

これまでの委員からのご質問への回答について

平成30年3月29日
九州電力株式会社

1．降下火砕物への対応について

2．安全性向上評価について

1 . 降下火砕物への対応について

【ご質問】

原子力規制庁が、火山灰による換気空調システムのフィルタの目詰まりや非常用ディーゼル発電機の損傷などを再検討することが出ていたので、九州電力のフィルタの閉塞防止対策や清掃・取替え作業について、説明すること。

1. 降下火砕物への対応について

(1) はじめに

新規制基準では、発電所から半径160kmの範囲にある火山を対象に、将来の活動可能性及び火山事象（火砕流・火山灰等）による発電所への影響を評価することが求められています。

川内原子力発電所は、九州に5つ存在するカルデラ火山について、噴火履歴の特徴及びマグマ溜まりの状況から、運用期間中の破局的噴火の可能性は極めて低いと評価しました。

破局的噴火とは、約100km³以上の噴出物を伴う噴火のこと

運用期間中に敷地において考慮する火山事象として、桜島における約1.3万年前の「桜島薩摩噴火」による火山灰（層厚15cm）等を想定し、原子力発電所の安全性に影響がないと評価しました。

降下火砕物（火山灰）濃度については、アイスランドの火山や米国のセントヘレンズ火山の噴火における観測データに対し、非常用ディーゼル発電機の機能維持評価を行い、問題ないことを確認しました。

その後、原子力規制委員会（平成29年9月20日）にて、「火山影響等発生時の体制整備等に係る措置」が示され、降下火砕物に関する規則等の改正（11月29日同委員会決定）が行われました。

この規則等の要求を満足するため、非常用ディーゼル発電機の吸気消音器に接続するフィルタコンテナ、及び可搬型ディーゼル注入ポンプの吸気口に接続するフィルタコンテナを設置しました。

1. 降下火砕物への対応について

(2) 降下火砕物に関する規則等の改正

主要要求事項

【経過措置 平成30年12月31日】

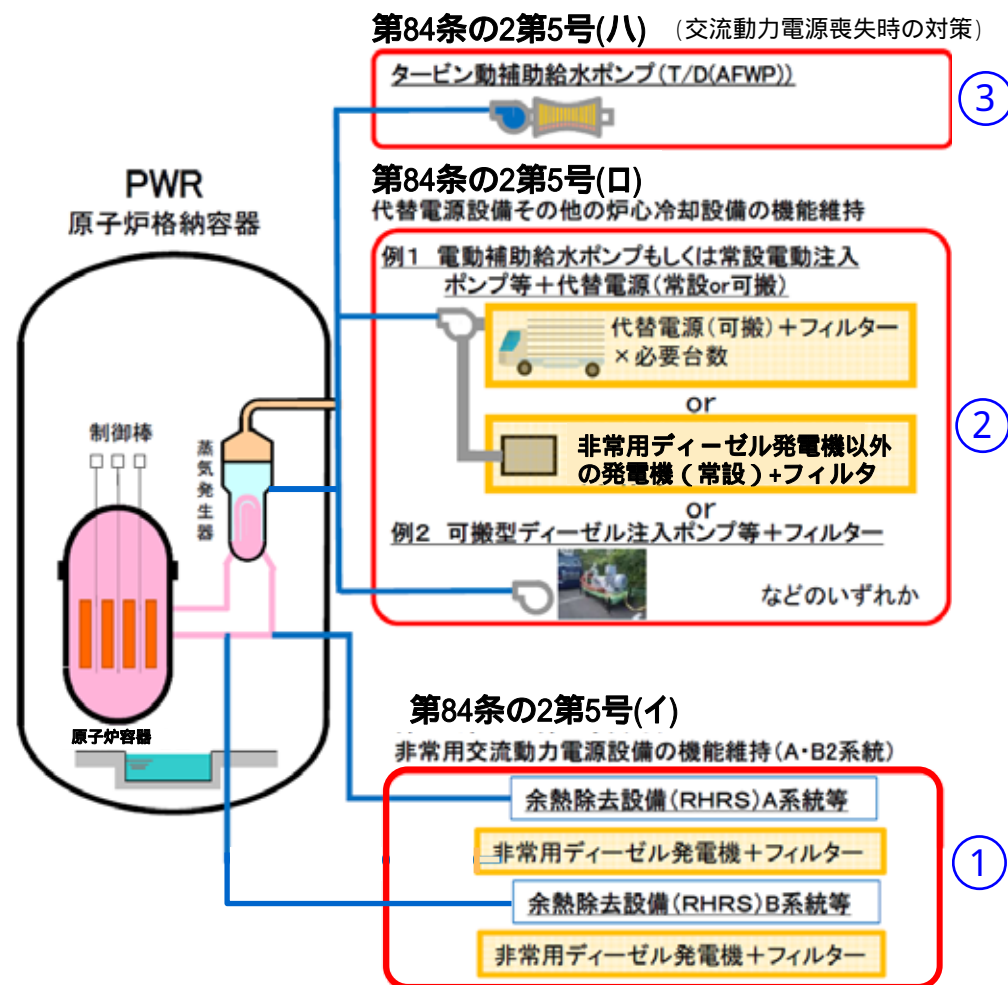
火山影響等発生時において、炉心損傷を防止するための以下の対策及び体制整備を要求。

ディーゼル発電機の機能（24時間2系統）を維持するための対策

代替電源設備その他の炉心を冷却するために必要な設備の機能を維持するための対策

交流動力電源喪失時に炉心の著しい損傷を防止するための対策

上記対策に係る体制整備について保安規定に記載すること



1 . 降下火砕物への対応について

(3) 対策が必要となる降下火砕物濃度の考え方

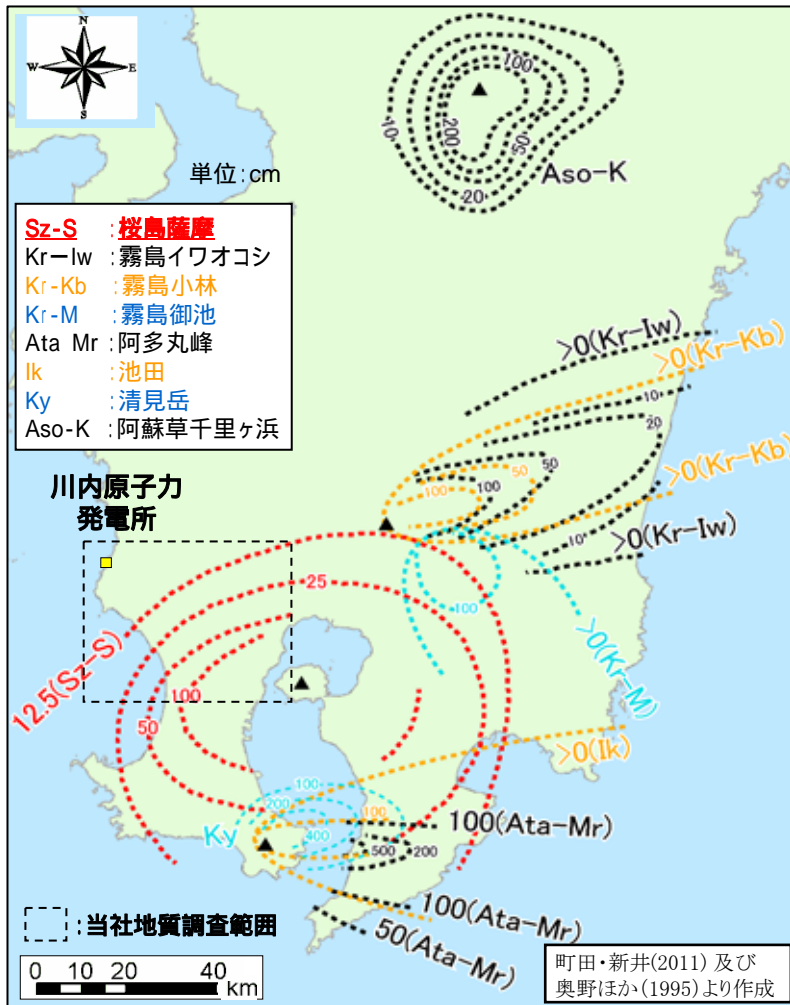
	川内 1 , 2 号機
対象火山	桜島
敷地までの距離	52 km
設計層厚	15 cm
総降灰量	150,000g/m ²
気中降下火砕物濃度	3.3 g/m ³
既往最大の気中降下火砕物濃度 (従来審査)	0.033 g/m ³ (セントレンズ 噴火[1980年]の実測値)

気中降下火砕物濃度は、周辺の火山から想定している降灰の量（設計層厚ベースの降灰量）が24時間で降り注ぐと仮定したときの火山灰濃度

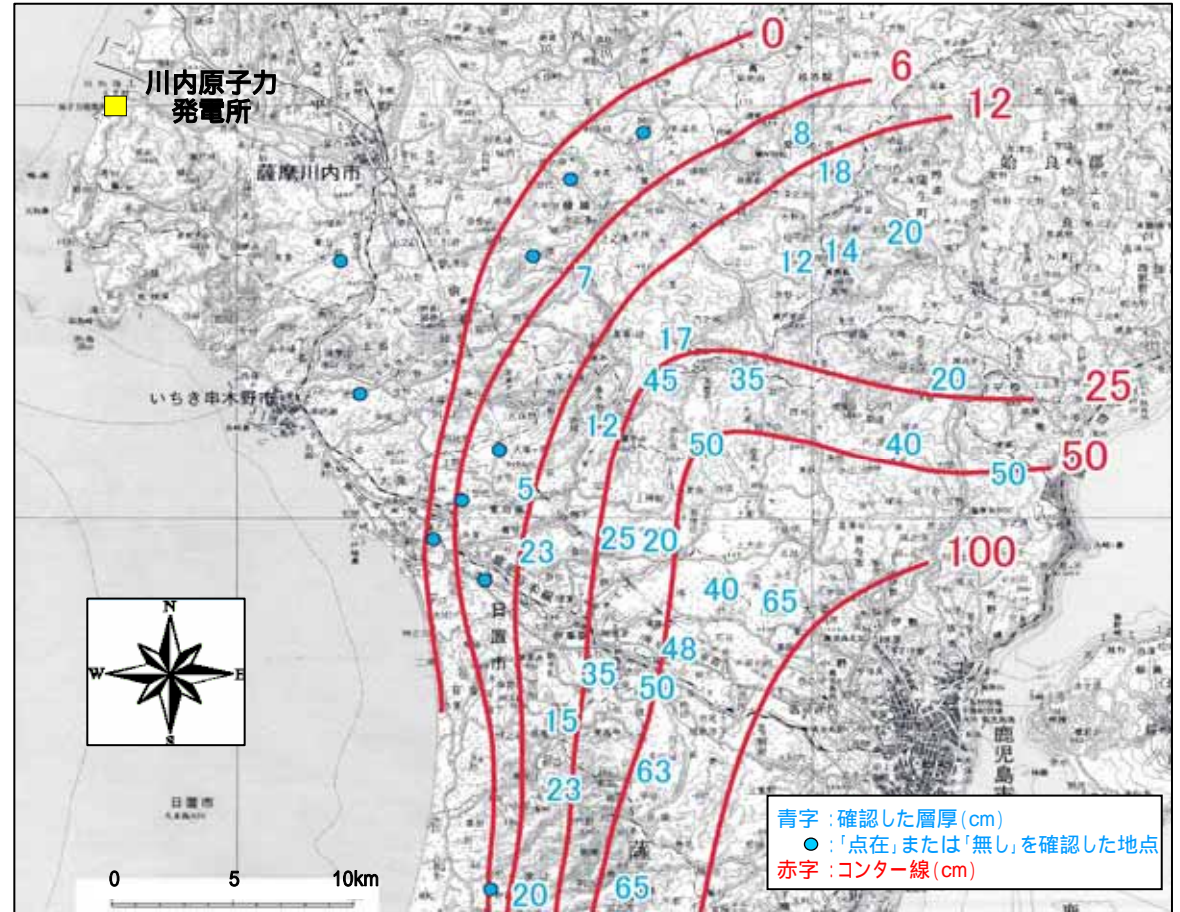
1. 降下火砕物への対応について

(参考) 敷地において考慮する火山事象の評価

- 当社は、運用期間中に敷地において考慮する火山事象として、町田・新井(2011)等より作成した火山灰分布図に基づき、敷地への影響が最も大きい桜島における約12,800年前の「桜島薩摩噴火」による火山灰等を想定しました。
- 当社地質調査では、敷地付近に火山灰等は認められないものの、文献調査、シミュレーション結果を踏まえ、敷地における火山灰の層厚を15cmと評価しました。



文献調査に基づく火山灰分布図

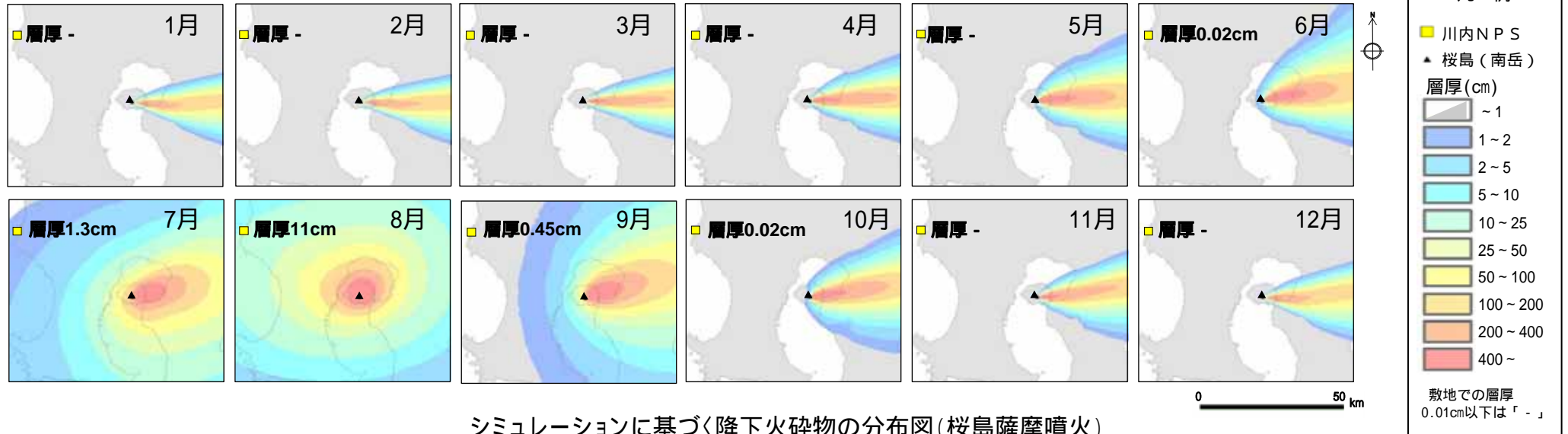


当社地質調査に基づく火山灰分布図(桜島薩摩)

1. 降下火砕物への対応について

(参考) 火山灰シミュレーション結果

○ 月毎の風向・風速を考慮したシミュレーションを実施した結果、敷地での火山灰は、偏西風の影響が最も小さくなる8月が最も多く、その層厚は11cmである。



シミュレーションに基づく降下火砕物の分布図(桜島薩摩噴火)

火山名	降下火砕物 (敷地で想定される層厚)	
		評価
米丸・住吉池	ほぼなし	
始良カルデラ(桜島)	・文献調査:12.5cm以下 ・地質調査:認められない ・シミュレーション結果:11cm	15cm
加久藤・小林カルデラ	ほぼなし	
えびの火山群	ほぼなし	
阿多カルデラ	ほぼなし	
南島原	ほぼなし	

火山名	降下火砕物 (敷地で想定される層厚)	
		評価
雲仙岳	ほぼなし	
金峰山	ほぼなし	
船野山	ほぼなし	
鬼界	ほぼなし	
多良岳	ほぼなし	
阿蘇カルデラ	ほぼなし	
口永良部島	ほぼなし	
福江火山群	ほぼなし	

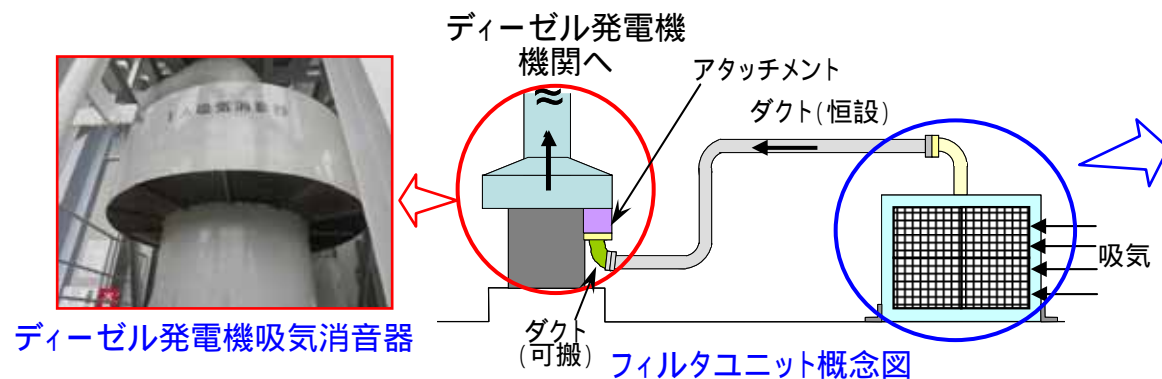
1. 降下火砕物への対応について

(4) 川内1, 2号機の対策

ディーゼル発電機の対策 (設置完了)

- 各吸気消音器に着脱可能なフィルタコンテナ構造のカートリッジフィルタ2基を設置。
- 万一の高濃度の火山灰による影響等を考慮し、ディーゼル発電機吸気消音器に接続し、機関を運転しながらカートリッジフィルタを順次取替え可能。

設置時期：平成29年12月28日設置完了

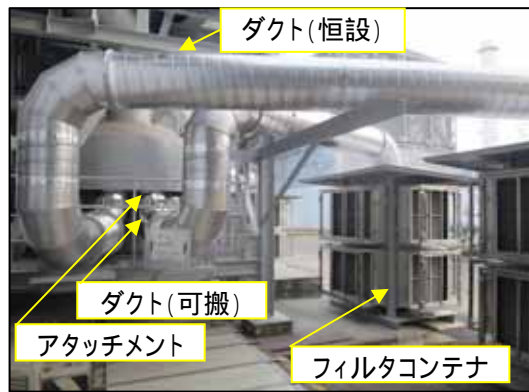


ディーゼル発電機吸気消音器

フィルタユニット概念図

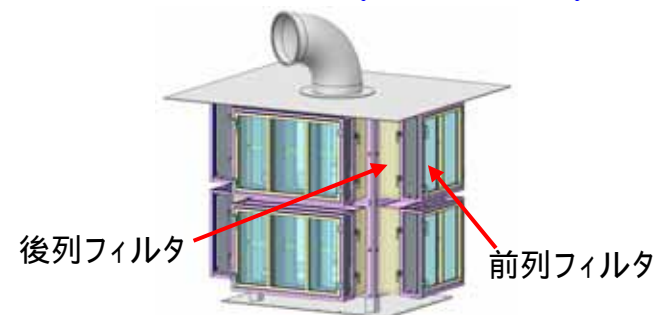


フィルタコンテナユニット(2基 / DG)



吸気消音器との接続状態
(通常はアタッチメント及びダクトを取り外し)

【フィルタ2重化 (取替の容易化)】



ディーゼル発電機運転中は、前列フィルタと後列フィルタを交互に取り外して清掃を行う。
(フィルタは常に1枚設置された状態)



カートリッジフィルタ

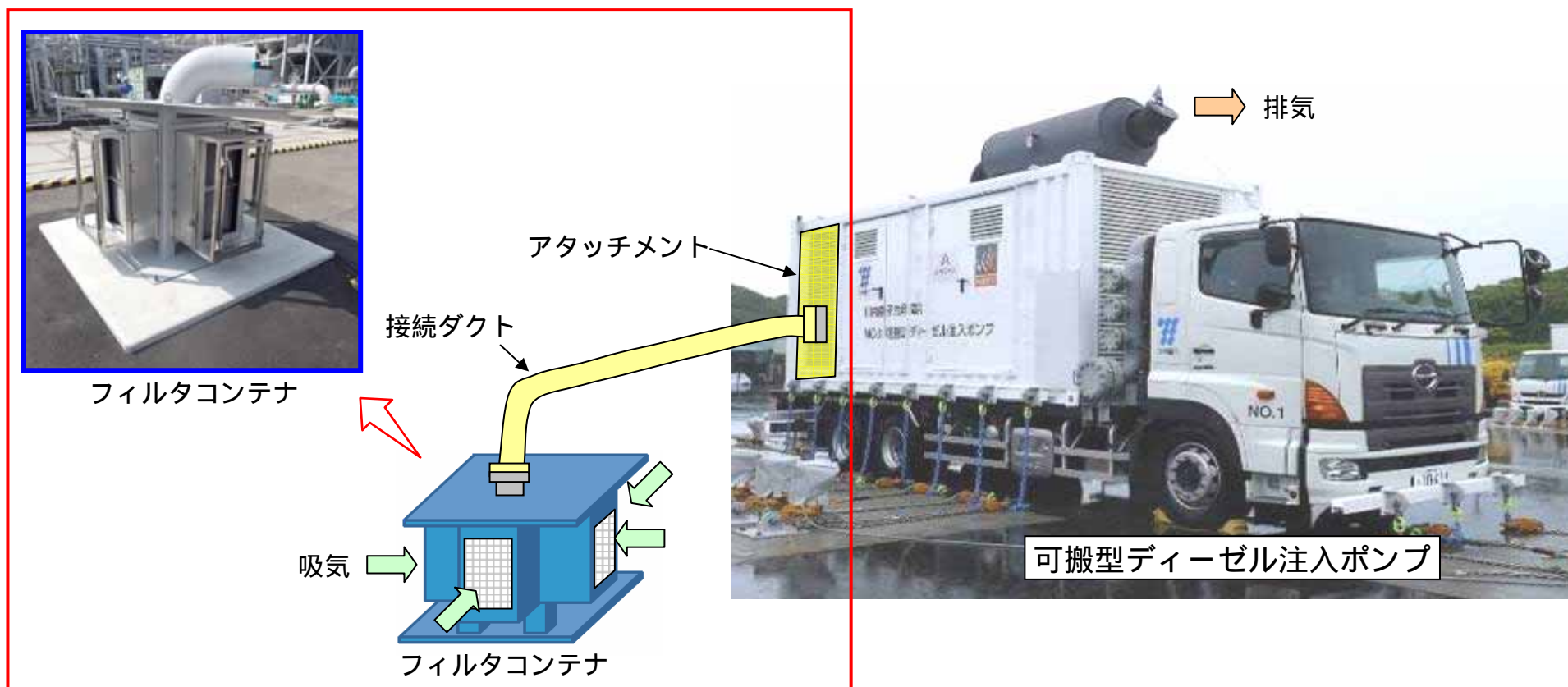
1. 降下火砕物への対応について

(4) 川内1, 2号機の対策

可搬型ディーゼル注入ポンプの降下火砕物(火山灰)対策

万一の高濃度の火山灰による影響等を考慮し、蒸気発生器への注水が可能となるように、可搬型ディーゼル注入ポンプの吸気口に接続するフィルタコンテナを設置。

設置時期：平成30年3月26日設置完了



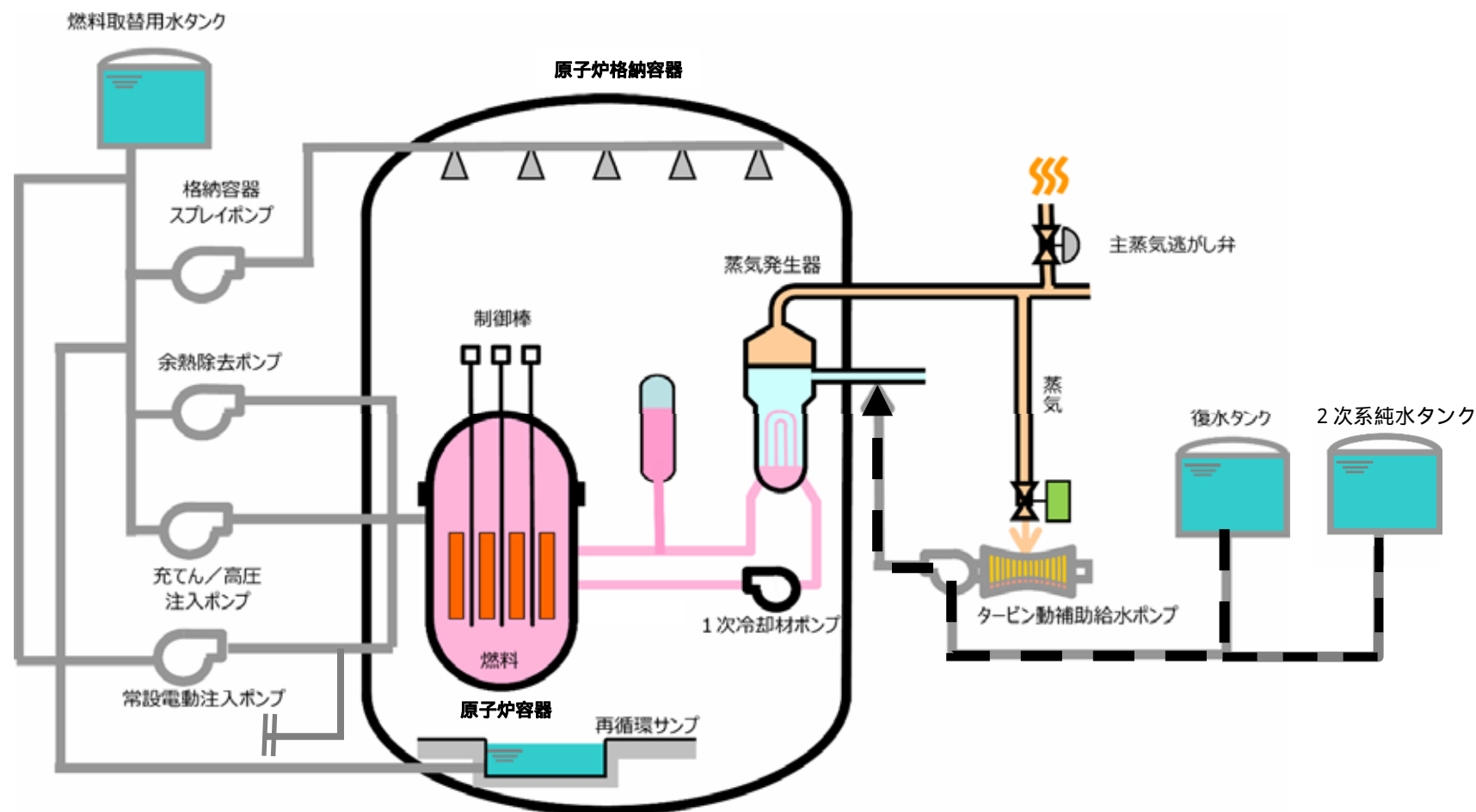
フィルタコンテナ設置

1. 降下火砕物への対応について

(4) 川内1, 2号機の対策

全交流動力電源喪失が発生した場合の対策（現状にて対応可能）

全交流動力電源喪失時には、復水タンクの水をタービン動補助給水ポンプで蒸気発生器に注水し炉心を冷却する。（図中 **-----▶**）



1 . 降下火砕物への対応について

(4) 川内 1 , 2 号機の対策

対策に係る体制整備について保安規定に記載（平成30年2月16日申請）

計画の策定

火山現象による影響が発生するおそれがある場合又は発生した場合（以下「火山影響等発生時」という。）における原子炉施設の保全のための活動を行う体制の整備を、保安規定及び社内規定文書に定める。

要員の配置

火山影響等発生時に備え、必要な要員を配置する。

【要員の非常召集】

降灰予報により発電所への多量の降灰が予想され、原子力災害が発生するおそれがある場合、要員を非常召集する。休日、時間外（夜間）においては、重大事故等対策要員を非常召集する。

【火山影響等発生時の体制】

火山影響等発生時における対応は、以下の体制にて実施する。なお、休日、時間外（夜間）についても同様に実施する。

- a . ディーゼル発電機の機能維持
 - ・ 保守対応要員及び運転員等にて実施する。
- b . 可搬型ディーゼル注入ポンプを用いた蒸気発生器 2 次側による炉心冷却及び同ポンプの機能維持
 - ・ 保守対応要員及び運転員等にて実施する。
- c . タービン動補助給水ポンプを用いた蒸気発生器 2 次側による炉心冷却
 - ・ 運転員等にて実施する。

1 . 降下火砕物への対応について

要員に対する訓練

要員に対して、火山影響等発生時における以下の教育訓練を定期的実施する。

a . ディーゼル発電機の機能維持に係る教育訓練

重大事故等対策要員のうち保守対応要員に対して、ディーゼル発電機の機能を維持するための対策（フィルタコンテナの設置等）に係る教育訓練を1年に1回以上実施する。

b . 可搬型ディーゼル注入ポンプを用いた蒸気発生器2次側による炉心冷却及び同ポンプの機能維持に係る教育訓練

重大事故等対策要員のうち保守対応要員に対して、可搬型ディーゼル注入ポンプの機能を維持するための対策（フィルタコンテナの設置等）に係る教育訓練を1年に1回以上実施する。

なお、重大事故等対策要員のうち保守対応要員及び運転員等に対する可搬型ディーゼル注入ポンプを用いた蒸気発生器2次側による炉心冷却に係る教育訓練については、従前のとおり（1年に1回以上実施）とする。

c . タービン動補助給水ポンプを用いた蒸気発生器2次側による炉心冷却に係る教育訓練

運転員等に対するタービン動補助給水ポンプを用いた蒸気発生器2次側による炉心冷却に係る教育訓練については、従前のとおり（1年に1回以上実施）とする。

1 . 降下火砕物への対応について

資機材の整備

火山影響等発生時における原子炉施設の保全のための活動を行うために必要なフィルタその他の資機材を配備するとともに、必要時に使用可能なよう適切に管理する。

【ディーゼル発電機の機能の維持】

ディーゼル発電機の機能維持に必要なフィルタコンテナ及びフィルタを必要数配備する。

【可搬型ディーゼル注入ポンプの機能の維持】

可搬型ディーゼル注入ポンプの機能維持に必要なフィルタコンテナ及びフィルタを必要数配備する。

【その他】

既存の資機材（除灰用シャベル、ホイールローダ、マスク、ゴーグル等）に加え、必要な道具を配備するとともに、作業性を確保するための防護具（マスク、ゴーグル）の数を増やす。

1 . 降下火砕物への対応について

手順書の整備

【ディーゼル発電機の機能を維持するための対策】

- ・ディーゼル発電機吸気消音器にフィルタコンテナ構造のカートリッジフィルタを接続する。

【可搬型ディーゼル注入ポンプを用いた炉心の冷却及び同ポンプの機能を維持するための対策】

- ・可搬型ディーゼル注入ポンプを使用し、蒸気発生器 2 次側へ注水することにより炉心の冷却を行う。同ポンプの機能を維持するため、吸気対策として、外気取入口にフィルタコンテナ構造のカートリッジフィルタを接続する。

【タービン動補助給水ポンプを用いた炉心の著しい損傷を防止するための対策】

- ・タービン動補助給水ポンプを使用し、蒸気発生器 2 次側へ注水することにより炉心の冷却を行う。

その他体制の整備

代替緊急時対策所の居住性及び所内外の通信連絡機能を確保するための手順を整備する。

定期的な評価

定期的に評価を行うとともに、評価の結果に基づき必要な措置を講じることを保安規定及び社内規定文書に定める。

2 . 安全性向上評価について

【ご質問】

平成29年7月と9月に安全性向上評価の届出をするとの説明があったが、どのような安全性向上評価の結果が得られて、その結果をどのように設備対策や運用面の対策に反映するのかについて、説明すること。

2 . 安全性向上評価について

当社は、原子炉等規制法に基づき、川内原子力発電所1，2号機の安全性向上評価の届出書を原子力規制委員会へ提出しました。

本評価は定期検査ごとに、終了後6ヶ月以内に評価を実施し、その後遅滞なく同委員会に届出することとされています。

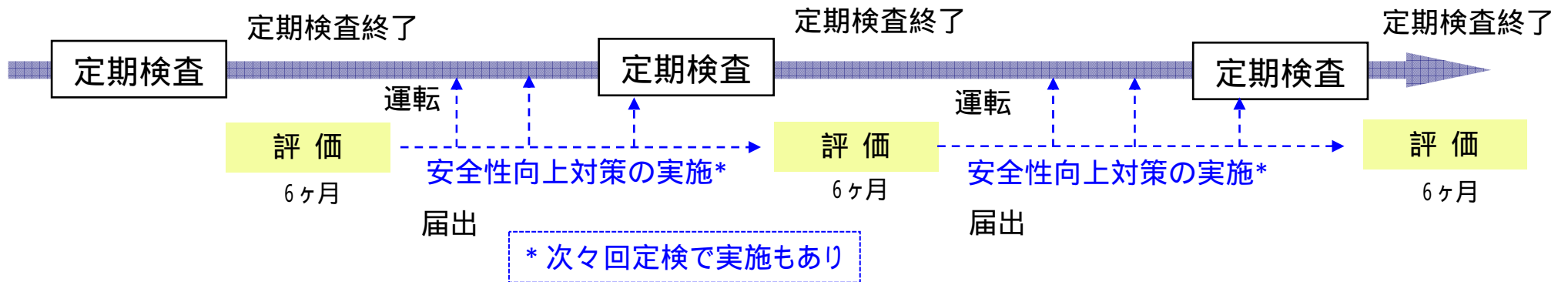
安全性向上評価は、規制基準を満足した上で、更に自主的・継続的に原子炉施設の安全性・信頼性を向上させることを目的とし、原子力発電所のリスクを合理的に可能な限り低減することを目標に実施するものです。

	定期検査終了日	届出日
1号機 第22回定期検査	平成29年 1月 6日	平成29年 7月 6日
2号機 第21回定期検査	平成29年 3月24日	平成29年 9月25日

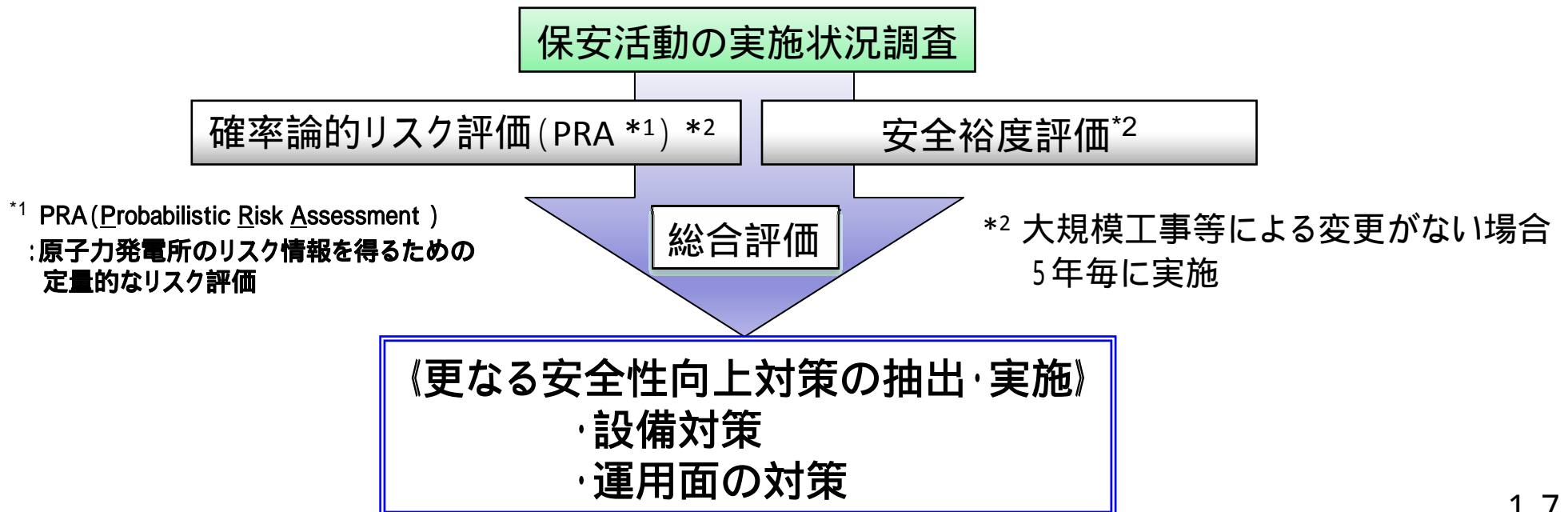
2. 安全性向上評価について

(1) 制度の概要

安全性向上評価による継続的改善の流れ



安全性向上評価の主な項目



2. 安全性向上評価について

(2) 安全性向上評価届出書の構成

届出書本文

第1章 安全規制によって法令への適合性が確認された範囲

第2章 安全性の向上のため自主的に講じた措置

2-1 安全性の向上に向けた継続的取組みの方針

2-2 調査等

2-3 安全性向上計画

2-4 追加措置の内容

2-5 外部評価の結果

第3章 安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析

3-1 安全性向上に係る活動の実施状況の評価

3-2 安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価

第4章 総合的な評定

4-1 評定結果

4-2 安全性向上計画

添付資料

参考資料（非公開）



安全性向上評価届出書

1号機 : 約15,000ページ(21冊)

2号機 : 約15,600ページ(21冊)

2 . 安全性向上評価について

(3) 安全性向上評価届出書の内容

第1章 安全規制によって法令への適合性が確認された範囲

建設から定期検査終了時点までの設置許可、工事計画、保安規定の変更履歴を調査し、最新の許認可の状態を以下の構成でとりまとめた。

1. 発電用原子炉施設概要
2. 敷地特性
3. 構築物、系統及び機器
4. 保安のための管理体制及び管理事項
5. 法令への適合性確認のための安全性評価結果

2 . 安全性向上評価について

(3) 安全性向上評価届出書の内容

第2章 安全性の向上のため自主的に講じた措置

前回の定期安全レビュー (Periodic Safety Review; PSR) の評価対象期間が平成23年3月迄だったことを考慮し、平成23年3月の福島第一原子力発電所事故以降の保安活動の実績、最新の科学的・技術的知見の反映状況を調査し、保安活動が適切かつ有効であることを確認した。

また、保安活動の結果として、安全性向上対策を抽出した。主なものを下表に示す。

	主な安全性向上対策	概要
保守管理	メタクラ ^{*1} 保護継電器のデジタル化 ^{*2}	長期保守信頼性向上
	原子炉容器出口管台保全工事 ^{*2}	国内運転経験による予防処置
緊急時措置	特別高圧開閉所 ^{*3} の更新	回線数増強、高台移設による信頼性向上
	運転シミュレータ ^{*3} への重大事故解析コード導入	運転員の知識・技能向上
外部要請	敷地周辺地震観測装置 ^{*3} の追加	地震動評価に関する信頼性向上

*1 メタルクラッドスイッチギアの略で、高圧電源スイッチのこと

*2 1、2号機共に抽出された措置

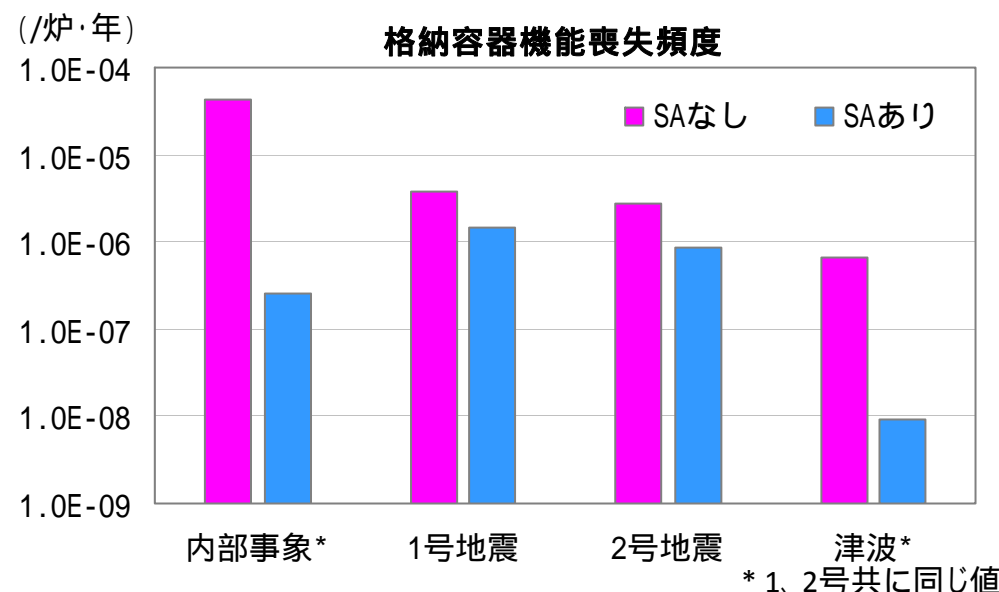
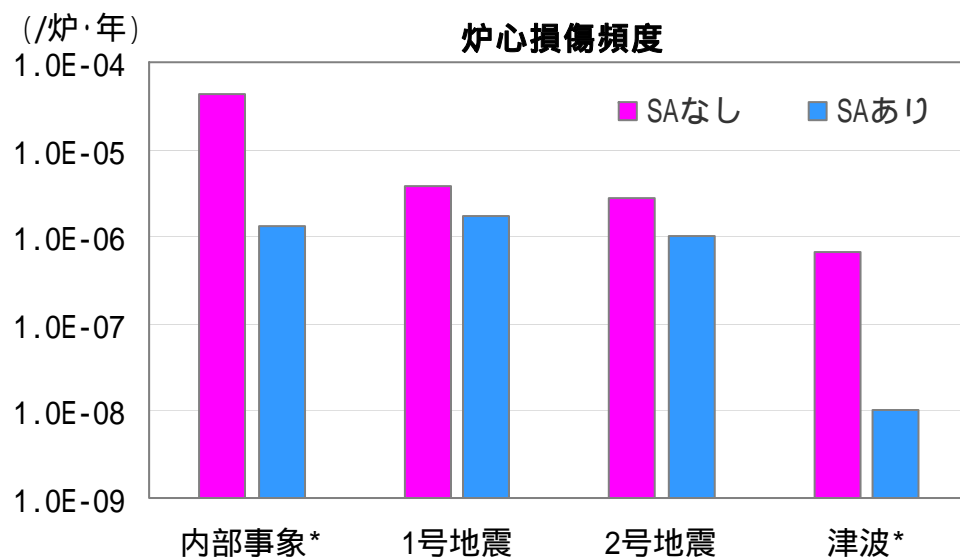
*3 1、2号機共用設備

2. 安全性向上評価について

(3) 安全性向上評価届出書の内容

第3章 安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析

1) 確率論的リスク評価(PRA)



従来から自主的に取り組んできた重大事故(SA)対策及び新規制基準への適合のための重大事故対策によるリスク低減効果が確認できた。

PRA結果から抽出した安全性向上対策を下表に示す。

主な安全性向上対策	期待される効果
重要シナリオに対する教育・訓練の強化	事故時の重要シナリオに対する運転員の意識を高め、事故対応能力を向上できる。
メタクラ保護継電器のデジタル化	耐震信頼性向上により、地震時のリスクを低減できる。 ・炉心損傷頻度 : 1.7×10^{-6} (1.0×10^{-6}) [*] 8.5×10^{-7} (6.6×10^{-7}) [*] ・格納容器機能喪失頻度 : 1.5×10^{-6} (8.7×10^{-7}) [*] 6.3×10^{-7} (5.1×10^{-7}) [*]

* ()内の数値は2号の評価結果

2. 安全性向上評価について

(3) 安全性向上評価届出書の内容

第3章 安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析

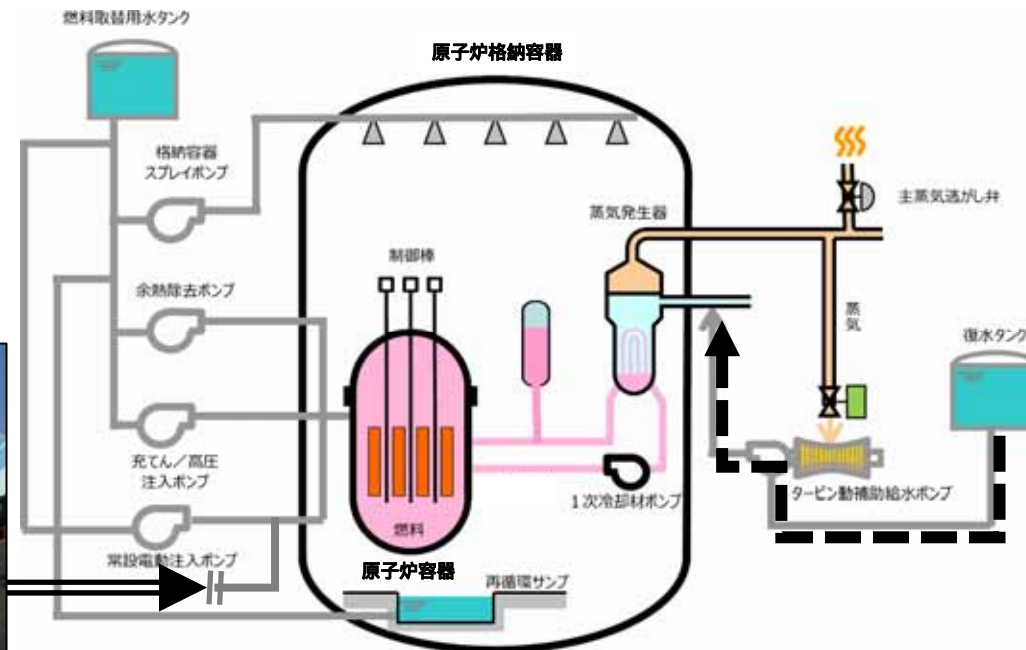
2) 安全裕度評価 ユニット毎の評価

事象	クリフエッジ ^{*1} 事象	クリフエッジ	クリフエッジに到達した際の対応
地震	タービン動補助給水ポンプから蒸気発生器への給水不能 ^{*2}	1029ガル (1026ガル) ^{*3}	駆動蒸気入口弁を手動で開弁し、タービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水を再開
津波	タービン動補助給水ポンプ故障による蒸気発生器への給水不能	15m	可搬型ディーゼル注入ポンプによる蒸気発生器又は炉心への注水

*1 機能限度

*2 804ガル(882ガル)^{*2}の地震でメタクラ保護継電器が故障し、非常用所内電源が喪失、冷却手段がなくなり炉心損傷に至るが、故障した保護継電器の除外処置により非常用所内電源を復旧させることができることから、このクリフエッジは回避できるとした。

*3 ()内の数値は2号の評価結果



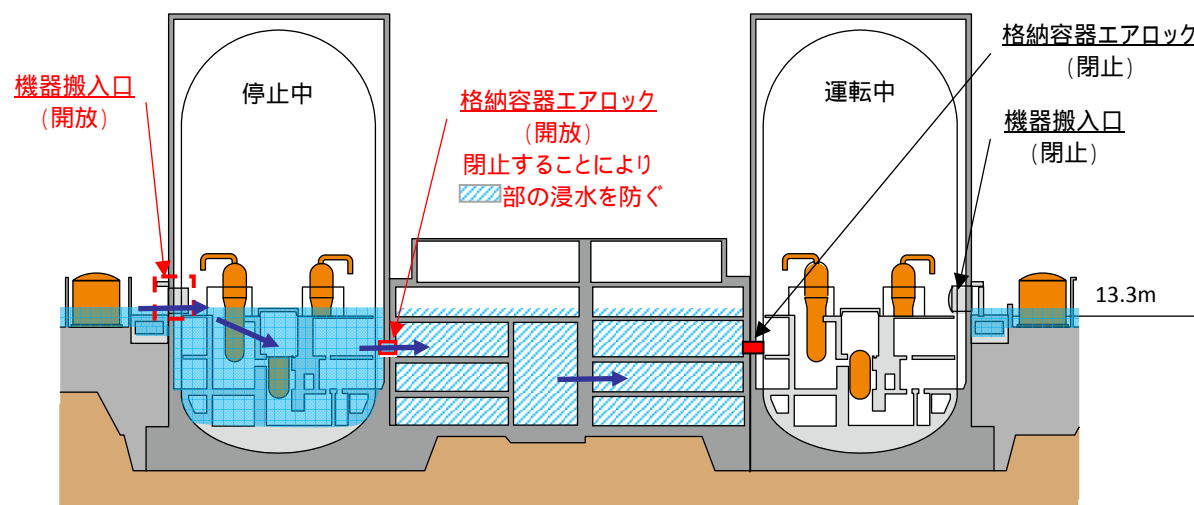
2. 安全性向上評価について

(3) 安全性向上評価届出書の内容 号機間相互影響評価

片ユニットが停止中(モード外)で機器搬入口が開放され、他ユニットが運転中である場合、津波高さが13.3mを超えた場合、停止中ユニットの格納容器内に浸水する。

エアロックが開放されていることから、当該ユニットの補助建屋に浸水し、更に、連絡している運転中の他ユニットの補助建屋に浸水することにより、運転中ユニットの安全機能を喪失させる。

しかし、停止中ユニットのエアロックを閉止することにより、補助建屋への浸水を防ぐことができることから、運転中の他ユニットへの影響は生じないことを確認した。



安全裕度評価結果から抽出した安全性向上対策を下表に示す。

主な安全性向上対策	期待される効果
クリフエッジ到達後の措置を含む安全裕度評価結果の発電所員への教育・訓練	設計を超える自然現象に対する緊急時対策要員の対応能力を向上できる。
メタクラ保護継電器のデジタル化	地震によって故障する保護継電器の除外処置が不要となる。
大津波警報時の停止中ユニットのエアロック閉止	運転中の他ユニットへの浸水を防ぐ。

2. 安全性向上評価について

(3) 安全性向上評価届出書の内容

第4章 総合的な評価

1. 総合評価

- 川内原子力発電所は、高い運転実績を残しており、これは運転開始以降、当社が保安活動を確実に実施していることによると考えられる。
- 今後実施すべき安全性向上対策が抽出されたが、いずれも保安活動の欠陥によるものではなく、プラントの安全性をさらに向上させるためのものである。
- 今後も、保安活動の確実な実施を基本に、リスク情報を活用しつつ、原子力発電所のリスクを合理的に実行できる限り低減させていく。

2. 安全性向上計画

主な安全性向上対策	実施時期	
	1号	2号
メタクラ保護継電器のデジタル化	第23（今回）～26回定検	第22（次回）～25回定検
原子炉容器出口管台保全工事	第23回定検	第23回定検
特別高圧開閉所の更新	2023年7月	
運転シミュレータへの重大事故解析コード導入	2018年7月	
敷地周辺地震観測装置の追加	今年度中	
重要シナリオに対する教育・訓練の強化	適宜	適宜
クリフエッジ到達後の措置を含む安全裕度評価結果の発電所員への教育・訓練	適宜	適宜
大津波警報時の停止中ユニットのエアロック閉止	対応済み	

2 . 安全性向上評価について

(4) 安全性向上評価の継続的改善への取組み

平成29年7月5日の原子力規制委員会において、安全性向上評価の継続的改善のため、川内の安全性向上評価届出書を題材に公開で議論を行うことが決定された。

H29年7月5日原子力規制委員会資料抜粋

安全性向上評価は、事業者及び原子力規制委員会の双方にとって初めての取組みであることから、事業者との間で制度の具体的な運用についての共通認識を十分に形成し、安全性向上評価届出書の記載内容に係る議論等を通じて継続的な改善として、以後の評価に反映させる運用とする。

このため、次のとおり対応する。

1. 安全性向上評価届出書の確認

安全性向上評価届出書については、原子力規制庁において、実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイドに基づき確認を行う。

2. 安全性向上評価の継続的改善への取組

1.の確認及び他プラントへの反映も念頭においた今後の安全性向上評価の継続的な改善に向けた議論等を行うことを目的として、当面の間、「実用発電用原子炉の安全性向上評価の継続的な改善に係る会合」を公開にて開催する。

2. 安全性向上評価について

(5) 実用発電用原子炉の安全性向上評価届出に係る改善事項について

H30年1月17日原子力規制委員会資料抜粋

川内1, 2号機の安全性向上評価届出に係る改善事項

公開会合における議論等を通じて、実用発電用原子炉の安全性向上評価届出に係る改善事項をとりまとめた。改善が必要な主な事項は以下のとおり。

- 届出書全般の記載の深さについて、評価等の結果だけでなく、調査及び評価の方法、プロセスも含めた詳細について、取組の内容が理解される程度の記載とする。
- 届出書第1章の記載について、既存の許認可図書の記載内容を形式的に合本するのではなく、米国UFSARやIAEA安全ガイド等を参考に、プラントの最新状態 (as is) を一つの図書で把握できるように記載する。
- 確率論的リスク評価 (PRA) について、PRAの結果を公表するだけでなく、過去に公開したPRAとの違いを含め、PRAの内容を分析し、その結果を明らかにする。また、PRAの目的に照らして評価手法の妥当性を判断し、目的に合っていない場合には、目的に沿ったPRA手法への見直しを行い、その内容を明らかにする。

今後の対応

今回とりまとめた改善事項については、今後、他の事業者も含め届出書に反映することを求めている。

当社は、今後とも、県民の皆様安心していただけるよう、川内原子力発電所の安全・安定運転に万全を期すとともに、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てまいります。