


# 陳 述 書

平成28年 1月 29日

関西電力株式会社  
原子力事業本部  
原子力技術部長

吉原 健介 

この陳述書では、関西電力株式会社（以下「当社」といいます。）が、原子力発電所の耐震安全性確保にあたって余裕を持たせていること、また、機器等の劣化等に対して適切に対応していることについて説明します。

なお、私が当社に入社して以降の主な経歴は、本文末尾に添付の別紙記載のとおりです。

## 第1 はじめに（添付資料1頁）

原子力発電所の耐震安全性の確保にあたって、当社では、耐震安全性評価において各機器等の評価値が評価基準値（許容値）を下回ることにより、耐震安全性を確認しています。

当社の原子力発電所においては、この、評価値の評価基準値（許容値）に対する余裕に加えて、評価基準値自体の持つ余裕（添付資料1頁、第1図の②）として、評価基準値（許容値）について、実際に機器等が機能喪失する限界値に対して余裕を持った値を設定しており、また、評価値の計算条件における余裕（同図の③）として、評価値の計算結果が保守的になるよう、計算条件の設定等で考慮しています。

一方、機器等の劣化等といった不確定要素については、保守管理活動によって、機器等が技術基準に適合した状態を維持しており、また、徹底した品質保証活動によって、保守管理の不備による影響を極力排除するようにしています。

以下、具体的に説明します。

## 第2 耐震安全上の余裕

### 1 評価基準値自体の持つ余裕（添付資料2頁）

耐震安全性評価において、評価基準値（許容値）は、実際に機器等が機能喪失する限界値に対して余裕を持った値が設定されています。

この点、材料の材質のばらつきといった不確定要素については、この評価基準値の設定段階で適切に考慮しており、以下、その内容について、具体的に説明します。

評価基準のひとつとなる、材料の持つ強度については、引張試験などの破壊実験等によって確認することができます。

原子力発電所の機器等に用いられる材料は、高品質のものが用いられていますが、工業製品であるため、その強度について、やはりばらつきを排除することはできません。したがって、耐震安全性評価においては、ばらつきが安全性に悪影響を与えないように配慮する必要があります。

添付資料 2 頁の第 2 図の青とグレーの点が、その実験結果のばらつきのイメージです。このように、材質のばらつきが強度のばらつきとなって、耐震安全性評価に影響を及ぼす可能性があります。材料ごとに破壊実験結果から得られた強度のばらつきを統計的に処理して定められた材料の強度に対して、さらに余裕を見込んだ保守的な値を、評価基準値として設定しています。なお、上記の「材料の強度」は、原子力規制委員会の「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」第17条10項で引用されている民間規格である、社団法人日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(以下「設計・建設規格」といいます。)または「発電用原子力設備規格 材料規格」(以下「材料規格」といいます。)において値が示されており、第 2 図では、「ばらつきの下限」として示した線に相当します。

なお、評価基準値は、社団法人日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-1987)」(以下「JEAG4601-1987」といいます。)および「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984)」に規定されており、これらの指針は、原子力規制委員会が、工事計画認可申請に係る審査において耐震設計の妥当性を確認するために活用している「耐震設計に係る工認審査ガイド」に、適用可能な規格として挙げられています。

また、このような材質のばらつきを考慮して評価基準値を設定していることに加え、当社は、実際に用いられる材料について、材料メーカーが発行する材料証明書を得て、その強度が図中の「ばらつきの下限」に相当する値として示した値、すなわち民間規格(設計・建設規格または材料規格)で示された値よりも強い材料であることや、適切に製造された材料であることを確認しています。

## 2 評価値の計算条件における余裕 (添付資料 3～4 頁)

耐震安全性評価においては、評価値の計算結果が保守的になるよう、計算条件の設定等で考慮しています。

評価値とは、地震力が機器等に作用した際に単位面積あたりに発生する力の大きさであり、いわゆる応力値と呼ばれるものなどを指します。

以下では、評価値の計算過程のうち、機器等のモデル化の場面と、評価値の計算の場面における考慮の例を説明します。

### (1) 機器等のモデル化における考慮 (添付資料 3 頁)

評価値の計算にあたって、機器等をモデル化する際には、機器等の寸法等のばらつきを適切に考慮しています。

例えば、添付資料 3 頁の第 3 図のように、壁面に棒を設置したとします。

地震による揺れが作用した場合に、壁に固定された棒が壊れないかを評価する場合には、図の応力評価断面と記載した場所に発生する応力が評価基準値以下であるかどうかの評価を行います。この応力評価断面に発生する応力を計算する際には、壁と棒との接合部の断面寸法を小さく見積もることで、単位面積あたりの力を大きく評価することが保守的な値となります。こちらに示しています二つの図は、イメージしていただきやすいよう棒の太さを強調して記載していますが、同じ荷重を与えた場合には、棒が細い方の評価が厳しくなるということです。

そこで、評価値を計算するために原子炉容器等の重要な機器等の応力解析を行う際のモデル化にあたっては、その寸法を、製造上定められた仕様の中で最小となるように設定することで、応力が大きくなるよう、保守的に配慮しています。

## (2) 評価値の計算における考慮（添付資料4頁）

次に、評価値の計算（地震応答解析及び応力解析）における考慮についてですが、上記1および2（1）において考慮した材質や寸法等のばらつきについては、この評価値の計算段階においても適切に考慮しています。

一般に、材質や寸法等がばらつくと、剛性もばらつきます。この剛性とは、物の硬さのことで、そのばらつきにより、揺れ方がばらつき、機器等への入力加速度に影響を与える可能性があります。

機器等が設置された場所での揺れの強さは、添付資料4頁の第4図のような床応答スペクトルで算出することができます。この図は機器等の固有周期（機器等が揺れやすい周期）と入力加速度との関係を表しており、個々の機器等の固有周期と線図が交わる点での入力加速度の読み取り値を用いて、その機器等にかかる地震力を算出し、耐震安全性の評価を行います。

この床応答スペクトルは、地震動が地盤や建物を伝わって、機器等が設置された場所でどのような揺れになるかを計算したものです。この計算には地盤や建物の剛性をパラメータとして用いています。

モデル化した地盤や建物の剛性をもとに計算した地震力は図の点線で表されますが、（材質や寸法等のばらつきによって生じる）剛性のばらつきや機器等の固有周期のばらつきを考慮して、機器等に作用する地震力を小さく見積もることがないように、点線に対して周期方向に幅を拡げた実線を用いて耐震計算を実施しています。

第4図を見ると、一点鎖線の縦線がありますが、ある機器等の固有周期がこの縦線の位置に決まると、点線（基準地震動により算定されたスペクトル）の加速度よりも、実線の加速度のほうが大きく、機器等に作用する力が大きく算定されることがわかると思います。

この保守的な計算方法により、実際の機器等に生じる力（応力値）が、材質や寸法等のばらつきによって、計算された評価値よりも大きくなることのないよう配慮しています。

このような床応答スペクトルの取扱いは、前述のJEAG4601-1987に規定

されています。

### (3) その他の考慮

評価値の計算過程においては、上記(1)(2)の他にも、様々な考慮をしています。

例えば、実際の地震動による地震力は、特定の方向にかかり続けるものではなく、また、瞬間的に大きな力がかかることがあっても、それで機器等が破損に至るほどの大きな変形が直ちに生じるわけではないのですが、機器等の地震応答解析にあたっては、あえて、その地震による最大の力が設備にとって厳しい方向に一定してかかり続けると仮定して評価を行っています。

また、機器等の評価において、エネルギー吸収効果をあえて見込まないという考慮をしていることも挙げられます。一般に、設備に力が加わることで設備を構成する材料は変形しますが、その材料に発生する応力が弾性限界を超え、弾性変形から塑性変形に至ると、設備の揺れを抑制するエネルギー吸収効果が期待できます。しかし、当社の原子力発電所の耐震安全性評価においては、あえてこの効果を見込まないこととしているのです。

## 3 小括

以上のように、原子力発電所の耐震安全性確保にあたっては、評価基準値の設定や評価値の計算の段階で、材質や機器等の寸法のばらつきといった不確定要素について適切に考慮しています。

このように不確定要素を当社が適切に考慮していることについては、原子力規制委員会による新規制基準適合性審査においても確認されています。

そして、これまでご説明してきたとおり、原子力発電所の耐震安全性確保にあたっては、不確定要素を適切に考慮していますが、その上でなお、添付資料1頁の第1図に示されるように、評価値の評価基準値(許容値)に対する余裕(①)、評価基準値自体が持つ余裕(②)、評価値を計算する過程の余裕(③)が、実際に、少なからず存在しているのです。

## 第3 機器等の劣化等に対する保守管理(添付資料5頁)

最後に、機器等の劣化等に対する保守管理についてご説明します。

耐震安全性を含め、機器等の健全性は、設計段階で考慮したものが、設計通りに施工され、適切な運用で維持管理されていくという、一連の活動で担保するものと考えています。

この点、運用の段階では、機器等の性質に応じて、保守管理の方針や、それに基づく目標、具体的な実施計画を定めた上で、保守管理活動を行ってい

ます。具体的には、機器等の使用開始後、想定される劣化等の事象に応じた頻度や方法で、点検や定期的な検査を行っており、必要に応じて修繕や取替えも行います。このような保守管理活動によって、劣化等が機器等の健全性に影響を与えていないことを確認し、技術基準に適合した状態を維持しているのです。

その上で、これらの保守管理のプロセスについては、徹底した品質保証活動によって、保守管理の不備による影響を極力排除しています。当社では、品質保証システムを構築して、厳正な管理の下で品質保証活動を行っています。その際、例えば、各機器等の点検にあたって他の同種機器等の点検情報等を適宜確認する、是正・予防の処置を行った事例を水平展開する、といったことも行っています。

以上のように、原子力発電所では、保守管理活動によって機器等の劣化等に適切に対応してその健全性を維持するとともに、品質保証活動によって保守管理の不備による影響を極力排除しており、これらの活動の状況については、原子力規制委員会によって確認を受けています。

したがって、機器等の劣化等という不確定要素が、施設の耐震安全性評価に有意な影響を与えることはありません。

以 上

## 主な経歴

私の、当社入社後の主な経歴は以下のとおりです。括弧内の記載は、その時の主な担当業務です。

- (1) 平成1年4月 関西電力株式会社入社
- (2) 平成1年6月 美浜発電所 運転室（運転）  
（美浜発電所3号機の運転管理）
- (3) 平成2年9月 大飯発電所 運転準備室  
（大飯発電所3、4号機の試運転業務）
- (4) 平成3年12月 大飯発電所 第二発電室  
（大飯発電所3、4号機の運転管理）
- (5) 平成4年11月 原子力管理部 原子力安全課（安全）  
（原子力発電所の安全管理）
- (6) 平成8年6月 美浜発電所 所長室 コミュニケーショングループ 係長  
（美浜発電所の技術関係事項総括）
- (7) 平成10年6月 原子力・火力本部 原子力安全課（安全）副長  
（原子力発電所の安全管理、原子力防災対策）
- (8) 平成12年8月 国際原子力機関 出向
- (9) 平成15年7月 大飯発電所 品質・安全統括室 課長  
（大飯発電所の品質保証活動の総括、原子力防災対策、運用における安全管理）
- (10) 平成17年7月 大飯発電所 安全・防災室 課長  
（大飯発電所の原子力防災対策、運用における安全管理）
- (11) 平成18年6月 東京支社 課長
- (12) 平成19年2月 電気事業連合会 出向
- (13) 平成21年6月 原子力事業本部 原子力技術部門 安全技術グループ マネジャー  
—  
（原子力発電所の安全評価）
- (14) 平成23年3月 原子力事業本部 マネジャー
- (15) 平成24年6月 原子力事業本部 専任部長（シビアアクシデント）  
（原子力発電所のシビアアクシデント対策の総括）
- (16) 平成25年6月 原子力事業本部 原子力技術部門 原子力技術部長（現在に至る）  
（原子力発電所のシステム設計、改良。高経年化対策）

# 添付資料

## 【耐震安全上の余裕】

### ＜評価基準値自体の持つ余裕＞(右図②)

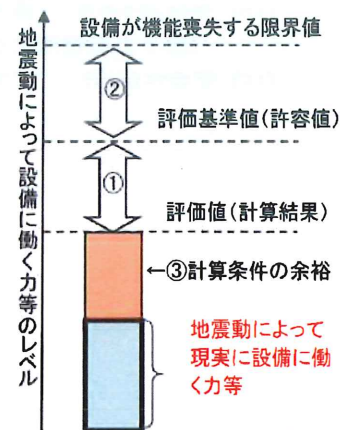
耐震安全性評価において、評価基準値(許容値)は、実際に機器等が機能喪失する限界値に対して余裕を持った値が設定されている。

### ＜評価値の計算条件における余裕＞(右図③)

耐震安全性評価においては、評価値の計算結果が保守的になるよう、計算条件の設定等で考慮している。

## 【機器等の劣化等に対する保守管理】

保守管理活動により機器等が技術基準に適合した状態を維持している。また、品質保証活動により保守管理の不備による影響を極力排除するようにしている。



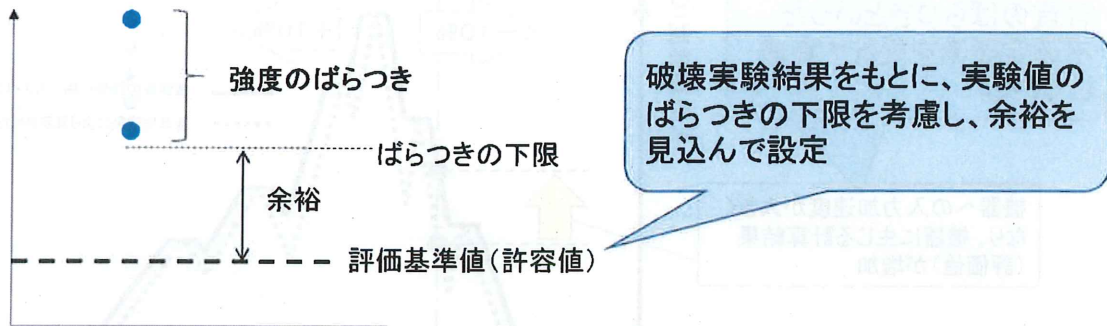
第1図 安全余裕のイメージ



○ 耐震安全性評価において、評価基準値(許容値)は、実際に機器等が機能喪失する限界値に対して余裕を持った値が設定されている。

<評価基準値の設定における考慮>

○ 評価基準値(許容値)の設定にあたっては、材質のばらつきを適切に考慮している。



第2図 評価基準値の設定における考慮

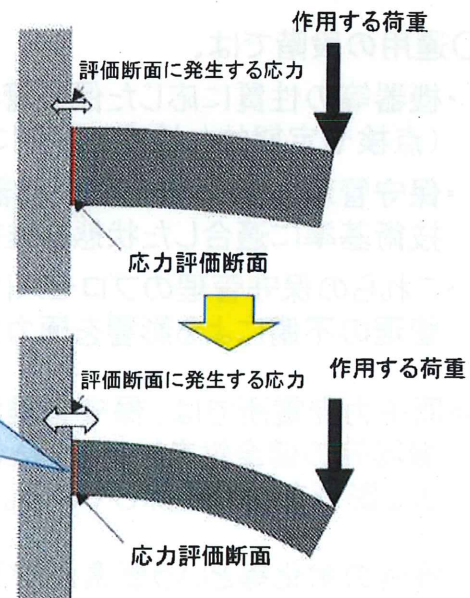
なお、機器等に用いられる材料について、当該部材個々の材料証明書を確認することで、必要な強度等が確保されていることを確認している。

○ 耐震安全性評価においては、評価値の計算結果が保守的になるよう、計算条件の設定等で考慮している。

<機器等のモデル化における考慮>

○ 評価値の計算にあたって機器等をモデル化するには、機器等の寸法等のばらつきを適切に考慮している。

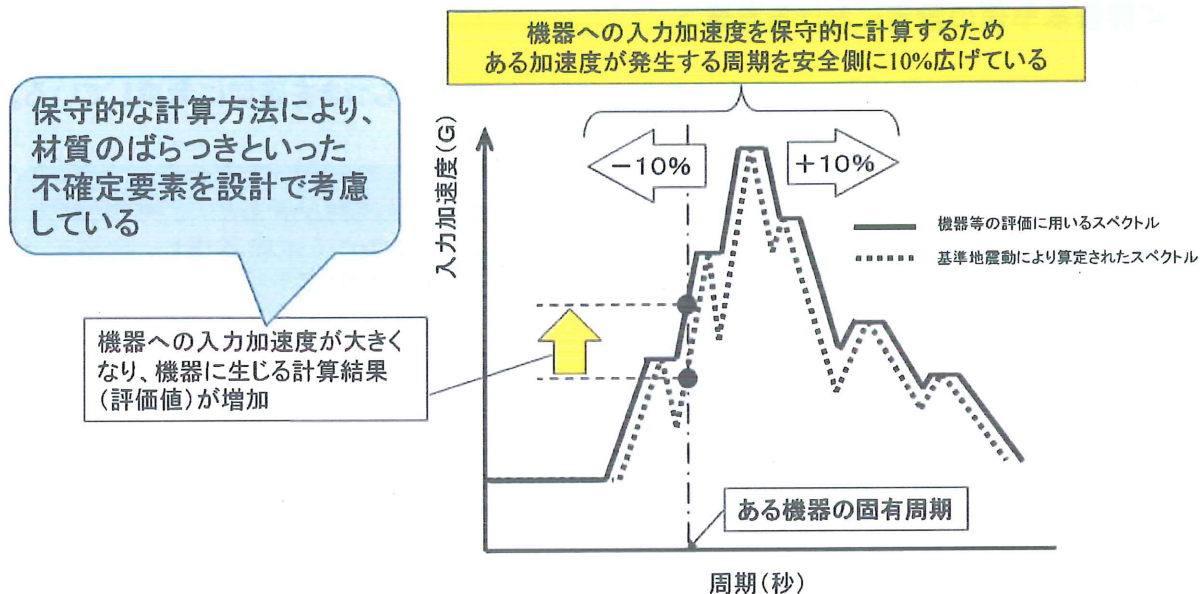
重要な機器等の応力解析を行う際のモデル化にあたっては、機器等の断面寸法を、**製造上定められた仕様の中で最小**となるように設定し、応力が大きく算出されるよう考慮



第3図 機器等のモデル化における設計上の配慮イメージ

### ＜評価値の計算における考慮＞

○ 評価値の計算(地震応答解析及び応力解析)の際には、材質等のばらつきを適切に考慮している。



第4図 評価値の計算過程における床応答スペクトルの拡幅による設計上の配慮

## 機器等の劣化等に対する保守管理

### ＜機器等の劣化等に対する保守管理について＞

○ 耐震安全性を含め、機器等の健全性は、設計での考慮や設計通りの施工、そして適切な運用での維持管理と、一連の活動で担保するものである。

○ 運用の段階では、

- ・ 機器等の性質に応じた保守管理方針、目標、実施計画を定め、保守管理(点検や定期的な検査、必要に応じて修繕や取替え)を実施している。
- ・ 保守管理により、劣化等が機器等の健全性に影響を与えていないことを確認し、技術基準に適合した状態を維持している。
- ・ これらの保守管理のプロセスについて、徹底した品質保証活動によって保守管理の不備による影響を極力排除している。

⇒ 原子力発電所では、保守管理活動により、機器等の劣化等に適切に対応して機器等の健全性を維持するとともに、品質保証活動により、保守管理の不備による影響を極力排除している。

機器の劣化等という要素が耐震安全性評価に有意な影響を与えることはない。