

(社)日本機械学会 動力エネルギーシステム部門
第18回 動力・エネルギー技術シンポジウム
OS8-2 「軽水炉・新型炉・原子力安全」

格納容器破損防止対策とフィルタードベント 設置の考え方

日立GEニュークリア・エネジー(株)
(株)東芝 電力システム社
三 菱 重 工 業 (株)

2013年6月20日-21日



目次

- 緒言
- **PWR**
 1. 格納容器破損防止対策
 - (1) 格納容器破損防止対策の概要
 - (2) 格納容器破損シナリオ
 2. フィルタードベント設備設置の考え方
 - (1) フィルタードベント設備設置の考え方
 - (2) フィルタードベント設備の運用と容量の考え方
 - (3) フィルタードベント設備の操作の考え方
 - (4) フィルタードベント設備の水素対策
 - (5) フィルタードベント設備の事故後の処理



目次

■ BWR

3. 格納容器破損防止対策

- (1) 格納容器破損防止対策の概要
- (2) 炉心損傷後の事象緩和フロー

4. フィルタードベント設備設置の考え方

- (1) フィルタードベント装置の構造
- (2) フィルタードベント設備設計のための想定条件
- (3) フィルタードベント設備の操作性向上
- (4) フィルタードベント設備の水素対策
- (5) フィルタードベント設備のその他の考慮事項

■ 結語

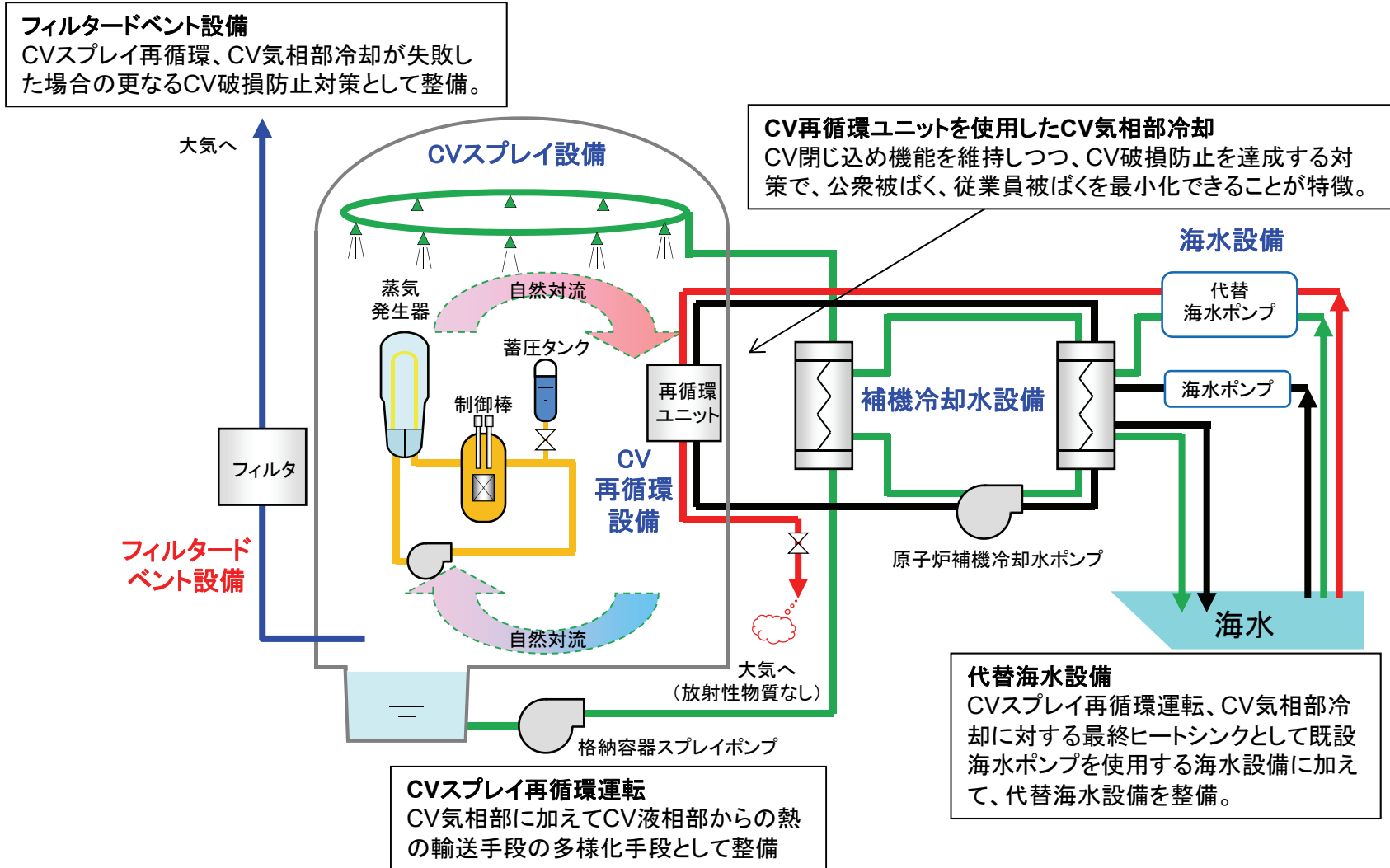


緒言

- 重大事故に対する原子炉格納容器の過圧破損防止対策は、機器のランダム故障や誤操作によって生じる「内的事象」をベースに整備が進められてきたが、東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓反映から、地震や津波等の外部からの要因によって生じる「外的事象」の対策整備が必要になってきた。
- 当該事故では大量の放射性物質が原子炉格納容器から環境中に放出されることになったが、この対策の一環としてフィルタードベント設置が計画されている。
- 上記を受けて、格納容器破損防止対策とフィルタードベント設備の設置の考え方について紹介する。

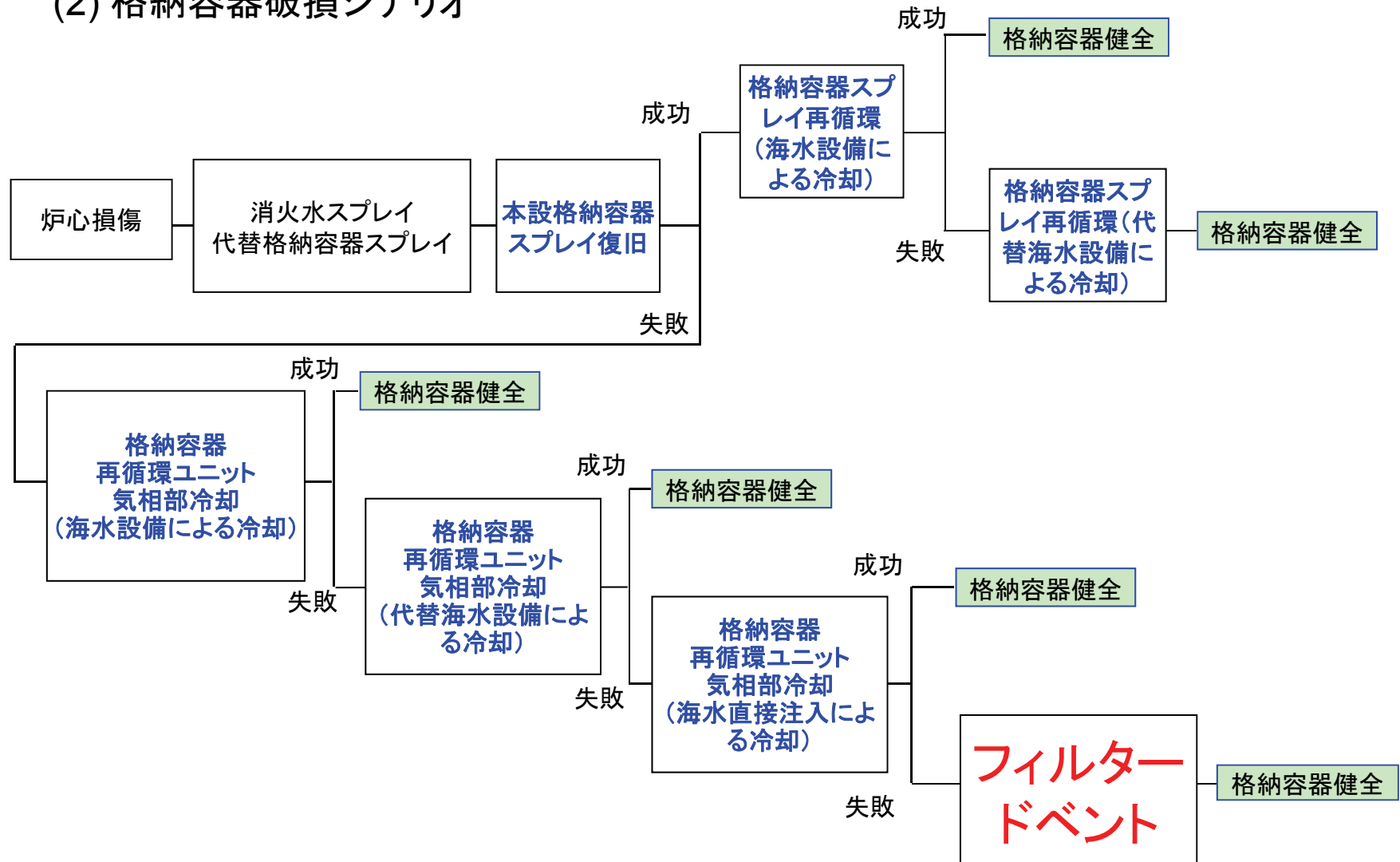
1. 格納容器破損防止対策 (PWR)

(1) 格納容器破損防止対策の概要



1. 格納容器破損防止対策 (PWR)

(2) 格納容器破損シナリオ





2. フィルタードベント設備設置の考え方 (PWR)

(1) フィルタードベント設備設置の考え方

■ 機能

SA時にCV内の水蒸気を含む雰囲気を経由してCV外へベントすることによって、CV破損を防止する機能を有するもので、核分裂生成物の放出を抑制する機能を併せ持つ。

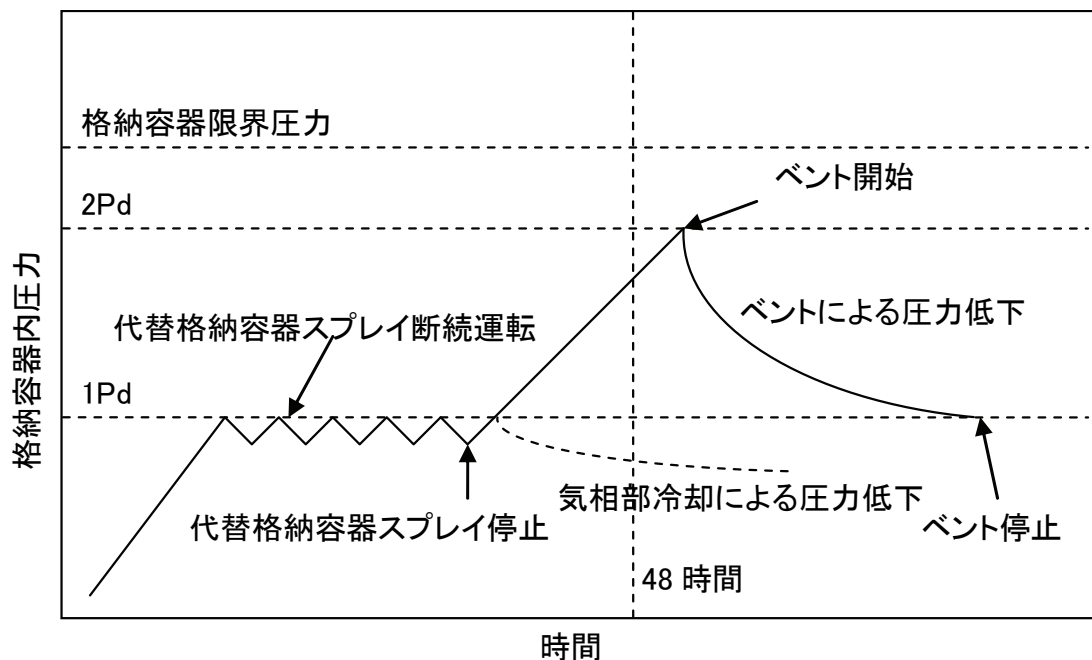
■ 設置の考え方

PWRでは、CVスプレイ再循環運転やCV再循環ユニットを使用したCV気相部冷却のような放射性物質の放出を伴わない多様な対策を講じているが、これら対策が失敗した場合の更なるCV破損防止対策として設置する。

2. フィルタードベント設備設置の考え方 (PWR)

(2) フィルタードベント設備の運用と容量の考え方

- 時間余裕を確保するために、CV内圧力が**最高使用圧力の2倍（限界圧力以下）**に到達した時点でベントを開始。
- CVの真空破損を防止するために、CV内圧力が**最高使用圧力に低下した時点でベントを停止**。
- ベント容量は、**事故発生後48時間における崩壊熱を除去できる容量**。



フィルタードベント設備による圧力低減効果(イメージ)

2. フィルタードベント設置の考え方 (PWR)

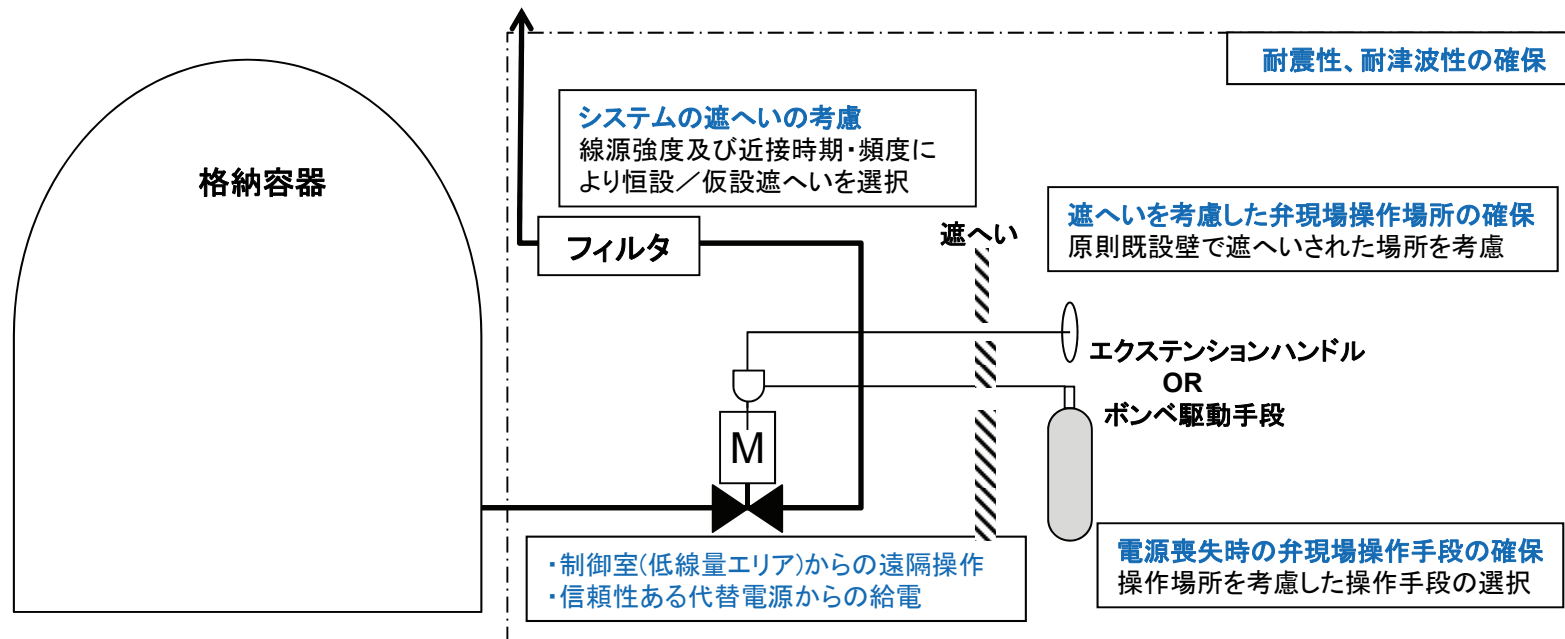
(3) フィルタードベントの操作の考え方

■ ベント操作の基本的な考え方

- ラプチャーディスク単独でのCVバウンダリ機能の担保は困難で、CV隔離弁の設置が必要。
ラプチャーディスクを設置した場合にも弁開操作は必要。
- 周辺住民の避難状況や気象条件を考慮した上で、弁操作によって人的判断によって開始。
人的判断を介在せず受動動作のラプチャーディスクは設置しない。

■ ベント操作の確実性、操作性向上策

ベント弁によるベント操作の確実性、操作性に対する向上策を下図通り考慮。



2. フィルタードベント設備設置の考え方 (PWR)

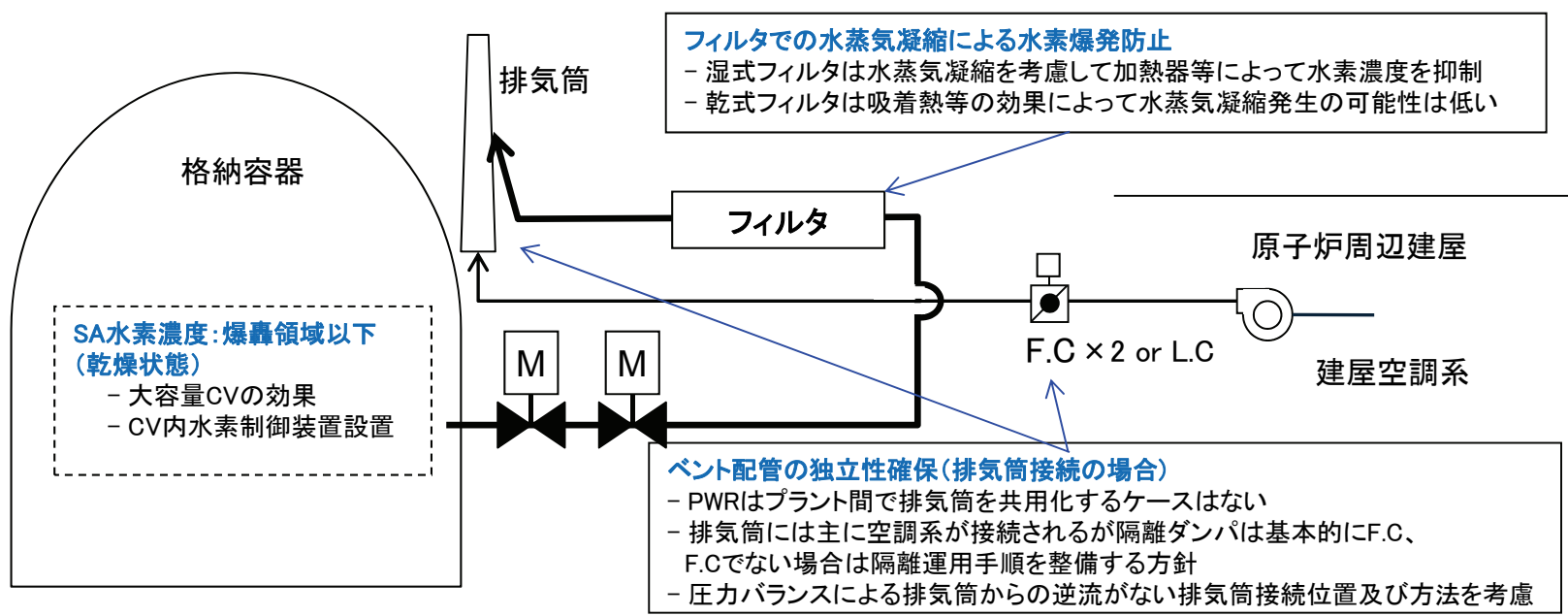
(4) フィルタードベント設備の水素対策

■ CV雰囲気漏えいによる水素爆発の可能性

- PWRのSA時のCV内水素濃度は、大容量CVの効果及びCV内水素制御装置設置によって事象発生から終息までの全期間に渡り、乾燥状態を想定しても爆轟領域以下。
- 水素がCV外へ漏えいし燃焼しても、爆発的な圧力過渡を伴う水素爆轟は発生しない。

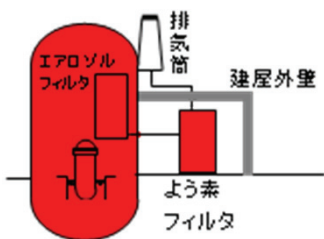
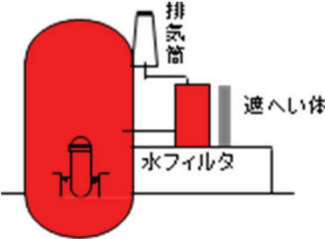
■ 水素対策

PWRでは水素爆発(爆轟)の懸念はないが、燃焼の可能性はあるのでその影響緩和策については考慮する。



2. フィルタードベント設備設置の考え方 (PWR)

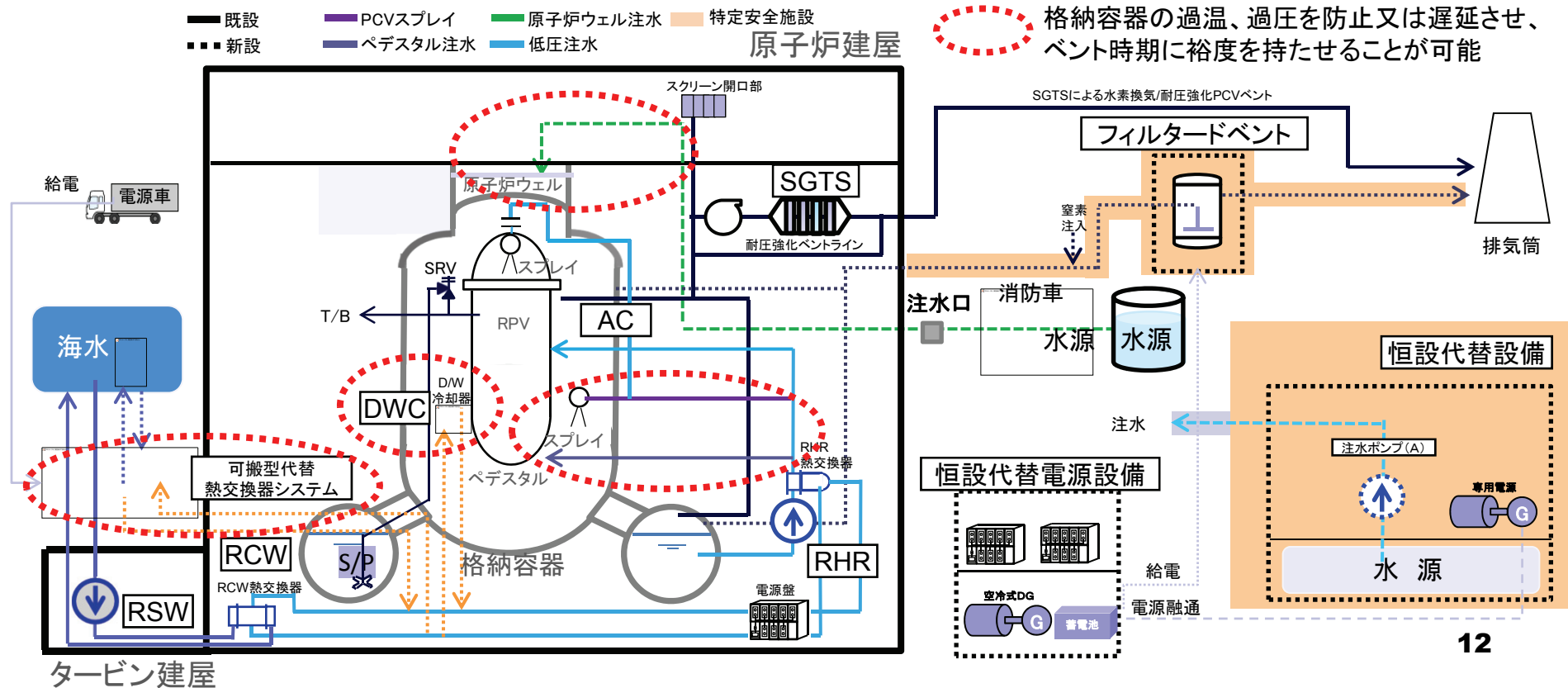
(5) フィルタードベント設備の事故後の処理

	乾式	湿式
コンセプト	・事故後においても、作業員の作業性、近接性を考慮した設計とする。	
概念図 (例)	 <p>(屋内配置の例)</p> <p>エアロゾルフィルタ: 半減期の長いエアロゾル (セシウム等)を捕捉 よう素フィルタ: 半減期の短いよう素を捕捉</p>	 <p>(屋上配置の例)</p> <p>水フィルタ: 半減期の長いエアロゾル (セシウム等)及び半減期 の短いよう素を捕捉</p>
フィルタ 設置場所	<ul style="list-style-type: none"> ・エアロゾルフィルタ: CV内またはアニュラス ・ヨウ素フィルタ: CV外(アニュラス等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・建屋屋上等 (OSからのサポート案も有り)
事故後の処理	<ul style="list-style-type: none"> ・エアロゾルフィルタ 長半減期核種を捕捉するものであり、事故後の近接が困難となるため、フィルタはCVやアニュラス等の閉じ込めエリアに設置。 ・よう素フィルタ 短半減期核種を捕捉するものであり、事故後短期間で線量率が低下する。近傍での作業が想定される場合には、必要に応じ遮へいを設置。 	<ul style="list-style-type: none"> ・除染設備により線量低減 ～ 放射性物質を含むフィルタ水を、移送ライン等を使用してCVへ移送後、給水ラインを使用してフィルタ内に再給水。この繰り返しにより除染処理を実施。

3. 格納容器破損防止対策 (BWR)

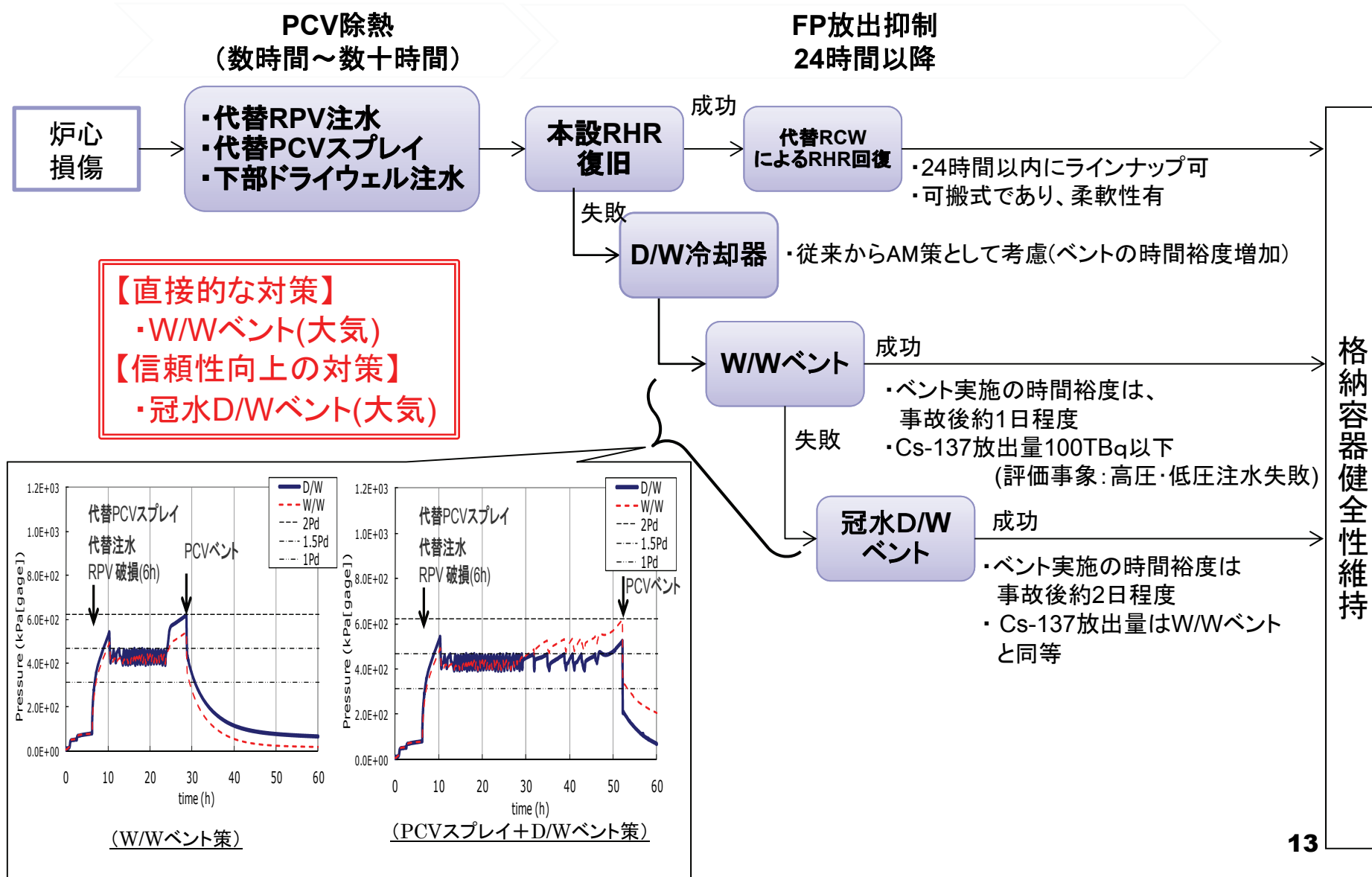
(1)格納容器破損防止対策の概要 (代表例)

対象設備	本設設備	可搬設備	恒設設備	特定安全施設
格納容器	①崩壊熱相当の除熱 ・RHR+RCW+RSW (RHR復旧手順の整備)	①崩壊熱相当の除熱 ・代替補機冷却設備 ・海水の洗浄手段 ・代替海水ポンプ等の予備品	①崩壊熱相当の除熱(最終ヒートシンク) ・ソフトベント(D/W,W/W) ・耐圧強化ベント(D/W,W/W) ②PCVベントタイミング遅延 ・DWC改善・CUW代替除熱 ・原子炉ウェル注水	①崩壊熱相当の除熱 ・フィルタードベント



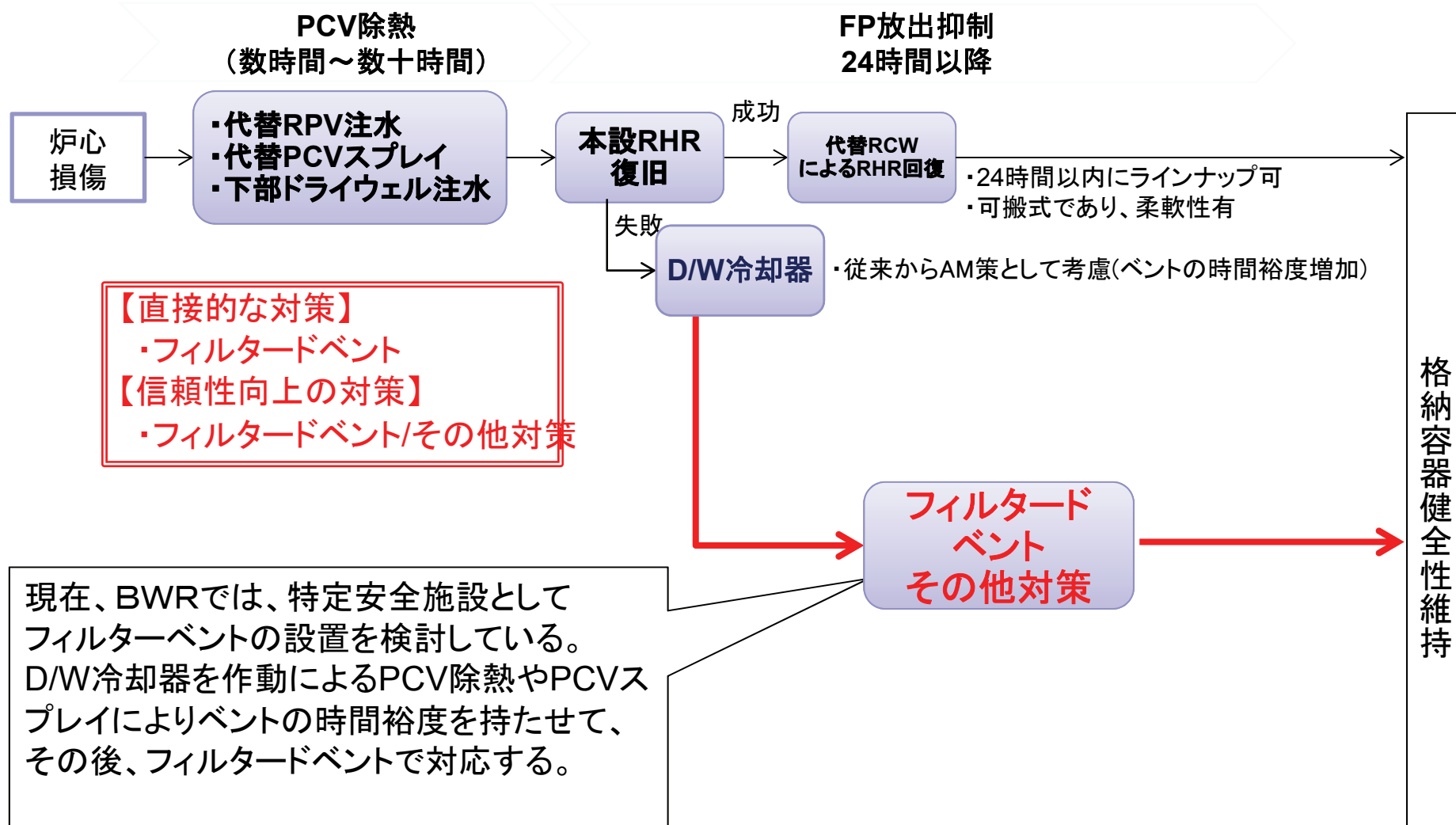
3. 格納容器破損防止策 (BWR)

(2) 炉心損傷後の事象緩和フロー(その1: フィルタードベント設置前の対応)



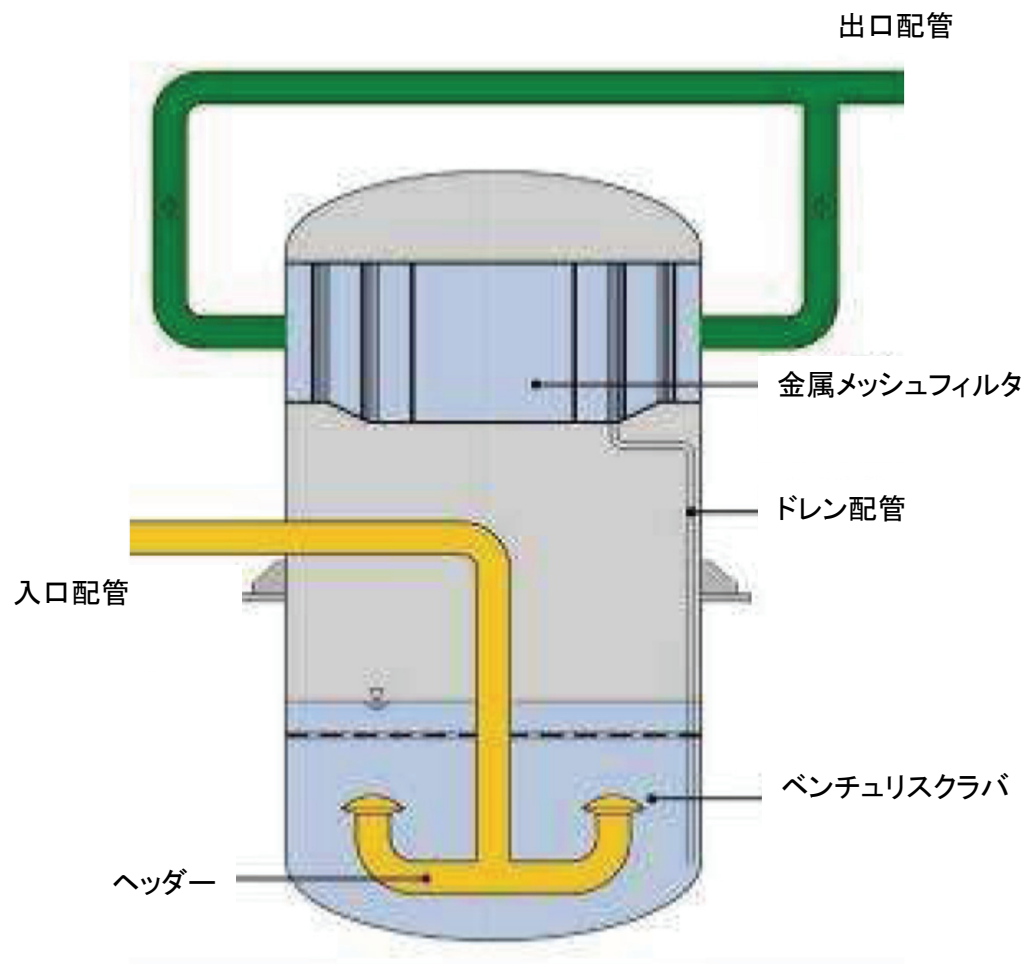
3. 格納容器破損防止策 (BWR)

(2) 炉心損傷後の事象緩和フロー(その2: フィルタードベント設置後の対応)



4. フィルタードベント設備設置の考え方 (BWR)

(1) フィルタードベント装置の構造 (例)

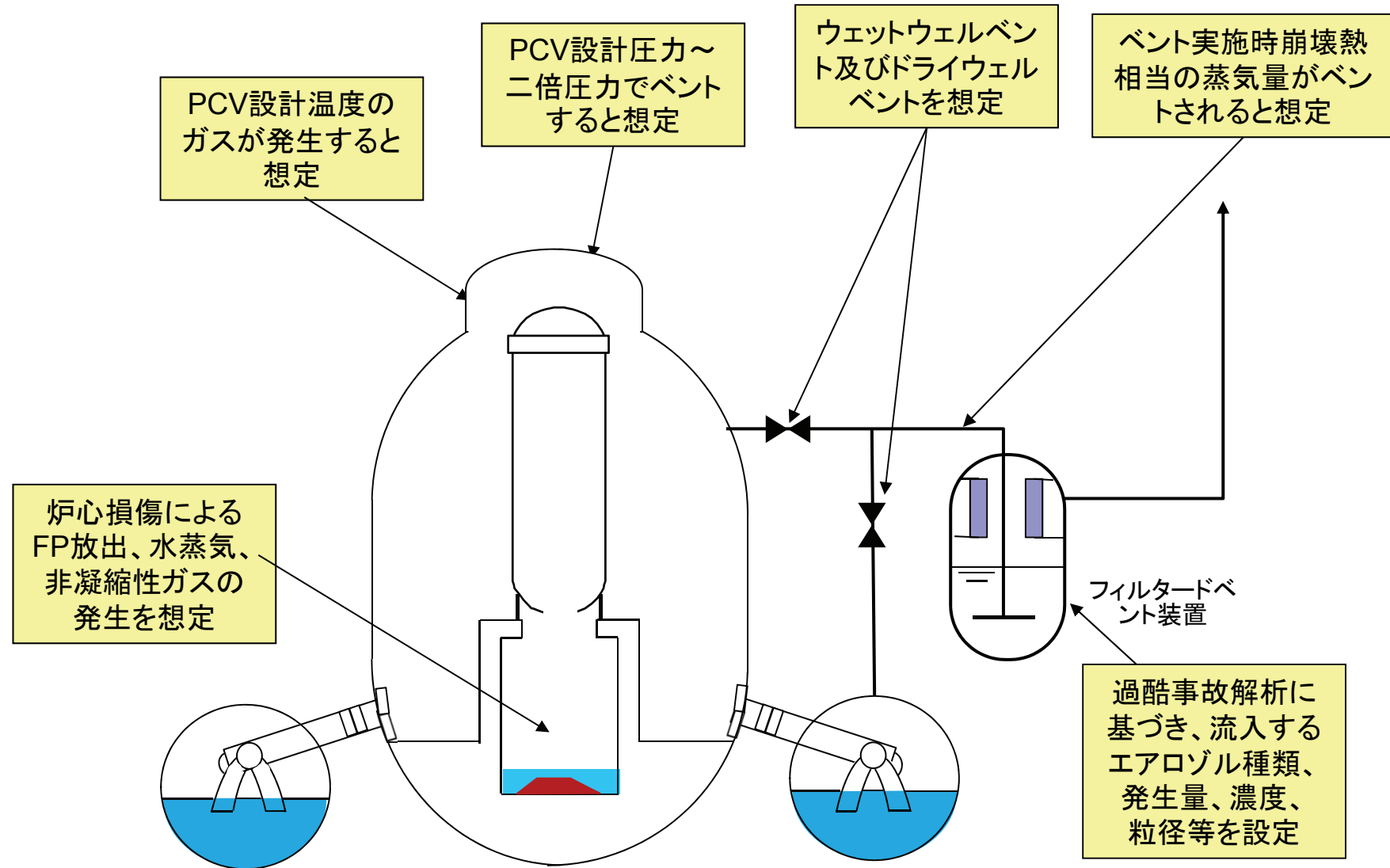


【フィルタードベント構造例】

高さ	約8.5m (容器スカート含む)
直径	約4m
材質	ステンレス鋼

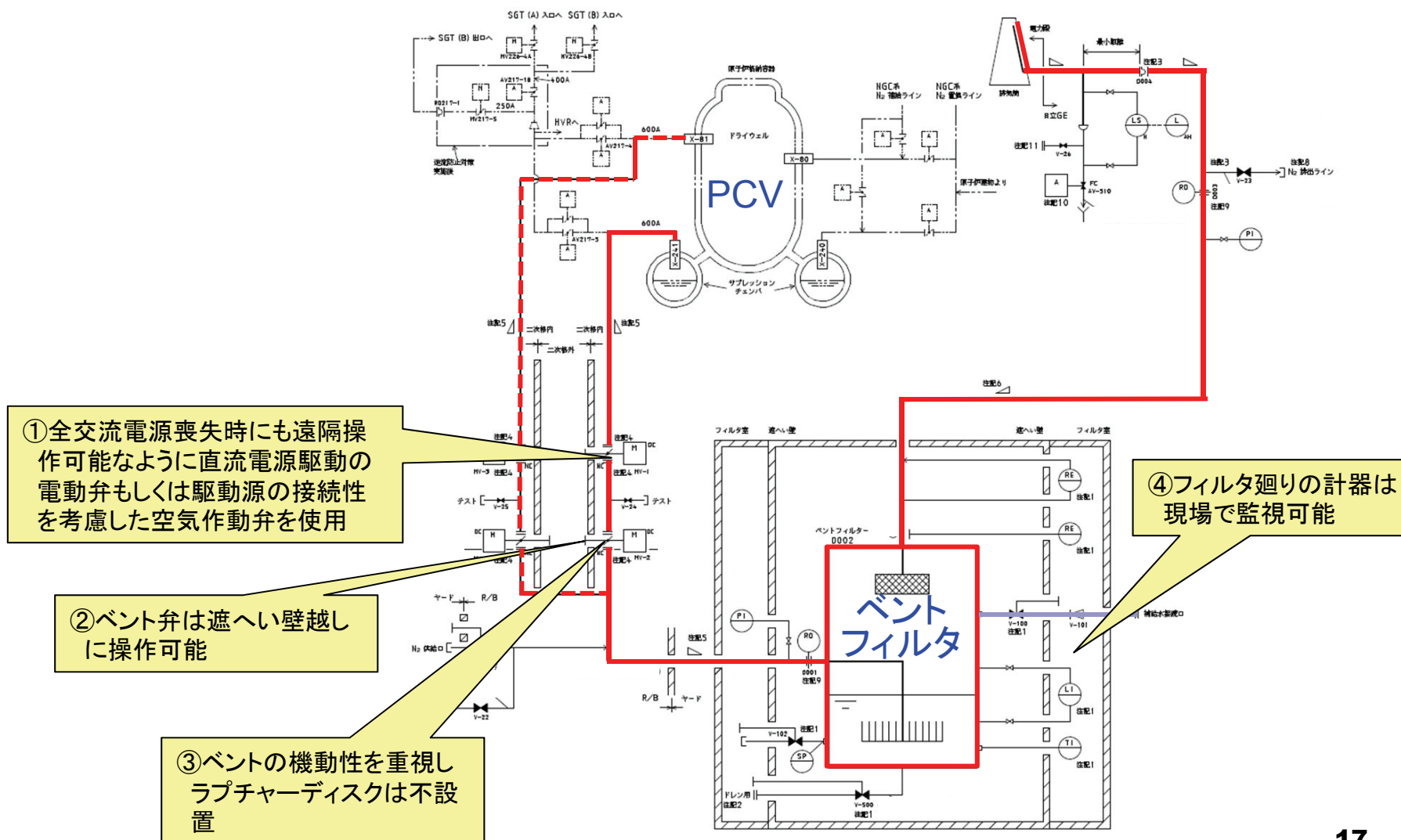
4. フィルタードベント設備設置の考え方 (BWR)

(2) フィルタードベント設備設計のための想定条件



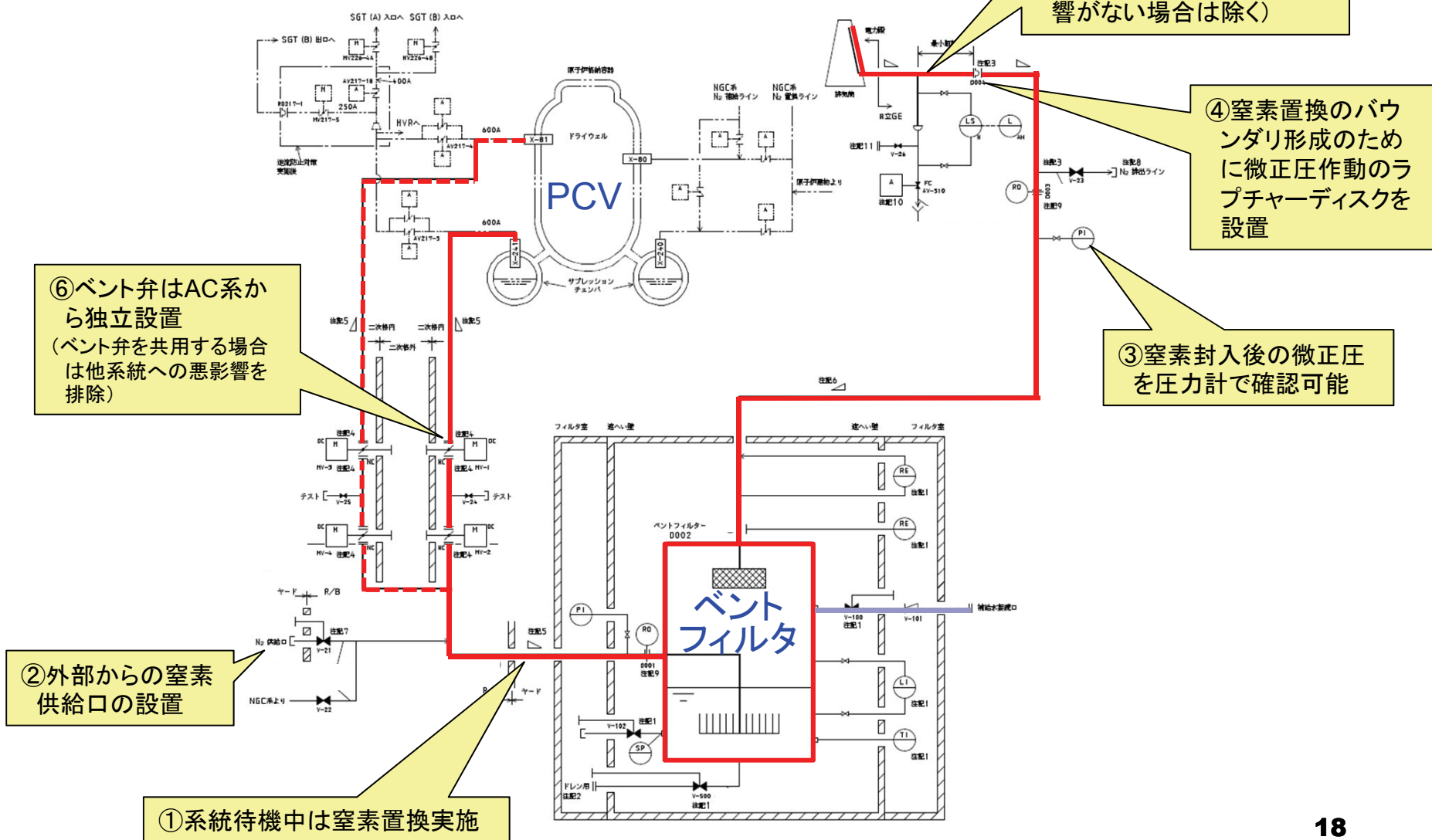
4. フィルタードベント設備設置の考え方 (BWR)

(3) フィルタードベント設備の操作性向上(例)



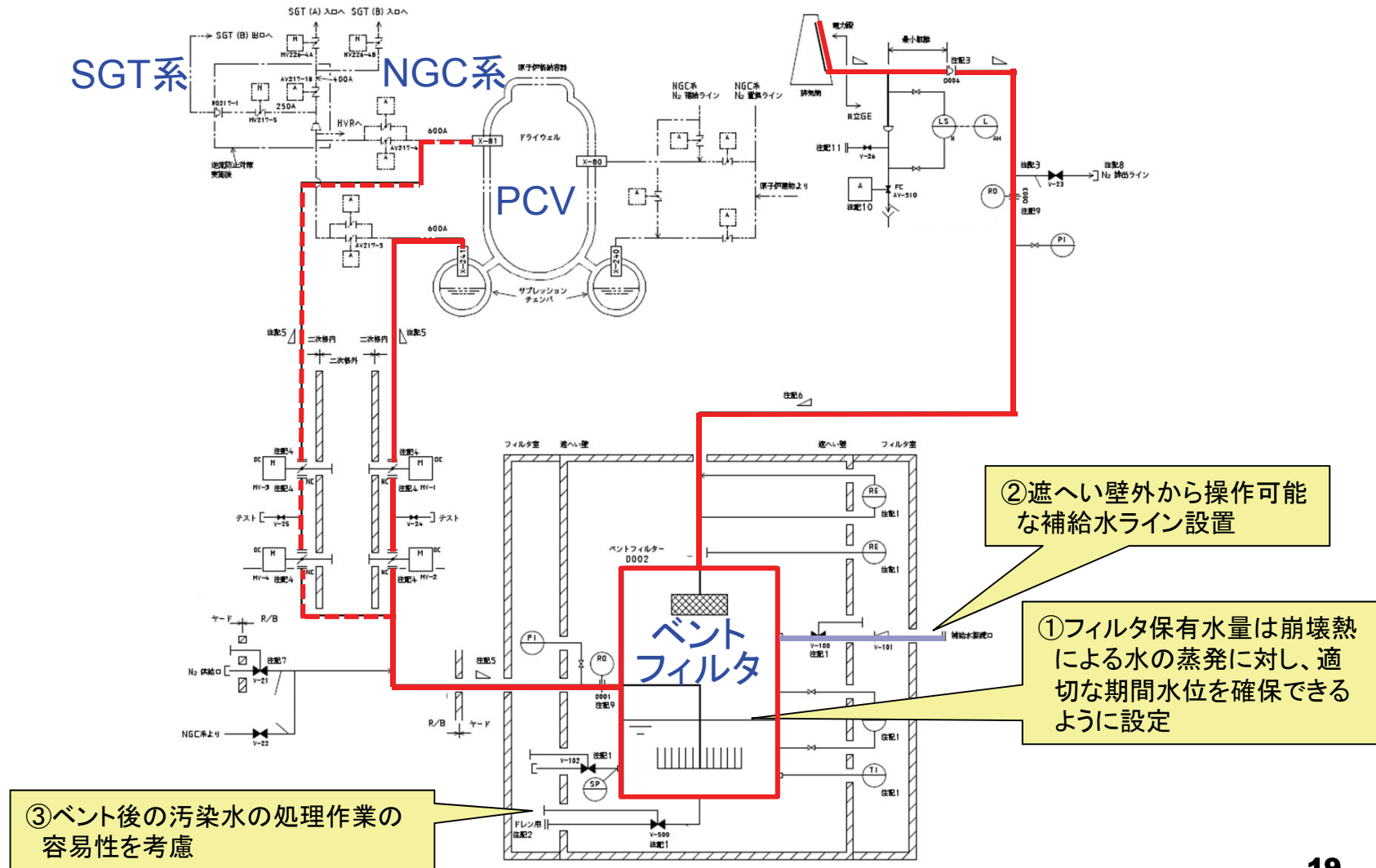
4. フィルタードベント設備設置の考え方 (BWR)

(4) フィルタードベント設備の水素対策(例)



4. フィルタードベント設備設置の考え方 (BWR)

(5) フィルタードベント設備のその他の考慮事項(例)





結語

- 東京電力福島第一原子力発電所事故では、大量の放射性物質が発電所から環境中に放出されたが、フィルタードベントシステムの設置を含めた格納容器破損防止対策の強化によって、これら事故の発生確率を可能な限り低減することが可能となる。
- 原子力発電所の安全性向上について、上記対策に満足することはなく諸外国の動向、他産業の技術革新等を踏まえて常に前向きな姿勢で取り組む努力を継続していきたい。