

炉内計装筒 環境疲労評価結果 (評価点 : 9)

過渡条件 記号		一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数 Ke	繰返しピーク 応力強さ		実過渡 回数 n	許容繰返し 回数 n _k	疲労累積係数 u	環境効果 補正係数 fen	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uen
A	B	smax	smin		補正前 salt	補正後 salt'					
2J1	2D4	27.6	-427.3	1.00	227.3	224.1	2	375000	0.00004	2.227	0.00004
2J1	2D1	27.6	-374.3	1.00	201.2	198.2	2	800000	0.00000	1.000	0.00000
2J1	2D1	27.6	-303.7	1.00	178.1	175.4	6	1250000	0.00000	1.000	0.00000
2J1	2A1	27.6	-320.3	1.00	174.2	171.6	7	1450000	0.00000	1.000	0.00000
2J1	2J2	27.6	-342.9	1.00	170.2	137.6	42	1610000	0.00003	1.000	0.00002
1A1	2J2	17.6	-342.9	1.00	165.2	132.7	17	1770000	0.00001	1.000	0.00001
1A1	2B1	17.6	-303.7	1.00	162.7	131.2	2	1820000	0.00000	1.000	0.00000
1A1	2B1	17.6	-306.9	1.00	162.3	130.8	5	1840000	0.00000	1.000	0.00000
1A1	1C1	17.6	-298.3	1.00	158.5	150.1	36	2050000	0.00002	1.000	0.00002
1E1	1C1	9.7	-298.3	1.00	154.5	150.1	60	2250000	0.00003	1.000	0.00002
1J1	1C1	8.2	-298.3	1.00	152.3	150.4	68	2400000	0.00003	1.000	0.00003
NG3	1C1	0.0	-298.3	1.00	149.7	147.4	119	2600000	0.00005	1.000	0.00005
2B1	1C1	-153.1	-298.3	1.00	70.3	39.5	2	-----	0.00000	1.000	0.00000
合計 :											0.00018

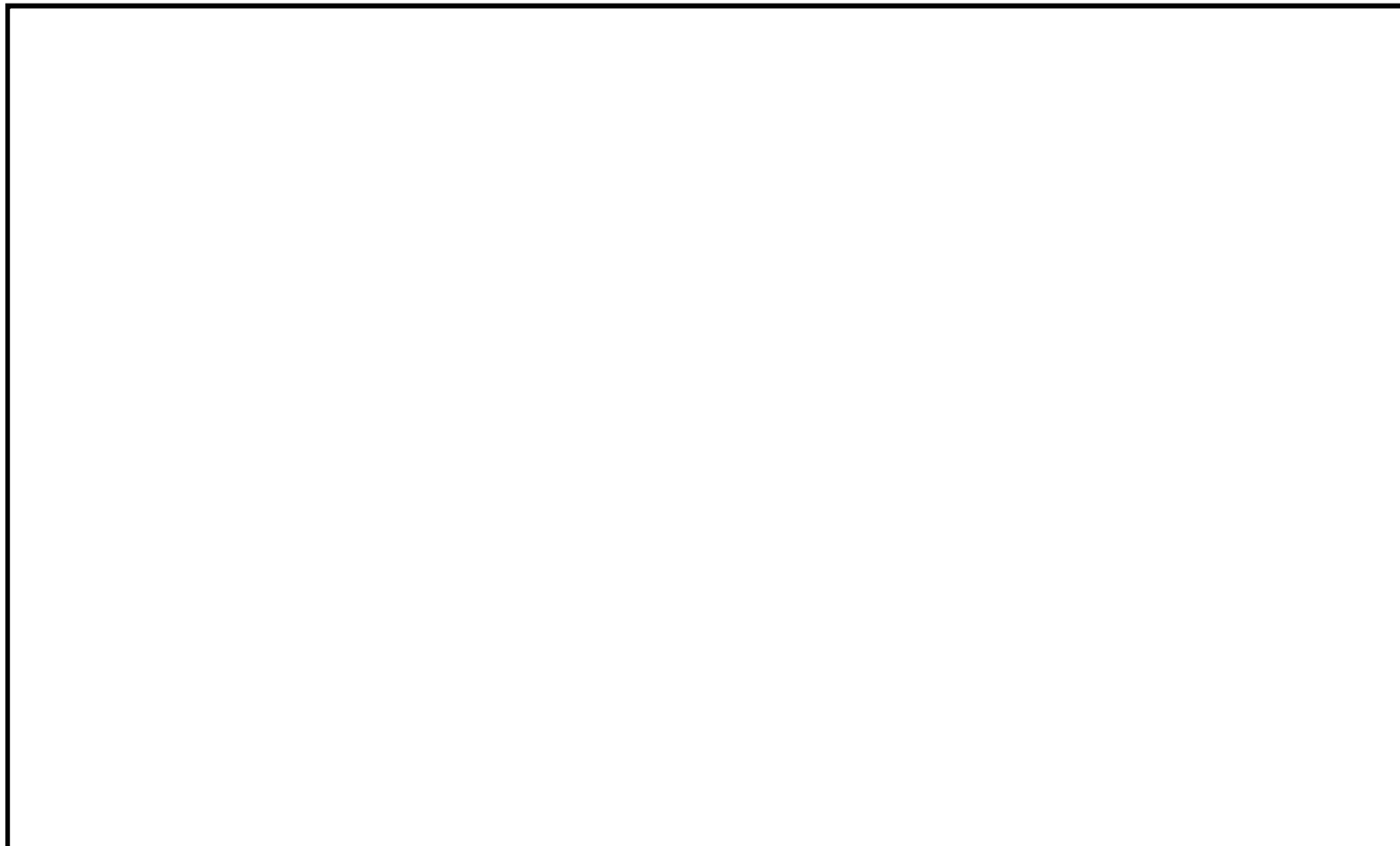
(注) 応力変動幅 ≤ 0.110% (salt' ≤ 214.5) の場合、fen=1.0

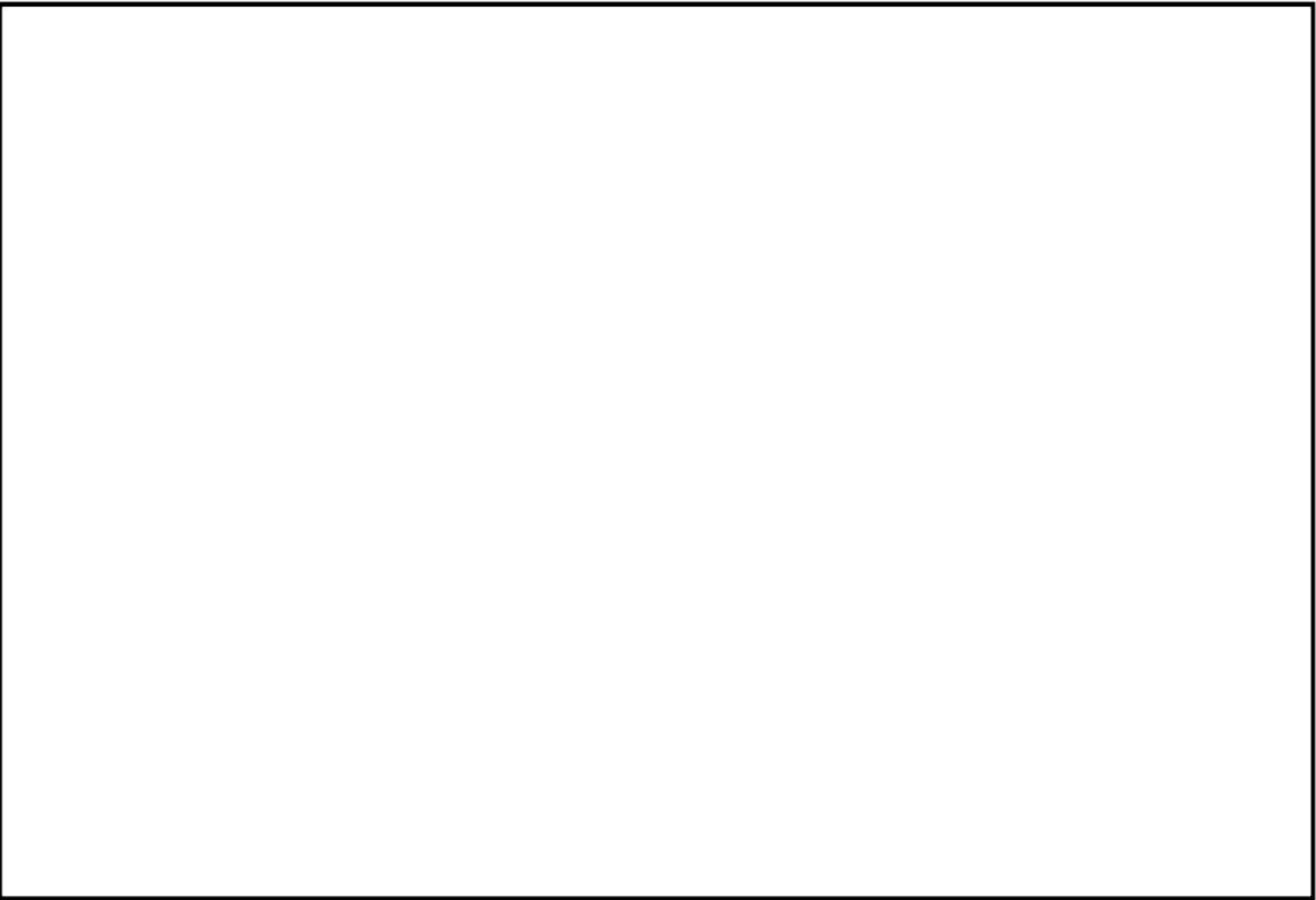
→環境 UF : 0.001

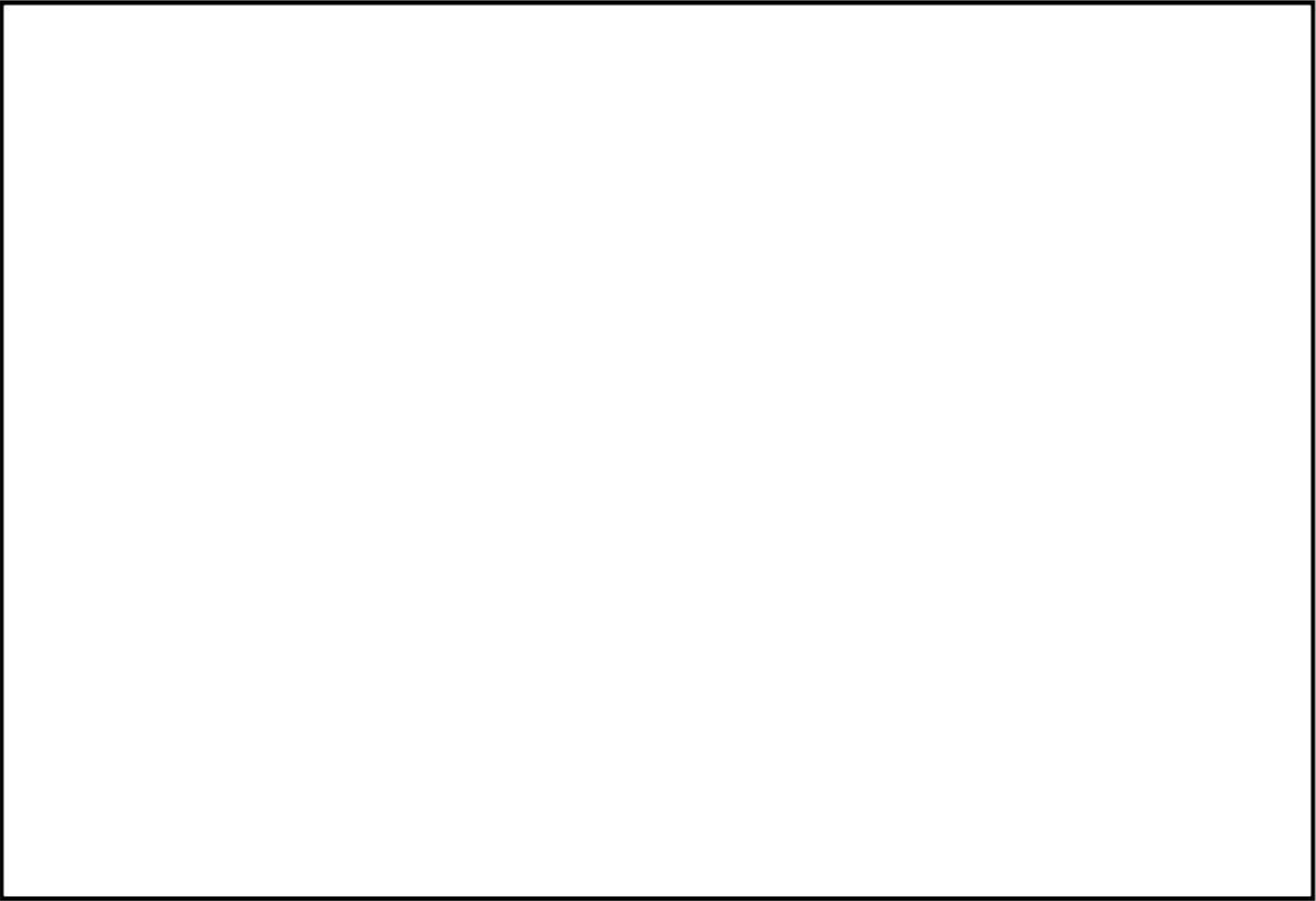
: 割り増し係数 Ke, 環境効果補正係数 fen を示す

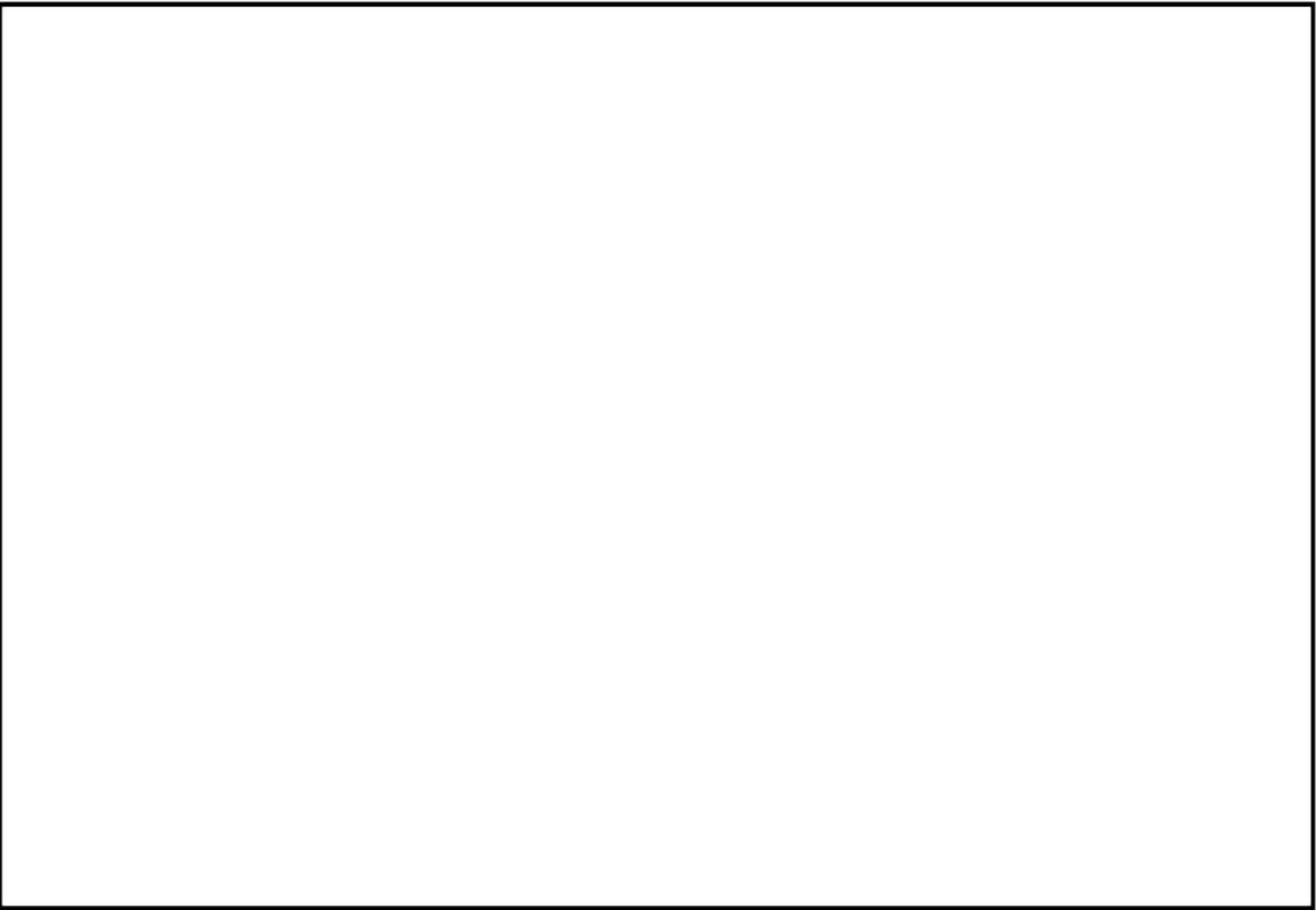
環境効果補正係数 (Fen) の算出根拠

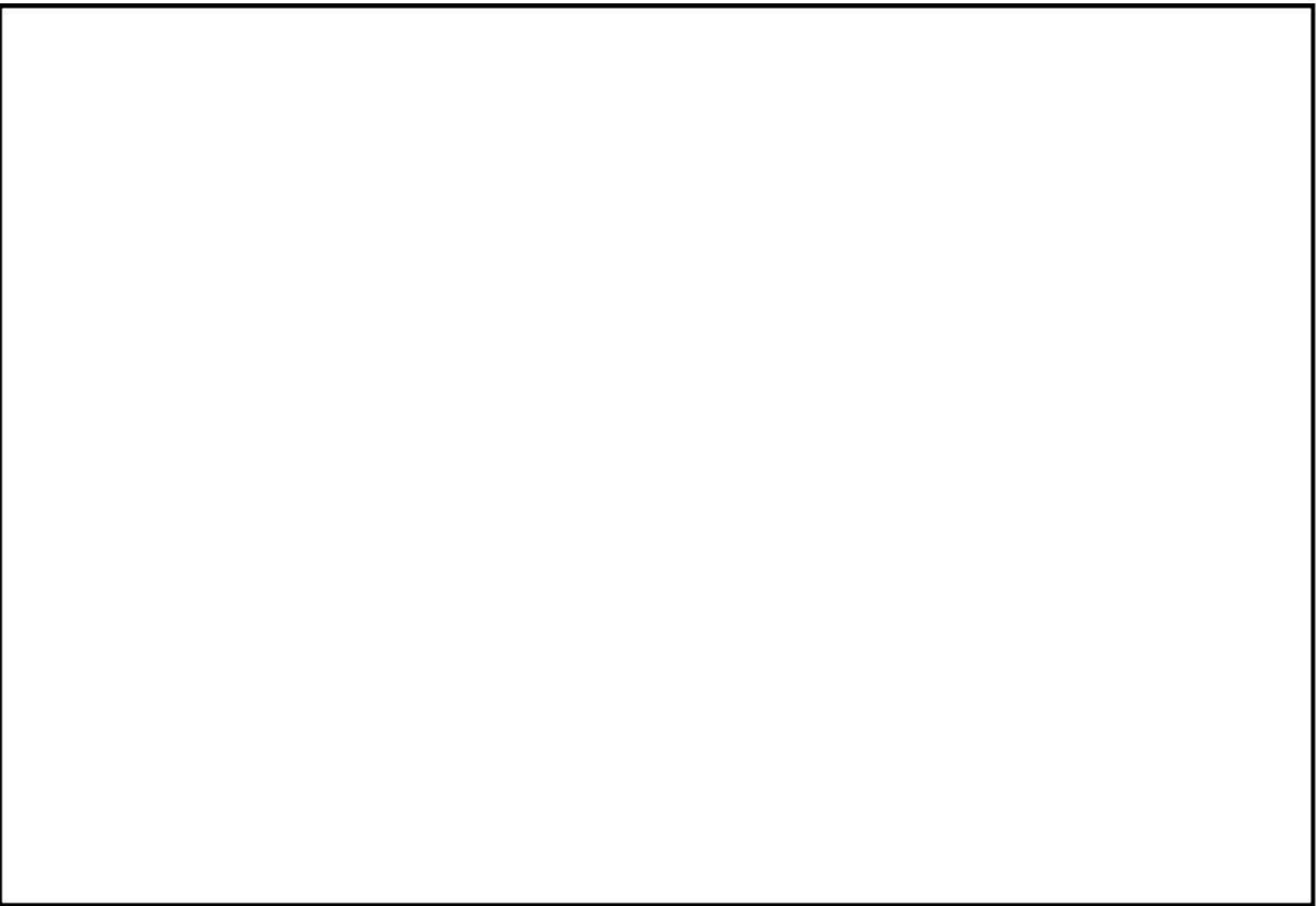
各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。

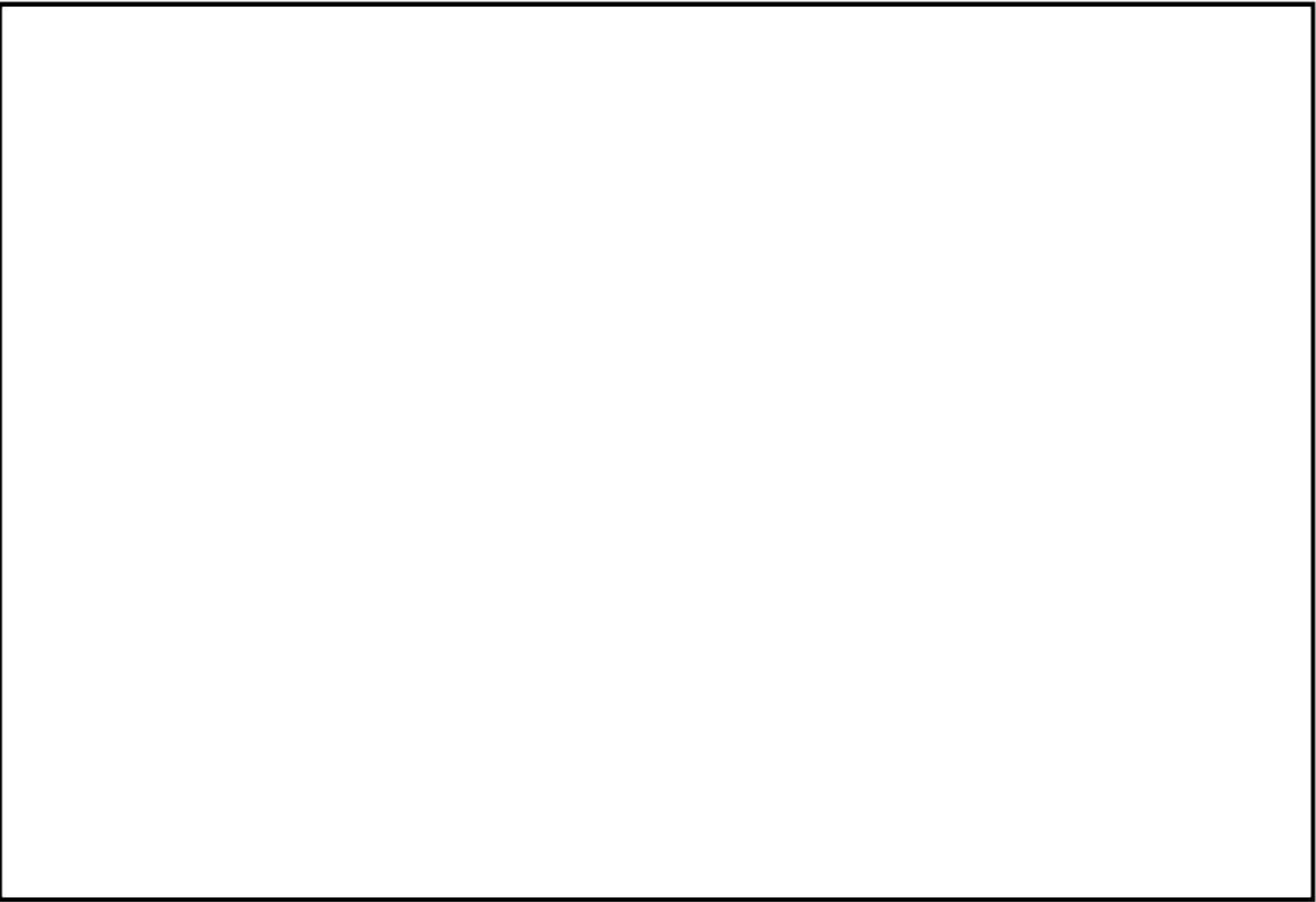


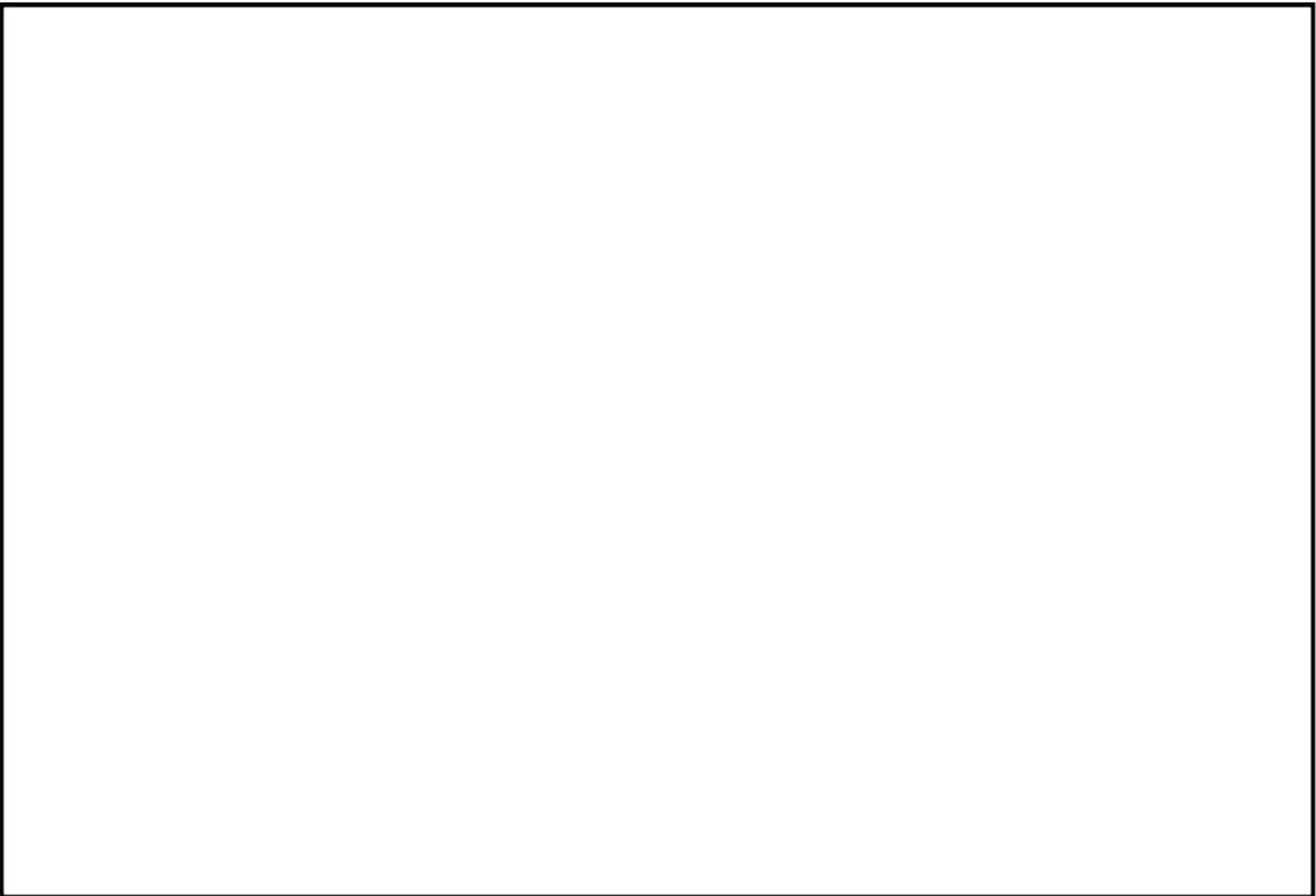


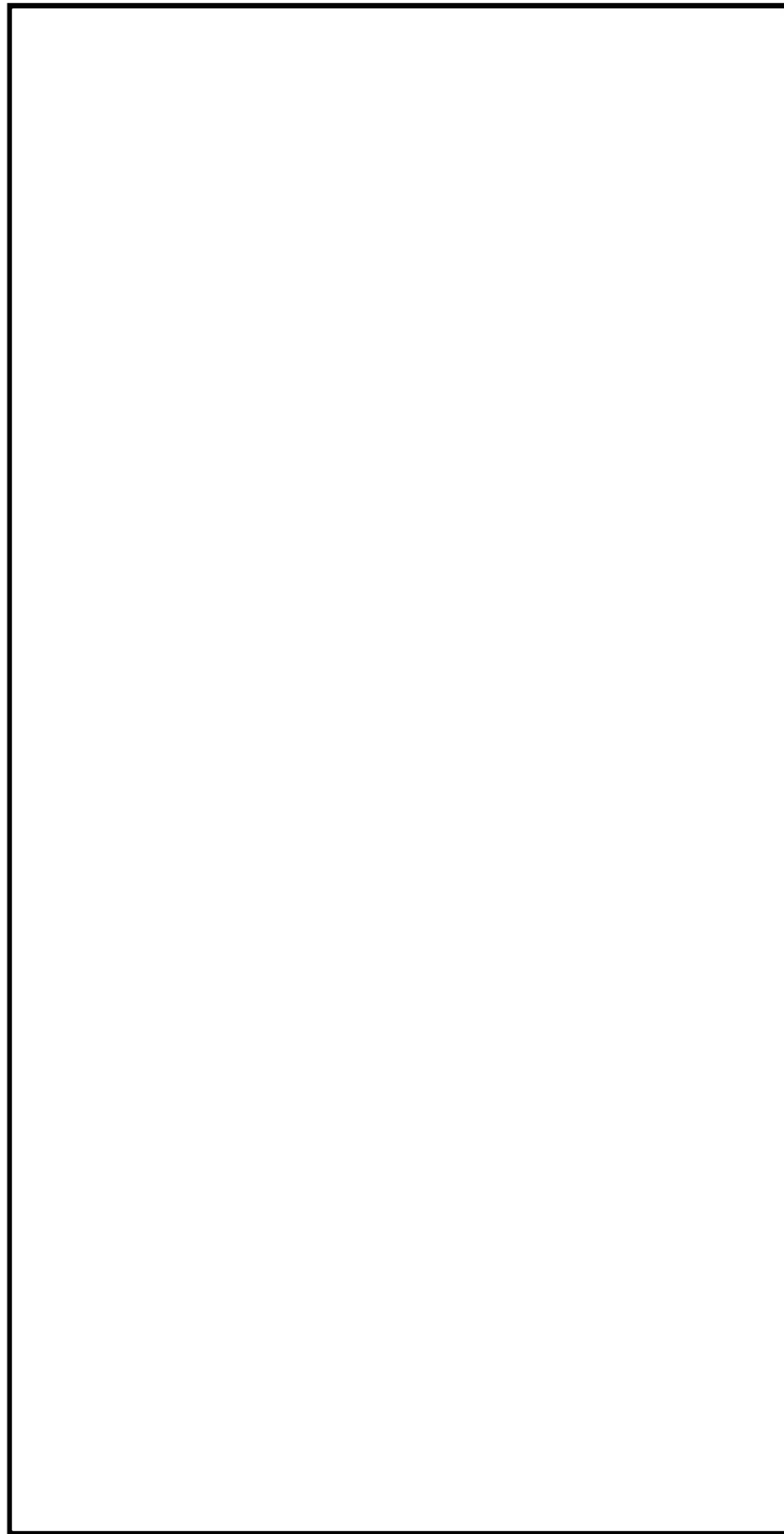












上部ふた、上部胴フランジ及びスタッドボルト寸法、評価点及び解析モデル

上部ふた、上部胴フランジ及びスタッドボルト 最大評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1	0.00012	0.00151	0.00046
2	0.00034	0.00022	0.00433
3	0.00047	0.00173	0.00013
4	0.00113	0.00086	0.00045
5	0.00018	0.00398	0.00567
6	0.0	0.00188	0.00543
7	0.31358	0.0	0.31358
8	0.09497	0.0	0.09497
9	0.34072	0.0	0.34072
10	0.11080	0.0	0.11080

許容値 $U_f=1.0$

 : 疲労累積係数が最大となる評価点及び最大値を示す

上部ふた、上部胴フランジ 疲労解析結果 (評価点 : 5)

評価点 - 5
(S31)

応力強さ		Ke	(単位 : MPa)		繰返し回数		疲労係数 (=N/N*)
極大値	極小値		ALT	ALT'	N	N*	
283.4	-101.5	1.0	192.4	227.6	60	16100	0.00373
253.7	-90.6	1.0	172.2	203.6	2	23300	0.00009
253.7	-60.2	1.0	157.0	185.7	57	30900	0.00184
136.4	-60.2	1.0	98.3	116.3	2	185000	0.00001
136.4	-24.3	1.0	80.4	95.1	2	452000	0.00000
136.4	-19.3	1.0	77.9	92.1	1	544000	0.00000
102.0	-19.3	1.0	60.6	71.7	5		0.0
疲労累積係数 =							0.00567

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

→通常 UF : 0.006

 : 割増し係数 Ke を示す

スタッドボルト 疲労解析結果 (評価点 : 9)

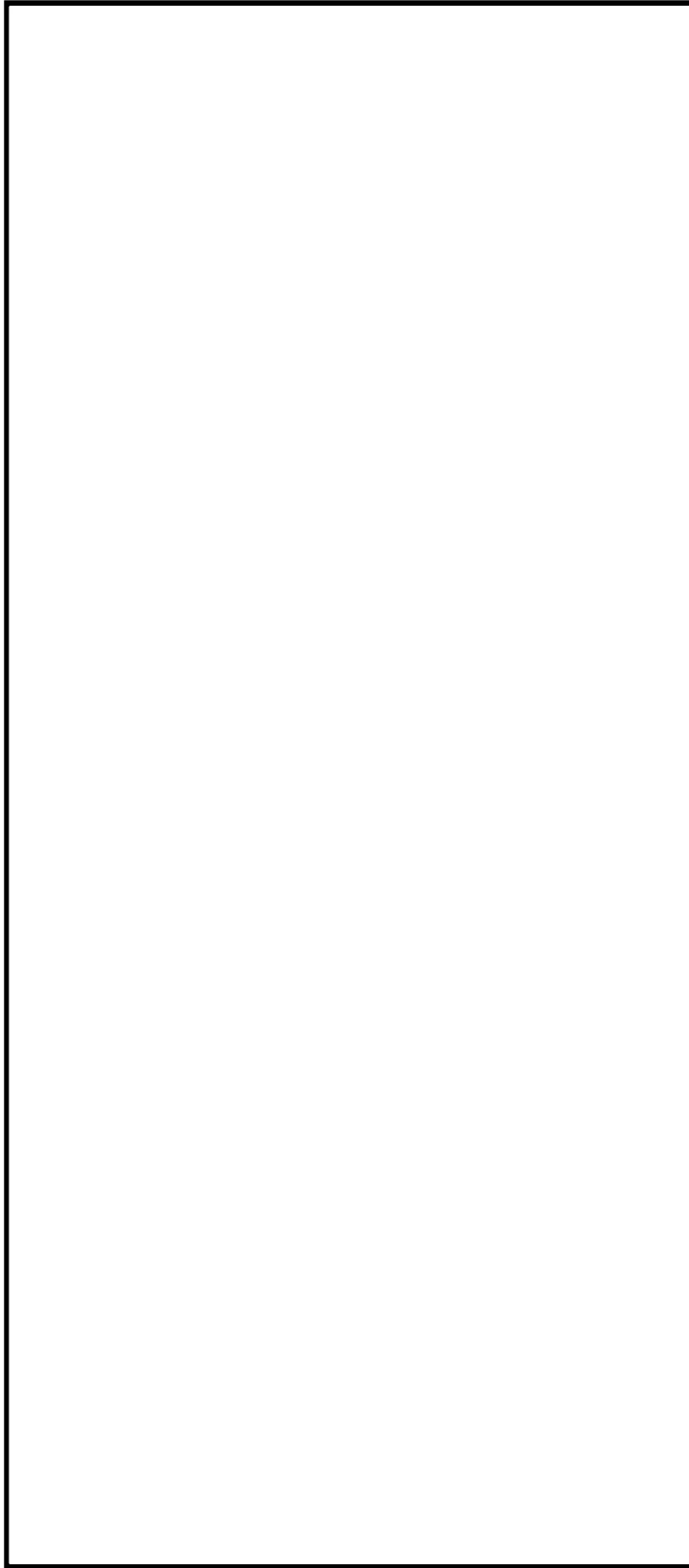
評価点 : 9
(S12)

応力強さ (単位 : MPa)		Ke	繰返し回数		疲労係数 (=N/N*)		
極大値	極小値		ALT	ALT'			
2332.9	0.0	1.0	1166.5	1395.7	61	247	0.24696
2332.9	1106.5	1.0	613.2	733.7	2	885	0.00226
2241.9	1106.5	1.0	567.7	679.3	7	1029	0.00686
2237.4	1106.5	1.0	565.5	676.6	5	1039	0.00485
2234.6	1106.5	1.0	564.1	674.9	0	1049	0.00000
2234.4	1106.5	1.0	564.0	674.8	4	1049	0.00385
2233.0	1106.5	1.0	563.3	674.0	2	1049	0.00192
2232.9	1106.5	1.0	563.2	673.9	4	1049	0.00385
2232.1	1106.5	1.0	562.8	673.4	0	1049	0.00000
2226.6	1106.5	1.0	560.1	670.2	0	1059	0.00000
2223.5	1106.5	1.0	558.5	668.3	4	1069	0.00377
2199.6	1106.5	1.0	546.6	654.0	4	1119	0.00360
2184.7	1106.5	1.0	530.1	645.1	2	1149	0.00175
2177.1	1106.5	1.0	535.3	649.5	7	1159	0.00609
2171.4	1106.5	1.0	532.5	627.1	3	1179	0.00256
2168.3	1106.5	1.0	530.9	635.2	2	1179	0.00171
2167.0	1106.5	1.0	530.3	634.5	8	1189	0.00678
2156.1	1106.5	1.0	524.8	627.9	2	1209	0.00167
2154.8	1106.5	1.0	524.1	627.1	2	1219	0.00165
2144.0	1106.5	1.0	518.8	620.7	2	1239	0.00163
2111.3	1106.5	1.0	502.4	601.2	3	1319	0.00229
2111.3	1388.0	1.0	361.7	432.8	58	2569	0.02266
2103.3	1388.0	1.0	357.6	427.9	3	2629	0.00115
2103.3	1592.5	1.0	255.4	305.6	61	5189	0.01178
2103.3	1774.7	1.0	164.3	196.6	2	16909	0.00012
2103.3	1882.7	1.0	110.3	132.0	2	96509	0.00002
2103.3	1901.2	1.0	101.0	120.9	63	163009	0.00039
2103.3	1902.9	1.0	100.2	119.9	64	172009	0.00037
2103.3	1903.0	1.0	100.1	119.8	6	172009	0.00003
2103.3	1924.6	1.0	80.3	106.9	57	383009	0.00015
2103.3	1951.9	1.0	75.7	90.5	618	—————	0.0
疲労累積係数 =							0.34672

Ke : 割増し係数
 ALT : 繰返しどけく応力強さ
 ALT' : ALTに(207000)/(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

→通常 UF : 0.341

1.0 : 割増し係数 Ke を示す



下部胴・下部鏡接続部形状寸法、評価点及び解析モデル

下部胴・下部鏡接続部 最大評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1	0.0	0.00104	0.00006
2	0.0	0.00037	0.0
3	0.0	0.00114	0.00409
4	0.0	0.00019	0.00018

許容値 $U_f=1.0$

0.00409 : 疲労累積係数が最大となる評価点及び最大値を示す

下部胴・下部鏡接続部 疲労解析結果 (評価点: 3)

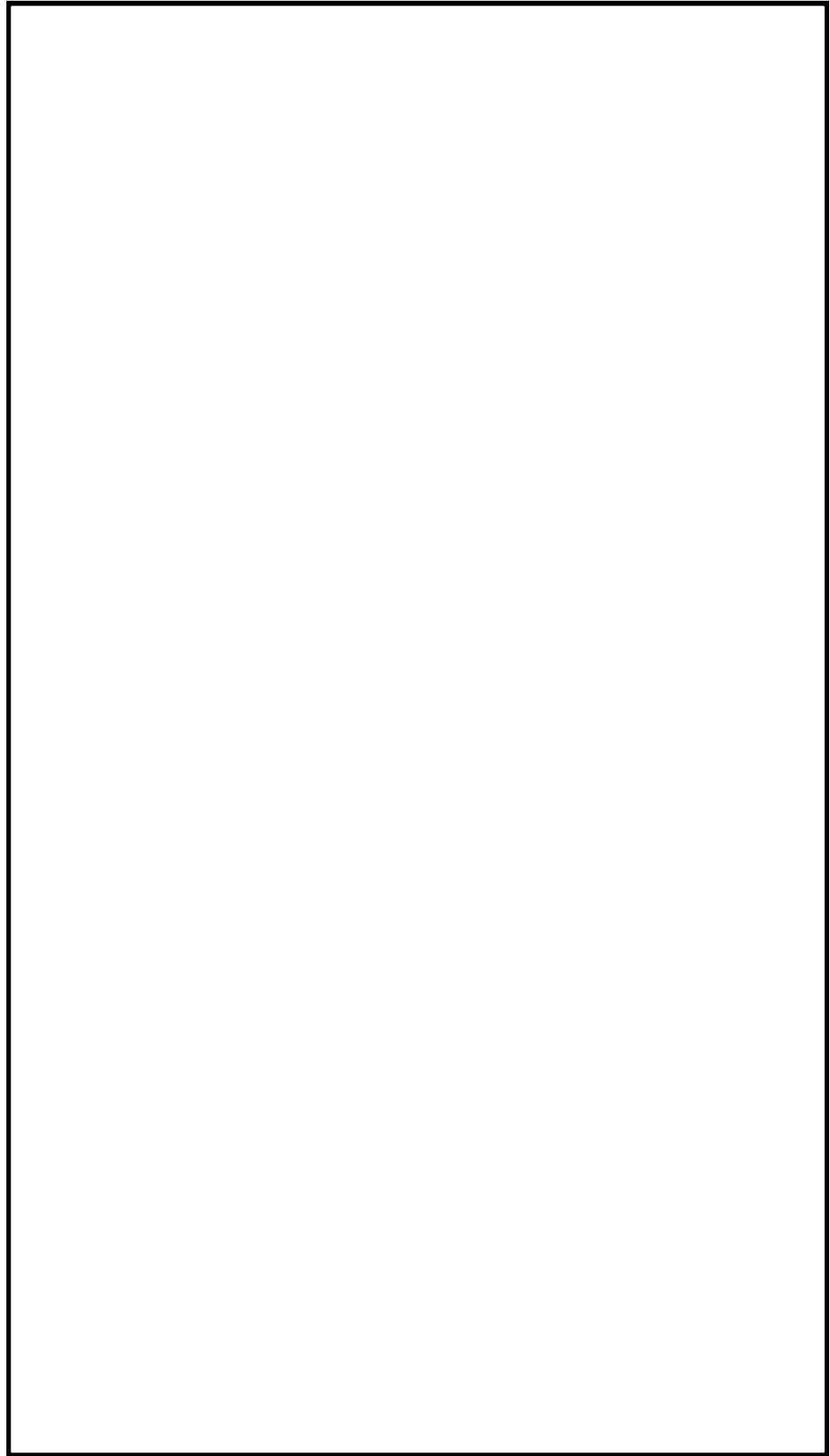
評価点 - 3
(S31)

応力強さ		(単位: MPa)			繰返し回数		疲労係数 (=N/N*)
極大値	極小値	K_e	ALT	ALT'	N	N*	
31.0	-349.3	1.0	190.2	223.7	2	17100	0.00012
31.0	-299.8	1.0	165.4	194.6	2	26800	0.00007
31.0	-275.2	1.0	153.1	189.1	6	34000	0.00018
31.0	-245.9	1.0	138.5	162.9	2	46400	0.00004
31.0	-241.3	1.0	136.2	169.1	7	48900	0.00014
31.0	-238.3	1.0	134.7	158.4	40	50900	0.00079
24.8	-238.3	1.0	131.6	154.7	19	57000	0.00033
24.8	-233.2	1.0	129.0	151.7	5	62800	0.00008
24.8	-232.7	1.0	128.8	151.4	36	63400	0.00057
0.0	-232.7	1.0	116.3	136.8	119	103000	0.00116
-4.9	-232.7	1.0	113.9	134.0	68	111000	0.00061
-135.4	-232.7	1.0	48.7	57.2	2	-----	0.0
疲労累積係数 =							0.00409

K_e : 割増し係数
 ALT : 繰返しヒーク応力強さ
 ALT' : ALTに(207000)/(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

→通常 $U_f : 0.005$

1.0 : 割増し係数 K_e を示す



炉心支持金物及び炉心支持金物取付部形状寸法、評価点及び解析モデル

炉心支持金物及び炉心支持金物取付部 最大評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1	0.0	0.00049	0.00050
2	0.0	0.00049	0.0
3	0.0	0.00405	0.00030
4	0.0	0.00034	0.0
5	0.0	0.00039	0.00241
6	0.0	0.00022	0.00006
7	0.0	0.00390	0.00030
8	0.0	0.00034	0.0
9	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.00000
12	0.0	0.0	0.00000
13	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0

許容値 $U_F=1.0$

0.00405 : 疲労累積係数が最大となる評価点及び最大値を示す

炉心支持金物及び炉心支持金物取付部 疲労解析結果 (評価点 : 3)

評価点 - 3
(S23)

応力強さ (単位 : MPa)		Ke	繰返し回数		疲労係数 (=N/N*)		
最大値	振小値		N	N*			
306.2	-30.7	1.0	173.0	203.4	2	25300	0.00009
273.0	-30.7	1.0	156.4	183.9	2	21800	0.00006
256.2	-30.7	1.0	148.0	174.0	6	27800	0.00016
241.5	-30.7	1.0	140.6	165.4	50	44200	0.00113
241.5	-30.4	1.0	140.4	165.1	9	44400	0.00020
241.3	-30.4	1.0	140.3	165.0	7	44500	0.00016
228.6	-30.4	1.0	138.0	162.3	2	48900	0.00004
228.2	-30.4	1.0	135.8	159.7	5	49300	0.00010
223.6	-30.4	1.0	131.5	154.7	36	57200	0.00033
223.6	0.0	1.0	111.8	131.5	119	119000	0.00100
223.6	11.2	1.0	106.2	124.9	68	145000	0.00048
223.6	109.7	1.0	57.0	67.0	2	—————	0.0
疲労累積係数 =					0.00405		

Ke : 割増し係数
 ALT : 繰返しピーク応力強さ
 ALT* : ALT*(207000)/[材料の使用温度における弾塑性係数)を乗じて得た値
 N : 設計繰返し回数
 N* : 許容繰返し回数

→通常 UF : 0.005

1.0 : 割増し係数 Ke を示す

炉心支持金物及び炉心支持金物取付部 環境疲労評価結果 (評価点 : 1.1)

過渡条件 記号		一次+二次+ 七一次応力種差		割り増し 係数 KE	繰返しピーク 応力種差		繰返し 回数 n	許容繰返し 回数 n _t	疲労累積係数 u	環境効果 補正係数 fen	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uen
A	B	smax	smin		補正前 salt	補正後 salt'					
NFS	2b4	0.0	-222.5	1.00	111.3	109.6	2	13300000	0.00000	1.000	0.00000
NFS	2E1	0.0	-196.7	1.00	98.3	96.9	2	133000000	0.00000	1.000	0.00000
NFS	111	0.0	-169.4	1.00	84.7	83.4	68	-----	0.00000	1.000	0.00000
合計 :											0.00000

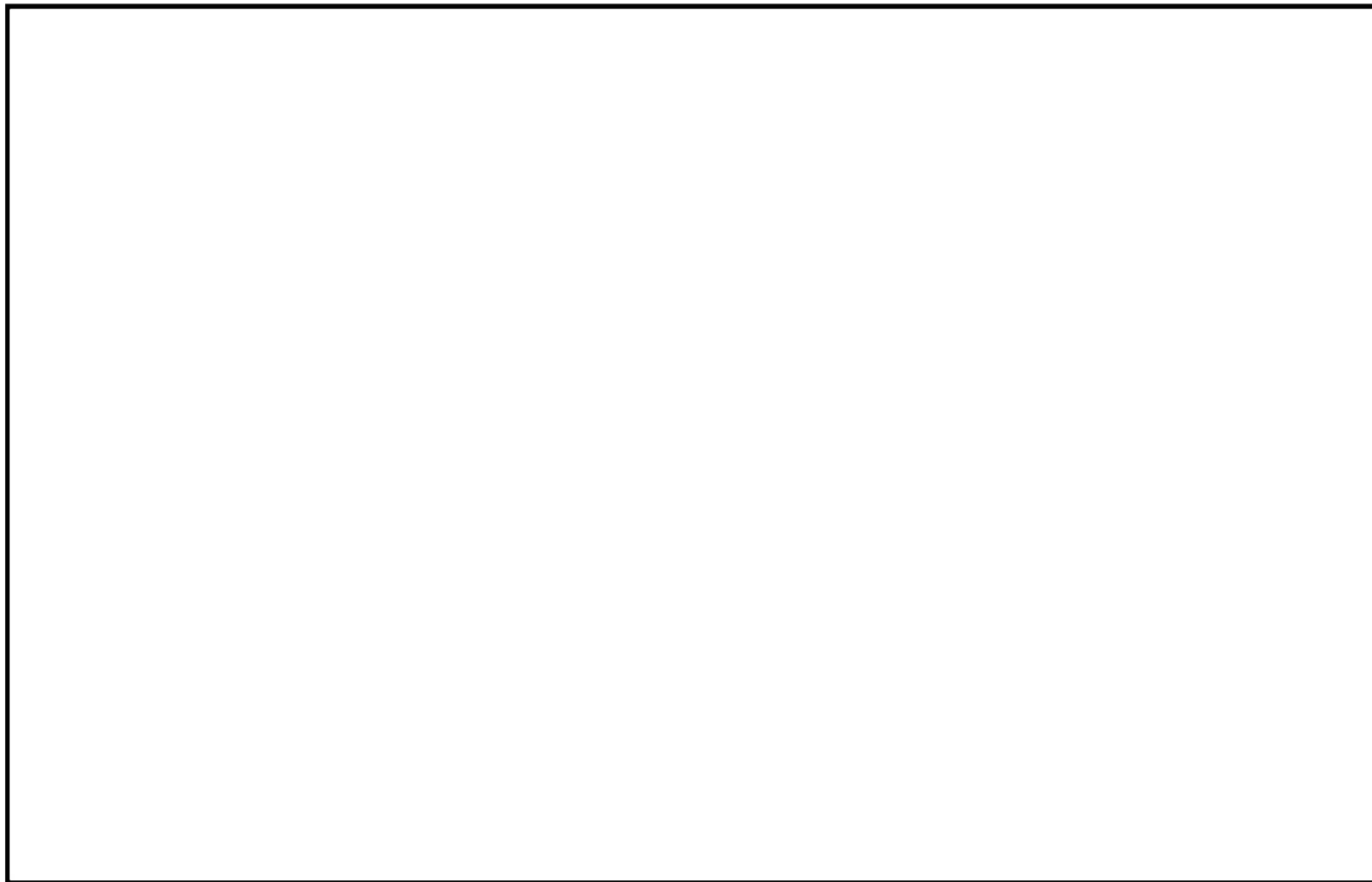
(注) 応力変動幅 ≤ 0.110% (salt' ≤ 214.5) の場合、fen=1.0

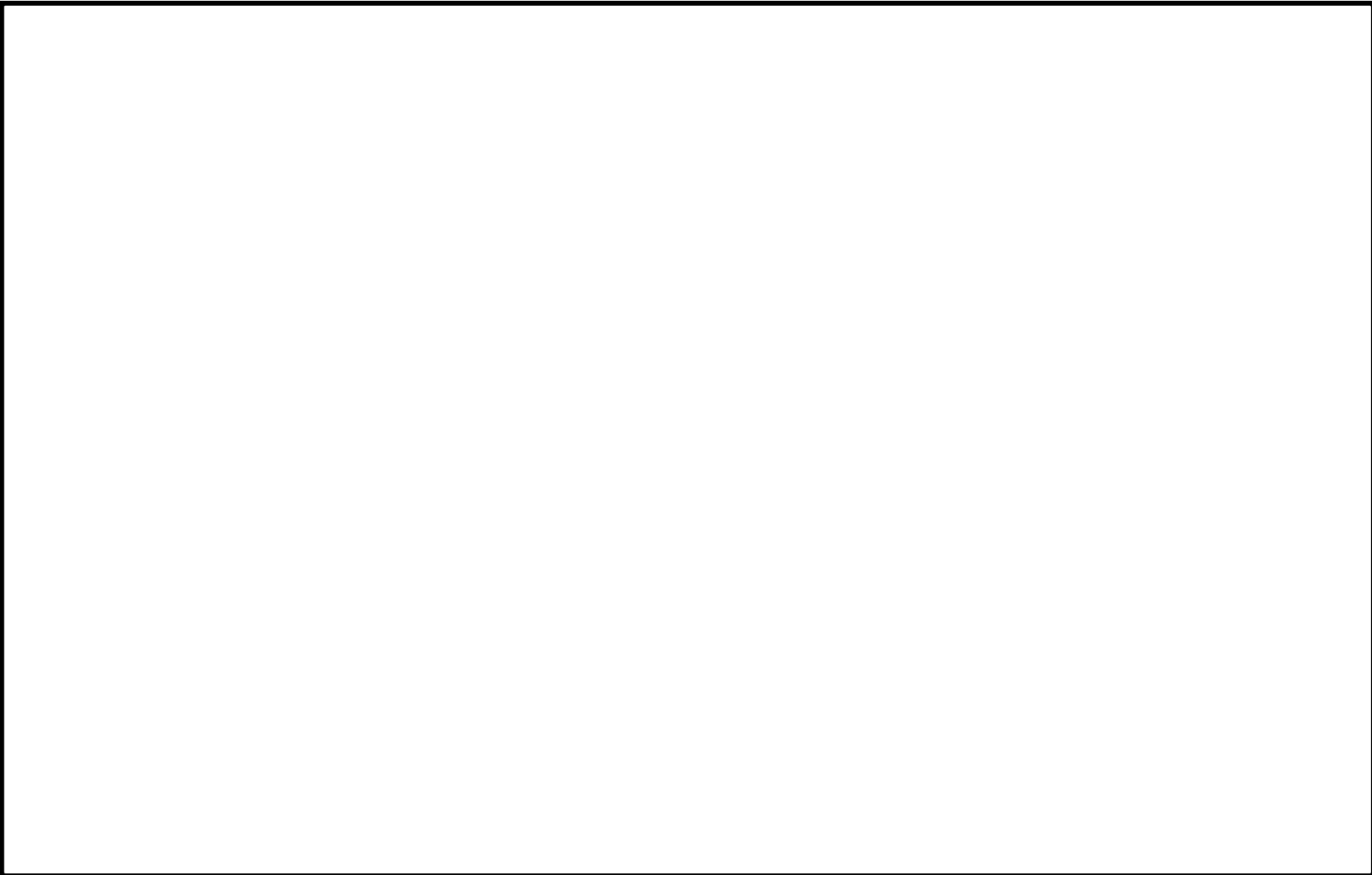
→環境 UF : 0.001

: 割り増し係数 Ke, 環境効果補正係数 fen を示す

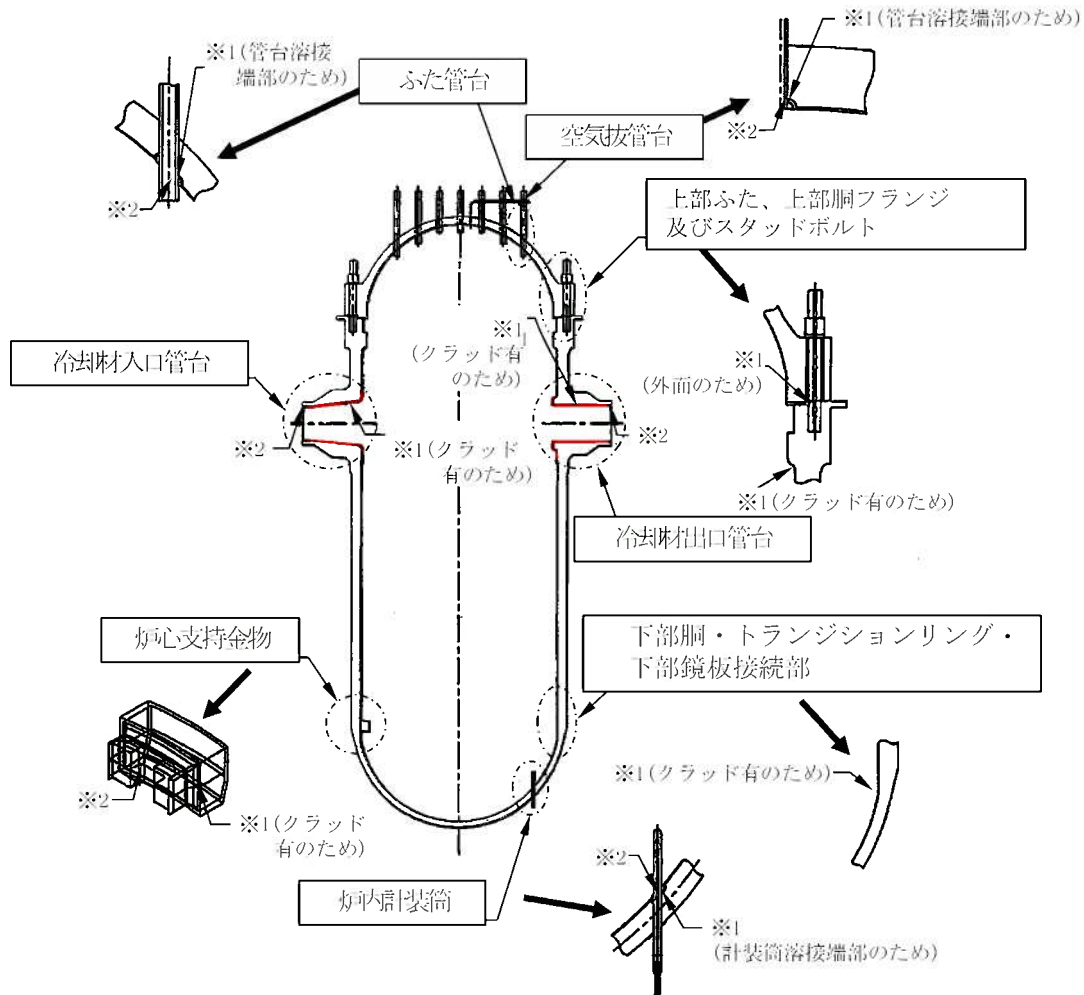
環境効果補正係数 (Fen) の算出根拠

各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。





タイトル	クラッドにより環境疲労評価不要とする部位のクラッド確認について								
説明	<p>ステンレス鋼等クラッドにより接液していないとして環境疲労評価を行っていない部位がある機器としては、原子炉容器、加圧器、蒸気発生器がある。 (添付-1)</p> <p>これらの機器のクラッド施工部については、定期的を目視確認等を行い、異常がないことを確認している。</p> <table border="1" data-bbox="588 600 1190 757"> <thead> <tr> <th></th> <th>点検方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉容器</td> <td>目視確認^{※1}</td> </tr> <tr> <td>加圧器</td> <td>目視確認^{※2}</td> </tr> <tr> <td>蒸気発生器</td> <td>目視確認</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：維持規格においては、表面のき裂を検出するための目視試験（VT-1およびMVT-1）を定めているが、当該箇所を目視確認はこの条件を満たすものではない。ただし、供用期間中検査で実施している検査範囲に含まれるクラッド施工範囲については、変形、剥がれ、発錆などクラッド損傷に伴う異常がないことは確認できている。</p> <p>※2：加圧器のクラッド施工部のうち疲労の蓄積が考えられるスプレイライン用管台、サージ用管台の内面については、目視確認による確認が困難な場所である。しかし、供用期間中検査としてコーナー部や溶接継手部の超音波探傷検査を実施しており、この検査はクラッドを直接確認するための検査ではないがクラッド施工部に異常がないことを確認できると考えている。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>		点検方法	原子炉容器	目視確認 ^{※1}	加圧器	目視確認 ^{※2}	蒸気発生器	目視確認
	点検方法								
原子炉容器	目視確認 ^{※1}								
加圧器	目視確認 ^{※2}								
蒸気発生器	目視確認								



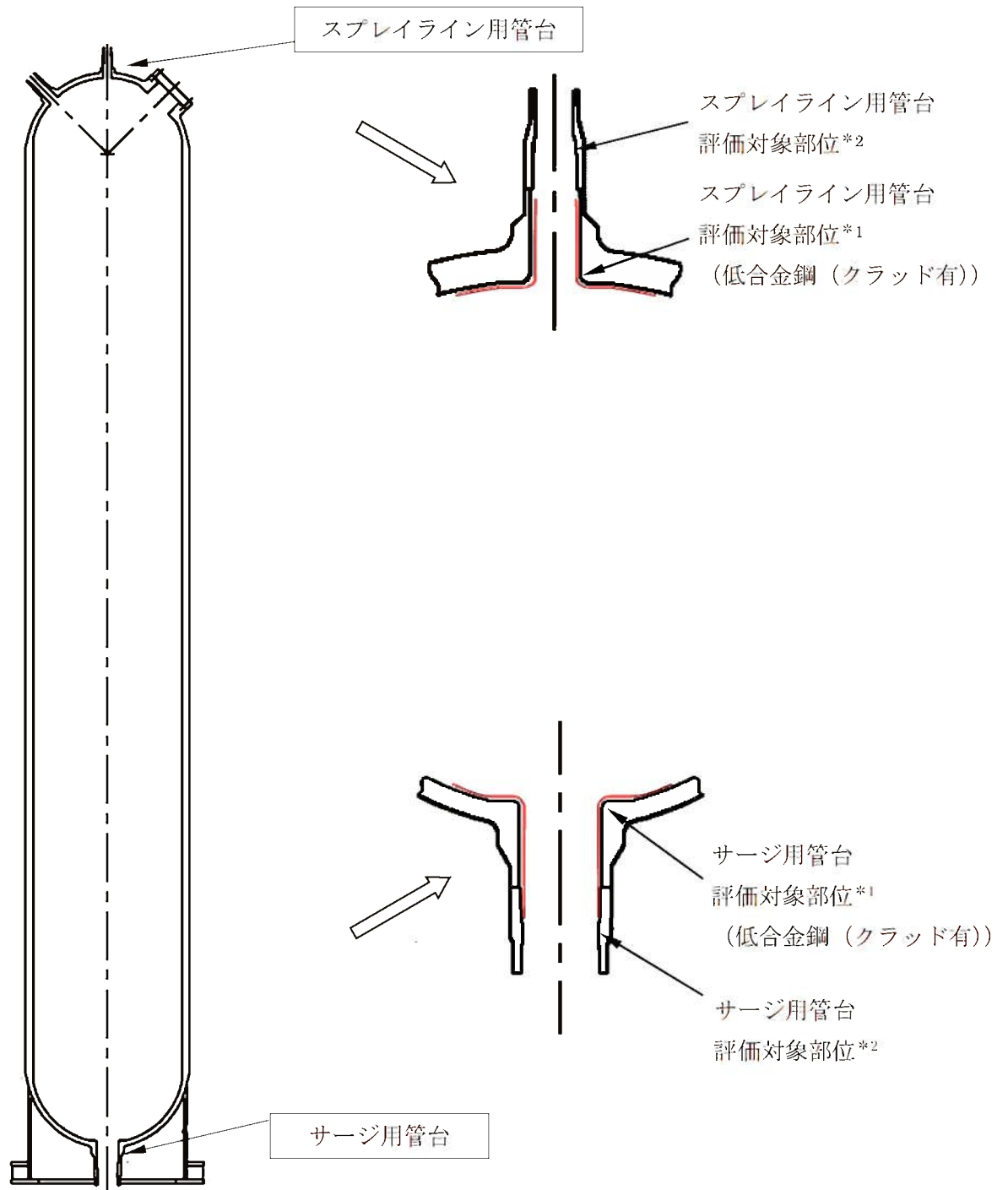
* 1 : 「設計・建設規格」に基づく疲労評価対象部位(最大)

(非接液部の場合は () 内に理由を記載)

* 2 : 「環境疲労評価手法」に基づく疲労評価対象部位(最大) (接液部が対象)

— クラッド施工部位 (なお原子炉容器内面は全面クラッド施工されている)

原子炉容器 疲労評価対象部位と管台クラッド施工部位

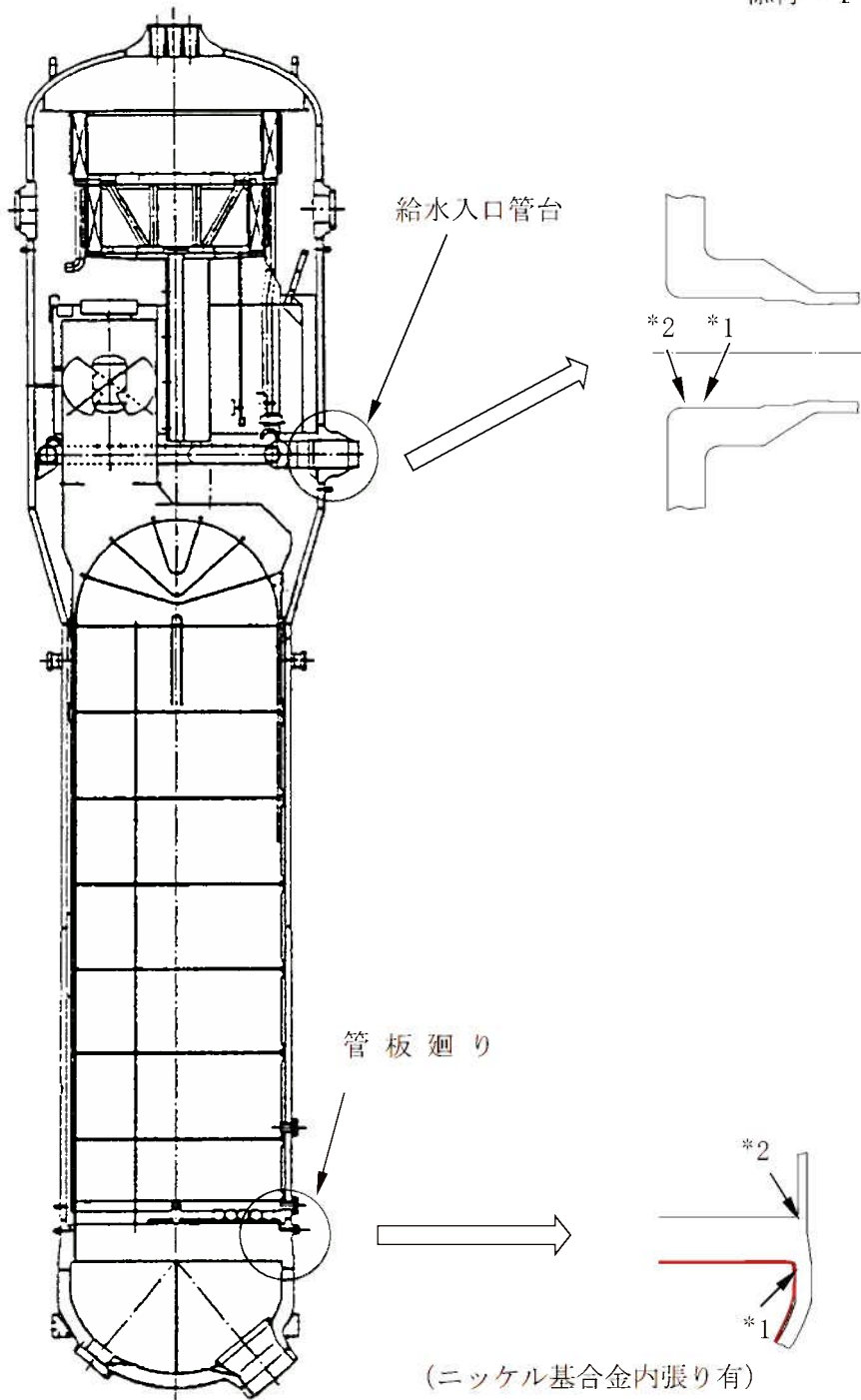


* 1 : 「設計・建設規格」に基づく疲労評価対象部位(最大)
(非接液部の場合は () 内に理由を記載)

* 2 : 「環境疲労評価手法」に基づく疲労評価対象部位(最大) (接液部が対象)

— クラッド施工部位 (なお加圧器内面は全面クラッド施工されている)

加圧器 疲労評価対象部位とクラッド施工部位



* 1 : 「設計・建設規格」に基づく疲労評価対象部位(最大)
 (非接液部の場合は () 内に理由を記載)

* 2 : 「環境疲労評価手法」に基づく疲労評価対象部位(最大) (接液部が対象)

— クラッド施工部位

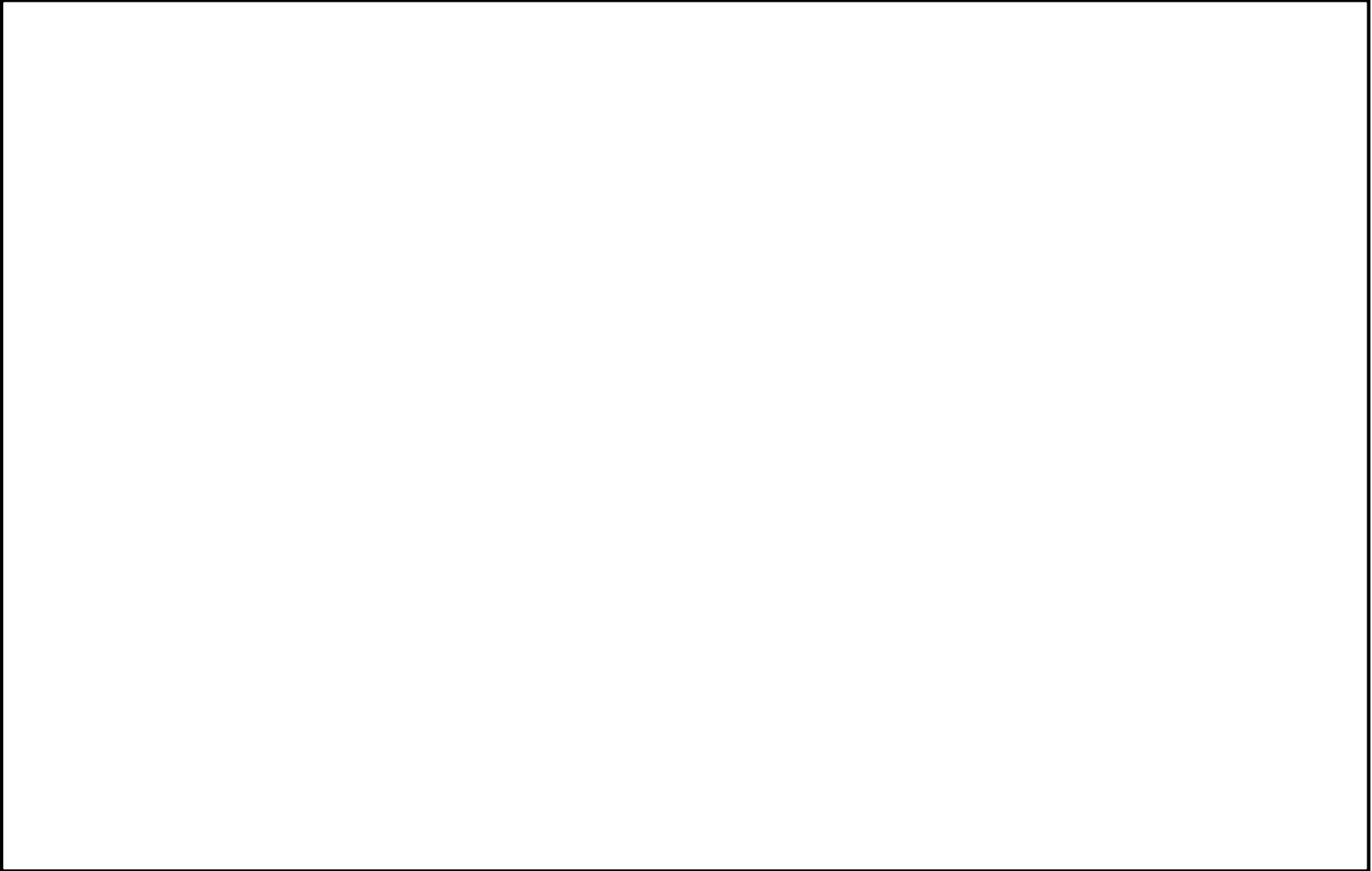
蒸気発生器 疲労評価対象部位とクラッド施工部位

タイトル	環境疲労評価で考慮している溶存酸素濃度について															
説明	<p>環境疲労評価は、「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法（2009年版）」（以下環境疲労評価手法）に基づいて実施している。</p> <p>環境疲労評価手法では、環境疲労補正係数（Fen）に溶存酸素が影響する場合として炭素鋼・低合金鋼を定めている。</p> <p>玄海原子力発電所3号炉の高経年化技術評価書において、炭素鋼・低合金鋼の接液部位のうち溶存酸素を考慮して環境疲労評価を行った部位は以下に示す。</p> <p style="text-align: center;">溶存酸素が影響する炭素鋼・低合金鋼の評価対象部位</p> <table border="1" data-bbox="421 882 1361 1039"> <thead> <tr> <th>機器</th> <th>部位</th> <th>材質</th> <th>水質</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">蒸気発生器</td> <td>給水入口管台</td> <td>低合金鋼</td> <td>給水</td> </tr> <tr> <td>管板廻り</td> <td>低合金鋼</td> <td>給水</td> </tr> <tr> <td>炭素鋼配管</td> <td>主給水系統配管</td> <td>炭素鋼</td> <td>給水</td> </tr> </tbody> </table> <p>給水の溶存酸素濃度は 0.005ppm 以下 を管理目標値として監視・管理されていることから、当該部の環境疲労評価に対しては、溶存酸素濃度（D0）を 0.005ppm として溶存酸素濃度依存パラメータ（0*）を算出し、環境疲労補正係数の算出を行なった。</p> <p>[0*の算出式]</p> $0* = \ln(3.28) \quad (D0 < 0.02\text{ppm})$ <p>なお、主給水系統配管の環境疲労評価は係数倍法を使用しており、Fen の計算に際して溶存酸素濃度を直接的には使用していないが、環境疲労評価手法の解説 EF-3121 において、PWR2 次系環境における炭素鋼・低合金鋼の Fen, sc は溶存酸素濃度を 0.005ppm とした場合の計算式であることが示されている。</p> <p>添付－1 に給水の管理目標値を示す。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	機器	部位	材質	水質	蒸気発生器	給水入口管台	低合金鋼	給水	管板廻り	低合金鋼	給水	炭素鋼配管	主給水系統配管	炭素鋼	給水
機器	部位	材質	水質													
蒸気発生器	給水入口管台	低合金鋼	給水													
	管板廻り	低合金鋼	給水													
炭素鋼配管	主給水系統配管	炭素鋼	給水													

化学業務要領（3，4号）

制 定 平成15年11月 1日
最終改正 2023年 1月23日

九州電力株式会社
玄海原子力発電所



タイトル	環境疲労評価手法における環境効果補正係数の算出方法について
説明	<p>環境疲労評価手法における環境効果補正係数の算出方法（「係数倍法」、「簡易評価法」または「詳細評価法」のいずれによるか）を添付－1に示す。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

表1 環境効果補正係数の算出方法 (1/3)

評価対象機器、部位		環境効果補正係数の算出方法	
機種・機器名	部位		
ポンプ	余熱除去ポンプ	ケーシング	詳細評価
	1次冷却材ポンプ	ケーシング脚部	詳細評価
		ケーシング吐出ノズル	詳細評価
		ケーシング吸込ノズル	詳細評価
熱交換器	再生熱交換器	管板部	詳細評価
	余熱除去冷却器	管板部	詳細評価
	蒸気発生器	管板廻り	詳細評価*1
		給水入口管台	詳細評価*1
容器	原子炉容器	冷却材入口管台	詳細評価
		冷却材出口管台	詳細評価
		ふた管台	詳細評価
		空気抜管台	詳細評価
		炉内計装筒	詳細評価
		上部ふた、上部胴フランジ	—
		下部胴・トラジションリング・下部鏡 接続部	—
		炉心支持金物	詳細評価
		スタッドボルト	—
	加圧器	スプレイライン用管台	詳細評価
サージ用管台		詳細評価	
機械ペネトレーション	主蒸気ライン貫通部端板	—	

表1 環境効果補正係数の算出方法 (2/3)

評価対象機器、部位		環境効果補正係数の算出方法	
機種・機器名	部位		
配管	ステンレス鋼配管	余熱除去系統出口配管 「1次冷却材管高温側余熱除去管台～余熱除去ポンプ入口内隔離弁」	係数倍法
		余熱除去系統出口配管 「余熱除去ポンプ入口内隔離弁～原子炉格納容器貫通部」	係数倍法
		加圧器サージ配管	詳細評価
		加圧器スプレイ配管	詳細評価
	炭素鋼配管	主給水系統配管 「原子炉格納容器貫通部～蒸気発生器給水管台」	係数倍法 ^{*2}
	1次冷却材管	ホットレグ	詳細評価
		クロスオーバーレグ	詳細評価
		コールドレグ	詳細評価
		加圧器サージ管台	詳細評価
		蓄圧タンク注入管台	詳細評価
充てん管台		詳細評価	
弁	仕切弁	余熱除去ラインループ高温側出口弁弁箱	簡易評価
	玉形弁	抽出ライン止弁弁箱	簡易評価
	スイング逆止弁	蓄圧タンク出口第二逆止弁弁箱	簡易評価
	リフト逆止弁	加圧器補助スプレイ逆止弁弁箱	簡易評価

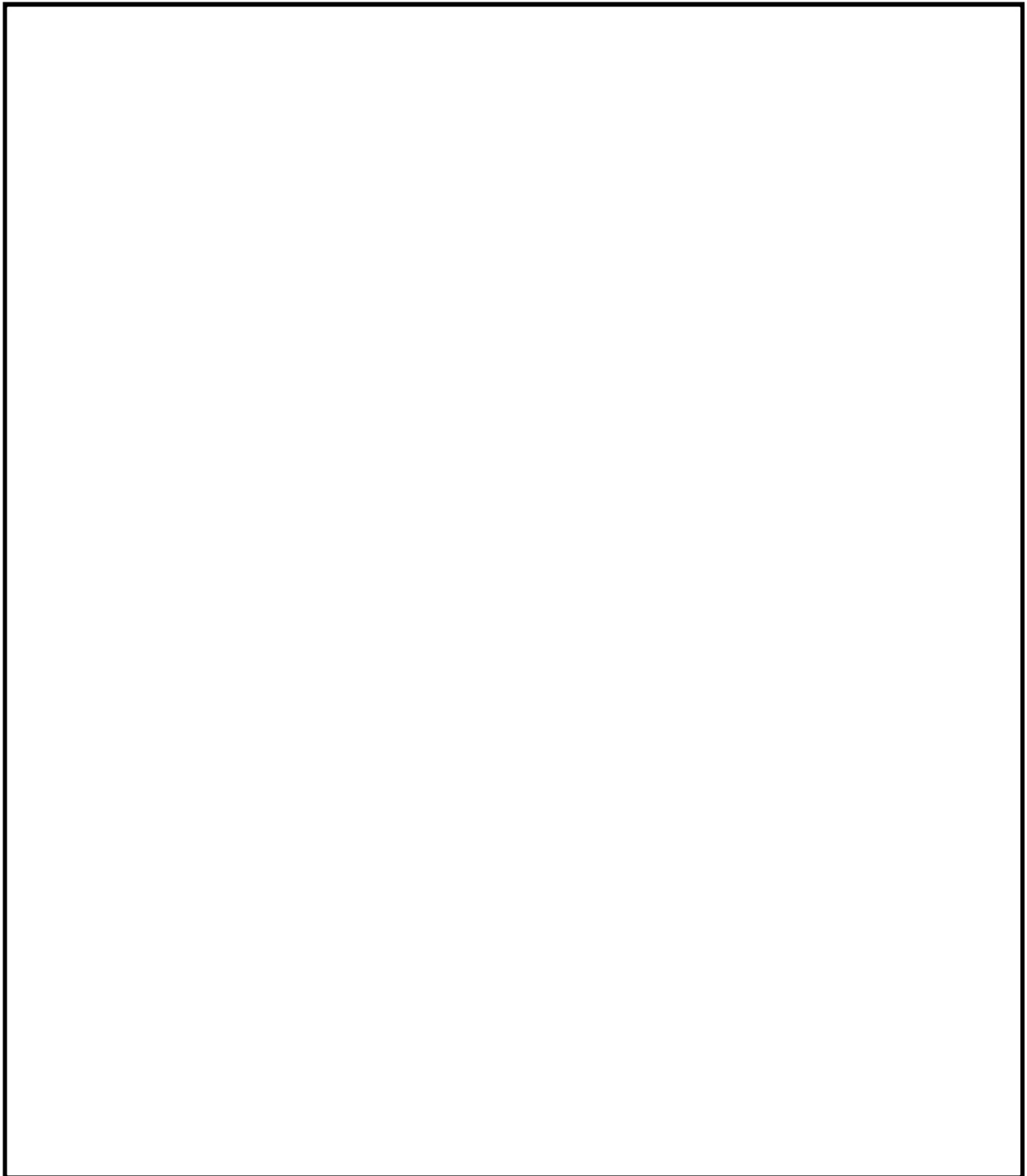
表1 環境効果補正係数の算出方法 (3/3)

評価対象機器、部位		環境効果補正係数の算出方法	
機種・機器名	部位		
炉内構造物	炉心支持構造物	上部炉心支持板	詳細評価
		上部炉心支持柱	詳細評価
		上部炉心板	詳細評価
		下部炉心板	詳細評価
		下部炉心支持柱	詳細評価
		下部炉心支持板	詳細評価
		炉心槽下部接続部	詳細評価
重機器サポート	加圧器スカート溶接部	—	

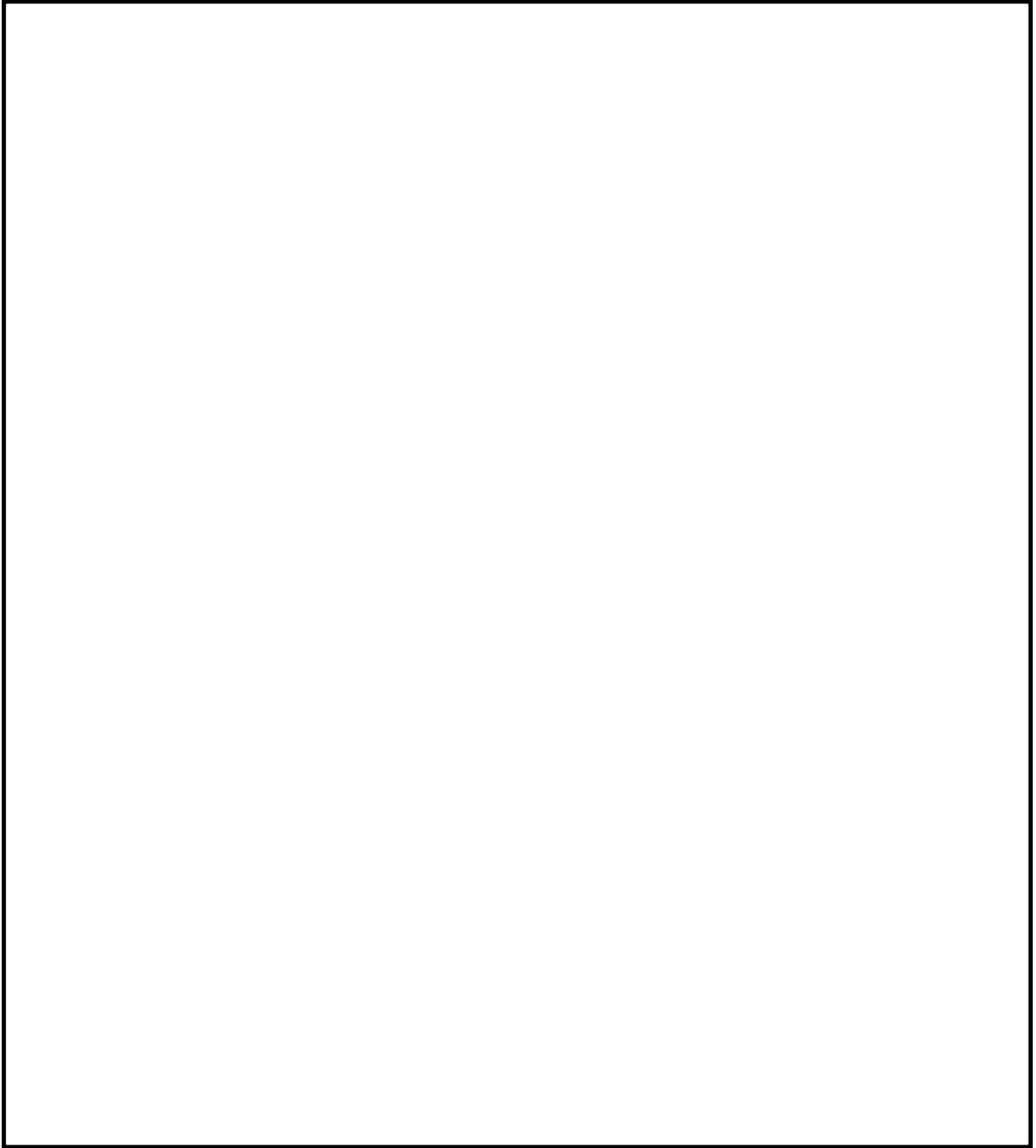
- ※1：環境中評価に用いた溶存酸素量は管理目標値である 0.005ppm、材料中の硫黄含有量は材料規格における最大値である 0.025%とした。
- ※2：環境中評価に用いた溶存酸素量は管理目標値である 0.005ppm、材料中の硫黄含有量は材料規格における最大値である 0.035%とした。

タイトル	代表機器以外の疲労累積係数の算出根拠について
説明	<p>以下の各機器の評価についての算出根拠を次ページ以降に示す。 なお、次ページ以降における「通常疲労評価」は設計・建設規格による疲労評価を表す。</p> <p>① 1次冷却材ポンプケーシングの疲労累積係数の算出根拠について・7-2</p> <p>② 蒸気発生器本体管板及び給水入口管台の 疲労累積係数の算出根拠について・・・・・・・・・・7-20</p> <p>③ 蒸気発生器給水入口管台における、熱成層現象の想定と根拠、 熱過渡・応力評価の方法および評価結果について・・・・・・・・7-30</p> <p>④ 加圧器スプレイライン用管台等の疲労累積係数の 算出根拠について・・・・・・・・・・7-40</p> <p>⑤ 機械ペネトレーションの疲労累積係数の算出根拠について・・・・7-51</p> <p>⑥ 加圧器スプレイ配管およびサージ配管の疲労累積係数の 算出根拠について・・・・・・・・・・7-54</p> <p>⑦ 1次冷却材管の疲労累積係数の算出根拠について・・・・・・7-72</p> <p>⑧ 仕切弁（余熱除去ラインループ高温側出口弁弁箱）の 疲労累積係数の算出根拠について・・・・・・・・・・7-92</p> <p>⑨ スイング逆止弁（蓄圧タンク出口第二逆止弁弁箱）の 疲労累積係数の算出根拠について・・・・・・・・・・7-96</p> <p>⑩ 炉心支持構造物の疲労累積係数の算出根拠について・・・・・・7-100</p> <p>⑪ 加圧器スカート溶接部の疲労累積係数の算出根拠について・・・・7-120</p>

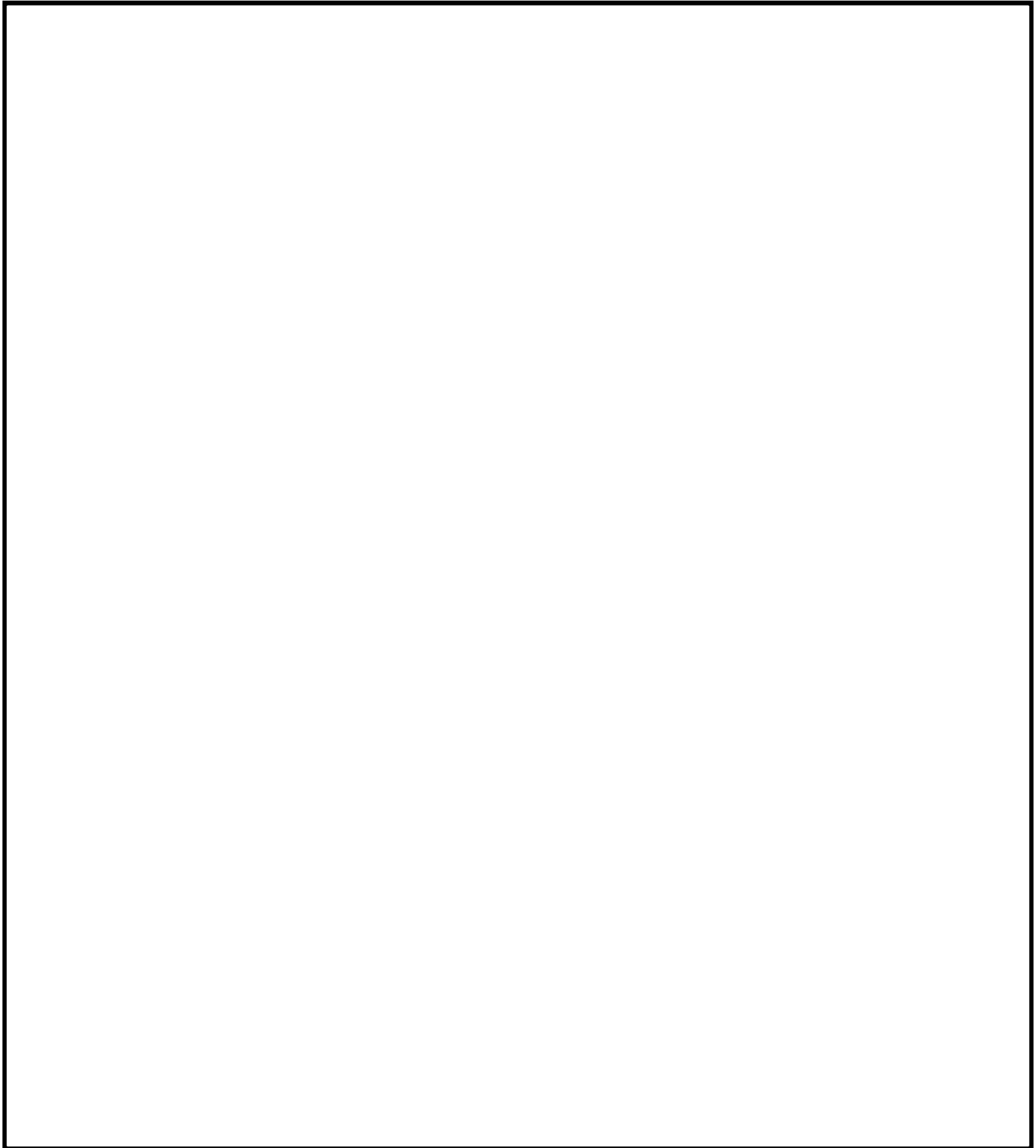
タイトル	1次冷却材ポンプケーシングの疲労累積係数の算出根拠について																					
説明	<p>1次冷却材ポンプケーシングの疲労累積係数の算出根拠を以下に示す。</p> <p>1. 解析モデル 疲労累積係数の算出に用いた解析情報を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="475 622 1310 824"> <tr> <td>解析プログラム</td> <td colspan="2">ABAQUS Standard Ver. 6.8-1</td> </tr> <tr> <td>要素種類</td> <td colspan="2" rowspan="4" style="border: 2px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>要素次数</td> </tr> <tr> <td>要素数</td> </tr> <tr> <td>節点数</td> </tr> </table> <p>2. 材料物性 材料物性値を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="462 943 1321 1144"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料</th> <th colspan="2">設計応力強さ</th> </tr> <tr> <th>Sm (MPa)</th> <th>温度 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SA351CF8 (SCS13A相当)</td> <td>116</td> <td>289.2</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 最大評価点の選定 解析モデル上の評価点は、各部位において全節点より応力が大きくなる部分を抽出しており、その中から疲労累積係数が最大となる点を選定している。 解析モデル上の評価点および最大評価点の選定結果を添付 1 に示す。</p> <p>4. 応力分類 評価における荷重の組み合わせを以下に示す。また、応力評価のフローを添付 2 に示す。</p> <table border="1" data-bbox="424 1536 1358 1704"> <thead> <tr> <th>状態</th> <th>荷重の組み合わせ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>供用状態 A, B</td> <td>圧力+機械的荷重+自重+熱膨張荷重+熱過渡荷重</td> </tr> </tbody> </table> <p>5. Ke 係数 評価に用いた Ke 係数を添付 3 に示す。</p> <p>6. 環境評価パラメータ 評価に用いた環境評価パラメータ（環境効果補正係数 f_{en}）を添付 3 に示す。</p>	解析プログラム	ABAQUS Standard Ver. 6.8-1		要素種類			要素次数	要素数	節点数	材料	設計応力強さ		Sm (MPa)	温度 (°C)	SA351CF8 (SCS13A相当)	116	289.2	状態	荷重の組み合わせ	供用状態 A, B	圧力+機械的荷重+自重+熱膨張荷重+熱過渡荷重
解析プログラム	ABAQUS Standard Ver. 6.8-1																					
要素種類																						
要素次数																						
要素数																						
節点数																						
材料	設計応力強さ																					
	Sm (MPa)	温度 (°C)																				
SA351CF8 (SCS13A相当)	116	289.2																				
状態	荷重の組み合わせ																					
供用状態 A, B	圧力+機械的荷重+自重+熱膨張荷重+熱過渡荷重																					



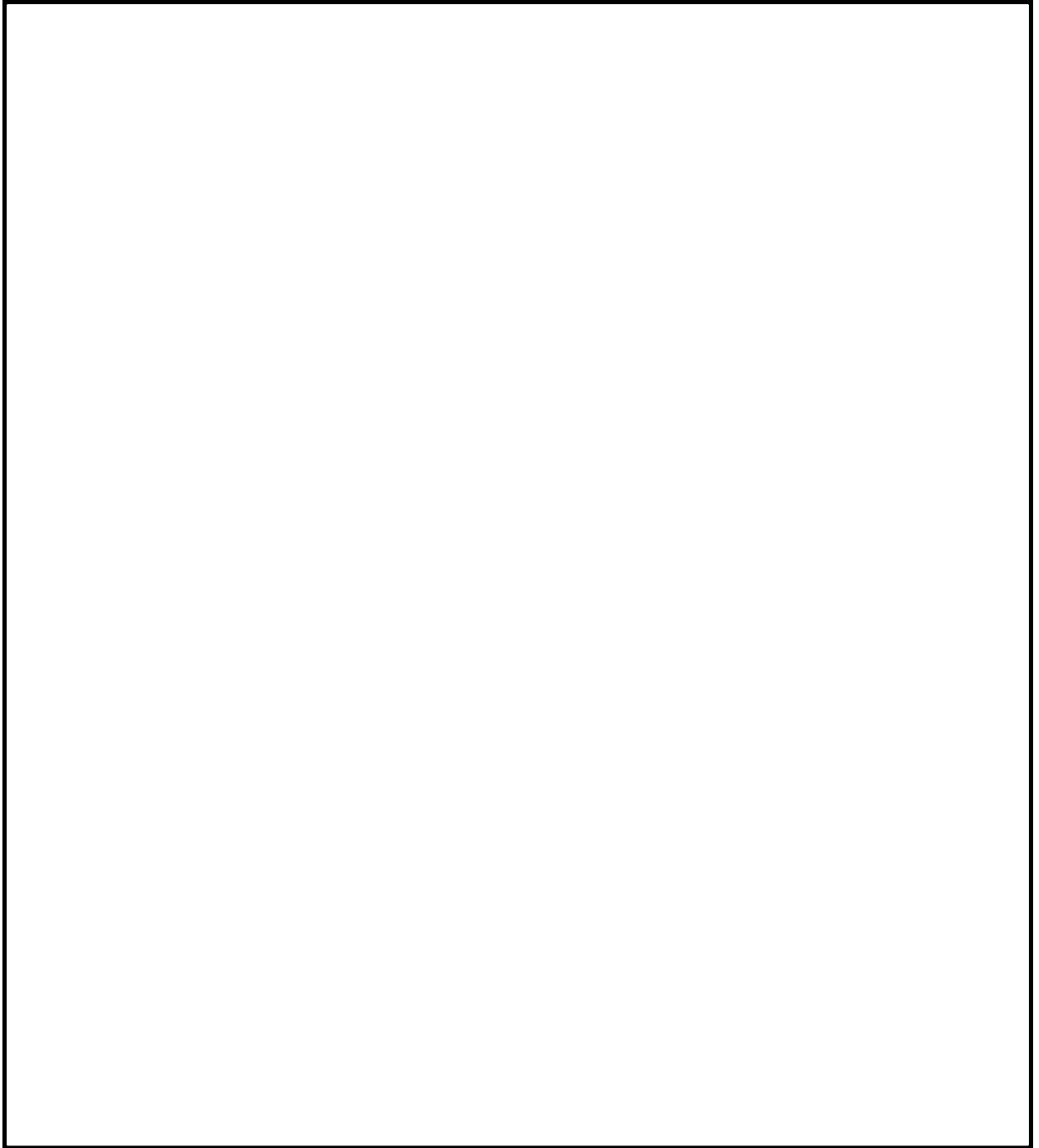
ケージング吸込ノズル 評価点



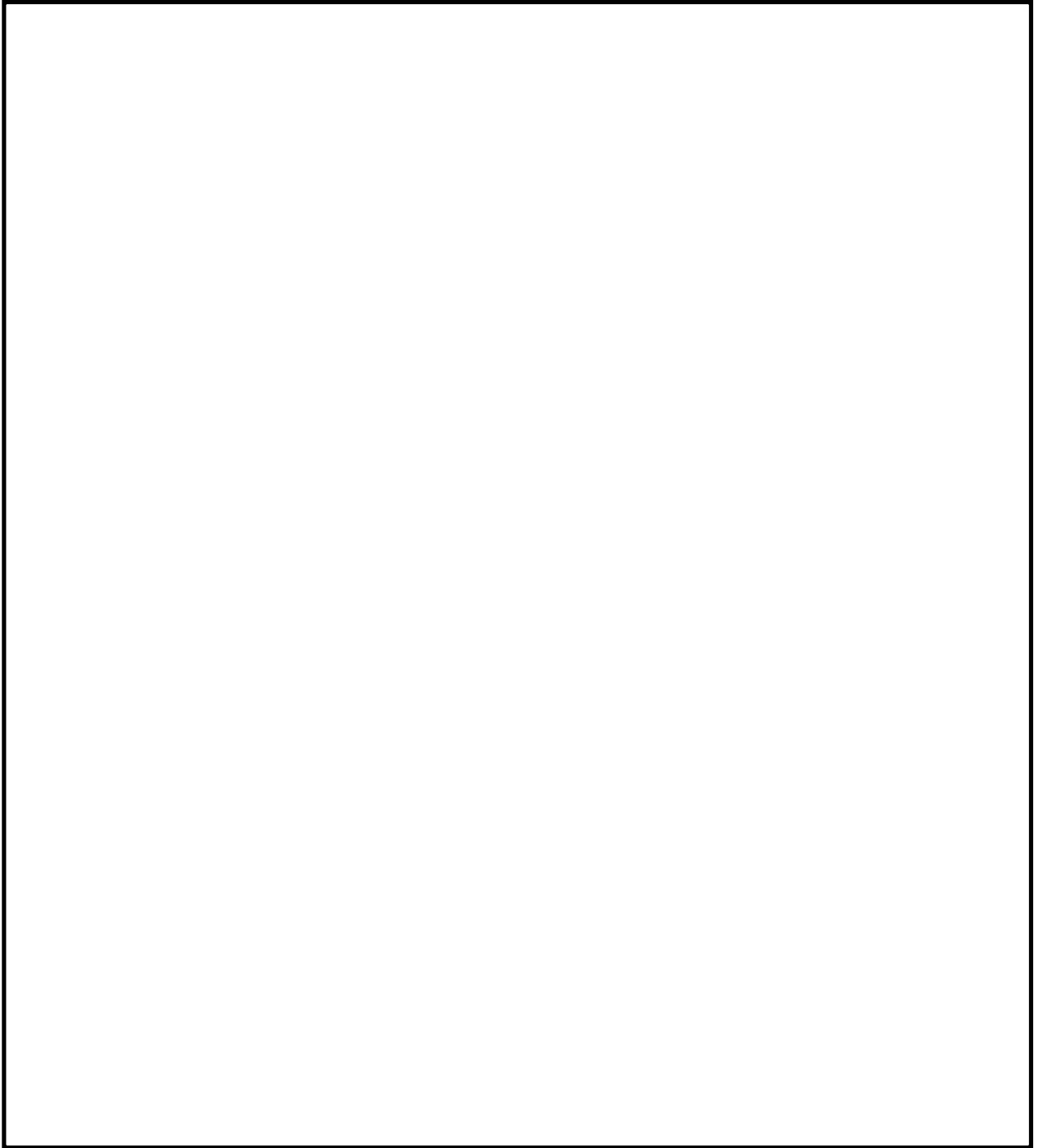
ケーシング吐出ノズル 評価点



ゲーシング脚部 評価点 (1 / 3)



ケーシング脚部 評価点 (2 / 3)



ケーシング脚部 評価点 (3 / 3)

最大疲労評価点の選定 (ケーシング吸込ノズル)

Location	Usage Factor		
	S1-S2	S2-S3	S3-S1
SU01I	0.0	0.00000	0.00002
SU01O	0.0	0.00001	0.00001
SU02I	0.0	0.00000	0.00002
SU02O	0.0	0.00001	0.00001
SU03I	0.0	0.00000	0.00002
SU03O	0.0	0.00000	0.00000
SU04I	0.0	0.00000	0.00002
SU04O	0.0	0.00000	0.00001
SU05I	0.00002	0.00000	0.0
SU05O	0.0	0.0	0.0
SU06I	0.0	0.00000	0.00002
SU06O	0.0	0.00001	0.00002
SU07I	0.0	0.00002	0.00002
SU07O	0.0	0.00000	0.0
SU08I	0.0	0.00002	0.00002
SU08O	0.0	0.00000	0.0
SU09I	0.00002	0.00000	0.0
SU09O	0.0	0.0	0.0
SU10I	0.0	0.00002	0.00002
SU10O	0.0	0.0	0.0
SU11I	0.0	0.00002	0.00002
SU11O	0.0	0.0	0.0
SU12I	0.00003	0.00000	0.0
SU12O	0.0	0.0	0.0
SU13I	0.0	0.00002	0.00002
SU13O	0.0	0.0	0.0

最大疲労評価点の選定 (ケーシング吐出ノズル)

Location	Usage Factor		
	S1-S2	S2-S3	S3-S1
HA01I	0.0	0.00069	0.00097
HA01O	0.02230	0.03233	0.0
HA02I	0.0	0.00069	0.00097
HA02O	0.02358	0.03053	0.0
HA03I	0.00112	0.02956	0.00003
HA03O	0.00223	0.00046	0.0
HA04I	0.00442	0.03913	0.00000
HA04O	0.00079	0.00032	0.0
HA05I	0.00058	0.00017	0.00003
HA05O	0.0	0.00001	0.00001
HA06I	0.00070	0.00004	0.00015
HA06O	0.00000	0.00003	0.00000
HA07I	0.00000	0.00001	0.00013
HA07O	0.04212	0.0	0.08534
HA08I	0.00002	0.00004	0.00025
HA08O	0.00279	0.0	0.02582
HA09I	0.00032	0.00051	0.0
HA09O	0.0	0.00000	0.0
HA10I	0.0	0.00001	0.00000
HA10O	0.0	0.00002	0.00000
HA11I	0.00000	0.00001	0.00013
HA11O	0.04011	0.0	0.08702
HA12I	0.00001	0.00001	0.00013
HA12O	0.00903	0.0	0.03653

最大疲労評価点の選定 (ケーシング脚部(1/3))

Location	Usage Factor		
	S1-S2	S2-S3	S3-S1
A101I	0.00006	0.02326	0.00014
A101O	0.00006	0.00134	0.0
A102I	0.00007	0.02220	0.00011
A102O	0.00007	0.00148	0.0
A103I	0.00007	0.01747	0.00013
A103O	0.00015	0.00188	0.0
A104I	0.00006	0.01720	0.00017
A104O	0.00010	0.00128	0.0
A105I	0.00000	0.00044	0.00082
A105O	0.00002	0.00003	0.0
A106I	0.00000	0.00328	0.00017
A106O	0.0	0.0	0.0
A107I	0.00000	0.00012	0.00078
A107O	0.00009	0.00000	0.01322
A108I	0.00000	0.00044	0.00083
A108O	0.00002	0.00003	0.0
A109I	0.00006	0.01720	0.00017
A109O	0.00010	0.00128	0.0
A110I	0.00007	0.01752	0.00013
A110O	0.00015	0.00188	0.0
A111I	0.00007	0.02220	0.00011
A111O	0.00007	0.00148	0.0
A112I	0.00006	0.02326	0.00014
A112O	0.00006	0.00134	0.0
A113I	0.00000	0.00015	0.00033
A113O	0.00020	0.00003	0.00120
A114I	0.00000	0.00011	0.00068
A114O	0.00004	0.00001	0.00622
A115I	0.00000	0.00011	0.00067
A115O	0.00004	0.00001	0.00622
A116I	0.00000	0.00015	0.00035
A116O	0.00020	0.00003	0.00120
A117I	0.0	0.00006	0.00009
A117O	0.0	0.00002	0.00001
A118I	0.00000	0.00012	0.00078
A118O	0.00009	0.00000	0.01325
A119I	0.00000	0.00013	0.00036
A119O	0.00157	0.0	0.01683

最大疲労評価点の選定 (ケーシング脚部(2/3))

Location	Usage Factor		
	S1-S2	S2-S3	S3-S1
A201I	0.0	0.00006	0.00027
A201O	0.00000	0.0	0.00021
A202I	0.0	0.00004	0.00002
A202O	0.00004	0.00034	0.0
A203I	0.00000	0.00001	0.00012
A203O	0.04441	0.0	0.08684
A204I	0.00001	0.00009	0.00000
A204O	0.00001	0.00087	0.00009
A205I	0.0	0.00042	0.00021
A205O	0.00001	0.0	0.0
A206I	0.0	0.00045	0.00075
A206O	0.00002	0.00003	0.0
A207I	0.00439	0.05932	0.00000
A207O	0.00074	0.00034	0.0
A208I	0.00112	0.02942	0.00003
A208O	0.00218	0.00047	0.0
A209I	0.0	0.00069	0.00096
A209O	0.02231	0.03218	0.0
A210I	0.00006	0.01684	0.00017
A210O	0.00012	0.00135	0.0
A211I	0.00007	0.01691	0.00013
A211O	0.00023	0.00201	0.0
A212I	0.00007	0.02074	0.00011
A212O	0.00007	0.00160	0.0
A213I	0.00005	0.02182	0.00014
A213O	0.00006	0.00147	0.0
A214I	0.0	0.00010	0.00087
A214O	0.00026	0.00001	0.02983
A215I	0.0	0.00010	0.00065
A215O	0.00005	0.00001	0.00831
A216I	0.0	0.00011	0.00026
A216O	0.0	0.0	0.00010

最大疲労評価点の選定 (ケーシング脚部(3/3))

Location	Usage Factor		
	S1-S2	S2-S3	S3-S1
A301I	0.0	0.00010	0.00087
A301O	0.00027	0.00001	0.02995
A302I	0.00005	0.02176	0.00014
A302O	0.00006	0.00146	0.0
A303I	0.00007	0.02068	0.00011
A303O	0.00007	0.00160	0.0
A304I	0.00007	0.01692	0.00013
A304O	0.00023	0.00201	0.0
A305I	0.00006	0.01685	0.00017
A305O	0.00012	0.00134	0.0
A306I	0.00004	0.01030	0.00015
A306O	0.00011	0.00059	0.0
A307I	0.0	0.00069	0.00096
A307O	0.02231	0.03218	0.0
A308I	0.00112	0.02942	0.00003
A308O	0.00218	0.00047	0.0
A309I	0.00439	0.03933	0.00000
A309O	0.00074	0.00034	0.0
A310I	0.00000	0.00009	0.00000
A310O	0.00001	0.00066	0.00009
A311I	0.00000	0.00096	0.00009
A311O	0.00009	0.00125	0.0
A312I	0.00000	0.00008	0.00001
A312O	0.00594	0.0	0.01188
A313I	0.00001	0.00001	0.00010
A313O	0.03071	0.0	0.05075
A314I	0.00000	0.00001	0.00012
A314O	0.04057	0.0	0.08837
A315I	0.0	0.00010	0.00075
A315O	0.00009	0.00001	0.01535
A316I	0.0	0.00045	0.00075
A316O	0.00002	0.00003	0.0

吸込ノズル疲労評価結果 (評価点 : SU121)

応力強さ			(単位 : N/mm ²)			繰返し回数		疲れ係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)	
75.0	-274.8	1.0	174.9	193.3	2	1010000	0.00000	
75.0	-196.9	1.0	136.0	150.3	2	2410000	0.00000	
75.0	-177.3	1.0	126.2	139.5	2	3330000	0.00000	
75.0	-173.7	1.0	124.3	137.5	6	3550000	0.00000	
75.0	-172.7	1.0	123.9	136.9	47	3610000	0.00001	
72.8	-172.7	1.0	122.8	135.7	21	3750000	0.00001	
72.8	-133.0	1.0	105.4	116.6	2	8320000	0.00000	
72.8	-133.7	1.0	103.3	114.1	2	9420000	0.00000	
72.8	-126.8	1.0	99.8	110.4	3	12500000	0.00000	
72.8	-108.6	1.0	90.7	100.3	32	40300000	0.00000	
1.4	-108.6	1.0	55.0	60.8	28		0.0	
疲れ累積係数 =							0.00003	

→通常UF : 0.001

吐出ノズル疲労評価結果 (評価点: HA110)

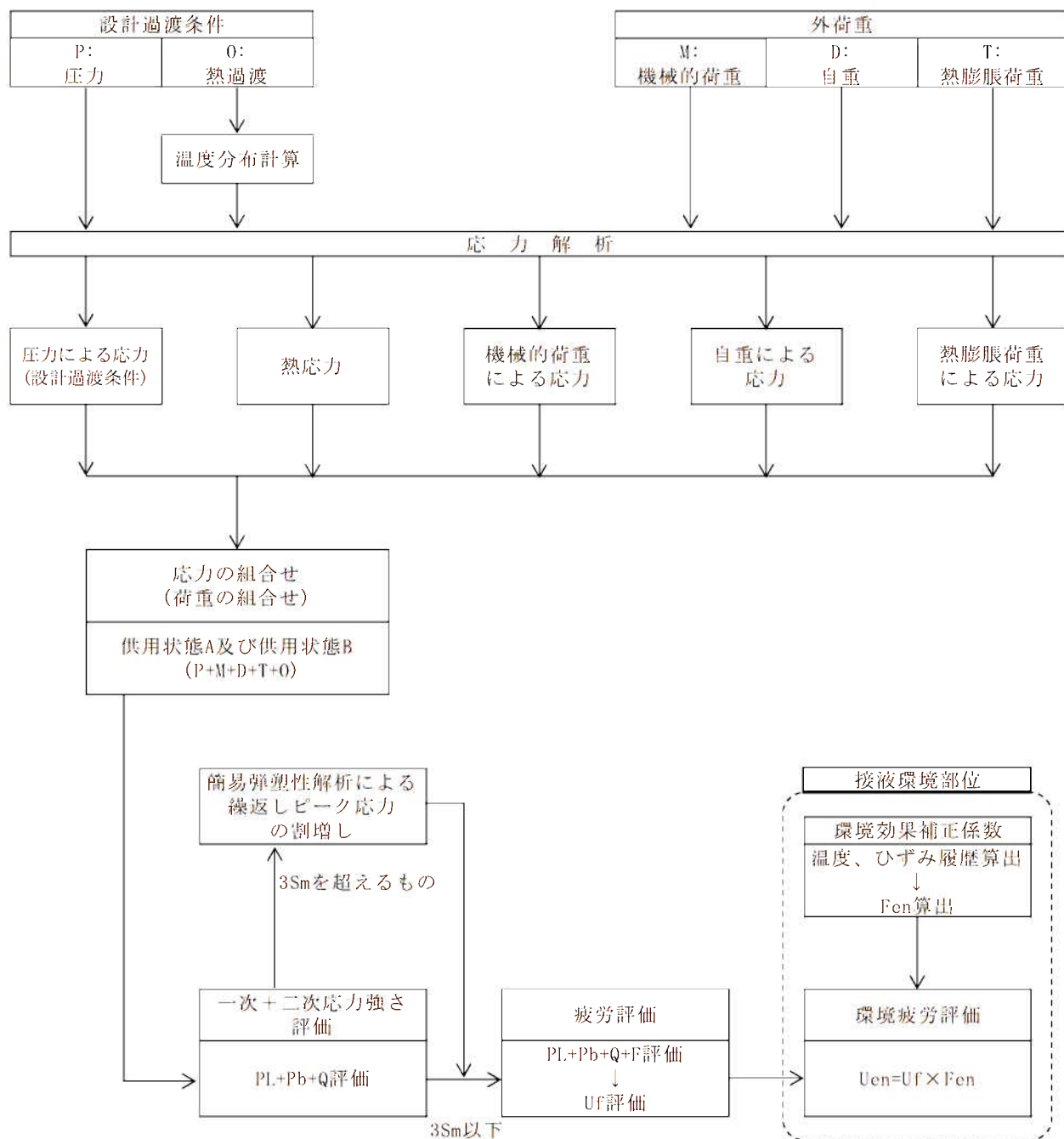
応力強さ		(単位: N/mm ²)			繰返し回数		疲れ係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
156.3	-650.3	1.88	756.9	836.8	60	937	0.06403
85.9	-562.8	1.61	521.4	576.3	5	3490	0.00143
85.9	-510.5	1.49	444.4	491.3	7	6470	0.00108
-23.2	-481.1	1.88	429.7	475.0	60	7420	0.00809
85.9	-507.0	1.45	428.7	473.9	47	7480	0.00628
45.6	-507.0	1.41	389.8	430.9	12	11200	0.00107
45.6	-457.8	1.46	366.8	405.4	7	15100	0.00046
45.6	-483.0	1.37	365.0	403.4	4	15400	0.00026
45.6	-489.7	1.36	363.6	401.9	45	15700	0.00287
0.0	-463.2	1.18	276.4	305.6	4	63200	0.00006
-42.2	-489.7	1.16	259.9	287.3	19	88500	0.00021
-42.2	-483.7	1.15	254.7	281.6	2	98900	0.00002
-42.2	-483.6	1.15	254.6	281.5	38	99000	0.00033
0.0	-483.6	1.0	241.8	267.3	55	131000	0.00042
-22.8	-483.6	1.0	230.4	254.7	59	172000	0.00034
-300.7	-483.6	1.0	91.4	101.1	2	36100000	0.00000
-339.6	-483.6	1.0	72.0	79.6	2	—————	0.0
疲れ累積係数 =							0.08702

→通常 UF : 0.088

脚部 疲労評価結果 (評価点 : A3140)

応力強さ		(単位 : N/mm ²)			繰返し回数		疲れ係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
153.1	-654.4	1.88	758.6	838.6	60	931	0.06445
83.1	-567.1	1.61	524.4	579.7	5	3420	0.00146
83.1	-514.8	1.50	447.6	494.8	7	6290	0.00111
83.1	-511.2	1.45	431.8	477.3	47	7270	0.00646
-27.9	-485.4	1.88	429.8	475.1	60	7410	0.00810
43.9	-511.2	1.43	395.6	437.3	12	10400	0.00115
43.9	-462.1	1.47	372.1	411.4	7	14000	0.00050
43.9	-492.4	1.38	370.9	410.0	4	14300	0.00028
43.9	-494.0	1.37	369.5	408.5	45	14500	0.00310
0.0	-494.0	1.21	298.5	329.9	19	42200	0.00045
0.0	-472.5	1.19	280.4	310.0	4	58400	0.00007
-46.7	-488.0	1.15	254.8	281.6	2	98700	0.00002
-46.7	-487.9	1.15	254.7	281.5	57	98900	0.00058
0.0	-487.9	1.0	244.0	269.7	36	125000	0.00029
-27.5	-487.9	1.0	230.2	254.5	59	173000	0.00034
-304.5	-487.9	1.0	91.7	101.4	2	3460000	0.00000
-344.0	-487.9	1.0	72.0	79.6	2	—————	0.0
疲れ累積係数 =							0.08837

→通常UF : 0.089



応力評価フロー

Kc係数と環境疲労パラメータ (吸込ノズル 評価点SU121) (詳細評価手法)

試験条件 記号		一次+二次+ ピーク応力値		振り出し 係数 SE	繰返しピーク 応力値		裏通渡 回数 n	許容繰返し 回数 n*	疲労累積係数 u	環境効果系 修正係数 fen	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uen
A	B	max	min		修正前 σ ₁ '	修正後 σ ₂ '					
211	2D3	75.0	-274.8	1.00	174.9	193.3	2	1010000	0.00000	1.000	0.00000
211	2G1	75.0	-195.9	1.00	136.0	150.3	2	2410000	0.00000	1.000	0.00000
211	2E1	75.0	-177.3	1.00	126.2	139.5	2	3330000	0.00000	1.000	0.00000
211	2J1	75.0	-173.7	1.00	124.3	137.5	6	3550000	0.00000	1.000	0.00000
211	111	75.0	-172.7	1.00	123.9	136.9	47	3610000	0.00001	1.000	0.00001
1A1	1F1	72.8	-172.7	1.00	122.8	135.7	21	3750000	0.00001	1.000	0.00001
1A1	2H1	72.8	-136.0	1.00	105.4	116.6	2	3320000	0.00000	1.000	0.00000
1A1	2E2	72.8	-135.7	1.00	103.3	114.1	2	5420000	0.00000	1.000	0.00000
1A1	2F1	72.8	-126.8	1.00	99.8	110.4	3	12520000	0.00000	1.000	0.00000
1A1	1B1	72.8	-108.0	1.00	90.7	100.3	32	46800000	0.00000	1.000	0.00000
111	1B1	1.4	-108.6	1.00	85.0	90.8	25	-----	0.00000	1.000	0.00000
合計:											0.00003

→環境UF : 0.001

Kc係数と環境疲労パラメータ (吐出ノズル 評価点HA041) (詳細評価手法)

選定条件 記号		一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数	繰返しピーク 応力強さ		高速度 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	環境効果 補正係数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
A	B	σmax	σmin		σE	修正前 σalt					
1B1	1A1	348.5	-342.1	1.79	618.1	653.3	60	1860	0.03226	14.667	0.47379
212	211	263.4	-299.7	1.47	413.9	457.5	59	3620	0.00534	6.912	0.04731
111	2B1	197.1	-138.2	1.00	197.6	185.3	5	110000	0.00000	1.000	0.00000
111	2A1	197.1	-129.3	1.00	193.2	180.4	7	120000	0.00001	1.000	0.00001
111	2E1	197.1	-104.9	1.00	151.0	130.9	2	160000	0.00000	1.000	0.00000
111	2C1	197.1	-72.9	1.00	135.0	149.3	2	245000	0.00000	1.000	0.00000
111	2D2	197.1	-71.9	1.00	134.5	148.7	2	250000	0.00000	1.000	0.00000
111	2D3	197.1	-71.8	1.00	134.5	148.7	2	250000	0.00000	1.000	0.00000
111	1G1	197.1	-68.1	1.00	132.6	146.6	4	260000	0.00000	1.000	0.00000
111	2D1	197.1	-67.2	1.00	132.1	146.1	5	270000	0.00000	1.000	0.00000
111	2G1	197.1	-66.3	1.00	131.7	145.6	2	270000	0.00000	1.000	0.00000
111	1J1	197.1	-57.9	1.00	127.5	140.9	34	310000	0.00001	1.000	0.00001
2D3	1J1	182.2	-57.9	1.00	120.0	132.7	2	410000	0.00000	1.000	0.00000
1A1	212	47.2	-55.6	1.59	81.9	90.5	59	-----	0.00000	1.000	0.00000
合計 :											0.52113

→環境UF : 0.522

Kc係数と環境疲労パラメータ (脚部 評価点A309I) (詳細評価手法)

過渡条件 記号		一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数	繰返しピーク 応力強さ		実過渡 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	環境効果 補正係数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
A	B	σmax	σmin		修正前 salt	修正後 salt'					
1B1	1A1	344.7	-245.9	1.79	818.4	883.6	69	1350	0.03243	14.684	0.47624
212	211	259.6	-303.6	1.47	414.2	457.9	59	8590	0.00587	6.906	0.04743
111	2B1	193.3	-142.0	1.00	157.6	155.3	5	115000	0.00000	1.000	0.00000
111	2A1	193.3	-133.1	1.00	163.2	150.4	7	123000	0.00001	1.000	0.00001
111	2E1	193.3	-108.7	1.00	161.0	156.9	2	163000	0.00000	1.000	0.00000
111	2C1	193.3	-76.8	1.00	135.0	149.2	2	245000	0.00000	1.000	0.00000
111	2D2	193.3	-75.7	1.00	134.5	148.7	2	253000	0.00000	1.000	0.00000
111	2D3	193.3	-78.7	1.00	134.5	148.6	2	283000	0.00000	1.000	0.00000
111	1C1	193.3	-71.9	1.00	132.6	146.6	4	269000	0.00000	1.000	0.00000
111	2D1	193.3	-71.0	1.00	132.1	146.1	8	273000	0.00000	1.000	0.00000
111	2G1	193.3	-70.2	1.00	131.7	146.6	2	277000	0.00000	1.000	0.00000
111	1J1	193.3	+61.6	1.00	127.6	140.9	34	315000	0.00001	1.000	0.00001
2D3	1J1	178.3	-61.6	1.00	120.0	132.6	2	414000	0.00000	1.000	0.00000
1A1	212	43.3	-59.5	1.59	81.9	90.5	96	-----	0.00000	1.000	0.00000
合計 :											0.52370

→環境UF : 0.524

タイトル	蒸気発生器本体管板及び給水入口管台の疲労累積係数の算出根拠について																					
説明	<p>蒸気発生器本体管板及び給水入口管台の疲労累積係数の算出根拠は以下の通りである。</p> <p>1. 解析モデル 疲労累積係数の算出に用いた解析情報を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="472 815 1310 1095"> <tr> <td>解析プログラム</td> <td>ABAQUS Ver. 6. 12-3</td> </tr> <tr> <td>要素種類</td> <td rowspan="4" style="border: 2px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>要素次数</td> </tr> <tr> <td>節点数</td> </tr> <tr> <td>要素数</td> </tr> </table> <p>2. 材料物性値 材料物性値を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="429 1211 1377 1476"> <thead> <tr> <th rowspan="2">使用箇所</th> <th rowspan="2">材料</th> <th colspan="2">設計応力強さ</th> </tr> <tr> <th>Sm (MPa)</th> <th>温度 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>給水入口管台</td> <td>SFVQ2A</td> <td>184</td> <td>276.9</td> </tr> <tr> <td>管板及び管板廻り</td> <td>SFVQ1A</td> <td>184</td> <td>324.9</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 最大評価点の選定 解析モデル上の評価点は、構造不連続部等において応力が大きくなる評価断面を抽出しており、その中から疲労累積係数が最大となる点を選定している。</p> <p>管板及び管板廻りについては、設計・建設規格による評価において疲労累積係数が最大となる評価点が、ニッケル基合金の内張りにより接液しないため、内張りを施していない接液部で疲労累積係数が最大となる評価点の疲労累積係数を用いて環境疲労評価を実施している。</p> <p>また、給水入口管台については、熱成層による影響を考慮して最大となる環境疲労評価を示している。</p> <p>解析モデル上の評価結果および最大評価点の選定結果を添付 1 に示す。</p>	解析プログラム	ABAQUS Ver. 6. 12-3	要素種類		要素次数	節点数	要素数	使用箇所	材料	設計応力強さ		Sm (MPa)	温度 (°C)	給水入口管台	SFVQ2A	184	276.9	管板及び管板廻り	SFVQ1A	184	324.9
解析プログラム	ABAQUS Ver. 6. 12-3																					
要素種類																						
要素次数																						
節点数																						
要素数																						
使用箇所	材料	設計応力強さ																				
		Sm (MPa)	温度 (°C)																			
給水入口管台	SFVQ2A	184	276.9																			
管板及び管板廻り	SFVQ1A	184	324.9																			

4. 応力分類

評価における荷重の組み合わせを以下に示す。また、応力評価のフローを添付2に示す。

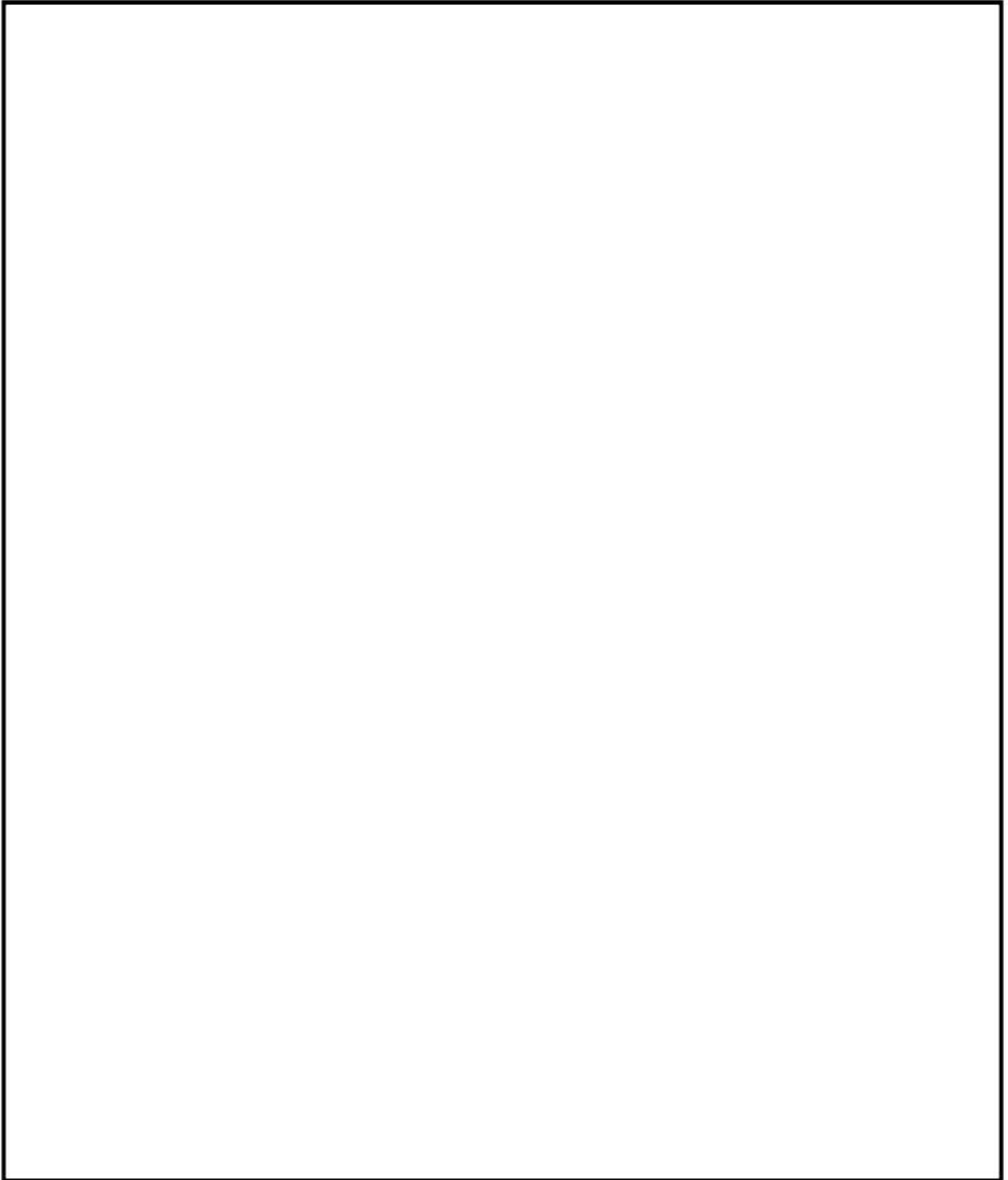
状態	荷重の組み合わせ
供用状態 A, B	圧力+自重+熱膨張荷重+熱過渡

5. Ke 係数および環境パラメータ

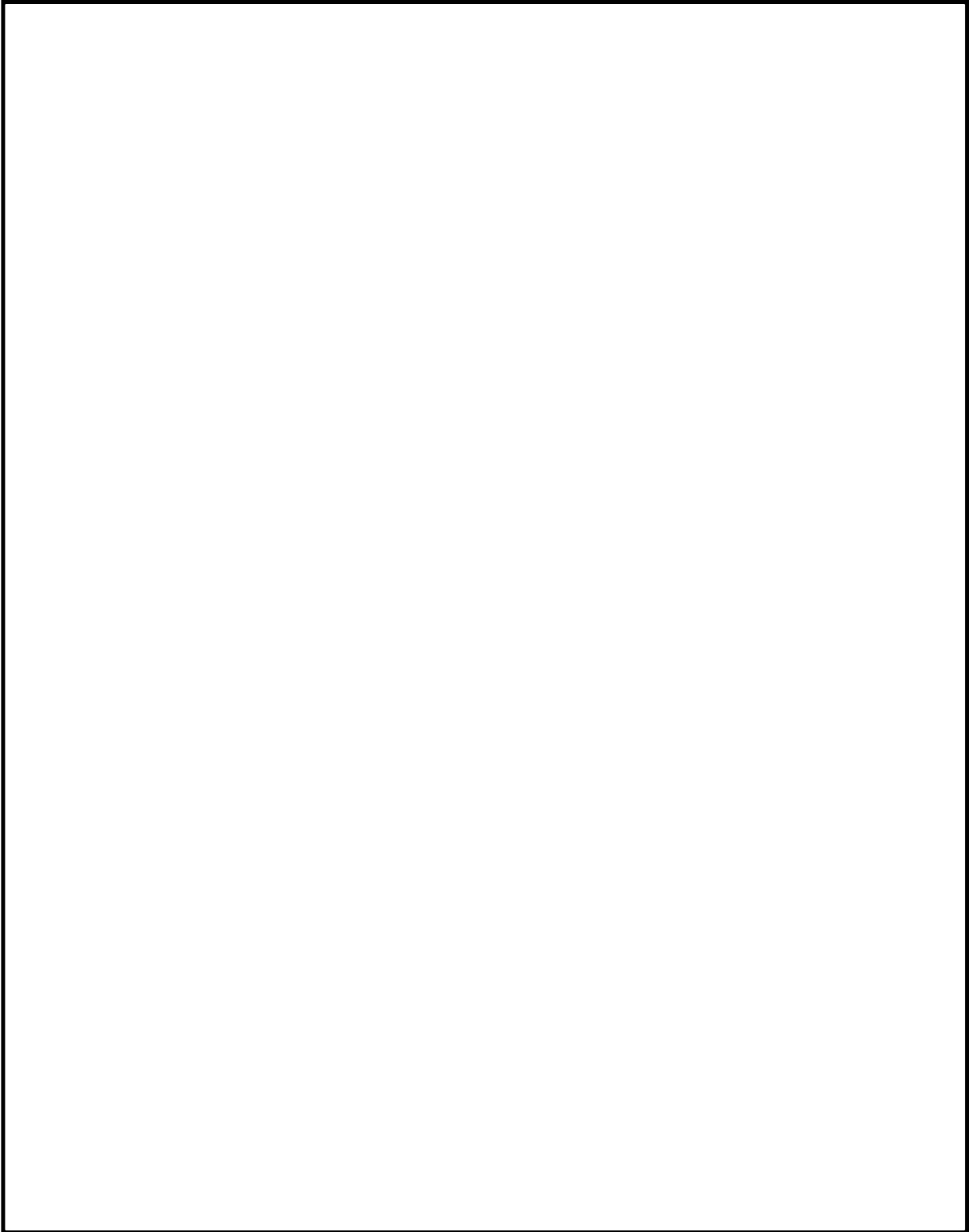
評価に用いたKe 係数および環境評価パラメータ（環境効果補正係数fen）を添付3に示す。

なお、評価に用いた溶存酸素濃度は、主給水の管理目標値より0.005ppmとした。

評価に用いた材料中の硫黄含有量は、材料規格における最大値である0.025%とした。



蒸気発生器本体 管板及び管板廻り 評価点



蒸気発生器本体 給水入口管台 評価点

蒸気発生器本体 最大疲労評価点の選定 管板及び管板廻り

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1	0.04362	0.00093	0.04927
2	0.0	0.00247	0.00067
3	0.04916	0.00025	0.11088
4	0.0	0.00016	0.00024
P1 SIDE R/R* = 0.0		0.01527	
P1 SIDE R/R* = 1.0		0.15321	
P2 SIDE R/R* = 0.0		0.03761	
P2 SIDE R/R* = 1.0		0.03021	

疲労累積係数(最大)
(ただし、非接液)

許容値 $U_f=1.0$ →通常 U_f : 0.154

蒸気発生器本体 最大疲労評価点の選定 給水入口管台

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1	0.00000	0.00536	0.01190
2	0.0	0.00019	0.00071
3	0.00010	0.00777	0.03202
4	0.0	0.00027	0.00391
5	0.00335	0.06168	0.00749
6	0.0	0.00003	0.00002
7	0.02210	0.06768	0.00012
8	0.00313	0.0	0.00012
9L	0.11317	0.16729	
10L	0.0	0.00242	0.00113
9C	0.01263	0.01731	0.00209
10C	0.00011	0.03476	0.01712
11L	0.12184	0.16557	0.0
12L	0.0	0.00244	0.00116
11C	0.01488	0.01383	0.00131
12C	0.00000	0.03487	0.01737
13L	0.08017	0.04132	0.00002
14L	0.00001	0.00247	0.00285
13C	0.00291	0.0	0.00175
14C	0.00003	0.03497	0.02444

疲労累積係数(最大)
(接液する評価点)

許容値 $U_f=1.0$ →通常 U_f : 0.168

蒸気発生器本体 疲労評価結果 管板及び管板廻り (評価点: 1次側 R/R*=1.0)

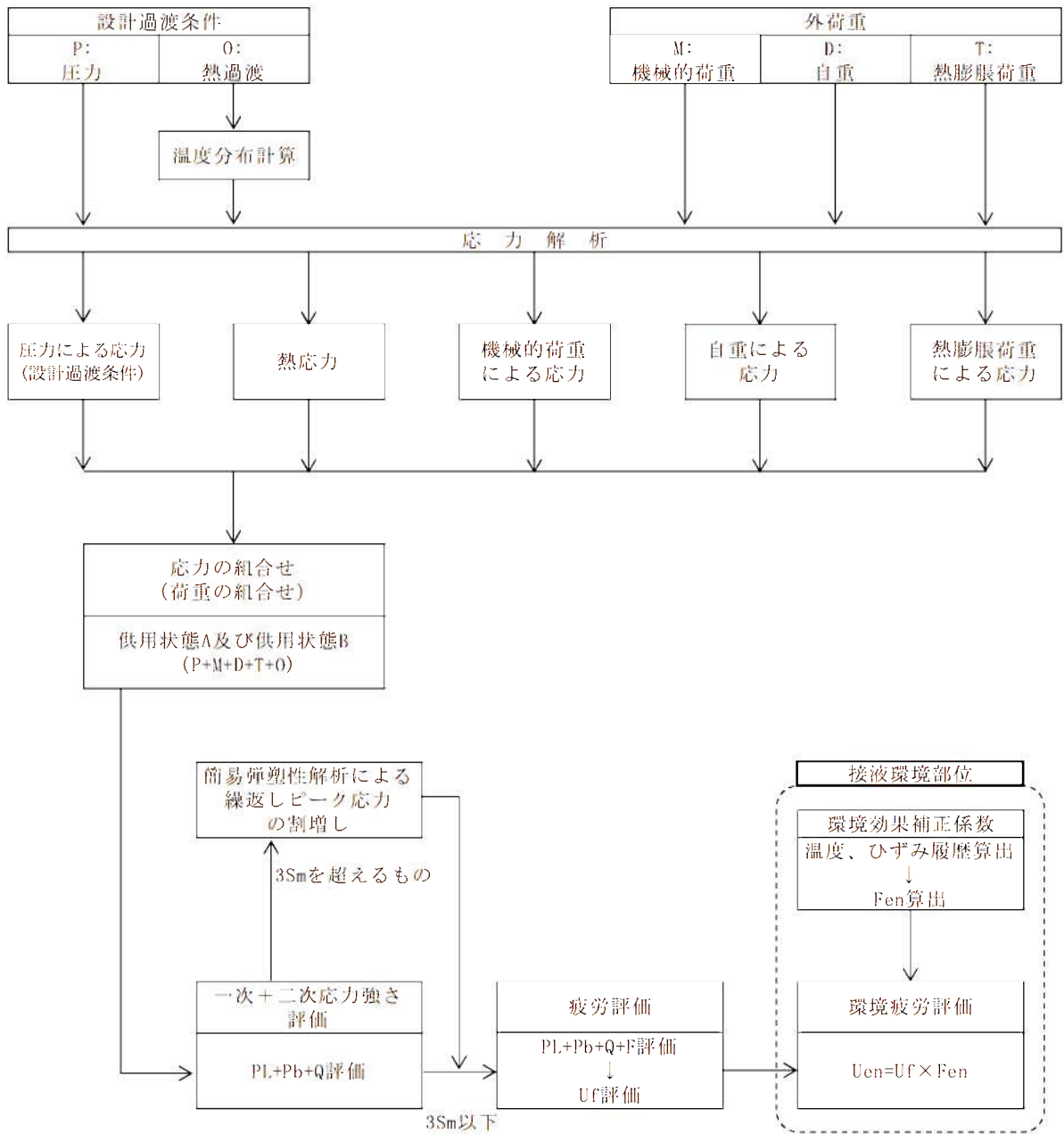
応力強さ			(単位 : MPa)			繰返し回数		疲労係数 (=N/N*)
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*		
846.5	-313.5	1.0	580.0	694.0	2	566	0.00353	
832.8	-313.5	1.0	572.1	685.8	57	586	0.09727	
832.8	0.0	1.0	416.4	498.2	2	1440	0.00139	
806.3	0.0	1.0	403.1	482.4	2	1570	0.00127	
785.9	0.0	1.0	393.0	470.2	2	1680	0.00119	
729.4	0.0	1.0	364.7	436.4	3	2060	0.00146	
728.3	0.0	1.0	364.1	435.7	2	2070	0.00097	
684.8	0.0	1.0	342.4	409.7	2	2520	0.00079	
668.6	0.0	1.0	332.8	398.2	8	2770	0.00289	
662.2	0.0	1.0	321.1	396.2	2	2810	0.00071	
619.9	0.0	1.0	310.0	370.9	6	3470	0.00173	
545.6	0.0	1.0	272.8	326.4	149	5210	0.02860	
545.6	27.6	1.0	289.0	309.9	68	6070	0.01120	
545.6	175.7	1.0	184.9	221.3	2	17800	0.00011	
545.6	319.5	1.0	113.0	135.3	2	107000	0.00002	
545.6	320.1	1.0	112.7	134.9	7	108000	0.00006	
545.6	375.4	1.0	85.1	101.8	5	332000	0.00002	
545.6	409.5	1.0	68.0	81.4	643	-----	0.0	
疲労累積係数 =							0.15321	

→通常UF : 0.154

蒸気発生器本体 疲労評価結果 給水入口管台 (評価点 : 9L)

応力強さ		(単位 : MPa)			繰返し回数		疲労係数 (=N/N*)
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	
954.5	-13.4	1.0	484.0	566.0	5	1020	0.00490
845.1	-13.4	1.0	429.2	502.0	55	1410	0.03901
845.1	-12.4	1.0	428.7	501.4	35	1420	0.02465
809.8	-12.4	1.0	411.1	480.7	25	1580	0.01582
809.8	0.0	1.0	404.9	473.5	32	1650	0.01939
804.0	0.0	1.0	402.0	470.1	64	1680	0.03810
791.0	0.0	1.0	395.5	482.6	4	1760	0.00227
787.5	0.0	1.0	393.8	460.5	2	1780	0.00112
776.9	0.0	1.0	388.4	454.3	2	1840	0.00109
772.4	0.0	1.0	386.2	451.6	15	1870	0.00802
772.4	295.0	1.0	235.7	279.1	6	8280	0.00072
772.4	428.9	1.0	171.7	200.8	2	34300	0.00008
772.4	442.9	1.0	164.7	192.7	3	27600	0.00011
772.4	505.2	1.0	132.6	156.2	2	54500	0.00004
772.4	507.8	1.0	132.3	154.7	0	57100	0.00000
772.4	513.5	1.0	129.4	151.4	2	63500	0.00003
772.4	514.1	1.0	129.1	151.0	2	64300	0.00003
772.4	516.7	1.0	127.8	149.5	4	67600	0.00006
772.4	525.7	1.0	123.3	144.2	2	80500	0.00002
772.4	525.8	1.0	123.3	144.2	638	80600	0.01040
770.2	525.8	1.0	122.2	142.9	46	84200	0.00055
770.2	526.2	1.0	122.0	142.7	2	85000	0.00002
770.2	529.3	1.0	120.5	140.9	0	90300	0.00000
770.2	546.7	1.0	111.8	130.7	4	121000	0.00003
770.2	549.7	1.0	110.3	129.0	0	127000	0.00000
770.2	551.1	1.0	109.5	128.1	6	131000	0.00005
770.2	561.9	1.0	104.2	121.8	4	157000	0.00003
770.2	576.5	1.0	96.9	113.3	60	205000	0.00029
770.2	576.5	1.0	96.9	113.3	60	205000	0.00029
770.2	585.2	1.0	92.5	108.2	2	253000	0.00001
770.2	604.2	1.0	83.0	97.1	59	412000	0.00014
770.2	618.2	1.0	76.0	88.9	2	746000	0.00000
770.2	618.8	1.0	75.7	88.5	2	774000	0.00000
770.2	621.5	1.0	74.4	87.0	8	908000	0.00001
770.2	624.0	1.0	73.1	85.5	2	-----	0.0
疲労累積係数 =							0.16729

→通常UF : 0.168



備考：機械的荷重は作用しない。

応力評価フロー

K_e係数と環境疲労パラメータ (管板及び管板廻り) 評価点1) (詳細評価手法)

過渡条件 記号		一次+二次+ ピーク応力差		割り増し 係数 K _e	繰返しピーク 応力差		実過渡 回数 n	許容繰返し 回数 n*	疲労累積係数 u	環境動態 補正係数 f _{en}	環境動態を考慮した 疲労累積係数 u _{en}
A	B	s _{max}	s _{min}		修正前 σ _{alt}	修正後 σ _{alt'}					
2J1	2E1	216.2	-484.5	1.00	350.3	419.2	2	2350	0.00085	3.927	0.00334
2J1	2K1	216.2	-444.8	1.00	330.5	395.4	57	2830	0.02014	1.000	0.02014
1A1	2K1	84.2	-444.8	1.00	264.5	316.5	2	5710	0.00035	4.688	0.00165
1A1	2F5	84.2	-398.0	1.00	241.1	288.5	2	7510	0.00027	4.162	0.00111
1A1	2F1	84.2	-346.8	1.00	215.5	257.8	3	10500	0.00029	3.943	0.00113
1A1	2F3	84.2	-329.4	1.00	208.8	247.5	2	12000	0.00017	4.114	0.00069
1A1	2G1	84.2	-315.7	1.00	199.9	239.2	2	13500	0.00015	4.171	0.00062
1A1	2G1	84.2	-300.1	1.00	192.2	229.9	8	15500	0.00052	4.119	0.00213
1A1	2G2	84.2	-291.8	1.00	188.0	225.0	2	16800	0.00012	4.084	0.00049
1A1	2A1	84.2	-290.4	1.00	187.3	224.1	7	17000	0.00041	4.336	0.00179
1A1	1G1	84.2	-287.0	1.00	185.6	222.1	4	17500	0.00023	4.861	0.00111
1A1	1L1	84.2	-267.0	1.00	175.6	210.1	2	21100	0.00029	4.209	0.00040
1A1	2H2	84.2	-258.4	1.00	171.3	205.0	2	22800	0.00029	4.385	0.00026
1A1	2B2	84.2	-255.4	1.00	169.8	203.2	5	23400	0.00021	4.896	0.00105
1A1	1D1	84.2	-251.2	1.00	167.7	200.6	19	24300	0.00078	4.887	0.00382
2H1	1D1	33.4	-251.2	1.00	142.3	170.3	2	40400	0.00005	4.342	0.00021
1G1	1D1	19.7	-251.2	1.00	135.5	162.1	855	47100	0.01815	5.131	0.09315
1G1	1B1	19.7	-251.2	1.00	135.4	162.1	29	47100	0.00062	5.056	0.00311
MSS	1B1	0.0	-251.2	1.00	125.6	150.3	31	65900	0.00047	5.369	0.00253
MSS	1K1	0.0	-244.0	1.00	122.0	146.0	57	75900	0.00075	5.369	0.00403
MSS	211	0.0	-242.1	1.00	121.1	144.9	6	78800	0.00008	5.291	0.00040
MSS	1A1	0.0	-237.6	1.00	118.8	142.1	60	86500	0.00069	4.699	0.00326
MSS	1J1	0.0	-231.8	1.00	115.9	138.7	24	97500	0.00025	1.000	0.00025
1H1	1J1	-15.7	-231.8	1.00	108.1	129.3	0	126000	0.00000	4.342	0.00000
1L1	1J1	-23.5	-231.8	1.00	104.2	124.7	4	144000	0.00003	4.910	0.00014
111	1J1	-25.1	-231.8	1.00	103.3	123.7	36	148000	0.00024	1.816	0.00044
111	111	-25.1	-220.6	1.00	97.7	116.9	32	182000	0.00018	1.816	0.00032
2G2	111	-25.8	-220.6	1.00	97.4	116.5	2	184000	0.00001	2.734	0.00003
1G1	111	-29.9	-220.6	1.00	95.4	114.1	4	199000	0.00002	3.732	0.00008
1G1	111	-31.3	-220.6	1.00	94.6	113.2	30	206000	0.00015	3.658	0.00053
1G1	1L3	-31.3	-215.4	1.00	92.0	110.1	2	233000	0.00001	5.156	0.00004
1G1	1G1	-31.3	-206.7	1.00	87.7	104.9	844	290000	0.00291	5.156	0.01501
1H1	1C1	-43.5	-206.7	1.00	81.6	97.6	0	401000	0.00000	1.991	0.00000
1L1	1C1	-48.2	-206.7	1.00	79.3	94.8	4	457000	0.00001	1.000	0.00001
1F1	1C1	-62.2	-206.7	1.00	72.3	86.5	4	953000	0.00000	1.000	0.00000
2J2	1G1	-90.0	-206.7	1.00	58.3	69.8	32	—————	0.00000	1.000	0.00000
合計 :											0.16335

→環境UF : 0.164

Kc係数と環境疲労パラメータ（給水入口管台 評価点11L）（詳細評価手法）

過渡条件 記号		一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数	繰返しピーク 応力強さ		突過繰 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	環境効果 補正係数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
A	B	smax	smin		KE	補正前 sallt					
1B1	2B2	22.7	-964.8	1.00	493.8	577.4	5	972	0.00514	4.034	0.02075
1B1	211	22.7	-893.4	1.00	458.1	535.7	55	1150	0.04622	4.157	0.16213
1A1	211	21.4	-893.4	1.00	457.4	534.9	35	1150	0.02841	2.917	0.06550
1A1	1K1	21.4	-820.5	1.00	421.0	492.3	25	1490	0.01678	2.149	0.03606
MSS	1K1	0.0	-820.5	1.00	410.3	479.8	32	1590	0.02013	2.336	0.04100
MSS	1J1	0.0	-815.1	1.00	407.5	476.6	64	1620	0.03951	1.000	0.03951
MSS	1G1	0.0	-795.8	1.00	397.9	465.3	4	1730	0.00731	3.038	0.00702
MSS	2D3	0.0	-794.6	1.00	397.3	464.6	2	1740	0.00115	2.502	0.00788
MSS	1L4	0.0	-787.6	1.00	393.8	463.6	2	1780	0.00112	2.392	0.00269
MSS	1G1	0.0	-781.2	1.00	390.6	456.3	15	1820	0.00824	1.000	0.00824
211	1G1	-299.6	-781.2	1.00	240.8	281.6	6	8070	0.00074	1.000	0.00074
2D4	1G1	-441.8	-781.2	1.00	169.7	198.5	2	25200	0.00008	2.108	0.00017
2F1	1G1	-449.5	-781.2	1.00	165.9	194.0	3	27000	0.00011	2.713	0.00030
2D2	1G1	-511.0	-781.2	1.00	135.1	158.0	2	51500	0.00004	2.290	0.00009
1H1	1G1	-518.6	-781.2	1.00	131.3	153.6	0	59200	0.00000	1.895	0.00000
2H1	1G1	-523.5	-781.2	1.00	128.8	153.7	2	65000	0.00003	3.003	0.00009
2E1	1G1	-524.5	-781.2	1.00	128.4	153.2	7	66100	0.00003	2.373	0.00007
1E1	1G1	-526.8	-781.2	1.00	127.2	148.8	4	69200	0.00006	3.754	0.00022
1L1	1G1	-536.0	-781.2	1.00	122.6	143.4	7	82800	0.00007	1.000	0.00007
2G2	1G1	-538.0	-781.2	1.00	121.6	142.2	2	86300	0.00002	2.752	0.00006
1F1	1G1	-540.1	-781.2	1.00	120.6	141.0	4	90000	0.00004	3.767	0.00017
*10	1G1	-541.2	-781.2	1.00	120.0	140.3	0	92000	0.00000	1.000	0.00000
2F1	1G1	-541.2	-781.2	1.00	120.0	140.3	2	92000	0.00003	1.000	0.00003
1E1	1G1	-560.0	-781.2	1.00	110.6	129.4	4	126000	0.00003	3.754	0.00017
1H1	1G1	-562.8	-781.2	1.00	109.2	127.8	0	132000	0.00000	1.592	0.00000
211	1G1	-570.6	-781.2	1.00	105.3	123.2	6	150000	0.00004	1.000	0.00004
1F1	1G1	-575.8	-781.2	1.00	102.7	120.1	4	165000	0.00002	3.606	0.00009
1L2	1G1	-597.0	-781.2	1.00	82.1	107.7	7	258000	0.00001	1.000	0.00001
1A1	1G1	-598.1	-781.2	1.00	91.6	107.1	60	265000	0.00023	4.324	0.00098
1B1	1G1	-598.1	-781.2	1.00	91.6	107.1	60	265000	0.00023	1.000	0.00023
2K1	1G1	-625.1	-781.2	1.00	78.1	91.3	59	588000	0.00010	1.000	0.00010
2G1	1G1	-635.4	-781.2	1.00	72.9	85.3	2	-----	0.00000	1.000	0.00000
合計:											0.44560

→環境UF : 0.446

タイトル	蒸気発生器給水入口管台における、熱成層現象の想定と根拠、熱過渡・応力評価の方法および評価結果について
説明	<p>蒸気発生器給水入口管台では、プラント起動・停止時等における低温水の微小給水および停止により、熱成層の発生・消滅が繰返される可能性があることから、熱成層の発生を想定した環境疲労評価を行っている。</p> <p>環境疲労評価における熱成層現象の想定と根拠、熱過渡・応力評価の方法及び評価結果を添付 1 に示す。</p>

玄海原子力発電所 3 号炉 蒸気発生器給水入口管台の環境疲労評価 (熱成層考慮)

1. 概要

本資料は、蒸気発生器給水入口管台の環境疲労評価の結果についてまとめたものである。

その結果、環境疲労累積係数 (以降 環境 U. F. と記す) は $0.446 < 1.0$ であり、問題ないことを確認した。

2. 評価方針

2.1 適用規格・基準

- 1) 日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」
(JSME S NC1-2005/2007、以降「設計・建設規格」と記す。)
- 2) 日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法」
(JSME S NF1-2009、以降「環境疲労評価手法」と記す。)

2.2 評価手法

(1) 環境疲労評価手法

環境疲労評価は、環境疲労評価手法に従って評価を行うものとし、設計・建設規格に基づき算出した U. F. に環境効果補正係数 (Fen) を掛け合わせるにより求める。

$$\text{環境 U. F.} = \text{U. F.} \times \text{Fen}$$

3. 給水入口管台の疲労評価条件

3.1 解析モデル化の方法

給水入口管台の環境疲労評価対象部位を図 1 に示す。

熱成層応力の解析は 3 次元の FEM 解析により行う。

(1) 熱成層応力の解析モデル

熱成層応力の解析においては評価部位周辺を 3 次元モデルでモデル化した有限要素法解析により行う。

管台及び管台近傍の配管を 3 次元でモデル化し、その筒所からアンカーサポートまでをはり要素でモデル化する。

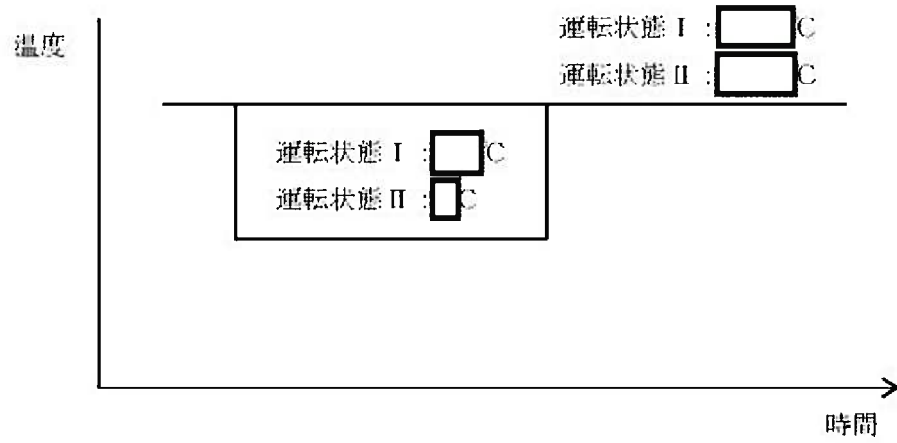
解析に使用したモデルを図 2、3、4 に示す。

(2) 解析コード

解析コードは ABAQUS Ver. 6.12-3 を使用する。

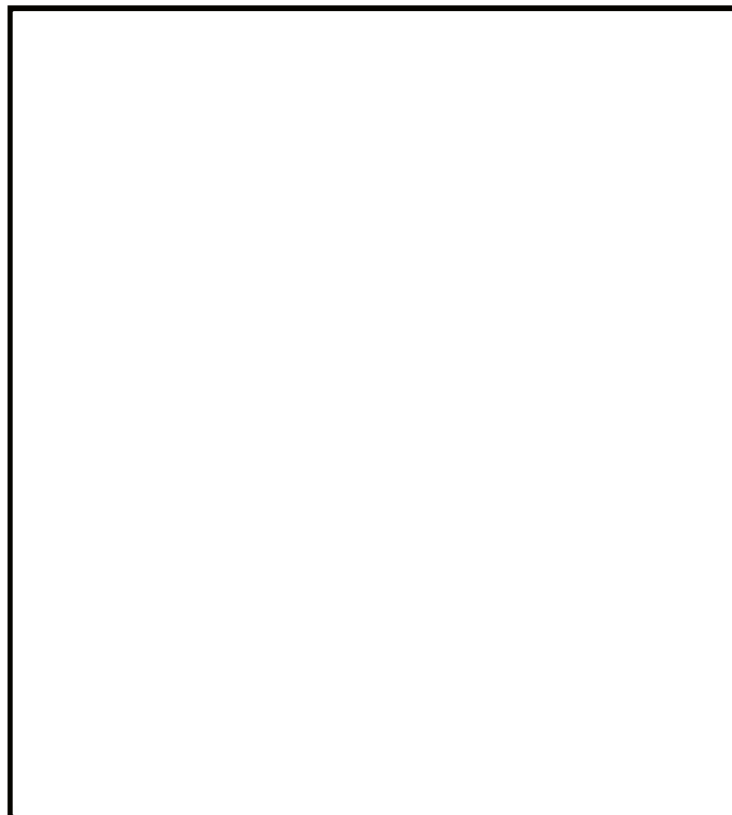
(3) 過渡条件

熱成層の発生・消滅過程を安全側に以下のように定める。



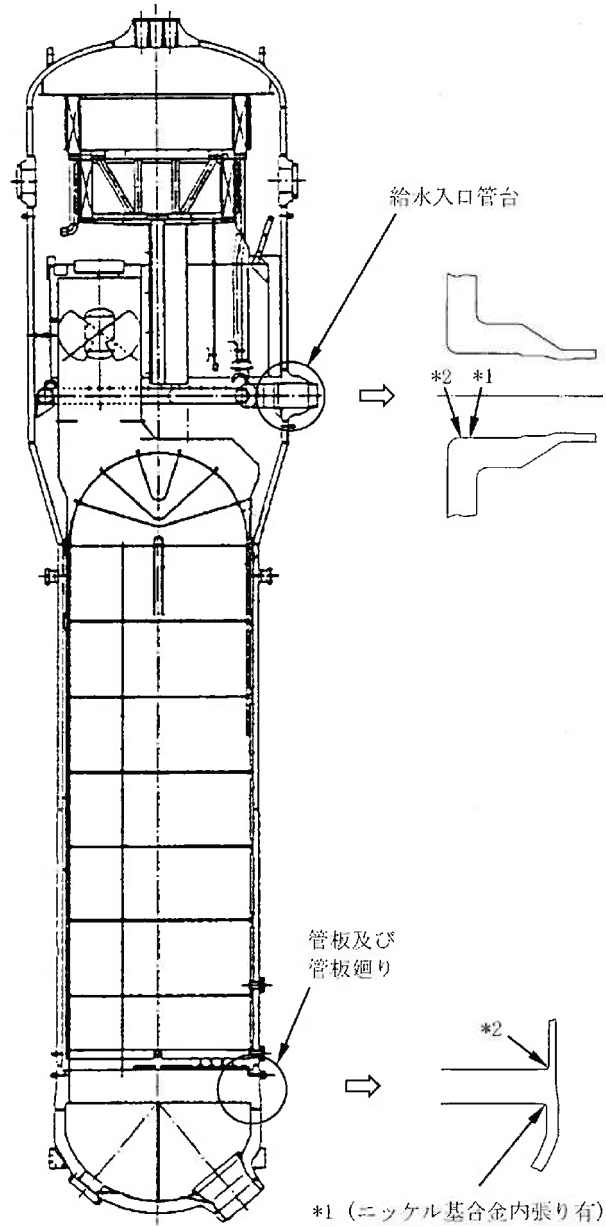
(4) 熱伝達率

熱成層による応力の解析に用いる熱伝達率は、以下に示すとおり流量及び温度から給水管台部を領域分けして設定している。



(5) 物性値

熱成層による応力の解析に用いる材料の物性値は表 1 に示すとおりである。



* 1 : 「設計・建設規格」に基づく疲労評価対象部位(最大)

(非接液部の場合は () 内に理由を記載)

* 2 : 「環境疲労評価手法」に基づく疲労評価対象部位(最大) (接液部が対象)

図1 玄海3号炉 蒸気発生器本体管板及び給水入口管台の疲労評価対象部位



図2 解析モデル (全体図)

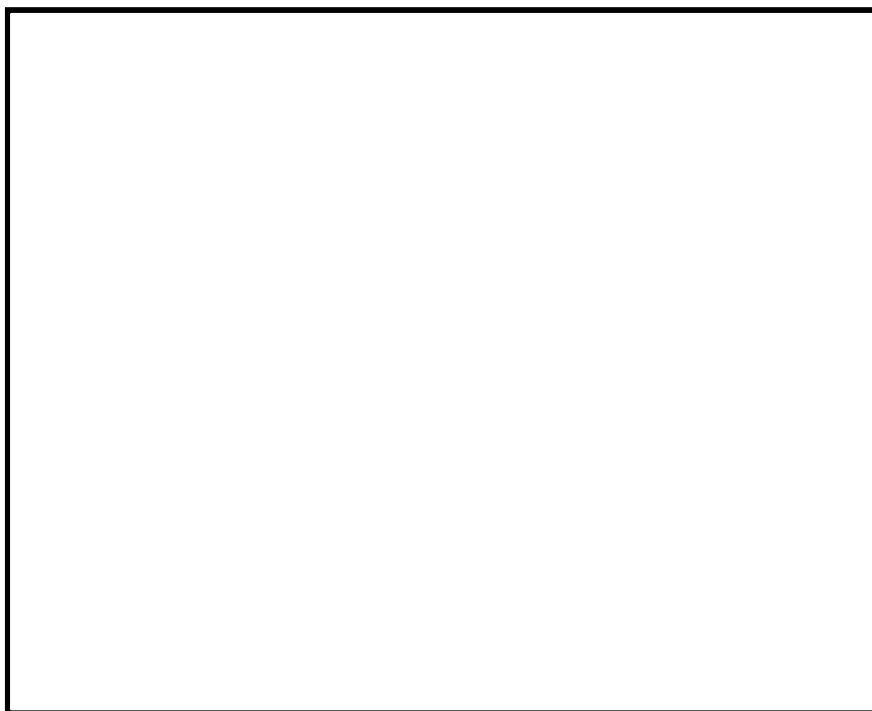


図3 解析モデル (断面図)

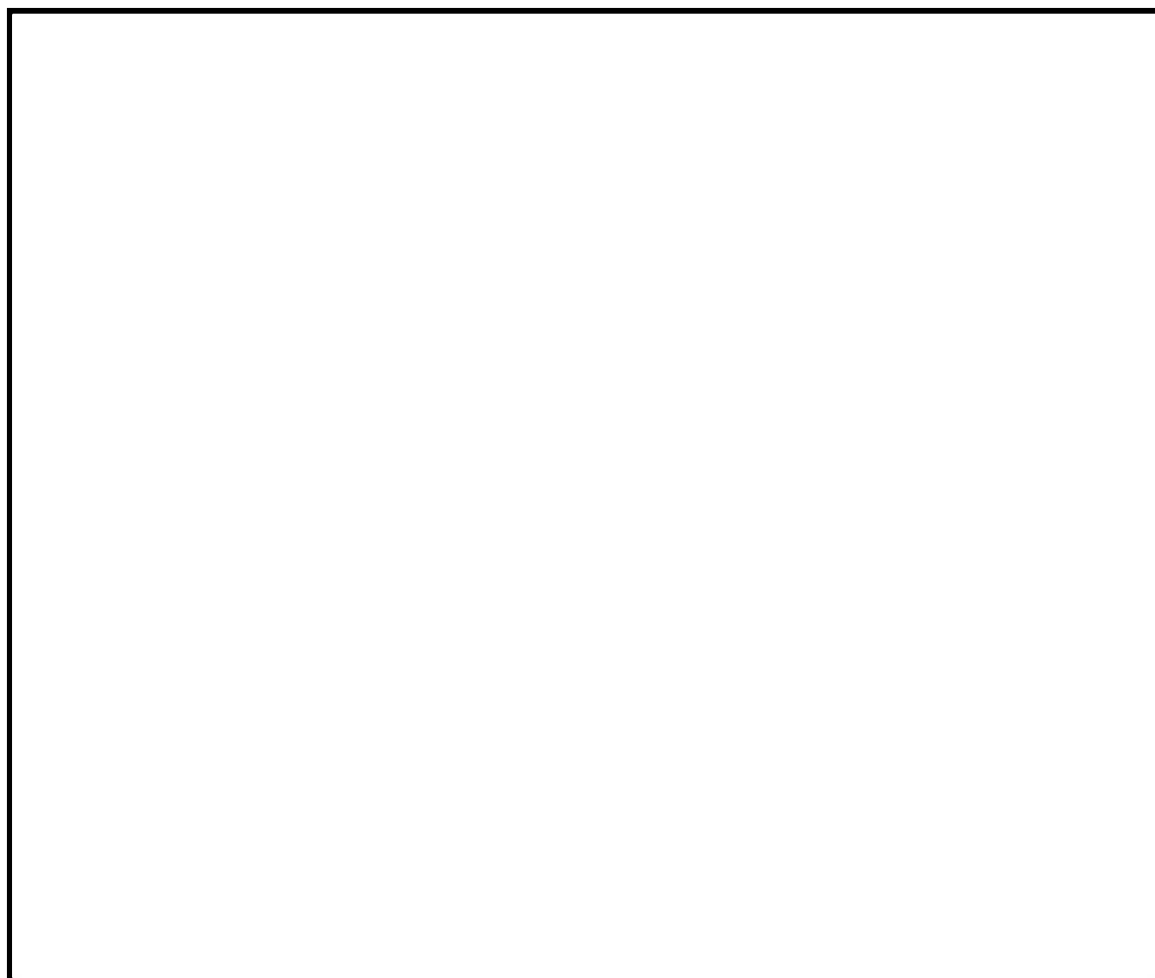


図4 解析モデル (拡大図)

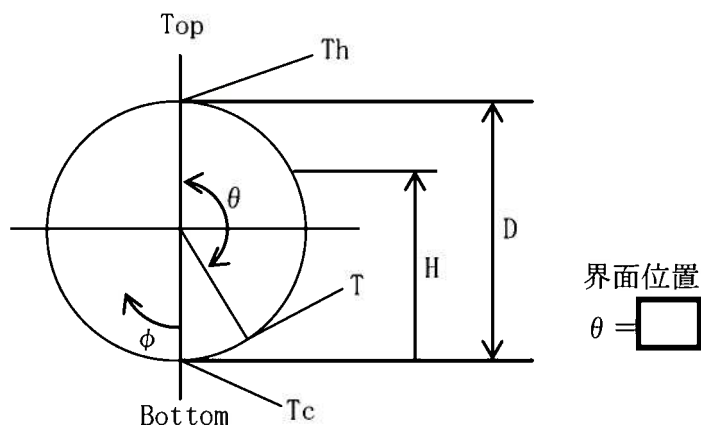
表 1 材料物性値

部位	主給水管	給水入口管台	上部胴
材料	STS49	SFVQ2A	SQV2B
熱伝導率 (W/mK)	44.4	39.0	39.0
熱容量 ($\times 10^3$ kJ/m ³ K)	4.39	4.32	4.32
熱膨脹率 ($\times 10^{-6}$ mm/mm $^{\circ}$ C)	12.83	13.15	13.94
縦弾性係数 (MPa)	187,000	177,000	185,000
ポアソン比 (-)	0.3	0.3	0.3

(注) 上記物性値は蒸気発生器2次側の定格出力運転時の温度 (276.9 $^{\circ}$ C) における値であり、解析上は温度依存性を考慮してそれぞれの時刻の温度に基づく値を使用している。

(6) 温度プロファイル

過去に他実機プラントである大飯 1 号機での給水管内熱成層発生時の応力を計測しており、熱成層界面位置が水平頂部からの角度 $\theta =$ 約 の場合に最大応力が確認されている。大飯 1 号機と玄海原子力発電所 3 号機では給水管台の形状 (口径) が同等であることから、大飯 1 号機にて最大応力が確認された水平配管頂部からの角度 $\theta =$ を界面位置に設定している。



3.2 過渡条件

(1) 過渡回数

これまでの運転実績に基づく運転開始後60年時点での推定過渡回数で評価を実施する。

(2) 温度条件

低温水の微小給水・給水停止の繰返しによる熱成層の発生・消滅を評価する。

4. 評価結果

熱成層を考慮した環境疲労評価結果を表 2 に、過渡記号を表 3 に示す。

以上

表2 給水入口管台環境疲労評価結果(環境U. F. が最大となる評価点)

過渡条件 記号		一次+二次+ ピーク応力強さ		割増し 係数	繰返しピーク 応力強さ		突過繰 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	環境効果 補正係数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
A	B	smax	smin		KE	繰返し 前					
				KE	salt	salt	n	n*	u	f _{en}	u _{en}
1B1	2B2	22.7	-964.8	1.00	493.8	577.4	5	972	0.00514	4.334	0.00075
1B1	2F1	22.7	-893.4	1.00	458.1	535.7	55	1190	0.04622	4.157	0.19213
1A1	2F1	21.4	-893.4	1.00	457.4	534.9	36	1190	0.02841	2.917	0.08580
1A1	1K1	21.4	-820.5	1.00	421.0	492.3	25	1490	0.01678	2.149	0.03656
HSS	1K1	0.0	-820.5	1.00	410.3	479.8	32	1590	0.02013	2.336	0.04700
HSS	1J1	0.0	-815.1	1.00	407.5	476.6	64	1620	0.03951	1.390	0.03951
HSS	1G1	0.0	-795.8	1.00	397.9	465.3	4	1730	0.00231	3.038	0.00702
HSS	2B3	0.0	-794.6	1.00	397.3	464.6	2	1740	0.00115	2.532	0.00788
HSS	1L4	0.0	-787.6	1.00	393.8	460.6	2	1780	0.00112	2.392	0.00269
HSS	1G1	0.0	-781.2	1.00	390.6	456.8	15	1820	0.00624	1.390	0.00874
2H	1G1	-299.8	-781.2	1.00	240.8	281.6	6	8370	0.00574	1.390	0.00074
2D1	1G1	-441.8	-781.2	1.00	169.7	198.5	2	25200	0.00008	2.108	0.00017
2F1	1G1	-449.5	-781.2	1.00	165.9	194.0	3	27000	0.00011	2.713	0.00030
2D2	1G1	-511.0	-781.2	1.00	135.1	158.0	2	51500	0.00004	2.290	0.00009
1H1	1G1	-518.6	-781.2	1.00	131.3	153.6	0	58200	0.00000	1.895	0.00000
2H1	1G1	-523.5	-781.2	1.00	128.8	150.7	2	65000	0.00003	3.093	0.00009
2E1	1G1	-524.5	-781.2	1.00	128.4	150.2	2	66100	0.00003	2.373	0.00007
1E1	1G1	-526.8	-781.2	1.00	127.2	148.8	4	69200	0.00006	3.754	0.00022
1L1	1G1	-536.0	-781.2	1.00	122.6	143.4	2	82800	0.00002	1.390	0.00002
2G2	1G1	-538.0	-781.2	1.00	121.6	142.2	2	86300	0.00002	2.752	0.00006
1F1	1G1	-540.1	-781.2	1.00	120.6	141.0	4	90000	0.00004	3.767	0.00017
*10	1G1	-541.2	-781.2	1.00	120.0	140.3	0	92000	0.00000	1.390	0.00000
2F1	1G1	-541.2	-781.2	1.00	120.0	140.3	3	92000	0.00003	1.000	0.00003
1E1	1G1	-560.0	-781.2	1.00	110.6	129.4	4	126000	0.00003	3.754	0.00012
1H1	1G1	-562.8	-781.2	1.00	109.2	127.8	0	132000	0.00000	1.592	0.00000
2H	1G1	-570.6	-781.2	1.00	105.3	123.2	6	150000	0.00004	1.390	0.00004
1F1	1G1	-575.8	-781.2	1.00	102.7	120.1	4	165000	0.00002	3.605	0.00009
1L2	1G1	-597.0	-781.2	1.00	92.1	107.7	2	258000	0.00001	1.390	0.00001
1A1	1G1	-598.1	-781.2	1.00	91.6	107.1	60	265000	0.00023	4.324	0.00098
1B1	1G1	-598.1	-781.2	1.00	91.6	107.1	60	265000	0.00023	1.000	0.00023
2K1	1G1	-625.1	-781.2	1.00	78.1	91.3	59	588000	0.00010	1.390	0.00010
2G1	1G1	-635.1	-781.2	1.00	72.9	85.3	2	—————	0.00000	1.000	0.00000
合計:											0.44560

→環境UF : 0.446

表 3 過渡記号

NGS	無応力状態
1A1	起 動
*00	無負荷運転状態
1B1	停 止
1C1	負荷上昇 (15%から100%出力)
*10	100%負荷運転状態
1D1	負荷減少 (100%から15%出力)
1E1	90%から100%負荷へのステップ状負荷上昇
1F1	100%から90%負荷へのステップ状負荷減少
1G1	100%からの大きいステップ状負荷減少
1H1	定常負荷運転時の変動
1J1	0%→15%への負荷上昇
1K1	15%→0%への負荷減少
1L1	1ループ停止 / 1ループ起動 (1ループ停止・停止ループ)
1L2	1ループ停止 / 1ループ起動 (1ループ停止・運転ループ)
1L3	1ループ停止 / 1ループ起動 (1ループ起動・起動ループ)
1L4	1ループ停止 / 1ループ起動 (1ループ起動・運転ループ)
1N1	運転状態 I における低圧給水
2A1	負荷の喪失
2B1	外部電源喪失 (補助給水されるループ)
2B2	外部電源喪失 (補助給水されないループ)
2C1	1次冷却材流量の部分喪失 (健全側)
2C2	1次冷却材流量の部分喪失 (故障側)
2D1	100%からの原子炉トリップ (不注意な冷却を伴わない)
2D2	100%からの原子炉トリップ (不注意な冷却を伴う・冷却ループ)
2D3	100%からの原子炉トリップ (不注意な冷却を伴う・正常ループ)
2D4	100%からの原子炉トリップ (不注意な冷却とS Iを伴う・冷却ループ)
2D5	100%からの原子炉トリップ (不注意な冷却とS Iを伴う・正常ループ)
2E1	1次冷却系の異常な減圧
2F1	制御棒クラスタの落下
2G1	出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動
2H1	1次冷却系停止ループの誤起動 (起動ループ)
2H2	1次冷却系停止ループの誤起動 (運転ループ)
2I1	タービン回転試験
2K1	2次系漏洩試験
2T1	運転状態 II における低圧給水

タイトル	加圧器スプレイライン用管台等の疲労累積係数の算出根拠について																											
説明	<p>加圧器スプレイライン用管台およびサージ用管台の疲労累積係数の算出根拠を以下に示す。</p> <p>1. 解析モデル 疲労累積係数の算出に用いた解析情報を以下に示す。</p> <p>【通常疲労】</p> <table border="1" data-bbox="456 882 1347 1200"> <tr> <td>解析プログラム</td> <td>(スプレイライン用管台) ABAQUS Ver. 6.12-3 (サージ用管台) ABAQUS Ver. 6.12-3</td> </tr> <tr> <td>要素種類</td> <td rowspan="4"></td> </tr> <tr> <td>要素次数</td> </tr> <tr> <td>要素数</td> </tr> <tr> <td>節点数</td> </tr> </table> <p>【熟成層を考慮した環境疲労】</p> <table border="1" data-bbox="456 1276 1353 1476"> <tr> <td>解析プログラム</td> <td>(スプレイライン用管台) ABAQUS Ver. 6.3</td> </tr> <tr> <td>要素種類</td> <td rowspan="4"></td> </tr> <tr> <td>要素次数</td> </tr> <tr> <td>要素数</td> </tr> <tr> <td>節点数</td> </tr> </table> <p>2. 材料物性値 材料物性値を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="432 1594 1362 1957"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価部位</th> <th rowspan="2">材料</th> <th>設計応力 (MPa)</th> </tr> <tr> <th>345℃</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>スプレイライン用管台セーフエンド サージ用管台セーフエンド</td> <td>SUSF316</td> <td>114</td> </tr> <tr> <td>スプレイライン用管台 サージ用管台</td> <td>SFVQ1A</td> <td>184</td> </tr> <tr> <td>下部胴板 下部鏡板</td> <td>SQV1A</td> <td>184</td> </tr> </tbody> </table>	解析プログラム	(スプレイライン用管台) ABAQUS Ver. 6.12-3 (サージ用管台) ABAQUS Ver. 6.12-3	要素種類		要素次数	要素数	節点数	解析プログラム	(スプレイライン用管台) ABAQUS Ver. 6.3	要素種類		要素次数	要素数	節点数	評価部位	材料	設計応力 (MPa)	345℃	スプレイライン用管台セーフエンド サージ用管台セーフエンド	SUSF316	114	スプレイライン用管台 サージ用管台	SFVQ1A	184	下部胴板 下部鏡板	SQV1A	184
解析プログラム	(スプレイライン用管台) ABAQUS Ver. 6.12-3 (サージ用管台) ABAQUS Ver. 6.12-3																											
要素種類																												
要素次数																												
要素数																												
節点数																												
解析プログラム	(スプレイライン用管台) ABAQUS Ver. 6.3																											
要素種類																												
要素次数																												
要素数																												
節点数																												
評価部位	材料	設計応力 (MPa)																										
		345℃																										
スプレイライン用管台セーフエンド サージ用管台セーフエンド	SUSF316	114																										
スプレイライン用管台 サージ用管台	SFVQ1A	184																										
下部胴板 下部鏡板	SQV1A	184																										

3. 最大評価点の選定

解析モデル上の評価点は、構造不連続部等において応力が大きくなる評価断面を抽出しており、その中から疲労累積係数が最大となる点を選定している。

スプレイライン用管台については、熱成層による影響を考慮しており、接液部位で疲労累積係数が最大となる点について、環境疲労評価を実施している。

サージ用管台については、管台に作用する外荷重を配管解析で求めており、サージ配管で熱成層が発生した場合の応力を考慮せずに評価しているが、評価に用いる外荷重条件は熱成層を考慮した条件より厳しい評価条件となる。

解析モデル上の評価結果および最大評価点の選定結果を添付1に示す。

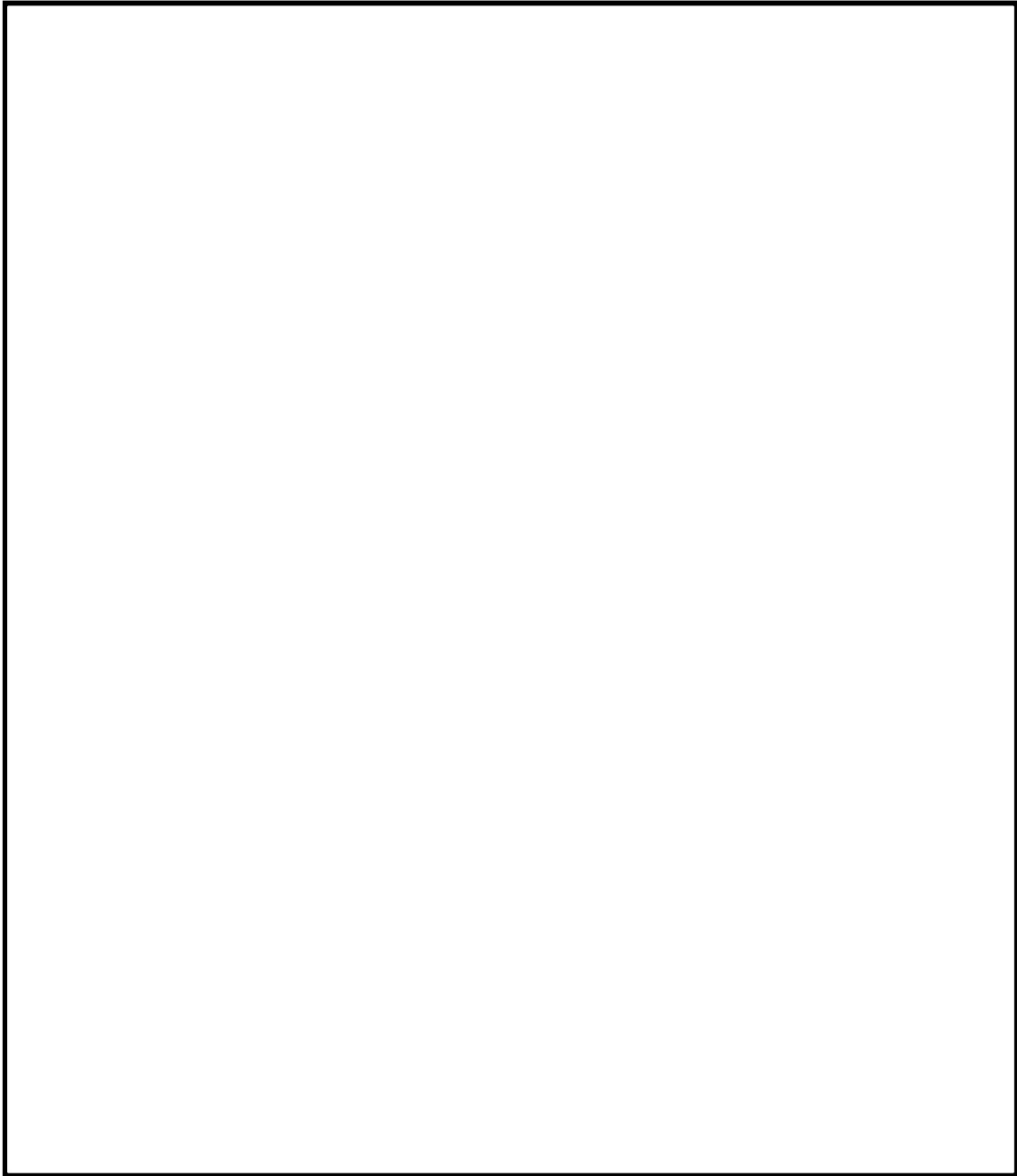
4. 応力分類

評価における荷重の組み合わせを以下に示す。また、応力フローを添付2に示す。

状態	荷重の組み合わせ
供用状態 A, B	圧力+自重+熱膨張荷重+熱過渡

5. K_e 係数および環境評価パラメータ

評価に用いた K_e 係数および環境評価パラメータ（環境効果補正係数 f_{en} ）を添付3に示す。



加圧器 スプレイライン用管台 評価点

スプレイライン用管台 最大評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1	0.0	0.00534	0.00656
2	0.0	0.00001	0.00002
3	0.0	0.00597	0.01060
4	0.00000	0.00005	0.00043
5	0.00001	0.01176	0.00214
6	0.0	0.00000	0.00000
7	0.0	0.00713	0.00511
8	0.0	0.00000	0.0
9	0.00001	0.00002	0.00284
10	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0
12	0.00002	0.0	0.00084
13	0.0	0.00437	0.00791
14	0.00305	0.0	0.00076
15	0.0	0.00077	0.00055
16	0.00017	0.00021	0.00397
17	0.00604	0.01416	0.0
18	0.0	0.0	0.0
19	0.04186	0.03974	0.0
20	0.0	0.00001	0.0
21	0.0	0.00269	0.00041
22	0.0	0.00023	0.00340

許容値 $U_T=1.0$

スプレイライン用管台 疲労評価結果 (評価点: 19)

応力強さ		(単位: MPa)			繰返し回数		疲労係数 (=N/N*)
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	
3.0	-423.0	1.0	216.0	260.0	2	10200	0.00020
3.0	-423.8	1.0	213.4	256.8	58	10600	0.00547
0.0	-423.8	1.0	211.9	255.0	119	10900	0.01092
-68.4	-423.8	1.0	177.7	213.9	60	20000	0.00300
-71.8	-423.8	1.0	176.0	211.8	60	20800	0.00291
-78.1	-423.8	1.0	172.9	208.0	60	21800	0.00275
-78.7	-423.8	1.0	172.5	207.7	60	21900	0.00274
-87.1	-423.8	1.0	168.3	202.6	60	23600	0.00254
-95.1	-423.8	1.0	164.3	197.8	60	25500	0.00235
-106.4	-423.8	1.0	158.7	191.0	60	28000	0.00212
-106.5	-423.8	1.0	158.7	190.9	60	28400	0.00211
-113.0	-423.8	1.0	155.4	187.0	60	30300	0.00198
-147.7	-423.8	1.0	138.0	166.1	2	43600	0.00095
-154.5	-423.8	1.0	134.6	162.0	60	47100	0.00127
-188.4	-423.8	1.0	117.7	141.6	60	88000	0.00068
-213.6	-423.8	1.0	105.1	126.5	60	137000	0.00044
-250.0	-423.8	1.0	86.9	104.6	60	294000	0.00020
-258.3	-423.8	1.0	82.8	99.6	3	367000	0.00001
-265.8	-423.8	1.0	79.0	95.1	2	452000	0.00000
-272.3	-423.8	1.0	75.8	91.2	60	596000	0.00010
-278.7	-423.8	1.0	72.5	87.3	2	874000	0.00000
-291.6	-423.8	1.0	66.1	79.6	6		0.0
疲労累積係数 =							0.04186

→通常UF : 0.042



加圧器サージ用管台 評価点

サージ用管台 最大評価点の選定

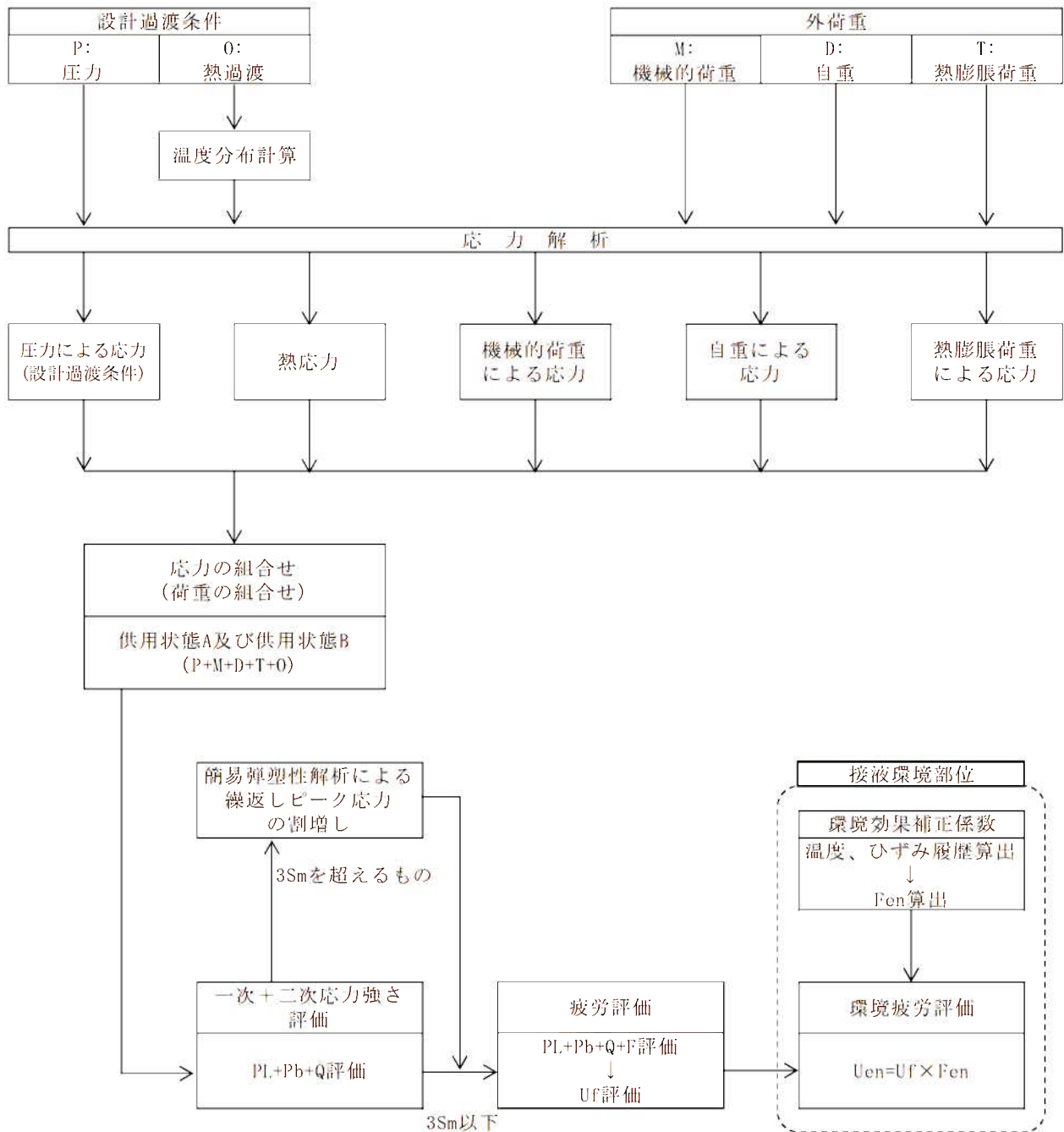
評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1	0.0	0.00090	0.00280
2	0.0	0.00018	0.00027
3	0.0	0.00093	0.00136
4	0.0	0.00021	0.00048
5	0.00000	0.00183	0.00033
6	0.0	0.0	0.0
7	0.00000	0.00119	0.00159
8	0.0	0.0	0.0
9	0.00001	0.00010	0.00073
10	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.00004	0.00030
12	0.00003	0.0	0.00020
13	0.00312	0.0	0.00267
14	0.00284	0.0	0.00132
15	0.0	0.00057	0.00109
16	0.00052	0.0	0.00048
17	0.00470	0.00949	0.0
18	0.0	0.00028	0.0
19	0.01543	0.01280	0.0
20	0.0	0.00061	0.00076
21	0.0	0.00173	0.00002
22	0.0	0.00227	0.00488

許容値 $U_f = 1.0$

サージ用管台 疲労評価結果 (評価点 : 19)

応力強さ		〈 単位 : MPa 〉			繰返し回数		疲労係数 (=N/N*)
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	
21.3	-330.1	1.0	170.7	305.5	5	23800	0.00022
21.3	-290.8	1.0	158.0	187.8	55	29900	0.00184
18.6	-290.8	1.0	154.7	186.2	59	30700	0.00192
0.0	-290.8	1.0	145.4	175.0	119	37200	0.00320
-59.1	-290.8	1.0	115.9	133.4	651	35000	0.00685
-59.1	-290.3	1.0	115.6	130.2	2	95900	0.00002
-59.1	-289.8	1.0	115.3	138.8	7	97100	0.00007
-59.1	-284.0	1.0	112.5	135.3	60	107000	0.00056
-102.8	-284.0	1.0	99.6	103.1	2	244000	0.00001
-128.8	-284.0	1.0	77.6	93.4	360	430000	0.00073
-166.0	-284.0	1.0	59.0	71.0	2	-----	0.0
疲労累積係数 =							0.01543

→通常UF : 0.016



備考：機械的荷重は作用しない。

応力評価フロー

Kc係数と環境疲労パラメータ (詳細評価手法)

【スプレイライン用管台 (評価点: 5)】

選定条件 記号	一次+二次+ ピーク応力値	許容引張 応力	繰返しピーク 応力値		繰返し 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	繰返し 回数	繰返し 回数	繰返し 回数	繰返し 回数	繰返し 回数
			max	min								
2E2	2E2	477.4	-361.9	2.07	859.0	979.7	2	568	0.00352	8.184	0.02885	
1B3	1B7	366.2	-137.7	1.23	269.4	246.6	60	31900	0.00182	3.625	0.00803	
1A6	1B6	310.3	-136.0	1.19	282.6	256.0	60	75200	0.00090	6.881	0.00549	
1B3	1B9	293.7	-132.1	1.14	242.9	270.8	60	116000	0.00052	7.042	0.00367	
1B5	1A6	275.6	-165.3	1.13	214.6	241.7	60	234000	0.00028	12.355	0.00317	
1B2	1B4	292.4	-113.1	1.00	262.6	228.9	60	332000	0.00018	9.668	0.00173	
1A7	1B3	290.0	-160.0	1.00	196.0	219.6	60	422000	0.00014	7.742	0.00119	
1A5	1A5	237.0	-88.7	1.00	187.6	211.7	60	639000	0.00011	1.000	0.00011	
1B4	1A7	275.7	-88.4	1.00	184.0	207.4	60	622000	0.00010	1.000	0.00010	
2A1	1M1	278.0	-85.9	1.00	181.9	205.1	7	676000	0.00001	1.000	0.00001	
1B6	1B2	251.8	-84.3	1.08	181.0	204.0	60	701000	0.00009	1.000	0.00009	
2H1	1M1	273.8	-85.9	1.00	178.8	202.7	2	733000	0.00000	1.000	0.00000	
1L1	1M1	270.7	-85.9	1.00	176.3	201.0	2	778000	0.00000	1.000	0.00000	
1F1	1M1	267.6	-85.9	1.00	176.7	199.2	4	830000	0.00000	1.000	0.00000	
1G1	1M1	267.5	-85.9	1.00	176.7	199.2	4	830000	0.00000	1.000	0.00000	
2C1	1M1	267.1	-85.9	1.00	176.6	198.9	2	827000	0.00000	1.000	0.00000	
1L2	1M1	266.5	-85.9	1.00	176.2	198.6	2	847000	0.00000	1.000	0.00000	
1D1	1M1	266.8	-85.9	1.00	176.8	198.2	876	889000	0.00102	1.000	0.00102	
1C1	1M1	266.6	-85.9	1.00	176.7	198.1	884	863000	0.00102	1.000	0.00102	
1M1	1M1	263.8	-85.9	1.00	174.8	197.1	1117	894000	0.00125	1.000	0.00125	
1M1	1C1	263.8	-85.3	1.00	174.6	197.0	884	898000	0.00099	1.000	0.00099	
1M1	1A4	263.8	-80.9	1.00	172.4	194.3	60	989000	0.00006	1.000	0.00006	
1M1	1A3	263.8	-80.7	1.00	172.2	194.1	60	996000	0.00006	1.000	0.00006	
1M1	1E1	263.8	-80.6	1.00	172.2	194.1	4	987000	0.00000	1.000	0.00000	
1M1	1D1	263.8	-87.5	1.00	160.7	181.1	275	1250000	0.00062	1.000	0.00062	
1E1	1D1	263.0	-87.5	1.00	160.3	180.6	4	1260000	0.00000	1.000	0.00000	
1B9	1D1	257.0	-87.5	1.00	157.3	177.3	60	1349000	0.00004	1.000	0.00004	
1B7	1D1	248.6	-87.5	1.00	153.2	172.6	27	1460000	0.00002	1.000	0.00002	
1B7	1G1	248.6	-80.7	1.00	146.3	166.2	4	1590000	0.00000	1.000	0.00000	
1B7	1F1	248.6	-80.9	1.00	143.8	163.2	4	1780000	0.00000	1.000	0.00000	
1B7	1L2	248.6	-87.2	1.00	142.0	161.2	2	1830000	0.00000	1.000	0.00000	
1B7	1B8	248.6	-87.3	1.03	142.3	160.4	13	1880000	0.00001	1.000	0.00001	
1A4	1A2	240.4	-85.3	1.00	136.1	156.7	60	2070000	0.00003	1.000	0.00003	
1A3	1B8	202.2	-87.3	1.00	114.6	129.4	47	2510000	0.00001	1.000	0.00001	
1A3	1B9	202.2	-83.5	1.00	112.9	127.2	13	4950000	0.00000	1.000	0.00000	
1B8	1B9	194.4	-83.6	1.00	106.0	122.6	47	5100000	0.00001	1.000	0.00001	
1B8	2A1	194.4	-8.3	1.00	100.2	112.1	7	9940000	0.00000	1.000	0.00000	
1B8	1L1	194.4	-5.6	1.00	100.0	112.7	2	10200000	0.00000	1.000	0.00000	
1B8	2J1	194.4	0.0	1.00	97.2	109.6	4	13300000	0.00000	1.000	0.00000	
1B8	2J1	193.2	0.0	1.00	81.6	92.6	65	-----	0.00000	1.000	0.00000	
合計:											0.05613	

→環境UF: 0.057

【サージ用管台 (評価点: 1)】

選定候補 記号		一次+二次+ ピーク立方強さ		許容 係数	繰返しビーク 応力強さ		高速繰 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数 U	繰返し 修正係数 f _{en}	繰返し効果を考慮した 疲労累積係数 U _{en}
A	B	SMA ₁	SMA ₂		K _{FE}	補正前 σ _{alt}					
2B1	2H1	16.0	-490.7	1.00	253.4	235.6	2	81500	0.00002	6.051	0.00013
NS3	2E1	0.0	-438.3	1.00	219.4	247.2	2	203000	0.00001	4.829	0.00005
NS3	1E2	0.0	-413.7	1.00	266.5	232.2	117	252000	0.00040	2.485	0.00129
2G1	1E2	-10.6	-413.7	1.00	251.4	237.1	2	346000	0.00001	6.677	0.00004
1C1	1E2	-22.7	-413.7	1.00	196.5	220.4	201	416000	0.00134	2.373	0.01210
1C1	1A2	-22.7	-405.9	1.00	191.6	216.0	283	472000	0.00060	2.378	0.00502
2D3	1A2	-33.2	-405.9	1.00	196.2	210.0	2	570000	0.00000	1.000	0.00000
2B1	1A2	-37.0	-405.9	1.00	184.4	207.9	5	612000	0.00001	1.000	0.00001
1A2	1A2	-54.5	-405.9	1.00	175.7	198.6	76	654000	0.00002	1.000	0.00002
1A2	2D3	-54.5	-344.5	1.00	148.0	163.4	2	1750000	0.00000	1.000	0.00000
1A2	111	-54.5	-339.9	1.00	142.7	160.5	2	1840000	0.00000	1.000	0.00000
1A2	112	-54.5	-331.9	1.00	138.7	156.3	2	2020000	0.00000	1.000	0.00000
1A2	1G1	-54.5	-321.1	1.00	132.3	150.3	4	2410000	0.00000	1.000	0.00000
1A2	2E1	-54.5	-313.7	1.00	129.6	146.1	5	2720000	0.00000	1.000	0.00000
1A2	2A1	-54.5	-307.3	1.00	126.6	142.8	7	3010000	0.00000	1.000	0.00000
1A2	2G1	-54.5	-277.9	1.00	111.7	125.9	2	6250000	0.00000	1.000	0.00000
1A2	1C1	-54.5	-275.3	1.00	110.4	124.4	266	5550000	0.00005	1.000	0.00005
1H1	1C1	-67.0	-275.3	1.00	104.1	117.4	519	1970000	0.00002	1.000	0.00002
1D1	1E1	-67.0	-271.1	1.00	102.1	115.1	253	8970000	0.00002	1.000	0.00002
1H2	1D1	-68.3	-271.1	1.00	100.2	112.7	519	8610000	0.00002	1.000	0.00002
1H2	1F1	-68.3	-253.9	1.00	92.3	104.9	4	23100000	0.00000	1.000	0.00000
1B2	1H1	-69.3	-242.5	1.00	86.6	97.6	6	79700000	0.00000	1.000	0.00000
1H2	1E1	-69.3	-228.0	1.00	75.2	85.4	4	-----	0.00000	1.000	0.00000
合計:											0.01905

→環境UF: 0.020

タイトル	機械ペネトレーションの疲労累積係数の算出根拠について
説明	<p>主蒸気ライン貫通部の疲労累積係数は、配管解析から当該部位に加わる負荷を算出し、材料力学公式（参考文献：Formulas for Stress and Strain, Raymond J. Roark他著）と、PVE-3100に準じてPVB-3130の応力集中係数にかかわる規定を用いた疲労評価により算出している。</p> <p>主蒸気ライン貫通部の仕様、荷重および疲労評価結果を添付 1 に示す。</p>

主蒸気ライン貫通部の基本寸法箇所を図1に示す。また、仕様（形状、材料）を表1に示す。

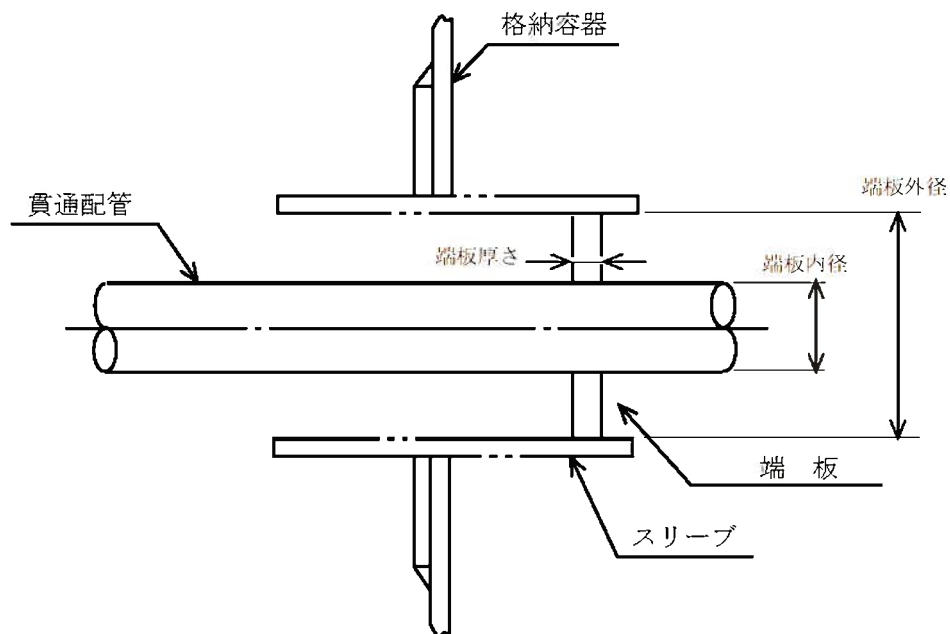


図1 主蒸気ライン貫通部の基本寸法箇所

表1 主蒸気ライン貫通部の仕様

格納容器貫通部	格納容器 最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	端板 外径 (mm) D1	端板 内径 (mm) D2	端板 板厚 (mm) t	端板材料	材料の最高使用 温度における 縦弾性係数 (MPa)
主蒸気系統配管	0.392	298				SFVC2B	185,000