

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-040 改3
提出年月日	平成30年2月19日

工事計画添付書類に係る補足説明資料

環境条件における機器の健全性評価の手法について

(関係する添付資料名：

安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の

下における健全性に関する説明書)

本資料は、工認添付書類「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の記載内容を補足するものである。以下に補足説明項目を示す。

※下線部は、本版の説明内容

1. 第54条に対する適合性の整理表（重大事故等対処設備の健全性評価）
2. 第14, 15, 38条に対する適合性の整理表（安全設備を含む設計基準対象施設の健全性評価）
3. 環境条件における機器の健全性評価の手法について
4. 使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置について（使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置の概要）
5. 使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置の操作性について（使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置の操作性に関する補足説明）
6. 単一故障の影響評価
7. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルートについて
8. 核物質防護設備の安全設備及び重大事故等対処設備への波及的影響の防止について
9. 原子炉格納容器内に使用されるテフロン®材の事故時環境下における影響について
10. 「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」の第54条及び第59条から77条に基づく主要な重大事故等対処設備一覧表
11. 高温環境下での逃がし安全弁の開保持機能維持について
12. 技術基準規則第9条「発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止」への対応について
13. 放射性廃棄物による汚染の広がりの防止に関する対応について
14. 重大事故等対処設備の事故後8日以降の放射線に対する評価について

## 1. 概要

安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件において機器が有効に機能を発揮することについては、各設備が「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則」（以下、「技術基準規則」という。）の関連各条項に適合することを、設備ごとに「第 14, 15, 38 条に対する適合性の整理表」及び「第 54 条に対する適合性の整理表」（以下、前記 2 つを併せて「整理表」という。）の形にまとめ、適合性を確認している。

整理表中の確認項目のうち、環境条件における健全性に係る項目（第 14 条第 2 項及び第 54 条第 1 項第 1 号）を除く項目に関しては、整理表に記載された内容及び工認添付資料 V-1-1-6 その他工認図書を参照することにより適合性を確認することができる。一方、環境条件における健全性に係る項目に関しては、整理表に記載された内容及び工認図書を参照するほか、類型化して整理した適合性確認の手法（以下、「類型化による適合性確認手法」という。）を用いて機器の適合性を確認する。本資料は、類型化による適合性確認手法について補足的に説明するものである。

環境条件における健全性に関して確認する項目のうち、圧力、温度、湿度、放射性の 4 項目は、類型化による適合性確認手法により確認する項目である。機器の適合性確認、すなわち、使用される条件において機能を発揮できることの確認は、場所における環境条件と機器の環境耐性を比較することを基本手法としているが、類型化による適合性確認手法は、機器の環境耐性の評価に適用している。以下に、圧力、温度、湿度、放射線の 4 項目に係る適合性の確認の手法について説明する。

## 2. 圧力に係る適合性評価手法

圧力に係る適合性評価の手法は、耐圧部にあつては、機器が使用される環境圧力下において、部材に発生する応力に耐えられることを確認する。耐圧部以外の部分にあつては、絶縁や回転等の機能が阻害される圧力に到達しないことを確認する。

確認の手法は、機器雰囲気圧力の許容値あるいは最高使用圧力を機器の圧力耐性値とし、環境圧力と機器の圧力耐性値を比較する方法の他、環境圧力を再現した試験環境下において機器が機能することを確認する実証試験等により耐圧機能、絶縁機能、回転機能、計測機能、伝送機能などの所定の機能を発揮することが確認されている圧力を機器の圧力耐性値とし、環境圧力と機器の圧力耐性値を比較すること等によるものとする。

比較により適合性を確認するに当たり、火災検知器のように、特定の異常を検出する機器の場合は、機器の設置目的の特定の異常の場合とそれ以外の異常の場合で分けると整理しやすい。火災検知器について火災検知信号を発信することについて考慮すると、火災の場合、火災検知までの過程で有意な環境圧力の上昇があることは考えられない。また、火災検知信号発信以降は、火災検知器の機能は期待されない。したがって、火災発生の場合、火災検知器が機能することが期待される圧力は、平常時と差がない。一方、火災以外の場合、原子炉施設の故障の従属事象として火災検知器の環境圧力が上昇する場合はあ

る。その際、環境圧力の上昇により火災検知器の機能が低下したとしても、当該事象は、原子炉施設の故障として異常が検出される。また、原子炉施設の故障を伴わずに、自然現象のみによる異常によって火災検知器の環境圧力が上昇する事象は、設計上考えられない。整理すると、異常時に機器が機能することは、平常時と同等の圧力下においてであるか、あるいは、機器の異常として検出可能であるかであるため、機器の圧力耐性値と比較する環境圧力は、発電用原子炉施設が通常の運転状態にあるときの圧力とする。

環境圧力条件と比較する機器の圧力耐性値は下記の通りである。

(1) 圧力仕様（機器雰囲気圧力の許容値、最高使用圧力）

※ 評価対象機器のうち、耐圧部にあつては最高使用圧力とする。雰囲気圧力は機器の外圧、最高使用圧力は機器の内圧であるが、機器の応力に寄与する圧力は内外圧力差であり、内外圧力差による応力評価より内圧による応力評価の方が保守的な評価となるため、最高使用圧力を機器の圧力耐性値とする。

※ 評価対象機器のうち、仕様として圧力仕様が設定されていないものについては、圧力仕様（圧力耐性）を「大気圧」と設定する。

(2) 実証試験により機器の健全性が確認されている圧力（試験が型式代表試験方式の場合を含む）

(3) 設置変更許可段階において格納容器内雰囲気 200 °C、2 Pd における健全性確認が行われた原子炉格納施設の内部機器にあつては、2 Pd

環境圧力条件と単純な圧力比較をすることが適切でない場合においては、別の方法で機器の機能が損なわれていないことを確認した。

(4) 耐圧部がなく、環境圧力の影響を受けない構造の機器については、機能が損なわれないものとする。

### 3. 温度に係る適合性評価手法

温度に係る適合性評価の手法は、耐圧部にあつては、機器が使用される環境温度下において、部材に発生する応力に耐えられることを確認する。耐圧部以外の部分にあつては、絶縁や回転等の機能が阻害される温度に到達しないことを確認する。

確認の手法は、機器周囲温度の許容値や機器の最高使用温度を機器の温度耐性値とし、環境温度と機器の温度耐性値を比較することの他、環境温度を再現した試験環境下において機器の耐圧機能、絶縁機能、回転機能などの所定の機能を発揮することが確認されて

いる温度を機器の温度耐性値とし、環境温度と機器の温度耐性値を比較すること等によるものとする。

比較により適合性を確認するに当たり、火災検知器のように、特定の異常を検出する機器の場合は、機器の設置目的の特定の異常の場合とそれ以外の異常の場合で分けると整理しやすい。火災等の発生時に信号を発信する装置であって、一度信号を発信すれば、それ以降の機能が期待されない機器にあっては、火災の場合、火災検知信号の発信以降の温度上昇過程における機能が期待されないため、信号を発信する温度が機器の機能を期待する温度の上限値となる。この場合、機器が火災検知信号を発信する環境温度下において機能することは、設計上自明である。一方、火災以外の場合、原子炉施設の故障の従属事象として火災検知器の環境温度が上昇する場合がある。その際、環境温度の上昇により火災検知器の機能が低下したとしても、当該事象は、原子炉施設の故障として異常が検出される。また、原子炉施設の故障を伴わずに、自然現象のみによる異常によって火災検知器の環境温度が上昇する事象は、設計上考えられない。整理すると、異常時に機器が機能することは、自明であるか、平常時と同等の温度下においてであるか、あるいは、機器の異常として検出可能であるかの何れかであるため、機器の温度耐性値と比較する環境温度は、発電用原子炉施設が通常の運転状態であるときの温度とする。

環境温度と比較する機器の温度耐性値は下記の通りである。

(1) 温度仕様（機器周囲温度の許容値、最高使用温度）

※ 評価対象機器のうち、屋外で使用することが前提で設計されている機器であって、仕様として温度仕様（温度耐性）が設定されていないものについては、温度仕様を「大気温度」と設定する。この場合、比較対象の環境温度条件は、機器の周囲の大気温度であって、この温度はプラント挙動の影響を受けないため、「大気温度」と設定される。

(2) 実証試験により機器の機能維持が確認されている温度（試験が型式代表試験方式の場合を含む）

(3) 実証試験等により構成部品の機能維持が確認されている温度

(4) 文献等により健全性が確認されている温度

- 日本機械学会 発電用原子力設備規格「コンクリート製原子炉格納容器規格（2011）」
- 「高温（175℃）を受けたコンクリートの強度性状」（セメント・コンクリート No.449, July1994）

- (5) 設置変更許可段階において格納容器内雰囲気 200 °C、2 Pd における健全性確認が行われた原子炉格納施設の内部機器にあつては、200 °C

環境温度条件と単純な温度比較をすることが適切でない場合においては、環境温度条件下において機器の内部部品の温度上昇等が生じた場合であっても機器の機能が損なわれないことを、下記に示す規格等に基づく評価計算等により確認することとする。この場合、機器の機能が損なわれないことを確認した環境温度条件を機器の温度耐性値とする。

- (6) 電気学会 電気規格調査会標準規格「誘導機」(JEC-37-1979, JEC-2137-2000) に基づき、環境温度における電動機固定子及び軸受の温度(上昇)が限度内であること。
- (7) 電気学会 電気規格調査会標準規格「変圧器」(JEC-2200-1995) に基づき、環境温度における変圧器の寿命が役務期間(事故に対処する場合は、1~2週間)に比べて十分に長いこと。
- (8) 環境温度下において構成材料に生じる応力に構成材料の構造材が耐えること

また、上記による方法が適切でない場合においては、別の方法で機器の機能が損なわれないことを確認することとする。

- (9) 環境温度が機器に及ぼす影響とプロセス流体が機器に及ぼす影響が相反する場合、影響の程度を比較し、環境温度の有意な影響の有無について評価することとする。プロセス流体が低温であり、機器が使用される条件下ではプロセス流体の流量、比熱、熱容量、熱伝達率が格段に大きい場合は、環境温度による有意な影響はなく、機器の機能に係る温度はプロセス流体温度に支配されるものとする。

#### 4. 湿度に係る適合性評価手法

湿度に関しては、機器が長期間にわたり高湿度環境下に置かれた場合、カビの発生により電子基板上のような露出した電気回路の電路間で短絡が生じることや、錆の発生により露出した電気回路の電路の断線が生じること等があり得ることから、機器の設計上の配慮として、高湿度の国や地域で使用される機器には、カビや錆の発生を防止するための塗料が塗布される等の特殊な仕様が施される場合がある。国内で使用される機器の周囲環境の湿度許容値は、機器を設置場所に長期間設置した場合に、カビや錆による不具合を防止できることを意図して設定される。環境湿度下における機器の健全性を考慮する場合は、湿度自体に加え、機器が使用される状態に応じて使用される期間も考慮に入れることとする。

湿度に係る適合性評価の手法は、耐圧部にあっては、耐圧部の設計規格の関係から、当該構造部は気密性・水密性を有し、一定の肉厚を有する金属製の構造となるよう設計される。このことから、耐圧部は、相対湿度 100%条件下において腐食速度が増加する等の湿度の影響下であっても耐圧機能は維持される。耐圧部以外の部分にあっては、必要に応じて、全閉型モータに代表されるように、機器の外装を気密性の高い構造とし、機器内部を周囲の空気から分離することや、遮断器盤に代表されるように、機器の内部にヒーターを設置し、内部空気を加温して相対湿度を低下させること等により、電氣的絶縁や導通に代表される機器の機能が阻害される湿度に到達しないことを確認する。

確認の手法は、機器雰囲気湿度の許容値を機器の湿度耐性値とし、環境湿度と機器の湿度耐性値を比較することのほか、環境湿度を再現した試験環境下において機器が機能することを確認する実証試験等により機器の機能を発揮することが確認されている湿度を機器の湿度耐性値とし、環境湿度と機器の湿度耐性値を比較すること等によるものとする。

比較により適合性を確認するに当たり、火災検知器のように、異常を検出する機器の場合は、圧力や温度の項目と同様の考え方により、機器の湿度耐性値と比較する環境湿度は、発電用原子炉施設が通常の運転状態にあるときの湿度とする。

環境湿度と比較する機器の湿度耐性値は下記の通りである。

#### (1) 湿度仕様

※ 評価対象の機器のうち、次のような設計がなされている機器については、機器の湿度耐性値は相対湿度 100%とした。

- 水又は湿気と接触することを前提として設計されている機器
- 屋外での使用を前提として設計されている機器
- IP65 等の防水規格品

※ 湿度に関しては、機器仕様として湿度の許容値を明示されることなく流通している製品は多い。しかしながら、NFB 等の標準使用条件は湿度 85%である。半導体の JEITA 規格に基づく高温高湿バイアス試験では、相対湿度 85%以上の湿度条件下で試験が実施され、不飽和蒸気加圧試験では 85%の湿度環境下で試験が実施される。また、型番を付されて日本国内で流通している製品の場合、同型の製品が既に日本国内の湿度環境に耐えている。これらのことから、湿度仕様が明示されない型番製品については、湿度環境下における長期の湿度耐性値は、85%とする。

(2) 耐圧部および支持構造のみで構成される機器については、機器の湿度耐性値は相対湿度 100%とする。

- (3) 実証試験により機器の健全性が確認されている湿度（試験が型式代表試験方式の場合を含む）
- (4) 機器の周囲湿度の許容値は、機器の寿命程度の期間（十数年～数十年）程度の雰囲気暴露期間を想定して設定されたものである。機器の周囲湿度の許容値カビの繁殖や発錆による腐食の進行には時間を要することから、1～2 週間の期間について考慮する場合、カビや錆を介した電気品の不具合の原因となることはなく、金属で構成される機器についても不具合の原因となるものはないため、機器の湿度耐性値は相対湿度 100%とする。

## 5. 放射線に係る適合性評価手法

放射線に係る適合性評価の手法は、構造材にあつては、耐圧機能や支持機能が環境放射線下において維持されることを確認する。構造材のうち、金属構造材やコンクリートは原子炉本体の構造材や支持構造物としてきわめて高い放射線量の下で数十年の使用に耐えるため、構造材を構成する材料のうち、パッキン等に代表される放射線耐性の低い部材に注目して評価を実施することとする。構造材以外の部分にあつては、機器の機能が阻害される放射線量に到達しないことを確認する。

機器の放射線耐性は、累積放射線に応じて部材の性能が変化することから、機器の放射線耐性を累積放射線量で値付けしたものが機器の放射線耐性の基準である。機器の放射線耐性値を中性子照射について評価する場合、結晶組織の自己修復作用による耐性値の照射速度依存性を考慮し、耐性値を補正する。中性子以外の放射線照射について評価する場合、照射速度に対する依存性はないものとし、機器の放射線に対する耐性値は照射速度によらず一定とする。機器の放射線耐性値は、累積放射線量の形で得られるが、累積放射線量では環境放射線条件として値付けされている線量率と比較できないため、機器の放射線耐性を値付けした線量を機器が使用される期間を用いて線量率に換算する。適合性の確認手法は、環境放射線量率と線量率で表した機器の放射線耐性を比較することとする。

なお、原子炉施設の通常運転中に有意な放射線環境に置かれる機器にあつては、通常運転時などの事故以前の状態において受ける放射線量分を事故時の線量率に割増すこと等により、事故以前の放射線の影響を評価することとする。

比較により適合性を確認するに当たり、火災検知器のように、異常を検出する機器の場合は、圧力や温度の項目と同様の考え方により、機器の放射線耐性値と比較する環境放射線量は、発電用原子炉施設が通常の運転状態にあるときの放射線量とする。

環境放射線条件と比較する機器の放射線耐性値は下記の通りである。



- (1) 実証試験により機器の機能維持が確認されている線量率（試験が型式代表試験方式の場合を含む）
- (2) 実証試験，文献等で構成部品の機能維持が確認されている線量率
- (3) 耐性の低い部品（電子部品）の機能が維持される線量率
- (4) 金属材料又はコンクリートのみで構成しているタンク，ピット等は，当該設備に期待する期間において放射線により機能を損なう構造でないことは明らかであるため，健全性が維持できるとする。このとき設計値は，便宜上，環境条件と同値としておく。

以上