

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

格納容器圧力逃がし装置
(ベント実施に関する考慮事項) について

平成27年4月

東京電力株式会社

<目次>

<目次>	1
1. 格納容器圧力逃がし装置系統の構成	1
1.1 格納容器圧力逃がし装置	1
1.1.1 系統概要	1
1.1.2 機器配置	3
1.1.3 設計の意図	6
1.1.4 弁の設置位置の妥当性（物理的隔離，他からの悪影響）	6
1.1.5 開の確実性，隔離の確実性について	7
1.2 代替格納容器圧力逃がし装置	8
1.2.1 系統概要	8
1.2.2 設計の意図	10
1.2.3 弁の設置位置の妥当性（物理的隔離，他からの悪影響）	10
1.2.4 開の確実性，隔離の確実性について	10
2. 主要弁の設計	11
2.1 格納容器圧力逃がし装置	11
2.1.1 弁の種類	11
2.1.2 設計の意図	13
2.2 代替格納容器圧力逃がし装置	14
2.2.1 弁の種類	14
2.2.2 弁の状態	14
2.2.3 設計の意図	15
3. 格納容器圧力逃がし装置系統と他系統との隔離	16
3.1 格納容器圧力逃がし装置	16
3.2 代替格納容器圧力逃がし装置	17
4. 格納容器からの取り出し位置	18
4.1 格納容器圧力逃がし装置	18
4.1.1 配管設置箇所	18
4.1.2 設計の意図	19
4.2 代替格納容器圧力逃がし装置	19
4.2.1 配管設置箇所	19
4.2.2 設計の意図	20
5. ベントの準備及び実施の判断基準	22
5.1 ベント準備の判断	22
5.1.1 準備操作の余裕時間について	22
5.1.2 準備操作を判断する確認パラメータについて	29
5.1.3 準備操作の妥当性について	29

5.1.4	炉心損傷前ベント時の停止基準及び成立性について	30
5.2	ベント実施の判断	32
5.2.1	ベント実施判断の余裕時間について	32
5.2.2	2 P d 手前で格納容器からの漏洩が発生した場合の格納容器ベントについて	32
5.2.3	柔軟な格納容器ベント判断について	32
5.2.4	希ガスの減衰について	32
6.	格納容器ベント実施の弁操作順位	34
7.	圧力計算の詳細	35
7.1	格納容器圧力毎の圧力損失	35
7.1.1	圧力損失・流量の評価	35
7.1.2	フィルタ装置, よう素フィルタの圧力損失	38
7.2	設計の意図	38
8.	ベント方法及び放出位置を変更することによる公衆被ばくへの影響について	39
補足資料 1	格納容器ベント設備に関わる改造について	47

今回のご説明範囲

5. ベント準備及び実施の判断基準

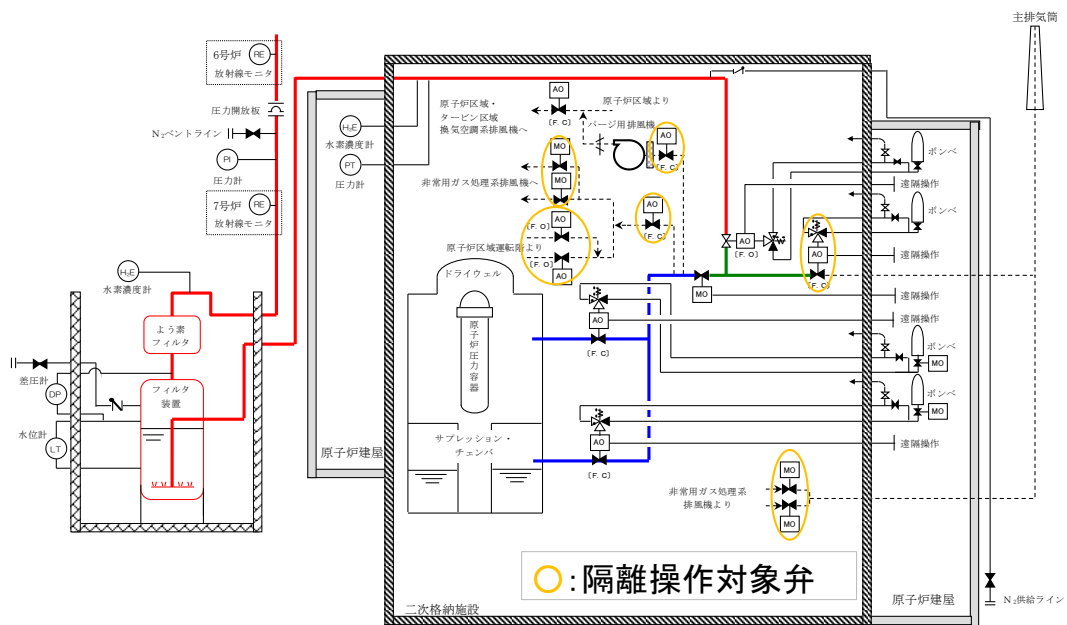
5.1 ベント準備の判断

5.1.1 準備操作の余裕時間について

格納容器ベント操作に関する手順書には、格納容器ベント操作が必要になった場合に速やかに実施できるように事前準備をすることとしている。

格納容器圧力逃がし装置を用いた格納容器ベントの事前準備は、(i)格納容器ベントラインにつながる系統の隔離操作、(ii)格納容器ベントライン隔離弁の一部開操作、(iii)格納容器圧力逃がし装置等使用前操作、(iv)中央制御室待避所設営、(v)緊急時対策所待避所設営をさす。

(i)格納容器ベントラインにつながる系統の隔離操作は、非常用ガス処理系、換気空調系及び耐圧強化ベント系との隔離弁の開操作または閉確認を実施する。本操作は、中央制御室からの遠隔操作を基本とする。制御電源・駆動源が喪失した場合、現場において閉状態の確認及び閉操作を実施する。これらの操作は「約2時間」程度で実施可能であると考えている。第5.1.1-1図に隔離操作対象弁を記す。なお、非常用ガス処理系とつながる系統の隔離操作については、二次格納施設外からのエクステンションによる操作、もしくは空気駆動弁下流に通常時「閉」の弁を設置する計画であり、それに伴い操作内容及び操作時間は変更になる。



第 5.1.1-1 図 系統隔離操作概要図

(ii) 格納容器ベントライン隔離弁の一部開操作は、発電所対策本部長からの格納容器ベント実施指示を受けて、一つの隔離弁を操作するだけで格納容器ベントが開始できるように、他の隔離弁を事前に開操作することである。

この操作は、炉心損傷前ベントと炉心損傷後ベントで操作する弁が異なる。

炉心損傷前ベントでは、格納容器一次隔離弁の全開操作及びフィルタ装置入口弁^{※1}の全開確認を実施する。本操作は、中央制御室からの遠隔操作を基本とする。二次格納施設外からの専用ポンベを使用した電磁弁排気側による操作の場合は「約 15 分 (実操作時間約 5 分+移動時間 10 分)」^{※2}で実施可能であり、エクステンションによる人力操作の場合は「約 25 分 (実操作時間想定約 15 分+移動時間 10 分)」^{※2}で実施可能と考える。

炉心損傷後ベントの場合は、格納容器二次隔離弁の調整開操作^{※3}及びフィルタ装置入口弁^{※1}の全開確認を実施する。本操作は、中央制御室からの遠隔操作を基本とする。二次格納施設外からのエクステンションによる人力操作の場合は「約 25 分 (実操作時間約 15 分+移動時間 10 分)」^{※2}で実施可能である。

炉心損傷前後ベント準備の隔離弁操作対象弁を表-1 および第 5.1.1-2~6 図に記す。

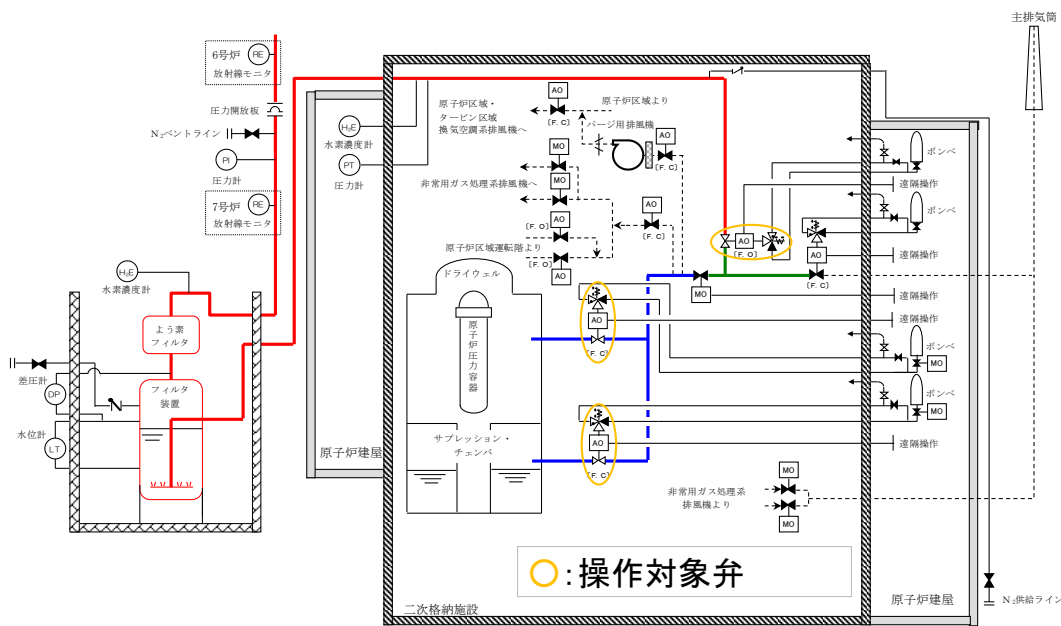
※1 格納容器圧力逃がし装置を使用する場合。耐圧強化ベント系を使用する場合は格納容器ベントライン排気筒側隔離弁になり、フィルタ装置入口弁の開操作が必要になる。代替格納容器圧力逃がし装置を使用する場合は該当する弁はない。

※2 最短の時間であり、手順・評価時は余裕を含めた時間を設定する。

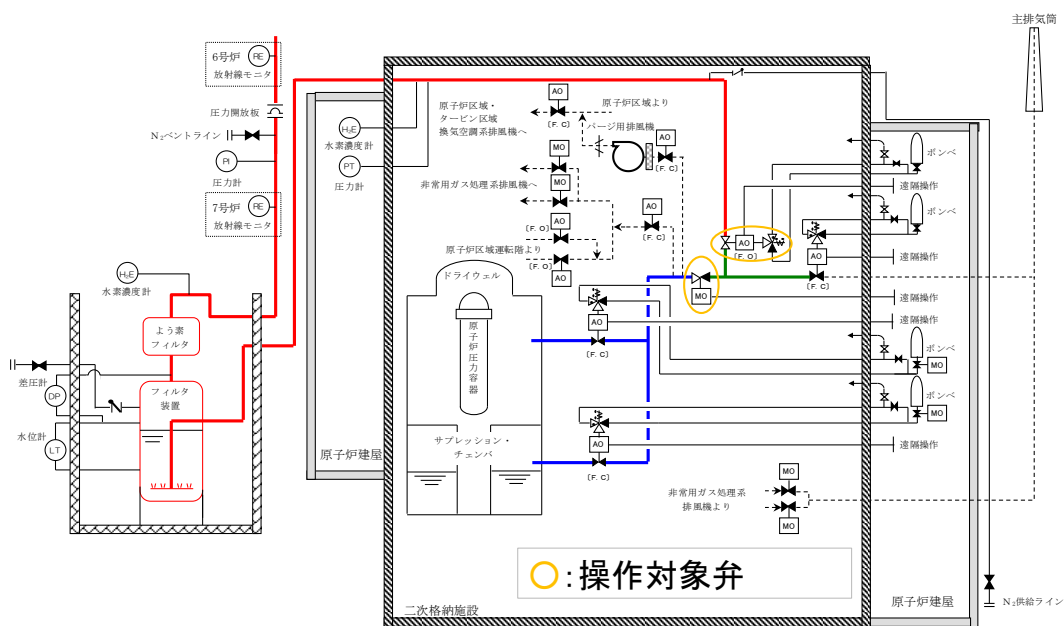
※3 格納容器二次隔離弁はベント流量調節弁になるため「50%」開とする。

表-1 隔離弁操作対象一覧

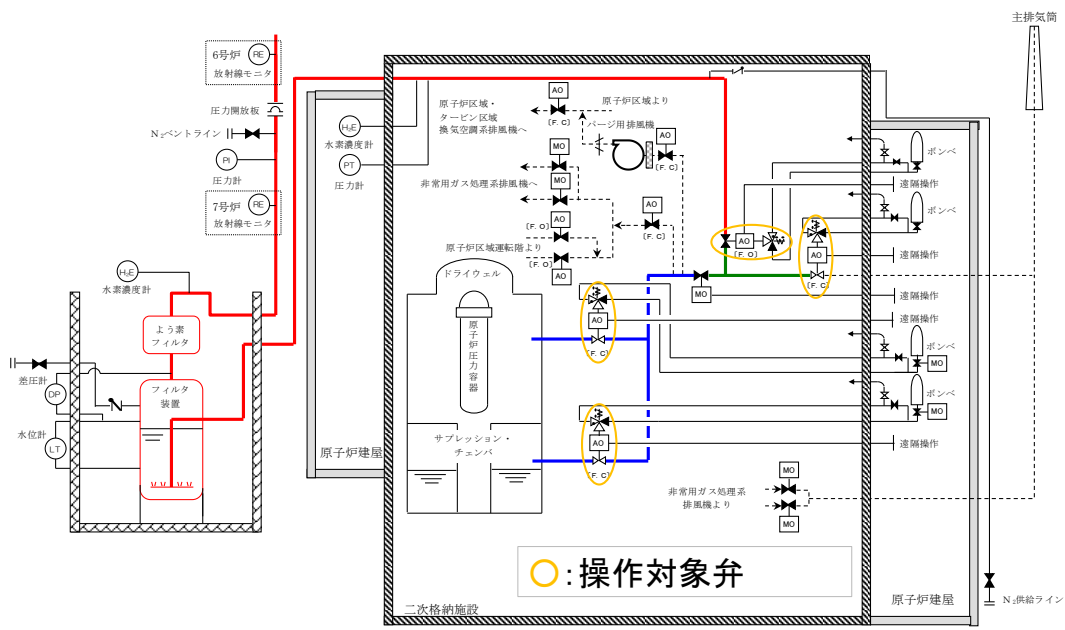
	操作対象弁	操作場所	操作(駆動)方法	操作時間
炉心損傷前	格納容器一次隔離弁 (空気駆動弁)	中央制御室	操作スイッチ	約 1 分
		二次格納施設外	専用ポンベ	約 15 分 ^{※2} (実操作時間約 5 分+移動時間 10 分)
			エクステンション	約 25 分 ^{※2} (実操作時間想定約 15 分+移動時間 10 分)
炉心損傷後	格納容器二次隔離弁 (電動駆動弁)	中央制御室	操作スイッチ	約 1 分
		二次格納施設外	エクステンション	約 25 分 ^{※2} (実操作時間約 15 分+移動時間 10 分)



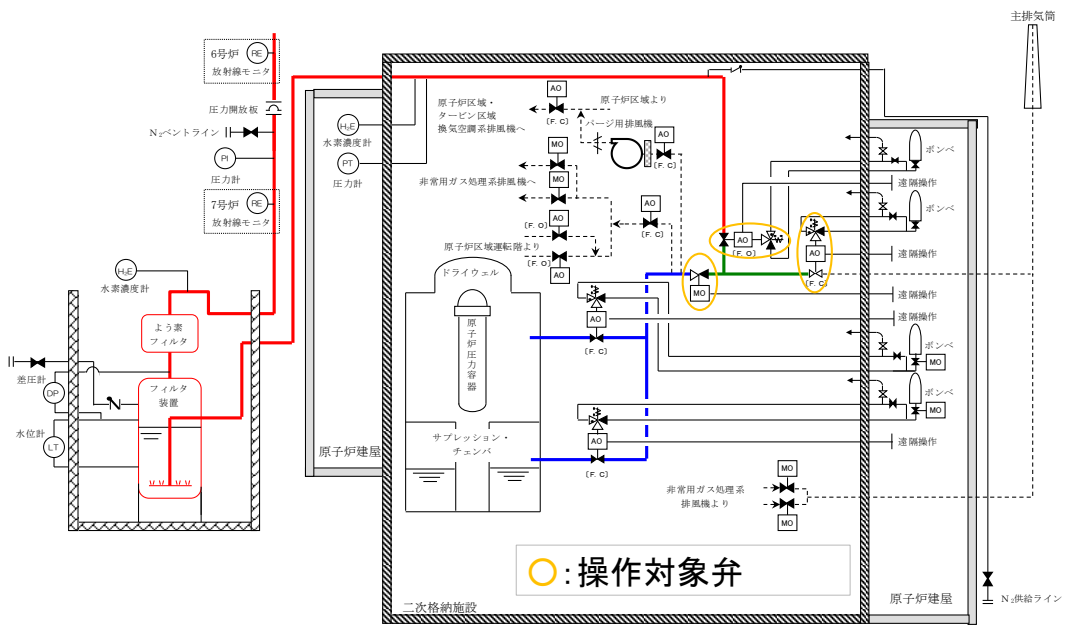
第 5.1.1-2 図 隔離弁操作概要図(格納容器圧力逃がし装置)「炉心損傷前の場合」



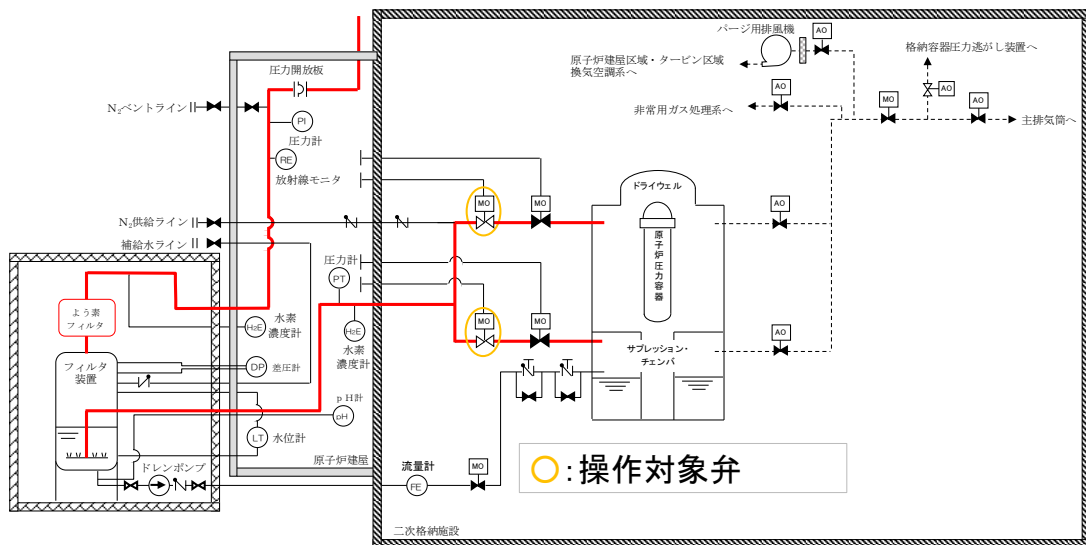
第 5.1.1-3 図 隔離弁操作概要図(格納容器圧力逃がし装置)「炉心損傷後の場合」



第 5. 1. 1-4 図 隔離弁操作概要図 (耐圧強化ベント系) 「炉心損傷前の場合」

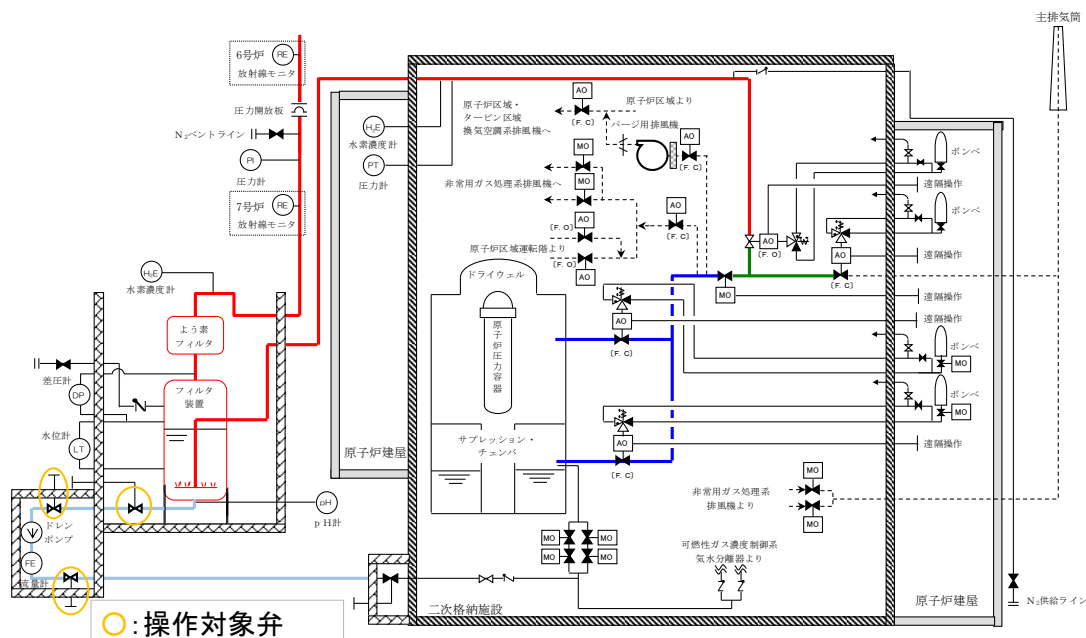


第 5. 1. 1-5 図 隔離弁操作概要図 (耐圧強化ベント系) 「炉心損傷後の場合」



第 5.1.1-6 図 隔離弁操作概要図 (代替格納容器圧力逃がし装置)

(iii) 格納容器圧力逃がし装置等使用前の操作は、フィルタ装置排水ラインの水張り操作のことである。本操作は、フィルタ装置廻りでの作業となるが、フィルタ装置の水頭圧のみで水張りを実施するため「約 1 時間」程度で操作可能であると考えている。第 5.1.1-7 図にフィルタ装置排水ライン水張り操作対象弁を記す。



第 5.1.1-7 図 排水ライン水張り操作概要図

(iv) 中央制御室待避所設営は、炉心損傷後の格納容器ベント操作前に準備する操作である。具体的には、待避所への資機材搬入・待避所での監視装置の設営・中央制御室換気空調系の隔離操作・待避所の加圧操作等を実施する。

(v) 緊急時対策所待避所設営は、炉心損傷後の格納容器ベント操作前に準備する操作である。具体的には、待避所への資機材搬入・待避所での監視装置の設営・緊急時対策所換気空調系の隔離操作・待避所の加圧操作等を実施する。

有効性評価のシナリオでは、格納容器ベント準備操作は遠隔操作を基本としているが、人力操作により対応した場合について、最も格納容器ベント実施時間が早い「全交流動力電源喪失」及び炉心損傷後ベントとして「格納容器過圧・過温破損」を例にして第 5.1.1-8 図に記す。

全交流動力電源喪失 (SBO)							経過時間 (時間)												備考		
							2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24			
操作項目	実施箇所・必要人員数						操作の内容	経過時間 (時間)												備考	
	運転員 (中操)		運転員 (現場)		緊急時対策要員 (現場)			経過時間 (時間)													
	6号	7号	6号	7号	6号	7号	約16時間 格納容器圧力310kPa [excess]到達													約24時間 サブレッシュャブルム部開始後	
原子炉注水操作	(1人) A	(1人) a	-	-	-	-	・原子炉隔離時注水系 原子炉注水確認	原子炉水位「レベル2～レベル8」で原子炉注水													
格納容器ベント準備操作	-	-	(2人) E,F	(2人) e,f	-	-	・ベント準備	運転員による格納容器ベント準備操作は「系統隔離」「格納容器ベントライン隔離弁一部開」である。 本シナリオでは、隔離弁操作として現場の専用弁使用を想定しているが、現場での人力操作を考慮する場合は、運転員2名で約3時間の操作時間を想定する。 《運転員による現場操作》 ・他系統との隔離 (空気駆動弁 2弁人力開) ・隔離弁一部開 (空気駆動弁 1弁人力開)												60分	
	-	-	(2人) E,F	(2人) e,f	-	-	・ベント準備 (現場人力操作の場合)	180分													
格納容器ベント操作	(1人) A	(1人) a	-	-	※7 (2人)	※7 (2人)	・フィルタ装置水位調整準備 (排水ライン水張り)	60分													
	-	-	(2人) E,F	(2人) e,f	-	-	・ベント状態監視	格納容器ベント操作後、遠望ベント状態監視													
	-	-	-	-	(2人)	(2人)	・格納容器ベント操作	60分													
	-	-	-	-	(2人)	(2人)	・フィルタ装置水位調整	遠望実施												中央制御室からの連絡を受けて既述操作を実施する	

格納容器過圧・過温破損 (大LOCA&SBO&ECCS機能喪失)							経過時間 (時間)												備考	
							2	4	6	8	10	29	31	33	35	37	39	41		
操作項目	実施箇所・必要人員数						操作の内容	経過時間 (時間)												備考
	運転員 (中操)		運転員 (現場)		緊急時対策要員 (現場)			経過時間 (時間)												
	6号	7号	6号	7号	6号	7号	約24分 炉心損傷開始													
低圧代替注水系 (常設) 注水操作	(1人) A	(1人) a	-	-	-	-	・低圧注水系 注入弁操作	炉心冠水後は、遠望原子炉注水と格納容器スプレいの切り替えを繰り返し実施												
代替格納容器スプレイ操作 (格納容器薬品注入を含む)	(1人) A	(1人) a	-	-	-	-	・低圧注水系 スプレイ弁操作 ・スプレイに合わせた薬品注入	遠望原子炉注水と格納容器スプレいの切り替えを繰り返し実施 最初の格納容器スプレイに合わせて格納容器薬品注入を実施												格納容器薬品注入操作は中央制御室から操作する方針
格納容器ベント準備操作	(1人) A	(1人) a	-	-	-	-	・ベント準備	30分												
	-	-	(2人) E,F	(2人) e,f	-	-	・ベント準備	格納容器ベント実施前までに現場操作を行う (操作時間60分)												格納容器ベント前に第2待避所へ待避準備及び待避を実施する
	-	-	(2人) E,F	(2人) e,f	-	-	・ベント準備 (現場人力操作の場合)	180分												
格納容器ベント操作	(1人) A	(1人) a	-	-	※2, ※3 (2人)	※2, ※3 (2人)	・フィルタ装置水位調整準備 (排水ライン水張り)	(60分)												格納容器ベント前に待避準備及び待避を実施する
	-	-	(2人) E,F	(2人) e,f	-	-	・ベント状態監視	格納容器ベント操作後、遠望ベント状態監視												格納容器ベント操作後第1待避所へ待避し、ベント状態を監視する
	-	-	-	-	(2人)	(2人)	・格納容器ベント操作	60分												
	-	-	-	-	(2人)	(2人)	・フィルタ装置水位調整	遠望実施												中央制御室からの連絡を受けて既述操作を実施する

第 5. 1. 1-8 図 有効性評価における格納容器ベント準備人力操作想定

5.1.2 準備操作を判断する確認パラメータについて

格納容器圧力が、格納容器ベント操作が必要になる圧力に到達する前に準備操作を完了させる必要があるため、格納容器圧力を継続監視し、その傾向から到達する時間を予測し準備操作を開始する。

なお、事故時運転操作手順書では炉心損傷前の格納容器ベントの際は「279kPa[gage]以下維持不可」から準備操作を開始することとしている。これは、中央制御室からの操作を前提に作成している。設備の故障等により、現場で操作する場合は、操作に必要な時間が記載されている手順書を使用し、格納容器ベント操作が必要になる圧力に到達する前に、格納容器ベント準備操作が終了するように対応している。

その他のパラメータとして、格納容器温度、サプレッションプール水位、格納容器雰囲気放射線モニタ、フィルタ装置水位、フィルタ装置入口圧力を監視し、フィルタ装置水素濃度計、フィルタ装置出口放射線モニタ、フィルタ装置出口流量計、フィルタ装置スクラバ水 pH 計、金属フィルタ差圧計が機能喪失していないことを確認する。

5.1.3 準備操作の妥当性について

①で述べた格納容器ベント準備作業の妥当性について表-2に整理する。

表-2 格納容器ベント操作前準備一覧

操作項目	操作場所	作業環境		
		温度・湿度	放射線環境	照明
系統隔離操作	中央制御室	—	—	—
	二次格納施設内 ※1	通常時と同程度	※2	バッテリー内蔵型LED照明・ヘッドライト・懐中電灯
隔離弁一部開操作	中央制御室	—	—	—
	二次格納施設外	通常時と同程度	※2	バッテリー内蔵型LED照明・ヘッドライト・懐中電灯
フィルタ装置排水ライン水張り	屋外	通常時と同程度	格納容器ベント前のため高線量にはならない	車両ヘッドライト・ヘッドライト・懐中電灯・LED多機能ライト

※1：設備改造に伴い操作場所の変更あり

※2：有効性評価解析条件変更に伴い再評価中

上記以外の格納容器圧力逃がし装置附帯設備の準備については下記の通りである。

- ・フィルタ装置給水設備

常時フィルタ装置は通常水位で維持されており、格納容器ベント開始後は水蒸気の凝縮により水位は上昇傾向であるため、基本的に補給の必要性はないと考える。

フィルタ装置の水位が低下する要因として、フィルタ装置内で捕捉した放射性物質の放熱による蒸発量が水蒸気の凝縮量より大きくなる場合である。これは、格納容器ベント停止後、水蒸気の流入が減少した場合に起きやすく、格納容器ベント中は水蒸気の流入が継続するため起こり難い。そのため、格納容器ベント停止前、または格納容器ベント長時間継続による水蒸気の流入が減少し、フィルタ装置水位が低下傾向を示した場合に準備すればよく、格納容器ベント前に準備する必要はない。

万が一、フィルタ装置への補給が必要になった場合は、フィルタ装置近傍で復水貯蔵槽へ補給を実施している可搬型代替注水ポンプを使用することが可能である。

- ・窒素パージ設備、フィルタ装置水素濃度計

窒素パージ設備およびフィルタ装置水素濃度計は格納容器ベント停止後の窒素ガスパージ時およびパージ後の管理に使用するため、格納容器の除熱機能等が回復し格納容器ベント停止の目処が立ってから準備をすればよく、格納容器ベント前に準備する必要はない。

- ・薬品注入設備、フィルタ装置スクラバ水 pH 計

フィルタ装置内のスクラバ水の水質は、フィルタ装置水位が維持されていれば変化することはない。薬品注入設備およびフィルタ装置スクラバ水 pH 計が必要になるのは、フィルタ装置の排水によりスクラバ水の水質が低下した場合であり、排水操作に合わせて準備すればよく、格納容器ベント前に準備する必要はない。

なお、格納容器 pH 制御設備については、炉心損傷後の事故時対応操作として実施するため、格納容器ベント準備操作には含まない。

5.1.4 炉心損傷前ベント時の停止基準及び成立性について

炉心損傷前ベント実施中に、炉心の健全性が確認できない場合、炉心損傷に至る可能性があるため格納容器ベントを停止する。この判断は、格納容器雰囲気放射線モニタまたは原子炉圧力容器温度計により判断する。

格納容器ベントの停止操作は、中央制御室からの操作であれば容易に実施可能である。

全交流動力電源喪失時であっても、空気作動弁は直流電源および専用ポンベが確保されているため中央制御室から操作することが可能であり、電動駆動弁はエクステンションにより二次格納施設外からの操作が可能である。さらに、格納容器隔離弁の空気作動弁もエクステンションにより二次格納施設外からの操作が可能である。

なお、空気作動弁は専用ポンベを使用した電磁弁排気側供給による操作が二次格納施設外から可能であり、中央制御室からの操作ができない場合でも格納容器ベントの停止操作は二次格納施設外から実施可能である。

また、残留熱除去系による格納容器除熱が可能になった場合についても、格納容器ベントを停止する。

5.2 ベント実施の判断

5.2.1 ベント実施判断の余裕時間について

ベント準備操作と同様に、格納容器圧力を継続監視することにより、ベント実施タイミングを予測することが可能であり、格納容器ベントが必要になった場合に速やかに発電所対策本部長が自らの責任と権限において指示し、運転員が操作することができる。

5.2.2 2P d 手前で格納容器からの漏洩が発生した場合の格納容器ベントについて

「格納容器からの異常な漏洩」とは、格納容器設計漏洩率を超える漏洩が発生することであり、重大事故時燃料貯蔵プールエリア放射線モニタ^{*2}により認知することができる。また、炉心損傷後においては、格納容器内の水素ガスが漏洩していることを、原子炉区域運転階上部の水素ガス濃度計により認知することができる。

※2 設計基準事故設備である原子炉区域エリア放射線モニタ、燃料取替エリア排気放射線モニタ、原子炉建屋換気系排気放射線モニタ等でも格納容器からの漏洩を認知することが可能である。

これらにより、「格納容器からの異常な漏洩」を認知した場合は、速やかに格納容器スプレイによる減圧操作を開始し、格納容器ベントを実施することにより格納容器からの漏洩の影響を抑制する。

なお、格納容器からの漏洩による格納容器ベント実施について、事故時運転操作手順へ記載する方針である。

5.2.3 柔軟な格納容器ベント判断について

格納容器圧力による格納容器ベント判断、または格納容器からの漏洩による格納容器ベント判断により実施する方針であり、放射性物質は可能な限り格納容器内に閉じ込めることを基本とする。代替設備による除熱、故障設備の復旧に努めるが、格納容器限界圧力に到達した場合は、格納容器の破損により公衆への影響が過大にならないことを目的として格納容器ベントにより放射性物質を放出する。

また、格納容器ベントは最終ヒートシンクへの熱移動として使用するため、格納容器除熱機能等が回復されるまで継続するべきであり、格納容器圧力制御のために格納容器ベントを停止／再開する操作は実施しない。

5.2.4 希ガスの減衰について

希ガスについては、格納容器圧力逃がし装置等で除去できないことから、格納容器内にできるだけ長くとどめ、放射エネルギーを可能な限り時間減衰させることが、環境中への希ガスの放出量を低減させるための有効な対策である。

そのため、格納容器圧力の上昇を抑制し、格納容器ベントの実施に至るまでの時間をできるだけ延ばすために、格納容器スプレイの実施や水源への補給の対策を講じている。

6. 格納容器ベント実施の弁操作順位

格納容器ベント実施時は、前述 5.1.1 にある通り、炉心損傷前後で弁の操作順位は異なる。

格納容器ベント実施の弁操作順位を表 6-1 に示す。

表 6-1 格納容器ベント実施の弁操作順位

	炉心損傷前	炉心損傷後
「ベント準備」	格納容器一次隔離弁「全開」 フィルタ装置入口弁「全開確認」	格納容器二次隔離弁「調整開」 フィルタ装置入口弁「全開確認」
「ベント実施」	格納容器二次隔離弁「調整開」	格納容器一次隔離弁 人力「全開」※1

※1 炉心損傷後の格納容器一次隔離弁は、二次格納施設外からのエクステンション操作

炉心損傷前ベントの場合は、格納容器一次隔離弁及びフィルタ装置入口弁を準備操作として開操作し、格納容器二次隔離弁を最後に開操作する。これは、格納容器ベント中に隔離する機能を維持するためである。

炉心損傷後ベントの場合は、格納容器二次隔離弁及びフィルタ装置入口弁を準備操作として開操作し、格納容器一次隔離弁を最後に開操作する。これは、格納容器バウンダリを最小にするためと格納容器一次隔離弁の開を維持するためである。

7 圧損計算の詳細

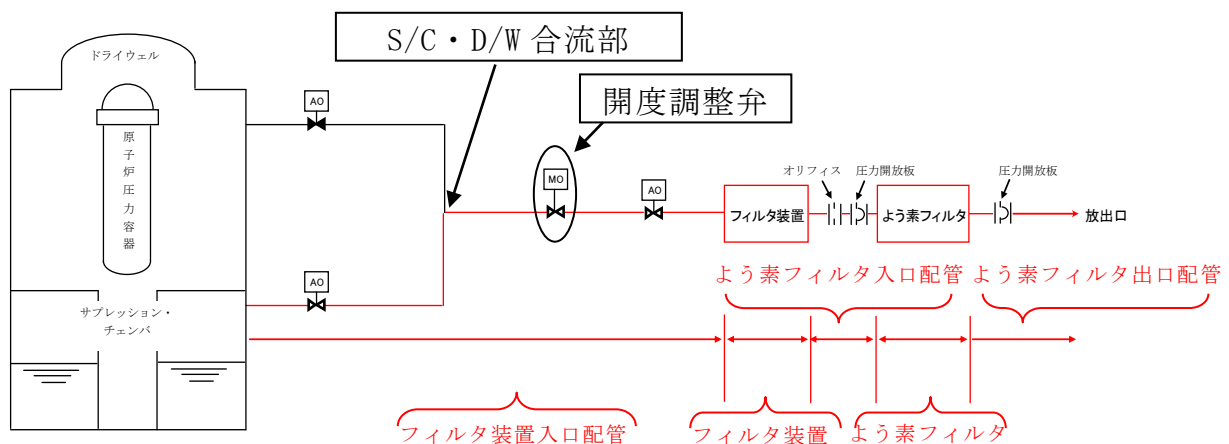
7.1 格納容器圧力毎の圧力損失

7.1.1 圧力損失・流量の評価

格納容器圧力逃がし装置を流れるガスの流量は、格納容器の圧力に依存し変化する。格納容器圧力逃がし装置使用時、格納容器圧力逃がし装置には格納容器内にて発生する水蒸気量に応じた流量のガスを通気し、格納容器圧力はその流量に応じた圧力にて静定する。

格納容器圧力が 2Pd (620kPa [gage]), 1Pd (310kPa [gage]) の際のガスの流量、各部の圧力損失、ならびに事故発生 1 週間後および 1 ヶ月後に発生する水蒸気量を通気する際の格納容器圧力、各部の圧力損失を第 7.1.1-1, 2 表に示す。なお、二次隔離弁 (M0 弁) については、ベント時は中間開度にて運用することとしている。そのため、二次隔離弁の開度の影響についても考慮することとする。また、各部の圧力勾配について、第 7.1.1-2, 3 図に示す。

なお、これらについては S/C を用いたベントの場合の評価であるが、D/W を用いた場合のベントにおいても、ほぼ同じ評価結果となる。(S/C 取出口～S/C・D/W 合流部と D/W 取出口～S/C・D/W 合流部の配管口径は同一であり、ルート長さに大きな違いはないため)



第 7.1.1-1 図 格納容器圧力逃がし装置 主ライン概略構成図

第 7.1.1-1 表 (6号炉) 格納容器圧力に対するガス流量と各部圧力損失

格納容器圧力 (kPa[gage])	二次 隔離弁 開度	ガス流量 (kg/s)	各部圧力損失 (kPa)				
			フィルタ装 置入口配管	フィルタ 装置	よう素 フィルタ 入口配管	よう素 フィルタ	よう素 フィルタ 出口配管

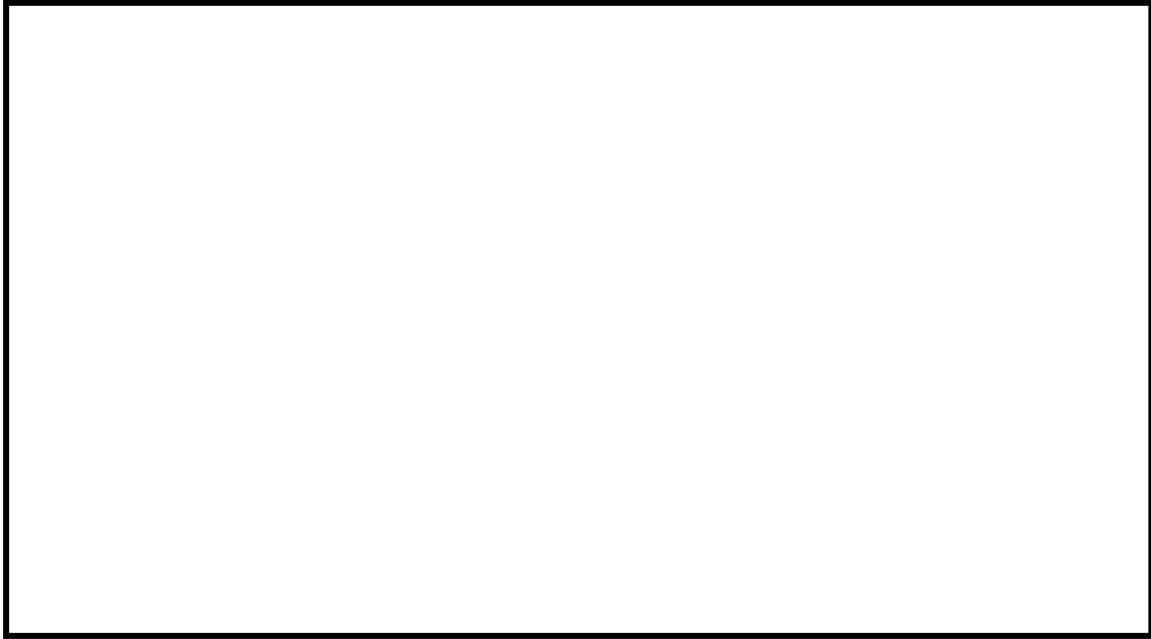
第 7.1.1-2 表 (7号炉) 格納容器圧力に対するガス流量と各部圧力損失

格納容器圧力 (kPa[gage])	二次 隔離弁 開度	ガス流量 (kg/s)	各部圧力損失 (kPa)				
			フィルタ装 置入口配管	フィルタ 装置	よう素 フィルタ 入口配管	よう素 フィルタ	よう素 フィルタ 出口配管

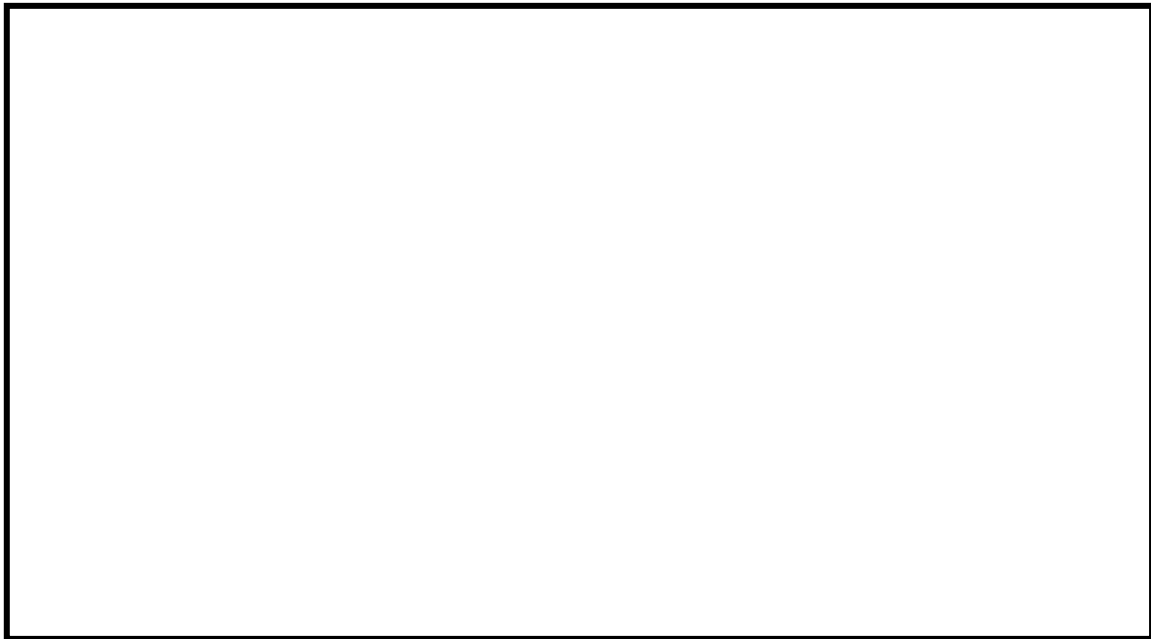
※ 1, 2 フィルタ装置, よう素フィルタの圧力損失については, 最大流量時に想定される圧力損失値を, 保守的に全評価ケースに適用

※ 3 事故発生 1 週間後に格納容器内にて発生する蒸気量

※ 4 事故発生 1 ヶ月後に格納容器内にて発生する蒸気量



第 7.1.1-2 図 (6号炉) 格納容器圧力逃がし装置 各部圧力勾配



第 7.1.1-3 図 (7号炉) 格納容器圧力逃がし装置 各部圧力勾配

第 7.1.1-1, 2 表に示す通り, フィルタ装置, よう素フィルタに非常に保守的な圧力損失を見込んだとしても, 事故発生 1 週間後, 1 ヶ月後に格納容器内において発生する蒸気全量を通気し, 格納容器の減圧状態を維持することが可能である。

なお, 格納容器圧力逃がし装置の系統における各部圧力損失のうち, ガスの流量に関連しないものは水スクラバ部の水頭圧のみである。それ以外のものは, ガス流量が小さいほど圧力損失も小さくなる (ガス流量が 0 であれば, 圧力損

失も 0 となる)。そのため、格納容器の圧力がスクラバ水の水頭圧以上であれば、格納容器圧力逃がし装置のガスの通気は可能である。

7.1.2 フィルタ装置，よう素フィルタの圧力損失

【フィルタ装置】

7.1.1 の評価において、フィルタ装置の圧力損失としては、スクラバ部圧力損失、スクラバ水頭圧、金属フィルタ圧力損失を考慮している。水スクラバ部については最大流量時の圧力損失 \square 、スクラバ水頭圧については設計上の許容最大スクラバ水位時における水頭圧 \square 、金属フィルタ部については設計上の許容最大圧力損失 \square を考慮している。

水スクラバ部ならびに金属フィルタ部については、流量が低下すれば圧力損失も低下するが、7.1.1 では保守的に最大流量時の圧力損失に固定して評価を実施している。また、金属フィルタ部の圧力損失は、想定されるエアロゾル負荷量（大 LOCA+全 ECCS 機能喪失+SBO, S/C ベント時のエアロゾル負荷量）に対して十分な裕度を持った設計としており、最大流量時においても許容最大圧力損失 \square には到達しないことを確認している。

なお、各圧力損失値の評価には、実機のスクラバ、金属フィルタを用いた当社 F V 試験設備にて取得した圧力損失データを用いている。

【よう素フィルタ】

7.1.1 の評価において、よう素フィルタの圧力損失としては、吸着塔の圧力損失を考慮しており、最大流量時の圧力損失 \square を考慮している。吸着塔の圧力損失は、流量が低下すれば圧力損失も低下するが、ここでは保守的に最大流量時の圧力損失に固定して評価を実施している。

なお、圧力損失値の評価には、実機の吸着塔を用いた当社のようによう素フィルタ試験設備にて取得した圧力損失データを用いている。

7.2 設計の意図

格納容器圧力逃がし装置の系統設計の意図は、格納容器圧力が 2Pd (620kPa [gage]) の際に、31.6kg/s の蒸気を排出可能であることである。(格納容器減圧という目的に対して、十分な容量を持つこと)

系統設計としては、これを満足するよう、配管ルート、配管口径、オリフィス径等の設定をしている。

フィルタ装置、よう素フィルタについては、この系統設計により評価されるガス条件において性能が満足できるよう、設計している。

8. ベント方法及び放出位置を変更することによる公衆被ばくへの影響

柏崎刈羽 6/7 号炉の有効性評価の「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」の事故シーケンスにおいては、事象発生から約 38 時間後に格納容器スプレイを停止し、その後にウェットウェルベント（W/W ベント）を実施している。

一方、有効性評価においては W/W ベントを実施しているが、格納容器スプレイをさらに継続させ、ドライウェルベント（D/W ベント）を実施することも可能である。

ここでは、炉心損傷に至る代表的な事故シーケンスである「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」の事故シーケンスにて、ベントライン・ベントタイミング（W/W ベントまたは D/W ベント）及び放出位置（格納容器圧力逃がし装置配管または主排気筒）を変更することによる公衆被ばくへの影響を評価した。

(1) 選定する事故シーケンス

ベントライン・ベントタイミング及び放出高さを変更することによる公衆被ばくへの影響を評価するための事故シーケンスとして、ここでは以下の 3 つを選定した。

a. 38 時間 W/W ベントシナリオ

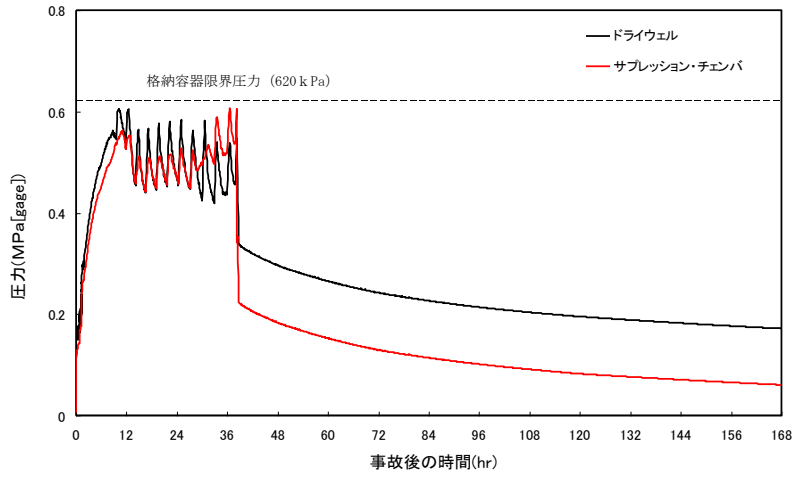
柏崎刈羽 6/7 号炉の有効性評価の「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」と同一の事故シーケンスであり、事象開始から約 38 時間後に W/W ベントを実施する。ベント時に格納容器から放出され、格納容器圧力逃がし装置に流入する Cs-137 の放射エネルギーは、約 0.5 TBq となる。格納容器圧力の推移を第 8-1 図に示す。

b. 38 時間 D/W ベントシナリオ

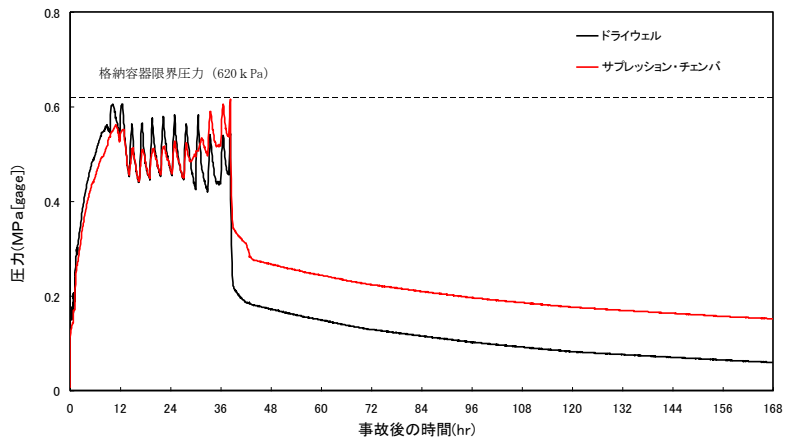
a. と同一の事故シナリオであるが、事象開始から約 38 時間後に D/W ベントを実施する。ベント時に格納容器から放出され、格納容器圧力逃がし装置に流入する Cs-137 の放射エネルギーは、約 1959 TBq となる。格納容器圧力の推移を第 8-2 図に示す。

c. 41 時間 D/W ベントシナリオ

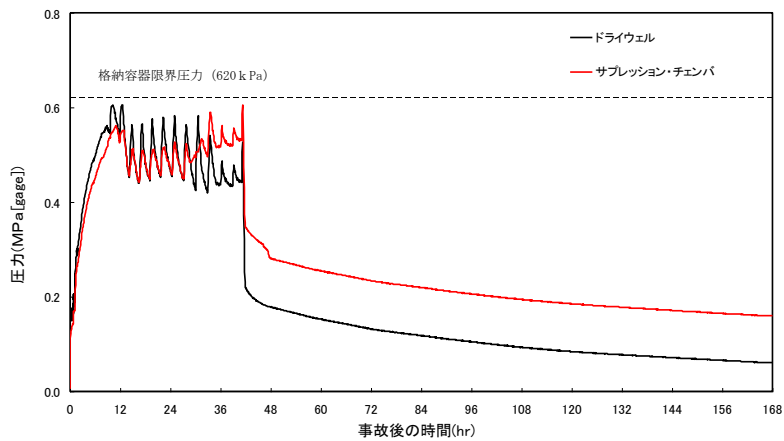
a. の事故シナリオでは事象発生から約 38 時間後に格納容器スプレイを停止しているが、更に格納容器スプレイを継続し、D/W 水位が「D/W ベントライン-4m」に到達した時点で格納容器スプレイを停止し、事象開始約 41 時間後に D/W ベントを実施する。ベント時に格納容器から放出され、格納容器圧力逃がし装置に流入する Cs-137 の放射エネルギーは、約 1834 TBq となる。格納容器圧力の推移を第 8-3 図に示す。



第 8-1 図 38 時間 W/W ベントシナリオの格納容器内圧力の推移



第 8-2 図 38 時間 D/W ベントシナリオの格納容器内圧力の推移



第 8-3 図 41 時間 D/W ベントシナリオの格納容器内圧力の推移

(2)被ばく量評価方法

a. 評価コード

被ばく量評価において、ここでは3次元移流拡散評価コード（以下、DIANA）を利用した。DIANAには、「数値地図50mメッシュ（標高）平成9年7月1日発行」を参照し、柏崎刈羽原子力発電所周辺の地形データを再現したブロック図がインプットされており、地形の形状を考慮した大気拡散評価が可能である。

b. 評価条件

格納容器ベント実施に伴う公衆の被ばく量は、大気中に放出される放射量の他に、格納容器ベント実施後の気象条件に強く依存する。ここではベントタイミング・ベントライン及び放出高さを変更することによる被ばく量への影響を明確にするため、気象条件（風向、風速、大気安定度）が時間によらず一定であるとして評価した。具体的な評価条件を第8-1表に示す。

第8-1表 DIANAを用いた大気拡散評価条件

項目	選定内容	設定事由
風速	地上高 10m : 3.1m/sec 地上高 75m : 5.8m/sec 地上高 150m : 5.9m/sec	柏崎刈羽原子力発電所構内で観測された風速の平均値を採用
風向	陸向き : 南南西, 南西, 西南西, 西, 西北西, 北西, 北北西, 北, 北北東 海向き : 東	拡散が地形形状に影響されることを考慮し、陸側は全方位を選定。参考として海側方位も選定
大気安定度	D (中立)	柏崎刈羽原子力発電所構内で観測された大気安定度のうち、最も出現頻度の高い大気安定度を採用
放出位置	6号炉主排気筒(地上高 73m), 6号炉格納容器圧力逃がし装置配管(地上高 40.3m)	7号炉でも同様の結果が得られると考えられるため、6号炉で代表して評価
評価地点	発電所敷地境界, 発電所中心位置から 5km 地点	距離に対する依存性を確認するため、発電所中心位置から 5km 地点を評価

(3) 評価結果

a. ベントライン・ベントタイミングの違いによる影響

各事故シナリオにおける希ガスによる外部被ばく評価結果を第 8-2 表に示す。ここでは、事故シナリオの違いによる影響を明確にするため、38 時間 W/W ベントシナリオ時の評価値を 1 に規格化した相対値を示した。

38 時間 D/W ベントシナリオ及び 41 時間 D/W ベントシナリオ時の相対値は約 0.6 となっており、38 時間 W/W ベントシナリオ時と比べ小さくなっている。これは、38 時間 D/W ベントシナリオ時及び 41 時間 D/W ベントシナリオにおいては、格納容器ベント実施後も希ガスの一部が W/W 気相部に閉じこめられ、しばらくの間格納容器外に放出されないためである。また、41 時間 D/W ベントシナリオにおいては、38 時間 D/W ベントシナリオに比べ約 3 時間分の希ガス放射エネルギーの時間減衰を見込めるが、相対値は 38 時間 D/W ベントシナリオと同じく約 0.6 となっている。これは、原子炉停止から 40 時間後前後において、時間分の希ガス放射エネルギーの時間減衰の効果が限定的であるためである。

以上のことから、希ガスによる外部被ばくの、事故シナリオの違いによる影響は限定的である。なお、8. (1) に示したとおり、ベント時に格納容器外に放出され、格納容器圧力逃がし装置に流入する Cs-137 の放射エネルギーは、3 つの事故シナリオの中で 38 時間 W/W ベントシナリオが約 0.5TBq と最も小さい（他の 2 シナリオでは約 1959 TBq, 約 1834TBq）。これは W/W ベントを行うことで、Cs-137 が W/W スクラビング効果等により格納容器内で更に除去されるためである。このため、長期に渡る土壌汚染を抑制するという観点では、3 つの事故シナリオの中では 38 時間 W/W ベントを選択することが好ましいと考えられる。

値は暫定値

第 8-2 表 希ガスによる外部被ばく量の相対値(事故シナリオの違いによる影響)

事故シナリオ	希ガスによる外部被ばく量の 相対値の評価結果 (実効線量の相対値)	
	敷地境界	5km 地点
38 時間 W/W ベント シナリオ	1	1
38 時間 D/W ベント シナリオ	約 0.59	約 0.59
41 時間 D/W ベント シナリオ	約 0.54	約 0.54

放出位置：6 号炉格納容器圧力逃がし装置配管

b. 放出位置の違いによる影響

放出位置の違いによる影響の評価結果を第 8-3 表に示す。ここでは、3つの事故シナリオのうち、38 時間 W/W ベントシナリオについて評価を行った。なお、放出位置の違いによる影響を明確にするため、6 号炉格納容器圧力逃がし装置配管から放出した場合の評価値を 1 に規格化した相対値を示した。

6 号炉主排気筒放出時の敷地境界での相対値は約 0.45～約 0.97 であり、風向によって相対値が変わるといった結果になった。風向毎の相対値と柏崎刈羽原子力発電所周辺の地形形状を第 8-4 図に示す。

東風により海側へ放出した場合の 5km 地点における相対値は約 0.84 となっているが、障害物がない海側においては距離に応じて相対値が変わる。

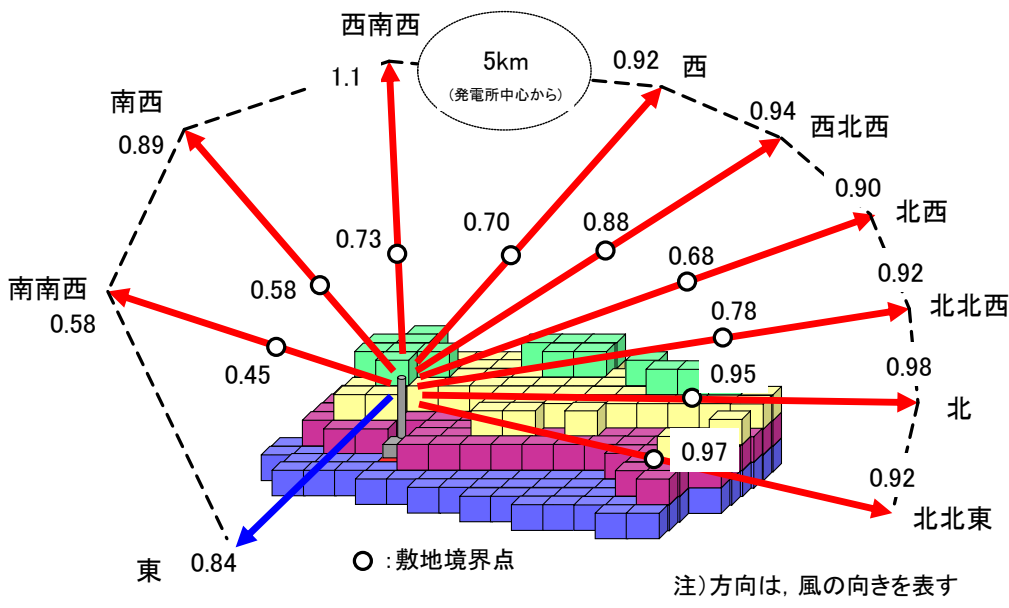
一方、陸側に放出した場合においては距離だけではなく、6 号炉格納容器圧力逃がし装置配管高さより高い場所があるため、評価位置の標高の違いによる影響がある。放出位置と評価位置の高さ方向の位置関係を第 8-5 図に示す。さらに、地形の起伏等による形状の違いから放出されたガスが発散や収束されることにより、敷地境界における相対値は変わるが、その違いは最大で 6 割程度である。しかし、5km 地点での相対値は最大で 4 割程度と、発電所からの距離に従い放出位置の違いによる影響は更に小さくなるという評価結果になった。

以上のことから、柏崎刈羽原子力発電所周辺の地形形状を考慮すると、放出位置の違いによる影響は敷地境界においても限定的であり、発電所からの距離が離れると影響は小さくなることがわかる。

第 8-3 表 希ガスによる外部被ばく量の相対値（放出位置の違いによる影響）

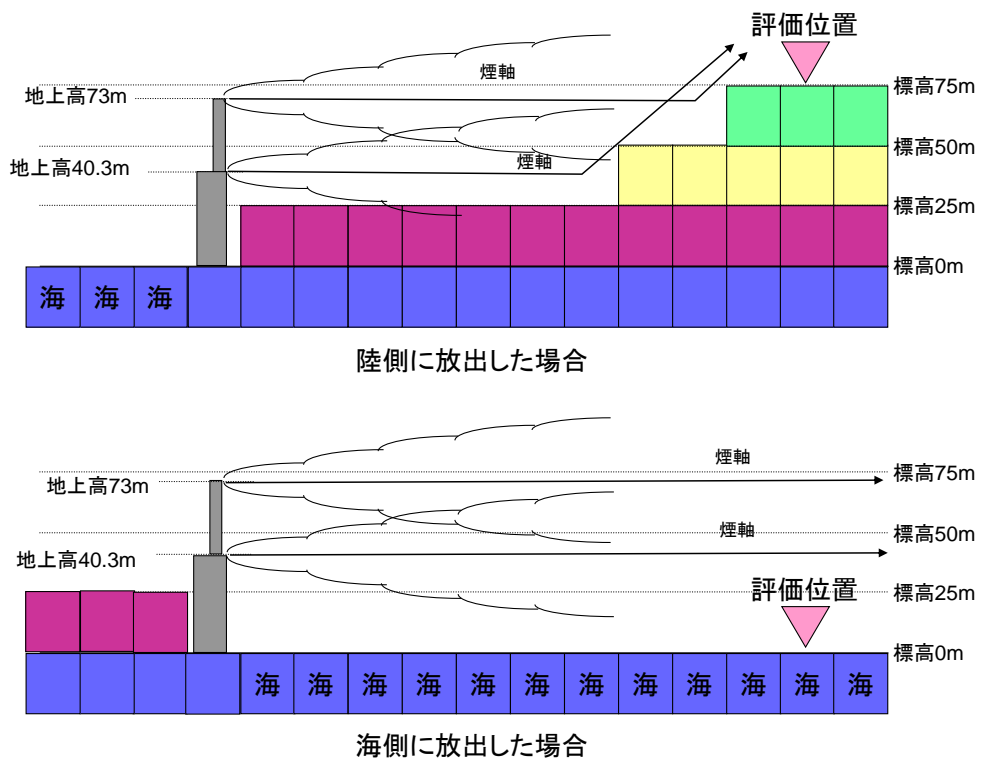
事故シナリオ	放出位置	希ガスによる外部被ばく量の相対値の評価結果 (実効線量の相対値)	
		敷地境界	5km 地点
38 時間 W/W ベントシナリオ	6 号炉格納容器圧力逃がし装置配管	1	1
	6 号炉主排気筒	陸側：約 0.45 ～約 0.97	陸側：約 0.58 ～約 1.1 海側：約 0.84

値は暫定値



希ガス実効線量の影響(主排気筒/FV)

第 8-4 図 風向毎の相対値と柏崎刈羽原子力発電所周辺の地形形状イメージ



第 8-5 図 放出位置と評価位置の高さ方向の位置関係のイメージ

(4)まとめ

希ガスによる外部被ばくに対し、ベントライン・ベントタイミングの変更による影響は限定的である。また、長期に渡る土壌汚染を抑制する観点では、3つの事故シナリオの中では38時間W/Wベントシナリオを選択することが好ましいと考えられる。

放出位置を変更しても、柏崎刈羽原子力発電所周辺の地形形状の効果により、被ばくへの影響は限定的となる。

格納容器ベント設備に関わる改造について

格納容器ベント設備について以下の改造を実施する計画である。

改造 1：格納容器一次隔離弁の人力操作エクステンションを，二次格納施設外で操作可能になるように改造する。

改造 2：フィルタ装置入口弁及び耐圧強化ベント入口弁について，二次格納施設外で人力操作可能になるようにエクステンションを設置する。

改造 3：フィルタ装置入口弁の駆動を「F. C」から「F. O」に改造し，弁の状態を「通常閉（NC）」から「通常開（NO）」に変更する。

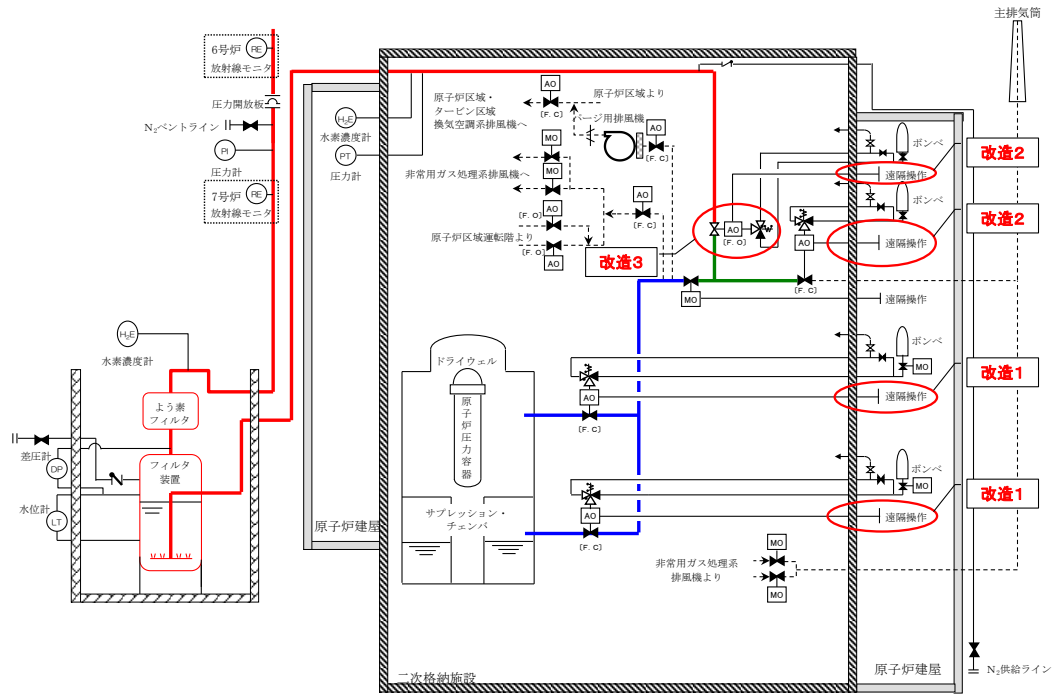


図-1 格納容器ベント設備改造箇所