

大飯発電所 4号機
加圧器スプレイ配管取替えに係る
設計及び工事計画認可申請について

補足説明資料

関西電力株式会社

枠組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。

目 次

1. 工事概要	補-1
2. 設計及び工事計画認可申請の手続き	補-7
3. 設計及び工事計画認可申請における適用条文及び添付書類の整理 について	補-8
4. 1次冷却材管4B加圧器スプレイ管台の耐震評価について.....	補-18
5. 1次冷却材管4B加圧器スプレイ管台の強度評価について.....	補-27
6. 加圧器スプレイ配管取替えにおける「工事の方法」の該当箇所 について.....	補-38
7. 申請範囲の整理について.....	補-40
参考1 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 別表第一（抜粋）	
参考2 発電用原子炉施設の工事計画に係る手続きガイドの制定について （抜粋）	
参考3 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 別表第二（抜粋）	
参考4 既工認（新規制一括工認）本文及び添付資料（抜粋）	
参考5 大飯発電所3号機 加圧器スプレイ配管溶接部の事象を踏まえた 対応について	
参考6 適用規格、適用基準の変更（適用年度の変更）に伴う評価の変更内容	

1. 工事概要

1. 1 工事理由

国内 BWR プラントの原子炉冷却系統施設配管において、配管加工時に生じる硬化層を起因とした応力腐食割れが発生している。

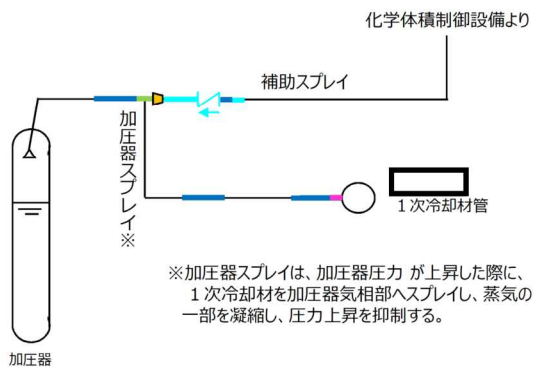
PWR プラントは1次冷却材の酸素濃度を低く管理（保安規定にて基準値 0.1ppm 以下にあることを確認）しており、大飯発電所4号機では、現在までのところ BWR プラントと同様の応力腐食割れによる損傷は発生していない。

しかしながら、原子炉冷却系統施設配管においては、製造過程で芯金を用いた曲げ加工を行うことで生じる硬化層を有する曲げ管を使用している部位があるため、自主的な安全対策として、芯金を用いずに製作した硬化層が形成されない曲げ管へ取替えるとともに、弁や管継手についても、配管と一括して取替える。

また、大飯3号機加圧器スプレイ配管の1次冷却材管台と管継手（エルボ部）の溶接部に有意な指示が認められたことに鑑みて、自主的な安全対策として、1次冷却材管台と管継手の溶接部についても取替える。

1. 2 工事内容

下記に示す部位において、同材（SUS316）へ取替える。



該当箇所	工事内容	工事理由
—	曲げ管、管継手の取替え	応力腐食割れによる対応
—	配管、T継手、逆止弁の取替え	現地施工性を踏まえた対応
—	T継手の取替え (4B×2B異径T→4B×4B同径T)	発生応力低減による対応
—	レジャーサの設置	上記の同径Tへの変更による対応
—	溶接部の取替	O3加圧器スプレイ配管溶接部での事象を踏まえた対応

□: 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。

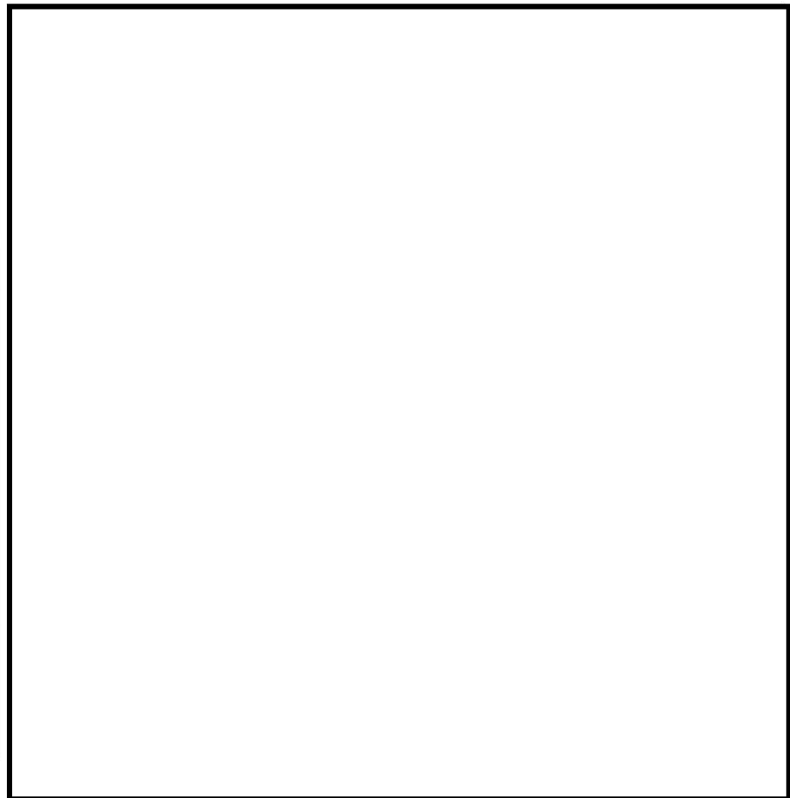
配管取替えに伴う変更箇所を以下のとおり示す。

(1) 原子炉冷却系統施設主配管
(一次冷却材の循環設備)

- ①、②：配管取替（仕様変更なし）
- ③：T継手への変更によるレジューサの設置
- ④：異径T継手から同径T継手へ変更
- ⑤：T継手の溶接方法をSWからBWへ変更

管の設計仕様			
番号	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	60.5	8.7	SUS316TP
2	114.3	13.5	
3	114.3(-) / 60.5(-)	13.5(-) / 8.7(-)	
	114.3 / 114.3	13.5 / 13.5	
4	114.3(60.5)	13.5(8.7)	SUSF316
	60.5(61.1) / 60.5(61.1) / -	8.7(9.6) / 8.7(9.6) / -	

変更前後で仕様が異なる場合は、()に変更前の仕様を示す



加圧器スプレイ配管 アイソメ図

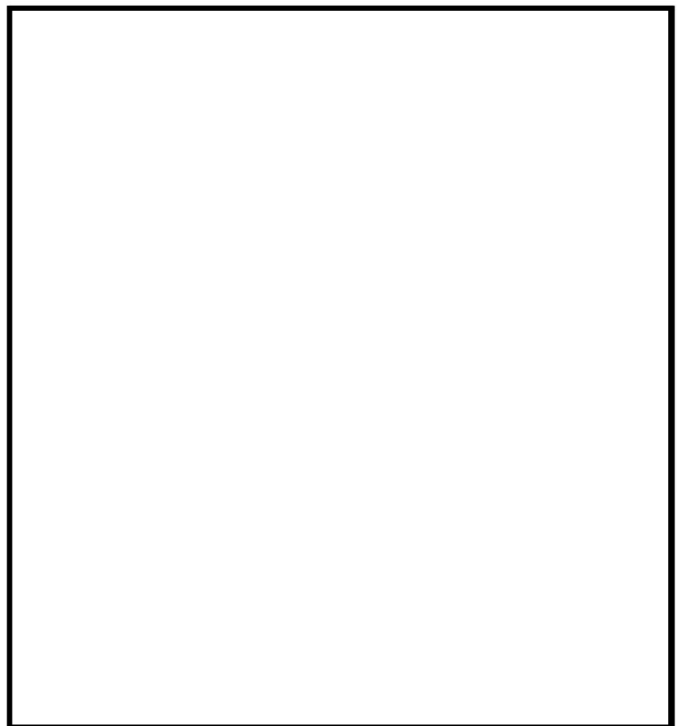
(2) 原子炉冷却系統施設主配管・主要弁
(化学体積制御設備)

管の設計仕様			
番号	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	60.5	8.7	SUS316TP
2	60.5(61.1) / 60.5(61.1) / -	8.7(9.6) / 8.7(9.6) / -	SUSF316

変更前後で仕様が異なる場合は()に変更前の仕様を示す

主 要 目 表			
種 類	-	逆止め弁	
最 高 使 用 圧 力	MPa	17.16	
最 高 使 用 温 度	℃	343	
材 料	弁 箱	-	SUSF316
	弁 ふ た	-	SUSF316

- ①：配管・弁取替
- ②：T継手の溶接方法をSWからBWへ変更

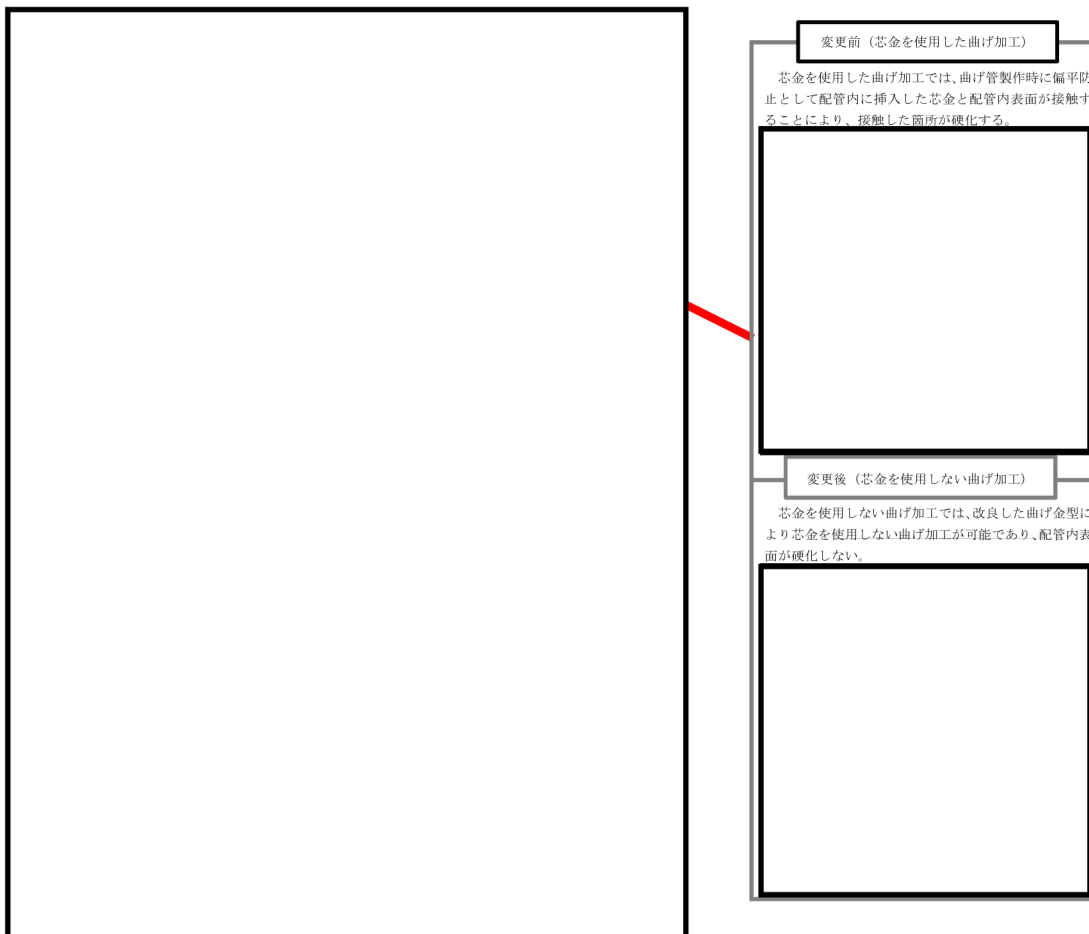


変更前後で仕様が異なる場合は()に変更前の仕様を示す

加圧器補助スプレイ配管・弁 アイソメ図

: 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。

以下に曲げ加工法の概要と、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2001) 及び (JSME S NC1-2005) 【事例規格】 発電用原子力設備における「応力腐食割れ発生」の抑制に対する考慮 (NC-CC-002)」における応力低減/改善方法の対応を示す。なお、本加工法は 2008 年以降の配管改造工事に採用されている手法である。



＜クラス 1 配管における、曲げ加工法を採用した実績＞

- 美浜 3 号機 (# 2 5 定検、2011 年) : 加圧器スプレイライン
- 高浜 1 号機 (# 2 6 定検、2009 年) : SIS 注入ライン (RCPB)
- 高浜 2 号機 (# 2 5 定検、2009 年) : SIS 注入ライン (RCPB)
- (# 2 7 定検、2011 年) : 加圧器スプレイライン
- 高浜 3 号機 (# 1 9 定検、2009 年) : 加圧器スプレイライン
- (# 2 0 定検、2010 年) : 加圧器スプレイライン
- (# 2 1 定検、2011 年) : 充てんライン (RCPB)、抽出ライン (RCPB)
- 高浜 4 号機 (# 1 9 定検、2010 年) : 加圧器スプレイライン、充てんライン (RCPB)、抽出ライン (RCPB)
- (# 2 0 定検、2016 年) : 加圧器スプレイライン、SIS 注入ライン (RCPB)
- 大飯 3 号機 (# 1 3 定検、2008 年) : 加圧器スプレイライン
- (# 1 3 定検、2008 年) : 充てんライン (RCPB)、抽出ライン (RCPB)、SIS 注入ライン (RCPB)
- (# 1 8 定検、2021 年) : 加圧器スプレイライン
- 大飯 4 号機 (# 1 3 定検、2010 年) : 充てんライン (RCPB)、抽出ライン (RCPB)、SIS 注入ライン (RCPB)
- (# 1 4 定検、2011 年) : 加圧器スプレイライン

: 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。

本申請範囲の配管継手については、発生応力の低減の対応により、T継手の変更及びレギュレーサの設置を実施するものであるが、大飯3号機 工事計画認可申請（平成19年11月19日付け関原発第324号（平成20年1月30日付け平成19・11・19原第7号認可））及び大飯3号機 工事計画届出（平成19年11月19日付け関原発第325号）において実施されている改造である。

< T継手の取替え（異径T(4B×2B)から同径T(4B×4B)への変更） >

4号機

変更前						変更後						
名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	
一次冷却材の循環設備 ループ低温側 1次冷却材管 分岐点 及び 弁4V-CS-171 ～ 加圧器	17.16	343	(注1)	(注1)	SUS316TP	一次冷却材の循環設備	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし	
			114.3	13.5								変更なし
			/	/								同左
			114.3	13.5								同左
			114.3	13.5								同左
			114.3	13.5								同左
60.5	8.7	異径T(4B×2B)を撤去										

同径T(4B×4B)に変更
異径T(4B×2B)を撤去

3号機

変更前						変更後						
名称	最高使用圧力 (kg/cm ²)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	
一次冷却材の循環設備 ループ低温側 1次冷却材管 分岐点 及び 弁3V-CS-171 ～ 加圧器	175	343	(注1)	(注1)	SUS316TP	一次冷却材の循環設備	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし	
			(114.3)	(13.5)								異径T(4B×2B)を撤去
			(114.3)	(13.5)								同左
			(60.5)	(8.7)								同左
			(114.3)	(13.5)								同左
			(114.3)	(13.5)								同左
(114.3)	(13.5)	同左										

異径T(4B×2B)を撤去

- () 内は公称値を示す。
- (注1) 既工事計画書には「一次冷却設備」と記載
- (注2) SI単位に換算したもの
- (注3) 今回の工事により4×4Bの同径T継手に変更する。
- (注4) 別途、工事計画届出（同日付 関原発 第325号）をしている。

大飯3号機 工事計画認可申請（平成19年11月19日付け関原発 第324号（平成20年1月30日付け平成19・11・19原第7号認可））から抜粋

(7) 主配管の名称、最高使用圧力、最高使用温度、外径、厚さ及び材料

名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
一次冷却材の循環設備 ループ低温側 1次冷却材管 分岐点 及び 弁3V-CS-171 ～ 加圧器	17.16	343	(注1)	(注2)	(注2)
			(注3)	(注2)	(注2)
			(60.5)	(8.7)	SUS316TP
			(114.3)	(13.5)	SUS316TP
(114.3)	(13.5)	SUS316TP	(注4)		
(114.3)	(13.5)	SUS316TP			
(114.3)	(13.5)	SUS316TP			

同径T(4B×4B)に変更

- () 内は公称値を示す。
 - (注1) 既工事計画書には「一次冷却設備」と記載
 - (注2) 修理を行う部位のみ記載する。
 - (注3) SI単位に換算したもの
 - (注4) エルボについては管と同等以上の厚さのものを選定する。
- 大飯3号機 工事計画届出（平成19年11月19日付け関原発 第325号）から抜粋

<レギュレーサの設置>

原子炉冷却系統施設

加圧水型発電用原子炉施設に係るもの（蒸気タービンに係るものを除く。）にあつては、次の事項

4 一次冷却材の循環設備に係る次の事項

(7) 主配管の名称、最高使用圧力、最高使用温度、外径、厚さ及び材料

4号機

変更前						変更後							
名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料		
一次冷却材の循環設備 ループ低温側 1次冷却材管 分岐点 及び 弁4V-CS-171 ～ 加圧器	17.16	343	(注1) 60.5	(注1) 8.7	SUS316TP	一次冷却材の循環設備 変更なし	変更なし	変更なし	同左				
			(注1) 114.3	(注1,2) 13.5	SUS316TP				変更なし				
			同左						(注2) 同左	同左			
			(注1) 114.3	(注1) 13.5	SUS316TP				レギュレーサの設置 →				
			—	—	—				(注1) 114.3	(注1) 13.5	—		
			—	—	—				—	—	60.5	8.7	SUS316TP

2. 原子炉冷却系統設備（加圧水型原子炉発電設備）

2. 4 一次冷却材の循環設備に係る次の事項

(7) 主配管の名称、最高使用圧力、最高使用温度、外径、厚さ及び材料

3号機

変更前						変更後								
名称	最高使用圧力 (kg/cm ²)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料			
一次冷却材の循環設備 ループ低温側 1次冷却材管 分岐点 及び 弁3V-CS-171 ～ 加圧器	175	343	(60.5)	(8.7)	SUS316TP	一次冷却材の循環設備 変更なし	変更なし	17.16	変更なし (注3)					
			(114.3)	(13.5)	SUS316TP				変更なし (注3)					
			同左						(114.3)	(13.5)	SUS316TP	レギュレーサの設置 →		
			(差し込み部の内径) (61.1)	(最小) 9.6	—				(60.5)	(8.7)	—			
			(差し込み部の内径) (61.1)	(最小) 9.6	SUSF316				(60.5)	(8.7)	SUSF316			
			—	—	—				—	—	—			

() 内は公称値を示す。

(注1) 既工事計画書には「一次冷却設備」と記載

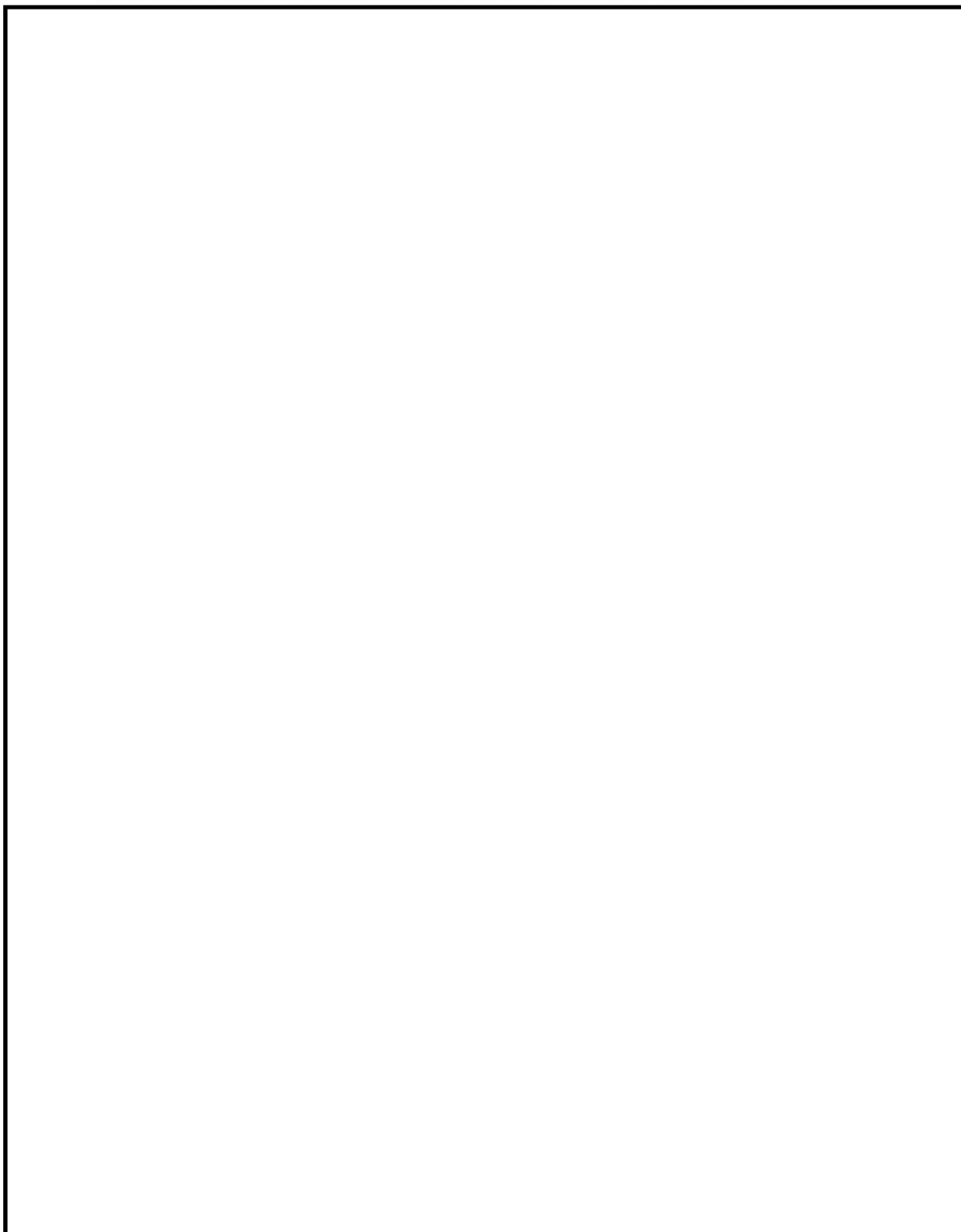
(注2) SI単位に換算したもの

(注3) 別途、工事計画届出(同日付 関原発 第325号)をしている。

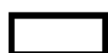
大飯3号機 工事計画認可申請(平成19年11月19日付け関原発 第324号
平成20年1月30日付け平成19・11・19原第7号認可)から抜粋

また、管台加工にあたっては、下図のとおり加工し、溶接部の超音波探傷検査の体積試験の範囲※を踏まえた寸法とすることから、取替後において、超音波探傷検査は実施可能である。なお、今回の加工範囲は「補強に有効な範囲」ではないため、管台の補強評価に使用する各寸法は建設時から変更なく、評価に影響はない。

※溶接止端部から母材側へ 10mm までの範囲（維持規格に基づく）



加圧器スプレイ配管 管台加工図

 :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。

2. 設計及び工事計画認可申請の手続き

本工事の申請にあたっては、要目表（主要寸法）及び適用規格（JSME 材料規格 2012 年版他）の変更があることから、必要な手続きは以下のとおりである。

- 炉規制法に基づく工事計画の手続き：

炉規則 別表 1 中欄の「一次冷却材の循環設備に係るもの」、「化学体積制御設備に係るもの」、「原子炉冷却系統施設の基本設計方針、適用基準又は適用規格の変更を伴うもの」の改造に該当することから、工事計画の認可申請を行う。

- 電事法に基づく工事計画の手続き：

保安に関する命令 別表 1 中欄の「一次冷却材の循環設備に係るもの」、「化学体積制御設備に係るもの」の改造に該当することから、工事計画の認可申請を行う。

要目表（抜粋）

原子炉冷却系統施設

加圧水型発電用原子炉施設に係るもの（蒸気タービンに係るものを除く。）にあつては、次の事項

4 一次冷却材の循環設備に係る次の事項

(7) 主配管の名称、最高使用圧力、最高使用温度、外径、厚さ及び材料

名称	変更前					名称	変更後				
	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
一次冷却材の循環設備 ループ低温度側 1次冷却材管 分岐点 及び 弁4V-CS-171 ～ 加圧器	17.16	343	60.5	8.7	SUS316TP	変更なし	変更なし	変更なし	同左		
			114.3	13.5	SUS316TP				変更なし		
			—	—	—				同左	同左	同左
			114.3	13.5	SUS316TP				114.3	13.5	SUS316TP
			60.5	8.7	SUS316TP				60.5	8.7	SUS316TP

基本設計方針、適用基準及び適用規格（抜粋）

変更前	変更後
<ul style="list-style-type: none"> ・発電用原子炉設備における破壊を引き起こすき裂その他の欠陥の解釈について ・液化化対策工法（地盤工学会、2004年）^(注3) ・電気規格調査会標準規格 JEC-2130(2000)構造一般事項^(注3) ・ドイツ工業 (DIN) 規格 ・DIN1693 CAST IRON ・道路標示方書・同解説（I共通編、IV下部構造編）（日本道路協会、平成14年3月）^(注3) ・日本機械学会「発電用原子炉設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（2003年版）（JSME S NE1-2003）」^(注3) ・日本機械学会「発電用原子炉設備規格 設計・建設規格（2012年版）（第I編 軽水炉規格）（JSME S NC1-2012）」^(注3) 	<p>年6月5日原子力規制委員会決定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電用原子炉設備における破壊を引き起こすき裂その他の欠陥の解釈について ・液化化対策工法（地盤工学会、2004年） ・電気規格調査会標準規格 JEC-2130(2000)構造一般事項 ・ドイツ工業 (DIN) 規格 ・DIN1693 CAST IRON ・道路標示方書・同解説（I共通編、IV下部構造編）（日本道路協会、平成14年3月） ・日本機械学会「発電用原子炉設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（2003年版）（JSME S NE1-2003）」 ・日本機械学会「発電用原子炉設備規格 設計・建設規格（2012年版）（第I編 軽水炉規格）（JSME S NC1-2012）」 ・日本機械学会「発電用原子炉設備規格 材料規格（2012年版）（JSME S NJ1-2012）」

3. 設計及び工事計画認可申請における適用条文及び添付書類の整理について

(1) 適用条文等の整理について

大飯発電所第4号機加圧器スプレイ配管取替えに係る設計及び工事計画認可申請にあたり、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」(以下「技術基準」という。)の条文について第1表に整理すると共に、適合性の確認が必要となる条文を明確にする。

なお、本申請においては、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可された設備リスト等(参考4)により技術基準の第三章 重大事故等対処施設に係る条文の適用は受けないことから記載を省略する。

【凡例】

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文

△：適用条文であるが、既に適合性が確認されている条文、又は工事計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文

×：適用を受けない条文

第1表 適用条文の整理結果 (1/5)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第二章 設計基準対象施設		
第4条 設計基準対象施設の地盤	△	本設備は、設計基準対象施設であることから、適用条文となる。また、設計基準対象施設の地盤については、平成29年8月25日付け原規規発第1708255号にて認可の工事計画（以下、「既工事計画」という）において適合性が確認されており、本工事は、設置地盤を変更するもしくは影響を与える工事ではないことから、工事計画に係る内容に影響を受けないことが確認できる。
第5条 地震による損傷の防止	○	本設備は、設計基準対象施設であることから、適用条文となる。また、変更を行う設備が耐震性に影響がないことを確認する必要がある。加えて、耐震性の評価におけるJSME材料規格2012年版の適用は、変更の工事の内容（本申請内容）に関連することから、耐震性に影響がないことを確認する必要がある。
第6条 津波による損傷の防止	△	本設備は、設計基準対象施設であることから、適用条文となる。また、津波による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、本工事において既工事計画から設計内容に変更はなく、津波による損傷の防止に係る設計を変更するもしくは影響を与える工事ではないことから、工事計画に係る内容に影響を受けないことが確認できる。
第7条 外部からの衝撃による損傷の防止	△	本設備は、設計基準対象施設であることから、適用条文となる。また、外部からの衝撃による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、本工事において既工事計画から設計内容に変更はなく、外部からの衝撃による損傷の防止に係る設計を変更するもしくは影響を与える工事ではないことから、工事計画に係る内容に影響を受けないことが確認できる。
第8条 立ち入りの防止	△	工場等に係る要求であることから、適用条文となる。また、立ち入りの防止については、工場、事業所（発電所）に対する要求であり、既工事計画において適合性が確認されており、本工事は、立ち入りの防止に係る設計を変更するもしくは影響を与える工事ではないことから、工事計画に係る内容に影響を受けないことが確認できる。
第9条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止	△	工場等に係る要求であることから、適用条文となる。また、発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止については、工場、事業所（発電所）に対する要求であり、既工事計画において適合性が確認されており、本工事は、発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止に係る設計を変更するもしくは影響を与える工事ではないことから、工事計画に係る内容に影響を受けないことが確認できる。
第10条 急傾斜地の崩壊の防止	×	急傾斜地に対する要求であり、本設備は、急傾斜地に該当しない。

第 1 表 適用条文の整理結果 (2/5)

技術基準規則	適用要否判断	理由
第 11 条 火災による損傷の防止	△	本設備は、設計基準対象施設であることから、適用条文となる。また、火災による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、本工事は、不燃材であるステンレス鋼を使用し、火災による損傷の防止に係る設計を変更するもしくは影響を与える工事ではないことから、工事計画に係る内容に影響を受けないことが確認できる。
第 12 条 発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止	△	本設備は、設計基準対象施設であることから、適用条文となる。また、溢水による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、本工事は、配管ルートの変更及び設置場所の変更はなく、溢水による損傷の防止に係る設計を変更するもしくは影響を与える工事ではないことから、工事計画に係る内容に影響を受けないことが確認できる。
第 13 条 安全避難通路等	△	本設備は、発電用原子炉施設であることから、適用条文となる。また、安全避難通路等については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、安全避難通路等に係る設計を変更するもしくは影響を与える工事ではないことから、工事計画に係る内容に影響を受けないことが確認できる。
第 14 条 安全設備	○	本設備は、安全設備であることから、適用条文となる。また、変更を行う設備が通常運転時、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故時において、必要な機能が発揮できることを確認する必要がある。
第 15 条 設計基準対象施設の機能	○	本設備は、設計基準対象施設であることから、適用条文となる。また、変更を行う設備が設計基準対象施設としての機能を有することを確認する必要がある。加えて、試験・検査性における JSME 溶接規格 2012/2013 年版、JSME 維持規格 2012/2013/2014 年版の適用は、変更の工事の内容（本申請内容）に関連することから、設計基準対象施設としての機能を有することを確認する必要がある。
第 16 条 全交流動力電源喪失対策設備	×	全交流動力電源喪失対策設備に対する要求であり、本設備は、全交流電源喪失対策設備に該当しない。
第 17 条 材料及び構造	○	本設備は、クラス 1 機器であることから、適用条文となる。また、変更を行う設備が材料及び構造を有することを確認する必要がある。加えて、材料及び構造の評価における JSME 材料規格 2012 年版、JSME 溶接規格 2012/2013 年版、JSME 維持規格 2012/2013/2014 年版の適用は、変更の工事の内容（本申請内容）に関連することから、材料及び構造を有することを確認する必要がある。

第1表 適用条文の整理結果 (3/5)

技術基準規則	適用要否判断	理由
第18条 使用中の亀裂等による破壊の防止	△	本設備は、クラス1機器であることから、適用条文となる。また、使用中の亀裂等による破壊の防止については、維持段階での要求であり、設計段階において確認する条文ではないことから、工事計画に係る内容に影響を受けないことが確認できる。
第19条 流体振動等による損傷の防止	○	本設備は、一次冷却系統に係る管であることから、適用条文となる。また、流体振動等による損傷の防止については、変更を行う設備が流体振動又は温度差のある流体の混合等により生ずる温度変動により損傷を受けない設計としていることを確認する必要がある。
第20条 安全弁等	×	安全弁等に対する要求であり、本設備は、安全弁等に該当しない。
第21条 耐圧試験等	△	本設備は、クラス1機器であることから、適用条文となる。また、耐圧試験等については、検査段階での要求であり、設計段階において確認する条文ではないことから、工事計画に係る内容に影響を受けないことが確認できる。
第22条 監視試験片	×	容器の中性子照射による劣化に対する要求であり、本設備は、容器の中性子照射による劣化に該当しない。
第23条 炉心等	×	炉心等に対する要求であり、本設備は、炉心等に該当しない。
第24条 熱遮蔽材	×	熱遮蔽材に対する要求であり、本設備は、熱遮蔽材に該当しない。
第25条 一次冷却材	×	1次冷却材に対する要求であり、本設備は、1次冷却材に該当しない。
第26条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備	×	燃料取扱施設や貯蔵施設に対する要求であり、本設備は、燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設に該当しない。
第27条 原子炉冷却材圧力バウンダリ	○	本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリであることから、適用条文となる。また、原子炉冷却材圧力バウンダリについて、変更を行う設備が一次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常に伴う衝撃等に耐えるように設計していることを確認する必要がある。※1

※1 17条8号ニの規定に対する強度評価において、運転状態IVにおける荷重は、LBBを適用して評価を実施しており、27条に規定する事故時荷重は、この評価に含まれていると考えられていることから、27条への適合性は、17条に含めて確認する。

第1表 適用条文の整理結果 (4/5)

技術基準規則	適用要否判断	理由
第28条 原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置等	○	本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置が含まれることから、適用条文となる。また、隔離装置について、変更を行う設備が本条文にて要求される機能を発揮することができる設計であることを確認する必要がある。
第29条 一次冷却材処理装置	×	1次冷却材処理装置に対する要求であり、本設備は、1次冷却材処理装置に該当しない。
第30条 逆止め弁	×	放射性物質を含まない流体を導く管への逆止め弁に対する要求であり、本設備は、逆止め弁に該当しない。
第31条 蒸気タービン	×	蒸気タービンに対する要求であり、本設備は、蒸気タービンに該当しない。
第32条 非常用炉心冷却設備	×	非常用炉心冷却設備に対する要求であり、本設備は、非常用炉心冷却設備に該当しない。
第33条 循環設備等	○	本設備は、循環設備等であることから、適用条文となる。また、循環設備等について、変更を行う設備が本条文にて要求される機能を発揮することができる設計であることを確認する必要がある。
第34条 計測装置	×	計測装置に対する要求であり、本設備は、計測装置に該当しない。
第35条 安全保護装置	×	安全保護装置に対する要求であり、本設備は、安全保護装置に該当しない。
第36条 反応度制御系統及び原子炉停止系統	×	反応度制御系統及び原子炉停止系に対する要求であり、本設備は、反応度制御系統及び原子炉停止系統に該当しない。
第37条 制御材駆動装置	×	制御材駆動装置に対する要求であり、本設備は、制御材駆動装置に該当しない。
第38条 原子炉制御室等	×	原子炉制御室等に対する要求であり、本設備は、原子炉制御室等に該当しない。
第39条 廃棄物処理設備等	×	廃棄物処理設備等に対する要求であり、本設備は、廃棄物処理設備等に該当しない。
第40条 廃棄物貯蔵設備等	×	廃棄物貯蔵設備等に対する要求であり、本設備は、廃棄物貯蔵設備等に該当しない。
第41条 放射性物質による汚染の防止	×	放射性物質による汚染の防止に対する要求であり、本設備は、放射性物質による汚染の防止に該当しない。

第1表 適用条文の整理結果 (5/5)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第42条 生体遮蔽等	×	生体遮蔽等に対する要求であり、本設備は、生体遮蔽等に該当しない。
第43条 換気設備	×	換気設備に対する要求であり、本設備は、換気設備に該当しない。
第44条 原子炉格納施設	×	原子炉格納施設に対する要求であり、本設備は、原子炉格納施設に該当しない。
第45条 保安電源設備	×	保安電源設備に対する要求であり、本設備は、保安電源設備に該当しない。
第46条 緊急時対策所	×	緊急時対策所に対する要求であり、本設備は、緊急時対策所に該当しない。
第47条 警報装置等	×	警報装置等に対する要求であり、本設備は、警報装置等に該当しない。
第48条 準用	×	補助ボイラー、電気設備等の準用が適用される設備に対する要求であり、本設備は、準用に係る設計に該当しない。

(2) 添付する書類の整理について

大飯発電所第4号機加圧器スプレィ配管取替えに係る設計及び工事計画認可申請に添付する書類について、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」に基づき、第2表に整理する。

第2表 本申請における添付資料の要否(1/4)

施設区分	添付書類名称 ※実用炉規則別表第二に要求のない添付資料	今回の添付の有無 ※ DB、SA を防護する設備			添付書類の添付の考え方
		4号機			
		DB	SA	防護する設備※	
施設共通	送電関係一覧図	×	×	×	本工事計画は送電関係設備を含まないため添付しない。
	急傾斜地崩壊危険区域内において行う制限工事に係る場合は、当該区域内の急傾斜地(急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律第二条第一項に規定するものをいう。以下同じ。)の崩壊の防止措置に関する説明書	×	×	×	本工事計画は急傾斜地崩壊危険区域内での工事ではないため添付しない。
	工場又は事業所の概要を明示した地形図	×	×	×	本工事計画は地形図の変更を伴わないため添付しない。
	主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図	×	×	×	当該図面は、「設置の工事」又は、「基数の増加」時に発電所全体の主要設備の配置図として添付するものであり、本工事計画は「変更の工事」であり、個別施設ごとの配置を明示した図面で確認できるため、添付しない。
	単線結線図(接地線(計器用変成器を除く。))については電線の種類、太さ及び接地の種類も併せて記載すること。	×	×	×	本工事計画は非常用電源設備を含まないため添付しない。
	新技術の内容を十分に説明した書類	×	×	×	本工事計画は技術基準規則及びその解釈に基づかない設備を施設しないため添付しない。
	発電用原子炉施設の熱精算図	×	×	×	本工事計画は発電用原子炉施設の熱精算に影響を与えないため添付しない。
	熱出力計算書	×	×	×	本工事計画は原子炉の熱出力に影響を与えないため添付しない。
	発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	○	×	×	設置変更許可の許可事項が、工事計画に申請事項として記載されていること及びそれらの技術基準への適合性を明確にするため添付する。
	排気中及び排水中の放射性物質の濃度に関する説明書	×	×	×	本工事計画は排気中及び排水中の放射性物質の濃度に影響を与えないため添付しない。
	人が常時勤務し、又は頻繁に出入する工場又は事業所内の場所における線量に関する説明書	×	×	×	本工事計画は周辺監視区域、保全区域及び管理区域の設定方法並びに管理区域への出入管理等の変更を伴わないため添付しない。
	発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書	×	×	×	本工事計画は既設建屋内でのDB施設の改造であること及び防護施設等を変更しないことから、既工認で評価した防護設計に影響を与えないことは明らかであるため、添付しない。

第2表 本申請における添付資料の要否(2/4)

施設区分	添付書類名称 ※実用炉規則別表第二に要求のない添付資料	今回の添付の有無 ※ DB、SA を防護する設備			添付書類の添付の考え方
		4号機			
		DB	SA	防護する設備※	
原子炉冷却系統施設	放射性物質により汚染するおそれがある管理区域(第二条第二項第四号に規定する管理区域のうち、その場所における外部放射線に係る線量のみが同号の規定に基づき告示する線量を超えるおそれがある場所を除いた場所をいう。)並びにその地下に施設する排水路並びに当該排水路に施設する排水監視設備及び放射性物質を含む排水を安全に処理する設備の配置の概要を明示した図面	×	×	×	本工事計画は排水監視設備及び放射性物質を含む排水を安全に処理する設備を含まないため添付しない。
	取水口及び放水口に関する説明書	×	×	×	本工事計画は取水口及び放水口を含まないため添付しない。
	設備別記載事項のうち、容量又は注入速度、最高使用圧力、最高使用温度、個数、再結合効率、加熱面積、伝熱面積、揚程又は吐出圧力、原動機の出力、外径、閉止時間、漏えい率、制限流量、落下速度、駆動速度及び挿入時間、効率、吹出圧力、慣性定数、回転速度半減時間、慣性モーメント、設定破裂圧力並びに設計温度の設定根拠に関する説明書	○	×	×	本工事計画は左記施設別記載事項の変更を伴う改造を含むため添付する。
	環境測定装置(放射線管理用計測装置に係るものを除く。)の構造図及び取付箇所を明示した図面	×	×	×	本工事計画は環境測定装置を含まないため添付しない。
	クラス1機器(技術基準規則第二条第二項第三十三号ロに規定するクラス1機器をいう。)及び炉心支持構造物の応力腐食割れ対策に関する説明書(クラス1機器にあつては、支持構造物を含めて記載すること。)	○	×	×	本工事計画はクラス1機器の応力腐食割れ対策に関する適合性を説明するため添付する。
	安全設備(技術基準規則第二条第二項第九号に規定する安全設備をいう。)及び重大事故等対処設備(設置許可基準規則第二条第二項第十四号に規定する重大事故等対処設備をいう。)が使用される条件の下における健全性に関する説明書	○	×	×	本工事計画は安全設備が使用される環境条件等の適合性を説明するため添付する。
	発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書	×	×	×	本工事計画は不燃性材料を採用し改造するため、既工認で評価した防護設計に影響を与えないことは明らかであるため添付しない。
	発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書	×	×	×	本工事計画は溢水の影響を受けない静的機器である配管を改造することから、既工認で評価した防護設計に影響を与えないことは明らかであるため添付しない。
発電用原子炉施設の蒸気タービン、ポンプ等の損壊に伴う飛散物による損傷防護に関する説明書	×	×	×	本工事計画は蒸気タービン及びポンプの改造を含まないこと、また、「原子炉冷却材圧力バウンダリに属する配管に対するLBB成立性評価結果に関する説明書」において配管破損形式の変更となる改造ではないことから、既工認で評価した防護設計に影響を与えないことは明らかであるため添付しない。	

第2表 本申請における添付資料の要否(3/4)

施設区分	添付書類名称 ※実用炉規則別表第二に要求のない添付資料	今回の添付の有無 ※ DB、SA を防護する設備			添付書類の添付の考え方
		4号機			
		DB	SA	防護する設備※	
原子炉冷却系統施設	通信連絡設備に関する説明書及び取付箇所を明示した図面	×	×	×	本工事計画は通信連絡設備の改造を含まないため添付しない。
	安全避難通路に関する説明書及び安全避難通路を明示した図面	×	×	×	本工事計画は既設建屋内での改造であること及び既設建屋の避難通路を変更しないことから、既工認で評価した防護設計に影響を与えないことは明らかであるため添付しない。
	非常用照明に関する説明書及び取付箇所を明示した図面	×	×	×	本工事計画は既設建屋内での改造であること及び既設建屋の非常用照明を変更しないことから、既工認で評価した防護設計に影響を与えないことは明らかであるため添付しない。
	原子炉冷却系統施設に係る機器の配置を明示した図面及び系統図	○	×	×	本工事計画は原子炉冷却系統施設の改造であるため添付する。
	蒸気タービンの給水処理系統図	×	×	×	本工事計画は原子炉冷却系統施設の蒸気タービンを含まないため添付しない。
	耐震性に関する説明書(支持構造物を含めて記載すること。)	○	×	×	本工事計画は原子炉冷却系統施設の改造であるため添付する。
	強度に関する説明書(支持構造物を含めて記載すること。)	○	×	×	本工事計画は原子炉冷却系統施設の改造であるため添付する。
	構造図	○	×	×	本工事計画は原子炉冷却系統施設の改造であるため添付する。
	原子炉格納容器内の原子炉冷却材又は一次冷却材の漏えいを監視する装置の構成に関する説明書、検出器の取付箇所を明示した図面並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書	×	×	×	本工事計画は原子炉格納容器内の原子炉冷却材又は一次冷却材の漏えいを監視する装置等を含まないため添付しない。
	蒸気発生器及び蒸気タービンの基礎に関する説明書及びその基礎の状況を明示した図面	×	×	×	本工事計画は蒸気発生器及び原子炉冷却系統施設の蒸気タービンの変更は伴わないため添付しない。
	流体振動又は温度変動による損傷の防止に関する説明書	○	×	×	本工事計画は流体振動又は温度変動による損傷の防止への適合性を説明するため添付する。
	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書	×	×	×	本工事計画は原子炉冷却系統施設の非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備のポンプを含まないため添付しない。
	蒸気タービンの制御方法に関する説明書	×	×	×	本工事計画は原子炉冷却系統施設の蒸気タービンを含まないため添付しない。
	蒸気タービンの振動管理に関する説明書	×	×	×	本工事計画は原子炉冷却系統施設の蒸気タービンを含まないため添付しない。
蒸気タービンの冷却水の種類及び冷却水として海水を使用しない場合は、可能取水量を記載した書類	×	×	×	本工事計画は原子炉冷却系統施設の蒸気タービンの冷却水を含まないため添付しない。	

第2表 本申請における添付資料の要否(4/4)

施設区分	添付書類名称 ※実用炉規則別表第二に要求のない添付資料	今回の添付の有無 ※ DB、SA を防護する設備			添付書類の添付の考え方
		4号機			
		DB	SA	防護する設備※	
原子炉冷却系統施設	安全弁及び逃がし弁の吹出量計算書(パネ式のものに限る。)	×	×	×	本工事計画は原子炉冷却系統施設の安全弁及び逃がし弁を含まないため添付しない。
	設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書	○	×	×	本工事計画は原子炉冷却系統施設の改造であるため添付する。

4. 1次冷却材管4B加圧器スプレイ管台の耐震評価について

4. 1 概要

本資料は、1次冷却材管4B加圧器スプレイ管台が十分な耐震性を有することを確認するため、設計確認として実施した耐震評価についてまとめたものである。評価の結果、発生値は許容値を満足しており、地震動に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

適用規格は、次のとおりである。

- (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)
(以下「JSME S NC1」という。)
- (2) 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)
(以下「JEAC4601」という。)
- (3) 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」
(JEAG4601・補-1984)
- (4) 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- (5) 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
(以降、「JEAG4601」と記載しているものは上記3指針を指す。)

4. 2 記号の説明

本資料で用いる記号については、次に定義する。

記号	単位	定義
MIN (A、B)	—	A 又は B の2つの値のうち小さい方の値
S_m	MPa	設計応力強さ
S_u	MPa	設計引張強さ
D	—	死荷重
P	—	地震と組み合わせべきプラントの運転状態(冷却材喪失事故後の状態は除く)における圧力荷重
M	—	地震及び死荷重以外で地震と組み合わせべきプラントの運転状態(冷却材喪失事故後の状態は除く)で設備に作用している機械的荷重
P_L	—	冷却材喪失事故直後を除き、その後に生じる圧力荷重
M_L	—	冷却材喪失事故直後を除き、その後に生じる死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重
S_d	—	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又はSクラス設備に適用される静的地震力
S_s	—	基準地震動 S_s により定まる地震力
C_s	—	JSME S NC1の供用状態C相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
D_s	—	JSME S NC1の供用状態D相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態

4. 3 評価方針

4 B 加圧器スプレイ管台の評価では、「4. 3. 1 荷重の組合せ及び許容応力」にて設定した荷重の組合せ及び許容限界に基づき、「4. 4 荷重条件」に示す荷重によって発生する応力等が許容限界内に収まることを確認する。

4. 3. 1 荷重の組合せ及び許容応力

荷重の組合せ及び許容応力を第3-1表に示す。また、材料の設計応力強さ及び設計引張強さを第3-2表に示す。なお、地震と組み合わせる運転状態は[]とし、許容応力の設定に用いる温度は、[]時の最高温度とする。

4. 3. 2 内圧による応力

内圧による応力は、有限要素法及び規格式により算出する。有限要素解析モデル図を第3-1図に示す。

4. 3. 3 外荷重による応力

外荷重による応力は、はり理論及びバイラード法により算出する。

4. 3. 4 地震荷重の変動回数

疲労評価に用いる地震荷重の変動回数は、以下のとおりとする。

S_d地震：300回

S_s地震：200回

[]: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。

第3-1表 荷重の組合せ及び許容応力

項目 区分	許容 応力 状態	荷重の組合せ	許 容 限 界			
			一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	C _s	D+P+M+S _d	(注1) 1.2S _m	(注2) 左欄のα倍の値	(注3) 3S _m	(注4、5) S _d 又はS _s 地震動のみによる 疲労解析を行い、供用状態 A,Bにおける疲労累積係数と の和を1.0以下とする。
	D _s	(注6) D+P _L +M _L +S _d	(注1) MIN(2/3S _u 、2.4S _m)	(注2) 左欄のα倍の値	S _d 又はS _s 地震動のみ による応力 振幅につい て評価する。	
		D+P+M+S _s				

(注1) オーステナイト系ステンレス鋼に適用する許容限界を示す。

(注2) αは応力解析における純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値とする。

(注3) 3S_mを超えるときは簡易弾塑性解析を行う。

(注4) JSME S NC1 PVB-3140(6)を満たすときは、疲労解析を行うことを要しない。ただし、「応力の全振幅」は「S_d又はS_s地震動による応力の全振幅」と読み替える。

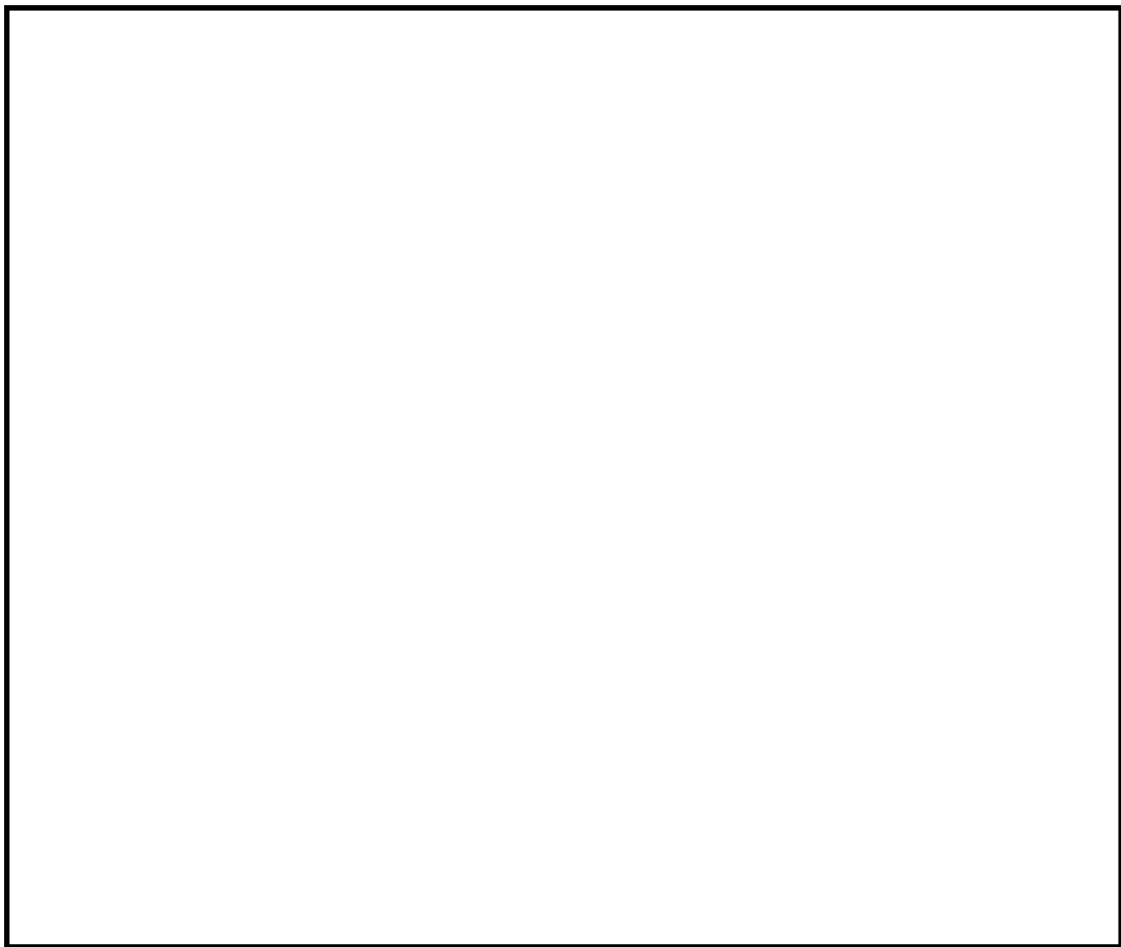
(注5) 供用状態A,Bにおいて疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が1.0以下とする。

(注6) 冷却材喪失事故後の状態における圧力荷重は、に比べて十分小さいため考慮しない。また、冷却材喪失事故後の状態で設備に作用する機械的荷重はないため考慮しない。

第3-2表 設計応力強さ及び設計引張強さ

(単位：MPa)

材 料	設計応力強さ等の種類	温度条件	使用箇所
SUSF316	S _m	118	4 B 加圧器スプレイ管台
	S _u	427	
SCS14A	S _m	118	27.5 ^{IN} ID主管 (コールドレグ)
	S _u	420	



第3-1図 有限要素解析モデル図

: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。

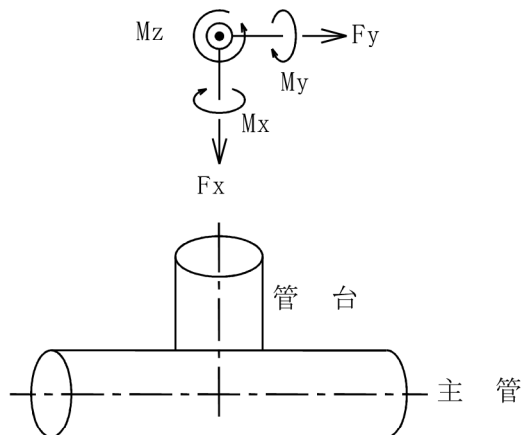
4. 4 荷重条件

管台に作用する荷重として、加圧器スプレイ配管における地震応答解析から得られた反力を第4-1表に示す。

第4-1表 管台に作用する荷重

箇所	荷重の種類		軸力 (kN)			モーメント (kN・m)		
			F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
4B 加圧器 スプレイ管台	自重							
	Ss地震	一次						
		一次+二次						
	Sd地震	一次						
		一次+二次						

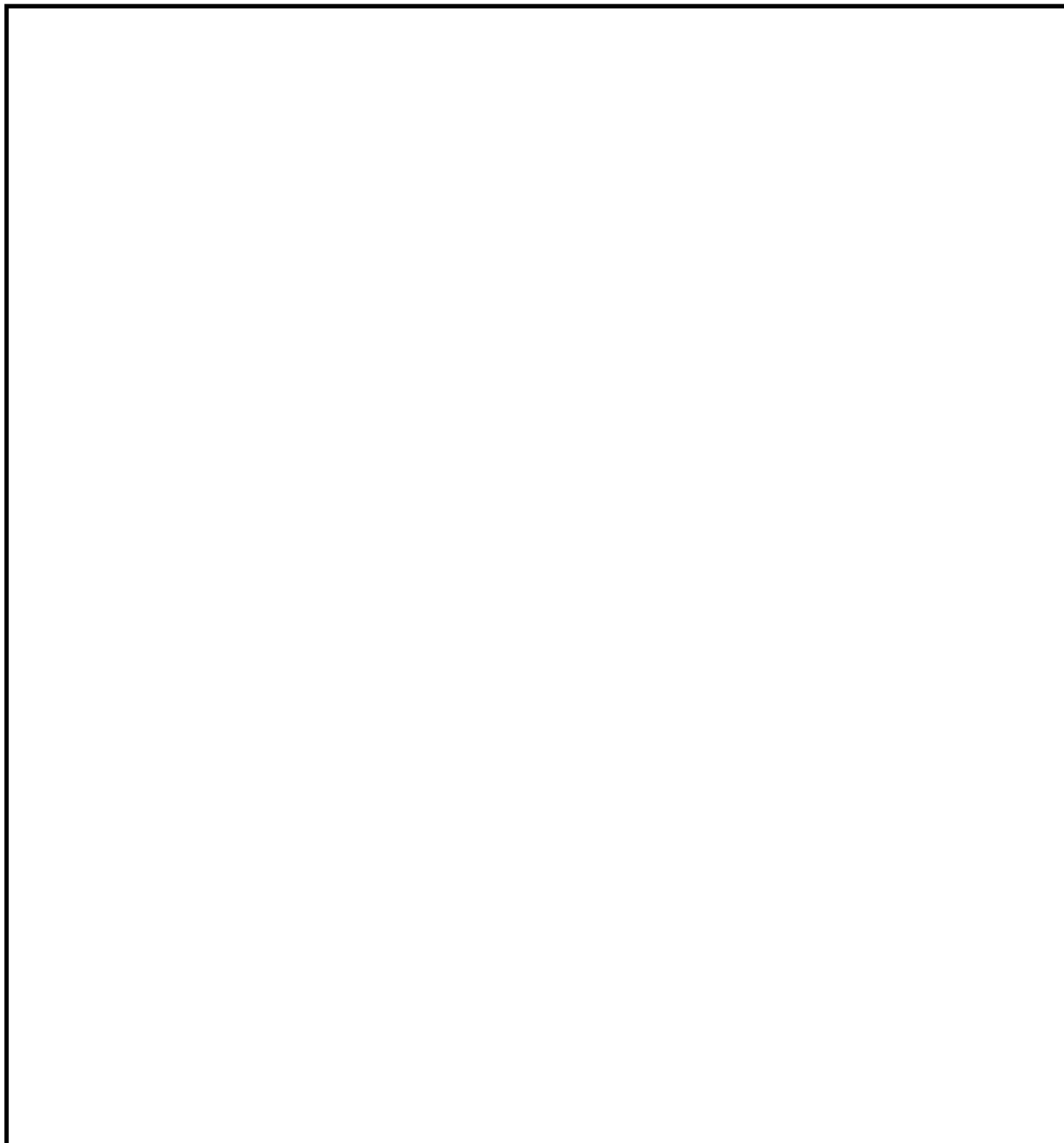
(注) 荷重の方向は以下による。




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。

4. 5 評価結果

4 B加圧器スプレイ管台の形状、寸法、材料及び評価点を第5-1図に、評価結果の概要を第5-1表及び第5-2表に示す。発生値は許容値を満足しており、地震動に対して十分な構造強度を有していることを確認した。



第5-1図 形状、寸法、材料及び評価点

: 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。

第5-1表 弾性設計用地震動 S_d による評価結果 (D+P+M+Sd)

評価部位	応力分類	発生値	許容値	備考
4 B 加圧器 スプレイ管台	一次一般膜応力強さ (MPa)	118	141	【評価点2】
	一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)	162	199	【評価点4】
	一次+二次応力強さ (MPa)	312	354	【評価点4】
	疲労評価	0.001	1.0	【評価点6】

第5-2表 基準地震動 S_s による評価結果 (D+P+M+Ss)

評価部位	応力分類	発生値	許容値	備考
4 B 加圧器 スプレイ管台	一次一般膜応力強さ (MPa)	155	283	【評価点2】
	一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)	206	399	【評価点4】
	一次+二次応力強さ (MPa)	569	354	【評価点4】 ^(注1)
	疲労評価	0.094	1.0	【評価点6】

(注1) 簡易弾塑性解析を実施し、疲労評価により発生値が許容値を満足することを確認している。

4. 6 その他

応力評価の手法については、新規制一括工認における管台の応力評価に適用されているものである。

また、新規制一括工認において、コールドレグの管台である蓄圧タンク注入管台及び充てん管台は、当該管台と同様、一次＋二次応力強さの発生値が許容値を上回っており、簡易弾塑性解析を実施し、疲労評価により発生値が許容値を満足することを確認している。

以上のことから、当該管台の評価は特異なものではないと考える。

5. 1 次冷却材管 4 B 加圧器スプレイ管台の強度評価について

5. 1 概 要

本資料は、1 次冷却材管 4 B 加圧器スプレイ管台が十分な強度を有することを確認するため、設計確認として実施した強度評価についてまとめたものである。評価の結果、発生値は許容値を満足しており、十分な強度を有していることを確認した。

適用規格は、次のとおりである。

(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)

(以下「JSME S NC1」という。)

5. 2 記号の説明

本資料で用いる記号については、次に定義する。

記 号	単 位	定 義
F	MPa	ピーク応力
F _x	kN	X 軸方向の荷重
F _y	kN	Y 軸方向の荷重
F _z	kN	Z 軸方向の荷重
MIN (A、B)	MPa	A 又は B の 2 つの値のうち小さい方の値
M _x	kN・m	X 軸回りのモーメント
M _y	kN・m	Y 軸回りのモーメント
M _z	kN・m	Z 軸回りのモーメント
P _b 、P _b	MPa	一次曲げ応力
PL、P _L	MPa	一次局部膜応力
P _m 、P _m	MPa	一次一般膜応力
Q	MPa	二次応力
S _m	MPa	設計応力強さ
S _u	MPa	設計引張強さ
S _y	MPa	設計降伏点
U	—	疲労累積係数

5. 3 評価方針

4 B加圧器スプレイ管台の評価では、「5. 3. 1 荷重の組合せ及び許容応力」にて設定した荷重の組合せ及び許容限界に基づき、「5. 4 荷重条件」に示す荷重によって発生する応力等が許容内に収まることを確認する。

5. 3. 1 荷重の組合せ及び許容応力

荷重の組合せ及び許容応力を第3-1表及び第3-2表に示す。また、材料の設計応力強さ及び設計引張強さを第3-3表に示す。考慮する設計過渡条件は、「原子炉容器上部ふた取替工事」の工事計画認可申請書 添付資料2-2「強度計算方法」（平成17・11・08原第8号、平成17年12月22日付け認可）に記載したものと同一である。

5. 3. 2 内圧による応力

内圧による応力は、有限要素法及び規格式により算出する。有限要素解析モデル図を第3-1図に示す。

5. 3. 3 外荷重による応力

外荷重による応力は、はり理論及びバイラード法により算出する。

5. 3. 4 熱過渡による応力

熱過渡による応力は、有限要素法により算出する。有限要素解析モデル図は、内圧による応力を算出するモデルと同一である。

第3-1表 荷重の組合せ

状 態	荷重の組合せ
設計条件	$P + M + D$
供用状態 A, B	$P + M + D + T + O$
供用状態 C	$P + M + D$
供用状態 D	$P + M + D + A$
試験状態	$P + M + D$

記 号

P : 圧 力

M : 機械的荷重(自重、熱膨張荷重を除く)^(注)

D : 自重

T : 熱膨張荷重

O : 熱 過 渡

A : 事故時荷重

(注) 1次冷却材管の場合、 $M=0$ である。

第3-2表 許容応力

応力分類 状態	一次一般膜 応力強さ	一次局部膜 応力強さ	(注1、2) 一次膜+一次曲げ 応力強さ	一次+二次 応力強さ	一次+二次 +ピーク 応力強さ
	P_m	P_L	$P_L + P_b$ 、 $P_m + P_b$	$P_L + P_b$ + Q	$P_L + P_b$ + $Q + F$
設計条件	S_m	$1.5 S_m$	$\alpha (S_m)$	—	—
供用状態 A及びB	—	—	—	(注4) $3 S_m$	(注5) $U \leq 1.0$
供用状態 C	$1.2 S_m$	$1.8 S_m$	$\alpha (1.2 S_m)$	—	—
供用状態 D	$\text{MIN}(2.4 S_m$ 、 $2/3 S_u)$	$\text{MIN}(3.6 S_m$ 、 $S_u)$	$\text{MIN} \alpha (2.4 S_m$ 、 $2/3 S_u)$	—	—
試験状態	$0.9 S_y$	$1.35 S_y$	$1.35 S_y$ (注3)	—	—

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

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

ここで、

d_i : 管台内径

d_o : 管台外径

(注2) 試験状態に適用する一次膜は一次一般膜応力である。

(注3) 一次曲げ応力が発生する部位の一次一般膜応力強さが $2/3 S_y$ を超える場合には $2.15 S_y - 1.2 P_m$ に置換える。

(注4) 応力強さの全振幅に対する評価値であり、これを超える場合は簡易弾塑性解析を行う。

(注5) 疲労評価において、設計繰返し回数が2種類以上あるので、疲労累積係数が1.0以下であること。

第3-3表 設計応力強さ及び設計引張強さ

(単位：MPa)

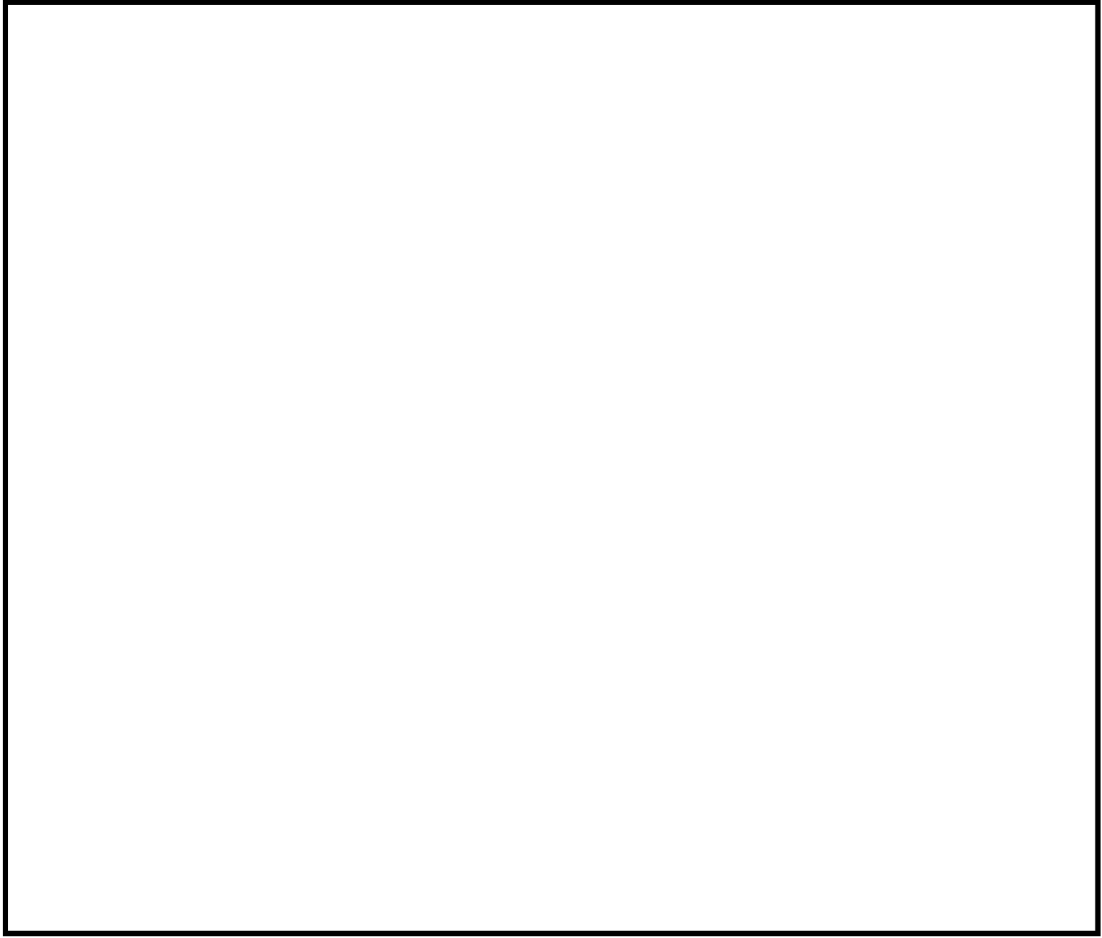
材 料	設計応力強さ等の種類	供用状態					使用箇所
		設計条件	供用状態 A、B	供用状態 C	供用状態 D	試験状態	
SUSF316	(注1) S_m	114	120	113	113	—	4 B 加圧器 スプレイ管台
	(注2) S_y	—	—	—	—	205	
	(注3) S_u	—	—	—	427	—	
SCS14A	(注1) S_m	115	121	113	113	—	27.5 ^{IN} ID 主管 (コールドレグ)
	(注2) S_y	—	—	—	—	205	
	(注3) S_u	—	—	—	420	—	

(注1) JSME S NC1 付録材料図表 Part5 表 1 による。


(注2) JSME S NC1 付録材料図表 Part5 表 8 による。

(注3) JSME S NC1 付録材料図表 Part5 表 9 による。

: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。



第3-1図 有限要素解析モデル図

: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。

5. 4 荷重条件

管台に作用する荷重として、加圧器スプレイ配管の解析から得られた反力を第4-1表に示す。また、疲労評価に用いる設計過渡回数を第4-2表に示す。

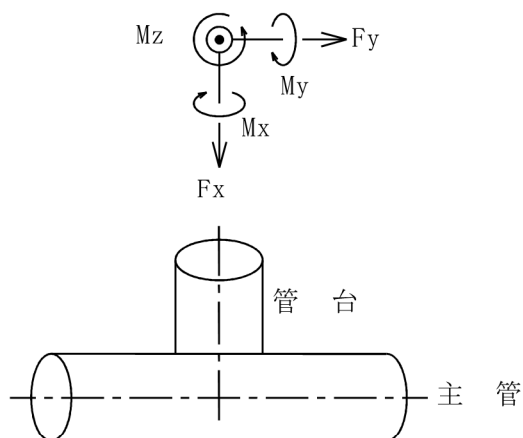
第4-1表 管台に作用する荷重

作用箇所	荷重の種類	軸 力 (kN)			曲げモーメント (kN・m)		
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
4 B 加圧器 スプレイ管台	自 重 (注1)	[Redacted]					
	熱 膨 張 (注2)						
	事 故 時 (注3)						

(注1) 自重解析による機械的荷重。

(注2) 熱膨張荷重は、供用状態A、Bに適用する。

(注3) 事故時荷重は、供用状態Dにて一次応力強さが最も大きくなる符号の組合せを適用する。



: 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。

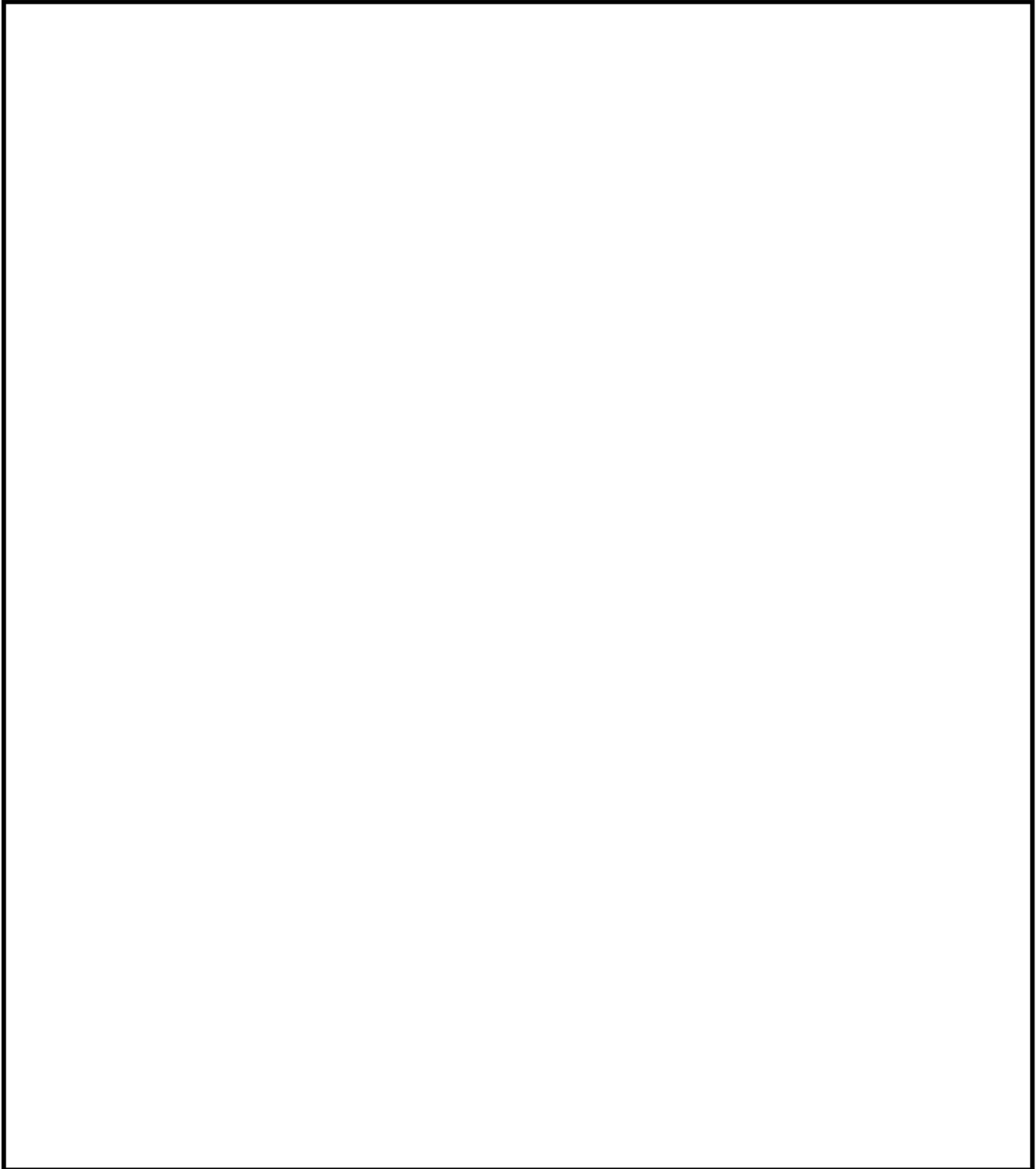
第4-2表 設計過渡回数

過 渡 条 件		回 数		
供 用 状 態 A	起 動 (温度上昇率 55.6°C/h)			
	停 止 (温度降下率 55.6°C/h)			
	負荷上昇 (負荷上昇率 5%/min)			
	負荷減少 (負荷降下率 5%/min)			
	90%から 100%へのステップ状負荷上昇			
	100%から 90%へのステップ状負荷減少			
	100%からの大きいステップ状負荷減少			
	定常負荷運転時の変動			
	燃料交換時			
	0%から 15%への負荷上昇			
	15%から 0%への負荷減少			
	1 ループ停止 / 1 ループ起動		停 止 起 動	
	供 用 状 態 B		負荷の喪失	
			外部電源喪失	
1 次冷却材流量の部分喪失				
100%からの 原子炉トリップ		不注意な冷却を伴わないトリップ		
		不注意な冷却を伴うトリップ		
		不注意な冷却と SI を伴うトリップ		
1 次冷却系の異常な減圧				
制御棒クラスタの落下				
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動				
1 次冷却系停止ループの誤起動				
タービン回転試験				
1 次系漏えい試験				


: 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. 5 評価結果

4 B加圧器スプレイ管台の形状、寸法、材料及び評価点を第5-1図に、評価結果の概要を第5-1表に示す。発生値は許容値を満足しており、各状態において十分な強度を有していることを確認した。



第5-1図 形状、寸法、材料及び評価点

: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。

第5-1表 強度評価結果

評価部位	状態	応力分類	発生値	許容値	備考
4 B 加圧器 スプレイ管台	設計条件	一次一般膜応力強さ (MPa)	101	114	【評価点9L~14C】
		一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)	111	171	【評価点13L, 14L】
	供用状態 A及びB	一次+二次応力強さ (MPa)	195	360	【評価点13C】
		疲労評価	0.001	1.0	【評価点9L】
	供用状態C	一次一般膜応力強さ (MPa)	111	135	【評価点9L~14C】
		一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)	122	203	【評価点13L, 14L】
	供用状態D	一次一般膜応力強さ (MPa)	111	271	【評価点9L~14C】
		一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)	122	406	【評価点13L, 14L】
	試験状態	一次一般膜応力強さ (MPa)	126	184	【評価点9L~14C】
		一次局部膜応力強さ (MPa)	139	276	【評価点13L, 14L】
		一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)	96	276	【評価点2】

5. 6 その他

応力評価の手法については、原子炉容器上部ふた取替工事 工事計画認可申請書（平成17・11・08原第8号、平成17年12月22日付け認可）における管台の応力評価に適用されているものである。

6. 加圧器スプレイ配管取替えにおける「工事の方法」の該当箇所について

加圧器スプレイ配管取替えにおける「工事の方法」に該当する箇所及び適用規格を変更した溶接規格 2012/2013 と維持規格 2012/2013/2014 の該当する箇所は下表のとおりである。

項目	対象 要否	該当箇所の補足説明
1. 工事の手順		
1.1 工事の手順と使用前事業者検査 図 1 (設置又は変更の工事における工事の手順と検査)	○	今回の加圧器スプレイ配管取替えに係る検査は発電所及び工場で実施する。今回の申請範囲に関して、技術基準に適合していることを確認するため、「構造、強度又は漏えいに係る検査」と「機能又は性能に係る検査」を実施する。
1.2 主要な耐圧部の溶接部に係る工事の手順と使用前事業者検査 図 2 (主要な耐圧部の溶接部に係る工事の手順と検査)	○	主要な耐圧部の溶接に係る検査が発生するため、対象。
1.3 燃料体に係る工事の手順と使用前事業者検査 図 3 (燃料体に係る工事の手順と検査)	—	燃料体に係る工事が発生しないため、対象外。
2. 使用前事業者検査の方法		
2.1 構造、強度又は漏えいに係る検査		
2.1.1 構造、強度又は漏えいに係る検査		
材料検査	○	今回の新設する主配管及び弁を対象として、技術上の基準に適合しているか確認するため、当該検査を実施する。
寸法検査	○	
外観検査	○	
組立て及び据付け状態を確認する検査(据付検査)	○	
状態確認検査	○	
耐圧検査	○	
漏えい検査	○	
原子炉格納施設が直接設置される基盤の状態を確認する検査	—	CV 施設が直接設置される対象がないため、対象外。
建物・構築物の構造を確認する検査	—	建物・構築物の構造を確認する検査が発生しないため、対象外。
2.1.2 主要な耐圧部の溶接部に係る検査	○	主要な耐圧部の溶接に係る検査が発生するため、対象。
2.1.3 燃料体に係る検査	—	燃料体に係る工事が発生しないため、対象外。
2.2 機能又は性能に係る検査		
2.2.1 燃料体を挿入できる段階の検査	—	当該段階に係る検査が発生しないため、対象外。
2.2.2 臨界反応操作を開始できる段階の検査	—	当該段階に係る検査が発生しないため、対象外。
2.2.3 工事完了時の検査	○	バウンダリ構成確認検査及び通水検査を当該段階に実施するため、対象。(工事の完了時期)
2.3 基本設計方針検査	—	基本設計方針の変更がないため、対象外。
2.4 品質マネジメントシステムに係る検査	○	今回の工事計画に示すプロセスのとおり実施していることを確認するため、「品質マネジメントシステムに係る検査」を実施する。

項目	対象 要否	該当箇所の補足説明
3. 工事上の留意事項		
3.1 設置又は変更の工事に係る工事上の留意事項		
a. 設置又は変更の工事を行う発電用原子炉施設の機器等について、周辺資機材、他の発電用原子炉施設及び環境条件からの悪影響や劣化等を受けないよう、隔離、作業環境維持、異物侵入防止対策等の必要な措置を講じる。	○	工事における一般的な留意事項であるため、該当する。
b. 工事にあたっては、既設の安全上重要な機器等へ悪影響を与えないよう、現場状況、作業環境及び作業条件を把握し、作業に潜在する危険性又は有害性や工事用資機材から想定される影響を確認するとともに、隔離、火災防護、溢水防護、異物侵入防止対策、作業管理等の必要な措置を講じる。	○	
c. 設置又は変更の工事を行う発電用原子炉施設の機器等について、必要に応じて、供用後の施設管理のための重要なデータを採取する。	○	
d. プラントの状況に応じて、検査・試験、試運転等の各段階における工程を管理する。	○	
e. 設置又は変更の工事を行う発電用原子炉施設の機器等について、供用開始後に必要な機能性能を発揮できるよう製造から供用開始までの間、維持する。	○	
f. 放射性廃棄物の発生量低減に努めるとともに、その種類に応じて保管及び処理を行う。	○	
g. 現場状況、作業環境及び作業条件を把握し、放射線業務従事者に対して防護具の着用や作業時間管理等適切な被ばく低減措置と、被ばく線量管理を行う。また、公衆の放射線防護のため、気体及び液体廃棄物の放出管理については、周辺監視区域外の空气中・水中の放射性物質濃度が「線量限度等を定める告示」に定める値を超えないようにするとともに、放出管理目標値を超えないように努める。	○	
h. 修理の方法は、基本的に「図 1 工事の手順と使用前事業者検査のフロー（燃料体を除く）」の手順により行うこととし、機器等の全部又は一部について、撤去、切断、切削又は取外しを行い、据付、溶接又は取付け、若しくは同等の方法により、同等仕様又は性能・強度が改善されたものに取替を行う等、機器等の機能維持又は回復を行う。また、機器等の一部撤去、一部撤去の既設端部について閉止板の取付け、蒸気発生器、熱交換器又は冷却器の伝熱管への閉止栓取付け若しくは同等の方法により適切な処置を実施する。	○	
i. 特別な工法を採用する場合の施工方法は、技術基準に適合するよう、安全性及び信頼性について必要に応じ検証等により十分確認された方法により実施する。	—	今回の工事計画は、特別な工法は採用しないため、該当しない。
3.2 燃料体の加工に係る工事上の留意事項	—	燃料体の加工に係る作業がないため、対象外。

: 溶接規格 2012/2013 に係る事項

: 維持規格 2012/2013/2014 に係る事項

7. 申請範囲の整理について

- ▶ 申請範囲の配管は、原子炉冷却系統施設の一次冷却材循環設備及び化学体積制御設備に該当する。
- ▶ 加圧器スプレイ配管の取替えについて、配管取替え自体は要目表の変更を伴い、実用炉規則の別表第一中欄における「改造」のうち「一次冷却材の循環設備に係るもの」及び「化学体積制御設備に係るもの」に該当し、「認可」対象である。（関連箇所を赤下線で表示）
- ▶ また、設計・評価に用いる適用規格（JSME）を変更（既工認に記載のない規格を適用）することから、適用規格の変更は、実用炉規則の別表第一中欄における「改造」のうち「原子炉冷却系統施設の基本設計方針、適用基準又は適用規格の変更を伴うもの」に該当し、「認可」対象である。（関連箇所を青下線で表示）
- ▶ 一方、加圧器スプレイ管台（以下、「既設管台」という。）については、一部加工を行うが、以下のとおり工認ガイドにおける「改造」、「修理」に該当するものではない（要目表の変更はなく、また、性能強度に影響を及ぼすものでもない）ことから、申請対象外である。

[改造]

既設管台については、設計・評価に用いる適用規格は、設計・建設規格 2005/2007 であり変更とはならないこと、また、溶接部については、溶接規格 2012/2013 を適用するが、溶接規格 2012/2013 の適用範囲は溶接施工に適用するものであり、既設管台に適用するものではないことから、実用炉規則の別表第一中欄における「改造」のうち「原子炉冷却系統施設の基本設計方針、適用基準又は適用規格の変更を伴うもの」に該当しない。

[修理]

・取替工事

既設管台の一部加工を行うが、「要目表の記載の変更を伴わない範囲で部材等を取り替えるもの」ではないことから、実用炉規則の別表第一下欄における「修理」のうち「一次冷却材循環設備に係るものの取替え」に該当しない。

・性能又は強度に影響を及ぼす工事

既設管台の一部加工を行うが、「要目表の記載の変更を伴うもの」ではないことから、実用炉規則の別表第一下欄における「修理」のうち「一次冷却材循環設備に係るものの性能又は強度に影響を及ぼすもの」に該当しない。

以上のことから、申請範囲の加圧器スプレイ配管は「認可」手続き対象、既設管台は申請対象外と考えている。

実用炉規則（抜粋）

別表第一

工事の種類	認可を要するもの	事前届出を要するもの
二 変更の工事		
(二) 発電用原子炉の基数の増加の工事以外の変更の工事であって、次の発電用原子炉施設に係るもの		
3 原子炉冷却系統施設	<p>2 加圧水型発電用原子炉施設に係るものの<u>改造</u>（蒸気タービンに係るものの改造を除く。）であって、次に掲げるもの</p> <p>(5) <u>一次冷却材の循環設備に係るもの</u></p> <p>(9) <u>化学体積制御設備に係るもの</u></p> <p>(11) 原子炉冷却系統施設（蒸気タービンを除く。）の基本設計方針、<u>適用基準又は適用規格の変更を伴うもの</u></p>	<p>4 加圧水型発電用原子炉施設に係るものの<u>修理</u>（蒸気タービンに係るものの修理を除く。）であって、次に掲げるもの</p> <p>(1) 一次冷却材の循環設備、余熱除去設備（原子炉冷却材圧力バウンダリに係るものに限る。）、非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備（原子炉冷却材圧力バウンダリに係るものに限る。）又は化学体積制御設備（原子炉冷却材圧力バウンダリに係るものに限る。）に係るものの取替え</p> <p>(2) 一次冷却材の循環設備、主蒸気・主給水設備、余熱除去設備、非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備、化学体積制御設備又は原子炉補機冷却設備（非常用のものに限る。）に係るものの性能又は強度に影響を及ぼすもの</p>

工認ガイド（抜粋）

3) 発電用原子炉の基数の増加の工事以外の変更の工事

既に設置されている発電用原子炉施設において、設備又は機器を変更する工事をいい、さらに以下の工事に分類して認可又は届出手続の範囲を規定している。

C. 改造

機器等の主要仕様表（以下「要目表」という。）の記載を変更し、機器等を新たなものへ変更する工事の他、機器等の実物の変更を伴わない容量の変更及び号機間での機器等の共用化を行うもの並びに既に設置されている機器の撤去又は台数及び容量を変更する工事も改造の工事とみなす。また、「基本設計方針、適用基準又は適用規格（以下「基本設計方針等」という。）の変更」についても規則別表第1中欄において改造として認可対象としており、機器等の実物の変更を伴わない場合でも、新たな基準等に対応するために基本設計方針等の記載事項を変更する必要があるれば、認可手続が必要となる。その場合には、新たな基本設計方針等に基づく機器等として取扱いを決定する手続を工事とみなすこととする。...

D. 修理

供用中に不具合が発見された場合、又は具体的に不具合が発見されていない場合であって、他の事例等から予防保全的に対策を講ずる場合に、設備又は機器の一部を手直し（溶接補修は除く。）し、機器の機能維持又は回復を目的として行う工事をいう。規則別表第1ではさらに取替工事と性能又は強度に影響を及ぼす工事に分類して認可又は届出手続の範囲を規定している。

a. 取替工事

修理の工事において要目表の記載の変更を伴わない範囲で部材等を取り替えるものをいい、「原子炉冷却材圧力バウンダリ」を構成する機器（主蒸気安全弁、主蒸気逃がし安全弁、制御棒駆動機構、予備品（使用前検査又は供用の実績のあるものに限る。）及び消耗品（ボルトを含む。）等を除く。）を工事計画の手続の対象としている。

b. 性能又は強度に影響を及ぼす工事

修理の工事において要目表の記載の変更を伴うものをいう。なお、要目表の記載がJIS規格に基づく「公称値」である場合であって、配管の切削等による工事後の厚さがJISで定める許容差を差し引いた厚さを超えない範囲の工事は、性能又は強度に影響を及ぼす工事とはみなさない。

➤ なお、今回の申請範囲の配管（ループ低温側1次冷却材管分岐点及び弁4V-CS-171～加圧器）と既設管台（4B加圧器スプレイ管台）は、要目表において、主配管の中で配管と管台で分けされており、材料が異なっている。

加圧器スプレイ配管 要目表 [今回申請] (抜粋)

原子炉冷却系統施設

加圧水型発電用原子炉施設に係るもの（蒸気タービンに係るものを除く。）にあつては、次の事項

4 一次冷却材の循環設備に係る次の事項

(7) 主配管の名称、最高使用圧力、最高使用温度、外径、厚さ及び材料

変更前						変更後								
名 称	最高使用	最高使用	外 径	厚 さ	材 料	名 称	最高使用	最高使用	外 径	厚 さ	材 料			
	圧 力	温 度					圧 力	温 度						
	(MPa)	(℃)	(mm)	(mm)			(MPa)	(℃)	(mm)	(mm)				
一次冷却材の循環設備 ループ低温側 1次冷却材管 分岐点 及び 弁4V-CS-171 ～ 加圧器	17.16	343	(注1)	(注1)	SUS316TP	変更なし	変更なし	変更なし	同左					
			60.5	8.7					変更なし					
			(注1)	(注1,2)					114.3	13.5	SUS316TP	同左	(注2)	同左
			114.3	13.5								(注1)	(注1)	SUS316TP
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				

加圧器スプレイ管台 要目表 [新規制一括工認] (抜粋)

変更前						変更後					
名 称	最高使用	最高使用	外 径	厚 さ	材 料	名 称	最高使用	最高使用	外 径	厚 さ	材 料
	圧 力	温 度					圧 力	温 度			
	(MPa)	(℃)	(mm)	(mm)			(MPa)	(℃)	(mm)	(mm)	
一次冷却材の循環設備 コールドレグ 4B 加圧器 スプレイ 管台	17.16	343	114.3	13.5	SUSF316	一次冷却材の循環設備 コールドレグ 3B 充てん管台	19.3	363	変更なし		
									(注3)	変更なし	変更なし
(注5, 8)	17.16	343	114.3	13.5	SUSF316	(注4)	19.3	363	(注4)	13.5	SUSF316
(注5, 11)	17.16	343	89.1	11.1	SUSF316						

- 40-II-3-4-25 -

▶ 今回の申請範囲のうち、「加圧器スプレイ配管」と「加圧器スプレイ配管と申請範囲外である加圧器スプレイ管台の溶接部（以下、溶接部という）」における申請範囲の境界部は、下図に示すとおり溶接前においては、赤ハッチング部（開先面）、溶接後においては、溶接部※と考えている。

※ 技術基準規則第 17 条 15 号のとおり、溶接部は溶接金属及び熱影響部を示す

▶ また、熱影響部の範囲は、溶接規格 2012/2013 の表 N-X050-1 の規定に、クラス 1 管の継手区分 B の非破壊試験において、「溶接金属部に隣接する幅 13mm の範囲内の母材を含めた部分における非破壊試験」となっていることから、溶接端から母材側に 13mm の範囲であると考えている。

▶ なお、配管取替えに伴い溶接を行うものであることから、今回の申請範囲として溶接部を含めているが、溶接部に溶接規格 2012/2013 を適用し、既設管台に溶接規格 2012/2013 を適用するものではない。今回申請範囲である加圧器スプレイ配管と溶接部、申請範囲外である加圧器スプレイ管台における適用規格は、下表のとおりである。

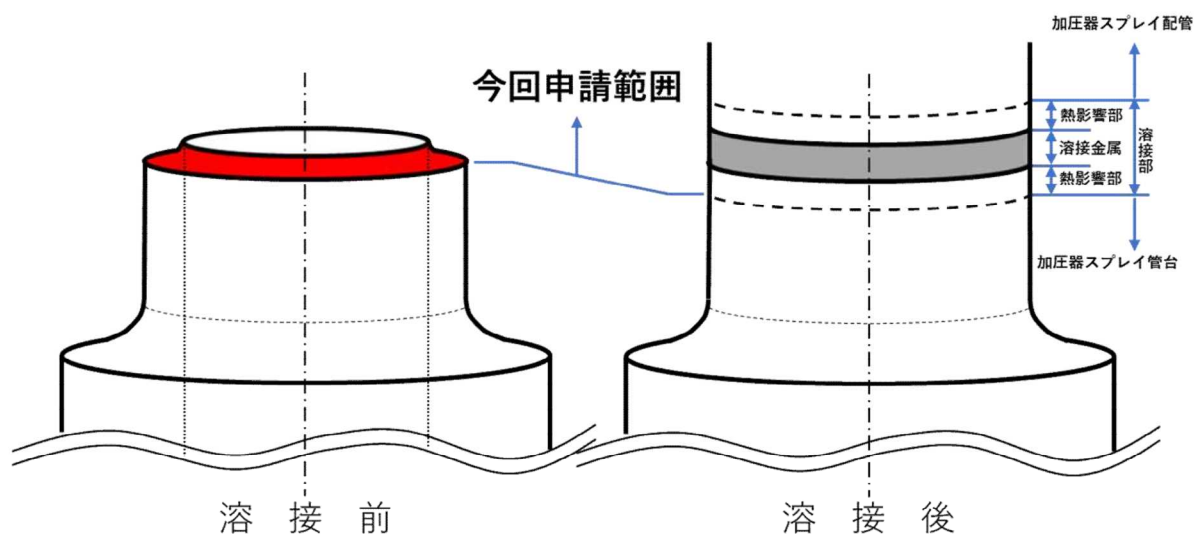


図 申請範囲と申請範囲外の境界

申請範囲、申請範囲外における適用規格（設計・建設規格及び溶接規格）の整理

		適用する規格及び項目番号		
		設計・建設規格 2005/2007	設計・建設規格 2012	溶接規格 2012/2013
申請範囲	加圧器 スプレイ 配管	—	PPB-2100～2200 PPB-2400 PPB-3100 PPB-3400～3500 PPB-3700～3800	—
	溶接部	—	—	第1部 N-0030～N-0040、 N-5010～N-5130 第2部 溶接施工法認証標準 第3部 溶接士技能認証標準
申請範囲外	加圧器 スプレイ 管台	PPB-1200 PPB-2100～2200 PPB-2400 PPB-3100 PPB-3400 PVB-3100 PPB-3700～3800	—	—

- 溶接部については、「主要な耐圧部の溶接部に係る検査」として、技術基準への適合性を溶接規格 2012/2013 に基づき確認するものであり、溶接部である溶接金属及び熱影響部それぞれに対して、溶接規格における確認方法は以下のとおりである。

溶接部（溶接金属及び熱影響部）に適用する溶接規格2012/2013の整理

技術基準 第十七条 十五号	溶接部		確認方法
	溶接金属	熱影響部	
イ 不連続で特異な形状でないものであること。	N-5010 N-5060 N-5070	N-5010 N-5060 N-5070	溶接部形状を寸法検査にて確認する。
ロ 溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。	N-5010 N-5020 N-5030 N-5040(2) N-5050(1) N-5080 N-5090 N-5100	N-5010 N-5020 N-5030 N-5040(2) N-5050(1) N-5080 N-5090 N-5100	溶接部の健全性を非破壊試験等により確認する。 非破壊試験については、表 N-X050-1 に規定のとおり、今回のクラス 1 管の継手区分 B の試験範囲に溶接金属に隣接する幅 13mm の範囲内の母材を含める。
ハ 適切な強度を有するものであること。	N-5040(1) N-5050(2) N-5110 N-5120 N-5130	N-5050(2) N-5110 N-5120 N-5130	溶接部の強度が母材と同等以上であることを確認する。
ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法、溶接設備及び技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものであること。	N-0030 N-0040 N-0050 第2部 溶接施工法認証標準 第3部 溶接士技能認証標準	N-0030 N-0040 N-0050 第2部 溶接施工法認証標準 第3部 溶接士技能認証標準	溶接部の健全性を機械試験等により確認する。 機械試験については、破壊靱性試験が要求されており、解説表 表N-X110-1-2において、溶接金属及び熱影響部が対象となっているが、今回のクラス1管はオーステナイトステンレス鋼であることから、試験を要さないことを確認する。

参考1 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 別表第一（抜粋）

工事の種類	認可を要するもの	事前届出を要するもの
二 変更の工事		
(二) 発電用原子炉の基数の増加の工事以外の変更の工事であって、次の発電用原子炉施設に係るもの		
3 原子炉冷却系統施設	<p>...</p> <p>2 加圧水型発電用原子炉施設に係るものの改造(蒸気タービンに係るものの改造を除く。)であって、次に掲げるもの</p> <p>...</p> <p>(5) 一次冷却材の循環設備に係るもの</p> <p>...</p> <p>(9) 化学体積制御設備に係るもの</p> <p>...</p> <p>(11) 原子炉冷却系統施設(蒸気タービンを除く。)の基本設計方針、適用基準又は適用規格の変更を伴うもの</p> <p>...</p>	<p>...</p> <p>3 加圧水型発電用原子炉施設に係るものの改造(蒸気タービンに係るものの改造及び中欄に掲げるものを除く。)であって、原子炉補機冷却設備(主要弁を除く。)又は原子炉格納容器内の一次冷却材の漏えいを監視する装置に係るもの</p> <p>4 加圧水型発電用原子炉施設に係るものの修理(蒸気タービンに係るものの修理を除く。)であって、次に掲げるもの</p> <p>(1) 一次冷却材の循環設備、余熱除去設備(原子炉冷却材圧力バウンダリに係るものに限る。)、非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備(原子炉冷却材圧力バウンダリに係るものに限る。)又は化学体積制御設備(原子炉冷却材圧力バウンダリに係るものに限る。)に係るものの取替え</p> <p>(2) 一次冷却材の循環設備、主蒸気・主給水設備、余熱除去設備、非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備、化学体積制御設備又は原子炉補機冷却設備(非常用のものに限る。)に係るものの性能又は強度に影響を及ぼすもの</p> <p>...</p>

参考2 発電用原子炉施設の工事計画に係る手続きガイドの制定について（抜粋）

2. 設計及び工事の計画の認可及び届出手続の範囲

(1) 工事の種類

3) 発電用原子炉の基数の増加の工事以外の変更の工事

C. 改造

機器等の主要仕様表（以下「要目表」という。）の記載を変更し、機器等を新たなものへ変更する工事の他、機器等の実物の変更を伴わない容量の変更及び号機間での機器等の共用化を行うもの並びに既に設置されている機器の撤去又は台数及び容量を変更する工事も改造の工事とみなす。また、「基本設計方針、適用基準又は適用規格（以下「基本設計方針等」という。）の変更」についても規則別表第1中欄において改造として認可対象としており、機器等の実物の変更を伴わない場合でも、新たな基準等に対応するために基本設計方針等の記載事項を変更する必要がある場合は、認可手続が必要となる。その場合には、新たな基本設計方針等に基づく機器等として取扱いを決定する手続を工事とみなすこととする。同様に、「工事の方法の変更」についても規則別表第1中欄において改造として認可対象としており、要目表の記載に変更のない工事であっても、工事の方法が既に認可を受けたものと異なる場合には、認可手続が必要となる。なお、機器等の仕様の変更については、発電用原子炉施設の主要な設備又は機器についての改造について認可の対象とし、その他の改造について届出の対象としている。

参考3 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 別表第二（抜粋）

発電用原子炉施設の種類の	記載すべき事項		添付書類（認可の申請又は届出に係る工事の内容に関係あるものに限る。）
	一般記載事項	設備別記載事項（認可の申請又は届出に係る工事の内容に関係あるものに限る。）	
各発電用原子炉施設に共通	<p>1 発電用原子炉を設置する工場又は事業所の名称及び所在地（都道府県郡市区町村字を記載すること。）</p> <p>2 発電用原子炉施設の出力及び周波数（発電用原子炉別に記載すること。）</p>		<p>送電関係一覧図</p> <p>急傾斜地崩壊危険区域内において行う制限工事に係る場合は、当該区域内の急傾斜地（急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律第二条第一項に規定するものをいう。以下同じ。）の崩壊の防止措置に関する説明書</p> <p>工場又は事業所の概要を明示した地形図</p> <p>主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図</p> <p>単線結線図（接地線（計器用変成器を除く。）については電線の種類、太さ及び接地の種類も併せて記載すること。）</p> <p>新技術の内容を十分に説明した書類</p> <p>発電用原子炉施設の熱精算図</p> <p>熱出力計算書</p> <p>発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書</p> <p>排気中及び排水中の放射性物質の濃度に関する説明書</p> <p>人が常時勤務し、又は頻りに出入する工場又は事業所内の場所における線量に関する説明書</p> <p>発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書</p> <p>放射性物質により汚染するおそれがある管理区域（第二条第二項第四号に規定する管理区域のうち、その場所における外部放射線に係る線量のみが同号の規定に基づき告示する線量を超えるおそれがある場所を除いた場所をいう。）並びにその地下に施設する排水路並びに当該排水路に施設する排水監視設備及び放射性物質を含む排水を安全に処理する設備の配置の概要を明示した図面</p> <p>取水口及び放水口に関する説明書</p> <p>設備別記載事項のうち、容量又は注入速度、最高使用圧力、最高使用温度、個数、再結合効率、加熱面積、伝熱面積、揚程又は吐出圧力、原動機の出力、外径、閉止時間、漏えい率、制限流量、落下速度、駆動速度及び挿入時間、効率、吹出圧力、慣性定数、回転速度半減時間、慣性モーメント、設定破裂圧力並びに設計温度の設定根拠に関する説明書</p> <p>環境測定装置（放射線管理用計測装置に係るものを除く。）の構造図及び取付箇所を明示した図面</p> <p>クラス1機器（技術基準規則第二条第二項第三十三号口に規定するクラス1機器をいう。）及び炉心支持構造物の応力腐食割れ対策に関する説明書（クラス1機器にあっては、支持構造物を含めて記載すること。）</p> <p>安全設備（技術基準規則第二条第二項第九号に規定する安全設備をいう。）及び重大事故等対処設備（設置許可基準規則第二条第二項第十四号に規定する重大事故等対処設備をいう。）が使用される条件の下における健全性に関する説明書</p> <p>発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書</p> <p>発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書</p> <p>発電用原子炉施設の蒸気タービン、ポンプ等の損壊に伴う飛散物による損傷防護に関する説明書</p> <p>通信連絡設備に関する説明書及び取付箇所を明示した図面</p> <p>安全避難通路に関する説明書及び安全避難通路を明示した図面</p> <p>非常用照明に関する説明書及び取付箇所を明示した図面</p>

参考4 既工認（新規制一括工認）本文及び添付資料（抜粋）

要目表

変更前						変更後					
名称	最高使用	最高使用	外径	厚さ	材料	名称	最高使用	最高使用	外径	厚さ	材料
	圧力	温度					圧力	温度			
	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)			(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	
一次冷却材の循環設備 ループ低温側 1次冷却材管 分岐点 及び 弁4V-CS-171 ～ 加圧器	(注1) 17.16	343	(注2) 60.5	(注2) 8.7	SUS316TP	一次冷却材の循環設備 変更なし					
			(注2) 114.3	(注2,14) 13.5	SUS316TP						
			(注2) 114.3	(注2) 13.5	SUS316TP						
			／	／							
			／	／							
			(注2) 114.3	(注2) 13.5	SUS316TP						
(注2) 114.3	(注2) 13.5	SUS316TP									
／	／										
(注2) 60.5	(注2) 8.7										

- 4u-II-3-4-28 -

変更前						変更後					
名称	最高使用	最高使用	外径	厚さ	材料	名称	最高使用	最高使用	外径	厚さ	材料
	圧力	温度					圧力	温度			
	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)			(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	
一次冷却材の循環設備 ループ低温側 1次冷却材管 分岐点 及び 弁4V-CS-171 ～ 加圧器	(注1) 17.16	343	(注2,15) (差し込み部の内径)	(注2,16) (最小)	SUSF316	一次冷却材の循環設備 変更なし					
			61.1	9.6							
			(注2,15) (差し込み部の内径)	(注2,16) (最小)							
			61.1	9.6							
／	／										
－	－										
一次冷却材の循環設備 ループ高温側 1次冷却材管 分岐点 ～ 弁4PCV-420 及び 弁4PCV-430	(注1) 17.16	343	(注2) 318.5	(注2,14) 33.3	SUS316TP	一次冷却材の循環設備 変更なし	変更なし	変更なし			変更なし
			(注2) 318.5	(注2) 33.3	SUS316TP						
			／	／							
			／	／							
／	／										
216.3	23.0										
							(注4) 19.3	(注4) 363			

- 4u-II-3-4-29 -

変更前						変更後					
名 称	最高使用	最高使用	外 径	厚 さ	材 料	名 称	最高使用	最高使用	外 径	厚 さ	材 料
	圧 力	温 度					圧 力	温 度			
	(MPa)	(℃)	(mm)	(mm)		(MPa)	(℃)	(mm)	(mm)		
一次冷却材の循環設備	ループ低温側 1次冷却材管 分岐点 ～ 弁4LCV-451 及び 弁4V-CS-301	17.16	343	(注2) (差し込み 部の内径) 61.1 / / (差し込み 部の内径) 34.5	(最小) 9.6 / / (最小) 7.0	SUSF316	変更なし				
	ループ高温側 1次冷却材管 分岐点 ～ 加圧器	17.16	360	(注2) 355.6	(注2) 35.7	SUS316TP	(注3) ループ高温側 1次冷却材管 分岐点 ～ 加圧器	変更なし (注4) 19.3	変更なし (注4) 363	変更なし	

(注1) SI単位に換算したものである。

(注2) 公称値

(注3) 計測制御系統施設のうちほう酸注入機能を有する設備と兼用

(注4) 重大事故等時における使用時の値

(注5) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、設計図書による。

(注6) ループAに設置

(注7) ループB、Cに設置

(注8) ループA、Dに設置

(注9) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「蒸気発生器出口40°エルボ～90°エルボ」と記載

(注10) ループCに設置

(注11) ループBに設置

(注12) ループA、B、C、Dに設置

(注13) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「加圧器～弁4PCV-452A、弁4PCV-452B、弁4V-RC-055、弁4V-RC-056及び弁4V-RC-057」と記載

(注14) エルボについては管と同等以上の厚さのものを選定する。

(注15) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(差し込み部の内径) 61.1/61.1/—」と記載

(注16) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(最小) 9.6/9.6/—」と記載

			変更前 ^(注1)		変更後	
名 称			4V-CS-171 ^(注2)		変更なし	
種 類	-		逆止め弁 ^(注2)			
最 高 使 用 圧 力	MPa	17.16 ^(注3)				
最 高 使 用 温 度	℃	343 ^(注3)				
主 要 寸 法	呼 び 径	2B ^(注2)				
	弁 箱 厚 さ	mm	13.0 以上 ^(注2) (13.0 ^(注2,4))			
	弁 ふ た 厚 さ	mm	32.5 以上 ^(注2) (32.5 ^(注2,4))			
材 料	弁 箱	SUSF316 ^(注2)				
	弁 ふ た	SUSF316 ^(注2)				
駆 動 方 法			-			
個 数			1 ^(注2)			
取 付 箇 所	系 統 名 (ラ イ ン 名)		加圧器補助スプレイライン ^(注1)			
	設 置 床		原子炉格納容器 E.L.+33.6m ^(注2)			
	溢 水 防 護 上 の 区 画 番 号		-			
	溢 水 防 護 上 の 配 慮 が 必 要 な 高 さ		-			

- (注1) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。
- (注2) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、設計図書による。
- (注3) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、既工事計画書の主配管「再生熱交換器～弁4V-CS-166及び弁4V-CS-171」による。
- (注4) 公称値

変更前						変更後					
名 称	最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (℃)	外 径 (mm)	厚 さ (mm)	材 料	名 称	最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (℃)	外 径 (mm)	厚 さ (mm)	材 料
(注2) 61.1	(注2) 9.6										
(注2) 61.1	(注2) 9.6										
(注2) 60.5	(注2, 3, 28) 8.7										

変 更 前						変 更 後					
名 称	最高使用	最高使用	外 径	厚 さ	材 料	名 称	最高使用	最高使用	外 径	厚 さ	材 料
	圧 力	温 度					圧 力	温 度			
	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)			(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	
(注5) 化学体積制御設備 封水注入 フィルタ 入口配管 オリフィス 4R-SI-05 ～ 封水注入 フィルタ 入口配管 合流点	20.0	150	(注2) 60.5	(注2) 8.7	SUS304TP	化学体積制御設備	変更なし				

(注1) SI単位に換算したものである。

(注2) 公称値

(注3) エルボについては管と同等以上の厚さのものを選定する。

(注4) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「4.0」と記載

(注5) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、設計図書による。

(注6) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(差し込み部の内径) 27.7/27.7/—」と記載

(注7) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(最小) 4.3/4.3/—」と記載

(注8) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(差し込み部の内径) 27.7/—/27.7」と記載

(注9) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(最小) 4.3/—/4.3」と記載

(注10) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「体積制御タンク～充てんポンプ」と記載

(注11) 重大事故等時に使用

(注12) 原子炉補機冷却設備と兼用

(注13) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「5.0」と記載

(注14) 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備及び計測制御系統施設のうちほう酸注入機能を有する設備と兼用

(注15) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「11.1」と記載

(注16) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「13.5」と記載

(注17) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「18.2」と記載

(注18) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「弁4LCV-121D及び4LCV-121E～充てんポンプ入口ライン合流点」と記載

(注19) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「弁4V-CS-573～充てんポンプ入口ライン合流点」と記載

(注20) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「3.5」と記載

(注21) 計測制御系統施設のうちほう酸注入機能を有する設備と兼用

(注22) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(差し込み部の内径) 61.1/61.1/—」と記載

(注23) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(最小) 6.1/6.1/—」と記載

(注24) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(差し込み部の内径) 61.1/—/61.1」と記載

(注25) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(最小) 6.1/—/6.1」と記載

(注26) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(最小) 9.6/9.6/—」と記載

(注27) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(最小) 9.6/—/9.6」と記載

(注28) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「8.7」と記載

(注29) エルボを示す。

(注30) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「(穴径) 21.2/21.2」と記載

設備リスト

表1 原子炉冷却系統施設（蒸気タービンを除く。）の主要設備リスト (3/52)

設備区分	機器区分	変更前				変更後					
		名称	設計基準対象施設 (注1)		重大事故等対処設備 (注1)		名称	設計基準対象施設 (注1)		重大事故等対処設備 (注1)	
			耐震重要度分類	機器クラス	設備分類	重大事故等機器クラス		耐震重要度分類	機器クラス	設備分類	重大事故等機器クラス
一次冷却材の循環設備	主配管	1次冷却材ポンプ出口～原子炉容器入口22°エルボ	S	クラス1	-	-	変更なし	-	常設耐震/防止 常設/緩和	SAクラス2	
		原子炉容器入口22°エルボ	S	クラス1	-	-	変更なし	-	常設耐震/防止 常設/緩和	SAクラス2	
		12B 蓄圧タンク注入管台	S	クラス1	-	-	変更なし	-	常設耐震/防止 常設/緩和	SAクラス2	
		4B 加圧器スプレイ管台	S	クラス1	-	-	変更なし	-	-	-	
		3B 充てん管台	S	クラス1	-	-	変更なし	-	常設耐震/防止 常設/緩和	SAクラス2	
		加圧器～弁4PCV-452A及び弁4PCV-452B	S	クラス1	-	-	変更なし	-	常設耐震/防止 常設/緩和	SAクラス2	
		加圧器～弁4V-RC-065、弁4V-RC-056及び弁4V-RC-057	S	クラス1	-	-	変更なし	-	-	-	
		ループ低温側1次冷却材管分岐点及び弁4V-CS-171～加圧器	S	クラス1	-	-	変更なし	-	-	-	
ループ高温側1次冷却材管分岐点～弁4PCV-420及び弁4PCV-430	S	クラス1	-	-	変更なし	-	常設耐震/防止 常設/緩和	SAクラス2			

- 4u-II-3-11-設3 -

表1 原子炉冷却系統施設（蒸気タービンを除く。）の主要設備リスト (27/52)

設備区分	機器区分	変更前				変更後					
		名称	設計基準対象施設 (注1)		重大事故等対処設備 (注1)		名称	設計基準対象施設 (注1)		重大事故等対処設備 (注1)	
			耐震重要度分類	機器クラス	設備分類	重大事故等機器クラス		耐震重要度分類	機器クラス	設備分類	重大事故等機器クラス
化学体積制御設備	主要弁	4V-CS-004A、B、C	S	クラス2	-	-	変更なし	-	-	-	
		4V-CS-169	S	クラス1	-	-	変更なし	-	-	-	
		4V-CS-301、302	S	クラス1	-	-	変更なし	-	-	-	
		4LCV-451、452	S	クラス1	-	-	変更なし	-	-	-	
		4V-CS-007	S	クラス2	-	-	変更なし	-	-	-	
		4V-CS-201A、B、C、D	S	クラス1	-	-	変更なし	-	-	-	
		4V-CS-203A、B、C、D	S	クラス1	-	-	変更なし	-	-	-	
		4V-CS-164、166	S	クラス1	-	-	変更なし	-	-	-	
		4V-CS-155、157	S	クラス2	-	-	変更なし	-	-	-	
		4V-CS-310	S	クラス2	-	-	変更なし	-	-	-	
		4V-CS-312	S	クラス2	-	-	変更なし	-	-	-	
4V-CS-171	S	クラス1	-	-	変更なし	-	-	-			

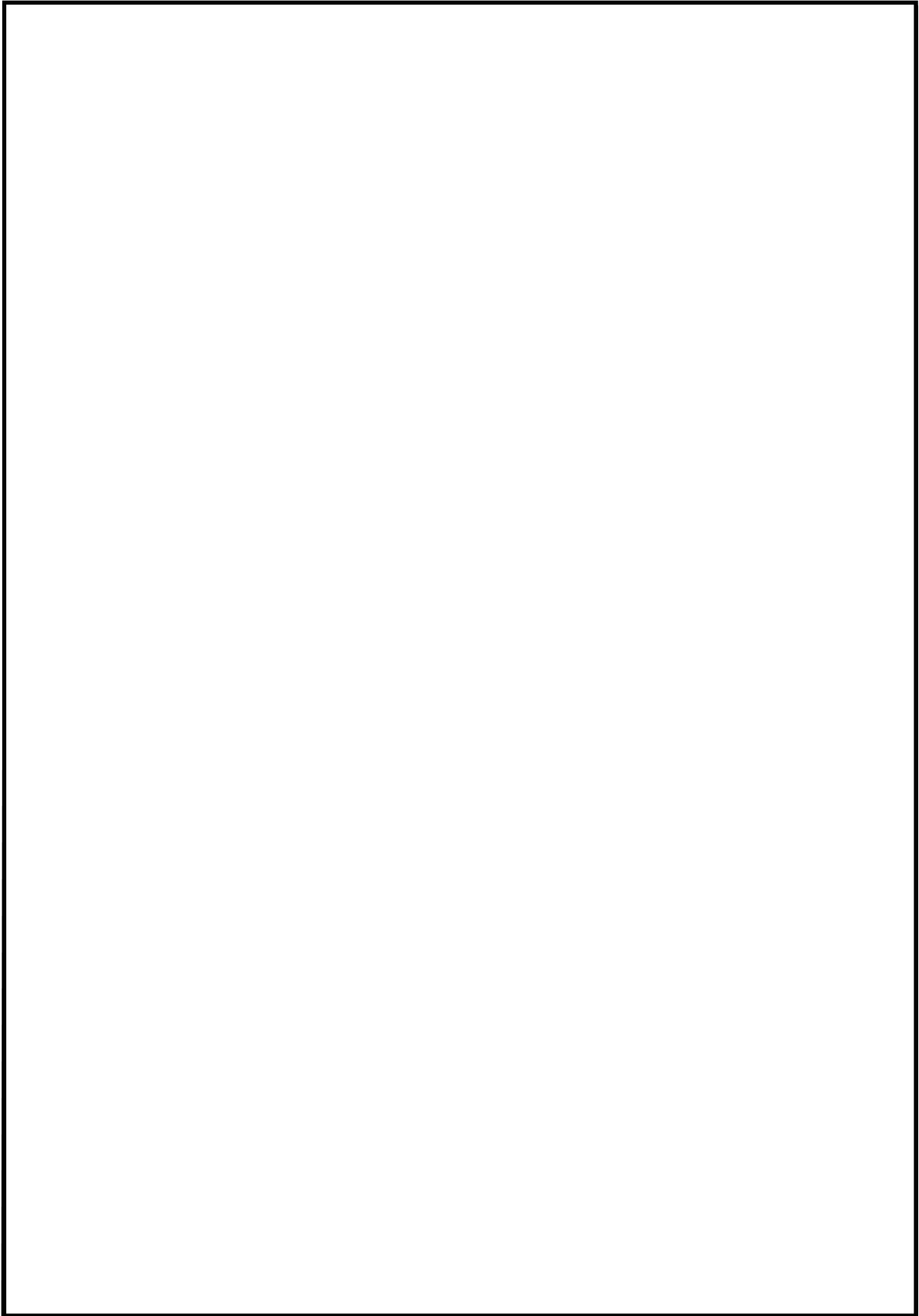
- 4u-II-3-11-設27 -


表1 原子炉冷却系統施設（蒸気タービンを除く。）の主要設備リスト (32/52)

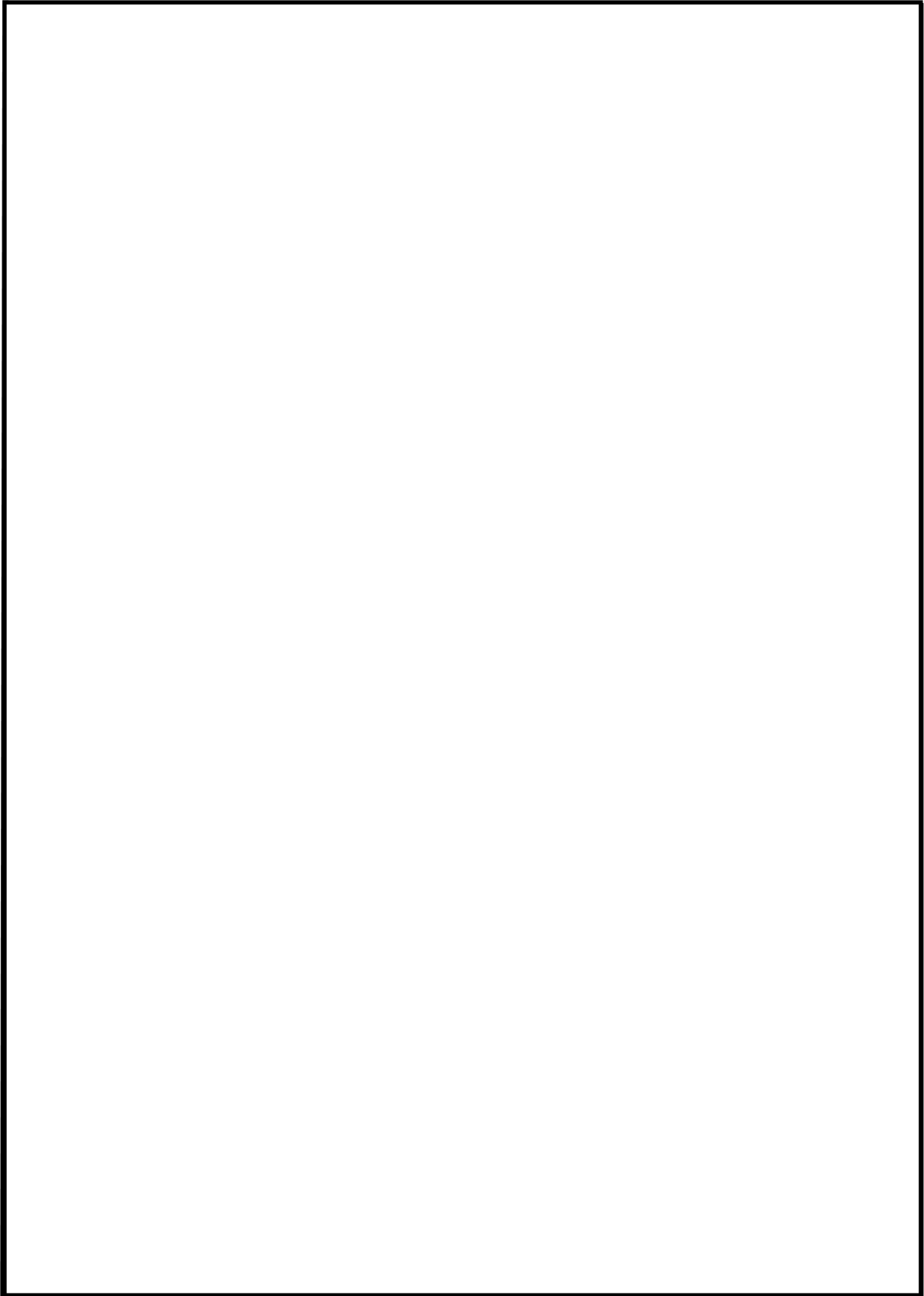
設備区分	機器区分	名称	変更前				変更後			
			設計基準対象施設 ^(E1)		重大事故等対処設備 ^(E2)		設計基準対象施設 ^(E1)		重大事故等対処設備 ^(E2)	
			耐震重要度分類	機器クラス	設備分類	重大事故等機器クラス	耐震重要度分類	機器クラス	設備分類	重大事故等機器クラス
化学体積制御設備	主配管	再生熱交換器出口ライン分岐点～弁4V-CS-171	S	クラス1 クラス2	—	—	変更なし	—	—	
		弁4LCV-451～弁4LV-452	S	クラス1	—	—	変更なし	—	—	
		弁4LCV-452～再生熱交換器	B-1	クラス2	—	—	変更なし	—	—	
		再生熱交換器～弁4V-CS-004A、弁4V-CS-004B及及び弁4V-CS-004C	B-1	クラス2	—	—	変更なし	—	—	
		弁4V-CS-004A、弁4V-CS-004B及び弁4V-CS-004C～格納容器貫通部(貫通部番号226)	S	クラス2	—	—	変更なし	—	—	
		冷却材混床式脱塩塔～弁4V-CS-046A及及び弁4V-CS-046B	B-1	クラス3	—	—	変更なし	—	—	
		冷却材陽イオン脱塩塔～弁4V-CS-091	B-1	クラス3	—	—	変更なし	—	—	
		封水注入フィルタ入口配管オリフィス4R-SI-05～封水注入フィルタ入口配管合流点	S	クラス2	—	—	変更なし	—	—	


- 4U-II-3-11-設32 -

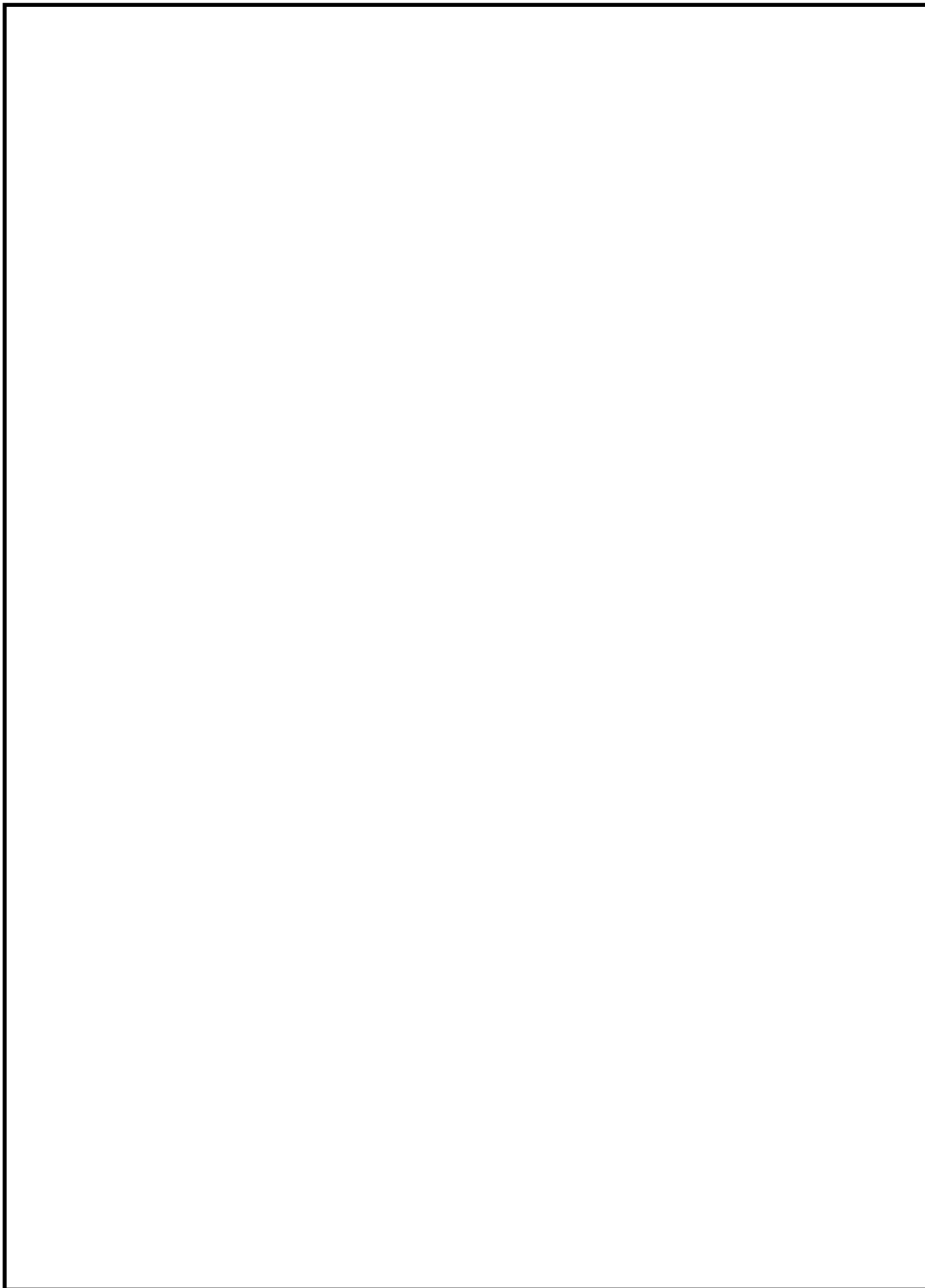
系統図




 :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。



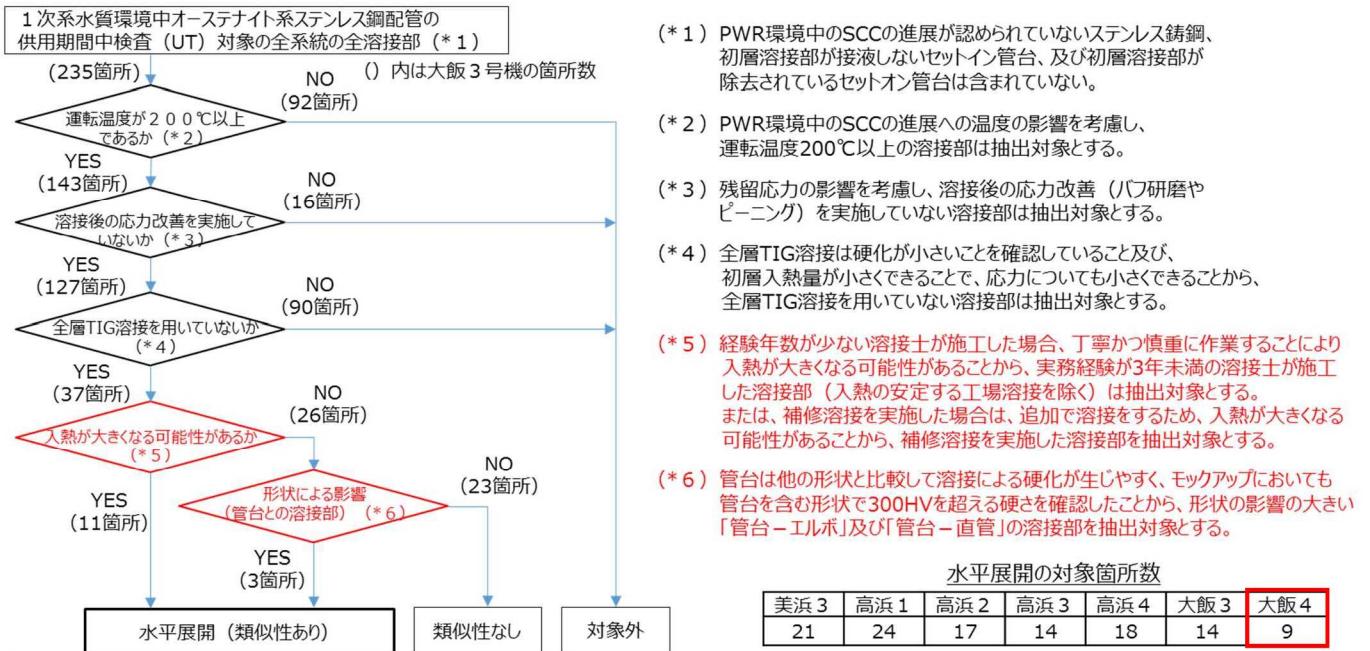
 : 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



: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。

参考5 大飯発電所3号機 加圧器スプレイ配管溶接部の事象を踏まえた対応について

(1) 大飯発電所3号機 加圧器スプレイライン配管溶接部での事象への対応について(2月12日公開会合)における水平展開のフロー図に基づき抽出された類似性あり及び類似性なしの箇所について4号17回定検において超音波探傷検査を実施し、有意な指示が無いことを確認済みである。



- (*1) PWR環境中のSCCの進展が認められていないステンレス鋼、初層溶接部が接液しないセットイン管台、及び初層溶接部が除去されているセットオン管台は含まれていない。
- (*2) PWR環境中のSCCの進展への温度の影響を考慮し、運転温度200℃以上の溶接部は抽出対象とする。
- (*3) 残留応力の影響を考慮し、溶接後の応力改善(パフ研磨やピーニング)を実施していない溶接部は抽出対象とする。
- (*4) 全層TIG溶接は硬化が小さいことを確認していること及び、初層入熱量が小さくできることで、応力についても小さくできることから、全層TIG溶接を用いていない溶接部は抽出対象とする。
- (*5) 経験年数が少ない溶接士が施工した場合、丁寧かつ慎重に作業することにより入熱が大きくなる可能性があることから、実務経験が3年未満の溶接士が施工した溶接部(入熱の安定する工場溶接を除く)は抽出対象とする。または、補修溶接を実施した場合は、追加で溶接をするため、入熱が大きくなる可能性があることから、補修溶接を実施した溶接部を抽出対象とする。
- (*6) 管台は他の形状と比較して溶接による硬化が生じやすく、モックアップにおいても管台を含む形状で300HVを超える硬さを確認したことから、形状の影響の大きい「管台-エルボ」及び「管台-直管」の溶接部を抽出対象とする。

【水平展開】

- 入熱が大きくなる可能性のある溶接部については検査を実施する。また、入熱が大きくなる可能性が低い溶接部であっても、形状による影響を踏まえ検査を実施する。
- これらの類似性の高い箇所に対しては3定検の間、毎定検で検査を実施する。
- なお、知見拡充や研究結果を踏まえて、対象・頻度を検討し、ISI計画に反映する。

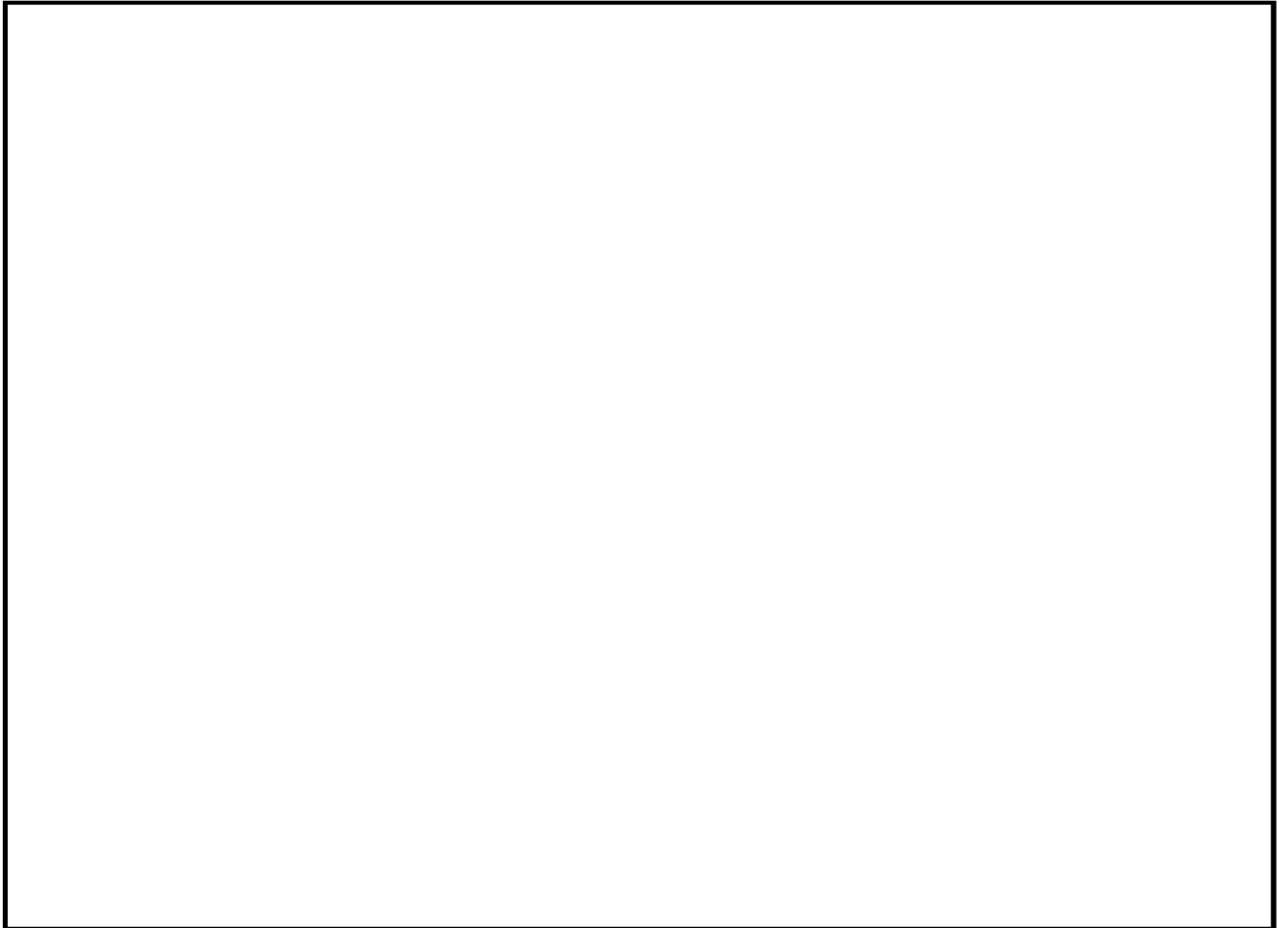
本定検で実施する検査


水平展開箇所に加え、「類似性なし」とした箇所も含め、現時点において同様の事象が他プラントにおいて生じていないことを念のため確認し、欠陥がないことを確認した上でプラントを稼働する。

本定検で実施する検査の対象箇所数

美浜3	高浜1	高浜2	高浜3	高浜4	大飯3	大飯4
98	94	132	54	44	37(済)	43(済)

また、今回の申請範囲について、既設配管の水平展開対象は下図のとおり 2 箇所であり、今回の工事において、対象溶接部は全層 Tig 溶接を採用することとしているため、配管取替後においては水平展開箇所のフロー図に基づき水平展開対象外となり、4号18回定検以降の水平展開箇所は計7箇所である。



 : 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。

(2) 今回の申請範囲における大飯発電所3号機 加圧器スプレイ配管溶接部事象への対応として、全溶接部に対し過大な初層溶接入熱とならない全層 Tig 溶接を採用することとしている。

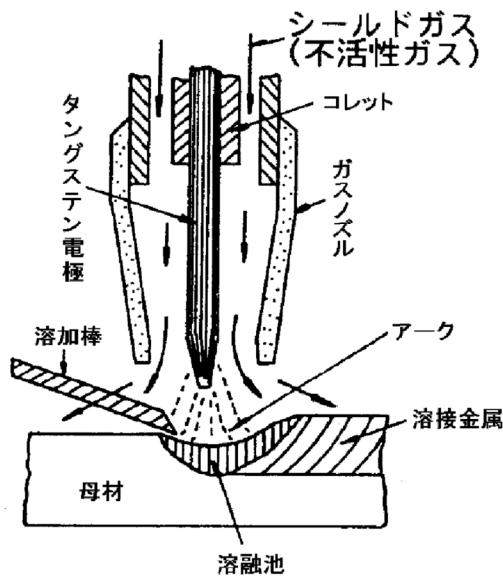
・溶接方法：Tig (Tungsten Inert Gas) 溶接

不活性ガス中でタングステンの電極棒を使用してアークを発生させ、アーク中で別の溶接棒を溶融して溶接する方法。

Tig 溶接は溶接内の不純物が低くなり、溶金部の延性、耐食性が優れている。

当該工事では、不活性ガスにアルゴン、溶接棒に SUS316 系材料を使用して溶接する。

Tig 溶接

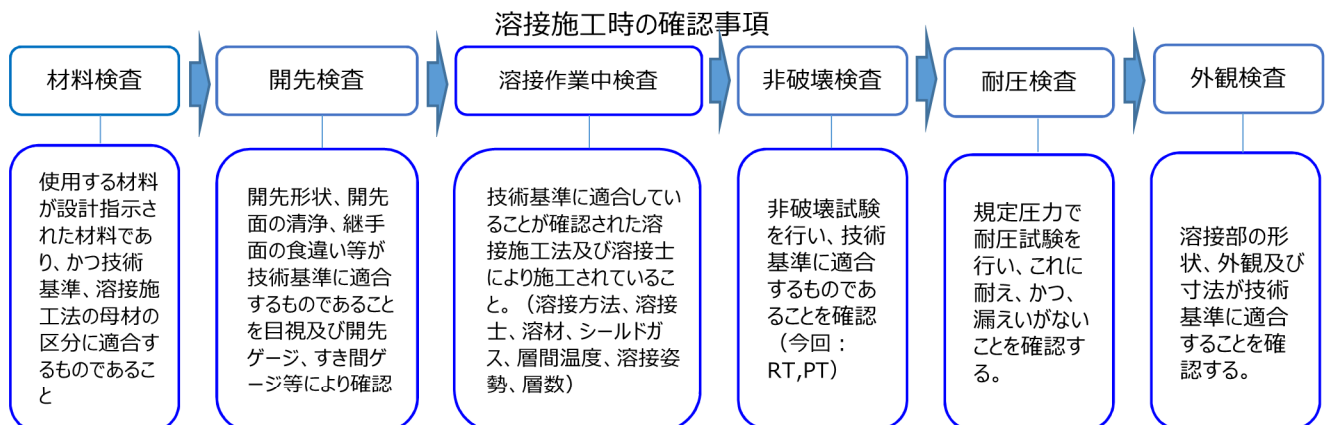


溶接部に対する主な健全性確認

内容	判定基準
PT(最終面)	割れによる浸透指示模様がないこと。
RT	JIS Z 3104の付属書4「透過写真によるきずの像の分類方法」の1類であること。
耐圧試験	最高使用圧力17.16MPaの1.25倍(21.45MPa)の圧力にて漏えいしないこと。
UT	有意な欠陥指示がないこと。

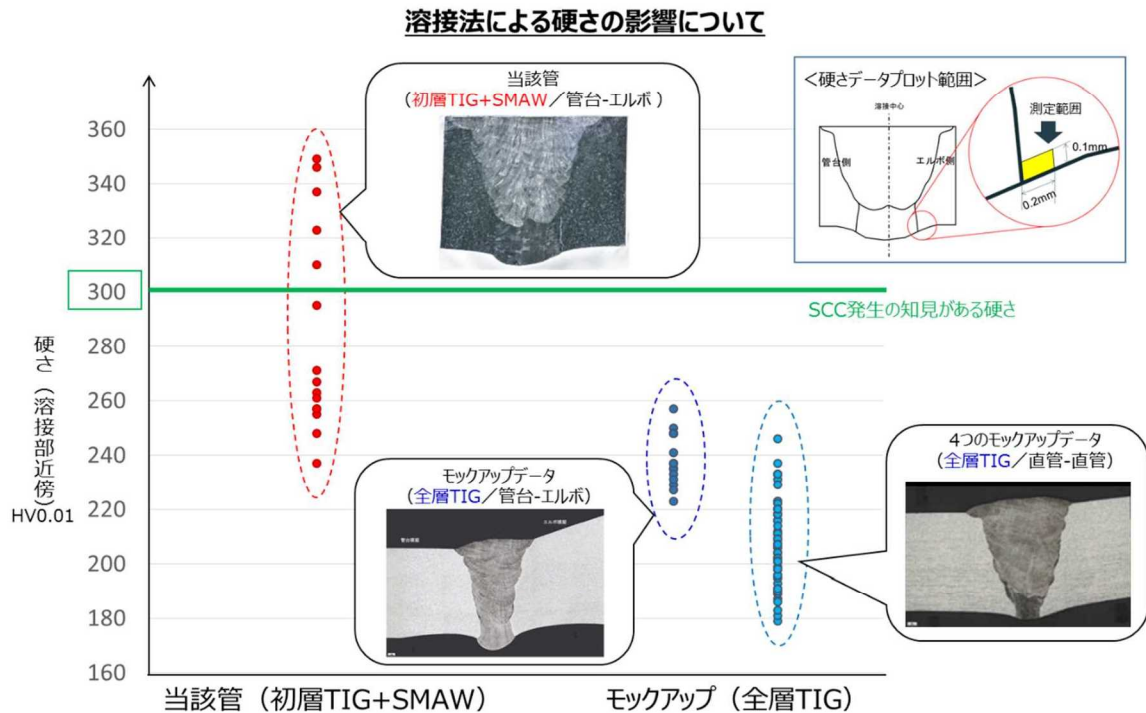
開先等の形状に配慮し不連続で特異な形状としないことや溶接施工時には著しい引張残留応力が発生しないように適切な溶接条件、溶接順序等を採用する。

なお、溶接部に対しては、使用前事業者検査（溶接）において、従来と同様、以下のとおり各施工段階に応じた検査を行うよう適切に管理する。



また、有意な指示が確認された溶接部の破面調査結果等については「大飯発電所3号機 加圧器スプレイライン配管溶接部での事象への対応について（1月29日・2月4日 公開会合）」において、下記事項を説明済みである。

- ・今回事象は、過大な溶接入熱（若手による丁寧かつ慎重な溶接や手入れ溶接の可能性を含む）に加え、形状による影響で、表層近傍において特異な硬化が生じ、この特異な硬化部と応力が影響したことにより発生した特異な事象であること。
- ・全層 TIG 溶接において、通常の溶接条件の範囲であれば、過大な初層溶接入熱の抑制が図られること。



以上のことから、今回の申請範囲において全層 TIG 溶接を用いる。なお、溶接に当たっては、通常の溶接条件の範囲で溶接施工を行うことに加え、以下のとおり対応する。

- ・事前に溶接技能トレーニングを行い、溶接施工技能を有する溶接士にて施工する。
- ・溶接作業前の TBM 等にて、溶接施工における注意点等を再度確認した後に溶接を行う。

更に、大飯3号機 加圧器スプレイ配管溶接部事象への対策として日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2001) 及び (JSME S NC1-2005) 【事例規格】 発電用原子力設備における「応力腐食割れ発生の抑制に対する考慮」(NC-CC-002) (以下、事例規格という) に基づき、次ページ以降に記載のとおり応力腐食割れ対策を実施する。

資料3 「クラス1機器の応力腐食割れ対策に関する説明書」 (抜粋)

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」(以下「技術基準規則」という。)第17条、第18条及びそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」(以下「解釈」という。)に基づき、クラス1機器及びクラス1支持構造物が応力腐食割れ発生抑制を考慮した設計となっていることを説明するものである。

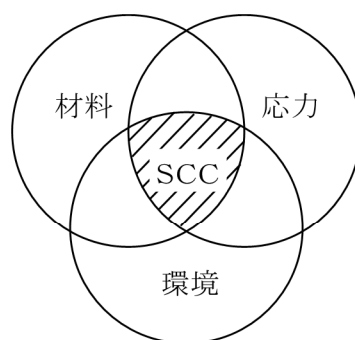
2. 基本方針

申請範囲におけるクラス1機器及びクラス1支持構造物は、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2001)及び(JSME S NC1-2005)【事例規格】発電用原子力設備における「応力腐食割れ発生抑制に対する考慮」(NC-CC-002)(以下、「JSME事例規格」という。)に基づき、応力腐食割れ発生環境下に対する適切な耐食性を有する材料の使用、運転中の引張応力を軽減する設計及び製作時の引張残留応力を低減させる工法や発生した引張残留応力の低減対策の実施、並びに保安規定に基づく水質管理等の応力腐食割れ発生抑制を考慮した設計とする。

3. 応力腐食割れ発生抑制策について

(1) 応力腐食割れ発生前提条件について

応力腐食割れ(SCC)は、材料が特定の応力条件と環境条件にさらされたときに割れを生じる現象であり、下図に示すとおり、材料・応力・環境の3要因が重畳した場合に発生する。



参-19 参照

一般的に応力腐食割れを抑制するためには、以下に示すように3要因のうちの1要因以上を取り除く必要がある。

- a. 応力腐食割れ発生環境下において、応力腐食割れ発生の可能性が高い材料の選定を避ける。
- b. 引張応力を軽減する設計と製作時の引張残留応力を低減させる工法や発生した引張残留応力の低減処理技術を採用する。
- c. 応力腐食割れの発生に寄与する腐食環境を緩和する設計と水質管理技術を採用する。

(2) 申請範囲における応力腐食割れ発生の抑制策について

申請範囲におけるクラス1機器及びクラス1支持構造物は、以下を考慮することにより応力腐食割れの発生を抑制している。

a.配管及び弁

(a)材料選定

参-23 参照

当該部に使用する材料は、炭素含有量を制限 ($C \leq 0.05\%$) したSUS316系材料であり、応力腐食割れの感受性が低く、これまでもPWRの1次系高温環境下における応力腐食割れ対策材料として多く使用されている。

(b) 発生応力

参-26 参照

当該部は、運転中の引張応力が増大する設計及び製作時の引張残留応力が高くなる工法を避けて設計し、溶接施工に関しては、日本機械学会「発電用原子力設備規格 溶接規格(JSME S NB1-2012/2013)」に基づき十分な品質管理を行う。

参-27 参照

また、表層の硬化による応力腐食割れの発生防止のために、今回の工事範囲のうち溶接による有意な硬化のおそれがある範囲において、配管内表面の機械加工として加工硬化の低減を図る加工方法を用いるとともに、配管内表面の機械加工として加工硬化の低減を図る加工方法を適用できない部分については、引張残留応力の改善を図るバフ研磨を行う。

(c)環境

定格出力運転時の1次冷却材中の溶存酸素及びその他の不純物濃度が十分低くなるよう保安規定に基づく水質管理を行う。

また、塩化物及びフッ化物混入防止対策を行い、塩化物及びフッ化物に起因する応力腐食割れの発生を防止する。

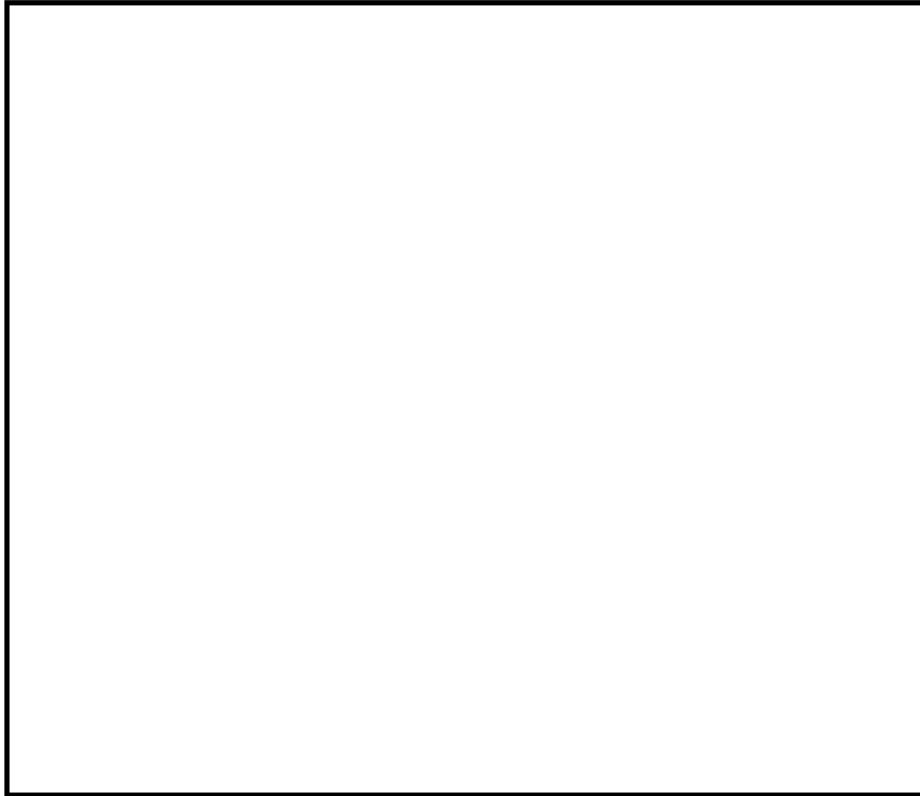
b.支持構造物

当該部の支持構造物については、1次系高温環境に接液しないこと並びに塩化物及びフッ化物混入防止対策を行い、応力腐食割れの発生を防止している。

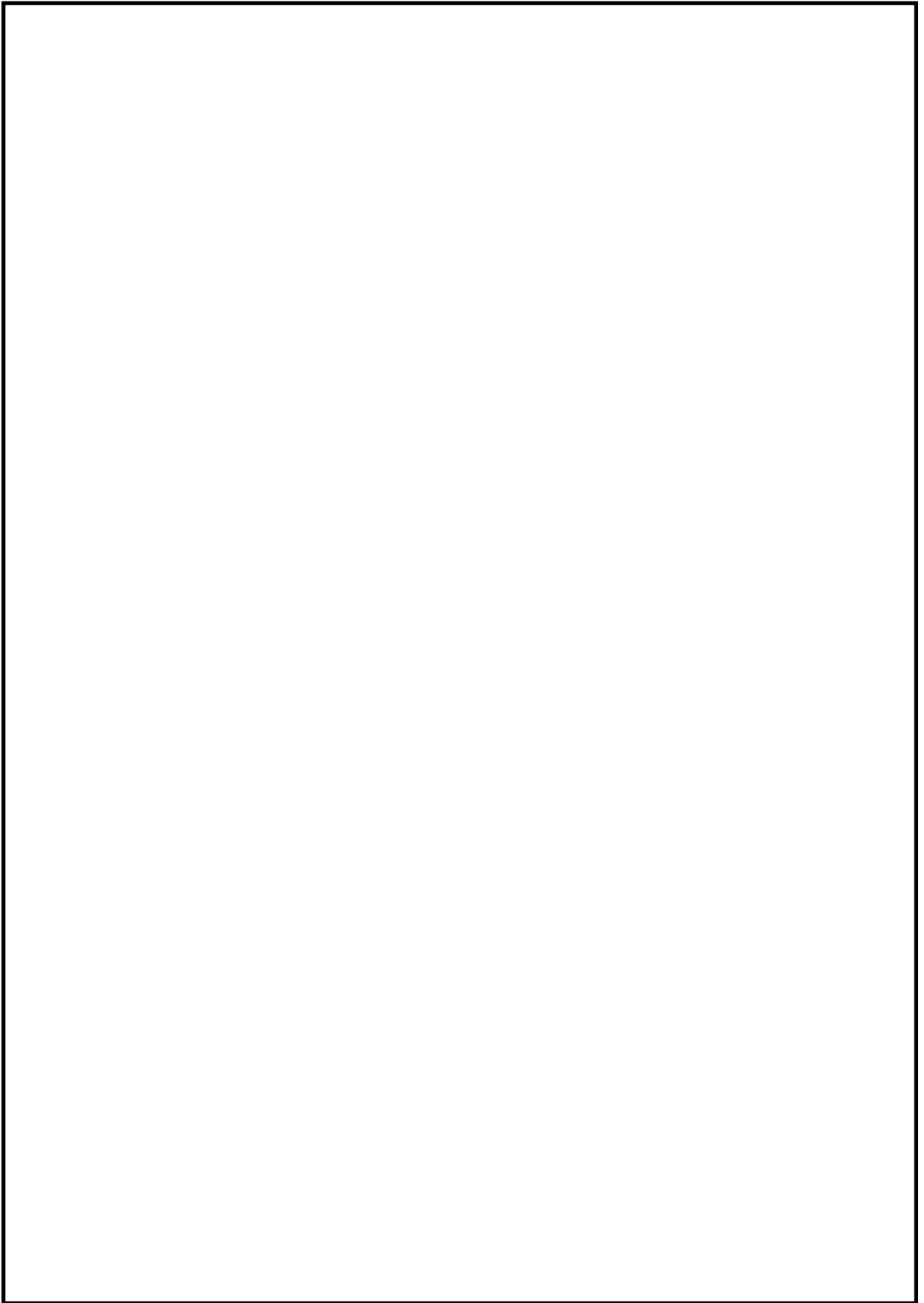
<JSME 事例規格と今回の取替工事における SCC 抑制に対する考慮事項との関連>


技術基準規則 17 条 (材料及び構造) において、クラス 1 機器又はクラス 1 支持構造物は、「使用中の応力その他の仕様条件に対する適切な耐食性を含む」ことが求められており、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2001) 及び (JSME S NC1-2005) 【事例規格】 発電用原子力設備における「応力腐食割れ発生の抑制に対する考慮」(NC-CC-002) によることと規定されている。

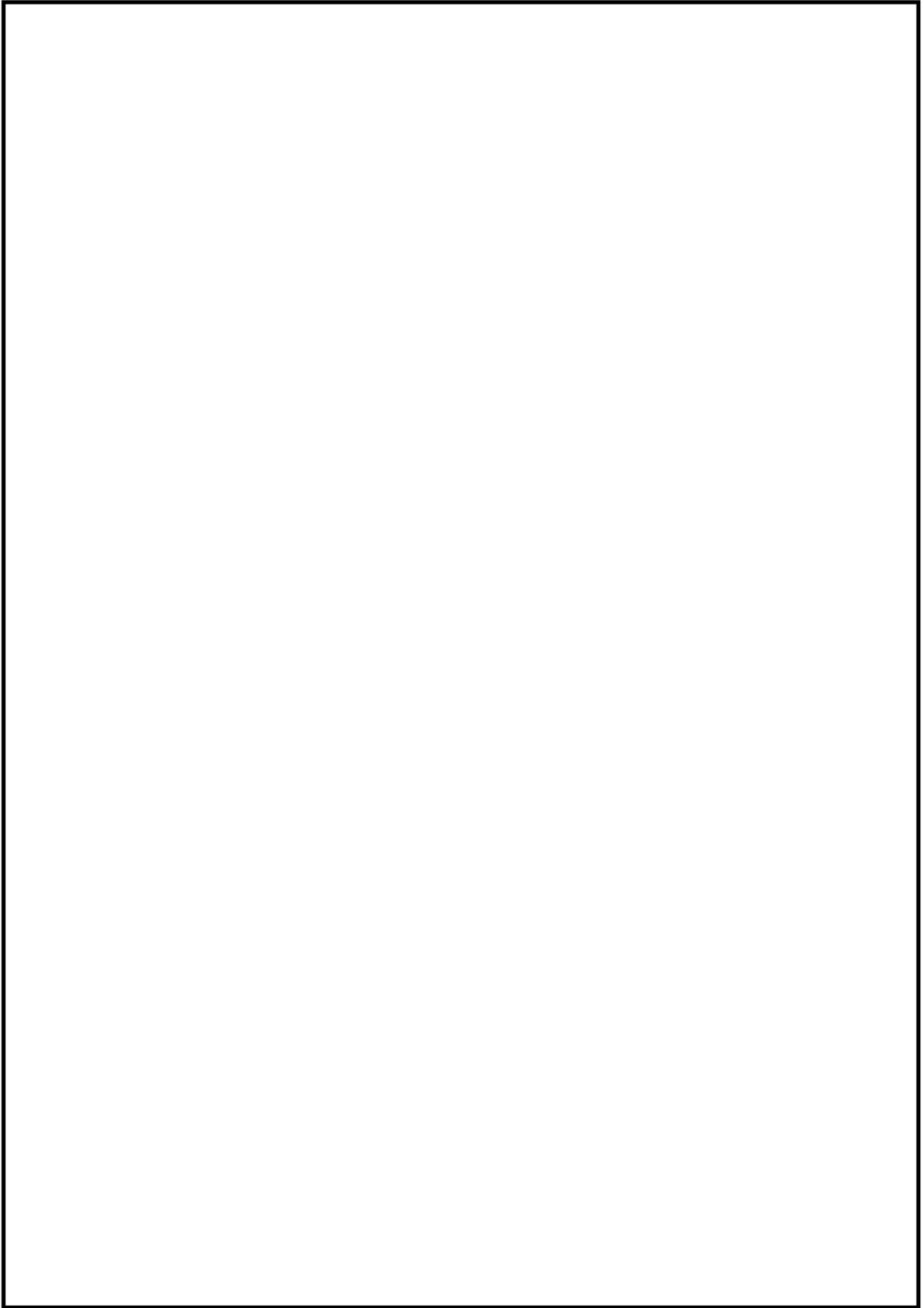
JSME 事例規格 付録 2 フローについて、今回の取替工事における SCC 抑制に対し、以降に示すとおり、材料の選定および保安規定に基づく溶存水素濃度の制限 ($15\sim 50\text{cm}^3\text{-STP/kg}\cdot\text{H}_2\text{O}$) を行っており、環境、材料に関する対策を実施していることから、SCC は発生しにくいと考えているが、事例規格に記載の応力低減/改善のうち、当該溶接部に対し合理的に実施可能な対策である低応力設計、冷間加工低減設計、残留応力低減熱処理、強表面加工の回避、低残留応力施工及び表面研磨を採用するものである。




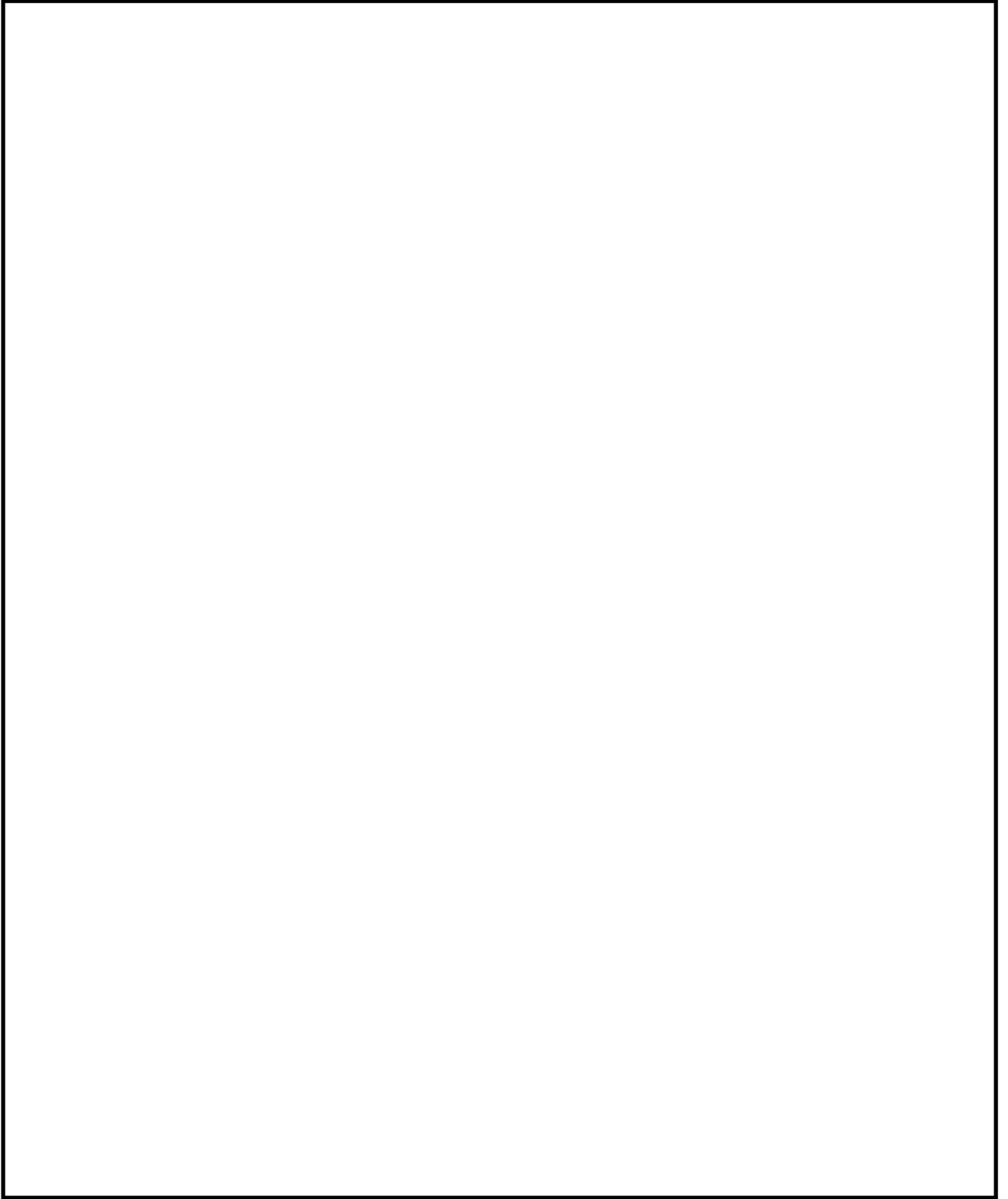
:枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。




 :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。



 :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。

<SUS316 (C≤0.05%) 採用理由>

本工事においては、同材料、同仕様（外径、厚さ）の配管取替えを実施することとしており、使用する材料は、SUS304 に Mo を添加し耐食性を向上させた SUS316 系材料である。更に炭素含有量の制限（C≤0.05%※）により結晶粒界のクロム炭化物の析出を抑制し、クロム欠乏層を減少させて鋭敏化しにくくすることで応力腐食割れの感受性が更に低くなっており、これまでも PWR の 1 次系高温環境下における応力腐食割れ対策材料として多く使用されているものである。

なお、原子力発電所配管破損防護設計技術指針（以下「JEAG4613」という）において O2SCC 対策として挙げられている SUS316NG (C≤0.02%) 材は、発電用原子力設備規格 材料規格（2012 年版）において、「沸騰水型原子炉で生じた配管の応力腐食割れに対し、対策材として開発されたもので、加圧水型原子炉（PWR）環境での耐食性は確認されていないことから、耐食性目的での適用用途は沸騰水型原子炉に限定した」と記載されている。（参考 1 1）

一方、下記の点より、応力腐食割れの感受性の低い SUS316 材（炭素含有量 0.08% 以下）を採用することで、O2SCC の懸念はないと考えているが、念のため O2SCC 感受性が更に低い炭素含有量を 0.05%以下に制限した SUS316 材を用いるものである。

- ・ BWR プラントの水質環境に比べ、PWR プラントでは溶存酸素濃度及び塩化物イオン濃度が低く管理されていることから、O2SCC が発生し難い環境であり（参考 1 1-1）、これまで国内 PWR プラントの水質環境下において、配管では損傷事例は確認されていないこと。
- ・ 今回の加圧器スプレィ配管溶接部の破面調査の結果、金属組織は段状組織を呈しており、O2SCC によくみられる鋭敏化の兆候（溝状組織）は認められなかったこと。

※次ページに示す試験結果は、PWR 水質の腐食環境下にある条件（酸素飽和環境）で試験片に連続的な歪みを付与し、試験片を強制的に破断（SSRT TEST : Slow Strain Rate Technique TEST）させ、SCC 感受性を有すると破面が粒界割れとなる特徴を使って SCC 感受性を評価したものである。ただし、保守的な条件での試験であり、SSRT TEST で SCC 感受性を有することは SCC が発生することと同義ではない。

図 1 の縦軸「 A_{SCC}/A_0 (%) (SSRT TEST)」は、破断後の破面観察にて、破面の全断面積 (A_0) と SCC 破面の面積 (A_{SCC}) との比を SCC 感受性パラメータとして定義しているものであり、値が大きいと SCC 感受性を高いことを示している。また、横軸「 P_a (C/cm²・GBA (Grain Boundary Area : 結晶粒界エリア))」は、鋭敏化して結晶粒界（以下、粒界という。）に Cr 欠乏層が生じると粒界での金属溶解が促進される特徴を使って、電解液中で電圧を加えた際の試験片の金属溶解量（＝電気量 (C) として測定）を溶出元である粒界の単位面積 (cm²・GBA) 当たり換算し、鋭敏化度 (EPR 値) として定義したものである。

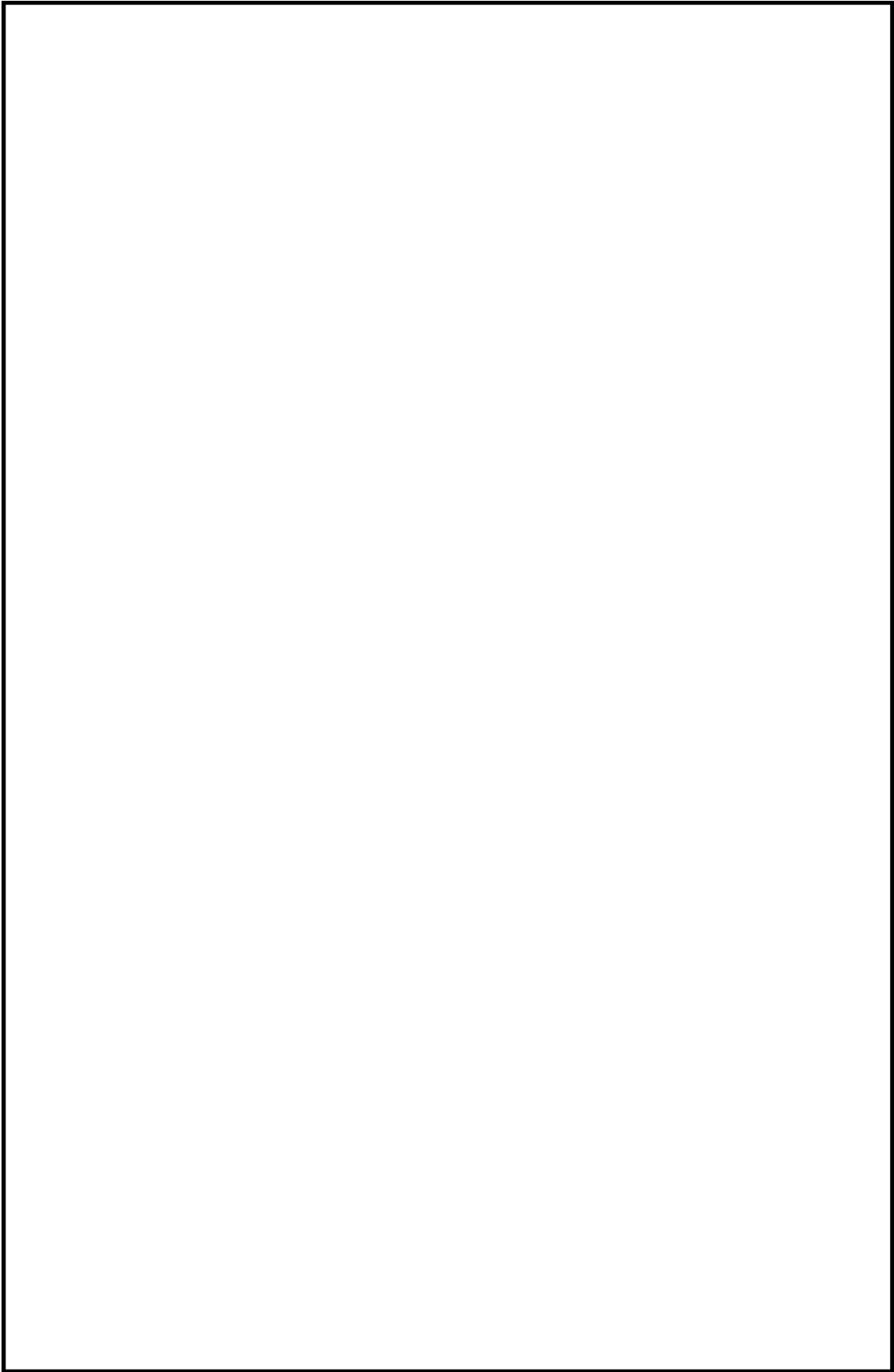
図 2 は、材料中の炭素量と溶接による鋭敏化度 (EPR 値) の関係を示しており、炭素量が少なくなるにつれ粒界のクロム炭化物の析出を抑制し、クロム欠乏層が


減少して鋭敏化度が小さくなる（SCC 感受性が小さくなる）傾向を示している。同一炭素濃度の場合、SUS316 材は SUS304 材に比べ鋭敏化し難い傾向にあり、耐食性に優れている

図 1 より PWR 水質の酸素飽和環境下においては、 $2\text{C}/\text{cm}^2\cdot\text{GBA}$ 以下では SUS316 材の O₂SCC 発生の感受性は無く、また、図 2 より炭素含有量と溶接による鋭敏化度の関係を調査した結果から、炭素含有量を 0.05%以下に制限することで $2\text{C}/\text{cm}^2\cdot\text{GBA}$ を下回ることが確認されていることから、炭素含有量を 0.05%に制限している。

【補足】 SUS304 の鋭敏化傾向と O₂SCC 感受性

図 2 の炭素含有量と鋭敏化の関係に示すとおり、SUS316 に比べて SUS304 は耐食性が劣り、同じ炭素含有量であっても SUS304 がより鋭敏化する傾向がある。これは SUS316 に添加されている Mo の効果と考えられている。一方で、図 1 の SSRT 試験による鋭敏化と O₂SCC 感受性の関係では、SUS304 は SUS316 よりも鋭敏化に対して O₂SCC 感受性が低い傾向があるように見えるが、鋭敏化度と O₂SCC 感受性の関係は、SSRT 試験による割れ感受性（破面率）評価から材料毎に得られるものであり、これらの値を横並びに比較することは出来ない。SUS316 は SUS304 と比較して不働態皮膜が安定なため、EPR 計測時に流れる電気量 (C) が少なく、得られる EPR 値は小さくなる。



 :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。

<運転中の引張応力が増大する設計及び製作時の引張残留応力が高くなる工法を避けた設計の具体的な内容>

SCC は、材料、応力、環境の三因子が重畳し、特定の条件になったときに発生するものであり、三因子のうちの一因子以上を取り除けば SCC は発生しない。今回の申請範囲については、前述のとおり環境、材料の二因子に対して対策が講じられており、SCC 対策としては十分であると考えているが、応力についても以下のとおり運転中の引張応力が増大する設計及び製作時の引張残留応力が高くなる工法を避けた設計を行っている。

・運転中の引張応力の増大する設計を避けた設計

- 運転中の引張応力（内圧、自重、熱）が大きくなるように配慮したルート設計、サポート設計を行う。
- 切欠き、形状不連続部等の応力集中を生じさせる構造を避けた設計を行う。

・製作時の引張残留応力が高くなる工法を避けた設計

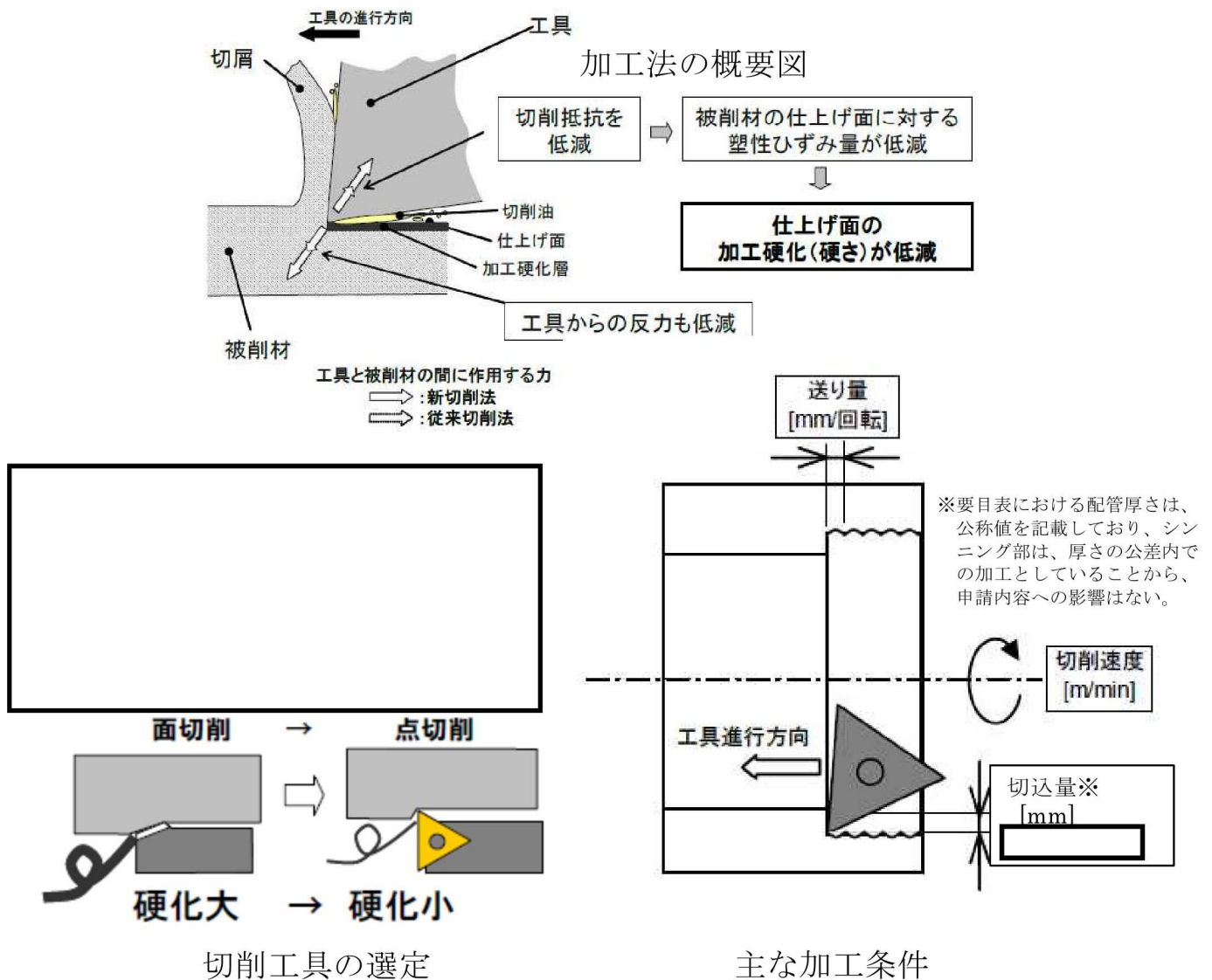
- 冷間加工により製造する曲げ管、エルボは、溶体化熱処理を実施し、残留応力の低減を図る。
- 開先加工（機械加工）部においては、表面が強加工とならないように配慮し、加工硬化の低減を図る加工法を採用する。なお、加工硬化の低減を図る加工方法を適用できない部分については、引張残留応力の改善を図るバフ研磨を行う。
- 溶接においては、JSME 設計・建設規格及び溶接規格に従った溶接部の設計、施工の計画を行う。補修溶接する際は、欠陥位置を特定し、極力補修範囲が少なくなるように施工する要領を定める。

<加工硬化の低減を図る加工方法及び表層の引張残留応力の改善を図る手法の概要>

配管取替えにあたっては、表層の硬化による応力腐食割れの発生防止のために、今回の工事範囲において、配管内表面の機械加工として加工硬化の低減を図る加工方法を用いる。

<加工硬化の低減を図る加工方法の概要>

- ・ シンニング部硬度上昇の要因は、機械加工に伴う塑性ひずみの生成である。この塑性ひずみを低減することにより、硬さの上昇は抑えられる。
- ・ 塑性ひずみは、切削抵抗を抑えることにより低減できるため、加工に用いる工具や加工条件を最適化することにより、硬度上昇の抑制が可能である。
- ・ 硬化層が形成されにくい加工法（硬くなり難い加工法）では、バイトによる面切削ではなく鋭角な切削チップによる点切削を採用すると共に、主な加工条件（切削速度、送り量、切込量）を自動制御により調整（切込み量は治具を用いて設定）し、切削抵抗を抑えて硬化層の形成を抑制している。
- ・ 本加工法が開発された 2010 年以降の配管改造工事に採用されている加工法である。



□ : 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。


また、今回の工事範囲において、加工硬化の低減を図る加工方法を適用できない既設管台については、機械の取り合いの都合から加工硬化の低減を図る加工方法を行う装置が取付けられないため、引張残留応力の改善を図るバフ研磨を行う。

＜表層の引張残留応力の改善を図る手法の概要＞

- ・シンニング部の機械加工により発生する表層の引張残留応力の改善を図る手法を用いる。
- ・表層の引張残留応力を改善する手法では、以下に示す指定の加工工具・施工要領に従い、手持ち工具でのバフ研磨により表層の引張残留応力が圧縮側へ改善される。なお、本手法が開発された 2010 年以降の配管改造工事に採用されている手法である。



本工事の取替え範囲における配管内表面へ実施する加工法の対象は、次図のとおりである。

 :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。

取替え範囲における配管内表面へ実施する加工法の対象



: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。

取替え範囲における配管内表面へ実施する加工法の対象



: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。

過去、クラス1配管において、加工硬化の低減を図る加工方法及び表層の引張残留応力の改善を図る手法を採用した実績は、下記に示すとおりである。

- 加工硬化の低減を図る加工方法採用実績

美浜2号機（#27定検、2011年）：加圧器スプレイ配管、加圧器逃がし配管

美浜3号機（#25定検、2011年）：加圧器スプレイ配管、SIS注入配管（RCPB）

高浜2号機（#27定検、2011年）：加圧器スプレイ配管

高浜3号機（#20定検、2010年）：加圧器スプレイ配管

高浜4号機（#20定検、2011年）：加圧器スプレイ配管、SIS低温側注入配管（RCPB）

大飯2号機（#23定検、2010年）：余熱除去ポンプ入口配管（RCPB）

大飯3号機（#18定検、2021年）：加圧器スプレイ配管

- 表層の引張残留応力の改善を図る手法採用実績

高浜1号機（#27定検、2011年）：加圧器サージ配管

高浜2号機（#26定検、2010年）：加圧器サージ配管

高浜3号機（#19定検、2009年）：加圧器サージ配管、加圧器逃がし配管、

加圧器安全弁配管、加圧器スプレイ配管

高浜4号機（#19定検、2010年）：加圧器サージ配管、加圧器逃がし配管、

加圧器安全弁配管、加圧器スプレイ配管

大飯3号機（#15定検、2011年）：加圧器サージ配管、加圧器逃がし配管、

加圧器安全弁配管、加圧器スプレイ配管

大飯4号機（#14定検、2011年）：加圧器サージ配管、加圧器逃がし配管、

加圧器安全弁配管、加圧器スプレイ配管

大飯3号機（#18定検、2021年）：加圧器スプレイ配管

参考6 適用規格、適用基準の変更（適用年度の変更）に伴う評価の変更内容

- 本工事の取替範囲の耐震・強度評価について、既工認では、JSME 設計・建設規格 2005/2007 年版、本申請では JSME 設計・建設規格 2012 年版、JSME 材料規格 2012 年版での評価を実施した。
- 既工認と本申請の評価内容の差異は、下表のとおりであり、評価条件変更に伴う評価結果について、影響はないことを確認した。

工認資料名	既工認 (JSME 設計・建設規格 2005/2007 年版)	本申請 (JSME 設計・建設規格 2012 年版、 JSME 材料規格 2012 年版)	規格変更に伴う評価結果への影響
耐震性に関する 説明書	<p><評価条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ボルト材の応力評価に呼び径を採用 [例]U ボルト：<input type="text"/> ボルト材の許容引張応力：$f_t=F/2$を採用 縦弾性係数：<input type="text"/> 熱膨張係数：<input type="text"/> 設計応力強さ(Sm)：114(114.8)MPa <p><Ss 評価結果> 発生値/許容値</p> <ul style="list-style-type: none"> ボルト <ul style="list-style-type: none"> 引張応力 <u>27MPa/84MPa</u> せん断応力 <u>23MPa/65MPa</u> 組合せ応力 <u>62MPa/118MPa</u> 配管 <ul style="list-style-type: none"> 一次+二次応力 <u>705MPa/344MPa</u> (簡易弾塑性解析 398MPa/488MPa) 疲労累積係数 <u>0.40424/1.0</u> 	<p><評価条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ボルト材の応力評価に軸部断面積の75%を採用 [例]U ボルト：<input type="text"/> ボルト材の許容引張応力：$f_t=F/1.5$を採用 縦弾性係数：<input type="text"/> 熱膨張係数：<input type="text"/> 設計応力強さ(Sm)：114(114.5)MPa <p><Ss 評価結果> 発生値/許容値</p> <ul style="list-style-type: none"> ボルト <ul style="list-style-type: none"> 引張応力 <u>36MPa/111MPa</u> せん断応力 <u>30MPa/64MPa</u> 組合せ応力 <u>83MPa/156MPa</u> 配管 <ul style="list-style-type: none"> 一次+二次応力 <u>705MPa/343MPa</u> (簡易弾塑性解析 397MPa/488MPa) 疲労累積係数 <u>0.40684/1.0</u> 	<p>呼び径から軸部断面積への変更： 実機に近い算出方法への見直しによる変更であり、評価結果として発生値、許容値の変更となり、<u>保守的な結果</u>となる。</p> <p>熱膨張係数の変更： ASME 規格の反映による変更であり、評価結果として発生値の変更となり、相対変位に影響を与え、解析の節点毎に異なった結果となる。</p> <p>設計応力強さの変更： ASME 規格の反映による変更であり、評価結果として許容値の変更となり、<u>保守的な結果</u>となる。</p>
強度に関する 説明書	<p><評価条件></p> <ul style="list-style-type: none"> 縦弾性係数：<input type="text"/> 熱膨張係数：<input type="text"/> 設計応力強さ(Sm)：114(114.8)MPa 設計降伏点(Sy)：127MPa <p><評価結果> 発生値/許容値</p> <ul style="list-style-type: none"> 一次+二次応力 <u>305MPa/349MPa</u> 	<p><評価条件></p> <ul style="list-style-type: none"> 縦弾性係数：<input type="text"/> 熱膨張係数：<input type="text"/> 設計応力強さ(Sm)：114(114.5)MPa 設計降伏点(Sy)：127MPa <p><評価結果> 発生値/許容値</p> <ul style="list-style-type: none"> 一次+二次応力 <u>296MPa/347MPa</u> 	<p>熱膨張係数の変更、設計応力強さの変更： 上記と同様</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。