

# 強度に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 6

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

### 資料6-1 強度計算の基本方針

資料6-1-1 強度計算の基本方針の概要

資料6-1-2 クラス1容器の強度計算の基本方針

資料6-1-3 重大事故等クラス2容器の強度計算の基本方針

### 資料6-2 強度計算方法

資料6-2-1 強度計算方法の概要

資料6-2-2 クラス1容器の強度計算方法

資料6-2-3 重大事故等クラス2容器の強度計算方法

### 資料6-3 強度計算書

資料6-3-1 強度計算書の概要

資料6-3-2 クラス1容器の強度計算書

資料6-3-3 重大事故等クラス2容器の強度計算書

別添 原子炉冷却材圧力バウンダリに属する配管に対するLBB成立性評価結果  
に関する説明書

別紙 計算機プログラム（解析コード）の概要

## 強度計算の基本方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 6-1

玄海原子力発電所第3号機

## 強度計算の基本方針の概要

設計及び工事計画認可申請添付資料 6-1-1

玄海原子力発電所第3号機

目 次

頁

1. 概 要 .....	6 (3) - 1 - 1 - 1
2. 基本方針の概要 .....	6 (3) - 1 - 1 - 1

## 1. 概 要

本資料は、「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」（平成25年6月28日 原子力規制委員会規則第6号）第17条に規定されている設計基準対象施設及び第55条に規定されている重大事故等対処設備に属する容器の材料及び構造について、適切な材料を使用し、適切な構造及び十分な強度を有することを説明するものである。

## 2. 基本方針の概要

強度計算の基本方針については、原子炉容器上部ふた取替えに伴い、原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の構成部材が十分な強度を有することを確認するための強度計算の基本方針を説明するものであり、以下の資料により構成する。

添付資料 6-1-2 クラス1容器の強度計算の基本方針

添付資料 6-1-3 重大事故等クラス2容器の強度計算の基本方針

# クラス 1 容器の強度計算の基本方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 6-1-2

玄海原子力発電所第3号機

目 次

頁

1. 概 要 .....	6 (3) - 1 - 2 - 1
2. クラス 1 容器の強度計算の基本方針 .....	6 (3) - 1 - 2 - 2

## 1. 概 要

クラス 1 容器の材料及び構造については、「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」（平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第 6 号）（以下「技術基準規則」という。）第 17 条第 1 号及び第 8 号に規定されており、適切な材料を使用し、適切な構造及び十分な強度を有することが要求されている。

本資料は、クラス 1 容器である原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の構成部材が十分な強度を有することを確認するための強度計算の基本方針について説明するものである。

## 2. クラス 1 容器の強度計算の基本方針

クラス 1 容器の材料及び構造については、技術基準規則第 17 条（材料及び構造）に規定されており、「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」（平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 1306194 号）第 17 条 10 において「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））<第 I 編 軽水炉規格> JSME S NC1－2005/2007」（日本機械学会）（以下「JSME 2005/2007」という。）又は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012 年版）<第 I 編 軽水炉規格> JSME S NC1－2012」（日本機械学会）（以下「JSME 2012」）という。）及び「発電用原子力設備規格 材料規格（2012 年版）JSME S NJ1－2012」（日本機械学会）（以下「材料規格」という。）によることとされている。同解釈において規定されている JSME 2005/2007 並びに JSME 2012 及び材料規格は、いずれも技術基準規則を満たす仕様規定として相違がない。

よって、クラス 1 容器である原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の構成部材の強度評価は、JSME 2012 及び材料規格による評価を実施する。

原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の構成部材の材料については、材料規格に規定されている材料を使用する設計とする。

## 重大事故等クラス2容器の強度計算の基本方針

設計及び工事計画認可申請添付資料 6-1-3

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

頁

1. 概 要 .....	6 (3) - 1 - 3 - 1
2. 重大事故等クラス 2 容器の強度計算の基本方針 .....	6 (3) - 1 - 3 - 2
2.1 重大事故等クラス 2 容器の構造及び強度 .....	6 (3) - 1 - 3 - 3

## 1. 概 要

重大事故等クラス 2 容器の材料及び構造については、「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」(平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第 6 号) (以下「技術基準規則」という。) 第 55 条第 2 号及び第 5 号に規定されており、適切な材料を使用し、適切な構造及び十分な強度を有することが要求されている。

本資料は、重大事故等クラス 2 容器である原子炉容器上部ふたが十分な強度を有することを確認するための強度計算の基本方針について説明するものである。

## 2. 重大事故等クラス 2 容器の強度計算の基本方針

重大事故等クラス 2 容器の材料及び構造については、技術基準規則第 55 条（材料及び構造）に規定されており、「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」（平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 1306194 号）（以下「技術基準規則の解釈」という。）に従い、技術基準規則第 17 条（材料及び構造）の設計基準対象施設の規定を準用する。また、技術基準規則の解釈第 17 条 10 において「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））<第 I 編 軽水炉規格> JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）又は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012 年版）<第 I 編 軽水炉規格> JSME S NC1-2012」（日本機械学会）（以下「JSME 2012」という。）及び「発電用原子力設備規格 材料規格（2012 年版）JSME S NJ1-2012」（日本機械学会）（以下「材料規格」という。）によることとされているが、いずれも技術基準規則を満たす仕様規定として相違がない。

よって、重大事故等クラス 2 容器である原子炉容器上部ふたの強度評価は、JSME 2012 に基づき実施する。

原子炉容器上部ふたの材料については、材料規格に規定されている材料を使用する設計とする。

## 2.1 重大事故等クラス 2 容器の構造及び強度

重大事故等クラス 2 容器は、技術基準規則第 55 条において、「設計上定める条件において、全体的な変形を弾性域に抑えること」が要求されている。

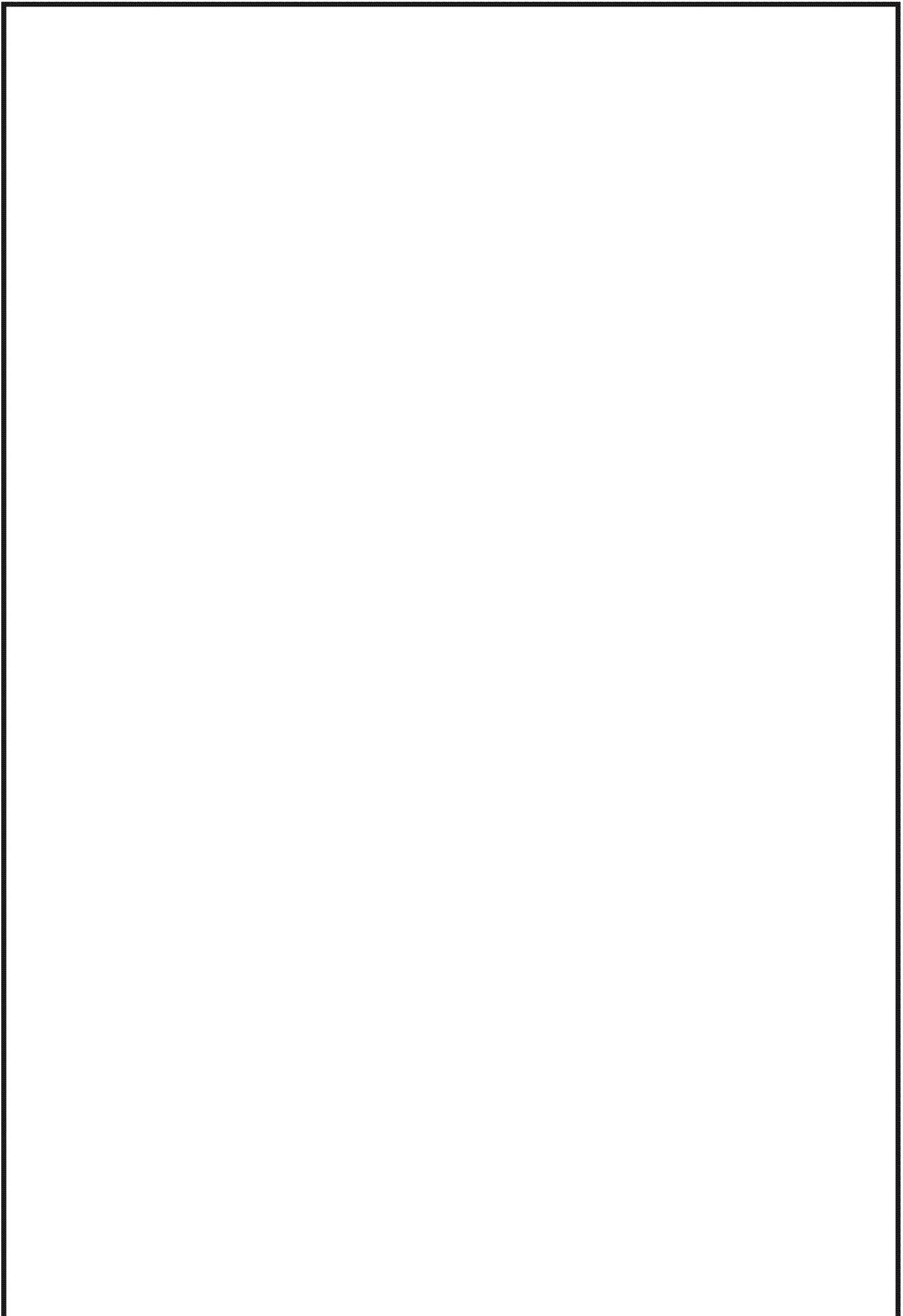
原子炉容器については、重大事故等時に流路としての機能が要求され、重大事故等クラス 2 容器となることから、設計上定める条件として重大事故等時の使用圧力、使用温度、事故時荷重等が負荷された状態を想定し、全体的な変形を弾性域に抑えることについては、それと同等以上の性能を有していることを確認する。

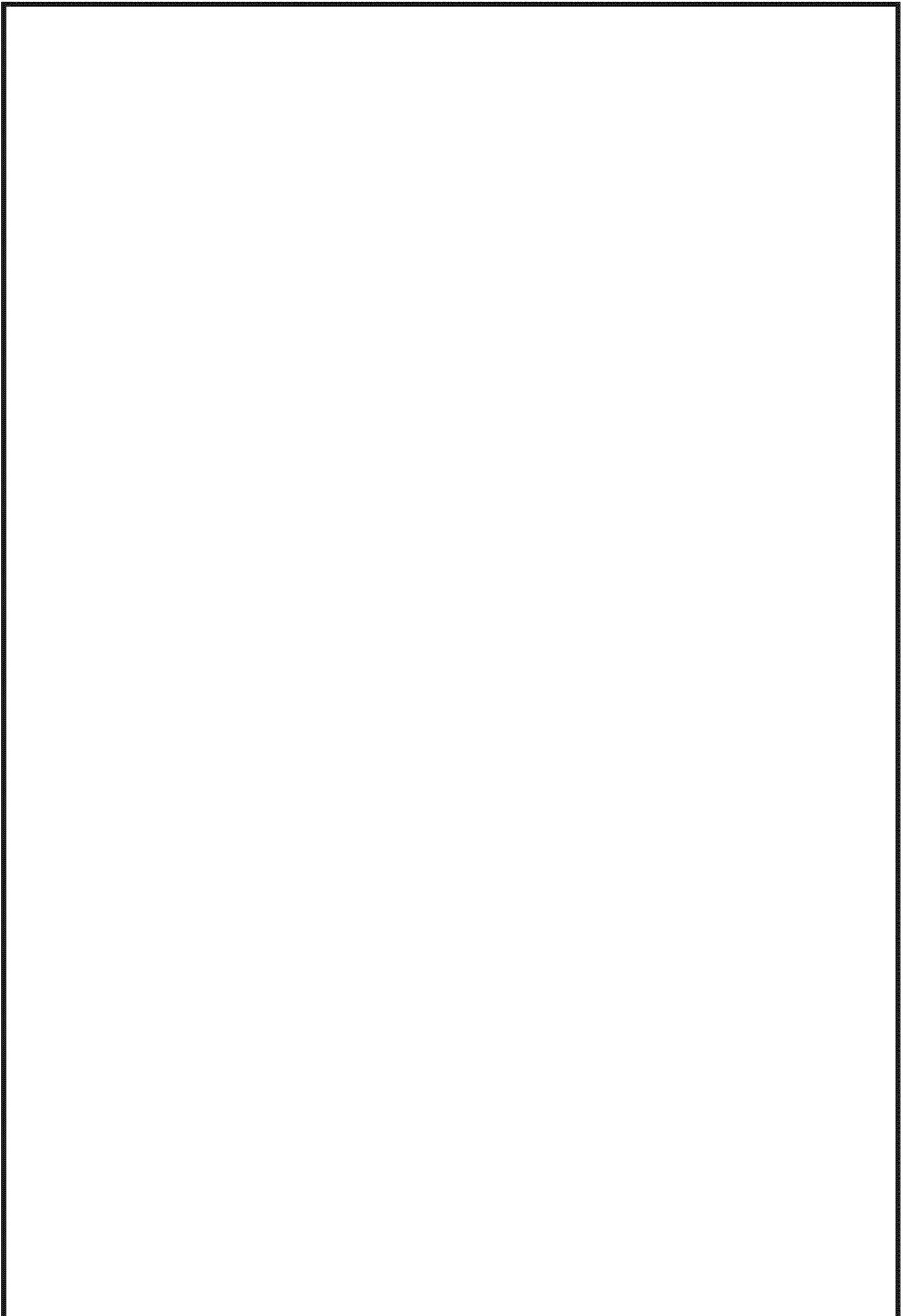
重大事故等クラス 2 容器としての原子炉容器上部ふたの強度評価に当たっては、設計上定める条件である重大事故等時における使用圧力、使用温度及び事故時荷重に対して、供用状態 D の許容応力<sup>(注)</sup>を目安とした十分な裕度を有する設計とし、その評価条件においても塑性変形が小さなレベルに留まって延性破断に対して十分な余裕を有し、流路としての十分な機能が保持できることを確認する。なお、上述の評価条件及び判断基準を満たす既に実施された評価結果がある場合は、その評価結果の確認を実施する。

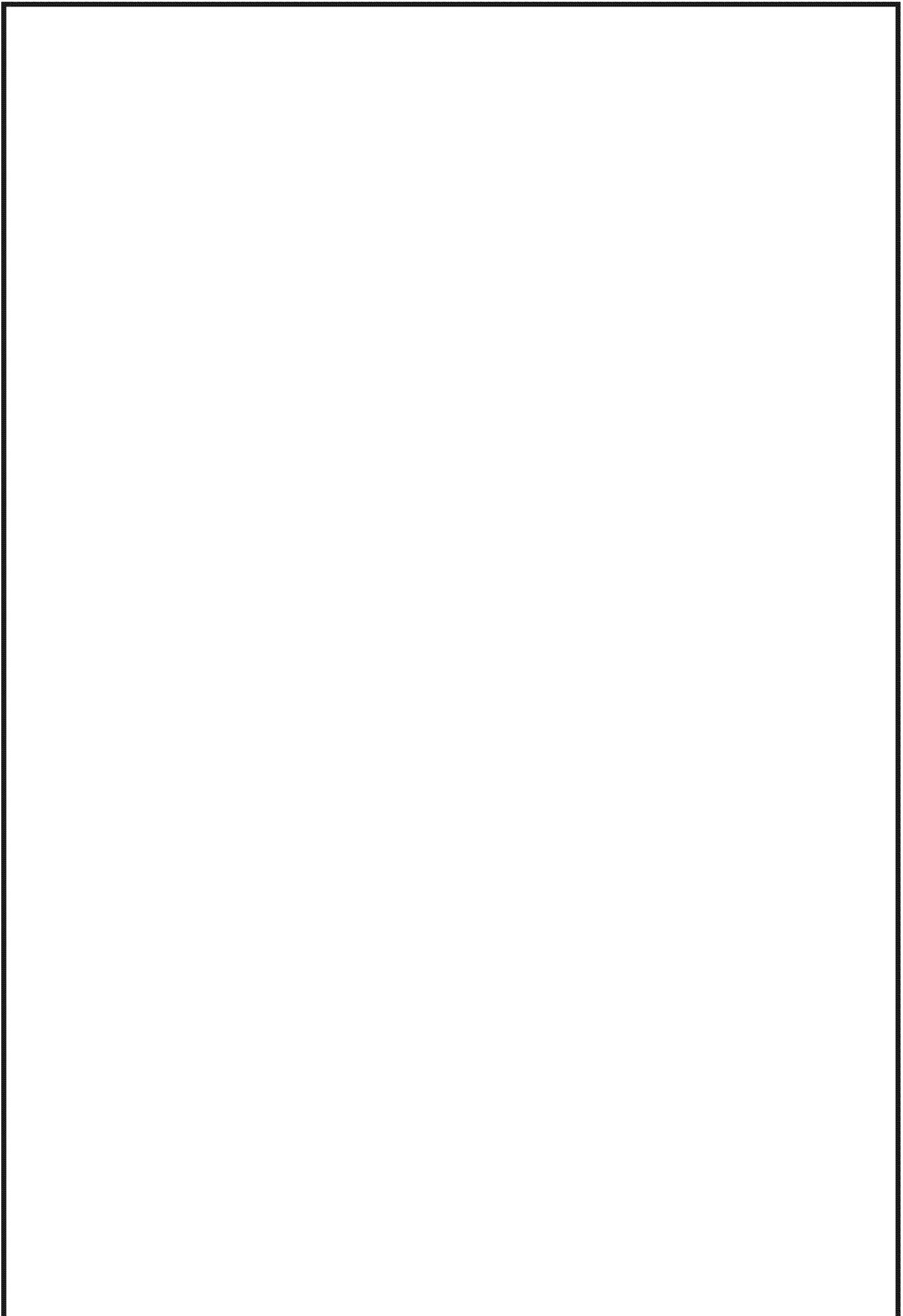
(注) 供用状態 D の許容応力は、JSME 2012 解説 PVB-3111において、鋼材の究極的な強さを基に、弾性計算により塑性不安定現象の評価を行うことへの理論的安全裕度を考慮して定めたものであり、以下のとおり規定されている。

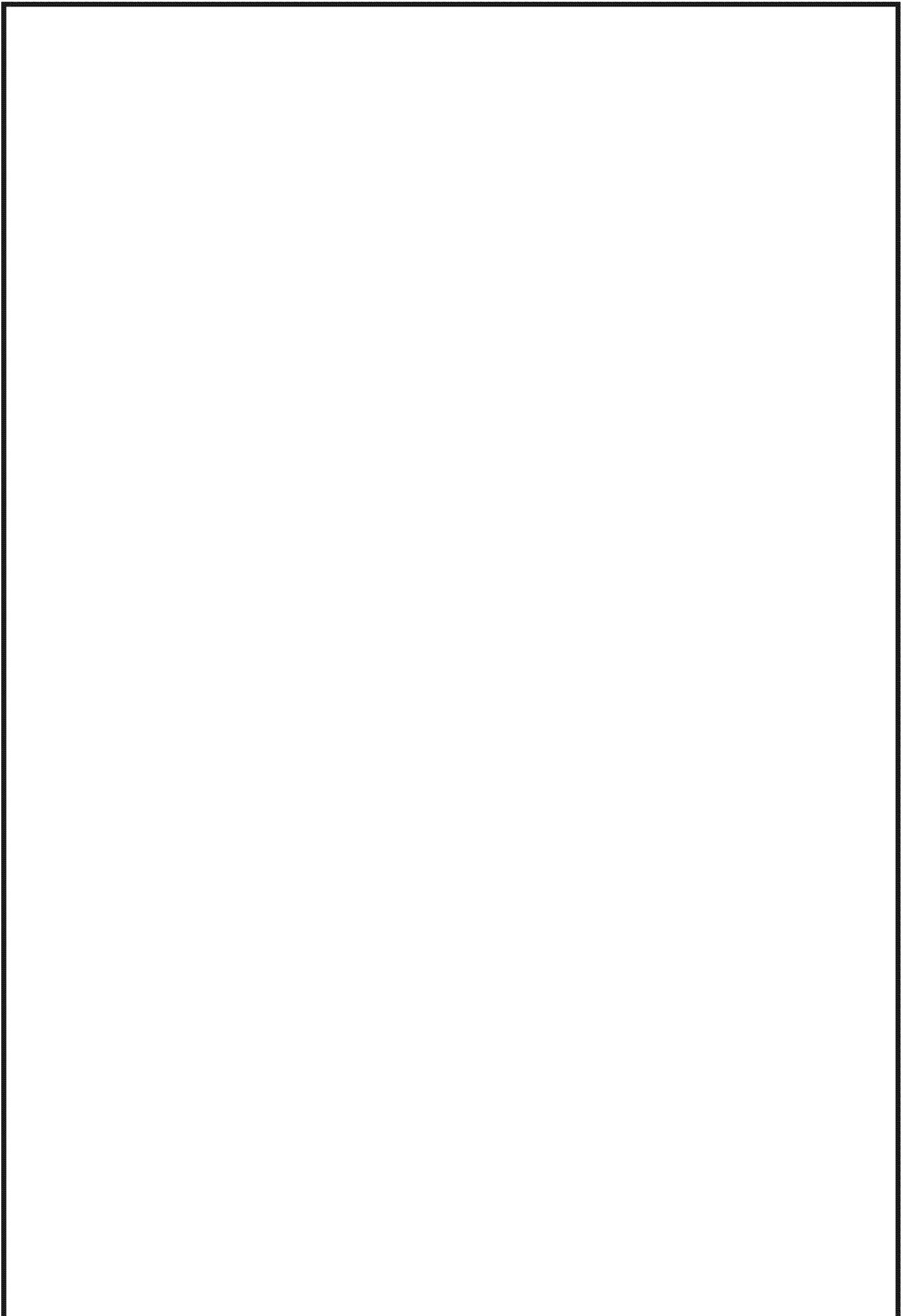
	オーステナイト系ステンレス鋼 及び高ニッケル合金以外の材料	オーステナイト系ステンレス鋼 及び高ニッケル合金
$P_m$	$2/3S_u$	$\text{Min}(2.4S_m, 2/3S_u)$
$P_L$	$1.5(2/3S_u)$	$1.5\text{Min}(2.4S_m, 2/3S_u)$
$P_L + P_b$	$\alpha(2/3S_u)$	$\alpha \text{Min}(2.4S_m, 2/3S_u)$

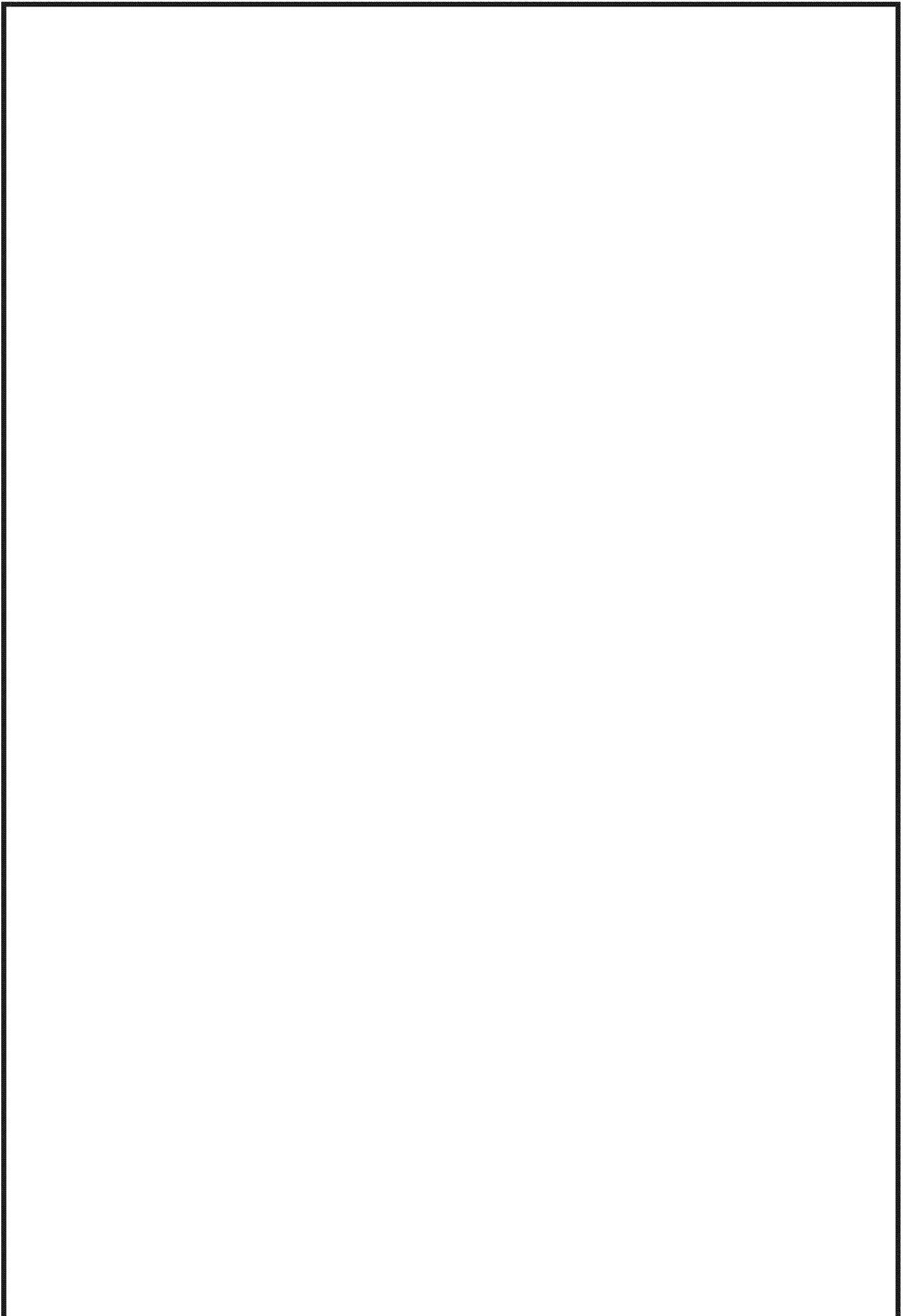
一次一般膜応力( $P_m$ )は、断面の応力が設計引張強さ  $S_u$  に到達すると直ちに破損に至るため割下げ率 1.5 を考慮して規定されているが、一次局部膜応力( $P_L$ )及び一次局部膜応力( $P_L$ )+一次曲げ応力( $P_b$ )は、断面表面が  $S_u$  に到達しても断面内部は更なる耐荷能力があり直ちに破損には至らないため割下げ率は 1.0 としている。JSME 2012 に規定されている供用状態 D の許容応力は、耐圧機能維持の観点から、安全評価上の仮定に保証を与えるものであり、それを適用することについては、材料の究極的な強さに対して適切かつ十分な裕度を持った設計となる。

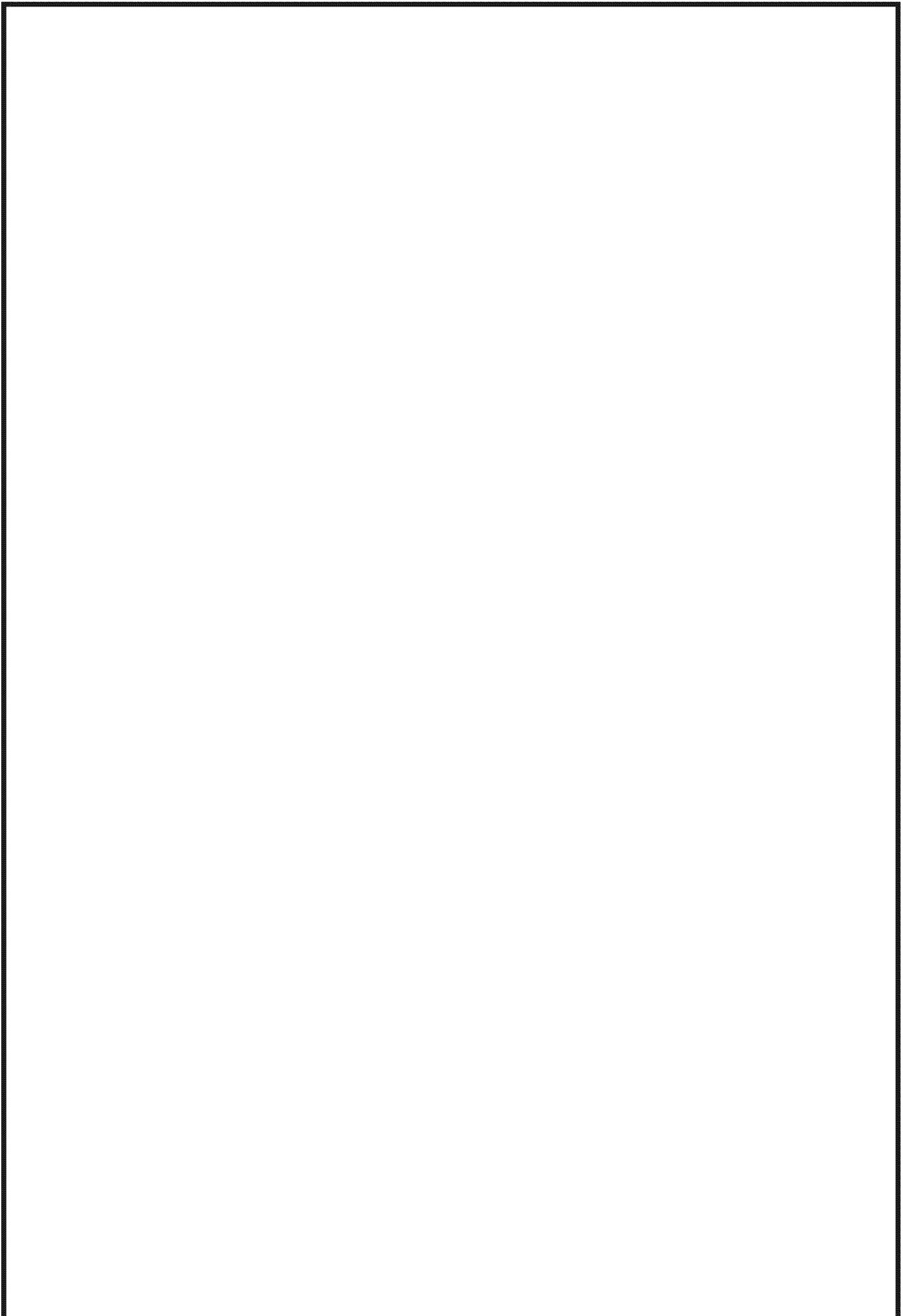












## 強度計算方法

設計及び工事計画認可申請添付資料 6-2

玄海原子力発電所第3号機

## 強度計算方法の概要

設計及び工事計画認可申請添付資料 6-2-1

玄海原子力発電所第3号機

目 次

頁

1. 概 要 .....	6 (3) - 2 - 1 - 1
--------------	-------------------

## 1. 概 要

本資料は、資料 6-1 「強度計算の基本方針」に基づき、申請対象設備が十分な強度を有することを確認するための方法について説明するものであり、以下の資料により構成する。

添付資料 6-2-2 クラス 1 容器の強度計算方法

添付資料 6-2-3 重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法

# クラス 1 容器の強度計算方法

設計及び工事計画認可申請添付資料 6-2-2

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	6 (3) - 2 - 2 - 1
2. 記号の定義 .....	6 (3) - 2 - 2 - 2
3. 計算条件 .....	6 (3) - 2 - 2 - 3
3.1 解析方針 .....	6 (3) - 2 - 2 - 3
3.2 形状及び寸法 .....	6 (3) - 2 - 2 - 5
3.3 応力の分類と応力強さの限界及び許容限界 .....	6 (3) - 2 - 2 - 6
4. 荷重条件 .....	6 (3) - 2 - 2 - 14
4.1 設計条件 .....	6 (3) - 2 - 2 - 14
4.2 設計過渡条件 .....	6 (3) - 2 - 2 - 14
4.3 外荷重 .....	6 (3) - 2 - 2 - 14
4.4 各供用状態で考慮すべき運転状態での荷重 .....	6 (3) - 2 - 2 - 14
4.5 荷重の組合せ .....	6 (3) - 2 - 2 - 53
4.6 荷重の適用 .....	6 (3) - 2 - 2 - 55
5. 応力解析 .....	6 (3) - 2 - 2 - 59
5.1 概 要 .....	6 (3) - 2 - 2 - 59
5.2 温度分布計算 .....	6 (3) - 2 - 2 - 61
5.3 外荷重の算出 .....	6 (3) - 2 - 2 - 62
5.4 圧力、熱等による応力の計算 .....	6 (3) - 2 - 2 - 66
5.5 外荷重による応力の計算 .....	6 (3) - 2 - 2 - 67
5.6 応力集中係数 .....	6 (3) - 2 - 2 - 68

6.	強度評価	.....	6 (3) - 2 - 2 - 69
6.1	概要	.....	6 (3) - 2 - 2 - 69
6.2	応力強さの計算	.....	6 (3) - 2 - 2 - 69
6.3	一次応力強さの評価 (JSME PVB-3111)	.....	6 (3) - 2 - 2 - 69
6.4	一次+二次応力強さの評価 (JSME PVB-3112)	.....	6 (3) - 2 - 2 - 70
6.5	疲労評価 (JSME PVB-3114及びPVB-3300)	.....	6 (3) - 2 - 2 - 70
6.6	特別な応力等の評価	.....	6 (3) - 2 - 2 - 74
7.	物性値	.....	6 (3) - 2 - 2 - 75

## 1. 概 要

本資料は、資料 6-1-2「クラス 1 容器の強度計算の基本方針」に基づき、クラス 1 容器である原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の構成部材が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012 年版）〈第 I 編 軽水炉規格〉 JSME S NC1-2012」（日本機械学会）（以下「JSME」という。）及び「発電用原子力設備規格 材料規格（2012 年版）JSME S NJ1-2012」（日本機械学会）（以下「材料規格」という。）の規定に基づく強度計算方法について説明するものである。

## 2. 記号の定義

本資料で用いる記号については、次のとおりである。

記号	単位	定義
F	MPa	ピーク応力
$F_x$	N又はkN	X軸方向の荷重
$F_y$	N又はkN	Y軸方向の荷重
$F_z$	N又はkN	Z軸方向の荷重
$M_x$	N·m又はkN·m	X軸回りのモーメント
$M_y$	N·m又はkN·m	Y軸回りのモーメント
$M_z$	N·m又はkN·m	Z軸回りのモーメント
MAX(A,B)	MPa	A又はBの2つの値のうち大きい方の値(応力強さの限界)
MIN(A,B)	MPa	A又はBの2つの値のうち小さい方の値(応力強さの限界)
N	回	設計繰返し回数
$N^*$	回	許容繰返し回数
$P_b$	MPa	一次曲げ応力
$P_L$	MPa	一次局部膜応力
$P_m$	MPa	一次一般膜応力
Q	MPa	二次応力
$S_a$	MPa	繰返しピーク応力強さ(ピーク応力強さのサイクルにおいて、その極大値と極小値の差の1/2)
$S_\ell$	MPa	簡易弾塑性解析における繰返しピーク応力強さ
$S_m$	MPa	各温度における材料規格 Part3 第1章 表1に定める設計応力強さ
$S_u$	MPa	各温度における材料規格 Part3 第1章 表7に定める設計引張強さ
$S_y$	MPa	各温度における材料規格 Part3 第1章 表6に定める設計降伏点
UI	—	供用状態A及び供用状態Bの疲労累積係数
$U_i$	—	個々の応力振幅における疲労係数
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	MPa	主応力
$\sigma_r$	MPa	半径(r)方向応力
$\sigma_x$	MPa	軸(x)方向応力
$\sigma_\theta$	MPa	周(θ)方向応力
$\tau_{rx}$	MPa	軸径(rx)方向せん断応力
$\tau_{x\theta}$	MPa	軸周(x θ)方向せん断応力
$\tau_{\theta r}$	MPa	周径(θ r)方向せん断応力

### 3. 計算条件

#### 3.1 解析方針

応力解析は有限要素法及びはり理論の方法を用いて実施し、強度評価上厳しくなる材料及び構造上の不連続部を選定して行う。

評価はJSMEに従い、次のとおり実施する。

##### 3.1.1 一次応力評価

JSME PVB-3111に従い、設計条件、供用状態C、供用状態D及び試験状態の一次応力評価を行う。一次応力評価の内容は、後述する6.「強度評価」に記載する。

なお、JSME PVB-3160に規定される極限解析は、JSME PVB-3111の規定に従うため用いない。

##### 3.1.2 一次＋二次応力評価

JSME PVB-3112に従い、供用状態A及び供用状態Bの一次＋二次応力評価を行う。一次＋二次応力評価の内容は、後述する6.「強度評価」に記載する。

##### 3.1.3 熱応力ラチエット評価

JSME PVB-3113に従い、供用状態A及び供用状態Bの熱応力ラチエットの評価を行う。熱応力ラチエット評価の内容は、後述する6.「強度評価」に記載する。

##### 3.1.4 疲労評価

JSME PVB-3114に従い、供用状態A及び供用状態Bの疲労評価を行う。疲労評価において、応力集中を考慮すべき部位については、JSME PVB-3130に従う。疲労評価の内容は、後述する6.「強度評価」に記載する。

なお、JSME PVB-3112の一次＋二次応力評価の規定に適合しない場合は、JSME PVB-3300の簡易弾塑性解析への適合を確認する。

また、JSME PVB-3140に規定される疲労解析不要の条件は、JSME PVB-3114の規定に従うため適用しない。

### 3.1.5 純せん断荷重評価

JSME PVB-3115の純せん断荷重評価については、原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置に純せん断応力が発生しないことから評価の対象外である。

### 3.1.6 支圧荷重評価

原子炉容器上部ふたは、JSME PVB-3116に従い、供用状態A、供用状態B、供用状態C及び試験状態の支圧応力の評価を行う。

なお、制御棒クラスタ駆動装置については、内圧保持のためのフランジ形状ではなく、また外荷重も小さいため有意な支圧荷重が発生しないことから評価の対象外である。

### 3.1.7 圧縮荷重評価

JSME PVB-3117の軸方向の圧縮荷重に対する評価については、原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置に発生する軸方向の圧縮荷重は十分小さいことから評価は省略する。

### 3.1.8 ボルト材の応力評価

JSME PVB-3120のボルト等の応力評価については、原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置にはボルトが存在しないことから評価の対象外である。

### 3.1.9 オメガシール及びキャノピーシールについての評価

JSME PVB-3150のオメガシール及びキャノピーシールについての応力評価については、原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置にはオメガシール及びキャノピーシールが存在しないことから評価の対象外である。

### 3.1.10 外面に圧力を受ける容器

原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置は外面に圧力を受けないため、JSME PVB-3200の対象外である。

### 3.1.11 減肉代

原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の内面は、オーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金であるため、JSME PVB-3410の減肉代は考慮しない。

### 3.1.12 クラッド容器に対する強度評価上の取扱い

原子炉容器上部ふたの内面のクラッド部は、JSME PVB-3420に従い、支圧荷重に対する強度計算を行う場合を除き強度部材として考慮しない。また、クラッド部の厚さが全板厚の0.1倍を超えないため、温度分布計算及び熱応力計算においてクラッド部を計算モデルに含めない。

### 3.1.13 穴の設置

原子炉容器上部ふたの鏡部の穴の周辺部については、JSME PVB-3530を満足しないため、JSME PVB-3520によりJSME PVB-3100及びJSME PVB-3300への適合を確認する。また、これらに適合しない場合は、JSME PVB-3510により補強を実施する。

ここで、JSME PVB-3540に規定される構造に適合しないので、JSME PVB-3540に記載の応力係数は用いない。

なお、JSME PVB-3550に規定される代替設計は、JSME PVB-3511からJSME PVB-3542の規定に従うため適用しない。

### 3.1.14 流体の励振力を受ける管群

原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置には、JSME PVB-3600に示される管群が存在しないことから評価の対象外である。

## 3.2 形状及び寸法

寸法は、原則として、板厚は最小寸法、その他（径、長さ等）は公称寸法を用いる。

### 3.3 応力の分類と応力強さの限界及び許容限界

容器に発生する応力は、その応力発生の原因及び場所により、一次応力、二次応力、ピーク応力等に分類し、各々に対して応力強さの限界及び許容限界（許容値）と比較評価する。

#### 3.3.1 応力の分類

容器に発生する応力は、一次応力（一次一般膜応力、一次局部膜応力、一次曲げ応力）、二次応力、ピーク応力等に分類されるが、具体的には第3-1表に示す。

#### 3.3.2 応力強さの限界及び許容限界

応力解析の結果について、評価を行う際の応力強さの限界を第3-2表に、各許容値を定めるために用いる温度を第3-3表に示す。また、支圧応力の許容限界については第3-4表に、熱応力ラチエットの許容限界については第3-5表に示す。

第3-1表 応力の分類(1/2) (JSME 表 PVA-5000-1)

容器の要素	位置	荷重の種類	応力の分類	
円筒胴、上鏡又は下鏡	不連続部から離れた部分	内圧	膜応力（板厚平均応力） 曲げ応力（板厚方向勾配成分）	P <sub>m</sub> Q
		熱	膜応力+曲げ応力の等価直線成分 曲げ応力の非直線成分	Q F
		外荷重	膜応力+曲げ応力	P <sub>m</sub>
フランジ及びボルト	フランジ	内圧又はボルト締付力	膜応力（全断面平均応力） 膜応力（板厚平均応力） 曲げ応力（板厚方向勾配成分）	P <sub>m</sub> P <sub>L</sub> 又はP <sub>b</sub> Q
		熱	形状不連続による熱応力 自由変形による熱応力	Q F
	フランジー殻結合部	内圧又はボルト締付力	膜応力（板厚平均応力） 曲げ応力（板厚方向勾配成分） 応力集中による応力増加分	P <sub>L</sub> Q F
		熱	膜応力+曲げ応力の等価直線成分 曲げ応力の非直線成分 応力集中による応力増加分	Q F F
	シール面	内圧 ボルト締付力 熱	支圧応力	支圧応力
	ボルト	内圧、ボルト締付力又は熱	断面平均応力 曲げ応力 ねじ部の応力集中による応力増加分	平均引張応力 曲げ応力 F

第3-1表 応力の分類(2/2) (JSME 表 PVA-5000-1)

容器の要素	位置	荷重の種類	応力の分類		
管台	円筒胴又は鏡板との接合部(胴側)	内圧又は外荷重	膜応力	P <sub>L</sub>	
			曲げ応力(板厚方向勾配成分)	Q	
			応力集中による応力増加分	F	
	補強の有効範囲内(補強部分)	熱	膜応力+曲げ応力の等価直線成分	Q	
			曲げ応力の非直線成分	F	
			応力集中による応力増加分	F	
	補強の有効範囲内(ノズルエンド、セーフエンド)	内圧	膜応力(全断面平均応力)	P <sub>m</sub>	
			曲げ応力(板厚方向勾配成分)	Q	
			応力集中による応力増加分	F	
	補強の有効範囲外(ノズルエンド、セーフエンド)	機械的外荷重	膜応力+曲げ応力	P <sub>m</sub>	
			応力集中による応力増加分	F	
		熱的外荷重 又は熱	形状不連続による熱応力	Q	
			自由変形による熱応力	F	
			応力集中による応力増加分	F	

第3-2表 応力強さの限界 (JSME 表 PVB-3110-1)

応力分類 状 態	一次一般膜 応力強さ $P_m$	一次局部膜 応力強さ $P_L$	一次膜+一次 曲げ応力強さ $P_L + P_b, P_m + P_b$	一次十二次 応力強さ $P_L + P_b + Q$	一次十二次 +ピーク 応力強さ $P_L + P_b + Q + F$
設計条件	$S_m$	$1.5S_m$	$\alpha(S_m)$	—	—
供用状態A 供用状態B	—	—	—	$3S_m$ <sup>(注6)</sup>	$UI \leq 1.0$ <sup>(注7)</sup>
供用状態C	$\text{MIN}(S_y, 2/3S_u)$ $1.2S_m$ <sup>(注3)</sup>	$1.5\text{MIN}(S_y, 2/3S_u)$ $1.5(1.2S_m)$ <sup>(注3)</sup>	$\alpha \text{MIN}(S_y, 2/3S_u)$ $\alpha(1.2S_m)$ <sup>(注3)</sup>	—	—
供用状態D	$2/3S_u$ $\text{MIN}(2.4S_m, 2/3S_u)$ <sup>(注3)</sup>	$1.5(2/3S_u)$ $1.5\text{MIN}(2.4S_m, 2/3S_u)$ <sup>(注3)</sup>	$\alpha(2/3S_u)$ $\alpha \text{MIN}(2.4S_m, 2/3S_u)$ <sup>(注3)</sup>	—	—
試験状態	$0.9S_y$	$1.5(0.9S_y)$	$1.5(0.9S_y)$ <sup>(注5)</sup>	—	—

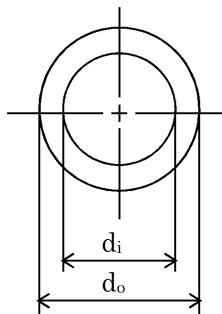
(注1)  $\alpha$  は応力解析における純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値であり、次式より求まる形状係数である。

$$\alpha = \text{MIN} \left[ \frac{32 (1 - (d_i/d_o)^3)}{6\pi (1 - (d_i/d_o)^4)}, 1.5 \right]$$

ここで、

$d_i$  : 管台内径

$d_o$  : 管台外径



- (注2) 試験状態に適用する一次膜応力は一次一般膜応力である。
- (注3) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に適用する。
- (注4) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金以外の圧力荷重のみによる評価に適用する。
- (注5) 一次曲げ応力が発生する部位の一次一般膜応力強さが $2/3S_y$ を超える場合には $2.15S_y - 1.2P_m$ に置換える。
- (注6) 応力強さの全振幅に対する評価値であり、これを超える場合は簡易弾塑性解析を行う。
- (注7) 疲労評価において、設計繰返し回数が2種類以上あるので、疲労累積係数が1.0以下であること。

第3-3表 許容値を定めるために用いる温度

機 器 名 状 態	原子炉容器上部ふた 及び制御棒クラスタ駆動装置
設 計 条 件	最高使用温度
供 用 状 態 A 供 用 状 態 B	運転温度
供 用 状 態 C	18.88MPa <sup>(注)</sup> に対する飽和温度
供 用 状 態 D	18.88MPa <sup>(注)</sup> に対する飽和温度
試 験 状 態	21°C

(注) 運転状態III及び運転状態IVの事象のピーク圧力及び事故時荷重を上回る圧力（最高使用圧力を1.1倍した圧力。以下「包絡圧力」という。）である。

第3-4表 支圧応力の許容限界 (JSME PVB-3116)

荷重の種類		支圧荷重
応力の種類		平均支圧応力 <sup>(注)</sup>
状態	設計条件	—
	供用状態 A,B	Sy
	供用状態 C	
	供用状態 D	—
	試験状態	Sy

$$(注) \text{ 平均支圧応力} = \frac{W}{A}$$

ここで、

W : 支圧荷重 (N)

A : 支圧面積 (mm<sup>2</sup>)

第3-5表 熱応力ラケットの許容限界 (JSME PVB-3113)

供用状態	温度分布	応力条件	許容限界
供用状態A 供用状態B	厚さ方向の温度変化が放物線状に単調増加又は単調減少の場合以外	$\frac{\sigma_p}{S_y} \leqq 0.5$	$\sigma_s \leqq \frac{S_y^2}{\sigma_p}$
		$0.5 < \frac{\sigma_p}{S_y} \leqq 1.0$	$\sigma_s \leqq 4(S_y - \sigma_p)$

ここで、

$\sigma_p$  : 最大一次一般膜応力 (MPa)

$\sigma_s$  : 熱応力変動値 (MPa)

$S_y$ は、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金においては、 $1.5S_m$ を用いる。

#### 4. 荷重条件

荷重条件は、供用状態ごとに算出した荷重と外荷重とを組み合わせ、評価に用いる。

##### 4.1 設計条件

設計条件を第4-1表に示す。

##### 4.2 設計過渡条件

原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の設計過渡条件を第4-2表に示す。

##### 4.3 外荷重

外荷重は、次の荷重である。

但し、各荷重の内容については、資料6-3-2「クラス1容器の強度計算書」による。

- (1) 機械的荷重（自重を除く。）
- (2) 自重
- (3) 熱膨張荷重

##### 4.4 各供用状態で考慮すべき運転状態での荷重

運転状態I、運転状態II、運転状態III及び運転状態IVで考慮する荷重と供用状態A、供用状態B、供用状態C及び供用状態Dで考慮する荷重の対応を以下に示す。

供用状態 運転状態	供用状態 A	供用状態 B	供用状態 C	供用状態 D
運転状態 I	○	—	—	—
運転状態 II	—	○	—	—
運転状態 III	—	—	○	—
運転状態 IV	—	—	—	○

第4-1表 設計条件

	原子炉容器上部ふた 及び制御棒クラスタ 駆動装置
最高使用圧力	17.16MPa
最高使用温度	343°C
運転圧力	15.41MPa
運転温度	高温側 324.9°C 低温側 289.2°C <small>(注)</small>
無負荷運転温度	291.7°C
低温停止温度	21°C

(注) 上部胴フランジから胴に対して適用する。

第4-2表 原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の設計過渡条件 (1/3)

運転状態 I				
記号	過渡条件	回数	設計過渡	備考
I-a	起動	120	第4-1図	温度上昇率 55.6°C/h
I-b	停止	120	第4-1図	温度降下率 55.6°C/h
I-c	負荷上昇 (15%から100%出力)	13,200	第4-2図	負荷上昇率 5%/min
I-d	負荷減少 (100%から15%出力)	13,200	第4-3図	負荷減少率 5%/min
I-e	90%から100%へのステップ状負荷上昇	2,000	第4-4図	
I-f	100%から90%へのステップ状負荷減少	2,000	第4-5図	
I-g	100%からの大きいステップ状負荷減少	200	第4-6図	
I-h	定常負荷運転時の変動	$3 \times 10^6$	—	(注1)
I-i	燃料交換	80	—	10分間で原子炉容器内の水が燃料取替用水タンクの水に置換されるものとする。 <sup>(注2)</sup>
I-j	0%から15%への負荷上昇	1,400	第4-7図	1次系の圧力は15.41MPa一定
I-k	15%から0%への負荷減少	1,400	第4-8図	1次系の圧力は15.41MPa一定
I-l	1ループ停止／1ループ起動 (i)停止 (ii)起動	80 70	第4-9図 第4-10図	(注3)

第4-2表 原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の設計過渡条件 (2/3)

運転状態 II				
記号	過渡条件	回数	設計過渡	備考
II-a	負荷の喪失	80	第4-11図	
II-b	外部電源喪失	40	第4-12図	
II-c	1次冷却材流量の部分喪失	80	第4-13図	
II-d	100%からの原子炉トリップ			
	(i)不注意な冷却を伴わないトリップ	230	第4-14図	
	(ii)不注意な冷却を伴うトリップ	160	第4-15図	
	(iii)不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	10	第4-16図	
II-e	1次冷却系の異常な減圧	20	第4-17図	
II-f	制御棒クラスタの落下	80	第4-18図	
II-g	出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	40	第4-19図	
II-h	1次冷却系停止ループの誤起動	10	第4-20図	(注3)
II-i	タービン回転試験	10	第4-21図	
II-j	1次系漏えい試験	50	第4-22図	最高圧力 : 17.16MPa

第4-2表 原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の設計過渡条件 (3/3)

運転状態 III				
記号	過渡条件	回数	設計過渡	備考
III-a	1次冷却系細管破断事故	5	第4-23図	
III-b	主蒸気管小破断事故	5	第4-24図	
III-c	1次冷却材流量喪失事故	5	第4-25図	
運転状態 IV				
IV-a	1次冷却材喪失事故	1	—	
IV-b	主蒸気管破断事故	1	—	
IV-c	1次冷却材ポンプ軸固着事故	1	—	
IV-d	制御棒クラスタ飛出し事故	1	—	
IV-e	主給水管破断事故	1	—	
IV-f	蒸気発生器伝熱管破損事故	1	—	
試験状態				
V-a	1次系水圧試験	5	—	最高圧力 : 21.45MPa

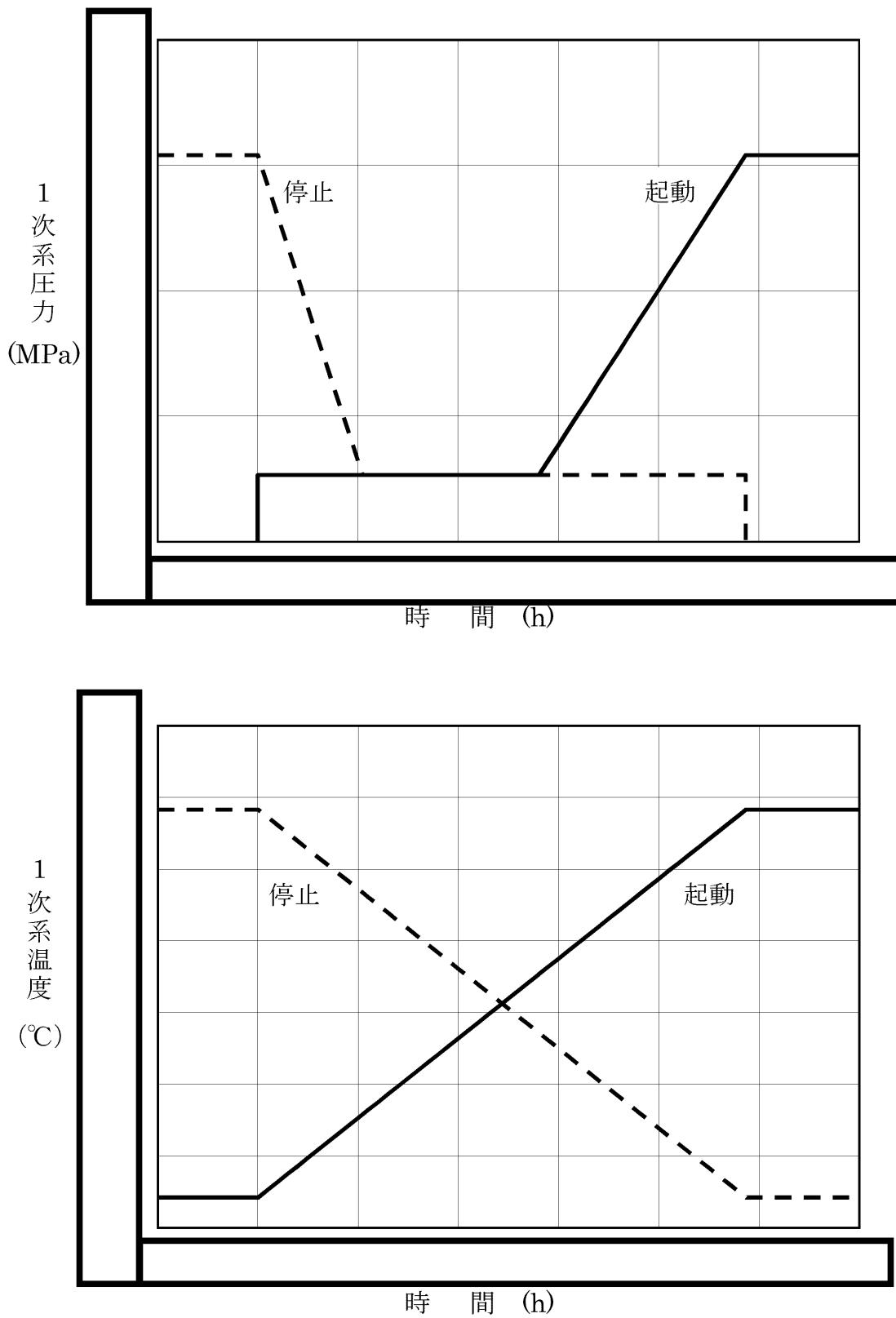
(注1) 定常負荷運転時の圧力及び温度変動は次のとおりとする。

	1 次 系			
	高 温 側		低 温 側	
	十 側	一 側	十 側	一 側
温 度	1.4°C	1.4°C	2.4°C	2.4°C
压 力	0.39MPa	0.29MPa	0.39MPa	0.29MPa

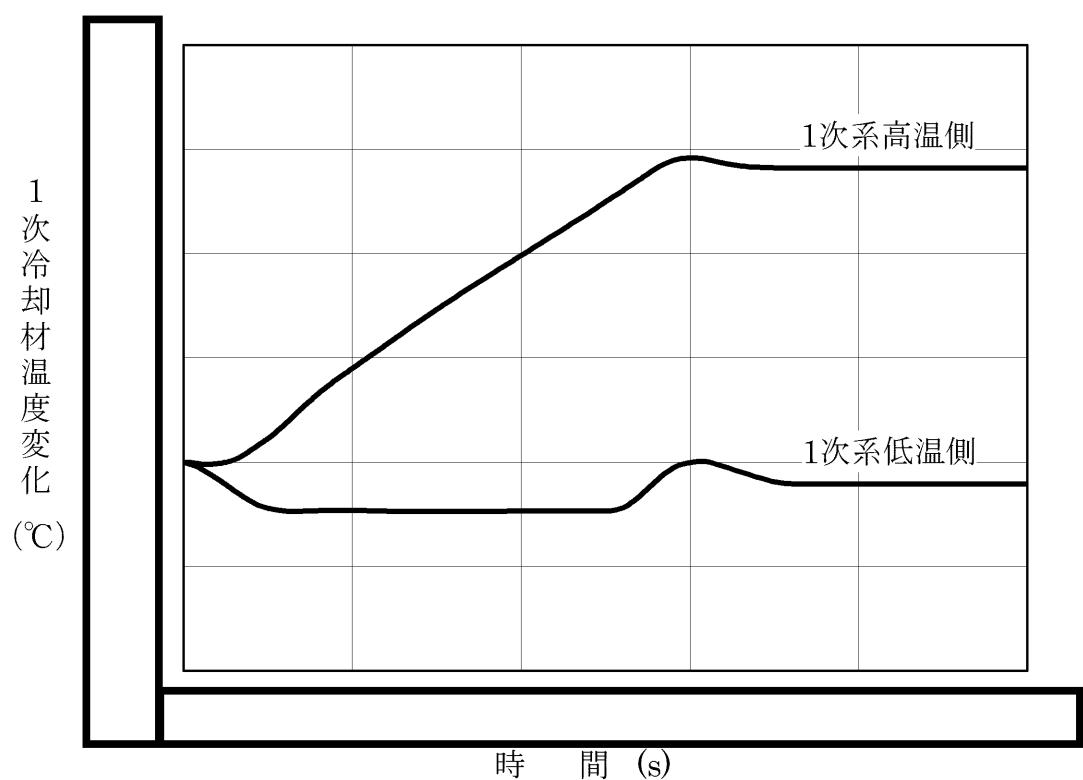
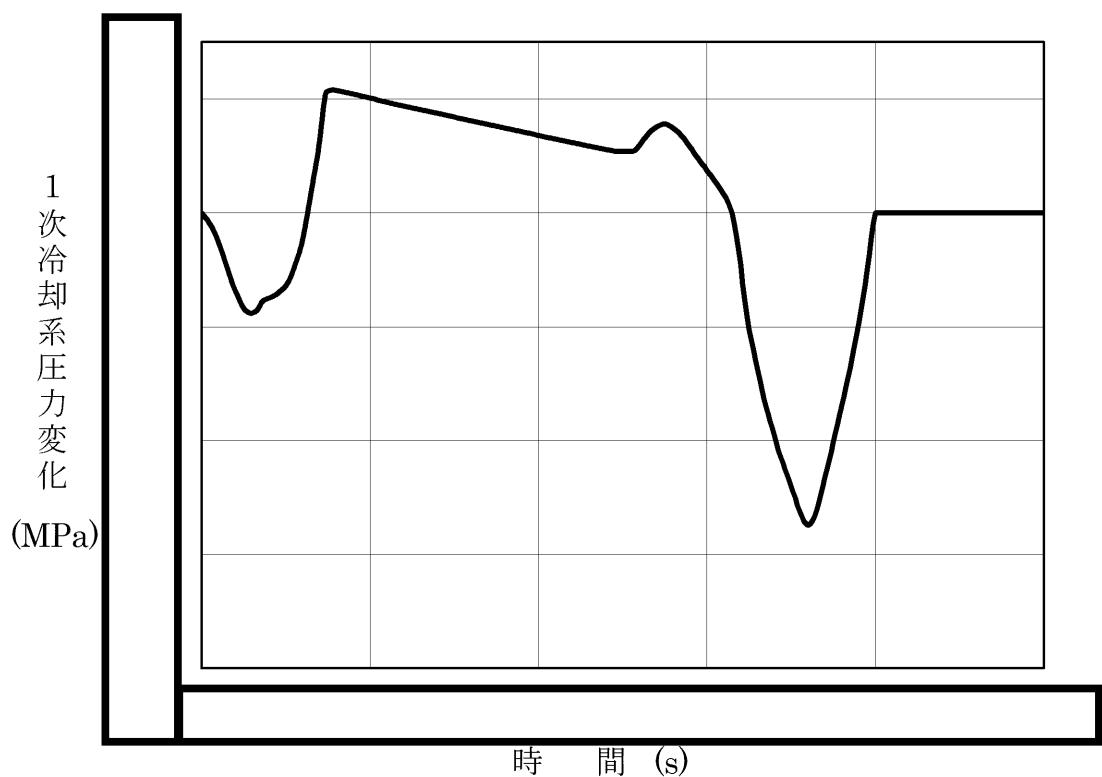
(注2) 原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置では過渡条件には含めない。

(注3) 初期運転条件は次のとおりとする。

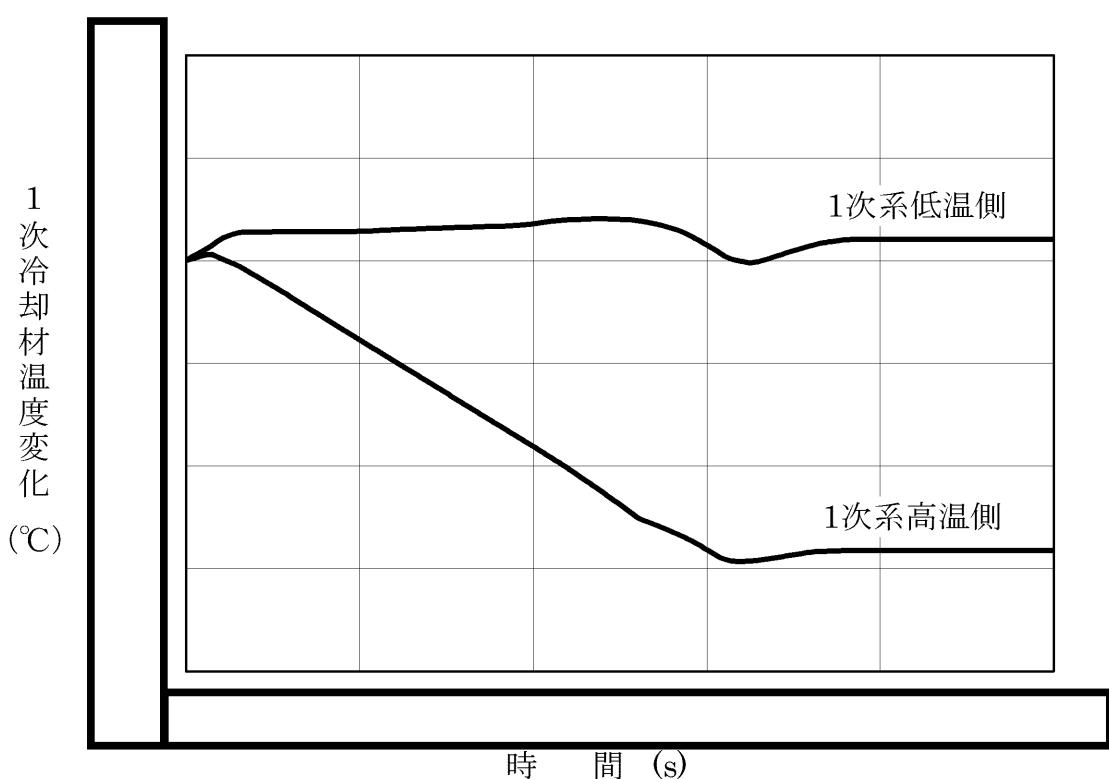
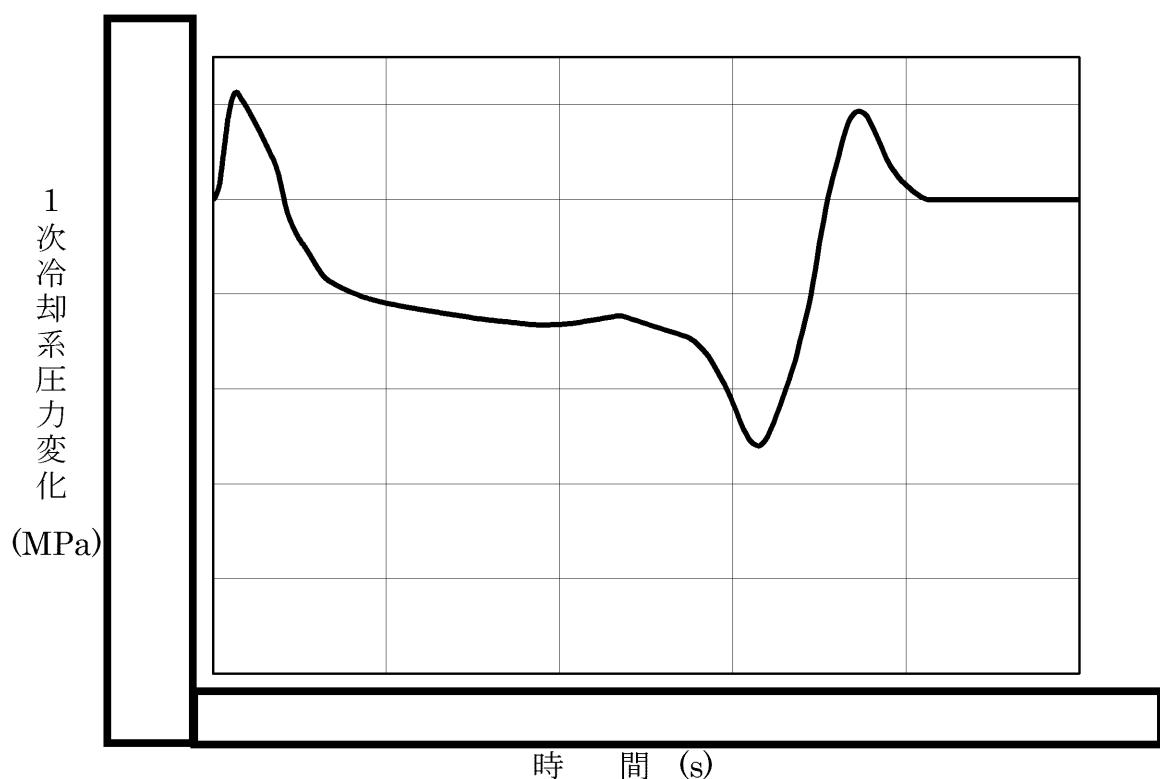
	1ループ停止／1ループ起動				1次冷却系停止ループの誤起動 初期状態	
	1ループ停止前の初期状態		1ループ起動前の初期状態		停止 (起動) ループ	運転ループ
	停止ループ	運転ループ	停止 (起動) ループ	運転ループ		
1次系高温側温度	315.3°C	315.3°C	289.0°C	295.5°C	274.2°C	317.9°C
1次系低温側温度	289.5°C	289.5°C	290.9°C	290.9°C	286.9°C	286.9°C



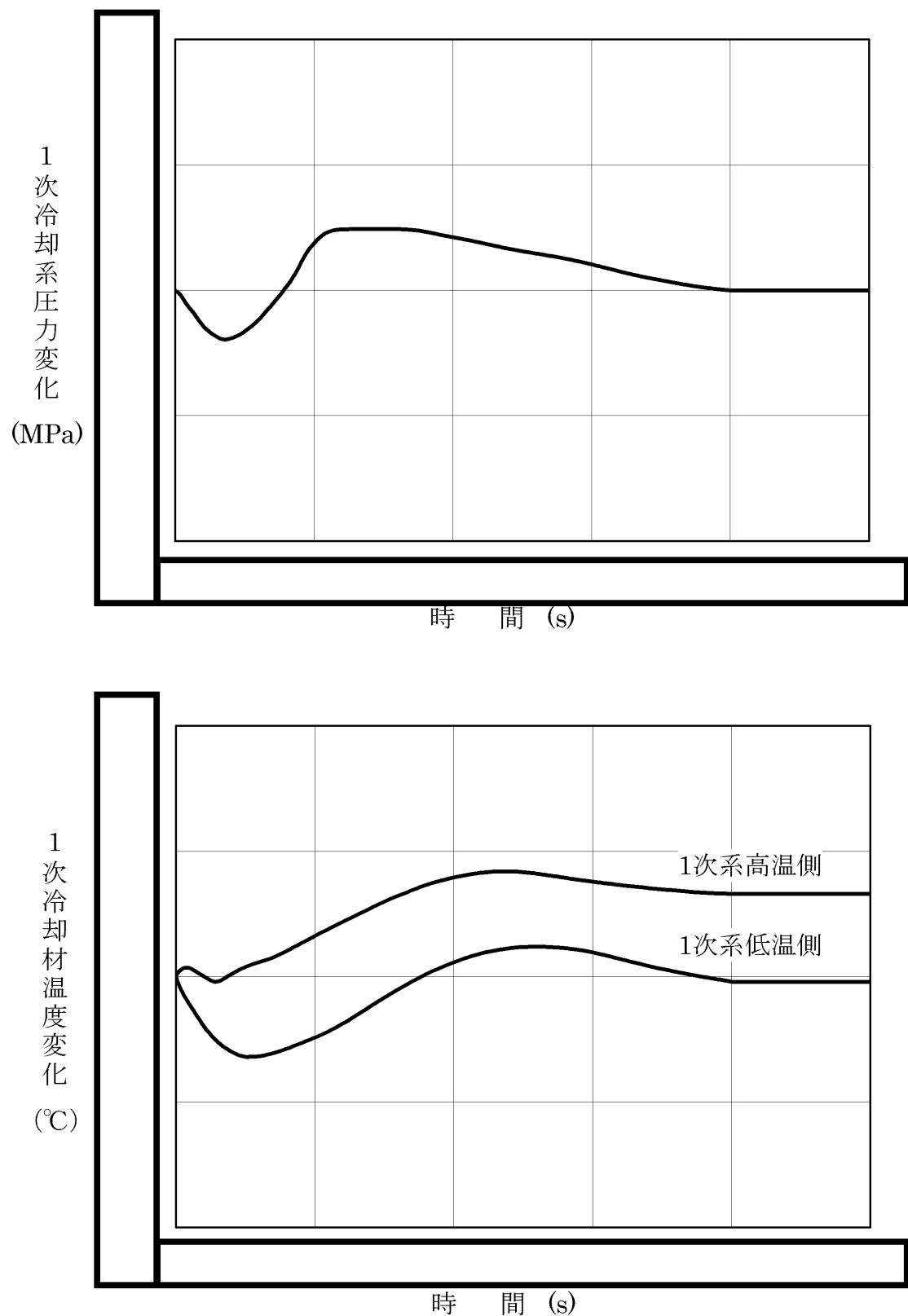
第4-1図 起動及び停止



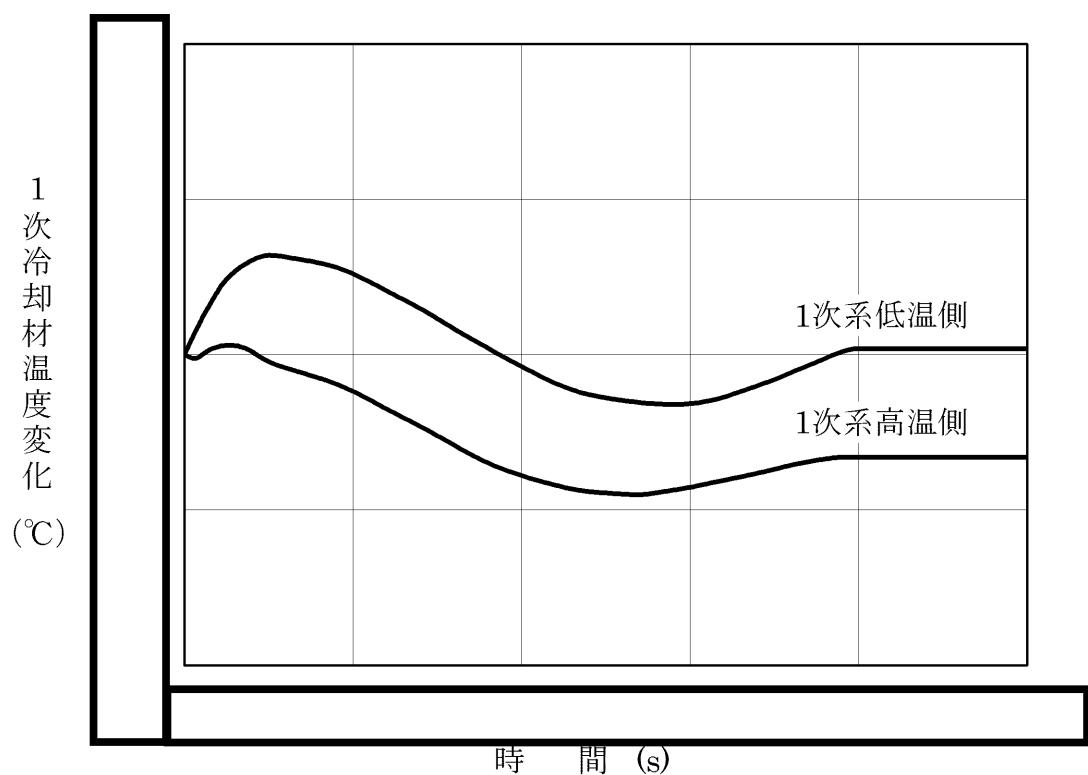
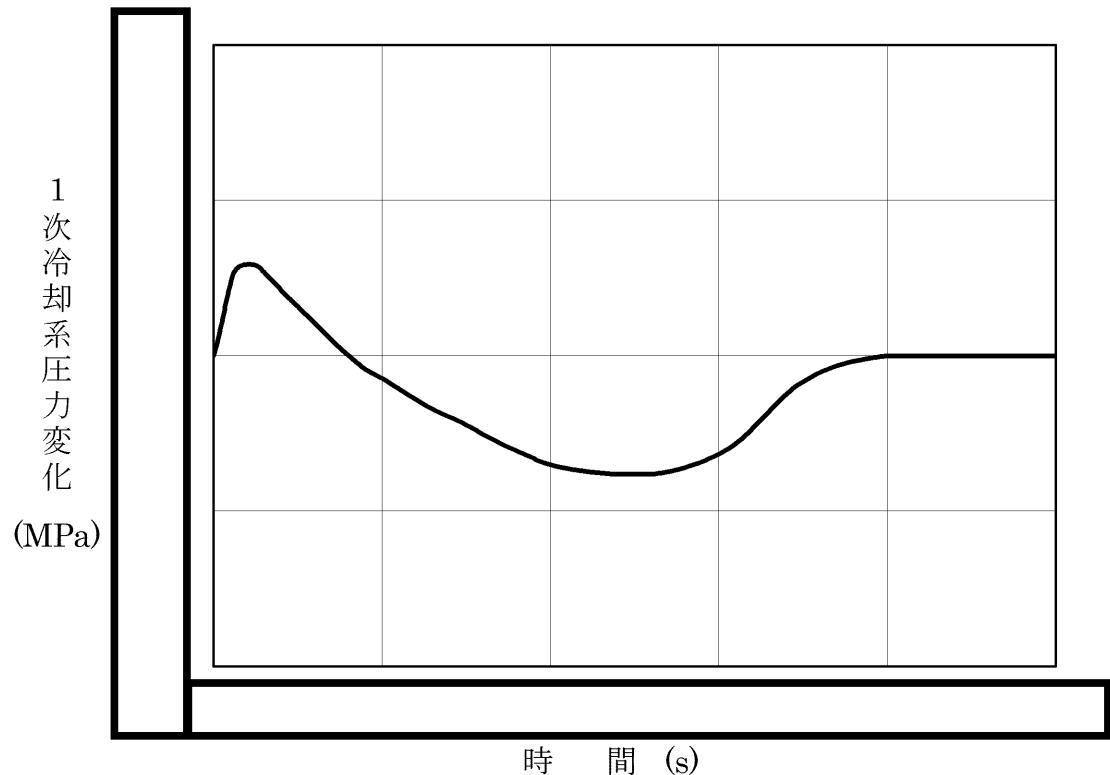
第4-2図 負荷上昇 (15%から100%出力)



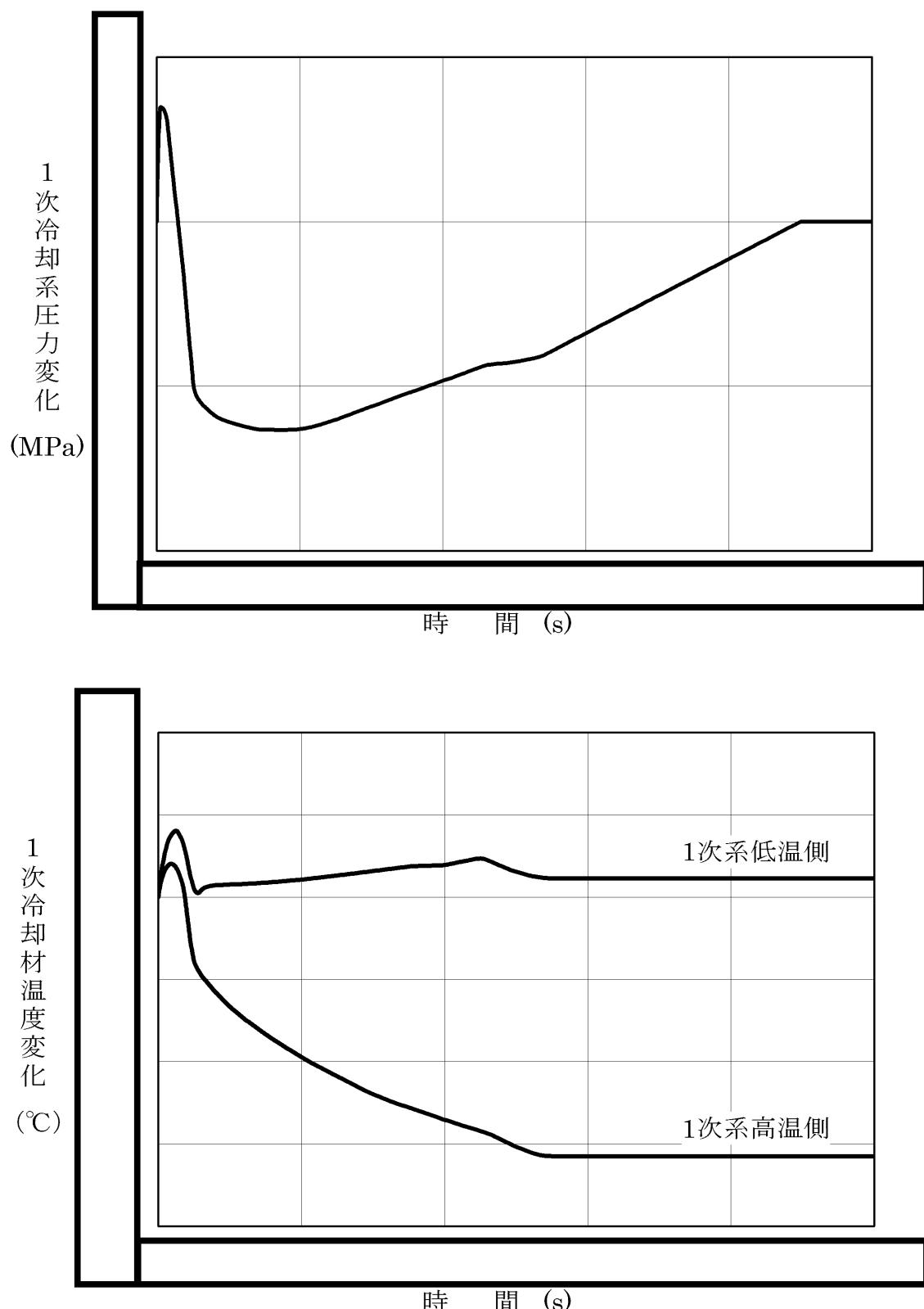
第4-3図 負荷減少（100%から15%出力）



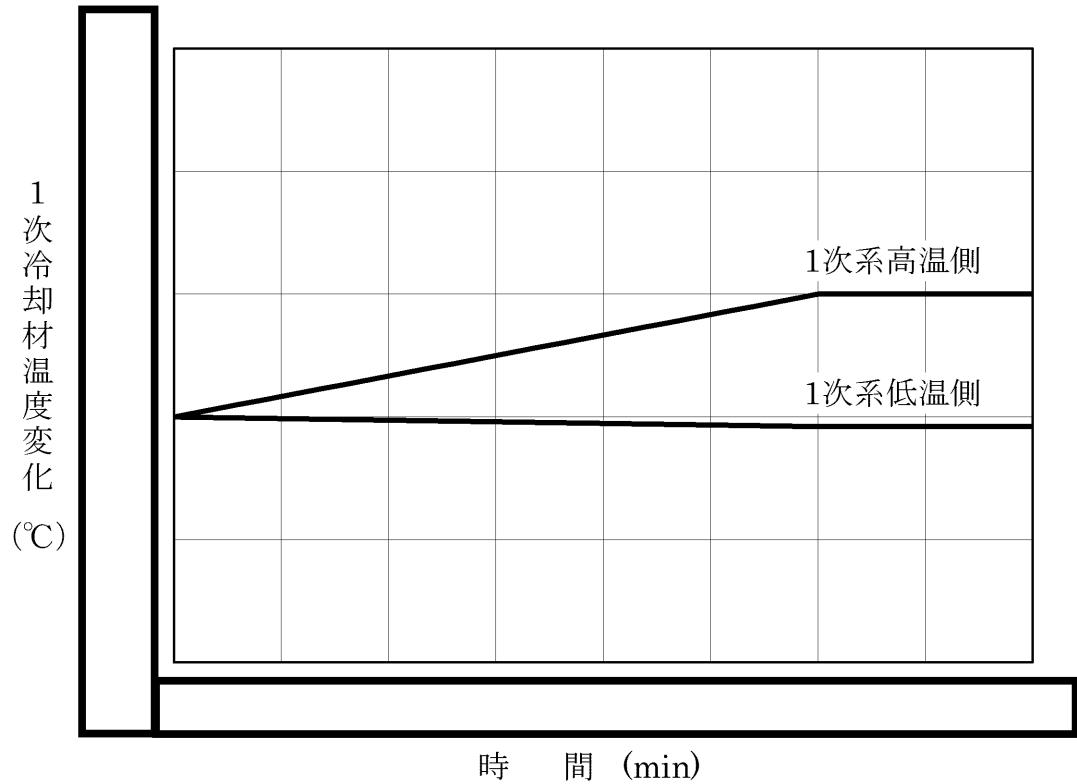
第4-4図 90%から100%へのステップ状負荷上昇



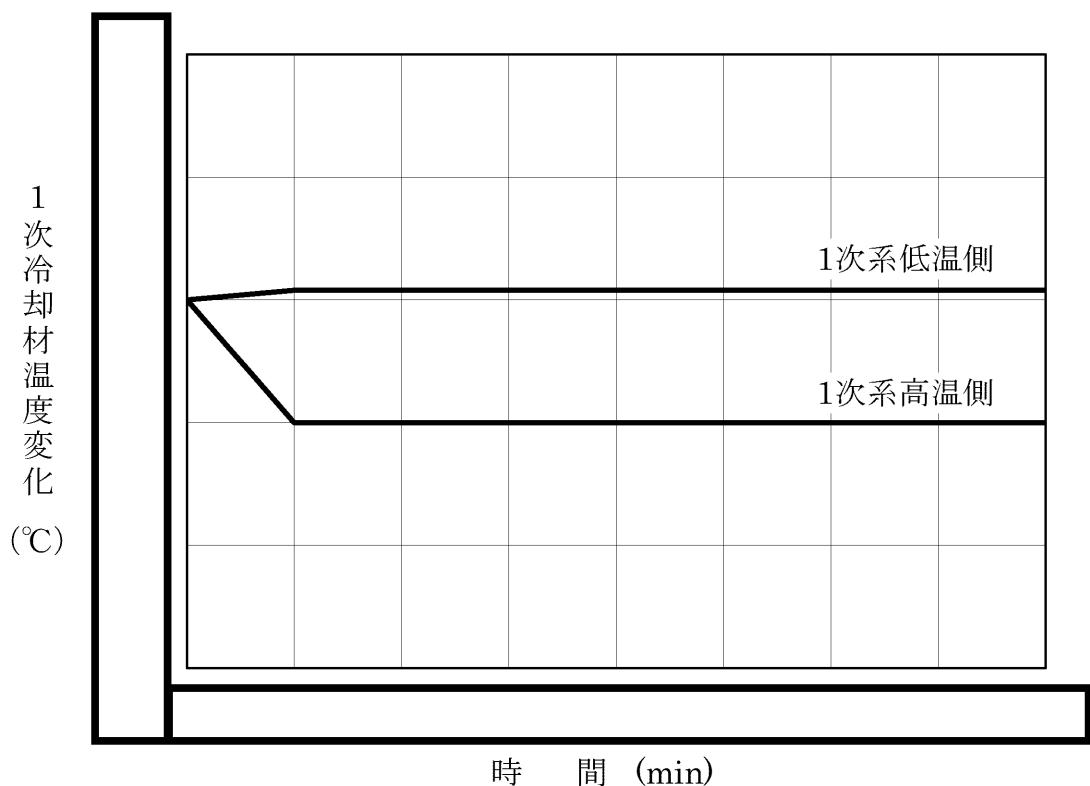
第4-5図 100%から90%へのステップ状負荷減少



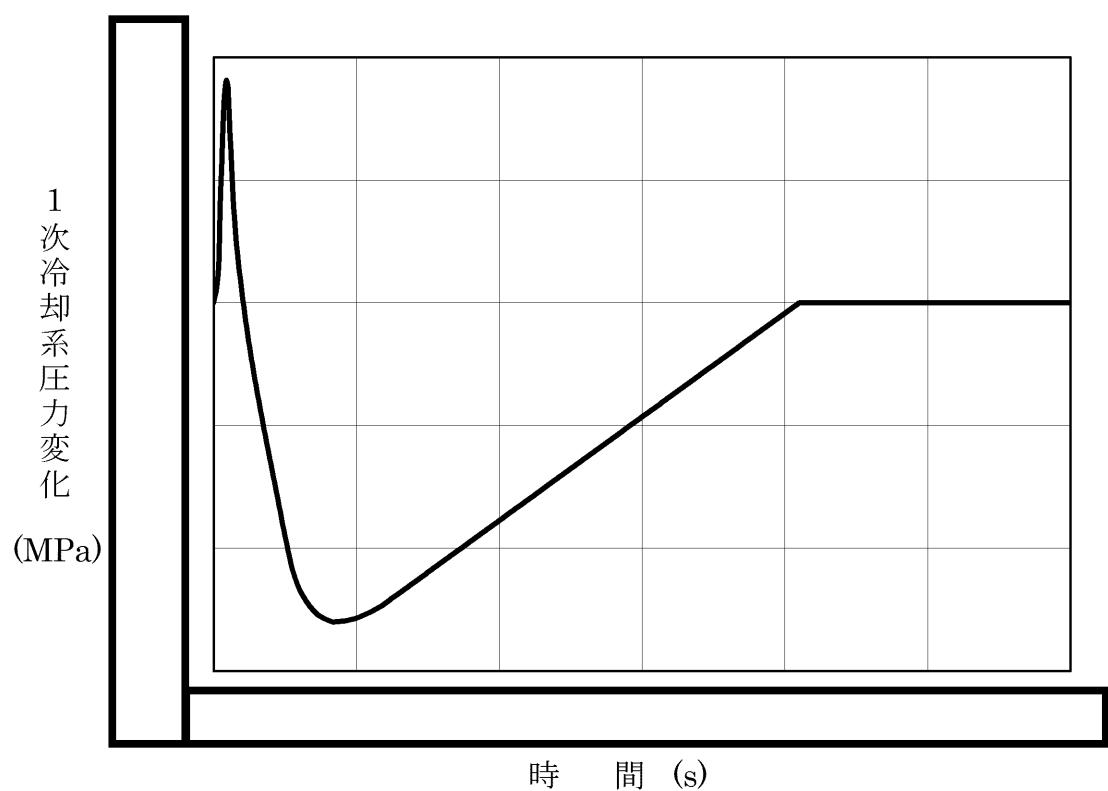
第4-6図 100%からの大きいステップ状負荷減少



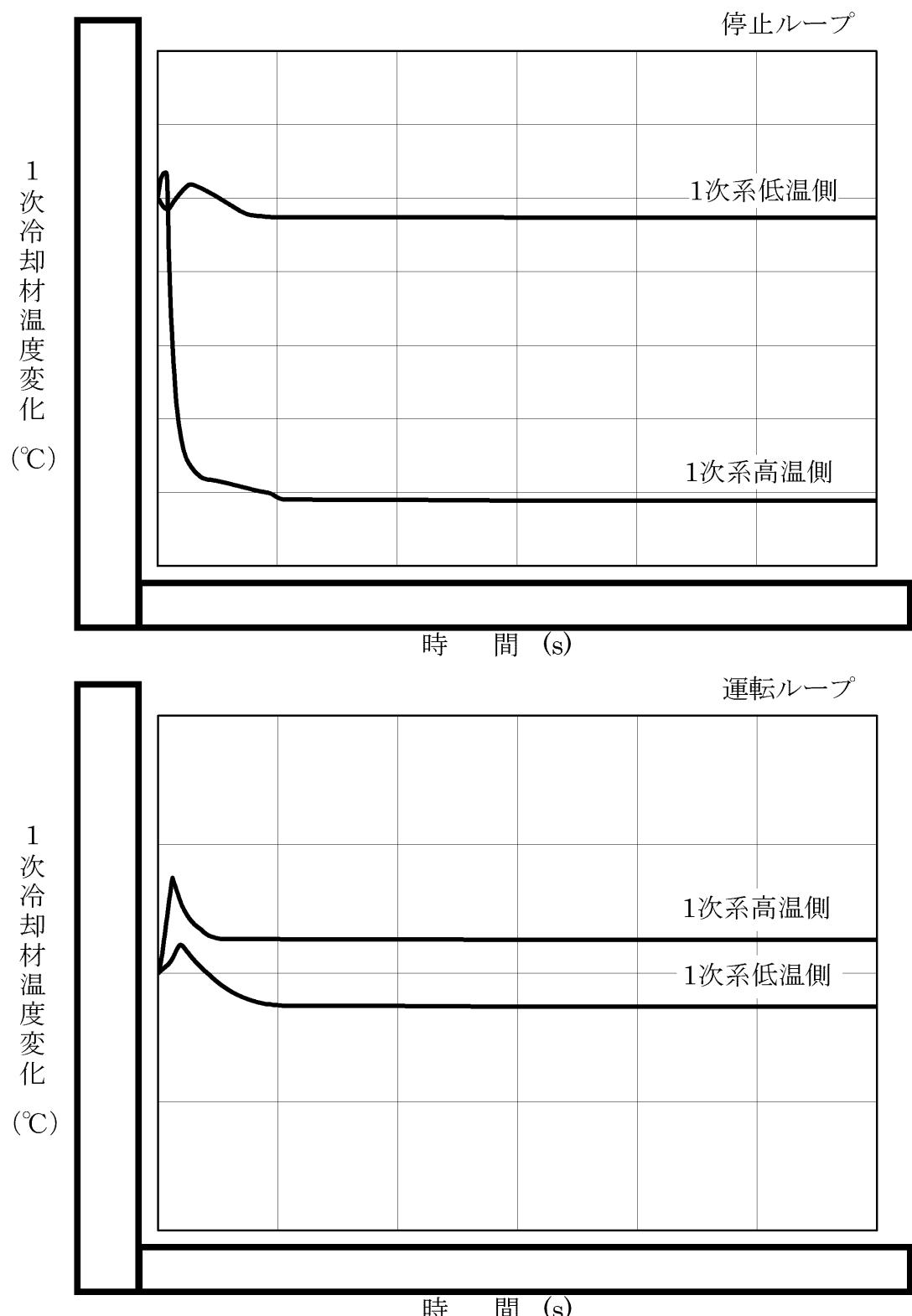
第4-7図 0%から15%への負荷上昇



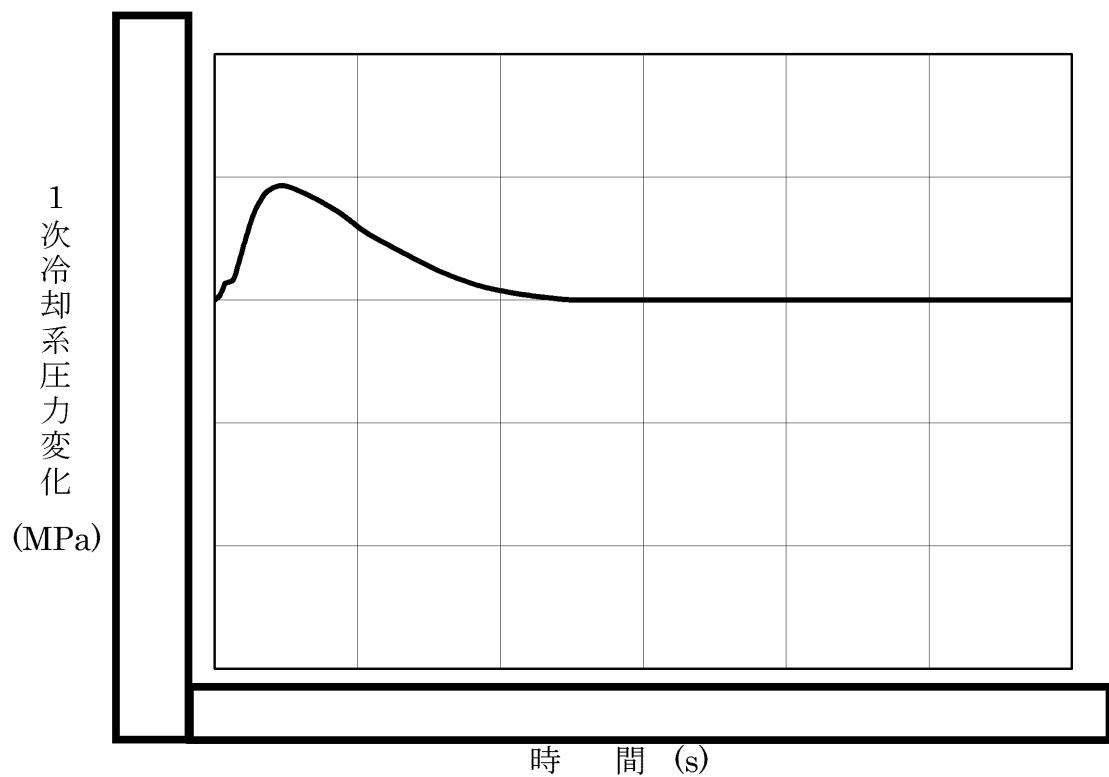
第4-8図 15%から0%への負荷減少



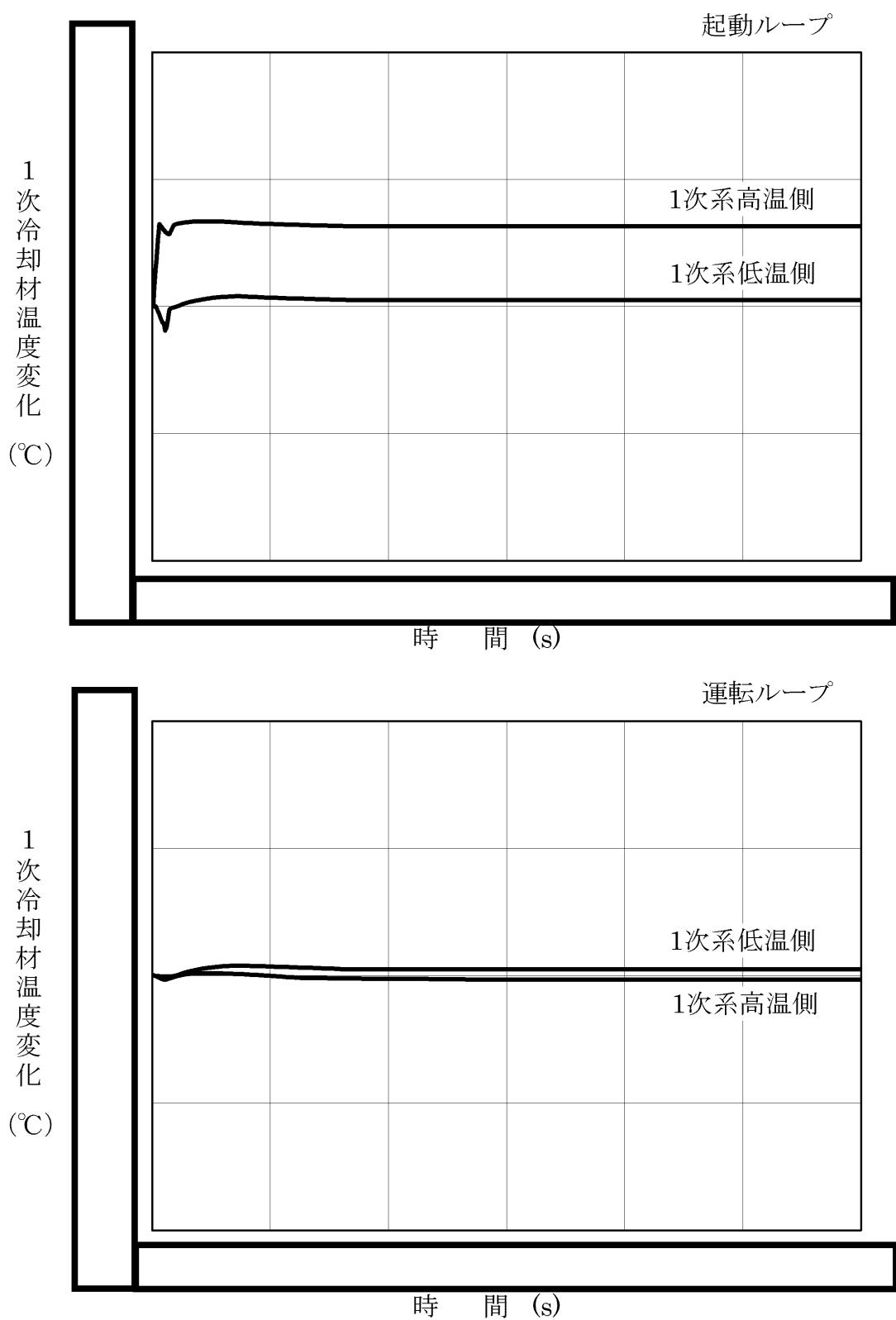
第4-9図 1ループ停止 (1/2)



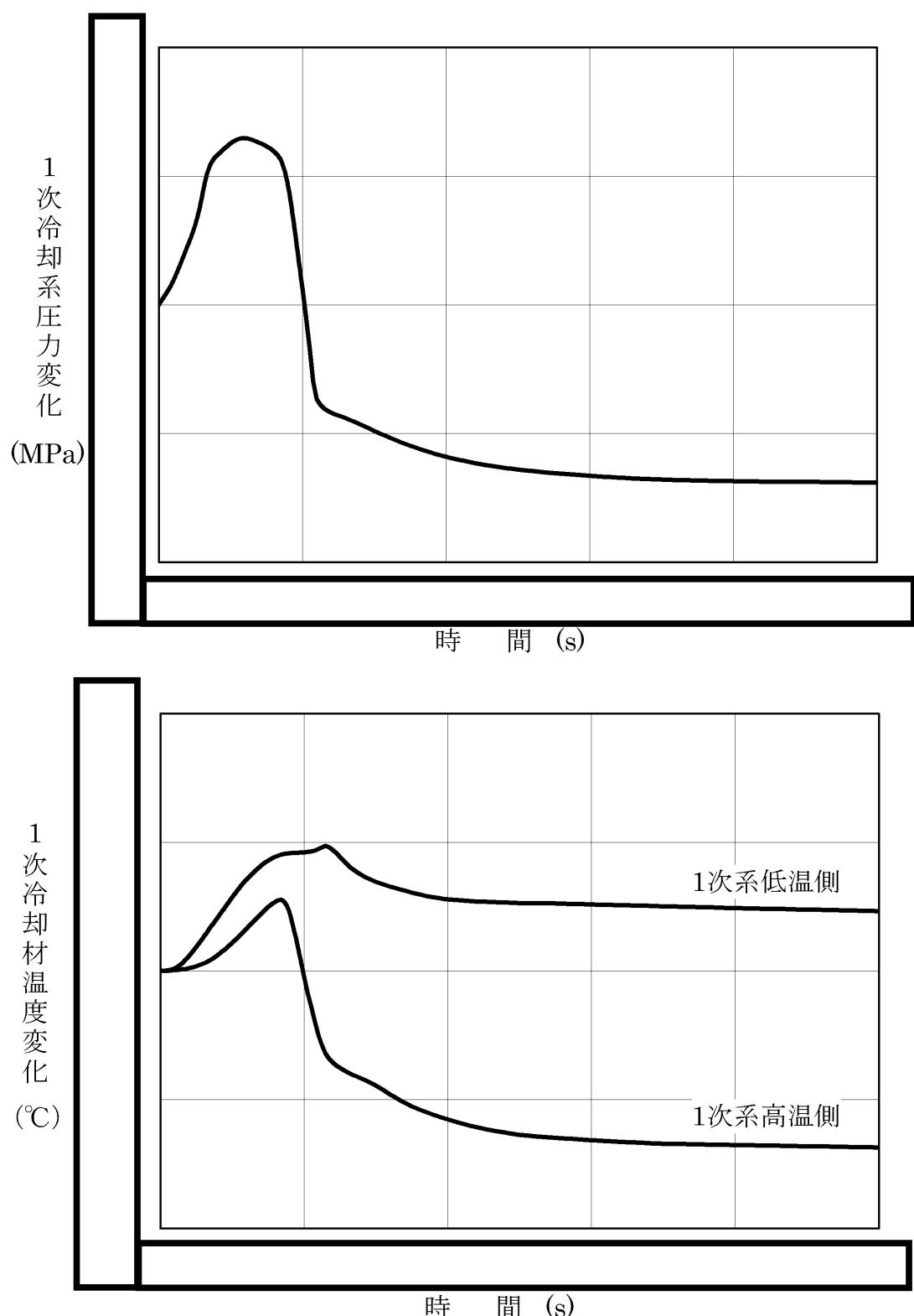
第4-9図 1ループ停止 (2/2)



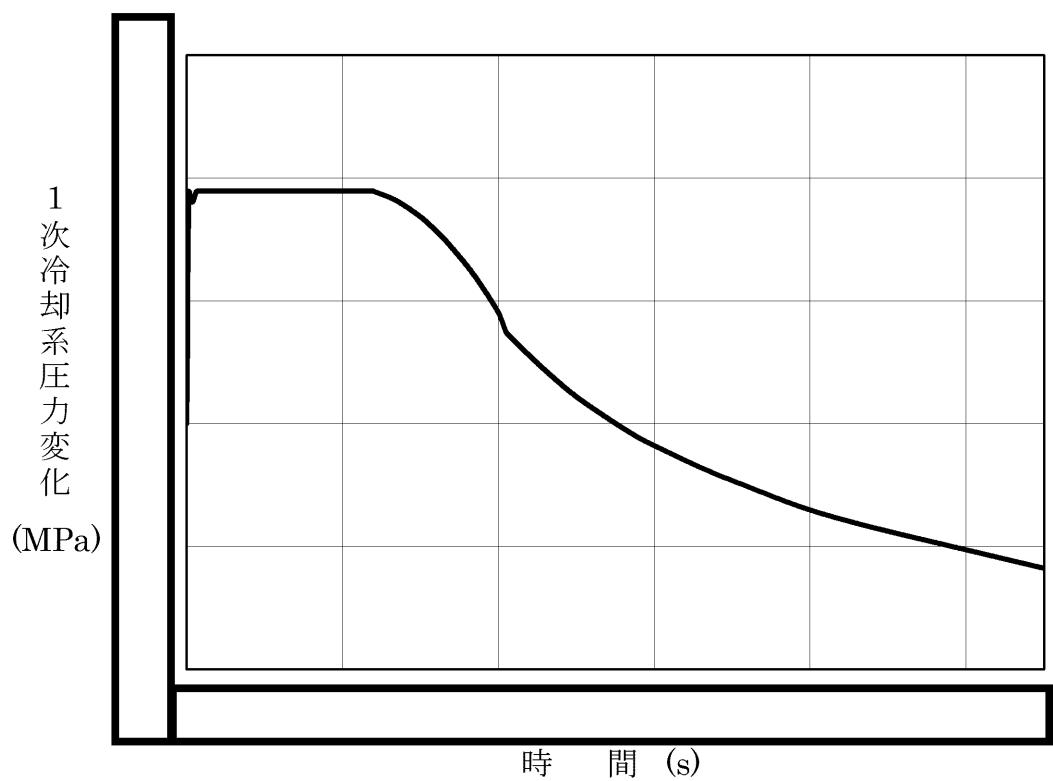
第4-10図 1ループ起動 (1/2)



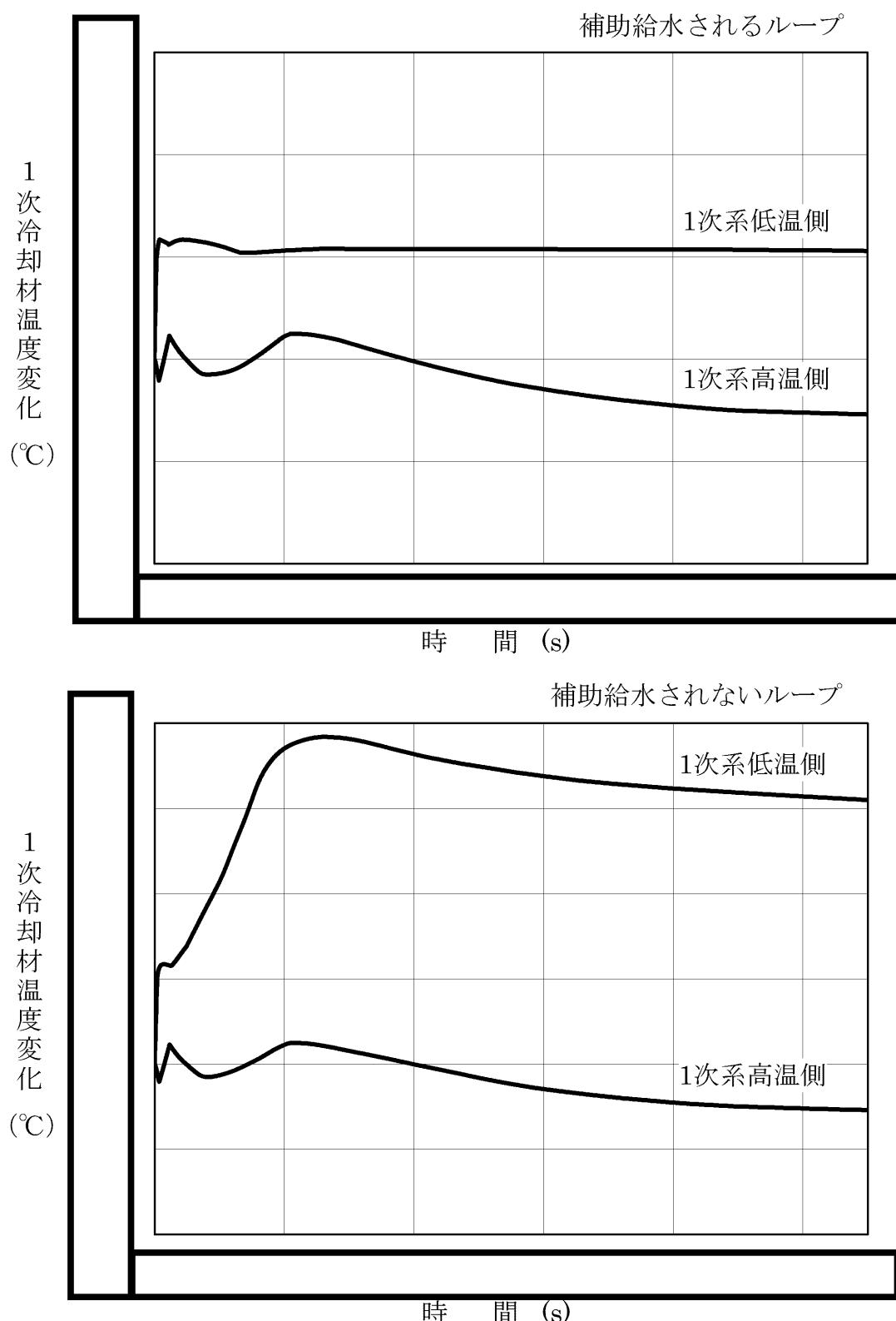
第4-10図 1ループ起動 (2/2)



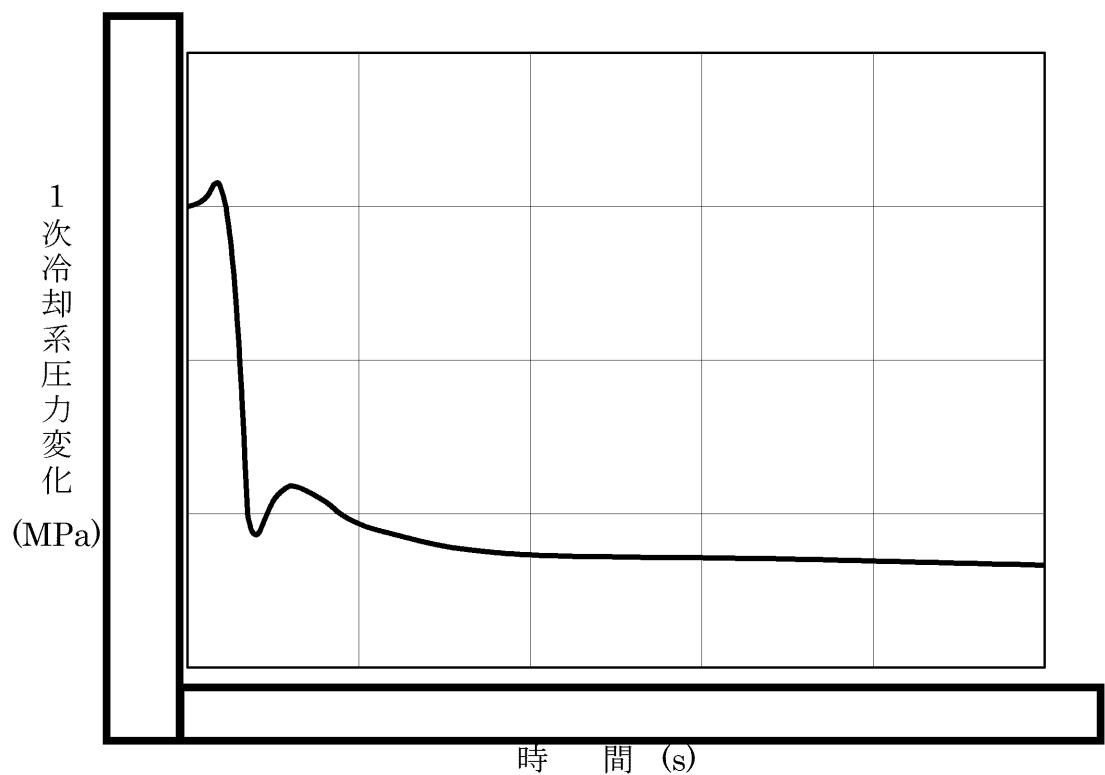
第4-11図 負荷の喪失



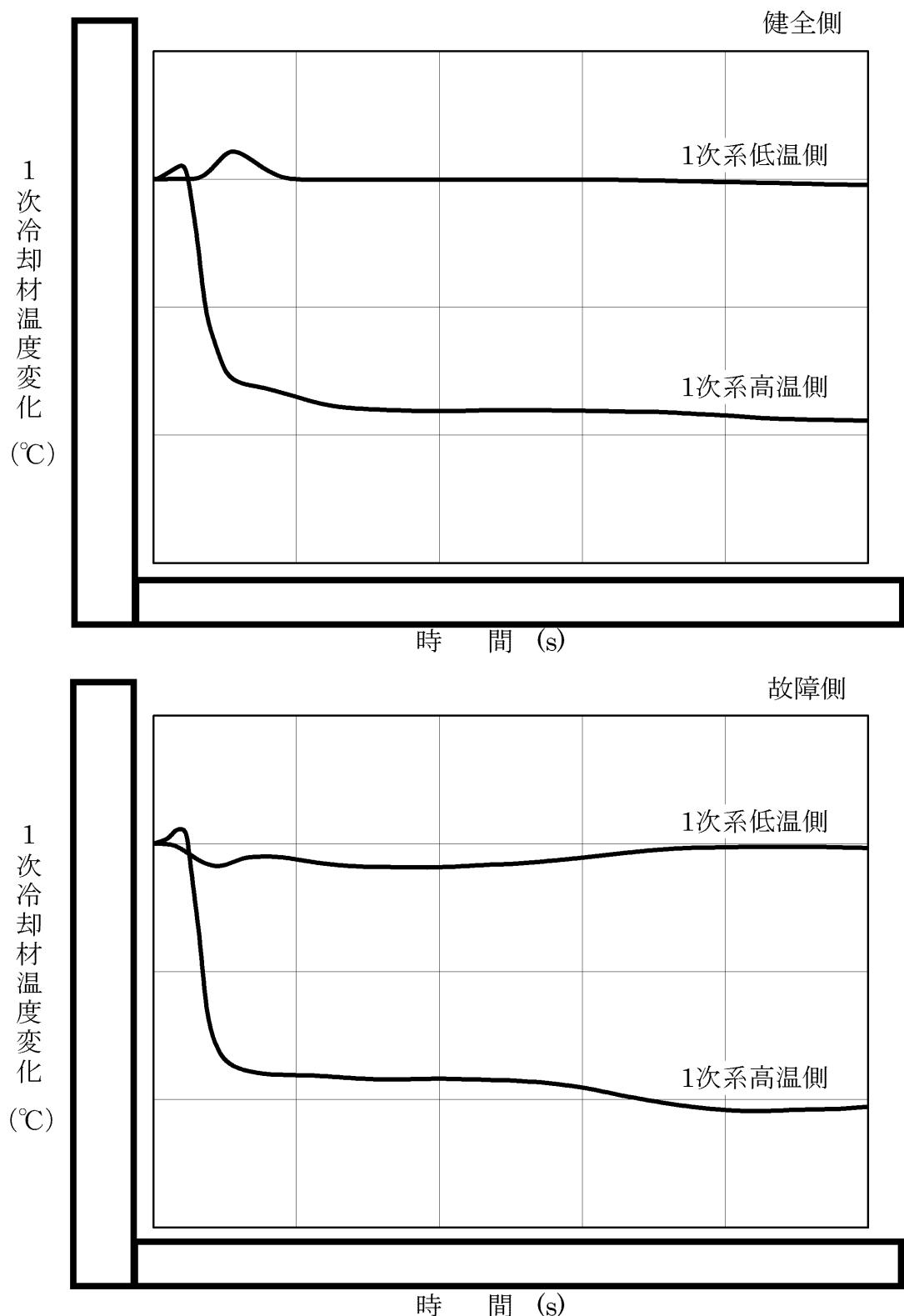
第4-12図 外部電源喪失 (1/2)



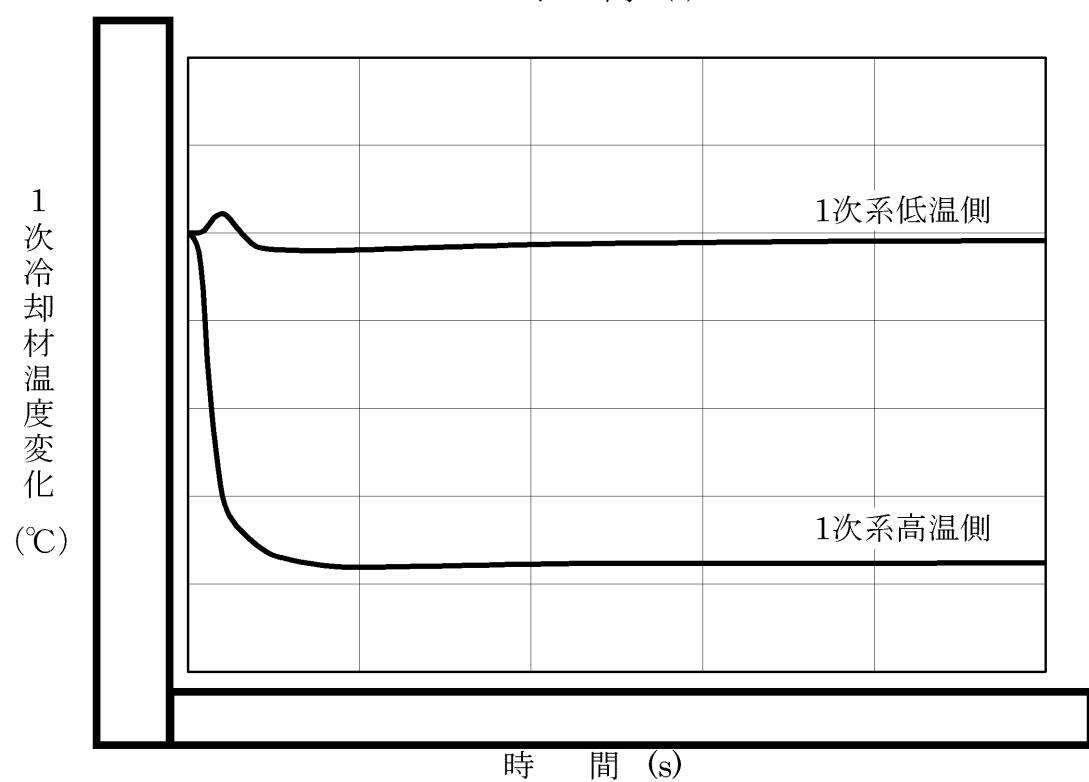
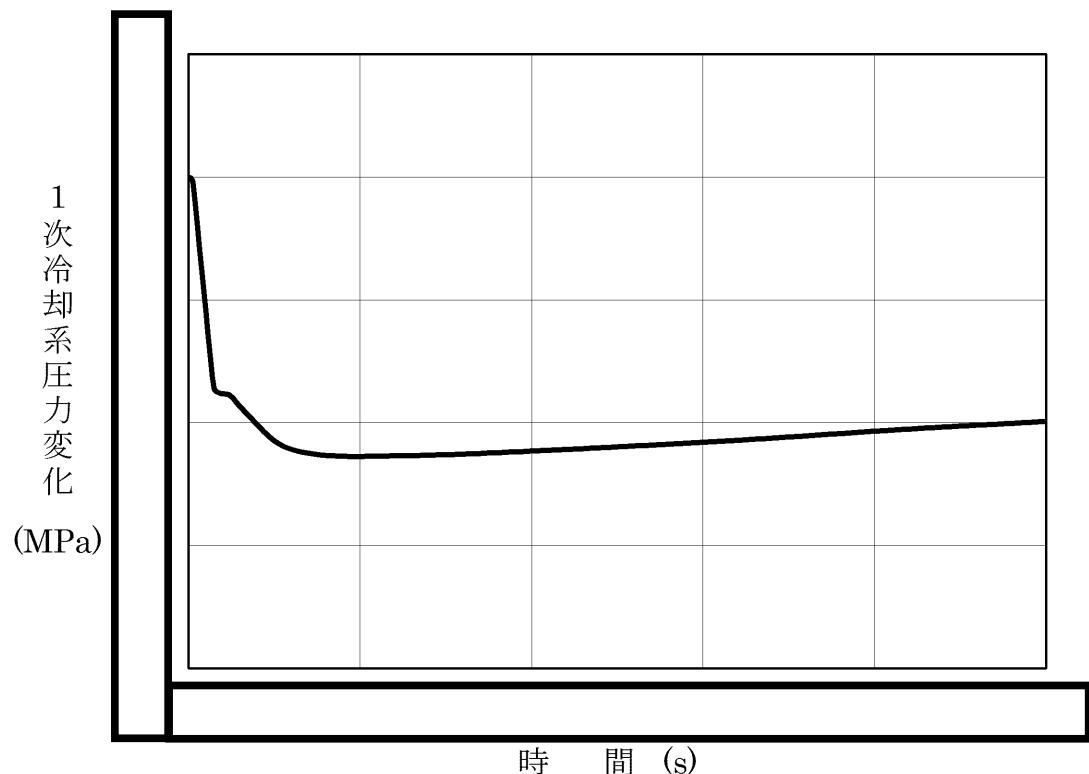
第4-12図 外部電源喪失 (2/2)



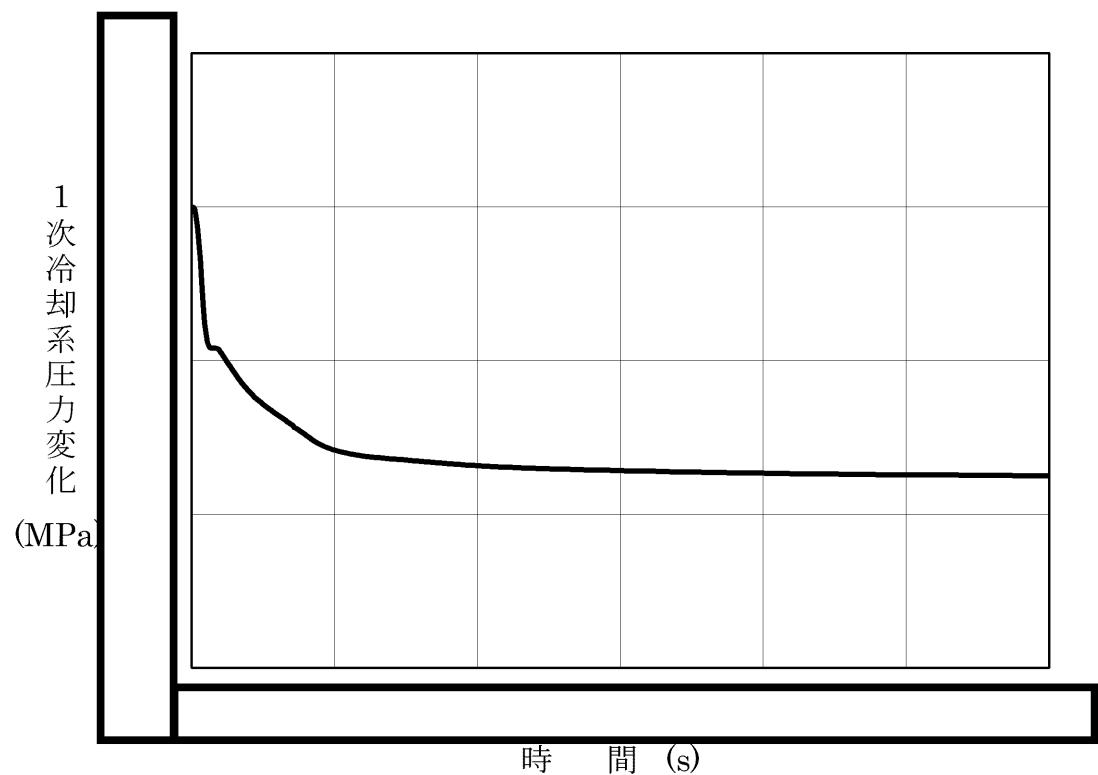
第4-13図 1次冷却材流量の部分喪失 (1/2)



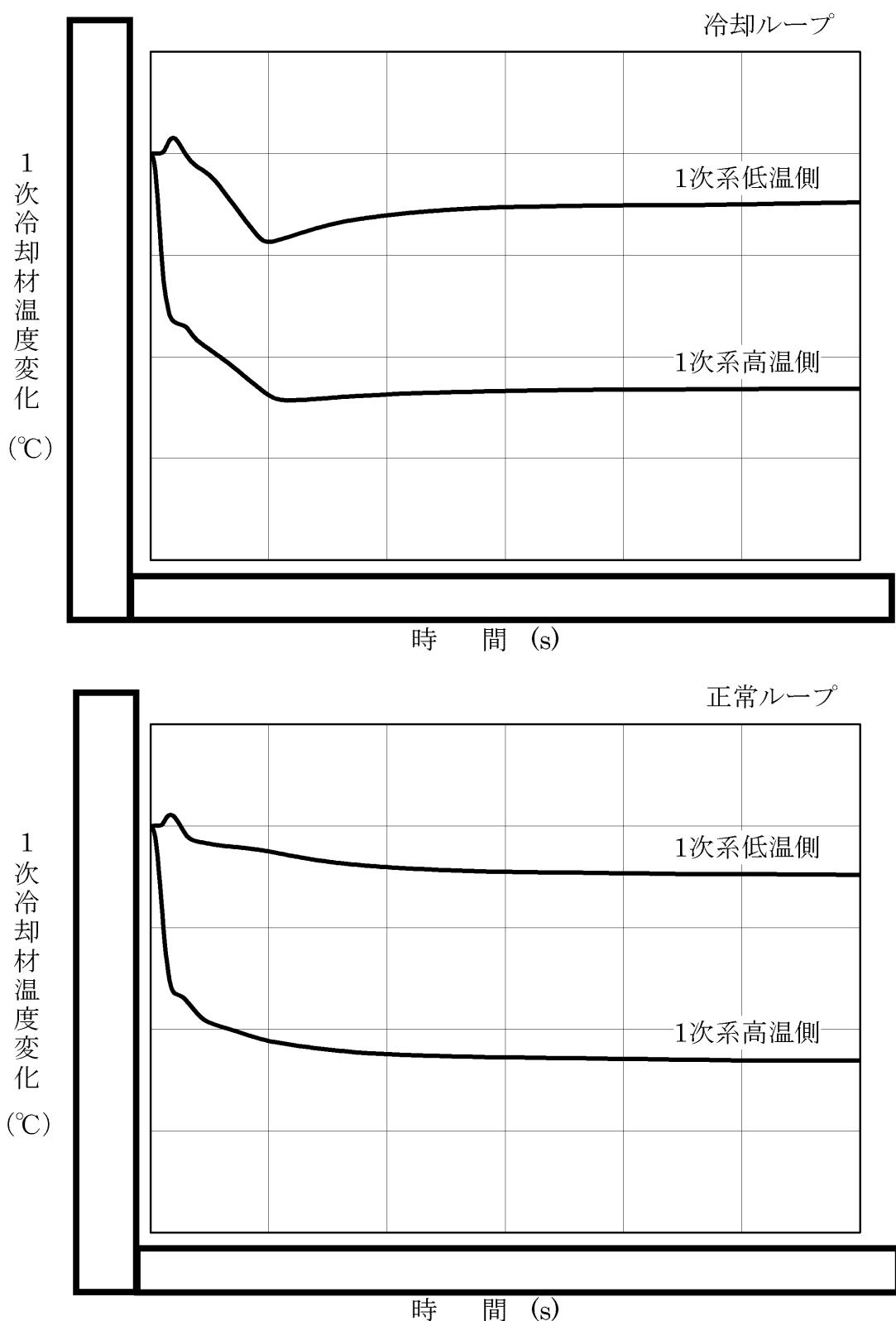
第4-13図 1次冷却材流量の部分喪失 (2/2)



第4-14図 100%からの原子炉トリップ  
(i) 不注意な冷却を伴わないトリップ

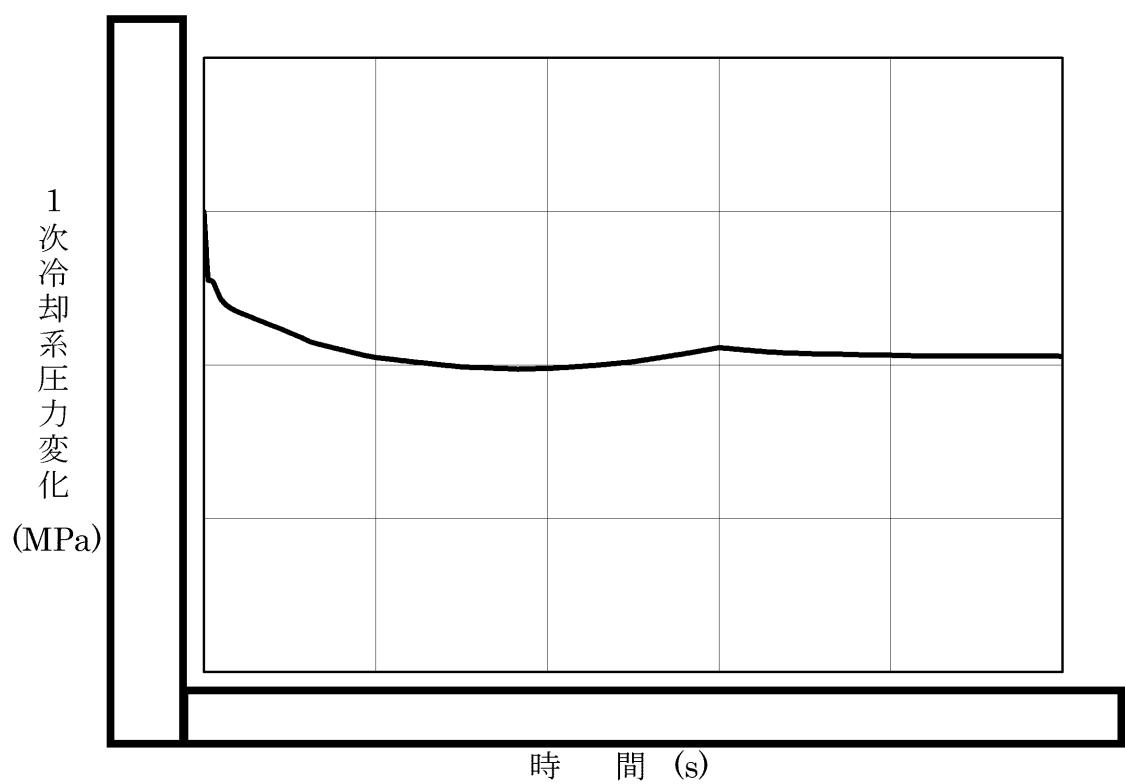


第4-15図 100%からの原子炉トリップ (1/2)  
 (ii) 不注意な冷却を伴うトリップ

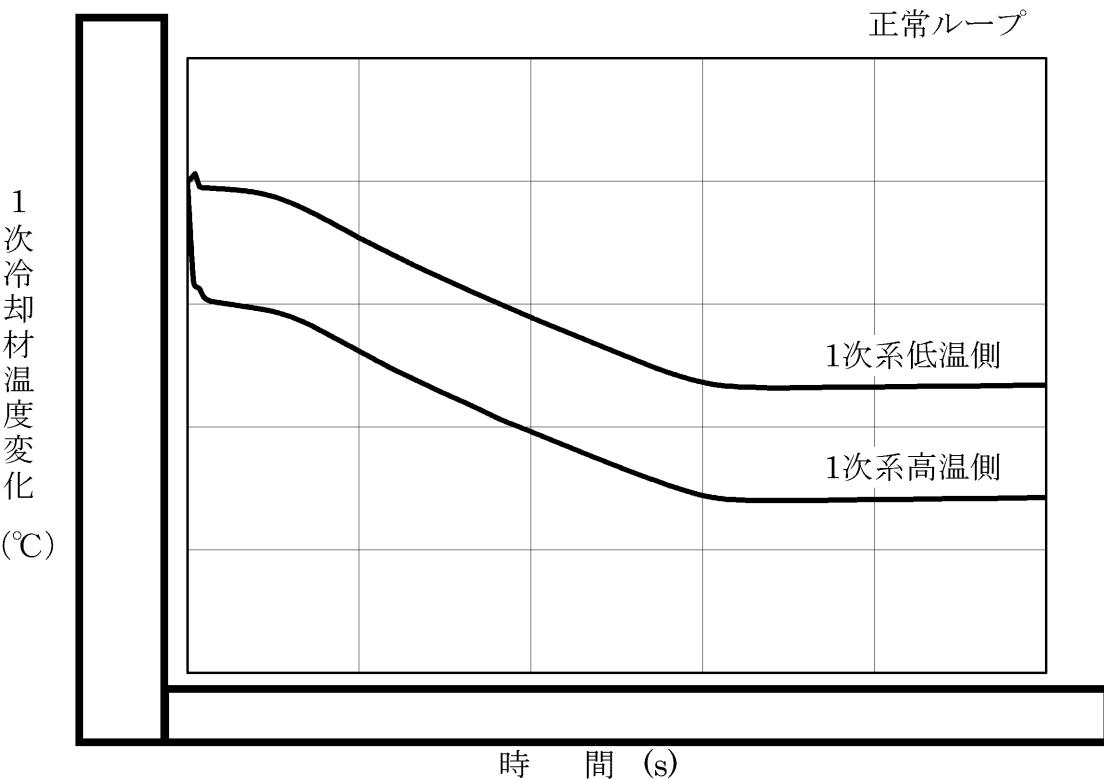
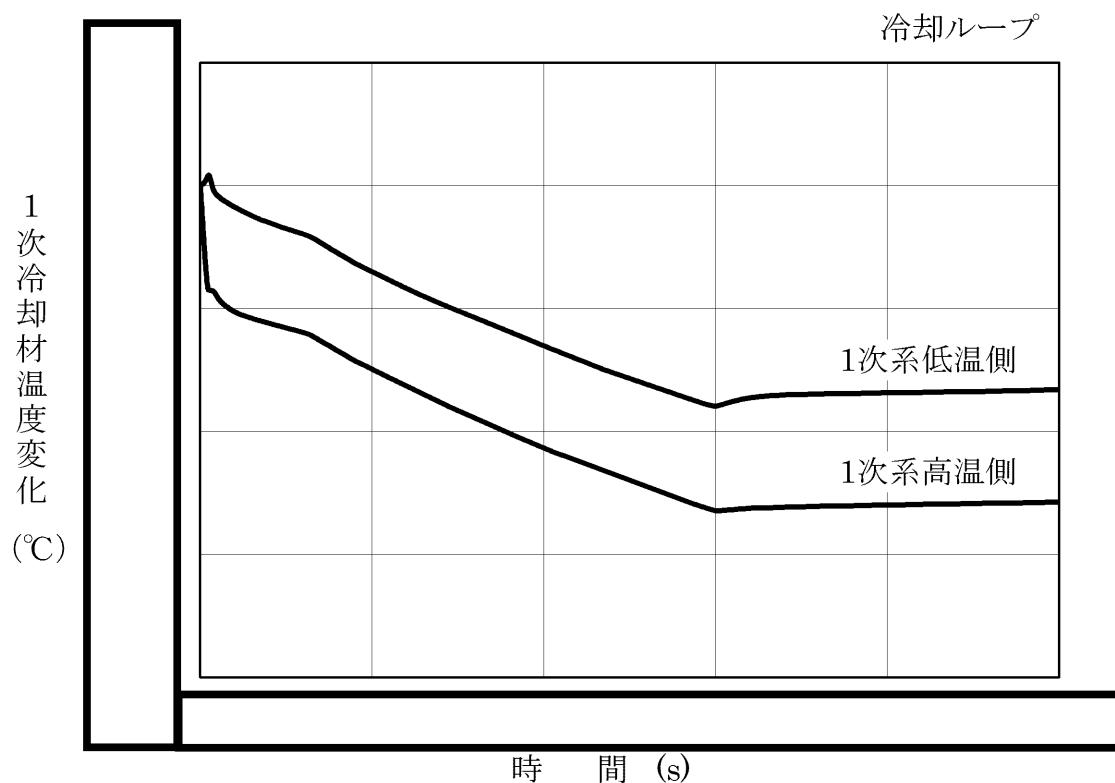


第4-15図 100%からの原子炉トリップ (2/2)

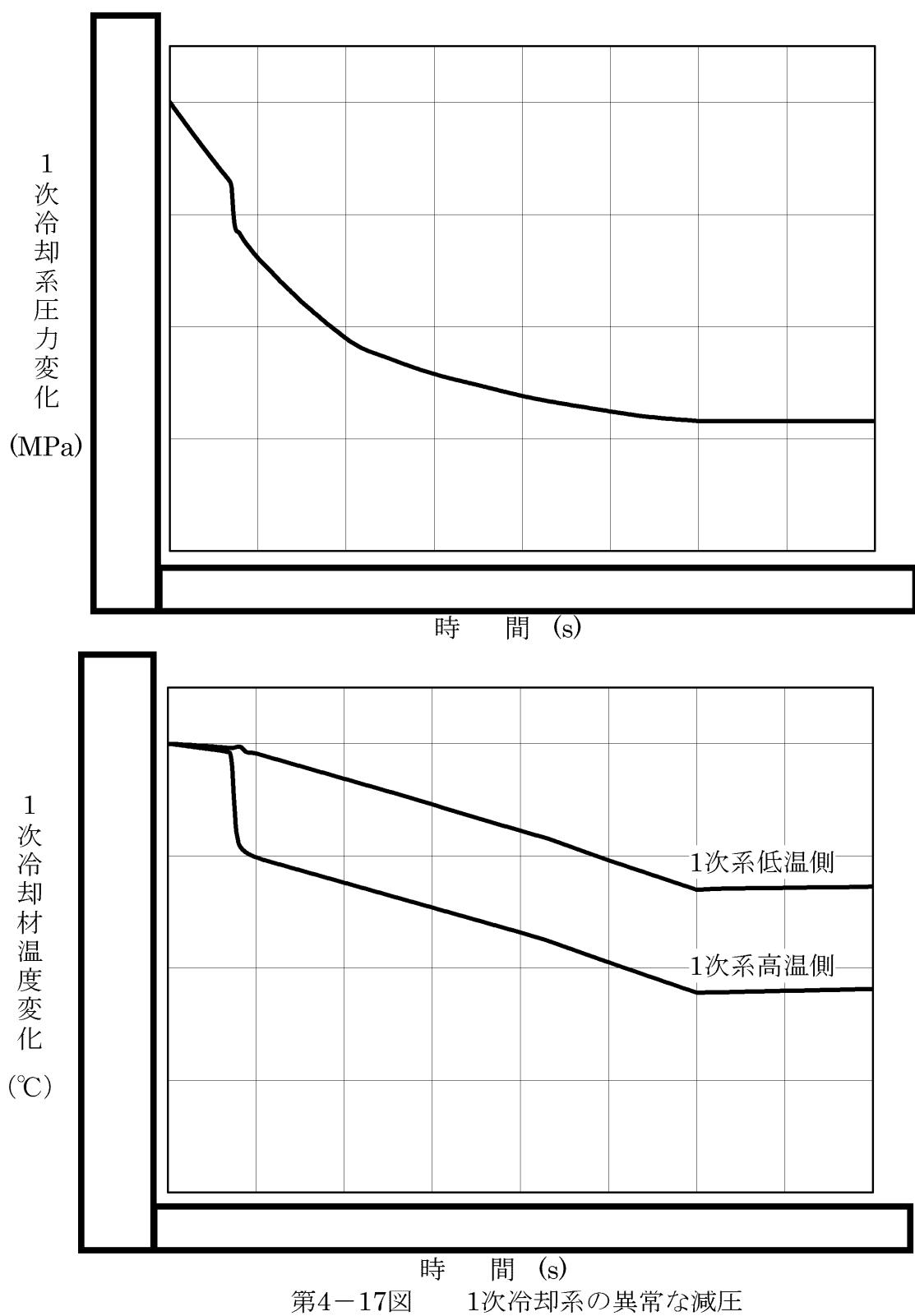
(ii) 不注意な冷却を伴うトリップ



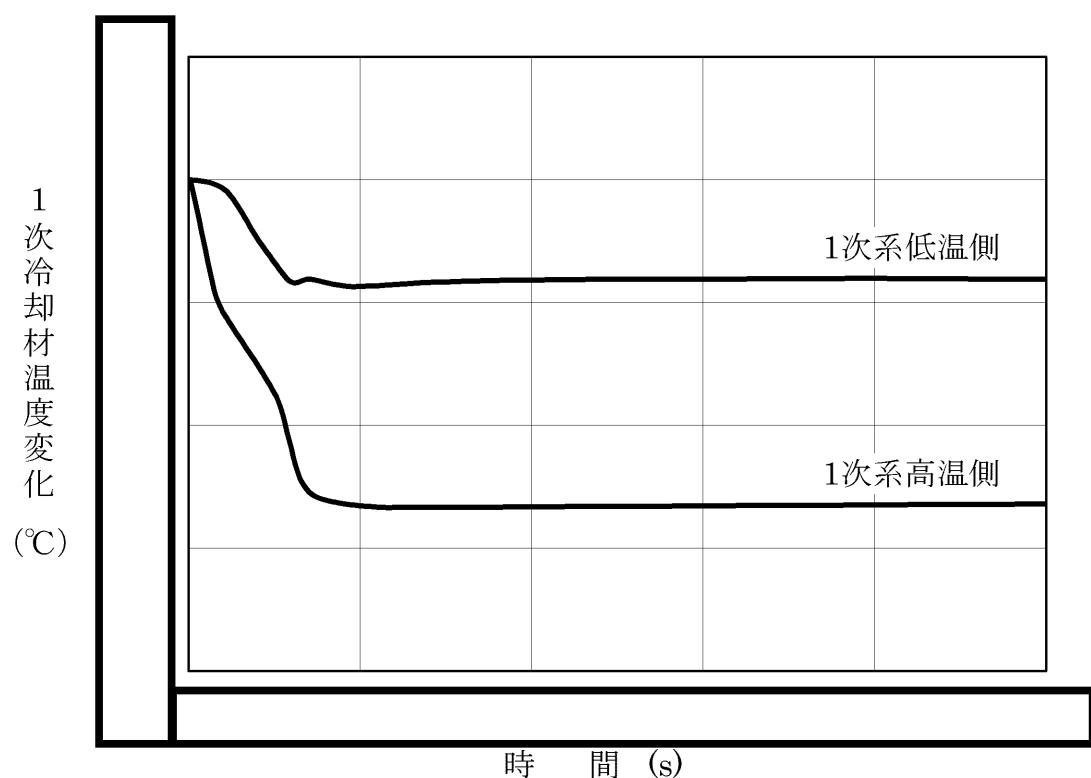
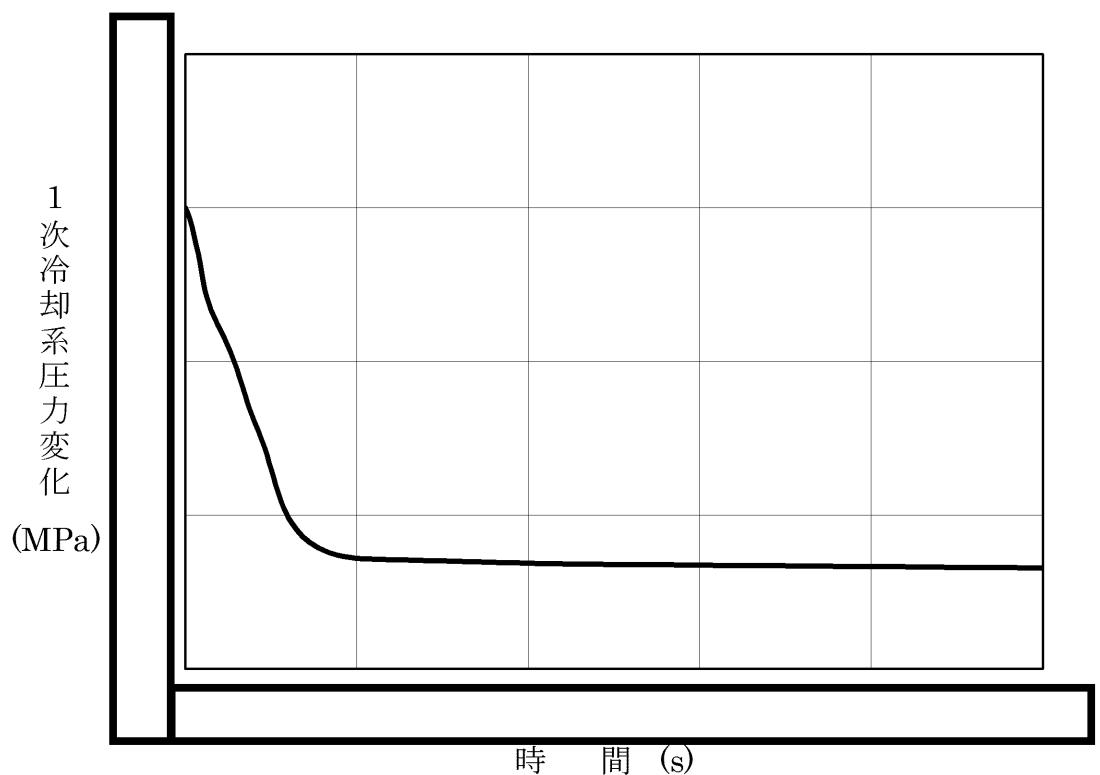
第4-16図 100%からの原子炉トリップ (1/2)  
(iii) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ



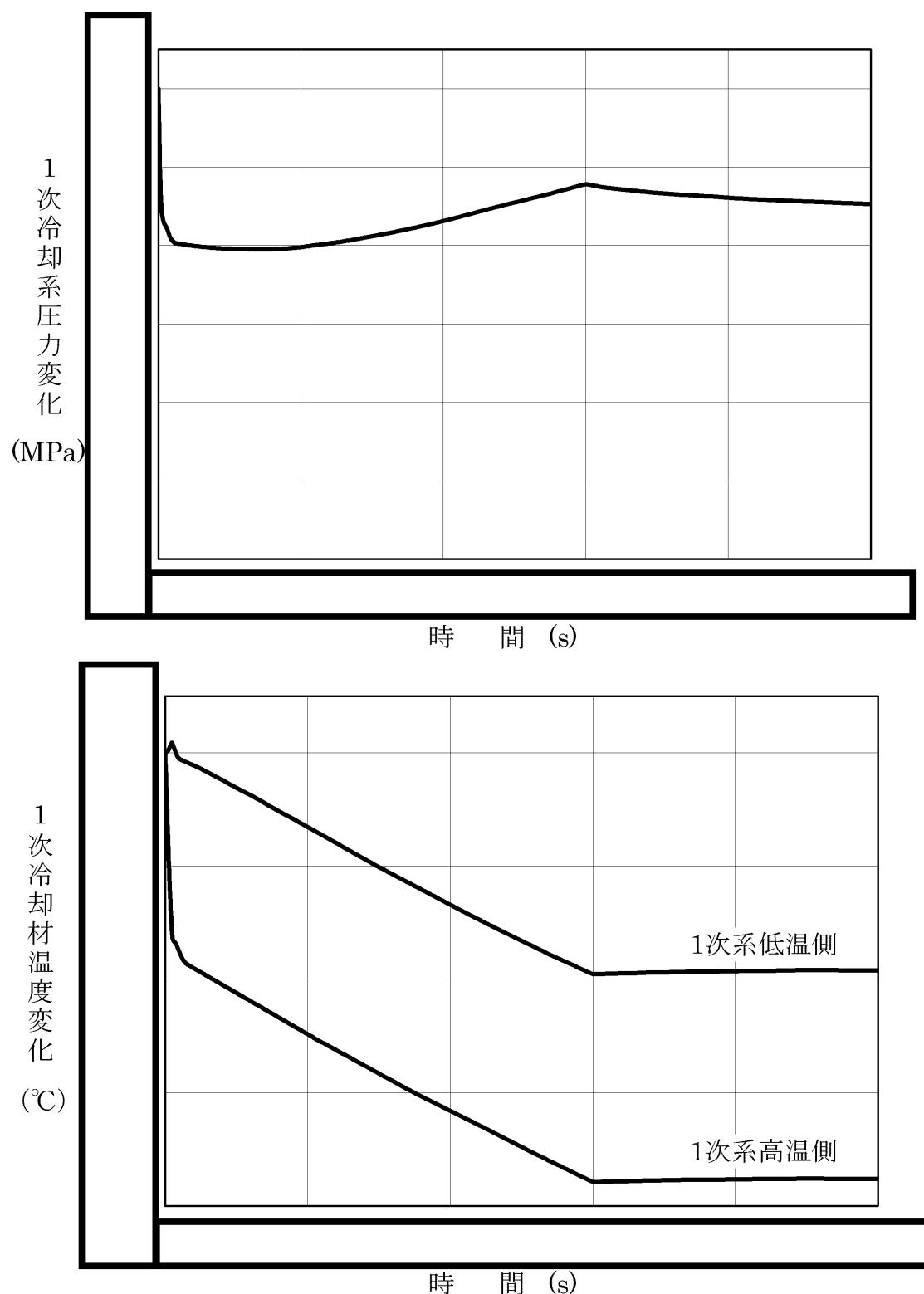
第4-16図 100%からの原子炉トリップ (2/2)  
(iii) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ



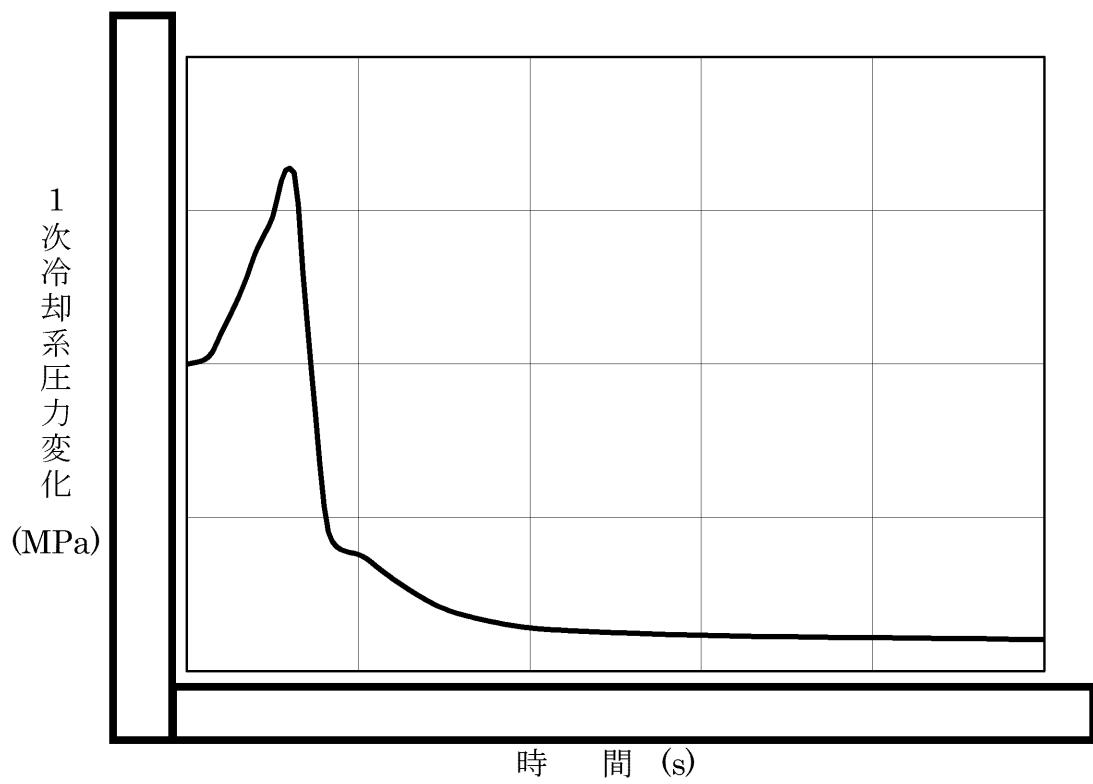
第4-17図 1次冷却系の異常な減圧



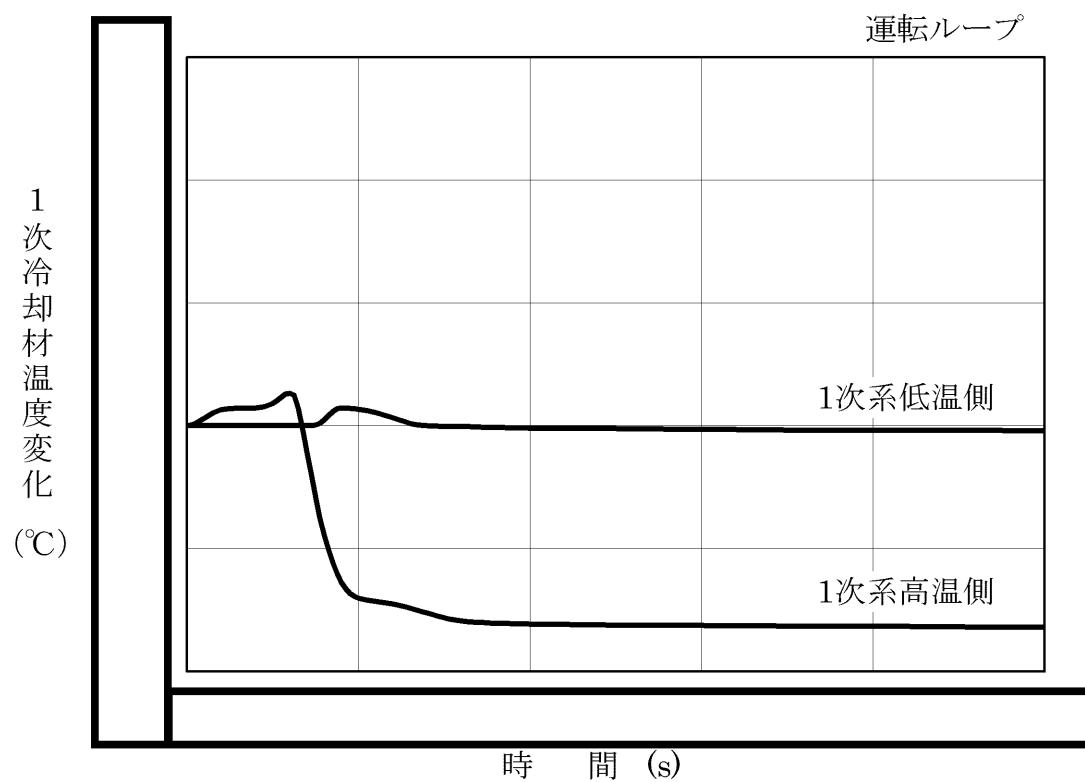
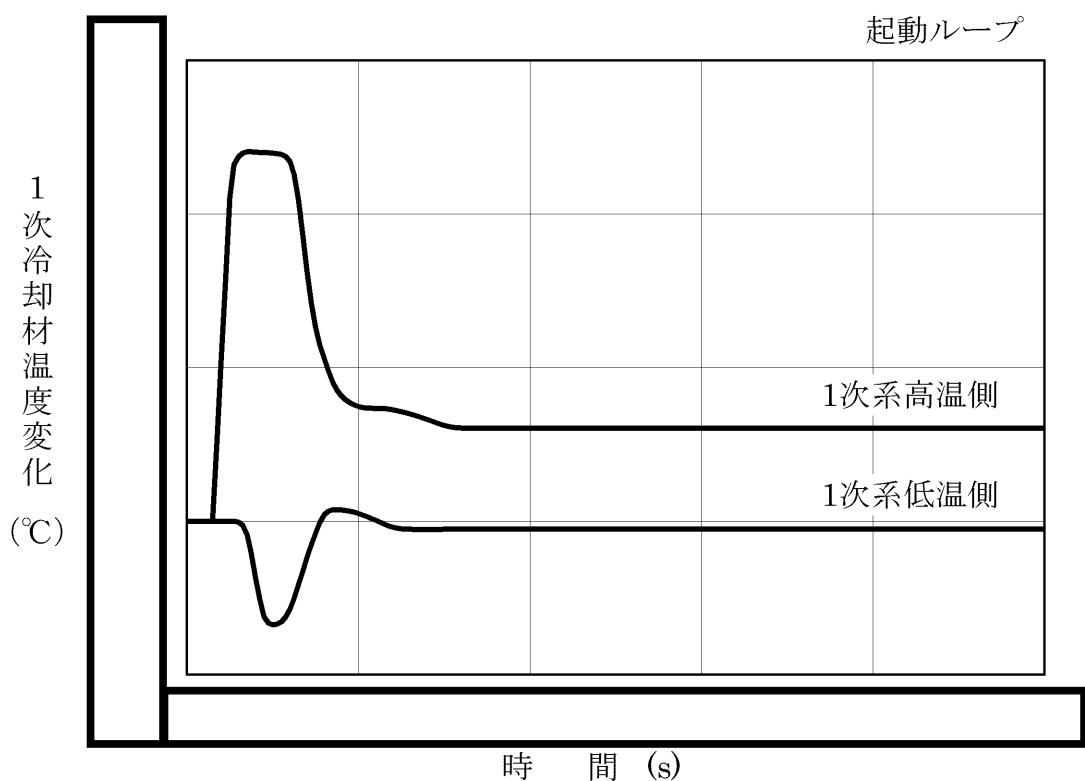
第4-18図 制御棒クラスタの落下



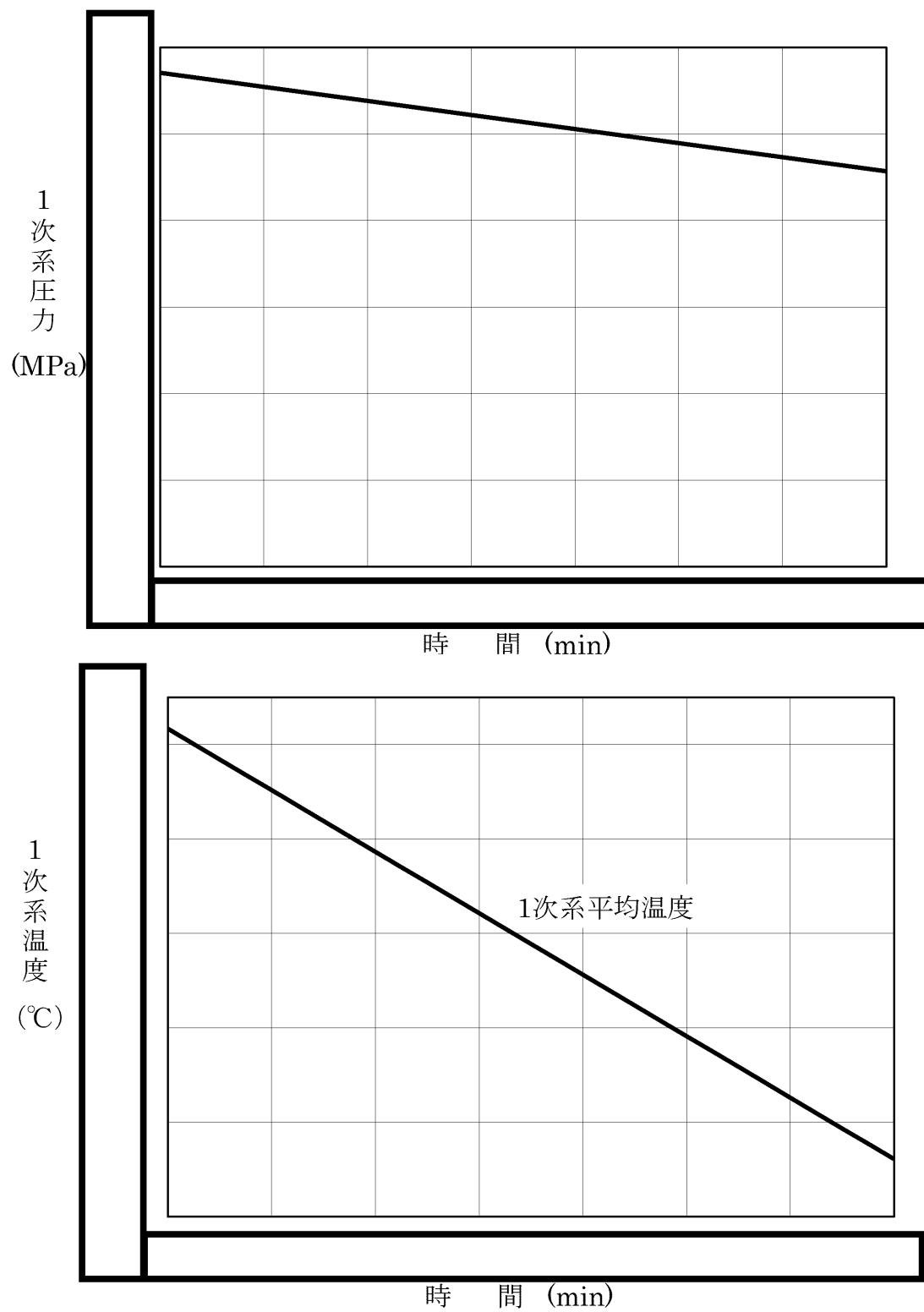
第4-19図 出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動



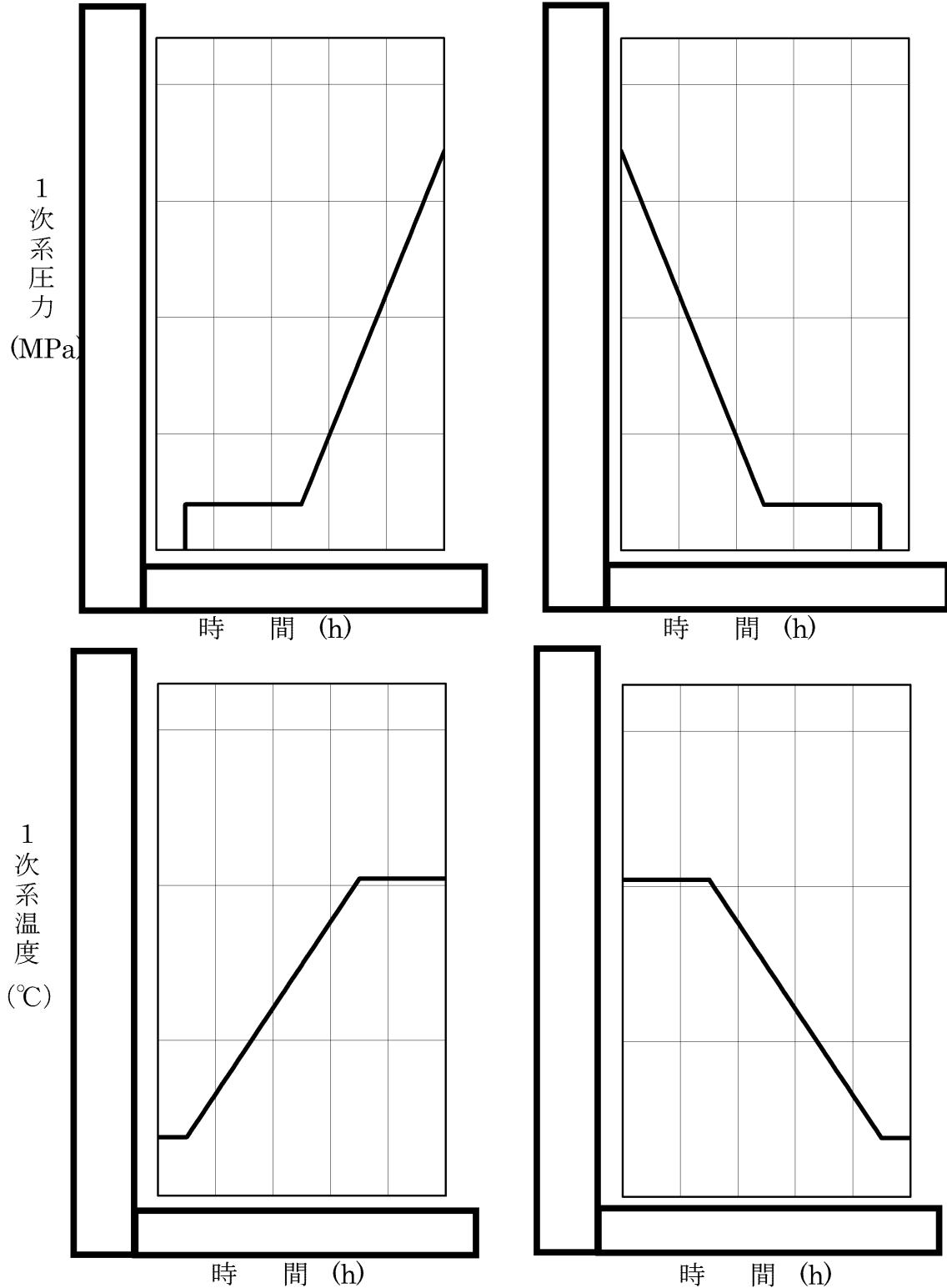
第4-20図 1次冷却系停止ループの誤起動 (1/2)



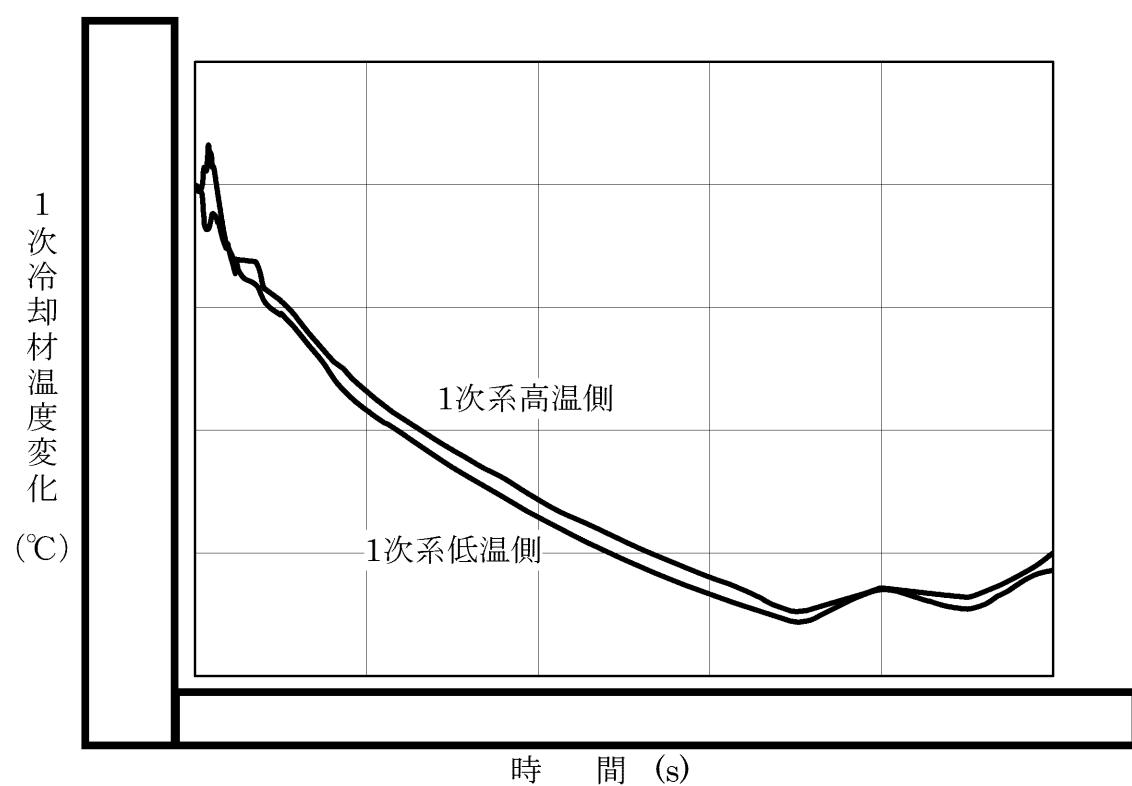
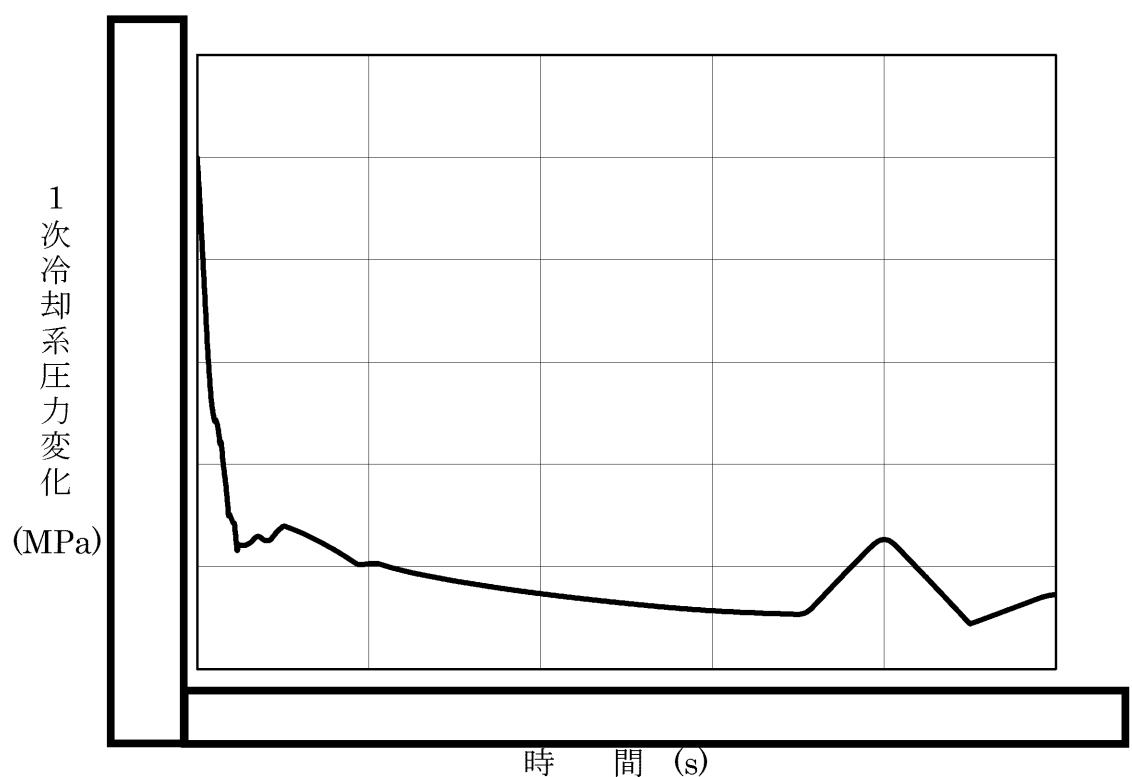
第4-20図 1次冷却系停止ループの誤起動 (2/2)



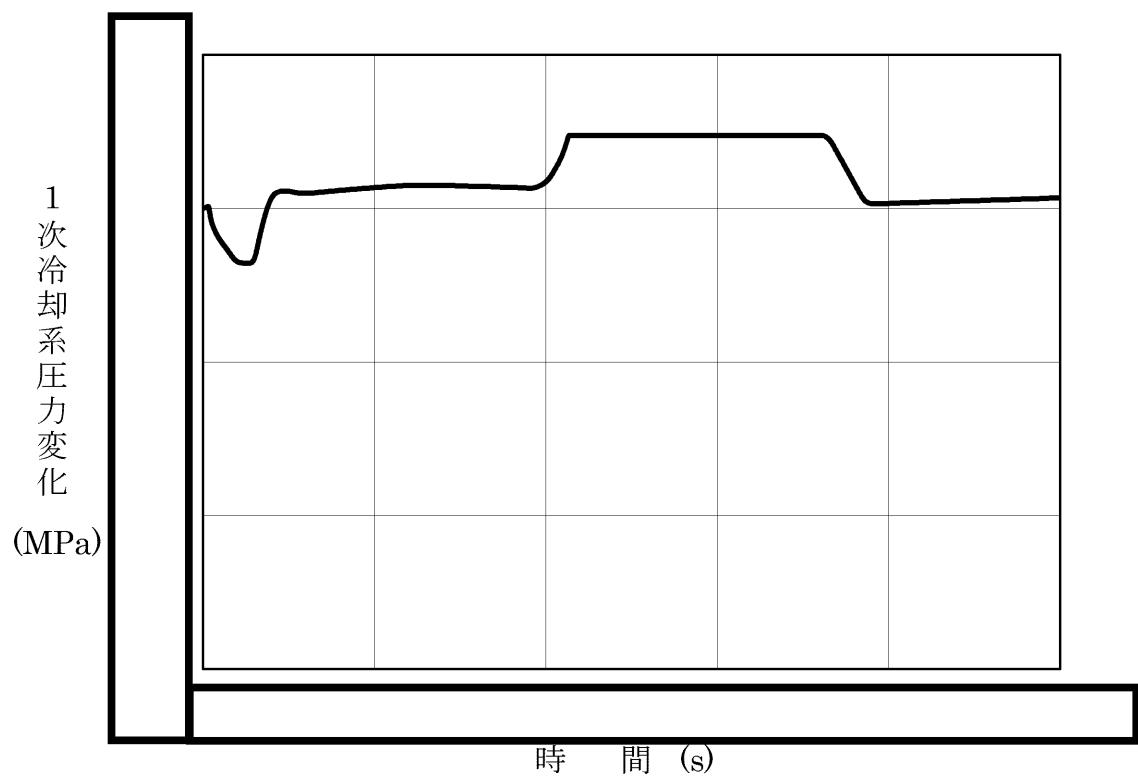
第4-21図 タービン回転試験



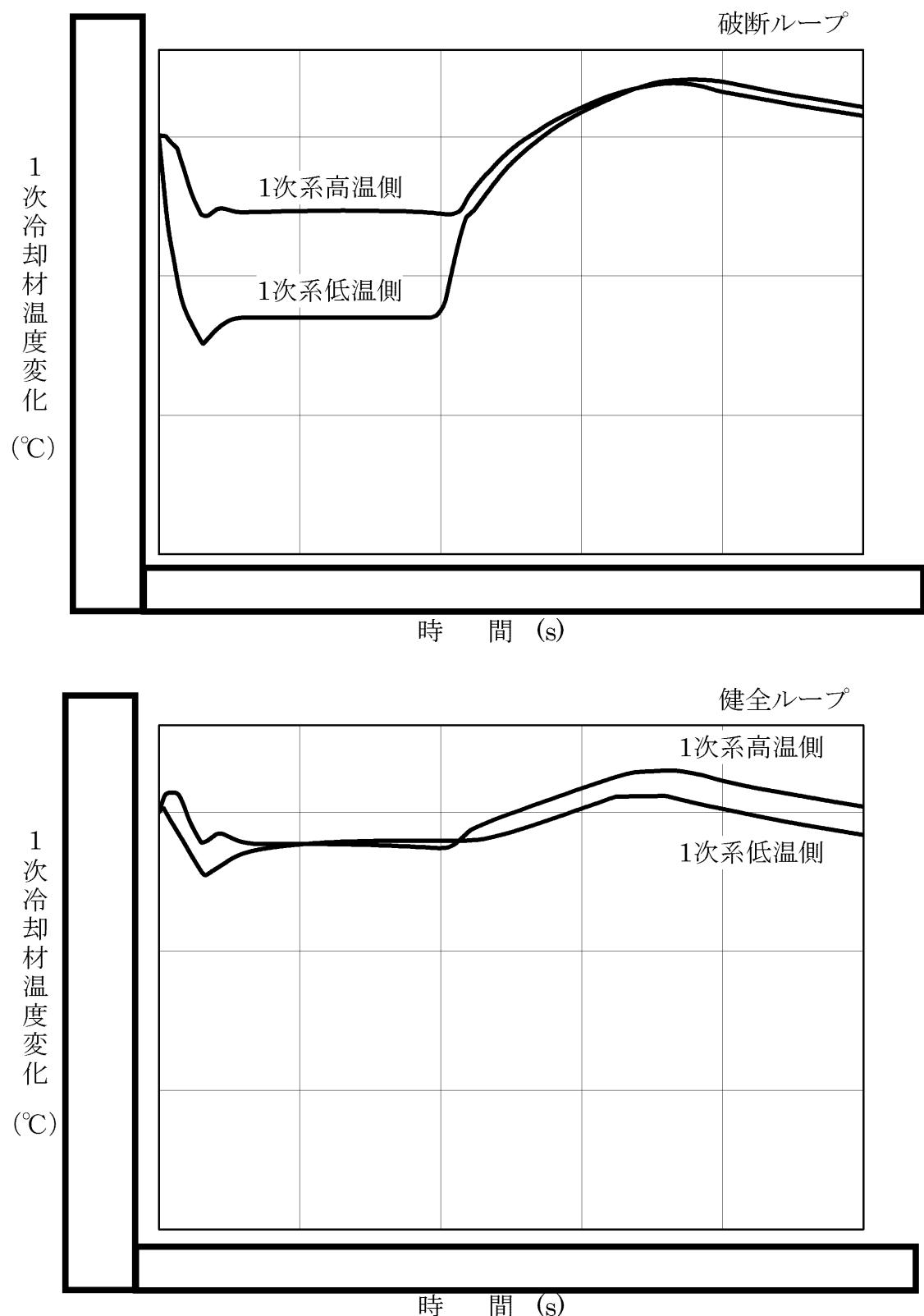
第4-22図 1次系漏えい試験 (17.16MPa)



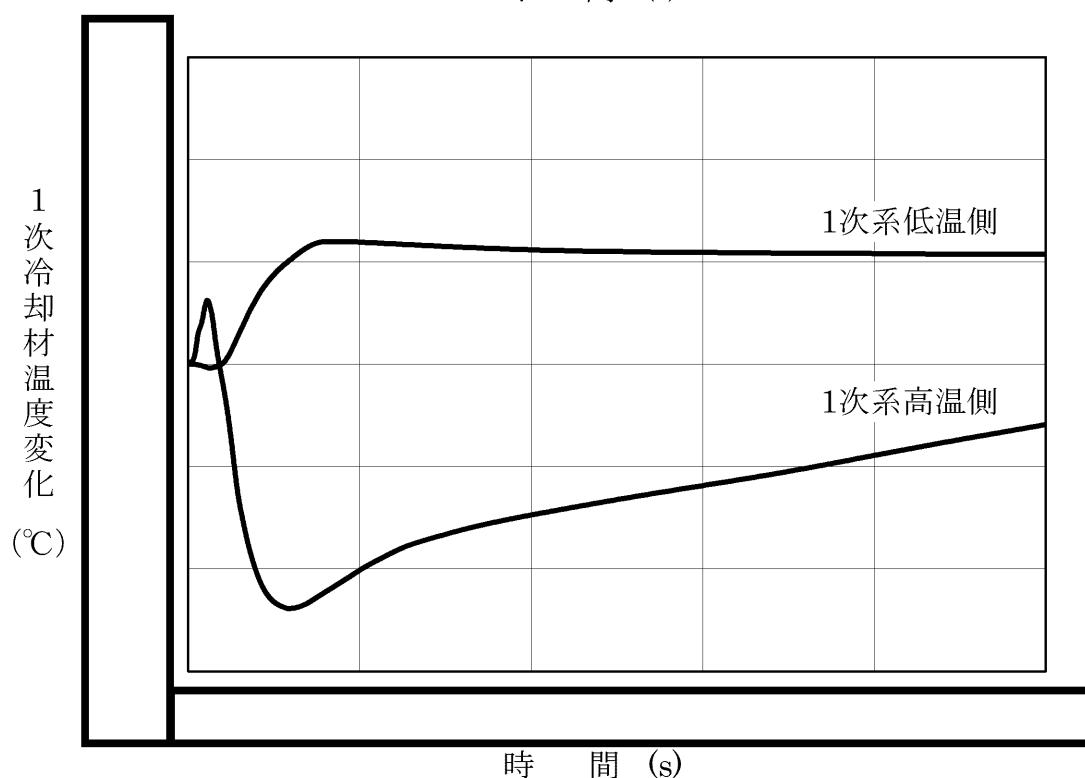
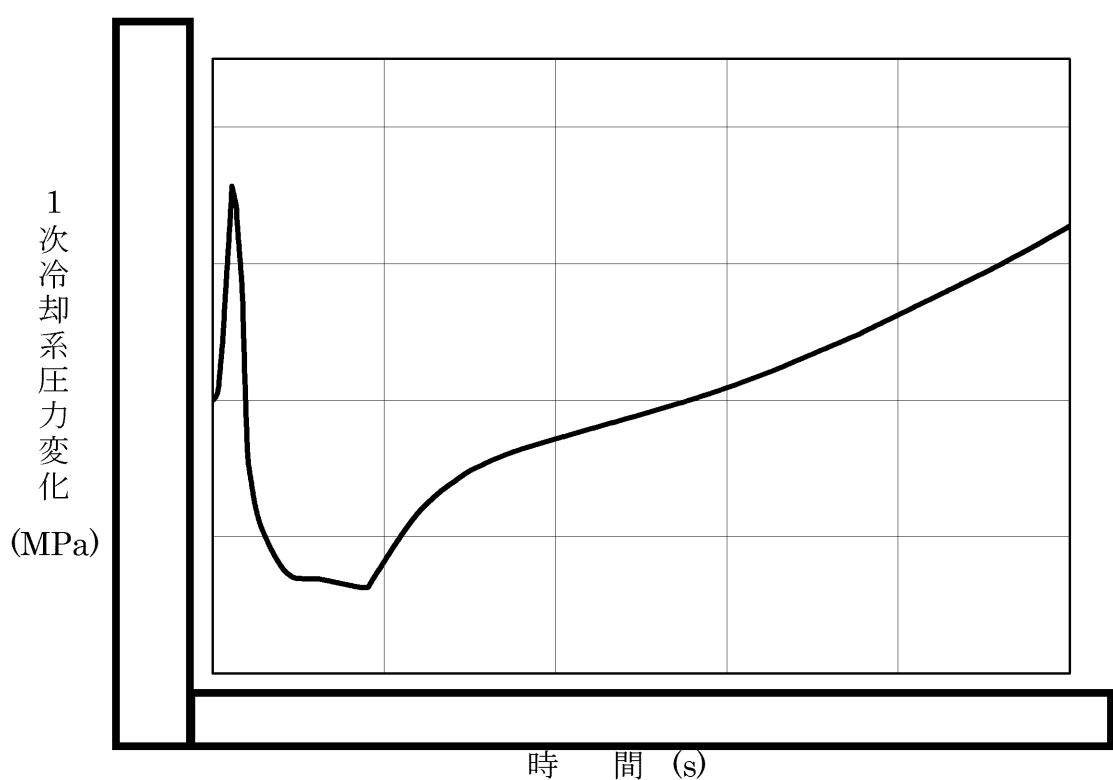
第4-23図 1次冷却系細管破断事故



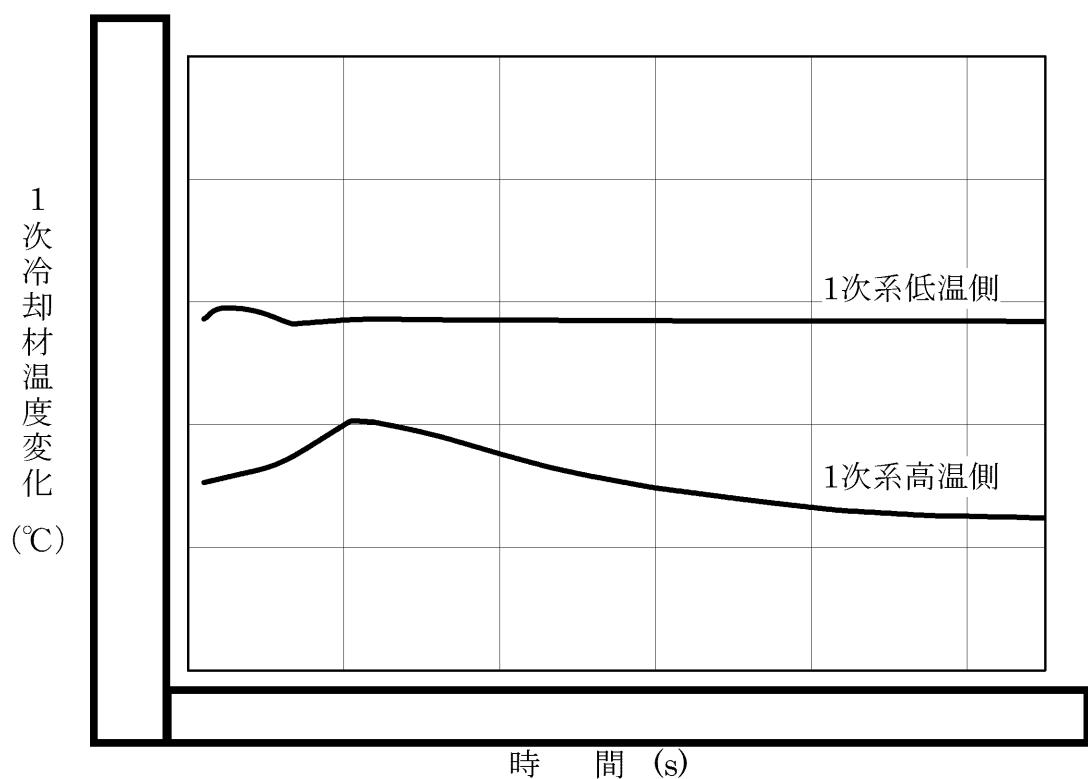
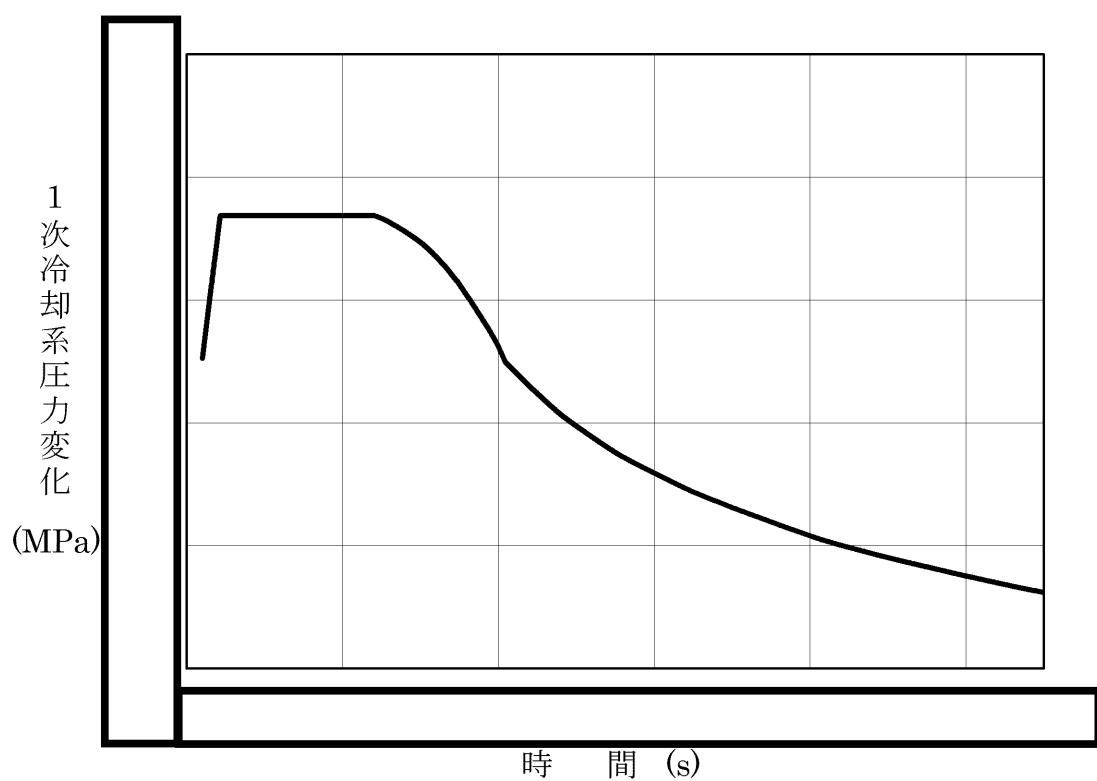
第4-24図 主蒸気管小破断事故 (1/2)



第4-24図 主蒸気管小破断事故 (2/2)



第4-25図 1次冷却材流量喪失事故（短期応答）(1/2)



第4-25図 1次冷却材流量喪失事故（長期応答）(2/2)

#### 4.5 荷重の組合せ

応力解析を行う場合の各供用状態における荷重の組合せを第4-3表に示す。

第4-3表 荷重の組合せ

	圧 力	外 荷 重				熱過渡による 荷 重
		機械的荷重	自 重	熱膨張荷重	事故時荷重	
設 計 条 件	○ <sup>(注1)</sup>	○	○	—	—	—
供 用 状 態 A	○ <sup>(注2)</sup>	○	○	○	—	○ <sup>(注5)</sup>
供 用 状 態 B						
供 用 状 態 C	○ <sup>(注3)</sup>	○	○	—	—	○ <sup>(注5) (注6)</sup>
供 用 状 態 D	○ <sup>(注4)</sup>	○	○	—	—	—
試 験 状 態	○ <sup>(注2)</sup>	○	○	—	—	—

(注1) 最高使用圧力を適用する。

(注2) 前述する4.2「設計過渡条件」の圧力を適用する。

(注3) 包絡圧力である18.88MPaを適用する。ただし、支圧荷重評価には、4.2「設計過渡条件」の圧力を適用する。

(注4) 包絡圧力である18.88MPaを適用する。

(注5) 前述する4.2「設計過渡条件」により生ずる荷重。

(注6) 支圧荷重評価に適用する。

## 4.6 荷重の適用

### (1) 設計条件

前述する 4.1 「設計条件」 及び 4.3 「外荷重」 に示した荷重を用いる。

### (2) 供用状態 A 及び供用状態 B

前述する 4.2 「設計過渡条件」 及び 4.3 「外荷重」 に示した荷重を用いる。

### (3) 供用状態 C 及び供用状態 D

運転状態III及び運転状態IVの事象において発生する荷重の概要と強度評価上の取扱いは、第 4-4 表のとおりである。ここで、「IV-a 1 次冷却材喪失事故」の事象については、「原子力発電所配管破損防護設計技術指針 JEAG4613-1998」（日本電気協会原子力専門部会）（以下「JEAG4613」という。）に基づき、破断前漏えい（以下「LBB」という。）概念を適用<sup>(注)</sup>する。

第 4-4 表の各事象における事故時荷重は評価対象部位である原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置へ作用する事故時荷重が小さいことから、供用状態 C 及び供用状態 D の荷重は、包絡圧力に機械的荷重及び自重を加えた荷重を用いる。

供用状態 C 及び供用状態 D の荷重に適用する圧力及び温度を第 4-5 表に示す。

なお、供用状態 C における支圧荷重に対する評価には、4.2 「設計過渡条件」 及び 4.3 「外荷重」 に示した荷重を用いて強度評価を行う。

ピーク圧力の算出は、強度評価の観点で厳しい温度、圧力変化が得られるよう、公開文献「第 1 種機器の設計過渡説明書 (MAPI-1051 改 2 三菱原子力工業株式会社 平成 6 年)」に基づき設定した条件を「三菱 PWR の事故解析計算コードの概要 (MAPI-1017 改 2 三菱原子力工業株式会社 昭和 52 年)」及び「PWR 非常用炉心冷却系安全評価解析コード (MAPI-1035 改 2 三菱原子力工業株式会社 昭和 53 年)」に示される解析コードに入力して得られたものである。

なお、LBB 概念を適用するにあたっては、運転管理面において、原子炉冷却材圧力バウンダリからの漏えいに対し、 $0.23\text{m}^3/\text{h}$  (1gpm) を 1 時間以内に検知できる漏えい検知設備（凝縮液量測定装置及び格納容器サンプ水位上昇率測定装置）を設置し、原子炉運転中、同設備により原子炉冷却材圧力バウンダリからの漏えいを監視し、 $0.23\text{m}^3/\text{h}$  (1gpm) を超える漏えいを検知した場合は、速やかに通常の原子炉停止操作を行うこととしている。

(注) 別添「原子炉冷却材圧力バウンダリに属する配管に対する LBB 成立性評価結果に関する説明書」による。

#### (4) 試験状態

前述する 4.2 「設計過渡条件」 及び 4.3 「外荷重」 に示した荷重を用いる。

第4-4表 運転状態III及び運転状態IVの事象に対する荷重の概要と強度評価上の取扱い

事象	事象の概略説明	事故時荷重 <sup>(注1)(注2)</sup>	ピーク圧力(MPa)	強度評価上の取扱い	
運転状態III	III-a 1次冷却系細管破断事故	口径1B以下の配管の破断又は口径1Bを超える配管からの漏えい <sup>(注3)</sup> を原子炉冷却材圧力バウンダリ内に想定	1次系内に急激な圧力変動はなく、ジェット反力も微小 ( $F_j=13\text{kN}$ )	15.41	包絡圧力に機械的荷重及び自重を加えた荷重を用いる。  包絡圧力 : $P=18.88\text{MPa}$
	III-b 主蒸気管小破断事故	口径6B以下の配管の破断を主蒸気管に想定	1次系内に急激な圧力変動はなく、ジェット反力も小さい。 ( $F_j=180\text{kN}$ )	17.31	
	III-c 1次冷却材流量喪失事故	4個の1次冷却材ポンプのコーストダウンを想定	1次系内に急激な圧力変動はなく、事故時荷重は生じない。	17.10	
運転状態IV	IV-a 1次冷却材喪失事故	口径1Bを超えて4B以下の配管の破断又は口径4Bを超える配管からの漏えい <sup>(注4)</sup> を原子炉冷却材圧力バウンダリ内に想定	1次系内の急激な圧力変動は小さく、ジェット反力も微小 ( $F_j=150\text{kN}$ )	15.41	包絡圧力に機械的荷重及び自重を加えた荷重を用いる。  包絡圧力 : $P=18.88\text{MPa}$
	IV-b 主蒸気管破断事故	口径6Bを超える配管の破断を主蒸気管に想定	1次系内に急激な圧力変動はないが、ジェット反力が大きい。 ( $F_j=4,100\text{kN}$ )	17.31	
	IV-c 1次冷却材ポンプ軸固着事故	1個の1次冷却材ポンプの軸が瞬時に固着することを想定	短期的には1次冷却材ポンプ回りに水撃が起こるが、1次系内の急激な圧力変動は小さく、事故時荷重は生じない。	16.57	
	IV-d 制御棒クラスタ飛出し事故	最も反応度が高い单一制御棒の炉心からの瞬時放出を想定	1次系内に急激な圧力変動はなく、ジェット反力も微小 ( $F_j=50\text{kN}$ )	17.09	
	IV-e 主給水管破断事故	主給水管に破断を想定	1次系内に急激な圧力変動はなく、ジェット反力も比較的小さい。 ( $F_j=780\text{kN}$ )	17.56	
	IV-f 蒸気発生器伝熱管破損事故	1本の伝熱管の破断を想定	1次系内に急激な圧力変動はなく、ジェット反力も微小 ( $F_j=8\text{kN}$ )	15.41	

(注1) 事故時に発生する機械的荷重

(注2)  $F_j$ は、ジェット反力を示す。

(注3) 配管の破断又は漏えいの判定及び破損開口面積の算定は、JEAG4613に基づき行った。なお、漏えい部の開口面積は、口径1B以下の配管の断面積相当とする。

(注4) 配管の破断又は漏えいの判定及び破損開口面積の算定は、JEAG4613に基づき行った。なお、漏えい部の開口面積は、口径1Bを超えて4B以下の配管の断面積相当とする。

第4-5表 供用状態C及び供用状態Dの圧力及び温度

供用状態	機器名 圧力、 温度	原子炉容器上部ふた 及び制御棒クラスタ駆動装置
供用状態C	压 力	18.88 MPa
	温 度	361.3 °C <sup>(注)</sup>
供用状態D	压 力	18.88 MPa
	温 度	361.3 °C <sup>(注)</sup>

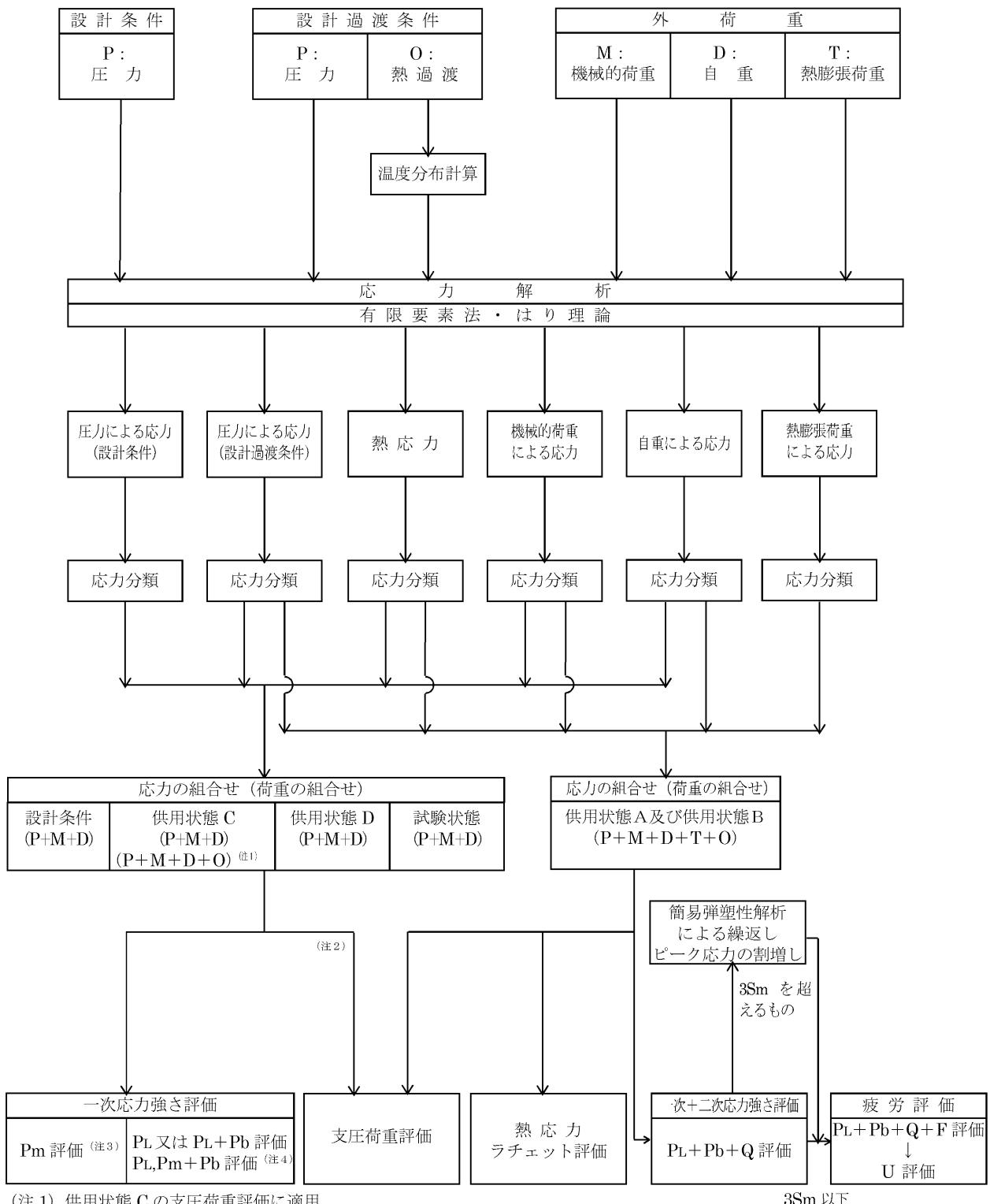
(注) 18.88MPaに対する飽和温度。

## 5. 応力解析

### 5.1 概 要

第5-1図に示す手順に従って容器の形状、寸法、荷重条件に基づき、圧力、熱、外荷重による応力解析を行う。なお、熱による応力解析を行うに先立って温度分布計算を行う。

荷重条件は前述する4.「荷重条件」に示されているが、各部の計算においては、その部分に加わる荷重条件を選定して解析を行う。



第5-1図 応力評価フローチャート

## 5.2 溫度分布計算

### 5.2.1 溫度条件

温度分布計算に用いる温度条件を第5-1表に示す。

なお、詳細については資料6-3-2「クラス1容器の強度計算書」による。

第5-1表 溫度条件

機器名	適用箇所	温度 <sup>(注)</sup>
原子炉容器	上部ふた、ふた管台及び空気抜管	$T_H$
	上部胴フランジから胴まで	$T_C$
制御棒クラスタ 駆動装置	本体	$T_H$

(注) 溫度の記号は次のとおりである。

$T_H$  : 1次系高温側温度

$T_C$  : 1次系低温側温度

### 5.2.2 計算方法

温度分布計算には有限要素法を用いる。

有限要素法は任意の形状の物体の定常状態及び非定常状態における温度分布を計算する手法である。

原子炉容器上部ふた、ふた管台、空気抜管及び制御棒クラスタ駆動装置の温度分布計算に用いる2次元有限要素法は対象とする物体をすべて軸対称として扱い、境界条件もすべて軸対称として扱う。

断面は任意の三角形又は四角形の有限要素に分割し、構造物はこれらの断面形状をしたドーナツ形の要素の集合体として計算する。

## 5.3 外荷重の算出

以下に、解析によって算出する外荷重について、その算出方法を記載する。なお、機械的荷重については、解析によらず算出している。

### 5.3.1 自重及び熱膨張荷重

#### (1) 解析モデル

解析モデルは、空気抜管を含めた空気抜き配管、弁及び支持装置を第5-2図に示すはり・質点系に置換したモデルとする。

空気抜き配管モデルの空気抜管仕様を第5-2表に、空気抜き配管仕様を第5-3表に、質点質量を第5-4表に示す。

モデル化に当たり、原則として配管及び保温材等の質量は、集中質量として支持点及び分岐点等の質点分割点間の中央に設ける。近傍に弁等の集中質量がある場合は、弁等の集中質量に含める。弁については、配管上の付加重量としてモデル化する。支持点については、拘束方向及び支持機能に従ってモデル化し、[REDACTED]

なお、上部ふたについては、自重は圧力荷重と比較して十分に小さいため省略し、熱膨張荷重は構造上発生しない。

ふた管台については、自重を解析によって求めておらず、熱膨張荷重は構造上発生しない。

なお、ふた管台の評価に用いる自重には、ふた管台自身以外に制御棒クラスタ駆動装置圧力ハウジング、ラッチアセンブリ、駆動軸、制御棒位置指示装置等の質量が含まれている。

制御棒クラスタ駆動装置については、自重は解析モデルの中に質量として入力されているため個別に算出しておらず、熱膨張荷重は構造上発生しない。

#### (2) 解析手法

上記(1)の解析モデルを用いて解析を行い、空気抜管に作用する自重及び熱膨張荷重を算出する。

解析コードは「MSAP(配管)」を使用する。

第5-2表 空気抜管仕様

名 称	単 位	節点 1001 から 103
外 径	mm	34.0
厚 さ	mm	
材 料	—	GNCF690CM
縦弾性係数 <sup>(注)</sup>	$\times 10^5$ MPa	1.91
最高使用圧力	MPa	17.16
最高使用温度	°C	343

(注) 最高使用温度における値を示す。

第5-3表 空気抜き配管仕様

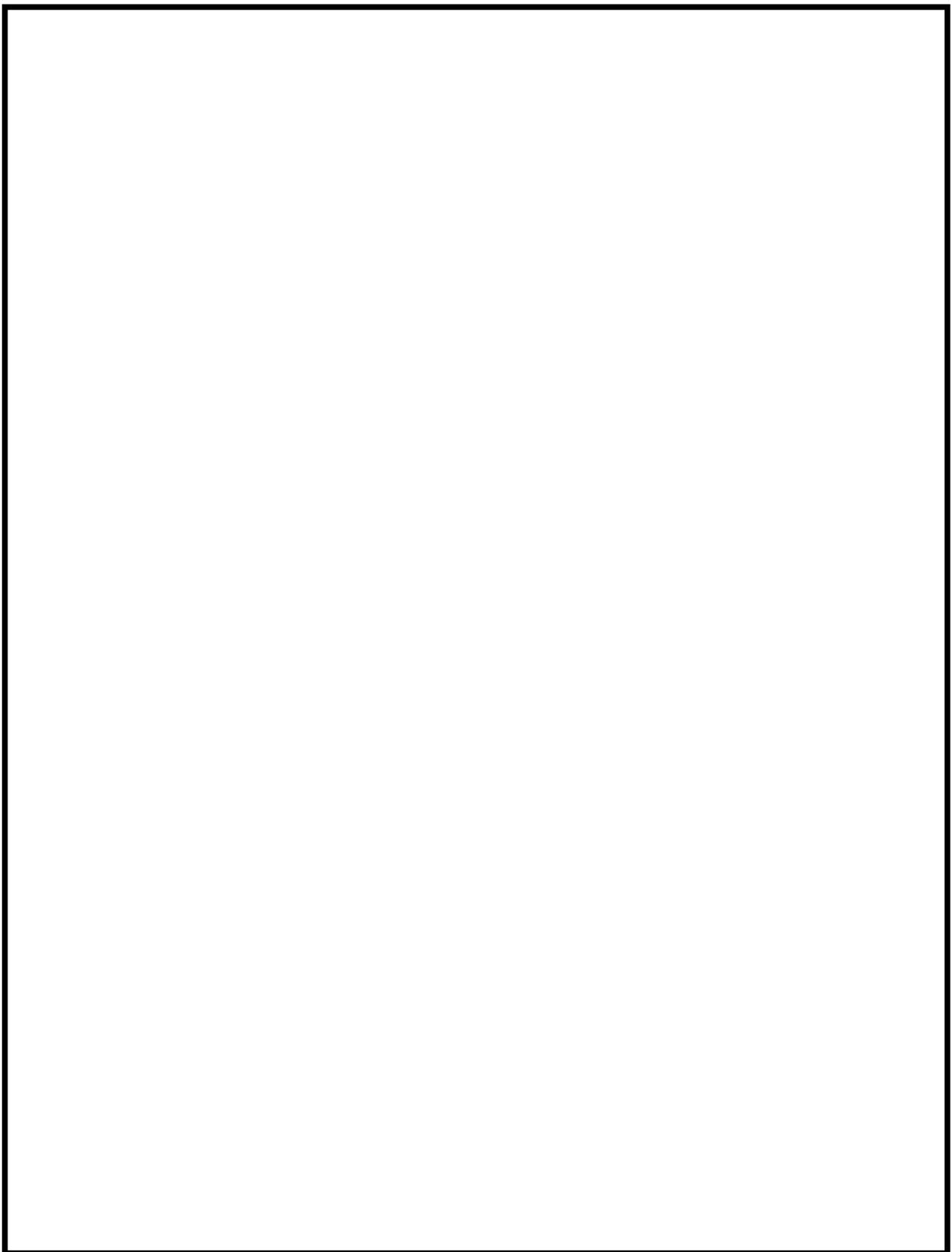
名 称	単 位	節点 103 から 804
外 径	mm	34.0
厚 さ	mm	6.4
材 料	—	SUS316TP
縦弾性係数 <sup>(注)</sup>	$\times 10^5$ MPa	1.73
最高使用圧力	MPa	17.16
最高使用温度	°C	343

(注) 最高使用温度における値を示す。

第 5-4 表 質点質量  
(単位 : kg)

質点番号	合計
901	
600	
601	
602	
120	

第5-2 図 空気抜き配管自重・熱膨張解析モデル



## 5.4 圧力、熱等による応力の計算

### 5.4.1 応力計算

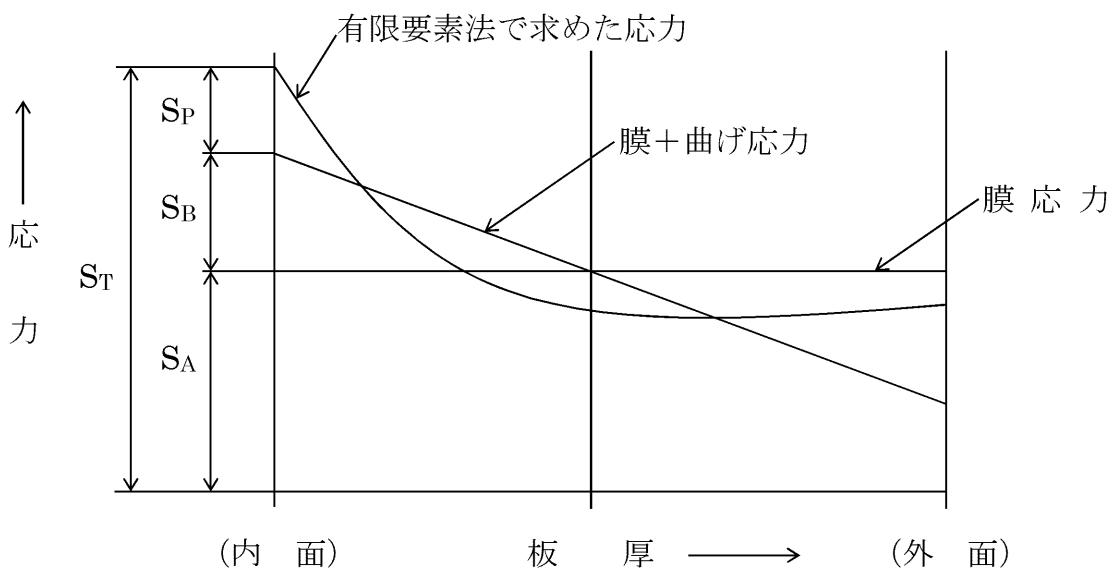
圧力による応力及び熱応力の算出に当たっては、有限要素法を用いる。

有限要素法では、解析しようとする構造物をすべて2次元弾性軸対称として扱い、荷重もすべて軸対称として扱う。断面は任意の三角形又は四角形の有限要素に分割し、構造物はこれらの断面形状をしたドーナツ形の要素の集合体として計算する。

### 5.4.2 応力分類

有限要素法で計算した応力は、膜+曲げ+ピーク応力（全応力）であり、応力評価を行うためには、この応力を下図に示すように、膜応力、曲げ応力及びピーク応力に分類する必要がある。

応力分類は、応力計算に引き続いて実施する。



$S_T$  : 膜+曲げ+ピーク応力（内面における全応力）

$S_P$  : ピーク応力（内面における）

$S_B$  : 曲げ応力（内面における）

$S_A$  : 膜応力

## 5.5 外荷重による応力の計算

外荷重（機械的荷重、自重、熱膨張荷重）により圧力容器に取り付けられた管台に生じる応力は、以下の手順により求める。

### 5.5.1 荷重条件

解析に用いる荷重としては、第5-3図に示すような力及びモーメントが管台評価点に作用するものとする。

### 5.5.2 応力計算

管台に外荷重が作用する時、管台の断面に生じる応力は、次に示すはり理論の方法により求める。

$$\text{管台部の断面積 } A = \pi (r_o^2 - r_i^2)$$

$$\text{管台部の断面二次モーメント } I = \pi (r_o^4 - r_i^4) / 4$$

ここで、

$r$  : 半径 ( $r_o$  ; 外半径又は $r_i$  ; 内半径)

#### (1) 膜応力

$$\text{引張又は圧縮応力 } (A, B, C, D \text{点}) \quad \sigma_x = \frac{F_x}{A}$$

$$\text{せん断応力 } (A, B \text{点}) \quad \tau = \frac{M_x \cdot r}{2I} \mp \frac{F_y}{A}$$

$$(C, D \text{点}) \quad \tau = \frac{M_x \cdot r}{2I} \mp \frac{F_z}{A}$$

#### (2) 膜+曲げ応力

$$\text{引張又は圧縮応力 } (A, B \text{点}) \quad \sigma_x = \frac{F_x}{A} \pm \frac{M_y - F_z \cdot L}{I} \cdot r$$

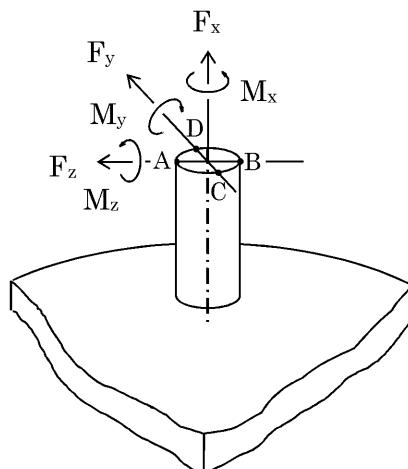
$$(C, D \text{点}) \quad \sigma_x = \frac{F_x}{A} \pm \frac{M_z + F_y \cdot L}{I} \cdot r$$

$$\text{せん断応力 } (A, B \text{点}) \quad \tau = \frac{M_x \cdot r}{2I} \mp \frac{F_y}{A}$$

$$(C, D \text{点}) \quad \tau = \frac{M_x \cdot r}{2I} \mp \frac{F_z}{A}$$

### (3) ピーク応力

構造不連続部のピーク応力については、応力集中を考慮するため、(2)「膜+曲げ応力」に応力集中係数を乗ずる。



第5-3図 管台に作用する荷重

#### 5.5.3 はり理論を用いない外荷重による応力の算出

はり理論を用いない外荷重による応力の算出は、5.4「圧力、熱等による応力の計算」に示す有限要素法を用いる。

### 5.6 応力集中係数

有限要素法にて計算した応力は、応力集中の影響を含んだ一次+二次+ピーク応力であるため、計算結果をそのまま使用する。

ただし、すみ肉溶接部のように有限要素法により形状をモデル化することが困難な部分の応力集中係数は、JSME PVB-3130により設定する。

なお、外荷重によるピーク応力の算出に用いる応力集中係数については、JSME PVB-3130により設定する。

## 6. 強度評価

### 6.1 概 要

応力解析結果を用いて、一次応力強さの評価、一次+二次応力強さの評価、疲労評価及び熱応力ラチエット評価を行う。

### 6.2 応力強さの計算

各荷重条件に対して計算された応力は、第3-1表に従って、応力成分ごとに一次応力、二次応力、ピーク応力に分類され、更に供用状態ごとに第4-3表に従って合計される。

この合計された応力は、一般に  $\sigma_x, \sigma_\theta, \sigma_r, \tau_{x\theta}, \tau_{\theta r}, \tau_{rx}$  の6成分をもつが、主応力  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  はこの6成分より次式を満足する3根として計算される。

$$\begin{aligned} \sigma^3 - (\sigma_x + \sigma_\theta + \sigma_r) \sigma^2 + (\sigma_\theta \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_x + \sigma_x \cdot \sigma_\theta - \tau_{x\theta}^2 \\ - \tau_{\theta r}^2 - \tau_{rx}^2) \sigma - \sigma_x \cdot \sigma_\theta \cdot \sigma_r + \sigma_x \cdot \tau_{\theta r}^2 + \sigma_\theta \cdot \tau_{rx}^2 \\ + \sigma_r \cdot \tau_{x\theta}^2 - 2 \tau_{x\theta} \cdot \tau_{rx} \cdot \tau_{\theta r} = 0 \end{aligned}$$

応力成分が  $\sigma_x, \sigma_\theta, \sigma_r, \tau_{x\theta}$ だけのときは、次式で得られる。

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_\theta}{2} \pm \left( \left( \frac{\sigma_x - \sigma_\theta}{2} \right)^2 + \tau_{x\theta}^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_3 = \sigma_r$$

応力強さは主応力の代数的な最大値と最小値の差であり、次式により計算した値のうち最大絶対値をいう。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1$$

### 6.3 一次応力強さの評価 (JSME PVB-3111)

$P_m, P_L, P_L + P_b$  (試験状態においては  $P_m + P_b$ ) は、設計条件、供用状態C、供用状態D及び試験状態において評価する。

但し、 $P_L$ の許容値は  $P_L + P_b$ の許容値以上であり、かつ設計条件、供用状態C及び供用状態Dにおける  $P_L$ の最大値は、 $P_L + P_b$ の最大値以下であるため、 $P_b$ に分類すべき応力が発生する場合は、 $P_L$ の評価は  $P_L + P_b$ の評価で代表する。

#### 6.4 一次+二次応力強さの評価 (JSME PVB-3112)

$P_L + P_b + Q$ の応力強さのサイクルにおける、その最大値と最小値との差を供用状態A及び供用状態Bにおいて評価する。

#### 6.5 疲労評価 (JSME PVB-3114及びPVB-3300)

疲労解析は、破壊モードのひとつとして疲労破壊を考慮し、それに対する容器の健全性を保証するために行う。

供用状態A及び供用状態Bにおいて繰返し荷重に対する疲労解析を行う。

一次+二次応力が $3S_m$ を超える部分については、後述する6.5.2「簡易弾塑性解析の適用の疲労解析(JSME PVB-3300)」により疲労解析を行う。

##### 6.5.1 一般の疲労解析 (JSME PVB-3114)

疲労解析の手順は、以下のとおりである。

###### (1) 使用材料による設計疲労線図のデジタル値の選定

材 料	使用する設計疲労線図のデジタル値
炭素鋼、低合金鋼及び高張力鋼	JSME 表 添付 4-2-1
オーステナイト系ステンレス鋼 及び高ニッケル合金	JSME 表 添付 4-2-2

なお、繰返しピーク応力強さがJSME 表 添付 4-2-1又は表 添付 4-2-2記載の応力の中間の値の場合は、JSME 添付 4-2-1式により求める。

###### (2) 繰返しピーク応力強さの算出

供用状態A及び供用状態Bにおいて作用する荷重によって生じた一次+二次+ピーク応力強さのサイクルを求め、その極大値と極小値の差の $1/2$ の値（繰返しピーク応力強さ）を求める。

(3) 疲労累積係数の確認

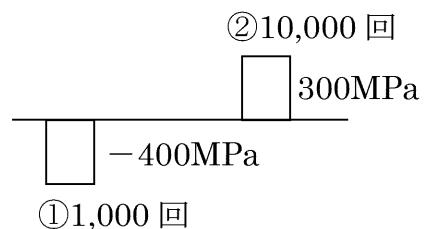
- a. 応力サイクルの型式1、型式2、型式3…型式n等と、その繰返し回数N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub>…N<sub>n</sub>等を決定する。

但し、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub>…N<sub>n</sub>等を決定するに際し異なった原因から生じるサイクルを重ね合わせて、単独のサイクルの全振幅より大きい全体的な応力強さの全振幅を考えて決定しなければならない。

例えば、1つの応力変動①が0～-400MPaで1,000回、他方の応力変動②が0～300MPaで10,000回あるとすれば以下に示すように各値を決定する。

型式1のサイクル (①と②の組合せ)

$$N_1 = 1,000 \quad S_{a1} = \frac{1}{2} (400 + 300) \\ = 350 \text{ MPa}$$



型式2のサイクル (②からN<sub>1</sub>を減ずる)

$$N_2 = 9,000 \quad S_{a2} = \frac{1}{2} (300 + 0) \\ = 150 \text{ MPa}$$

- b. S<sub>a1</sub>、S<sub>a2</sub>、S<sub>a3</sub>…S<sub>an</sub>に対応する許容繰り返し回数を設計疲労線図のデジタル値から求め、これをN<sub>1</sub>\*、N<sub>2</sub>\*、N<sub>3</sub>\*…N<sub>n</sub>\*とする。

- c. 各種類のサイクルに対して設計繰返し回数と許容繰返し回数との比

$$U_1, U_2, U_3 … U_n \text{ を } U_1 = \frac{N_1}{N_1^*}, U_2 = \frac{N_2}{N_2^*}, U_3 = \frac{N_3}{N_3^*} … U_n = \frac{N_n}{N_n^*} \text{ と}$$

して求める。

- d. 供用状態A及び供用状態Bの疲労累積係数UI= U<sub>1</sub>+U<sub>2</sub>+U<sub>3</sub>+…+U<sub>n</sub>を求め、UIが1.0を超えないことを確認する。

#### 6.5.2 簡易弾塑性解析の適用の疲労解析 (JSME PVB-3300)

- (1) 簡易弾塑性解析を用いた疲労解析は、解析する箇所の供用状態A及び供用状態Bにおける一次+二次応力強さの変動幅が3S<sub>m</sub>を超えた時にのみ適用する。

但し、次の4条件を満足する必要がある。

- a. 材料の最小降伏点と最小引張強さとの比 (JSME PVB-3311)

項 目	許 容 値
材料規格 Part3 第1章 表1に定める材料の最小降伏点と最小引張強さとの比	0.8以下

- b. 供用状態A及び供用状態Bにおいて生ずる最高温度 (JSME PVB-3312)

項 目	材 料	許容値
供用状態A及び供用状態Bにおける前述する4.2「設計過渡条件」の温度	炭素鋼、低合金鋼及び高張力鋼	370°C
	オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金	430°C

- c. 供用状態A及び供用状態Bにおいて、熱曲げ応力を除く一次+二次応力強さの変動幅が $3S_m$ 以内であること (JSME PVB-3313)。
- d. 供用状態A及び供用状態Bにおいて、疲労解析に用いる繰返しピーク応力強さが許容繰返し回数10回に対応する許容繰返しピーク応力強さを超えないこと (JSME PVB-3314)。

- (2) 供用状態A及び供用状態Bにおける一次+二次応力強さのサイクルにおいて、次のとおり繰返しピーク応力強さ( $S_p$ )を求め、前述する6.5.1「一般の疲労解析 (JSME PVB-3114)」と同様に疲労解析を行い、UIが1.0を超えないことを確認する。 (JSME PVB-3315)

- a. 供用状態A及び供用状態Bにおける一次+二次応力強さのサイクルにおいて、その最大値と最小値の差が $3S_m$ を超えない場合

$$S_\ell = \frac{S_p}{2}$$

$S_p$  : 疲労解析によるピーク応力強さのサイクルにおいて、その極大値と極小値との差

- b. 供用状態A及び供用状態Bにおける一次+二次応力強さのサイクルにおいて、その最大値と最小値の差が $3S_m$ を超える場合

$$S_\ell = \frac{K_e S_p}{2}$$

$K_e$  : 次の計算式より計算した繰返しピーク応力強さに対する割増し係数

(a)  $K < B_0$

$$\text{イ. } \frac{S_n}{3S_m} < \frac{\left(q + \frac{A_o}{K} - 1\right) - \sqrt{\left(q + \frac{A_o}{K} - 1\right)^2 - 4A_o(q-1)}}{2A_o}$$

$$\text{ロ. } \frac{S_n}{3S_m} \geq \frac{\left(q + \frac{A_o}{K} - 1\right) - \sqrt{\left(q + \frac{A_o}{K} - 1\right)^2 - 4A_o(q-1)}}{2A_o}$$

$$K_e = K_e' = 1 + (q-1) \left( 1 - \frac{3S_m}{S_n} \right)$$

(b)  $K \geq B_0$

$$\text{イ. } \frac{S_n}{3S_m} < \frac{(q-1) - \sqrt{A_o \left( 1 - \frac{1}{K} \right) (q-1)}}{a}$$

$$\text{ロ. } \frac{S_n}{3S_m} \geq \frac{(q-1) - \sqrt{A_o \left( 1 - \frac{1}{K} \right) (q-1)}}{a}$$

$$K_e = K_e'' = a \cdot \frac{S_n}{3S_m} + A_o \left( 1 - \frac{1}{K} \right) + 1 - a$$

$$K_e = K_e' = 1 + (q-1) \left( 1 - \frac{3S_m}{S_n} \right)$$

ここで、

$$K = \frac{S_p}{S_n}$$

$$a = A_o \left( 1 - \frac{1}{K} \right) + (q-1) - 2 \sqrt{A_o \left( 1 - \frac{1}{K} \right) (q-1)}$$

$S_n$  : 一次応力と二次応力を加えて求めた応力解析による応力強さのサイクルにおいて、その極大値と極小値との差

$q, A_o$ 及び $B_o$  : 第6-1表に掲げる材料の種類に応じ、それぞれ同表に掲げる値

第6-1表  $q, A_o$ 及び $B_o$ の値 (JSME 表 PVB-3315.1-1)

材料の種類	$q$	$A_o$	$B_o$
低合金鋼	3.1	1.0	1.25
オーステナイト系ステンレス鋼	3.1	0.7	2.15
高ニッケル合金	3.1	0.7	2.15

## 6.6 特別な応力等の評価

特別な荷重条件、あるいは特別な形状については、次の評価を行う。

### 6.6.1 支圧荷重評価 (JSME PVB-3116)

支圧荷重を受ける原子炉容器上部ふたフランジ部については、供用状態A、供用状態B、供用状態C及び試験状態における平均支圧応力を評価する。

### 6.6.2 熱応力ラチエット評価 (JSME PVB-3113)

圧力及び熱を受ける管台に生じる熱応力変動は、供用状態A及び供用状態Bにおいて熱応力ラチエットを評価する。

## 7. 物性値

温度分布計算及び応力計算に使用する材料及び流体の物性値は以下の資料に基づき決定する。

- (1) 材料規格 Part3 第2章表1及び表2
- (2) ASME BOILER&PRESSURE VESSEL CODE SEC. II MATERIALS  
(2007 Edition, 2008a Addenda, 2009b Addenda)
- (3) 流体の熱物性値集(昭和58年8月20日 日本機械学会)

## 重大事故等クラス2容器の強度計算方法

設計及び工事計画認可申請添付資料 6-2-3

玄海原子力発電所第3号機

目 次

頁

1. 概 要 .....	6 (3) - 2 - 3 - 1
2. 重大事故等クラス 2 容器であってクラス 1 容器の強度評価方法 ·	6 (3) - 2 - 3 - 2
2.1 確認内容 .....	6 (3) - 2 - 3 - 2
2.2 重大事故等クラス 2 容器であってクラス 1 容器の 強度評価（原子炉停止機能喪失時を除く。）方法 .....	6 (3) - 2 - 3 - 4
2.3 重大事故等クラス 2 容器であって クラス 1 容器の原子炉停止機能喪失時の強度評価方法 .....	6 (3) - 2 - 3 - 5

## 1. 概 要

本資料は、資料 6-1-3 「重大事故等クラス 2 容器の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス 2 容器である原子炉容器上部ふたが十分な強度を有することを確認するための方法として適用する「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012 年版）〈第 I 編 軽水炉規格〉 JSME S NC1-2012」（日本機械学会）（以下「JSME」という。）及び「発電用原子力設備規格 材料規格（2012 年版） JSME S NJ1-2012」（日本機械学会）（以下「材料規格」という。）の規定に基づく強度計算方法について説明するものである。

## 2. 重大事故等クラス2容器であってクラス1容器の強度評価方法

重大事故等クラス2容器であってクラス1容器の強度評価（原子炉停止機能喪失時を除く。）については、以下の確認内容のとおり、クラス1容器の評価結果を用いることにより重大事故等クラス2容器の評価ができることから、クラス1容器における評価結果の確認による評価を実施する。

原子炉停止機能喪失時は、使用圧力及び使用温度が運転状態III及び運転状態IVの評価圧力及び評価温度を上回ることから、資料6-1-3「重大事故等クラス2容器の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等時の評価条件に対して、供用状態Dの許容応力を目安とした評価を実施する。

### 2.1 確認内容

- (1) 「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」（平成25年6月28日 原子力規制委員会規則第6号）第17条において、クラス1容器の材料、構造及び強度の要求は、重大事故等クラス2容器に要求される適切な機械的強度及び化学的成分、延性破断の防止等の要求に進行性変形による破壊の防止の要求を加えたものである。
- (2) 重大事故等事象は、設計基準事故事象が起因となって発生するものであり、また、起因事象発生後1次系内の圧力が下がりジェット反力が小さくなるなど、事象発生直後以降に有意な荷重は生じることはないと考えられるため、重大事故等時に至ったとしても新たに生じる荷重はない。重大事故等時の事故時荷重を第2-1表に示す。第2-1表に示すとおり、重大事故等時の事故時荷重は起因となる運転状態III及び運転状態IVの事故時荷重に包絡される。  
重大事故等時における使用圧力及び使用温度は、原子炉停止機能喪失時を除いて、運転状態III及び運転状態IVの評価圧力及び評価温度に包絡される。

第2-1表 重大事故等事象に対する荷重の整理表

重大事故等時				運転状態III及び運転状態IVの評価との関係	
事故シーケンス グループ	重要事故シーケンス	事故時荷重 <sup>(注1)(注2)</sup>	ピーク圧力 <sup>(注3)</sup> (MPa)	(事故時荷重の包絡性)	(ピーク圧力の包絡性)
2次冷却系からの除熱機能喪失	主給水流量喪失+補助給水失敗	1次系内に急激な圧力変動はなく、事故時荷重は生じない。	16.8	配管破断によるジェット反力を伴わない事故シーケンスである。	包絡圧力( $P=18.88\text{ MPa}$ )に包絡される。
全交流動力電源喪失	全交流動力電源喪失+RCP シール LOCA 全交流動力電源喪失+RCP シール リーク	1次系内に急激な圧力変動はなく、ジェット反力も微小 ( $F_j < 13\text{ kN}$ (III-a (1次冷却系細管破断事故)よりも漏えいが軽微))	15.41	III-a (1次冷却系細管破断事故)よりも荷重が小さく、これに包絡される。	III-a (1次冷却系細管破断事故)のピーク圧力と同じである。
原子炉補機冷却機能喪失	CCW 機能喪失+RCP シール LOCA	全交流動力電源喪失+RCP シール LOCA と同様			
原子炉格納容器の除熱機能喪失	大 LOCA+低圧再循環失敗+CV スプレイ失敗	1次系内に急激な圧力変動は小さく、ジェット反力も微小 ( $F_j = 150\text{ kN}$ )	15.41	IV-a (1次冷却材喪失事故)と同じ荷重を考慮すべき事象である。	IV-a (1次冷却材喪失事故)のピーク圧力と同じである。
原子炉停止機能喪失	負荷の喪失+原子炉自動停止失敗	1次系内に急激な圧力変動はなく、事故時荷重は生じない。	18.9	配管破断によるジェット反力を伴わない事故シーケンスである。	包絡圧力( $P=18.88\text{ MPa}$ )に包絡されないことから、今回評価を実施する。
ECCS 注水機能喪失	中小 LOCA+高圧注入失敗	1次系内に急激な圧力変動は小さく、ジェット反力も微小 ( $F_j = 150\text{ kN}$ )	15.41	IV-a (1次冷却材喪失事故)と同じ荷重を考慮すべき事象である。	IV-a (1次冷却材喪失事故)のピーク圧力と同じである。
ECCS 再循環機能喪失	大 LOCA+高圧再循環失敗+低圧再循環失敗	1次系内に急激な圧力変動は小さく、ジェット反力も微小 ( $F_j = 150\text{ kN}$ )	15.41	IV-a (1次冷却材喪失事故)と同じ荷重を考慮すべき事象である。	IV-a (1次冷却材喪失事故)のピーク圧力と同じである。
バ格イ納パ容器	インターフェイスシステム LOCA (RHR 系漏えい)	CV 外破断を想定する事象であり、1次系に荷重が発生する事象でないため対象外			
	SGTR+破損 SG 隔離失敗	1次系内に急激な圧力変動はなく、ジェット反力も微小 ( $F_j = 8\text{ kN}$ )	15.41	IV-f (蒸気発生器伝熱管破損事故)と同じ荷重を考慮すべき事象である。	IV-f (蒸気発生器伝熱管破損事故)のピーク圧力と同じである。

(注1) 事故時に発生する機械的荷重

(注2)  $F_j$ は、ジェット反力を示す。

(注3) 有効性評価において確認したピーク圧力を示す。なお、有効性評価では、不確かさを一律に重畠させた評価なども行っているが、今回の重大事故等事象に対する荷重の整理においては、有効性評価の不確かさの重畠までは考慮していない。

2.2 重大事故等クラス 2 容器であってクラス 1 容器の強度評価（原子炉停止機能喪失時を除く。）方法

重大事故等クラス 2 容器であってクラス 1 容器の強度評価（原子炉停止機能喪失時を除く。）は、クラス 1 容器の評価結果にてクラス 1 容器としての強度が十分であることを確認することにより、重大事故等クラス 2 容器として要求される強度が十分であることを確認する。

## 2.3 重大事故等クラス2容器であってクラス1容器の原子炉停止機能喪失時の強度評価方法

### 2.3.1 記号の定義

重大事故等クラス2容器であってクラス1容器の原子炉停止機能喪失時の強度計算に用いる記号について、以下に説明する。

記号	単位	定義
F	MPa	ピーク応力
$F_x$	N又はkN	X軸方向の荷重
$F_y$	N又はkN	Y軸方向の荷重
$F_z$	N又はkN	Z軸方向の荷重
$M_x$	N・m又はkN・m	X軸回りのモーメント
$M_y$	N・m又はkN・m	Y軸回りのモーメント
$M_z$	N・m又はkN・m	Z軸回りのモーメント
MIN(A,B)	MPa	A又はBの2つの値のうち小さい方の値 (応力強さ限界)
$P_b$	MPa	一次曲げ応力
$P_L$	MPa	一次局部膜応力
$P_m$	MPa	一次一般膜応力
$S_m$	MPa	各温度における材料規格Part3 第1章 表1に定める設計応力強さ
$S_u$	MPa	各温度における材料規格Part3 第1章 表7に定める設計引張強さ
$S_y$	MPa	各温度における材料規格Part3 第1章 表6に定める設計降伏点
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	MPa	主応力
$\sigma_r$	MPa	半径(r)方向応力
$\sigma_x$	MPa	軸(x)方向応力
$\sigma_\theta$	MPa	周(θ)方向応力
$\tau_{rx}$	MPa	軸径(rx)方向せん断応力
$\tau_{x\theta}$	MPa	軸周(x θ)方向せん断応力
$\tau_{\theta r}$	MPa	周径(θr)方向せん断応力

### 2.3.2 計算条件

#### (1) 解析方針

応力解析は有限要素法及びはり理論を用いて実施し、圧力、外荷重が加わることにより強度評価上厳しくなる材料及び構造上の不連続部を選定して行う。

評価は JSME に従い、次のとおり実施する。

##### a. 一次応力評価

JSME PVB-3111 に従い、重大事故等時の一次応力評価を行う。一次応力評価の内容は、後述する 2.3.5 「強度評価」に記載する。

なお、JSME PVB-3160 の極限解析は、JSME PVB-3111 の規定に従うため用いない。

##### b. 減肉代

原子炉容器上部ふたの内面は、オーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金であるため、JSME PVB-3410 の減肉代は考慮しない。

##### c. クラッド容器に対する強度評価上の取扱い

原子炉容器上部ふたの内面のクラッド部は、JSME PVB-3420 に従い、強度部材として考慮しない。

(2) 形状及び寸法

寸法は、原則として、板厚は最小寸法、その他（径、長さ等）は公称寸法を用いる。

(3) 応力分類と応力強さの限界及び許容限界

容器に発生する応力は、その応力発生の原因及び場所により、一次応力、二次応力、ピーク応力等に分類し、一次応力に対して応力強さの限界及び許容応力（許容値）と比較評価する。

a. 応力の分類

容器に発生する応力は、一次応力（一次一般膜応力、一次局部膜応力、一次曲げ応力）、二次応力、ピーク応力等に分類されるが、具体的には資料 6-2-2 「クラス 1 容器の強度計算方法」の第 3-1 表に示す。

b. 応力強さの限界及び許容限界

応力解析の結果について、評価を行う際の応力強さの限界を第 2-2 表に、各許容値を定めるために用いる温度を第 2-3 表に示す。

第2-2表 応力強さの限界

応力分類 状 態	一次一般膜 応力強さ	一次局部膜 応力強さ	一次膜+一次 曲げ応力強さ (注1)
	P <sub>m</sub>	P <sub>L</sub>	P <sub>L</sub> +P <sub>b</sub>
重大事故等時	2/3S <sub>u</sub> MIN(2.4S <sub>m</sub> , 2/3S <sub>u</sub> ) <sup>(注2)</sup>	1.5(2/3S <sub>u</sub> ) 1.5MIN(2.4S <sub>m</sub> , 2/3S <sub>u</sub> ) <sup>(注2)</sup>	$\alpha (2/3S_u)$ $\alpha \text{MIN}(2.4S_m,$ $2/3S_u)$ <sup>(注2)</sup>

(注1)  $\alpha$  は応力解析における純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値であり、次式より求まる形状係数である。

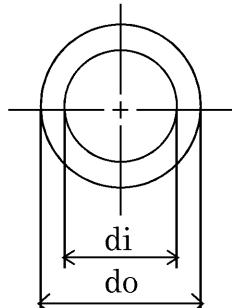
$$\alpha = \text{MIN} \left[ \frac{32 (1 - (d_i/d_o)^3)}{6\pi (1 - (d_i/d_o)^4)}, 1.5 \right]$$

ここで、

d<sub>i</sub> : 管台の内径

d<sub>o</sub> : 管台の外径

(注2) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に適用する。



第2-3表 許容値を定めるために用いる温度

機 器 名 供用状態	原子炉容器上部ふた
	重大事故等時
	362°C

### 2.3.3 荷重条件

荷重条件は、重大事故等時における荷重として算出した荷重と外荷重とを組み合わせ、評価に用いる。

#### (1) 重大事故等時の評価条件

重大事故等時の評価条件を第 2-4 表に示す。

#### (2) 外荷重

外荷重は、次の荷重である。

但し、各荷重の内容については、資料 6-3-3 「重大事故等クラス 2 容器の強度計算書」による。

- a. 機械的荷重
- b. 自 重
- c. 事故時荷重

#### (3) 荷重の組合せ

応力解析を行う場合の重大事故等時における荷重の組合せを第 2-5 表に示す。

第 2-4 表 重大事故等時の評価条件

	原子炉容器上部ふた
重大事故等時における評価圧力	18.9MPa
重大事故等時における評価温度	362°C

第2-5表 荷重の組合せ

	圧 力	外 荷 重				熱過渡による 荷 重
		機械的荷重	自 重	熱膨張荷重	事故時荷重	
重大事故等時	○	○	○	—	○	—

#### (4) 荷重の適用

##### a. 重大事故等時

前述の 2.1(2)項に示すとおり、重大事故等時の事故時荷重は、起因となる運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳの事故時荷重に包絡されるが、原子炉停止機能喪失時の使用圧力は、運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳの評価圧力を上回ることから、原子炉停止機能喪失時における評価を実施する。

原子炉停止機能喪失時は、第 2-1 表に示すとおり、事故時荷重は生じないことから、使用圧力に機械的荷重及び自重を加えた荷重を用いる。

### 2.3.4 応力解析

#### (1) 概要

容器の形状、寸法、荷重条件に基づき、圧力、外荷重による応力解析を行う。

荷重条件は 2.3.3「荷重条件」に示されているが、各部の計算においては、その部分に加わる荷重条件を選定して解析を行う。

#### (2) 荷重の算出

##### a. 自重

###### (a) 解析モデル

解析モデルは、空気抜管を含めた空気抜き配管、弁及び支持装置を資料 6-2-2 「クラス 1 容器の強度計算方法」の第 5-2 図に示すはり・質点系に置換したモデルとする。

空気抜き配管モデルの空気抜管仕様を、資料 6-2-2 「クラス 1 容器の強度計算方法」の第 5-2 表に、空気抜き配管仕様を第 5-3 表に、質点質量を第 5-4 表に示す。

モデル化に当たり、原則として配管及び保温材等の質量は、集中質量として支持点及び分岐点等の質点分割点間の中央に設ける。近傍に弁等の集中質量がある場合は、弁等の集中質量に含める。弁については、配管上の付加重量としてモデル化する。支持点については、拘束方向及び支持機能に従ってモデル化し、

###### (b) 解析手法

上記(a)項の解析モデルを用いて解析を行い、空気抜管に作用する自重を算出する。

解析コードは「MSAP (配管)」を使用する。

### (3) 圧力による応力の計算

#### a. 応力計算

圧力による応力の算出に当たっては、有限要素法を用いる。

有限要素法では、解析しようとする構造物を2次元又は3次元の弾性体の要素でモデル化する。

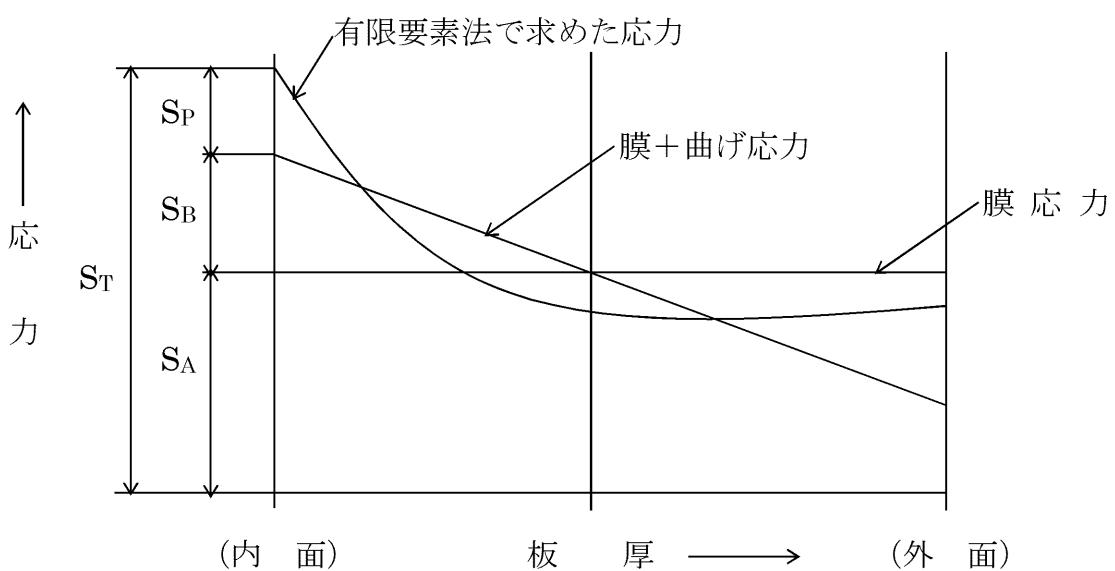
#### b. 応力分類

有限要素法で計算した応力は、膜+曲げ+ピーク応力（全応力）であり、応力評価を行うためには、この応力を下図に示すように、膜応力、曲げ応力及びピーク応力に分類する必要がある。

応力分類は、応力計算に引き続いて実施する。

膜応力：断面の任意の位置における応力を板厚方向で積分し、断面積で割ることにより求める。

曲げ応力：断面の任意の位置における曲げモーメントを求め、これを積分したもの断面係数で割ることにより求める。



$S_T$ ：膜+曲げ+ピーク応力（内面における全応力）

$S_P$ ：ピーク応力（内面における）

$S_B$ ：曲げ応力（内面における）

$S_A$ ：膜応力

#### (4) 外荷重による応力の計算

外荷重（機械的荷重、自重）により原子炉容器上部ふたに取り付けられた管台に生じる応力は、以下の手順により求める。

##### a. 荷重条件

解析に用いる荷重としては、資料 6-2-2 「クラス 1 容器の強度計算方法」の第 5-3 図に示すような力及びモーメントが管台評価点に作用するものとする。

##### b. 応力計算

管台の断面に生じる応力は、資料 6-2-2 「クラス 1 容器の強度計算方法」の 5.5.2 「応力計算」に示すはり理論の応力計算式で計算する。

##### c. はり理論を用いない外荷重による応力の発生

はり理論を用いない外荷重による応力の算出は、2.3.4(3)「圧力による応力の計算」に示す有限要素法を用いる。

### 2.3.5 強度評価

#### (1) 概要

応力解析結果を用いて、一次応力強さの評価を行う。

#### (2) 応力強さの計算

応力強さの計算は、資料 6-2-2 「クラス 1 容器の強度計算方法」の 6.2 「応力強さの計算」に従う。

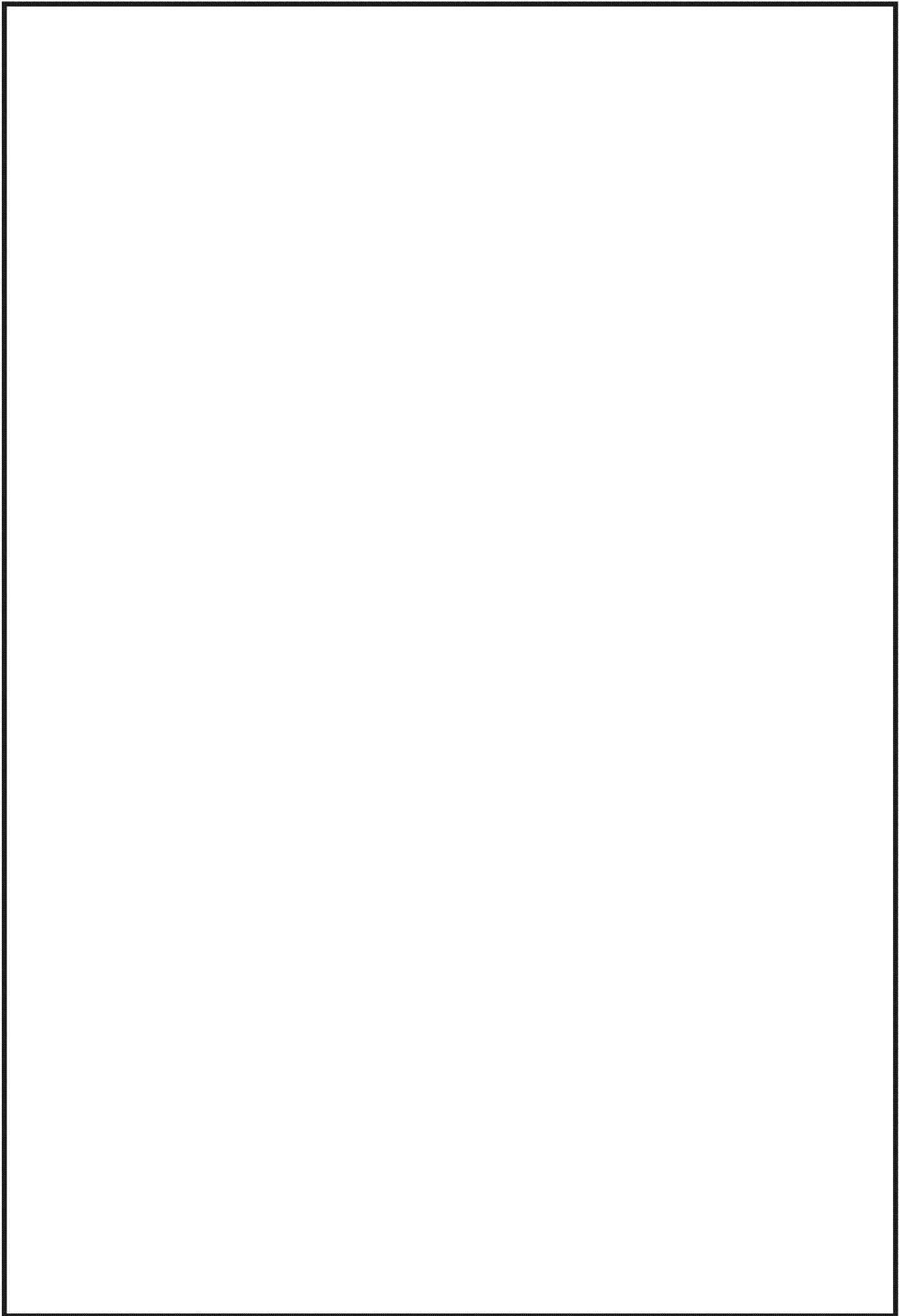
#### (3) 一次応力強さの評価 (JSME PVB-3111)

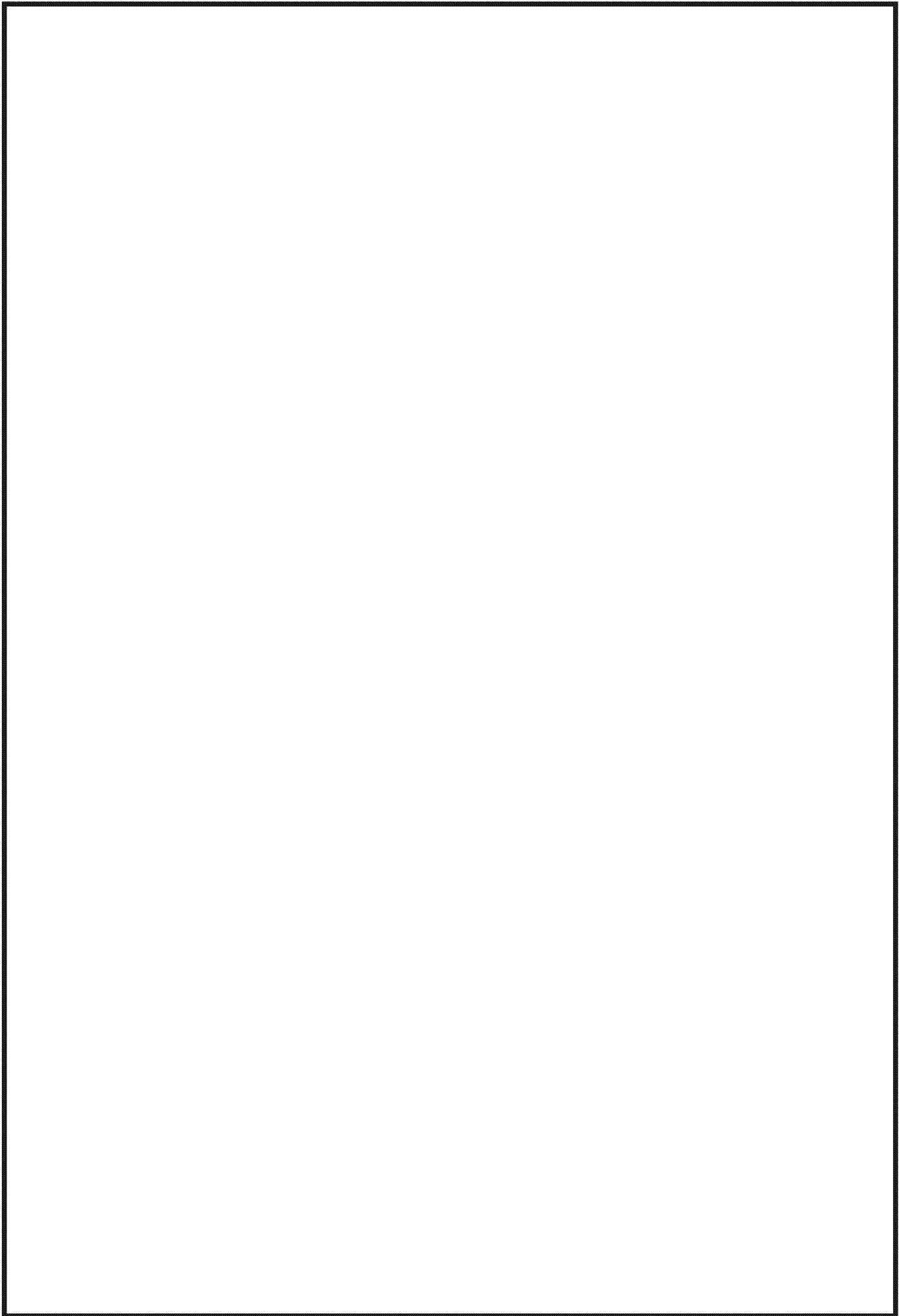
重大事故等時においては、 $P_m, P_L, P_L + P_b$  の評価を行う。

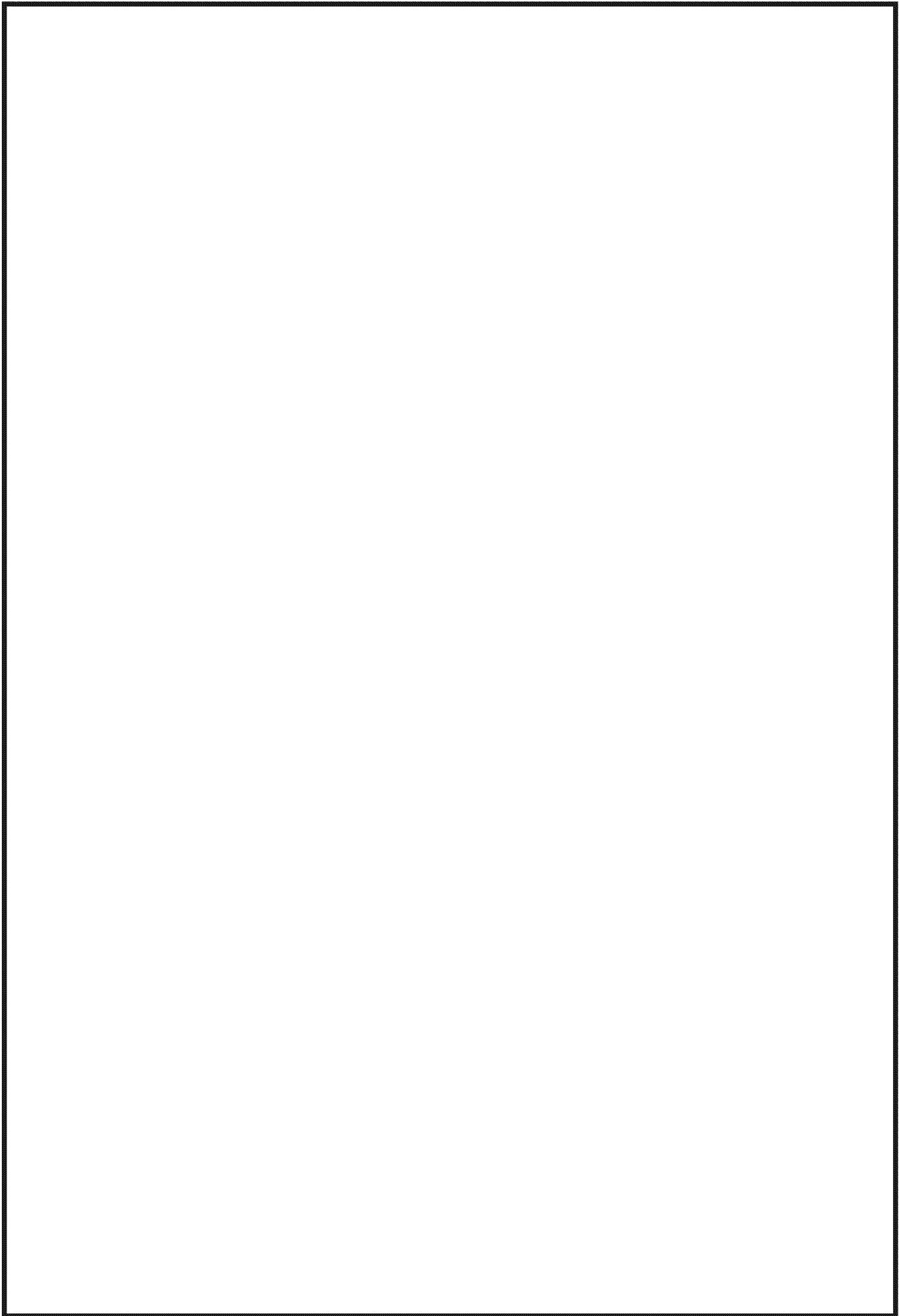
但し、 $P_L$  の許容値は  $P_L + P_b$  の許容値以上であり、かつ  $P_L$  の最大値は、 $P_L + P_b$  の最大値以下であるため、 $P_b$  に分類すべき応力が発生する場合は、 $P_L$  の評価は  $P_L + P_b$  の評価で代表する。

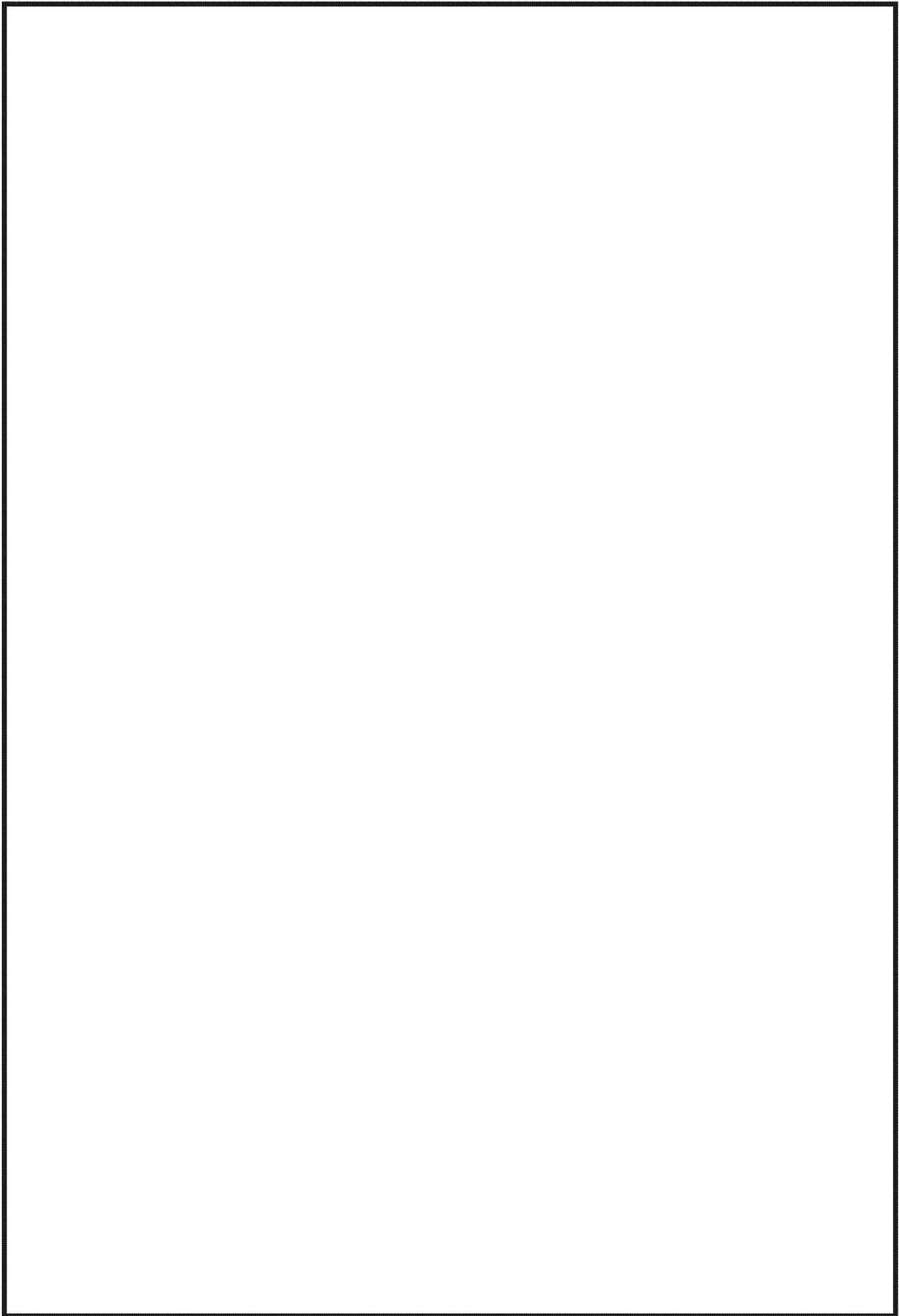
### 2.3.6 物性値

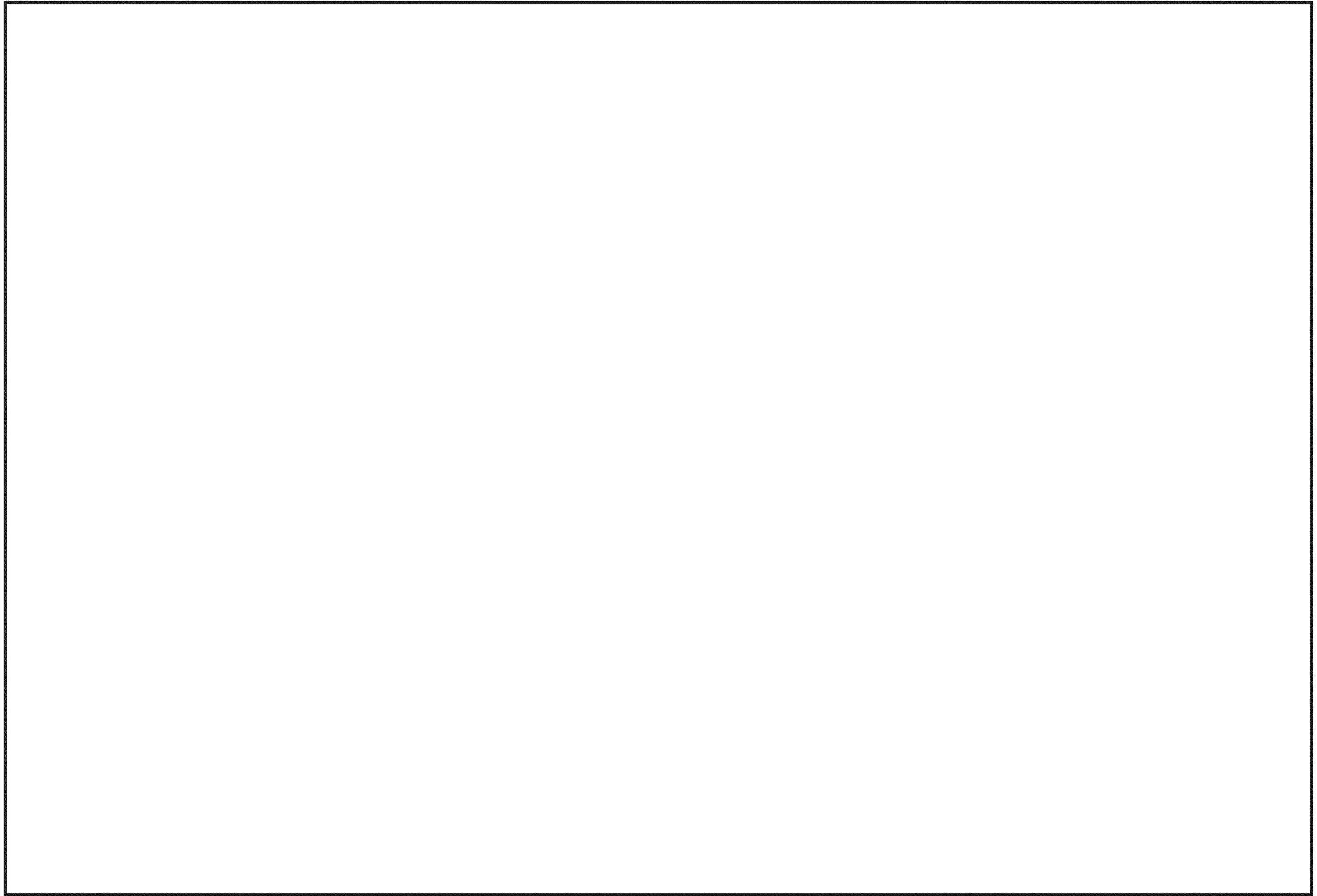
応力計算に使用する材料の物性値は、材料規格 Part3 第 2 章表 1 及び表 2 に基づき決定する。

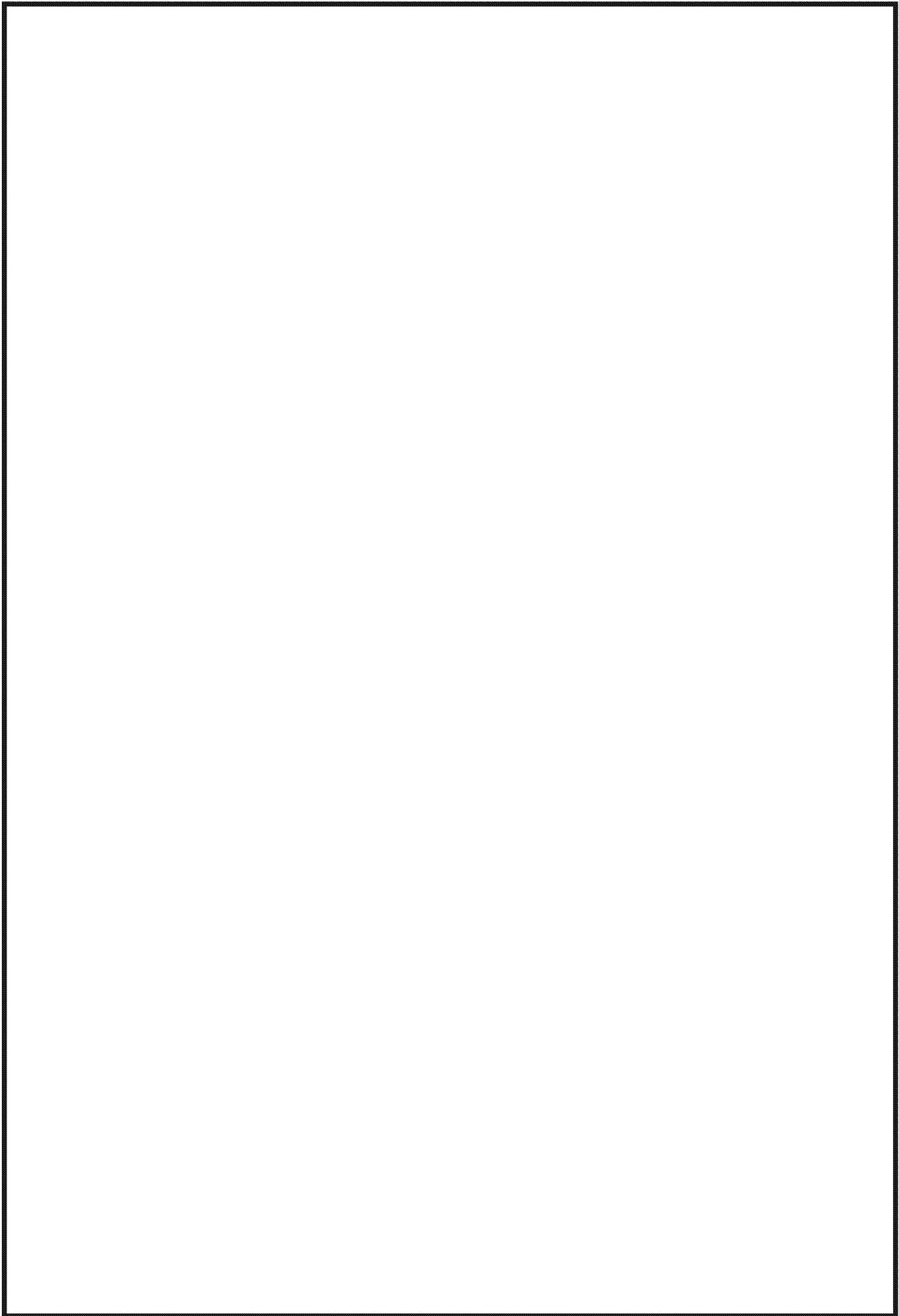












# 強度計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 6-3

玄海原子力発電所第3号機

## 強度計算書の概要

設計及び工事計画認可申請添付資料 6-3-1

玄海原子力発電所第3号機

目 次

頁

1. 概 要 .....	6 (3) - 3 - 1 - 1
--------------	-------------------

## 1. 概 要

本資料は、資料 6-2「強度計算方法」に基づき、クラス 1 容器、重大事故等クラス 2 容器 [REDACTED] が十分な強度を有することの確認結果を示すものであり、以下の資料により構成する。

添付資料 6-3-2 クラス 1 容器の強度計算書

添付資料 6-3-3 重大事故等クラス 2 容器の強度計算書

# クラス1容器の強度計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料6-3-2

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	6 (3) - 3 - 2 - 1
2. 記号の説明 .....	6 (3) - 3 - 2 - 2
3. 解析箇所 .....	6 (3) - 3 - 2 - 3
4. 荷重条件 .....	6 (3) - 3 - 2 - 5
4.1 設計条件 .....	6 (3) - 3 - 2 - 5
4.2 設計過渡条件 .....	6 (3) - 3 - 2 - 5
4.3 外荷重条件 .....	6 (3) - 3 - 2 - 5
4.4 温度条件 .....	6 (3) - 3 - 2 - 8
5. 応力強さの限界及び許容限界 .....	6 (3) - 3 - 2 - 10
5.1 応力強さの限界及び許容限界 .....	6 (3) - 3 - 2 - 10
5.2 特別な応力等に対する許容限界 .....	6 (3) - 3 - 2 - 10
5.3 設計応力強さ等 .....	6 (3) - 3 - 2 - 10
6. 応力解析結果及び評価 .....	6 (3) - 3 - 2 - 12
6.1 評価の概要 .....	6 (3) - 3 - 2 - 12
6.2 上部ふた .....	6 (3) - 3 - 2 - 17
6.3 ふた管台 .....	6 (3) - 3 - 2 - 46
6.4 空気抜管 .....	6 (3) - 3 - 2 - 78
6.5 制御棒クラスタ駆動装置 .....	6 (3) - 3 - 2 - 111

## 1. 概 要

本資料は、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」に従い、クラス1容器としての原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の強度計算結果についてまとめたものである。

## 2. 記号の説明

本資料で用いる記号について、次に定義する。

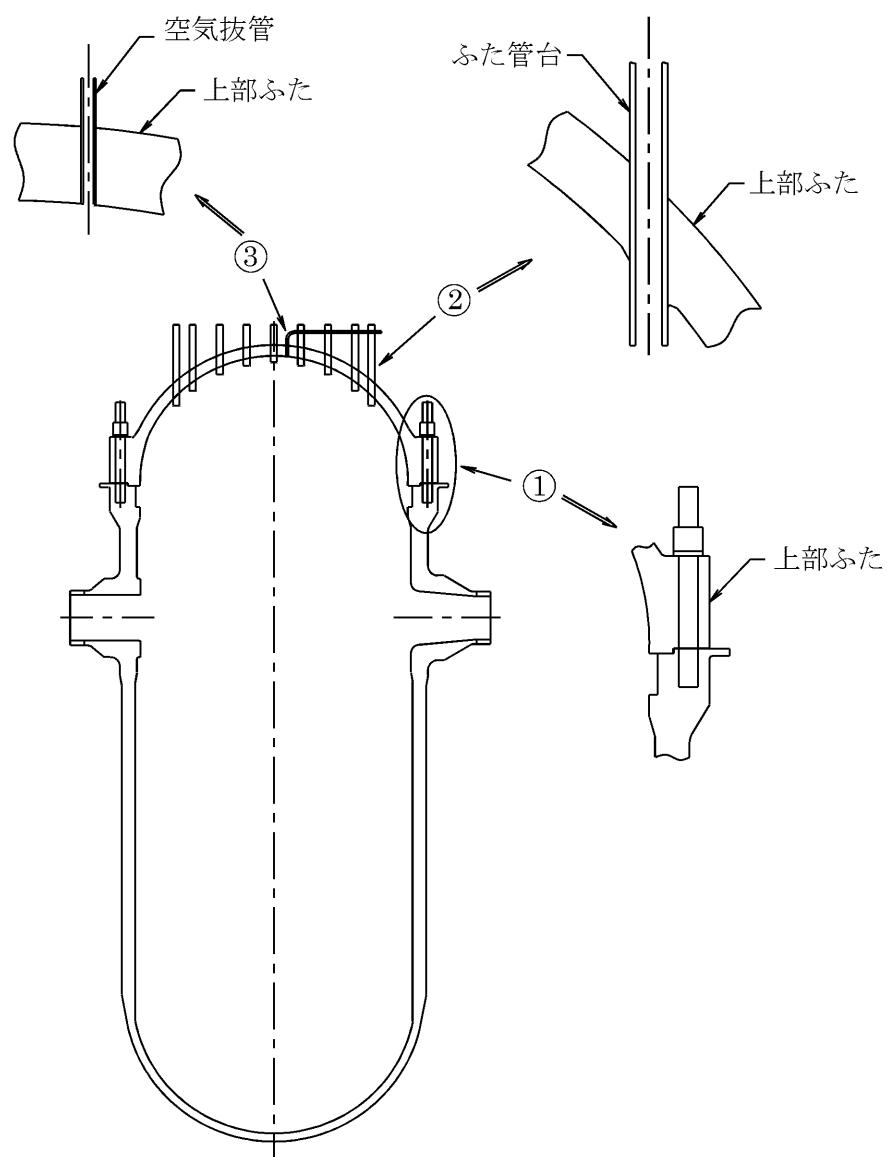
記号	単位	定義
A <sub>LT</sub>	MPa	繰返しピーク応力強さ
A <sub>LT'</sub>	MPa	縦弾性係数で補正した繰返しピーク応力強さ
F	MPa	ピーク応力
F <sub>x</sub>	kN	X軸方向の荷重
F <sub>y</sub>	kN	Y軸方向の荷重
F <sub>z</sub>	kN	Z軸方向の荷重
K <sub>e</sub>	—	繰返しピーク応力強さに対する割増し係数
MAX(A,B)	MPa	A又はBの2つの値のうち大きい方の値
MIN(A,B)	MPa	A又はBの2つの値のうち小さい方の値
M <sub>x</sub>	kN・m	X軸回りのモーメント
M <sub>y</sub>	kN・m	Y軸回りのモーメント
M <sub>z</sub>	kN・m	Z軸回りのモーメント
N	回	設計繰返し回数
N*	回	許容繰返し回数
P <sub>b</sub>	MPa	一次曲げ応力
P <sub>L</sub>	MPa	一次局部膜応力
P <sub>m</sub>	MPa	一次一般膜応力
Q	MPa	二次応力
S <sub>1</sub> ,S <sub>2</sub> ,S <sub>3</sub>	MPa	主応力
S <sub>12</sub>	MPa	主応力差 (S <sub>1</sub> -S <sub>2</sub> )
S <sub>23</sub>	MPa	主応力差 (S <sub>2</sub> -S <sub>3</sub> )
S <sub>31</sub>	MPa	主応力差 (S <sub>3</sub> -S <sub>1</sub> )
S <sub>m</sub>	MPa	設計応力強さ
S <sub>u</sub>	MPa	設計引張強さ
S <sub>y</sub>	MPa	設計降伏点
UI	—	供用状態A及び供用状態Bの疲労累積係数
σ <sub>p</sub>	MPa	最大一次一般膜応力
σ <sub>r</sub>	MPa	半径(r)方向応力
σ <sub>t</sub>	MPa	円周(θ)方向応力
σ <sub>x</sub>	MPa	軸(x)方向応力
τ <sub>rx</sub>	MPa	軸径(rx)方向せん断応力
τ <sub>xt</sub>	MPa	軸周(x θ)方向せん断応力

### 3. 解析箇所

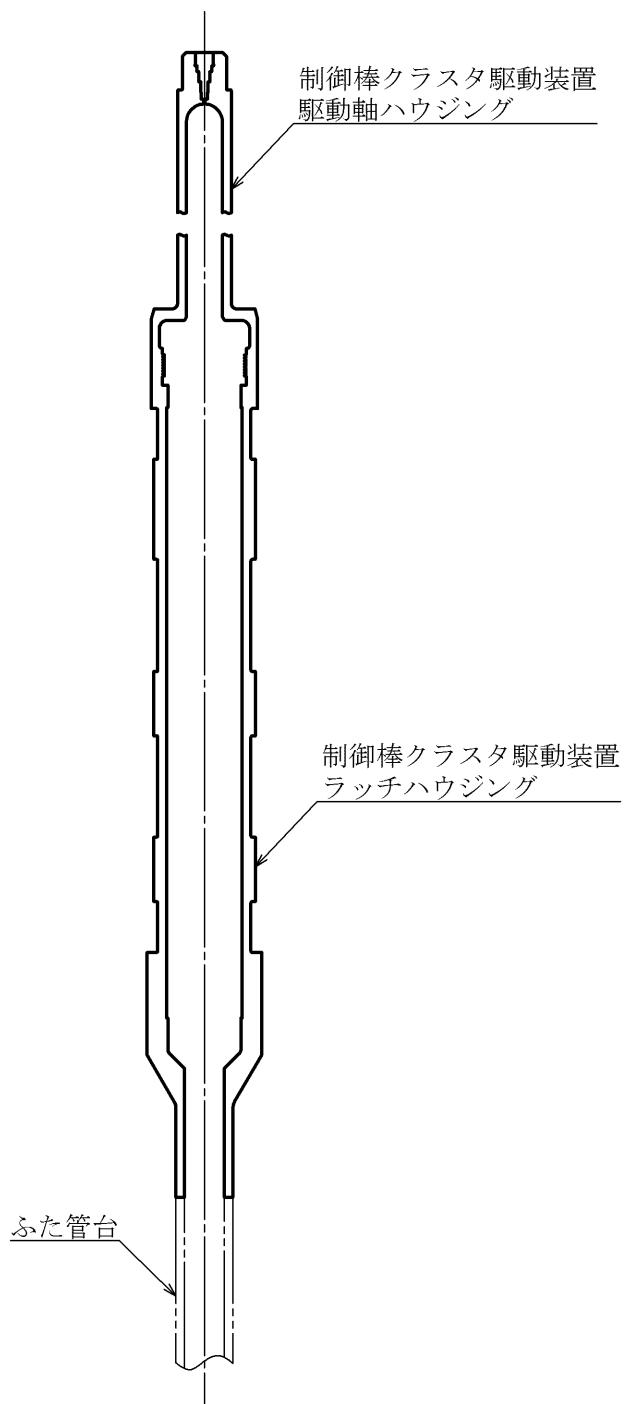
原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の応力解析は、第3-1図及び第3-2図に示す代表箇所において圧力、熱、外荷重が加わることにより強度評価上厳しくなる材料及び構造上の不連続部を選定して行う。

なお、第3-1図及び第3-2図に示す代表箇所での有限要素法を用いた応力解析は、2次元軸対称解析モデルにて行う。

- ① 上部ふた
- ② ふた管台
- ③ 空気抜管



第3-1図 原子炉容器上部ふたの応力解析箇所



第3-2図 制御棒クラスタ駆動装置の応力解析箇所

## 4. 荷重条件

### 4.1 設計条件

原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の設計条件は、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」の4.1「設計条件」（第4-1表）による。

### 4.2 設計過渡条件

原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の設計過渡条件は、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」4.2「設計過渡条件」（第4-2表）による。

### 4.3 外荷重条件

#### 4.3.1 原子炉容器上部ふた

原子炉容器上部ふたの設計条件、供用状態A、供用状態B、供用状態C、供用状態D及び試験状態における外荷重は、第4-1表及び第4-2表による。

供用状態C及び供用状態Dの荷重の適用については、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」の4.6「荷重の適用」（第4-4表）により、包絡圧力及び第4-1表に示す荷重を使用して解析する。

#### 4.3.2 制御棒クラスタ駆動装置

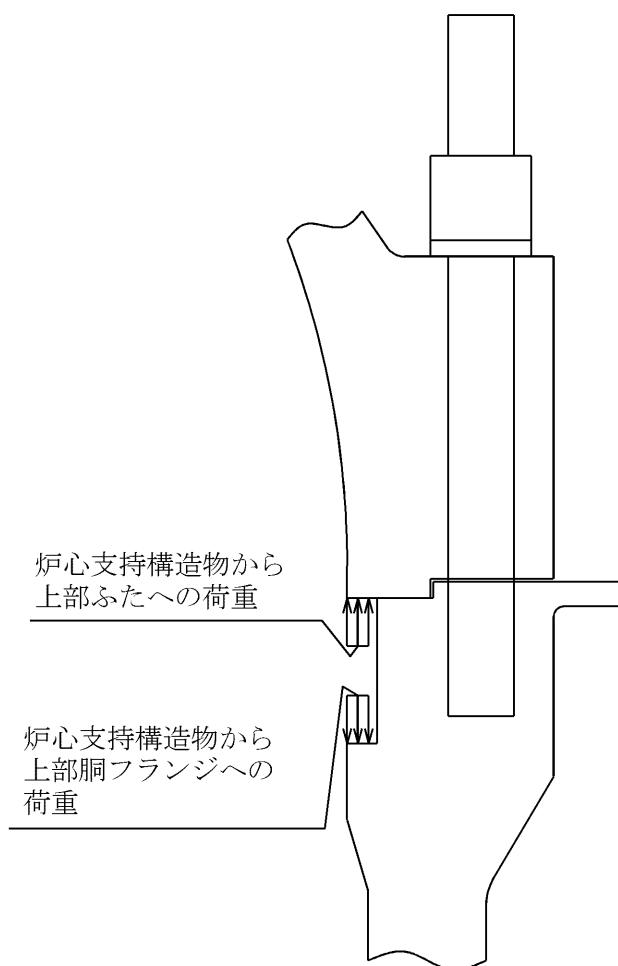
制御棒クラスタ駆動装置の設計条件、供用状態A、供用状態B、供用状態C、供用状態D及び試験状態における外荷重は、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」の4.5「荷重の組合せ」（第4-3表）による。

供用状態C及び供用状態Dの荷重の適用については、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」の4.6「荷重の適用」（第4-4表）により、包絡圧力及び外荷重を使用して解析する。

第4-1表 設計条件、供用状態A,B,C,D、試験状態における外荷重  
(管台を除く)

(単位 : kN)

作用箇所	荷重の種類	荷重値
原子炉容器 フランジ部	炉心支持構造物から上部ふたへの荷重	[ ]
	炉心支持構造物から上部胴フランジへの荷重	[ ]



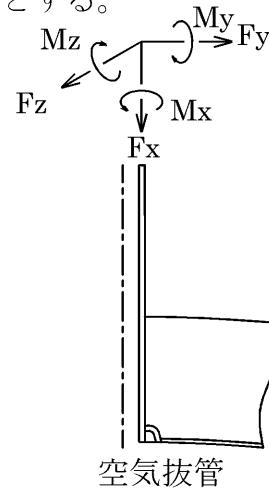
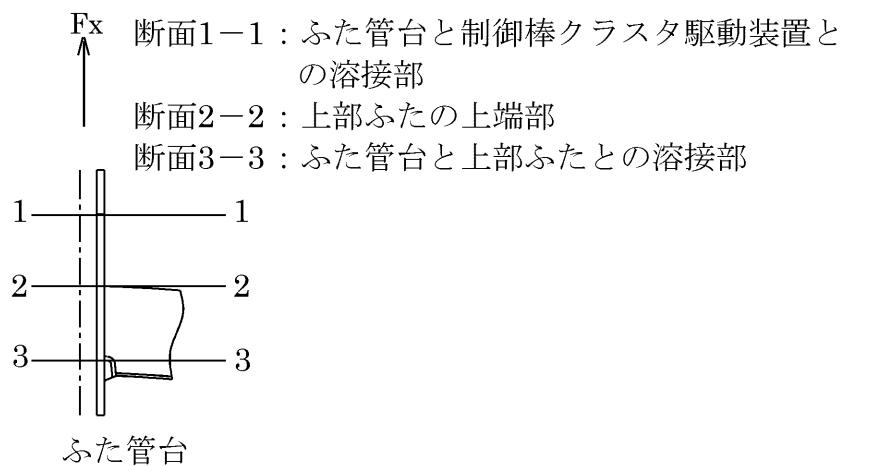
第4-2表 設計条件、供用状態A,B,C,D、試験状態における外荷重

作用箇所		荷重の種類		軸力 (kN)			曲げモーメント (kN·m)		
				Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
ふた 管台	断面1-1	管台反力	自重	-9.921	-	-	-	-	-
	断面2-2			-10.180	-	-	-	-	-
	断面3-3			-10.260	-	-	-	-	-
空気抜管		管台反力	自重	0.120	0.011	-0.006	-0.007	0.028	0.060
			熱膨張 <sup>(注)</sup>	0.130	0.190	-0.400	0.064	-0.074	0.016

(注) 熱膨張荷重は、供用状態A,Bに適用する。

- 6(3)-3-2-7 -

ここで、軸力及び曲げモーメントの方向は、下図に示す方向を正とする。



#### 4.4 溫度条件

原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置の温度分布計算に用いる温度条件を第4-3表及び第4-4表に示す。

第4-3表 原子炉容器上部ふたの温度条件

計算箇所	温度条件
上部ふた	
ふた管台	
空気抜管	

ここで、

$T_H$  : 1次系高温側温度

$T_c$  : 1次系低温側温度

第4-4表 制御棒クラスタ駆動装置の温度条件

温 度 条 件

## 5. 応力強さの限界及び許容限界

### 5.1 応力強さの限界及び許容限界

一次応力強さ、一次+二次応力強さ及び一次+二次+ピーク応力強さに対する応力強さの限界及び許容限界は、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」の3.3.2「応力強さの限界及び許容限界」（第3-2表）による。

### 5.2 特別な応力等に対する許容限界

支圧荷重により生じる平均支圧応力の許容限界及び熱応力ラチエットに対する許容限界は、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」の3.3.2「応力強さの限界及び許容限界」（第3-4表及び第3-5表）による。

### 5.3 設計応力強さ等

原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置に使用する材料の設計応力強さ、設計降伏点及び設計引張強さを第5-1表に示す。

第5-1表 原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置に使用する  
材料の設計応力強さ、設計降伏点及び設計引張強さ

(単位 : MPa)

材 料	設計応力 強さ等の 種 類	供用状態				使用箇所	
		設計条件	供用状態A	供用状態C	試験状態		
			供用状態B	供用状態D			
			343°C	324.9°C	361.3°C	21°C	
SFVQ1A	Sm	183	183	183	—	上部ふた	
	Sy	—	289	282	345		
	Su	—	—	462	—		
GNCF690HL	Sm	137	137	137	—	ふた管台	
	Sy	—	—	—	206		
	Su	—	—	527	—		
GNCF690CM	Sm	161	161	161	—	空気抜管	
	Sy	—	—	—	245		
	Su	—	—	536	—		
SUSF316	Sm	114	116	113	—	ラッチハウジング 駆動軸ハウジング	
	Sy	—	—	—	205		
	Su	—	—	427	—		

## 6. 応力解析結果及び評価

### 6.1 評価の概要

各供用状態における応力評価の概要を第6-1-1表に示す。また、特別な応力等に対する評価として、支圧荷重評価の概要を第6-1-2表に、熱応力ラチエットに対する評価の概要を第6-1-3表に示す。

第6-1-1表 応力評価の概要(1/2)

(単位: MPa (疲労評価を除く) )

解析箇所	供用状態	一次一般膜応力強さ			一次局部膜応力強さ			一次膜+ <sup>(注2)</sup> 一次曲げ応力強さ			一次+二次応力強さ			疲 労 評 値		
		(注1) 評価点	Pm	許容値	(注1) 評価点	PL	許容値	(注1) 評価点	PL+Pb Pm+Pb	許容値	(注1) 評価点	PL+Pb +Q	許容値	(注1) 評価点	UI	許容値
上部ふた	設計条件	1~4	110	183	1,2	155	274	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	供用状態A 供用状態B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	355	549	2	0.011	1.0
	供用状態C	1~4	121	282	1,2	165	423	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	(注3) 供用状態C	1~4	121	253	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	供用状態D	1~4	121	308	1,2	165	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	試験状態	1~4	138	310	1,2	193	465	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ふた管台	設計条件	1~6	49	137	1,2	50	205	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	供用状態A 供用状態B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	456	411	6	0.205	1.0
	供用状態C	1~6	54	164	1,2	55	246	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	供用状態D	1~6	54	328	1,2	55	493	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	試験状態	1~6	61	185	1,2	63	278	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(注1) 評価点は、解析箇所での評価のうち最も厳しい位置である（評価点については、第6-2-1図及び第6-3-1図を参照）。

(注2) 試験状態に適用する一次膜応力は、一次一般膜応力である。

(注3) 圧力荷重のみによる値を示す（オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金は評価対象外）。

(注4) 熱曲げ応力を除いた値である。

第6-1-1表 応力評価の概要(2/2)

(単位: MPa (疲労評価を除く) )

解析箇所	供用状態	一次一般膜応力強さ			一次局部膜応力強さ			一次膜+ <sup>(注2)</sup> 一次曲げ応力強さ			一次+二次応力強さ			疲 労 評 値		
		(注1) 評価点	Pm	許容値	(注1) 評価点	PL	許容値	(注1) 評価点	PL+Pb Pm+Pb	許容値	(注1) 評価点	PL+Pb +Q	許容値	(注1) 評価点	UI	許容値
空気抜管	設計条件	2,4	43	161	—	—	—	4	44	238	—	—	—	—	—	—
	供用状態A 供用状態B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	531	483	4	0.194	1.0
	供用状態C	1~4	47	193	—	—	—	4	48	285	—	—	—	—	—	—
	供用状態D	1~4	47	357	—	—	—	4	48	528	—	—	—	—	—	—
	試験状態	1~4	54	220	3,4	54	330	2,4	54	330	—	—	—	—	—	—
制御棒 クラスタ 駆動装置	設計条件	7,8	107	114	3,4	78	171	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	供用状態A 供用状態B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17	183	348	5	0.001	1.0
	供用状態C	7,8	117	135	3,4	85	202	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	供用状態D	7,8	117	271	3,4	85	406	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	試験状態	7,8	133	184	3,4	97	276	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(注1) 評価点は、解析箇所での評価のうち最も厳しい位置である（評価点については、第6-4-1図及び第6-5-1図を参照）。

(注2) 試験状態に適用する一次膜応力は、一次一般膜応力である。

(注3) 熱曲げ応力を除いた値である。

第6-1-2表 支圧荷重評価の概要

(単位 : MPa)

解析箇所	供用状態	平均支圧応力	許容値
上部ふた・上部胴 フランジかん合面	供用状態A 供用状態B	277	289
	供用状態C	242	282
	試験状態	303	345

第6-1-3表 熱応力ラチエットに対する評価の概要

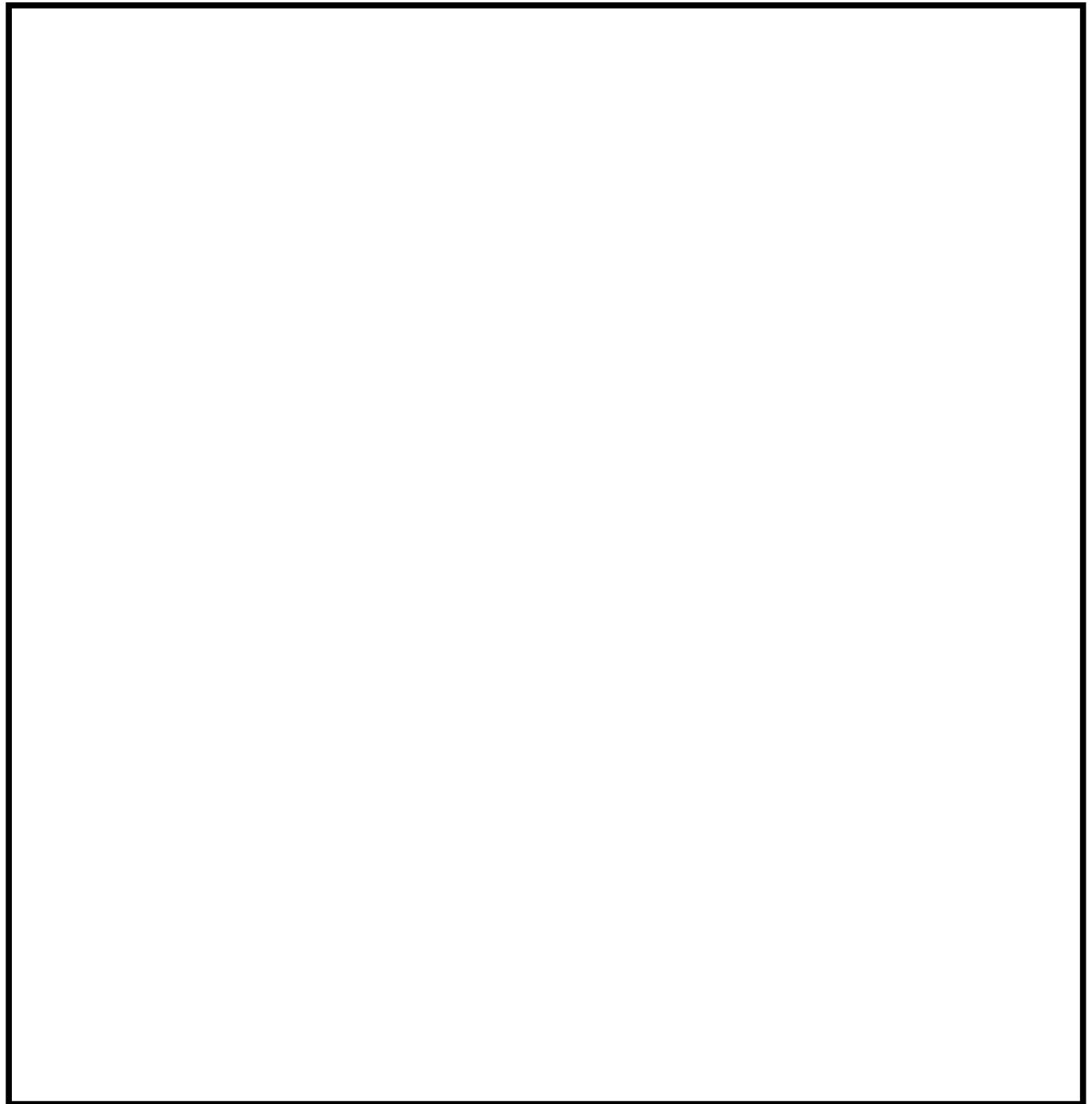
解析箇所	評価位置		供用状態	最大一次一般膜応力 $\sigma_p$ (MPa)	$\frac{\sigma_p}{S_y}$	熱応力変動値 (MPa)	許容値 $\frac{S_y^2}{\sigma_p}$ (MPa)
	参照図	(注) 評価点					
ふた管台	第6-3-1図	6	供用状態A 供用状態B	36.1	0.18	251	1,170
空気抜管	第6-4-1図	4		30.6	0.13	466	1,909
制御棒クラスタ 駆動装置	第6-5-1図	7		86.7	0.50	142	349

(注) 評価点は、解析箇所での評価のうち最も厳しい位置である。

## 6.2 上部ふた

### 6.2.1 形状、寸法、材料及び応力評価点

上部ふたの形状、寸法、材料及び応力評価点を第6-2-1図に示す。



第6-2-1図 上部ふた

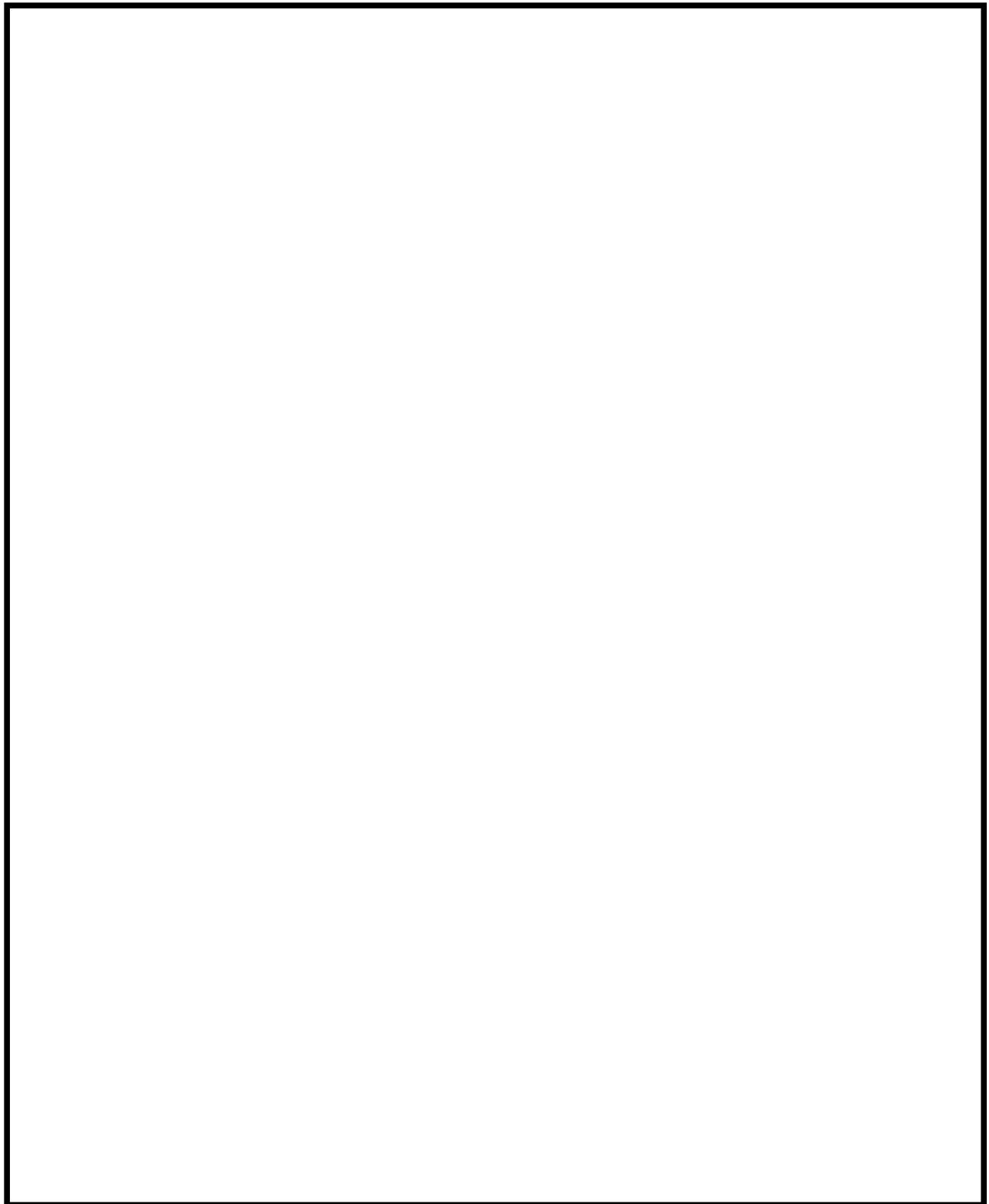
### 6.2.2 応力計算方法

応力計算は、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」に示す手法により行う。

ここで、有限要素法を使用する場合の解析モデルを第6-2-2図に示す。解析モデルは、2次元軸対称モデルとする。

圧力及び外荷重による解析条件を第6-2-3図に、温度条件を第4-3表に示す。使用した解析コードは「ABAQUS」である。

なお、圧力による一次一般膜応力の計算には、静力学の釣合いを用いる。静力学の釣合いによる応力計算には第6-2-1図の寸法を用いる。



第6-2-2図 解析モデル（要素分割図）

第6-2-3図 解析条件

### 6.2.3 圧力荷重による応力の計算結果

単位圧力荷重(10MPa)による応力の計算結果を第6-2-1表に示す。

なお、圧力荷重による応力は、この単位圧力荷重による計算結果に基づき、各評価の圧力を応じて比例法により求める。

第6-2-1表 単位圧力荷重(10MPa)による応力の計算結果

( 単位 : MPa )

評価点	Pm				PL+Pb				PL+Pb+Q				PL+Pb+Q+F			
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$												
1	59.0	59.0	-5.0	0.0	59.8	59.3	-2.4	-2.1	31.0	49.9	-9.5	1.9	33.7	50.6	-10.2	0.3
2	59.0	59.0	-5.0	0.0	59.8	59.3	-2.4	-2.1	88.7	68.8	4.7	-6.1	102.6	72.5	3.1	-7.9
3	59.0	59.0	-5.0	0.0	48.2	50.0	-1.1	-4.8	39.1	45.3	-11.4	6.8	37.1	45.3	-10.3	0.5
4	59.0	59.0	-5.0	0.0	48.2	50.0	-1.1	-4.8	57.3	54.7	9.2	-16.4	64.7	57.8	11.1	-27.2

#### 6.2.4 一次応力評価

設計条件、供用状態C、供用状態D及び試験状態における一次応力強さは、次に示すとおり許容値を満足している。

設計条件における一次一般膜応力強さを第6-2-2表に、一次局部膜応力強さを第6-2-3表に示す。

供用状態Cにおける一次一般膜応力強さを第6-2-4表に、一次局部膜応力強さを第6-2-5表に示す。

供用状態Cにおける圧力のみによる一次一般膜応力強さを第6-2-6表に示す。

供用状態Dにおける一次一般膜応力強さを第6-2-7表に、一次局部膜応力強さを第6-2-8表に示す。

試験状態における一次一般膜応力強さを第6-2-9表に、一次局部膜応力強さを第6-2-10表に示す。

ここで、当該部では圧力、自重及び機械的荷重による曲げ応力は二次応力であり、一次曲げ応力には分類されないため、設計条件、供用状態C及び供用状態Dにおける一次膜+一次曲げ応力強さ及び試験状態における一次一般膜+一次曲げ応力強さは評価対象外となる。

第6-2-2表 設計条件における一次一般膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	1	101.2	101.2	-8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	101.2	101.2	-8.6	0.0	109.8	-109.8	
2	101.2	101.2	-8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	101.2	101.2	-8.6	0.0	109.8	-109.8	
3	101.2	101.2	-8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	101.2	101.2	-8.6	0.0	109.8	-109.8	
4	101.2	101.2	-8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	101.2	101.2	-8.6	0.0	109.8	-109.8	

許容値  $Sm=183MPa$  (評価点: 1~4)

第6-2-3表 設計条件における一次局部膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力				応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31		
	1	102.7	101.8	-4.1	-3.6	4.4	47.6	1.5	-12.0	109.2	149.4	-4.8	-40.2	154.2	-114.0	
2	102.7	101.8	-4.1	-3.6	4.4	47.6	1.5	-12.0	109.2	149.4	-4.8	-40.2	154.2	-114.0		
3	82.7	85.8	-1.9	-8.2	-2.4	41.2	12.2	-11.2	85.4	127.0	5.2	-41.7	121.8	-80.1		
4	82.7	85.8	-1.9	-8.2	-2.4	41.2	12.2	-11.2	85.4	127.0	5.2	-41.7	121.8	-80.1		

許容値  $1.5S_m = 274 \text{ MPa}$  (評価点: 1~4)

第6-2-4表 供用状態Cにおける一次一般膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	1	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	
2	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	
3	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	
4	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	

許容値  $\text{MIN} (S_y, 2/3 S_u) = 282 \text{ MPa}$  (評価点 : 1~4)

第6-2-5表 供用状態Cにおける一次局部膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	1	112.9	112.0	-4.6	-4.0	4.4	47.6	1.5	-12.0	119.4	159.6	-5.1	-40.2	164.7	-124.5
2	112.9	112.0	-4.6	-4.0	4.4	47.6	1.5	-12.0	119.4	159.6	-5.1	-40.2	164.7	-124.5	
3	91.0	94.4	-2.1	-9.1	-2.4	41.2	12.2	-11.2	93.5	135.6	5.2	-42.1	130.5	-88.4	
4	91.0	94.4	-2.1	-9.1	-2.4	41.2	12.2	-11.2	93.5	135.6	5.2	-42.1	130.5	-88.4	

許容値  $1.5\text{MIN} (S_y/3S_u) = 423\text{MPa}$  (評価点: 1~4)

第6-2-6表 供用状態Cにおける圧力のみによる一次一般膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	1	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	
2	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	
3	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	
4	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	

許容値 MAX (1.1Sm,0.9Sy) = 253MPa (評価点 : 1~4)

第6-2-7表 供用状態Dにおける一次一般膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	1	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	
2	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	
3	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	
4	111.3	111.3	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.3	111.3	-9.4	0.0	120.8	-120.8	

許容値  $2/\sqrt{3}S_u = 308 \text{ MPa}$  (評価点: 1~4)

第6-2-8表 供用状態Dにおける一次局部膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	1	112.9	112.0	-4.6	-4.0	4.4	47.6	1.5	-12.0	119.4	159.6	-5.1	-40.2	164.7	-124.5
2	112.9	112.0	-4.6	-4.0	4.4	47.6	1.5	-12.0	119.4	159.6	-5.1	-40.2	164.7	-124.5	
3	91.0	94.4	-2.1	-9.1	-2.4	41.2	12.2	-11.2	93.5	135.6	5.2	-42.1	130.5	-88.4	
4	91.0	94.4	-2.1	-9.1	-2.4	41.2	12.2	-11.2	93.5	135.6	5.2	-42.1	130.5	-88.4	

許容値  $1.5 (2/3S_u) = 462 \text{ MPa}$  (評価点: 1~4)

第6-2-9表 試験状態における一次一般膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	1	126.5	126.5	-10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	126.5	126.5	-10.7	0.0	137.2	-137.2	
2	126.5	126.5	-10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	126.5	126.5	-10.7	0.0	137.2	-137.2	
3	126.5	126.5	-10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	126.5	126.5	-10.7	0.0	137.2	-137.2	
4	126.5	126.5	-10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	126.5	126.5	-10.7	0.0	137.2	-137.2	

許容値  $0.9S_y = 310 \text{ MPa}$  (評価点: 1~4)

第6-2-10表 試験状態における一次局部膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	1	128.3	127.3	-5.2	-4.5	5.5	59.3	1.9	-14.9	136.5	186.6	-6.0	-50.1	192.6	-142.5
2	128.3	127.3	-5.2	-4.5	5.5	59.3	1.9	-14.9	136.5	186.6	-6.0	-50.1	192.6	-142.5	
3	103.4	107.3	-2.4	-10.3	-3.0	51.4	15.2	-13.9	106.7	158.6	6.5	-52.0	152.1	-100.1	
4	103.4	107.3	-2.4	-10.3	-3.0	51.4	15.2	-13.9	106.7	158.6	6.5	-52.0	152.1	-100.1	

許容値  $1.5(0.9S_y) = 465 \text{ MPa}$  (評価点 : 1~4)

### 6.2.5 一次+二次応力評価

供用状態A及び供用状態Bにおける一次+二次応力強さの変動幅は、次に示すとおり許容値を満足している。

一次+二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅を第6-2-12表に、一次+二次応力強さの変動幅が最大となる評価点の一次+二次応力強さを第6-2-13表に示す。第6-2-13表は、第6-2-12表における一次+二次応力強さの変動幅の最大値に対応した応力強さの最大値及び最小値を含む表である。また、第6-2-13表は、この一次+二次応力強さの成分が各過渡条件で最大及び最小となる時刻における応力、主応力及び応力強さを示している。

なお、表中で用いる過渡条件の記号を第6-2-11表に示す。

第6-2-11表 過渡条件の記号の説明(1/3)

記 号		過 渡 条 件	
		計 算 点	過 渡 条 件 名 称
TIW	TIWS	—	初期締付力
1A1	1A11	1.0h	I-a 起 動
	1A12	4.87h	
*0		—	無負荷運転状態
1B1	1B11	5.0h	I-b 停 止
1C1	1C11	100.0s	I-c 負 荷 上 昇
	1C12	130.0s	
	1C13	1,225.0s	
	1C14	1,600.0s	
*100		—	100%負荷運転状態
1D1	1D11	55.0s	I-d 負 荷 減 少
	1D12	1,275.0s	
1E1	1E11	36.0s	I-e 90%から100%へのステップ状負荷上昇
	1E12	260.0s	
1F1	1F11	25.0s	I-f 100%から90%へのステップ状負荷減少
	1F12	270.0s	
	1F13	290.0s	
1G1	1G11	11.0s	I-g 100%からの大きいステップ状負荷減少
	1G12	24.0s	
	1G13	1,100.0s	
1H1	1H11	180.0s	I-h 定常負荷運転時の変動
	1H12	359.9s	
1J1	1J11	5.0min	I-j 0%から15%への負荷上昇
	1J12	30.0min	
	1J13	35.0min	
1K1	1K11	5.0min	I-k 15%から0%への負荷減少
	1K12	10.0min	
	1K13	20.0min	
	1K14	40.0min	

第6-2-11表 過渡条件の記号の説明(2/3)

記 号		過 渡 条 件						
		計 算 点	過 渡 条 件 名 称					
1L1	1L11	600.0s	停止ループ	( i )停 止	I - l 1ループ停止／ 1ループ起動			
	1L12	9.0s	運転ループ					
1L2	1L21	1.0s	起動ループ	( ii )起 動	II-a 負荷の喪失			
	1L22	500.0s						
	1L23	600.0s						
2A1	2A11	11.8s	II-a 負荷の喪失					
	2A12	100.0s						
2B1	2B11	2,100.0s	補助給水されないループ	II-b 外部電源喪失	II-c 1次冷却材流量の 部分喪失			
	2B12	2,400.0s						
	2B13	11,000.0s						
2C1	2C11	3.5s	健 全 側		II-d 100%からの 原子炉トリップ			
	2C12	100.0s	故 障 側					
2D1	2D11	1.0s	( i ) 不注意な冷却を伴わないトリップ	II-d 100%からの 原子炉トリップ				
	2D12	200.0s						
2D2	2D21	300.0s	冷却ループ	( ii ) 不注意な冷却を 伴うトリップ	II-d 100%からの 原子炉トリップ			
	2D22	1.1s	正常ループ					
2D3	2D31	800.0s	冷却ループ	( iii ) 不注意な冷却と 安全注入を伴う トリップ				
	2D32	1,000.0s						
	2D33	5.5s	正常ループ					
2E1	2E11	2.0s	II-e 1次冷却系の異常な減圧					
	2E12	800.0s						
2F1	2F11	0.7s	II-f 制御棒クラスタの落下					
	2F12	200.0s						
2G1	2G11	5.0s	II-g 出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動					
	2G12	800.0s						
	2G13	1,000.0s						
2H1	2H11	50.0s	起動ループ	II-h 1次冷却系停止 ループの誤起動	II-h 1次冷却系停止 ループの誤起動			
	2H12	12.0s	運転ループ					
	2H13	100.0s						

第6-2-11表 過渡条件の記号の説明(3/3)

記 号		過 渡 条 件		
		計 算 点	過 渡 条 件 名 称	
2I1	2I11	2.0min	II-i タービン回転試験	
	2I12	28.0min		
2J1	2J11	5.0h	加 壓	II-j 1次系漏えい試験
	2J12	4.5h	減 壓	

第6-2-12表 一次＋二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅

( 単位 : MPa )

評価点	応力強さの最大値			応力強さの最小値			応力強さの変動幅		
	S12	S23	S31	S12	S23	S31	S12	S23	S31
1	0.0	228.5	172.1	-182.6	-81.8	-49.6	182.6	310.3	221.7
2	147.4	206.6	0.0	-19.7	0.0	-354.0	167.1	206.6	354.0
3	0.0	161.0	141.0	-210.9	-99.0	0.0	210.9	260.0	141.0
4	102.3	218.8	0.0	0.0	0.0	-249.4	102.3	218.8	249.4

許容値  $3Sm = 549 \text{ MPa}$  (評価点 : 1~4)

第6-2-13表 一次+二次応力強さ(1/2)

評価点 - 2

外荷重による応力									( 単位 : MPa )											
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$		$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$		$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
	113.6	80.5	5.5	-16.0																
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ			
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31		
TIWS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	113.6	80.5	5.5	-16.0	115.9	80.5	3.2	35.4	77.3	-112.7		
1A11	36.9	18.6	0.5	0.4	23.6	18.3	1.3	-1.6	174.1	117.4	7.3	-17.2	175.8	117.4	5.5	58.4	111.9	-170.3		
1A12	115.4	33.2	1.9	2.6	136.7	106.0	7.3	-9.5	365.7	219.8	14.6	-22.8	367.2	219.8	13.2	147.4	206.6	-354.0		
*0	25.5	-0.1	0.9	-0.7	136.7	106.0	7.3	-9.5	275.7	186.4	13.6	-26.1	278.3	186.4	11.1	91.9	175.4	-267.2		
1B11	-78.6	-17.6	-1.4	-2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0	63.0	4.1	-18.3	43.6	63.0	-4.4	-19.4	67.3	-47.9		
1C11	27.2	0.5	0.9	-0.8	135.2	104.8	7.2	-9.4	275.9	185.9	13.6	-26.2	278.5	185.9	11.0	92.6	174.8	-267.5		
1C13	60.0	26.2	1.1	-0.2	137.1	106.3	7.3	-9.5	310.7	213.0	13.9	-25.7	312.9	213.0	11.7	99.9	201.3	-301.2		
*100	37.8	4.3	1.4	-1.7	136.7	106.0	7.3	-9.5	288.0	190.8	14.1	-27.1	290.7	190.8	11.5	99.9	179.3	-279.2		
1D11	38.1	4.6	1.4	-1.7	138.7	107.6	7.4	-9.6	290.4	192.7	14.2	-27.3	293.1	192.7	11.6	100.4	181.1	-281.5		
1D12	5.2	-21.1	1.2	-2.3	132.1	102.5	7.0	-9.2	251.0	161.9	13.7	-27.4	254.1	161.9	10.6	92.2	151.3	-243.5		
1E11	36.4	3.8	1.3	-1.6	134.9	104.6	7.2	-9.3	284.9	188.9	14.0	-26.9	287.6	188.9	11.3	98.7	177.6	-276.2		
1E12	40.4	7.3	1.3	-1.5	138.0	107.0	7.3	-9.6	292.0	194.9	14.2	-27.0	294.6	194.9	11.6	99.7	183.3	-283.0		
1F11	37.9	4.4	1.4	-1.7	139.2	108.0	7.4	-9.6	290.7	192.9	14.3	-27.3	293.4	192.9	11.6	100.5	181.3	-281.8		
1F13	33.5	0.4	1.3	-1.8	133.6	103.7	7.1	-9.3	280.7	184.5	14.0	-27.0	283.4	184.5	11.2	98.9	173.3	-272.2		
1G12	39.0	5.4	1.4	-1.7	142.4	110.5	7.6	-9.9	295.0	196.4	14.5	-27.5	297.7	196.4	11.8	101.3	184.6	-285.9		
1G13	2.1	-23.2	1.1	-2.3	129.7	100.6	6.9	-9.0	245.3	157.8	13.5	-27.3	248.5	157.8	10.4	90.7	147.5	-238.2		
1H11	39.4	5.8	1.4	-1.7	140.1	108.7	7.5	-9.7	293.1	194.9	14.3	-27.4	295.8	194.9	11.7	100.8	183.3	-284.1		
1H12	36.5	3.1	1.4	-1.7	134.1	104.0	7.1	-9.3	284.2	187.6	14.0	-27.0	286.9	187.6	11.3	99.3	176.3	-275.6		
1J11	26.2	0.6	0.9	-0.7	136.7	106.0	7.3	-9.5	276.5	187.1	13.6	-26.1	279.0	187.1	11.1	91.9	176.0	-268.0		
1J12	30.5	3.5	0.9	-0.6	136.7	106.0	7.3	-9.5	280.7	190.0	13.7	-26.0	283.2	190.0	11.2	93.3	178.8	-272.1		
1K12	21.6	-3.9	0.9	-0.9	136.7	106.0	7.3	-9.5	271.9	182.6	13.7	-26.4	274.6	182.6	11.0	92.0	171.6	-263.6		
1K14	23.4	-1.1	0.9	-1.0	136.7	106.0	7.3	-9.5	273.7	185.4	13.7	-26.4	276.3	185.4	11.0	90.9	174.4	-265.3		
1L11	-17.2	-38.8	0.9	-2.1	136.7	106.0	7.3	-9.5	233.1	147.7	13.7	-27.6	236.5	147.7	10.2	88.8	137.4	-226.3		
1L12	35.0	3.8	1.2	-1.4	139.9	108.5	7.4	-9.7	288.5	192.8	14.2	-27.1	291.1	192.8	11.5	98.3	181.3	-279.6		
1L21	24.7	-0.4	0.8	-0.6	136.7	106.0	7.3	-9.5	275.0	186.2	13.6	-26.1	277.5	186.2	11.0	91.4	175.1	-266.5		
1L22	32.6	6.2	0.9	-0.5	136.7	106.0	7.3	-9.5	282.8	192.7	13.6	-26.0	285.3	192.7	11.2	92.6	181.5	-274.1		
2A11	38.6	5.0	1.4	-1.7	159.6	123.8	8.5	-11.1	311.8	209.4	15.4	-28.7	314.6	209.4	12.6	105.2	196.7	-301.9		
2A12	20.9	-11.5	1.3	-2.2	112.1	86.9	6.0	-7.8	246.6	155.9	12.8	-26.0	249.5	155.9	9.9	93.6	146.0	-239.5		
2B11	44.6	10.6	1.6	-2.3	153.4	119.0	8.2	-10.6	311.7	210.1	15.2	-28.9	314.4	210.1	12.4	104.4	197.6	-302.0		
2B13	30.9	2.0	1.2	-1.4	126.2	97.9	6.7	-8.7	270.7	180.4	13.4	-26.1	273.3	180.4	10.7	92.9	169.6	-262.6		
2C11	37.9	4.4	1.4	-1.7	138.1	107.1	7.4	-9.6	289.6	192.0	14.2	-27.2	292.3	192.0	11.5	100.2	180.5	-280.7		
2C12	7.4	-24.0	1.3	-2.4	116.0	90.0	6.2	-8.0	237.0	146.5	12.9	-26.5	240.1	146.5	9.9	93.6	136.6	-230.2		
2D11	37.7	4.2	1.4	-1.7	136.4	105.8	7.3	-9.4	287.7	190.5	14.1	-27.1	290.4	190.5	11.5	99.8	179.1	-278.9		
2D12	-1.1	-30.9	1.3	-2.5	119.0	92.3	6.3	-8.2	231.5	141.9	13.1	-26.8	234.7	141.9	9.9	92.8	132.0	-224.8		
2D21	-17.8	-44.7	1.2	-2.6	105.6	81.9	5.6	-7.3	201.4	117.7	12.3	-25.9	204.9	117.7	8.8	87.2	108.9	-196.1		

第6-2-13表 一次+二次応力強さ(2/2)

評価点 - 2

外荷重による応力				( 単位 : MPa )														
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
2D22	37.7	4.2	1.4	-1.7	136.3	105.7	7.3	-9.4	287.6	190.5	14.1	-27.1	290.3	190.5	11.5	99.8	179.0	-278.8
2D31	-99.8	-107.1	0.3	-2.3	103.4	80.2	5.5	-7.2	117.2	53.7	11.3	-25.5	123.0	53.7	5.5	69.4	48.2	-117.6
2D33	34.8	1.4	1.3	-1.7	120.7	93.6	6.4	-8.4	269.1	175.5	13.3	-26.1	271.7	175.5	10.6	96.2	164.9	-261.1
2E11	37.7	4.2	1.4	-1.7	135.9	105.4	7.2	-9.4	287.2	190.1	14.1	-27.1	289.9	190.1	11.4	99.7	178.7	-278.4
2E12	-76.8	-88.9	0.4	-2.4	35.8	27.8	1.9	-2.5	72.6	19.4	7.8	-20.9	78.8	19.4	1.7	59.3	17.8	-77.1
2F11	37.7	4.2	1.4	-1.7	135.9	105.4	7.2	-9.4	287.2	190.1	14.1	-27.1	289.9	190.1	11.4	99.7	178.7	-278.4
2F12	-17.7	-45.9	1.2	-2.7	95.1	73.7	5.1	-6.6	190.9	108.3	11.7	-25.3	194.4	108.3	8.2	86.1	100.1	-186.2
2G11	35.8	2.4	1.3	-1.7	122.5	95.0	6.5	-8.5	271.9	177.9	13.4	-26.2	274.5	177.9	10.7	96.6	167.1	-263.7
2G12	-59.2	-73.5	0.4	-2.3	124.3	96.4	6.6	-8.6	178.7	103.4	12.6	-27.0	183.0	103.4	8.3	79.5	95.1	-174.7
2H12	36.6	4.4	1.3	-1.5	147.9	114.7	7.9	-10.2	298.2	199.7	14.7	-27.8	300.9	199.7	12.0	101.2	187.7	-288.9
2H13	12.8	-17.8	1.2	-2.1	120.8	93.7	6.4	-8.4	247.2	156.4	13.1	-26.5	250.2	156.4	10.2	93.8	146.3	-240.0
2I11	22.9	-2.4	0.8	-0.7	135.2	104.9	7.2	-9.4	271.7	183.0	13.5	-26.1	274.3	183.0	10.9	91.3	172.1	-263.4
2I12	-30.1	-42.2	0.3	-0.7	116.5	90.4	6.2	-8.1	200.1	128.7	12.0	-24.8	203.3	128.7	8.8	74.6	120.0	-194.5
2J11	50.0	0.3	1.1	1.3	152.2	118.0	8.1	-10.5	315.8	198.8	14.7	-25.3	317.9	198.8	12.6	119.1	186.2	-305.3
2J12	-66.8	-23.8	-1.0	-1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	46.8	56.7	4.5	-17.9	53.3	56.7	-2.0	-3.4	58.7	-55.3

### 6.2.6 疲労評価

供用状態A及び供用状態Bにおける疲労累積係数は、次に示すとおり許容値を満足している。

疲労累積係数を第6-2-14表に、疲労累積係数が最大となる評価点の疲労解析結果を第6-2-15表に、一次+二次+ピーク応力強さの変動を第6-2-4図に、一次+二次+ピーク応力強さを第6-2-16表に示す。第6-2-4図は、第6-2-15表における疲労解析に用いた各過渡条件の一次+二次+ピーク応力強さの極値と回数を図示している。また、第6-2-16表は、この一次+二次+ピーク応力強さの成分が各過渡条件で最大及び最小となる時刻における応力、主応力及び応力強さを示している。なお、各図表中の過渡条件の記号は前述する6.2.5「一次+二次応力評価」を参照のこと。

第6-2-14表 疲労累積係数

評価点	UI (S12)	UI (S23)	UI (S31)
1	0.00019	0.00615	0.00186
2	0.00107	0.00040	0.01004
3	0.00101	0.00605	0.00086
4	0.00007	0.00102	0.00283

許容値      UI = 1.0

第6-2-15表 疲労解析

評価点 - 2  
( S31 )

応力強さ ( 単位 : MPa )				繰返し回数		疲労係数	
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
0.0	-393.7	1.0	196.9	235.6	50	14300	0.00350
-49.9	-393.7	1.0	171.9	205.7	70	22500	0.00311
-49.9	-354.4	1.0	152.2	182.2	50	32800	0.00152
-65.6	-351.6	1.0	143.0	171.1	50	39800	0.00126
-125.3	-351.6	1.0	113.2	135.4	20	107000	0.00019
-127.8	-351.6	1.0	111.9	133.9	10	111000	0.00009
-127.8	-350.7	1.0	111.5	133.4	40	113000	0.00035
-181.2	-338.1	1.0	78.5	93.9	10	478000	0.00002
-234.9	-338.1	1.0	51.6	61.7	40	-----	0.0
疲労累積係数 =							0.01004

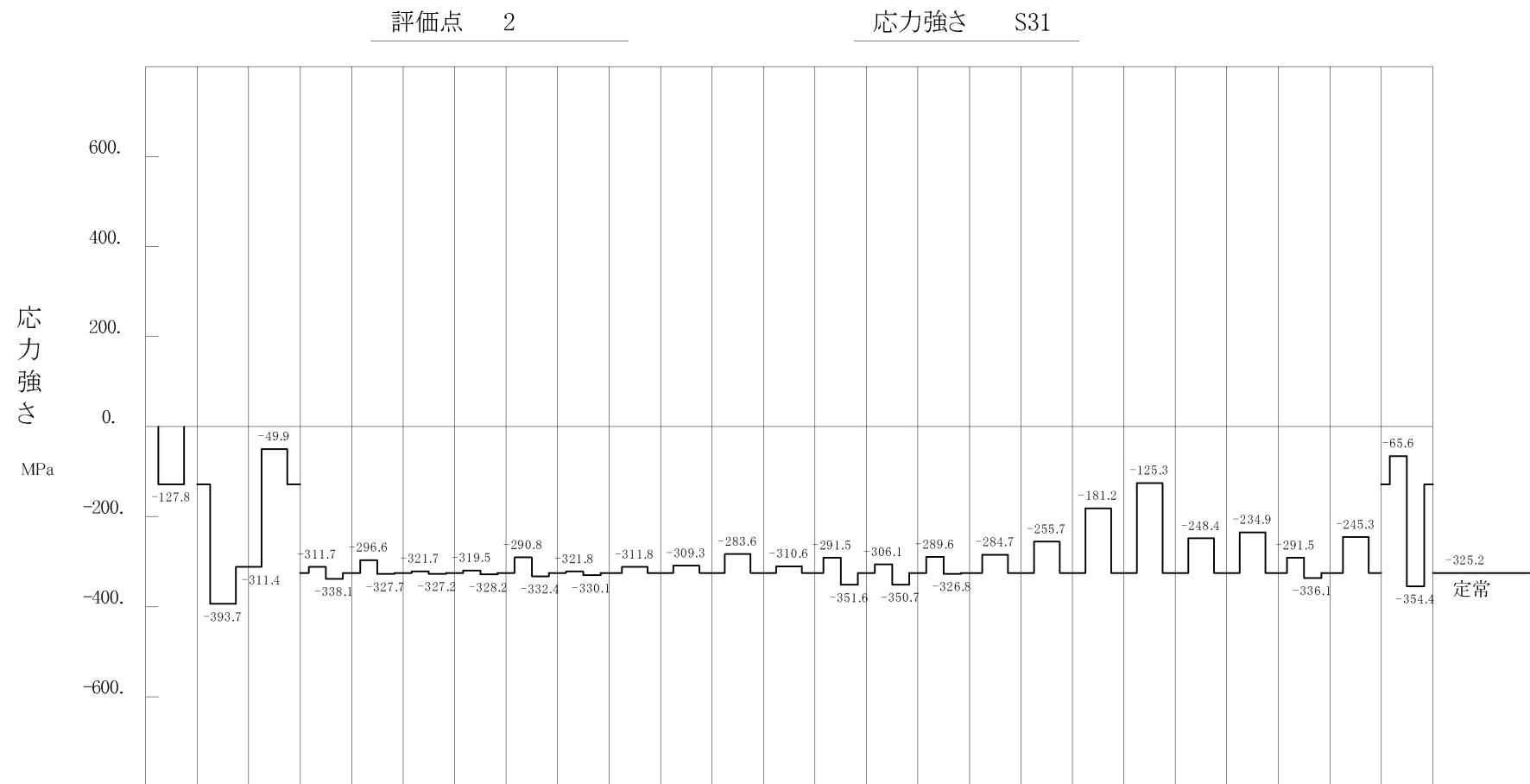
Ke : 割増し係数

ALT : 繰返しピーク応力強さ

ALT' : ALTに(207000)/(材料の使用温度における綫弾性係数)を乗じて得た値

N : 設計繰返し回数

N\* : 許容繰返し回数



過渡条件	TIW	1A1	1B1	1C1	1D1	1E1	1F1	1G1	1H1	1J1	1K1	1L1	1L2	2A1	2B1	2C1	2D1	2D2	2D3	2E1	2F1	2G1	2H1	2I1	2J1
繰返し回数	50	120	120	13200	13200	2000	2000	200	$3 \times 10^6$	1400	1400	80	70	80	40	80	230	160	10	20	80	40	10	10	50

第6-2-4図 各過渡条件における一次+二次+ピーク応力強さの変動

第6-2-16表 一次+二次+ピーク応力強さ(1/2)

評価点 - 2

外荷重による応力									( 単位 : MPa )											
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$		$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$		$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
	129.9	84.5	4.1	-11.1																
TIWS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	129.9	84.5	4.1	-11.1	130.9	84.5	3.2	46.4	81.3	-127.8	
1A11	33.2	11.0	1.0	-2.2	27.3	19.3	0.8	-2.1	190.4	114.8	6.0	-15.4	191.7	114.8	4.7	76.9	110.1	-187.0		
1A12	113.2	16.8	3.3	-7.4	158.1	111.7	4.8	-12.2	401.2	212.9	12.3	-30.7	403.6	212.9	9.9	190.7	203.1	-393.7		
*0	29.0	0.3	0.9	-2.1	158.1	111.7	4.8	-12.2	317.1	196.5	9.8	-25.4	319.1	196.5	7.7	122.7	188.7	-311.4		
1B11	-79.7	-7.9	-2.3	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	50.2	76.6	1.8	-6.1	50.9	76.6	1.1	-25.7	75.5	-49.9		
1C12	31.0	1.0	1.0	-2.2	156.4	110.4	4.7	-12.0	317.3	195.9	9.8	-25.4	319.4	195.9	7.8	123.5	188.2	-311.7		
1C14	56.3	14.3	1.7	-3.9	158.1	111.7	4.8	-12.2	344.4	210.5	10.6	-27.2	346.6	210.5	8.4	136.1	202.0	-338.1		
*100	43.1	4.9	1.3	-3.2	158.1	111.7	4.8	-12.2	331.1	201.1	10.3	-26.5	333.3	201.1	8.1	132.2	193.0	-325.2		
1D11	43.2	5.0	1.3	-3.2	160.5	113.3	4.9	-12.3	333.6	202.9	10.4	-26.7	335.8	202.9	8.2	133.0	194.7	-327.7		
1D12	19.1	-9.4	0.6	-1.6	152.9	108.0	4.6	-11.8	302.0	183.1	9.4	-24.5	304.0	183.1	7.4	120.9	175.7	-296.6		
1E11	41.6	4.4	1.3	-3.1	156.1	110.2	4.7	-12.0	327.6	199.1	10.2	-26.2	329.7	199.1	8.0	130.6	191.1	-321.7		
1E12	43.6	5.9	1.4	-3.2	159.7	112.7	4.8	-12.3	333.2	203.1	10.3	-26.6	335.4	203.1	8.2	132.2	195.0	-327.2		
1F11	43.1	5.0	1.3	-3.2	161.1	113.8	4.9	-12.4	334.2	203.2	10.4	-26.7	336.3	203.2	8.2	133.1	195.1	-328.2		
1F12	41.1	3.4	1.3	-3.1	154.3	109.0	4.7	-11.9	325.3	196.9	10.1	-26.1	327.4	196.9	8.0	130.5	189.0	-319.5		
1G11	43.2	5.1	1.4	-3.2	165.3	116.7	5.0	-12.7	338.5	206.3	10.5	-27.1	340.7	206.3	8.3	134.4	198.0	-332.4		
1G13	16.1	-11.1	0.5	-1.4	150.0	105.9	4.5	-11.5	296.0	179.3	9.2	-24.1	298.1	179.3	7.2	118.7	172.1	-290.8		
1H11	44.0	5.6	1.4	-3.3	162.1	114.5	4.9	-12.5	336.1	204.6	10.4	-26.9	338.3	204.6	8.2	133.7	196.4	-330.1		
1H12	42.6	4.5	1.3	-3.2	155.1	109.6	4.7	-11.9	327.7	198.6	10.2	-26.2	329.8	198.6	8.0	131.2	190.6	-321.8		
1J11	29.5	0.6	0.9	-2.1	158.1	111.7	4.8	-12.2	317.5	196.8	9.8	-25.4	319.6	196.8	7.8	122.8	189.0	-311.8		
1J13	33.0	2.2	1.0	-2.4	158.1	111.7	4.8	-12.2	321.1	198.3	10.0	-25.6	323.2	198.3	7.9	124.8	190.5	-315.3		
1K11	28.3	-0.9	0.9	-2.1	158.1	111.7	4.8	-12.2	316.3	195.3	9.8	-25.4	318.4	195.3	7.7	123.1	187.6	-310.7		
1K13	26.9	-1.1	0.8	-2.0	158.1	111.7	4.8	-12.2	314.9	195.1	9.8	-25.3	317.0	195.1	7.7	121.9	187.4	-309.3		
1L11	0.6	-21.5	0.1	-0.3	158.1	111.7	4.8	-12.2	288.6	174.7	9.0	-23.6	290.6	174.7	7.0	115.9	167.6	-283.6		
1L12	39.3	3.8	1.2	-2.9	161.8	114.3	4.9	-12.4	331.0	202.6	10.3	-26.5	333.2	202.6	8.1	130.6	194.5	-325.1		
1L21	28.2	0.0	0.9	-2.0	158.1	111.7	4.8	-12.2	316.2	196.2	9.8	-25.3	318.3	196.2	7.7	122.1	188.4	-310.6		
1L23	34.1	3.9	1.1	-2.4	158.1	111.7	4.8	-12.2	322.1	200.0	10.0	-25.7	324.2	200.0	7.9	124.2	192.1	-316.4		
2A11	43.4	5.2	1.4	-3.2	184.7	130.4	5.6	-14.2	358.0	220.1	11.1	-28.6	360.3	220.1	8.8	140.2	211.3	-351.6		
2A12	37.2	0.6	1.2	-2.9	129.7	91.6	3.9	-10.0	296.8	176.7	9.2	-24.0	298.8	176.7	7.2	122.1	169.4	-291.5		
2B12	49.7	10.2	1.5	-3.7	177.5	125.4	5.4	-13.6	357.1	220.1	11.1	-28.5	359.4	220.1	8.7	139.3	211.4	-350.7		
2B13	35.7	3.0	1.1	-2.7	146.0	103.1	4.4	-11.2	311.7	190.6	9.7	-25.0	313.8	190.6	7.6	123.1	183.0	-306.1		
2C11	43.1	4.9	1.3	-3.2	159.8	112.8	4.8	-12.3	332.8	202.3	10.3	-26.6	335.0	202.3	8.1	132.7	194.1	-326.8		
2C12	30.6	-4.3	0.9	-2.4	134.2	94.8	4.1	-10.3	294.8	175.0	9.1	-23.9	296.8	175.0	7.2	121.8	167.8	-289.6		
2D11	43.1	4.9	1.3	-3.2	157.8	111.4	4.8	-12.1	330.8	200.9	10.3	-26.5	333.0	200.9	8.1	132.1	192.8	-324.9		
2D12	22.2	-10.3	0.7	-1.9	137.7	97.2	4.2	-10.6	289.8	171.4	9.0	-23.6	291.8	171.4	7.0	120.3	164.4	-284.7		
2D21	8.0	-20.2	0.3	-0.9	122.2	86.3	3.7	-9.4	260.2	150.6	8.1	-21.4	262.0	150.6	6.3	111.4	144.3	-255.7		

第6-2-16表 一次+二次+ピーク応力強さ(2/2)

評価点 - 2

外荷重による応力				( 単位 : MPa )														
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
2D22	43.1	4.9	1.3	-3.2	157.7	111.4	4.8	-12.1	330.7	200.8	10.3	-26.5	332.9	200.8	8.1	132.1	192.7	-324.8
2D32	-65.2	-61.3	-1.9	4.2	119.3	84.3	3.6	-9.2	184.1	107.4	5.8	-16.2	185.5	107.4	4.4	78.1	103.1	-181.2
2D33	42.3	4.4	1.3	-3.2	139.6	98.6	4.2	-10.7	311.9	187.5	9.7	-25.0	313.9	187.5	7.6	126.5	179.9	-306.3
2E11	43.1	4.9	1.3	-3.2	157.2	111.0	4.8	-12.1	330.2	200.4	10.2	-26.4	332.4	200.4	8.1	131.9	192.4	-324.3
2E12	-44.2	-52.1	-1.3	2.7	41.5	29.3	1.3	-3.2	127.2	61.6	4.1	-11.6	128.3	61.6	3.0	66.6	58.6	-125.3
2F11	43.1	4.9	1.3	-3.2	157.2	111.0	4.8	-12.1	330.2	200.4	10.2	-26.4	332.3	200.4	8.1	131.9	192.3	-324.3
2F12	12.8	-17.3	0.4	-1.2	110.0	77.7	3.3	-8.5	252.7	144.9	7.9	-20.8	254.5	144.9	6.1	109.5	138.8	-248.4
2G11	42.6	4.5	1.3	-3.2	141.7	100.1	4.3	-10.9	314.2	189.1	9.8	-25.2	316.3	189.1	7.7	127.1	181.4	-308.6
2G13	-34.0	-41.5	-1.0	2.0	143.0	101.0	4.3	-11.0	239.0	144.0	7.5	-20.1	240.7	144.0	5.8	96.7	138.2	-234.9
2H11	26.7	0.8	0.8	-1.8	140.2	99.0	4.2	-10.8	296.8	184.3	9.2	-23.7	298.7	184.3	7.3	114.4	177.0	-291.5
2H12	41.2	4.5	1.3	-3.0	171.1	120.9	5.2	-13.2	342.2	209.9	10.6	-27.3	344.5	209.9	8.4	134.6	201.5	-336.1
2I11	27.6	-0.7	0.9	-2.0	156.5	110.5	4.7	-12.0	314.0	194.3	9.7	-25.2	316.1	194.3	7.7	121.8	186.6	-308.4
2I12	-15.1	-25.9	-0.4	0.9	134.8	95.2	4.1	-10.4	249.6	153.9	7.8	-20.6	251.4	153.9	6.1	97.5	147.8	-245.3
2J11	54.9	-2.2	1.6	-3.5	176.1	124.3	5.3	-13.5	360.9	206.6	11.1	-28.2	363.2	206.6	8.8	156.6	197.8	-354.4
2J12	-63.7	-12.3	-1.9	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	66.3	72.2	2.3	-7.1	67.1	72.2	1.5	-5.2	70.8	-65.6

### 6.3 ふた管台

#### 6.3.1 形状、寸法、材料及び応力評価点

ふた管台の形状、寸法、材料及び応力評価点を第6-3-1図に示す。

第6-3-1図 ふた管台

### 6.3.2 応力計算方法

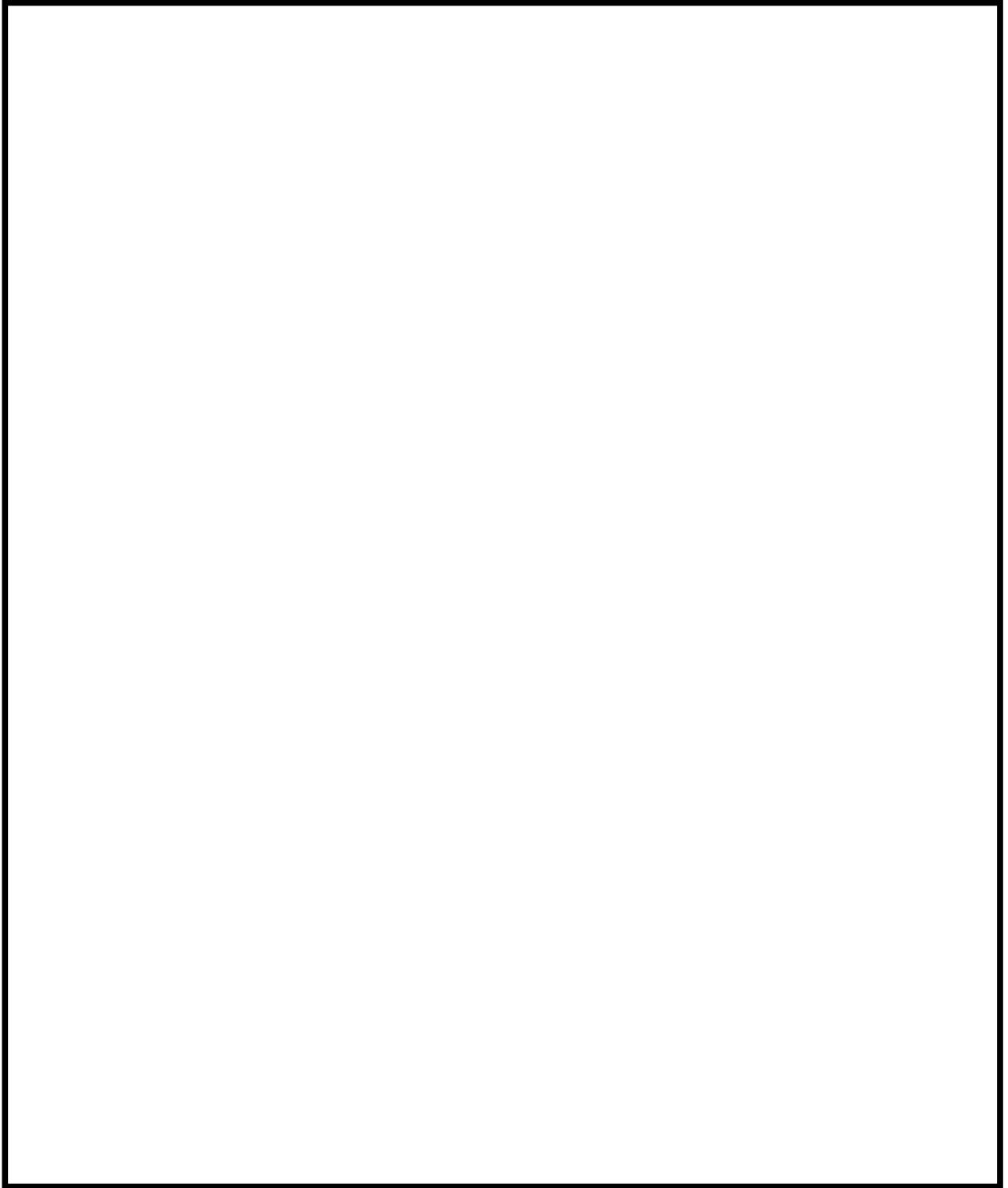
応力計算は、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」に示す手法により行う。

ここで、有限要素法を使用する場合の解析モデルを第6-3-2図に示す。

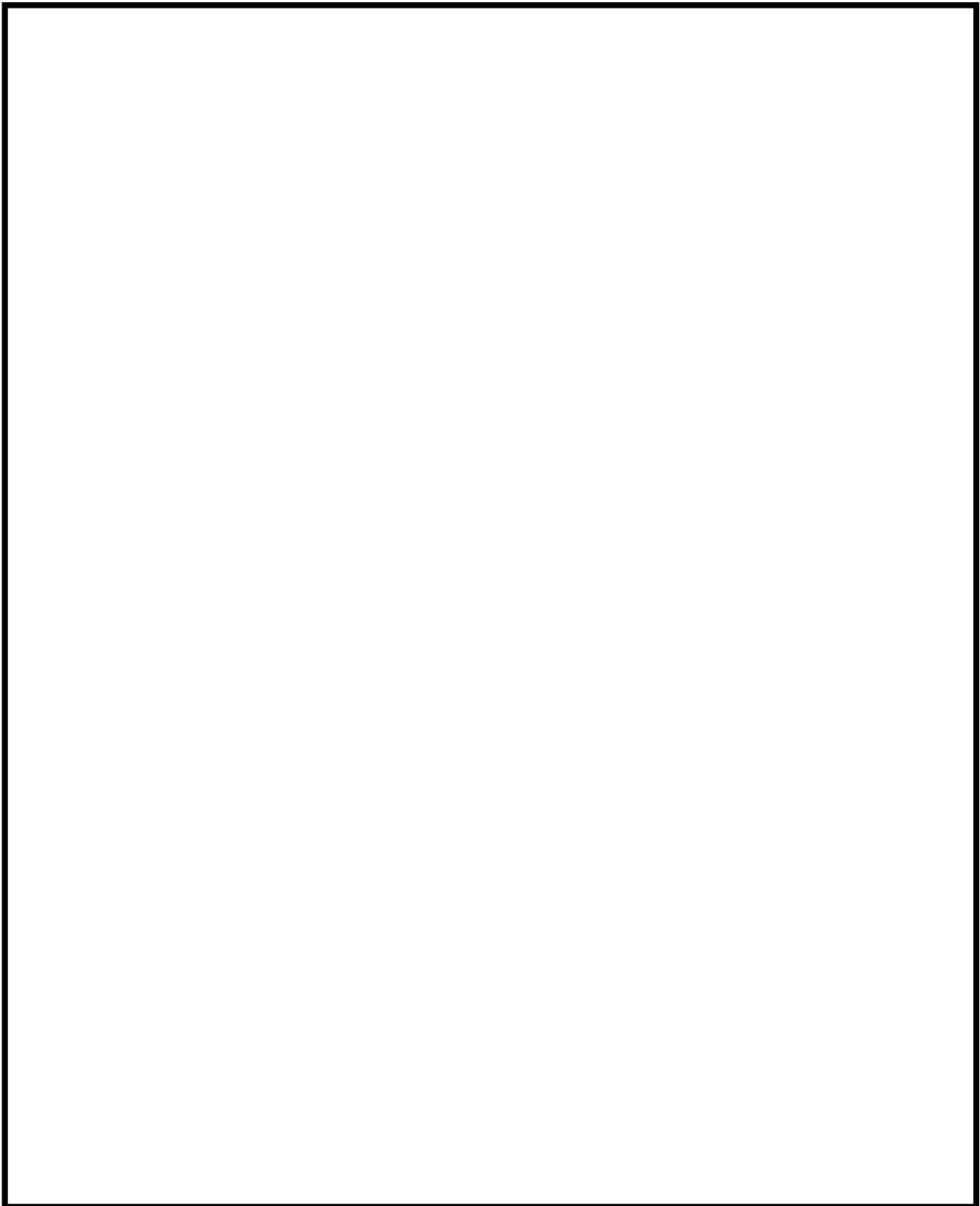
圧力による解析条件を第6-3-3図に、温度条件を第4-3表に示す。使用した解析コードは「ABAQUS」である。

なお、圧力による一次一般膜応力の計算には、静力学の釣合いを用いる。外荷重による応力計算は、はり理論により行う。外荷重による解析条件を第4-2表に示す。

はり理論及び静力学の釣合いによる応力計算には第6-3-1図の寸法を用いる。



第6-3-2図 解析モデル（要素分割図）



第6-3-3図 解析条件

### 6.3.3 圧力荷重による応力の計算結果

単位圧力荷重(10MPa)による応力の計算結果を第6-3-1表に示す。

なお、圧力荷重による応力は、この単位圧力荷重による計算結果に基づき、各評価の圧力を応じて比例法により求める。

第6-3-1表 単位圧力荷重(10MPa)による応力の計算結果

( 単位 : MPa )

評価点	Pm				PL+Pb				PL+Pb+Q				PL+Pb+Q+F			
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$												
1	9.6	23.4	-5.0	0.0	9.6	24.4	-4.5	0.2	9.7	29.5	-9.6	0.5	10.0	30.8	-10.4	0.2
2	9.6	23.4	-5.0	0.0	9.6	24.4	-4.5	0.2	9.6	19.3	0.5	0.0	9.7	20.1	-0.1	-0.1
3	9.6	23.4	-5.0	0.0	9.7	23.5	-4.1	0.0	9.7	28.3	-8.9	0.0	9.7	29.4	-9.8	0.0
4	9.6	23.4	-5.0	0.0	9.7	23.5	-4.1	0.0	9.6	18.6	0.7	0.0	9.6	19.3	0.1	0.0
5	9.6	23.4	-5.0	0.0	9.6	23.4	-5.0	0.0	-104.0	95.2	-37.3	3.7	-96.7	119.9	-13.2	-0.8
6	9.6	23.4	-5.0	0.0	9.6	23.4	-5.0	0.0	103.5	173.4	144.0	-53.0	633.4	1061.2	881.5	-324.6

#### 6.3.4 一次応力評価

設計条件、供用状態C、供用状態D及び試験状態における一次応力強さは、次に示すとおり許容値を満足している。

設計条件における一次一般膜応力強さを第6-3-2表に、一次局部膜応力強さを第6-3-3表に示す。

供用状態Cにおける一次一般膜応力強さを第6-3-4表に、一次局部膜応力強さを第6-3-5表に示す。

供用状態Dにおける一次一般膜応力強さを第6-3-6表に、一次局部膜応力強さを第6-3-7表に示す。

試験状態における一次一般膜応力強さを第6-3-8表に、一次局部膜応力強さを第6-3-9表に示す。

ここで、当該部では圧力による曲げ応力は二次応力であり、また、自重は管台の軸方向のみであるため、曲げ応力は発生しない。したがって、一次曲げ応力に分類すべき応力が発生しないため、設計条件、供用状態C及び供用状態Dにおける一次膜+一次曲げ応力強さ及び試験状態における一次一般膜+一次曲げ応力強さは評価対象外となる。

評価点5,6は一次局部膜応力に分類すべき圧力による応力が発生しないため、圧力による一次応力は一次一般膜応力のみが対象となる。

第6-3-2表 設計条件における一次一般膜応力強さ

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	16.6	40.2	-8.6	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	14.1	40.2	-8.6	-26.1	48.8	-22.7
2	16.6	40.2	-8.6	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	14.1	40.2	-8.6	-26.1	48.8	-22.7
3	16.6	40.2	-8.6	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	14.0	40.2	-8.6	-26.2	48.8	-22.6
4	16.6	40.2	-8.6	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	14.0	40.2	-8.6	-26.2	48.8	-22.6
5	16.6	40.2	-8.6	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	14.0	40.2	-8.6	-26.2	48.8	-22.6
6	16.6	40.2	-8.6	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	14.0	40.2	-8.6	-26.2	48.8	-22.6

許容値  $Sm=137MPa$  (評価点: 1~6)

第6-3-3表 設計条件における一次局部膜応力強さ

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	16.5	41.9	-7.8	0.4	-2.5	0.0	0.0	0.0	14.1	41.9	-7.8	-27.8	49.7	-21.9
2	16.5	41.9	-7.8	0.4	-2.5	0.0	0.0	0.0	14.1	41.9	-7.8	-27.8	49.7	-21.9
3	16.6	40.3	-7.0	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	14.0	40.3	-7.0	-26.2	47.3	-21.1
4	16.6	40.3	-7.0	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	14.0	40.3	-7.0	-26.2	47.3	-21.1
5	16.6	40.2	-8.6	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	14.0	40.2	-8.6	-26.2	48.8	-22.6
6	16.6	40.2	-8.6	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	14.0	40.2	-8.6	-26.2	48.8	-22.6

許容値  $1.5S_m = 205 \text{ MPa}$  (評価点 : 1~6)

第6-3-4表 供用状態Cにおける一次一般膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.2	
1	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.2	
2	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.2	
3	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1	
4	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1	
5	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1	
6	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1	

許容値  $1.2S_m = 164\text{MPa}$  (評価点: 1~6)

第6-3-5表 供用状態Cにおける一次局部膜応力強さ

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	18.2	46.1	-8.6	0.5	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	46.1	-8.6	-30.3	54.6	-24.3
2	18.2	46.1	-8.6	0.5	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	46.1	-8.6	-30.3	54.6	-24.3
3	18.2	44.3	-7.8	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.3	-7.8	-28.6	52.0	-23.4
4	18.2	44.3	-7.8	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.3	-7.8	-28.6	52.0	-23.4
5	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1
6	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1

許容値  $1.5(1.2S_m) = 246 \text{ MPa}$  (評価点: 1~6)

第6-3-6表 供用状態Dにおける一次一般膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.2	
1	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.2	
2	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.2	
3	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1	
4	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1	
5	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1	
6	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1	

許容値 MIN (2.4Sm,2/3Su) = 328MPa (評価点: 1~6)

第6-3-7表 供用状態Dにおける一次局部膜応力強さ

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	18.2	46.1	-8.6	0.5	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	46.1	-8.6	-30.3	54.6	-24.3
2	18.2	46.1	-8.6	0.5	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	46.1	-8.6	-30.3	54.6	-24.3
3	18.2	44.3	-7.8	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.3	-7.8	-28.6	52.0	-23.4
4	18.2	44.3	-7.8	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	44.3	-7.8	-28.6	52.0	-23.4
5	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1
6	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	15.7	44.2	-9.4	-28.5	53.6	-25.1

許容値 1.5MIN (2.4Sm,2/3Su) = 493MPa (評価点: 1~6)

第6-3-8表 試験状態における一次一般膜応力強さ

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	20.7	50.2	-10.7	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	18.2	50.2	-10.7	-32.0	60.9	-28.9
2	20.7	50.2	-10.7	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	18.2	50.2	-10.7	-32.0	60.9	-28.9
3	20.7	50.2	-10.7	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	18.2	50.2	-10.7	-32.1	60.9	-28.9
4	20.7	50.2	-10.7	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	18.2	50.2	-10.7	-32.1	60.9	-28.9
5	20.7	50.2	-10.7	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	18.1	50.2	-10.7	-32.1	60.9	-28.9
6	20.7	50.2	-10.7	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	18.1	50.2	-10.7	-32.1	60.9	-28.9

許容値  $0.9S_y = 185\text{MPa}$  (評価点 : 1~6)

第6-3-9表 試験状態における一次局部膜応力強さ

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	20.7	52.3	-9.7	0.5	-2.5	0.0	0.0	0.0	18.2	52.3	-9.7	-34.1	62.1	-27.9
2	20.7	52.3	-9.7	0.5	-2.5	0.0	0.0	0.0	18.2	52.3	-9.7	-34.1	62.1	-27.9
3	20.7	50.3	-8.8	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	18.2	50.3	-8.8	-32.1	59.1	-27.0
4	20.7	50.3	-8.8	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	18.2	50.3	-8.8	-32.1	59.1	-27.0
5	20.7	50.2	-10.7	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	18.1	50.2	-10.7	-32.1	60.9	-28.9
6	20.7	50.2	-10.7	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	18.1	50.2	-10.7	-32.1	60.9	-28.9

許容値  $1.5(0.9S_y) = 278 \text{ MPa}$  (評価点 : 1~6)

### 6.3.5 一次+二次応力評価

供用状態A及び供用状態Bにおける一次+二次応力評価は、次に示すとおりである。

一次+二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅を第6-3-11表に、一次+二次応力強さの変動幅が最大となる評価点の一次+二次応力強さを第6-3-12表に示す。第6-3-12表は、第6-3-11表における一次+二次応力強さの変動幅の最大値に対応した応力強さの最大値及び最小値を含む表である。また、第6-3-12表は、この一次+二次応力強さの成分が各過渡条件で最大及び最小となる時刻における応力、主応力及び応力強さを示している。

第6-3-11表より、評価点5において許容値3Smを超えることから、簡易弾塑性解析への適合性を確認するために、熱曲げ応力を除く一次+二次応力強さの評価を実施した。評価結果の評価点5について、一次+二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅（熱曲げ応力を除く）を第6-3-13表に、一次+二次応力強さ（熱曲げ応力を除く）を第6-3-14表に示す。第6-3-14表は、第6-3-13表における一次+二次応力強さ（熱曲げ応力を除く）の変動幅の最大値に対応した応力強さ（熱曲げ応力を除く）の最大値及び最小値を含む表である。また、第6-3-14表は、この一次+二次応力強さ（熱曲げ応力を除く）の成分が各過渡条件で最大及び最小となる時刻における熱曲げ応力を除く応力、主応力及び応力強さを示している。第6-3-13表より、一次+二次応力強さの変動幅（熱曲げ応力を除く）は、3Smを超えないことを確認した。

なお、表中に用いる過渡条件の記号を第6-3-10表に示す。

第6-3-10表 過渡条件の記号の説明(1/3)

記 号		過 渡 条 件		
		計 算 点	過 渡 条 件 名 称	
1A1	1A11	2.81h	I-a 起 動	
*0		—	無負荷運転状態	
1B1	1B11	6.0h	I-b 停 止	
1C1	1C11	0.5s	I-c 負 荷 上 昇	
	1C12	1,440.0s		
*100		—	100%負荷運転状態	
1D1	1D11	130.0s	I-d 負 荷 減 少	
	1D12	250.0s		
	1D13	1,495.0s		
1E1	1E11	110.0s	I-e 90%から100%へのステップ状負荷上昇	
	1E12	400.0s		
1F1	1F11	21.5s	I-f 100%から90%へのステップ状負荷減少	
	1F12	185.0s		
	1F13	220.0s		
	1F14	400.0s		
1G1	1G11	110.0s	I-g 100%からの大きいステップ状負荷減少	
	1G12	1,450.0s		
	1G13	1,800.0s		
1H1	1H11	0.1s	I-h 定常負荷運転時の変動	
	1H12	1.0s		
	1H13	180.1s		
	1H14	183.0s		
1J1	1J11	5.0min	I-j 0%から15%への負荷上昇	
	1J12	30.0min		
1K1	1K11	10.0min	I-k 15%から0%への負荷減少	
	1K12	40.0min		
1L1	1L11	500.0s	停止ループ	( i )停 止
	1L12	100.0s	運転ループ	
1L2	1L21	500.0s	起動ループ	( ii )起 動
	1L22	47.0s	運転ループ	

第6-3-10表 過渡条件の記号の説明(2/3)

記 号	過 渡 条 件		
	計 算 点	過 渡 条 件 名 称	
2A1	2A11	11.8s	II-a 負荷の喪失
	2A12	40.0s	
	2A13	45.0s	
	2A14	50.0s	
2B1	2B11	1,086.0s	II-b 外部電源喪失
	2B12	11,000.0s	
2C1	2C11	7.3s	健全側
	2C12	8.1s	
	2C13	3.5s	故障側
	2C14	8.0s	
	2C15	100.0s	
2D1	2D11	5.7s	(i) 不注意な冷却を伴わないトリップ
	2D12	20.0s	
	2D13	28.0s	
	2D14	200.0s	
2D2	2D21	300.0s	II-d 100%からの 原子炉トリップ
	2D22	1.1s	
	2D23	6.0s	
	2D24	23.0s	
	2D25	45.0s	
2D3	2D31	6.0s	(ii) 不注意な冷却を 伴うトリップ
	2D32	23.0s	
	2D33	666.0s	
2E1	2E11	2.0s	II-e 1次冷却系の異常な減圧
	2E12	74.0s	
	2E13	200.0s	
	2E14	800.0s	

第6-3-10表 過渡条件の記号の説明(3/3)

記 号	過 渡 条 件	
	計 算 点	過 渡 条 件 名 称
2F1	2F11	0.7s
	2F12	24.0s
	2F13	30.0s
	2F14	38.0s
	2F15	200.0s
2G1	2G11	5.0s
	2G12	7.3s
	2G13	18.0s
	2G14	700.0s
2H1	2H11	12.0s
	2H12	100.0s
	2H13	12.0s
2I1	2I11	2.0min
	2I12	28.0min
2J1	2J11	2.52h
	2J12	—

第6-3-11表 一次＋二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅

( 単位 : MPa )

評価点	応力強さの最大値			応力強さの最小値			応力強さの変動幅		
	S12	S23	S31	S12	S23	S31	S12	S23	S31
1	0.0	44.7	81.3	-106.8	-12.1	-3.0	106.8	56.8	84.3
2	0.0	40.7	103.0	-136.7	-0.2	0.0	136.7	40.8	103.0
3	0.0	66.1	2.4	-37.3	0.0	-30.0	37.3	66.1	32.4
4	8.7	36.4	5.8	-21.5	-13.4	-19.9	30.2	49.8	25.7
5	84.9	254.3	116.5	-370.8	-51.3	-34.4	455.7	305.6	150.9
6	49.5	8.8	224.8	-219.0	-8.5	-58.3	268.4	17.3	283.1

許容値  $3S_m = 411 \text{ MPa}$  (評価点 : 1~6)

第6-3-12表 一次+二次応力強さ(1/2)

評価点 - 5

外荷重による応力				( 単位 : MPa )																	
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ				
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23
	-2.6	0.0	0.0	0.0																	
1A11	72.9	-67.5	18.3	0.0	-27.7	25.3	-9.9	1.0	42.7	-42.2	8.4	0.0	0.9	42.7	-42.2	8.3	84.9	-50.5	-34.4		
*0	64.9	-43.5	17.5	-0.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-97.9	103.3	-39.9	0.0	5.6	-98.4	103.3	-39.4	-201.7	142.7	59.1		
1B11	-2.5	3.6	-0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.1	3.6	-0.6	0.0	0.0	-5.1	3.6	-0.6	-8.7	4.2	4.5		
1C11	66.0	-44.2	17.8	-0.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-96.8	102.6	-39.6	0.0	5.6	-97.4	102.6	-39.1	-199.9	141.7	58.3		
1C12	92.4	-76.3	24.1	0.0	-154.5	141.5	-55.4	5.5	-64.6	65.2	-31.3	0.0	5.6	-65.6	65.2	-30.4	-130.7	95.6	35.1		
*100	67.4	-45.1	18.2	-0.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-95.4	101.6	-39.2	0.0	5.6	-95.9	101.6	-38.7	-197.6	140.3	57.3		
1D12	65.4	-42.2	18.1	0.1	-158.6	145.2	-56.8	5.7	-95.7	103.0	-38.8	0.0	5.7	-96.3	103.0	-38.2	-199.3	141.2	58.1		
1D13	41.8	-13.7	12.3	-0.2	-162.2	148.6	-58.1	5.8	-122.9	134.9	-45.9	0.0	5.6	-123.3	134.9	-45.5	-258.2	180.3	77.9		
1E11	67.9	-45.9	18.1	-0.2	-162.6	148.9	-58.3	5.8	-97.2	103.0	-40.2	0.0	5.6	-97.8	103.0	-39.6	-200.8	142.7	58.2		
1E12	70.9	-49.9	18.9	-0.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-91.9	96.8	-38.5	0.0	5.6	-92.5	96.8	-37.9	-189.4	134.8	54.6		
1F12	65.8	-42.8	18.2	0.1	-156.9	143.7	-56.2	5.6	-93.7	100.9	-38.1	0.0	5.7	-94.2	100.9	-37.5	-195.2	138.4	56.8		
1F14	63.8	-40.1	17.4	-0.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-99.0	106.7	-40.0	0.0	5.6	-99.6	106.7	-39.5	-206.2	146.2	60.0		
1G11	66.1	-43.8	18.8	0.6	-149.2	136.7	-53.5	5.3	-85.6	92.8	-34.7	0.0	5.9	-86.3	92.8	-34.0	-179.1	126.8	52.3		
1G13	43.8	-16.7	12.6	-0.2	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-119.0	130.1	-44.8	0.0	5.5	-119.4	130.1	-44.4	-249.5	174.5	75.0		
1H11	67.4	-45.1	18.2	-0.1	-164.3	150.5	-58.9	5.9	-99.4	105.3	-40.7	0.0	5.8	-100.0	105.3	-40.1	-205.3	145.5	59.9		
1H13	68.6	-46.9	18.4	-0.1	-157.2	144.0	-56.3	5.6	-91.2	97.1	-38.0	0.0	5.5	-91.8	97.1	-37.4	-188.9	134.6	54.4		
1J11	65.5	-44.3	17.6	-0.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-97.3	102.4	-39.8	0.0	5.6	-97.8	102.4	-39.3	-200.2	141.7	58.5		
1J12	69.3	-48.8	18.5	-0.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-93.5	98.0	-38.9	0.0	5.6	-94.0	98.0	-38.4	-192.0	136.4	55.7		
1K11	60.9	-37.8	16.7	-0.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-101.9	109.0	-40.7	0.0	5.6	-102.4	109.0	-40.2	-211.4	149.2	62.2		
1K12	62.6	-40.6	17.0	-0.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-100.2	106.1	-40.5	0.0	5.6	-100.7	106.1	-39.9	-206.8	146.1	60.7		
1L11	24.2	11.3	8.8	-0.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-138.6	158.0	-48.7	0.0	5.6	-139.0	158.0	-48.3	-297.0	206.4	90.6		
1L12	68.9	-47.7	18.3	-0.2	-154.9	141.9	-55.5	5.5	-88.5	94.2	-37.3	0.0	5.3	-89.1	94.2	-36.7	-183.3	130.9	52.4		
1L21	71.4	-52.0	18.9	-0.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-91.4	94.8	-38.5	0.0	5.6	-92.0	94.8	-37.9	-186.8	132.7	54.1		
1L22	65.7	-44.0	17.7	-0.1	-162.2	148.6	-58.1	5.8	-99.0	104.5	-40.4	0.0	5.7	-99.6	104.5	-39.9	-204.1	144.4	59.7		
2A11	67.8	-45.4	18.0	-0.4	-187.2	171.4	-67.1	6.7	-121.9	126.0	-49.1	0.0	6.3	-122.5	126.0	-48.5	-248.5	174.5	74.0		
2A13	64.2	-41.7	19.6	1.5	-134.5	123.1	-48.2	4.8	-72.8	81.4	-28.6	0.0	6.3	-73.7	81.4	-27.7	-155.1	109.1	46.0		
2B11	66.1	-43.4	17.9	-0.1	-179.9	164.7	-64.5	6.4	-116.3	121.3	-46.6	0.0	6.3	-116.9	121.3	-46.0	-238.2	167.3	70.9		
2B12	66.0	-43.5	17.9	-0.1	-148.0	135.5	-53.0	5.3	-84.5	92.0	-35.2	0.0	5.2	-85.0	92.0	-34.6	-177.1	126.7	50.4		
2C12	66.7	-44.6	18.5	0.4	-138.0	126.4	-49.5	4.9	-73.9	81.8	-31.0	0.0	5.4	-74.6	81.8	-30.3	-156.3	112.1	44.3		
2C15	46.8	-14.9	18.3	2.5	-136.0	124.6	-48.7	4.9	-91.8	109.7	-30.4	0.0	7.3	-92.7	109.7	-29.6	-202.3	139.2	63.1		
2D12	63.1	-40.3	20.0	2.2	-137.9	126.3	-49.4	4.9	-77.4	85.9	-29.4	0.0	7.1	-78.4	85.9	-28.3	-164.4	114.3	50.1		
2D14	37.2	-1.4	13.8	1.0	-139.6	127.8	-50.0	5.0	-104.9	126.4	-36.2	0.0	5.9	-105.5	126.4	-35.7	-231.9	162.1	69.8		
2D21	23.2	16.4	9.9	0.4	-123.8	113.4	-44.4	4.4	-103.2	129.8	-34.5	0.0	4.8	-103.6	129.8	-34.1	-233.3	163.9	69.4		
2D24	62.2	-39.4	20.3	2.4	-134.1	122.8	-48.1	4.8	-74.5	83.4	-27.8	0.0	7.2	-75.6	83.4	-26.7	-159.0	110.1	48.9		
2D32	61.7	-38.7	20.3	2.5	-135.6	124.2	-48.6	4.8	-76.5	85.4	-28.3	0.0	7.3	-77.6	85.4	-27.2	-163.0	112.7	50.4		

第6-3-12表 一次+二次応力強さ(2/2)

評価点 - 5

外荷重による応力				( 単位 : MPa )																		
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ					
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
2D33	-39.8	94.5	-4.5	0.3	-122.1	111.8	-43.8	4.4	-164.4	206.3	-48.3	0.0	4.7	-164.6	206.3	-48.1	-370.8	254.3	116.5			
2E11	67.4	-45.1	18.2	-0.1	-159.3	145.9	-57.1	5.7	-94.5	100.8	-38.9	0.0	5.6	-95.0	100.8	-38.3	-195.8	139.1	56.7			
2E13	39.3	-5.8	16.6	2.6	-72.6	66.5	-26.0	2.6	-35.8	60.6	-9.4	0.0	5.2	-36.8	60.6	-8.4	-97.4	69.0	28.4			
2F13	59.7	-36.8	20.9	3.3	-114.6	104.9	-41.1	4.1	-57.5	68.2	-20.2	0.0	7.4	-58.9	68.2	-18.8	-127.0	86.9	40.1			
2F15	25.8	15.4	12.4	1.6	-111.5	102.1	-39.9	4.0	-88.3	117.5	-27.5	0.0	5.6	-88.8	117.5	-27.0	-206.3	144.6	61.8			
2G12	65.9	-43.6	18.9	0.9	-142.6	130.6	-51.1	5.1	-79.3	87.0	-32.2	0.0	6.0	-80.0	87.0	-31.5	-167.0	118.5	48.6			
2G14	-9.2	53.7	1.5	0.0	-146.4	134.1	-52.5	5.2	-158.2	187.7	-50.9	0.0	5.2	-158.4	187.7	-50.7	-346.1	238.4	107.7			
2H11	65.1	-45.6	14.6	-2.7	-173.5	158.8	-62.2	6.2	-110.9	113.2	-47.6	0.0	3.5	-111.1	113.2	-47.4	-224.3	160.6	63.7			
2H12	69.8	-54.5	17.2	-0.6	-141.6	129.7	-50.8	5.1	-74.3	75.2	-33.5	0.0	4.4	-74.8	75.2	-33.0	-150.1	108.3	41.8			
2I11	63.1	-40.9	17.4	0.1	-158.6	145.2	-56.8	5.7	-98.1	104.3	-39.4	0.0	5.7	-98.6	104.3	-38.9	-202.9	143.2	59.7			
2I12	22.8	8.0	8.1	0.0	-136.6	125.1	-49.0	4.9	-116.4	133.2	-40.8	0.0	4.9	-116.8	133.2	-40.5	-249.9	173.7	76.3			
2J11	64.4	-61.3	16.0	-0.1	-20.4	18.7	-7.3	0.7	41.5	-42.6	8.7	0.0	0.7	41.5	-42.6	8.7	84.1	-51.3	-32.8			
2J12	50.7	-34.0	13.7	-0.1	-178.4	163.4	-63.9	6.4	-130.3	129.4	-50.3	0.0	6.3	-130.8	129.4	-49.8	-260.2	179.2	81.0			

第6-3-13表 一次+二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅（熱曲げ応力を除く）

( 単位 : MPa )

評価点	応力強さの最大値			応力強さの最小値			応力強さの変動幅		
	S12	S23	S31	S12	S23	S31	S12	S23	S31
5	55.5	222.7	119.3	-336.8	-43.6	-50.0	392.3	266.2	169.2

許容値  $3Sm = 411 \text{ MPa}$  (評価点 : 5)

第6-3-14表 一次+二次応力強さ（熱曲げ応力を除く）(1/2)

評価点 - 5

外荷重による応力																			
$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$																
-2.6	0.0	0.0	0.0																
( 単位 : MPa )																			
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力		応力強さ				
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1A11	6.4	-91.5	-41.5	19.8	-27.7	25.3	-9.9	1.0	-23.8	-66.1	-51.4	0.0	20.8	-12.6	-66.1	-62.6	53.5	-3.6	-50.0
*0	5.0	-69.1	-35.6	14.6	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-157.8	77.6	-93.0	0.0	20.4	-163.7	77.6	-87.1	-241.3	164.7	76.5
1B11	-0.3	4.2	1.6	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.8	4.2	1.6	0.0	-0.9	-3.0	4.2	1.8	-7.2	2.4	4.8
1C11	5.1	-70.3	-36.2	14.9	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-157.7	76.4	-93.6	0.0	20.6	-163.8	76.4	-87.6	-240.2	164.0	76.2
1C12	7.7	-109.6	-52.1	23.4	-154.5	141.5	-55.4	5.5	-149.4	32.0	-107.5	0.0	28.9	-164.2	32.0	-92.7	-196.1	124.7	71.5
*100	5.2	-71.8	-37.0	15.2	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-157.6	74.9	-94.4	0.0	20.9	-163.9	74.9	-88.1	-238.8	163.0	75.8
1D12	4.9	-68.9	-36.1	14.4	-158.6	145.2	-56.8	5.7	-156.3	76.3	-93.0	0.0	20.1	-162.1	76.3	-87.1	-238.4	163.5	75.0
1D13	2.6	-33.7	-21.7	6.9	-162.2	148.6	-58.1	5.8	-162.1	114.8	-79.8	0.0	12.7	-164.0	114.8	-77.9	-278.9	192.7	86.1
1E11	5.3	-72.4	-37.1	15.4	-162.6	148.9	-58.3	5.8	-159.9	76.5	-95.3	0.0	21.3	-166.2	76.5	-89.0	-242.7	165.5	77.3
1E12	5.6	-77.3	-39.0	16.4	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-157.2	69.4	-96.5	0.0	22.1	-164.4	69.4	-89.3	-233.9	158.7	75.2
1F11	5.2	-71.8	-37.0	15.2	-163.3	149.5	-58.5	5.8	-160.6	77.7	-95.5	0.0	21.1	-166.8	77.7	-89.3	-244.5	167.0	77.6
1F13	4.8	-68.6	-36.1	14.3	-156.4	143.2	-56.0	5.6	-154.1	74.6	-92.1	0.0	19.9	-160.0	74.6	-86.3	-234.6	160.9	73.7
1G11	4.7	-71.6	-37.4	14.6	-149.2	136.7	-53.5	5.3	-147.1	65.1	-90.9	0.0	19.9	-153.4	65.1	-84.5	-218.5	149.6	68.9
1G13	2.9	-37.0	-22.8	7.6	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-159.9	109.7	-80.2	0.0	13.4	-162.1	109.7	-78.0	-271.8	187.8	84.0
1H12	5.2	-71.8	-37.0	15.2	-164.3	150.5	-58.9	5.9	-161.6	78.7	-95.9	0.0	21.1	-167.8	78.7	-89.7	-246.5	168.3	78.1
1H14	5.3	-73.7	-37.6	15.6	-157.2	144.0	-56.3	5.6	-154.5	70.3	-94.0	0.0	21.2	-161.2	70.3	-87.3	-231.5	157.5	73.9
1J11	5.1	-70.1	-35.9	14.9	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-157.7	76.7	-93.4	0.0	20.6	-163.7	76.7	-87.3	-240.4	164.0	76.4
1J12	5.5	-75.6	-38.2	16.1	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-157.3	71.2	-95.6	0.0	21.8	-164.3	71.2	-88.7	-235.4	159.9	75.6
1K11	4.5	-62.7	-33.2	13.2	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-158.3	84.0	-90.7	0.0	18.9	-163.2	84.0	-85.7	-247.2	169.8	77.5
1K12	4.8	-65.7	-34.2	13.9	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-158.0	81.0	-91.6	0.0	19.6	-163.4	81.0	-86.3	-244.4	167.3	77.1
1L11	0.6	-5.5	-11.3	0.5	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-162.2	141.2	-68.8	0.0	6.2	-162.6	141.2	-68.3	-303.8	209.6	94.3
1L12	5.5	-74.4	-37.7	15.9	-154.9	141.9	-55.5	5.5	-152.0	67.5	-93.2	0.0	21.4	-159.0	67.5	-86.2	-226.5	153.7	72.8
1L21	5.7	-79.1	-39.5	16.9	-160.2	146.7	-57.4	5.7	-157.1	67.6	-96.9	0.0	22.6	-164.6	67.6	-89.4	-232.2	157.0	75.3
1L22	5.1	-70.0	-36.0	14.8	-162.2	148.6	-58.1	5.8	-159.7	78.6	-94.2	0.0	20.6	-165.7	78.6	-88.2	-244.2	166.8	77.4
2A11	5.4	-71.8	-36.9	15.4	-187.2	171.4	-67.1	6.7	-184.4	99.6	-104.0	0.0	22.1	-190.0	99.6	-98.3	-289.7	198.0	91.7
2A14	3.7	-70.3	-37.7	13.3	-133.6	122.4	-47.9	4.8	-132.5	52.1	-85.6	0.0	18.0	-138.6	52.1	-79.4	-190.6	131.5	59.2
2B11	5.1	-69.8	-36.2	14.8	-179.9	164.7	-64.5	6.4	-177.4	94.9	-100.7	0.0	21.2	-182.9	94.9	-95.2	-277.8	190.1	87.6
2B12	5.1	-69.8	-36.1	14.8	-148.0	135.5	-53.0	5.3	-145.5	65.7	-89.2	0.0	20.1	-151.9	65.7	-82.8	-217.6	148.5	69.1
2C13	5.2	-71.8	-37.0	15.2	-161.9	148.3	-58.0	5.8	-159.2	76.5	-95.0	0.0	21.0	-165.5	76.5	-88.7	-242.0	165.2	76.8
2C14	4.8	-72.0	-37.1	14.8	-138.0	126.4	-49.5	4.9	-135.8	54.3	-86.5	0.0	19.7	-142.7	54.3	-79.6	-197.0	133.9	63.1
2D13	3.0	-69.0	-37.8	12.2	-136.8	125.3	-49.0	4.9	-136.4	56.3	-86.9	0.0	17.1	-141.8	56.3	-81.5	-198.1	137.9	60.2
2D14	1.1	-24.4	-21.2	3.9	-139.6	127.8	-50.0	5.0	-141.0	103.4	-71.2	0.0	8.9	-142.1	103.4	-70.1	-245.5	173.5	72.0
2D22	5.2	-71.8	-37.0	15.2	-159.8	146.4	-57.3	5.7	-157.2	74.6	-94.3	0.0	20.9	-163.5	74.6	-87.9	-238.1	162.5	75.6
2D25	2.0	-63.1	-36.8	10.4	-128.1	117.3	-45.9	4.6	-128.6	54.3	-82.7	0.0	15.0	-133.1	54.3	-78.3	-187.4	132.5	54.8
2D32	3.1	-69.4	-37.8	12.5	-135.6	124.2	-48.6	4.8	-135.0	54.8	-86.4	0.0	17.3	-140.6	54.8	-80.9	-195.3	135.6	59.7

第6-3-14表 一次+二次応力強さ (熱曲げ応力を除く) (2/2)

評価点 - 5

外荷重による応力				( 単位 : MPa )																	
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ				
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23
2D33	-6.4	91.4	25.7	-21.3	-122.1	111.8	-43.8	4.4	-131.1	203.2	-18.1	0.0	-16.9	-133.6	203.2	-15.6	-336.8	218.8	118.0		
2E11	5.2	-71.8	-37.0	15.2	-159.3	145.9	-57.1	5.7	-156.7	74.1	-94.1	0.0	20.9	-163.0	74.1	-87.7	-237.1	161.8	75.3		
2E13	0.4	-32.4	-25.7	4.3	-72.6	66.5	-26.0	2.6	-74.8	34.0	-51.8	0.0	6.9	-76.7	34.0	-49.9	-110.7	83.9	26.8		
2F11	5.2	-71.8	-37.0	15.2	-159.3	145.9	-57.1	5.7	-156.7	74.1	-94.1	0.0	20.9	-163.0	74.1	-87.7	-237.1	161.8	75.3		
2F14	1.8	-65.7	-37.8	10.4	-112.9	103.4	-40.5	4.0	-113.7	37.7	-78.2	0.0	14.5	-118.9	37.7	-73.1	-156.6	110.8	45.8		
2G13	3.6	-70.6	-37.7	13.2	-140.3	128.5	-50.3	5.0	-139.2	57.8	-88.0	0.0	18.2	-145.0	57.8	-82.2	-202.9	140.0	62.9		
2G14	-2.9	44.6	8.2	-10.7	-146.4	134.1	-52.5	5.2	-151.9	178.7	-44.3	0.0	-5.4	-152.2	178.7	-44.0	-330.8	222.7	108.2		
2H11	6.5	-65.3	-32.8	15.9	-173.5	158.8	-62.2	6.2	-169.5	93.5	-95.0	0.0	22.1	-175.5	93.5	-88.9	-269.1	182.4	86.6		
2H12	6.1	-79.0	-37.5	17.3	-141.6	129.7	-50.8	5.1	-138.1	50.7	-88.3	0.0	22.3	-146.6	50.7	-79.8	-197.4	130.5	66.9		
2I11	4.7	-66.6	-34.8	13.9	-158.6	145.2	-56.8	5.7	-156.4	78.6	-91.7	0.0	19.6	-161.9	78.6	-86.2	-240.5	164.8	75.7		
2I12	0.6	-7.3	-11.0	0.9	-136.6	125.1	-49.0	4.9	-138.6	117.8	-60.0	0.0	5.8	-139.0	117.8	-59.5	-256.8	177.3	79.4		
2J11	5.8	-81.9	-36.8	17.8	-20.4	18.7	-7.3	0.7	-17.2	-63.2	-44.1	0.0	18.6	-7.7	-63.2	-53.5	55.5	-9.7	-45.8		
2J12	3.9	-54.1	-27.8	11.4	-178.4	163.4	-63.9	6.4	-177.1	109.4	-91.8	0.0	17.8	-180.7	109.4	-88.2	-290.0	197.5	92.5		

### 6.3.6 疲労評価

供用状態A及び供用状態Bにおける疲労累積係数は、次に示すとおり許容値を満足している。

疲労累積係数を第6-3-15表に、疲労累積係数が最大となる評価点の疲労解析結果を第6-3-16表に、一次+二次+ピーク応力強さの変動を第6-3-4図に、一次+二次+ピーク応力強さを第6-3-17表に示す。第6-3-4図は、第6-3-16表における疲労解析に用いた各過渡条件の一次+二次+ピーク応力強さの極値と回数を図示している。また、第6-3-17表は、この一次+二次+ピーク応力強さの成分が各過渡条件で最大及び最小となる時刻における応力、主応力及び応力強さを示している。なお、各図表中の過渡条件の記号は前述する6.3.5「一次+二次応力評価」を参照のこと。

また、一次+二次応力評価で許容値3Smを超えた評価点5については、次の4項目の許容値を満足したため、簡易弾塑性解析を用いた疲労評価を実施した。

評価点	評価項目	数値	許容値
5	材料の最小降伏点と最小引張強さの比	0.4	0.8
	供用状態A及び供用状態Bにおける最高温度 (°C)	336.0 <small>(注)</small>	430
	熱曲げ応力を除く一次+二次応力強さの変動幅(MPa)	393	411
	疲労解析に用いる繰返しピーク応力強さ(MPa)	301	4,881

(注) 供用状態A及び供用状態Bにおける1次系高温側の最高温度

簡易弾塑性評価方法による疲労解析結果を第6-3-18表に示す。

第6-3-15表 疲労累積係数

評価点	UI (S12)	UI (S23)	UI (S31)
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0
5	0.00063	0.00005	0.0
6	0.16594	0.0	0.20438

許容値      UI = 1.0

第6-3-16表 疲労解析

評価点 - 6  
( S31 )

応力強さ			( 単位 : MPa )		繰返し回数		疲労係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
1373.8	-359.4	1.0	866.6	880.2	10	798	0.01253
1251.4	-359.4	1.0	805.4	818.0	40	1000	0.04000
1043.8	-359.4	1.0	701.6	712.6	70	1610	0.04348
1043.8	-351.1	1.0	697.5	708.4	10	1640	0.00610
887.6	-351.1	1.0	619.4	629.1	40	2510	0.01594
887.6	0.0	1.0	443.8	450.7	170	9150	0.01858
887.6	361.8	1.0	262.9	267.0	20	132000	0.00015
887.6	397.3	1.0	245.2	249.0	12970	195000	0.06651
878.7	397.3	1.0	240.7	244.5	10	218000	0.00005
876.8	397.3	1.0	239.8	243.5	50	224000	0.00022
856.6	397.3	1.0	229.7	233.2	170	292000	0.00058
856.6	463.2	1.0	196.7	199.8	30	812000	0.00004
827.9	463.2	1.0	182.3	185.2	50	1160000	0.00004
827.9	474.0	1.0	176.9	179.7	10	1280000	0.00001
827.9	516.8	1.0	155.5	157.9	80	1960000	0.00004
827.9	530.1	1.0	148.9	151.2	20	2350000	0.00001
824.8	530.1	1.0	147.4	149.7	60	2450000	0.00002
824.8	541.7	1.0	141.5	143.7	20	2920000	0.00001
816.0	541.7	1.0	137.1	139.3	140	3350000	0.00004
816.0	548.8	1.0	133.6	135.7	90	3750000	0.00002
794.3	548.8	1.0	122.7	124.7	40	5580000	0.00001
748.0	548.8	1.0	99.6	101.2	80	35500000	0.00000
734.3	548.8	1.0	92.7	94.2	10	7980000000	0.00000
725.4	548.8	1.0	88.3	89.7	10	-----	0.0
疲労累積係数 =							0.20438

Ke : 割増し係数

ALT : 繰返しピーク応力強さ

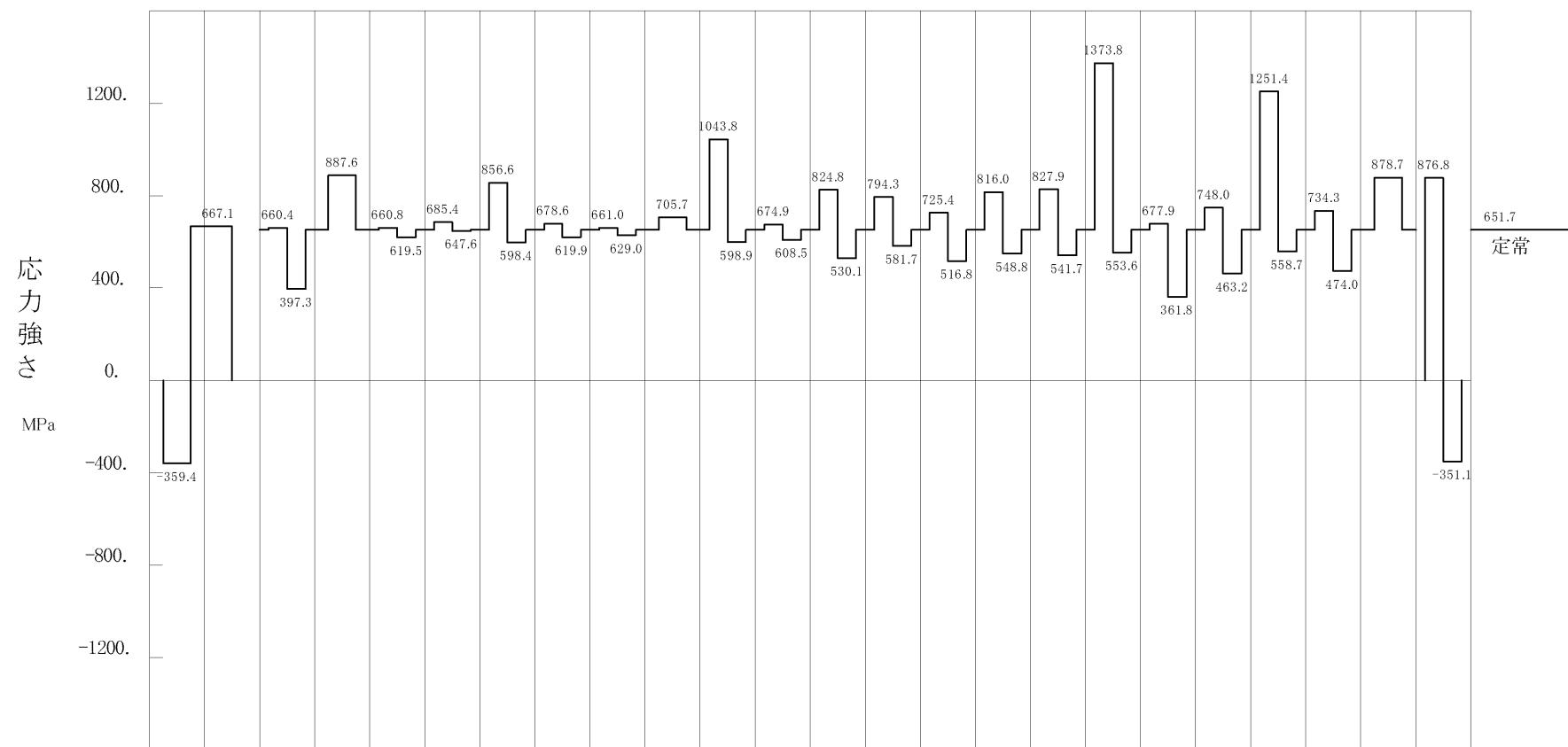
ALT' : ALTに(195000)/(材料の使用温度における継弾性係数)を乗じて得た値

N : 設計繰返し回数

N\* : 許容繰返し回数

評価点 6

応力強さ S31



第6-3-4図 各過渡条件における一次+二次+ピーク応力強さの変動

過渡条件	1A1	1B1	1C1	1D1	1E1	1F1	1G1	1H1	1J1	1K1	1L1	1L2	2A1	2B1	2C1	2D1	2D2	2D3	2E1	2F1	2G1	2H1	2I1	2J1
繰返し回数	120	120	13200	13200	2000	2000	200	$3 \times 10^6$	1400	1400	80	70	80	40	80	230	160	10	20	80	40	10	10	50

第6-3-17表 一次+二次+ピーク応力強さ(1/2)

評価点 - 6

外荷重による応力				( 単位 : MPa )																	
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ				
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23
	-10.2	0.0	0.0	0.0																	
1A11	-367.2	-706.3	-619.5	243.0	168.5	282.3	234.5	-86.3	-208.9	-424.0	-385.0	0.0	156.7	-117.2	-424.0	-476.7	306.7	52.7	-359.4		
*0	-335.9	-580.4	-542.8	179.8	976.1	1635.3	1358.4	-500.2	629.9	1054.9	815.6	0.0	-320.4	389.2	1054.9	1056.3	-665.7	-1.4	667.1		
1B11	12.2	28.6	23.2	-11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	28.6	23.2	0.0	-11.0	-2.7	28.6	27.8	-31.3	0.8	30.5		
1C11	-341.6	-590.1	-551.9	182.8	976.1	1635.3	1358.4	-500.2	624.3	1045.2	806.5	0.0	-317.4	385.2	1045.2	1045.6	-660.0	-0.4	660.4		
1C12	-471.8	-873.7	-784.8	286.5	941.2	1577.0	1309.9	-482.4	459.2	703.3	525.1	0.0	-195.9	293.5	703.3	690.8	-409.7	12.5	397.3		
*100	-349.0	-602.9	-563.9	186.7	976.1	1635.3	1358.4	-500.2	616.9	1032.5	794.5	0.0	-313.5	379.8	1032.5	1031.5	-652.6	1.0	651.7		
1D11	-348.8	-602.8	-564.3	185.7	982.4	1646.0	1367.2	-503.5	623.4	1043.2	802.9	0.0	-317.8	383.0	1043.2	1043.4	-660.2	-0.2	660.4		
1D13	-223.7	-329.1	-340.5	85.3	988.1	1655.5	1375.1	-506.4	754.2	1326.5	1034.6	0.0	-421.1	450.6	1326.5	1338.2	-875.8	-11.8	887.6		
1E11	-350.6	-605.6	-564.5	190.4	990.6	1659.8	1378.7	-507.7	629.9	1054.1	814.1	0.0	-317.3	391.6	1054.1	1052.4	-662.5	1.7	660.8		
1E12	-365.5	-641.2	-593.6	201.6	976.1	1635.3	1358.4	-500.2	600.3	994.2	764.8	0.0	-298.7	372.8	994.2	992.3	-621.4	1.8	619.5		
1F12	-342.9	-590.0	-556.9	177.5	955.8	1601.4	1330.2	-489.8	602.6	1011.3	773.3	0.0	-312.3	364.2	1011.3	1011.8	-647.2	-0.4	647.6		
1F14	-331.4	-562.0	-532.0	171.3	976.1	1635.3	1358.4	-500.2	634.4	1073.4	826.4	0.0	-329.0	387.7	1073.4	1073.1	-685.6	0.3	685.4		
1G11	-347.6	-607.9	-573.1	175.0	908.9	1522.9	1265.0	-465.8	551.1	915.0	691.9	0.0	-290.8	322.3	915.0	920.7	-592.7	-5.8	598.4		
1G12	-217.2	-316.8	-329.4	80.8	950.7	1592.9	1232.1	-487.2	723.4	1276.1	993.8	0.0	-406.4	430.3	1276.1	1286.9	-845.8	-10.8	856.6		
1H11	-349.0	-602.8	-563.9	186.8	1000.8	1676.7	1392.8	-512.9	641.6	1073.9	828.9	0.0	-326.1	395.9	1073.9	1074.5	-678.0	-0.6	678.6		
1H13	-354.0	-615.0	-572.3	192.3	957.7	1604.6	1332.8	-490.8	593.4	989.6	760.6	0.0	-298.5	367.0	989.6	987.0	-622.5	2.6	619.9		
1J11	-338.8	-586.8	-547.5	182.8	976.1	1635.3	1358.4	-500.2	627.0	1048.6	810.9	0.0	-317.4	388.5	1048.6	1049.4	-660.1	-0.9	661.0		
1J12	-357.5	-626.5	-580.4	197.4	976.1	1635.3	1358.4	-500.2	608.3	1008.8	778.0	0.0	-302.8	378.7	1008.8	1007.7	-630.1	1.1	629.0		
1K11	-317.1	-536.5	-509.0	161.9	976.1	1635.3	1358.4	-500.2	648.8	1098.9	849.4	0.0	-338.3	396.2	1098.9	1101.9	-702.7	-3.0	705.7		
1K12	-324.8	-555.8	-522.6	170.8	976.1	1635.3	1358.4	-500.2	641.0	1079.5	835.8	0.0	-329.4	394.9	1079.5	1081.9	-684.6	-2.4	687.0		
1L11	-140.5	-136.4	-192.2	6.9	976.1	1635.3	1358.4	-500.2	825.4	1498.9	1166.2	0.0	-493.3	473.9	1498.9	1517.7	-1025.0	-18.7	1043.8		
1L12	-355.1	-618.4	-572.7	195.4	943.8	1581.2	1313.4	-483.7	578.4	962.8	740.7	0.0	-288.3	360.1	962.8	959.0	-602.7	3.8	598.9		
1L21	-367.2	-650.7	-598.8	206.8	976.1	1635.3	1358.4	-500.2	598.7	984.7	759.6	0.0	-293.4	374.9	984.7	983.4	-609.8	1.3	608.5		
1L22	-340.2	-587.5	-549.5	182.3	988.1	1655.5	1375.1	-506.4	637.7	1068.0	825.7	0.0	-324.1	394.2	1068.0	1069.1	-673.8	-1.1	674.9		
2A11	-349.3	-600.6	-562.1	190.3	1140.1	1910.2	1586.7	-584.3	780.6	1309.6	1024.6	0.0	-393.9	490.2	1309.6	1315.0	-819.4	-5.4	824.8		
2A12	-346.8	-615.9	-578.0	163.6	826.6	1384.9	1150.4	-423.6	469.6	769.0	572.4	0.0	-260.0	255.9	769.0	786.0	-513.1	-17.0	530.1		
2B11	-342.8	-589.0	-552.9	181.4	1095.8	1835.9	1525.0	-561.6	742.8	1247.0	972.1	0.0	-380.2	460.3	1247.0	1254.6	-786.7	-7.6	794.3		
2B12	-342.1	-588.1	-551.6	181.4	901.3	1510.1	1254.4	-461.9	549.0	922.0	702.8	0.0	-280.5	335.1	922.0	916.8	-587.0	5.3	581.7		
2C11	-348.6	-606.5	-565.8	181.8	844.3	1414.6	1175.0	-432.7	485.5	808.1	609.3	0.0	-250.9	289.0	808.1	805.8	-519.1	2.3	516.8		
2C15	-272.3	-437.8	-482.0	67.3	828.5	1388.1	1153.0	-424.6	546.0	950.3	671.0	0.0	-357.3	245.8	950.3	971.2	-704.5	-20.9	725.4		
2D11	-348.5	-607.9	-566.8	179.8	870.3	1458.1	1211.2	-446.0	511.5	850.3	644.3	0.0	-266.2	303.6	850.3	852.3	-546.7	-2.1	548.8		
2D14	-214.2	-290.9	-344.4	41.8	850.0	1424.2	1183.0	-435.6	625.6	1133.3	838.5	0.0	-393.9	324.0	1133.3	1140.1	-809.2	-6.8	816.0		
2D21	-142.0	-130.6	-206.5	-9.4	754.4	1263.9	1049.9	-386.6	602.2	1133.3	843.4	0.0	-396.0	308.8	1133.3	1136.7	-824.5	-3.4	827.9		
2D23	-348.5	-609.1	-567.8	177.9	860.8	1442.2	1198.0	-441.1	502.1	833.1	630.2	0.0	-263.2	295.3	833.1	837.0	-537.9	-3.9	541.7		
2D31	-347.8	-611.5	-571.2	172.1	862.1	1444.3	1199.7	-441.8	504.1	832.8	628.6	0.0	-269.7	289.5	832.8	843.1	-543.3	-10.3	553.6		

第6-3-17表 一次+二次+ピーク応力強さ(2/2)

評価点 - 6

外荷重による応力				( 単位 : MPa )																	
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ				
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23
2D33	164.5	541.0	341.8	-262.8	743.6	1245.9	1034.9	-381.1	897.9	1786.9	1376.7	0.0	-643.8	450.4	1786.9	1824.2	-1336.5	-37.3	1373.8		
2E12	-346.2	-601.2	-564.6	177.7	694.2	1163.1	966.1	-355.8	337.8	562.0	401.6	0.0	-178.0	188.8	562.0	550.5	-373.2	11.4	361.8		
2E14	93.1	377.0	224.6	-185.5	255.9	428.7	356.1	-131.1	338.7	805.8	580.8	0.0	-316.6	120.8	805.8	798.7	-685.0	7.0	677.9		
2F12	-340.4	-615.9	-586.6	139.0	720.8	1207.7	1003.2	-369.4	370.2	591.7	416.5	0.0	-230.4	161.8	591.7	625.0	-429.9	-33.2	463.2		
2F15	-164.7	-176.3	-267.2	-15.8	679.0	1137.6	945.0	-348.0	504.0	961.3	677.8	0.0	-363.8	216.9	961.3	964.9	-744.4	-3.6	748.0		
2G11	-348.3	-609.0	-568.7	176.9	874.7	1465.6	1217.4	-448.3	516.2	856.5	648.7	0.0	-271.4	303.1	856.5	861.8	-553.4	-5.3	558.7		
2G14	20.4	217.2	90.7	-130.6	891.8	1494.2	1241.2	-457.0	902.0	1711.4	1331.9	0.0	-587.6	491.3	1711.4	1742.6	-1220.1	-31.2	1251.4		
2H12	-352.7	-633.2	-565.0	215.1	862.7	1445.4	1200.6	-442.1	499.7	812.2	635.6	0.0	-227.0	330.7	812.2	804.7	-481.5	7.6	474.0		
2H13	-348.7	-599.8	-561.1	189.9	1056.5	1770.1	1470.3	-541.4	697.6	1170.3	909.2	0.0	-351.6	436.3	1170.3	1170.6	-734.0	-0.2	734.3		
2I11	-328.6	-564.8	-532.8	170.1	965.9	1618.4	1344.3	-495.0	627.1	1053.5	811.5	0.0	-324.9	381.6	1053.5	1057.0	-672.0	-3.5	675.4		
2I12	-131.5	-138.7	-184.3	10.7	832.3	1394.4	1158.3	-426.5	690.6	1255.8	973.9	0.0	-415.9	392.9	1255.8	1271.6	-862.8	-15.8	878.7		
2J11	-323.5	-627.2	-547.7	218.5	124.1	208.0	172.8	-63.6	-209.6	-419.2	-374.9	0.0	154.9	-116.7	-419.2	-467.8	302.5	48.7	-351.1		
2J12	-262.6	-453.7	-424.2	140.6	1086.9	1821.1	1512.7	-557.0	814.1	1367.3	1088.5	0.0	-416.4	512.9	1367.3	1389.7	-854.4	-22.4	876.8		

第6-3-18表 疲労解析

評価点 - 5  
( S12 )

応力強さ ( 単位 : MPa )				繰返し回数		疲労係数	
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
92.3	-397.6	1.21	295.5	300.1	10	69800	0.00014
92.3	-372.0	1.10	254.9	258.8	40	157000	0.00025
92.3	-319.6	1.0	206.0	209.2	70	586000	0.00012
91.4	-319.6	1.0	205.5	208.7	10	596000	0.00002
91.4	-281.2	1.0	186.3	189.2	40	1080000	0.00004
0.0	-281.2	1.0	140.6	142.8	10	3010000	0.00000
0.0	-278.2	1.0	139.1	141.3	160	3150000	0.00005
-99.4	-278.2	1.0	89.4	90.8	20	-----	0.0
疲労累積係数 =							0.00063

Ke : 割増し係数

ALT : 繰返しピーク応力強さ

ALT' : ALTに(195000)/(材料の使用温度における縦弾性係数)を乗じて得た値

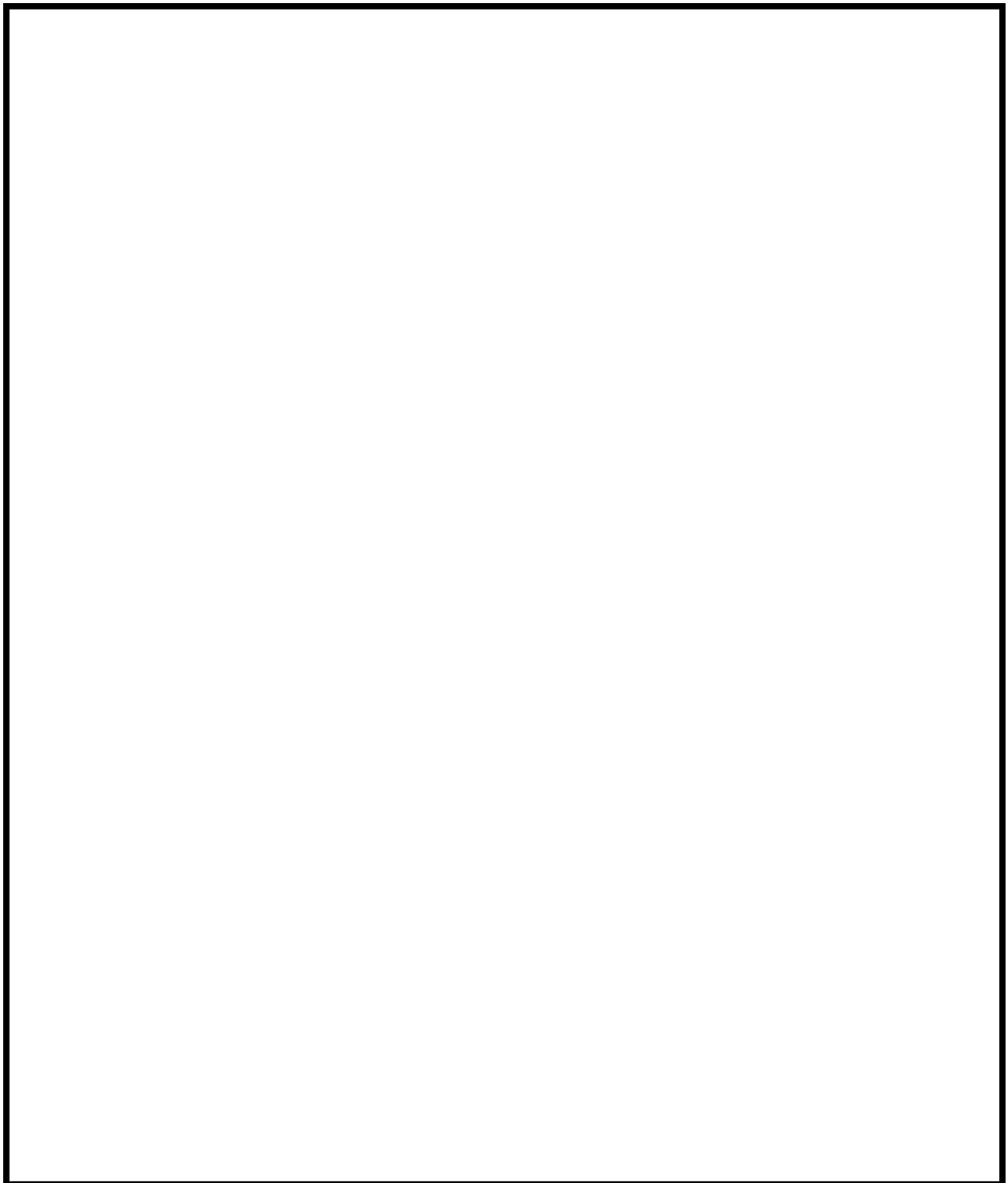
N : 設計繰返し回数

N\* : 許容繰返し回数

## 6.4 空気抜管

### 6.4.1 形状、寸法、材料及び応力評価点

空気抜管の形状、寸法、材料及び応力評価点を第6-4-1図に示す。



第6-4-1図 空気抜管

#### 6.4.2 応力計算方法

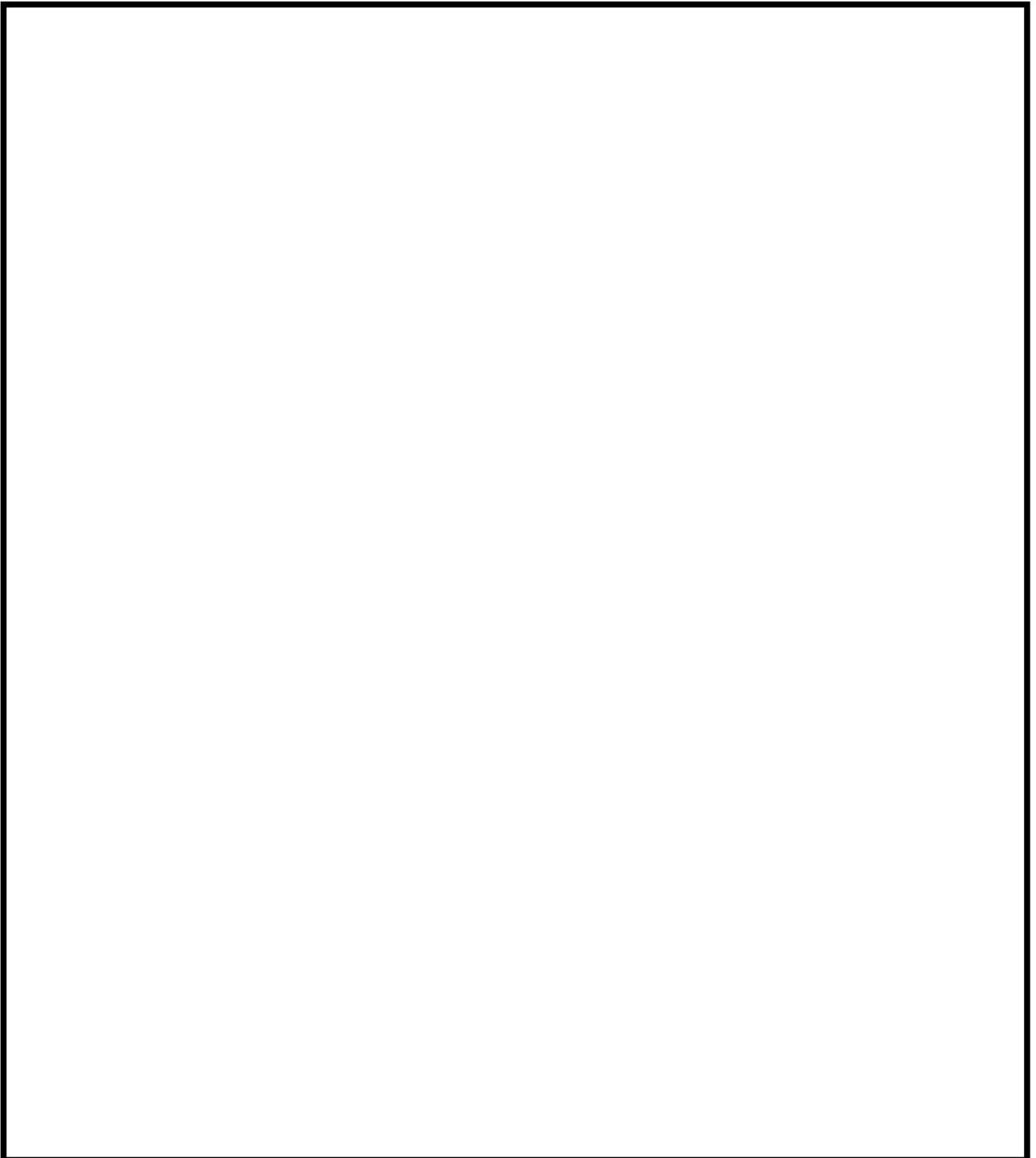
応力計算は、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」に示す手法により行う。

ここで、有限要素法を使用する場合の解析モデルを第6-4-2図に示す。

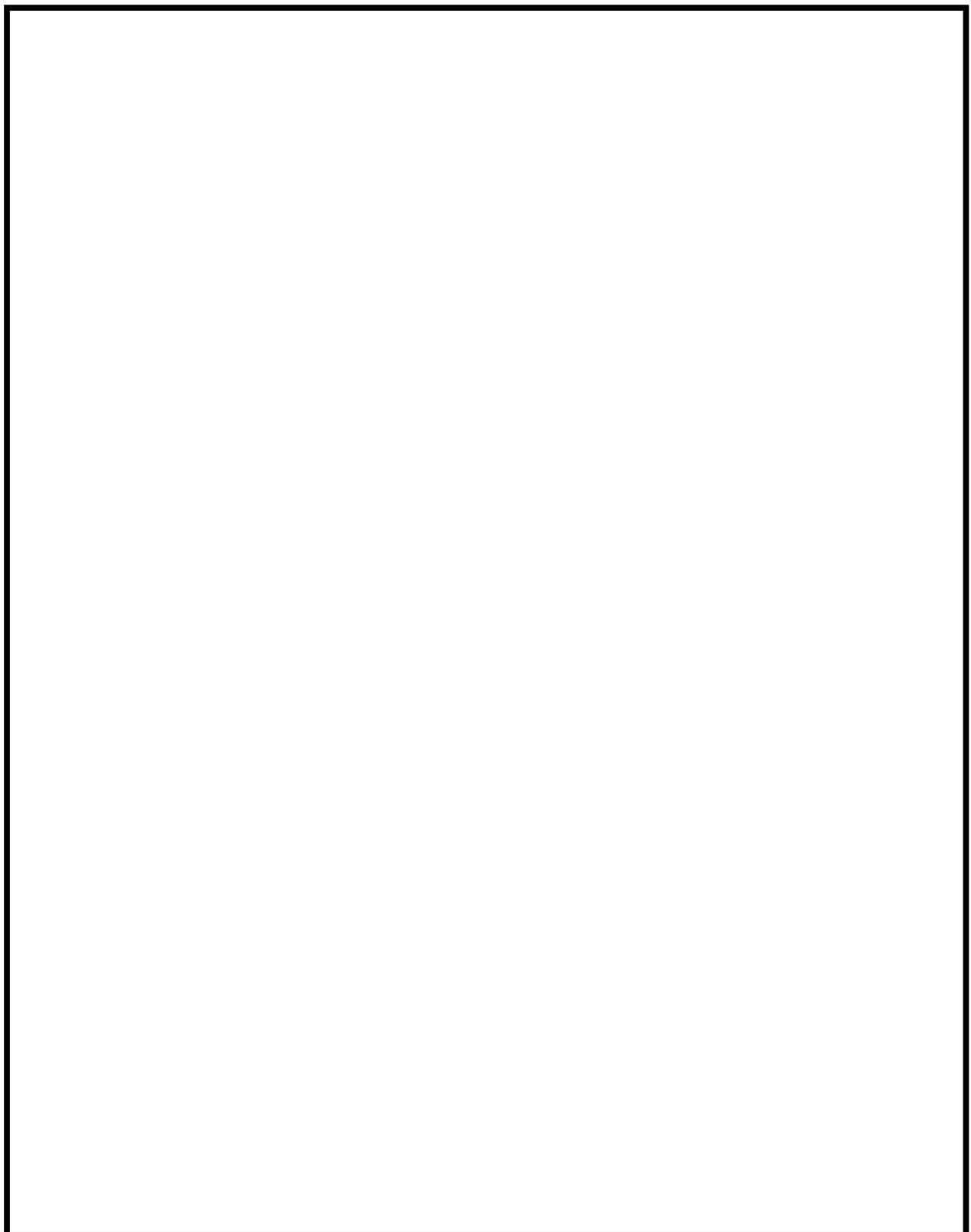
圧力による解析条件を第6-4-3図に、温度条件を第4-3表に示す。使用した解析コードは「ABAQUS」である。

なお、圧力による一次一般膜応力の計算には、静力学の釣合いを用いる。外荷重による応力計算は、はり理論により行う。外荷重による解析条件を第4-2表に示す。

はり理論及び静力学の釣合いによる応力計算には第6-4-1図の寸法を用いる。



第6-4-2図 解析モデル（要素分割図）



第6-4-3図 解析条件

### 6.4.3 圧力荷重による応力の計算結果

単位圧力荷重(10MPa)による応力の計算結果を第6-4-1表に示す。

なお、圧力荷重による応力は、この単位圧力荷重による計算結果に基づき、各評価の圧力を応じて比例法により求める。

第6-4-1表 単位圧力荷重(10MPa)による応力の計算結果

評価点	Pm				PL+Pb				PL+Pb+Q				PL+Pb+Q+F				(単位 : MPa)			
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$																
1	7.9	19.8	-5.0	0.0	7.9	19.9	-4.0	0.0	7.9	24.6	-8.7	0.0	8.0	25.9	-9.8	0.0				
2	7.9	19.8	-5.0	0.0	7.9	19.9	-4.0	0.0	7.9	15.1	0.8	0.0	7.9	15.9	0.1	0.0				
3	7.9	19.8	-5.0	0.0	7.9	19.8	-5.0	0.0	-80.5	97.0	-36.5	0.8	-68.1	115.0	-11.8	-0.9				
4	7.9	19.8	-5.0	0.0	7.9	19.8	-5.0	0.0	82.1	159.4	145.0	-46.4	328.3	637.5	579.9	-185.7				

#### 6.4.4 一次応力評価

設計条件、供用状態C、供用状態D及び試験状態における一次応力強さは、次に示すとおり許容値を満足している。

設計条件における一次一般膜応力強さを第6-4-2表に、一次膜+一次曲げ応力強さを第6-4-3表に示す。

供用状態Cにおける一次一般膜応力強さを第6-4-4表に、一次膜+一次曲げ応力強さを第6-4-5表に示す。

供用状態Dにおける一次一般膜応力強さを第6-4-6表に、一次膜+一次曲げ応力強さを第6-4-7表に示す。

試験状態における一次一般膜応力強さを第6-4-8表に、一次局部膜応力強さを第6-4-9表に、一次一般膜+一次曲げ応力強さを第6-4-10表に示す。

ここで、設計条件、供用状態C及び供用状態Dにおける一次局部膜応力強さの最大値は、一次膜+一次曲げ応力強さの最大値以下であり、かつ一次局部膜応力強さの許容値は、一次膜+一次曲げ応力強さの許容値以上であるため、一次局部膜応力強さの評価は一次膜+一次曲げ応力強さの評価で代表する。

評価点3,4は一次局部膜応力に分類すべき圧力による応力が発生しないため、圧力による一次応力は一次一般膜応力のみが対象となる。

第6-4-2表 設計条件における一次一般膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	13.6	34.0	-8.6	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.8	13.3	34.0	-8.6	-20.7	42.6	-21.9	
1	13.6	34.0	-8.6	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	13.3	34.1	-8.6	-20.8	42.7	-21.9	
2	13.6	34.0	-8.6	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.8	13.3	34.0	-8.6	-20.7	42.6	-21.9	
3	13.6	34.0	-8.6	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	13.3	34.1	-8.6	-20.8	42.7	-21.9	
4	13.6	34.0	-8.6	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	13.3	34.1	-8.6	-20.7	42.6	-21.9	

許容値  $Sm=161MPa$  (評価点: 1~4)

第6-4-3表 設計条件における一次膜+一次曲げ応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	13.6	34.1	-6.8	0.0	12.6	0.0	0.0	0.8	26.1	34.1	-6.8	-8.0	41.0	-33.0	
1	13.6	34.1	-6.8	0.0	19.1	0.0	0.0	1.1	32.1	34.7	-6.8	-2.7	41.5	-38.9	
2	13.6	34.0	-8.6	0.0	12.6	0.0	0.0	0.8	26.1	34.1	-8.6	-8.0	42.7	-34.7	
3	13.6	34.0	-8.6	0.0	19.1	0.0	0.0	1.1	32.0	34.7	-8.6	-2.6	43.2	-40.6	
4	13.6	34.0	-8.6	0.0	12.6	0.0	0.0	0.8	26.1	34.1	-8.6	-8.0	42.7	-34.7	

許容値 1.48Sm=238MPa (評価点: 1~4)

第6-4-4表 供用状態Cにおける一次一般膜応力強さ

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	14.9	37.4	-9.4	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.8	14.7	37.5	-9.4	-22.8	46.9	-24.1
2	14.9	37.4	-9.4	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	14.7	37.5	-9.4	-22.8	46.9	-24.1
3	14.9	37.4	-9.4	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.8	14.7	37.5	-9.4	-22.8	46.9	-24.1
4	14.9	37.4	-9.4	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	14.7	37.5	-9.4	-22.8	46.9	-24.1

許容値  $1.2S_m = 193\text{MPa}$  (評価点: 1~4)

第6-4-5表 供用状態Cにおける一次膜+一次曲げ応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_{12}$	$S_{23}$	$S_{31}$	
	15.0	37.5	-7.5	0.0	12.6	0.0	0.0	0.8	27.5	37.5	-7.5	-10.0	45.1	-35.0	
1	15.0	37.5	-7.5	0.0	19.1	0.0	0.0	1.1	33.7	37.8	-7.5	-4.1	45.3	-41.2	
2	14.9	37.4	-9.4	0.0	12.6	0.0	0.0	0.8	27.5	37.5	-9.4	-10.0	46.9	-36.9	
3	14.9	37.4	-9.4	0.0	19.1	0.0	0.0	1.1	33.7	37.8	-9.4	-4.1	47.2	-43.1	
4															

許容値  $1.48(1.2Sm)=285\text{MPa}$  (評価点: 1~4)

第6-4-6表 供用状態Dにおける一次一般膜応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	14.9	37.4	-9.4	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.8	14.7	37.5	-9.4	-22.8	46.9	-24.1	
1	14.9	37.4	-9.4	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	14.7	37.5	-9.4	-22.8	46.9	-24.1	
2	14.9	37.4	-9.4	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.8	14.7	37.5	-9.4	-22.8	46.9	-24.1	
3	14.9	37.4	-9.4	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	14.7	37.5	-9.4	-22.8	46.9	-24.1	
4	14.9	37.4	-9.4	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	14.7	37.5	-9.4	-22.8	46.9	-24.1	

許容値 MIN (2.4Sm,2/3Su) = 357MPa (評価点: 1~4)

第6-4-7表 供用状態Dにおける一次膜+一次曲げ応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31	
	15.0	37.5	-7.5	0.0	12.6	0.0	0.0	0.8	27.5	37.5	-7.5	-10.0	45.1	-35.0	
1	15.0	37.5	-7.5	0.0	19.1	0.0	0.0	1.1	33.7	37.8	-7.5	-4.1	45.3	-41.2	
2	14.9	37.4	-9.4	0.0	12.6	0.0	0.0	0.8	27.5	37.5	-9.4	-10.0	46.9	-36.9	
3	14.9	37.4	-9.4	0.0	19.1	0.0	0.0	1.1	33.7	37.8	-9.4	-4.1	47.2	-43.1	
4															

許容値  $1.48\text{MIN} (2.4S_m,2 / 3S_u) = 528\text{MPa}$  (評価点: 1~4)

第6-4-8表 試験状態における一次一般膜応力強さ

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	17.0	42.5	-10.7	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.8	16.7	42.5	-10.7	-25.8	53.3	-27.4
2	17.0	42.5	-10.7	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	16.7	42.6	-10.7	-25.9	53.3	-27.4
3	17.0	42.5	-10.7	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.8	16.7	42.5	-10.7	-25.8	53.3	-27.4
4	17.0	42.5	-10.7	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	16.7	42.6	-10.7	-25.9	53.3	-27.4

許容値  $0.9S_y = 220 \text{ MPa}$  (評価点: 1~4)判定  $2/3S_y = 163 \text{ MPa} \geq$  (評価点: 1~4)

第6-4-9表 試験状態における一次局部膜応力強さ

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	17.0	42.6	-8.5	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.8	16.8	42.6	-8.5	-25.9	51.1	-25.3
2	17.0	42.6	-8.5	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	16.7	42.6	-8.5	-25.9	51.2	-25.3
3	17.0	42.5	-10.7	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.8	16.7	42.5	-10.7	-25.8	53.3	-27.4
4	17.0	42.5	-10.7	0.0	-0.2	0.0	0.0	1.1	16.7	42.6	-10.7	-25.9	53.3	-27.4

許容値 1.5(0.9Sy)=330MPa (評価点: 1~4)

第6-4-10表 試験状態における一次一般膜+一次曲げ応力強さ

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ			( 単位 : MPa )
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_{12}$	$S_{23}$	$S_{31}$	
	1	17.0	42.5	-10.7	0.0	12.6	0.0	0.0	0.8	29.5	42.6	-10.7	-13.0	53.3	-40.3
2	17.0	42.5	-10.7	0.0	19.1	0.0	0.0	1.1	35.9	42.7	-10.7	-6.9	53.4	-46.6	
3	17.0	42.5	-10.7	0.0	12.6	0.0	0.0	0.8	29.5	42.6	-10.7	-13.0	53.3	-40.3	
4	17.0	42.5	-10.7	0.0	19.1	0.0	0.0	1.1	35.9	42.7	-10.7	-6.9	53.4	-46.6	

許容値  $1.5(0.9S_y) = 330 \text{ MPa}$  (評価点: 1~4)

#### 6.4.5 一次+二次応力評価

供用状態A及び供用状態Bにおける一次+二次応力評価は、次に示すとおりである。

一次+二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅を第6-4-12表に、一次+二次応力強さの変動幅が最大となる評価点の一次+二次応力強さを第6-4-13表に示す。第6-4-13表は、第6-4-12表における一次+二次応力強さの変動幅の最大値に対応した応力強さの最大値及び最小値を含む表である。また、第6-4-13表は、この一次+二次応力強さの成分が各過渡条件で最大及び最小となる時刻における応力、主応力及び応力強さを示している。

第6-4-12表より、評価点3において許容値3Smを超えることから、簡易弾塑性解析への適合性を確認するために、熱曲げ応力を除く一次+二次応力強さの評価を実施した。評価点3について、一次+二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅（熱曲げ応力を除く）を第6-4-14表に、一次+二次応力強さ（熱曲げ応力を除く）を第6-4-15表に示す。第6-4-15表は、第6-4-14表における一次+二次応力強さ（熱曲げ応力を除く）の変動幅の最大値に対応した応力強さ（熱曲げ応力を除く）の最大値及び最小値を含む表である。また、第6-4-15表は、この一次+二次応力強さ（熱曲げ応力を除く）の成分が各過渡条件で最大及び最小となる時刻における熱曲げ応力を除く応力、主応力及び応力強さを示している。第6-4-14表より、一次+二次応力強さの変動幅（熱曲げ応力を除く）は、3Smを超えないことを確認した。

なお、表中に用いる過渡条件の記号を第6-4-11表に示す。

第6-4-11表 過渡条件の記号の説明(1/3)

記 号		過 渡 条 件	
		計 算 点	過 渡 条 件 名 称
1A1	1A11	1.0h	I-a 起 動
	1A12	2.81h	
	1A13	4.0h	
*0		—	無負荷運転状態
1B1	1B11	4.87h	I-b 停 止
	1B12	6.0h	
1C1	1C11	0.5s	I-c 負 荷 上 昇
	1C12	1,200.0s	
	1C13	1,440.0s	
*100		—	100%負荷運転状態
1D1	1D11	60.0s	I-d 負 荷 減 少
	1D12	1,495.0s	
1E1	1E11	4.0s	I-e 90%から100%へのステップ状負荷上昇
	1E12	110.0s	
	1E13	290.0s	
	1E14	400.0s	
1F1	1F11	90.0s	I-f 100%から90%へのステップ状負荷減少
	1F12	355.0s	
	1F13	385.0s	
1G1	1G11	70.0s	I-g 100%からの大きいステップ状負荷減少
	1G12	1,100.0s	
1H1	1H11	0.1s	I-h 定常負荷運転時の変動
	1H12	180.1s	
1J1	1J11	5.0min	I-j 0%から15%への負荷上昇
	1J12	30.0min	
1K1	1K11	5.0min	I-k 15%から0%への負荷減少
	1K12	40.0min	

第6-4-11表 過渡条件の記号の説明(2/3)

記 号		過 渡 条 件						
		計 算 点	過 渡 条 件 名 称					
1L1	1L11	300.0s	停止ループ	( i )停 止	I - $\ell$ 1ループ停止／ 1ループ起動			
	1L12	84.0s	運転ループ					
1L2	1L21	250.0s	起動ループ	( ii )起 動	II-a 負荷の喪失			
	1L22	47.0s	運転ループ					
2A1	2A11	11.8s	II-a 負荷の喪失					
	2A12	21.5s						
	2A13	23.0s						
	2A14	100.0s						
2B1	2B11	790.0s	補助給水されるループ	II-b 外部電源喪失	II-c 1次冷却材流量の 部分喪失			
	2B12	11,000.0s	補助給水されないループ					
2C1	2C11	7.3s	健 全 側	II-d 100%からの 原子炉トリップ	II-d 100%からの 原子炉トリップ			
	2C12	100.0s	故 障 側					
2D1	2D11	5.7s	( i ) 不注意な冷却を伴わないトリップ	II-d 100%からの 原子炉トリップ	II-d 100%からの 原子炉トリップ			
	2D12	200.0s						
2D2	2D21	200.0s	冷却ループ	( ii ) 不注意な冷却を 伴うトリップ				
	2D22	4.0s	正常ループ					
	2D23	6.0s						
2D3	2D31	6.0s	冷却ループ	( iii ) 不注意な冷却と 安全注入を伴う トリップ	II-d 100%からの 原子炉トリップ			
	2D32	610.0s						
	2D33	5.5s	正常ループ					
2E1	2E11	72.8s	II-e 1次冷却系の異常な減圧					
	2E12	74.0s						
	2E13	600.0s						
	2E14	650.0s						
2F1	2F11	0.7s	II-f 制御棒クラスタの落下					
	2F12	6.2s						
	2F13	21.0s						
	2F14	200.0s						

第6-4-11表 過渡条件の記号の説明(3/3)

記 号		過 渡 条 件	
		計 算 点	過 渡 条 件 名 称
2G1	2G11	5.0s	II-g 出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動
	2G12	600.0s	
2H1	2H11	17.0s	起動ループ
	2H12	18.6s	
	2H13	26.0s	
	2H14	100.0s	運転ループ
2I1	2I11	2.0min	II-i タービン回転試験
	2I12	28.0min	
2J1	2J11	1.0h	II-j 1次系漏えい試験
	2J12	2.52h	
	2J13	3.5h	
	2J14	—	定 常

第6-4-12表 一次＋二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅

( 単位 : MPa )

評価点	応力強さの最大値			応力強さの最小値			応力強さの変動幅		
	S12	S23	S31	S12	S23	S31	S12	S23	S31
1	14.8	67.2	0.0	-23.9	-2.7	-49.6	38.7	69.9	49.6
2	29.3	52.0	0.0	0.0	-7.1	-72.2	29.3	59.1	72.2
3	0.0	392.2	139.3	-530.5	-3.9	0.0	530.5	396.1	139.3
4	96.8	21.6	337.6	-275.6	-62.6	-117.5	372.4	84.2	455.2

許容値 3Sm=483MPa (評価点: 1~4)

第6-4-13表 一次+二次応力強さ(1/2)

評価点 - 3

外荷重による応力				( 単位 : MPa )																		
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ					
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
	-16.8	0.0	0.0	-6.9																		
1A13	102.6	-103.8	37.5	2.8	-80.8	97.4	-36.6	0.8	5.1	-6.3	0.9	-6.9	3.6	-9.8	9.6	-0.1	-19.4	9.7	9.7			
*0	58.2	-46.8	19.8	0.3	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-82.5	102.8	-36.4	-6.9	1.6	-82.8	103.0	-36.4	-185.9	139.4	46.5			
1B12	-4.2	5.2	-1.6	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-20.9	5.2	-1.6	-6.9	-0.2	-22.6	6.9	-1.6	-29.6	8.6	21.0			
1C11	59.2	-47.5	20.1	0.3	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-81.6	102.0	-36.1	-6.9	1.6	-81.9	102.3	-36.0	-184.1	138.3	45.8			
1C12	102.8	-101.4	37.3	2.5	-124.6	150.2	-56.5	1.3	-38.5	48.9	-19.2	-6.9	3.8	-39.7	49.4	-18.5	-89.2	67.9	21.3			
*100	129.8	-133.3	15.9	2.1	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-11.0	16.2	-40.3	-6.9	3.4	-133.5	135.8	-37.4	-269.3	173.2	96.1			
1D11	61.2	-49.8	20.9	0.4	-125.8	151.7	-57.0	1.3	-81.4	101.8	-36.1	-6.9	1.7	-81.7	102.1	-36.1	-183.8	138.2	45.6			
1D12	22.1	-2.2	5.5	-1.6	-125.5	151.4	-56.9	1.3	-120.2	149.2	-51.4	-6.9	-0.3	-120.4	149.4	-51.4	-269.8	200.8	69.0			
1E11	60.3	-48.8	20.6	0.3	-123.8	149.3	-56.2	1.3	-80.3	100.6	-35.6	-6.9	1.6	-80.6	100.8	-35.5	-181.5	136.4	45.1			
1E13	67.4	-57.4	23.3	0.7	-125.0	150.7	-56.7	1.3	-74.3	93.3	-33.4	-6.9	2.0	-74.7	93.6	-33.3	-168.3	126.9	41.4			
1F11	59.8	-47.0	20.2	0.2	-123.7	149.2	-56.1	1.3	-80.6	102.2	-35.9	-6.9	1.5	-80.9	102.5	-35.8	-183.4	138.3	45.1			
1F12	53.5	-40.3	17.9	0.0	-123.4	148.9	-56.0	1.3	-86.7	108.6	-38.1	-6.9	1.3	-87.0	108.8	-38.1	-195.8	146.9	48.9			
1G11	65.3	-52.6	22.1	0.4	-122.2	147.4	-55.4	1.3	-73.7	94.9	-33.3	-6.9	1.7	-74.0	95.1	-33.3	-169.2	128.4	40.7			
1G12	14.9	8.0	2.6	-2.0	-117.6	141.9	-53.3	1.2	-119.5	149.9	-50.8	-6.9	-0.8	-119.7	150.1	-50.8	-269.8	200.9	68.9			
1H11	60.3	-48.7	20.5	0.3	-127.1	153.3	-57.7	1.3	-83.6	104.6	-37.1	-6.9	1.6	-83.9	104.9	-37.0	-188.8	141.9	46.9			
1H12	63.5	-51.6	21.6	0.4	-121.7	146.7	-55.2	1.3	-74.9	95.1	-33.5	-6.9	1.7	-75.2	95.4	-33.5	-170.6	128.9	41.8			
1J11	59.5	-48.5	20.3	0.4	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-81.3	101.1	-35.9	-6.9	1.7	-81.6	101.3	-35.9	-182.9	137.2	45.7			
1J12	65.0	-54.9	22.4	0.6	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-75.7	94.6	-33.8	-6.9	1.9	-76.1	94.9	-33.7	-171.0	128.6	42.4			
1K11	51.2	-36.7	16.9	-0.1	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-89.6	112.8	-39.4	-6.9	1.1	-89.8	113.0	-39.3	-202.9	152.4	50.5			
1K12	54.9	-42.7	18.5	0.1	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-85.9	106.8	-37.7	-6.9	1.4	-86.2	107.1	-37.7	-193.3	144.8	48.5			
1L11	-13.8	45.7	-8.8	-3.6	-122.5	147.7	-55.5	1.3	-153.0	193.4	-64.4	-6.9	-2.3	-153.2	193.5	-64.3	-346.8	257.9	88.9			
1L12	65.1	-54.5	22.4	0.6	-119.8	144.5	-54.3	1.2	-71.5	90.0	-32.0	-6.9	1.8	-71.8	90.3	-31.9	-162.1	122.1	40.0			
1L21	69.5	-61.0	24.2	0.9	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-71.3	88.5	-32.0	-6.9	2.2	-71.7	88.8	-31.9	-160.5	120.7	39.8			
1L22	59.0	-47.7	20.1	0.3	-125.5	151.4	-56.9	1.3	-83.3	103.7	-36.8	-6.9	1.6	-83.6	104.0	-36.8	-187.6	140.7	46.9			
2A13	77.9	-40.7	22.1	-0.4	-111.0	133.9	-50.4	1.2	-49.9	93.2	-28.3	-6.9	0.8	-50.3	93.5	-28.2	-143.8	121.7	22.0			
2A14	21.0	11.9	3.8	-2.5	-101.7	122.7	-46.1	1.1	-97.5	134.6	-42.3	-6.9	-1.4	-97.7	134.8	-42.3	-232.5	177.1	55.5			
2B11	58.1	-45.3	19.6	0.2	-139.2	167.9	-63.1	1.4	-97.9	122.6	-43.5	-6.9	1.6	-98.2	122.8	-43.5	-220.9	166.3	54.7			
2B12	58.5	-46.2	19.8	0.2	-114.5	138.1	-51.9	1.2	-72.8	91.9	-32.1	-6.9	1.4	-73.1	92.2	-32.1	-165.3	124.2	41.0			
2C11	74.7	-32.4	20.4	-0.7	-107.3	129.4	-48.6	1.1	-49.4	97.0	-28.2	-6.9	0.4	-49.7	97.3	-28.2	-147.0	125.5	21.5			
2C12	-4.0	46.4	-6.4	-4.0	-105.3	126.9	-47.7	1.1	-126.1	173.3	-54.1	-6.9	-2.9	-126.3	173.5	-54.0	-299.8	227.4	72.4			
2D11	75.0	-28.9	19.9	-1.0	-110.6	133.3	-50.1	1.1	-52.3	104.4	-30.3	-6.9	0.2	-52.7	104.7	-30.3	-157.4	135.0	22.4			
2D12	-5.8	38.7	-6.0	-3.4	-108.0	130.2	-49.0	1.1	-130.5	168.9	-55.0	-6.9	-2.3	-130.7	169.1	-54.9	-299.8	224.0	75.8			
2D21	-22.8	60.6	-12.7	-4.3	-96.1	115.9	-43.6	1.0	-135.6	176.4	-56.3	-6.9	-3.3	-135.9	176.6	-56.1	-312.5	232.7	79.8			
2D23	75.4	-25.7	19.4	-1.2	-109.4	131.9	-49.6	1.1	-50.7	106.2	-30.2	-6.9	-0.1	-51.0	106.5	-30.2	-157.6	136.7	20.8			
2D32	-120.1	182.8	-51.4	-9.4	-95.3	114.9	-43.2	1.0	-232.1	297.7	-94.6	-6.9	-8.4	-232.7	297.7	-94.1	-530.5	391.8	138.7			

第6-4-13表 一次+二次応力強さ(2/2)

評価点 - 3

外荷重による応力				( 単位 : MPa )																	
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ				
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23
2D33	73.4	-12.1	17.0	-2.2	-109.5	132.1	-49.7	1.1	-52.9	119.9	-32.7	-6.9	-1.0	-53.2	120.2	-32.6	-173.4	152.8	20.6		
2E12	65.0	-31.7	18.7	-0.7	-88.2	106.4	-40.0	0.9	-39.9	74.7	-21.3	-6.9	0.2	-40.4	75.1	-21.3	-115.5	96.4	19.0		
2E14	-90.4	142.8	-39.3	-7.6	-32.5	39.2	-14.7	0.3	-139.7	182.0	-54.0	-6.9	-7.3	-140.5	182.1	-53.4	-322.6	235.5	87.1		
2F12	68.9	-25.1	18.3	-1.3	-113.1	136.3	-51.3	1.2	-60.9	111.2	-33.0	-6.9	-0.1	-61.2	111.5	-33.0	-172.6	144.5	28.1		
2F14	-34.1	76.6	-17.4	-5.0	-86.3	104.0	-39.1	0.9	-137.1	180.6	-56.5	-6.9	-4.1	-137.4	180.8	-56.3	-318.2	237.1	81.2		
2G11	70.1	-24.3	18.3	-1.3	-111.1	134.0	-50.4	1.2	-57.8	109.7	-32.0	-6.9	-0.2	-58.0	110.0	-32.0	-168.0	142.0	26.0		
2G12	-66.3	113.5	-30.0	-6.5	-114.2	137.7	-51.8	1.2	-197.2	251.2	-81.7	-6.9	-5.3	-197.5	251.3	-81.5	-448.8	332.8	116.1		
2H12	94.3	-91.1	32.3	2.7	-114.2	137.7	-51.8	1.2	-36.7	46.6	-19.5	-6.9	3.9	-38.1	47.2	-18.7	-85.3	65.9	19.4		
2H14	10.0	26.9	-0.6	-3.1	-109.6	132.2	-49.7	1.1	-116.3	159.1	-50.3	-6.9	-2.0	-116.6	159.2	-50.3	-275.8	209.5	66.3		
2I11	53.6	-39.4	17.8	0.0	-122.7	148.0	-55.6	1.3	-85.8	108.5	-37.9	-6.9	1.2	-86.1	108.8	-37.8	-194.9	146.6	48.3		
2I12	-7.4	34.1	-6.1	-3.0	-105.7	127.5	-47.9	1.1	-129.9	161.6	-54.0	-6.9	-1.9	-130.1	161.8	-54.0	-291.9	215.7	76.2		
2J11	35.4	-38.7	13.3	1.2	-15.8	19.0	-7.2	0.2	2.9	-19.7	6.1	-6.9	1.4	-21.6	4.0	6.9	-25.6	-2.9	28.6		
2J14	45.5	-36.6	15.5	0.2	-138.1	166.5	-62.6	1.4	-109.3	129.9	-47.1	-6.9	1.7	-109.6	130.1	-47.1	-239.7	177.2	62.5		

第6-4-14表 一次+二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅（熱曲げ応力を除く）

( 単位 : MPa )

評価点	応力強さの最大値			応力強さの最小値			応力強さの変動幅		
	S12	S23	S31	S12	S23	S31	S12	S23	S31
3	0.0	256.9	204.5	-461.4	0.0	-65.7	461.4	256.9	270.1

許容値  $3Sm = 483 \text{ MPa}$  (評価点 : 3)

第6-4-15表 一次+二次応力強さ（熱曲げ応力を除く）(1/2)

評価点 - 3

外荷重による応力												( 単位 : MPa )										
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
	-16.8	0.0	0.0	-6.9																		
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ					
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1A11	2.8	-67.8	-36.3	13.1	-21.4	25.8	-9.7	0.2	-35.4	-42.0	-46.0	-6.9	13.4	-42.8	-24.4	-56.2	-18.4	31.8	-13.5			
*0	4.2	-71.8	-40.0	14.5	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-136.6	77.8	-96.3	-6.9	15.8	-142.2	78.0	-90.9	-220.2	168.8	51.3			
1B12	-0.2	6.7	3.5	-1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-17.0	6.7	3.5	-6.9	-1.3	-18.9	8.6	3.6	-27.5	5.0	22.5			
1C11	4.2	-73.0	-40.7	14.7	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-136.5	76.6	-96.9	-6.9	16.0	-142.4	76.8	-91.3	-219.2	168.1	51.1			
1C13	6.4	-134.3	-73.1	26.4	-119.6	144.2	-54.2	1.2	-129.9	9.9	-127.3	-6.9	27.6	-156.4	10.3	-101.2	-166.7	111.5	55.3			
*100	92.4	-153.4	-27.1	10.3	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-48.3	-3.8	-83.3	-6.9	11.6	-163.8	111.3	-83.0	-275.1	194.3	80.8			
1D11	4.4	-76.0	-42.3	15.3	-125.8	151.7	-57.0	1.3	-138.2	75.7	-99.4	-6.9	16.6	-144.5	75.9	-93.3	-220.4	169.2	51.2			
1D12	2.2	-13.7	-9.5	3.5	-125.5	151.4	-56.9	1.3	-140.0	137.7	-66.4	-6.9	4.8	-140.5	137.9	-66.1	-278.4	204.0	74.4			
1E12	4.4	-78.4	-43.6	15.8	-125.9	151.8	-57.1	1.3	-138.2	73.3	-100.7	-6.9	17.1	-145.0	73.6	-94.1	-218.6	167.7	50.9			
1E14	4.7	-84.1	-46.6	16.9	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-136.1	65.5	-102.8	-6.9	18.1	-144.3	65.7	-94.9	-210.0	160.6	49.4			
1F11	4.3	-72.9	-40.7	14.7	-123.7	149.2	-56.1	1.3	-136.1	76.3	-96.8	-6.9	16.0	-142.0	76.5	-91.1	-218.5	167.6	50.9			
1F13	4.0	-64.5	-36.3	13.1	-123.9	149.4	-56.2	1.3	-136.7	84.9	-92.5	-6.9	14.4	-141.2	85.1	-88.3	-226.3	173.4	52.9			
1G11	4.7	-80.7	-44.7	16.3	-122.2	147.4	-55.4	1.3	-134.3	66.7	-100.1	-6.9	17.5	-141.9	67.0	-92.8	-208.9	159.8	49.1			
1G12	1.9	-1.2	-2.9	1.1	-117.6	141.9	-53.3	1.2	-132.5	140.7	-56.3	-6.9	2.3	-132.8	140.9	-56.2	-273.6	197.1	76.6			
1H11	4.3	-74.5	-41.6	15.0	-127.1	153.3	-57.7	1.3	-139.6	78.8	-99.3	-6.9	16.4	-145.6	79.0	-93.5	-224.6	172.5	52.1			
1H12	4.5	-78.9	-43.8	15.9	-121.7	146.7	-55.2	1.3	-133.9	67.9	-99.0	-6.9	17.1	-141.1	68.1	-92.0	-209.2	160.1	49.1			
1J11	4.2	-73.9	-41.2	14.9	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-136.5	75.6	-97.4	-6.9	16.2	-142.5	75.8	-91.6	-218.4	167.4	50.9			
1J12	4.6	-82.5	-45.7	16.5	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-136.2	67.0	-101.9	-6.9	17.8	-144.0	67.3	-94.4	-211.3	161.7	49.6			
1K11	3.8	-59.5	-33.6	12.2	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-136.9	90.0	-89.8	-6.9	13.4	-140.7	90.2	-86.3	-230.9	176.5	54.4			
1K12	4.0	-66.5	-37.2	13.5	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-136.8	83.1	-93.5	-6.9	14.8	-141.5	83.3	-88.9	-224.8	172.2	52.6			
1L11	0.3	46.1	21.9	-8.0	-122.5	147.7	-55.5	1.3	-138.9	193.8	-33.6	-6.9	-6.7	-139.5	194.0	-33.2	-333.5	227.2	106.3			
1L12	4.6	-82.1	-45.5	16.5	-119.8	144.5	-54.3	1.2	-132.0	62.4	-99.9	-6.9	17.7	-140.1	62.6	-92.1	-202.7	154.7	48.0			
1L21	4.8	-90.0	-49.6	18.0	-124.0	149.5	-56.2	1.3	-136.0	59.5	-105.9	-6.9	19.3	-145.5	59.8	-96.5	-205.3	156.3	49.0			
1L22	4.2	-72.9	-40.7	14.7	-125.5	151.4	-56.9	1.3	-138.1	78.4	-97.6	-6.9	16.0	-143.8	78.7	-92.1	-222.5	170.7	51.8			
2A11	3.8	-78.7	-44.1	15.6	-144.8	174.7	-65.7	1.5	-157.8	96.0	-109.8	-6.9	17.1	-163.4	96.2	-104.4	-259.6	200.5	59.0			
2A13	6.0	-78.6	-42.5	16.5	-111.0	133.9	-50.4	1.2	-121.8	55.3	-92.9	-6.9	17.7	-130.4	55.6	-84.5	-186.0	140.1	45.8			
2B11	4.2	-70.5	-39.5	14.3	-139.2	167.9	-63.1	1.4	-151.8	97.4	-102.6	-6.9	15.7	-156.5	97.6	-98.0	-254.1	195.6	58.5			
2B12	4.2	-71.5	-40.0	14.5	-114.5	138.1	-51.9	1.2	-127.0	66.6	-91.9	-6.9	15.6	-133.2	66.9	-86.0	-200.1	152.9	47.2			
2C11	5.9	-70.3	-38.2	14.9	-107.3	129.4	-48.6	1.1	-118.1	59.0	-86.8	-6.9	16.1	-125.1	59.3	-80.1	-184.4	139.4	45.0			
2C12	1.1	39.4	18.0	-6.6	-105.3	126.9	-47.7	1.1	-120.9	166.3	-29.7	-6.9	-5.5	-121.4	166.5	-29.4	-287.9	195.9	92.0			
2D11	6.0	-67.8	-36.8	14.6	-110.6	133.3	-50.1	1.1	-121.3	65.5	-86.9	-6.9	15.7	-127.6	65.8	-80.9	-193.4	146.6	46.7			
2D12	0.8	35.4	16.1	-5.9	-108.0	130.2	-49.0	1.1	-123.9	165.7	-32.8	-6.9	-4.8	-124.3	165.8	-32.6	-290.2	198.4	91.7			
2D21	-0.1	63.2	30.7	-11.2	-96.1	115.9	-43.6	1.0	-112.9	179.1	-12.9	-6.9	-10.2	-114.1	179.2	-11.8	-293.4	191.1	102.3			
2D23	6.2	-65.5	-35.5	14.2	-109.4	131.9	-49.6	1.1	-119.9	66.4	-85.1	-6.9	15.4	-126.0	66.6	-79.3	-192.6	146.0	46.6			
2D32	-5.3	220.8	113.9	-41.1	-95.3	114.9	-43.2	1.0	-117.3	335.7	70.7	-6.9	-40.1	-125.6	335.8	78.9	-461.4	256.9	204.5			

第6-4-15表 一次+二次応力強さ（熱曲げ応力を除く）(2/2)

評価点 - 3

外荷重による応力				( 単位 : MPa )																	
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ				
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23
2D33	6.4	-54.1	-29.4	12.2	-109.5	132.1	-49.7	1.1	-119.9	78.0	-79.0	-6.9	13.4	-124.1	78.2	-75.1	-202.3	153.3	49.0		
2E12	5.1	-64.1	-35.5	13.5	-88.2	106.4	-40.0	0.9	-99.8	42.2	-75.4	-6.9	14.4	-106.8	42.6	-68.9	-149.4	111.4	37.9		
2E14	-3.8	170.8	87.5	-31.6	-32.5	39.2	-14.7	0.3	-53.1	210.0	72.8	-6.9	-31.3	-60.6	210.2	80.1	-270.8	130.1	140.7		
2F13	5.2	-21.7	-12.9	5.9	-95.0	114.6	-43.1	1.0	-106.6	92.9	-56.0	-6.9	6.9	-107.7	93.2	-55.1	-200.9	148.2	52.6		
2F14	-0.7	82.8	40.9	-14.9	-86.3	104.0	-39.1	0.9	-103.7	186.8	1.8	-6.9	-14.0	-105.7	187.0	3.6	-292.7	183.3	109.3		
2G11	5.8	-61.5	-33.7	13.3	-111.1	134.0	-50.4	1.2	-122.1	72.5	-84.1	-6.9	14.5	-127.2	72.7	-79.2	-199.9	152.0	47.9		
2G12	-2.4	132.6	67.5	-24.3	-114.2	137.7	-51.8	1.2	-133.4	270.3	15.7	-6.9	-23.1	-137.0	270.4	19.2	-407.4	251.2	156.2		
2H13	6.2	-120.3	-64.5	24.2	-112.2	135.3	-50.9	1.2	-122.7	14.9	-115.4	-6.9	25.4	-144.8	15.3	-93.6	-160.1	108.9	51.2		
2H14	1.9	15.4	5.4	-2.1	-109.6	132.2	-49.7	1.1	-124.5	147.6	-44.3	-6.9	0.9	-124.7	147.8	-44.2	-272.4	192.0	80.4		
2I11	4.0	-63.2	-35.5	12.9	-122.7	148.0	-55.6	1.3	-135.5	84.8	-91.2	-6.9	14.1	-139.8	85.0	-87.1	-224.8	172.1	52.8		
2I12	0.6	33.3	15.4	-5.5	-105.7	127.5	-47.9	1.1	-121.9	160.8	-32.5	-6.9	-4.4	-122.3	160.9	-32.3	-283.2	193.3	90.0		
2J13	5.8	-131.1	-70.7	25.6	-64.0	77.1	-29.0	0.7	-74.9	-54.0	-99.7	-6.9	26.3	-62.3	-49.8	-116.6	-12.5	66.8	-54.3		
2J14	3.3	-56.1	-31.3	11.3	-138.1	166.5	-62.6	1.4	-151.6	110.4	-93.9	-6.9	12.8	-154.4	110.6	-91.2	-265.0	201.8	63.2		

#### 6.4.6 疲労評価

供用状態A及び供用状態Bにおける疲労累積係数は、次に示すとおり許容値を満足している。

疲労累積係数を第6-4-16表に、疲労累積係数が最大となる評価点の疲労解析結果を第6-4-17表に、一次+二次+ピーク応力強さの変動を第6-4-4図に、一次+二次+ピーク応力強さを第6-4-18表に示す。第6-4-4図は、第6-4-17表における疲労解析に用いた各過渡条件の一次+二次+ピーク応力強さの極値と回数を図示している。また、第6-4-18表は、この一次+二次+ピーク応力強さの成分が各過渡条件で最大及び最小となる時刻における応力、主応力及び応力強さを示している。なお、各図表中の過渡条件の記号は前述する6.4.5「一次+二次応力評価」を参照のこと。

また、一次+二次応力評価で許容値3Smを超えた評価点3については、次の4項目の許容値を満足したため、簡易弾塑性解析を用いた疲労評価を実施した。

評価点	評価項目	数値	許容値
3	材料の最小降伏点と最小引張強さの比	0.5	0.8
	供用状態A及び供用状態Bにおける最高温度 (°C)	336.0 <sup>(注)</sup>	430
	熱曲げ応力を除く一次+二次応力強さの変動幅(MPa)	462	483
	疲労解析に用いる繰返しピーク応力強さ(MPa)	409	4,881

(注) 供用状態A及び供用状態Bにおける1次系高温側の最高温度

簡易弾塑性評価方法による疲労解析結果を第6-4-19表に示す。

第6-4-16表 疲労累積係数

評価点	UI (S12)	UI (S23)	UI (S31)
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0
3	0.00179	0.00016	0.00000
4	0.10005	0.00005	0.19346

許容値      UI = 1.0

第6-4-17表 疲労解析

評価点 - 4  
( S31 )

応力強さ ( 単位 : MPa )				繰返し回数		疲労係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N* (=N/N*)
1486.1	-333.3	1.0	909.7	923.9	10	684 0.01462
1230.0	-333.3	1.0	781.6	793.9	40	1110 0.03604
944.7	-333.3	1.0	639.0	649.0	20	2240 0.00893
923.8	-333.3	1.0	628.5	638.4	50	2380 0.02101
923.8	-320.8	1.0	622.3	632.0	30	2470 0.01215
875.5	-320.8	1.0	598.1	607.5	20	2870 0.00697
875.5	0.0	1.0	437.8	444.6	60	9670 0.00620
849.1	0.0	1.0	424.6	431.2	110	11100 0.00991
849.1	166.0	1.0	341.6	346.9	50	32800 0.00152
805.7	166.0	1.0	319.9	324.8	80	45600 0.00175
801.5	166.0	1.0	317.8	322.7	230	47100 0.00488
780.9	166.0	1.0	307.5	312.3	10	56100 0.00018
732.3	166.0	1.0	283.1	287.6	10	88100 0.00011
662.2	166.0	1.0	248.1	252.0	200	183000 0.00109
660.7	166.0	1.0	247.4	251.2	12620	186000 0.06785
660.7	181.3	1.0	239.7	243.5	10	224000 0.00004
660.7	288.1	1.0	186.3	189.2	20	1080000 0.00002
660.7	363.3	1.0	148.7	151.0	80	2360000 0.00003
660.7	370.3	1.0	145.2	147.5	70	2620000 0.00003
660.7	374.0	1.0	143.4	145.6	80	2760000 0.00003
660.7	378.3	1.0	141.2	143.4	80	2950000 0.00003
660.7	391.4	1.0	134.7	136.8	40	3620000 0.00001
660.7	391.5	1.0	134.6	136.7	200	3630000 0.00006
578.2	391.5	1.0	93.3	94.8	50	3910000000 0.00000
569.5	391.5	1.0	89.0	90.4	80	----- 0.0
疲労累積係数 =						0.19346

Ke : 割増し係数

ALT : 繰返しピーク応力強さ

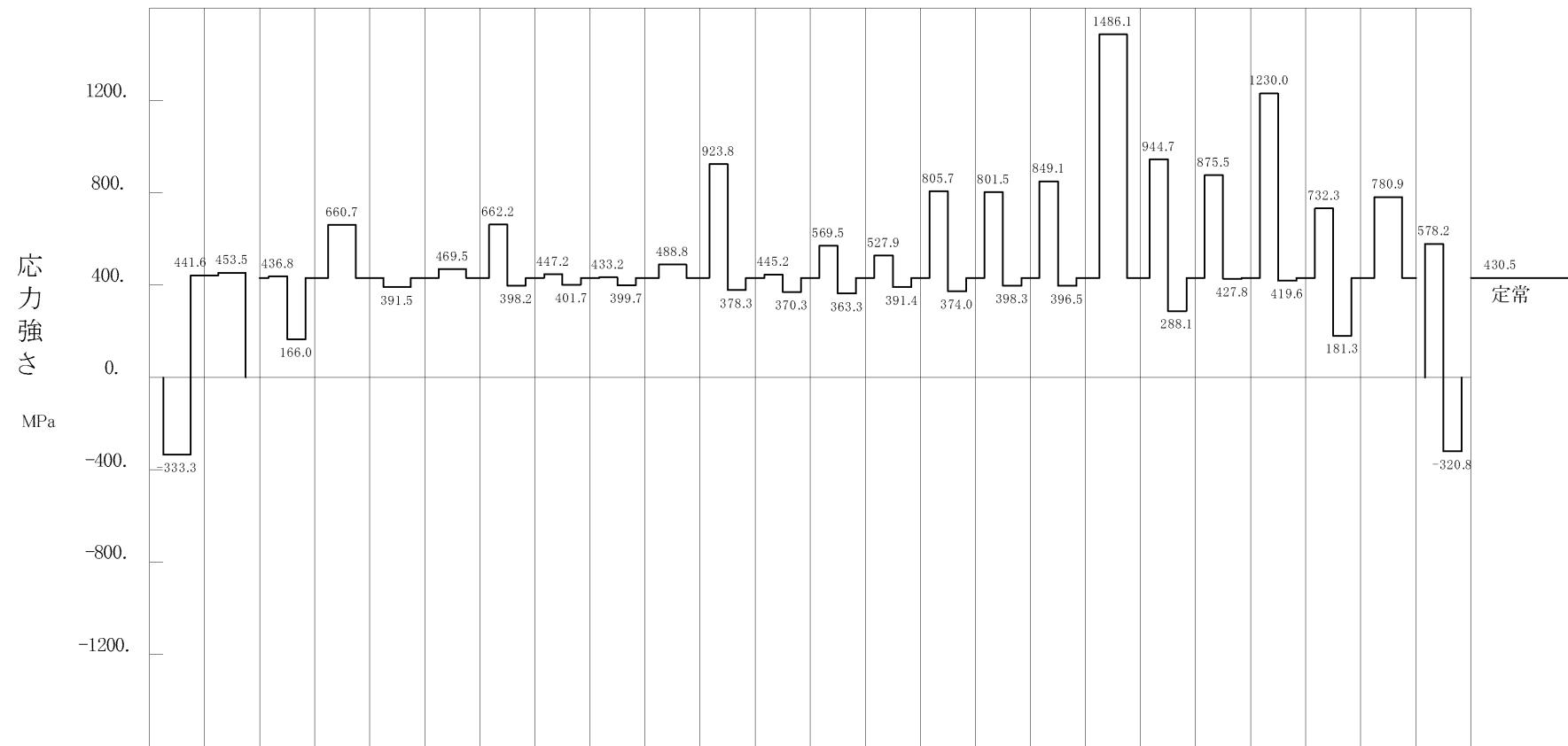
ALT' : ALTに(19500)/(材料の使用温度における綫弾性係数)を乗じて得た値

N : 設計繰返し回数

N\* : 許容繰返し回数

評価点 4

応力強さ S31



第6-4-4図 各過渡条件における一次+二次+ピーク応力強さの変動

第6-4-18表 一次+二次+ピーコク応力強さ(1/2)

評価点 - 4

外荷重による応力				( 単位 : MPa )																		
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ					
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
	-99.9	0.0	0.0	-39.9																		
1A12	-300.5	-629.0	-655.8	181.5	87.3	169.6	154.3	-49.4	-313.0	-459.4	-501.6	-39.9	132.1	-239.3	-462.1	-572.6	222.8	110.5	-333.3			
*0	-199.5	-387.2	-399.5	114.7	505.9	982.3	893.7	-286.1	206.6	595.2	494.2	-39.9	-171.5	123.8	606.7	565.5	-482.8	41.2	441.6			
1B11	136.0	304.8	323.3	-86.6	87.3	169.6	154.3	-49.4	123.4	474.4	477.6	-39.9	-136.0	73.7	474.7	527.1	-401.0	-52.5	453.5			
1B12	14.9	33.1	34.9	-9.4	0.0	0.0	0.0	-85.0	33.1	34.9	-39.9	-9.4	-97.8	46.1	34.8	-143.8	11.3	132.6				
1C11	-202.8	-393.6	-406.2	116.6	505.9	982.3	893.7	-286.1	203.3	588.7	487.5	-39.9	-169.6	121.3	600.0	558.2	-478.7	41.8	436.8			
1C12	-358.3	-737.8	-769.8	214.2	508.2	986.8	897.7	-287.4	50.0	249.0	127.9	-39.9	-73.3	1.2	258.5	167.2	-257.3	91.2	166.0			
*100	-207.2	-402.1	-414.9	119.1	505.9	982.3	893.7	-286.1	198.9	580.3	478.8	-39.9	-167.1	118.0	591.3	548.6	-473.3	42.7	430.5			
1D11	-209.8	-408.4	-422.3	120.9	513.2	996.4	906.4	-290.2	203.5	588.0	484.2	-39.9	-169.3	121.2	598.9	555.6	-477.7	43.3	434.4			
1D12	-70.3	-100.7	-97.8	34.1	512.2	994.5	904.7	-289.7	342.0	893.8	806.9	-39.9	-255.5	227.0	928.0	887.7	-701.0	40.3	660.7			
1E11	-206.6	-401.7	-415.3	119.0	505.3	981.1	892.5	-285.8	198.8	579.4	477.2	-39.9	-166.8	117.9	590.3	547.1	-472.3	43.2	429.2			
1E13	-232.1	-457.2	-473.5	134.9	509.9	990.0	900.6	-288.4	177.9	532.8	427.1	-39.9	-153.5	101.8	542.7	493.3	-440.9	49.3	391.5			
1F11	-204.7	-395.3	-406.5	117.0	504.6	979.8	891.4	-285.4	200.1	584.5	484.9	-39.9	-168.4	119.1	595.9	554.5	-476.8	41.4	435.4			
1F12	-182.5	-347.9	-358.4	103.7	503.6	977.9	889.6	-284.8	221.3	630.0	531.2	-39.9	-181.1	135.2	642.6	604.7	-507.3	37.9	469.5			
1G11	-224.0	-435.1	-446.0	128.4	498.7	968.3	880.9	-282.1	174.9	533.2	434.9	-39.9	-153.7	100.5	543.7	498.7	-443.2	45.0	398.2			
1G12	-44.5	-41.7	-33.6	17.0	480.0	932.0	847.9	-271.5	335.7	890.3	814.3	-39.9	-254.5	223.6	930.8	885.8	-707.2	45.0	662.2			
1H11	-206.6	-401.5	-415.0	119.0	518.7	1007.2	916.3	-293.4	212.3	605.7	501.3	-39.9	-174.4	127.6	616.9	574.7	-489.4	42.2	447.2			
1H12	-218.0	-424.4	-437.1	125.2	496.4	963.9	876.9	-280.8	178.6	539.5	439.8	-39.9	-155.5	103.1	550.0	504.8	-446.9	45.2	401.7			
1J11	-204.1	-397.5	-410.7	117.6	505.9	982.3	893.7	-286.1	202.0	584.9	483.0	-39.9	-168.5	120.3	596.0	553.6	-475.7	42.5	433.2			
1J12	-223.7	-440.2	-455.6	129.8	505.9	982.3	893.7	-286.1	182.4	542.1	438.1	-39.9	-156.4	105.3	552.3	505.0	-447.1	47.3	399.7			
1K11	-174.2	-329.1	-336.3	97.9	505.9	982.3	893.7	-286.1	231.9	653.3	557.4	-39.9	-188.3	143.2	667.4	632.0	-524.1	35.4	488.8			
1K12	-187.5	-360.8	-371.8	107.2	505.9	982.3	893.7	-286.1	218.6	621.6	521.9	-39.9	-178.9	133.0	633.9	595.1	-500.9	38.7	462.1			
1L11	57.7	186.3	210.7	-49.3	499.7	970.2	882.7	-282.6	457.6	1156.5	1093.3	-39.9	-331.9	314.3	1155.1	1238.1	-840.8	-83.0	923.8			
1L12	-223.8	-438.9	-453.9	129.7	488.9	949.2	863.5	-276.5	165.2	510.3	409.6	-39.9	-146.8	93.3	520.3	471.7	-427.0	48.6	378.3			
1L21	-239.6	-476.2	-494.0	140.2	505.9	982.3	893.7	-286.1	166.5	506.2	399.7	-39.9	-146.0	93.1	515.8	463.4	-422.6	52.3	370.3			
1L22	-202.1	-392.8	-405.8	116.4	512.2	994.5	904.7	-289.7	210.2	601.6	498.9	-39.9	-173.3	126.2	613.0	571.4	-486.8	41.6	445.2			
2A12	-254.3	-466.0	-448.2	134.6	466.5	905.9	824.1	-263.9	112.4	439.8	375.9	-39.9	-129.3	56.0	452.8	419.3	-396.8	33.4	363.3			
2A14	-64.5	-72.0	-48.9	21.6	415.0	805.8	733.0	-234.7	250.6	733.8	684.2	-39.9	-213.1	161.0	776.9	730.6	-615.9	46.3	569.5			
2B11	-198.6	-382.6	-394.0	113.5	568.0	1102.8	1003.3	-321.2	269.5	720.2	609.3	-39.9	-207.8	168.6	733.7	696.6	-565.1	37.2	527.9			
2B12	-200.2	-386.7	-398.8	114.7	467.2	907.1	825.2	-264.2	167.1	520.4	426.4	-39.9	-149.5	95.8	531.0	487.2	-435.2	43.8	391.4			
2C11	-251.6	-433.2	-387.3	122.4	437.7	849.8	773.1	-247.5	86.2	416.5	385.8	-39.9	-125.1	37.1	440.3	411.1	-403.2	29.2	374.0			
2C12	25.3	129.8	169.6	-36.8	429.4	833.8	758.6	-242.9	354.9	963.6	928.1	-39.9	-279.7	239.1	962.7	1044.8	-723.5	-82.2	805.7			
2D11	-251.7	-426.8	-373.8	120.4	451.1	875.9	796.8	-255.1	99.6	449.1	423.1	-39.9	-134.7	47.3	478.8	445.6	-431.5	33.2	398.3			
2D12	29.7	128.6	152.9	-33.4	440.6	855.5	778.3	-249.2	370.5	984.1	931.2	-39.9	-282.6	250.9	982.4	1052.4	-731.5	-70.0	801.5			
2D21	90.3	263.4	296.4	-72.3	392.0	761.1	692.4	-221.7	382.5	1024.6	988.9	-39.9	-294.0	261.6	1023.7	1110.7	-762.2	-87.0	849.1			
2D22	-230.8	-417.0	-396.7	120.2	463.6	900.1	818.9	-262.2	132.9	483.1	422.2	-39.9	-142.0	71.5	498.7	468.0	-427.2	30.7	396.5			

第6-4-18表 一次+二次+ピーコク応力強さ(2/2)

評価点 - 4

外荷重による応力				( 単位 : MPa )																	
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力				応力強さ				
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{xt}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23
2D31	-236.8	-378.9	-303.4	105.4	446.8	867.6	789.3	-252.7	110.2	488.7	485.9	-39.9	-147.3	56.0	488.5	540.2	-432.5	-51.8	484.2		
2D32	437.9	1035.3	1116.5	-291.0	388.7	754.8	686.6	-219.8	726.8	1790.1	1803.2	-39.9	-510.8	521.9	1790.2	2008.0	-1268.3	-217.8	1486.1		
2E11	-206.1	-379.5	-371.8	110.6	367.4	713.3	648.9	-207.8	61.4	333.8	277.1	-39.9	-97.1	19.7	344.9	307.8	-325.2	37.1	288.1		
2E13	321.3	782.6	853.8	-220.0	132.6	257.5	234.3	-75.0	354.1	1040.1	1088.1	-39.9	-295.0	248.4	1040.8	1193.1	-792.3	-152.4	944.7		
2F11	-208.9	-403.4	-414.2	119.2	503.0	976.6	888.5	-284.5	194.2	573.2	474.3	-39.9	-165.3	114.8	584.4	542.5	-469.7	41.9	427.8		
2F14	130.9	355.9	397.0	-99.1	352.0	683.4	621.7	-199.1	383.0	1039.2	1018.7	-39.9	-298.1	263.3	1038.8	1138.8	-775.5	-100.0	875.5		
2G11	-234.2	-394.9	-343.0	111.8	453.4	880.4	800.9	-256.4	119.3	485.4	457.9	-39.9	-144.6	62.6	517.8	482.2	-455.2	35.6	419.6		
2G12	245.5	606.9	660.0	-168.6	465.9	904.6	822.9	-263.5	611.6	1511.4	1482.9	-39.9	-432.1	432.4	1511.2	1662.4	-1078.8	-151.2	1230.0		
2H11	-315.9	-639.8	-674.7	189.3	467.9	908.4	826.4	-264.6	52.1	268.6	151.7	-39.9	-75.3	6.9	277.4	188.1	-270.6	89.3	181.3		
2H14	-25.2	15.7	46.1	-3.8	447.2	868.2	789.9	-252.9	322.1	884.0	835.9	-39.9	-256.7	213.8	882.1	946.1	-668.3	-63.9	732.3		
2I11	-182.9	-348.0	-355.4	103.1	500.7	972.1	884.4	-283.2	218.0	624.1	529.0	-39.9	-180.1	132.9	637.4	600.9	-504.5	36.5	468.0		
2I12	34.4	129.7	147.6	-32.2	431.4	837.6	762.0	-244.0	366.0	967.3	909.6	-39.9	-276.2	248.3	965.2	1029.3	-716.9	-64.1	780.9		
2J12	-272.9	-572.0	-597.0	165.3	64.4	124.9	113.7	-36.4	-308.4	-447.0	-483.4	-39.9	128.9	-234.3	-449.5	-555.0	215.3	105.5	-320.8		
2J14	-155.9	-302.7	-312.3	89.7	563.4	1093.9	995.2	-318.6	307.6	791.2	682.9	-39.9	-229.0	197.0	809.4	775.3	-612.4	34.2	578.2		

第6-4-19表 疲労解析

評価点 - 3  
( S12 )

応力強さ ( 単位 : MPa )				繰返し回数		疲労係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N* (=N/N*)
116.4	-548.3	1.21	402.1	408.4	10	14500 0.00069
116.4	-463.4	1.0	289.9	294.4	40	77400 0.00052
116.4	-357.3	1.0	236.8	240.6	70	241000 0.00029
113.2	-357.3	1.0	235.2	238.9	10	252000 0.00004
113.2	-333.1	1.0	223.1	226.6	20	350000 0.00006
113.2	-328.0	1.0	220.6	224.0	20	376000 0.00005
0.0	-328.0	1.0	164.0	166.6	60	1640000 0.00004
0.0	-322.0	1.0	161.0	163.5	110	1750000 0.00006
-87.3	-322.0	1.0	117.3	119.2	10	7290000 0.00000
-89.3	-322.0	1.0	116.3	118.2	40	7670000 0.00001
-89.3	-308.8	1.0	109.7	111.5	230	11300000 0.00002
-89.3	-308.5	1.0	109.6	111.3	80	11500000 0.00001
-89.3	-300.8	1.0	105.8	107.4	10	16100000 0.00000
-89.3	-283.6	1.0	97.2	98.7	10	55500000 0.00000
-89.3	-277.7	1.0	94.2	95.7	200	1470000000 0.00000
-89.3	-277.6	1.0	94.1	95.6	12630	1550000000 0.00001
-118.8	-277.6	1.0	79.4	80.6	20	----- 0.0
疲労累積係数 =						0.00179

Ke : 割増し係数

ALT : 繰返しピーク応力強さ

ALT' : ALTに(195000)/(材料の使用温度における縦弾性係数)を乗じて得た値

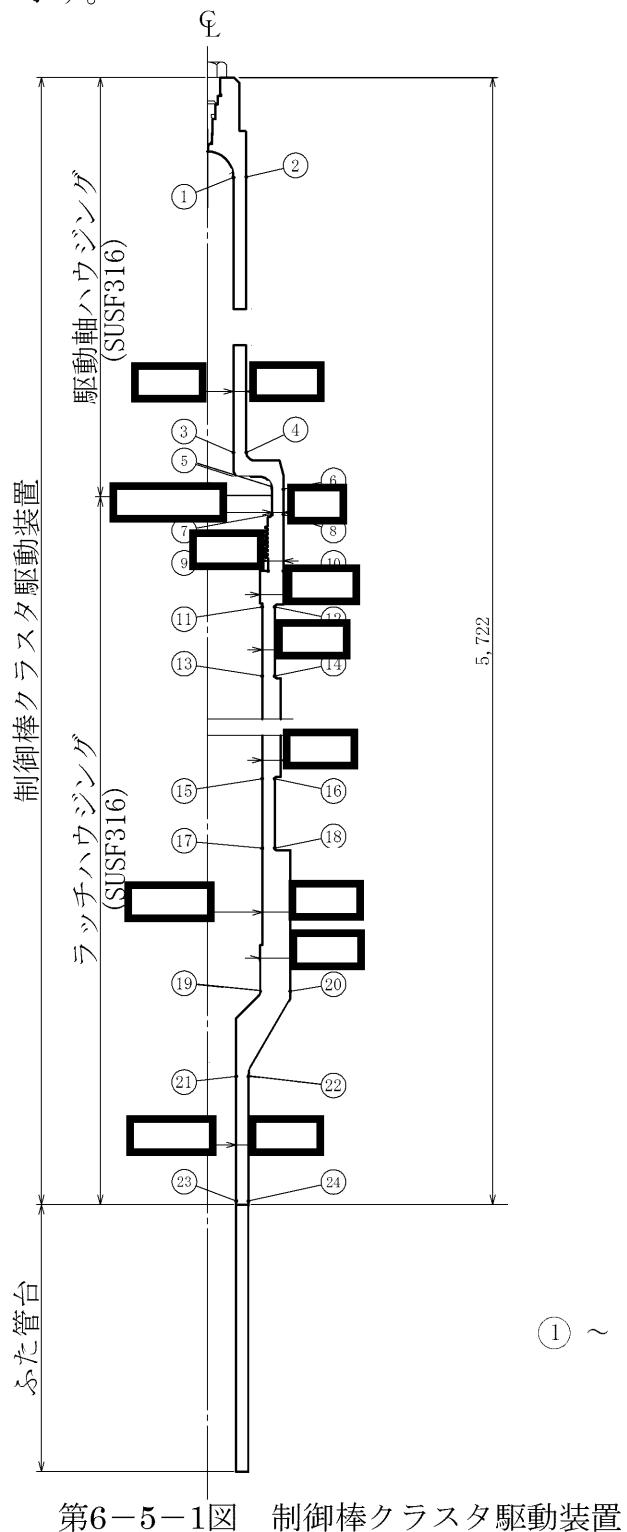
N : 設計繰返し回数

N\* : 許容繰返し回数

## 6.5 制御棒クラスタ駆動装置

### 6.5.1 形状、寸法、材料及び応力評価点

制御棒クラスタ駆動装置の形状、寸法、材料及び応力評価点を第6-5-1図に示す。

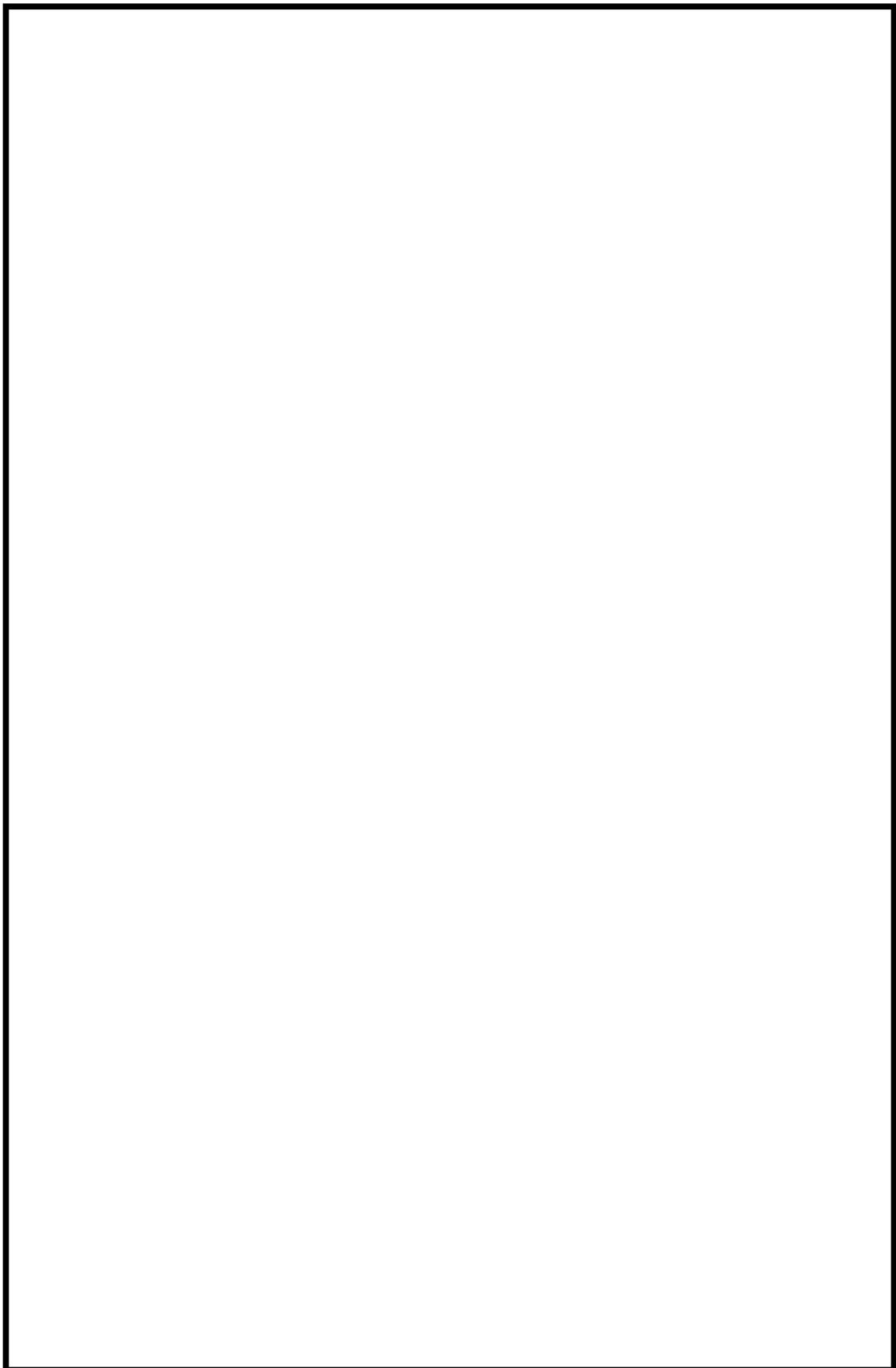


### 6.5.2 応力計算方法

応力計算は、資料6-2-2「クラス1容器の強度計算方法」に示す手法により行う。ここで、有限要素法を使用する場合の解析モデルを第6-5-2図に示す。

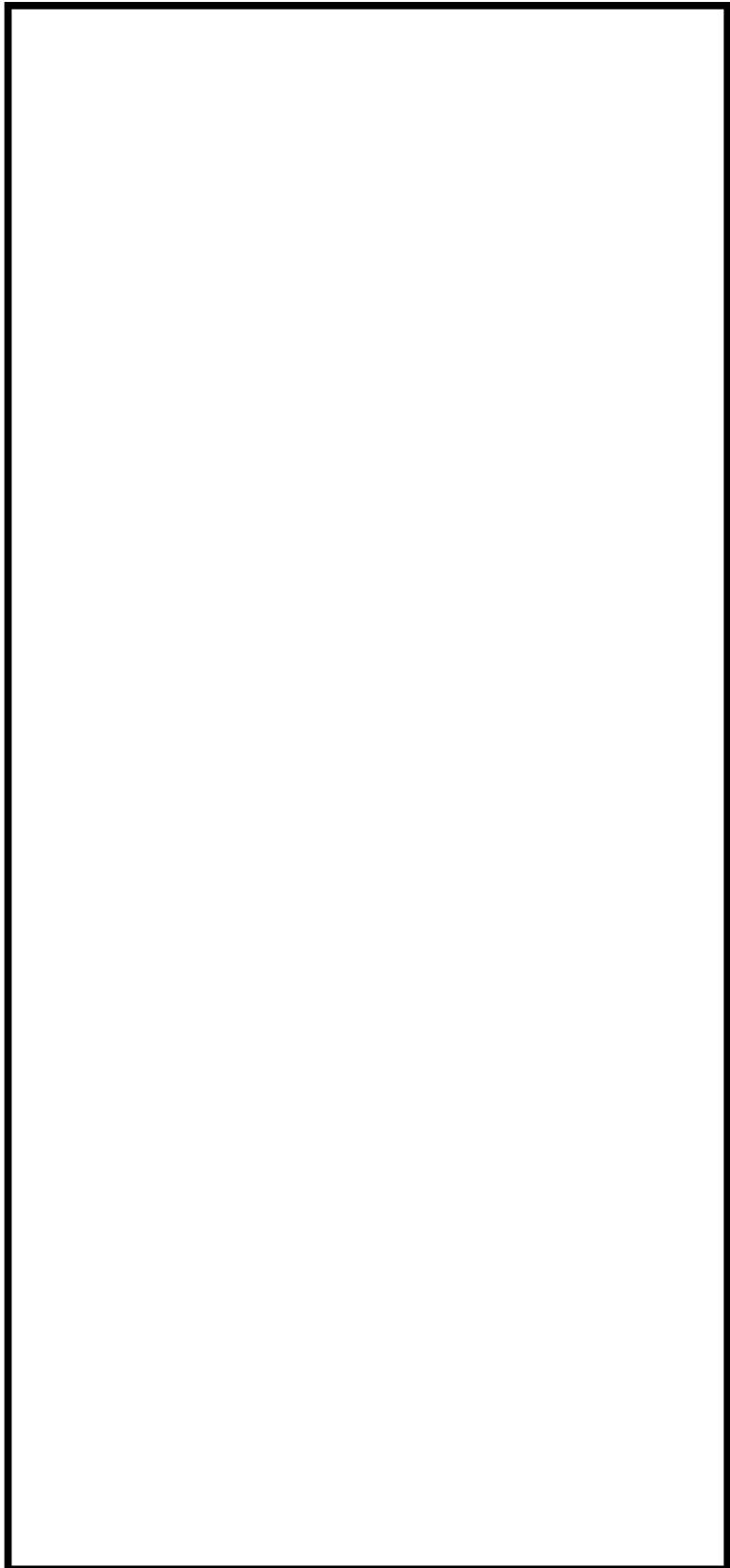
圧力及び外荷重による解析条件を第6-5-3図に、温度条件を第4-4表に示す。使用した解析コードは「ABAQUS」である。

なお、圧力による一次一般膜応力の計算には、静力学の釣合いを用いる。静力学の釣合いによる応力計算には第6-5-1図の寸法を用いる。



第6-5-2図 解析モデル（要素分割図）

第6-5-3図 解析条件(1/2)  
(下部モデル)



第6-5-3図 解析条件(2/2)  
(上部モデル)

### 6.5.3 圧力荷重による応力の計算結果

単位圧力荷重(10MPa)による応力の計算結果を第6-5-1表に示す。なお、圧力荷重による応力は、この単位圧力荷重による計算結果に基づき、各評価の圧力を応じて比例法により求める。

第6-5-1表 単位圧力荷重(10MPa)による応力の計算結果(1/2)

(単位 : MPa)

評価点	Pm				PL+Pb				PL+Pb+Q				PL+Pb+Q+F			
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$												
1	8.1	20.2	-5.0	0.0	8.2	12.5	-3.5	-0.7	10.9	16.4	-8.0	-1.3	12.6	17.9	-9.3	-0.2
2	8.1	20.2	-5.0	0.0	8.2	12.5	-3.5	-0.7	5.5	8.6	1.0	-0.1	6.1	9.3	0.2	0.7
3	8.1	20.2	-5.0	0.0	6.7	41.6	0.8	-6.7	-47.5	25.7	-12.1	-8.6	-34.3	27.9	-17.2	-11.6
4	8.1	20.2	-5.0	0.0	6.7	41.6	0.8	-6.7	61.0	57.4	13.8	-4.9	93.9	64.5	8.4	-2.2
5	25.8	56.3	-5.0	0.0	26.8	7.3	1.2	-3.4	90.0	26.9	2.7	-0.5	116.5	33.8	-4.2	-0.2
6	25.8	56.3	-5.0	0.0	26.8	7.3	1.2	-3.4	-36.4	-12.2	-0.3	-6.4	-28.1	-10.3	-4.1	-9.8
7	25.8	56.3	-5.0	0.0	23.2	34.0	-1.3	-6.9	12.6	32.2	-6.8	-2.3	20.1	34.4	-7.5	-1.0
8	25.8	56.3	-5.0	0.0	23.2	34.0	-1.3	-6.9	33.8	35.8	4.1	-11.5	35.3	36.2	3.8	-11.4
9	17.2	38.8	-5.0	0.0	16.9	28.7	3.7	3.6	35.1	40.3	11.9	10.3	49.0	47.7	21.4	22.4
10	17.2	38.8	-5.0	0.0	16.9	28.7	3.7	3.6	-1.3	17.0	-4.5	-3.0	1.6	19.5	-0.3	-0.1
11	19.5	43.5	-5.0	0.0	19.7	39.7	-2.1	-0.5	16.8	42.4	-8.5	-3.4	20.3	43.5	-11.1	0.6
12	19.5	43.5	-5.0	0.0	19.7	39.7	-2.1	-0.5	22.7	37.0	4.2	2.3	33.9	40.8	4.2	4.6
13	19.5	43.5	-5.0	0.0	17.1	39.4	-1.1	7.2	11.1	40.7	-6.9	9.9	15.5	42.7	-7.1	8.5
14	19.5	43.5	-5.0	0.0	17.1	39.4	-1.1	7.2	23.1	38.0	4.8	4.6	39.9	44.2	6.8	1.5
15	19.5	43.5	-5.0	0.0	17.1	39.3	-1.1	-7.1	11.0	40.5	-7.0	-9.8	15.4	42.5	-7.2	-8.3
16	19.5	43.5	-5.0	0.0	17.1	39.3	-1.1	-7.1	23.3	38.1	4.8	-4.5	40.3	44.2	6.9	-1.3

第6-5-1表 単位圧力荷重(10MPa)による応力の計算結果(2/2)

(単位 : MPa)

評価点	Pm				PL+Pb				PL+Pb+Q				PL+Pb+Q+F			
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$												
17	19.5	43.5	-5.0	0.0	16.9	35.9	-1.6	7.8	11.9	37.0	-6.9	10.1	16.2	38.8	-7.1	8.8
18	19.5	43.5	-5.0	0.0	16.9	35.9	-1.6	7.8	22.0	34.8	3.8	5.5	37.9	40.7	6.2	2.2
19	6.8	17.5	-5.0	0.0	8.4	10.5	-1.6	-0.8	18.8	16.4	-3.6	-1.3	34.6	22.0	-4.9	-0.6
20	6.8	17.5	-5.0	0.0	8.4	10.5	-1.6	-0.8	-2.0	4.7	0.5	-0.3	0.9	6.1	0.0	0.1
21	9.6	23.4	-5.0	0.0	6.7	21.5	-2.5	-3.9	4.4	25.5	-6.0	-6.5	5.4	26.9	-7.1	-6.4
22	9.6	23.4	-5.0	0.0	6.7	21.5	-2.5	-3.9	9.0	17.4	1.1	-1.2	10.4	18.4	0.1	-0.3
23	9.6	23.4	-5.0	0.0	9.7	22.5	-3.7	0.2	9.7	27.1	-8.3	0.5	9.6	28.1	-9.2	0.4
24	9.6	23.4	-5.0	0.0	9.7	22.5	-3.7	0.2	9.6	17.9	0.9	0.0	9.6	18.5	0.2	-0.1

#### 6.5.4 一次応力評価

設計条件、供用状態C、供用状態D及び試験状態における一次応力強さは、次に示すとおり許容値を満足している。

設計条件における一次一般膜応力強さを第6-5-2表に、一次局部膜応力強さを第6-5-3表に示す。

供用状態Cにおける一次一般膜応力強さを第6-5-4表に、一次局部膜応力強さを第6-5-5表に示す。

供用状態Dにおける一次一般膜応力強さを第6-5-6表に、一次局部膜応力強さを第6-5-7表に示す。

試験状態における一次一般膜応力強さを第6-5-8表に、一次局部膜応力強さを第6-5-9表に示す。

ここで、当該部では圧力による曲げ応力は二次応力であり、また、自重及び機械的荷重からは、荷重の成分が管台の軸方向のみであるため、曲げ応力は発生しない。したがって、一次曲げ応力に分類すべき応力が発生しないため、設計条件、供用状態C及び供用状態Dにおける一次膜+一次曲げ応力強さ及び試験状態における一次一般膜+一次曲げ応力強さは評価対象外となる。

第6-5-2表 設計条件における一次一般膜応力強さ(1/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	13.9	34.6	-8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	34.6	-8.6	-20.7	43.2	-22.4
2	13.9	34.6	-8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	34.6	-8.6	-20.7	43.2	-22.4
3	13.9	34.6	-8.6	0.0	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	13.6	34.2	-8.7	-20.6	42.9	-22.3
4	13.9	34.6	-8.6	0.0	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	13.6	34.2	-8.7	-20.6	42.9	-22.3
5	44.3	96.6	-8.6	0.0	-0.3	0.4	0.0	0.0	44.0	97.0	-8.6	-53.0	105.6	-52.6
6	44.3	96.6	-8.6	0.0	-0.3	0.4	0.0	0.0	44.0	97.0	-8.6	-53.0	105.6	-52.6
7	44.3	96.6	-8.6	0.0	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	43.9	97.7	-8.7	-53.8	106.4	-52.6
8	44.3	96.6	-8.6	0.0	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	43.9	97.7	-8.7	-53.8	106.4	-52.6
9	29.5	66.6	-8.6	0.0	2.3	0.0	2.0	0.0	31.9	66.6	-6.6	-34.7	73.2	-38.5
10	29.5	66.6	-8.6	0.0	2.3	0.0	2.0	0.0	31.9	66.6	-6.6	-34.7	73.2	-38.5
11	33.4	74.6	-8.6	0.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	32.7	75.6	-8.4	-43.0	84.1	-41.1
12	33.4	74.6	-8.6	0.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	32.7	75.6	-8.4	-43.0	84.1	-41.1
13	33.4	74.6	-8.6	0.0	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	32.8	74.4	-8.7	-41.6	83.1	-41.5
14	33.4	74.6	-8.6	0.0	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	32.8	74.4	-8.7	-41.6	83.1	-41.5
15	33.4	74.6	-8.6	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	32.7	74.4	-8.7	-41.7	83.2	-41.4
16	33.4	74.6	-8.6	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	32.7	74.4	-8.7	-41.7	83.2	-41.4

第6-5-2表 設計条件における一次一般膜応力強さ(2/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
17	33.4	74.6	-8.6	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	32.7	74.5	-8.7	-41.8	83.2	-41.4
18	33.4	74.6	-8.6	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	32.7	74.5	-8.7	-41.8	83.2	-41.4
19	11.7	30.0	-8.6	0.0	-0.6	0.2	-0.1	0.1	11.0	30.1	-8.7	-19.1	38.8	-19.7
20	11.7	30.0	-8.6	0.0	-0.6	0.2	-0.1	0.1	11.0	30.1	-8.7	-19.1	38.8	-19.7
21	16.6	40.2	-8.6	0.0	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	14.6	39.4	-8.8	-24.8	48.3	-23.5
22	16.6	40.2	-8.6	0.0	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	14.6	39.4	-8.8	-24.8	48.3	-23.5
23	16.6	40.2	-8.6	0.0	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	14.1	40.1	-8.6	-26.1	48.8	-22.7
24	16.6	40.2	-8.6	0.0	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	14.1	40.1	-8.6	-26.1	48.8	-22.7

許容値  $Sm=114 \text{ MPa}$  (評価点: 1~24)

第6-5-3表 設計条件における一次局部膜応力強さ(1/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	14.1	21.4	-5.9	-1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	21.4	-6.0	-7.2	27.5	-20.2
2	14.1	21.4	-5.9	-1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	21.4	-6.0	-7.2	27.5	-20.2
3	11.6	71.3	1.4	-11.6	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	18.8	70.9	-6.2	-52.1	77.1	-25.0
4	11.6	71.3	1.4	-11.6	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	18.8	70.9	-6.2	-52.1	77.1	-25.0
5	46.0	12.6	2.1	-5.9	-0.3	0.4	0.0	0.0	46.5	13.0	1.2	33.5	11.8	-45.3
6	46.0	12.6	2.1	-5.9	-0.3	0.4	0.0	0.0	46.5	13.0	1.2	33.5	11.8	-45.3
7	39.8	58.4	-2.3	-11.9	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	42.6	59.5	-5.6	-16.9	65.2	-48.3
8	39.8	58.4	-2.3	-11.9	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	42.6	59.5	-5.6	-16.9	65.2	-48.3
9	29.0	49.2	6.4	6.2	2.3	0.0	2.0	0.0	32.9	49.1	6.7	-16.2	42.4	-26.2
10	29.0	49.2	6.4	6.2	2.3	0.0	2.0	0.0	32.9	49.1	6.7	-16.2	42.4	-26.2
11	33.8	68.2	-3.6	-0.9	-0.8	1.1	0.2	0.4	33.1	69.3	-3.5	-36.2	72.8	-36.6
12	33.8	68.2	-3.6	-0.9	-0.8	1.1	0.2	0.4	33.1	69.3	-3.5	-36.2	72.8	-36.6
13	29.3	67.6	-1.9	12.4	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	33.0	67.4	-6.3	-34.4	73.7	-39.3
14	29.3	67.6	-1.9	12.4	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	33.0	67.4	-6.3	-34.4	73.7	-39.3
15	29.4	67.4	-1.9	-12.3	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	32.8	67.3	-6.2	-34.4	73.5	-39.1
16	29.4	67.4	-1.9	-12.3	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	32.8	67.3	-6.2	-34.4	73.5	-39.1

第6-5-3表 設計条件における一次局部膜応力強さ(2/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
17	29.1	61.6	-2.7	13.4	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	33.2	61.5	-7.6	-28.3	69.1	-40.8
18	29.1	61.6	-2.7	13.4	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	33.2	61.5	-7.6	-28.3	69.1	-40.8
19	14.5	18.1	-2.7	-1.4	-0.6	0.2	-0.1	0.1	14.0	18.2	-2.9	-4.2	21.1	-16.8
20	14.5	18.1	-2.7	-1.4	-0.6	0.2	-0.1	0.1	14.0	18.2	-2.9	-4.2	21.1	-16.8
21	11.5	36.8	-4.2	-6.7	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	12.0	36.1	-6.8	-24.1	42.9	-18.8
22	11.5	36.8	-4.2	-6.7	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	12.0	36.1	-6.8	-24.1	42.9	-18.8
23	16.6	38.6	-6.4	0.4	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	14.1	38.6	-6.4	-24.5	45.0	-20.5
24	16.6	38.6	-6.4	0.4	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	14.1	38.6	-6.4	-24.5	45.0	-20.5

許容値  $1.5S_m = 171 \text{ MPa}$  (評価点 : 1~24)

第6-5-4表 供用状態Cにおける一次一般膜応力強さ(1/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	15.2	38.1	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	38.1	-9.4	-22.8	47.5	-24.7
2	15.2	38.1	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	38.1	-9.4	-22.8	47.5	-24.7
3	15.2	38.1	-9.4	0.0	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	14.9	37.7	-9.6	-22.7	47.2	-24.5
4	15.2	38.1	-9.4	0.0	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	14.9	37.7	-9.6	-22.7	47.2	-24.5
5	48.8	106.3	-9.4	0.0	-0.3	0.4	0.0	0.0	48.5	106.7	-9.5	-58.2	116.2	-57.9
6	48.8	106.3	-9.4	0.0	-0.3	0.4	0.0	0.0	48.5	106.7	-9.5	-58.2	116.2	-57.9
7	48.8	106.3	-9.4	0.0	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	48.4	107.4	-9.5	-59.0	116.9	-57.9
8	48.8	106.3	-9.4	0.0	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	48.4	107.4	-9.5	-59.0	116.9	-57.9
9	32.5	73.3	-9.4	0.0	2.3	0.0	2.0	0.0	34.8	73.3	-7.5	-38.5	80.8	-42.3
10	32.5	73.3	-9.4	0.0	2.3	0.0	2.0	0.0	34.8	73.3	-7.5	-38.5	80.8	-42.3
11	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	36.0	83.1	-9.3	-47.1	92.4	-45.3
12	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	36.0	83.1	-9.3	-47.1	92.4	-45.3
13	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	36.2	81.9	-9.6	-45.7	91.5	-45.7
14	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	36.2	81.9	-9.6	-45.7	91.5	-45.7
15	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	36.0	81.9	-9.6	-45.9	91.5	-45.6
16	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	36.0	81.9	-9.6	-45.9	91.5	-45.6

第6-5-4表 供用状態Cにおける一次一般膜応力強さ(2/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
17	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	36.0	81.9	-9.5	-45.9	91.5	-45.6
18	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	36.0	81.9	-9.5	-45.9	91.5	-45.6
19	12.8	33.0	-9.4	0.0	-0.6	0.2	-0.1	0.1	12.2	33.1	-9.5	-20.9	42.7	-21.7
20	12.8	33.0	-9.4	0.0	-0.6	0.2	-0.1	0.1	12.2	33.1	-9.5	-20.9	42.7	-21.7
21	18.2	44.2	-9.4	0.0	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	16.3	43.5	-9.7	-27.2	53.1	-26.0
22	18.2	44.2	-9.4	0.0	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	16.3	43.5	-9.7	-27.2	53.1	-26.0
23	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	15.7	44.1	-9.5	-28.4	53.6	-25.2
24	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	15.7	44.1	-9.5	-28.4	53.6	-25.2

許容値  $1.2S_m = 135 \text{ MPa}$  (評価点: 1~24)

第6-5-5表 供用状態Cにおける一次局部膜応力強さ(1/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	15.6	23.6	-6.5	-1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	23.6	-6.6	-8.0	30.2	-22.3
2	15.6	23.6	-6.5	-1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	23.6	-6.6	-8.0	30.2	-22.3
3	12.7	78.5	1.6	-12.7	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	20.7	78.1	-6.8	-57.4	84.9	-27.5
4	12.7	78.5	1.6	-12.7	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	20.7	78.1	-6.8	-57.4	84.9	-27.5
5	50.6	13.8	2.3	-6.5	-0.3	0.4	0.0	0.0	51.2	14.3	1.3	36.9	12.9	-49.8
6	50.6	13.8	2.3	-6.5	-0.3	0.4	0.0	0.0	51.2	14.3	1.3	36.9	12.9	-49.8
7	43.8	64.2	-2.5	-13.1	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	47.0	65.4	-6.2	-18.4	71.6	-53.1
8	43.8	64.2	-2.5	-13.1	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	47.0	65.4	-6.2	-18.4	71.6	-53.1
9	31.9	54.1	7.0	6.9	2.3	0.0	2.0	0.0	36.0	54.1	7.2	-18.1	46.8	-28.7
10	31.9	54.1	7.0	6.9	2.3	0.0	2.0	0.0	36.0	54.1	7.2	-18.1	46.8	-28.7
11	37.2	75.0	-4.0	-1.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	36.5	76.1	-3.9	-39.6	80.0	-40.3
12	37.2	75.0	-4.0	-1.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	36.5	76.1	-3.9	-39.6	80.0	-40.3
13	32.3	74.3	-2.0	13.7	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	36.4	74.2	-6.9	-37.8	81.1	-43.3
14	32.3	74.3	-2.0	13.7	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	36.4	74.2	-6.9	-37.8	81.1	-43.3
15	32.4	74.2	-2.1	-13.5	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	36.2	74.0	-6.9	-37.8	80.9	-43.1
16	32.4	74.2	-2.1	-13.5	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	36.2	74.0	-6.9	-37.8	80.9	-43.1

第6-5-5表 供用状態Cにおける一次局部膜応力強さ(2/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
17	32.0	67.7	-3.0	14.7	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	36.6	67.6	-8.4	-31.1	76.0	-45.0
18	32.0	67.7	-3.0	14.7	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	36.6	67.6	-8.4	-31.1	76.0	-45.0
19	15.9	19.9	-2.9	-1.5	-0.6	0.2	-0.1	0.1	15.4	20.0	-3.1	-4.6	23.2	-18.6
20	15.9	19.9	-2.9	-1.5	-0.6	0.2	-0.1	0.1	15.4	20.0	-3.1	-4.6	23.2	-18.6
21	12.7	40.5	-4.6	-7.3	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	13.4	39.8	-7.5	-26.4	47.3	-20.8
22	12.7	40.5	-4.6	-7.3	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	13.4	39.8	-7.5	-26.4	47.3	-20.8
23	18.2	42.5	-7.0	0.5	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	15.8	42.4	-7.1	-26.7	49.5	-22.8
24	18.2	42.5	-7.0	0.5	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	15.8	42.4	-7.1	-26.7	49.5	-22.8

許容値  $1.5(1.2Sm) = 202 \text{ MPa}$  (評価点: 1~24)

第6-5-6表 供用状態Dにおける一次一般膜応力強さ(1/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	15.2	38.1	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	38.1	-9.4	-22.8	47.5	-24.7
2	15.2	38.1	-9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	38.1	-9.4	-22.8	47.5	-24.7
3	15.2	38.1	-9.4	0.0	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	14.9	37.7	-9.6	-22.7	47.2	-24.5
4	15.2	38.1	-9.4	0.0	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	14.9	37.7	-9.6	-22.7	47.2	-24.5
5	48.8	106.3	-9.4	0.0	-0.3	0.4	0.0	0.0	48.5	106.7	-9.5	-58.2	116.2	-57.9
6	48.8	106.3	-9.4	0.0	-0.3	0.4	0.0	0.0	48.5	106.7	-9.5	-58.2	116.2	-57.9
7	48.8	106.3	-9.4	0.0	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	48.4	107.4	-9.5	-59.0	116.9	-57.9
8	48.8	106.3	-9.4	0.0	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	48.4	107.4	-9.5	-59.0	116.9	-57.9
9	32.5	73.3	-9.4	0.0	2.3	0.0	2.0	0.0	34.8	73.3	-7.5	-38.5	80.8	-42.3
10	32.5	73.3	-9.4	0.0	2.3	0.0	2.0	0.0	34.8	73.3	-7.5	-38.5	80.8	-42.3
11	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	36.0	83.1	-9.3	-47.1	92.4	-45.3
12	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	36.0	83.1	-9.3	-47.1	92.4	-45.3
13	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	36.2	81.9	-9.6	-45.7	91.5	-45.7
14	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	36.2	81.9	-9.6	-45.7	91.5	-45.7
15	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	36.0	81.9	-9.6	-45.9	91.5	-45.6
16	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	36.0	81.9	-9.6	-45.9	91.5	-45.6

第6-5-6表 供用状態Dにおける一次一般膜応力強さ(2/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
17	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	36.0	81.9	-9.5	-45.9	91.5	-45.6
18	36.8	82.0	-9.4	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	36.0	81.9	-9.5	-45.9	91.5	-45.6
19	12.8	33.0	-9.4	0.0	-0.6	0.2	-0.1	0.1	12.2	33.1	-9.5	-20.9	42.7	-21.7
20	12.8	33.0	-9.4	0.0	-0.6	0.2	-0.1	0.1	12.2	33.1	-9.5	-20.9	42.7	-21.7
21	18.2	44.2	-9.4	0.0	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	16.3	43.5	-9.7	-27.2	53.1	-26.0
22	18.2	44.2	-9.4	0.0	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	16.3	43.5	-9.7	-27.2	53.1	-26.0
23	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	15.7	44.1	-9.5	-28.4	53.6	-25.2
24	18.2	44.2	-9.4	0.0	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	15.7	44.1	-9.5	-28.4	53.6	-25.2

許容値  $\text{MIN}(2.4\text{Sm}, 2/3\text{Su}) = 271 \text{ MPa}$  (評価点: 1~24)

第6-5-7表 供用状態Dにおける一次局部膜応力強さ(1/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	15.6	23.6	-6.5	-1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	23.6	-6.6	-8.0	30.2	-22.3
2	15.6	23.6	-6.5	-1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	23.6	-6.6	-8.0	30.2	-22.3
3	12.7	78.5	1.6	-12.7	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	20.7	78.1	-6.8	-57.4	84.9	-27.5
4	12.7	78.5	1.6	-12.7	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	20.7	78.1	-6.8	-57.4	84.9	-27.5
5	50.6	13.8	2.3	-6.5	-0.3	0.4	0.0	0.0	51.2	14.3	1.3	36.9	12.9	-49.8
6	50.6	13.8	2.3	-6.5	-0.3	0.4	0.0	0.0	51.2	14.3	1.3	36.9	12.9	-49.8
7	43.8	64.2	-2.5	-13.1	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	47.0	65.4	-6.2	-18.4	71.6	-53.1
8	43.8	64.2	-2.5	-13.1	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	47.0	65.4	-6.2	-18.4	71.6	-53.1
9	31.9	54.1	7.0	6.9	2.3	0.0	2.0	0.0	36.0	54.1	7.2	-18.1	46.8	-28.7
10	31.9	54.1	7.0	6.9	2.3	0.0	2.0	0.0	36.0	54.1	7.2	-18.1	46.8	-28.7
11	37.2	75.0	-4.0	-1.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	36.5	76.1	-3.9	-39.6	80.0	-40.3
12	37.2	75.0	-4.0	-1.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	36.5	76.1	-3.9	-39.6	80.0	-40.3
13	32.3	74.3	-2.0	13.7	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	36.4	74.2	-6.9	-37.8	81.1	-43.3
14	32.3	74.3	-2.0	13.7	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	36.4	74.2	-6.9	-37.8	81.1	-43.3
15	32.4	74.2	-2.1	-13.5	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	36.2	74.0	-6.9	-37.8	80.9	-43.1
16	32.4	74.2	-2.1	-13.5	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	36.2	74.0	-6.9	-37.8	80.9	-43.1

第6-5-7表 供用状態Dにおける一次局部膜応力強さ(2/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
17	32.0	67.7	-3.0	14.7	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	36.6	67.6	-8.4	-31.1	76.0	-45.0
18	32.0	67.7	-3.0	14.7	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	36.6	67.6	-8.4	-31.1	76.0	-45.0
19	15.9	19.9	-2.9	-1.5	-0.6	0.2	-0.1	0.1	15.4	20.0	-3.1	-4.6	23.2	-18.6
20	15.9	19.9	-2.9	-1.5	-0.6	0.2	-0.1	0.1	15.4	20.0	-3.1	-4.6	23.2	-18.6
21	12.7	40.5	-4.6	-7.3	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	13.4	39.8	-7.5	-26.4	47.3	-20.8
22	12.7	40.5	-4.6	-7.3	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	13.4	39.8	-7.5	-26.4	47.3	-20.8
23	18.2	42.5	-7.0	0.5	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	15.8	42.4	-7.1	-26.7	49.5	-22.8
24	18.2	42.5	-7.0	0.5	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	15.8	42.4	-7.1	-26.7	49.5	-22.8

許容値  $1.5\text{MIN}(2.4S_m, 2/3S_u) = 406 \text{ MPa}$  (評価点 : 1~24)

第6-5-8表 試験状態における一次一般膜応力強さ(1/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	17.3	43.2	-10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3	43.2	-10.7	-25.9	54.0	-28.0
2	17.3	43.2	-10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3	43.2	-10.7	-25.9	54.0	-28.0
3	17.3	43.2	-10.7	0.0	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	17.0	42.8	-10.8	-25.8	53.7	-27.9
4	17.3	43.2	-10.7	0.0	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	17.0	42.8	-10.8	-25.8	53.7	-27.9
5	55.4	120.7	-10.7	0.0	-0.3	0.4	0.0	0.0	55.1	121.2	-10.8	-66.1	131.9	-65.9
6	55.4	120.7	-10.7	0.0	-0.3	0.4	0.0	0.0	55.1	121.2	-10.8	-66.1	131.9	-65.9
7	55.4	120.7	-10.7	0.0	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	55.0	121.8	-10.8	-66.9	132.7	-65.8
8	55.4	120.7	-10.7	0.0	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	55.0	121.8	-10.8	-66.9	132.7	-65.8
9	36.9	83.3	-10.7	0.0	2.3	0.0	2.0	0.0	39.2	83.3	-8.8	-44.0	92.0	-48.0
10	36.9	83.3	-10.7	0.0	2.3	0.0	2.0	0.0	39.2	83.3	-8.8	-44.0	92.0	-48.0
11	41.8	93.2	-10.7	0.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	41.0	94.3	-10.6	-53.3	104.9	-51.6
12	41.8	93.2	-10.7	0.0	-0.8	1.1	0.2	0.4	41.0	94.3	-10.6	-53.3	104.9	-51.6
13	41.8	93.2	-10.7	0.0	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	41.2	93.1	-10.9	-51.9	103.9	-52.0
14	41.8	93.2	-10.7	0.0	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	41.2	93.1	-10.9	-51.9	103.9	-52.0
15	41.8	93.2	-10.7	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	41.1	93.1	-10.9	-52.0	103.9	-51.9
16	41.8	93.2	-10.7	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	41.1	93.1	-10.9	-52.0	103.9	-51.9

第6-5-8表 試験状態における一次一般膜応力強さ(2/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
17	41.8	93.2	-10.7	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	41.0	93.1	-10.8	-52.1	103.9	-51.9
18	41.8	93.2	-10.7	0.0	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	41.0	93.1	-10.8	-52.1	103.9	-51.9
19	14.6	37.5	-10.7	0.0	-0.6	0.2	-0.1	0.1	13.9	37.6	-10.8	-23.7	48.4	-24.8
20	14.6	37.5	-10.7	0.0	-0.6	0.2	-0.1	0.1	13.9	37.6	-10.8	-23.7	48.4	-24.8
21	20.7	50.2	-10.7	0.0	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	18.8	49.5	-11.0	-30.7	60.4	-29.7
22	20.7	50.2	-10.7	0.0	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	18.8	49.5	-11.0	-30.7	60.4	-29.7
23	20.7	50.2	-10.7	0.0	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	18.2	50.2	-10.8	-32.0	60.9	-29.0
24	20.7	50.2	-10.7	0.0	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	18.2	50.2	-10.8	-32.0	60.9	-29.0

許容値  $0.9S_y = 184 \text{ MPa}$  (評価点 : 1~24)

第6-5-9表 試験状態における一次局部膜応力強さ(1/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1	17.7	26.8	-7.4	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	17.8	26.8	-7.5	-9.0	34.3	-25.3
2	17.7	26.8	-7.4	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	17.8	26.8	-7.5	-9.0	34.3	-25.3
3	14.4	89.1	1.8	-14.4	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	23.6	88.7	-7.8	-65.2	96.5	-31.3
4	14.4	89.1	1.8	-14.4	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	23.6	88.7	-7.8	-65.2	96.5	-31.3
5	57.5	15.7	2.6	-7.4	-0.3	0.4	0.0	0.0	58.2	16.2	1.5	42.1	14.6	-56.7
6	57.5	15.7	2.6	-7.4	-0.3	0.4	0.0	0.0	58.2	16.2	1.5	42.1	14.6	-56.7
7	49.8	73.0	-2.9	-14.9	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	53.4	74.1	-7.0	-20.7	81.1	-60.4
8	49.8	73.0	-2.9	-14.9	-0.4	1.1	-0.1	-0.2	53.4	74.1	-7.0	-20.7	81.1	-60.4
9	36.2	61.5	8.0	7.8	2.3	0.0	2.0	0.0	40.5	61.4	7.9	-20.9	53.5	-32.6
10	36.2	61.5	8.0	7.8	2.3	0.0	2.0	0.0	40.5	61.4	7.9	-20.9	53.5	-32.6
11	42.3	85.2	-4.6	-1.2	-0.8	1.1	0.2	0.4	41.5	86.3	-4.4	-44.8	90.7	-45.9
12	42.3	85.2	-4.6	-1.2	-0.8	1.1	0.2	0.4	41.5	86.3	-4.4	-44.8	90.7	-45.9
13	36.7	84.5	-2.3	15.5	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	41.4	84.3	-7.8	-42.9	92.1	-49.2
14	36.7	84.5	-2.3	15.5	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	41.4	84.3	-7.8	-42.9	92.1	-49.2
15	36.8	84.3	-2.4	-15.3	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	41.3	84.1	-7.8	-42.9	91.9	-49.0
16	36.8	84.3	-2.4	-15.3	-0.7	-0.1	-0.1	0.2	41.3	84.1	-7.8	-42.9	91.9	-49.0

第6-5-9表 試験状態における一次局部膜応力強さ(2/2)

( 単位 : MPa )

評価点	圧力による応力				外荷重による応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
17	36.3	76.9	-3.4	16.7	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	41.6	76.8	-9.5	-35.2	86.4	-51.2
18	36.3	76.9	-3.4	16.7	-0.7	-0.1	-0.1	-0.2	41.6	76.8	-9.5	-35.2	86.4	-51.2
19	18.1	22.6	-3.3	-1.8	-0.6	0.2	-0.1	0.1	17.6	22.7	-3.6	-5.1	26.3	-21.2
20	18.1	22.6	-3.3	-1.8	-0.6	0.2	-0.1	0.1	17.6	22.7	-3.6	-5.1	26.3	-21.2
21	14.4	46.0	-5.3	-8.3	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	15.4	45.3	-8.5	-29.9	53.8	-23.9
22	14.4	46.0	-5.3	-8.3	-1.9	-0.7	-0.2	0.4	15.4	45.3	-8.5	-29.9	53.8	-23.9
23	20.7	48.3	-8.0	0.5	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	18.2	48.2	-8.0	-30.0	56.2	-26.3
24	20.7	48.3	-8.0	0.5	-2.5	-0.1	-0.1	0.0	18.2	48.2	-8.0	-30.0	56.2	-26.3

許容値  $1.5(0.9S_y) = 276 \text{ MPa}$  (評価点: 1~24)

### 6.5.5 一次＋二次応力評価

供用状態A及び供用状態Bにおける一次＋二次応力強さの変動幅は、次に示すとおり許容値を満足している。

一次＋二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅を第6-5-11表に、一次＋二次応力強さの変動幅が最大となる評価点の一次＋二次応力強さを第6-5-12表に示す。第6-5-12表は、第6-5-11表における一次＋二次応力強さの変動幅の最大値に対応した応力強さの最大値及び最小値を含む表である。また、第6-5-12表は、この一次＋二次応力強さの成分が各過渡条件で最大及び最小となる時刻における応力、主応力及び応力強さを示している。

なお、表中で用いる過渡条件の記号を第6-5-10表に示す。

第6-5-10表 過渡条件の記号の説明(1/4)

記 号		過 渡 条 件	
		計 算 点	過 渡 条 件 名 称
1A1	1A11	1.0h	I-a 起 動
	1A12	2.81h	
	1A13	4.0h	
*0		—	無負荷運転状態
1B1	1B11	1.04h	I-b 停 止
	1B12	4.87h	
	1B13	6.0h	
1C1	1C11	0.5s	I-c 負 荷 上 昇
	1C12	50.0s	
	1C13	1,150.0s	
	1C14	1,440.0s	
*100		—	100%負荷運転状態
1D1	1D11	60.0s	I-d 負 荷 減 少
	1D12	1,050.0s	
	1D13	1,495.0s	
1E1	1E11	28.0s	I-e 90%から100%へのステップ状負荷上昇
	1E12	50.0s	
	1E13	210.0s	
	1E14	350.0s	
1F1	1F11	12.0s	I-f 100%から90%へのステップ状負荷減少
	1F12	36.0s	
	1F13	246.0s	
	1F14	312.0s	

第6-5-10表 過渡条件の記号の説明(2/4)

記 号		過 渡 条 件	
		計 算 点	過 渡 条 件 名 称
1G1	1G11	36.0s	I-g 100%からの大きいステップ状負荷減少
	1G12	50.0s	
	1G13	100.0s	
	1G14	355.0s	
1H1	1H11	0.1s	I-h 定常負荷運転時の変動
	1H12	180.1s	
	1H13	210.0s	
1J1	1J11	5.0min	I-j 0%から15%への負荷上昇
	1J12	30.0min	
1K1	1K11	5.0min	I-k 15%から0%への負荷減少
	1K12	40.0min	
1L1	1L11	28.0s	(i) 停 止 I-l 1ループ停止/ 1ループ起動
	1L12	40.0s	
	1L13	17.5s	
	1L14	19.0s	
1L2	1L21	1.0s	(ii) 起 動 II-a 負 荷 の 壞 失
	1L22	11.0s	
	1L23	44.0s	
	1L24	47.0s	
2A1	2A11	17.8s	
	2A12	19.5s	
	2A13	40.0s	
	2A14	100.0s	

第6-5-10表 過渡条件の記号の説明(3/4)

記 号		過 渡 条 件		
		計 算 点	過 渡 条 件 名 称	
2B1	2B11	70.0s	補助給水されるループ	II - b 外部電源喪失
	2B12	230.0s		
	2B13	11,000.0s	補助給水されないループ	
2C1	2C11	4.3s	健全側 故障側	II - c 1次冷却材流量の部分喪失
	2C12	4.5s		
	2C13	13.0s		
	2C14	25.0s		
2D1	2D11	1.0s	( i ) 不注意な冷却を伴わないトリップ	II - d 100%からの原子炉トリップ
	2D12	15.0s		
	2D13	28.0s		
	2D14	200.0s		
2D2	2D21	12.0s	冷却ループ 正常ループ	( ii ) 不注意な冷却を伴うトリップ
	2D22	58.0s		
	2D23	300.0s		
	2D24	1.1s		
2D3	2D31	8.5s	冷却ループ	( iii ) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ
	2D32	11.0s		
	2D33	40.0s		
	2D34	1000.0s		
2E1	2E11	8.0s	II - e 1次冷却系の異常な減圧	
	2E12	83.0s		
	2E13	100.0s		
	2E14	800.0s		

第6-5-10表 過渡条件の記号の説明(4/4)

記 号	過 渡 条 件	
	計 算 点	過 渡 条 件 名 称
2F1	2F11	0.7s
	2F12	30.0s
	2F13	46.5s
	2F14	200.0s
2G1	2G11	9.5s
	2G12	10.5s
	2G13	35.0s
	2G14	1,000.0s
2H1	2H11	10.0s
	2H12	12.6s
	2H13	27.0s
	2H14	40.0s
2I1	2I11	2.0min
	2I12	28.0min
2J1	2J11	3.5h
	2J12	—
	2J13	4.5h
	2J14	5.0h

第6-5-11表 一次+二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅(1/2)

( 単位 : MPa )

評価点	応力強さの最大値			応力強さの最小値			応力強さの変動幅		
	S12	S23	S31	S12	S23	S31	S12	S23	S31
1	1.0	50.0	121.8	-80.9	-41.0	-9.7	81.9	91.0	131.5
2	21.5	144.6	2.6	-2.1	-0.9	-165.2	23.6	145.5	167.7
3	1.4	82.9	136.9	-126.4	-24.5	-1.0	127.8	107.3	137.8
4	39.4	136.5	1.2	-8.1	-1.2	-128.6	47.4	137.7	129.9
5	105.1	56.0	1.8	-1.5	-16.5	-157.2	106.6	72.5	159.0
6	0.0	86.7	92.6	-59.4	-46.2	-38.1	59.4	132.9	130.7
7	0.0	69.1	61.1	-49.7	-16.5	-35.0	49.7	85.6	96.1
8	32.1	142.2	0.0	-10.8	0.0	-171.3	42.9	142.2	171.3
9	6.2	58.0	6.4	-4.4	-5.4	-58.0	10.6	63.5	64.4
10	2.8	85.2	0.0	-69.8	-0.6	-37.2	72.6	85.7	37.2
11	0.0	83.4	78.0	-80.4	-58.5	-29.1	80.4	141.9	107.1
12	17.1	131.4	3.0	-14.3	-1.1	-138.2	31.4	132.5	141.2
13	0.0	88.1	89.3	-65.1	-34.5	-75.9	65.1	122.6	165.2
14	0.0	161.5	21.6	-30.3	-3.8	-146.1	30.3	165.3	167.7
15	0.0	97.9	83.7	-82.6	-27.5	-80.9	82.6	125.3	164.6
16	0.0	156.1	26.6	-30.6	-3.5	-140.9	30.6	159.6	167.5

第6-5-11表 一次+二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅(2/2)

( 単位 : MPa )

評価点	応力強さの最大値			応力強さの最小値			応力強さの変動幅		
	S12	S23	S31	S12	S23	S31	S12	S23	S31
17	0.6	92.8	115.0	-74.8	-43.7	-67.2	75.4	136.5	182.2
18	13.5	152.5	16.6	-17.5	-2.4	-161.4	31.0	154.9	178.0
19	0.0	8.3	92.4	-26.3	-67.7	-8.3	26.3	76.0	100.7
20	10.3	157.1	5.4	-3.7	-2.7	-166.7	14.1	159.9	172.1
21	0.0	56.6	45.4	-92.9	-1.7	-3.0	92.9	58.3	48.3
22	0.0	96.2	2.7	-28.0	-0.9	-68.5	28.0	97.1	71.1
23	76.9	47.7	2.4	-6.2	-1.8	-107.9	83.0	49.5	110.4
24	63.6	83.5	2.6	-3.9	-0.2	-139.1	67.5	83.6	141.7

許容値  $3Sm = 348 \text{ MPa}$  (評価点: 1~24)

第6-5-12表 一次+二次応力強さ(1/2)

評価点 - 17

外荷重による応力				( 単位 : MPa )														
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1A11	-25.8	-18.7	-2.9	-3.7	3.2	9.8	-1.8	2.7	-23.1	-8.8	-4.8	-1.3	-23.2	-8.8	-4.7	-14.3	-4.1	18.5
1A13	-75.5	-53.5	-8.4	-10.5	11.9	37.1	-6.9	10.1	-64.0	-16.4	-15.4	-0.7	-64.1	-16.4	-15.4	-47.7	-1.0	48.6
*0	-74.1	-51.9	-8.2	-10.2	18.3	57.0	-10.7	15.5	-56.3	5.1	-18.9	5.1	-57.0	5.1	-18.2	-62.0	23.3	38.7
1B11	-53.9	-37.1	-5.9	-7.3	3.2	9.8	-1.8	2.7	-51.3	-27.3	-7.8	-4.8	-51.8	-27.3	-7.3	-24.5	-20.0	44.5
1B12	9.2	7.1	1.1	1.4	3.2	9.8	-1.8	2.7	11.9	17.0	-0.8	3.8	13.0	17.0	-1.9	-4.0	18.8	-14.9
1C12	-73.7	-52.1	-8.1	-10.0	18.2	56.7	-10.6	15.4	-56.0	4.7	-18.7	5.2	-56.7	4.7	-18.0	-61.3	22.7	38.7
1C13	-99.5	-71.7	-11.1	-13.9	18.5	57.5	-10.7	15.6	-81.5	-14.2	-21.9	1.5	-81.5	-14.2	-21.9	-67.3	7.6	59.7
*100	-84.8	-60.1	-9.4	-11.6	18.3	57.0	-10.7	15.5	-67.0	-3.1	-20.1	3.7	-67.3	-3.1	-19.8	-64.2	16.7	47.5
1D11	-86.1	-61.2	-9.5	-11.8	18.6	57.8	-10.8	15.7	-68.0	-3.3	-20.4	3.7	-68.3	-3.3	-20.1	-64.9	16.7	48.2
1D12	-60.5	-41.7	-6.5	-7.9	18.0	56.0	-10.5	15.2	-42.9	14.2	-17.0	7.0	-44.7	14.2	-15.2	-58.9	29.5	29.5
1E11	-83.5	-59.2	-9.3	-11.5	18.1	56.3	-10.5	15.3	-65.9	-2.9	-19.8	3.6	-66.2	-2.9	-19.6	-63.3	16.7	46.6
1E13	-91.3	-65.2	-10.2	-12.7	18.6	57.7	-10.8	15.7	-73.2	-7.5	-21.1	2.7	-73.3	-7.5	-20.9	-65.8	13.4	52.4
1F12	-85.7	-60.6	-9.5	-11.8	18.6	57.9	-10.8	15.7	-67.6	-2.8	-20.4	3.7	-67.8	-2.8	-20.1	-65.0	17.3	47.8
1F13	-77.6	-54.5	-8.5	-10.5	17.9	55.6	-10.4	15.1	-60.2	1.1	-19.0	4.4	-60.7	1.1	-18.5	-61.8	19.7	42.2
1G11	-94.1	-68.0	-10.6	-13.3	18.9	58.7	-11.0	16.0	-75.7	-9.3	-21.6	2.4	-75.8	-9.3	-21.5	-66.6	12.2	54.3
1G14	-57.8	-39.7	-6.2	-7.5	16.8	52.3	-9.8	14.2	-41.5	12.6	-16.0	6.5	-43.0	12.6	-14.5	-55.7	27.1	28.6
1H12	-86.9	-61.4	-9.6	-11.9	18.0	55.9	-10.5	15.2	-69.4	-5.5	-20.1	3.1	-69.6	-5.5	-19.9	-64.1	14.4	49.7
1H13	-80.8	-56.3	-8.8	-10.8	18.0	55.9	-10.5	15.2	-63.3	-0.4	-19.3	4.1	-63.7	-0.4	-18.9	-63.3	18.6	44.7
1J11	-74.4	-52.5	-8.2	-10.2	18.3	57.0	-10.7	15.5	-56.5	4.5	-18.9	5.1	-57.2	4.5	-18.2	-61.7	22.7	39.0
1J12	-76.2	-53.8	-8.4	-10.4	18.3	57.0	-10.7	15.5	-58.3	3.2	-19.1	4.9	-58.9	3.2	-18.5	-62.1	21.7	40.4
1K11	-68.6	-47.9	-7.5	-9.2	18.3	57.0	-10.7	15.5	-50.8	9.1	-18.2	6.1	-51.9	9.1	-17.1	-60.9	26.2	34.7
1K12	-73.3	-51.7	-8.1	-10.0	18.3	57.0	-10.7	15.5	-55.4	5.3	-18.8	5.3	-56.2	5.3	-18.0	-61.5	23.4	38.1
1L12	5.3	15.8	2.5	4.7	18.0	56.0	-10.5	15.2	22.9	71.8	-8.0	19.7	32.5	71.8	-17.6	-39.4	89.4	-50.1
1L14	-93.3	-68.5	-10.7	-13.6	18.4	57.1	-10.7	15.5	-75.4	-11.4	-21.5	1.6	-75.5	-11.4	-21.4	-64.1	10.0	54.1
1L21	-72.8	-51.3	-8.0	-9.9	18.3	57.0	-10.7	15.5	-55.0	5.7	-18.7	5.3	-55.7	5.7	-17.9	-61.4	23.6	37.8
1L23	-86.6	-62.7	-9.8	-12.3	18.6	57.7	-10.8	15.7	-68.5	-5.0	-20.6	3.2	-68.7	-5.0	-20.4	-63.7	15.4	48.3
2A11	-105.2	-78.9	-12.2	-16.0	20.6	64.2	-12.0	17.5	-85.1	-14.7	-24.2	1.3	-85.1	-14.7	-24.2	-70.4	9.6	60.9
2A14	-26.5	-14.0	-2.1	-2.2	15.0	46.8	-8.7	12.7	-11.9	32.8	-10.9	10.3	-21.7	32.8	-1.1	-54.5	33.9	20.7
2B11	-80.9	-56.6	-8.9	-10.9	20.5	63.7	-11.9	17.3	-60.9	7.0	-20.8	6.1	-61.8	7.0	-19.9	-68.8	26.9	41.9
2B12	-90.0	-64.2	-10.1	-12.5	20.6	64.0	-12.0	17.4	-69.9	-0.2	-22.1	4.6	-70.3	-0.2	-21.6	-70.1	21.4	48.7
2C11	-87.8	-62.9	-9.8	-12.3	18.4	57.1	-10.7	15.5	-69.9	-5.8	-20.5	3.0	-70.1	-5.8	-20.3	-64.3	14.6	49.7
2C14	-0.7	13.2	2.1	4.6	15.8	49.0	-9.2	13.3	14.6	62.2	-7.1	17.7	24.4	62.2	-17.0	-37.8	79.2	-41.4
2D11	-84.6	-59.9	-9.3	-11.5	18.3	56.9	-10.6	15.5	-66.8	-3.0	-20.0	3.7	-67.1	-3.0	-19.7	-64.1	16.7	47.4
2D13	2.6	14.7	2.3	4.6	15.7	48.7	-9.1	13.2	17.8	63.4	-6.8	17.6	27.0	63.4	-16.0	-36.4	79.4	-43.0
2D22	21.6	26.4	4.2	6.4	14.5	45.1	-8.4	12.3	35.6	71.5	-4.3	18.5	42.9	71.5	-11.5	-28.6	83.0	-54.4

第6-5-12表 一次+二次応力強さ(2/2)

評価点 - 17

外荷重による応力				( 単位 : MPa )														
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
2D24	-84.4	-59.6	-9.3	-11.5	18.3	56.9	-10.6	15.5	-66.6	-2.8	-20.0	3.8	-66.9	-2.8	-19.7	-64.1	16.9	47.2
2D31	-22.1	-2.0	-0.2	2.3	16.2	50.3	-9.4	13.7	-6.4	48.3	-9.6	15.7	-23.8	48.3	7.8	-72.1	40.5	31.6
2D33	12.7	20.5	3.3	5.5	15.2	47.3	-8.8	12.9	27.4	67.8	-5.6	18.2	35.5	67.8	-13.6	-32.4	81.5	-49.1
2E11	-83.9	-59.4	-9.2	-11.4	17.9	55.7	-10.4	15.2	-66.5	-3.7	-19.7	3.5	-66.8	-3.7	-19.4	-63.1	15.7	47.4
2E13	12.5	22.1	3.5	6.1	11.7	36.4	-6.8	9.9	23.8	58.5	-3.3	15.8	31.0	58.5	-10.6	-27.5	69.1	-41.6
2F11	-84.1	-59.5	-9.2	-11.4	18.2	56.7	-10.6	15.4	-66.4	-2.9	-19.9	3.8	-66.7	-2.9	-19.6	-63.8	16.7	47.1
2F13	39.5	42.8	6.8	10.2	12.9	40.1	-7.5	10.9	51.9	82.9	-0.8	20.8	59.1	82.9	-8.0	-23.8	90.9	-67.2
2G11	-23.5	-3.3	-0.4	1.9	16.3	50.6	-9.5	13.8	-7.8	47.3	-9.9	15.5	-24.3	47.3	6.7	-71.6	40.6	31.0
2G13	6.5	16.0	2.6	4.6	16.0	49.6	-9.3	13.5	22.0	65.7	-6.7	17.9	30.6	65.7	-15.3	-35.0	81.0	-45.9
2H12	-164.2	-136.6	-21.5	-29.6	19.8	61.4	-11.5	16.7	-145.0	-75.2	-33.0	-13.1	-146.5	-75.2	-31.5	-71.3	-43.7	115.0
2H14	-7.1	5.9	1.0	2.7	16.3	50.6	-9.5	13.8	8.7	56.5	-8.5	16.2	18.4	56.5	-18.3	-38.1	74.8	-36.7
2I11	-67.5	-47.2	-7.3	-9.0	18.1	56.4	-10.5	15.3	-49.9	9.2	-17.9	6.1	-51.0	9.2	-16.8	-60.2	26.0	34.2
2I12	-48.5	-33.1	-5.2	-6.3	15.6	48.6	-9.1	13.2	-33.3	15.5	-14.4	6.6	-35.4	15.5	-12.3	-50.9	27.8	23.2
2J11	-64.9	-45.9	-7.3	-9.1	9.5	29.4	-5.5	8.0	-55.9	-16.5	-12.8	-1.3	-55.9	-16.5	-12.8	-39.4	-3.7	43.1
2J13	4.1	3.5	0.5	0.7	2.3	7.2	-1.4	2.0	5.9	10.8	-0.9	2.4	6.7	10.8	-1.7	-4.1	12.4	-8.4

### 6.5.6 疲労評価

供用状態A及び供用状態Bにおける疲労累積係数は、次に示すとおり許容値を満足している。

疲労累積係数を第6-5-13表に、疲労累積係数が最大となる評価点の疲労解析結果を第6-5-14表に、一次+二次+ピーク応力強さの変動を第6-5-4図に、一次+二次+ピーク応力強さを第6-5-15表に示す。第6-5-4図は、第6-5-14表における疲労解析に用いた各過渡条件の一次+二次+ピーク応力強さの極値と回数を図示している。また、第6-5-15表は、この一次+二次+ピーク応力強さの成分が各過渡条件で最大及び最小となる時刻における応力、主応力及び応力強さを示している。なお、各図表中の過渡条件の記号は6.5.5「一次+二次応力評価」を参照のこと。

第6-5-13表 疲労累積係数

評価点	UI(S12)	UI(S23)	UI(S31)
1	0.0	0.00000	0.00000
2	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.00000	0.00000
4	0.0	0.0	0.00000
5	0.0	0.0	0.00007
6	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.00000	0.00000
8	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.00000	0.0
12	0.0	0.0	0.00000
13	0.0	0.00000	0.00000
14	0.0	0.0	0.00000
15	0.0	0.00000	0.00000
16	0.0	0.0	0.00000
17	0.0	0.00000	0.00000
18	0.0	0.0	0.00005
19	0.0	0.00000	0.00007
20	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0

許容値 UI = 1.0

第6-5-14表 疲労解析

評価点 - 5  
( S31 )

応力強さ			( 単位 : MPa )		繰返し回数		疲労係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
2.7	-239.6	1.0	121.2	135.8	50	3740000	0.00001
0.8	-239.6	1.0	120.2	134.7	30	3870000	0.00001
0.8	-225.5	1.0	113.1	126.8	10	5050000	0.00000
0.8	-223.2	1.0	112.0	125.5	80	5360000	0.00001
0.0	-222.4	1.0	111.2	124.6	80	5590000	0.00001
0.0	-220.9	1.0	110.4	123.8	40	5820000	0.00001
0.0	-220.5	1.0	110.2	123.5	50	5890000	0.00001
-22.9	-220.5	1.0	98.8	110.7	20	12100000	0.00000
-38.6	-220.5	1.0	90.9	101.9	10	31700000	0.00000
-114.0	-220.5	1.0	53.2	59.7	10	—	0.0
疲労累積係数 =							0.00007

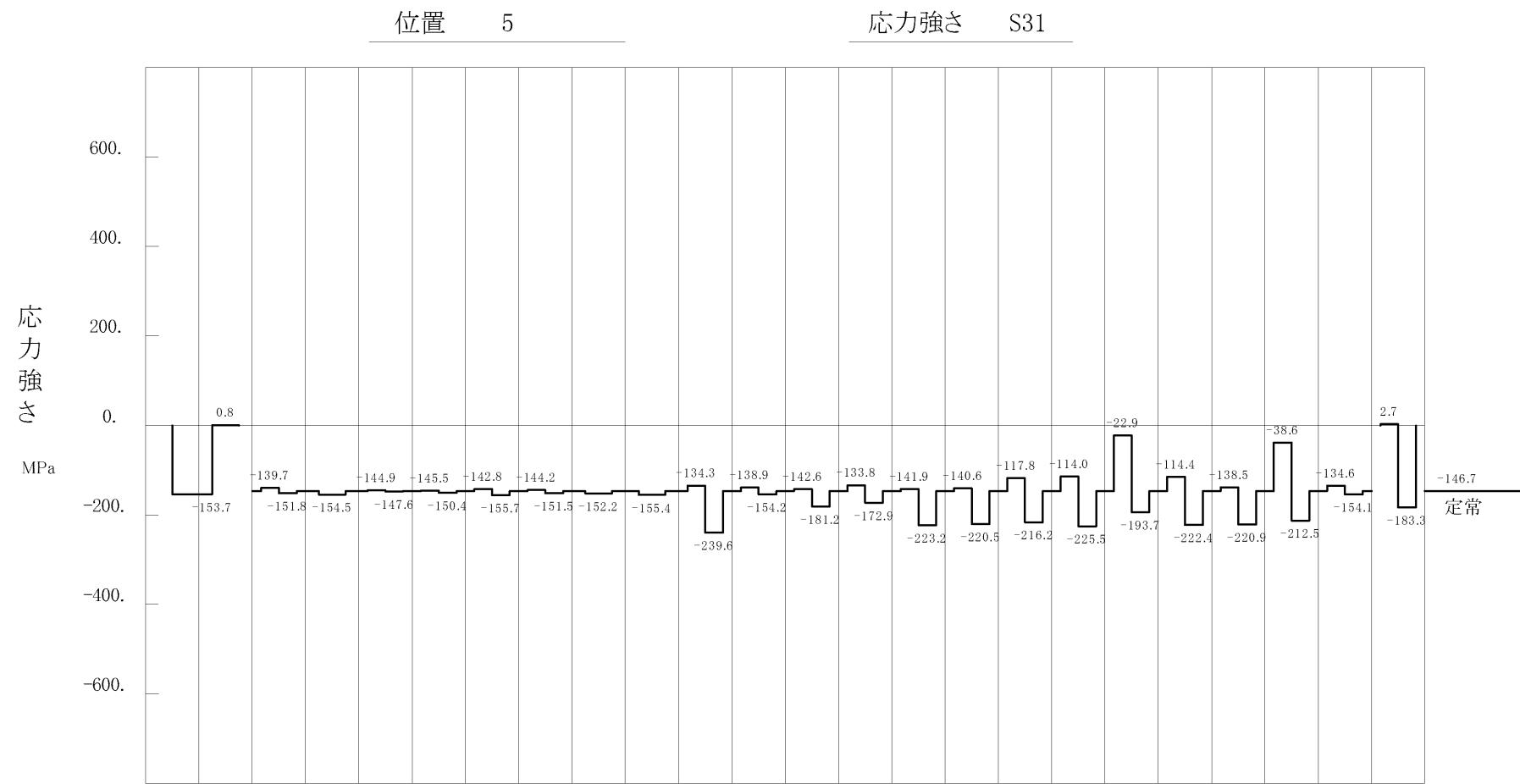
Ke : 割増し係数

ALT : 繰返しピーク応力強さ

ALT' : ALTに(195000)/(材料の使用温度における綫弾性係数)を乗じて得た値

N : 設計繰返し回数

N\* : 許容繰返し回数



過渡条件	1A1	1B1	1C1	1D1	1E1	1F1	1G1	1H1	1J1	1K1	1L1	1L2	2A1	2B1	2C1	2D1	2D2	2E1	2F1	2G1	2H1	2I1	2J1
繰返し回数	120	120	13200	13200	2000	2000	200	$3 \times 10^6$	1400	1400	80	70	80	40	80	230	160	10	20	80	40	10	50

第6-5-4図 各過渡条件における一次+二次+ピーク応力強さの変動

第6-5-15表 一次十二次+ピーク応力強さ(1/2)

評価点 - 5

外荷重による応力				( 単位 : MPa )														
過渡条件	熱による応力			圧力による応力			合計応力			主応力			応力強さ					
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
1A12	-24.6	-15.8	-1.0	-0.6	31.0	9.0	-1.1	-0.1	5.6	-6.4	-2.2	-0.7	5.6	-6.4	-2.2	12.0	-4.1	-7.8
*0	-32.8	-21.0	-1.3	-0.8	179.5	52.1	-6.4	-0.4	145.9	31.6	-7.8	-1.2	145.9	31.6	-7.8	114.4	39.4	-153.7
1B13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8	0.4	0.0	0.0	-0.8	0.4	0.0	-1.2	0.5	0.8
1C11	-34.8	-24.6	-1.4	-0.9	179.5	52.1	-6.4	-0.4	143.8	27.9	-7.9	-1.3	143.8	27.9	-7.9	115.9	35.8	-151.8
1C14	-40.5	-28.3	-1.7	-1.1	173.1	50.3	-6.2	-0.4	131.8	22.4	-7.9	-1.5	131.8	22.4	-7.9	109.3	30.3	-139.7
*100	-40.1	-28.3	-1.7	-1.1	179.5	52.1	-6.4	-0.4	138.6	24.2	-8.1	-1.4	138.6	24.2	-8.1	114.4	32.4	-146.7
1D11	-41.2	-29.1	-1.7	-1.1	182.1	52.9	-6.5	-0.4	140.1	24.2	-8.3	-1.5	140.1	24.2	-8.3	115.9	32.5	-148.4
1D13	-34.4	-24.7	-1.4	-0.9	181.7	52.8	-6.5	-0.4	146.5	28.5	-8.0	-1.3	146.5	28.5	-8.0	118.0	36.5	-154.5
1E12	-40.1	-27.5	-1.7	-1.0	177.6	51.6	-6.4	-0.4	136.8	24.5	-8.1	-1.4	136.8	24.5	-8.1	112.3	32.6	-144.9
1E14	-39.7	-26.9	-1.6	-1.1	180.0	52.3	-6.4	-0.4	139.5	25.8	-8.1	-1.4	139.5	25.8	-8.1	113.7	33.9	-147.6
1F11	-39.7	-27.2	-1.6	-1.0	182.6	53.0	-6.5	-0.4	142.1	26.3	-8.2	-1.4	142.2	26.3	-8.2	115.9	34.5	-150.4
1F14	-37.9	-26.3	-1.6	-1.0	176.4	51.2	-6.3	-0.4	137.6	25.4	-7.9	-1.3	137.6	25.4	-7.9	112.2	33.3	-145.5
1G12	-46.6	-32.8	-2.0	-1.2	181.6	52.7	-6.5	-0.4	134.2	20.4	-8.5	-1.6	134.2	20.4	-8.5	113.9	28.9	-142.8
1G13	-18.5	-12.3	-0.6	-0.7	168.4	48.9	-6.0	-0.3	149.1	37.1	-6.6	-1.1	149.1	37.1	-6.7	112.0	43.7	-155.7
1H11	-40.0	-27.5	-1.7	-1.0	184.0	53.4	-6.6	-0.4	143.2	26.4	-8.3	-1.4	143.2	26.4	-8.3	116.8	34.7	-151.5
1H12	-39.1	-26.4	-1.6	-1.0	176.1	51.1	-6.3	-0.4	136.2	25.2	-7.9	-1.4	136.2	25.2	-7.9	111.0	33.1	-144.2
1J11	-34.4	-23.5	-1.4	-0.9	179.5	52.1	-6.4	-0.4	144.3	29.0	-7.9	-1.3	144.3	29.0	-7.9	115.3	36.9	-152.2
1J12	-35.0	-23.9	-1.4	-0.9	179.5	52.1	-6.4	-0.4	143.7	28.7	-7.9	-1.3	143.7	28.7	-7.9	115.0	36.6	-151.6
1K11	-31.0	-21.3	-1.3	-0.8	179.5	52.1	-6.4	-0.4	147.7	31.2	-7.7	-1.2	147.7	31.2	-7.7	116.5	39.0	-155.4
1K12	-33.8	-23.2	-1.4	-0.9	179.5	52.1	-6.4	-0.4	144.9	29.4	-7.8	-1.3	144.9	29.4	-7.9	115.5	37.3	-152.8
1L11	59.0	44.9	3.2	0.4	178.2	51.7	-6.4	-0.4	236.4	97.1	-3.2	0.1	236.4	97.1	-3.2	139.3	100.3	-239.6
1L13	-53.9	-37.8	-2.4	-1.2	180.2	52.3	-6.5	-0.4	125.4	15.0	-8.9	-1.6	125.5	15.0	-8.9	110.5	23.9	-134.3
1L22	-48.8	-34.7	-2.2	-1.1	179.8	52.2	-6.4	-0.4	130.2	18.0	-8.6	-1.5	130.3	18.0	-8.6	112.3	26.6	-138.9
1L24	-34.7	-23.8	-1.4	-0.9	181.7	52.8	-6.5	-0.4	146.2	29.4	-8.0	-1.3	146.2	29.4	-8.0	116.8	37.4	-154.2
2A12	-52.9	-36.4	-2.1	-1.3	187.4	54.4	-6.7	-0.4	133.7	18.5	-8.9	-1.7	133.7	18.5	-8.9	115.2	27.4	-142.6
2A13	26.1	21.0	1.6	-0.1	152.0	44.1	-5.4	-0.3	177.3	65.6	-3.8	-0.4	177.3	65.6	-3.8	111.7	69.5	-181.2
2B11	-35.4	-24.1	-1.4	-1.0	200.5	58.2	-7.2	-0.4	164.3	34.6	-8.6	-1.4	164.3	34.6	-8.7	129.7	43.2	-172.9
2B13	-38.8	-26.6	-1.6	-1.0	165.8	48.1	-5.9	-0.3	126.2	22.0	-7.6	-1.4	126.2	22.0	-7.6	104.2	29.5	-133.8
2C12	-45.1	-32.5	-1.9	-1.1	179.4	52.1	-6.4	-0.4	133.5	20.1	-8.4	-1.5	133.5	20.1	-8.4	113.4	28.5	-141.9
2C13	63.8	54.3	3.7	0.2	158.2	45.9	-5.7	-0.3	221.2	100.7	-2.0	-0.1	221.2	100.7	-2.0	120.6	102.6	-223.2
2D12	62.2	49.7	3.0	0.3	156.4	45.4	-5.6	-0.3	217.8	95.6	-2.6	0.0	217.8	95.6	-2.6	122.2	98.2	-220.5
2D14	-21.5	-17.4	-0.9	-0.5	156.3	45.4	-5.6	-0.3	134.0	28.4	-6.5	-0.8	134.0	28.4	-6.5	105.6	35.0	-140.6
2D21	58.5	48.3	3.3	0.2	156.2	45.4	-5.6	-0.3	213.9	94.1	-2.3	-0.1	213.9	94.1	-2.3	119.9	96.4	-216.2
2D23	-26.3	-20.8	-1.1	-0.6	138.7	40.3	-5.0	-0.3	111.6	19.9	-6.1	-0.9	111.6	19.9	-6.1	91.7	26.0	-117.8
2D32	66.1	53.7	3.3	0.3	157.8	45.8	-5.7	-0.3	223.1	100.0	-2.4	0.0	223.1	100.0	-2.4	123.1	102.3	-225.5

第6-5-15表 一次+二次+ピーク応力強さ(2/2)

評価点 - 5

外荷重による応力				( 単位 : MPa )														
過渡条件	熱による応力				圧力による応力				合計応力				主応力			応力強さ		
	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	$\sigma_x$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$\tau_{rx}$	S1	S2	S3	S12	S23	S31
2D34	-26.7	-20.9	-1.2	-0.6	135.5	39.3	-4.9	-0.3	107.9	18.9	-6.0	-0.9	108.0	18.9	-6.1	89.0	25.0	-114.0
2E12	70.6	56.8	3.2	0.5	122.7	35.6	-4.4	-0.3	192.5	92.9	-1.2	0.2	192.5	92.9	-1.2	99.6	94.1	-193.7
2E14	-26.3	-21.2	-1.2	-0.6	47.1	13.7	-1.7	-0.1	20.0	-7.1	-2.9	-0.7	20.0	-7.1	-2.9	27.1	-4.2	-22.9
2F12	95.2	71.3	5.0	1.0	128.4	37.3	-4.6	-0.3	222.8	109.0	0.4	0.8	222.8	109.0	0.4	113.8	108.6	-222.4
2F14	-14.8	-14.0	-0.7	-0.3	124.9	36.3	-4.5	-0.3	109.2	22.7	-5.2	-0.5	109.2	22.7	-5.2	86.5	27.9	-114.4
2G12	60.6	50.8	3.6	0.2	159.0	46.2	-5.7	-0.3	218.7	97.4	-2.1	-0.1	218.7	97.4	-2.1	121.3	99.5	-220.9
2G14	-30.2	-22.9	-1.3	-0.8	162.4	47.1	-5.8	-0.3	131.3	24.7	-7.1	-1.1	131.4	24.7	-7.1	106.6	31.9	-138.5
2H11	-167.1	-129.6	-8.5	-2.5	190.7	55.4	-6.8	-0.4	22.8	-73.8	-15.3	-2.9	23.0	-73.8	-15.6	96.8	-58.2	-38.6
2H13	48.3	38.1	2.7	0.2	161.9	47.0	-5.8	-0.3	209.4	85.6	-3.1	-0.1	209.4	85.6	-3.1	123.8	88.7	-212.5
2I11	-30.4	-21.6	-1.2	-0.8	177.6	51.6	-6.4	-0.4	146.4	30.5	-7.6	-1.2	146.4	30.5	-7.6	116.0	38.1	-154.1
2I12	-24.1	-17.9	-1.0	-0.6	153.1	44.4	-5.5	-0.3	128.1	27.0	-6.5	-1.0	128.1	27.0	-6.5	101.1	33.5	-134.6
2J12	-24.0	-15.1	-1.0	-0.6	199.9	58.0	-7.2	-0.4	175.1	43.4	-8.2	-1.0	175.1	43.4	-8.2	131.7	51.6	-183.3
2J14	-2.0	-1.4	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.8	-1.0	-0.1	-0.1	-2.8	-1.0	-0.1	-1.9	-0.8	2.7

# 重大事故等クラス2容器の強度計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 6-3-3

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 解析箇所 .....	6 (3) - 3 - 3 - 2
2. 荷重条件 .....	6 (3) - 3 - 3 - 3
3. 評価用荷重 .....	6 (3) - 3 - 3 - 4
4. 許容応力、設計応力強さ及び設計引張強さ .....	6 (3) - 3 - 3 - 6
4.1 許容応力 .....	6 (3) - 3 - 3 - 6
4.2 設計応力強さ及び設計引張強さ .....	6 (3) - 3 - 3 - 6
5. 応力解析結果及び評価 .....	6 (3) - 3 - 3 - 8
5.1 応力評価結果 .....	6 (3) - 3 - 3 - 8
5.2 上部ふた .....	6 (3) - 3 - 3 - 10
5.3 ふた管台 .....	6 (3) - 3 - 3 - 13
5.4 空気抜管 .....	6 (3) - 3 - 3 - 16

## 原子炉容器上部ふたの強度計算結果

### (1) 原子炉容器上部ふた（原子炉停止機能喪失時を除く。）

原子炉容器上部ふた（原子炉停止機能喪失時を除く。）は、資料 6-2-3「重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法」の 2 項に示すとおり、クラス 1 容器としての強度が十分であることを確認することにより、重大事故等クラス 2 容器として要求される強度が十分であることを確認できる。

### (2) 原子炉容器上部ふた（原子炉停止機能喪失時）

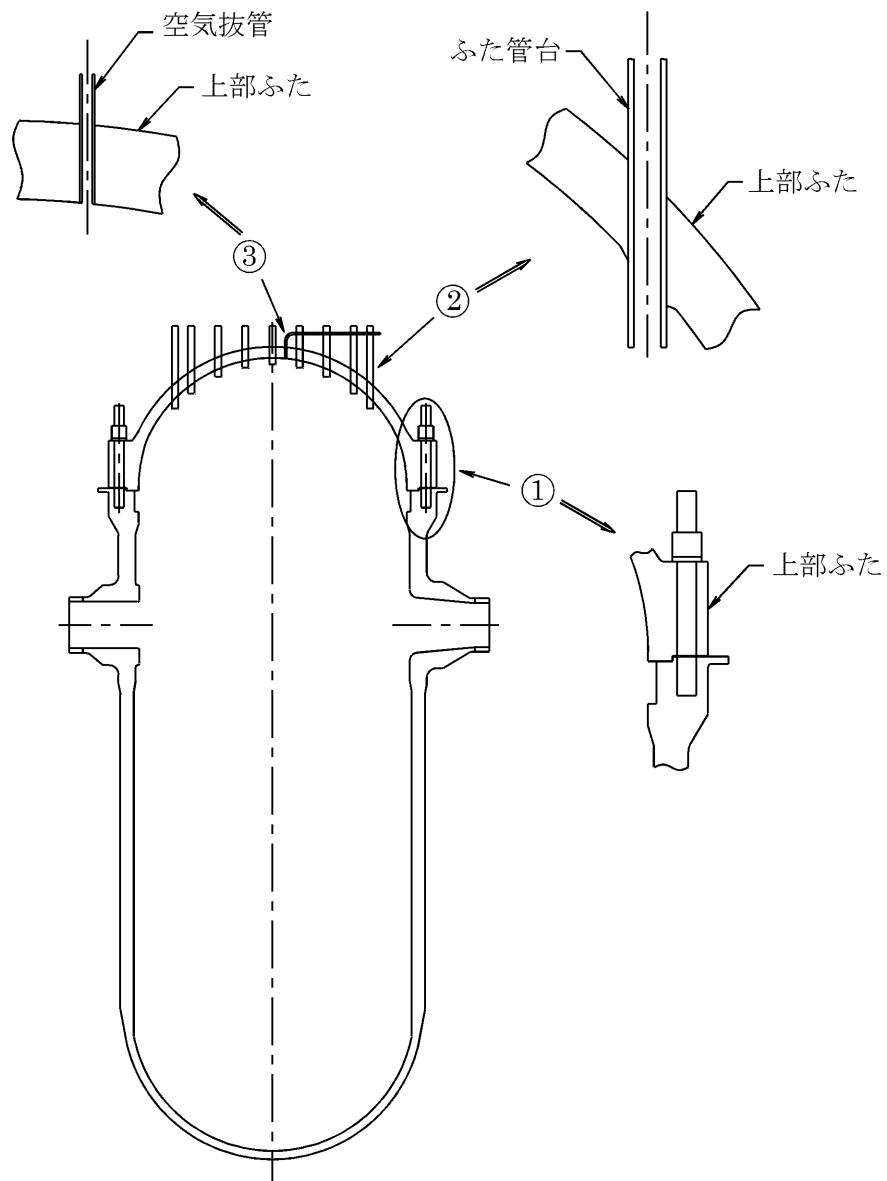
原子炉容器上部ふた（原子炉停止機能喪失時）は、資料 6-2-3「重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法」の 2 項に基づき、重大事故等時の評価条件に対して、供用状態 D の許容応力を目安とした評価を実施し、第 5-1-1 表「一次応力評価結果」に示すとおり、重大事故等クラス 2 容器として要求される強度が十分であることを確認できる。

以上のことから、原子炉容器上部ふたの重大事故等クラス 2 容器として要求される強度は十分である。

## 1. 解析箇所

原子炉容器上部ふたの応力解析は、第1-1図に示す代表箇所において、強度評価上厳しくなる材料及び構造不連続部を選定して行う。

- ① 上部ふた
- ② ふた管台
- ③ 空気抜管



第1-1図 原子炉容器上部ふたの応力解析箇所

## 2. 荷重条件

原子炉容器上部ふたの強度評価では、資料 6-2-3 「重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法」に従い圧力、機械的荷重及び自重を考慮する。重大事故等時における評価条件を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 重大事故等時の評価条件

圧力 (MPa)	温度 (°C)
18.9	362

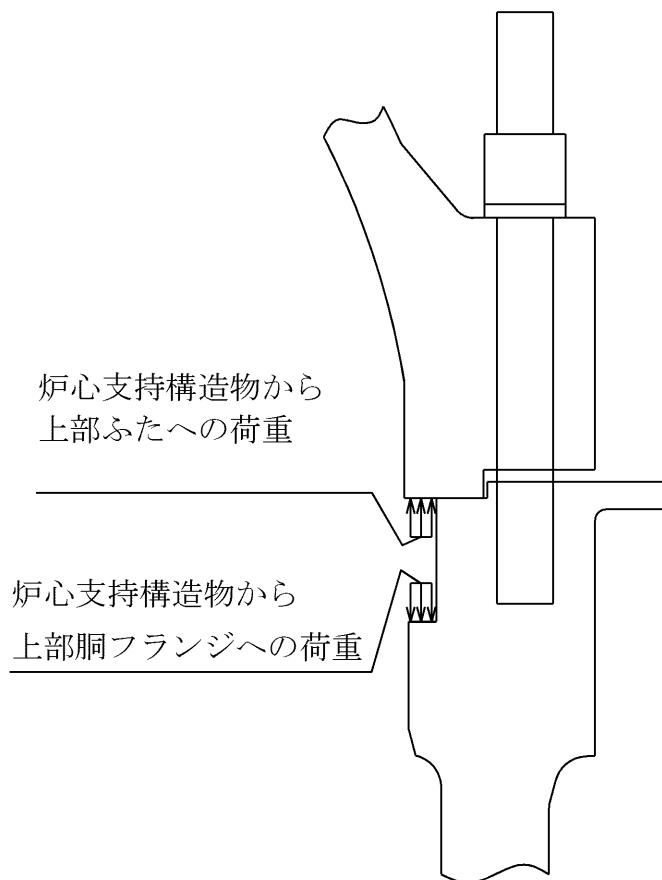
### 3. 評価用荷重

原子炉容器上部ふた（管台を除く。）の応力解析に用いる外荷重を第3-1表に示す。なお、第3-1表に示す荷重の方向は、第3-1表の下図に示す方向を正とする。原子炉容器上部ふたの応力解析に用いる外荷重を第3-2表に示す。

第3-1表 原子炉容器上部ふたの外荷重（管台を除く）

(単位 : kN)

作用箇所	荷重の種類	荷重値
原子炉容器 フランジ部	炉心支持構造物から上部ふたへの荷重	[ ]
	炉心支持構造物から上部胴フランジへの荷重	[ ]

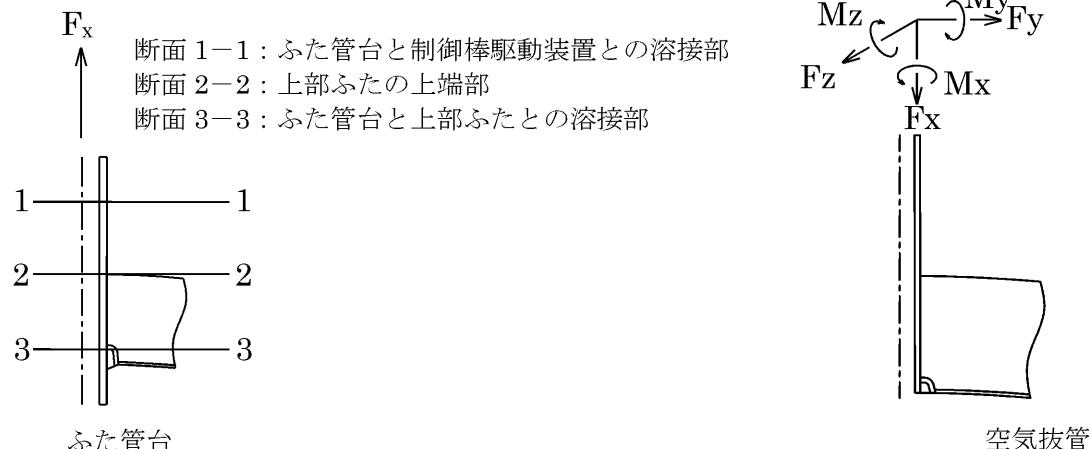


第3-2表 原子炉容器上部ふたの外荷重

作用箇所		荷重の種類		軸力(kN)			曲げモーメント (kN・m)		
				$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
ふた管台	断面 1-1	管台反力	自重 <sup>(注)</sup>	-9.921	-	-	-	-	-
	断面 2-2			-10.180	-	-	-	-	-
	断面 3-3			-10.260	-	-	-	-	-
空気抜管		管台反力	自重	0.120	0.011	-0.006	-0.007	0.028	0.060

(注) 管台の中で最大の荷重値

ここで、軸力及び曲げモーメントの方向は、下図に示す方向を正とする。



## 4. 許容応力、設計応力強さ及び設計引張強さ

### 4.1 訸容応力

応力強さに対する許容値は、資料 6-2-3「重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法」による。

### 4.2 設計応力強さ及び設計引張強さ

原子炉容器上部ふたに使用する材料の設計応力強さ及び設計引張強さを第 4-2-1 表に示す。

第4-2-1表 原子炉容器上部ふたに使用する材料の設計応力強さ及び設計引張強さ  
(単位: MPa)

材料	設計応力 強さ等の 種類	状態		使用箇所	
		重大事故等時			
		362°C			
SFVQ1A	$S_u$	462		上部ふた	
GNCF690HL	$S_m$	137		ふた管台	
	$S_u$	527			
GNCF690CM	$S_m$	161		空気抜管	
	$S_u$	536			

## 5. 応力解析結果及び評価

### 5.1 応力評価結果

重大事故等時の評価条件における応力強さは、次に示すとおり許容応力以下であるため、原子炉容器上部ふたの強度は十分である。

重大事故等時の評価条件における原子炉容器上部ふたの一次応力評価結果を第 5-1-1 表に示す。

第5-1-1表 一次応力評価結果

(単位: MPa)

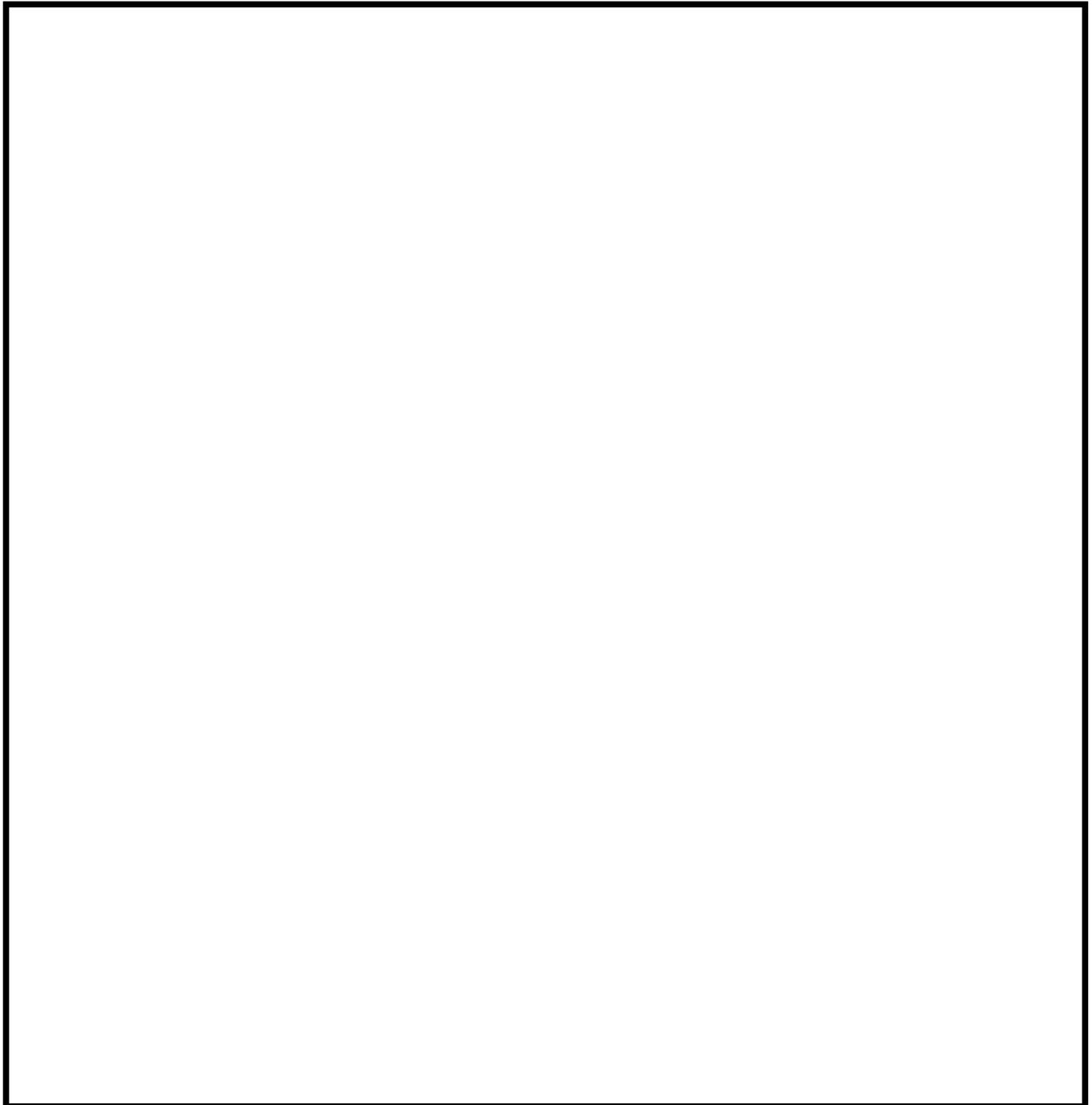
解析箇所	評価範囲	一次一般膜応力強さ			一次局部膜応力強さ			一次膜+一次曲げ応力強さ		
		評価点 <sup>(注)</sup>	P <sub>m</sub>	許容値	評価点 <sup>(注)</sup>	P <sub>L</sub>	許容値	評価点 <sup>(注)</sup>	P <sub>L+P<sub>b</sub></sub>	許容値
上部ふた	1~4 (SFVQ1A)	1~4	121	308	1,2	165	462	—	—	—
ふた管台	1~6 (GNCF690HL)	1~6	54	328	1,2	55	493	—	—	—
空気抜管	1~4 (GNCF690CM)	2,4	48	357	—	—	—	4	48	528

(注) 評価点は、解析箇所での評価のうち最も厳しい位置である。なお、各解析箇所における評価点は、第5-2-1図、第5-3-1図、第5-4-1図を参照のこと。

## 5.2 上部ふた

### 5.2.1 形状、寸法、材料及び応力評価点

上部ふたの形状、寸法、材料及び応力評価点を第 5-2-1 図に示す。

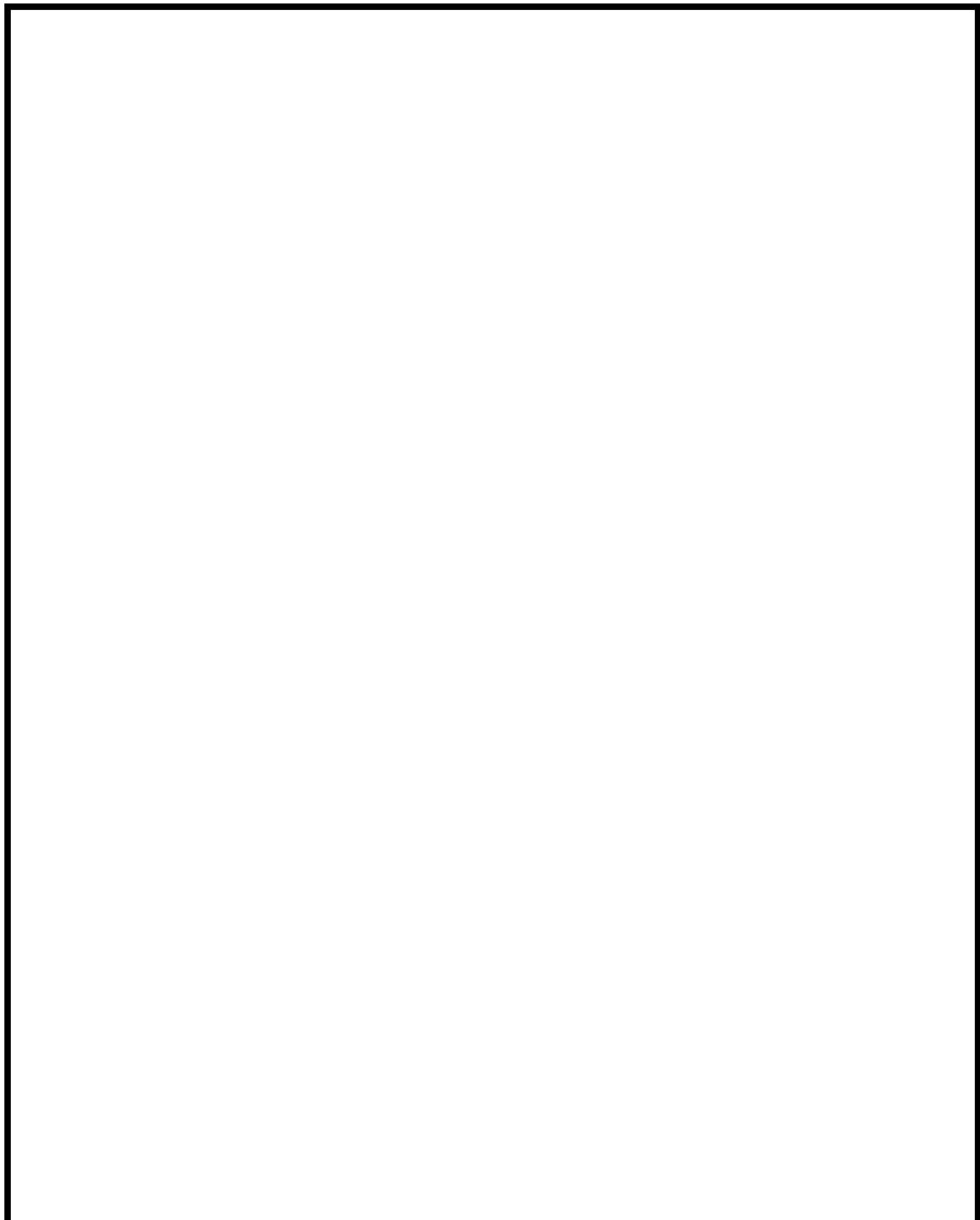


第 5-2-1 図 上部ふた

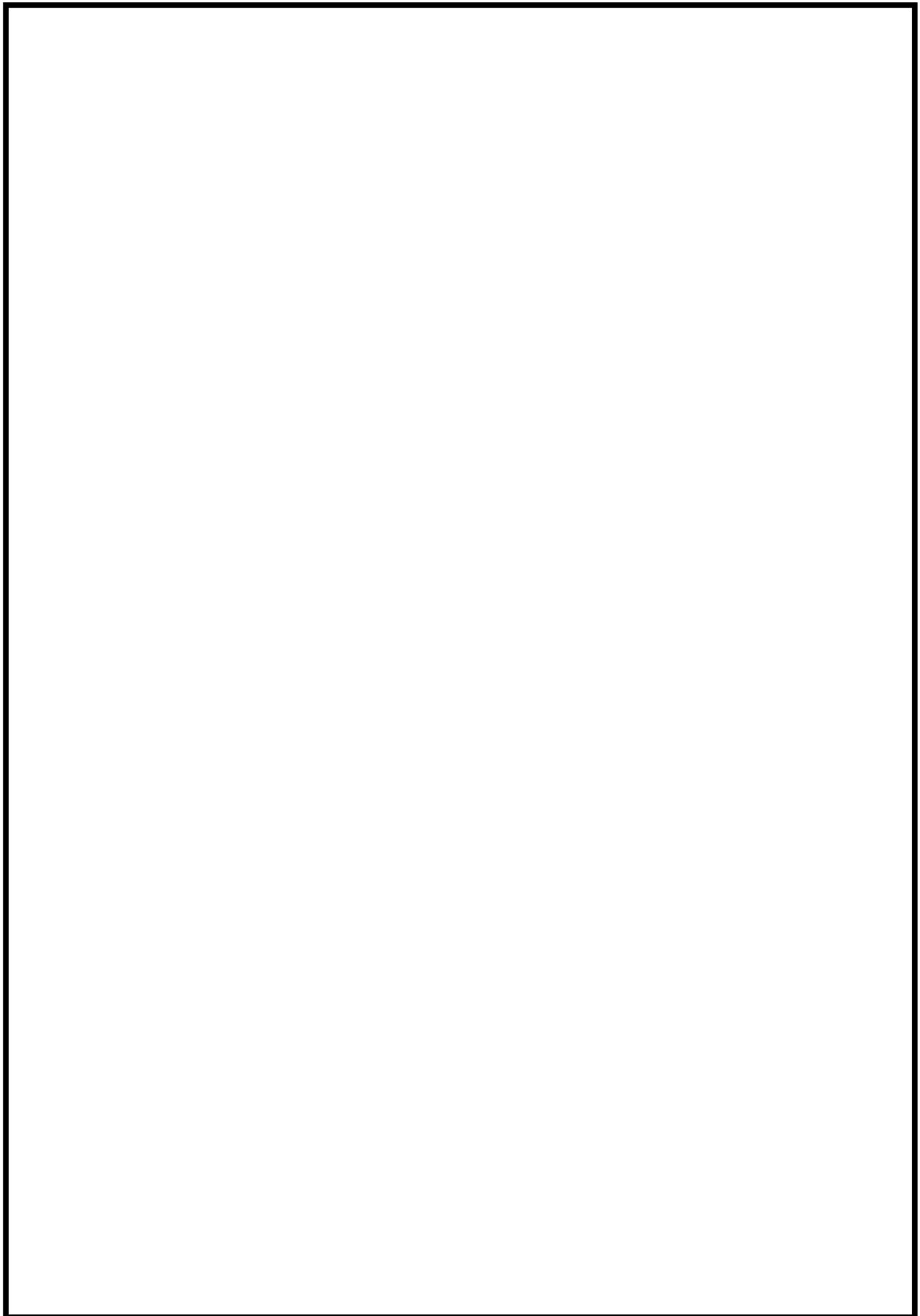
### 5.2.2 解析モデル及び解析条件

応力計算を行うための解析モデルを第 5-2-2 図に、解析条件を第 5-2-3 図に示す。解析モデルは、2 次元軸対称モデルとする。

応力計算は、有限要素法を用いて解析した。使用した解析コードは「ABAQUS」である。



第 5-2-2 図 解析モデル（要素分割図）

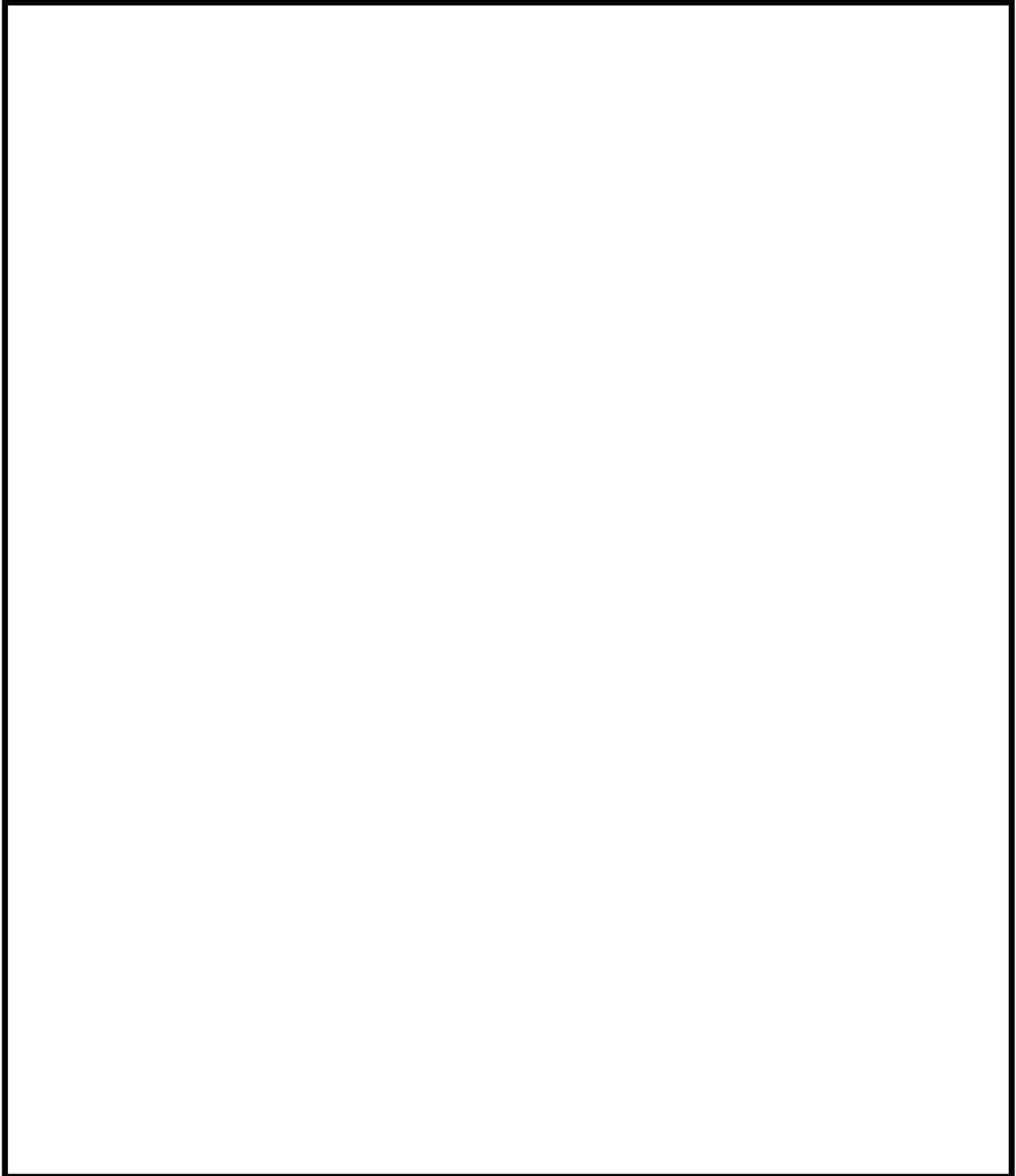


第 5-2-3 図 解析条件

### 5.3 ふた管台

#### 5.3.1 形状、寸法、材料及び応力評価点

ふた管台の形状、寸法、材料及び応力評価点を第 5-3-1 図に示す。

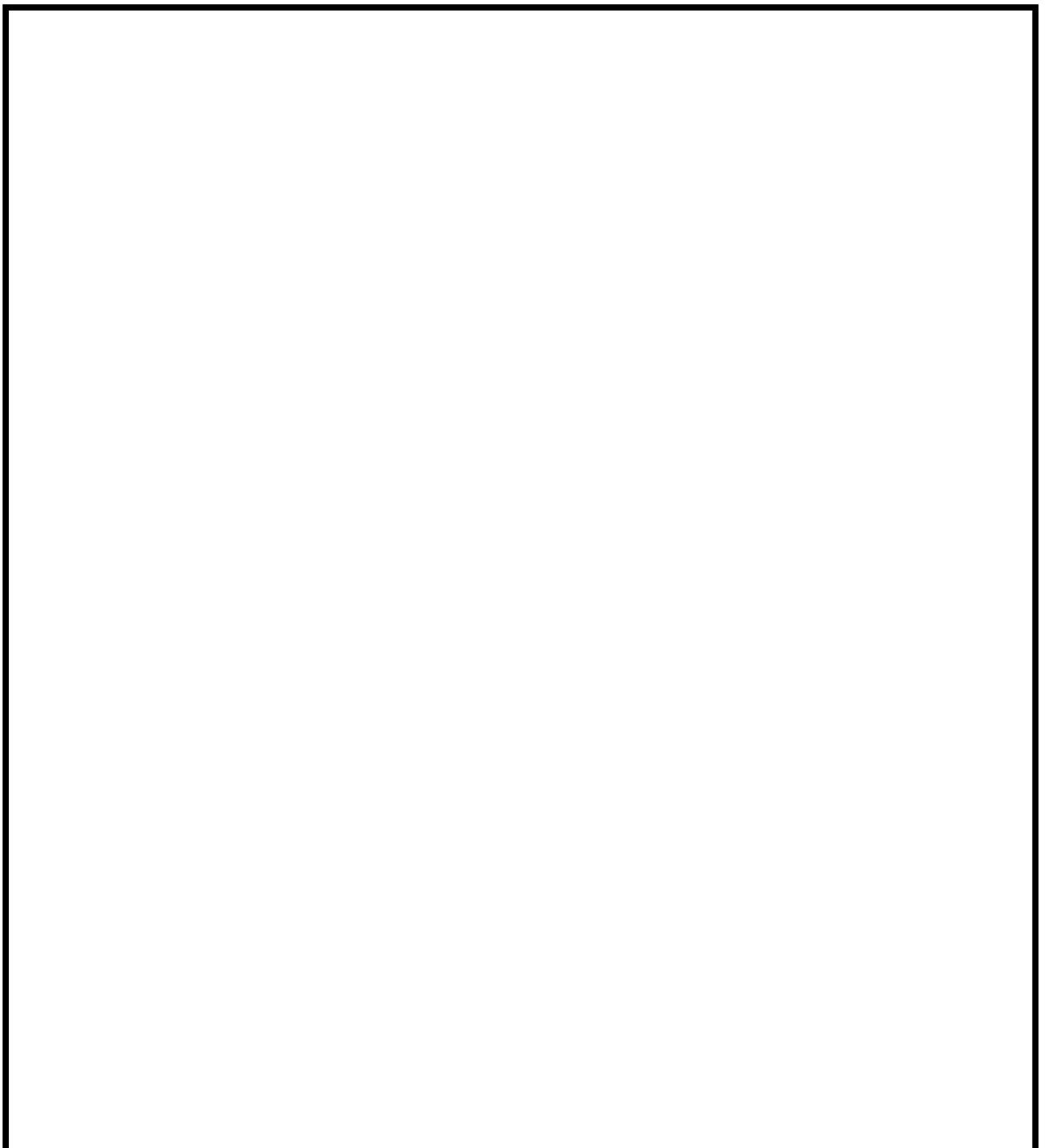


第 5-3-1 図 ふた管台

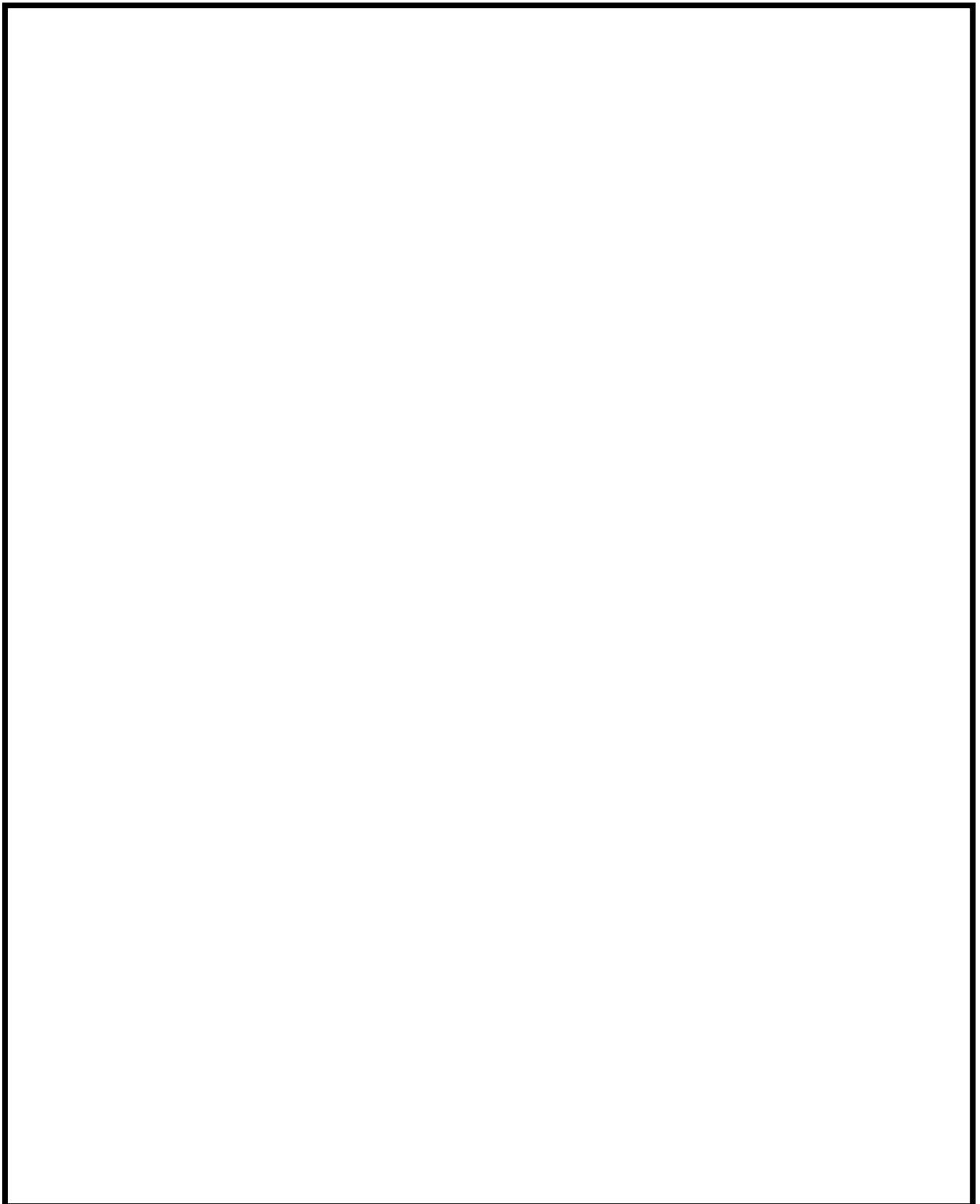
### 5.3.2 解析モデル及び解析条件

応力計算を行うための解析モデルを第 5-3-2 図に、解析条件を第 5-3-3 図に示す。解析モデルは、2 次元軸対称モデルとする。

応力計算は、有限要素法を用いて解析した。使用した解析コードは「ABAQUS」である。



第 5-3-2 図 解析モデル（要素分割図）

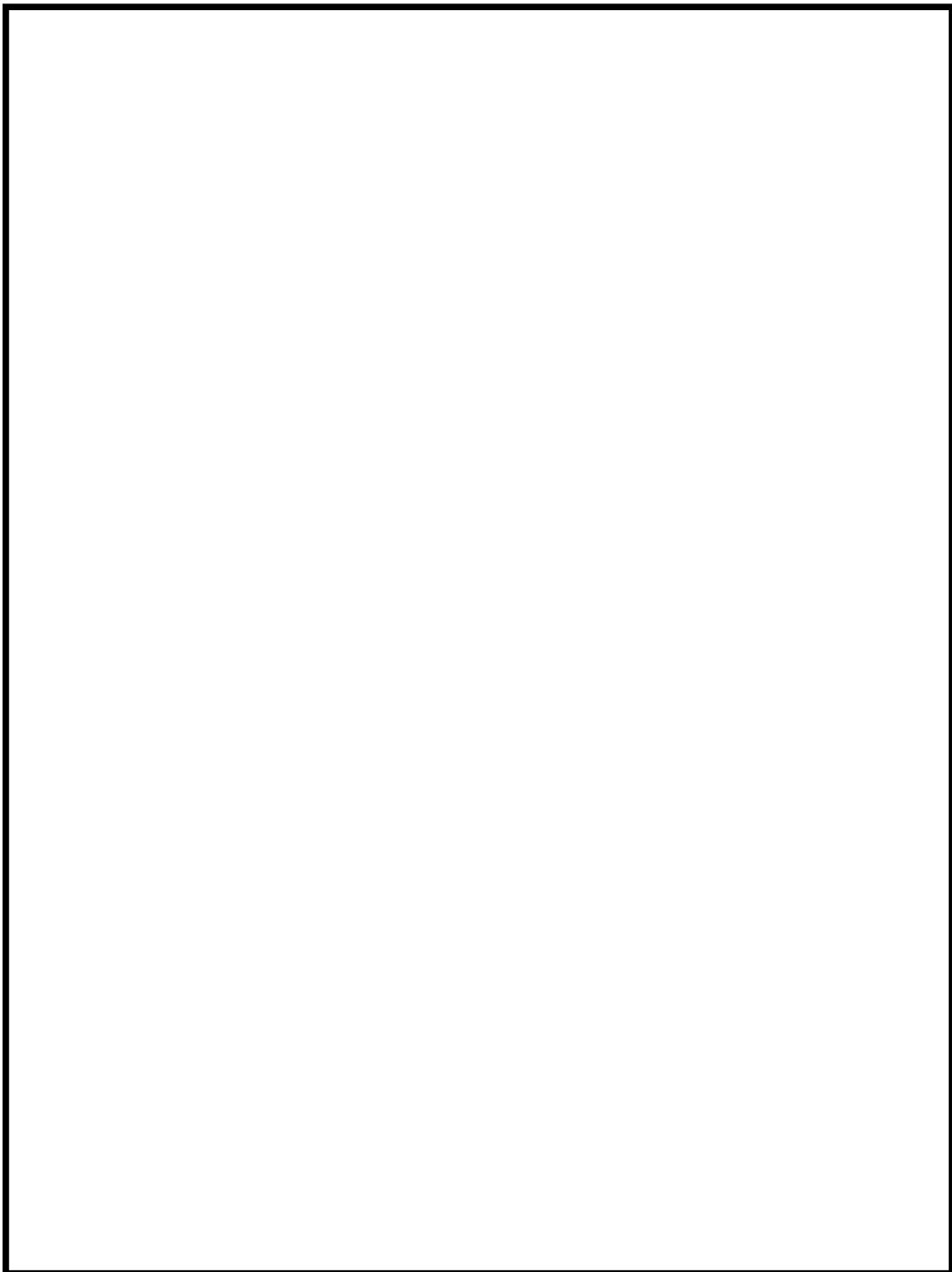


第 5-3-3 図 解析条件

## 5.4 空気抜管

### 5.4.1 形状、寸法、材料及び応力評価点

空気抜管の形状、寸法、材料及び応力評価点を第 5-4-1 図に示す。

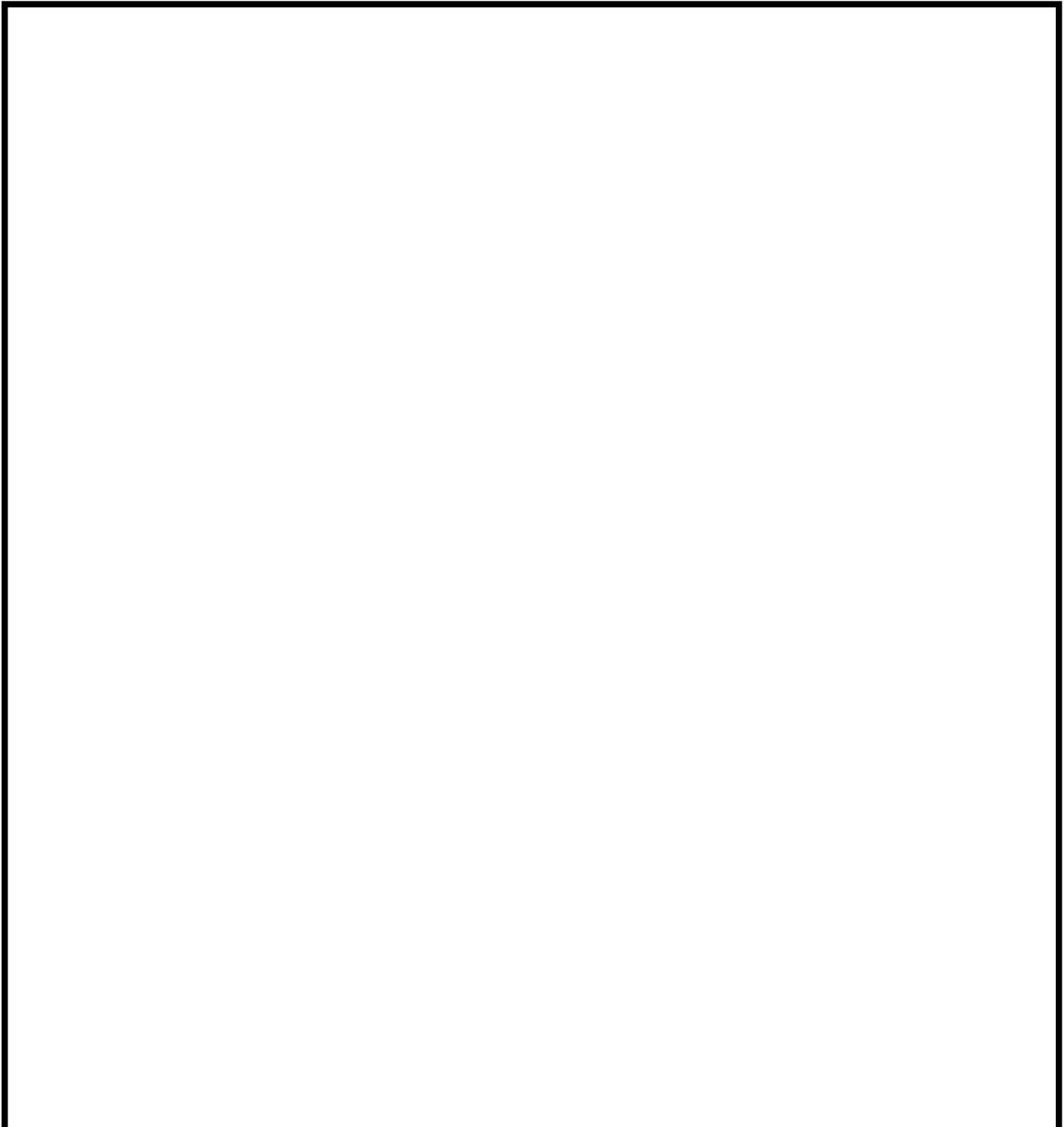


第 5-4-1 図 空気抜管

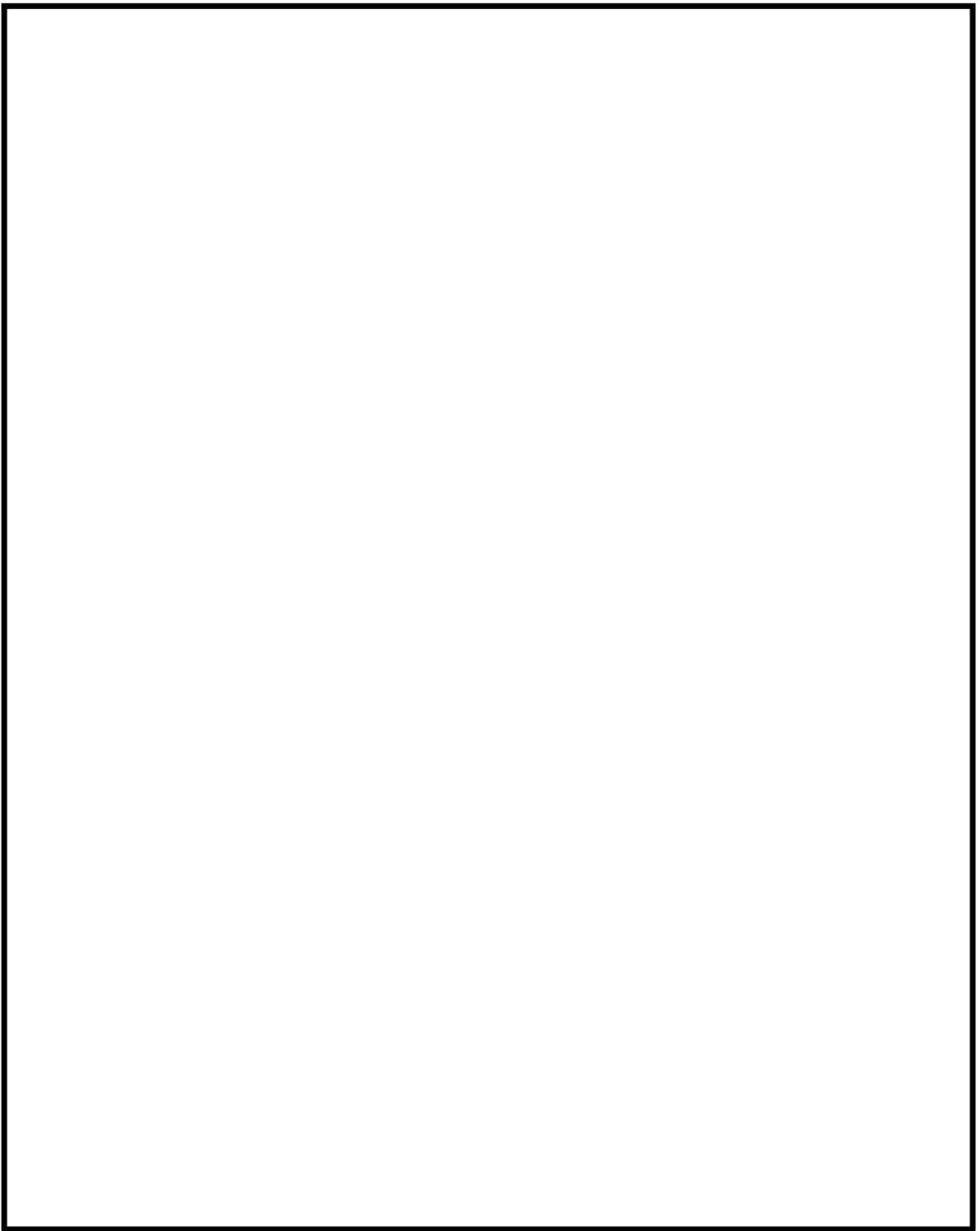
#### 5.4.2 解析モデル及び解析条件

応力計算を行うための解析モデルを第 5-4-2 図に、解析条件を第 5-4-3 図に示す。解析モデルは、2 次元軸対称モデルとする。

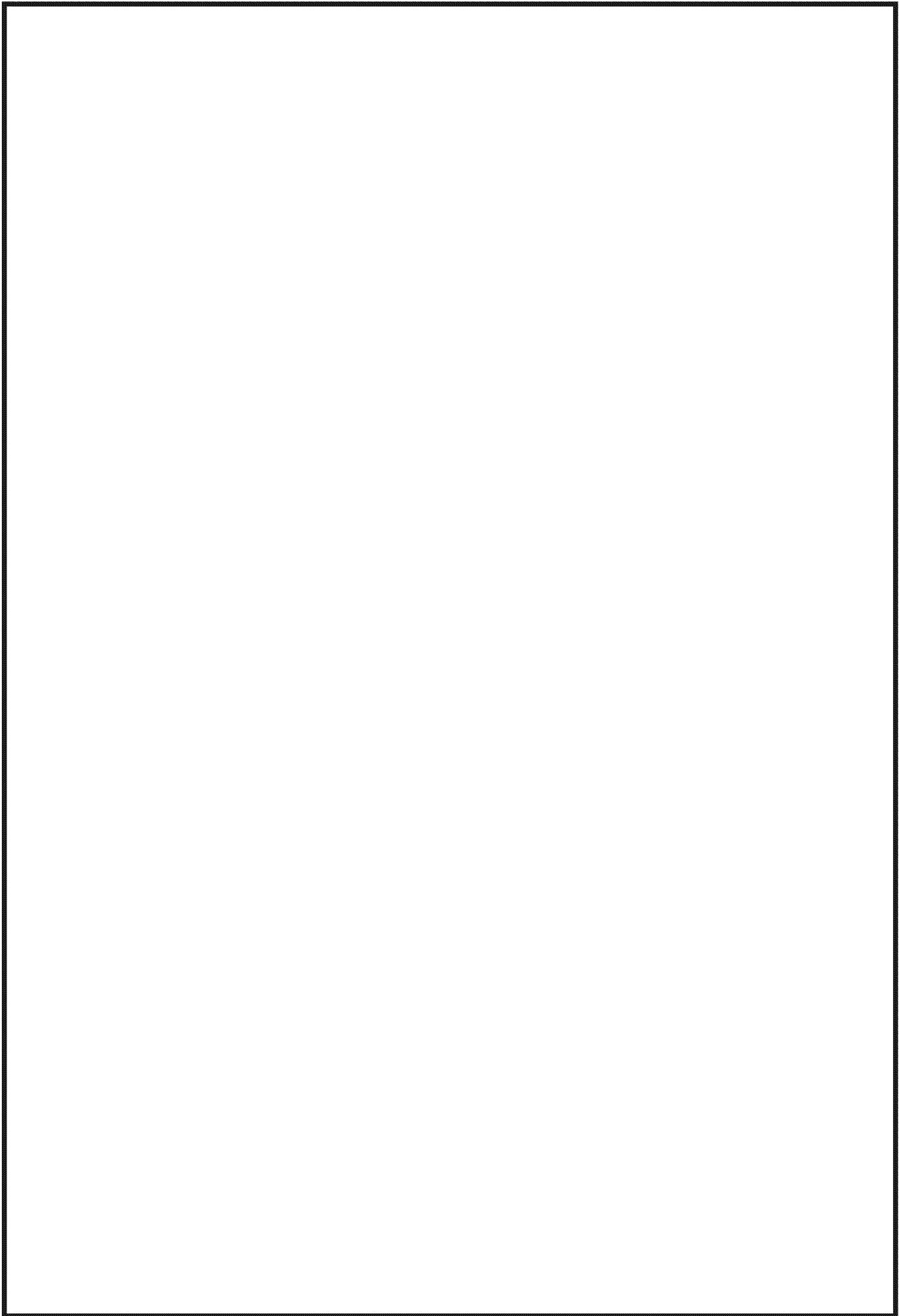
応力計算は、有限要素法を用いて解析した。使用した解析コードは「ABAQUS」である。

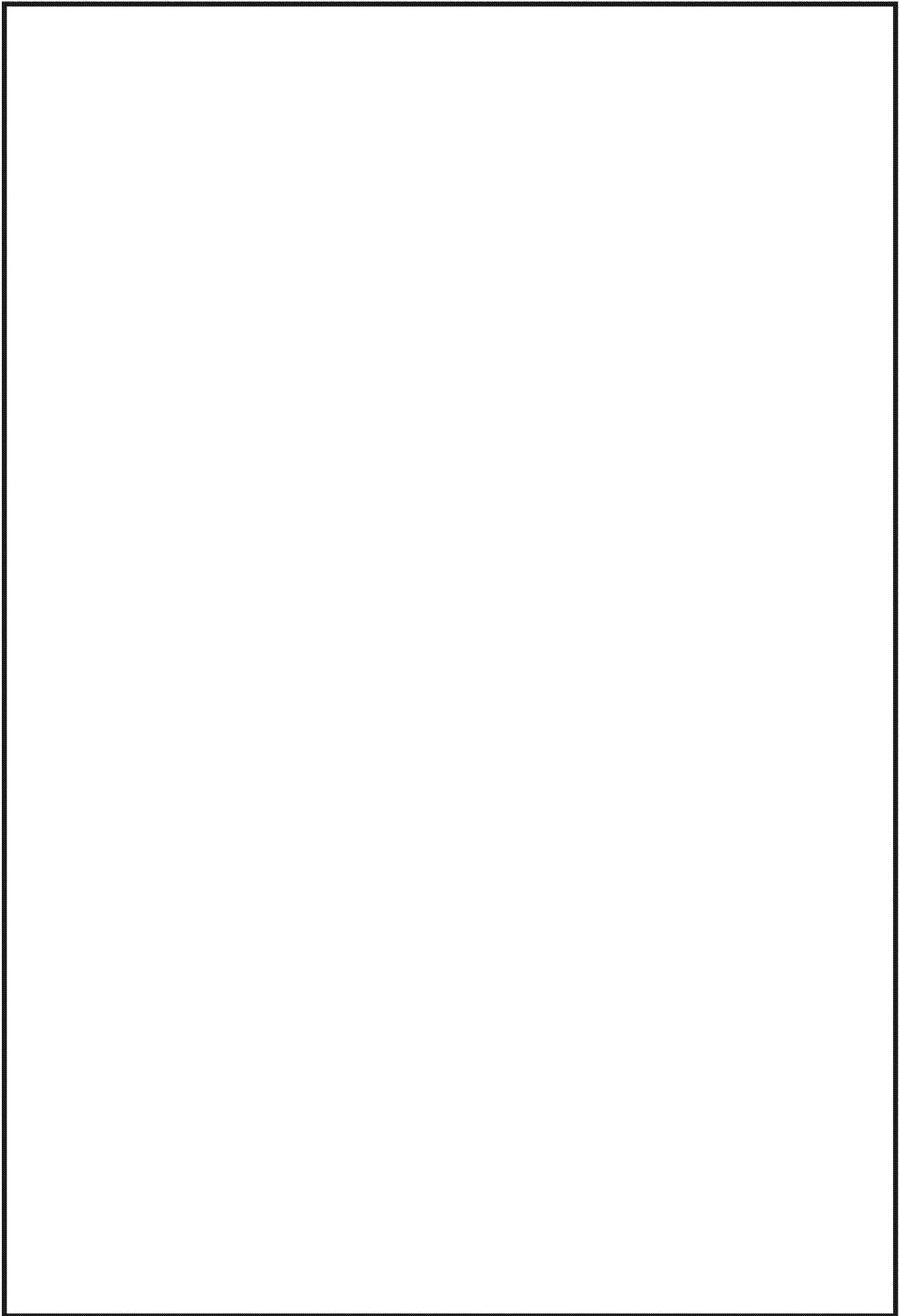


第 5-4-2 図 解析モデル（要素分割図）



第 5-4-3 図 解析条件





別添

原子炉冷却材圧力バウンダリに属する  
配管に対するLBB成立性評価結果に関する  
説明書

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	6 (3) - 別添 - 1
2. 配管破損想定評価対象配管 .....	6 (3) - 別添 - 2
3. LBB成立性評価方法 .....	6 (3) - 別添 - 2
3.1 基本方針 .....	6 (3) - 別添 - 2
3.2 配管破損想定位置 .....	6 (3) - 別添 - 2
3.3 配管破損形式及び開口面積 .....	6 (3) - 別添 - 3
3.4 配管破損反力 .....	6 (3) - 別添 - 3
4. LBB成立性評価結果 .....	6 (3) - 別添 - 5
4.1 配管破損形式及び開口面積 .....	6 (3) - 別添 - 5
4.2 配管破損反力 .....	6 (3) - 別添 - 5
4.3 まとめ .....	6 (3) - 別添 - 5
5. LBB成立性評価の前提条件の確認 .....	6 (3) - 別添 - 8
5.1 運転管理 .....	6 (3) - 別添 - 8
5.2 構造健全性 .....	6 (3) - 別添 - 8

## 1. 概 要

本資料は、原子炉冷却材圧力バウンダリに属する配管に対するLBB成立性評価を行い、資料6-2「強度計算方法」で示した運転状態IV-a「1次冷却材喪失事故」事象において配管の破断を想定する最大配管口径が4B以下であることの妥当性を説明するものである。

本資料の構成としては、配管破損想定評価対象配管、LBB成立性評価方法、LBB成立性評価結果及びLBB成立性評価の前提条件の確認からなっている。

なお、LBB成立性評価については、「原子力発電所配管破損防護設計技術指針 JEAG4613-1998」（日本電気協会）（以下「JEAG4613」という。）に基づくものとする。

また、JEAG4613に記載されている「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和55年通商産業省告示第501号、最終改正平成15年7月29日経済産業省告示第277号）に関する内容については、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012年版）〈第I編 軽水炉規格〉JSME S NC1-2012」（日本機械学会）（以下「JSME S NC1」という。）に従うものとし、S1地震動はSd地震動へ読み替えて評価を実施する。

## 2. 配管破損想定評価対象配管

原子炉冷却材圧力バウンダリに属するオーステナイト系ステンレス鋼管を破損想定評価対象配管とする。

## 3. LBB成立性評価方法

### 3.1 基本方針

2章で示した配管破損想定評価対象配管に対し、配管破損想定位置、配管破損形式、破損による開口面積及び配管破損反力を求める。

### 3.2 配管破損想定位置

配管破損想定位置は、評価対象配管のうちの以下に示す位置とする。

#### (1) ターミナル・エンド

1次冷却材管に対しては、原子炉容器出口管台部及び入口管台部とし、その他の呼び径1Bを超える配管に対しては、ターミナル・エンド相当としてクラス1機器側の管台部とする。

#### (2) 供用状態A、供用状態B及び(1/3)Sd地震荷重に対して次のいずれかの条件を満たす点

a.  $Sn > 2.4Sm$ 、かつ、 $Se > 2.4Sm$

b.  $Sn > 2.4Sm$ 、かつ、 $Sn' > 2.4Sm$

ただし、 $Sn$  : JSME S NC1 PPB-3531の計算式に準じて計算した一次+二次応力。

$Se$  : JSME S NC1 PPB-3536(6)の計算式に準じて計算した熱膨張応力。

$Sn'$  : JSME S NC1 PPB-3536(3)の $Sn$ の計算式に準じて計算した一次+二次応力。

$Sm$  : JSME S NJ1-2012 材料規格 Part 3 第1章 表1に規定される材料の設計応力強さ。

c. 疲労累積係数 $> 0.1$

ただし、上記疲労累積係数は供用状態A及び供用状態Bにおける疲労累積係数に(1/3)Sd (Sd-1、Sd-2、Sd-3、Sd-4及びSd-5) 地震のみによる疲労累積係数を加算したものとする。

(注) Sd (Sd-1、Sd-2、Sd-3、Sd-4及びSd-5) 地震とは、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料3「耐震性に関する説明書」のうち添付資料3-1「耐震設計の基本方針」に示す弾性設計用地震動Sd-1、Sd-2、Sd-3、Sd-4及びSd-5による動的地震力をいう。なお、設置（変更）許可（平成29年1月18日）を受けた弾性設計用地震動Sdの概要は、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料3「耐震性に関する説明書」のうち添付資料3-2「基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdの概要」による。

### 3.3 配管破損形式及び開口面積

3.2項により決定される配管破損想定位置について、供用状態A,B,C又は供用状態AとSd地震荷重に基づき配管に作用する応力を求め、第3-1表に従い配管破損形式及び開口面積を決定する。なお、配管の破損形式は、以下に分類する。

#### (1) 漏えい

- 漏えいは第3-1表で作用応力が判定応力より低い場合、配管に想定する。
- 第3-1表に示す開口面積に相当する円形の開口を配管の周方向任意位置に想定する。

#### (2) 破断

第3-1表で作用応力が判定応力以上の場合、配管に周方向破断を想定する。

### 3.4 配管破損反力

配管破損反力の算定は次式による。

$$F_j = C_T \cdot P \cdot A / 1,000$$

ここで、 $F_j$  : 配管破損反力（ジェット反力）（単位：kN）

$C_T$  : スラスト係数

= 1.4 (ホットレグ)

= 1.6 (クロスオーバレグ及びコールドレグ)

= 1.26 (加圧器気相部)

= 2.0 (加圧器安全弁配管のシール水)

$P$  : 破損前の配管内圧 = 15.41 MPa

$A$  : 開口面積（単位：mm<sup>2</sup>）

(注)  $F_j, C_T$  の算定は、「Design Basis for Protection of Light Water Nuclear Power Plants Against the Effects of Postulated Pipe Rupture」(ANSI/ANS-58.2-1988) に基づく。

第3-1表 配管の破損形式及び開口面積

呼び径 (B)		2	3	4	6	12	14	27.5 <sup>(注4)</sup> (内径)	29 <sup>(注4)</sup> (内径)	
外 径 Do (mm)	60.5	89.1	114.3	165.2	318.5	355.6	836.0	882.0		
板 厚 t (mm)	8.7	11.1	13.5	18.2	33.3	35.7	68.75	72.7		
想定き裂角度2θ (度)	127.4	108.2	96.9	81.0	75.7	72.0	56.4	56.6		
判定応力 (×Sm)	1.03	1.35	1.54	1.83	1.93	2.00	2.28	2.28		
作用応力	$\sigma_t = 0.5Sm$ $\sigma_b = 0$	破損形式 及び 開口面積 (B) (L)	L(12)	L(14)	L(16)	L(19)	L(58)	L(62)	L(185)	L(207)
	$\sigma_t = 0.5Sm$ $\sigma_b = 0.5Sm$		L(60)	L(51)	L(52)	L(55)	L(165)	L(175)	L(484)	L(543)
	$\sigma_t = 0.5Sm$ $\sigma_b = 1.0Sm$		B	B	L(169)	L(150)	L(429)	L(443)	L(1,100)	L(1,235)
	$\sigma_t = 0.5Sm$ $\sigma_b = 1.5Sm$		B	B	B	B	B	L(1,135)	L(2,453)	L(2,758)
	$\sigma_t = 0.5Sm$ $\sigma_b = 2.0Sm$		B	B	B	B	B	B	B	
	判定応力 (mm <sup>2</sup> )		L(66)	L(131)	L(187)	L(297)	L(996)	L(1,135)	L(3,852)	L(4,333)

(注1) B : 破断を想定する。

L : 漏えいを想定する。 ( ) 内数値は開口面積(mm<sup>2</sup>)。

(注2) 判定応力 ( $\sigma_t + \sigma_b$ ) 及び作用応力のうち、 $\sigma_t$  (膜応力) は内圧で0.5Smとみなし、残りは $\sigma_b$  (曲げ応力) とする。

ただし、Smは114.7MPaとする。

(注3) 開口面積は作用応力に応じて内挿するものとする。

(注4) 1次冷却材管のコールドレグ(27.5<sup>IN</sup>ID)及びホットレグ(29<sup>IN</sup>ID)である。

(注5) 想定き裂角度2θは、想定き裂長さに対する中心角を表す。

## 4. LBB成立性評価結果

### 4.1 配管破損形式及び開口面積

3.2項の条件に該当する破損想定位置について、それぞれの破損想定位置に作用する応力を基に、第3-1表を用いて決定した配管破損形式及び開口面積を第4-1表に示す。

### 4.2 配管破損反力

4.1項で決定した開口面積についての配管破損反力の算定結果を第4-1表に示す。

### 4.3 まとめ

第4-1表から、クラス1機器の運転状態IVの強度評価における「IV-a 1次冷却材喪失事故」の想定事象として、漏えい又は呼び径4B以下の配管の破断を想定する。なお、配管破損事故時の配管破損反力は第4-1表から最大でも150kN程度である。

第4-1表 LBB成立性評価結果(1/2)

評価対象：1次冷却材管

分類	破損想定位置	呼び径(B)	作用応力(×Sm)			判定応力(×Sm)	配管破損形式	開口面積(mm <sup>2</sup> )	配管破損反力(kN)
			膜応力 <sup>(注1)</sup>	曲げ応力	合計応力				
母管	原子炉容器出口管台	29(内径)	0.5	0.99	1.49	2.28	L	1,222	27
	原子炉容器入口管台	27.5(内径)	0.5	0.43	0.93	2.28	L	443	11
分岐管台	加圧器サージ管台	14	0.5	1.11	1.61	2.00	L	596	13
	蓄圧タンク注入管台	12	0.5	0.61	1.11	1.93	L	224	6
	余熱除去系出口管台	12	0.5	0.45	0.95	1.93	L	155	4
	加圧器スプレイ管台	4	0.5	1.25	1.75	1.54	B	5,986	148
	充てん管台 <sup>(注2)</sup>	3	—	—	—	—	B	3,515	87
	抽出及びループドレン管台 <sup>(注2)</sup>	3	—	—	—	—	B	3,515	87
	安全注入管台 <sup>(注2)</sup>	2	—	—	—	—	B	1,459	36
	余剰抽出、 キャビティ水位計 及びドレン管台 <sup>(注2)</sup>	2	—	—	—	—	B	1,459	36
	ループドレン管台 <sup>(注2)</sup>	2	—	—	—	—	B	1,459	36

(注1) 膜応力は第3-1表の(注2)に従い、0.5Smとする。

(注2) 3B以下の配管は保守的に破断を想定する。

第4-1表 LBB成立性評価結果(2/2)

評価対象：加圧器

分類	破損想定位置	呼び径(B)	作用応力(×Sm)			判定応力(×Sm)	配管破損形式	開口面積(mm <sup>2</sup> )	配管破損反力(kN)
			膜応力 <sup>(注)</sup>	曲げ応力	合計応力				
接続管台	加圧器サージ用管台	14	0.5	0.74	1.24	2.00	L	304	7
	逃がし弁用管台	6	0.5	0.28	0.78	1.83	L	40	1
	安全弁用管台	6	0.5	0.96	1.46	1.83	L	143	3
	スプレイライン用管台	4	0.5	1.38	1.88	1.54	B	5,986	148

(注) 膜応力は第3-1表の(注2)に従い、0.5Smとする。

## 5. LBB成立性評価の前提条件の確認

前章まででLBB成立性評価について記載したが、本章では、破断前漏えい(LBB)概念を導入する前提条件となっている運転管理面及び構造健全性についての要求事項に適合していることを示す。

### 5.1 運転管理

#### 5.1.1 漏えい監視装置

原子炉冷却材圧力バウンダリ配管から原子炉格納容器内への漏えいが生じたときに、 $0.23\text{m}^3/\text{h}$ (1gpm)の漏えいを1時間以内に確実に検出して自動的に警報する目的で以下に示す3種類の漏えい監視装置が設置されている。

##### (1) 凝縮液量測定装置

原子炉冷却材圧力バウンダリ配管からの漏えい水のうち蒸気分の凝縮液を検知する装置

##### (2) 炉内計装用シンプル配管室漏えい検出装置

原子炉冷却材圧力バウンダリ配管からの漏えい水のうち、原子炉容器回りからの液体分を炉内計装用シンプル配管室サンプルへ流入する漏えい水により検出する装置

##### (3) 格納容器サンプル水位上昇率測定装置

原子炉容器回り以外の液体分及び原子炉冷却材圧力バウンダリ配管からの蒸気分の凝縮液を合わせたすべての漏えい水を検知する装置

#### 5.1.2 原子炉冷却材圧力バウンダリの漏えい管理

原子炉運転中、漏えい監視装置により原子炉冷却材圧力バウンダリからの漏えい量を監視し、 $0.23\text{m}^3/\text{h}$ (1gpm)を超える漏えいを検知した場合は速やかに通常の原子炉停止操作を行う。

### 5.2 構造健全性

#### 5.2.1 品質管理

原子炉冷却材圧力バウンダリに属するステンレス鋼管の品質確保を目的とし、以下のとおり規格・基準に適合した材料の選定、設計、製作、試験、検査を行うことにより、構造健全性を確認する。

##### (1) 材料の選定

原子炉冷却材圧力バウンダリに属するステンレス鋼管の材料は、JSME S NC1に適合するよう選定しており、具体的には、

[REDACTED]を使用している。

#### (2) 構造設計

原子炉冷却材圧力バウンダリに属するステンレス鋼管の構造は、JSME S NC1のクラス1配管に関する規定 (PPB-1000～PPB-5000) に適合するよう設計している。

#### (3) 製作

原子炉冷却材圧力バウンダリに属するステンレス鋼管の溶接は、認可された溶接施工法及び昭和45年通商産業省令第81号「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」(以下「溶接省令」という。) の第一種管に関する規定(第55条、第56条)又は「発電用原子力設備規格 溶接規格(2007年版) JSME S NB1-2007」(日本機械学会)(以下「JSME S NB1」という。)のクラス1配管に関する規定(N-5010～N-5140)に基づき行われている。

#### (4) 試験・検査

原子炉冷却材圧力バウンダリに属するステンレス鋼管の供用前及び供用期間中の試験・検査等は、「発電用原子力設備規格 維持規格(2008年版) JSME S NA1-2008」(日本機械学会)に基づき実施する。

### 5.2.2 損傷防止対策

原子炉冷却材圧力バウンダリに属するステンレス鋼管については、5.2.1 「品質管理」で記載する品質管理、供用前及び供用期間中検査計画にしたがって製作・保守し、配管の損傷防止対策を講じる。更に、JEAG4613を適用するためには応力腐食割れ(以下「SCC」という。)及び高サイクル熱疲労の発生防止が前提条件となるので、以下にこれらへの適合性を示す。

#### (1) SCCの発生防止対策

SCCは、材料(材料の鋭敏化)、応力(溶接引張残留応力)、環境(高溶存酸素)の3要因が重畠することにより発生するものであり、SCCの発生防止対策を実施しておりLBB概念適用の前提条件に適合している。

##### a. 材料

原子炉冷却材圧力バウンダリに属するステンレス鋼管の材料は、JSME S NC1に適合する耐食性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼である。

b. 応 力

溶接による引張残留応力は生じるが、溶接施工に関しては認可された溶接施工法及び溶接省令又はJSME S NB1に基づき十分な品質管理を行っている。

c. 環 境

定格出力運転時の1次冷却材中の溶存酸素、その他不純物濃度が十分低くなるよう水質管理を行っている。

(2) 高サイクル熱疲労の発生防止対策

高サイクル熱疲労については、原子炉冷却材圧力バウンダリ配管に対して「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針JSME S 017-2003」(日本機械学会) (以下「JSME S 017」という。) を適用し、閉塞分岐管滞留部の熱成層化及び高低温水合流部の温度揺らぎによる高サイクル熱疲労が問題とならないことを確認しておりLBB概念適用の前提条件に適合している。

a. 評価対象

1次冷却材管に接続される閉塞分岐管滞留部について、キャビティフローによる熱成層化現象に起因する高サイクル熱疲労の評価を行う部位を①～③に示す。また高低温水合流部の温度揺らぎによる高サイクル熱疲労の評価を行う部位を④及び⑤に示す (第5-1図)。

- ①余熱除去ポンプ吸込ライン (ループB,C 2箇所)
- ②余剰抽出ライン (ループC 1箇所)
- ③ドレンライン (ループA,B 2箇所)
- ④余熱除去戻りライン1次冷却材管合流部 (ループA,B,C,D 4箇所)
- ⑤充てんライン1次冷却材管合流部 (ループD 1箇所)

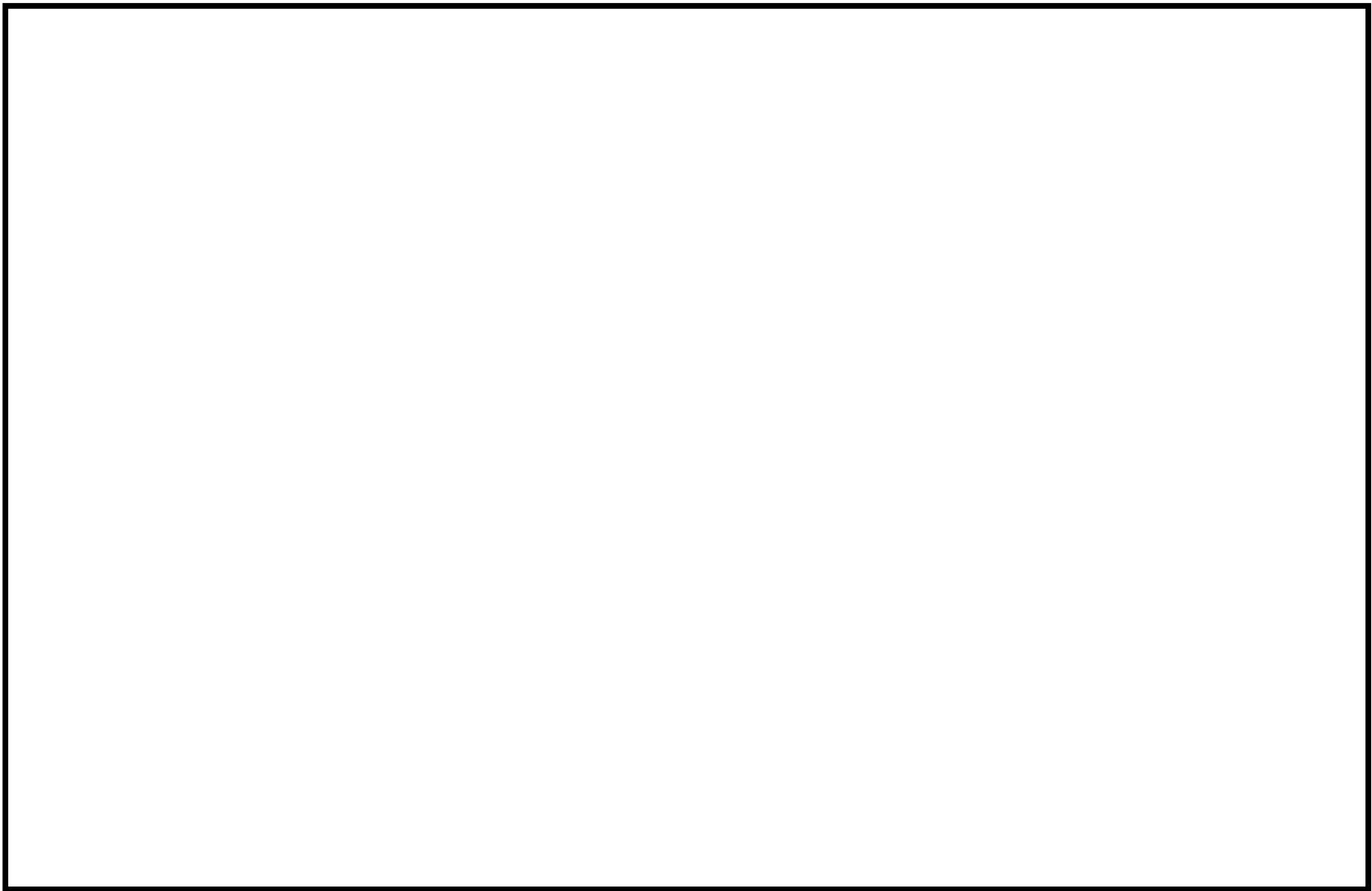
b. 評価方法

JSME S 017の評価手順により、閉塞分岐管滞留部及び高低温水合流部の熱疲労に対する配管の構造健全性を評価する。評価フローを第5-2図及び第5-3図に示す。

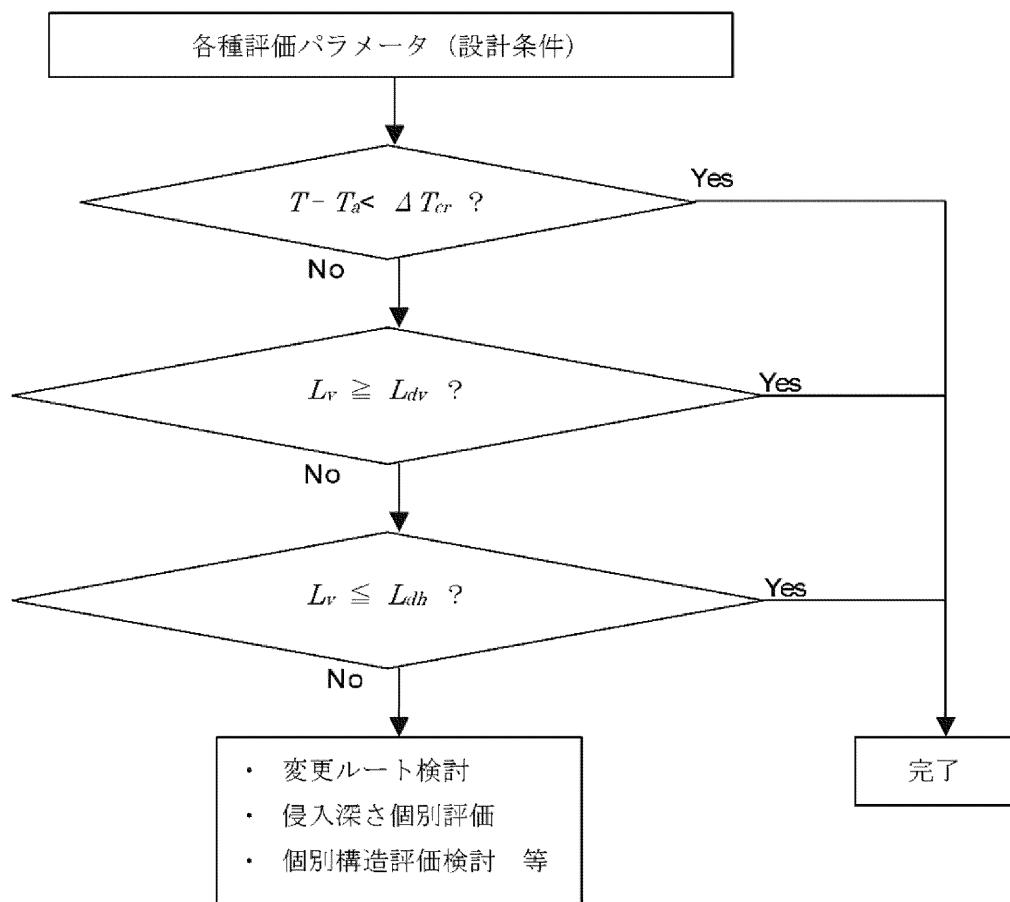
なお、個別評価（温度計測）の結果、キャビティフロー先端が曲がり部に位置する場合は、計測された温度変動による応力振幅から疲労評価を実施する。

c. 評価結果

第5-1表及び第5-2表に示すとおり、評価対象の配管において有意な温度変動はないことから、配管の健全性が確認されている。



第5-1図 高サイクル熱疲労評価対象部位



ここで、

$T$ : 主管内流体平均温度

$T_a$ : 霧囲気温度

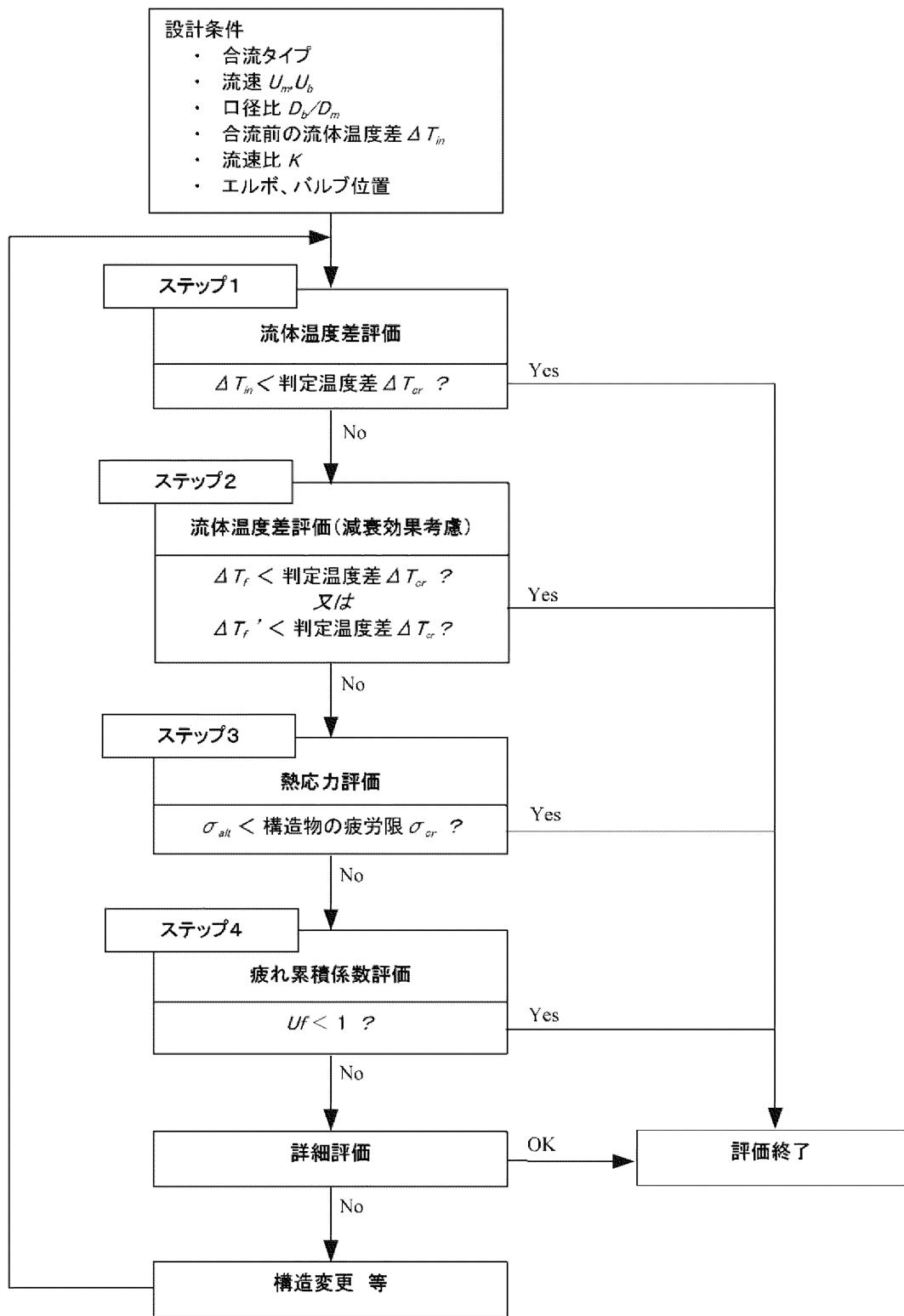
$\Delta T_{cr}$ : 判定温度差

$L_v$ : 分岐管鉛直部長さ

$L_{dv}$ : キャビティフローの分岐管鉛直部への侵入判定長さ

$L_{dh}$ : キャビティフローの分岐管水平部への侵入判定長さ

第 5-2 図 閉塞分岐管滞留部に発生する熱成層化現象評価フロー  
(JSME S 017 より引用)



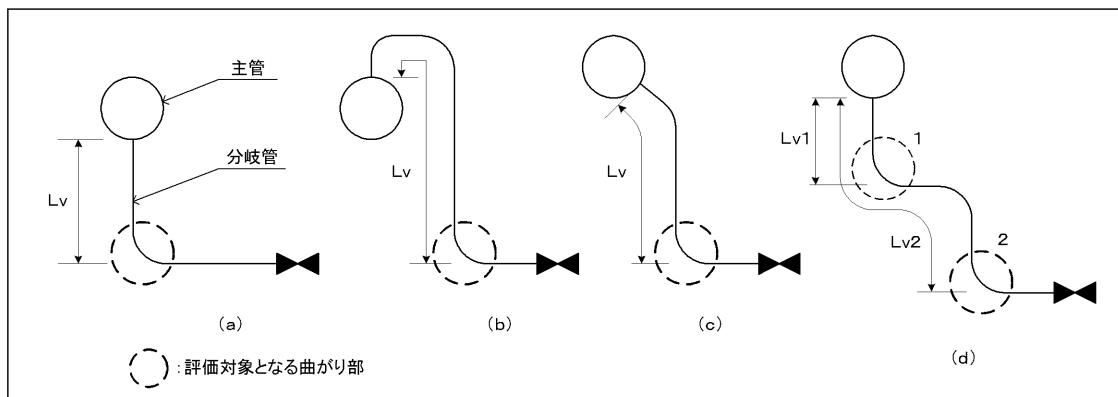
第5-3図 高低温水合流部での温度揺らぎに対する配管の構造健全性評価フロー  
(JSME S 017より引用)

第5-1表 高サイクル熱疲労に関する配管の構造健全性評価結果（閉塞分岐管滞留部）

評価対象部位		内径 D (mm)	分岐 タイプ	T-Ta (°C)	Lv/D	ステップ1評価		ステップ2評価		ステップ3評価		侵入深さ個別評価		個別構造評価 (疲労評価)		
						$\Delta T_{cr}$ (°C)	判定 <sup>(注)</sup> $T-Ta < \Delta T_{cr}$	Ldv/D	判定 <sup>(注)</sup> $Lv \geq Ldv$	Ldh/D	判定 <sup>(注)</sup> $Lv \leq Ldh$	キヤビティフローの先端部 の位置	判定 キヤビティフローの先端が曲が り部でない	発生応力 振幅 (MPa)	疲労限 (MPa)	判定 応力振幅は疲労 限より小さい
余熱除去ポンプ吸込ライン	ループB	251.9	(d)		2.2	35.5	×	32.7	×	12.0	○	-	-	-	-	-
	ループC	251.9	(d)		3.3	35.5	×	33.7	×	12.0	○	-	-	-	-	-
余剰抽出 ライン	ループC	43.1	(a)		5.7	36.0	×	20.1	×	13.8	○	-	-	-	-	-
ドレン ライン	ループA	43.1	(a)		5.9	36.0	×	20.9	×	9.7	○	-	-	-	-	-
	ループB	43.1	(a)		6.8	36.0	×	20.9	×	9.7	○	-	-	-	-	-

(注) ○は判定基準を満足している。 ×は判定基準を満足していない。

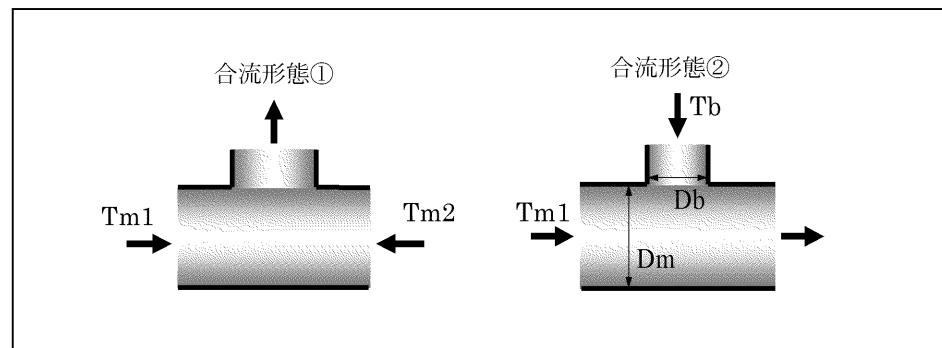
Lv の定義例（分岐管タイプ）



第5-2表 高サイクル熱疲労に関する配管の構造健全性評価結果（高低温水合流部）

評価対象部位	合流形態	内径(m)		合流前流速(m/s)		ステップ1評価			ステップ2評価			ステップ3評価			ステップ4評価			
		主管	分岐管	主管	分岐管	$\Delta T_{in}$ (°C)	$\Delta T_{cr}$ (°C)	判定 <sup>(注)</sup> $\Delta T_{in} < \Delta T_{cr}$	$\beta_{max}$	$\Delta T_f$ (°C)	判定 <sup>(注)</sup> $\Delta T_f < \Delta T_{cr}$	$\sigma_{alt}$ (MPa)	$\sigma_{cr}$ (MPa)	判定 <sup>(注)</sup> $\sigma_{alt} \leq \sigma_{cr}$	Uf	判定 <sup>(注)</sup> $Uf < 1$	Uf	判定 <sup>(注)</sup> $Uf < 1$
余熱除去戻りライン 1次冷却材管合流部	②					38		×	0.6		×	194	88	×	0.20	○	-	-
充てんライン 1次冷却材管 合流部	②	起動時				38		×	0.8		×	252	88	×	6	1以上	0.36	○
		停止時				38		×	0.8		×	250	88	×	2			
		通常運転				36		×	0.8		○	-	-	-	-			

(注) ○は判定基準を満足している。 ×は判定基準を満足していない。



別紙

## 計算機プログラム（解析コード）の概要

目 次

	頁
1. 概 要 .....	6 (3) - 別紙 - 1
別紙 1 ABAQUS	
別紙 2 MSAP (配管)	

## 1. 概 要

本資料は、資料6「強度に関する説明書」において使用した解析コードについて説明するものである。

「強度に関する説明書」で使用した解析コード一覧を第1表に示す。

第1表 機器・配管系の強度設計に係る解析コード

評価対象	プログラム名	資料名	参照元
原子炉容器	ABAQUS	別紙1	資料6-3
配管	MSAP (配管)	別紙2	資料6-2 資料6別添
制御棒クラスタ 駆動装置	ABAQUS	別紙1	資料6-3
1次冷却材管	ABAQUS	別紙1	資料6別添

## 別紙1 ABAQUS

DB/SA : 原子炉容器

DB : 制御棒クラスタ駆動装置

DB : 1次冷却材管

項目	コード名	ABAQUS
開発機関		ダッソー・システムズ社 (旧 HKS (Hibbitt, Karlsson & Sorensen) 社)
開発時期		1978年
使用したバージョン		Ver. 2018
使用目的		2次元軸対称有限要素法（ソリッド要素）による応力解析
コードの概要		<p>米国HKS社によって開発され、現在はダッソー・システムズ（株）によって保守されている有限要素法による構造解析用汎用コードである。</p> <p>応力解析、熱応力解析、伝熱解析などを行うことができ、特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり、多くの民間・国立研究所、大学及び産業界で利用されている実績を持つ。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)		<p>ABAQUS Ver.2018は汎用市販コードであり、JSMEクラス1容器である原子炉容器、制御棒クラスタ駆動装置及びJSMEクラス1管である1次冷却材管の2次元軸対称有限要素法（ソリッド要素）による応力解析で使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>材料力学分野における一般知見により解を求めることができる体系について応力解析（2次元軸対称有限要素法（ソリッド要素）による線形解析機能による応力解析）を行い、解析解が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。</li> <li>本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul>

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)</p>	<p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本解析コードは、自動車、航空宇宙、防衛、工業製品、学術研究などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・ 今回の申請で行う解析と類似する三菱重工業（株）が実施した配管ティー継手を対象とした3次元有限要素法（ソリッド要素）を用いた応力解析の事例がある。 (PVP2012-78686 : COMPARISON BETWEEN PRESSURE TESTS AND SIMULATIONS FOR THICKNESS MANAGEMENT OF WALL THINNING T-JOINTS)</li> <li>・ 開発機関が提示するマニュアルにより、本申請で使用する2次元軸対称有限要素法（ソリッド要素）による応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。</li> <li>・ 検証の体系と本申請で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の一致をもって、解析機能の妥当性も確認できる。</li> <li>・ 今回の申請で行う2次元軸対称有限要素法（ソリッド要素）による応力解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内であることを確認している。</li> </ul>
--	--

## 別紙 2 MSAP (配管)

DB/SA : 配管

項目	コード名	MSAP (配管)
開発機関		三菱重工業株式会社
開発時期		[REDACTED]
使用したバージョン		[REDACTED]
使用目的		3次元有限要素法（はり要素）による 構造解析、応力算出
コードの概要		<p>強度及び耐震計算で使用している解析コード MSAP (配管) は、[REDACTED] [REDACTED]</p> <p>対話方式による入力及び構造解析の出力データを基 に規格基準の算出式に従った評価が可能である。</p> <p>[REDACTED]</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)		<p>MSAP (配管) は、JSME クラス 1 配管、クラス 3 配管の 3次元有限要素法（はり要素）による構造解析、 応力算出に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• [REDACTED] 開発元より 発行されている例題集の中で、モデル要素ごとに静 的及び動的解析の例題に対して、解析結果と理論モ デルによる理論解または他の計算プログラムでの 計算結果と概ね一致していることを確認している。 また、サンプルモデルに対する固有値解析結果が、 手計算と一致することを確認している。</li> </ul>

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対話方式により入力されたデータはインプットファイルとして出力され、入力データと一致することを確認している。</li> <li>・ 入力データが正しく構造解析に受け渡されていること、構造解析データが正しく規格計算に受け渡されていることをそれぞれ確認している。</li> <li>・ 構造解析結果として出力されたデータを規格基準に従い、発生応力、疲労累積係数を算出しており、その過程が理論解を再現できることを確認している。</li> <li>・ 地震動の組合せ処理は、本解析コード内で処理しており、アウトプットファイルと手計算結果が一致することを確認している。</li> <li>・ 本解析コードの適用制限として使用節点数・要素数があるが、適用範囲内であることを確認している。</li> <li>・ 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ JEAG4601-1987 6.5.2項の1次冷却ループの多質点3次元はりモデルによる解析の妥当性確認として、</li> </ul>
--	--

検証(Verification)  
及び  
妥当性確認(Validation)

- 上記妥当性確認を行ったのは1次冷却ループの3次元はりモデルであるが、1次冷却ループに含まれる1次冷却材管は今回解析する配管と幾何学的に類似しており、同様の3次元はりモデルを用いてモデル化している。
- 今回の申請で行う3次元有限要素法（はり要素）による構造解析、応力算出の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。

# 原子炉本体の基礎に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 7

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	7(3)-1
1.1 適用規格 .....	7(3)-1
1.2 構造計画 .....	7(3)-1
1.3 支持方法 .....	7(3)-3
2. 構造設計 .....	7(3)-4
2.1 設計条件 .....	7(3)-4
2.2 支持構造物及び埋込金物の強度評価 .....	7(3)-6
2.3 コンクリートの強度評価 .....	7(3)-10
2.4 1次遮へいコンクリート（間接支持構造物）の強度評価 .....	7(3)-12
3. コンクリートへの熱影響 .....	7(3)-14

## 1. 概要

本資料は、「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（以下「技術基準規則」という）」第5条、第17条、第50条並びにそれらの「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」に基づき、原子炉本体の基礎部が十分な強度を有していることを説明するものである。

今回、原子炉容器上部ふたを取替えることに伴い、原子炉本体の基礎部が十分な強度を有することを説明する。

### 1.1 適用規格

既に認可された工事計画の添付資料で実績のある以下の規格を適用する。

- ・ 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」（社）日本電気協会
- ・ 「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」（社）日本電気協会
- ・ 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」（社）日本電気協会  
(以降、「JEAG4601」と記載しているものは上記3指針を指す。)
- ・ 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））〈第I編 軽水炉規格〉 JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）

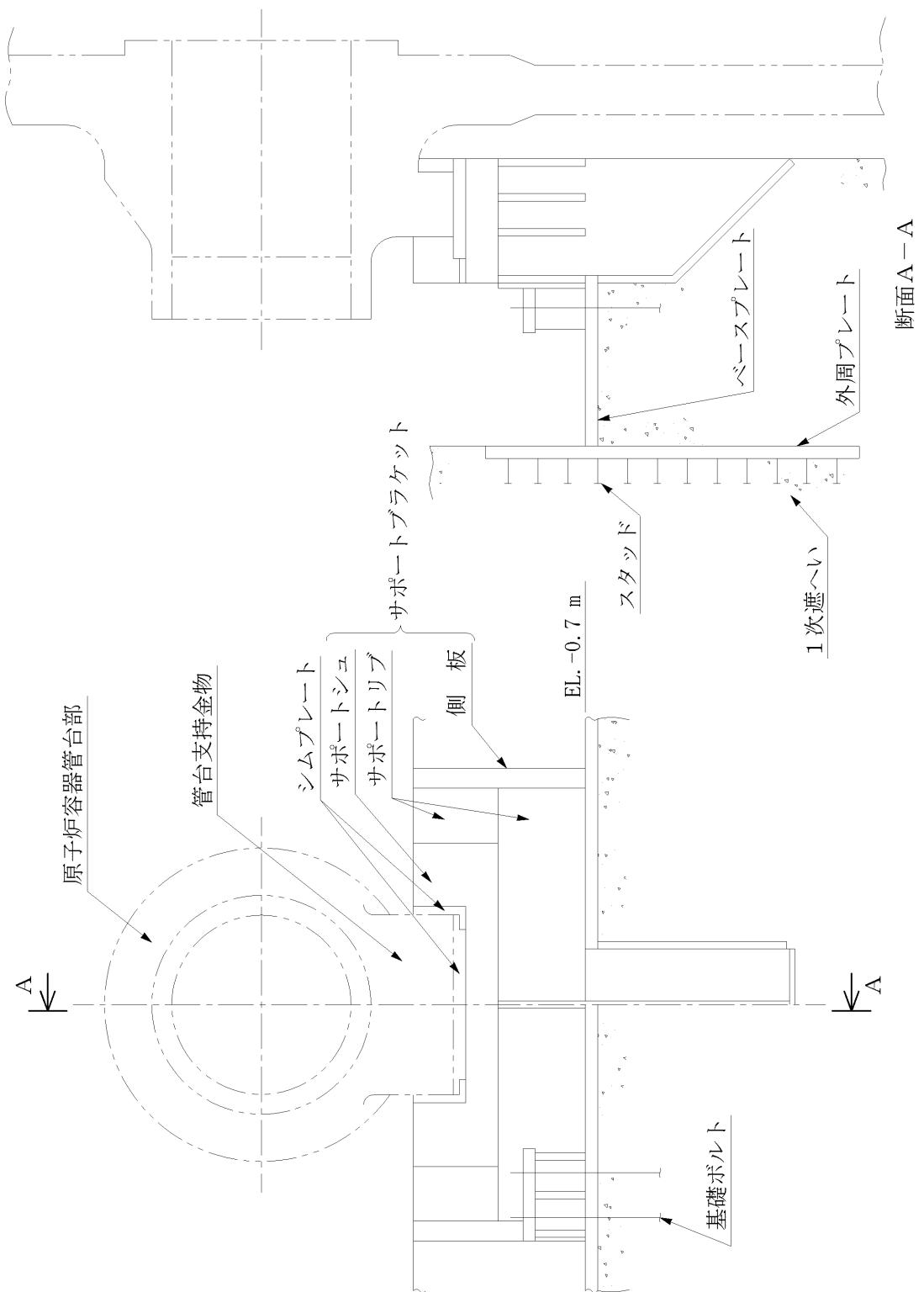
### 1.2 構造計画

原子炉容器は、各ノズル部（8箇所）において8個の鋼製支持構造物によって、原子炉容器支持構造物ベースプレート上に支持される。

原子炉容器支持構造物の概略を第1-1図に示す。

原子炉容器支持構造物ベースプレートは、内部コンクリートの一部である1次遮へいコンクリートに固定されており、原子炉容器より加わる荷重は、この間接支持構造物としての1次遮へいより原子炉格納施設基礎に伝達される。

原子炉容器の基礎の状況を、昭和63年3月24日付け62資序第16728号にて認可された工事計画の添付図面第1-1図「原子炉本体の基礎の状況を明示した図面（原子炉本体の基礎）」に示す。



第1-1図 原子炉容器支持構造物概略図

### 1.3 支持方法

原子炉容器及び1次冷却材管より原子炉容器支持構造物に加わる荷重は、以下に示すとおりである。

- (1) 自重
- (2) 熱膨張荷重
- (3) 機械的荷重
- (4) 地震荷重
- (5) 事故時荷重

原子炉容器支持構造物は、鉛直下向き及び接線方向荷重のみを支持し、半径方向については荷重が加わらない構造となっている。また、原子炉容器管台部より加わる上記荷重については、管台支持金物からシムプレート、サポートシュ及びサポートリブを介してベースプレートに伝達される。ベースプレートに加わるこれらの荷重のうち、鉛直方向荷重については、サポートブラケット<sup>(注)</sup>直下のコンクリートへと直接伝達される。水平方向荷重については、原子炉容器支持構造物ベースプレートより外周プレートへと伝達され、外周プレート面上に設けたスタッドより1次遮へいコンクリートへと伝達される。

(注) サポートシュ、サポートリブ及び側板を総称してサポートブラケットという。(第1-1図参照)

## 2. 構造設計

### 2.1 設計条件

(1) 支持部の設計については、以下に示す荷重条件の下で設計を行う。なお、供用状態 C の評価については事故時荷重が供用状態 D における事故時荷重に比べて微小であり、かつ、自重が供用状態 D と同等であることから、許容値の差を見込んでも供用状態 D の評価で包絡される。

供用状態 D では自重と事故時荷重を組み合わせて評価していることから、重大事故等時の状態においても同様に自重と事故時荷重の組合せを考慮する。なお、自重は設計基準事故時と重大事故等時で変化しない。

供用状態 D で想定している事故時荷重については、設計基準事故である主蒸気管破断事故時に発生する荷重を設定している。

一方、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 13-1-4 「重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の強度計算の基本方針」より、重大事故等は、設計基準事故を起因として、その後、高圧注入系などの安全機能が喪失することにより、その状態に至るものであり、設計基準事故では想定されない新たな荷重を発生させるものではない。

なお、重大事故等時には、原子炉格納容器雰囲気温度が最高使用温度程度となつた後に徐々に低下していくが、原子炉容器基礎のコンクリートの応力状態は、温度により圧縮応力状態となるため、支持性能に与える影響は小さい。

以上のことから、原子炉容器基礎に生じる荷重は、重大事故等時

においても、設計基準事故時の荷重と同等以下となる。

なお、これらの荷重条件のうち、原子炉容器支持構造物については、b. 供用状態 D における最大荷重は約 400 kN、c. 地震時における最大荷重は約 3,700 kN であり、c. 地震時が上回る。

a. 供用状態 A,B

- (a) 自重
- (b) 熱膨張荷重

(c) 機械的荷重

b. 供用状態 D

(a) 自重

(b) 設計基準事故時荷重

c. 地震時

(a) 自重

(b) 熱膨張荷重

(c) 機械的荷重

(d) 地震荷重

(2) 原子炉容器支持構造物及び埋込金物は、JSME S NC1-2005/2007 及び JEAG4601 に基づく許容応力又は許容荷重により評価する。

(3) 1次遮へいコンクリート（間接支持構造物）は、耐震壁の最大せん断ひずみにより評価する。

## 2.2 支持構造物及び埋込金物の強度評価

原子炉容器支持構造物及び基礎ボルトの許容応力並びにスタッドの許容荷重について、Sd 地震時及び Ss 地震時、各部位に発生する応力及び荷重と比較する。

なお、支持構造物及び埋込金物の応力評価の基本方針、荷重の組合せ及び許容応力、形状及び寸法については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-17-1-4 「原子炉容器の耐震計算書」による。

第 2-1 表～第 2-3 表に示すとおり、原子炉容器支持構造物及び基礎ボルトの許容応力並びにスタッドの許容荷重は、いずれも地震時の発生応力及び荷重を上回っている。

第2-1表 設計基準対象施設としての評価結果 (D+P+M+Sd)

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生値	評価基準値	備考
			MPa	MPa	
原子炉容器支持構造物	サポートシユ	支圧応力	60	429	
		一次+二次応力	27	429	支圧応力
	サポートリブ	せん断応力	10	148	
		圧縮応力	16	267	
		一次+二次応力	21	267	座屈
原子炉容器支持構造物 埋込金物	基礎ボルト	引張応力	134	541	
	スタッド	せん断荷重	13,262	37,233	単位 : kN

第2-2表 設計基準対象施設としての評価結果 (D+P+M+Ss)

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生値	評価基準値	備考
			MPa	MPa	
原子炉容器支持構造物	サポートシユ	支圧応力	82	465	
		一次+二次応力	36	465	支圧応力
	サポートリブ	せん断応力	15	177	
		圧縮応力	23	297	
		一次+二次応力	28	267	座屈
原子炉容器支持構造物 埋込金物	基礎ボルト	引張応力	184	541	
	スタッド	せん断荷重	20,547	41,530	単位 : kN

第2-3表 重大事故等対処施設としての評価結果 ( $D + P_{SAL} + M_{SAL} + Sd^*$ )

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生値 <sup>(注)</sup>	評価基準値	備考
			MPa	MPa	
原子炉容器支持構造物	サポートシユ	支圧応力	82	457	
		一次+二次応力	36	457	支圧応力
	サポートリブ	せん断応力	15	157	
		圧縮応力	23	279	
		一次+二次応力	28	235	座屈
原子炉容器支持構造物 埋込金物	基礎ボルト	引張応力	184	504	
	スタッド	せん断荷重	20,547	38,665	単位 : kN

(注)  $D + P_{SAL} + M_{SAL} + Sd^*$ より評価条件が厳しい  $D + P + M + S_s$ に対する発生値を示す。

### 2.3 コンクリートの強度評価

原子炉容器回り鉄鋼構造物支持部のコンクリートの圧縮及び引張耐力について計算し、Sd 地震時及び Ss 地震時に原子炉容器支持構造物埋込金物に作用する荷重と比較検討をする。

なお、外周プレートに取付けたスタッドは、地震時にここに加わる荷重に対し、十分な強度を有している。このため、1 次遮へいコンクリートと外周プレートとは、これらの荷重が加わってもはく離することなく、一体構造物として更に下方のコンクリートへと荷重を伝達するものである。

#### (1) コンクリートの圧縮耐力

コンクリートの圧縮耐力は、サポートブラケット下部のコンクリートの許容圧縮荷重として、次式より計算する。

$$F_{ac} = K_2^{-} \cdot A_p \cdot F_c \times 10^{-3}$$

ここで、

$F_{ac}$  : コンクリートがベースプレートにより圧縮荷重を受ける場合のコンクリートの許容圧縮荷重(kN)

$K_2^{-}$  : コンクリートの圧縮耐力の低減係数  
(Sd 地震時 : 2/3、Ss 地震時 : 0.75)

$A_p$  : コンクリートの支圧面積 (=691,000mm<sup>2</sup>)

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (=23.5N/mm<sup>2</sup>)

#### (2) コンクリートの引張耐力

コンクリートの引張耐力は、基礎ボルトから引張荷重を受ける場合のコンクリートの許容引張荷重として、次式より計算する。

$$F_{at} = \text{最小値}(F_{a1}, F_{a2})$$

$$F_{a1} = 0.31 \cdot K_1 \cdot A_c \cdot \sqrt{F_c} \times 10^{-3}$$

$$F_{a2} = K_2 \cdot \alpha_c \cdot A_0 \cdot F_c \times 10^{-3}$$

ここで、

$F_{at}$  : コンクリートの許容引張荷重(kN)

- $F_{a1}$  : コンクリート躯体のコーン状破壊強度から決まる許容引張荷重(kN)
- $F_{a2}$  : 基礎ボルト頭部に接するコンクリート部の支圧強度から決まる許容引張荷重(kN)
- $K_1$  : コンクリートがコーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数  
( $S_d$  地震時 : 0.45、  $S_s$  地震時 : 0.6)
- $K_2$  : コンクリートが支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数  
( $S_d$  地震時 : 2/3、  $S_s$  地震時 : 0.75)
- $A_c$  : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 ( $=4,560,000\text{mm}^2$ )  
(第 2-1 図参照)
- $A_0$  : 基礎ボルト頭部の支圧面積 ( $=64,400\text{mm}^2$ )  
(第 2-1 図参照)
- $F_c$  : コンクリートの設計基準強度 ( $=23.5\text{N/mm}^2$ )
- $\alpha_c$  : 支圧面積と有効投影面積から定まる定数 ( $=\sqrt{\frac{A_c}{A_0}}$  かつ 10 以下)  
( $=8.414$ )

### (3) まとめ

第2-4表に示すとおり、コンクリートの圧縮耐力及び引張耐力は、いずれも地震時の荷重を上回っている。

第2-4表 コンクリートの強度評価<sup>(注1,2,3)</sup>

(単位:kN)

		Sd 地震時		Ss 地震時	
		荷 重	耐 力	荷 重	耐 力
圧 縮		4,600	10,800	6,300	12,100
圧縮荷重 の内訳	自重	1,500	—	1,500	—
	熱膨張荷重	1,200	—	1,200	—
	地震荷重	2,000	—	3,700	—
引 張		1,100	3,000	1,500	4,100

(注1) 荷重は、絶対値で表示する。

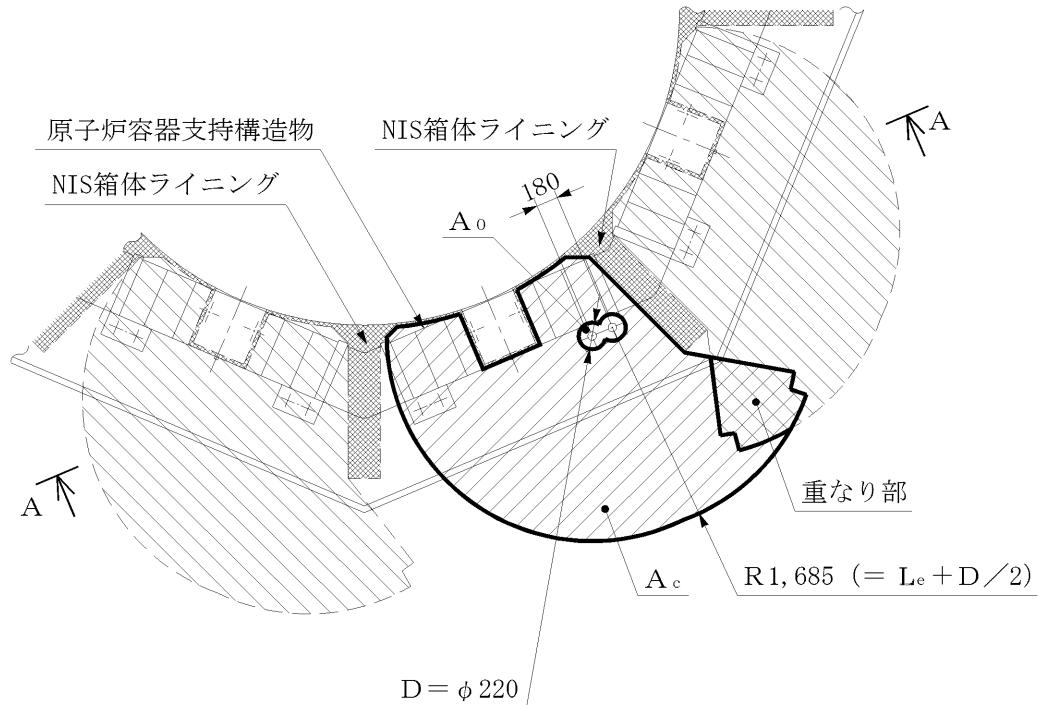
(注2) 保守的になるように十の位を端数処理しているため、必ずしも合計は一致しない。

(注3) 引張荷重は、水平方向荷重(Sd 地震時:3,000kN、Ss 地震時:4,100kN)により基礎ボルトに作用する荷重を示す。

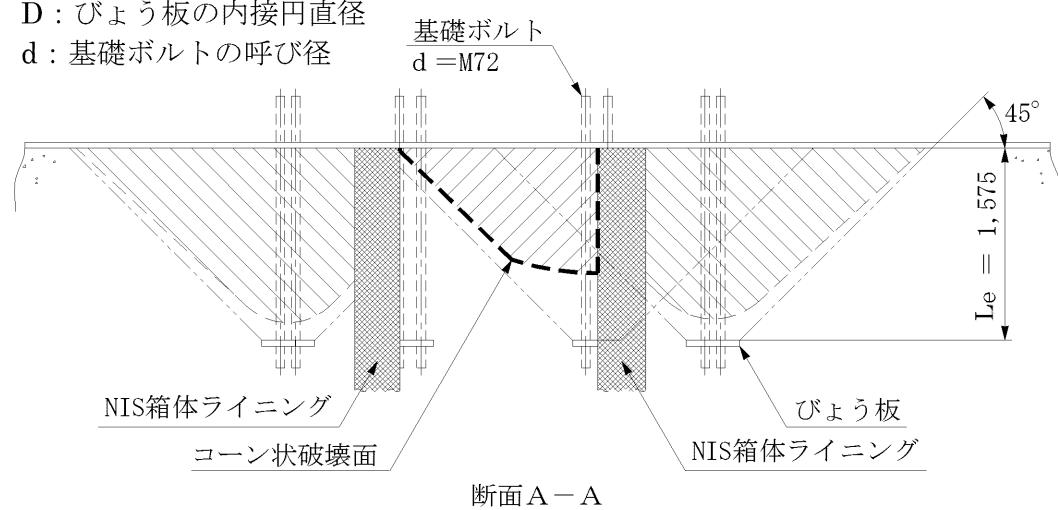
## 2.4 1次遮へいコンクリート(間接支持構造物)の強度評価

1次遮へいコンクリートの強度評価については、

\_\_\_\_\_にて認可された工事計画の添付資料8-13-4「内部コンクリートの耐震計算書」に示すとおり十分な強度を有している。



D : びょう板の内接円直径  
d : 基礎ボルトの呼び径



$$A_c : \text{斜線部 (}\square\text{) の面積} + \frac{\text{重なり部}}{2}$$

$$A_0 : \text{C}\text{部の面積} - \frac{\pi}{2} \cdot d^2$$

(単位:mm)

第2-1図 コンクリートの有効投影面積及び支圧面積

### 3. コンクリートへの熱影響

コンクリートへの熱影響については、[REDACTED]

[REDACTED]にて認可された工事計画の添付資料 12 「原子炉本体の基礎に関する説明書」に示すとおり問題ない。

# 原子炉容器の脆性破壊防止に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 8

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概要 .....	8(3) - 1
2. 基本方針 .....	8(3) - 1
3. 脆性破壊防止に対する設計 .....	8(3) - 2
3.1 原子炉容器に使用する材料 .....	8(3) - 2
4. 評価 .....	8(3) - 2
4.1 評価方針 .....	8(3) - 2
4.2 評価対象となる材料の抽出 .....	8(3) - 3
4.3 破壊靱性の評価方法 .....	8(3) - 4
4.4 評価結果 .....	8(3) - 10

## 1. 概要

本資料は、「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」(以下「技術基準規則」という。)第14条第2項及び第54条第1項第1号並びにそれらの「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(以下「解釈」という。)」に基づき、設計基準対象施設としての原子炉容器の破壊靱性及び想定される重大事故等が発生した場合に、原子炉容器が重大事故等に対処するために流路としての機能を有効に發揮できることを確認するため、破壊靱性に対する評価について説明するものである。あわせて、技術基準規則第17条第1項第1号及び第55条第1項第1号、第2号並びにそれらの解釈に対して、原子炉容器の材料が適切である事を説明する。

今回、設計基準対象設備としての原子炉容器について、上部ふた、ふた管台及び空気抜管の構造及び材料を変更することから、改めて設計基準対象設備としての上部ふた、ふた管台及び空気抜管の破壊靱性に対する評価について説明する。なお、重大事故等対処設備 [REDACTED] としての原子炉容器の破壊靱性に対する評価については、評価対象の炉心領域部に変更はないことから、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号 [REDACTED] にて認可された工事計画の「原子炉容器の脆性破壊防止に関する説明書」から変更はない。

## 2. 基本方針

原子炉容器に使用する材料は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において使用される圧力、温度、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な破壊靱性を有する設計とする。

原子炉容器に使用する材料は、中性子照射の影響を考慮した最低試験温度を確認し、適切な破壊靱性を維持できるよう、保安規定に1次冷却材温度及び圧力の制限範囲を設定することを定めて、原子炉容器の脆性破壊を防止するよう管理する。

放射線に対する影響については、中性子照射量が他部位に比べ1桁以上多い下部胴で代表して評価するため、上部ふた、ふた管台及び空気抜管の評価においては平成29年8月25日付け原規規発第1708253号 [REDACTED]

[REDACTED] にて認可された工事計画の「原子炉容器の脆性破壊防止に関する説明書」から変更はない。

原子炉容器の脆性破壊防止以外の温度、荷重その他の使用条件に対して健全性を維持することについては、添付資料4「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」に示している。

### 3. 脆性破壊防止に対する設計

#### 3.1 原子炉容器に使用する材料

技術基準規則第 17 条を踏まえ、原子炉容器に使用する材料は、強度と韌性に優れる低合金鋼の鋼板及び鍛鋼品で構成し、1 次冷却材と接触する原子炉容器内面部分はステンレス鋼で肉盛りし、耐食性を向上させた設計とする。原子炉容器は脆性破壊防止の観点から、最低使用温度を設定し、適切な温度で使用する。

### 4. 評価

#### 4.1 評価方針

技術基準規則第 14 条への適合性を確認するため、技術基準規則第 14 条の解釈に示される「原子力発電所用機器に対する破壊韌性の確認試験方法 JEAC4206－2007」(日本電気協会) (以下「JEAC4206－2007」という。) の手法を用いて、評価を行う。

設計基準対象施設としては、供用状態 A 及び供用状態 B で考慮している設計過渡条件において、原子炉容器の材料に脆性破壊が生じるおそれがないことを、JEAC4206－2007 附属書 A に基づき、施設時の落重試験方法に応じて、必要関連温度が材料の関連温度を上回っていることで確認する。

試験状態については、JEAC4206－2007 附属書 A に基づき、施設時の落重試験方法に応じて、最低試験温度を確認する。

供用状態 C 及び供用状態 D の評価については、評価対象である炉心領域部に変更がないことから、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号 [REDACTED]

[REDACTED] にて認可された工事計画の「原子炉容器の脆性破壊防止に関する説明書」から変更はない。

また、原子炉容器の材料の上部棚吸収エネルギーの評価についても、評価対象である炉心領域部に変更がないことから、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号 [REDACTED]

[REDACTED] にて認可された工事計画の「原子炉容器の脆性破壊防止に関する説明書」から変更はない。

#### 4.2 評価対象となる材料の抽出

「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2012年版)〈第I編 軽水炉規格〉JSME S NC1-2012」(日本機械学会)(以下「JSME S NC1」という。)に基づいて、評価対象となる材料を抽出する。

評価対象となる材料は、原子炉容器を構成する材料のうち、耐圧部を構成する材料であり、かつ、JSME S NC1 PVB-2311 に示される脆性破壊が生じにくい板厚、断面積、外径及び指定材料等の条件により、破壊非性試験が必要となる材料を全て抽出し、評価を行う。評価対象となる材料を第1表に示す。

第1表 原子炉容器の材料(耐圧部材)

名 称	材 料	備 考 <sup>(注)</sup>
上 部 ふ た	SFVQ1A	$t > 16\text{mm}$

(注)t:材料の厚さ

### 4.3 破壊靱性の評価方法

原子炉容器の耐圧部材料に使用される低合金鋼はフェライト鋼であり、脆性破壊が懸念される材料であることから、評価においては破壊力学を適用する。破壊力学では、欠陥の先端近傍の応力場の強さを応力拡大係数で表し、応力拡大係数が破壊靱性を超えると破壊すると判断する。原子炉容器の材料の評価に当たっては、保守的に欠陥が存在するものと仮定し、欠陥の先端に生じる欠陥の進展力(応力拡大係数)を、供用期間中に想定される圧力・温度条件等から算出する。破壊靱性については、落重試験及び衝撃試験から得られる関連温度( $RT_{NDT}$ )が金属温度と関数の関係にあることから、関連温度を用いて各温度の破壊靱性を算出する。

また、経年劣化事象により破壊靱性の低下が懸念される部位については、供用期間中における劣化を考慮した評価を行う。軽水炉における材料の破壊靱性の低下を伴う劣化事象としては、熱時効と中性子照射脆化が挙げられる。熱時効については、原子炉容器の材料である低合金鋼に対する影響を、財団法人発電設備技術検査協会の研究<sup>(注)</sup>において検証されており、有意な劣化事象ではない。一方、中性子照射脆化については、JEAC4201－2007/2013において監視試験の対象となる中性子照射量  $10^{17}$  ( $n/cm^2$ 、 $E > 1MeV$ )以上となる炉心領域部が含まれるため、考慮が必要である。ただし、中性子照射脆化は 4.1「評価方針」の通り炉心領域部で代表するため、上部ふたが対象の本設計及び工事計画では評価対象外とする。

(注)プラント長寿命化技術開発 低合金鋼・ステンレス鋼等腐食環境材料試験(低合金鋼・ステンレス鋼)(PWR)(平成 6 年 3 月 財団法人 発電設備技術検査協会)

#### 4.3.1 原子炉容器の最低使用温度

原子炉容器の最低使用温度は、設置環境(格納容器内)、使用材料の関連温度等を総合的に考慮し、□に設定している。原子炉容器が□を下回らないように、燃料取替用水の管理水温の下限値等を設計する。

#### 4.3.2 供用状態 A、供用状態 B 及び試験状態の破壊靱性に対する評価方法

JEAC4206-2007 FB-4100に基づき、供用状態 A 及び供用状態 B については、参照破壊靱性と各過渡状態において材料に生じる応力拡大係数の接点から求められる必要関連温度の最低値が、材料の関連温度(初期)を上回っていることを確認する。

また、試験状態については最低試験温度を求め、脆性破壊が生じるおそれのない耐圧・漏えい試験温度を確認する。

##### 4.3.2.1 参照破壊靱性を表す式

供用状態 A、供用状態 B 及び試験状態における破壊靱性を評価するため、JEAC4206-2007 附属書 A の参照破壊靱性( $K_{IR}$ )の曲線を用いる。

参照破壊靱性を表わす式は、(4.1)式を用いる。

$$K_{IR} = 29.46 + 15.16 \exp \{0.0274(T - RT_{NDT})\} \dots \dots \dots \quad (4.1)$$

$K_{IR}$  : 参照破壊靱性(MPa $\sqrt{m}$ )

T : 金属温度(°C)

$RT_{NDT}$  : 材料の関連温度(°C)

##### 4.3.2.2 応力拡大係数の計算

応力拡大係数は、材料に欠陥の存在を想定した場合、過渡時の温度・圧力変化による欠陥の進展力を係数で表す。

供用状態 A、供用状態 B 及び試験状態における応力拡大係数は、添付資料 6-3-2「クラス 1 容器の強度計算書」において有限要素法により算出した膜応力及び曲げ応力を基に算出する。

###### (1) 最大仮想欠陥

JEAC4206-2007 附属書 A より、仮想欠陥は最大応力に垂直な鋭い半だ円形の表面欠陥とし、各材料の板厚  $t$  に対して、以下の深さ及び長さの欠陥を想定する。

- a.  $60mm \leq t < 100mm$  の断面: 仮想欠陥深さ 25mm、長さ 150mm
- b.  $100mm \leq t \leq 300mm$  の断面: 仮想欠陥深さ  $1/4t$ 、長さ 1.5t
- c.  $t > 300mm$  の断面: 仮想欠陥深さ 75mm、長さ 450mm

評価においては、応力が最大となり得る構造不連続部付近で複数の評価点・方向(軸又は周方向)の想定欠陥に対し応力評価を実施し、その中で応力拡大係数が最大となる想定欠陥を評価対象とする。

## (2) 応力拡大係数の計算式

応力拡大係数については、JEAC4206-2007 附属書 A による。

$$K_I = S_F \cdot K_{Ip} + K_{Iq}$$

$$K_{Ip} = K_{IM} + K_{IB}$$

$$K_{Iq} = K_{Im} + K_{Ib}$$

供用期間中の耐圧・漏えい試験時:  $S_F = 1.5$

それ以外:  $S_F = 2$

$K_I$ : 応力拡大係数(MPa $\sqrt{m}$ )

$K_{Ip}$ : 一次応力による応力拡大係数(MPa $\sqrt{m}$ )

$K_{Iq}$ : 二次応力による応力拡大係数(MPa $\sqrt{m}$ )

$K_{IM}$ : 一次膜応力による応力拡大係数(MPa $\sqrt{m}$ )

$K_{IB}$ : 一次曲げ応力による応力拡大係数(MPa $\sqrt{m}$ )

$K_{Im}$ : 二次膜応力による応力拡大係数(MPa $\sqrt{m}$ )

$K_{Ib}$ : 二次曲げ応力による応力拡大係数(MPa $\sqrt{m}$ )

$S_F$ : 安全係数

### a. 供用状態 A 及び供用状態 B での応力拡大係数

供用状態 A 及び供用状態 B での応力拡大係数  $K_I$  は次式で計算する。

$$K_I = 2K_{IM} + 2K_{IB} + K_{Im} + K_{Ib} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (4.2)$$

過渡条件については、運転状態 I 及び運転状態 II の設計過渡条件のうち、圧力が供用前耐圧試験圧力の [ ] を超え、かつ冷却材温度が [ ] になるものを評価の対象とする。

### b. 試験状態での応力拡大係数

試験状態での応力拡大係数  $K_I$  は次式で計算する。

$$K_I = 1.5K_{IM} + 1.5K_{IB} + K_{Im} + K_{Ib} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (4.3)$$

ここで、応力拡大係数の算出については、JEAC4206-2007 附属書 F による。

膜応力が作用する時の応力拡大係数  $K_I$  は、次式で計算する。

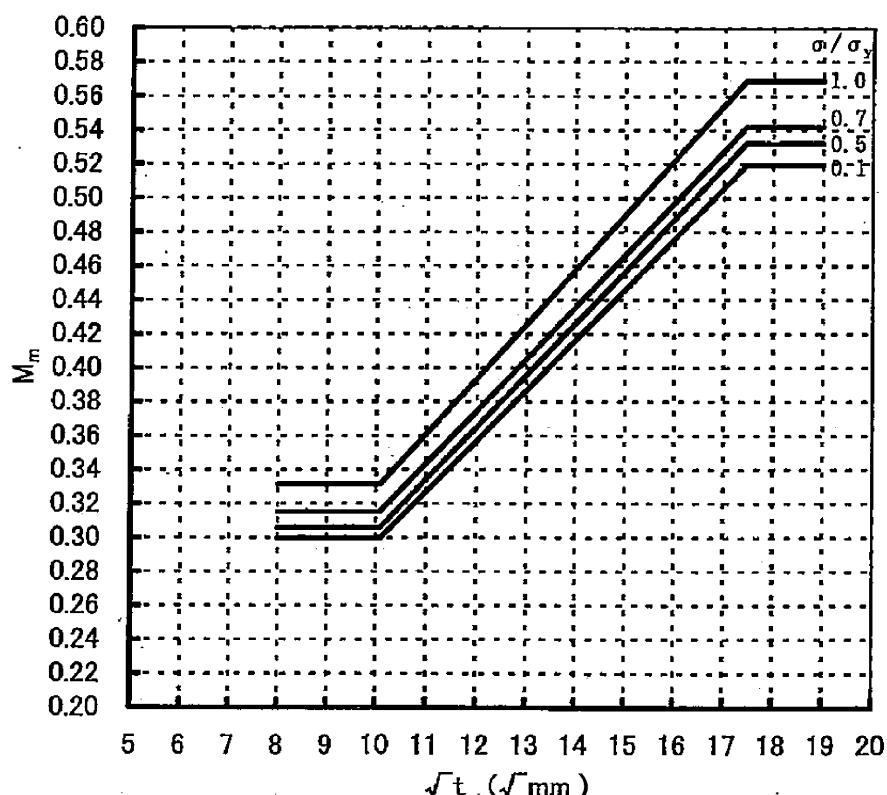
$$K_{IM} \text{ 又は } K_{Im} = M_m \times (\text{膜応力}) \dots \dots \dots \dots \quad (4.4)$$

$M_m$  : 第 1 図で与える係数 ( $\sqrt{m}$ )

曲げ応力(熱応力を含む)が作用する時の応力拡大係数  $K_I$  は、次式で計算する。

$$K_{IB} \text{ 又は } K_{Ib} = M_b \times (\text{曲げ応力}) \dots \dots \dots \dots \quad (4.5)$$

$M_b$  :  $2/3M_m(\sqrt{m})$



第 1 図  $M_m$  と厚さの関係

第1図で次の記号を使用している。

t : 材料の板厚 (mm)  
 σ : 実応力 ( $\sigma = \sigma_M + \sigma_B + \sigma_m + \sigma_b$ ) (MPa)  
 $\sigma_y$  : 降伏応力 (MPa)  
 $\sigma_M$  : 一次膜応力 (MPa)  
 $\sigma_B$  : 一次曲げ応力 (MPa)  
 $\sigma_m$  : 二次膜応力 (MPa)  
 $\sigma_b$  : 二次曲げ応力 (MPa)

#### 4.3.2.3 判定基準(必要関連温度、最低試験温度)

供用状態 A 及び供用状態 B において、材料が適切な破壊靱性を有することを確認するため、判定基準となる必要関連温度( $RT_{NDT, req}$ )を求める。

また、試験状態において、材料が適切な破壊靱性を有する試験温度に管理できるよう、最低試験温度を求める。

原子炉容器の材料については、施設時の適用規格に基づく試験方法により関連温度を確認する。評価に当たっては、関連温度(初期)は保守的に、材料調達時における設計要求の上限値を用いる。

#### 4.3.2.4 供用状態 A 及び供用状態 B における必要関連温度

脆性破壊は、材料の応力拡大係数( $K_I$ )が参照破壊靱性( $K_{IR}$ )より小さい場合には発生しない。参照破壊靱性( $K_{IR}$ )は、関連温度( $RT_{NDT}$ )の関数であるため、関連温度( $RT_{NDT}$ )を管理することで脆性破壊を防止できる。

必要関連温度( $RT_{NDT,req}$ )は、4.3.2.1「参照破壊革性を表わす式」に示す式  $K_{IR}=29.46+15.16\exp\{0.0274(T-RT_{NDT})\}$ を(4.6)式に変形し、 $K_I = K_{IR}$ とおいて、4.3.2.2「応力拡大係数の計算」により計算する応力拡大係数( $K_I$ )及び金属温度( $T$ )を用いて算出する。

$$RT_{NDT, \text{req}} = T - \frac{1}{0.0274} \ln \left( \frac{K_I - 29.46}{15.16} \right) \dots \quad (4.6)$$

K<sub>I</sub> : 応力拡大係数 (MPa $\sqrt{m}$ )  
 T : 金属温度 (°C)  
 RT<sub>NDT, req</sub> : 必要関連温度 (°C)

#### 4.3.2.5 試験状態における最低試験温度

試験状態に対しては、試験中における脆性破壊を防止するため、

#### 4.3.2.1「参考破壊革性を表わす式」に示す式

$K_{IR}=29.46+15.16\exp\{0.0274(T-RT_{NDT})\}$ を(4.7)式に変形し、 $K_I = K_{IR}$ とおいて、4.3.2.2「応力拡大係数の計算」により計算する応力拡大係数( $K_I$ )及び4.3.2.3「判定基準(必要関連温度、最低試験温度)」で決定する材料の関連温度( $RT_{NDT}$ )を用いて最低試験温度( $T_{MIN}$ )を求める。

$$T_{MIN} = \frac{1}{0.0274} \ln \left( \frac{K_I - 29.46}{15.16} \right) + RT_{NDT} \quad \dots \dots \dots \quad (4.7)$$

$K_I$  :応力拡大係数(MPa $\sqrt{m}$ )

T<sub>MIN</sub> : 最低試驗溫度 (°C)

RT<sub>NDT</sub> : 材料の関連温度(°C)

## 4.4 評価結果

### 4.4.1 供用状態 A、供用状態 B 及び試験状態における評価結果

#### 4.4.1.1 供用状態 A 及び供用状態 B における評価結果

供用状態 A 及び供用状態 B における原子炉容器の材料の破壊靭性を評価する。

原子炉容器の材料の関連温度( $RT_{NDT}$ )は、4.3.1「原子炉容器の最低使用温度」に示す最低使用温度 [ ] より  $33^{\circ}\text{C}$  低い<sup>(注)</sup> [ ] とならないよう管理することで、最低使用温度以上では脆性破壊が生じないため、材料調達時に設計要求を [ ] としていることから、[ ] を材料の関連温度(初期)とする。

評価対象となる材料の関連温度( $RT_{NDT}$ )並びに供用状態 A 及び供用状態 B における各部の材料に対する必要関連温度( $RT_{NDT, req}$ )の最低値を第 2 表に示す。

必要関連温度は、材料の関連温度を上回っており、破壊靭性の要求を満足する。

保安規定では、中性子照射の影響を考慮し適切な破壊靭性を維持できるよう、監視試験片の評価結果に基づきプラント起動・停止時の 1 次冷却材温度及び圧力の制限範囲を設定することを定めて、原子炉容器の脆性破壊を防止するよう管理する。

(注) Pellini らの研究により、関連温度  $+33^{\circ}\text{C}$  より高温では脆性破壊が生じないことが確認されており、新設される容器の耐圧試験温度は、この知見に基づき設定されている。

#### 4.4.1.2 試験状態における評価結果

評価対象となる材料に対する最低試験温度を第 3 表に示す。

供用期間中の耐圧・漏えい試験を最低試験温度以上で実施すれば、脆性破壊が生じるおそれがないため、破壊靭性の要求を満足する。

保安規定では、中性子照射の影響を考慮し適切な破壊靭性を維持できるよう、監視試験片の評価結果に基づき試験時の 1 次冷却材温度及び圧力の制限範囲を設定することを定めて、原子炉容器の脆性破壊を防止するよう管理する。

第2表 供用状態A及び供用状態Bにおける必要関連温度

名称	材料	応力拡大係数 $K_I$ (MPa $\sqrt{m}$ )	必要関連温度の 最低値 (°C)	材料の関連温度 (°C)
上部ふた	SFVQ1A	111.4	68	[REDACTED]

第3表 最低試験温度

名称	材料	応力拡大係数 $K_I^{(注)}$ (MPa $\sqrt{m}$ )	最低試験温度 (°C)
上部ふた	SFVQ1A	146.7	63

(注)圧力は、17.16MPa。

設計及び工事に係る品質マネジメントシステム  
に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 9

玄海原子力発電所第3号機

# 設計及び工事に係る品質マネジメントシステム

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-1

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

頁

1. 概 要 .....	9 (3) - 1 - 1
2. 基本方針 .....	9 (3) - 1 - 2
3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る 品質管理の方法等 .....	9 (3) - 1 - 5
3.1 設計、工事及び検査に係る組織 (組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。) .....	9 (3) - 1 - 5
3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査 .....	9 (3) - 1 - 7
3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画 ..	9 (3) - 1 - 12
3.4 工事に係る品質管理の方法 .....	9 (3) - 1 - 23
3.5 使用前事業者検査 .....	9 (3) - 1 - 25
3.6 設工認における調達管理の方法 .....	9 (3) - 1 - 34
3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ .....	9 (3) - 1 - 39
3.8 不適合管理 .....	9 (3) - 1 - 44
4. 適合性確認対象設備の保守管理 .....	9 (3) - 1 - 45
5. 様 式 .....	9 (3) - 1 - 47

## 1. 概 要

本資料は、設計及び工事の計画（以下「設工認」という。）の「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」（以下「設工認品管計画」という。）及び原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）に基づき、設工認の技術基準規則等に対する適合性の確保に必要な設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画、並びに、工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画を記載する。

## 2. 基本方針

本資料では、設工認における、「設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画」及び「工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画」を、以下のとおり説明する。

### (1) 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画

「設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画」として、以下に示す2つの段階を経て実施した設計の管理の方法を「3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等」に記載する。

具体的には、組織について「3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。）」に、実施する各段階について「3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査」に、品質管理の方法について「3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画」に、調達管理の方法について「3.6 設工認における調達管理の方法」に、文書管理、識別管理、トレーサビリティについて「3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ」に記載する。

これらの方で行った管理の具体的な実績を、様式-1「本設計及び工事の計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画（例）」（以下「様式-1」という。）を用いて資料9-2に示す。

- a. 実用炉規則別表第二対象設備のうち、設工認対象設備に対する技術基準規則の条文ごとの基本設計方針の作成
- b. 「a.」で作成した条文ごとの基本設計方針を基に、実用炉規則の別表第二に示された事項に対して必要な設計を含む技術基準規則等への適合に必要な設備の設計

これらの設計に係る記載事項には、設計の要求事項として明確にしている事項及びその審査に関する事項、設計の体制として組織内外の部門間の相互関係、設計開発の各段階における審査等に関する事項並びに組織の外部の者との情報伝達に関する事項等を含めて記載する。

(2) 工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画

「工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画」として、設工認対象設備（該当する場合には、設工認申請（届出）時点で設置されている設備を含む。）の工事及び検査に係る品質管理の方法を「3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等」に記載する。

具体的には、組織について「3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。）」に、実施する各段階について「3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査」に、品質管理の方法について「3.4 工事に係る品質管理の方法」及び「3.5 使用前事業者検査」に、調達管理の方法について「3.6 設工認における調達管理の方法」に、文書管理、識別管理、トレーサビリティについて「3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ」に記載する。

これらの工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画を、様式-1 を用いて資料 9-2 に示す。

工事及び検査に係る記載事項には、工事及び検査に係る要求事項として明確にする事項及びその審査に関する事項、工事及び検査の体制として組織内外の部門間の相互関係（使用前事業者検査等の独立性、資源管理及び物品の状態保持に関する事項を含む。）、工事及び検査に必要なプロセスを踏まえた全体の工程及び各段階における監視測定、妥当性確認及び検査等に関する事項（記録、識別管理、トレーサビリティ等に関する事項を含む。）並びに組織の外部の者との情報伝達に関する事項等を含めて記載する。

(3) 設工認対象設備の保守管理

適合性確認対象設備（該当する場合には、設工認申請（届出）時点で設置されている設備を含む。）は、必要な機能・性能を発揮できる状態に維持されていることが不可欠であり、その維持の管理の方法について「4. 適合性確認対象設備の保守管理」で記載する。

(4) 設工認で記載する設計、工事及び検査以外の品質保証活動

設工認に必要な設計、工事及び検査は、設工認品管計画に基づく管理の下で実施するため、(1)～(3)に関する事項以外の事項については、保安規定の品質マネジメントシステム計画（以下「品質マネジメントシステム計画」という。）に従った管理を実施する。具体的には、責任と権限（品質マネジメントシステム計画「5.5 責任、権限及び情報の伝達」）、原子力の安全の確保の重視（品質マネジメントシ

システム計画「5.2 原子力の安全の確保の重視」)、必要な要員の力量管理を含む資源の管理(品質マネジメントシステム計画「6 資源の管理」)及び評価及び改善(品質マネジメントシステム計画「8 評価及び改善」)等の必要な管理を実施する。

また、当社の品質保証活動は、健全な安全文化を育成し維持するための活動と一体となった活動を実施している。

設工認申請(届出)時点で設置されている設備に対して適合性確認を行う場合でも、対象設備の中には、現在のような健全な安全文化を育成し維持するための活動を意識したものとなっていなかった時期に導入している設備もあるが、それらの設備についても現在の安全文化につながる様々な品質保証活動を行っている。(添付－1「建設時からの品質保証体制」 第1表参照)

3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等

設工認における設計、工事及び検査に係る品質管理は、品質マネジメントシステムに基づき実施する。

3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。）

設工認に基づく設計、工事及び検査は、品質マネジメントシステム計画の「5.5.1 責任及び権限」に従い、本店組織及び発電所組織に係る体制で実施する。

設計（「3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画」）、工事（「3.4 工事に係る品質管理の方法」）、検査（「3.5 使用前事業者検査」）並びに調達（「3.6 設工認における調達管理の方法」）の各プロセスにおける主管組織を第3.1-1表に示す。第3.1-1表に示す各主管組織の長は、担当する設備に関する設計、工事及び検査並びに調達について、責任と権限を持つ。

各主任技術者は、それぞれの職務に応じた監督を行うとともに、相互の職務について適宜情報提供を行い、意思疎通を図る。

設計から工事及び検査への設計結果の伝達、当社から供給者への情報伝達等、組織内外の部門間や組織間の情報伝達については、設工認に従い確実に実施する。

### 3.1.1 設計に係る組織

設工認に基づく設計は、第 3.1-1 表に示す主管組織のうち、「3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画」に係る組織が設計を主管する組織として実施する。この設計は、設計を主管する組織を統括する部長（所長）の責任の下で実施する。

設工認に基づき実施した設計の具体的な体制については、設工認に示す設計の段階ごとに様式-1 を用いて資料 9-2 に示す。

### 3.1.2 工事及び検査に係る組織

設工認に基づく工事は、第 3.1-1 表に示す主管組織のうち、「3.4 工事に係る品質管理の方法」に係る組織が工事を主管する組織として実施する。

設工認に基づく検査は、第 3.1-1 表に示す主管組織のうち、「3.5 使用前事業者検査」に係る箇所が検査を主管する組織として実施する。

設工認に基づき実施した工事及び検査の具体的な体制については、設工認に示す工事及び検査の段階ごとに様式-1 を用いて資料 9-2 に示す。

第 3.1-1 表 設計及び工事の実施の体制

項目番号	プロセス	主管組織
3.3	設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画	原子力管理部門 原子力経年対策グループ
3.4	工事に係る品質管理の方法	原子力管理部門 原子力経年対策グループ 保修第二課
3.5	使用前事業者検査	原子力管理部門 原子力経年対策グループ 保修第二課 安全品質保証統括室
3.6	設工認における調達管理の方法	原子力管理部門 原子力経年対策グループ 原子力技術部門 原子燃料技術グループ 保修第二課

### 3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査

#### 3.2.1 設計及び工事のグレード分けの適用

設工認における設計は、設工認対象設備（該当する場合には設工認申請（届出）時点で設置されている設備を含む。）に対し、第 3.2-1 表に示す「設工認における設計等、工事及び検査の各段階」に従って技術基準規則等の要求事項への適合性を確保するために実施する工事に係る設計である。

この設計は、設工認品管計画「3.2.1 設計及び工事のグレード分けの適用」に示すグレード（添付-2「当社におけるグレード分けの考え方」第 1 表参照）に従い、「設計・調達管理基準」に基づき管理する。

#### 3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその審査

設工認として必要な設計、工事及び検査の基本的な流れを第 3.2-1 図及び第 3.2-2 図に示す。また、設工認における設計、設工認申請（届出）手続き、工事及び検査の各段階と品質マネジメントシステム計画との関係を第 3.2-1 表に示す。

品質マネジメントシステム計画「7.3.4 設計開発レビュー」に基づき設計の結果が要求事項を満たせるかどうかを評価し、問題を明確にし、必要な処置を提案する設計の各段階におけるレビューは、適切な段階において設計を主管する組織が実施するとともに、「保安活動に関する文書及び記録の管理基準」に基づき記録を管理する。設計におけるレビューの対象となる段階を第 3.2-1 表

に「※」で示す。

このレビューについては、第 3.1-1 表に示す設計又は工事を主管する組織で当該設備の設計に関する力量を有する専門家を含めて実施する。

(1) 実用炉規則別表第二対象設備に対する管理

設工認のうち、実用炉規則別表第二対象設備における適合性確認に必要な作業と検査の繋がりを第 3.2-1 図に示す。

なお、実用炉規則別表第二対象設備のうち、設工認申請（届出）が不要な工事を行う場合は、設工認品管計画のうち、必要な事項を適用して設計、工事及び検査を実施し、工事が設工認のとおりであること及び技術基準規則に適合していることを確認する。

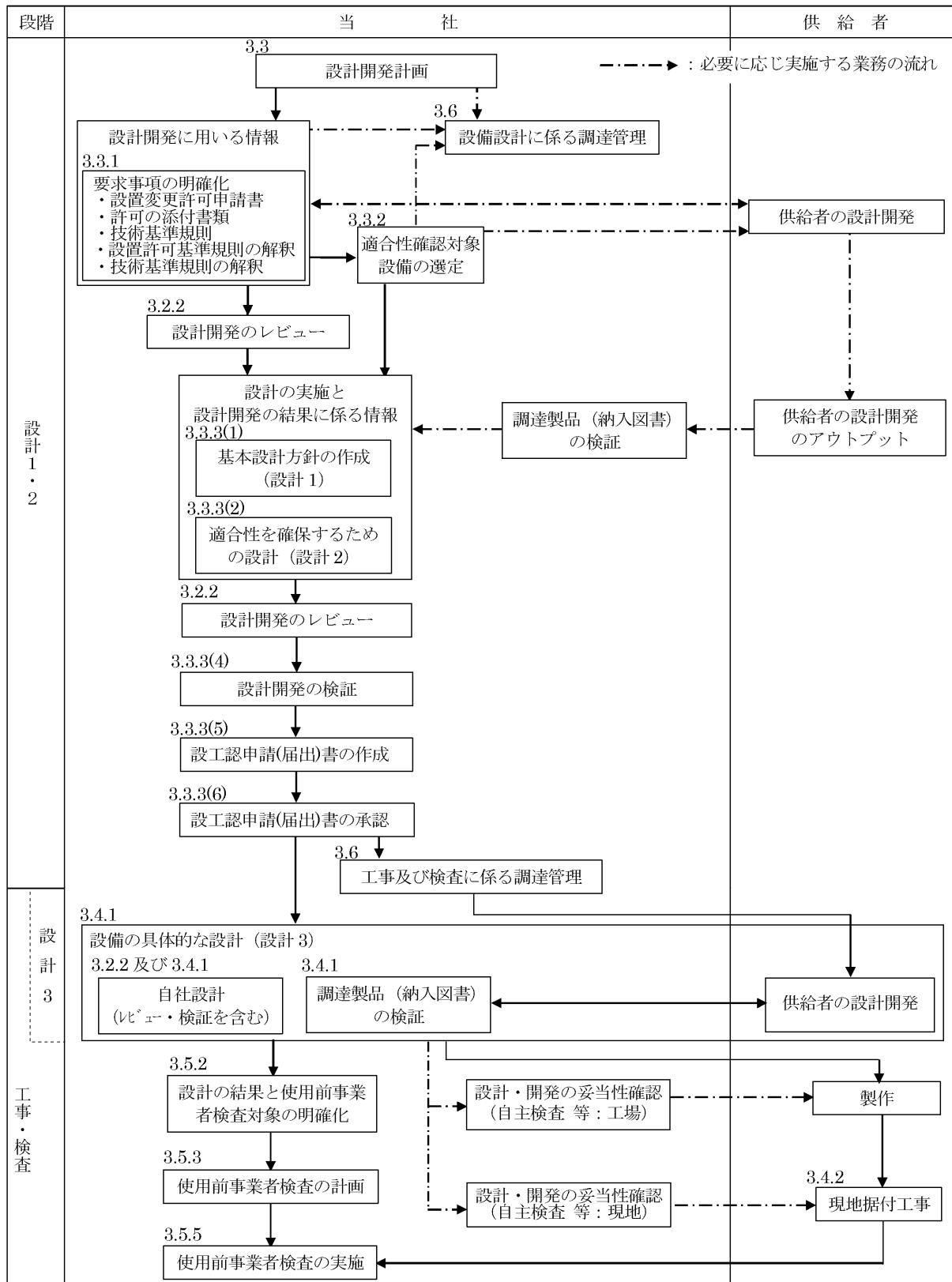
(2) 主要な耐圧部の溶接部に対する管理

設工認のうち、主要な耐圧部の溶接部に対する必要な設計、工事及び検査の管理は、「3.4 工事に係る品質管理の方法」、「3.5 使用前事業者検査」及び「3.6 設工認における調達管理の方法」に示す事項（第 3.2-1 表における「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」～「3.6 設工認における調達管理の方法」）のうち、必要な事項を適用して設計、工事及び検査を実施し、工事が設工認のとおりであること及び技術基準に適合していることを確認する。

第3.2-1表 設工認における設計等、工事及び検査の各段階

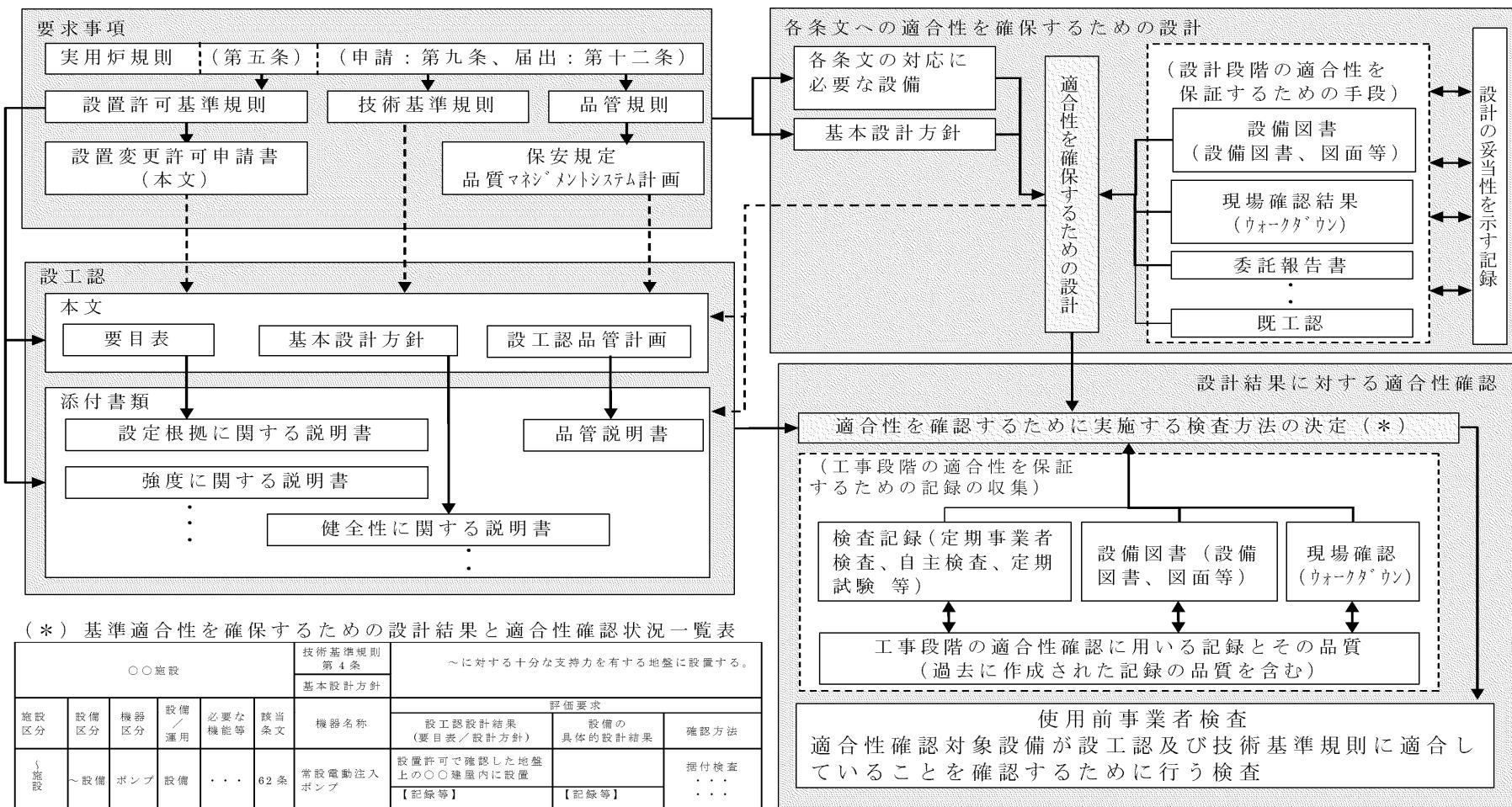
各段階		品質マネジメントシステム計画の対応項目	概要
設計	3.3	設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画	7.3.1 設計開発計画 適合性を確保するために必要な設計を実施するための計画
	3.3.1※	適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化	7.3.2 設計開発に用いる情報 設計に必要な新規制基準の要求事項の明確化
	3.3.2	各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定	— 要求事項に対応するための設備・運用の抽出
	3.3.3(1)※	基本設計方針の作成（設計1）	7.3.3 設計開発の結果に係る情報 要求事項を満足する基本設計方針の作成
	3.3.3(2)※	適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）	7.3.3 設計開発の結果に係る情報 適合性確認対象設備に必要な設計の実施
	3.3.3(4)	設計開発の結果に係る情報に対する検証	7.3.5 設計開発の検証 基準適合性を確保するための設計の妥当性のチェック
	3.3.3(5)	設工認申請（届出）書の作成	— 実用炉規則 第九条に従った申請書又は実用炉規則 第十二条に従った届出書の作成
	3.3.3(6)	設工認申請（届出）書の承認	— 作成した設工認申請（届出）書の承認
	3.3.4※	設計における変更	7.3.7 設計開発の変更の管理 設計対象の追加や変更時の対応
工事及び検査	3.4.1※	設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）	7.3.3 設計開発の結果に係る情報 7.3.5 設計開発の検証 設工認を実現するための具体的な設計
	3.4.2	設備の具体的な設計に基づく工事の実施	— 適合性確認対象設備の工事の実施
	3.5.1	使用前事業者検査の確認事項	— 使用前事業者検査における確認すべき事項の整理
	3.5.2	設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がりの明確化	— 検査に先立ち設計の結果と使用前事業者検査の対象との繋がりを整理
	3.5.3	使用前事業者検査の計画	— 適合性確認対象設備が、設工認への適合性を確認する計画と方法の決定
	3.5.4	検査計画の管理	— 使用前事業者検査の工程等の管理
	3.5.5	主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理	— 溶接が特殊工程であることを踏まえた使用前事業者検査の管理
調達	3.5.6	使用前事業者検査の実施	7.3.6 設計開発の妥当性確認 8.2.4 機器等の検査等 認可された設工認どおり、要求事項に対する適合性が確保されていることを確認
	3.6	設工認における調達管理の方法	7.4 調達 設工認に必要な、設計、工事及び検査に係る調達管理

※：「3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその審査」でいう、品質マネジメントシステム計画の「7.3.4 設計開発レビュー」対応項目



\*1: バックフィットにおける「設計」は、要求事項を満足した設備とするための基本設計方針を作成 (設計 1) し、その結果を要求事項として、既に設置されている適合性確認対象設備の現状を念頭に置きながら各要求事項に適合させるための詳細設計 (設計 2) を行う行為をいう。

第 3.2-1 図 適合性を確保するために必要な当社の活動 (基本フロー)



第3.2-2図 適合性確認に必要な作業と検査の繋がり

### 3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画

設計を主管する組織の長は、設工認における技術基準規則等への適合性を確保するための設計を、「設計・調達管理基準」に基づき、要求事項の明確化、適合性確認対象設備の選定、基本設計方針の作成及び適合性を確保するための設計の段階を設計開発計画に明確化し、この計画に従い実施する。

以下に設計開発計画で明確化した各段階における活動内容を示す。

#### 3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化

設工認における設計に必要な要求事項は、以下のとおりとする。

- ・「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（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 5 号）」（以下「設置許可基準規則」という。）に適合しているとして許可された設置変更許可申請書
- ・技術基準規則

また、必要に応じて以下を参照する。

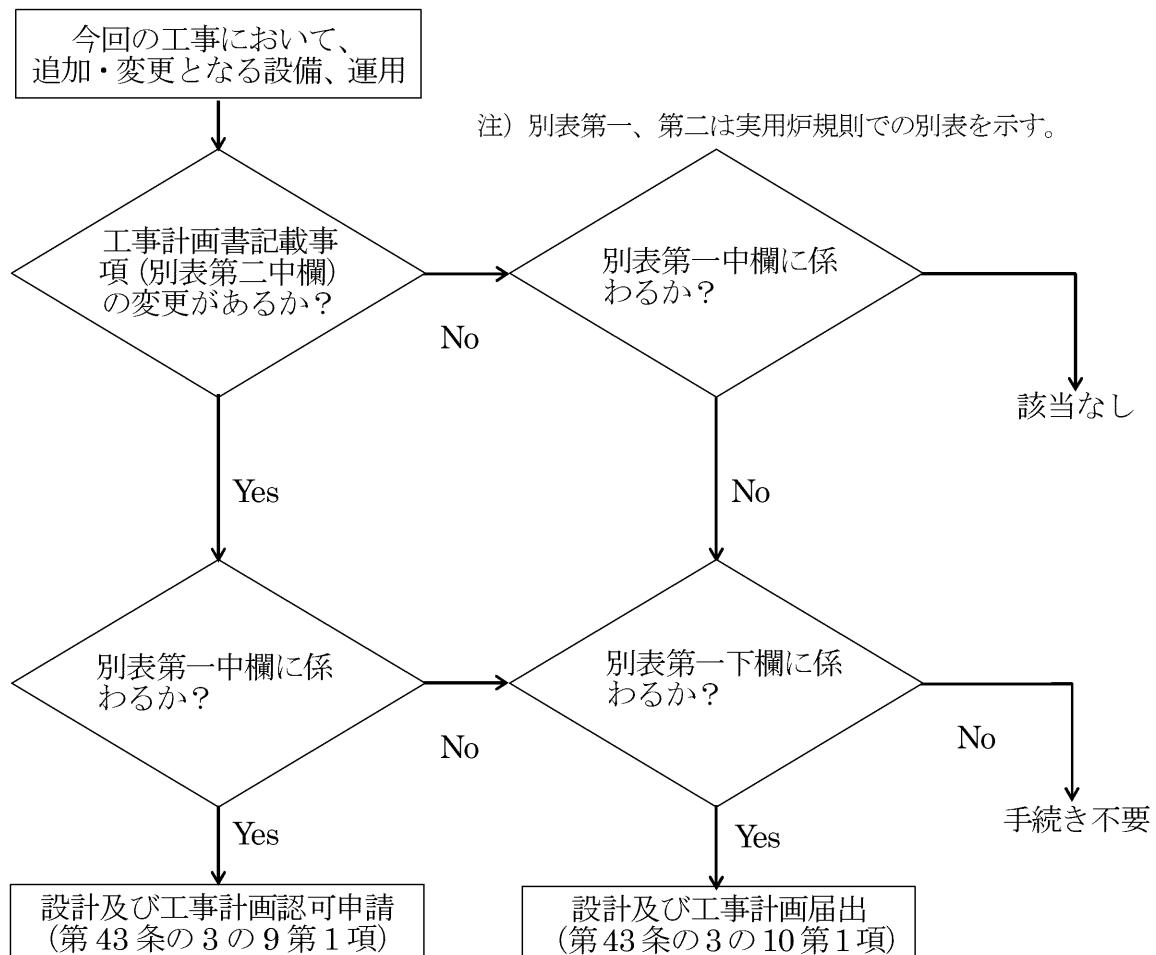
- ・許可された設置変更許可申請書の添付書類
- ・設置許可基準規則の解釈
- ・技術基準規則の解釈

#### 3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定

適合性確認対象設備に対する要求事項への適合性を確保するため、設置変更許可申請書に記載されている設備及び技術基準規則への対応に必要な設備（運用を含む。）を、実際に使用する際の系統・構成で必要となる設備を含めた適合性確認対象設備として、以下に従って抽出する。

適合性確認対象設備を明確にするため、設工認に関連する工事において追加・変更となる設備・運用のうち設工認の対象となる設備・運用を、要求事項への適合性を確保するために実際に使用する際の系統・構成で必要となる設備・運用を考慮しつつ第 3.3-1 図に示すフローに基づき抽出する。

抽出した結果を様式-2「設備リスト（例）」（以下「様式-2」という。）の該当する条文の設備等欄に整理するとともに、設備／運用、既設／新設、追加要求事項に対して必須の設備・運用の有無、実用炉規則 別表第二の記載対象設備に該当の有無、既設工認での記載の有無、実用炉規則 別表第二に関連する施設区分／設備区分及び設置変更許可申請書添付八主要設備記載の有無等の必要な要件を明確にする。



第3.3-1図 適合性確認対象設備の抽出について

### 3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証

適合性確認対象設備の技術基準規則等への適合性を確保するために、「設計1」、「設計2」を以下のとおり実施する。

#### (1) 基本設計方針の作成（設計1）

様式-2で整理した適合性確認対象設備の要求事項に対する適合性確保に必要な詳細設計を「設計2」で実施するに先立ち、適合性確認対象設備に必要な要求事項のうち、設置変更許可申請書及び技術基準規則に対する設計を漏れなく実施するために、以下により、適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則の条項号を明確にするとともに、技術基準規則の条文ごとに関連する要求事項を含めて設計すべき事項を明確にした基本設計方針を作成する。

## a. 適合性確認対象設備と適用条文の整理

適合性確認対象設備の技術基準規則への適合に必要な設計を確実に実施するため、以下により、適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則を条項号単位で明確にする。

- (a) 技術基準規則の条文ごとに実用炉規則 別表第二の発電用原子炉施設の種類に示された各施設区分との関係を明確にし、明確にした結果とその理由を、様式－3「技術基準規則の各条文と各施設における適用要否の考え方（例）」（以下「様式－3」という。）の「適用要否判断」欄と「理由」欄に取りまとめる。
- (b) 様式－3に取りまとめた結果を、様式－4「施設と条文の対比一覧表（例）」（以下「様式－4」という。）の該当箇所を星取りにて取りまとめ、施設ごとに適用される技術基準規則の条文を明確にする。
- (c) 適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則の各条文の関係を様式－3及び様式－4に代え整理することが可能な場合には、様式－3及び様式－4に代えることができる。
- (d) 様式－2で明確にした適合性確認対象設備を、実用炉規則 別表第二の発電用原子炉施設の種類に示された施設区分ごとに、様式－5－1「技術基準規則と設工認書類との関連性を示す星取表（例）」（以下「様式－5－1」という。）及び様式－5－2「設工認添付書類星取表（例）」（以下「様式－5－2」という。）に反映する。様式－4でまとめた結果を用いて、設備ごとに適用される技術基準規則の条項号を明確にし、各条文と設工認との関連性を含めて様式－5－1で整理する。

## b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成

適合性確認対象設備に必要な要求事項を具体化し、漏れなく適用していくための基本設計方針を、設工認の適合性確認対象設備に適用される技術基準規則の条文ごとに作成する。

基本設計方針の作成にあたっては、基本設計方針の作成を統一的に実施するための考え方を定めた「工事計画業務要領」に従い、これに基づき技術基準規則の条文ごとに作成する。この基本設計方針の作成に当たっての統一的な考え方の概要を添付－3 の「技術基準規則ごとの基本設計方針の作成に当たっての基本的な考え方」に示す。

具体的には、様式－7「要求事項との対比表（例）」（以下「様式－7」という。）に、基本設計方針の作成に必要な情報として、技術基準規則の各条

文とその解釈、関係する設置変更許可申請書本文とその添付書類に記載されている内容を引用し、その内容を確認しながら、設計すべき項目を漏れなく作成する。

基本設計方針の作成に併せて、基本設計方針として記載する事項とそれらの技術基準規則への適合性の考え方、基本設計方針として記載しない場合の考え方及び詳細な検討が必要な事項として含めるべき実用炉規則 別表第二に示された添付書類との関係を明確にし、それらを様式－6「各条文の設計の考え方（例）」（以下「様式－6」という。）に取りまとめる。

作成した基本設計方針をもとに、抽出した適合性確認対象設備に対する耐震重要度分類、機器クラス、兼用する際の登録の考え方及び当該適合性確認対象設備に必要な設工認書類との関連性を様式－5－2 に明確にする。なお、過去に作成した基本設計方針が適用できる場合には、「3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定」で作成する様式－2 に項目をおこして明確にすることができる。

## (2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2）

様式－2 で整理した適合性確認対象設備に対し、今回新たに設計が必要な基本設計方針への適合性を確保するための詳細設計を、「設計 1」の結果を用いて実施する。

具体的には、適合性確認対象設備に係る設計すべき事項を明確化した様式－5－1、様式－5－2 及び様式－7 等の「設計 1」の結果（適合性確認対象設備、技術基準規則、作成が必要な設工認本文・添付資料の項目、基本設計方針との関係）を踏まえ、適合性確認対象設備を技術基準規則に適合させるための必要となる詳細設計（対象設備の仕様の決定を含む。）を実施し、設備の具体的設計の方針を決定する。詳細設計に関しては、基本設計方針の要求種別に応じて第 3.3－1 表に示す要求種別ごとの「主な設計事項」に示す内容について実施する。具体的には、「3.7.1 文書及び記録の管理」で管理されている設備図書等の品質記録や「3.6 設工認における調達管理の方法」に従った調達からの委託報告書をインプットとして、基本設計方針に対し、適合性確認対象設備が技術基準規則等の必要な設計要求事項への適合性を確保するための設計の方針（要求機能、性能目標、防護方針等を含む。）を定めるための設計を実施する。

設工認申請（届出）時点で設置されている設備に対して適合性確認を行う場合は、その設備が定められた設計の方針を満たす機能・性能を有している

ことを確認した上で、設工認申請（届出）に必要な設備の仕様等を決定する。

この詳細設計は、様式－6 で明確にした詳細な検討を必要とした事項を含めて実施するとともに、以下に該当する場合は、その内容に従った設計を実施する。

a. 評価（解析を含む）を行う場合

詳細設計として評価を実施する場合は、基本設計方針を基に詳細な評価方針及び評価方法を定めたうえで、評価を実施する。また、評価の実施において、解析を行う場合は、「3.3.3(3) 詳細設計の品質を確保する上で重要な活動の管理」に基づく管理を行うことにより信頼性を確保する。

b. 複数の機能を兼用する設備の設計を行う場合

複数の機能（施設間を含む。）を兼用する設備の設計を行う場合は、兼用する全ての機能を踏まえた設計を確実に実施するため、組織間の情報伝達を確実に行い、兼用する機能ごとの系統構成を把握し、兼用する機能を集約したうえで、兼用する全ての機能を満たすよう設計を実施する。この場合の具体的な設計の流れを第 3.3－2 図に示す。

c. 設備設計を他設備の設計に含めて設計を行う場合

設備設計を他設備の設計に含めて設計を行う場合は、設計が確実に行われるようにするために、組織間の情報伝達を確実に行い、設計をまとめて実施する側で複数の対象を考慮した設計を実施したのち、設計を委ねている側においても、その設計結果を確認する。

d. 他号機と共に用する設備の設計を行う場合

様式－2 をもとに他号機と共に用する設備の設計を行う場合は、設計が確実に行われることを確実にするため、組織間の情報伝達を確実に行い、号機ごとの設計範囲を明確にし、必要な設計が確実に行われるよう管理する。

上記 4 つの場合において、設計の妥当性を検証し、設計の方針を満たすことを確認するために検査を実施しなければならない場合は、検査の条件及び方法を定めたうえで実施する。

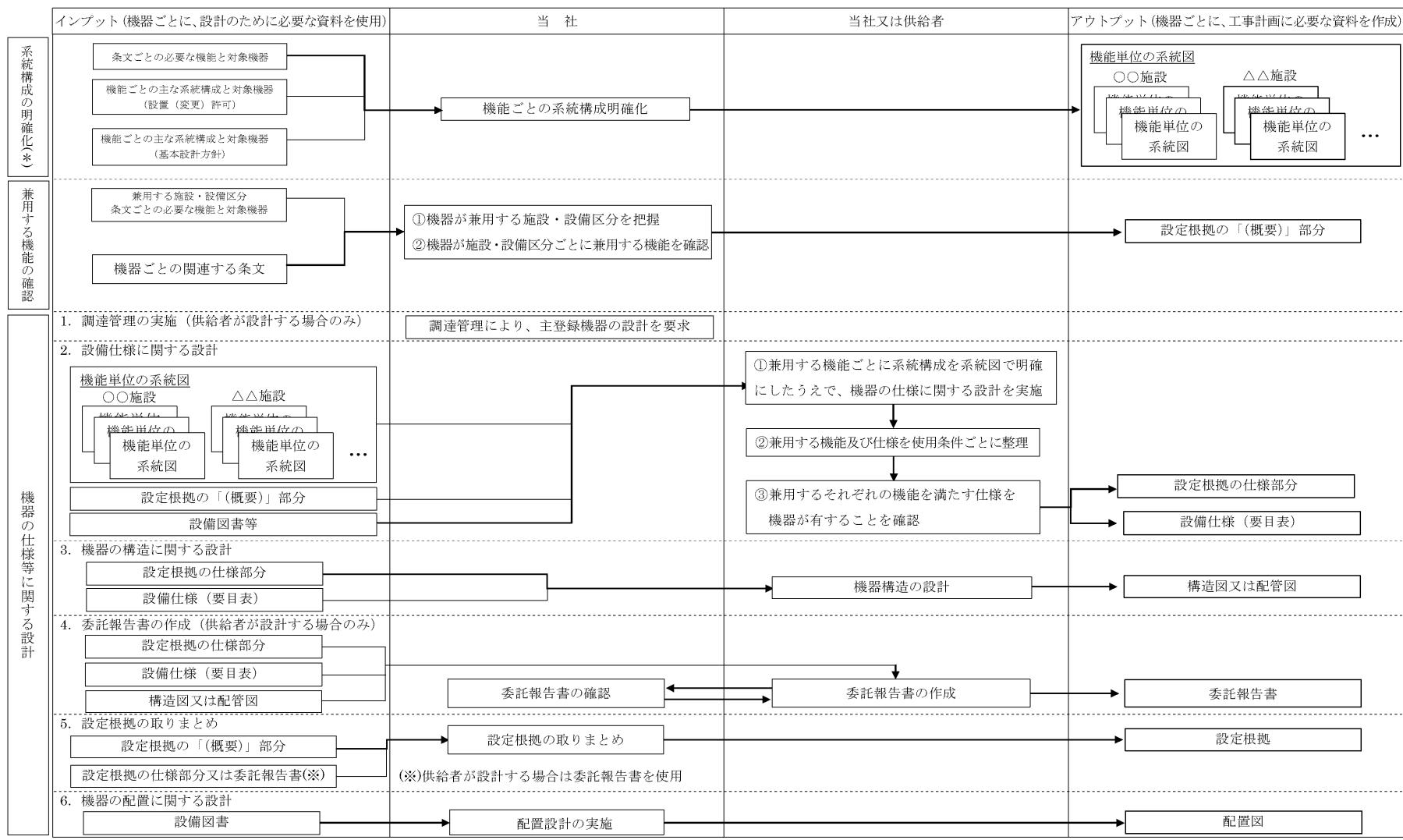
これらの設計として実施したプロセスの実績を様式－1 で明確にする。

第 3.3－1 表に示す要求種別のうち「運用要求」に分類された基本設計方針については、本店組織の保安規定を取りまとめる組織にて、保安規定として必要な対応を実施する。

第3.3-1表 要求種別ごとの適合性の確保に必要となる主な設計事項とその妥当性を示すための記録との関係

要求種別			主な設計事項	設計方針の妥当性を示す記録
設備	設置要求	必要となる機能を有する設備の選定	設置変更許可申請書に記載した機能を持つために必要な設備等の選定	・社内決定文書 等
	系統構成	目的とする機能を実際に発揮させるために必要な具体的な系統構成・設備構成	設置変更許可申請書の記載を基にした、実際に使用する系統構成・設備構成の決定	・社内決定文書 ・有効性評価結果(設置変更許可申請書での安全解析の結果を含む) ・系統図 ・設備図書(図面、構造図、仕様書) 等
	機能要求	目的とする機能を実際に発揮させるために必要な設備の具体的な仕様	仕様設計 構造設計 強度設計(クラスに応じて) 耐震設計(クラスに応じて) 耐環境設計 配置設計	・社内決定文書 ・設備図書(図面、構造図、仕様書) ・インターロック線図 ・算出根拠(計算式等) ・カタログ 等
	評価要求	対象設備が目的とする能力を持つことを示すための方法とそれに基づく評価	仕様決定のための解析 基準適合性確認のための解析 条件設定のための解析 実証試験	・社内決定文書 ・解析計画(解析方針) ・委託報告書(解析結果) ・手計算結果 等
運用	運用要求	運用方法について保安規定に基づき計画	維持・運用のための計画の作成	—

第3.3-2図 主要な設備の設計



### (3) 詳細設計の品質を確保する上で重要な活動の管理

詳細設計の品質を確保する上で重要な活動となる、「調達による解析」及び「手計算による自社解析」について、信頼性を確保するため以下の管理を実施する。

#### a. 調達による解析の管理

基本設計方針に基づく詳細設計で解析を実施する場合は、解析結果の信頼性を確保するため、設工認品管計画に基づく品質保証活動を行う上で、特に以下の点に配慮した活動を実施し、品質を確保する。

##### (a) 調達による解析

調達により解析を実施する場合は、解析の信頼性を確保するために、供給者に対し、次に示す管理を確実にするための品質保証要求事項や解析業務に関する要求事項等の調達要求事項を調達仕様書により要求し、それに従った品質保証体制の下で解析を実施させるよう「3.6 設工認における調達管理の方法」に従った調達管理を実施する。解析の調達管理に関する具体的な流れを添付-4「設工認における解析管理について」(以下「添付-4」という。) 第1表に示す。

#### イ. 解析を実施する要員の力量管理（品質マネジメントシステム計画「6 資源の管理」）

- ・解析対象業務の経験等により、当該解析に関する力量を有しているとされた要員による解析の実施

#### ロ. 解析業務に関する業務の計画（解析業務計画書）の作成とそれに基づく業務の実施（品質マネジメントシステム計画「7 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施」）

- ・解析業務着手時に、従事する要員に対して、実施する解析の重要性を意識付けするための教育の実施
- ・使用するコードが正しい値を出力できることを確実にするためのコードの検証（「(b) 計算機プログラム（解析コード）の管理」参照）
- ・適切な入力情報の使用（「(c) 解析業務で用いる入力情報の伝達」参照）と、それに基づく入力根拠の作成（「(d) 入力根拠の作成」参照）
- ・作成した入力データのコードへの正しい入力

- ・得られた解析結果の検証
- ・解析結果を基にした報告書の作成 等

ハ. 当該業務に関する不適合管理及び是正処置（品質マネジメントシステム計画「8 評価及び改善」）

(b) 計算機プログラム（解析コード）の管理

計算機プログラムは、評価目的に応じた解析結果を保証するための重要な役割を持っていることから、使用実績や使用目的に応じ、解析コードが適正なものであることを以下のような方法等により検証し、使用する。

- ・簡易的なモデルによる解析解の検算
- ・標準計算事例を用いた解析による検証
- ・実験、ベンチマーク試験結果との比較
- ・他の計算機プログラムによる計算結果との比較

(c) 解析業務で用いる入力情報の伝達

設工認に関する解析に係る供給者との情報伝達について以下に示す。

設工認に必要な解析業務が、設備や土木建築構造物を設置した供給者と同一の供給者が主体となっている場合、解析を実施する供給者が所有する図面とそれを基に作成され納入されている当社所有の設備図書は、同じ最新性が確保されている。

当社は供給者に対し調達管理に基づく品質保証上の要求事項として、JISQ9001 の要求事項を踏まえた文書及び記録の管理の実施を要求し、適切な版を管理することを要求している。

また、設備を設置した供給者以外で実施する解析の場合、当社で管理している図面を提供し、供給者は、最新性の確保された図面で解析を行っている。

(d) 入力根拠の作成

供給者に、解析業務計画書等に基づき解析ごとの入力根拠書を作成させ、また計算機プログラムへの入力間違いがないか確認させることで、入力根拠の妥当性及び入力データが正しく入力されたことの品質を確保する。

この入力根拠の作成に際し、解析の品質管理を強化する必要がある場合には、異なる2名の者が入力根拠から作成し、入力根拠と入力結果を同時にチェックする「入力クロスチェック」(添付-4 第1図参照)を行わせる。

b. 手計算による自社解析の管理

自社で実施する解析（手計算）は、評価を実施するために必要な計算方法及び入力データを明確にし、当該業務の力量を持つ要員が実施する。

実施した解析結果に間違いがないようにするために、入力根拠、入力結果及び解析結果について、解析を実施した者以外の者によるダブルチェックを実施し、解析結果の信頼性を確保する。

自社で実施した解析ごとの具体的な管理方法を添付-4 第2表に示す。

(4) 設計開発の結果に係る情報に対する検証

「3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証」の設計1及び設計2で取りまとめた様式-3～7及び適合性確認対象設備を技術基準規則に適合させるための必要となる詳細設計の結果について、当該業務を直接実施した原設計者以外の者に検証を実施させる。

(5) 設工認申請（届出）書の作成

様式-2に取りまとめた適合性確認対象設備について、設工認の設計として実施した「3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証」の(1)～(4)からの結果を基に、「工事計画業務要領」に従って、設工認に必要な書類等を以下のとおり取りまとめる。

a. 「要目表」の作成

「3.3.3 (2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）」からの結果に係る情報となる詳細設計結果（図面等の設計資料）を基に、実用炉規則 別表第二の「設備別記載事項」の要求に従って、必要な事項（種類、主要寸法、材料、個数 等）を設備ごとに表（要目表）や図面等に取りまとめる。

b. 「基本設計方針」、「適用基準及び適用規格」及び「工事の方法」の作成

「3.3.3(1) 基本設計方針の作成（設計1）」の「b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成」で作成した条文ごとの基本設計方針を整理した様式－7、基本設計方針作成時の考え方を整理した様式－6 及び各施設に適用される技術基準規則の条文を明確にした様式－4 を用いて、実用炉規則 別表第二に示された発電用原子炉施設の施設ごとの基本設計方針としてまとめ直すことにより、設工認として必要な基本設計方針を作成する。

また、技術基準規則に規定される機能・性能を満足させるための基本的な規格及び基準を「適用基準及び適用規格」に、実用炉規則別表第二に基づき、工事及び使用前事業者検査を適切に実施するための基本事項を「工事の方法」として取りまとめる。

c. 各添付書類の作成

「3.3.3 (2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）」からの結果に係る情報となる詳細設計結果を基に、基本設計方針に対して詳細な設計結果や設計の妥当性に関する説明が必要な事項を取りまとめた様式－6 及び様式－7 を用いて、設工認と実用炉規則 別表第二の関係を整理した様式－5－2 に示された添付書類を作成する。

実用炉規則 別表第二に示された添付書類において、解析コードを使用している場合には、当該添付書類の別紙として、使用した解析コードに関する内容を記載した「計算機プログラム（解析コード）の概要」を作成する。

d. 設工認申請（届出）書案のチェック

本店組織の設工認の取りまとめを主管する組織の長は、作成した「設工認申請（届出）書」の案について、「工事計画業務要領」に基づき、以下の要領で本店及び発電所の関係組織のチェックを受ける。

- (a) 本店及び発電所の関係組織のチェック分担を明確にする。
- (b) 本店及び発電所の関係組織からチェックの結果が返却された際に、コメントが付されている場合には、その反映要否を検討し、必要であれば資料を修正のうえ、再度、チェックを依頼する。
- (c) 必要に応じ、これらを繰り返し、設工認申請（届出）書案のチェックを完了する。

#### (6) 設工認申請（届出）書の承認

「(4) 設計開発の結果に係る情報に対する検証」及び「(5) d. 設工認申請（届出）書案のチェック」が終了した後、設工認申請（届出）書を原子力発電安全委員会へ付議し、審議・了承を得た後、原子力建設部長の承認を得る。

#### 3.3.4 設計における変更

設計対象の追加や変更が必要となった場合、「3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」～「3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証」の各設計結果のうち、影響を受けるものについて必要な設計を実施し、影響を受けた段階以降の設計結果を必要に応じ修正する。

### 3.4 工事に係る品質管理の方法

工事を主管する組織の長は、第3.2-1表及び第3.2-1図に示す工事段階において、設工認に基づく設備の具体的な設計（設計3）を「設計・調達管理基準」、その結果を反映した設備を導入するために必要な工事を「保修基準」、「土木建築基準」及び「設計・調達管理基準」に基づき実施する。

なお、実用炉規則別表第二対象設備外の設備の主要な耐圧部の溶接部においては、設計3の実施に先立ち該当設備の抽出を「設計・調達管理基準」に基づき実施する。

また、これらの活動を調達する場合は、「3.6 設工認における調達管理の方法」を適用して実施する。

具体的な管理の方法を以下に示す。

#### 3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）

設工認に基づく製品実現のための設備の具体的な設計（設計3）（主要な耐圧部の溶接部については溶接部に係る設計が設工認対象となる。）を、以下のいずれかの方法で実施する。

##### (1) 自社で設計する場合

設計を主管する組織の長が設計3を実施し、適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）との照合を行う。また、設計開発の検証として「(2) 設計3を本店組織の設計を主管する組織の長が調達管理として管理する場合」と同等の対応を行う。設計の妥当性確認については使用前事業者検査にて行う。

- (2) 設計 3 を本店組織の設計を主管する組織の長が調達管理として管理する場合  
　　本店組織の設計を主管する組織の長が「3.6 設工認における調達管理の方法」に従った調達により設計 3 を実施する。  
　　本店組織の設計を主管する組織の長は、その調達の中で供給者が実施する設計 3 の管理を、調達管理として行う設計の検証及び設計の妥当性確認を行うことにより管理する。
- (3) 設計 3 を発電所組織の工事を主管する組織の長が工事の調達に含めて調達し、本店組織の設計を主管する組織が管理する場合  
　　発電所組織の工事を主管する組織の長が「3.6 設工認における調達管理の方法」に従って実施する工事の調達の中で、設計 3 を含めて調達する。  
　　本店組織の設計を主管する組織の長は、その調達の中で供給者が実施する設計 3 の管理を、調達管理として行う設備の具体的な設計の検証及び設計の妥当性確認を行うことにより管理する。
- (4) 設計 3 を発電所組織の工事を主管する組織の長が調達管理として管理する場合  
　　発電所組織の工事を主管する組織の長が「3.6 設工認における調達管理の方法」に従って実施する工事の調達の中で、設計 3 を含めて調達する。  
　　発電所組織の工事を主管する組織の長は、その調達の中で供給者が実施する設計 3 の管理を、調達管理として行う設計の検証及び設計の妥当性確認を行うことにより管理する。

#### 3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施

設工認に基づく設備を設置するための工事を「3.6 設工認における調達管理の方法」に従い実施する。

設工認に基づく設備のうち、設工認申請（届出）時点で設置されて新たな工事を伴わない範囲の適合性確認対象設備がある場合については、「3.5 使用前事業者検査」以降の検査段階から実施する。

### 3.5 使用前事業者検査

検査を主管する組織の長は、適合性確認対象設備が設工認のとおりに工事が行われていること、技術基準規則に適合していることを確認するため、設計を主管する組織の長及び工事を主管する組織の長とともに保安規定に基づく使用前事業者検査を計画し、「試験・検査基準」に従い、工事を主管する組織のうち、「3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施」を実施する組織からの独立性を確保した検査体制のもと実施する。

#### 3.5.1 使用前事業者検査での確認事項

使用前事業者検査は、以下の項目について実施する。

- I 実設備の仕様の適合性確認
- II 実施した工事が、「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」及び「3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施」に記載したプロセス並びに「工事の方法」のとおり行われていること。

これらの項目のうち、I を設工認品管計画の第 3.5-1 表に示す検査として、II を品質管理の方法等に関する使用前事業者検査（以下「QA 検査」という。）として実施する。

II については工事全般に対して実施するものであるが、「3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理」を実施する場合は、工事を主管する組織が実施する溶接に関するプロセス管理が適切に行われていることの確認を QA 検査に追加する。

また、QA 検査では上記 II に加え、上記 I のうち工事を主管する組織（供給者含む。）が検査記録を採取する場合（工事を主管する組織が採取した記録・ミルシートや検査における自動計測等）には記録の信頼性の確認（記録確認検査や抜取検査の信頼性確保）を行い、設工認に基づく工事の信頼性を確保する。

なお、主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査では、供給者が作成する検査項目毎の記録（溶接作業検査、熱処理検査、放射線透過試験等）を用いるが、検査を主管する組織（供給者含む。）が「3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理」に基づく管理を行うため工事を主管する組織（供給者含む。）が実施する検査項目毎の信頼性は確保済みであるため、この範囲は QA 検査の対象外とする。

#### 3.5.2 設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がりの明確化

設計 1～3 の結果と適合性確認対象の繋がりを明確化するために様式-8「基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表（例）」（以下「様

式－8」という。)を以下のとおり使用前事業者検査に先立ちとりまとめる。

## (1) 基本設計方針の整理

基本設計方針（「3.3.3(1) 基本設計方針の作成（設計1）」の「b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成」参照）に基づく設計の結果を踏まえた適合性の確認を漏れなく実施するため、基本設計方針の内容を以下に従い分類し、適合性の確認が必要な要求事項を整理する。

- ・条文ごとに作成した基本設計方針を設計項目となるまとまりごとに整理
- ・整理した設計方針を分類するためのキーワードを抽出
- ・抽出したキーワードをもとに要求事項を第3.3-1表に示す要求種別に分類

整理した結果は、設計項目となるまとまりごとに、様式－8の「基本設計方針」欄に反映する。

また、設工認の設計に不要な以下の基本設計方針を、様式－8の該当する基本設計方針に「網掛け」することにより区別し、設計が必要な要求事項に変更があった条文に対応した基本設計方針を明確にする。

- ・「定義」：基本設計方針で使用されている用語の説明
- ・「冒頭宣言」：設計項目となるまとまりごとの概要を示し、「冒頭宣言」以降の基本設計方針で具体的な設計項目が示されているもの
- ・「規制要求に変更のない既設設備に適用される基本設計方針」：既設設備のうち、過去に当該要求事項に対応するための設計が行われており、様式－4及び様式－5-1で従来の技術基準規則から変更がないとした条文に対応した基本設計方針
- ・「適合性確認対象設備に適用されない基本設計方針」：当該適合性確認対象設備に適用されず、設計が不要となる基本設計方針

## (2) 設計結果の反映

設計2（「3.3.3(2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）」参照）で実施した詳細設計結果及び「3.3.3(5) 設工認申請（届出）書の作成」で作成した設工認申請（届出）書の本文、添付資料のうち「(1) 基本設計方針の整理」で整理した基本設計方針に対応する設計結果を、様式－8の「設工認設計結果（要目表／設計方針）」欄に整理する。

設計3（「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）」参照）で実施した設備の具体的設計結果の結果を様式－8の「設備の具体的設計結果」欄に取りまとめる。

なお、設工認に基づく設備の設置において、設工認申請（届出）時点で設置されている設備がある場合は、既に実施された具体的な設計の結果が設工認に適合していることを確認し、設計 2 の結果を満たす具体的な設計の結果を様式－8 の「設備の具体的設計結果」欄に取りまとめる。

### 3.5.3 使用前事業者検査の計画

技術基準規則に適合するよう実施した設計結果を取りまとめた様式－8 の「設工認設計結果（要目表／設計方針）」欄ごとに設計の妥当性確認を含む使用前事業者検査を計画する。

使用前事業者検査は、「工事の方法」に記載された使用前事業者検査の項目及び第 3.3－1 表の要求種別ごとに定めた設工認品管計画第 3.5－1 表に示す確認項目、確認視点及び主な検査項目をもとに計画を策定する。

適合性確認対象設備のうち、技術基準規則上の措置（運用）に必要な設備についても、使用前事業者検査を計画する。

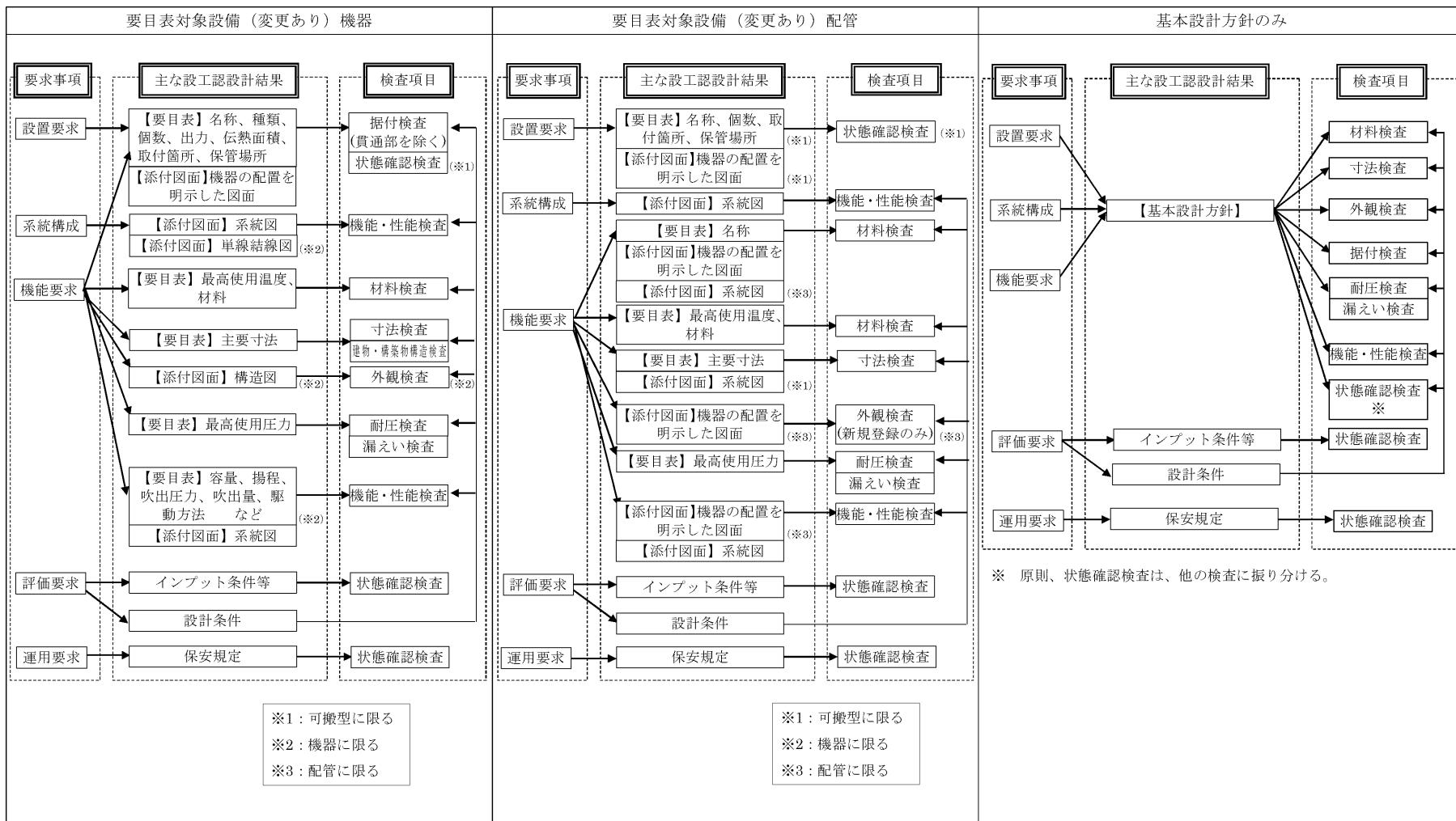
個々に実施する使用前事業者検査に加えてプラント運転に影響を及ぼしていないことを総合的に確認するため、特定の条文・様式－8 に示された「設工認設計結果（要目表／設計方針）」によらず、定格熱出力一定運転時の主要パラメータを確認することによる使用前事業者検査（負荷検査）の計画を必要に応じて策定する。

#### (1) 使用前事業者検査の方法の決定

使用前事業者検査の実施に先立ち、「工事の方法」に記載された使用前事業者検査の項目及び第 3.3－1 表の要求種別ごとに定めた設工認品管計画第 3.5－1 表に示す確認項目、確認視点、主な検査項目、第 3.5－1 表に示す検査項目の分類の考え方を使って、確認項目ごとに設計結果に関する具体的な検査概要及び判定基準を以下の手順により使用前事業者検査の方法として明確にする。設工認品管計画第 3.5－1 表の検査項目ごとの概要及び判定基準の考え方を第 3.5－2 表に示す。

- a. 様式－8 の「設工認設計結果（要目表／設計方針）」及び「設備の具体的設計結果」欄に記載された内容と該当する要求種別を基に、設工認品管計画第 3.5－1 表、第 3.5－1 表を用いて検査項目を決定する。
- b. 決定された検査項目より、第 3.5－2 表に示す「検査項目、概要、判定基準の考え方について（代表例）」を参照し適切な検査方法を決定する。
- c. 決定した各設備に対する「検査項目」及び「検査方法」の内容を、様式－8 の「確認方法」欄に取りまとめる。

第3.5-1表 主な設工認設計結果に対する検査項目



※ 原則、状態確認検査は、他の検査に振り分ける。

第3.5-2表 検査項目、概要、判定基準の考え方について（代表例）

検査項目	検査概要	判定基準の考え方
材料検査	使用されている材料が設計結果のとおりであること、関係規格 <sup>※1※2</sup> 等に適合することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	使用されている材料が設計結果のとおりであり、関係法令及び規格等に適合すること。
寸法検査	主要寸法が設計結果のとおりであり、許容範囲内であることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は実測により確認する。	主要寸法が設計結果の数値に対して許容範囲内にあること。
外観検査	有害な欠陥のないことを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	機能・性能に影響を及ぼす有害な欠陥のないこと。
組立て及び据付け状態を確認する検査（据付検査）	常設設備の組立て状態、据付け位置及び状態が設計結果のとおりであることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	設計結果のとおりに設置されていること。
耐圧検査	技術基準規則の規定に基づく検査圧力で所定時間保持し、検査圧力に耐え、異常のないことを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	検査圧力に耐え、異常のないこと。
漏えい検査	耐圧検査終了後、技術基準規則の規定に基づく検査圧力により漏えいの有無を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	検査圧力により著しい漏えいのないこと。
建物・構築物構造検査	建物・構築物が設計結果のとおり製作され、組立てられていること、関係法令及び規格 <sup>※2</sup> 等に適合することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	主要寸法が設計結果の数値に対して許容範囲内にあり、関係法令及び規格等に適合すること。
機能・性能検査 特性検査	・系統構成確認検査 <sup>※3</sup> 実際に使用する系統構成及び可搬型設備等の接続が可能なことを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	・実際に使用する系統構成になっていること。 ・可搬型設備等の接続が可能のこと。
	・運転性能検査、通水検査、系統運転検査、容量確認検査 設計で要求される機能・性能について、実際に使用する系統状態、模擬環境により試運転等を行い、機器単体又は系統の機能・性能を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	・実際に使用する系統構成になっていること。 ・目的とする機能・性能が発揮できること。
	・絶縁耐力検査 電気設備と大地との間に、試験電圧を連続して規定時間加えたとき、絶縁性能を有することを適合性確認対象設備の状態を示す記録（工場での試験記録等を含む。）又は目視により確認する。	・目的とする絶縁性能を有すること。
	・ロジック回路動作検査、警報検査、インターロック検査 電気設備又は計測制御設備についてロジック、インターロック確認及び警報確認等により機能・性能又は特性を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	・ロジック、インターロック及び警報が正常に動作すること。
	・外観検査 建物、構築物、非常用電源設備等の完成状態を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	・機能・性能に影響を及ぼす有害な欠陥のないこと。 ・設計結果のとおりに設置されていること。
	・計測範囲確認検査、設定値確認検査 計測制御設備の計測範囲又は設定値を適合性確認対象設備の状態を示す記録（工場での校正記録等を含む。）又は目視により確認する。	・計測範囲又は設定値が許容範囲内であること。
	・接続確認検査 電源の接続が設計結果のとおりであること、受電状態で機器が正常に動作することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	・設計結果のとおりに接続されていること。 ・受電状態で機器が正常に動作すること。
	・設置要求及び機能要求における機器保管状態、設置状態、接近性、分散配置及び員数が設計結果のとおりであることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 ・評価要求に対するインプット条件（耐震サポート等）との整合性確認を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 ・運用可能な手順が設計結果のとおりであることを確認する。	・機器保管状態、設置状態、接近性、分散配置及び員数が適切であること。 ・評価条件を満足していること。 ・運用可能な手順が設計結果のとおり定められ、利用できる状態となっていることが確認できること。
状態確認検査 <sup>※4</sup>		

※1 消防法及びJIS

※2 設計の時に採用した適用基準、規格

※3 通水検査を分割して検査を実施する等、使用時の系統での通水ができない場合に実施。（通水検査と同系統である場合には、検査時に系統構成を確認するため不要）

※4 検査対象機器の動作確認は、機能・性能検査を主とするが、技術基準規則54条の検査として、適用可能な手順を用いて動作できることの確認を行う場合は、その操作が可能な構造であることを状態確認検査で確認する。

#### 3.5.4 検査計画の管理

使用前事業者検査を適切な時期で実施するため、本店及び発電所の関係組織と調整のうえ、発電所全体の主要工程、「工事の方法」に示す検査時期を踏まえた使用前事業者検査の検査計画を立案する。また、使用前事業者検査の実施時期及び使用前事業者検査が確実に行われることを以下のとおり管理する。

- ・検査の管理は、使用前事業者検査実施要領書単位で行い計画及び実績を、別途、発電所内にて作成する使用前事業者検査計画表で管理する。
- ・使用前事業者検査の進捗状況に応じ、検査計画又は主要工程の変更を伴う場合は、速やかに関係組織と調整を行うとともに、検査工程を変更する。

#### 3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理

溶接が特殊工程であることを踏まえ、工程管理等の計画を策定し、溶接施工工場におけるプロセスの適切性の確認及び監視を行う。また、溶接継手に対する要求事項は、溶接部詳細一覧表（溶接方法、溶接材料、溶接施工法、熱処理条件、検査項目等）により管理し、これに係る関連図書を含め、業務の実施に当たって必要な図書を溶接施工工場に提出させ、それを審査、確認し、必要な管理を実施する。

#### 3.5.6 使用前事業者検査の実施

使用前事業者検査は、「試験・検査基準」に基づき、以下のとおり実施する。

##### (1) 使用前事業者検査の検査要領書の作成

適合性確認対象設備が設工認に適合していることを確認するため「3.5.3 (1) 使用前事業者検査の方法の決定」で決定し、様式-8 の「確認方法」欄で明確にした確認方法を基に、使用前事業者検査を実施するための検査要領書を作成する。

検査要領書は、工事を主管する組織の長が、検査目的、検査対象範囲、検査項目、検査方法、判定基準、検査体制、不適合管理、検査手順及び検査成績書の事項を記載した検査要領書を作成し、品質保証担当の審査を経て検査実施責任者が制定する。検査要領書では、検査の確認対象範囲として含まれる技術基準規則の条文を明確にする。

実施する検査が代替検査となる場合は、「(2) 代替検査の確認方法の決定」に従い、代替による使用前事業者検査の方法を決定する。

(2) 代替検査の確認方法の決定

a. 代替検査の決定

使用前事業者検査の実施にあたり、以下の条件に該当する場合には代替検査の評価を行い、その結果を当該の検査要領書に添付する。

b. 代替検査の条件

代替検査とは、通常の方法で検査ができない場合に用いる手法であり、以下の場合をいう。

- (a) 当該検査対象の品質記録（要求事項を満足する記録）がない場合（プロセス評価を実施し検査の成立性を証明する必要がある場合）\*
- (b) 構造上外観が確認できない場合
- (c) 耐圧検査で圧力を加えることができない場合
- (d) 系統に実注入ができない場合
- (e) 電路に通電できない場合 等

\*：「当該検査対象の品質記録（要求事項を満足する記録）がない場合（プロセス評価を実施し検査の成立性を証明する必要がある場合）」とは、以下の場合をいう。

- ・材料検査で材料検査証明書（ミルシート）がない場合
- ・寸法検査記録がなく、実測不可の場合

c. 代替検査の評価

代替検査を用いる場合、代替検査として用いる方法が本来の検査目的に対する代替性を有していることの評価を実施する。その結果は、「(1) 使用前事業者検査の検査要領書の作成」で作成する検査要領書の一部として添付し、検査実施責任者の承認を得て適用する。

検査目的に代替性の評価にあたっては、以下の内容を明確にする。

- (a) 設備名称
- (b) 検査項目
- (c) 検査目的
- (d) 通常の方法で検査ができない理由\*
- (e) 代替検査の手法、判定基準\*
- (f) 検査目的に対する代替性の評価\*

※1：記載にあたって考慮すべき事項

- ・既存の原子炉施設に悪影響を及ぼすことによる困難性
- ・現状の設備構成上の困難性
- ・作業環境における困難性 等

※2：記録の代替検査の手法、評価については「3.7.1 文書及び記録の管理」に従い、記録の成立性を評価する。

(3) 使用前事業者検査の体制

使用前事業者検査実施要領書で明確にする使用前事業者検査の体制を、第3.5-1 図に示す当該検査における力量を有する者等で構成される体制とする。

a. 統括責任者

保安に関する業務を統括するとともに、その業務遂行に係る品質保証活動を統括する。

b. 主任技術者

検査の指導・監督を行う。

検査成績書の内容を確認する。

検査の指導・監督を行うに当たり、以下に示す主任技術者と検査内容に応じた所掌の調整等を実施することで情報の共有を図る。

- (a) 原子炉主任技術者は、主に原子炉の核的特性や性能に係る事項等、原子炉の運転に関する保安の監督を行う。
- (b) ボイラー・タービン主任技術者は、主に機械設備の構造及び機能・性能に係る事項等、原子力設備の工事、維持及び運用（電気設備に係るもの を除く。）に関する保安の監督を行う。
- (c) 電気主任技術者は、主に電気設備の構造及び機能・性能に係る事項等、電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安の監督を行う。

c. 品質保証担当

品質保証の観点から、検査対象範囲、検査方法等の妥当性の確認を実施するとともに、検査要領書の制定・改訂が適切に行われていることを審査する。

d. 検査実施責任者

検査要領書の制定及び改訂を行う。適合性評価並びにリリースを伴う検査の結果を確認する。

e. 検査担当者

検査の力量を持った者で、適合性評価並びにリリースを伴う検査を直接行うとともに、検査成績書を作成する。

f. 検査助勢者

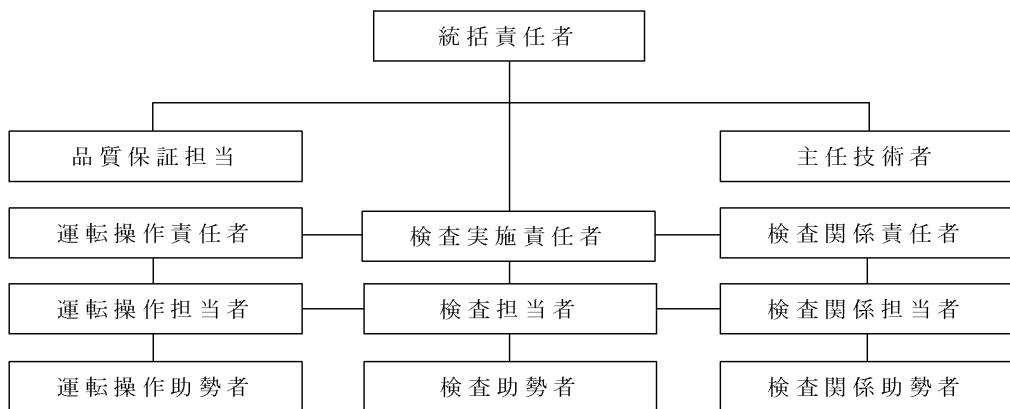
検査実施責任者又は検査担当者の指示に従い、検査に係る作業の助勢を行う。

(4) 使用前事業者検査の実施

検査担当者は、検査要領書に基づき、確立された検査体制の下で、使用前事業者検査を実施し、その結果を検査実施責任者に報告する。

報告を受けた検査実施責任者は、検査プロセスが検査要領書に基づき適正に実施されたこと及び検査結果が判定基準に適合していることを確認後、主任技術者の確認を受ける。

実施した使用前事業者検査の結果として、使用前事業者検査実施要領書の番号を様式-8の「確認方法」欄に取りまとめる。



第3.5-1図 検査実施体制 (例)

### 3.6 設工認における調達管理の方法

設工認に係る業務を調達する、設計を主管する組織の長、工事を主管する組織の長及び検査を主管する組織の長（以下「調達を担当する組織の長」という。）は、調達管理を「設計・調達管理基準」に基づき以下のとおり実施する。

#### 3.6.1 供給者の技術的評価

供給者が当社の要求事項に従って調達製品を供給する技術的な能力を判断の根拠として、「供給者評価チェックシート」を用いて、以下の項目について供給者の技術的評価を実施する。

- ・技術的能力及び製造能力の有無
- ・調達製品の納入・使用実績の有無
- ・調達製品のサンプルの検査・試験結果等の良否（使用実績がない場合、必要に応じ確認）
- ・品質保証に関する能力の有無（第3.6-1表参照）
- ・前回評価から再評価までの間の確認事項の良否（再評価時のみ実施）

これらの項目の確認・評価結果を基に、調達文書の要求事項に適合する製品又は役務を供給する総合的な能力の有無を判断する。

また、供給者の再評価を、5年を限度として定期的に実施し、供給者が重大な不適合を発生させた場合にも再評価を行う。

第3.6-1表 品質保証に関する能力の有無の判定表

品質保証に関する能力	業務の区分 A,B	業務の区分 C,D	業務の区分 E
	①品質保証計画 (品質マニュアル)	いずれか1つは 「良」であること。	いずれか1つは 「良」又は「有」で あること。
	②当社による品質保証監査の結果	—	
	③品質保証に関する公的認証	—	
	④供給実績等における評価	—	—

### 3.6.2 供給者の選定

設工認に必要な調達を行う場合、原子力安全に対する影響や供給者の実績等を考慮し、業務の重要度に応じた業務の区分（添付－2「当社におけるグレード分けの考え方」（以下「添付－2」という。）第5表参照）を明確にした上で、調達に必要な要求事項を明確にし、資材調達部門へ供給者の選定を依頼する。

資材調達部門は、「3.6.1 供給者の技術的評価」で、技術的な能力があると判断した供給者の中から供給者を選定する。

### 3.6.3 調達製品の調達管理

調達の実施に際し、原子力安全に及ぼす影響に応じたグレードを適用する。

調達に関する品質保証活動を行うに当たっては、原子力安全に対する影響や供給者の実績等を考慮し、業務の区分（添付－2 第5表参照）を明確にした上で、以下の調達管理を実施する。また、一般産業工業品については、調達に先立ち、あらかじめ採用しようとする一般産業工業品について、原子炉施設の安全機能に係る機器等として使用するための技術的な評価を行う。

#### (1) 調達仕様書の作成

業務の内容に応じ、以下の a.～m.を記載した調達仕様書を作成し、供給者の業務実施状況を適切に管理する。（「(2) 調達製品の管理」参照）

- a. 仕様明細
- b. 設計要求事項
- c. 材料・機器の管理に関する要求事項
- d. 製作・据付に関する要求事項
- e. 試験・検査に関する要求事項
- f. 適用法令等に関する要求事項
- g. 品質保証要求事項（添付－2 第6表参照）
- h. 調達物品等の不適合の報告及び処理に係る要求事項
- i. 健全な安全文化を育成し維持するための活動に関する必要な要求事項
- j. 解析業務に関する要求事項（解析委託の管理については、添付－4 参照）
- k. 安全上重要なポンプの主軸の調達における要求事項
- l. 原子炉施設に係る情報システムの開発及び改造に関する要求事項
- m. 一般汎用品を原子炉施設に使用するにあたっての要求事項

これらに加え、以下の事項を供給者に要求する。

- ・調達製品の調達後における維持又は運用に必要な保安に係る技術情報の取得に関する事項
- ・不適合の報告（偽造品又は模造品の報告を含む。）及び処理に関する事項
- ・当社が供給先で検査を行う際に原子力規制委員会の職員が同行して工場等の施設に立ち入る場合があることに関する事項
- ・調達製品を受領する際に要求事項への適合状況を記録した文書の提出に関する事項

なお、取得した保安に係る技術情報は、必要に応じてほかの原子炉設置者と共有する。

## (2) 調達製品の管理

調達仕様書で要求した製品が確実に納品されるよう調達製品が納入されるまでの間、「設計・調達管理基準」、「保修基準」及び「土木建築基準」に基づき、業務の実施に当たって必要な図書（品質保証計画書（業務の区分A,B）、作業要領書等）を供給者に提出させ、それを審査、確認する等の製品に応じた必要な管理を実施する。

## (3) 調達製品の検証

調達製品が調達要求事項を満たしていることを確実にするために、業務の区分、調達数量・調達内容等を考慮した調達製品の検証を行う。

供給先で検証を実施する場合、あらかじめ調達文書で検証の要領及び調達製品のリリースの方法を明確にした上で、検証を行う。

調達製品が調達要求事項を満たしていることを確認するために実施する検証は、以下のいずれかの方法により実施する。

### a. 検査

「試験・検査基準」に基づき、工場あるいは発電所で設計の妥当性確認を含む検査を実施する。検査の実施にあたっては、検証に関する管理要領を検討する。

当社が立会い又は記録確認を行う検査に関しては、供給者に以下の項目のうち必要な項目を含む検査要領書を作成させ、当社が事前に審査、確認した上で、検査要領書に基づき実施する。

- ・対象設備、目的、範囲、条件
- ・実施体制、方法、手順
- ・記録項目
- ・合否判定基準
- ・時期、頻度
- ・適用法令、基準、規格
- ・使用する測定機器
- ・不適合管理

可搬式ポンプ及びそれに接続するホース等の型番指定の汎用品を添付  
2 第5表に示す「業務の区分 E,F」で管理し購入する場合で、設備個々の機能・性能を調達段階の工事又は検査中で確認できないものについては、当社にて検査要領書を作成し、受入後に、機能・性能の確認を実施する。

b. 受入検査の実施

製品の受入れに当たり、受入検査を実施し、現品、発送許可証、その他の記録の確認を行う。

c. 記録の確認

作業日報、工事記録等調達した役務の実施状況を確認できる書類により検証を行う。

d. 報告書の確認

調達した役務に関する実施結果を取りまとめた報告書の内容を確認することにより検証を行う。このうち、設計を調達した場合は供給者から提出させる納入図書に対して設計の検証を実施する。

e. 作業中のコミュニケーション等

調達した役務の実施中に、適宜コミュニケーションを実施すること及び立会い等を実施することにより検証を行う。

f. 受注者品質保証監査（「3.6.4 受注者品質保証監査」参照）

### 3.6.4 受注者品質保証監査

供給者の品質保証活動及び健全な安全文化を育成し維持するための活動が適切で、かつ、確実に行われていることを確認するために、受注者品質保証監査を実施する。

(受注者品質保証監査を実施する場合の例)

(設備) 添付－2 第5表に定める業務の区分Aに該当し、機能・性能の大幅な変更がある場合

(役務) 過去3年以内に監査実績がない供給者で、添付－2 第5表に定める業務の区分Bに該当する場合

但し、過去(5年を目安)に同種製品又は役務の調達が実施され、監査結果が良好な場合は除外可能とする。

供給者の発注先(安全上重要な機能に係る主要業務を行う企業)(以下「外注先」という。)について、下記に該当する場合は、直接外注先に監査を行う。

- ・当社が行う供給者に対する監査において、供給者における外注先の品質保証活動の確認が不十分と認められる場合
- ・不適合等が発生して、外注先の調査が必要となった場合
- ・設計・製作の主体が外注先である場合

設工認に係る供給者については、供給者の評価を実施し、供給者の調達製品を供給する能力に問題はないことを確認しており、必要に応じて監査を実施する。

### 3.6.5 設工認における調達管理の特例

設工認の対象となる適合性確認対象設備のうち、設工認申請(届出)時点で設置されている設備がある場合は、設置当時に調達を終えており、「3.6 設工認における調達管理の方法」に基づく管理は適用しない。

## 3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ

### 3.7.1 文書及び記録の管理

設計を主管する組織の長、工事を主管する組織の長及び検査を主管する組織の長は、設工認に係る文書及び記録について、以下の管理を実施する。

#### (1) 適合性確認対象設備の設計、工事及び検査に係る文書及び記録

設計、工事及び検査に係る文書及び記録については、品質マネジメントシステム計画の「別図1 保安規定品質マネジメントシステム計画に係る規定文書体系図」に示す規定文書、規定文書に基づき業務ごとに作成される文書(一般図書)、それらに基づき作成される品質記録(設備図書、一般図書)があり、これらを「保安活動に関する文書及び記録の管理基準」に基づき管理する。

当社の品質記録は、設備に関する情報として最新性を維持するための管理が行われている「設備図書」と、活動の結果を示す記録として管理する「一般図書」に分けて管理している。設工認に係る主な品質記録の品質マネジメントシステム上の位置付けを第3.7-1表に示す。

設工認では、主に第3.7-1図に示す文書及び記録を使って、技術基準規則等への適合性を確保するための設計、工事及び検査を実施するが、これの中には、原子力発電所の建設時からの記録等、過去の品質保証体制で作成されたものも含まれている。

これらの記録であっても、建設以降の品質保証体制が品管規則の文書及び記録の管理に関する要求事項に適合したものとなっていることから、品質マネジメントシステム計画に基づく品質保証体制下の文書及び記録と同等の品質が確保されている。

建設時からの文書及び記録に関する管理とそのベースとなる民間規格等の変遷及びそれらが品管規則の趣旨と同等であることについて、添付-1 第2表に示す。

#### (2) 供給者が所有する当社の管理下にない図書を設計、工事及び検査に用いる場合の管理

設工認において当社の管理下にない供給者が所有する図書を設計、工事及び検査に用いる場合、当社が供給者評価等により品質保証体制を確認した供給者で、かつ、対象設備の設計を実施した供給者が所有する設計時から現在に至るまでの品質が確認された設計図書が当該設備としての識別が可能な場合において、適用可能な図書として扱う。

この供給者が所有する図書を入手した場合は、当社の文書管理下で第3.7

－1 表に示す設備図書又は一般図書として管理する。

当該設備に関する図書がない場合で、代替可能な図書が存在する場合は、供給者の品質保証体制をプロセス調査することによりその図書の品質を確認し、設工認に対する適合性を保証するための図書として用いる。

### (3) 使用前事業者検査に用いる文書及び記録

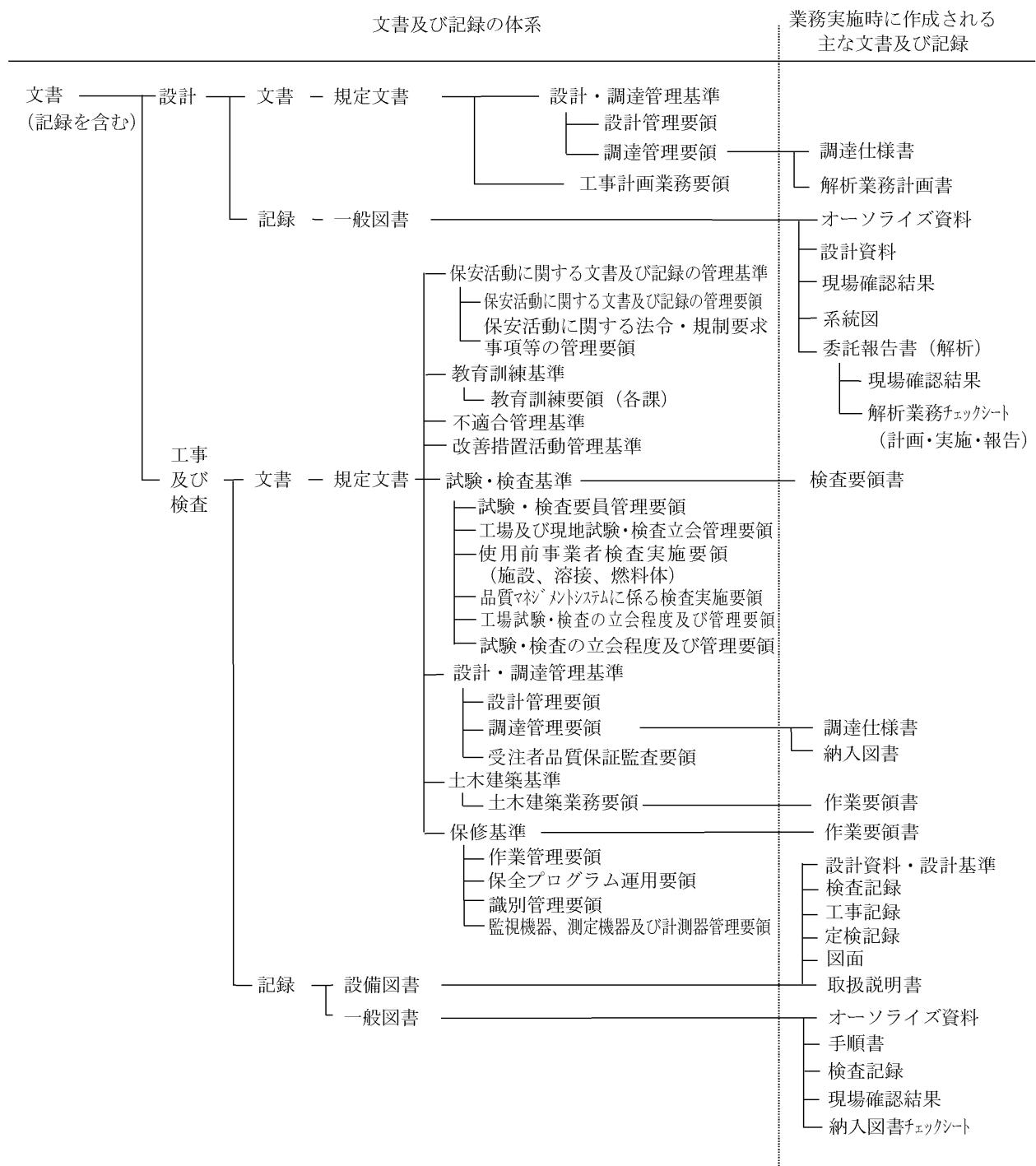
使用前事業者検査として、記録確認検査を実施する場合に用いる記録は、原則として最新性が確保されている「設備図書」を用いて実施する。

なお、適合性確認対象設備に設工認申請（届出）時点で設置されている設備が含まれている場合があり、この場合は、「設備図書」だけでなく、第3.7－1表に示す「一般図書」も用いることもあり、この場合は、「一般図書」の内容が、実施する使用前事業者検査時の適合性確認対象設備の状態を示すものであることを、型番の照合、確認できる記載内容の照合又は作成当時のプロセスが適切であることを確認することにより、使用前事業者検査に用いる記録として利用する。

使用前事業者検査に用いた「一般図書」は、供用開始後に、「設備図書」として管理する。

第3.7-1表 品質記録の品質マネジメントシステム上の位置付け

記録の種類	品質マネジメントシステム上の位置付け
設備図書	品質保証体制下で作成され、建設当時から同様の方法で、設備の改造等に合わせて、図書を最新に管理している図書
一般図書 (主な一般図書)	作成当時の品質保証体制下で作成され、記録として管理している図書（試験・検査の記録を含む。） 設備図書のように最新に維持されているものではないが、設備の状態を示すものであることを確認することにより、設備図書と同等の記録となる図書
既工認	設置又は改造当時の工事計画、設計及び工事の計画の認可を受けた図書で、当該計画に基づく使用前検査の合格若しくは使用前確認の確認を以って、その設備の状態を示す図書
設計文書（記録）	作成当時の適合性確認対象設備の設計内容が確認できる記録（自社解析の記録を含む。）
自主検査結果（記録）	品質保証体制下で行った当該設備の状態を確認するための試験及び検査の記録
工事中の設備に関する納入図書	設備の工事中の図書であり、このうち、図面等の最新版の維持が必要な図書は、工事竣工後に「設備図書」として管理する図書。
委託報告書	品質保証体制下の調達管理を通じて行われた、業務委託の結果（解析結果を含む。）
供給者から入手した設計図書等	供給者を通じて、供給者所有の設計図書、製作図書等を入手した図書
製品仕様書、又は仕様がわかるカタログ等	供給者が発行した製品仕様書、又は仕様が確認できるカタログ等で設計に関する事項が確認できる資料
現場確認（ウォークダウン）結果	品質保証体制下で確認手順書を作成し、その手順書に基づき現場の適合状態を確認した記録



【定義】（保安活動に関する文書及び記録の管理基準）

- ・規定文書：統一的な取扱を必要とする事項について定めた文書
- ・業務要領：規定文書のうち「基準」を補足する詳細な手順を定めた文書
- ・一般図書：規定文書、業務要領及び設備図書以外の文書及び記録
- ・記録：業務の実施結果又は、活動の証拠で、設備図書、一般図書の2種類に区分して管理

第3.7-1図 設計、工事及び検査に係る品質マネジメントシステムに関する文書体系

### 3.7.2 識別管理及びトレーサビリティ

設計を主管する組織の長、工事を主管する組織の長及び検査を主管する組織の長は、設工認に係る識別及びトレーサビリティについて、以下の管理を実施する。

#### (1) 計測器の管理

##### a. 当社所有の計測器の管理

###### (a) 校正・検証

定めた間隔又は使用前に、国際又は国家計量標準にトレーサブルな計量標準に照らして校正若しくは検証又はその両方を行う。また、そのような標準が存在しない場合には、校正又は検証に用いた基準を記録する。

なお、適合性確認対象設備で、調達当時の考え方によりトレーサブルな記録がない場合は、調達当時の計測器の管理として、国際又は国家計量標準につながる管理が行われていたことを確認する。

###### (b) 識別管理

###### イ. 計測器管理台帳による識別

校正の状態を明確にするため、計測器管理台帳に、校正日及び校正頻度を記載し、有効期限内であることを識別する。計測器が故障等で使用できない場合、使用禁止を計測器管理台帳に記載する。修理等で使用可能となれば、使用禁止から校正日へ記載を変更することで、使用可能であることを明確にする。

###### ロ. 計測器管理ラベルによる識別

計測器の校正の状態を明確にするよう、計測器管理ラベルに必要事項を記載し、計測器の目立ちやすいところに貼付し識別する。

###### b. 当社所有以外の計測器の管理

供給者持込計測器の管理については、使用する前までに計測器名、型式、製造番号、校正頻度、トレーサビリティを校正記録等で確認する。

#### (2) 機器、弁及び配管等の管理

機器類、弁及び配管類は、刻印、タグ、銘板、台帳、塗装表示等にて管理する。

### 3.8 不適合管理

設計を主管する組織の長、工事を主管する組織の長及び検査を主管する組織の長は、設工認に係る設計、工事及び検査において発生した不適合については、「不適合管理基準」及び「改善措置活動管理基準」に基づき管理を行う。

#### 4. 適合性確認対象設備の保守管理

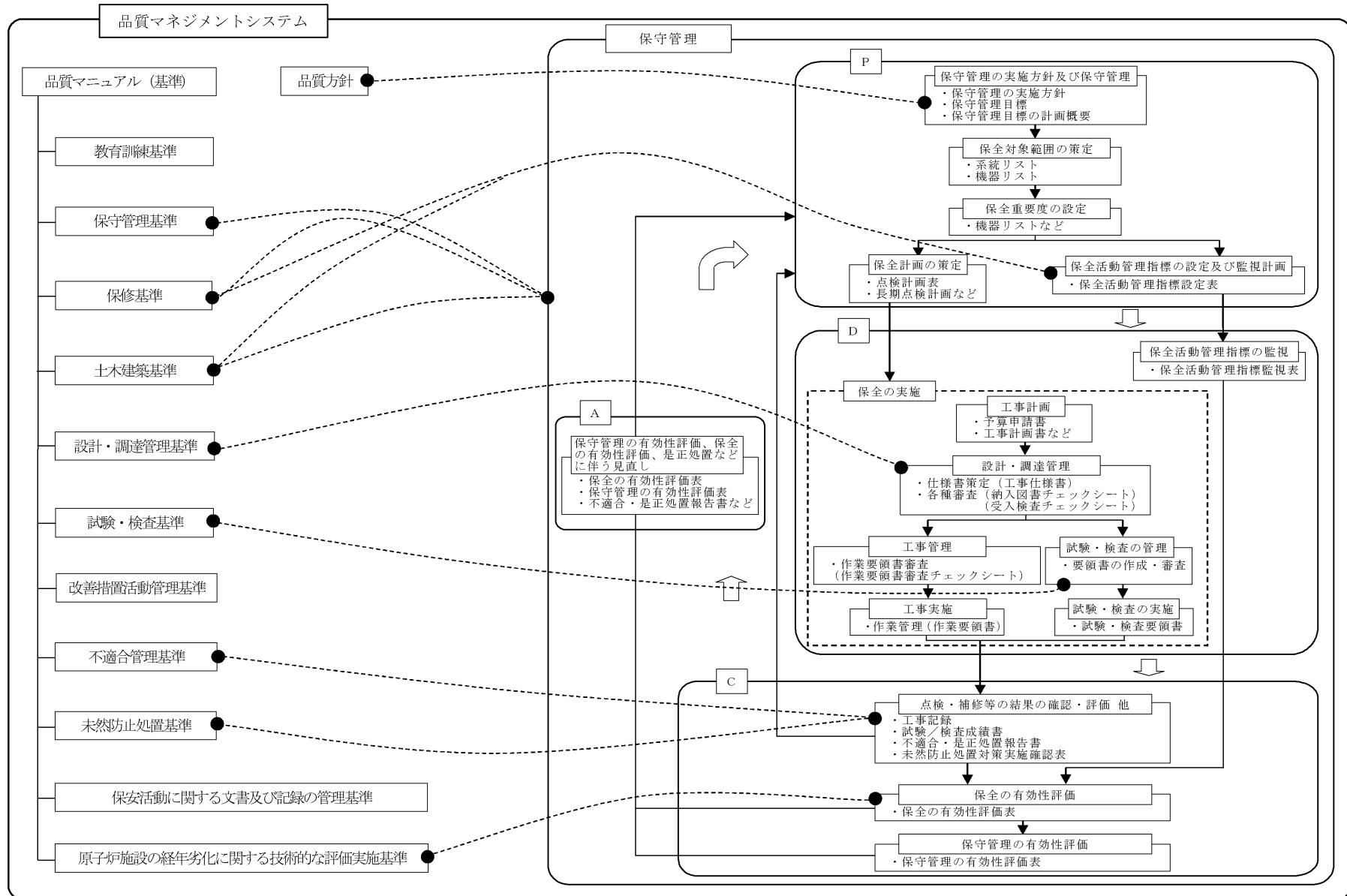
設工認に基づく工事は、「保修基準」及び「土木建築基準」の「保全計画の策定」の中の「設計及び工事の計画」として、保安規定に基づく保守管理に係る業務プロセス

実施している。

保守管理に係る業務プロセスと品質マネジメントシステムの文書との関連を第4-1図に示す。

設工認申請（届出）時点で設置されている適合性確認対象設備がある場合は、巡視点検、日常の保守点検及び保全計画に基づく点検等を実施し、異常のないことを確認している。

適合性確認対象設備については、技術基準規則への適合性を、使用前事業者検査を実施することにより確認し、適合性確認対象設備の使用開始後においては、保守管理に係る業務プロセスに基づき保全重要度に応じた点検計画を策定し保全を実施することにより、適合性を維持する。



第4-1図 保守管理に係る業務プロセスと品質マネジメントシステムの文書との関連

## 5. 様式

- (1) 様式－1：本設計及び工事の計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画（例）
- (2) 様式－2：設備リスト（例）
- (3) 様式－3：技術基準規則の各条文と各施設における適用要否の考え方（例）
- (4) 様式－4：施設と条文の対比一覧表（例）
- (5) 様式－5－1：技術基準規則と設工認書類との関連性を示す星取表（例）
- (6) 様式－5－2：設工認添付書類星取表（例）
- (7) 様式－6：各条文の設計の考え方（例）
- (8) 様式－7：要求事項との対比表（例）
- (9) 様式－8：基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表（例）

## 様式-1

## 本設計及び工事の計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画（例）

各段階	プロセス 実績：3.3.1~3.3.3(4) 計画：3.4.1~3.5.6	設計		工事	検査		調達		インプット	アウトプット	他の記録類
3.3.1	適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化										
3.3.2	各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定										
3.3.3(1)	基本設計方針の作成（設計1）										
3.3.3(2)	適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）										
3.3.3(3)											
3.3.3(4)	設計開発の結果に係る情報に対する検証										
3.4.1	設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）										
3.4.2	設備の具体的な設計に基づく工事の実施										
3.5.2	設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がりの明確化										
3.5.3	使用前事業者検査の計画										
3.5.4	検査計画の管理										
3.5.6	使用前事業者検査の実施										

#### 設備リスト【設計基準対象施設】(例)

(注) (a)は適合性確認対象設備のうち未設工認設備、(b)は適合性確認対象設備のうち既設工認設備を示す。

#### 設備リスト【重大事故等対処設備】(例)

(注) (a)は適合性確認対象設備のうち未設工認設備、(b)は適合性確認対象設備のうち既設工認設備を示す。



## 様式－3

## 技術基準規則の各条文と各施設における適用要否の考え方（例）

技術基準規則 第〇〇条 (〇〇〇〇〇)		条文の分類		
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		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		
対象施設		適用要否判断 (○or△)	理由	備考
原子炉本体				
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設				
原子炉冷却系統施設				
計測制御系統施設				
放射性廃棄物の廃棄施設				
放射線管理施設				
原子炉格納施設				
その他の発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備			
	常用電源設備			
	補助ボイラー			
	火災防護設備			
	浸水防護施設			
	補機駆動用燃料設備			
	非常用取水設備			
	敷地内土木構造物			
	緊急時対策所			
第7、13条への対応に必要となる施設（原子炉冷却系統施設）				

様式-4

施設と条文の対比一覧表（例）

条文	総則			設計基準対象施設																																											
	1 適用範囲	2 定義	3 特殊な設計	4 地盤	5 地震	6 津波	7 外部衝撃	8 立ち入り防止	9 不法侵入	10 急傾斜地	11 火災	12 溢水	13 避難通路	14 安全設備	15 設計基準対象施設	16 全交流電源喪失	17 材料構造	18 破壊の防止	19 流体振動	20 安全弁	21 耐圧試験	22 炉心等	23 監視試験片	24 熱遮蔽材	25 一次冷却材	26 燃料取扱設備	27 バウンドアリ	28 バウンドアリ	29 隔離装置	30 逆止め弁	31 蒸気タービン	32 非常用炉心冷却設備	33 循環設備	34 計測装置	35 安全保護装置	36 反応度制御	37 制御棒	38 原子炉制御室	39 廃棄物処理設備	40 廃棄物貯蔵設備	41 汚染の防止	42 生体遮蔽	43 換気設備	44 原子炉格納施設	45 保安電源設備	46 緊急時対策所	47 警報装置等
原子炉施設の種類	—	—	—	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	個別	共通	個別	共通	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	共通		
原子炉本体																																															
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設																																															
原子炉冷却系統施設																																															
計測制御系統施設																																															
放射性廃棄物の廃棄施設																																															
放射線管理施設																																															
原子炉格納施設																																															
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備																																														
	常用電源設備																																														
	補助ボイラー																																														
	火災防護設備																																														
	浸水防護施設																																														
	補機駆動用燃料設備																																														
	非常用取水設備																																														
	敷地内土木構造物																																														
	緊急時対策所																																														
第7、13条への対応に必要となる施設（注1）（原子炉冷却系統施設）																																															

(注1) 安全避難通路、火山、外部火災、竜巻への対応に必要な設備の基本設計方針は原子炉冷却系統施設にて整理

○：条文要求に追加・変更がある又は追加設備があるもの

△：条文要求に追加・変更がなく、追加設備もない

－：条文要求を受ける設備がないもの

□：保安規定等にて維持・管理が必要な追加設備があるもの

## 様式-4

施設と条文の対比一覧表（例）

条文	重大事故等対処施設																													
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
地盤	地震	津波	火災	特重設備	重大事故等対処設備	材料構造	破壊の防止	安全弁	耐圧試験	未臨界	高圧時の冷却	バウンダリの減圧	低圧時の冷却	最終ヒートシンク	CV冷却	CV過圧破損防止	下部溶融炉心冷却	CV水素爆発	原子炉建屋水素爆発	SFP冷却	拡散抑制	水の供給	電源設備	計装設備	原子炉制御室	監視測定設備	緊急時対策所	通信	準用	
原子炉施設の種類	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	共通	
原子炉本体																														
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設																														
原子炉冷却系統施設																														
計測制御系統施設																														
放射性廃棄物の廃棄施設																														
放射線管理施設																														
原子炉格納施設																														
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備																													
	常用電源設備																													
	補助ボイラー																													
	火災防護設備																													
	浸水防護施設																													
	補機駆動用燃料設備																													
	非常用取水設備																													
	敷地内土木構造物																													
	緊急時対策所																													

○：条文要求に追加・変更がある又は追加設備がある

△：条文要求に追加・変更がないため当該条文の変更要求に対する設備がないが、他条文の変更等により対応する追加設備があるため基準への適合性を確認する必要があるもの

－：条文要求を受ける設備がない

□：保安規定等にて維持・管理が必要な追加設備がある

◇：条文要求の一部準用（特定重大事故等対処施設を構成する設備の性質から必要と考えられる要求事項を踏まえた設計とする）

## 様式-5-1

技術基準規則と設工認書類との関連性を示す星取表（例）

○○施設							第〇〇条			第〇〇条					
							第〇項			第〇項			第〇項		
施設区分	設備区分	機器区分	設備／運用	必要な機能等	該当条文	設備名称	基本設計方針	添付資料	添付図面	基本設計方針	添付資料	添付図面	基本設計方針	添付資料	添付図面
○○施設															
	技術基準要求設備（要目表として記載要求のない設備）														

設工認添付書類星取表（例）

申請対象設備		基本設計方針						別表第二 添付書類						備考	
		【耐震重要度分類】※ 耐震重要度分類については、「設工認添付書類星取表 略語の定義」参照			【設備区分】 設備区分については、「設工認添付書類星取表 略語の定義」参照			【機器クラス】 機器クラスについては、「設工認添付書類星取表 略語の定義」参照 ※運用及び可搬型の SA 設備については斜線とする。			【申請区分】 S-1 : SA 新設（既設の新規登録含む） S-2 : DB の SA 使用（条件変更なし） S-3 : SA 既設条件アップ S-4 : SA 既設クラスアップ S-5 : SA 既設使用目的変更 S-6 : 基本設計方針 S-7 : SA 別表追加等				
別表第二		機器名	兼用する場合の施設・設備区分		設計基準対象設備（DB）		重大事故等対処設備（SA）			要目表					
発電用 原子炉 施設の 種類	設備区分		機器区分	主登録	兼用登録	耐震重要度 分類 (当該設備)	機器クラス (当該設備)	申請区分	設備区分 (当該設備)	機器クラス (当該設備)	申請区分	「○」:申請対象（新規） 「○」:申請対象（既設登録済み） 「□」:申請対象（既設登録なし） 「△」:記載の適正化 「×」:無	「○」:申請対象（新規） 「○」:申請対象（既設登録済み） 「□」:申請対象（既設登録なし） 「△」:記載の適正化 「×」:無	「○」:申請対象（新規） 「○」:申請対象（既設登録済み） 「□」:申請対象（既設登録なし） 「△」:記載の適正化 「×」:無	「○」:申請対象（新規） 「○」:申請対象（既設登録済み） 「□」:申請対象（既設登録なし） 「△」:記載の適正化 「×」:無

様式－6

各条文の設計の考え方（例）

第〇条（〇〇〇〇〇）								
1. 技術基準規則の条文、解釈への適合性に関する考え方								
No.	基本設計方針で記載する事項	適合性の考え方（理由）	項-号	解釈	説明資料等			
2. 設置許可本文のうち、基本設計方針に記載しないことの考え方								
No.	項目	考え方	説明資料等					
3. 設置許可添八のうち、基本設計方針に記載しないことの考え方								
No.	項目	考え方	説明資料等					
4. 詳細な検討が必要な事項								
No.	記載先							

要求事項との対比表（例）

技術基準規則・解釈*	設工認 基本設計方針	設置（変更）許可（○○年○○ 月○○日付け）本文	設置（変更）許可（○○年○○ 月○○日付け）添付書類八	備 考

\*技術基準規則・解釈については、記載内容が少ない場合は、この欄を省略することを「可」とする。

基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表（例）

○○施設						技術基準規則 第〇〇条	基本設計方針						
施設区	設備区分	機器区分	設備／運用	必要な機能等	該当条文			機器名称	設工認設計結果 (要目表／設計方針)	設備の具体的設計結果	確認方法	設工認設計結果 (要目表／設計方針)	設備の具体的設計結果
○○施設					○○条					【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】			【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】
					○○条			【記録等】	【記録等】	【記録等】	【記録等】	【記録等】	【記録等】
	技術基準要求設備 (要目表として記載要求のない設備)				○○条			【記録等】	【記録等】	【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】			【検査項目】 【検査方法】 【要領書番号】
					○○条			【記録等】	【記録等】	【記録等】	【記録等】	【記録等】	【記録等】

## 建設時からの品質保証体制

当社は、日本電気協会が原子力発電所の品質保証活動推進のために民間指針として昭和 47 年に制定した「原子力発電所建設の品質保証手引き」(JEAG4101-1972) の内容を反映した「原子力発電所建設工事品質管理要則」(昭和 51 年 10 月 1 日制定) を定めることにより最初の品質保証体制を構築した。その後、川内原子力発電所第 1 号機（昭和 54 年 1 月工事着工）、同第 2 号機（昭和 56 年 5 月工事着工）、玄海原子力発電所第 3/4 号機（昭和 60 年 8 月工事着工）の建設を開始することになるが、JEAG4101 の改正を適宜反映しながら、発電所の建設工事に関する品質を確保してきた。平成 15 年には品質保証計画書を保安規定に定めることが義務化され、それに合わせて、JEAG4101 から JEAC4111 「原子力発電所における安全のための品質保証規程」に移行されたことを受けて、当社の品質保証体制を再構築し、現在に至っている。

このような品質保証活動の中で、一貫して行ってきた根幹となる品質保証活動と安全文化を醸成するための活動につながる視点を用いて整理した結果を第 1 表に示す。

また、建設当時からの文書及び記録に関する管理とそのベースとなる民間規格の変遷及びそれらが品管規則と同等の趣旨の管理を求めていたことについて、第 2 表に示す。

第 1 表 安全文化を醸成する活動につながる品質保証活動

安全文化を醸成するための活動につながる主な視点		品質保証体制を構築した以降の安全文化を醸成するための活動につながる品質保証活動
1 原子力安全に対する個人及び集団としての決意の表明と実践	2 原子力安全に対する当事者意識の高揚	<ul style="list-style-type: none"> <li>・品質保証体制の把握と確実な遂行の確認</li> </ul>
3 コミュニケーションの奨励と報告を重視する開かれた文化の構築	4 欠陥に関する報告	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要な会議の実施</li> <li>・工場検査立会い時の日報作成(コミュニケーション)</li> </ul>
5 改善提案に対する迅速な対応	6 安全と安全文化の更なる醸成とその継続的な改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>・懸案事項とその処置の検討</li> <li>・不具合に対する処置と是正処置の確認</li> </ul>
7 組織及び個人の責任と説明責任	8 問い掛ける姿勢及び学習する姿勢の奨励と慢心を戒める方策の模索と実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全に関する基本的設計条件を満たすことの確認</li> <li>・試験時の安全管理</li> </ul>
9 安全及び安全文化に関する重要な要素についての共通の理解	10 リスクの意識とその共通理解	<ul style="list-style-type: none"> <li>・組織及び業務分担の明確化</li> </ul>
11 慎重な意思決定		<ul style="list-style-type: none"> <li>・品質管理に関する教育の実施</li> <li>・検査時の基本的姿勢の明確化(単なる検査にならないよう)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・業務の各段階におけるルールの明確化</li> <li>・試験時の安全管理</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・問題点、懸案事項に対する検討と処置</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・審査・承認の明確化</li> <li>・受注者の供給者に対する管理方法の明確化</li> </ul>

第2表 文書及び記録に関する管理と文書体系の主な変遷

文書管理と文書管理に適用する規格との関係図	JEAG4101に基づく管理		JEAC4111に基づく管理	
	JEAG4101-1981 (IAEA50-C-QA(1978)反映) 原子力発電所の設計から運転段階における品質保証指針として改定 S51.10.1	JEAG4101-1993 独立監査組織に関する要求事項追加 JEAG4101-2000 IAEA50-C/SG-Q(1996)反映 H15.11.1	JEAC4111-2009 ISO9001-2008反映 H25.7.1	品管規則に基づく管理 品管規則（括弧内は改正品管規則条項） (文書の管理) 第六条 (第七条) (記録の管理) 第七条 (第八条)
品証規則と適用規格など	JEAG4101-1972 (10CFR50AppBを参考に、原子力発電所建設の品質保証手引きとして制定)	JEAG4101-1990 (IAEA50-C-QA(1988)の反映)	JEAC4111-2003 (原子力発電所における安全のための品質保証規程として制定)	品管規則（括弧内は改正品管規則条項） (文書の管理) 第六条 (第七条) (記録の管理) 第七条 (第八条)
品質保証上の文書管理に関する要求事項	<p>2.一般事項 (4) 設置者は、図面、仕様書、試験、検査記録、監査記録等、品質保証に関する文書について、設置者と受注者がそれぞれ保管管理すべきものを明確にし、責任を持って管理し、また管理させること。</p> <p>原子力発電所建設工事品質管理要則【S51.10.1版】</p> <p>2.3 図面、仕様書の管理 2.13 品質管理記録の管理</p> <p>建設所における品質管理基準【S54.3.13版】</p> <p>3.4 文書、記録管理 (1)法令に基づく願、届、報告書、検査記録等 (2)図面、仕様書、要領書等 (3)台帳類 (4)記録写真 (5)工事記録、検査記録、チェックシート等 (6)建設記録 (7)その他の文書、記録</p>	<p>3.1 文書管理 12.品質記録管理</p> <p>原子力発電所建設工事品質保証要則【H5.3.1版】</p> <p>4.文書管理 12.品質記録の管理</p> <p>文書管理要項【S63.4.11版】</p> <p>2.1 管理すべき文書の区分 1.設備図書 (1)取扱説明書 (2)設計資料、設計基準 (3)検査記録 (4)台帳、リスト (5)改造工事記録 (6)定期検査記録 (7)建設記録 (8)契約仕様書 (9)図面</p> <p>2.一般図書</p> <p>2.5 文書の改訂 2 設備図書の改訂 設備図書の管理手順に従い、図書を修正するとともに改訂内容を周知徹底する。</p> <p>技術要項【H4.2.28版】</p> <p>設備・運用方法等変更時の規定類等反映管理要領に従い、設備の変更を実施する場合、設備図書の変更要否を確認し、設備の工事完了あるいは運用開始までに変更を行う。※</p>	<p>4.2.3 文書管理 4.2.4 記録の管理</p> <p>原子力発電所品質マニュアル（要則） 【H15.11.1版】</p> <p>4.2.3 文書管理 4.2.4 記録の管理</p> <p>品質保証活動に関する文書及び記録の管理基準【H15.11.1版】</p> <p>1.4 用語の定義 (1)設備図書 (2)一般図書</p> <p>3 品質記録管理基準 品質保証関連記録は、設備図書、一般図書（記録）の2種類に区分して管理する。</p> <p>技術基準【H15.11.1版】</p> <p>設備・運用方法等変更時の管理要領に従い、設備の変更を実施する場合、設備図書の変更要否を確認し、設備の運用開始までに変更を行う。</p>	<p>原子力発電所品質マニュアル（要則） 【H25.7.1版】</p> <p>4.2.3 文書管理 4.2.4 記録の管理</p> <p>保安活動に関する文書及び記録の管理基準【H25.7.1版】</p> <p>1.4 用語の定義 (1)設備図書 (2)一般図書</p> <p>3 記録管理 記録は、設備図書、一般図書の2種類に区分して管理する。</p> <p>技術基準【H25.7.1版】</p> <p>設備・運用方法等変更時の管理要領に従い、設備の変更を実施する場合、設備図書の変更要否を確認し、設備の運用開始までに変更を行う。</p>
品質記録の管理方法 (設備図書と一般図書の扱い)	<p>図面、資料整理基準【S52.11版】 (適用対象：管理課[現技術課])</p> <p>2.適用範囲 (1)本基準による整理対象は次のものとする a.図面及び資料（現在の設備図書を含む。） ・工事中変更箇所が生じた場合、受注者は図面を修正し、再承認申請を行う。 ・再承認を行った図面及び資料は関係各課へ送付し、各課にて保管を行う。</p> <p>b.官庁関係資料</p> <p>c.一般図書</p> <p>文書、記録管理基準【S52.10版】 (適用対象：技術課[現修繕課])</p> <p>1.1 文書類の基本分類 文書、資料、図面、工事写真 2.文書 3.資料（現在の設備図書を含む。） ・「図面、資料整理基準」に従い、配布された資料の回覧、保管を行う。</p> <p>4.図面（現在の設備図書を含む。） ・「図面、資料整理基準」に従い、配布された図面の回覧、保管を行う。</p> <p>5.工事写真</p>	<p>2.1 管理すべき文書の区分 1.設備図書 (1)取扱説明書 (2)設計資料、設計基準 (3)検査記録 (4)台帳、リスト (5)改造工事記録 (6)定期検査記録 (7)建設記録 (8)契約仕様書 (9)図面</p> <p>2.一般図書</p> <p>2.5 文書の改訂 2 設備図書の改訂 設備図書の管理手順に従い、図書を修正するとともに改訂内容を周知徹底する。</p> <p>技術要項【H4.2.28版】</p> <p>設備・運用方法等変更時の規定類等反映管理要領に従い、設備の変更を実施する場合、設備図書の変更要否を確認し、設備の運用開始までに変更を行う。※</p>	<p>※ : H4.2以降、他社トラブル対応の一つとして、設備・運用方法等の変更により設備図書の改訂が必要な場合の処置を新たに導入した。</p>	

## 添付－2

### 当社におけるグレード分けの考え方

#### 1. 設計管理、調達管理におけるグレード分けの考え方

当社では業務の実施に際し、原子力安全に及ぼす影響に応じて、グレード分けの考え方を適用している。設工認に係る「設計・開発」管理（品質マネジメントシステム計画「7.3 設計開発」）や「調達」管理（品質マネジメントシステム計画「7.4 調達」）に係るグレード分けについては、次のとおりである。

##### (1) 設備の「設計開発」管理に係るグレード分けの考え方

設工認に係る設備の「設計開発」の管理におけるグレード分けの考え方は、第1表のとおりである。

第1表 設備の「設計開発」の管理に係るグレード分け

グレード	工事区分	設計区分
グレード1	原子力発電所の安全上重要な設備及び構築物等に関する工事	実用炉規則別表第二対象設備に該当する原子炉施設に関する工事の要求事項への適合性を確保するための設計*1（以下「要求事項への適合性を確保するための設計」という。）
グレード2		
グレード3	上記以外の原子力施設に関する工事	実用炉規則別表第二対象設備以外の原子炉施設の工事のための設計

\*1：この設計には、新たな規制基準等の要求事項を既存の施設等へ適用する場合を含む。

(2) 設備の「設計開発」の管理に係るグレードごとの適用範囲

設工認に係る設備の「設計開発」の管理におけるグレードに応じて適用する管理の段階は、第2表のとおりであり、各管理の段階とその実施内容は、第3表のとおりである。

第2表 管理の段階とグレード毎の適用範囲

管理の段階	管理のグレード	グレード1	グレード2	グレード3
I 設備導入の計画		○	○	○
II 要求事項への適合性を確保するための設計（設計1、設計2）		○	—	—
III 調達文書作成（必要により）		○	○	○
IV 設備の具体的な設計（設計3）	設備の具体的な設計（設計3）	○	○※3	○※3,※4
	工事及び試験・検査	○※1	○	○
V 一般汎用品に対する機能・性能確認		○※2	—	—

※1 一般汎用品の機能・性能を当社により管理できる場合を含む。

※2 一般汎用品の機能・性能を管理の段階IVの工事及び検査で確認できない場合

※3 自社設計の場合、以下に示す必要な管理を実施する。

- ・グレード2：「3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証」～「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）」

- ・グレード3：「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）」

※4 一般汎用品を除く。

第3表 管理の段階毎の実施内容

管理の段階		実施内容
I	設備導入の計画	主要工事業務計画、オーソライズにより、設計対象設備の基本仕様、工事完了までに必要となる業務、関係箇所の役割分担を含めた設備導入の計画を作成する。
II	要求事項への適合性を確保するための設計 (設計1、設計2)	要求事項への適合性を確保するための設計を、「3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画」～「3.3.3(4) 設計開発の結果に係る情報に対する検証」に基づき、実施する。 設計業務をアウトソースする場合は、「3.6 設工認における調達管理の方法」に基づき管理する。
III	調達文書作成 (必要により)	調達文書を「3.6 設工認における調達管理の方法」に基づき作成し、供給者に設備の設計業務をアウトソースする。
IV	設備の具体的な設計 (設計3)	設備の具体的な設計を実施する。設計業務をアウトソースする場合は、「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施(設計3)」に基づき管理する。
	工事及び試験・検査	工事を、設計結果に基づき実施する。工事をアウトソースする場合は、「3.6 設工認における調達管理の方法」に基づき管理する。 検査は、「3.5 使用前事業者検査」に基づき、工場製作段階又は現地工事段階において実施する。
V	一般汎用品に対する機能・性能確認	一般汎用品に対する機能・性能確認を「3.6.3 調達製品の調達管理」の「(3) 調達製品の検証」に基づき実施する。

### (3) 設備の「調達」管理に係るグレード分けの考え方

設備の「調達」管理に係るグレード分けの考え方とは、以下に示す品質保証上の要求事項に対し、業務の重要度に応じたグレード分けを適用する。

#### a. 業務の区分に応じた品質保証上の要求事項

当社は、供給者に対し、「業務の区分」(第5表参照)に応じた品質保証上の要求(第6表参照)を行うことにより、供給者に品質保証体制を確立させた上で、調達管理を実施する。

この「業務の区分」は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に定める重要度に供給信頼度(稼働率)を加味した「品質重要度分類」(第4表参照)等の業務の重要度に応じて定め、該当する業務の区分が複数ある場合は、業務の区分が高い方を適用する。

第4表 品質重要度分類

稼働率 安全性	クラス1		クラス2		クラス3		クラス外
	PS-1	MS-1	PS-2	MS-2	PS-3	MS-3	
R1 <sup>*1</sup>	A		B				
R2 <sup>*2</sup>							
R3 <sup>*3</sup>			C1 <sup>*4</sup>		C2 <sup>*5</sup>		

\*1 その設備の故障により発電停止となる設備

\*2 その故障がプラント運転に重大な影響を及ぼす設備 (R1 を除く。)

\*3 上記以外でその故障がプラント稼働にほとんど影響を及ぼさない設備

\*4 ①第3者機関の検査を受ける設備、②予備機がなくかつ保修・取替等の作業が出来ない機器、③原子炉格納容器内の設備、④特殊な条件下での信頼性維持を求められている設備

\*5 A,B,C1 以外の設備

第5表 業務の重要度に応じた業務の区分

業務の重要度		業務の区分 (高↔低) *3					
		A	B	C	D	E	F
設備	品質重要度分類 A,B の工事	○	-	-	-	○ <sup>*1</sup>	-
	品質重要度分類 C(C1,C2)の工事	-	-	○	-	-	-
	設工認申請又は届出対象の工事	○	-	-	-	○ <sup>*1</sup>	-
	上記以外の工事	-	-	-	-	-	○
*2 役務	品質重要度分類 A,B に関する役務	-	○	-	-	-	-
	品質重要度分類 C(C1,C2)に関する役務	-	-	-	○	-	-
	設工認申請又は届出対象の工事に関する役務	-	○	-	-	-	-
	保安規定に直接関連する役務	-	○	-	-	-	-
	品質マネジメントシステムの運用管理に関する役務	-	-	-	○	-	-
	上記以外の役務	-	-	-	-	-	○

\*1 過去に設計を行った設備と同じ設備の型番購入において実績があること。また、一般汎用品の型番購入においては、原子力特有の技術仕様書を基に設計・製作されたものでない一般汎用品の中からそれに合致する設備を当社が設計の中で特定し、その設備を調達するものであることから、供給者に対する品質保証上の要求事項（第6表参照）は必要なものに限定している。

\*2 役務には、本設工認に係る解析業務が該当

\*3 上記に示した「業務の区分」よりも高いグレードを適用する場合がある。

第6表 業務の区分ごとの供給者の品質保証体制に対する品質保証上の要求

品質保証活動に関する要求項目	業務の区分					
	A	B	C	D	E	F
①品質保証体制の構築（組織の状況）	○	○	○	○	—	—
②経営者の責任（リーダーシップ）	○	○	—	—	—	—
③計画並びにリスク及び機会への取組み（予防処置を含む）	○	○	○	○	—	—
④資源の運用管理（支援）	○	○	○	○	—	—
⑤監視機器及び測定機器の管理	○	○	○	○	○	—
⑥コミュニケーション	○	○	○	○	—	—
⑦文書及び記録の管理（文書化した情報）	○	○	○	○	—	—
⑧業務の計画及び管理	○	○	○	○	—	—
⑨設計管理（製品及び役務の設計・開発）	○	○	○	○	—	—
⑩調達管理（外部から提供されるプロセス、製品及び役務の管理）	○	○	○	○	—	—
⑪業務の実施及び特殊工程管理	○	○	○	○	—	—
⑫識別及びトレーサビリティ	○	○	○	○	○	—
⑬当社の所有物	○	○	○	○	○	○
⑭中間品及びアウトプットの保存	○	○	○	○	—	—
⑮引渡し後の活動	○	○	○	○	—	—
⑯変更の管理	○	○	○	○	—	—
⑰監視及び測定（製品及び役務のリリース）	○	○	○	○	—	—
⑱不適合及び是正処置（不適合の報告及び処理に係る要求を含む）	○	○	○	○	—	—
⑲パフォーマンス評価	○	○	○	○	—	—
⑳改善	○	○	—	—	—	—

## 技術基準規則ごとの基本設計方針の作成に当たっての基本的な考え方

1. 設置変更許可申請書との整合性を確保する観点から、設置変更許可申請書本文に記載している、適合性確認対象設備に関する設置許可基準規則に適合させるための「設備の設計方針」や、設備と一体となって適合性を担保するための「運用」を基にした詳細設計が必要な設計要求事項を記載する。
2. 技術基準規則及びその解釈への適合性を確保する観点で、設置変更許可申請書本文以外で詳細設計が必要な設計要求事項（多様性拡張設備 等）がある場合は、その理由を「各条文の設計の考え方」に明確にした上で記載する。
3. 自主的に設置したものは、原則として記載しない。
4. 基本設計方針は、必要に応じて並び替えることにより、技術基準規則の記載順となるように構成し、箇条書きにするなど表現を工夫する。
5. 基本設計方針の作成に当たっては、必要に応じ、以下に示す考え方で作成する。
  - (1) 設置変更許可申請書本文記載事項のうち、「性能」を記載している設計方針は、技術基準規則への適合性を確保する上で、その「性能」を持たせるために特定できる手段がわかるように記載する。  
また、技術基準規則への適合性を確保する観点で、設置変更許可申請書本文に対応した事項以外に必要となる運用を付加する場合も同様の記載を行う。  
なお、手段となる「仕様」が要目表で明確な場合は記載しない。
  - (2) 設置変更許可申請書本文記載事項のうち「運用」は、「基本設計方針」として、運用の継続的改善を阻害しない範囲で必ず遵守しなければならない条件がわかる程度の記載を行うとともに、運用を定める箇所（品質マネジメントシステムの2次文書で定める場合は「保安規定」を記載）の呼込みを記載し、必要に応じ、当該施設に関連する別表第二に示す添付書類の中でその運用の詳細を記載する。  
また、技術基準規則及びその解釈への適合性を確保する観点で、設置変更許可申請書本文に対応した事項以外に必要となる運用を付加する場合も同様の記載を行う。

- (3) 設置変更許可申請書本文で評価を伴う記載がある場合は、設工認資料にて担保する条件を以下の方法を使い分けることにより記載する。
- 評価結果が示されている場合、評価結果を受けて必要となった措置のみを設工認対象とする。
  - 今後評価することが示されている場合、評価する段階（「設計」若しくは「工事」）を明確にし、評価の方法及び条件、その評価結果に応じて取る措置の両者を設計対象とする。
- (4) 第 10 条など、要求事項が該当しない条文については、該当しない旨の理由を記載する。
- (5) 条項号のうち、適用する設備がない要求事項は、「適合するものであることを確認する」という設工認審査の観点を踏まえ、当該要求事項の対象となる設備を設置しない旨を記載する。
- (6) 技術基準規則の解釈等に示された指針・行政文書・他省令の呼び込みがある場合は、以下の要領で記載を行う。
- 設置時に適用される要求など、特定の版の使用が求められている場合は、引用する文書名及び版を識別するための情報（施行日等）を記載する。
  - 監視試験片の試験方法を示した規格など、条文等で特定の版が示されているが保守管理等の運用管理の中で評価する時点でエンドースされた最新の版による評価を継続して行う必要がある場合は、保安規定等の運用の担保先の表示に加え、当該文書名とそのコード番号（必要時）を記載する。
  - 解釈等に示された条文番号は、当該文書改正時に変更される可能性があることを考慮し、条文番号は記載せず、条文が特定できる表題で記載する。
  - 条件付の民間規格や設置変更許可申請書の評価結果等を引用する場合は、可能な限りその条件等を文章として反映する。また、設置変更許可申請書の添付を呼び込む場合は、対応する本文のタイトルを呼び込む。なお、文書名を呼び込む場合においても「技術評価書」の呼び込みは行わない。

## 設工認における解析管理について

### 1. 設工認対象工事における解析管理

設工認に必要な解析のうち、調達（「3.6 設工認における調達管理の方法」参照）を通じて実施した解析は、「原子力施設における許認可申請等に係る解析業務の品質向上ガイドライン（平成 26 年 3 月 一般社団法人 原子力安全推進協会）」（以下「解析業務ガイドライン」という。）に示される要求事項に、耐震バックチェック不適合を踏まえた当社独自の要求事項を加えて策定した「設計・調達管理基準」に従い、供給者への解析要求事項を明確にしている。

解析業務における具体的な活動内容を、以下に示す。また、事業者と供給者の解析業務の流れ、及び組織内外の部門間の相互関係を第 1 表に示す。

調達によらない解析業務の管理（自社解析）の実績を第 2 表に示す。

#### (1) 調達仕様書の作成

調達を担当する組織の長は、解析業務における以下の要求事項を記載した調達仕様書を作成する。

##### a. 解析業務計画書の作成

解析業務計画書には、以下の内容を含む。

- (a) 解析業務の作業手順
- (b) 解析結果の検証
- (c) 委託報告書の確認
- (d) 解析業務の変更管理
- (e) 品質記録の保管管理
- (f) 教育の実施

##### b. 教育の実施

##### c. 計算機プログラムの検証

##### d. 入力根拠の明確化

##### e. 入力結果の確認

##### f. 解析結果の検証

##### g. 委託報告書の確認

##### h. 解析業務の変更管理

##### i. 品質記録の保管管理

##### j. 調達

## (2) 調達製品（解析業務）の調達管理

調達管理における当社の管理を「a.当社が実施する解析業務の管理」に、供給者の管理を「b.供給者が実施する解析業務の管理」に示す。

### a. 当社が実施する解析業務の管理

#### (a) 解析業務計画の確認

調達を担当する組織の長は、供給者に提出を求めた「解析業務計画書」（又は「委託実施要領書」）で以下のイ.～ヘ. の計画が明確にされていることを、「解析業務チェックシート（解析業務計画書用）」により確認する。

イ. 解析業務の作業手順（デザインレビュー、審査方法、時期等を含む。）

（イ）計算機プログラムが適正であることの検証及び管理の方法

（ロ）解析ごとの入力根拠の明確化

（ハ）入力根拠の整理方法

（二）入力根拠の確認及び入力が正確に実施されていることの確認

（ホ）入力クロスチェック（必要時）\*やダブルチェックによるデータの信頼性の確保

\*入力クロスチェックとは、解析担当者以外で解析に精通した者で、解析担当者と業務の独立性が確保された者が、入力根拠及び入力が正確に実施されていることの確認として、解析担当者が作成した入力根拠とは別の入力根拠を独立して作成し、そのデータと解析担当者が出力したエコーデータ（入力したデータの計算機出力）を照合することをいう。（入力クロスチェックの流れは第1図を参照）

この入力クロスチェックは、以下の条件に合致する供給者に対して適用する。

- ・当社における解析の委託実績がない供給者
- ・当該解析において、解析対象物に対し供給者で一般的に使用されていない解析手法を用いたり、実績のない対象に係る解析を実施する場合
- ・その他、調達を担当する組織の長が必要と判断した場合

ロ. 解析結果の検証

ハ. 委託報告書の確認

ニ. 解析業務の変更管理

ホ. 品質記録の保管管理

ヘ. 教育の実施

(b) 解析実施状況の確認

調達を担当する組織の長は「解析業務チェックシート（解析実施状況確認用）」を用いて現地調査による以下の実施状況を確認する。

- イ. 教育の実施状況
- ロ. 計算機プログラムの検証状況
- ハ. 計算機への入力が正しく行われたことの確認状況
- ニ. 解析結果の検証状況
- ホ. 解析業務の変更管理

(c) 解析業務結果の確認

調達を担当する組織の長は、供給者から提出された「委託報告書」を「解析業務チェックシート（委託報告書用）」により確認し、供給者が解析業務の計画に基づき適切に解析業務を実施したことを確認する。

b. 供給者が実施する解析業務の管理

供給者は、当社の調達仕様書の要求事項に基づき、以下のとおり、解析業務を実施する。

(a) 解析業務計画書の作成

供給者は、解析業務を実施するに当たり、あらかじめ解析業務の計画を解析業務計画書として策定し、事前に当社に提出して確認を受ける。

解析業務の計画では、以下の計画を明確にする。

イ. 解析業務の作業手順

- (イ) 計算機プログラムが適正であることの検証及び管理の方法（「(c) 計算機プログラムの検証」の内容を含む。）
- (ロ) 解析ごとの入力根拠の明確化（「(d) 入力根拠の明確化」の内容を含む。）
- (ハ) 計算機プログラムへの入力が正確に実施されたことの確認（「(e) 入力結果の確認」の内容を含む。）

(二) 入力及び計算式を含めた手計算結果の確認

- ロ. 解析結果の検証（「(f) 解析結果の検証」の内容を含む。）
- ハ. 委託報告書の確認（「(g) 委託報告書の確認」の内容を含む。）
- ニ. 解析業務の変更管理（「(h) 解析業務の変更管理」の内容を含む。）
- ホ. 品質記録の保管管理（「(i) 品質記録の保管管理」の内容を含む。）
- ヘ. 教育の実施（「(b) 教育の実施」の内容を含む。）

(b) 教育の実施

解析業務の実施に先立ち、当該の解析を実施する要員に対し、入力根拠・入力データに対する確認の重要性とそれを誤った場合の結果の重大性、及びそれらの誤りを見つけることの重要性に関する教育を実施する。

(c) 計算機プログラムの検証

計算機プログラムが適正なものであることを事前に検証する。

(d) 入力根拠の明確化

解析業務計画書等に基づき解析ごとの入力根拠を明確にした文書を作成する。

(e) 入力結果の確認

- イ. 解析担当者は、計算機プログラムへの入力が正確に実施されていることの確認を行う。建屋の耐震安全性評価の場合は、解析担当者及びそれ以外の者の2名によりダブルチェックする。
- ロ. 入力根拠の確認及び入力が正確に実施されていることの確認を目的として、入力クロスチェック者が入力クロスチェックを実施する（必要時）。建屋の耐震安全性評価の場合は、入力クロスチェック者及びそれ以外の者によりダブルチェックする。

(f) 解析結果の検証

- イ. 解析結果の検証として、あらかじめ策定した解析業務計画書等に従い、以下の観点を参考に審査を行う。

- ・入力根拠を明確にし、計算機プログラムへ入力しているか。
- ・汎用表計算ソフトウェアを使用する場合、その使用を明確にし、入力した計算式を事前に検証して登録しているか。
- ・解析結果が受容できるものであることを次の例に示すような方法で確認しているか。

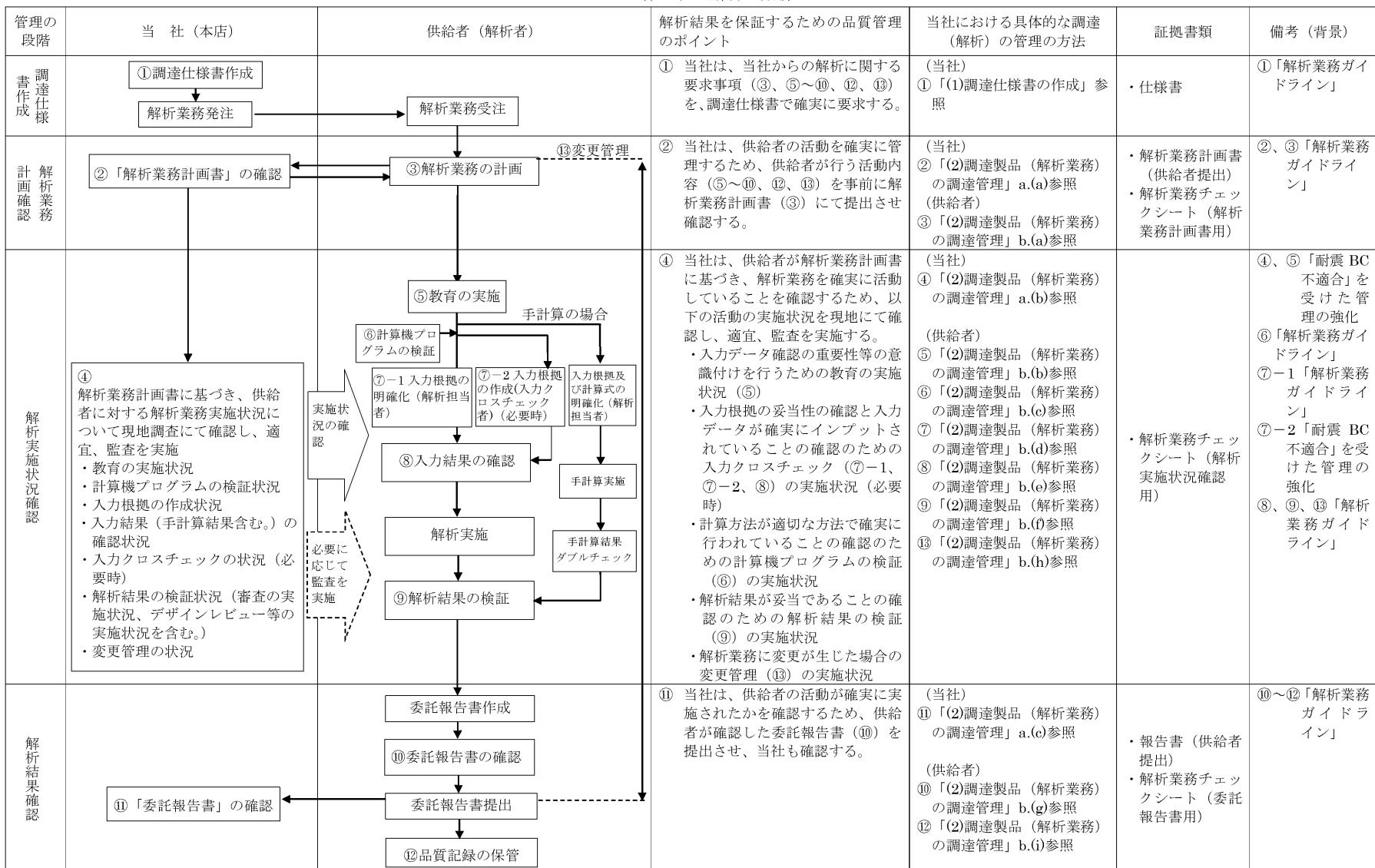
（イ）類似解析結果との比較

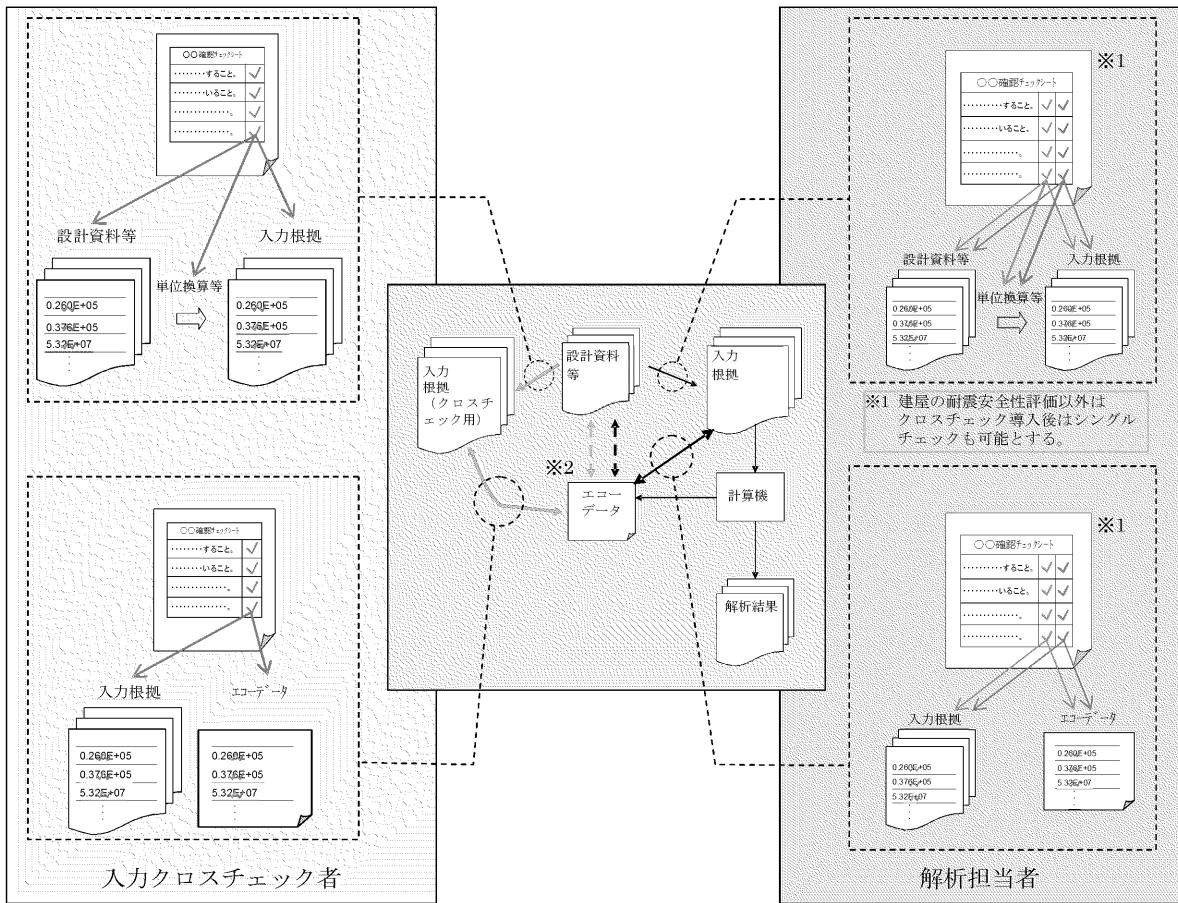
（ロ）物理的あるいは工学的整合性の確認

- ・新設計の燃料、炉心、系統・設備等を採用した場合、あるいは新しい解析手順や計算機プログラムを適用した場合など、許認可申請用の設計解析に設計変更又は新規性が認められる場合には、デザインレビュー等により解析の妥当性を確認しているか。
- ・新たな解析を行わず、過去の検証済みの解析結果をそのまま使用する場合には、適用する設計インプットが同等であることを個々の仕様ごとに検証しているか。

- ・過去の検証済みの解析結果に適用された検証方法・内容程度が、最新の手順と同等でない場合には、最新の手順に従って改めて検証を行うか、あるいは不足分に対する追加の検証を行っているか。
  - ロ. 審査者の検証活動を明確にして審査を行う。
- (g) 委託報告書の確認
- 解析業務の結果を、当社の指定する書式又は当社の確認を得た書式に加工、編集して以下の内容を含めた委託報告書を作成する。
- イ. 教育の実施結果
  - ロ. 計算機プログラムを用いた解析結果・汎用表計算ソフトウェアを用いた計算結果又は手計算による計算結果
  - ハ. 解析ごとの入力根拠が正しく作成されたことの確認結果
  - ニ. 計算機プログラムへ入力が正確に実施されたことの確認結果（入力クロスチェックの結果を含む。）
  - ホ. 計算機プログラムの検証結果
- 検証結果として、「計算機コード（プログラム）名」、「開発機関」、「バージョン」、「開発時期」、「解析コード等の概要」、「検証方法」を記載する。
- 開発元が提示する例題や理論解との比較の実施状況などを確認し、計算機能が適正であることを検証する。
- (h) 解析業務の変更管理
- 調達を担当する組織の長の要求に従い、以下の変更管理を実施する。
- イ. 解析業務の変更有無や変更があった場合は、変更内容を文書化し、解析業務の各段階において、その変更内容を反映する。
  - ロ. 供給者から当社へ解析モデル・条件等を提案した後に供給者がそれらを変更する場合は、当社の確認を得てから変更する。
- (i) 品質記録の保管管理
- 解析業務に係る必要な文書を、期限を定めて品質記録として管理する。
- (j) 調達
- イ. 解析業務のプロセスをアウトソースする場合には、あらかじめその内容を明確にする。また、アウトソースすることについて当社の確認を得る。
  - ロ. 解析業務に係る必要な品質保証活動として、当社からの解析に関する要求事項を、購入仕様書や文書等で供給者の調達先にも要求する。

第1表 解析の業務フロー





第1図 入力クロスチェックのフロー

第2表 設工認に係る手計算実施時の品質管理について（例：耐震計算）

管理段階	当 社	手計算結果を保証するための品質管理のポイント	備考(背景)
実施の必要性確認	<p>① 対象範囲の確認</p> <p>↓</p> <p>② 要求事項の確認</p>	<p>① 当社は、耐震計算を実施するに当たり、「設備リスト」「要目表」「系統図」等を用いて評価対象範囲を明確にする。</p> <p>② 当社は、評価対象範囲について、技術基準規則<sup>(注1)</sup>の要求事項に基づき、JEAG4601-1991（追補版）の適用する規格等で規定されている適切な評価式を選定し、評価式を用いて手計算を実施する必要があることを確認する。</p>	(注1) 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
手計算実施状況確認	<p>③ 計算条件の入力 (手計算実施者)</p> <p>↓</p> <p>④ 手計算実施 (手計算実施者)</p> <p>↓</p> <p>⑤ 入力条件の確認 (ダブルチェック者)</p> <p>計算シート入力値の修正が必要な場合</p>	<p>③ 当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、計算条件を入力する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>手計算実施者は、JEAG4601-1991（追補版）等で規定される評価式による計算に必要なパラメータを「要目表」「図面」等より整理する。</li> </ul> <p>④ 当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、手計算の過程を明確にする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>手計算実施者は、JEAG4601-1991（追補版）等で規定される評価式に計算条件を当てはめ、計算式を作成する。</li> <li>手計算実施者は、作成された計算式を用いて手計算を実施し、その過程及び結果を整理する。</li> <li>手計算実施者は、正しいパラメータが入力されていることを確認する。</li> </ul> <p>⑤ 当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、入力条件を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ダブルチェック者は、計算に必要なパラメータが適切に収集されていることを確認する。</li> <li>ダブルチェック者は、収集されたパラメータが整理されていることを確認する。</li> <li>手計算実施者は、必要に応じ、入力の修正を行う。</li> </ul>	
手計算結果確認	<p>⑥ 手計算結果の確認 (ダブルチェック者)</p> <p>計算シート入力値の修正が必要な場合</p> <p>↓</p> <p>⑦ 品質記録の保管</p>	<p>⑥ 当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、手計算の過程及び結果を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ダブルチェック者は、計算過程及び計算結果に正しいパラメータが入力されていることを確認する。</li> <li>手計算実施者は、必要に応じ、入力の修正を行う。</li> </ul> <p>⑦ 当社は、耐震計算を実施するに当たり、計算結果を品質記録として保管する。</p>	

本設計及び工事の計画に係る設計の実績、

工事及び検査の計画

設計及び工事計画認可申請添付資料 9-2

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要 .....	9 (3) - 2 - 1
2. 基本方針 .....	9 (3) - 2 - 1
3. 設計及び工事に係るプロセスとその実績又は計画 .....	9 (3) - 2 - 1

設計及び工事に係る  
品質管理の方法等に関する実績又は計画について

## 1. 概要

本資料は、本文「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」に基づく設計に係るプロセスの実績、工事及び検査に係るプロセスの計画について説明するものである。

## 2. 基本方針

設計に係るプロセスとその実績について、「設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書」に示した設計の段階ごとに、組織内外の部門関係、進捗実績及び具体的な活動実績について説明する。

工事及び検査に関する計画として、組織内外の部門関係、進捗実績及び具体的な活動計画について説明する。

## 3. 設計及び工事に係るプロセスとその実績又は計画

「設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書」に基づき実施した、設計の実績、工事及び検査の計画について、「設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書」の様式-1により示す。

## 本設計及び工事の計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画

[組織の星取における凡例 ◎：主担当箇所 ○：関係箇所]

各段階	プロセス 実績：3.3.1～3.3.3(4) 計画：3.4.1～3.5.6	設計		工事	検査		調達				インプット	アウトプット	他の記録類		
		原子力 経年 対策 G	原子 燃料 技術 G	原子 力工 事G	保 修 第 二 課	保 修 第 二 課	原 子 力 經 年 對 策 G	保 修 第 二 課	安 全 品 質 保 証 統 括 室	原 子 力 經 年 對 策 G	原 子 燃 料 技 術 G	保 修 第 二 課			
3.3.1	適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化	◎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	設置変更許可、技術基準規則・解釈、設置許可基準規則・解釈	基本設計書	設計・開発へのインプットレビューチェックシート	
3.3.2	各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定	◎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	実用炉規則別表第二、設置変更許可、技術基準規則・解釈、設置許可基準規則・解釈、既工事計画の設計結果	様式－2		
3.3.3(1)	基本設計方針の作成（設計1）	◎	○	○	—	—	—	—	—	—	—	実用炉規則別表第二、設置変更許可、技術基準規則・解釈、設置許可基準規則・解釈、既工事計画の設計結果、様式－2	様式－3、様式－4、様式－5－1、様式－5－2、様式－6、様式－7	設計・開発からのアウトプットレビューチェックシート	
3.3.3(2) 3.3.3(3)	適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	1.本文 要目表	◎	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書	要目表	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証	
	2.添付資料	◎	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式－2、様式5－1、様式5－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書	設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証	
	2.1 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	◎	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式－2、様式5－1、様式5－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、JSME等の適用規格、設備図書	設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証	
	2.2 クラス1機器の応力腐食割れ対策に関する説明書	◎	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式－2、様式5－1、様式5－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、JSME等の適用規格、設備図書	クラス1機器の応力腐食割れ対策に関する説明書	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証	
	2.3 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	◎	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式－2、様式5－1、様式5－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書	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	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証	
	2.4 耐震性に関する説明書	◎	○	○	—	—	—	—	◎	◎	—	様式－2、様式5－1、様式5－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設置変更許可、JEAG等の適用規格、設備図書	耐震性に関する説明書	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証	
	2.5 強度に関する説明書	◎	—	○	—	—	—	—	◎	—	—	様式－2、様式5－1、様式5－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、JSME等の適用規格、設備図書	強度に関する説明書	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証	
	2.6 原子炉本体の基礎に関する説明書	◎	—	○	—	—	—	—	◎	—	—	様式－2、様式5－1、様式5－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設置変更許可、JEAG等の適用規格、設備図書	原子炉本体の基礎に関する説明書	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証	
	2.7 原子炉容器の脆性破壊防止に関する説明書	◎	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式－2、様式5－1、様式5－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、JEAC等の適用規格、設備図書	原子炉容器の脆性破壊防止に関する説明書	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証	

各段階	プロセス 実績：3.3.1～3.3.3(4) 計画：3.4.1～3.5.6	設計				工事		検査		調達		インプット	アウトプット	他の記録類	
		原子力経年対策G	原子燃料技術G	原子力工事G	保修第二課	保修第二課	原子力経年対策G	保修第二課	安全品質保証統括室	原子力経年対策G	原子燃料技術G	保修第二課			
	3.添付図面														
	3.1 構造図	◎	—	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式－2、様式5－1、様式5－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書	構造図	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証
	3.2 配置図	◎	—	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式－2、様式5－1、様式5－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書	配置図	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証
	3.3 系統図	◎	—	—	—	—	—	—	—	◎	—	—	様式－2、様式5－1、様式5－2、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設備図書	系統図	委託仕様書、委託報告書、委託業務の検証
	設計結果の取りまとめ	◎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	設計2のアウトプット	設計及び工事の計画設計資料	設計・開発からのアウトプットレビュー・チェックシート
3.3.3(4)	設計開発の結果に係る情報に対する検証	◎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	設計及び工事の計画設計資料	設計及び工事の計画設計資料	設計・開発からのアウトプット検証・チェックシート
3.4.1	設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）	◎	—	—	◎	—	—	—	—	—	—	◎	設計及び工事の計画設計資料、調達仕様書	納入図書	納入図書・チェックシート
3.4.2	設備の具体的な設計に基づく工事の実施	—	—	—	—	◎	—	—	—	—	—	◎	納入図書、調達仕様書、作業実施要領書	工事記録	
3.5.2	設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がりの明確化	◎	—	—	◎	—	—	—	—	—	—	—	既工事計画の設計結果、設備図書、設計及び工事の計画設計資料、納入図書	様式－8	基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況・チェックシート
3.5.3	使用前事業者検査の計画	—	—	—	—	—	◎	◎	—	—	—	—	様式－8	検査計画、検査整理表	
3.5.4	検査計画の管理	—	—	—	—	—	◎	◎	—	—	—	—	検査計画、検査整理表	検査計画、検査整理表	
3.5.6	使用前事業者検査の実施	—	—	—	—	—	◎	—	◎	—	—	—	検査要領書	検査記録、様式－8	基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況・チェックシート

## 添付図面目次

### <原子炉本体>

- ・原子炉本体の構造図（原子炉容器、ふた管台）

【第1図】

- ・【第1図】の補足

### <原子炉冷却系統施設>

- ・原子炉冷却系統施設に係る機器の配置を明示した図面  
(一次冷却材の循環設備) (1/2) (重大事故等対処設備)

【第2-1図】



- ・原子炉冷却系統施設の系統図（一次冷却材の循環設備）(1/2)  
(重大事故等対処設備)

【第3-1図】



### <計測制御系統施設>

- ・計測制御系統施設に係る機器の配置を明示した図面（制御棒駆動装置）

【第4図】

- ・計測制御系統施設の系統図（ほう酸注入機能を有する設備）  
(重大事故等対処設備)

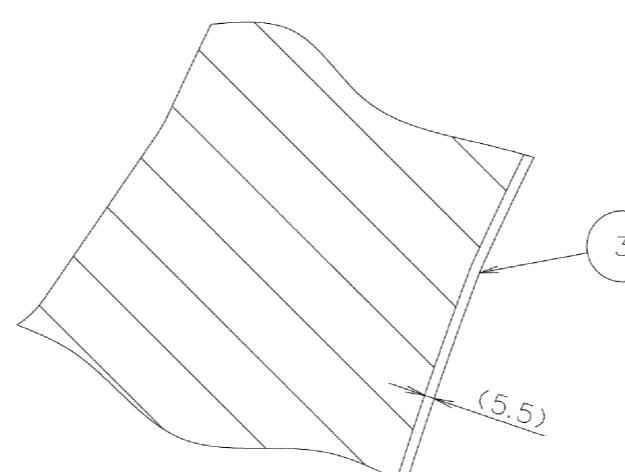
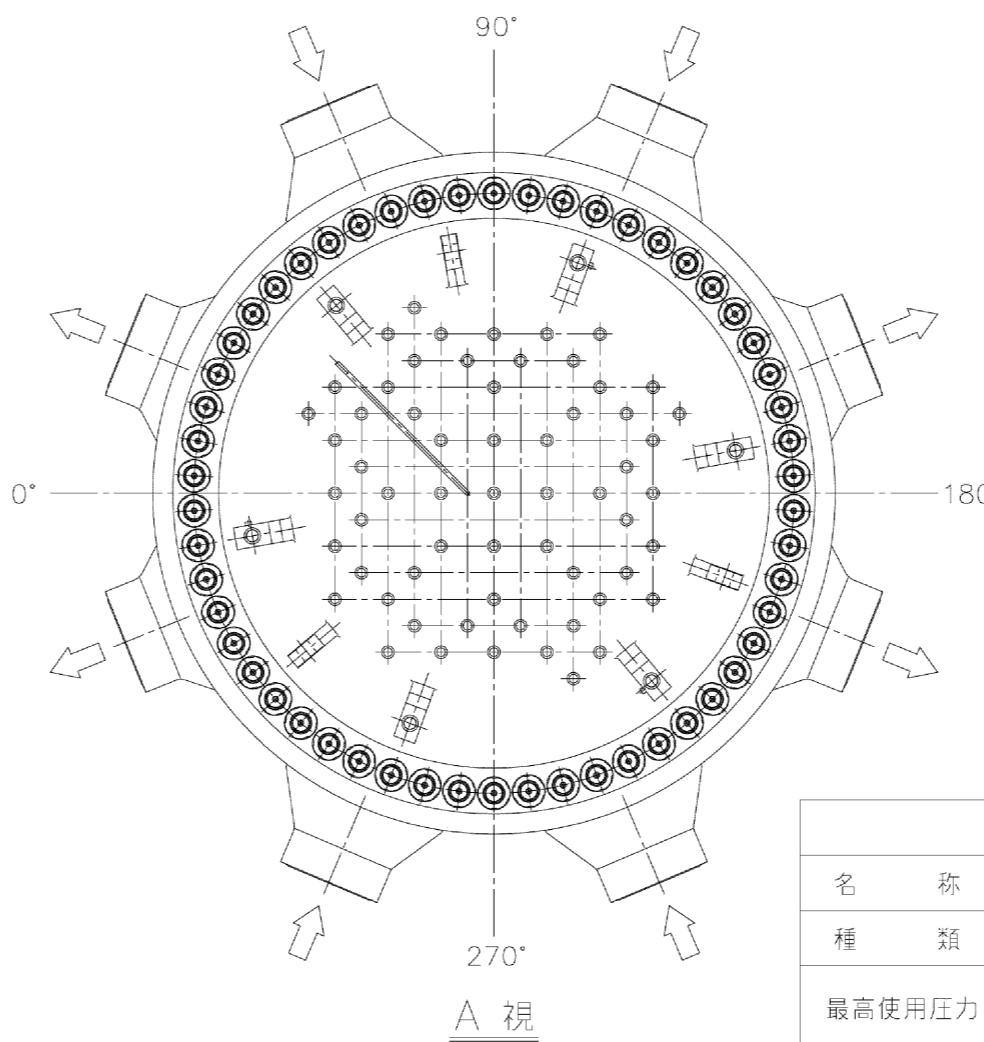
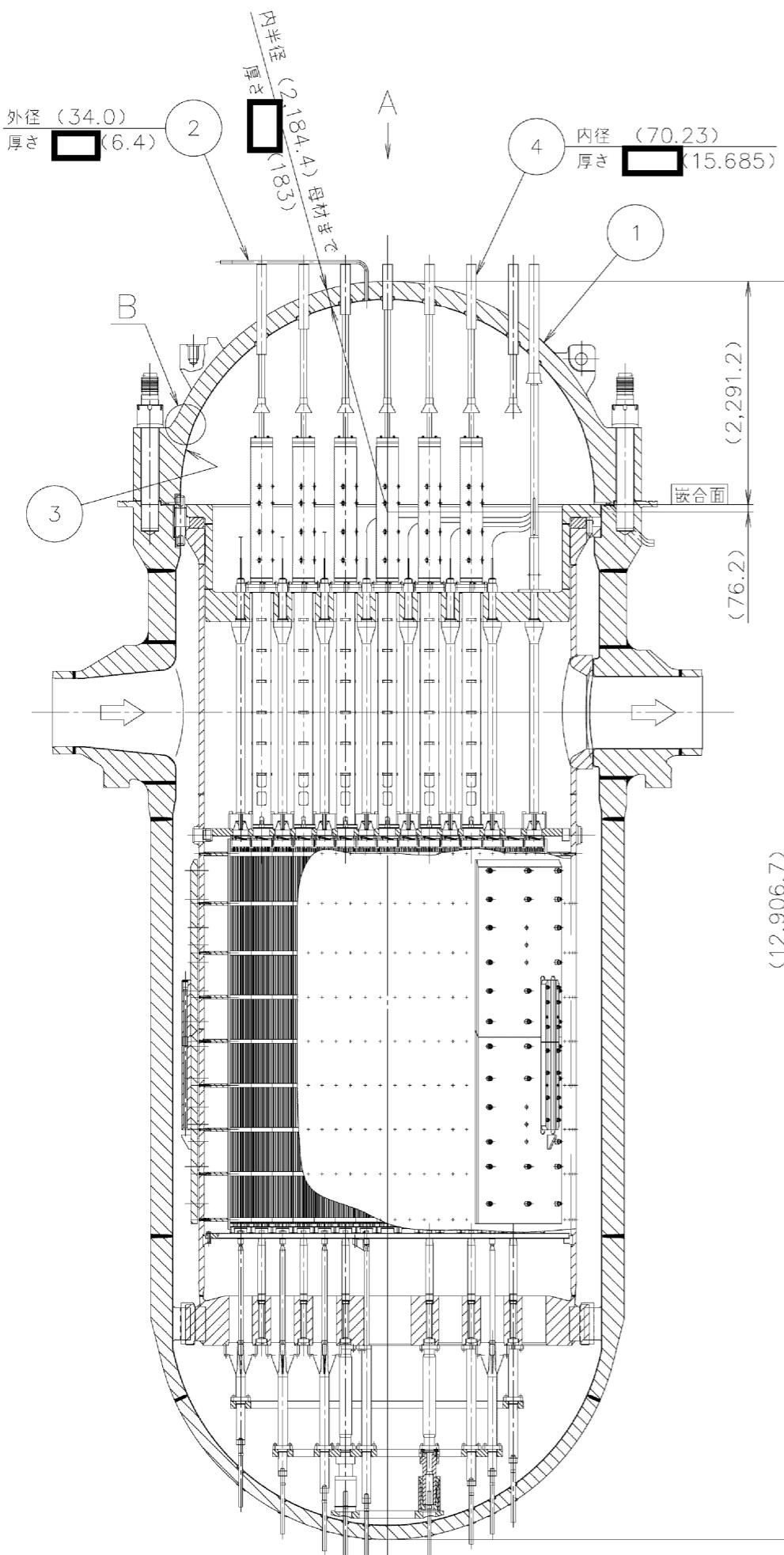
【第5図】

- ・計測制御系統施設の構造図（制御棒クラスタ駆動装置）

【第6図】

- ・【第6図】の補足

(単位 : mm)



主 要 目 表			
名 称	—	原子炉容器 <sup>(注1)</sup>	ふた管台
種 類	—	たて置円筒上下半球鏡容器	円筒型管台
最高使用圧力	MPa	17.16 18.9 <sup>(注2)</sup>	17.16
最高使用温度	°C	343 362 <sup>(注2)</sup>	343
個 数	—	1	61

番号	名 称	材 料	個 数
1	上 部 ふ た	SFVQ1A	1
2	空 気 抜 管	GNCF690CM	1
3	内 張 り 材	ステンレス鋼 (溶接クラッド)	—
4	ふ た 管 台	GNCF690HL	61

(注1) 本図は、原子炉冷却系統施設及び計測制御系統施設の構造図を兼ねる。  
(注2) 重大事故等時における使用時の値。

(注3) ( ) は公称値を示す。

設計及び工事計画認可申請	第 1 図
玄海原子力発電所第3号機	
原子炉本体の構造図	
(原子炉容器、ふた管台)	
九 州 電 力 株 式 会 社	

## 第1図「原子炉本体の構造図（原子炉容器、ふた管台）」の補足

### (1) 原子炉本体の寸法許容範囲

原子炉容器上部ふた取替工事に伴う設計及び工事計画書記載の原子炉本体に関する公称値の許容範囲は次のとおり。

名 称	適用寸法 (mm)			備 考
	最大値	公称値	最小値	
原子炉容器	鏡板内半径 (上部)	2,184.4		
	鏡板厚さ (上部)	183		
	内張り厚さ	5.5		
	高さ (上部ふた高さ)	2,291.2		
	空気抜管外径	34.0		
	空気抜管厚さ	6.4		
ふた管台	内 径	70.23		第1図
	厚 さ	15.685		

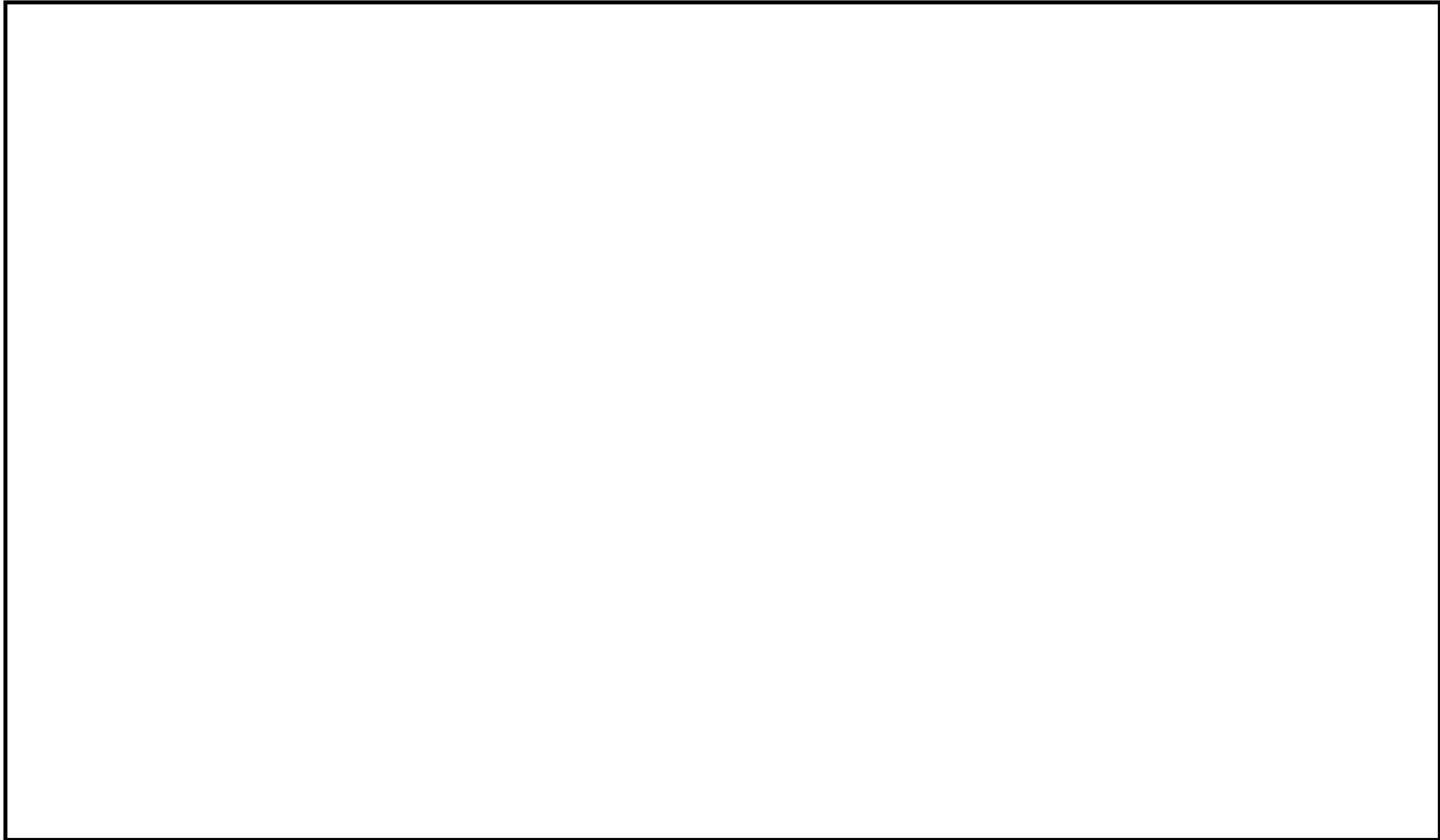
(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる許容差等は次のとおり。

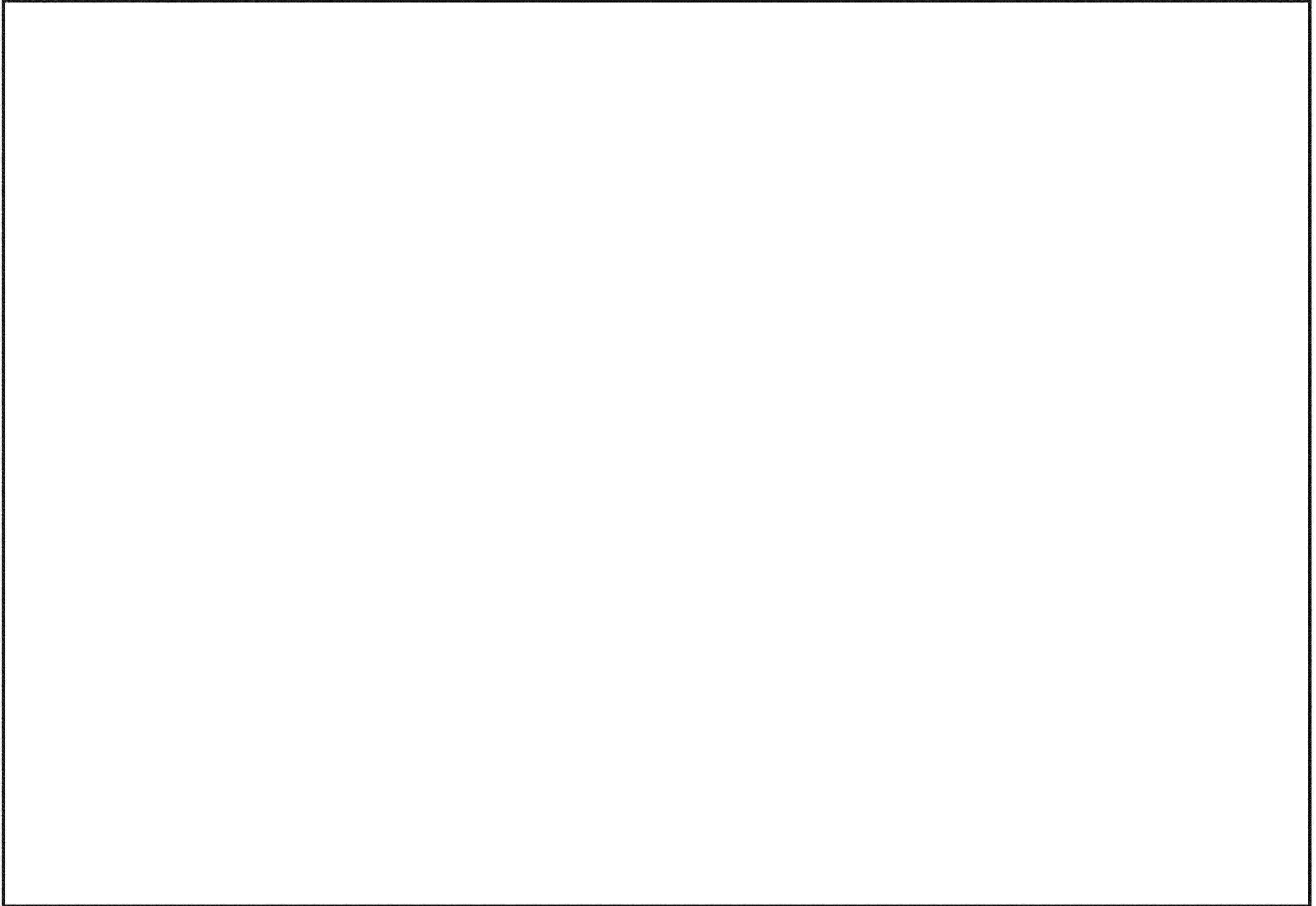
	名 称	許容差	根 拠
原子炉容器	鏡板内半径 (上部)		製造能力、製造実績を考慮した メーカ基準 (JIS B 8247 7.2 「断面形状の精度」を準用)
	鏡板厚さ (上部)		製造能力、製造実績を考慮した メーカ基準
	内張り厚さ		製造能力、製造実績を考慮した メーカ基準
	高さ (上部ふた高さ)		製造能力、製造実績を考慮した メーカ基準 (JIS B 8247 7.1 「寸法許容差」を準用)
	空気抜管外径		製造能力、製造実績を考慮した メーカ基準 (JIS G 4903 9.2 「寸法許容差」を準用)
	空気抜管厚さ		製造能力、製造実績を考慮した メーカ基準
ふた管台	内 径		製造能力、製造実績を考慮した メーカ基準
	厚 さ		製造能力、製造実績を考慮した メーカ基準

出典 : JIS B 8247 : 日本産業規格 壓力容器用鏡板

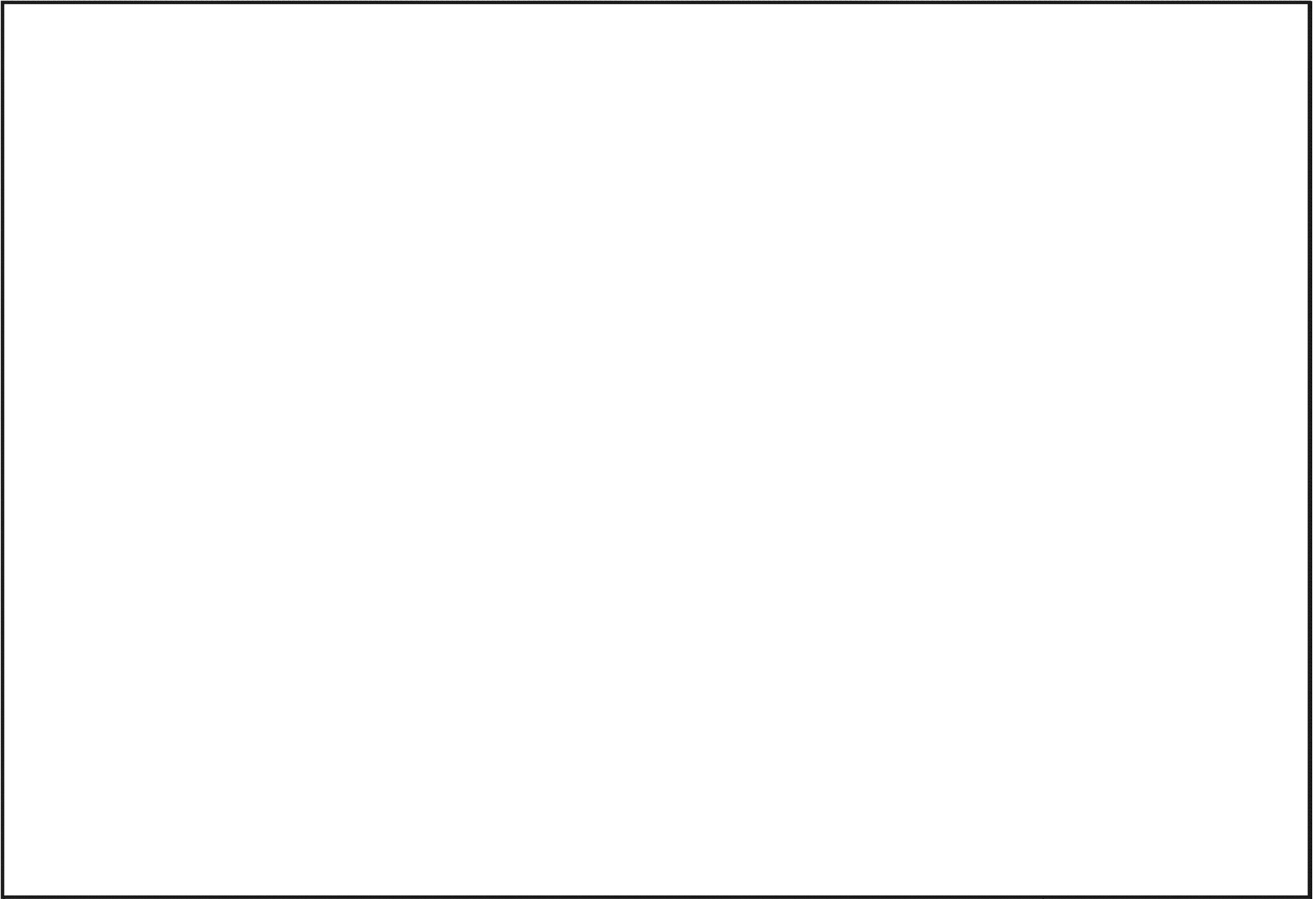
JIS G 4903 : 日本産業規格 配管用継目無ニッケルクロム鉄合金管

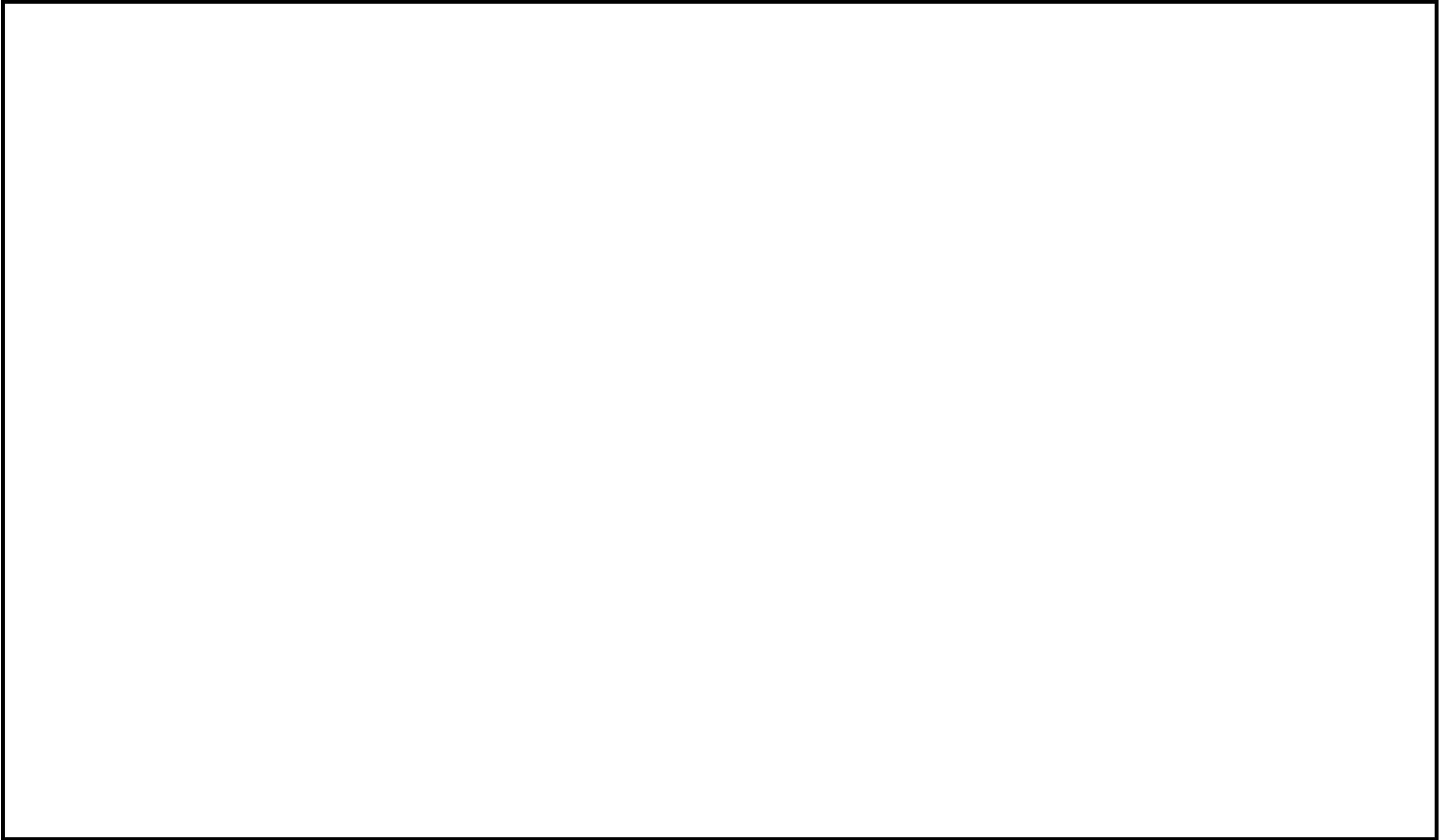


設計及び工事計画認可申請	第 2-1 図
玄海原子力発電所第3号機	
(注記) 本図は、計測制御系統施設（ほう酸注入機能を有する設備）の配置図を兼ねる。	原子炉冷却系統施設に係る機器の配置を明示した図面 (一次冷却材の循環設備) (1/2) (重大事故等対処設備)
九州電力株式会社	



設計及び工事計画認可申請 第3-1図
玄海原子力発電所第3号機
原子炉冷却系統施設の系統図 (一次冷却材の循環設備) (1/2) (重大事故等対処設備)
九州電力株式会社





設計及び工事計画認可申請 第4図

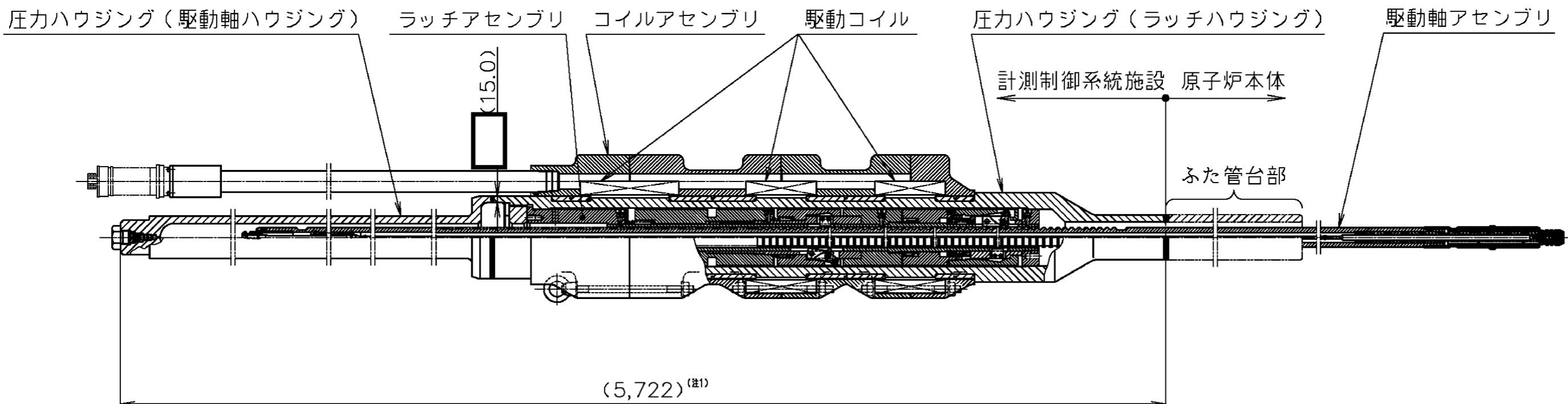
玄海原子力発電所第3号機

計測制御系統施設に係る  
機器の配置を明示した図面  
(制御棒駆動装置)

九州電力株式会社

設計及び工事計画認可申請	第5図
玄海原子力発電所第3号機	
計測制御系統施設の系統図 (ほう酸注入機能を有する設備) (重大事故等対処設備)	
九州電力株式会社	

(単位 : mm)



(注1) 溶接部の寸法基準位置は溶接部中央とする。

(注2) 駆動軸アセンブリと駆動コイルを含まない。

(注3) ( ) は公称値を示す。

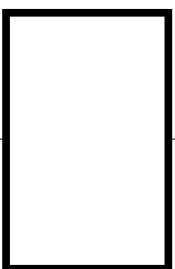
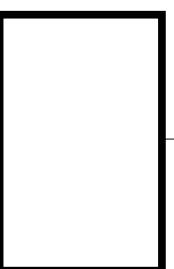
主要目表		
名 称	——	制御棒クラスタ駆動装置
種 類	——	磁気ジャック式駆動装置
最高使用圧力	MPa	17.16
最高使用温度	°C	343
材 考 (圧力ハウジング)	——	SUSF316
駆動方法	——	磁気ジャック式
個 数	——	53(予備4 <sup>(注2)</sup> )
駆動速度	cm/min	(最大) 114.3
挿入時間	s	2.5以下 (原子炉トリップ信号発信から 全ストロークの85%に至るまでの時間)

設計及び工事計画認可申請	第6図
玄海原子力発電所第3号機	
計測制御系統施設の構造図	
制御棒クラスタ駆動装置	
九州電力株式会社	

第6図「計測制御系統施設の構造図（制御棒クラスタ駆動装置）」の補足

(1) 制御棒クラスタ駆動装置の寸法公差範囲

原子炉容器上部ふた取替工事に伴う設計及び工事計画書記載の制御  
棒クラスタ駆動装置に関する公称値の許容範囲は次のとおり。

名 称	適用寸法 (mm)			備 考
	最大値	公称値	最小値	
制 御 棒 駆 動 裝 置 クラ ス タ	長さ		5,722	
	厚さ		15.0	第6図

## (2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる許容差等は次のとおり。

名 称	許容差	根 拠
制御棒駆動装置 クラスター	長さ	製造能力、製造実績を考慮した メーカ基準
	厚さ	製造能力、製造実績を考慮した メーカ基準