

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

原子炉冷却材圧力バウンダリ弁に関する  
設計上の考慮について

平成27年2月

東京電力株式会社

## 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 要求事項の整理	1
1.2 適合のための設計方針	2
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について	3
2.2 誤操作防止処置対象弁の運用及び管理について	6
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	7
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	10
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	11
2.6 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の漏えい検査方法, 手順について	13
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	14
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 柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉 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柏崎刈羽原子力発電所6号（以下、「KK6」という。）及び7号炉（以下、「KK7」という。）における適合性を示す。

2. において、設計基準対象施設のうち原子炉冷却材圧力バウンダリについて、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条及び第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
<p>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。</p>	<p>—</p>	<p>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）</p>
<p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>変更なし</p>
<p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>変更なし</p>
<p>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に、十分な破壊じん性を有するものとする。</p>	<p>—</p>	<p>変更なし</p>
<p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>変更なし</p>

## 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（または，「逆止め弁」という。），通常時ロックされた閉止弁および遠隔操作閉止弁（または，「止め弁」という。）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系／原子炉隔離時冷却系ポンプによる補給水量等を考慮し、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及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

設置許可基準規則第17条第1項の解釈（以下、「規則の解釈」という。）に基づき、原子炉圧力容器に接続されるすべての配管系を対象として、従来は原子炉側から見て第1隔離弁までの範囲としていたものが第2隔離弁を含む範囲に拡大される箇所の有無について、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及び弁を選別した結果を添付資料2に示す。

添付資料2に示す通り、原子炉冷却材圧力バウンダリの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。

- ・原子炉冷却材浄化系原子炉圧力容器ヘッドスプレイライン
- ・残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン
- ・原子炉冷却材浄化系原子炉圧力容器ボトムドレンライン
- ・ほう酸水注入ライン

#### (2) 拡大要否の検討

原子炉冷却材浄化系原子炉圧力容器ボトム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。

したがって、当該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措置を講じており、「通常時又は事故時において開となるおそれはない」ことから、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吸込ライン、原子炉冷却材浄化系原子炉圧力容器ヘッドスプレイライン、ほう酸水注入ラインに設置している隔離弁については、以下の理由から「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吸込ライン

当該ラインに設置された原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する隔離弁については、通常運転時閉、事故時閉としている。当該弁については、通常運転時の原子炉停止操作における減圧後の冷却時に開、また、事故時に原子炉減圧後の長期冷却を行う際に開とする運用である。

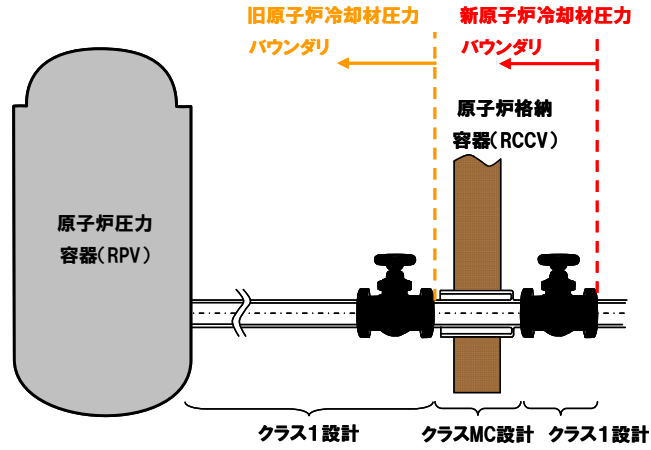
b. 原子炉冷却材浄化系原子炉圧力容器ヘッドスプレイライン

当該ラインに設置された原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する隔離弁については、通常運転時閉、事故時閉としている。当該弁については、通常運転時の原子炉停止操作において、原子炉圧力容器上部の冷却を行う場合には、開となる。

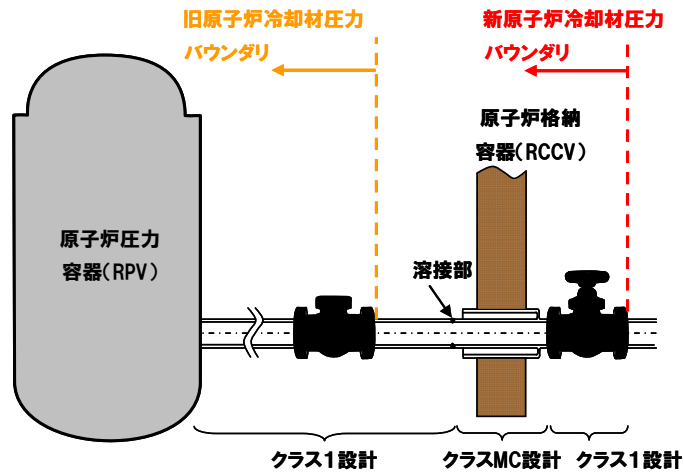
c. ほう酸水注入ライン

ほう酸水注入系は、設置許可基準規則第25条（反応度制御系統及び原子炉停止系統）において、設置を求められている系統であることから、設計基準の範疇においても使用する可能性のある系統であると判断し、「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を有するもの」に準ずる系統として、第2隔離弁までを原子炉冷却材圧力バウンダリとする。

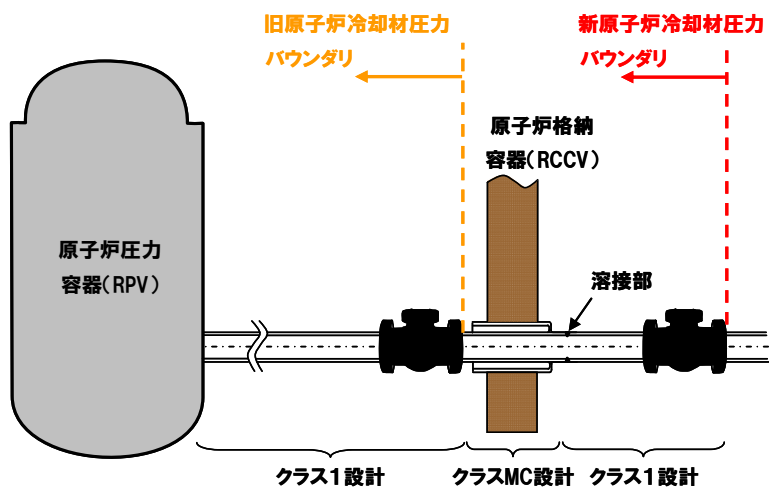
よって、残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン、原子炉冷却材浄化系原子炉圧力容器ヘッドスプレイライン及びほう酸水注入ラインについては、第1隔離弁から第2隔離弁を含むまでの範囲が新たに原子炉冷却材圧力バウンダリとして拡大されることを確認した。



(残留熱除去系 停止時冷却モード吸込ライン)



(原子炉冷却材浄化系 原子炉圧力容器ヘッドスプレイライン)



(ほう酸水注入ライン)

第1図 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及び管理について

弁ハンドルの固定された手動弁（施錠弁）については、チェーンで弁ハンドルを固縛した上で南京錠による施錠を施しており、南京錠の鍵については、当直長の管理のもと、使用及び保管を行っている。また、鍵の保管状況を3ヶ月に1度確認している。

当該弁については、原子炉格納容器内に設置し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ない。また、定検中においても、作業ごとに作業票とそれに基づく操作タグをもちいた管理を行っており、定期検査中の点検作業終了時及び原子炉起動前に当該弁が正常な状態（閉止かつ施錠）であることをバルブチェックリストにより確認しており、当直長が承認している。



KK6原子炉压力容器ドレン弁



KK7原子炉压力容器ドレン弁

第2図 弁施錠状態の例

表2 手動弁の施錠管理リスト

隔離弁となる手動弁の種類	ライン	弁番号
通常時閉及び事故時閉となる弁を有するもの※ <sup>1</sup> （第1隔離弁まで） 【水色○実線※ <sup>2</sup> 】	KK6 原子炉冷却材浄化系 原子炉压力容器ドレン弁	G31-F500
	KK7 原子炉冷却材浄化系 原子炉压力容器ドレン弁	G31-F500

※1 原子炉冷却材浄化系原子炉压力容器ヘッドスプレイライン，残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン及びほう酸水注入ラインを除く

※2 原子炉冷却材圧カバウンダリ図（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、プラント建設時に工事計画書の認可を受け、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。なお，当該ラインの仕様は表3～表14の通り。

表3 KK6残留熱除去系停止時冷却モード吸込ラインの配管の仕様

	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[°C]	外径 [mm]	厚さ [mm]	材料
第1隔離弁上流の配管	8.62	302	355.6	23.8	STS42
格納容器貫通部 <sup>※1</sup>	8.62	302	355.6	23.8	SFVC2B

表4 KK6残留熱除去系停止時冷却モード吸込ラインの弁の仕様

	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1隔離弁	止め弁	電気 作動	8.62	302	350A	SCPH2	SCPH2
第2隔離弁	止め弁	電気 作動	8.62	302	350A	SCPH2	SCPH2

表5 KK6原子炉冷却材浄化系原子炉圧力容器ヘッドスプレイラインの配管の仕様

	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[°C]	外径 [mm]	厚さ [mm]	材料
第1隔離弁上流の配管	8.62	302	165.2	14.3	STS42
第1隔離弁から第2隔離 弁間の配管	8.62	302	165.2	14.3	STS42
格納容器貫通部 <sup>※1</sup>	8.62	302	165.2	14.3	SFVC2B

表6 KK6原子炉冷却材浄化系原子炉圧力容器ヘッドスプレイラインの弁の仕様

	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1隔離弁	逆止め弁	—	8.62	302	150A	SCPH2	S25C
第2隔離弁	止め弁	電気 作動	8.62	302	150A	SCPH2	SCPH2

※1 クラスMC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7 KK6ほう酸水注入ラインの配管の仕様

	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[°C]	外径 [mm]	厚さ [mm]	材料
第1隔離弁上流の配管	8.62	302	48.6	5.1	SUS316LTP
格納容器貫通部 <sup>*1</sup>	8.62	302	48.6	5.1	SUS316LTP
第1隔離弁から第2隔離 弁間の配管	8.62	302	48.6	5.1	SUS316LTP

表8 KK6ほう酸水注入ラインの弁の仕様

	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1隔離弁	逆止め弁	—	8.62	302	40A	SCS16A	SUSF316L
第2隔離弁	逆止め弁	—	8.62	302	40A	SCS16A	SUSF316L

表9 KK7残留熱除去系停止時冷却モード吸込ラインの配管の仕様

	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[°C]	外径 [mm]	厚さ [mm]	材料
第1隔離弁上流の配管	8.62	302	355.6	23.8	STS42
格納容器貫通部 <sup>*1</sup>	8.62	302	355.6	23.8	SFVC2B

表10 KK7残留熱除去系停止時冷却モード吸込ラインの弁の仕様

	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1隔離弁	止め弁	電気 作動	8.62	302	350A	SCPL1	SCPL1
第2隔離弁	止め弁	電気 作動	8.62	302	350A	SCPL1	SCPL1

表11 KK7原子炉冷却材浄化系原子炉圧力容器ヘッドスプレイラインの配管の仕様

	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[°C]	外径 [mm]	厚さ [mm]	材料
第1隔離弁上流の配管	8.62	302	165.2	14.3	STS42
第1隔離弁から第2隔離 弁間の配管	8.62	302	165.2	14.3	STS42
格納容器貫通部 <sup>*1</sup>	8.62	302	165.2	14.3	SFVC2B

※ 1 クラスMC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12 KK7原子炉冷却材浄化系原子炉压力容器ヘッドスプレイラインの弁の仕様

	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1隔離弁	逆止め弁	—	8.62	302	150A	SCPH2	SF50A
第2隔離弁	止め弁	電気作動	8.62	302	150A	SCPH2	SCPH2

表13 KK7ほう酸水注入ラインの配管の仕様

	最高使用圧力[MPa]	最高使用温度[°C]	外径[mm]	厚さ[mm]	材料
第1隔離弁上流の配管	8.62	302	48.6	5.1	SUS316LTP
格納容器貫通部 <sup>※1</sup>	8.62	302	48.6	5.1	SUS316LTP
第1隔離弁から第2隔離弁間の配管	8.62	302	48.6	5.1	SUS316LTP

表14 KK7ほう酸水注入ラインの弁の仕様

	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1隔離弁	逆止め弁	—	8.62	302	40A	SCS16A	SUSF316L
第2隔離弁	逆止め弁	—	8.62	302	40A	SCS16A	SUSF316L

※1 クラスMC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。

#### 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の拡大に伴い、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、プラント建設時に工事計画書の認可を受け、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。

また、当該範囲については、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に組み込まれた部位については、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。

なお、クラス1機器供用期間中検査に新たに組み込まれた部位については、クラス1機器としての現時点での健全性を確認するために、今施設定期検査時に検査を実施する。

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15～17に示す。

表15 残留熱除去系停止時冷却モード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		検査実績 (KK6/7)
	試験方法	試験程度	試験方法	試験程度	
主配管の溶接継手	超音波探傷試験（板厚の1/3T）及び浸透探傷試験（100Aを超える溶接継手）	7.5%/10年	超音波探傷試験（全体積）（100A以上の溶接継手）	25%/10年	計画中
主配管の支持部材 取付溶接継手	浸透探傷試験	7.5%/10年	浸透探傷試験	7.5%/10年	
支持構造物	目視試験	7.5%/10年	目視試験	25%/10年	
弁のボルト締付け部 （M50以下）	—	—	目視試験	類似弁毎に 25%/10年	
弁本体の内表面 （呼び径100A越え）	—	—	目視試験	類似弁毎に 1台/10年	
全ての耐圧機器 （漏えい試験）	目視試験	100%/10年	目視試験	100%/1定検	

表 16 原子炉冷却材浄化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 <sup>※1</sup>		クラス1機器		検査実績 (KK6/7)
	試験方法	試験程度	試験方法	試験程度	
主配管の溶接継手	—	—	超音波探傷試験 (全体積) (100A 以上の溶接継手)	25%/10年	計画中
主配管の支持部材 取付溶接継手	—	—	浸透探傷試験	7.5%/10年	
支持構造物	—	—	目視試験	25%/10年	
弁のボルト締付け部	—	—	目視試験	類似弁毎に 25%/10年	
フランジのボルト 締付け部	—	—	目視試験	25%/10年	
弁本体の内表面 (呼び径100A越え)	—	—	目視試験	類似弁毎に 1台/10年	
全ての耐圧機器 (漏えい試験)	目視試験	100%/10年	目視試験	100%/1定検	

※1 CUW系の第1隔離弁から第2隔離弁間は、維持規格IC-1220 (10) 項によりクラス2機器の非破壊検査は対象外

表 17 ほう酸水注入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 <sup>※2</sup>		クラス1機器		検査実績 (KK6/7)
	試験方法	試験程度	試験方法	試験程度	
主配管の溶接継手	—	—	浸透探傷試験 (100A未満)	25%/10年	計画中
主配管の支持部材 取付溶接継手	—	—	浸透探傷試験	7.5%/10年	
支持構造物	—	—	目視試験	25%/10年	
弁のボルト締付け部	—	—	目視試験	類似弁毎に 25%/10年	
全ての耐圧機器 (漏えい試験)	目視試験	100%/10年	目視試験	100%/1定検	

※2 SLC系の第1隔離弁から第2隔離弁間は、維持規格IC-1220 (1) 項によりクラス2機器の非破壊検査は対象外

## 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

バウンダリ拡大範囲に対する漏えい検査の方法及び手順については、「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。

クラス1の供用期間中検査における漏えい検査の圧力保持範囲は，原子炉起動に要求される開閉状態とし，今回新たにバウンダリとなった範囲についても漏えい確認箇所の対象とする。

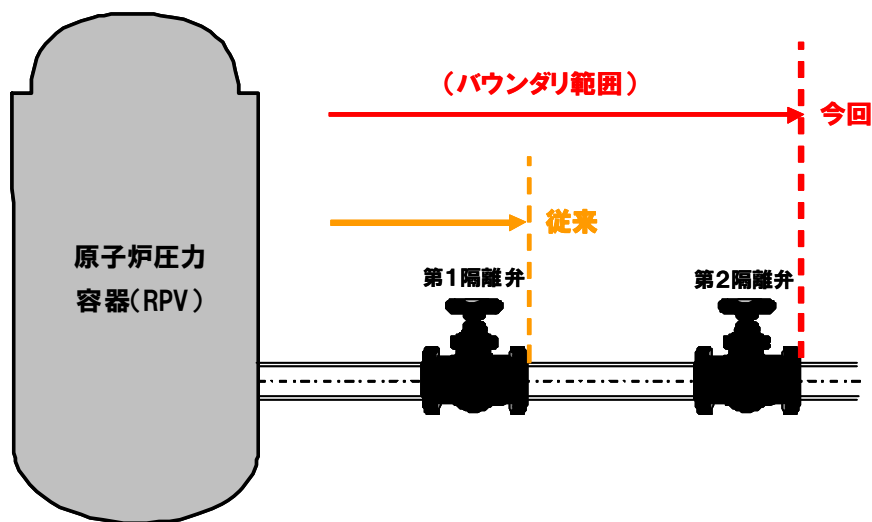


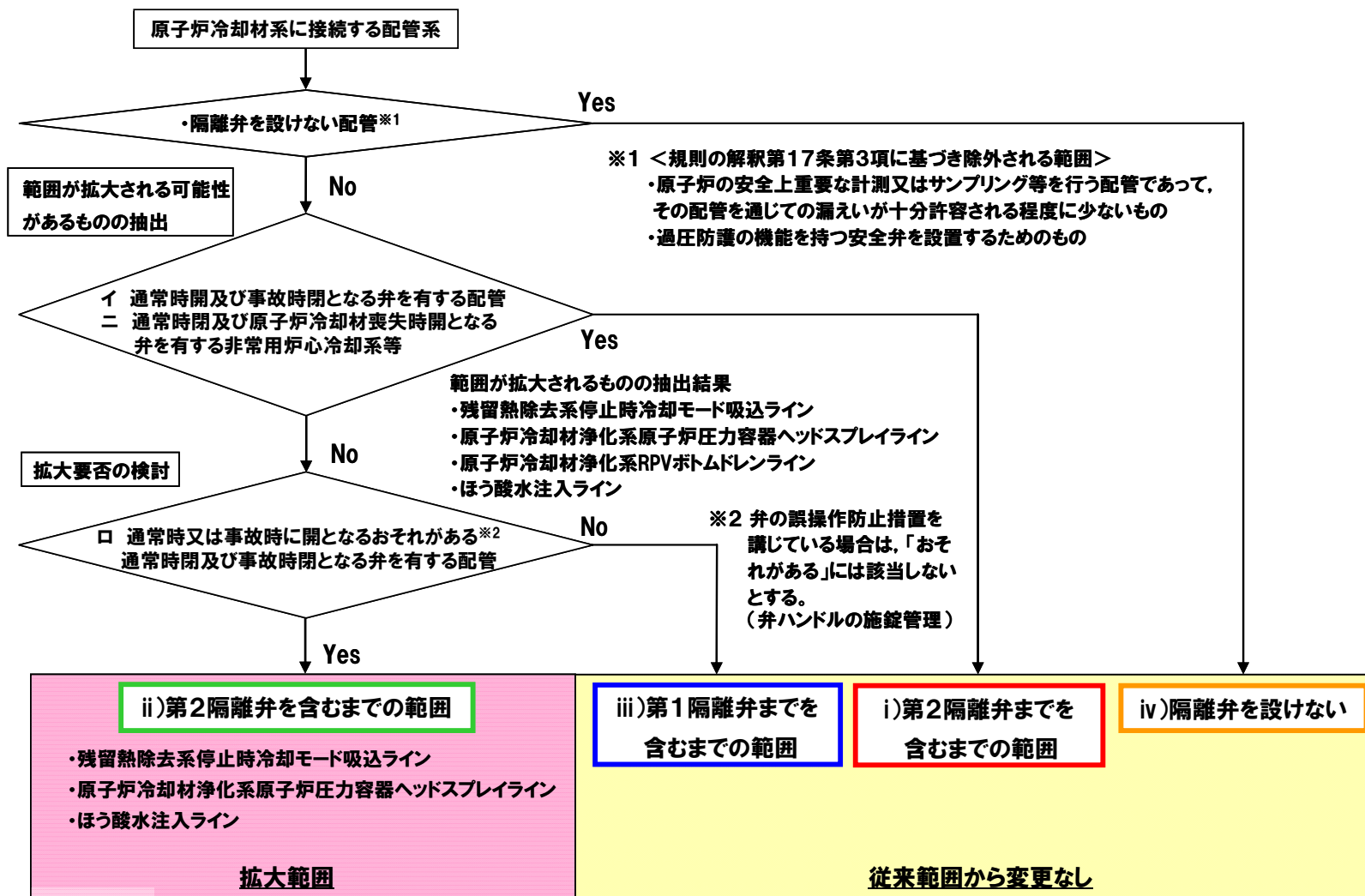
図3 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大概念図



## 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

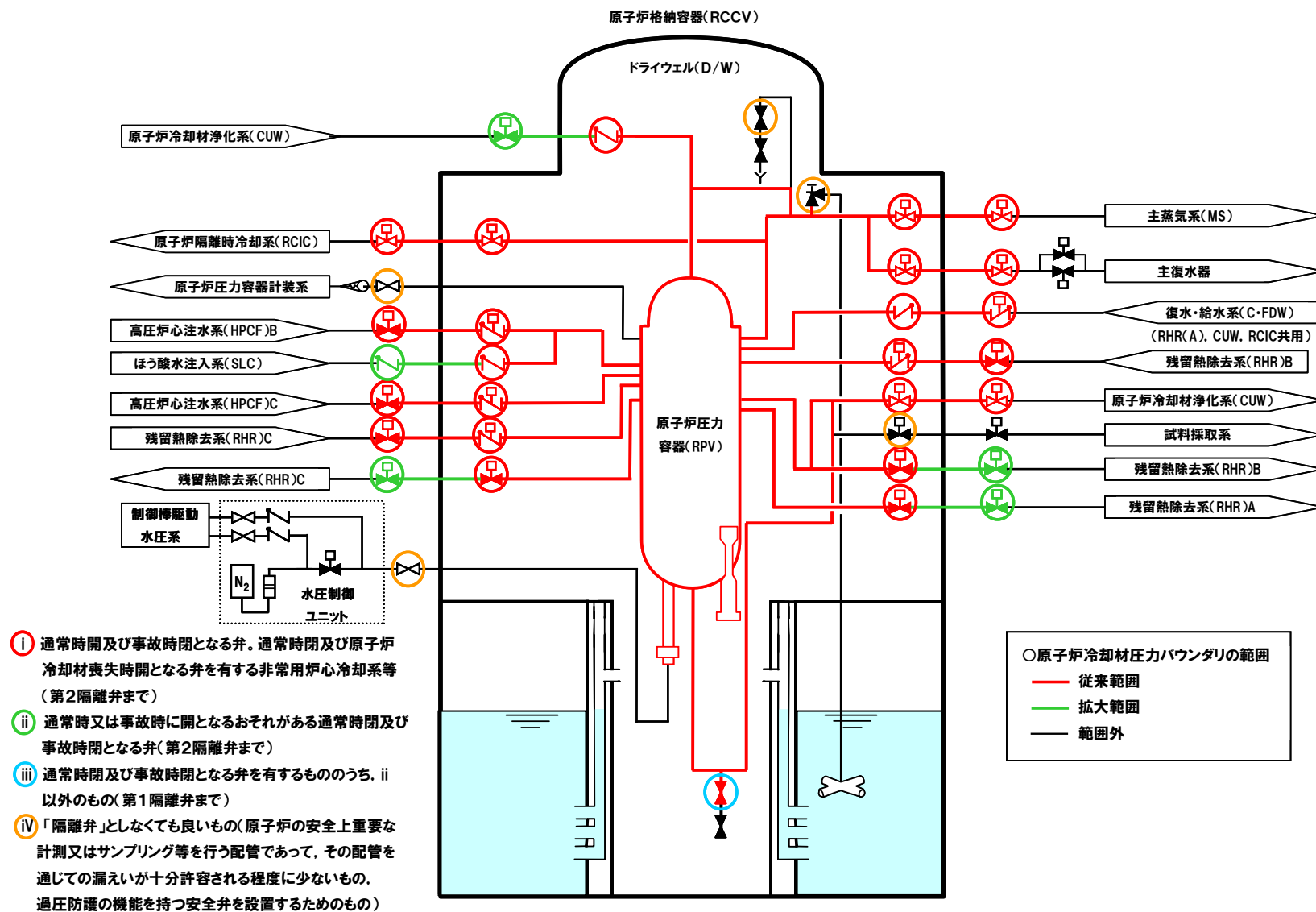
今回新たに原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の拡大に伴い、新たに原子炉冷却材圧力バウンダリとなる配管、弁については、クラス1機器として設計・製作し、プラント建設時に工事計画書の認可を受け、使用前検査（材料検査、寸法検査、外観検査、据付検査、強度・漏えい検査）に合格している。従って、当該範囲における品質保証上の取扱いは、従来の原子炉冷却材圧力バウンダリと同一である。

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。



本フロー図に記載のイ、ロ、ニは、それぞれ「規則の解釈」における第17条第1項第3号 接続配管のイ、ロ、ニに該当する。

原子炉冷却材圧力バウンダリ弁抽出フロー



柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 原子炉冷却材圧力バウンダリ概要図