

原発の安全確保策について

2019. 8. 5 原告ら訴訟代理人
青木秀樹

本日のプレゼンの内容

- 1 はじめに
- 2 原発の本質的危険性とその基本的対策の失敗の結果
原発の危険性と「閉じ込める」「止める」「冷やす」
- 3 福島原発事故はなぜ起きたのか
起きるはずのない事故
事故の様相
事故の教訓はなぜ必要か
福島原発事故が起きた原因と教訓
- 4 自然現象による重大事故想定
津波を原因とする事故想定
地震を原因とする事故想定
圧カスタビライザーと地震
共通要因故障と代替設備
- 5 使用済み燃料プール事故
- 6 放射性物質が外部放出された場合の対策

はじめに

- ・深層防護の三層までは設計基準であり、それは重要であるが、福島原発事故は三層を突破した。
- ・地震等の自然現象の評価は、設置許可基準規則のうち、設計基準対象施設に適用される規定への適合性の問題であり、原告らは基準地震動等が過小であることを主張、立証してきた。
- ・仮に基準とされた自然現象を超える場合、それに対して、原発の安全性が確保されるか否かについて、詳細な検討がなされて然るべきであるが、それはなされていない。
- ・福島原発事故後に、シビアアクシデント対策が規制の中に取り入れられたが、機能喪失の原因は問われていない。しかし、福島原発事故は、自然現象によってシビアアクシデントが発生したのであるから、自然現象によって引き起こされるシビアアクシデントを検討する必要がある。
- ・原発特有の危険性と「閉じ込める」「止める」「冷やす」の関係を説明し、その危険性が現実化した福島原発事故等から得られた教訓を踏まえて、自然現象を原因として引き起こされるシビアアクシデント対策の不備、使用済み燃料プール事故の想定の不備を説明する。
- ・そして、放射性物質が放出される事故に至った場合の安全確保策の不備について説明する。

原子力発電所の危険性 の本質

「止める」・「冷やす」・「閉じ込める」

閉じ込める

放射性物質を、燃料ペレット、燃料被覆管、圧力バウンダリ、格納容器及び原子炉建屋から成る多重の障壁の内に閉じ込める。

放射能の脅威

核エネルギーの脅威

(原子炉を)
止める

原子力発電は、原子炉における核分裂反応による熱エネルギーを利用するもの。



原子炉を停止して核分裂反応を止める。

(炉心を)
冷やす

原子炉停止後も発生する崩壊熱を、冷却水によって除去し、冷却する。

運転停止後の発熱の脅威

各機能を担う主要施設を次頁から説明する。

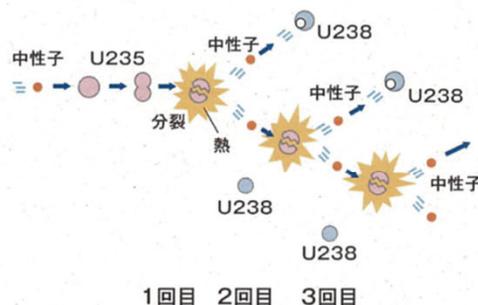
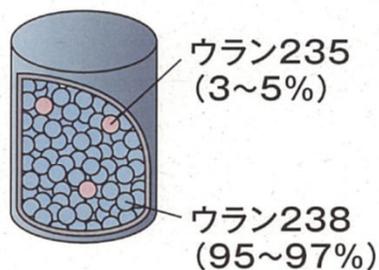
放射能の脅威—閉じ込める

1-1 原子力発電の仕組み

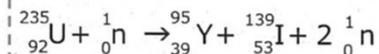
ウランの性質② -ウランにおける核分裂反応

- 核分裂とは、原子核が2つ以上の原子核に分裂することをいう。
- ウラン235は核分裂を起こしやすいが、ウラン238はそうではない。
- 天然ウランには核分裂するウラン235は0.7%しか含まれておらず、原子力発電ではウラン235の含有量を3～5%に高めたものを燃料として使う。
- ウラン235の原子核に中性子を当てると、核分裂が生じ、核分裂生成物と大量の熱とが発生する。また、核分裂が起こると同時に、新たに2～3個の中性子が発生し、この中性子をさらに別のウラン235に当てると、核分裂が起きてさらに2～3個の中性子が発生する。このような核分裂連鎖反応を持続させ、生じるエネルギーを熱エネルギーとして取り出し、発電に利用するのが原子力発電である。

ウラン235の割合が低く、中性子がウラン238に吸収される等の理由により核分裂が一定の規模で継続する



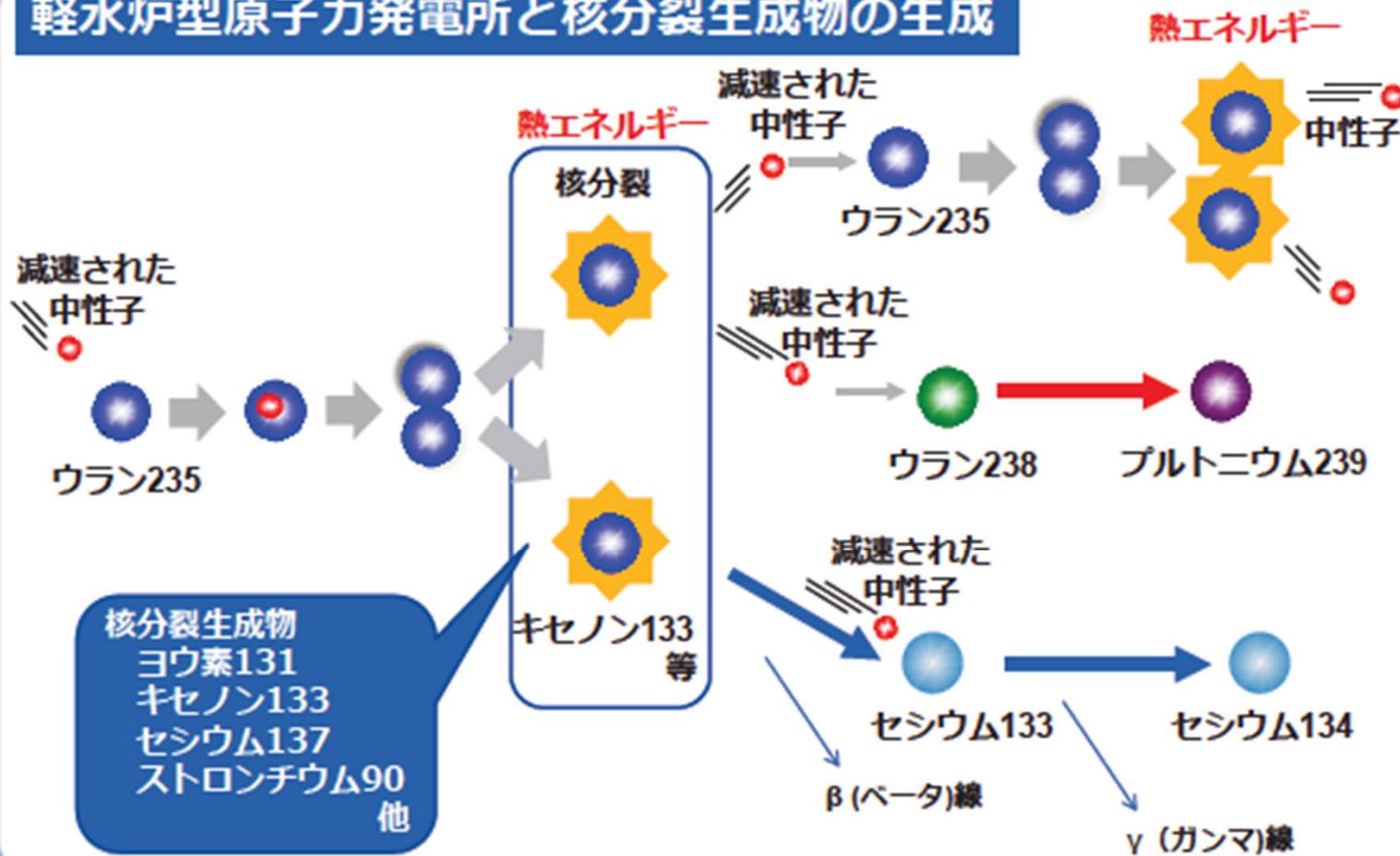
(参考) 代表的な核分裂反応



n : 中性子
Y : イットリウム
I : ヨウ素

原子炉内の生成物

軽水炉型原子力発電所と核分裂生成物の生成



出展: 環境省HP

放射線の種類と影響

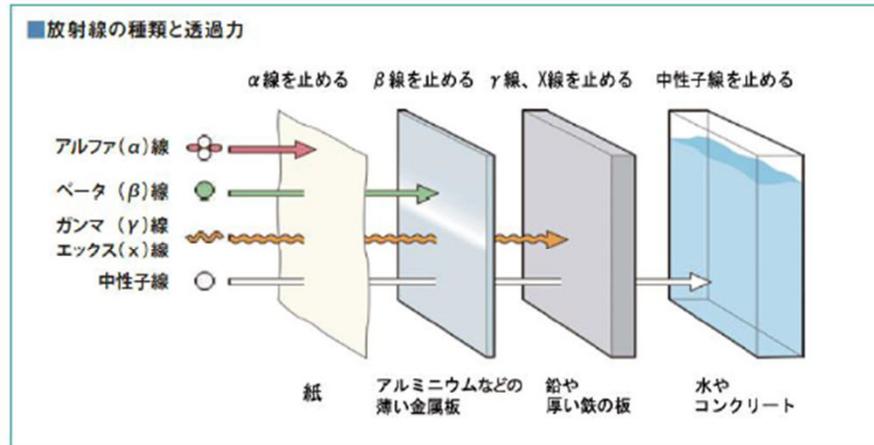
放射線にはアルファ線、ベータ線、ガンマ線、中性子線などの種類がありますが、共通した特徴の一つは物を通り抜ける能力(透過力)を持っていることで、その能力は放射線の種類により異なります。

アルファ線及びベータ線は透過力が弱く、薄い紙やアルミ板で、ガンマ線や中性子線は厚い鋼鉄、コンクリート、水などで遮ることができます。

生体への作用には、放射線が細胞のDNAに直接当たることによる「直接作用」と、放射線が細胞内の水や有機物などを電離することによりつくられた化学反応性の強い物質(フリーラジカル)がDNAなどを傷つける「間接作用」とがあります。放射線の種類や量、放射線を受ける部位によって影響の度合は変わります。

放射線による生体への影響を表す単位としてシーベルトが用いられていますが、これは放射線の違いによる人体影響を考慮して吸収線量に重み付けをした線量です。

なお、放射線関連として使用される単位として、以下のものがあります。



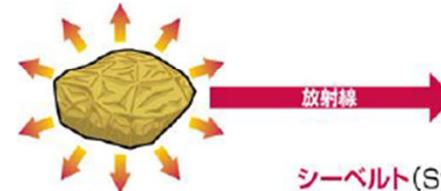
出典: 日本原子力文化振興財団 原子力総合パンフレット2013

ベクレル(Bq)

放射性物質が放射線を出す能力を表す単位

1ベクレルとは、1秒間に一つの原子核が壊変(崩壊)^{*}することを表します。例えば、370ベクレルの放射性カリウムは、毎秒370個の原子核が壊変して放射線を出しカルシウムに変わります。

*壊変(崩壊)とは原子核が放射線を出して別の原子核になる現象のことです。



グレイ(Gy)

放射線のエネルギーが

物質や人体の組織に吸収された量を表す単位

放射線が物質や人体に当たるともっているエネルギーを物質に与えます。1グレイとは、1キログラムの物質が放射線により1ジュールのエネルギーを受けることを表します。

シーベルト(Sv)

人体が受けた放射線による影響の度合いを表す単位

放射線を安全に管理するための指標として用いられます。

出典: 文部科学省 放射線副読本

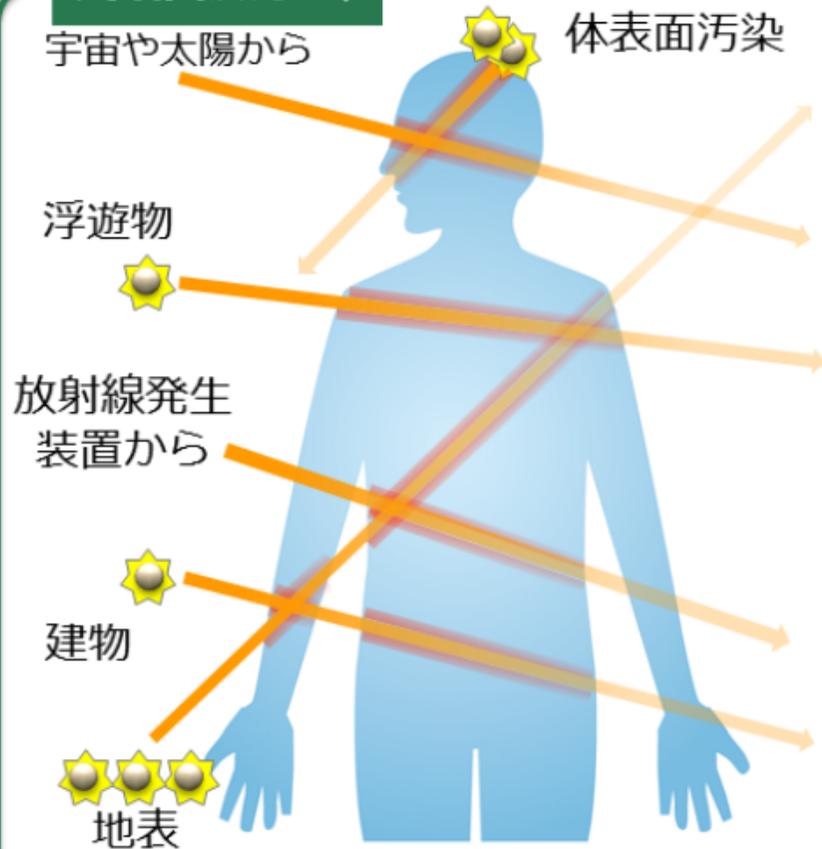
外部被ばくと内部被ばく

- 放射線被ばくには、外部被ばくと内部被ばくとがある。体の外部にある放射線源からの放射線による被ばくを外部被ばくといい、体内に取り込まれた放射性物質が放出する放射線によって体の内部から被ばくを受けることを内部被ばくという
- 外部被ばくは、中性子線、ガンマ線、高エネルギーのベータ線が、内部被ばくはアルファ線が主として問題になる。

被ばくの経路

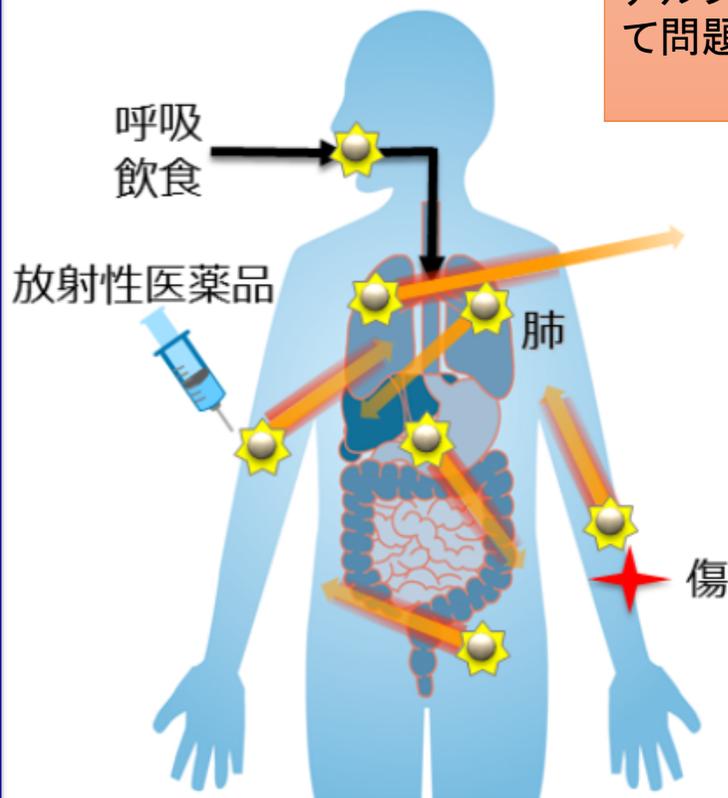
外部被ばくと内部被ばく

外部被ばく



●放射線は体外で発生

内部被ばく



●放射線が体内で発生

外部被ばくは、中性子線、ガンマ線、高エネルギーのベータ線が、内部被ばくはアルファ線が主として問題になる。

出展：環境省HP

半減期と対応

- 核分裂生成物には、核種ごとに、人体に影響を与える部位と半減期が異なり、それらに対応した安全対策を講じなければならない。例えばヨウ素131は蓄積する器官が甲状腺であり、かつ半減期が8日間であるから、閉じ込め機能が瓦解したときは速やかにヨウ素剤を飲まなければならない。セシウム137は半減期が30年であり、全身に蓄積する。福島原発事故で放出されたセシウムの影響の監視は長期間必要である。

-

原発事故由来の放射性物質

	H-3 トリチウム	Sr-90 ストロンチウム 90	I-131 ヨウ素131	Cs-134 セシウム134	Cs-137 セシウム137	Pu-239 プルトニウム 239
出す放射線の種類	β	β	β, γ	β, γ	β, γ	α, γ
生物学的半減期	10日 *1 *2	50年*3	80日*2	70日～ 100日*4	70日～ 100日*3	肝臓:20年 *5
物理学的半減期	12.3年	29年	8日	2.1年	30年	24,000年
実効半減期 (生物学的半減期と 物理学的半減期から計算)	10日	18年	7日	64日 ～88日	70日 ～99日	20年
蓄積する 器官・組織	全身	骨	甲状腺	全身	全身	肝臓、骨

実効半減期：体内に取り込まれた放射性物質の量が、生物学的排泄作用（生物学的半減期）及び放射性物質の物理的壊変（物理学的半減期）の両者によって減少し半分になるまでの時間。緊急被ばく医療テキスト（医療科学社）の値を引用しました。

実効半減期は、生物学的半減期の表中に記載した蓄積する器官・組織の数値から計算。

*1：トリチウム水、*2：ICRP Publication 78、*3：JAEA技術解説、平成23年11月、*4：セシウム137と同じと仮定、

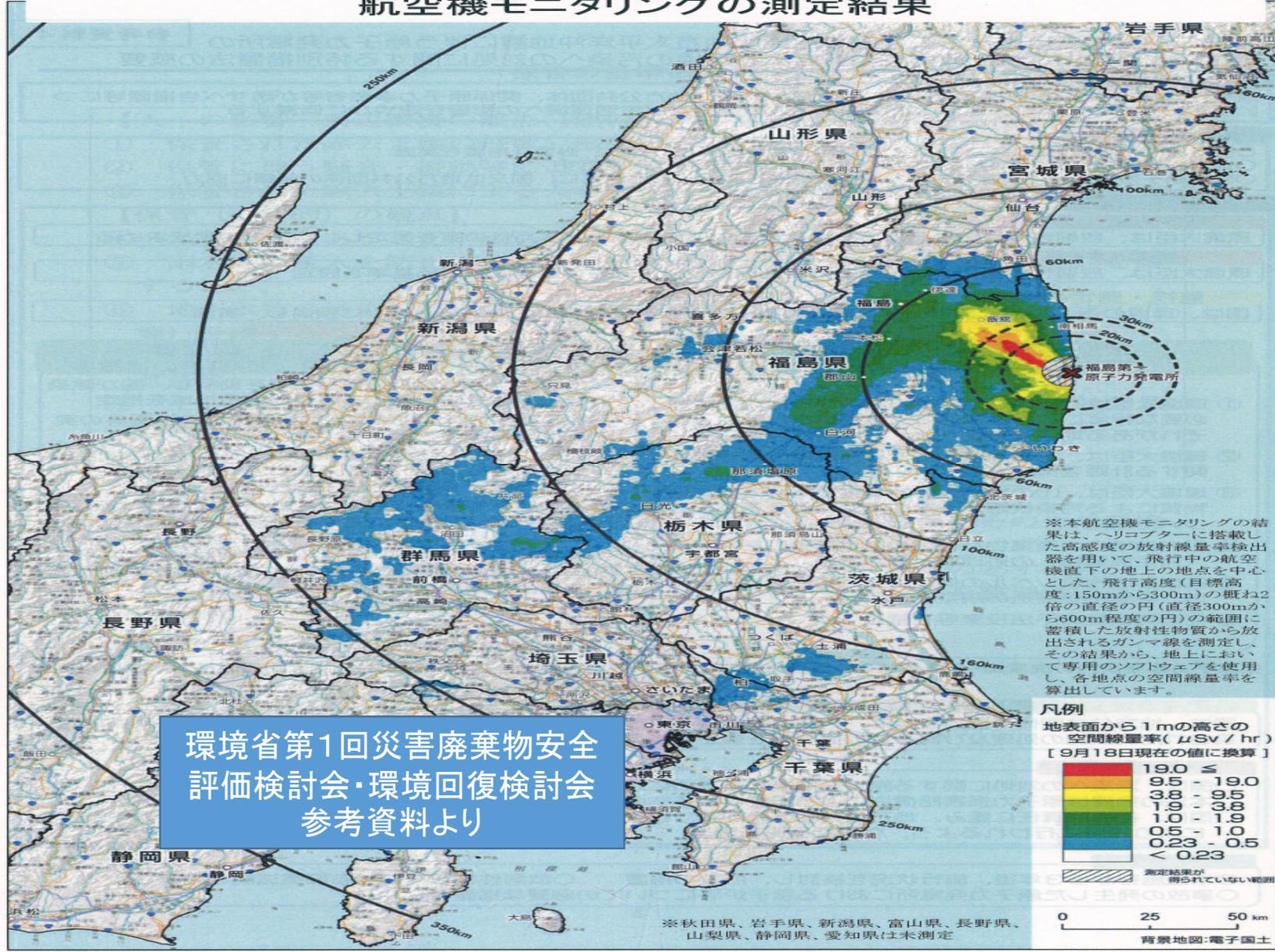
*5：ICRP Publication 48

出展：環境省HP

閉じ込めの失敗

- 福島原発事故により、閉じ込め機能が瓦解し、放射性物質が外部に放出された。
- 福島原発事故以前は、一般人の許容放射線量は1msv／年であり、福島原発事故直後の地上1メートルのガンマ線が許容量を超えた地域は、広範囲に及んだ。
- 福島では100msv／年を超える地域もある。

航空機モニタリングの測定結果



※本航空機モニタリングの結果は、ヘリコプターに搭載した高感度の放射線量率検出器を用いて、飛行中の航空機直下の地上の地点を中心とした、飛行高度(目標高度:150mから300m)の概ね2倍の直径の円(直径300mから600m程度の円)の範囲に蓄積した放射性物質から放出されるガンマ線を測定し、その結果から、地上において専用のソフトウェアを使用し、各地点の空間線量率を算出しています。

凡例

地表面から1mの高さの空間線量率(μSv/h)
[9月18日現在の値に換算]

Red	19.0 ≤
Orange	9.5 - 19.0
Yellow	3.8 - 9.5
Light Green	1.9 - 3.8
Green	1.0 - 1.9
Light Blue	0.5 - 1.0
Dark Blue	0.23 - 0.5
White	< 0.23

斜線記号: 測定結果が得られていない範囲

環境省第1回災害廃棄物安全評価検討会・環境回復検討会
参考資料より

※秋田県、岩手県、新潟県、富山県、長野県、山梨県、静岡県、愛知県は未測定

背景地図:電子国土

測定結果の見方

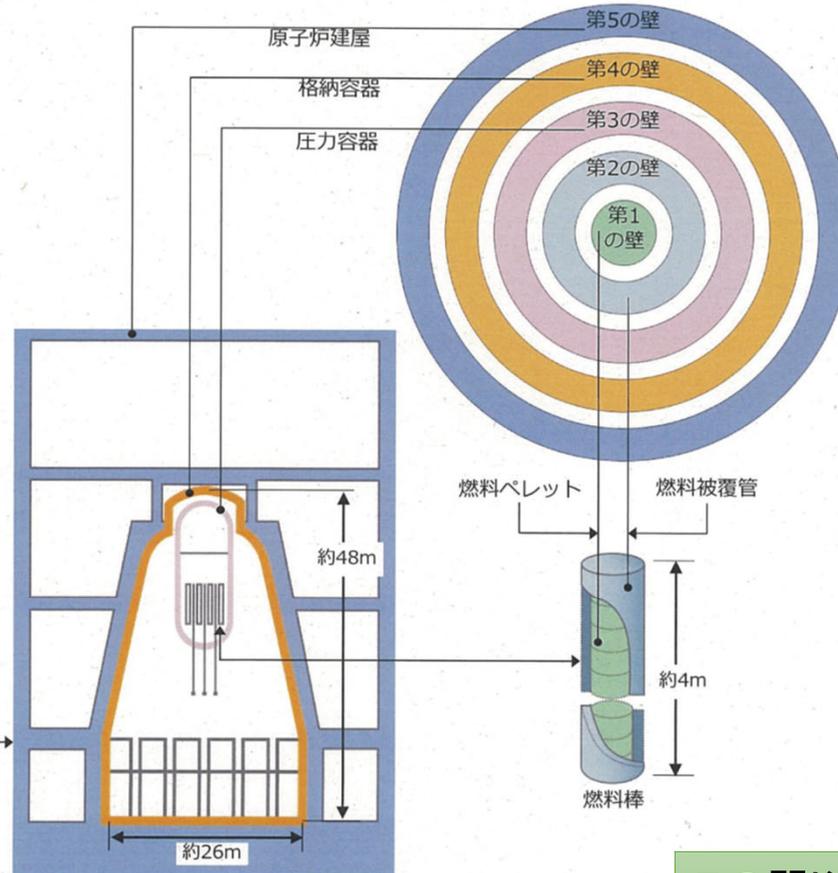
- $0.23\mu\text{Sv}/\text{h} = 1\text{mSv}/\text{y}$ (一般公衆の被ばく限度)
- $1.0\mu\text{Sv}/\text{h} \doteq 5.2\text{mSv}/\text{y}$ (管理区域の線量限度)
- $3.8\mu\text{Sv}/\text{h} \doteq 20\text{mSv}/\text{y}$ (放射線業務従事者線年平均量限度)
- $9.5\mu\text{Sv}/\text{h} \doteq 50\text{mSv}/\text{y}$ (放射線業務従事者年間線量限度)
- $19\mu\text{Sv}/\text{h} \doteq 100\text{mSv}/\text{y}$ (放射線業務従事者5年間線量限度)

1-2 本件発電所の概要

「閉じ込める」機能を有する施設 - 五重の壁

- 原子力発電所の安全確保には、ウランの核分裂反応により発生する放射性物質の有する危険性を顕在化させないことが必要である。
- 多重の障壁により、放射性物質を発電所内に閉じ込める。
 - 【第1の壁】燃料ペレット
 - 【第2の壁】燃料被覆管
 - 【第3の壁】圧力容器※
※接続される配管・弁とともに、「圧力バウンダリ」を形成
 - 【第4の壁】格納容器
 - 【第5の壁】原子炉建屋

原子炉建屋：
縦×横 約 41m×約 44m
高さ 地上約 55m×地下約 12m



この閉じ込め機能は働かなかった

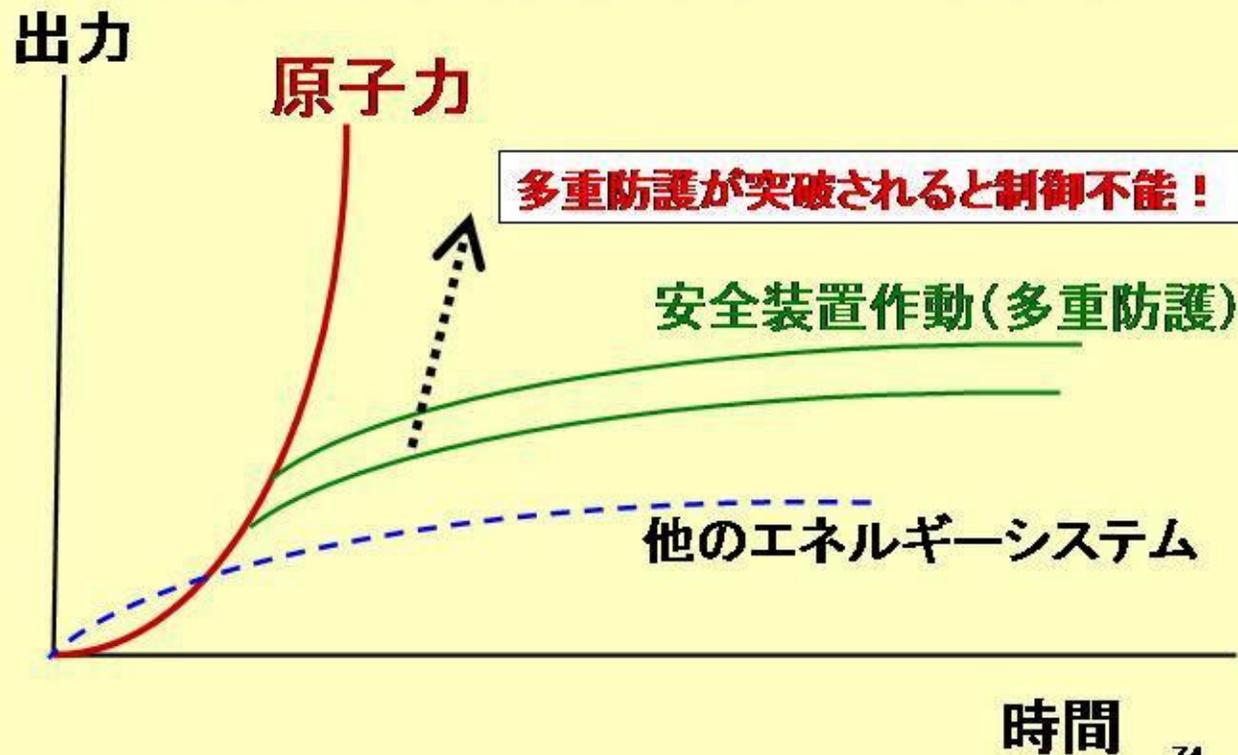
核エネルギーの脅威— 止める

「止める」必要性

- 火力発電所のボイラーを原子炉と比較すると、単位重量当たりのエネルギー密度は、核分裂反応と炭化水素の燃焼反応では100万対1の桁で違う。核分裂の連鎖反応を制御しながら徐々に行い持続させるのが原子力発電である。
- 制御を間違えると連鎖反応が急激に起こり、核暴走する可能性を秘めている。
- 核暴走すると、出力が急激に増大して、水蒸気爆発を起こす。また、水-ジルコニウム反応による多量の水素を発生させ、水素爆発を起こす。

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！—



74
74

制御に係る規制

1 「運転時の異常な過渡変化」

- 原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き。
- 出力運転中の制御棒の異常な引き抜き。

2 「設計基準事故」

- 制御棒落下

(以上1, 2は発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針)

3 「重大事故に至るおそれのある事故」

- 原子炉停止機能喪失
- 原子炉運転停止中における反応度の誤投入

(以上1, 2は発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針)

核暴走事故例

- 1961年1月13日、アメリカのSL-1原発事故。
- 3人の作業員が修理中に制御棒を手で急速に引き抜いたため原子炉は暴走し、0.004秒後には定格出力の7000倍に迫る2万MWに達し、原子炉圧力容器の圧力は69MPaまで一瞬のうちに上昇し、水蒸気爆発を起こした。
- 1986年4月26日、ソ連のチェルノブイリ原発事故。
- 所外電源喪失から非常用ディーゼル発電機が給電を開始するまで、原子炉の残留蒸気で発電機を稼働し、冷却材を送り続けることができるかの実験を途中で中止し、スクラムボタンを押したが、制御棒はつかえて途中で止まってしまい、4秒後に定格出力の100倍となり燃料は破壊された。そして砕けた燃料が水蒸気と接して水蒸気爆発を起こした。さらに、その2～3秒後に大爆発を起こした。

チェルノブイリ原発事故の実像



今中ほか「チェルノブイリ原発事故の実相解明への多角的アプローチ」より

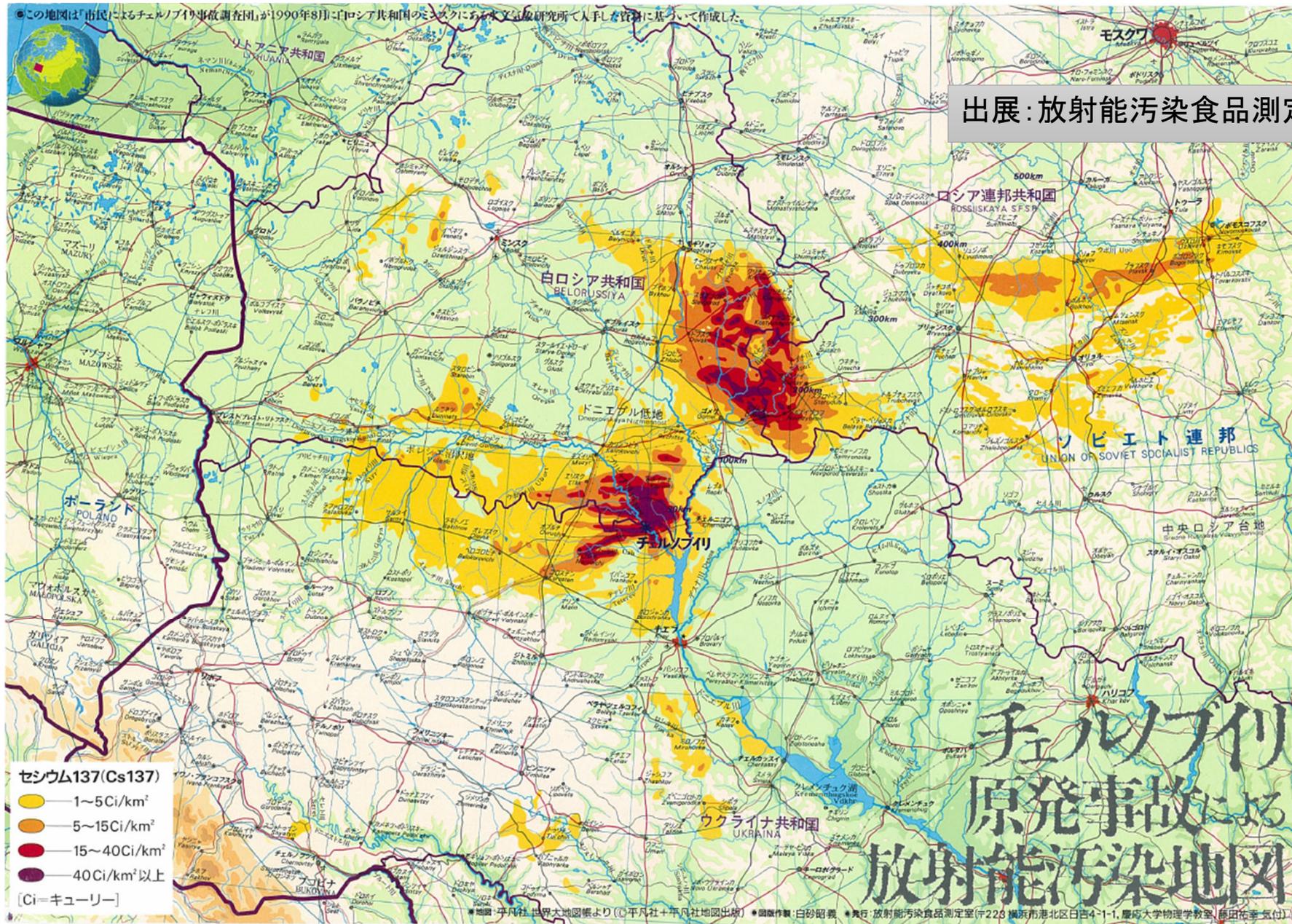
チェルノブイリ原発事故の実像



今中ほか「チェルノブイリ原発事故の実相解明への多角的アプローチ」より

●この地図は「市民によるチェルノブイリ事故調査団」が1990年8月に白ロシア共和国のミニクにある水文気象研究所で入手した資料に基づいて作成した。

出展：放射能汚染食品測定室HP



消滅した168の村の墓標





ザレーシア村(人口2500人)の跡



保育園

日本における制御棒誤挿入、脱落事故

- 1978年から2006年にかけて、運転停止中に制御棒が落下する事故が福島原発、柏崎刈羽原発、女川原発、浜岡原発、志賀原発で多発した。制御棒の複数同時脱落が、確認されているだけで7回も発生し、うち2回は現実に臨界に達し、志賀原発1号機では即発臨界に達していた可能性があり、また東京電力福島第一原発3号機の場合には、7時間半も臨界を止められないという深刻な事態が生じていた(甲● 2007年8月23日 日弁連意見書)。

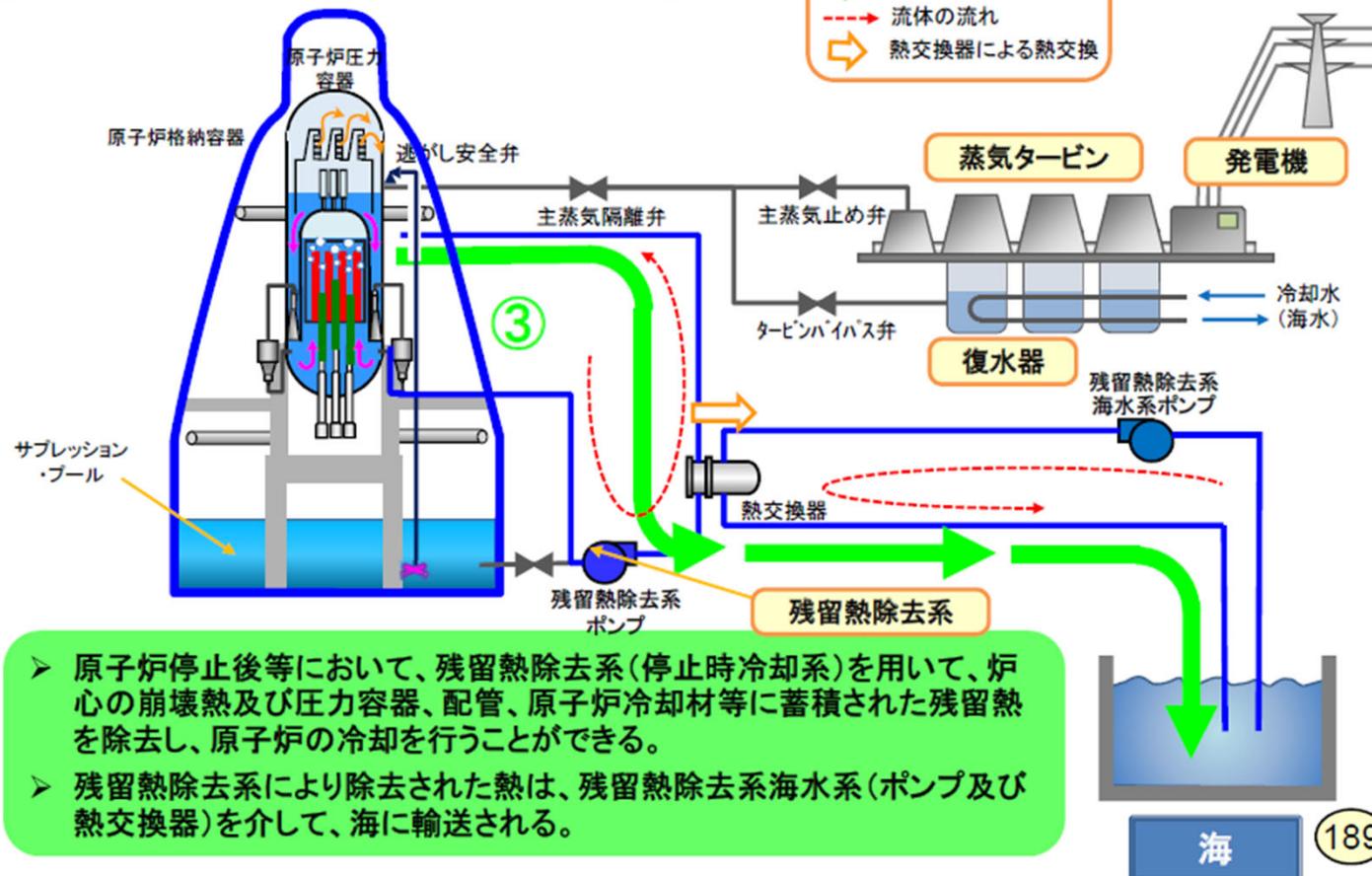
番号	年 月	号 機	引き抜け／誤挿入
1	1978年11月	福島第一 3号機	引き抜け 5本・臨界事故
2	1979年02月	福島第一 5号機	引き抜け 1本
3	1980年09月	福島第一 2号機	引き抜け 1本
4	1988年07月	女川 1号機	引き抜け 2本
5	1991年05月	浜岡 3号機	引き抜け 3本
6	1991年11月	福島第一 2号機	誤挿入 5本
7	1992年04月	浜岡 1号機	誤挿入 1本
8	1993年04月	女川 1号機	誤挿入 1本
9	1993年06月	福島第二 3号機	引き抜け 2本
10	1994年11月	浜岡 2号機	誤挿入 1本
11	1996年06月	柏崎刈羽 6号機	引き抜け 4本
12	1996年10月	浜岡 3号機	誤挿入 1本
13	1998年04月	福島第一 4号機	引き抜け 3 4本
14	1999年06月	志賀 1号機	引き抜け 3本・臨界事故
15	2000年04月	柏崎刈羽 1号機	引き抜け 2本
16	2000年12月	浜岡 1号機	誤挿入 2本
17	2003年03月	女川 3号機	誤挿入 5本
18	2005年04月	柏崎刈羽 3号機	誤挿入 1 7本
19	2005年05月	福島第一 2号機	誤挿入 8本
20	2006年05月	柏崎刈羽 3号機	引き抜け 1本

運転停止後の熱の脅
威一冷やす

原子炉を「冷やす」ための手段(5/9)

BWR-5の事例

③ 残留熱除去系による冷却



- 原子炉停止後等において、残留熱除去系(停止時冷却系)を用いて、炉心の崩壊熱及び圧力容器、配管、原子炉冷却材等に蓄積された残留熱を除去し、原子炉の冷却を行うことができる。
- 残留熱除去系により除去された熱は、残留熱除去系海水系(ポンプ及び熱交換器)を介して、海に輸送される。

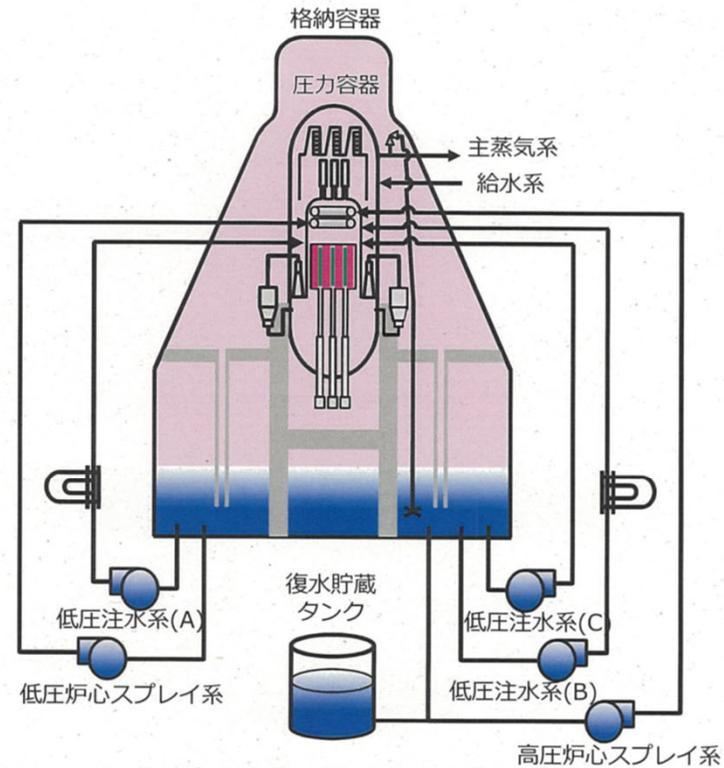
1-2 本件発電所の概要

「冷やす」機能を有する施設

- 炉心の崩壊熱は、冷却水によって「冷やす」。
- 定期検査等の通常の原子炉の停止時には、給水系により炉心の崩壊熱を除去する。
- 万一の事故時に備え、高圧炉心スプレイ系、低圧注水系、低圧炉心スプレイ系といった非常用炉心冷却系を設けている。

福島原発事故では万一の事故の備えが有効ではなかった

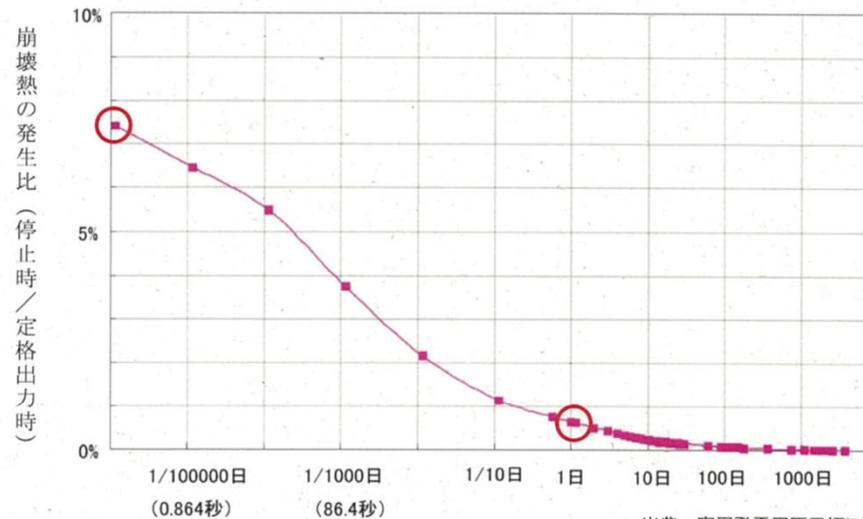
(例) 非常用炉心冷却系



1-1 原子力発電の仕組み

ウランの性質③ - 崩壊熱

- 核分裂により生じた核分裂生成物は、アルファ線、ベータ線又はガンマ線等の放射線を出しながら別の原子核に変化していく（放射性崩壊）。その際に放出されるエネルギーが周辺の物質に吸収されて、最終的に熱になったものを、**崩壊熱**という。
- 崩壊熱は、時間とともに減少する。例えば、ウラン燃料の場合、原子力発電所が発電をしている定格出力時に発生する熱と比べると、崩壊熱は原子炉の停止直後に約7%、24時間後に1%未満になる。



出典：実用発電用原子炉に係る新規規制基準の考え方について
(197頁) (原子力規制委員会) (丙Bア第25号証)

ウラン燃料の崩壊熱の時間変化

(ウラン燃料の燃焼期間は1000日として作成)

「冷やす」必要性

- 原発では、スクラムによって核分裂反応を停止したのちも、核分裂生成物が放射線出しながら別の核種に変わる際に出る崩壊熱によって発熱が継続する。
- 火力発電はボイラーのバーナーのバルブを停止すれば、直ちに燃焼を停止することができることと本質的に異なる危険性を有する。
- 崩壊熱は、定格出力時に発生する熱に比べて原子炉停止直後に約7パーセント、24時間後に1パーセント未満になる。それは安全であることを示すものではない。福島原発において、崩壊熱除去の失敗により、メルトダウン、メルトスルーに至り、大量に発生した水素が爆発し、放射性物質が広範囲に放出される事態に至った。
- そして、福島原発事故後8年が経過しても、崩壊熱除去のための冷却が継続されている。

1号機及び3号機の水素ガス爆発映像

【1号機】



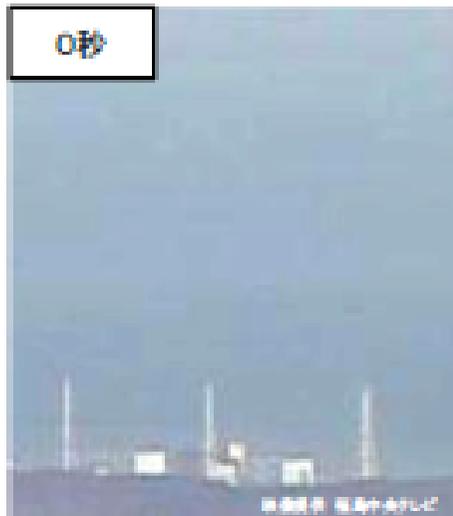
注水不能から3時間半後には
メルトダウン。

3月12日15時36分爆発



出展：福島中央テレビ（政府事故調報告書）

【3号機】



3月14日11時1分爆発



出展：福島中央テレビ（政府事故調報告書）

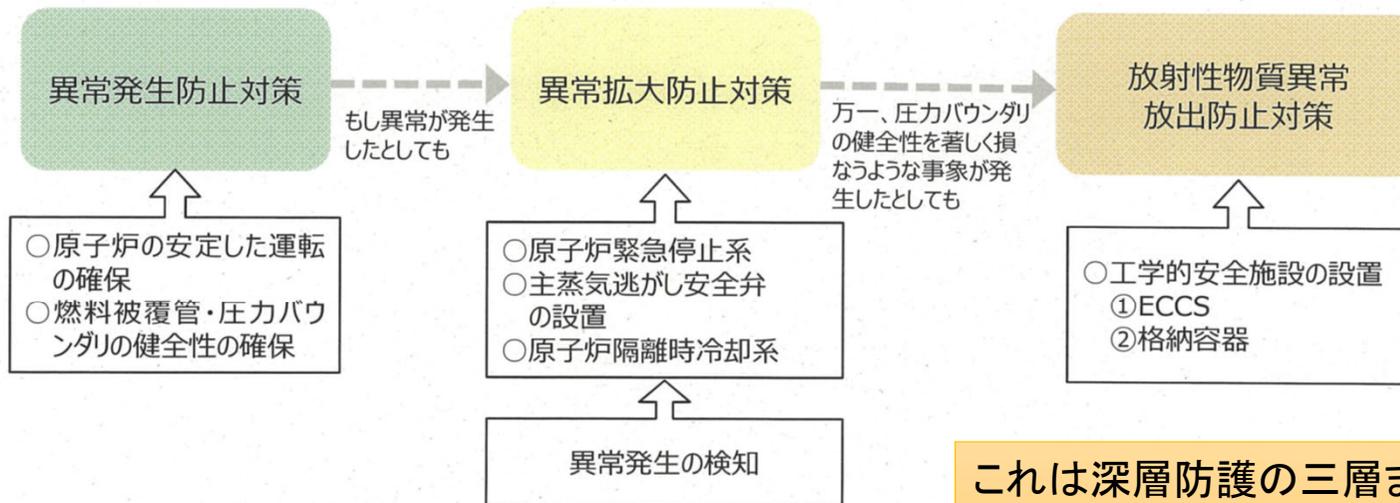
スリーマイルアイランド原発事故

- 1979年3月28日に起きたスリーマイル島原発事故でも冷却に失敗し、炉心溶融を起こしている。
- 故障、人為ミス、誤判断が積み重なって発生した
 - 故障により給水ポンプ停止して、タービンが停止。炉内の温度、圧力が上昇し、その場合に備えた補助給水ポンプが作動したが、開いているはずの出口弁が間違っ閉められていた。このため炉内温度、圧力が上昇し、加圧器逃し弁が開き、高温の水が流出し、格納容器内の排水タンクへ流れていった。
 - 圧力上昇により、原子炉は緊急停止。炉内圧力が低下し、加圧器逃し弁が閉じるはずだったが、加圧器逃し弁は故障により開いたまま固着した。
 - ECCSが作動して毎分約4トンの水が注入された。加圧器配管内に蒸気が入り、加圧器の水位が炉内水位よりはるかに高くなった。作業員は、加圧器の水位と炉内水位が等しいと誤認し、このままでは炉が水浸しになると判断してECCSを手動停止した。
 - 約1時間後、一次冷却水循環用のポンプが、冷却水中に気泡が混入してキャビテーションと呼ばれる空回り現象を示し、そのまま放置するとポンプの破壊に至るおそれがあるので運転員が冷却水循環用ポンプを停止した。
 - ECCS停止、冷却水循環用ポンプ停止、加圧器開固着により冷却水は失われ、炉心損傷が進行した。炉心の3分の2が露出し、45パーセントが溶融したと言われている。

福島原発事故は何故起きたのか

3-1 事故防止に係る安全確保対策の基礎概念 深層防護の考え方に基づく事故防止対策

- 本件発電所では、五重の壁の維持により放射性物質の閉じ込めに万全を期し、放射性物質の有する危険性を顕在化させないよう、多段に亘る事故防止対策を講じている。
- この事故防止対策は、深層防護の考え方に基づくものであり、下図のとおり、容易にすべての層が突破されることはない。
- 本件発電所では、新たな規制基準を踏まえて安全機能を一層強化するが、設計段階において講じた以下の事故防止対策が安全確保の要であることに変わりはない。



これは深層防護の三層までの防護。福島原発事故は三層を突破した。

3-4 放射性物質異常放出防止対策

ECCS①

放射性物質 異常放出 防止対策	①ECCS	②格納容器等
-----------------------	-------	--------

○本件発電所には、ECCSとして、

- ①原子炉の圧力が高い状態のうちから炉心に注水し、炉心を冷却しつつ減圧する**高圧炉心スプレイ系**
- ②原子炉の圧力が低い状態で長時間に亘り炉心に注水し、炉心の水位を保つ**低圧注水系及び低圧炉心スプレイ系**
- ③低圧注水系及び低圧炉心スプレイ系の注水を可能とするため、原子炉を速やかに減圧する**自動減圧系**

を設けている。

○ECCSについては、使用条件等に十分な安全余裕をもたせるとともに、同施設を構成する系統のうち緊急に作動を必要とするものは、運転員の操作を待たずに工学的安全施設作動回路からの信号により自動的に作動させるなどの配慮をしている。



三層目の防護。また、これらのポンプの稼働には交流電源を必要とする。福島原発事故では機能しなかった。

起きるはずのない事故

起きる筈のない事故

- 「我が国の原子炉施設の安全性は、現行の安全規制の下に、設計、建設、運転の各段階において、①異常の発生防止、②異常の拡大防止と事故への発展の防止、及び③放射性物質の異常な放出の防止、といういわゆる多重防護の思想に基づき厳格な安全確保対策を行うことによって十分確保されている。これらの諸対策によってシビアアクシデントは工学的には現実には起こるとは考えられないほど発生の可能性は十分小さいものとなっており、原子炉施設のリスクは十分低くなっていると判断される」(平成4年5月28日付け原子力安全委員会決定文)。

数字による安全性の証明

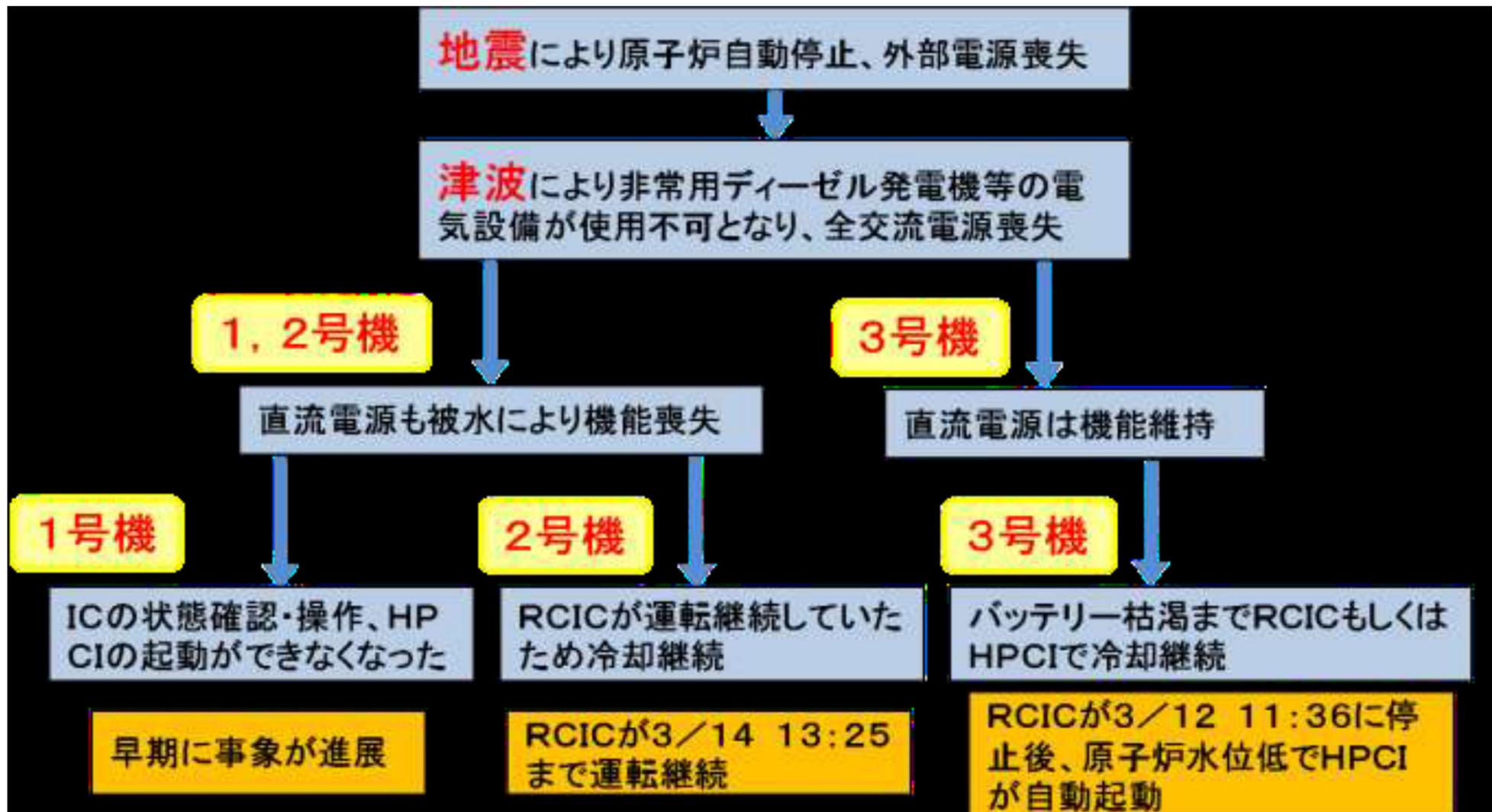
- 福島第一原発をはじめとする全国の原発の炉心損傷頻度、格納容器損傷頻度が全て小さいという評価結果の数字が公表された(甲●平成16年10月 原子力安全・保安院「アクシデントマネジメント整備後確率的安全評価」に関する評価について)

プラント名		炉心損傷頻度 (/炉年)		格納容器破損頻度 (/炉年)		備考
		AM前	AM後	AM前	AM後	
BWR2	敦賀1号炉	8.5E-07	9.3E-08	8.8E-08	3.5E-09	
BWR3	福島第一1号炉	7.9E-07	3.1E-07	2.2E-07	1.0E-08	BWR2,3代表炉
BWR4	福島第一2号炉	4.9E-07	1.6E-07	2.2E-07	1.2E-08	BWR4代表炉
	女川1号炉	8.6E-07	2.1E-08	3.4E-07	3.1E-09	
	福島第一3号炉	3.3E-07	1.3E-07	1.6E-07	1.3E-08	
	福島第一4号炉	3.8E-07	1.5E-07	1.9E-07	1.5E-08	
	福島第一5号炉	2.4E-07	5.5E-08	9.6E-08	6.5E-09	
	浜岡1号炉	4.3E-07	7.9E-08	1.6E-07	8.4E-09	
	浜岡2号炉	3.5E-07	5.7E-08	1.3E-07	8.1E-09	
	島根1号炉	4.2E-07	1.0E-07	2.0E-07	1.6E-08	
	BWR5	福島第二1号炉	2.3E-07	2.4E-08	1.1E-07	5.5E-09
女川2号炉		1.2E-07	2.8E-09	3.5E-08	3.2E-10	
女川3号炉		1.4E-07	8.7E-09	4.1E-08	4.5E-10	
福島第一6号炉		1.5E-07	9.1E-09	7.3E-08	3.0E-09	
福島第二2号炉		1.8E-07	1.7E-08	7.2E-08	3.0E-09	
福島第二3号炉		1.7E-07	1.5E-08	7.5E-08	2.8E-09	
福島第二4号炉		1.7E-07	1.6E-08	6.9E-08	3.1E-09	
柏崎刈羽1号炉		2.2E-07	1.5E-08	1.1E-07	2.9E-09	
柏崎刈羽2号炉		1.1E-07	3.8E-09	3.4E-08	7.0E-10	
柏崎刈羽3号炉		1.1E-07	4.7E-09	3.8E-08	8.9E-10	
柏崎刈羽4号炉		1.1E-07	4.7E-09	3.8E-08	8.9E-10	
柏崎刈羽5号炉		1.2E-07	4.6E-09	3.9E-08	8.0E-10	
浜岡3号炉		8.1E-08	4.3E-09	4.1E-08	2.4E-09	
浜岡4号炉		7.1E-08	3.3E-09	3.4E-08	1.9E-09	
志賀1号炉		9.2E-08	4.0E-09	3.8E-08	1.1E-09	
島根2号炉		1.4E-07	3.9E-09	4.6E-08	6.6E-10	
東海第二		2.0E-07	2.0E-08	9.5E-08	5.4E-09	
ABWR	柏崎刈羽6号炉	2.8E-08	1.7E-08	1.5E-08	1.2E-09	ABWR代表炉
	柏崎刈羽7号炉	2.8E-08	1.7E-08	1.5E-08	1.2E-09	

事故は2011年3月11日に起きた

- 福島第一原発1号炉の運転開始は1971年3月
40炉年で炉心損傷、格納容器破損(40年に1回の事故)
 - ⇔ 3.1×10^{-7} / 炉年 (303万年に1回)
 - 1.0×10^{-8} / 炉年 ((1億年に1回)
- 福島第一原発2号炉の運転開始は1974年7月
37炉年で炉心損傷、格納容器破損(37年に1回の事故)
 - ⇔ 1.6×10^{-7} / 炉年 (625万年に1回)
 - 1.2×10^{-8} / 炉年 (8330万年に1回)

福島原発事故の様相



「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見について」より

1号機の事故

- **3月11日** 14時46分地震発生
- 14時52分 IC(非常用復水器)自動起動
- 15時37分 津波襲来
- 15時42分 全交流電源喪失。
- 16時36分 非常用炉心冷却装置注水不能
- 17時00分頃 燃料露出
- 21時50分頃 建屋放射線レベル上昇
- 23時50分 格納容器圧力が設計圧力を超過
- **3月12日**
- 2時30分 原子炉圧力容器破損
- 5時46分 消火ポンプによる注水
- 14時30分 格納容器ベント
- 15時36分 原子炉建屋で水素爆発



1号機原子炉建屋の爆発
撮影日:2011年3月12日

出展:東京電力HP

2号機の事故

- **3月11日** 14時46分地震発生
- 14時50分 RCIC(原子炉隔離時冷却系)手動起動
- 15時41分 津波襲来
- 15時42分 全交流電源喪失。
- 16時36分 非常用炉心冷却装置注水不能。
- **3月13日**
- 11時00分 ベント操作
- **3月14日**
- 13時25分 RCIC停止
- 18時22分 炉心完全露出
- 19時54分 消防ポンプにより海水注水
- 21時ころ 原子炉圧力と格納容器の圧力抑制室の圧力が同じ(圧力容器破損)
- **3月15日**
- 6時10分 圧力抑制室付近で衝撃音。圧力抑制室圧力低下(圧力抑制室破損)。
- それ以前(3月12日)にブローアウトパネル脱落し、建屋の水素爆発はなし。



出展：東京電力HP。福島
原子力事故調査報告書
(中間報告書)平成23年
12月2日

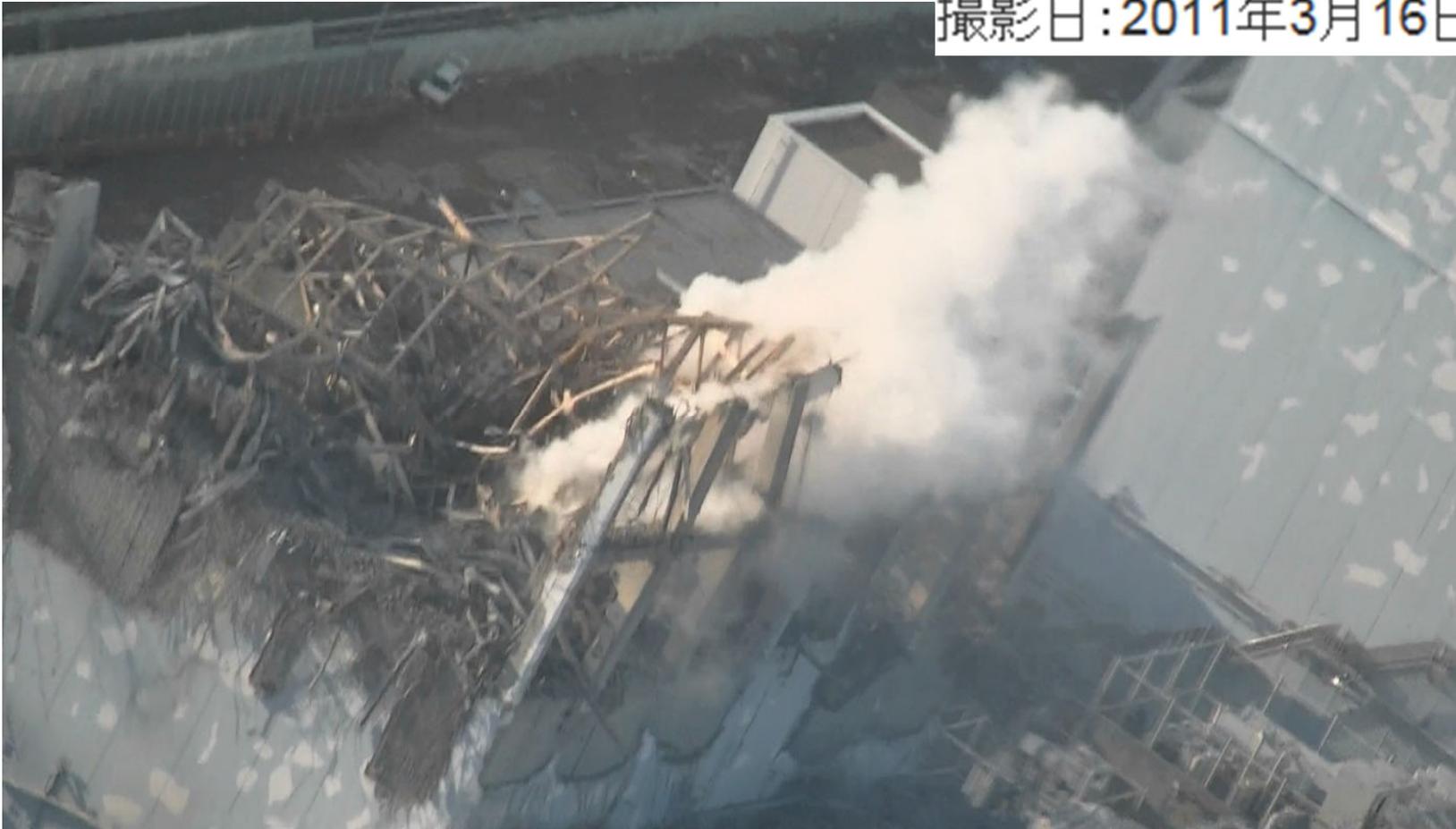
2号機ブローアウトパネルの開放状況

3号機の事故

- **3月11日** 14時46分地震発生
- 15時05分 RCIC手動起動
- 15時42分 津波襲来
- **3月12日**
- 11時36分 RCIC停止
- 12時35分 HPCI自動起動
- **3月13日**
- 2時42分 HPCI停止
- 7時35分 原子炉水位が炉心支持板まで低下
- 8時41分 ベント操作
- 9時25分 消防ポンプで注水
- **3月14日**
- 4時30分 炉心完全露出
- 11時01分原子炉建屋で水素爆発。

福島第一原子力発電所3号機(空撮)

撮影日:2011年3月16日



爆発後の3号機の外観

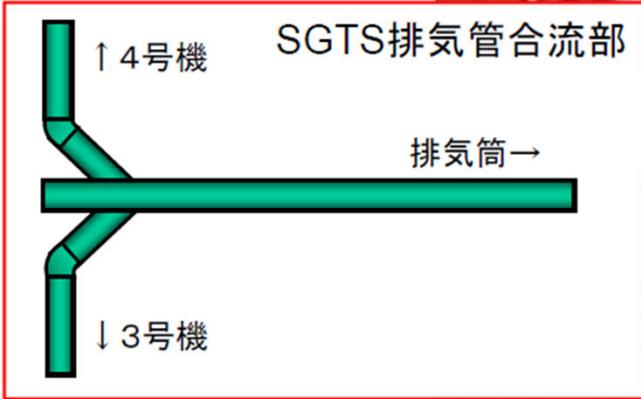
撮影日:2011年3月21日



出展:東京電力HP

4号機の事故

- 地震時は、定期検査中で運転停止中。原子炉から使用済燃料プールに全燃料が取り出され、1535体の燃料集合体がプールに保管中。
- 3月11日 14時46分地震発生
- 15時38分 全交流電源喪失
- 3月14日
- 4時08分 使用済燃料プール水温84°C
- 3月15日
- 6時10頃 大きな衝撃音発生。原子炉建屋屋根付近損傷
- 3号機で発生した水素が4号機の非常用ガス処理系(SGTS)・建屋換気系に流入して水素爆発を起こしたと言われている。



出展：東京電力HP。福島原子力事故調査報告書(中間報告書)平成23年12月2日

非常用ガス処理系 (SGTS) 配管

福島第一原子力発電所4号機
撮影日:2011年3月15日



出展:東京電力HP



福島第一原子力発電所4号機(空撮1)
撮影日:2011年3月16日

出展:東京電力HP



福島第一原子力発電所4号機(空撮2)
撮影日:2011年3月16日

出展:東京電力HP

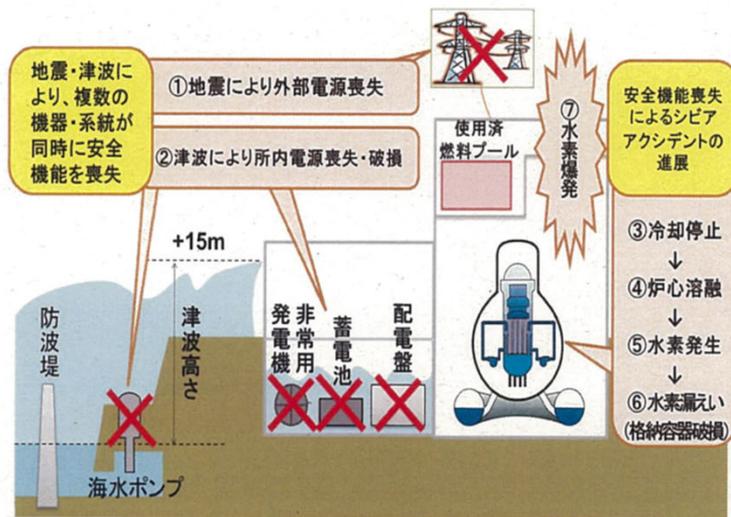
事故の教訓は何故必要か

- 安全対策が十分であるか否かは、将来の予測の問題である。通常、科学技術利用に関する将来予測は、科学的知見、経験的知見、実験による知見、論理的思考等に基づいて行われる。しかし、原発については商業運転が開始されて40数年しか経過しておらず、安全対策が十分であると言い切れるほどに科学的知見は到達していないし、安全対策が十分であるか否かを判断できるほどの経験的知見の集積もない。また、原発は危険すぎて実機による実験で安全性確認を行えない範疇が多数ある。
- 他方で、原発が重大事故に至ったならば、時間的、空間的に他の科学技術の利用に伴う被害と比べ物にならない甚大な被害を及ぼすことは確かである。
- そのような状況下において、安全対策が十分になされているか否かを判断するには、まず、人知の限りを尽くして危険性を予測しなければならない。
- しかし、人の認識能力を超えたところで危険性は顕在化する。人の認識能力を超えたところで、スリーマイルアイランド原発事故、チェルノブイリ原発事故、福島原発事故等が発生している。これらは起こるはずがないと言われていた事故であり、事故原因を究明し、そこから得られた安全対策上の教訓を原発の将来予測の一助とすることは不可欠の作業である。

事故の教訓の受け取り方

- ①発生した事故の内容を認識
 - ②それを発生させた理由を認識
 - ③これまでの何が間違いか、何が不足していたのかを認識
 - ④発生させないためにこれから何をなすべきかの認識
 - ⑤現行の安全確保策が①～④の認識からみて安全か否か
- ②～④は、個別詳細なものから、包括的な安全性の考え方までありうる。

3-5 事故防止に係る安全確保対策の強化 福島第一原子力発電所事故の経過



地震で1号機の非常用復水器の配管が損傷し、そこから建屋に水素が漏えいして水素爆発に至ったという見解は否定しえない

○東北地方太平洋沖地震の揺れを受けて、当時運転中であった福島第一原子力発電所1～3号機は、原子炉が自動停止した。外部電源喪失状態となったものの、直ちに、非常用ディーゼル発電機が起動し、炉心冷却系が起動したことにより、原子炉は正常に冷却されていた。

○ところが、同発電所における想定を大幅に超える津波が襲来し、非常用ディーゼル発電機等の多くが建屋の浸水とほぼ同時に水没又は被水し、全交流動力電源喪失に至った。また、海側に設置されていた冷却用のポンプ類も、津波により浸水し、海水を使用して原子炉施設を冷却するすべての設備の機能を喪失した。津波襲来後も機能を維持していた同発電所3号機の直流電源も最終的には枯渇した。

○1～3号機においては、炉心の冷却機能を失って压力容器へ注水できない事態が一定時間継続し、炉心熔融に至った。そして、1、3号機の原子炉建屋で水素爆発が発生し、また、3号機で発生した水素が4号機の原子炉建屋内に流入し、4号機の原子炉建屋においても水素爆発が発生した。

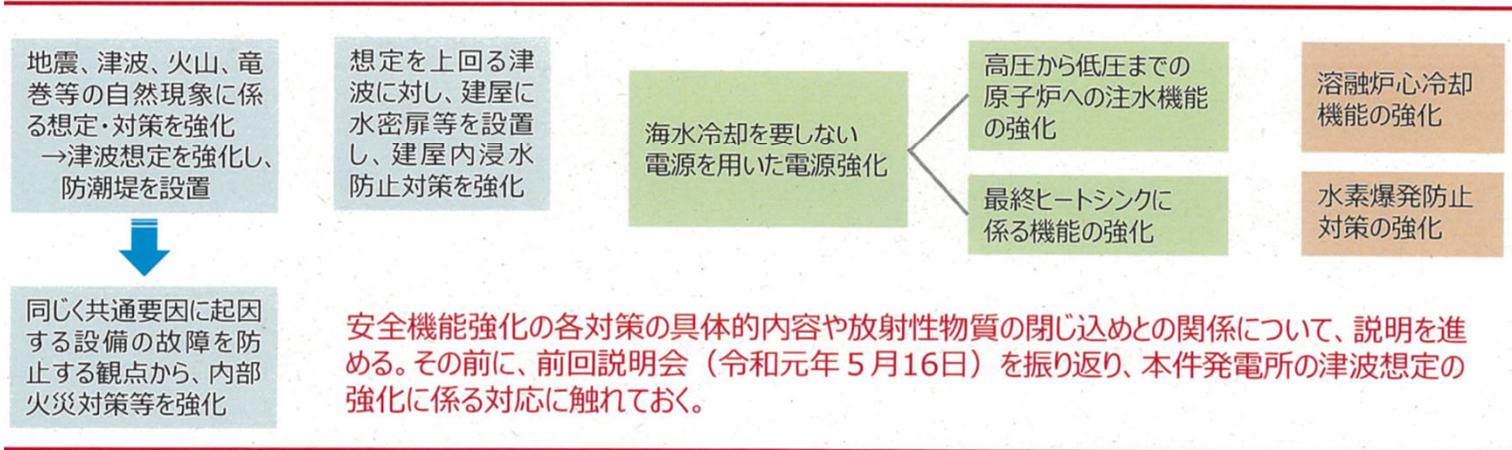
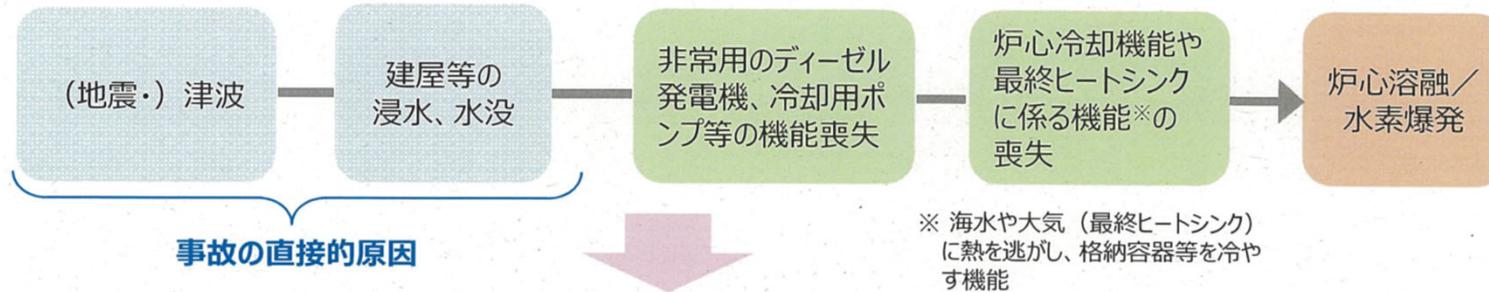
○これらの結果、原子炉内の放射性物質が管理放出によることなく環境中に異常放出され、周辺環境を汚染することになった。

3-5 事故防止に係る安全確保対策の強化

福島第一原子力発電所事故の主な事象推移とこれを踏まえた対策強化

- 福島第一原子力発電所では、地震に伴い外部電源が喪失した後、想定を大幅に上回る津波の襲来を直接の原因として、炉心冷却機能や最終ヒートシンクに係る機能が喪失し、放射性物質の閉じ込めを担う五重の壁にかかわらず、放射性物質が異常放出された。
- 本件発電所では、五重の壁の確保に万全を期すべく、各種対策を強化する（赤枠部分）。

<福島第一原子力発電所事故>



これで安全対策は十分か



福島原発事故が起きた原因

- ① 東北地方太平洋沖地震は、その場所も規模も想定できていなかった。
- ② 基準地震動を超える地震動が発生した
- ③ 設計基準地震動として考えていない6分間も揺れる地震が発生した
- ④ 1000年に一度の高頻度に起こる津波を想定しながら、その対策を先送りしていた
- ⑤ 外部電源の重要性を考えていなかった
- ⑥ 非常用ディーゼル発電機が全て機能喪失することを想定していなかった
- ⑦ 直流電源喪失+交流電源喪失=全電源喪失を想定していなかった
- ⑧ 注水不能を想定していなかった
- ⑨ 冷却不能を想定していなかった
- ⑩ 計装系機能喪失を想定していなかった
- ⑪ 炉心溶融を想定していなかった
- ⑫ 建屋水素爆発を想定していなかった
- ⑬ 格納容器破損を想定していなかった
- ⑭ 立地評価における重大事故、仮想事故の想定が過少であった 等々無数にある

福島原発事故の原因と教訓

個別の事故原因からの安全対策の抽出

- ① 東北地方太平洋沖地震は、その場所も規模も想定できていなかった。
- ② 基準地震動を超える地震動が発生した
- ③ 設計基準地震動として考えていない6分間も揺れる地震が発生した

これらの事実から、地震の三重苦が得られたと考えられる。

- 第1 研究対象となる地震は、災害につながるような大地震なら数十から数百キロ規模で非常に大きく、生物学のような実験ができない
- 第2 過去に起こった地震のデータを分析して研究しようとしても、大地震は海で起こるものなら数百年に一回程度、陸で起こるものは数千年に一回程度しか起きないので、なかなかデータの蓄積が進まない。
- 第3 地震のおおもとは地中の岩盤が破壊する現象で、破壊現象というのは決定論的な理論研究することにも限界がある。
- (東京大学地震研究所 瀧川一起教授)
-
- 耐震安全基準を定立して、人格権侵害を防ぐとするならば、既往最大の地震を想定すること、平均ではなく最大の地震動を想定すべきこと等、将来発生するかもしれない地震及び地震動を最大限考慮した耐震安全基準を定立すべきである。「想定を強化」というだけでは不十分。



個別事故原因からの安全対策の抽出

- ④ 1000年に一度の高頻度に起こる津波を想定しながら、その対策を先送りしていた



- この事実から、以下の規範が定立されている。
- ①津波堆積物の調査は、調査範囲や場所に限界もあり、調査を行っても津波堆積物が確認されない場合があること。また、津波堆積物調査から得られる津波堆積物の分布域及び分布高度は、実際の浸水域及び浸水高・遡上高より小さいこと。
- ②津波の規模の想定は、津波に係る直接的な調査だけでは限界があること。
- ③大規模な津波を発生させる巨大地震や津波地震は、沈み込みプレート境界では、過去の事例の有無や場所に関わらずその発生を否定できないこと。
- ④地震や津波の発生域と規模は、過去の事例によるだけではそれを超えるものが発生する可能性を否定したことにはならないこと。
- (基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド I.3.3.1(5) 平成25年6月原子力規制委員会)

福島原発事故が起きた原因と教訓

- 国会事故調の指摘
- 「起因事象の想定 of 狭さ」「外部事象の非想定」(甲● 113頁以下)
- 日本では、自然災害大国にもかかわらず外部事象や人為事象は想定されず、内部事象のみが考慮されたSA対策となった。しかも、内部事象のみのPSA結果は海外基準に対し炉心損傷確率が低いという高評価になったため、十分な安全対策がとれていると認識され、さらなるSA対策の改善を怠る結果となった。
- 平成22年(2010年)の電事連の議論においては「外的事象の評価は内的事象の評価に比べ不確実さが大きいため、今回の対応において確率論に基づく検討を行う際には内的事象を対象とすること」とされ、SA対策に反映されることはなかった。
- 但し、平成16年(2004年)ごろに唯一地震PSAが事業者側及び規制当局側の双方で実施されたことがあったが、その評価結果では国内の炉心損傷頻度の基準を大きく上回るプラントが多数存在したため、公表されることはなかった。

福島原発事故が起きた原因と教訓

- 「リスクが十分に低く抑えられている」という認識や、原子炉設置者による自主的なリスク低減努力の有効性について、重大な問題があった

(発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策について 平成23年10月20日原子力安全委員会決定)

-
- 予見した想定に過度に囚われたため、想定を超える事象には対応できない場合があることも今回の事故で強く認識された。したがって、想定を超えることは起こりえるとの前提に立ち、想定を超えたものは次の層で事故進展等を防止できるような厳格な「前段否定」を適用することが必要である。

(東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見について 平成24年2月原子力安全・保安院)

福島原発事故が起きた原因と教訓

- たとえどんなに発生確率が低い事象であっても、「あり得ることは起こる。」と考えるべきである。発生確率が低いからといって、無視していいわけではない。

(平成23年12月26日東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会中間報告書)

•

- 発生確率が低いということは発生しないということではない。発生確率の低いものや知見として確立していないものは考えなくてもよい、対応しなくてもよいと考えることは誤りである。さらに、「あり得ないと思う」という認識にすら至らない現象もあり得る、言い換えれば「思い付きもしない現象も起こり得る」ことも併せて認識しておく必要がある

(平成24年7月23日東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会最終報告書)

自然現象による重大事故想定

想定し得なかった位置、規模の地震が発生した。。

1000年に一度の高頻度に起こる津波を想定しながら、その対策を先送りしていた。

基準地震動を超える地震動が再び発生した。

• ↓

想定した範囲内で自然現象が納まるとは考えられない。＝想定を超えることは起こりうる。

• ↓

自然現象でシビアアクシデントが発生したが、それは想定していなかった。＝シビアアクシデント対策による安全性の確保は、設計上の想定を超える外的要因(巨大な地震、津波等)によって、第3の防護レベルまでの防護策の機能が著しく損なわれる場合における、シビアアクシデントの発生の防止、影響緩和を目的とする

• ↓

• 自然現象によるシビアアクシデントを検討しないのは安全性確保に欠ける

第9条 内部溢水への対策(例)

<審査書案 P.110>

- 没水、被水、蒸気の影響により、防護対象設備の安全機能が損なわれない設計であることを確認。
 - 溢水源として、機器の破損、消火水の放水、地震による機器の破損等を想定することを確認。
 - 溢水によって発生する外乱に対する評価方法を確認。
- 放射性物質を含む液体の管理区域外への漏えいを防止するための設計方針を確認。

唯一地震による機器の損壊を考えている項目。他も自然現象による損壊を検討すべき

水密扉	止水措置 (機器ハッチ)
	
止水措置 (堰)	止水措置 (床ファンネル)
	

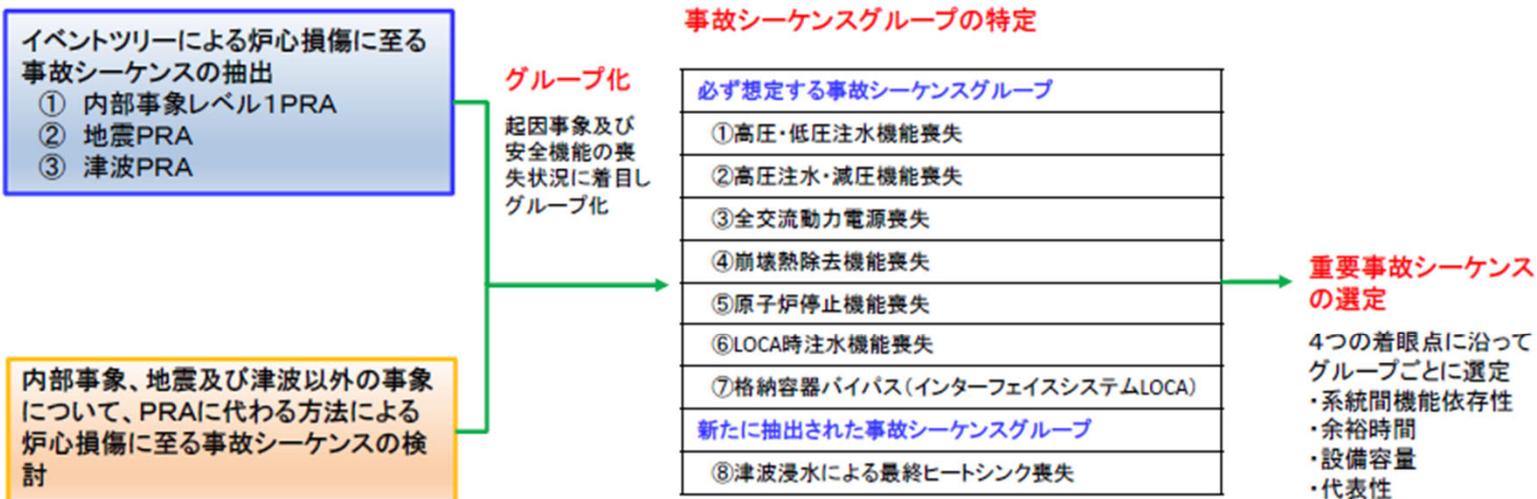
事故の想定(1/2)

<審査書案 P.138>

- 「想定する事故シーケンスグループ」若しくは「想定する格納容器破損モード」は、第37条解釈に規定する事故シーケンスグループ等を必ず含めた上で、当該プラントに対するPRAなどを実施し、有意な頻度又は影響がある事故シーケンスグループ等が見いだされた場合には、これを追加することを要求。
- 想定する事故シーケンスグループ等ごとに、重要事故シーケンス等を選定し、有効性評価の対象とすることを要求。

(1) 運転中の原子炉において炉心損傷に至るおそれがある事故

事故シーケンスの抽出



新たな事故シーケンスグループ「津波浸水による最終ヒートシンク喪失」の追加に係る審査の経緯(参考)

<審査書案 P.141>

太平洋側の特徴である高い津波水位、頻度も全炉心損傷頻度に占める割合が極めて小さいというレベルではないという知見をもとにした津波ハザード曲線(防潮堤前面)

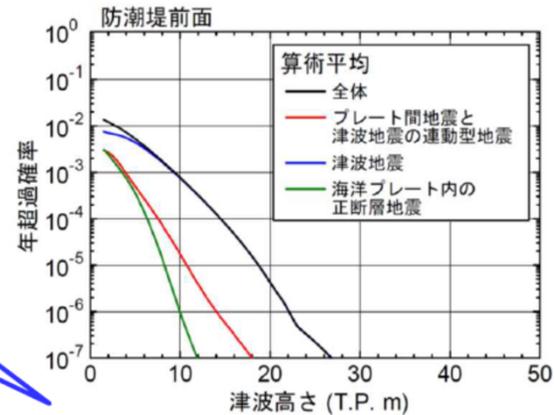


図 : 津波ハザード曲線(防潮堤前面)

22mの津波はあり得ても24mの津波はないとする理由はない

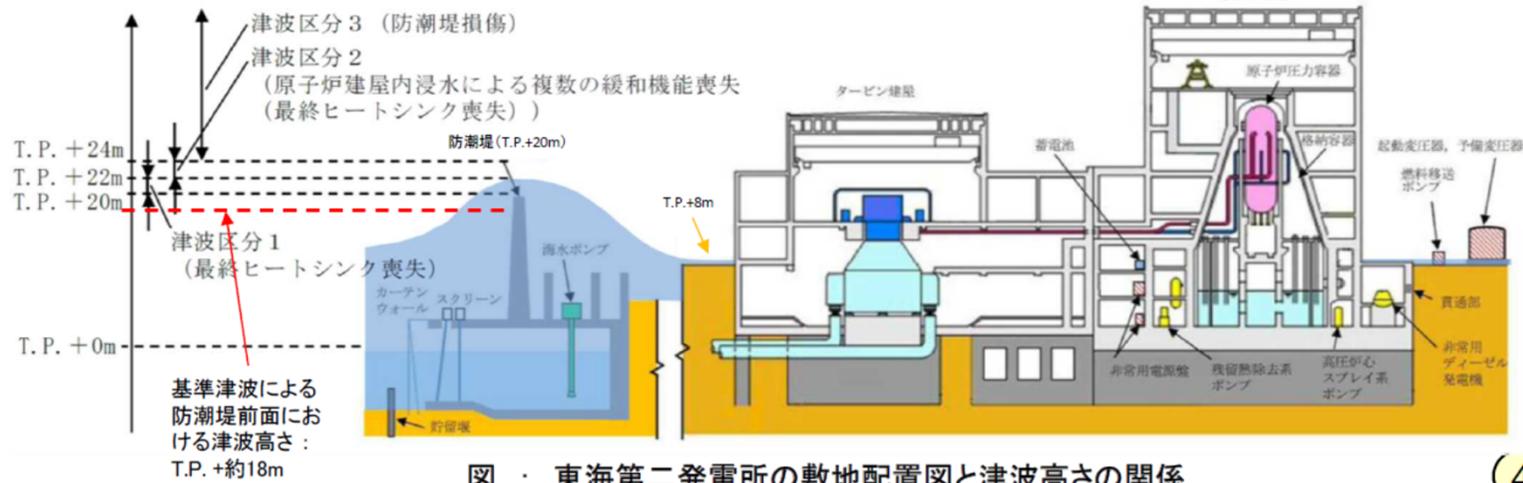


図 : 東海第二発電所の敷地配置図と津波高さの関係

出典: 発電用原子炉設置変更許可申請の補正書及び補足説明資料(2018年5月31日)から一部抜粋<<https://www.nsr.go.jp/data/000233532.pdf>>、<<https://www.nsr.go.jp/data/000234561.pdf>>

安全性の考え方

最新の知見を踏まえ科学的合理性に基づいて津波の想定が行われた場合でも、これを超える津波が発生する可能性は否定できない

発生確率が低いということは発生しないということではない。発生確率の低いものや知見として確立していないものは考えなくてもよい、対応しなくてもよいと考えることは誤りである。

津波による防潮堤損傷は、影響が大きい。仮に頻度の観点からは、全炉心損傷頻度に占める割合が極めて小さいとしても、その事故シーケンスを考えなくてはならない。

被告日本原電が除外した地震・津波に特有の重大事故シーケンス

(津波特有の事故シーケンス)

①. 防潮堤損傷

(地震特有の事故シーケンス)

①. 原子炉建屋損傷

②. 格納容器損傷

③. 原子炉圧力容器損傷

④. 格納容器バイパス

⑤. 原子炉冷却材圧力バウンダリ喪失 (Excessive LOCA)

⑥. 計装・制御系喪失

除外理由の共通点は発生頻度が小さいこと、全炉心損傷頻度に対する寄与割合が小さいこと

(「東海第二発電所 事故シーケンスグループの抽出及び重要事故シーケンスの選定について」平成29年5月 日本原子力発電株式会社) 10-14頁

被告日本原電が除外した重大事故シーケンスの影響が大きいこと

①. 原子炉建屋損傷

原子炉建屋が損傷することで、建屋内の格納容器、原子炉圧力容器等の構造物及び機器が広範囲にわたり損傷し、原子炉注水を行った場合においても炉心損傷を回避できないことを想定した事故シーケンスである。

(「東海第二発電所 事故シーケンスグループの抽出及び重要事故シーケンスの選定について」平成29年5月 日本原子力発電株式会社)別紙2-2

圧力容器スタビライザーと地震

被告が公表するストレステストの結果（甲C19）

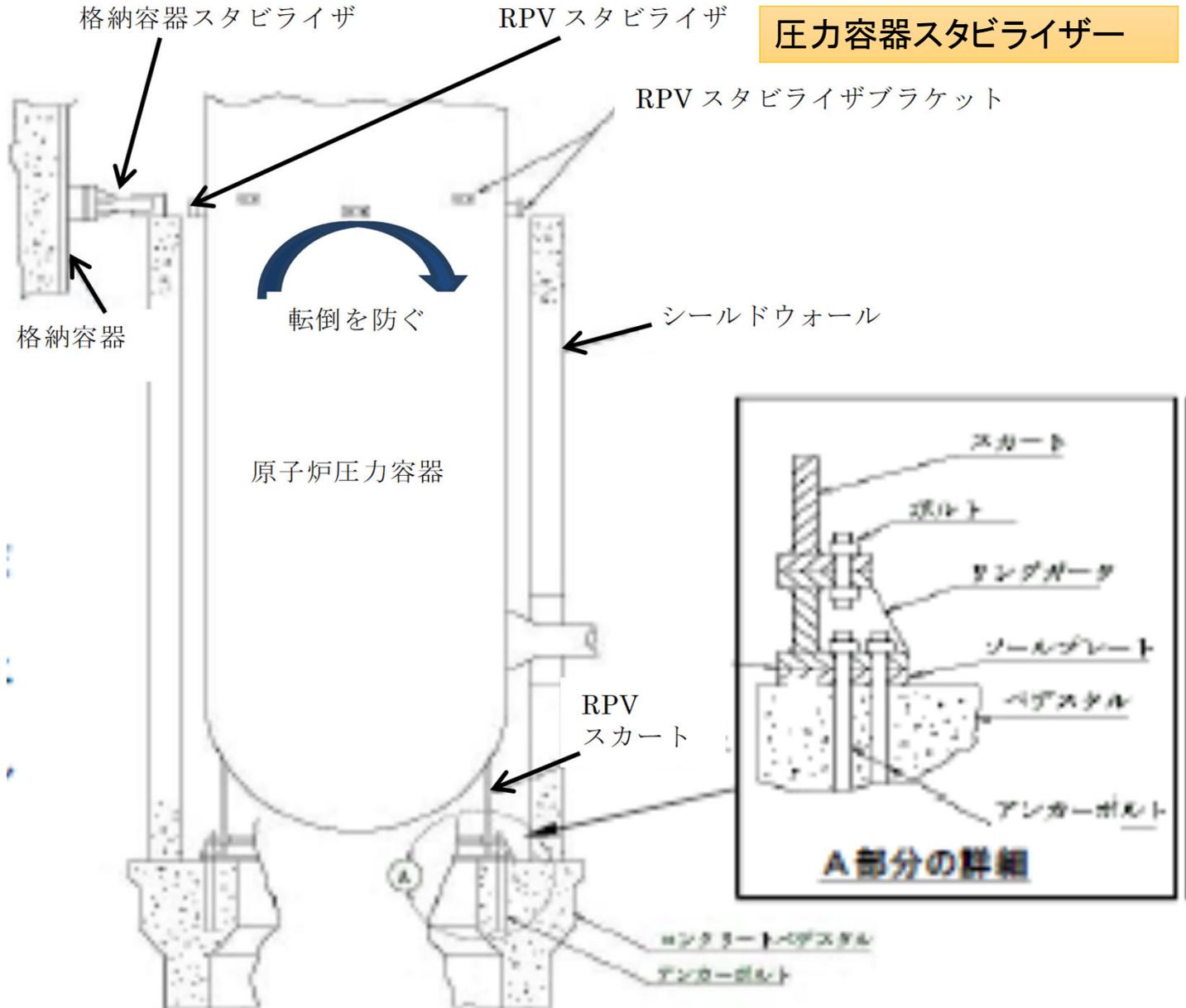
設計上で想定している地震(基準地震動600ガル)の**1.73倍**大きい地震(約**1,038ガル相当**)に耐えられることを確認

安全対策の強化前と変わらず、耐えられる地震の大きさは「原子炉圧力容器スタビライザ(*)」が損傷するまでの地震の大きさであり、想定**1.73倍**です。

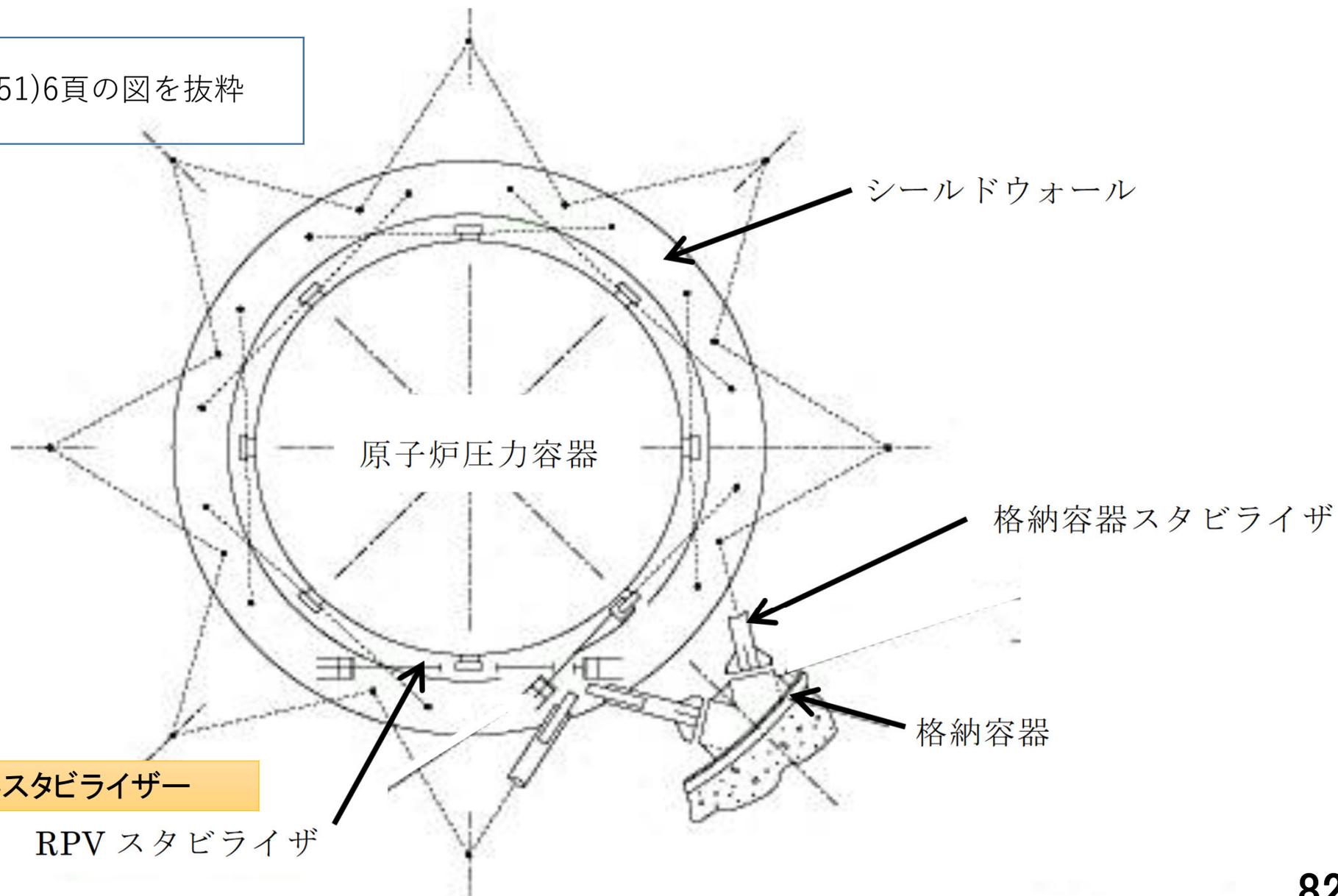
* 原子炉圧力容器スタビライザ：原子炉格納容器内に設置され、地震の揺れによる原子炉圧力容器の水平方向の移動を抑制するもの。

準備書面(51)6頁の図を抜粋

圧力容器スタビライザー



準備書面(51)6頁の図を抜粋



準備書面(80)13頁の図を抜粋

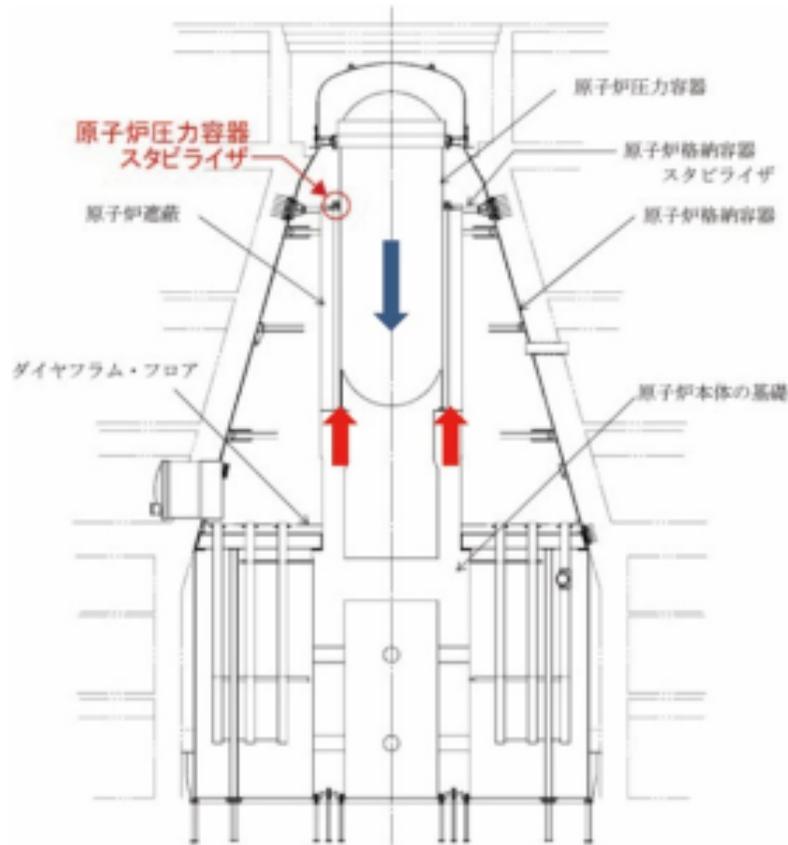


図1 地震力のない状態

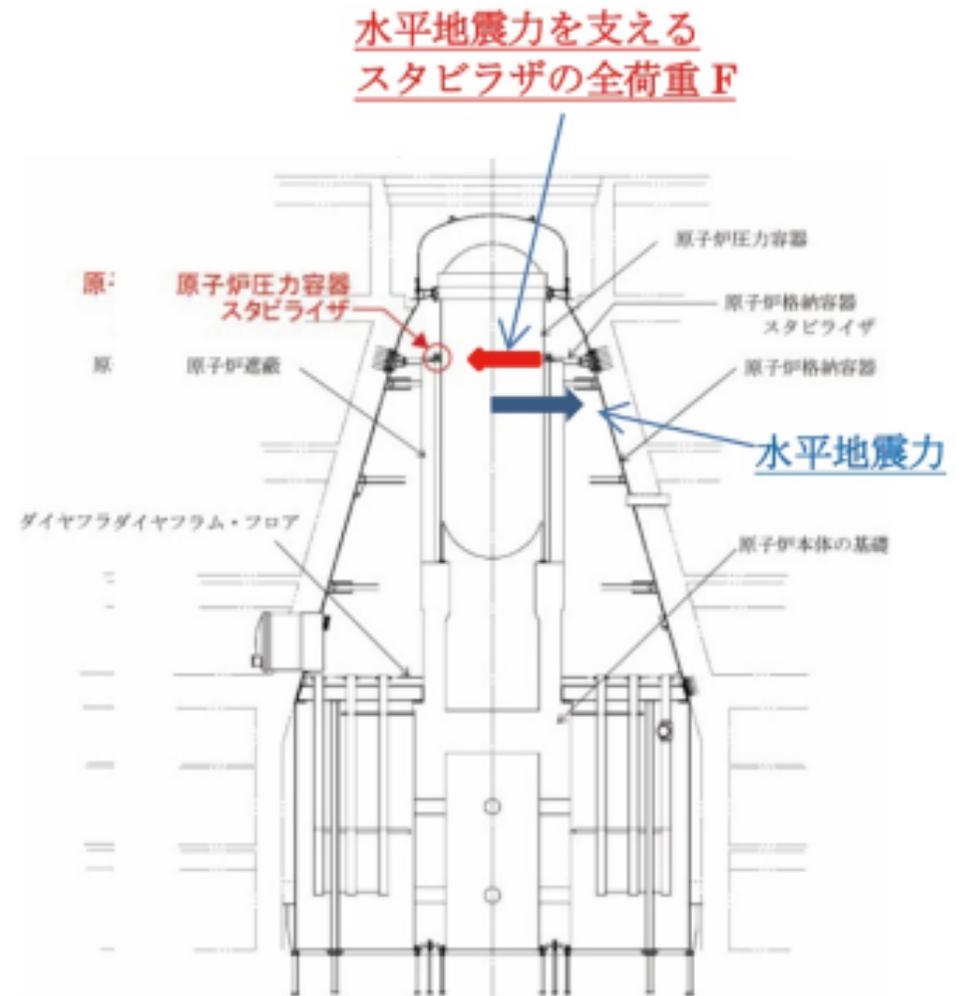


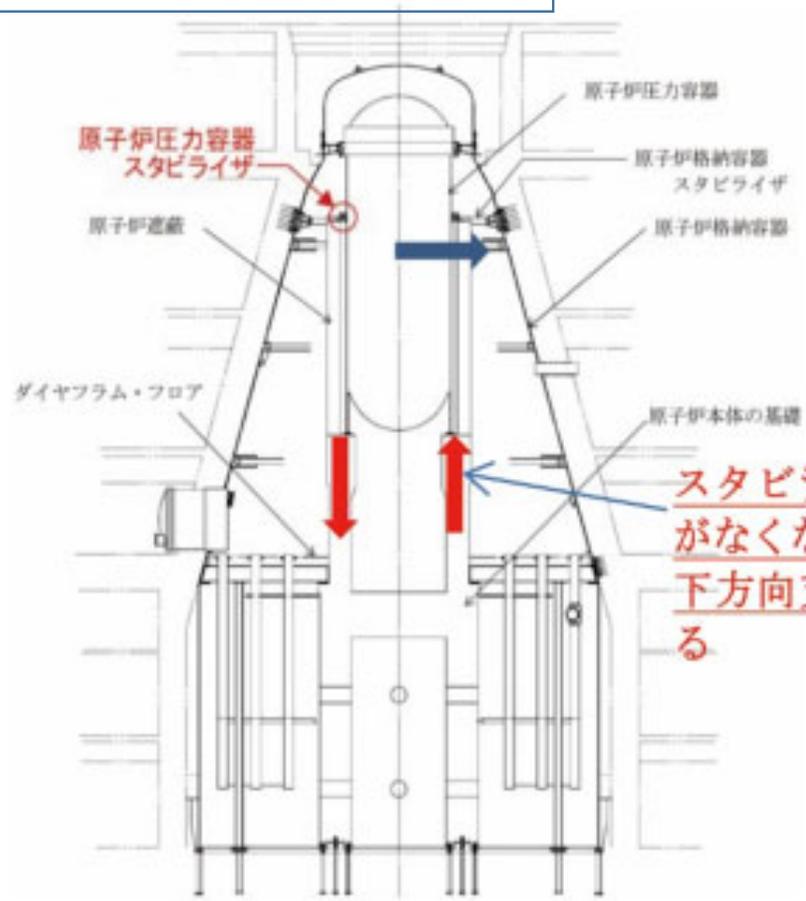
図2 水平地震力をスタビライザで支える状態

被告が公表する工事計画審査資料（甲C69）

表1 ロッドとディスクスプリングの地震荷重，初期締付荷重及び許容荷重

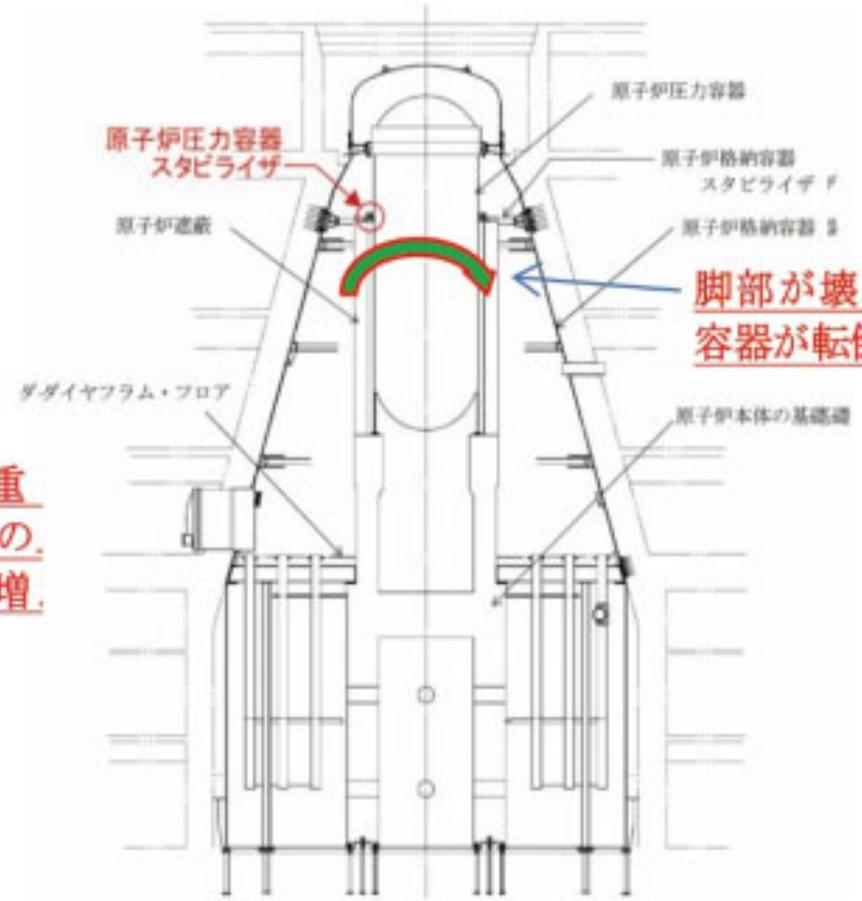
評価部位	地震荷重+初期締付荷重 [N]	許容荷重 [N]	裕度 (許容荷重/地震荷重)
ロッド	$S_s : 2.81 \times 10^6$ $S_d : 2.77 \times 10^6$	3.01×10^6	$S_s : 1.07$ $S_d : 1.09$
ディスクスプリング	同上	9.64×10^6	$S_s : 3.43$ $S_d : 3.48$

準備書面(80)13頁の図を抜粋



スタビライザ全荷重
がなくなり、脚部の
下方向支持力が増
える

図3 スタビライザが壊れた状態
圧力容器下部の上下方向の力で支える



脚部が壊れると圧力
容器が転倒する

図4 圧力容器のスカート部が支えきれ
なくなり傾いてしまう

地震による圧力容器スタビライザーの破損

- 圧力容器の位置を維持する。破壊されると、圧力容器が傾斜し、圧力容器に繋がる配管の損傷等炉心損傷に直結する。
- この事故の解析、対策の提示はなされていない。
- 許容値と基準地震動の応力値の比は1.07でしかない。基準地震動を大幅に超えれば、圧力容器スタビライザーの破壊とそれに伴う炉心損傷が生じる。

自然現象を原因とする共通要因故障
を考えることが自然である

事故シーケンスグループ「高圧・低圧注水機能喪失(TQUV)」の特徴と主な対策(1/3)

対策概要 「過渡事象(給水流量の全喪失)+高圧炉心冷却失敗+低圧炉心冷却失敗」

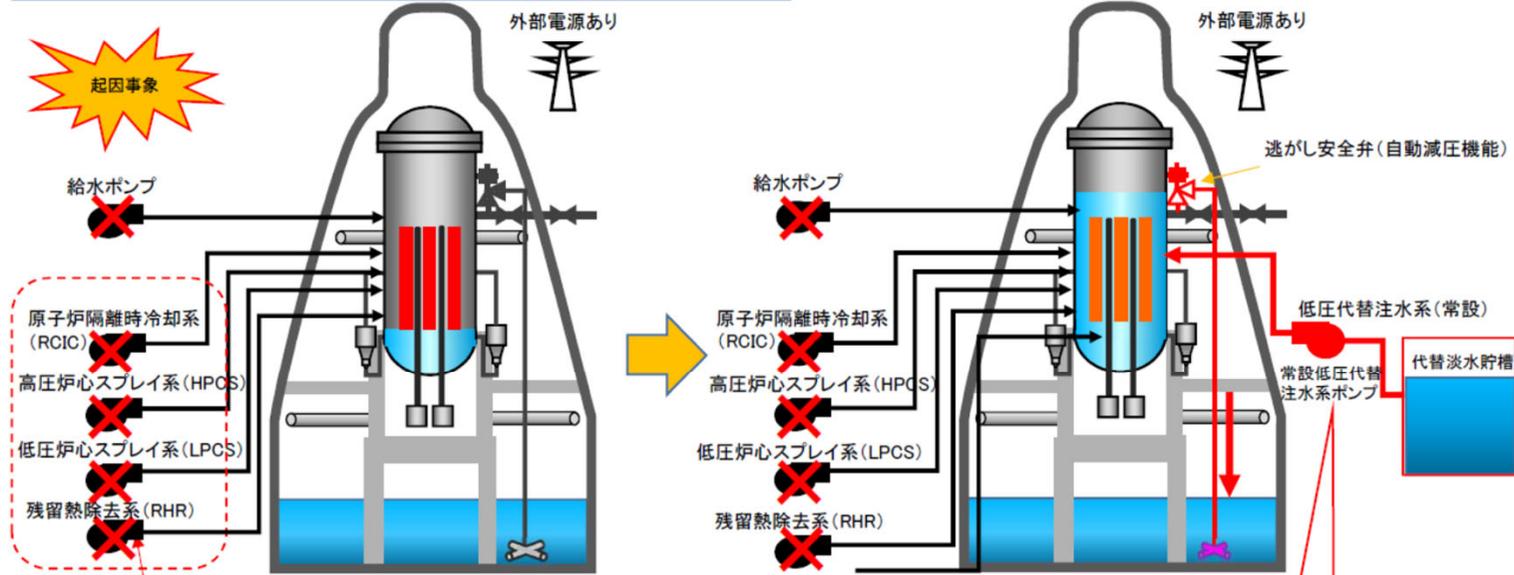
<審査書案 P.152>

特徴

過渡事象(起因事象は給水流量の全喪失)の発生後、高圧注水機能(原子炉隔離時冷却系及び高圧炉心スプレイ系)及び低圧注水機能(残留熱除去系(低圧注水系)及び低圧炉心スプレイ系)が喪失する。原子炉圧力の上昇に伴う逃がし安全弁からの水蒸気の流出により原子炉水位が低下し、炉心損傷に至る。

対策概要

【初期の対策】
 手動により、逃がし安全弁(自動減圧機能)を用いて原子炉圧力容器を減圧し、常設低圧代替注水系ポンプにより炉心を冷却



設計基準事故対処設備の高圧注水機能及び低圧注水機能が喪失

重大事故等対処設備として新たに整備する常設低圧代替注水系ポンプを用いて炉心へ注水する。

自然現象で他が機能喪失した時には、常設低圧代替注水系ポンプも壊れて喪失することはありうる

使用済み燃料プール事故の検討不足

「想定事故1,2」の特徴と主な対策(1/2)

<審査書案 P.262>

特徴

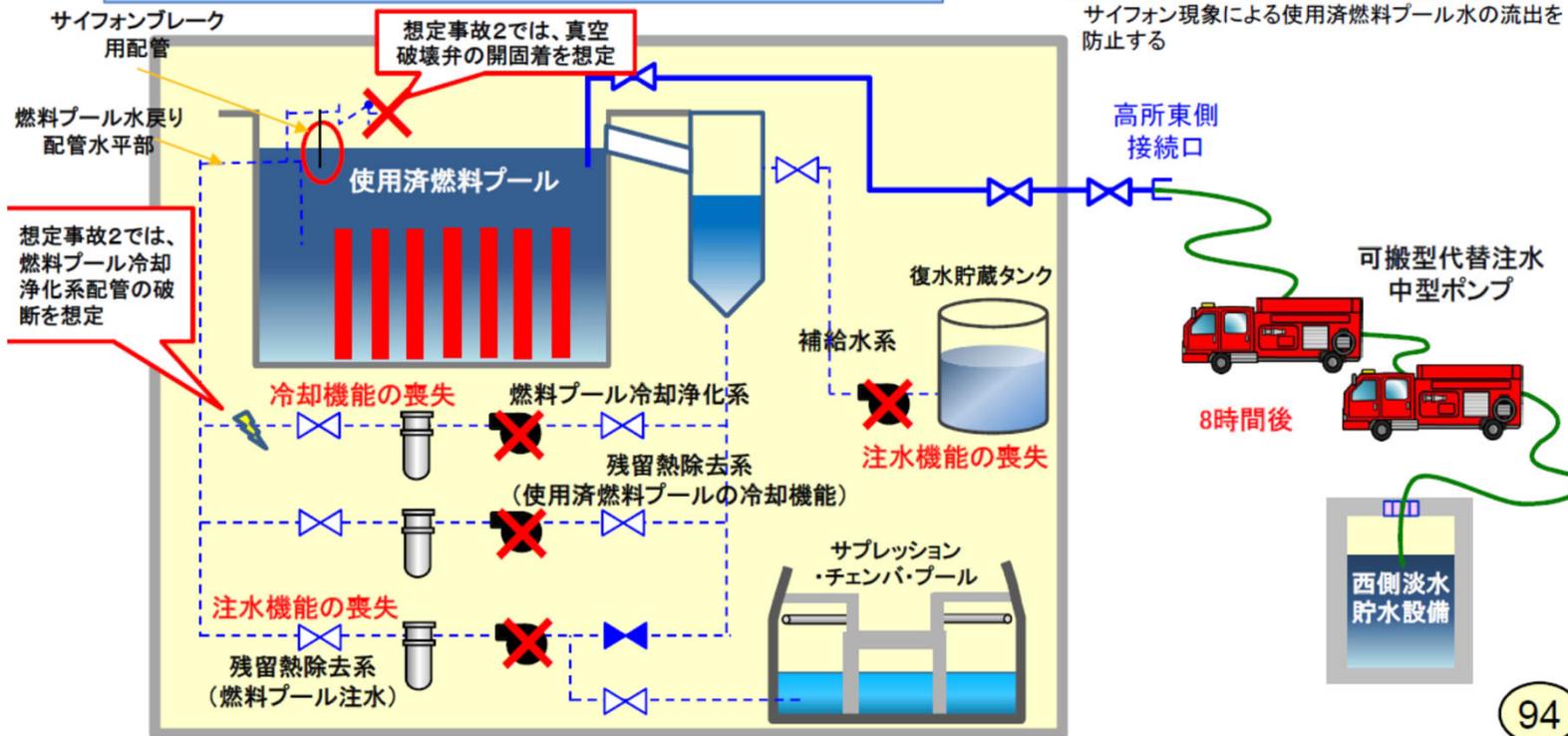
想定事故1: 使用済燃料プールの冷却機能又は注水機能が喪失し、使用済燃料プールの水温が上昇しやがて沸騰することにより、水位が低下し燃料が露出して損傷に至る。

想定事故2: 使用済燃料プール内の水の小規模な流出が発生するとともに、使用済燃料プールの冷却機能又は注水機能が喪失し、水温が上昇しやがて沸騰することにより、水位が低下し燃料が露出して損傷に至る。

対策概要

- ・可搬型代替注水中型ポンプにより注水する。
- ・想定事故2において、静的サイフォンブレーカ(※)により、水位の低下を防止する。

※サイフォンブレーカ用配管から空気を吸入することでサイフォン現象による使用済燃料プール水の流出を防止する



2012年1月30日内閣府より
情報開示を受けた(藤崎良次)



福島第一原子力発電所の 不測事態シナリオの素描

平成23年3月25日
近藤 駿介



目的

事故が起きている福島第一原子力発電所においては、今後新たな事象が発生して不測の事態に至る恐れがないとは言えない。

この資料はこの不測の事態の概略の姿を示すものである。

資料の構成

- 想定する新たな事象
- それぞれの事象の未然防止策、連鎖防止策
- 不測の事態：事象の連鎖
- 緊急時対策の範囲
- 土壌汚染
- 海洋汚染



想定する新たな事象

事象の発生施設

	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	共用 プール	5号炉	6号炉
原子炉	○	○	○	—	—	○	○
使用済燃料 プール	○	○	○	○	○	○	○

事象の内容

○原子炉

- ・ 炉心損傷に伴って水蒸気爆発が発生し、放射性物質を放出
- ・ 水素爆発によって冷却機能が失われ、過温破損
- ・ 冷却機能が失われ、過温・過圧破損

○使用済燃料プール

- ・ 冷却不足に伴うギャップ放射能*1放出の開始。
メルトダウン後、熔融炉心とコンクリート相互作用により床コンクリートが
抜けて、コリウム*2が下層階に落下していく過程

*1: 燃料と被覆管のギャップに内包された放射性物質(希ガスなど)

*2: 熔融燃料、熔融被覆管、コンクリートなどの混合体

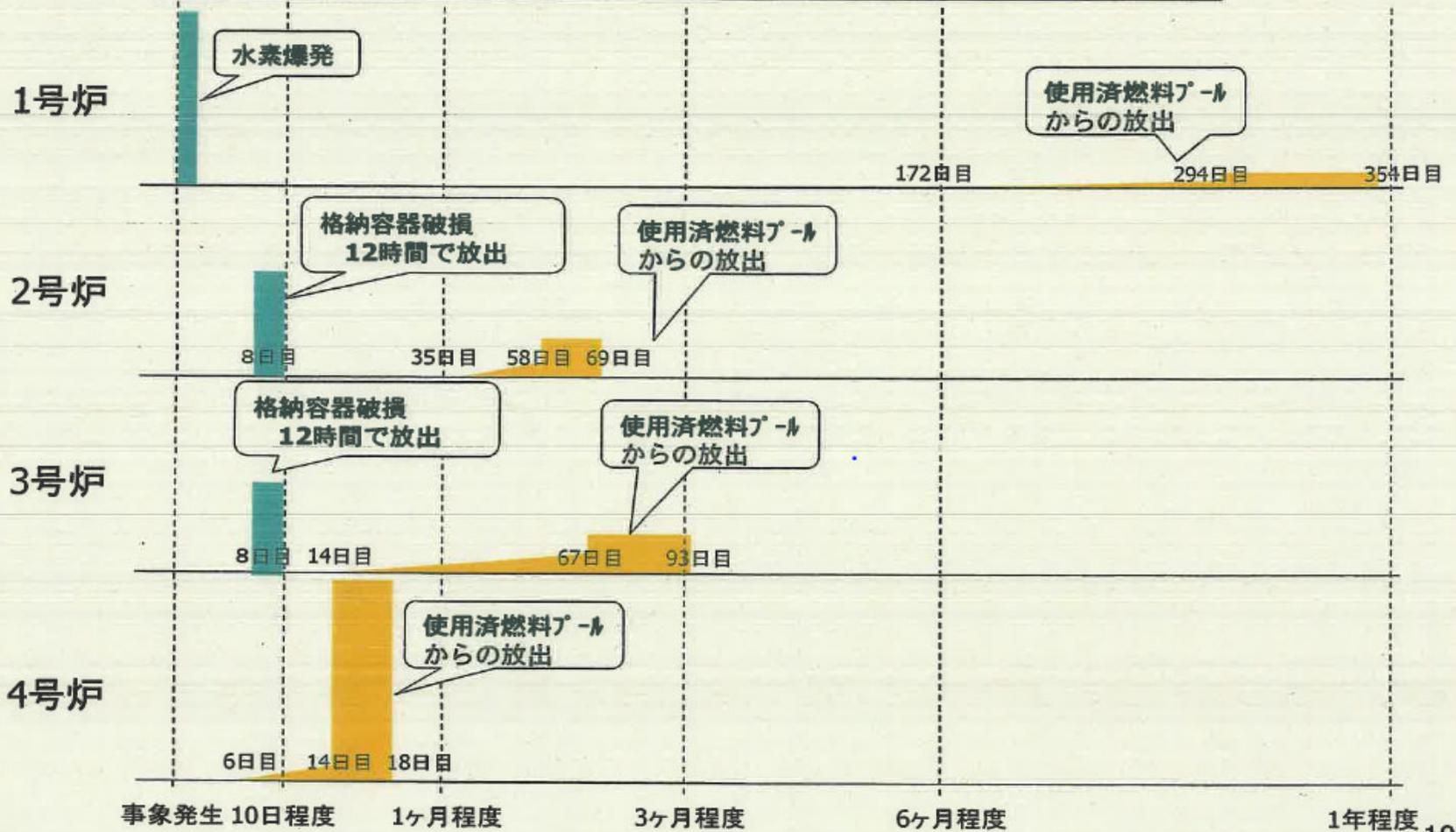


事故連鎖の考え方

- ① 発生リスクが比較的高い1号機の原子炉容器内或いは格納容器内で水素爆発が発生し、放射性物質放出。1号機は注水不能となり、格納容器破損に進展
- ② 線量上昇により、作業員総退避。
- ③ 2, 3号機原子炉への注水／冷却不能、4号使用済燃料プールへの注水不能
- ④ 4号使用済燃料プールの燃料が露出し、燃料破損、溶融。その後、溶融した燃料とコンクリートの相互反応(MFCI)に至り、放射性物質放出。(次頁に使用済燃料プールの破損進展を示す)
- ⑤ 2, 3号機の格納容器破損し、放射性物質放出。
- ⑥ 1, 2, 3号機の使用済燃料プールの燃料破損、溶融。その後、MFCIに至り、放射性物質放出。

放出シーケンス

1号炉水素爆発を起因として、全ての作業ができなくなった場合





線量評価結果について

- 水素爆発の発生に伴って追加放出が発生し、それに続いて他の号機からの放出も続くと予想される場合でも、事象のもたらす線量評価結果からは現在の20kmという避難区域の範囲を変える必要はない。
- しかし、続いて4号機プールにおける燃料破損に続くコアコンクリート相互作用が発生して放射性物質の放出が始まると予想されるので、その外側の区域に屋内退避をもとめるのは適切ではない。少なくとも、その発生が本格化する14日後までに、7日間の線量から判断して屋内退避区域とされることになる50kmの範囲では、速やかに避難が行われるべきである。
- その外側の70kmの範囲ではとりあえず屋内退避を求めることになるが、110kmまでの範囲においては、ある程度の範囲に土壤汚染レベルが高いため、移転を求めるべき地域が生じる。また、年間線量が自然放射線レベルを大幅に超えることを理由に移転することを希望する人々にはそれを認めるべき地域が200kmまでに発生する(容認線量に依存)。
- 続いて、他の号機のプールにおいても燃料破損に続いてコアコンクリート相互作用が発生して大量の放射性物質の放出が始まる。この結果、強制移転をもとめるべき地域が170km以遠にも生じる可能性や、年間線量が自然放射線レベルを大幅に超えることをもって移転を希望する場合認めるべき地域が250km以遠にも発生することになる可能性がある。
- これらの範囲は、時間の経過とともに小さくなるが、自然(環境)減衰にのみ任せておけば、上の170km、250kmという地点で数十年を要する。

使用済燃料プールの大量の水の漏えい

- 大量の水が漏えいし、水位が異常に低下した場合、プール内の燃料体等の著しい損傷の進行を緩和しなければならない(設置許可基準規則54条2項)
- しかし、想定事故は、緩慢な水の漏えいか蒸発だけを想定し例えば、水素爆発で燃料プールが破壊され、水が大量に流出する場合の事故想定はしていない。
- 福島原発事故の教訓を活用していない。

放射性物質が外部に放出された場合
の安全対策は十分か

設置許可基準規則55条で要求されている放水設備は、シビアアクシデント対策として欠陥があること



設置許可基準規則55条で要求されている放水設備は、シビアアクシデント対策として欠陥がある

放水砲はシビアアクシデント対策である。シビアアクシデント対策の基本的考え方からすればその有効性評価がなされなくてはならない。しかし、放水砲に係る有効性評価の規定は不存在である。設置変更許可申請においても有効性評価はなされていない。

放水砲は、放射性物質の拡散防止として殆ど役に立たない。

1) パッシブでない設備は、確実性に欠ける

大規模な自然災害で現場は破壊され、さらに放射性物質の拡散が生じている現場で、人力に頼って稼働させる設備が果たして有効に働くかその保証はない。

2) プルーム浄化は期待できない

① 希ガスは捕捉できない

重大事故時には大量の希ガスが放出されるが、希ガスは水では捕捉できない。

② 粉じんの捕捉効率は極めて低い

放水砲は棒状に水を放出するから3次元に広がりながら空中に流出するプルームを洗うことはできない。広角スプレーに切り替えると到達距離が減少し、必要な箇所まで届かない。

放射性物質が原子炉建屋、格納容器、燃料プール等のどこから放出されているか捕捉することが困難であるから、放水砲を必要な箇所に向けて放水することは期待できない。

水と粉じんが接触しても、粉じんが水溶性でなければ捕捉できない。

③ 溶融燃料デブリ表面を有効に被覆することは不可能である

筒井哲郎「水鉄砲で火の粉を落とす：形骸化する規制審査」(岩波書店 科学2015年5月号)

周辺住民を守るために立地評価が不可欠

- 立地評価は、技術的見地から見て、最悪の場合には起こるかもしれないと考えられる事故(重大事故)を想定して、原発周辺の一定範囲を非居住区域とし、重大事故を超えて技術的見地からは起こるとは考えられない事故(仮想事故)を想定して、非居住区域の外側の一定範囲を低人口地帯として、周辺住民に対する放射能の影響を回避する安全対策である。
- 本件原発立地は、30km圏内に96万人居住する場所である。技術的見地から起こるとは考えられない事故が起きれば、周辺住民に著しい放射線被害を与える地域である。

立地指針と重大事故等対策は代替不可

- 福島原発事故は、現実には発生したのであるから、仮想事故ではない。
- それ以上の影響が大きい仮想事故を想定し、その事故でも周辺住民に著しい放射線被害を与えない離隔ができていない限り、安全対策は十分でない。
- 仮想事故は起きると考えなくてはならないから、抽象的危険ではない。
- 重大事故等対策によってCs137の放出を100Tbq以下にとどめるから立地指針に代替するという考えは、100Tbqを上回る事故は起きないという想定である。
- 「想定を超えることは起こりうる」福島原発事故の教訓に反する。
- もとより、本件原発の近くに人が居住し、30km圏内に96万人が居住する状況からすれば、100Tbqを下回ったとしても、人格権侵害は発生する。