

CCNE連続オンライントーク「原発ゼロ社会への道」2022
第5回 岸田政権が号令をかけた「次世代原発」の幻想
2022年10月11日(火)17時～18時

岸田政権が号令をかけた「次世代原発」の幻想 ～技術的な意味を持たない原発政策の迷走～

元東芝 原発設計技術者、CCNE規制部会長

後藤 政志

はじめに

1. エスカレートする原発回帰への号令とその背景
2. BWR原発の再稼働
3. 老朽原発の寿命延長問題
4. 高温ガス炉・小型モジュール炉および将来炉と炉型
5. 高温ガス炉の特徴とデメリット
6. 小型モジュール炉の特徴とデメリット
7. なぜ原発は安全性に欠けるのか
8. 三菱重工の軽水炉の究極型「SRZ-1200」
9. EPRとAP1000の静的安全性
10. 革新型軽水炉は受動的安全性を実現できるのか
11. 新規技術をどう見るか
12. 原発は攻撃の対象—安全保障上、最悪の施設
13. まとめ

エスカレートする原発回帰への号令とその背景

◆7月14日、岸田首相「休止中の原発も順次再稼働させ9基が同時に稼働」

BWR原発(柏崎刈羽6.7号、東海第二、女川2号、島根2号)5基は新規性基準を通過しているが、実際には内容としては、通っていない。

例: 福島事故の原因が未だに未解決。特に、格納容器フィルターベントと水素爆発対策等、格納容器の安全性は全く解決していない。

「水素爆発対策」を現行のまま、規制基準を通すことは、規制委員会自ら規制基準を無視することになる。

他方、柏崎刈羽は一連のセキュリティ問題の不祥事があり、女川は格納容器追加工事の遅れ、東海第二は水戸地裁の差止の判決が出た。

福島事故以降初めて再稼働を目論んできたが、11年半経っても実現できないあせりがある。

福島事故後審査を通ったBWR型原発は5基

- ◆福島事故後、BWR原発は1基も再稼働していない。
- ◆福島事故の検証が不十分。水素爆発対策や水蒸気爆発対策は「違反」



柏崎刈羽6, 7号機(手前は5号機)
(東京電力ホームページより)



女川2号機
(女川原発ネット検索より)



東海第二原発(左は東海第一原発)
(東海第二原発ネット検索より)



島根2号機
(島根原発ネット検索より)

◆老朽原発の寿命延長問題

- * 再稼働しても、老朽原発が多いので、原発の稼働基数は減少する。
- * 現行の制度では、「40年超の老朽原発を、特別点検を通れば、1回だけ20年を限度に運転延長を認める。
⇒「40年寿命は、科学的技術的な問題ではない」として、撤廃しようとしている。規制委はそれを、「規制の問題ではない」として容認する姿勢(10月5日)。

論点

- ①古い原発は、原子炉の中性子脆化をはじめ、多くの劣化要因があるから、安全を確保するため、一定の設計寿命を設けるのは、当然。これこそ、工学分野の中心課題。
- ②古い原発は、新設原発に比べて事故のリスクが高い。原発事故はちょっとした故障が過酷事故に直結。

◆原発の寿命をなくそうとするがそれでも原子力は衰退する

- * 他方で、寿命延長だけでは足りず、新設・増設を言いだした。
- * 数年前から、「高温ガス炉」や「小型モジュール炉」など従来の軽水炉とは異なった炉型・仕組みを模索。
- * しかし、軽水炉に替わる炉はできず、衰退することは確か。
背景に、再生可能エネルギーとのコスト競争と、規制強化に伴うコストアップ。経験のある専門家が激減。
- * 福島事故で脆弱性が明らかになった軽水炉（軽水を減速材と冷却材に使う。）を、だまされだまし使う。新規性基準は、本質的な安全性を考慮していない。
- * 格納容器フィルターベント設置、航空機落下対策やコアキャッチャーの設置などがあるが、まじめに検討してこなかった。⇒海外では、AP1000やEPRなど、検討していた。

高温ガス炉と小型モジュール炉

“福島第一原発事故”

“スリーマイル島原発事故”

軽水炉

沸騰水型原子炉(BWR)

加圧水型原子炉(PWR)

重水炉

CANDU炉 (カナダで開発)

黒鉛炉

黒鉛減速ガス冷却炉

“チェルノビル原発事故”

黒鉛減速沸騰軽水
圧力管型原子炉
(RBMK)

“もんじゅ事故”廃炉

高速炉

高速増殖炉(FBR)

その他

小型モジュール炉

洋上原子炉 ほか

“将来炉”とは

火災を起こし易い

濃縮不要

◆新しい原子炉？・・・何が新しく何が同じか。

熱中性子炉・・・減速材(水、黒鉛、重水)と冷却材(水、ガス)
軽水炉(軽水減速軽水冷却)

⇒メルトダウン、水素爆発、水蒸気爆発、コアコンクリート反応

高温ガス炉・・・減速材(黒鉛)、冷却材(ヘリウムガス等)

高温材料、構造が重要

高速中性子炉・・・中性子を高速のまま核反応(原爆に近い)

⇒核反応制御が難しい、ナトリウムを冷却材にし火災の危険

⇒『もんじゅ』はなぜ失敗したか。

原子力は、1960年代から1970年代にかけて軽水炉の内、
加圧水型と沸騰水型に収れんし、約54基もの原発を設置



洋上は、陸上よりはるかに自然環境条件がきびしい。事故のリスクが極めて高い。

ロシアの浮遊式原発
「アカデミック・ロモノーソフ」

2019年7月

電気出力35MW × 2基
長さ140m

安全性確保の問題。海上の悪天候に直接露出し、台風・津波などの影響を受ける。事故が起きれば、陸上に比べ迅速な対応が難しい。

へき地等の極限られた環境での用途にすぎない



目新しい技術は、安全性から見ると課題が見える。新規技術は、長い年月を経て検証される必要がある。直ぐに私たちが反応する必要はない。騙されてはいけない。

デンマークの水域を通過する「アカデミック・ロモノーソフ」。
Getty Images

第四世代原子力システムに関する国際フォーラム(GIF)

高温ガス炉、高速炉を中心

高度な安全性、持続可能性、良好な経済性
米、英、仏、露、中、印が推進

小型モジュール炉(Small Modular Reactor) SMR

安全性の向上、自由化市場への対応、原子力産業活性化
米国、英国、カナダを中心に、アジア、中東の諸国の関心。

SMRは従来、中小型炉(Small and Medium Reactor)に対して使われていたが、国際的な小型モジュール炉の開発の動きを受け、現在は、IAEAも含め一般に小型モジュール炉をSMRと呼んでいる。

高温ガス炉 (HTGR)

特徴

減速材: 黒鉛 冷却材: ヘリウムガス
出力ガス温度: 900°Cを超える高温

利点

- ◆ 自己安定性 (核暴走しにくい) が優れている
 - * 出力密度が低い (軽水炉より)
 - * 炉心の黒鉛は熱容量大、2000°Cの高温に耐える。
 - * 冷却材のヘリウムは、熱伝導率が高く高温でも安定
 - * 冷却システムが機能しない時、格納容器からの熱放射で冷却できる。
 - * 制御棒挿入に失敗して燃料温度が上昇すると、自動的に核分裂が抑制され、(計算によると) 原子炉停止まで低下できる。
 - * 負荷追従運転がしやすい。
- ◆ 発電以外の水素製造、合成燃料製造プロセス等への核熱利用

◆ 日本で最初に導入された原発は1960年着工、1965年臨界に達した英国製ガス炉で (黒鉛減速炭酸ガス冷却炉: GCR) で東海第一原発として営業運転し、1998年廃炉決定。

燃料は天然ウラン。電気出力16.6万Kw、黒鉛ブロック約3万個 (1600t)。

冷却材出口温度: 350°C

高温ガス炉 (HTGR : High Temperature Gas-cooled Reactor)

HTTR (高温工学試験研究炉)



原子炉出力	30MW
原子炉出口温度	950℃ (最高)
1次冷却材	ヘリウム
1次冷却材圧力	4.0MPa
出力密度	2.5W/cc
燃料濃縮度	6% (平均)
初臨界、950℃達成	1998年、2004年
安全性実証試験 連続50日950℃運転	2010年

2014年から新規制基準適合審査中



設置場所：大洗研究所 (茨城県大洗町)

世界で唯一950℃の熱を取り出せる高温ガス炉

—高温ガス炉(HTR)—

ヘリウム・水・空気冷却の仕組み

炉容器冷却設備

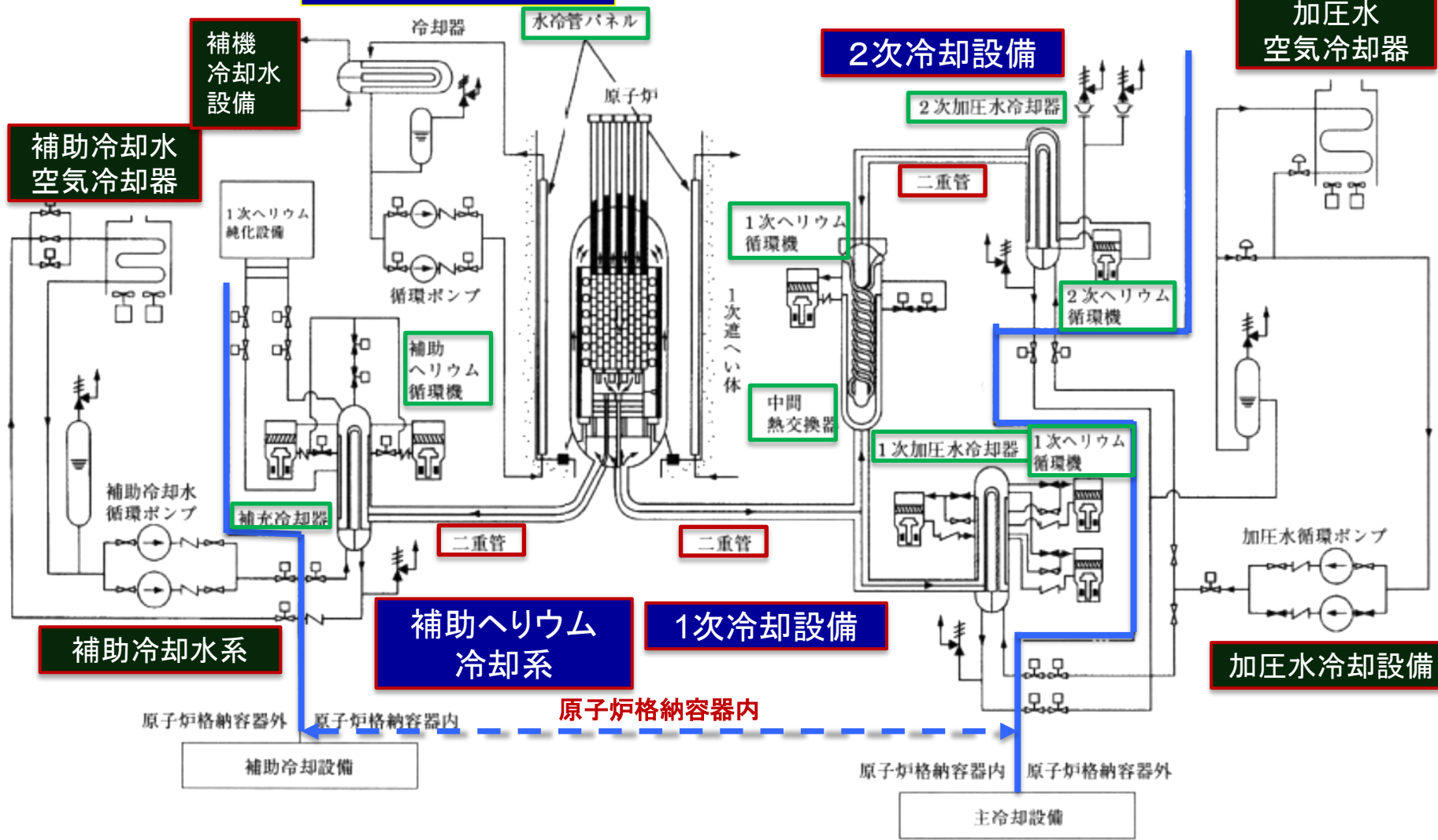


図 4.2 • 原子炉冷却系統

1次ヘリウム配管は二重管構造

—高温ガス炉(HTR)—

複雑な熱対策は様々な破損を誘発する

曲げ部を用意し熱応力緩和する方法はスペースをとるので、原子炉圧力容器以外の冷却系容器、配管は、格納容器内部コンクリートから吊す浮動支持方式を採用。

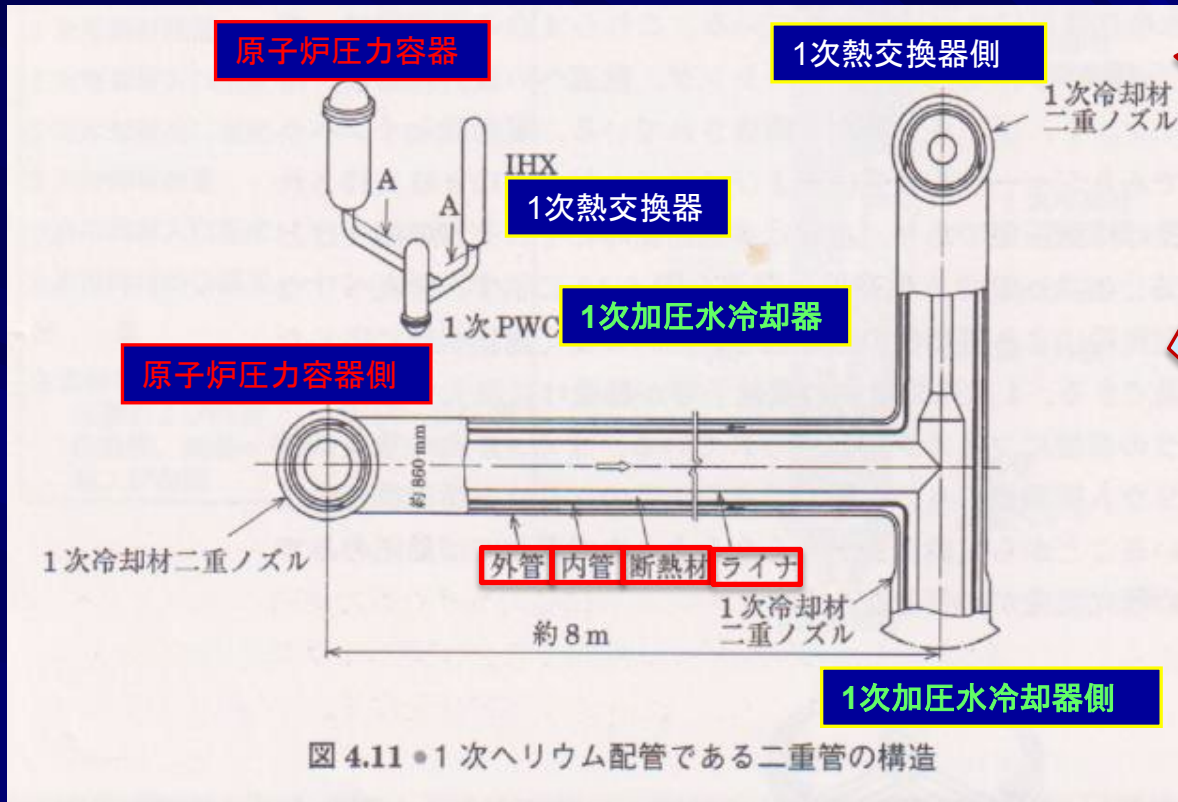
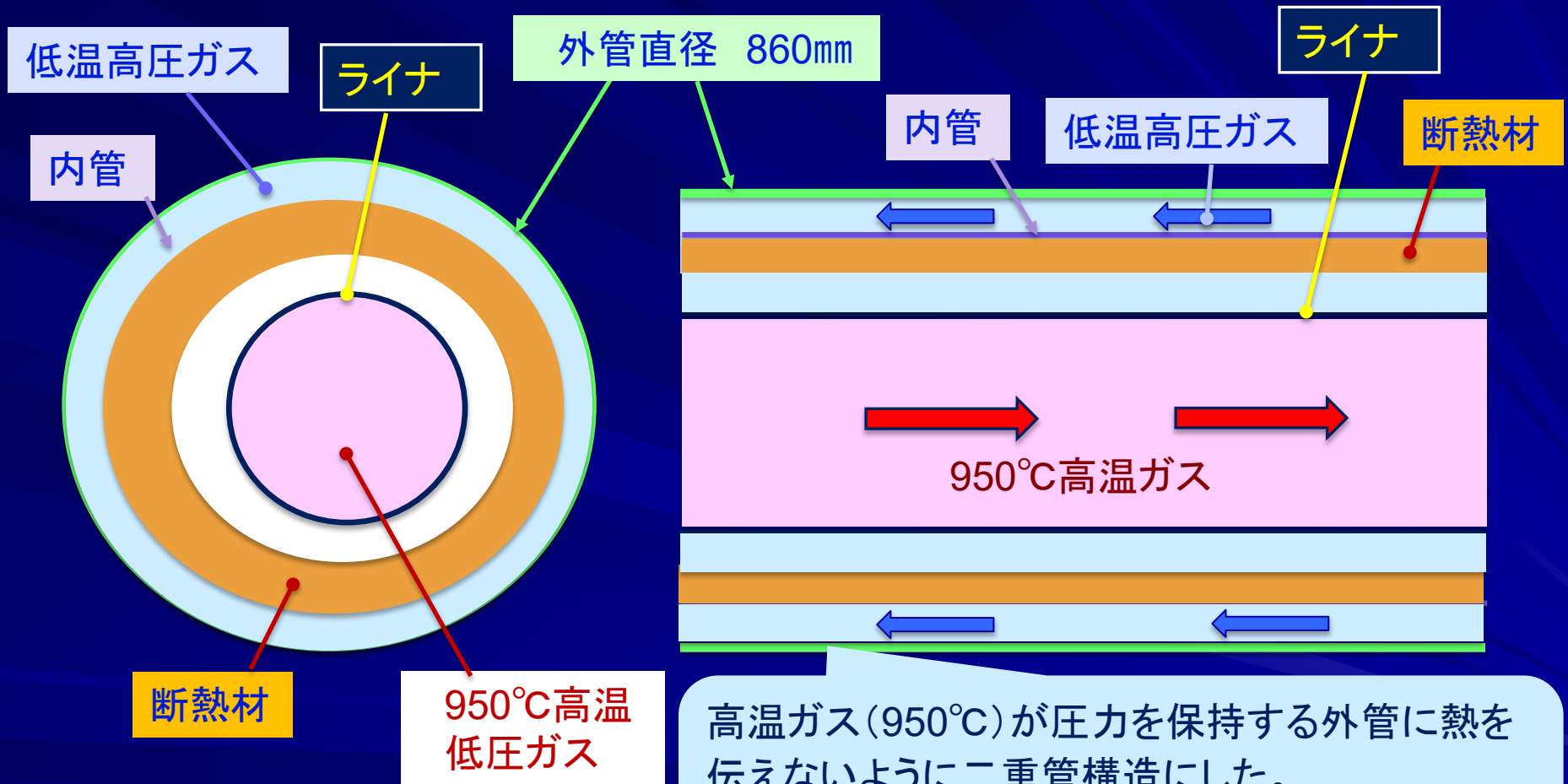


図 4.11 • 1次ヘリウム配管である二重管の構造

- ◆二重管は、内管の内側の表面を断熱材で覆い、さらにその内側をライナで覆い、これらを同心に外管を組み立てたもの。ライナの内側には、950°Cの高温ガスが流れ、内管と外管の環状部には、原子炉圧力容器へ還流する低温の1次冷却材を流す。
- ◆環状部を流れる低温1次冷却材は、内側を流れる高温の1次冷却材より高圧に保つ。

二重管構造の説明図

高温部は中に低圧で、低温部は外に高圧にする。



高温ガス(950°C)が圧力を保持する外管に熱を伝えないように二重管構造にした。
非常に壊れやすい。壊れた時、高温ガスが噴出しその影響は非常に大きい。

高温ガス炉の技術的課題とデメリット

1. 黒鉛は酸素があると高温で燃え出す。
2. 高温設計、熱疲労、熱交換器や配管の吊下げ方法と耐震性の問題。
高温対策の二重容器や二重配管は構造上、複雑で壊れ易い。
3. 熱交換器が破損した場合、水が浸入し高温の黒鉛と接触する恐れ
4. ドイツで核燃料粒子が破損して核分裂生成物が漏れ出る事故があった。燃料球の製造過程でミスがあり、ばらつきが問題。
5. 大型化が難しい。黒鉛は軽水より減速性能が悪いので、黒鉛層が厚くなり炉心が大きくなる。そのため、出力密度は軽水炉の10%程度。
6. 大出力にすると、炉心や格納容器が大きくなり、製造コストが上がり、発電に関しては、軽水炉に比べて経済的優位性がない。
(その後、日本は軽水炉に絞って導入へまい進した。)
7. 大量の放射性物質を扱う以上、「環境に対して最悪の発電システム」

小型モジュール炉

米国NuScale社

プール内に、出力に応じて必要な数のモジュールを設置



6万kWのモジュール



経産省ホームページより

小型モジュール炉(SMR)の特徴

- ◆設計を規格化し、工場で量産化を図り輸送も容易
- ◆モジュール出力6万kW、通常PWRの20分の1
- ◆最大12個のモジュールを大型プール中に設置
- ◆1モジュールは、「圧力容器」「蒸気発生器」「加圧器」「格納容器」を含む一体型パッケージで、大型冷却水ポンプや大口径配管が不要
- ◆各モジュールは、それぞれ独立したタービン発電機と復水器に接続
- ◆小型化と一体型化を図ることにより、大規模な冷却材喪失事故のリスクを回避

小型モジュール炉(SMR)の欠点

- ◆モジュール化して事故が防げるわけではない。
- ◆むしろ、大型炉とは異なる事故のリスクがある。
- ◆プラントを規格化(モジュール化)することは、量産化でコストダウンを目指すのが、完成し洗練される必要。
- ◆1つでも設計の不備があると、量産化は無理。
- ◆一旦出来上がった後、長い年月を掛けて様々な故障やトラブルを改善してモジュール化生産ができる。
短期間に開発できるとするのは、工業製品の基本的な特性を理解していない机上の空論。
- ◆東芝・ウェスチングハウスのモジュール工法失敗

過酷事故用の耐圧強化ベントの設計の問題が解決されないまま、 柏崎刈羽、東海第二、女川等のBWR審査を通した

福島事故後の耐圧強化ベントは、各バルブの通常時「閉」か「開」かまた、「FC」か「FA」か「FO」か？

赤字：AM整備当時の図面から追記・修正した箇所

- 【凡例】 AO：空気作動弁 FC：Fail Close（駆動源喪失時に閉止）
 MO：電動弁 FA：Fail As-Is（駆動源喪失時に現状維持）
 FO：Fail Open（駆動源喪失時に開放）

FAに変更

福島事故後に手動ハンドルを追加した。自由度が増えたが、ヒューマンエラーと不確実性が増加。フェイルセーフとは、対極の対策強化である。

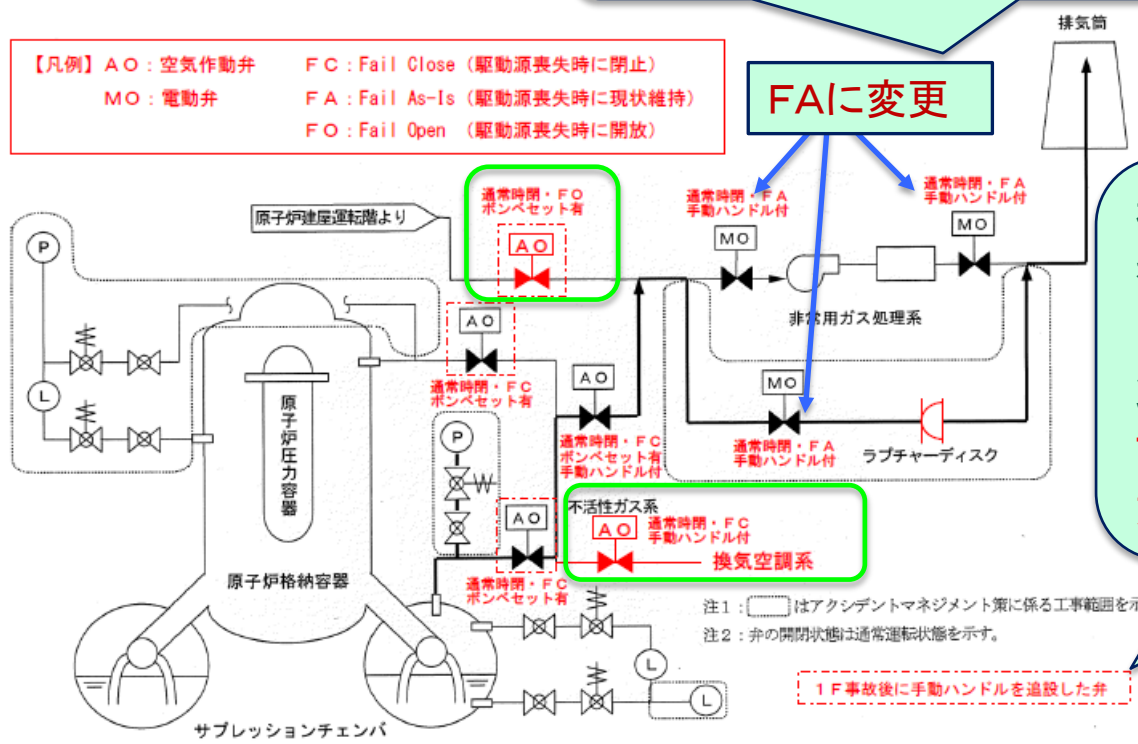


図-2.3 耐圧強化ベント（概念図）

フェイル・セーフとインターロックが本来の機能を果たしていないだけでなく、それらを全く逆の危険側の方向へ導いた。
安全であるはずのフェイル・セーフ機構が事故を誘発した。

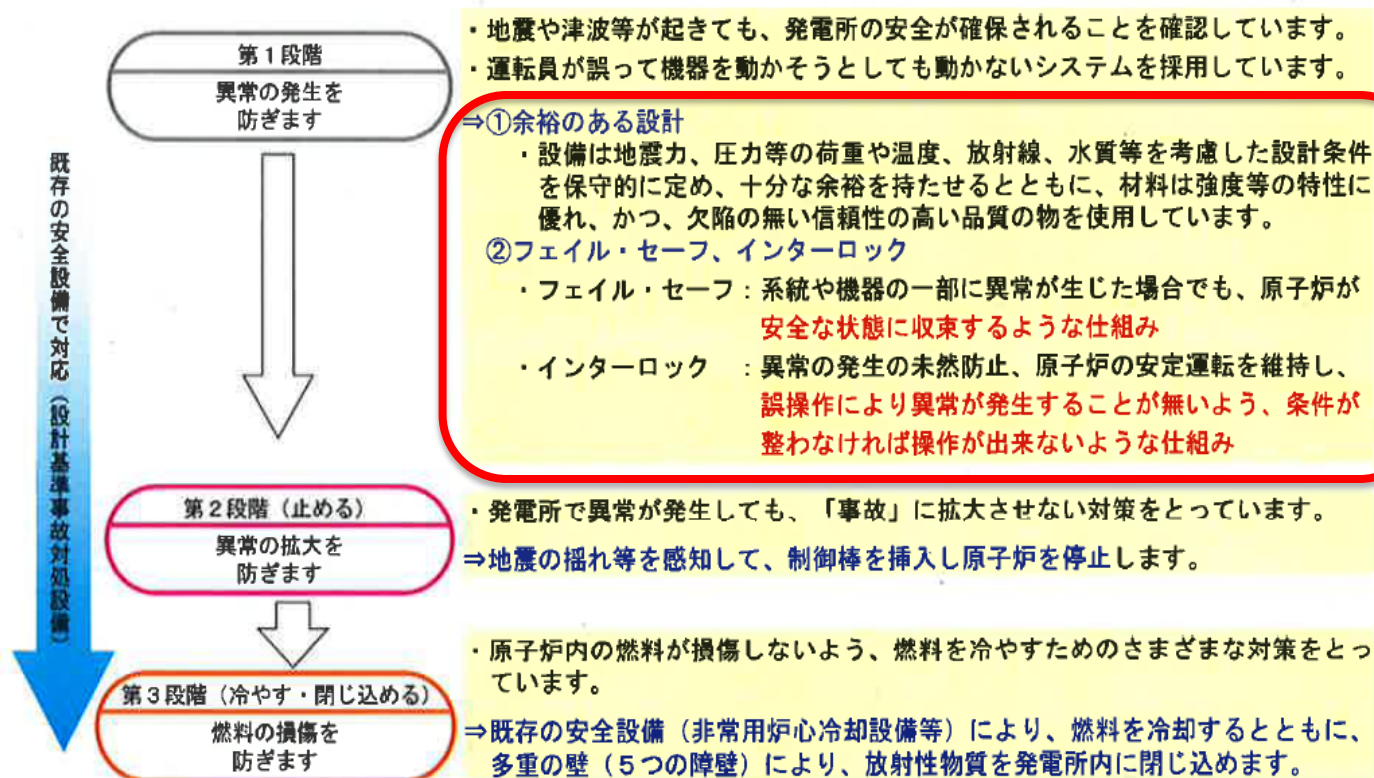


図1 本件原子力発電所における基本的な安全確保対応の流れ

「格納容器の破損防止」が最も実現性が低い

—事故が進展するにしたがって、安全対策の信頼性は落ちてくる—

事故の進展に伴って、炉心溶融による水素爆発や水蒸気爆発のリスクが高くなり、同時に安全対策の信頼性が落ちてくる。格納容器破損対策は確実ではない

◆後段ほど安全対策は信頼性が大事

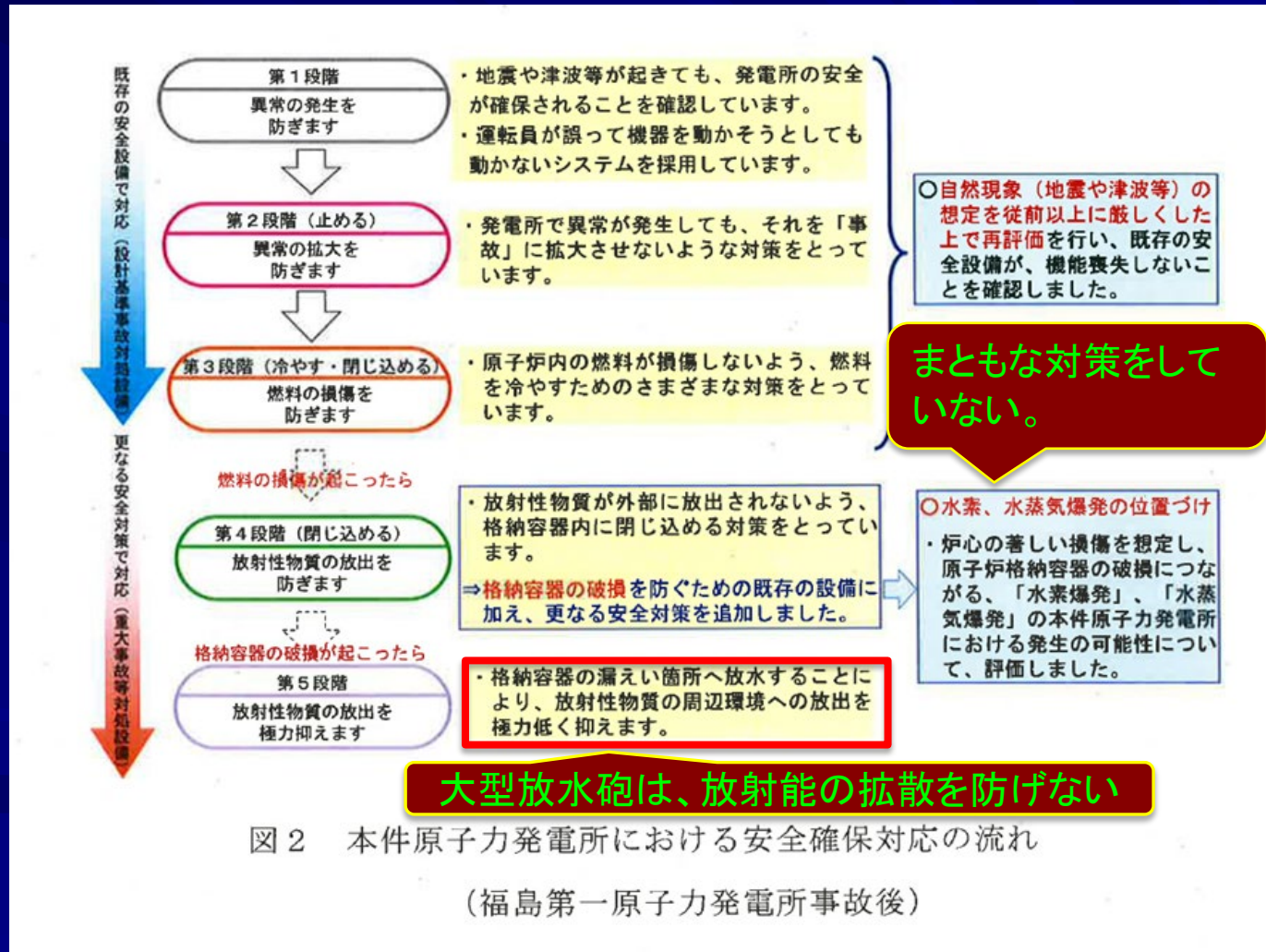


図2 本件原子力発電所における安全確保対応の流れ

（福島第一原子力発電所事故後）

次世代原発共同開発(三菱重工、電力4社)

三菱重工は、原発メーカーとして事故の責任を取る覚悟があるのか、明言せずに無責任な安全神話を出すな。

2022年9月30日東京新聞

- ◆次世代といっても現在の加圧水型(PWR)の改良型
- ◆事故以前、APWR(改良型PWR)といって開発途上で断念していた。
- ◆沸騰水型は、ABWR(改良型BWR)として、柏崎刈羽6、7号以降多数設置済み。
- ◆2030年代運転開始を目指す。
- ◆APWRを元(?)に、受動的な安全炉を検討するとしたようだ。

「革新軽水炉」は、炉心溶融を起こした場合に、水蒸気爆発を避けるため、コアキャッチャーを設置することで、安全性を高めたとしている。……三菱重工のホームページより確認する

三菱重工の軽水炉の究極型 SRZ-1200

『超安全・地球にやさしい・大規模な安定供給』は誤っている。

Concept

SRZ-1200のコンセプト

超安全 Supreme Safety

多重化・多様化は実現見込みのない空論

あらゆる自然災害(地震/津波/竜巻など)に対する高い耐性

多重化多様化した安全対策により万一の事故時においても放射性物質を閉じ込めて影響を発電所敷地内に限定
大規模航空機衝突やサイバーテロなどの外部脅威に対しても高度なセキュリティ対策でプラント安全機能を防護

地球に優しく Zero Carbon

航空機衝突もテロ対策も極めて困難

発電過程でCO₂を排出しないカーボンフリー電源

電力需給状況に応じた高度な調整

持続可能なカーボンニュートラル

地球にやさしく(?)、人には厳しい?

大規模な電気を安定供給 Resilient Light Water Reactor

単国産エネルギーとして、国際情勢や天候に左右されず、人々の暮らしを支える電気を安定的に供給

天候や国際情勢に左右されない? 事故や地震で長期停止。テロ攻撃の対象

これらの特長を有する軽水炉の究極型 (Z)・

非常時に止めざるを得ない。エネルギー安全保障上の役立たず

名称の SRZ にはそれぞれ以下の意味を含んでいます

- S : Supreme Safety (超安全)、Sustainability (持続可能性)
- R : Resilient (しなやかで強靱な) light water Reactor (軽水炉)
- Z : Zero Carbon (CO₂ 排出ゼロ) で社会に貢献する究極型 (Z)

(1200は電気出力 120 万 kW 級を表しています)

SRZ-1200

既設軽水炉



既設プラントの再稼働推進

研究開発 / 設計 / 建設

革新軽水炉 (次世代軽水炉)



既設炉

研究開発 / 設計 / 建設

小型炉、高温ガス炉、高速炉、マイクロ炉ほか



ITER計画*

原型炉

核融合炉

www.iter.org

* ITER計画: 核融合炉実用化に向けて7国 (日、EU、米、露、中、韓、印) 政府により進められている大型国際プロジェクト

2020

2030

2040

2050

SRZ-1200の導入により、既設プラントの再稼働推進とともに発電分野のCO₂排出量削減に貢献します

更に、多様化する社会のニーズに応じて、小型炉、高温ガス炉、高速炉などの開発や、恒久的な夢のエネルギー源である核融合炉の実用化への挑戦を続けていきます

三菱重工のホームページより

さらなる安全・安心のために

鋼板厚さが約45mmを超えると、溶接時に後熱処理が必要になるので、薄くしたい。

炉心冷却・放射性物質閉じ込め機能の強化

target 目標 ■ あらゆる事象に対して発電所外への放射性物質の放出を防止

遮蔽コンクリート厚さ2倍 約2.5m
鋼板は、高強度鋼により薄くする？

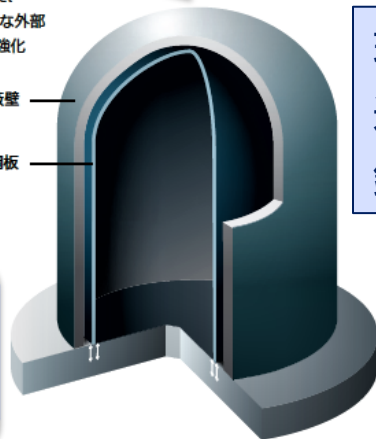
measures 具体策

高張力鋼板と頑健な外部遮蔽壁で閉じ込め能力向上

- 高強度鋼板を用いたHHCV (Hybrid High-tensile steel Containment Vessel) により耐圧、耐漏洩機能を、頑健な外部遮蔽壁により航空機衝突に対する耐性と遮へい機能を強化

SRZ-1200
遮蔽壁厚さ従来の約2倍

外部遮蔽壁
高張力鋼板



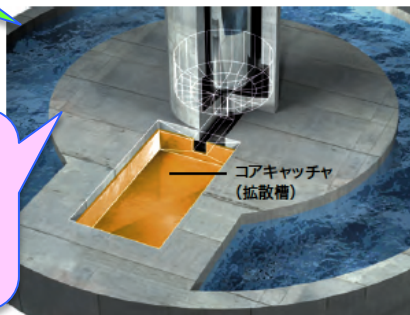
現状の厚さ
遮蔽約1.3m
鋼板約45mm

コアキャッチャーはEUでは、一般的要求。今更遅いが...

格納容器破損防護機能の強化

- シビアアクシデント時の専用設備(コアキャッチャー等)を設置し、格納容器破損防護機能を強化

コアキャッチャーを義務化するなら、従来の軽水炉はすべて廃止

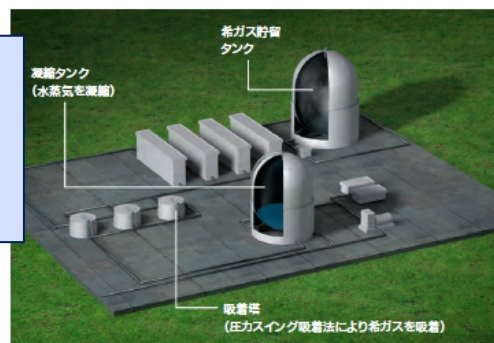


万一の重大事故時における放射性物質の放出防止

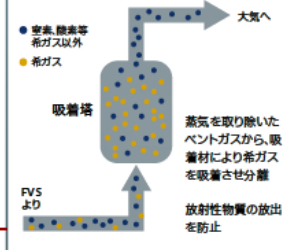
- 種々の格納容器破損防護設備に加え、フィルタベントシステム及び放射性物質放出防止システムを設置し、万一の場合の事故影響を発電所敷地内に限定

放射性物質放出防止システム

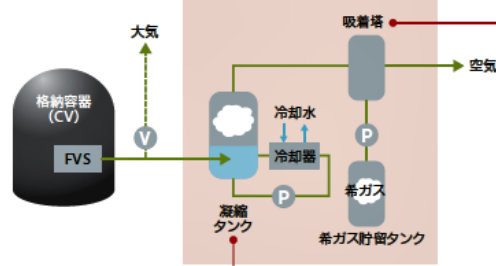
- フィルタベントシステムによるセシウム、よう素の除去に加え、三菱重工が独自開発した放射性物質(希ガス)を分離・貯留するシステムを設置することで周辺環境への放射性物質の大量放出を防止、事故影響を発電所敷地内に限定します



吸着塔



放射性物質放出防止システム



主要機器構成はほとんど変わらない

ハードは、部分的な改良にすぎない

原子炉

- 原子炉容器下部管台の削除による漏洩リスク排除（上部挿入方式の炉内核計装装置の採用）
- 原子炉容器小型化による耐震性向上



蒸気発生器

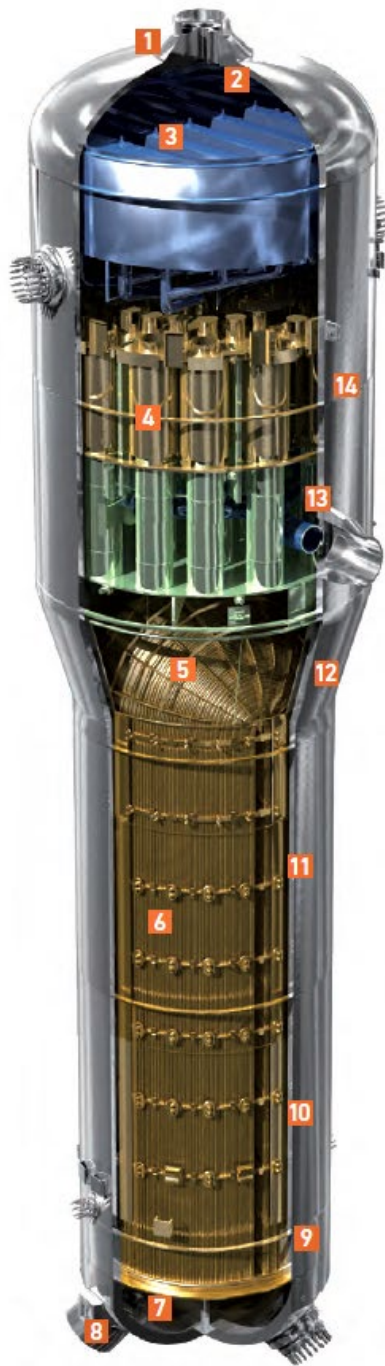
- 小口径伝熱管、高性能小型気水分離器の採用による小型化
- 改良型振止め金具適用により伝熱管流動振動に対する信頼性を向上



1次冷却材ポンプ

- 羽根車およびディフューザ形状の最適化による大容量、高効率化
- 耐SBOシール採用により安全性を向上





従来型との比較、改良点

気水分離器・湿分離器

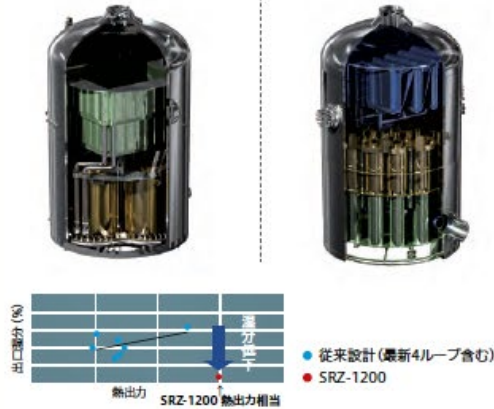
大容量化に伴う蒸気流量増加に対応するため、高性能な小型気水分離器+1段型湿分離器を採用。蒸気流量増加による蒸気湿分増加を抑制し、プラント性能向上に寄与します

既設プラント

- 大型気水分離器×3個
- 内径 約1.4m
- 2段型湿分離器配置

SRZ-1200

- 小型気水分離器×20個
- 内径 約0.5m
- 1段型湿分離器配置



振止め金具 (AVB)

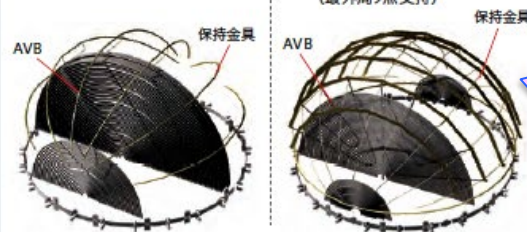
改良型振止め金具の採用により、伝熱管支持点数を増加させ、伝熱管流動振動に対する信頼性を向上させています

既設プラント

- V型3組(最外周6点支持)

SRZ-1200

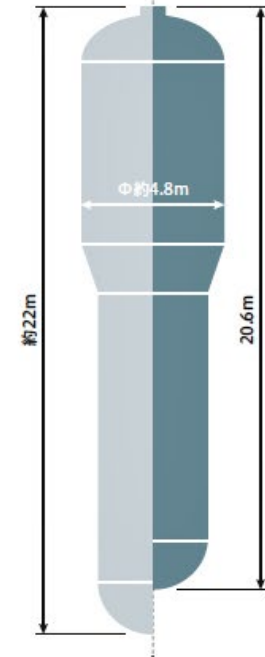
- 2V + 1 + 2V型
(最外周9点支持)



伝熱管寸法

3/4インチ伝熱管を採用することで伝熱性能を向上し、必要伝熱面積を低減。大容量化に伴う蒸気発生器の大型化を抑制しています

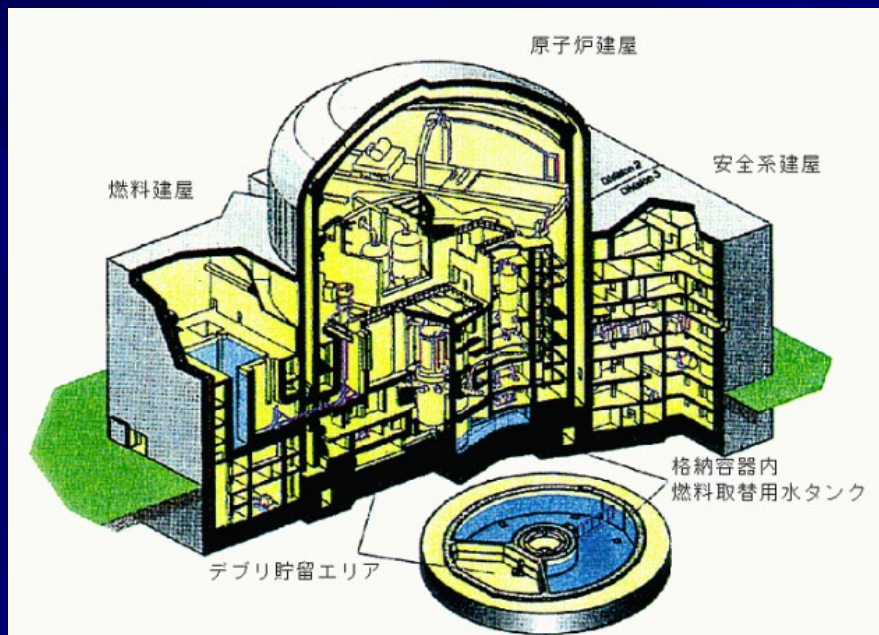
7/8インチ伝熱管採用時	合理化設計
伝熱管サイズ 7/8インチ	3/4インチ
伝熱面積 7,160m ² /基	約6,100m ² /基




振止め金具は、工事ミスで配管破断事故を起こした対策

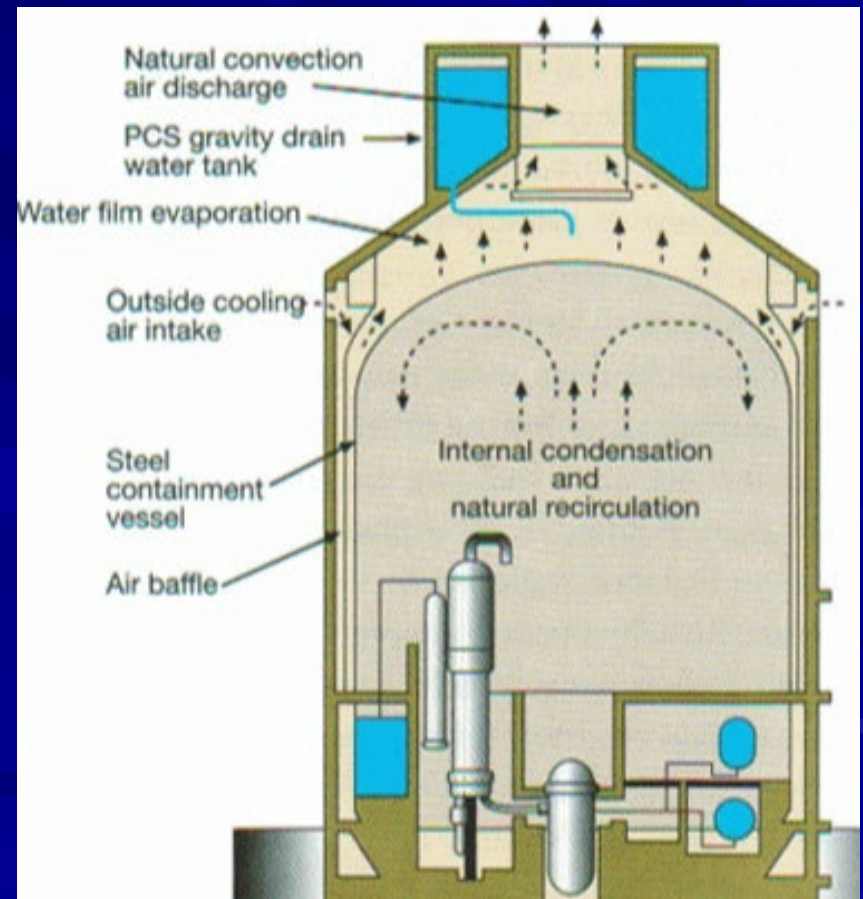
EPRとAP1000の静的(受動的)安全性

- ◆航空機衝突に備えて、格納容器が二重になっている。
- ◆静的安全系(重力落下式水タンクと自然循環冷却)



炉心溶融対策としてコアキャッチャーを設置(水蒸気爆発を回避)

[出典] F. Bouteille, H. Seidelberger: The European Pressurized Water Reactor-A Status Report Nuclear  Journal, October 1997, p.15



革新型軽水炉の受動的安全性は概念レベル
もしできるなら、革新型軽水炉を完成、あるいは既
設軽水炉を改良すべき。無理なら廃炉にすべき。

- ◆(仮に)本当に受動的安全炉が成立することを証明し、現在の軽水炉よりはるかに、安全性が高く大規模事故の可能性がないことを示せたならば、「革新型軽水炉」が完成するまでは、安全性が証明されていない既設炉は再稼働させない。
- ◆原発事故は、1基でも起こせば、極めて危険な状況になる。したがって、事業者は原発が大規模な事故を起こさないことを、地域住民および市民に確約する必要がある。
- ◆もし、事故を起こしたら、東電(株主代表訴訟)のように、数兆円でも百兆円でも、損害額を支払う覚悟が、電力会社と原発メーカー(三菱・東芝・日立)にあるのか?政治家は「責任は事業者にある」としている。
- ◆もし、だれも責任を取って損害賠償を率先して払うものがないならばそんな危険なものをつくってはいけないし、動かしてもいけない。

新規技術をどうみるか

- ◆基礎研究を重ねる中で、新しい概念の技術が生じることはあり得る。
- ◆しかし、研究レベルで出された新しい技術を実機に適用するには、さらに実用化レベルの開発が必要である。
- ◆特に、従来と環境条件等が異なる新しい炉型は、特有の条件における材料や、仕組みの実証性が必要である。
- ◆その上で、開発された実機は、長期間運転と保守を繰り返して、初期故障をなくし、さらに開発時にわからなかった故障や事故のリスク回避を試みる。
- ◆新技術の適用の可否を判断する時には、メリットよりも、大規模事故の発生がないか確率論的リスク評価も動員して評価することが必要である。
- ◆実機製作上の概念、例えばモジュール化等の工法も、環境が異なると大きなデメリットになり得る。実際に、米国ウェスチングハウス社と東芝が行った大規模モジュール工法は、品質欠陥の後戻り作業の大きな障害になり自滅した。

確率論を用いることが目的ではなく、リスクの抽出に確率論的リスク評価の手法が使用できる

原発は攻撃の対象

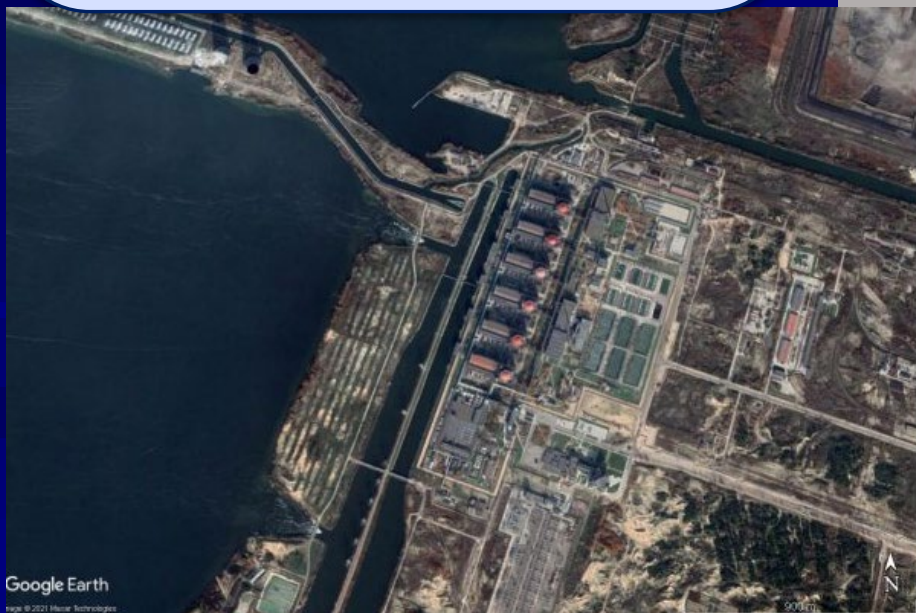
安全保障上、最悪の施設

原発が戦争の道具になった。直接攻撃するつもりはなくても誤爆のリスクと、運転員の心理状態が懸念される。電力が足りないから“原発を増やそう”という日本の政治は、原発の特徴を全く理解していない。

チェルノーベリ事故炉



ザボリージャ原発



時間の関係で説明を飛ばしたところは、後でご確認いただければ幸いです。

まとめ

再稼働も、寿命延長も、新型炉開発も

- ①福島事故を踏まえていなければならない
- ②まくらことばで、「安全性を最優先に」とか「安全性が確認された原子炉は」は、実質的な意味を持たない。具体的な仕組みとその作動がどう保証されているかが重要。
- ③日本の規制では、「ある機能を持った装置が設置されていればOK」としている。現実にはそれが作動しないか、あるいは誤作動することを考慮した設計でなければならない。
- ④故障と人為的ミスに対する対策を重視し、事故のリスクの高い老朽原発や無責任な事業者は許可しないようにしないと、また取り返しのつかない大事故を起こすことになる。しかも、それを開発したメーカーすら責任を負わない。原発の「無責任な構造」である。
- ⑤福島事故からすでに11年以上過ぎた。現行の規制では、随所に穴があるため、確率的に大規模事故が発生するリスクを避けられない。

ご清聴ありがとうございました。

M.Goto