



事象に関する定義(再掲)

- 「運転時の異常な過渡変化」とは、通常運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって発生する異常な状態であって、当該状態が継続した場合には発電用原子炉の炉心(以下単に「炉心」という。)又は原子炉冷却材圧力バウンダリの著しい損傷が生ずるおそれがあるものとして安全設計上想定すべきものをいう。
- 「設計基準事故」とは、発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって、当該状態が発生した場合には発電用原子炉施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべきものをいう。
- 「重大事故」とは、発電用原子炉の炉心の著しい損傷その他の原子力規制委員会規則で定める重大な事故をいう。
 - 改正原子炉等規制法で「重大な事故」は「原子力施設において重大な事故が生じた場合に放射性物質が異常な水準で当該原子力施設を設置する工場又は事業所の外へ放出されること」とされている。



設備に関する定義

- 「設計基準事故対処設備」とは、設計基準事故に対処するための安全機能を有する設備をいう。
- 「重大事故等対処施設」とは、重大事故に至るおそれがある事故（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を除く。以下同じ。）又は重大事故（以下「重大事故等」と総称する。）に対処するための機能を有する施設をいう。
- 「重大事故等対処**設備**」とは、重大事故等に対処するための機能を有する設備をいう。
 - 重大事故防止設備と重大事故緩和設備などからなる。



設備に関する定義

- 「重大事故防止設備」とは、重大事故等対処設備のうち、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合であって、設計基準事故対処設備の安全機能又は使用済燃料貯蔵槽の冷却機能若しくは注水機能が喪失した場合において、その喪失した機能(重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能に限る。)を代替することにより重大事故の発生を防止する機能を有する設備をいう。
- 「重大事故緩和設備」とは、重大事故等対処設備のうち、重大事故が発生した場合において、当該重大事故の拡大を防止し、又はその影響を緩和するための機能を有する設備をいう。
- 「特定重大事故等対処施設」とは、重大事故等対処施設のうち、故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムにより炉心の著しい損傷が発生するおそれがある場合又は炉心の著しい損傷が発生した場合において、原子炉格納容器の破損による工場等外への放射性物質の異常な水準の放出を抑制するためのものをいう。

設計時の基準の強化

- 耐震・耐津波性能強化
- 種々の自然現象を新しく考慮
 - 敷地の自然環境を基に、洪水、風(台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等から適用されるもの
- 火災防護対策の強化(特にケーブルなどの火災)
- 静的機器の単一故障(除外規定を削除)
- 内部溢水(原子炉建屋内部での大規模な水漏れ)の考慮
- 電源喪失への対策強化(外部電源・所内交直流電源)



米国の火災防護規制強化のきっかけとなった Browns Ferry 1号機のケーブル火災(1975年3月22日発生)



BF 1の火災の一因となったケーブル・トレイ貫通部のシール材の例

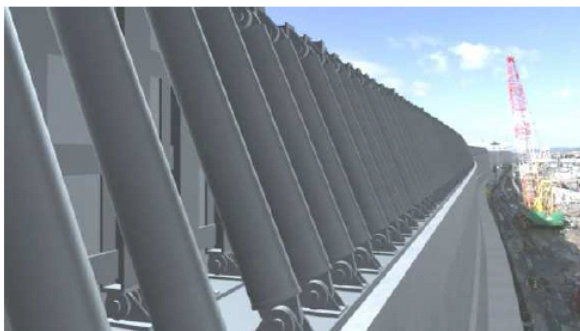


耐震・耐津波性能強化

- 津波評価方法の厳格化と対応の強化
 - 既往最大を上回るレベルの津波を設計基準津波として策定。津波防護施設(防潮堤)や水密扉などの設置を要求
 - 津波防護施設などは、Sクラス対応

<津波対策の例(津波防護の多重化)>

○津波防護壁の設置
(敷地内への浸水を防止)



○防潮扉の設置
(建屋内への浸水を防止)



15

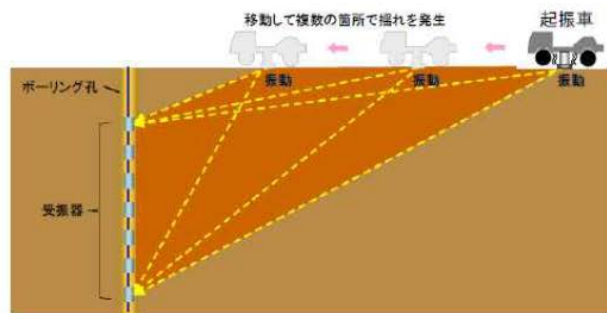
耐震・耐津波性能強化

■ 地震評価方法の厳密化と対応の強化

- 耐震設計上考慮する活断層は、12-13万年前以降の活動が否定できないもの。必要な場合は、40万年前までさかのぼって活動性を評価
- サイト敷地の地下構造により地震動が増幅される場合があることを踏まえ、地下構造を三次元的な把握
- Sクラスの建物や構築物は、活動性のある断層などの露頭がない地盤に設置

<地下構造調査の例>

起振車で地下に振動を与え、ボーリング孔内の受振器で受振し、解析することで、地下構造を把握



起振車



種々の自然現象の考慮

■ 竜巻

- 竜巻検討地域における竜巻の発生頻度や最大風速の年超過確率等を参照した上で最大風速等を設定
- 考慮すべき荷重
 - 設計竜巻荷重(風力、気圧差、飛来物)
 - その他荷重との組合せ(常時荷重、運転時荷重等)
- 対象とする施設
 - 安全上重要な施設
 - 波及的影響を及ぼし得る施設

■ 火山

- 半径160km以内で1万年前までに活動があった火山の存在
- 設計対応ができない火山事象が施設の供用期間中に影響を及ぼす可能性が十分に小さいか
- 火山活動のモニタリング
- 火砕流、噴石、土石流(近接距離)、火山灰(遠距離)の影響評価⁷



外部火災の考慮

- 外部火災とは
 - 原子力発電所(以下「発電所」という。)敷地外で発生する火災
 - 地震以外の自然現象として森林火災、また、外部人為事象(偶発事象)として近隣の産業施設(工場・コンビナート等)の火災



火災防護の強化

■ 新規制基準

- 原子炉施設は、火災により原子炉施設の安全性を損なうことのないように、火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の各防護対策を考慮した設計であること。
- 原則として発生防止、検知、影響軽減の三方策を求め

■ 従来の安全設計審査指針

- 原子炉施設は、火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の三方策を適切に組み合わせて、火災により原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であること。

電源喪失への対策強化

- 電源喪失という共通要因による安全機能の一斉喪失を防ぐため、外部電源、所内交流・直流電源を強化

新基準と従来の基準との比較(電源)

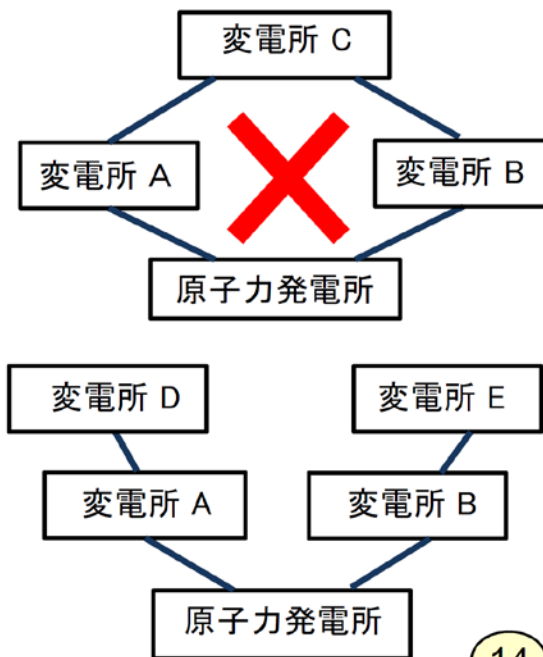
	従来	新基準
外部電源	2回線(独立性の要求なし)	2回線(独立したものを要求)
所内交流電源	恒設2台(非常用ディーゼル発電機)	左記に加え、恒設1台追加、可搬式(電源車)2台追加、7日分の燃料を備蓄
所内直流電源	恒設1系統(容量は30分)	左記の容量増加(24時間)、可搬式1系統及び恒設1系統を追加(いずれも24時間分)

※上記の他、電源盤等についても共通要因で機能喪失しないことを要求



高台への電源車の配備(可搬式交流電源)

外部電源系の強化(独立した異なる2以上の変電所等に2回線以上の送電線により接続)



14



静的機器の単一故障の取扱

- 信頼性に関する設計上の考慮
 - 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度に応じて、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計であること。
 - 重要度の特に高い安全機能を有する系統についてはその系統を構成する機器の単一故障の仮定に加え、外部電源が利用できない場合においても、その系統の安全機能が達成できる設計であること。
 - このため、前項の系統は、その構造、動作原理、果たすべき安全機能の性質等を考慮して、多重性又は多様性及び独立性を備えた設計であること。
 - 「単一故障」は、動的機器の単一故障と静的機器の単一故障に分けられる。重要度の特に高い安全機能を有する系統は、短期間では動的機器の単一故障を仮定しても、長期間では動的機器の単一故障又は想定される静的機器の単一故障のいずれかを仮定しても、所定の安全機能を達成できるように設計されていることが必要



静的機器の単一故障の取扱

- 信頼性に関する設計上の考慮については、新規制基準と従来の安全設計審査指針の要求事項は同じ
- しかしながら、従来は、下位の技術基準において、一部の古いプラントについて静的機器の単一故障について除外規定が設けられていたが、新規制基準では、この除外規定を削除



内部溢水の考慮

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、原子炉施設内部で発生が想定される溢水に対し、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であること。
- 従来の安全設計審査指針では内部溢水の考慮は明示的に要求されていなかった



共用に関する設計上の考慮

- 新規制基準
 - 安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち重要度の特に高いものは、原則、2基以上の原子炉施設間で共用又は相互接続してはならない。ただし、共用又は相互接続することにより安全性が向上する場合にあっては、その限りではない。
- 安全設計審査指針
 - 安全機能を有する構築物、系統及び機器が二基以上の原子炉施設間で共用される場合には、原子炉の安全性を損なうことのない設計であること。
- 福島第一4号機の水素爆発(スタックを通じた3号機からの水素流入)の教訓により改訂
 - IAEAのSSR-2/1では、「安全系は、安全性の向上に寄与しない限り、複数号機で共用されるべきでない」

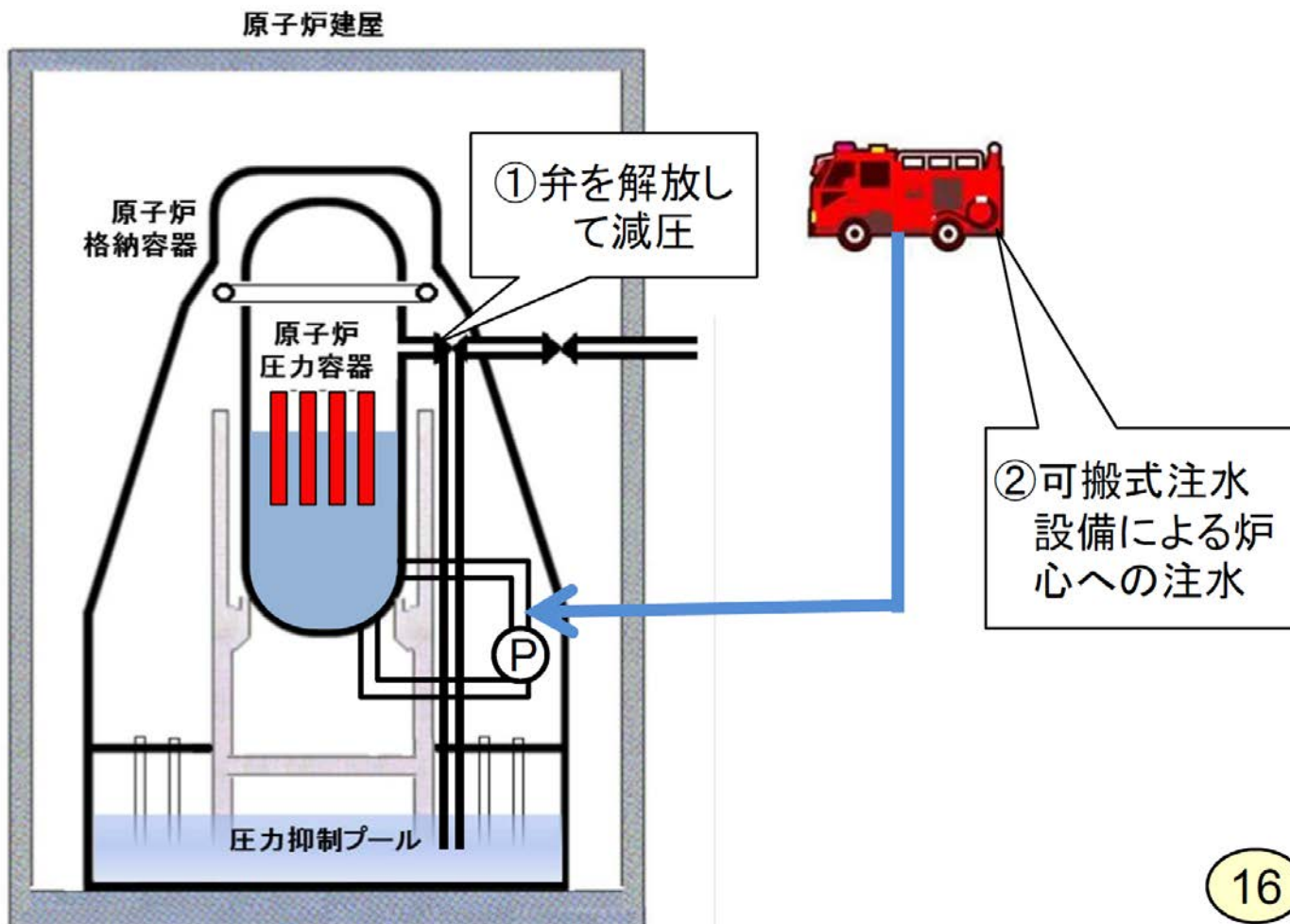


シビアアクシデント対策(炉心損傷防止)

- **設計時の想定を超える事態を前提**とし、炉心損傷に至らないための対策を要求
 - 原子炉停止に失敗した場合の対策
 - 原子炉冷却に失敗した場合の対策
 - 原子炉減圧に失敗した場合の対策
 - 原子炉の除熱に失敗した場合の対策
 - 冷却水や電源(サポート機能)の確保

シビアアクシデント対策(炉心損傷防止)

■ 対策の一例

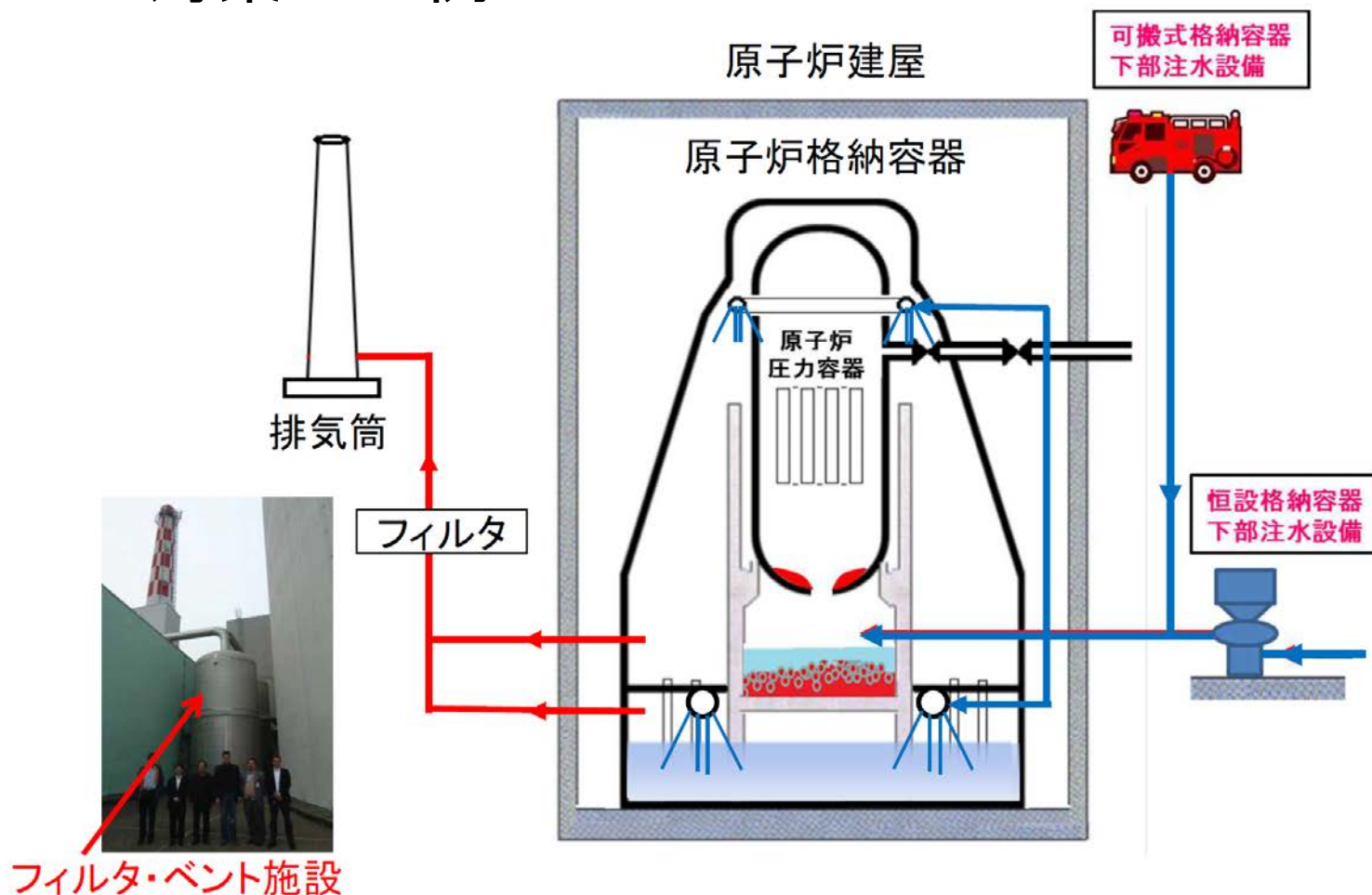


シビアアクシデント対策 (格納容器破損防止)

- 炉心損傷の発生を想定して格納容器の破損を防止するための対策を要求
 - 格納容器の冷却・減圧・放射性物質低減対策（格納容器冷却のためのスプレイ、フィルタつきベントシステム）
 - 格納容器下部に落下した溶融炉心の冷却対策
 - 格納容器内の水素爆発防止対策
 - 原子炉建屋等の水素爆発防止対策

シビアアクシデント対策 (格納容器破損防止)

■ 対策の一例



外部人為事象を含む設計基準を超える事象への対処の考え方

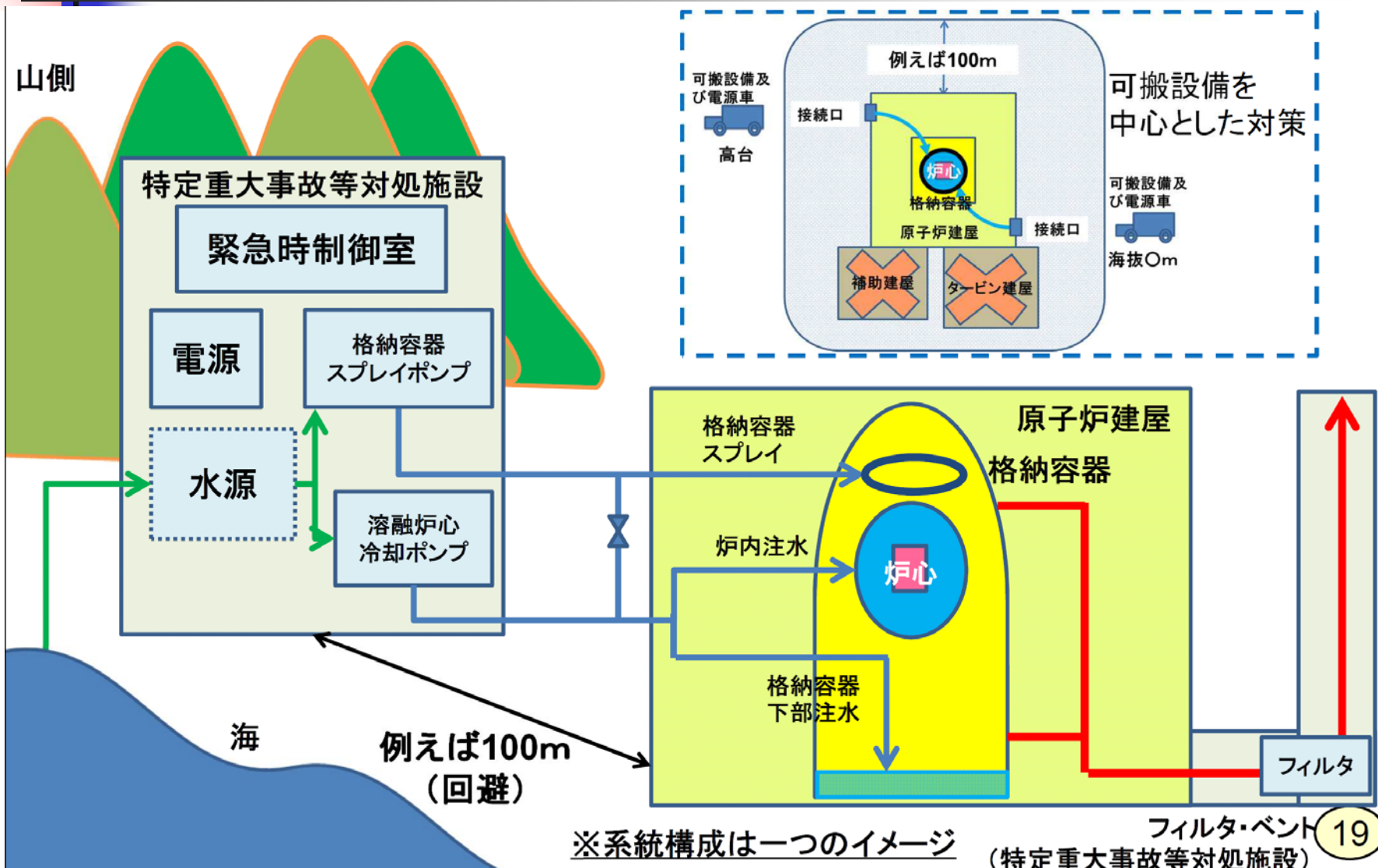
- 以下の二つのコンセプトがある
 - 恒設設備を主体としたバンカーシステム、ハードンドコア(主としてEU)
 - 可搬型設備を主体としたFLEX(米国、B.5.b対応)
 - いずれも、独立性を強化するための方策
- 恒設設備の得失
 - ○迅速な対応、大容量
 - ×柔軟性に欠ける。また、第三層と同質のアプローチ
- 可搬型設備の得失
 - ○柔軟性が高い、第四層と異質のアプローチ
 - ×対応にはある程度の時間を要する。
- 規制基準は、可搬型設備＋時間的余裕が少ない事象に対する恒設設備という考え方をベースとしている



重大事故等対処設備とは

- EUのバンカーシステム、フランスのハードンドコアと類似のコンセプト
 - バンカーシステムは航空機落下対策として、半地下式の冷却設備を装備
 - ハードンドコアは外的ハザードに対して「特に強化した」ハードウェアと組織で構成
- 炉心/格納容器損傷防止(冷却設備)、放射性物質放出低減(フィルタードベント)、主要なプラントパラメータの監視を行う
 - 原子炉建屋からの離隔
 - 基準設計地震動/津波を一定程度超える地震動/津波に対する頑健性を求める

意図的な航空機衝突などへの対策 (重大事故等対処設備)



※系統構成は一つのイメージ

フィルタ・ベント 19
(特定重大事故等対処設備)

敷地外への放射性物質の拡散抑制対策

- **格納容器が破損に至った場合を想定**、放水などにより放射性物質の拡散を抑制



対策イメージ(大容量泡放水砲システムによる放水)

(画像の引用)

平成23年度版消防白書 http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h23/h23/html/2-1-3b-3_2.html



その他の対策

- 全電源喪失やシビアアクシデントの過酷な環境下において原子炉の状態(温度・圧力・水位など)を把握する手段の整備
- 制御室/免震重要棟の耐事故性能向上
- 通信回線の多重化・多様化・専用回線化
- 使用済み燃料プールの冷却方法の多様化・多重化
- シビアアクシデント時の手順書の整備、訓練の実施、体制の整備
- 重大事故が発生したとしても放射性物質の総放出量は、性能目標(Cs137換算で100TBq)を下回ること