



新大綱策定会議(第6回、第7回)における 委員からの質問に対する回答

平成23年10月26日

内閣府 原子力政策担当室



質問内容

1. 安全機能の重要度分類について
2. 安全上の重要設備・機器について
3. 総合的な安全評価（いわゆるストレステスト）について
4. 貞観地震に関するこれまでの検討状況について
5. 地震応答解析結果について
6. 安全審査における地震・津波の想定について
7. 安全基準の考え方について

1. 安全機能の重要度分類について

Ⅲ. 安全機能の重要度分類

1. 安全機能の区分

安全機能を有する構築物、系統及び機器を、それが果たす安全機能の性質に応じて、次の2種に分類する。

- (1) その機能の喪失により、原子炉施設を異常状態に陥れ、もって一般公衆ないし従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるもの（異常発生防止系。以下「PS」という。）。
- (2) 原子炉施設の異常状態において、この拡大を防止し、又はこれを速やかに収束せしめ、もって一般公衆ないし従事者に及ぼすおそれのある過度の放射線被ばくを防止し、又は緩和する機能を有するもの（異常影響緩和系。以下「MS」という。）。

2. 重要度分類

PS及びMSのそれぞれに属する構築物、系統及び機器を、その有する安全機能の重要度に応じ、それぞれクラス1、クラス2及びクラス3に分類する。それぞれのクラスの呼称は第1表に掲げるとおりとし、それぞれのクラスに属する構築物、系統及び機器の定義並びにその安全機能は、第2表に掲げるとおりとする。

第1表 安全上の機能別重要度分類

機能による分類		安全機能を有する構築物、系統及び機器		安全機能を有しない構築物、系統及び機器
		異常の発生防止の機能を有するもの（PS）	異常の影響緩和の機能を有するもの（MS）	
安全に関連する構築物、系統及び機器	クラス 1	PS-1	MS-1	
	クラス 2	PS-2	MS-2	
	クラス 3	PS-3	MS-3	
安全に関連しない構築物、系統及び機器				安全機能以外の機能のみを行うもの



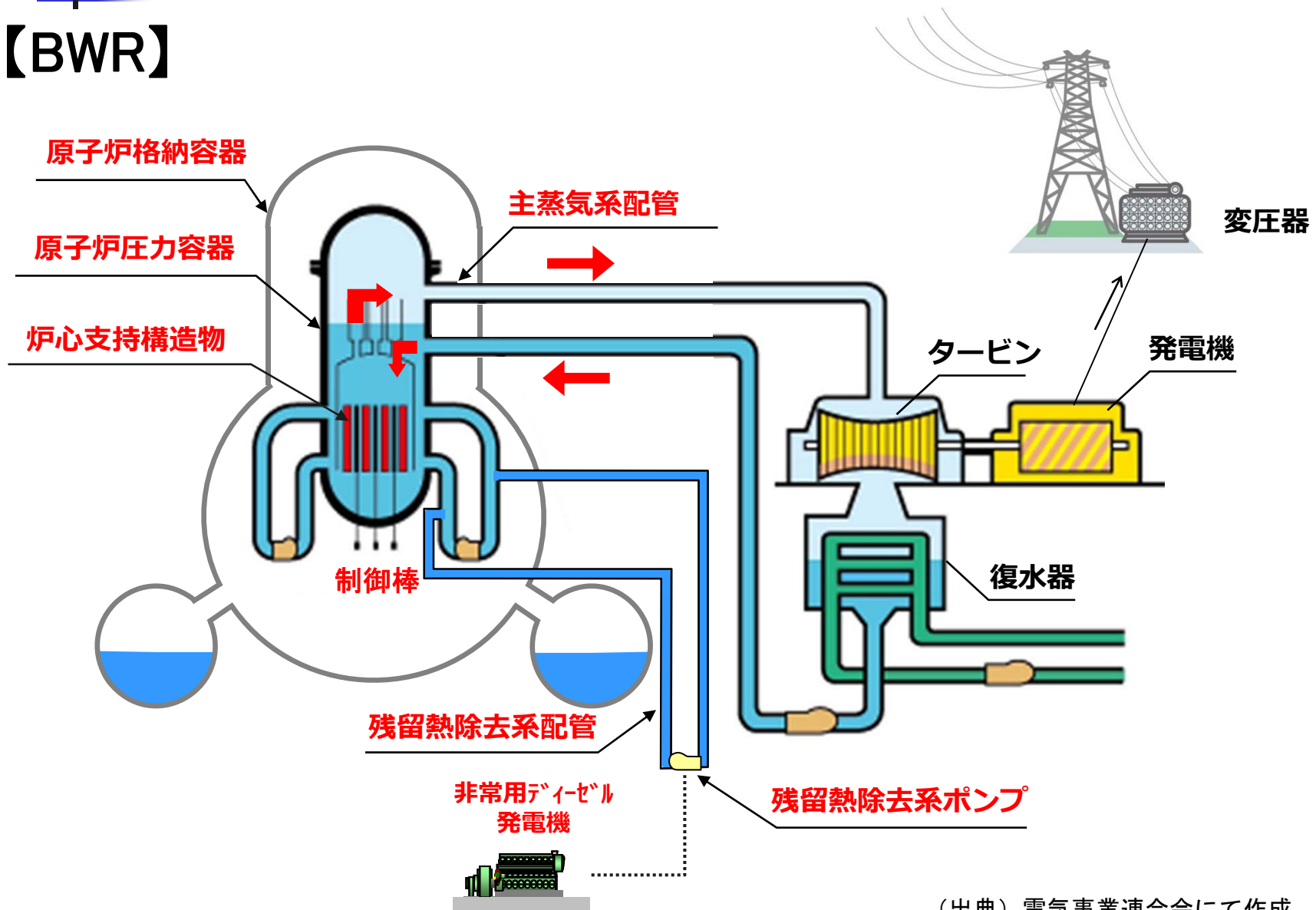
2. 安全上の重要設備・機器について(1)

原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する設備・機器

	【BWR】	【PWR】
止める	炉心支持構造物 制御棒 等	炉内構造物 制御棒 等
冷やす	残留熱除去系ポンプ 残留熱除去系配管 等	余熱除去ポンプ 余熱除去配管 等
閉じ込める	原子炉圧力容器 主蒸気系配管 原子炉格納容器 等	原子炉容器 一次冷却材管 蒸気発生器 原子炉格納容器 等

2. 安全上の重要設備・機器について(2)

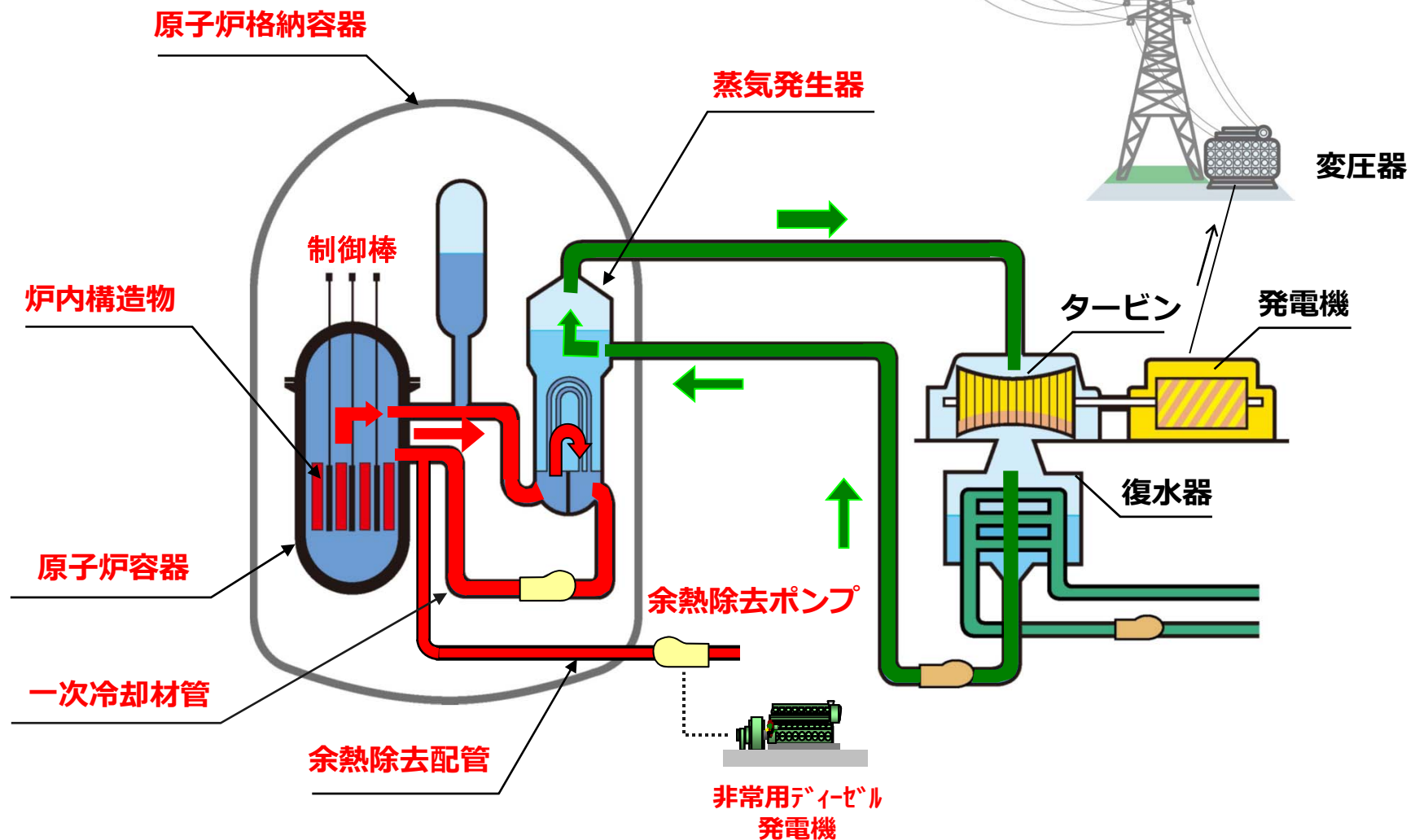
【BWR】



(出典) 電気事業連合会にて作成

2. 安全上の重要設備・機器について(3)

【PWR】



(出典) 電気事業連合会にて作成

3.総合的な安全評価(いわゆるストレステスト)について(1)

経緯

- ・7/11にストレステストの実施に係る政府の方針「我が国原子力発電所の安全性の確認について(ストレステストを参考にした安全評価の導入等)」を公表。同方針に基づき、原子力安全・保安院が、原子力発電所の総合的な安全評価に関する評価手法及び実施計画を策定。
- ・原子力安全委員会の了承(7/21)を経て、保安院から事業者に作業指示(7/22)。

評価手法

- ・以下の事象を想定。シミュレーションにより安全裕度を評価。
 - ✓設計上の想定を超える地震、津波、及びその複合事象
 - ✓全交流電源喪失、冷却機能の喪失、及びその複合事象
 - ✓シビアアクシデント(炉心損傷、格納容器破損等)発生時の対応
- ・以下を踏まえ、どの程度のストレスまで炉心損傷に至らずに耐えられるかを評価する。
 - ✓一次評価では、設計上、確実に機能や健全性が維持されると判断される値(許容値)とを比較して、安全裕度を確認。
 - ✓二次評価では、配管の破断など、実際に機能が失われる値(究極の耐力を示す値)と比較して、安全裕度を確認。

今後の見通し

- ・一次評価(運転再開の可否を判断): 定期検査中で起動準備が整った原子炉施設から順次、事業者が評価を実施・報告。その後、保安院が評価し、その妥当性を原子力安全委員会が確認。その後、総理、官房長官、原発担当大臣、経産大臣が再稼働の可否を判断。
- ・二次評価(運転継続の可否を判断): 全ての原子力発電所(福島第一、福島第二を除く。)について、本年内を目途に、事業者から保安院への報告がなされる予定。保安院評価後、原子力安全委員会が確認。その後、総理、官房長官、原発担当大臣、経産大臣が再稼働の可否を判断。
- ・IAEAのレビューなど国際的な知見を活用。

3.総合的な安全評価(いわゆるストレステスト)について(2) (参考)～建屋、系統、機器等における安全裕度の評価～

評価対象とする安全上重要な機器、耐震安全上重要な機器を特定する。

評価可能な範囲で、確率論的安全評価(PSA)の知見として得られる炉心損傷に至るイベントツリーを参照し、燃料の重大な損傷に関係し得る機器を対象に加える。

評価対象機器の例(1)

➤ 安全上重要な機器(クラス1機器)

分類		機能	機器
クラス1	PS-1	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉容器、蒸気発生器、加圧器、1次冷却材ポンプ、1次冷却材配管、加圧器安全弁、加圧器逃がし弁、等
		過剰反応度の印加防止機能	制御棒クラスタ
		⋮	⋮
	MS-1	原子炉の緊急停止機能	制御棒クラスタ
		原子炉停止後の除熱機能	M/D補助給水ポンプ、T/D補助給水ポンプ、蒸気発生器、主蒸気逃がし弁等
		⋮	⋮
安全上特に重要な関連機能		非常用ディーゼル発電機、直流コントロールセンタ、バッテリー、メタクラ、パワーセンタ、原子炉コントロールセンタ、海水ポンプ、CCWポンプ、ディーゼル発電機盤、RWST、高圧注入ポンプ等	

3.総合的な安全評価(いわゆるストレステスト)について(3) (参考)～建屋、系統、機器等における安全裕度の評価～

評価対象機器の例(2)

➤ 耐震安全上重要な機器(Sクラス機器)

耐震重要度分類	機能別分類	対象設備
S	「原子炉冷却材圧力バウンダリ」(「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」に記載されている定義と同じ)を構成する配管及び機器	原子炉容器、蒸気発生器、加圧器、1次冷却材ポンプ、1次冷却材配管、加圧器安全弁、加圧器逃がし弁、等
	原子炉の緊急停止のための急激に負の反応度を付加するための設備及び原子炉の停止状態を維持するための設備	制御棒クラスタ
	原子炉停止後、崩壊熱を除去するための設備	M/D補助給水ポンプ、T/D補助給水ポンプ、蒸気発生器、主蒸気逃がし弁等
	原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するために必要な設備	海水ポンプ、CCWポンプ、非常用ディーゼル発電機、直流コントロールセンタ、バッテリー、メタクラ、パワーセンタ、原子炉コントロールセンタ、ディーゼル発電機盤、RWST、高圧注入ポンプ等
	⋮	⋮

➤ PSA評価等を踏まえた燃料の重大な損傷に関係し得る機器

主変圧器、起動変圧器、予備変圧器、特高開閉所、主給水配管等



4. 貞観地震に関するこれまでの検討状況について(1)

○2006年9月20日

保安院は、事業者に対し、新耐震設計審査指針に基づき、耐震バックチェック(新指針に照らした既設の原子力施設における耐震安全性評価)を行うよう指示。

○2008年3月31日

東京電力は、代表号機として、福島第一原子力発電所5号機の耐震バックチェック中間報告書を提出。

○2009年6月24日及び7月13日

上記中間報告の評価を行った耐震・構造設計小委員会 地震・津波、地質・地盤合同ワーキンググループ(第32回及び第33回)にて、岡村委員から「評価書の中で、貞観の地震について触れていないのは如何か。少なくとも塩屋崎沖地震とは全く比べものにならないほどの津波が来たことは明確。」との指摘。

これに対して、東京電力は、基準地震動 S_s の策定において貞観の地震を考慮した結果について回答。

また、事務局(保安院)から、「津波については、最終報告書の評価の際に検討させて頂く」旨回答。



4. 貞観地震に関するこれまでの検討状況について(2)

○2009年7月21日

保安院は、福島第一原子力発電所5号機の耐震バックチェック中間報告書の評価を完了。

この評価報告書の中で、

「合同ワーキンググループにおいて、津波堆積物の調査結果を踏まえた869年貞観の地震に関する文献を考慮した検討をすべきとの意見があったため、当該文献において提案された津波シミュレーションに基づく波源モデルを震源断層と仮定した上で、耐専式により地震動評価を実施し、基準地震動 S_s に及ぼす影響を検討した。その検討結果に基づき当院は、869年貞観の地震の津波評価における波源モデルを震源断層と仮定した地震動評価結果が、プレート間地震を考慮して策定された基準地震動 S_s-1 の設計用応答スペクトルを全周期帯において下回り、周期ごとの最大振幅値の比率として1/2程度以下であることを確認した。なお、現在、研究機関等により869年貞観の地震に係る津波堆積物や津波の波源等に関する調査研究が行われていることを踏まえ、当院は、今後、事業者が津波・地震動評価の観点から、適宜、当該調査研究の成果に応じた適切な対応を取るべきと考える。」と記載。

○2011年3月7日

保安院は、「貞観地震の断層モデル」「地震調査推進本部の見解に対応した断層モデル」により、10メートルを超える津波高さの試算結果について、東京電力から報告を受けた。



5. 地震応答解析結果について(1)

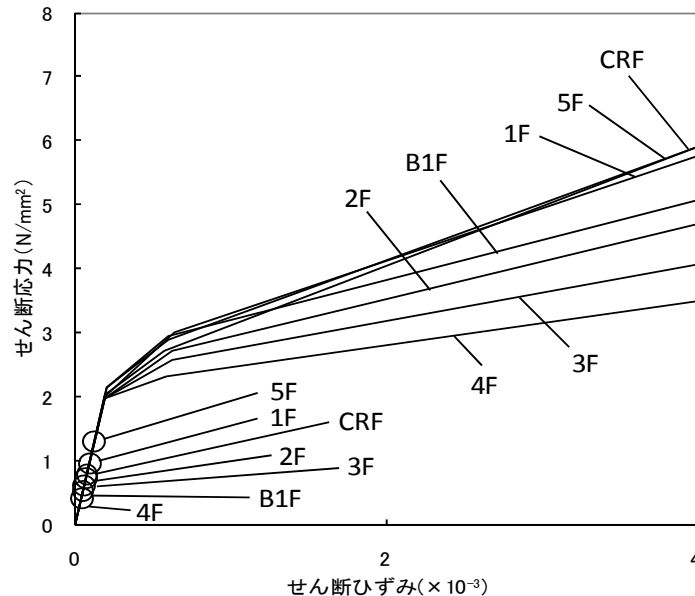
- 東京電力は、5月16日に、東北地方太平洋沖地震における福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所の地震観測記録の分析結果を原子力安全・保安院に報告。
- 当該報告によると、福島第一原子力発電所の原子炉建屋の基礎版上における地震観測記録の応答スペクトルは、多くの周期帯で基準地震動 S_s の評価用応答スペクトルをおおむね下回る結果が得られているが、第2号機、第3号機及び第5号機では、0.2秒から0.3秒までにおいて、基準地震動 S_s の評価用応答スペクトルを最大3割程度超過している。
- これらの報告内容を踏まえ、原子力安全・保安院は5月18日に、今回の地震の揺れにより受けた影響について、福島第一原子力発電所1～6号機及び福島第二原子力発電所1～4号機の原子炉建屋とそれぞれに付随する原子炉格納容器、原子炉圧力容器等の特に重要な機器とを連成させた地震応答解析、タービン建屋並びに耐震安全上重要な機器及び配管系の地震応答解析の結果を報告するよう、東京電力に指示。
- 東京電力は、6月17日、7月28日、8月17日の3回に分けて、解析結果を原子力安全・保安院に報告。

5. 地震応答解析結果について(2)

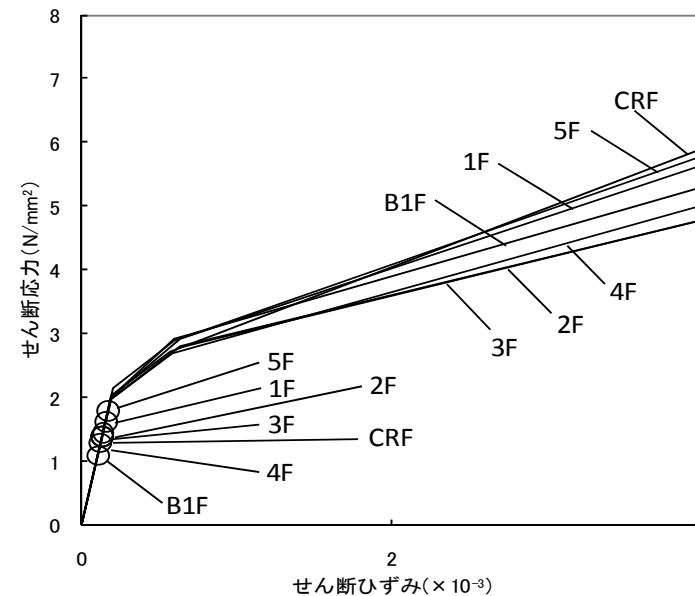
地震応答解析結果の例（福島第一原子力発電所3号機）

○原子炉建屋

建屋基礎版上で取得された観測記録を用いた地震応答解析を実施した結果、耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.17×10^{-3} （東西方向、5階）であり、全ての耐震壁でスケルトン曲線上の第一折れ点以下の応力・変形状態となっている。



3号機 耐震壁のせん断ひずみ
（南北方向）



3号機 耐震壁のせん断ひずみ
（東西方向）

（出典）東京電力にて作成

5. 地震応答解析結果について(3)

地震応答解析結果の例（福島第一原子力発電所3号機）

○安全上重要な機能を有する主要な設備

原子炉等の大型機器について地震応答解析を行い、その結果得られた地震荷重等と、既往の基準地震動Ssによる耐震安全性評価で得られている地震荷重等を比較。

今回の地震による地震荷重等は、耐震安全性評価で得られている地震荷重等を一部上回るものの、計算される応力等は評価基準値以下である。

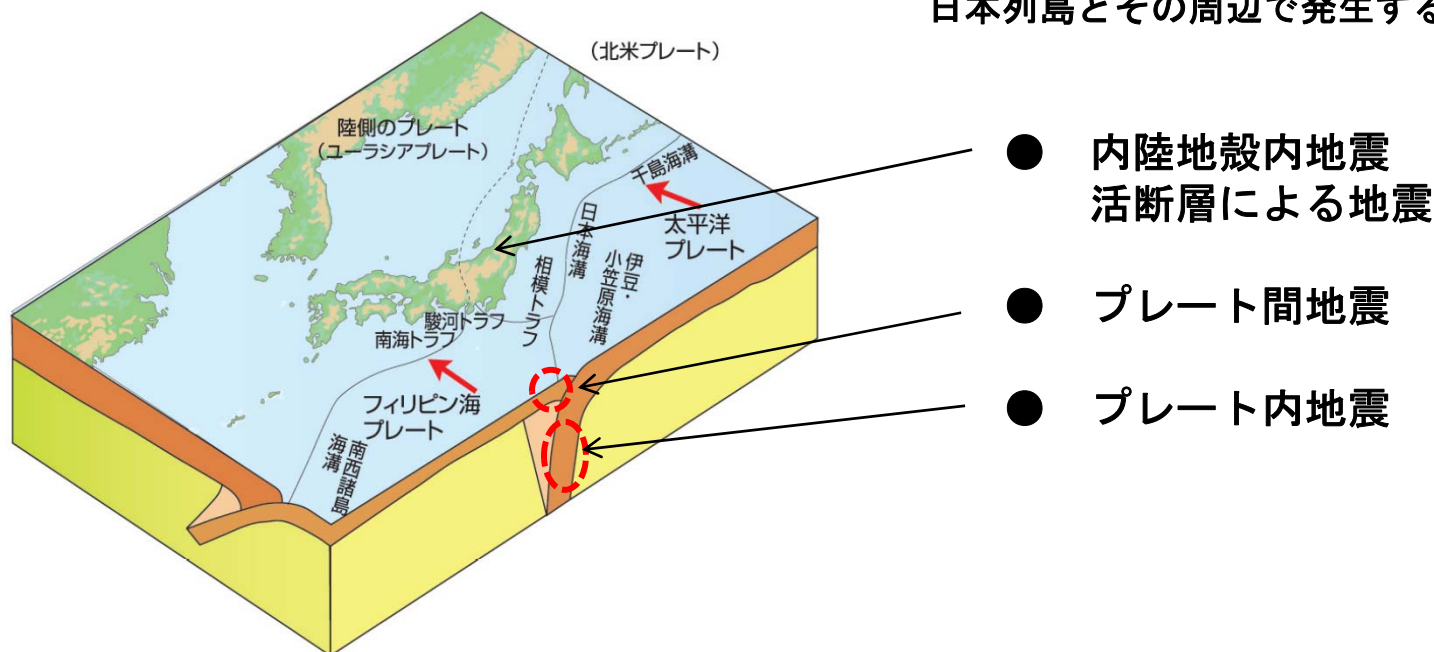
3号機 耐震安全上重要な機器・配管系の影響評価の概要

設備等		地震応答荷重		基準地震動Ss	シミュレーション 解析結果	耐震性評価結果
地震 荷重 等	原子炉圧力容器 基部	せん断力	(kN)	4970	5750	原子炉圧力容器 (基礎ボルト) 計算値：50MPa 評価基準値：222MPa
		モーメント	(kN・m)	30400	41700	
		軸力	(kN)	5780	4900	
	原子炉格納容器 基部	せん断力	(kN)	7070	8150	原子炉格納容器 (ドライウエル) 計算値：158MPa 評価基準値：278MPa
		モーメント	(kN・m)	123000	153000	
		軸力	(kN)	2930	2080	
	炉心シュラウド 基部	せん断力	(kN)	2440	3010	炉心支持構造物 (シュラウドサポート) 計算値：100MPa 評価基準値：300MPa
		モーメント	(kN・m)	13600	16600	
		軸力	(kN)	783	681	
燃料集合体	相対変位	(mm)	14.8	24.1	制御棒（挿入性）評価基準値：40.0mm	
評価用 震度	燃料交換床	震度（水平）	(G)	0.95	1.34	残留熱除去系ポンプ (電動機取付ボルト) 計算値：42MPa 評価基準値：185MPa
		震度（鉛直）	(G)	0.57	0.81	
	基礎版	震度（水平）	(G)	0.55	0.61	
		震度（鉛直）	(G)	0.53	0.29	

6. 安全審査における地震・津波の想定について(1)

どのような地震を想定するか（地震発生メカニズムごとに想定）

日本列島とその周辺で発生する地震のタイプ



図中の矢印は、陸側のプレートに対する各プレートの相対運動を示す

※ 図は文部科学省 地震調査研究推進本部 HPより抜粋、一部加筆

6. 安全審査における地震・津波の想定について(2)

原子力発電所の耐震設計の基本的考え方

原子力発電所の耐震設計は、原子力安全委員会が定めた耐震設計審査指針に従い設計。

その基本的考え方は、 **大きな地震があっても、発電所周辺に放射性物質の影響を及ぼさない**

安全上重要な「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」機能が確保されるように設計

耐震設計の基本方針を実現するために

徹底した調査

・ 活断層調査、過去の地震の調査等

基準地震動の策定

・ 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
・ 震源を特定せず策定する地震動
(旧指針のマグニチュード6.5の直下地震に代わるもの)

重要度に応じた耐震設計

・ Sクラス (原子炉圧力容器など) 基準地震動に対して安全機能維持
止める、冷やす、閉じ込める機能 建築基準法の3.0倍※
・ Bクラス (廃棄物処理設備など) 建築基準法の1.5倍※
・ Cクラス (発電機など) 建築基準法の1.0倍※

自動停止機能

・ 一定以上の大きな揺れに対し、自動的に安全に停止

※機器・配管は更に2割増し

(出典) 原子力安全・保安院にて作成

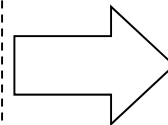
6. 安全審査における地震・津波の想定について(3)

新耐震設計審査指針の改訂ポイント

旧指針

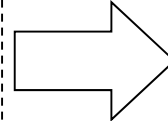
- ・ 考慮すべき活断層の活動時期の範囲
: 5万年前以降
- ・ マグニチュード6.5の「直下地震」の想定

より厳しい水準



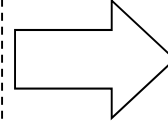
- ・ 文献調査、空中写真判読、現地調査等による活断層調査を実施

より入念な調査



- ・ 水平方向について、基準地震動を策定
- ・ 地震規模と震源からの距離に基づき経験式による地震動評価（応答スペクトル評価式）

より高度な手法



新指針

最新知見を考慮した基準地震動の策定を要求

- ・ 考慮すべき活断層の活動時期の範囲
: 12~13万年前以降に拡大
- ・ マグニチュード6.5の直下地震に代えて、国内外の観測記録を基に、より厳しい「震源を特定せず策定する地震動」を設定

- ・ 従来の調査に加え、不明瞭な活断層を見逃さないよう、変動地形学的手法等を用いた総合的な活断層調査を実施

- ・ 水平方向に加え鉛直方向についても、基準地震動を策定
- ・ 応答スペクトル評価式に加え、地震発生メカニズムを詳細にモデル化できる断層モデルを地震動評価手法として全面的に採用

6. 安全審査における地震・津波の想定について(4)

施設の耐震設計

より高度な手法による詳細な解析

○重要設備は水平と鉛直方向を動的解析。

基準地震動 S_s

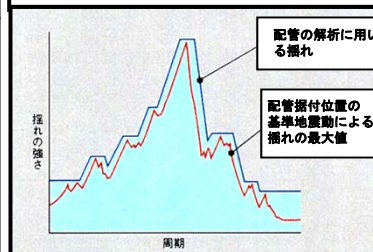
水平方向地震動



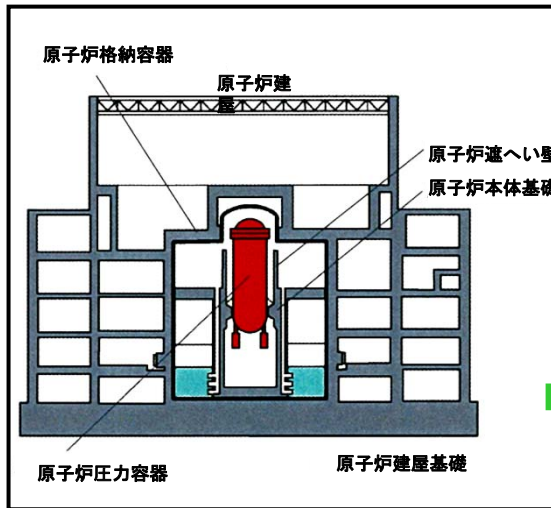
鉛直方向地震動



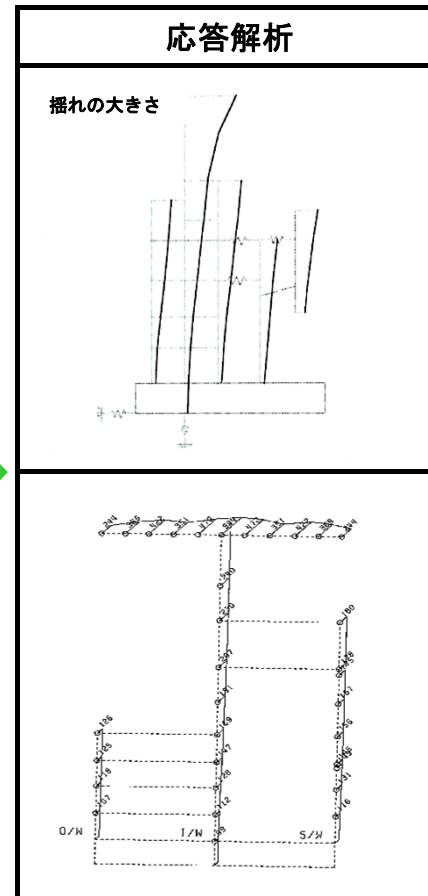
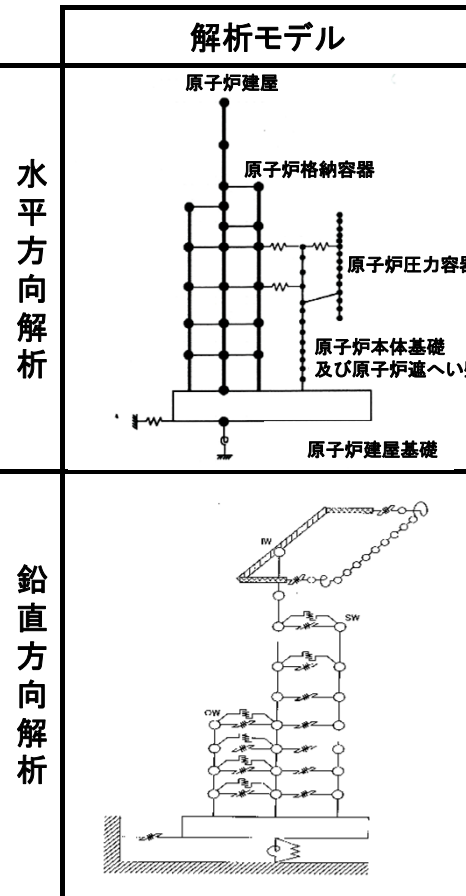
応答スペクトル (水平、鉛直)



機器・配管の耐震解析



原子炉建屋の耐震解析 (BWRの例)

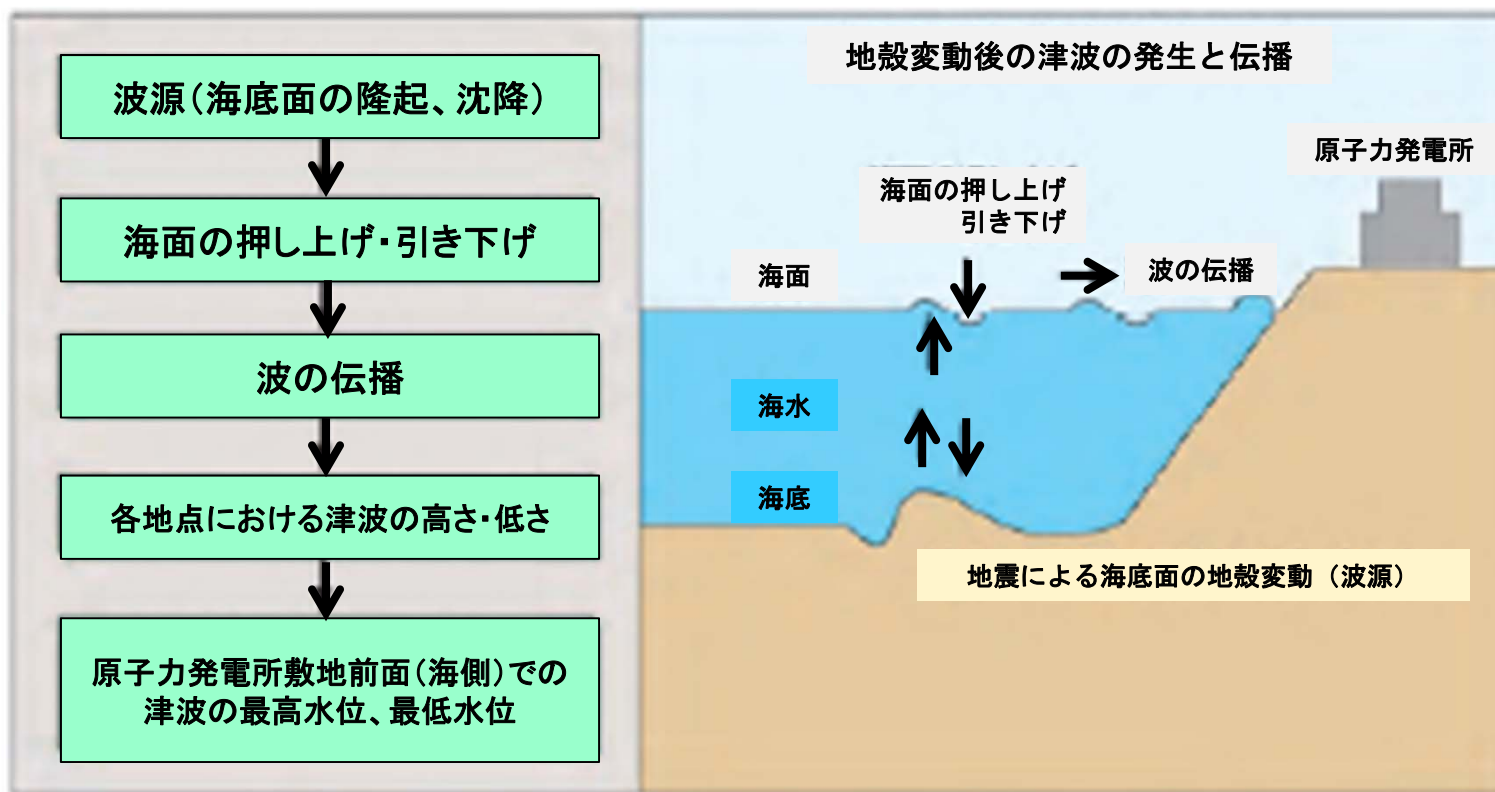


(出典) 原子力安全・保安院にて作成

6. 安全審査における地震・津波の想定について(5)

地震随件事象 津波による施設の安全機能への影響

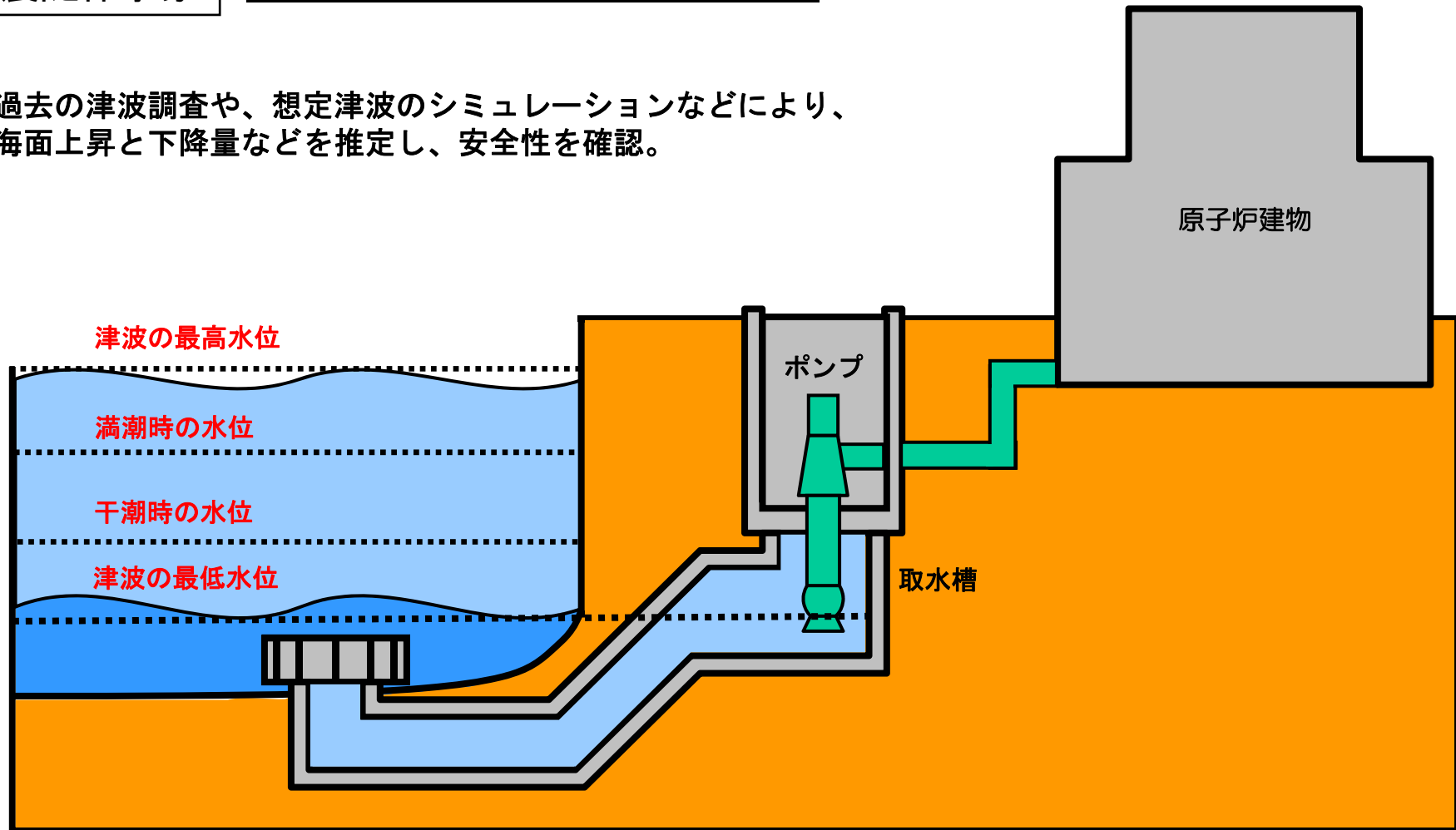
○供用期間中に極めてまれではあるが、発生する可能性があるとして想定することが適切な津波について、安全機能が重大な影響を受けるおそれがないことを確認。



6. 安全審査における地震・津波の想定について(6)

地震随件事象 津波による施設の安全機能への影響

○過去の津波調査や、想定津波のシミュレーションなどにより、海面上昇と下降量などを推定し、安全性を確認。

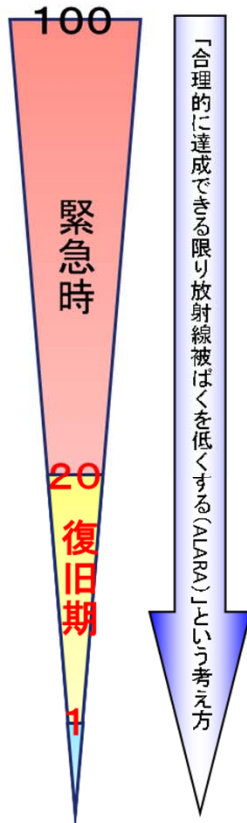


7. 安全基準の考え方について(1)

～校庭の安全基準～

学校において児童生徒等の受ける線量低減の取組についての動き

ICRPの参考レベル



暫定的考え方について（4月19日）

- ・ 年間1～20ミリシーベルトを暫定的な目安
→今後できる限り、児童生徒の受ける線量を減らす
- ・ 校庭等の線量が毎時3.8マイクロシーベルト以上の学校
→1日1時間程度に屋外活動を制限（5/12の調査で対象無）
- ・ **8月26日に、既に毎時3.8マイクロシーベルト以上の学校はなくなったとして役割を終えた**

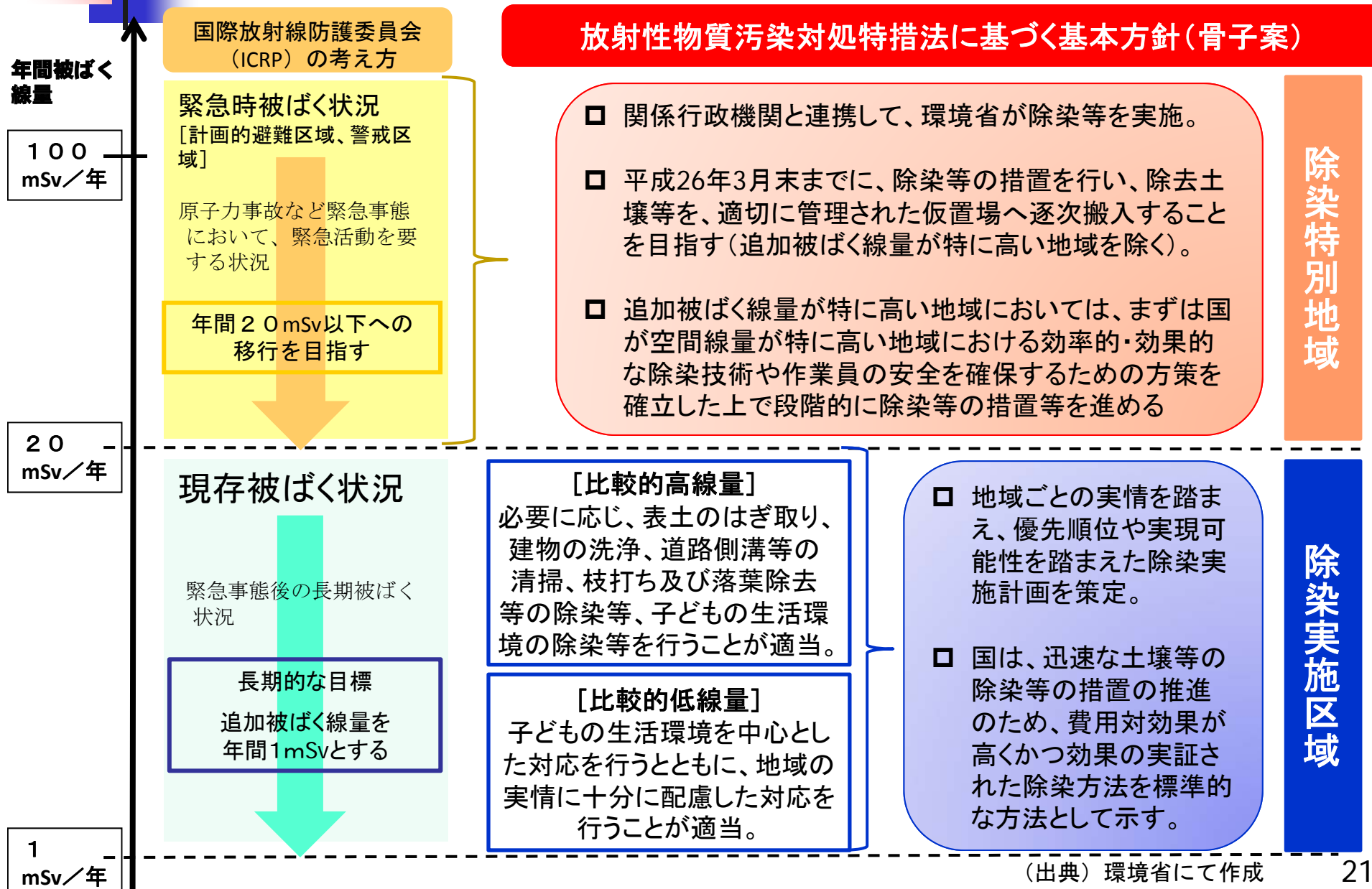
線量低減に向けた当面の対応について（5月27日）

- ・ 学校で受ける線量：**年間1ミリシーベルト以下**を目指す
- ・ このため、校庭の土壌改良等を国が**財政的に支援**（※）
（※）校庭等の空間線量率が毎時1マイクロシーベルト以上の学校

校舎・校庭等の線量低減について（8月26日）

- ・ 学校で受ける線量：**年間1ミリシーベルト以下**とする
- ・ 校庭の空間線量率の目安は**毎時1マイクロシーベルト未満**
（毎時1マイクロシーベルトを超えることがあっても、**屋外活動を制限する必要はない**）
- ・ **局所的に線量が高い場所の把握と除染**に取り組む

8. 安全基準の考え方について(2) ～除染方針の安全基準(1)～



8. 安全基準の考え方について(3) ～除染方針の安全基準(2)～

- 放射性物質汚染対処特措法においては、環境の汚染への対処に関する基本的な方針を閣議決定することとしており、現在事務局において骨子案を作成し、パブリックコメントを実施中。
- 同骨子案については、「除染推進に向けた基本的考え方」「除線に関する緊急実施基本方針」や、原子力安全委員会によって示された考え方を踏まえたものとなっている。

除染推進に向けた基本的考え方 ポイント

- ・推定年間被ばく線量が20ミリシーベルトを超えている地域を中心に、国が直接的に除染を推進することで、推定年間被ばく線量が20ミリシーベルトを下回ることを目指す。
- ・推定年間被ばく線量が20ミリシーベルトを下回っている地域においても、市町村、住民の協力を得つつ、効果的な除染を実施し、推定年間被ばく線量が1ミリシーベルトに近づくことを目指す。
- ・とりわけ、子どもの生活圏(学校、公園等)の徹底的な除染を優先し、子どもの推定年間被ばく線量が一日も早く1ミリシーベルトに近づき、さらにそれを下回ることを目指す。



- ・「基本的考え方」をもとに、「除染に関する緊急実施基本方針」を策定
- ・放射性物質汚染対処特措法の趣旨と整合的なものであり、同法の措置に順次移行する

8. 安全基準の考え方について(4) ～除染方針の安全基準(3)～

放射性物質汚染対処特措法に基づく基本方針 骨子案 ポイント

- ・人の健康の保護の観点から必要である地域について優先的に計画を策定し、線量に応じたきめ細かい措置を実施。特に子どもの生活環境については優先的に実施。
- ・追加被ばく線量が年間20ミリシーベルト以上である地域については、当該地域を段階的かつ迅速に縮小することを目指す。空間線量が特に高い地域については、長期的な取組が必要となることに留意。
- ・追加被ばく線量が年間20ミリシーベルト未満である地域については、長期的な目標として追加被ばく線量が年間1ミリシーベルト以下となることを目指す。

○除染特別地域に関する事項

- ・除染特別地域のうち、追加被ばく線量が特に高い地域以外の地域については、平成26年3月末までに、土壤等の除染等の措置を行い、そこから発生する除去土壤等を、仮置場へ逐次搬入することを目指す。
- ・追加被ばく線量が特に高い地域においては、まずは国がモデル事業を実施。

○除染実施区域に関する事項

- ・除染実施計画の策定に当たっては、優先順位や実現可能性を踏まえた計画とする。除去土壤等の量に見合った仮置場の確保を前提としたものとする。
- ・追加被ばく線量が比較的高い地域については、必要に応じ、表土のはぎ取り、建物の洗浄、道路側溝等の清掃等を行うことが適当。追加被ばく線量が比較的低い地域についても、子どもの生活環境を中心とした対応を行うとともに、地域の実情に十分に配慮した対応を行う。

○土壤等の除染等の措置の実施に当たって配慮すべき事項等