

川内原子力発電所 1、2号機の 安全対策について

平成26年9月10日
原子力規制委員会による原子炉設置変更許可



1 新規制基準の概要	3
1-1 福島第一原子力発電所事故の概要と教訓	
1-2 新規制基準の基本的な考え方	
2 重大事故を防止するために強化・新設した主な対策	5
2-1 耐震・耐津波性能(地震への対策)	
[用語の解説] 地震の大きさの単位(ガル・震度・マグニチュード)	
2-2 耐震・耐津波性能(津波への対策)	
2-3 自然現象への対策(火山)	
[参考] カルデラのモニタリングの概要	
[参考] 火山対策の審査に関する原子力規制委員会田中委員長の国会答弁内容	
2-4 自然現象への対策(竜巻)	
2-5 火災及び内部溢水への対策	
3 重大事故の発生に備え新設した主な対策	13
3-1 電源の多様化	
3-2 炉心損傷防止対策(原子炉の冷却手段の多様化)	
3-3 格納容器破損防止対策①(格納容器の冷却手段の多様化)	
3-4 格納容器破損防止対策②(水素爆発の防止)	
3-5 放射性物質の拡散抑制	
3-6 指揮所等の支援機能の確保	
3-7 重大事故時等の対策の有効性(放射性物質の放出量の低減)	
[参考] 100TBqの放出を想定した場合の被ばく線量の試算(原子力規制委員会)	
[参考] 放射性物質の放出量等に関する原子力規制委員会田中委員長の定例会見内容	
3-8 対策要員の確保とさまざまな訓練	
[解説] 放射線の基礎知識	23
① 放射能と放射線	
② 放射線防護の基本	
③ 日常生活や原子力発電所等における放射線の量	
④ 放射線の量と生活習慣によってがんになるリスクの比較	

川内原子力発電所 1、2号機の 安全対策について

平成26年9月10日
原子力規制委員会による原子炉設置変更許可

当社は、川内原子力発電所 1、2号機について、福島第一原子力発電所事故の教訓等を踏まえ策定された新規制基準への適合性を確認する審査を受けるため、平成25年7月8日に、「原子炉設置変更許可(基本設計)」「工事計画認可(詳細設計)」「保安規定変更認可(運用管理)」を一括して申請いたしました。

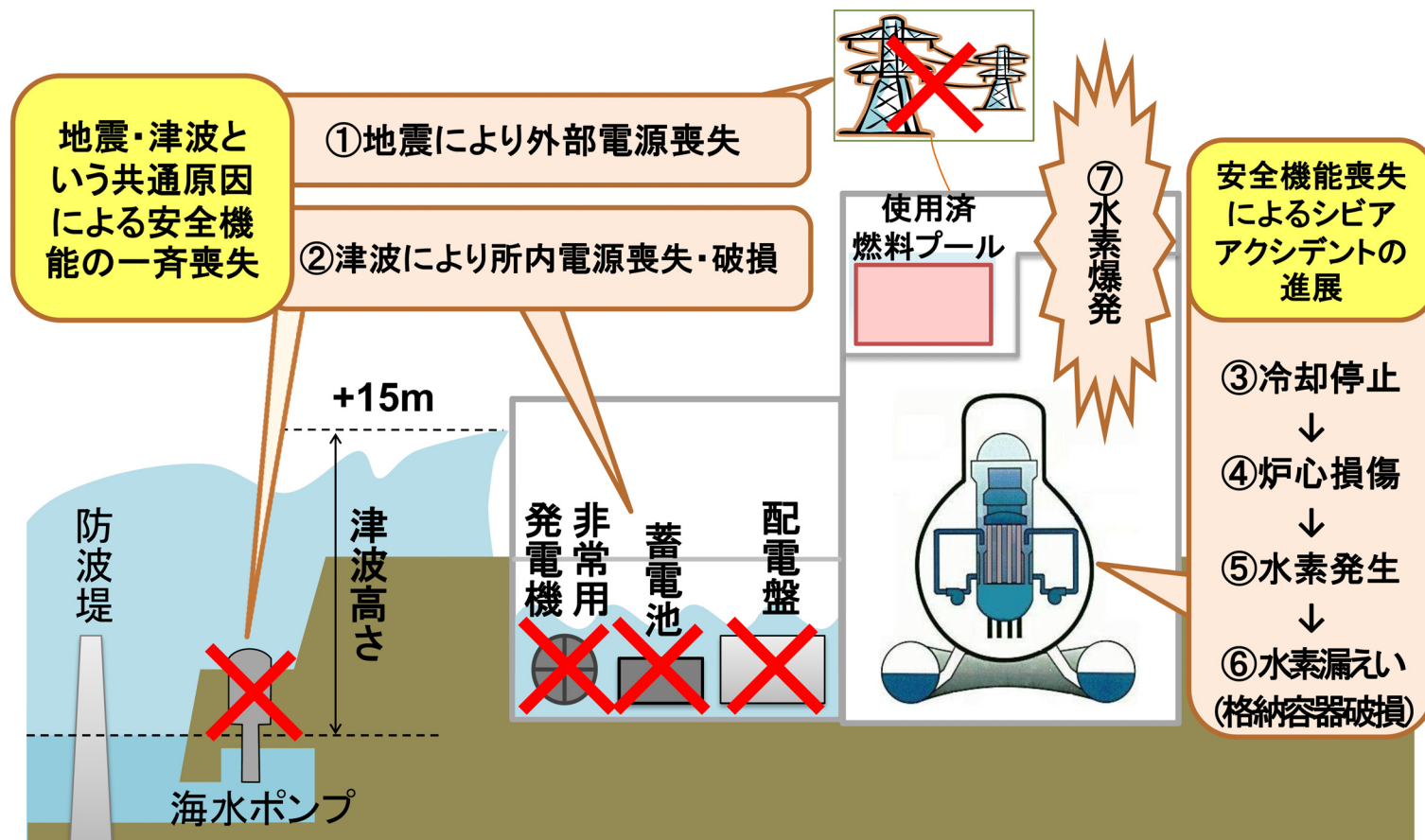
このうち、原子炉設置変更許可申請について、平成26年9月10日に、原子力規制委員会より許可をいただきましたので、当社の主な安全対策についてご説明させていただきます。

今後とも、原子力発電所の更なる安全性・信頼性向上への取組みを自主的かつ継続的に進め、電力の安定供給に万全を期してまいります。

1 新規規制基準の概要

1-1 福島第一原子力発電所事故の概要と教訓

- 福島第一原子力発電所では、地震や津波などにより安全機能が一斉に喪失し、更に、その後のシビアアクシデント(重大事故)の進展を食い止めることができませんでした
- そのため、福島第一原子力発電所の事故や最新の技術的知見、海外の規制動向等を踏まえた原子力発電施設に係る新たな規制の基準(新規規制基準)が、平成25年7月8日に施行されました

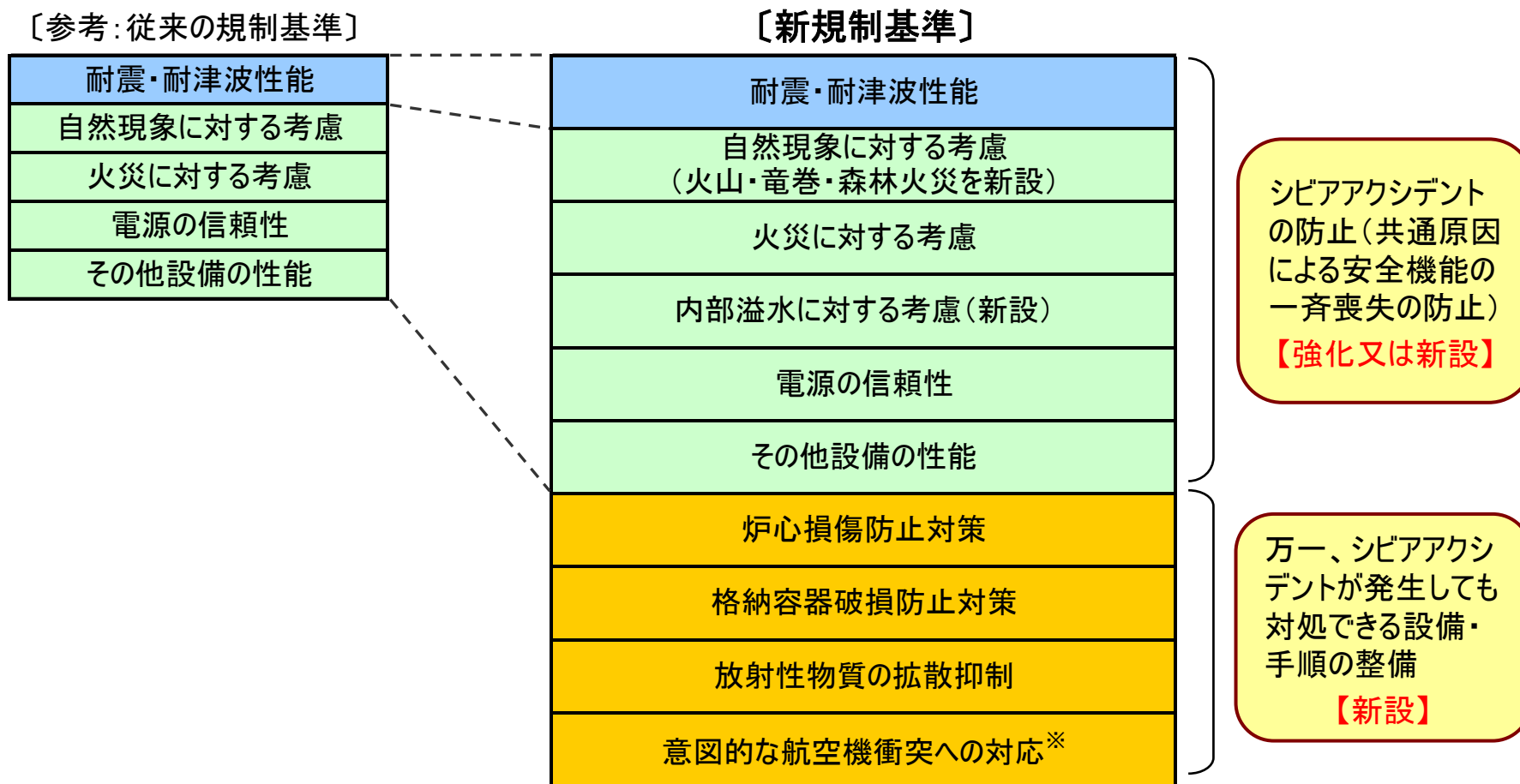


出典:原子力規制委員会「実用発電用原子炉及び核燃料施設等に係る新規規制基準について(概要)」

1 新規制基準の概要

1-2 新規制基準の基本的な考え方

- 新規制基準では、シビアアクシデントを防止するための設計基準が強化・新設されるとともに、万一、シビアアクシデントが発生した場合に対処するための基準が新設されました



※ 特定重大事故等対処施設(発電所が大規模に損壊した場合でも原子炉を冷却するための緊急時制御室などを備えた施設)については、経過措置として、適合まで5年間の猶予期間が設定

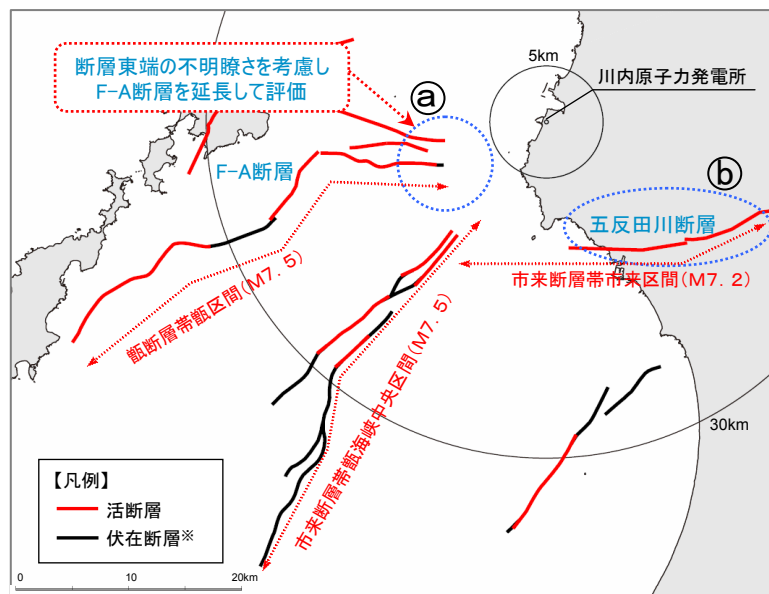
2 重大事故を防止するために強化・新設した主な対策

2-1 耐震・耐津波性能（地震への対策）

地震の想定を厳しく見直しました

- 発電所は、活断層がない地盤に設置していることを確認しました
- 基準地震動（発電所の建屋や機器の耐震安全性評価に用いる基準となる地震動）として、発電所周辺の活断層から想定される地震動(①)と、震源と活断層の関連付けが難しい過去の地震に基づく地震動(②)を設定しました
 - ① 発電所周辺の活断層による地震を厳しく評価し、540ガルに設定
 - ② 国が示した過去に国内で発生した16地震のうち、北海道留萌支庁南部地震(2004年)を考慮して、620ガルを追加

〔発電所周辺の活断層分布〕



※後期更新世以降(約12～13万年前以降)の活動がない断層

- ① 周辺の活断層を基に、
 - ①a 想定より活断層が長いと仮定
 - ①b 地震調査研究推進本部(文部科学省に設置された政府機関)の評価を反映など、厳しく評価して**540ガル**と設定
- ② 国が示した16地震のうち、敷地に及ぼす影響が大きく、解析結果の信頼性が高い北海道留萌支庁南部地震の岩盤上の揺れを基に、**620ガル**と設定



2 重大事故を防止するために強化・新設した主な対策

[用語の解説] 地震の大きさの単位（ガル・震度・マグニチュード）

地震の大きさの単位		意味
ガル (加速度)		- 地震により、建物等にかかる瞬間的な力を表す単位 - 大規模な建物等の耐震安全性を評価する際の重要な指標
参考	震 度	- 地震による揺れの強さを表す尺度 - 震度は、加速度(ガル)の大きさのほかに、地震の揺れの周期や継続時間を考慮して算定される
	マグニチュード	- 地震そのものの規模(エネルギー)の大きさを表す単位 - 一般的に、マグニチュードが大きくても、震源から遠いところでは、加速度(ガル)や震度は小さくなる

2 重大事故を防止するために強化・新設した主な対策

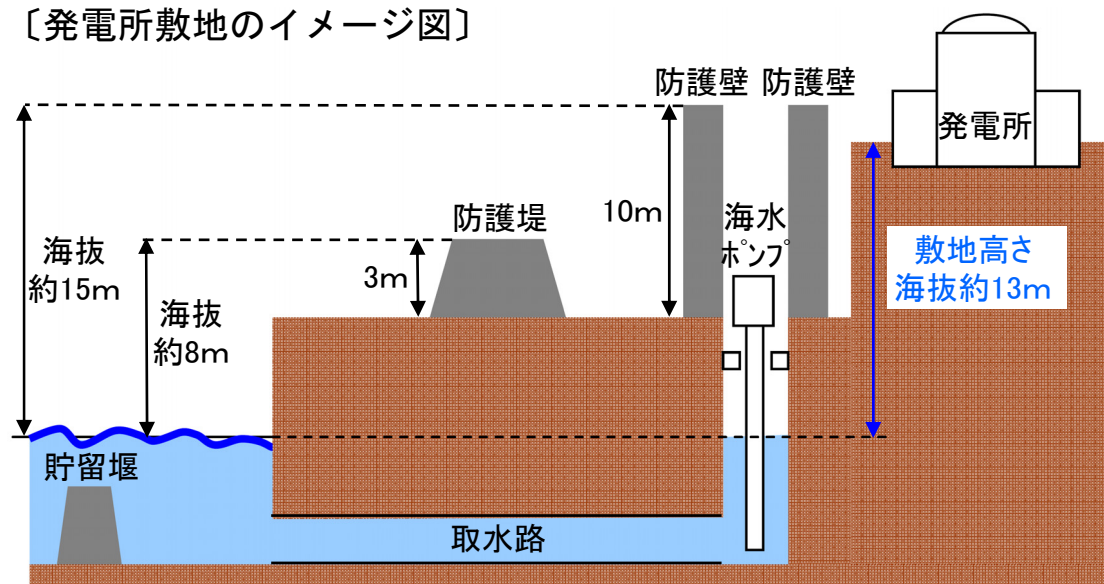
2-2 耐震・耐津波性能（津波への対策）

津波の想定を見直し、対策を強化しました

- ・ 琉球海溝のプレート間地震(マグニチュード9.1)による津波の高さを海拔5m程度(取水口付近)※と評価し、地震による地盤沈下や満潮位の変動なども考慮の上、発電所への最大遡上高さを海拔6m程度と想定し、対策を行いました
- ・ 発電所の主要設備がある敷地は海拔約13mであり、津波に対し十分な余裕があることを確認しました
- ・ 海水ポンプエリア(海拔約5m)の周辺に、防護壁(海拔約15m)を設置するとともに、津波の引き波時にも原子炉等の冷却に必要な海水を確保するための貯留堰を取水口前面に設置しました
- ・ 更に、津波や漂流物に対する安全性を向上させるため、防護堤(海拔約8m)を設置しました

※ これまでは、長崎海脚断層の地震による津波を考慮し、海拔4m程度と評価

〔発電所敷地のイメージ図〕



〔海水ポンプエリアの防水対策〕



2 重大事故を防止するために強化・新設した主な対策

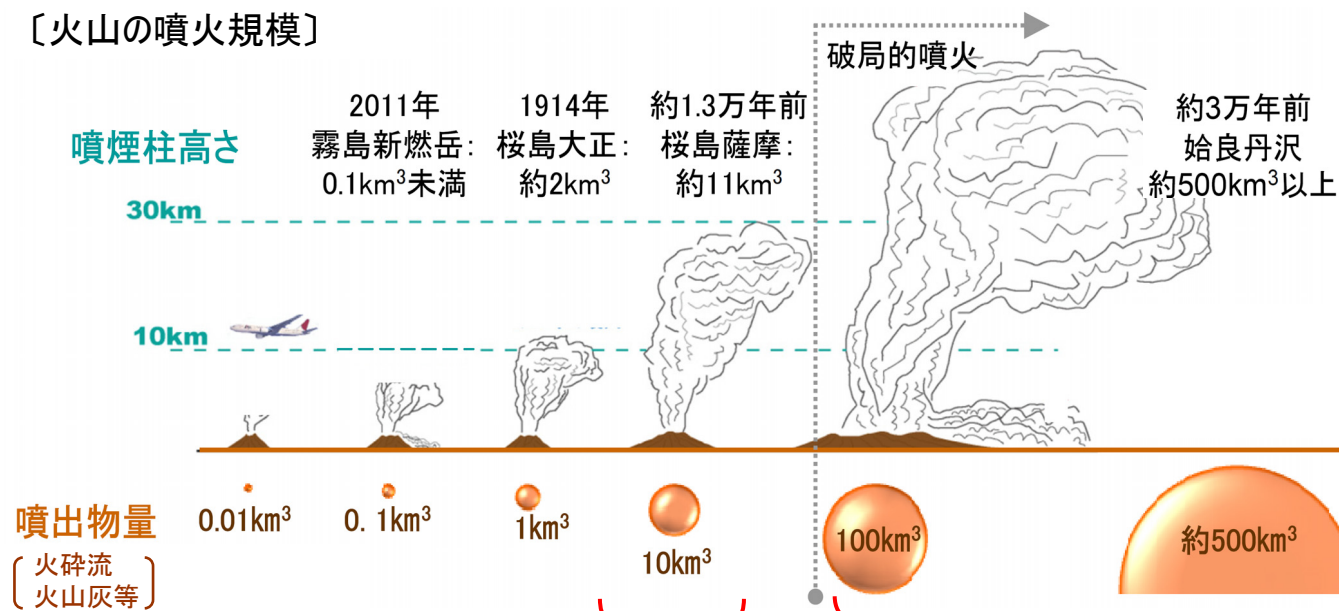
2-3 自然現象への対策（火山）

火山活動を定期的にモニタリングします

- 発電所から半径160km圏内にある39火山を調査し、将来活動する可能性のある14火山の影響について評価しました
- 発電所運用期間中に、発電所への影響が最も大きい火山事象として、約1.3万年前に発生した桜島薩摩噴火規模の厚さ15cmの火山灰を想定した対策を実施しました
- カルデラの破局的噴火（噴出物量100km³以上）が発電所運用期間中に発生する可能性は、十分小さいと評価※し、今後も可能性が十分小さいことを継続的に確認するため、火山活動をモニタリングします

※桜島のある鹿児島地溝におけるカルデラの破局的噴火の活動間隔は約9万年であり、直近の破局的噴火は約3万年前である等

〔火山の噴火規模〕



発電所運用期間中に考慮する最大の噴火
⇒火山灰を想定した対策を実施

発電所運用期間中に発生する可能性は十分小さい
⇒火山活動を定期的にモニタリング

〔九州のカルデラの位置〕

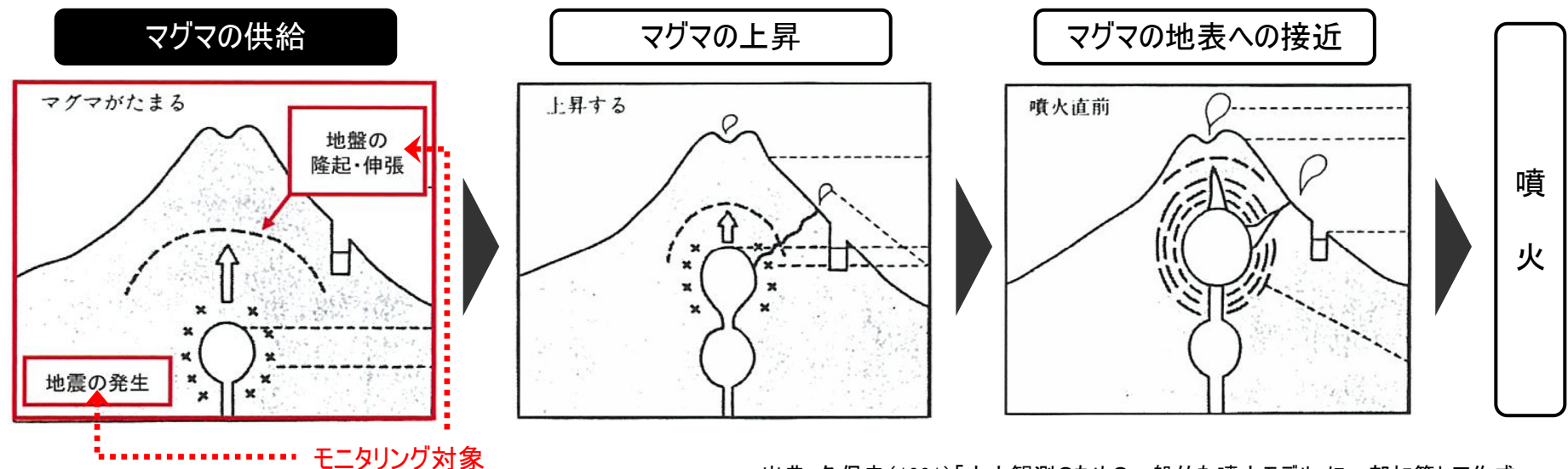


2 重大事故を防止するために強化・新設した主な対策

〔参考〕カルデラのモニタリングの概要

- 一般的な噴火モデルでは、マグマ溜まりへのマグマの供給やマグマの上昇等の段階を経て、噴火に至るとされています
- 破局的噴火においても、同様の段階を長期間かけて進展すると考えられ、最も早い段階であるマグマの供給時に変化が現れる地殻変動（地盤の隆起・伸張）及び地震活動をモニタリングの対象とします
- モニタリング結果の評価については、第三者の外部専門家から助言を得る仕組みを構築するとともに、新たな知見を収集し、専門家等の助言を得ながら、評価手法の高度化を継続的行っていきます

〔一般的な噴火モデル〕



出典：久保寺(1991)「火山観測のための一般的な噴火モデル」に一部加筆して作成

2 重大事故を防止するために強化・新設した主な対策

【参考】火山対策の審査に関する原子力規制委員会田中委員長の国会答弁内容

まず、原子力発電所の火山に対する対策、これを審査するに当たっては、火砕流などの設計対応不能な事象が発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分に小さいかどうか、ないかどうかということを確認するということにしております。

申請者によりますと、川内原発に一番近いカルデラは始良カルデラと言われるところでございますけれども、始良を含む鹿児島地溝での破局的噴火の平均発生間隔は九万年以上とされています。

最新の破局的噴火からの経過時間は約三万年でございますので、今後しばらくの間は、相当長期にわたってそういった活動はないものということでございますが、念には念を入れて、GPSによる地殻変動等の観測データとか、微小地震の震源分布、あるいは地下の地震波速度構造等について、マグマ供給の状態を随時観測、モニタリングをしていくということによって、そういったカルデラ噴火の予兆を早急に、早期に見つけるということにしております。

そうすることで、そういった歴史的な状況も踏まえ、また今の現在のいろいろなGPS等のデータ等を踏まえまして、私どもとしては、本原子力発電所の活動中にこういったカルデラ噴火の可能性は十分小さいということで判断したところでございます。

ただし、そうは申しましても、先ほど申し上げましたように、こういったものについては自然現象でございますので、十分にそういったモニタリングについてはきちっと行っていく、そのモニタリングのデータの解析についてもきちっとやっていく、継続的にやっていくということで対応しているところでございます。

出典：「第186回国会 原子力問題調査特別委員会第9号 平成26年8月7日（会議録）」より一部抜粋（下線は当社にて加筆）して作成

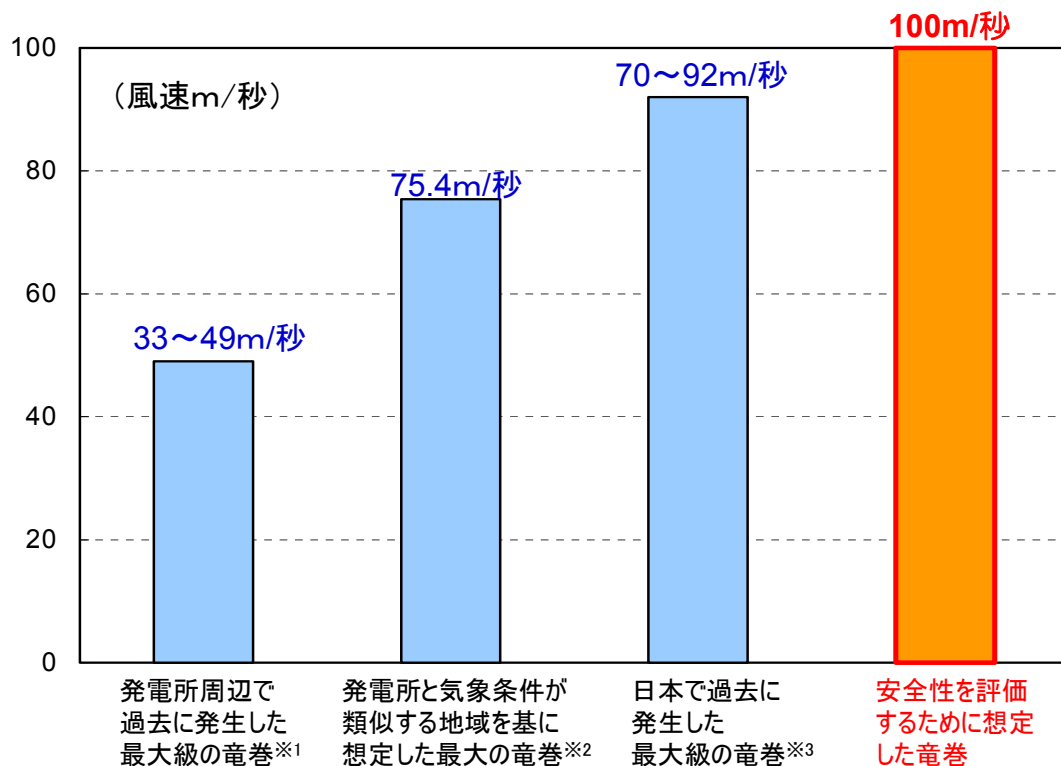
2 重大事故を防止するために強化・新設した主な対策

2-4 自然現象への対策（竜巻）

竜巻から重要な設備を守ります

- 日本で発生した過去最大の竜巻を考慮して、最大風速100m/秒の竜巻を想定した対策を実施しました
重要な屋外設備には飛来物の衝突を防止する防護ネットを設置し、資材保管用コンテナには重りを付け飛散を防止

〔想定した竜巻の風速比較〕



※1 発電所の立地する鹿児島県薩摩川内市の隣接市町村で発生

※2 九州・山口、太平洋沿岸地域を類似地域とし、10万年に1回の発生を想定

※3 1961年から2012年の間に5回発生（埼玉県、千葉県、愛知県、北海道、茨城県）

〔竜巻対策の例示〕



2 重大事故を防止するために強化・新設した主な対策

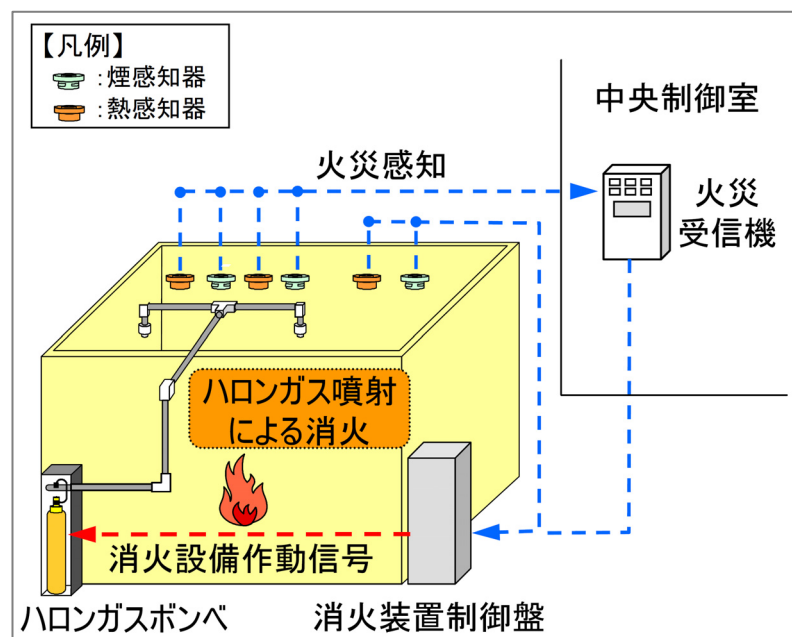
2-5 火災及び内部溢水※への対策

火災や溢水への対策を強化しました

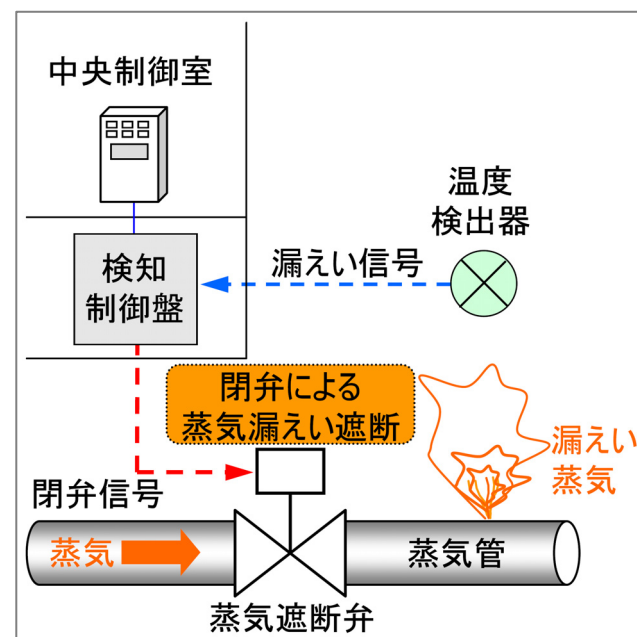
- ・ 火災を早期に感知・消火するため、安全上重要なポンプ等の設置エリアにおいて、①検知方法の異なる火災感知器や自動消火設備を増設するなど、構内の火災防護対策を強化しました
- ・ 配管やタンクの破損によって、安全上重要な設備が使用できなくならないよう、②配管からの蒸気漏れを早期に検知して自動で止める設備や、③浸水を防止する水密扉の設置など、内部溢水に対する防護対策を行いました

※溢水(いっすい): 配管やタンクが破損し、水や蒸気が漏れること

〔火災対策(火災感知器・自動消火設備)〕 ①



〔溢水対策(蒸気漏えいの検知・遮断)〕 ②



〔溢水対策(水密扉)〕 ③



3 重大事故の発生に備え新設した主な対策

3-1 電源の多様化

電力の供給手段を多様化しました

- 非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンクの増設など、常設の電源設備を強化するとともに、外部電源及び常設の非常用電源が喪失した場合に備え、大容量発電機などにより電気を供給する手段を多様化しました



非常用ディーゼル発電機
燃料油貯蔵タンク増設

非常用ディーゼル発電機から事故対処設備
に連続給電(7日間)する燃料を確保



大容量空冷式発電機

原子炉や原子炉格納容器を冷却するポンプ
等に電気を供給



直流電源用発電機

原子炉の状態を監視する装置等に電気を
供給



高圧発電機車

放射性物質を除去する装置や通信設備等に
電気を供給

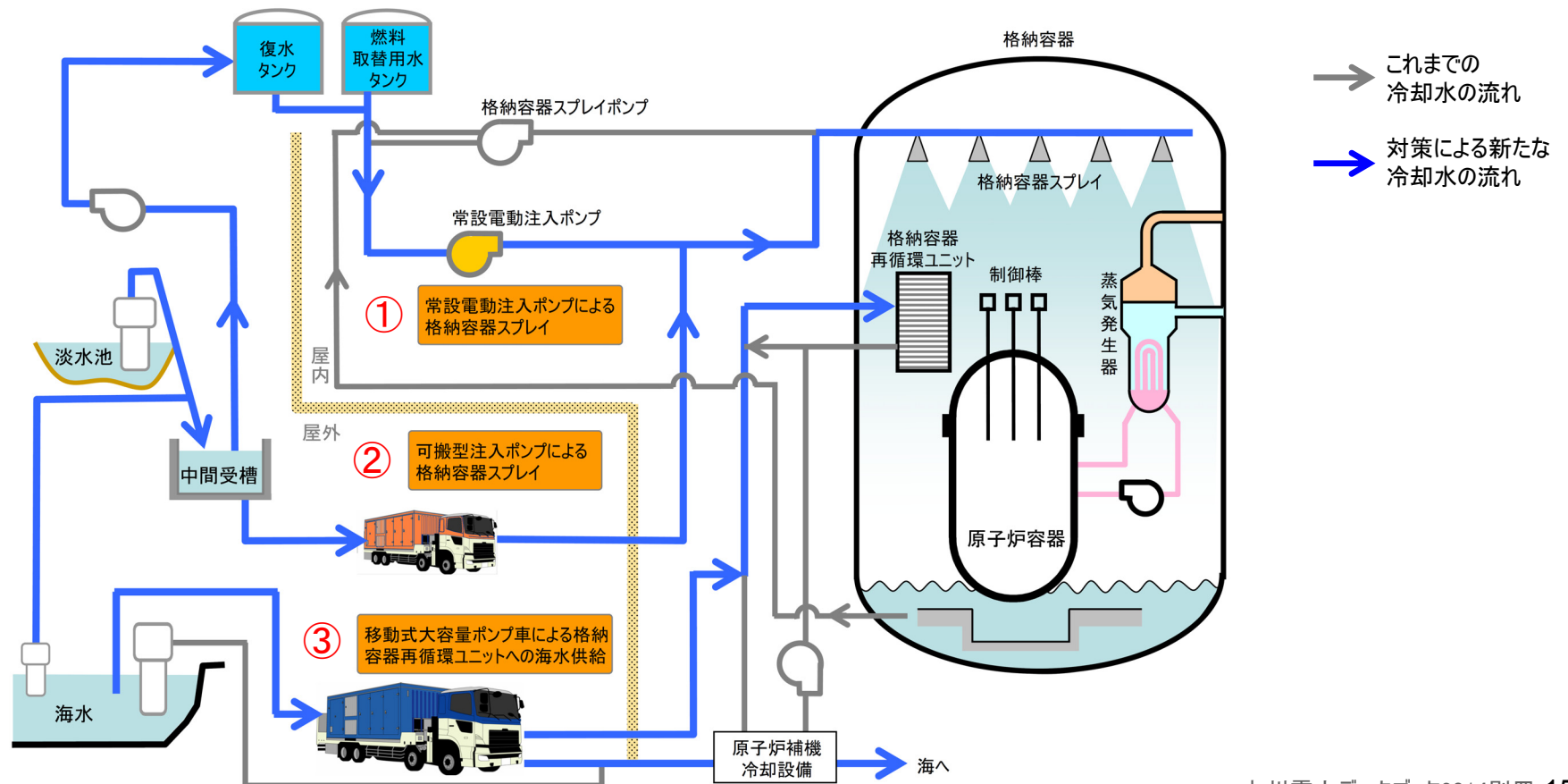
3 重大事故の発生に備え新設した主な対策

3-3 格納容器破損防止対策①

格納容器の冷却手段を多様化しました

- 既設の格納容器スプレイポンプによる格納容器の冷却ができない場合に備え、冷却手段を多様化しました
 - ① 常設電動注入ポンプ(新設)による格納容器スプレイ
 - ② 可搬型注入ポンプ(新設)による格納容器スプレイ
 - ③ 移動式大容量ポンプ車(新設)による格納容器再循環ユニット※への海水供給

※ 冷却水による熱交換で、格納容器内の空気を冷却する装置



3 重大事故の発生に備え新設した主な対策

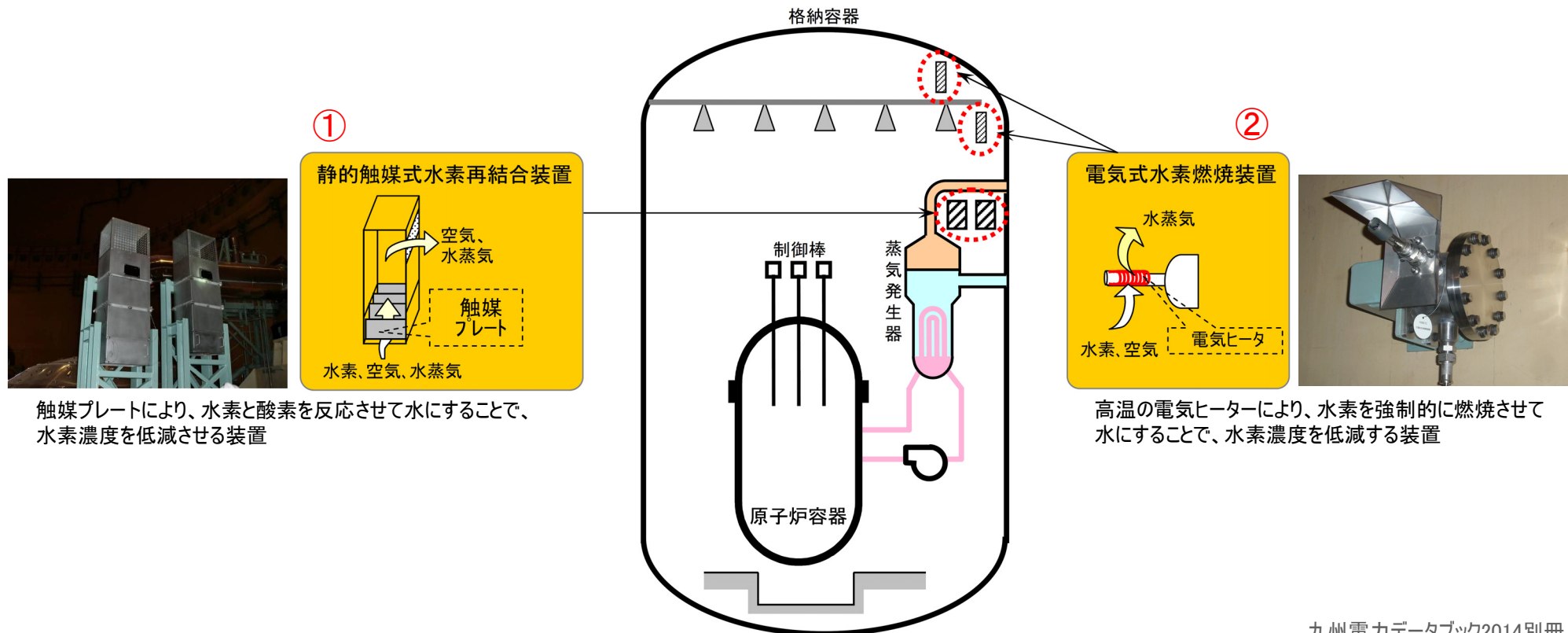
3-4 格納容器破損防止対策②

水素爆発を防止する対策を強化しました

- 当社の原子力発電所は加圧水型軽水炉※1であり、格納容器の空間が福島第一原子力発電所の沸騰水型と比べ約10倍大きく、福島第一のような大規模な炉心損傷を想定しても、水素爆発※2の可能性がないと評価しています
- しかしながら、万が一の場合に備え、事故時に格納容器内に水素が発生した場合でも、水素の濃度を低減することのできる①静的触媒式水素再結合装置と、②電気式水素燃焼装置を設置しました

※1 原子炉の型式については、「九州電力データブック2014」のP82を参照

※2 水素濃度約18%以上で発生する衝撃波を伴う爆発

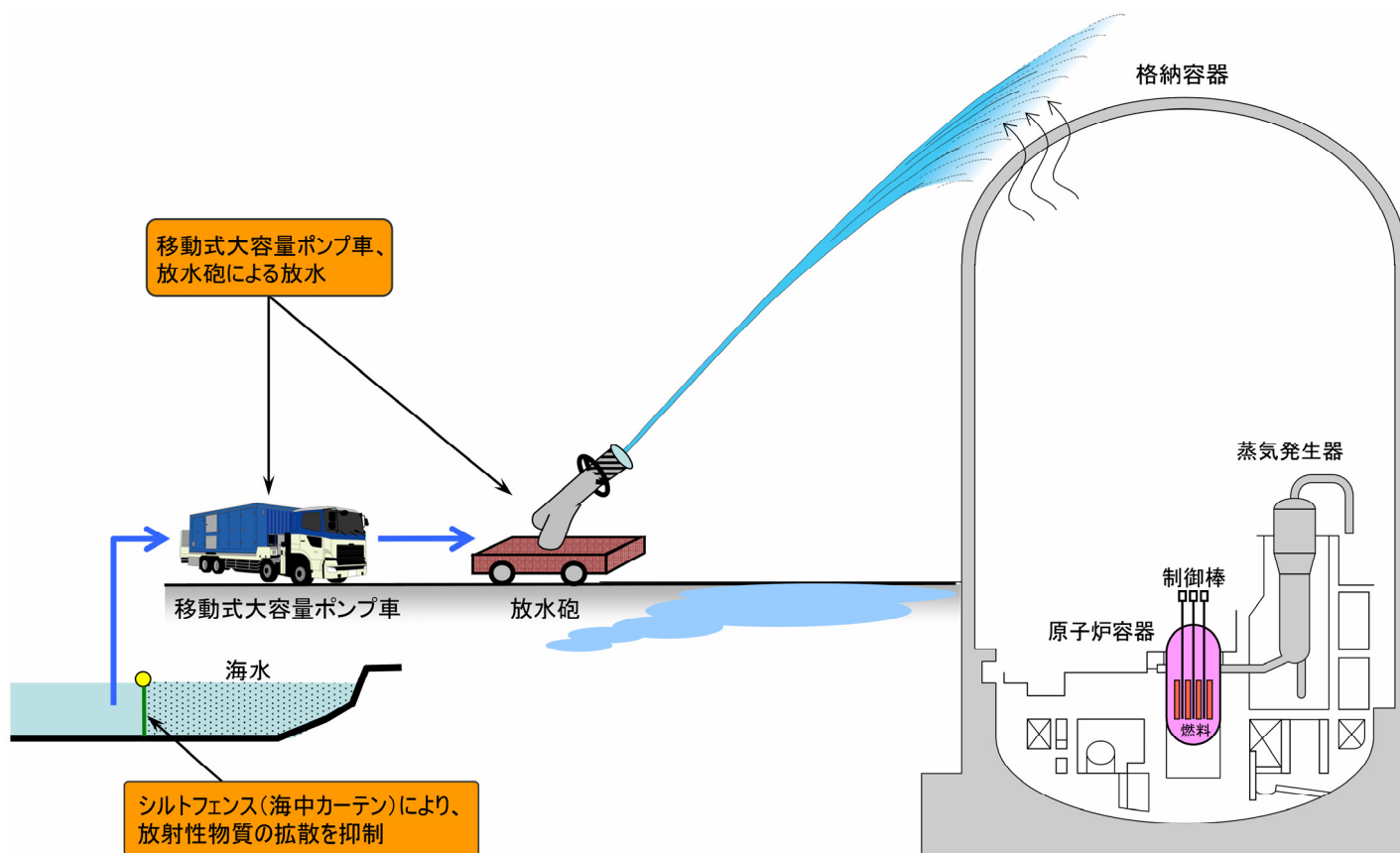


3 重大事故の発生に備え新設した主な対策

3-5 放射性物質の拡散抑制

放射性物質の拡散を抑制する設備を配備しました

- 万が一、格納容器が破損したとしても、発電所外への放射性物質の拡散を抑制するため、破損箇所へ放水する放水砲を配備するとともに、放水時の海洋への放射性物質の拡散を抑制するため、シルトフェンス(海中カーテン)を配備しました



〔放水砲による放水訓練〕



3 重大事故の発生に備え新設した主な対策

3-6 指揮所等の支援機能の確保

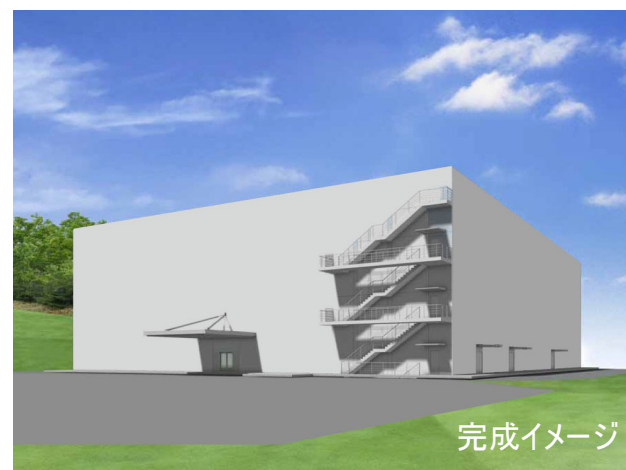
緊急時の対策の拠点として代替緊急時対策所を設置しました

- 発電所構内の高台に、重大事故発生時の現地対策本部として、耐震性や通信設備等を備えた①代替緊急時対策所を設置しました
- 更なる安全性・信頼性の向上を目的に、今後、代替緊急時対策所と同等の機能を有する②免震重要棟を整備します（平成27年度完成予定）

①〔代替緊急時対策所〕



②〔免震重要棟〕



3 重大事故の発生に備え新設した主な対策

3-7 重大事故時等の対策の有効性

新たな設備や対策により、放射性物質の放出量は新規規制基準の制限値を大幅に下回ることが原子力規制委員会によって確認されました

- 新たに設置した設備や対策により、最も厳しい重大事故（炉心溶融が早く、格納容器内の圧力が高く推移するケース）※1が発生した場合でも格納容器は破損せず、放射性物質（セシウム137）の放出量は7日間で5.6テラベクレル（TBq）※2になることを評価し、原子力規制委員会によって確認されました
- この放出量は、新規規制基準の制限値100テラベクレルの約18分の1（福島第一事故の約1,800分の1）の水準です

※1 全ての交流電源がなくなるとともに、原子炉の冷却水が配管の破断により大量に漏れ出る事故事象

※2 1テラベクレル＝1兆ベクレル、ベクレルの解説についてはP23参照

〔放射性物質の放出量の低減〕

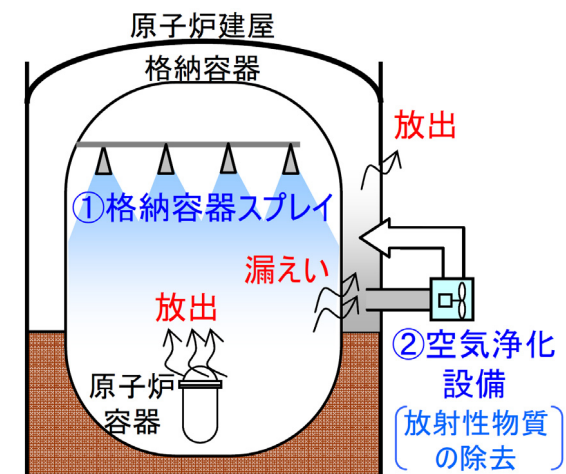
燃料の損傷、原子炉容器の破損により、格納容器内に放射性物質が放出

対策① 格納容器スプレイ等による格納容器内の空気中の放射性物質の低減

格納容器は破損しないが、格納容器外に一部の放射性物質が漏れい

対策② 格納容器から漏れ出た放射性物質を空気浄化設備で低減

一部の放射性物質が外部に放出（5.6テラベクレル、7日間）



放射性物質の放出量の比較

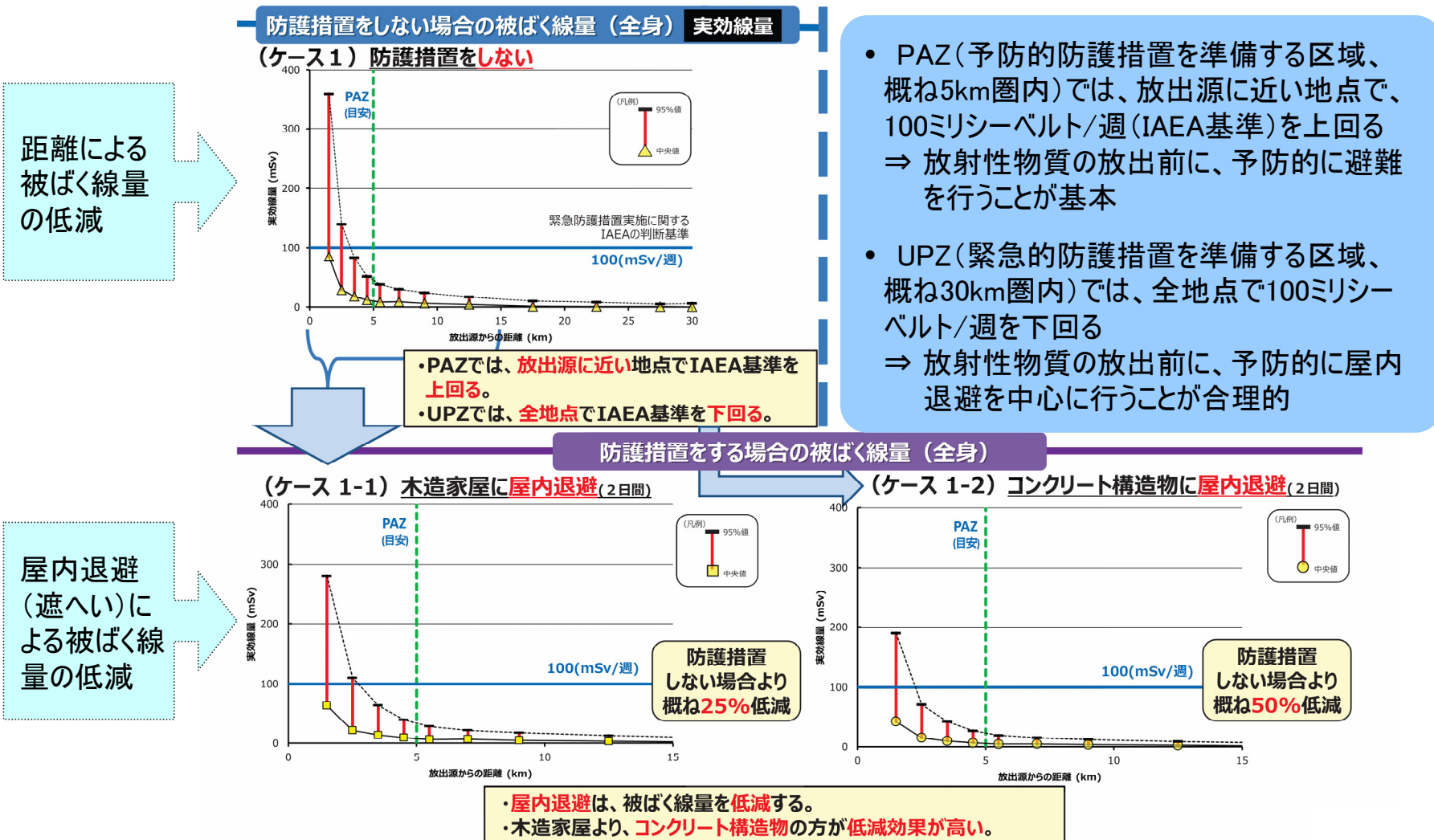
福島第一原子力発電所事故時	約10,000TBq※3
新規規制基準の制限値	約100TBq
川内1、2号機の評価値	5.6TBq
	約18分の1
	約1,800分の1

※3 東京電力による評価

3 重大事故の発生に備え新設した主な対策

〔参考〕100TBqの放出を想定した場合の被ばく線量（ミリシーベルト）の試算〔原子力規制委員会〕

※ 川内原子力発電所1、2号機における最も厳しい重大事故を想定した放出量は、約18分の1の5.6TBqであるため、被ばく線量は更に低い数値になります



出典:原子力規制委員会「緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について(案)平成26年5月28日」に一部加筆して作成

(注)本試算は、関係自治体において、リスクに応じた合理的な準備や対応を行うための参考として作成されたもの

想定する事故等の計算条件や評価方法等については、原子力規制委員会ホームページをご覧ください

3 重大事故の発生に備え新設した主な対策

【参考】放射性物質の放出量等に関する原子力規制委員会田中委員長の定例会見内容

- 放射能の外部への、環境への放出量というのは、今日の審査の中でも申し上げましたけれども、福島
100分の1以下にするということで、川内の場合は、1週間ということで見れば5.6TBqということですから、それ
よりもさらに数十分の1になっているということです。
- 100TBqで希ガスなどが全て出るというような、かなり過大な評価をした場合でも、いわゆる今の防災指針で
言うPAZ内ですら、5kmぐらいのところであれば、今の防護基準を上回るような状況には、屋内退避を前提と
すればということですが、そういった参考データもお示ししておりますので、今後、そういったことを踏まえて、自治
体のほうでよく御検討いただいて、本当に住民の方が安心できるような防災避難計画をつくっていただければ
と思っています。
- 住民の方が安心できるような防災避難計画を作るように、～中略～ そのための科学技術的なサポートは
十分にやらせていただきますということで、～中略～ 100TBqを放出した場合に、屋内退避した方が、屋外
で逃げ回るよりはずっと被ばく量が少なくなりますとか、今年の予算で避難場所についての、空気清浄器と
か、モニタリング体制とか、そういったことの準備も、今、予算的には手当てをしていただいているので、～略～
- 共通要因事象としてのいろいろな自然災害の厳しさということについては、我が国は世界と比べて飛び抜けて
厳しい。一応、そういうものに対する備えを相当厳しく求めているという意味で、最高レベルに近いというこ
を申し上げます。

出典：原子力規制委員会「原子力規制委員会委員長定例会見 平成26年7月16日（速記録）」より一部抜粋（下線は当社加筆）して作成

3 重大事故の発生に備え新設した主な対策

3-8 対策要員の確保とさまざまな訓練

- 勤務時間外や休日（夜間）に、重大事故等が発生した場合でも、速やかに対応できるよう、発電所内又は発電所近傍に、52名を確保し、宿直体制を整備します
- 重大事故の進展を防ぐ設備を駆使した訓練を重ね、緊急時に備えています

〔対策要員の確保〕

要員区分	人 数	
緊急時対策本部要員	4名	52名
運 転 員	12名	
重大事故等対策要員	36名	

〔訓練の事例〕

緊急時の運転操作訓練



運転シミュレーターを使った緊急時の運転操作訓練

電力の供給訓練



高圧発電機車によって電力を供給する訓練

冷却水の供給訓練



原子炉を継続して冷却するための仮設ポンプによる冷却水供給訓練

がれきの撤去訓練



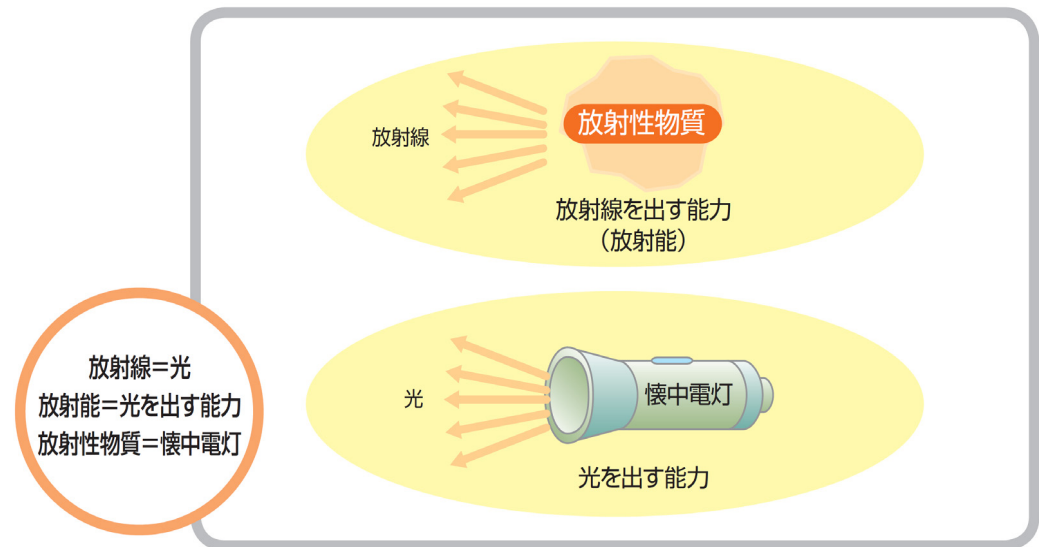
資機材の運搬ができるよう、がれきを撤去する訓練

[解説] 放射線の基礎知識

① 放射能と放射線

〔放射能と放射線の違い〕

- 放射線は、放射性物質から放出される粒子や電磁波のことです
- 放射線を出す能力を放射能、放射線を出す物質を放射性物質といいます
- 懐中電灯にたとえると、放射線は光、放射能は光を出す能力、放射性物質は懐中電灯となります



〔放射能と放射線の単位〕

- 放射線の単位には、放射線を出す能力（放射能）に注目した単位「ベクレル」と、放射線を受ける方に注目した単位「シーベルト」があります
- 放射線が人体に与える影響は、放射線の種類やエネルギーの大きさ、放射線を受ける身体の部位なども考慮した数値（シーベルト）で比較する必要があります

単位	定義
ベクレル(Bq) 放射能の単位	放射性物質が、放射線を出す能力を表す単位
シーベルト(Sv) 人体への影響の単位	放射線により、身体が受けた影響を表す単位

出典：電気事業連合会「放射線Q&A」をもとに作成

倍量・分量の単位：1テラ=1兆(10^{12})、1ミリ=0.001(10^{-3})、マイクロ=0.000001(10^{-6})

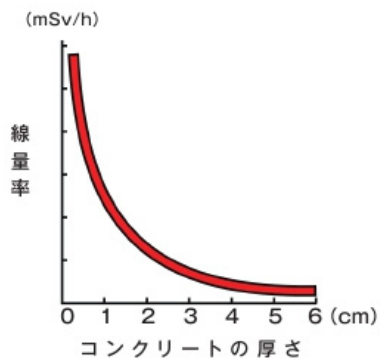
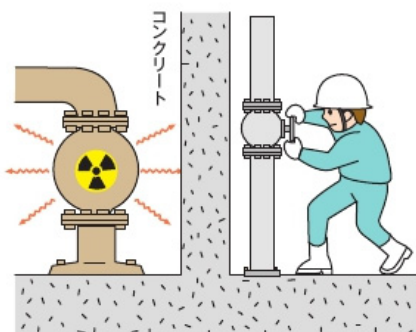
[解説] 放射線の基礎知識

② 放射線防護の基本

- 放射線防護の基本は、「遮へい・距離・時間」の3つです
- 「遮へい」では、放射性物質と人との間に遮へい物を設置すること、「距離」では、放射性物質から離れること、「時間」では、放射性物質から放射線を受ける時間を短くすることで、被ばく線量の低減につながります

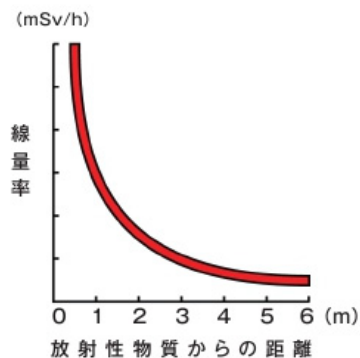
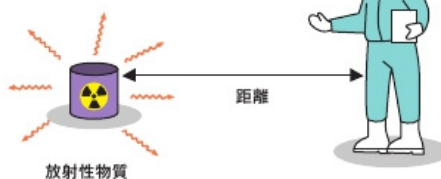
1. 遮へいによる防護

(線量率) = 遮へい体が厚い程低下



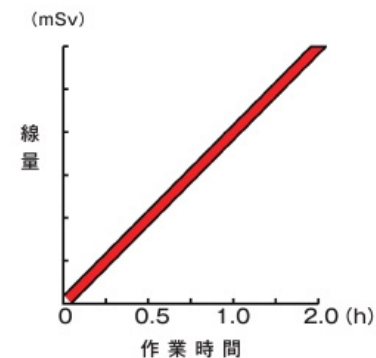
2. 距離による防護

(線量率) = 距離の二乗に反比例



3. 時間による防護

(線量) = (作業場所の線量率) × (作業時間)



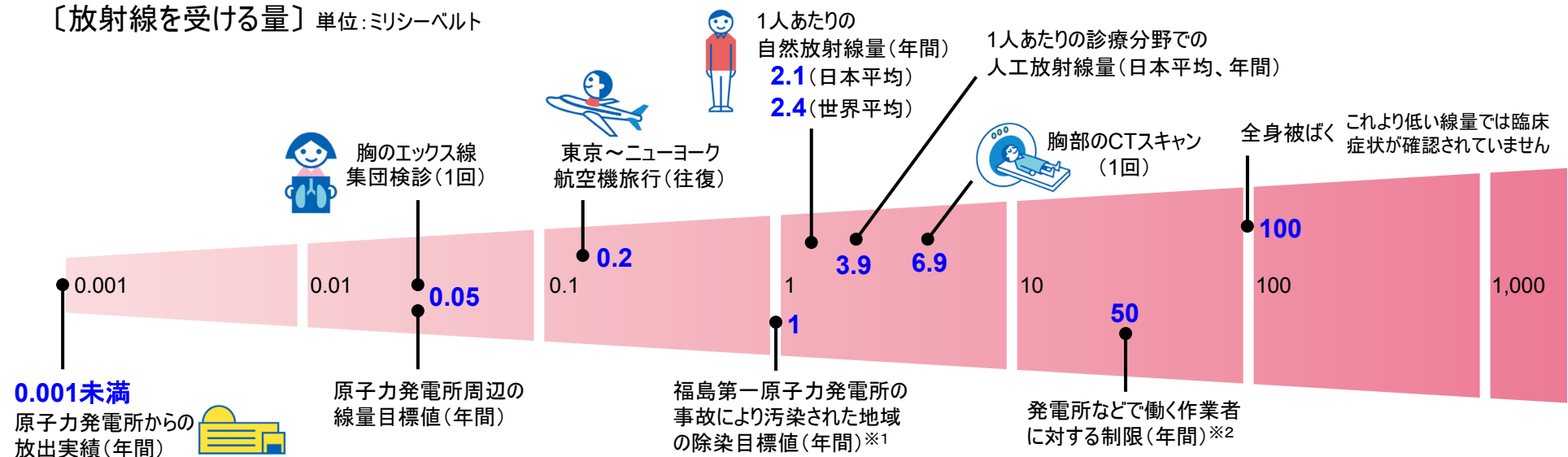
出典: 電気事業連合会「原子力・エネルギー図面集2014」

[解説] 放射線の基礎知識

③ 日常生活や原子力発電所等における放射線の量

- 放射線は自然界にも普通に存在しており、レントゲンなどの医療行為にも活用されており、過度に大量に放射線を浴びない限り、身体への大きな影響はありません
- 原子力発電所では、放射性物質について厳正な管理を行っており、発電所周辺の人が受ける放射線の量は、年間で約0.001ミリシーベルト未満と、自然界から受ける量を大きく下回っています

〔放射線を受ける量〕 単位：ミリシーベルト



※1 20ミリシーベルト未満の地域の長期的な目標値。1ミリシーベルトという数値は、放射線防護措置を効果的に進めるための目安で、「これ以上被ばくすると健康影響が生じる」という限度を示すものではない

※2 発電所などで働く作業員に対する制限は5年間につき100ミリシーベルトかつ1年間につき50ミリシーベルトを超えない

出典：電気事業連合会「放射線Q&A」、UNSCEAR2008report、資源エネルギー庁「原子力2010」、(公財)原子力安全研究協会「新版 生活環境放射線(2011年)」、環境省「除染情報サイト」をもとに作成

[解説] 放射線の基礎知識

④ 放射線の量と生活習慣によってがんになるリスクの比較

- 放射線の被ばく線量が100～200ミリシーベルト(短時間1回)になったあたりから、発がんリスクが1.08倍に増加しますが、これは、生活習慣における野菜不足によるがんの発症率の増加とほぼ同じです。
- 100ミリシーベルト以下の被ばく線量では、放射線による発がんリスクについて、明らかな増加を証明することは難しいということが国際的な認識となっています

放射線の線量(短時間1回)※1	がんの相対リスク(倍)		生活習慣因子※2
1,000～2,000ミリシーベルト	1.8		
500～1,000ミリシーベルト		1.6	喫煙者
		1.6	大量飲酒(毎日3合以上)
	1.4	1.4	大量飲酒(毎日2合以上)
		1.29	やせ(BMI<19)
200～500ミリシーベルト		1.22	肥満(BMI≥30)
	1.19	1.15～1.19	運動不足
100～200ミリシーベルト		1.11～1.15	高塩分食品
	1.08		
		1.06	野菜不足
100ミリシーベルト以下		1.02～1.03	受動喫煙(非喫煙女性)
	検出不可能		

※1 広島・長崎の原爆被爆者約12万人規模の疫学調査

※2 生活習慣によるがんの相対リスクは、成人(40～60歳)を対象にアンケート調査を実施し、10年間の追跡調査を行い、がんの発症率を調べたもの

出典:国立がん研究センター調べ、政府関係省庁「放射線リスクに関する基礎的情報(平成26年5月版)」をもとに作成

■作成部署・お問い合わせ先

九州電力株式会社 地域共生本部 総務計画・CSRグループ
〒810-8720 福岡市中央区渡辺通2-1-82
TEL:092-726-1596 FAX:092-711-0357
E-mail:csr@kyuden.co.jp