

女川原子力発電所第2号機 原子炉格納容器過圧破損防止対策の概要

Summary of prevention from overpressurization damage of containment vessel in Onagawa NPS unit-2

東北電力株式会社 菊池 琢
東北電力株式会社 吉川 祐明
東北電力株式会社 久保 亮介

Taku KIKUCHI
Hiroaki KIKKAWA Member
Ryosuke KUBO

Abstract

Among the severe accident countermeasure works of Onagawa NPS unit-2, it is one of the characteristics to install filtered containment venting system (FCVS) facilities in the existing reactor building. Therefore, various considerations are taken about bringing in facilities, installing of facilities and future maintenance management.

Most of the severe accident countermeasure works are laying of the piping or cable way, and therefore it is necessary to set penetrations in the building. Particularly, penetrations set through the control area boundaries are confirmed carefully, and are carried out.

As further measures, alternate residual heat removal system (ARHR) is installed to add to the thickness of prevention from overpressurization damage of containment vessel. Diversity and independency are considered for each measure.

Keywords: Severe accident countermeasures, Filtered containment venting system (FCVS), Alternate residual heat removal system (ARHR), Control area boundary, Wall penetration

1. はじめに

女川原子力発電所第2号機の安全対策工事のうち、原子炉格納容器（以下、「PCV」という。）の過圧による破損を防止するための対策として、原子炉格納容器フィルタベント系（以下、「FCVS」という。）を設置することとしている。女川2号機では、既設の原子炉建屋内にFCVS フィルタ装置3台を設置することが特徴のひとつとなっている。FCVSは、原子炉建屋内に大口径の配管を敷設してシステムを構成することとなる。配管敷設に先立ち建屋の床面や壁面に貫通孔を施工することとなるが、貫通孔位置調整や貫通孔の施工などについて、既設設備の設置状況等を踏まえた検討がなされている。

また、さらなるPCVの過圧破損防止対策として、新規規制基準適合性審査で得られた技術的知見を反映し、FCVSと多様性および独立性を有し、位置的分散を図った代替循環冷却系（以下、「ARHR」という。）を設置することとしている。

本書では、現場工事における調整・検討事項を中心に、女川2号機のPCVの過圧破損防止対策の概要について述べる。

2. 原子炉格納容器フィルタベント系の設置

FCVSは、炉心の著しい損傷が発生した場合におい

て、PCV内の雰囲気ガスを放出し、圧力および温度を低下させることによりPCVの過圧による破損を防止することを目的として設置される。ベントの際、FCVSフィルタ装置を介して排気に含まれる放射性物質を低減させる機能およびPCV内に滞留する水素を環境へ放出する機能を有する。

また、設計基準事故対処設備に係る最終ヒートシンクへ熱を輸送する機能が喪失した場合、かつ残留熱除去系の使用が不可能な場合において、炉心の著しい損傷又はPCVの破損を防止するため、大気を最終ヒートシンクとして熱を輸送するための機能も併せ持つ。

2.1 FCVSの性能

FCVSフィルタ装置はベンチュリスクラバ、金属繊維フィルタ、放射性イオン交換樹脂フィルタで構成され、以下の性能を有する。

- ・『実用発電用原子炉に係る炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の有効性評価に関する審査ガイド』に定められている「Cs-137の放出量が100TBqを下回っていること」を達成できる性能を有する。
- ・事故後短期の被ばく量を低減するため、放射性イオン交換樹脂を除去する性能を有する。
- ・粒子状放射性物質に対して99.9%以上、無機イオンに対して99.8%以上、有機イオンに対して98%以上を除去する性能を有する。

2.2 原子炉建屋内への設置

女川2号機のFCVS フィルタ装置は、耐震性を有する既設の原子炉建屋内に設置され、設置場所の室内形状を考慮し、FCVS フィルタ装置3台並列で1基分の容量の構成となっている。Fig.1にFCVSの系統概要図を示す。

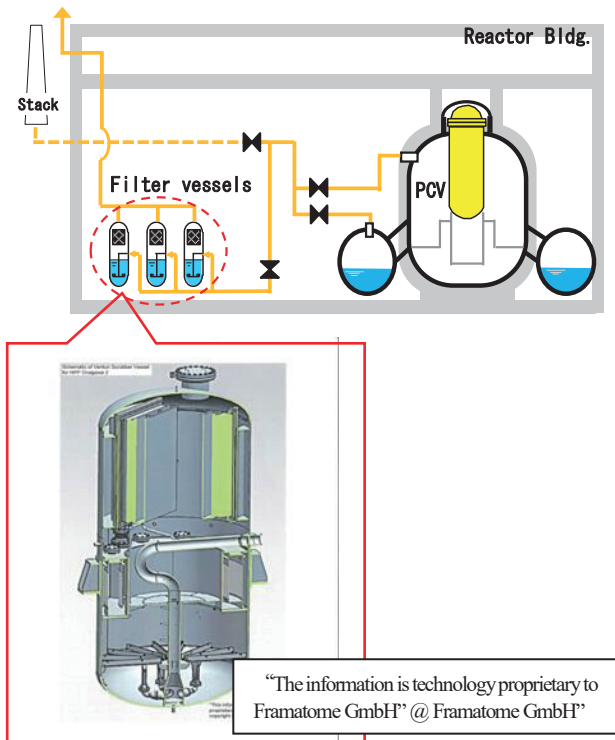


Fig.1 Schematic of Filtered Containment Venting System

2.3 FCVS フィルタ装置の設置（搬入・据付）

Fig.2 から Fig.4 に、FCVS フィルタ装置設置時の工事状況を示す。FCVS フィルタ装置は原子炉建屋の壁面に支持される構造となっており、まず室内の壁面に支持構造用の金物が設定される。その後、FCVS フィルタ装置搬入のための仮設開口部より搬入され、室内で起立・移動後に所定の位置に据え付けられる。

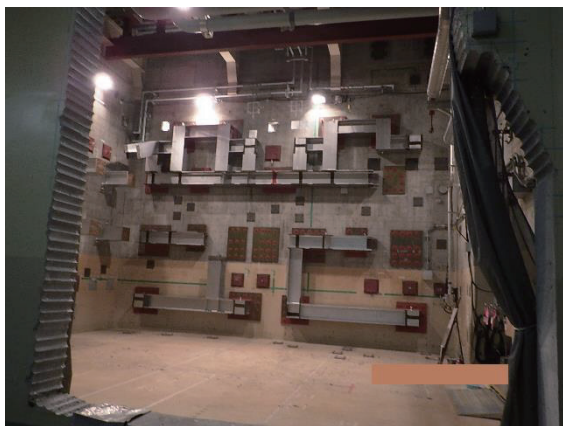


Fig.2 Post-cast hardware for support structure of FCVS filter vessel

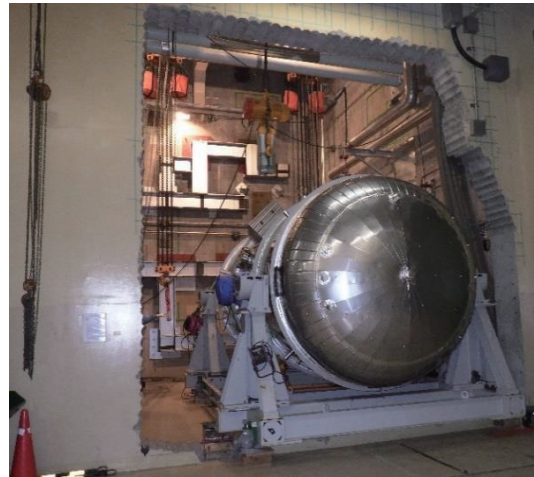


Fig.3 FCVS filter vessel brought-in from temporary opening



Fig.4 Installation of FCVS filter vessels

2.4 FCVS フィルタ装置の据付調整

FCVS を据え付ける室内は狭隘なため、機器、配管および支持構造物等の取り付け調整が重要となる。そのため、工事を請負う東芝エネルギーシステムズ（株）では、事前に3D-CADによる設計段階での調整を行った。また、現場施工段階では、部品点数が多く施工イメージが共有しにくいことが課題だったが、作業をより確実なものとするため、3Dプリンタを使用し1/20スケールのモデルを作成し、詳細な作業指示を実施した。Fig.5およびFig.6にFCVS フィルタ装置の据付調整状況を示す。



Fig.5 Completion image of FCVS installation

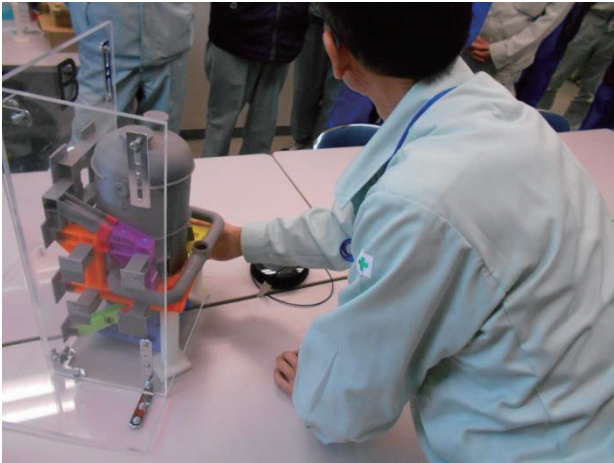


Fig.6 Confirmation in the meeting using 3D-model

3. 貫通孔施工

女川2号では、FCVS 以外にも様々な安全対策工事が行われているが、工事の大半は配管や電路の敷設である。それらの敷設に先立ち建屋の壁面や床面に貫通孔を施工する必要がある。

3.1 貫通孔施工までの流れ

貫通孔施工までの確認の流れを Fig.7 に示す。既設建屋への後施工のため、施工に先立ち設計要求箇所に対して鉄筋探査、干渉物確認、躯体強度評価が行われる。

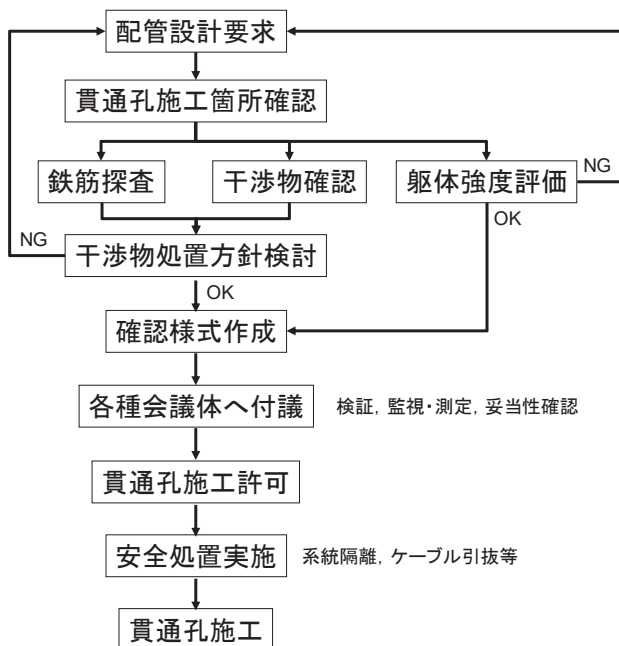


Fig.7 Flow chart of the penetration setting

3.2 管理区域境界における貫通孔施工

管理区域境界へ配管・電路等の貫通孔を施工する際に

は、原子炉建屋の健全性が損なわれないよう以下の手順で工事が行われる。Fig.8 に貫通孔施工の概要を示す。

- 作業前に閉止板を取り付け、躯体との隙間をコーキング処理。
- 躯体貫通防止策を講じたボーリングマシンにより、途中までコア抜き実施。
- コア抜き側に閉止板を取り付け、躯体との隙間をコーキング処理し、空気ポンプによる加圧および発泡剤にて気密性を確認。
- コア抜き側の閉止板が故意に取り外されないよう、特殊ナットにより閉止板を取り付ける。
- 管理区域側のコアは管理区域側から回収し、核種を分析する。

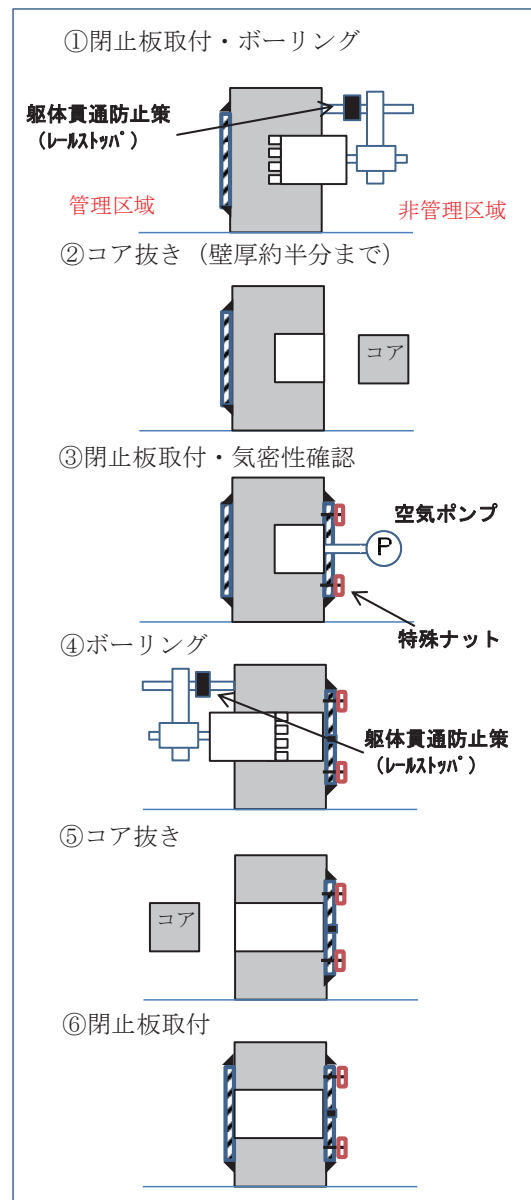


Fig.8 Method of the penetration to the control area boundary

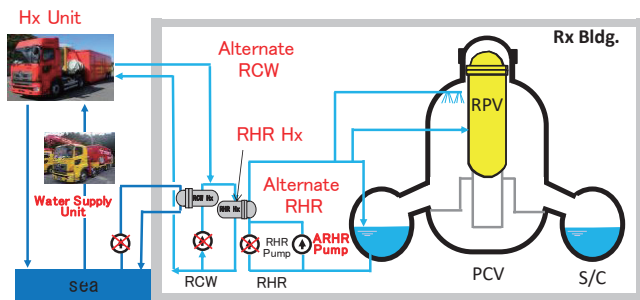
4. 代替循環冷却系の設置

さらなる PCV の過圧破損防止対策として、新規規制基準適合性審査で得られた技術的知見を反映し、ARHR を設置する。

4.1 ARHR の仕様

ARHR は、サプレッションチェンバを水源として、ARHR ポンプにより原子炉圧力容器へ注水および PCV 内へスプレイするとともに、原子炉補機代替冷却水系の熱交換器ユニットおよび大容量送水ポンプを用いて海を最終ヒートシンクとして除熱することで循環冷却を行い、PCV バウンダリを維持しながら PCV 内の圧力および温度を低下させる設備である。

Fig.9 に ARHR の系統概要図を示す。



【代替循環冷却ポンプ仕様】

台数: 1台
 容量: 約 150m³/h/台
 揚程: 約 80m

【原子炉補機代替冷却水系仕様】

・熱交換器ユニット
 台数: 3台
 容量: 約 20.0MW/台

・大容量送水ポンプ
 台数: 5台
 容量: 約 1440m³/h/台

Fig.9 Schematic of Alternate RHR System

4.2 PCV 過圧破損防止対策の多様性・独立性

ARHR は FCVS と多様性および独立性を有し、位置的分散を図った設計としている。また、ARHR は PCV の過圧破損防止のための重大事故緩和設備として位置づけられるが、信頼性向上のため設計基準事故対処設備である残留熱除去系と多様性および可能な限りの独立性を有し、位置的分散を図った設計となっている。

ARHR は、非常用ディーゼル発電機に対して多様性を有するガスタービン発電機からの給電により駆動できる

設計とする。また、FCVS は、非常用ディーゼル発電機に対して多様性を有する 125V 蓄電池、125V 代替蓄電池等からの給電により駆動できる設計とする。

FCVS は、人力により排出経路に設置される隔離弁を操作できる設計とすることで、ARHR に対して駆動源の多様性を有する設計とする。

Table.1 に、PCV 過圧破損防止対策の駆動電源等について示す。

Table1 Diversity of the power supply

項目	設計基準事故 対処設備	重大事故等対処設備	
	RHR	ARHR	FCVS
電源 等	非常用 ディーゼル 発電機	ガスタービン 発電機	125V 蓄電池
			125V 代替蓄電池
		非常用 ディーゼル 発電機	125V 代替蓄電池、 125V 代替充電器および 電源車の組み合わせ
			人力手動操作

5. まとめ

女川 2 号機の PCV 過圧破損防止対策については、新規規制基準適合性審査で得られた技術的知見を反映し、対策の厚みを増している。

PCV バウンダリを維持しながら PCV 内の圧力及び温度を低下させるための設備として、ARHR を設ける。また、PCV 内の圧力を大気中に逃がすための設備として、FCVS を設ける。

現地では、大型機器の据付や配管・電路等の貫通孔施工の際には、対象機器や躯体構造物に要求される機能を考慮の上、発電所全体の健全性が損なわれないよう確認しながら工事を進めている。