

玄海3/4号機 海水ポンプ取替工事に係る設工認変認 説明事項リスト

資料(1)

No.	対象資料	ページ	説明項目	説明内容
1	補足説明資料1 適用条文の整理について	補1-1	適用条文の整理について、今回の変認で申請とする条文は新規制基準等により要求事項に変更があるものについて適合性を示すものである等凡例の記載を充実する	凡例の記載を充実する。 別紙1に示す。
2	補足説明資料4 海水ポンプ取替工事の概要について	補4-1	材料変更による耐食性向上について、組成やどのように向上するのか説明を追記する	材料変更に係る説明を追記する。 別紙2に示す。
3	補足説明資料5 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書補足説明資料	—	砂のスラリー濃度・面圧の導出過程、濃度については新規制基準適合性確認工認の条件から変更不要の理由、文献の適用性、FF軸受について説明を拡充する	補足説明資料5の内容を修正します。 別紙3に示す。
4	補足説明資料6-2 海水ポンプ電動機の動的機能維持詳細評価について	補6-2-1	海水ポンプ電動機の評価用加速度がAt値を上回った要因について、新規制設工認からの変更点を踏まえた説明を追記する	要因としては、海水ポンプ取替に伴う構造変更による影響が考えられる。この要因について、補足説明資料6-2に追記する。 別紙4示す。

## 設計及び工事計画変更認可申請における適用条文等の整理について

## 1. 概 要

玄海原子力発電所第 3/4 号機の海水ポンプは、平成 24 年 9 月 5 日付け 20120731 原第 18 号及び 19 号にて認可された工事計画（以下、「海水ポンプ取替に係る工事計画」）において取替を計画しており、2021 年に実施予定である。

取替後の海水ポンプについては、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第 6 号）の要求を受け、溢水防護上の配慮が必要な高さを設定するとともに、新たに追加・変更された設計基準対象施設としての要求事項に対する適合性及び重大事故等対処設備としての適合性を示す必要があることから、同工事計画を変更する手続きを行う。

本資料では、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく手続きを行うにあたり、申請対象が適用を受ける「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の条文を整理するとともに、適合性の確認が必要となる条文を明確にする。

## 2. 適用条文の整理結果

本設計及び工事計画の申請対象である海水ポンプの適用条文は、下表に示す通り。

## 【凡例】

（変更の工事<sup>※1</sup>の場合）

「適用」欄：変更の工事の内容に関わらず、海水ポンプが適用を受けるかどうかを示す。

○：適用を受ける条文

×：適用を受けない条文

「申請」欄：変更の工事の内容によって、新規制基準により新たに追加・変更された要求事項に対して既工事計画<sup>※2</sup>で確認された状態が変更となるかどうかを示す。

○：変更となる条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文

×：変更とならない条文であり、今回の申請では適合性確認が不要な条文（適用条文ではあるが、既に適合性が確認されている条文、若しくは設計及び工事の計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文、又は適用を受けない条文）

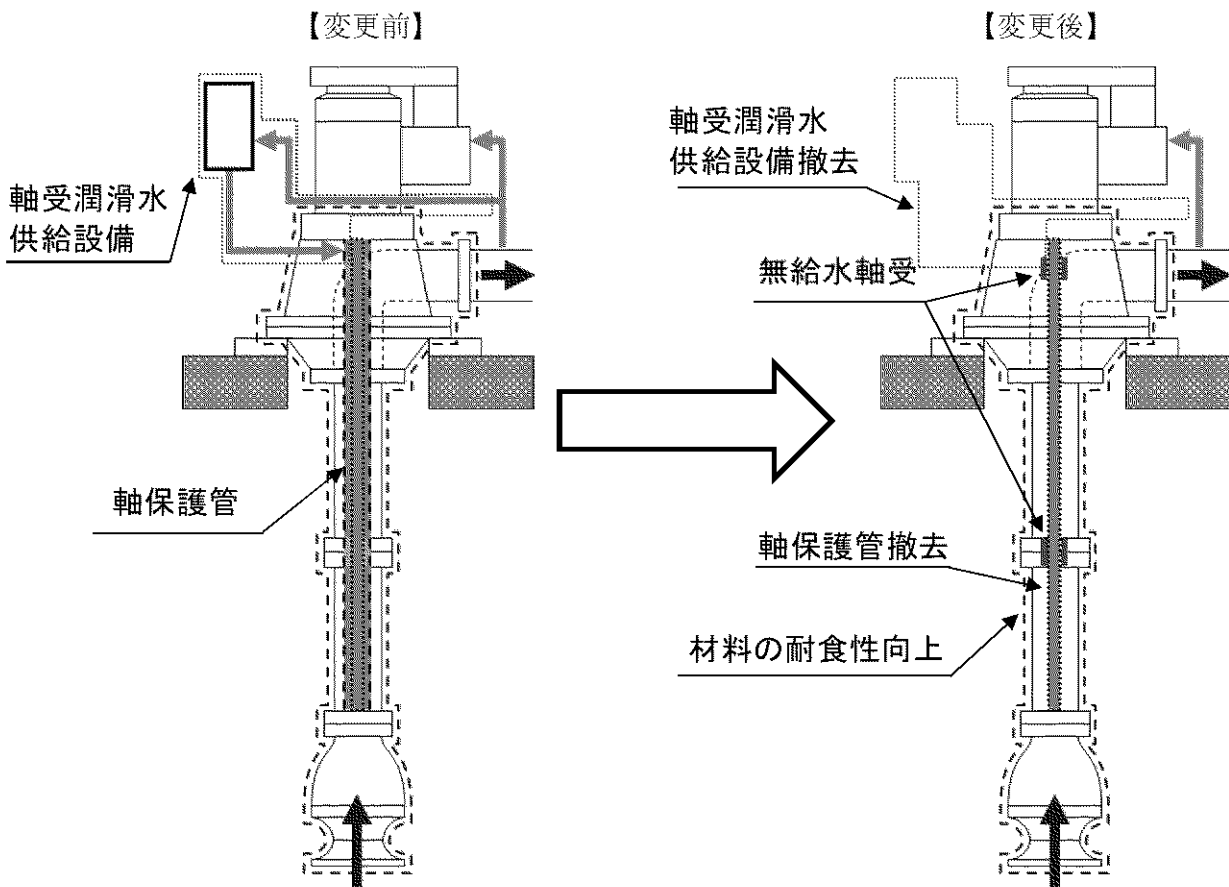
※1 設置の工事又は基数の増加の工事については、適用欄と申請欄は一致

※2 今回の申請においては、海水ポンプ取替に係る工事計画、並びに 3 号機については平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号、4 号機については平成 29 年 9 月 14 日付け原規規発第 1709141 号にて認可された工事計画（以下、「新規制適合性審査における工事計画」という。）

玄海 3 号機 海水ポンプ取替工事概要

1. 海水ポンプ取替の目的および概要

玄海原子力発電所 3, 4 号機の海水ポンプ取替においては、海水ポンプエリアの防護壁設置に伴う運転・保守スペースの確保及びポンプ再起動時の信頼性向上を目的として、軸保護管及び軸受潤滑水供給設備が不要な無給水軸受を採用した海水ポンプへの取替を行う。また、3号機については耐食性に優れた材料への変更を行う。



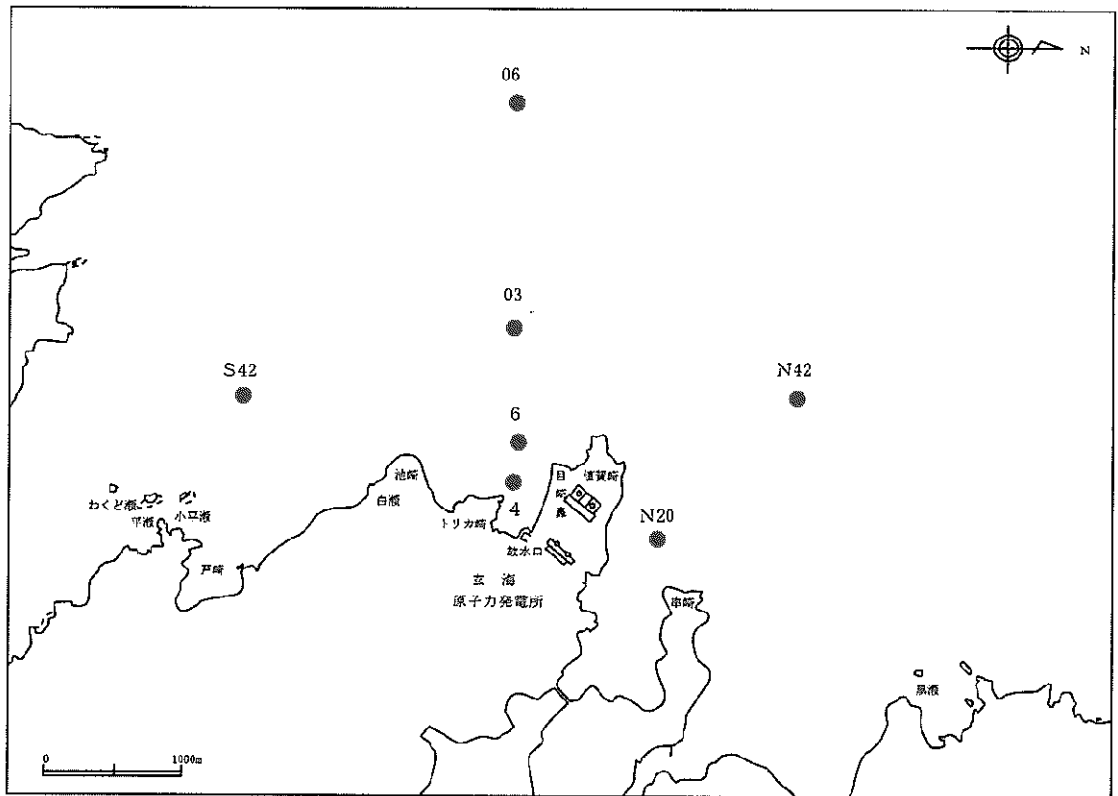
変更内容		変更前	変更後
無給水軸受の採用	起動時の軸受潤滑が不要となるため、軸保護管及び軸受潤滑水供給設備の撤去	ゴム軸受	無給水軸受
ケーシング材料の変更 (3号機)	更なる安全性の向上を目的に耐食性の優れた材料に変更 (材料の比重が大きくなることにより、海水ポンプの重量増。4号機は既に耐食性に優れた材料を採用しているため、重量変更なし。)	SCS13	GSCS16 <sup>※1</sup>

※1 GSCS16 (耐食性ステンレス鋼鋳鋼) は、SCS13 (ステンレス鋼鋳鋼) にクロム、ニッケル及び窒素等の合金元素量の適正化を図り、耐食性を更に向上させた材料である。

「発電用原子力設備規格 材料規格 (2012年) における耐食ステンレス鋼鋳鋼品 (JSME-N10)」

1. 玄海原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果

発電所周辺海域における底質土砂の分析結果では、粒径0.075mm～2mmの砂分が主体で、2mm以上の礫分は少なく、平均粒径は0.5mm程度であった。試料採取場所を第1図に分析結果を第1表及び第2表に、代表箇所における粒径加積曲線を第2図～第9図に示す。



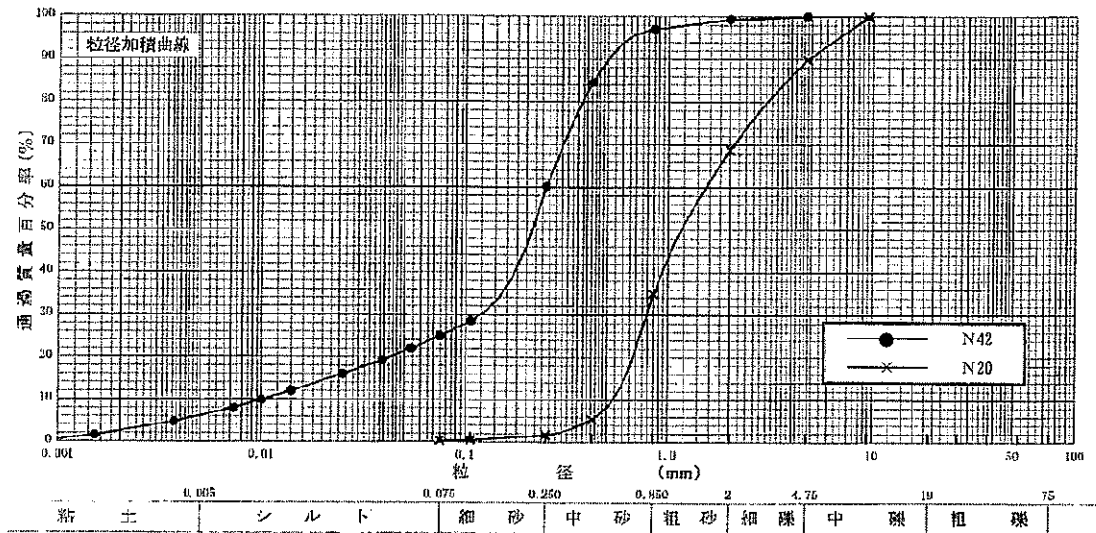
第1図 粒径観測位置

第1表 底質土砂分析結果（平成25年2月22日）

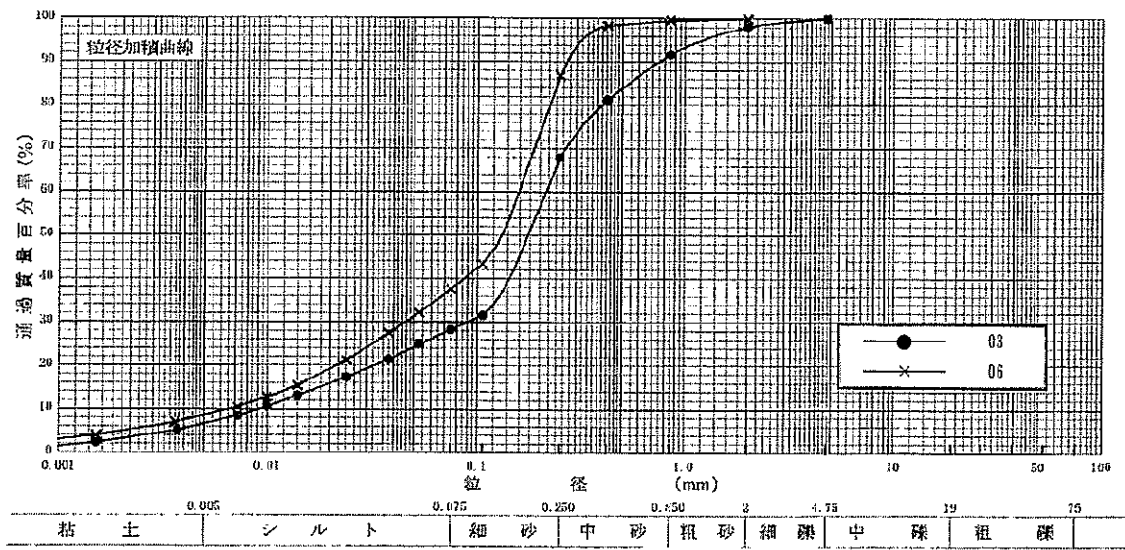
測点	分類	礫分	粗砂分	細砂分	シルト分	粘土	50%粒径 mm
		2.0mm以上	2.0~0.425mm	0.425~ 0.075mm	0.075~ 0.005mm	0.005mm以下	
		%					
N42	細粒分まじり砂	1	14	60	25		0.220
N20	礫質砂	31	63	5	1		1.200
03	細粒分まじり砂	2	17	53	28		0.180
06	細粒分まじり砂	0	2	60	38		0.130
S42	礫質砂	17	62	13	8		1.200
4	砂	9	49	38	4		0.500
6	砂	2	29	68	1		0.330
平均		8.9	34	42	15		0.537

第2表 底質土砂分析結果（平成25年8月23日）

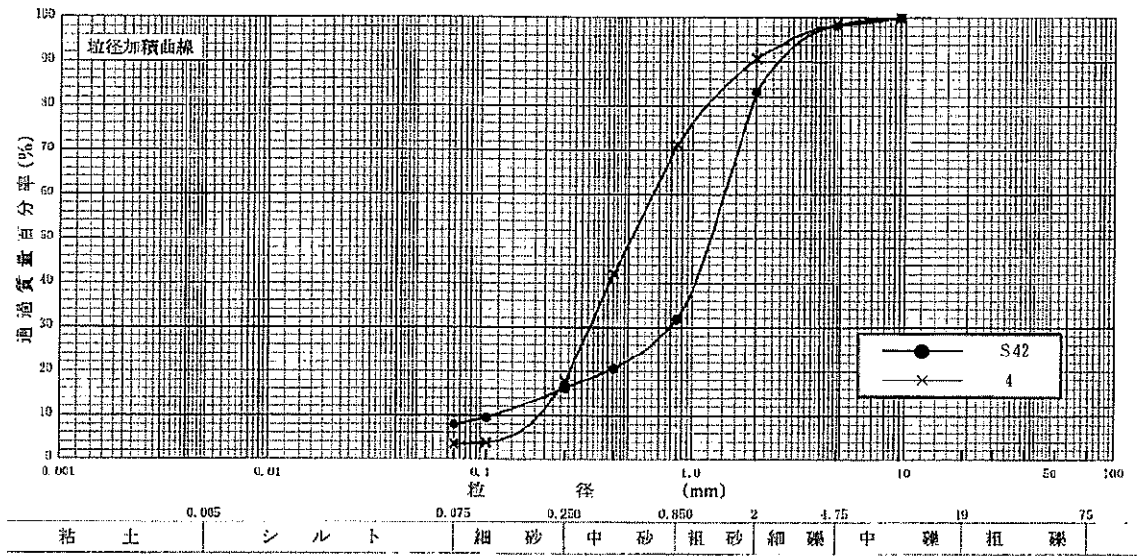
測点	分類	礫分	粗砂分	細砂分	シルト分	粘土	50%粒径 mm
		2.0mm以上	2.0~0.425mm	0.425~ 0.075mm	0.075~ 0.005mm	0.005mm以下	
		%					
N42	礫質砂	18	34	45	3		0.460
N20	礫質砂	23	62	10	5		1.000
03	細粒分まじり砂	1	13	62	24		0.210
06	細粒分まじり砂	0	1	62	37		0.130
S42	細粒分まじり砂	0	4	62	34		0.110
4	砂	0	22	75	3		0.320
6	砂	2	21	75	2		0.320
平均		6.3	22	56	15		0.364



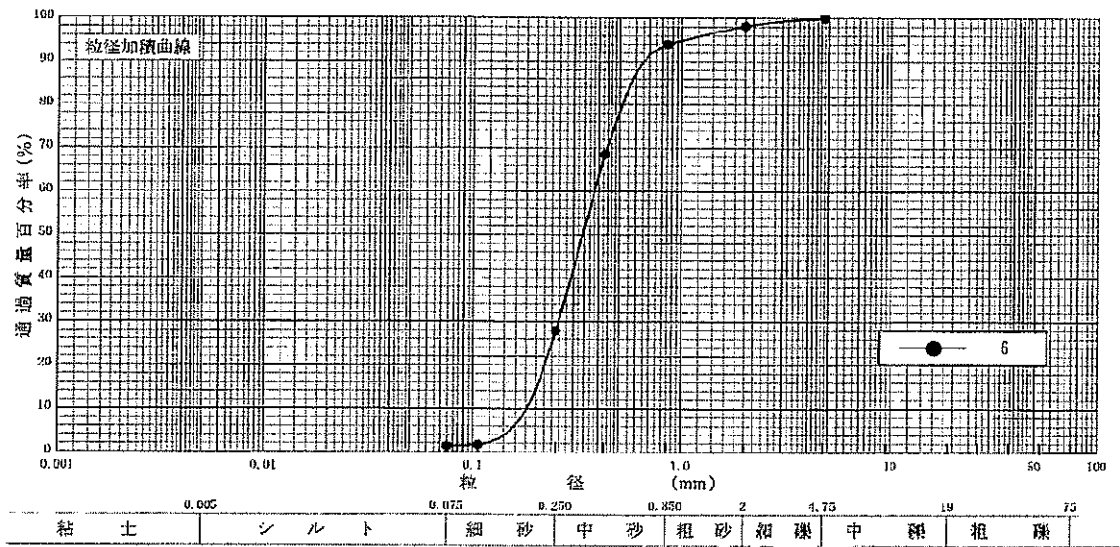
第2図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 N42/N20)



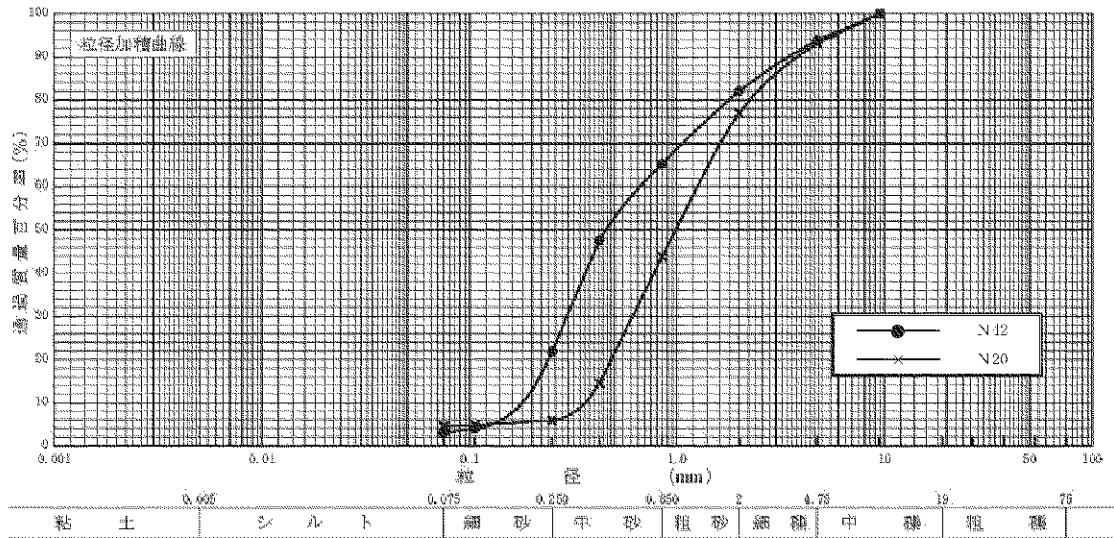
第3図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 03/06)



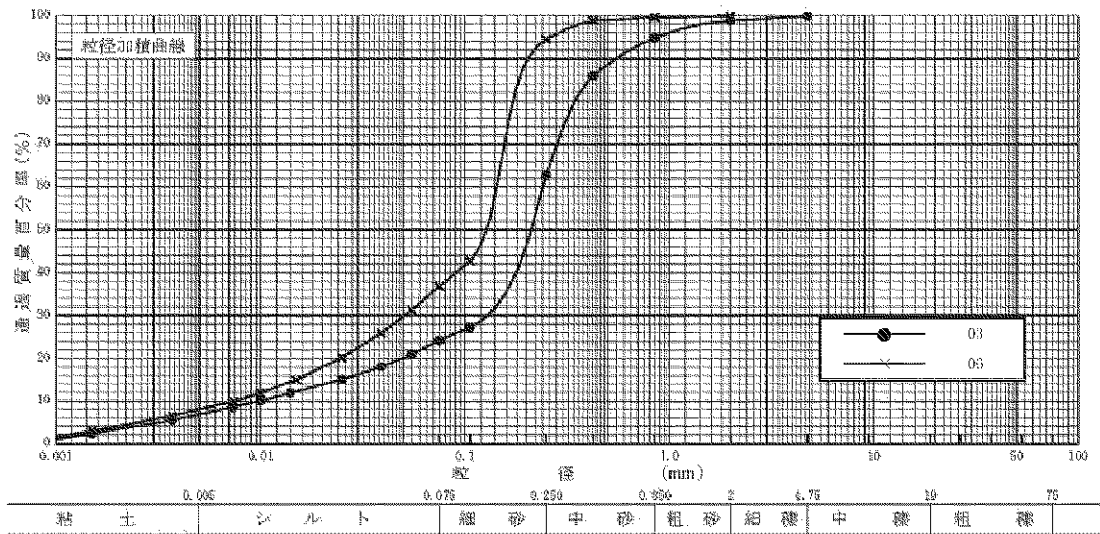
第4図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 S42/4)



第5図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 6)

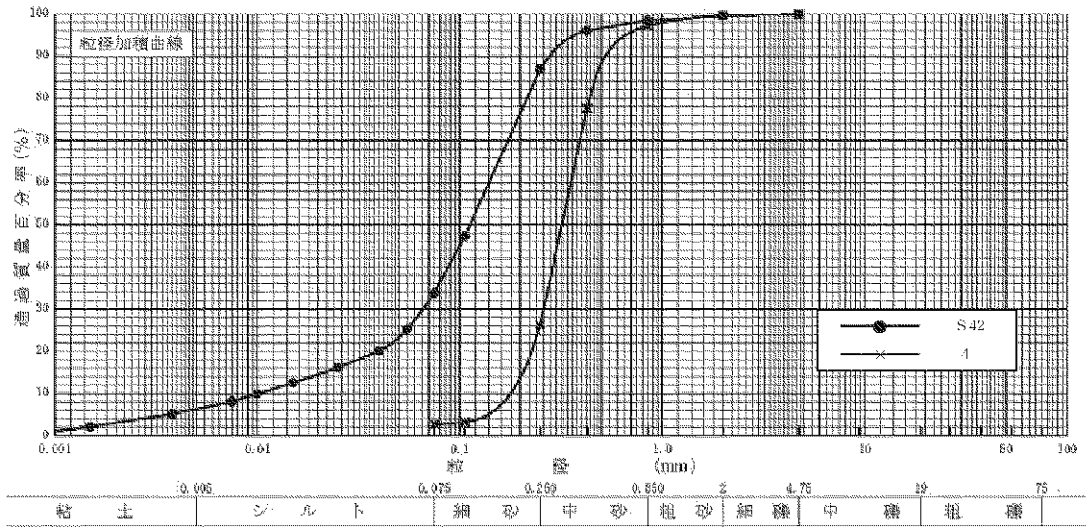


第6図 粒径加積曲線 (平成25年8月23日調査 N42/N20)

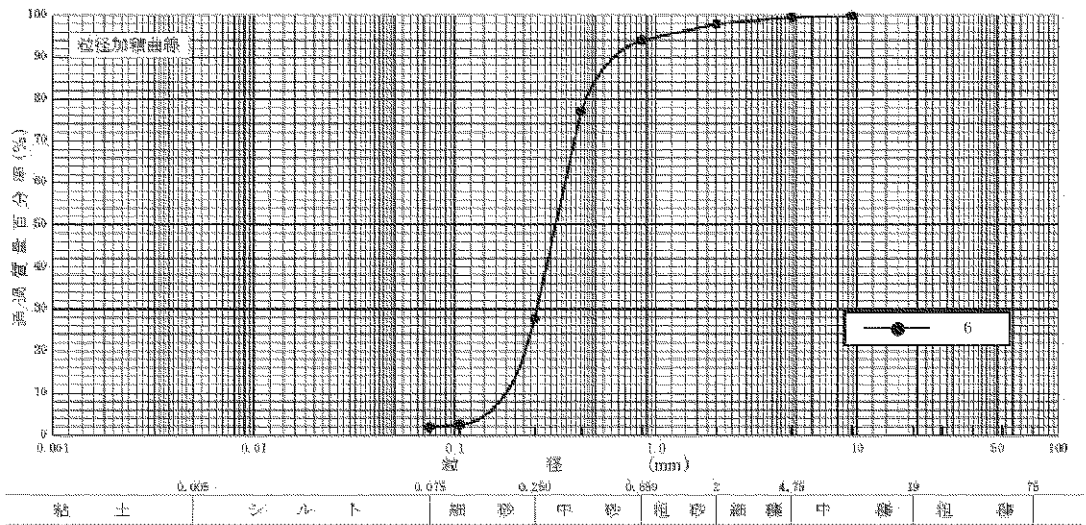


第7図 粒径加積曲線 (平成25年8月23日調査 03/06)





第8図 粒径加積曲線 (平成25年8月23日調査 S42/4)



第9図 粒径加積曲線 (平成25年8月23日調査 6)

## 2. 砂移動による取水口の堆積状況の確認

玄海原子力発電所3号機及び4号機の取水口呑口下端レベルはEL. -13.5mに対して、海底面はEL. -15.0mであり、砂の堆積高さが取水口の呑口下端に到達しにくい構造となっている。取水施設の断面図を第3-2-10図に示す。砂移動に関する数値シミュレーションを実施した結果、取水口位置での砂の堆積はほとんどなく、砂の堆積に伴って、取水口が閉塞することはないことを確認した。

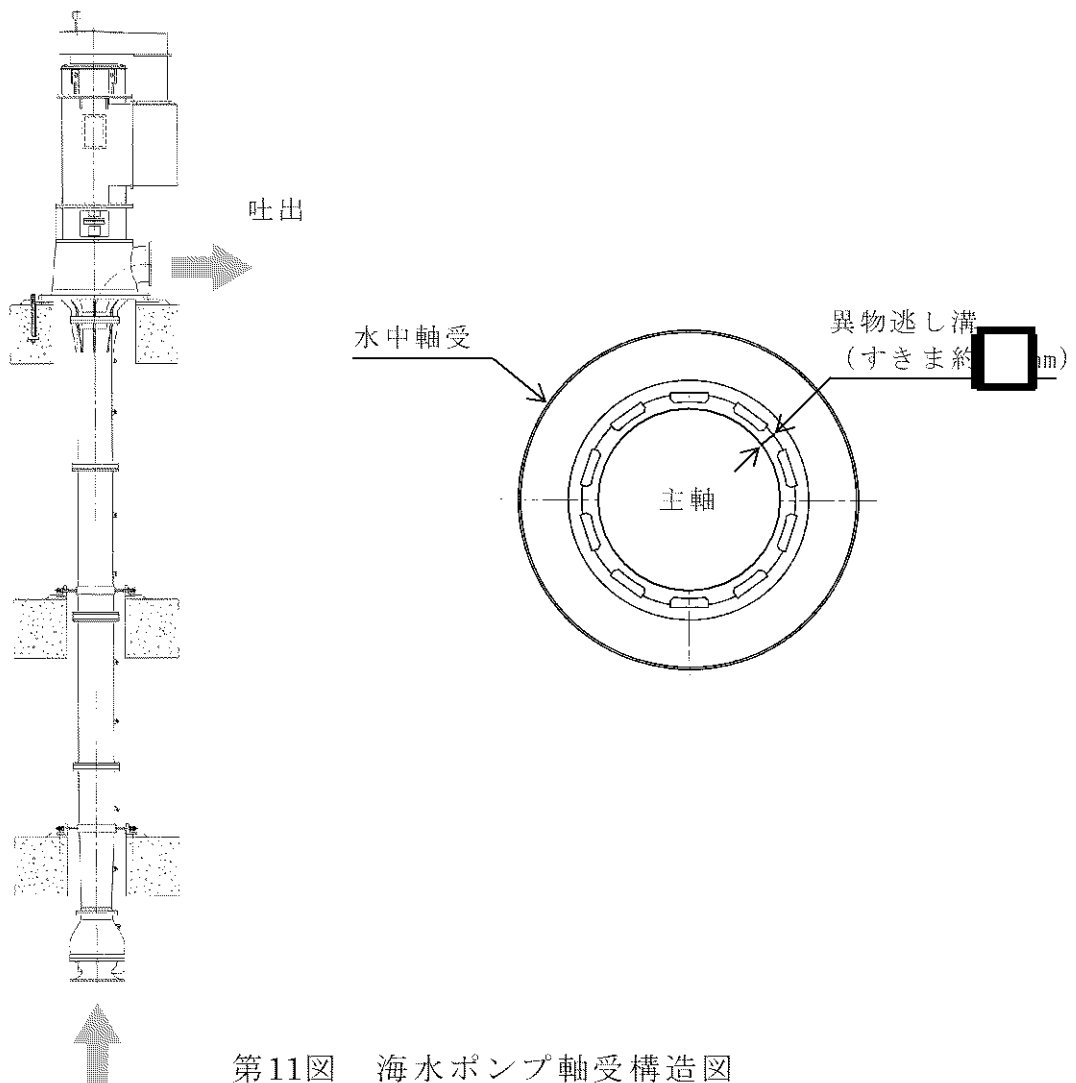


第10図 取水施設の断面図

### 3. 砂混入時の海水ポンプ取水機能維持の確認

海水ポンプ取水時に浮遊砂の一部が軸受潤滑水としてポンプ軸受に混入したとしても、第11図に示すとおり、海水ポンプの軸受に設けられた異物逃がし溝（約□mm）から排出される構造となっている。

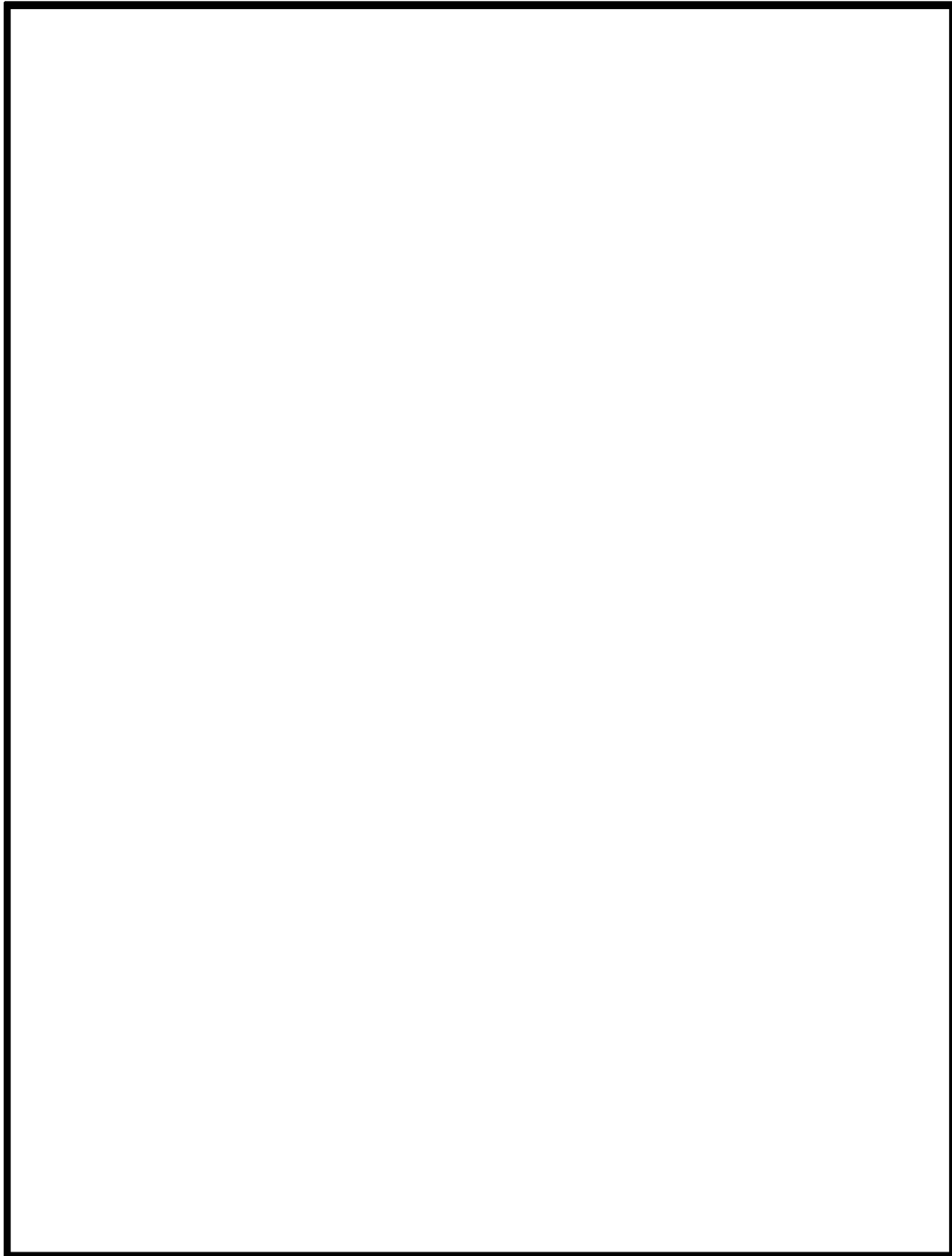
砂移動のシミュレーション結果から取水口付近における堆積はほとんどなく、取水口の呑レベルが海底面より1.5m高い位置にあることや、「1. 玄海原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果」で示すとおり発電所周辺の砂の平均粒径は約0.5mm、中央粒径は最大でも約1.2mmと微小であり、数ミリ以上の粒子は少なく、そもそも粒径数ミリの砂は浮遊し難いものであることを踏まえると、大きな粒径の砂はほとんど混入しないと考えられ、砂混入に対しての海水ポンプの取水機能は保持できる。



#### 4. 海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性

##### (1) メーカーにおける軸受摩耗試験結果

実機海水ポンプを模擬し、異物濃度  又は  wt% の連続注入試験を実施して、軸受の摩耗量を測定した。第12図に海水ポンプ軸受摩耗試験装置を、第3表に試験条件を示す。



第12図 海水ポンプ軸受摩耗試験装置

第3表 海水ポンプ軸受摩耗試験条件

項 目	試験条件
軸受材料	FF軸受*

※ 無給水軸受（摺動面：テフロン加工）を指す。以下、同じ。

式①（機械工学便覧参照）と実験結果より、各異物濃度における比摩耗量を算出した。また、実機海水ポンプのパラメータを用いて、寿命時間を算出した結果、寿命時間は最短で約2,900時間であった。計算条件を第4表に示す。

$$K = \frac{\delta}{PVT} \quad \dots \text{①}$$

K: 比摩耗量(mm<sup>2</sup>/kgf)  
 δ: 摩耗量(mm)  
 P: 軸受面圧(kgf/mm<sup>2</sup>)  
 V: 周速(mm/s)  
 T: 運転時間 (寿命時間)

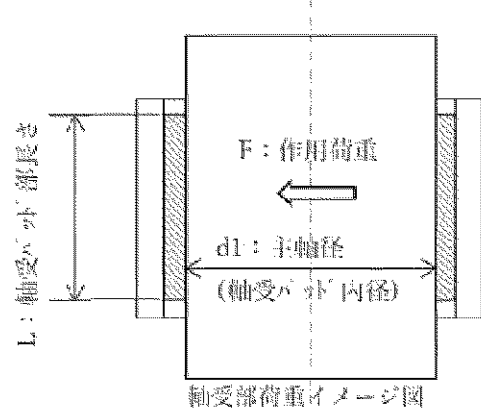
第4表 海水ポンプ軸受寿命評価条件（異物濃度   wt%）

項 目	計算条件

(面圧の定義について)

面圧については、軸受に対する作用荷重 (F) を、軸受パッド内径 (d1) と軸方向長さ (L) の積で求まる面積で除した値を『面圧』と定義している。

海水ポンプ軸受部イメージ図



(2) 基準津波時の砂移動評価結果からの寿命評価

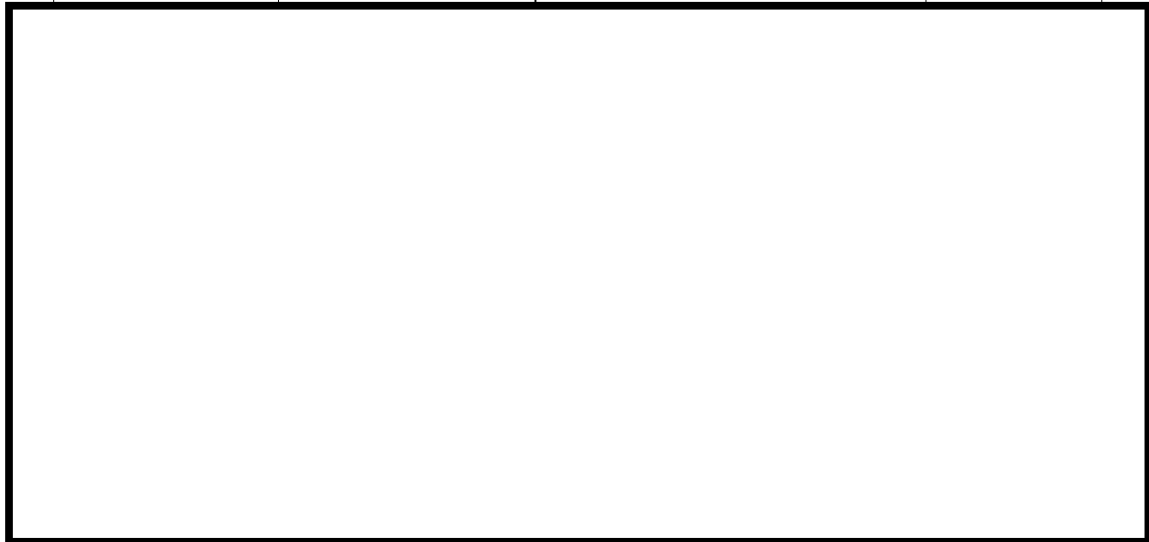
基準津波時の砂移動評価結果（藤井ほか(1998)の手法（上限浮遊砂体積濃度5%））から、取水口付近の浮遊砂濃度は、3号機取水口付近で [redacted] wt%、4号機取水口付近で [redacted] wt% となる。どちらの浮遊砂濃度も「(1) メーカーにおける軸受摩耗試験結果」の異物濃度 [redacted] wt%未満であるため、寿命時間は2,900時間以上である。これに対し、津波到達後約3～4時間経過すれば、浮遊砂濃度は無視できる程度まで低下するため、海水ポンプ軸受は津波時の浮遊砂に対し十分な耐性がある。

(3) まとめ

津波襲来時に海水ポンプ軸受部に細かな砂が混入したとしても海水ポンプ軸受耐性は十分にあり、取水性に問題がないと評価する。

(4) 基準津波による砂移動の解析結果

波源	対馬南西沖断層群と宇久島北西沖断層群の連動による地震に伴う津波（上昇側）		
砂移動モデル	藤井ほか(1998)の手法による検討結果		
算出点	取水口付近	浮遊砂体積濃度上限値	5%



波源	西山断層帯による地震に伴う津波（下降側）		
砂移動モデル	藤井ほか(1998)の手法による検討結果		
算出点	取水口付近	浮遊砂体積濃度上限値	5%



<砂移動の計算手法について>

砂移動の計算手法については、藤井ほか（1998）の手法を用いて実施している。初期条件として、敷地周辺海域の海底地質調査結果を参考に海底の初期砂層厚を設定し、入力条件として基準津波による流速を与えることで、基準津波による砂移動のシミュレーション評価を行い、取水口付近の浮遊砂濃度を算出している。

なお、保全業務（航路・泊地の喫水深さ確保）として定期的に行っている発電所周辺海域の深浅測量では、取水口周辺の海底の地形変化はほとんど見られないことに加え、基準津波も再稼働時から変更がないため、浮遊砂濃度の解析結果は再稼働時と同じである。



海水ポンプ電動機の動的機能維持詳細評価について

1. はじめに

本資料は、海水ポンプ電動機の動的機能維持詳細評価について補足説明するものである。

海水ポンプ電動機は、出力 560kW の立形すべり軸受電動機であり、JEAG4601-1991 記載の適用機種範囲に該当する設備である。

電動機の動的機能維持評価については、JEAG4601-1991 及び耐特委報告書（原子力発電耐震設計特別調査委員会 調査報告書）において、対象機種毎に、現実的地震応答のレベルでの異常のみならず、破壊に至る様な過剰な状態を念頭に、地震時に考え得る異常要因を抽出し、その分析により動的機能上の評価点を検討し、動的機能維持を評価する際に確認すべき評価項目を摘出している。

海水ポンプ電動機については、動的機能維持評価の結果、第 1 表のとおり機能確認済加速度を超える。この要因としては、海水ポンプ取替に伴う構造変更により、振動モードが変化したことが考えられる。このため、JEAG4601-1991 及び耐特委報告書にて選定された評価項目に基づき、動的機能維持詳細評価を実施する。

第 1 表 評価用加速度と機能確認済加速度の比較

機 器	評価結果					
	水平(G)			鉛直(G)		
	評価用 加速度 (G)	機能確認済 加速度 (G)	裕度	評価用 加速度 (G)	機能確認済 加速度 (G)	裕度
海水ポンプ	2.9	10.0	3.44	0.63	1.0	1.58
海水ポンプ電動機	2.6	2.5	<u>0.96</u>	0.63	1.0	1.58