

浜岡原子力発電所 4 号炉 審査資料	
資料番号	H4-PLM30(冷温)-02 改 2
提出年月日	令和 5 年 3 月 10 日

浜岡原子力発電所 4 号炉 高経年化技術評価
(低サイクル疲労)

補足説明資料

本資料のうち、枠囲みの内容は営業
秘密に属しますので公開できません

令和 5 年 3 月 10 日

中部電力株式会社

目 次

1.	概要	1
2.	基本方針	1
3.	評価対象と評価手法	3
3.1	評価対象	3
3.2	評価手法	4
4.	代表機器の技術評価	5
4.1	原子炉圧力容器の健全性評価	5
4.2	現状保全	10
4.3	総合評価	11
4.4	高経年化への対応	11
5.	代表機器以外の技術評価	12
5.1	健全性評価	12
5.2	現状保全	13
5.3	総合評価	14
5.4	高経年化への対応	14
6.	まとめ	15
6.1	審査ガイド適合性	15
6.2	施設管理に関する方針として策定する事項	16
別紙 1.	評価条件とした過渡回数について	1-1
別紙 2.	設計時に考慮されていない低サイクル応力変動の考え方について	2-1
別紙 3.	環境疲労評価と溶存酸素濃度について	3-1
別紙 4.	代表機器の疲れ累積係数の算出根拠について	4-1
別紙 5.	環境疲労評価手法に基づく評価の詳細について	5-1
別紙 6.	炉心シュラウドの疲れ累積係数の算出根拠について	6-1

表 3 評価対象部位の選定理由

評価対象部位		選定理由
原子炉圧力容器	主フランジ（上蓋，胴体）	建設時工認評価部位
	スタッドボルト	建設時工認評価部位
	給水ノズル	建設時工認評価部位
	下鏡	建設時工認評価部位
	支持スカート	建設時工認評価部位

(2) 過渡条件の設定

冷温停止状態が維持されることを前提とした高経年化技術評価を実施することから、過渡条件は運転開始後 40 年時点までの期間を想定して設定した。ただし、冷温停止状態においてはプラントの起動・停止等の熱過渡が生じないため、運転開始後 40 年時点の過渡条件は、現時点（2020 年度末）までの過渡実績とした。

設定した過渡回数は、運転状態Ⅰ（通常運転時の運転状態）、運転状態Ⅱ（供用期間中に予想される機器の単一故障等による通常運転からの逸脱状態）とした。

評価条件とした過渡回数の考え方について別紙 1 に、建設時に考慮されていない応力変動要因に対する考え方を別紙 2 に示す。

また、原子炉圧力容器の評価条件として設定した過渡事象と、その過渡回数を表 4 に示す。

表 4 疲労評価の過渡条件として設定した過渡事象と過渡回数

過渡事象	運転実績に基づく過渡回数
ボルト締付	16
耐圧試験（最高使用圧力以下）	45
起動（昇温）	34
起動（タービン起動）	31
夜間低出力運転（出力 75%）	0
週末低出力運転（出力 50%）	3
制御棒パターン変更	116
給水加熱器機能喪失（発電機トリップ）	7
スクラム（タービントリップ）	4
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	0
スクラム（その他）	6
停止	34
ボルト取外	16
逃がし安全弁誤作動	0

別紙

- 別紙 1 評価条件とした過渡回数について
- 別紙 2 設計時に考慮されていない低サイクル応力変動の考え方について
- 別紙 3 環境疲労評価における溶存酸素濃度について
- 別紙 4 代表機器の疲れ累積係数の算出根拠について
- 別紙 5 環境疲労評価手法に基づく評価の詳細について
- 別紙 6 炉心シュラウドの疲れ累積係数の算出根拠について

別紙4. 代表機器の疲れ累積係数の算出根拠について

原子炉圧力容器の疲れ累積係数の算出根拠は以下のとおりである。

1. 評価モデル

疲れ累積係数の算出に用いた評価モデル（メッシュ）及び応力評価点を図 4-1 から図 4-3 に示す。解析コードは、「STANSAS」を用いた。

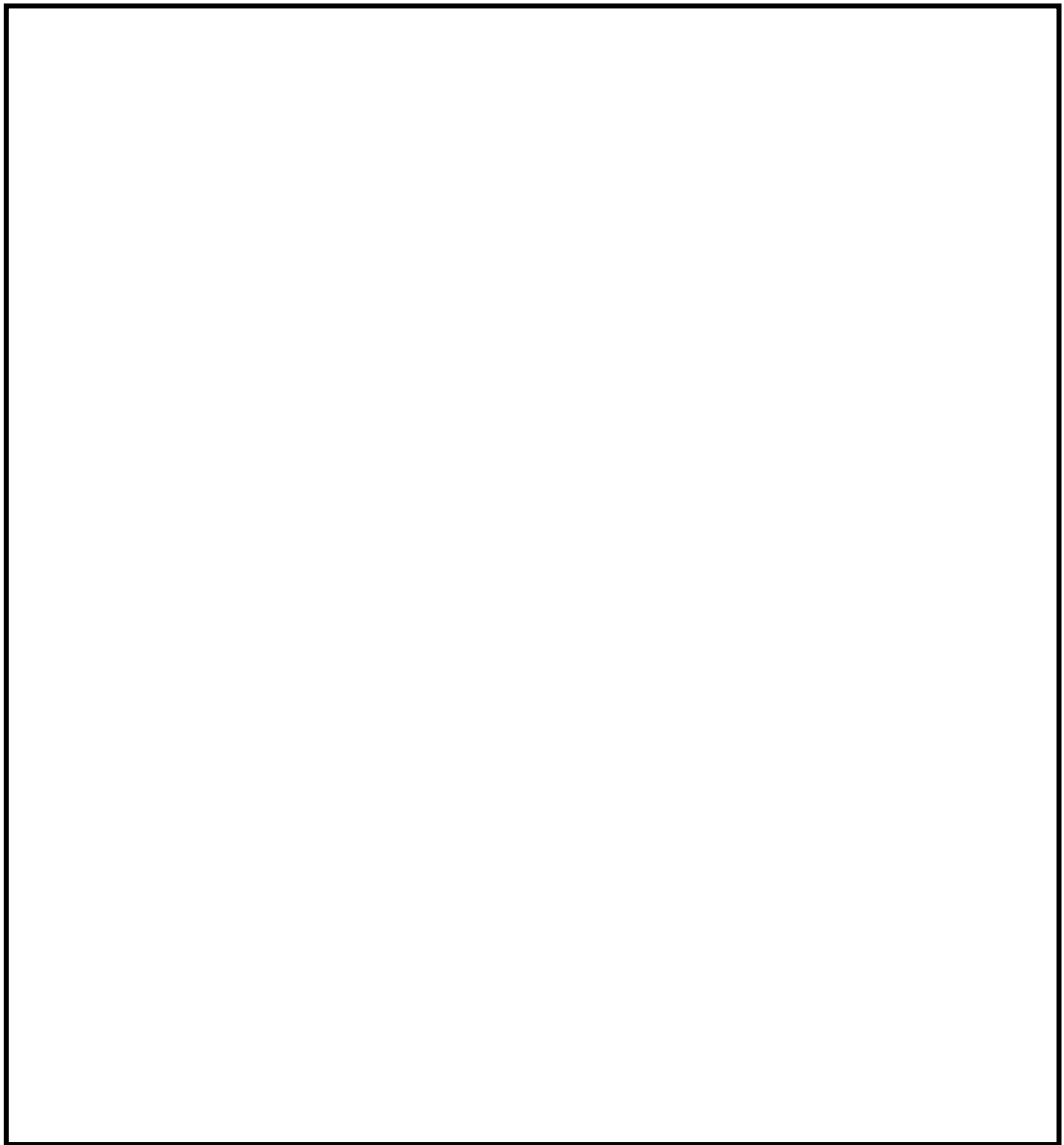


図 4-1 主フランジ，スタッドボルトの評価モデル（メッシュ）及び応力評価点

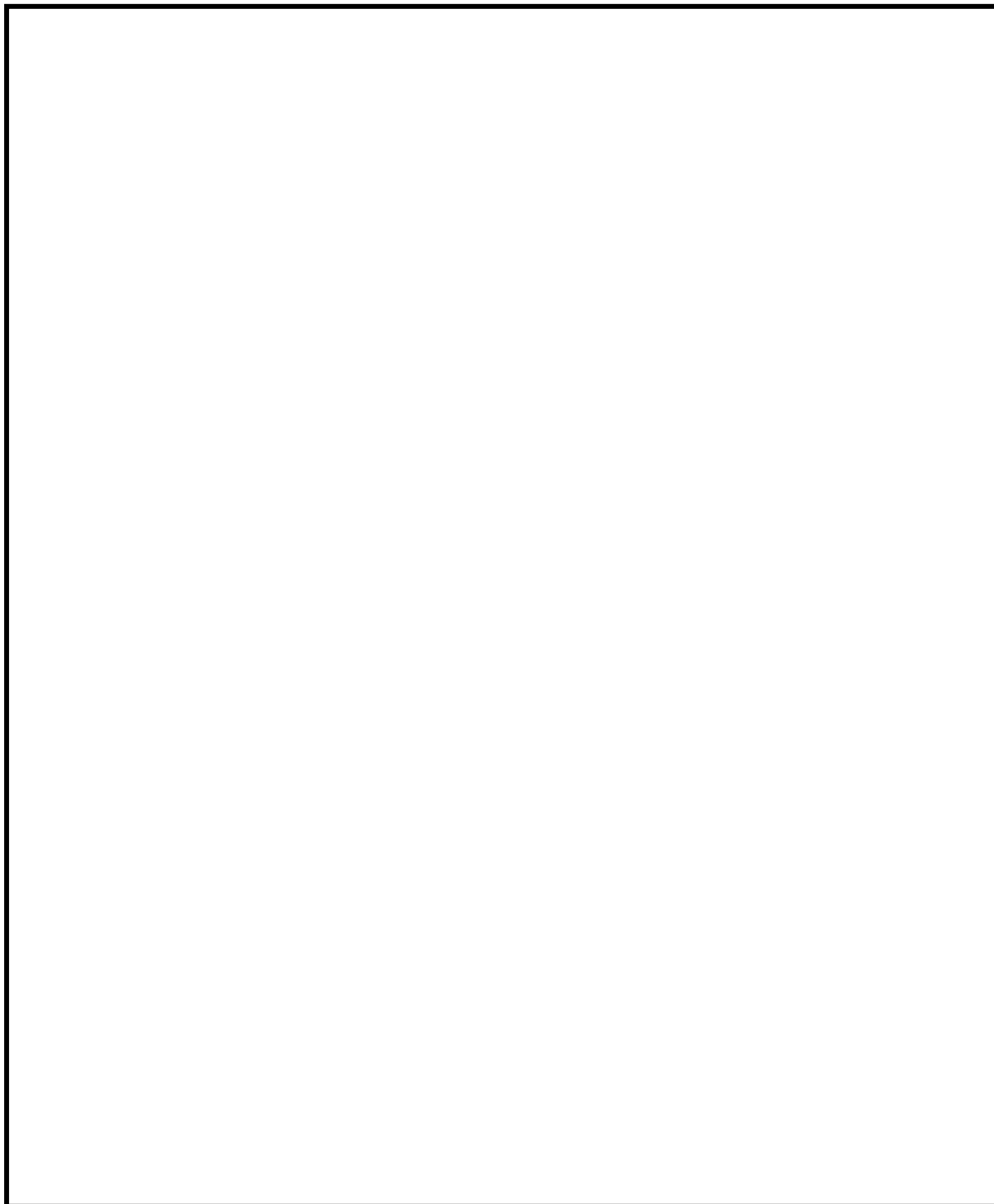


図 4-2 下鏡, 支持スカートの評価モデル (メッシュ) 及び応力評価点

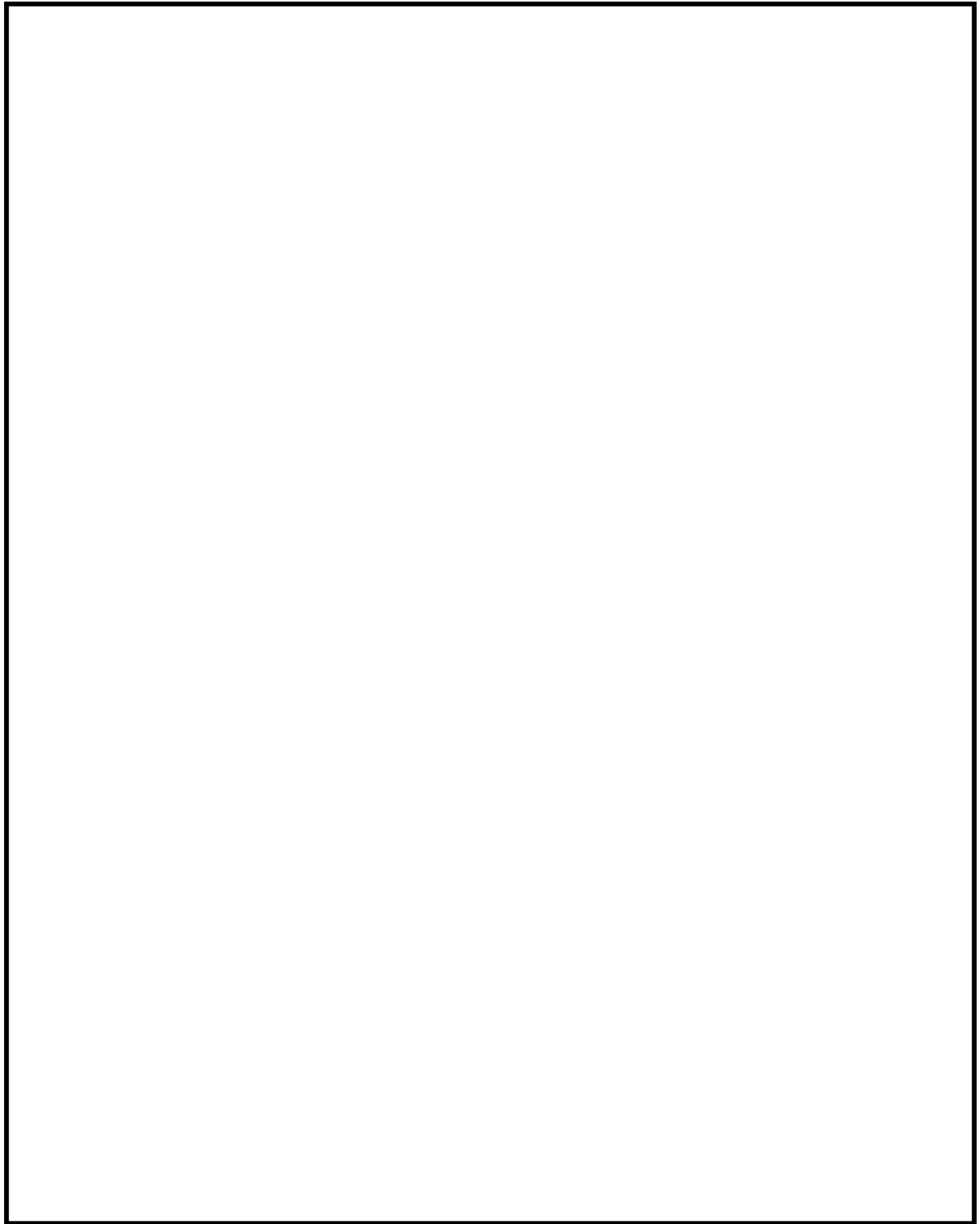


図 4-3 給水ノズルの評価モデル (メッシュ) 及び応力評価点

別紙6. 炉心シュラウドの疲れ累積係数の算出根拠について

炉心シュラウドの疲れ累積係数の算出根拠は以下のとおりである。

1. 過渡回数

炉心シュラウドの評価条件として設定した過渡事象と、その過渡回数を表 6-1 に示す。

表 6-1 疲労評価の過渡条件として設定した過渡事象と過渡回数

過渡事象	運転実績に基づく過渡回数
ボルト締付	16
耐圧試験（最高使用圧力以下）	45
起動（昇温）	34
起動（タービン起動）	31
夜間低出力運転（出力 75%）	0
週末低出力運転（出力 50%）	3
制御棒パターン変更	116
給水加熱器機能喪失（発電機トリップ）	7
スクラム（タービントリップ）	4
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	0
スクラム（その他）	6
停止	34
ボルト取外	16
逃がし安全弁誤作動	0

2. 評価モデル

疲れ累積係数の算出に用いた評価モデル（メッシュ）及び応力評価点を図 6-1 に示す。解析コードは、「HEAT」と「STAX」を用いた。

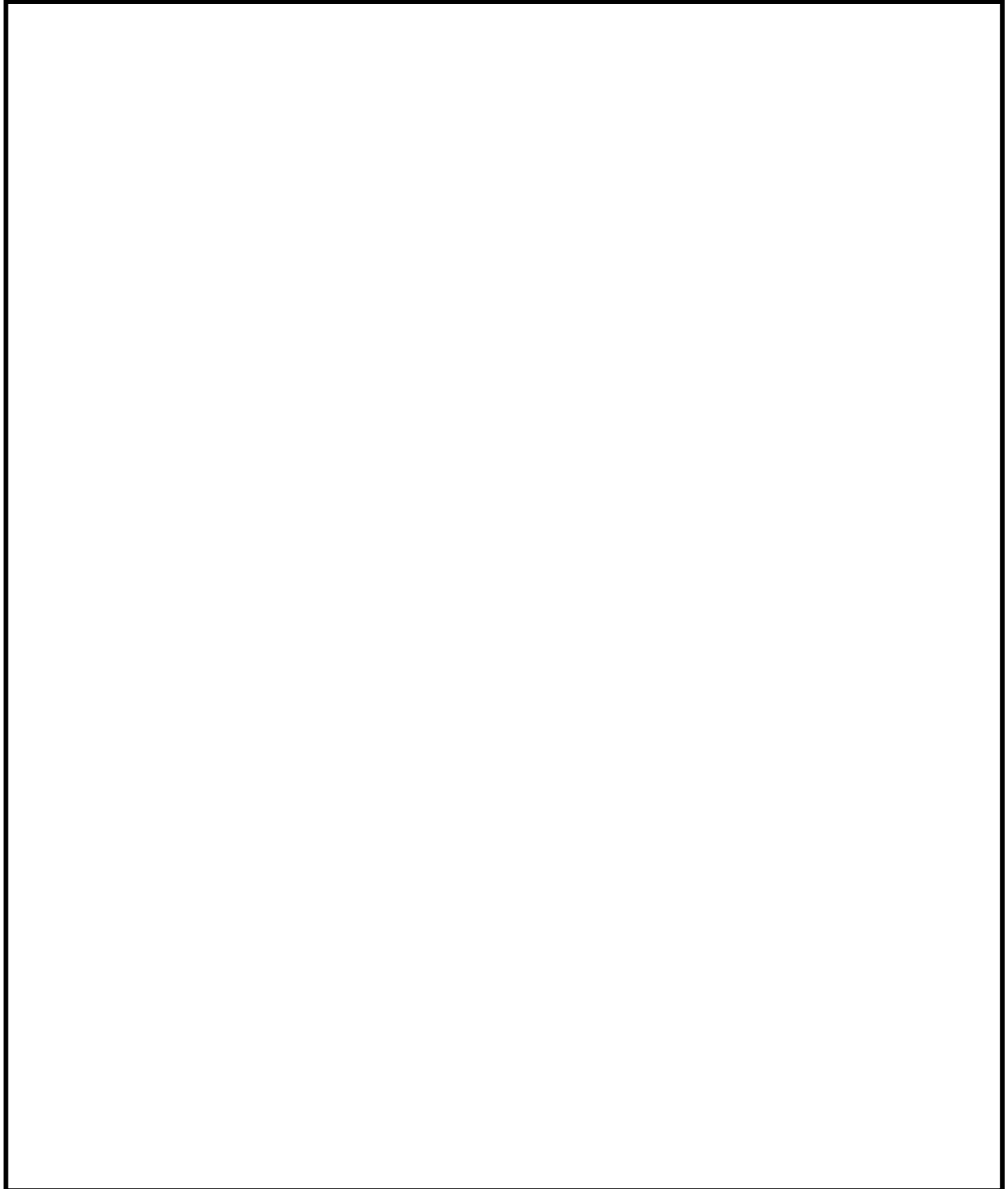


図 6-1 炉心シュラウドの評価モデル（メッシュ）及び応力評価点

3. 疲労評価結果

炉心シュラウドの評価点における疲労評価結果を以下に示す。

[記号の説明]

Sn : 供用状態 A, B における一次応力+二次応力の応力差最大範囲

Ke : 簡易弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数

Sp : 一次+二次+ピーク応力の応力差範囲

S ℓ : 繰返しピーク応力強さ

S ℓ' : 補正繰返しピーク応力強さ

Na : S ℓ' に対応する許容繰返し回数

Nc : 実際の繰返し回数

Uf : 疲れ累積係数

Uen : 環境を考慮した疲れ累積係数

炉心シュラウドの最大評価点の選定

評価点	疲れ累積係数				
	2020 年度末	環境疲労	許容値		
炉心シュラウド			1		
			1		
			1		
			1		
		0.0000	0.0001	1	←最大値
		0.0000	0.0001	1	←最大値
		0.0000	0.0001	1	←最大値
		0.0000	0.0001	1	←最大値
				1	
				1	
		0.0000	0.0001	1	←最大値
		0.0000	0.0001	1	←最大値
				1	
				1	
				1	

炉心シュラウドの疲労評価結果

応力評価点-----P03

応力差-----S₂₃

No.	Sn (MPa)	Ke	Sp (MPa)	S ₀ * ¹ (MPa)	S ₀ * ² (MPa)	S ₀ ' * ³ (MPa)	Na	Nc	Nc/Na
1									
2									
3									
4									
5									
6									
							疲れ累積係数		Uf=0.0000 Uen* ⁴ =0.0001

応力評価点-----P04

応力差-----S₂₃

No.	Sn (MPa)	Ke	Sp (MPa)	S ₀ * ¹ (MPa)	S ₀ * ² (MPa)	S ₀ ' * ³ (MPa)	Na	Nc	Nc/Na
1									
2									
3									
4									
5									
							疲れ累積係数		Uf=0.0000 Uen* ⁴ =0.0001

応力評価点-----P06

応力差-----S₂₃

No.	Sn (MPa)	Ke	Sp (MPa)	S ₀ * ¹ (MPa)	S ₀ * ² (MPa)	S ₀ ' * ³ (MPa)	Na	Nc	Nc/Na
1									
2									
3									
4									
							疲れ累積係数		Uf=0.0000 Uen* ⁴ =0.0001

*1：設計・建設規格 PVB-3315 の PVB-81 式により求めた値。

*2：設計・建設規格 PVB-3315 の PVB-82 式により求めた値。

*3：S₀ に (E₀/E) を乗じた値。

$$E = \boxed{} \text{MPa}$$

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{MPa}$$

*4：Uf に環境効果補正係数 (Fen, sc = $\boxed{}$) を乗じた値。

$$U_{en} = U_f \times F_{en, sc}$$

$$F_{en, sc} = \exp(11.119 \times T^*)$$

$$T^* = 0.000969 \times T$$

$$T = \text{疲れ累積係数の算出で考慮した過渡事象の最高の運転温度} (\boxed{} \text{°C})$$

炉心シュラウドの環境疲労評価は以下のプロセスにより算出した。

- ・環境効果を考慮した疲労評価（環境疲労評価）は、環境を考慮しない疲れ累積係数に、環境効果補正係数を乗じて算出した。

- ・環境条件

解析温度（℃）：T = (疲れ累積係数の算出で考慮した過渡事象の最高の運転温度)

- ・以下の係数倍法による算出式に解析温度を代入して、環境効果補正係数を求めた。（オーステナイト系ステンレス鋼及びこれらの溶接部）（BWR プラント環境）

$$F_{en, sc} = \exp(11.119 \times T^*)$$

$$T^* = 0.000969 \times T$$

$$F_{en, sc} = \exp(11.119 \times 0.000969 \times) =$$

- ・環境を考慮した疲れ累積係数を以下の式により算出した。

$$U_{en} = U_f \times F_{en, sc}$$

$$= 0.0001$$

以 上