【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電 14　R 0
提出年月日	令和 3 年 6 月 16 日

設工認に係る補足説明資料

耐震計算書に関する補足説明

冷却塔の動的機能維持評価手法の適用について

目　次

1.　概要 ･･･ 1
2.　動的機能維持の考え方について･･･ 1
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検討方針･････････････ 4
4.　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･････････････････ 4
　4.1　検討対象設備 ･･ 4
　4.2　新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出･･････････････････････････････ 4
　4.3　抽出結果 ･･ 6
5.　詳細検討が必要な機器の動的機能維持について･･････････････････････････････ 7

別紙1．ＪＥＡＧ4601 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な設備における動的機能維持の検討方針

：商業機密の観点から公開できない箇所

1.　概要

本資料は，再処理施設の設計基準対象施設に対する後次回申請を含めた耐震計算書の評価結果を補足説明するものである。

ここでは，動的機能維持の詳細評価に対する検討方針及び検討結果を示す。

また，本資料は，第１回申請（令和２年 12 月 24 日申請）のうち，以下に示す添付資料の補足説明に該当するものである。

・再処理施設　添付書類「Ⅳ-1-1　耐震設計の基本方針」

2.　動的機能維持に関する考え方について

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維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（抜粋）

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（抜粋）

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。

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 JEAG4601-1991 追補版（以下，「JEAG4601」という。）に従い実施するものとするが，JEAG4601 で定める機能確認済加速度（JEAG4601 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，JEAG4601 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のうち，第１回申請対象設備について，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。

4.　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

4.1　検討対象設備

検討対象設備は，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とし，動的機能が必要な設備として JEAG4601 で適用範囲が定められている機種（立形ポンプ，横形ポンプ，電動機等）とする。

4.2　新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出

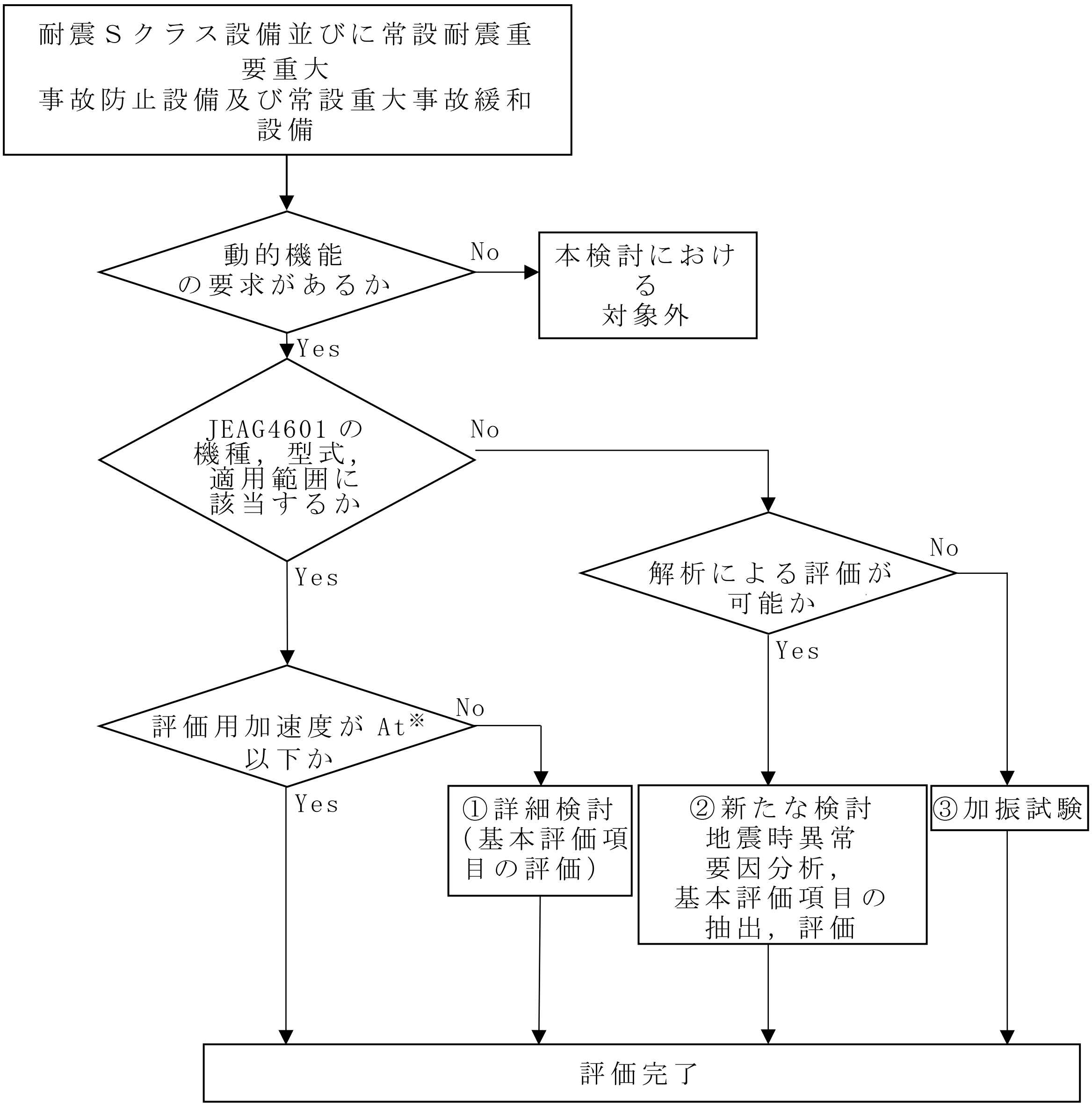
第４－１図にて設備の抽出及び検討のフローを示す。検討対象設備について，JEAG4601 に定める機能確認済加速度（At）との比較による評価方法が適用できる機種に対して構造，作動原理，各機器の流量，出力等が JEAG4601 で定められた適用範囲と大きく異ならないことを確認する。大きく異なる場合は，解析による評価が可能かにより，新たな検討（地震時異常要因分析，基本評価項目の抽出，評価）が必要な設備，又は加振試験を実施する設備として抽出する。

さらに評価用加速度が JEAG4601 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）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 JEAG4601 にて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いるため，本資料の対象外とする。

第 1 回申請対象設備に対する上記の整理結果として，別表 1 に検討対象設備を示すとともに，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 JEAG4601 に該当する機種名等を整理した。

※　電力共同研究「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）」



※　At：機能確認済加速度

第４－１図　動的機能維持評価フロー

4.3　抽出結果

第４－１図にて第１回申請対象設備のうち新たな検討，詳細検討及び加振試験が必要な設備を抽出した結果を第４－１表に示す。

①詳細検討（基本評価項目の評価）

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はなかった。

②新たな検討（地震時異常要因分析，基本評価項目の抽出，評価）

新たな検討として，地震時異常要因分析，基本評価項目の抽出，評価が必要となる設備として，安全冷却水Ｂ冷却塔ファン（以下「冷却塔ファン」という。）が該当する。

冷却塔ファンは，（社）日本電気協会電気技術基準調査委員会の下に設置された原子力発電耐震設計特別調査委員会で地震時機能維持評価について検討された機器の内，軸流式ファンと類似であり，ファンの地震時異常要因分析及び評価項目を参考とすることが可能である。

そのため，冷却塔ファン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，評価を実施する。

③加振試験

新たな加振試験が必要となる設備はなかった。

第４－１表　新たな評価項目の検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

機種名	設備名称	JEAG4601の機種，型式，適用範囲に該当するか 〇：該当 ×：否（新たな評価項目の検討が必要）	機能確認済加速度(At)以下か 〇：OK ×:NG(詳細検討が必要)
ファン	安全冷却水Ｂ冷却塔ファン	×	―

5.　詳細検討が必要な機器の動的機能維持評価について

JEAG4601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な設備における動的機能維持評価について別紙にて説明する。

【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な設備】

・別紙１：安全冷却水Ｂ冷却塔ファン

別紙１

JEAG4601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な設備における動的機能維持の検討方針

目　次

1.　はじめに・・・ 1

2.　評価項目の抽出方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

3.　新たな検討が必要な動的機能維持評価の評価項目の抽出・・・・・・・・・・・ 5

4.　まとめ・・・ 15

1.　はじめに

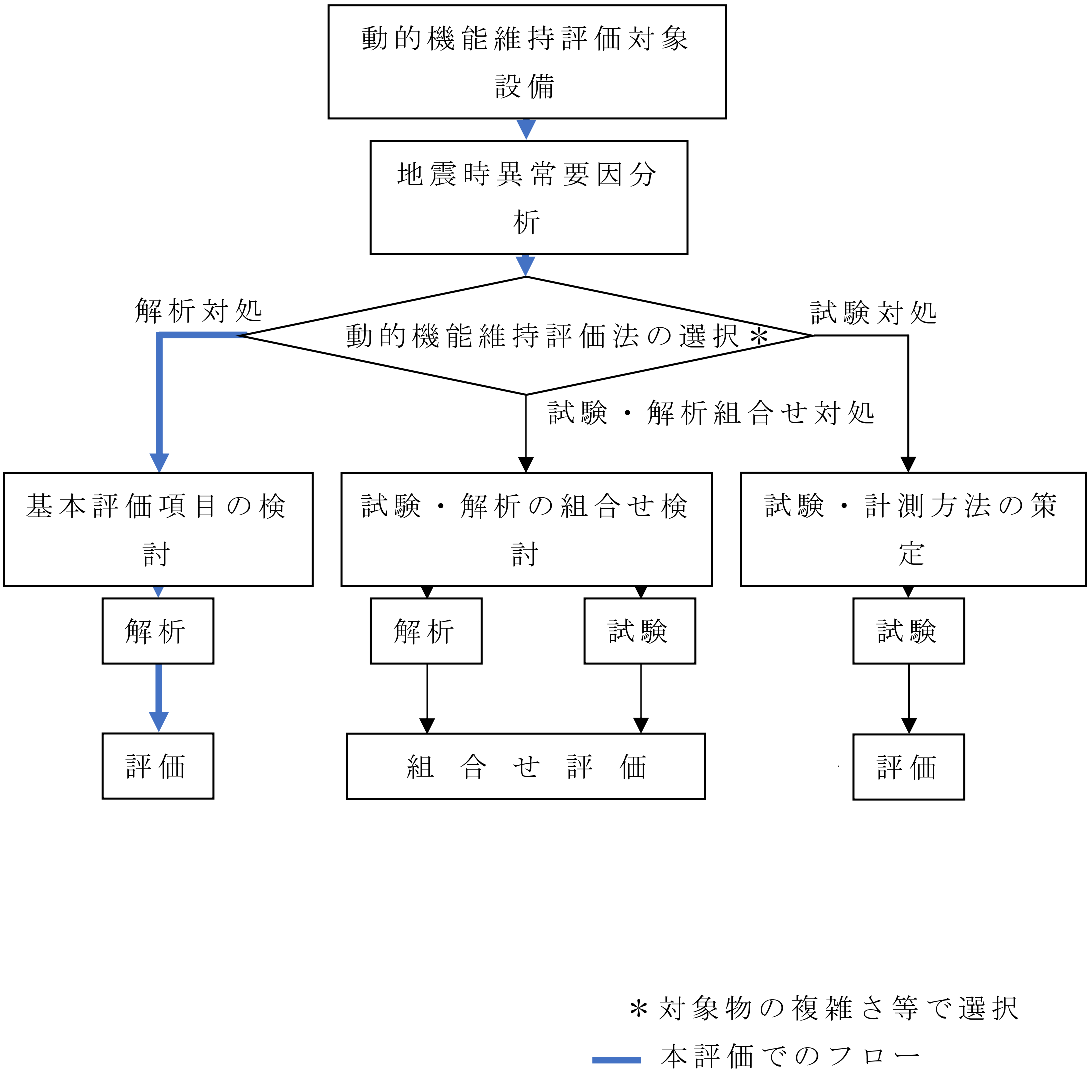
安全冷却水B冷却塔ファン（以下「冷却塔ファン」という。）の動的機能維持評価について，原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991追補版（以下「JEAG4601」という。）に定められた機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる機種の範囲から外れ，新たに評価項目の検討が必要となる。本資料では，冷却塔ファンの動的機能維持の検討方針を示す。

2.　評価項目の抽出方針

JEAG4601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（社）日本電気協会電気技術基準調査委員会の下に設置された原子力発電耐震設計特別調査委員会（以下「耐特委」という。）により取り纏められた類似機器における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。

今回JEAG4601に定められた適用機種の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第２－１図に示す。なお，JEAG4601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。



第２－１図　動的機能維持評価のフロー

地震時異常要因分析を検討するに当たり，参考とする機種／型式を第２－１表に示すとともに，第２－２図に今回設工認にて新たな検討が必要な冷却塔ファン及び，第２－３図に耐特委で検討され新たな検討において参考とする設備の構造概要図を示す。また，主要仕様を第２－２表に示す。

[redacted]

[redacted]。

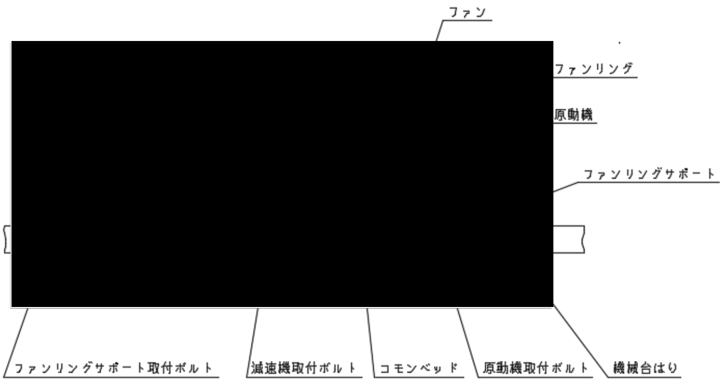
第２－１表　新たな検討が必要な設備において参考とする機種／型式

新たな検討を行う設備	機種／型式／流量	参考とする JEAG4601 の機種／型式／適用範囲
安全冷却水Ｂ冷却塔	[redacted]	

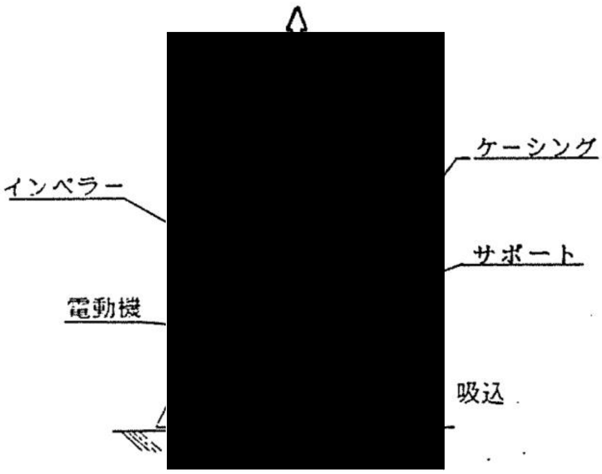
第２－２表　冷却塔ファンの主要仕様

項目		仕様
流量	m^3/min	[redacted]
最高使用圧力	MPa	
最高使用温度	℃	
原動機出力	kW/個	

[redacted]



第２－２図　冷却塔ファン構造概要図



第２－３図　軸流式ファン（たて置）構造概要図

3.　新たな検討が必要な動的機能維持評価の評価項目の抽出

[redacted]動的機能維持評価のための評価項目の抽出フローを第３－１図に示す。

[redacted]

第３－１図　動的機能維持評価のための評価項目の抽出フロー

ａ．　冷却塔ファンの地震時異常要因分析による評価項目の抽出

（a）冷却塔ファンの評価項目の抽出

冷却塔ファンの地震時異常要因分析図（以下「要因分析図」という。）を第３－２図に示す。地震時異常要因分析図に基づき抽出される評価項目は第３－１表のとおりである。

対 象	要 求 機 能	要 因	現 象	喪 失 機 能
冷却塔ファン	[redacted]			

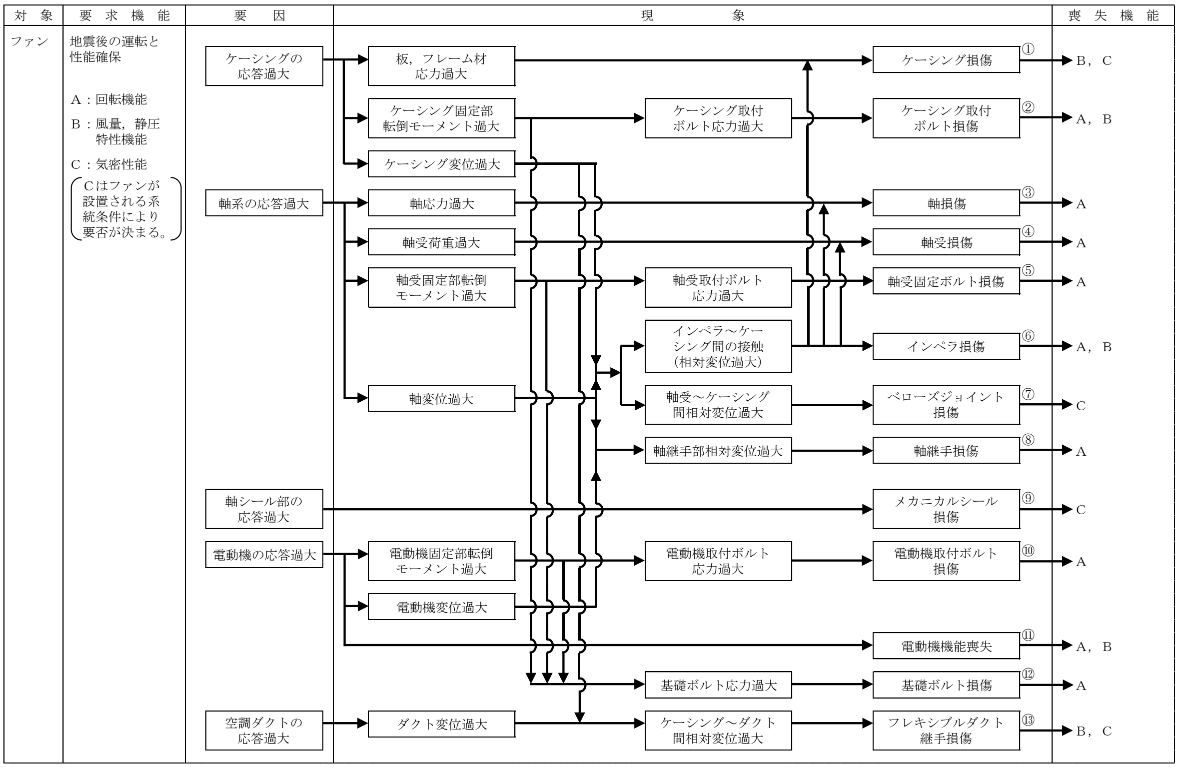
第３－２図　冷却塔ファンの地震時異常要因分析図

第３－１表　冷却塔ファン要因分析図から抽出した評価項目

	評価項目	異常要因
①	ファンリング損傷	[redacted]
②	ファンリング 取付ボルト損傷	
③	軸損傷	
④	ファンブレード損傷	
⑤	軸継手損傷	
⑥	軸受損傷	
⑦	軸損傷	
⑧	軸受損傷	
⑨	減速機固定ボルト損傷	
⑩	オイルシール損傷	
⑪	原動機機能喪失	
⑫	軸継手損傷	
⑬	原動機固定ボルト損傷	

ｂ．　耐特委で検討されたファンの地震時異常要因分析による評価項目

新たな検討が必要な設備として冷却塔ファンの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ファンの要因分析図を第３－３図に，要因分析図から抽出される評価項目を第３－２表に示す。



第３－３図　ファンの地震時異常要因分析図

第 3-2 表　ファン要因分析図から抽出した評価項目（1/2）

	評価項目	異常要因
①	ケーシング損傷	[redacted]
②	ケーシング取付ボルト損傷	
③	軸損傷	
④	軸受損傷	
⑤	軸受固定ボルト損傷	
⑥	インペラ損傷	
⑦	ベローズジョイント損傷	
⑧	軸継手損傷	
⑨	メカニカルシール損傷	
⑩	電動機取付ボルト損傷	

第 3-2 表　ファン要因分析図から抽出した評価項目（2/2）

	評価項目	異常要因
⑪	電動機機能喪失	[redacted]
⑫	基礎ボルト損傷	
⑬	フレキシブル ダクト継手損傷	

ｃ．　ファンの評価項目を踏まえた冷却塔ファンの評価項目の検討

（a）冷却塔ファンの評価項目の検討

[redacted]

①　ファンリングの評価

[redacted]

②　ファンリングサポート取付ボルトの評価

[redacted]

③　軸の評価

[redacted]

④　ファンブレードの評価

[redacted]

⑤　軸受の評価

[redacted]

⑥　減速機固定ボルトの評価

[redacted]

⑦　オイルシールの評価

[redacted]

⑧　原動機の評価

[redacted]

⑨　軸継手の評価

[redacted]

⑩　原動機固定ボルトの評価

[redacted]

[redacted]

以上から，冷却塔ファンにおいて抽出される動的機能維持の評価項目のうち，計算書の評価対象とするものは以下のとおりである。

・取付ボルトの評価

・軸の評価

・軸受の評価

・ファンブレードの評価（ファンリングとのチップクリアランス）

評価項目における評価基準値の説明を第3-3表に示す。

以上の検討に基づく評価結果を第3-4表に示す。評価内容については以下の添付書類に示す。

・添付書類「Ⅳ-2-1-3-2-1(1)　安全冷却水B冷却塔[redacted]の耐震計算書」

第 3-3 表　評価基準値の設定

評価項目	評価基準値の設定
②⑩⑬　取付ボルト	[redacted]
③　軸	[redacted]
④　ファンブレード	[redacted]
⑥　軸受	[redacted]

第3-4表　冷却塔ファン　評価結果

評価部位	項目	応力分類	発生値	許容値	評価
②ファンリング取付ボルト	応力	引張（MPa）	[redacted]	[redacted]	○
		せん断（MPa）	[redacted]	[redacted]	○
⑩減速機取付ボルト	応力	引張（MPa）	[redacted]	[redacted]	○
		せん断（MPa）	[redacted]	[redacted]	○
⑬原動機取付ボルト	応力	引張（MPa）	[redacted]	[redacted]	○
		せん断（MPa）	[redacted]	[redacted]	○
③　軸	応力	組合せ（MPa）	[redacted]	[redacted]	○
④　ファンブレード（チップクリアランス）	変位	最大変位（mm）	[redacted]	[redacted]	○
⑥　軸受	荷重	⑥-1 上部軸受け（N）	[redacted]	[redacted]	○
		⑥-2 下部軸受け（N）	[redacted]	[redacted]	○

4.　まとめ

[redacted]