

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-04 改 06
提出年月日	2022年9月14日

動的機能維持の詳細評価について
(新たな検討又は詳細検討が必要な設備の機能維持評価に
ついて)

2022年9月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. はじめに	1
2. 動的機能維持評価において個別検討が必要な設備の検討方針	2
3. 「詳細検討」、「新たな検討」又は加振試験が必要な設備の抽出	2
3.1 検討対象設備の整理	2
3.2 「詳細検討」、「新たな検討」又は加振試験が必要な設備の抽出	3
3.3 抽出結果	5
4. 「詳細検討」又は「新たな検討」が必要な設備の検討内容詳細	9

別紙1 「新たな検討」が必要な設備の評価

別紙2 「詳細検討」が必要な設備の評価

今回提出範囲：

1. はじめに

本資料では、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の解釈等における動的機能保持に関する評価に係る一部改正（以下「技術基準規則解釈等の改正」という。）を踏まえて、動的機能維持についての検討方針、新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出及び検討結果を示す。

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解釈（P19）

第5条（地震による損傷の防止）

3 動的機器に対する「施設の機能を維持していること」とは、基準地震動による応答に対して、当該機器に要求される機能を保持することをいう。具体的には、当該機器の構造、動作原理等を考慮した評価を行うこと、既往研究で機能維持の確認がなされた機能確認済加速度等を超えていないことを確認することをいう。

耐震設計に係る工認審査ガイド（P28, 29）

4.6.2 動的機能

【審査における確認事項】

Sクラスの施設を構成する主要設備又は補助設備に属する機器のうち、地震時又は地震後に機能保持が要求される動的機器については、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析結果の応答値が動的機能保持に関する評価基準値を超えていないことを確認する。

【確認内容】

動的機能については以下を確認する。

- (1) 水平方向の動的機能保持に関する評価については、規制基準の要求事項に留意して、機器の地震応答解析結果の応答値が JEAG4601 の規定を参考に設定された機能確認済加速度、構造強度等の評価基準値を超えていないこと。（中略）また、適用条件、適用範囲に留意して、既往の研究等において試験等により妥当性が確認されている設定等を用いること。
- (2) 鉛直方向の動的機能保持に関する評価については、規制基準の要求事項に留意して、機器の地震応答解析結果の応答値が水平方向の動的機能保持に関する評価に係る JEAG4601 の規定を参考に設定された機能確認済加速度、構造強度等の評価基準値を超えていないこと。（中略）また、適用条件、適用範囲に留意して、既往の研究等において試験等により妥当性が確認されている設定等を用いること。

(3) 上記(1)及び(2)の評価に当たっては、当該機器が JEAG4601 に規定されている機種、形式、適用範囲等と大きく異なる場合又は機器の地震応答解析結果の応答値が JEAG4601 の規定を参考にして設定された機能確認済加速度を超える場合（評価方法が JEAG4601 に規定されている場合を除く。）については、既往の研究等を参考に異常要因分析を実施し、当該分析に基づき抽出した評価項目ごとに評価を行い、評価基準値を超えていないこと。

また、当該分析結果に基づき抽出した評価部位について、構造強度評価等の解析のみにより行うことが困難な場合には、当該評価部位の地震応答解析結果の応答値が、加振試験（既往の研究等において実施されたものを含む。）により動的機能保持を確認した加速度を超えないこと。

なお、本資料が関連する工認図書は、添付書類「VI-2 耐震性に関する説明書」である。

2. 動的機能維持評価において個別検討が必要な設備の検討方針

動的機能維持評価は、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版（以下「JEAG 4601」という。）に従い実施するものとするが、JEAG 4601 で定める機能確認済加速度（JEAG 4601 に定められた既往研究で機能維持の確認がなされた入力又は応答レベル）と機能維持評価用加速度との比較による評価法には、適用できる機種、形式及び適用範囲（流量、出力）が定められている。

JEAG 4601 に基づく機能確認済加速度と機能維持評価用加速度との比較による評価方法が適用できない設備については、以下に示すいずれかの個別検討を実施して動的機能維持評価を行う。本資料では以下の評価方法の詳細も含めて、島根原子力発電所第2号機における動的機能維持評価方法をまとめるものである。

- ①「詳細検討」（基本評価項目の評価）
- ②「新たな検討」（地震時異常要因分析の実施、基本評価項目の抽出及び評価）
- ③加振試験

ここで、基本評価項目とは、地震時に発生する可能性のある異常現象を抽出し、その要因分析を行い、機能維持の評価項目として選定したものである。基本評価項目のうち、既往研究等により十分な耐震性が確認されている項目については評価を省略し、代表評価項目のみを評価することで動的機能維持を確認する。

3. 「詳細検討」、「新たな検討」又は加振試験が必要な設備の抽出

3.1 検討対象設備の整理

耐震Sクラス設備並びに常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）より、動的機器を整理し、動的機能が必要な設備を検討対象設備とする。

なお、電気計装機器については、原則として加振試験により電氣的機能維持を確認することから、動的機能維持評価の検討対象設備から除いている。

3.2 「詳細検討」, 「新たな検討」又は加振試験が必要な設備の抽出

図1に設備の抽出及び検討のフローを示す。

3.1項に示す検討対象設備について, JEAG4601の機種, 形式及び適用範囲に該当する設備かを確認し, 該当する設備については, 機能維持評価用加速度がJEAG4601及び既往の研究*¹により妥当性が確認されている機能確認済加速度(A_t)以下であることの確認を行う。この評価方法で動的機能の健全性が確認できない設備については, 検討フローに従い以下3種類の評価方法のいずれかによって評価を実施する。

①「詳細検討」(基本評価項目の評価)

JEAG4601の適用範囲内の機器において, 機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合, JEAG4601に記載されている基本評価項目(地震時の異常要因分析を踏まえ, 設備に要求される機能を保持するために健全性の確認が必要な項目)及び原子力発電耐震設計特別調査委員会*²(以下「耐特委」という。)で検討された内容を踏まえた項目の評価を行い動的機能の健全性を確認する。

②「新たな検討」(地震時異常要因分析の実施, 基本評価項目の抽出及び評価)

JEAG4601の適用範囲外の機器において, 解析による構造健全性の確認を実施する場合, 既往の研究等を参考に地震時異常要因分析を実施し, 当該分析に基づき抽出した評価項目の評価を行い動的機能の健全性を確認する。

③加振試験

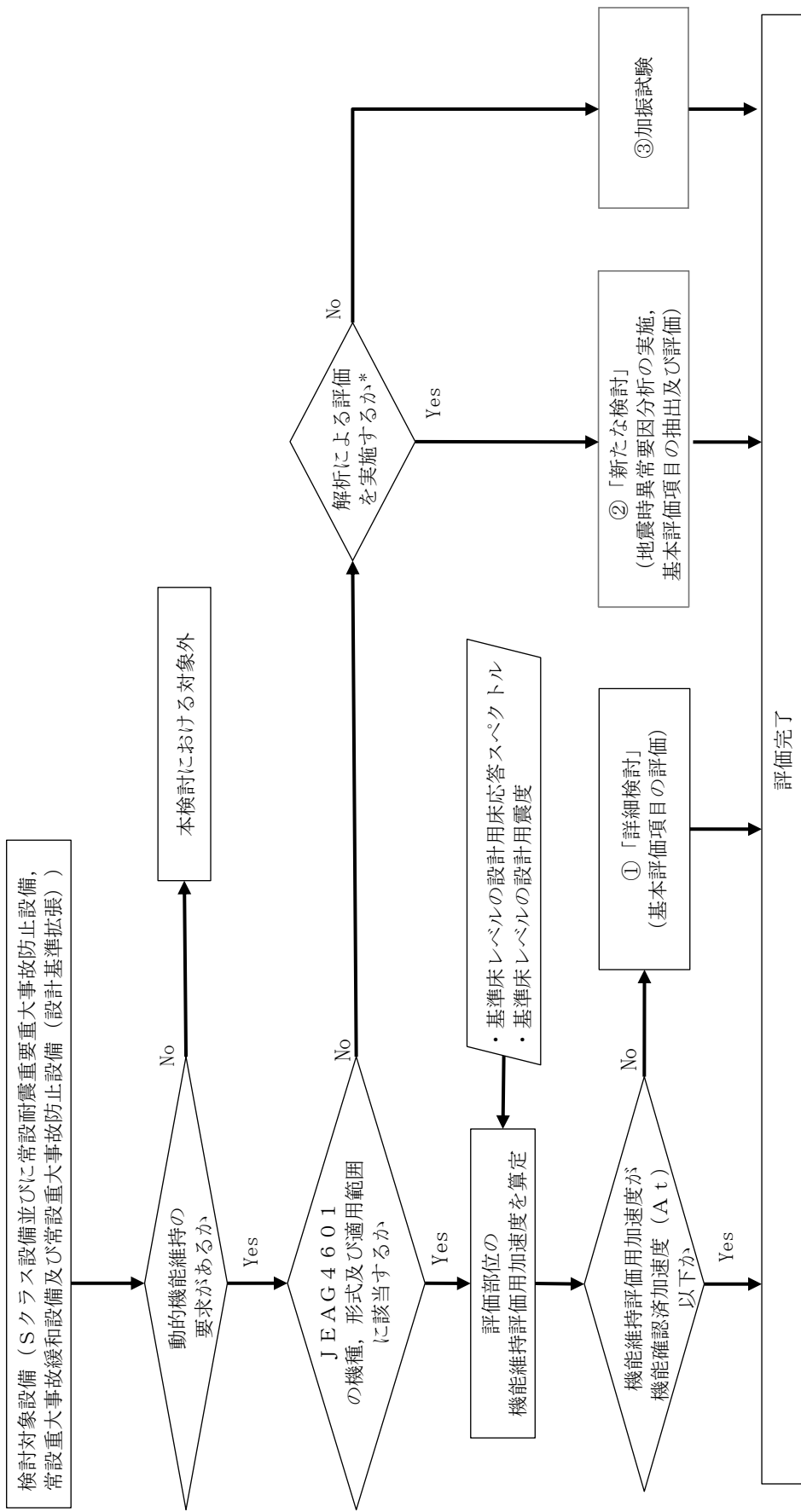
JEAG4601の適用範囲外の機器において, 解析による構造健全性の確認を実施しない場合, 加振試験を実施し動的機能の健全性を確認する。

なお, 弁についてはJEAG4601にて機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えた場合の詳細検討の具体的手順が定められており, 基本評価項目の評価を行う①「詳細検討」とは異なるものの, 設備の抽出作業は①「詳細検討」に含めて整理を行う。

上記を整理するために検討対象設備について, JEAG4601に該当する機種名等を別表1に整理した。

注記*¹: 電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(平成10年度~平成13年度)」

*²: 耐特委報告書「動的機器の地震時機能維持評価に関する調査報告書(昭和62年2月)」



注記*：構造強度評価等の解析実施が困難な場合はNo

図1 動的機能維持評価の検討フロー

3.3 抽出結果

別表1をもとに、図1にて①「詳細検討」、②「新たな検討」及び③加振試験を実施する設備を抽出した結果を表1に示す。

①「詳細検討」(基本評価項目の評価)

機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超え、「詳細検討」が必要となる設備として、以下の設備が該当する。これらの設備は、J E A G 4 6 0 1に定められた機種、形式及び適用範囲であることを確認していることから、「詳細検討」(基本評価項目の評価)を実施する。

[横形ポンプ]

- ・燃料プール冷却ポンプ

[電動機]

- ・燃料プール冷却ポンプ用原動機
- ・ほう酸水注入ポンプ用原動機
- ・非常用ガス処理系排風機用原動機
- ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ用原動機
- ・非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプ用原動機

[ファン]

- ・非常用ガス処理系排風機
- ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ

[往復動式ポンプ]

- ・ほう酸水注入ポンプ

[特殊弁]

- ・主蒸気隔離弁
- ・主蒸気逃がし安全弁

[一般弁]

- ・弁 (グローブ弁, ゲート弁, バタフライ弁, 逆止弁)

②「新たな検討」(地震時異常要因分析の実施, 基本評価項目の抽出及び評価)

「新たな検討」が必要な設備としては、以下の設備が該当する。

[スクリー式ポンプ]

- ・非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプ
- ・非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプ
- ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ
- ・ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ

[ガスタービン発電機]

- ・ガスタービン機関及び発電機

スクリー式ポンプは、その作動原理・構造から異常要因分析や基本評価項目の抽出が可能であり、分析や項目の抽出において遠心式横形ポンプやギヤ式ポンプの耐特委での地震時機能維持評価についての検討*¹や電力共通研究*²(以下「電共研」という。)での検討結果を参考とすることが可能であることから、解析による評価を実施する。

ガスタービン発電機は、その作動原理・構造から異常要因分析や基本評価項目の抽出が可能であり、分析や項目の抽出において、非常用ディーゼル発電機やポンプ駆動用タービンの耐特委での地震時異常要因分析の検討結果*¹を参考とすることが可能であることから、解析による評価を実施する。

注記*1：耐特委報告書「動的機器の地震時機能維持評価に関する調査報告書（昭和62年2月）」

*2：電力共通研究「動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究（平成25年3月）」

③加振試験

加振試験を実施する設備として以下の設備を抽出した。

・高圧原子炉代替注水ポンプ

ポンプ形式はタービン駆動の横形多段遠心式だが、ポンプとタービンが一体となった構造であり（図2参照）、J E A G 4 6 0 1 に記載の横形ポンプの構造例とは大きく構造が異なる。また、J E A G 4 6 0 1 に構造例が示されている補助給水ポンプ用タービンはポンプとタービンが一体となった構造であるものの、補助給水ポンプ用タービンとも構造の相違点が多数ある。以上より、本設備はJ E A G 4 6 0 1 の適用範囲外と判断し加振試験を実施した。詳細は下記資料参照。

NS2-補-027-10-10 高圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書に関する補足説明資料

表1 「新たな検討」又は「詳細検討」が必要な設備の抽出結果(1/2)

機種名	設備名称	J E A G 4 6 0 1 の機種, 形式, 適用範囲に該当するか ○:該当 ×:否(「新たな検討」又は加振試験による確認が必要)	機能確認済加速度(A _t)以下か ○:Yes ×:No(「詳細検討」が必要) -:対象外
立形ポンプ	残留熱除去ポンプ	○	○
	高圧炉心スプレイポンプ	○	○
	低圧炉心スプレイポンプ	○	○
	原子炉補機海水ポンプ	○	○
	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	○	○
横形ポンプ	高圧原子炉代替注水ポンプ	× (加振試験による確認)	-
	原子炉隔離時冷却ポンプ	○	○
	原子炉補機冷却水ポンプ	○	○
	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	○	○
	残留熱代替除去ポンプ	○	○
	低圧原子炉代替注水ポンプ	○	○
	燃料プール冷却ポンプ	○	×
	非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプ	× (別紙1参照)	-
	非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプ	× (別紙1参照)	-
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ	× (別紙1参照)	-
	ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ	× (別紙1参照)	-
ポンプ駆動用タービン	原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン	○	○
電動機	残留熱除去ポンプ用原動機	○	○
	高圧炉心スプレイポンプ用原動機	○	○
	低圧炉心スプレイポンプ用原動機	○	○
	原子炉補機海水ポンプ用原動機	○	○
	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ用原動機	○	○
	原子炉補機冷却水ポンプ用原動機	○	○
	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ用原動機	○	○
	残留熱代替除去ポンプ用原動機	○	○
	低圧原子炉代替注水ポンプ用原動機	○	○
	燃料プール冷却ポンプ用原動機	○	×
	ほう酸水注入ポンプ用原動機	○	×
	中央制御室送風機用原動機	○	○

表1 「新たな検討」又は「詳細検討」が必要な設備の抽出結果 (2/2)

機種名	設備名称	J E A G 4 6 0 1 の機種, 形式, 適用範囲に該当するか ○:該当 ×:否(「新たな検討」又は加振試験による確認が必要)	機能確認済加速度 (At) 以下か ○:Yes ×:No(「詳細検討」が必要) -:対象外
電動機	中央制御室非常用再循環送風機用原動機	○	○
	非常用ガス処理系排風機用原動機	○	×
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ用原動機	○	×
	非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプ用原動機	○	○
	非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプ用原動機	○	×
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ用原動機	○	○
	ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ用原動機	○	○
ファン	中央制御室送風機	○	○
	中央制御室非常用再循環送風機	○	○
	非常用ガス処理系排風機	○	×
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ	○	×
非常用ディーゼル発電機	非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関	○	○
	非常用ディーゼル発電設備ディーゼル発電機	○	○
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関	○	○
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル発電機	○	○
ガスタービン発電機	ガスタービン機関	× (別紙1参照)	-
	ガスタービン発電機	○	○
往復動式ポンプ	ほう酸水注入ポンプ	○	×
制御棒	制御棒 (地震時挿入性)	○	○*1
特殊弁	主蒸気隔離弁	○	×*2
	主蒸気逃がし安全弁	○	×*2
	制御棒駆動水圧系スクラム弁	○	○
一般弁	弁 (グローブ弁, ゲート弁, バタフライ弁, 逆止弁)	○	×*2

注記*1:地震応答解析結果から求めた燃料集合体相対変位が, 加振試験により確認された制御棒挿入機能に支障を与えない変位以下となることを確認 (詳細については, NS2-補-027-10-11 参照)

*2:機能維持評価用加速度が J E A G 4 6 0 1 及び既往の研究等により妥当性が確認されている機能確認済加速度 (A t) を超過する一部の弁について「詳細検討」を実施

する。

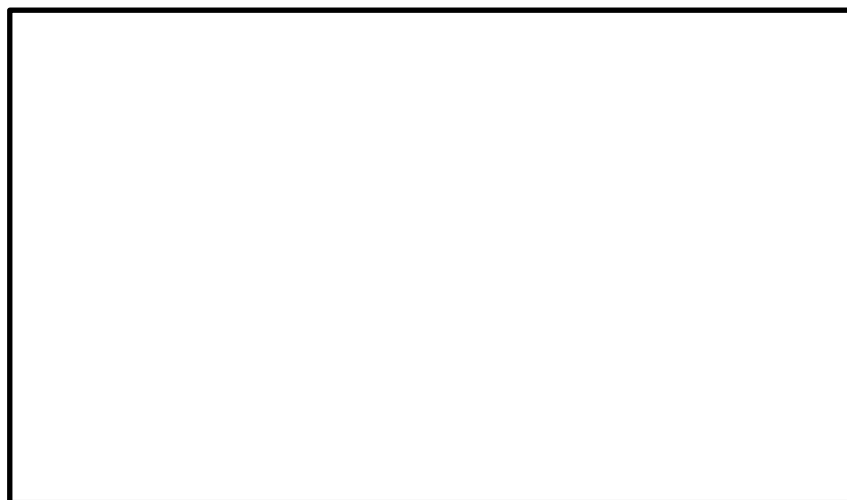


図 2 高圧原子炉代替注水ポンプ構造図

4. 「詳細検討」又は「新たな検討」が必要な設備の検討内容詳細

J E A G 4 6 0 1 に定められた機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる機種
の範囲から外れ新たに評価項目の検討が必要として 3 項で抽出した設備の検討内容詳細に
ついては別紙 1 に示す。また、「詳細検討」が必要として 3 項で抽出した設備の検討内容詳細
については別紙 2 に示す。

別表 1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (1/5)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持の確認方法	J E A G 4 6 0 1 適用性確認			機能維持評価用加速度が At との比較			機能維持評価用加速度が At 以下か ○：以下 ×：超過 -：対象外	備考
			機種	形式	設備容量 ()内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用加速度*1	機能維持評価用加速度 (At)		
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備										
燃料プールの冷却系										
燃料プール冷却ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	機形ポンプ	単段遠心式	~2400m ³ /h (198m ³ /h)	水平	2.63	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	×*2	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	機形ころがり軸受	~950kW (110kW)	鉛直	2.08	1.0		
原子炉冷却系統施設										
原子炉冷却材再循環設備										
原子炉再循環系										
原子炉再循環ポンプ	無	-	-	-	-	-	-	-	-	-
残留熱除去系										
残留熱除去ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	ピットバレル形	~1800m ³ /h (1218m ³ /h)	水平	1.17	10.0	○	
			電動機	立形すべり軸受	~2700kW (560kW)	鉛直	0.87	1.0		
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備										
高圧炉心スプレイス系										
高圧炉心スプレイスポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	ピットバレル形	~1800m ³ /h (1074m ³ /h)	水平	1.17	10.0	○	
			電動機	立形すべり軸受	~2700kW (2380kW)	鉛直	0.87	1.0		
低圧炉心スプレイス系										
低圧炉心スプレイスポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	ピットバレル形	~1800m ³ /h (1074m ³ /h)	水平	1.17	10.0	○	
			電動機	立形すべり軸受	~2700kW (910kW)	鉛直	0.87	1.0		
高圧原子炉代替注水系										
高圧原子炉代替注水ポンプ	有	加振試験による確認	-	-	-	水平	1.17	3.2	-	J E A G 4 6 0 1 の適用範囲外の構造であるため、今回工認の評価のために新たに加振試験を実施した。
低圧原子炉代替注水系										
低圧原子炉代替注水ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	機形ポンプ	多段遠心式	~700m ³ /h (230 m ³ /h)	水平	(追面)	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○*2	
			電動機	機形ころがり軸受	~950kW (210 kW)	鉛直	0.87	4.2		

別表1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (2/5)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持の確認方法	J E A G 4 6 0 1 適用性確認			機能維持評価用加速度が At との比較			機能維持評価用加速度が At 以下か ○：以下 ×：超過 -：対象外	備考
			機種	形式	設備容量 ()内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用 加速度*1	機能確認加速度 (At)		
原子炉冷却材補給設備										
原子炉隔離時冷却系										
原子炉隔離時冷却ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	横形ポンプ	多段速心式	~700m ³ /h (99 m ³ /h)	水平	1.17	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○	
			ポンプ駆動 用タービン	R C I C ポンプ用	プラント出力等による 構造、寸法の違いはほ とんどない。	鉛直	0.87	1.0		
原子炉補機海水ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	横形ポンプ	単段速心式	~2400m ³ /h (1680 m ³ /h)	水平	0.92	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○	
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (360 kW)	鉛直	0.97	4.7		
原子炉補機海水ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	立形斜流式	~7600m ³ /h (2040 m ³ /h)	水平	0.97	1.0	○*2	
			電動機	立形ころがり軸受	~1300kW (410 kW)	鉛直	(追面)	10.0		
高圧炉心スプレイ補機冷却系及び高圧炉心スプレイ補機海水系										
高圧炉心スプレイ補機冷却水 ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	横形ポンプ	単段速心式	~2400m ³ /h (240 m ³ /h)	水平	1.17	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○	
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (37 kW)	鉛直	0.87	1.0		
高圧炉心スプレイ補機海水ボ ンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	立形斜流式	~7600m ³ /h (336 m ³ /h)	水平	1.17	4.7	○	
			電動機	立形ころがり軸受	~1300kW (75 kW)	鉛直	(追面)	1.0		
計測制御系統施設										
制御材										
制御棒 (地震時挿入性)										
有										
地震応答解析結果と制御棒の挿入性試験結果の比較による確認										

別表1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (3/5)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持確認方法	J E A G 4 6 0 1 適用性確認			機能維持評価用加速度が At 以下の比較			備考
			機種	形式	設備容量 ()内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用加速度*1	機能維持評価用加速度 (At)	
ほう酸水注入設備									
ほう酸水注入系									
ほう酸水注入ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	往復動式ポンプ	横形 3 連往復動式	流量、吐出圧力等ほぼ同一 (9.72 m ³ /h)	水平	3.2	1.6	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (45 kW)	鉛直	2.0	1.0	
放射性廃棄物の廃棄施設									
換気設備									
中央制御室空調換気系									
中央制御室送風機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	ファン	遠心直結型	~2900m ³ /min (2000m ³ /min)	水平	1.10	2.3	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (180 kW)	鉛直	0.92	1.0	
中央制御室非常用再循環送風機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	ファン	遠心直結型	~2900m ³ /min (534 m ³ /min)	水平	1.21	2.3	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (30 kW)	鉛直	0.96	1.0	
原子炉格納施設									
原子炉格納容器安全設備									
原子炉格納容器スプレイ設備									
残留熱代替除去系									
残留熱代替除去ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	横形ポンプ	単段速心式	~2400m ³ /h (150 m ³ /h)	水平	1.17	3.2 (軸直角方向) 1.4 (軸方向)	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (75 kW)	鉛直	0.87	1.0	
放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備									
非常用ガス処理系									
非常用ガス処理系排風機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	ファン	遠心直結型	~2900m ³ /min (74m ³ /min)	水平	2.26	2.3	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (22 kW)	鉛直	2.51	1.0	
可燃性ガス濃度制御系									
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロー	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	ファン	遠心直結型	~2500m ³ /min (4.25 m ³ /min)	水平	2.26	2.6	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (15 kW)	鉛直	2.69	1.0	

別表1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (4/5)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持確認方法	J E A G 4 6 0 1 適用性確認			機能維持評価用加速度がAt		備考	
			機種	形式	設備容量 ()内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用加速度*1		機能維持評価用加速度がAt 以下か ○：以下 ×：超過 -：対象外
その他発電用原子炉の附属施設									
非常用電源設備									
非常用ディーゼル発電設備									
非常用ディーゼル機関	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	非常用ディーゼル機関 (中速形)	機関本体	~1550kW (6150kW)	水平	0.81	1.1	○
						鉛直	0.58	1.0	
非常用ディーゼル発電機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	電動機	横形すべり軸受	~1400kW (-)	水平	0.81	2.6	○
						鉛直	0.58	1.0	
非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプ	有	「新たな検討」による確認	横形ポンプ	スクリーン式	- (4 m³/h)	水平	-	-	-
						鉛直	-	-	
非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプ	有	「新たな検討」による確認	横形ポンプ	スクリーン式	~950kW (2.2 kW)	水平	1.22	4.7	○
						鉛直	0.78	1.0	
高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電設備	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	非常用ディーゼル機関 (中速形)	機関本体	~1550kW (3480kW)	水平	0.81	1.1	○
						鉛直	0.58	1.0	
高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	電動機	横形すべり軸受	~1400kW (-)	水平	0.81	2.6	○
						鉛直	0.58	1.0	
高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電設備 ディーゼル燃料移送ポンプ	有	「新たな検討」による確認	横形ポンプ	スクリーン式	~950kW (2.2 kW)	水平	-	-	-
						鉛直	-	-	

別表1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (5/5)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持確認方法	J E A G 4 6 0 1 適用性確認			機能維持評価用加速度が At との比較		備考
			機種	形式	設備容量 ()内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用 加速度*1	
ガスタービン発電機								
ガスタービン機関	有	「新たな検討」による確認	ガスタービン機関	機関本体 燃料制御ユニット (駆動装置)	- (4800kW)	水平 鉛直	- -	設備の形式が J E A G 4 6 0 1 の適用外であるため、「新たな検討」を実施する。
ガスタービン発電機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	電動機	横形ころがり軸受	~950kW (-)	水平	4.7	発電機の基本構造は電動機と同一であることから、電動機における機能維持評価を適用する。
ガスタービン発電機用 燃料移送ポンプ	有	「新たな検討」による確認	横形ポンプ	スクリュュー式	- (4 m³/h)	水平	-	設備の形式が J E A G 4 6 0 1 の適用外であるため、「新たな検討」を実施する。
ポンプ		J E A G 4 6 0 1 による確認	電動機	横形ころがり軸受	~950kW (3.7 kW)	水平 鉛直	4.7 1.0	
特殊ポンプ								
主蒸気隔離弁*3	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	弁	主蒸気隔離弁	~850A	水平 鉛直	10.0 6.2	×*2
安全弁*3	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	弁	主蒸気逃がし安全弁	~200A	水平	9.6	×*2
制御極駆動水圧系 スクラム弁*3	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	弁	CRD スクラム弁	~50A	水平 鉛直	1.02 6.0	○
一般弁								
グローブ弁*3	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	弁	グローブ弁	~500A	水平 鉛直	6.0 6.0	×*2
ゲート弁*3	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	弁	ゲート弁	~650A	水平 鉛直	6.0 6.0	×*2
バタフライ弁*3	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	弁	バタフライ弁	~1800A	水平 鉛直	6.0 6.0	×*2
逆止弁*3	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	弁	逆止弁	~850A	水平 鉛直	6.0 6.0	×*2

注記*1:機能維持評価用加速度は各設備の耐震性についての計算より引用している。

*2:基本設計段階の暫定値に基づき判断したものであり、機能維持評価用加速度を確認後、確認結果を反映する。

*3:同形式の弁のうち、水平方向の機能維持評価用加速度が最大となった弁の評価結果を記載している。

「詳細検討」が必要な設備の評価

目 次

1. はじめに
2. 動的機能維持評価の「詳細検討」が必要な設備
3. 動的機能維持評価の「詳細検討」に係る対応方針
4. 動的機能維持評価に係る機種ごとの「詳細検討」

別紙 2-1 横形ポンプの「詳細検討」

別紙 2-2 電動機の「詳細検討」

別紙 2-3 ファンの「詳細検討」

別紙 2-4 往復動式ポンプの「詳細検討」

別紙 2-5 特殊弁及び一般弁の「詳細検討」

別添 2-5-1 弁の動的機能維持評価の詳細検討に適用する試験結果

今回提出範囲：

1. はじめに

本資料は、地震時又は地震後に動的機能が要求される機器の動的機能維持評価において、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えた設備に対する「詳細検討」についてまとめたものである。

2. 動的機能維持評価の「詳細検討」が必要な設備

島根原子力発電所第2号機における動的機能維持評価として、「詳細検討」を実施する設備を別紙2-1表に示す。

別紙2-1表 動的機能維持評価における「詳細検討」対象設備

機種名	設備名称	形式	仕様 (流量, 出力等)	J E A G 適用範囲
横形ポンプ	燃料プール冷却ポンプ	単段遠心式	198m ³ /h	～2400m ³ /h
電動機	燃料プール冷却ポンプ用原動機	横形ころがり軸受	110kW	～950kW
	ほう酸水注入ポンプ用原動機	横形ころがり軸受	45kW	～950kW
	非常用ガス処理系排風機用原動機	横形ころがり軸受	22kW	～950kW
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ用原動機	横形ころがり軸受	15kW	～950kW
	非常用ディーゼル発電設備B-ディーゼル燃料移送ポンプ用原動機	横形ころがり軸受	2.2kW	～950kW
ファン	非常用ガス処理系排風機	遠心直結型	74m ³ /min	～2900m ³ /min
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ	遠心直動型	4.25m ³ /min	～2500m ³ /min
往復動式ポンプ	ほう酸水注入ポンプ	横形3連往復動式	9.72m ³ /h	流量, 吐出圧力等ほぼ同一
特殊弁	主蒸気隔離弁	主蒸気隔離弁	(追而)	～850A
	主蒸気逃がし安全弁	安全弁	(追而)	～200A
一般弁	グローブ弁	グローブ弁	(追而)	～500A
	ゲート弁	ゲート弁	(追而)	～650A
	バタフライ弁	バタフライ弁	(追而)	～1800A
	逆止弁	逆止弁	(追而)	～850A

3. 動的機能維持評価の「詳細検討」に係る対応方針

別紙 2-1 表に示した動的機能維持評価の「詳細検討」対象設備は、いずれも J E A G 4 6 0 1 記載の適用機種範囲に該当する設備であり、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えたことから、J E A G 4 6 0 1 に基づいて「詳細検討」を実施する。

「詳細検討」における基本評価項目は、J E A G 4 6 0 1 に記載の項目に加えて、原子力発電耐震設計特別調査委員会*（以下「耐特委」という。）で検討された内容も踏まえて選定する。耐特委での検討では、対象機種ごとに、現実的地震応答レベルでの異常のみならず、破壊に至るよう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、機能維持を評価する際に確認すべき事項として、基本評価項目が選定されている。

なお、「詳細検討」を実施するに当たっては、J E A G 4 6 0 1 及び耐特委報告書以降における知見も確認した上で必要に応じて検討内容へ反映する。

注記*：耐特委報告書「動的機器の地震時機能維持評価に関する調査報告書(昭和62年2月)」

4. 動的機能維持評価に係る機種ごとの「詳細検討」

機種ごとの「詳細検討」の内容については以下の別紙にそれぞれ示す。

- ・別紙 2-1 横形ポンプの「詳細検討」
- ・別紙 2-2 電動機の「詳細検討」
- ・別紙 2-3 ファンの「詳細検討」
- ・別紙 2-4 往復動式ポンプの「詳細検討」
- ・別紙 2-5 特殊弁及び一般弁の「詳細検討」

横形ポンプの「詳細検討」

1. 「詳細検討」対象設備

機能確認済加速度との比較による動的機能維持評価の結果, 横形ポンプの機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超える設備は, 別紙 2-1-1 表のとおり。

別紙 2-1-1 表 機能確認済加速度との比較による評価結果

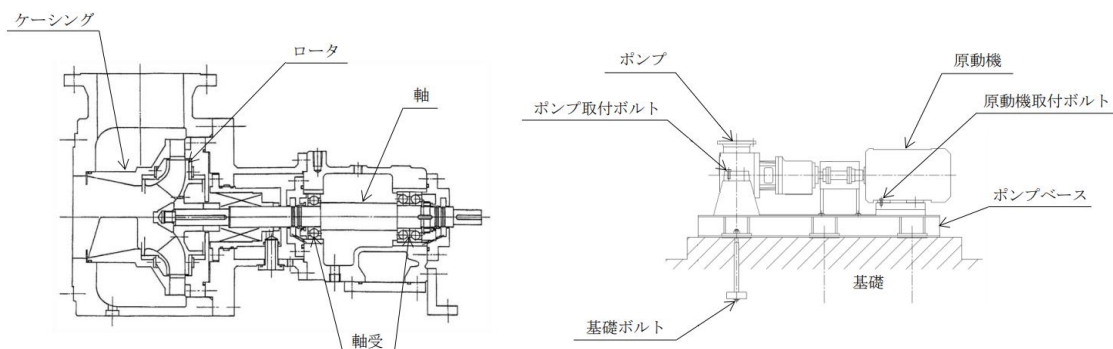
設備名称	形式	方向	機能維持評価用 加速度*1	機能確認済 加速度*1	超過の 有無*2
燃料プール 冷却ポンプ	単段遠心式	水平方向	2.63	1.4	×
		鉛直方向	2.08	1.0	×

注記*1: 加速度の単位: $\times 9.8 \text{ m/s}^2$

*2: 機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過しない場合を「○」, 超過した場合は「×」で示す。

2. 横形ポンプの構造概要

「詳細検討」が必要となった横形ポンプの構造概要を別紙 2-1-1 図に示す。横形ポンプは, 既往研究により, 軸系及び構造系ともに剛構造であることが確認されている。



(ポンプ構造図)

(全体図)

別紙 2-1-1 図 横形ポンプの構造概要図

(燃料プール冷却ポンプ)

3. 横形ポンプの基本評価項目

3.1 J E A G 4 6 0 1 に基づく基本評価項目

J E A G 4 6 0 1 において基本評価項目として定義されている評価部位は以下のとおりである。

- ・軸の健全性
- ・軸受の健全性
- ・ロータとケーシングのクリアランスの確保

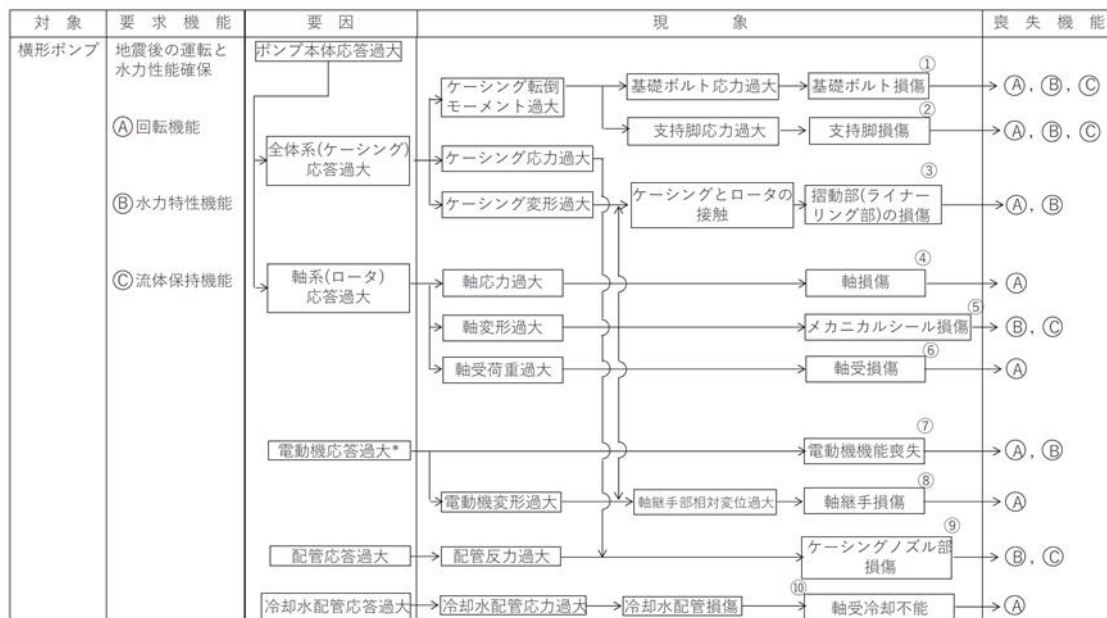
- ・ケーシングの健全性
- ・取付ボルトの健全性
- ・基礎ボルトの健全性
- ・メカニカルシールの健全性
- ・軸継手の健全性
- ・駆動用電動機の健全性

なお、上記の部位のうち、「軸受、ケーシング及びメカニカルシールの健全性」については、「既往研究において、耐震性が十分確認された軸受、ケーシング及びメカニカルシールについての評価は、省略できる。」とされている。

3.2 耐特委で検討された基本評価項目

(1) 地震時異常要因分析

耐特委報告書における横形ポンプの地震時異常要因分析結果を別紙 2-1-2 図に示す。



別紙 2-1-2 図 横形ポンプの地震時異常要因分析図 (耐特委)

(2) 基本評価項目の検討

耐特委報告書においては、地震時異常要因分析図に基づき、①～⑩の基本評価項目が抽出されており、これらの基本評価項目について評価することで、回転機能、水力特性機能及び流体保持機能が確認できるとされており、機能確認済加速度を超える地震加速度レベルにおいても、これら①～⑩の基本評価項目について、全て評価基準値以下に収まっていれば、動的機能は維持できると考えられる。全ての基本評価項目の中で、一つでも評価基準値を超えれば、当該機器は機能維持評価用加速度における動的機能が維持できないものとする。なお、各評価結果が概ね弾性域内にとどまっていれば、各異常要因が複合し、新たな損傷モードが発生することはないと考えられる。

本項では、上記考え方に基づき、各基本評価項目における機能喪失に至る現象について記述する。

①基礎ボルト（取付ボルトを含む）の健全性

ポンプ全体系の応答が過大となることで、ポンプ固定部の転倒モーメントが過大となることから、基礎ボルト（取付ボルト含む）の応力が過大となり損傷に至ることで、全体系が転倒することにより機能喪失する。

②支持脚の健全性

ポンプ全体系の応答が過大となることで、ポンプ固定部の転倒モーメントが過大となることから、支持脚の応力が過大となり損傷に至ることで、ポンプが転倒することにより機能喪失する。

③摺動部（インペラとライナーリングのクリアランス）の健全性

軸変形が過大となり、インペラがライナーリングと接触することで損傷に至り、回転機能及び水力特性機能が喪失する。

④主軸の健全性

軸系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。

⑤メカニカルシールの健全性

軸系の応答が過大となることで軸変形が過大となり、メカニカルシールが損傷することにより水力特性機能及び流体保持機能が喪失する。

⑥軸受の健全性

軸系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により軸の回転が阻害され、回転機能が喪失する。

⑦電動機の健全性

電動機の応答が過大となり、電動機の機能が喪失することで回転機能及び水力特性機能が喪失する。

⑧軸継手の健全性

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回転機能及び移送機能が喪失する。

⑨ケーシングの健全性

接続配管の応答が過大となることで配管反力が過大となり、ケーシングノズルが損傷する

ことにより水力特性機能及び流体保持機能が喪失する。

⑩冷却水配管の健全性

冷却水配管の応答が過大となることで配管応力が過大となり、冷却水配管が損傷することにより冷却不能に至り、回転機能が喪失する。

4. 横形ポンプの「詳細検討」方針

J E A G 4 6 0 1 及び耐特委の内容を踏まえた、島根原子力発電所第2号機の横形ポンプの動的機能維持評価に係る「詳細検討」方針について別紙2-1-2表に示す。別紙2-1-2表に示すとおり、基本評価項目対して耐震評価を実施し動的機能の健全性確認を実施する。なお、J E A G 4 6 0 1 の基本評価項目に対する耐震評価結果は本資料及び添付書類に記載し、耐特委のみの基本評価項目に対する耐震評価結果は本資料にのみ記載する。

別紙 2-1-2 表 横形ポンプの動的機能維持評価に係る「詳細検討」方針

No.	基本評価項目	J E A G 4 6 0 1 の 基本評価項目	耐特委の 基本評価項目	検討方針	記載 箇所*1
1	摺動部（インペラとライナーリングのクリアランス）	○	○	主軸たわみ量の増大により、インペラとライナーリングの接触が発生し、回転機能及び水力特性機能喪失に関わるため、主軸のたわみを評価する。*2	②
2	主軸	○	○	回転機能保持の観点から、主軸の発生応力を評価する。*2	②
3	冷却水配管	—	○	冷却水配管の応答が過大となり、損傷することで冷却不能に至り、回転機能喪失に関わるため、冷却水配管の発生応力を評価する。	①
4	電動機	○	○	別紙 2-2「電動機の「詳細検討」」で評価することから、電動機の評価を省略する。	②
5	支持脚	—	○	支持脚については、高い剛性を有するためにケーシング定着部に荷重がかかる構造となっている。そのため、取付ボルト及び基礎ボルトが評価上厳しい部位となることから、取付ボルト及び基礎ボルトを支持脚の評価として代表する。	—
6	メカニカルシール	○	○	既往研究において、耐震性が十分確認されたため、評価は省略できる。	—
7	軸受	○	○	既往研究において、耐震性が十分確認されたため、評価は省略できる。	—
8	軸継手	○	○	地震荷重については軸受で負担するため軸継手部には優位な応力が発生しないことから、軸継手の評価を省略する。	—
9	ケーシング	○	○	既往研究において、耐震性が十分確認されたため、評価は省略できる。	—
10	取付ボルト 基礎ボルト	○	○	取付ボルト及び基礎ボルトは構造強度評価対象として添付書類*2で健全性を確認していることから動的機能維持評価対象としての添付書類*2への記載を省略する。	—（構造強度評価対象）

注記*1:本資料のみ記載の場合「①」、本資料及び添付書類*2に記載の場合「②」、省略の場合を「—」で示す。

*2:添付書類「VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却ポンプの耐震性についての計算書」に記載。

5. 横形ポンプの評価基準値の設定

横形ポンプの動的機能維持評価の「詳細検討」内容に対する評価基準値を別紙 2-1-3 表に示す。

横形ポンプの「詳細検討」対象設備に対する基本評価項目が評価基準値以下となることを確認することで、「詳細検討」対象設備の動的機能維持が確保されると判断する。

別紙 2-1-3 表 横形ポンプの評価基準値

No.	基本評価項目	評価基準値の設定
1	摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)	インペラとライナーリングの接触により回転機能が阻害されるという観点から、これらのクリアランスを評価基準値とした。
2	主軸	回転機能の確保の観点から、運転状態Ⅲを基本として、軸の発生応力を弾性範囲内にとどめるよう許容応力状態ⅢAS の許容応力を評価基準値とした。
3	冷却水配管	配管損傷防止の観点から、配管の機能を維持できる許容応力状態ⅣAS の許容応力を評価基準値とした。

6. 横形ポンプの「詳細検討」結果

横形ポンプの動的機能維持評価の「詳細検討」対象設備に対する「詳細検討」結果を別紙 2-1-4 表に示す。

「詳細検討」対象設備である横形ポンプに対する「詳細検討」結果は、全ての評価部位の発生値が評価基準値を満足しており、「詳細検討」対象設備である横形ポンプの動的機能維持が確保されることを確認した。

なお、動的機能維持評価の詳細については、添付書類「VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却ポンプの耐震性についての計算書」にて示す。

別紙 2-1-4 表 燃料プール冷却ポンプ「詳細検討」結果

評価部位	項目	応力分類	算出式*2	発生値*2	評価基準値*2	評価
摺動部 (ロータとケーシングのクリアランス)	変位 (mm)	—	$\delta = \delta_w + \delta_w$ $\delta : \text{地震力を考慮した軸等分布荷重及び羽根車側軸端部荷重による変位量 (mm)}$ $\delta_w : \text{地震力を考慮した軸等分布荷重による変位量 (mm)}$ $\delta_w : \text{地震力を考慮した羽根車側軸端部荷重による変位量 (mm)}$	0.11 (mm)		○
軸*1	応力 (MPa)	組合せ応力	$\sigma_s = \sqrt{\sigma_{s1}^2 + 3 \cdot \tau_p^2}$ $\sigma_s : \text{軸に生じる組合せ応力 (MPa)}$ $\sigma_{s1} : \text{軸に生じる引張応力及び曲げ応力 (MPa)}$ $\tau_p : \text{ポンプの回転モーメントにより発生するねじり応力 (MPa)}$	37 (MPa)	298 (MPa)	○
冷却水配管	応力 (MPa)	一次+二次応力	解析による*5	12 (MPa)	318 (MPa)	○

注: 動的機能維持評価における設計震度*3,*4で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

燃料プール冷却ポンプは、地震後機能維持が要求される設備であるが、ポンプの動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 引張、曲げ及びねじり応力の組合せ応力として評価する。

*2: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却ポンプの耐震性についての計算書」に記載する。

*3: 摺動部及び軸は、設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平: 2.63, 鉛直: 2.08]

冷却水配管は、設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平 (NS 方向): 2.42, 水平 (EW 方向): 2.68, 鉛直: 2.23]

*4: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

*5: 算出過程については、参考資料「2-1-1 燃料プール冷却ポンプの動的機能維持評価方法」に示す。

横形ポンプ 「詳細検討」 結果の算出過程

参考資料 2-1-1 燃料プール冷却ポンプの動的機能維持評価方法

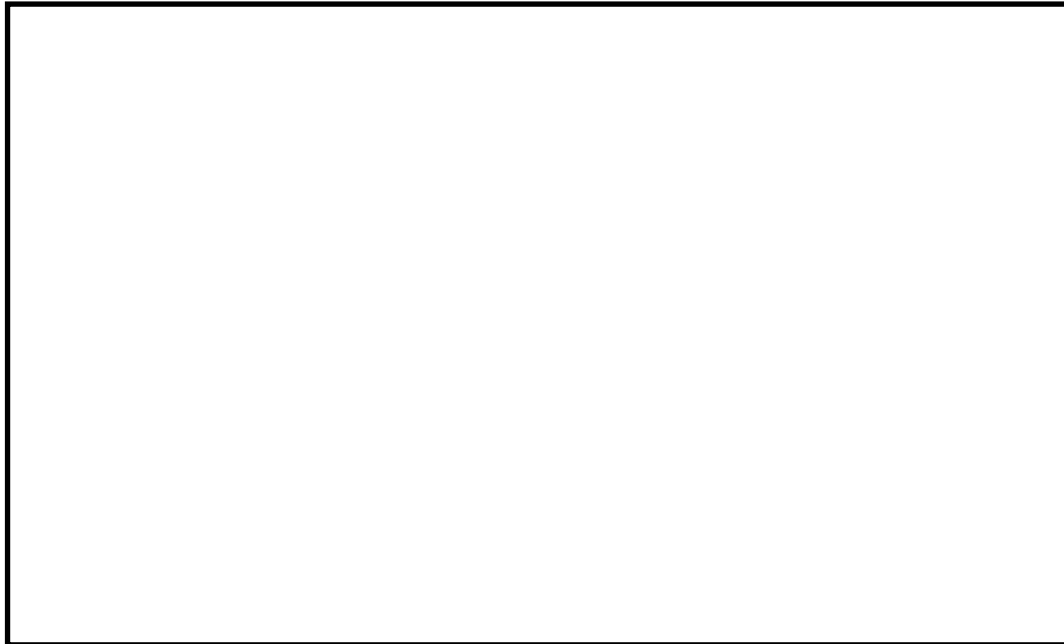
1. 冷却水配管

1.1 冷却水配管の応力評価方法

冷却水配管は応力解析を行い、発生応力を評価する。解析モデル（三次元多質点系はりモデル）を参考 2-1-1 図に示す。

配管、弁及び支持構造物については、添付書類「VI-2-1-14 機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」により、配管、弁及び支持構造物を評価部位とする。評価結果は、算出応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい箇所の結果について記載する。

解析コードは、「H I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



参考 2-1-1 図 冷却水配管解析モデル

電動機の「詳細検討」

1. 「詳細検討」対象設備

機能確認済加速度との比較による動的機能維持評価の結果、電動機の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超える設備について別紙 2-2-1 表に示す。

別紙 2-2-1 表 機能確認済加速度との比較による評価結果

設備名称	形式	方向	機能維持 評価用 加速度*1, *2	機能 確認済 加速度*1	超過の 有無*3
燃料プール冷却ポンプ用 原動機	横形ころがり 軸受	水平方向	2.63	4.7	○
		鉛直方向	2.08	1.0	×
ほう酸水注入ポンプ用原 動機		水平方向	3.2	4.7	○
		鉛直方向	2.0	1.0	×
非常用ガス処理系排風機 用原動機		水平方向	2.26	4.7	○
		鉛直方向	2.51	1.0	×
可燃性ガス濃度制御系 再結合装置ブロウ用原動 機		水平方向	2.26	4.7	○
		鉛直方向	2.69	1.0	×
非常用ディーゼル発電設 備 B-ディーゼル燃料移 送ポンプ用原動機	水平方向	(追而)	4.7	(追而)	
	鉛直方向	(追而)	1.0	(追而)	

注記*1:加速度の単位:×9.8m/s²

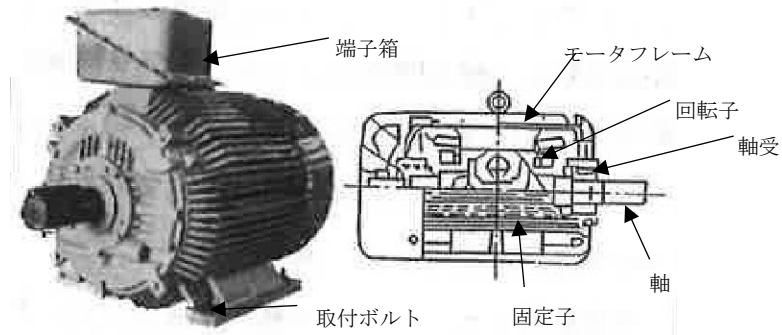
*2:機能維持評価用加速度は各設備の耐震性についての計算書より引用している。

*3:機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過しない場合を「○」、超過した場合は「×」で示す。

2. 電動機の構造概要

「詳細検討」が必要となった電動機の構造概要を別紙 2-2-1 図に示す。電動機は、機構的に単純であり、いずれも堅牢なモータフレームと回転子とから構成される。

その形式は大別して軸受種類によってすべり軸受ところがり軸受とに分けられ、さらに設置方向によりそれぞれ立形と横形に分類されるが、いずれも振動系としては類似のものであり、基本的な評価の考え方は全機種に共通なものとなる。



別紙 2-2-1 図 電動機（横形ころがり軸受）の構造概要図

3. 電動機の基本評価項目

3.1 J E A G 4 6 0 1 に基づく基本評価項目

J E A G 4 6 0 1 において基本評価項目として定義されている評価部位は以下のとおりである。

○部品の健全性

- ・固定子
- ・回転子
- ・端子箱

○回転機能の健全性

- ・軸
- ・軸受
- ・固定子と回転子間のクリアランス

○各要素及び全体支持機能の健全性

- ・モータフレーム
- ・台板への取付ボルト
- ・基礎ボルト

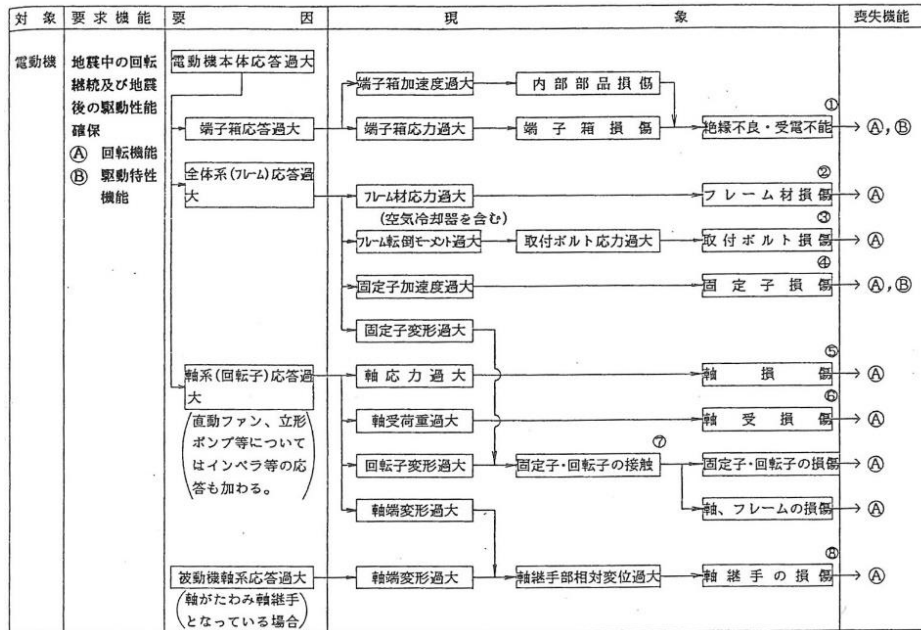
○冷却ファン，クーラユニットの健全性

なお，上記の部位のうち，「固定子，回転子，端子箱，固定子と回転子間のクリアランス，モータフレーム，冷却ファン及びクーラユニットの健全性」については，「既往研究成果として十分な耐震性が確認されており，以下に述べる標準的な評価手順では評価項目から省略することができる。」とされている。

3.2 耐特委で検討された基本評価項目

(1) 地震時異常要因分析

耐特委報告書における電動機の地震時異常要因分析結果を別紙 2-2-2 図に示す。



別紙 2-2-2 図 電動機の地震時異常要因分析図 (耐特委報告書)

(2) 基本評価項目の検討

耐特委報告書においては、地震時異常要因分析図に基づき、①～⑩の基本評価項目が抽出されており、これらの基本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おり、機能確認済加速度を超える地震加速度レベルにおいても、これら①～⑩の基本評価項目について、全て評価基準値以下に収まっていれば、動的機能は維持できると考えられる。全ての基本評価項目の中で、一つでも評価基準値を超えれば、当該機器は機能維持評価用加速度における動的機能が維持できないものとする。なお、各評価結果が概ね弾性域内にとどまっていれば、各異常要因が複合し、新たな損傷モードが発生することはないと考えられる。

本項では、上記考え方に基づき、各基本評価項目における機能喪失に至る現象について記述する。

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*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。

注記*：対象設備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(モータフレーム)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モータフレーム材の応力が過大となりモータ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・回転子の健全性

全体系（モータフレーム）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（ポンプ等）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機能が喪失する。

4. 電動機の「詳細検討」方針

J E A G 4 6 0 1 及び耐特委の内容を踏まえた、島根原子力発電所第2号機の電動機の動的機能維持評価に係る「詳細検討」方針について別紙2-2-2表に示す。別紙2-2-2表に示すとおり、基本評価項目に対して耐震評価を実施し動的機能の健全性確認を実施する。なお、J E A G 4 6 0 1 の基本評価項目に対する耐震評価結果は本資料及び添付書類に記載し、耐特委のみの基本評価項目に対する耐震評価結果は本資料にのみ記載する。

別紙 2-2-2 表 電動機の動的機能維持評価に係る「詳細検討」方針

No.	基本評価項目	J E A G 4 6 0 1 の 基本評価項目	耐特委の 基本評価 項目	検討方針	記載 箇所*1
1	端子箱 (取付ボルト)	○	○	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、端子箱は締結されたケーブルを囲う箱であり、内部部品はないことから、端子箱取付ボルトの発生応力を評価する。*2, 3	②
2	モータフレーム	○	○	モータフレームは固定子及び軸受を支持する構造物であり、地震時にはこれら構成部材に作用する地震荷重によりモータフレームに有意な荷重が作用することから、モータフレームの発生応力を評価する。*2	②
3	固定子	○	○	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喪失に関わるため、固定子の発生応力を評価する。*2	②
4	軸 (回転子)	○	○	回転機能保持の観点から、軸 (回転子) の発生応力を評価する。*2	②
5	軸受	○	○	回転機能保持の観点から、軸受の発生荷重を評価する。*2	②
6	固定子と 回転子間の クリアランス	○	○	全体系 (モータフレーム) 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、回転機能喪失に関わるため、回転子のたわみを評価する。*2	②
7	軸継手	—	○	軸継手は被駆動機軸と電動機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、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、軸継手の評価を省略する。	—
8	取付ボルト、 基礎ボルト	○	○	取付ボルト及び基礎ボルトは構造強度評価対象として添付書類*2で健全性を確認していることから、動的機能維持評価対象としての添付書類*2への記載を省略する。	— (構造強度 評価対象)
9	冷却ファン、 クーラユニット の健全性	○	—	島根 2 号機で対象としている電動機には、空気冷却器が構造上存在しないため、評価対象外とする。	—

注記*1:本資料のみ記載の場合「①」、本資料及び添付書類*2に記載の場合「②」、省略の場合を「—」で示す。

*2:添付書類「VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却ポンプの耐震性についての計算書」、「VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算書」、「VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書」、「VI-2-9-4-5-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書」及び「VI-2-10-1-2-1-6 非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプの耐震性についての計算書」にそれぞれ記載

*3:可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ用原動機の端子箱は軽量であり、当該機器にかかる荷重は原動機取付ボルトで代表されることから、評価対象外とする。

5. 電動機の評価基準値の設定

電動機の動的機能維持評価の「詳細検討」内容に対する評価基準値を別紙2-2-3表に示す。

電動機の「詳細検討」対象設備に対する基本評価項目が評価基準値以下となることを確認することで、「詳細検討」対象設備の動的機能維持が確保されると判断する。

別紙2-2-3表 電動機（横形ころがり軸受）の評価基準値

No.	基本評価項目	評価基準値の設定
1	端子箱（取付ボルト）	絶縁及び受電機能の確保の観点から、端子箱全体の振動特性に影響を与えるような有意な変形を伴わない（局所的に塑性化しても、全体としては弾性挙動となるような）許容応力状態Ⅳ _{AS} の許容応力を評価基準値とした。
2	モータフレーム	支持機能確保の観点から、回転機能又は機器全体の振動特性に影響を与えるような有意な変形を伴わない（局所的に塑性化しても、全体としては弾性挙動となるような）許容応力状態Ⅳ _{AS} の許容応力を評価基準値とした。
3	固定子	固定子の機能維持の観点から、固定子の発生応力を弾性範囲内にとどめるよう許容応力状態Ⅲ _{AS} の許容応力を評価基準値とした。
4	軸（回転子）	回転機能の確保の観点から、軸（回転子）の発生応力を弾性範囲内にとどめるよう許容応力状態Ⅲ _{AS} の許容応力を評価基準値とした。
5	軸受	軸受の機能維持の観点から、メーカー規定の軸受許容荷重を評価基準値とした。
6	固定子と回転子間のクリアランス	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、これらのクリアランスを評価基準値とした。

6. 電動機の「詳細検討」結果

電動機の動的機能維持評価の「詳細検討」対象設備に対する「詳細検討」結果を別紙2-2-4表～別紙2-2-7表に示す。

「詳細検討」対象設備である各電動機に対する「詳細検討」結果は、全ての評価部位の発生値が評価基準値を満足しており、「詳細検討」対象設備である各電動機の動的機能維持が確保されることを確認した。

なお、各電動機の動的機能維持評価の詳細については、添付書類「VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却ポンプの耐震性についての計算書」、**「VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算書」**、「VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書」、**「VI-2-9-4-5-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書」**及び**「VI-2-10-1-2-1-6 非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプの耐震性についての計算書」**に示す。

別紙 2-2-4 表 燃料プールの冷却ポンプ用原動機 「詳細検討」 結果 (1/3)

評価部位	項目	応力分類	算出式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
端子箱 (取付ボルト)	応力 (MPa)	引張応力	$\sigma_t = \frac{F_t}{A_t}$ σ_t : 端子箱取付ボルトに発生する引張応力 (MPa) F_t : 端子箱取付ボルト 1 本当たりの引張力 (N) A_t : 端子箱取付ボルトの断面積 (mm ²)	12 (MPa)	174 (MPa)	○
	応力 (MPa)	せん断応力	$\tau_t = \frac{Q_t}{n_t \cdot A_t}$ τ_t : 端子箱取付ボルトに発生するせん断応力 (MPa) Q_t : 端子箱取付ボルトのせん断力 (N) n_t : 端子箱取付ボルトの本数 (-) A_t : 端子箱取付ボルトの断面積 (mm ²)	2 (MPa)	134 (MPa)	○
モータフレーム	応力 (MPa)	組合せ応力	$\sigma_{mf} = \sqrt{(\sigma_{mf1} + \sigma_{mf2} + \sigma_{mf3})^2 + 3 \cdot \tau_{mf1}^2}$ σ_{mf} : モータフレームに生じる組合せ応力 (MPa) σ_{mf1} : 水平方向の荷重による曲げ応力 (圧縮) (MPa) σ_{mf2} : 自重及び鉛直方向の荷重による圧縮応力 (MPa) σ_{mf3} : 原動機回転により作用するモーメントによる圧縮応力 (MPa) τ_{mf1} : 水平方向の荷重によるせん断応力 (MPa)	7 (MPa)	232 (MPa)	○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4, *5で評価する。設計用震度「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

燃料プールの冷却ポンプは、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2: 引張、曲げ及びねじり応力の組合せ応力として評価する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却ポンプの耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度 II (基準地震動 Ss) を上回る設計震度 [水平: 2.63, 鉛直: 2.08]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-4 表 燃料プールの冷却ポンプ用原動機 「詳細検討」 結果 (2/3)

評価部位	項目	応力分類	算出式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
固定子	応力 (MPa)	せん断応力	$\tau_K = \frac{F_K}{A_k}$ τ_K : キーに発生するせん断応力 (MPa) F_K : キーに発生する荷重の合計 (N) A_k : キーの断面積 (mm ²)	7 (MPa)	104 (MPa)	○
軸 (回転子) *2	応力 (MPa)	組合せ応力	$\sigma_{ms} = \sqrt{\sigma_{ms1}^2 + 3 \cdot \tau_{mms}^2}$ σ_{ms} : 軸 (回転子) に生じる組合せ応力 (MPa) σ_{ms1} : 軸 (回転子) に生じる引張応力及び曲げ応力 (MPa) τ_{mms} : 原動機の回転モーメントにより発生するねじり応力 (MPa)	177 (MPa)	265 (MPa)	○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4, *5で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

燃料プールの冷却ポンプは、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2: 引張, 曲げ及びねじり応力の組合せ応力として評価する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却ポンプの耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平: 2.63, 鉛直: 2.08]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-4 表 燃料プールの冷却ポンプ用原動機 「詳細検討」 結果 (3/3)

評価部位	項目	評価対象	算式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
軸受*1	軸継手側	—	$F_{B1}' = \text{Max} (0.6 \cdot F_{B1} + 0.5 \cdot Q_B, F_{B1})$ F_{B1}' : 軸継手側軸受の静等価荷重 (N) F_{B1} : 軸継手側軸受のラジアル荷重 (N) Q_B : スラスト荷重 (N)	1.090×10^4 (N)		○
	反軸継手側	—	$F_{B2}' = \text{Max} (0.6 \cdot F_{B2} + 0.5 \cdot Q_B, F_{B2})$ F_{B2}' : 反軸継手側軸受の静等価荷重 (N) F_{B2} : 反軸継手側軸受のラジアル荷重 (N) Q_B : スラスト荷重 (N)	1.090×10^4 (N)		○
固定子と回転子間のクリアランス	変位 (mm)	—	$y = \frac{F_{ms} \cdot \ell_{ms1} \cdot (L_B^2 - \ell_{ms1}^2)^{3/2}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E_{ms} \cdot I_{ms} \cdot L_B}$ y : 軸 (回転子) の変位量 (mm) F_{ms} : 軸 (回転子) 質量によるラジアル荷重 (N) ℓ_{ms1} : 反軸継手側軸受から軸受間距離の 1/2 までの距離 (mm) L_B : 軸受間の距離 (mm) E_{ms} : 軸の縦弾性係数 (MPa) I_{ms} : 軸 (回転子) の断面二次モーメント (mm ⁴)	1.77 (mm)		○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4, *5で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

燃料プールの冷却ポンプは、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。
 注記*1: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2: 引張, 曲げ及びびねり応力の組合せ応力として評価する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却ポンプの耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度 II (基準地震動 Ss) を上回る設計震度 [水平 : 2.63, 鉛直 : 2.08]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-5 表 ほう酸水注入ポンプ用原動機 「詳細検討」 結果 (1/3)

評価部位	項目	応力分類	算出式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
端子箱 (取付ボルト)	応力 (MPa)	引張応力	$\sigma_{bt} = \frac{F_{bt}}{A_{bt}}$ σ_{bt} : 端子箱取付ボルトに生じる引張応力 (MPa) F_{bt} : 端子箱取付ボルトに生じる引張力 (1本当たり) (N) A_{bt} : 端子箱取付ボルトの断面積 (mm ²)	4 (MPa)		○
	応力 (MPa)	せん断応力	$\tau_{bt} = \frac{Q_{bt}}{(n_{bt} \cdot A_{bt})}$ τ_{bt} : 端子箱取付ボルトに生じるせん断応力 (MPa) Q_{bt} : 端子箱取付ボルトに生じるせん断力 (N) n_{bt} : 端子箱取付ボルトの本数 (-) A_{bt} : 端子箱取付ボルトの断面積 (mm ²)	2 (MPa)		○
モータフレーム	応力 (MPa)	組合せ応力	$\sigma_F = \sqrt{(\sigma_{F1} + \sigma_{F2} + \sigma_{F3})^2 + 3 \cdot \tau_F^2}$ σ_F : モータフレームに生じる組合せ応力 (MPa) σ_{F1} : モータフレームに生じる曲げ応力 (MPa) σ_{F2} : モータフレームに生じる圧縮応力 (MPa) σ_{F3} : 原動機回転により作用するモーメントによる圧縮応力 (MPa) τ_F : モータフレームに生じるせん断応力 (MPa)	9 (MPa)		○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4, *5で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

ほう酸水注入ポンプは、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。
 注記*1: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2: 引張、曲げ及びびねり応力の組合せ応力として評価する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度 II (基準地震動 Ss) を上回る設計震度 [水平: 3.2, 鉛直: 2.0]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-5 表 ほう酸水注入ポンプ用原動機 「詳細検討」 結果 (2/3)

評価部位	項目	応力分類	算出式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
固定子	応力 (MPa)	せん断応力	$\tau_K = \frac{F_K}{(t_K \cdot l_K)}$ $\tau_K: \text{キーに生じるせん断応力 (MPa)}$ $F_K: \text{キーに生じるせん断力 (N)}$ $t_K: \text{キーの厚さ (mm)}$ $l_K: \text{キーと固定子の接触長さ (mm)}$	5 (MPa)		○
軸 (回転子) *2	応力 (MPa)	組合せ応力	$\sigma_S = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$ $\sigma_S: \text{軸 (回転子) に生じる組合せ応力 (MPa)}$ $\sigma_b: \text{軸 (回転子) に生じる引張応力及び曲げ応力 (MPa)}$ $\tau_t: \text{軸 (回転子) に生じるねじり応力 (MPa)}$	18 (MPa)		○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4, *5で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

ほう酸水注入ポンプは、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2: 引張、曲げ及びねじり応力の組合せ応力として評価する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度 [水平: 3.2, 鉛直: 2.0]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-5 表 ほう酸水注入ポンプ用原動機 「詳細検討」 結果 (3/3)

評価部位	項目	評価対象	算出式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
軸受*1	軸継手側 荷重 (N)	—	$F_{B1} = \max(X_{01} \cdot F_R + Y_{01} \cdot Q_B, F_R)$ $F_{B1} : \text{軸継手側軸受に生じる静等価荷重 (N)}$ $X_{01} : \text{軸継手側軸受の静ラジアル荷重係数 (-)}$ $F_R : \text{軸 (回転子) 及び軸継手に生じるラジアル荷重 (N)}$ $Y_{01} : \text{軸継手側軸受の静アシリアル荷重係数 (-)}$ $Q_B : \text{軸 (回転子) 及び軸継手に生じるスラスト荷重 (N)}$	5.579×10^3 (N)		○
	反軸継手側 荷重 (N)	—	$F_{B2} = \max(X_{02} \cdot F_R + Y_{02} \cdot Q_B, F_R)$ $F_{B2} : \text{反軸継手側軸受に生じる静等価荷重 (N)}$ $X_{02} : \text{反軸継手側軸受の静ラジアル荷重係数 (-)}$ $F_R : \text{軸 (回転子) 及び軸継手に生じるラジアル荷重 (N)}$ $Y_{02} : \text{反軸継手側軸受の静アシリアル荷重係数 (-)}$ $Q_B : \text{軸 (回転子) 及び軸継手に生じるスラスト荷重 (N)}$	5.579×10^3 (N)		○
固定子と回転子間の クリアランス	変位 (mm)	—	$y = \frac{F_R \cdot \ell_{r,c} \cdot (\ell_{b,L}^2 - \ell_{r,c}^2)^{3/2}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot \ell_{b,L}}$ $y : \text{軸 (回転子) の変位量 (mm)}$ $F_R : \text{軸 (回転子) 及び軸継手に生じるラジアル荷重 (N)}$ $\ell_{r,c} : \text{軸受間の距離の 1/2 (mm)}$ $\ell_{b,L} : \text{軸受間の距離 (mm)}$ $E : \text{軸 (回転子) の縦弾性係数 (MPa)}$ $I : \text{軸 (回転子) の断面二次モーメント (mm}^4\text{)}$	0.06 (mm)		○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4, *5で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

ほう酸水注入ポンプは、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。
 注記*1: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2: 引張、曲げ及びねじり応力の組合せ応力として評価する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度 II (基準地震動 Ss) を上回る設計震度 [水平: 3.2, 鉛直: 2.0]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-6 表 非常用ガス処理系排風機用原動機 「詳細検討」 結果 (1/3)

評価部位	項目	応力分類	算出式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
端子箱 (取付ボルト)	応力 (MPa)	引張応力	$\sigma_{bt} = \frac{F_{bt}}{A_{bt}}$ σ_{bt} : 端子箱取付ボルトに生じる引張応力 (MPa) F_{bt} : 端子箱取付ボルトに生じる引張力 (1本当たり) (N) A_{bt} : 端子箱取付ボルトの断面積 (mm ²)	2 (MPa)		○
	応力 (MPa)	せん断応力	$\tau_{bt} = \frac{Q_{bt}}{(n_{bt} \cdot A_{bt})}$ τ_{bt} : 端子箱取付ボルトに生じるせん断応力 (MPa) Q_{bt} : 端子箱取付ボルトに生じるせん断力 (N) n_{bt} : 端子箱取付ボルトの本数 (-) A_{bt} : 端子箱取付ボルトの断面積 (mm ²)	1 (MPa)		○
モータフレーム	応力 (MPa)	組合せ応力	$\sigma_F = \sqrt{(\sigma_{F1} + \sigma_{F2} + \sigma_{F3})^2 + 3 \cdot \tau_F^2}$ σ_F : モータフレームに生じる組合せ応力 (MPa) σ_{F1} : モータフレームに生じる曲げ応力 (MPa) σ_{F2} : モータフレームに生じる圧縮応力 (MPa) σ_{F3} : 原動機回転により作用するモーメントによる圧縮応力 (MPa) τ_F : モータフレームに生じるせん断応力 (MPa)	6 (MPa)		○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4, *5で評価する。設計書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

非常用ガス処理系排風機は、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2: 引張、曲げ及びびねり応力の組合せ応力として評価する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 Ss) を上回る設計震度 [水平: 2.26, 鉛直: 2.51]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-6 表 非常用ガス処理系排風機用原動機 「詳細検討」 結果 (2/3)

評価部位	項目	応力分類	算出式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
固定子	応力 (MPa)	せん断応力	$\tau_K = \frac{F_K}{(t_K \cdot \ell_K)}$ τ_K : キーに生じるせん断応力 (MPa) F_K : キーに生じるせん断力 (N) t_K : キーの厚さ (mm) ℓ_K : キーと固定子の接触長さ (mm)	2 (MPa)		○
軸 (回転子) *2	応力 (MPa)	組合せ応力	$\sigma_s = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$ σ_s : 軸 (回転子) に生じる組合せ応力 (MPa) σ_b : 軸 (回転子) に生じる引張応力及び曲げ応力 (MPa) τ_t : 軸 (回転子) に生じるねじり応力 (MPa)	18 (MPa)		○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4、*5で評価する。設計用震度「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

非常用ガス処理系排風機は、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2: 引張、曲げ及びねじり応力の組合せ応力として評価する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平: 2.26, 鉛直: 2.51]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-6 表 非常用ガス処理系排風機用原動機 「詳細検討」 結果 (3/3)

評価部位	項目	評価対象	算式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
軸受*1	軸継手側	—	$F_{B1} = \max(X_{01} \cdot F_R + Y_{01} \cdot Q_B, F_R)$ $F_{B1} : \text{軸継手側軸受に生じる静等価荷重 (N)}$ $X_{01} : \text{軸継手側軸受の静ラジアル荷重係数 (-)}$ $F_R : \text{軸 (回転子) に生じるラジアル荷重 (N)}$ $Y_{01} : \text{軸継手側軸受の静アキシアル荷重係数 (-)}$ $Q_B : \text{軸 (回転子) に生じるスラスト荷重 (N)}$	2.851×10 ³ (N)		○
	反軸継手側	—	$F_{B2} = \max(X_{02} \cdot F_R + Y_{02} \cdot Q_B, F_R)$ $F_{B2} : \text{反軸継手側軸受に生じる静等価荷重 (N)}$ $X_{02} : \text{反軸継手側軸受の静ラジアル荷重係数 (-)}$ $F_R : \text{軸 (回転子) に生じるラジアル荷重 (N)}$ $Y_{02} : \text{反軸継手側軸受の静アキシアル荷重係数 (-)}$ $Q_B : \text{軸 (回転子) に生じるスラスト荷重 (N)}$	2.851×10 ³ (N)		○
固定子と回転子間のクリアランス	変位 (mm)	—	$y = \frac{F_R \cdot \ell_{r,c} \cdot (\ell_{b,L}^2 - \ell_{r,c}^2)^{3/2}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot \ell_{b,L}}$ $y : \text{軸 (回転子) の変位量 (mm)}$ $F_R : \text{軸 (回転子) に生じるラジアル荷重 (N)}$ $\ell_{r,c} : \text{軸受間の距離の 1/2 (mm)}$ $\ell_{b,L} : \text{軸受間の距離 (mm)}$ $E : \text{軸 (回転子) の縦弾性係数 (MPa)}$ $I : \text{軸 (回転子) の断面二次モーメント (mm4)}$	0.06 (mm)		○

注:動的機能維持評価における設計震度*4、*5で評価する。設計用震度「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

非常用ガス処理系排風機は、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1:軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2:引張、曲げ及びびねり応力の組合せ応力として評価する。

*3:算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書」に記載する。

*4:設計用震度Ⅱ (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平 : 2.26, 鉛直 : 2.51]

*5:最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-7 表 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロフ用原動機 「詳細検討」 結果 (1/3)

評価部位	項目	応力分類	算出式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
モータフレーム	応力 (MPa)	組合せ応力	$\sigma_F = \sqrt{(\sigma_{F1} + \sigma_{F2} + \sigma_{F3})^2 + 3 \cdot \tau_F^2}$ $\sigma_F: \text{モータフレームに生じる組合せ応力 (MPa)}$ $\sigma_{F1}: \text{モータフレームに生じる曲げ応力 (MPa)}$ $\sigma_{F2}: \text{モータフレームに生じる圧縮応力 (MPa)}$ $\sigma_{F3}: \text{原動機回転により作用するモーメントによる圧縮応力 (MPa)}$ $\tau_F: \text{モータフレームに生じるせん断応力 (MPa)}$	8 (MPa)		○
固定子	応力 (MPa)	せん断応力	$\tau_K = \frac{F_K}{(t_K \cdot L_K)}$ $\tau_K: \text{キーに生じるせん断応力 (MPa)}$ $F_K: \text{キーに生じるせん断力 (N)}$ $t_K: \text{キーの厚さ (mm)}$ $L_K: \text{キーと固定子の接触長さ (mm)}$	2 (MPa)		○
軸 (回転子) *2	応力 (MPa)	組合せ応力	$\sigma_S = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$ $\sigma_S: \text{軸 (回転子) に生じる組合せ応力 (MPa)}$ $\sigma_b: \text{軸 (回転子) に生じる引張応力及び曲げ応力 (MPa)}$ $\tau_t: \text{軸 (回転子) に生じるねじり応力 (MPa)}$	21 (MPa)		○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4、*5で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロフは、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2: 引張、曲げ及びねじり応力の組合せ応力として評価する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平: 2.26, 鉛直: 2.69]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-7 表 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロフ用原動機 「詳細検討」 結果 (2/3)

評価部位	項目	評価対象	算出式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
軸受*1	負荷側	—	$F_{B1} = \max(X_{01} \cdot F_R + Y_{01} \cdot Q_B, F_R)$ $F_{B1} : \text{負荷側軸受に生じる静等価荷重 (N)}$ $X_{01} : \text{負荷側軸受の静ラジアル荷重係数 (-)}$ $F_R : \text{軸 (回転子) に生じるラジアル荷重 (N)}$ $Y_{01} : \text{負荷側軸受の静アキシアル荷重係数 (-)}$ $Q_B : \text{軸 (回転子) に生じるスラスト荷重 (N)}$	3.459 × 10 ³ (N)		○
	反負荷側	—	$F_{B2} = \max(X_{02} \cdot F_R + Y_{02} \cdot Q_B, F_R)$ $F_{B2} : \text{反負荷側軸受に生じる静等価荷重 (N)}$ $X_{02} : \text{反負荷側軸受の静ラジアル荷重係数 (-)}$ $F_R : \text{軸 (回転子) に生じるラジアル荷重 (N)}$ $Y_{02} : \text{反負荷側軸受の静アキシアル荷重係数 (-)}$ $Q_B : \text{軸 (回転子) に生じるスラスト荷重 (N)}$	3.459 × 10 ³ (N)		○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4、*5で評価する。設計用震度「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロフは、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2: 引張、曲げ及びねじり応力の組合せ応力として評価する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平 : 2.26, 鉛直 : 2.69]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-7 表 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロフ用原動機 「詳細検討」 結果 (3/3)

評価部位	項目	評価対象	算出式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
固定子と回転子間のクリアランス	変位 (mm)	—	$y = \frac{F_R \cdot \ell_{r,c} \cdot (\ell_{b,L}^2 - \ell_{r,c}^2)^{3/2}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E_s \cdot I \cdot \ell_{b,L}}$ <p> y : 軸 (回転子) の変位量 (mm) F_R : 軸 (回転子) に生じるラジアル荷重 (N) ℓ_{r,c} : 軸受間の距離の 1/2 (mm) ℓ_{b,L} : 軸受間の距離 (mm) E_s : 軸 (回転子) の縦弾性係数 (MPa) I : 軸 (回転子) の断面二次モーメント (mm⁴) </p>	0.07 (mm)		○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4、*5で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロフは、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*2: 引張, 曲げ及びねじり応力の組合せ応力として評価する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度 [水平 : 2.26, 鉛直 : 2.69]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-2-8 表 非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプ用原動機 「詳細検討」 結果

評価部位	項目	評価対象	算出式	発生値	評価基準値	評価
端子箱 (取付ボルト)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)
	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)
モータフレーム	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)
固定子	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)
軸 (回転子)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)
	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)
軸受	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)
	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)
固定子と回転子間のクリアランス	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)
	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)	(追而)

ファンの「詳細検討」

1. 「詳細検討」対象設備

機能確認済加速度との比較による動的機能維持評価の結果、ファンの機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超える設備は、別紙 2-3-1 表のとおり。

別紙 2-3-1 表 機能確認済加速度との比較による評価結果

設備名称	形式	方向	機能維持評価用 加速度*1	機能確認済 加速度*1	超過の 有無*2
非常用ガス処理系排風機	遠心直結型	水平方向	2.26	2.3	○
		鉛直方向	2.51	1.0	×
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ	遠心直動型	水平方向	2.26	2.6	○
		鉛直方向	2.69	1.0	×

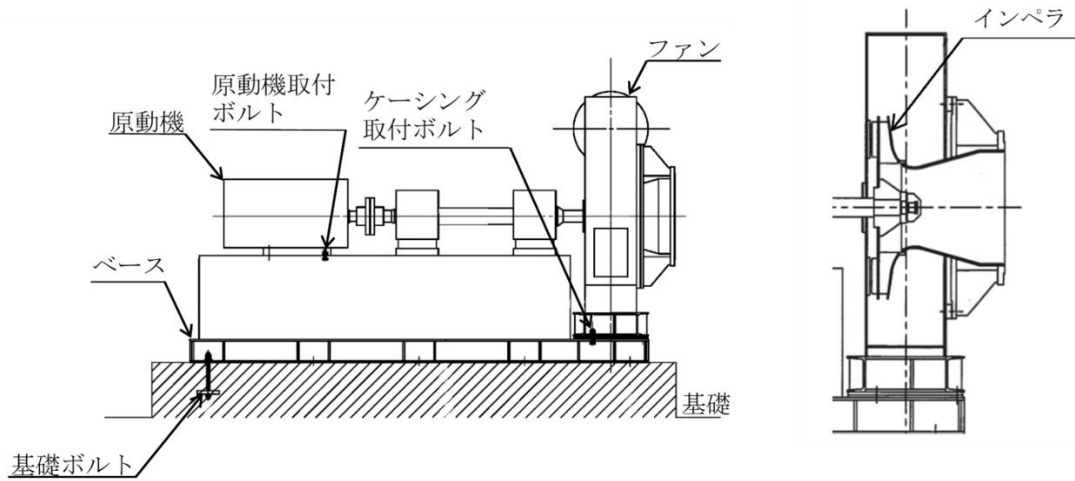
注記*1:加速度の単位: $\times 9.8\text{m/s}^2$

*2:機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過しない場合を「○」、超過した場合は「×」で示す。

2. ファンの構造概要

原子力発電所で用いられているファンには、遠心式ファン及び軸流式ファンがあり、遠心式ファンは軸振動系の違いから直結型及び直動型に分類される。「詳細検討」が必要となった遠心式ファンの構造概要を別紙 2-3-1 図及び別紙 2-3-2 図に示す。遠心直結型ファンは、電動機とインペラ（羽根車）が水平に伸びた軸により連結され、中間を 2 つの軸受で支持する構造となっている。遠心直動型ファンは、インペラが電動機回転軸端に直接取り付けられており、電動機の軸受で荷重及びモーメントを支持する構造となっている。

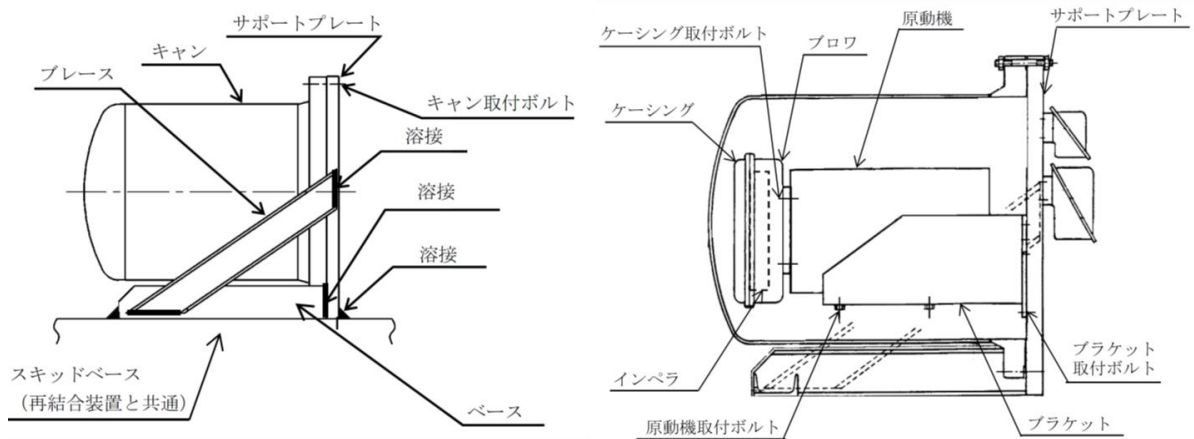
以上のようにファンは分類されるが、いずれも振動性上大きく逸脱するものではないため、基本的な評価の考え方は共通なものとなる。



(全体図)

(ケーシング断面図)

別紙 2-3-1 図 ファン（遠心直結型）の構造概要図
 (非常用ガス処理系排風機)



(全体図)

(キャン内部構造図)

別紙 2-3-2 図 ファン（遠心直動型）の構造概要図
 (可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ)

3. ファンの基本評価項目

3.1 J E A G 4 6 0 1に基づく基本評価項目

J E A G 4 6 0 1において基本評価項目として定義されている評価部位は以下のとおりである。

○回転機能の健全性

- ・ 軸
- ・ 軸受
- ・ インペラとファンケーシング間のクリアランス

○静圧の確保及び密閉機能の健全性

- ・ ファンケーシング
- ・ 軸シール

○各要素及び全体支持機能の健全性

- ・ 軸系架台
- ・ ファンケーシング固定ボルト
- ・ 電動機固定ボルト
- ・ 基礎ボルト

○駆動用電動機の健全性

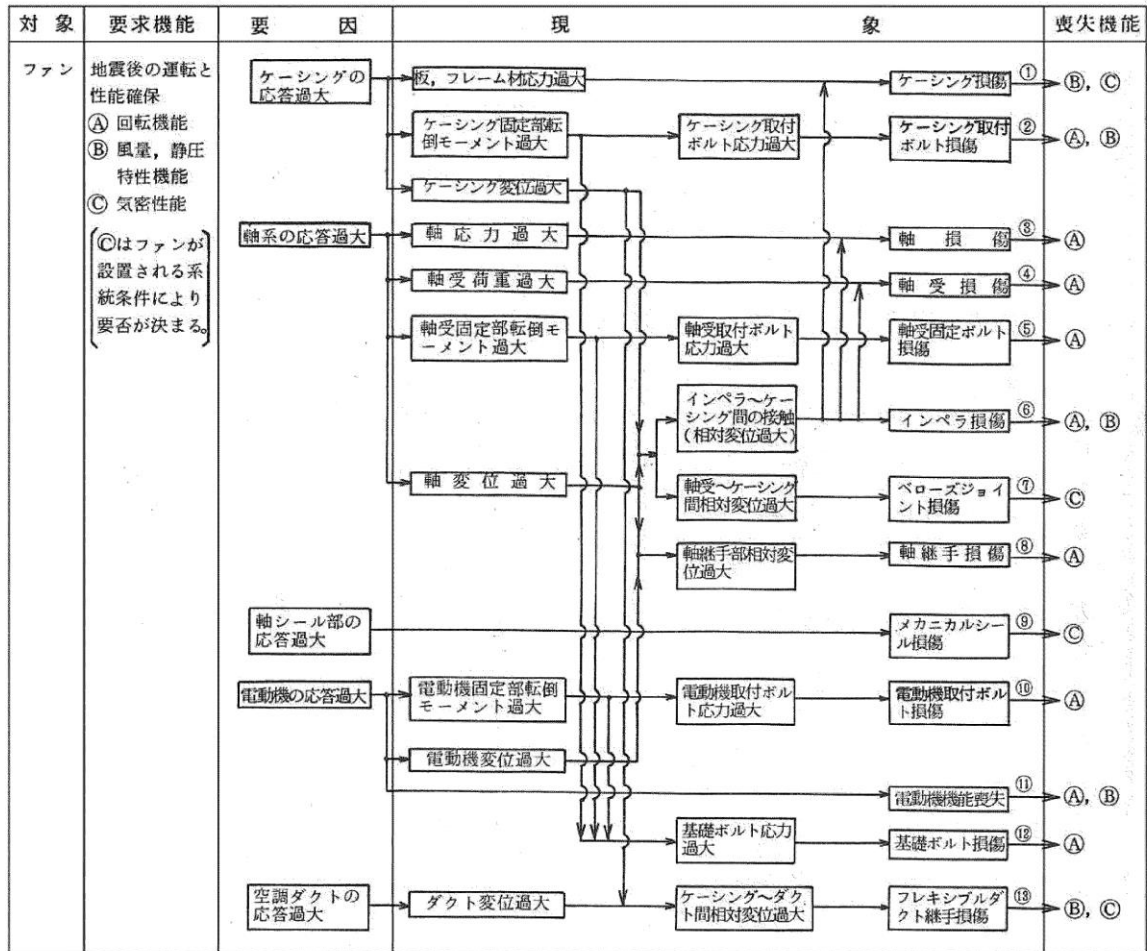
なお、上記の部位のうち、「解析等で剛であることが確認されたものや、軸流ファンのように形式的に剛であることが明白であるものについては適宜評価項目を省略することができる。」とされている。

3.2 耐特委で検討された基本評価項目

(1) 地震時異常要因分析

耐特委報告書におけるファンの地震時異常要因分析結果を別紙 2-3-3 図に示す。

なお、耐特委報告書では、ファンを構造面から遠心直結型、遠心直動型及び軸流式の 3 タイプに分類した上で、各タイプの構成要素を全て含んだメカニカルシール付遠心直結型ファンを代表として分析し、基本評価項目を抽出している。



別紙 2-3-3 図 ファンの地震時異常要因分析図 (耐特委報告書)

(2) 基本評価項目の検討

耐特委報告書においては、地震時異常要因分析図に基づき、①~⑬の基本評価項目が抽出されており、これらの基本評価項目について評価することで、回転機能、風量、静圧特性機能及び気密性能が確認できるとされており、機能確認済加速度を超える地震加速度レベルにおいても、これら①~⑬の基本評価項目について、全て評価基準値以下に収まっていれば、動的機能は維持できると考えられる。全ての基本評価項目の中で、一つでも評価基準値を超えれば、当該機器は機能維持評価用加速度における動的機能が維持できないものとする。なお、各評価結果が概ね弾性域内にとどまっていれば、各異常要因が複合し、新たな損傷モードが発生することはないと考えられる。

本項では、上記考え方に基づき、各基本評価項目における機能喪失に至る現象について (a) に遠心直結型ファンを、(b) に遠心直動型ファンを個別に記述する。

(a) 遠心直結型ファンの基本評価項目の検討

別紙 2-3-3 図の各基本評価項目における非常用ガス処理系排風機が機能喪失に至る現象について以下に示す。

①ケーシングの健全性

ケーシングの応答が過大となることにより、ケーシング材の応力が過大となり損傷に至ることで、風量、静圧特性機能及び気密性能が喪失する。

②ケーシング取付ボルトの健全性

ケーシングの応答が過大となることで、ケーシング固定部の転倒モーメントが過大となることから、ケーシング取付ボルトの応力が過大となり損傷に至ることで、ケーシングが転倒することにより回転機能、風量及び静圧特性機能が喪失する。

③軸の健全性

軸系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。

④軸受の健全性

軸系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により軸の回転が阻害され、回転機能が喪失する。

⑤軸受固定ボルトの健全性

軸系の応答が過大となることで軸受固定ボルトの応力が過大となり損傷に至ることで、回転機能が喪失する。

⑥インペラとケーシングとのクリアランスの健全性

ケーシングの応答が過大となることで、ケーシング変位及び軸変位が過大になることからインペラ-ケーシング間の接触が発生し、インペラが損傷に至ることにより回転機能、風量及び静圧特性機能が喪失する。

⑦ベローズジョイントの健全性

ケーシング及び軸系の応答が過大となることにより、軸受-ケーシング間に過大な相対変位が生じることでベローズジョイントが損傷に至り、気密性能が喪失する。

⑧軸継手の健全性

ファンの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回転機能が喪失する。

⑨メカニカルシールの健全性

軸シール部の応答が過大となることにより、メカニカルシールが損傷に至ることで、気密性能が喪失する。

⑩電動機取付ボルトの健全性

電動機の応答が過大となることで、電動機固定部の転倒モーメントが過大となることから、電動機取付ボルトの応力が過大となり損傷に至ることで、電動機が転倒することにより回転機能が喪失する。

⑪電動機の健全性

電動機の応答が過大となり、電動機の機能が喪失することで回転機能、風量及び静圧特性機能が喪失する。

⑫基礎ボルトの健全性

ケーシング、軸系及び電動機の応答が過大となることで、ファン固定部の転倒モーメントが過大となることから、基礎ボルトの応力が過大となり損傷に至ることで、全体系が転倒することにより回転機能が喪失する。

⑬フレキシブルダクト継手の健全性

ケーシング及び空調ダクトの応答が過大となることにより、ケーシングダクト間に過大な相対変位が生じることでフレキシブルダクト継手が損傷に至り、風量、静圧特性機能及び気密性能が喪失する。

(b) 遠心直動型ファンの基本評価項目の検討

別紙 2-3-3 図の各基本評価項目における可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワが機能喪失に至る現象について以下に示す。

① ケーシングの健全性

ケーシングの応答が過大となることにより、ケーシング材の応力が過大となり損傷に至ることで、風量、静圧特性機能及び気密性能が喪失する。

② ケーシング取付ボルトの健全性

ケーシングの応答が過大となることで、ケーシング固定部の転倒モーメントが過大となることから、ケーシング取付ボルトの応力が過大となり損傷に至ることで、ケーシングが転倒することにより回転機能、風量及び静圧特性機能が喪失する。

③軸の健全性

軸系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。

④軸受の健全性

軸系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により軸の回転が阻害され、回転機能が喪失する。

⑤軸受固定ボルトの健全性

軸受固定ボルトは遠心直動型ファンの構成部材にはないため、評価対象外とする。

⑥インペラとケーシングとのクリアランスの健全性

ケーシングの応答が過大となることで、ケーシング変位及び軸変位が過大になることからインペラ-ケーシング間の接触が発生し、インペラが損傷に至ることにより回転機能、風量、静圧特性機能が喪失する。

⑦ベローズジョイントの健全性

ベローズジョイント軸継手は遠心直動型ファンの構成部材にはないため、評価対象外とする。

⑧軸継手の健全性

軸継手は遠心直動型ファンの構成部材にはないため、評価対象外とする。

⑨メカニカルシールの健全性

メカニカルシールは遠心直動型ファンの構成部材にはないため、評価対象外とする。

⑩電動機取付ボルトの健全性

電動機の応答が過大となることで、電動機固定部の転倒モーメントが過大となることから、電動機取付ボルトの応力が過大となり損傷に至ることで、電動機が転倒することにより回転機能が喪失する。

⑪電動機本体の健全性

電動機の応答が過大となり、電動機の機能が喪失することで回転機能、風量及び静圧特性機能が喪失する。

⑫基礎ボルトの健全性

ケーシング、軸系及び電動機の応答が過大となることで、ファン固定部の転倒モーメントが過大となることから、基礎ボルトの応力が過大となり損傷に至ることで、全体系が転倒することにより回転機能が喪失する。

⑬フレキシブルダクト継手の健全性

ケーシング及び空調ダクトの応答が過大となることにより、ケーシング-ダクト間に過大な相対変位が生じることでフレキシブルダクト継手が損傷に至り、風量、静圧特性機能及び気密性能が喪失する。

4. ファンの「詳細検討」方針

J E A G 4 6 0 1 及び耐特委の内容を踏まえた、島根原子力発電所第2号機の電動機の動的機能維持評価に係る「詳細検討」方針について別紙2-3-2-1表及び別紙2-3-2-2表に示す。別紙2-3-2-1表及び別紙2-3-2-2表に示す基本評価項目に対して耐震評価を実施し動的機能の健全性確認を実施する。なお、J E A G 4 6 0 1の基本評価項目に対する耐震評価結果は本資料及び添付書類に記載し、耐特委のみの基本評価項目に対する耐震評価結果は本資料にのみ記載する。

別紙 2-3-2-1 表 ファン（遠心直結型）の動的機能維持評価に係る「詳細検討」内容
（非常用ガス処理系排風機）

No.	基本評価項目	J E A G 4 6 0 1 の 基本評価項目	耐特委の 基本評価項目	検討方針	記載箇所*1
1	ケーシング	○	○	共通架台上にケーシング取付ボルトを用いて固定されており、地震時にファンケーシングの荷重はケーシング取付ボルトで受け持つことから、クリティカル部位である当該ボルトを代表とし、ファンケーシングの評価は対象外とする。	—
2	ケーシング取付ボルト	○	○	構造強度評価対象として添付書類*2で健全性を確認していることから、動的機能維持評価対象としての添付書類*2への記載を省略する。	—（構造強度評価対象）
3	軸	○	○	回転機能保持の観点から、主軸の発生応力の評価を実施する。*2	②
4	軸受	○	○	回転機能保持の観点から、軸受の発生荷重の評価を実施する。*2	②
5	軸受固定ボルト	○	○	軸受固定ボルトは軸受の耐力を超えるように設計されており、軸受を代表として評価する。	—
6	インペラとケーシングとのクリアランス	○	○	軸変位量の増大によりインペラケーシング間で接触が発生し、回転機能の喪失に関わるため、インペラとケーシングとのクリアランスを評価する。*2	②
7	ベローズ	—	○	島根 2 号機で対象としている遠心直結型ファンにベローズは構造上存在しないため、評価対象外とする。	—
8	軸継手	○	○	軸継手は高い剛性を有しており、軸継手部では有意な変位は生じない設計としていることから評価対象外とする。	—
9	メカニカルシール	○	○	島根 2 号機で対象としている遠心直結型ファンにメカニカルシールは構造上存在しないため、評価対象外とする。	—
10	原動機取付ボルト	○	○	構造強度評価対象として添付書類*2で健全性を確認していることから、動的機能維持評価対象としての添付書類*2への記載を省略する。	—（構造強度評価対象）
11	原動機	—	○	別紙 2-2「電動機の「詳細検討」」で評価することから、原動機の評価を省略する。	②
12	基礎ボルト	○	○	構造強度評価対象として添付書類*2で健全性を確認していることから、動的機能維持評価対象としての添付書類*2への記載を省略する。	—（構造強度評価対象）
13	フレキシブルダクト継手	—	○	島根 2 号機で対象としている遠心直結型ファンのケーシングは配管と接続されるが、接続部に有意な変形が生じない設計であることを確認している。	—

注記*1:本資料のみ記載の場合「①」、本資料及び添付書類*2に記載の場合「②」、省略の場合を「—」で示す。

*2:添付書類「VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書」に記載。

別紙 2-3-2-2 表 ファン（遠心直動型）の動的機能維持評価に係る「詳細検討」内容
（可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ）

No.	基本評価項目	J E A G 4 6 0 1 の 基本評価項目	耐特委の 基本評価項目	検討方針	記載 箇所 ^{*1}
1	ケーシング	○	○	耐特委でケーシングに要求される機能維持の観点から、風量及び静圧特性機能維持に関わる部品としてブロワケーシングが該当し、気密機能維持に関わる部品としてキャンが該当する。上記部品は十分な剛性を有しており、地震時にはケーシング取付ボルトに最も荷重が作用することから、当該ボルトの発生応力を評価する。	—
2	ケーシング取付ボルト	○	○	上記の方針に従い、ケーシング取付ボルトに相当する部品としてキャン取付ボルト及びブロワケーシング取付ボルトの発生応力を評価する。 ^{*2}	②
3	軸	○	○	別紙 2-2「電動機の「詳細検討」」で評価することから、軸の評価を省略する。	②
4	軸受	○	○	別紙 2-2「電動機の「詳細検討」」で評価することから、軸受の評価を省略する。	②
5	軸受固定ボルト	—	○	軸受固定ボルトは遠心直動型ファンに構造上存在しないため、評価対象外とする。	—
6	インペラとケーシングとのクリアランス	○	○	軸変位量の増大によりインペラケーシング間で接触が発生し、回転機能の喪失に関わるため、インペラとケーシングとのクリアランス（隙間）を評価する。 ^{*2}	②
7	ベローズ	—	○	ベローズは遠心直動型ファンに構造上存在しないため、評価対象外とする。	—
8	軸継手	○	○	軸継手は遠心直動型ファンに構造上存在しないため、評価対象外とする。	—
9	メカニカルシール	○	○	メカニカルシールは遠心直動型ファンに構造上存在しないため、評価対象外とする。	—
10	電動機取付ボルト	○	○	耐特委では電動機固定部のボルトが損傷することにより回転機能が喪失するとしており、電動機固定部として、ブラケットとの接続部であるブロワ電動機取付ボルト及びブラケット取付ボルトを評価対象部位とする。電動機のフレームは十分な剛性を有しており、地震時には当該ボルトに最も荷重が作用することから、当該ボルトの発生応力を評価する。 ^{*2}	②
11	電動機本体	—	○	別紙 2-2「電動機の「詳細検討」」で評価することから、原動機の評価を省略する。	②
12	基礎ボルト	○	○	耐特委における基礎ボルトに相当するブレース及びベース取付溶接部は構造強度評価対象として添付書類 ^{*2} で健全性を確認していることから、動的機能維持評価対象としての添付書類 ^{*2} への記載を省略する。	—（構造強度評価対象）
13	フレキシブルダクト継手	—	○	島根 2 号機で対象としている遠心直結型ファンにフレキシブルダクト継手は構造上存在しないため、評価対象外とする。	—

注記*1:本資料のみ記載の場合「①」、本資料及び添付書類^{*2}に記載の場合「②」、省略の場合を「—」で示す。

*2:添付書類「VI-2-9-4-5-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書」に記載。

5. ファンの評価基準値の設定

ファンの動的機能維持評価の「詳細検討」内容に対する評価基準値を別紙 2-3-3-1 表及び別紙 2-3-3-2 表に示す。

ファンの「詳細検討」対象設備に対する基本評価項目が評価基準値以下となることを確認することで、「詳細検討」対象設備の動的機能維持が確保されると判断する。

別紙 2-3-3-1 表 ファン（遠心直結型）の評価基準値
（非常用ガス処理系排風機）

No.	基本評価項目	評価基準値の設定
1	軸	回転機能の確保の観点から、軸（回転子）の発生応力を弾性範囲内にとどめるよう許容応力状態ⅢA _S の許容応力を評価基準値とした。
2	軸受	軸受の機能維持の観点から、メーカー規定の軸受許容荷重を評価基準値とした。
3	インペラとケーシング間のクリアランス	インペラとケーシングの接触により回転機能が阻害されるという観点から、これらのクリアランスを評価基準値とした。

別紙 2-3-3-2 表 ファン（遠心直動型）の評価基準値
（可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ）

No.	基本評価項目	評価基準値の設定
1	ケーシング取付ボルト	支持機能の確保の観点から、回転機能又は機器全体の振動特性に影響を与えるような有意な変形を伴わない（局所的に塑性化しても、全体としては弾性挙動となるような）許容応力状態ⅣA _S の許容応力を評価基準値とした。
2	キャン取付ボルト	支持機能の確保の観点から、回転機能又は機器全体の振動特性に影響を与えるような有意な変形を伴わない（局所的に塑性化しても、全体としては弾性挙動となるような）許容応力状態ⅣA _S の許容応力を評価基準値とした。
3	インペラとケーシング間のクリアランス	インペラとケーシングの接触により回転機能が阻害されるという観点から、これらのクリアランスを評価基準値とした。
4	原動機取付ボルト	支持機能の確保の観点から、回転機能又は機器全体の振動特性に影響を与えるような有意な変形を伴わない（局所的に塑性化しても、全体としては弾性挙動となるような）許容応力状態ⅣA _S の許容応力を評価基準値とした。
5	ブラケット取付ボルト	支持機能の確保の観点から、回転機能又は機器全体の振動特性に影響を与えるような有意な変形を伴わない（局所的に塑性化しても、全体としては弾性挙動となるような）許容応力状態ⅣA _S の許容応力を評価基準値とした。

6. ファンの「詳細検討」結果

ファンの動的機能維持評価の「詳細検討」対象設備に対する「詳細検討」結果を別紙 2-3-4 表及び別紙 2-3-5 表に示す。

「詳細検討」対象設備である各ファンに対する「詳細検討」結果は、全ての評価部位の発生値が評価基準値を満足しており、「詳細検討」対象設備である各ファンの動的機能維持が確保されることを確認した。

なお、各ファンの動的機能維持評価の詳細については、添付書類「VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書」及び「VI-2-9-4-5-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書」に示す。

別紙2-3-4表 非常用ガス処理系排風機 「詳細検討」 結果(1/2)

評価部位	項目	応力分類	算出式*3	発生値*3	評価基準値*3	評価
軸*1	応力 (MPa)	組合せ応力	$\sigma_{Sf} = \sqrt{\sigma_{bf}^2 + 3 \cdot \tau_{Sf}^2}$ σ_{Sf} : 軸に生じる組合せ応力 (MPa) σ_{bf} : 軸に生じる引張応力及び曲げ応力 (MPa) τ_{Sf} : 軸に生じるねじり応力 (MPa)	67 (MPa)		○
				$F_{BA} = \max(X_{0A} \cdot F_{Sf} + Y_{0A} \cdot Q_{Sf}, F_{Sf})$ F_{BA} : 負荷側軸受に生じる静等価荷重 (N) X_{0A} : 負荷側軸受の静ラジアル荷重係数 (-) F_{Sf} : 軸に生じるラジアル荷重 (N) Y_{0A} : 負荷側軸受の静アキシアル荷重係数 (-) Q_{Sf} : 軸に生じるスラスト荷重 (N)	5.082×10 ³ (N)	
軸受*2	荷重 (N)	—	$F_{BB} = \max(X_{0B} \cdot F_{Sf} + Y_{0B} \cdot Q_{Sf}, F_{Sf})$ F_{BB} : 反負荷側軸受に生じる静等価荷重 (N) X_{0B} : 反負荷側軸受の静ラジアル荷重係数 (-) F_{Sf} : 軸に生じるラジアル荷重 (N) Y_{0B} : 反負荷側軸受の静アキシアル荷重係数 (-) Q_{Sf} : 軸に生じるスラスト荷重 (N)	5.082×10 ³ (N)		○
反負荷側	荷重 (N)	—				

注:動的機能維持評価における設計震度*4、*5で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

非常用ガス処理系排風機は、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1:引張、曲げ及びねじり応力の組合せ応力として評価する。

*2:軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*3:算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書」に記載する。

*4:設計用震度II (基準地震動Ss)を上回る設計震度[水平:2.26,鉛直:2.51]

*5:最大応答加速度を1.0倍した震度

別紙 2-3-4 表 非常用ガス処理系排風機 「詳細検討」 結果 (2/2)

評価部位	項目	応力分類	算出式*2	発生値*2	評価基準値*2	評価
インペラとファンケーシング間とのクリアランス	変位 (mm)	—	$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \sqrt{\delta_3^2 + \delta_4^2}$ δ : インペラとケーシングの合計変位量 (mm) δ_1 : 軸のたわみ量 (mm) δ_2 : 軸のたわみによるインペラの変位量 (mm) δ_3 : ケーシングの傾きによる軸方向の変位量 (mm) δ_4 : ケーシングの傾きによる軸直角方向の変位量 (mm)	1.32 (mm)		○

注: 動的機能維持評価における設計震度*4、*5で評価する。添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

非常用ガス処理系排風機は、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 引張、曲げ及びねじり応力の組合せ応力として評価する。

*2: 軸受が受ける荷重は軸系総質量を用いて算出する。

*3: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書」に記載する。

*4: 設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平: 2.26, 鉛直: 2.51]

*5: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-3-5 表 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロー「詳細検討」結果 (1/4)

評価部位	項目	応力分類	算出式*1	発生値*1	評価基準値*1	評価
ケーシング取付ボルト	応力 (MPa)	引張応力	$\sigma_{b4} = \frac{F_{b4}}{A_{b4}}$ $\sigma_{b4} : \text{ケーシング取付ボルトに生じる引張応力 (MPa)}$ $F_{b4} : \text{ケーシング取付ボルトに作用する引張力 (1本当たり) (N)}$ $A_{b4} : \text{ケーシング取付ボルトの断面積 (mm}^2\text{)}$	28 (MPa)		○
	応力 (MPa)	せん断応力	$\tau_{b4} = \frac{Q_{b4}}{n_{b4} \cdot A_{b4}}$ $\tau_{b4} : \text{ケーシング取付ボルトに生じるせん断応力 (MPa)}$ $Q_{b4} : \text{ケーシング取付ボルトに作用するせん断力 (N)}$ $n_{b4} : \text{ケーシング取付ボルトの本数 (-)}$ $A_{b4} : \text{ケーシング取付ボルトの断面積 (mm}^2\text{)}$	6 (MPa)		○

注: 動的機能維持評価における設計震度*2、*3で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

可燃性ガス濃度制御系再結合装置は、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書」に記載する。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平 : 2.26, 鉛直 : 2.69]

*3: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙2-3-5表 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロー「詳細検討」結果(2/4)

評価部位	項目	応力分類	算出式*1	発生値*1	評価基準値*1	評価
キヤン取付ボルト	応力 (MPa)	引張応力	$\sigma_{b3} = \frac{F_{b3}}{A_{b3}}$ $\sigma_{b3} : \text{キヤン取付ボルトに生じる引張応力 (MPa)}$ $F_{b3} : \text{キヤン取付ボルトに作用する引張力 (1本当たり) (N)}$ $A_{b3} : \text{キヤン取付ボルトの断面積 (mm}^2\text{)}$	19 (MPa)		○
	応力 (MPa)	せん断応力	$\tau_{b3} = \frac{Q_{b3}}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$ $\tau_{b3} : \text{キヤン取付ボルトに生じるせん断応力 (MPa)}$ $Q_{b3} : \text{キヤン取付ボルトに作用するせん断力 (N)}$ $n_{b3} : \text{キヤン取付ボルトの本数 (-)}$ $A_{b3} : \text{キヤン取付ボルトの断面積 (mm}^2\text{)}$	2 (MPa)		○

注:動的機能維持評価における設計震度*2、*3で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

可燃性ガス濃度制御系再結合装置は、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1:算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書」に記載する。

*2:設計用震度Ⅱ（基準地震動Ss）を上回る設計震度[水平：2.26，鉛直：2.69]

*3:最大応答加速度を1.0倍した震度

別紙 2-3-5 表 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロー「詳細検討」結果 (3/4)

評価部位	項目	応力分類	算出式*1	発生値*1	評価基準値*1	評価
ケーシングとインペラ間のクリアランス	変位 (mm)	—	$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \sqrt{\delta_3^2 + \delta_4^2}$ δ : インペラとケーシングの合計変位量 (mm) δ_1 : 軸のたわみ量 (mm) δ_2 : 軸のたわみによるインペラの変位量 (mm) δ_3 : ケーシングの傾きによる軸方向の変位量 (mm) δ_4 : ケーシングの傾きによる軸直角方向の変位量 (mm)	1.18 (mm)		○
	原動機取付ボルト	引張応力	$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}}$ σ_{b1} : 原動機取付ボルトに生じる引張応力 (MPa) F_{b1} : 原動機取付ボルトに作用する引張力 (1本当たり) (N) A_{b1} : 原動機取付ボルトの断面積 (mm ²)	33 (MPa)		○
	原動機取付ボルト	せん断応力	$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_{b1} \cdot A_{b1}}$ τ_{b1} : 原動機取付ボルトに生じるせん断応力 (MPa) Q_{b1} : 原動機取付ボルトに作用するせん断力 (N) n_{b1} : 原動機取付ボルトの本数 (—) A_{b1} : 原動機取付ボルトの断面積 (mm ²)	12 (MPa)		○

注:動的機能維持評価における設計震度*2、*3で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

可燃性ガス濃度制御系再結合装置は、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書」に記載する。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平 : 2.26, 鉛直 : 2.69]

*3: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度

別紙 2-3-5 表 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロー「詳細検討」結果 (4/4)

評価部位	項目	応力分類	算出式*1	発生値*1	評価基準値*1	評価
ブラケット取付ボルト	応力 (MPa)	引張応力	$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}}$ σ_{b2} : ブラケットボルトに生じる引張応力 (MPa) F_{b2} : ブラケットボルトに作用する引張力 (1本当たり) (N) A_{b2} : ブラケットボルトの断面積 (mm ²)	73 (MPa)		○
	応力 (MPa)	せん断応力	$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_{b2} \cdot A_{b2}}$ τ_{b2} : ブラケットボルトに生じるせん断応力 (MPa) Q_{b2} : ブラケットボルトに作用するせん断力 (N) n_{b2} : ブラケットボルトの本数 (-) A_{b2} : ブラケットボルトの断面積 (mm ²)	7 (MPa)		

注: 動的機能維持評価における設計震度*2、*3で評価する。設計用震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

可燃性ガス濃度制御系再結合装置は、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

注記*1: 算出式・発生値・評価基準値については、添付書類「VI-2-9-4-5-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書」に記載する。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平: 2.26, 鉛直: 2.69]

*3: 最大応答加速度を 1.0 倍した震度