

女川原子力発電所 2 号炉
設置許可基準規則等への適合状況説明資料
(原子炉冷却材圧力バウンダリ)

平成 27 年 2 月 24 日

東北電力株式会社

第 17 条：原子炉冷却材圧力バウンダリ

目 次

1. 基本方針.....	1
1.1 要求事項の整理.....	1
1.2 適合のための設計方針.....	3
2. 原子炉冷却材圧力バウンダリ.....	4
2.1 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の抽出.....	4
2.2 誤操作防止処置対象弁の運用および管理について.....	7
2.3 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の配管・弁の仕様について.....	8
2.4 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の配管・弁の強度評価について.....	12
2.5 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の検査について.....	12
2.6 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲に対する漏えい検査方法，手順について..	14
2.7 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の品質保証上の取り扱いについて.....	15

添付資料 1 原子炉冷却材圧力バウンダリ弁抽出フロー

添付資料 2 原子炉冷却材圧力バウンダリ概要図

<概 要>

1. において、実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下、「設置許可基準規則」という。）、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。）の要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する女川原子力発電所2号炉における適合性を示す。

2. において、設計基準事故対処設備について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備または運用等について説明する。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

原子炉冷却材圧力バウンダリについて、設置許可基準規則第 17 条ならびに技術基準規則第 27 条および第 28 条において、追加要求事項を明確化する。(表 1)

表1 設置許可基準規則第17条ならびに技術基準規則第27条および第28条 要求事項

設置許可基準規則 第17条 (原子炉冷却材圧力バウンダリ)	技術基準規則 第27条 (原子炉冷却材圧力バウンダリ) 第28条 (原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置等)	備考
発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。	—	変更なし (解釈にて、原子炉冷却材圧力バウンダリの範囲が拡大)
一 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に生ずる衝撃、炉心の反応度の変化による荷重の増加その他の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に加わる負荷に耐えるものとする。	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器は、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、炉心の反応度の変化による荷重の増加その他の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に加わる負荷に耐えるように施設しなければならない。	変更なし
二 原子炉冷却材の流出を制限するため隔離装置を有するものとする。	原子炉冷却材圧力バウンダリには、原子炉冷却材の流出を制限するよう、隔離装置を施設しなければならない。	変更なし
三 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に瞬間的破壊が生じないよう、十分な破壊じん性を有するものとする。	—	変更なし
四 原子炉冷却材圧力バウンダリからの原子炉冷却材の漏えいを検出する装置を有するものとする。	2 発電用原子炉施設には、原子炉冷却材圧力バウンダリからの原子炉冷却材の漏えいを検出する装置を施設しなければならない。	変更なし

1.2 適合のための設計方針

原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器(安全施設に属するものに限る)は、以下を考慮した設計とする。

- 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時および設計基準事故時に生ずる衝撃、炉心の反応度の変化による荷重の増加その他の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に加わる負荷に耐える設計とする。
- 原子炉冷却材の流出を制限するために隔離装置を有する設計とする。
- 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時および設計基準事故時に瞬時的破壊が生じないように、十分な破壊じん性を有する設計とする。
- 原子炉冷却材圧力バウンダリからの原子炉冷却材の漏えいを検出する装置を有する設計とする。

なお、原子炉冷却材圧力バウンダリに含まれる接続配管の範囲は以下とする。

- (1) 通常時開および事故時閉となる弁を有するものは、原子炉側からみて、第二隔離弁を含むまでの範囲とする。
- (2) 通常時または事故時に開となるおそれがある通常時閉および事故時閉となる弁を有するものは、原子炉側からみて、第二隔離弁を含むまでの範囲とする。
- (3) 通常時閉および事故時閉となる弁を有するもののうち、(2)以外のものは、原子炉側からみて、第一隔離弁を含むまでの範囲とする。
- (4) 通常時閉および原子炉冷却材喪失時開となる弁を有する非常用炉心冷却系等も(1)に準ずる。
- (5) 上記において「隔離弁」とは、自動隔離弁、逆止弁、通常時ロックされた閉止弁および遠隔操作閉止弁をいう。なお、通常運転時閉、事故時閉となる手動弁のうち個別に施錠管理を行う弁は、開となるおそれがなく、上記(3)に該当するものとする。

2. 原子炉冷却材圧力バウンダリ

2.1 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の抽出

原子炉冷却設備に接続され、その一部が原子炉冷却材圧力バウンダリを形成する配管系には、原子炉冷却材圧力バウンダリとならない部分からの異常な漏えいが生じた場合において、原子炉冷却材の流出を制限するため、その配管系を通じての漏えいが、通常運転時の制御棒駆動水圧／原子炉隔離時冷却系ポンプによる補給量等を考慮し、許容できる程度に小さいものを除いて、次のとおり隔離弁を設ける。

- a. 通常運転時開、事故時閉の場合は2個の隔離弁
- b. 通常運転時閉、事故時閉の場合は1個の隔離弁
- c. 通常運転時閉、事故時開の非常用炉心冷却設備等はa. に準ずる。

なお、b. に準ずる隔離弁において、通常運転時又は事故時に開となるおそれのある場合は、2個の隔離弁を設ける。ここで、「隔離弁」とは、自動隔離弁、逆止弁、通常時ロックされた閉止弁および遠隔操作閉止弁をいう。また、通常運転時閉、事故時閉となる手動弁のうち施錠管理を行う弁は、開となるおそれがなく、上記b. に該当することから、1個の隔離弁を設けるものとする。

(1) 範囲が拡大される可能性のあるものの抽出

設置許可基準規則の解釈第17条第1項に基づき、従来は原子炉側から見て第一隔離弁までの範囲としていたものが第二隔離弁を含む範囲に拡大される箇所があるか、原子炉冷却材圧力バウンダリ全体を対象に添付資料1のフローに基づき確認した。

このフローに基づき原子炉冷却材圧力バウンダリに接続される各配管および弁を選別した結果を添付資料2に示す。

添付資料2に示すとおり、範囲が拡大される可能性があるものとして以下のものが抽出された。

- ・ 残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン (A/B系)
- ・ 残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン (A/B系)
- ・ 残留熱除去系ヘッドスプレイライン
- ・ 原子炉再循環系ドレンライン (A/B系)
- ・ 原子炉圧力容器ドレンライン

(2) 拡大要否の検討

原子炉再循環系ドレンライン (A/B系) および原子炉圧力容器ドレンラインの弁は、施錠により弁ハンドルの固定が行われている手動弁である。

従って、上記3ラインの弁については、弁ハンドルの固定を行うことで弁の誤

操作防止処置を講じていることから、通常時または事故時において開となるおそれはなく、原子炉冷却材圧力バウンダリの範囲は拡大されないことを確認した。

一方、残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン（A/B系）、残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン（A/B系）および残留熱除去系ヘッドスプレイラインに設置している隔離弁については、以下の理由により、開となるおそれが否定できない。

a. 残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン（A/B系）

第一隔離弁は逆止弁であるため、原子炉冷却材圧力が高い場合には開とならないが、原子炉冷却材圧力が低く残留熱除去ポンプが起動している場合、開となるおそれがある。

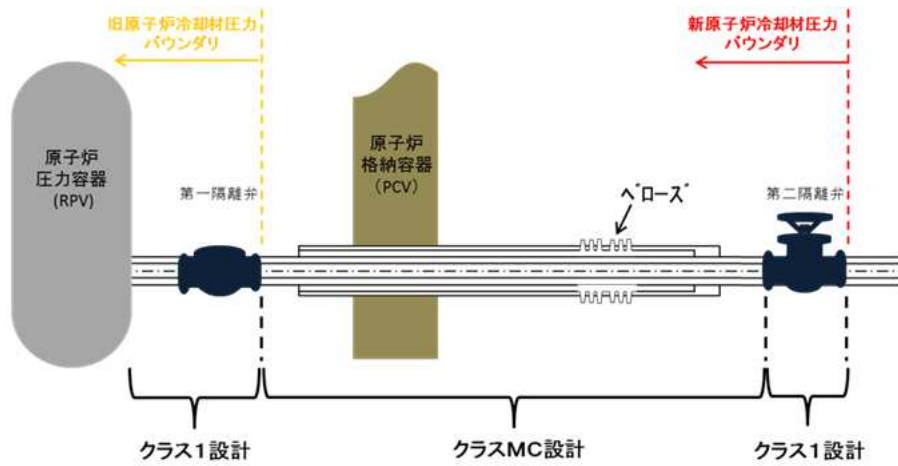
b. 残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン（A/B系）

第一隔離弁は、原子炉冷却材圧力が高い場合には開とならないようインターロックを設けているが、中央制御室から遠隔操作する電動弁であるため、誤動作により開となるおそれがある。

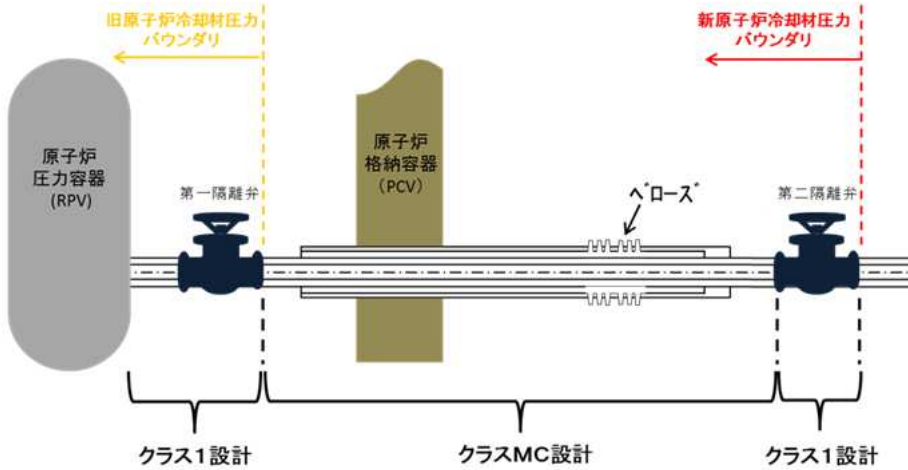
c. 残留熱除去系ヘッドスプレイライン

第一隔離弁は逆止弁であるため、原子炉冷却材圧力が高い場合には開とならないが、原子炉冷却材圧力が低く残留熱除去ポンプが起動している場合、開となるおそれがある。

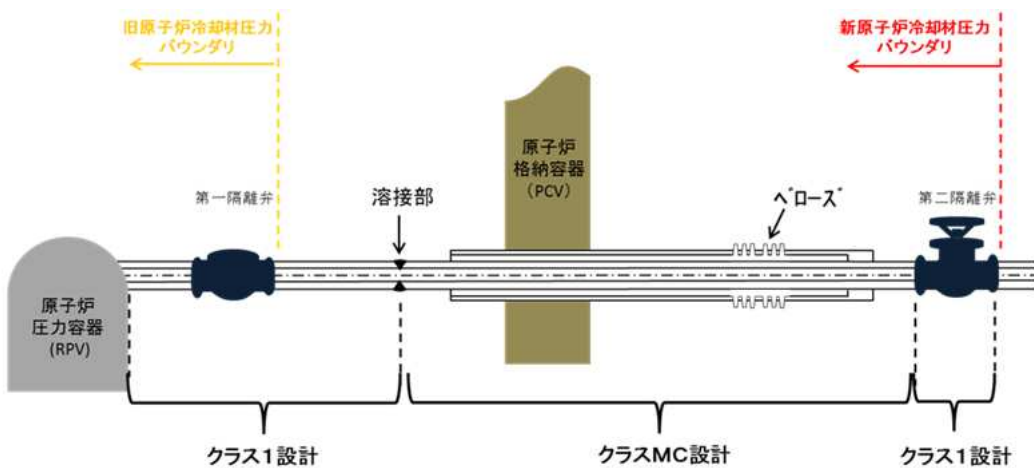
よって、残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン、残留熱除去系停止時冷却モード吸込ラインおよび残留熱除去系ヘッドスプレイラインについては、第一隔離弁から第二隔離弁を含むまでの範囲が原子炉冷却材圧力バウンダリとして拡大されることを確認した。



(残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン (A/B系))



(残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン (A/B系))



(残留熱除去系ヘッドスプレイライン)

図1 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大概念図

2.2 誤操作防止処置対象弁の運用および管理について

施錠により弁ハンドルを固定し、誤操作防止処置を行っている手動弁は、以下のとおりの運用および管理を実施している。

- ・当該弁の操作を禁止するために、チェーンで弁ハンドルを固縛した上で南京錠を使用し施錠しており、施錠弁の鍵については、当直長が管理している。また、鍵の保管は施錠管理された中央制御室キーボックスに保管している。
- ・定期検査中の弁の管理は、従来より作業毎に作業票により適切に管理を行っており、定期検査中の点検作業終了時およびプラント起動に伴う原子炉格納容器閉鎖前に当該弁の全閉および施錠状態を確認している。
- ・当該弁は原子炉格納容器内に設置されている手動弁であり、通常運転中は現場へのアクセスができないため、開操作をすることはしない。

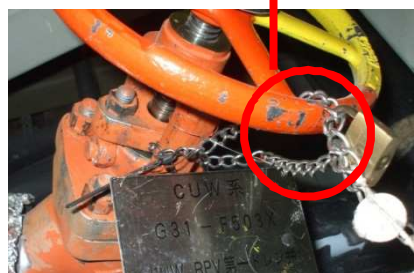


原子炉再循環ポンプ (A)
入口管第一ドレン弁
(B32-F503AX)



原子炉再循環ポンプ (B)
入口管第一ドレン弁
(B32-F503BX)

チェーン・南京錠による施錠管理



CUW RPV 第一ドレン弁
(G31-F503X)

図2 弁施錠状態

表2 施錠管理対象弁リスト

隔離弁となる手動弁の種類	弁名称	弁番号
通常時閉および事故時閉となる弁を有するもの* ¹ (第一隔離弁まで) 【黄緑四角実線□* ² 】	原子炉再循環ポンプ (A) 入口管第一ドレン弁	B32-F503AX
	原子炉再循環ポンプ (B) 入口管第一ドレン弁	B32-F503BX
	CUW RPV 第一ドレン弁	G31-F503X

※1：残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン (A/B)、残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン (A/B) および残留熱除去系ヘッドスプレイラインは除く

※2：原子炉冷却材圧力バウンダリ図 (添付資料2) の凡例による。

2.3 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の配管・弁の仕様について

原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲拡大に伴い、新たに原子炉冷却材圧力バウンダリとなる配管・弁については、クラス1機器として設計・製作し、プラント建設時またはヘッドスプレイ配管改造工事 (工事計画届出) において認可等を受け、使用前検査 (材料検査, 寸法検査, 外観検査, 据付検査, 強度・漏えい検査) に合格している。なお, 当該ラインの仕様は表3～表8の通り。

表3 残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン（A/B系）の配管仕様

	最高使用圧力 [MPa]	最高使用温度 [°C]	外径 [mm]	厚さ [mm]	材料
第一隔離弁から 原子炉側の配管	10.4	302	318.5	25.4	STS42
原子炉格納容器 貫通部*	10.4	302	318.5	25.4	SFVC2B

※クラスMC容器として設計しているが、原子炉冷却材圧力バウンダリと同等の設計条件（最高使用圧力、最高使用温度）としている。

表4 残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン（A/B系）の弁仕様

	種類	駆動方式	最高使用圧力 [MPa]	最高使用温度 [°C]	主要寸法 (呼び径)	材料	
						弁箱	弁ふた
第一 隔離弁	逆止め弁	窒素 作動	10.4	302	300A	SCPH2	SCPH2
第二 隔離弁	止め弁	電気 作動	10.4	302	300A	SCPH2	SCPH2

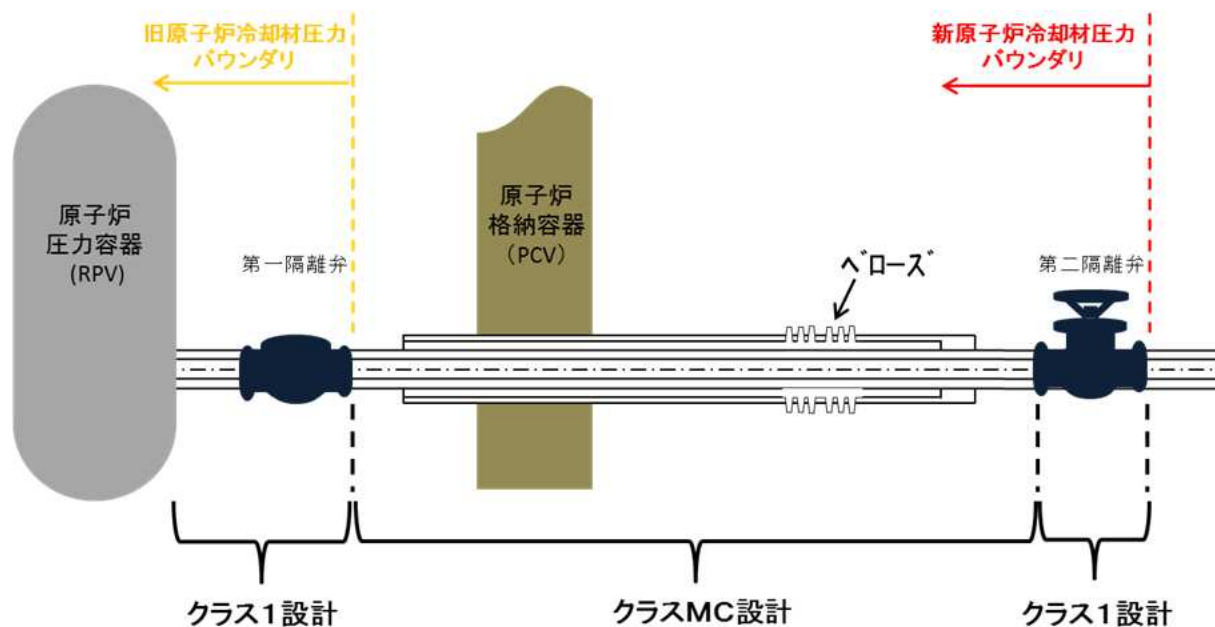


図3 残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン（A/B系）概略図

表5 残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン（A/B系）の配管仕様

	最高使用圧力 [MPa]	最高使用温度 [°C]	外径 [mm]	厚さ [mm]	材料
第一隔離弁から 原子炉側の配管	8.62	302	355.6	23.8	STS42
原子炉格納容器 貫通部*	8.62	302	355.6	23.8	SFVC2B

※クラスMC容器として設計しているが、原子炉冷却材圧力バウンダリと同等の設計条件（最高使用圧力、最高使用温度）としている。

表6 残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン（A/B系）の弁仕様

	種類	駆動方式	最高使用圧力 [MPa]	最高使用温度 [°C]	主要寸法 (呼び径)	材料	
						弁箱	弁ふた
第一 隔離弁	止め弁	電気 作動	8.62	302	350A	SCPH2	SCPH2
第二 隔離弁	止め弁	電気 作動	8.62	302	350A	SCPH2	SCPH2

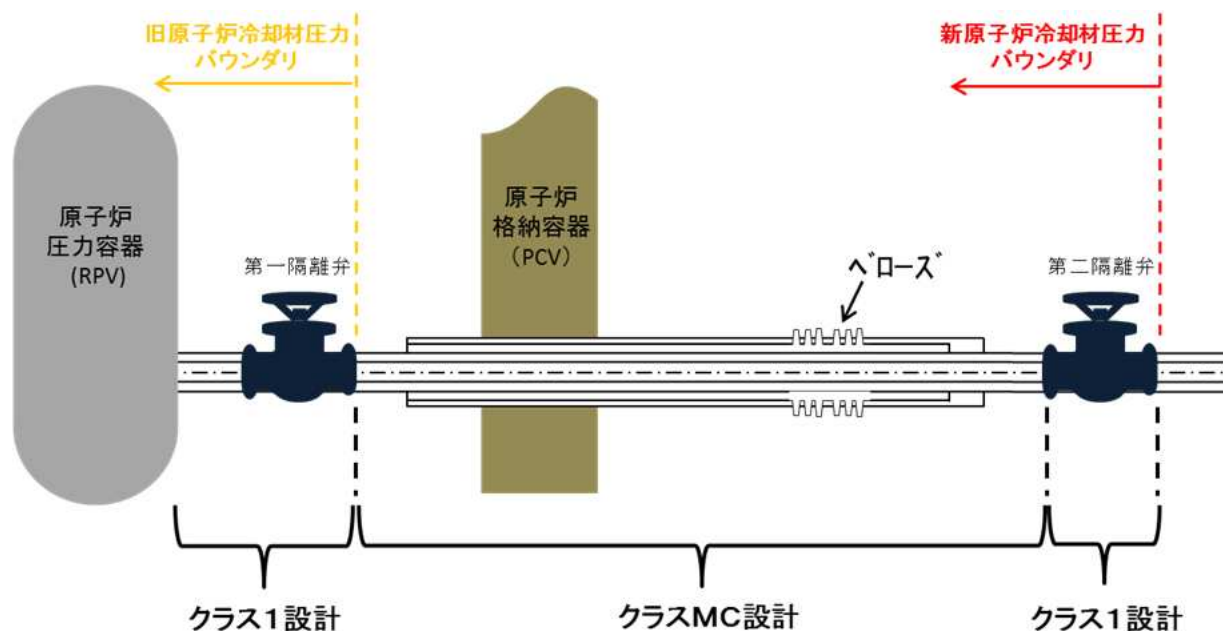


図4 残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン（A/B系）概略図

表7 残留熱除去系ヘッドスプレイラインの配管仕様

	最高使用圧力 [MPa]	最高使用温度 [°C]	外径 [mm]	厚さ [mm]	材料
第一隔離弁から 原子炉側の配管	8.62	302	114.3	11.1	STS42 (STS410)
第一隔離弁から 第二隔離弁まで の配管	8.62	302	114.3	11.1	STS42
原子炉格納容器 貫通部*	8.62	302	114.3	11.1	SFVC2B

※クラスMC容器として設計しているが、原子炉冷却材圧力バウンダリと同等の設計条件（最高使用圧力、最高使用温度）としている。

表8 残留熱除去系ヘッドスプレイラインの弁仕様

	種類	駆動方式	最高使用圧力 [MPa]	最高使用温度 [°C]	主要寸法 (呼び径)	材料	
						弁箱	弁ふた
第一 隔離弁	逆止め 弁	—	8.62	302	100A	SCPH2	S25C
第二 隔離弁	止め弁	電気 作動	8.62	302	100A	SCPH2	SCPH2

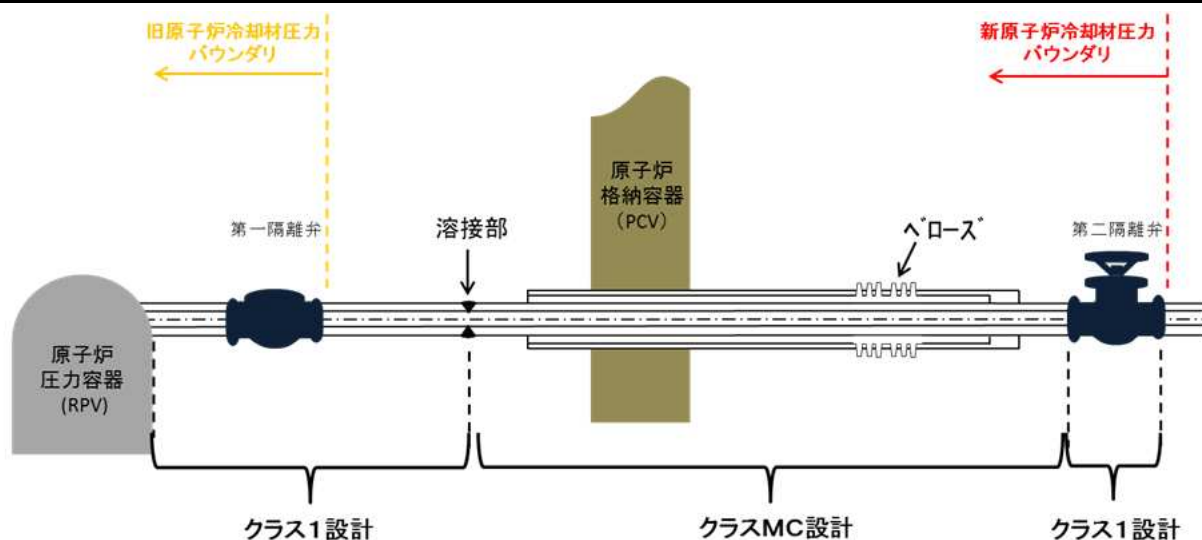


図5 残留熱除去系ヘッドスプレイライン概略図

2.4 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の配管・弁の強度評価について

原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲拡大に伴い、新たに原子炉冷却材圧力バウンダリとなる配管・弁については、クラス1機器として設計・製作し、プラント建設時またはヘッドスプレイ配管改造工事（工事計画届出）において認可等を受け、使用前検査（材料検査，寸法検査，外観検査，据付検査，強度・漏えい検査）に合格している。

また、当該範囲は、従来より耐震Sクラスであるため技術基準上の要求事項に変更はなく、上述の通り、プラント建設時よりクラス1機器として設計しているため、評価体系（許容値，計算式）も変更する必要はない。

2.5 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の検査について

新たに原子炉冷却材圧力バウンダリとなる配管・弁は、従来クラス2機器として供用期間中検査を実施していることから、今後は、クラス1機器として供用期間中検査に組み込み、検査を行っていく。

クラス2機器からクラス1機器へ組み込まれることに伴う試験方法の変更内容を表9，表10に示す。

表9 残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン/吸込ラインにおける
 供用期間中検査内容の変更について

検査対象	クラス2機器			クラス1機器		
	カテゴリ	試験方法	試験程度	カテゴリ	試験方法	試験程度
主配管の溶接継手	C-F	超音波探傷試験(板厚の内面 1/3T) および浸透探傷試験(100Aを超える管)	7.5%/10年	B-J	超音波探傷試験(全体積)(100A以上の管)	25%/10年
支持構造物	F-A	目視試験	代表系統の7.5%/10年	F-A	目視試験	25%/10年
弁のボルト締付け部 (直径 50mm 以下のボルト)	-	-	-	B-G-2	目視試験	Gr 代表弁の25%/10年
弁本体の内表面 (100Aを超える弁箱)	-	-	-	B-M-2	目視試験	Gr 代表弁の1台/10年
全ての耐圧機器 (系の漏えい試験)	C-H	目視試験	100%/10年	B-P	目視試験	100%/定検

表10 残留熱除去系ヘッドスプレイラインにおける
 供用期間中検査内容の変更について

検査対象	クラス2機器 ^{*1}			クラス1機器		
	カテゴリ	試験方法	試験程度	カテゴリ	試験方法	試験程度
主配管の溶接継手	-	-	-	B-J	超音波探傷試験(全体積)(100A以上の管)	25%/10年
主配管の支持部材 取付け溶接継手	-	-	-	B-K	浸透探傷試験	7.5%/10年
支持構造物	-	-	-	F-A	目視試験	25%/10年
フランジのボルト 締付け部 (直径 50mm 以下のボルト)	-	-	-	B-G-2	目視試験	25%/10年
弁のボルト締付け部 (直径 50mm 以下のボルト)	-	-	-	B-G-2	目視試験	25%/10年
全ての耐圧機器 (系の漏えい試験)	C-H	目視試験	100%/10年	B-P	目視試験	100%/定検

*1: 残留熱除去系ヘッドスプレイラインの第一隔離弁から第二隔離弁間、維持規格 IC-1220(1)項によりクラス2機器の非破壊検査は免除されている。

2.6 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲に対する漏えい検査方法、手順について
今回新たにバウンダリ拡大範囲の対象となる漏えい検査の方法および手順については、「日本機械学会 発電用原子力設備規格 維持規格（2008年版）JSME S NA1-2008」に基づき実施する。

上記より、定検時におけるクラス1機器漏えい検査（RPV L/T）の圧力保持範囲は、今回新たにバウンダリとなった範囲を含め、漏えい確認箇所の対象とする。

なお、当該ラインはプラント建設時またはヘッドスプレイ配管改造工事（工事計画届出）の使用前検査において、クラス1機器として、耐圧・漏えい検査を実施している。その後においても、これまでクラス2機器として供用期間中検査にて漏えい検査を実施している。

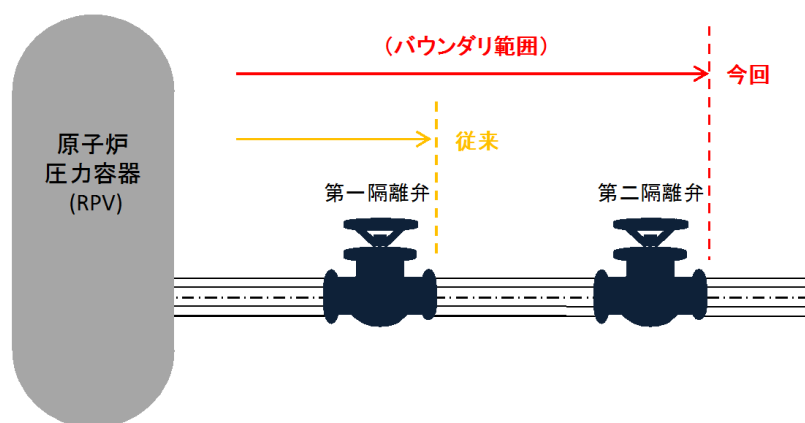


図6 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大概念図

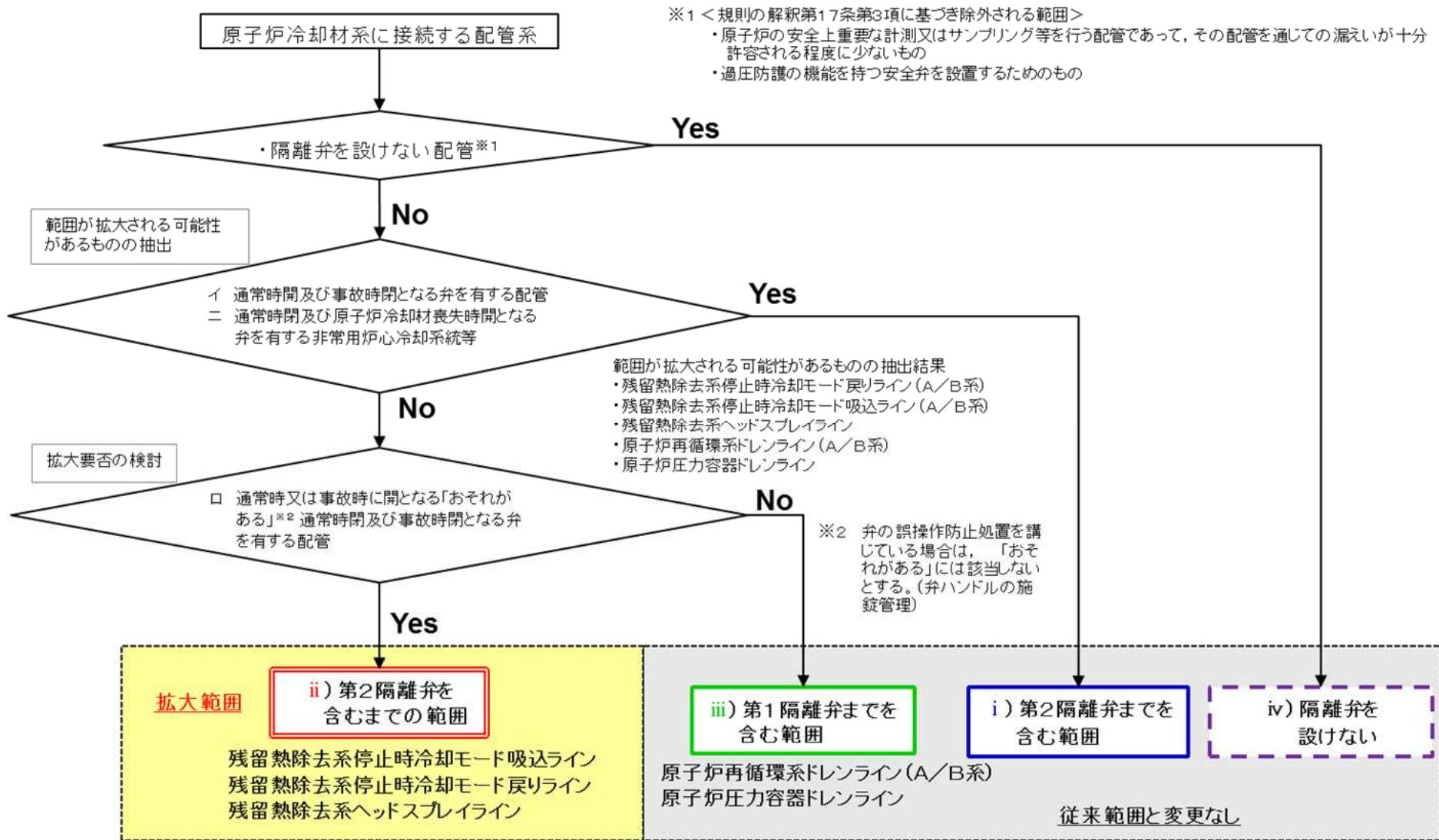
2.7 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の品質保証上の取り扱いについて

原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲拡大に伴い、新たに原子炉冷却材圧力バウンダリとなる配管・弁については、クラス1機器として設計・製作し、プラント建設時またはヘッドスプレイ配管改造工事（工事計画届出）にて工事計画の認可を受け、使用前検査（材料検査、寸法検査、外観検査、据付検査、強度・漏えい検査）に合格している。

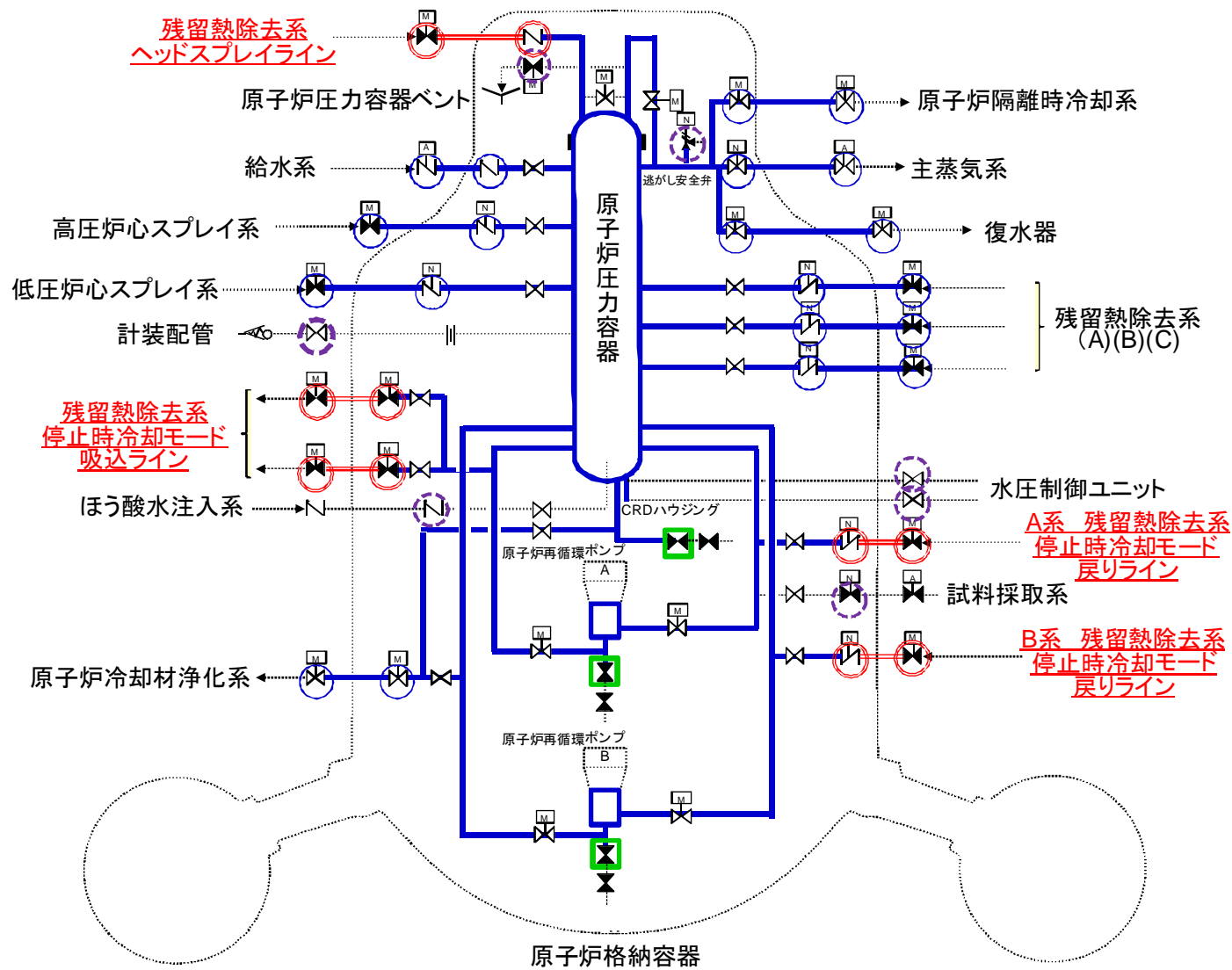
従って、拡大範囲における品質保証上の扱いは、従来の原子炉冷却材圧力バウンダリと同一である。

ただし、供用期間中検査については、2.5項の記載の通り、従来クラス2機器として検査を実施していたことから、今後は、クラス1機器として供用期間中検査に組み込み、検査を行っていく。

以上



原子炉冷却材圧力バウンダリ弁抽出フロー



- i 通常時開及び事故時閉となる弁。通常時開及び原子炉冷却材喪失時開となる弁を有する非常用炉心冷却系等
 - ii 通常時又は事故時に開となるおそれがある通常時閉及び事故時閉となる弁(第2隔離弁)
 - iii 通常時閉及び事故時閉となる弁を有するものうち、ii以外のもの(第1隔離弁)
 - iv 「隔離弁」としなくても良いもの(原子炉の安全上重要な計測又はサンプリング等を行う配管であって、その配管を通じての漏えいが十分許容される程度に少ないもの、過圧防護の機能を持つ安全弁を設置するためのもの)
- 原子炉冷却材圧力バウンダリの範囲
- : 従来範囲
 - : 新たにバウンダリとなる範囲
 - : 範囲外

原子炉冷却材圧力バウンダリ概要図