

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	添付資料1 発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	補1-2,6,8,9	当該変認は新規基準より前に認可を受けた工事計画に対する変認であることから、H24年認可時以降の追加・変更要求事項への適合性が確認できるよう申請条文を整理し、申請書および補足説明資料に反映する	補足説明資料の記載を修正した。(別紙参照) また申請書記載についても見直す。
2	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	補足説明資料6-2の記載を充実化し、海水ポンプ電動機が機能確認済加速度を超過した要因を具体的に説明するとともに、今回、動的機能維持詳細評価による対応を選択したプロセスを説明する	補足説明資料の記載を充実化した。(別紙参照)
3	補足説明資料5 砂移動による影響について	補5-9	軸受摩耗試験については、2つの濃度でそれぞれ検証していることが分かるよう補足説明の記載を見直す	補足説明資料の記載を修正した。(別紙参照)
4	添付資料2-2 津波への配慮に関する説明書	—	取水性評価における水位評価について、朔望平均干潮位等を考慮していることについて、申請書の記載を修正する	申請書の添付資料に以下の記載を追記する。 下降側の水位算出に当たっては朔望平均干潮位と循環水ポンプ及び海水ポンプによる取水を考慮する。
5	補足説明資料5 砂移動による影響について	補5-1	砂耐性評価に用いる粒径を平均粒径とすることについて説明すること。また、「平均粒径」「50%粒径」の用語を統一する	「平均粒径」と「50%粒径」は同じ意味だが、「平均粒径」に記載を統一します。 (別紙参照)
6	補足説明資料7 健全性に関する説明書のうち放射線に対する影響について(新規追加)	補7-1	耐放射線性について、最も耐放射線性が低いガスケット、パッキン等においても問題が無いことを補足説明資料に追記する	補足説明資料を追加した。(別紙参照)

No.	対象資料	ページ	説明項目	説明内容
7	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6-2-8	補足説明資料6-2の記載を充実化し、電動機取合ボルトについて、せん断応力評価が不要である理由を説明する。併せて、当該ボルト接合部の摩擦力をどのように保持しているか説明する	補足説明資料の記載を充実化した。(別紙参照)
8	補足説明資料5 砂移動による影響について	補5-9	砂の流入に伴う流量の変動等による影響に関して、実証試験において流量というパラメータについては記載してしていないので、確認して説明する	軸受砂摩耗においては、軸受隙間に存在する水の砂濃度と軸受部回転による周速、軸受での押し付け荷重(面圧)により摩耗が支配されます。試験においては、軸受部に規定の砂濃度に設定された水を連続で供給し続けることで実機軸受条件を模擬しています。したがって、流量自体は軸受の砂摩耗に直接は寄与しません。
9	補足説明資料5 砂移動による影響について	補5-11	砂移動評価について、高橋氏の手法を検討していない理由を説明する	玄海でも藤井氏の手法と高橋氏の手法の両方で砂移動の計算を実施している。再稼働時の許可の審査会合資料(第402回審査会合資料)にて両手法による砂移動の検討結果を説明。審査会合資料にも記載がある通り、高橋氏の手法では侵食量等が過大に評価されるため、再稼働工認時には、再現性の観点から藤井ほかの手法を用いて砂移動による軸受摩耗評価を実施している。
10	補足説明資料5 砂移動による影響について	-	砂移動評価について、粒径の最大値を用いず、平均粒径を用いている理由について説明する。	シミュレーションの観点では、砂の粒形が大きくなると砂の移動が少なくなり、砂移動を考える上では、最大値を用いることが保守的になるわけではありません。また、2mm以上の粒形分布が全体に占める割合は約1割(10%以下)であり、代表性に乏しいと考えられるため、平均粒径を用いる評価を実施している。

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^{※1}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取替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）

※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

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、取替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、取替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、取替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。取替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、取替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、取替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、海水ポンプ取替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、海水ポンプ取替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、海水ポンプ取替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。
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、新規制基準において要求事項に追加・変更がない。なお、海水ポンプ取替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取替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	○	○	取替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	○	○	取替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	○	○	取替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	○	○	取替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	○	×	海水ポンプについては、新規制適合性審査における工事計画において適合性を確認している。なお、海水ポンプ取替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取替を行っていない。

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
施設区分 設備区分		分類 設備等	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	共通
原了炉冷却 系統施設 原了炉補機 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

海水ポンプ取替に係る自然現象等の整理表

第 7 条及び 54 条の適用を受ける外部からの衝撃より防護すべき施設は、新規制適合性審査における工事計画にて下表の自然現象等について適合性が確認されている。海水ポンプは取替後においても設置位置は同じであり、材料及び構造も基本的に同じであることから、今回の工事計画は、風（台風）、竜巻、積雪及び火山による影響を除き新規制適合性審査における工事計画の防護設計及び評価結果に影響を与えるものではない。詳細は下表のとおり。なお、海水ポンプ取替に併せて軸受潤滑水系統の撤去、モータ冷却水系統の取替及び海水ストレーナ自動排気弁の追設を予定しているが、実用炉規則別表第二に基づくと、これらの設備は設計及び工事計画認可申請の対象設備ではないが、新規制適合性審査における工事計画の海水ポンプ回りの配管及び弁と同様に外部からの衝撃より防護すべき設備として設計する。

【凡例】

- ：今回の申請で適合性を確認する必要がある自然現象等
- ×：適合性確認が不要又は既に確認されている防護設計に影響を与えない自然現象等（適合性が設計方針のみで確認されているものであって、その設計方針に変更がない場合を含む。）

(1/3)

項目	適用要否判断	整理結果
自然現象		
風（台風）	○	海水ポンプ（海水ポンプ回りの配管及び弁を含む。以下、同じ。）が基準風速に対して、必要な機能を損なわないことを確認する必要があることから対象とする。（竜巻に対する設計の中で確認。）
竜巻	○	海水ポンプが竜巻による荷重に対して、必要な機能を損なわないことを確認する必要があることから対象とする。
凍結	×	凍結に対しては、新規制適合性審査における工事計画において、屋外機器で凍結のおそれのあるものは保温等の凍結防止対策を行う設計としている。海水ポンプ取替後においても、上記設計方針に変更はない。
降水	×	降水に対しては、新規制適合性審査における工事計画において、構内排水設備を設けて海域に排水を行う設計としていることに加え、防水対策を行う設計としている。海水ポンプ取替後においても、設置位置は同じであること及び防水対策が必要な電動機は取替がないことから、上記設計に影響を与えるものではない。

項目	適用要否判断	整理結果
積雪	○	海水ポンプが積雪荷重に対して、必要な機能を損なわないことを確認する必要があることから対象とする。(火山事象に対する設計の中で確認。)
落雷	×	落雷に対しては、新規制適合性審査における工事計画において、安全施設の安全機能を損なわないように、建築基準法に基づき 20m を超える原子炉格納施設等に避雷針を設け、接地網の布設による接地抵抗の低減等を行う設計としていることに加え、接地設備により防護する設計としている。海水ポンプ取替後においても、設置位置は同じで 20m 以下であること及び接地が必要な電動機は取替がないことから、上記設計に影響を与えるものではない。
火山	○	海水ポンプが火山事象に伴い発生した降下火砕物に対して、必要な機能を損なわないことを確認する必要があることから対象とする。
生物学的事象	×	新規制適合性審査における工事計画において、生物学的事象のうち小動物の侵入に対しては、屋外設置の端子箱貫通部等にシールを行う設計としている。海水ポンプの電動機については今回取り替えないことから、上記設計に影響を与えるものではない。 なお、クラゲ等の発生に対しては、除塵装置を設置する設計とし、貝等の海生生物に対しては、海水ストレーナやスポンジボール洗浄装置により、復水器等への影響を防止する設計とすることで、海水ポンプ等の機器を海生生物等より防護する設計としている。海水ポンプ取替後においても、設置位置は同じで、材料及び構造も基本的に同じであることから、上記設計に影響を与えるものではない。
森林火災	×	新規制適合性審査における工事計画において、海水ポンプの森林火災による影響に対しては、防火帯の内側に設置し、離隔距離の確保により防護する設計としている。海水ポンプ取替後においても設置位置は同じであり、上記設計に影響を与えるものではない。
高潮	×	高潮は津波に包絡される。(高潮の過去最高潮位 T.P.+1.84m であり、敷地高さ T.P.+6.0m に影響しない。)

項目	適用要否判断	整理結果
人為事象		
爆発	×	新規制適合性審査における工事計画において、爆発による影響に対しては、離隔距離の確保により防護する設計としている。海水ポンプ取替後においても設置位置は同じであり、上記設計に影響を与えるものではない。
近隣工場等の火災	×	新規制適合性審査における工事計画において、近隣工場等の火災による影響に対しては、離隔距離の確保により防護する設計としている。海水ポンプ取替後においても設置位置は同じであり、上記設計に影響を与えるものではない。
有毒ガス	×	新規制適合性審査における工事計画において、外部火災により発生する有毒ガスに対しては、室内に滞在する人員の環境劣化を防止するため、外気を遮断するダンパや建屋内の空気を循環させるファンを設置し、有毒ガスの侵入を防止する設計としている。海水ポンプは取替後においても設置位置は同じで屋外設置は変わらないことから、上記設計に影響を与えるものではない。
船舶の衝突	×	新規制適合性審査における工事計画において、船舶の衝突による影響に対しては、敷地前面の護岸及び周辺地形に衝突して止まること、仮に海水取水口に向かったとしても、海水取水口呑口高さが十分低いことから、浮遊する小型船舶が海水取水口呑口に到達する可能性は低いため、船舶の衝突によって安全機能を損なうことはない。海水ポンプ取替後においても設置位置は同じであり、上記設計に影響を与えるものではない。
電磁的障害	×	新規制適合性審査における工事計画において、電磁的障害に対しては、安全機能を有する原子炉保護設備が機能を喪失しないように、計測制御回路を構成する原子炉保護系計器ラック及びケーブルについて、ラインフィルタや絶縁回路の設置によりサージ・ノイズの侵入を防止する等の設計としている。海水ポンプ取替後においても、上記の電磁的障害に対する防護設計に影響を与えるものではない。

(参考)

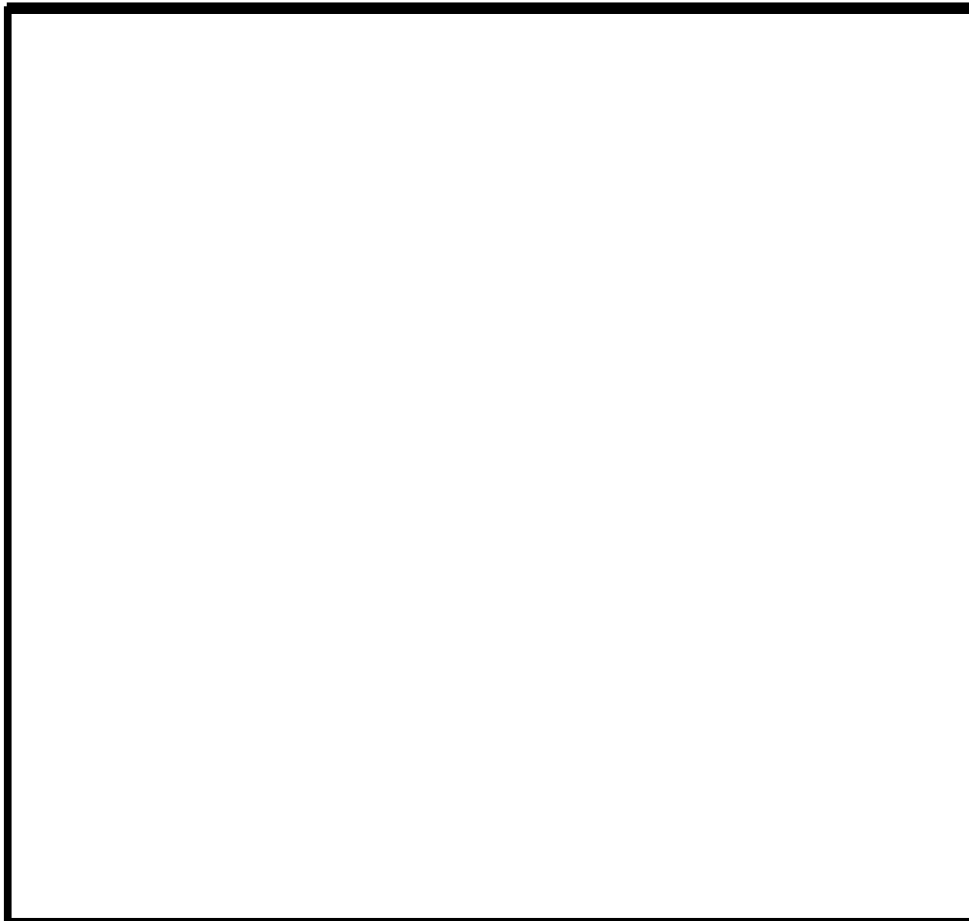
項目	適用要否判断	整理結果
津波 (第 6、51 条)	○	海水ポンプが基準津波に対して、必要な機能を損なわないことを確認する必要があることから対象とする。
内部溢水 (第 12 条、54 条)	○	海水ポンプが内部溢水に対して、必要な機能を損なわないことを確認する必要があることから対象とする。

【津波・内部溢水・竜巻に対する防護対策】

津波・内部溢水・竜巻に対する海水ポンプエリアの防護対策は、新規制適合性審査における工事計画において以下の通りとしている。本設計及び工事計画認可申請においても、海水ポンプエリア内の設備の取替であり、上記防護対策に変更はない。

防護対策設備	津波	内部溢水	竜巻
海水ポンプエリア水密扉	○	○	○
海水ポンプエリア防護壁	○	○	○
床ドレンライン逆止弁	○	○	—
竜巻防護ネット	—	—	○

○：防護対策として期待、—：防護対策として期待せず



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。

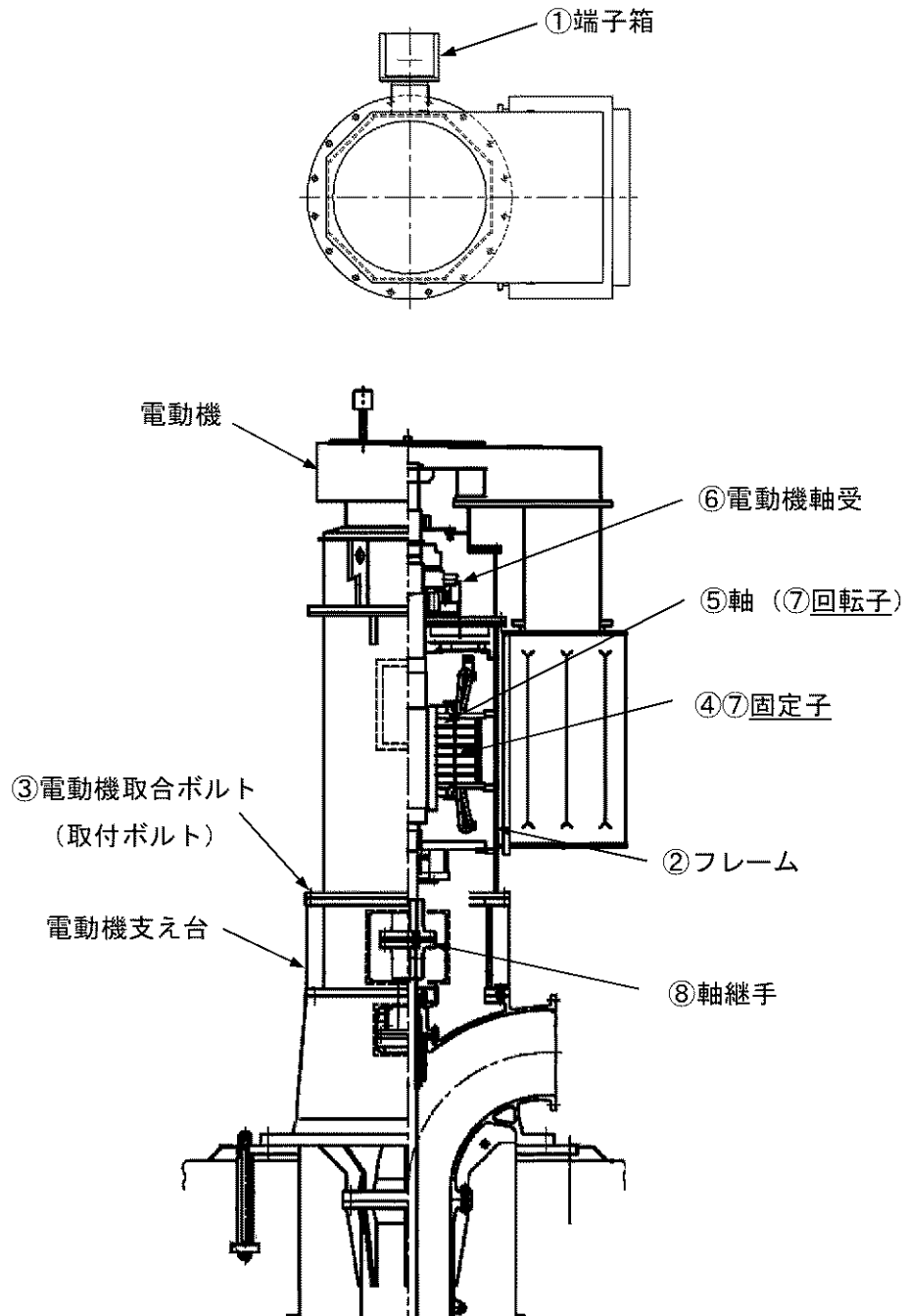
海水ポンプ電動機については、動的機能維持評価の結果、第 1 表のとおり機能確認済加速度を超える。この要因としては、海水ポンプ取替に伴う構造変更が考えられる。具体的には、無給水軸受の採用に伴う構成部品の変更や、軸受潤滑水供給設備の撤去等の構造変更を、地震応答解析モデルに反映したことにより、海水ポンプ電動機を含めた振動系全体の振動モードが変化したことが、海水ポンプ電動機の評価用加速度が増加した要因と考えられる。評価用加速度を低減するためには、海水ポンプ電動機へのサポート追設が考えられる。サポート追設には、海水ポンプ周りの基礎を立ち上げる必要があるが、設備へのアクセス性及び保守点検時の作業スペースが損なわれることで、作業に要する時間が増えることを避けるためには、サポート追設による対応はできないので、先行プラントでの認可実績のある詳細評価を実施し、各部位の発生値が許容値を満足していることを確認することとした。従って、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

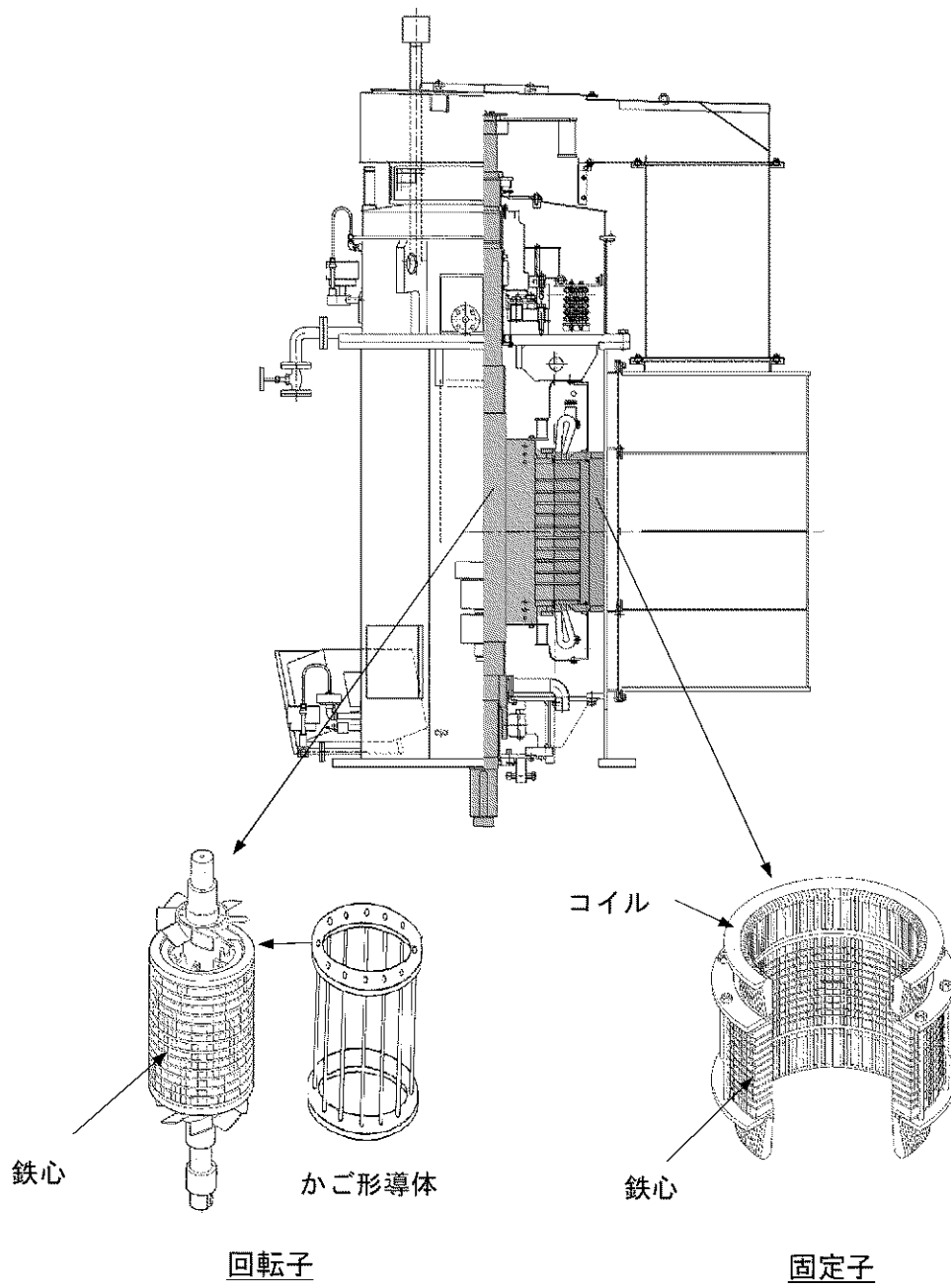
機 器	評価結果					
	水平(G)			鉛直(G)		
	評価用 加速度 (G)	機能確認済 加速度 (G)	裕度	評価用 加速度 (G)	機能確認済 加速度 (G)	裕度
海水ポンプ	2.9	10.0	3.44	0.63	1.0	1.58
海水ポンプ電動機	2.6	2.5	<u>0.96</u>	0.63	1.0	1.58

2. 海水ポンプ電動機の基本評価項目

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。海水ポンプ電動機の構造図を第 1 図、詳細図を第 2 図に示す。



第 1 図 海水ポンプ電動機の構造図



第 2 図 海水ポンプ電動機の詳細図 (立形すべり軸受)

耐特委における電動機の地震時異常要因分析結果を第3図に示す。

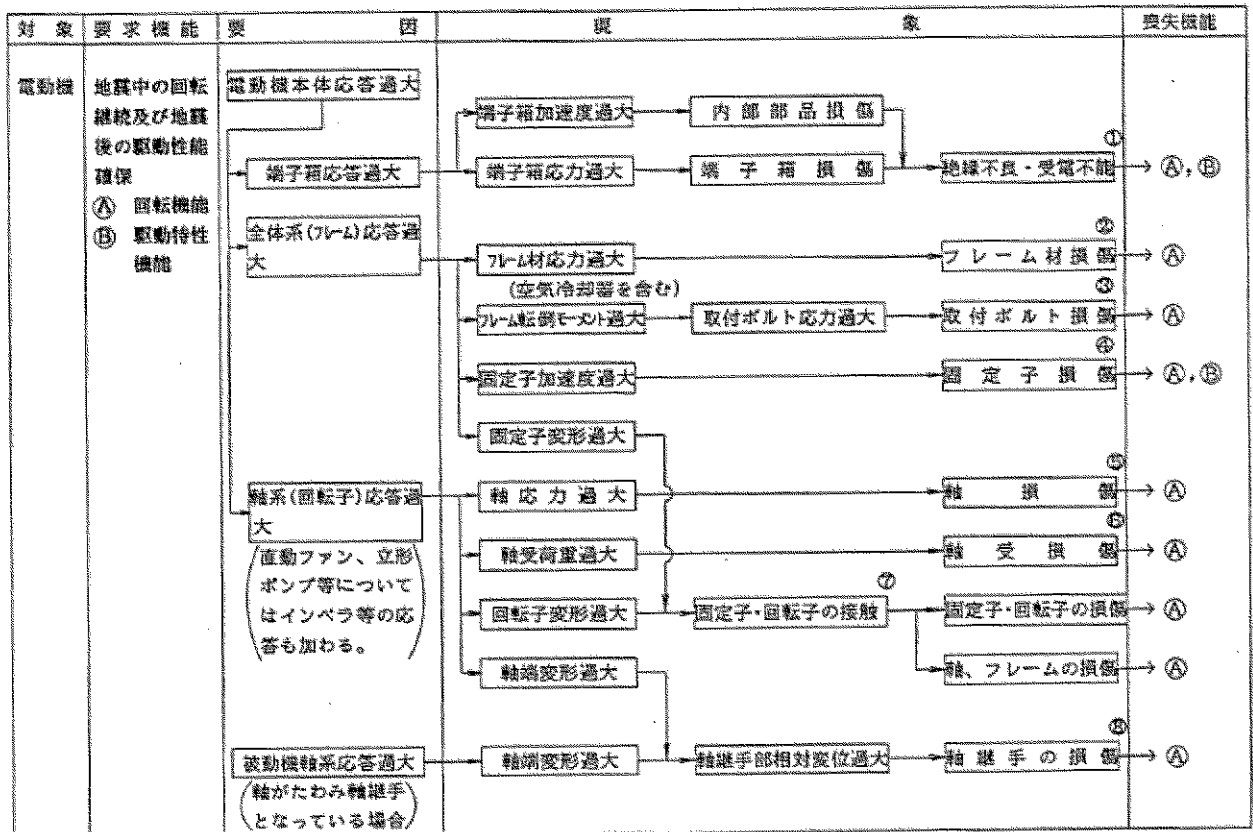


図3 電動機の地震時異常要因モード図 (耐特委)

耐特委報告書においては異常要因モードに基づき評価項目が以下①～⑧の項目のとおり抽出され、①～⑧の評価項目について評価することで、回転機能及び駆動特性機能が確認できるとされている。これは、確認済加速度を超える地震加速度レベルにおいても、①～⑧の全ての項目において評価基準値を満足する場合は、動的機能が維持できると解される。

①端子箱の健全性

端子箱の応答が過大となることにより、端子箱もしくは内部部品^(注)が損傷し、絶縁不良や受電不能になることにより回転機能及び駆動特性機能が喪失する。

(注) 当該機器の端子箱は、締結されたケーブルを囲う箱であり、内部部品はない。

②フレームの健全性

全体系（フレーム）の応答が過大となることにより、電動機構成部品の支持構造部材であるフレーム材の応力が過大となりフレームが損傷に至ることにより回転機能が喪失する。

③取付ボルトの健全性

電動機の応答が過大となって発生する転倒モーメントにより電動機を電動機支え台に固定している取付ボルトに発生する応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することにより回転機能が喪失する。

④固定子の健全性

全体系の応答が過大となることにより、固定子自身に作用する加速度が過大となり固定子の損傷に至ることにより回転機能及び駆動特性機能が喪失する。

⑤軸の健全性

軸系（回転子）の応答が過大となることで軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能が喪失する。

⑥軸受の健全性

軸系（回転子）の応答が過大となることで軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで軸の回転が阻害され、回転機能が喪失する。

⑦固定子・回転子の接触

全体系（フレーム）の応答が過大となることによる固定子変形量の増大に加え、軸系（回転子）の応答が過大となることによる回転子変形量の増大により、固定子・回転子の接触が発生し、固定子・回転子が損傷することで回転機能が喪失する。

⑧軸継手の健全性

被駆動機（ポンプ）軸と電動機軸の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで、被駆動機への回転運動の伝達が喪失する。

3. JEAG4601-1991、耐特委報告書及び耐専報告書後の知見について

平成13年の耐専報告書後の知見として、平成24年度電共研「動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する検討」にて、機能維持確認済加速度の引き上げを目的として代表機器を対象に機能維持評価を行っている。電動機については第2表に示すとおり、各項目について解析による評価を実施している。第3表に評価の概要を示す。なお、本評価については、日本電気協会 原子力規格委員会において審議され、JEAC4601-2015に取り込まれている。

第2表 平成24年度電共研 電動機の機能維持評価結果 (JEAC4601-2015 抜粋)

表4.11.4-2 電動機の機能維持評価結果

基本評価項目				①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	電気的特性	駆動性能	
				端子箱	フレーム	取付ボルト 取付ボルト	固定子	軸 (回転子)	軸受	固定子と回転子のクリアランス	軸継手			
地震力が作用する方向				水平・鉛直	水平・鉛直	水平・鉛直	水平・鉛直	水平・鉛直	傾形・水平・鉛直 立形・水平	水平・鉛直	水平・鉛直			
評価方法				解析により応力解析による評価	解析により応力解析による評価	強度評価にて強度設計を考慮した評価	解析により応力解析による評価	解析により応力解析による評価	解析により応力解析による評価	解析により応力解析による評価	解析により応力解析による評価	解析により応力解析による評価	定規基本評価項目により電気的特性を代替評価	定規基本評価項目により駆動性能を代替評価
建設仕様書 (注1)	構造部材の選定	1170kw 固定投入ポンプ用 電動機	評価加速度 1×3.8m/s ² 水平2.0 鉛直2.0	2.1	16.0	↓	15.3	9.4	2.0	11.3	↓		↓	
	構造部材の選定	1400kw 固定投入ポンプ用 電動機	評価加速度 1×5.8m/s ² 水平2.7 鉛直2.0	4.5	2.5	↓	18.3	16.0	2.0	9.7	↓		↓	
	構造部材の選定	1500kw 流注形心 スプレッド ポンプ用電動機	評価加速度 1×5.8m/s ² 水平2.5 鉛直2.0	2.0	16.5	↓	9.2	5.3	7.1	9.6	↓		↓	
	構造部材の選定	2320kw 流注形心 スプレッド ポンプ用電動機	評価加速度 1×5.8m/s ² 水平2.5 鉛直1.0	2.0	17.5	↓	5.1	5.8	2.8	2.4	↓		↓	
評価結果				許容応力を満足している。	許容応力を満足している。	↓	許容応力を満足している。	許容応力を満足している。	許容応力を満足している。	許容応力を満足している。	↓	左記評価結果より各電動機とも電気的特性及び駆動性能が維持されると判断する。		
代表評価項目 ○印	軸系が駆動機器と独立したもの			—	—	○ 強度評価にて駆動機器を考慮	—	—	—	—	○ 必要に応じて 視察動機試験 にて評価実施	左記評価結果により電気的特性及び駆動性能が維持されると判断する。		
	軸系が駆動機器と連成したもの 〔視察動機試験で振動解析〕			軸系が剛な場合	—	—	—	○ (応力)	○ (両面)	—				
代表評価項目 未定の 考え方	軸系が駆動機器と独立したもの			—	—	○ 支脚部の強度上、実数である。	—	—	—	—	視察動機試験との軸系の選定方式により相対評価の影響が異なる。			
	軸系が駆動機器と連成したもの 〔視察動機試験で振動解析〕			軸系が剛な場合	—	—	—	—	—	—				
				軸系が剛でない場合	—	同上	—	軸系の共振に よる影響が大きい。	軸系の共振に よる影響が大きい。	—				

(注1) 赤線は ○〔許容値-通常実数値〕/地震による発生値

第3表 平成24年度電共研 電動機 動的機能維持評価概要

評価項目	評価内容
① 端子箱	材料力学等の公式により端子箱取付ボルトの応力を算出
② フレーム	材料力学等の公式によりフレームの応力を算出
③ 取付ボルト	材料力学等の公式により取付ボルトの応力を算出
④ 固定子	材料力学等の公式により固定子の応力を算出
⑤ 軸（回転子）	材料力学等の公式により軸（回転子）の応力を算出
⑥ 軸受	多質点はりモデルによる電動機の応答解析結果を用い、軸受の発生荷重を評価
⑦ 固定子・回転子	多質点はりモデルによる電動機の応答解析結果を用い、相対変位が固定子－軸（回転子）間空隙寸法を下回ることを確認
⑧ 軸接手	被駆動機側にて評価を実施

4. 海水ポンプ電動機の評価概要

海水ポンプ電動機の動的機能維持詳細評価にあたり、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、今回の計算書対象とする項目を検討した。選定にあたっての各評価項目に対する考え方を以下に示す。また、各項目における評価内容を第4表に、各項目における評価基準値の説明を第5表に、評価結果を第6表に示す。

①端子箱（取付ボルト）

海水ポンプ電動機の端子箱本体は、箱状の構造物で十分な剛性が確認されていることから、地震加速度の大きさに関わらず、取付ボルトに最も荷重が作用する。また、当該機器の端子箱は締結されたケーブルを囲う箱であり、内部部品はない。このため、端子箱取付ボルトを評価項目として選定する。

②フレーム

フレームは固定子及び軸受を支持する構造物であり、地震時にはこれらの構成部材に作用する地震荷重によりフレームに有意な荷重が作用することから、評価項目として選定する。

③電動機取合ボルト

海水ポンプ電動機は、電動機支え台に電動機取合ボルトを用いて固定されており、地震時には全体系（フレーム）の転倒モーメントが当該ボルトに作用することで、有意な荷重がかかることから、評価項目として選定する。

電動機取合ボルトのせん断応力に関しては、水平地震力をボルト接合部の摩擦力により負担することを基本としており、添付資料7-4「耐震計算結果」により、摩擦力が水平地震力を上回ることを確認しているため、当該ボルトにせん断応力は作用しない。このため、せん断応力については、評価対象外とする。

なお、摩擦力を保持するため、電動機取合ボルトは、規定トルクによる締結管理を行っている。具体的には、当該ボルトの締付力が、耐震評価の摩擦力算出に用いているボルト締付力以上となるように、適切に締め付け、管理するとともに、実際の締付けトルク値を記録している。

④固定子

固定子はフレーム内部に取り付けられており、フレームに比べ厚みが十分大きいことから、フレームに比べて、高い剛性を有する設計であるため、評価対象外とする。

⑤軸（回転子）

回転機能保持の観点から動的機能維持の評価項目として選定する。

⑥電動機軸受

回転機能保持の観点から動的機能維持の評価項目として選定する。

⑦固定子と回転子のクリアランス

全体系（フレーム）の応答が過大となることによる固定子変形量の増大に加え、軸系（回転子）の応答が過大となることによる回転子変形量の増大により、固定子・回転子の接触が発生し、回転機能喪失にかかわるため動的機能維持の評価項目として選定する。

⑧軸継手

軸継手は駆動機側（海水ポンプ電動機）から、被駆動機（ポンプ）へ回転運動を伝達する機能を有しており、地震時に駆動機側及び被駆動機側へ作用する相対荷重差あるいは相対変位が過大となり軸継手が損傷することで、被駆動機の回転機能損失につながる。

但し、軸継手は、ポンプ軸とモータ軸をリジットに接続するタイプであり、相対変位が発生しないこと、および地震荷重については軸受で負担するため、軸継手部には有意な応力が発生しないことから、評価対象外とする。

以上により、今回の計算書対象とする評価項目を、以下のとおり選定した。

- ①端子箱（取付ボルト）
- ②フレーム
- ③電動機取合ボルト
- ⑤軸（回転子）
- ⑥電動機軸受
- ⑦固定子と回転子のクリアランス

第4表 動的機能維持評価内容

評価項目	評価内容※	計算書対象 (○：計算書対象、 －：計算書省略)
① 端子箱 (取付ボルト)	多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結果を用い、材料力学等の公式により、取付ボルトの発生応力(引張、せん断、組合せ)を評価	○
② フレーム	多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結果を用い、材料力学等の公式により、フレームの発生応力(圧縮、曲げ、せん断)を評価	○
③ 電動機取合ボルト	多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結果を用い、材料力学等の公式により、取付ボルトの発生応力(引張、せん断、組合せ)を評価	○
④ 固定子	固定子はフレームの内側に取り付けられ、フレームに比べ厚みが十分に大きいことから、フレームに比べ高い剛性を有する設計であることを確認している。(計算書省略)	－
⑤ 軸(回転子)	多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結果を用い、材料力学等の公式により軸の発生応力(一次一般膜、一次、一次+二次)を評価	○
⑥ 電動機軸受	多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結果を用い、軸受の発生荷重を評価	○
⑦ 固定子と回転子の クリアランス	多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結果を用い、材料力学等の公式により、軸(回転子)の変位が固定子-軸(回転子)間空隙寸法を下回ることを確認	○
⑧ 軸継手	ポンプ軸とモータ軸をリジットに接続するタイプの軸継手であり、相対変位が発生しないこと、および地震荷重については軸受で負担することから軸継手部には有意な応力が発生しないため、軸継手の評価を省略している。(計算書省略)	－

※ 計算書で評価対象とするものは評価内容を示し、それ以外は評価の省略理由を記載する。

第5表 評価基準値の設定

評価項目	評価基準値の設定
① 端子箱 (取付ボルト)	<p>端子箱は筐体とケーブルで構成されるが、ケーブルの質量は小さく、かつフレームに直接支持されていることから、地震時の機能維持は、筐体の取付状態が健全であれば、これらの電氣的機能に影響及ぼすことはない。</p> <p>絶縁、受電機能の確保の観点から、動的機能維持の評価対象として告示 501 号の運転状態Ⅳを基本として、通常材料の実降伏点在设计値に対し余裕があることを考慮し、概ね降伏点以下と同等とした値としてIV_{AS}を評価基準値とした。</p>
② フレーム ③ 電動機取合ボルト	<p>フレームおよびその取付ボルトは、軸（回転子）や軸受、固定子といった構成部品を固定・支持しており、これらが大きな変形を起こさなければ、構成品の相互の位置関係は維持され、電動機の地震時の機能は確保される。</p> <p>支持機能の確保の観点から、告示 501 号の運転状態Ⅳを基本として、通常材料の実降伏点在设计値に対し余裕があることを考慮し、概ね降伏点以下と同等とした値としてIV_{AS}を評価基準値とした。</p>
⑤ 軸（回転子）	<p>回転子については、作用する電磁気力を回転トルクとして被駆動機側に伝える。また、回転子は軸と一体であり、軸が健全であればその機能に影響はない。</p> <p>回転機能の確保の観点から、軸（回転子）の変形を弾性範囲内に留めるようIII_{AS}を評価基準値としている。軸（回転子）の発生応力を弾性範囲内に留めることで、地震後の軸（回転子）応力過大による損傷はないことから、作動不良には至らず、軸（回転子）の機能は確保される。</p> <p>また、地震による軸（回転子）の変形は、通常運転時より大きくなるため、弾性範囲内でも軸（回転子）と固定子の接触により、回転機能に影響を与える可能性があるが、これについては、以下の固定子・回転子の接触にて確認することで、回転機能は確保され異常振動が発生することはない。</p>

評価項目	評価基準値の設定
<p>⑥電動機軸受</p>	<p>海水ポンプ電動機の回転子はすべり軸受で支持されており、すべり軸受は主軸と軸受との間に油膜を形成することで回転機能を維持しているため、運転中に主軸と軸受が接触しない油膜が保持されれば、回転機能、支持機能が維持される。</p> <p>軸受部では、軸の回転により軸と軸受との間に潤滑油膜が形成され、油圧により軸と軸受とが直接接触しない状態が保持される。この状態で地震力等の外荷重が作用し油膜が押しつぶされると軸と軸受とが直接接触し損傷に至る恐れがあるため、軸受保護可能な最小油膜厚さを確保できるよう、荷重と油膜厚さの関係を線形となる範囲の許容荷重（メーカー設定値）を評価基準値とした。</p> <div data-bbox="464 781 1449 1391" style="border: 2px solid black; height: 272px; width: 617px; margin: 10px auto;"> </div> <p style="text-align: center;">第4図 許容荷重の算出(例：上部軸受)</p> <p>(軸受の評価基準値は、荷重で設定する場合と面圧で設定する場合がある。)</p>
<p>⑦固定子と回転子のクリアランス</p>	<p>軸（回転子）と固定子の接触により回転機能が阻害されるという観点から、回転子と固定子のクリアランス（メーカー設定値）を評価基準値とした。</p>

第6表 評価結果

評価部位	項目	応力分類	発生値	許容値	評価
①端子箱（取付ボルト）	応力	引張	6 MPa	210 MPa	○
		せん断	2 MPa	160 MPa	○
		組合せ	6 MPa	210 MPa	○
②フレーム	応力	圧縮	7 MPa	279 MPa	○
		曲げ	17 MPa	322 MPa	○
		せん断	4 MPa	160 MPa	○
③電動機取合ボルト	応力	引張	31 MPa	210 MPa	○
		せん断	-	-	-
⑤軸（回転子）	応力	一次一般膜	19 MPa	247 MPa	○
		一次	19 MPa	370 MPa	○
		一次+二次	12 MPa	530 MPa	○
⑥電動機軸受	荷重	（上部軸受）	2.34×10^4 N		○
		（下部軸受）	1.36×10^4 N		○
⑦固定子と回転子のクリアランス	変位	-	0.0840 mm	1.60 mm	○

4. まとめ

異常要因分析に基づき抽出した評価項目について、機能維持詳細評価結果を以下に示す。
各評価項目について地震時の健全性を確認できたことから、海水ポンプ電動機の要求機能は喪失に至ることはなく、機能確認済加速度を超えた評価用加速度（水平：2.6G、鉛直0.63G）においても、その動的機能が維持されることを確認した。

なお、当該設備は水平2方向の影響を受ける設備であるが、添付資料7-6「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」により、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値が許容値を満足していることから、水平2方向の影響を考慮しても当該設備の動的機能維持が問題とならないことを確認した。

①端子箱（取付ボルト）

応力評価の結果端子箱の中で最も荷重の作用する取付ボルトは許容値を満足しており、端子箱が損傷することはないことを確認した。

②フレーム

応力評価の結果フレームは許容値を満足しており、フレームが損傷することはないことを確認した。

③電動機取合ボルト

応力評価の結果取付ボルトは許容値を満足しており、全体系が転倒することはないことを確認した。

④固定子

固定子はフレームの内側に取り付けられ、フレームに比べ厚みが十分に大きいことから、フレームに比べ高い剛性を有する設計であり、応力評価の結果フレームは許容値を満足していることから固定子は健全であり、回転機能及び駆動特性機能が喪失することはないことを確認した。

⑤軸（回転子）

応力評価の結果軸は許容値を満足しており、軸の損傷による回転機能が喪失することはないことを確認した。

⑥電動機軸受

荷重評価の結果軸受は評価基準値を満足しており、軸受の損傷による回転機能が喪失することはないことを確認した。

⑦固定子と回転子のクリアランス

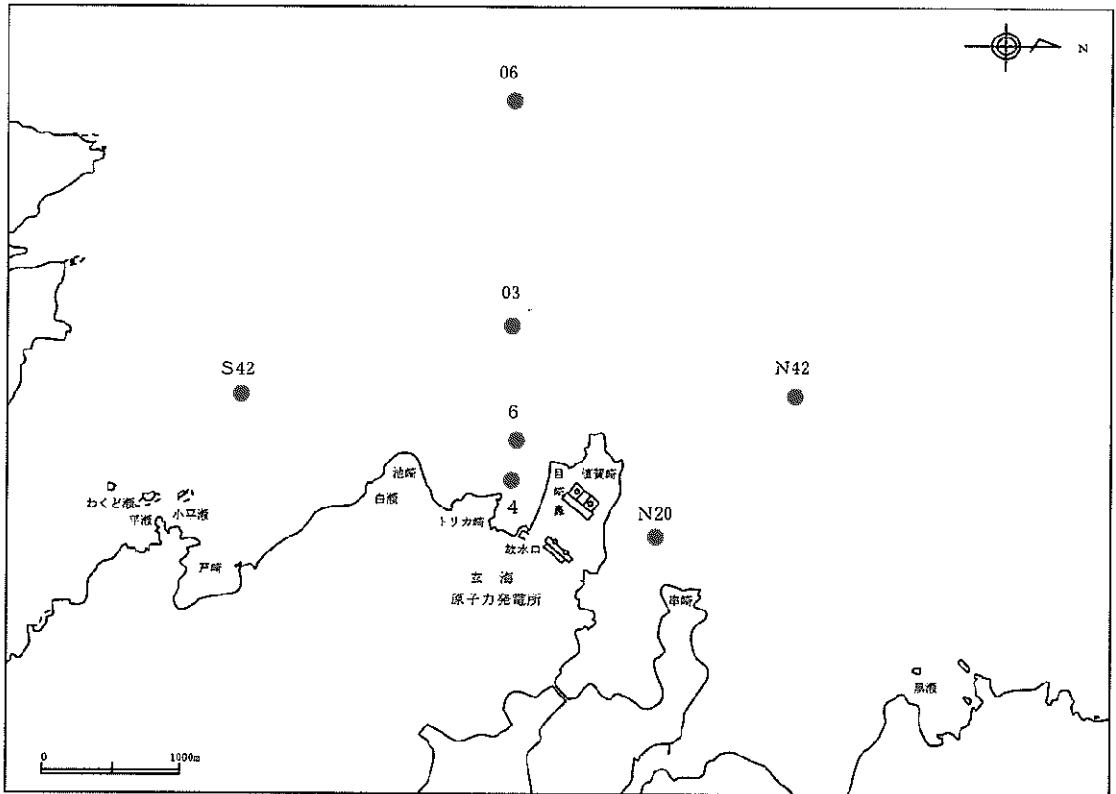
変位評価の結果固定子・軸（回転子）の変位は評価基準値を満足しており、固定子が損傷することはない、また、回転子も同様に損傷しないので、回転機能が喪失することはないことを確認した。

⑧軸継手

ポンプ軸とモータ軸をリジットに接続するタイプの軸継手であり、相対変位が発生しないこと、および地震荷重については軸受で負担するため軸継手部には有意な応力が発生しないことから、軸継手は健全であり、回転機能が喪失することはないことを確認した。

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

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。



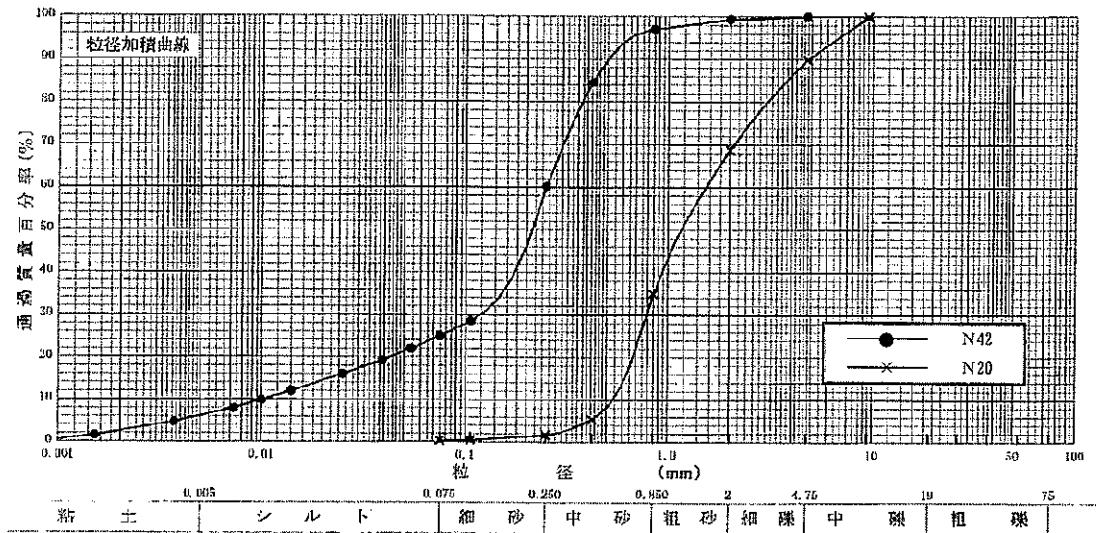
第1図 粒径観測位置

第1表 底質土砂分析結果（平成25年2月22日）

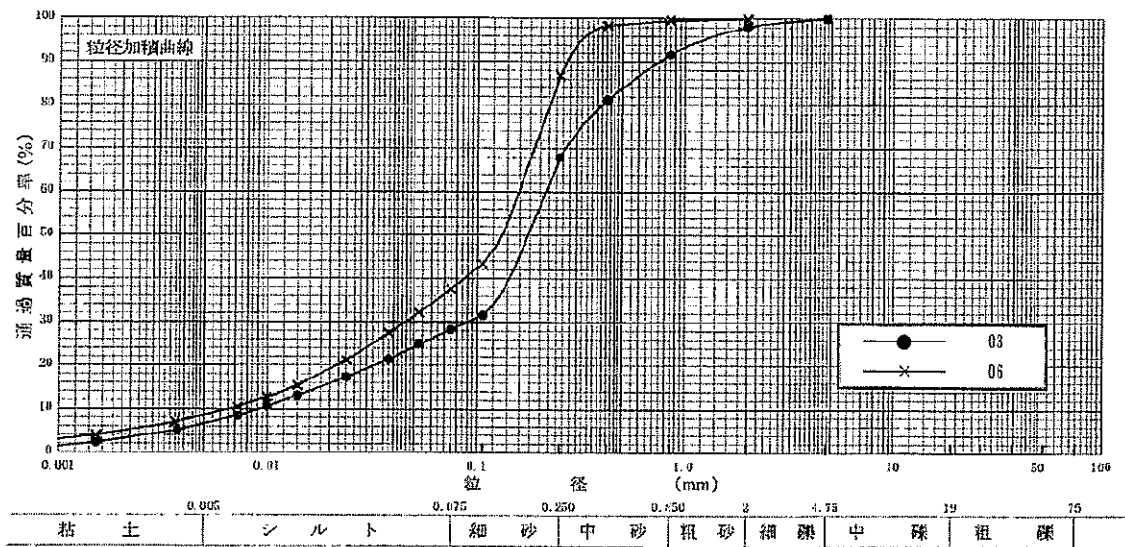
測点	分類	礫分	粗砂分	細砂分	シルト分	粘土	50%粒径 mm
		2.0mm以上	2.0~0.425mm	0.425~ 0.075mm	0.075~ 0.005mm	0.005mm以下	
		%					
N42	細粒分まじり砂	1	14	60	25		0.220
N20	礫質砂	31	63	5	1		1.200
03	細粒分まじり砂	2	17	53	28		0.180
06	細粒分まじり砂	0	2	60	38		0.130
S42	礫質砂	17	62	13	8		1.200
4	砂	9	49	38	4		0.500
6	砂	2	29	68	1		0.330
平均		8.9	34	42	15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

第2表 底質土砂分析結果（平成25年8月23日）

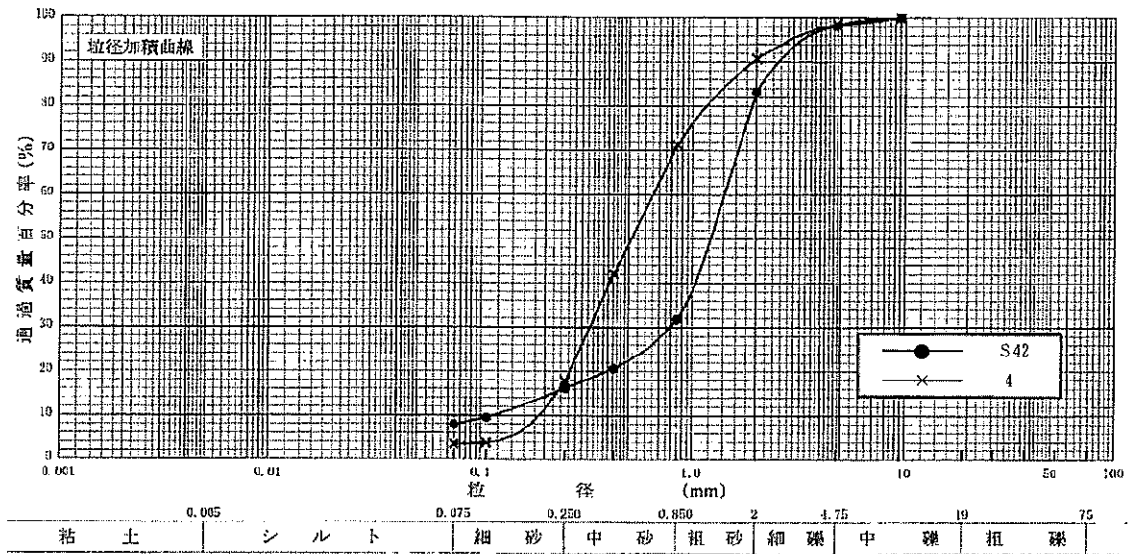
測点	分類	礫分	粗砂分	細砂分	シルト分	粘土	50%粒径 mm
		2.0mm以上	2.0~0.425mm	0.425~ 0.075mm	0.075~ 0.005mm	0.005mm以下	
		%					
N42	礫質砂	18	34	45	3		0.460
N20	礫質砂	23	62	10	5		1.000
03	細粒分まじり砂	1	13	62	24		0.210
06	細粒分まじり砂	0	1	62	37		0.130
S42	細粒分まじり砂	0	4	62	34		0.110
4	砂	0	22	75	3		0.320
6	砂	2	21	75	2		0.320
平均		6.3	22	56	15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



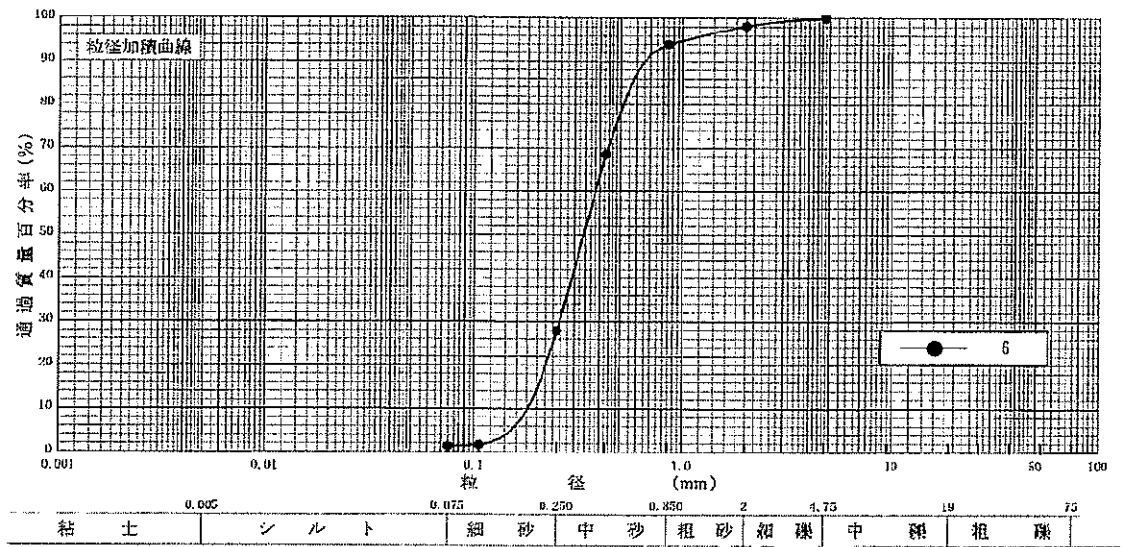
第2図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 N42/N20)



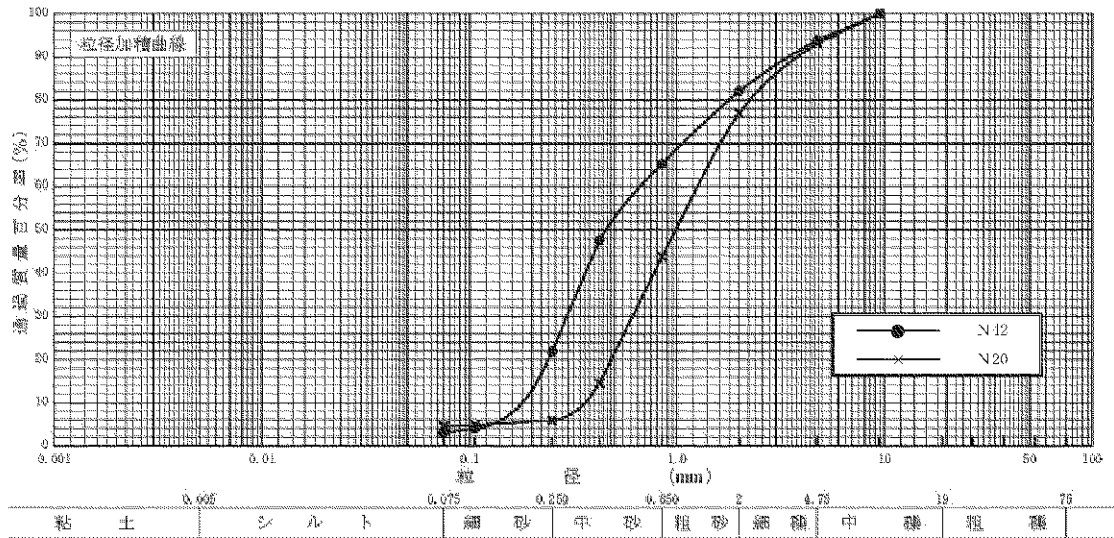
第3図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 03/06)



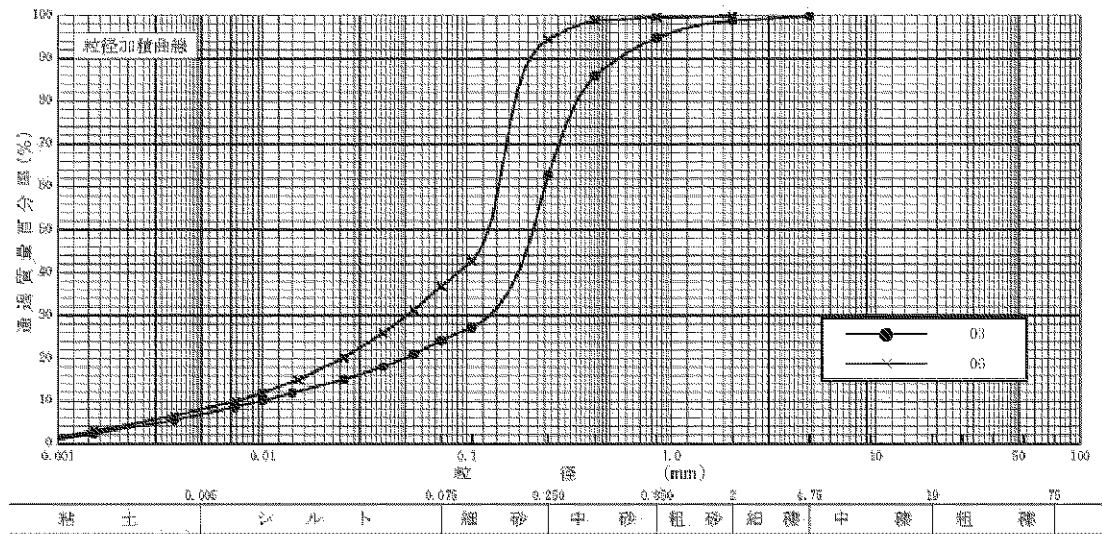
第4図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 S42/4)



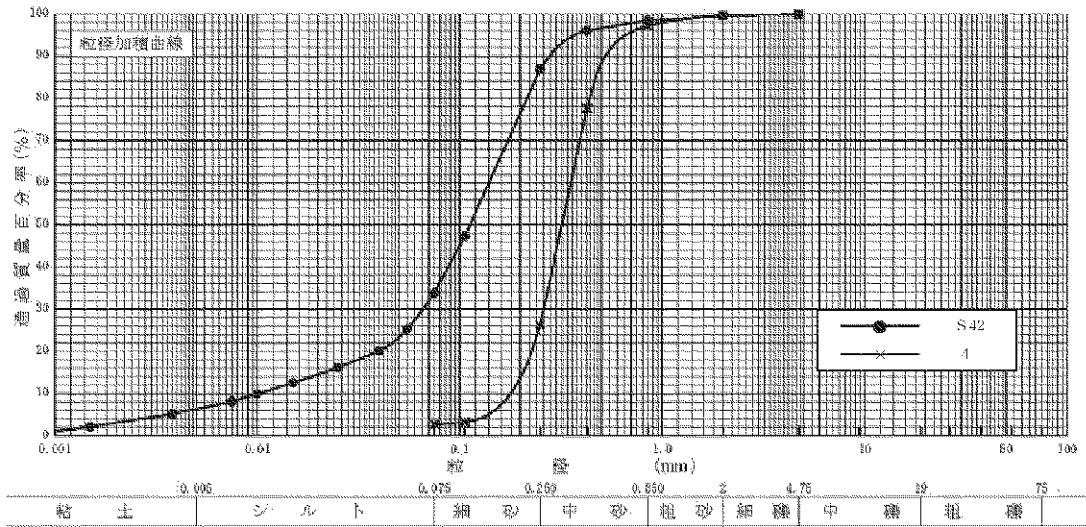
第5図 粒径加積曲線 (平成25年2月22日調査 6)



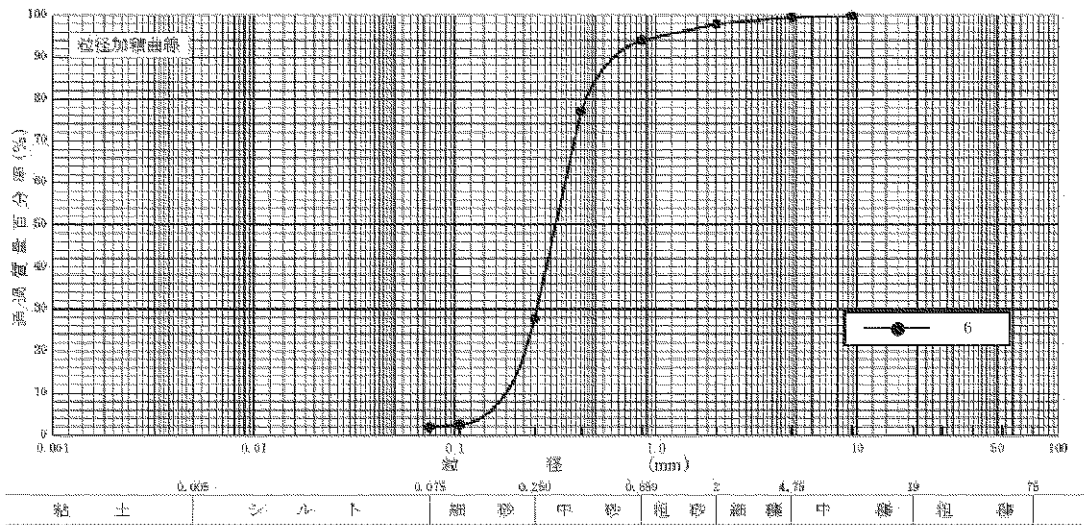
第6図 粒径加積曲線 (平成25年8月23日調査 N42/N20)



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。

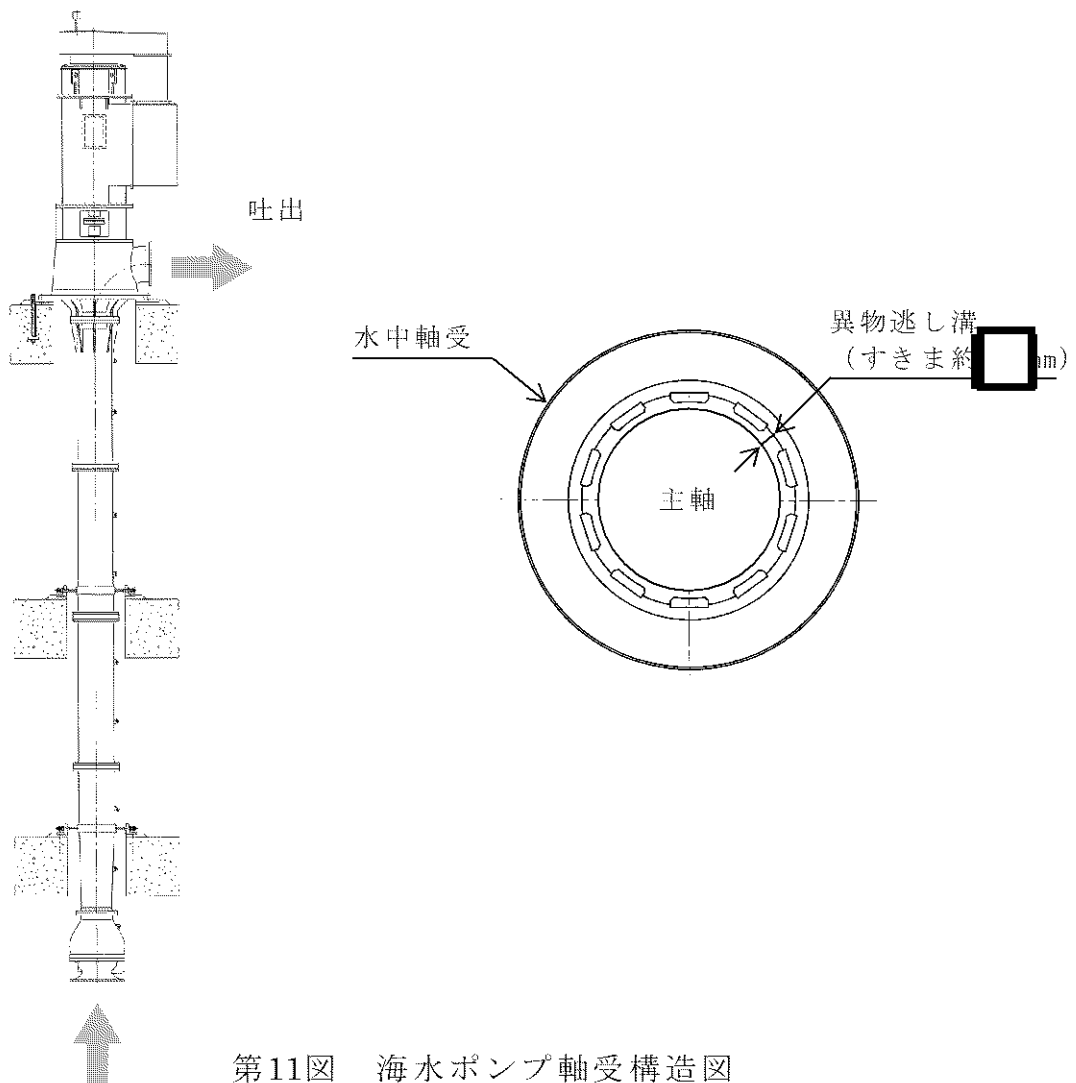


第10図 取水施設の断面図

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。

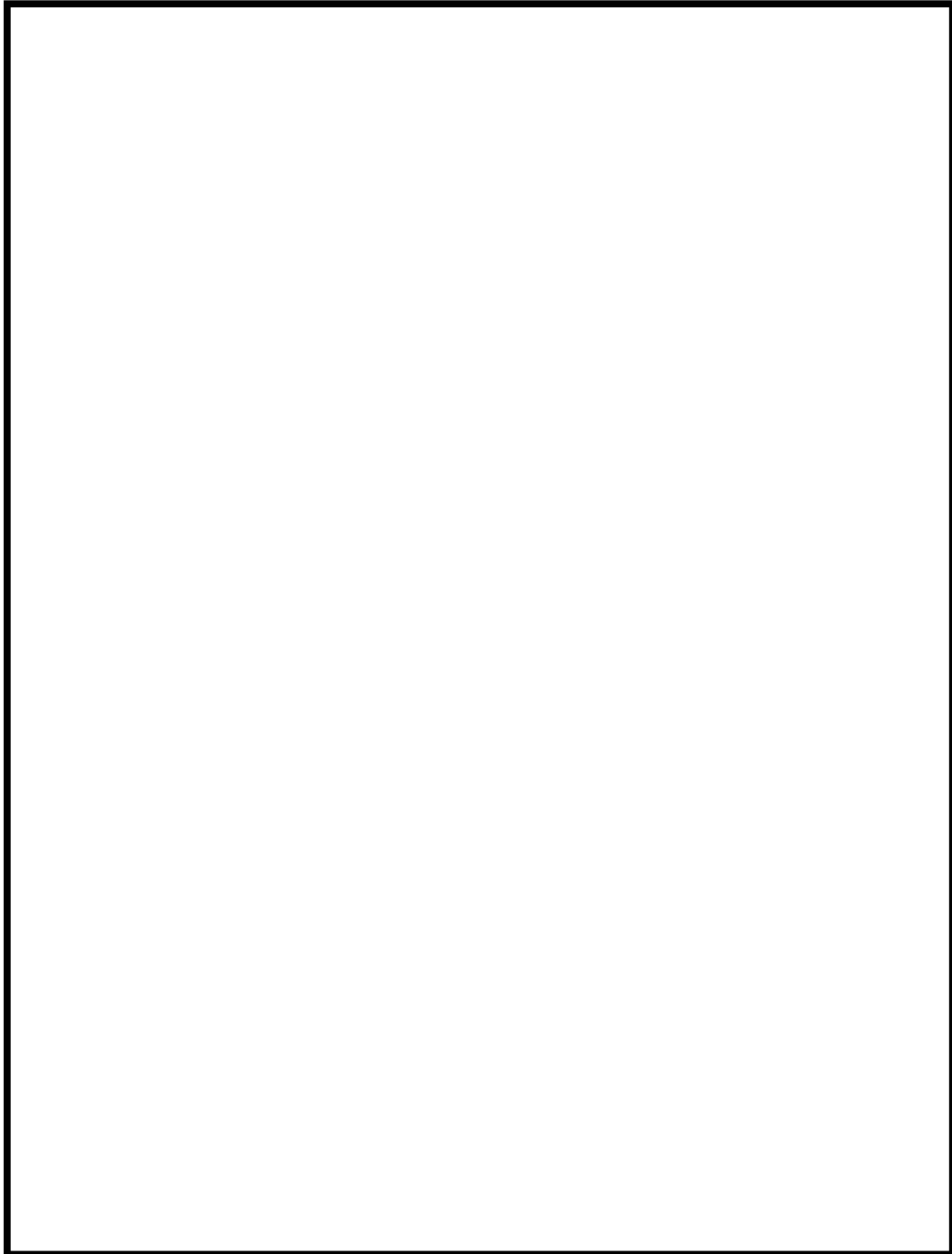


第11図 海水ポンプ軸受構造図

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(mm²/kgf)
 δ: 摩耗量(mm)
 P: 軸受面圧(kgf/mm²)
 V: 周速(mm/s)
 T: 運転時間 (寿命時間)

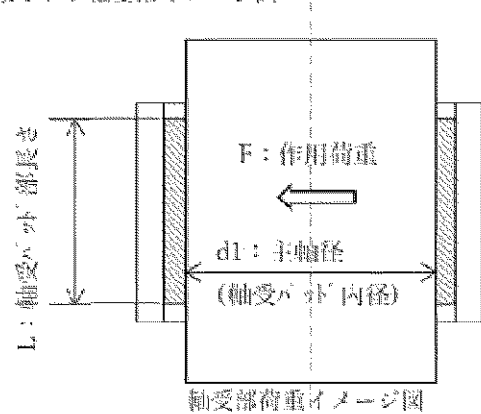
第4表 海水ポンプ軸受寿命評価条件（異物濃度 wt%）

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

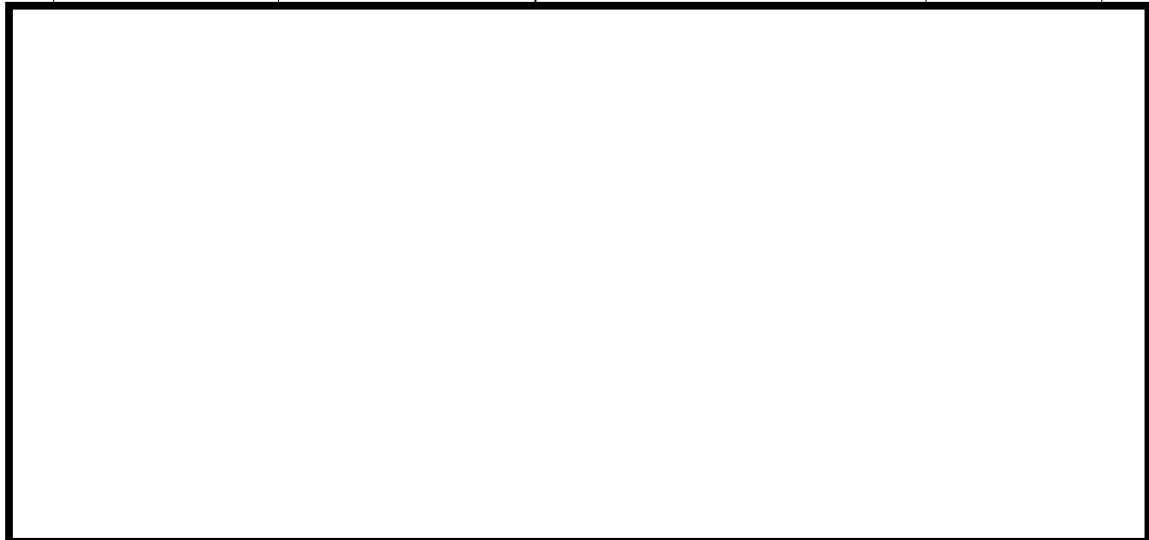
基準津波時の砂移動評価結果 (藤井ほか(1998)の手法 (上限浮遊砂体積濃度5%)) から、取水口付近の浮遊砂濃度は、3号機取水口付近で [redacted] wt%、4号機取水口付近で [redacted] wt% となる。どちらの浮遊砂濃度も「(1) メーカーにおける軸受摩耗試験結果」の異物濃度 [redacted] wt%未満であるため、寿命時間は2,900時間以上である。これに対し、津波到達後約3~4時間経過すれば、浮遊砂濃度は無視できる程度まで低下するため、海水ポンプ軸受は津波時の浮遊砂に対し十分な耐性がある。

(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。

補足説明資料 7

健全性に関する説明書のうち放射線に対する影響について

海水ポンプの放射線による影響については、「添付資料 4 健全性に関する説明書」に示しているが、重大事故等時に想定される屋外線量が最も高くなる場合（10mGy/h 以下）の評価条件において、海水ポンプを構成する部品のうち、耐放射線性が最も低いパッキン・ガスケット部（ゴム製）への性能に影響を及ぼす放射線量ではないことから、海水ポンプの機能を損なうものではない。