

JBIC・NEXIコンサルテーション会合

2016年12月21日

原子力発電施設の輸出と その基礎的条件

NPO法人APAST理事長
元安全保障貿易情報センターアドバイザー
元ストレステスト意見聴取会委員
元原子力プラント設計技師

博士(工学) 後藤 政志

目的

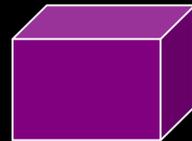
【原子力発電施設の輸出に係る前提条件】

1. 輸出と国際レジュームおよび外為法
2. 原子力供給国会合 (NSG) と規制の対象
3. 福島事故からみた原子力安全の実情
4. 原子力輸出に関する安全性確保

【輸出管理とは何か】

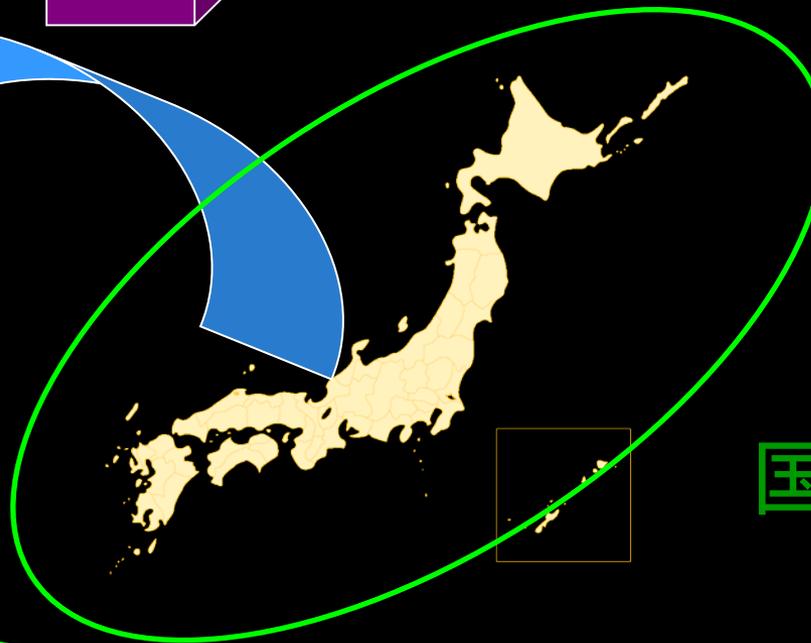
貨物の輸出

- * リスト規制貨物
- * キャッチオール貨物



特定の貨物*

X国



国境

リスト規制該当あるいはキャッチオール該当の輸出は、経済産業省の輸出許可がいる。NSG該当だと、外交手続きで相手先の了解が必要。

輸出管理とは何か

技術の提供

CD・USB媒体*



紙の媒体*



国境

非居住者



居住者/非居住者

通信回線

X国

非居住者

Y国

非居住者

* リスト規制技術

* キャッチオール技術

国際レジーム

		大量破壊兵器			通常兵器
		核兵器	生物・化学兵器		ミサイル
兵器等		NPT 核不拡散条約	BWC 生物兵器 禁止条約	CWC 化学兵器 禁止条約	MTCR ミサイル関連 機材・技術輸 出規制
汎 用 品	開発等 に用い られる 蓋然性 の高い もの	NSG 原子力供給国 会合 ロンドンガイドラ イン、ザンガー委員 会	AG オーストラリア・ グループ		
	その他 のもの				

核兵器および原子力施設を規定

NPT: Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons
 NSG: Nuclear Suppliers Group BWC: the Biological Weapons Convention
 CWC: the Chemical Weapons Convention MTCR: Missile Technology Control Regime
 WA: The Wassenaar Arrangement on Export Controls for Conventional Arms and Dual-Use Goods and Technologies
 ココム: COCOM (Coordinating Committee For Multilateral Export Controls 対共産圏輸出統制委員会)

規制の対象（輸出令別表第1、外為令別表）

項	輸出許可品目		品目の例	
1	リ ス ト 規 制 品 目	武器	銃砲、火薬、軍用車両	
2		大量破壊兵器関連	原子力	核燃料、原子炉、周波数変換器、真空ポンプ、直流電源
3			化学兵器	軍用化学製剤原料
3の2			生物兵器	軍用細菌製剤原料
4			ミサイル	ロケット、ノズル、加速度計
5		通常兵器関連	先端材料	3D非破壊検査装置、超電導材料、繊維成型品、セラミック
6			材料加工	軸受、NC工作機、
7			エレクトロニクス	集積回路、超電導装置、半導体製造装置
8			コンピュータ	電子計算機（フォールトトレラント機能に注意）
9			通信関連	電子式交換装置、光ケーブル、暗号装置
10			センサー・レーザー	レーザー発振器、レーダー
11			航法関連	加速度計、ジャイロスコープ
12			海洋関連	潜水艇、水中カメラ、水中ロボット
13		NSGを基に、外為法で核の民生技術（デュアルユース）を規定		
14		原子力発電施設の核反応に係る部分を規制 ⇒ 技術の安全性と異なる。		
15		機械品目	電板及び材料、電子計算機	
16	キャッチ・オール規制品目		1～15項に該当しない全品目 (食料品、木材等を除く。関税定率法別表を利用)	

原子力発電施設の輸出にあたって配慮すべき事項

◆原発の安全性 ……原子力技術特有の難しさ

少なくとも大規模な(取り返しのつかない)事故を起こさない

⇒どのようにしたら可能か？日本の現状は？

◆輸出特有の事項

* 事故の責任は『事業者』は可能か？メーカーの責任は？

* 品質保証上のリスク…台湾第四原発の建設事例

* 輸入国の原子力技術や一般産業技術の水準

* カルチャーの違い…インド「ボパール・毒ガス流出事故」

⇒安全確保が困難な場合がある。そうした技術は輸出不可

* 事故の時に、緊急輸出・技術支援体制が不可欠

『安全配慮等確認』の範囲は明確か

第二条の定義

- 2 本要綱において、「原子力施設主要資機材」とは、原子力施設において使用される主要な資材又は機械設備であって、当該施設周辺の環境に負の影響を生じさせるおそれのある物をいう。

◆『原子力施設主要資機材』の定義はあいまい。

- 3 本要綱において、「安全配慮等確認」とは、原子力施設主要資機材の輸出若しくはこれに関連する技術若しくは役務の提供又は原子力施設の設置、運営若しくは廃止に係る事業の実施について、公的信用付与実施機関が公的信用を付与する前に、当該公的信用付与実施機関からの求めに応じて、国が次の一、二又は三について適切に行われているか否かに係る事実関係を確認し、その情報提供を行うことをいう。

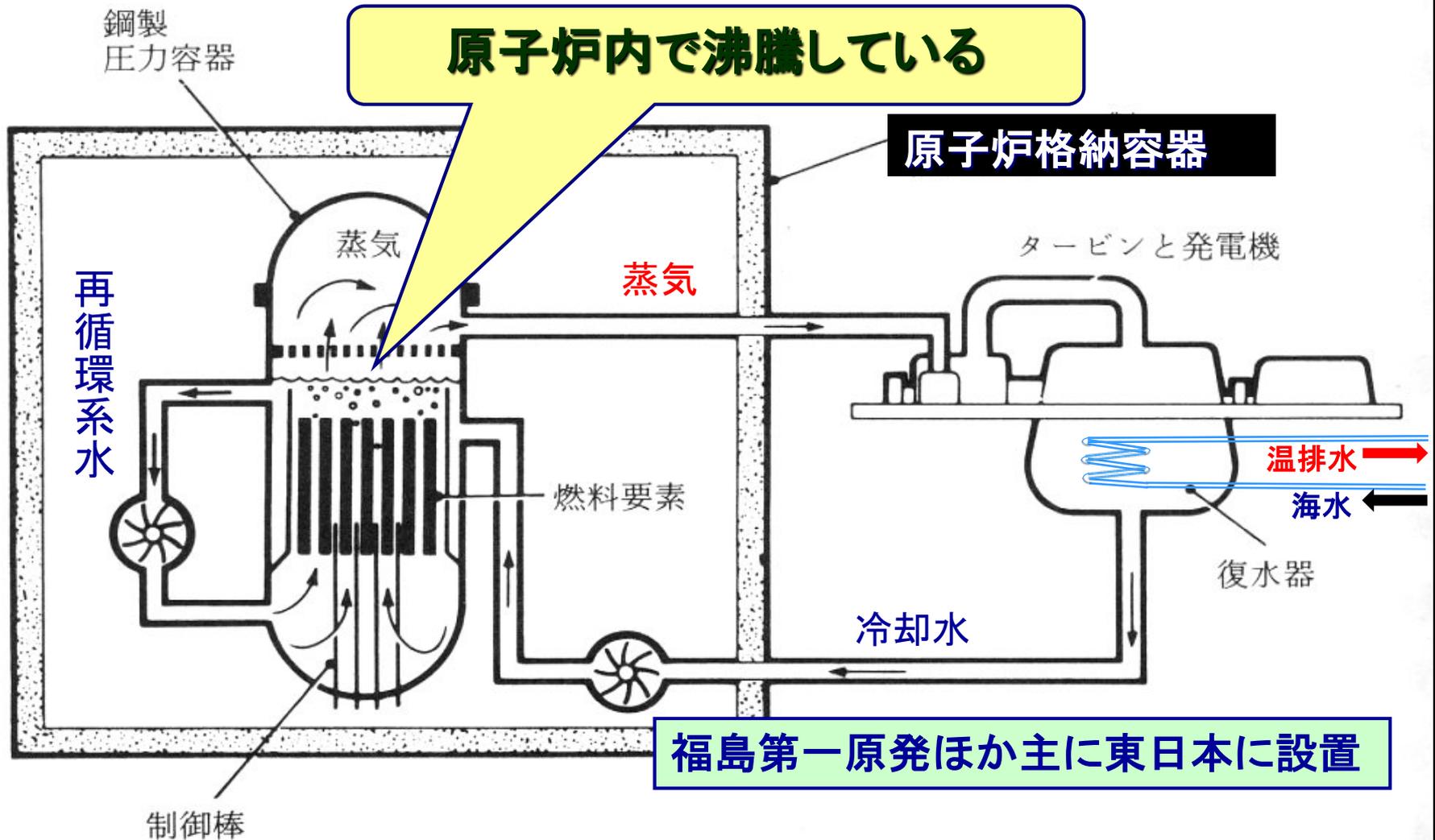
◆『安全配慮等確認』の定義もあいまい。

◆原子力発電施設において安全性に係る規制は広くとる必要

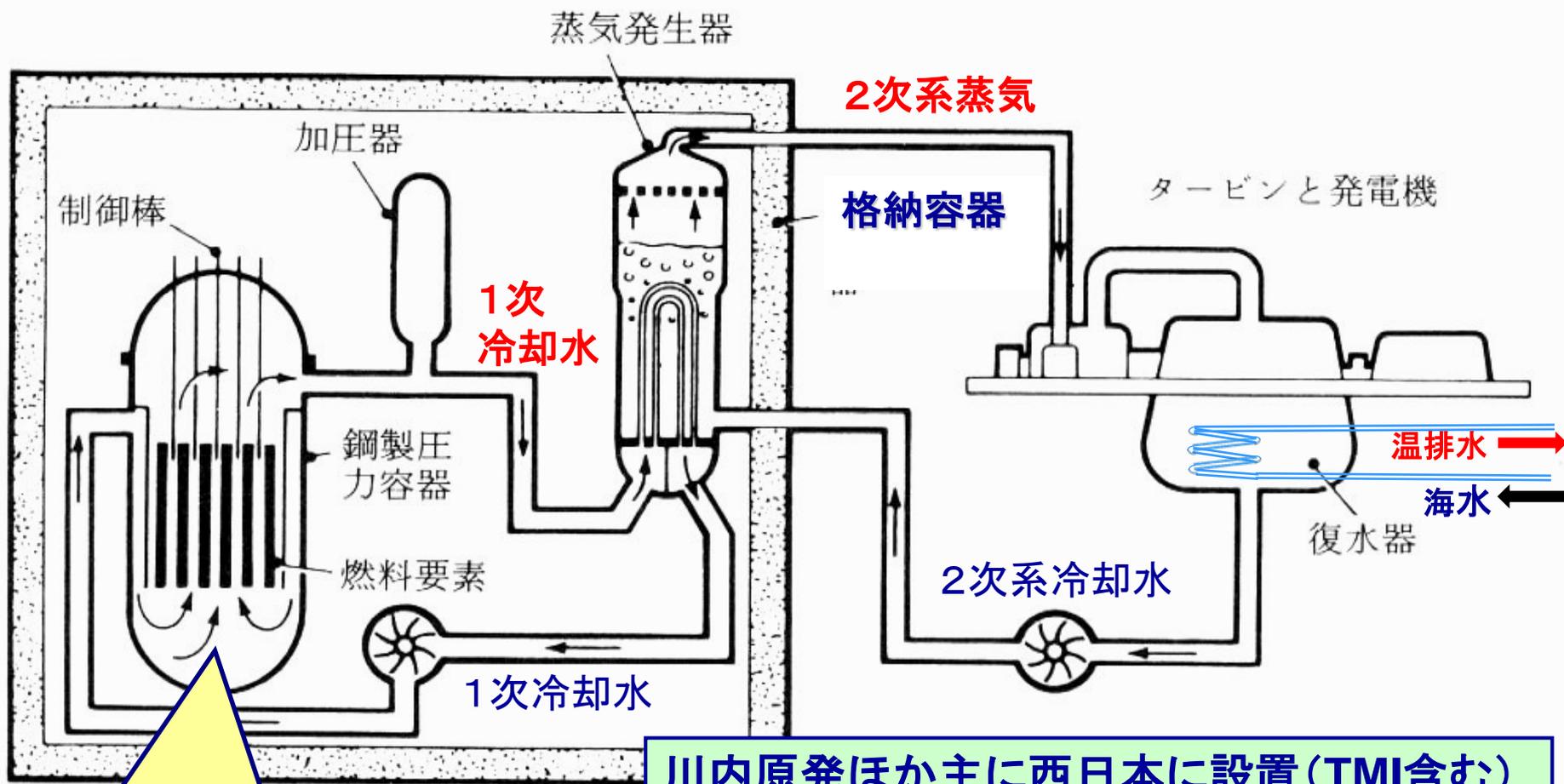
『安全配慮等確認』の内容は有効か

- ◆技術的な安全性の確認になっていない
- ◆アンケート式で中身がない
- ◆判断内容はすべてIAEA等に依存。主体的な判断が全くない。
⇒ “これで安全を確保できるわけではない。”
- ◆従来、原子力安全・保安院が不十分ながらも確認していたが、現在は原子力規制委員会が確認を拒否（所掌外？）。
これでは、全く審査されないし、万一事故があった時には、（国あるいは関係組織は）本来実施すべき“安全確認”の不作为を当然問われる。
⇒原子力施設の輸出の『安全配慮』はないに等しい。

BWR(沸騰水型)プラント概念図



PWR(加圧水型)プラント概念図



川内原発ほか主に西日本に設置(TMI含む)

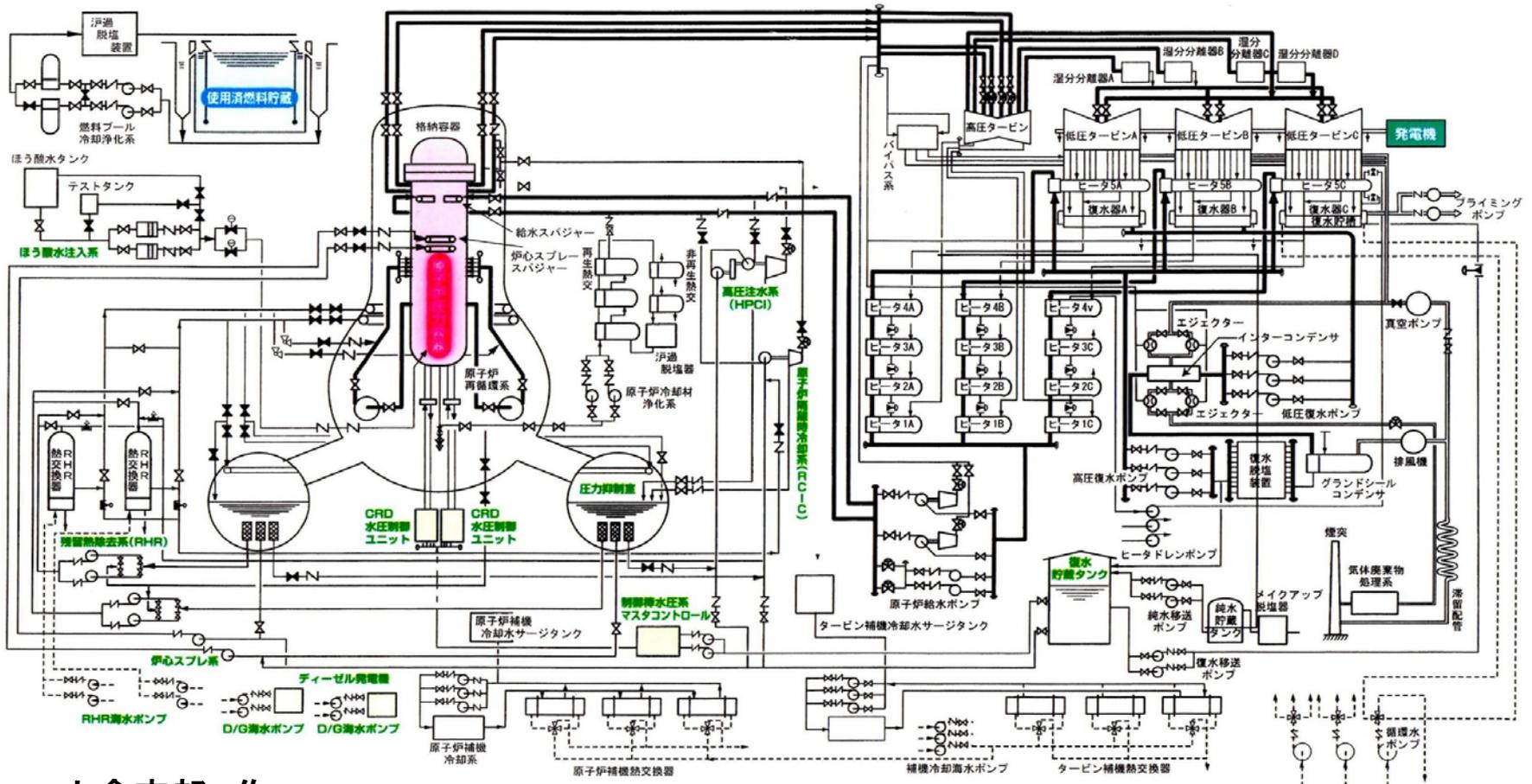
1次冷却水を加圧して沸騰させない!

『原子炉技術の発展』(上)W.マーシャル著 に加筆

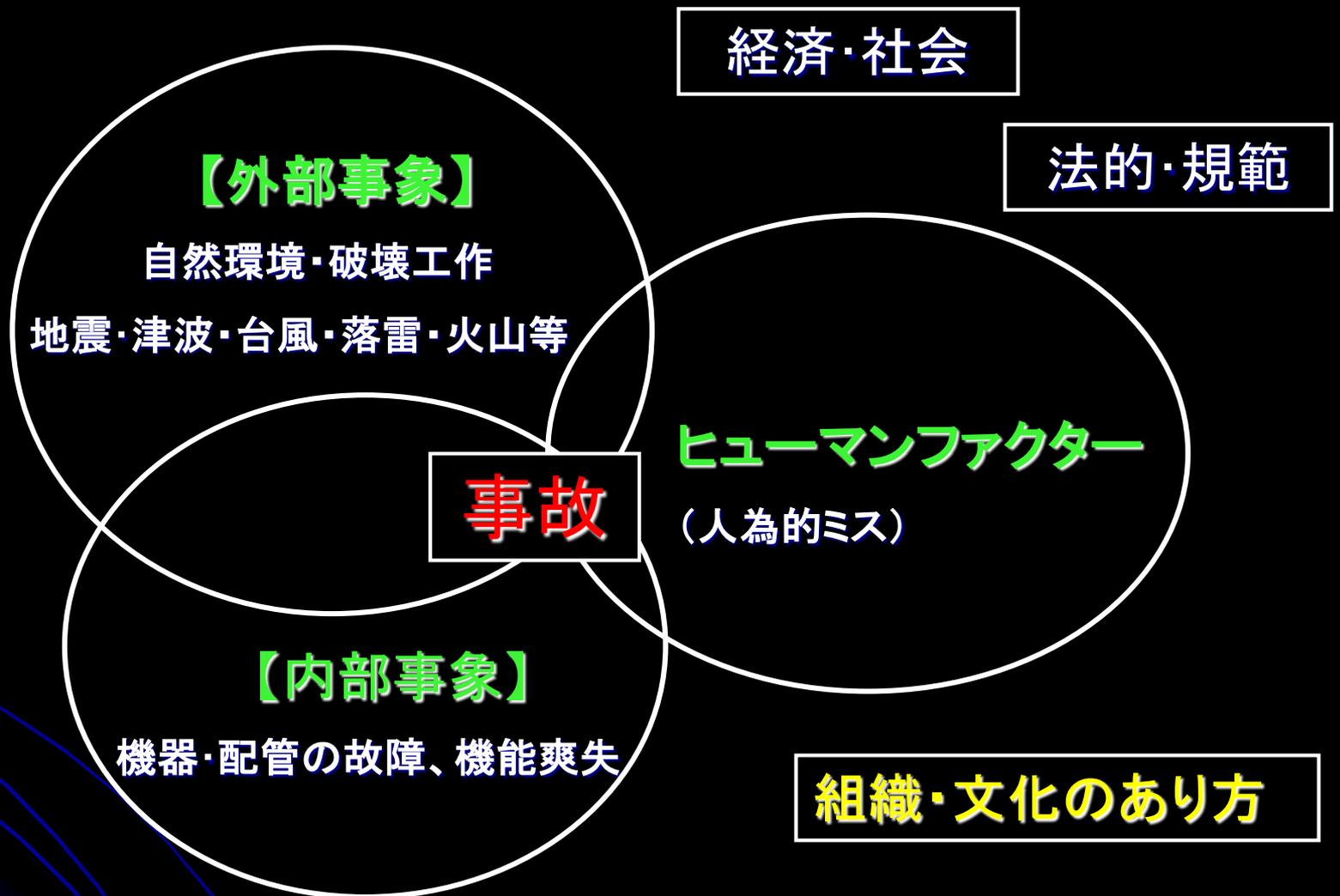
BWR概略フローシート

(「流体工学」誌1973年10月号より)

非常に複雑システム



小倉志郎 作



事故は、地震等・機器等の故障・人為的ミスが重なって起きる

各要因が的確に把握できれば事故など起こらないはず。現実にはすべては予測不可。

2007年柏崎刈羽原発で想定の4倍近い揺れ

◆基準地震動Ss 450ガル だった。

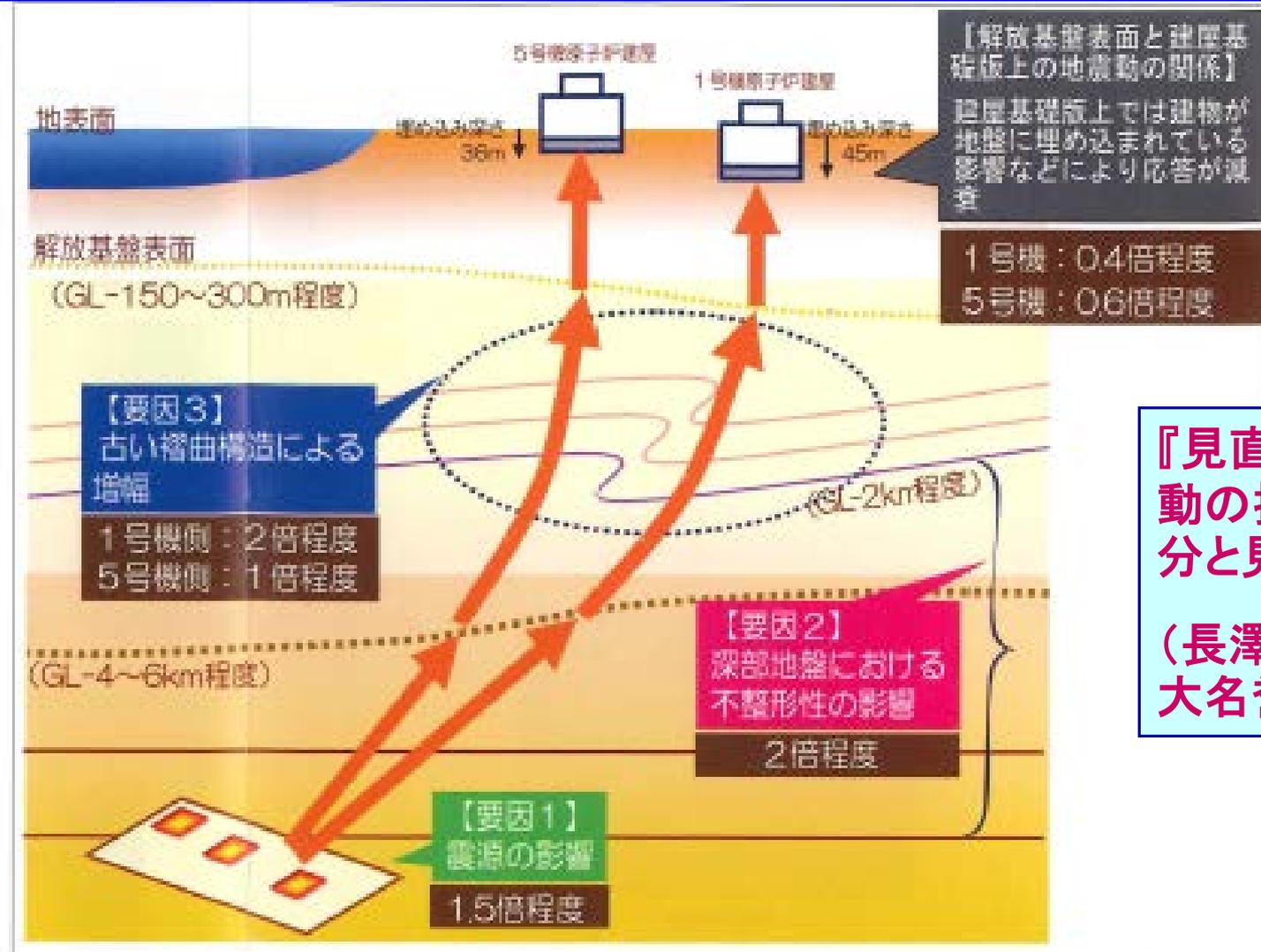
◆2007年中越沖地震 1号機 1699ガルを記録

◆2008年 基準地震動 Ss見直し

『しかし、これでも過小評価の可能性が高い。F-B断層 (34km)でマグニチュード7.0を想定しSsをとれているが、佐渡海盆東縁断層を考えると安全側に立って、マグニチュード7.5程度の地震を考慮すべきだ。』(石橋克彦著『原発震災』)

◆地盤の破壊による地震動が伝播していく複雑な現象
⇒まさつ、ひずみの蓄積、ズレの大きさ、発生する振動の周期と次々と起こる地震波の重なり、屈折、反射等、様々な振動現象を生じるため地震は極めて多様性が大きい現象である。予測が困難。

現在の地震学では、基準地震動を安全側に設定できない

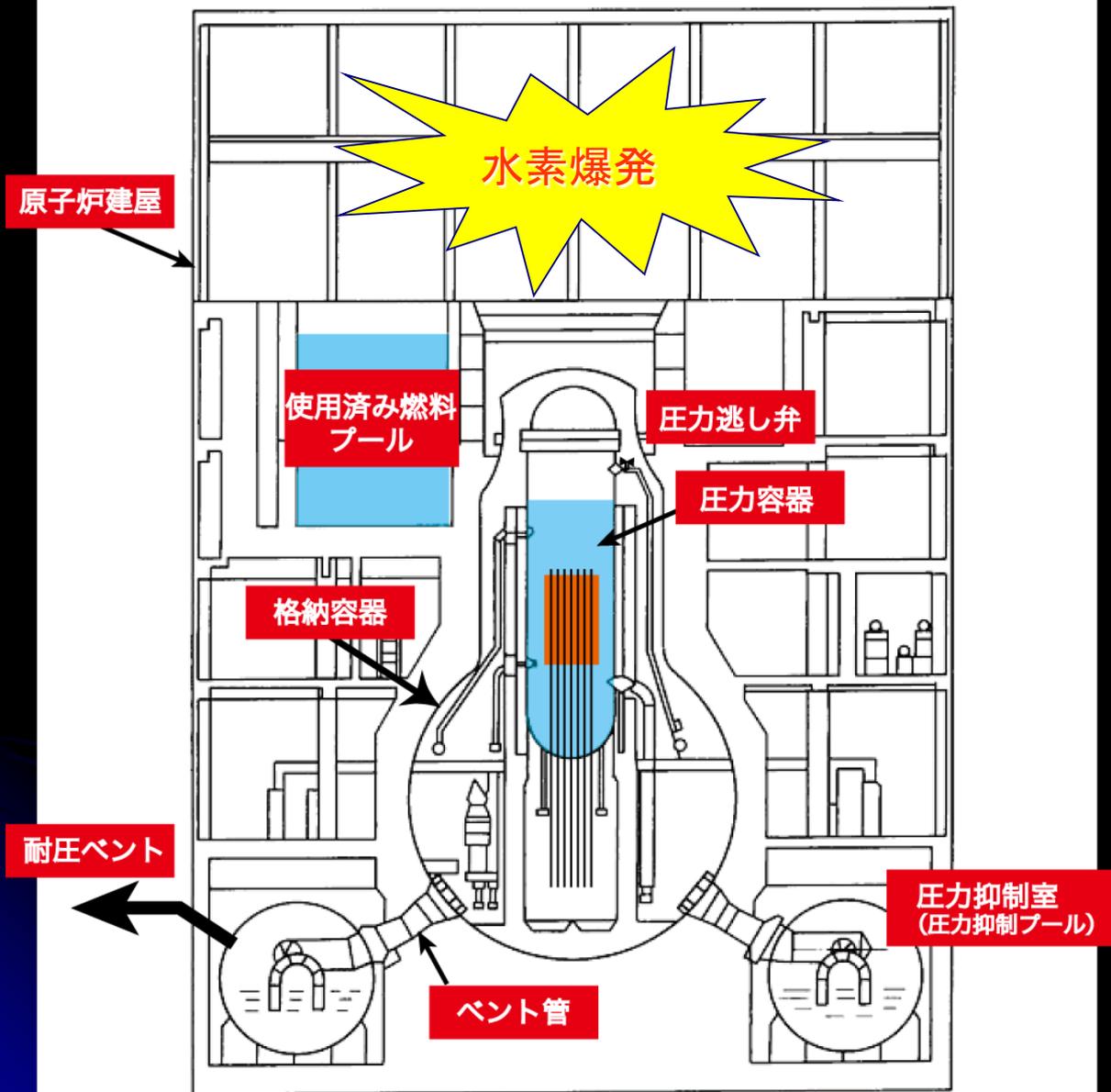


『見直し後も、地震動の推定は倍半分と見るべき』

(長澤啓行大阪府大名誉教授)

地震動が4倍近くも大きくなった理由(電力会社)

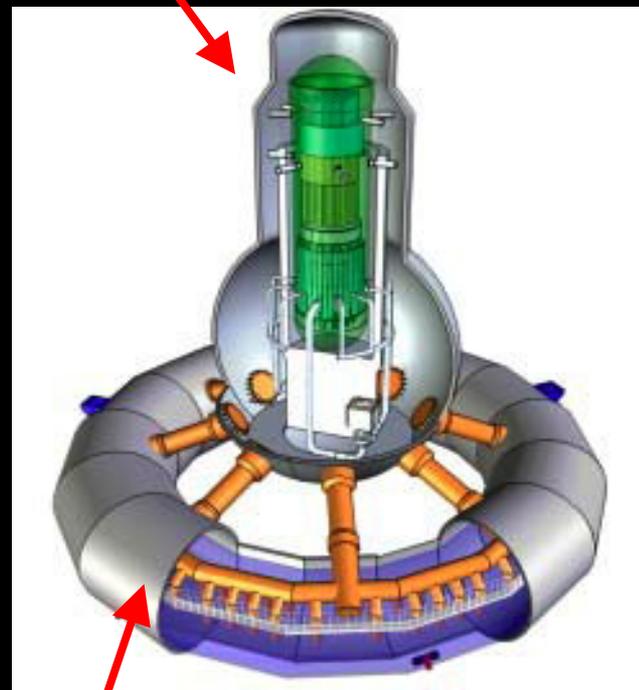
◆現在の地震動の予測式では、かなり過小評価になることがある



Mark-I 型格納容器

初期の段階で格納容器が高圧・高温になった！

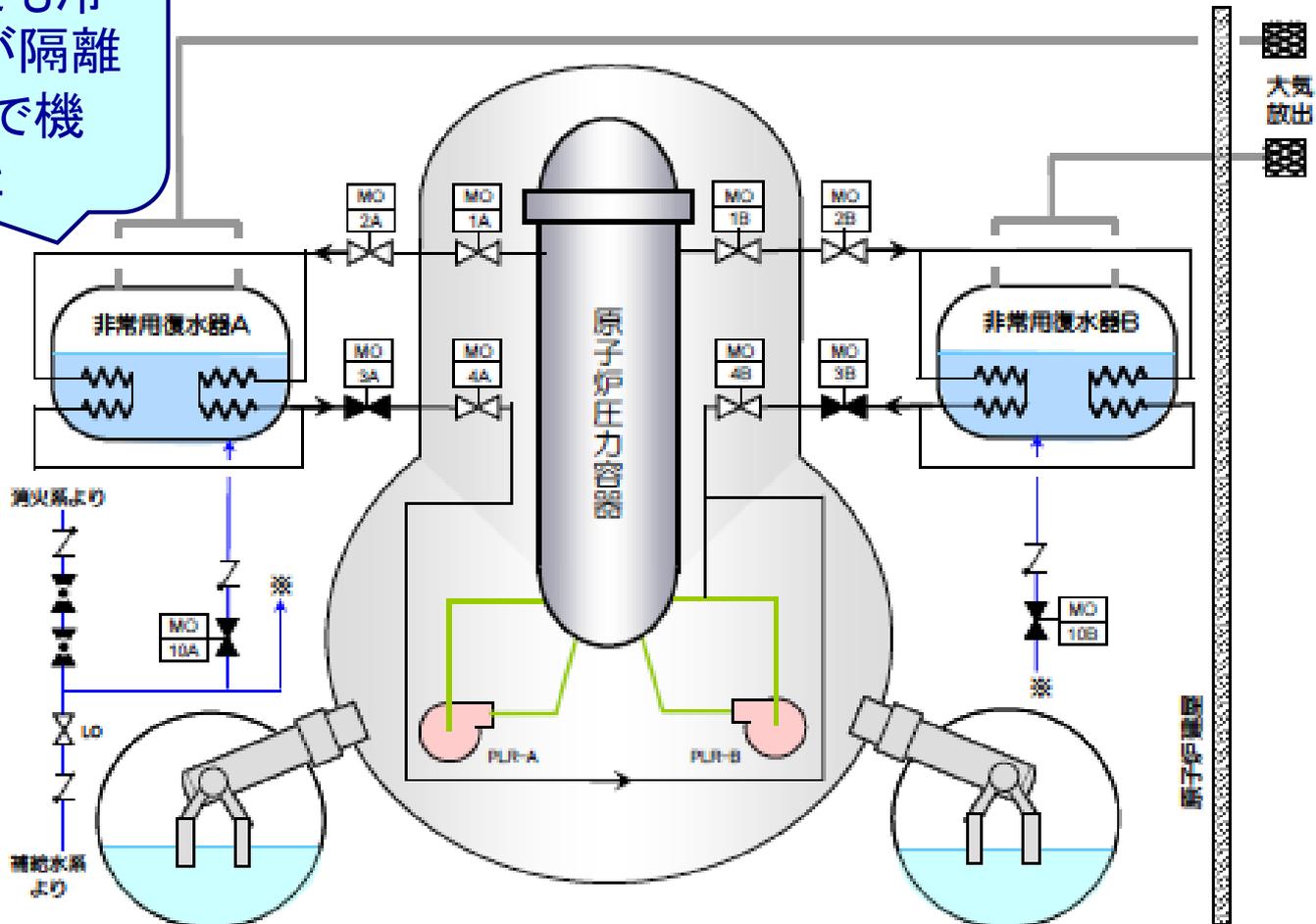
原子炉格納容器
(ドライウェル)



原子炉格納容器
(ウエットウェル)

機能しなかった非常用復水器(IC)

電源が無くても冷却できるICが隔離弁等の影響で機能しなかった



(MO弁：電動駆動弁)

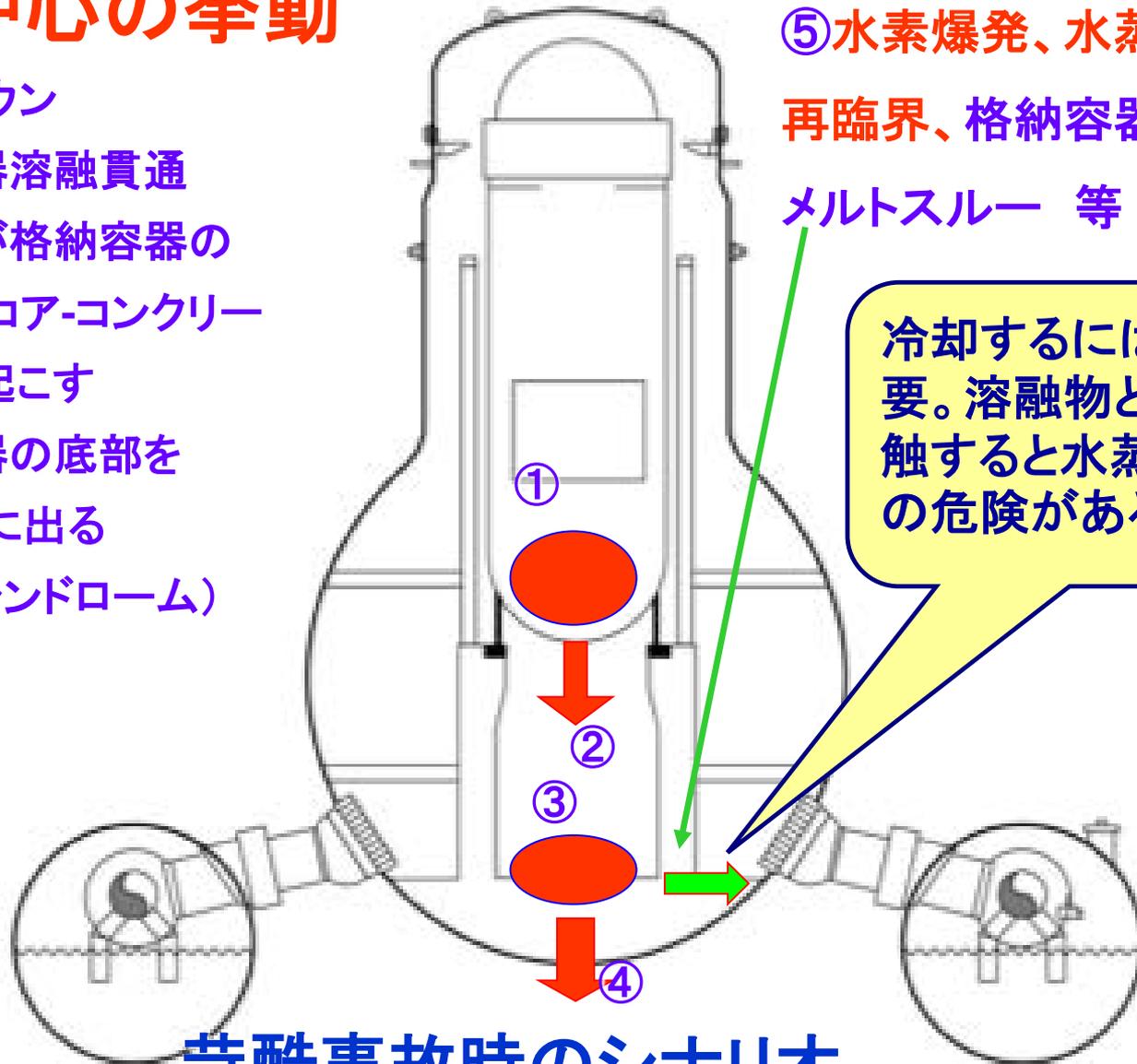
福島第一原発1号機 非常用復水器

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)

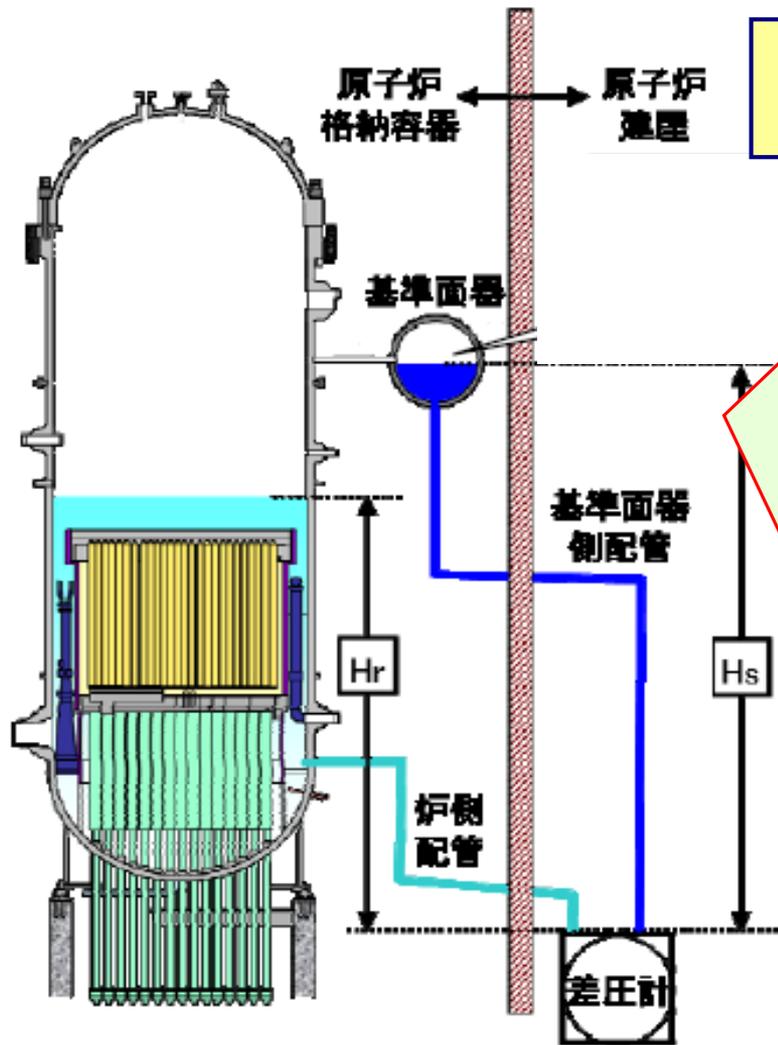
⑤水素爆発、水蒸気爆発、再臨界、格納容器シェルメルトスルー 等

冷却するには水が必要。溶融物と水が接触すると水蒸気爆発の危険がある。



苛酷事故時のシナリオ

水位計機能喪失



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
かなかつたことは致命的。TMI事故
と酷似。

新たな水位計の設置なしに
再稼働は最悪 (特にBWR)

原子炉の圧力を下げる必要

格納容器内の圧力が設計圧力を超えると、格納容器の背圧で、窒素ガスによるバルブ開動作を妨げる

窒素ガス作動で上に動きバルブを開く

圧力抑制プールへ

「格納容器の設計条件を超えると原子炉の減圧ができない」ことは、過酷事故対策が破綻している証拠。小手先の対策では不可

格納容器背圧

バルブを開く窒素ガス

圧力容器からの流れ

流れ方向

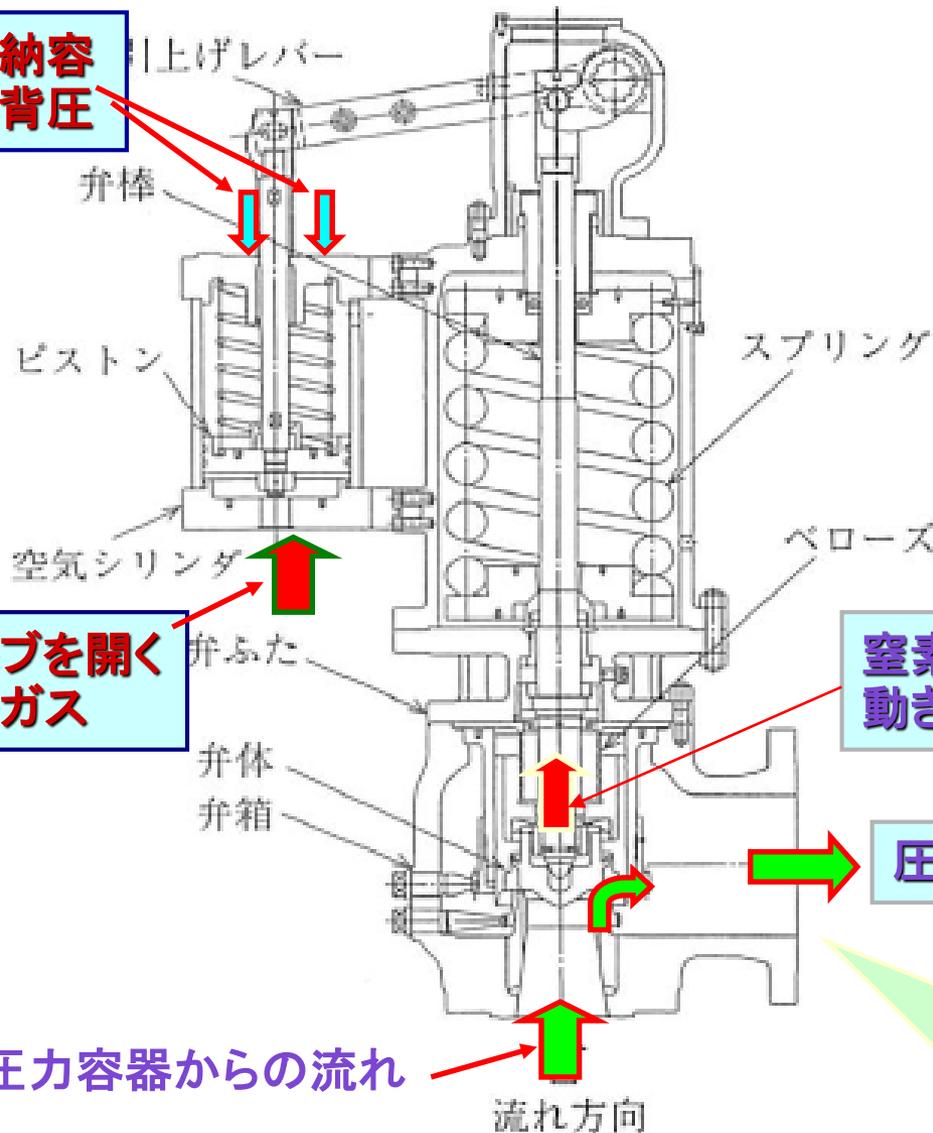
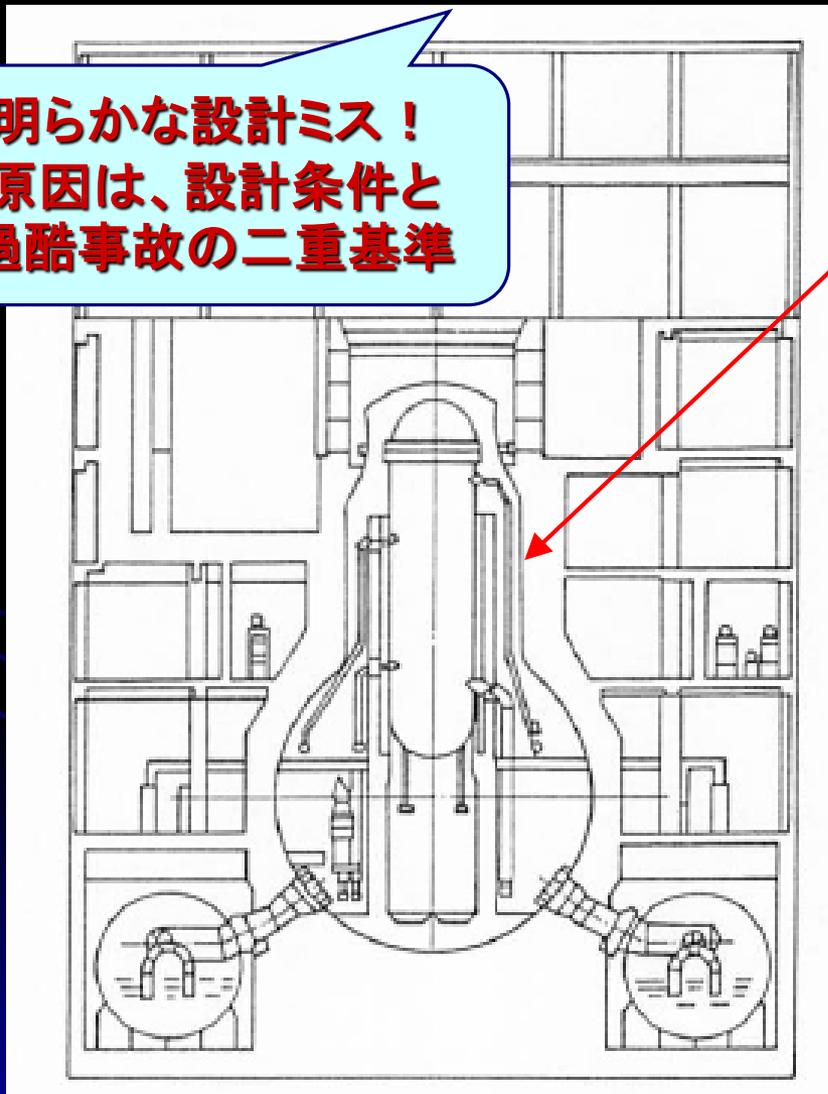


図 2.16 • 主蒸気逃がし安全弁 (ABWR の例)

なぜ、逃がし安全弁は機能しなかったか

～すべての機器は過酷事故条件で機能維持が確認できていない～

**明らかな設計ミス！
原因は、設計条件と
過酷事故の二重基準**



格納容器の設計圧力： P_d ：
0.531MPa (abs絶対圧)

格納容器の設計温度： t_d
：138°C

『格納容器内の全ての機器、配管、ダクトは設計圧力・温度で設計』

『苛酷事故時は格納容器が2倍の P_d 、200°Cまでもつことを確認』(ただし水素は別)

しかるに、SRVを含めて他の機器は過酷事故時の機能維持限界が確認できていなかった！！

⇒過酷事故対策は当てにならない

【水蒸気爆発】

* 高温の液体が急激に蒸発

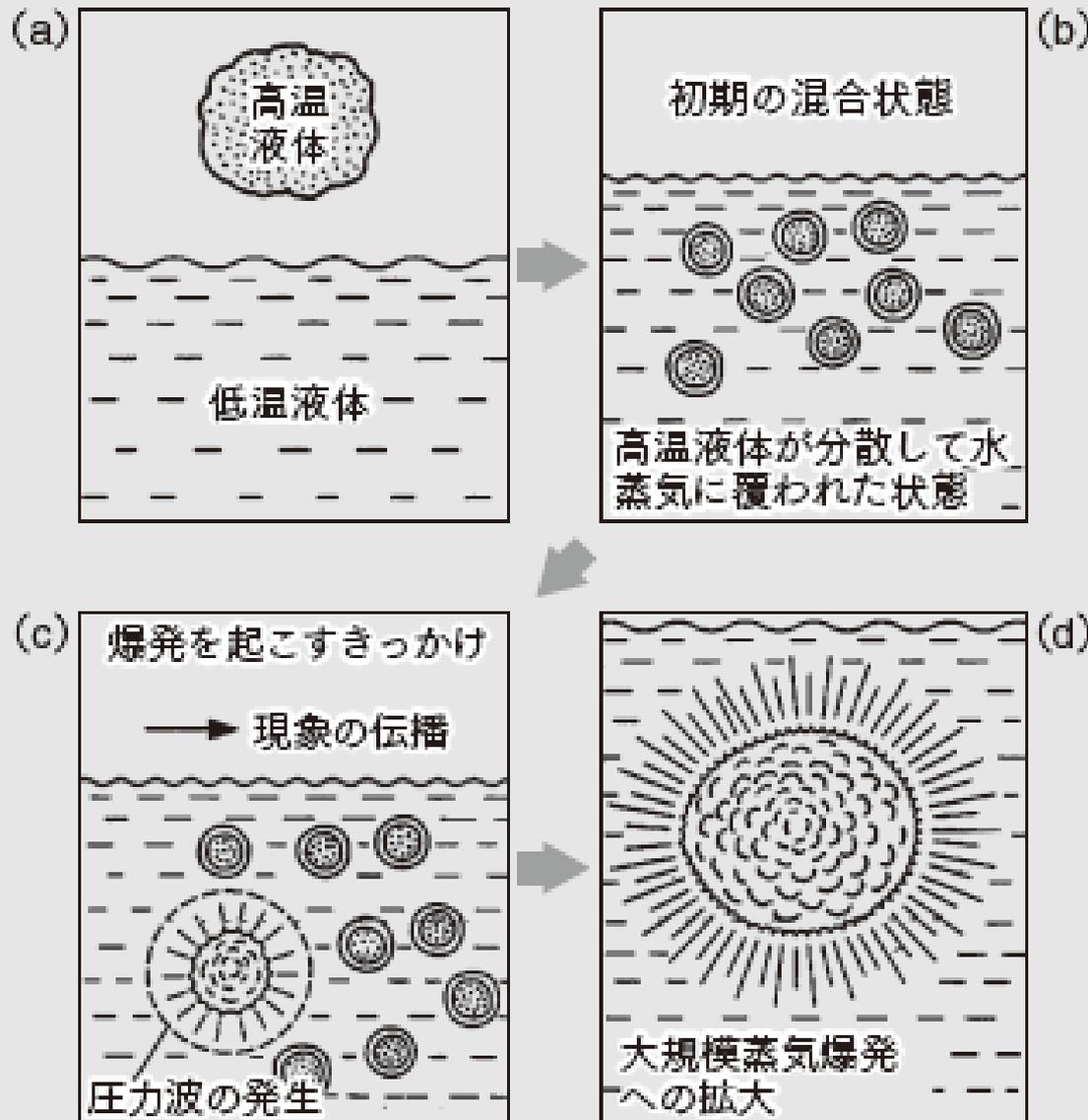
* 体積が約1600倍に

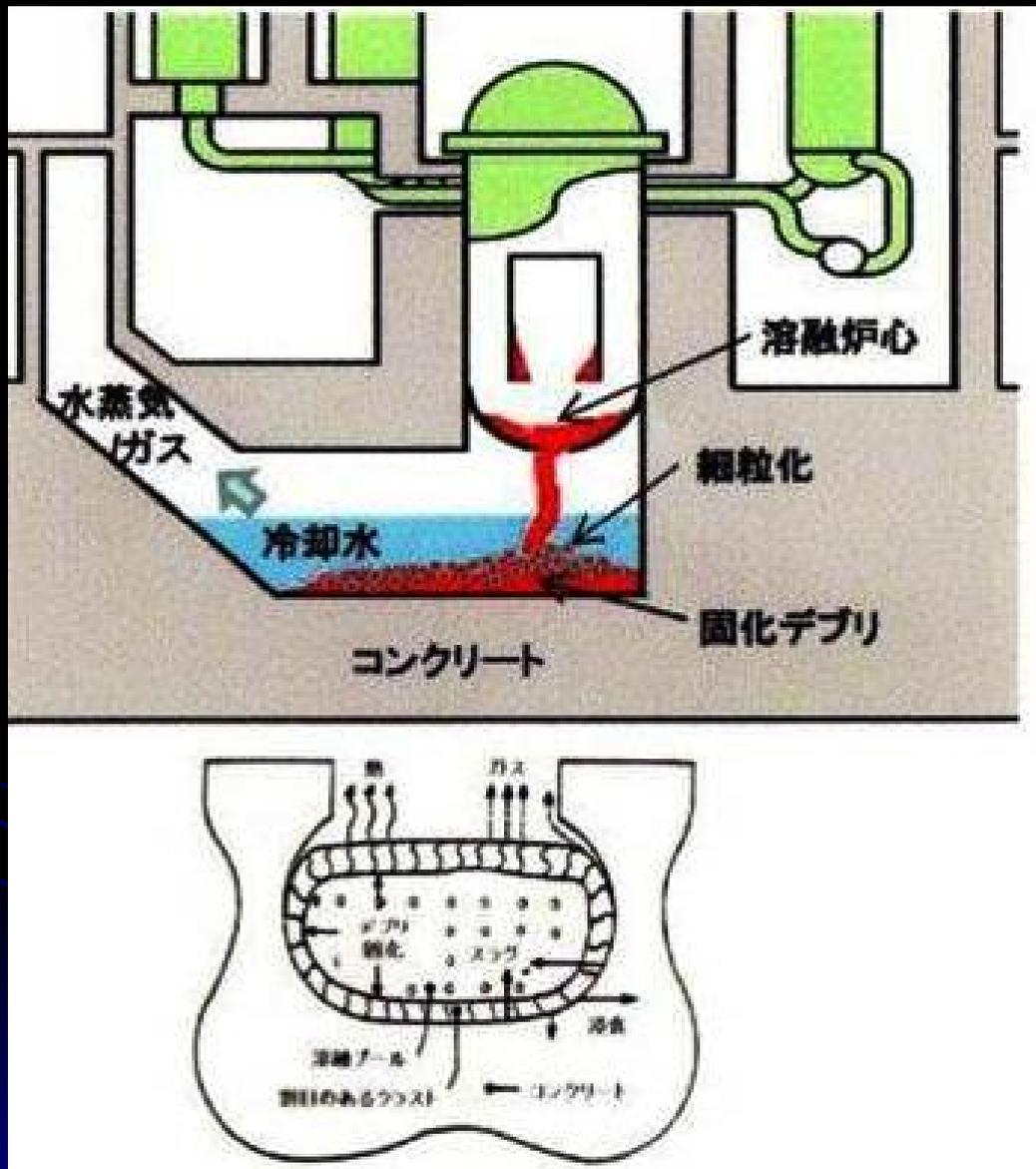
* 起きたり起きなかったりする

* 爆発にはトリガーの存在が重要(刺激)

* 電力会社・原子力規制委は実機ではトリガーがないから水蒸気爆発は起こらないとした。

⇒非科学的な結論





【電力会社の方針】

『炉心溶融したら原子炉容器(PWR)の直下に水張り』



コアコンクリート反応を防ぐためだが...

大規模な水蒸気爆発の危険性大



『水蒸気爆発は発生しにくい』としているが、事故の事例、火山の爆発実験結果の解釈から明らかな間違い

自殺行為に成りかねない。

詳細：雑誌科学2015年9月号『原子炉格納容器内の水蒸気爆発の危険性』高島武雄・後藤政志

同上 2015年11月号『格納容器内の水蒸気爆発の危険性についての補足』高島武雄 23

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

安全装置をつけたから安全なわけではない。
安全装置が確実に機能する保証が必要！

多重防護が突破されると
制御不能！

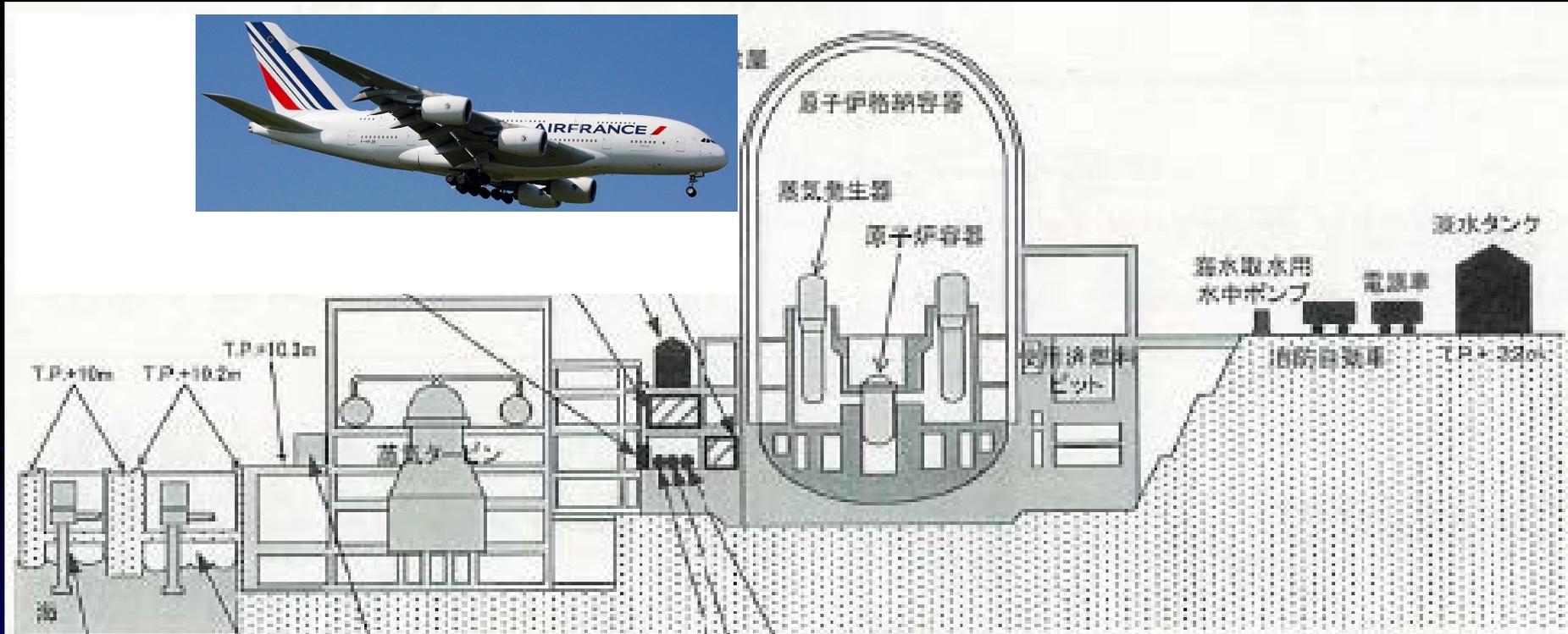
安全装置作動(多重防護)

他のエネルギーシステム

時間

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高い。

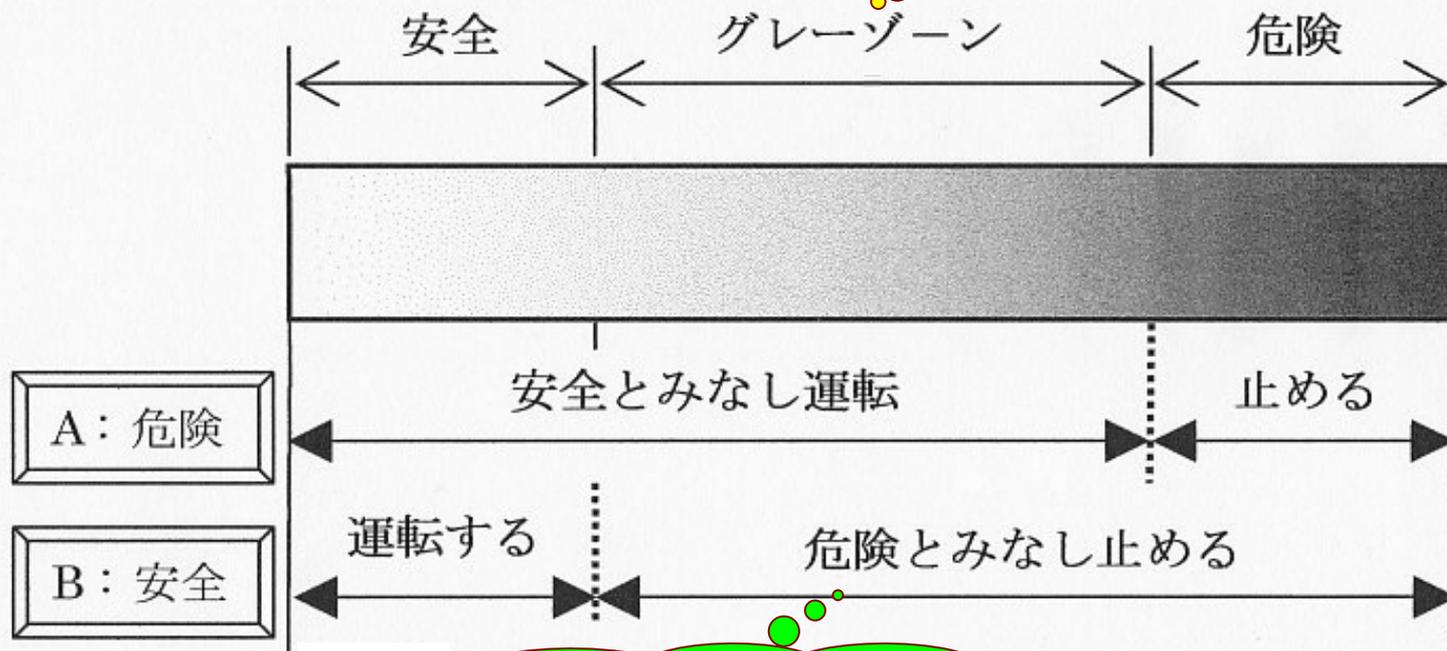


航空機落下確率が 10^{-7} 炉年以下であるから評価不要としている
⇒確率など計算するより、強度計算すれば良い。なぜしない。

強度がもたないことがあるから確率で逃げている。EUは対策。

安全性の考え方(グレーゾーン問題)

「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】

過酷事故 (シビアアクシデント)



原発はなぜ安全確保が困難か

【原発】

1. 【被害規模が限定不可】空間・時間

- ◆TMI、チェルノブイリ、福島第一とも事故進展プロセスにより様々
- ◆膨大な危険物質・放射能の拡散を防ぐことが困難・閉じ込め技術の限界
⇒小さな国は消滅する危険

2. 【エネルギー密度が高く制御に失敗すると“暴走・発散”する】

- ◆核反応・崩壊熱による炉心溶融共に制御システムが機能しないと“暴走”
- ◆核反応は秒単位・冷却は分・時間の単位。ずっと冷やし続ける必要。

【原発以外の技術】

【事故の被害が限定的】

- ◆化学工場の火災⇒燃え尽きる！
- ◆インドボパールは広範な被害（毒ガスの漏えいを防ぐことが困難なため撤退）
- ◆化学プラントは、爆発しても被害が一定以上広がらない

【比較対象】

- ◆火力発電・化学プラント
- ◆航空機
- ◆新幹線
- ◆LNGタンカー 等

現在の設計と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・津波の最も厳しい設計条件が定められない
- ◆水蒸気爆発や航空機落下など、根拠もなく起こりえないと断定
- ◆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。
- ◆原発事故の被害ははっきりした上限がない。避難は困難。
30kmといった範囲に被害を限定できると考えるのは楽天的すぎる。福島事故では、関東一円4000万人～5000万人が避難せざるを得ない崖っぷちだった。

福島事故を起こした欠陥を抱えた 原発を輸出することはあり得ない

- ◆福島原発事故は多くの未開明問題がある。

例えばBWRは過酷事故時に機能しない水位計等が改良されていない。抜本的な改善なし。

- ◆情報公開が不十分な民間・規制では安全性は担保できない。理由のいかんを問わず最大限の情報公開を。

- ◆輸出に伴う事故リスクの増大が無視できない

⇒福島原発事故を起こしてしまった日本として許されない。

人類はまだ「閉じ込め機能」技術を確立していない

— 事故の歴史からみた閉じ込め機能の失敗 —

1986年スペースシャトル
チャレンジャー号事故



固体ロケットリング漏えい



2010年メキシコ湾原油流出事故

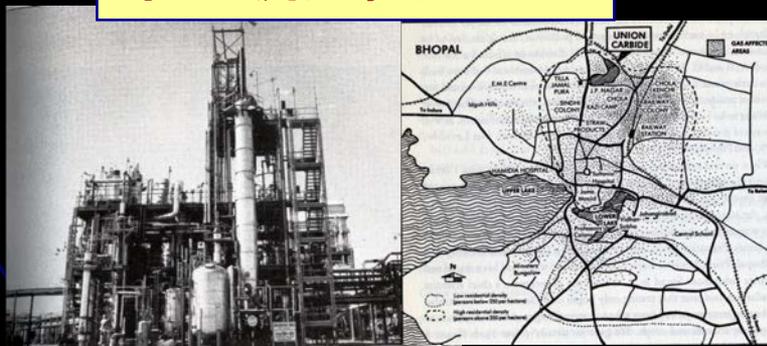


1980年代北海・カナダ沖で石油掘削
リグ・プラットフォーム爆発、沈没事故
が続発

2003年スペースシャトル
コロンビア号事故



1984年インドボパール
毒ガス流出事故



1985年JALジャンボ機
隔壁破壊墜落事故

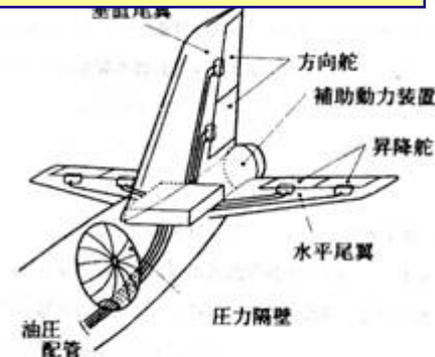


図 5.18.3 圧力隔壁と油圧配管 [1]

御清聴

ありがとう

ございました

