

今こそ原発の安全性を問う ～原発設計者が真実を語る～

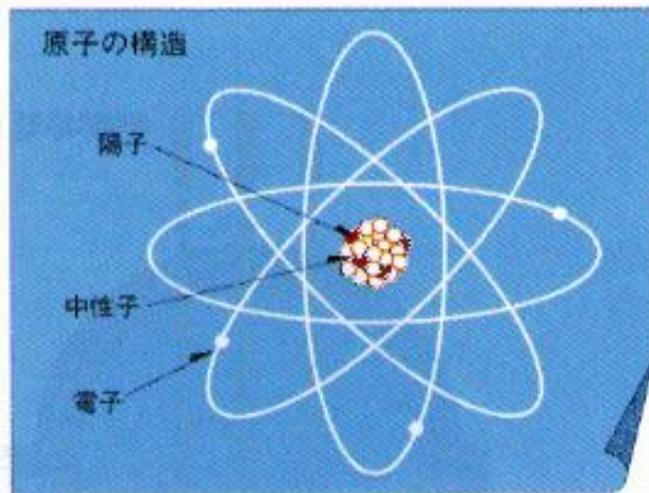
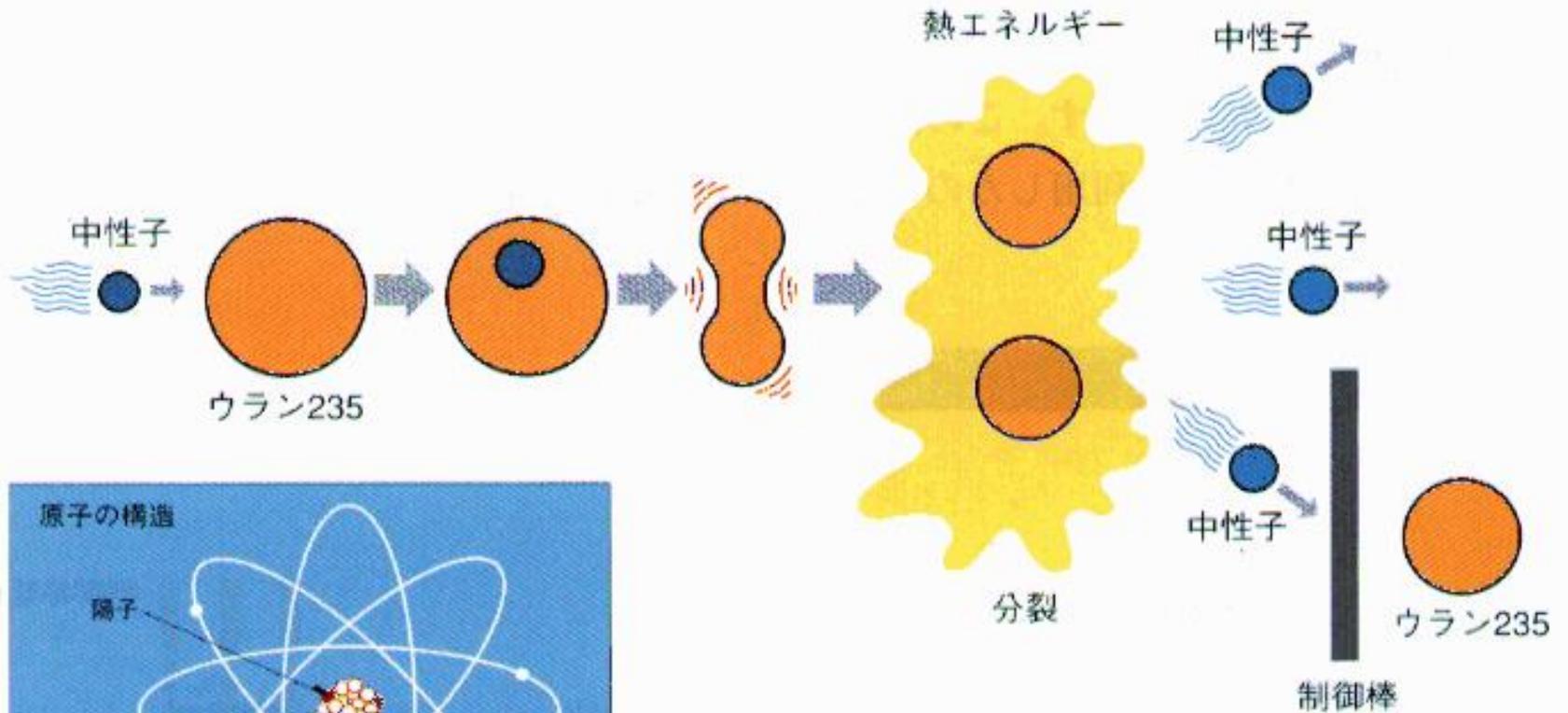
2014年1月18日

NPO【APAST】理事長

博士(工学) 後藤政志

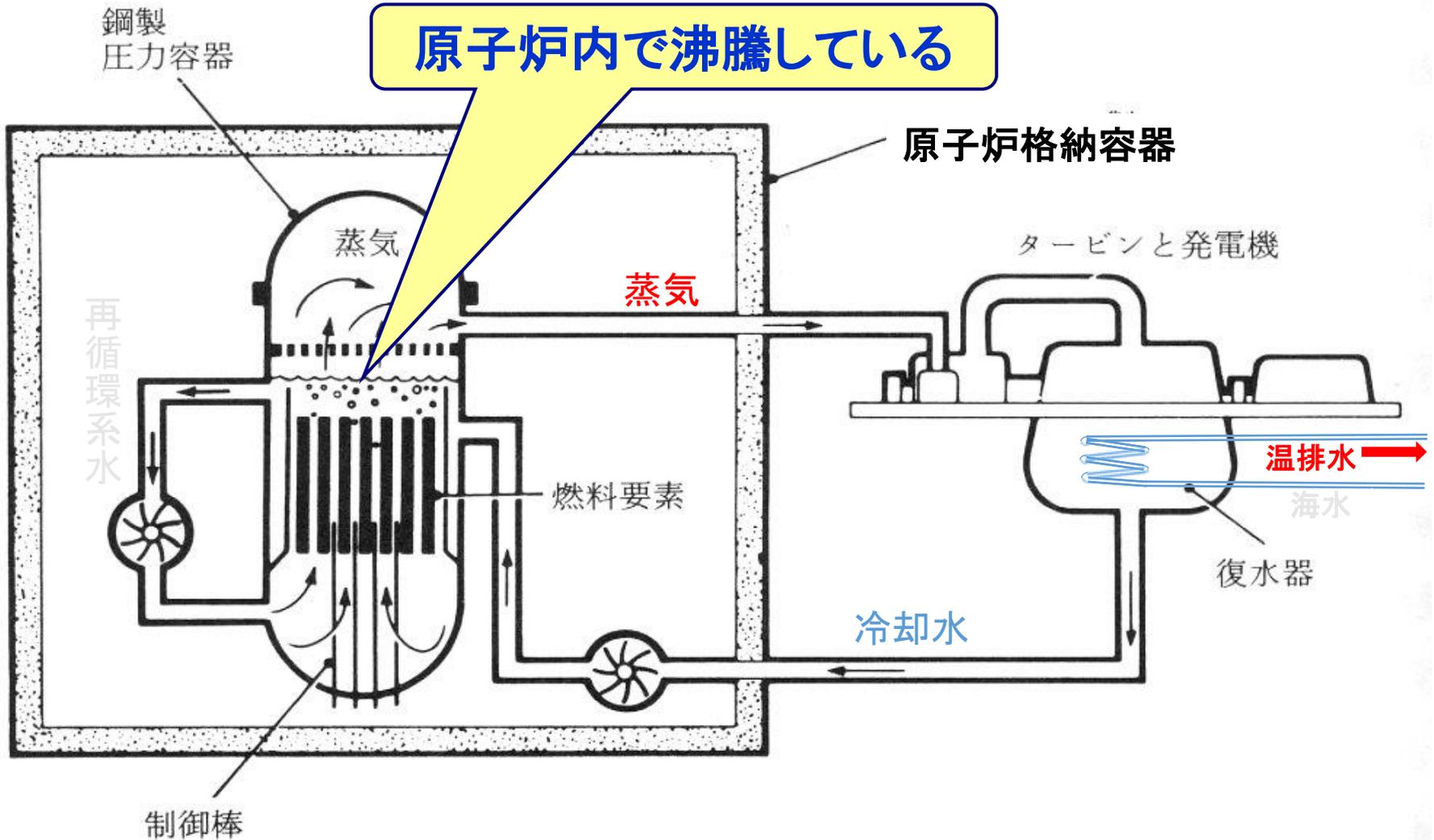
核分裂反応

連鎖反応の維持が重要

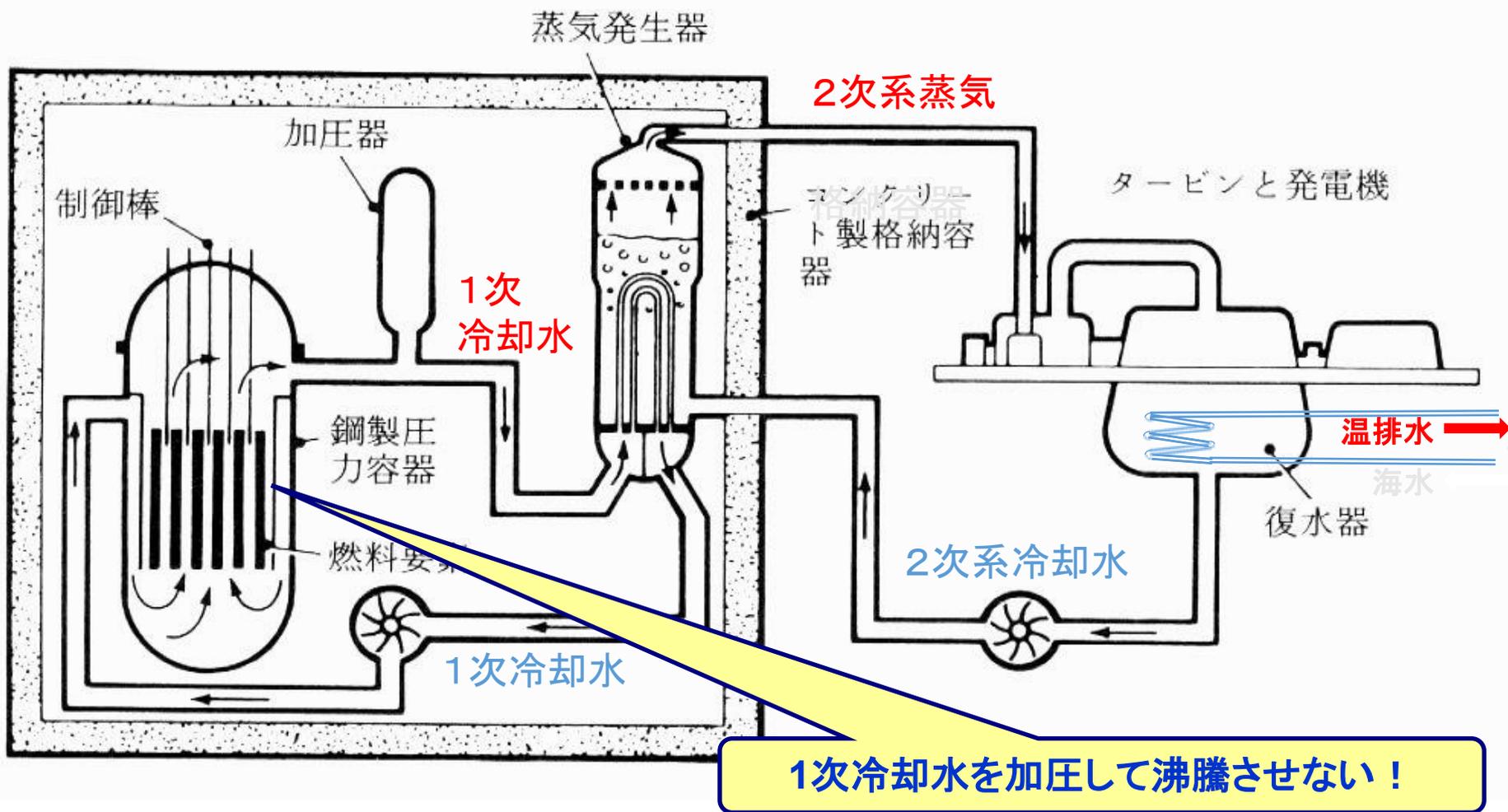


制御棒は中性子を吸収し核分裂反応を加減する

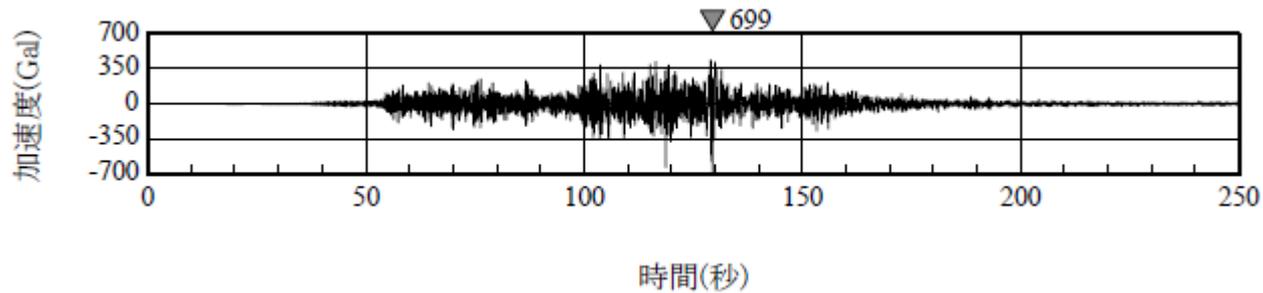
BWR(沸騰水型)プラント概念図



PWR(加圧水型)プラント概念図

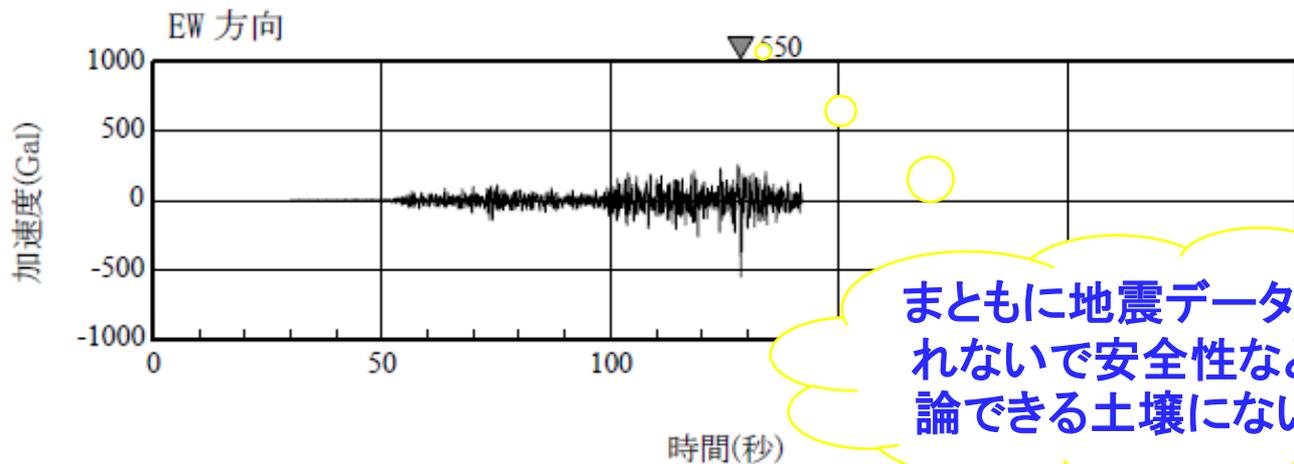


福島地震は非常に長時間揺れた！



(a) GN1 観測点 (O.P. +12.2m)

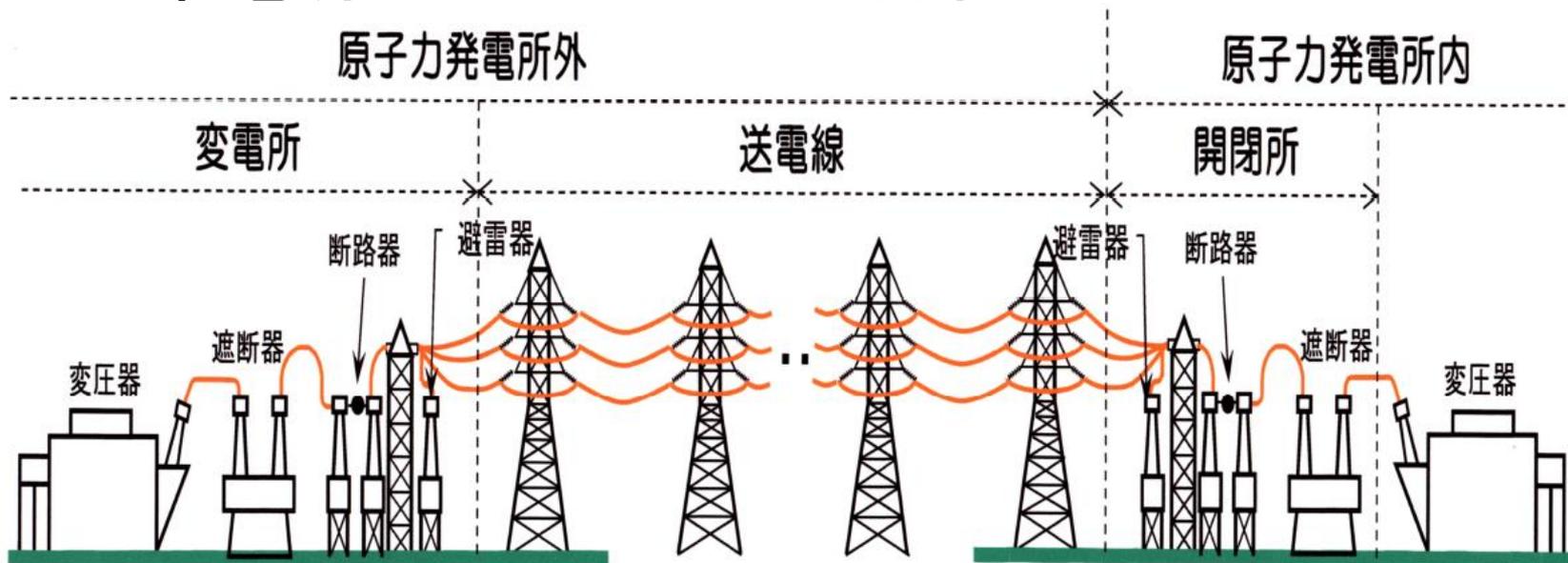
又も原子炉建屋のデータが途中でとぎれた！



まともに地震データも取れないで安全性など議論できる土壌にない！

図 11 2号機原子炉建屋地下1階（基礎版上）の加速度時刻歴波形
[2011年3月11日14時46分東北地方太平洋沖地震, 2-R2観測点]

外部電源システムの脆弱性



- ◆ 原発は外部から電気をもらわないと制御できない。
- ◆ 長い送電網の1箇所でも壊れると、その線は送電できない。
- ◆ 複数ある外部電源も、地震や台風などでは、同時にだめになる可能性がある。(共通要因故障)
- ◆ 福島第一原発では、配電盤(M/C/PC等)の損傷が重要

～福島第一原発事故～

◆止める ⇒ 制御棒が挿入され止まった！

【すでに何回もの制御棒の事故を起こしており、地震で制御棒が必ず入るとは断言できない？】

⇒福島第一原発3号／志賀1号で臨界事故ほか

◆冷やす ⇒ 地震・津波で故障し、設計上の
様々な問題があり失敗。

炉心溶融・圧力容器破損。今も不安定な冷却。

◆閉じ込める ⇒ 格納容器も高温でリーク

今も、汚染水として放射性物質を出し続けている。

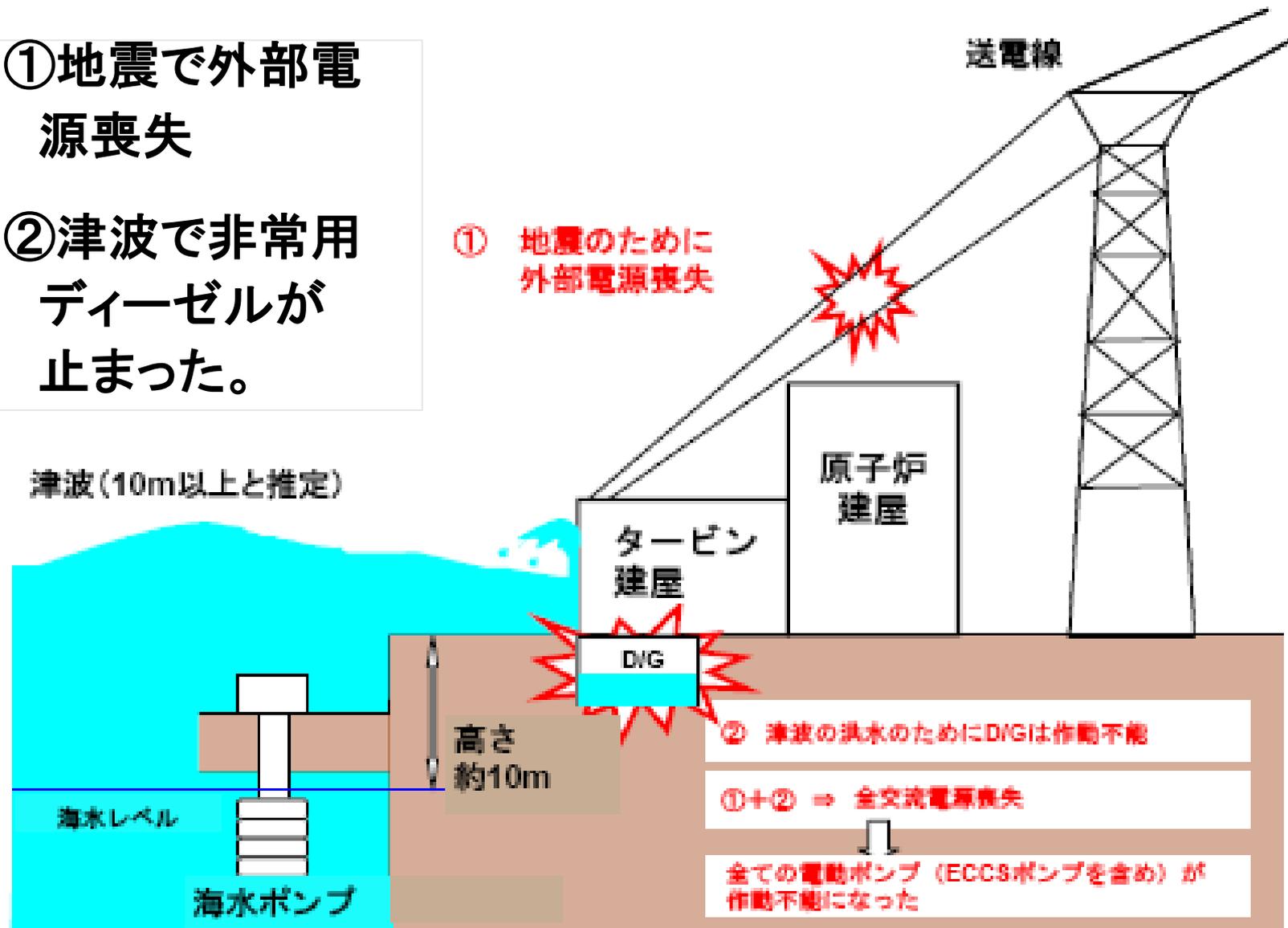
制御棒脱落・誤挿入事故一覧（～2007年）

これらの事故
は20年以上
にわたって隠
されていた！

年月日	原発名	事故内容
1978/11/02	福島第一3	制御棒5本が脱落、 臨界 。
1979/02/12	福島第一5	制御棒1本が脱落。
1980/09/10	福島第一2	制御棒1本が脱落。
1988/07/09	女川1	制御棒2本が脱落。
1991/05/31	浜岡3	制御棒3本が脱落。
1991/11/18	福島第一2	制御棒5本が誤挿入。
1993/04/13	女川1	制御棒1本が誤挿入。
1993/06/15	福島第二3	制御棒2本が脱落。
1996/06/10	柏崎刈羽6	制御棒4本が脱落。
1998/02/22	福島第一4	制御棒34本が脱落。
1999/06/18	志賀1	制御棒3本が脱落、 臨界 。
2000/04/07	柏崎刈羽1	制御棒2本が脱落。
2002/03/19	女川3	制御棒5本が誤挿入。
2005/04/16	柏崎刈羽3	制御棒17本が誤挿入。
2005/05/24	福島第一2	制御棒8本が誤挿入。

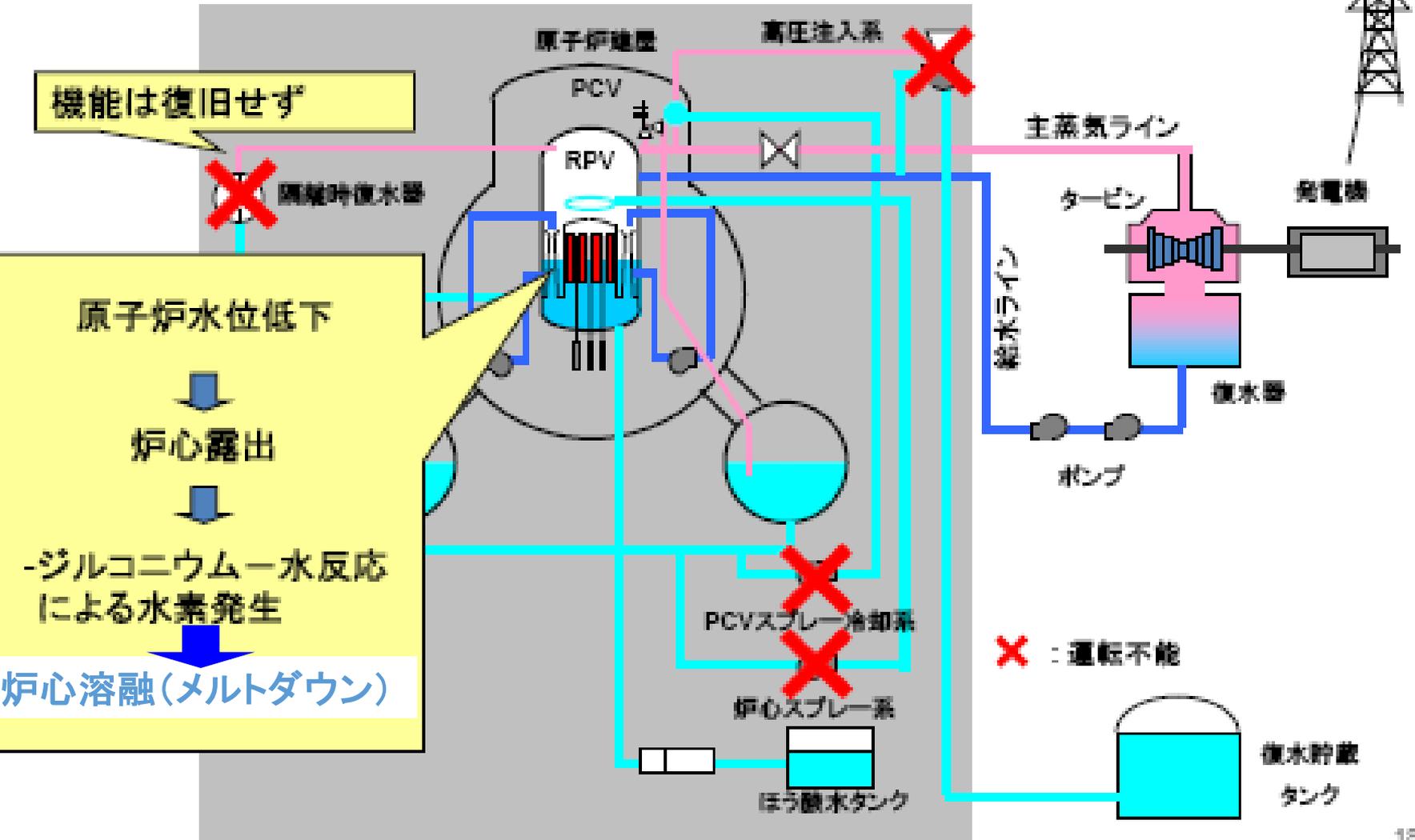
事故の切っ掛け(全電源喪失)

- ①地震で外部電源喪失
- ②津波で非常用ディーゼルが止まった。

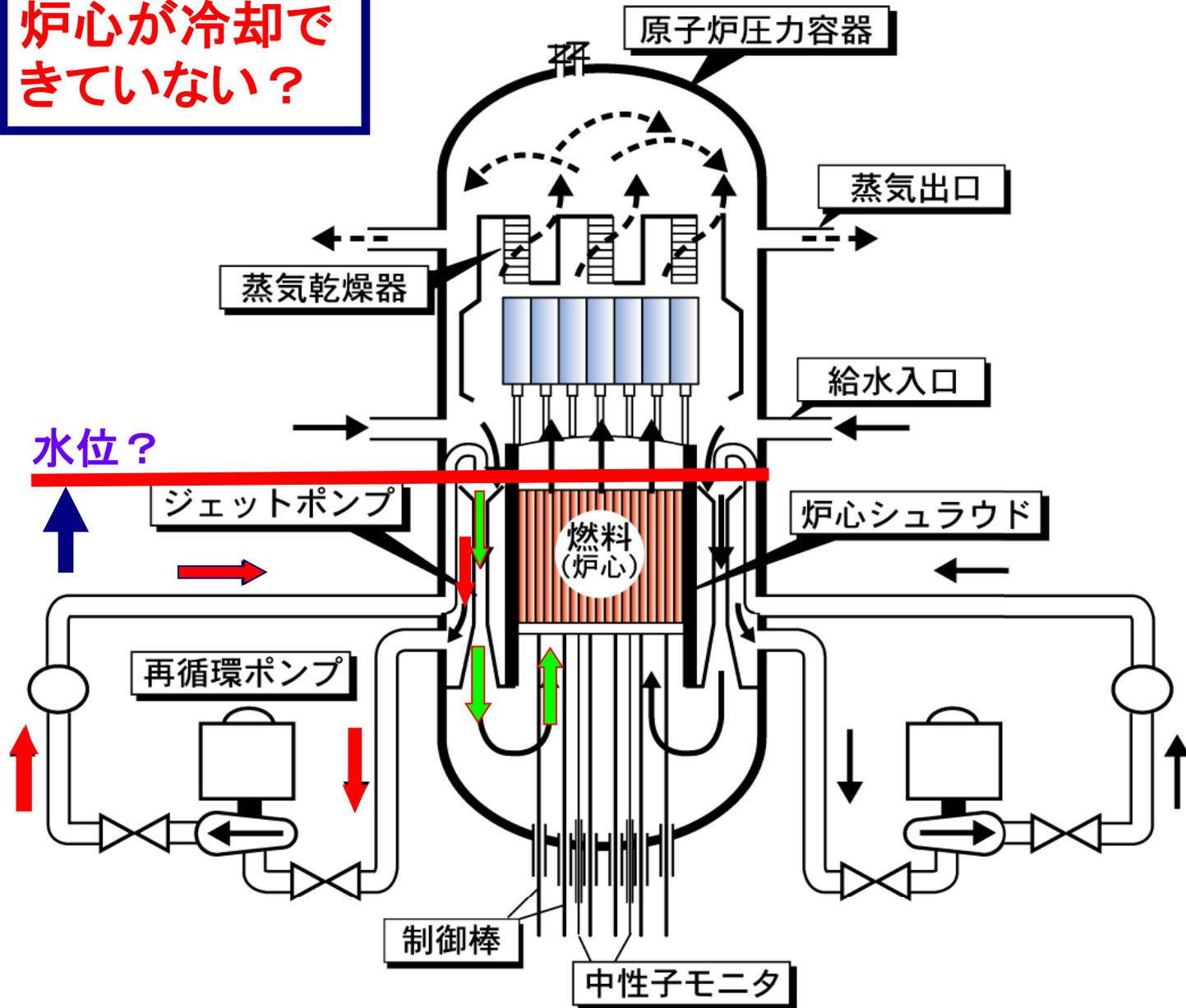


一号機の事故の進展

非常用復水器の冷却能力喪失のため原子炉水位が下がり、
 続いて、炉心が露出



炉心が冷却できていない？



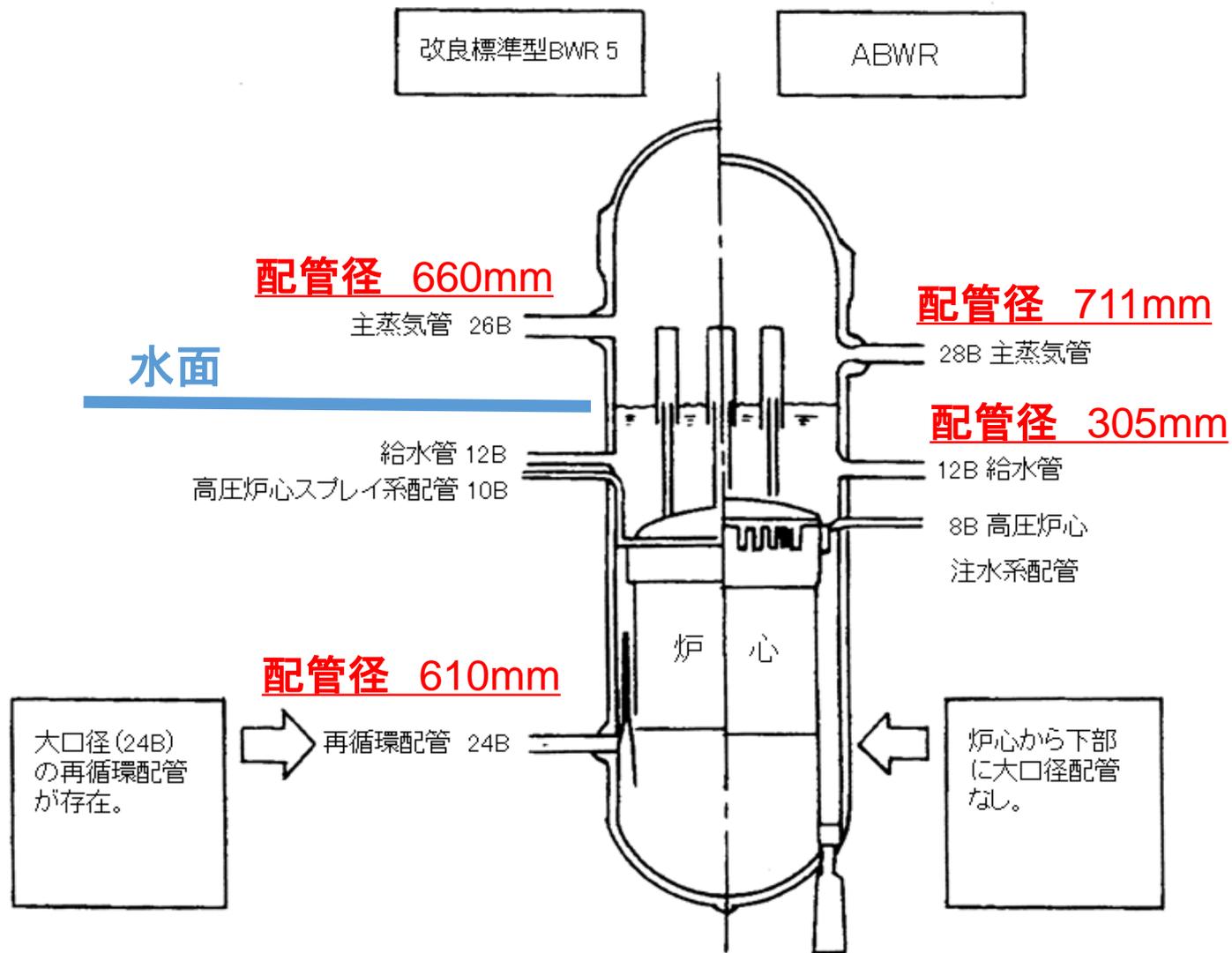
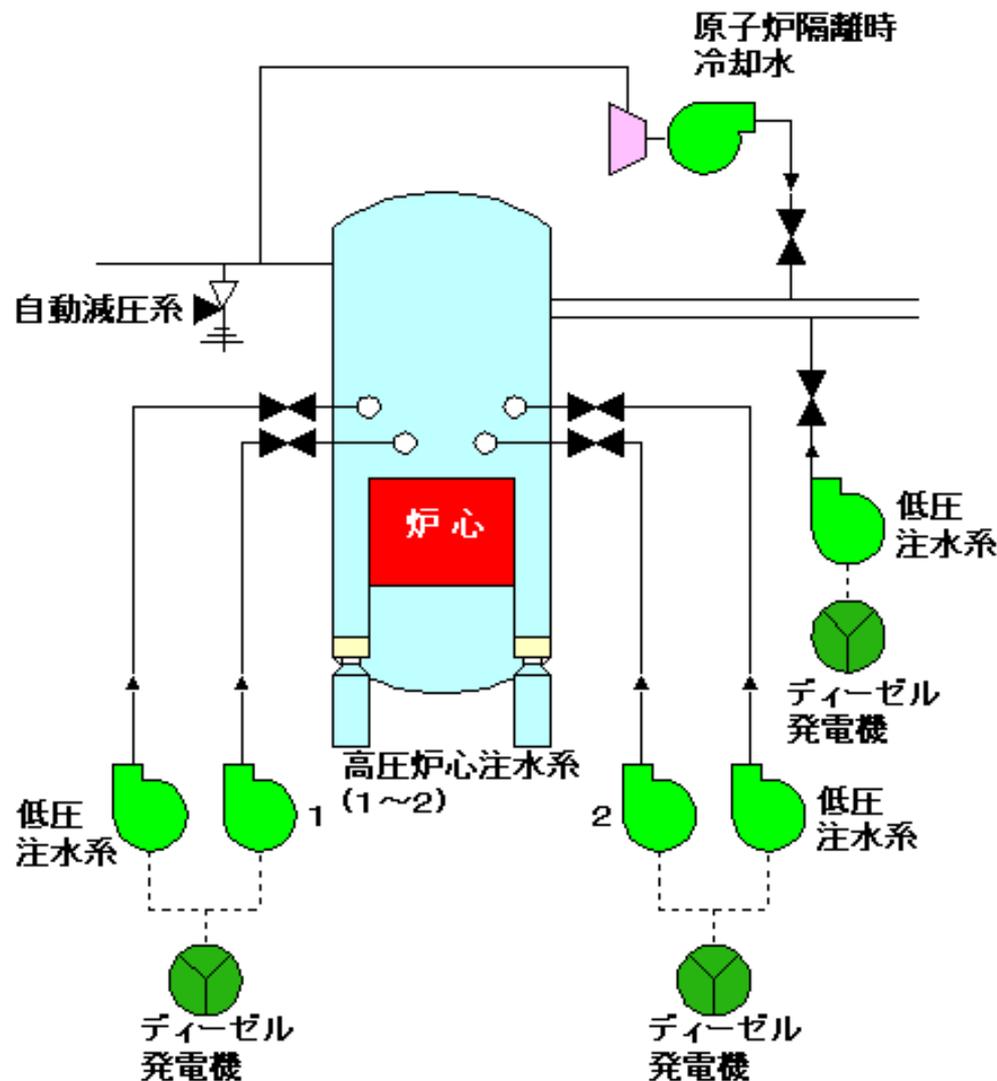


図4 ABWRとBWRの事故解析における想定配管の比較

[出典]原子力安全研究協会(編・刊):軽水炉発電所のあらし(改訂第3版)、平成20年9月、p.122



C. ABWR型プラント(柏崎刈羽-6号)の例

図5-2 BWRのECCS概略(2/2)

[出典]資源エネルギー庁公益事業部原子力発電課(編):
原子力発電便覧1999年版、電力新報社(1999年10月)、p.84

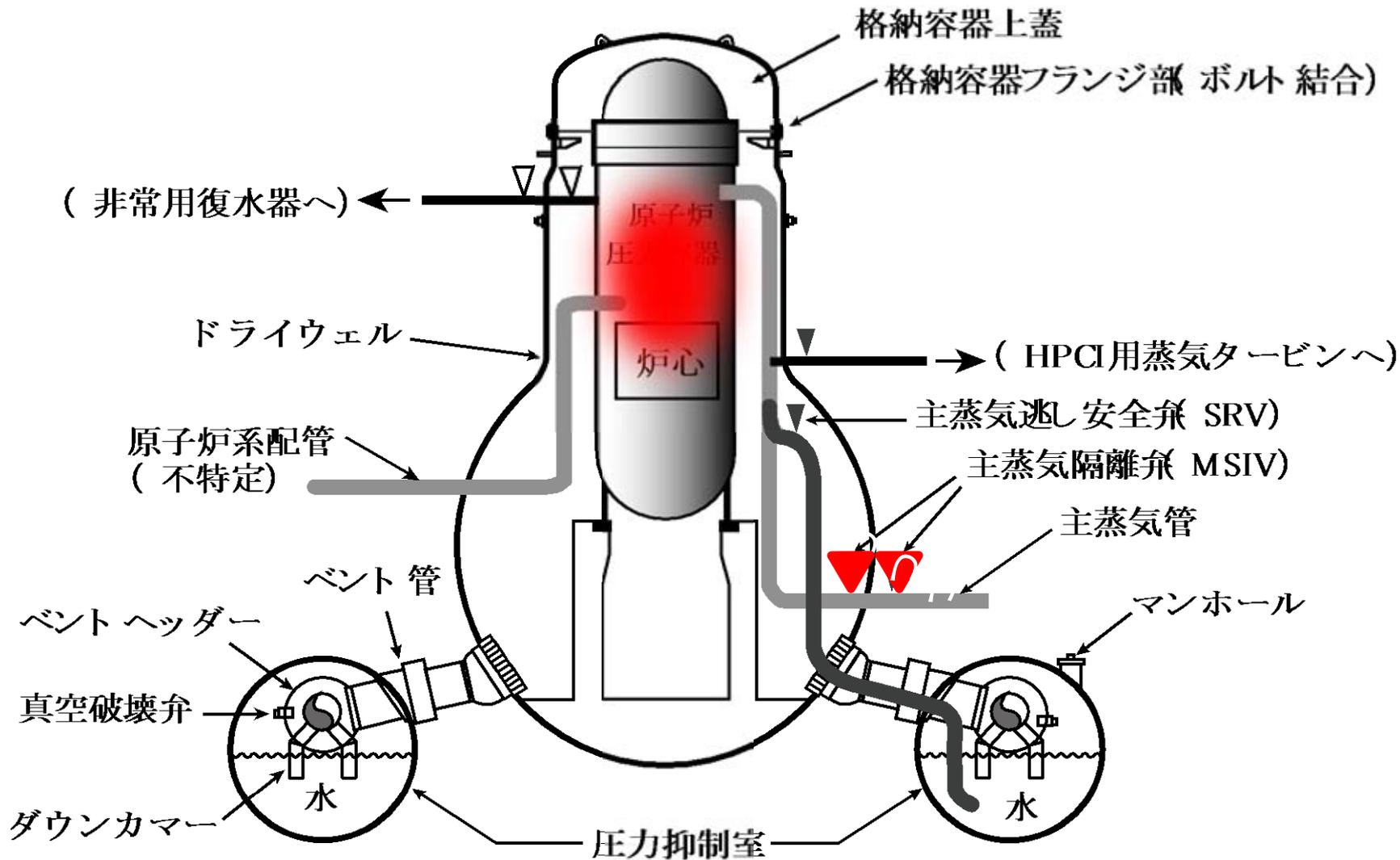
緊急炉心冷却系
(ECCS)

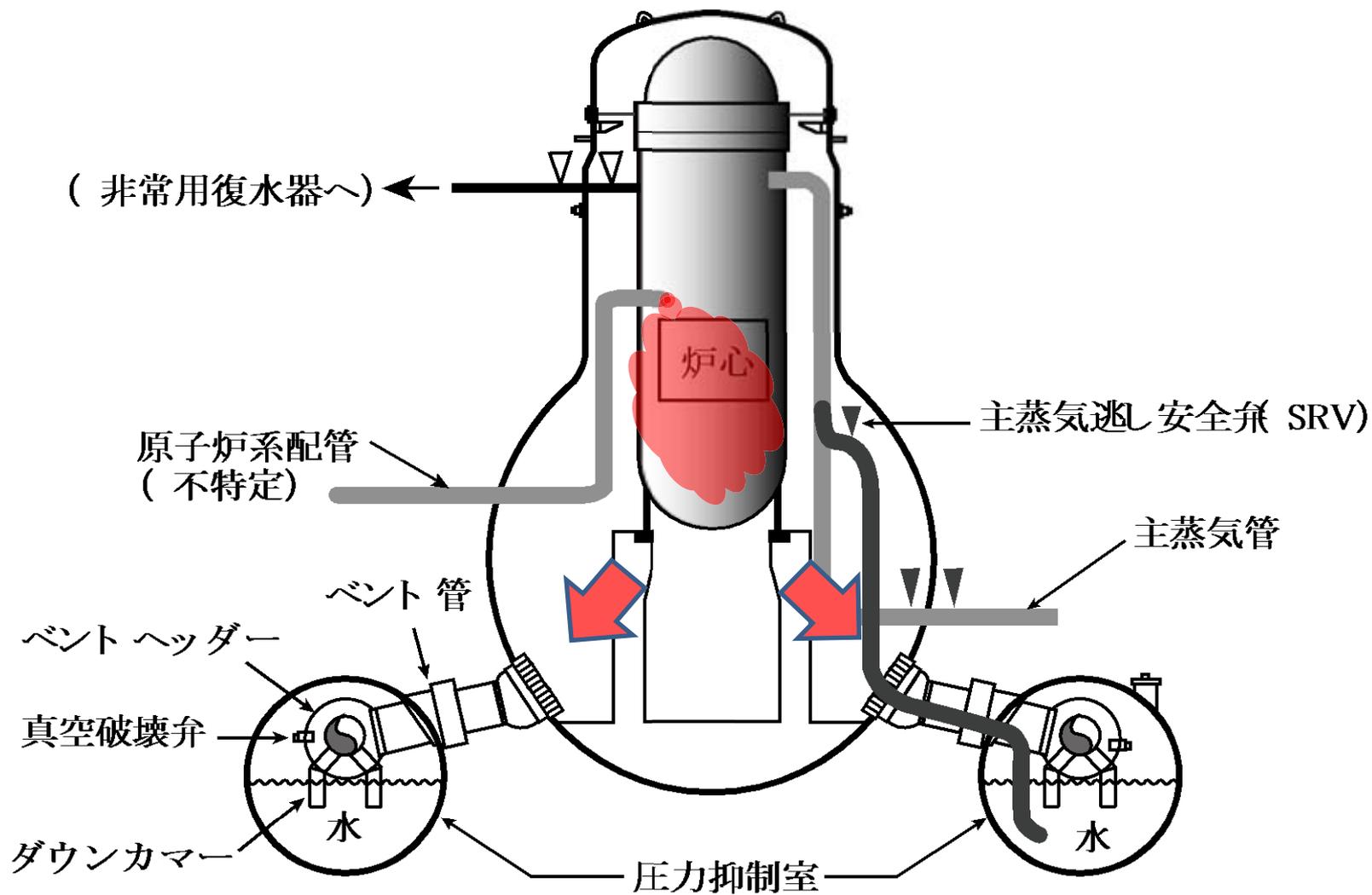
高圧炉心注水系

低圧注水系

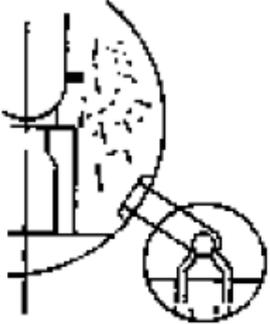
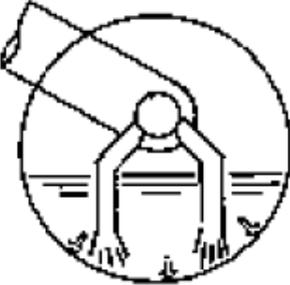
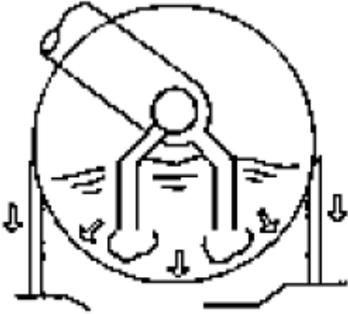
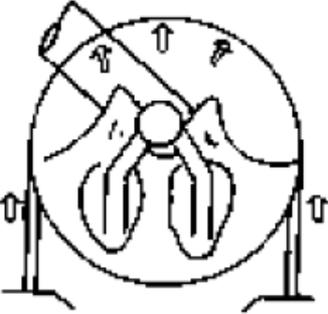
隔離時冷却系
(RCIC)

事故の起点／外部電源喪失直後の原子炉



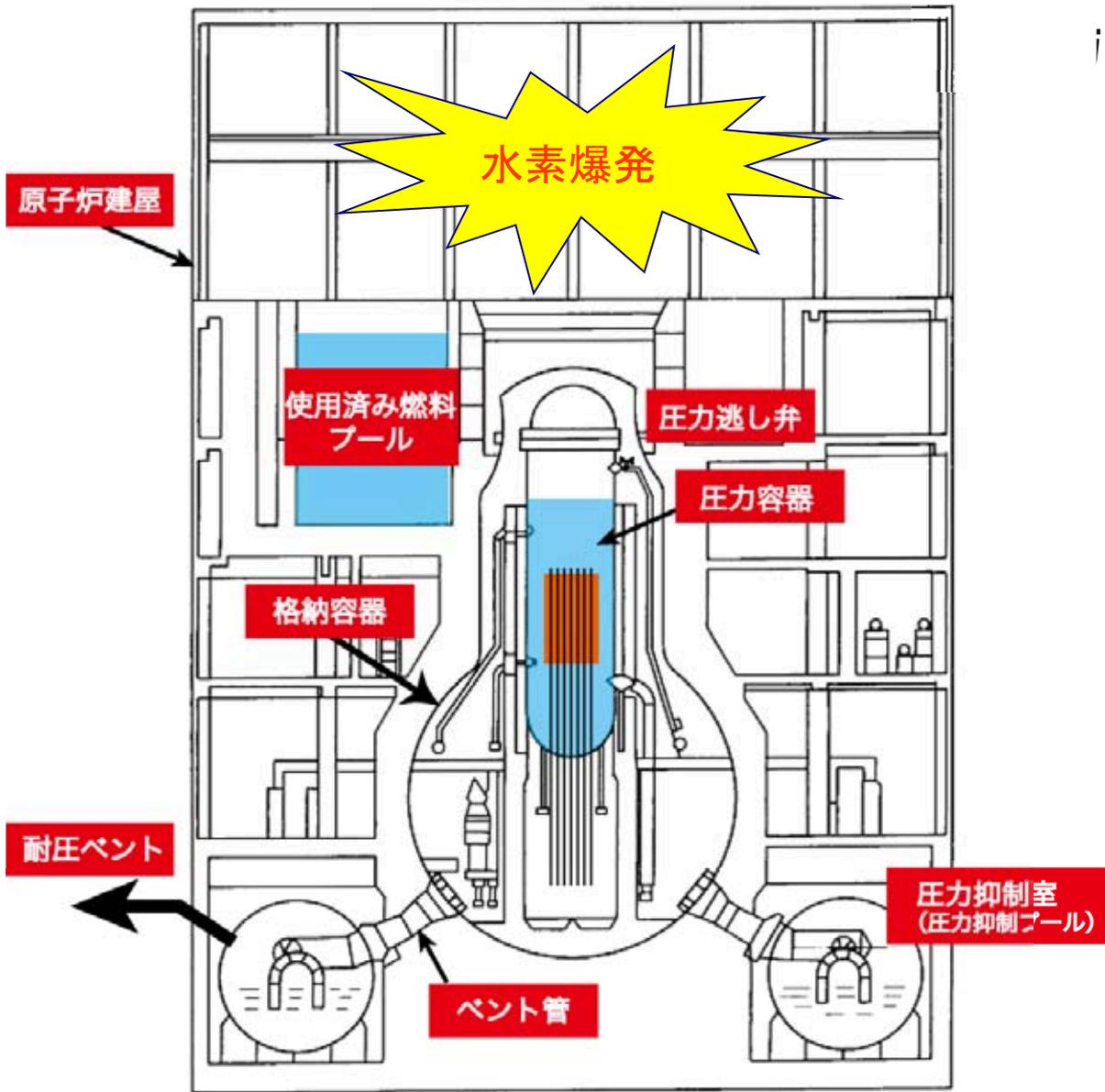


冷却材喪失事故 (LOCA) 時の現象

(1)-① LOCA発生	(1)-② ベントクリア	(1)-③ 気泡形成	(1)-④ プール水面上昇
			
(1)-⑤ 気相部圧縮	(1)-⑥ ブレークスルー	(1)-⑦ フォールバック	(1)-⑧ 蒸気凝縮振動・チャタリング
			

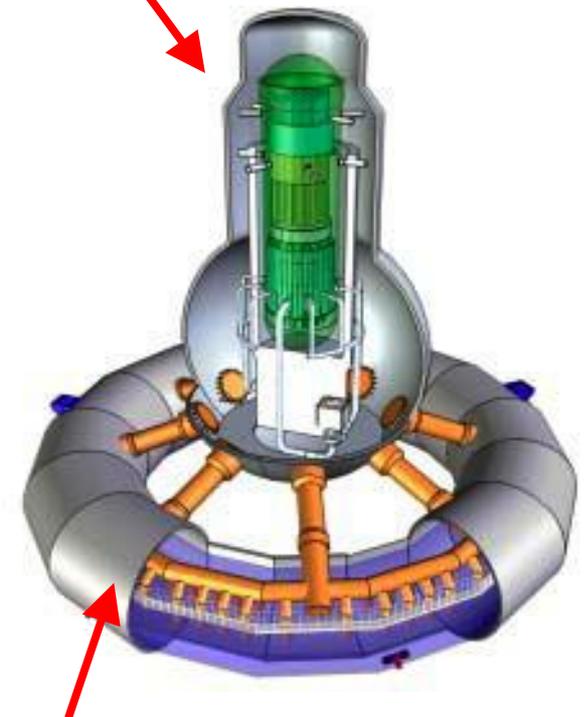
(注) ◀は荷重の方向を示す

第一123号炉



Mark-I 型格納容器

原子炉格納容器
(ドライウェル)



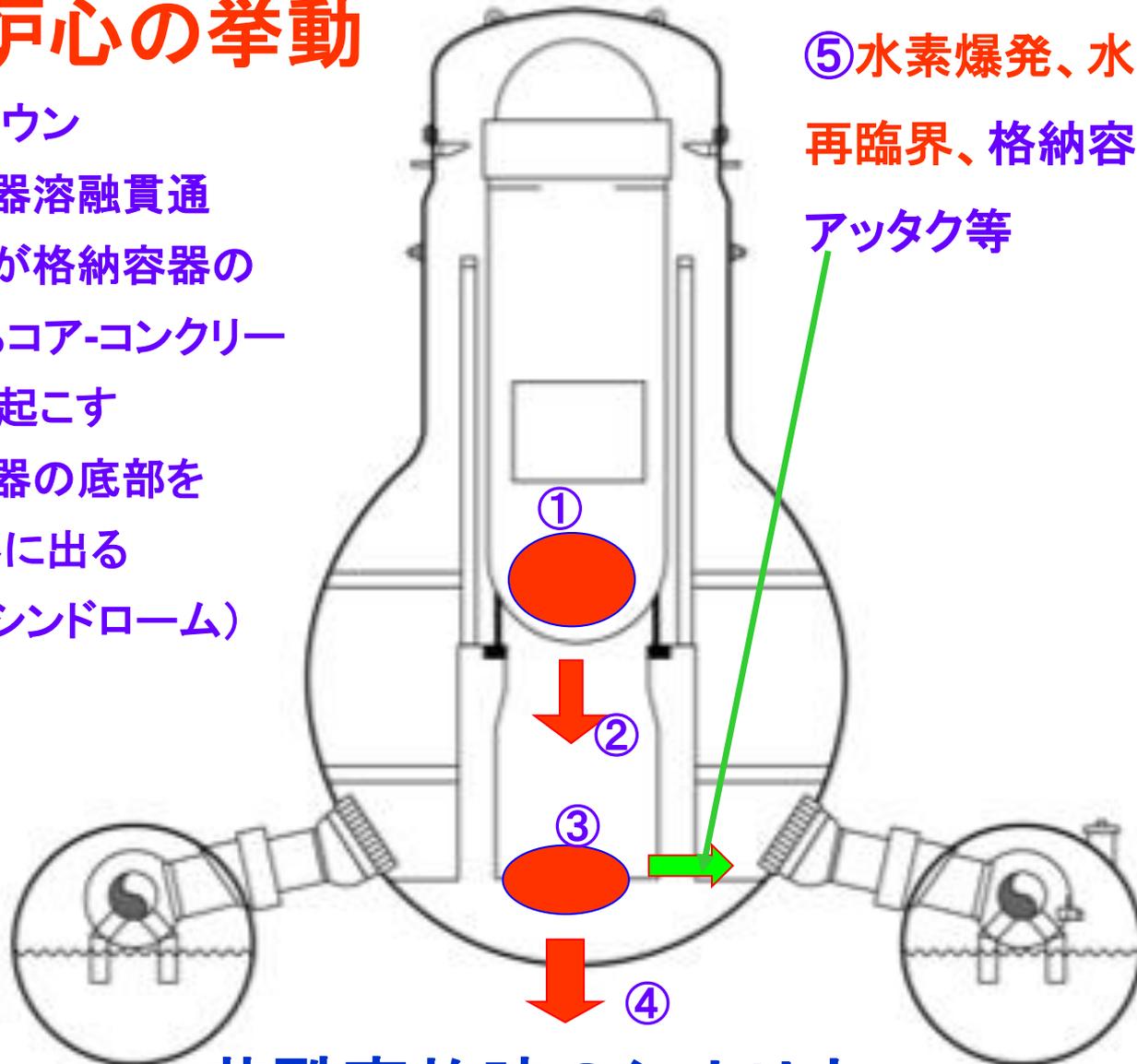
原子炉格納容器
(ウエットウェル)

初期の段階で格納容器が高圧・高温になった！

溶融炉心の挙動

- ①メルトダウン
- ②圧力容器溶融貫通
- ③溶融物が格納容器の床に落ちコア-コンクリート反応を起こす
- ④格納容器の底部を破って外に出る (チャイナシンドローム)

⑤水素爆発、水蒸気爆発、再臨界、格納容器シェルアタック等



苛酷事故時のシナリオ

福島第一原発の破壊状況

運転中

福島第一1号機

運転中

福島第一2号機

運転中

福島第一3号機

停止中

福島第一4号機

タービン建屋

原子炉建屋

福島事故がすべての始まり。事故原因究明もできていないのに再稼働はあり得ない！

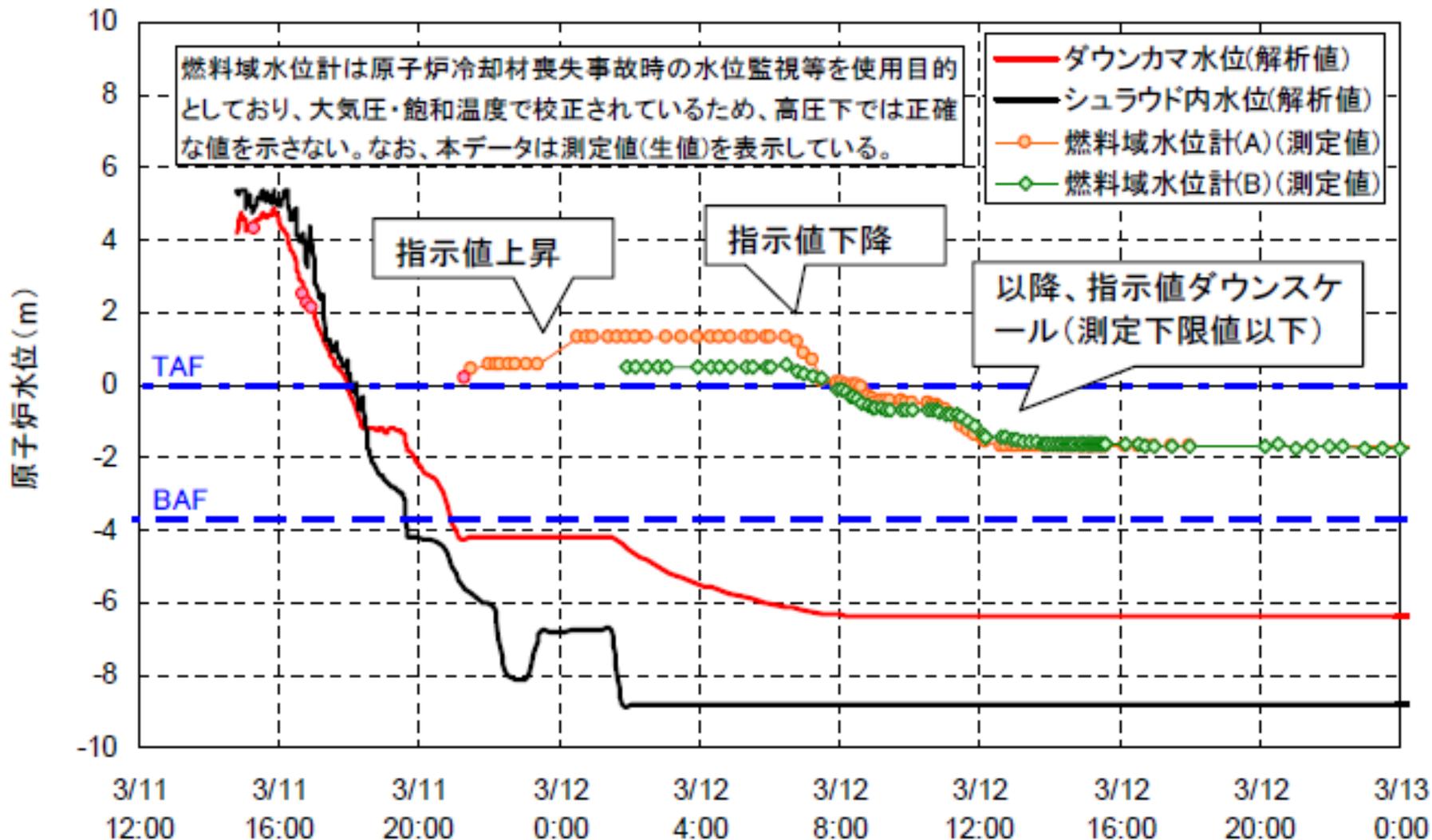


図 1号機原子炉水位の推移

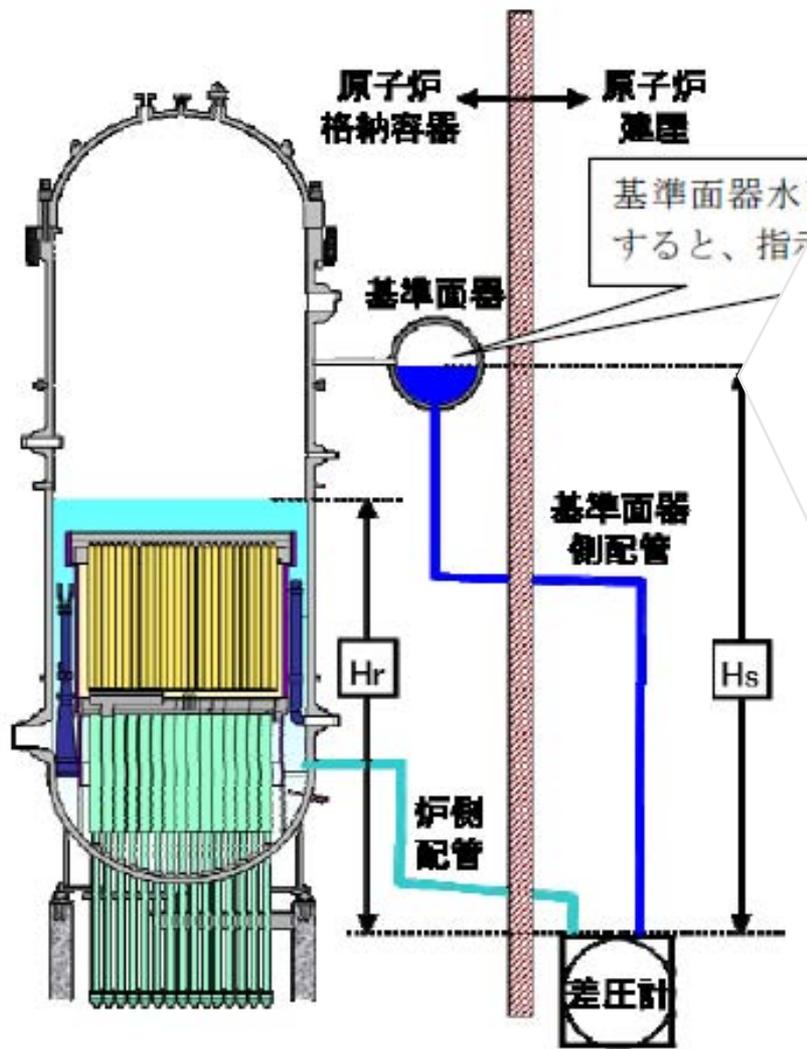


図 原子炉水位計測の原理図

設計条件を超えて温度が
上がると水位が大幅に高く
表示された。

1号機から3号機まですべ
てメルトダウンしてしまった。

運転上最重要な原子炉水
位が分かなかったことは致
命的。TMI事故と酷似！

新たな水位計の設置なし
に再稼働は最悪！

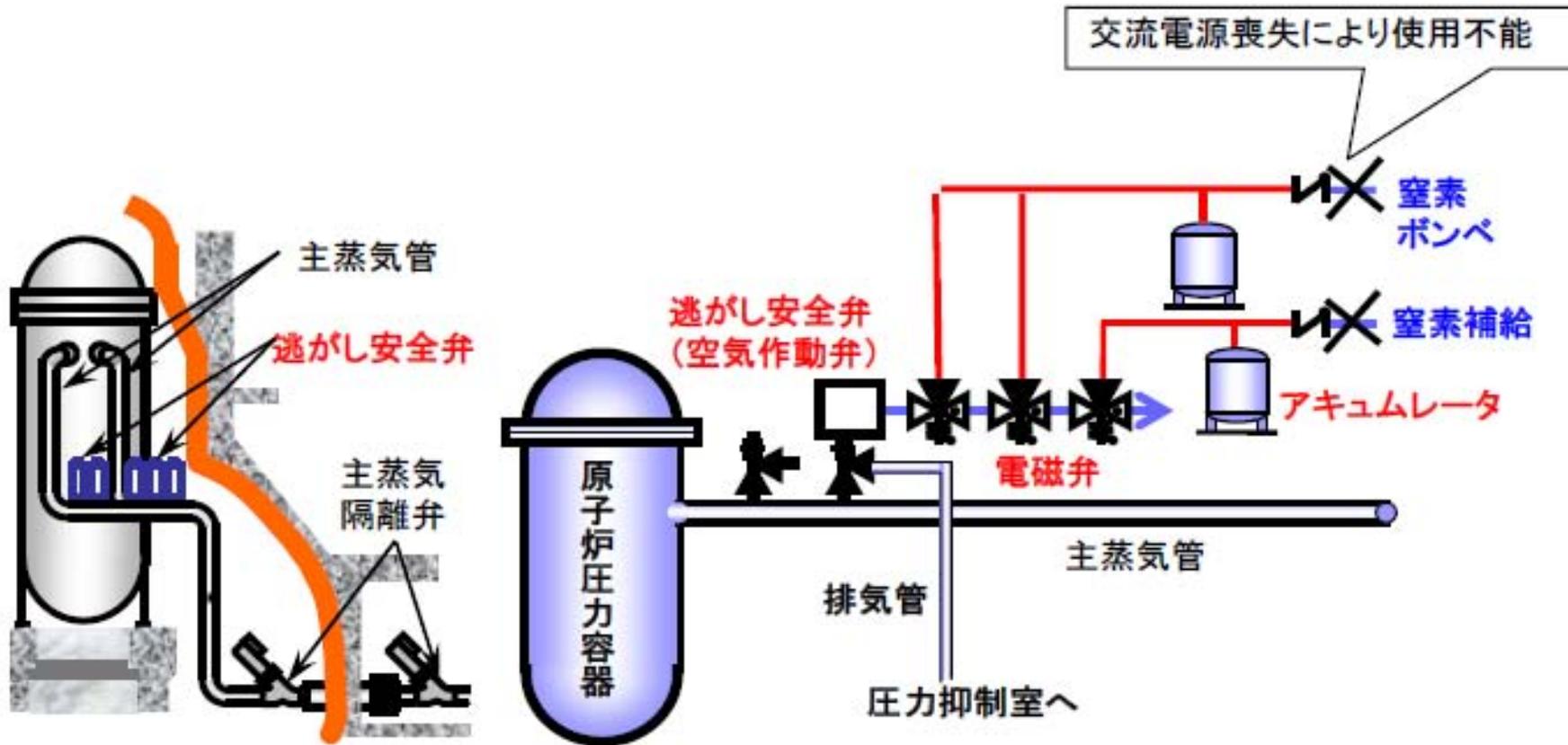
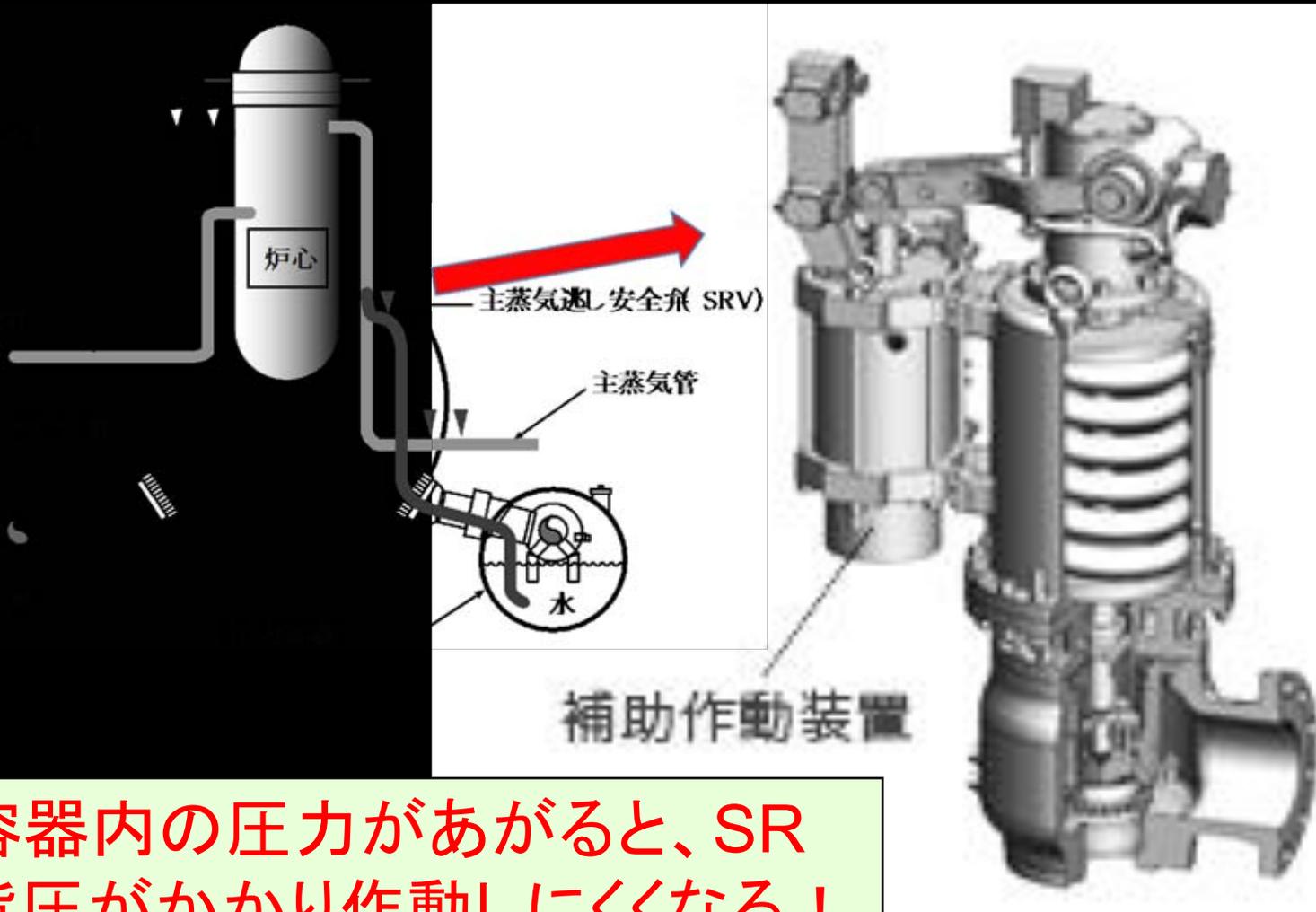


図 主蒸気逃がし安全弁の概略図

逃がし安全弁 (SR弁) の駆動メカニズム

⇒ 電源、駆動用気体 (空気 or 窒素)、作動圧力

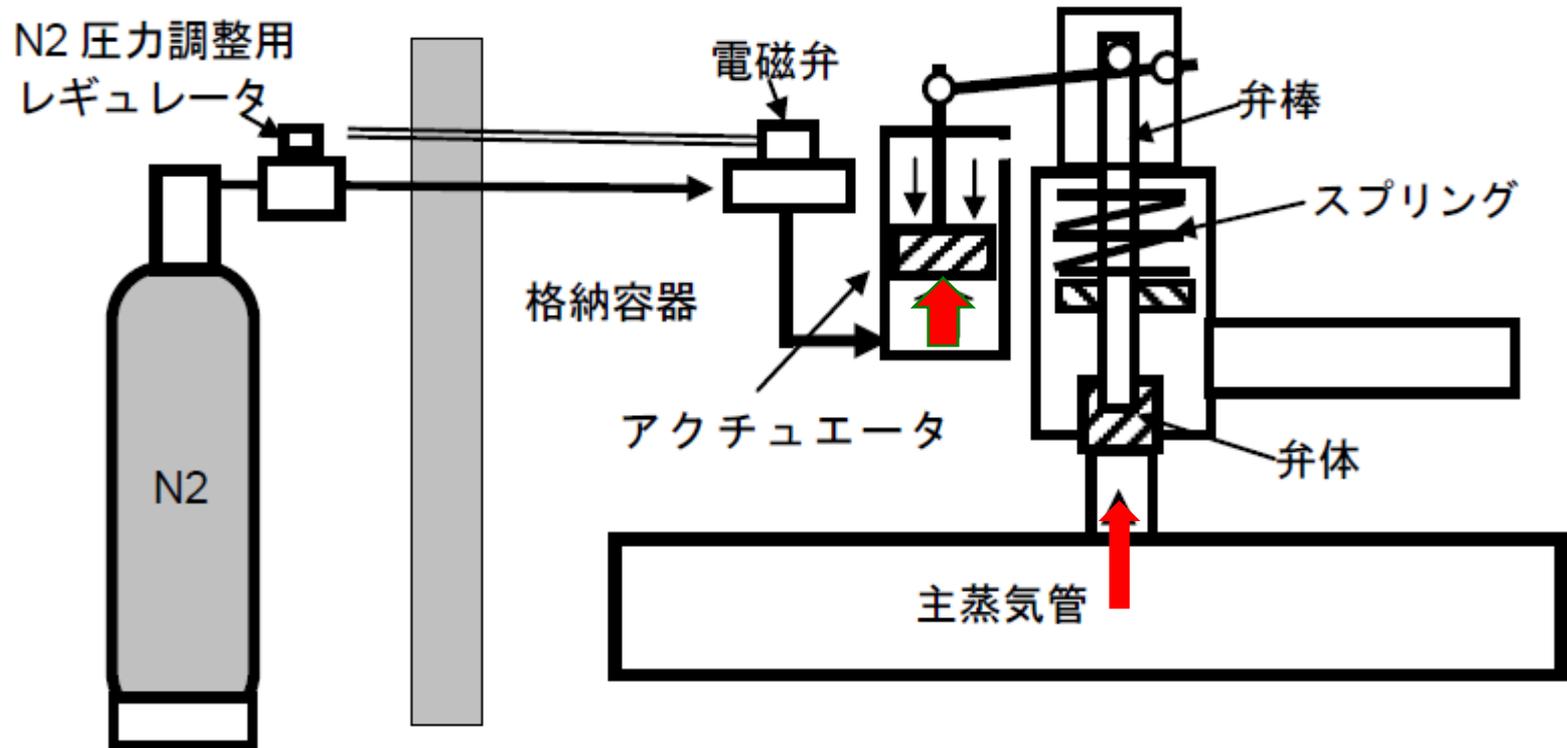
SR弁が作動したか



格納容器内の圧力があがると、SR
弁に背圧がかかり作動しにくくなる！

岡野バルブ

設計条件を超えると【SR弁】さえも機能しない！



ストレステスト意見聴取会資料 2012年6月27日 奈良林 直 より

逃がし安全弁は、格納容器内の圧力が上がると、弁を閉める方向に力が働き、作動しにくくなる！！

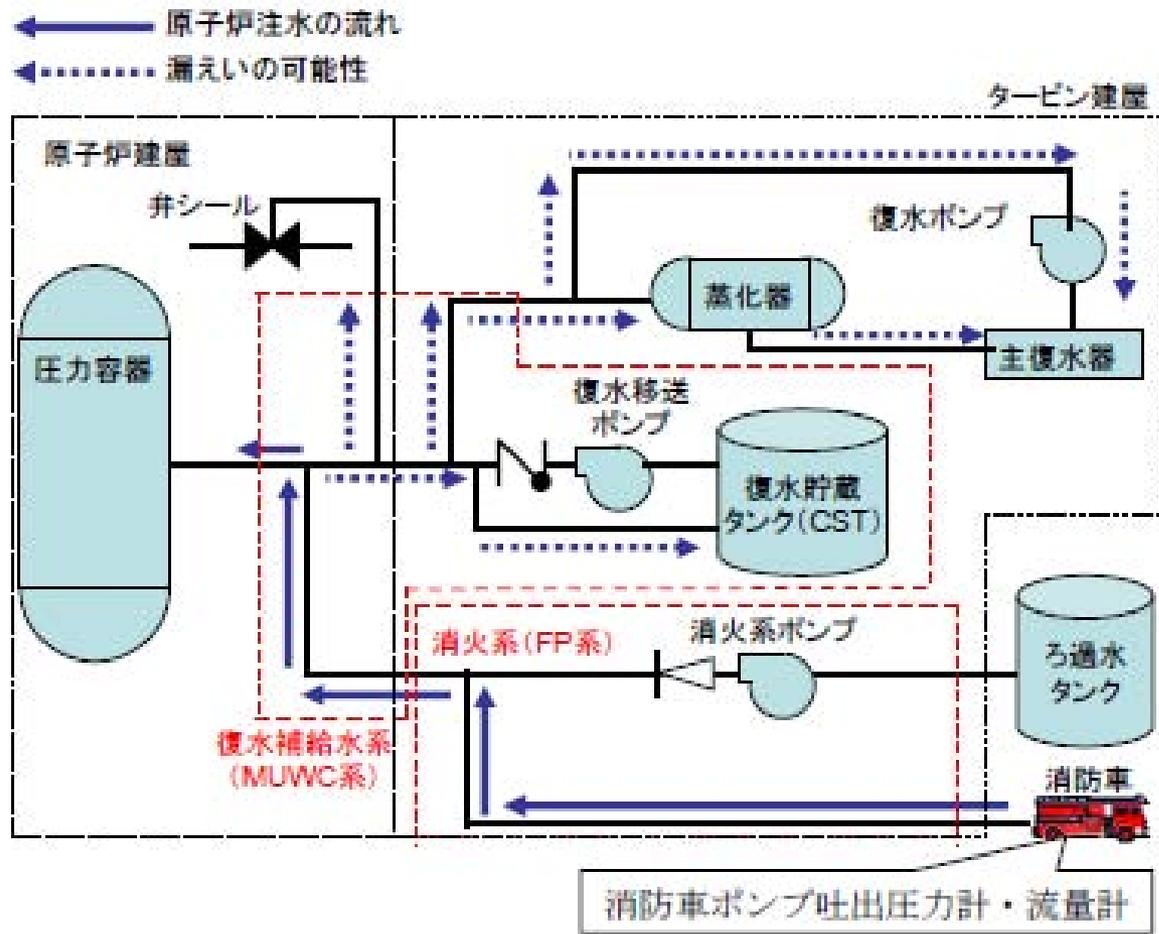
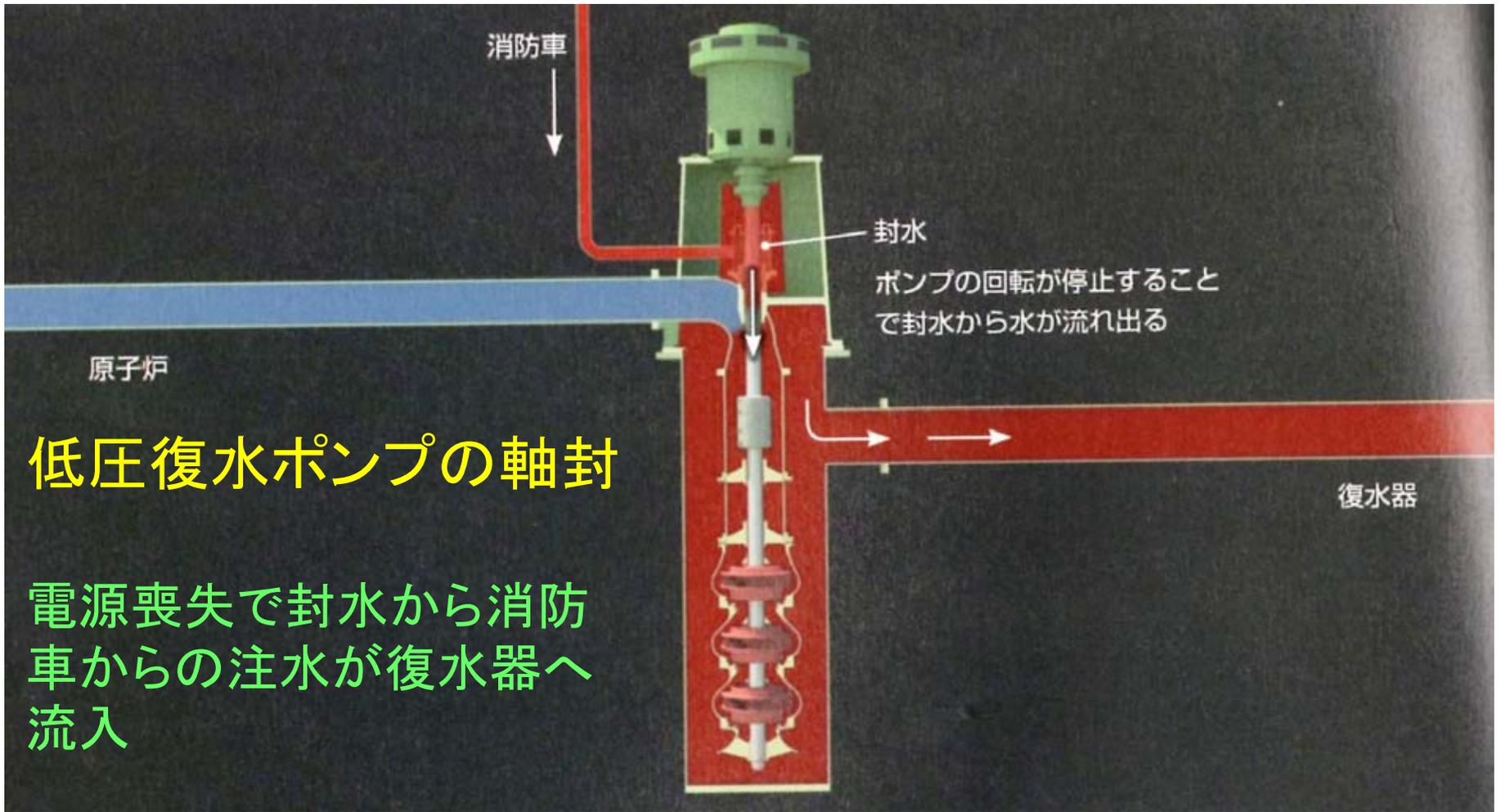
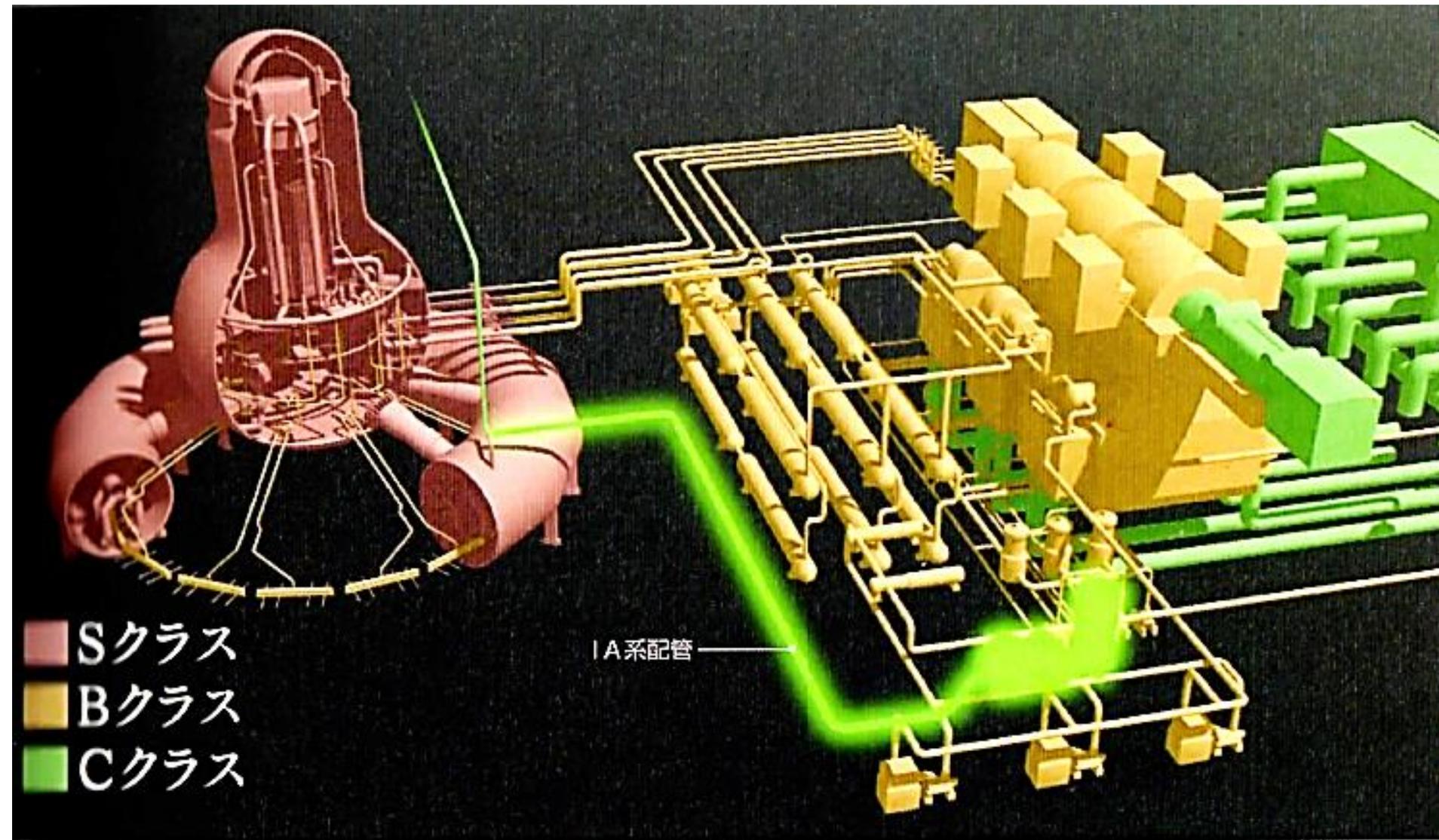


図 FP系を用いた代替注水経路の概略図

消火系配管に消防車から注水しようとしたが、電源喪失に伴い、多系統へ水が漏出し、原子炉へ十分水が入らなかった！





Sクラス
Bクラス
Cクラス

IA系配管

可搬式コンプレッサーとAO井を結ぶIA系配管の距離は約70メートル。この配管の耐震性は最も低いCクラスだった

CG：NHKスペシャル『メルトダウンⅡ 連鎖の真相』

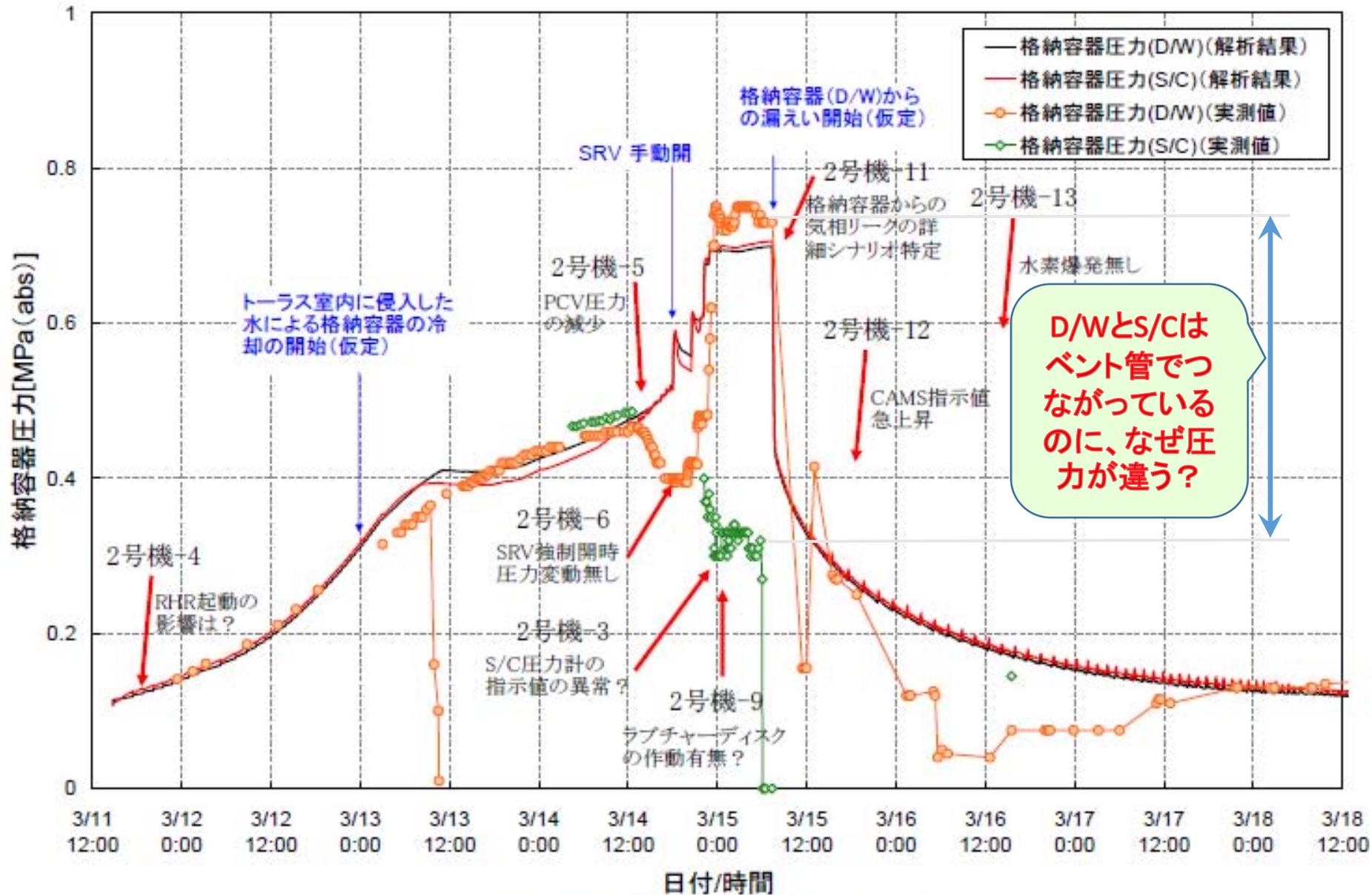


図 4.2.3 2号機の格納容器圧力挙動から抽出された課題

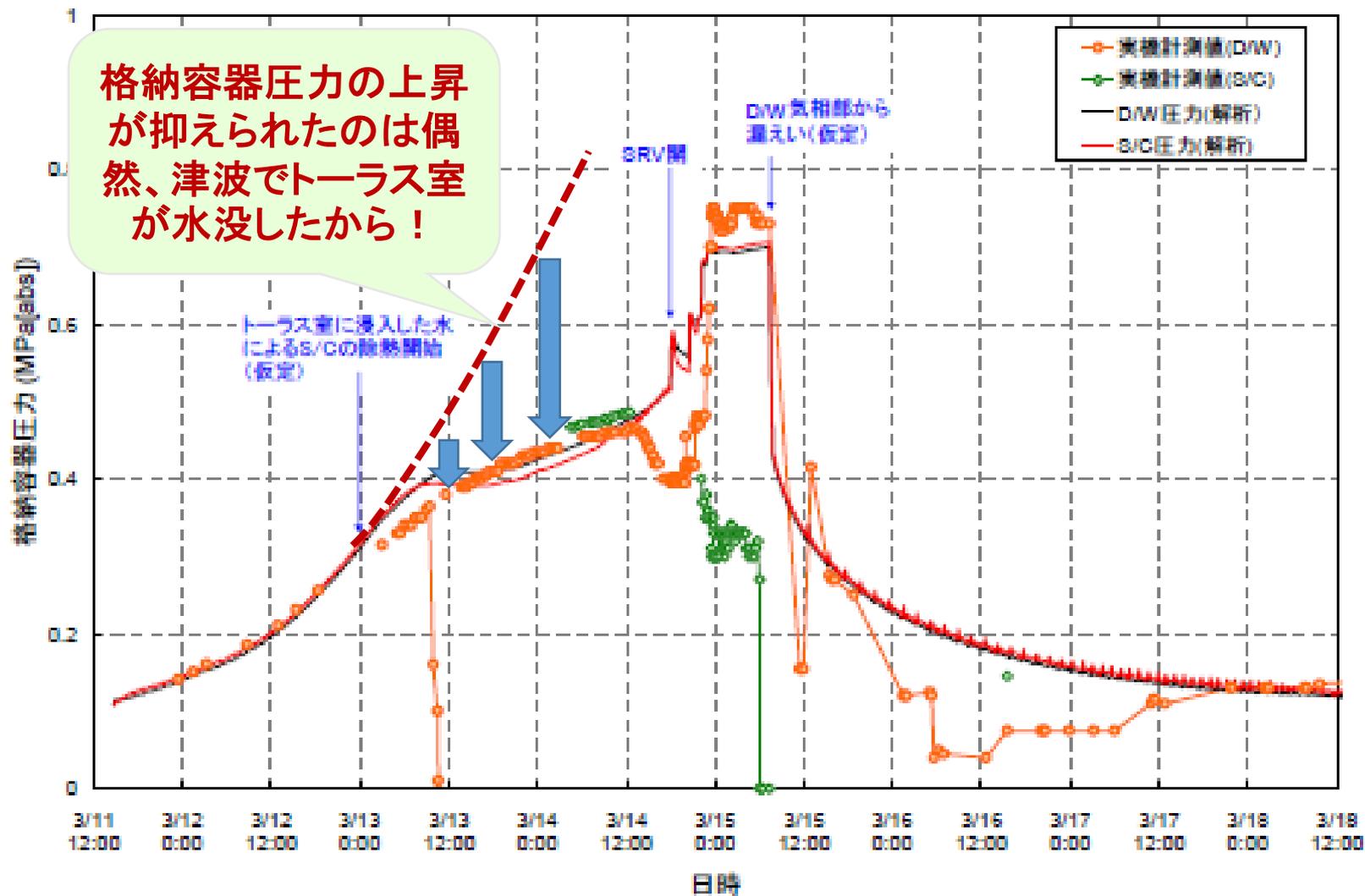
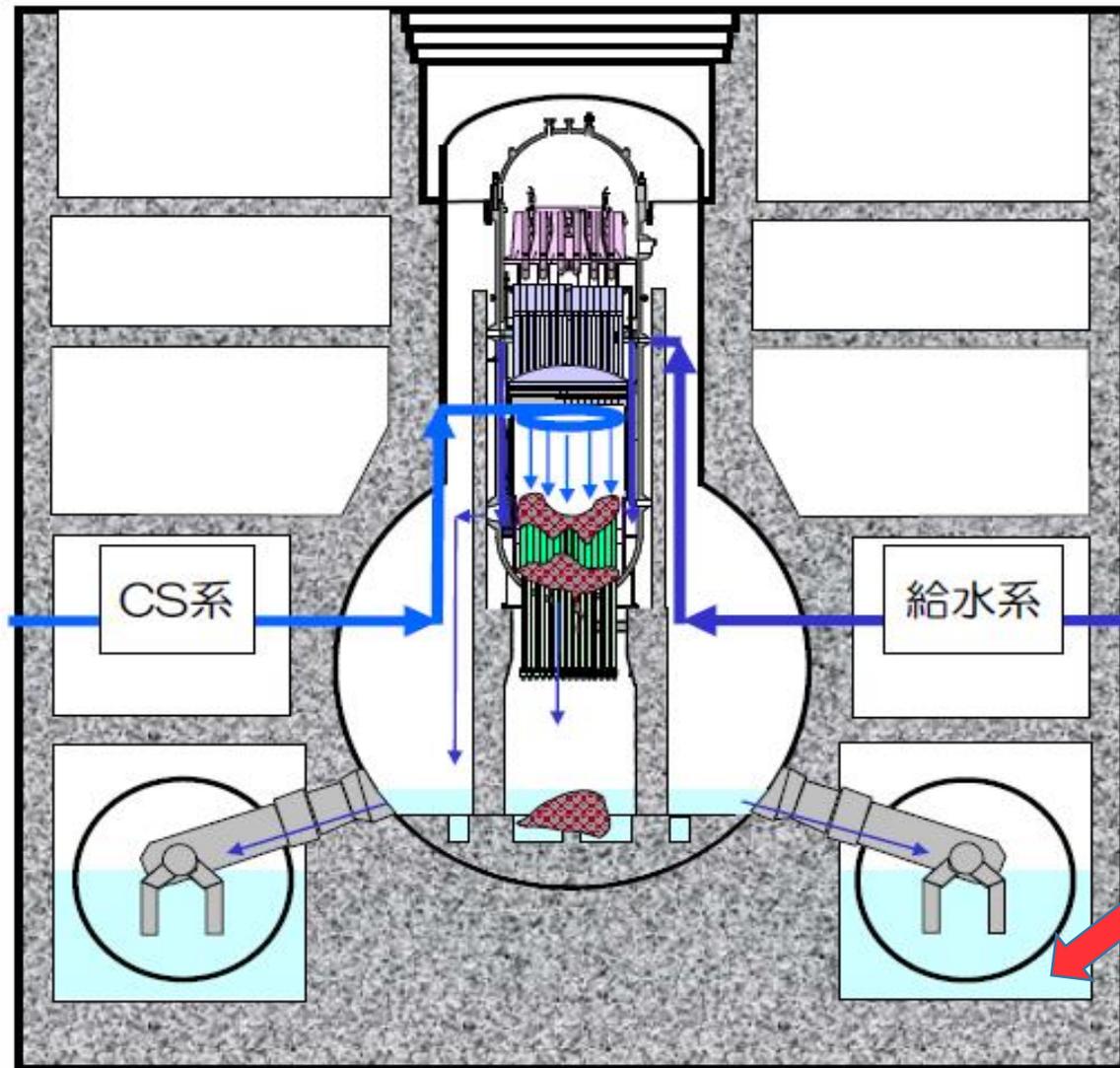


図 3-3 2号機 格納容器圧力変化



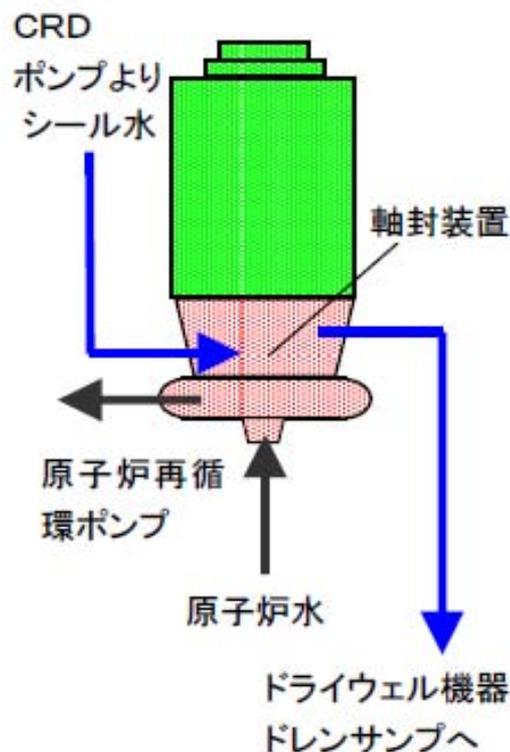
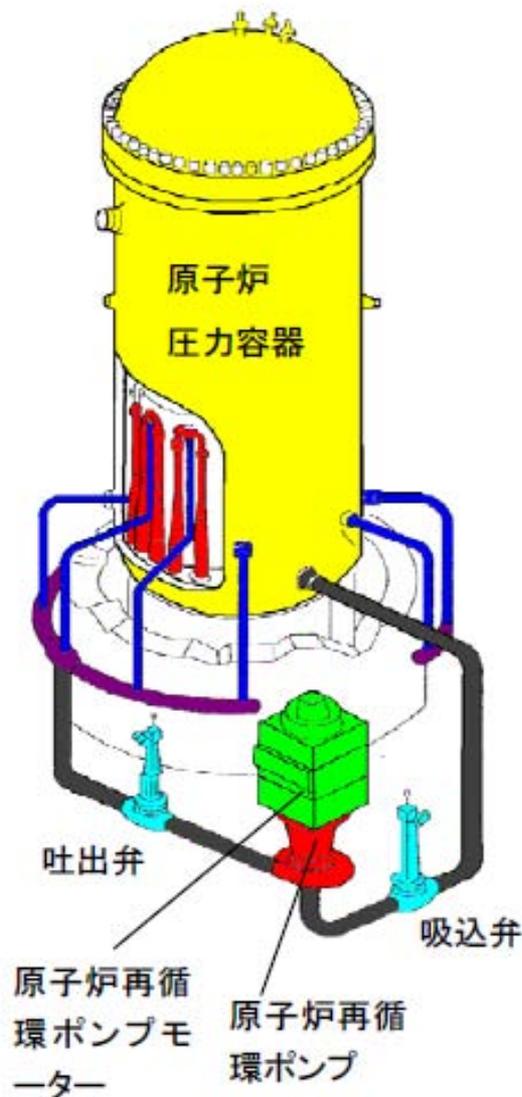
トールラス室が浸水していたので、S/Cの外部から冷却ができた。

図 6.2.1 2号機の炉心・格納容器の状況推定図

電源喪失後2時間弱で線量上昇

◆1号機で3月11日17時19分に、運転員が汚染検査用の測定器(GM管)を持って、原子炉建屋外側二重扉を開けたところ、通常より高い300cpm(バックグラウンドの約3倍)を記録、17時50分に報告のため一旦引き返した。(針が振り切れたので線量は不明との情報あり: メルトダウン連鎖の真相NHK 講談社p.87)

◆地震発生14時46分、電源喪失15時36分頃に対して17時19分頃に線量が上がっていることは、配管等の破損があったのではないか? 炉心が溶け始めたとしてもこれほど早期に漏えいが起きるのは早すぎる。

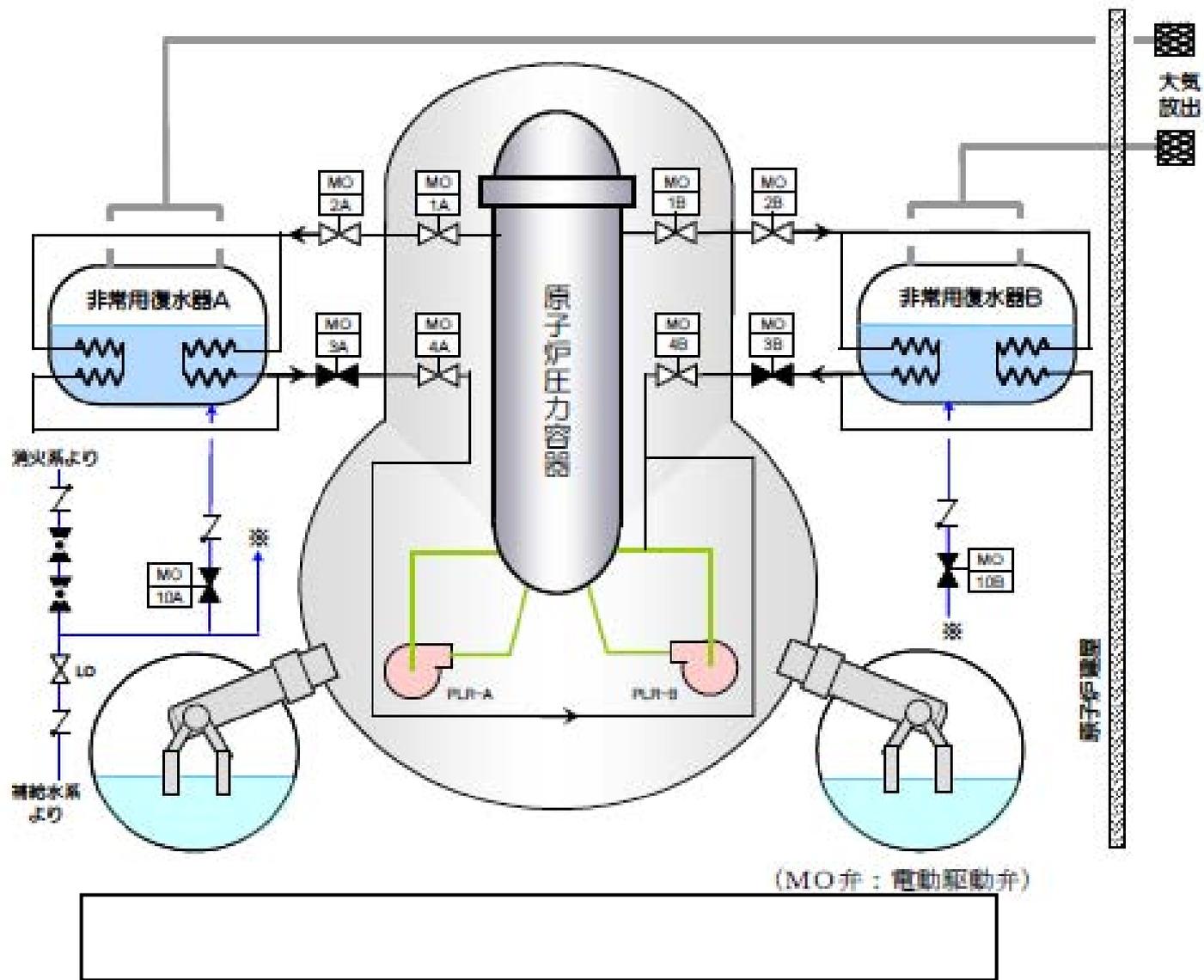


再循環ポンプのメカニカルシールは、停電等でCRDポンプが止まると、軸封機能を失い、水漏れする。

洩れた水は、ドライウェル機器ドレンサンプルへ溜まる。

福島第二4号機では、地震後に、ドライウェルスプレイを作動しなかったのにドレンサンプルに大量の水が確認された。

図 原子炉再循環ポンプ概略図



ICの作動の不確実性

◆電源喪失(交流/直流)とバルブのフェール
クローズ機能・・・『フェールセーフ機能』の破綻

⇒状態把握の困難性・・・センサーによる検出

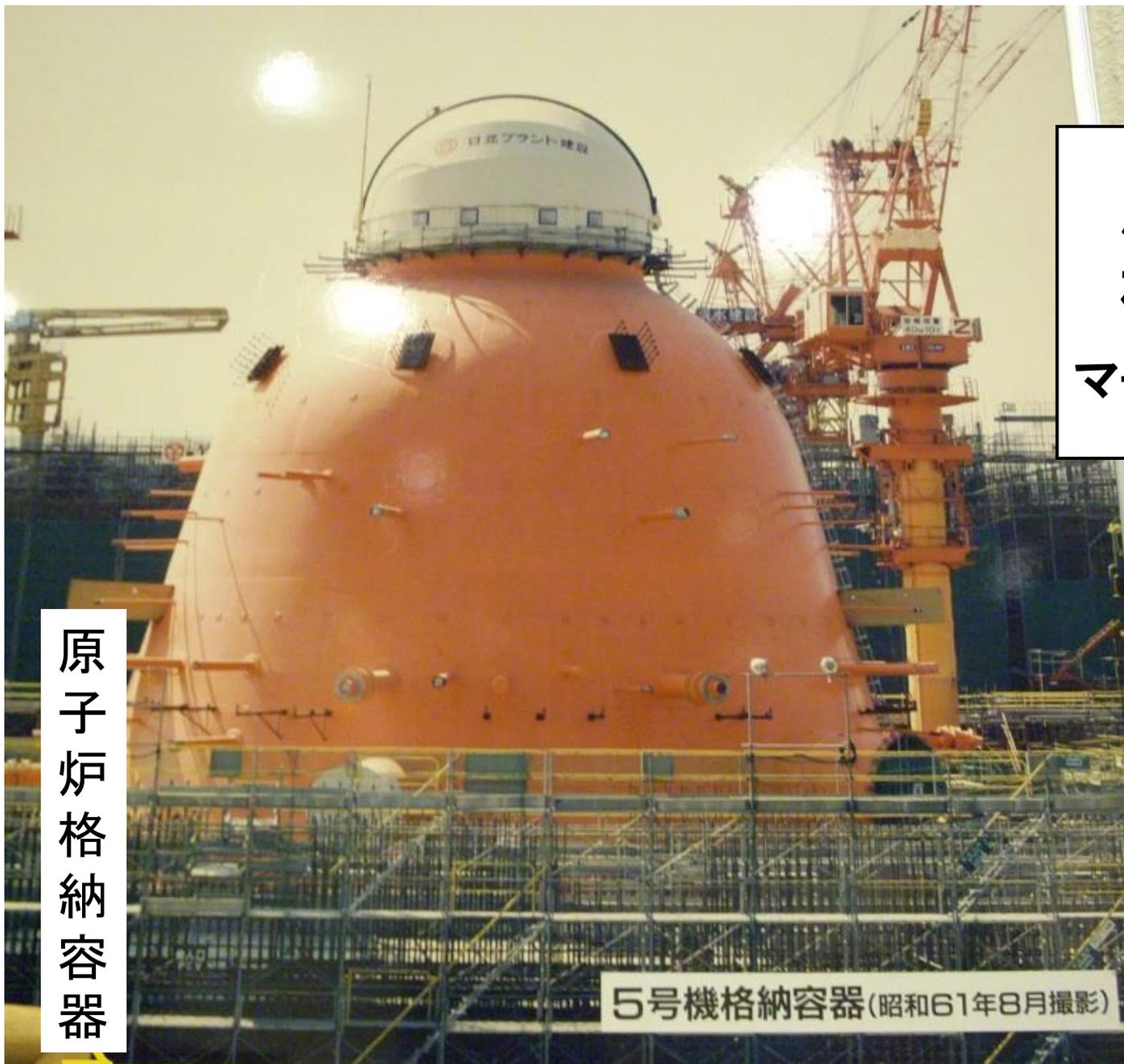
⇒交流と直流の組み合わせ

⇒計測系電流とバルブ操作用動力(電動・手
動・蒸気等)の違い

⇒『フェールセーフ機能』が成立しないことは
安全問題の根本問題

バルブ閉(隔離) V.S. バルブ開(冷却)

◆そもそも,ICは水素が入ると機能低下する!
設計条件を超えた水素の発生は考えない!

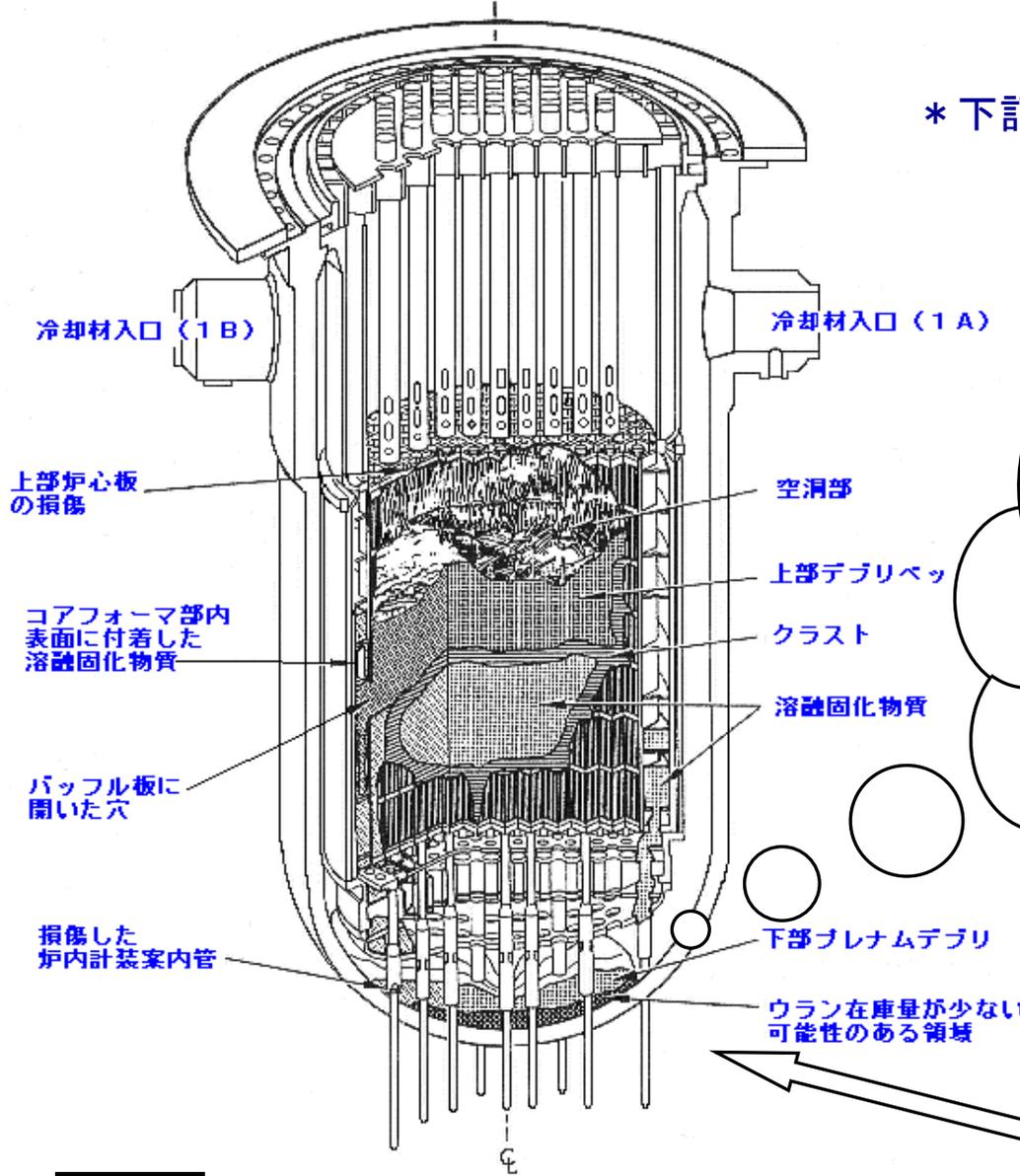


原子炉
格納容器
マークII改良型

原子炉
格納容器

5号機格納容器(昭和61年8月撮影)

* 下記解説コメントは筆者が追記



原子炉容器下部は溶けてメルトダウン寸前だったが奇跡的冷却に成功し溶融が止まった。

もし、炉容器が破れれば大災害になった。

水蒸気爆発の可能性
高温の溶融デブリと水が接触すると急激な体積膨張の連鎖により大規模な爆発が起きる可能性があった。

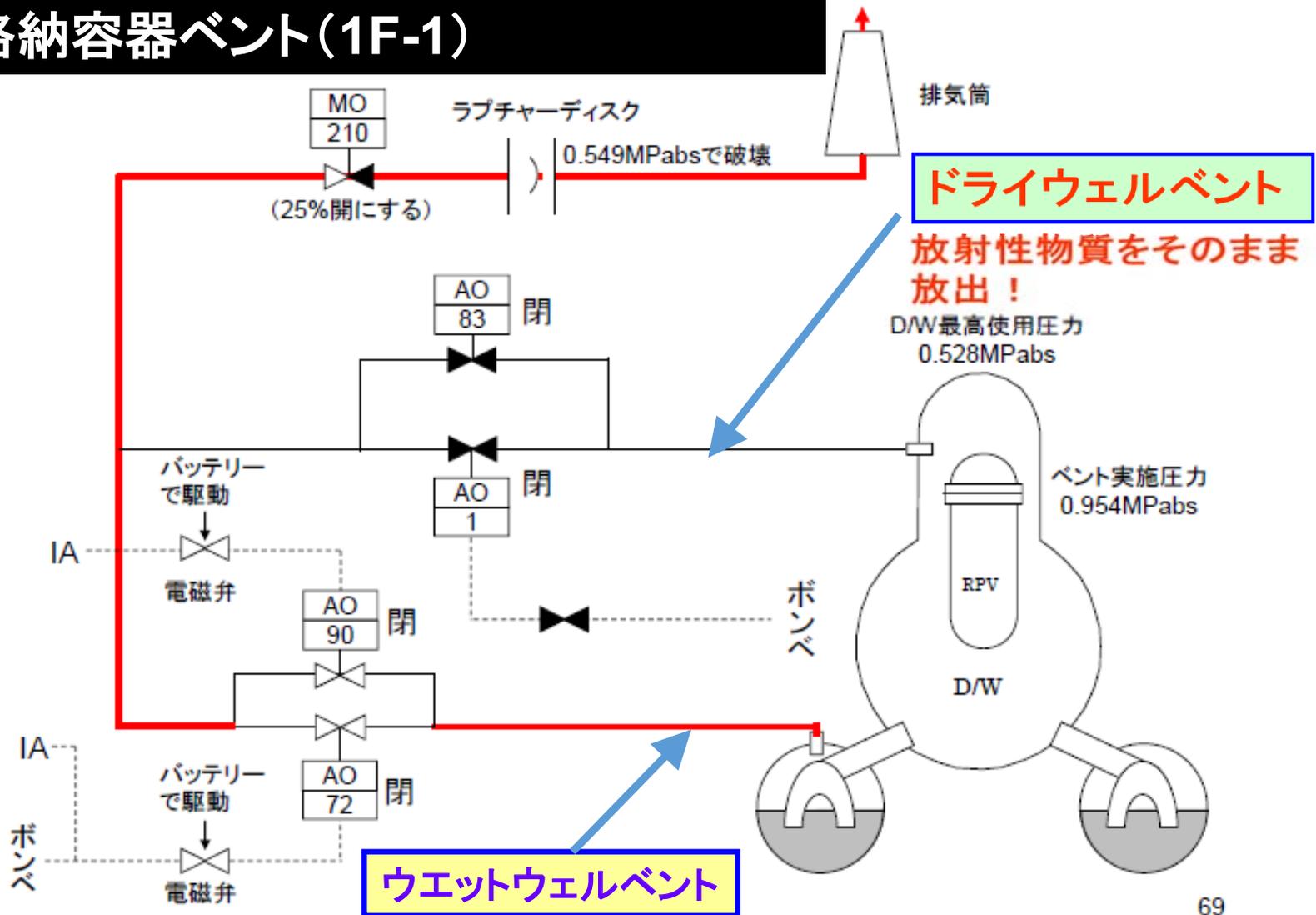
TMI-2 炉容器内の最終状況

(炉心物質の約45%(82ト)が溶融し、この内約20トが下部プレナムに落下した。)

[出典] J.M.Broughton, et al.: A Scenario of the Three Mile Island Unit 2 accident, Nuclear Technology, Vol.87, No.1, p.35, 1989

苛酷事故対策 (AM: アクシデント マネージメント)

格納容器ベント(1F-1)



格納容器ベント: 究極の選択

- ◆格納容器は、事故の時に『放射性物質を閉じ込める最後の壁』である。
- ◆炉心が損傷すると、格納容器の圧力・温度が上昇し破壊してしまうので、しかたなしに格納容器の放射性物質を含んだ蒸気・ガスを放出(ベント)する。
 - ⇒これは、意図的に放射能を撒き散らすことになる！ 『格納容器の自殺』

表 I - 1 運転状態と地震動との組合せの確率的評価

発生確率		1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
運転状態の発生確率 (1/年)		I	II	III	IV						
基準地震動の発生確率 (1/年)					S_1	S_2					
基準地震動 S_1 との組合せ	従属事象	S_1 従属									
	1分以内	$S_1 + II$									
	1時間以内	$S_1 + II$ $S_1 + III$									
	1日以内	$S_1 + II$ $S_1 + III$ $S_1 + IV$									
	1年以内	$S_1 + II$ $S_1 + III$ $S_1 + IV$									
	従属事象	S_2 従属									
	1分以内	$(S_2 + II)$ は 10^{-9} 以下となる									
	1時間以内	$S_2 + II$ $S_2 + III$									
1日以内	$S_2 + II$ $S_2 + III$										
1年以内	$S_2 + II$ $S_2 + III$ $S_2 + IV$										

注：(1) 発生確率から見て
 ← 組合せが必要なもの。
 ← 発生確率が 10^{-7} 以下となり組合せが不要となるもの。
 (2) 基準地震動 S_2 の発生確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ / サイト・年と推定されるが、ここでは $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-4}$ / サイト・年を用いた。
 (3) 表に示す発生確率は現在の知見によるものである。

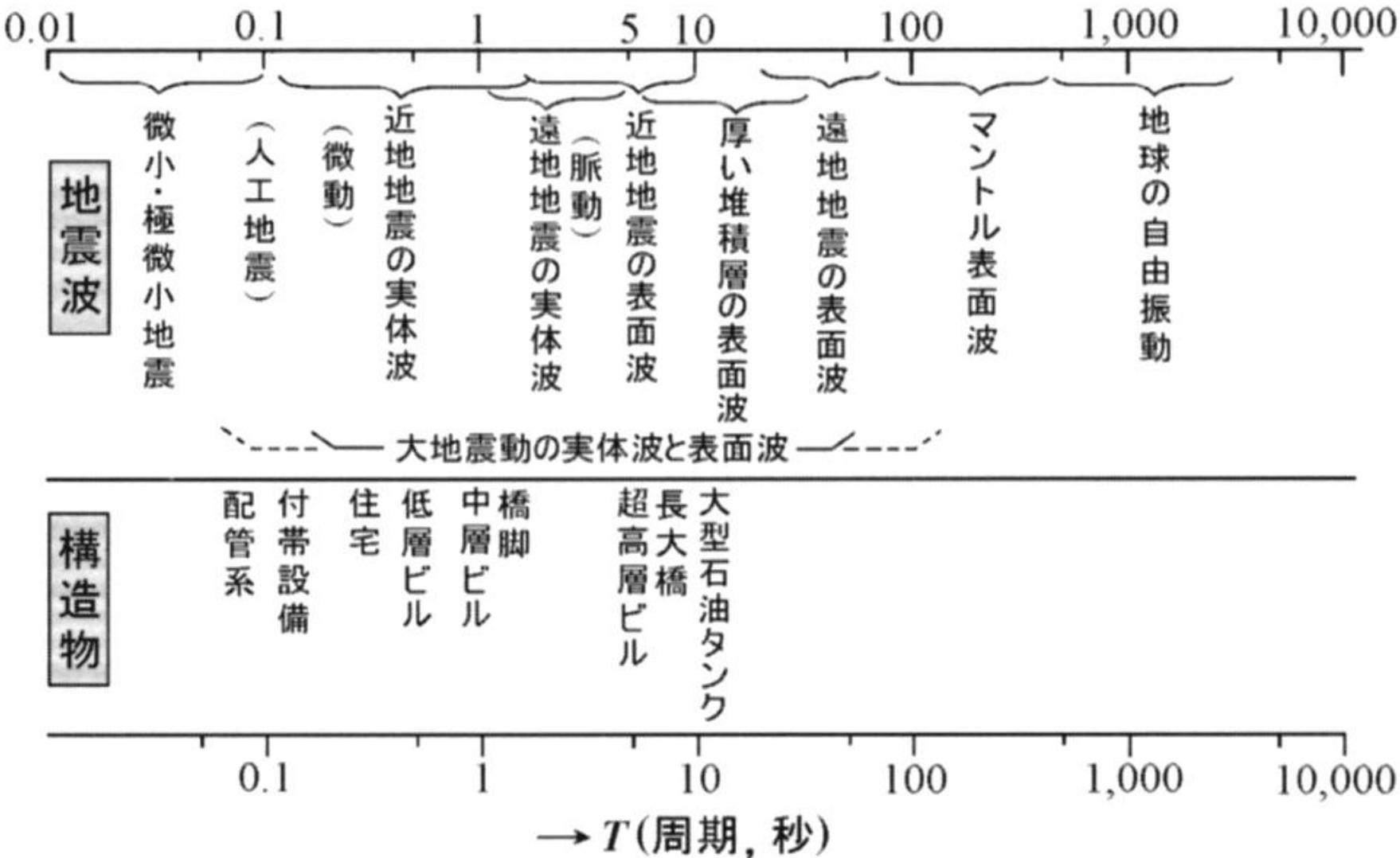
大規模な地震 (S_5 または S_2) と冷却材喪失事故が同時に起きることは考えていなかった！

⇒ 確率が小さいとして無視してきた！！

福島原発で大規模な地震と、事故が同時に起きることが明らかになった。

地震に対して、全プラントの確認が必要！

構造物の固有周期と地震動



スロッシングの対象事例

- ◆タンカーの原油の液面動揺による損傷
- ◆陸上大型石油タンクの損傷・火災
- ◆柏崎刈羽原発 沖越沖地震による
使用済燃料貯蔵プールの逸水
- ◆原子力プラントの液面動揺の影響
 - * 格納容器圧力抑制プールの機能喪失
 - * 原子炉圧力容器の出力振動？



2003年9月北海道十勝沖地震(M8.0)で、200kmも離れた苫小牧でスロッシングにより火災・崩壊した3万KLナフサタンク。

座間信作『石油タンクのスロッシング対策』 p.1

圧力抑制プールのスロッシング

水平(1方向)＋上下で解析⇒水平2方向＋上下にすべき。
水平2方向は、波高が非線形となり増幅する(建築学会)

周期の長い波(周期5秒以上)は、減衰しにくいので震源から150km以上も離れたところでも、大きなスロッシングを起こす。(十勝沖地震等)

長周期成分があると、共振して大きな揺れとなり、なかなか減衰しない。非常に長時間揺れる。LOCAとの同時発生の可能性が高まる。

福島地震で、大きな長時間の揺れと、大規模な余震(M7クラスの地震が直後に数回あった。)

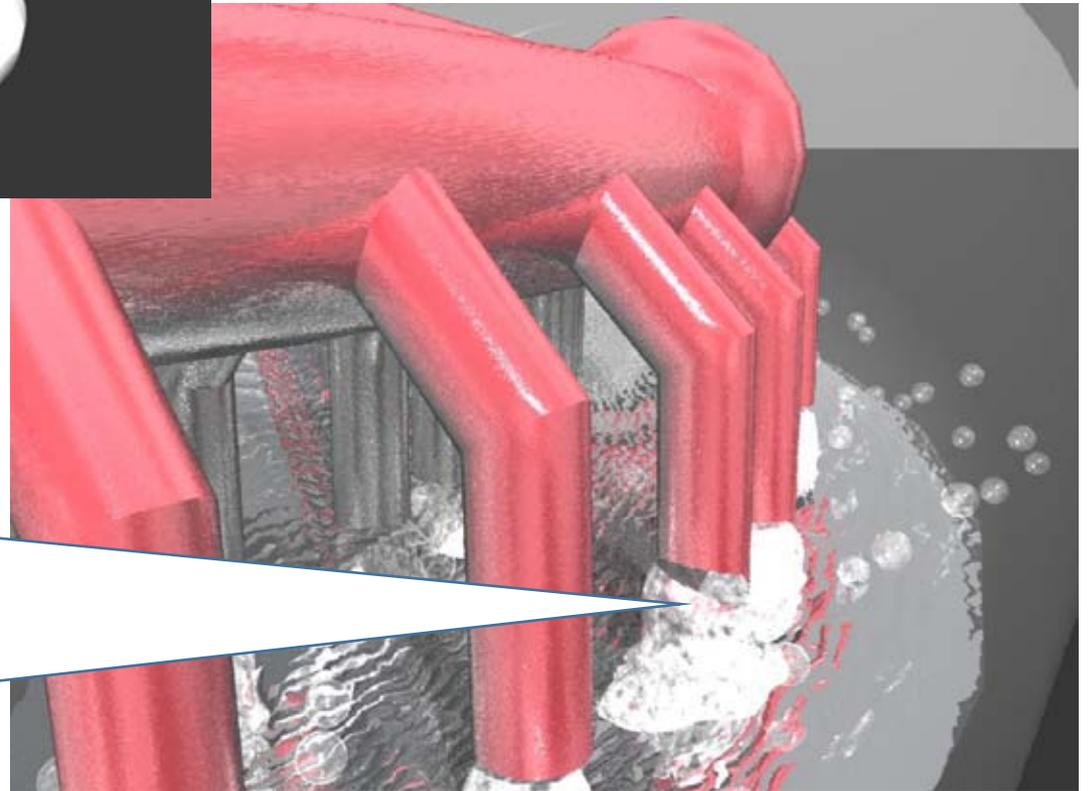
マークⅠだけでなく、マークⅡ、ABWRも同様に、至急検討要！

マーク I 型格納容器 圧力抑制プール



ダウンコマ先端が水中に入っているから水蒸気が水中に入って凝縮できる。

もし、先端が地震による水面動揺で気中に出ると圧力が急激に上昇する！



BWR型格納容器は地震に弱い！

- ◆現在の設計指針では、LOCAと地震が同時に起きることは想定していない
- ◆しかるに、福島第一原発事故でLOCAと地震(余震を含む)が同時に起きることが明確になった！地震動が長い2分以上。
- ◆地震により、格納容器系の損傷またはS/P水のスロッシングによるダウンカマの露出による機能喪失が明らかになった。
- ◆少なくとも、全BWRの評価・対策が必要

たまり水の場所

朝日新聞

2011年3月28日
夕刊より

使用済み核燃料プール

原子炉建屋

格納機能喪失

タービン建屋

原子炉
圧力容器

蒸気

タービン

発電機

水

ポンプで復水器に戻す

原子炉
格納容器

復水器

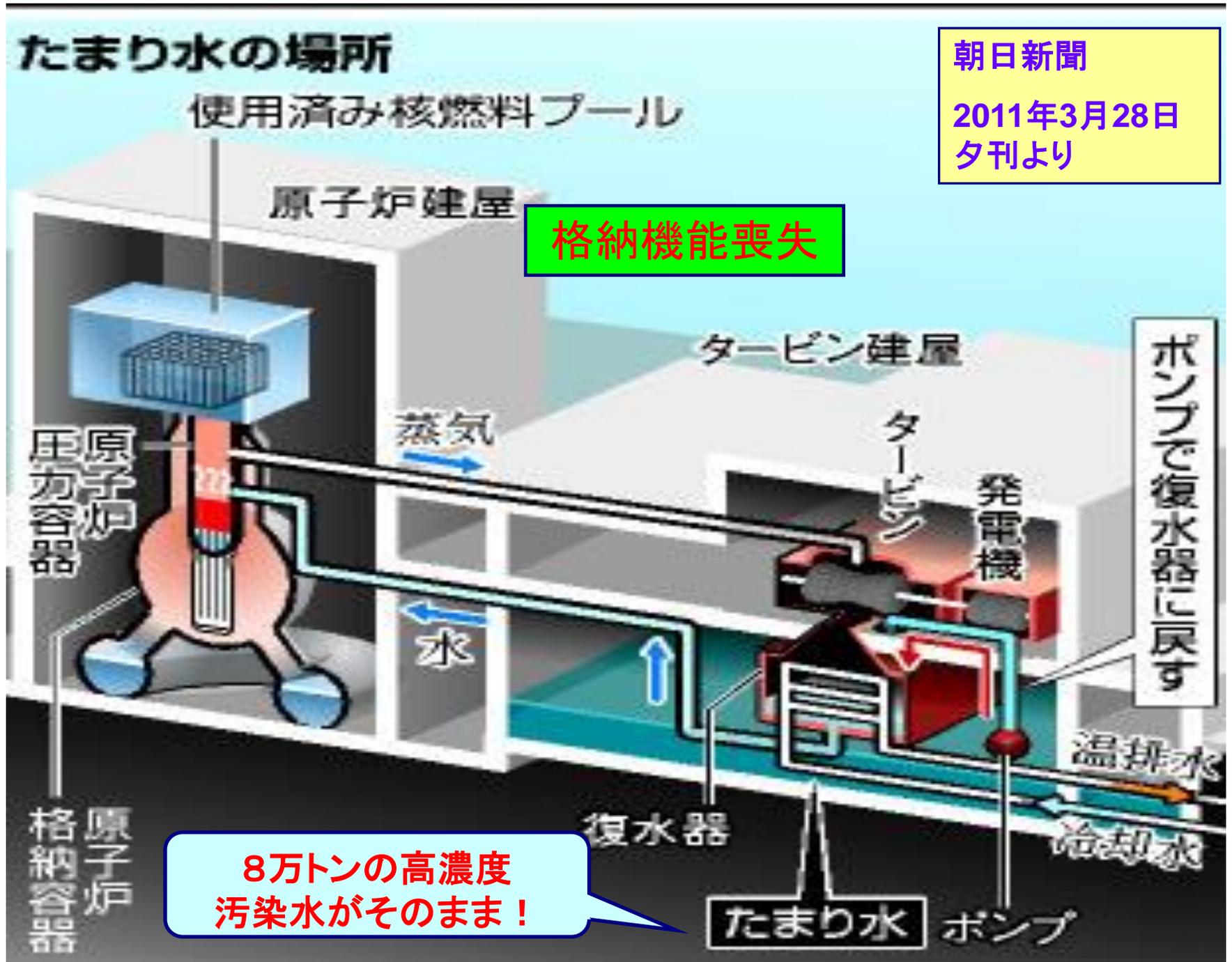
温排水

冷却水

8万トンの高濃度
汚染水がそのまま！

たまり水

ポンプ



福島第一原発汚染水問題



赤旗 2013年9月1日 日曜版 より 写真は8月27日

土堰堤及び堰の設置



堰

土堰堤

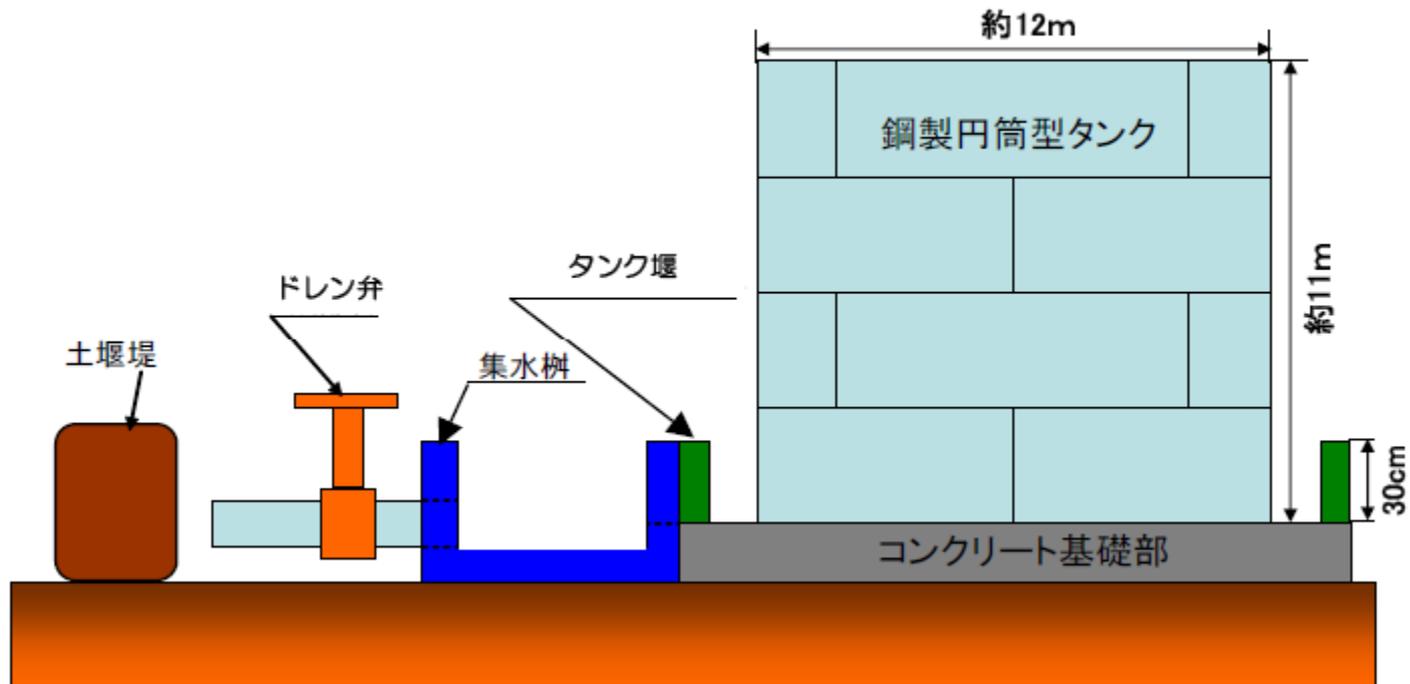
沈砂池

■タンク群毎に堰と土堰堤を設置更に、漏えいしても直接系外に出さぬよう沈砂池を設置し、そこに導水



漏えい検知・漏えい防止が全く機能せず！ 東京電力公表資料

タンク基礎, タンク堰の構造



- ◆タンクはボルト締め
- ◆漏れやすい
- ◆漏れた時に汚染水を検出する

汚染水対策の意味

◆汚染水漏えい検知と漏えい防止

⇒『放射性物質の拡散に対する危機意識がない！』

『漏えい検知・漏えい防止の技術に対する無知』

これは、単なる管理の甘さだけの問題ではない。
タンクは仮設であり、漏れることを前提で対策すべし

『漏えいに備えて、堰をつくったが、雨水が溜まるので排水口を設け、常時開けていた。』

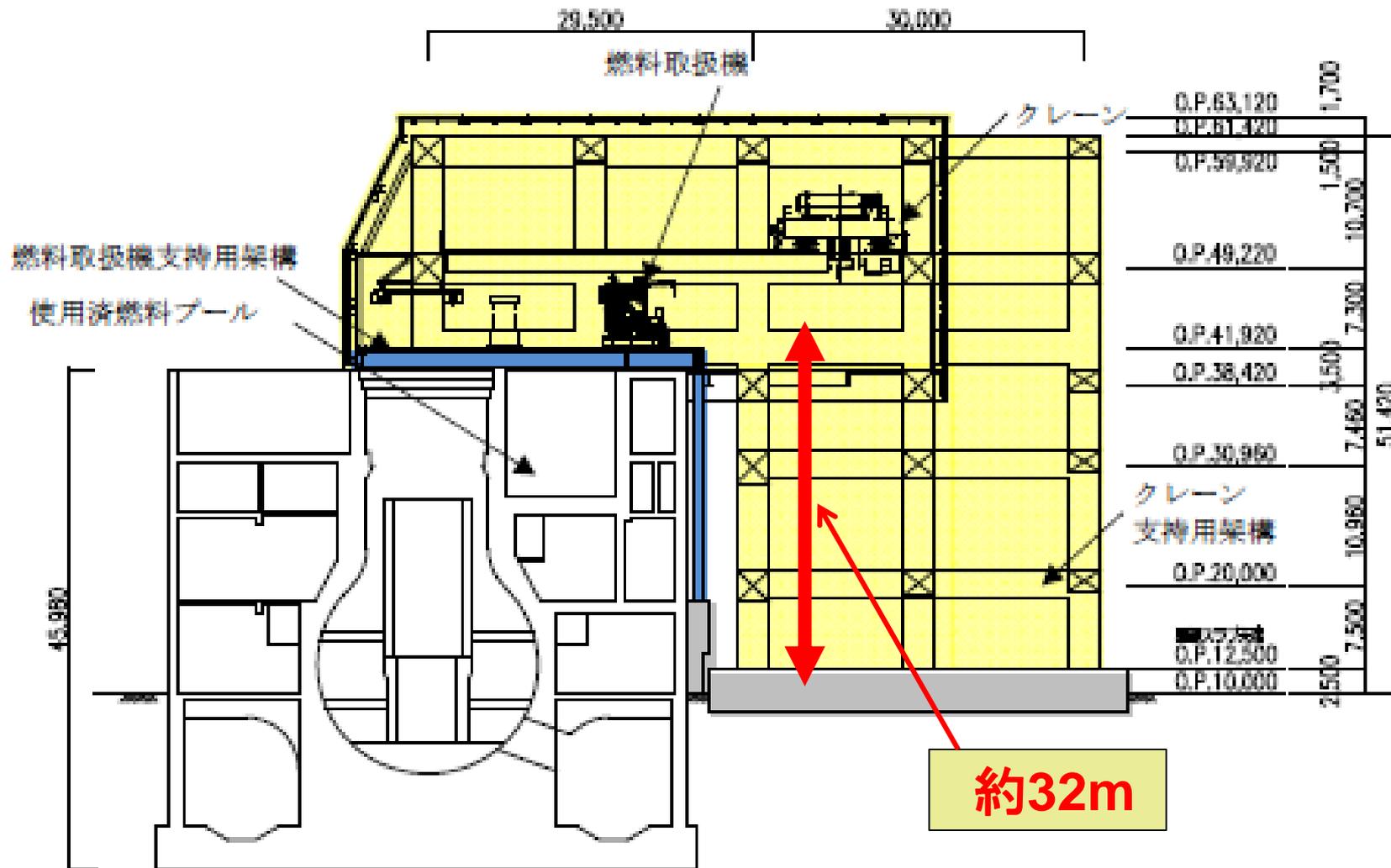
⇒これでは、汚染水が漏れたらそのまま出てしまう。

何を考えているのか分からない！！

4号機使用済燃料取り出し



(撮影日：2013年9月19日)

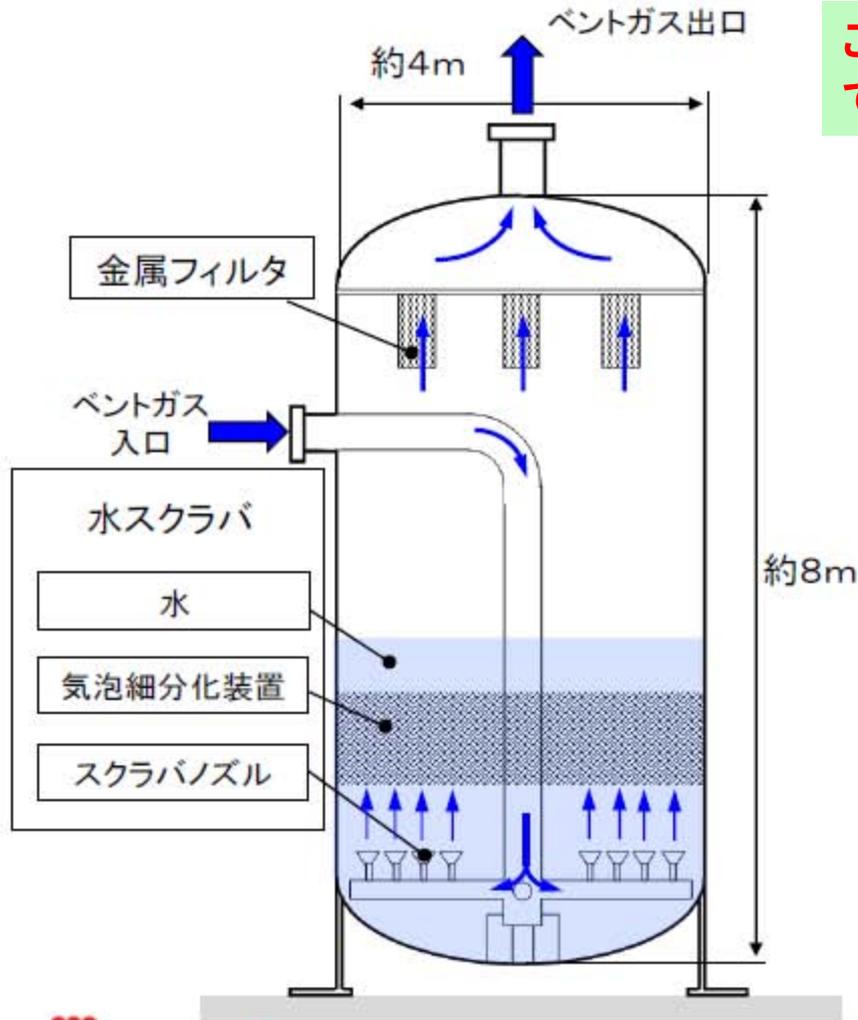


フィルターベントの目的と効果

『放射性物質放出の影響を可能な限り低減させ、セシウム等による大規模な土壌汚染と避難の長期化を防止する』(東電)

- ⇒希ガス(キセノンやクリプトンなど)が大量に放出されるから被曝する！明示していない。
- ⇒土壌汚染と避難の防止は、フィルター設備が想定した条件に収まることを前提
- ⇒フィルターが壊れたり、配管が切れたら？

フィルタ装置の構造



この性能は、どの圧力、温度等の条件下で保障されているのか？

金属フィルタ

- 放射性微粒子を含んだ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。

水スクラバ

- 放射性微粒子を含んだガスが水中を通過する過程で放射性微粒子を捕集。
- スクラバノズルでガス勢いよく噴射し、気泡細分化装置で気泡細かくすることで、放射性物質の捕集効率を上げている。



放射性微粒子(放射性セシウム)を
99.9%以上除去

放出量評価概要

(炉心損傷後に、敷地外の土壤汚染を大幅に抑制するためのベント)

➤ 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

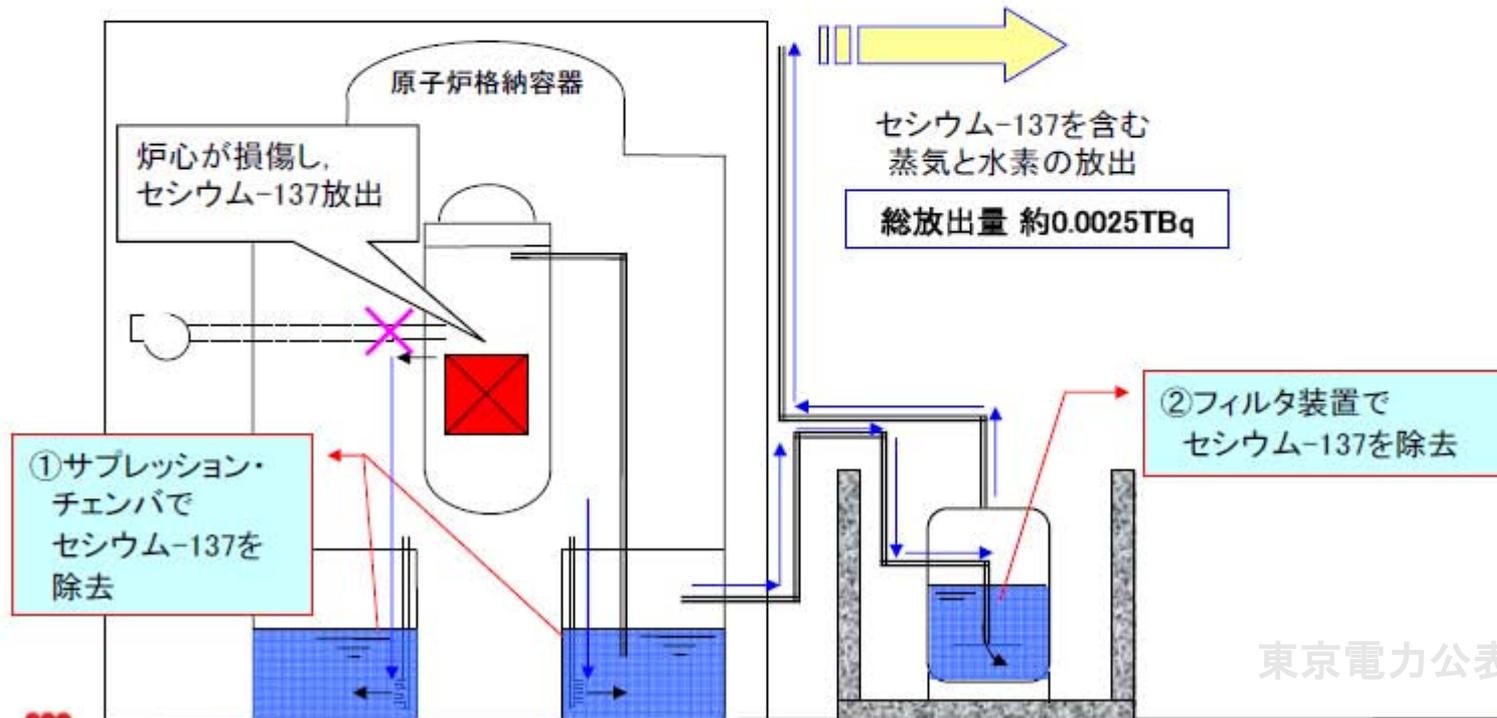
① サプレッション・チェンバ

② フィルタ装置

で大幅に除去して大気中へ放出

➤ セシウム-137の総放出量は約**0.0025TBq**であり、基準の100TBq ※を下回る結果 (TBq = 10^{12} Bq)

※ 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



東京電力公表資料

サプレッションチェンバの水温は何度までとして評価？

【兵庫県南部地震】 地震動は想定外の振幅



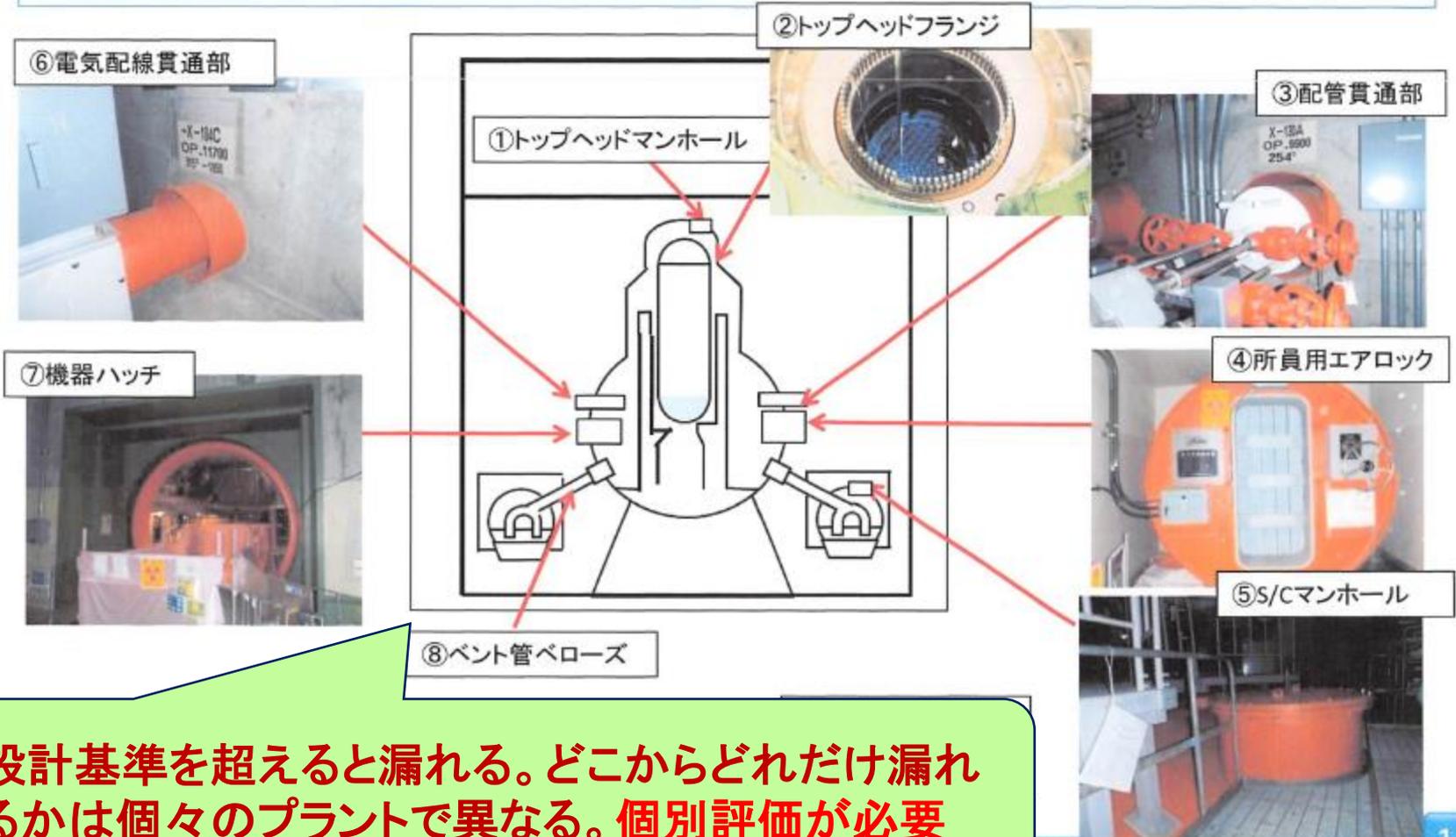
橋げたが、数十センチ水平移動して落橋した。

耐震補強として、橋げた間を強いワイヤロープでつなぐなどして、橋げたがはずれないようにする方法が取られてきている。

1. 格納容器からの漏えい

1-6. 漏えいの可能性のある箇所 (Mark-I 型原子炉の例)

原子炉格納容器には接合部や貫通部が存在し、有機シール材(シリコンゴム等)を充填させることにより気密性を確保している。以下の接合部や貫通部については、今回の事象において漏えいの可能性が指摘される主な箇所であり、具体的な漏えい経路について次頁以降にて検討する。



設計基準を超えると漏れる。どこからどれだけ漏れるかは個々のプラントで異なる。個別評価が必要

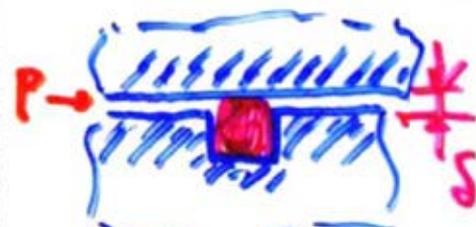
格納容器構造挙動試験(ハッチモデル) 2/2

試験結果(内部圧力とフランジ開口量との関係)

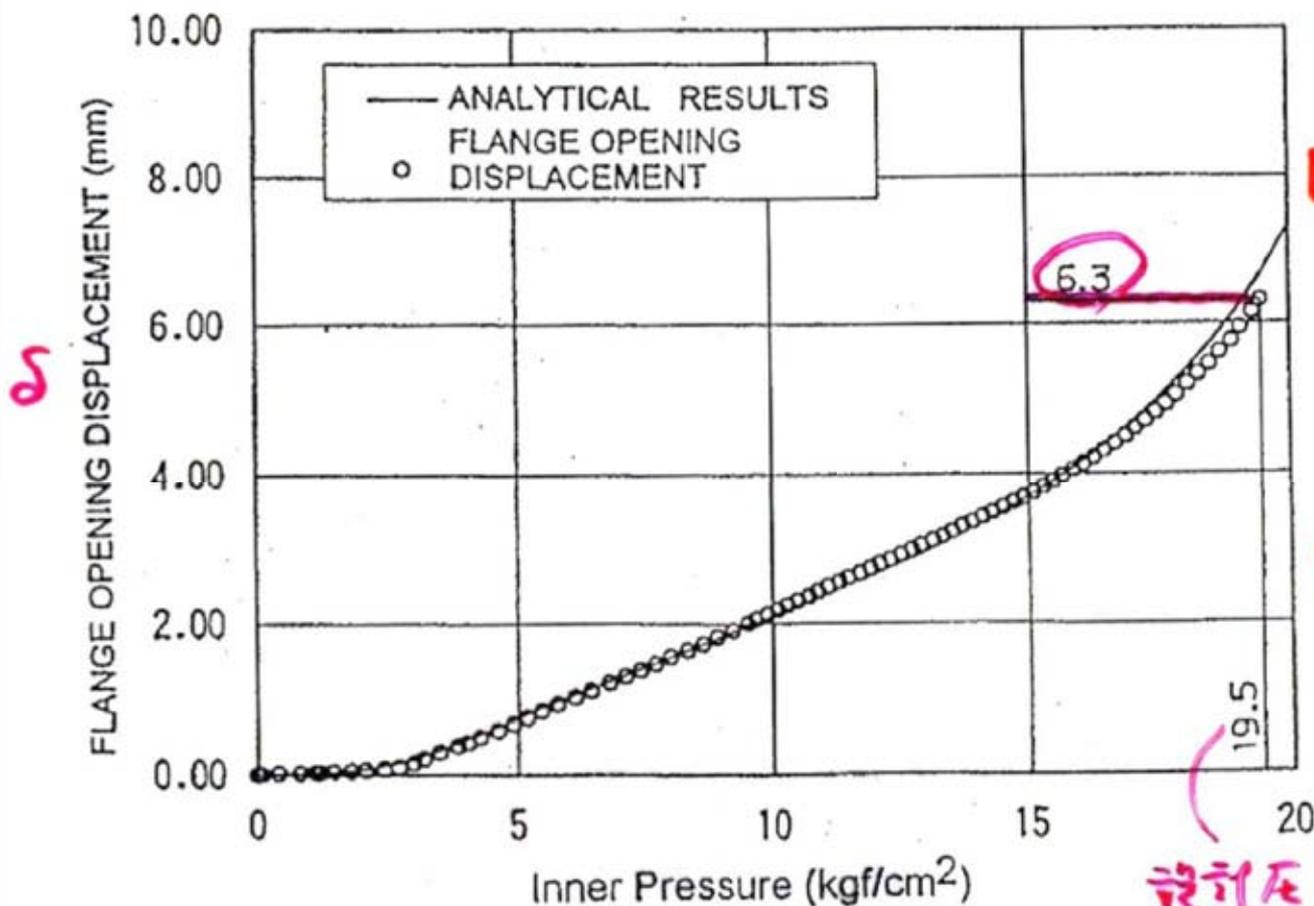
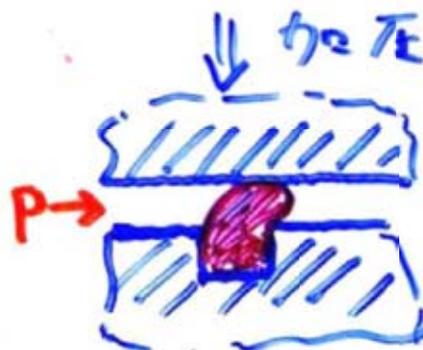
フランジガスケット



セルシール機能



加圧



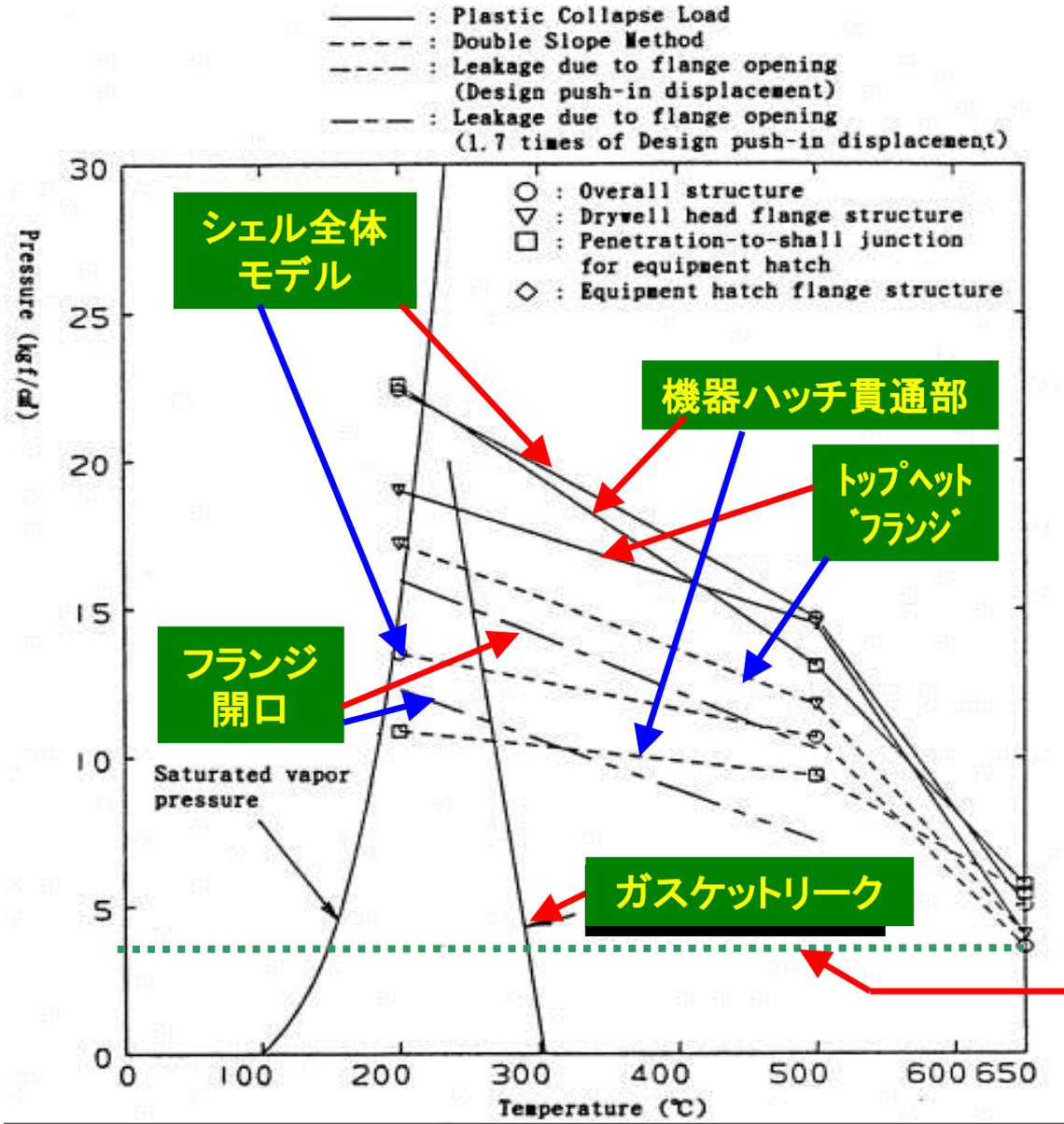
設計圧の約6倍 (6.6 Pa)

鋼製格納容器耐性評価線図①

設計温度: 171°C

耐性評価線図
マーク I 改良型
原子炉格納容器
(BWR)

設計圧力
4.35kg/cm²



格納容器耐性評価の問題

◆ 格納容器の限界圧力および限界温度は正しいか？

◆ 圧力限界： $2Pd$ 温度限界： 200°C

⇒ 福島事故から何を学んだか？

◆ 過去のデータは窒素ガスや水蒸気で求めた

◆ 福島事故では、大量の水素が格納容器からもれて、建屋内で爆発した。

◆ 水素による耐圧・耐熱限界を求めるべき！

格納容器の破損モード

* 早期破損モード: エナジーテックな破壊

- ・DCH (Direct Containment Heating)
- ・反応度制御失敗
- ・水素爆発 (Detonation)
- ・デブリ接触 (マーク I 型)
- ・水蒸気爆発 (炉内 / 格納容器内)
- ・MCCI (コア・コンクリート反応)

* 準静的な過圧・過温モード

原子力市民委員会中間報告

「脱原子力政策大綱」を

『原発再稼動を3年間凍結、原子力災害を二度と起こさない体系的な政策を構築せよ』

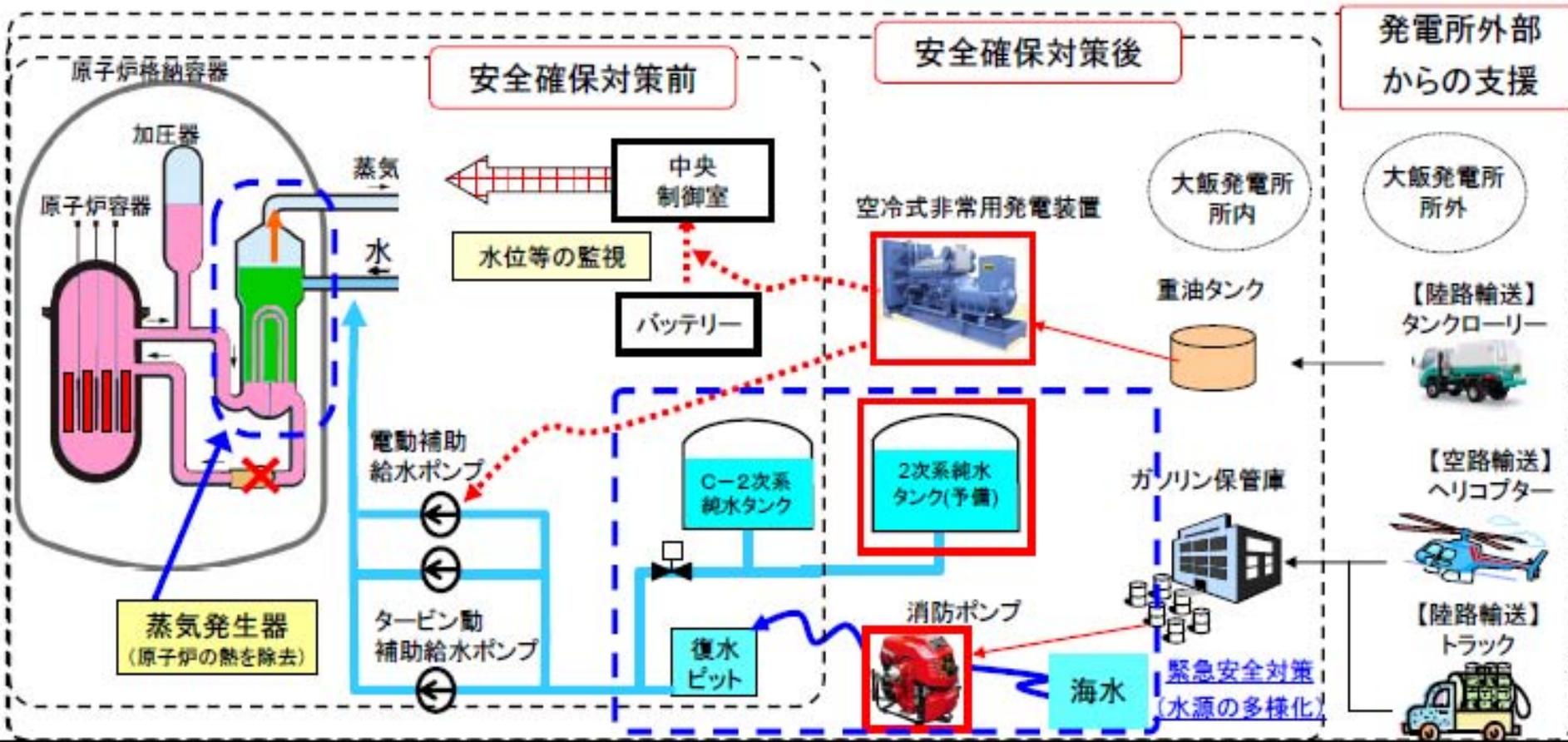
『事故収束と汚染水対策の取り組み体制についても緊急提言』

◆10月7日『原発ゼロ社会への道』中間報告

全交流電源および最終ヒートシンク喪失に関する安全性について

- 安全確保対策により、空冷式非常用発電装置を配備し、各種タンクからの給水や消防ポンプによる給水手段などを整備したことにより、**発電所外部からの支援なしで原子炉に約16日間給水を継続できることとなった。**
- さらに消防ポンプ等に必要なガソリン等を外部から輸送することとしており、これら外部支援により長期間給水を継続できる。

ストレステスト意見聴取会資料





「メルトダウン連鎖の真相」NHKスペシャル【メルトダウン】取材班 講談社 p.256

消防注水の訓練をする福島第一原発所員。しかし、訓練どおりの注水が行われてもメルトダウンを防げるという保証はない

写真：東京電力

TMI2号機事故経緯

格納容器内で水素爆発の可能性が問題になったが、結果として大規模な爆発は起きなかった。

3

圧力逃がし弁が開いたので、原子炉の圧力は下がりましたが、圧力が下がれば閉じるはずの圧力逃がし弁が開いたままになっていたため、原子炉

の水が流れ出し続けました。このため、非常用炉心冷却装置(ECCS)⑦が動き出しましたが運転員がECCSを誤って止めたため原子炉の水が減り燃料⑧が壊れました。

1

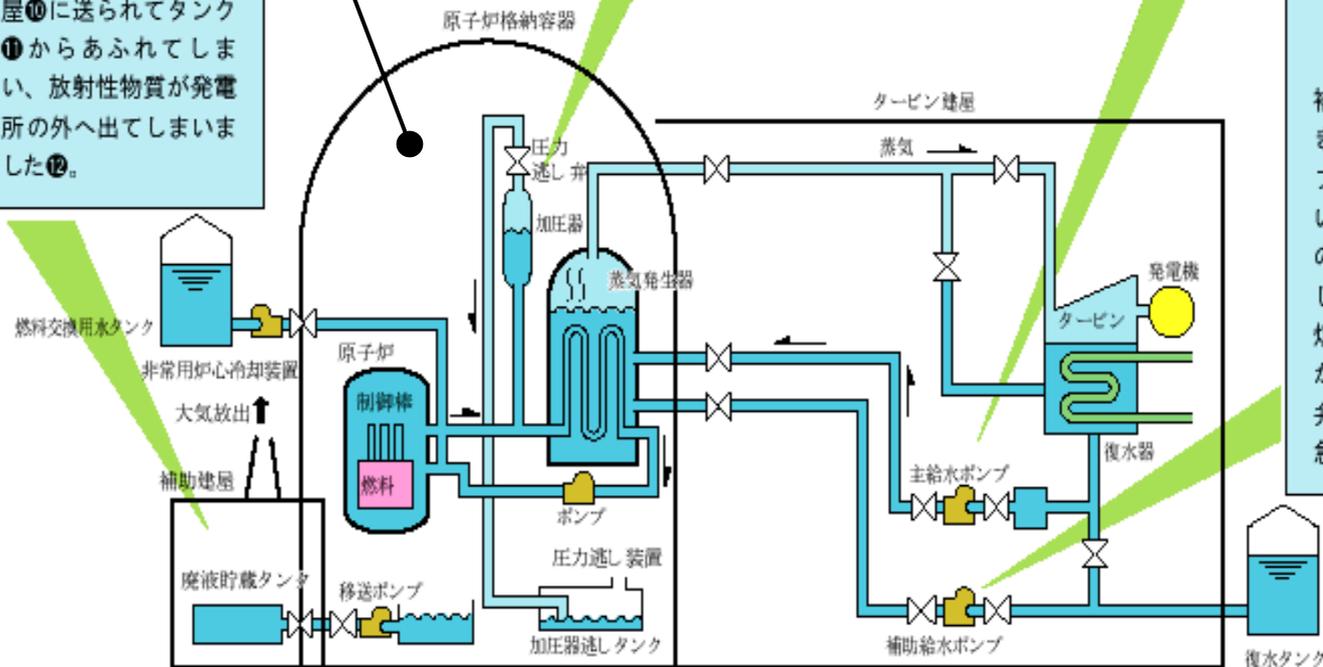
主給水ポンプ①が停止して、蒸気発生器②への給水が止まりました。

4

流れ出した水は原子炉格納容器⑨から補助建屋⑩に送られてタンク⑪からあふれてしまい、放射性物質が発電所の外へ出てしまいました⑫。

2

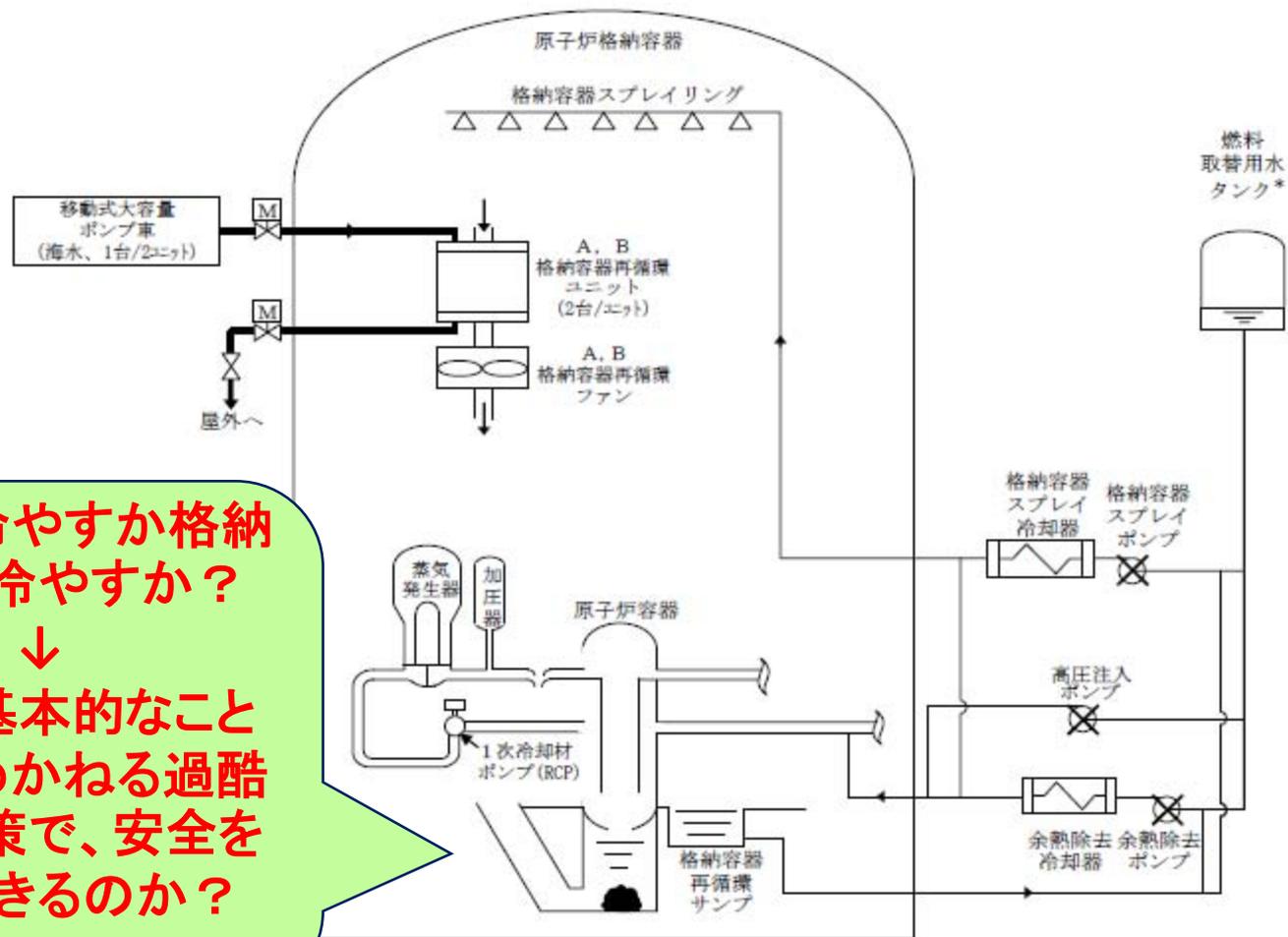
補助給水ポンプ③が動き出しましたが、ポンプの出口弁④が閉じていたので蒸気発生器への給水ができませんでした。このため、原子炉⑤の水の温度と圧力が上がり、圧力逃がし弁⑥が開き原子炉が緊急停止をしました。



スリーマイルアイランド(TMI)原子力発電所の事故

[出典] 核燃料サイクル開発機構：サイクルポケットブック(1999年11月)、p.46-47

3. 重大事故等対策概要図（長期対策）



炉心を冷やすか格納容器を冷やすか？



こんな基本的なことすら決めかねる過酷事故対策で、安全を確保できるのか？

第2図 重大事故等対策概要図（長期対策）

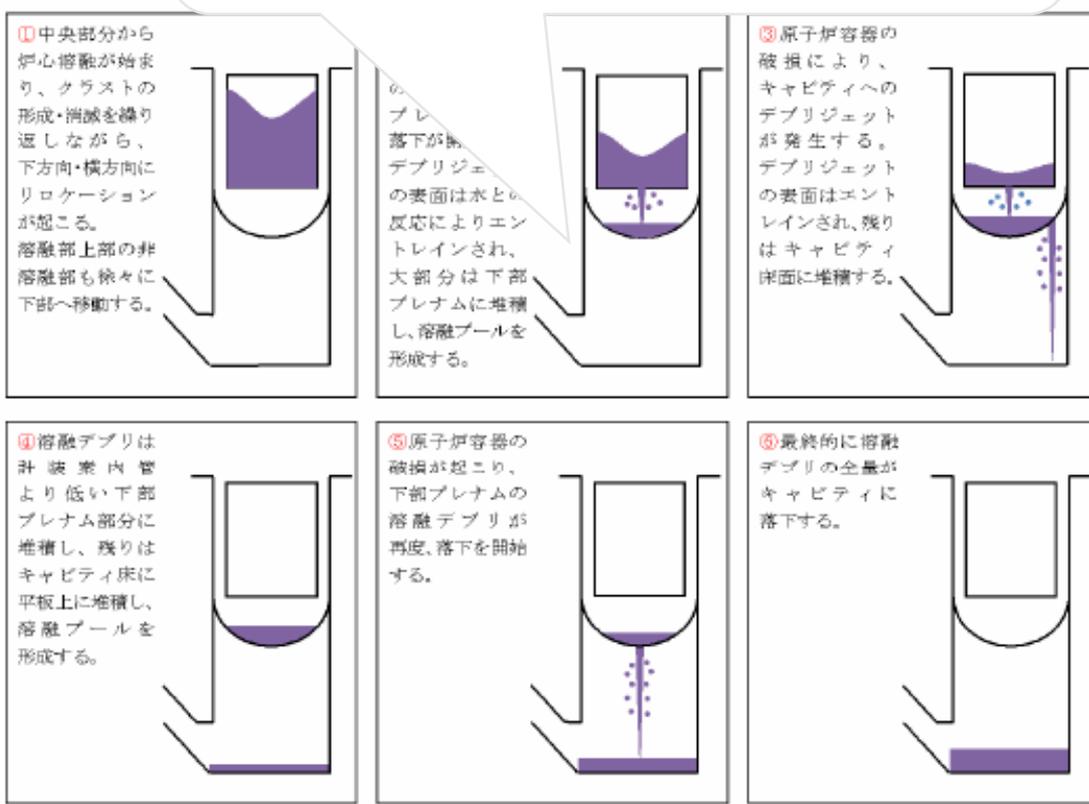
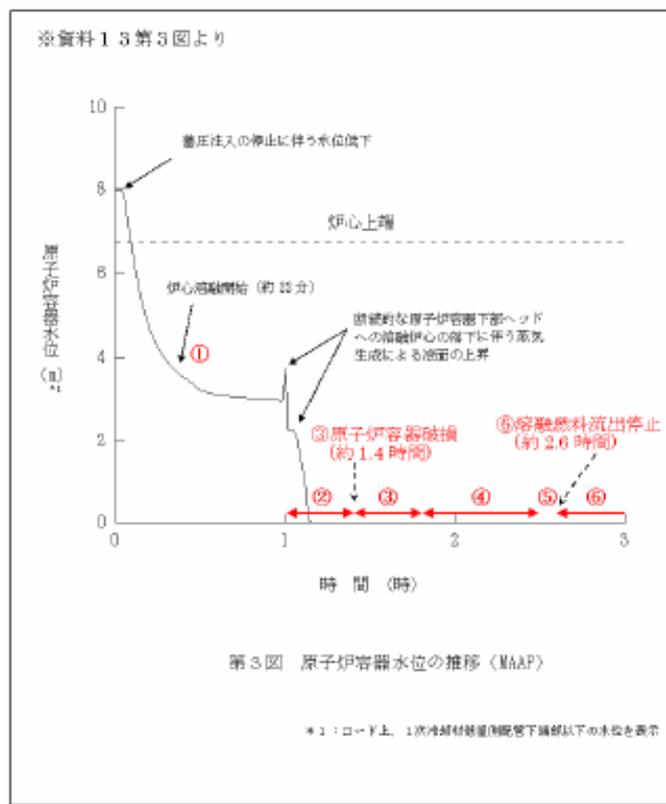
*：4号炉は「ピット」

3.3. 雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧破損）解析結果における燃料挙動について（1/3）

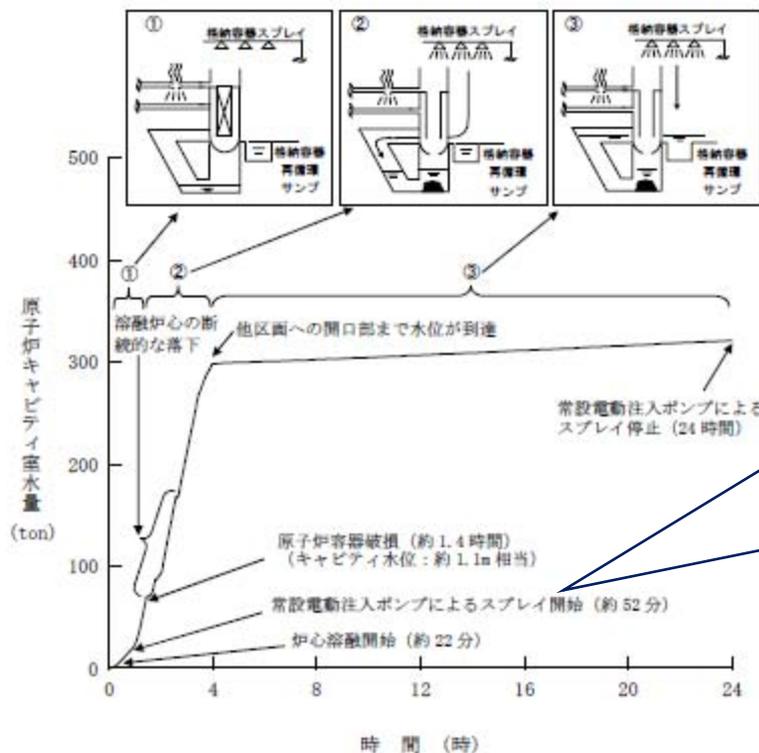
【大破断 LOCA+ECCS 注入

雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧破損）【大破断
炉容器水位の推移）における燃料挙動は、以下のとおりである。

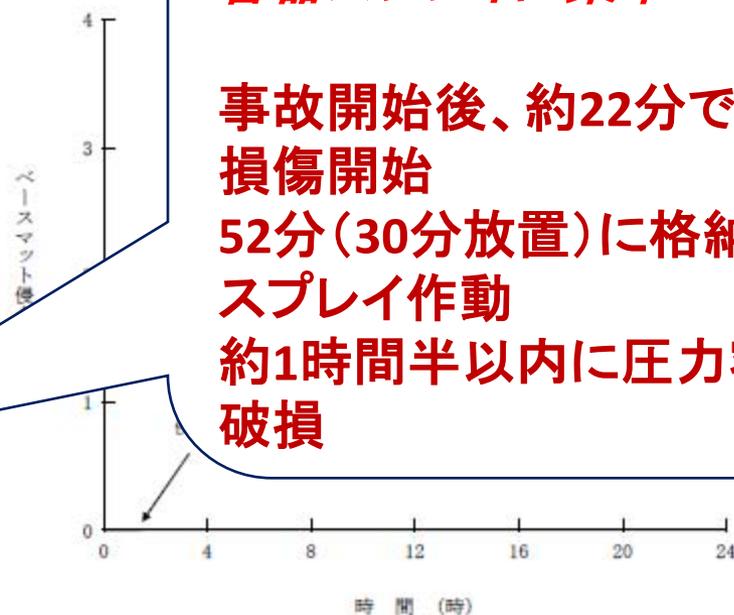
炉心溶融した後の状態をあたかも分かったように示しているが、福島第一原発では未だに溶融デブリがどこにあるか不明



5. 有効性評価結果〔格納容器破損防止対策〕（5／5）



第10図 原子炉キャビティ室水量の推移 (MAAP)



第11図 ベースマット侵食深さの推移 (MAAP)

炉心冷却をあきらめ、格納容器スプレイに集中！！

事故開始後、約22分で炉心損傷開始
52分(30分放置)に格納容器スプレイ作動
約1時間半以内に压力容器破損

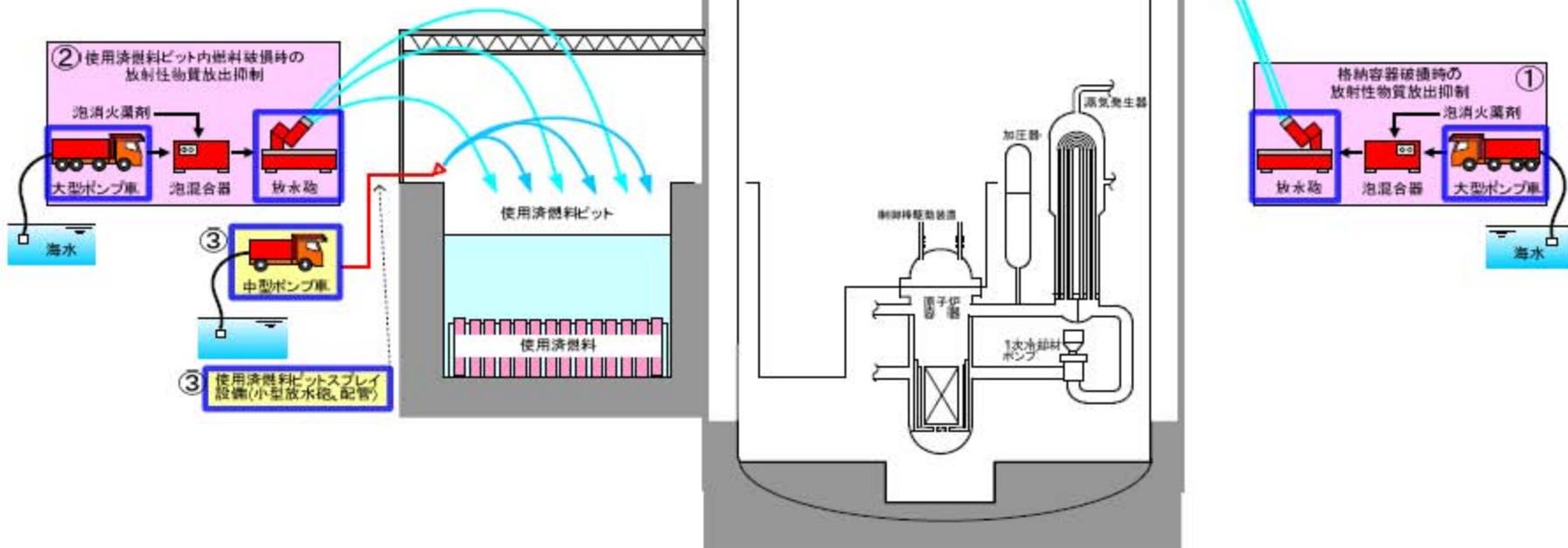
破断口から放出された1次系保有水および常設電動注入ポンプによるスプレイ水が、原子炉容器破損時点までに原子炉キャビティ室に溜まることにより、キャビティ床面に落下した熔融炉心とコンクリートの反応が抑制され、ベースマットが侵食されていないことから、熔融炉心・コンクリート相互作用は発生しない。

5-3. 重大事故等対策(放射性物質の拡散抑制対策等)

“格納容器破損後
水を外からかけても
焼け石に水”

子供だましの
対策！！

対策	
①	炉心の著しい損傷及び格納容器の破損に至った場合に、発電所外への放射性物質の拡散抑制を目的とした、大型ポンプ車及び放水砲による格納容器への放水
②	使用済燃料ピット内の燃料の著しい損傷に至った場合に、発電所外への放射性物質の拡散抑制を目的とした、大型ポンプ車及び放水砲による使用済燃料ピットへの放水
③	中型ポンプ車と小型放水砲を用いた使用済燃料ピットへの放水(スプレー)



2. 評価方法および結果

**電気配線貫通部は温度に弱い！
温度が上がると樹脂全体が
スポッと抜ける可能性がある！！！！**

○ 電気配線貫通部

【機能喪失要因】

(モジュール部)

・付着力低下、Oリング変形

(本体、端板)

・延性破壊

【評価方法】

(モジュール部)

検証試験により評価

(本体、端板)

- ①設計・建設規格に準拠し、既工事計画認可申請書でも実績のある手法で必要板厚を算定
- ②既工事計画認可申請書の評価結果を使用して、端板リガメント部の発生応力を算出

【判定基準および評価結果】

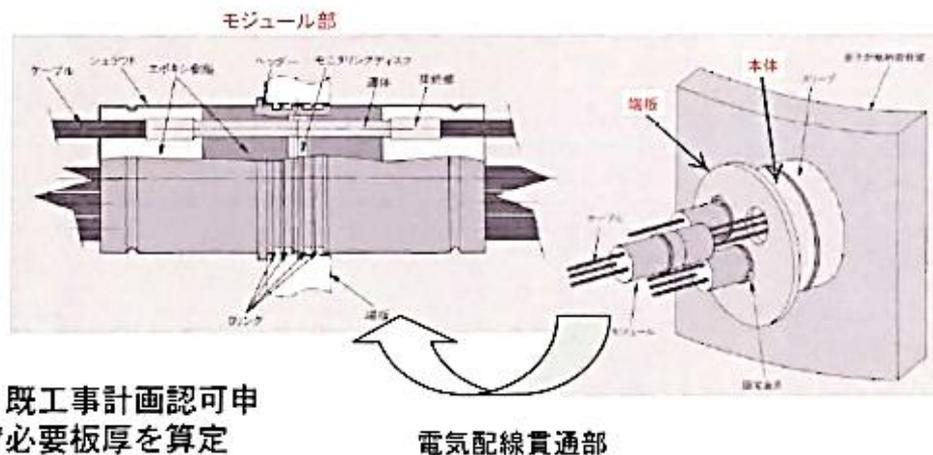
(モジュール部)

検証試験にて漏えいなし

(本体、端板)

- ①設計板厚 > 必要板厚
- ②許容値 > 発生応力

以上より、200℃、2Pdにおいて、電気配線貫通部の放射性物質閉じ込め機能は確保される。



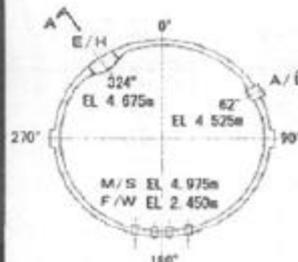
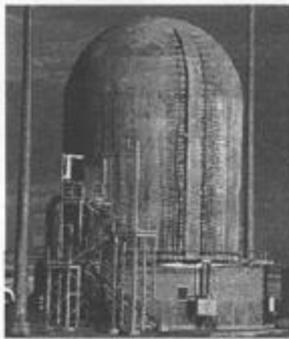
『NUREG CR-6810』より



大飯3, 4号 PCCV ¼モデル試験 サンディア国立研究所

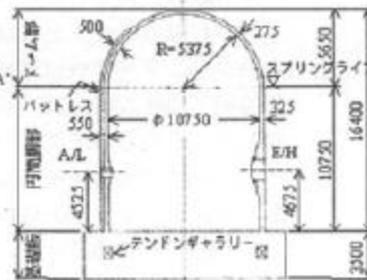
18. 重大事故対策の有効性評価にかかる判断基準について (8/9) (添付1)

NUPEC成果のうちモックアップ試験結果



円筒胴部平面断面図

(設置時)



A-A'鉛直断面図



(破損後)

1/4スケールモックアップ概観

米国サンディア研究所で
大飯3, 4号をモデルとした
PCCV加圧破壊試験

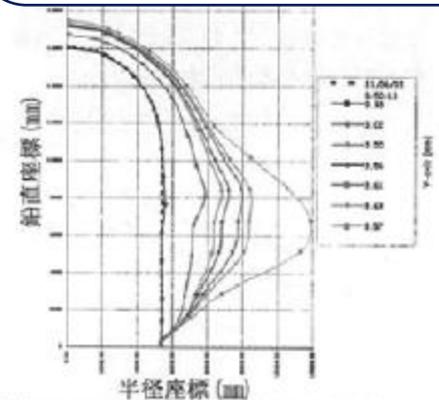


図 4.2-41 3.0-3.63Pd 時の 135° 方向
のライナー面 2 次元方向変位

破損に至る挙動

(NUPEC H14報告書 図4.2-41)

実験でライナーが設計圧の2倍以下
で漏えい。ライナーにグラインダの傷

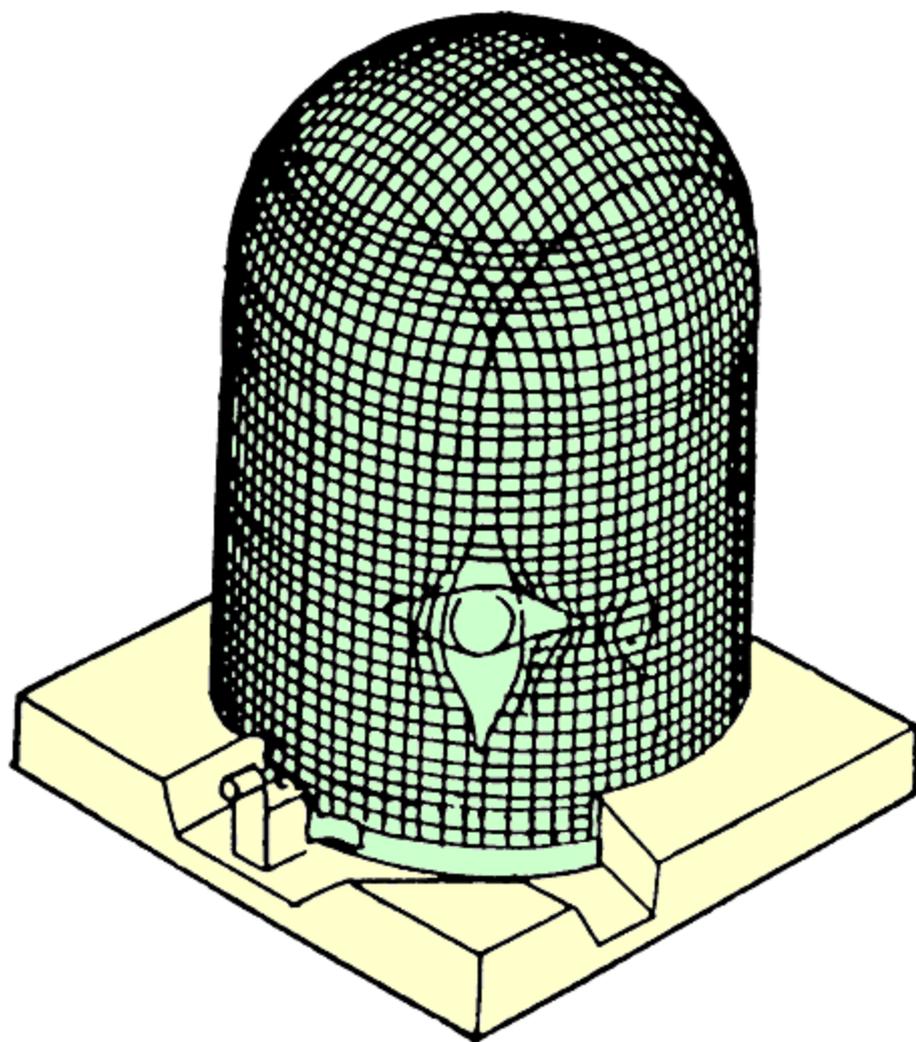
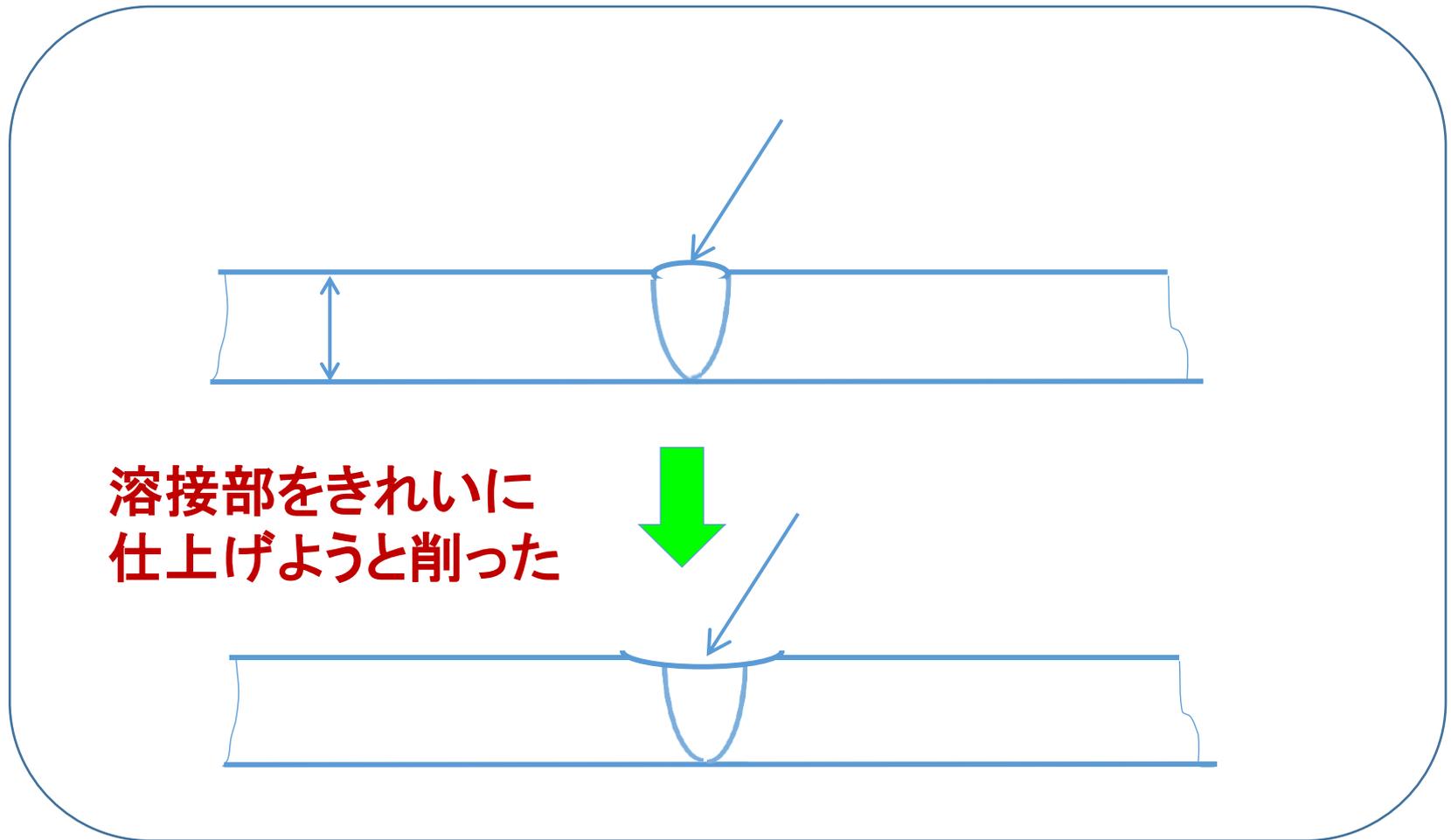


図3 テンドンの配置

[出典]安成弘(監修)、原子力辞典編集委員会(編):原子力辞典、
日刊工業新聞社(1995年11月)

ライナーにグラインダーの傷



想定よりはるかに低い圧力で漏えい

柏崎刈羽原発6. 7号

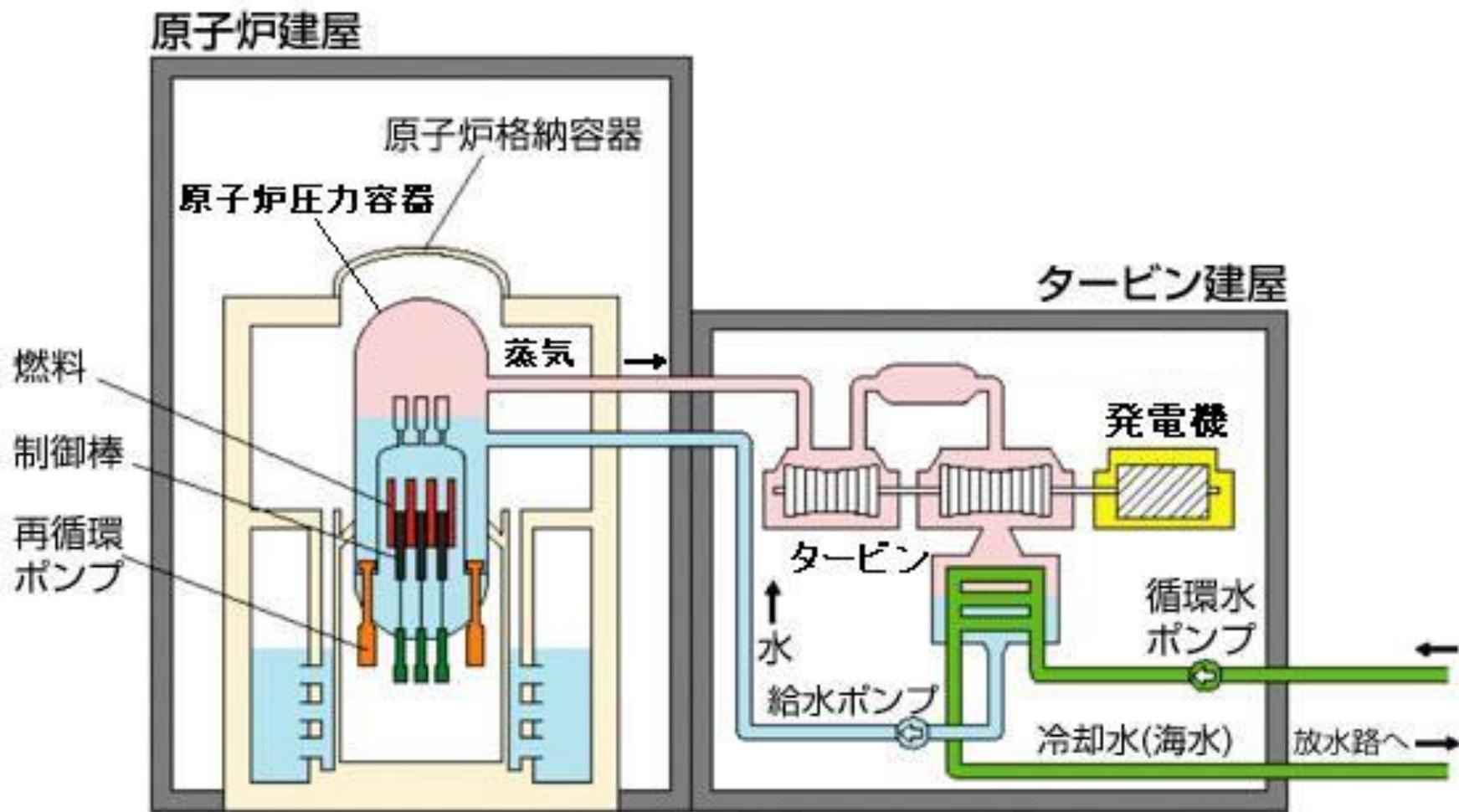
◆ABWR型

出力上昇 コンパクト化
安全性より経済性重視

◆活断層の調査

◆福島事故を起こした東京電力が
事故原因もはっきりしない、汚染
水問題はを抱えた状態で申請？

改良沸騰水型 (ABWR)



ABWR 原子炉格納容器 RCCV模型

上部 ドライウェル

厚さ2m 鉄筋コンクリート製

原子炉圧力容器

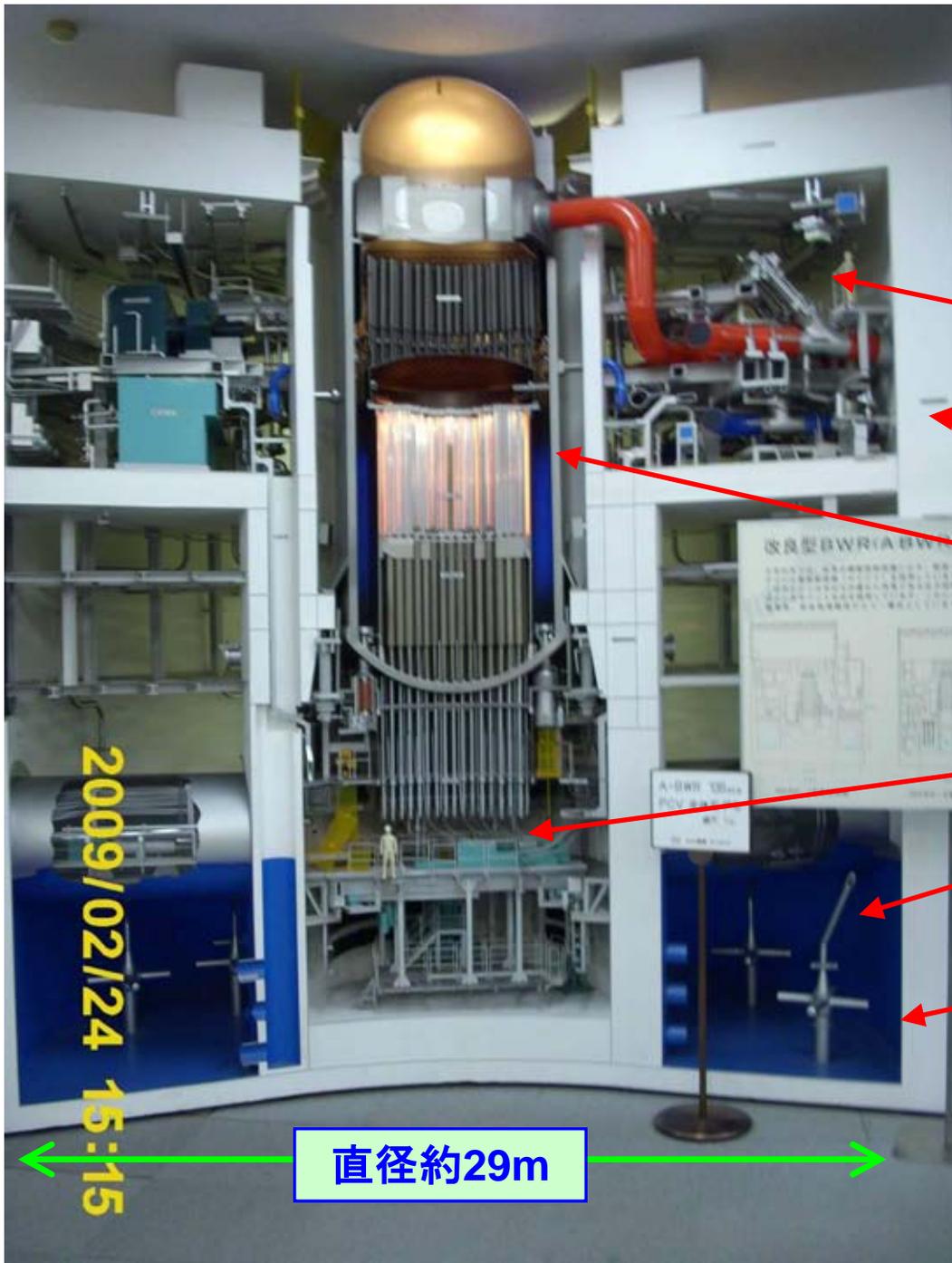
下部 ドライウェル

サプレションプール

内側に6.4mmの鋼製ライナー

直径約29m

2009/02/24 15:15



ABWR

原子炉再循環ポンプ

RIP (Reactor
Internal Pump)

通称インターナルポンプ

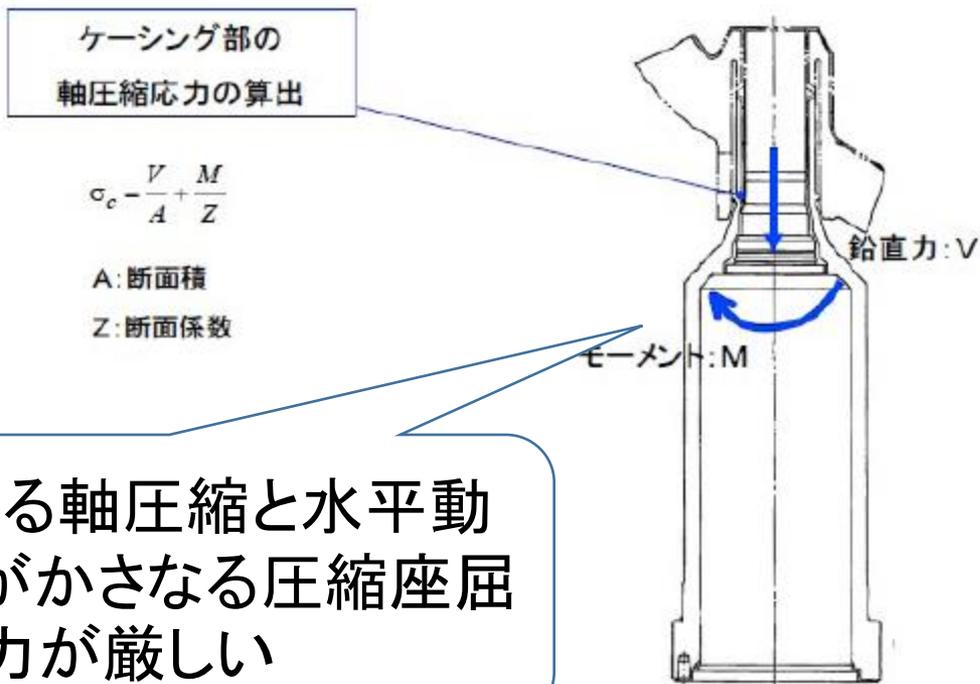
設計意図

『再循環系配管を減らし
物量の減らすと共に
配管破断の危険性を
減少』



大型機器の評価方法 (設計と同等の評価)

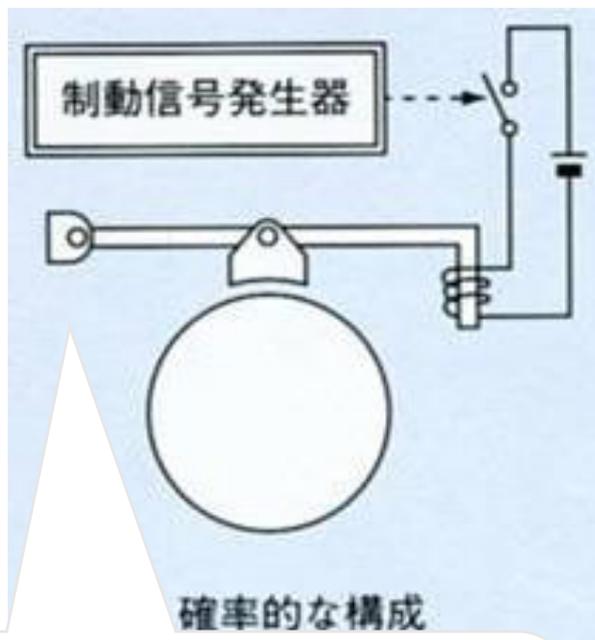
- 設計時と同等の評価の例 : 原子炉冷却材再循環ポンプ



上下動による軸圧縮と水平動による圧縮がかさなる圧縮座屈応力が厳しい

確率的安全

部品点数が増えるほど故障し易くなり、ブレーキが効かなくなる可能性が高まってくる！！



通常時は、ブレーキは外れている。スイッチを入れると電流が流れてブレーキがかかる。

1)スイッチの接触不良

2)電源ダウン

3)回路断線

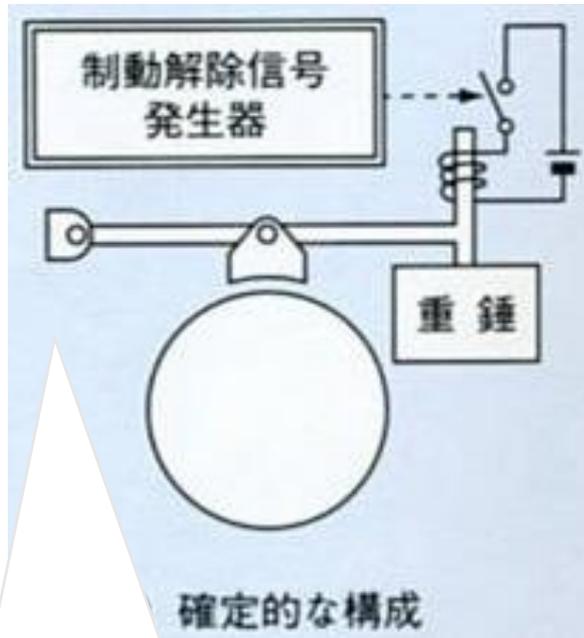
4)コイル断線

いずれの故障もブレーキが効かなくなる

→全ての機構が常に正常に動くことを保証しなければならない
(確率的に必ず故障が起こる)

確定的安全

部品点数が増え故障し易くなっても、安全装置の機能は失われない！



通常時は、電流を流してブレーキを外している。スイッチを入れると電流が切れてブレーキがかかる。

- 1) スwitchの接触不良
- 2) 電源ダウン
- 3) 回路断線
- 4) コイル断線

いずれの故障があってもブレーキは効くから事故にはならない

→ 構造として安全を作り込むとはこのようなことを言う

『フェールセーフ』とは何か

- ◆機械の故障やヒューマンエラーが、あっても安全を確保できること
- ◆事故においては、フェールセーフが成立するかどうかが、最も重要
- ◆どのようにしてフェールセーフが確保できるかという視点で事故原因調査することも肝要
- ◆福島では、フェールセーフが成立しなかったのは、何故か？
- ◆シビアアクシデント対策が信頼性がないのは人の手に依存しており、フェールセーフ化されていないから。

フェールセーフが成立しない原子力

【安全な状態の定義】ができない！

◆IC(隔離時復水器)のように、隔離弁が開く(冷却機能)方が安全か、閉じる(放射性物質の隔離機能)方が安全か決められない！

◆融けた溶融炉心デブリは、水をかけないとどこまでも侵食するが、水をかけると水蒸気爆発が発生する危険がある。

水を入れるべきか入れない方がよいか、どちらが安全か特定できない。

フェールセーフが成立しない原子力

【機械の故障が検出】ができない！

◆原子炉の水位計は311以降5月はじめまで機能していると思い込んでいた。

⇒これは人為ミスというよりも、システムの限界

◆ICの隔離弁の開閉状態が把握できなかった。

⇒“電源が無い”だけで、状態把握ができない

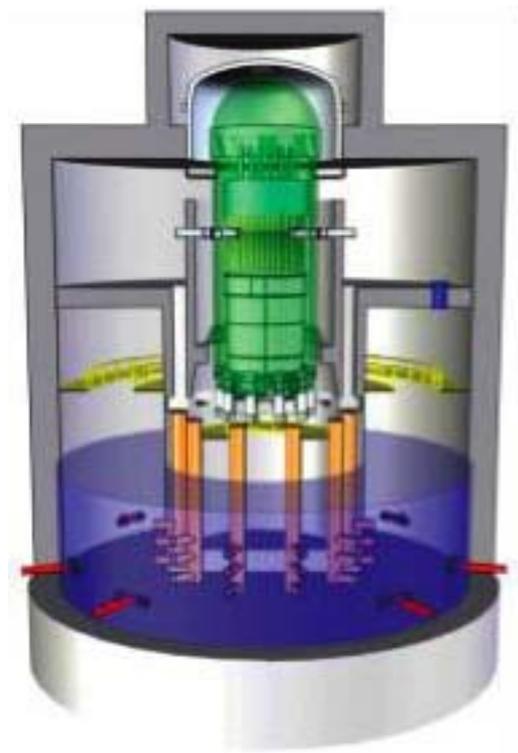
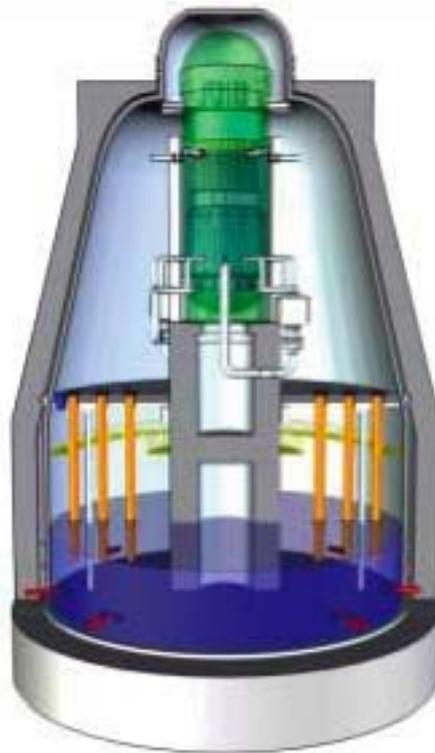
単一故障基準の限界！

フェールセーフが成立しない原子力

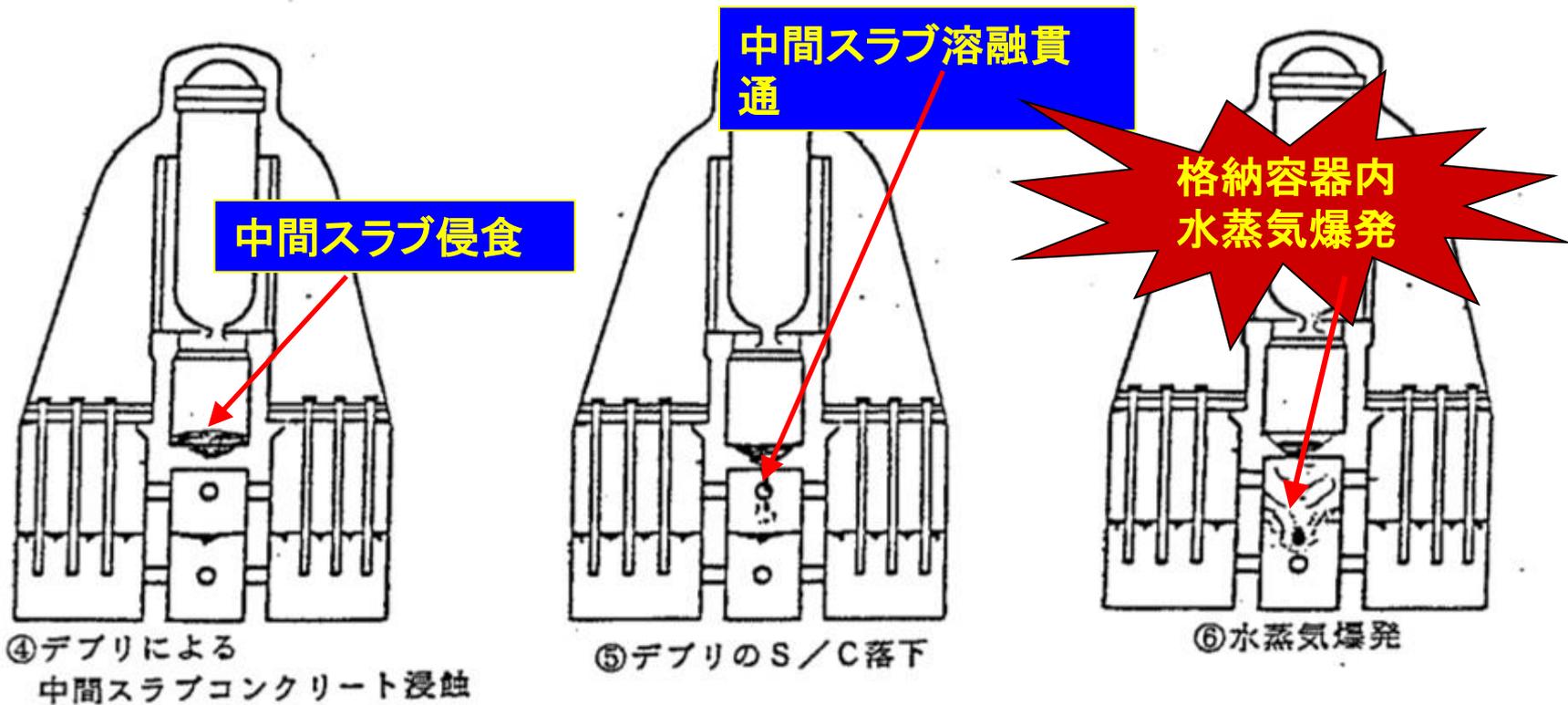
【故障したら自動的に、確実に安全状態に移行すべきだが】できない！

- ◆主蒸気逃がし弁(SR弁)が機能したか怪しい
⇒逃がし安全弁の圧力の設定や、格納容器内の圧力上昇で機能喪失の可能性など
- ◆故障には、安全側故障と危険側故障があるが
原子力では、多くの場合、危険側故障
⇒多重防護に頼る
⇒事故は確率的にしかも確実に起きる

沸騰水型炉 (BWR) の格納容器



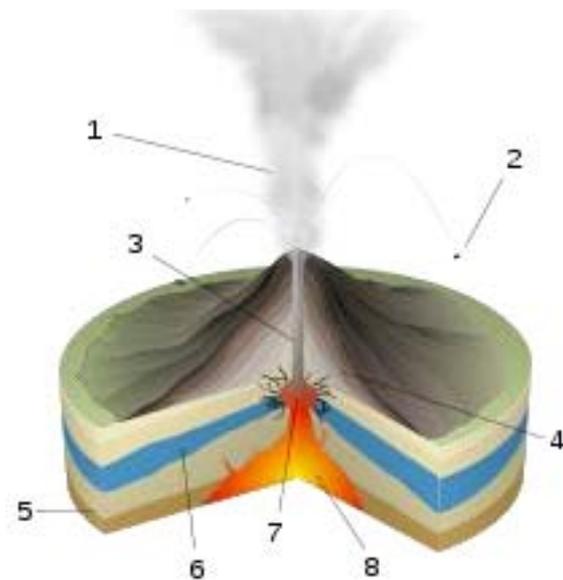
中間スラブ(コンクリート製)侵食から圧力抑制 プールへの溶融デブリ落下



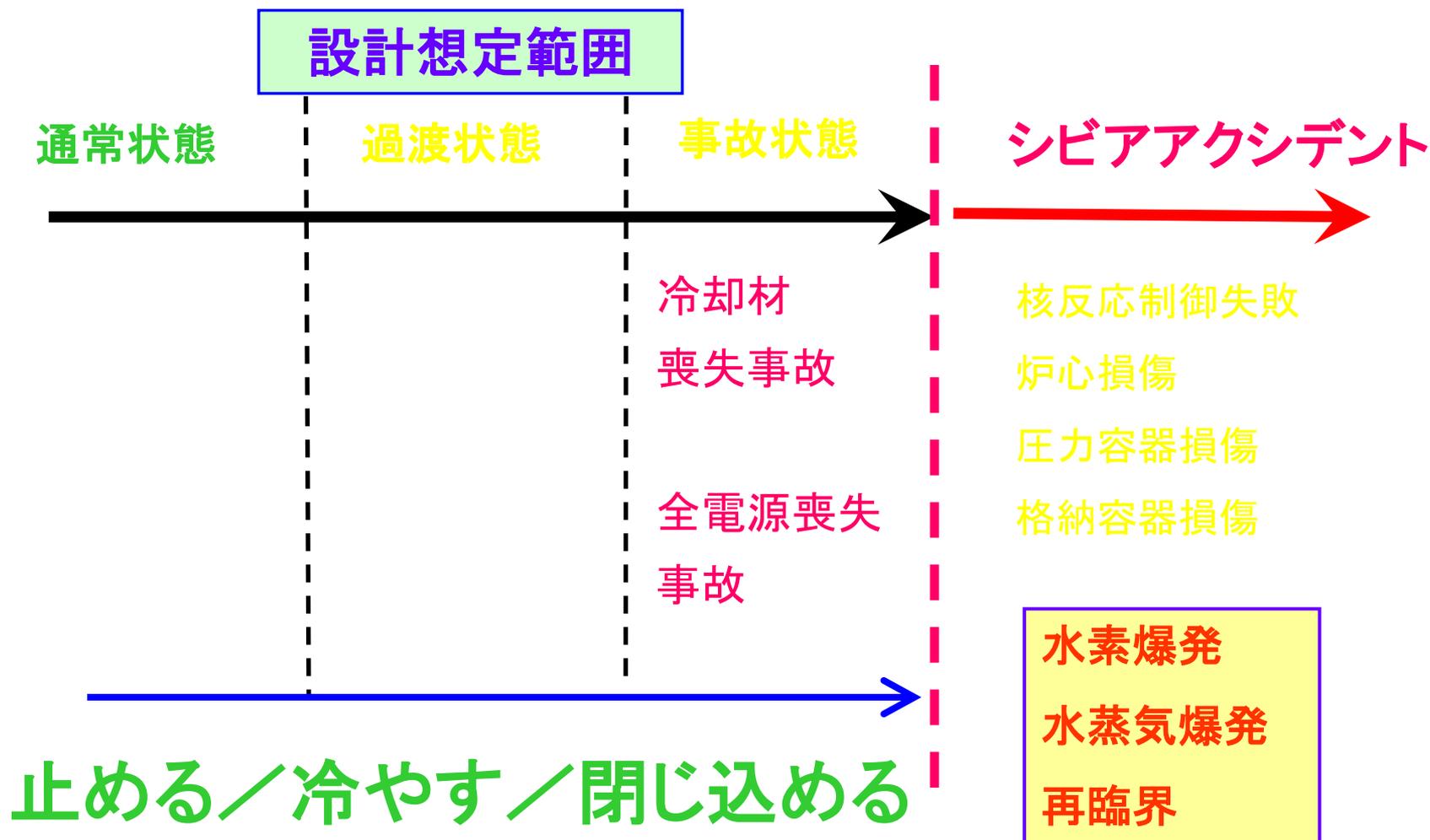
水蒸気爆発 の発生



水蒸気爆発



過酷事故(シビアアクシデント)



BWRは格納容器が小さい

格納容器の仕様比較

格納容器形式		MARK-I型			MARK-II型		ABWR型
		オリジナル (GE)		改良型	オリジナル(GE)	改良型	RCCV
原子炉型式		BWE-3	BWR-4	BWE-5	BWR-5	BWR-5	ABWR
空間部容積 (m ³)	ドライウエル	3410	4240	8800	5700	8700	7400
	ウェットウエル	2620	3160	5300	4100	5700	6000
	全空間	6030	7400	14100	9800	14400	13400
最高使用圧力 (kg /cm ²)		4.35	4.35	4.35	3.16	3.16	3.16
W/W 水量 (m ³)		1750	2980	3800	3400	4000	3600
熱出力 (MWt)		1380	2387	3293	3293	3293	3926
空間部全容積/熱出力 (m ³ /MWt)		4.37	3.11	4.28	2.98	4.37	3.41
W/W 水量/熱出力 (m ³ /MWt)		1.27	1.25	1.15	1.03	1.21	0.92

右回転の1本の
“らせん”

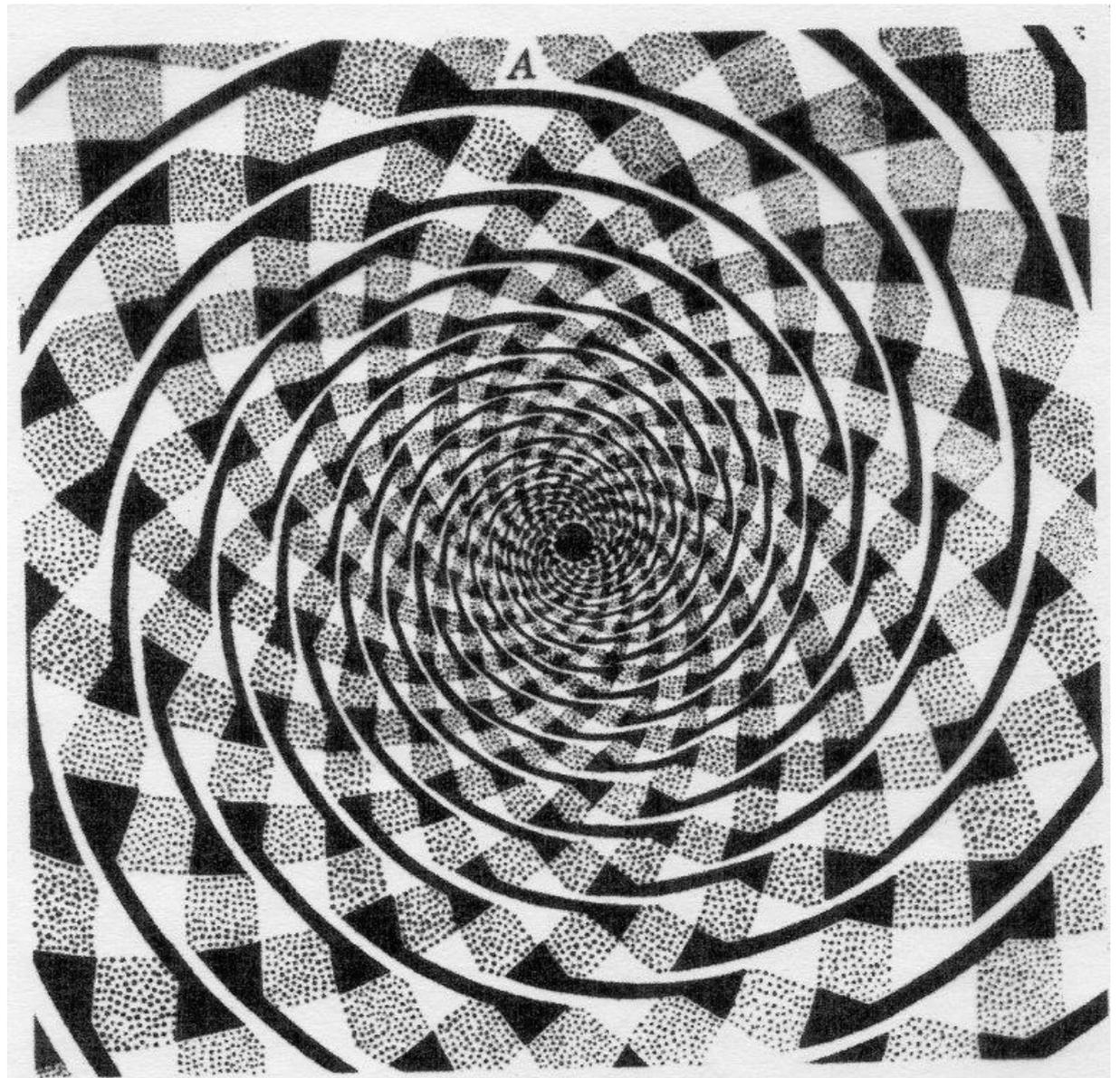
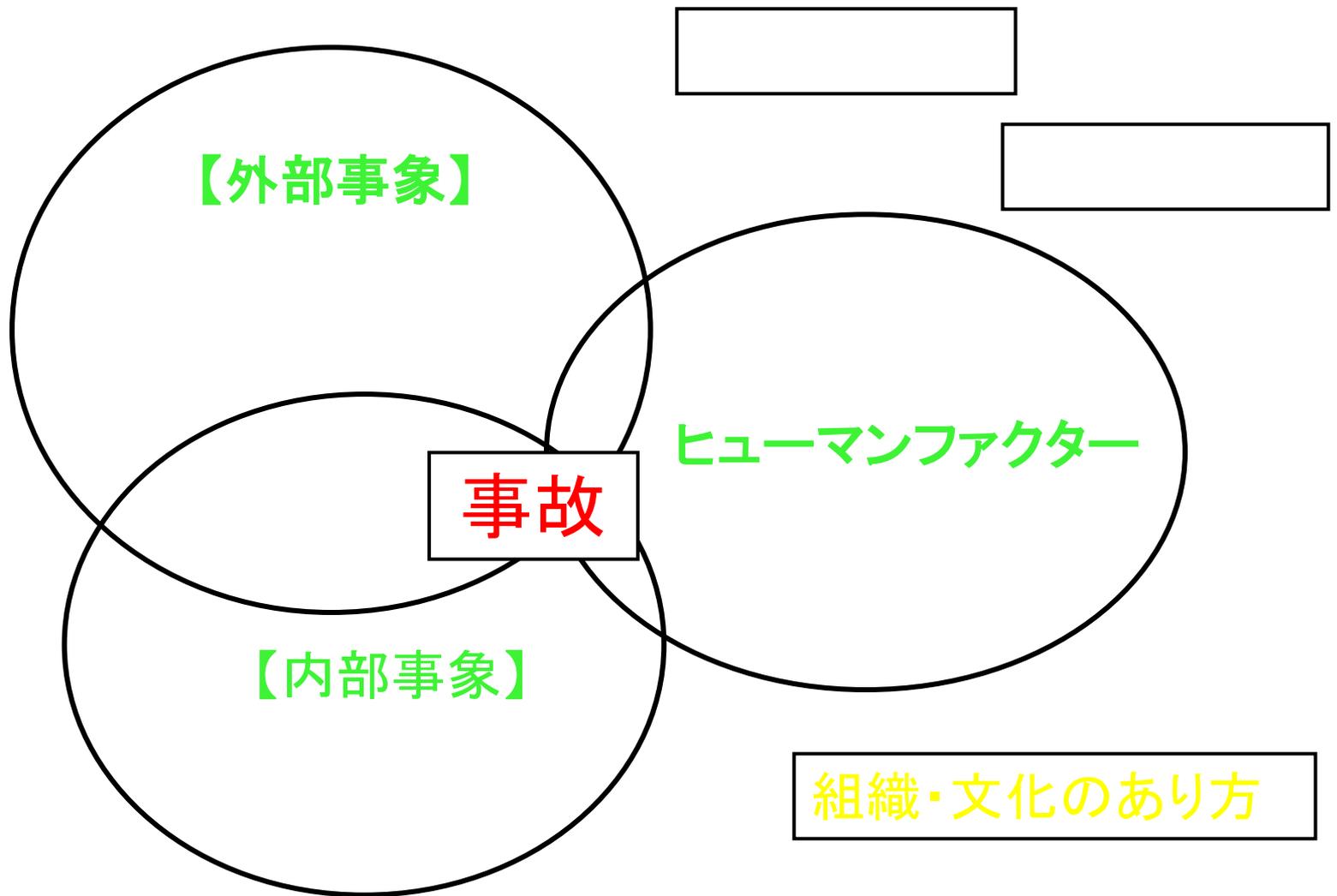


図1 フレーザーの錯視 [J. Fraser, British Journal of Psychology, 1908, 2, 307. Fig. 2]



【外部事象】

ヒューマンファクター

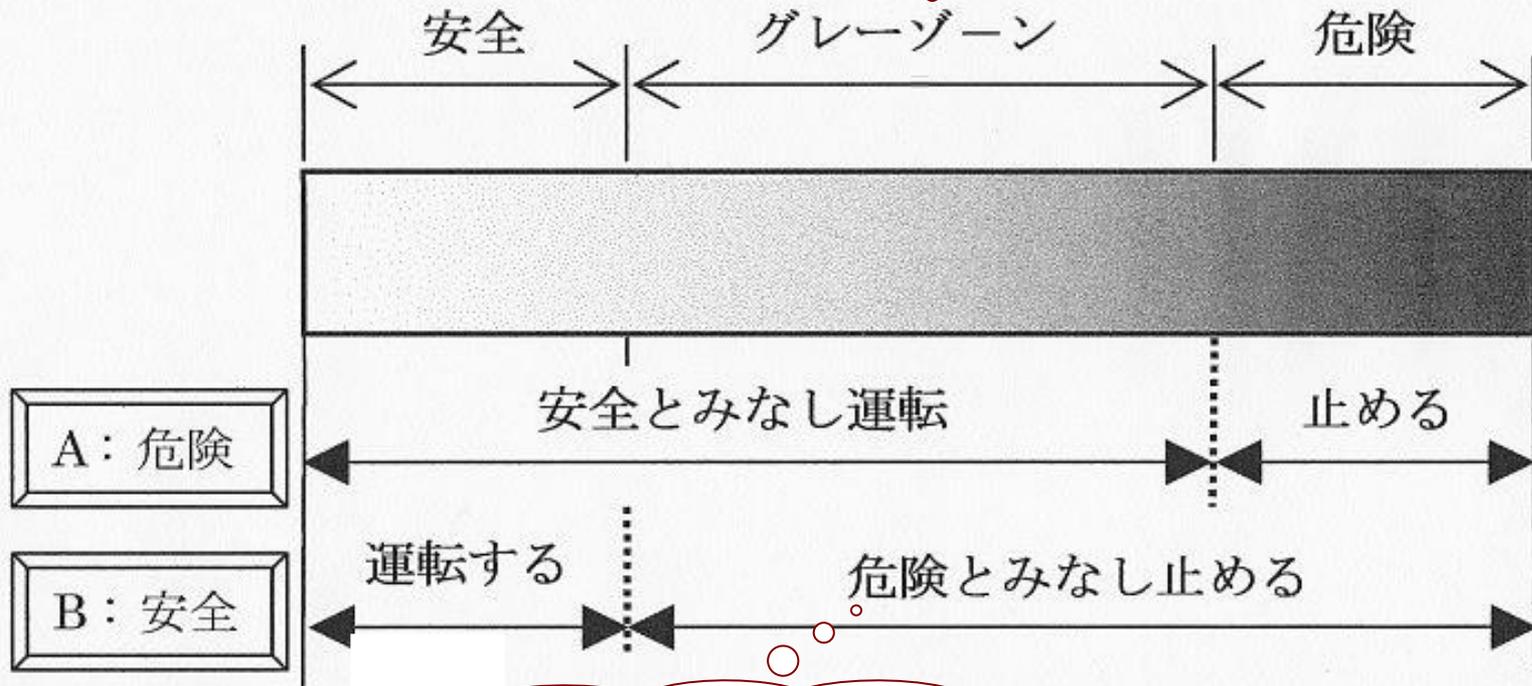
事故

【内部事象】

組織・文化のあり方

活断層の特定や汚染の程度
の特定、機械の再起動など

『危険を見つければ止める』
では安全は確保できない！
【危険検出型】



『安全を確認できたら運転』
【安全確認型】

原子力はなぜ危険か

—工学的には出力が材料の強度に対して「無限大」になる！—

出力

原子力

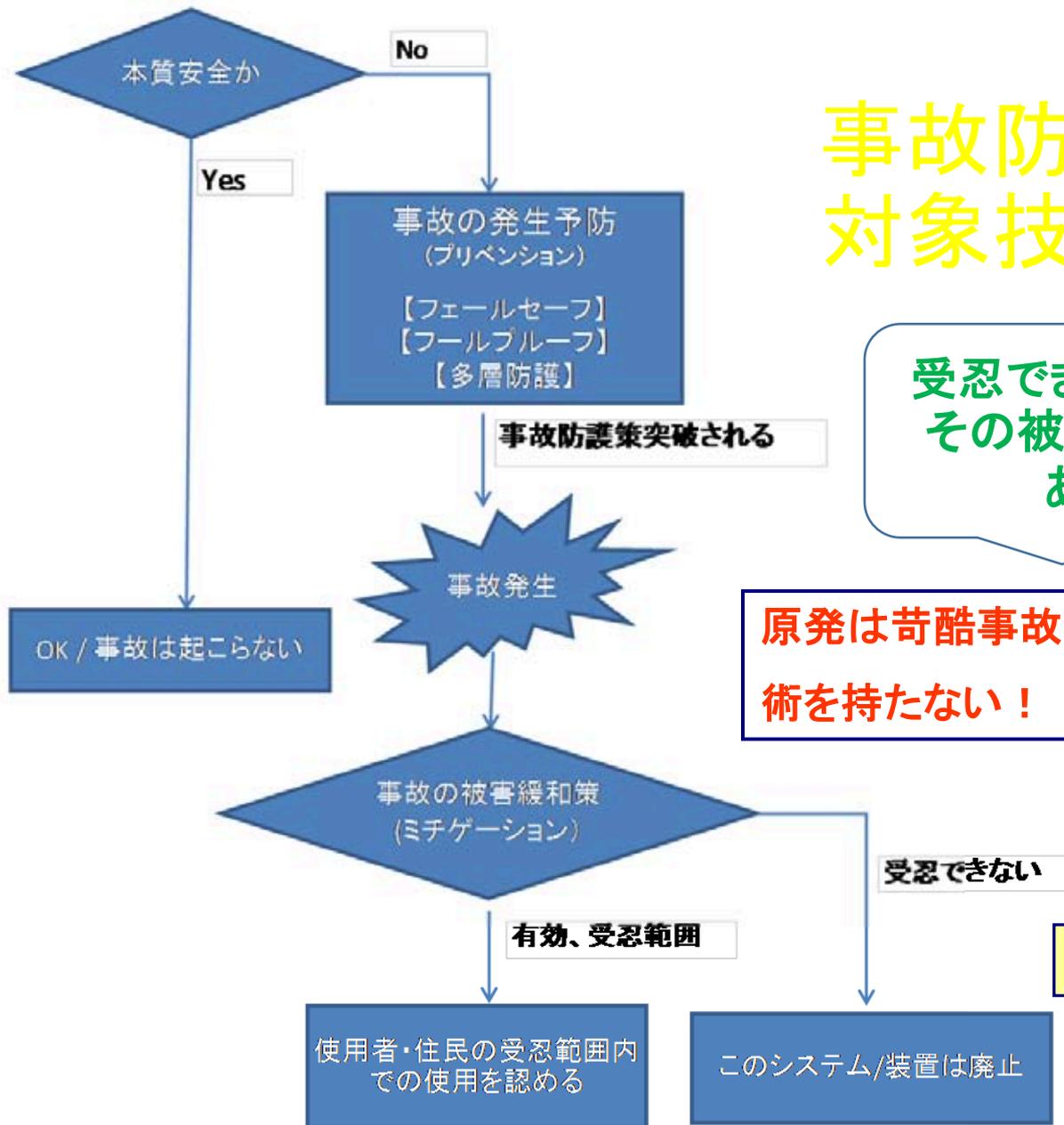
多重防護が突破されると
制御不能！

安全装置作動(多重防護)

他のエネルギーシステム

時間

事故防止の考え方と 対象技術の受忍



受忍できるかどうかの判断は
その被害を受ける可能性が
ある者がする！

原発は苛酷事故を確実に回避する
術を持たない！

原発は受忍できない？

航空機の衝突はあり得るか

◆事故

航空機事故は、制御不能

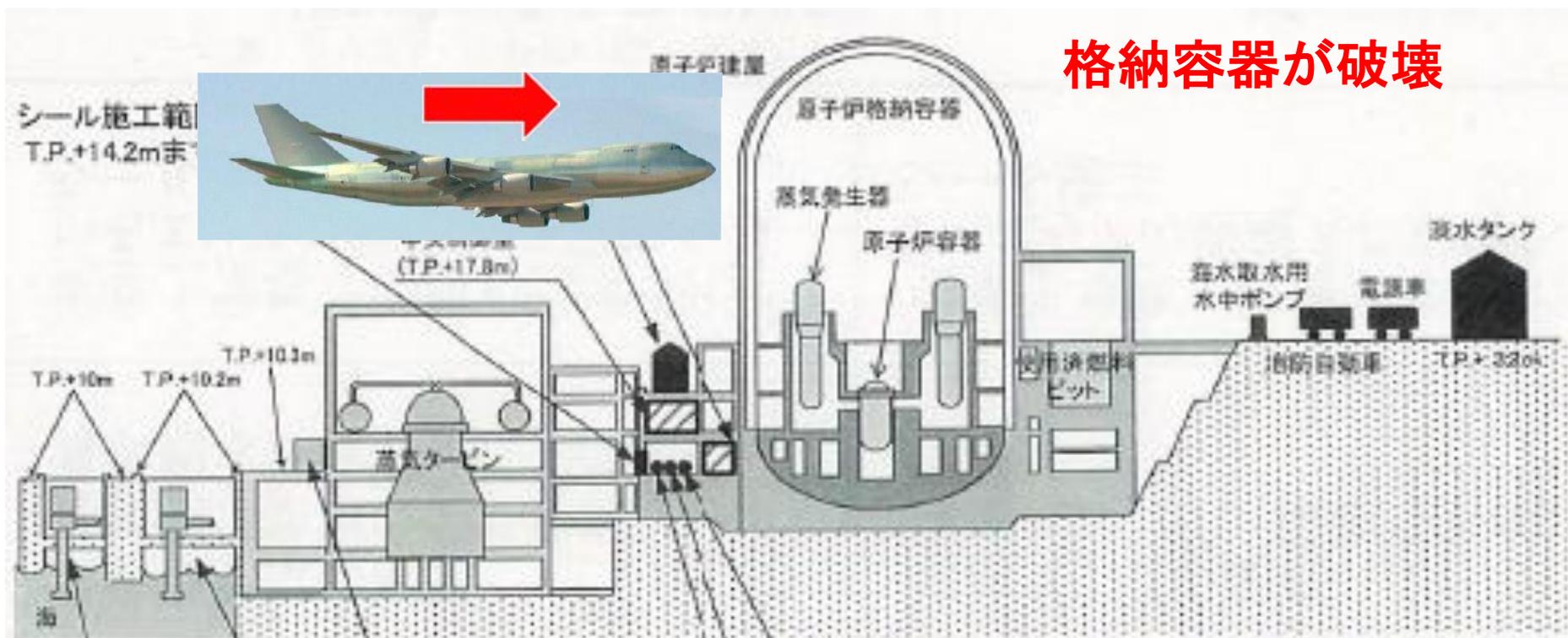
◆テロ

9・11米国同時多発テロ 等

⇒『航空路が離れているから、航空機が衝突する確率は小さい』として、無視することは許されない！

これも『想定外』と言うか？

原発に航空機が衝突すると？



PWRプラントでは航空機が墜落すると、格納容器が破壊し、さらに内部で火災が起きる可能性がある。

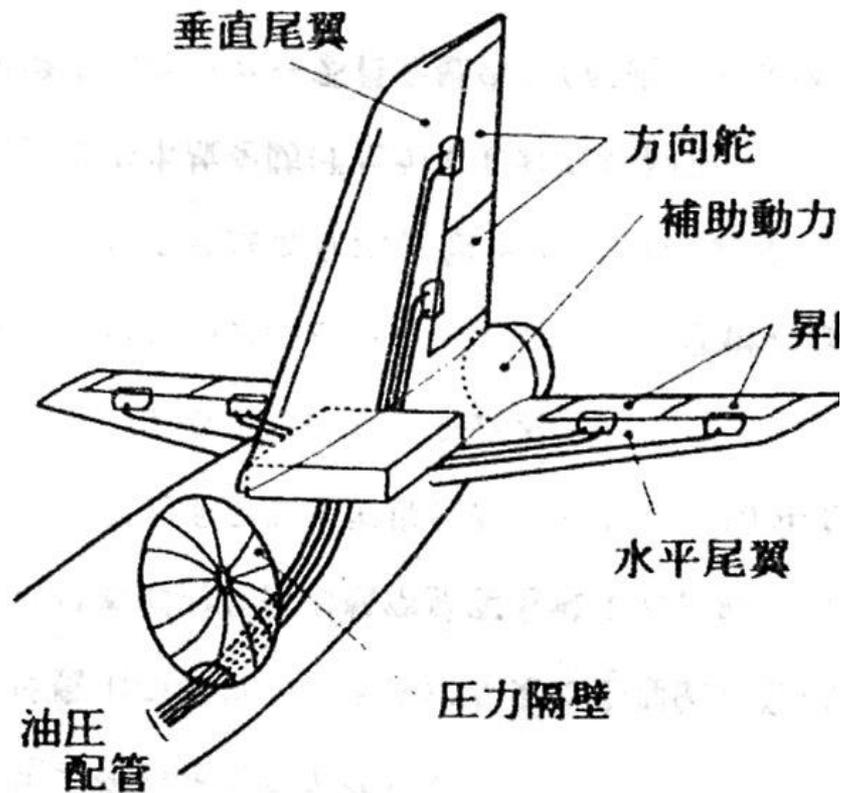
事例一②

ジャンボ機が建物に激突



1992年オランダのアムステルダムスキポール空港を離陸したジャンボジェット機が、11階建て高層アパートに墜落。離陸上昇中に、疲労によるエンジン脱落で制御不能に。

油圧配管の損傷と飛行経路



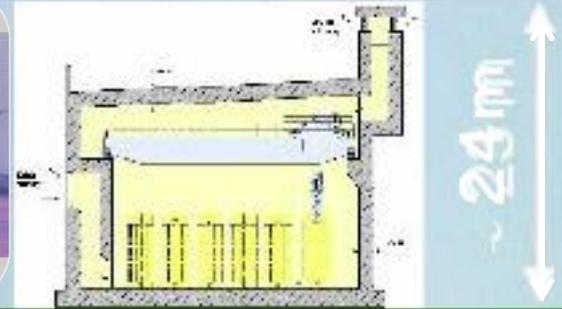
圧力隔壁と操縦用油圧配管



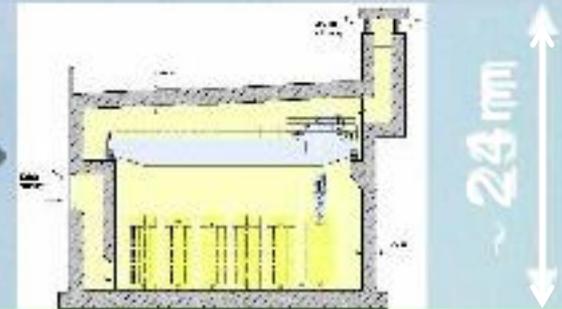
JAL123便飛行経路

六ヶ所再処理工場建屋への航空機落下

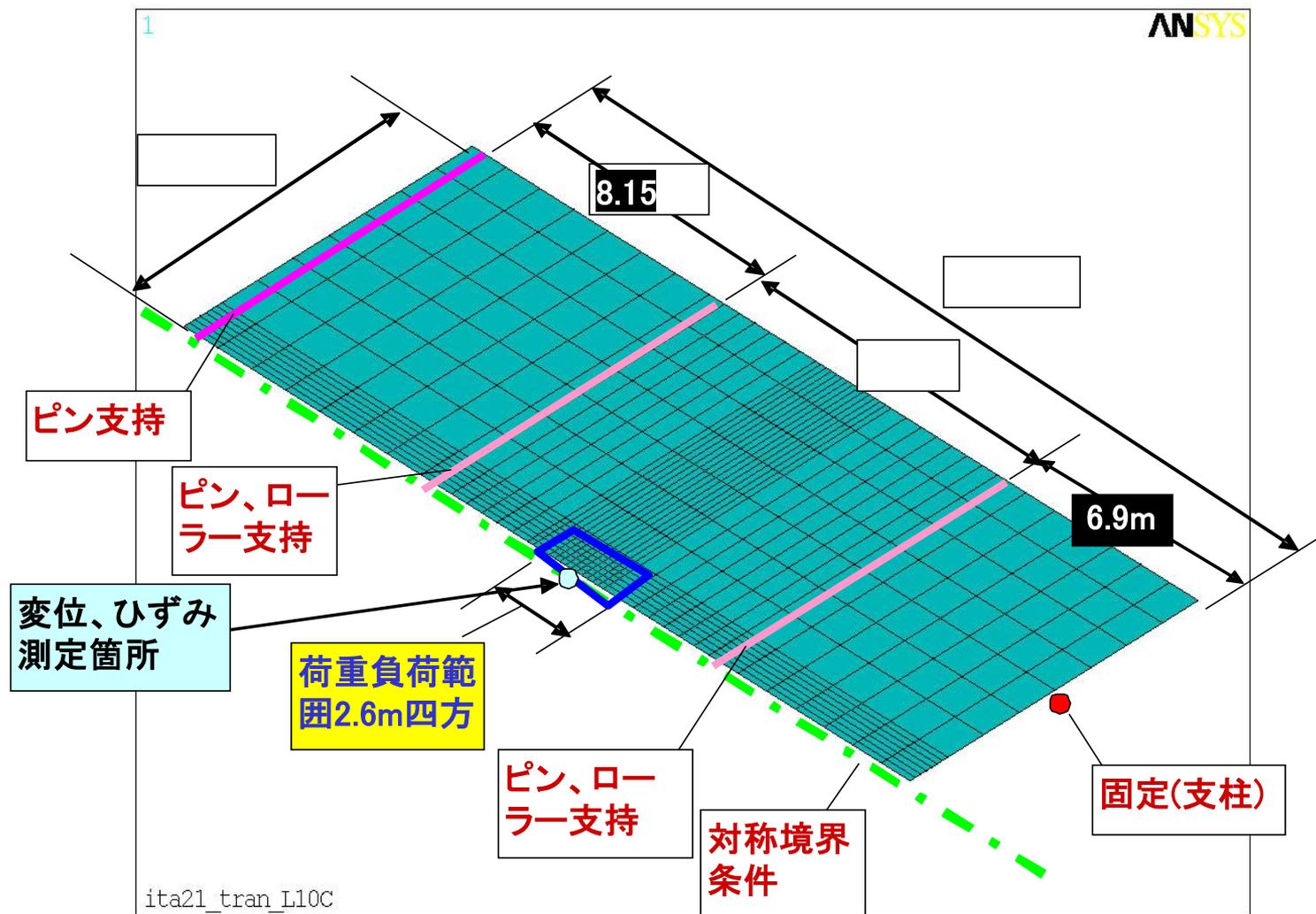
戦闘機の衝突



大型機の衝突

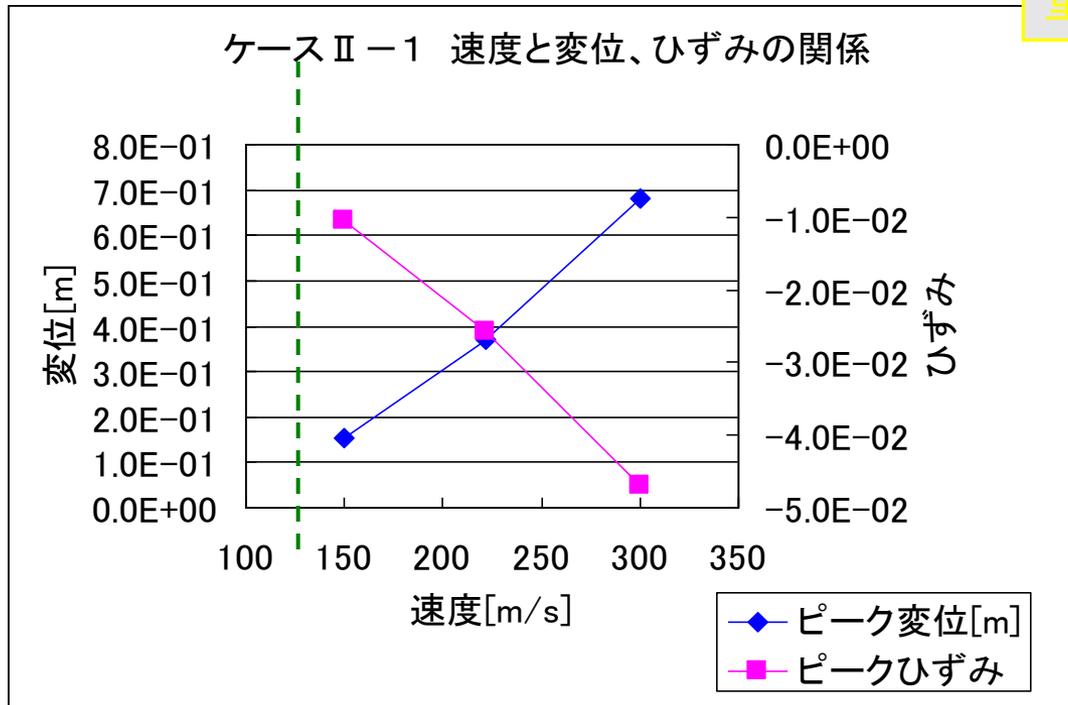


解析モデル(戦闘機用モデル)



【ケースⅡ-1】 大型機 の速度変化

重量325トン



多重防護・多層防護の限界

◆安全装置を複数用意し、事故の発生あるいは事故の拡大を防ぐ

⇒多重故障、共通要因故障、人為ミスにより事故発生・拡大の封じ込めに失敗することがある。

⇒これらは、設計上、想定が困難！

⇒多重防護、多層防護は、事故の発生確率を減らせるが、事故を無くすことはできない！

⇒“大規模な許されない事故”には無理

確率論的リスク評価の問題

◆ベストエスティメイトを用いている

⇒各パラメータの中央値を用いて評価する
それぞれのパラメータのばらつきの裾野
の部分は評価できない！

⇒もっとも可能性が高い現象を代表的に評
価することになる？

◆リスクは事故の被害の程度と発生確率で 評価することにしてきたが、発生確率では なく、事故の被害規模で評価することが肝要

ロシアンルーレットはやめよう！

確実に大規模事故を防ぐ手立てのない原発は、集団で博打をやっていることになる！

原発はなぜ再稼働すべきでないか

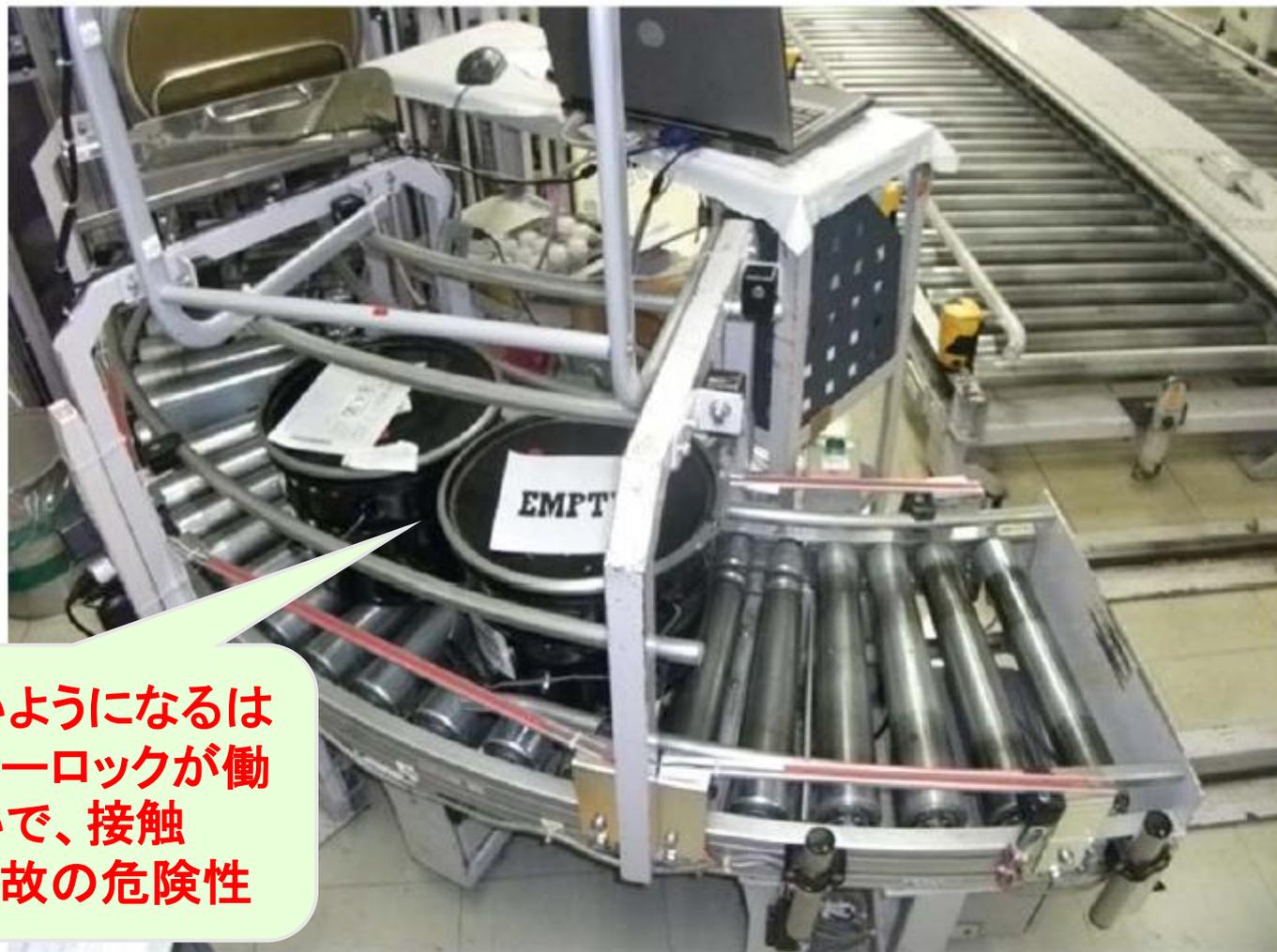
原発新規規制基準の問題点

- ◆設計基準と過酷事故(重大事故)のダブルスタンダード
- ◆福島事故の原因とプロセスが明確になっていない。
- ◆地震・津波の設計条件が定められない
- ◆TMI島原発事故も福島事故も冷却材が失われ(LOCA)、メルトダウンから格納容器防護ができなかった。LOCAを設計条件とすることで問題ないか？
- ◆過酷事故対策は、有効性・信頼性に欠ける
- ◆多重防護、多層防護では、事故の確率は減るが、過酷事故を防げない。
- ◆福島の汚染水問題の対応を見ると、過酷事故対策などいかに無力であるかが分かる。

原発輸出は何が問題か

- ◆福島原発事故を起こした原発は、GEが開発し、東芝(日立)がつくった欠陥原発
 - ただし、他の原発も類似の欠陥をもってる
- ◆福島事故は“想定外”ではない
- ◆事故原因が解明しきれていない
- ◆先進国以外への輸出は、“計画、設計、建設
運転“まですべて日本が責任を負う可能性
- ◆文化の違いがある⇒“原発という管理”になじむか？
- ◆契約上、有限責任としても事故が起きれば無限責任を負わざるを得ない
 - ⇒契約時に最悪事故の被害を説明しないので、契約は無効

臨界事故発生？（2013年6月3日）



接触しないようになるはずのインターロックが働かないで、接触
⇒ 臨界事故の危険性

事象発生時の粉末缶の配置状態（模擬再現状況）

GNF-J核燃料工場トラブル報告

- ◆横須賀にある核燃料工場
- ◆6月13日ウラン粉末を容器に移し替えるベルトコンベアー上で、『核的制限』のインターロックが作動せず2つのウラン粉末の入った容器が接触
- ◆この時にはたまたま、実際に臨界に達しなかったが、量によっては東海村JCO臨界事故のような事故になりかねなかった
- ◆致命的な事故を防ぐインターロックが働かないのは、明らかな設計上の問題！

原子力施設の設計思想を問う！

- ◆このような、全く安全装置として機能しない機械が原子力施設にはあると考えざるを得ない
- ◆GNF-Jは氷山の一角と見るべき
- ◆原子力規制庁の安全性に関する基準はないに等しい！！
- ◆めったに起こらないと思われることでも、理屈上起こりうる事故シナリオがあるなら、それを徹底的に防ぐインターロックやフェールセーフ化をすることを義務づけなければ事故は再発する
- ◆ここでも、原発同様『確率が小さければ無視する』ことがいかに危険かが分かる

特定秘密保護法と原発

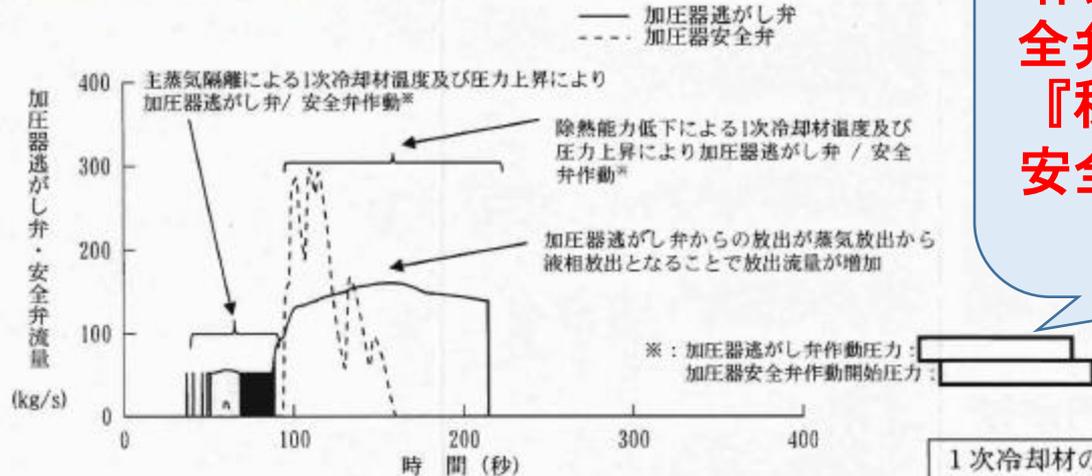
◆原子炉格納容器に航空機が衝突

もし、航空機の衝突で格納容器が壊れないか確かめるために構造の詳細データを、調べようとする…

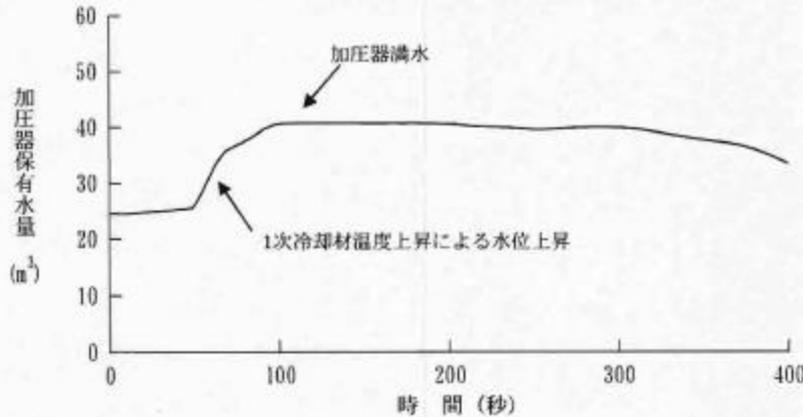
⇒政府答弁では「原発の事故と安全性の問題は、特定秘密に当たらない！」

⇒しかし、「航空機落下は事故だけではなく航空機による自爆攻撃の可能性もあるから、特定秘密に該当！」とならないか？

3. 有効性評価の結果(3)



第6図 加圧器逃がし弁・安全弁流量の推移



第7図 加圧器保有水量の推移

なぜ、「加圧器逃がし弁作動圧力」や加圧器安全弁の作動開始圧力が『秘密』事項なのか？
安全性確認上重要な値である！！

1次冷却材の放出量は約30[t]となり、加圧器逃がしタンクのラプチャディスクが破損することで格納容器内に1次冷却材が放出されるが、1次冷却材の放出量はわずかであり、格納容器スプレイ系の作動にも期待できることから格納容器の健全性は問題とならない。

極めて危険な秘密保護法

「最高指導者はバカだ」

と話した人が逮捕され、

「これは侮辱罪か」と尋ねると

「国家最高機密を漏らした罪だ」

と告げられた！

(山田洋次監督が旧ソ連圏のジョークとして)

12月3日東京新聞夕刊より

ご静聴ありがとうございました

『新たな安全神話』を

許してはいけません！

“規制基準”の適用性審査は
原発の安全性を保障し得ない！