の概要及び改良型フィルタの仕様

火山現象による影響が発生し、又は発生するおそれがある場合、ディーゼル発電機の吸気消音器前に着脱可能な改良型フィルタを取付ける。

改良型フィルタはディーゼル発電機運転中においても容易にスライド式のフィルタを取替え・清掃することが可能である。また、フィルタには、**300** メッシュの金属フィルタをプリーツ状にすることで面積を拡大させたフィルタを使用する。取替え・清掃時には、火山灰の侵入を防止するため、取替え・清掃するフィルタの流路を塞ぐ閉止板を装填する。

改良型フィルタ及びフィルタの主な仕様を以下に示す。また、改良型フィルタの外形図を図1に、フィルタの性能試験の概要及び結果を別紙1に示す。

改良型フィルタ台数 (台) ※1	1
フィルタ個数 (個) ※2	12
フィルタ外形寸法※3	上段 318、下段 483 高さ 668、幅 148
フィルタ有効面積(m ²)※3	
フィルタの最大捕集容量 (g/m ²)	467, 544

※1 ディーゼル発電機 1 台当たり

※2 改良型フィルタ 1 台当たり

※3 フィルタ 1 個当たり

2 改良型フィルタの取付時間について

(1) 降灰到達時間

気象条件等を考慮し、噴火から降下火砕物が発電所敷地に到達するまでの時間を**60**分とする。降灰到達時間の考え方について別紙2に示す。

(2) 改良型フィルタの取付時間

改良型フィルタ取付けに要する時間は、補足説明資料-33-1の「別紙4 作業の成立性について」に示すとおり**50**分である。

したがって、改良型フィルタの取付は降下火砕物が発電所敷地に到達する前に実施可能である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

3 フィルタ取替の着手時間の計算に用いる気中降下火砕物濃度

計算に用いる気中降下火砕物濃度は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド（平成29年11月29日改正）」（以下「ガイド」とする）の添付1「気中降下火砕物濃度の推定手法について」に定められた手法により推定した気中降下火砕物濃度とする。

気中降下火砕物濃度の算出方法及び算出結果を別紙3に示す。

別紙3の結果より、高浜発電所における気中降下火砕物濃度を $3.50\text{g}/\text{m}^3$ とする。

4 フィルタの基準捕集容量到達までの時間の計算について

別紙1に示すフィルタ性能試験の結果では、フィルタの最大捕集容量が、 $467,544\text{g}/\text{m}^2$ となるが、フィルタ取替の目安として基準捕集容量を保守的に $400,000\text{g}/\text{m}^2$ とする。フィルタの基準捕集容量到達までの時間は、以下の条件に基づいて計算した結果、828分である。

①フィルタ取替の目安となる基準捕集容量 (g/m^2)	400,000
②ディーゼル発電機吸気流量 (m^3/h)	
③ディーゼル発電機 フィルタ表面積 (m^2) = 個数 × 有効面積 = 12(個) ×	
④ディーゼル発電機 フィルタ部の流速 (m/s) = ② / ③ / 3,600	2.21 ≒ 2.3
⑤降下火砕物の大気中濃度 (g/m^3)	3.50
⑥フィルタの基準捕集容量到達までの時間 (min) = ① / ④ / ⑤ / 60	828

5 フィルタ取替の着手時間の計算について

フィルタ取替に要する時間は、補足説明資料—33—1の「別紙4 作業の成立性について」に示すとおり1ユニットあたり要員4名で20分程度を見込んでいる。したがって、フィルタの基準捕集容量到達までの時間は828分であったことから、フィルタ取替に要する時間（20分）を差し引くと、フィルタ取替の着手時間は808分となるが、保守的に720分でフィルタ取替を着手することとする。

6 フィルタの取替・清掃回数について

実機での作業時間は降灰継続時間である24時間を想定しており、フィルタ取替の着手時間が720分（12時間）であることを踏まえると、フィルタの取替回数は1回となる。また、フィルタは2セット（12枚/セット）配備していることから、フィルタは1セット当たり、1回の使用となり、清掃作業は必要ない。

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

7 ハの対応におけるディーゼル発電機の機能を期待する時間について

ハの対応においては、気中降下火砕物濃度の2倍の濃度を想定し、ディーゼル発電機の機能を期待する時間を設定する。具体的には、フィルタの基準捕集容量到達までの時間(828分)を1/2にした400分とする。

8 改良型フィルタの火山灰捕集について

改良型フィルタは、300メッシュの金属フィルタをプリーツ状にすることで面積を拡大させ、火山灰を捕集する構造としている。

改良型フィルタによる火山灰捕集の概要を図2に示す。

DNP審査コメントを踏まえ記載を充実

以上

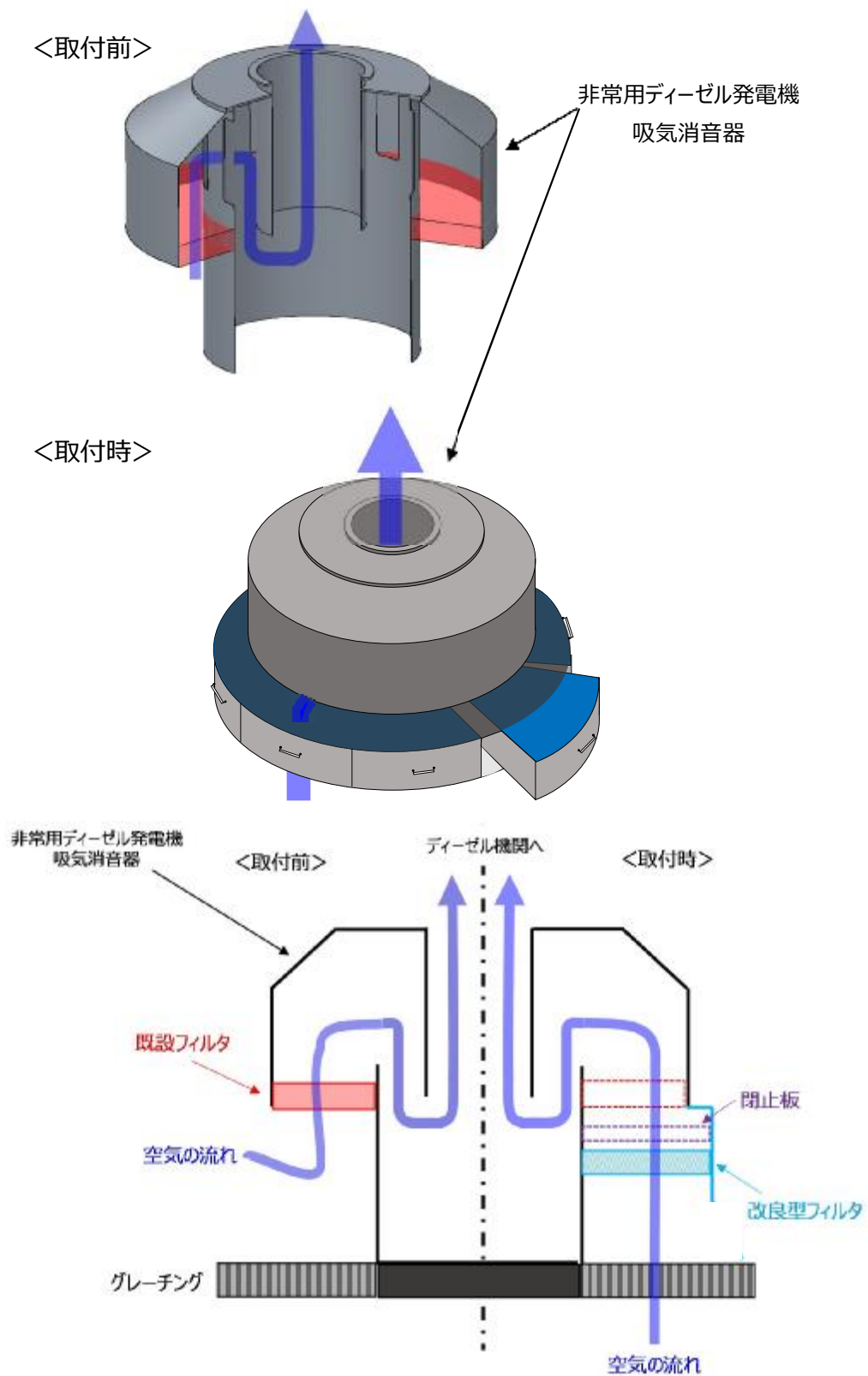
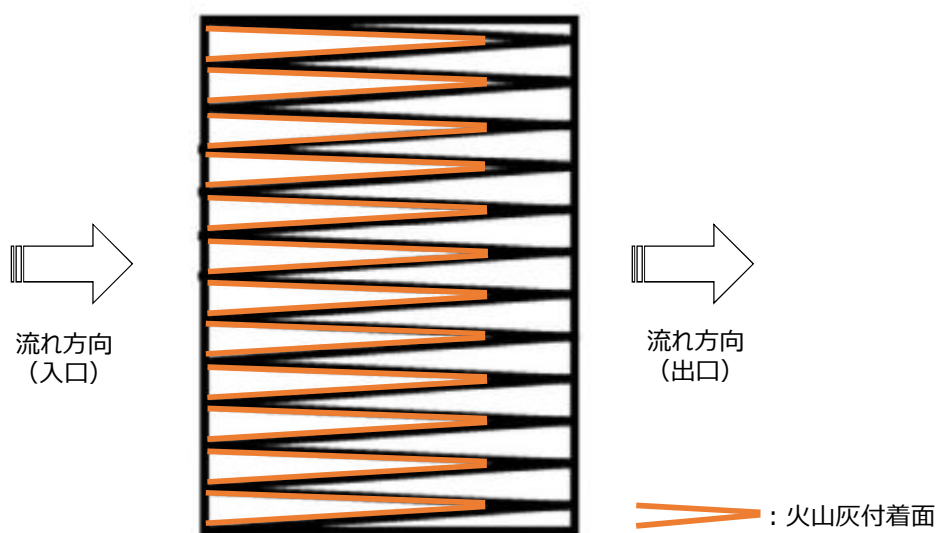
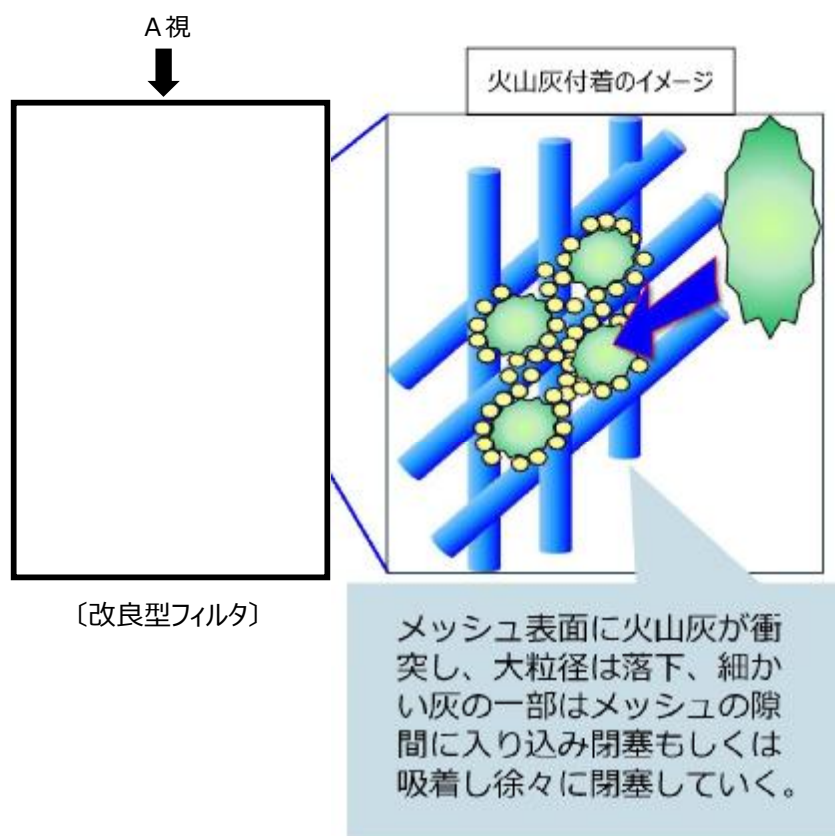


図1 改良型フィルタ外形図



〔改良型フィルタの断面図（A 視）〕



〔改良型フィルタ〕

図 2 改良型フィルタの火山灰捕集の概要図

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

フィルタの性能試験について

1 試験の概要

ディーゼル発電機改良型フィルタのフィルタには、300 メッシュの金属フィルタをプリーツ状にすることで面積を確保したフィルタを使用する。

本試験では、フィルタの性能を確認するため、ディーゼル発電機改良型フィルタの吸気口を模擬した試験装置によりフィルタの最大捕集容量を測定する。

2 試験方法

(1) 試験装置

図 1 に示す試験装置にフィルタを挿入し、フィルタ通過風速がディーゼル発電機運転時と同じになるよう流量調整した後、上流より火山灰を供給する。

試験は流量を一定に保ってフィルタの圧力損失を連続的に測定し、許容差圧に到達した時点で装置を停止し、試験終了時の最大捕集容量を測定する。

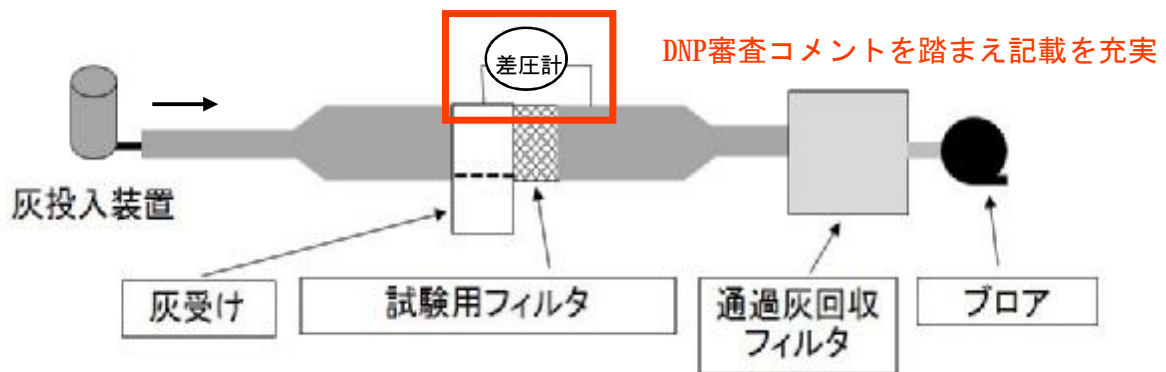


図 1 試験装置概要

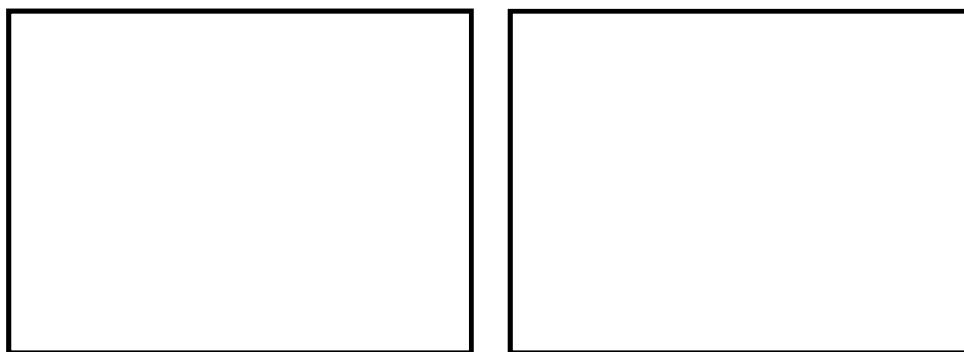


図 2 試験状況

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

(2) 試験条件

試験条件を表 1 に示す。

フィルタ性能試験では、実機で使用している 300 メッシュプリーツ型金属フィルタの試験体 (W180mm×H290mm) を用いて行う。

試験風速は、ディーゼル発電機の吸気流量が最大となる定格出力時の吸気流量から 2.3m/s と算出している。なお、ディーゼル発電機の吸気流量は、別紙 4 に示すとおり出力に応じて変化するものであり、通常時の出力は定格出力以下であることから、保守性を有している。

フィルタ許容差圧は、ディーゼル発電機が定格出力運転時において、最低限必要とする吸気流量に到達する際のフィルタ前後の差圧 [] と設定している。

使用する火山灰は、実際の火山灰を模擬するため、別紙 3 に示す数値シミュレーション (Tephra2) による粒径分布の計算結果となるように流径調整を行っている。

火山灰濃度は、別紙 3 に基づき 3.50 g/m³ としている。

表 1 試験条件

試験フィルタ	300 メッシュプリーツ型金属フィルタ
フィルタ寸法	W180mm×H290mm
試験風速	2.3m/s
許容差圧	[]
使用火山灰	Tephra2 シミュレーション結果をもとに粒径調整
火山灰濃度	3.50g/m ³

3 試験結果

試験結果を表 2 に示す。

試験結果に基づき、フィルタ取替の着手時間の計算に用いる基準捕集容量は保守的に 400,000g/m³ とする。

表 2 試験結果

許容差圧到達時間	968min
最大捕集容量	467,544g/m ³

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

降灰到達時間について

高浜発電所において給源火山の対象としている大山火山（高浜発電所から約180km）が噴火した後、保守的に当該地域の最大風速約60m/sでそのまま火山灰が飛散すると仮定して計算した場合、約1時間程度で発電所に到達する可能性があることから、火山の噴火から高浜発電所で降灰が開始する最短時間を約1時間とする。高浜発電所から大山火山までの距離を図1に示す。



図1 高浜発電所から大山火山までの距離

以上

気中降下火砕物濃度の算出手法及び算出結果

原子力発電所の火山影響評価ガイド（以下「ガイド」という。）が改正され、設計及び運用等による安全施設の機能維持が可能かどうかを評価するための基準である気中降下火砕物濃度を推定する手法が示された。

高浜発電所について、ガイドに基づき気中降下火砕物濃度の算出を行った。

1 気中降下火砕物濃度の推定手法

ガイドにおいては、以下の2つの手法のうちいずれかにより気中降下火砕物を推定することが求められている。

- a. 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
- b. 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手法

これらの手法のうち、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、「a. 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」により気中降下火砕物濃度を推定する。

「a. 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」については、粒径の大小に関わらず同時に降灰が発生すると仮定していること、粒子の凝集を考慮しないことから、保守的な手法となっている。また、気中降下火砕物濃度の算出に用いている降下火砕物の層厚 10cm は、文献調査及び地質調査では敷地付近で想定する火山噴火（大山）の降下火砕物は 10cm 程度と確認されているものの、その噴火履歴と地下構造の検討により発電運用期間に噴火の可能性は十分低いと評価されていること、噴出源が同定できない降下火砕物が 10cm 以下であること、補助的に実施した大山を対象とする数値シミュレーション（Tephra2）の計算結果が最大でも 10cm 程度であることを踏まえて保守的に評価した値であり、これを前提として算出する「a. 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」による気中降下火砕物濃度は保守的である。

なお、「b. 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手法」については、数値シミュレーション（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り、その結果の妥当性を評価することが困難である。

2 気中降下火砕物濃度の算出方法

ガイドに基づく気中降下火砕物濃度の算出方法を以下に示す。

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

3 入力条件及び計算結果

入力条件及び計算結果を表 1 に示す。

表 1 の計算結果より、高浜発電所における気中降下火砕物濃度を $1.4\text{g}/\text{m}^3$ とする。

なお、フィルタの性能試験の条件及びフィルタ取替の着手時間の計算に用いる気中降下火砕物濃度については、降下火砕物の層厚が増えることを考慮し、 $3.50\text{g}/\text{m}^3$ とする。

表 1 入力条件及び計算結果

入力条件		備考
設計層厚	10cm	設置（変更）許可を得た層厚（図 1 参照）
総降灰量 W_T	121,000g/m ²	設計層厚×降下火砕物密度 1.21g/cm ³ (Tephra2 による計算値)
降灰継続時間 t	24h	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 2 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	1.4g/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
割合 p_i (wt%)	57.0	27.0	13.0	2.4	0.64	0.03	8.7×10^{-4}	100
降灰量 W_i (g/m ²)	6.9×10^4	3.3×10^4	1.6×10^4	2.9×10^3	7.7×10^2	3.8×10	1.1	$W_T=121,000$
堆積速度 v_i (g/s・m ²)	8.0×10^{-1}	3.7×10^{-1}	1.8×10^{-1}	3.4×10^{-2}	9.0×10^{-3}	4.0×10^{-4}	1.2×10^{-5}	—
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}	—
気中濃度 C_i (g/m ³)	4.4×10^{-1}	3.8×10^{-1}	3.6×10^{-1}	9.6×10^{-2}	9.0×10^{-2}	1.6×10^{-2}	1.2×10^{-3}	$C_T=1.4$

高浜発電所

降下火砕物に対して評価すべき施設の抽出

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

海水ポンプ及び海水ストレーナに対する気中降下火砕物濃度の影響について

1. 概 要

海水ポンプ及び海水ストレーナに対する降下火砕物の影響として、新規制基準適合性審査時において荷重、閉塞、腐食、磨耗による影響評価を実施しているが、実用炉規則の改正を踏まえ気中降下火砕物濃度を考慮した影響評価を実施する。

2. 気中降下火砕物濃度に対して評価が必要な影響因子

海水ポンプ及び海水ストレーナに対する降下火砕物による影響因子（荷重、閉塞、腐食、磨耗）について、新規制基準適合性審査時の評価結果を踏まえ、気中降下火砕物濃度を考慮した評価を行う。

(1) 海水ポンプ（海水ポンプモータに関する評価は（2）に記載）

① 荷重

【新規制基準適合性審査時における評価】

設置許可において設定した層厚「10cm」に積雪及び風を考慮して荷重評価を行い、問題ないことを評価している。

【気中降下火砕物濃度を考慮した評価】

想定する降下火砕物の層厚「10cm」は変わらないことから、荷重に対する評価に影響はない。

② 閉塞

【新規制基準適合性審査時における評価】

設置許可において設定した降下火砕物の粒径「1mm 以下」に対し、海水ポンプ軸受の間隙（異物逃がし溝）が降下火砕物の粒径より大きいことから閉塞するおそれはない。

【気中降下火砕物濃度を考慮した評価】

想定する降下火砕物の粒径「1mm 以下」は変わらないことから、閉塞に対する評価に影響はない。

なお、海水ポンプについては、気中降下火砕物濃度を考慮すると、短期間で降下火砕物が海面に降ることにより、海水中の降下火砕物濃度が上昇する可能性が懸念されるが、以下の理由により閉塞に対する評価に影響はない。

- ・ 降下火砕物は、粒径分布に関わらず、海水との密度差により海水面に浮くか又は短時間で海底に沈むため、海水中の降下火砕物濃度が極めて高くなることは考えにくい。
 - ・ 海水中の降下火砕物の性質（沈むものの割合、沈降速度等）は粒径により変化するものと考えられるが、想定する層厚「10cm」に対して海水ポンプ室底面は十分な深さ（1号機：9.5m、2号機：9.6m）があり、仮に降下火砕物が海水中に均一に分散したとしても、濃度は2wt%程度である。
- 図－1で示す火山灰の容積濃度とせん断抵抗の関係図では、火山灰濃度が2wt%程度の領域で、せん断応力の著しい増加はなく、海水の著しい粘性増加は起こらないことから、海水ポンプの運転に影響を及ぼすことはない。
- ・ 海水ポンプ室へ入る降下火砕物は、取水口から海水取水トンネルを通過して海水ポンプ室へ流入するものが想定されるが、海水取水トンネルの形状により、海水ポンプ室外の海面へ降った降下火砕物が海水ポンプ室へ多量流入する可能性は低い。（海水ポンプ室及び海水取水トンネルの形状を図－1に示す。）
 - ・ 海水ポンプ吸い込み口は海水ポンプ室底面より1m以上高いレベルにある。したがって、降下火砕物が海水ポンプ室底面に堆積しても海水ポンプの取水に影響を及ぼすことはない。

DNP審査コメントを踏まえ記載を充実

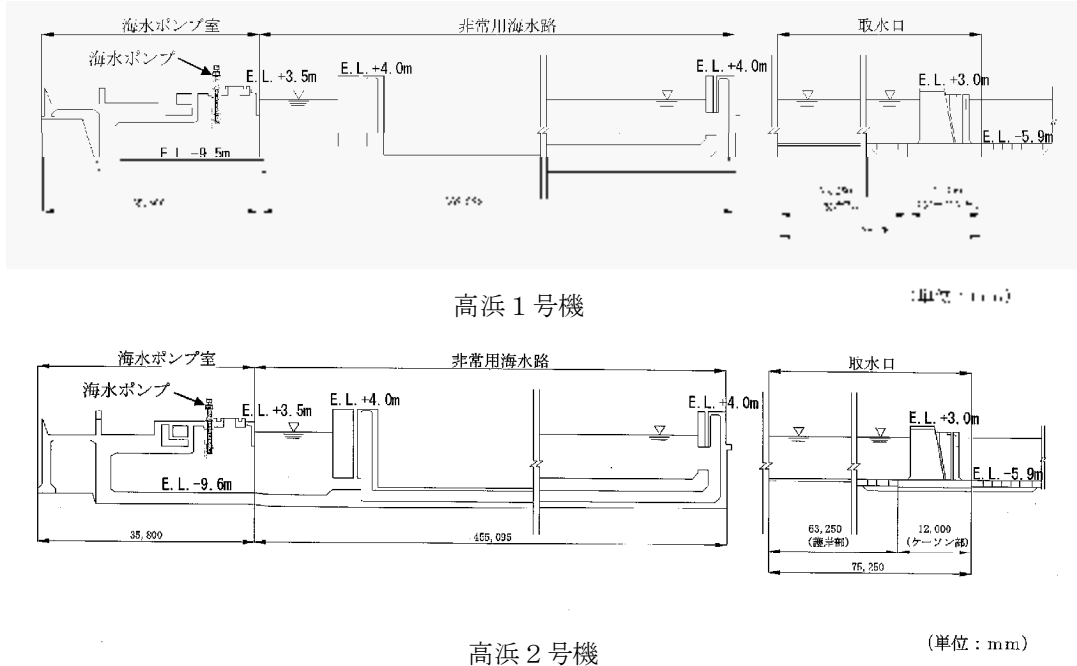
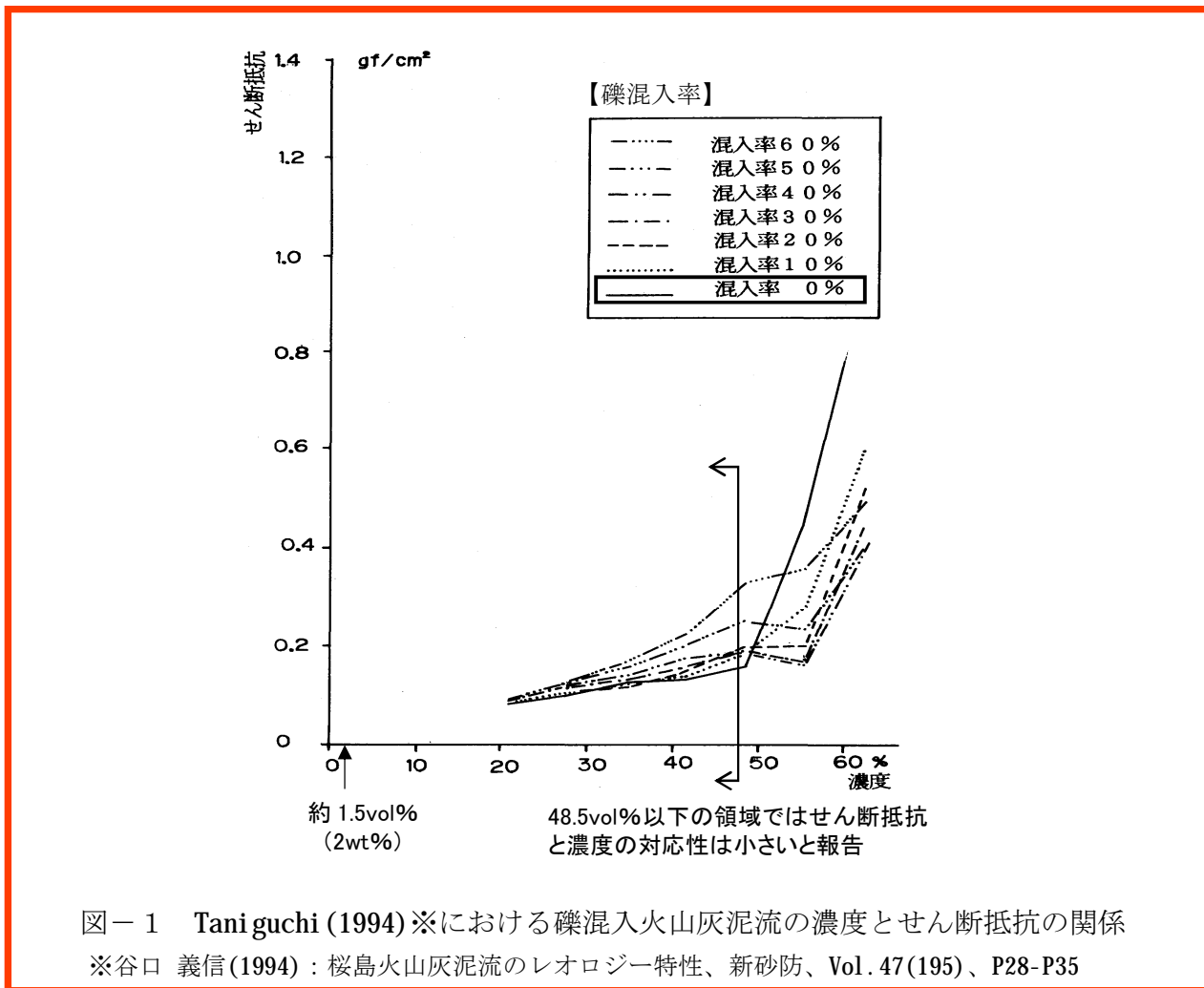


図-2 海水ポンプ室及び海水取水トンネルの形状