

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	補1-4、7	・電動機が【申請範囲】について。 ・電動機の適用条文である第48条、第78条(準用)の整理について	海水ポンプ電動機については、平成24年及び今回の工事計画においても要目表の記載範囲であり【申請範囲】である。 第48条については、新規制基準において要求事項に変更がなく、また本工事において電動機の改造もないため【適合性確認対象外】とする。第78条については、新規制基準の追加の要求事項であり、本申請はH24年の工事計画に対する変認であることから、【適合性確認対象】とする。 当該内容について、補足説明資料を修正する。(別紙参照) また申請書についても記載を見直す。
2	—	全般	・添付資料における電動機の記載について	No.1のとおり、本申請では海水ポンプのポンプ本体及び電動機の両方を【申請範囲】としている。 したがって、添付資料では、電動機も含めて適合性を示している。
3	—	—	・軸受潤滑水供給設備の撤去による水の流れの違いによる影響について ・軸受潤滑水のストレーナ撤去による影響について	取替前の軸受潤滑水は、吐出管から分岐しストレーナや配管を経て、必要流量に調節された軸受潤滑水が軸保護管内を下降流で供給されるのに対し、取替後は、吸い込みの流れと同一方向(上昇流)で直接軸受に供給される。 以上のことから、取替後の方が軸受潤滑水の流れ抵抗は小さくなっているが、軸受のクリアランス(軸と軸受の隙間)は大きな差異がないので、流れの違い(軸受隙間の流れ方、方向の違い)による軸受への影響はないと考える。 また、取替後はストレーナを通らず軸受潤滑水を供給するが、異物逃がし溝があることから砂等の異物による閉塞・摩耗の影響はない。
4	—	—	「海水ポンプ起動中」の「ドライ状態」と「水潤滑状態」について。	資料に例を追記した。(別紙参照)
5	補足説明資料5 砂移動による影響について	補5-12	・浮遊砂が混入した水の流れによる摩耗と軸・軸受の接触時の砂による摩耗、どちらが支配的か定量的に説明できるか確認すること。	資料に説明を追記した。
6	補足説明資料5 砂移動による影響について	補5-10	・摩耗試験で使用した砂の粒径の分布について	補足説明資料に摩耗試験で使用した砂の粒径分布を追記した。
7	補足説明資料5 砂移動による影響について	補5-15	・平均粒径を使用した評価の妥当性について	砂移動評価においては、津波時の周囲からの砂移動を考慮し、平均粒径(全地点の50%粒径の平均)を用いたシミュレーションを実施している。一方、砂移動評価における粒径の影響を検討するために、発電所周辺の50%粒径のうち最も小さい粒径を考慮し、粒径0.1mmを用いたシミュレーションを実施した結果、粒径が小さくなることにより浮遊砂濃度は上昇する傾向にあるが、上昇を考慮したとしても海水ポンプ軸受は浮遊砂に対して十分な耐性がある。
			以下余白	

## 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（~~電動機を除くポンプ本体をいう。以下同じ。~~）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、「海水ポンプ改造に係る工事計画」）において改造を計画しており、2021 年に実施予定である。

改造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>※</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海水ポンプ改造に係る工事計画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）

※ 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

技術基準規則	要否判断		理由
	適用	申請	
設計基準対象施設			
第4条 設計基準対象施設の地盤	○	○	新規制基準前後にて要求事項が変更となっており、海水ポンプを設置する地盤について適合性を示す必要があることから対象とする。
第5条 地震による損傷の防止	○	○	新規制基準前後にて要求事項が変更となっており、改造後の海水ポンプにおいて、新たな基準地震動にて耐震評価を行う必要があることから対象とする。
第6条 津波による損傷の防止	○	○	新規制基準前後にて要求事項が変更となっており、改造後の海水ポンプにおいて、津波防護に係る審査基準への適合性を示す必要があることから対象とする。
第7条 外部からの衝撃による損傷の防止	○	○	新規制基準前後にて要求事項が変更となっており、改造後の海水ポンプにおいて、外部からの衝撃による損傷の防止に係る審査基準への適合性を示す必要があることから対象とする。改造に伴い考慮すべき自然現象等の整理結果を別紙に示す。
第8条 立入りの防止	×	×	申請範囲には、既工事計画にて適合性が確認された管理区域、保全区域又は周辺監視区域の変更がないことから対象外とする。
第9条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止	○	○	新規制基準前後にて要求事項が変更となっており、海水ポンプを設置するエリアへの不法な侵入等の防止について適合性を示す必要があることから対象とする。
第10条 急傾斜地の崩壊の防止	○	×	急傾斜地の崩壊の防止については、申請範囲が急傾斜地崩壊危険区域として指定された地域に施設していないことを確認する必要があるため本条文を適用するが、本工事においても海水ポンプの設置位置は同じであることから申請対象外とする。
第11条 火災による損傷の防止	○	○	新規制基準前後にて要求事項が変更となっており、改造後の海水ポンプにおいて、火災防護に係る審査基準への適合性を示す必要があることから対象とする。
第12条 発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止	○	○	新規制基準前後にて要求事項が変更となっており、改造後の海水ポンプにおいて、溢水防護に係る審査基準への適合性を示す必要があることから対象とする。
第13条 安全避難通路等	×	×	申請範囲には、安全避難通路等がないことから対象外とする。
第14条 安全設備	○	×	本条文は、新規制基準において要求事項に変更はあるが、海水ポンプに対する要求事項に追加・変更がなく、海水ポンプについては、海水ポンプ改造に係る工事計画において適合性を確認していることから申請対象外とする。
第15条 設計基準対象施設の機能	○	×	本条文は、新規制基準において要求事項に変更はあるが、海水ポンプに対する要求事項に追加・変更がなく、海水ポンプについては、海水ポンプ改造に係る工事計画において適合性を確認していることから申請対象外とする。

技術基準規則	要否判断		理由
	適用	申請	
第16条 全交流動力電源喪失対策設備	×	×	申請範囲には、全交流動力電源喪失時に対処するために必要な電源設備がないことから対象外とする。
第17条 材料及び構造	×	×	本条文はクラス機器に対する要求であるが、海水ポンプは技術基準規則の適用を受けるクラス機器に該当しないことから、対象外とする。なお、海水ポンプは、JSMEクラス3ポンプである。
第18条 使用中の亀裂等による破壊の防止	×	×	本条文はクラス機器に対する要求であるが、海水ポンプは技術基準規則の適用を受けるクラス機器に該当しないことから、対象外とする。なお、海水ポンプは、JSMEクラス3ポンプである。
第19条 流体振動等による損傷の防止	×	×	申請範囲には、流体振動等による損傷の防止について規定されている燃料体等がないことから対象外とする。
第20条 安全弁等	×	×	申請範囲には、安全弁等の設置について規定されている加圧器等がないことから対象外とする。
第21条 耐圧試験等	×	×	本条文はクラス機器に対する要求であるが、海水ポンプは技術基準規則の適用を受けるクラス機器に該当しないことから、対象外とする。なお、海水ポンプは、JSMEクラス3ポンプである。
第22条 監視試験片	×	×	申請範囲には、監視試験片がないことから対象外とする。
第23条 炉心等	×	×	申請範囲には、炉心等について規定されている燃料体等がないことから対象外とする。
第24条 熱遮蔽材	×	×	申請範囲には、熱遮蔽材がないことから対象外とする。
第25条 一次冷却材	×	×	申請範囲には、一次冷却材がないことから対象外とする。
第26条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備	×	×	申請範囲には、燃料体等を取り扱う設備又は燃料体等を貯蔵する設備がないことから対象外とする。
第27条 原子炉冷却材圧力バウンダリ	×	×	申請範囲には、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器がないことから対象外とする。
第28条 原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置等	×	×	申請範囲には、原子炉冷却材圧力バウンダリから原子炉冷却材の流出を制限する隔離装置等がないことから対象外とする。
第29条 一次冷却材処理装置	×	×	申請範囲には、放射性物質を含む一次冷却材を処理する装置がないことから対象外とする。
第30条 逆止め弁	×	×	申請範囲には、逆止め弁について規定されている放射性物質を含む一次冷却材を内包する容器等へ放射性物質を含まない流体を導く管がないことから対象外とする。
第31条 蒸気タービン	×	×	申請範囲には、蒸気タービン（附属施設含む）がないことから対象外とする。

技術基準規則	要否判断		理由
	適用	申請	
第32条 非常用炉心冷却設備	×	×	申請範囲には、非常用炉心冷却設備がないことから対象外とする。
第33条 循環設備等	○	×	本条文は、新規制基準において要求事項に変更はあるが、海水ポンプに対する要求事項に追加・変更がなく、海水ポンプについては、海水ポンプ改造に係る工事計画において適合性を確認していることから申請対象外とする。
第34条 計測装置	×	×	申請範囲には、計測装置がないことから対象外とする。
第35条 安全保護装置	×	×	申請範囲には、安全保護装置がないことから対象外とする。
第36条 反応度制御系統及び原子炉停止系統	×	×	申請範囲には、反応度制御系統及び原子炉停止系統がないことから対象外とする。
第37条 制御材駆動装置	×	×	申請範囲には、制御材駆動装置がないことから対象外とする。
第38条 原子炉制御室等	×	×	申請範囲には、原子炉制御室等がないことから対象外とする。
第39条 廃棄物処理設備等	×	×	申請範囲には、放射性廃棄物処理する設備等がないことから対象外とする。
第40条 廃棄物貯蔵設備等	×	×	申請範囲には、放射性廃棄物を貯蔵する設備等がないことから対象外とする。
第41条 放射性物質による汚染の防止	×	×	申請範囲には、放射性物質による汚染の防止として規定されている放射性物質により汚染させるおそれがある部分であって、人が触れるおそれがある部分（管理区域内で人が頻繁に出入りする場所の床面等）がないことから対象外とする。
第42条 生体遮蔽等	×	×	申請範囲には、生体遮蔽装置等がないことから対象外とする。
第43条 換気設備	×	×	申請範囲には、換気設備がないことから対象外とする。
第44条 原子炉格納施設	×	×	申請範囲には、原子炉格納施設がないことから対象外とする。
第45条 保安電源設備	×	×	申請範囲には、保安電源装置について規定されている電線路及び発電機からの電力の供給が停止した場合に必要な非常用電源設備等がないことから対象外とする。
第46条 緊急時対策所	×	×	申請範囲には、緊急時対策所がないことから対象外とする。
第47条 警報装置等	×	×	申請範囲には警報装置等がないことから対象外とする。
第48条 準用	○	×	海水ポンプ改造に係る工事計画において海水ポンプの電動機については改造を行っていないことから申請対象外とする。

技術基準規則	要否判断		理由
	適用	申請	
重大事故等対処施設			
第49条 重大事故等対処施設の地盤	○	○	海水ポンプを設置する地盤について適合性を示す必要があることから対象とする。
第50条 地震による損傷の防止	○	○	改造後の海水ポンプにおいて、新たな基準地震動にて耐震評価を行う必要があることから対象とする。
第51条 津波による損傷の防止	○	○	改造後の海水ポンプにおいて、津波防護に係る審査基準への適合性を示す必要があることから対象とする。
第52条 火災による損傷の防止	○	○	改造後の海水ポンプにおいて、火災防護に係る審査基準への適合性を示す必要があることから対象とする。
第53条 特定重大事故等対処施設			
第54条 重大事故等対処設備	○	○	改造後の海水ポンプについて、環境条件等に対する健全性の確認を行う必要があることから対象とする。
第55条 材料及び構造	○	○	申請範囲について、新たな構造にて強度評価を行う必要があることから対象とする。
第56条 使用中の亀裂等による破壊の防止	○	×	使用中の亀裂等による破壊の防止については、海水ポンプは重大事故等クラス2機器であり本条文を適用するが、本条文は、使用中の運用要求であり、設計段階において確認する条文ではないことから申請対象外とする。
第57条 安全弁等	×	×	申請範囲には、安全弁等の設置について規定されている加圧器等がないことから対象外とする。
第58条 耐圧試験等	○	×	耐圧試験等については、海水ポンプは重大事故等クラス2機器であり本条文を適用するが、本条文は、検査にて確認する耐圧試験の要求であり、設計段階において確認する条文ではないことから申請対象外とする。
第59条 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	×	×	申請範囲には、緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備がないことから対象外とする。
第60条 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	×	×	申請範囲には、原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備がないことから対象外とする。
第61条 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備	×	×	申請範囲には、原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備がないことから対象外とする。
第62条 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	×	×	申請範囲には、原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備がないことから対象外とする。

技術基準規則	要否判断		理由
	適用	申請	
第 63 条 最終ヒートシンクへ熱を 輸送するための設備	×	×	申請範囲には、最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備がないことから対象外とする。
第 64 条 原子炉格納容器内の冷却 等のための設備	○	○	海水ポンプについては、重大事故等時において格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却ができるよう原子炉補機冷却水冷却器へ海水を供給する設備であるため対象とする。
第 65 条 原子炉格納容器の過圧破 損を防止するための設備	○	○	海水ポンプについては、重大事故等時において格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却ができるよう原子炉補機冷却水冷却器へ海水を供給する設備であるため対象とする。
第 66 条 原子炉格納容器下部の溶 融炉心を冷却するための 設備	×	×	申請範囲には、原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備がないことから対象外とする。
第 67 条 水素爆発による原子炉格 納容器の破損を防止す るための設備	×	×	申請範囲には、水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備がないことから対象外とする。
第 68 条 水素爆発による原子炉建 屋等の損傷を防止す るための設備	×	×	申請範囲には、水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備がないことから対象外とする。
第 69 条 使用済燃料貯蔵槽の冷却 等のための設備	×	×	申請範囲には、使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備がないことから対象外とする。
第 70 条 工場等外への放射性物質 の拡散を抑制する ための設備	×	×	申請範囲には、工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備がないことから対象外とする。
第 71 条 重大事故等の収束に必要 となる水の供給設備	×	×	申請範囲には、重大事故等の収束に必要な水となる水の供給設備がないことから対象外とする。
第 72 条 電源設備	×	×	申請範囲には、重大事故等が発生した場合において必要な電力を確保するための電源設備がないことから対象外とする。
第 73 条 計装設備	×	×	申請範囲には、計装設備がないことから対象外とする。
第 74 条 運転員が原子炉制御室に とどまるための設備	×	×	申請範囲には、原子炉制御室がないことから対象外とする。
第 75 条 監視測定設備	×	×	申請範囲には、監視測定設備がないことから対象外とする。
第 76 条 緊急時対策所	×	×	申請範囲には、緊急時対策所がないことから対象外とする。

技術基準規則	要否判断		理由
	適用	申請	
第77条 通信連絡を行うために必要な設備	×	×	申請範囲には、通信連絡を行うために必要な設備がないことから対象外とする。
第78条 準用	○	○	海水ポンプの電動機については、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」を準用する。 当該条文の適合性については新規制基準適合性確認工認にて確認されており、本工事において電動機に改造はないが、本申請が新規制基準施行前の工事計画に係る変認であることから対象とする。





設計及び工事計画認可申請における適用条文一覧表

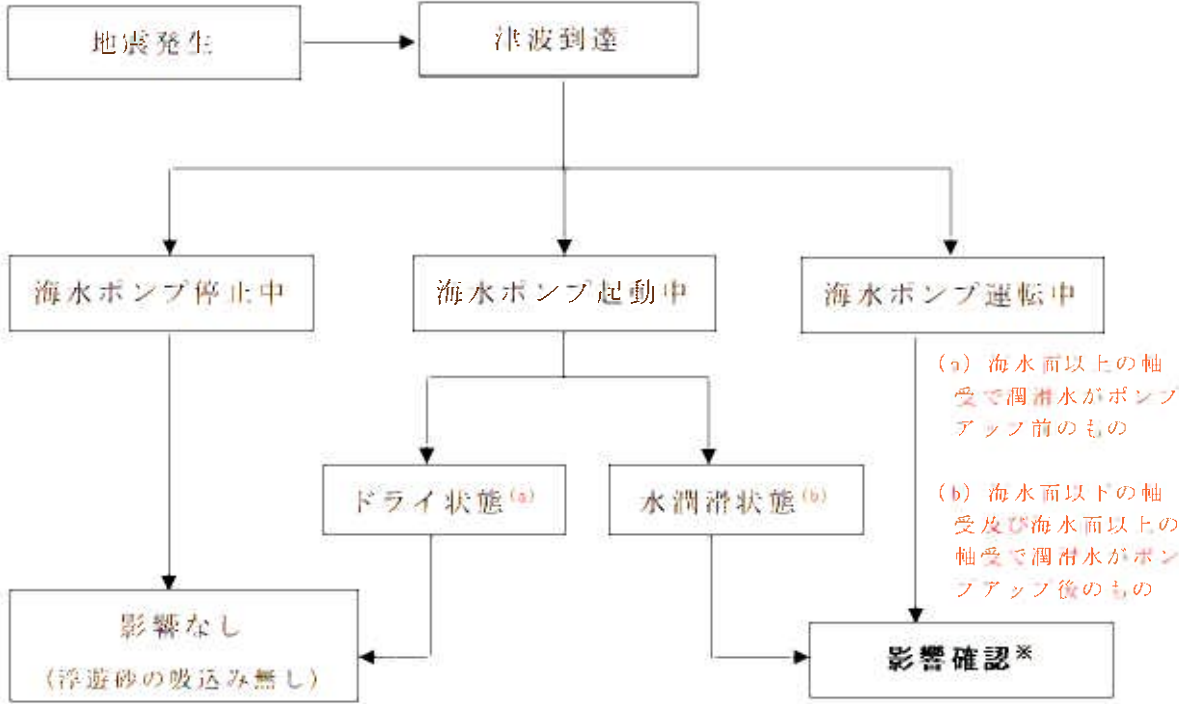
条文	技術基準規則 SA、ES (条)																												備考		
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76		77	78
	地震	地震	津波	火災	特重施設	重大事故等対処設備	材料構造	破壊の防止	安全全介	耐圧試験	未臨界	高圧時の冷却	パワングレダリの減圧	低圧時の冷却	最終ヒ	C/V冷却	C/V過圧破損防止	下部溶融炉心冷却	C/V水素燃発	原子炉建屋水素燃発	SFP冷却	拡散抑制	水の供給	電源設備	計装設備	原子炉調御家	監視測定設備	緊急時対策所		通信	準用
施設区分	分類																														
設備区分	設備等																														
原子炉冷却系統施設 原子炉補機冷却設備	海水ポンプ	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文  
 -：適合性確認が不要な条文

※ 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。

### 津波到達時における 海水ポンプの運転状態と砂移動による影響について

津波到達時における海水ポンプの運転状態について、地震による外部電源喪失（ブラックアウトシークエンス）や津波波源の位置関係を考慮し、「海水ポンプ運転中」、「海水ポンプ停止中」及び「海水ポンプ起動中」に分類し、砂移動による影響確認について整理した。なお、「海水ポンプ起動中」では、始動時に軸受内に潤滑水がない「ドライ状態」と、軸受内に潤滑水がある「水潤滑状態」に分けて整理する。なお、海水ポンプの運転状態は「海水ポンプ停止中」→「海水ポンプ起動中（ドライ状態）」→「海水ポンプ起動中（水潤滑状態）」→「海水ポンプ運転中」と推移する。

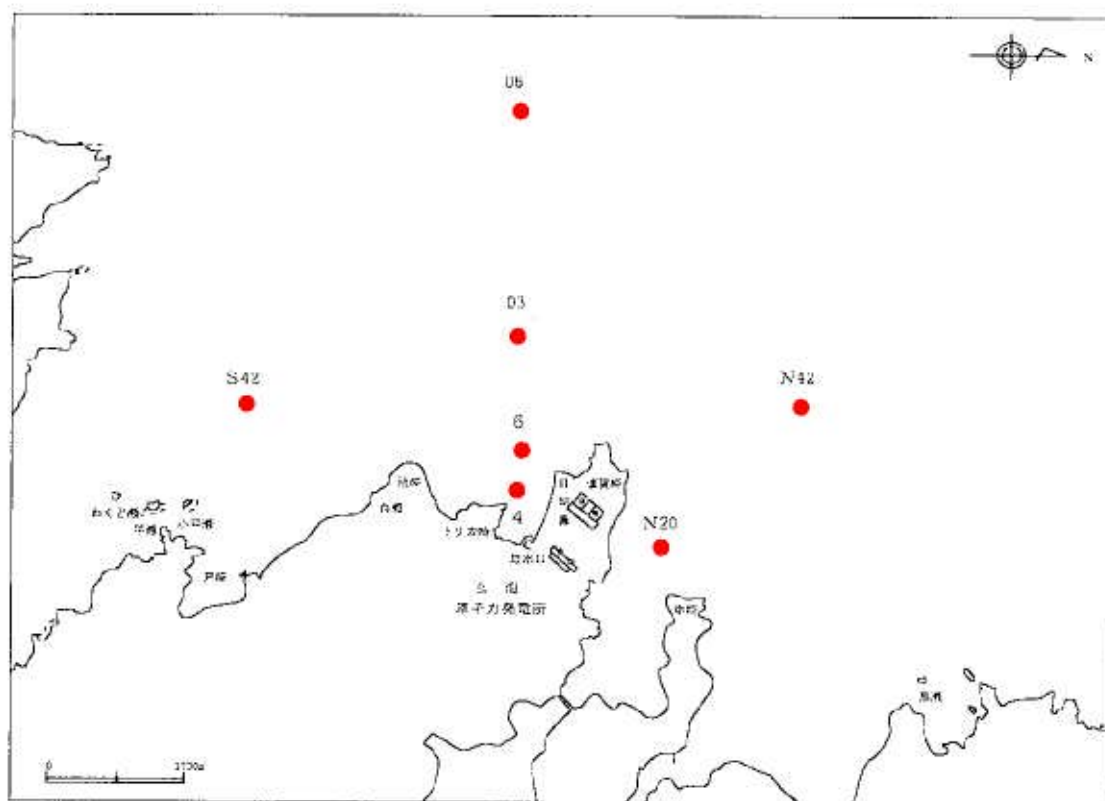


※ 海水ポンプが浮遊砂を吸い込んだ場合、その一部はポンプ軸受部に到達するが、異物逃し溝から排出される構造となっている。また、軸受隙間に入り込む浮遊砂の影響については、砂摩擦による軸受摩擦評価を実施することで、十分な耐性があることを確認している。なお、「海水ポンプ起動中」は「海水ポンプ運転中」に比べ、回転速度が小さく、周速及び軸受面圧が小さくなるため、最も条件が厳しい「海水ポンプ運転中」を考慮した軸受摩擦評価を実施している。

## 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 $\bar{d}$ 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。

※ 特に断りがない場合、各地点における粒径加積曲線の平均粒径に対し、全地点を平均したものを平均粒径とする。各地点における粒径加積曲線の平均粒径については、これを付記し、平均粒径（各地点）とする。



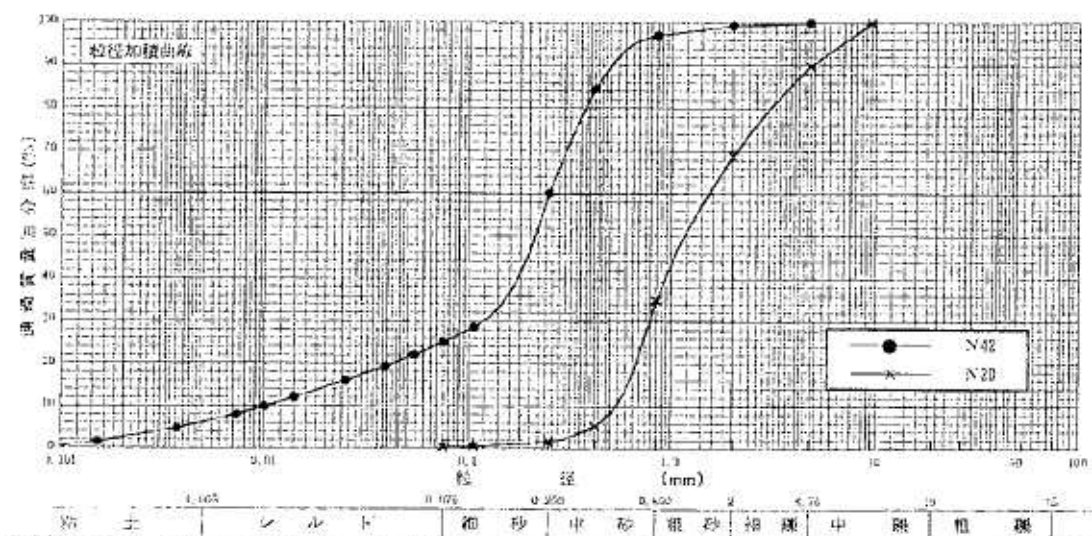
第1図 粒径観測位置

第1表 底質土砂分析結果（平成25年2月22日）

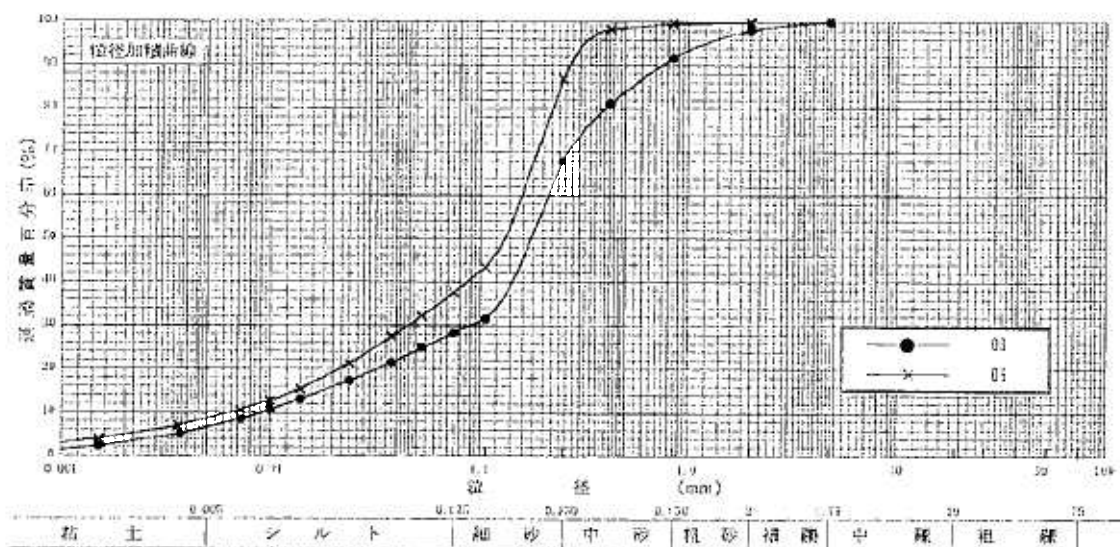
測点	分類	礫分	粗砂分	細砂分	シルト分	粘土	50%粒径 mm
		2.0mm以上	2.0~0.425mm	0.425~ 0.075mm	0.075~ 0.005mm	0.005mm以下	
		%					mm
N42	細粒分まじり砂	1	11	60	25		0.220
N20	礫質砂	31	63	5	1		1.200
03	細粒分まじり砂	2	17	53	28		0.180
06	細粒分まじり砂	0	2	60	38		0.130
S42	礫質砂	17	62	13	8		1.200
4	砂	9	49	38	4		0.500
6	砂	2	29	68	1		0.330
平均		8.9	31	42	15		0.537

第2表 底質土砂分析結果（平成25年8月23日）

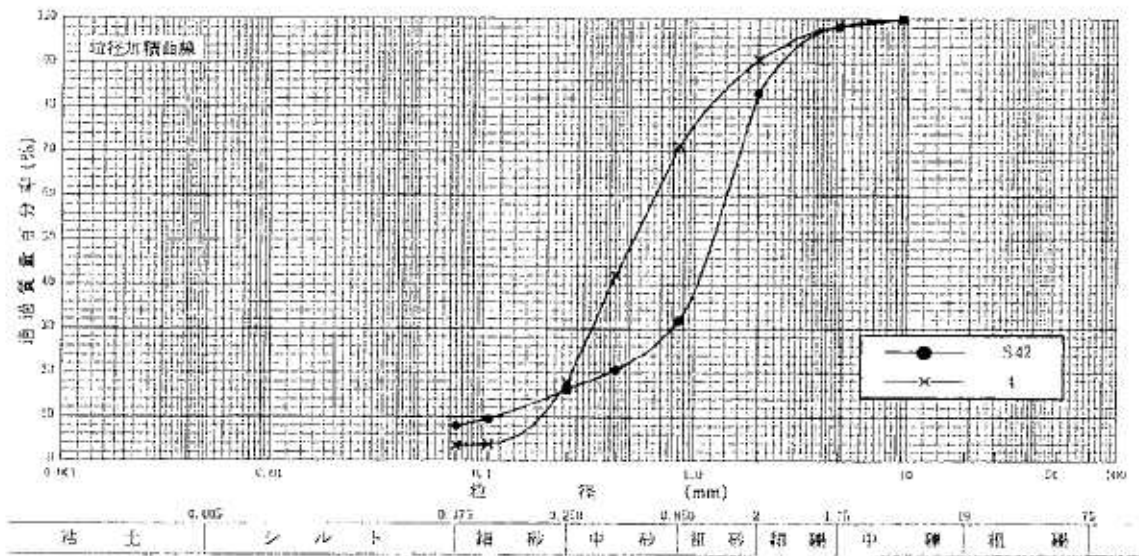
測点	分類	礫分	粗砂分	細砂分	シルト分	粘土	50%粒径 mm
		2.0mm以上	2.0~0.425mm	0.425~ 0.075mm	0.075~ 0.005mm	0.005mm以下	
		%					mm
N42	礫質砂	18	31	45	3		0.460
N20	礫質砂	23	62	10	5		1.000
03	細粒分まじり砂	1	13	62	24		0.210
06	細粒分まじり砂	0	1	62	37		0.130
S42	細粒分まじり砂	0	1	62	34		0.110
4	砂	0	22	75	3		0.320
6	砂	2	21	75	2		0.320
平均		6.3	22	56	15		0.361



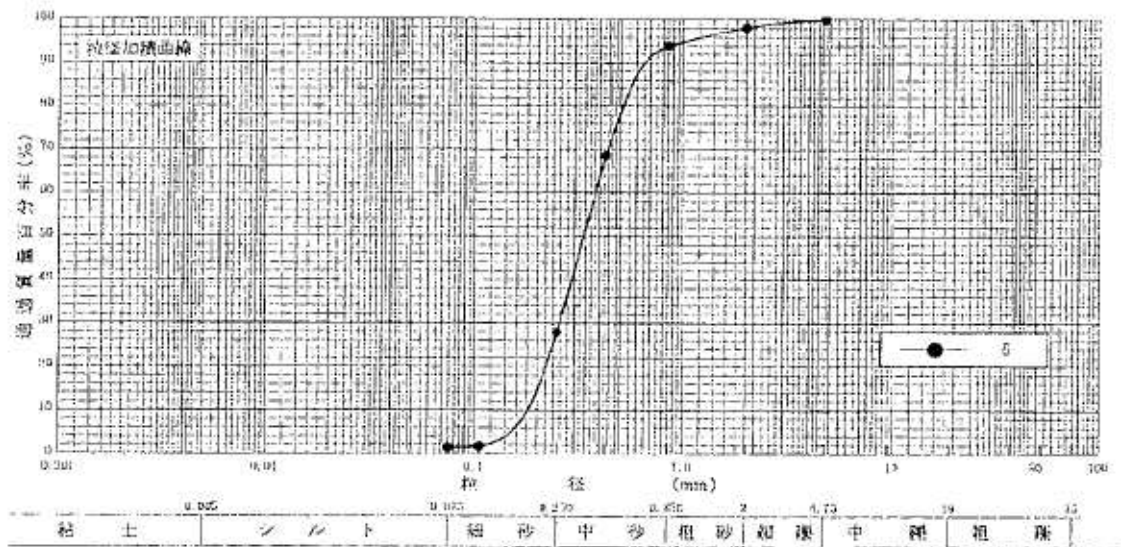
第2図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 N42/N20)



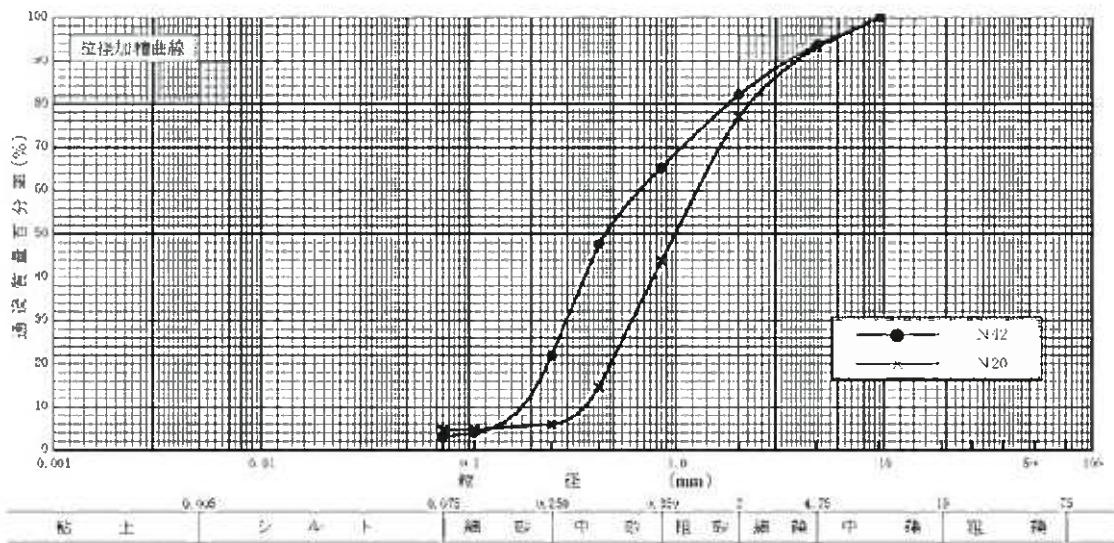
第3図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 03/06)



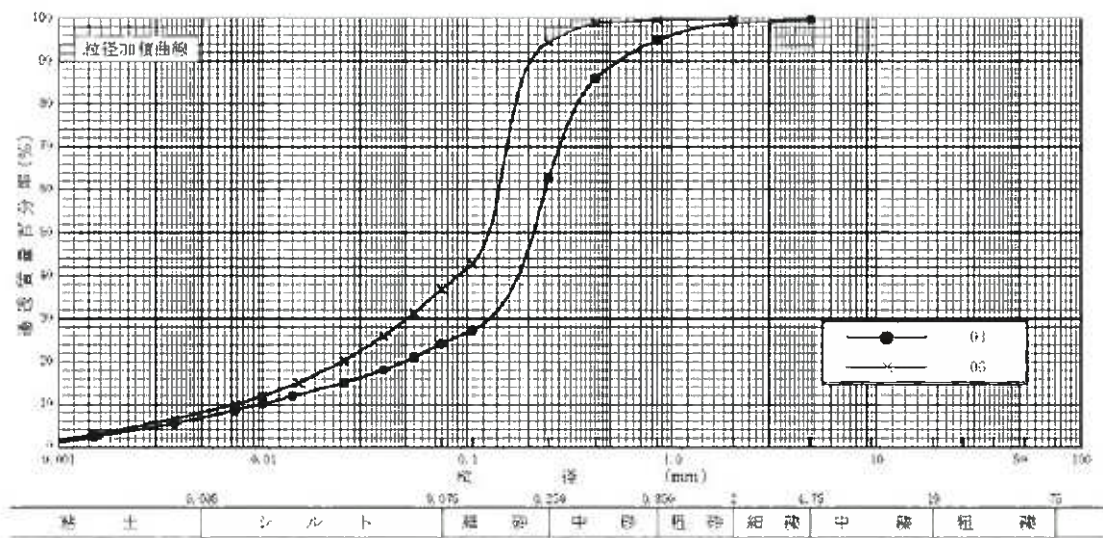
第4図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 S42/4)



第5図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 6)

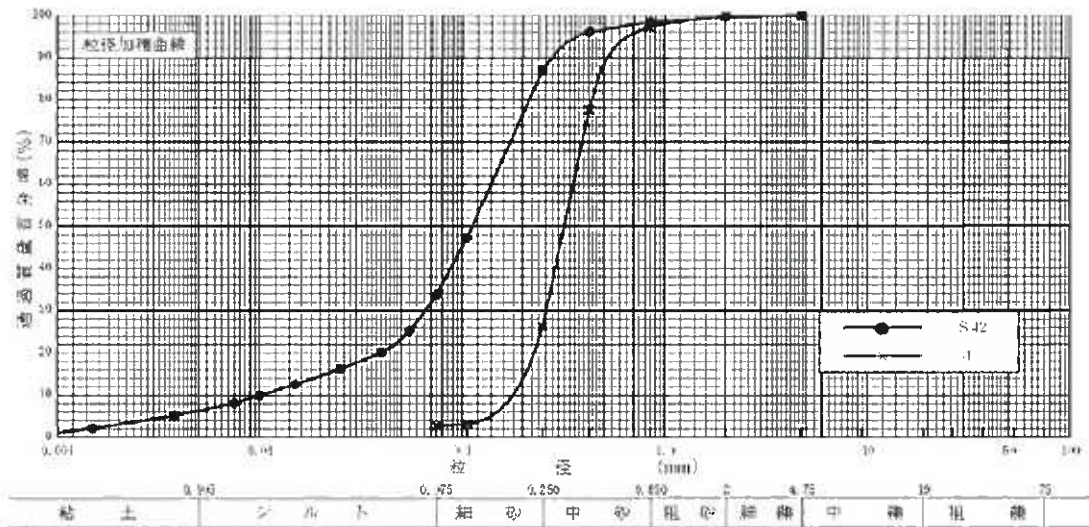


第6図 粒径加積曲線 (平成25年8月23日調査 N42/N20)

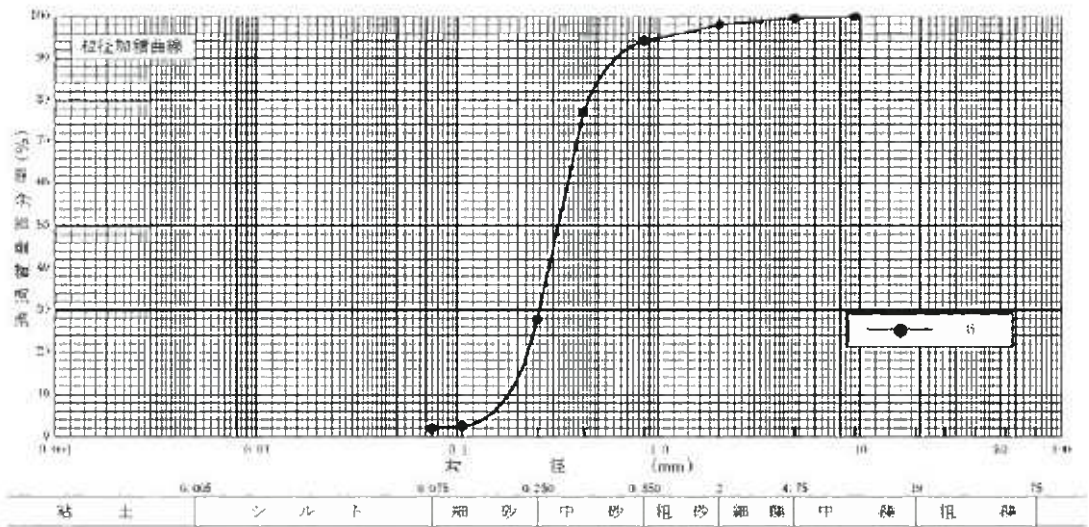


第7図 粒径加積曲線 (平成25年8月23日調査 03/06)





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。

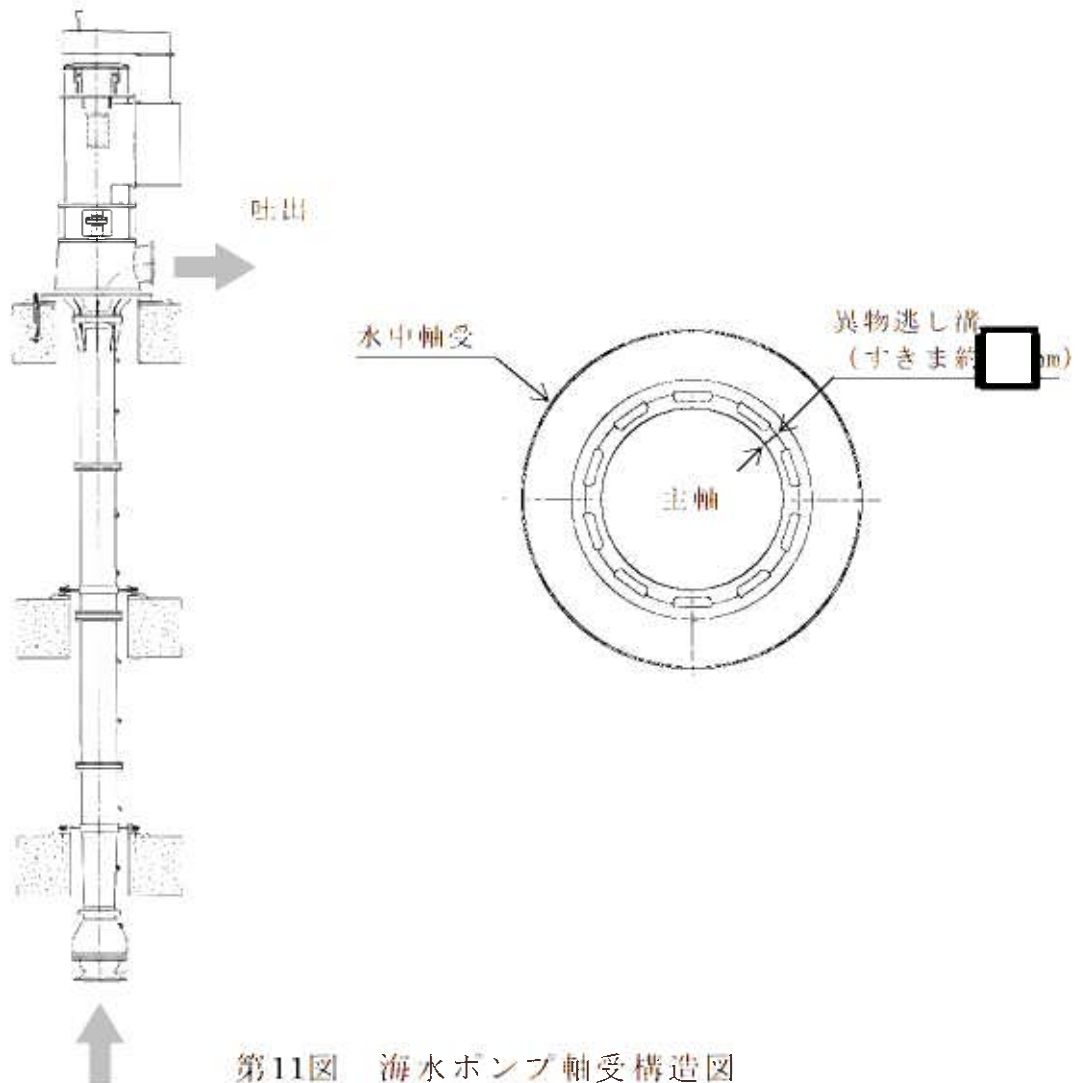


第10図 取水施設の断面図

### 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。

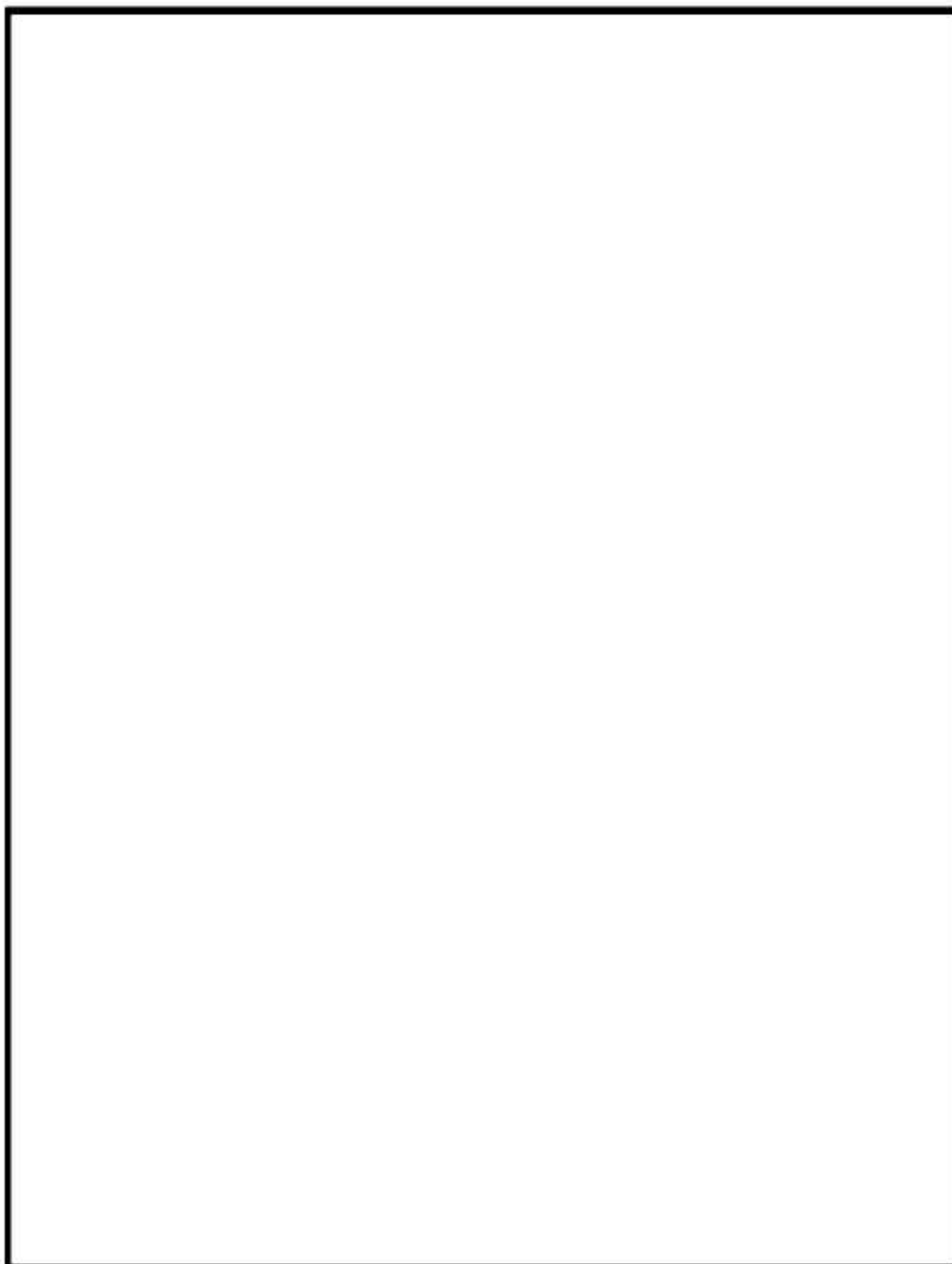
砂移動のシミュレーション結果から取水口付近における堆積はほとんどなく、取水口の呑レベルが海底面より1.5m高い位置にあることや、「1. 玄海原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果」で示すとおり発電所周辺の砂の平均粒径は約0.5mm、中央粒径は最大でも約1.2mmと微小であり、数ミリ以上の粒子は少なく、そもそも粒径数ミリの砂は浮遊し難いものであることを踏まえると、大きな粒径の砂はほとんど混入しないと考えられ、砂混入に対しての海水ポンプの取水機能は保持できる。



#### 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% の連続注入試験をそれぞれの濃度で実施して、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
軸径(mm)	
回転数(rpm)	
周速(m/s)	
面圧(kgf/mm <sup>2</sup> )	
異物濃度(wt%)	
砂粒径	
軸受材料	FF軸受 <sup>※2</sup>

※1 砂粒径の分布は下図の通り。

※2 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。

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
軸径(mm)	
周速(m/s)	
面圧(kgf/mm <sup>2</sup> )	
比摩耗量(mm <sup>2</sup> /kgf)	
許容摩耗量(mm)	

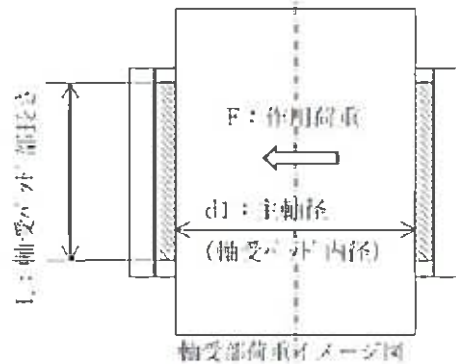
$$K = \frac{\delta}{PVT} \dots \textcircled{1}$$

K: 比摩耗量(mm<sup>2</sup>/kgf)  
 δ: 摩耗量(mm)  
 P: 軸受面圧<sup>※1※2※3</sup>(kgf/mm<sup>2</sup>)  
 V: 周速(mm/s)  
 T: 運転時間(寿命時間)(s)

※1 軸受面圧の定義について

軸受面圧については、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。

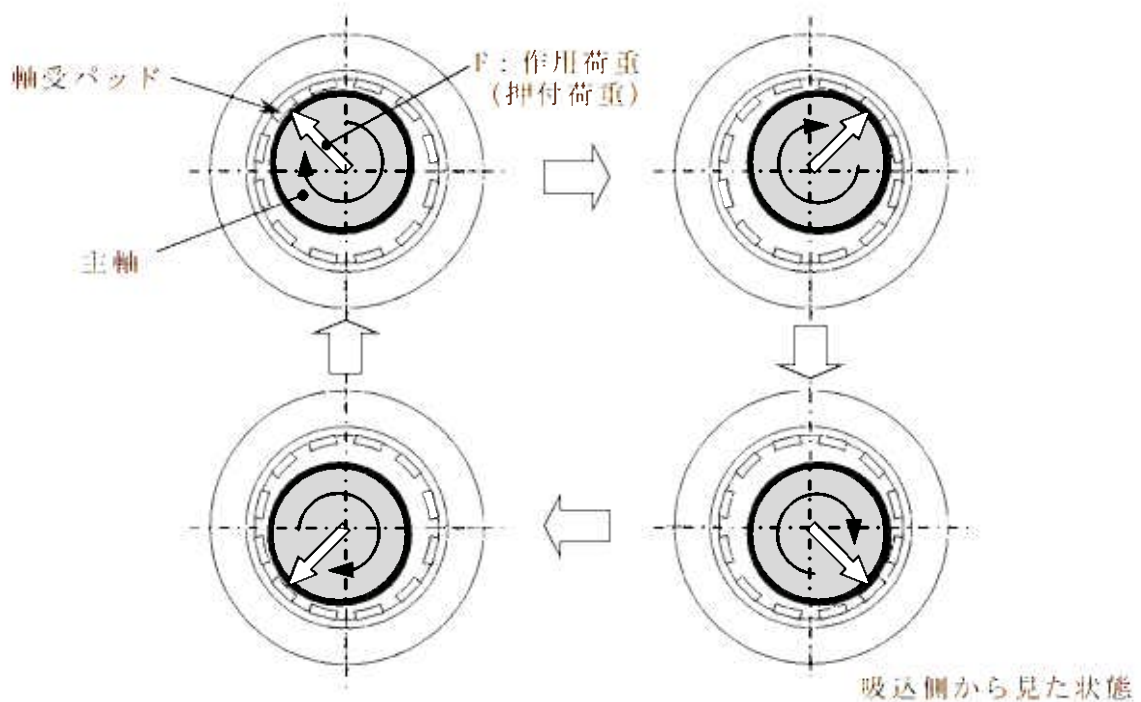
海水ポンプ軸受部イメージ図



※2 軸受に対する作用荷重の考え方

軸受に対する作用荷重(F)は、ポンプ運転中に回転体のアンバランスにより振れ回った主軸が軸受パッドを押付ける荷重である。

$F = mr\omega^2$   
 m: 回転体質量  
 r: 重心の振れ回り距離  
 ω: 回転体の回転角速度



※3 摺動部分以外の摩耗について

軸受の砂摩耗に対する影響としては、摺動部分のアブレイブ摩耗以外にも軸受内の流体によるエロージョン摩耗が考えられる。しかし、軸受摩耗としては摺動部分のアブレイブ摩耗が支配的であり、軸受内の流体によるエロージョン摩耗の影響は小さい。(砂摩耗試験において、軸側の状態を観察すると、摺動部分(アンバランス側)以外では、摩耗量が小さくエロージョン摩耗の影響は小さかった。)

(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 [ ] vt%、4号機取水口付近で [ ] vt%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 [ ] vt%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

基準津波による砂移動の解析（粒径0.5mm）結果は以下の通りである。砂移動評価においては、津波時の周囲からの砂移動を考慮し、平均粒径を用いたシミュレーションを実施している。浮遊砂濃度は粒径が小さいほど大きくなると考えられるが、シミュレーションで用いた平均粒径は取水口付近（N20）の平均粒径（各地点）に比べ小さいため、保守的な浮遊砂濃度となっている。

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%



【砂移動評価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。

【砂移動評価への粒径の影響について】

砂移動評価においては、津波時の周囲からの砂移動を考慮し、平均粒径0.5mmを用いたシミュレーションを実施している。一方、砂移動評価における粒径の影響を検討するために、発電所周辺の平均粒径（各地点）のうち最も小さい粒径を考慮し、粒径0.1mmを用いたシミュレーション結果を以下に示す。粒径が小さくなることにより、浮遊砂濃度は上昇する傾向にあるが、最大でも [ ] wt% であり、海水ポンプ軸受摩耗試験条件の [ ] wt%未満となる。よって、海水ポンプ軸受は砂の粒径の影響を考慮したとしても、津波時の浮遊砂に対し十分な耐性がある。

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%

粒径	浮遊砂濃度 [wt%]			
	3号機取水口 A管	3号機取水口 B管	4号機取水口 C管	4号機取水口 D管
0.5mm	[ ]			
0.1mm				