



平成26年(㍿)第31号, 平成27年(㍿)第38号

債権者 松田 正 外8名 (平成26年(㍿)第31号は高橋秀典外4名)

債務者 関西電力株式会社

主張書面(19) 兼 異議審主張書面(14)

平成27年11月2日

福井地方裁判所民事第2部 御中

債務者代理人 弁護士 小 原 正 敏



弁護士 田 中 宏



弁護士 西 出 智 幸



弁護士 原 井 大 介



弁護士 森 拓 也



弁護士 辰 田 淳



弁護士 今 城 智 徳



弁護士 山 内 喜

明



弁護士 中 室

祐



目 次

第 1	弾性限界を超える評価基準値の採用の有無について（質問事項 1）	4
1	荷重と変形に関する基本的概念等について	4
2	弾性限界を超える評価基準値の採用	6
第 2	弾性限界を超える評価基準値の採用方針について（質問事項 2）	7
1	回答	7
2	詳細説明	8
	（1）評価基準値の設定方針	8
	（2）JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 の策定・改訂経緯とその概要	8
	（3）建物・構築物の評価基準値	10
	（4）機器・配管系の評価基準値	10
	（5）新規制基準における JEAG4601 の位置付け	12
	ア 新規制基準の定め	12
	イ 「耐震設計に係る工認審査ガイド」での引用	13
第 3	弾性限界を超えることを容認した設備等の概要と耐震安全性が維持される根拠について（質問事項 3）	14
1	回答	14
2	詳細説明	14

債務者は、本書面において、御庁の平成 27 年 10 月 15 日付「債権者らの上申書を踏まえた追加質問事項」（以下、「上申書追加質問事項」という）に対して回答する。

なお、以下では、高浜発電所 3 号機及び 4 号機並びに大飯発電所 3 号機及び 4 号機を総称して「本件各発電所」という。

第 1 弾性限界を超える評価基準値の採用の有無について（質問事項 1）

以下、物体に加える力と変形に関する基本的概念等について述べた上、上申書追加質問事項 1 に対して回答する。

1 荷重と変形に関する基本的概念等について

（１）一般に、物体は、外部から力（荷重）を加えはじめると、応力¹の大きさに比例して変形していくが、荷重を取り除くと元の形に戻り、ひずみ²は残らない（弾性変形）。しかしながら、応力が一定の値を超えると、それ以降の変形は応力の大きさに比例しなくなり、荷重を取り除いても元の形までは戻らず、ひずみが残る（塑性変形）。外部から荷重を加えていき、ひずみが残るようになり始めるところを弾性限界又は降伏点といい、弾性限界（降伏点）までの範囲（弾性挙動を示す範囲）を弾性変形領域（弾性域）といい、弾性限界（降伏点）を超えた範囲を塑性変形領域（塑性域）という。また、塑性変形領域に入ってから荷重を加えていくと、ひずみがさらに増し、最終的には破損する。

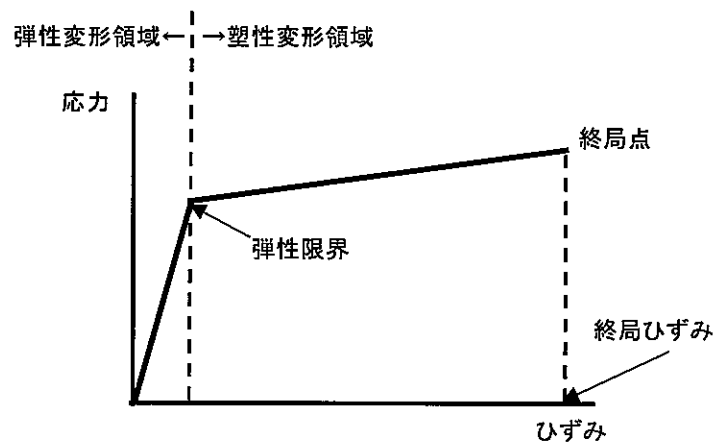
（２）原子力発電所の建物・構築物の設計における応力とひずみとの関係を図示した一例が図表 1 である。応力を加えていき、弾性限界を超えると塑性変形領域に入り、終局点を超えると最終的に破損に至る。終局点におけるひずみを終局ひずみという。

終局ひずみは、規格（社団法人日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指

¹ 応力とは、ある物体内部の断面に発生する単位面積当たりの力の大きさをいう。

² ひずみとは、変形の度合いをいう。

針（JEAG4601-1987）」（乙 183 の 1）等）に示されている。

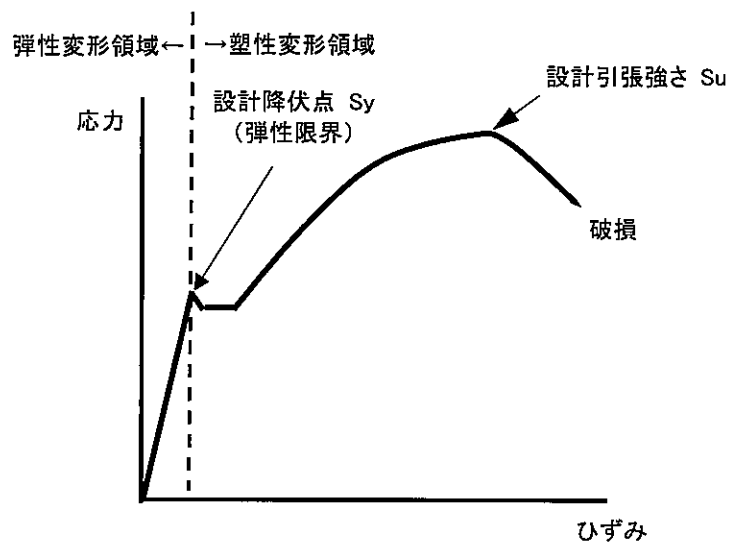


【図表 1 建物・構築物に関する応力ひずみ線図の一例】

（３）また，原子力発電所の機器・配管系の設計における材料の応力とひずみとの関係を図示した一例が図表 2 である。材料に外部から荷重を加えていくと弾性限界を超えて塑性変形領域に入り，そこからさらに荷重を加えていくと応力が最大値に達し，最終的には破損する。この応力の最大値を引張強さという。

原子力発電所の機器・配管系の設計に用いる降伏点及び引張強さは，それぞれ設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u ³ として規格（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」及び「発電用原子力設備規格 材料規格」）に定められており，これらの値は，材料の破壊実験結果から導出されている。

³ 評価基準値はこれらの応力値をもとに設定するが，引張応力のみならず圧縮応力等に対する評価にも用いられる。



【図表 2 機器・配管系に関する応力ひずみ線図の一例】

- (4) 設備に荷重を加えていき、弾性限界を超えて塑性変形領域に入ると、設備は塑性変形をはじめるものの、直ちに機能喪失するわけではなく、さらに一定の荷重を加えて塑性変形が進むことではじめて機能喪失するに至る。

2 弾性限界を超える評価基準値の採用

- (1) 原子力発電所の地震に係る安全確保対策は、基準地震動を適切に策定した上で、この基準地震動による地震力に対して、原子炉等の安全を確保する上で重要な役割を果たす「安全上重要な設備」(設置許可基準規則⁴ 3 条及び 4 条にいう「耐震重要施設」⁵をいい、以下では「耐震重要施設」の用語を用いる) が全て耐震安全性を備える(機能喪失しない)ようにすることがその基本的な方針である(債務者答弁書第 5 章第 4 の 1 (58～61 頁)、債務者主張書面(1) 第 1 章第 1 (11 頁)、債務者異議審主張書面(1) 第 3 の 1 (1) ウ(19～20 頁))。

⁴ 正式には、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」である。

⁵ なお、耐震重要施設以外の設備でも、その設備が損傷すると耐震重要施設の機能に影響を及ぼすと考えられるものがあり、債務者は、各設備の位置関係・構造等を踏まえ、そのような影響を及ぼす設備については全て基準地震動による評価を行っている。債務者主張書面(1 1) 兼異議審主張書面(6) 5 頁脚注 3 を参照。

このような方針の下、債務者は、本件各発電所の耐震安全性を確保するために、耐震重要施設について基準地震動に対する耐震安全性評価を行っている。この耐震安全性評価では、耐震重要施設を対象に、基準地震動による地震応答解析及び応力解析⁶を行い、その結果得られた発生応力値等（評価値）が一定の基準を満たすことを確認しており、この基準となる値が評価基準値（許容値）である（債務者主張書面（1）第5章第1（141頁））。

（2）評価基準値は、一部の例外を除いて⁷、弾性限界（設計降伏点）を超える値を設定している。もっとも、後述するとおり、評価基準値は、設備が機能喪失に至るところから余裕を持たせた値に設定されており、耐震重要施設の評価値が評価基準値を満たせば、同施設の機能は維持でき、耐震安全性は確保できる。

第2 弾性限界を超える評価基準値の採用方針について（質問事項2）

1 回答

債務者は、社団法人日本電気協会（以下、「日本電気協会」という）が策定した民間規格である「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」（乙183の1。以下、「JEAG4601-1987」という）及び「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）」（乙183の2。以下、「JEAG4601-1984」という）に基づいて、評価基準値を定めている。この指針は、基準地震動 S_2 （新規制基準における基準地震動に相当）による地震力（地震荷重）に他の荷重を組み合わせた状態でも、建物・構築物が「構造物全体として十分変形能力（ねばり）の余裕を有し、終局耐力⁸に対して安全余裕をもたせる」値、機器・配管系が「過大な変形を起こして必要な機能が損なわれない」値を評価基準値（許容限界、許

⁶ 債務者主張書面（13）兼異議審主張書面（8）第1の2（1）（5～6頁）を参照。

⁷ 燃料被覆管、支持構造物のうちボルト材、及び第2種容器のうち不連続な部分（板の厚さ等が変わる部分）の評価基準値は、弾性範囲内にある。

⁸ 終局耐力とは、建物・構築物に対する荷重又は応力を漸次増大していくとき、その変形又はひずみが著しく増加するに至る限界の最大耐力をいう（乙183の1、275頁）。図表1では終局点における応力がこれにあたる。

容応力)⁹とするものとしており（乙 183 の 1, 274～275 頁, 乙 183 の 2, 79 頁), 一部の例外を除いて弾性限界を超える値を評価基準値として定めている。債務者は, この JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 に基づいて設定した評価基準値を用いて本件各発電所に係る耐震安全性評価を実施している。

なお, JEAG4601 は, 原子力規制委員会が新規規制基準に基づく工事計画認可の審査にあたって用いる「耐震設計に係る工認審査ガイド」（乙 184）において, 「安全上適切と認められる規格及び基準等」とされている（乙 184, 12～14, 17～19, 22～23, 27～29 頁）。

2 詳細説明

（1）評価基準値の設定方針

債務者が本件各発電所の耐震安全性評価を行う際に用いる評価基準値は, 日本電気協会が策定した民間規格である JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 に基づいて設定している。そして, 耐震重要施設を対象に地震応答解析及び応力解析を行い, この解析の結果として得られた発生応力値等（評価値）が評価基準値を満たすことを確認している。

以下では, JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 の策定・改訂に関する経緯とその概要を述べるとともに, 同指針における評価基準値の定めについて述べる。

（2）JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 の策定・改訂経緯とその概要

日本電気協会は, 昭和 45 年, 原子力発電所の耐震設計に関する指針として「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1970）」（以下, 「JEAG4601-1970」という）を策定した。この JEAG4601-1970 のうち, 重要度分類・評価基準値に関する部分の増補, 改訂版として昭和 59 年に策定されたのが, JEAG4601-1984

⁹ 評価基準値に相当する用語として「許容限界」や「許容応力」といった用語も用いられるが, 本書面においては, 引用部分を除き, 全て「評価基準値」という。

である。この JEAG4601-1984 は、日本電気協会が当時の通商産業省から「耐震設計用地震力のとり方に関する指針の検討」の依頼を受けて電気技術基準調査委員会の下に原子力耐震安全評価特別委員会を発足させ、科学技術庁の原子力平和利用委託研究の成果に留意しつつ検討して取りまとめたものであり、その策定に際しては、地震学・耐震工学・原子力安全工学・材料強度解析等の各分野に関する学識経験者、原子力発電所設置者及び原子力設計製作者が関与し、本委員会、ワーキンググループ検討会等の様々な会合が多数回開かれている（乙 183 の 2, 「まえがき」と題する頁）。

その後、JEAG4601-1970 の全般的な改訂版として、昭和 62 年に完成した指針が JEAG4601-1987 である。JEAG4601-1987 の取りまとめにあたっては、日本電気協会が電気技術基準調査委員会原子力専門委員会の下に耐震設計分科会を設置し、JEAG4601-1984 の策定時と同様、様々な分野の多数の専門家の関与を受けて、検討会、分科会等の様々な会合を多数回開いている（乙 183 の 1, 「まえがき」と題する頁）。なお、JEAG4601-1987 の追補版として、「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1991）追補版」（以下、「JEAG4601-1991」という）が作成されている¹⁰。

以上の JEAG4601-1984、JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1991 の 3 編で 1 つの耐震設計体系をなしている。そして、JEAG4601-1987 には、原子力発電所における耐震設計技術の全般が記載されているが、機器・配管系に係る荷重の組合せと評価基準値の詳細については JEAG4601-1984 によるものとされている（乙 183 の 1, 495 頁）¹¹。

¹⁰ この追補版により、動的機能維持評価に係る評価基準値が明確化されたほか、沸騰水型原子炉（BWR）の燃料被覆管の評価基準値が見直されているが、本件各発電所のような加圧水型原子炉（PWR）の発電所については、応力の評価基準値に関する記載に変更はない。

¹¹ なお、平成 20 年には、JEAG4601-1984、JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1991 について、最新の知見を加えて一本化し、「原子力発電所耐震設計技術規程（JEAG4601-2008）」（乙 118, 146）が策定され、これと一体で運用するものとして、「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-2008）」が策定された。「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-2008）」は、「基準地震動策定」、「地質・地盤調査」及び「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」について定められている。

(3) 建物・構築物の評価基準値

建物・構築物の評価基準値は、JEAG4601-1987 に定められているが、同指針には、A s クラス（新規制基準における耐震重要度分類 S クラスに相当）の施設に係る耐震設計の基本方針として、「基準地震動 S_2 に基づいた動的解析から求められる地震力に対して、その安全機能が保持できるように設計する」と明記されている（乙 183 の 1, 265 頁）。そして、基準地震動 S_2 による地震力に対する評価基準値については、地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対し、「建物・構築物が構造物全体として十分変形能力（ねばり）の余裕を有し、終局耐力に対して安全余裕をもたせることとする」とされている（乙 183 の 1, 275 頁）。

具体的には、鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断ひずみ¹²の評価基準値は、債務者主張書面（1）第 5 章第 3 の 1（1）（143～144 頁）及び第 4 の 1（1）（150～151 頁）で述べたとおり、JEAG4601-1987 に基づき、既往の実験結果のばらつきも考慮して評価した鉄筋コンクリート造耐震壁の終局せん断ひずみ¹³「 4.0×10^{-3} 」に余裕をもたせて「 2.0×10^{-3} 」と設定されている（乙 183 の 1, 392 頁）。この評価基準値は、弾性限界を超えた塑性変形領域の値ではあるが、終局せん断ひずみからは余裕を持たせた値であり、この評価基準値を満たすことにより、基準地震動に対してその機能を維持することができるのである。

(4) 機器・配管系の評価基準値

機器・配管系の評価基準値は JEAG4601-1987 に原則的事項が記載されており、

¹² せん断ひずみとは、せん断力（外力を受けて物体内部で生じる、ずれを生じさせる力）によって変形（せん断変形）する際の変形の割合をいう。耐震壁の場合は、地震時に生じるせん断変形（長さ）を耐震壁の高さで除すことで求められる。例えば、高さ 10m の耐震壁でせん断変形が 1cm であれば、せん断ひずみは 1×10^{-3} となる。（債務者主張書面（1）143 頁脚注 161）

¹³ 終局せん断ひずみとは、部材がせん断力により破壊する時点のせん断ひずみをいう。（債務者主張書面（1）144 頁脚注 162）

その詳細は JEAG4601-1984 に定められている。これらの指針では、機器・配管系の耐震設計の基本方針として、「耐震 A s クラスの基準地震動 S_2 に基づく動的地震力に対しては、非線形・弾塑性挙動の範囲に入るとは差支えないが、この場合は系の靱性を十分考慮し、系の限界強度又は機能維持上妥当な安全性を有していることを確認しなければならない」とされており（乙 183 の 1, 480 頁）、塑性変形領域へ入ることを容認している¹⁴。そして、基準地震動 S_2 による地震力に対する評価基準値については、「基準地震動 S_2 による地震力と他の荷重とを組合せた場合には、原則として過大な変形がないようにする」とされており（乙 183 の 1, 481 頁）、より詳細には、「基準地震動 S_2 による荷重を運転状態 I¹⁵ における荷重と組合せた状態¹⁶で当該施設（機器・配管系）が過大な変形を起こして必要な機能が損なわれない」ように定められている（乙 183 の 1, 497 頁、乙 183 の 2, 79 頁）。評価基準値の具体的な算出方法は、設備の分類別に示されている。

このように、JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 における機器・配管系の評価基準値は、弾性限界を超えて塑性変形領域に入るとは容認しているものの、過大な変形を起こして必要な機能が損なわれないような値として定められている。そして、このような値を評価基準値とすることにより、基準地震動による地震力を受けても、全体としてほぼ弾性挙動を示す範囲内に収まることになる。

¹⁴ JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 と新規制基準との対応関係についてみると、耐震 A s クラスを含む A クラスの施設は、新規制基準にいう耐震重要度分類 S クラスの施設に、基準地震動 S_2 は、新規制基準にいう基準地震動にそれぞれ対応していることから（乙 184, 13 頁等）、新規制基準の下では、A クラスの施設についても、A s クラスと同様、基準地震動に対する耐震安全性が求められているとともに、評価基準値が塑性変形領域へ入ることも容認されている。

¹⁵ 「運転状態 I」とは、原子炉施設の通常運転時の状態をいう。なお、「運転状態 II」とは、運転状態 I、運転状態 III、運転状態 IV 及び試験状態以外の状態をいい、「運転状態 III」とは、原子炉施設の故障、異常な作動等により原子炉の運転の停止が緊急に必要とされる状態をいい、「運転状態 IV」とは、原子炉施設の安全設計上想定される異常な事態が生じている状態をいう。（乙 183 の 2, 36 頁）

¹⁶ 地震力と運転状態 II 又は運転状態 III との組合せは、これらが地震の従属事象である場合、又は独立事象であってもその事象の継続が比較的長時間続くおそれのある場合を考慮するとされている（乙 183 の 2, 79 頁）。

なお、債権者らは、「タービンやポンプの『機能喪失する限界値』は強度部材が塑性域に入って破断応力に至る点とは関係がない」とし、降伏応力以下でも「機能喪失」と主張するが（債権者ら第21準備書面11頁）、債務者は、耐震重要度分類Sクラスの動的機器（ポンプ、弁等）については、構造強度評価に加えて動的機能維持評価も行っており（乙183の1、503～504頁）、債権者らの主張は理由がない。

（5）新規制基準における JEAG4601 の位置付け

ア 新規制基準の定め

新規制基準では、耐震重要施設は、基準地震動による地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならないとされている（設置許可基準規則4条3項）。そして、この要求を満たすため、建物・構築物については、基準地震動による地震力（地震荷重）と他の荷重との組合せに対して、「当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること」が求められ、また、機器・配管系については、基準地震動による地震力（地震荷重）と他の地震力との組合せに対して、「その施設に要求される機能を保持すること。なお、上記により求められる荷重により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないこと」が求められている（設置許可基準規則解釈別記2第4条6項1号。乙90、129～130頁）。このように、新規制基準は、基準地震動による地震力により、設備が弾性限界を超えて塑性変形領域に入ること容認している。

イ 「耐震設計に係る工認審査ガイド」での引用

原子力規制委員会が新規制基準に基づく工事計画認可の審査にあたって用いる「耐震設計に係る工認審査ガイド」(乙 184)は、評価基準値に関する審査での確認事項を建物・構築物と機器・配管系とに分けて記載している。これによると、まず、建物・構築物の評価基準値については、「Sクラスの建物・構築物の基準地震動 S_s による地震力に対する耐震設計においては、安全上適切と認められる規格及び基準等に基づき許容限界を設定していること」「Sクラスの建物・構築物については、基準地震動 S_s による地震力と地震力以外の荷重の組合せに対して、構造物全体としての変形能力(終局耐力時の変形)について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること」を審査において確認すべきとされている。そして、前者の「安全上適切と認められる規格及び基準等」として、JEAG4601が適用可能とされている(乙 184, 12~14, 17~19 頁)。

次に、機器・配管系については、建物・構築物と同様、「安全上適切と認められる規格及び基準等に基づき許容限界を設定していることを確認する」「機器・配管系の構造強度に関する耐震設計については、基準地震動 S_s による地震力と施設の運転状態ごとに生じる荷重を適切に組み合わせ、施設に作用する応力等を算定し、それらが許容限界を超えていないこと。なお、上記により求まる荷重により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に対して十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないこと」とされており、前者の「安全上適切と認められる規格及び基準等」として JEAG4601 が適用可能とされている(乙 184, 22~23, 27~29 頁)。

このように、JEAG4601 は、新規制基準の下において、評価基準値の算定根拠として活用することが是認されているのである。

第3 弾性限界を超えることを容認した設備等の概要と耐震安全性が維持される根拠について（質問事項3）

1 回答

評価基準値は、一部の例外¹⁷を除き、弾性限界を超えた塑性変形領域に設定されているが、設備の機能を維持するのに十分な水準で定められている。

したがって、本件各発電所における耐震重要施設の評価値が評価基準値を下回っていれば、それが弾性限界を超えて塑性変形領域に入っているとしても、同施設の機能を維持でき、本件各発電所の耐震安全性は確保される。

2 詳細説明

- （1）本件各発電所において基準地震動に対する耐震安全性を評価する際には、一部の例外を除いて、弾性限界を超える評価基準値を用いて評価している。したがって、評価値（応力値等）が評価基準値を下回っているとしても、設備が弾性限界を超えて塑性変形することもありうる。

しかしながら、設備が塑性変形しても、評価値が評価基準値を下回っていれば、本件各発電所の耐震安全性は確保される。その理由は次のとおりである。

- （2）すなわち、債務者は、前述のとおり、JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 に基づいて評価基準値を設定しているが、同指針では、建物・構築物の評価基準値は、建物・構築物が安全機能を保持できるよう、「構造物全体として十分変形能力（ねばり）の余裕を有し、終局耐力に対して安全余裕をもたせる」値を設定し、機器・配管系の評価基準値は、設備が「過大な変形を起こして必要な機能が損なわれない」値を設定するものとされている。このような観点から、建物・構築物及び機器・配管系の設備分類別に評価基準値が定められており、これに基づいて設定された評価基準値と評価値とを比較し、評価値が評価基準値を下回っていることが確認できれば、仮に各設備が塑性変形領域に入ってい

¹⁷ 脚注7を参照。

ても耐震安全性は確保できるのである。

(3) この点を、機器・配管系を例に、より具体的に述べると、各機器等は、それぞれ安全上求められる機能（例えば原子炉容器であれば保水機能等）があるが、JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 は、こうした機能が損なわれる変形が起きないように適切な評価基準値を定めている。この評価基準値の定めは、規格（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」及び「発電用原子力設備規格 材料規格」）に定められた設計降伏点 S_y や設計引張強さ S_u をもとに、機器等の破損の仕方を踏まえた応力区分ごとに適切に設けられており、仮に評価値が評価基準値と同じであったとしても、塑性変形の程度は限定的であって、その機能は維持される¹⁸。

(4) 例えば、原子炉容器の基準地震動に対する評価基準値は、JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 によると、

① 1 次一般膜応力・・・ $2/3 S_u$

② 1 次膜応力＋1 次曲げ応力・・・ $2/3 S_u$ の 1.5 倍 (S_u)

と設定されている（乙 183 の 1, 501 頁, 乙 183 の 2, 87 頁の第 1 種容器の IV_A S の欄¹⁹）。この「1 次一般膜応力」による評価と「1 次膜応力＋1 次曲げ応力」による評価は、地震等による大きな荷重によって機器等に過大な変形が生じて機能を喪失することを防止する観点から行われる評価であり、上記①及び②のいずれの値も満たすことで、このような機能喪失に至らないことを確認することができるのである。²⁰

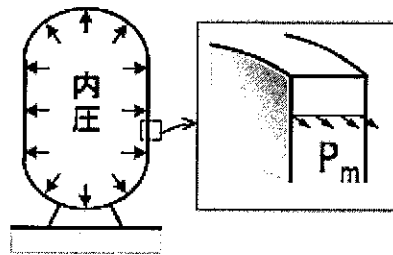
上記①の「1 次一般膜応力」とは、内圧等による力が加わった際に、ある断面に発生する応力を断面全体で平均したものをいう（図表 3）。ある断面において、設計引張強さ S_u 以上の応力が内側から外側まで全てにかかると、過大な

¹⁸ 換言すれば、評価基準値は、ほぼ弾性挙動を示す範囲内に収まるよう設定されているのである。

¹⁹ 本件各発電所における原子炉容器の素材は、低合金鋼であり、オーステナイト系ステンレス鋼や高ニッケル合金ではないため、同欄に記載のただし書は適用されない。

²⁰ 膜応力とは、ある断面に発生する一様な応力をいい、曲げ応力とは、曲げモーメント（曲げようとする力）が加わった場合にある断面に発生する応力の分布をいう。

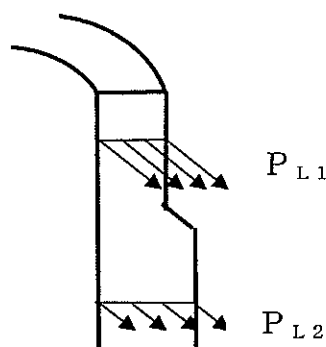
変形を起こして機能喪失することが想定される。このことを踏まえて、1次一般膜応力の評価基準値は、設計引張強さ S_u から余裕を見込んで $2/3 S_u$ と定められており、機能喪失が想定される設計引張強さ S_u に対して余裕を持たせた値となっている。この値は弾性限界を超える値ではあるが、超える程度はわずかであり、仮に1次一般膜応力の評価値が評価基準値と同じ値であったとしても、ひずみが少し残る程度にとどまり、原子炉容器として必要な機能は維持される（乙185、4頁）。



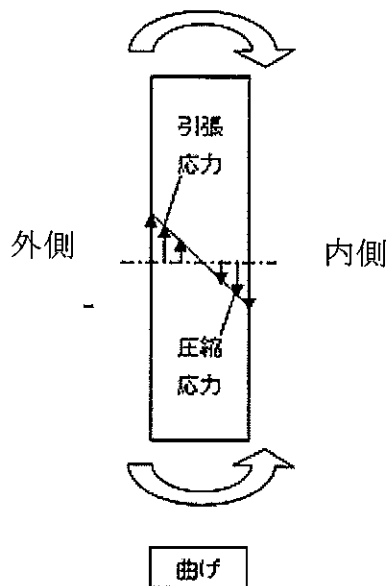
【図表3 1次一般膜応力】

上記②の「1次膜応力+1次曲げ応力」の評価は、外部からの荷重によって発生する断面の部分的な膜応力と曲げ応力とを評価するものであり、部分的に大きな応力が発生することによる機能喪失を防止するために実施される。ここで、1次膜応力とは、機器等のある断面の一部分において発生する応力を平均したものを用いる。図表4のように、機器等のある断面における厚さに違いがある場合、1次一般膜応力は断面全体で平均した応力値となるが、1次膜応力は断面の部分ごとに異なり、例えば、内圧による応力の場合、一般に、厚さの薄い部分の1次膜応力（ P_{L1} ）は、厚い部分の1次膜応力（ P_{L2} ）よりも大きくなる。一方、1次曲げ応力とは、外部から加わる曲げモーメント（曲げようとする力）によって機器等の断面内に引張応力や圧縮応力が分布する応力を用いる。板が内側に曲がるような曲げモーメントがかかった場合、ある断面の最も外側に最も強い引張応力がかかり、外側から中心部にかけてそれを下回る引張応力

がかかり，中心部から内側にかけては逆に圧縮応力がかかる（図表 5）。このような 1 次膜応力及び 1 次曲げ応力の性質を踏まえれば，「1 次膜応力 + 1 次曲げ応力」の値は，片側の表面において最も大きく，その内側は表面を下回る。そして，部材の断面が長方形の場合，断面全体が塑性変形する大きさの曲げモーメントは，部材の表面が塑性変形領域に入る直前の状態となる大きさの曲げモーメントの 1.5 倍になるという計算結果（乙 185，5～8 頁）を踏まえて，「1 次膜応力 + 1 次曲げ応力」の評価基準値は，1 次一般膜応力の評価基準値 $2/3 S_u$ の 1.5 倍である S_u と定められている（同 8 頁）。この値は，1 次一般膜応力の評価に係る評価基準値と同等の考え方で設定されたものであり，仮に「1 次膜応力 + 1 次曲げ応力」の評価値が評価基準値と同じ値であったとしても，ひずみが少し残る程度にとどまり，原子炉容器として必要な機能は維持されるのである（同 9 頁）。



【図表 4 1 次膜応力】



【図表 5 1 次曲げ応力】

JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 は，以上で原子炉容器を例に述べたような「1 次一般膜応力」及び「1 次膜応力 + 1 次曲げ応力」の評価基準値のほか，

応力が繰り返しかかることによる疲労破壊の防止を目的とした「1次＋2次応力」及び「1次＋2次＋ピーク応力」の評価基準値や、特別な応力（純せん断応力²¹、支圧応力²²及びねじり応力²³）についての評価基準値も設定している。これらの評価基準値を用いた評価を行うことにより機器等の機能を維持することができるのである。

- (5) なお、債権者らは、「本件高浜原発の蒸気発生器伝熱管の評価基準値（許容値）（p）と評価値（計算結果）（c）の比 1.18 倍という極めて接近している数値・・・では、必要不可欠な安全代が不足している」と主張する（債権者ら第21準備書面10頁）。

しかしながら、蒸気発生器伝熱管は、原子炉容器と同じく第1種容器に該当し、評価基準値は、JEAG4601-1987 及び JEAG4601-1984 に基づき余裕を持たせた値が設定されている。そして、この評価基準値に対して 1.18 倍の余裕が存在するのであるから、蒸気発生器伝熱管も十分な耐震安全性を有している。

- (6) このように、評価基準値は、一部の例外を除き、弾性限界を超えた塑性変形領域に設定されているものの、設備の機能を維持するのに十分な水準で定められている。したがって、耐震重要施設の評価値が評価基準値を下回っていれば、当該施設が塑性変形領域にあっても、その機能は維持でき、耐震安全性は確保できるのである。

以 上

²¹ せん断応力とは、外力によって機器等のある断面をすべらせるようにかかる応力（はさみの2枚の刃でこすり切るようにかかる応力）をいい、純せん断応力とは、せん断応力のみが発生することを考慮した応力をいう。

²² 支圧応力とは、他の機器等との接触面に圧縮力を作用させた場合に発生する応力をいう。

²³ ねじり応力とは、円柱にねじるような荷重が加わった際に、その断面の外周に働く円周方向の応力をいう。