

フィルタベント設備の概要

平成25年12月19日

フィルタベントとは

【フィルタベント設置の目的】

福島第一事故の教訓を踏まえ、原子炉の注水・除熱機能を強化していますが、その確実性を増すとともに、仮にそれに失敗しても放射性物質の影響を可能な限り低減するために設置します。

【フィルタベントの役割】

■炉心損傷防止のためのベント

事故時に格納容器の圧力を下げ、原子炉の減圧、低圧注水を確実にできるようにするとともに、原子炉の熱を大気に逃がします。これにより、**炉心の損傷防止による放射性物質の閉じ込めを、より確かにすることが**できます。

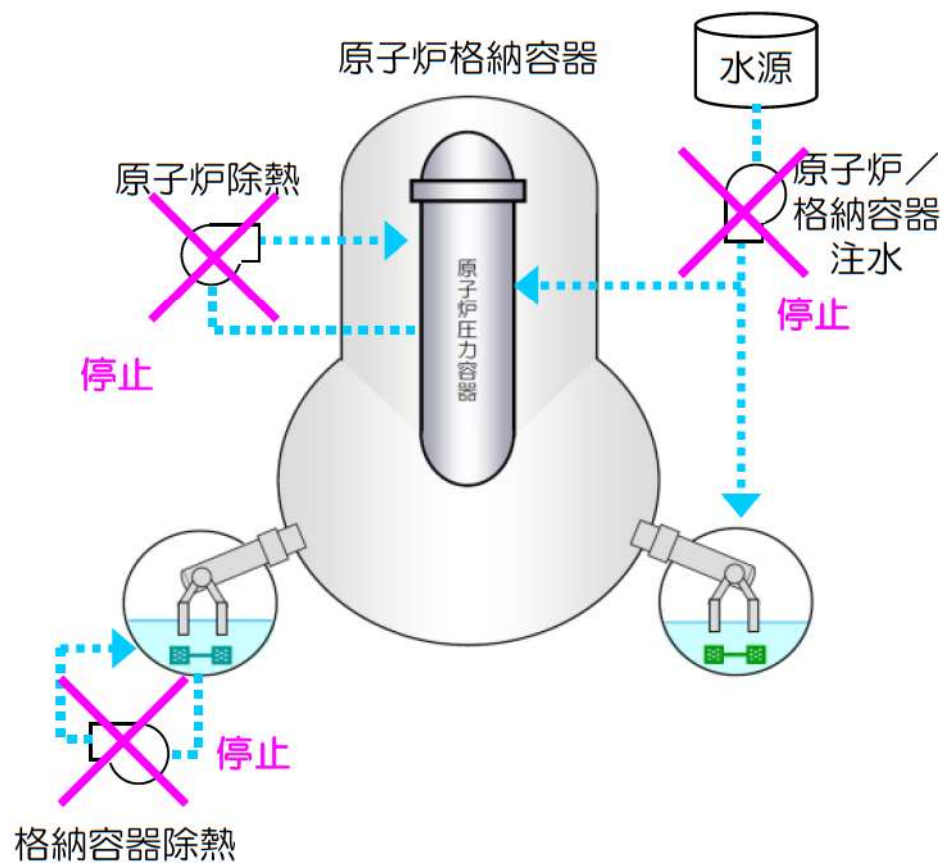
■炉心が損傷しても、土壌汚染と長期避難を防止するためのベント

さらに過酷な事故で炉心が損傷した場合にも、格納容器から放射性物質が直接漏れることを防ぎ、**セシウム等を除去して大規模な土壌汚染と避難の長期化を防止**します。

炉心損傷を防止し、放射性物質を閉じ込め続けるためのベント（1/2）

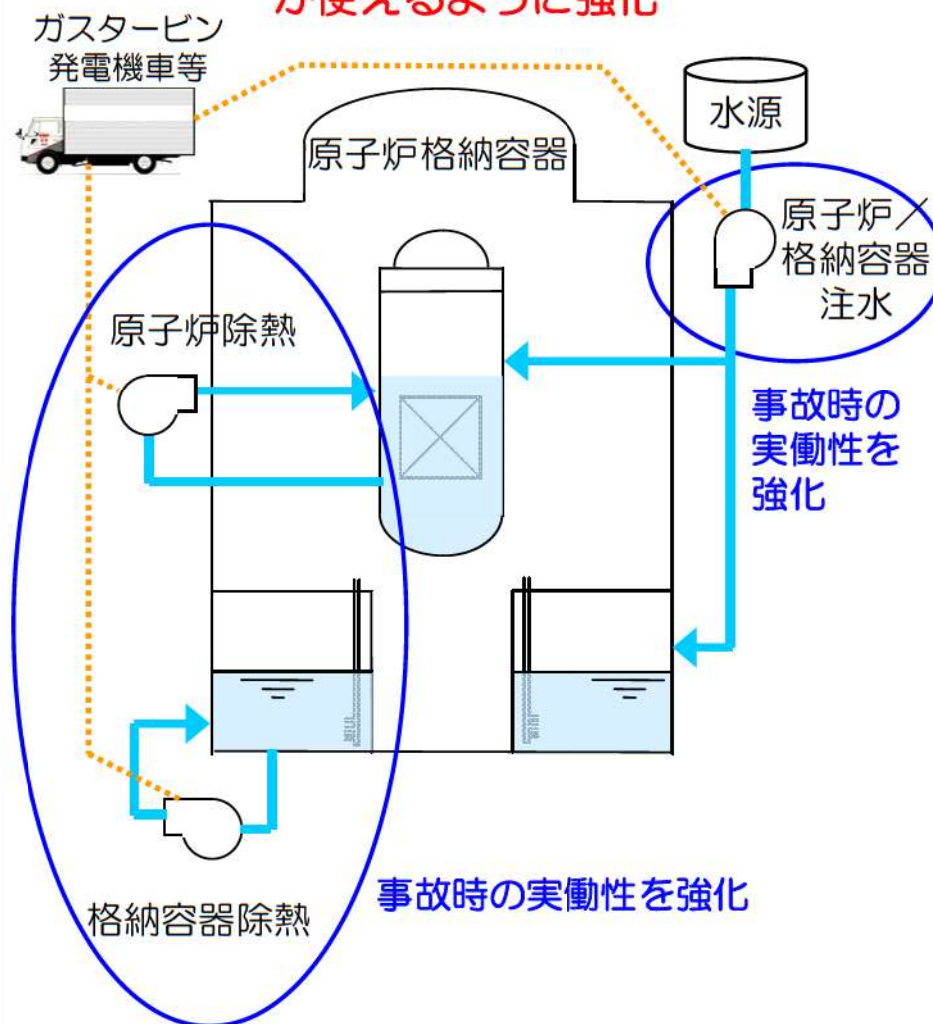
福島第一の事故

津波による全電源喪失等で
冷却・除熱設備が停止



柏崎刈羽における対策の考え方

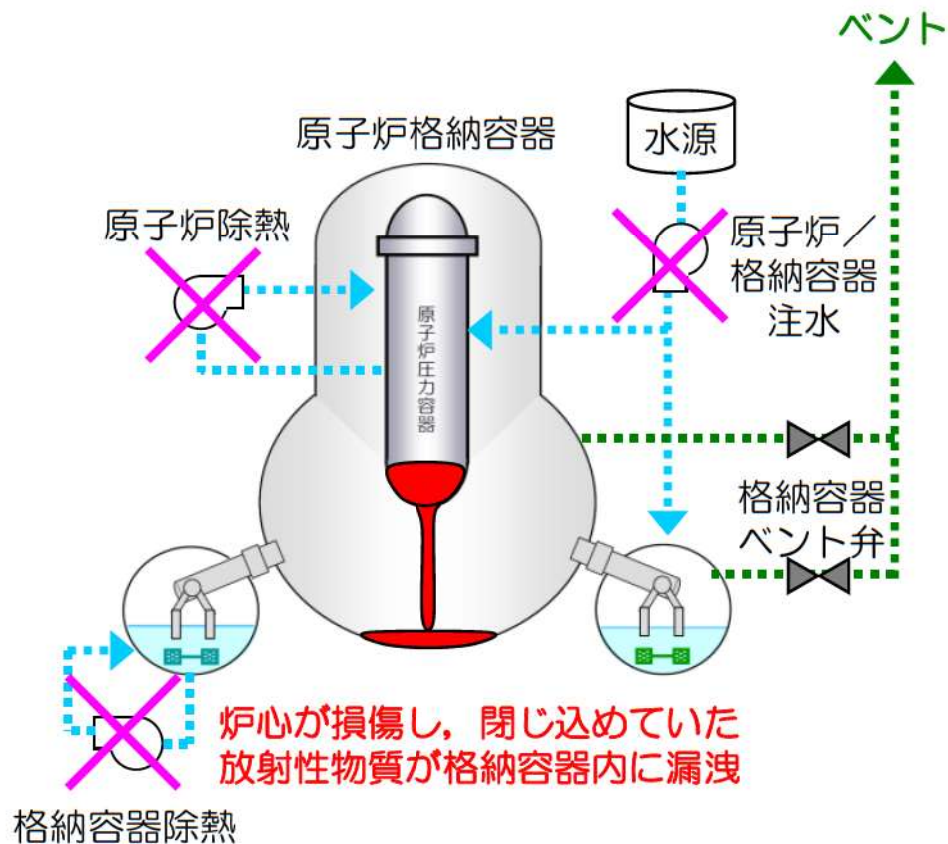
全電源喪失等でも冷却・除熱設備
が使えるように強化



炉心損傷を防止し、放射性物質を閉じ込め続けるためのベント(2/2)

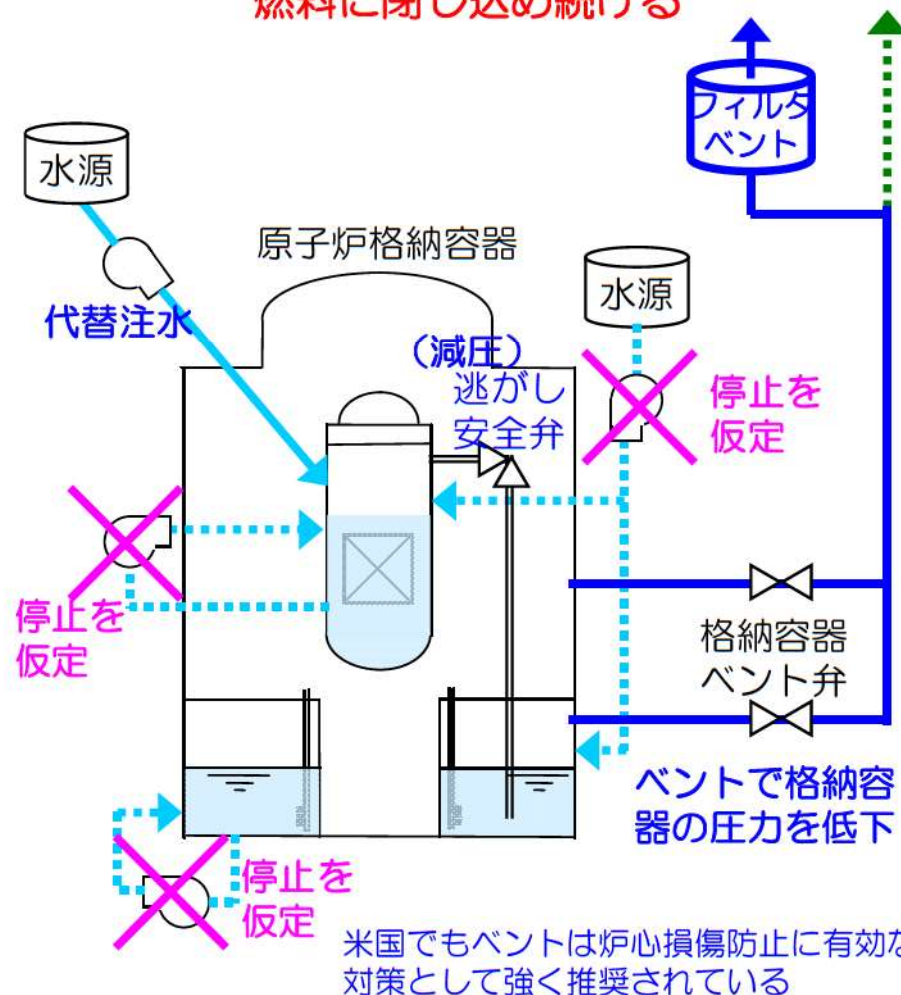
福島第一の事故

冷却・除熱設備が停止し、
炉心が損傷



柏崎刈羽における対策の考え方

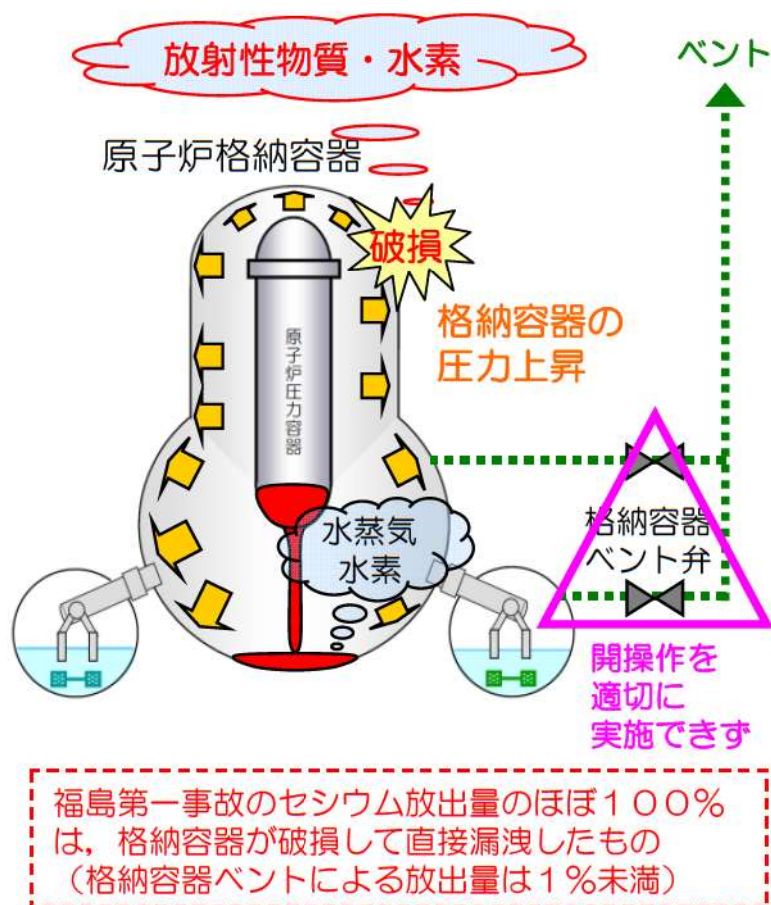
ベントで減圧・代替注水による炉心
損傷回避を確実にし、放射性物質を
燃料に閉じ込め続ける



炉心損傷しても、敷地外の土壤汚染を大幅に抑制するためのベント

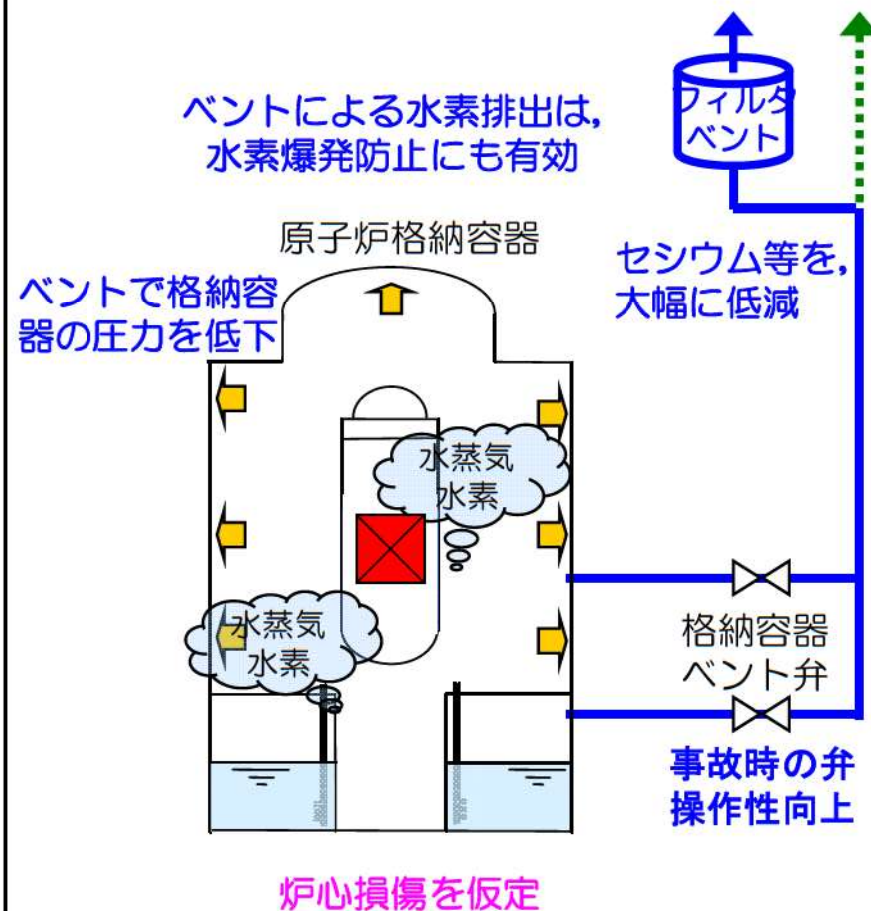
福島第一の事故

格納容器が破損し、放射性物質が直接漏洩して、多量の放射性物質を放出
⇒大規模土壤汚染



柏崎刈羽における対策の考え方

放射性物質を確実にフィルターに通し、セシウム等の放射性物質を低減
⇒大規模土壤汚染、長期避難防止



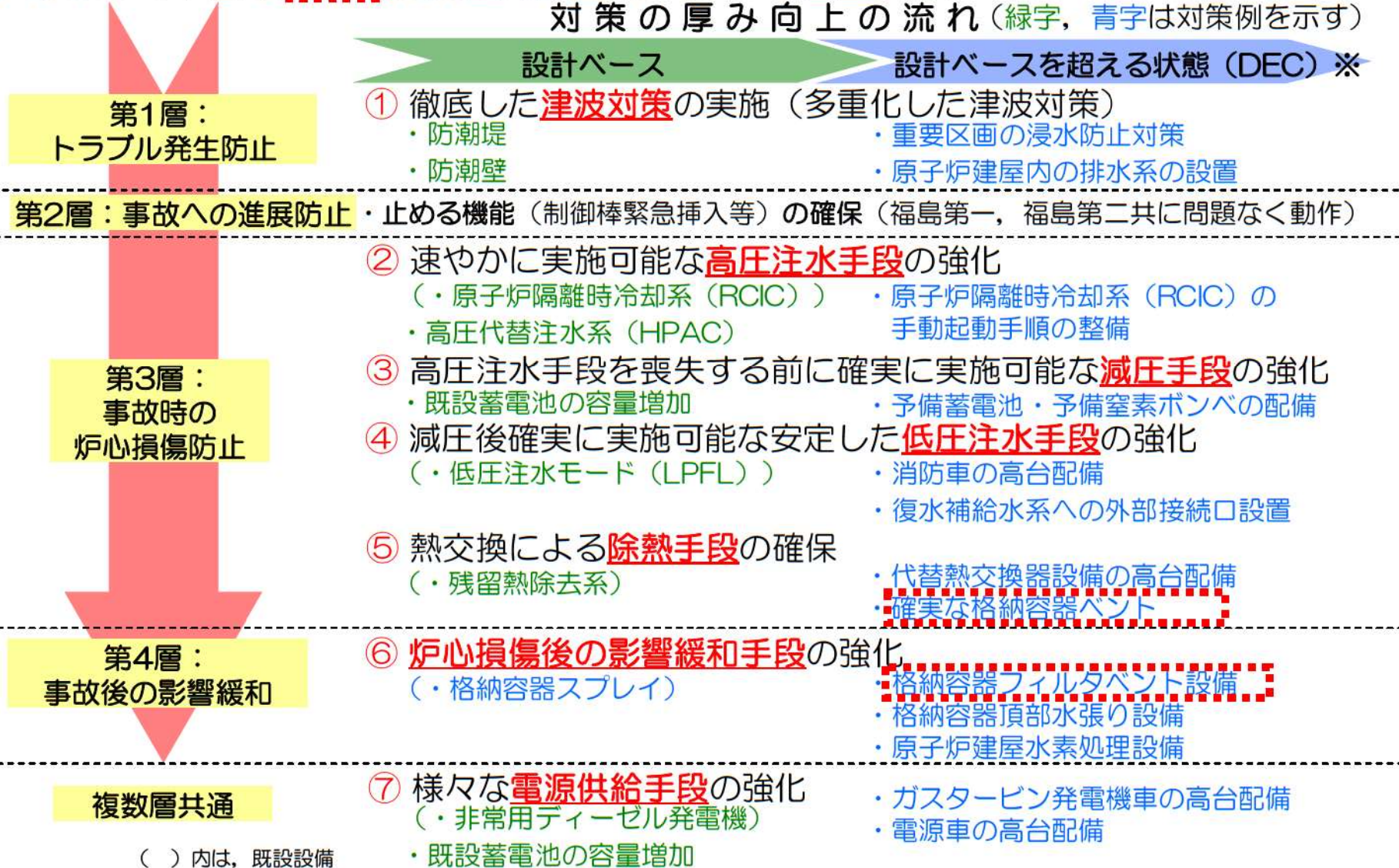
フィルタベントの使用の位置づけ（参考）

※設計拡張状態：Design Extension Condition (DEC)

何層にも施した安全対策が有効に働かなかった場合に、土壤汚染を防ぐために設置するもの（下図の が安全対策上のベントの位置づけ）

対策の厚み向上の流れ（緑字、青字は対策例を示す）

深層防護と事故の推移



（ ）内は、既設設備

フィルタベント設備の設計条件

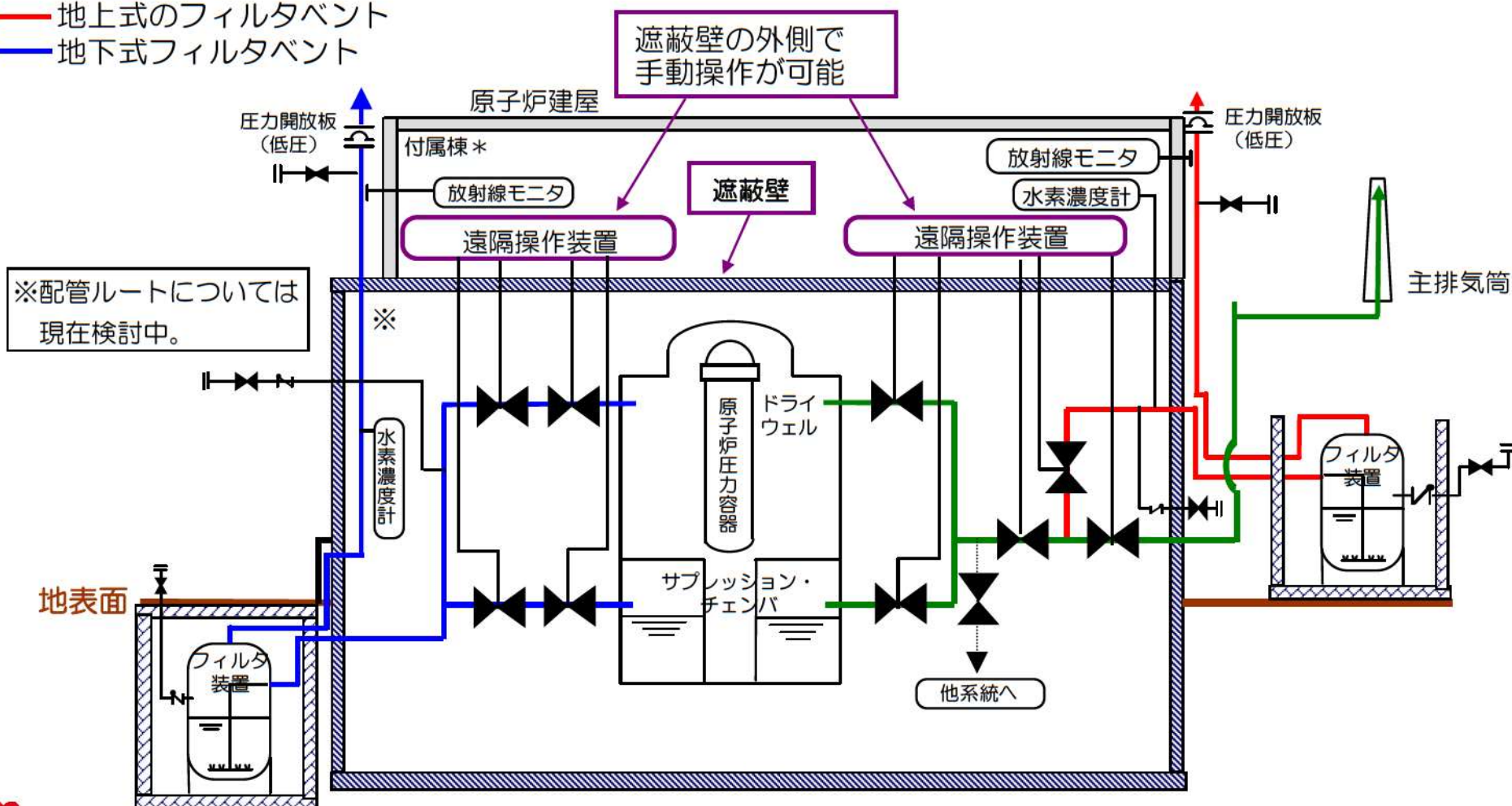
- 『実用発電用原子炉及びその付属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則』では，主に以下の要求事項をあげている。
- 当社の仕様及び評価結果は以下の通り。

項目		当社の仕様・評価結果
環境条件	耐震性能	基準地震動Ssにて機能維持
	最高使用温度	200℃
	最高使用圧力	620kPa (gage)
操作の容易性		電源喪失時においても，手動操作可能
悪影響の防止（他系統との隔離）		他系統とは弁で隔離しており影響を及ぼさない
現場の作業環境（操作時の線量低減）		放射線量の低い場所からの手動操作が可能
容量（能力）		31.6 (kg/s) の蒸気処理可能 【定格出力の1%に相当する蒸気量は15.8 (kg/s) であり2倍の能力】
（他ユニットとの）共用禁止		別ユニットと共用していない
敷地境界の線量評価		$4.2 \times 10^{-2} \text{mSv}$ (炉心損傷前のベント)
性能（放射性物質の低減）		粒子状放射性物質を，99.9%以上除去
可燃性ガスの爆発防止		系統内は不活性ガスで置換している
圧力開放板の使用条件		圧力開放板の設定圧は0.1MPa (gage)
放射線防護対策		フィルタ装置の周囲に遮蔽壁を設置し使用後の放射線低減
水素・放射能測定装置の設置		水素検出器，放射性物質濃度測定装置を設置

地上式及び地下式フィルタベント装置の概要について

- 建設当初より設置している耐圧強化ベント系（地下式は原子炉格納容器）から排気ラインを引き出し、フィルタで放射性物質を低減後、原子炉建屋屋上より排気します。
- 操作が必要な弁は、事故時にも遮蔽壁の外側から操作可能にします。
- 他プラント（地下式は他の系統・機器も含む）とは共用せず、確実にガスをフィルタに通します。

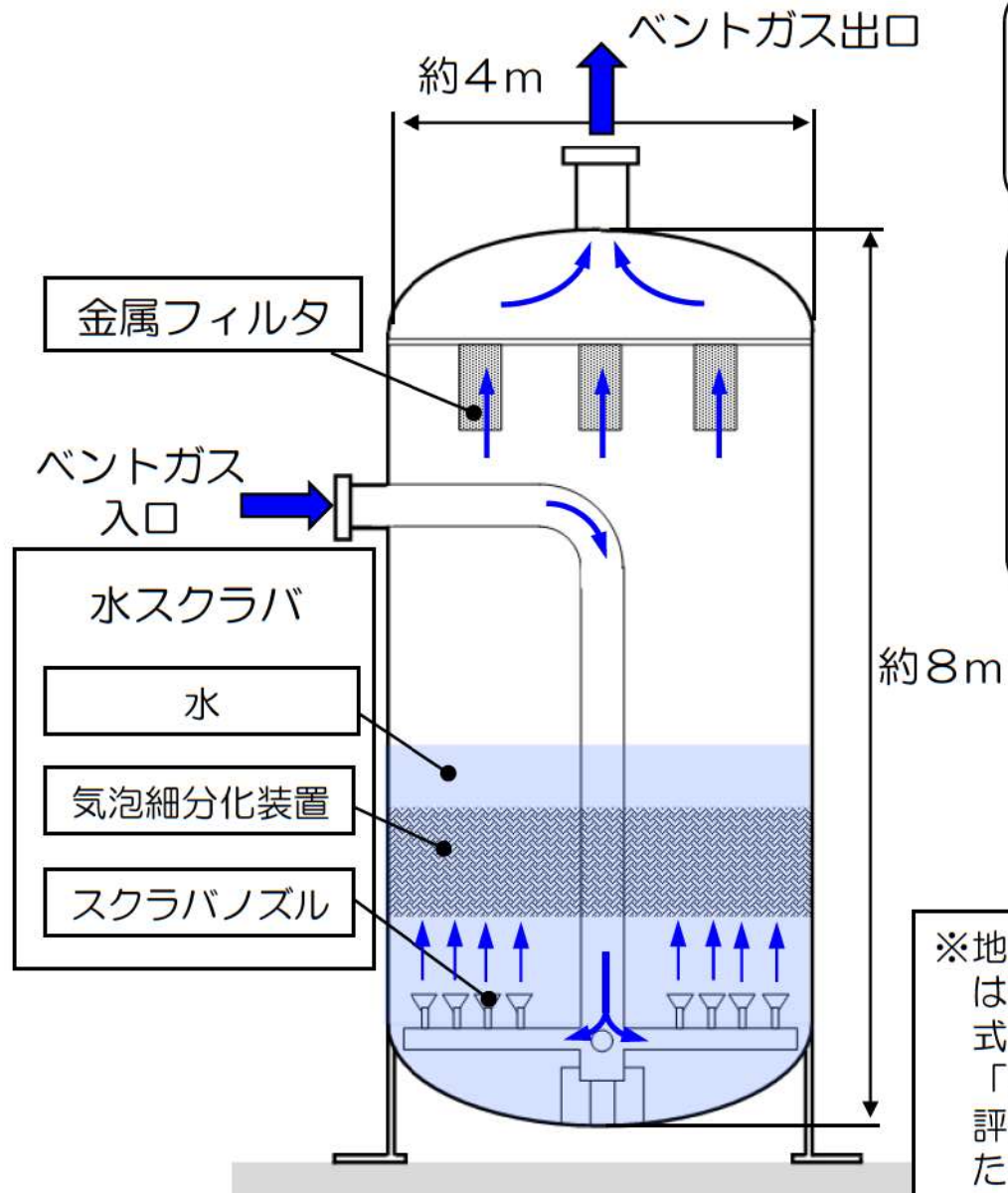
- 耐圧強化ベント
- 地上式のフィルタベント
- 地下式フィルタベント



*原子炉建屋付属棟は、二次格納施設と遮蔽壁を隔てて隣接する施設です。

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

フィルタ装置の構造



金属フィルタ

○ガスが金属フィルタを通過する過程で、放射性微粒子を捕集します。

水スクラバ

○ガスが水中を通過する過程で、放射性微粒子を捕集します。

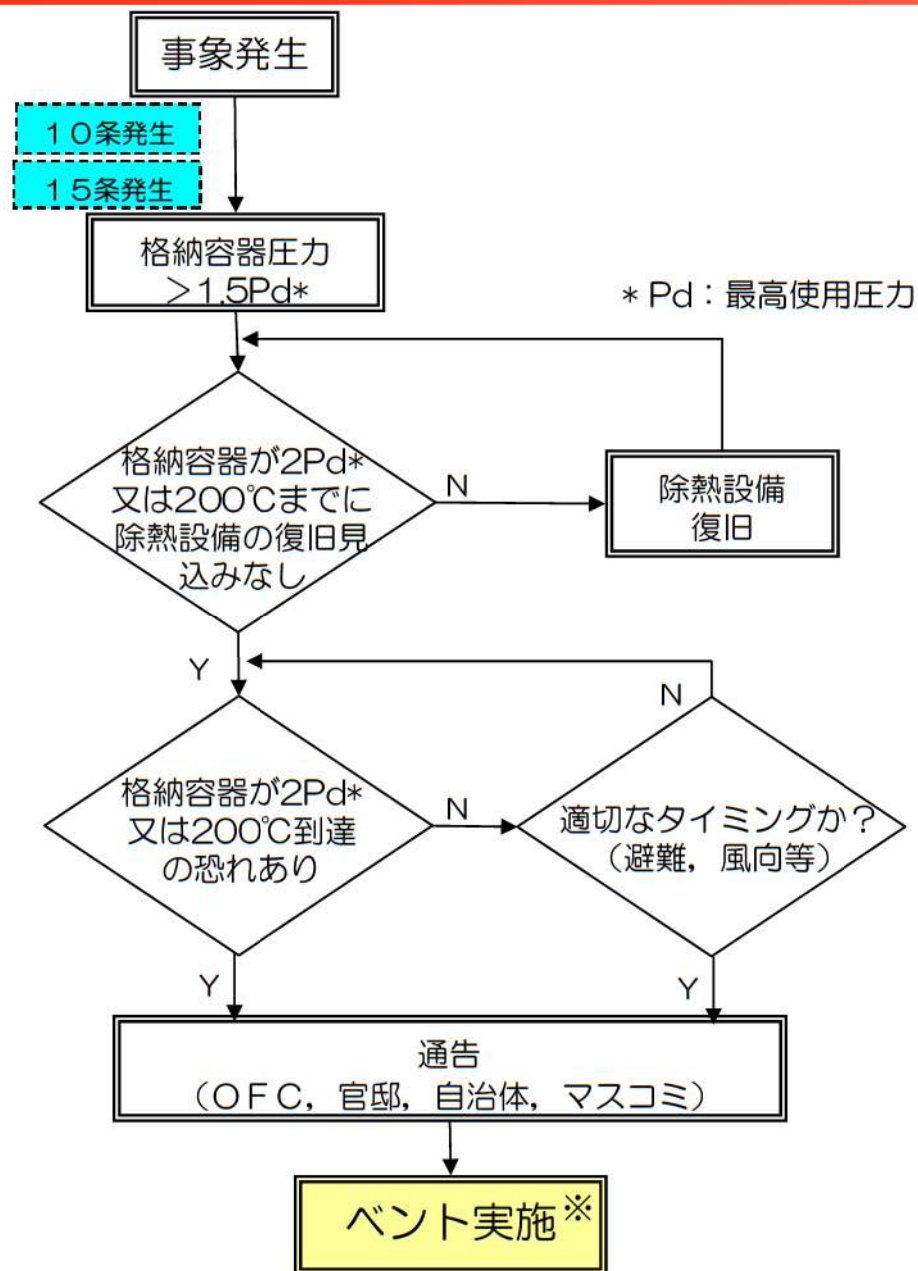
○スクラバノズルでガスを勢いよく噴射し、気泡細分化装置で気泡を細かくして、効率良く放射性物質を捕集します。

↓
粒子状の放射性物質
(放射性セシウム) を

99.9%以上除去

※地上式フィルタベントと地下式フィルタベントの性能は同等であり、地上式フィルタベント設備もしくは地下式フィルタベント設備のいずれかで原子力規制庁の「炉心損傷防止及び格納容器破損防止対策の有効性の評価に係る標準評価手法（審査ガイド）」の要求を満たす設計とする。

炉心損傷後の格納容器ベントの運転操作手順



※ 左記対応中に格納容器圧力2Pd (620kPa gage) 到達または、格納容器温度200℃に到達した場合は、格納容器破損による過大な敷地外土壌汚染及び避難中の住民被ばくを避けるために発電所対策本部長の責任において格納容器ベント操作を実施する。

防災において想定する事故シナリオの選定の流れ

①事故のきっかけとなる起因事象の選定

- ・ 内部に起因するもの
- ・ 外部に起因するもの（地震，津波，その他自然現象）



②起因事象に基づく事故シナリオの抽出及び分類

- ・ 重要な安全機能をもつシステムの故障の組合せによりシナリオを漏れなく抽出（多重故障も考慮）
- ・ 抽出した事故シナリオを，事故の特徴によって分類

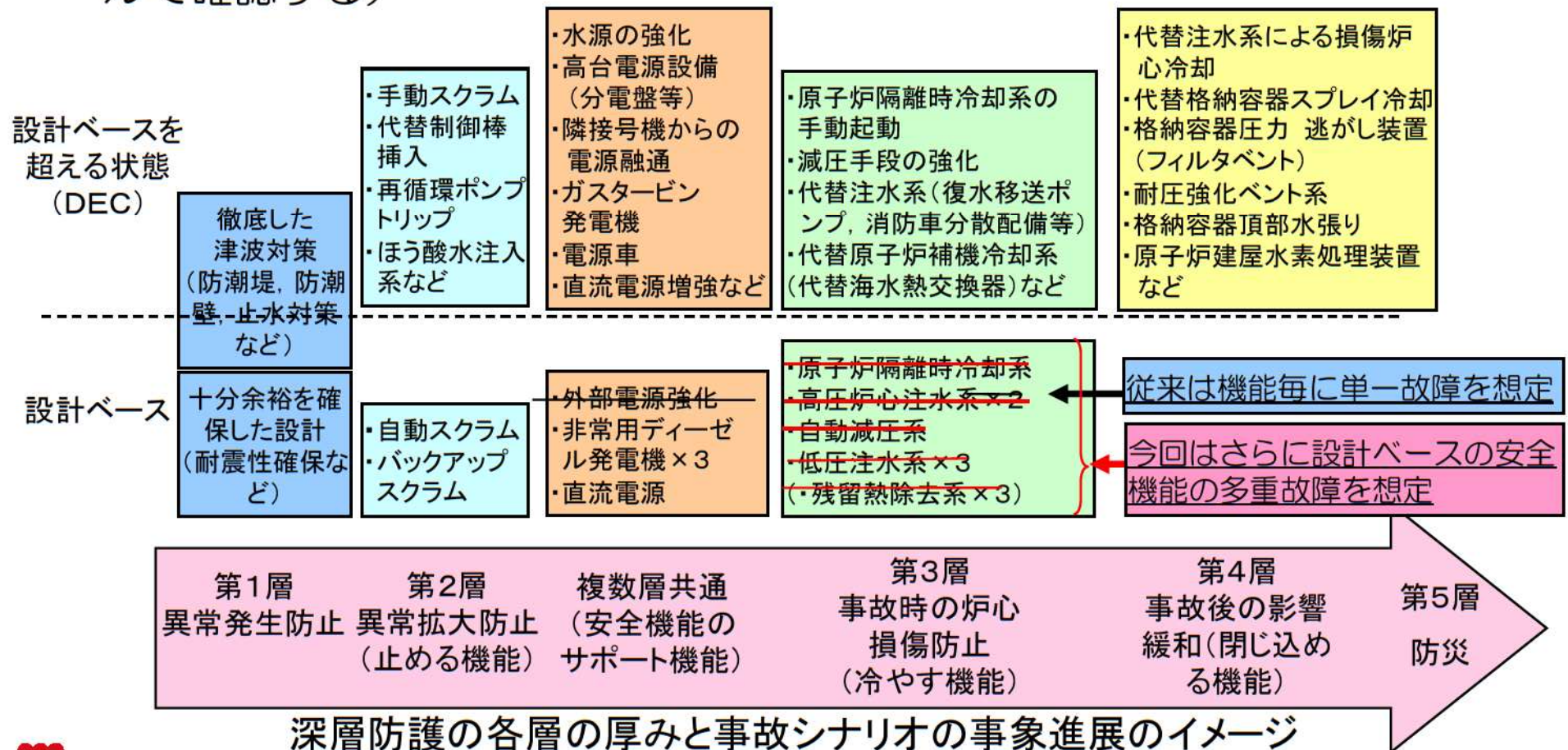


③追加安全対策の有効性評価及び代表事故シナリオの選定

- ・ 分類した各事故シナリオに対して，設計ベース設備の多重故障を考慮した上で，追加安全対策の有効性評価を実施
- ・ 最も事象進展の厳しいシナリオを代表事故シナリオに選定

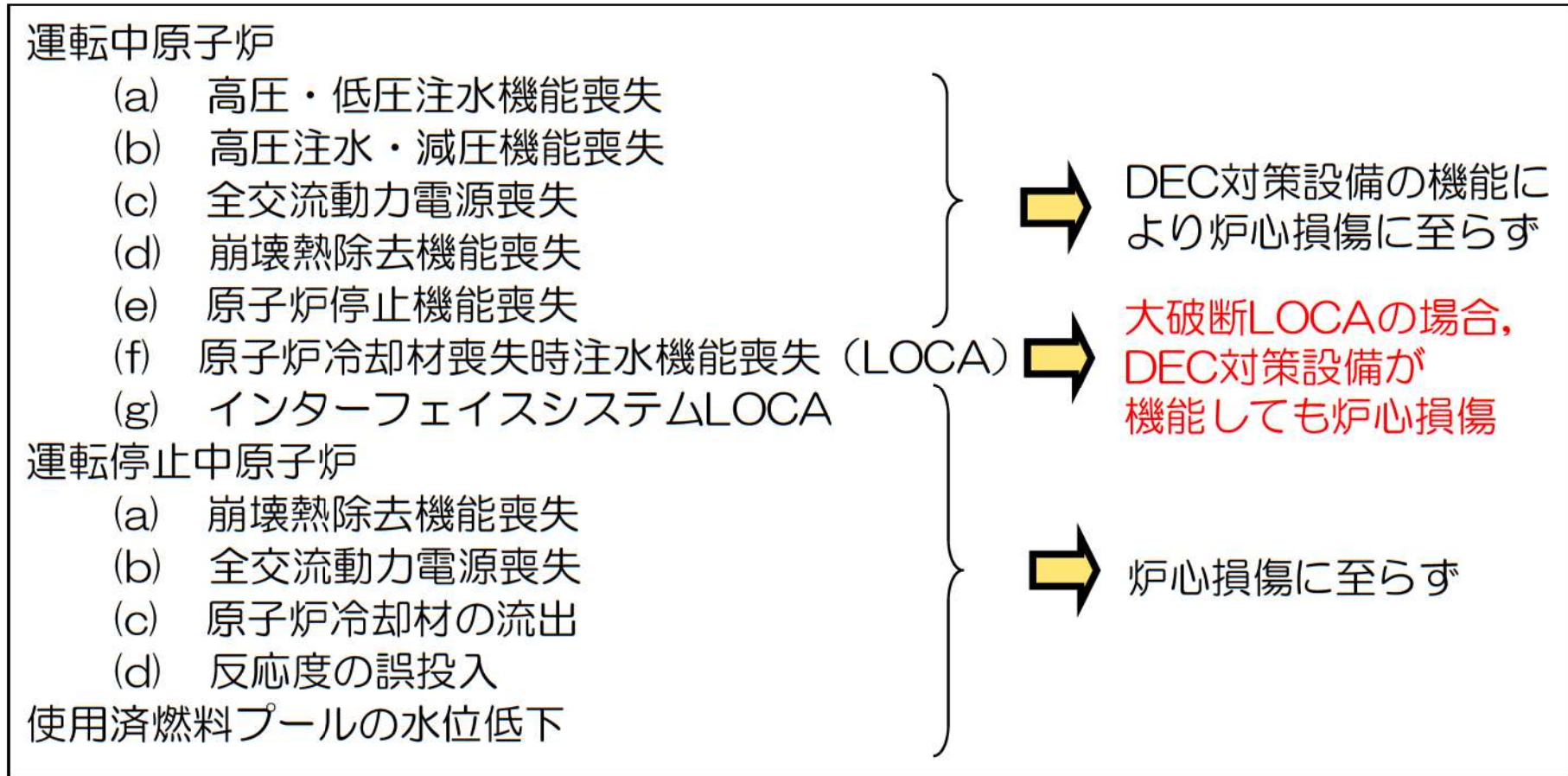
事故シナリオの選定の流れ（深層防護の考え方の適用）

- 設計ベースに加え，設計ベースを超える状態（DEC）に対応する設備として追加安全対策設備（DEC対策設備）を整備
- DEC対策設備の有効性を評価するにあたり，設計ベースの安全機能を有する系統が多重故障することを想定（深層防護の有効性をより高いレベルで確認する）



追加安全対策の有効性評価及び代表事故シナリオの選定

- 分類した各事故シナリオに対して、設計ベース設備の多重故障を考慮した上で、追加安全対策の有効性評価を実施



(参考) 原子力災害対策指針の各EAL (10条/15条相当事象) は、確率論的リスク評価 (PRA) の知見等を踏まえて放出時刻及び放出量の観点から網羅的に抽出されたこれらの事故シナリオグループに対応又は包含される (別紙1参照)

まとめ

- 柏崎刈羽原子力発電所では、福島第一事故の教訓を踏まえ、安全性や信頼性を高めるための対策に鋭意取り組んでいます。
- その上で、仮に原子炉への注水・除熱が機能しても放射性物質の影響を可能な限り低減するためにフィルタベント設備を設置します。
- 防災において想定する事故シナリオについては、「強化した設計ベース」の各安全機能が喪失する各事故シナリオのうち、「DEC」対策設備が機能しても炉心損傷を伴う「**大LOCA+ECCS機能喪失+全交流電源喪失**」シナリオを防災の一つのモデルとして提案しています。当該シナリオでは、格納容器破損防止のためフィルタベント設備の使用が必要となっております。

(参考) 敷地境界の線量評価及び放出量評価について

『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』では以下の要求事項となっている。

【炉心損傷防止対策の有効性評価】

- 格納容器圧力逃がし装置を使用する事故シーケンスグループの有効性評価では、敷地境界での実効線量を評価し周辺の公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないこと（**発生事故当たり概ね5mSv以下**）を確認する
 - 必ず想定する事故シーケンスグループ（BWR）
 - 高圧・低圧注水機能喪失
 - 高圧注水・減圧機能喪失
 - **全交流動力電源喪失**
 - 崩壊熱除去機能喪失
 - 原子炉停止機能喪失
 - LOCA時注水機能喪失 他

放出された放射性物質による内部・外部被ばく量の合計は敷地境界で**約0.042mSv**

【格納容器破損防止対策の有効性評価】

- 「放射性物質による環境への汚染の視点も含め、環境への影響をできるだけ小さくとどめるものであること」を確認するため、想定する格納容器破損モードに対して、**Cs-137の放出量が100TBqを下回っていること**を確認する。
 - 必ず想定する格納容器破損モード
 - **雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）**
 - 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱
 - 原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用
 - 水素燃焼
 - 格納容器直接接触（シェルアタック）
 - 溶融炉心・コンクリート相互作用 他

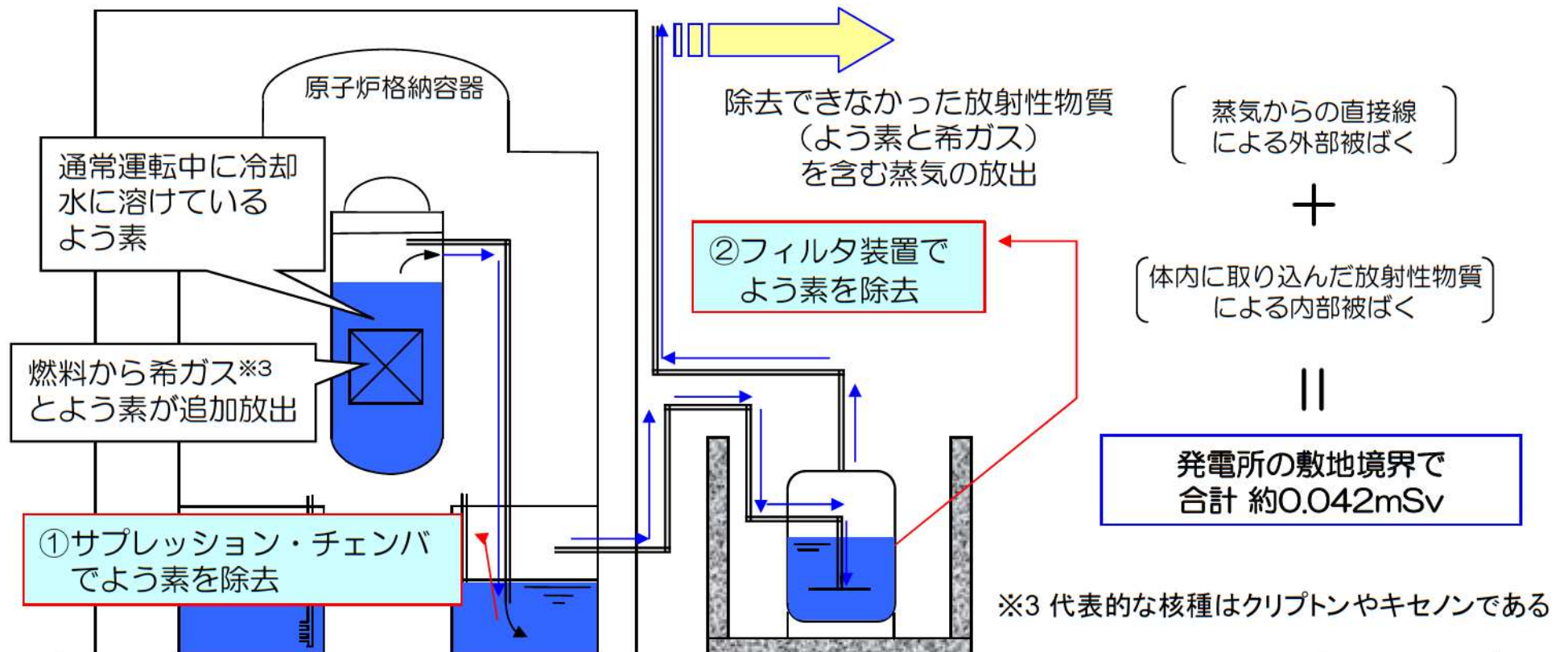
セシウム137の総放出量は**約0.0025TBq**であり、100TBqを下回っている。
敷地外の土壤汚染は大幅に抑制される。

(参考) 被ばく評価 (炉心損傷を防止し、放射性物質を閉じ込め続けるためのベント)

※1 設置許可申請書 記載値

- 通常運転中炉内に少量溶け込んでいるよう素等の放射性物質を
 - ① サプレッション・チェンバ
 - ② フィルタ装置
 で除去しつつ大気中へ放出
- 事故を通じた累計の内部・外部被ばく量の合計は、発電所の敷地境界で約0.042mSv※1であり、基準の5mSv※2を下回る

※2 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



※3 代表的な核種はクリプトンやキセノンである

(参考) 放出量評価 (炉心損傷しても、敷地外の土壤汚染を大幅に抑制するためのベント)

※1 設置許可申請書 記載値

■ 土壤汚染を抑制するために、燃料棒より流出した放射性物質 (セシウム-137) を

① サプレッション・チェンバ

② フィルタ装置

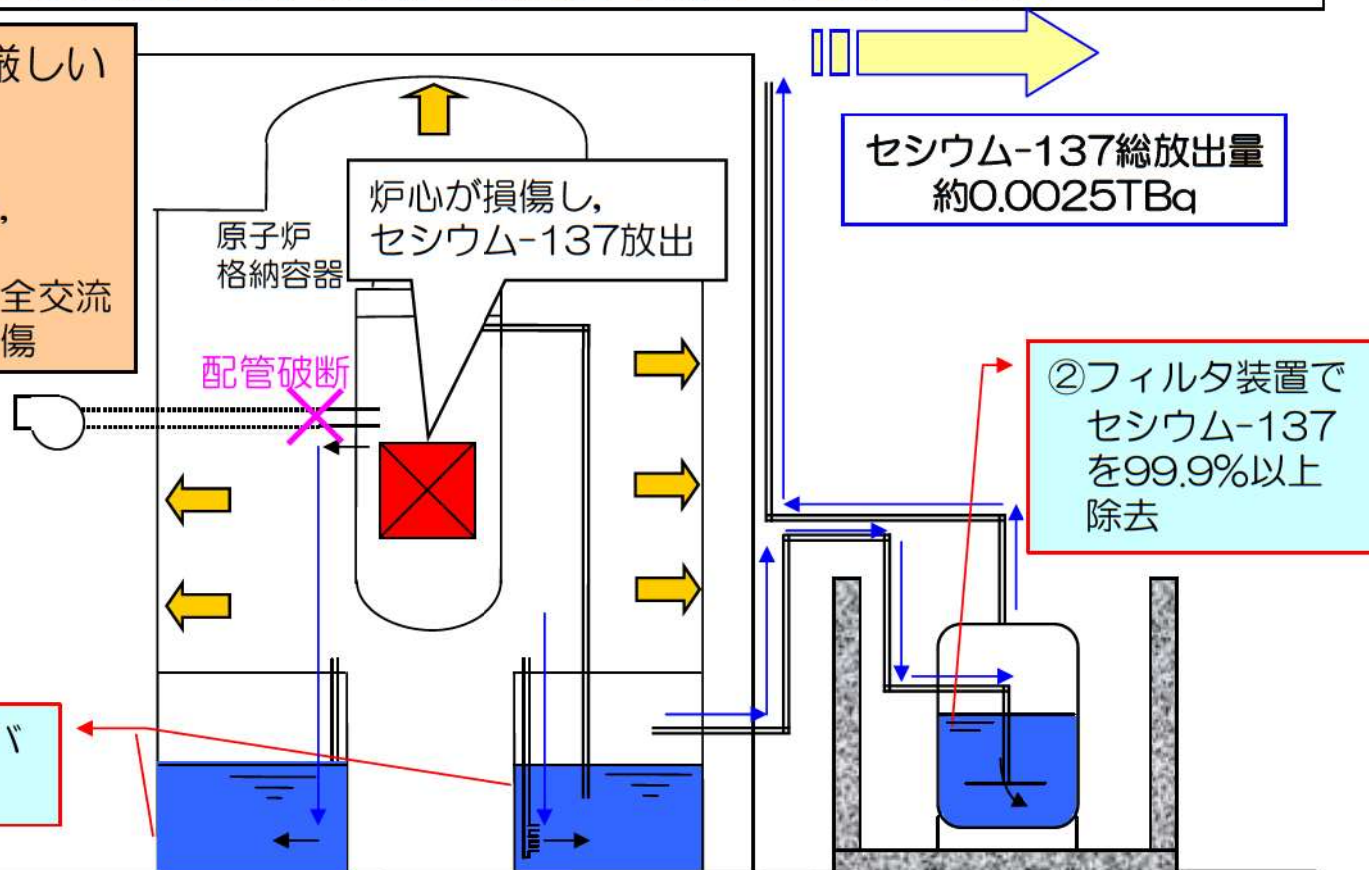
で大幅に除去して大気中へ放出

※2 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

■ セシウム-137の総放出量は約**0.0025TBq**※1であり、基準の100TBq※2を下回る (これによる土壤汚染からの被ばくは、発電所の敷地外で概ね1mSv/年以下)

格納容器にとって最も厳しいケースで評価

- 格納容器内の配管破断で、冷却材が大量に漏洩
- 更に非常用炉心冷却系、全交流電源が使えず、炉心が損傷



原子力規制委員会が示す EAL の枠組みと有効性評価で想定する事故シナリオとの対応

施設敷地緊急事態を判断する EAL (10条事象)	対応する全面緊急事態を判断する EAL (15条事象)	有効性評価で想定する事故シナリオとの対応
①原子炉冷却材の漏えい (LOCA)	②LOCA+全ての非常用炉心冷却系 (ECCS) 注水失敗	(f) 原子炉冷却材喪失時注水機能喪失
②全給水機能喪失+高圧 ECCS (高圧炉心注水系及び原子炉隔離時冷却系) 注水失敗	③全給水機能喪失+全 ECCS 注水失敗	(a) 高圧・低圧注水機能喪失 (b) 高圧注水・減圧機能喪失
③残留熱除去機能喪失	⑤残留熱除去機能喪失+格納容器圧力抑制機能喪失	(d) 崩壊熱除去機能喪失
④全交流動力電源喪失 30 分以上継続 (ガスタービン発電機、電源車も機能喪失なら 5 分以上継続)	⑥全交流動力電源喪失 1 時間以上継続 (ガスタービン発電機、電源車も機能喪失なら 30 分以上継続)	(c) 全交流動力電源喪失
⑤直流電源 1 系統喪失が 5 分以上継続	⑦全直流電源喪失が 5 分以上継続	(c) 全交流動力電源喪失
⑥停止中炉水位異常低下	⑨停止中炉水位異常低下+全 ECCS 注水失敗	運転停止中の「崩壊熱除去機能喪失」又は「原子炉冷却材の流出」に対応。有効性評価では炉心損傷に至ることなく事象は収束。
⑦使用済燃料プール (SFP) 水位低下又はこれが疑われる状況での水位測定不可	⑩SFP 水位低下 (使用済燃料集合体頂部+2m) 又はこれが疑われる状況での水位測定不可	使用済燃料プールにおける燃料損傷防止対策の有効性評価に対応。有効性評価では炉心損傷に至ることなく事象は収束。
⑧中央制御室環境悪化又は制御室警報装置一部機能喪失	⑪中央制御室使用不可又は警報装置全機能喪失	有効性評価で想定する事故シナリオに至ることはない (制御室外から制御可能)
⑨通信機能喪失	—	有効性評価で想定する事故シナリオに至ることはない (通信機能喪失そのものは事象進展に影響しない)
⑩火災又は溢水による安全機器等の機能一部喪失	—	さらに安全機能の多重故障を仮定すると有効性評価で想定する事故シナリオ(a)~(f)のいずれかに対応
⑪原子炉格納容器圧力又は温度の想定を超えた上昇	④格納容器最高使用圧力又は最高使用温度到達	有効性評価で想定する事故シナリオに包含 (各事故シナリオの事象進展の途中で発生する事象)
⑫炉心損傷なしでの格納容器ベント	—	有効性評価で想定する事故シナリオに包含 (各事故シナリオの事象進展の途中で実施する操作)
⑬燃料被覆管障壁喪失時の冷却材障壁喪失おそれ等	⑫燃料被覆管障壁及び冷却材障壁喪失+格納容器障壁喪失のおそれ	有効性評価で想定する事故シナリオに包含 (各事故シナリオの事象進展の途中で発生する事象)
⑭敷地境界で原災法第 10 条通報基準超過の放射線量又は放射性物質検出	⑬敷地境界で原災法第 15 条通報基準超過の放射線量又は放射性物質検出	有効性評価で想定する事故シナリオに包含 (各事故シナリオの事象進展の途中で発生する事象)
—	①スクラム失敗 (自動及び手動)	(e) 原子炉停止機能喪失
—	⑧炉心損傷	有効性評価で想定する事故シナリオに包含 (各事故シナリオの事象進展の途中で発生する事象)