

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	(1)-2	・第48条については、平成24年の認可時から要求事項に変更がないことから適合性確認条文でないことを追記する。	補足説明資料の記載を修正しました。
2	補足説明資料5 砂移動による影響について	(1)-19,23	・平均粒径0.5mmでの評価の位置づけについて、説明を拡充する。	補足説明資料の記載を追加しました。また、シミュレーションで用いた粒径の位置づけですが、平均粒径0.5mmを用いたシミュレーションを基本的なシミュレーションと考え評価を実施し、設計裕度が十分あることを確認しております。十分な設計裕度を持つことから、粒径の変化でシミュレーション結果が変化したとしても、海水ポンプの機能は維持できると定性的に考え、説明をしております。一方、今回の審査を通して、粒径変化に対する浮遊砂濃度の定量的な説明が不足していることを踏まえ、別途0.1mmの粒径でシミュレーションを実施し、今まで定性的に判断していた粒径変化に対する影響を定量的に評価させて頂きました。
3	補足説明資料5 砂移動による影響について	(1)-22	・摩耗試験の粒径の設定の理由について説明する。	補足説明資料の記載を追加しました。軸受すきまを超える粒径を持つ試験粉体は、軸受摺動部に侵入しないため摩耗に影響しないことを考慮し、試験用粉体としては、試験で用いた軸受すきま以下の大きさの粒径分布を持つ試験粉体を採用しています。なお、摩耗試験では濃度を主パラメータとしており、砂の粒径を考慮しても、濃度が一定であれば、実験結果への影響は小さいと考えております。
4	—	—	・砂の混入等も考慮した運転実績について、異物逃がし溝の設計に反映しているか確認する。	設計/製作上の考慮を図った標準設計であり、これまでの運転実績(台風時の運転実績等)により到来する異物の仕様を考慮した個別設計は行っていません。
5	補足説明資料5 砂移動による影響について	(1)-25	・軸受部の閉塞について、ストレーナを撤去することを踏まえ、説明する。	補足説明資料の記載を追記しました。軸受部の閉塞については、粒径1mmを超える大きな粒子は軸受すきまに侵入しないため、網目1mmのストレーナを撤去したとしても、閉塞には影響しないと考えます。
6	補足説明資料5 砂移動による影響について	(1)-25,26	・閉塞、摩耗に影響する粒径について説明する。	補足説明資料に記載を追記しました。摩耗と閉塞ともに軸受すきまに侵入できる粒径の浮遊砂の影響が支配的であると考えます。
7	補足説明資料5 砂移動による影響について	(1)-26	・軸受の長さについて示す。	補足説明資料に記載を追記しました。
8	基本設計方針	—	・津波(砂)による海水ポンプの機能保持について、基本設計方針と合致するか確認し、必要により基本設計方針も見直す。	海水ポンプの機能保持について、基本設計方針にある浮遊砂を異物逃がし溝から排出する設計方針に変更ありませんが、軸受耐性については記載を追記します。 「また、海水ポンプ取水時に浮遊砂が軸受に混入した場合にも、海水ポンプの軸受部の異物逃がし溝から排出できること及び浮遊砂に対する耐性を有することで、海水ポンプが機能保持できる設計とする。」

## 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\*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、海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に、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	○	○	海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に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	○	○	海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に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	○	○	海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に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	○	○	海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に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	○	○	海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に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	○	○	海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に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	○	○	海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に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、海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に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 15 条 設計基準対象施設の機能	○	×	本条文は、海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に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 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。

技術基準規則	要否判断		理由
	適用	申請	
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。
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、海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に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、放射性廃棄物を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。

技術基準規則	要否判断		理由
	適用	申請	
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	○	×	本条文は、海水ポンプ改造に係る工事計画の認可以降に要求事項に変更がなく、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熔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DB (条)																																																備考																																															
	総則																																																																																															
施設区分 設備区分	分類 設備等																																																																																															
		原子炉冷却 系統施設	海水 ポンプ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		47	48	適用 範囲	特 殊 な 設 計	地 盤 震 動	地 震	津 波	外 部 衝 撃	立 入 り 防 止	不 法 侵 入	急 傾 斜	火 災	溢 水	避 難 通 路	安 全 設 備	設 計 基 準 対 象 施 設	全 交 流 電 源 喪 失	材 料 構 造	破 壊 の 防 止	流 体 振 動	安 全	耐 圧 試 験	監 視 試 験 片	炉 心 等	熱 遮 蔽 材	一 次 冷 却 材	燃 料 取 扱 設 備	バ ウ ン ダ リ	バ ウ ン ダ リ 隔 離 装 置	一 次 冷 却 材 処 理 装 置	逆 止 め 弁	蒸 気 タ ワ	非 常 用 炉 心 冷 却 設 備	循 環 設 備	計 測 装 置	安 全 保 護 装 置	反 応 度 制 御	制 御 棒	原 子 炉 制 御 室	廃 棄 物 処 理 設 備	廃 棄 物 貯 蔵 設 備	汚 染 の 防 止	生 体 遮 蔽	換 気 設 備	原 子 炉 格 納 施 設	保 安 電 源 設 備

○：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

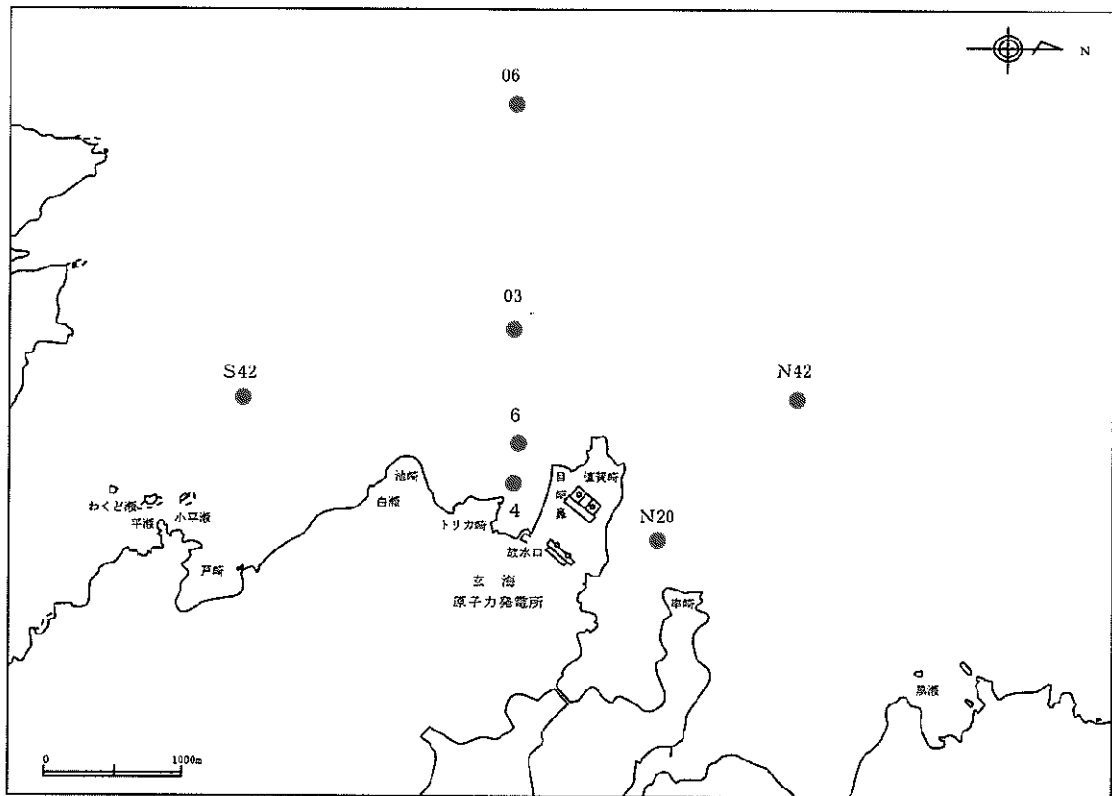
—：適合性確認が不要な条文



## 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 $0.075\text{mm}$ ～ $2\text{mm}$ の砂分が主体で、 $2\text{mm}$ 以上の礫分は少なく、平均粒径\*は $0.5\text{mm}$ 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。



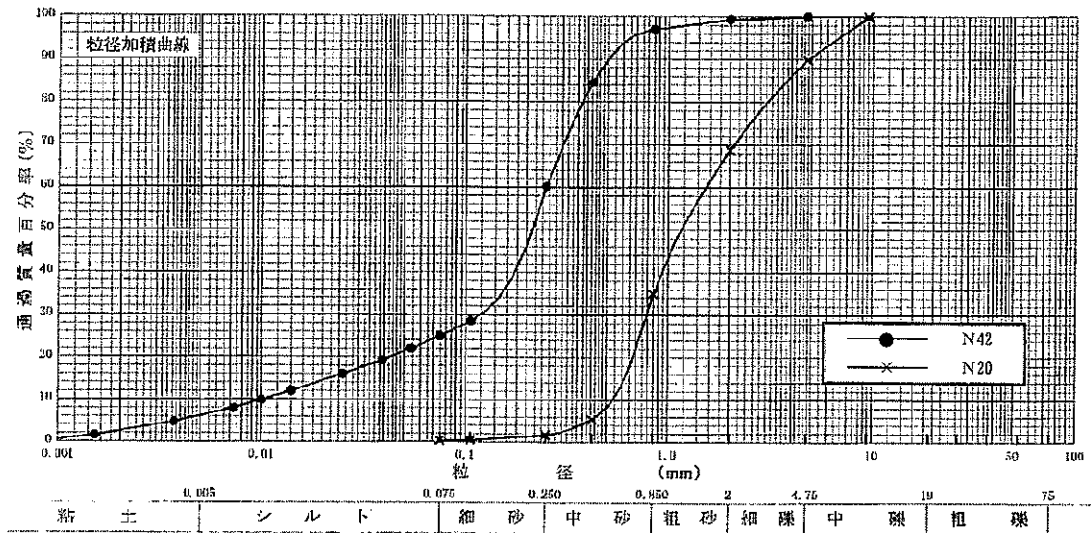
第1図 粒径観測位置

第1表 底質土砂分析結果（平成25年2月22日）

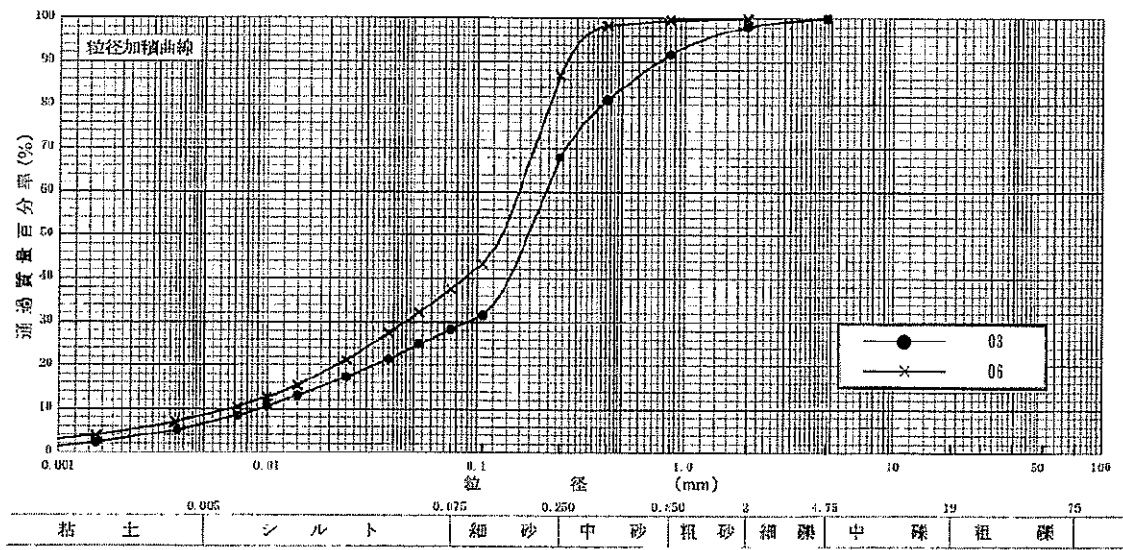
測点	分類	礫分	粗砂分	細砂分	シルト分	粘土	50%粒径 mm
		2.0mm以上	2.0~0.425mm	0.425~ 0.075mm	0.075~ 0.005mm	0.005mm以下	
		%					
N42	細粒分まじり砂	1	14	60	25		0.220
N20	礫質砂	31	63	5	1		1.200
03	細粒分まじり砂	2	17	53	28		0.180
06	細粒分まじり砂	0	2	60	38		0.130
S42	礫質砂	17	62	13	8		1.200
4	砂	9	49	38	4		0.500
6	砂	2	29	68	1		0.330
平均		8.9	34	42	15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

第2表 底質土砂分析結果（平成25年8月23日）

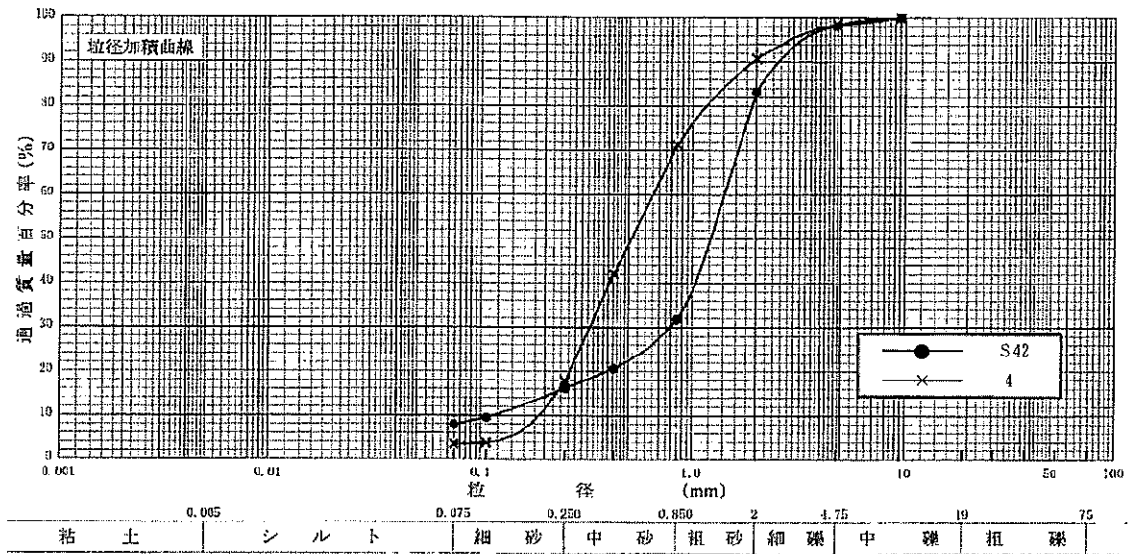
測点	分類	礫分	粗砂分	細砂分	シルト分	粘土	50%粒径 mm
		2.0mm以上	2.0~0.425mm	0.425~ 0.075mm	0.075~ 0.005mm	0.005mm以下	
		%					
N42	礫質砂	18	34	45	3		0.460
N20	礫質砂	23	62	10	5		1.000
03	細粒分まじり砂	1	13	62	24		0.210
06	細粒分まじり砂	0	1	62	37		0.130
S42	細粒分まじり砂	0	4	62	34		0.110
4	砂	0	22	75	3		0.320
6	砂	2	21	75	2		0.320
平均		6.3	22	56	15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



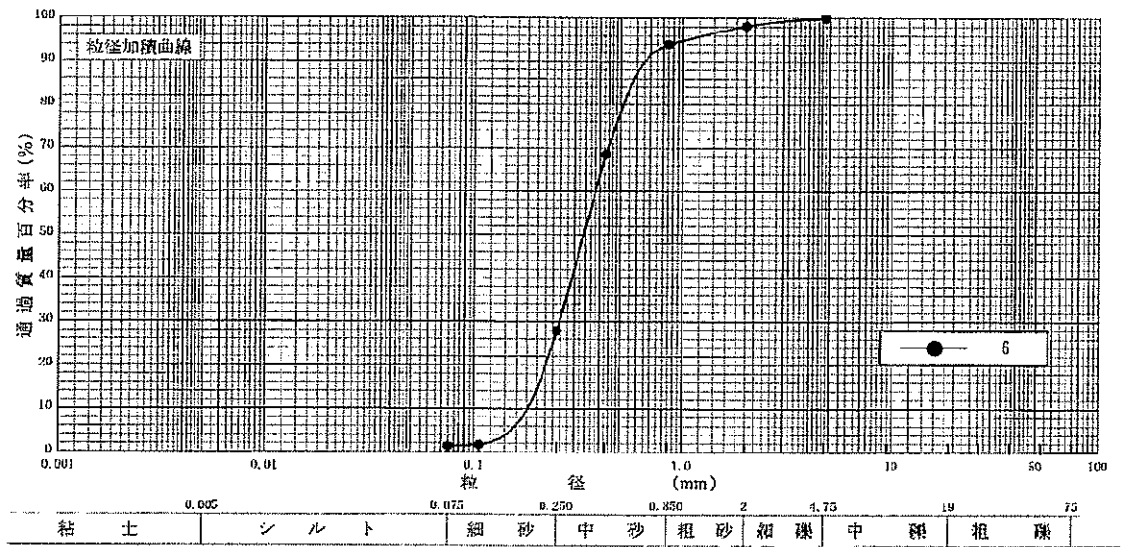
第2図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 N42/N20)



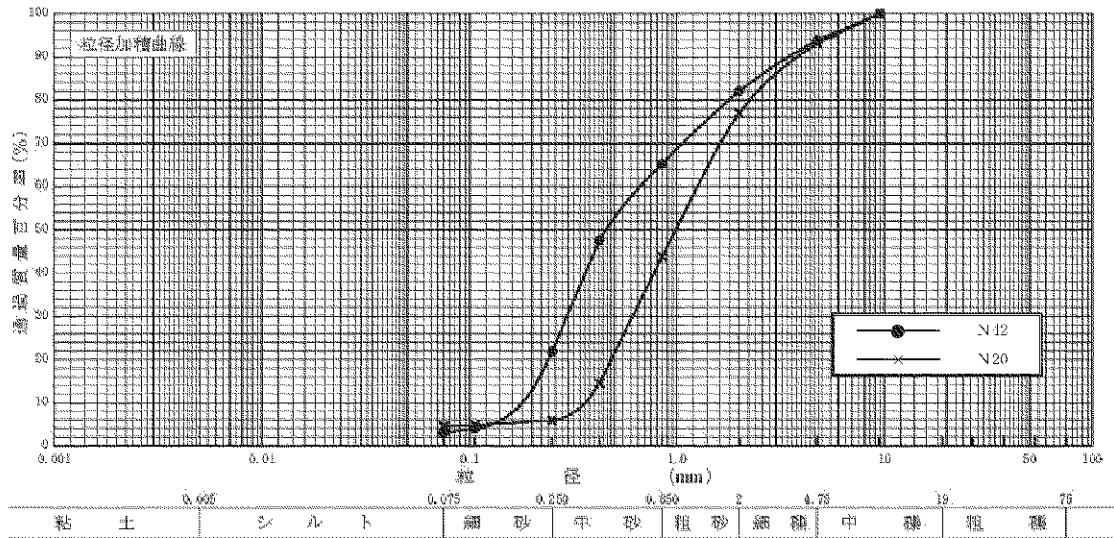
第3図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 03/06)



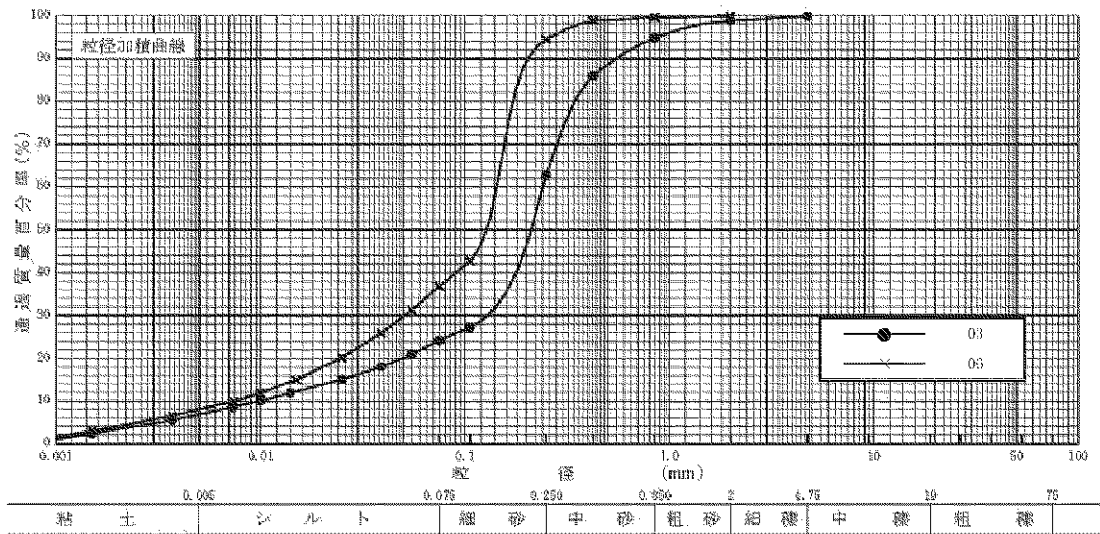
第4図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 S42/4)



第5図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 6)

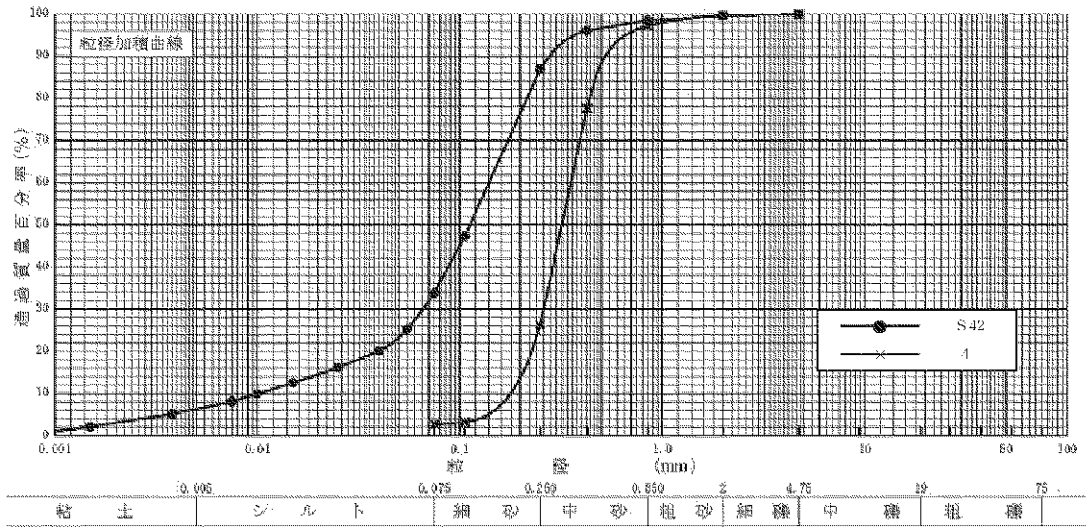


第6図 粒径加積曲線 (平成25年8月23日調査 N42/N20)

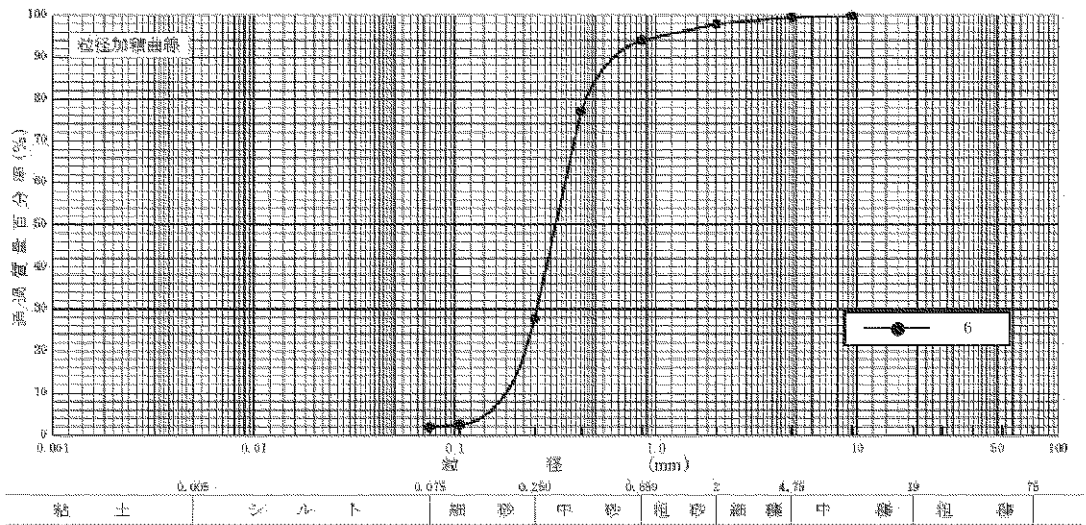


第7図 粒径加積曲線 (平成25年8月23日調査 03/06)





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、取水口の呑口レベルが海底面より1.5m高い位置にあるため、砂の堆積に伴って、取水口が閉塞することはない。



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

### (1) 砂混入時の海水ポンプ取水機能維持の確認方針

基準津波に伴い発生する浮遊砂の一部が軸受潤滑水として軸受に混入した場合における軸受部の摩耗耐性について確認する。評価に当たっては、砂移動の解析（シミュレーション）を実施することで取水口付近の浮遊砂濃度を算出し、別途実施した軸受摩耗試験の試験条件と比較することで、軸受の寿命評価に必要な比摩耗量を設定する。設定した比摩耗量を用いて軸受寿命を算出し、基準津波到達後、浮遊砂濃度が無視できる程度まで低下する時間に対して十分余裕があることを確認する。

また、浮遊砂による摩耗に加えて閉塞についても、取水口付近の浮遊砂濃度が閉塞を考慮する浮遊砂濃度に対して十分小さいことを確認する。

(2) 基準津波による砂移動の解析について

「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」において、取水口付近はN20であるが、周囲からの砂移動を考慮し、平均粒径（全体：粒径0.5mm）を用いた解析を基本的なシミュレーションとして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（以下、「上昇側」という。）と西山断層帯による地震に伴う津波（以下、「下降側」という。）に対し、実施する。

また、発電所周辺の平均粒径（各地点）は0.1mm～1.2mmで分布しているが、粒径変化による浮遊砂濃度への影響を定量的に確認するため、浮遊砂濃度が最も厳しくなる粒径0.1mmを用いたシミュレーションを別途実施する。

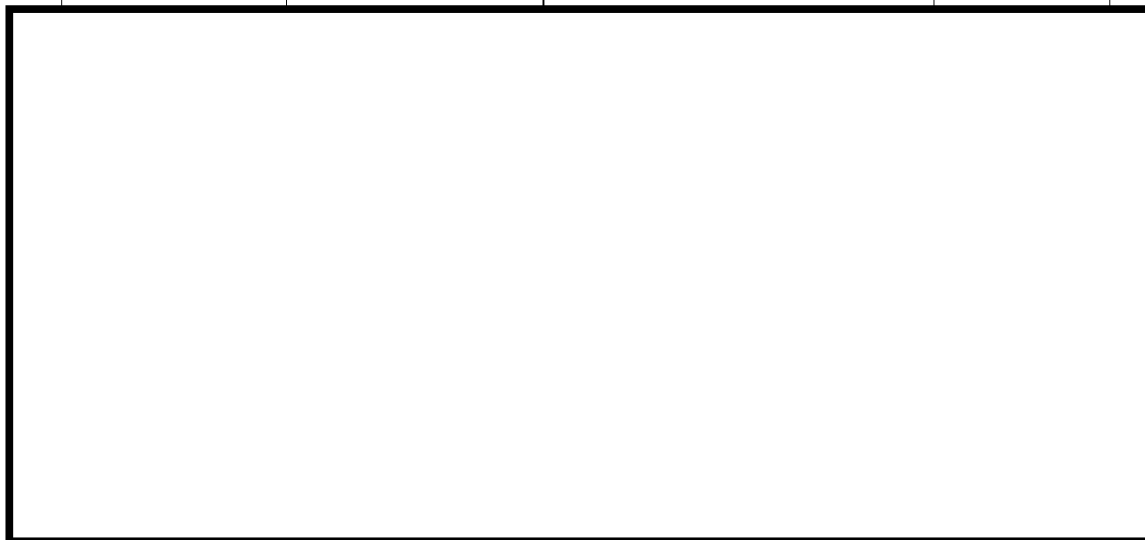
結果を以下に示す。浮遊砂濃度は下降側の方が大きくなり、取水口付近の浮遊砂濃度は、3号機取水口付近で最大 [ ] wt%、4号機取水口付近で最大 [ ] wt%となった。

また、評価結果が最も厳しくなる下降側における粒径0.1mmを用いたシミュレーション結果では、最大 [ ] wt%となった。

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%

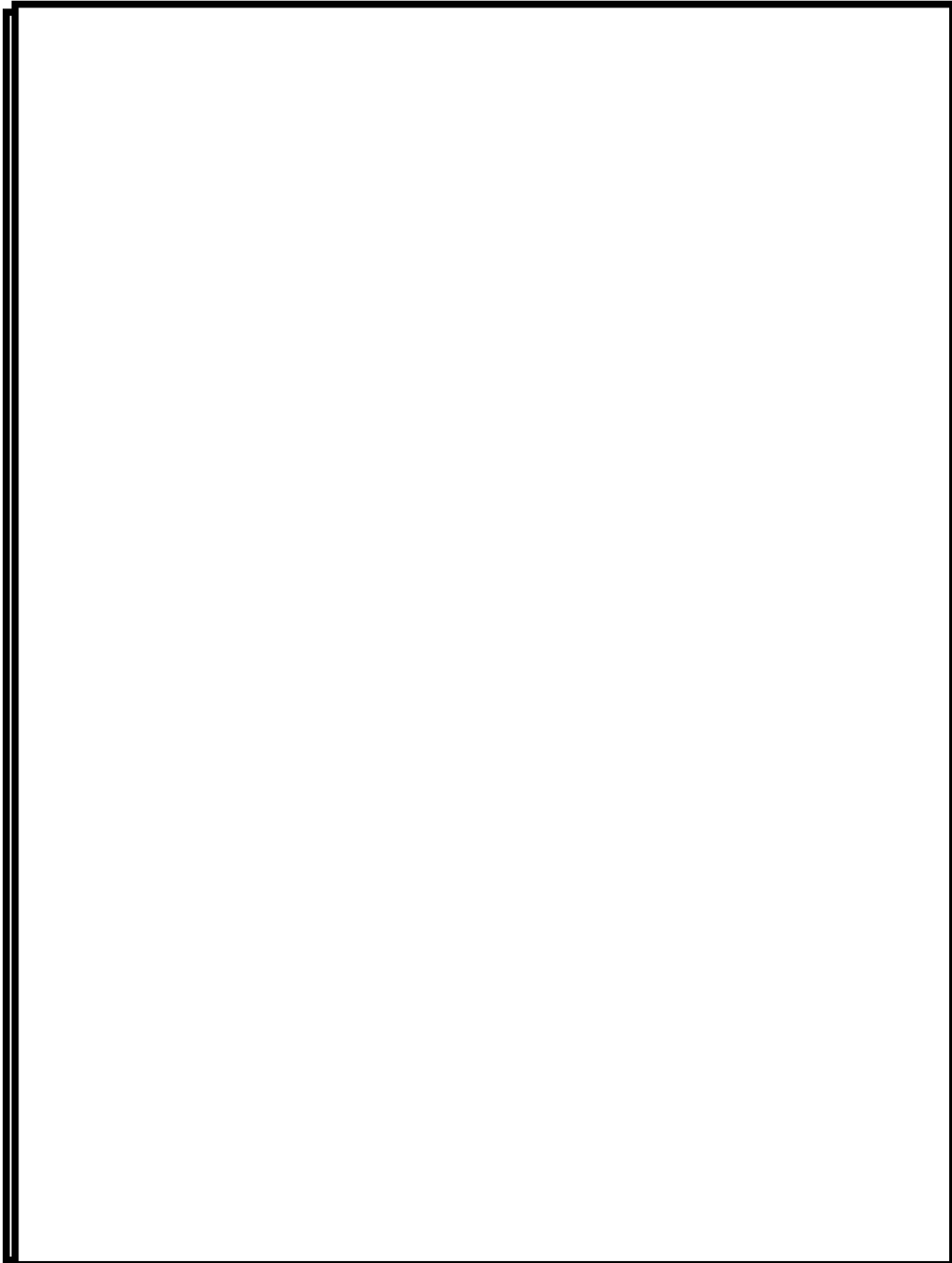


波源	西山断層帯による地震に伴う津波（下降側）		
砂移動モデル	藤井ほか(1998)の手法による検討結果		
算出点	取水口付近	浮遊砂体積濃度上限値	5%



(3) 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  2wt%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11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11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・試験結果

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>

項目	試験結果
比摩耗量(mm <sup>2</sup> /kgf)	

※1 砂粒径の分布は下図の通り。試験で用いた軸受の軸受すきま  
以下の大きさの粒径分布を持つ試験粉体を採用。

※2 無給水軸受（摺動面：テフロン加工）を指す。以下、同じ。

試験用粉体粒径分布



(4) 比摩耗量の設定と耐摩耗評価

シミュレーションの結果から、取水口付近の浮遊砂濃度は、3号機取水口付近で最大 [ ] wt%、4号機取水口付近で最大 [ ] wt%となる。また、評価結果が最も厳しくなる下降側における粒径0.1mmを用いたシミュレーション結果では、最大 [ ] wt%となった。いずれの浮遊砂濃度も「(3) メーカーにおける軸受摩耗試験結果」の異物濃度 [ ] wt%未満であることに加え、シミュレーションで用いた砂粒径と軸受摩耗試験で用いた砂粒径の範囲では、濃度一定であれば、摩耗量が粒径に依存しないため、軸受の寿命評価に用いる比摩耗量として、第3表の比摩耗量を設定する。

設定した比摩耗量と式①（機械工学便覧参照）より、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。寿命時間は2,900時間以上であり、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摩耗耐性がある。

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: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>)

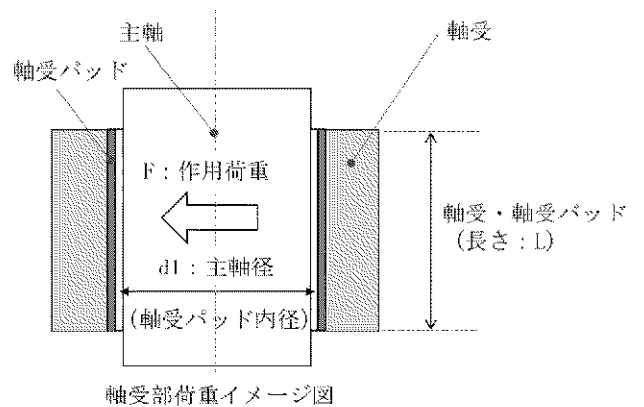
V:周速(mm/s)

T:運転時間（寿命時間）(s)

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

※ 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。



※ 2 軸受に対する作用荷重の考え方

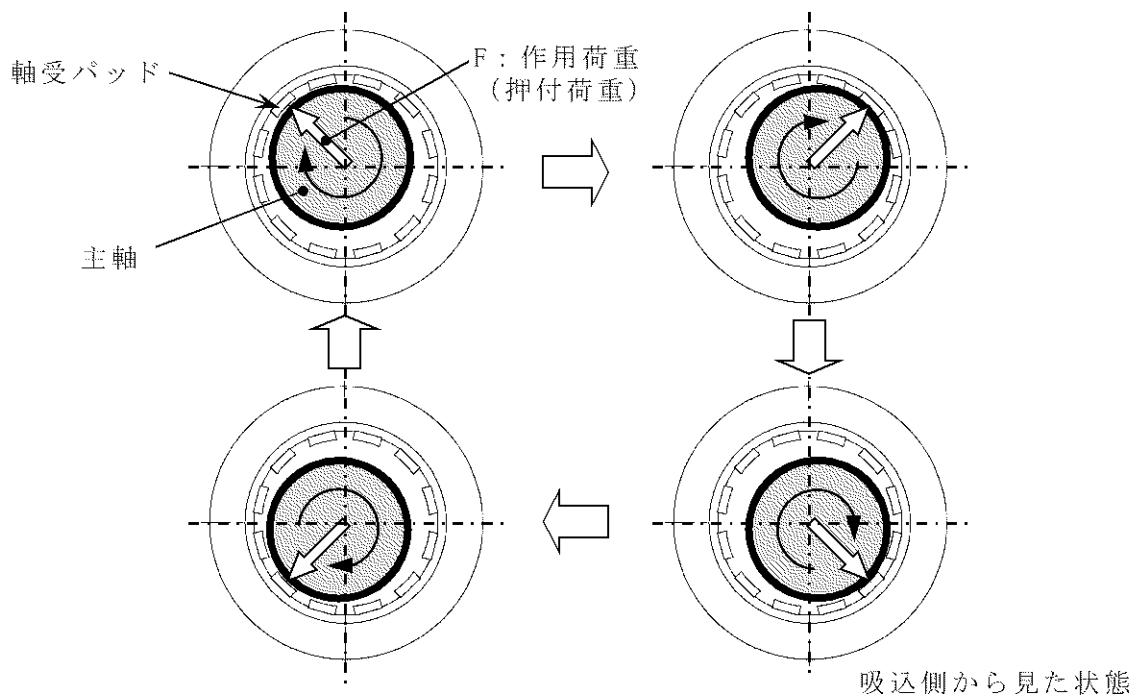
軸受に対する作用荷重 (F) は、ポンプ運転中に回転体のアンバランスにより振れ回った主軸が軸受パッドを押付ける荷重である。

$$F = mr\omega^2$$

m : 回転体質量

r : 重心の振れ回り距離

$\omega$  : 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。)

#### (5) 浮遊砂に対する軸受閉塞の評価

浮遊砂による軸受摩耗に加えて軸受閉塞についての評価を実施する。閉塞は軸受すきま部分に砂が混入し、軸固着が発生する事象であり、メーカー知見を踏まえる  wt%※ を超える異物濃度で発生する。一方、取水口付近の浮遊砂濃度は「(3) メーカーにおける軸受摩耗試験結果」の異物濃度  wt%未満であり、閉塞を考慮する浮遊砂濃度に対して十分小さい。

なお、閉塞では、異物濃度による影響が支配的であり、粒径としては軸受すきまに侵入できる粒径の浮遊砂の影響が支配的である。一方、局所的に異物濃度が上昇する事象として、異物逃がし溝と同程度の粒径の浮遊砂が、異物逃がし溝に侵入し、閉塞することも考えられるが、浮遊砂濃度から算出される異物逃がし溝と同程度の大きさの粒子の個数は1個/L未満である。また、「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、大きな粒径の砂は揚水管内にほとんど混入しないと考えられ、大きな粒径の砂混入による閉塞の影響は小さい。

※ 当該浮遊砂濃度における実験でも、実験用モータは運転継続可能であり、軸固着は発生しなかった。

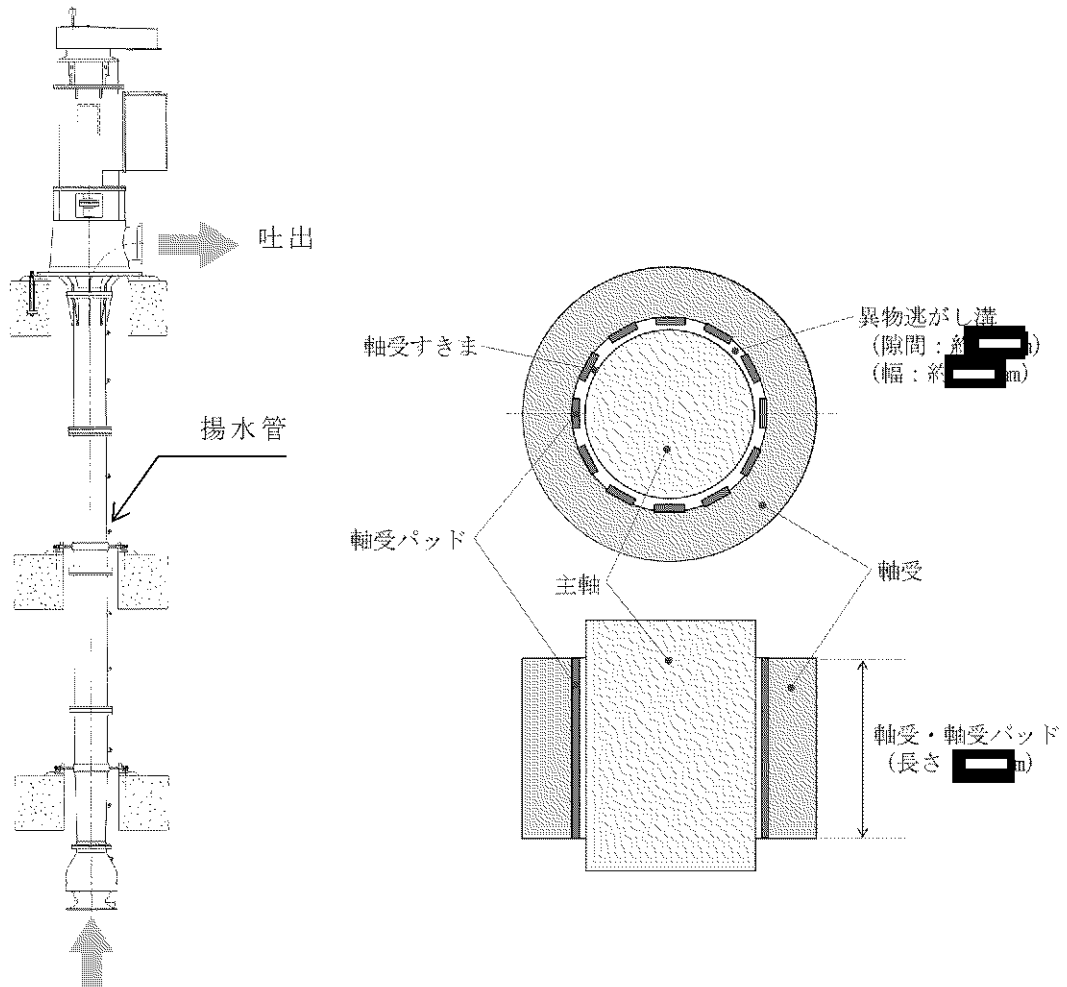
#### (6) まとめ

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の摩耗耐性は十分にあり、取水性に問題がないと評価する。

#### 4. その他補足説明事項

##### (1) 軸受の構造について

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12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  $\square$  mm）から排出される構造であり、異物逃がし溝未満の異物による摩耗や閉塞の影響を低減する設計である。



第12図 海水ポンプ軸受構造図

##### (2) 砂粒径と摩耗の関係

砂混入時の軸受の摩耗は軸受すきまに砂が混入し、軸受摺動部分がすり減る事象であり、軸受すきま  $\square$  に侵入できる粒径の浮遊砂の影響が支配的である。

また、一般的に粒径と摩耗の関係は粒径が大きくなるに従って、摩耗も大きくなるが、濃度一定の条件下では、ある値を超えると、粒

径によらず一定になる。メーカー知見を踏まえると、  mm<sup>\*</sup>を超える粒径であれば、本軸受の摩耗は粒径によらず一定となる。

なお、「(3) メーカーにおける軸受摩耗試験結果」の軸受摩耗試験で用いた試験粉体はすべて上記粒径を超えている。

※ 軸受摩耗試験による摩耗を考慮した値。一般に摩耗部分に入り込むような小さい浮遊砂では摩耗影響が小さくなる。

(3) 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。

(4) 取水口付近の砂堆積への粒径の影響について

砂堆積についても、平均粒径0.5mmと粒径0.1mmを用いたシミュレーション結果を以下に示す。砂の堆積については、粒径が小さくなることにより、砂の堆積が減少する傾向にあるが、取水口付近の砂の堆積に変化はなく、砂の粒径の影響が取水口付近の砂の堆積に与える影響は小さい。

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	3号機取水口	3号機取水口	4号機取水口	4号機取水口
		A管	B管	C管	D管