

No.	高浜 2 - 熱時効 - 5	事象：2相ステンレス鋼の熱時効
質 問	<p>(別冊-5配管-4 1 次冷却材管-14, 15頁)</p> <p>母管の熱時効に係る健全性評価について、重大事故等時(原子炉停止機能喪失)におけるプラント条件(ピーク温度360℃、ピーク圧力18.5MPa)を考慮しても、配管は不安定破壊することはないとした考え方及び具体的根拠を提示すること。</p>	
回 答	<p>重大事故等時のプラント条件を考慮した1次冷却材管に係る健全性評価の具体的評価内容を添付-1に示します。</p>	

1. 代表点の抽出

重大事故等時の健全性を確認するにあたっては、評価対象部位の中で応力が最大であり、通常運転時の評価における評価点となっているホットレグ直管を代表点とする。

2. フェライト量の算出

フェライト量は、ミルシートの化学成分から、ASTM A800に基づき算出している。

化学成分 (溶鋼分析) %								Cre/Nie (注1)	フェライト量 (注2)
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cb(Nb)	N		F%
[Redacted]									約12.2

(注1) ASTM A800の7.1.2参照

(注2) ASTM A800のFig. X1.1参照

3. 評価用Jmatの決定

き裂進展抵抗値 (Jmat値) は、電共研で改良された脆化予測モデル (H3Tモデル: Hyperbolic-Time, Temperature Toughness) を用いて、評価部位のフェライト量を基に求める。なお、JmatのJ_{1c}、J₆の値は以下のとおりである。

	J _{1c} (kJ/m ²)	J ₆ (kJ/m ²)
き裂進展抵抗 (Jmat)	[Redacted]	

[Redacted] 内は商業機密に属しますので公開できません

4. 評価部位の応力

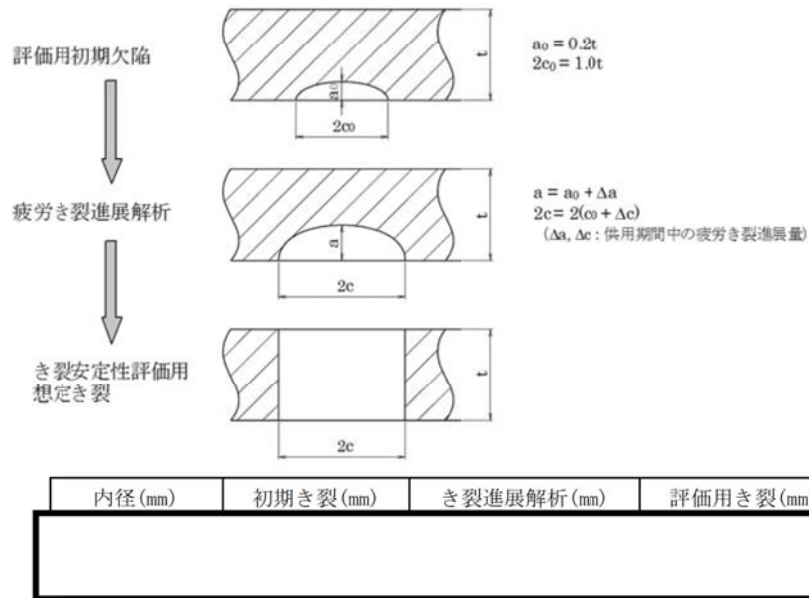
重大事故等時の内圧、自重、熱膨張及び地震荷重を考慮した応力値を示す。

評価条件	内圧による応力 (MPa)	曲げ応力				軸力による応力				合算値 (MPa) (小数点第1位切り上げ)
		自重 (%)	熱 (%)	地震 (Ss) (%)	合計 (MPa)	自重 (%)	熱 (%)	地震 (Ss) (%)	合計 (MPa)	
重大事故等時										約183
通常運転時 (参考)										約173

5. Jappの決定

(1) 評価用き裂

き裂安定性評価を保守的に行うために評価用き裂を貫通き裂とする。



(2) FEM解析

評価用き裂と表 1 に示す評価条件を入力条件として、FEM (有限要素法) 解析により、破壊力 (Japp値) を求める。なお、各き裂長さにおけるJappは以下のとおり。

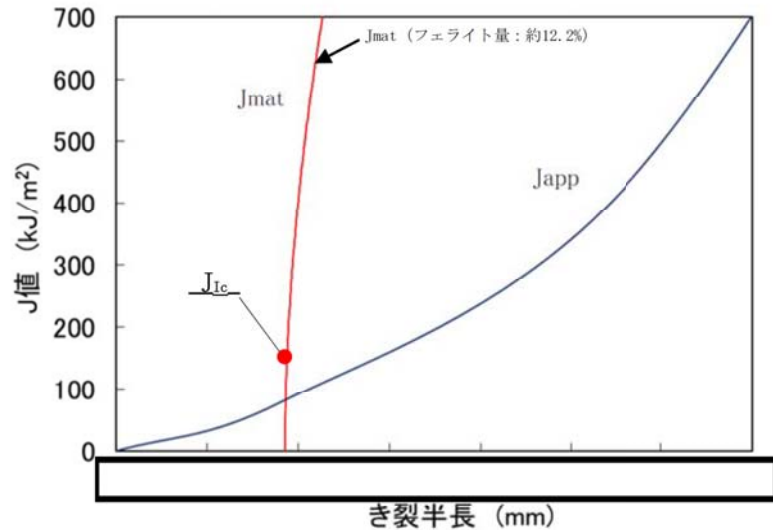
き裂長さ	1t	3t	5t
Japp (kJ/m ²)			

内は商業機密に属しますので公開できません

6. き裂安定性評価

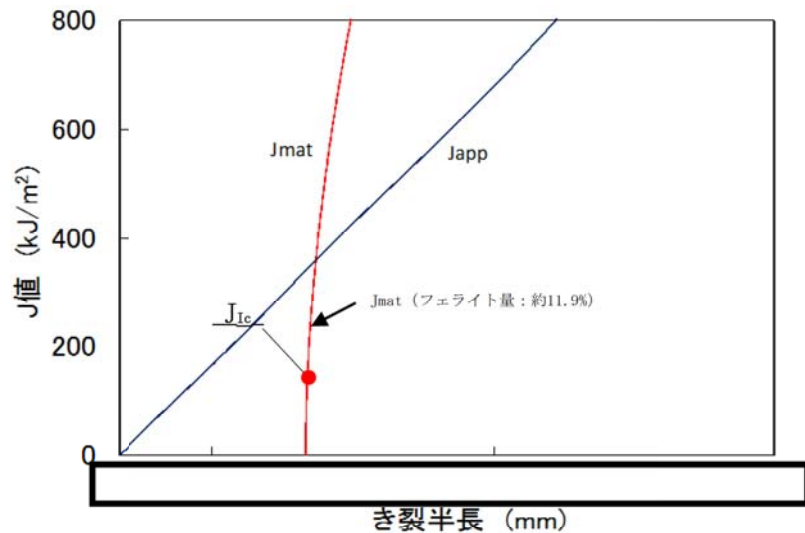
重大事故等時のプラント条件を考慮した場合であっても J_{mat} と J_{app} が J_{Ic} 以下の低いJ値で交差しており、 $J_{app} < J_{Ic}$ であることが確認できるため、延性き裂は発生しないと判断でき、健全である。

ホットレグ直管のき裂安定性評価結果



また、通常時のき裂安定性評価が相対的に厳しい結果となったSG出口40°エルボも同様に重大事故等時の評価を行った。き裂安定性評価結果を以下に示す。

SG出口40°エルボのき裂安定性評価結果



重大事故等時のプラント条件を考慮した場合であっても J_{mat} と J_{app} との交点においては J_{mat} の傾きが J_{app} の傾きを上回ることから不安定破壊は起こらないと判断でき、健全である。

内は商業機密に属しますので公開できません

表1 評価条件

ホットレグ直管																		
内径 [mm]																		
外径 [mm]																		
き裂形状	周方向貫通き裂(き裂長さ: 1t, 3t, 5tの3種類)																	
荷重																		
内圧 [MPa]																		
軸力 [kN]	自重 熱 地震 合計																	
曲げモーメント [kN・m]	自重 熱 地震 合計																	
物性値																		
ヤング率 [MPa]																		
ポアソン比	$\nu=0.3$ (弾性域)、 $\nu=0.5$ (塑性域)																	
応力-ひずみ関係	フェライト量が低い非時効材の応力-ひずみ線図を用いる。本評価データは電共研「1次冷却材管の時効劣化に関する研究 (STEPI)」で得られた知見を参考にしている。本電共研では2つの試験片について引張り試験を実施し、結果がほぼ同等であったことから1つの試験片のデータを用いて応力-ひずみ線図を導出した。Japp 値は応力-ひずみ線図の下部の面積に比例するため、強度が低い非時効材を用いることはより安全側の評価となります。																	
公称応力 [MPa]	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">公称ひずみ [%]</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">ひずみ [%]</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">応力 [MPa]</div> </div> <p style="text-align: center;">非時効材のフェライト量</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th colspan="6">化学成分 (詳細分析) %</th> <th>フェライト量</th> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Si</td> <td>Mn</td> <td>Cr</td> <td>Ni</td> <td>MO</td> <td>Cb (Nb)</td> <td>N</td> <td>Cre/Nie</td> <td>P%</td> </tr> </table>	化学成分 (詳細分析) %						フェライト量	C	Si	Mn	Cr	Ni	MO	Cb (Nb)	N	Cre/Nie	P%
化学成分 (詳細分析) %						フェライト量												
C	Si	Mn	Cr	Ni	MO	Cb (Nb)	N	Cre/Nie	P%									

内は商業機密に属しますので公開できません。

No.	高浜2-熱時効-6	事象：2相ステンレス鋼の熱時効
質 問	<p>(別冊-5配管-41次冷却材管-17頁)</p> <p>母管の熱時効に係る現状保全及び総合評価について、健全性評価において選定した評価部位との関係から、定期的実施している溶接部の超音波探傷検査における検査部位の選定(サンプリング)の妥当性を提示すること。</p>	
回 答	<p>母管及び管台の溶接部の供用期間中検査(超音波探傷検査)の検査部位の選定は維持規格に基づき実施しております。</p> <p>維持規格においては、経年劣化を確認するため定点サンプリング方式を採用しております。当該部においては、経年劣化事象を考慮して相対的に経年変化に厳しい条件にあると考えられる部位を優先して選定することが望ましいとの考えに則って、以下の溶接継手を優先して選定することとしております。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①容器と各管との溶接継手 ②構造不連続部の継手 <p>また、部位として選定した構造不連続部の継手が特定の系統および口径の継手に偏らないようにするため、その継手数を比例配分により求めるよう定めております。(維持規格参照)</p> <p>具体的な選定箇所および検査部位を添付1に示します。</p> <p>なお、母管及び管台の健全性評価において選定した箇所については、添付1に示す上記①②に該当する選定箇所に含まれており、現状保全にて健全性を確認しております。</p>	

