

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-14-1_改0
提出年月日	2021年2月25日

補足-600-14-1 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)

目 次

1. はじめに	1
2. 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の検討方針	2
3. 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出	2
3.1 検討対象設備の整理	2
3.2 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出	2
3.3 抽出結果	5
4. 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の動的機能維持の検討方針	11

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

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（P18）

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毎に評価を行い、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。

2. 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の検討方針

動的機器の耐震性評価法は原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に従い実施するものとするが、J E A G 4 6 0 1 で定める機能確認済加速度（J E A G 4 6 0 1 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範囲が定められている。

本資料では、J E A G 4 6 0 1 に定められた機種、型式及び適用範囲から外れ新たな検討が必要な設備について、設備の抽出を行うとともに、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、評価基準値を超えていないことを確認する。また、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため詳細検討が必要な設備について、設備の抽出を行うとともに、J E A G 4 6 0 1 の基本評価項目の評価を行い、評価基準値を超えていないことを確認する。

なお、上記にて抽出した設備、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、新たな加振試験により動的機能維持を確認した加速度を超えないことを確認している。

3. 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出

3.1 検討対象設備の整理

耐震 S クラス並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備より、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。

3.2 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出

図 1 にて設備の抽出及び検討のフローを示す。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 ）以内であることの確認を行い、機能確認済加速度を超える設備については詳細検討（基本評価項目の評価）が必要な設備として抽出する。なお、弁については J E A G 4 6 0 1 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、本手順に従って評価を実施するが、この評価の過程で新たな加振試験の知見を適用することとなるため、他の詳細検討が必要な設備と併せて抽出を行う。

また、検討対象設備について、J E A G 4 6 0 1 で定められた適用範囲と大きく異なる場合は、解析による評価を実施するか否かにより、新たな検討（地震時異常要因分析、基本評価項目の抽出及び評価）が必要な設備、又は加振試験を実施する設備として抽出する。

上記を整理するために検討対象設備及び、新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出の

ための情報として J E A G 4 6 0 1 に該当する機種名等を別表 1 に整理した。

注記*：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）」

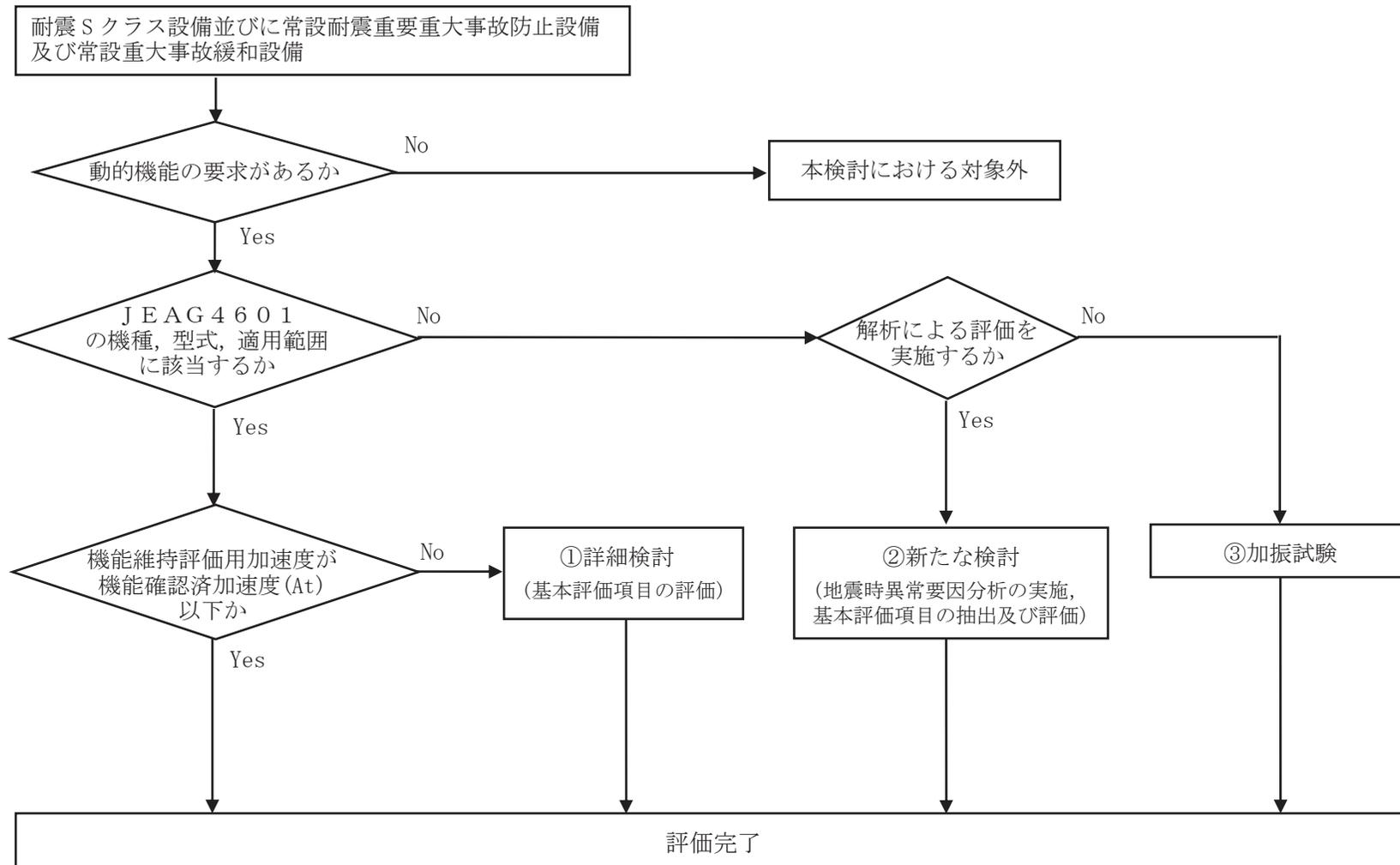


図 1 動的機能維持評価の検討フロー

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、型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。

[立形ポンプ]

- ・原子炉補機冷却海水ポンプ
- ・高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

[横形ポンプ]

- ・燃料プール冷却浄化系ポンプ

[電動機]

- ・高圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機
- ・低圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機
- ・原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機
- ・高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機
- ・燃料プール冷却浄化系ポンプ用電動機
- ・ほう酸水注入系ポンプ用電動機
- ・非常用ガス処理系排風機用電動機
- ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ用電動機

[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

[非常用ディーゼル発電設備]

- ・非常用ディーゼル機関及び発電機
- ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関及び発電機

[往復動式ポンプ]

- ・ほう酸水注入系ポンプ

[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，以下の設備が該当し，全て横形スクリー式ポンプ（以下「スクリー式ポンプ」という。）である。

- ・ガスタービン発電設備 燃料移送ポンプ
- ・非常用ディーゼル発電設備 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 燃料移送ポンプ

スクリー式ポンプは，遠心式横形ポンプやギヤ式ポンプと類似であることから，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。また，同電共研においてスクリー式ポンプの地震時異常要因分析及び評価項目の抽出を行っており，それらの検討を用いることが可能である。

そのため，スクリー式ポンプは，新たな検討として，上記検討を参考に地震時異常要因分析，基本評価項目の抽出及び評価を実施する。

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。

- ・高圧代替注水系タービンポンプ

ポンプ型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設備であり（図2参照），J E A G 4 6 0 1の適用機種と構造が異なることから加振試験を実施。詳細は下記資料参照。

補足-600-22 高圧代替注水系タービン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

- ・ガスタービン発電設備 機関・発電機

車両型設備であり（図3参照），解析による評価が困難なことから加振試験を実施。詳細は下記資料参照。

補足-600-21 ガスタービン発電設備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 (1/3)

機種名	設備名称	J E A G 4 6 0 1 の機種, 型式, 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
立形ポンプ	残留熱除去系ポンプ	○	○
	高圧炉心スプレイ系ポンプ	○	○
	低圧炉心スプレイ系ポンプ	○	○
	原子炉補機冷却海水ポンプ	○	× (別紙 2 参照)
	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	○	× (別紙 2 参照)
横形ポンプ	高圧代替注水系タービンポンプ	× (加振試験による確認)	—
	原子炉隔離時冷却系ポンプ	○	○
	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	○	○
	復水移送ポンプ	○	○
	代替循環冷却ポンプ	○	○
	燃料プール冷却浄化系ポンプ	○	× (別紙 2 参照)
	直流駆動低圧注水ポンプ	○	○
	ガスタービン発電設備 燃料移送ポンプ	× (別紙 1 参照)	—
	非常用ディーゼル発電設備 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 燃料移送ポンプ	× (別紙 1 参照)	—	
ポンプ駆動用タービン	原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン	○	○
電動機	残留熱除去系ポンプ用原動機	○	○
	高圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機	○	× (別紙 2 参照)
	低圧炉心スプレイ系ポンプ用原動機	○	× (別紙 2 参照)
	原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機	○	× (別紙 2 参照)
	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機	○	× (別紙 2 参照)
	原子炉補機冷却水ポンプ用電動機	○	○
	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ用電動機	○	○

表 1 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果 (2/3)

機種名	設備名称	J E A G 4 6 0 1 の機種, 型式, 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	復水移送ポンプ用電動機	○	○
	代替循環冷却ポンプ用電動機	○	○
	燃料プール冷却浄化系ポンプ用電動機	○	× (別紙 2 参照)
	ほう酸水注入系ポンプ用電動機	○	× (別紙 2 参照)
	中央制御室送風機用電動機	○	○
	中央制御室排風機用電動機	○	○
	中央制御室再循環送風機用電動機	○	○
	非常用ガス処理系排風機用電動機	○	× (別紙 2 参照)
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ用電動機	○	× (別紙 2 参照)
	緊急時対策所非常用送風機用電動機	○	○
	ガスタービン発電設備 燃料移送ポンプ用電動機	○	○
	非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ用電動機	○	○
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ用電動機	○	○
ファン	中央制御室送風機	○	○
	中央制御室排風機	○	○
	中央制御室再循環送風機	○	○
	非常用ガス処理系排風機	○	× (別紙 2 参照)
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ	○	× (別紙 2 参照)
	緊急時対策所非常用送風機	○	○
非常用ディーゼル発電設備	非常用ディーゼル機関	○	× (別紙 2 参照)
	非常用ディーゼル発電機	○	× (別紙 2 参照)
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関	○	× (別紙 2 参照)
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機	○	× (別紙 2 参照)
往復動式ポンプ	ほう酸水注入系ポンプ	○	× (別紙 2 参照)

表 1 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果 (3/3)

機種名	設備名称	J E A G 4 6 0 1 の機種，型式，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
制御棒	制御棒挿入性	○	○*1
特殊弁	主蒸気隔離弁	○	× （別紙 2 参照）
	主蒸気逃がし安全弁	○	× （別紙 2 参照）
	制御棒駆動系スクラム弁	○	○
一般弁	弁（グローブ弁，ゲート弁，バタフライ弁，逆止弁）	○	×*2 （別紙 2 参照）
ガスタービン発電設備	ガスタービン発電設備 機関・発電機	× （加振試験による確認）	—

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，新たな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に対して下回ることを確認。（詳細については，補足-600-16 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（At）を超過する一部の弁について詳細検討を実施する。

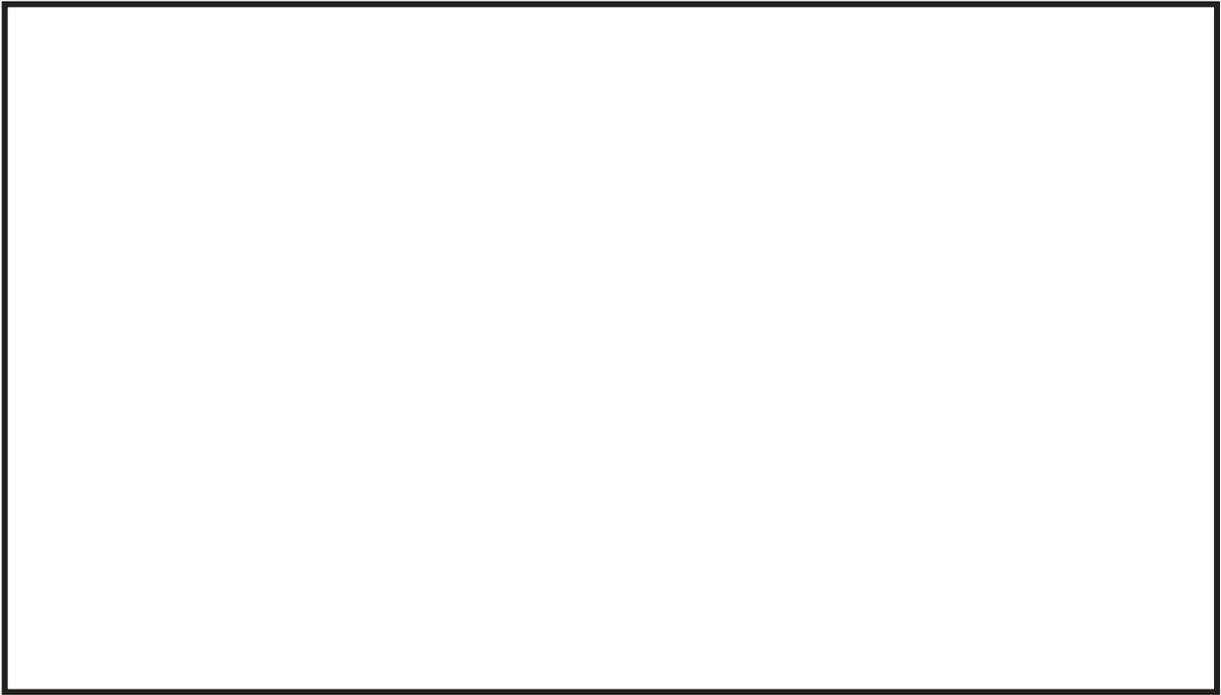


図 2 高圧代替注水系タービンポンプ構造図

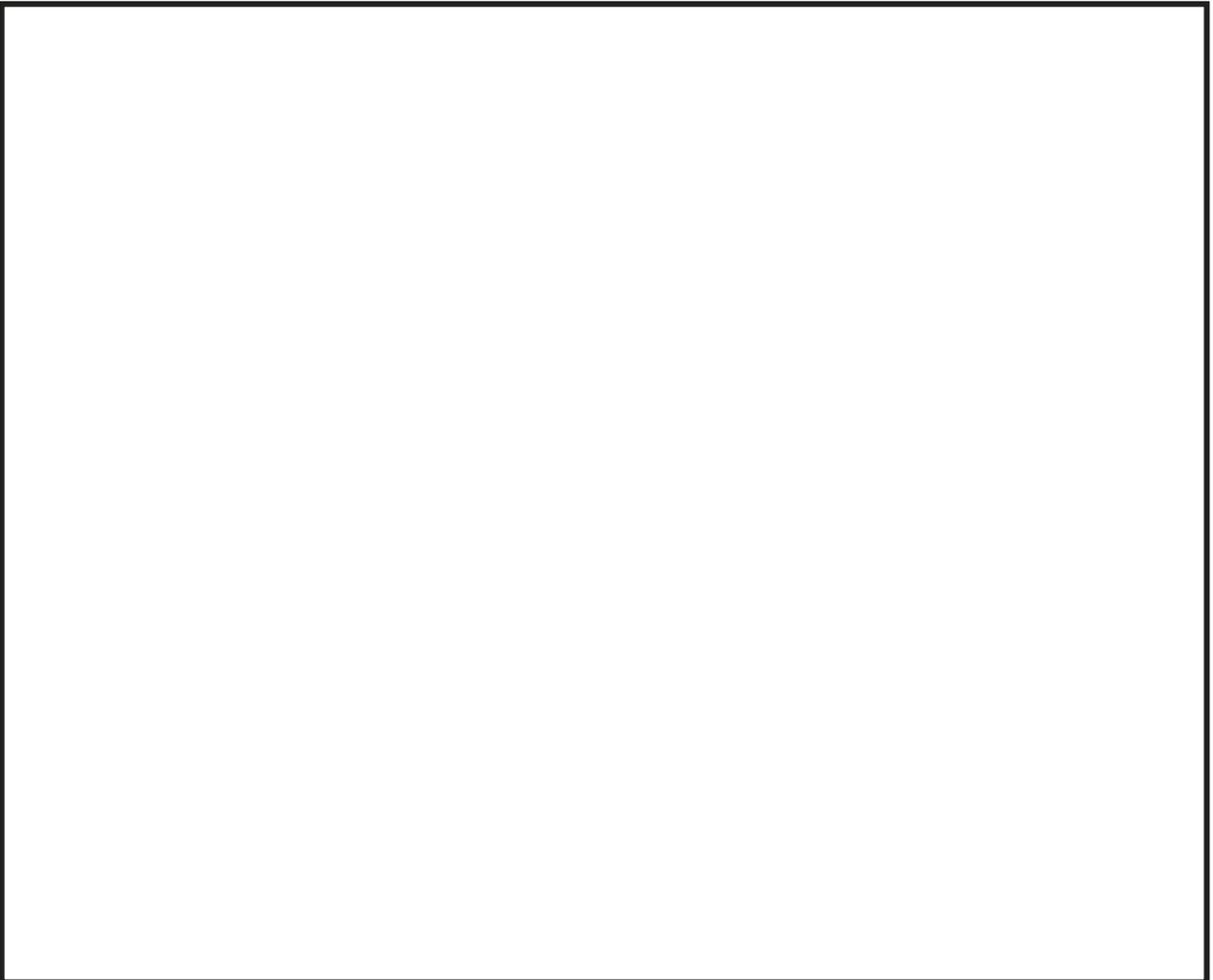


図 3 ガスタービン発電設備構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の動的機能維持の検討方針

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 (1/6)

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 機種/型式			機能確認済加速度 (At) 確認			機能維持評価用加速度がAt以下か ○ : At以下 × : At超過 - : 対象外	備考	
			機種	型式	容量 ()内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用 加速度*	機能確認済加速度 (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											
燃料プール冷却浄化系											
燃料プール冷却浄化系ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	横形ポンプ	単段遠心式	~2400m ³ /h (160m ³ /h)	水平	1.65	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。	
						鉛直	1.15	1			
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (75kW)	水平	1.65	4.7	×	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。	
						鉛直	1.15	1			
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	-	-	-	-	-	-	-	-	動的機能維持の要求はないが、地震により軸固着を生じないことを確認する。	
残留熱除去設備											
残留熱除去系											
残留熱除去系ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	ビットバレル形	~1800m ³ /h (1160m ³ /h)	水平	0.82	10	○		
						鉛直	0.57	1			
			電動機	立形ころがり軸受	~1300kW (540kW)	水平	0.82	2.5	○		
						鉛直	0.57	1			
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備											
高圧炉心スプレー系											
高圧炉心スプレー系ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	ビットバレル形	~1800m ³ /h (1074m ³ /h)	水平	0.82	10	○		
						鉛直	0.57	1			
			電動機	立形すべり軸受	~2700kW (1900kW)	水平	4.7	2.5	×		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。
						鉛直	0.57	1			
低圧炉心スプレー系											
低圧炉心スプレー系ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	ビットバレル形	~1800m ³ /h (1074m ³ /h)	水平	0.82	10	○		
						鉛直	0.57	1			
			電動機	立形ころがり軸受	~1300kW (1000kW)	水平	4.2	2.5	×		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。
						鉛直	0.57	1			
高圧代替注水系											
高圧代替注水系タービンポンプ	有	加振試験による確認	-	-	-	水平	1.13		-	ポンプ型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設備であり、J E A G 4 6 0 1の適用機種と構造が異なることから加振試験を実施する。	
						鉛直	0.75				

注記* : 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。

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 (2/6)

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 機種/型式			機能確認済加速度 (At) 確認			機能維持評価用加速度がAt以下か ○ : At以下 × : At超過 - : 対象外	備考	
			機種	型式	容量 ()内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用 加速度*	機能確認済加速度 (At)			
低圧代替注水系											
直流駆動低圧注水ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	横形ポンプ	単段遠心式	~2400m ³ /h (82m ³ /h)	水平	0.84	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○		
						鉛直	0.58	1			
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (37kW)	水平	0.84	4.7	○		
						鉛直	0.58	1			
原子炉冷却材補給設備											
原子炉隔離時冷却系											
原子炉隔離時冷却系ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	横形ポンプ	多段遠心式	~700m ³ /h (96.5m ³ /h)	水平	0.87	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○		
						鉛直	0.6	1			
			ポンプ駆動用タービン	RCIC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。	水平	0.86	2.4	○		
						鉛直	0.59	1			
補給水系											
復水移送ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	横形ポンプ	単段遠心式	~2400m ³ /h (100m ³ /h)	水平	1.11	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○		
						鉛直	0.73	1			
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (45kW)	水平	1.11	4.7	○		
						鉛直	0.73	1			
原子炉補機冷却設備											
原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系											
原子炉補機冷却水ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	横形ポンプ	単段遠心式	~2400m ³ /h (1400m ³ /h)	水平	0.82	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○		
						鉛直	0.57	1			
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (235kW)	水平	0.82	4.7	○		
						鉛直	0.57	1			
原子炉補機冷却海水ポンプ	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 (1900m ³ /h)	水平	(追而)	10.0		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。(見込み)	
						鉛直		1.0			
			電動機	立形ころがり軸受	~1300kW (420kW)	水平	(追而)	2.5			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。(見込み)
						鉛直		1.0			

注記* : 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。

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 (3/6)

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 機種/型式			機能確認済加速度 (At) 確認			機能維持評価用加速度がAt以下か ○ : At以下 × : At超過 - : 対象外	備考
			機種	型式	容量 ()内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用 加速度*	機能確認済加速度 (At)		
高圧炉心スプレー補機冷却水系及び高圧炉心スプレー補機冷却海水系										
高圧炉心スプレー補機冷却水ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	横形ポンプ	単段遠心式	~2400m ³ /h (240m ³ /h)	水平	0.82	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○	
						鉛直	0.57			
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (40kW)	水平	0.82	4.7	○	
						鉛直	0.57	1		
高圧炉心スプレー補機冷却海水ポンプ	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 (250m ³ /h)	水平	(追而)	10.0	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。(見込み)	
						鉛直		1.0		
			電動機	立形ころがり軸受	~1300kW (60kW)	水平	(追而)	2.5	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。(見込み)	
						鉛直		1.0		
計測制御系統施設										
制御材										
制御棒	有	地震応答解析結果の相対変位量と制御棒の挿入性試験結果の比較による確認								
ほう酸水注入設備										
ほう酸水注入系										
ほう酸水注入系ポンプ	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 (9.78m ³ /h)	水平	1.77	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。
						鉛直	1.3	1		
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (37kW)	水平	1.77	4.7	×	
						鉛直	1.3	1		
放射線管理施設										
換気設備										
中央制御室換気空調系										
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	遠心直結型ファン	~2900m ³ /min (1333m ³ /min)	水平	1.13	2.3	○	
						鉛直	0.66	1		
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (110kW)	水平	1.13	4.7	○	
						鉛直	0.66	1		
中央制御室再循環送風機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	ファン	遠心直結型ファン	~2900m ³ /min (133m ³ /min)	水平	1.13	2.3	○	
						鉛直	0.66	1		
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (15kW)	水平	1.13	4.7	○	
						鉛直	0.66	1		
中央制御室排風機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	ファン	遠心直動型ファン	~2500m ³ /min (83m ³ /min)	水平	1.13	2.6	○	
						鉛直	0.66	1		
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (3.7kW)	水平	1.13	4.7	○	
						鉛直	0.66	1		

注記* : 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。

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(4/6)

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	JEAG4601 機種/型式			機能確認済加速度 (At) 確認			機能維持評価用加速度がAt 以下か ○: At以下 ×: At超過 -: 対象外	備考
			機種	型式	容量 ()内は当該設備の 容量	方向	機能維持評価用 加速度*	機能確認済加速度 (At)		
緊急時対策所換気空調系										
緊急時対策所非常用送風機	有	JEAG4601 による確認	ファン	遠心直動型ファン	~2500 ³ /min (16.7 ³ /min)	水平	1.4	2.6	○	
						鉛直	0.93	1		
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (3.7kW)	水平	1.4	4.7	○	
						鉛直	0.93	1		
原子炉格納施設										
圧力低減設備その他の安全設備										
原子炉格納容器安全設備										
代替循環冷却系										
代替循環冷却ポンプ	有	JEAG4601 による確認	横形ポンプ	単段遠心式	~2400 ³ /h (150 ³ /h)	水平	0.82	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○	
						鉛直	0.57	1		
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (90kW)	水平	0.82	4.7	○	
						鉛直	0.57	1		
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	JEAG4601 による確認	ファン	遠心直結型ファン	~2900 ³ /min (41.7 ³ /min)	水平	1.81	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。
						鉛直	1.32	1		
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (22kW)	水平	1.81	4.7	×	
						鉛直	1.32	1		
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 ブロワ	有	JEAG4601 による確認	ファン	遠心直動型ファン	~2500 ³ /min (4.3 ³ /min)	水平	1.77	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。
						鉛直	1.3	1		
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (11kW)	水平	1.77	4.7	×	
						鉛直	1.3	1		

注記* : 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。

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 (5/6)

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 機種/型式			機能確認済加速度 (At) 確認			機能維持評価用加速度がAt以下か ○ : At以下 × : At超過 - : 対象外	備考
			機種	型式	容量 ()内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度 (At)		
その他発電用原子炉の附属施設										
非常用電源設備										
非常用発電装置										
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 (6100kW)	水平	1.67	1.1	×	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。
						鉛直	1.17	1		
				ガバナ	U G形	水平	1.67	1.8		
						鉛直	1.17	1		
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	1.65	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。
非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ	有	新たな検討による確認	横形ポンプ	スクリュー式	(4m ³ /h)	水平	1.1	-	-	設備の型式が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。
						鉛直	0.77	-		
		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 (2.2kW)	水平	1.1	4.7	○	
						鉛直	0.77	1		
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備										
高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	非常用ディーゼル機関 (高速形)	機関本体	~1550kW (3000kW)	水平	1.67	1.1	×	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。
						鉛直	1.17	1		
				ガバナ	U G形	水平	1.67	1.8		
						鉛直	1.17	1		
高圧炉心スプレイ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	1.67	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。
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ	有	新たな検討による確認	横形ポンプ	スクリュー式	(4m ³ /h)	水平	1.1	-	-	設備の型式が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。
						鉛直	0.77	-		
		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 (2.2kW)	水平	1.1	4.7	○	
						鉛直	0.77	1		
ガスタービン発電機設備										
ガスタービン発電設備 機関・発電機	有	加振試験による確認	-	-	-	水平	1.19	2.32	-	車両設備であり解析による評価が困難なことから加振試験を実施する。
						鉛直	0.65	0.82		
ガスタービン発電設備 燃料移送ポンプ	有	新たな検討による確認	横形ポンプ	スクリュー式	(3m ³ /h)	水平	1.23	-	-	設備の型式が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。
						鉛直	0.61	-		
		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 (1.5kW)	水平	1.23	4.7	○	
						鉛直	0.61	1		

注記* : 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。

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 (6/6)

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 機種/型式			機能確認済加速度 (At) 確認			機能維持評価用加速度がAt以下か ○ : At以下 × : At超過 - : 対象外	備考
			機種	型式	容量 ()内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用 加速度*	機能確認済加速度 (At)		
弁										
特殊弁										
主蒸気隔離弁	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	(追而)	10.0 6.2		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。(見込み)
主蒸気逃がし安全弁	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	弁	安全弁	~200A	水平 鉛直	(追而)	9.6 6.1		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。(見込み)
制御棒駆動系スクラム弁	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	弁	制御棒スクラム弁	~50A	水平 鉛直	(追而)	6.0 6.0		
一般弁										
グローブ弁	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	(追而)	6.0 6.0		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。(見込み)
ゲート弁	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	弁	ゲート弁	~650A	水平 鉛直	(追而)	6.0 6.0		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。(見込み)
バタフライ弁	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	(追而)	6.0 6.0		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。(見込み)
逆止弁	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	弁	逆止弁	~850A	水平 鉛直	(追而)	6.0 6.0		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。(見込み)

注記* : 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。

新たな検討が必要な設備の評価

1. はじめに

ガスタービン発電設備燃料移送ポンプ、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ（以下、3 設備をまとめて「燃料移送ポンプ」という。）の動的機能維持評価については、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範囲から外れることから、新たに評価項目の検討が必要となる。本資料では、燃料移送ポンプの動的機能維持の評価内容詳細を示す。

2. 評価項目の抽出方針

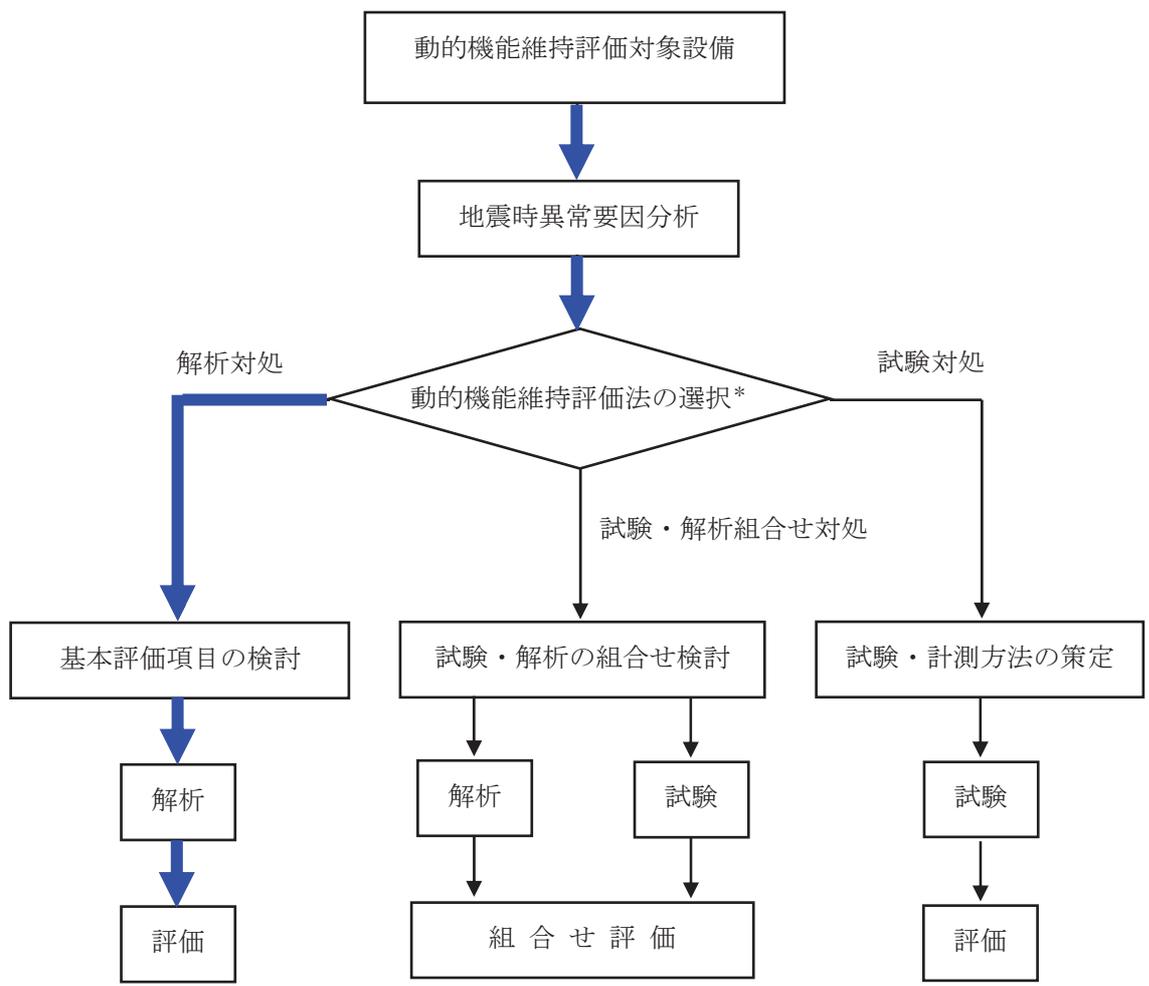
燃料移送ポンプはスクリー式ポンプであり、J E A G 4 6 0 1 に定められた適用範囲から外れ機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できないことから、新たな検討（新たに評価項目の検討）が必要となる設備である。

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範囲から外れた設備における動的機能維持の検討方針としては、技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、公知化された検討として耐特委により取り纏められた類似機器における検討及び電共研にて取り纏められた類似機器の検討をもとに実施する。

具体的には、耐特委では動的機能の評価においては、対象機種ごとに現実的な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状態を抽出し、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事項として、基本評価項目を選定している。また、電共研の検討では、耐特委及び原子力発電技術機構（以下「NUPEC」という。）での検討を踏まえて、動的機能維持の基本評価項目を選定している。

今回 J E A G 4 6 0 1 に定められた適用機種範囲から外れた設備については、基本的な構造が類似している機種／型式に対する耐特委及び電共研での検討を参考に、型式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を実施し、基本評価項目を選定し動的機能維持評価を実施する。動的機能維持評価のフローを図 1 に示す。

なお、J E A G 4 6 0 1 においても、機能維持評価の基本方針として、地震時の異常要因分析を考慮し、動的機能の維持に必要な評価のポイントを明確にすることとなっている。



* 対象物の複雑さ等で選択
 ■ 本評価でのフロー

図1 動的機能維持評価フロー

地震時異常要因分析を検討するに当たり、表1に新たな検討が必要な設備及び参考とする機種／型式を示すとともに、図2に今回工認において、新たな検討が必要な設備として抽出されたスクリー式ポンプを、図3に参考とする耐特委で検討された遠心式ポンプ及び電共研で検討されたギヤ式ポンプの構造概要図を示す。また、主要仕様を表2に示す。

スクリー式ポンプは、容積式の横形ポンプであり、一定容積の液をスクリーにて押し出す構造のポンプである。参考とするギヤ式ポンプは、スクリー式ポンプと同様の容積式であり、ギヤで一定容積を押し出す構造である。

一方、遠心式ポンプはインペラの高速回転により液を吸込み・吐出するポンプであり、スクリー式と内部流体の吐出構造が異なるが、ケーシング内にて軸系が回転し内部流体を吐出する機構を有している。

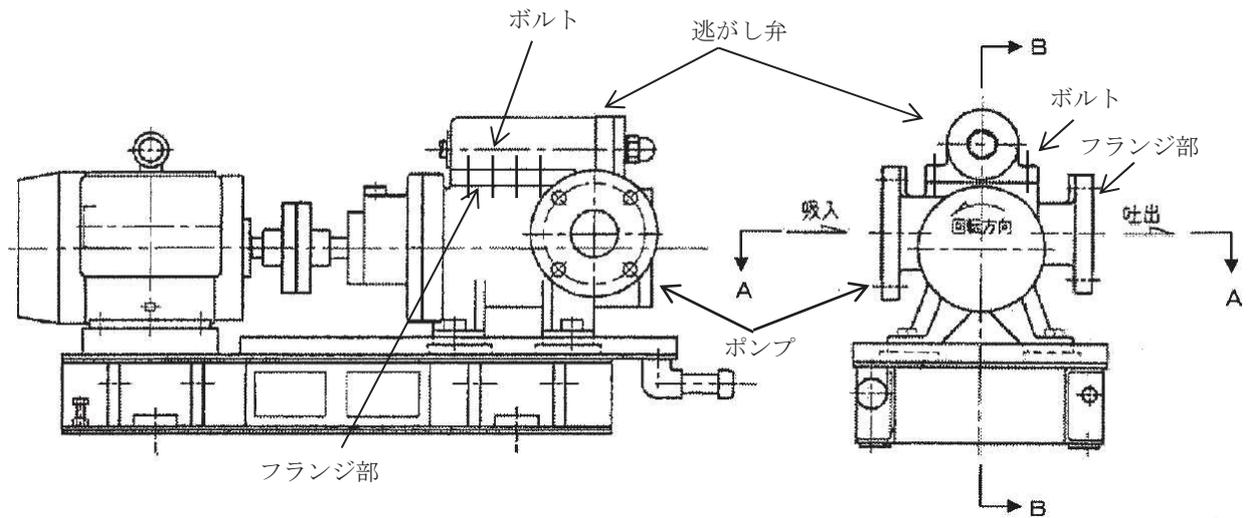
また、固定方法については、基礎ボルトで周囲を固定した架台の上に、駆動機器である横形ころがり軸受の電動機とポンプが取付ボルトにより設置され、地震荷重は主軸、軸受を通してケーシングに伝達されることから、基本構造は同じと言える。さらに、電動機からの動力は軸継手を介してポンプ側に伝達する方式であることから、作動原理についても同じと言える。

そのため、スクリー式ポンプについては、遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプを参考として、地震時異常要因分析を実施する。

なお、燃料移送ポンプは新規制基準により新たに動的機能要求が必要となり、評価する設備となる。

表1 新たな検討が必要な設備において参考とする機種／型式

新たな検討が必要な設備		参考とする機種／型式
設備名	機種／型式	
<ul style="list-style-type: none"> ・ガスタービン発電設備 燃料移送ポンプ ・非常用ディーゼル発電設備 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 燃料移送ポンプ 	横形ポンプ／スクリー式	横形ポンプ／単段遠心式
		横形ポンプ／ギヤ式



■ : 接液部

注記：スリーブ内に納められた主ねじと従ねじはかみ合って回転しており、ねじの1リードごとに作られる密閉される空間に入った流体は、ねじ面に沿って吐出側へ移動する。

図2 燃料移送ポンプ構造概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

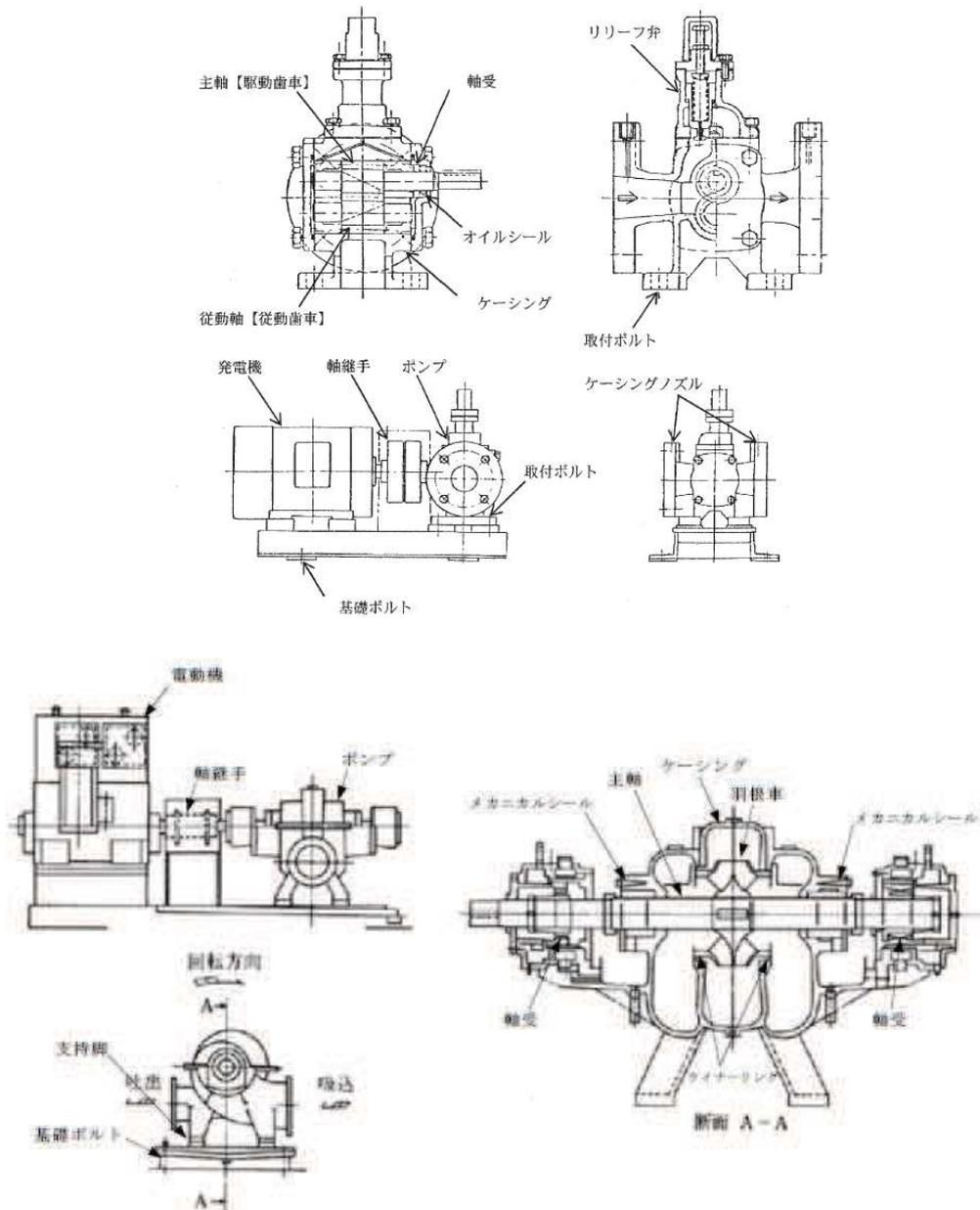


図3 遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの構造概要図

表2 スクリュー式ポンプの主要仕様

		ガスタービン 発電機設備 燃料移送ポンプ	非常用ディーゼル 発電機設備 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 燃料移送ポンプ
容量	m ³ /h/個	3.0	4.0	4.0
吐出圧力	MPa	0.5	0.49	0.49
揚程	m	61	60	60
最高使用圧力	MPa	0.95	0.98	0.98
最高使用温度	℃	50	66	66
原動機出力	kw/個	1.5	2.2	2.2

3. 動的機能維持評価の評価項目の抽出

新たな検討が必要な設備であるスクリー式ポンプの動的機能維持評価の評価項目については、電共研で検討されたスクリー式ポンプに対する地震時異常要因分析を踏まえて基本評価項目を検討する。また、当該検討において参考とする、耐特委で検討された遠心式ポンプ及び電共研で検討されたギヤ式ポンプに対する地震時異常要因分析による基本評価項目を踏まえた検討を行う。

スクリー式ポンプにおける動的機能維持評価のための基本評価項目の抽出フローを図4に示す。

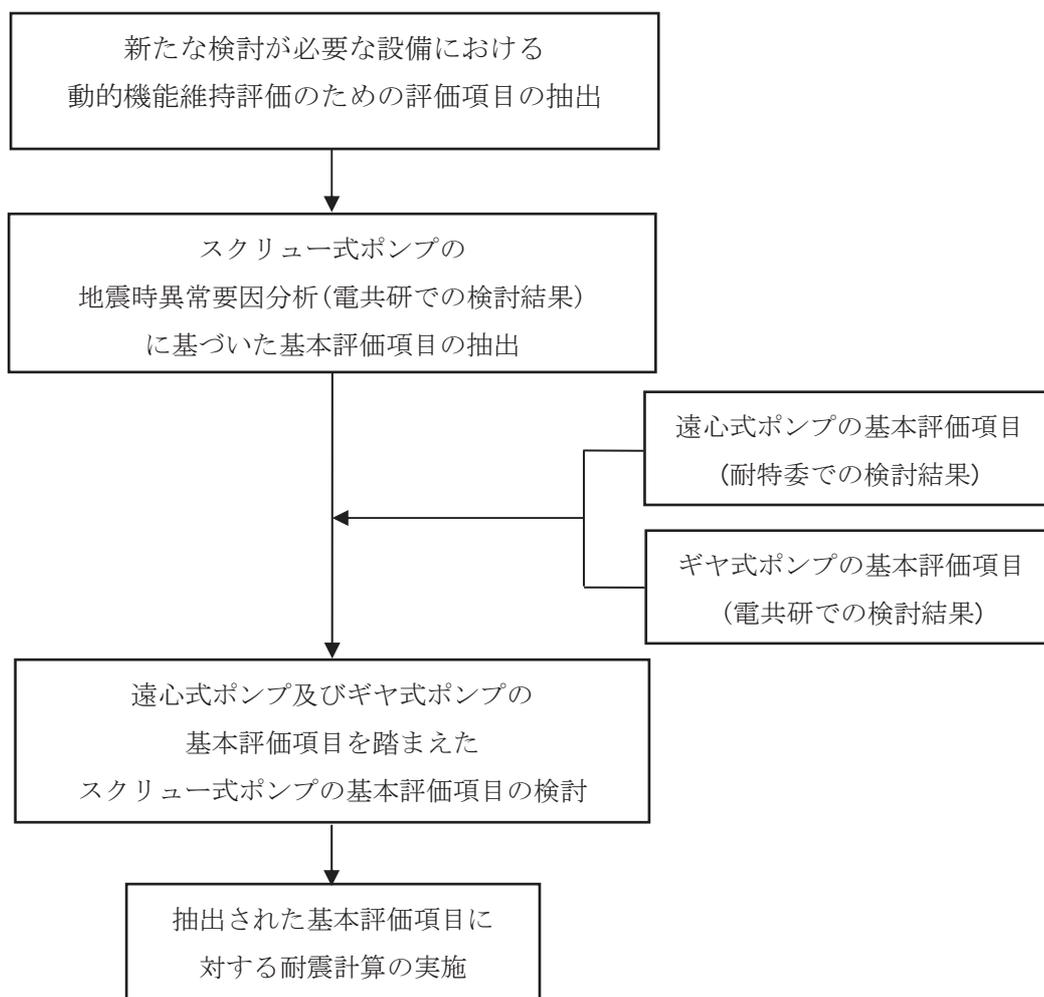


図4 動的機能維持評価のための基本評価項目の抽出フロー

3.1 スクリュー式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目の抽出

スクリュー式ポンプの地震時異常要因分析図（以下「要因分析図」という。）及び基本評価項目は、電共研での検討内容を用いる。電共研では図5に示すとおり、耐特委における遠心式ポンプ及びNUPECにおける非常用DGの燃料供給ポンプに対する異常要因分析結果（非常用ディーゼル発電機システム耐震実証試験（1992年3月））を網羅するように、スクリュー式ポンプに対する地震時異常要因分析を行い、基本評価項目を抽出している。

スクリュー式ポンプの要因分析図を図6に示す。要因分析図に基づき抽出されるスクリュー式ポンプの基本評価項目は、表3のとおりである。

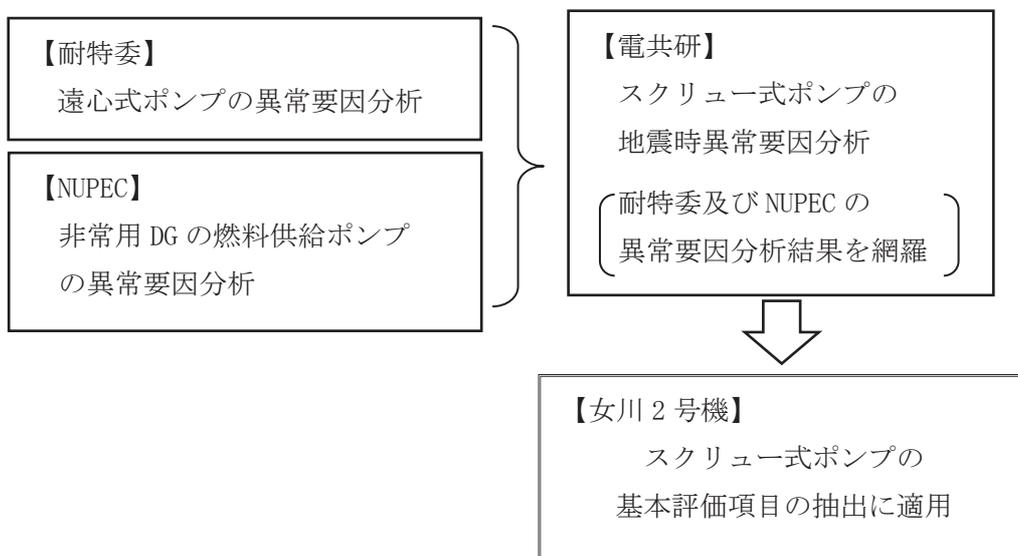


図5 地震時異常要因分析の適用（スクリュー式ポンプ）

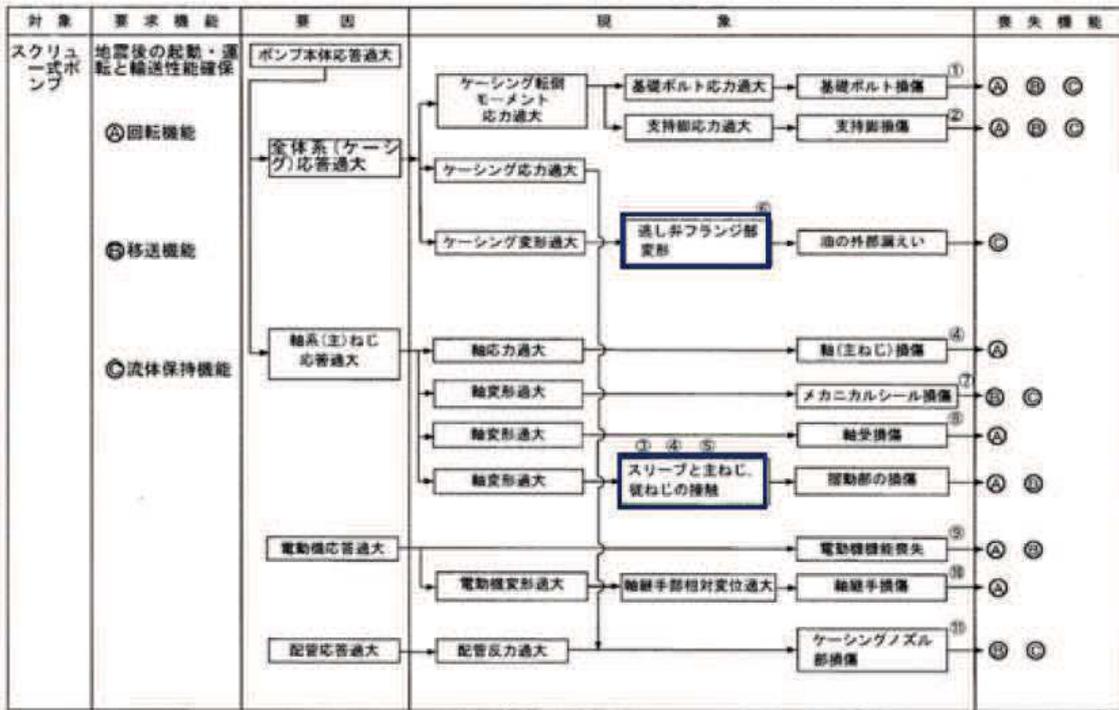


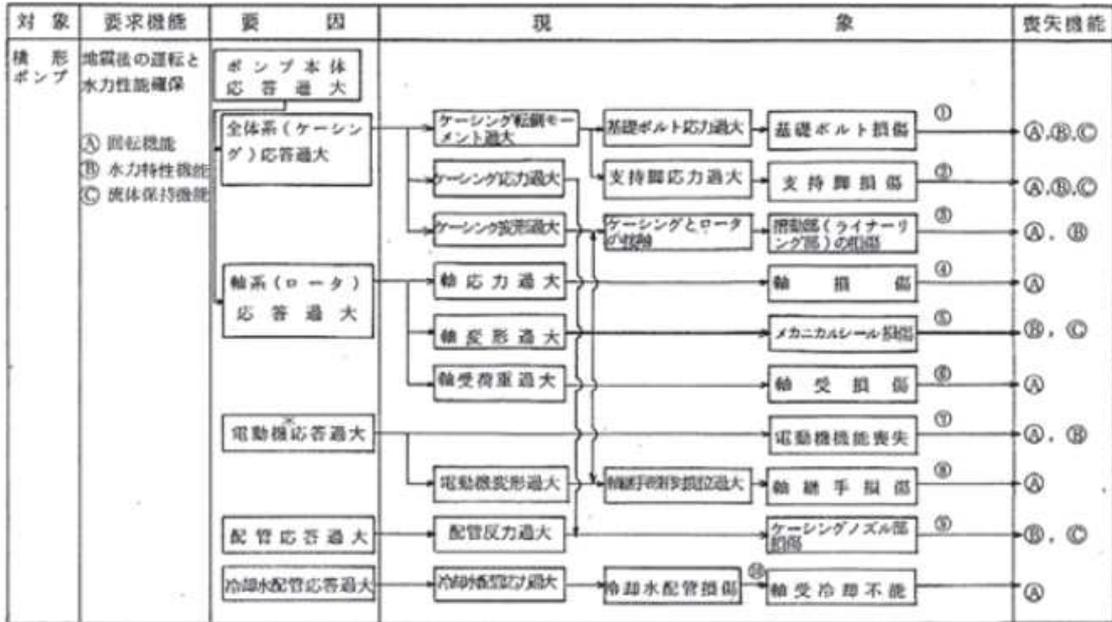
図6 スクリュー式ポンプの地震時異常要因分析図

表3 スクリュー式ポンプの要因分析図から抽出した基本評価項目

No.	基本評価項目	異常要因
①	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト（取付ボルトを含む）の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。
②	支持脚	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより支持脚の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。
③ ④ ⑤	摺動部 (③スリーブ, ④主ねじ, ⑤従ねじのクリアランス)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、軸変形が過大となることによりスリーブと主ねじ又は従ねじが接触し、摺動部が損傷に至り回転機能及び移送機能が喪失する。
④	軸系	軸応力が過大となり軸が損傷することにより、回転機能及び移送機能が喪失する。
⑥	逃がし弁	ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部が変形し、油の外部漏えいに至る。 ただし、ポンプと逃がし弁フランジ部が結合されており、剛構造であることから変形は生じないこと、過度な地震慣性力による誤作動が起こってもすぐに復旧し、ポンプを損傷させないため、評価対象外とする。(添付1参照)
⑦	メカニカルシール	軸系ねじの応答過大により軸変形に至り、メカニカルシールが損傷することにより、移送機能及び流体保持機能が喪失する。
⑧	軸受	軸変形が過大となり軸受が損傷することで、回転機能及び移送機能が喪失する。
⑨	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び移送機能が喪失する。
⑩	軸継手	電動機の変形過大により軸受部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。
⑪	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで移送機能及び流体保持機能が喪失する。

3.2 耐特委で検討された遠心式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目

新たな検討が必要な設備として抽出されたスクリー式ポンプの基本評価項目の検討において、公知化された検討として、参考とする耐特委での遠心式ポンプの地震時異常要因分析図を図7に、地震時異常要因分析図から抽出される遠心式ポンプの基本評価項目を表4に示す。



* 駆動用タービンの場合も同様。また、増速機も含む。

図7 遠心式ポンプの地震時異常要因分析図

表 4 遠心式ポンプの要因分析図から抽出された基本評価項目

No.	基本評価項目	異常要因
①	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト（取付ボルト含む）の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することにより機能喪失する。また、ポンプ全体系の応答が過大となることで、支持脚の応力が過大となり損傷に至り、ポンプが転倒することにより機能喪失する。
②	支持脚	
③	摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)	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、回転機能及び輸送機能が喪失する。
④	軸	軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑤	メカニカルシール	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流体保持機能が喪失する。
⑥	軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑦	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑧	軸継手	被駆動器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輸送機能が喪失する。
⑨	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。
⑩	軸冷却水配管	冷却水配管の応答が過大となり、損傷することで軸冷却不能に至り、回転機能が喪失する。

3.3 電共研で検討されたギヤ式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目

新たな検討が必要な設備として抽出されたスクリー式ポンプの基本評価項目の検討において、公知化された検討として、参考とする電共研でのギヤ式ポンプの地震時異常要因分析図を図8に、地震時異常要因分析図から抽出されるギヤ式ポンプの基本評価項目を表5に示す。

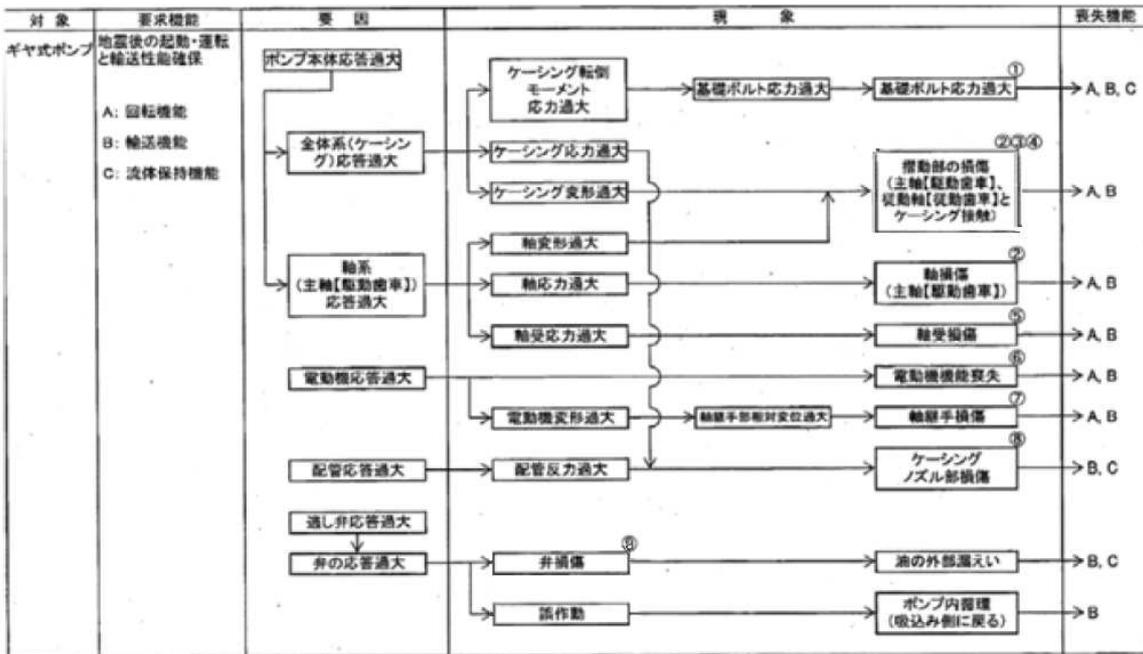


図8 ギヤ式ポンプの地震時異常要因分析図

表5 ギヤ式ポンプ要因分析図から抽出された基本評価項目

No.	基本評価項目	異常要因
①	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト（取付ボルトを含む）の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機能喪失する。
② ③ ④	摺動部 (②主軸又は③従動軸と ④ケーシングのクリアランス)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、主軸（主動歯車）及び従動軸（従動歯車）の応答が過大となり軸部の変形により、ギヤがケーシングと接触することで損傷に至り、回転機能及び輸送機能が喪失する。
②	軸系	軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑤	軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑥	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑦	軸継手	被駆動機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輸送機能が喪失する。
⑧	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。
⑨	逃がし弁	弁の応答が過大となり、弁が損傷又は誤作動することで外部漏えい、ポンプ内循環が発生し、輸送機能及び流体保持機能が喪失する。

3.4 スクリュー式ポンプの基本評価項目の検討

(1) 遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの基本評価項目を踏まえたスクリュー式ポンプの評価項目の整理

スクリュー式ポンプの要因分析結果について、参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの要因分析結果と同様に整理した結果、スクリュー式ポンプの基本評価項目は、表6に示すとおり、一部構造の差異による違いはあるものの、参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプとほぼ同様となった。

表6 スクリュー式ポンプにおける基本評価項目の整理結果

○：既往知見における評価項目，－：対象外

No.	基本評価項目	検討対象 (参照知見)	参考とする機種 (参照知見)		備考
		スクリュー式 ポンプ (電共研)	ギヤ式 ポンプ (電共研)	遠心式 ポンプ (耐特委)	
I	基礎ボルト (取付ボルト含む)	○	○	○	
II	支持脚	○		○	ギヤ式ポンプには 構造上、存在しない
III	摺動部	○	○	○	
IV	軸系	○	○	○	
V	逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)	－	－		遠心式ポンプには 構造上、存在しない
VI	逃がし弁 (移送機能)	－	○		遠心式ポンプには 構造上、存在しない
VII	メカニカルシール	○		○	ギヤ式ポンプは ブッシングを使用
VIII	軸受	○	○	○	
IX	電動機	○	○	○	
X	軸継手	○	○	○	
XI	ケーシングノズル	○	○	○	
XII	冷却水配管			○	試験体が大型ポンプの ため設置

(2) 女川 2 号機のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目の検討

女川 2 号機のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目の選定に当たっては、表 6 のとおり、既往知見により抽出されたスクリー式ポンプの基本評価項目に、参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの基本評価項目を踏まえた全 10 項目について検討を行う。

No. I : 基礎ボルト (取付ボルトを含む)

スクリー式ポンプは参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプと同様に、基礎ボルトで固定された架台の上に、駆動機器及び被駆動機器が取付ボルトで設置されており、地震時に有意な荷重がかかる構造となっていることから、基礎ボルトを動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。

No. II : 支持脚

支持脚については、スクリー式ポンプと遠心式ポンプとで構造に大きな違いはなく、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替する。

No. III : 摺動部

摺動部の損傷の観点から、遠心式ポンプの検討において、ケーシングがローターと接触して損傷するライナーリング部 (摺動部) の評価を行うのと同様に、スクリー式ポンプにおいても摺動部の検討を行い、動的機能維持評価の基本評価項目として以下のとおり選定する。

スクリー式ポンプの摺動部であるスクリー部は構造が非常に剛であり、地震応答増幅が小さく、動的機能評価上重要な部分の地震荷重は通常運転荷重に比べて十分小さいと考えられる。また、スリーブ部については、剛性の高いケーシング部に設置されており、有意な変形が生じることはない。

スクリー部を構成する主ねじ又は従ねじについては、損傷によってスリーブと接触することで、回転機能及び移送機能が喪失に至ることが考えられるため、摺動部を動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。

No. IV : 軸系

スクリー式ポンプは主ねじ及び従ねじを有する構造であり、遠心式ポンプは一軸構造、ギヤ式ポンプは主軸及び従動軸からなる二軸構造となっている。各ポンプによって軸構造は異なるが、軸系の損傷によってポンプとしての機能を喪失することは同様である。

そのため、軸損傷が発生しないことを確認するために、軸系を動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。

No. VII：メカニカルシール

ポンプにおいてメカニカルシールの役割は流体の保持であり、その役割はスクリー式ポンプも遠心式ポンプも同じである。当該メカニカルシールが損傷することにより、ポンプの流体保持機能喪失につながるため、動的機能維持の評価項目として選定する。

No. VIII：軸受

ポンプにおける軸受の役割は回転機能の保持であり、その役割はスクリー式ポンプも参考とする遠心式及びギヤ式ポンプも同じである。軸受が損傷すると、ポンプの機能喪失につながることから、軸受は動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。また、評価においては発生する荷重として、スラスト方向及びラジアル方向の荷重を考慮して評価を行う。

No. IX：電動機

スクリー式ポンプの電動機は、横向きに設置されるころがり軸受を使用する電動機であり、その構造は耐特委（J E A G 4 6 0 1）で検討されている横型ころがり軸受電動機の適用範囲内である。

そのため、電動機を動的機能維持評価の基本評価項目として選定し、機能確認済加速度との比較により評価を行う。

No. X：軸継手

スクリー式ポンプは遠心式及びギヤ式ポンプと同様に、軸受でスラスト荷重を受け持つこと及びフレキシブルカップリングを採用しており、軸継手にはスラスト荷重による有意な応力が発生しない構造となっている。

よって、軸継手は動的機能維持評価の対象外とする。

No. XI：ケーシングノズル

スクリー式ポンプのケーシングノズル部は、遠心式及びギヤ式ポンプと同様に、ポンプケーシングと配管の接続部であるが、ノズル出入口配管のサポートについて適切に配管設計することで、ノズル部に過大な配管荷重が伝わらないようにすることが可能である。

よって、ケーシングノズルは動的機能維持評価の対象外とする。

No. XII：軸冷却水配管

耐特委で検討された遠心式ポンプは大型のポンプであり、軸受としてすべり軸受を採用していることから、軸受の冷却が必要となる。このため、地震により軸冷却水配管の損傷に至ればポンプの機能維持に影響を及ぼすため、基本評価項目としている。

一方、スクリー式ポンプの軸受は内部流体で冷却が可能であるため、軸冷却水配管は有していないことから、軸冷却水配管は動的機能維持評価の対象外とする。

3.5 まとめ

女川2号機における規格適用外の動的機能維持が必要な設備のうち、新たな検討が必要な設備であるスクリー式ポンプについて、基本的な構造が類似している耐特委での遠心式ポンプ及び電共研でのギヤ式ポンプにおける検討結果を参考に、型式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を行い、動的機能維持を確認するための基本評価項目の抽出を行った。

その結果、スクリー式ポンプの基本評価項目は、参考とした遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプとの構造の違いにより一部の評価項目は異なるが、ほぼ同様となった。また、参考とするポンプとの構造及び評価項目の差異を踏まえ、基本評価項目について、女川2号機のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目についての検討した結果、評価項目が異なる部位に対する評価方法は同様であり、既往の評価手法を踏まえた詳細評価が可能であると考えられる。

以上の検討結果から、女川2号機のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目については、表7のとおり整理し、抽出された基本評価項目に対して、耐震計算を実施する。また、抽出された基本評価項目における評価基準値の設定を表8に、具体的な評価結果について表9、10、11に示す。

なお、燃料移送ポンプの評価の詳細は、個別の耐震計算書「VI-2-10-1-2-1-4 非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプの耐震性についての計算書」、「VI-2-10-1-2-2-4 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプの耐震性についての計算書」及び「VI-2-10-1-2-3-2 ガスタービン発電設備 燃料移送ポンプの耐震性についての計算書」にて示す。

表7 女川2号機のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の
基本評価項目の検討結果

○：評価対象（計算書対象），－：対象外

No.	既往知見における 基本評価項目	スクリー式ポンプ における動的機能維持 評価の基本評価項目	主な理由
I	基礎ボルト (取付ボルト含む)	○	損傷によりポンプ機能喪失
II	支持脚	－	基礎ボルトにて代替評価
III	摺動部	○	損傷によりポンプ機能喪失
IV	軸系	○	損傷によりポンプ機能喪失
V	逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)	－	地震により損傷しないため 対象外
VI	逃がし弁本体 (移送機能)	－	地震により誤動作しないため 対象外
VII	メカニカルシール	○	損傷によりポンプ機能喪失
VIII	軸受	○	損傷によりポンプ機能喪失
IX	電動機	○	損傷によりポンプ機能喪失
X	軸継手	－	地震により損傷しないため 対象外
XI	ケーシングノズル	－	配管設計により対応可能なため 対象外
XII	軸冷却水配管		構造上，存在しないため 評価不要

表 8 評価基準値（許容値）の設定

評価項目	評価基準値（許容値）の設定
I 基礎ボルト (取付ボルト含む)	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（全体として弾性挙動となるような）値としてIV _A Sを許容値とした。
III 摺動部	主ねじとスリーブの接触による回転機能、移送機能が阻害されるという観点から、主ねじとスリーブの隙間を許容値とした。
IV 軸系	回転機能の確保の観点から、軸（主ねじ）の変形を弾性範囲内に留めるようIII _A Sを許容値とした。
VII メカニカルシール	液体保持機能の確保の観点から、シール回転環の変位可能寸法を許容値とした。
VIII 軸受	回転機能の確保の観点から、メーカーが推奨する許容面圧を許容値とした。
IX 原動機	回転機能、移送機能の確保の観点から、JEAG4601に記載の電動機（横形ころがり軸受）の機能確認済加速度である水平4.7[G]、鉛直1.0[G]を許容値とした。

表9 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ評価結果

評価部位	項目	応力分類	発生値	許容値	評価
I-1 基礎ボルト	応力	引張 (MPa)			○
		せん断 (MPa)			○
I-2 ポンプ取付ボルト	応力	引張 (MPa)			○
		せん断 (MPa)			○
I-3 原動機取付ボルト	応力	引張 (MPa)			○
		せん断 (MPa)			○
III 主ねじ	変位	— (mm)			○
IV 軸系	応力	せん断 (MPa)			○
VII メカニカルシール	変位	— (mm)			○
VIII 軸受*	面圧	㊦-1 ラジアル(原動機側) (MPa)			○
		㊦-1 ラジアル(負荷側) (MPa)			○
		㊦-2 スラスト (MPa)			○
IX 原動機	加速度	水平 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)			1.10
		鉛直 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	0.77	1.0	○

注：I-1～3は基準地震動 S_s により定まる設計用最大応答加速度(1.2ZPA)[水平： $1.32(\times 9.8\text{m/s}^2)$ ，鉛直 $0.92(\times 9.8\text{m/s}^2)$]で評価。III，IV，VII，VIII，IXは基準地震動 S_s により定まる設計用最大応答加速度(1.0ZPA)[水平： $1.10(\times 9.8\text{m/s}^2)$ ，鉛直 $0.77(\times 9.8\text{m/s}^2)$]で評価。設計用最大応答加速度はVI-2-1-7「設計用応答曲線の作成方針」に基づき定めたものである。

注記*：軸受が受ける荷重のうちラジアル荷重は原動機側及び負荷側の各軸質量，スラスト荷重は軸系総質量を用いて算出。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 10 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ評価結果

評価部位	項目	応力分類	発生値	許容値	評価
I-1 基礎ボルト	応力	引張 (MPa)			○
		せん断 (MPa)			○
I-2 ポンプ取付ボルト	応力	引張 (MPa)			○
		せん断 (MPa)			○
I-3 原動機取付ボルト	応力	引張 (MPa)			○
		せん断 (MPa)			○
III 主ねじ	変位	— (mm)			○
IV 軸系	応力	せん断 (MPa)			○
VII メカニカルシール	変位	— (mm)			○
VIII 軸受*	面圧	㊦-1 ラジアル(原動機側) (MPa)			○
		㊦-1 ラジアル(負荷側) (MPa)			○
		㊦-2 スラスト (MPa)			○
IX 原動機	加速度	水平 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	1.10	4.7	○
		鉛直 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	0.77	1.0	○

注：I-1～3は基準地震動 S_s により定まる設計用最大応答加速度(1.2ZPA) [水平： $1.32(\times 9.8\text{m/s}^2)$ ，鉛直 $0.92(\times 9.8\text{m/s}^2)$]で評価。III，IV，VII，VIII，IXは基準地震動 S_s により定まる設計用最大応答加速度(1.0ZPA) [水平： $1.10(\times 9.8\text{m/s}^2)$ ，鉛直 $0.77(\times 9.8\text{m/s}^2)$]で評価。設計用最大応答加速度はVI-2-1-7「設計用応答曲線の作成方針」に基づき定めたもの。

注記*：軸受が受ける荷重のうちラジアル荷重は原動機側及び負荷側の各軸質量，スラスト荷重は軸系総質量を用いて算出。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 11 ガスタービン発電設備燃料移送ポンプ評価結果

評価部位	項目	応力分類	発生値	許容値	評価
I-1 基礎ボルト	応力	引張 (MPa)			○
		せん断 (MPa)			○
I-2 ポンプ取付ボルト	応力	引張 (MPa)			○
		せん断 (MPa)			○
I-3 原動機取付ボルト	応力	引張 (MPa)			○
		せん断 (MPa)			○
III 主ねじ	変位	— (mm)			○
IV 軸系	応力	せん断 (MPa)			○
VII メカニカルシール	変位	— (mm)			○
VIII 軸受*	面圧	⑦-1 ラジアル(原動機側) (MPa)			○
		⑦-1 ラジアル(負荷側) (MPa)			○
		⑦-2 スラスト (MPa)			○
IX 原動機	加速度	水平 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)			1.23
		鉛直 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	0.61	1.0	○

注：I-1～3は基準地震動 S_s により定まる設計用最大応答加速度(1.2ZPA) [水平： $1.47(\times 9.8\text{m/s}^2)$ ，鉛直 $0.74(\times 9.8\text{m/s}^2)$]で評価。III，IV，VII，VIII，IXは基準地震動 S_s により定まる設計用最大応答加速度(1.0ZPA) [水平： $1.23(\times 9.8\text{m/s}^2)$ ，鉛直 $0.61(\times 9.8\text{m/s}^2)$]で評価。設計用最大応答加速度はVI-2-1-7「設計用応答曲線の作成方針」に基づき定めたもの。

注記*：軸受が受ける荷重のうちラジアル荷重は原動機側及び負荷側の各軸質量，スラスト荷重は軸系総質量を用いて算出。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

逃がし弁における動的機能維持評価対象外の考え方について

1. 概要

ガスタービン発電設備燃料移送ポンプ，非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの逃がし弁（以下「逃がし弁」という。）については，動的機能維持評価を不要としている。以下に，逃がし弁が評価不要な理由を示す。

2. 逃がし弁の構造について

逃がし弁は，シート面に弁をばねで押付けており，ポンプの吐出圧力が逃がし弁のばね荷重を上回った際に開き，吐出圧力が一定以上上昇しない構造となっている。また，逃がし弁はポンプ本体上部に横向きで取付けられている。

3. 動的機能維持評価項目について

逃がし弁における動的機能維持評価項目は，異常要因モード図から逃がし弁フランジ部の変形による油の外部漏えいが上げられる。また，その他に地震慣性力により逃がし弁の誤作動が考えられるが，誤作動により弁が開いても油が漏れないこと，一時的に油が吐出側から吸込側へ流れるがポンプ内での循環であるためポンプへの損傷はないこと，地震慣性力が無くなると弁が復旧し，通常運転状態へ戻ることから誤作動における動的機能維持の評価は不要と考える。

ただし，念のため地震慣性力による誤作動が起り得るのか確認する。

上記から逃がし弁の動的機能維持評価項目として対応となる以下の項目について，評価対象外とする考え方を4項及び5項にて確認する。

- ・逃がし弁フランジ部の変形による油の外部漏えいについて
- ・逃がし弁の地震慣性力による誤作動について

4. 逃がし弁フランジ部の変形による油の外部漏えいについて

逃がし弁は，剛構造であるポンプのケーシングに一体となるようフランジで取り付けられているため燃料移送ポンプと同様に剛構造となり，フランジ部の変形は生じないことから逃がし弁フランジ部の変形による油の外部漏えいは発生しないと考えられる。燃料移送ポンプの構造概要を図1に示す。

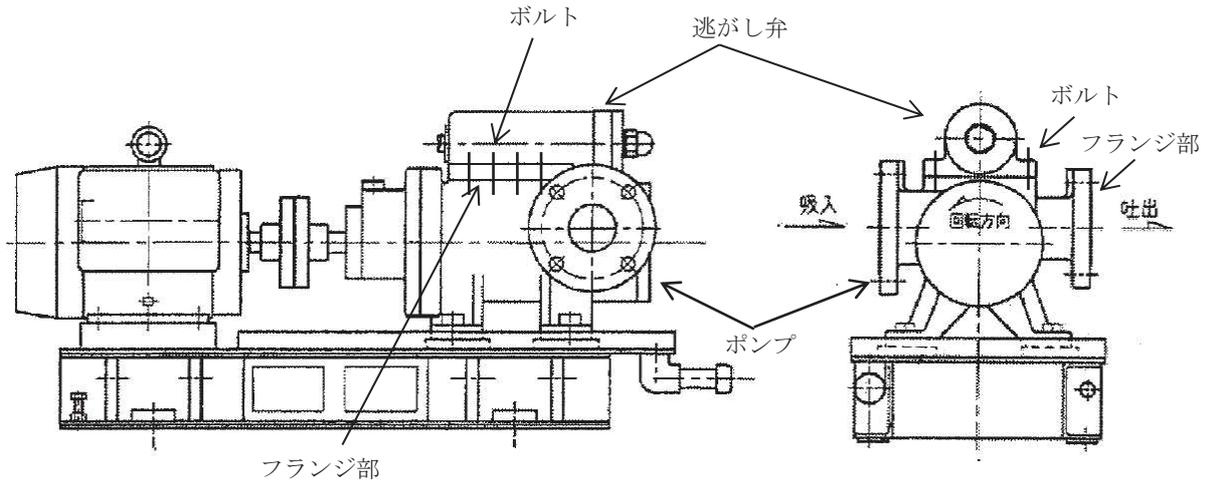


図1 燃料移送ポンプ構造概要図

5. 逃がし弁の地震慣性力による誤作動について

弁の動的機能維持の評価においては、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較を行うが、J E A G 4 6 0 1 に記載されている標準的な弁は縦向きに取付けられており、評価に使用する機能確認済加速度を横向きに取付けられている逃がし弁にそのまま適用することはできないと考える。そのため、逃がし弁においては水平方向の地震慣性力により作用する力と逃がし弁のばね力との比較により構造強度に問題が無いこと及び誤作動の有無を確認する。また、逃がし弁は燃料移送ポンプと同様に剛構造と考えられることから燃料移送ポンプの機能維持評価用加速度を使用する。

5.1 逃がし弁の動的機能維持について

逃がし弁が開くのに必要な力が、地震により逃がし弁に作用する水平方向の地震慣性力より大きいことを次式で確認する。

評価は、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ及びガスタービン発電設備燃料移送ポンプのうち、水平方向地震力が大きいガスタービン発電設備燃料移送ポンプについて確認する。逃がし弁の構造図を図2に示す。

$$K \delta_0 - P A > m g C_H$$

式中の記号は以下のとおり。

記号	記号の説明	値	単位
K	ばね定数		
δ_0	ばね変位		
P	運転時に逃がし弁の開方向に作用する圧力		
A	圧力 P の受圧部面積		
m	逃がし弁質量		
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
C _H	水平方向震度*	1.23	—

注記* : 女川原子力発電所第2号機補正工認対応(工認設計用)基準地震動S_s(7波)により定まる動的機能維持評価用震度(1.0ZPA)[水平:1.23(×9.8m/s²),鉛直0.61(×9.8m/s²)]のうち水平方向震度で評価

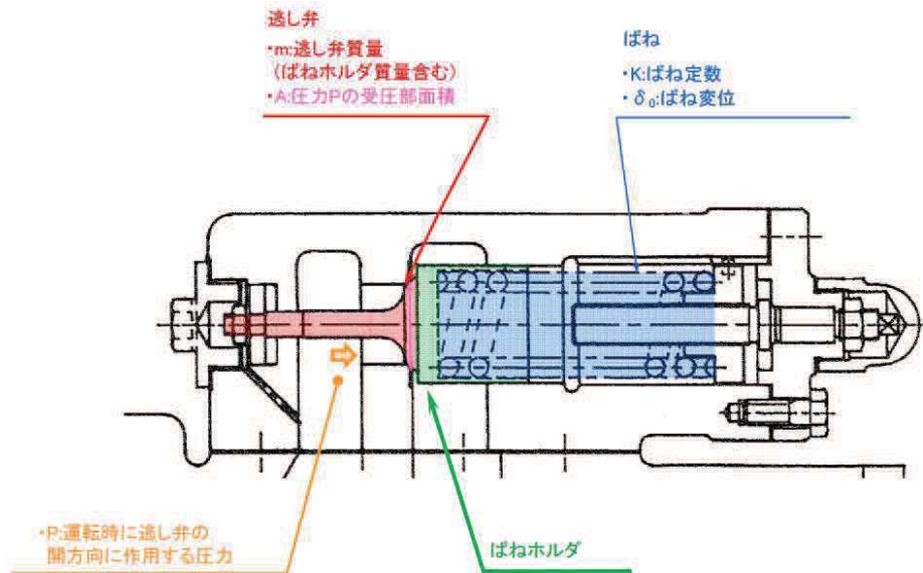


図2 逃がし弁の構造図

5.2 評価結果

評価結果を以下に示す。

$$K \delta_0 - P A = \text{[Redacted]}$$

$$m g C_H = \text{[Redacted]} \times 9.80665 \times 1.23 = \text{[Redacted]}$$

よって、 $K \delta_0 - P A > m g C_H$ であることから、逃がし弁が開くのに必要な力は、逃がし弁に作用する地震慣性力より大きいため、逃がし弁の構造強度に問題ないこと及び誤作動は起こらないと言える。

6. 結論

4項及び5項の結果から、逃がし弁は動的機能維持評価の対象外とすることは問題ない。

以上

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

詳細検討が必要な設備の評価

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

女川 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表 1 に示す。

表 1 詳細検討対象設備

機種名	設備名称	型式	仕様 (流量, 出力等)	J E A G 適用範囲
立形ポンプ	原子炉補機冷却海水ポンプ	立形斜流式	1900m ³ /h	～7600m ³ /h
	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	立形斜流式	250m ³ /h	～7600m ³ /h
横形ポンプ	燃料プール冷却浄化系ポンプ	単段遠心式	160m ³ /h	～2400m ³ /h
電動機	高圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機	立形すべり軸受	1900kW	～2700kW
	低圧炉心スプレイ系ポンプ用原動機	立形ころがり軸受	1000kW	～1300kW
	原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機	立形ころがり軸受	420kW	～1300kW
	高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ポンプ用電動機	立形ころがり軸受	60kW	～1300kW
	燃料プール冷却浄化系ポンプ用電動機	横形ころがり軸受	75kW	～950kW
	ほう酸水注入系ポンプ用電動機	横形ころがり軸受	37kW	～950kW
	非常用ガス処理系排風機用電動機	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電動機	横形ころがり軸受	11kW	～950kW
ファン	非常用ガス処理系排風機	遠心直結型ファン	41.7m ³ /h	～2900m ³ /h
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ	遠心直動型ファン	4.3m ³ /h	～2500m ³ /h
非常用 ディーゼル 発電設備	非常用ディーゼル機関	機関本体	6100kW	～15500kW
	非常用ディーゼル発電機	(電動機の評価手法に準じる)		
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関	機関本体	3000kW	～15500kW
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機	(電動機の評価手法に準じる)		
往復動式 ポンプ	ほう酸水注入系ポンプ	横形 3 連往復動式	9.78m 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	—	～850A
	主蒸気逃がし安全弁	安全弁	—	～200A
一般弁	グローブ弁	グローブ弁	—	～500A
	ゲート弁	ゲート弁	—	～650A
	バタフライ弁	バタフライ弁	—	～1800A
	逆止弁	逆止弁	—	～850A

3. 動的機能維持評価の詳細検討に係る対応方針

表1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、機能確認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。

動的機能維持評価においては、J E A G 4 6 0 1及び耐特委報告書において、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、詳細検討においては、これらの異常要因分析及び基本評価項目を踏まえるとともに、必要に応じて、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参照する。

4. 動的機能維持評価に係る機種毎の詳細検討

4.1 電動機

4.1.1 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は、表2のとおり。

表2 機能確認済加速度との比較による評価結果

今回説明	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
	高圧炉心スプレイ系 ポンプ用電動機	立形すべり 軸受	水平方向	4.7	2.5	×
			鉛直方向	0.57	1.0	○
	低圧炉心スプレイ系 ポンプ用電動機		水平方向	4.2	2.5	×
			鉛直方向	0.57	1.0	○
	原子炉補機冷却海水 ポンプ用電動機	立形ころがり 軸受	水平方向	追而	2.5	追而
			鉛直方向	追而	1.0	追而
	高圧炉心スプレイ 補機冷却海水 ポンプ用電動機		水平方向	追而	2.5	追而
			鉛直方向	追而	1.0	追而
	燃料プール冷却浄化系 ポンプ用電動機		水平方向	1.65	4.7	○
			鉛直方向	1.15	1.0	×
	ほう酸水注入系 ポンプ用電動機		水平方向	1.77	4.7	○
			鉛直方向	1.30	1.0	×
	非常用ガス処理系 排風機用電動機	横形ころがり 軸受	水平方向	1.81	4.7	○
			鉛直方向	1.32	1.0	×
	可燃性ガス濃度制御系 再結合装置ブロウ用 電動機		水平方向	1.77	4.7	○
			鉛直方向	1.30	1.0	×

注記*1：加速度の単位：×9.8m/s²

*2：機能維持評価用加速度が機能維持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。

4.1.2 電動機の構造概要

詳細評価が必要となった電動機の構造概要を図1～図3に示す。電動機は、機構的に単純であり、いずれも堅牢な固定子フレームと回転子とから構成される。

その型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各々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。

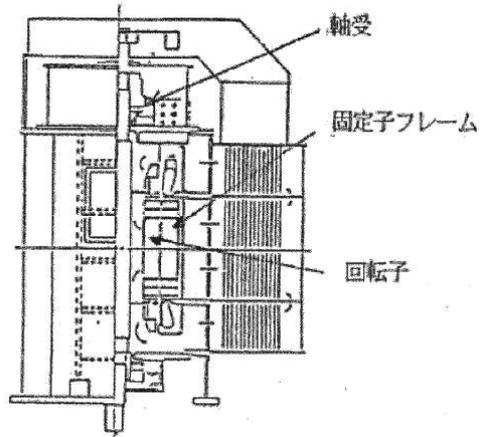


図1 電動機（立形ころがり軸受）の構造概要図

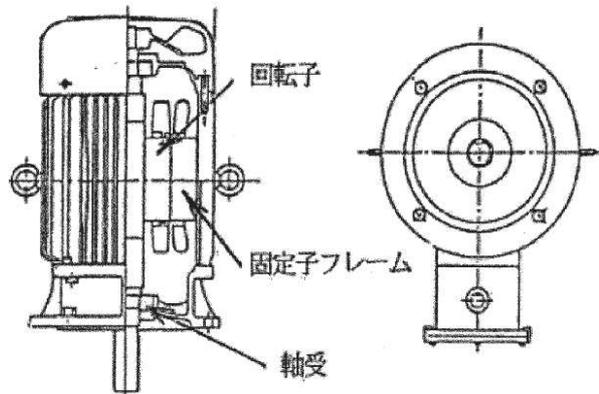


図2 電動機（立形すべり軸受）の構造概要図

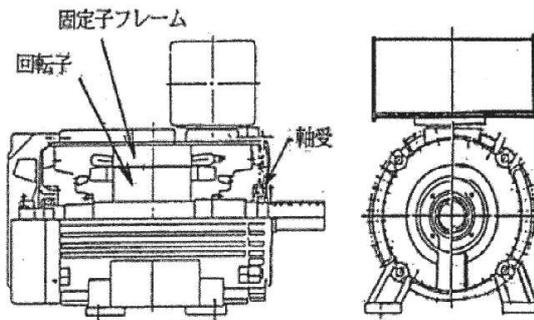


図3 電動機（横形ころがり軸受）の構造概要図

4.1.3 電動機の基本評価項目

(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図4に示す。

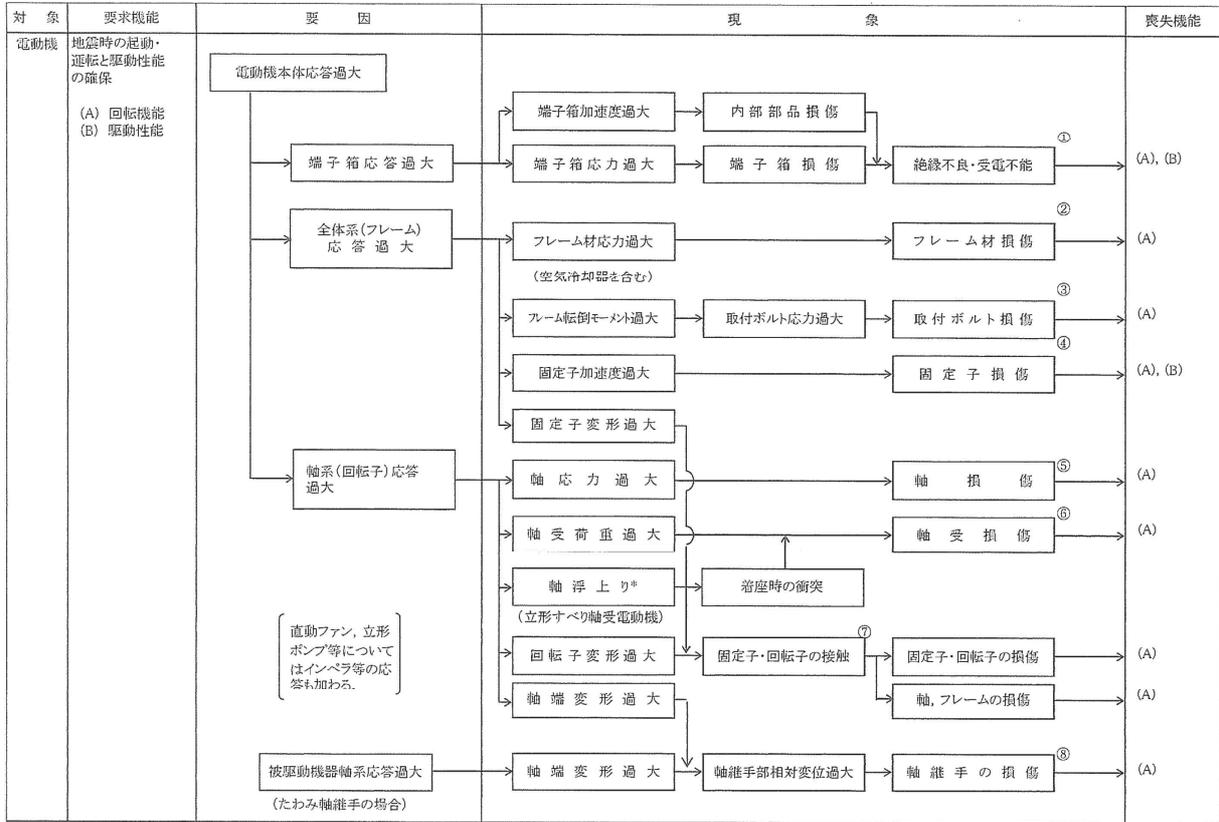


図4 電動機の地震時異常要因分析図 (耐特委)

(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、①～⑧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①～⑧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。

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。

なお、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が、各評価結果が概ね弾性域内に留まっていれば、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。

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) 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（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・回転子の健全性

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器への回転運動の伝達が喪失する。

4.1.4 電動機の詳細検討内容

電動機の動的機能維持評価に係る詳細検討内容を表3に示す。

表3 電動機の動的機能維持評価に係る詳細検討内容

No.	基本評価項目	評価内容	計算書対象*
①	端子箱	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	フレーム	フレームは固定子、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フレームに有意な荷重が作用することから、フレームの発生応力を評価する。	○
③	取付ボルト	電動機は電動機支え台に取付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し、有意な荷重がかかることから、取付ボルトの発生応力を評価する。	○
④	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。	○
⑤	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。	○
⑥	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。	○
⑦	固定子・回転子	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、回転機能喪失に関わるため、固定子のたわみを評価する。	○
⑧	軸継手	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、軸継手の評価を省略する。	—

注記*：計算書対象の場合を「○」、計算書省略の場合を「—」で示す。

4.1.5 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表4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。

表4 電動機の評価基準値

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，受電機能の確保の観点から，運転状態Ⅳを基本として，通常材料の実降伏点が設計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許容応力状態Ⅳ _A Sを評価基準値とした。
②	フレーム	電動機本体の機能維持の観点から，運転状態Ⅲを基本として，フレームの発生応力を弾性範囲内に留めるようⅢ _A Sを評価基準値とした。
③	取付ボルト	支持機能の確保の観点から，運転状態Ⅳを基本として，通常材料の実降伏点が設計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許容応力状態Ⅳ _A Sを評価基準値とした。
④	固定子	固定子の機能維持の観点から，運転状態Ⅲを基本として，固定子の発生応力を弾性範囲内に留めるようⅢ _A Sを評価基準値とした。
⑤	軸（回転子）	回転機能の確保の観点から，運転状態Ⅲを基本として，軸（回転子）の発生応力を弾性範囲内に留めるようⅢ _A Sを評価基準値とした。
⑥	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。
⑦	固定子・回転子	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。

4.1.6 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表5,6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、いずれも、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、個別の耐震計算書「VI-2-5-5-1-1 高圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算書」,「VI-2-5-5-2-1 低圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算書」にて示す。

表5 高圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機 詳細検討結果

評価部位	項目	応力分類	発生値	評価基準値	評価
①端子箱	応力	引張り	175MPa	185MPa	○
	応力	せん断	1MPa	142MPa	○
②フレーム	応力	組合せ	25MPa	309MPa	○
③取付ボルト	応力	引張り	148MPa	455MPa	○
	応力	せん断	53MPa	350MPa	○
④固定子	応力	せん断	5MPa	53MPa	○
⑤軸 (回転子)	応力	組合せ	49MPa	354MPa	○
⑥軸受	荷重	(上部軸受)	$5.715 \times 10^4 \text{N}$		○
	荷重	(下部軸受)	$5.360 \times 10^4 \text{N}$		○
⑦固定子・回転子	変位	—	0.83mm	3mm	○

表6 低圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機 詳細検討結果

評価部位	項目	応力分類	発生値	評価基準値	評価
①端子箱	応力	引張り	100MPa	185MPa	○
	応力	せん断	1MPa	142MPa	○
②フレーム	応力	組合せ	24MPa	309MPa	○
③取付ボルト	応力	引張り	141MPa	491MPa	○
	応力	せん断	43MPa	378MPa	○
④固定子	応力	せん断	4MPa	53MPa	○
⑤軸 (回転子)	応力	組合せ	54MPa	430MPa	○
⑥軸受	荷重	(上部軸受)	$2.449 \times 10^4 \text{N}$		○
	荷重	(下部軸受)	$2.983 \times 10^4 \text{N}$		○
⑦固定子・回転子	変位	—	0.99mm	2.4mm	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

その他機種の評価結果については，追而とする。

- 4.2 立形ポンプ
- 4.3 横形ポンプ
- 4.4 ファン
- 4.5 非常用ディーゼル発電設備
- 4.6 往復動式ポンプ
- 4.7 特殊弁
- 4.8 一般弁