

高浜発電所 1、2号炉 劣化状況評価  
(2相ステンレス鋼の熱時効)

補足説明資料

平成28年6月16日

関西電力株式会社

# 目次

1. はじめに	1
2. 代表機器の選定	1
3. 代表機器の技術評価	5
(1) 1次冷却材管(1号炉)	5
(2) 1次冷却材管(2号炉)	10
4. 現状保全	12
5. 総合評価	12
6. 高経年化への対応	12
7. 代表機器以外の評価	12
8. まとめ	12

## 別紙1～26

### 【高浜1号炉】

別紙1. 熱時効評価対象機器・部位の抽出について	14
別紙2. 代表評価部位の選定の考え方について	17
別紙3. 重大事故等時を考慮した健全性評価について	23
別紙4. 1次冷却材ポンプケーシングの評価について	33
別紙5. 1次冷却材ポンプ羽根車の評価について	43
別紙6. 1次冷却材ポンプケーシングの現状保全等の内容について	55
別紙7. 加圧器スプレイノズルの評価について	64
別紙8. 1次冷却材管の評価について	73
別紙9. 1次冷却材管の現状保全等の内容について	88
別紙10. 1次冷却材管の検査対象部位について	106
別紙11. ループ余熱除去系第1入口弁の弁体の評価について	109
別紙12. 下部炉心支持柱の評価について	116
別紙13. 下部炉心支持柱の現状保全等の内容について	118
別紙14. 高圧タービン翼環の評価について	128

### 【高浜2号炉】

別紙15. 1号炉の劣化評価との相違点について	130
別紙16. 熱時効評価対象機器・部位の抽出について	131
別紙17. 代表評価部位の選定の考え方について	134
別紙18. 重大事故等時を考慮した健全性評価について	136
別紙19. 1次冷却材ポンプケーシングの評価について	146
別紙20. 1次冷却材ポンプ羽根車の評価について	149
別紙21. 1次冷却材ポンプケーシングの現状保全等の内容について	162
別紙22. 加圧器スプレイノズルの評価について	175

別紙 2 3. 1 次冷却材管の評価について . . . . .	183
別紙 2 4. 1 次冷却材管の現状保全等の内容について . . . . .	202
別紙 2 5. 1 次冷却材管の検査対象部位について . . . . .	218
別紙 2 6. 高圧タービン翼環の評価について . . . . .	221

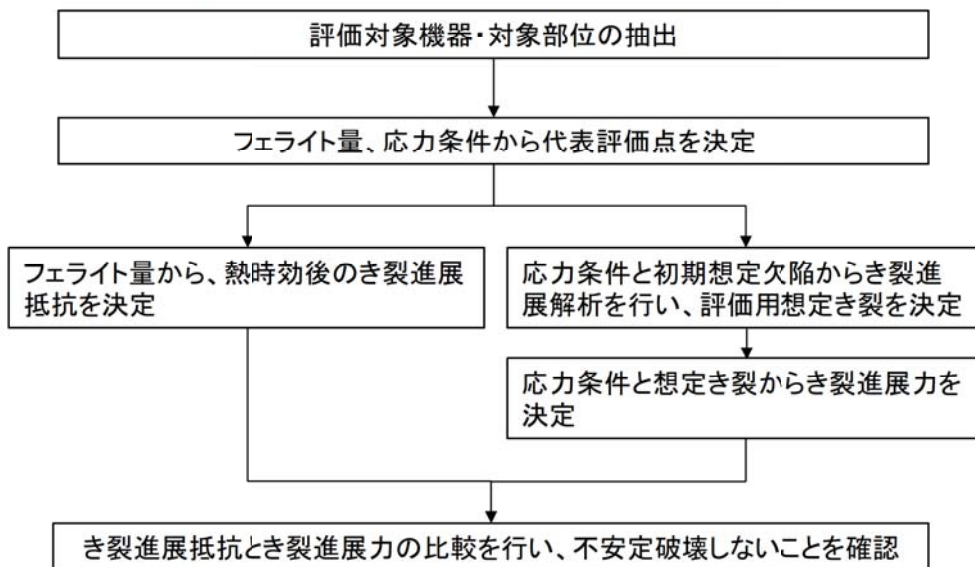
## 1. はじめに

本資料は、2相ステンレス鋼の熱時効の劣化状況評価の補足として、評価結果と共に、評価内容の補足資料をとりまとめたものである。

一次冷却材管などに使用しているステンレス鋼（2相ステンレス鋼）は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であるため、運転中の系統機器の高温のもとで時間とともにフェライト相内でより安定な組織形態へ移行しようとする相分離が起こること（熱時効）により、材料の靱性が低下する可能性がある。

熱時効による靱性低下への影響は、フェライト量が多く、使用温度が高いほど大きくなる。また、使用条件としては、応力（荷重）が大きいほど健全性評価への影響は大きくなる。

### 【熱時効評価の流れ】



## 2. 代表機器の選定

### ① 評価対象機器・部位の抽出

2相ステンレス鋼の熱時効の評価においては、日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年対策実施基準（2008）」に基づき、以下の条件に該当する機器、部位を評価対象機器・部位として抽出する。

- ①使用温度が 250℃以上
- ②使用材料が 2 相ステンレス鋼
- ③き裂の原因となる劣化事象の発生が想定される部位(当該部位の疲労評価を実施し健全性を確認しているが、保守的に疲労き裂を想定している)

これらの条件に該当し、抽出された機器・部位を次ページの表に示す。

これらの部位で設備の重要度および熱時効への影響が大きいと考えられる条件（発生応力およびフェライト量の多寡）で比較を行い、より厳しい条件となる1次冷却材管を代表機器として、具体的な評価内容を説明する。

**高浜1号炉 熱時効評価対象機器・部位**

機器	部位	フェライト量 [%]	使用温度 [°C]	応力 [MPa]	選定結果
1次冷却材ポンプ	ケーシング	約11	約289	約107	※
1次冷却材管	直管他	約10.3～ 約15.5	約289～ 約323	約101～ 約215	○
炉内構造物	下部炉心支持柱	約11.2	約289	約140	※

※：発生応力およびフェライト量の比較から1次冷却材管の評価に包絡される。

**高浜2号炉 熱時効評価対象機器・部位**

機器	部位	フェライト量 [%]	使用温度 [°C]	応力 [MPa]	選定結果
1次冷却材ポンプ	ケーシング	約16	約289	約111	※
1次冷却材管	直管他	約11.9～ 約17.0	約289～ 約323	約97～ 約173	○

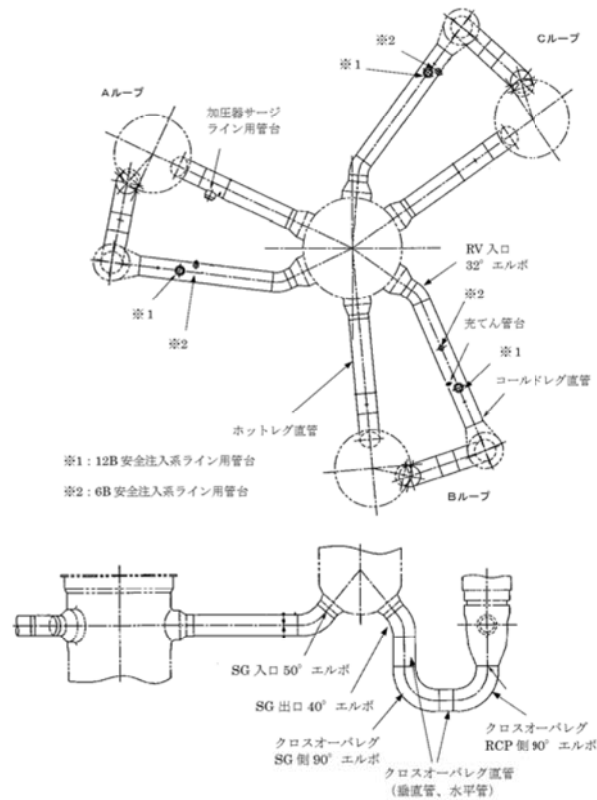
※：発生応力およびフェライト量の比較から1次冷却材管の評価に包絡される。  
1号炉で対象となっていた炉内構造物（下部炉心支持柱）は2号炉は2相ステンレス鋼でないため、対象外である。

② 評価点の抽出

日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年対策実施基準（2008）」より、フェライト相の割合、応力の観点から、それぞれ1点ずつ評価点を抽出する。なお、2号炉については、フェライト量、応力最大部位の他に、フェライト量、応力の組合せを考慮して厳しくなる部位、エルボの曲率部で応力が大きく評価が厳しくなる部位を選定した。

高浜1号炉 1次冷却材管のフェライト量および応力一覧

評価部位	フェライト量 [%]	使用温度 [°C]	応力 [MPa]	選定
ホットレグ直管	約13.9	322.8	約179	
SG入口50° エルボ	約12.8	322.8	約133	
SG出口40° エルボ	約10.3	288.6	約162	
クロスオーバーレグ直管 (垂直管)	約14.1	288.6	約127	
クロスオーバーレグ SG側90° エルボ	約12.7	288.6	約116	
クロスオーバーレグ直管 (水平管)	約14.1	288.6	約116	
クロスオーバーレグ RCP側90° エルボ	約14.8	288.6	約101	
コールドレグ直管	約14.8	288.6	約108	
RV入口32° エルボ	約15.3	288.6	約115	
加圧器サージライン用管台	約13.7	322.8	約215	○
12B安全注入系ライン用管台	約13.7	288.6	約171	
充てん管台	約11.6	288.6	約152	
6B安全注入系ライン用管台	約15.5	288.6	約208	○



1次冷却材管熱時効評価対象部位

高浜2号炉 1次冷却材管のフェライト量および応力一覧

評価部位	フェライト量 [%]	使用温度 [°C]	応力 [MPa]	選定
ホットレグ直管	約12.3	322.8	約173	○
SG入口50° エルボ	約13.8	322.8	約128	△*1
SG出口40° エルボ	約11.9	288.6	約155	△*2
クロスオーバーレグ直管 (垂直管)	約15.5	288.6	約118	△*1,3
クロスオーバーレグ SG側90° エルボ	約13.8	288.6	約109	
クロスオーバーレグ直管 (水平管)	約16.9	288.6	約109	
クロスオーバーレグ RCP側90° エルボ	約15.4	288.6	約97	
コールドレグ直管	約17.0	288.6	約111	○
RV入口32° エルボ	約13.0	288.6	約123	

- \* 1 : フェライト量、応力の組合せを考慮して選定した部位
- \* 2 : エルボの曲率部で応力大であるため選定した部位
- \* 3 : コールドレグの評価で代表させる

### 3. 代表機器の技術評価

#### (1) 1次冷却材管（1号炉）

##### 1) 健全性評価

##### a. 評価対象期間の脆化予測

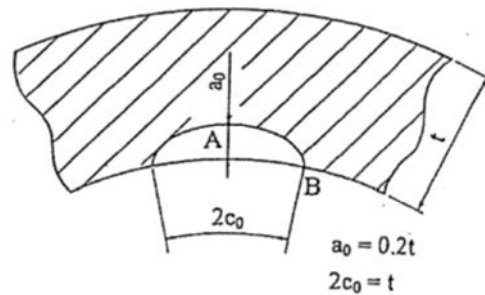
プラントの長期運転により熱時効したステンレス鋼は、引張強さは増加するので材料強度の評価上の余裕は向上するが、材料の靱性が低下する。

ここでは、脆化予測モデル（H3Tモデル<sup>※1</sup>）を用いて熱時効後のステンレス鋼のき裂進展抵抗を予測した。

※1：H3Tモデルは、熱時効により低下するき裂進展抵抗（靱性）を予測するために開発され、電共研「1次冷却材管等の時効劣化に関する研究(STEPⅢ)（その2）」で改良されたものであり、複数の鋼種や製造方法の材料により取得された材料データに基づき、フェライト量から熱時効後の材料のき裂進展抵抗を予測するものである。き裂進展抵抗は時効と共に低下するが、最終的には飽和するため、今回の評価では保守的に完全時効後の飽和値を使用している。

##### b. 想定き裂の評価

初期き裂については、「原子力発電所配管破損防護設計技術指針（JEAG 4613-1998）」に準拠<sup>※2</sup>し、超音波探傷試験の検出能力を考慮して設定している。



**初期欠陥の形状**

※2：本規格は、オーステナイト系ステンレス鋼にも適用できるものである。また、過去に実施された国の実証事業「平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書（超音波探傷試験における欠陥検出性およびサイジング精度の確認に関するもの）」において、ステンレス鋼の深さ約0.18tの疲労き裂を検出可能であることが確認されている。



延長しようとする期間を踏まえて、60年供用時の評価を実施する。配管内面に仮定した初期き裂がプラント運転時に生じる応力サイクルにより60年間に進展する量を「原子力発電所配管破損防護設計技術指針（JEAG 4613-1998）」に基づき算出した。

$$da/dN = C(\Delta K)^m$$

$$\Delta K = K_{max} - K_{min}$$

$$\left( \begin{array}{l} da/dN : \text{疲労き裂進展速度 (m/cycle)} \\ C : \text{定数 (7.77} \times 10^{-12}) \\ m : \text{定数 (3.5)} \\ \Delta K : \text{応力拡大係数変動幅 (MPa}\sqrt{\text{m)}} \\ K_{max}, K_{min} : \text{最大および最小応力拡大係数 (MPa}\sqrt{\text{m)}} \end{array} \right)$$

応力拡大係数は、供用状態A・Bおよび地震加速度を考慮した内圧・熱応力・曲げモーメント荷重を用いて算出している。また、定数C、mは、同規格に基づく、軽水炉水環境下におけるオーステナイト系ステンレス鋼管に適用される値を用いている。

疲労き裂進展解析の結果は次ページの表のとおりであり、60年間の進展を想定しても貫通に至らない。

高浜1号炉のき裂進展解析結果

加圧器サージライン用管台 (板厚= $t$  mm)

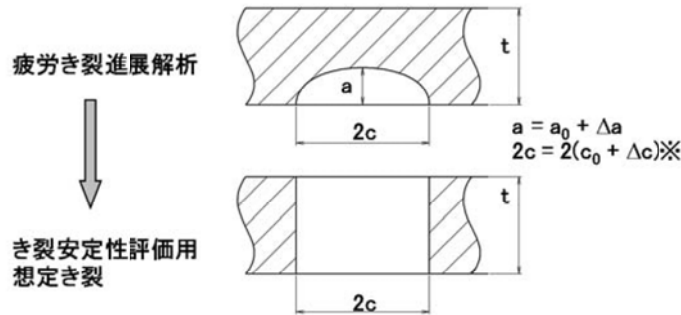
	き裂深さ (mm)	き裂長さ (mm)	備考
初期			
60年後			

6B安全注入系ライン用管台 (板厚= $t$  mm)

	き裂深さ (mm)	き裂長さ (mm)	備考
初期			
60年後			

c. き裂安定性評価用想定き裂

き裂安定性評価では、安全側に評価するため、b. 項で算出した疲労き裂を貫通き裂に置き換える (下図参照)。き裂安定性評価に用いる想定き裂を下表に示す。



※ ( $\Delta a, \Delta c$ : 供用期間中の疲労き裂進展量)

図 想定き裂置き換えイメージ

表 高浜1号炉のき裂安定性評価用想定き裂

	き裂長さ (mm)	板厚 (mm)
加圧器サージライン用管台		
6B安全注入系ライン用管台		

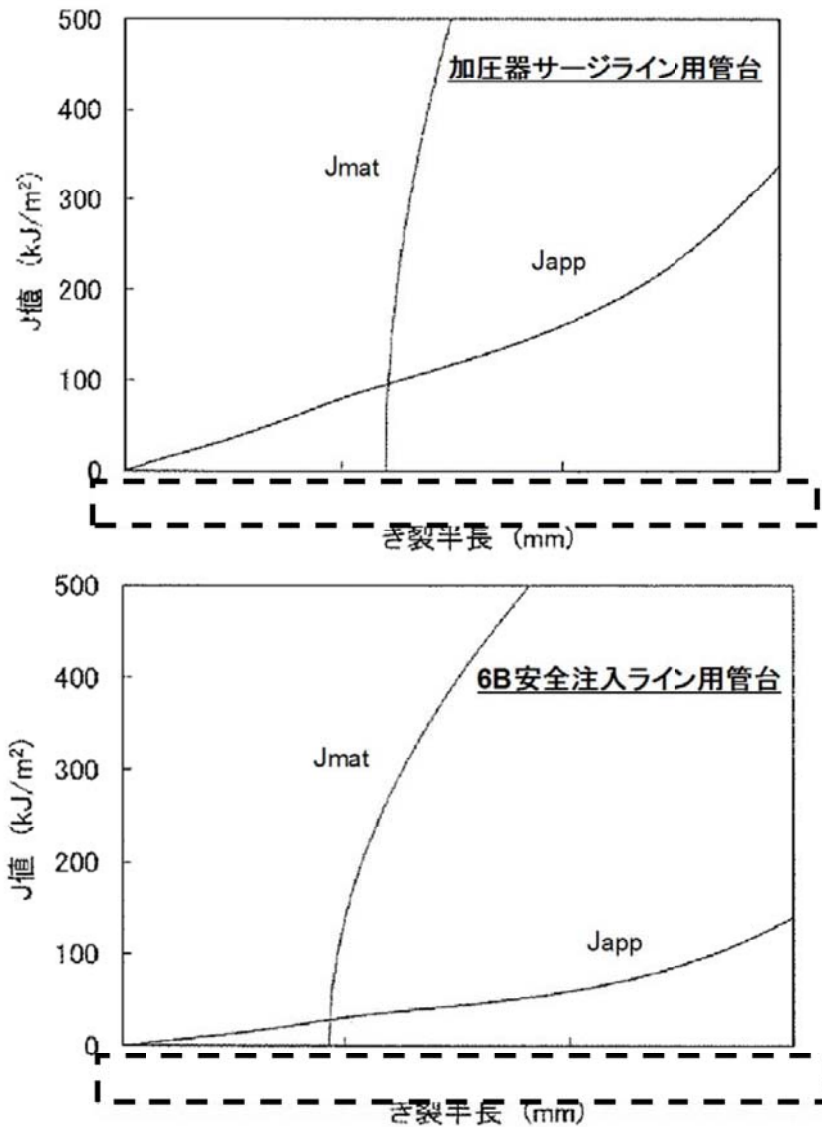
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

d. 破壊力学による健全性の評価

き裂安定性評価用想定き裂および脆化予測モデルを用いて決定した評価対象部位の熱時効後の材料のき裂進展抵抗( $J_{mat}$ )と構造系に与えられた荷重（供用状態 A, B+地震動による荷重）とき裂長さから算出されるき裂進展力( $J_{app}$ )を求めてその比較を行った。

その結果、き裂進展抵抗がき裂進展力と交差し、き裂進展抵抗がき裂進展力を上回ることで、およびき裂進展抵抗とき裂進展力の交点でき裂進展抵抗の傾きがき裂進展力の傾きを上回ることから、配管は不安定破壊することはない、母管および管台の熱時効は、健全性評価上問題ない。

高浜 1 号炉のき裂安定性評価結果



※初期き裂の想定、き裂進展、貫通き裂（長さは60年のき裂進展）想定およびき裂進展力は「原子力発電所配管破損防護設計技術指針(JEAG 4613-1998)」の評価手法に準拠した。き裂進展力の評価については内圧、自重、熱応力、地震力を考慮した。なお地震力はSs地震とした。

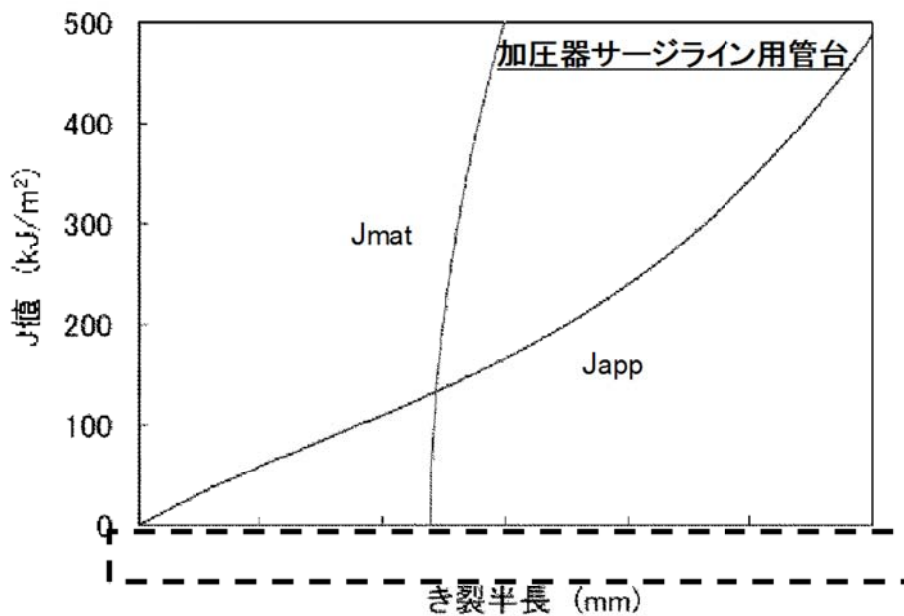
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

e. 重大事故等時を考慮した破壊評価による健全性評価結果

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）を考慮した場合の評価として、発生応力が最大となる加圧器サージライン用管台の評価結果を下図に示す。

重大事故等時においても、き裂進展抵抗がき裂進展力と交差し、き裂進展抵抗がき裂進展力を上回ることで、およびき裂進展抵抗とき裂進展力の交点でき裂進展抵抗の傾きがき裂進展力の傾きを上回ることから、配管は不安定破壊することなく、重大事故等時のプラント条件を考慮しても健全であることが判断できる。

高浜1号炉のき裂安定性評価結果（重大事故等時）



※初期き裂の想定、き裂進展、貫通き裂（長さは60年のき裂進展）の想定およびき裂進展力は「原子力発電所配管破損防護設計技術指針（JEAG 4613-1998）」の評価手法に準拠した。き裂進展力の評価については内圧、自重、熱応力、地震力を考慮した。なお地震力はSs地震とした。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(2) 1次冷却材管（2号炉）

a. 想定き裂の評価

1号炉と同様に、60年供用時までのき裂進展解析を行う。その疲労き裂を貫通させたものを想定き裂とし、き裂安定性評価を行う。

高浜2号炉のき裂進展解析結果

ホットレグ直管 (板厚 $t$ mm)				SG入口50° エルボ (板厚 $t$ mm)			
	き裂深さ (mm)	き裂長さ (mm)	備考		き裂深さ (mm)	き裂長さ (mm)	備考
初期				初期			
60年後				60年後			

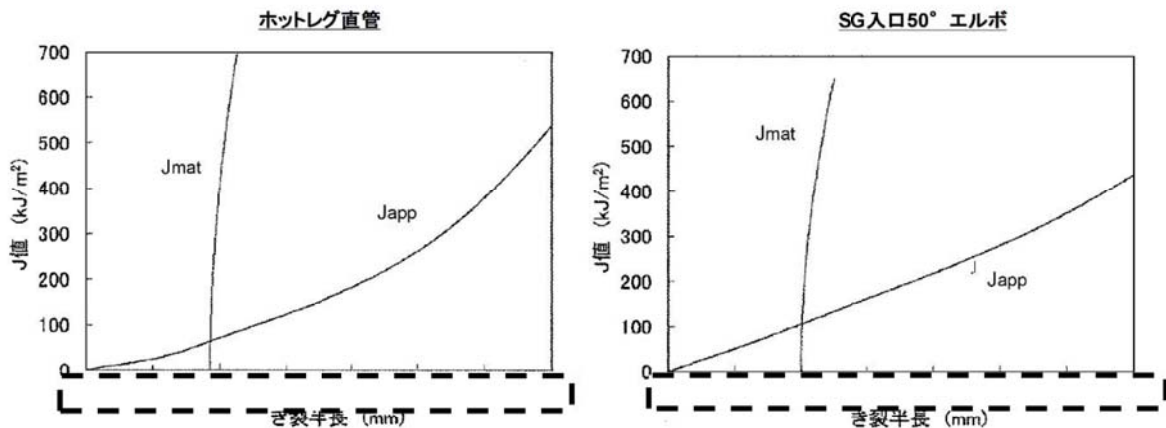
  

コールドレグ直管 (板厚 $t$ mm)				SG出口40° エルボ (板厚 $t$ mm)			
	き裂深さ (mm)	き裂長さ (mm)	備考		き裂深さ (mm)	き裂長さ (mm)	備考
初期				初期			
60年後				60年後			

b. 破壊力学による健全性の評価

1号炉の評価と同様、想定き裂や荷重（供用状態 A, B+地震動による荷重）に基づき、き裂進展抵抗 ( $J_{mat}$ ) とき裂進展力 ( $J_{app}$ ) を求めてその比較を行った。その結果、き裂進展抵抗がき裂進展力と交差し、き裂進展抵抗がき裂進展力を上回ること、およびき裂進展抵抗とき裂進展力の交点でき裂進展抵抗の傾きがき裂進展力の傾きを上回ることから、配管は不安定破壊することはない、母管および管台の熱時効は、健全性評価上問題ない。

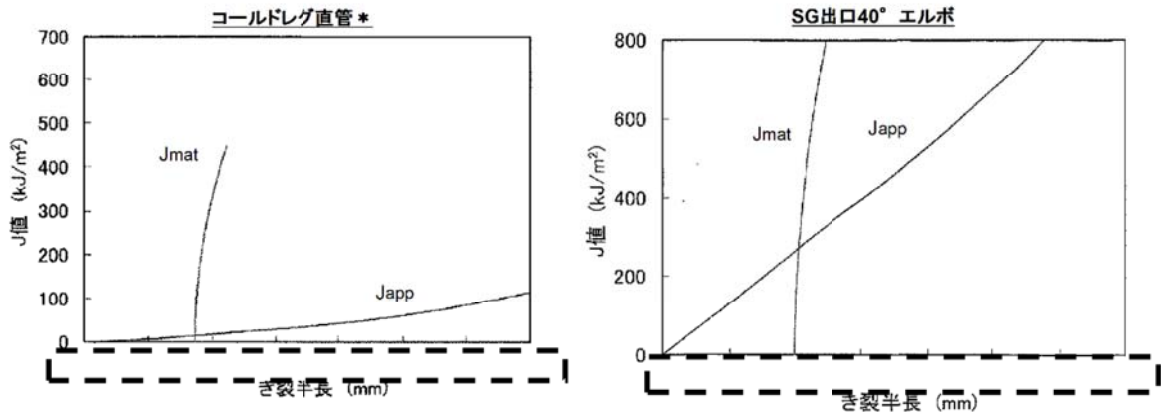
高浜2号炉のき裂安定性評価結果（1/2）



初期き裂の想定、き裂進展、貫通き裂（長さは60年のき裂進展）の想定およびき裂進展力は「原子力発電所配管破損防護設計技術指針 (JEAG 4613-1998)」の評価手法に準拠した。き裂進展力の評価については内圧、自重、熱応力、地震力を考慮した。なお地震力はSs地震とした。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

## 高浜2号炉のき裂安定性評価結果(2/2)



\* : クロスオーバーレグ直管の評価はフェライト量、応力条件がほぼ包絡されるコールドレグ直管の評価で代表させる。

初期き裂の想定、き裂進展、貫通き裂(長さは60年のき裂進展)の想定およびき裂進展力は「原子力発電所配管破損防護設計技術指針(JEAG 4613-1998)」の評価手法に準拠した。き裂進展力の評価については内圧、自重、熱応力、地震力を考慮した。なお地震力はSs地震とした。

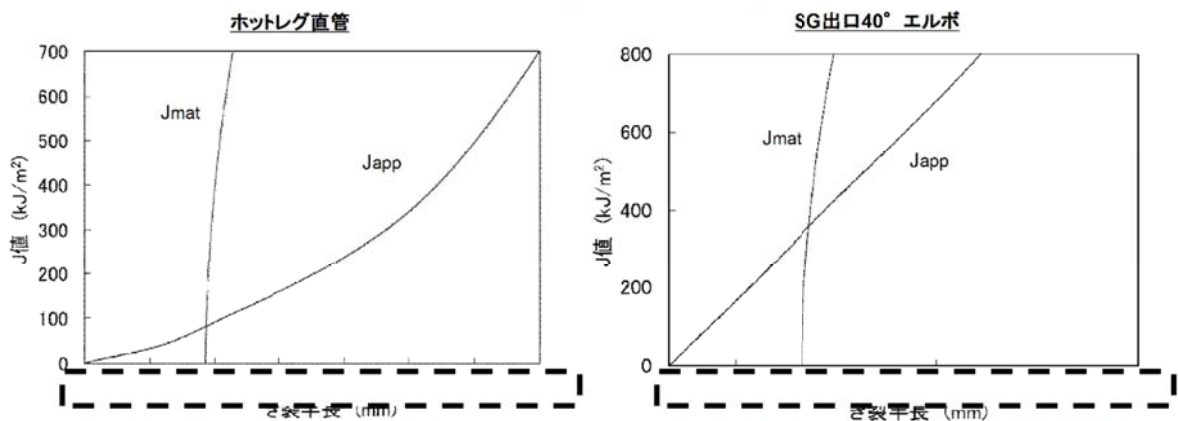
### c. 重大事故等時を考慮した破壊評価による健全性評価結果

1号炉と同様に、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)を考慮した場合の評価を行った。評価代表箇所として発生応力が最大となるホットレグ直管と、通常時に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°エルボの評価結果を下図に示す。

重大事故等時においても、き裂進展抵抗がき裂進展力と交差し、き裂進展抵抗がき裂進展力を上回ることで、およびき裂進展抵抗とき裂進展力の交点でき裂進展抵抗の傾きがき裂進展力の傾きを上回ることから、配管は不安定破壊することはなく、重大事故等時のプラント条件を考慮しても健全であることが判断できる。

## 高浜2号炉のき裂安定性評価結果(重大事故等時)

### 高浜2号炉のき裂安定性評価結果(重大事故時)



初期き裂の想定、き裂進展、貫通き裂(長さは60年のき裂進展)の想定およびき裂進展力は「原子力発電所配管破損防護設計技術指針(JEAG 4613-1998)」の評価手法に準拠した。き裂進展力の評価については内圧、自重、熱応力、地震力を考慮した。なお地震力はSs地震とした。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

#### 4. 現状保全

1号炉、2号炉ともに、1次冷却材管の母管等の熱時効に対しては、供用期間中検査時に溶接部の超音波探傷検査を実施し、評価で想定したき裂のないことを確認している。また、定期的に漏えい検査を実施し健全性を確認している。

#### 5. 総合評価

60年間の供用を想定した1次冷却材管の健全性評価結果から判断して、1次冷却材管は不安定破壊することはなく、延長しようとする期間において熱時効が構造健全性で問題となる可能性はない。

実施している溶接部の超音波探傷検査は内面からの割れを検知可能であり、また、割れが発生するとすれば応力の観点から溶接部であると判断されることから、点検手法として適切である。

#### 6. 高経年化への対応

1号炉、2号炉ともに、1次冷却材管の母管等の熱時効については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

#### 7. 代表機器以外の評価

熱時効による靱性低下への影響は、フェライト量が多いほど大きく、また、破壊評価は応力が大きいほど厳しくなることから、1次冷却材管の評価結果に包絡されており同様に問題ないと判断する。

#### 8. まとめ

以上の評価結果について、原子力規制委員会「実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準」に規定されている延長しようとする期間における要求事項との対比を下表に示す。

延長しようとする期間における要求事項との対比

評価対象事象 または 評価事項	要求事項	健全性評価結果
2相ステンレス鋼 の熱時効	○延性亀裂進展性評価の結果、評価対象部位において亀裂進展抵抗が亀裂進展力を上回ること。	「破壊力学による健全性評価結果」、「重大事故等時を考慮した破壊評価による健全性評価結果」に示すとおり、延性き裂進展性評価の結果、評価対象部位においてき裂進展抵抗(Jmat)がき裂進展力(Japp)と交差し、JmatがJappを上回ることを確認したことから、配管は不安定破壊せず、健全であると判断した。
	○亀裂不安定性評価の結果、評価対象部位において亀裂進展抵抗と亀裂進展力が等しい状態で亀裂進展抵抗の微小変化率が亀裂進展力の微小変化率を上回ること。	「破壊力学による健全性評価結果」、「重大事故等時を考慮した破壊評価による健全性評価結果」に示すとおり、き裂進展抵抗(Jmat)とき裂進展力(Japp)が等しい状態(交点)でき裂進展抵抗の微小変化率(傾き)がき裂進展力の微小変化率(傾き)を上回ることを確認したことから、配管は不安定破壊せず、健全であると判断した。

# 別紙

## 【高浜1号炉】

- 別紙1. 熱時効評価対象機器・部位の抽出について
- 別紙2. 代表評価部位の選定の考え方について
- 別紙3. 重大事故等時を考慮した健全性評価について
- 別紙4. 1次冷却材ポンプケーシングの評価について
- 別紙5. 1次冷却材ポンプ羽根車の評価について
- 別紙6. 1次冷却材ポンプケーシングの現状保全等の内容について
- 別紙7. 加圧器スプレイノズルの評価について
- 別紙8. 1次冷却材管の評価について
- 別紙9. 1次冷却材管の現状保全等の内容について
- 別紙10. 1次冷却材管の検査対象部位について
- 別紙11. ループ余熱除去系第1入口弁の弁体の評価について
- 別紙12. 下部炉心支持柱の評価について
- 別紙13. 下部炉心支持柱の現状保全等の内容について
- 別紙14. 高圧タービン翼環の評価について

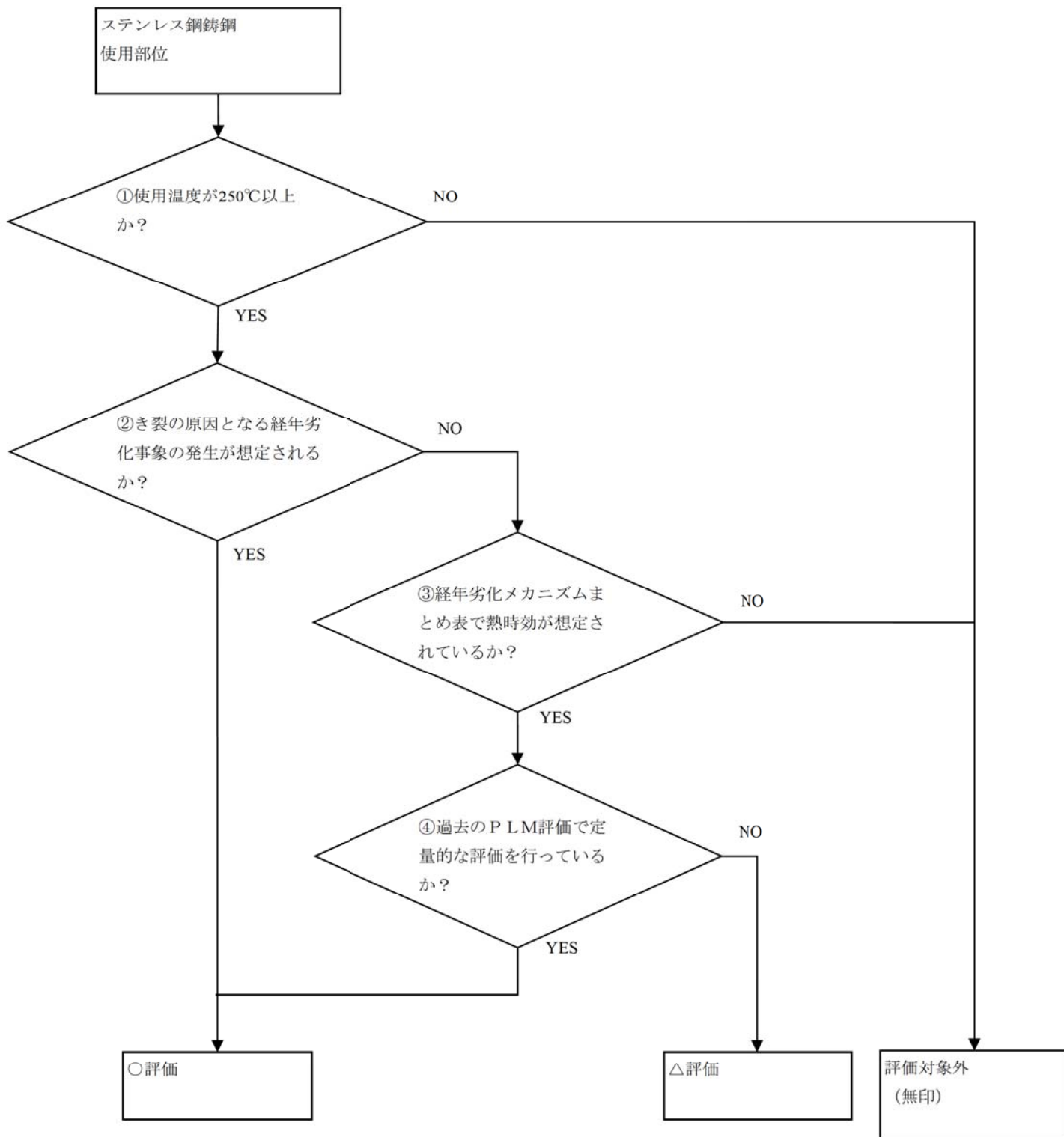
## 【高浜2号炉】

- 別紙15. 1号炉の劣化評価との相違点について
- 別紙16. 熱時効評価対象機器・部位の抽出について
- 別紙17. 代表評価部位の選定の考え方について
- 別紙18. 重大事故等時を考慮した健全性評価について
- 別紙19. 1次冷却材ポンプケーシングの評価について
- 別紙20. 1次冷却材ポンプ羽根車の評価について
- 別紙21. 1次冷却材ポンプケーシングの現状保全等の内容について
- 別紙22. 加圧器スプレイノズルの評価について
- 別紙23. 1次冷却材管の評価について
- 別紙24. 1次冷却材管の現状保全等の内容について
- 別紙25. 1次冷却材管の検査対象部位について
- 別紙26. 高圧タービン翼環の評価について



タイトル	2相ステンレス鋼製機器の熱時効劣化評価における対象機器の抽出プロセスについて
説明	<p>ステンレス鋼製部位に対する評価の考え方（熱時効スクリーニングフロー）を添付1に示す。また、本フローに基づき選定した結果の一覧を添付2に示す。</p> <p>本スクリーニングの結果、○評価として1次冷却材ポンプのケーシング及び1次冷却材管を選定した。</p>

熱時効スクリーニングフロー



ステンレス鋼使用部位の評価一覧

<評価根拠>  
 A: 使用温度が250°C未満  
 B: き裂の原因となる経年劣化事象の発生が想定されない、かつ経年劣化メカニズムまの表で熱時効が想定されない  
 C: 経年劣化メカニズムまの表で熱時効が想定されているが過去のPLM評価で定量的な評価を行っていない(△事象として選定)  
 D: 経年劣化メカニズムまの表で熱時効が想定されており、過去のPLM評価で定量的な評価を行っている(○事象として選定)

機種	機器	部位	②き裂を想定?	③まとめ表で想定?	④過去に定量評価?	PLM評価	評価根拠
ポンプ	海水ポンプ	羽根車	-	-	-	-	A
		吐出曲管、吐出管	-	-	-	-	A
		案内羽根、吸込口	-	-	-	-	A
		中間軸受箱	-	-	-	-	A
	余熱除去ポンプ	羽根車	-	-	-	-	A
		ケーシング	-	-	-	-	A
	充てん/高圧注入ポンプ	ケーシングカバー	-	-	-	-	A
		羽根車	-	-	-	-	A
	1次系冷却水ポンプ	羽根車	-	-	-	-	A
		羽根車	-	-	-	-	A
	余熱除去ポンプ	ケーシング	-	-	-	-	A
		ケーシングカバー	-	-	-	-	A
復水ポンプ	羽根車	-	-	-	-	A	
	タービン動補助給水ポンプ	羽根車	-	-	-	-	A
1次冷却材ポンプ	羽根車	x	○	x	△	C	
	ケーシング	x	○	○	○	D	
	主フランジ	-	-	-	-	A	
容器	加圧器	スフレイノズル	x	○	x	△	C
配管	1次冷却材管	高温側配管	x	○	○	○	D
		低温側配管	x	○	○	○	D
	1次冷却系統配管	加圧器サージ配管	x	○	○	○	D
仕切弁	ループ余熱除去系第1入口弁	弁箱	x	○	x	△	C
		弁蓋	x	○	x	△	C
	よう素除去薬品タンク出口弁後止め弁	弁体	x	x	-	-	B
		弁箱	-	-	-	-	A
	タービン動補助給水ポンプミニマムフロー弁	弁体	-	-	-	-	A
	海水ポンプ潤滑水・モータ冷却水ストレナ出口弁	弁箱(弁座と一体)	-	-	-	-	A
弁蓋		-	-	-	-	A	
玉形弁	抽出水しや断弁	弁箱	x	○	x	△	C
		弁蓋	x	○	x	△	C
	よう素除去薬品タンク出口弁	弁箱(弁座と一体)	-	-	-	-	A
		弁蓋	-	-	-	-	A
バタフライ弁	余熱除去クーラ出口流量制御弁	弁箱(弁座と一体)	-	-	-	-	A
		弁体	-	-	-	-	A
	余熱除去クーラ冷却水流量調整弁	弁箱	-	-	-	-	A
弁体		-	-	-	-	A	
ダイヤフラム弁	濃縮液ポンプ入口弁	弁箱	-	-	-	-	A
		弁蓋	-	-	-	-	A
スイング逆止弁	ほう酸フィルタ入口弁	弁箱	-	-	-	-	A
		弁蓋	-	-	-	-	A
	ダイヤフラム弁	加圧器逃がしタンク純水補給隔離弁	弁箱	-	-	-	-
弁蓋			-	-	-	-	A
スイング逆止弁	濃縮液移送弁	弁箱	-	-	-	-	A
		弁蓋	-	-	-	-	A
	濃縮液ポンプ入口弁	弁箱	-	-	-	-	A
		弁蓋	-	-	-	-	A
	アキュムレータ第2逆止弁	弁箱	x	○	x	△	C
		弁蓋	-	-	-	-	A
安全逃し弁	エセクタ入口逆止弁	弁箱	-	-	-	-	A
		弁蓋	-	-	-	-	A
	タービン動補助給水ポンプミニマムフローライン	弁箱	-	-	-	-	A
弁蓋		-	-	-	-	A	
安全逃し弁	アニュラス循環排気フィルタ循環ライン逆止弁	弁箱(弁座と一体)	-	-	-	-	A
		弁蓋	-	-	-	-	A
安全逃し弁	海水ポンプ潤滑水ライン逆止弁	弁箱	-	-	-	-	A
		弁蓋	-	-	-	-	A
安全逃し弁	加圧器安全弁	弁箱	-	-	-	-	A
		弁蓋	-	-	-	-	A
炉内構造物非代表弁	廃液蒸発装置コンデンサ安全弁	弁箱	-	-	-	-	A
		弁蓋	-	-	-	-	A
炉内構造物	炉内構造物	下部炉心支持柱	x	○	○	○	D
タービン設備	タービン設備	インナグランド本体	-	-	-	-	A
		翼環	x	-	-	-	B
		静翼(11段翼)	-	-	-	-	A
		主油ポンプ	羽根車	-	-	-	-
機械設備	計器用空気乾燥器	四方弁・弁体	-	-	-	-	A
		四方弁・弁箱	-	-	-	-	A
	制御棒クラスタ	四方弁・弁蓋	-	-	-	-	A
		スバイダ・ベーン・フィンガ	x	○	x	△	C
	廃液蒸発装置 濃縮液ポンプ	羽根車	-	-	-	-	A
		ケーシング	-	-	-	-	A
廃液蒸発装置 蒸留水ポンプ	羽根車	-	-	-	-	A	
	ケーシング	-	-	-	-	A	

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<p>タイトル</p>	<p>高経年化対策上着目すべき事象としている機器（1次冷却材管、1次冷却材ポンプのケーシング及び下部炉心支持柱）における、き裂進展力(Japp)を含めた評価部位の選定の考え方について</p>
<p>説明</p>	<p>熱時効について高経年化対策上着目すべき事象としている機器・部位に対しては、フェライト量、応力条件から代表評価部位を決定してき裂進展力とき裂進展抵抗の比較を行っている。</p> <p>このうち、き裂進展抵抗はH3Tモデルによってフェライト量で決定される値であることから、フェライト量で代表部位を決定している。一方き裂進展力については応力の他、き裂寸法・形状、材料物性等が関係するものであるが、き裂形状は、初期欠陥を想定した上で60年のき裂成長を考慮し更に貫通き裂を考慮するなど十分保守性を持たせた想定を行った上で応力の観点で代表部位を決定している。</p> <p>なお、現状保全では定期的な点検によって健全性の確認を実施しており、点検対象箇所には有意な欠陥などが無いことを確認している。</p> <p>また、き裂安定性評価対象となった1次冷却材管に対して、高浜1、2号炉で直管、エルボ、管台を含む多数の部位の応力評価を実施し、フェライト量最大、応力最大部位の他に、フェライト量、応力がともに高く、き裂安定性評価が厳しくなる可能性のある部位、エルボで応力が高く、直管よりき裂進展力が厳しくなる可能性のある部位に対して、き裂進展抵抗とき裂進展力の比較によるき裂安定性評価を行っている。なお、1号炉のSG出口40°エルボは類似形状の2号炉のSG出口40°エルボのき裂安定性評価結果から、健全であると判断しているが、1号炉の方が応力が高いため念のためき裂進展抵抗とき裂進展力の比較を行い、健全性を確認した。（添付1）</p> <p>このように1次冷却材管の多様な配管要素の応力が高い部位に対して保守的な想定によるき裂進展力を算出しており、全評価対象箇所の評価を包絡していると考えている。</p> <p>1次冷却材ポンプケーシングについてはフェライト量、応力条件から1次冷却材管の評価に包絡されると判断している。1次冷却材ポンプケーシングは、配管との溶接部にき裂の発生が想定されるが、当該部位は1次冷却材管の一部と考えることができるため、応力を比較した上でき裂進展力が1次冷却材管の評価で代表できると考えている。</p> <p>下部炉心支持柱についても、フェライト量、応力条件から1次冷却材管の評価に包絡されると判断しているが、下部炉心支持柱に対しては製造時に放射線透過試験および浸透探傷試験を実施し、有意な初期欠陥がないことを確認していること、劣化状況評価の結果から、疲労割れや応力腐食割れの発生の可能性が小さいことから、き裂進展力は応力がより高い1次冷</p>

却材管の評価で代表できると考えている。

なお、重大事故等時においては通常運転時と比較して温度、圧力が上昇するため応力が増加するが、1次冷却材管については重大事故等時においても応力最大部位は同じであることを確認して、当該部位の重大事故等時のき裂安定性評価を実施していることから、重大事故等時の健全性も確認できている。

1次冷却材ポンプケーシング、下部炉心支持柱については、重大事故等時の条件でも1次冷却材管の条件で包絡されることを確認している。

## 高浜1, 2号炉 1次冷却材管の熱時効評価部位の考え方

高浜1, 2号炉の1次冷却材管の熱時効評価部位は、直管、エルボ、管台部が存在し、その中からフェライト量と応力に着目した代表点のき裂安定性評価を実施している。代表点はフェライト量最大、応力最大点だけでなく、フェライト量、応力がともに高くき裂安定性評価が厳しくなる可能性のある部位、エルボで応力が高く、直管よりき裂進展力が厳しくなる可能性のある部位を選定している。

なお、1号炉のSG出口40°エルボについては、1号炉のエルボの評価点の中では最も応力が高い。2号炉のSG出口40°エルボと比較してフェライト量が少なく、応力がわずかに高い程度であることから、2号炉のSG出口40°エルボの結果よりき裂安定性評価上問題ないと考えているが、1号炉のSG出口40°エルボについてもき裂安定性評価を行った。

表1 高浜1, 2号炉 1次冷却材管のフェライト量、応力一覧

	評価部位	フェライト量[%]	使用温度[°C]	応力[MPa]	選定
1号炉	ホットレグ直管	約13.9	322.8	約179	
	SG入口50°エルボ	約12.8	322.8	約133	
	SG出口40°エルボ	約10.3	288.6	約162	追加
	クロスオーバーレグ直管(垂直管)	約14.1	288.6	約127	
	クロスオーバーレグSG側90°エルボ	約12.7	288.6	約116	
	クロスオーバーレグ直管(水平管)	約14.1	288.6	約116	
	クロスオーバーレグRCP側90°エルボ	約14.8	288.6	約101	
	コールドレグ直管	約14.8	288.6	約108	
	RV入口32°エルボ	約15.3	288.6	約115	
	加圧器サージライン用管台	約13.7	322.8	約215	○
	12B安全注入系ライン用管台	約13.7	288.6	約171	
	充てん管台	約11.6	288.6	約152	
	6B安全注入系ライン用管台	約15.5	288.6	約208	○
2号炉	ホットレグ直管	約12.3	322.8	約173	○
	SG入口50°エルボ	約13.8	322.8	約128	○
	SG出口40°エルボ	約11.9	288.6	約155	○
	クロスオーバーレグ直管(垂直管)	約15.5	288.6	約118	○
	クロスオーバーレグSG側90°エルボ	約13.8	288.6	約109	
	クロスオーバーレグ直管(水平管)	約16.9	288.6	約109	
	クロスオーバーレグRCP側90°エルボ	約15.4	288.6	約97	
	コールドレグ直管	約17.0	288.6	約111	○
RV入口32°エルボ	約13.0	288.6	約123		

## 1号炉 SG出口40° エルボのき裂安定性評価について

1号炉のSG出口40° エルボに対して、健全性の確認を行うため重大事故等時（360℃、18.5MPa）と地震動（Ss）を考慮したき裂安定性評価を行う。

## 1. 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。

評価部位	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	Ch(Nb)	N		F%
SG出口40° エルボ										約10.3

(注1) ASTM A800の7.1.2参照

(注2) ASTM A800のFig. X1.1参照

## 2. 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、重大事故等時の温度条件（360℃）と 200℃ の温度条件で採取されたデータの下限值（H3Tモデルの下限線）には温度条件に違いがあるが、過去に実施した破壊靱性試験の結果から、200℃ の J mat 値と 360℃ の J mat 値に大きな差が認められず、それぞれの J mat 値はH3Tモデルの下限線以上であることから、360℃ の J mat 値をH3Tモデルの下限線として想定する現在の評価は重大事故時の条件においても適用でき、妥当であると判断している。JmatのJ<sub>1c</sub>、J<sub>6</sub>の値は以下のとおりである。

き裂進展抵抗（Jmat）	J <sub>1c</sub> (kJ/m <sup>2</sup> )	J <sub>6</sub> (kJ/m <sup>2</sup> )
SG出口40° エルボ		

## 3. 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(Ss地震動)を考慮した応力値を示す。

評価部位	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)	
SG出口40° エルボ	重大事故等時										約167

## 4. 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。

なお、き裂進展解析結果は2号炉のSG出口40° エルボと同じと考えた。

評価部位	内径(mm)	初期き裂(mm)	き裂進展解析(mm)	評価用き裂(mm)
SG出口40° エルボ				

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

## (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。

J<sub>app</sub>の算出には、作用荷重(Ss地震動による荷重を含む)と材料物性(応力-ひずみ関係)を使用する。また、材料物性(応力-ひずみ関係)には、通常運転時の評価では、保守的な条件としてフェライト量が小さく、時効していない材料の応力-ひずみ関係を使用しているが、重大事故時等条件を考慮した評価においても同じものを使用している。重大事故時等条件(360℃)を考慮した場合の応力-ひずみ関係はフェライト量、温度条件、時効劣化の有無の影響を総合すると、通常運転時の評価に使用する応力-ひずみ関係より大きくなるため、今回の評価で使用した応力-ひずみ関係は保守的な評価条件となる。

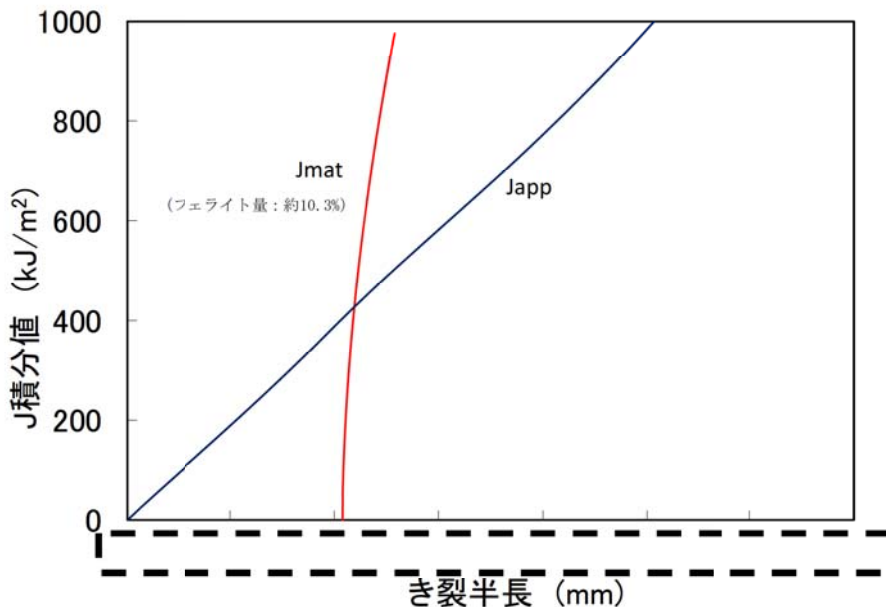
なお、各き裂長さにおけるJ<sub>app</sub>は以下のとおり。

き裂長さ	1t	3t	5t
SG出口40°エルボ (kJ/m <sup>2</sup> )			

## 5. き裂安定性評価

重大事故等時の1号炉SG出口40°エルボにおけるき裂安定性評価結果を下図に示す。

重大事故等時においても、き裂進展抵抗がき裂進展力を上回ること、およびき裂進展抵抗とき裂進展力の交点で、き裂進展抵抗の傾きがき裂進展力の傾きを上回っていることから、配管は不安定破壊することはなく、重大事故等時のプラント条件を考慮しても健全であることが判断できる。

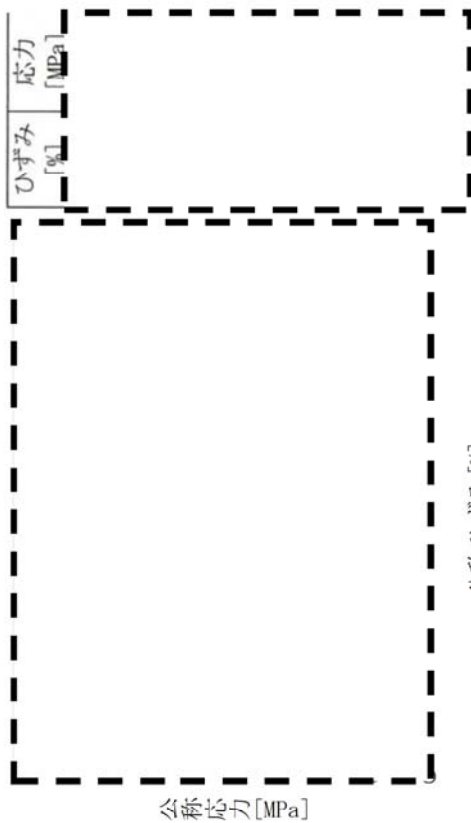


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



表1 評価条件

SG出口40° エルボ	
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 地震 合計
曲げモーメント [kN・m]	自重 熱 地震 合計 My Mz My Mz
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 (STEP1)」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である。



化学成分 (溶解分析) %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cb (Nb)	N	フェライト量
								Cre/Nie
								P%

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

タイトル	<p>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について</p>
説明	<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に示す。</p> <p>重大事故等時における健全性評価への入力条件としては、プラント条件が最も厳しくなるピーク温度360℃、ピーク圧力18.5MPaとしており、地震荷重はS s地震動による荷重としている。当該の重大事故等時のプラント条件は高浜1号機 工事計画認可申請書(平成28年2月29日補正申請)に記載されている。</p> <p>なお、通常運転時の条件から温度、圧力が異なっているが、重大事故等時の条件においても従来評価方法が問題なく適用できると判断しており、評価結果として配管は不安定破壊することはないことを確認している。</p> <p>添付-1の評価は過去の電共研で得られたデータに基づき、き裂進展抵抗(Jmat)とき裂進展力(Japp)を算出しているが、材料データ採取時の試験温度と、重大事故等時のプラント条件の温度とは差がある。温度差を考慮しても健全性評価結果に影響がないことを添付-2に示す。</p> <p>1次冷却材ポンプ(ケーシング)および、炉内構造物(下部炉心支持柱)について、重大事故等時における発生応力とフェライト量の比較により厳しい条件となる1次冷却材管の評価に包絡されることを確認しており、重大事故等時における1次冷却材管の健全性を確認できたことで、1次冷却材ポンプ(ケーシング)および、炉内構造物(下部炉心支持柱)も健全であると確認している。</p> <p>1次冷却材ポンプ(ケーシング)および、炉内構造物(下部炉心支持柱)の発生応力とフェライト量の1次冷却材管との比較を添付-3に示す。</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加圧器サージライン用管台を代表点とする。

なお、重大事故等時の入力条件において応力最大部位に変更がないことを確認するため、通常運転時の応力が2番目に高い6B安全注入系ライン用管台についても重大事故等時の応力を算出し、評価部位における応力の大小関係に逆転が無いことを確認している。

評価部位	フェライト量 [%]	使用温度 [°C]	通常運転時 (参考) ※	重大事故等時※
			応力 [MPa]	応力 [MPa]
加圧器サージライン用管台	約 13.7	322.8	約 215	約 232
6B安全注入系ライン用管台	約 15.5	288.6	約 208	約 230

※小数点第1位切り上げ

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%
									約13.7

(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、重大事故等時の温度条件(360°C)と $T_{IC}$ の温度条件で採取されたデータの下限值 (H3Tモデルの下限線) には温度条件に違いがあるが、過去に実施した破壊靱性試験の結果 (添付-2 参照) から、 $T_{IC}$ の J mat値と $T_{IC}$ の J mat値に大きな差が認められず、それぞれの J mat値はH3Tモデルの下限線以上であることから、360°Cの J mat値をH3Tモデルの下限線として想定する現在の評価は重大事故時の条件においても適用でき、妥当であると判断している。

JmatのJ<sub>1c</sub>、J<sub>6</sub>の値は以下のとおりである。

	J <sub>1c</sub> (kJ/m <sup>2</sup> )	J <sub>6</sub> (kJ/m <sup>2</sup> )
き裂進展抵抗 (Jmat)		

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

4. 評価部位の応力

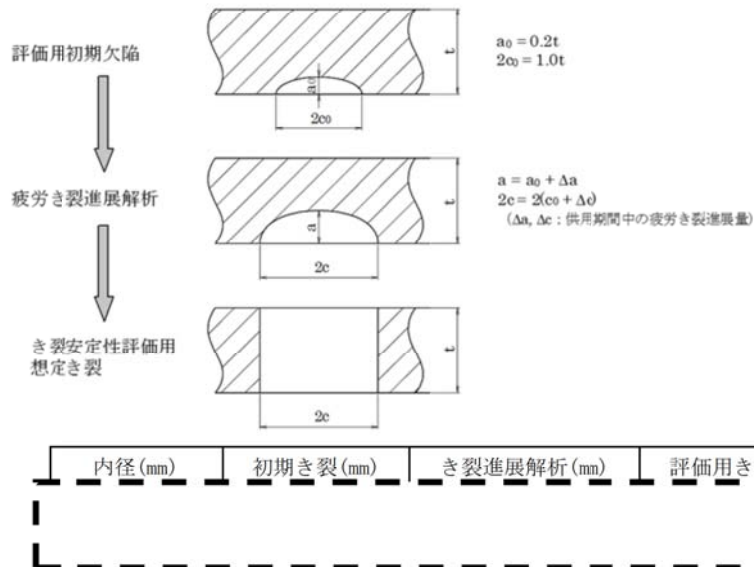
重大事故等時の内圧、自重、熱膨張及び地震荷重(Ss地震動)を考慮した応力値を示す。

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232
通常運転時 (参考)										約215

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、き裂進展力(Japp値)を求める。

Jappの算出には、作用荷重(Ss地震動による荷重を含む)と材料物性(応力-ひずみ関係)を使用する。

また、材料物性(応力-ひずみ関係)には、通常運転時の評価では、保守的な条件としてフェライト量が小さく、時効していない材料の応力-ひずみ関係を使用しているが、重大事故時等条件を考慮した評価においても同じものを使用している。重大事故時等条件(360℃)を考慮した場合の応力-ひずみ関係はフェライト量、温度条件、時効劣化の有無の影響を総合すると、通常運転時の評価に使用する応力-ひずみ関係より大きくなるため、今回の評価で使用した応力-ひずみ関係は保守的な評価条件となる。

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 <sup>2</sup> )			

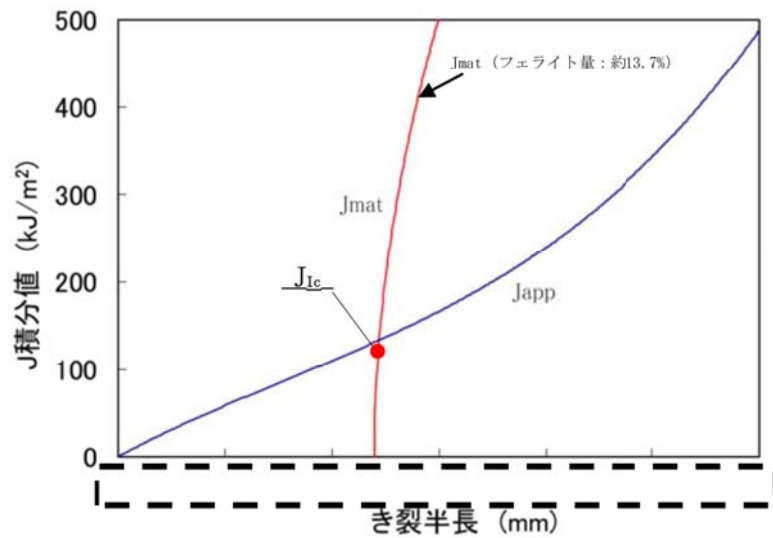
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

## 6. き裂安定性評価

重大事故等時の加圧器サージライン用管台におけるき裂安定性評価結果を下図に示す。

重大事故等時においても、き裂進展抵抗がき裂進展力と交差し、き裂進展抵抗がき裂進展力を上回ることで、およびき裂進展抵抗とき裂進展力の交点で、き裂進展抵抗の傾きがき裂進展力の傾きを上回ることから、配管は不安定破壊することはないと判断できる。

加圧器サージライン用管台のき裂安定性評価結果



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

表1 評価条件

加圧器サージライン用管台	
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
曲げモーメント [kN・m]	自重   熱   地震   合計
物性値	自重   熱   地震   合計
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る。

非時効材のフェライト量

化学成分 (詳細分析) %						フェライト量
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cre/Nie
						P%

公称ひずみ [%]

ひずみ [%]	応力 [MPa]
---------	----------

公称応力 [MPa]

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

## 重大事故等時の条件を考慮した一次冷却材管の熱時効に対する健全性評価について

高浜1号炉の一次冷却材管（主冷却材管及び蓄圧注入系管台等）について、重大事故等時の温度、圧力条件を考慮した熱時効に対する健全性評価への影響の評価を以下に示す。

## 1. Jappの算出における重大事故等時条件（360℃）の考慮について

Jappの算出には、作用荷重（Ss地震動による荷重を含む）と材料物性（応力-ひずみ関係）を使用する。そのうち、作用荷重には重大事故等時条件（360℃）を考慮している。

また、材料物性（応力-ひずみ関係）には、通常運転時（ $280^{\circ}\text{C}$ ）の評価では、保守的な条件としてフェライト量が小さく、時効していない材料の（ $280^{\circ}\text{C}$ ）における応力-ひずみ関係を使用しているが、重大事故等時条件を考慮した評価においても同じものを使用している。

なお、重大事故等時条件（360℃）を考慮した場合の時効後の応力-ひずみ関係は図1に示す通り、通常運転時（ $280^{\circ}\text{C}$ ）の評価に使用する応力-ひずみ関係（非時効）より大きくなるため、今回の評価で使用した応力-ひずみ関係は保守的な評価条件となる。



図1. 通常運転時（ $280^{\circ}\text{C}$ ）の評価に使用する応力-ひずみ関係と時効した $360^{\circ}\text{C}$ における応力-ひずみ関係

また、応力-ひずみ関係は、通常運転時の評価を目的とするため、 $280^{\circ}\text{C}$ におけるデータしか取得していないため、 $360^{\circ}\text{C}$ における応力-ひずみ関係は次頁の方法にて予想している。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

(1) 熱時効により強度は上昇する。電共研において時効条件（時効温度・時間）と強度上昇の関係が整理されており、時効していない材料の耐力（ $\sigma_{y0}$ ）と  $\square$  °Cにて時効した後の耐力の比を図2に示す。高浜1号炉の運転時間は約23万時間であり、約23万時間時効した材料の強度は時効前と比べて  $\square$  % 上昇することがわかる。



図2 時効時間と強度上昇の関係

（出典：電共研「1次冷却材管等の時効劣化に関する研究（STEPⅢ）（その2）（平成10年度）」）

(2) 温度上昇により強度は低下する。JSME 設計・建設規格において各温度における設計降伏点応力（ $S_y$ ）がまとめられており、図3は  $\square$  °C における強度と各温度における強度の比を示す。360°C における降伏点応力は  $\square$  °C に比べて  $\square$  % 低下することがわかる。

(3) (1) 及び (2) の関係から応力-ひずみ関係は、熱時効により  $\square$  % 上昇し、温度上昇により  $\square$  % 低下することから、 $\square$  % 上昇すると考えられる。なお、高浜1号炉加圧器サージライン用管台のフェライト量は約13.7%であり、応力-ひずみ関係には依然保守性が含まれる。

表1. 各応力-ひずみ関係の条件

条件	評価条件	実機の 重大事故等時条件	備考
熱時効の有無			
温度	$\square$ °C	360°C	
フェライト量	$\square$ %	約13.7%	

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません





図3. 材料強度と温度の関係

(出典：JSME S NC1 - 2005/2007「設計・建設規格」(日本機械学会))

## 2. Jmatの算出(破壊靱性値)における重大事故等時条件(360℃)の考慮について

Jmatについては、 $T_0$ ℃の温度条件で採取されたデータの下限值(H3Tモデルの下限線)を用いて設定しているが、重大事故等時の条件(360℃)を考慮した評価において、 $T_0$ ℃で求めたJmatを用いることの妥当性を確認するため、以下のとおり破壊靱性試験を行った。

### (1) 供試材



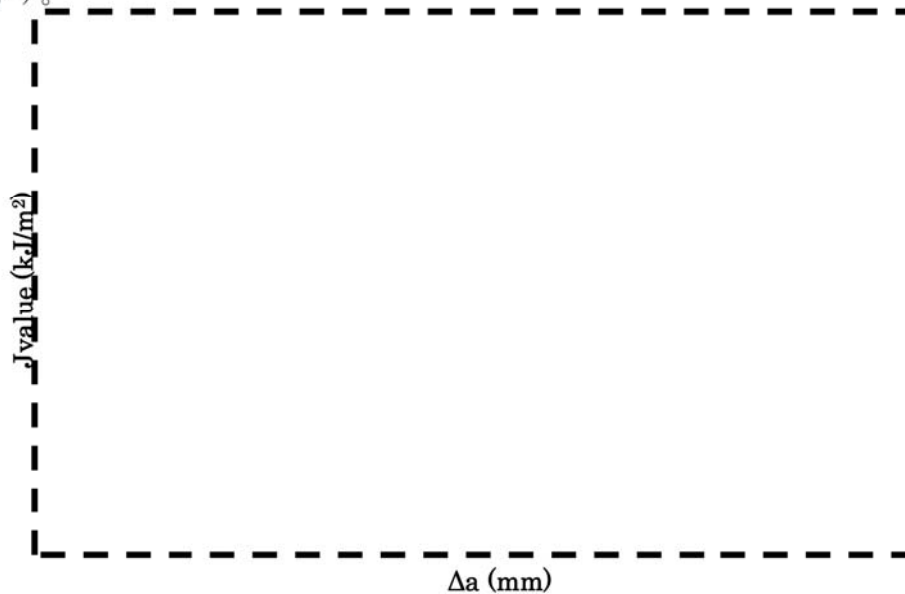
### (2) 試験内容



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

## (3) 試験結果

今回の試験で採取された破壊靱性試験結果のプロットと $J_{Ic}$ 試験の結果、 $J_Q$ 値を以下に示す。



試験温度	試験片番号	$J_{Ic}$ 試験結果	$J_Q(J_{Ic})$
(This area is currently empty and enclosed in a dashed box.)			

以上の結果より、 $J_{mat}$ 値と $J_{Ic}$ 値に大きな差は認められない。また、今回取得された $J_{Ic}$ 値および $J_{mat}$ 値はH3Tモデルの下限線以上であることから、 $360^{\circ}\text{C}$ の $J_{mat}$ 値をH3Tモデルの下限線として想定する現在の評価は妥当であると判断できる。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

## 重大事故等時における1次冷却材ポンプおよび炉内構造物の熱時効評価

高浜1号炉の1次冷却材ポンプのケーシングおよび炉内構造物の下部炉心支持柱の発生応力（重大事故等時+Ss地震力）、フェライト量に対して、1次冷却材管との比較を以下に示す。

重大事故等時の条件で応力、フェライトが1次冷却材管の条件で包絡されることを確認しており、重大事故等時でも1次冷却材管の評価を代表として健全性が示される。

1次冷却材ポンプケーシング、下部炉心支持柱熱時効評価結果

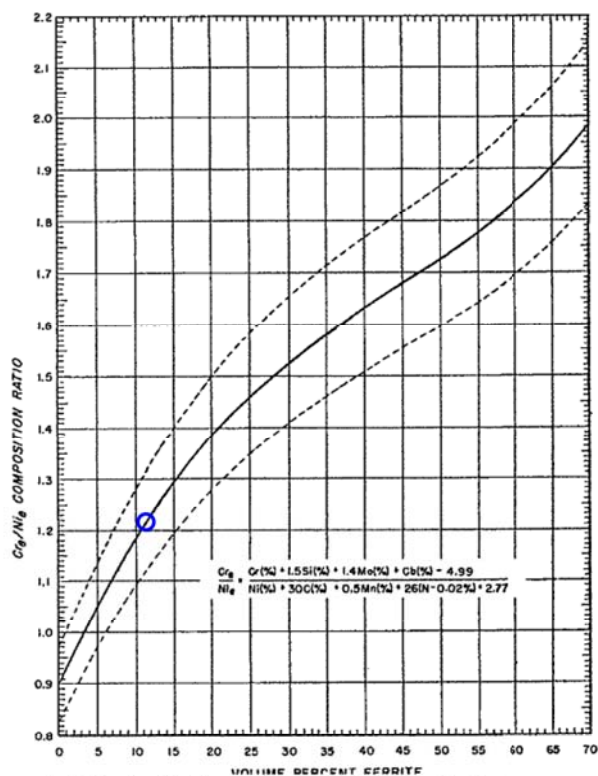
部位	重大事故等時 応力 <sup>※1</sup> (MPa)	(参考) 通常運転時 応力 <sup>※1</sup> (MPa)	フェライト量 (%)	使用温度 <sup>※2</sup> (°C)
1次冷却材 ポンプケーシング (吐出ノズル)	約113	約107	約11	約289
炉内構造物 (下部炉心支持柱)	通常運転時に 包絡 <sup>※3</sup>	約140	約11.2	約289
1次冷却材管 (加圧器サージライ ン用管台)	約232	約215	約13.7	約323

※1 Ss地震荷重含む

※2 通常使用時温度、SA条件は360°Cとする。

※3 炉内構造物は耐圧部材でないため、SA条件（18.5MPa、360°C）下においても、有意な圧力が作用していない。よって、設計条件に基づき評価した通常運転時の応力に包絡される。

<p>タイトル</p>	<p>1次冷却材ポンプケーシングに係る健全性評価の具体的内容（これら部位に係る設計図面、使用温度、負荷応力、フェライト量等を含む。）について</p>																																																																								
<p>説明</p>	<p>1次冷却材ポンプのケーシングのフェライト量、使用温度、応力を表1に示す。熱時効による靱性低下への影響は、フェライト量が多いほど大きくなる。また、使用条件としては応力（荷重）が大きいほど厳しくなる。このため、1次冷却材管と発生応力及びフェライト量の比較を行い、1次冷却材ポンプの熱時効評価が1次冷却材管に包絡されることを確認している。</p> <p style="text-align: center;">表1 1次冷却材ポンプケーシング熱時効評価結果</p> <table border="1" data-bbox="406 725 1348 996"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>Ss地震時応力 (MPa)</th> <th>フェライト量 (%)</th> <th>使用温度 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1次冷却材ポンプケーシング (吐出ノズル)</td> <td>約107</td> <td>約11</td> <td>約289</td> </tr> <tr> <td>1次冷却材管 (加圧器サージライン用管台)</td> <td>約215</td> <td>約13.7</td> <td>約323</td> </tr> </tbody> </table> <p>応力の詳細評価について表2に示す。</p> <p style="text-align: center;">表2 1次冷却材ポンプケーシングの応力値の詳細</p> <table border="1" data-bbox="406 1146 1348 1346"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価部位</th> <th rowspan="2">内圧による応力</th> <th colspan="4">曲げ応力</th> <th colspan="4">軸力による応力</th> <th rowspan="2">合算値 (MPa)</th> </tr> <tr> <th>自重 (MPa)</th> <th>熱 (MPa)</th> <th>地震 (MPa)</th> <th>合計 (MPa)</th> <th>自重 (MPa)</th> <th>熱 (MPa)</th> <th>地震 (MPa)</th> <th>合計 (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1次冷却材ポンプケーシング</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>フェライト量算出に当たっては表3に示す材料成分表及び図1により算出している。</p> <p style="text-align: center;">表3 製造時ミルシートによる材料成分表示</p> <table border="1" data-bbox="406 1525 1257 1682"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価部位</th> <th colspan="8">化学成分(溶鋼分析)%</th> <th rowspan="2">Cre/Nie</th> <th rowspan="2">フェライト量 F%</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>Si</th> <th>Mn</th> <th>Cr</th> <th>Ni</th> <th>Cb(Nb)</th> <th>N</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1次冷却材ポンプケーシング</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。</p>	部位	Ss地震時応力 (MPa)	フェライト量 (%)	使用温度 (°C)	1次冷却材ポンプケーシング (吐出ノズル)	約107	約11	約289	1次冷却材管 (加圧器サージライン用管台)	約215	約13.7	約323	評価部位	内圧による応力	曲げ応力				軸力による応力				合算値 (MPa)	自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)	自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)	1次冷却材ポンプケーシング											評価部位	化学成分(溶鋼分析)%								Cre/Nie	フェライト量 F%	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cb(Nb)	N		1次冷却材ポンプケーシング										
部位	Ss地震時応力 (MPa)	フェライト量 (%)	使用温度 (°C)																																																																						
1次冷却材ポンプケーシング (吐出ノズル)	約107	約11	約289																																																																						
1次冷却材管 (加圧器サージライン用管台)	約215	約13.7	約323																																																																						
評価部位	内圧による応力	曲げ応力				軸力による応力				合算値 (MPa)																																																															
		自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)	自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)																																																																
1次冷却材ポンプケーシング																																																																									
評価部位	化学成分(溶鋼分析)%								Cre/Nie	フェライト量 F%																																																															
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cb(Nb)	N																																																																		
1次冷却材ポンプケーシング																																																																									



Schoefer Diagram for Estimating the Average Ferrite Content in Austenitic Iron-Chromium-Nickel Alloy

図1 フェライト量導出図

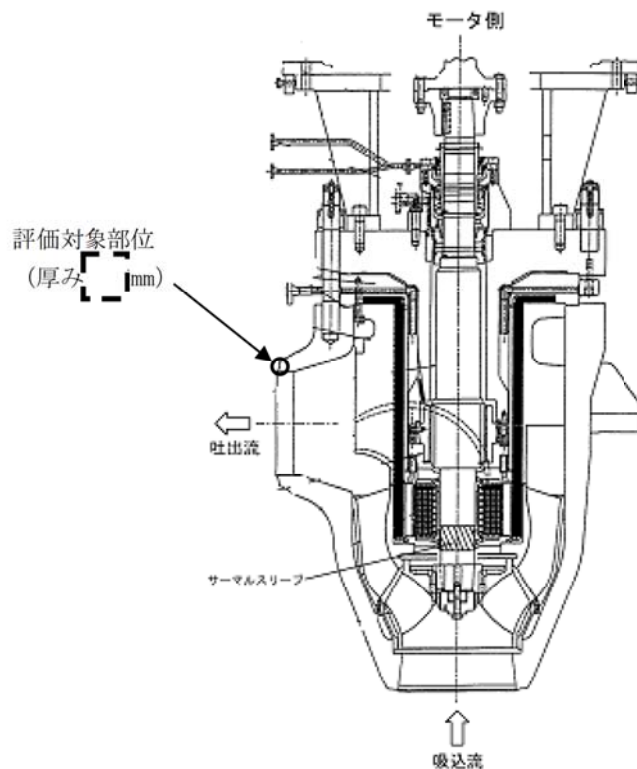


図2 1次冷却材ポンプケーシング

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ケーシング吐出ノズルと1次冷却材管の溶接部を図3に示す。



図3 ケーシング吐出ノズル溶接部

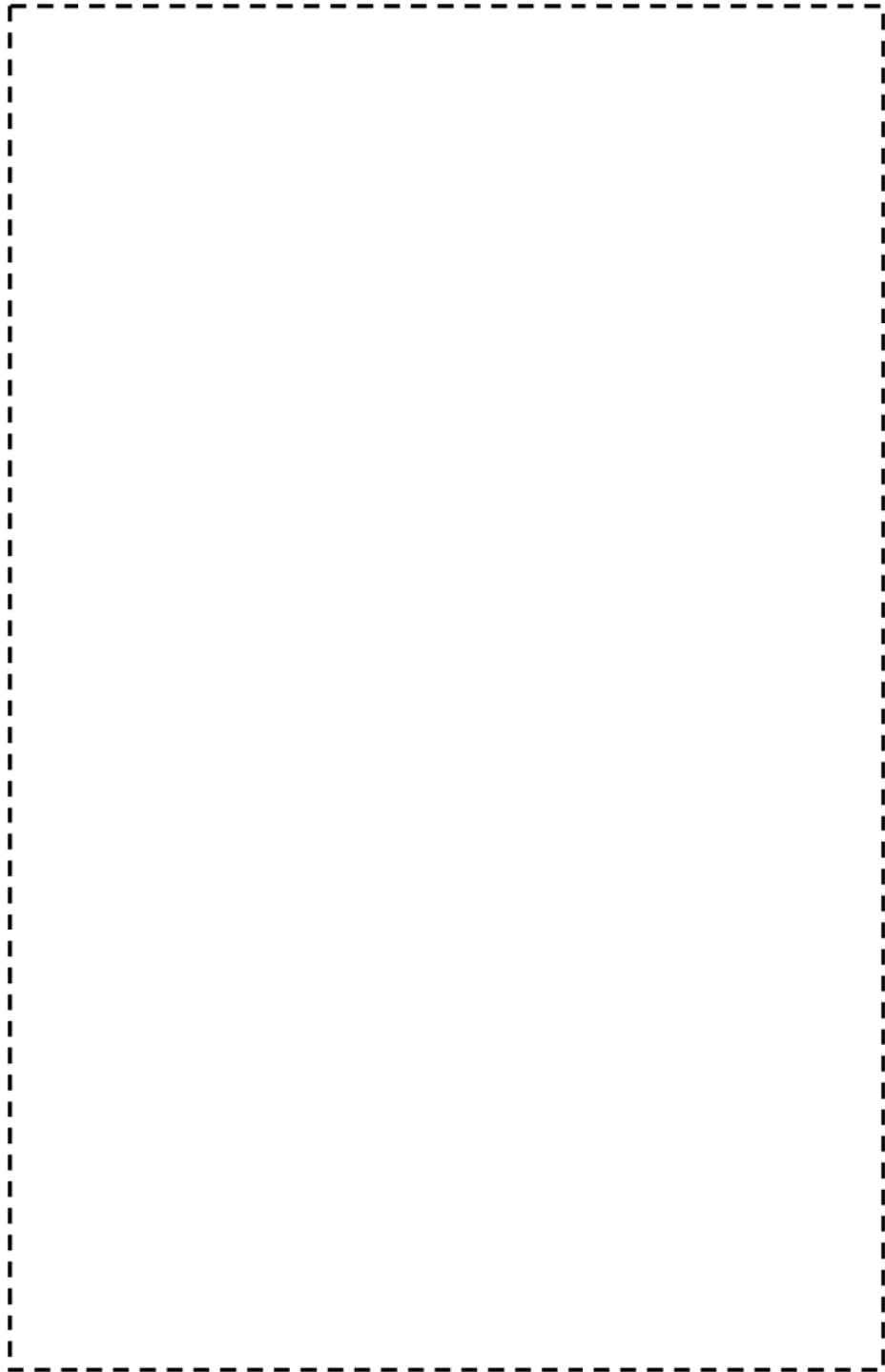
1次冷却材ポンプ吐出ノズルと1次冷却材管の溶接部については供用期間中検査にて超音波探傷を実施しているが、添付1に示す通り一部検出不可範囲が存在する。しかしながら添付2に示す通り製造時の放射線透過試験結果より有意な欠陥等がないこと、さらに運転開始後60年を想定した疲労評価でも許容値を満足することから、評価期間において欠陥の発生する要因はないと考える。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

探傷不可範囲図

縮尺：1/1  
単位：mm

配管系統及びライン名 1 2次冷却材管 (27.5INID)

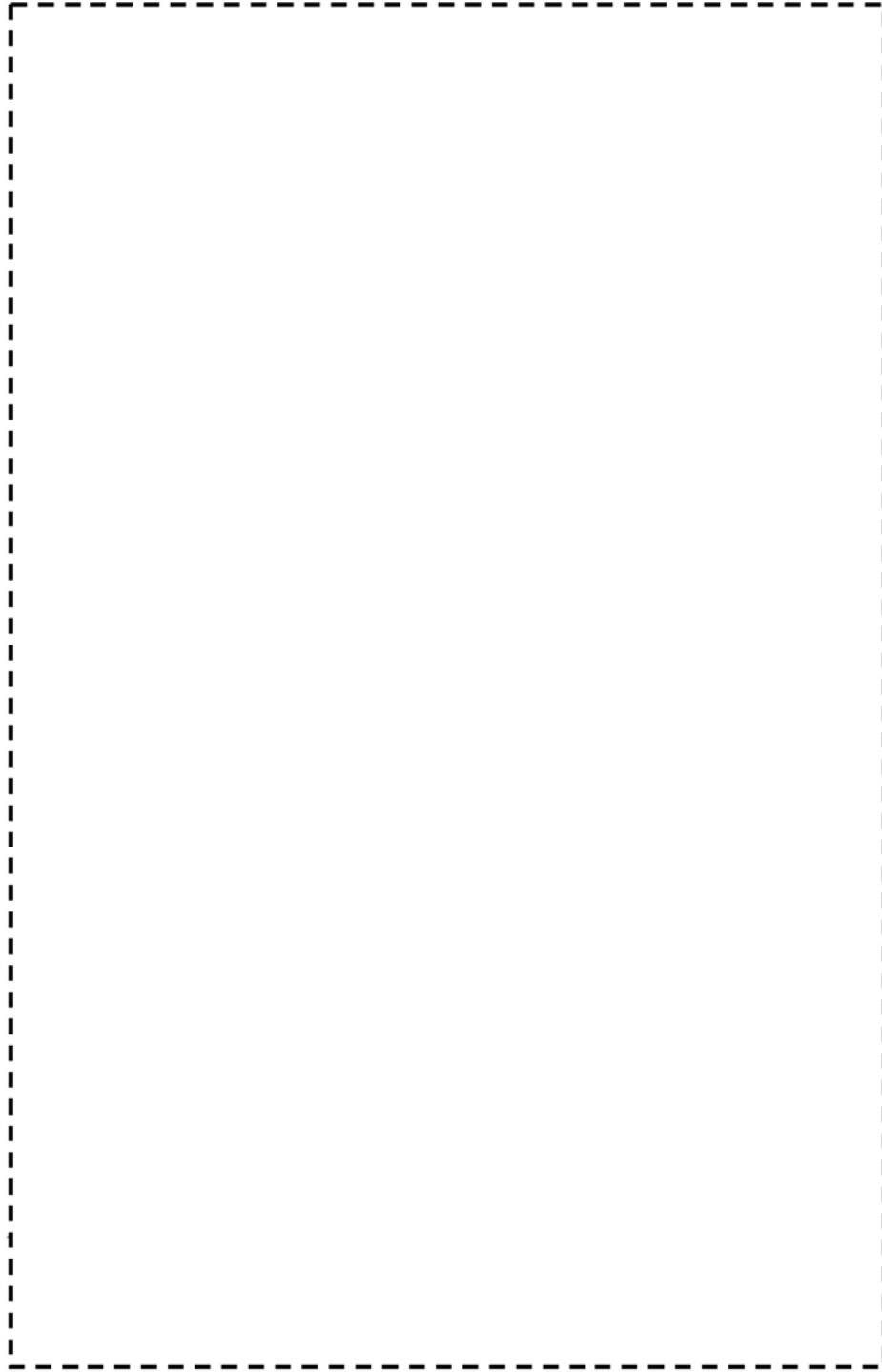


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

探傷不可範囲図

縮尺：1/1  
単位：mm

配管系統及びライン名 1次冷却材管(27.5INID)



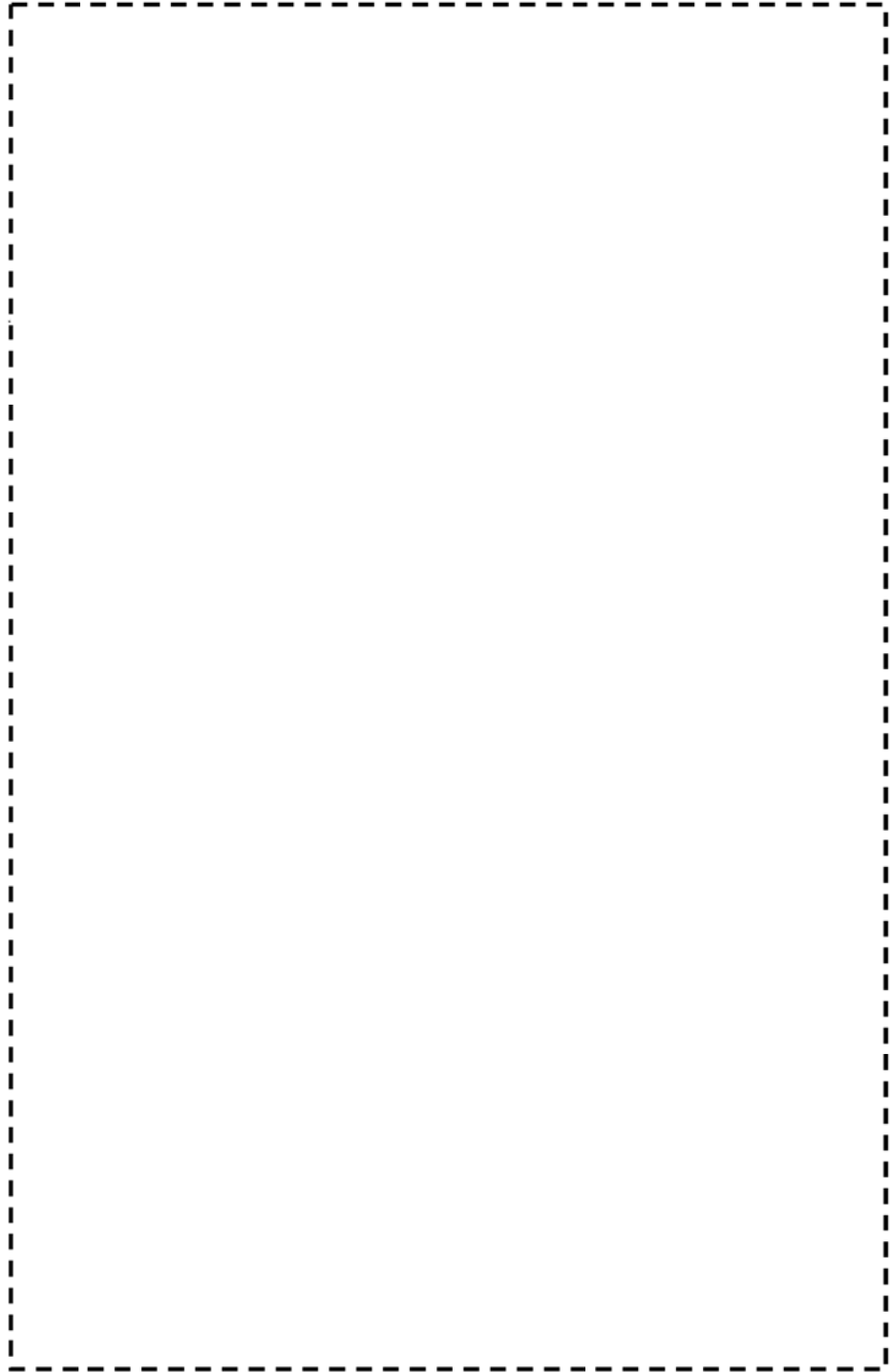
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



< 参考記録 >  
探傷不可範囲図

縮尺：1/1  
単位：mm

配管系統及びライン名 1 双塔組装置 (27.5INID)



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。


<div style="text-align: center; margin-bottom: 20px;"> </div> <p>図面番号</p> <p>69-25334-(0)</p> <p>69-25335-(0)</p> <p>69-25336-(0)</p>	<p>47神1111号原</p>																										
	<p>7-480707</p>																										
<p>KEP-TAKAHAMA NUCLEAR POWER PLANT UNIT 関西電力株式会社高浜発電所第1号機</p> <p>原子炉冷却系統設備</p> <p style="font-size: 1.2em;">主冷却水管</p> <p>第1種管</p> <h2 style="margin: 0;">検査記録</h2>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">監 検</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">哲 印</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center; background-color: black; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">原子力部 検査課</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">課 長</td> <td style="text-align: center;">係 長</td> <td style="text-align: center;">係 員</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center; background-color: black; height: 40px;"></td> </tr> </table>			監 検	哲 印									原子力部 検査課					課 長	係 長	係 員							
監 検	哲 印																										
原子力部 検査課																											
課 長	係 長	係 員																									
<p>昭和 49 年 / 月 30 日</p>																											
<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">YPG54104</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">送 付 先</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">注 文 先</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">大 通 局</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">控</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td></td> <td style="text-align: center;">/</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> </table>		送 付 先	注 文 先		大 通 局		控	3		/			/													
送 付 先	注 文 先		大 通 局		控																						
3		/			/																						

21号 A4 コピー紙 100 天

放射線透過検査成績書  
RADIOGRAPHIC EXAMINATION REPORT

原・子力部品質管理課  
QUALITY CONTROL SECTION

記録系

工事名称 SUBJECT	東電 TAMAHA NUCLEAR POWER PLANT UNIT 関西電力(株)高浜発電所第 1 号機	品名 DESCRIPTION	主冷却材管 (R.C.S)	
工事番号 ORDER NO.	7-480701	図番 DWG.NO.	69-25334 25335	添申番号 47神1111号原
撮影箇所 SKETCH				
				
判定基準 ACCEPTANCE STANDARD				
MSBNJ6-F116-Rev.				

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

WELDING PROCEDURE SPEC. (溶接施行仕様)		WELDED JOINT NO. (溶接番号)	
WELDED JOINT NO. (溶接番号)		RC-Fw/1001~1021	
(1) 溶接姿勢 (WELDING POSITION) (2) 予熱温度 (TEMP. OF PREHEAT, °C) (3) 溶接棒 (ELECTRODE) (4) 接手効率 (JOINT EFFICIENCY)		Root: 7mm	
TECHNIQUE EMPLOYED FOR RADIOGRAPHY (撮影要領)		RENEFIX	
EXAMINATION CONDITION (試験条件)		FILM SIDE	
MATERIAL OF BASE METAL (母材材質)		P T	
STAGE OF MANUFACTURING (撮影時に於ける製作段階)		MAGNETIC PARTICLE EXAMINATION(MT) OR LIQUID PENETRANT EXAMINATION(PT) REQUIRED.	
SURFACE PREPARATION (溶接部表面手入状況) AS WELD ROUGH GRINDING (溶接のざら) (荒仕上) (機械仕上)		傷連 非破壊試験	
MANUFACTURER OF X-RAY UNIT (X線発生装置の製作メーカー) VOLTAGE RATING(KVP) (定格電圧) SHOT VOLTAGE(KVP) & CURRENT (mA) (撮影時の電圧及び電流)		ISOTOPE(MANUFACTURER) INITIAL & SHOT INTENSITY(curie) (線入時強度及び照射時強度)	
THICKNESS OF PENETRANT & SHYI THICKNESS (mm) (透過剤の厚み)		SOURCE TO FILM DISTANCE(mm) (線源フィルム間距離)	
DISTANCE OF FILM TO OBJECT(mm) (フィルム面—溶接面間距離)		EFFECTIVE SOURCE SIZE(mm) (線源の大きさ)	
THICKNESS OF LEAD SCREEN (mm) (鉛スクリーンの厚み)		FILM SIZE (mm) (フィルムの大きさ)	
EXPOSURE TIME (照射時間)		DEVELOPING AGENT & DEVELOPING TEMPERATURE (°C) (現像剤及び現像温度)	
FIXING AGENT (定着剤)		LOCATION OF PENETRANT (透過剤の位置)	

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

フィルム判定結果 TEST RESULT (FINAL)			
溶接線番号 WELDED JOINT No.	RCS-FW1010-1-8		撮影日付 SHOT DATE
検査官 SURVAYOR	通産局	[REDACTED]	検査日付
	電産用熱処理協会		DATE OF
	W K I O O J		REVIEW
	客先		2-7-73
フィルム番号 RADIOGRAPH No.	欠陥の位置と種類 LOCATION & TYPE OF DEFECT	判定 EVA- LUATION	備考 REMARKS
[REDACTED]		Pass	[REDACTED]
		"	
		"	
		"	
		"	
		"	
		"	
		"	
		Pass	
		欠陥の種類 TYPE OF DEFECT	
P	●	ブローホール	POROSITY
S	●	スラグ捲込み	SLAG INCLUSION
C	●	割れ	CRACK
T	●	タングステン捲込み	TUNGSTEN INCLUSION
I P	●	融け込み不良	INCOMPLETE PENETRATION
A	●	フィルム欠陥	FILM ARTIFACT
			検査員 (INSPECTOR)
			[REDACTED]

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<p>タイトル</p>	<p>羽根車の熱時効が着目すべき経年劣化事象ではないとした具体的内容および製造時の検査内容、分解点検時の検査内容について</p>																																
<p>説明</p>	<p>1次冷却材ポンプ羽根車については、高経年化技術評価書での評価結果の通り、き裂の発生原因となる経年劣化事象および応力が想定されず、さらに定期的に見視確認および浸透探傷検査を実施しており、羽根車に異常がないことを確認していることから、着目すべき経年劣化事象ではないと判断している。</p> <p>き裂の発生が想定されないとした理由は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1次冷却材ポンプ羽根車について、当社プラント及び国内原子力発電所では過去にき裂に関する不具合は発生していない。（国内原子力発電所については、原子力施設情報公開ライブラリーの登録情報による）</li> <li>・1次冷却材ポンプ羽根車は圧力バウンダリではなく、想定される応力として定格運転時のインペラの遠心力と流体からの応力について想定し評価したところ、結果は□□N/mm<sup>2</sup>程度であり1次冷却材管など他部位と比較して大きな荷重がかからないことからき裂が発生、進展していくことはないと考えられる。 図1に設計図面を示す。</li> </ul> <p>使用温度および1次冷却材ポンプ羽根車の化学成分（表1）を下記に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・使用温度（286℃）</li> </ul> <p>フェライト量については、ミルシートの化学成分から、ASTM A800に基づき算出している。（図2）</p> <p style="text-align: center;">表1 製造時ミルシートによる材料成分表示</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="9">化学成分（溶鋼分析） %</th> <th rowspan="2">Cre/Nie</th> <th>フェライト量</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>Si</th> <th>Mn</th> <th>Cr</th> <th>Ni</th> <th>Mo</th> <th>Cb(Nb)</th> <th>N</th> <th></th> <th>F%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="border: 1px dashed black;"> </td> <td style="border: 1px dashed black;"> </td> <td style="border: 1px dashed black;"> </td> <td style="border: 1px dashed black;"> </td> <td style="border: 1px dashed black;"> </td> <td style="border: 1px dashed black;"> </td> <td style="border: 1px dashed black;"> </td> <td style="border: 1px dashed black;"> </td> <td style="border: 1px dashed black;"> </td> <td style="border: 1px dashed black;"> </td> <td style="border: 1px dashed black;"> </td> </tr> </tbody> </table> <p>なお、熱時効評価に対する抽出の考え方を添付1に示すが、1次冷却材ポンプ羽根車については①（最高使用温度）→②→③→④→△評価と判断している。</p> <p>製造時の記録を添付-2に示す。 分解点検時の検査内容および記録を以下に示す。（添付-3）</p>	化学成分（溶鋼分析） %									Cre/Nie	フェライト量	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cb(Nb)	N		F%											
化学成分（溶鋼分析） %									Cre/Nie	フェライト量																							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cb(Nb)	N			F%																							

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

1 次冷却材羽根車

点検頻度：ISIの定点であるB号機について  
 それ以外のA・C号機は

点検方法, 判定基準：目視確認（表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂(※)、打痕、変形及び摩耗が無いこと）に加えて、設計・建設規格に基づき浸透探傷検査（PT）を実施。（記録は至近点検時の平成14年時で、当時の判定基準は告示501号に基づき実施）

点検結果：結果良好。

※：維持規格においては、き裂を検出するための試験として目視試験（VT-1あるいはMVT-1）を定めているが、当該箇所の目視確認は維持規格の条件を満たすものではない。

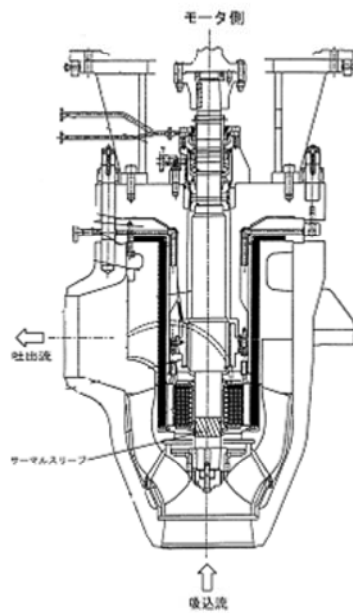
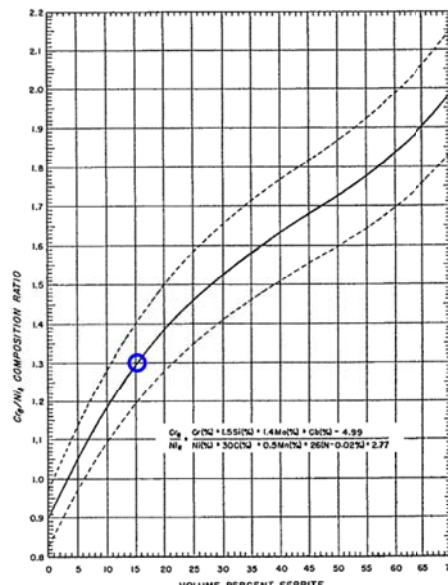


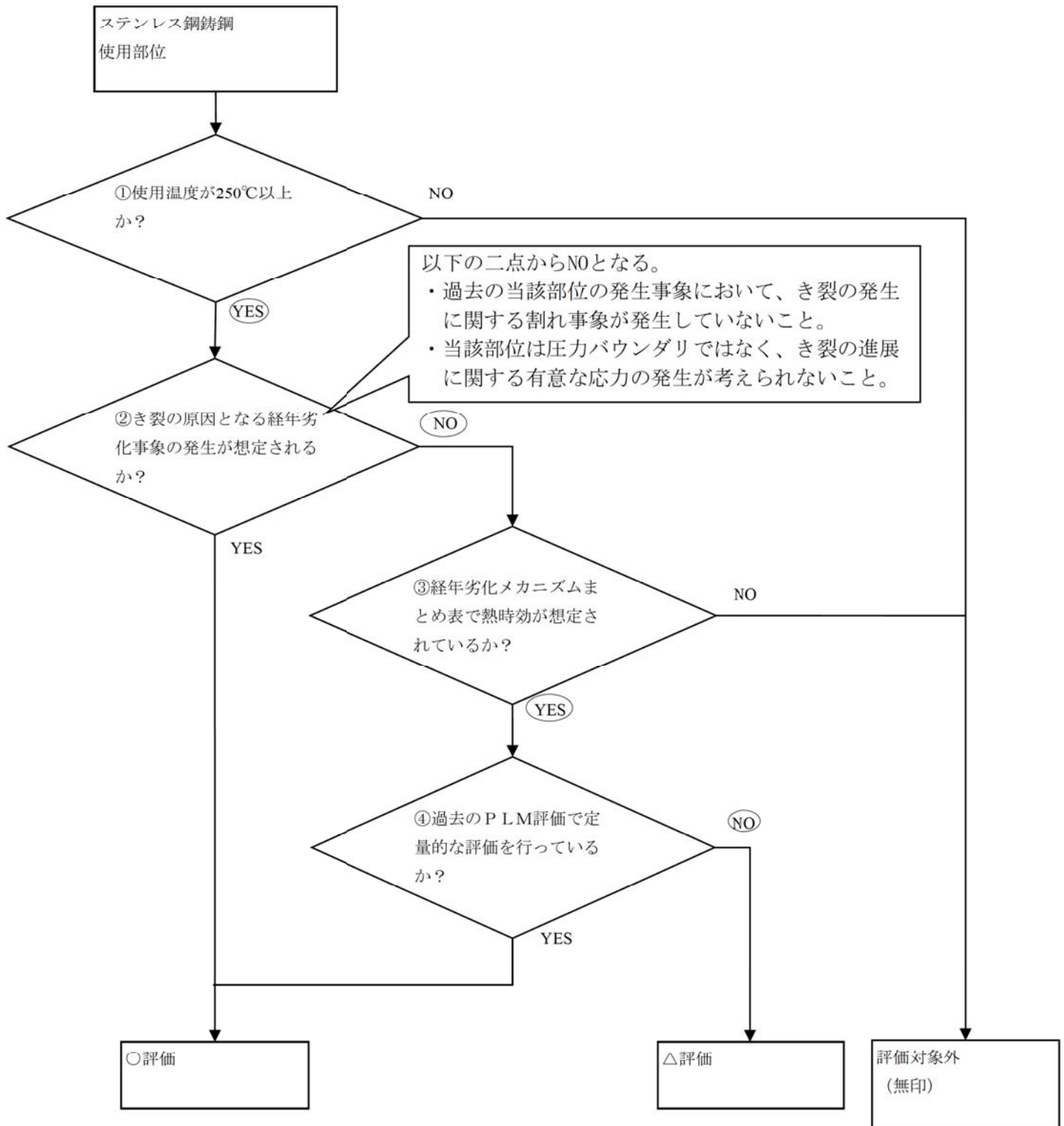
図1 RCP全体図面



Schoefer Diagram for Estimating the Average Ferrite Content in Austenitic Iron-Chromium-Nickel Alloy

図2 フェライト量導出図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。





DATE 5/06/97 [REDACTED] CERTIFIED METALLURGICAL TEST REPORT

PAGE 1 ORDER: N 28421

CUSTOMER: [REDACTED] ADDRESS: ELECTRO-MECHANICAL [REDACTED]

CUST ORDER: BEWA023048 PATTERN: 9330923J01 SPEC#: 28421 DESCRIPTION: NU IMP
1 EA SERIAL: N28421 2 HEAT: 420897 ALLOY: 910SPCL INF: SERIAL# 2455
DWG# 9750D05 REV. 3, P.O. ITEM# 001, PART# 9750D05H01
CUSTOMER SPEC: 9907A06 REV. 3
MATERIAL SPEC: ASTM-A 351-94A
GRADE: CF8

MECHANICAL PROPERTIES
\*\*RESULTS FROM STANDARD .505 IN. DIAMETER SPECIMEN MIN MAX
TENSILE STRENGTH, KSI (MPA)
YIELD STRENGTH, KSI (MPA), .2%
% ELONGATION IN 2"

CHEMICAL PROPERTIES
HEAT ANALYSIS WT % MIN MAX
ELEMENT CARBON MANGANESE SILICON PHOSPHORUS SULFUR MOLYBDENUM CHROMIUM NICKEL COLUMBIUM COBALT NITROGEN

STATEMENTS
ANY ADDITIONAL POST WELD HEAT TREATMENT PERFORMED ON FERRITIC MATERIAL WHICH RESULTS IN THE TOTAL TIME AT TEMPERATURE EXCEEDING EIGHTEEN (18) HOURS SHALL VOID THE CERTIFIED METALLURGICAL TEST REPORT. (REF. ASME SECTION III, PARAGRAPH NB 2211).
ASME QUALITY SYSTEM CERTIFICATE NO. QSC-204 EXPIRATION DATE; 9/23/98.

THIS CERTIFICATION AFFIRMS THAT THE CONTENTS OF THIS REPORT ARE CORRECT AND ACCURATE AND THAT ALL TEST RESULTS AND OPERATIONS PERFORMED ARE IN COMPLIANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE MATERIAL SPECIFICATION AND THE APPLICABLE MATERIAL REQUIREMENTS.

[REDACTED]
BY: [REDACTED]
METALLURGICAL LAB; [REDACTED]

END OF REPORT ATLAS
PAGE 2 OF 31 23

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

DRAWING #: 9750D05 REV. 3  
 PART #: 9750D05H01  
 WEC SERIAL #: 2455

# RADIOGRAPHIC EXAMINATION REPORT

Tech No: WE-090 Rev. A Page 1 of 1  
 Customer: [REDACTED] Serial No: N 28421-2  
 Pattern No: 933D923J01 P.O. No: BEWA023048 PO ITEM 001  
 Material Specification: CUST. SPEC.: 9907A06 REV. 3, ASTM A351-94A GRADE: CF8  
 Description: NU IMPELLER Heat No: 420897

PROCEDURE:	Area	Gas	Inclu.	Shrink	Surf.	Weld	Accept	Remarks
	QA-120 REV 11 ASTM A351-94A, SUPPLEMENT S5.  ACCEPTANCE: 9907A06 REV. 3, PARA. 3.2.5. ASTM E446, E186 & E280 SEVERITY LEVEL 3 AS APPLICABLE TO SECT- ION THICKNESS.  COVERAGE: HUB AREA PER DWG #: 9750D05 REV. 3, NOTE 4. ALL REPAIRS IN RT COVERAGE AREAS. QUALITY LEVEL: 2-2T  FILM QUANTITY: 14x17:3	A-B-C-D						X

ASME QUALITY SYSTEM CERTIFICATE NO. QSC-204 EXP. DATE 9/23/98.



INSPECTOR/SNT-TC-1A LEVEL II  
 DATE: 8-28-97

CUSTOMER WITNESS  
 DATE: \_\_\_\_\_

FN 91130505

ATLAS  
 23

PAGE 11 OF 31

<b>RADIOGRAPHIC TECHNIQUE</b>		[REDACTED]	
NO: <u>WE-090</u>	REV: <u>A</u>	DRAWING #:9750D05 REV. 3 PART #:9750D05H01	
[REDACTED] S/N: <u>N 28421</u>	P.O. NO: <u>BEWA023048</u> PO ITEM <u>001</u>		
<b>SOURCES</b>			
1. VARIAN LINATRON 2000 - 8 MEV - FOCAL SPOT .0689" DIAMETER 2. COBALT 60 - 200 CURIES NOMINAL - PHYSICAL SIZE .194" x .326" 3. IRIIDIUM 192 - 100 CURIES NOMINAL - PHYSICAL SIZE .141" x .213" 4. AUTOMATION IND. 300 KV X-RAY - F.S. 4.5 MM SQ.- PORTED - END GRD. ANODE - SPX-300KV			
<b>LEAD SCREENS</b>		<b>FILTERS (MINIMUM)</b>	
FRONT	BACK	FRONT	BACK
VIEW (INCLUDING MARKERS)	A-B-C-D		
SOURCE	SCREENS	1	C
MIN. S.F.D.			
MATERIAL THICKNESS	MIN MAX		
DESIGN MATERIAL THICKNESS	MIN MAX		
PENETRATOR GROUP I	MIN MAX		
PEN. BLOCK GROUP I	MIN MAX		
MINIMUM FILM QUANTITY	VIEW SIZE TYPE		
SOURCE POSITION NO.			
FILM POSITION NO.			
OR EQUIVALENT TYPE ONE AND TWO			
ACTUAL FILM COUNT SHALL BE INDICATED ON THE R.E. REPORT - MINIMUM QUANTITY IS:			
<u>2</u> 14X17	<u>      </u> 7X17	<u>      </u> 4.5X17	<u>      </u> 11X14
	<u>      </u> 8X10	<u>      </u> 5X7	<u>      </u> 10X12
		<u>      </u> 4X10	<u>      </u> 5X10
ASME QUALITY SYSTEM CERTIFICATE NO. QSC-204 EXP. DATE 9/23/98.			PAGE 2 OF <u>3</u>

FN 9110516

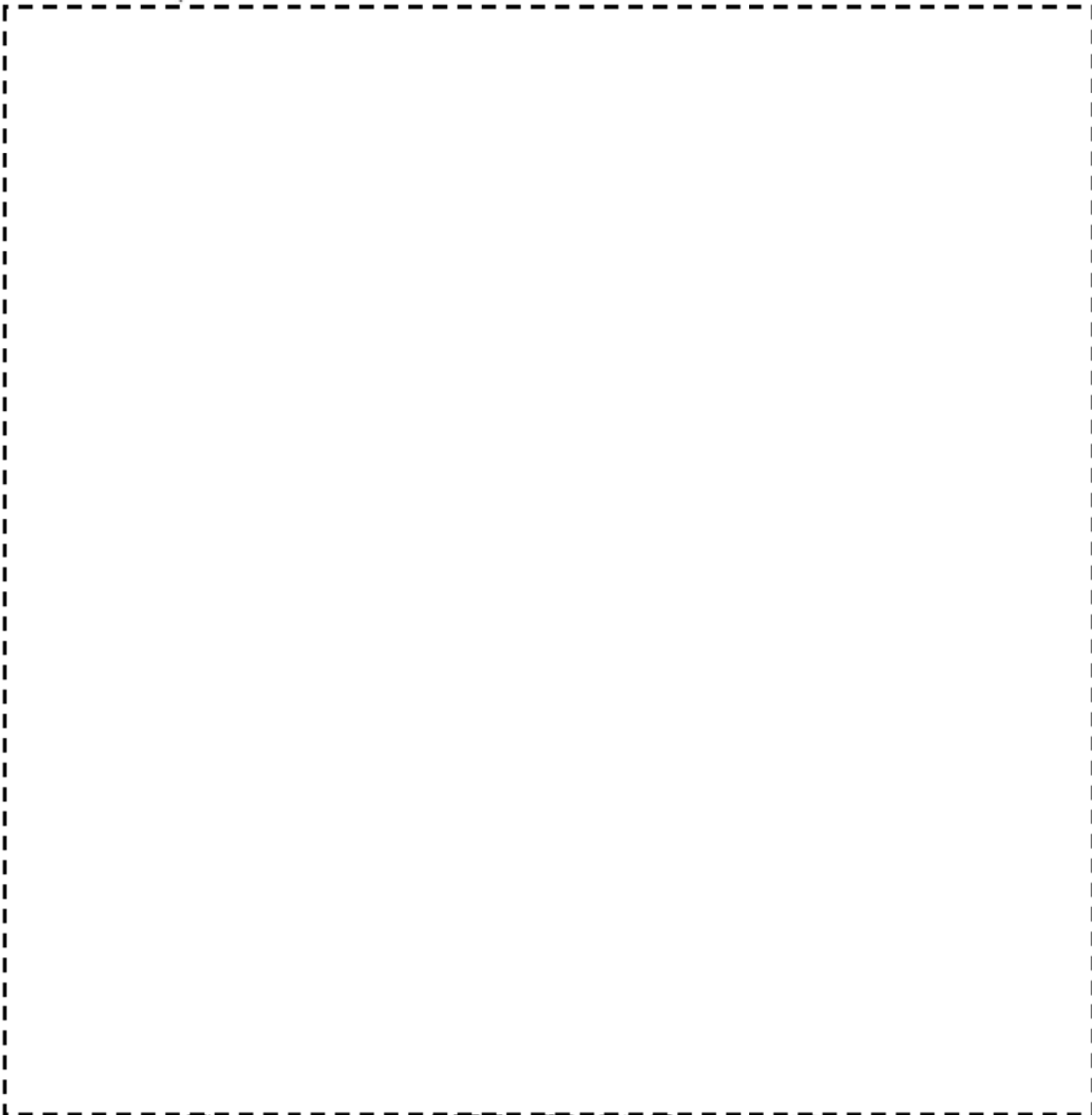
ATLAS

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

**RADIOGRAPHIC TECHNIQUE**

No. WE-090	Rev. A	Page 3	of 3
Customer: [REDACTED]	[REDACTED]	Serial No. N 28421	
Pattern No.: 933D923J01		P.O. BEWA023048	PO ITEM 001
DRAWING #:9750D05 REV. 3, PART #:9750D05H01			

ASME QUALITY SYSTEM CERTIFICATE NO. QSC-204 EXP. DATE 9/23/98.



PAGE 11 OF 21

210

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

CERTIFICATION OF LIQUID PENETRANT EXAMINATION

Customer :   
 P.O. No. : BEWA023048   
 Customer Spec. : 9907A06 REV. 3   
 Material Spec. : ASTM A 351-94A   
 Grade : CF8   
 Pattern No. : 933D923J01   
 Serial No. : N 28421 - 2   
 Heat No. : 420897   
 Special Information: SERIAL# 2455   
 DWG# 9750D05 REV. 3, P.O. ITEM# 001, PART# 9750D05H01

Inspector(s) Qualification(s):  SNT TCIA Level II  OTHER   
 Inspect Procedure: QA131 REV 11 IN131A1401   
 ASTM A351-94A SUPPLEMENT S6

Coverage : All accessible surfaces, weld preps, weld repairs.   
 Accept Criteria : 9907A06 REV. 3, PARA. 3.2.4.1, IN131A1401

Acceptance of  
 (check one)  
 Weld Final  
 Prep Surface

	Name	Date
Inspector:	[REDACTED]	6-3-97
Cust. Witness:		
Inspector:		6-25-97
Cust. Witness:		
Inspector:		9-4-97
Cust. Witness:		
Inspector:		9-11-97
Cust. Witness:		
Inspector:		9-12-97
Cust. Witness:		

Quality Control Verification No : [REDACTED] 9-12-97

ASME Quality System Certificate No. QSC-204, Expires 9/23/98

Method of pre and post cleaning was Steam Cleaning with water and "Simple Green" degreaser.   
 Penetrant materials applied by spraying.

Part Temp. - [ ] °P Penetrant Materials Temp. - [ ] °P

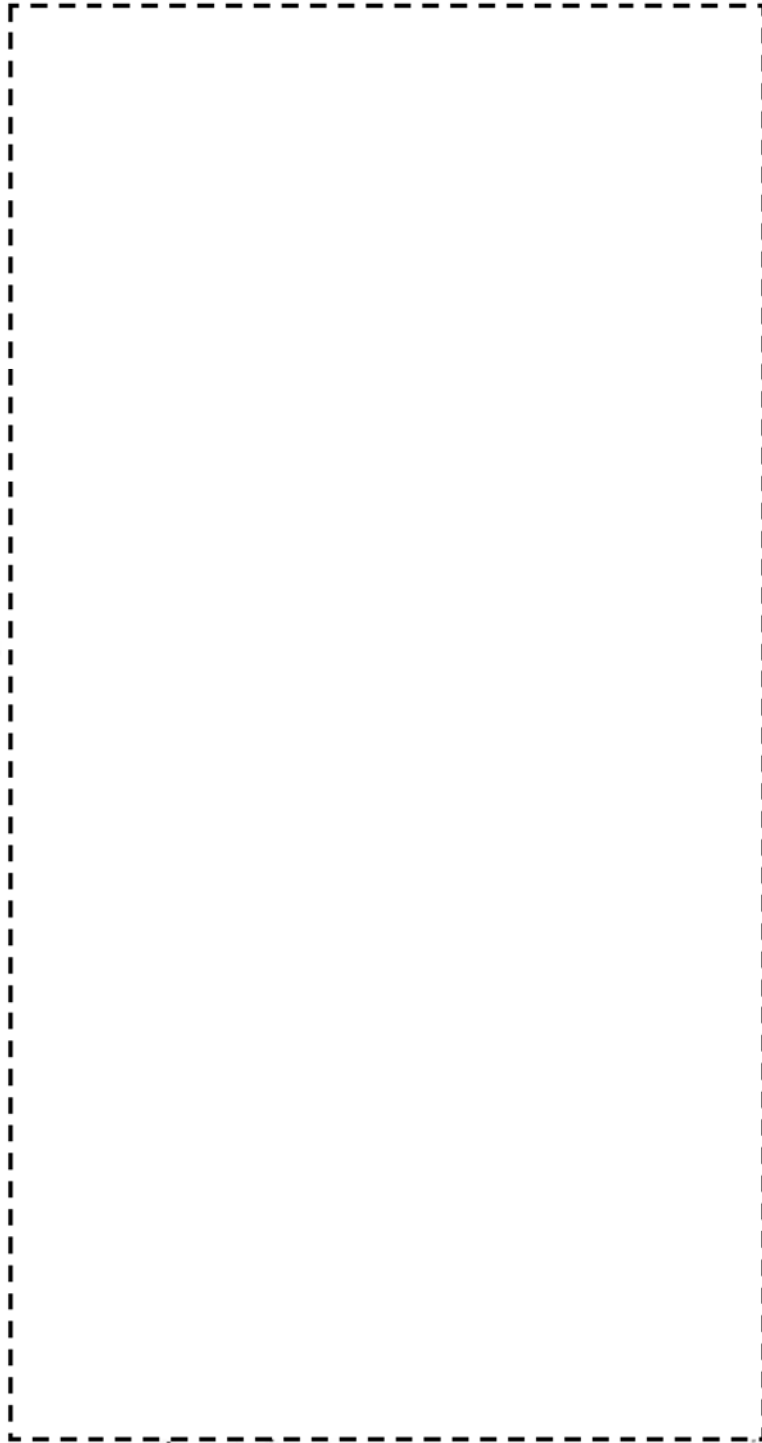
Penetrant dwell time [ ] MIN. Drying time [ ] MIN. Developing time [ ] MIN.

ATLAS  
23

PAGE 4 OF 31

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

Manufacturing Weld Locations  
ACCEPTABLE P.T. INDICATIONS



VIEW NO.:

SERIAL NO.: N28421-2

HEAT NO.: 420897

CUSTOMER:

PATTERN NO.: 933D925501

DRAWING NUMBER:

30178-2

PAGE 5 OF 31

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

A121-R037-1  
資料室保管

登録済

登録済

クラス

関西電力(株)高浜発電所 1号機

第21回定検

主冷却材ポンプ分解点検工事

総括報告書  
兼定期点検工事記録

BS

発行		高浜定検作業所			作成	平成 15 年 2 月 15 日						
作業所図書番号		改訂	所長	副所長	QA	安全	異物	放管	総責	作責	作成	
KT1 - 21 - D171		0										
現地	客先	作業所控	放管	機器	燃料	計装	検査	作責	控	関連資料図書番号		改訂
配布先	1	1							1			
内容		注文主	工事番号	年月日								
本文	一頁		アイテム	照合者								
図表	一枚	関西電力(株) 高浜発電所 1号機	2207127	H . .	部長	次長	Gr長	担当	作成			
表紙共	94枚		0100									
備考	原紙保管 NUSEC ポンプ部			H . .	作成	平成	年	月	日			
配布先					出書	平成	年	月	日	改訂		
					控	図書	番号					
					1							

高総-02-2/2

羽根車点検記録



ポンプ号機	分解時 / U B号機	組立時 U 号機	予備
年月日	414、12、17	計測者	[Redacted]
計測器具	アウトサイドマイクロメータ (計測器具、管理番号 261-A-74 / 261-A-70)		
記事			

単位 mm

ラビリンスシール部計測記録		
計測方法	計測部	(A) 吸込側 (B) 吐出側
計 画 値		
キー方向 (a φ)		
キー直角方向 (b φ)		

羽根車キー目視点検	1. 主軸嵌合部当り目視点検	(良) ・ 否
(良) ・ 否	2. 翼の割れ・欠け目視点検	(良) ・ 否
	3. インペラナット廻り止めボルト溶接部目視点検	(良) ・ 否
	4. カバープレートの溶接部P. T検査	(良) ・ 否

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



記録-25

PENETRANT EXAMINATION RECORD  
 浸透探傷試験記録

品質保証部検査課  
 Q. A. Department  
 Inspection Section

Order No. 工事番号	2-207127	Customer 注文主	関西電力(株)高浜発電所1号機		
Name of Part 品名	羽根車	Drawing No. 図番	114E801-R12		
Material 材料	ASTM-A351-CF8	Quantity 数量	1		
DETAIL WRITTEN PROCEDURE TABLE 探傷条件表					
Test Method 検査方法	<input checked="" type="checkbox"/> Color Contrast Penetrant Method 染色浸透探傷法		<input type="checkbox"/> Fluorescent Penetrant Method 蛍光浸透探傷法		
Penetrant 浸透液	<input type="checkbox"/> SUPER-CHECK UP-		<input checked="" type="checkbox"/> RED MARK R-1A NT SPECIAL	<input type="checkbox"/> NEO-GLO ( )	
Emulsifier 乳化液	<input type="checkbox"/> SUPER-GLO ( )		<input type="checkbox"/> NEO-GLO ( )		
Remover 洗浄液	<input type="checkbox"/> SUPER-CHECK UR-		<input checked="" type="checkbox"/> RED MARK R-1M NT SPECIAL	<input type="checkbox"/> WATER	
Developer 現像液	<input type="checkbox"/> SUPER-CHECK UD-		<input checked="" type="checkbox"/> RED MARK R-1S NT SPECIAL	<input type="checkbox"/> NEO-GLO ( )	
Penetrant Method 浸透方法	<input type="checkbox"/> Aerosol Cans エアゾール	<input checked="" type="checkbox"/> Brushes ハケ塗	<input type="checkbox"/> Dipping 浸漬	Penetrant Time 浸透時間	min. 分
Emulsify Method 乳化方法	<input type="checkbox"/> Dipping 浸漬		<input type="checkbox"/> Washing 注ぎかけ	Emulsify Time 乳化時間	min. 分
Drying Method 乾燥方法	<input checked="" type="checkbox"/> Normal Evaporation 自然乾燥	<input type="checkbox"/> Dryer 乾燥装置		Drying Time 乾燥時間	min. 分
Developing Method 現像方法	<input checked="" type="checkbox"/> Aerosol Cans エアゾール	<input type="checkbox"/> Spray スプレー	<input type="checkbox"/> Dry 乾式	Developing Time 現像時間	min. 分
Test of Area 探傷箇所	羽根車の先端部(吸込, 吐出側)斜線部				
Time of Test 試験時期	平成14年度第21回定検時	Procedure No. 要領書番号	KT1-21-A171		
Remarks 備考					
		Test. Date 検査日	H14.12.17	Result 結果	合格

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

タイトル	1次冷却材ポンプケーシングの熱時効に係る現状保全について
説明	<p>1次冷却材ポンプケーシングに対しては、供用期間中検査としてケーシングと配管の溶接部の超音波探傷検査（添付1）およびケーシング内面全体の目視確認（添付2）を実施し、またケーシング本体の溶接部に関して（添付3）も有意な欠陥のないことを確認している。</p> <p>現状保全の方法を以下に示す。</p> <p>ケーシングと配管の溶接部  点検方法：超音波探傷検査（供用期間中検査）  判定基準：維持規格（JSME S NA1 2008）に基づき実施  点検結果：結果良好</p> <p>ケーシング内面全体  点検方法：目視検査（供用期間中検査）  判定基準：維持規格（JSME S NA1 2008）に基づき実施  点検結果：結果良好</p> <p>ケーシング本体の溶接部  点検方法：浸透探傷検査（供用期間中検査）  判定基準：維持規格（JSME S NA1 2008）に基づき実施  点検結果：結果良好</p> <div style="border: 1px dashed black; height: 150px; width: 100%;"></div>

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

関西電力株式会社 高浜発電所

第1号機 第27保全サイクル

定期事業者検査要領書

設備名：原子炉本体  
原子炉冷却系統設備  
計測制御系統設備

検査名：クラス1機器供用期間中検査  
要領書番号：T1-27-101

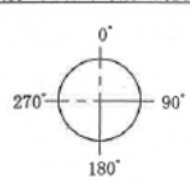
配管検査箇所図 (2/35)

項目番号	B9.11	カテゴリ	B-J
検査対象箇所	配管の同種金属溶接継手(呼び径100mm以上) 主冷却材管(27.5B,29B)		
設備数	36箇所	検査方法	UT
10年間の検査範囲	25%(9箇所)	当該年検査箇所	A 2箇所

非破壊検査記録 (5/8)

検査年月日 平成23年 2月 26日

検査員 XXXXXXXXXX

項目番号	カテゴリ	機器名	検査の対象機器	検査箇所		
B9.11	B-J	配管	配管の同種金属溶接継手(呼び径100mm以上) 主冷却材管(27.5B)	A1箇所 RC-FW-1010		
検査実施内容	目視検査	1. 直接目視検査(VT-) 2. 遠隔目視検査(VT-)				
	表面検査	浸透探傷検査	探傷剤	温度	浸透時間	現像時間
	体積検査	超音波探傷検査	探傷器	探触子	試験片	感度
			<span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>	<span style="border: 1px dashed black; padding: 2px;">XXXXXXXXXX</span>	KTN-MCP-27.5A KTN-MCP-27.5A KTN-MCP-27.5R	<span style="border: 1px dashed black; padding: 2px;">XXXXXXXXXX</span>
			リジェクション OFF	接触媒質 ソニコート		
検査実施結果	検査項目		結果	備考		
	目視検査					
	表面検査	浸透探傷検査				
体積検査	超音波探傷検査	良	検査員 <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>	資格: UTⅢwZ)		
<p>評価</p> <p>角度の取り方(上流側より見る)</p>  <p>起点: 配管の天を0°とした。          垂直: 冷却材ポンプ形状のため、一部探傷不可。          DAC20%を超える反射波を認めず。          斜角36°(直角): 上流側(冷却材ポンプ)からの走査は冷却材ポンプ形状及び余盛形状のため、探傷不可。          下流側(パイプ)からの走査は余盛形状のため、一部探傷不可。          内表面近傍以外でDAC20%を超える反射波を認めず。          内表面近傍でノイズレベルを超える反射波は、シーニング部による形状エコーである。          斜角36°(平行): CW走査は冷却材ポンプ形状のため、一部探傷不可。          CCW走査は冷却材ポンプ形状のため、一部探傷不可。          内表面近傍以外でDAC20%を超える反射波を認めず。          内表面近傍でノイズレベルを超える反射波を認めず。</p>						

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

冷却材ポンプ検査箇所図 (5/5)

項目番号	B12.20	カテゴリ	B-L-2
検査対象箇所	ケーシングの内表面		
設備数	3箇所	検査方法	VT-3
10年間の検査範囲	1箇所	当該年検査箇所	B 1箇所

ケーシングの内表面

非破壊検査記録 ( 4 / 4 )

検査年月日 平成23年 / 月 26日

検査員 XXXXXXXXXX

項目番号	カテゴリ	機器名	検査の対象機器	検査箇所		
B12.20	B-L-2	冷却材ポンプ	ケーシングの内表面	B1箇所		
検査実施内容	目視検査	1. 直接目視検査(VT-) (2) 遠隔目視検査 (VT-3、テレビカメラ)				
	表面検査	浸透探傷検査	探傷剤	温度	浸透時間	現像時間
		超音波探傷検査	探傷器	探触子	試験片	感度
	体積検査	超音波探傷検査	リジェクション		接触媒質	
			OFF			
検査実施結果	検査項目		結果	備考		
	目視検査		良			
	表面検査	浸透探傷検査				
体積検査	超音波探傷検査					
評価						

関西電力株式会社 高浜発電所

第1号機 第26回

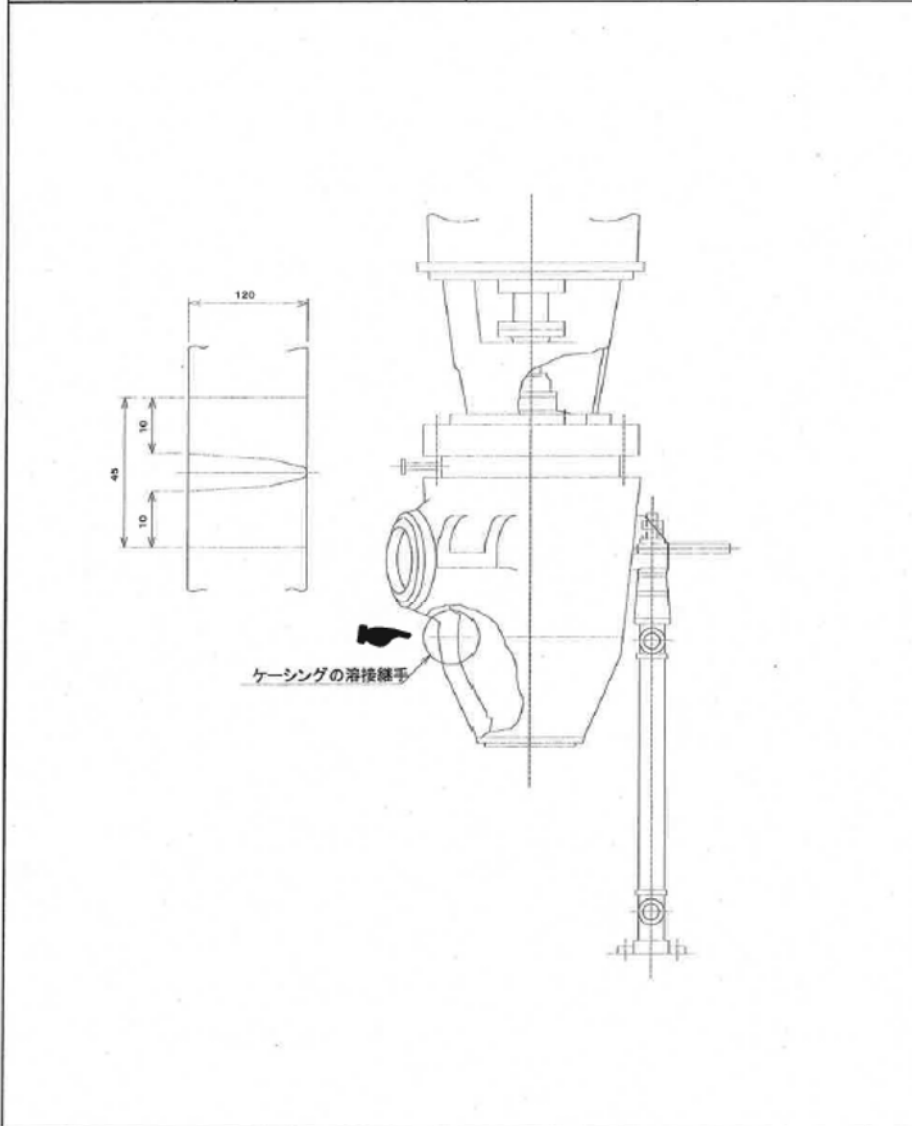
定期事業者検査要領書

設 備 名：原子炉本体  
          原子炉冷却系統設備  
          計測制御系統設備  
検 査 名：クラス1機器供用期間中検査  
要領書番号：T1-26-101



冷却材ポンプ検査箇所図 (1/1)

項目番号	B12.10	カテゴリ	B-L-1
検査対象箇所	ポンプケーシングの溶接継手		
設備数	3箇所	検査方法	PT
10年間の検査範囲	1台の25%(1箇所)	当該年検査箇所	B 1箇所



非破壊検査記録 (9/9)

検査年月日 平成21年10月24日

検査員 XXXXXXXXXX

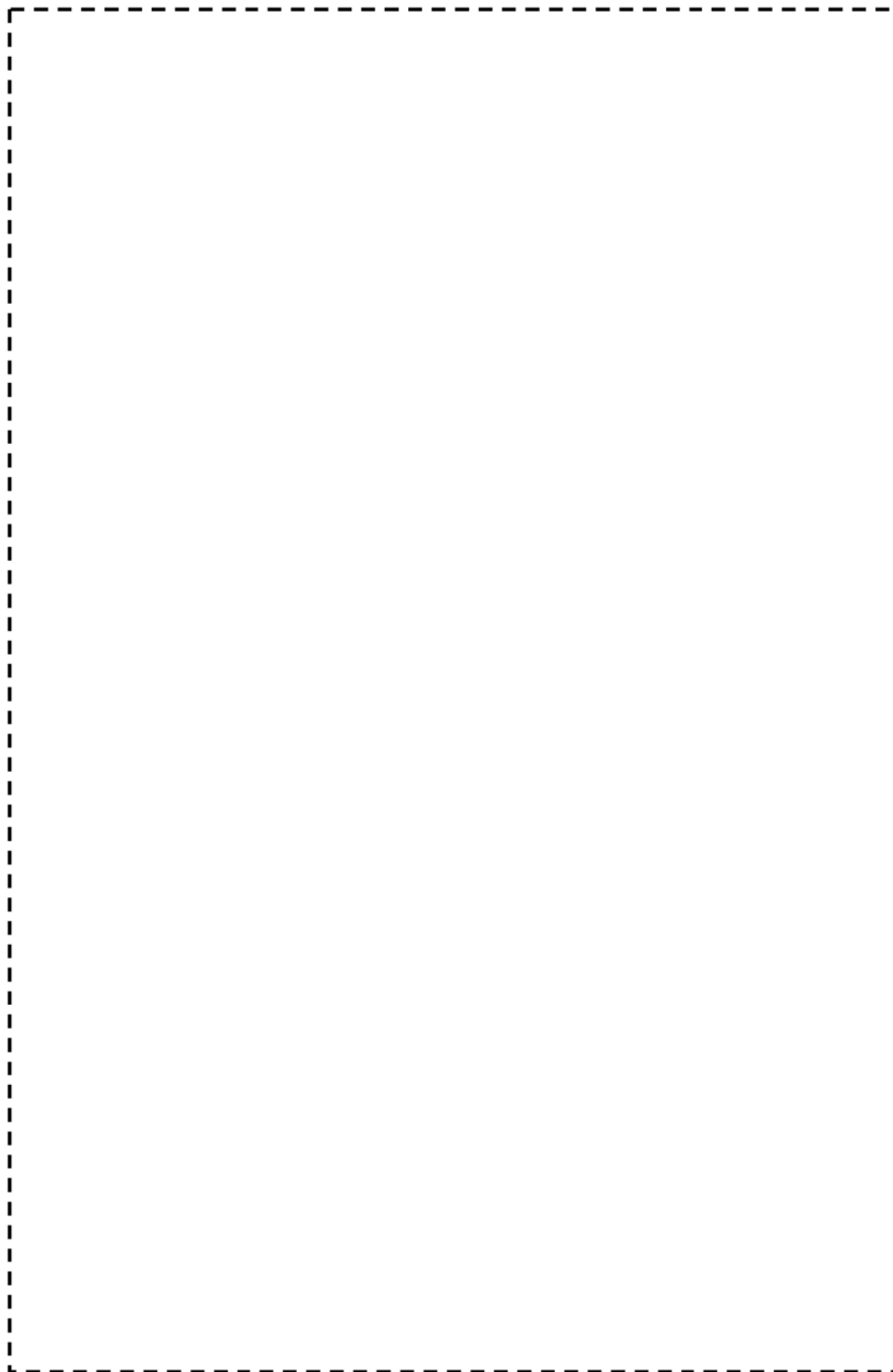
項目番号	カテゴリ	機器名	検査の対象機器	検査箇所	
B12.10	B-L-1	冷却材ポンプ	ポンプケーシングの溶接継手	B1箇所	
検査実施内容	目視検査	1. 直接目視検査(VT-) <del>2. 遠隔目視検査(VT-)</del>			
	表面検査	浸透探傷検査	深傷剤	温度	
	体積検査	超音波探傷検査	探傷器	探触子	試験片
			サジェクション	接触媒質	感度
OFF					
検査実施結果	検査項目		結果	備考	
	目視検査				
	表面検査	浸透探傷検査	良	検査員 <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> (資格:PTw102)	
体積検査	超音波探傷検査				
<p>評価</p> <p>記録すべき浸透指示模様を認めず。</p>					

84

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

タイトル	<p>スプレイノズルの熱時効が着目すべき経年劣化事象ではないとした具体的内容および製造時の検査内容、分解点検時の検査内容について</p>				
説明	<p>スプレイノズルは加圧器本体とネジ止めにて結合されている。(添付-1 参照) このため、スプレイノズルは、拘束されていないためスプレイ配管からの外荷重の伝達経路(※)ではなく、圧力バウンダリでもないことから、有意な応力は発生しないと考えている。</p> <p>したがって熱時効による材料特性の変化が問題となることはなく、着目すべき経年劣化事象としていない。</p> <p>使用温度およびスプレイノズルの化学成分(表 1) を下記に示す。</p> <p>・使用温度 (3 4 5℃)</p> <p style="text-align: center;">表 1 製造時ミルシートによる材料成分表示</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%; padding: 2px;">評価部位</th> <th style="padding: 2px;">化学成分(溶鋼分析)%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">加圧器スプレノズル</td> <td style="border: 1px dashed black; height: 20px;"></td> </tr> </tbody> </table> <p>製造時の記録を添付-2に示す。</p> <p>スプレイノズルについては、加圧器内部の目視点検 <span style="border: 1px dashed black; padding: 2px 10px;"> </span> において、脱落等異常のないことを確認している(添付-3)。なお、加圧器内部の出口側にスクリーンが設置されており、仮にスプレイノズルの脱落が発生した場合においてもスクリーンにトラップされることから、プラントの安全上影響はない。</p> <p>※加圧器は、スカートにより建屋に固定されているため、スプレイ管台が荷重を受けた際の荷重の伝達経路は、管台→加圧器本体→スカート→建屋となる。スプレイノズルは拘束されておらず、荷重伝達経路とならない。</p>	評価部位	化学成分(溶鋼分析)%	加圧器スプレノズル	
評価部位	化学成分(溶鋼分析)%				
加圧器スプレノズル					

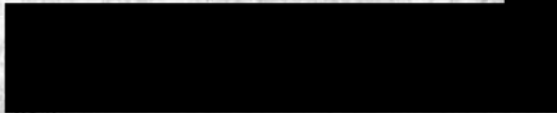
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

1315CO

Telephone  
0121-843-5522



May 10, 1972



Subject: Your Order D64-4466-71 Repl.  
Our Invoice X22887

Gentlemen:

This is to certify that the 1 - 6H-SS 425 Fulljet nozzle, supplied on the subject order and invoice is in full compliance with the specifications applying to this order.

The nozzle was made from Type 316 Stainless Steel and we are enclosing three copies each of material certifications, showing chemical and physical properties, as follows:

- , SSCO Order 67791, Pattern #3299
- SSCO Order 01678, Pattern #5389
- , SSCO Order 62619, 3/8" Rd.

The finished nozzles were 100% dye penetrant inspected for cracks and defects which could have occurred as the result of machine stresses, and no detectable flaws were found.

Yours very truly,



Quality Control Manager

EZ:bkmcg

Enc.

cc:



Final Inspection Form

Date 5-9-72

Customer's Name Kansai Electric Power Co. Takahama Nuclear P/S Unit 1 (KFN 1)  
 Order No. 104-4466-71 Our Order No. 222887

Lot Size	Sample Size	Acceptable Defects	Item No.	Nozzle Identification	Amount
<u>Visual</u>			1	6HSS425	1 pc.
0-10	All				
11-50	10	0			
51-100	20	0			
101-200	30	0			
201- --	40	0			
<u>Dimensional Inspection</u>					
0-10	All	0		<u>Special Inspection Requirements</u>	
11-100	10	0		<u>Threads to be NPT per Day. #13335</u>	
101-500	20	0			
<u>Performance</u>				<u>To be liquid penetrant examination</u>	
0-10	5	0			
11-500	10	0			
501- --	15	0			



Inspected by

Approved by

QC Form 102 3 June 63

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

316

**TYPE OF PHYSICAL TEST** \_\_\_\_\_ Phone 645-4200 Milwaukee, Wis. 53215, U.S.A., 1070.

**CP&I Tessile Test**

or **Badger Alloys, Inc.**

Intend For Spray System Pat#2334 P.O.#57701 50 pcs. Ht.#1024. Ht.#1046 Pat#3323.  
 P.O.#1023 9 pcs. Ht.#1053 Pat#2707 P.O.#70196 22 pcs. Ht. 1054 Pat#3323.  
 P.O.#59923 3 pcs. Ht.#1074 Pat#2304 P.O.#1074 54 pcs. P.O.#57701

Part Reference	
Serial No.	
or Relet	
Dimension	
Area in Sq. In.	
on After Fracture	
Fracture, Sq. In.	
Length, lbs. Actual	
Load, lbs. Actual	
on in Inches	0"
Length, per Sq. In.	
Strength, per Sq. In.	
ation in Inches	
ation in Area	
st	
of Fracture	
ed or Rejected	

To and Sworn Before Me on \_\_\_\_\_ Day of August 1975

By \_\_\_\_\_

Notary Public in and for the State of Wisconsin Expires July 2, 1972

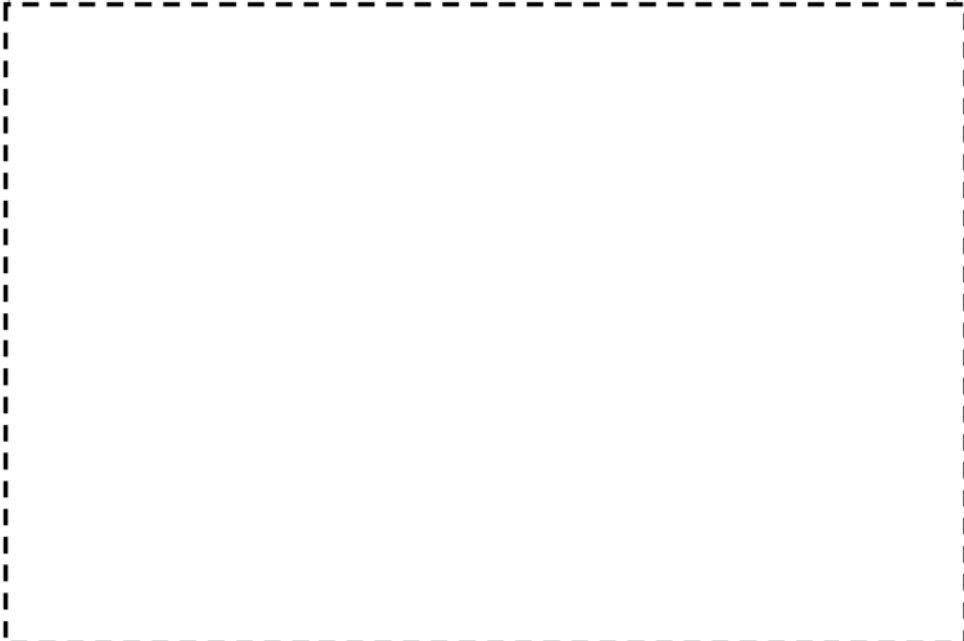
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

RECEIVED  
SPRAYING SYSTEMS CO.  
APR 7 2 42 PM '72

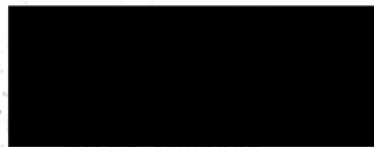
April 7, 1972

REPORT OF CHEMICAL AND PHYSICAL TESTING

TEST NO.	4056
MATERIAL	CF-8M (316 SS)
TESTED FOR	[REDACTED]
PURCHASE ORDER NO.	01678
PATTERN NO.	5389



We have completed the above analysis and certify the results to be as shown.



bb

*Sand & Centrifugal Castings Stainless Steels, Bronzes, Brass & Aluminum Alloys*

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



**CERTIFICATE OF TESTS**

O. D. JENKINS  
 3000, 3100 and 4000  
 Mainframe Station  
 1001, Mich. 48712

Date **AUGUST 1, 1968**  
 Purchaser's Order No. **62619**  
 Our Order No. **I 23606**

CHEMICAL COMPOSITION										
Steel No.	C	Mn	P	S	SI	CR	Ni	MO	CU	

MECHANICAL PROPERTIES									
Cond.	Tensile P.S.T.	Yield P.S.T.	Elong. %	R.A. %	Homo	Hard	Toughness	At Stopped	Break

Test and sworn to before me

RESULTS AS ABOVE CERTIFIED

NOTARY PUBLIC

Signed

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

Aクラス	1.2u 運営統括長	保安指針変更 要否検討内容 保安計画課 確認	機械技術 アドバイザー	課長	係長	班長			
<table border="1"> <tr> <td>資料室管理番号</td> <td>1-2001-26R008</td> <td>関西電力(株) 高浜発電所 1号機 (第 26回 定期点検工事)</td> </tr> </table>							資料室管理番号	1-2001-26R008	関西電力(株) 高浜発電所 1号機 (第 26回 定期点検工事)
資料室管理番号	1-2001-26R008	関西電力(株) 高浜発電所 1号機 (第 26回 定期点検工事)							

工事件名: 1次系熱交換器他定期点検工事

# 総括報告書

兼定期点検工事記録

工事コード: 091P003965M100

21年12月14日  
高浜事業所

確認	[Redacted]				
	課長	受託責任者	定検管理員		
発行	[Redacted]				
	技術課長	品質保証課長	安全課長		
	課長	係長	作責		
作成認可欄	[Redacted]				
	[Redacted]				
	[Redacted]				
配付先	関電				合計
	1				1
	作成日	平成 21年 12月 2日			
	文書番号	T01-26-機D-0109-E			
	原紙保管	機械課 機械D係			

加圧器(1/4)	開放点検記録
----------	--------

関電 (定検管理員)	品管	作責

## 点検記録

点検項目	点検内容	点検日	結果	備考
タンク内部	損傷等、異常がないか (但し、可視範囲)	10/20	良	
インサートプレート	損傷等、異常がないか	10/20	良	
マンホール蓋	"	10/20	良	
マンホール座 シート面	"	10/20	良	
ボルト	ネジ山の損傷等異常がないか	10/20	良	
インサートプレートビス	ネジ山の損傷等異常がないか	10/20	良	
各ネジ穴	ネジ山の損傷等異常がないか	10/20	良	
基礎ボルト	ナットの緩み等がないか	10/20	良	
各サポート	"	10/20	良	

## 特記事項

なし。

タイトル	1次冷却材管に係る健全性評価について
説明	<p>1次冷却材管の健全性評価は以下の手順で実施している。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 評価対象部位の抽出 対象配管のうち脆化条件の厳しい部位および応力条件の厳しい部位を抽出</li> <li>2. 評価用初期欠陥の想定 初期欠陥の大きさは、PSIの欠陥検出限界に十分な余裕を見て安全側に定める</li> <li>3. 疲労き裂進展解析 配管内面に想定する初期き裂が、プラント運転時に生じる応力サイクルにより供給期間60年の間に進展する量を求める</li> <li>4. き裂安定性評価用想定き裂の想定 前項で求めた進展を考慮し、貫通き裂を想定する</li> <li>5. き裂安定性評価 各供用状態の荷重から算出されるき裂進展力を示すパラメータJ積分値 <math>J_{app}</math> と熱時効後のき裂進展抵抗 <math>J_{mat}</math> を用いて評価を行う</li> </ol> <p>詳細を以下の添付-1に示す。</p>

1. 評価対象部位の抽出

(1) 評価対象部位の選別

以下の図面に1次冷却材管の熱時効対象部位を示し、次ページ表に対象部位のフェライト量と応力 (S s 地震動による地震応力を含む) を比較した表を示し、応力が最大の部位またはフェライト量が最も多い部位を評価点とする。

応力最大：加圧器サージライン用管台

フェライト量最多：6B安全注入系ライン用管台

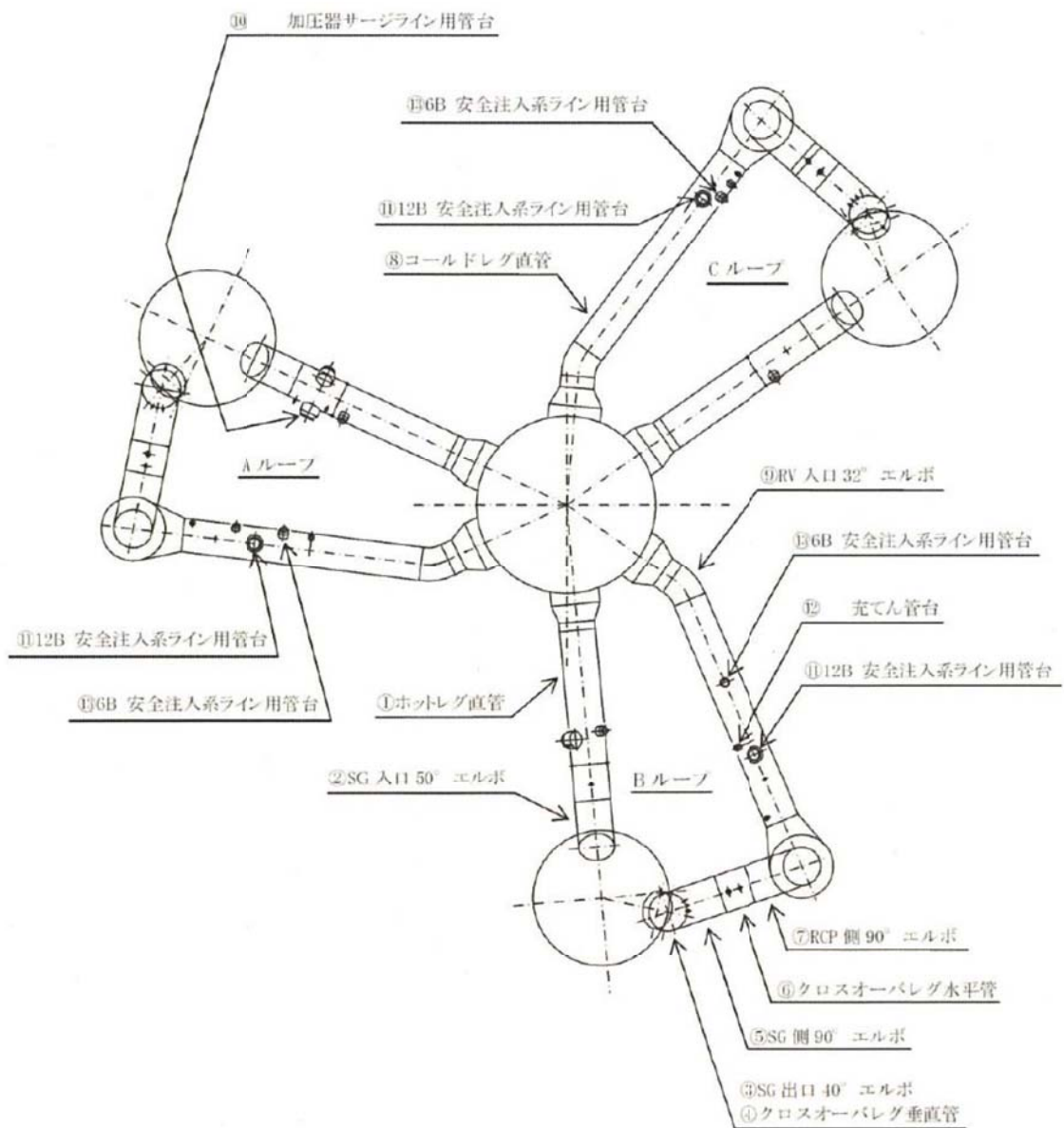


表1.1 評価対象部位一覧

評価部位	フェライト量 [%]	使用温度 [°C]	応力 [MPa]	選定
ホットレグ直管				
SG入口50°エルボ				
SG出口40°エルボ				
クロスオーバレグ直管 (垂直管)				
クロスオーバレグ SG側90°エルボ				
クロスオーバレグ直管 (水平管)				
クロスオーバレグ RCP側90°エルボ				
コールドレグ直管				
RV入口32°エルボ				
加圧器サージライン用管台	約13.7	322.8	約215	○
12B安全注入系ライン用管台				
充てん管台				
6B安全注入系ライン用管台	約15.5	288.6	約208	○

応力は供用状態A,Bの内圧、自重・熱膨張荷重、地震荷重 (S s) を考慮して算出し、熱時効評価対象部位の詳細な応力値を以下の表に示す。

表1.2 熱時効対象部位の応力詳細

評価部位	内圧による応力 (MPa)	曲げ応力				軸力による応力				合算値 (MPa)
		自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)	自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)	
加圧器サージライン用管台										215
6B安全注入系ライン用管台										208

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

また、フェライト量算出に当たっては、以下の材料成分表と以下のグラフ（引用文献は ASTM A800）を用いて算出している。

表1.3 製造時のミルシート

評価部位	化学成分（溶鋼分析） %								Cr <sub>e</sub> /Ni <sub>e</sub> *1	フェライト量
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cb(Nb)	N		F%
加圧器サージ ライン用管台										約 13.7
6B安全注入系 ライン用管台										約 15.5

\*1 計算式：Cr<sub>e</sub>/Ni<sub>e</sub>=(Cr+1.5Si+1.4Mo+Cb-4.99) / {Ni+30C+0.5Mn+26(N-0.02)+2.77}

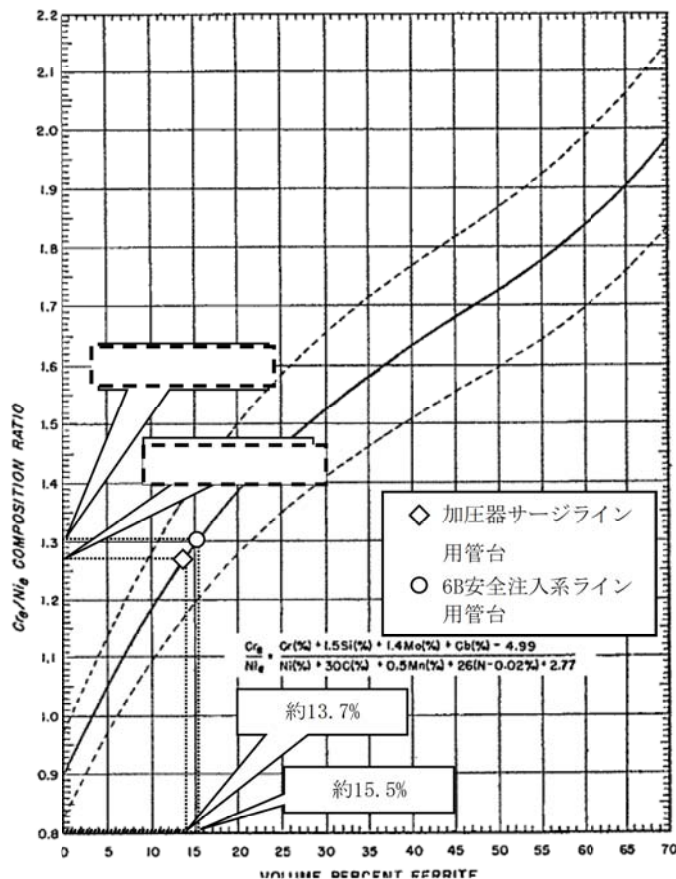
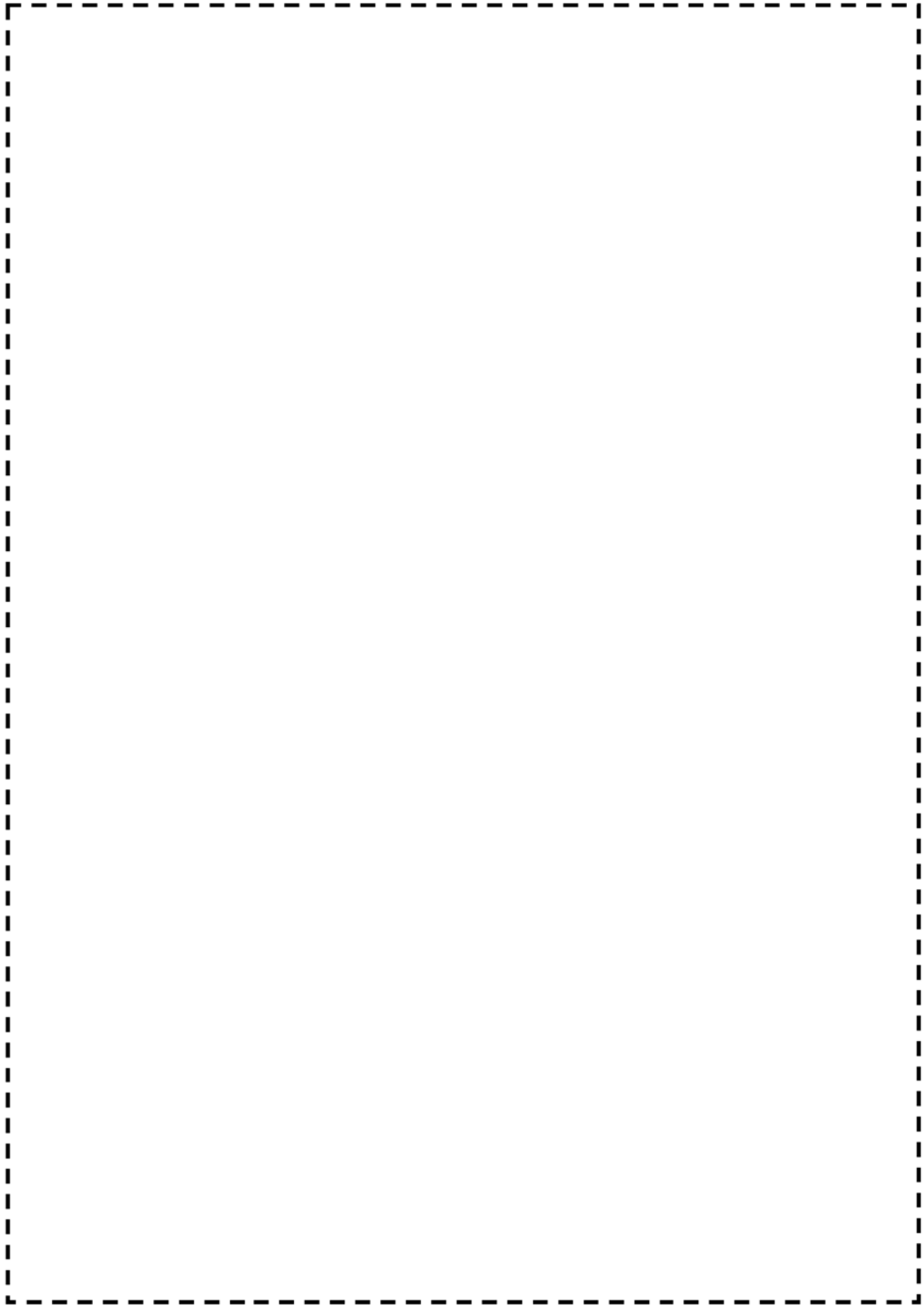


FIG. X1.1 Schoefer Diagram for Estimating the Average Ferrite Content in Austenitic Iron-Chromium-Nickel Alloy Castings

図1.2 フェライト量導出図

加圧器サージライン用管台と6B安全注入ライン用管台の構造図を図1.3に示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



## 2. 評価用初期欠陥の想定

初期欠陥の大きさは、PSIの欠陥検出限界に十分な余裕をみて安全側に定めるものとする。尚、単一欠陥の寸法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) のものを用いている。すなわち初期欠陥は $0.2t$  (深さ $a_0$ )  $\times$   $1.0t$  (表面長さ $2c_0$ ) ( $t$ は板厚) の半楕円形の内表面周方向欠陥とする。初期欠陥の形状を図2.1に示す。尚、平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度の確認に関するもの)では、ステンレス鋼の疲労き裂において検出率100%に達する最小欠陥深さは約 $0.18t$ であり、本評価で用いる値は保守的であることを確認した。なお、当該報告書の超音波探傷試験と実機の1次冷却材管の超音波探傷試験は同等の探触子と検査員資格で実施している。

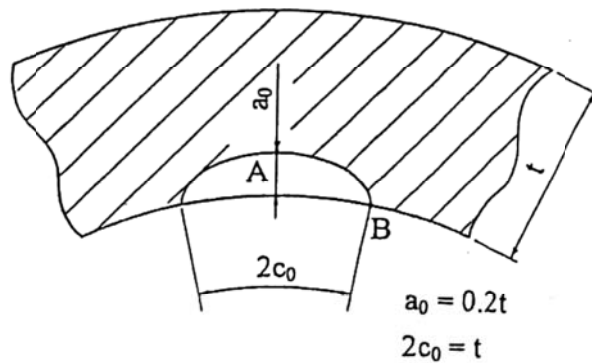


図2.1 初期欠陥の形状

## 3. 疲労き裂進展解析

## (1) 解析条件

配管の内面に想定する初期き裂が、プラント運転時に生じる応力サイクルにより供用期間60年の間に進展する量を求める。

## i) き裂進展解析に用いる応力サイクル

使用する応力サイクルは実機運転状態を考慮し、実過渡条件に基づいて設定する。実過渡条件による応力サイクルを表3.1及び表3.2に示す。表3.1及び3.2は2009年度までの実績過渡回数よりプラント運転期間60年までを想定し過渡回数を記載している。なお、2010年度以降の期間は実績より保守的\*な回数の過渡が発生すると仮定して回数を推定した。

\*：評価条件として、2011年1月から2018年3月まで冷温停止状態、2010年度以降の過渡発生頻度は実績の1.5倍以上を想定した。

## ii) 疲労き裂進展速度

疲労き裂進展速度は国内軽水炉条件下のデータに基づく以下の式を使用する。(JEAG4613-1998 参照)

$$da/dN = C(\Delta K)^m$$

$$\Delta K = K_{max} - K_{min}$$

ここで、

$da/dN$  ; 疲労き裂進展速度 (m/cycle)

$C$  ; 定数 =  $7.77 \times 10^{-12}$

$m$  ; 定数 = 3.5

$\Delta K$  ; 応力拡大係数変動幅 (MPa $\sqrt{m}$ )

$K_{max}, K_{min}$  ; 最大および最小応力拡大係数 (MPa $\sqrt{m}$ )

また、ここではステンレス鋳鋼に対する速度を使用する。なお、電共研「PWR配管破断防護設計の合理化に関する研究」において、時効の有無によつてき裂進展速度に有意な差がないことを確認している。

なお、疲労き裂進展評価で考慮した地震動は設計用最強地震動 ( $S_1$ ) を用いた1/3 $S_1$ 地震動であるが、弾性設計用地震動 ( $S_d$ ) を用いた1/3 $S_d$ 地震動によるき裂進展評価と同等である。

表3.1 応力サイクル (加圧器サージライン用管台)

過渡条件	過渡回数	膜応力 (MPa)		曲げ応力 (MPa)	
		$\sigma_{mmax}$	$\sigma_{mmin}$	$\sigma_{bmax}$	$\sigma_{bmin}$
1. 起 動	99				
2. 停 止	99				
3. 起動時の冷水注入	594				
4. 停止時の冷水注入	1,188				
5. 負荷上昇 (5%/min)	710				
6. 負荷減少 (5%/min)	687				
7. 90%から100%ステップ状負荷上昇	5				
8. 100%から90%ステップ状負荷減少	6				
9. 100%からの大きいステップ状負荷減少	4				
10. 定常負荷運転時の変動	0				
11. 燃料交換	55				
12. 0%から15%への負荷上昇	112				
13. 15%から0%への負荷減少	86				
14. 1 ループ停止 / 1 ループ起動 [停止]	1				
15. 1 ループ停止 / 1 ループ起動 [起動]	1				
16. ほう素濃度の均一化	2,900				
17. 負荷の喪失	4				
18. 外部電源喪失	5				
19. 1次冷却材流量の部分喪失	4				
20. 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	12				
21. 100%からの原子炉トリップ (II) 不注意な冷却を伴うトリップ	1				
22. 100%からの原子炉トリップ (III) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	1				
23. 1次冷却系の異常な減圧	1				
24. 制御棒クラスタの落下	6				
25. 出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	1				
26. 1次冷却系停止ループの誤起動	1				
27. タービン回転試験	10				
28. 1次系漏えい試験	105				
29. 1/3S <sub>1</sub> 地震	360				

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表3.2 応力サイクル (6B安全注入系ライン用管台)

過渡条件	過渡回数	膜応力 (MPa)	曲げ応力 (MPa)
		$\sigma_{max}$ $\sigma_{min}$	$\sigma_{bmax}$ $\sigma_{bmin}$
1. 起 動	99		
2. 停 止	99		
3. プラント冷却時余熱除去時	99		
4. 負荷上昇	710		
5. 負荷減少	687		
6. 90%から100%ステップ状負荷上昇	5		
7. 100%から90%ステップ状負荷減少	6		
8. 100%からの大きいステップ状負荷減少	4		
9. 定常負荷運転時の変動	0		
10. 燃料交換 (1次冷却材安全注入ノズル・配管)	55		
11. 0%から15%への負荷上昇	112		
12. 15%から0%への負荷減少	86		
13. 1 ループ停止 / 1 ループ起動 [停止]	1		
14. 1 ループ停止 / 1 ループ起動 [起動]	1		
15. 負荷の喪失	4		
16. 外部電源喪失	5		
17. 1次冷却材流量の部分喪失	4		
18. 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	12		
19. 100%からの原子炉トリップ (II) 不注意な冷却を伴うトリップ	1		
20. 100%からの原子炉トリップ (III) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	1		
21. 1次冷却系の異常な減圧	1		
22. 制御棒クラスタの落下	6		
23. 出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	1		
24. 1次冷却系停止ループの誤起動	1		
25. タービン回転試験	10		
26. 1次系漏えい試験	105		
27. 1/3S <sub>1</sub> 地震	360		

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(2) 解析結果

疲労き裂進展解析結果は、表3.3及び表3.4に示すとおりである。

表3.3 き裂進展解析結果（加圧器サージライン用管台）

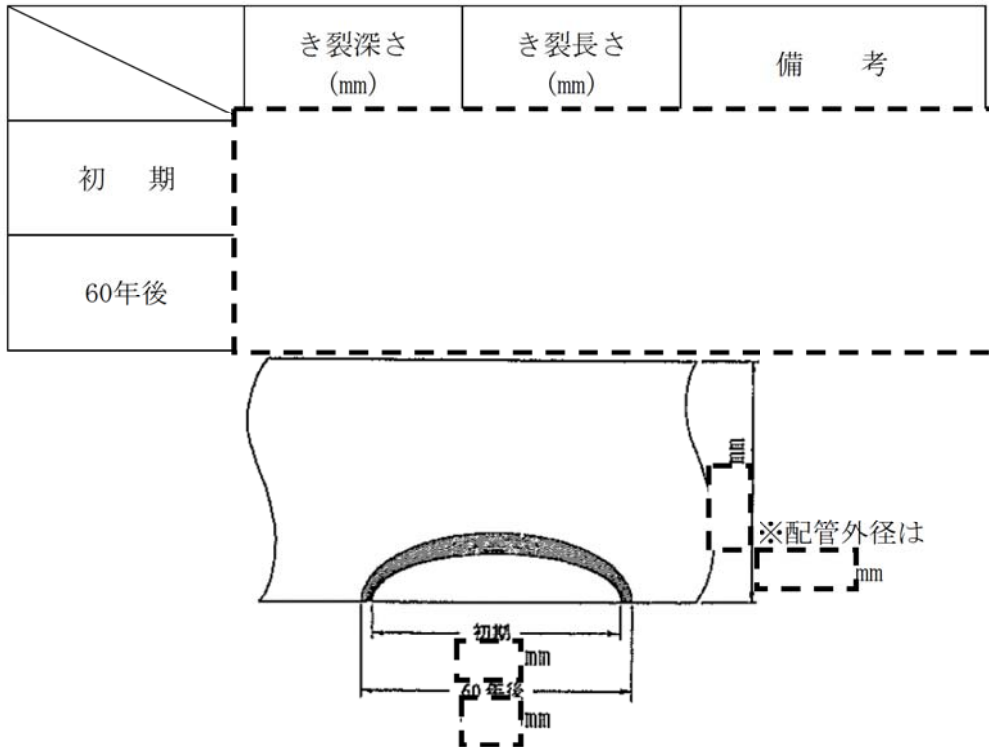
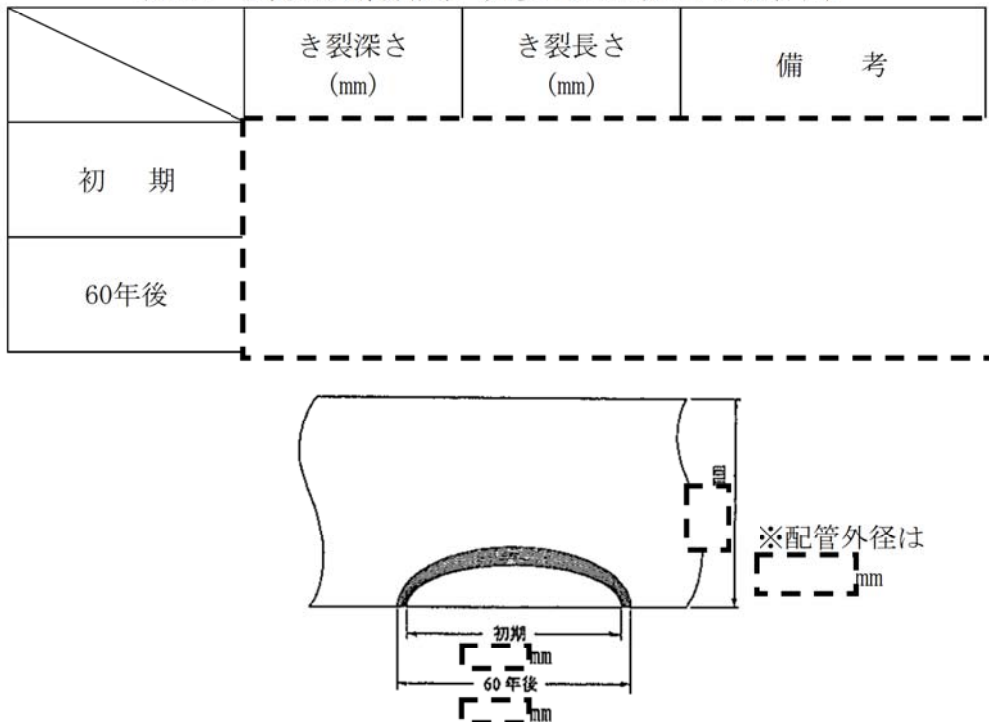


表3.4 き裂進展解析結果（6B安全注入系ライン用管台）



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

4. き裂安定性評価用想定き裂の想定

き裂安定性評価では、安全側に評価するため、3項で算出した疲労き裂を貫通き裂に置換える。(図4.1参照)

き裂安定性評価に用いる想定き裂を表4.1に示す。

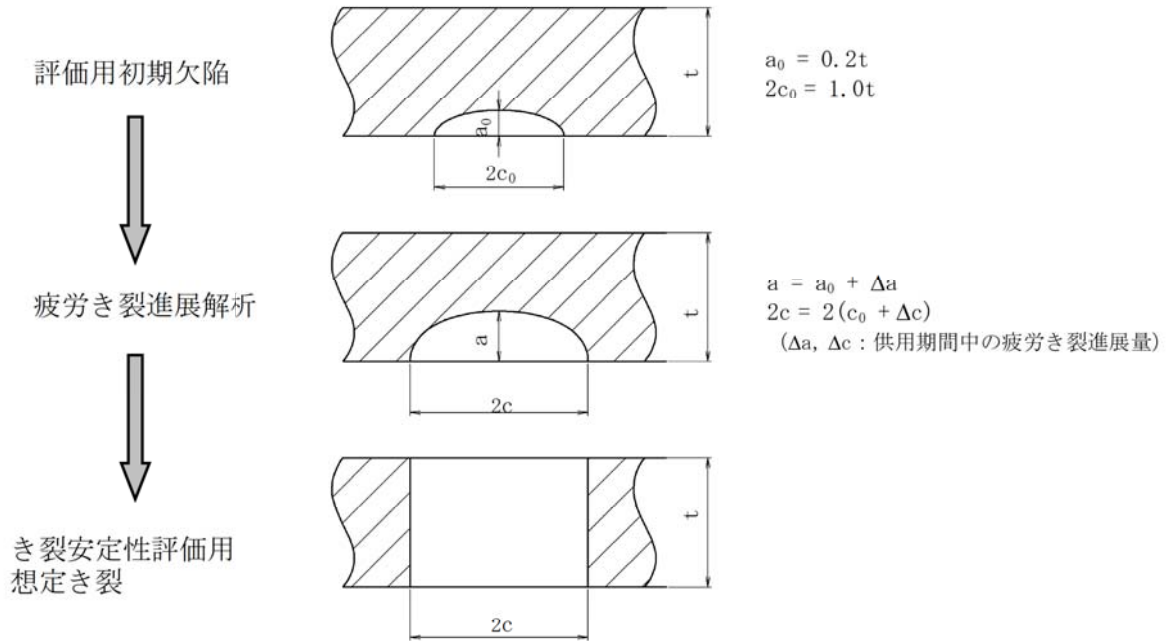


図4.1 想定き裂置換えイメージ

表4.1 き裂安定性評価用想定き裂

	き裂長さ (mm)	板厚 (mm)
加圧器サージライン用管台		
6B安全注入系ライン用管台		

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

## 5. き裂安定性評価

### (1) 評価方法

供用状態A, Bの荷重+Ss地震動の荷重により想定き裂に生じるき裂進展力を評価し、最小破壊靱性  $J(\Delta a)$  と比較して延性不安定破壊しないことを確認する。

具体的には、各供用状態の荷重から算出されるき裂進展力を示すパラメータJ積分値  $J_{app}$  と熱時効後のき裂進展抵抗  $J_{mat}$  を用いて評価を行う。

### (2) き裂進展力 ( $J_{app}$ )

き裂進展力は、評価部位の荷重とき裂長さが板厚の1倍、3倍、5倍の貫通き裂長さを用いて有限要素法により算出する。

評価条件は表5.1の通りで、配管に負荷される荷重は、PLM評価用荷重（自重+熱膨張+Ss地震動）とする。

き裂長さが1, 3, 5倍の時の値は表5.2の通りとなる。

尚、本評価の有限要素法に用いた解析コードは「MARC2005r3」である。当該コードは理論値（EPRI (Ductile Fracture Handbook NP-6301-D N14-1) の簡易J積分値）とFEMで算出したJ積分値が同等となることを確認している。使用コードの中での裕度は考慮していませんが、解析条件に保守性を持たせる（非時効材（フェライト量約10%）の応力-ひずみ線図を使用している、き裂形状を貫通き裂と想定している）ことで評価の保守性を担保している。

表5.1 評価条件

	加圧器サージライン用管台	6B 安全注入系ライン用管台																						
形状																								
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 <sup>(注)</sup> [MPa]																								
軸力 [kN]			自重	熱	地震	合計	自重	熱	地震	合計														
曲げモーメント * [kN・m]	自重	熱	地震	合計	自重	熱	地震	合計																
	My	Mz	My	Mz	My	Mz	My	Mz	My	Mz	My	Mz												
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	<p>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 (STEP1)」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っ張り試験を実施し、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る。</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin-right: 10px;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">公称応力 [MPa]</p> <p style="text-align: center;">公称ひずみ [%]</p> </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px;"> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">ひずみ [%]</td> <td style="width: 50%;">応力 [MPa]</td> </tr> </table> </div> </div> <p style="text-align: center;">非時効材のフェライト量</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; margin-top: 10px;"> <tr> <td colspan="8">化学成分%</td> <td>Cre/Nie</td> <td>フェライト量</td> </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></td> <td>F%</td> </tr> </table>		ひずみ [%]	応力 [MPa]	化学成分%								Cre/Nie	フェライト量	C	Si	Mn	Cr	Ni	MO	Cb(Nb)	N		F%
ひずみ [%]	応力 [MPa]																							
化学成分%								Cre/Nie	フェライト量															
C	Si	Mn	Cr	Ni	MO	Cb(Nb)	N		F%															

(注) 評価用圧力は、負荷喪失時のピーク圧力とする。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



表5.2 各き裂長さにおける $J_{app}$ 値

き裂長さ	加圧器サージライン用管台	6B安全注入系ライン用管台
1 t		
3 t		
5 t		

(3) 材料のき裂進展抵抗 ( $J_{mat}$ )

き裂進展抵抗 $J_{mat}$ は、電共研「1次冷却材管等の時効劣化に関する研究 (STEP III) (その2)」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決定する (算出方法はASME PVP2005-71528参照)。 $J_{Ic}$ 、 $J_6$ はデータの下限值 ( $-2\sigma$ ) を用いて算出し、表5.3の通りである。

表5.3 破壊抵抗値

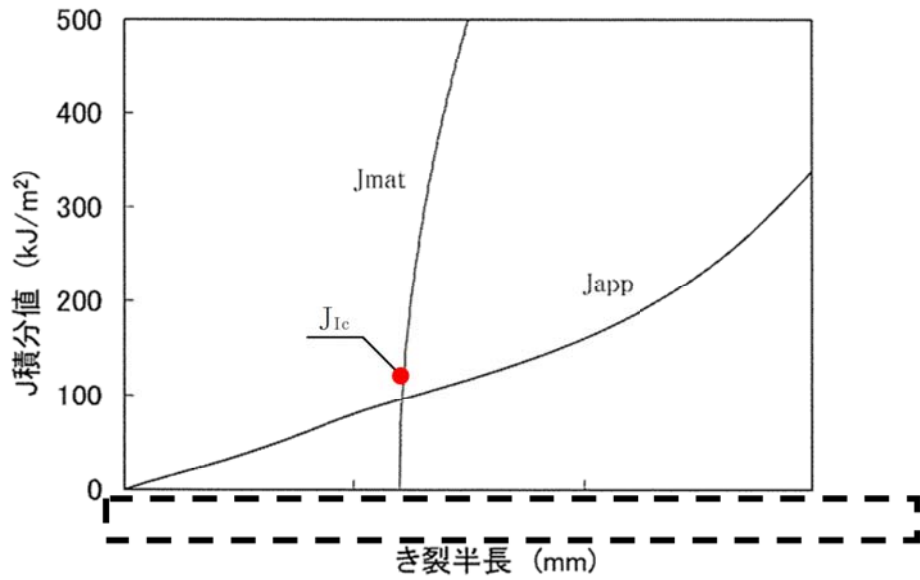
	加圧器サージライン用管台	6B安全注入系ライン用管台
$J_{Ic}$ [kJ/m <sup>2</sup> ]		
$J_6$ [kJ/m <sup>2</sup> ]		

## (4) き裂安定性評価結果

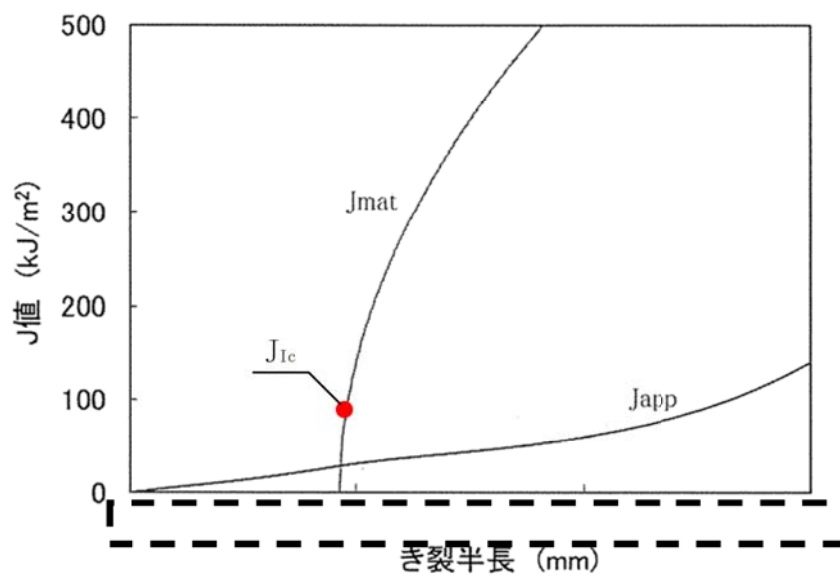
(2) 及び (3) で求めた $J_{app}$ と $J_{mat}$ の比較を行った結果を図5.1に示す。

その結果、運転開始後60年時点までの疲労き裂進展長さを考慮した評価用き裂を想定しても、 $J_{mat}$ が $J_{app}$ と交差し、 $J_{mat}$ が $J_{app}$ を上回ること、 $J_{mat}$ と $J_{app}$ 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、配管は不安定破壊することではなく、健全性評価上問題とならないと判断する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



(a) 加圧器サージライン用管台



(b) 6B 安全注入系ライン用管台

図5.1 き裂安定性評価線図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

タイトル	1次冷却材管の現状保全、製造時検査について
説明	<p>1次冷却材管の現状保全の方法を以下に示す。</p> <p>点検方法：超音波探傷検査（供用期間中検査）  判定基準：維持規格（JSME S NA1 2008）に基づき実施  点検結果：結果良好（添付1）</p> <p>1次冷却材管の製造時の検査について以下に示す。</p> <p>検査方法：放射線透過試験  判定基準：告示501号及びASTME-94に基づき実施  検査結果：結果良好（添付2（2～4頁））</p> <p>1次冷却材管台の現状保全の方法を以下に示す。</p> <p>点検方法：超音波探傷検査（供用期間中検査）  判定基準：維持規格（JSME S NA1 2008）に基づき実施  点検結果：結果良好（添付3）</p> <p>1次冷却材管台の製造時の検査について以下に示す。</p> <p>検査方法：放射線透過試験  判定基準：電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令に基づき実施  検査結果：結果良好（添付2（8～9頁））</p> <p>検査方法：浸透探傷検査  判定基準：電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令に基づき実施  検査結果：結果良好（添付2（11頁））</p>

関西電力株式会社 高浜発電所

第1号機 第27保全サイクル

定期事業者検査要領書

設 備 名：原子炉本体

原子炉冷却系統設備

計測制御系統設備

検 査 名：クラス1機器供用期間中検査

要領書番号：T1-27-101

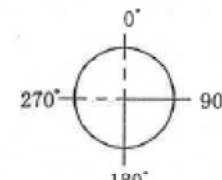
配管検査箇所図 (2/35)

項目番号	B9.11	カテゴリ	B-J
検査対象箇所	配管の同種金属溶接継手(呼び径100mm以上) 主冷却材管(27.5B,29B)		
設備数	36箇所	検査方法	UT
10年間の検査範囲	25%(9箇所)	当該年検査箇所	A 2箇所

非破壊検査記録 ( 4 / 5 )

検査年月日 平成 23 年 2 月 11 日

検査員 XXXXXXXXXX

項目番号	カテゴリ	機器名	検査の対象機器	検査箇所	
B9.11	B-J	配管	配管の同種金属溶接継手(呼び径100mm以上) 主冷却材管(29B)	A1箇所 RC-FW-1001	
検査実施内容	目視検査	1. 直接目視検査(VT-) 2. 遠隔目視検査(VT- )			
	表面検査	探傷剤	温度	浸透時間	現像時間
	体積検査	探傷器	探触子	試験片	感度
		[Redacted]	[Redacted]	KTN-MCP-29A KTN-MCP-29A KTN-MCP-29R	[Redacted]
		リジェクション OFF	接触媒質 ソニコート		
検査実施結果	検査項目		結果	備考	
	目視検査				
	表面検査	浸透探傷検査			
体積検査	超音波探傷検査	良	検査員 <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> (資格: UTⅡ)		
<p><b>評価</b> <span style="float: right;">角度の取り方(上流側より見る)</span></p> <p>起点: 配管の天を0°とした。                  垂直: セーフエンド形状のため、一部探傷不可。                  DAC20%を超える反射波を認めず。                  斜角36°(直角): 上流側(セーフエンド)からの走査はセーフエンド形状及び余盛形状のため、一部探傷不可。                  下流側(パイプ)からの走査は余盛形状のため、一部探傷不可。                  内表面近傍以外でDAC20%を超える反射波を認めず。                  内表面近傍でノイズレベルを超える反射波は、シーニング部による形状エコーである。                  斜角36°(平行): CW走査はセーフエンド形状のため、一部探傷不可。                  CCW走査はセーフエンド形状のため、一部探傷不可。                  内表面近傍以外でDAC20%を超える反射波を認めず。                  内表面近傍でノイズレベルを超える反射波を認めず。</p> <div style="text-align: right;">  </div>					

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

図面番号

69-25334-(10)  
69-25335-(10)  
69-25336-(10)

47 特 1111 号原

7-480707

KEP-TAKAHAMA NUCLEAR POWER PLANT UNIT  
関西電力高浜発電所 1 号機

原子炉冷却系統設備

主冷却水管

第 1 種管

検査記録

監 査 印	49.3.22
三菱重工業株式会社 機械原研課 原子力部 検査課	
課 長	係 長
[Redacted]	

昭和 49 年 / 月 日

送 付 先	直 文 先	大 浜 局	課
3	/	/	/

YPG51104

R U

放射線透過検査成績書  
RADIOGRAPHIC EXAMINATION REPORT

62

原子力部品質管理課  
QUALITY CONTROL SECTION

記録紙

工事名称 SUBJECT	KIP TANAYAMA NUCLEAR POWER PLANT UNIT 関西電力(株)関西発電所第1号機	品名 DESCRIPTION	主冷却材管 (RCS)	
工事番号 ORDER NO.	7-480707	図番 DWG. NO.	69-25334 25335	浴申番号 47種1117号原

撮影箇所  
SKETCH

判定基準  
ACCEPTANCE STANDARD

課長  
MANAGER, QUALITY CONTROL

MSBNJ6-F116-Rev.  
係長  
ASSISTANT CHIEF

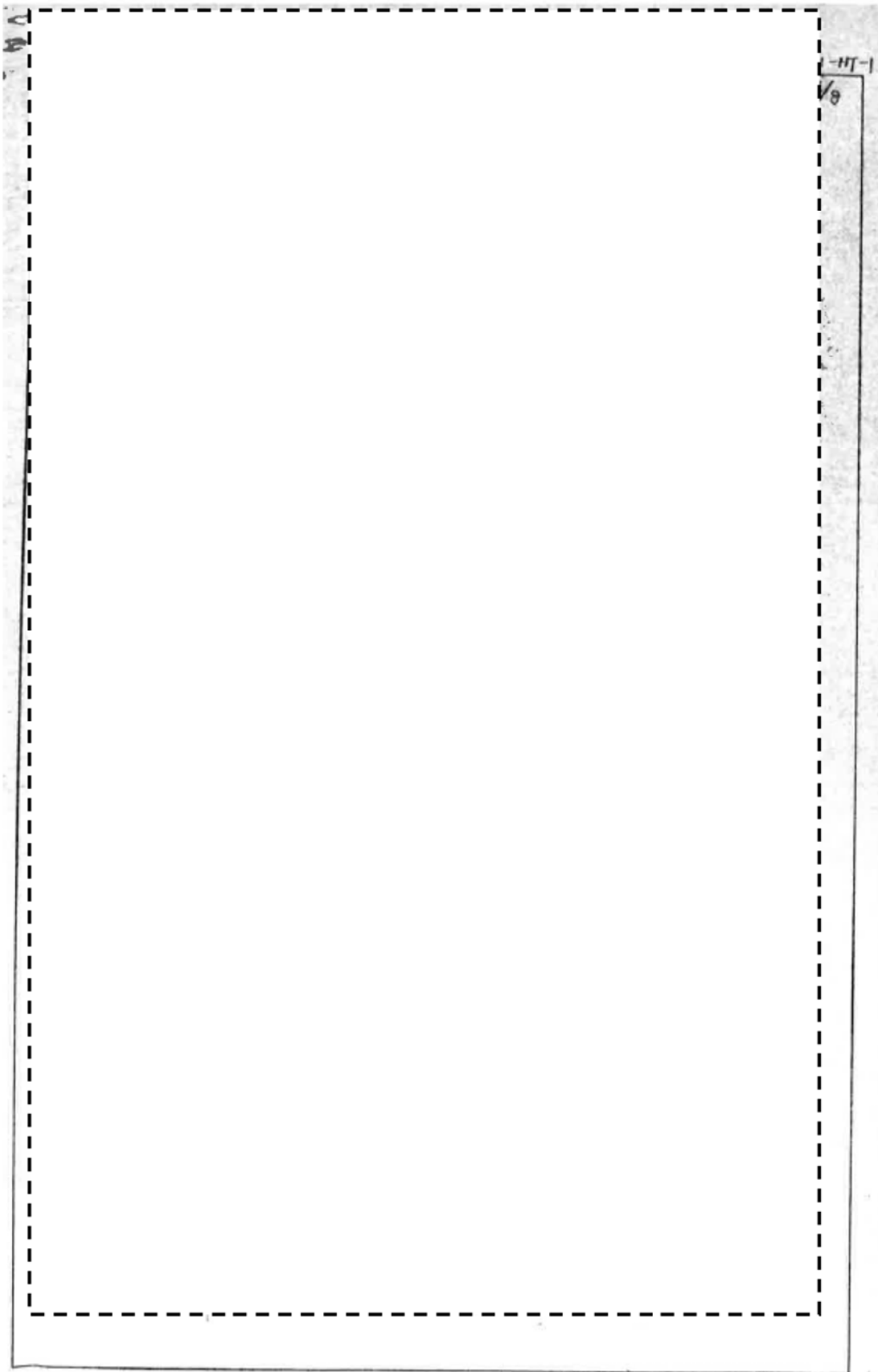
[REDACTED]  
ENGINEER, QUALITY CONTROL

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。









枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

RECORD ON WITNESS 立 合 検 査 記 録		RECORD NO. (記録番号): ROW-49		
		SHEET NO. (頁): 1/1		
		DATE: 8/10/92		
[REDACTED]				
P.O.S. NO. 客先工事番号	546-CRQ-160063BN	EQ / SYS 機 器 名	関電高圧1号 一次冷却材管	KUBOTA'S WORK NO. 62-1795
ATTENDANT 出 席 者	MITI (通産省): [REDACTED] KEPCO (関西電力): [REDACTED]		8/10/92	[REDACTED]
PART NO. 品 番	PORTION TO BE INSPECTED 被検査部分	INSPECTION 検査項目	RESULTS 検査結果	REMARKS 備 考
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
(1)				
(2)				
(3)				
(4)				

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

RECORD ON WITNESS 立 合 検 査 記 録		RECORD NO. (記録番号): ROW- 47		
		SHEET NO. (頁): 1/1		
		DATE : 8/3/72		
P.O.S. NO. 客先工事番号 546-CRG-160063BN		EQ / SYS 機 器 名 周電高圧1号 二次冷却材管	KUBOTA'S WORK NO. 62-1795	
ATTENDANT 出 席 者	MITI (通産省) : [REDACTED] KEPCO (関西電力) : [REDACTED] <del>W.H. (WATER INSPECTOR)</del>			
PART NO. 品 番	PARTION TO BE INSPECTED 検査部分	INSPECTION 検査項目	RESULTS 検査結果	REMARKS 備 考
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
NOTE : (注)				

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

放射線透過試験成績表				頁数 1/2	
				レポート No KNPT-RT-78	
品名	原子炉一次冷却材管	申請番号	審検第621795P号		
部品名	27½-1117.10.73 27½C-3	発電所名	関西電力高浜原子力発電所第1号機		
工事番号	62-1795	検査官	[REDACTED]		
継手番号	1-3	立合年月日	昭和47年8月3日		
部材名 部材番号	27½-19117° + 12°タイプカウ/210 27-19-3 127N-1				
1. 撮影条件					
試験分類	1. 最終全周 <del>2. 補修後局部</del>				
撮影年月日	昭和47年7月25日 ~ 月 日				
透過度計	有孔形透過度計	総フィルム枚数	5 枚		
2. 判定基準					
電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令（通産81）					
第29条 放射線透過試験による。					
3. 撮影位置および方法					
4. 現像条件; [REDACTED]					
5. 検査結果; 別紙 2/2頁 ~ / 頁					
検査	[REDACTED]	照査	[REDACTED]	承認	[REDACTED]

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



開先寸法および裏ハツリ検査記録										報告書紙 <sup>KNP/</sup> DT- シート紙 <sup>127N</sup> 2-M 1/1									
品名	原子炉一次冷却材管				申請番号	管検第 621795 P 号													
部品名	27 $\frac{1}{2}$ " <sup>11</sup> オールド19"ル-7°3(27 $\frac{1}{2}$ "C-3) 19"17°+12"75C9R/2"ル(KJN-1)取付部 本体				発電所名	関西電力株式会社 高浜原子力発電所 (TAK-1)													
工事番号	A0 62-1795				図面番号	H30935B-15 $\Delta$													
機手の位置						開先形状													
						開先形状は別紙機手個別により分類す													
						機手番号													
						機手位置		A — B — C — D 1-3											
項目	開 先 寸 法 検 査								用 意 せ ば 検 査										
図示寸法	a	b	a'	b'	e	f	g	h	月/日	検査官	結 果	月/日	検査官						
機手番号																			
1																			
2																			
3																			
4																			
備考									検査		照査		承認						

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



液体浸透探傷試験成績表				報告書底層 <sup>KNPI-PT-</sup> 272C-3-2-11 シート底 1/1
品名	原子炉一次冷却材管	申請番号	溶検第621795P号	
部品名	272°C用炉内用7°3(272C-3) 1°17°+12°7°炉内用(12TN-1)	発電所名	関西電力株式会社 高浜原子力発電所(TAK-1)	
工事番号	A062-1795	検査官	[REDACTED]	
図面番号	H30935B-18	立会年月日	昭和47年8月10日	
継手番号	1-3			
<b>1. 探傷条件</b>				
浸透液		浸透時間		
現像液		探傷部温度		
洗滌液		探傷表面状態		
<b>2. 判定基準</b>				
電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令 第12条 液体浸透探傷試験による。				
<b>3. 探傷結果</b>				
探傷箇所表示は別紙継手種別一覧表による				
継手番号	継手種別	備考		
[REDACTED TABLE CONTENTS]				
<b>4. 判定</b>				
合格	[REDACTED]	検査	[REDACTED]	承認
		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

関電	所長	副所長	運営統括長 (1.2.2)	品質保証室長	課長	係長	班長	係

関西電力(株)高浜発電所1号機

資料室管理番号  
1-2001-26R020

第26回定検

1次系機器供用期間中検査工事

総括報告書  
兼定期点検工事記録

技術資料：クラスB (Bs)

発行	高浜定検作業所			作成	平成21年11月20日							
作業所図書番号	改訂	所長	副所長	品管	安全	放管	工務	異物	総務(図)	作業	作成	
KT1-26-D400	0											
現地配布先	関電	作業所控	放管	機器	燃料	計装	検査	作責	控	関連資料図書番号 改訂		
内容		注文主	工事番号	年月日								
本文	1頁	関西電力株 高浜発電所 1号機	アイテム	照合者		品質保証部 原子力サービス品質管理課						
図表	1枚		2207603	H . .		課長	係長	担当	作成			
表紙共	907枚		0100									
備考	原紙保管 原サ品課					作成平成 年 月 日 出書平成 年 月 日						
配布先					控	図書番号		改訂				

## 配管検査箇所図 (18/42)

項目番号	B9.31	カテゴリ	B-J
検査対象箇所	母管と管台との溶接継手(呼び径100mm以上) 主冷却材管(12B)		
設備数	14箇所	検査方法	UT
10年間の検査範囲	25%(4箇所)	当該年検査箇所	C 1箇所
<p style="text-align: center;">12B 安全注入系ライン用管台</p>			

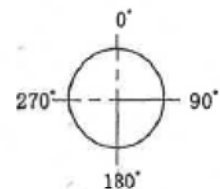
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

## 非破壊検査記録 (4/5)

検査年月日 平成21年10月17日

検査員 XXXXXXXXXX

項目番号	カテゴリ	機器名	検査の対象機器	検査箇所		
B9.31	B-J	配管	母管と管台との溶接継手(呼び径100mm以上) 主冷却材管(12B)	C1箇所 W-18/1-3		
検査実施内容	目視検査	1. 直接目視検査(VT-) <del>2. 遠隔目視検査(VT-)</del>				
	表面検査	浸透探傷検査	探傷剤	温度	浸透時間	現像時間
		超音波探傷検査	探傷器	探触子	試験片	感度
	体積検査	超音波探傷検査	<div style="border: 1px dashed black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div>	<div style="border: 1px dashed black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div>	KTN1-MCP-12B-SCS14A	<div style="border: 1px dashed black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div>
		リジェクション	接触媒質			
	OFF	ソニコート				
検査実施結果	検査項目		結果	備考		
	目視検査					
	表面検査	浸透探傷検査				
	体積検査	超音波探傷検査	良	検査員: <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>	(資格: UTⅡ級) 2)	
<p><b>評価</b></p> <p style="text-align: right;">角度の取り方(上流側より見る)</p> <p>起点: 母管(主冷却材管)の上流側を0°とした。また、Yの起点は管台側テーパ移行部を0とした。</p> <p>垂直: 余盛形状のため、一部探傷不可。 DAC20%を超える反射波を認めず。</p> <p>斜角36°(直角): 上流側(管台)からの走査は余盛形状のため、一部探傷不可。 下流側(母管)からの走査は余盛形状のため、探傷不可。 内表面近傍以外でDAC20%を超える反射波を認めず。 内表面近傍でノイズレベルを超える反射波を認めず。</p> <p>斜角21°(平行): CW走査は余盛形状のため、探傷不可。 CCW走査は余盛形状のため、探傷不可。</p>						



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<p>タイトル</p>	<p>母管及び管台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）の考え方について</p>
<p>説明</p>	<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いる。</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いる。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いる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①容器と各管との溶接継手</li> <li>②構造不連続部の継手</li> </ul> <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いる。（維持規格参照）</p> <p>選定箇所および検査部位は、社内文書（添付1）にて決定しており、具体的には添付2に示す。</p> <p>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2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いる。</p> <p>なお、プラント建設時に実施した検査は当時のメーカ基準に基づいて実施したものであり、現在実施している供用期間中検査とは適用規格や検査手法が異なる。</p>

決 裁 確 認
課 長 係 長

方針 原々No. 7



**件 名**

高浜1号機 JSME S NA1-2002「発電用原子力設備規格(2002年改訂版)」の導入に伴う第1種機器供用期間中検査他の検査対象箇所を選定について

**所 管** 原子炉保修課

課 長	係 長	班 長	作 業 長	係
-----	-----	-----	-------	---

所

副所長(技術)

後 ( )

技術次長(1, 2u)

後 ( )

品質・安全統括室長

ボイラー・タービン主任技術者

保 全 計 画 課 長

品質保証所達7.2.1  
(業務に対する要求事項)  
のレビューの結果

良好・変更要

標記については、高浜1号機第22回定検からのJSME S NA1-2002(以下「維持規格」という。)の導入に伴い、第1種機器供用期間中検査(ISI)他の検査対象箇所を選定したので上申します。

記

1. 結論

第1種、第3種ISI他の検査について維持規格に基づき選定した検査対象箇所(10年計画)により定期事業者検査を実施する(添付資料-1)。

2. 検査箇所選定の根拠

維持規格では、供用期間中検査について検査間隔 1 年(第4検査間隔以降は 1 年)における検査箇所を選定は、想定される経年変化事象に応じて代表性のある箇所を選定し、その選定箇所について検査を次の検査間隔においても継続的に行うこととしており、この考えに基づき選定した。

尚、検査箇所毎の選定根拠については、添付資料-2参照。

3. その他

今回選定した検査対象箇所については、今後、新しい情報や知見、現場の施工性、改造等を踏まえ、必要に応じ見直しを実施していくこととする。

以 上

添付資料-1: 高浜1号機 第22回定検 第1種供用期間中検査他の10年計画表  
-2: 高浜1号機 第22回定検 第1種供用期間中検査他の定点選定理由表

関西電力株式会社  
33 庶文通達 17・28-2(59)0310

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



特囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。