

原発新安全基準院内集会 於：参院議員会館

新安全基準は妥当か？ —福島第一原発事故を踏まえて—

2013年1月23日

NPO法人APAST理事長
元原子カプラント設計技術者
博士(工学) 後藤政志

新安全基準の前提は何か

基本 I

【福島事故の再発防止は、継続的な事故の原因究明と抜本的な対策が必要】

基本 II

【原子力発電所の安全目標は、事故の発生確率ではなく、事故の被害の規模で判断する】

基本 III

【事故の被害の規模は、理論上生じる可能性がある最大規模の事故を想定する】

新安全基準の前提は何か

基本 IV

【安全対策は、(小手先の変更ではなく)
プラント設計の根幹から抜本的に見直す】

基本 V

【福島事故で損傷した、あるいは機能喪失した
可能性がある機器やシステムの抜本的な改良】

基本 VI

【苛酷事故対策の信頼性評価と強化】

基本 VII

【みなし基準の原則禁止】

基本 I

【福島事故の再発防止は、継続的な事故の原因究明と抜本的な対策が必要】

「いくつかの未解明問題の分析又は検討」
(国会事故調報告書p.30)

…一方、我が国では、従来も、そして今回のような大事故を経ても**対症療法的な対策が行われているにすぎない**。このような**小手先の対策**を集積しても、**今回のような事故の根本的な問題は解決しない**。」(国会事故調報告書p.23)

基本 II

【原子力発電所の安全目標は、事故の発生確率ではなく、事故の被害の規模で判断する】

理由:

- ①希に起きる事象の発生確率は、定量的評価することが困難。
- ②すでに人類は、TMI、チェルノブイリ、福島で合計5基の苛酷事故を経験。実際の発生確率は、当初予測値を何桁も上回る。
- ③例えば、1000年に一度の頻度であっても明日起こるかもしれない。

基本 II

理由:

- ④ 理論上起こりうることは、いつかは分からないが確実に起きる。
- ⑤ “いのちの問題”や“後世に影響を及ぼす取り返しが見つからない大規模な事故”は、確実にそれを防ぐ方法がない限りは、起きることを前提に考えざるを得ない。

⇒ロシアンルーレットはやめよう！

基本Ⅱ 福島事故以前

【大規模事故でも、発生頻度を一定値以下に抑えられれば可】としてきた



被害の規模



規模甚大
頻度極小

規模甚大
頻度極大



例えば発生頻度を 10^{-6} 炉年
以下に抑えれば可



規模極小
頻度極小

規模極小
頻度極大



発生頻度



基本 II 福島事故以降

【大規模事故は、発生頻度が極小さくても被害の程度が大きい場合は許容できない】
とすべきだ



被害の規模



規模甚大
頻度極小

規模甚大
頻度極大



発生頻度が極小さくても
被害の程度が大きい場合は
許容すべみではない



規模極小
頻度極小

規模極小
頻度極大



発生頻度



基本 IV

【安全対策は、(小手先の対策(AM)ではなく)
プラント設計の根幹から抜本的に見直すべき】

以下代表的な改善

- ①新たな設計基準地震動でバックチェック・バックフィット
- ②原子炉格納容器の大きさが小さすぎる

* 特にマーク-I型は大きな弱点を持っていた。

- ・・・開発当時から米国でも指摘があった
- ・・・福島事故では、冷却に失敗した3基すべてがメルトダウン／格納容器過圧・過温／格納容器漏えい／格納容器ベント／一部損傷

BWR格納容器は脆弱過ぎる！

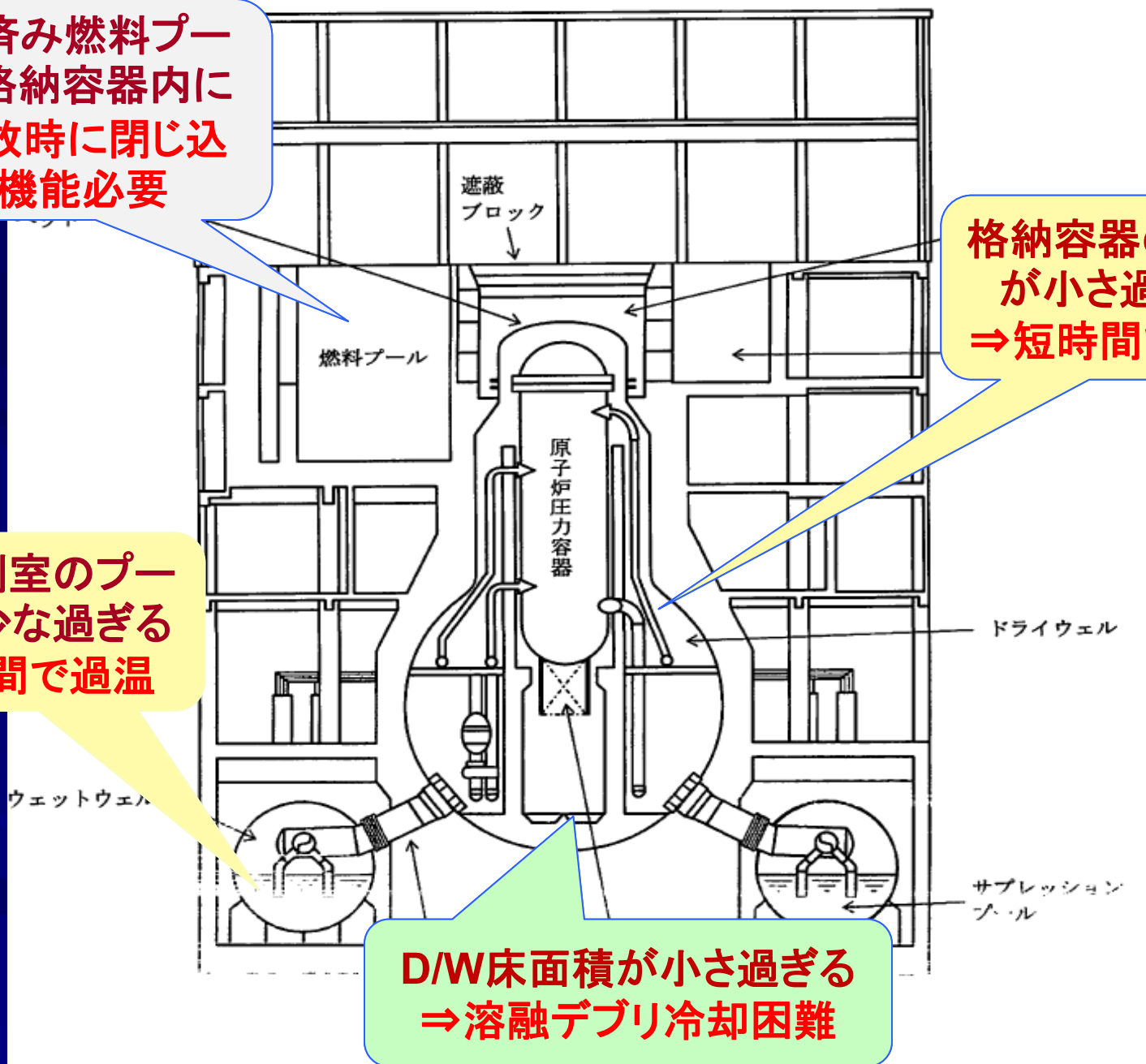
- ◆福島事故からみて、格納容器の空間容積が小さ過ぎるため、短時間で過圧してしまった。早期にベントが必要になった。
- ◆圧力抑制プール(w/wプール)水の量が少なすぎるため、核反応を停止後、原子炉の熱で早期に過温してトップフランジや機器ハッチのガスケットが劣化してしまい、水素等が漏れた。
- ◆BWR(沸騰水型)の圧力抑制プールが機能喪失したか可能性がある。この機能喪失は致命的であるから、FTA等を用いて徹底的な対策をせねばBWRは運用すべきではない。

使用済み燃料プールは格納容器内に
⇒事故時に閉じ込め機能必要

格納容器の容積が小さ過ぎる
⇒短時間で過圧

圧力抑制室のプール水が少な過ぎる
⇒短時間で過温

D/W床面積が小さ過ぎる
⇒溶融デブリ冷却困難

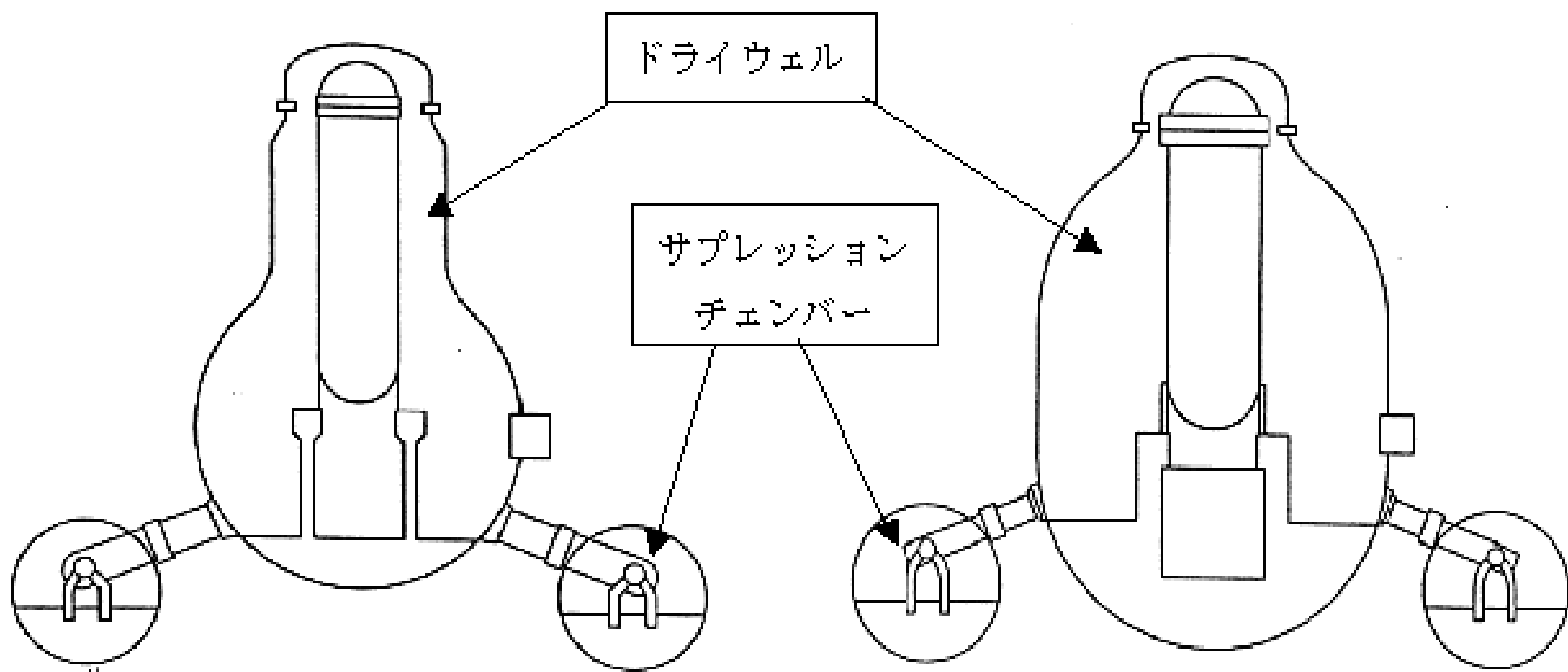


格納容器の仕様比較

設置許可申請書より作成

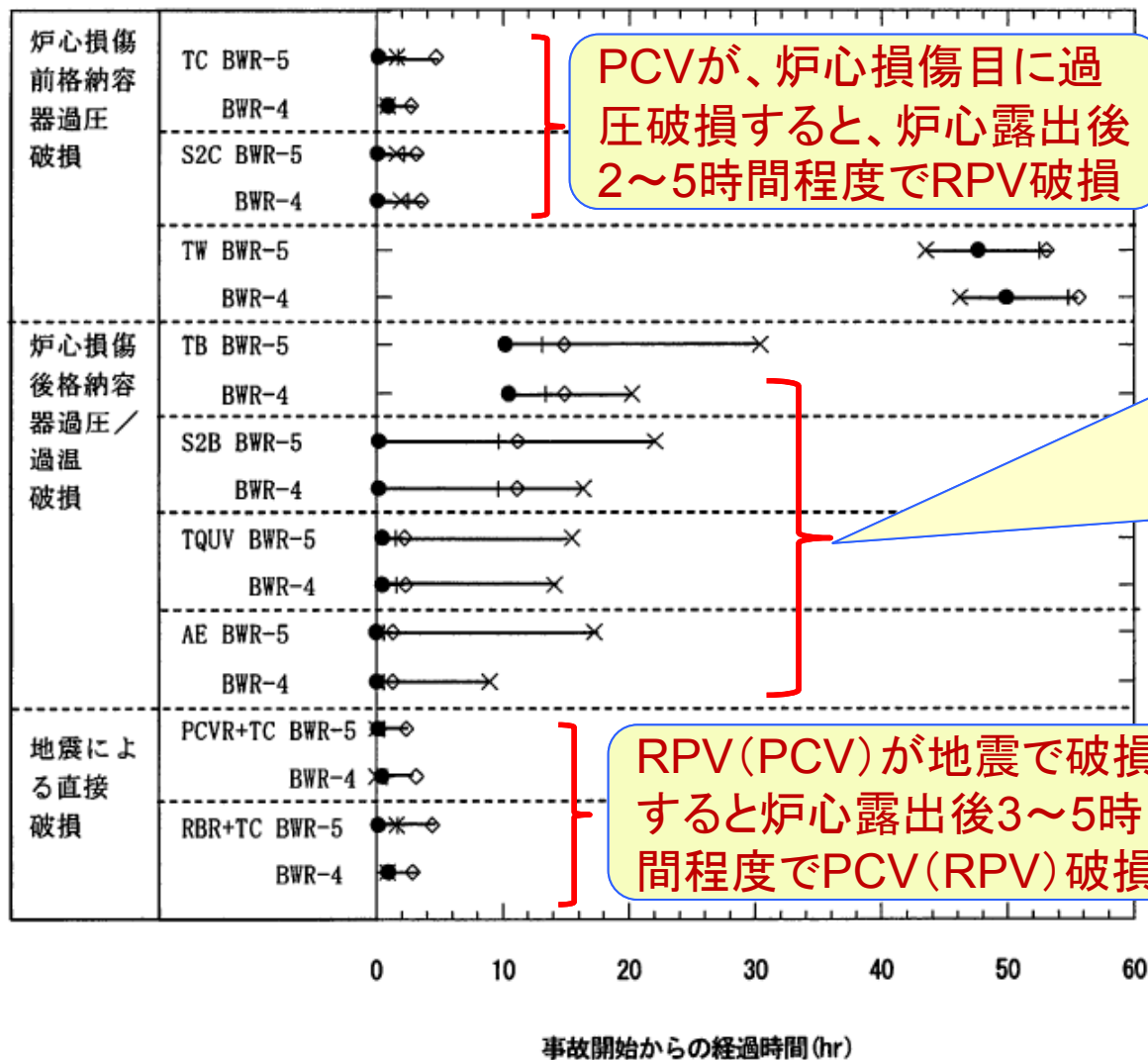
格納容器型式		MARK-I 型			MARK-II 型	
		オリジナル(GE)		改良型	オリジナル(GE)	改良型
原子炉型式		BWR-3	BWR-4	BWR-5	BWR-5	BWR-5
空間部容積 (m ³)	ドライウェル(D/W)	3,410	4,240	8,800	5,700	8,700
	ウェットウェル(W/W)	2,620	3,160	5,300	4,100	5,700
	全空間D/W+W/W	6,030	7,400	14,100	9,800	14,400
最高使用圧力(kg / cm ²)		4.35	4.35	4.35	3.16	3.16
W/W 水量 (m ³)		1,750	2,980	3,800	3,400	4,000
熱出力 (MWt)		1,380	2,387	3,293	3,293	3,293
空間部全容積／熱出力 (m ³ / MWt)		4.37	3.11	4.28	2.98	4.37
W/W水量／熱出力 (m ³ / MWt)		1.27	1.25	1.15	1.03	1.21

BWR型 マーク I 型 格納容器



Mark- I 型

Mark- I 改良型



PCVが、炉心損傷目に過圧破損すると、炉心露出後2~5時間程度でRPV破損

BWR-4もBWR-5も、地震で直接RPV/PCVが破損しなくても、炉心露出すると10時間~20時間程度で格納容器破損に至る。

RPV(PCV)が地震で破損すると炉心露出後3~5時間程度でPCV(RPV)破損

RPV: 原子炉圧力容器

PCV: 原子炉格納容器 (BWRの一次格納容器)

- 炉心露出
- + 燃料落下
- ◇ 圧力容器破損
- × 格納容器破損

資料：平成20年度地震時レベル2PSA解析 BWR (独)原子力安全基盤機構p.2-50

図 2.15-1 地震時の代表的な事故シーケンスの事故進展タイミング (BWR-5 Mark I 改良型の 80 万 KWe 級と BWR-4 との比較)

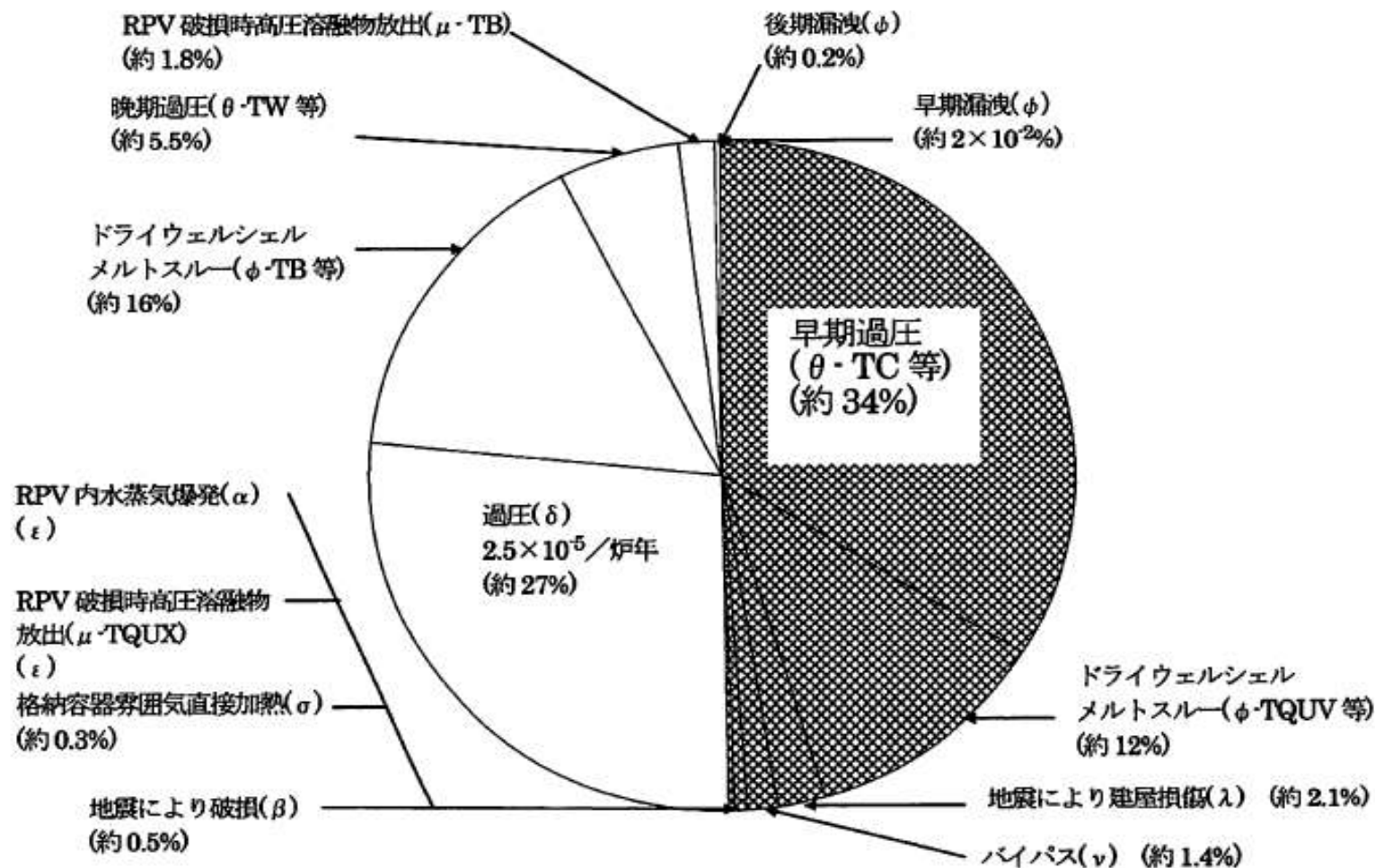


図 4.15 格納容器破損モード別発生頻度 (平均値) (BWR-4 Mark I 型)

BWR-4Mark I 型格納容器は、格納容器早期破損モードが全体の約50%を占めるため、非常に厳しい。

沸騰水型炉 (BWR) の格納容器

Mark-I

Mark-II

RCCV (ABWR)

格納容器型式毎に特徴があり、弱点も異なる。
圧力抑制プールが共通の弱点！

トップフランジから漏えい

ベント管が弱点

炉心溶融後
デブリがプール水に落ちると水蒸気爆発の危険

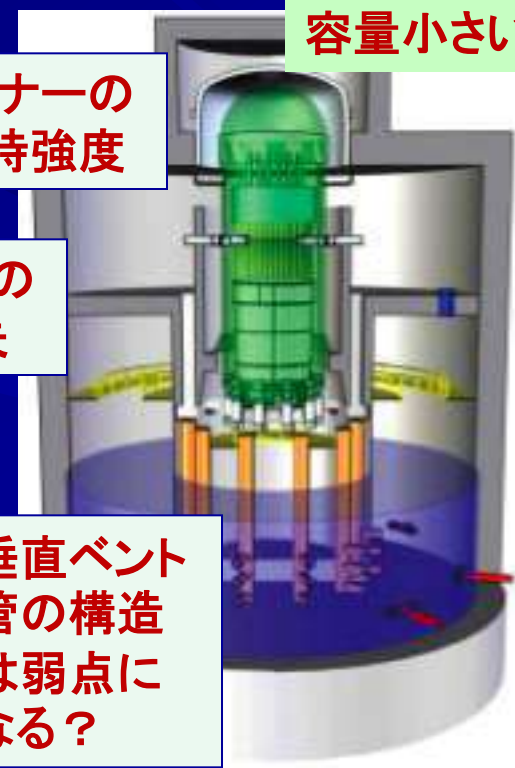
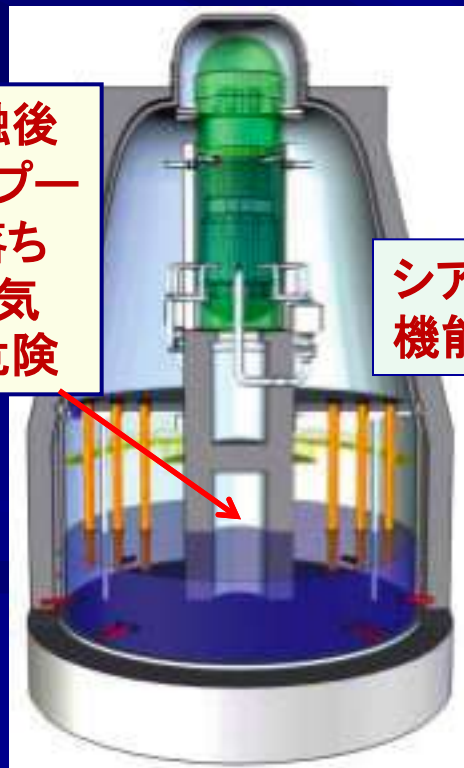
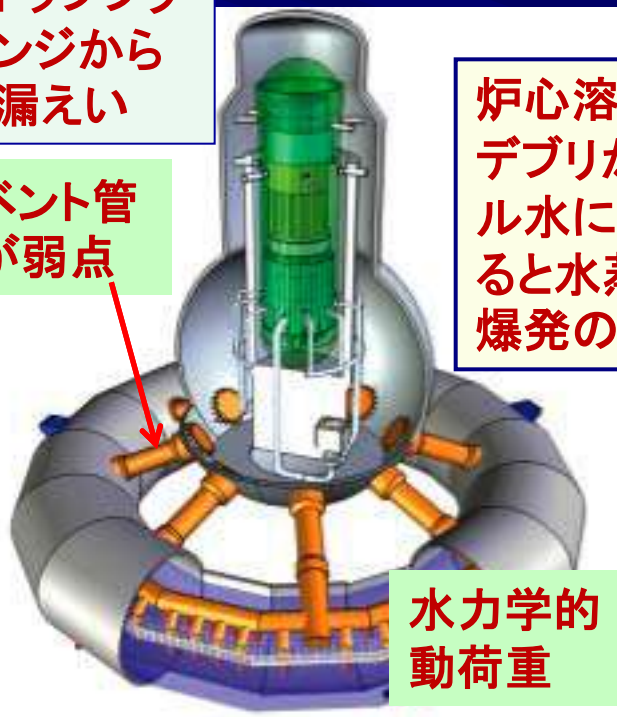
水力学的動荷重

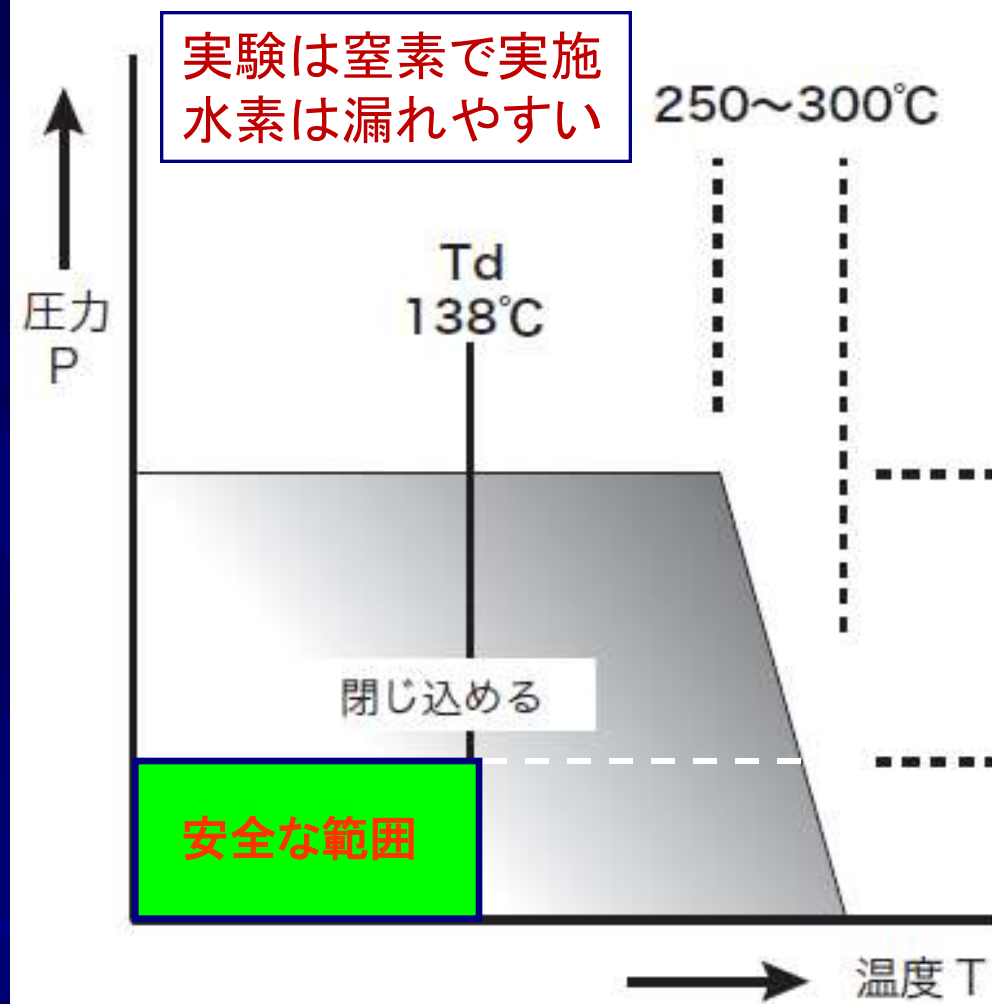
ライナーのSA時強度

シアラゲの機能喪失

垂直ベント管の構造は弱点になる？

出力当たりの容量小さい





圧力が $2P_d$ を超えると破損の可能性があるので格納容器ベント(放出)する。

福島事故の最大の教訓

— 苛酷事故(SA)は、AM対策しても発生する —

シビアアクシデントは、工学的には十分発生確率が小さいので、AM(アクシデントマネジメント)対策は義務化せず、事業者の自主的判断(実際は規制側も承知)で実施してきた！

⇒AM(アクシデントマネジメント)の基本は、既存の設備はそのままとし、本来の目的とは違う設備であっても、流用可能なあらゆる設備を、主として人の手を介して事故の収束、あるいは事故の影響緩和を図る

⇒したがって、AM対策は、信頼性に乏しい

AM対策は確実ではない！

—福島事故ではっきりした事実／可能性—

- ◆既設の設備を流用するので、SA時の圧力、温度、放射線等の環境条件で使えるか分からない
- ◆耐震基準が適用されていない。したがって事故の時に作動する保証はない。
(例：消火系注水システムは耐震Cクラス)
- ◆自動化していない安全システムは、時間が切迫している時には、人がミスをすることが在りうる。
(例：格納容器ベントは手動で開けなかった)

トータル設計の必要性！

設計全体を見直すのではなく、**新たな機能を付け足していく方法**を『付加設計』と言う。

システムの状況が大きく変化(福島事故で、まさか起こるまいとしていた苛酷事故を起こしてしまった)した時、新しく要求される機能や新しい制約条件、安全性などをトータルで見ながら、全くゼロから全体を組み立て直すしかないが、これをトータル設計という。

放射性物質を閉じ込める最後の砦である格納容器に“安全弁”としての格納容器ベントをつけることは、いわゆる『付加設計』である。

格納容器の設計条件を根本的に見直し、“格納容器ベント”を不要とする設計変更をするのが、トータル設計であり、本筋である。

参考資料：失敗学実践講義(畑村洋太郎：講談社)より

格納容器は総合的な設計見直しを！

— 小手先の付加設計では事故は防げない —

格納容器が小さい

事故時に早期に過圧

格納容器の
再設計
(ベント不要
な設計)

格納容器の大型
化と耐圧上昇

格納容器ベント(減圧)

放射性物質の放出

総合的な設計
(トータル設計)

圧力抑制プールの
大型化等

フィルターベントを設置

圧力抑制プール水少

事故時に早期に過温

付加設計

設計見直しの必要なもの

◆格納容器系の追加事項

- * 冷却材喪失事故(LOCA)と設計基準地震動の同時発生を考慮する。強度上の荷重の重ね合わせと、**圧力抑制プール水面のスロッシング**による圧力抑制機能喪失
- * 格納容器貫通部の強化。特にトップヘッドや機器ハッチの**耐熱性強化**(ガスケットの材質・構造見直し)
- * フランジボルトの**剛性増強**
- * **電気ペネの耐熱性強化**
- * 格納容器スタビライザーや**シアラグ**のシビアアクシデント時の機能確認
- * 溶融炉心のペDESTAL冷却で、水蒸気爆発を起こさずに冷却ができる構造にする。EUでは実現していると言われて**いる『コアキャッチャー』を全プラントに義務付ける。**

◆水素爆発防止および水素の影響評価

- * PWR型格納容器のリコンバイナやイグナイタの信頼性確認と設置
- * PWR格納容器内水素拡散・爆発の再評価
 - ・・・NUPECで実施されて格納容器信頼性試験の実機適用の見直し
- * BWR型格納容器のベント後の窒素封入の確保
- * その他、水素発生が、各機器やシステムに与える影響を評価する。

例：格納容器過圧／ICの機能喪失 等

◆原子炉内液面の地震時スロッシングによる出力振動に対する影響評価

◆火災防護

- * ケーブルの不燃性・難燃性は、“見なし規定”は認めない。
 - * 一般的に、基本的なルールをつくっても、“見なし規定”でいい加減な代替えを許すことは致命的になる。
 - * ケーブルの系統分離・区画分離が難しい場合には、同時にケーブルが損傷した場合のシステム影響評価を義務付けること。
 - * 原発の“オフィス並み”規定の見直し
- ⇒ 既設炉に対する影響を危惧して、基準を緩めることは自殺行為である。
- “安全対策ができない”場合には、当然許可しない。

◆使用済み燃料プール

- * 設置場所の変更、冷却系強化、計装系強化等抜本的な設計変更
- * 特に、漏えい感知機能の強化が重要
- * 使用済み燃料の臨界事故防止対策
地震・事故時にも十分に燃料棒間の余裕がある設計にすること。
- * 万一の事故を踏まえて、使用済み燃料プールを格納容器内に入れる設計とする。

◆計装系強化

- * シビアアクシデント条件を明確にし、計装計が機能喪失しないこと。

航空機落下

『航空機落下については、旧原子力安全・保安院が平成14年7月30日付で定め、平成21年6月30日で改正した「**实用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価について**」(平成21・06・25原院第1号)に基づいて航空機落下確率による』

⇒『原子炉施設に最も大きな影響を与える航空機落下条件により評価する。』と修正すべき。

理由：**確率論で評価すべきではない。**

事故による場合と人為的な攻撃の場合があるが、過去の航空機落下事故や米国のWTCテロなどから、もはや確率が小さいとして無視することは、現実的ではない。

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（米国B.5.b項）

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』とするのか？

墜落した空自F2支援戦闘機



2007年10月31日名古屋空港で、航空自衛隊の支援戦闘機機体の姿勢を検知する装置の配線ミスから離陸に失敗。技術の領域でこうしたミスは否定できない。

ジャンボ機が建物に激突



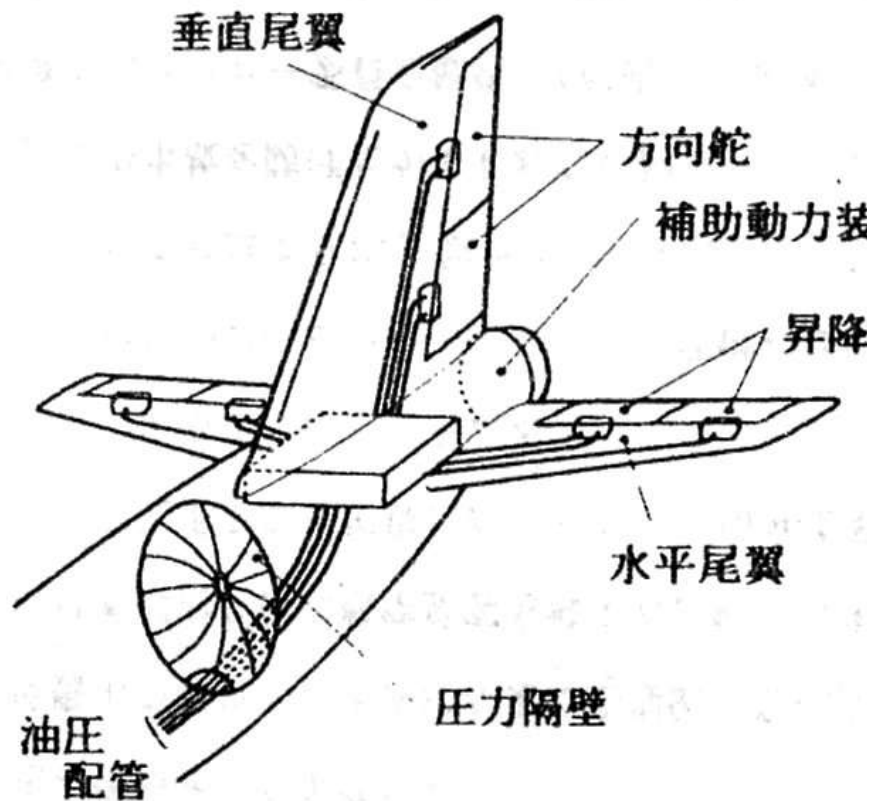
1992年オランダのアムステルダムスキポール空港を離陸したジャンボジェット機が、11階建て高層アパートに墜落。離陸上昇中に、疲労によるエンジン脱落で制御不能に。

御巢鷹山日航ジャンボ機墜落事故

- 1985年8月、羽田空港を離陸したJAL123便ジャンボジェット機(ボーイング747型)30分迷走の飛行の末、群馬県御巢鷹山に墜落。乗員乗客524名中520名死亡。
- 本事故の7年前、大阪空港で起きた“尻もち事故”による後部圧力隔壁の修理ミスから、離着陸による繰り返し圧力により隔壁が疲労破壊し、同時に漏れた空気により、垂直尾翼の大半・補助動力装置、操縦用油圧配管4系統すべてを吹き飛ばし操縦不能になった。(事故報告書の見解)
- その後、エンジンの推力だけで操縦したが、及ばなかった。

御巢鷹山日航ジャンボ機墜落事故

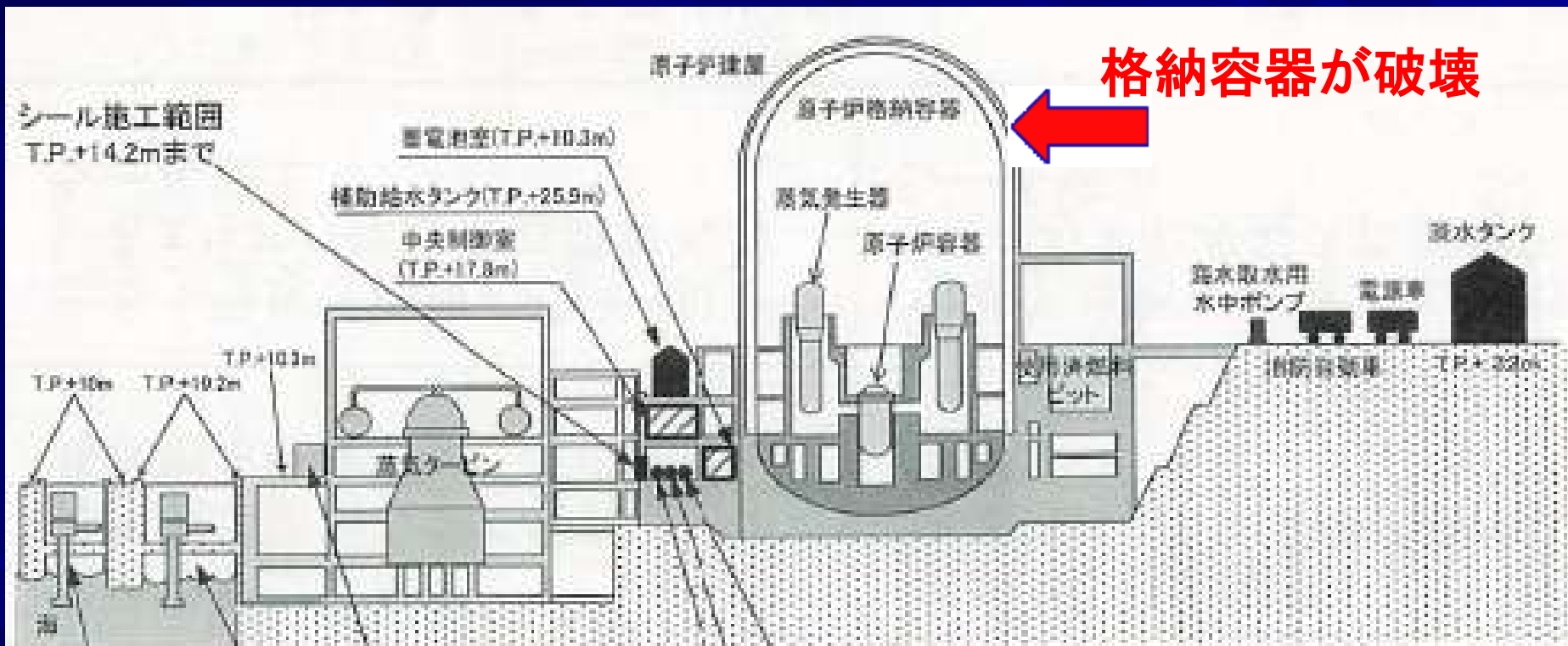
⇒航空機は事故時に、制御不能になることも想定する必要有



圧力隔壁と操縦用油圧配管

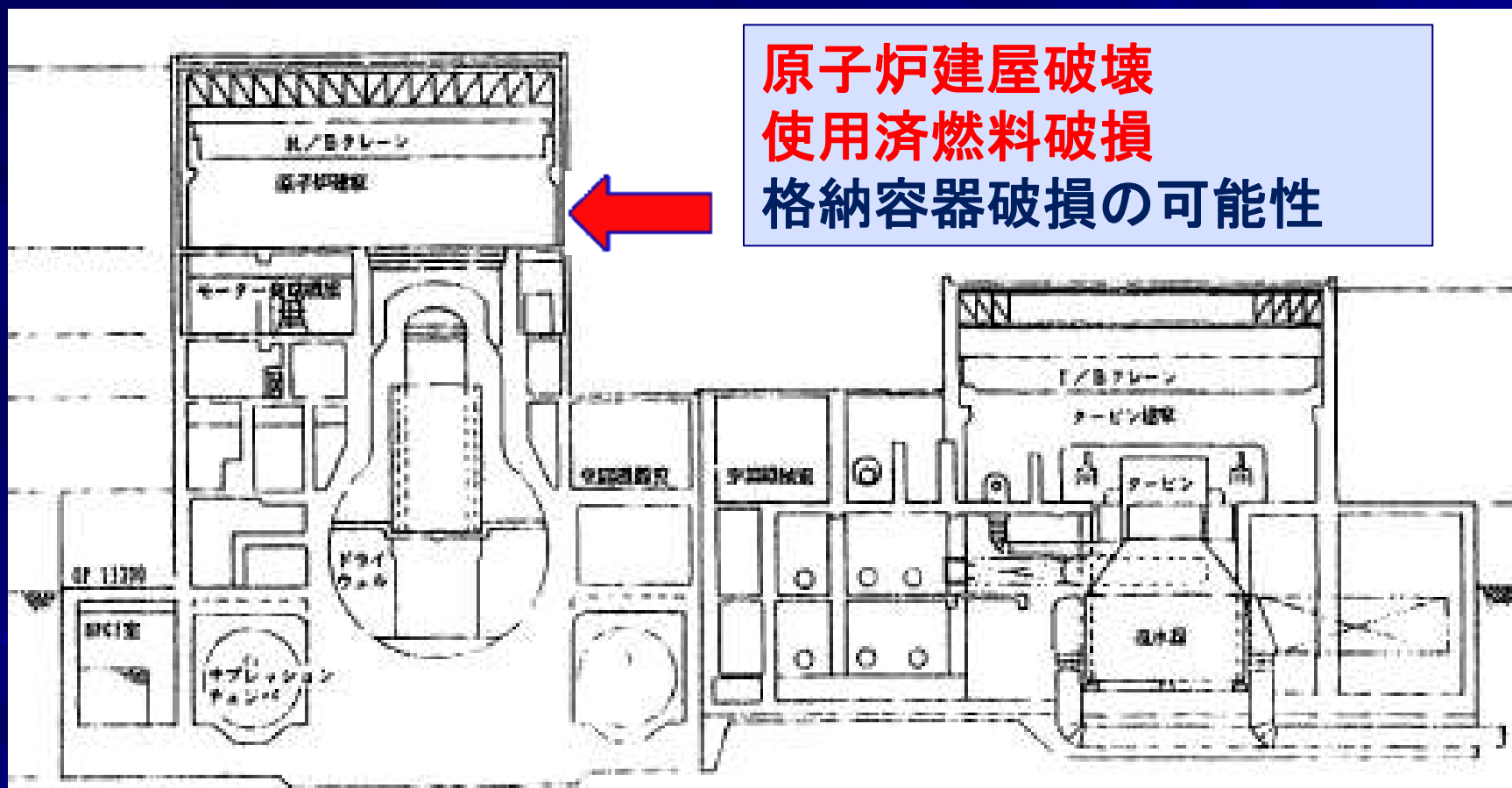
JAL123便30分迷走飛行経路

PWR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。

BWRに航空機が衝突すると・・・



基本 VI

【苛酷事故対策の信頼性評価と強化】

- ◆ 苛酷事故対策設備の耐震性、耐火性、等強化
- ◆ 過酷事故対策は、原則、自動的に働くようにする。
人間はミスをすることがあることを考慮する。
例えば、津波による水密扉の自動閉鎖など。
- ◆ 止むを得ず、人の管理に委ねることは、その信頼性を確認する基準をつくる。

恒設か仮設かは慎重に決める必要がある。人間が関与する対策は一見簡単にできるように思えるが、事故の時には思わぬトラブルや厳しい環境が重なり、機能しないことがあると考えるべき。