

女川原子力発電所2号炉に関する 審査の概要

原子力規制庁
令和2年3月23日

※ 本資料は、東北電力株式会社女川原子力発電所2号炉の新規制基準への適合性審査の概要を分かりやすく表現することを目的としているため、技術的な厳密性よりもできる限り平易な記載としています。正確な審査内容及び審査結果については、審査書をご参照ください。

女川原子力発電所2号炉に関する審査の概要

1. はじめに

- (1) 新規制基準と適合性審査について P 3
- (2) 原子炉等規制法に基づく発電用原子炉施設に係る規制 P 4
- (3) 女川原子力発電所2号炉の審査の経緯 P 5

2. 新規制基準の概要

- (1) 福島第一原子力発電所事故における教訓 P 7
- (2) 強化した新規制基準 P 8
- (3) 新規制基準で新たに要求した主な対策 P 10

3. 女川原子力発電所2号炉の設置変更に関する審査結果の概要

- (1) 審査結果の概要
 - ① 設計基準対象施設 P 11
 - ② 重大事故等対処施設及び重大事故等対策に係る手順等 P 62
- (2) 原子力規制委員会としての結論 P 183
- (参考) BWRプラントの比較 P 185

1. はじめに

(1) 新規制基準と適合性審査について

- 原子力規制委員会は、東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓等を踏まえ、従来の基準から大幅に強化された新規制基準を策定。
- 厳格に審査を行い、女川原子力発電所2号炉の設置変更許可申請の内容が、新規制基準に適合していることを確認。
- また、先に設置変更許可を行った柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉の審査の過程で得られた知見^{※1}を踏まえた基準の改正についても、審査において適合していることを確認。

(※1) 炉心損傷時に放射性物質を放出せずに原子炉格納容器の圧力を下げることができる冷却システム 等

(参考)

新規制基準では、想定される重大事故(シビアアクシデント)^{※2}の発生時に放出される放射性物質(セシウム137)の放出量が、100テラベクレル^{※3}を下回ることを要求

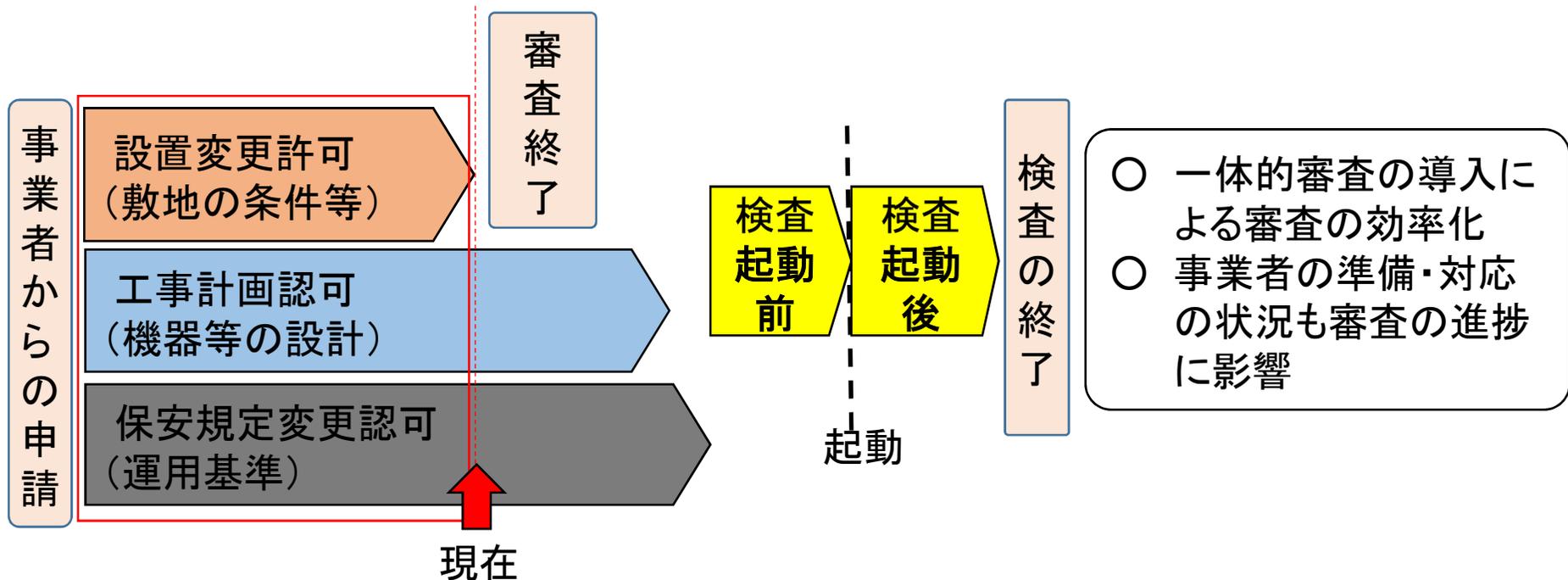
女川原子力発電所2号炉の場合は、7日間で最大約1.4テラベクレル(格納容器過圧破損防止対策を講じた場合における放出量の評価結果)

(※2) 核燃料が溶けたり、放射性物質が大量に放出される危険性のある事故

(※3) 東京電力福島第一原子力発電所事故の約百分の一

(2) 原子炉等規制法に基づく発電用原子炉施設に係る規制

- 新規制基準への適合性確認のためには、原子炉等規制法に基づき、設置変更許可、工事計画認可、保安規定変更認可、使用前検査等の手続きが必要
- 新規制基準適合性審査では、これら許認可に係る事業者からの申請を同時期に受け付け、同時並行的に審査を実施



今回、女川原子力発電所2号炉の新規制基準適合性審査の「設置変更許可」に関する審査が終了。
今後、東北電力による「工事計画認可」及び「保安規定変更認可」に関する補正申請がなされれば、これらの審査を行うこととなる。

(3) 女川原子力発電所2号炉の審査の経緯

平成25年 7月 8日：新規制基準施行

平成25年12月27日：東北電力が設置変更許可申請書、工事計画及び保安規定の変更申請書を提出

平成26年 1月16日～ 審査会合での審査（原子力規制委員、規制庁審査官）

※176回の審査会合と8回の現地調査等を実施

※598回のヒアリングを実施

令和元年11月27日：設置変更許可に係る審査結果（案）をとりまとめ

令和元年11月28日～12月27日：審査書（案）に対する科学的・技術的意見を募集

令和 2年 2月26日：審査書を原子力規制委員会です承し、設置変更許可

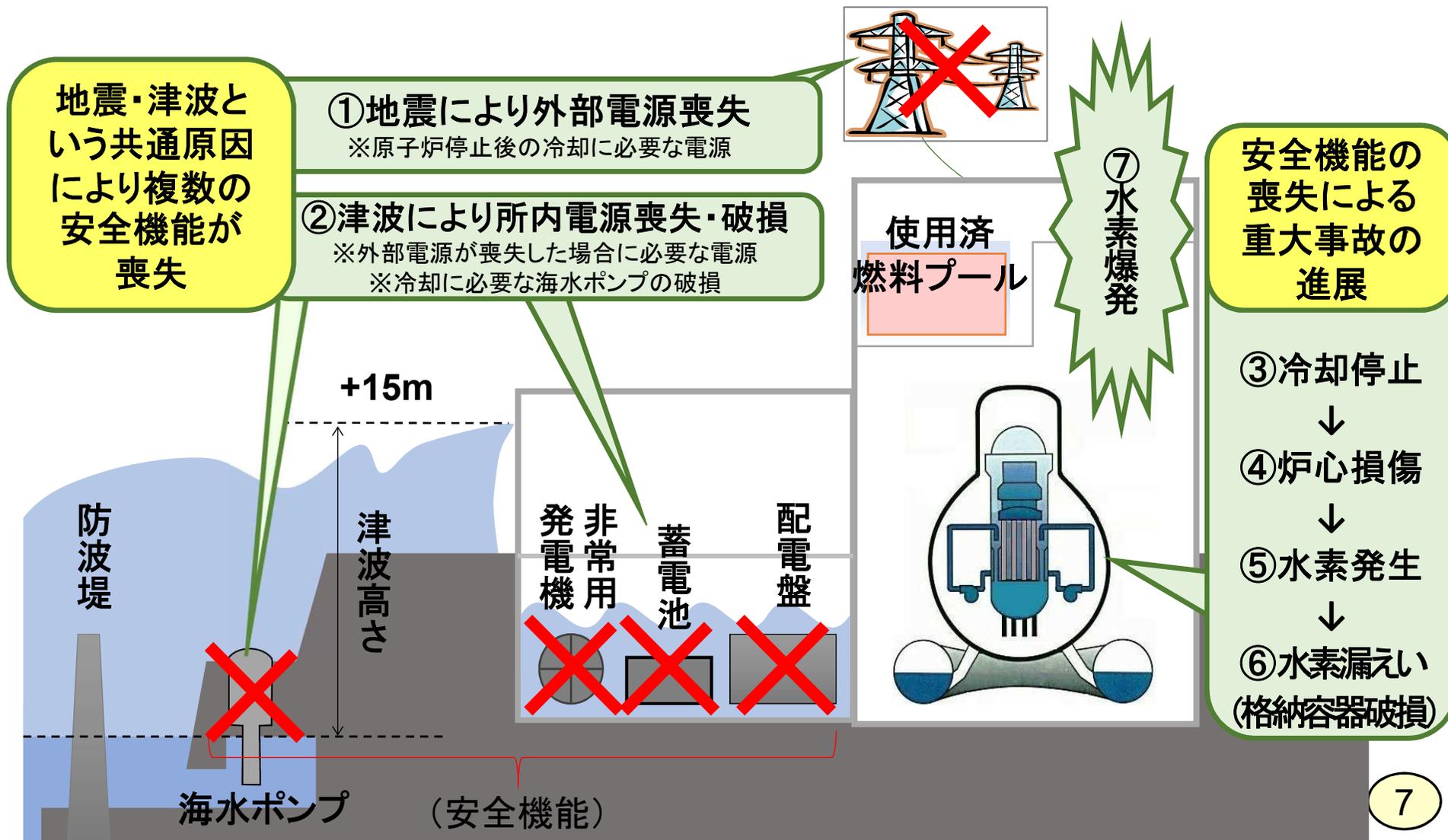
※審査書全文は原子力規制委員会ホームページに掲載しています。

「設置変更許可 審査結果」：<https://www.nsr.go.jp/data/000302937.pdf>

2. 新規制基準の概要

(1) 福島第一原子力発電所事故における教訓

- 福島第一原子力発電所事故では、地震や津波などの共通原因により複数の安全機能が喪失。
- さらに、その後の重大事故(シビアアクシデント)の進展を食い止めることができなかった。



(2)強化した新規制基準①

設計基準

強化

(従来の規制基準)
安全機能を維持し、
重大事故の発生を
防止する対策

+

重大事故

新規

安全機能を失う重大事故
の発生を想定し、
それが発生しても事故の
拡大を防止する対策

- 従来想定していた自然現象に加え、竜巻、森林火災、火山等を想定。
 - また、耐震、耐津波対策を強化し、プラント内部で発生する火災や溢水(いっすい)も想定。
- 自然現象や火災等を広く想定し、共通要因により、複数の安全機能が同時に失われないように対策を強化。

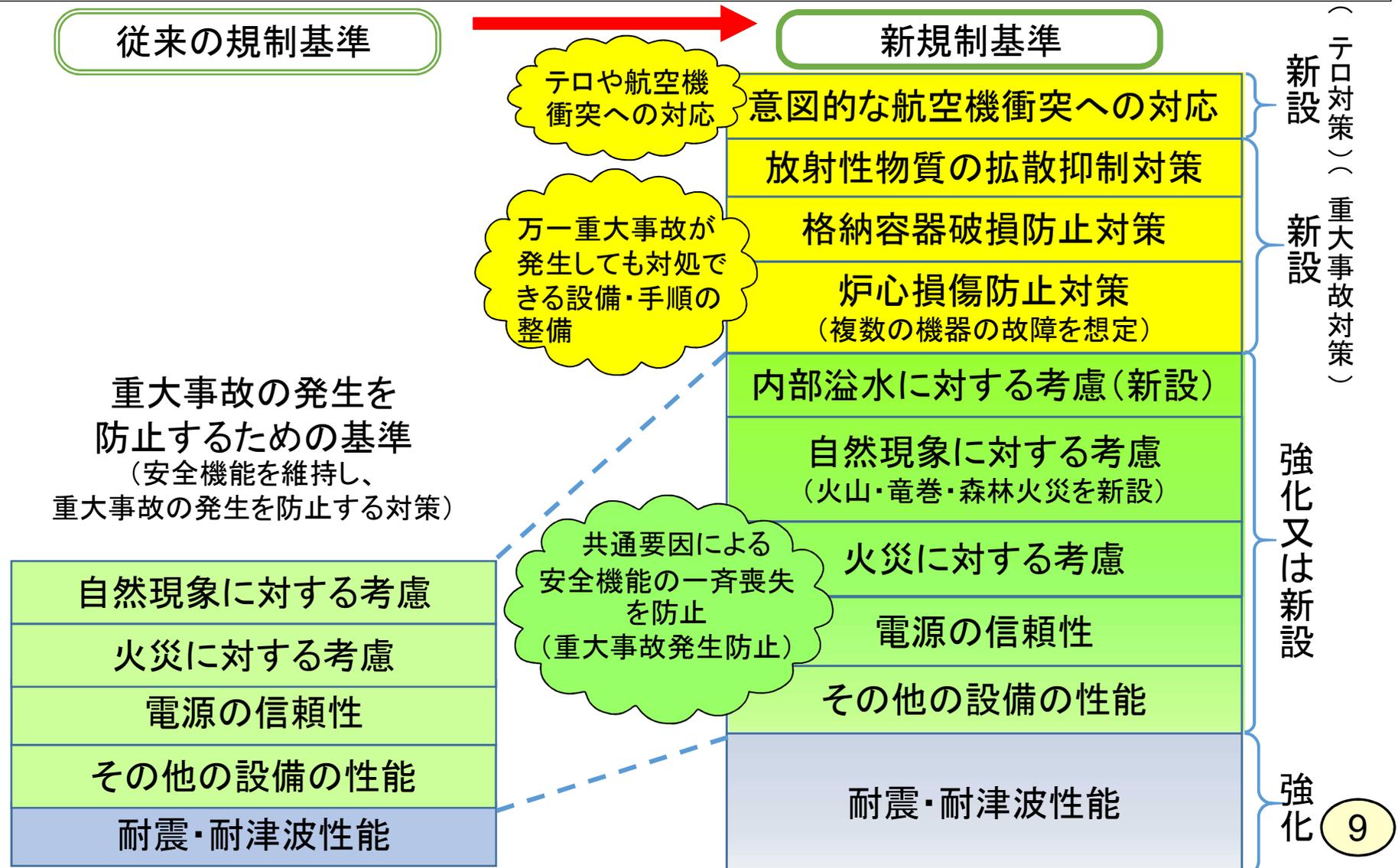
- 安全機能の代替りとなる「止める」「冷やす」「閉じ込める」手段を用意することにより、重大事故に対処。

新規制基準は、福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、重大事故の発生を想定した対策を要求。

さらに、万が一重大事故が発生し、その拡大を防止できない場合も考慮し、放射性物質の拡散をできるだけ「抑える」ための対策も要求。

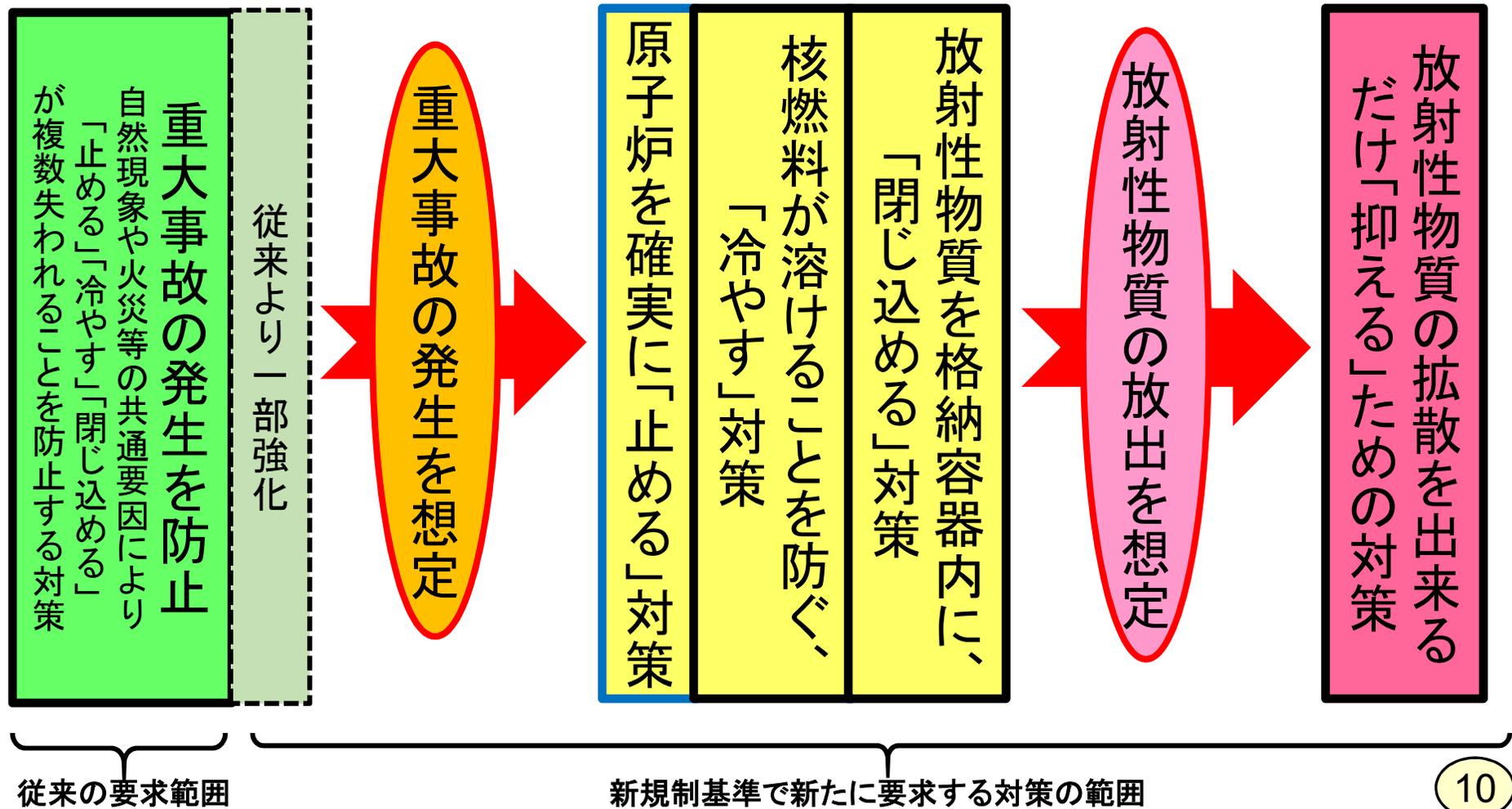
(2) 強化した新規制基準②

福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、重大事故(シビアアクシデント)の発生を防止するための基準を強化するとともに、万一重大事故やテロが発生した場合に対処するための基準を新設。



(3) 新規制基準で新たに要求した主な対策

- 新規制基準では、重大事故(シビアアクシデント)を防止する対策の強化に加え、重大事故の発生を想定した対策も要求
- それでもなお、敷地外へ放射性物質が放出されるような事態になった場合を考え、さらなる対策として、放射性物質の拡散をできるだけ「抑える」ための対策を要求



3. 女川原子力発電所2号炉の 設置変更に関する審査結果 の概要

(1) 審査結果の概要

① 設計基準対象施設

第4条 基準地震動(1/9:解放基盤表面の設定及び地震波の伝播特性)

【要求事項】

- 解放基盤表面は、せん断波(S波)速度がおおむね700m/s以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていない等の特性を有する地盤に設定する。
- 敷地及び敷地周辺の地下構造(深部・浅部地盤構造)が地震波の伝播特性に与える影響を検討する。

解放基盤表面の設定

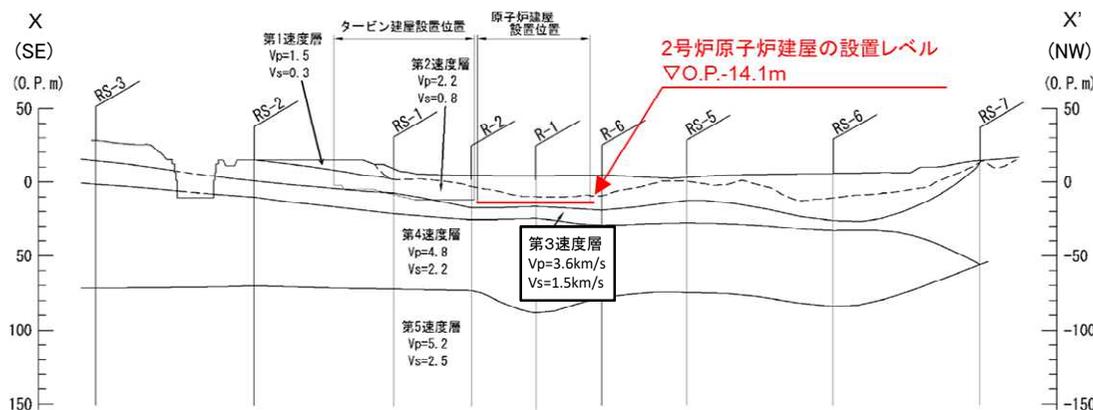
<審査書 P.11>

- 基準地震動を設定する解放基盤表面については、敷地内で実施した地表地質調査、ボーリング調査及びPS検層の結果、2号炉原子炉建屋設置レベルである女川原子力発電所工事用基準面(O.P.)-14.1mに設定

<審査結果の概要>

- 必要な特性を有する硬質地盤の表面に解放基盤表面を設定していることから、新規制基準に適合していることを確認。

【2号炉を通る北西—南東方向の速度構造断面図と解放基盤表面】



(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉審査資料 第778回審査会合資料(令和元年9月27日)に加筆
<<http://www2.nsr.go.jp/data/000285215.pdf>>)

地震波の伝播特性の評価

<審査書 P.12-13>

<審査結果の概要>

- 調査結果に基づき、敷地における到来方向別の複数の地震観測記録を分析し、地震波の到来方向の違いによる特異な伝播特性は認められないとしていること、及び敷地内のPS検層結果をもとに敷地地盤の速度構造は概ね水平な成層構造をなすことから一次元構造でモデル化できるとしていることから、新規制基準に適合していることを確認。

第4条 基準地震動(2/9:震源として考慮する活断層)

【要求事項】

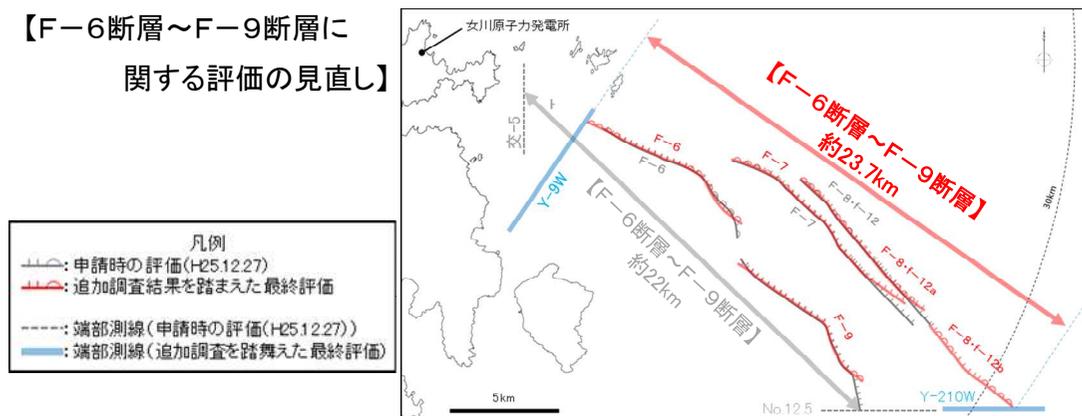
- 震源として考慮する活断層の評価に当たっては、文献調査、変動地形学的調査、地質調査等の結果を総合的に評価し、活断層の位置、形状、活動性等を明らかにする。

震源として考慮する活断層

<審査書 P.13-16>

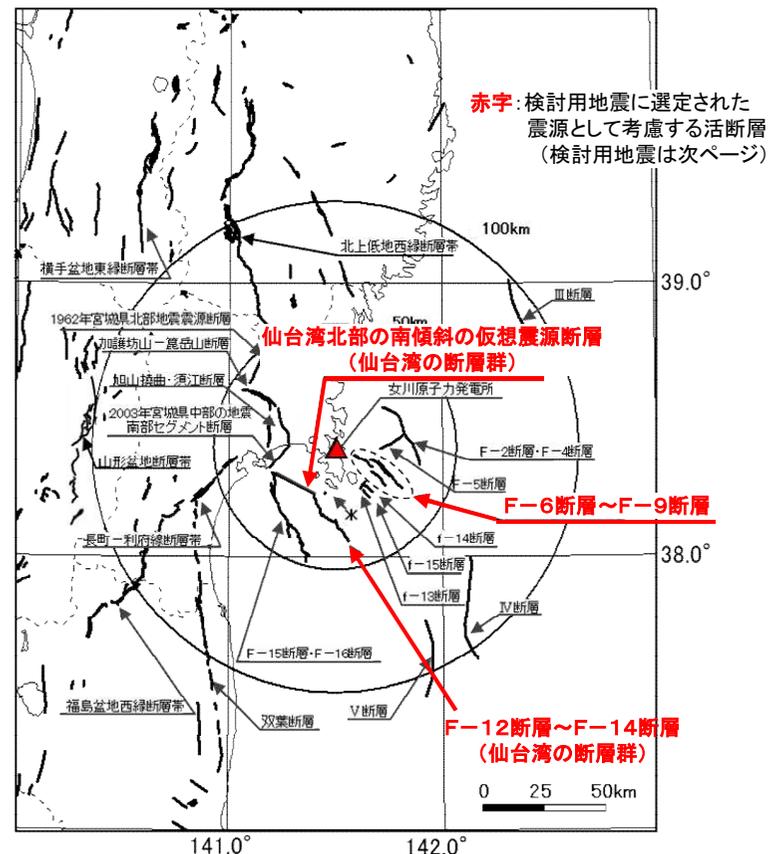
- 産業技術総合研究所発行の地質図、地質調査所編(1992)、地震調査研究推進本部(2006)、今泉ほか編(2018)等の文献調査を含む調査結果に基づき、震源として考慮する活断層として右図の通り抽出し、活断層の位置、形状等々を評価した。
- F-6断層~F-9断層については、申請時は断層長さを約22kmとしていたが、規制委員会の指摘を踏まえ、追加調査(音波探査及び海底地形調査等)を実施し、その位置(端部)を見直し、断層長さを約23.7kmと評価を見直した。

【F-6断層~F-9断層に関する評価の見直し】



(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉審査資料 第778回審査会合資料(令和元年9月27日)に加筆
<<http://www2.nsr.go.jp/data/000285204.pdf>>)

【震源として考慮する活断層の分布図】



(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉審査資料 第778回審査会合資料(令和元年9月27日)に加筆
<<http://www2.nsr.go.jp/data/000285204.pdf>>)

<審査結果の概要>

- 適切な手法、範囲及び密度で調査を実施した上で、総合的に評価し、活断層の位置、形状等を明らかにしていることから、新規制基準に適合していることを確認。

第4条 基準地震動(3/9:敷地ごとに震源を特定して策定する地震動①-1)

【要求事項】

- 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、検討用地震を複数選定し、不確かさを十分に考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を行う。

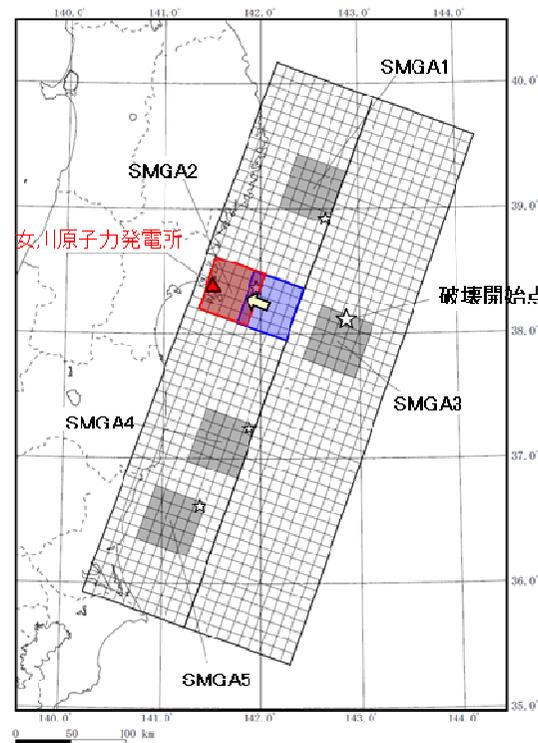
敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価(1) <審査書 P.16-22, 24-25>

- 検討用地震については、地質調査結果等に基づき、敷地に大きな影響を与えると予想される地震として、以下の4地震を選定。

※内陸地殻内地震による地震動評価結果は基準地震動に策定されない

- | | |
|--------------------|-------------|
| ①F-6断層～F-9断層による地震※ | 【内陸地殻内地震①】 |
| ②仙台湾の断層群による地震※ | 【内陸地殻内地震②】 |
| ③2011年東北地方太平洋沖型地震 | 【プレート間地震】 |
| ④2011年4月7日宮城県沖型地震 | 【海洋プレート内地震】 |

【2011年東北地方太平洋沖型地震の断層モデル】



(1)地震動評価①2011年東北地方太平洋沖型地震 次ページにおいても説明

<審査結果の概要>

以下のことから、新規基準に適合していることを確認。

- 応答スペクトルに基づく地震動評価では、2011年東北地方太平洋沖地震の敷地での地震観測記録を包絡した応答スペクトルを設定していること
- 基本ケースにおいて、観測記録との整合性が確認されていること及び宮城県沖の地域性を考慮して、すべての強震動生成域(SMGA)の応力降下量を34.5MPaとして大きく設定するなど予め不確かさを考慮していること
- 不確かさケースとして、以下の2ケースを設定し、不確かさを十分に考慮した評価を実施していること
 - a. 宮城県沖の陸寄りのSMGAの応力降下量を基本ケースの1.14倍(39.4MPa)としたケース
 - b. 宮城県沖の陸寄りのSMGAの応力降下量の不確かさと位置を敷地に最も近づけた不確かさとの重畳を考慮したケース

(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉審査資料 第778回審査会合資料 (令和元年9月27日)から抜粋・修正<<http://www2.nsr.go.jp/data/000285215.pdf>>)

■ : 基本ケースの宮城県沖の陸寄りのSMGA2
■ : 不確かさケースの宮城県沖の陸寄りのSMGA2

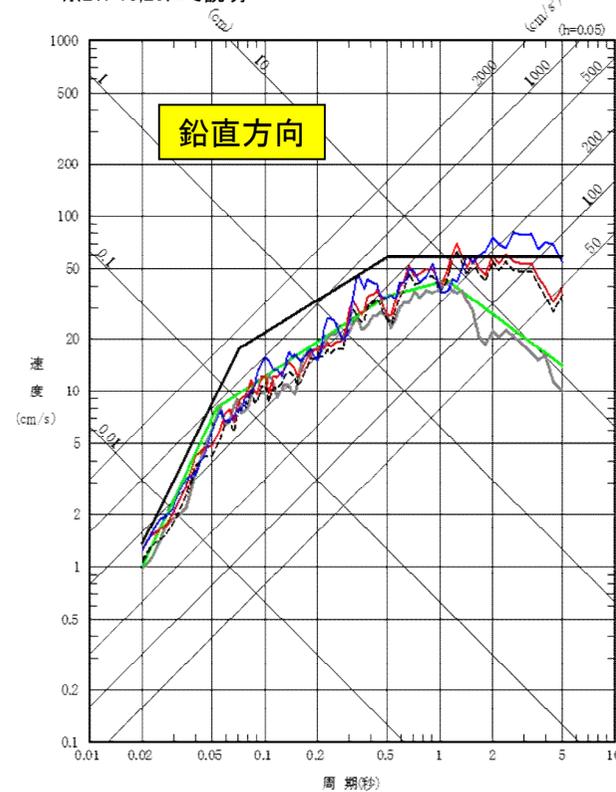
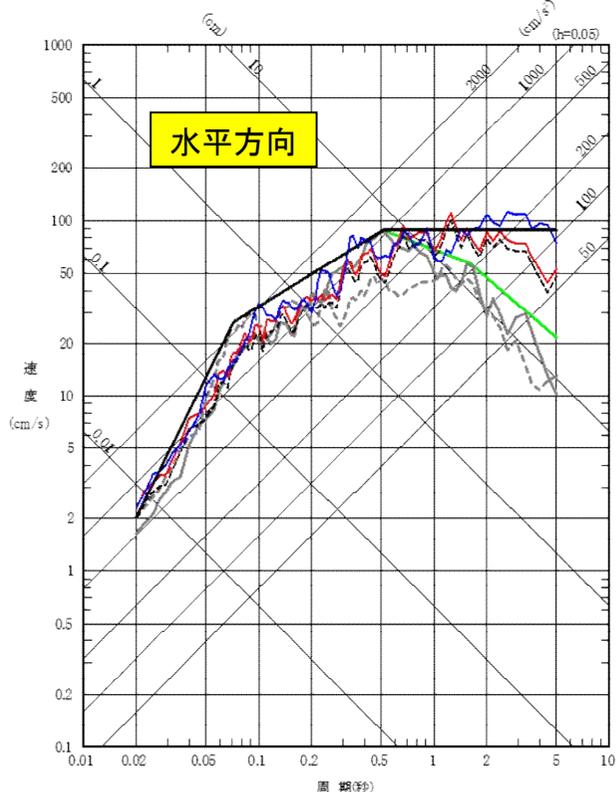
第4条 基準地震動(4/9:敷地ごとに震源を特定して策定する地震動①-2)

2011年東北地方太平洋沖地震による女川原子力発電所における観測記録と基準地震動

- 2011年東北地方太平洋沖地震の応答スペクトルに基づく評価は、2011年東北地方太平洋沖地震による敷地での地震観測記録より求めた解放基盤波^{※1}を包絡した応答スペクトルを採用した。さらに、採用した応答スペクトルを包絡させて基準地震動S_s-D1^{※2}を策定した。
- レシピの適用性及び統計的グリーン関数法による評価と観測記録との整合性が確認されている諸井ほか(2013)を参考に震源モデル及び震源特性パラメータを設定して、断層モデルに基づく地震動評価を行い、不確かさケースによる評価結果を基準地震動S_s-F1, S_s-F2^{※2}として策定した。

※1: 敷地岩盤上部(O.P. -8.6m)の観測記録について表層の影響を除去したはざとり波

※2: P19.20にて説明



- プレート間地震の応答スペクトル手法による基準地震動[基準地震動S_s-D1]^{※3}
- プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動(応力降下量(短周期レベル)の不確かさ)[基準地震動S_s-F1]^{※3}
- プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動(SMGA位置と応力降下量(短周期レベル)の不確かさの重畳)[基準地震動S_s-F2]^{※3}
- - - 基本ケースの断層モデル手法による地震動評価^{※3}
- 【参考】プレート間地震の応答スペクトル手法による地震動評価^{※3}
- 【参考】3.11地震の観測記録^{※1}(水平方向は実線:NS方向, 点線:EW方向)

※3 NS方向、EW方向で共通

第4条 基準地震動(5/9:敷地ごとに震源を特定して策定する地震動②-1)

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価(2)

<審査書 P.22-25>

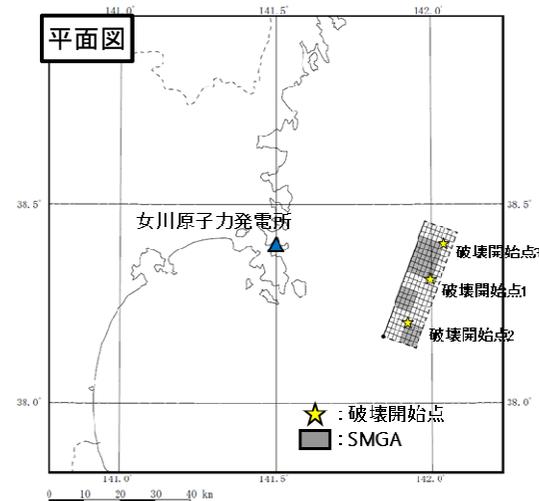
(2)地震動評価② 2011年4月7日宮城県沖型地震

<審査結果の概要>

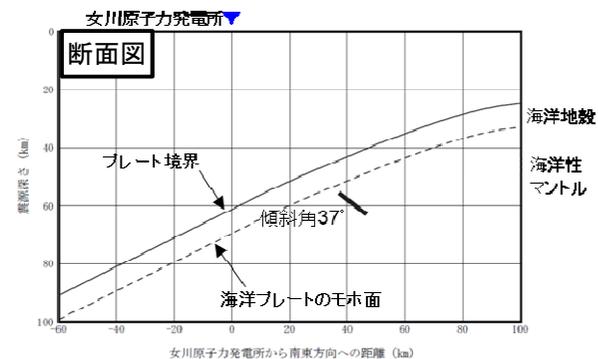
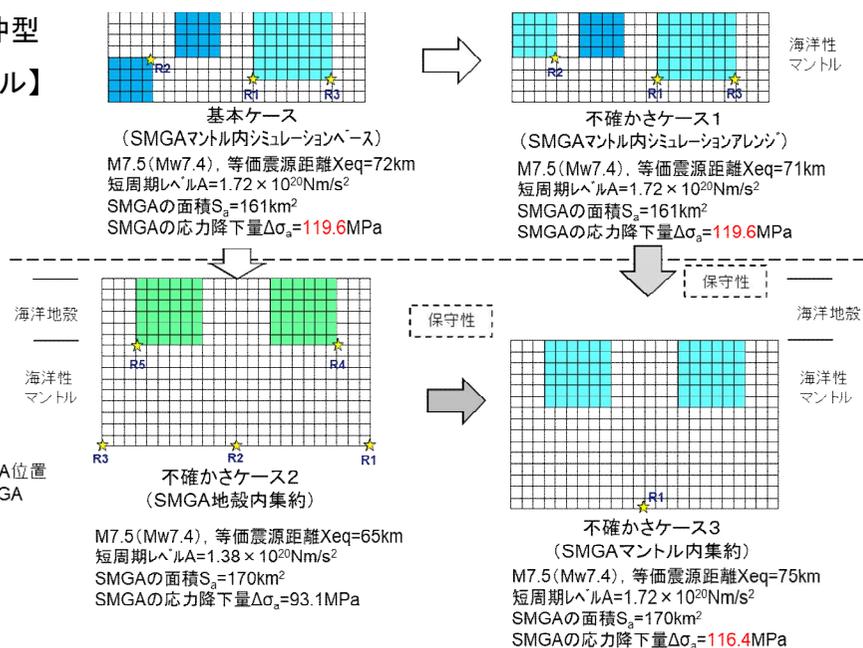
以下のことから、新規規制基準に適合していることを確認。

- 2011年4月7日宮城県沖の地震(M7.2)の断層モデルを用いた地震動評価と敷地での観測記録との整合性を確認した上で、予め地震規模を大きくした震源モデル(M7.5)及び震源特性パラメータを設定していること (次ページにて説明)
- 基本ケースにおいて、敷地に対して厳しい位置に断層位置を設定するとともに、宮城県沖の地域性を考慮して、短周期レベルをレシポの1.5倍として予め大きく設定 (SMGA応力降下量119.6MPa)して適切に評価を実施していること
- 不確かさケースとして、SMGAの位置及び数に関する2種類のケース、また、断層全体を敷地に近づけるケースを設定し、不確かさを十分に考慮した評価を実施していること

【2011年4月7日宮城県沖型地震の断層モデル位置(基本ケース)】



【2011年4月7日宮城県沖型地震の断層モデル】



(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉審査資料 第778回審査会合資料(令和元年9月27日)から抜粋・加筆
<<http://www2.nsr.go.jp/data/000285215.pdf>>

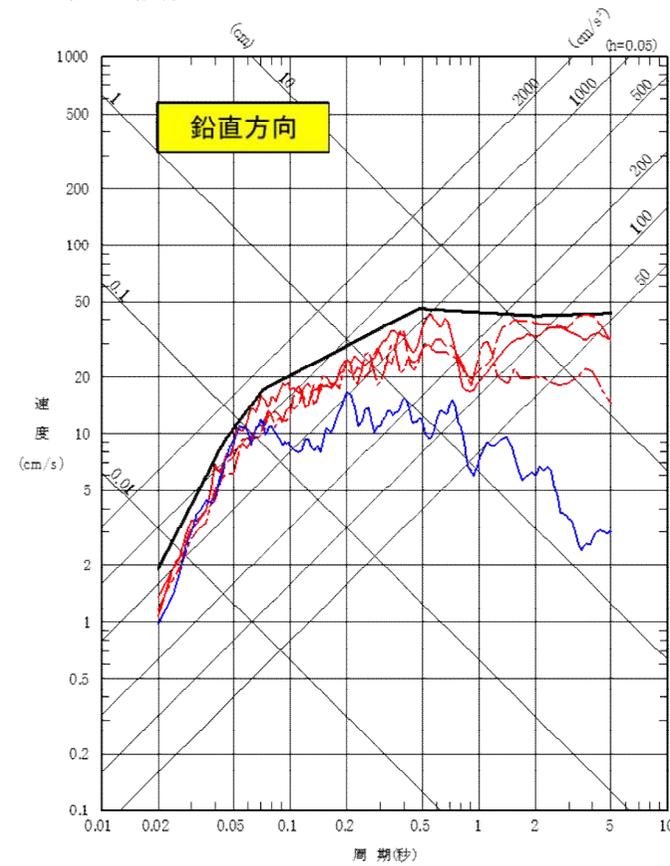
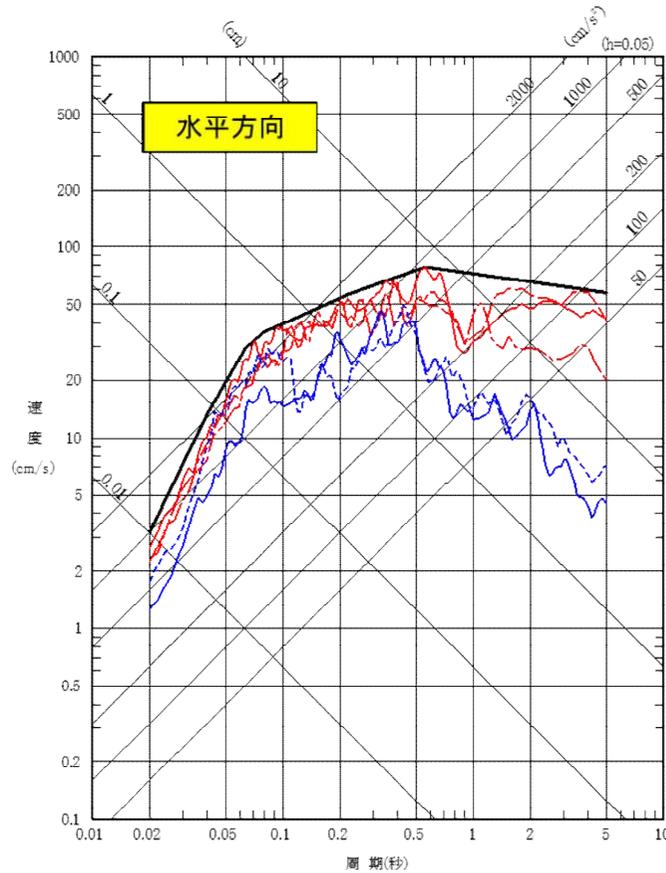
第4条 基準地震動(6/9:敷地ごとに震源を特定して策定する地震動②-2)

2011年4月7日宮城県沖の地震による女川原子力発電所における観測記録と基準地震動Ss-D2

- 2011年4月7日宮城県沖型地震の評価は、2011年4月7日宮城県沖の地震(M7.2)による敷地での地震観測記録より求めた解放基盤波※1との整合性を確認した上で、予め地震規模を大きくした断層モデル(M7.5)による地震動を評価した。評価結果を包絡させて基準地震動Ss-D2※2を策定した。

※1: 敷地岩盤上部(O.P.-8.6m)の観測記録について表層の影響を除去したはざとり波

※2: P19.20にて説明



- 基準地震動Ss-D2 [海洋プレート内地震(SMGAマントル内)の応答スペクトル手法による基準地震動]※3
- 海洋プレート内地震の断層モデル手法による地震動評価:基本ケース(破壊開始点1)※3
- - - 海洋プレート内地震の断層モデル手法による地震動評価:基本ケース(破壊開始点2)※3
- - - 海洋プレート内地震の断層モデル手法による地震動評価:基本ケース(破壊開始点3)※3
- 【参考】2011年4月7日宮城県沖の地震の観測記録※1(水平方向は実線:NS方向, 点線:EW方向)

※3 NS方向、EW方向で共通

第4条 基準地震動(7/9:震源を特定せず策定する地震動)

【要求事項】

- 「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定する。

震源を特定せず策定する地震動の評価 <審査書 P25-27>

<審査結果の概要>

以下のことから、新規制基準に適合していることを確認。

- 地域性を考慮するMw6.5以上の地震である2008年岩手・宮城内陸地震及び2000年鳥取県西部地震については、敷地近傍及び敷地周辺との地域性の違いを十分に評価したうえで、地質学的背景等が異なることから、観測記録収集対象外としていること
- 全国共通に考慮すべきMw6.5未満の地震については、震源近傍における観測記録を精査して抽出された、2004年北海道留萌支庁南部地震による震源近傍の観測点における記録に各種の不確かさを考慮した地震動を採用していること

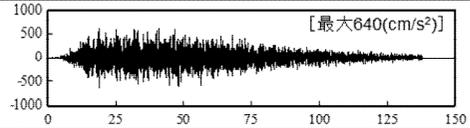
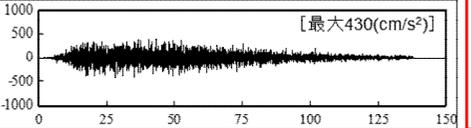
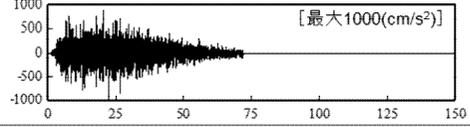
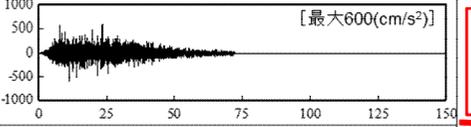
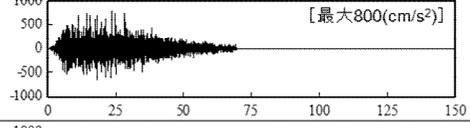
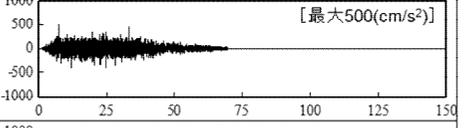
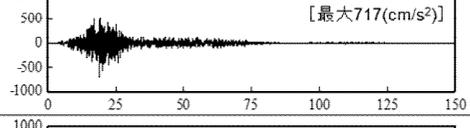
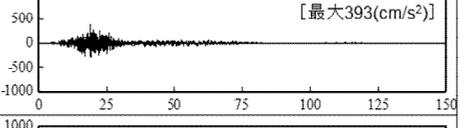
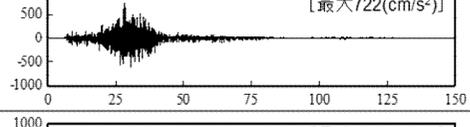
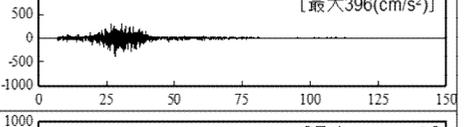
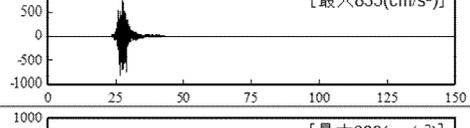
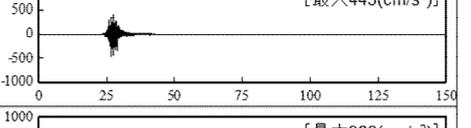
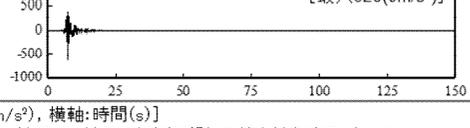
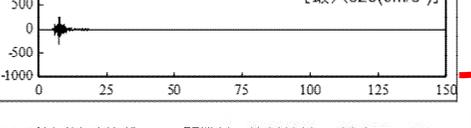
第4条 基準地震動(8/9:基準地震動の策定(加速度時刻歴波形))

【要求事項】

- 基準地震動は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切なものを策定する。

基準地震動の加速度時刻歴波形

<審査書 P.27-29>

基準地震動		水平方向	鉛直方向
Ss-D1	プレート間地震の応答スペクトル手法による基準地震動	 [最大640(cm/s²)]	 [最大430(cm/s²)]
Ss-D2	海洋プレート内地震(SMGAマントル内)の応答スペクトル手法による基準地震動	 [最大1000(cm/s²)]	 [最大600(cm/s²)]
Ss-D3	海洋プレート内地震(SMGA地殻内)の応答スペクトル手法による基準地震動	 [最大800(cm/s²)]	 [最大500(cm/s²)]
Ss-F1	プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動 [応力降下量(短周期レベル)の不確かさ]	 [最大717(cm/s²)]	 [最大393(cm/s²)]
Ss-F2	プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動 [SMGA位置と応力降下量(短周期レベル)の不確かさの重畳]	 [最大722(cm/s²)]	 [最大396(cm/s²)]
Ss-F3	海洋プレート内地震(SMGAマントル内)の断層モデル手法による基準地震動(SMGAマントル内集約)	 [最大835(cm/s²)]	 [最大443(cm/s²)]
Ss-N1	2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動	 [最大620(cm/s²)]	 [最大320(cm/s²)]

申請時 Ss-1 から応答スペクトル形状、継続時間を変更

申請時 Ss-2 から応答スペクトル形状を変更

申請時から追加

注1: 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形[縦軸: 加速度 (cm/s²), 横軸: 時間 (s)]

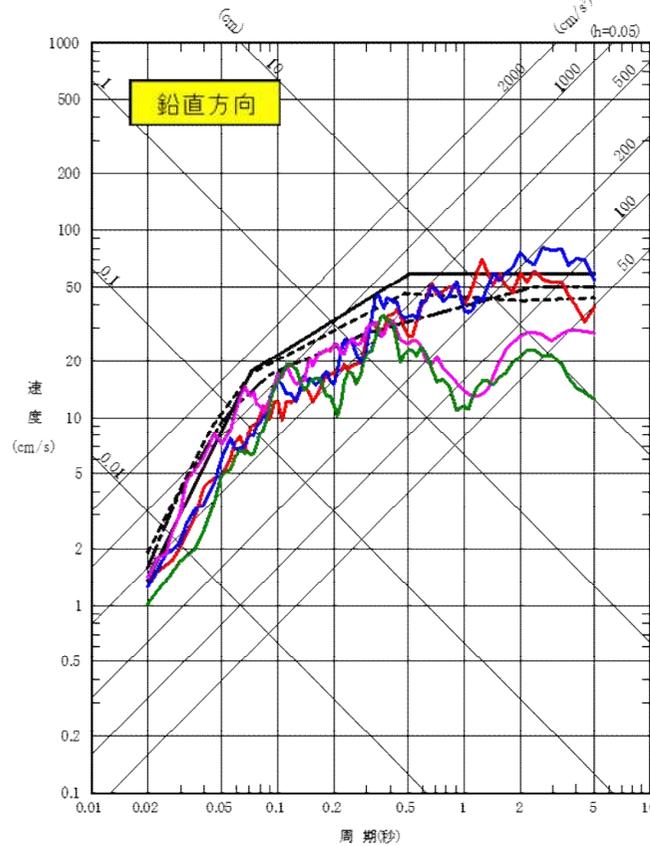
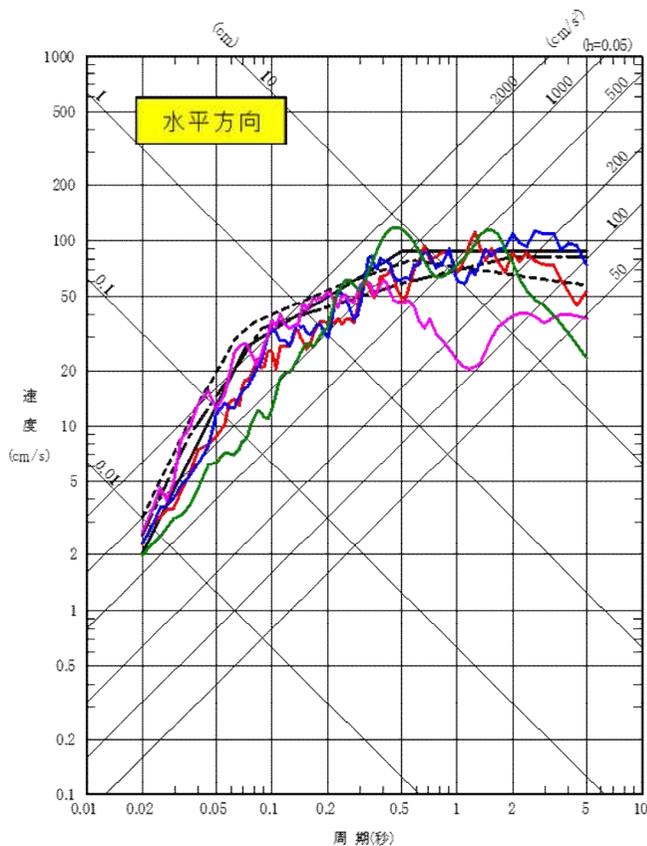
注2: 断層モデルによる基準地震動の Ss-F1, Ss-F2, Ss-F3 については、3.11 地震、4.7 地震の観測記録との整合性を確認したシミュレーションでの手法(統計的グリーン関数法、放射特性一定)を用いていることから水平方向としている。

第4条 基準地震動(9/9 : 基準地震動の策定(応答スペクトル))

基準地震動の応答スペクトル

<審査書 P.27-29>

- 基準地震動Ss-D1 [プレート間地震の応答スペクトル手法による基準地震動]
- - - 基準地震動Ss-D2 [海洋プレート内地震(SMGAマントル内)の応答スペクトル手法による基準地震動]
- · - · - 基準地震動Ss-D3 [海洋プレート内地震(SMGA地殻内)の応答スペクトル手法による基準地震動]
- 基準地震動Ss-F1 [プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動(応力降下量(短周期レベル)の不確かさ)]
- 基準地震動Ss-F2 [プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動(SMGA位置と応力降下量(短周期レベル)の不確かさの重畳)]
- 基準地震動Ss-F3 [海洋プレート内地震(SMGAマントル内)の断層モデル手法による基準地震動(SMGAマントル内集約)]
- 基準地震動Ss-N1 [2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動]



<審査結果の概要>

(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉審査資料 第778回審査会合資料(令和元年9月27日)<<http://www2.nsr.go.jp/data/000285215.pdf>>)

- 最新の科学的・技術的知見を踏まえ、各種の不確かさを十分に考慮して、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から適切に基準地震動が策定されていることから、新規制基準に適合していることを確認。

第4条 耐震設計方針

<審査書 P.30>

【要求事項】

- 設計基準対象施設は耐震重要度の区分に応じた地震力に対し十分に耐える設計とする。耐震重要施設は基準地震動による地震力に対して安全機能が損なわれない設計とする。

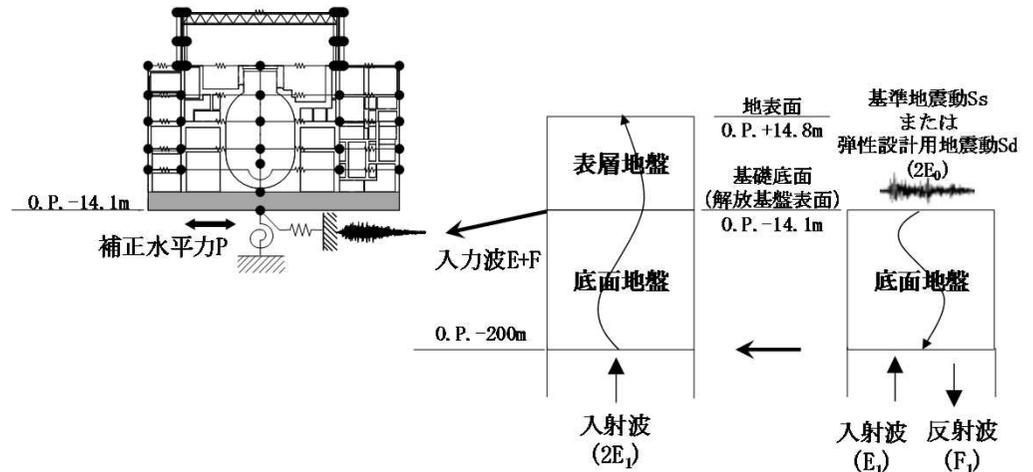
<申請の概要>

- 発電所の施設・設備等を耐震重要度に応じて、Sクラス、Bクラス及びCクラスに分類し、クラスに応じて適用する地震力に対して十分に耐え、安全機能が損なわれない設計
- 津波防護施設、浸水防止設備等についても、基準地震動 S_s による地震力に対して要求される機能が保持できるよう設計
- 耐震設計に用いる基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について、適切に組み合わせて算定

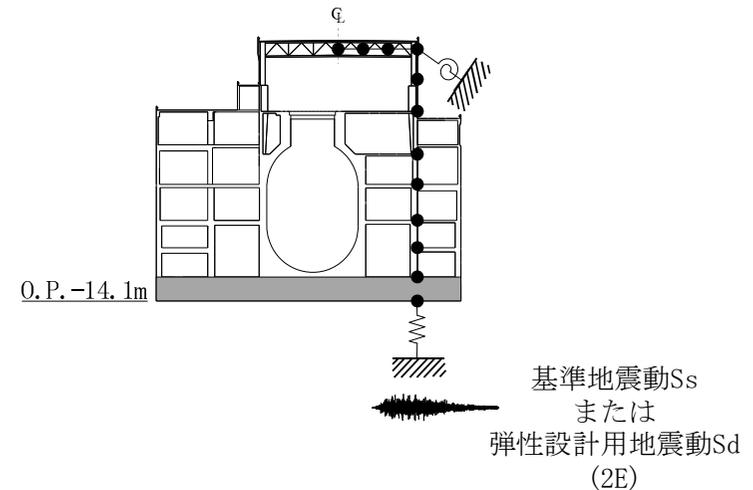


<審査結果の概要>

- 地震力に対して十分に耐え、安全機能が損なわれない耐震設計方針としていることを確認



建屋—地盤連成モデルへの入力概要(水平方向)



建屋—地盤連成モデルへの入力概要(鉛直方向)

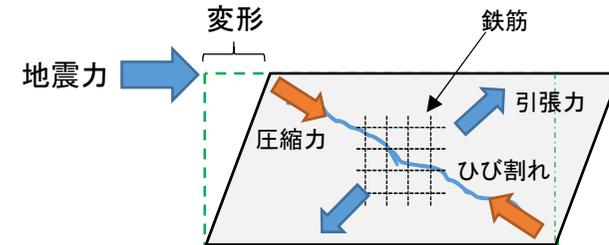
第4条 耐震設計方針 (コンクリートのひび割れに伴う初期剛性低下1/5)

<審査書 P.33>

耐震壁(鉄筋コンクリート)の地震時のメカニズム

- 建物・構築物の主耐震要素である鉄筋コンクリート造耐震壁は、一般的に以下に示すメカニズムで地震力を負担し、建物・構築物の地震応答解析ではその特性を反映した復元力特性を用いる

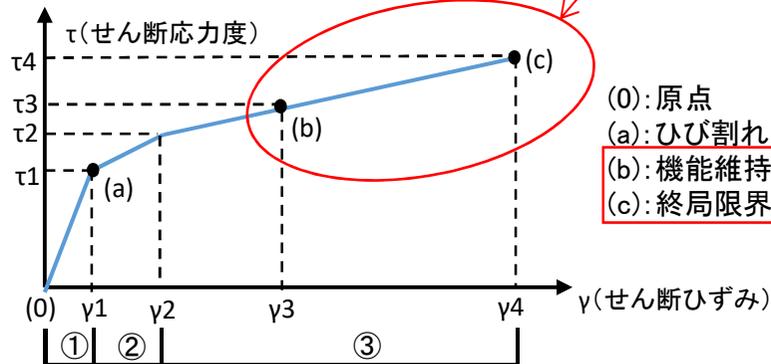
◆鉄筋コンクリート造耐震壁の地震時の荷重負担の考え方



圧縮力はコンクリートが負担
引張力は鉄筋が負担

今後の大きな地震に対して耐えられるかを確認する上では、この領域(③)が重要

◆耐震壁の復元力特性



- (0): 原点
- (a): ひび割れ限界
- (b): 機能維持限界 ($\gamma_3 = 2/1000$)
- (c): 終局限界 ($\gamma_4 = 4/1000$)

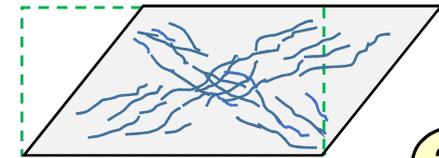
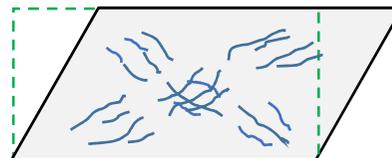
耐震設計で確認する際の許容限界

(0)地震前の状態

①主にコンクリートが地震力を負担する領域(ひび割れは生じない)

②コンクリートにひび割れが生じ、コンクリートと鉄筋で地震力を負担する領域(鉄筋は弾性範囲、ひび割れに伴い剛性は低下)

③コンクリートのひび割れが進展、かつ、増大し、コンクリートから鉄筋に地震力の負担が移行する領域



第4条 耐震設計方針(コンクリートのひび割れに伴う初期剛性低下2/5)

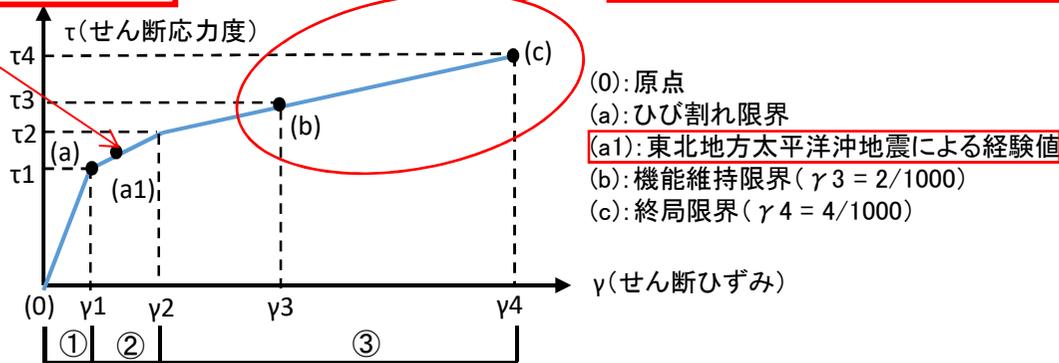
<審査書 P.33>

女川2号炉の現状

- 女川2号炉は、東北地方太平洋沖地震等の大きな地震を経験しており、地震時には①の領域を超え②の領域を経験した状態(観測記録に基づくシミュレーション解析から推定)
また、地震後は、地震前の元の状態(原点(0))に戻っている

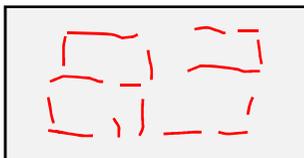
女川2号炉の現状は、この領域(②)を経験した状態

今後の大きな地震に対して耐えられるかを確認する上では、この領域(③)が重要

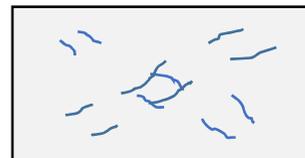


- また、女川2号炉のコンクリートは、乾燥収縮量が多いことから、乾燥収縮ひび割れが生じている

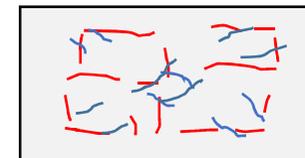
乾燥収縮によるひび割れ
(鉄筋に沿った縦横のひび割れ)



東北地方太平洋沖地震等の地震によるひび割れ



女川の現状(領域②)
(乾燥収縮ひび割れと地震時ひび割れが重畳)

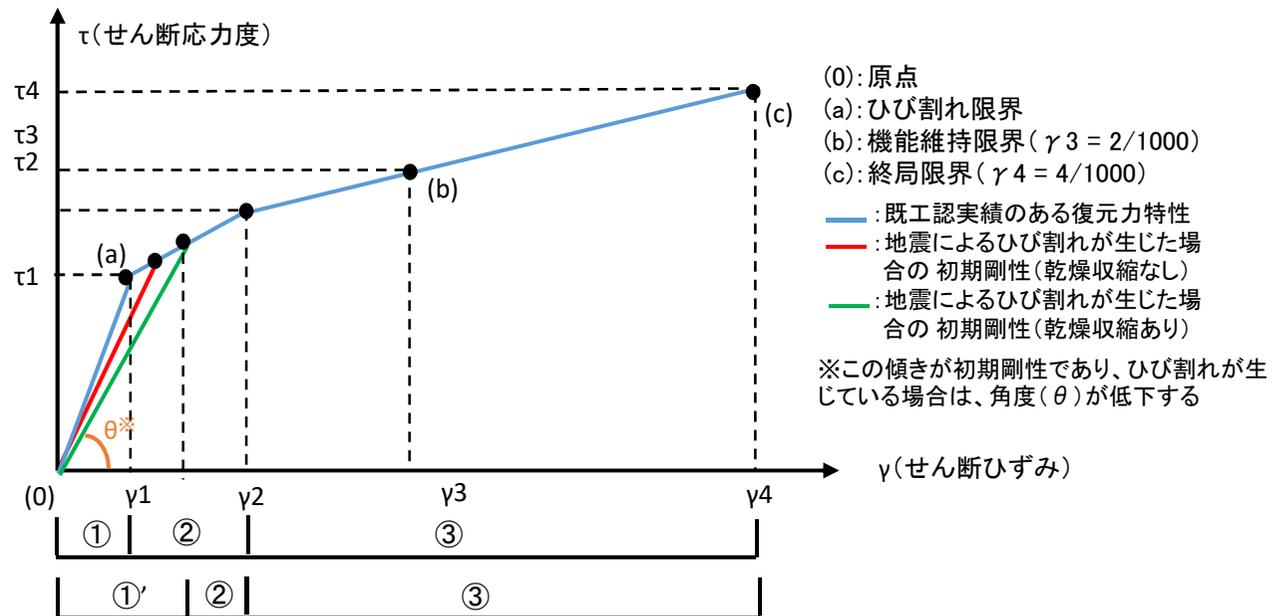


乾燥収縮は、主に骨材の収縮に起因しており、女川2号炉で使用している砂岩、頁岩は乾燥収縮量が多い

第4条 耐震設計方針(コンクリートのひび割れに伴う初期剛性低下3/5)

<審査書 P.33>

女川2号炉の今後の地震時の状況

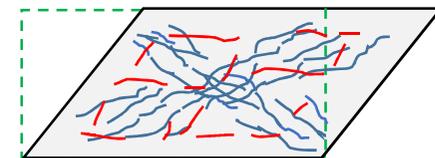
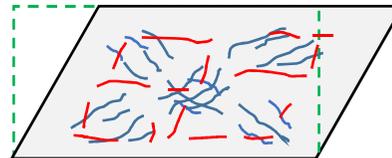
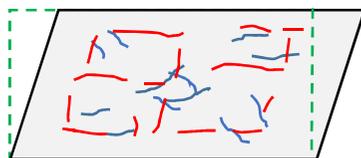
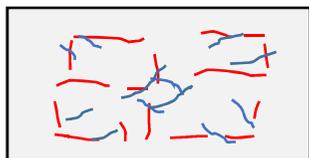


(0)女川の現状

①' 主にコンクリートが地震力を負担する領域(ひび割れにより初期剛性は低下)

②コンクリートのひび割れが進展、かつ、増大し、コンクリートと鉄筋で地震力を負担する領域(鉄筋は弾性範囲)

③さらに、コンクリートのひび割れが進展、かつ、増大し、コンクリートから鉄筋に地震力の負担が移行する領域

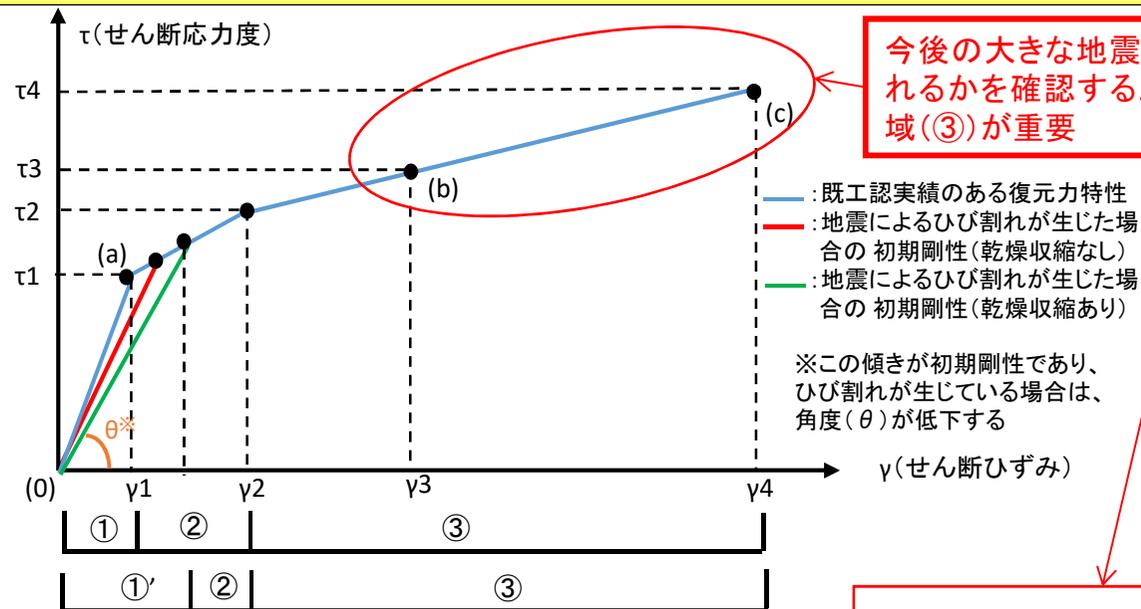


• 女川2号炉(ひび割れあり)は、ひび割れの影響により初期剛性が低下した状態から、今後の大きな地震に耐える

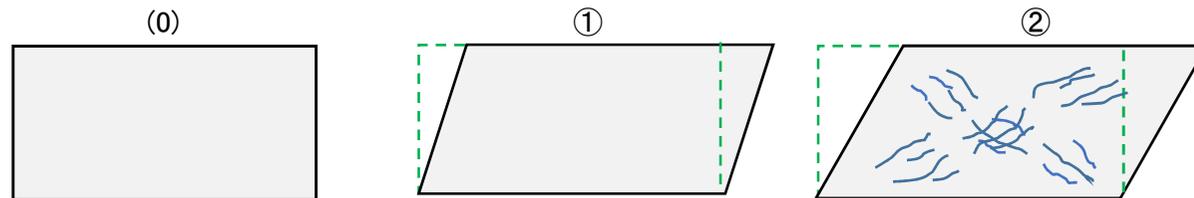
第4条 耐震設計方針 (コンクリートのひび割れに伴う初期剛性低下4/5)

<審査書 P.33>

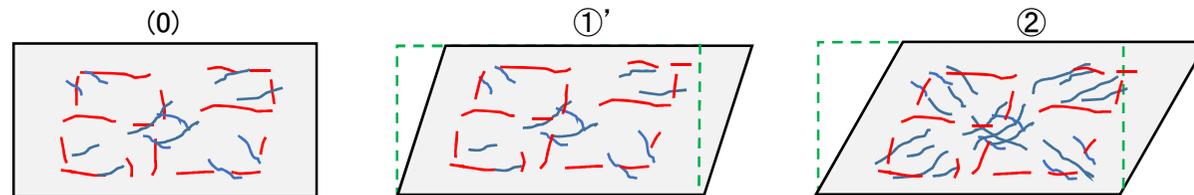
一般的な耐震壁(ひび割れなし)と女川2号炉の耐震壁(ひび割れあり)の今後の地震時の比較



一般的な耐震壁の地震時ひび割れ状況



女川2号炉の耐震壁の地震時ひび割れ状況



↑乾燥収縮ひび割れを除くと上記と同様↑

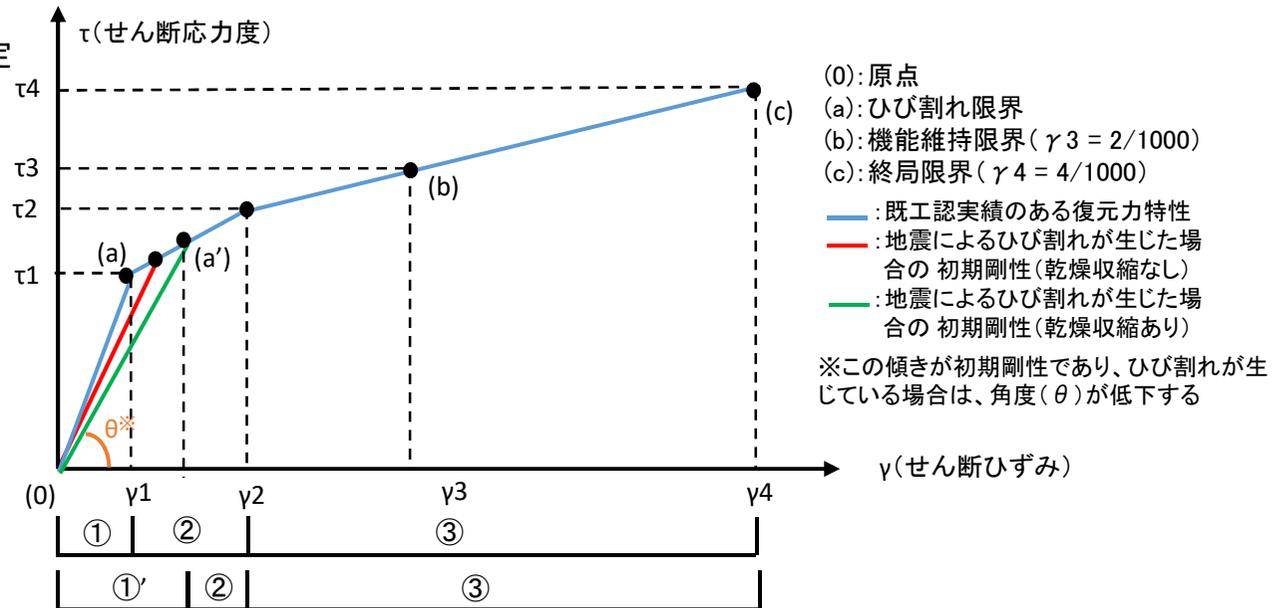
- 今後の大きな地震に対して耐えられるかを確認する上で重要な領域③の状態において、ひび割れなしの一般的な耐震壁と女川2号炉の耐震壁(ひび割れあり)では、耐震設計上の許容限界に対する鉄筋コンクリート造耐震壁の耐力は変わらない

第4条 耐震設計方針(コンクリートのひび割れに伴う初期剛性低下5/5)

<審査書 P.33>

耐震設計への反映

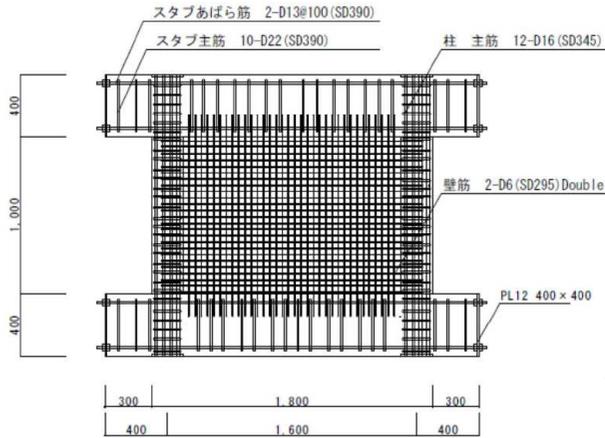
(0)→(a')→(b)→(c)として復元力特性を設定



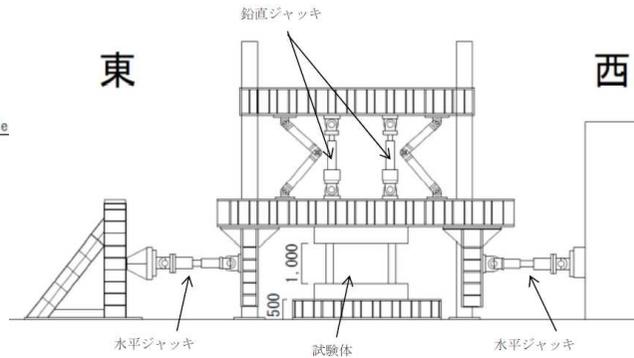
- 女川2号炉について、工事計画認可申請の審査において実績のある復元力特性に初期剛性低下を反映したもの(上記に示す復元力特性)を建物・構築物の地震応答解析に適用できることを確認

第4条 耐震設計方針

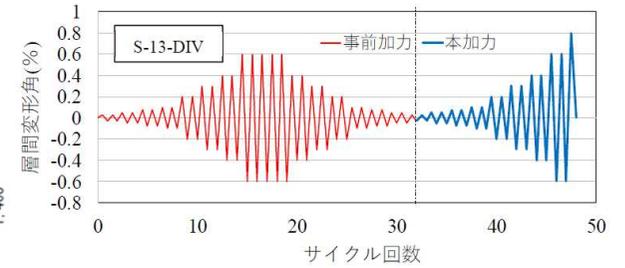
(コンクリートのひび割れに伴う初期剛性低下)
(参考資料1/2)



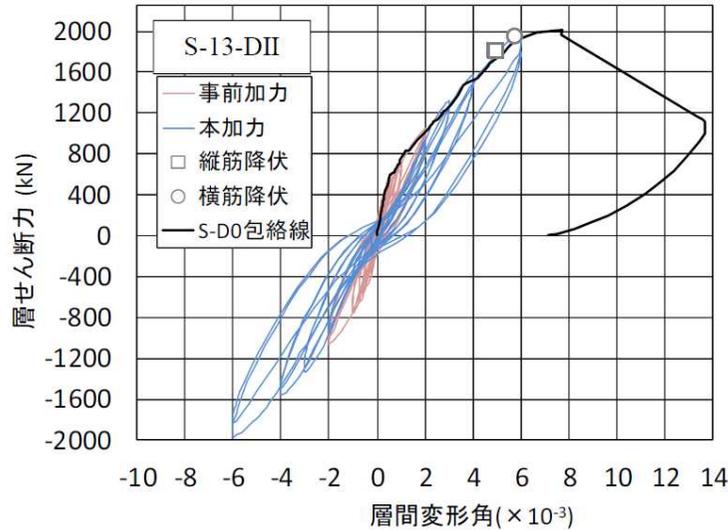
試験体



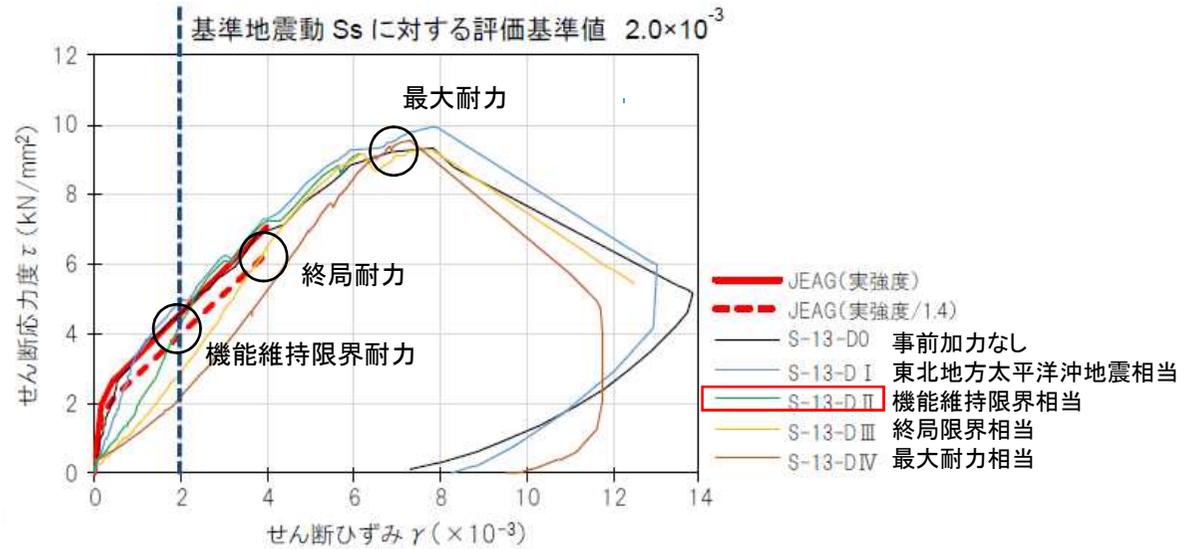
加力装置



加力サイクルの例



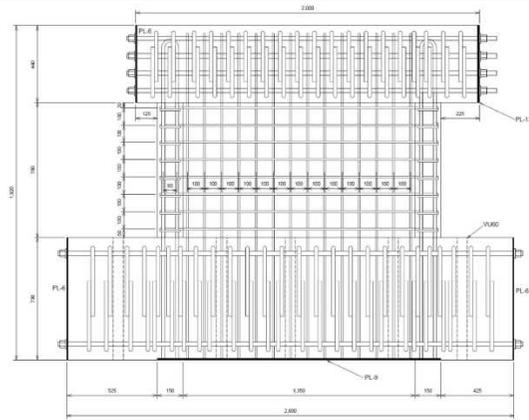
(事前加力として機能維持限界変形を与えた場合
:右記S-13-D II 試験体)



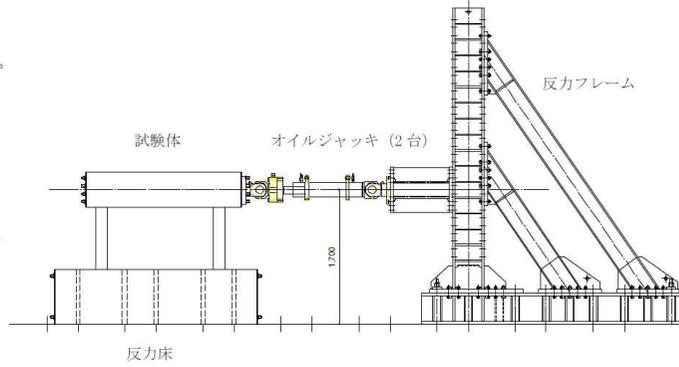
(様々な事前加力を与えた場合の復元力特性)

繰り返し実験結果

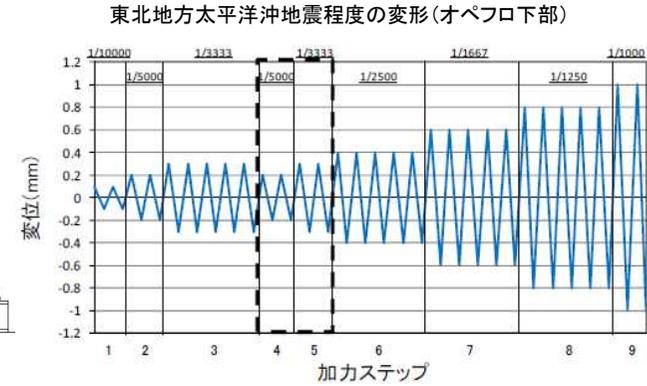
第4条 耐震設計方針 (コンクリートのひび割れに伴う初期剛性低下) (参考資料2/2)



試験体



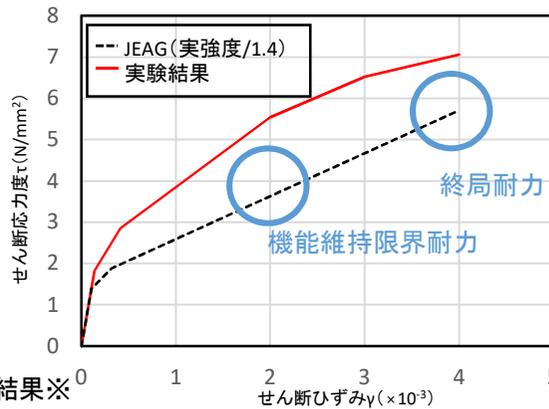
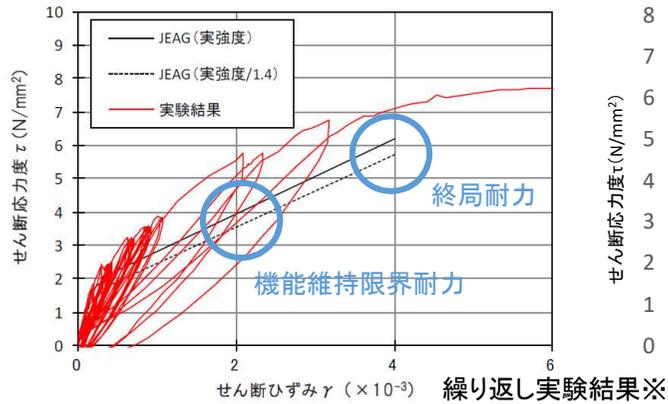
加力装置



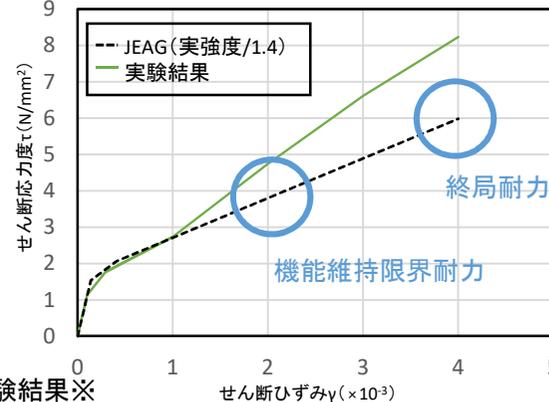
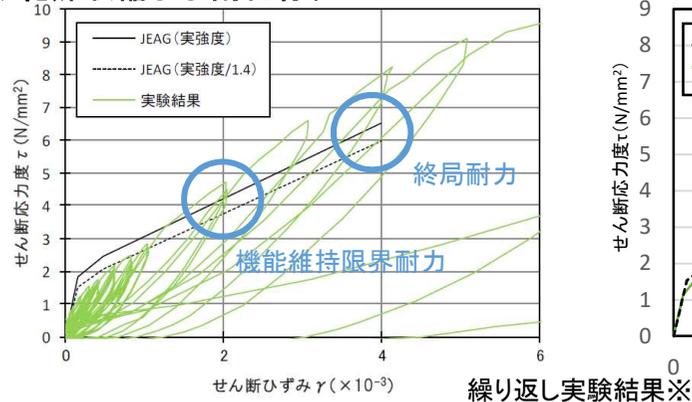
東北地方太平洋沖地震程度の変形(オペプロ下部)

加力サイクル

◆乾燥収縮ひび割れ無し



◆乾燥収縮ひび割れ有り



※右図は、左図の各サイクルの最大値を結んだ復元力特性であり、事業者のデータを用いて作成

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(2019年9月19日)から一部抜粋・加筆
<<http://www2.nsr.go.jp/data/000286142.pdf>>

第4条 耐震設計方針 (地下水位低下設備の効果を検討した地下水位の設定)

<審査書 P.41>

申請者の説明

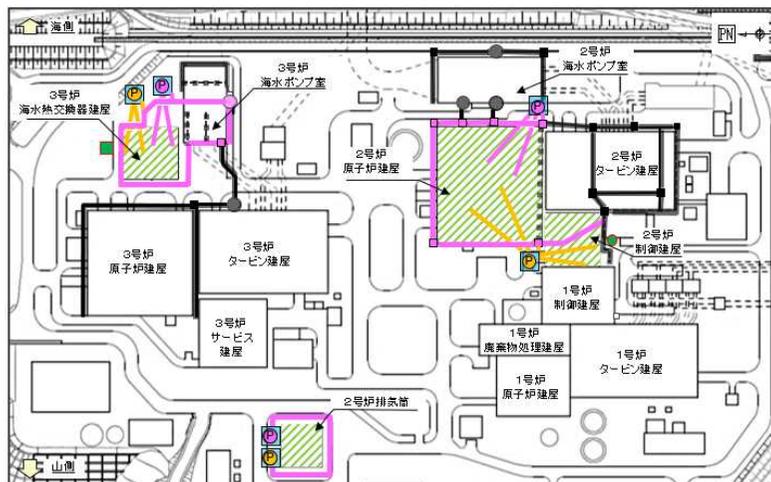
- 本発電所に特有な事象として、防潮堤下部を地盤改良することで敷地から海への地下水の流下がせき止められるため、地下水位が地表付近まで上昇する可能性があることを考慮
- 地下水位低下設備により一定の範囲に保持される地下水位を前提として、建屋の範囲だけではなく、敷地広範囲の設計用地下水位を適切に設定することで、建屋・構築物の設計及びその水位に基づく液状化評価を実施し、地盤変状が生じた場合においても機能が保持できる設計とする方針

規制委員会の指摘

- 地下水位低下設備は供用期間全てにおいて機能を有している必要があり、地下水位低下設備が機能喪失した場合には、重要安全施設等に影響を及ぼすことから、耐震性を含めた信頼性確保の考え方

申請者の説明

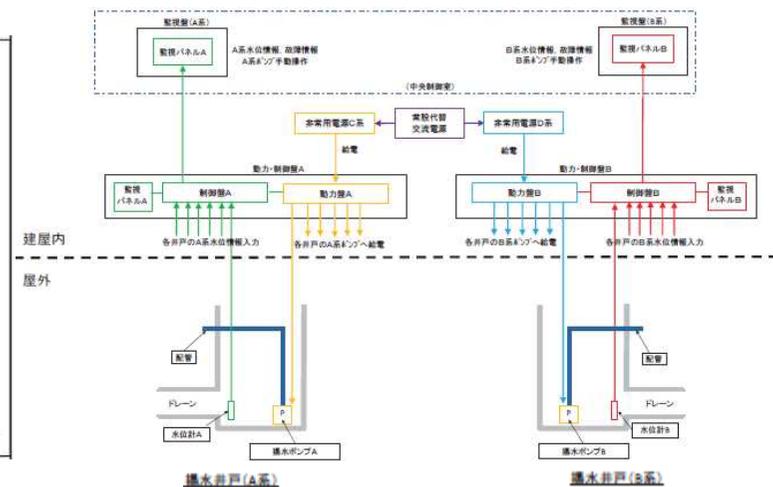
- 基準地震動に対して機能維持する設計
- 設置許可基準規則第12条第2項に規定する多重性又は多様性及び独立性の確保
- 全交流動力電源の喪失を想定し、常設代替交流電源設備からの電源供給が可能な設計
- 地下水位低下設備の機能喪失への対応として、可搬型設備等を確保するとともに、当該設備に対する運転上の制限(LCO)及びLCOを満足してない場合に要求される措置等を含めた運転管理における手順及び体制の整備



地下水位低下設備の設定例

<確認結果>

地下水位低下設備について、適切に信頼性を確保した上で、その効果を考慮し設計用地下水位を設定する方針であることを確認



地下水位低下設備の系統構成概要図

第3条 地盤(1/2 : 地盤の変位)

【要求事項】

- 耐震重要施設は、「将来活動する可能性のある断層等」の露頭が無いことを確認した地盤に設置する。

地盤の変位

<審査書 P.42-45>

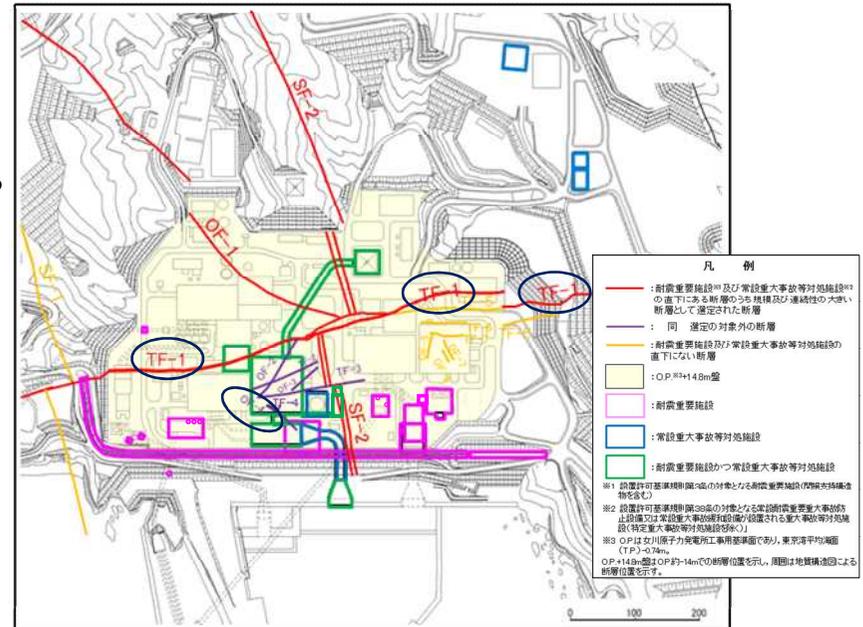
<審査結果の概要>

(第38条重大事故等対処施設についても同様。)

以下のことから、新規制基準に適合していることを確認。

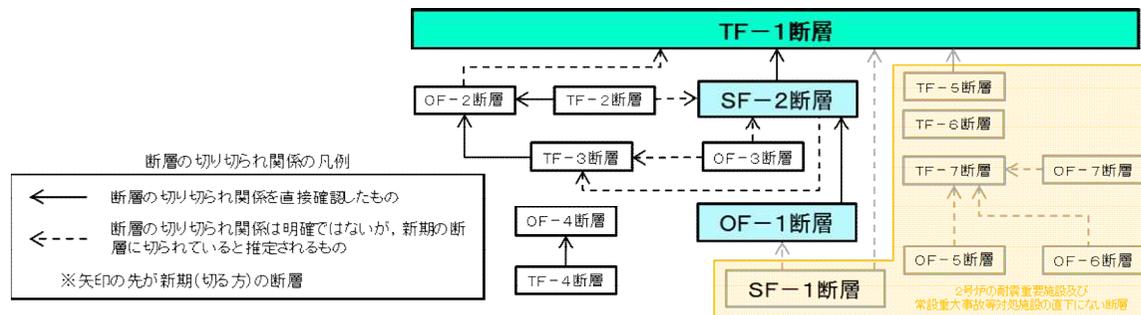
- 変位量、破碎幅及び連続性の観点から、敷地内の活動性の検討対象となる断層(16断層)を抽出していること
- 上記の断層から、耐震重要施設を設置する地盤に確認される断層(9断層)を抽出し、これらの断層について、その破碎規模や活動の新旧関係を確認した上で活動性評価の対象となる断層(2断層:TF-1断層及びOF-4断層)を抽出していること
- 当該2断層の活動性について、断層の活動最新面に確認される変形を受けていない高温環境下で晶出した鉱物脈の生成状況等について検討した結果、前期白亜紀の熱水活動が終息して以降に断層の活動がないものと評価し、当該断層は「将来活動する可能性のある断層等」には該当しないとしていること

【敷地内の検討対象断層と耐震重要施設等の位置】



(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉審査資料 第778回審査会合資料 (令和元年9月27日)から抜粋・加筆<<http://www2.nsr.go.jp/data/000285211.pdf>>)

【断層の切り切れ関係を示す模式図】



(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉審査資料 第778回審査会合資料(令和元年9月27日)から抜粋・修正 <<http://www2.nsr.go.jp/data/000285211.pdf>>)

第3条 地盤(2/2 :地盤の支持、地盤の変形)

【要求事項】

- 設計基準対象施設は、地震力に対して十分に支持することができる地盤に設置する。さらに、耐震重要施設は、基準地震動による地震力に対する支持性能が確保されていることを確認する。
- 耐震重要施設は、周辺地盤の変状が生じた場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置する。

地盤の支持

<審査書 P45-47>

<審査結果の概要> (第38条重大事故等対処施設についても同様)

以下のことから、新規制基準に適合していることを確認。

- 設計基準対象施設について、要求される地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する岩盤(マンメイドロック、杭、改良地盤を含む)に設置すること
- 耐震重要施設について、申請者が実施した動的解析の手法、地盤パラメータの設定方法等が適切であり、基準地震動を用いた評価を行った結果、評価基準値又は評価基準値の目安を満足していること(すべり安全率、基礎底面の接地圧、基礎底面の傾斜)

地盤の変形

<審査書 P.47-48>

<審査結果の概要> (第38条重大事故等対処施設についても同様)

以下のことから、新規制基準に適合していることを確認。

- 耐震重要施設は、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等による影響を受けるおそれはないが、液状化による地盤変状を考慮した場合においても、その安全機能が損なわれないよう、適切な対策を講ずる設計とする方針としていること
- 地殻変動による傾斜に関する評価が適切であり、評価基準値の目安を満足していること

第5条 基準津波(1/3)

【要求事項】

- 津波の発生要因として、地震のほか、地すべり、斜面崩壊その他の地震以外の要因、及びこれらの組合せによるものを複数選定し、各種の不確かさを十分に考慮して数値解析を実施し、策定する。

地震に伴う津波

＜審査書 P. 49-56＞

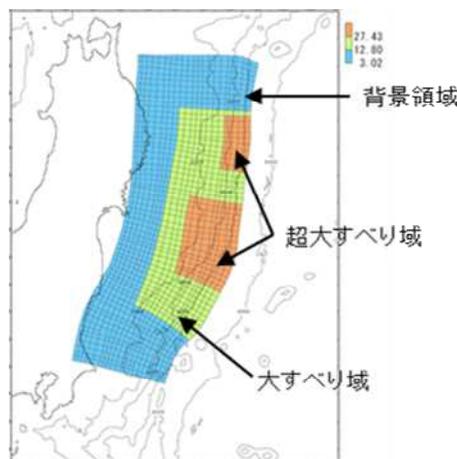
- 敷地に大きな影響を及ぼすおそれがある津波のうち、地震による津波について検討した結果、「東北地方太平洋沖型の地震による津波」(プレート間地震)(最大Mw9.13)、「1896年明治三陸地震による津波」(津波地震(プレート間地震))(Mw8.5)*1及び「1933年昭和三陸地震による津波」(海洋プレート内地震)(Mw8.6)*1を検討対象波源として選定。
- *1 津波評価の結果「東北地方太平洋沖型の地震による津波」と比較し、敷地への影響が小さいことを確認

東北地方太平洋沖型の地震(プレート間地震)に起因する津波

＜審査書案 P. 51-54＞

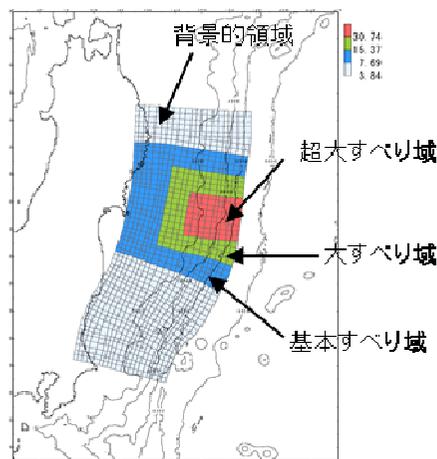
- “広域の津波特性を考慮した特性化モデル”として「基準断層モデル①」、「宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデル」として「基準断層モデル②」及び「基準断層モデル③」を設定。

【基準断層モデル】



基準断層モデル①

青森県北部～茨城県南部の痕跡高の再現性を確認
(面積S:129,034km²、地震規模Mw:9.13)

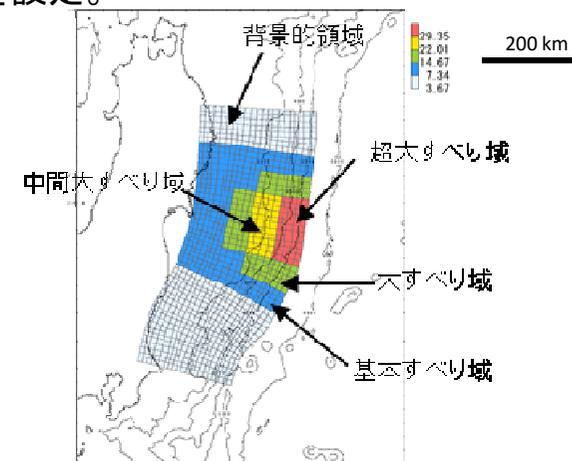


基準断層モデル②

既存の広域の津波特性を再現するモデル*2と、今回設定した震源断層モデルの面積の違いを考慮し、すべり量を20%割増し

(S:107,357km²、Mw:9.04)

*2 内閣府(2012)、Satake et al.(2013)、杉野ほか2013)



基準断層モデル③

基準断層モデル②をベースに、未知の分岐断層の活動及び海底地すべりの発生可能性を考慮し、海溝側のすべりを強調するように、大すべり域及び超大すべり域の形状を変更し、中間すべり域を配置

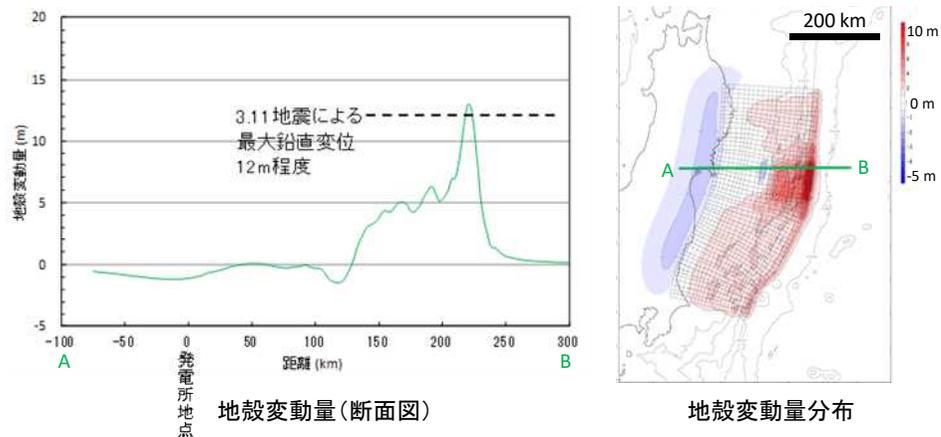
(S:107,357km²、Mw:9.04)

(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉審査資料
第778回審査会合資料(令和元年9月27日)から抜粋・修正
<<http://www2.nsr.go.jp/data/000285218.pdf>>)

第5条 基準津波(2/3)

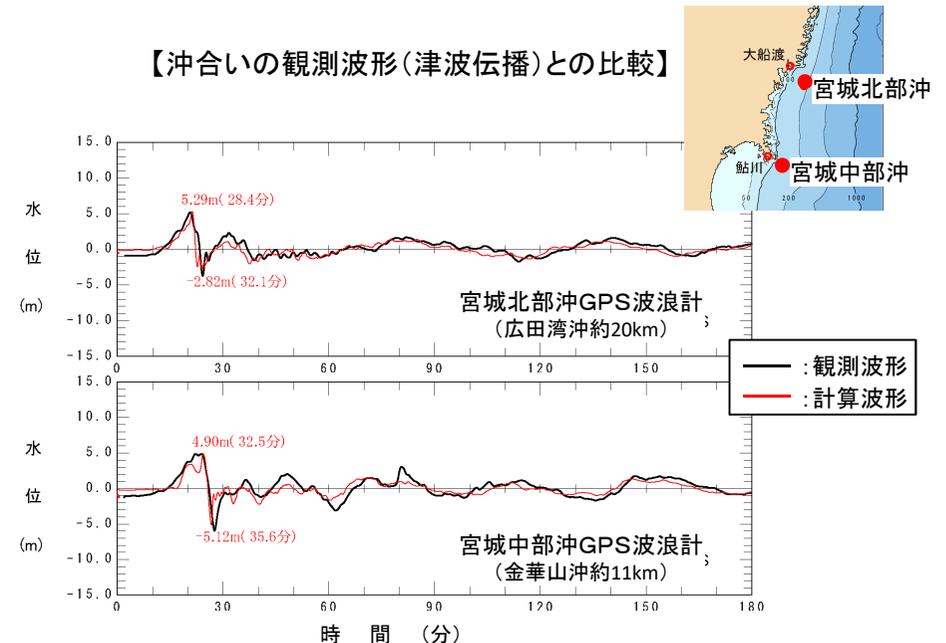
- 基準断層モデル②のもととなる宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルは日本海溝付近における地殻変動量で2011年東北地方太平洋沖地震による最大鉛直変位を上回っているとともに、同地震の沖合いの津波観測波形を良好に再現できている。

【地殻変動量(プレート境界の破壊)との比較】



(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉審査資料 第778回審査会合資料(令和元年9月27日)から抜粋・加筆<<http://www2.nsr.go.jp/data/000285218.pdf>>)

【沖合いの観測波形(津波伝播)との比較】



< 審査結果の概要 >

以下のことから、新規基準に適合していることを確認。

- 広域の津波特性を考慮した特性化モデルについては、敷地を含む宮城県周辺において、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の痕跡高よりも評価結果の方が大きく、保守的なモデルとなっていること
- 宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルについては、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波を良好に再現するモデルを設定した上で、大すべり域・超大すべり域のすべり量を20%割増したモデル及び海溝側のすべりを強調したモデルを設定していること
- これらの特性化モデルは、最新の知見を踏まえ、大すべり域等の位置、面積、すべり量等について、不確かさを考慮して設定していること。大すべり域等の位置については、10km単位で移動させたパラメータスタディを行い、敷地への影響が最も大きい位置を抽出していること
- 敷地への影響が大きいパラメータについて検証した上で、詳細なパラメータスタディを行っていること

第5条 基準津波(3/3)

【要求事項】

- 基準津波は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切なものを策定する。

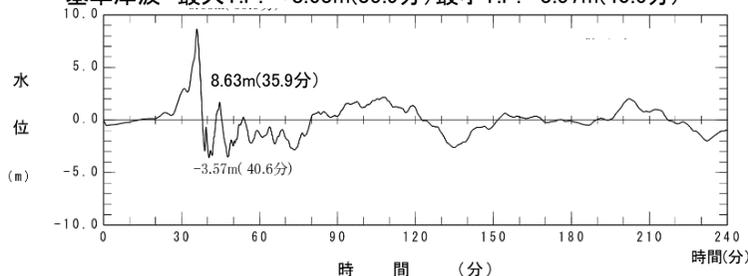
基準津波の策定

＜審査書 P. 57-58＞

- 地震による津波、地震以外の要因による津波及びそれらの組合せによる津波について検討した結果、敷地に最も影響を与える「東北地方太平洋沖型の地震による津波」を基準津波として策定。

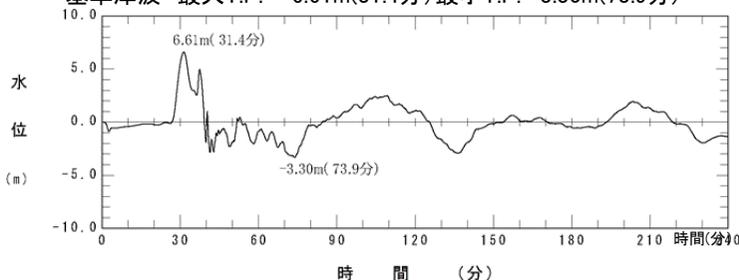
【基準津波定義位置における水位時刻歴波形※1】

基準津波 最大T.P. +8.63m(35.9分) 最小T.P. -3.57m(40.6分)



基準津波定義位置における時刻歴波形(上昇側最大:基準断層モデル③-1※2)
 ※2 大すべり域・超大すべり域の位置:標準/破壊開始点及び破壊伝播速度:基準(同時破壊)

基準津波 最大T.P. +6.61m(31.4分) 最小T.P. -3.30m(73.9分)



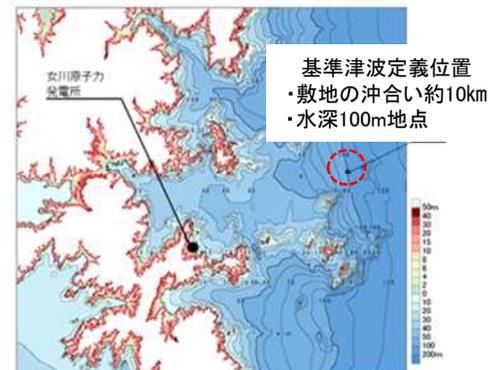
基準津波定義位置における時刻歴波形(下降側最大:基準断層モデル②-1※3)

※3 大すべり域・超大すべり域の位置:標準/破壊開始点:P5/破壊伝播速度:1.0km/s

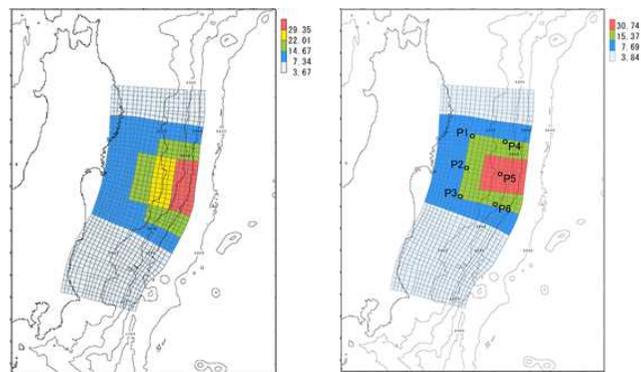
(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉 審査資料 第778回審査会合資料

(令和元年9月27日)から抜粋・加筆<<http://www2.nsr.go.jp/data/000285218.pdf>>

【基準津波定義位置】 10 km



※1 女川湾の形状、海底地形等による伝播特性の影響で、基準津波定義位置と敷地前面等の評価点とでは水位時刻歴波形が変化するとともに、最高水位、最低水位を示す時間は必ずしも一致しない。基準津波は、評価点での最高水位、最低水位で決められている。



【基準津波波源図(左:水位上昇側 右:水位下降側)】

＜審査結果の概要＞

- 最新の科学的・技術的知見を踏まえ、各種の不確かさを十分に考慮して、基準津波が適切に策定されていることから、新規制基準に適合していることを確認。

第5条 耐津波設計方針 (復旧・改修工事計画が入力津波の評価に与える影響)

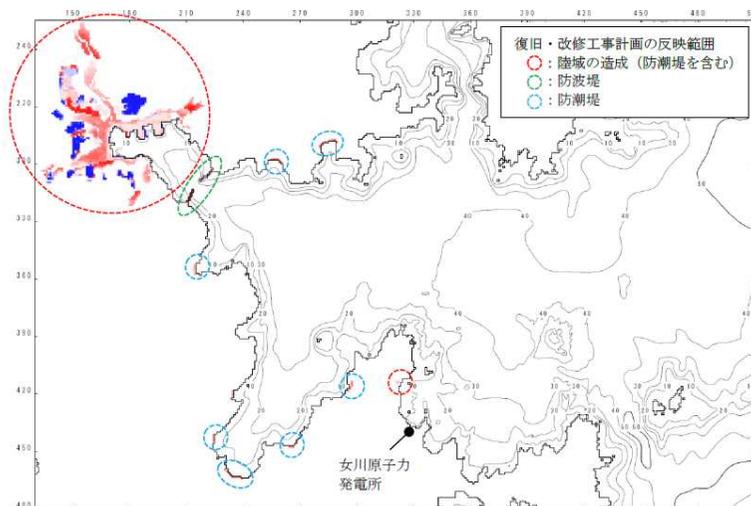
<審査書 P.63>

申請者の説明

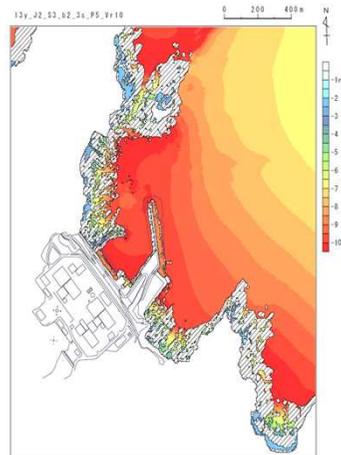
- 入力津波の評価について、2011年東北地方太平洋沖地震後の女川町等の復旧・改修工事計画を地形データに反映しない方針

規制委員会の指摘

- 復旧・改修工事計画の完了前及び完了後のいずれにおいても保守的な入力津波を採用することが必要

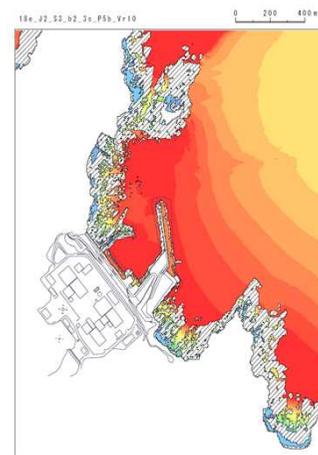


現状評価の地形と工事計画を反映した地形の差分図

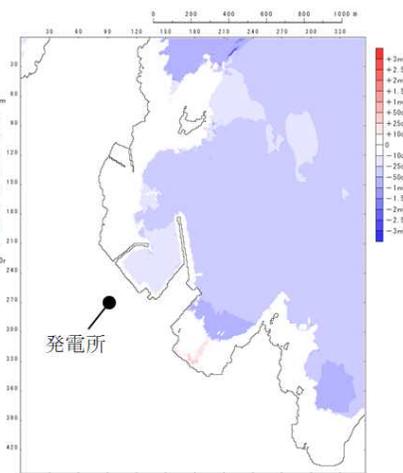


現状評価

最大水位下降量分布(発電所周辺)



工事計画の反映



差分

(工事計画の反映－現状評価)

	2号炉取水口前面
現状評価 (A)	-10.38m
工事計画の反映 (B)	-10.50m
(B) - (A)	-0.12m

最大水位下降量(津波解析)の比較

<確認結果>

- 復旧・改修工事計画の反映前後の評価結果を比較した上で、双方の評価結果から保守的な入力津波を採用
 - 上昇側の入力津波に与える影響なし
 - 下降側の入力津波は、復旧・改修工事計画を反映しない評価結果より最低水位は低くなるため、復旧・改修工事計画の反映後の入力津波に変更

第5条 耐津波設計方針 (防潮堤のうち鋼管式鉛直壁の構造成立性、止水性の確保)

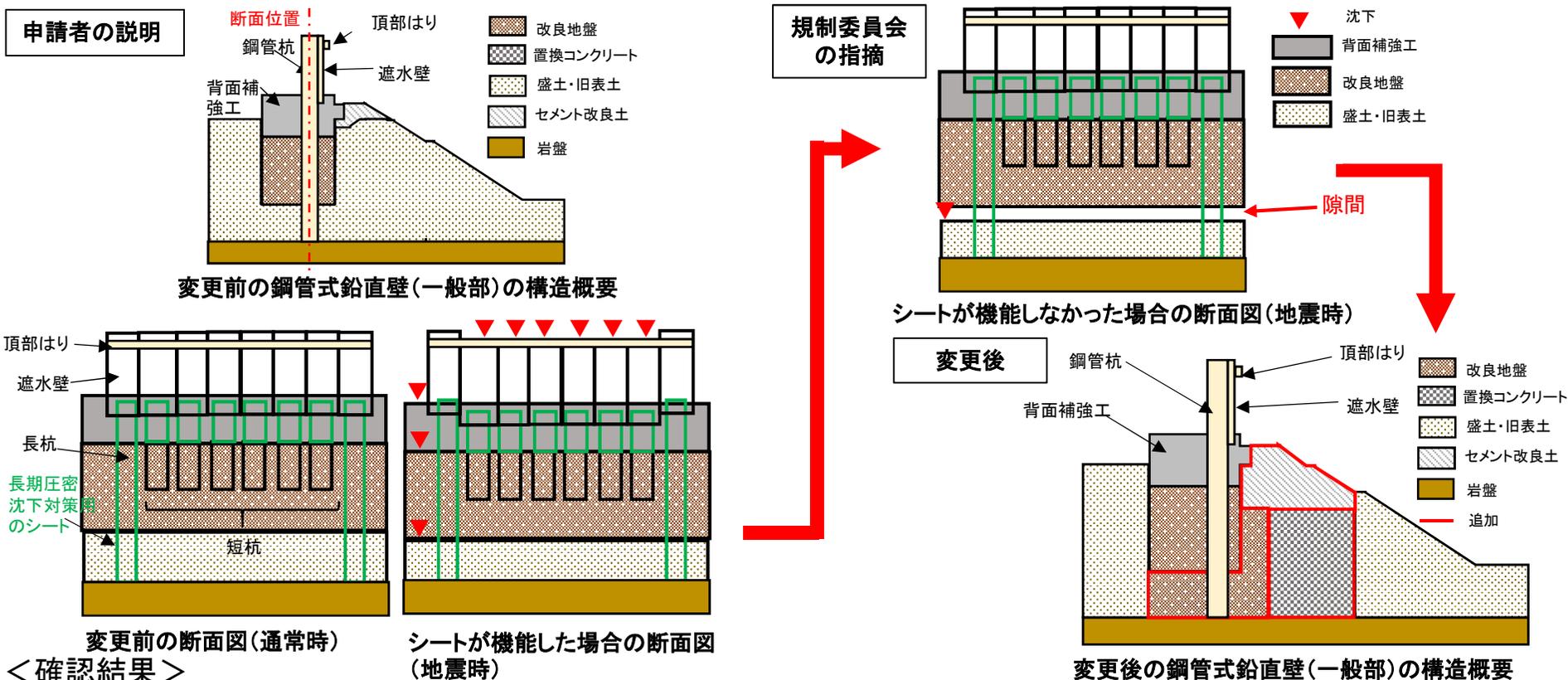
<審査書 P.79>

申請者の説明

- ・ 長杭は岩盤に支持させ、岩盤上の盛土・旧表土の上部に改良地盤及び背面補強工を設置することで短杭及び遮水壁を支持
- ・ 鋼管杭の周囲に粘性土の長期圧密沈下対策用のシートを施工し、そのすべり性能を利用して背面補強工及び改良地盤を盛土・旧表土の不等沈下に追従させることで止水性を確保

規制委員会の指摘

- ・ 地震時(短期)の盛土・旧表土の不等沈下に対して、用途の異なるシートのすべり性能が機能しなければ、背面補強工及び改良地盤が沈下せず、地中に隙間ができ、止水性を喪失する可能性がある
- ・ 試験等に基づきシートの地震時におけるすべり性能を検証することが必要



- <確認結果>
- ・ 以下の構造に抜本的に改善することにより、構造成立性を確認
 - 地震時の不等沈下対策として岩盤上の盛土・旧表土を地盤改良
 - 支持地盤のすべり安定性を確保するため、鋼管式遮水壁の海側前面に置換コンクリートを設置

第5条 耐津波設計方針(防潮壁の構造成立性)

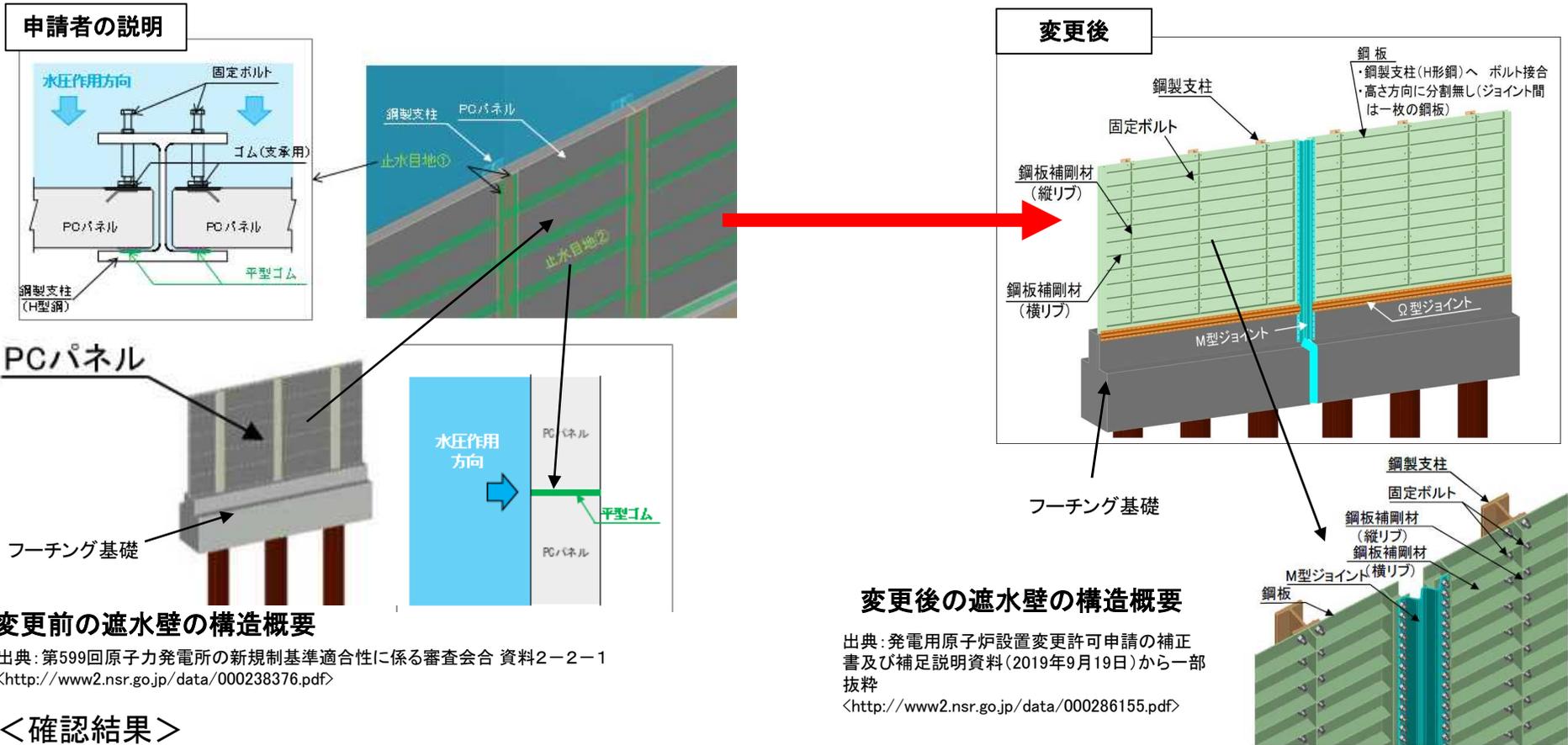
<審査書 P.80>

申請者の説明

- ・ フーチング基礎に設置したH型の鋼製支柱間にプレキャストコンクリート(以下「PC」という。)パネルを多層に分割してはめ込む構造
- ・ PCパネルと鋼製支柱の間及びPCパネル間に止水性を兼ねたゴム支承(止水目地)を設置し、ゴム支承に変位追従性も期待

規制委員会の指摘

- ・ 止水性、支持性、変位追従性を同時に担うゴム支承の採用は審査実績がないこと、かつ、適用できる規格基準がないことから、構造及び設計の成立性について振動試験等で確認が必要



変更前の遮水壁の構造概要

出典: 第599回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 資料2-2-1
 <<http://www2.nsr.go.jp/data/000238376.pdf>>

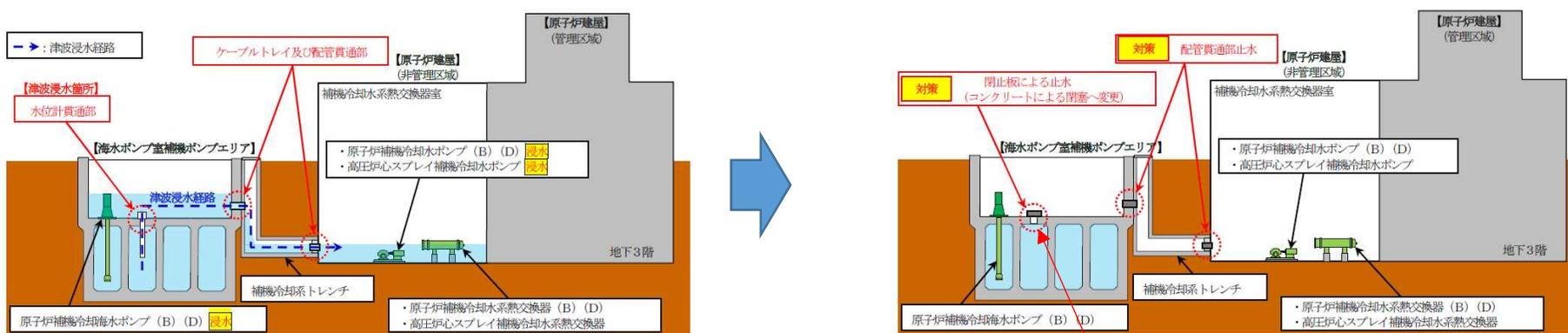
<確認結果>

- ・ 以下の審査実績のある構造に抜本的に改善することにより、構造及び設計の成立性を確認
 - PCパネル遮水壁とゴム支承を取りやめ、鋼製遮水壁を支柱にボルトで接合
 - 遮水壁間の構造上の継ぎ手部には、止水性及び変位追従性に実績のある止水ゴムを設置

第5条 耐津波設計方針 (東北地方太平洋沖地震に伴う津波の流入) (参考資料)

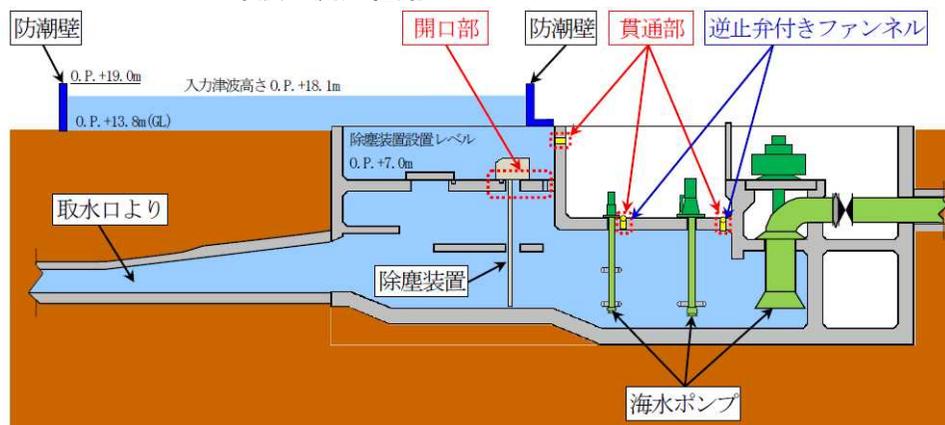
東北地方太平洋沖地震に伴う津波の流入と対応

- 東北地方太平洋沖地震に伴う津波が、取水路から海水ポンプ室補機ポンプエリアに浸水し、同エリアのケーブルトレイ及び配管貫通部を通じ、原子炉建屋の原子炉補機冷却水系熱交換器室に流入
- 流入した津波により、補機冷却水系熱交換器室に設置している原子炉補機冷却海水ポンプ、高圧炉心スプレィ補機冷却水ポンプが浸水し、非常用ディーゼル発電機等が自動停止
- 浸水経路となった箇所閉止板の設置及び貫通部の止水処置を実施、今回の申請において津波の流入経路となり得る箇所津波防護施設及び浸水防止設備を設置



津波の流入経路

流入経路に対する対策



津波防護施設及び浸水防止設備の概要図



閉止板 概要図
(今後、コンクリートによる閉塞を実施)

第6条 外部からの損傷の防止(火山事象)(1/2)

【要求事項】

- 火山事象が発生した場合においても安全施設の安全機能が損なわれないように設計する。

火山活動に関する個別評価(設計対応不可能な火山事象)

＜審査書案 P.90-92＞

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として敷地から半径160km以内の11火山を抽出し、火砕物密度流、溶岩流等の火山現象の影響評価を行った結果、十分な離隔距離があり敷地に到達しないこと等から、本発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価。

火山事象の影響評価(降下火砕物の影響評価)

＜審査書案 P.93-94＞

- 降下火砕物については、降下火砕物の分布状況及び降下火砕物シミュレーション結果から総合的に判断し、鳴子荷坂テフラ(鳴子カルデラ)を考慮し、敷地における最大層厚を申請時の10cmから15cmへ見直し。

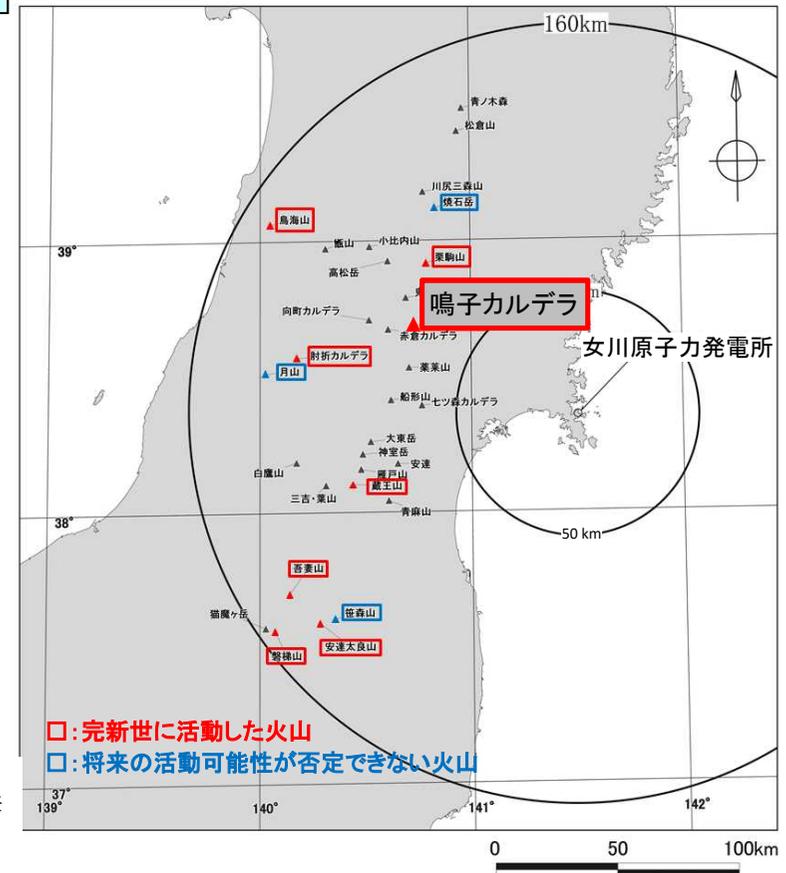
(東北電力(株)女川原子力発電所2号炉審査資料
第778回審査会合資料(令和元年9月27日)から抜粋・加筆
<<http://www2.nsr.go.jp/data/000285222.pdf>>)

＜審査結果の概要＞

以下のことから、新規規制基準に適合していることを確認。

- 火砕物密度流は敷地周辺までの到達は認められないこと等から、設計対応不可能な火山事象が影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価していること
- 降下火砕物の最大層厚等は、最新の文献調査及び地質調査結果を踏まえ、降下火砕物の分布状況等から総合的に判断し、不確かさを考慮して適切に設定されていること

【敷地から半径160km以内の影響を及ぼし得る火山の位置図】



【要求事項】

- 火山灰などの降下火砕物に対して、安全機能が損なわれないこと。
 - 建物などへの負荷、配管の閉塞、その他設備への機械的及び化学的影響、並びに大気汚染等の影響(直接的な影響)
 - 外部からの送電停止や発電所外部との交通の遮断(間接的な影響)

<申請の概要>

- 火山灰による直接的影響
 - 火山灰が15cm堆積しても、建屋や設備は耐えることが出来る設計とする。
 - 火山灰が施設の内部に入り込まないようにフィルタを設置する。
 - 火山灰に含まれる腐食性成分による化学的影響(腐食)に対して、安全機能が損なわれないように、外装塗装等を実施する。
- 火山灰による間接的影響
 - 外部からの送電停止や、外部との交通の遮断を考慮して、発電所内にディーゼル発電機等を備え、電力の供給を可能とすることにより、外部からの支援がなくても、原子炉及び使用済燃料プールの安全性が損なわれないように対応する。

<審査結果の概要>

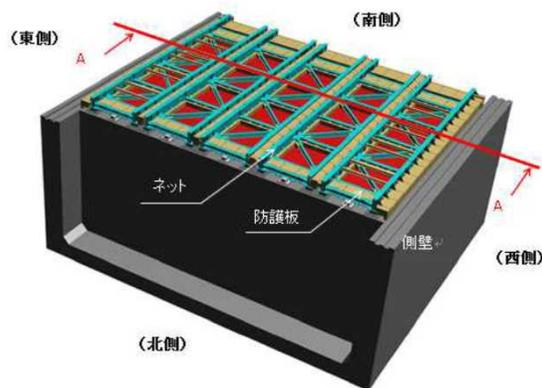
火山灰の影響があっても、安全機能が損なわれない設計であると判断

【要求事項】

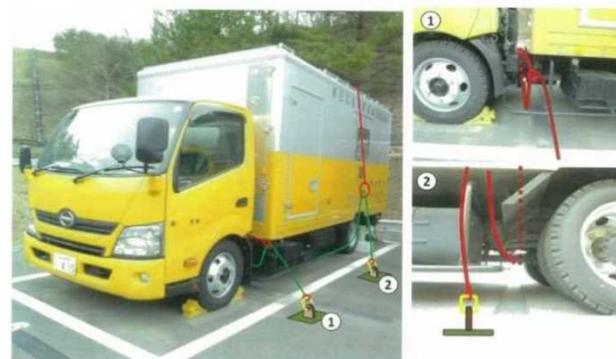
- 原子力発電所の立地地域の特性等を考慮して、想定される**最大の竜巻**を設定。
- 想定される**竜巻による荷重**(風圧力、気圧差、飛来物の衝撃荷重)に対しても原子炉施設の安全機能が損なわれないこと。
- 竜巻により発生する火災、外部電源喪失等により安全機能が損なわれないこと。

<申請の概要>

- 発電所が立地する太平洋沿岸地域で観測された過去最大の竜巻のスケールの風速上限値92m/sの竜巻を基準竜巻として設定。それに対して、**100m/sの竜巻**から防護できるように設計。飛来物に対する**防護ネット等**の設置や飛来物の飛散防止を実施。
- 竜巻により発生する可能性のある火災、溢水及び外部電源喪失に対しても安全機能が損なわれないことを確認



防護ネット等の設置イメージ



飛来物発生防止対策の例(固縛)

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(2019年9月19日)から一部抜粋、加筆 <<http://www2.nsr.go.jp/data/000286153.pdf>>

<審査結果の概要>

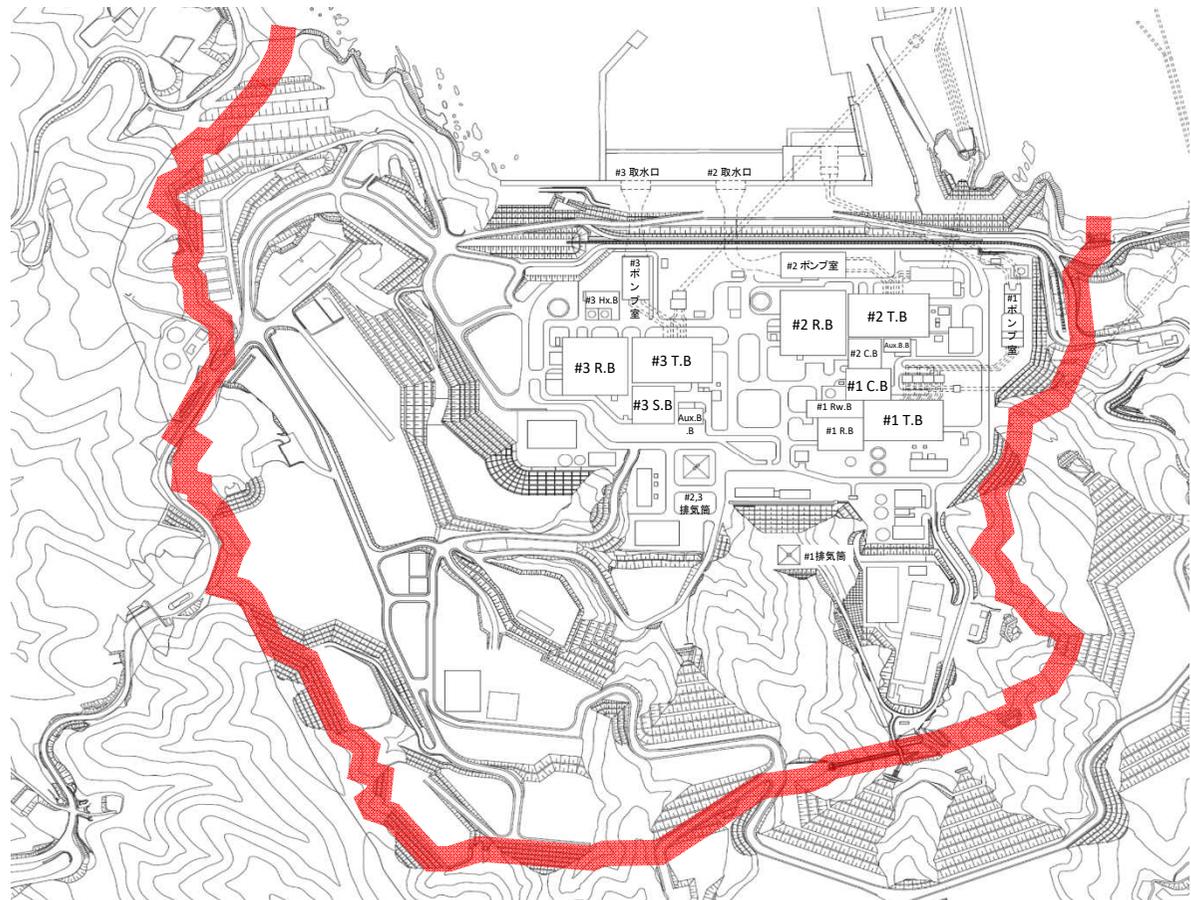
竜巻の影響に対して、安全機能が損なわれない設計方針であると判断

【要求事項】

原子力発電所の敷地外で発生する森林火災及び近隣の産業施設(工場、コンビナート等)による火災・爆発により、発電用原子炉施設の安全機能が損なわれないこと。

<申請の概要>

- 森林火災については、発火点を敷地周辺10km以内に設定し、**もっとも厳しい気象条件や風向き等**を設定して評価しても、安全機能が損なわれない措置を講じる。
 - 必要な防火帯幅19.7mに対し、**約20mの幅の防火帯**の設置による延焼防止対策
 - 火災による**熱**に対する防護設計
 - 火災による**ばい煙**に対する防護設計(フィルタ等の設置)
- 近隣の産業施設の火災影響については、発電所敷地外の半径10km以内に石油コンビナート等に相当する施設はないとしている。



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
(2019年9月19日)から一部抜粋 <<http://www2.nsr.go.jp/data/000286150.pdf>>

<審査結果の概要>

森林火災や近隣の産業施設の火災の想定は妥当であり、外部火災に対して安全機能が損なわれない設計方針であると判断

【要求事項】

- 航空機が発電用原子炉施設に落下する確率が、原子炉1基ごとに1千万年に1回(10^{-7} 回/炉・年)を超える場合、航空機の衝突について設計上考慮すること。
- 航空機の落下による火災により、安全機能が損なわれないこと。

<申請の概要>

- 航空機落下については、最近20年間の航空機落下の実績を踏まえ、発電用原子炉施設への落下の確率を評価した結果、1千万年に1回の頻度を下回っているため、設計上考慮する必要がない。
- 航空機落下による火災の設定が、外部火災ガイドを踏まえたものであり、航空機落下確率が1千万年に1回以上となる範囲が設定されていること、搭載された全燃料が燃焼した場合を想定していること、その上で輻射強度が最大となる航空機の種類と落下地点を想定することにより、航空機落下による火災が保守的に設定されている。
- 航空機落下による火災を想定しても、発電用原子炉施設は十分な耐火性能を有し、安全機能が損なわれない設計としている。

<審査結果の概要>

- 航空機落下を設計上考慮する必要がないとしたことは妥当と判断
- 航空機落下確率が 10^{-7} 回/炉・年以上となる範囲が設定されており、航空機落下による火災が保守的に設定されていることを確認した。
- 航空機落下による火災に対して、安全機能が損なわれない設計方針であると判断
- 故意による航空機衝突への対策は、発電用原子炉施設の大規模な損壊への対応に係る審査で確認

【要求事項】

- 設計上考慮すべきその他自然現象によって、安全施設の安全機能が損なわれない。
- 設計上考慮すべきその他人為事象によって、安全施設の安全機能が損なわれない。

<申請の概要>

- 国内外の基準や文献等に基づき自然現象及び人為事象を抽出。
- 海外の選定基準を考慮の上、発電所の敷地及び敷地周辺の環境、状況を踏まえて、以下のよう
に抽出。

(自然現象)

竜巻、火山の影響、森林火災、風(台風)、降水、落雷、生物学的事象、凍結、積雪、地滑り、高潮
洪水

(人為事象)

爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害、飛来物(航空機落下)、ダムの崩
壊

<設計方針>

想定する自然現象の規模については、主に発電所の立地地域である女川町等に対する設定値が
定められている規格・基準類、過去の観測記録をもとに設定。

<審査結果の概要>

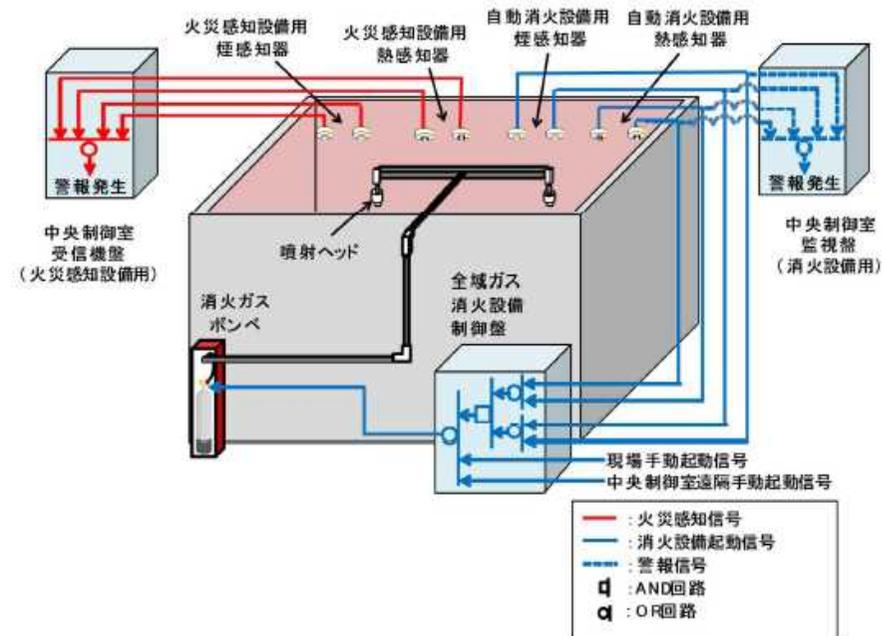
その他自然現象及び人為事象に対して、安全機能が損なわれない設計方針であると判断

【要求事項】

火災により、発電用原子炉施設の安全性が損なわれないようにするため、設計基準対象施設に対して必要な設備・機能(火災の発生防止、感知及び消火並びに影響軽減)を有することを要求

<申請の概要>

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器を防護するため、**火災区域**及び**火災区画**を設定。
- 火災区域及び火災区画に対して、火災の**発生防止**、火災の**感知及び消火**並びに火災の**影響軽減**のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。
- 火災防護対策並びに火災防護対策を実施するために必要な手順、機器及び職員の体制を含めた**火災防護計画**を策定する。



消火困難となる火災区画の感知消火設計(全域ガス消火設備)

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(2019年9月19日)から抜粋
<http://www2.nsr.go.jp/data/000286147.pdf>

<審査結果の概要>

規制委員会は、上記の項目について、申請の内容を確認した結果、火災防護基準にのっとり、設置許可基準規則に適合するものと判断した。

第8条 内部火災への対策(1/3)

<審査書 P.114>

- 原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構造物、系統及び機器について、火災の発生防止、感知及び消火、影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計としていることを確認

【発生防止】

- 発火性物質又は引火性物質の漏えい及びその拡大の防止対策
- 水素漏えいに対し、水素濃度検出器の設置
- 不燃性材料、難燃性材料、難燃ケーブルを使用

【感知及び消火】

(1) 火災感知設備

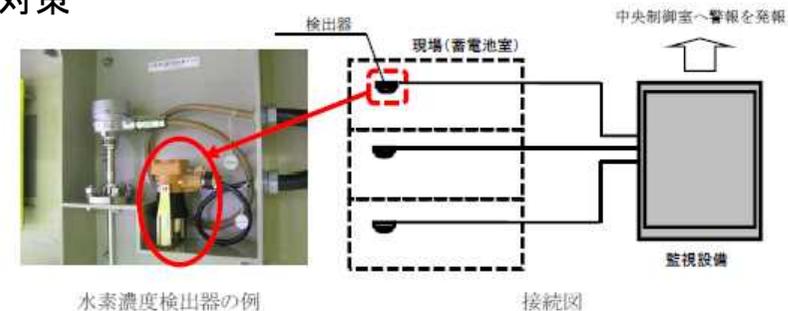
- 異なる種類の感知器を組み合わせて設置。
- 外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保。

(2) 消火設備

- 消火器等を設置するほか、消火困難なところには、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置(ハロゲン化物自動消火設備等)。
- 消火用水供給系の水源及び消火ポンプ系は、多重性又は多様性を備える。

【影響軽減】

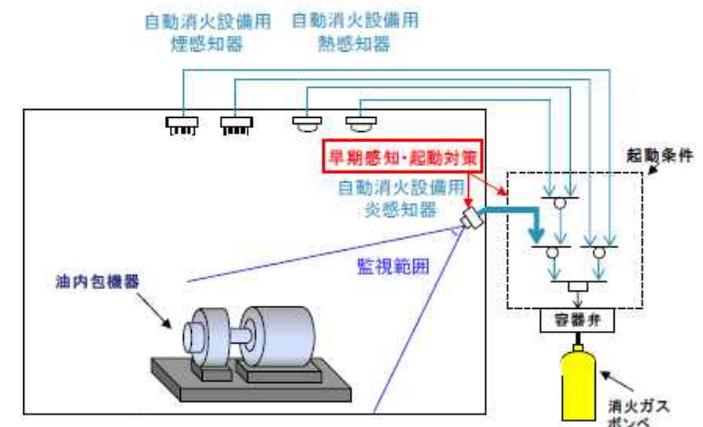
- 「3時間以上の耐火能力を有する隔壁等による分離」又は「1時間の耐火能力を有する隔壁等による分離+火災感知・自動消火」



水素濃度検出器の例

接続図

蓄電池設置区域への水素濃度検出器設置



早期感知・起動対策の概要

油内包設備区域へのハロゲン化物消火設備(局所)設置

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(2019年9月19日)から抜粋
<<http://www2.nsr.go.jp/data/000286147.pdf>>

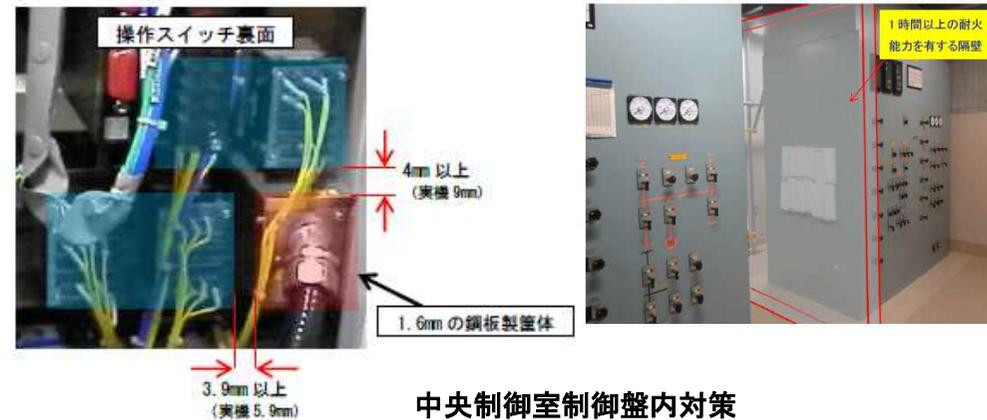
- 火災防護対策並びに実施手順、体制を含めた火災防護計画を策定する方針を確認

第8条 内部火災への対策(2/3) 個別の対策

<審査書 P.122>

【中央制御室】

- 中央制御盤内には高感度煙感知設備を設置
- 盤内配線は、異なる系列間を分離するため、金属バリアによる離隔又は離隔距離を確保
- 火災の発生箇所の特特定が困難な場合を想定し、サーモグラフィカメラを配備
- 消火活動の手順を定め、訓練の実施



【ケーブル処理室】

- 全域ガス消火設備により消火
- 異なる区分によりケーブル処理室を分けて設置



【原子炉格納容器】

- 火災源の影響の限定化
- 火災感知器の設置及び停止後の交換
- 窒素封入継続による窒息消火の実施又は窒素注入作業を中止し消火活動を実施



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(2019年9月19日)から抜粋
<<http://www2.nsr.go.jp/data/000286147.pdf>>

火災及び地震等の災害発生に備え被害を最小限に留めるため、自衛消防組織を編成し、火災防護計画にその役割を定めることを確認

- 初期消火要員10名以上が敷地内に24時間常駐
- 下記設備を敷地内で基準津波の影響が及ばない保管場所に配置
化学消防自動車(2台、泡消火薬剤(500リットル/台))
泡原液搬送車(1台、泡消火薬剤 1,000リットル/台))
- 消火対応の力量を維持するために計画的に訓練を実施



化学消防自動車



泡原液搬送車

【要求事項】

- 内部溢水※により安全機能が損なわれないこと。
- 放射性物質を含む液体を内包する容器、配管、その他の設備からの放射性物質を含む液体があふれ出した場合において、当該液体が管理区域外へ漏えいしないこと。
- 内部溢水については、「配管の破損による水の流出」、「消火水の放水」、「地震による機器の破損等による水の流出」等を想定すること。
※「内部溢水」とは、配管の破損等により原子炉施設内に水があふれ出ることをいう。

<申請の概要>

- 設備を**没水**(床に溜まった水の水位が上がり設備等が沈むこと)しない高さに設置する。
- **被水**(設備等に水がかかること)により、安全機能が損なわれる場合は、カバーを取り付けて防護する。
- **蒸気の流出**を検知・隔離することにより、安全機能が損なわれない設計とする。
- **地震で設備が破損すること等**により溢水が発生しても安全機能が損なわれない設計とする。

<審査結果の概要>

溢水防護の設計方針は適切であると判断

第9条 内部溢水への対策(例)

<審査書 P.130, 135>

- 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



水密扉(例)



堰(例)



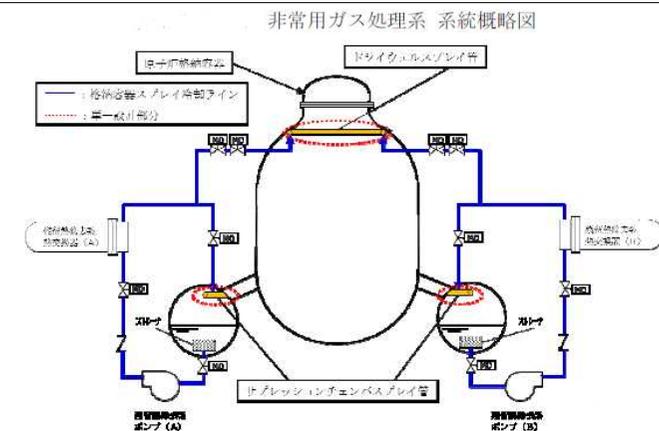
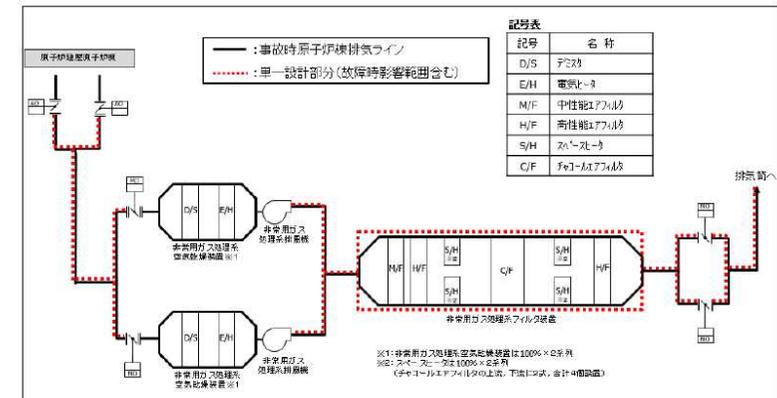
貫通部の止水(例)

【要求事項】

- 重要度が特に高い安全機能を有するシステムの静的機器について、長期間において想定される単一故障を想定しても、所定の安全機能が達成できるようにすること。

<申請の概要>

- 重要度が特に高い安全機能を有するシステムを構成する設備のうち、多重性を有さない静的機器であって、長期間にわたり機能が要求される設備として、以下の設備を抽出
 - ・非常用ガス処理系の配管の一部及びフィルタ装置
 - ・中央制御室換気空調系のダクトの一部及び再循環フィルタ
 - ・格納容器スプレイ冷却系のスプレイ管
- 非常用ガス処理系及び中央制御室換気空調系については、安全上支障のない期間で故障を確実に除去又は修復することができる。
- 格納容器スプレイ冷却系については、単一故障を想定しても、格納容器の冷却機能を達成し、所定の安全機能を維持することができる。



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（2019年9月19日）から一部抜粋 <<http://www2.nsr.go.jp/data/000286164.pdf>>

<審査結果の概要>

長期間において想定される単一故障を想定しても、安全機能が達成できると判断

【要求事項】

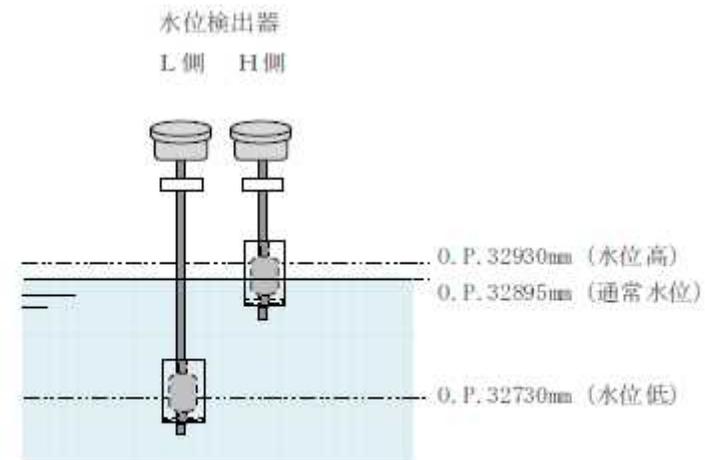
- 使用済燃料貯蔵施設に対する重量物の落下対策
- 使用済燃料貯蔵槽の監視機能の確保

<申請の概要>

- 燃料交換機、クレーン等は、基準地震動による荷重を受けても落下しない設計
- 使用済燃料貯蔵槽の水温、水位を検知し、原子炉制御室で監視できる設計



燃料交換機（トロリ）転倒防止装置



燃料貯蔵プール水位の警報設定値

使用済燃料プールの水位検出器と警報設定値

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(2019年9月19日)から一部抜粋 <<http://www2.nsr.go.jp/data/000286160.pdf>>

<審査結果の概要>

使用済燃料貯蔵施設の設計方針は適切であると判断

第17条 原子炉冷却材圧力バウンダリ

<審査書 P.144>

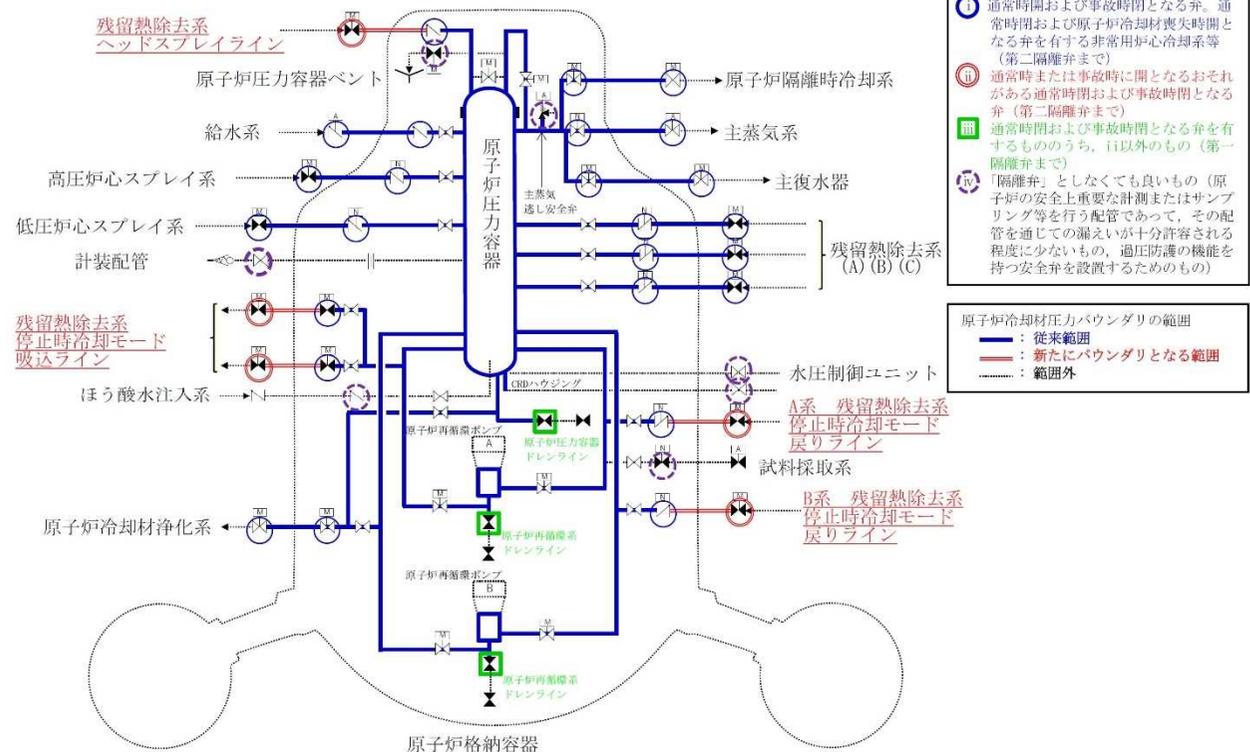
【要求事項】

- 通常時又は設計基準事故時に開となるおそれがある弁を有する配管については、原子炉側からみて、第2隔離弁を含むまでの範囲を、原子炉冷却材圧力バウンダリ(クラス1機器)とすること

<申請の概要>

- 新たに原子炉冷却材圧力バウンダリとなる以下の機器及び配管については、クラス1機器における要求を満足していることを確認する。また、クラス1機器としての供用期間中検査を継続的に行い、健全性を確認する。

- ・残留熱除去系ヘッドスプレライン
- ・残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン
- ・残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン



女川原子力発電所2号炉 原子炉冷却材圧力バウンダリ概要図

- ① 通常時間および事故時間となる弁、通常時間および原子炉冷却材喪失時間となる弁を有する非常用炉心冷却系等(第二隔離弁まで)
- ② 通常時または事故時に開となるおそれがある通常時間および事故時間となる弁(第二隔離弁まで)
- ③ 通常時間および事故時間となる弁を有するものうち、①以外のもの(第一隔離弁まで)
- ④ 「隔離弁」としなくても良いもの(原子炉の安全上重要な計測またはサンプリング等を行う配管であって、その配管を通じての漏えいが十分許容される程度に少ないもの、過圧防護の機能を持つ安全弁を設置するためのもの)

原子炉冷却材圧力バウンダリの範囲
 〓 従来範囲
 〓 新たにバウンダリとなる範囲
 範囲外

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(2019年9月19日)から一部抜粋 <<http://www2.nsr.go.jp/data/000286158.pdf>>

<審査結果の概要>

原子炉冷却材圧力バウンダリとなる機器及び配管を抽出し、当該機器及び配管をクラス1機器として位置付けるとしていることを確認したことから、設置許可基準規則に適合するものと判断

【要求事項】

- 安全保護回路については不正アクセス行為その他の電子計算機に使用目的に沿うべき動作をさせず、又は使用目的に反する動作をさせる行為による被害を防止することができるものとする。

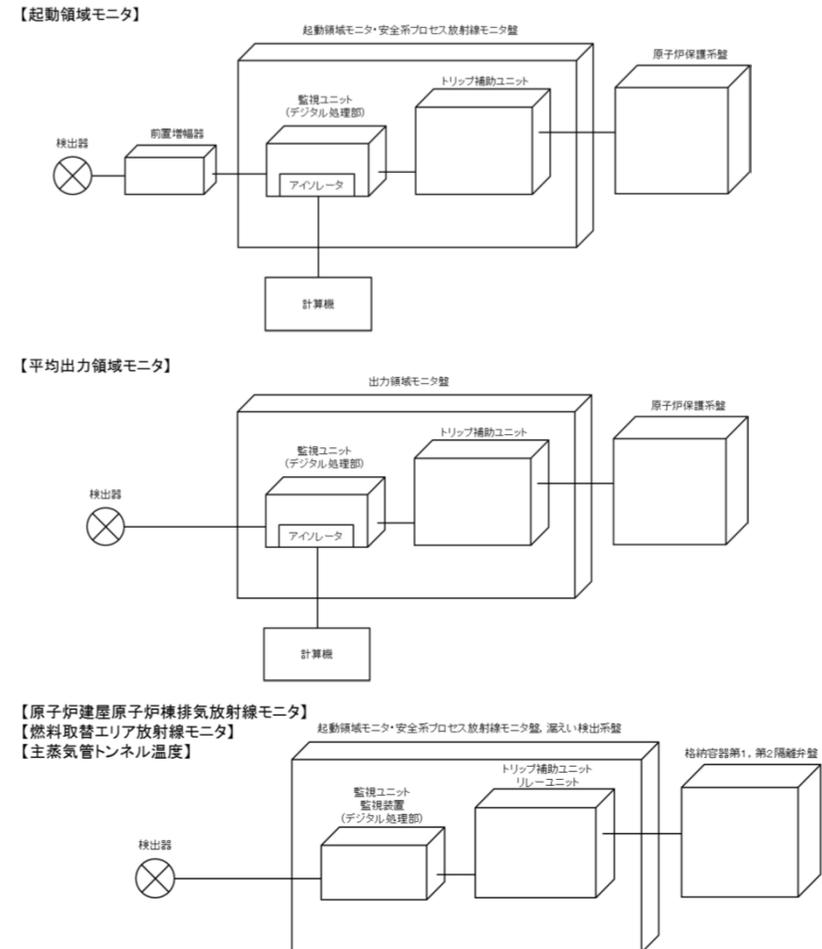
<申請の概要>

安全保護系のデジタル計算機は、以下の設計方針とする。

- 盤を施錠等による物理的分離。
- 送信元等を制限することにより、目的外の通信を遮断した上で、通信を送信のみに制限することで機能的分離
- 固有のプログラム言語を使用し、一般的なコンピュータウイルスが動作しない環境。
- 設計、製作、試験及び変更管理の各段階で検証及び妥当性の確認がなされたソフトウェアを使用する。
- 出入管理により、物理的アクセスを制限する

<審査結果の概要>

不正アクセス行為等に対して、安全機能が損なわれない設計方針であると判断

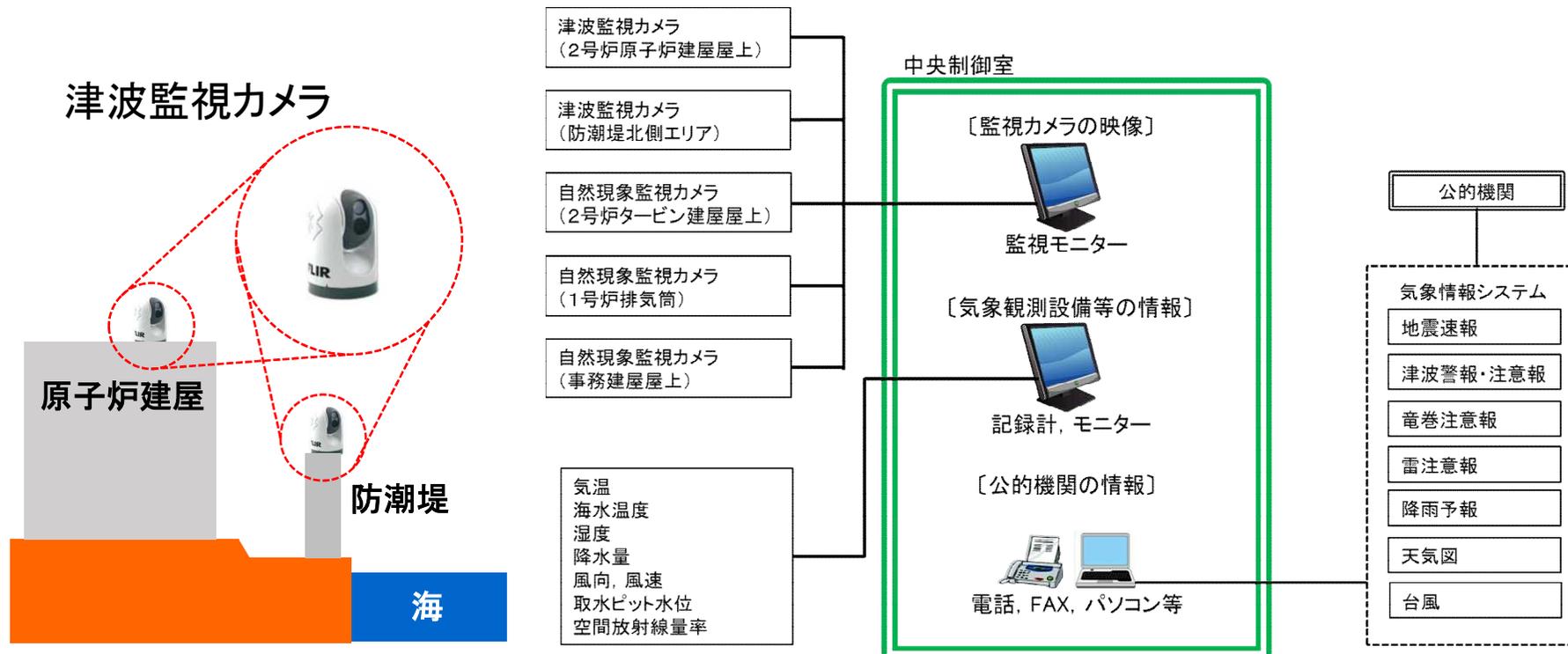


【要求事項】

- 制御室外の状況を把握出来る設計
- 酸素濃度及び二酸化炭素濃度計の設置

<申請の概要>

- 自然現象や発電所構内の周囲の状況を昼夜にわたり監視するカメラの設置等
- 酸素濃度及び二酸化炭素濃度計の設置



<審査結果の概要>

原子炉制御室の設計方針は適切であると判断

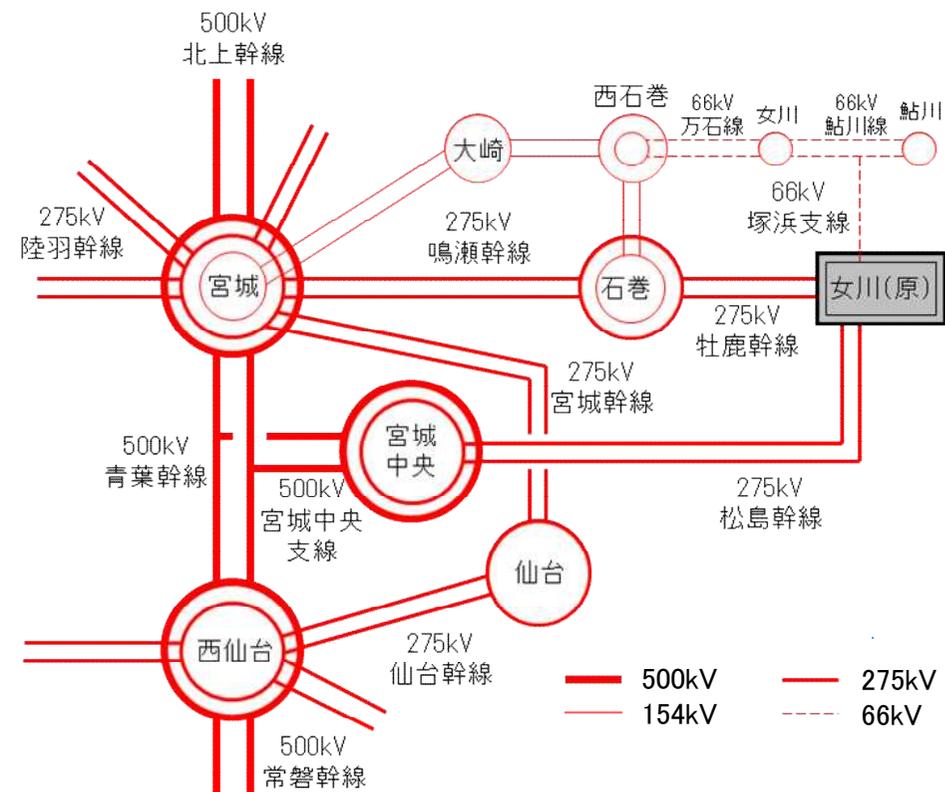
出典: 発電用原子炉設置変更許可申請の補正書及び補足説明資料
(2019年9月19日)から一部抜粋
<<http://www2.nsr.go.jp/data/000286330.pdf>>

【要求事項】

- 外部から発電所への送電系統のうち、**少なくとも2回線は独立したもの**とすること。
- このうち1回線は、他の送電鉄線と一緒に送電鉄塔に設置されていないこと。
- 発電所内に2つ以上の発電用原子炉施設がある場合は、送電線2回線が使用出来なくなっても、電力の供給を継続して受けられるように3回線以上の送電線に接続すること。

<申請の概要>

- 外部から電力供給を受ける送電線は、**275kV4回線と66kV1回線**をそれぞれ**独立して接続**する。
- これらの送電線が1つの送電鉄塔に設置されない物理的に分離した設計としている。
- これらの送電線のいずれか2回線が喪失しても受電可能な構成とする。
- 外部から電力供給を受ける設備(受電設備)は、不等沈下や傾斜、地震の揺れに対して十分な性能を有する設計とする。



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(2019年9月19日)から一部抜粋
 <<https://www.nsr.go.jp/data/000285018.pdf>>、<<https://www.nsr.go.jp/data/000286328.pdf>>

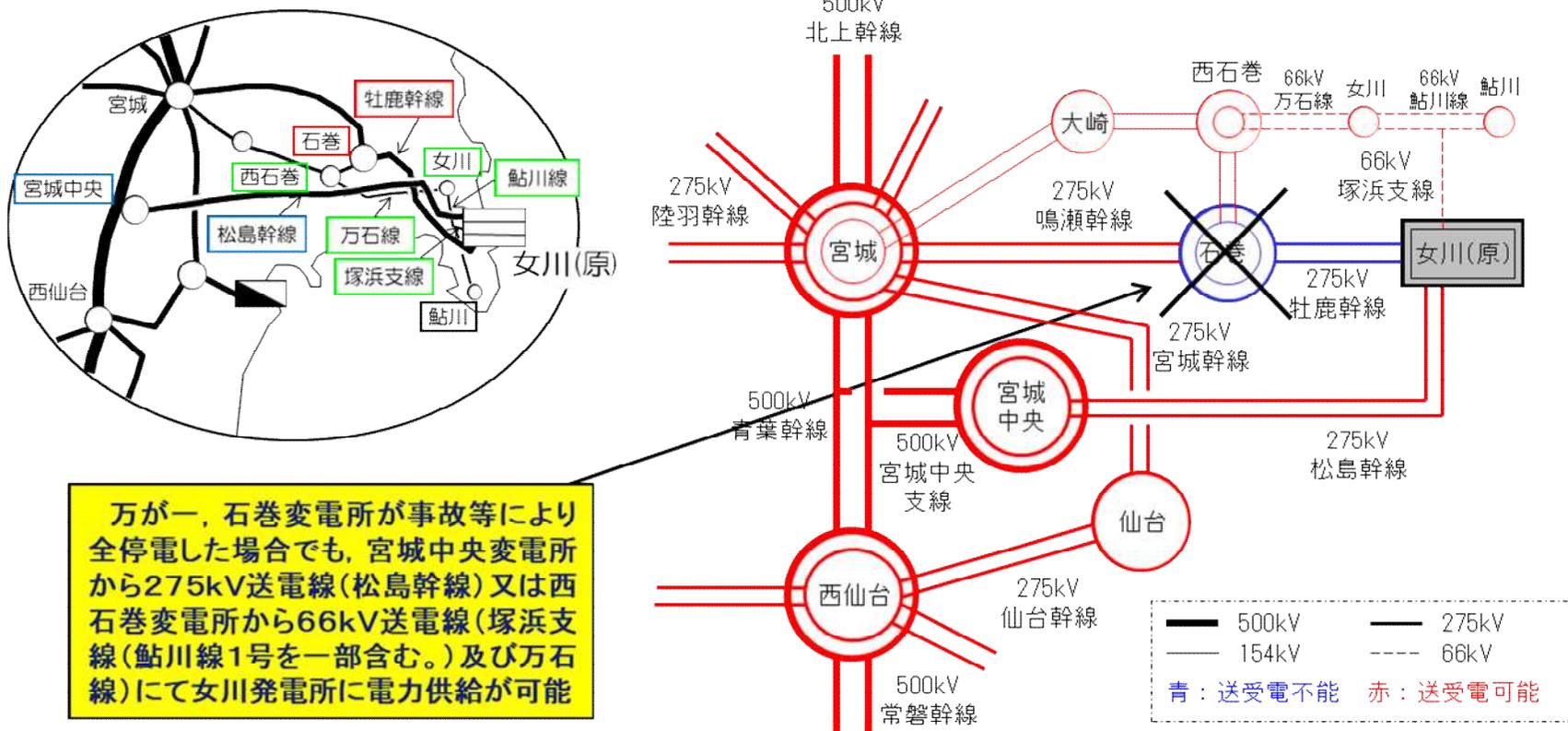
<審査結果の概要>

外部からの電力は、**独立性を有する3ルート5回線**の送電線により受電するとしており、**信頼性を確保できるものと判断**

第33条 保安電源設備 (2/3) (電線路の独立性)

<審査書 P.147>

- 3ルート5回線の送電線の独立性を確保するため、万一送電線の上流側接続先、石巻変電所が停止した場合でも、外部電源からの電力供給が可能となるよう、宮城中央変電所及び女川変電所を経由して女川発電所に電力を供給することが可能な設計とする。
- 通常時、当該ルートは、系統事故発生による事故電流の流入に備えて遮断機を開放している。ただし、石巻変電所が停止した場合には、当該変電所からの事故電流の流入がないため、速やかに遮断器を投入し、66kV送電線を経由して女川発電所へ送電されることを確認(代表例)。



万が一、石巻変電所が事故等により全停電した場合でも、宮城中央変電所から275kV送電線(松島幹線)又は西石巻変電所から66kV送電線(塚浜支線(鮎川線1号を一部含む。))及び万石線)にて女川発電所に電力供給が可能

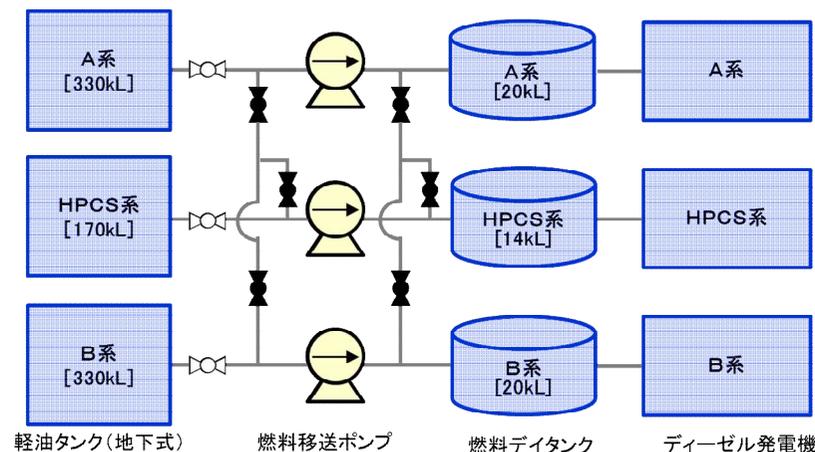
出典:発電用原子炉設置変更許可申請の補正書及び補足説明資料(2019年9月19日)から一部抜粋
 <<https://www.nsr.go.jp/data/000285018.pdf>>、<<https://www.nsr.go.jp/data/000286328.pdf>>

【要求事項】

- 外部からの電力供給が停止した場合に使用するための、発電所内の**非常用電源設備**は、一つの設備が故障しても支障ないように**複数設置**すること。
- 非常用電源設備は**7日間以上連続運転**できる燃料を発電所内に貯蔵すること。
- その燃料貯蔵タンクは想定される最大の地震の揺れにも耐えられるものとする。

<申請の概要>

- 非常用電源設備は、**必要な容量の非常用ディーゼル発電機2台及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機1台の計3台設置**し、3台のうち1台が故障しても安全を確保するために必要な電力を供給可能な設計とする。
- 燃料を貯蔵する設備(軽油貯蔵タンク)は、**いずれかの1基の故障を想定しても設計基準事故に対処するために必要な非常用ディーゼル発電機等(非常用ディーゼル発電機1台及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機1台)が7日間分以上の連続運転可能な容量を有する設計とする。**
- 非常用電源設備は想定される最大の地震の揺れにも耐えられるように設計するとともに、自然災害等により同時に安全機能が損なわれないようにする。



<審査結果の概要>

非常用電源設備は**多重性**を有し、外部からの支援がなくても7日間以上必要な電力を供給できるものと判断

第14条・第57条 電源の強化(全交流動力電源喪失時の信頼性向上)

<審査書 P.141, 440>

【要求事項】

- 外部からの電力供給や、発電所内の非常用電源設備からの電力供給の全てが停止した場合(全交流動力電源喪失)でも、重大事故を防止するための電源を確保すること。
- これらの設備から交流の電力を供給するまでの間、蓄電池から直流の電力を供給できること。

<申請の概要>

- 全交流動力電源喪失に対処するため、交流電源設備を配備
 - ① 常設代替交流電源設備(ガスタービン発電機) 計2台
 - ② 可搬型代替交流電源設備(電源車) 計4台(予備1台)
- 全交流動力電源喪失に対処するため、直流電源設備を配備
 - ① 蓄電池(非常用)(A系、B系、HPCS系) 計3組
 - ② 所内常設蓄電式直流電源設備
125V蓄電池2A 1組 125V蓄電池2B 1組
 - ③ 常設代替直流電源設備
125V代替蓄電池 1組 250V蓄電池 1組
 - ④ 可搬型代替直流電源設備
125V代替蓄電池、250V蓄電池、電源車
各1組(電源車は可搬型代替交流電源設備の電源車を使用)



ガスタービン発電機



電源車

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(2019年9月19日)から一部抜粋<<https://www.nsr.go.jp/data/000285018.pdf>>、<<https://www.nsr.go.jp/data/000286634.pdf>>

<審査結果の概要>

全交流動力電源喪失時にも、交流電源及び直流電源を確保できるものと判断

②重大事故等対処施設及び 重大事故等対策に係る手順等

設備及び手順等(対策)

条項 (※)	設備及び手順等	ページ
43条、 1.0	共通事項(ハード対策) 共通事項(ソフト対策)	64 66
44条、 1.1	緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨 界にするための対策	69
45条、 1.2	原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に 発電用原子炉を冷却するための対策	71
46条、 1.3	原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧す るための対策	73
47条、 1.4	原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に 発電用原子炉を冷却するための対策	75
48条、 1.5	最終ヒートシンクへ熱を輸送するた めの対策	77
49条、 1.6	原子炉格納容器内の冷却等のため の対策	78
50条、 1.7	原子炉格納容器の過圧破損を防止す るための対策	80
51条、 1.8	原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷 却するための対策	90
52条、 1.9	水素爆発による原子炉格納容器の破 損を防止するための対策	92
53条、 1.10	水素爆発による原子炉建屋等の損傷 を防止するための対策	93

条項	設備及び手順等	ページ
54条、 1.11	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のため の対策	94
55条、 1.12	発電所外への放射性物質の拡散を抑制 するための対策	96
56条、 1.13	重大事故等の収束に必要な水の供 給のための対策	97
57条、 1.14	電源設備及び電源の確保のため の対策	99
58条、 1.15	事故時の計測に関する対策	103
59条、 1.16	原子炉制御室	107
60条、 1.17	監視測定を行うための対策	110
61条、 1.18	緊急時対策所	113
62条、 1.19	通信連絡を行うための対策	115
2.1	発電用原子炉施設の大規模な損壊 への対応	120

※上段は設置許可基準規則、下段は技術的能力審査基準を表す。
(以下各条項におけるスライドでのタイトルでは等を用いた(例:第44条等)表記とする。)

- ◆ 重大事故等対処設備全般に対して、共通事項として以下の項目を要求
 - 環境条件及び荷重条件、操作性、試験又は検査、切替えの容易性、他の設備に対する悪影響防止、現場の作業環境
- ◆ 常設重大事故等対処設備全般に対して、共通事項として以下の項目を要求
 - 容量、共用の禁止、設計基準対処設備との多様性
- ◆ 可搬型重大事故等対処設備全般に対して、共通事項として以下の項目を要求
 - 容量、確実な接続、複数の接続口、現場の作業環境、保管場所、アクセスルートの確保、設計基準事故対処設備及び常設重大事故防止設備との多様性

主な確認内容

(1) 重大事故等対処設備

- 環境条件及び荷重条件
 - ・想定される重大事故等が発生した場合における温度、放射線、荷重及びその他の使用条件において、その機能が有効に発揮できるような設計とする。
- 他の設備に対する悪影響防止
 - ・発電用原子炉施設内の他の設備(設計基準対象施設及び当該重大事故等対処設備以外の重大事故等対処設備)に対して悪影響を及ぼさない設計とする。

(2) 常設重大事故等対処設備

- 設計基準事故対処設備との多様性
 - ・設計基準事故対処設備等の安全機能と、環境条件、地震、その他の自然現象、人為事象、溢水、火災及びサポート系の故障による共通要因によって同時にその機能が損なわれるおそれがないよう、共通要因の特性を踏まえ、可能な限り多様性、独立性、位置的分散を考慮して適切な措置を講じた設計とする。

主な確認内容(続き)

(3)可搬型重大事故等対処設備

- 複数の接続口
 - ・ 原子炉建屋の外から水又は電力を供給する設備と常設設備との接続口は、故意による大型航空機の衝突その他のテロリズム等の共通要因によって接続することができなくなることを防止するため、建屋の異なる面等の隣接しない位置又は建屋内及び建屋面の適切に隔離した位置に複数箇所設置する。
 - 保管場所
 - ・ 地震、津波その他の自然現象又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムへの影響、設計基準事故対処設備等及び常設重大事故等対処設備の配置その他の条件を考慮した上で、原子炉建屋等から100m以上の隔離距離を確保するとともに、可搬型重大事故等対処設備がその機能を代替する屋外の設計基準事故対処設備及び常設重大事故等対処設備からも100m以上の隔離距離を確保した上で、複数箇所に分散するなどして保管する。
 - 設計基準事故対処設備及び常設重大事故防止設備と多様性
 - ・ 設計基準事故対処設備等又は常設重大事故防止設備の重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能と、環境条件、地震、津波その他の自然現象、人為事象、溢水、火災及びサポート系の故障による共通要因によって同時にその機能が損なわれるおそれがないよう、共通要因の特性を踏まえ、可能な限り多様性、独立性、位置的分散を考慮して適切な措置を講じた設計とする。
- 等

審査結果

重大事故等対処設備の設備共通の設計方針、常設重大事故等対処設備の設備共通の設計方針及び可搬型重大事故等対処設備の設備共通の設計方針について、第43条の解釈を踏まえた設計方針としていることを確認

- ◆ 重大事故等に対処するために必要な手順等に関し共通の要求事項、全社的な体制の整備など重大事故等に対処するための基盤的な要求事項を満たす手順等を、保安規定等において規定する方針であることを要求
- 手順等に係る共通の要求事項(切替えの容易性、アクセスルートの確保)
- 復旧作業に係る要求事項(予備品等の確保、保管場所の確保、アクセスルートの確保)
- 支援に係る要求事項
- 手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備

主な確認内容

(1) 手順等に係る共通の要求事項

➤ 切替えの容易性

- ・重大事故等に対処するための系統構成を速やかに整えられるよう必要な手順等を整備
- ・確実に実行できるよう訓練を実施

➤ アクセスルートの確保

- ・可搬型重大事故等対処設備の運搬、被害状況の把握のため、迂回路も考慮して複数のアクセスルートを確認
- ・障害物を除去可能なブルドーザ等の重機の保管、運転要員の確保

(2) 復旧作業に係る要求事項

➤ 予備品等の確認

- ・必要な予備品、予備品への取替えのために必要な資機材等の確保

➤ 保管場所の確保

- ・地震による周辺斜面の崩落、津波(敷地に遡上する津波を含む。)による浸水等の影響を受けにくい場所に位置的分散を考慮し保管

➤ アクセスルートの確保((1)と同じ方針)



ブルドーザ

主な確認内容(続き)

(3) 支援に係る要求事項

- ・発電所内であらかじめ用意された重大事故等対処設備、燃料等により、事故発生後7日間は事故収束対応を維持
- ・他の事業者やプラントメーカー等の外部からの支援計画を策定
- ・事故発生後6日間までに支援を受けられる計画であること

(4) 手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備

➤ 手順書の整備

- ・全ての交流動力電源及び常設直流電源の喪失等の状態において、プラント状態の把握や適切な判断を行えるように、情報の種類及び入手方法の整理、判断基準の明確化
- ・海水の使用など、判断に迷う操作等の判断基準の明確化
- ・状態の監視及び事象進展の予測に係る手順書の明確化 等

➤ 訓練の実施

- ・重大事故等発生時のプラント挙動に関する知識の向上を図る教育及び訓練の実施
- ・高線量下、夜間、悪天候等を想定した訓練の実施 等

➤ 体制の整備

- ・役割分担及び責任者の明確化
- ・発電所内及び近傍に必要な要員を確保
- ・指揮命令系統の明確化 等

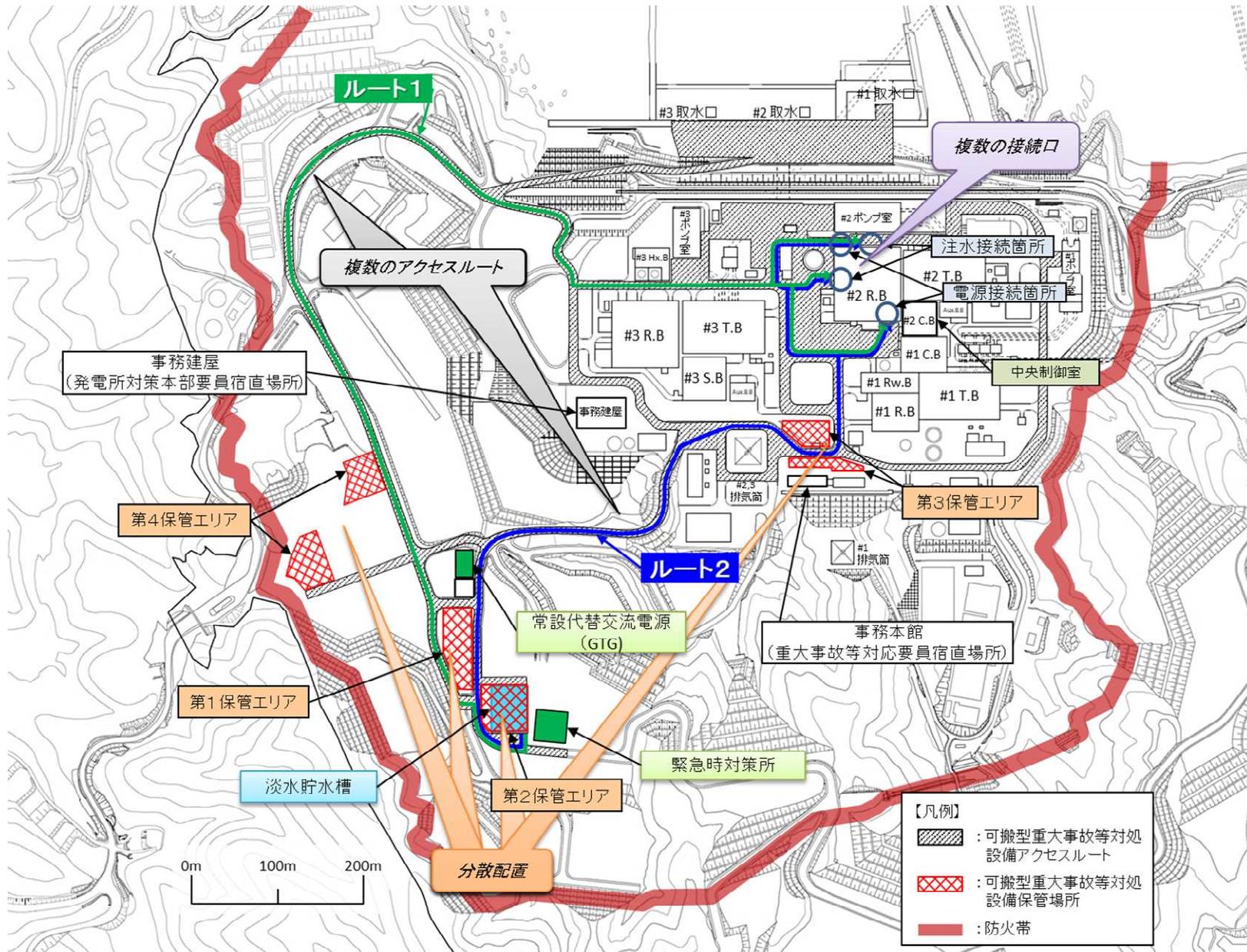


夜間訓練

審査結果

重大事故等に対処するために必要な手順等に関し、設置許可基準規則に基づいて整備される設備の運用手順等も含め、共通の要求事項を満たす手順等を保安規定等で規定する方針であることを確認

共通事項(敷地図及びアクセスルート)



第44条等 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための対策(1/2)

<審査書 P.331>

- ◆ 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするため、以下の対策を要求
- 手動及び自動による原子炉の緊急停止
- 原子炉出力を抑制するため、自動及び手動により原子炉冷却材再循環ポンプを停止
- 十分な反応度制御能力を有するほう酸水注入設備による原子炉圧力容器へのほう酸水注入

主な確認内容

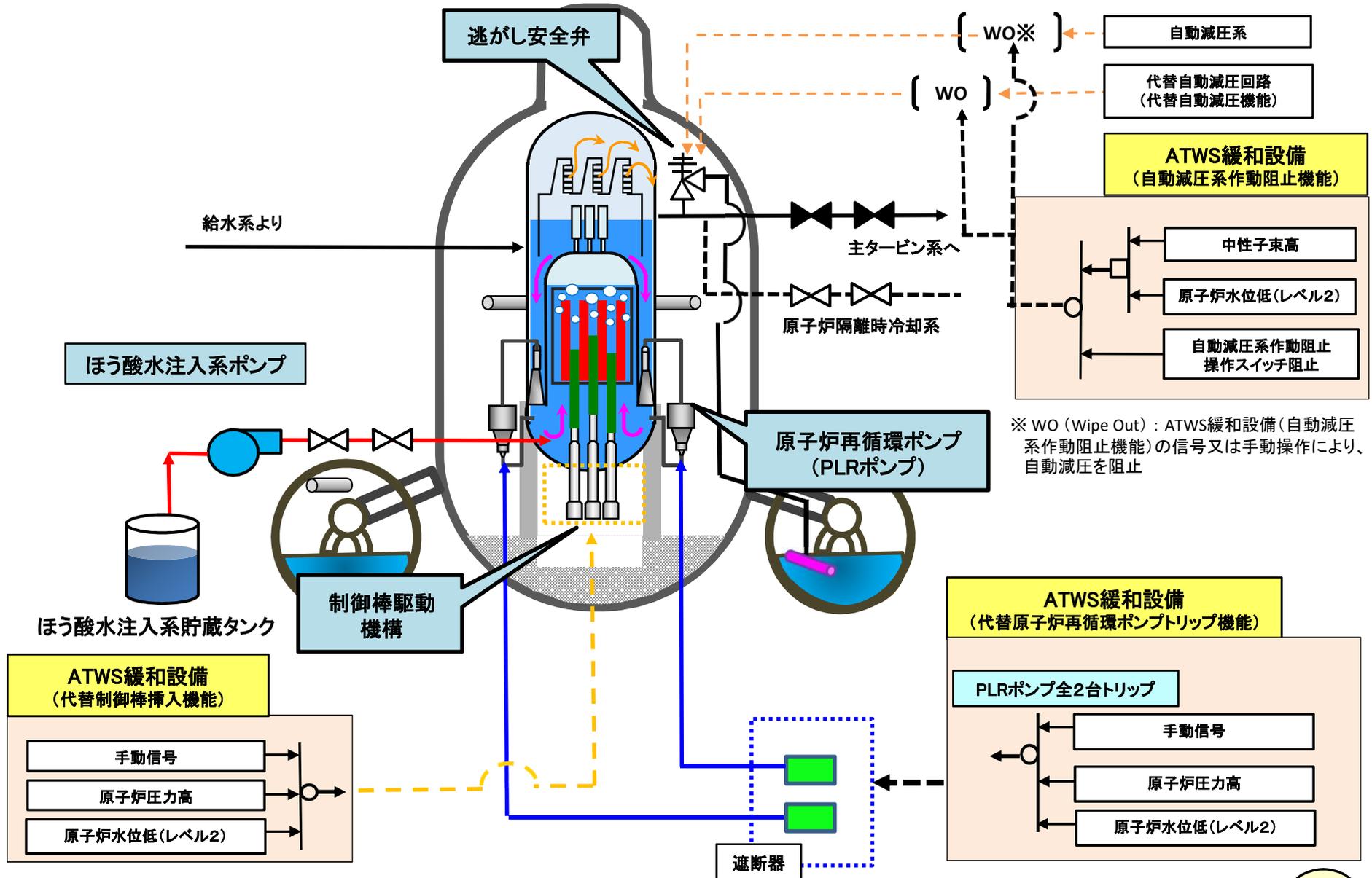
- ATWS緩和設備(代替制御棒挿入機能)による原子炉の緊急停止
 - ・ 手動及び自動により代替制御棒挿入回路(ARI)を作動させ、原子炉を緊急停止させることが可能
- ATWS緩和設備(代替原子炉再循環ポンプトリップ機能)による原子炉出力抑制
 - ・ 手動及び自動により原子炉再循環ポンプをトリップさせ、炉心の著しい損傷を防止するために必要な原子炉出力降下をさせることが可能
- ATWS緩和設備(自動減圧系作動阻止機能)による自動減圧阻止
 - ・ 信号による自動作動又は手動操作により、自動減圧に伴う原子炉圧力容器への冷却材注水量の増加を阻止し、原子炉出力の急上昇を防止することが可能
- ほう酸水注入系による未臨界への移行
 - ・ ほう酸水の注入により原子炉を未臨界状態に移行させることが可能
- 自主対策設備
 - ・ 原子炉手動スクラムボタン及び原子炉モードスイッチ、選択制御棒挿入機構、スクラムソレノイドヒューズ、スクラムテストスイッチ、スクラムパイロット弁用制御空気配管・弁、原子炉手動制御系、給水制御系及び給水系(タービン駆動原子炉給水ポンプ、電動機駆動原子炉給水ポンプ)

審査結果

緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための対策が適切に実施される方針であることを確認

第44条等 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための対策(2/2)

<審査書 P.331>



第45条等 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に 発電用原子炉を冷却するための対策(1/2)

<審査書 P.339>

- ◆ 原子炉冷却材圧力バウンダリが高圧状態で原子炉を冷却するため、以下の対策を要求
 - 全交流動力電源・常設直流電源系統の喪失時を想定し、以下の措置を行うこと
 - ・ 可搬型重大事故防止設備(バッテリー又は窒素ポンベ等)を用いた弁操作による原子炉隔離時冷却系の起動・運転(人力による措置が容易に行える場合を除く)
 - ・ 現場での人力での弁操作による原子炉隔離時冷却系の起動・運転
 - 高圧注水及び原子炉の冷却が可能な設備に電源を接続することによる復旧(手順等の整備)
 - ほう酸水注入系又は制御棒駆動機構等からの注水による重大事故等の進展抑制(手順等の整備)

主な確認内容

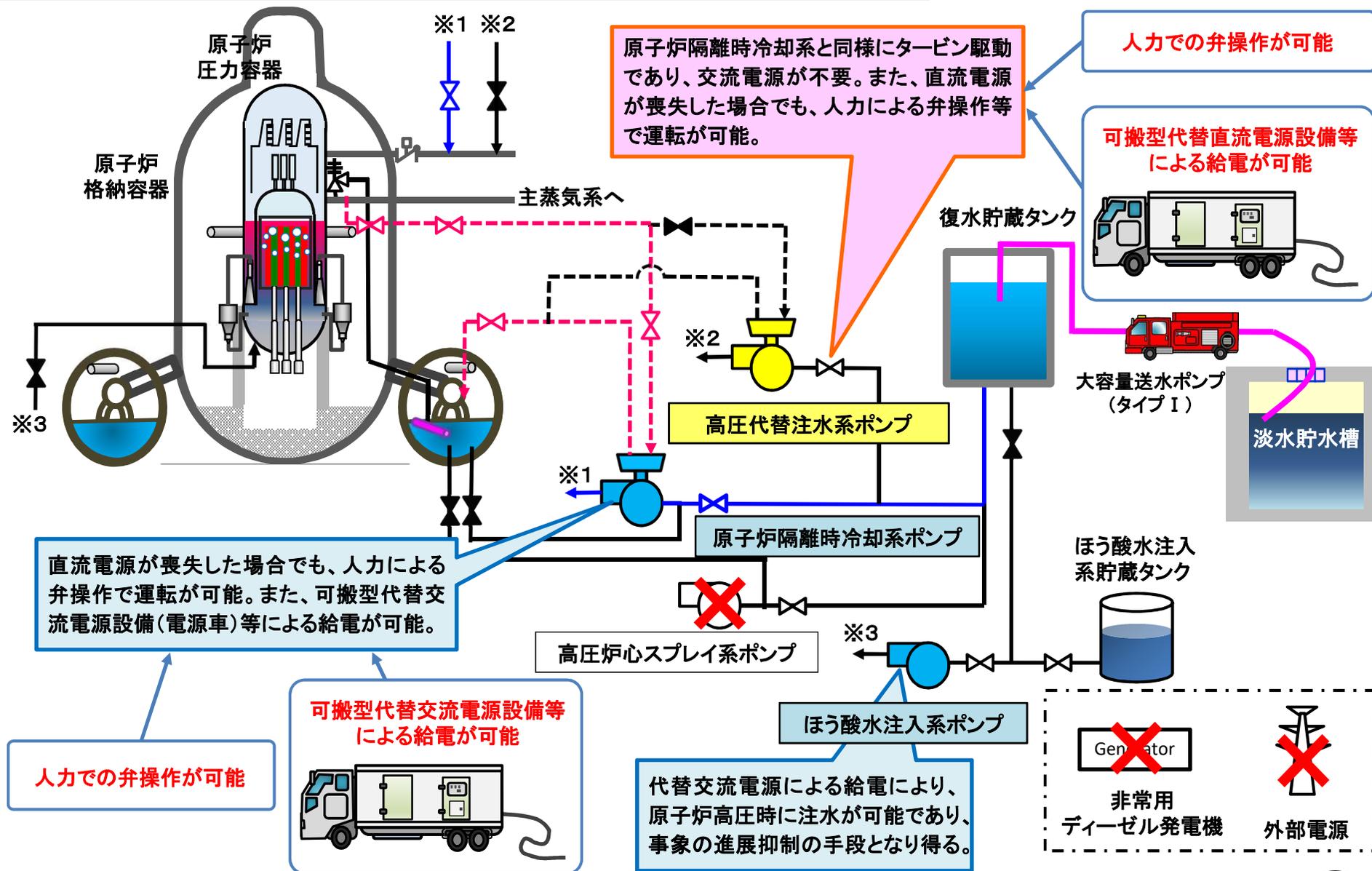
- 現場の作業環境(照明、環境温度等)を考慮し、防護具(自給式呼吸器及び耐熱服)を確実に装着することで、人力での弁操作による原子炉隔離時冷却系の起動・運転
- 高圧代替注水系の設置
 - ・ タービン駆動であり、人力での弁操作又は代替直流電源による給電による弁操作で動作可能
- 可搬型代替直流電源設備(電源車)等による原子炉隔離時冷却系の復旧
 - ・ 代替電源設備を通じて、原子炉隔離時冷却系に給電が可能
- ほう酸水注入系による重大事故等の進展抑制
 - ・ 代替交流電源からの給電によりほう酸水を注入し、進展抑制が可能
- 自主対策設備
 - ・ 制御棒駆動水圧系等による進展抑制

審査結果

高圧時に発電用原子炉を冷却するための対策が適切に実施される方針であることを確認

第45条等 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に 発電用原子炉を冷却するための対策(2/2)

<審査書 P.339>



第46条等 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための対策(1/2)

<審査書 P.347>

- ◆ 原子炉冷却材圧力バウンダリが高圧状態で減圧を行うため、以下の対策を要求
- 原子炉水位低下時に逃がし安全弁を作動させるための(代替)減圧自動化ロジックの追加
- 常設直流電源系統の喪失時を想定し、以下の措置を行うこと
 - ・ 主蒸気逃がし安全弁を作動させるための手動設備又は代替直流電源設備の配備
 - ・ 主蒸気逃がし安全弁を作動させるための可搬型コンプレッサー又は窒素ポンベの配備
- 常設直流電源喪失時に逃がし安全弁を作動させるための代替電源による復旧(手順等の整備)

主な確認内容

- 代替自動減圧回路(代替自動減圧機能)の追加
 - ・ 原子炉水位低下かつ低圧炉心スプレイ系ポンプ又は残留熱除去系ポンプが利用可能な状態で逃がし安全弁を作動させることが可能
- 可搬型代替直流電源設備、125V直流電源切替盤の配備
 - ・ 常設直流電源系統喪失時にも、可搬型代替直流電源設備、125V直流電源切替盤を通じて、駆動用電磁弁に給電が可能
- 主蒸気逃がし安全弁用可搬型蓄電池の配備
 - ・ 常設直流電源系統喪失時にも、中央制御室端子盤にて接続を行い、駆動用電磁弁に給電が可能
- 高圧窒素ガス供給系(非常用)の配備
 - ・ 逃がし安全弁駆動用の窒素ガスの供給圧力が低下した場合に窒素ガスの供給が可能
- 代替高圧窒素ガス供給系の配備
 - ・ 高圧ガス窒素供給系(常用)及び高圧ガス窒素供給系(非常用)の喪失時若しくは炉心損傷後に原子炉格納容器圧力が最高使用圧力(0.427MPa[gage])を超えるおそれがある場合にも、窒素ガスの供給により逃がし安全弁を作動させることが可能
- 代替直流/交流電源による復旧
- 自主対策設備
 - ・ タービンバイパス弁及びタービン制御系による減圧
 - ・ 125V代替充電器用電源車接続設備による逃がし安全弁の復旧

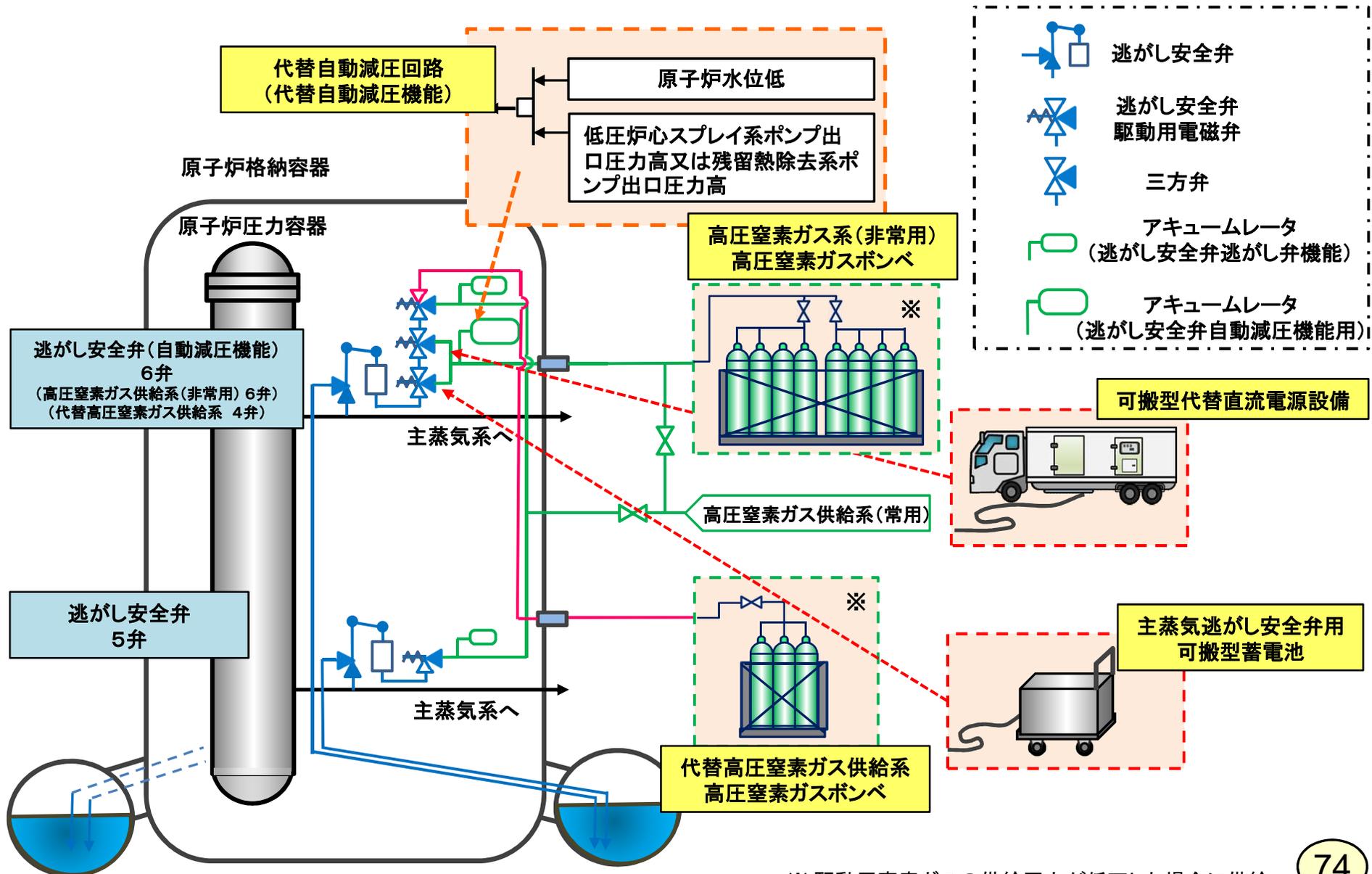
審査結果

原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための対策が適切に実施される方針であることを確認

第46条等 原子炉冷却材圧カバウンダリを減圧するための対策(2/2)

<審査書 P.347>

原子炉水位低下かつ残留熱除去系が利用可能な状態で作動信号を発信



- 逃がし安全弁
- 逃がし安全弁 駆動用電磁弁
- 三方弁
- アキュムレータ (逃がし安全弁逃がし弁機能)
- アキュムレータ (逃がし安全弁自動減圧機能用)

※ 駆動用窒素ガスの供給圧力が低下した場合に供給

第47条等 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための対策(1/2)

<審査書 P.359>

- ◆ 原子炉冷却材圧力バウンダリが低圧状態で原子炉を冷却するため、以下の対策を要求
- 可搬型重大事故防止設備の配備
- 常設重大事故防止設備の設置(炉心損傷に至るまでの時間的余裕のない場合)
- 設計基準事故対処設備に代替電源を接続することによる起動及び運転継続(手順等の整備)
- 重大事故防止設備は、設計基準事故対処設備に対して、多様性及び独立性を有し、位置的分散が図られていること。

主な確認内容

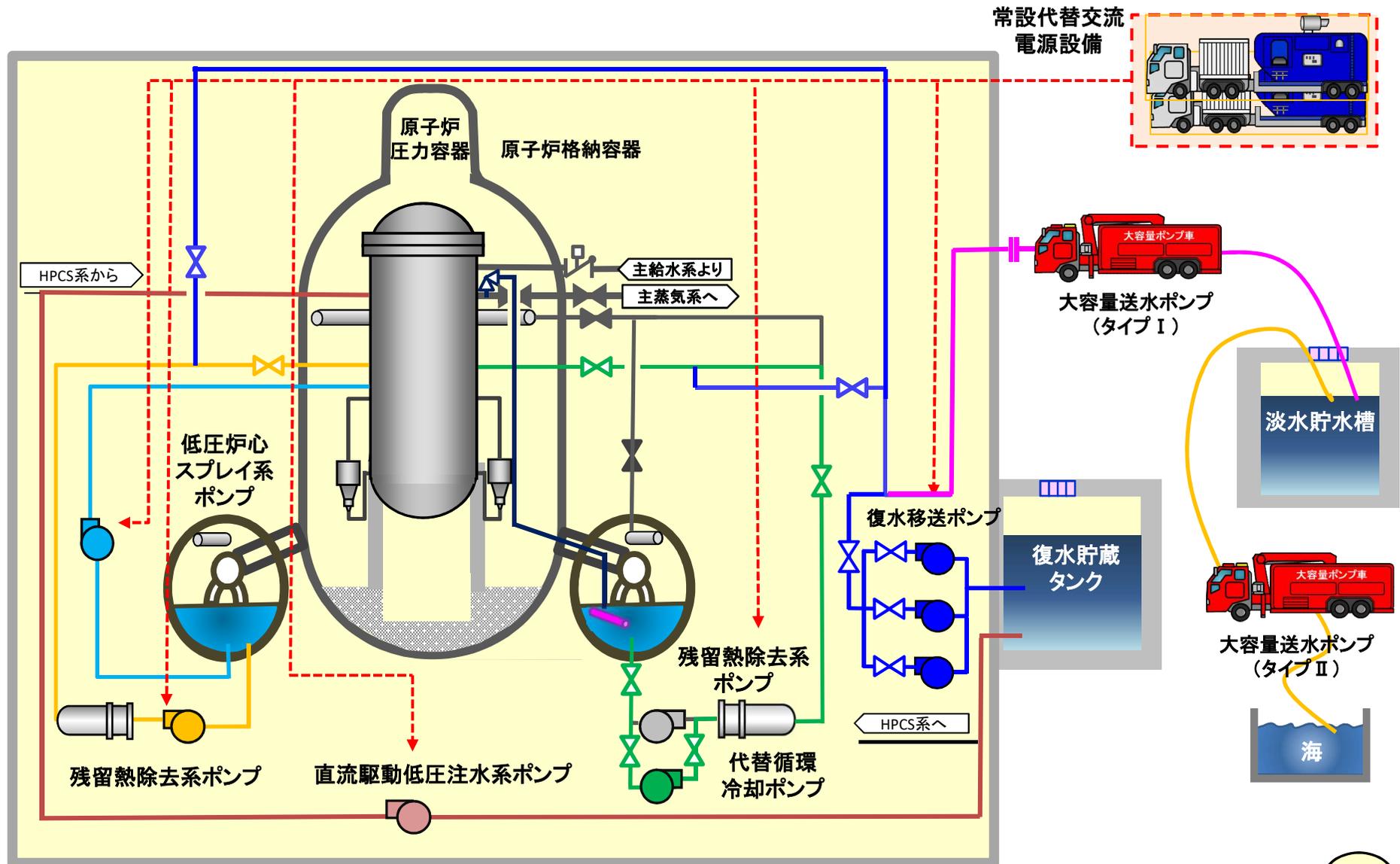
- 低圧代替注水系(可搬型)の配備(大容量送水ポンプ(タイプⅠ))
 - ・ 大容量送水ポンプを用いた原子炉圧力容器への注水、水源は淡水(淡水貯水槽(No.1)及び淡水貯水槽(No.2))又は海水、駆動源はディーゼルエンジン
- 低圧代替注水系(常設)(復水移送ポンプ、直流駆動低圧注水系ポンプ)の設置
 - ・ 復水移送ポンプ及び直流駆動低圧注水系ポンプを用いた原子炉圧力容器への注水
水源は復水貯蔵タンク、電源は可搬型代替交流電源設備(電源車)又は常設代替直流電源設備(250V蓄電池)等
- 常設代替交流電源設備による低圧炉心スプレイ系及び残留熱除去系の復旧
- 代替循環冷却系等による原子炉圧力容器に残存する溶融炉心の冷却
 - ・ 代替循環冷却ポンプを使用、水源はサプレッションチェンバ、電源は常設代替交流電源設備(ガスタービン発電機)
 - 自主対策設備
 - ・ 代替循環冷却ポンプ、ろ過水ポンプによる炉心注水
 - ・ 原子炉冷却材浄化系ポンプによる原子炉除熱
 - ・ 残留熱除去系ヘッドスプレイ、ろ過水ポンプによる残存溶融炉心の冷却

審査結果

低圧時に発電用原子炉を冷却するための対策が適切に実施される方針であることを確認

第47条等 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための対策(2/2)

<審査書 P.359>



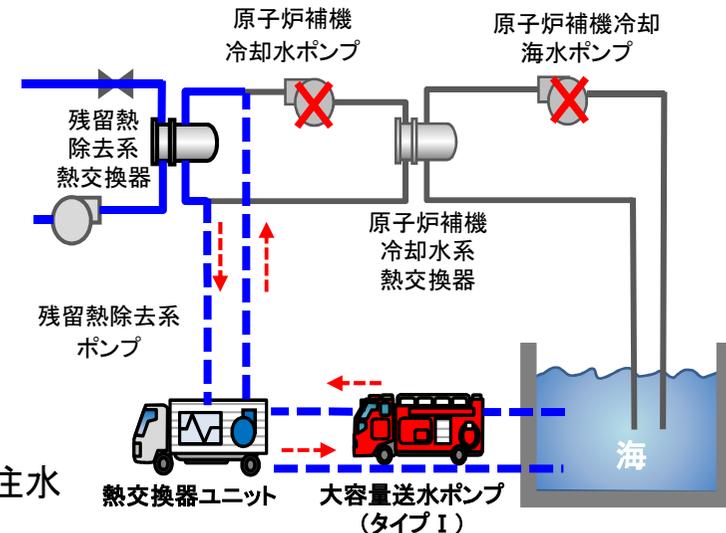
◆ 設計基準事故対処設備が有する最終ヒートシンクへ熱を輸送する機能が喪失した場合において、炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損(炉心の著しい損傷が発生する前に生ずるものに限る。)を防止するために必要な対策を要求

主な確認内容

- 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための代替設備
 - ① 原子炉補機代替冷却水系を用いた残留熱除去系の除熱
 - ② 原子炉格納容器フィルタベント系又は耐圧強化ベント系を用いた原子炉格納容器内の除熱

● 自主対策設備

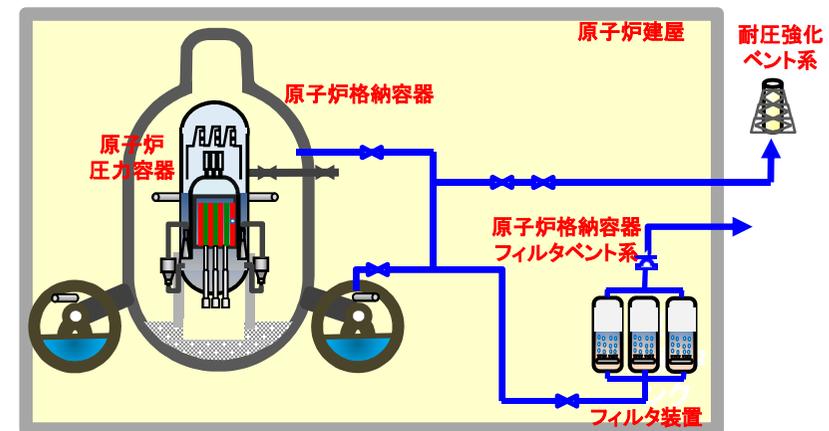
- ・大容量送水ポンプ(タイプ I)による原子炉補機冷却水系への海水注水



原子炉補機代替冷却水系

審査結果

最終ヒートシンクへ熱を輸送する対策が適切に実施される方針であることを確認



原子炉格納容器フィルタベント系及び耐圧強化ベント系

- ◆ 設計基準事故対処設備が有する原子炉格納容器内の冷却機能が喪失した場合に、以下の対策を要求
- 炉心の著しい損傷を防止するため、原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下させる設備※¹の整備(格納容器スプレイ代替注水設備)
- 原子炉格納容器の破損を防止するため、原子炉格納容器内の圧力及び温度並びに放射性物質の濃度を低下させる設備※²の整備(格納容器スプレイ代替注水設備)

主な確認内容

※¹と※²の設備は同一であってもよい

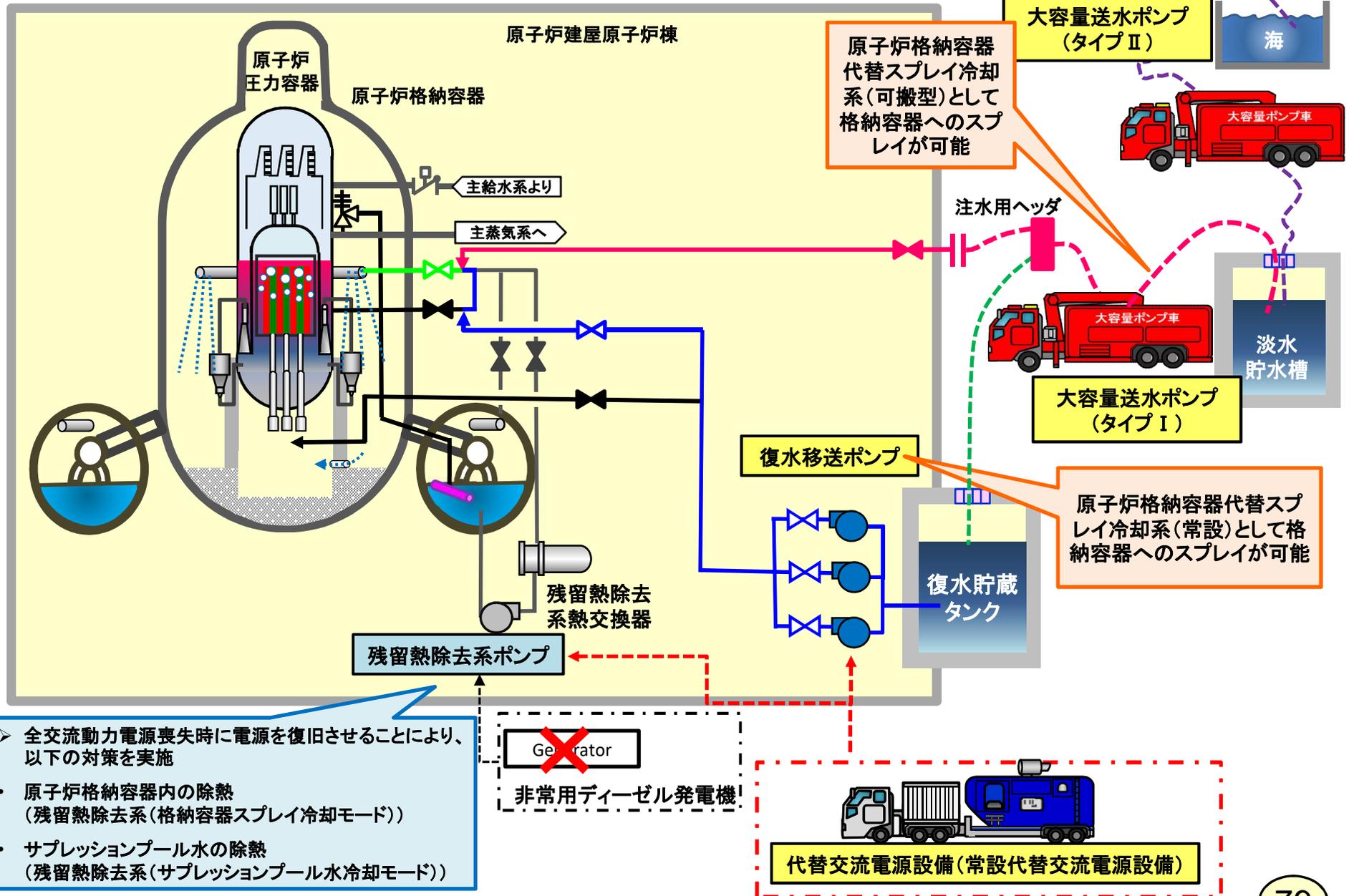
- 原子炉格納容器代替スプレイ冷却系(常設)の整備(格納容器スプレイ代替注水設備)
 - ・ 復水移送ポンプを用いた格納容器スプレイ、
水源は復水貯蔵タンク、電源は代替交流電源設備
- 原子炉格納容器代替スプレイ冷却系(可搬型)の整備(格納容器スプレイ代替注水設備)
 - ・ 大容量送水ポンプ(タイプ I)を用いた格納容器スプレイ、
水源は淡水(淡水貯水槽(No.1)及び淡水貯水槽(No.2))又は海水、駆動源はディーゼルエンジン
- 代替交流電源設備(常設代替交流電源設備)による残留熱除去系の復旧
 - ・ 全交流動力電源喪失時に電源を復旧させることによる残留熱除去系ポンプを用いた原子炉格納容器内の除熱及びサプレッションプール水の除熱
- 自主対策設備
 - ・ ろ過水ポンプによる格納容器スプレイ
 - ・ ドライウェル冷却系による原子炉格納容器内の除熱

審査結果

原子炉格納容器内の冷却等のための対策が適切に実施される方針であることを確認

第49条等 原子炉格納容器内の冷却等のための対策(2/2)

<審査書 P.375>



➢ 全交流動力電源喪失時に電源を復旧させることにより、以下の対策を実施

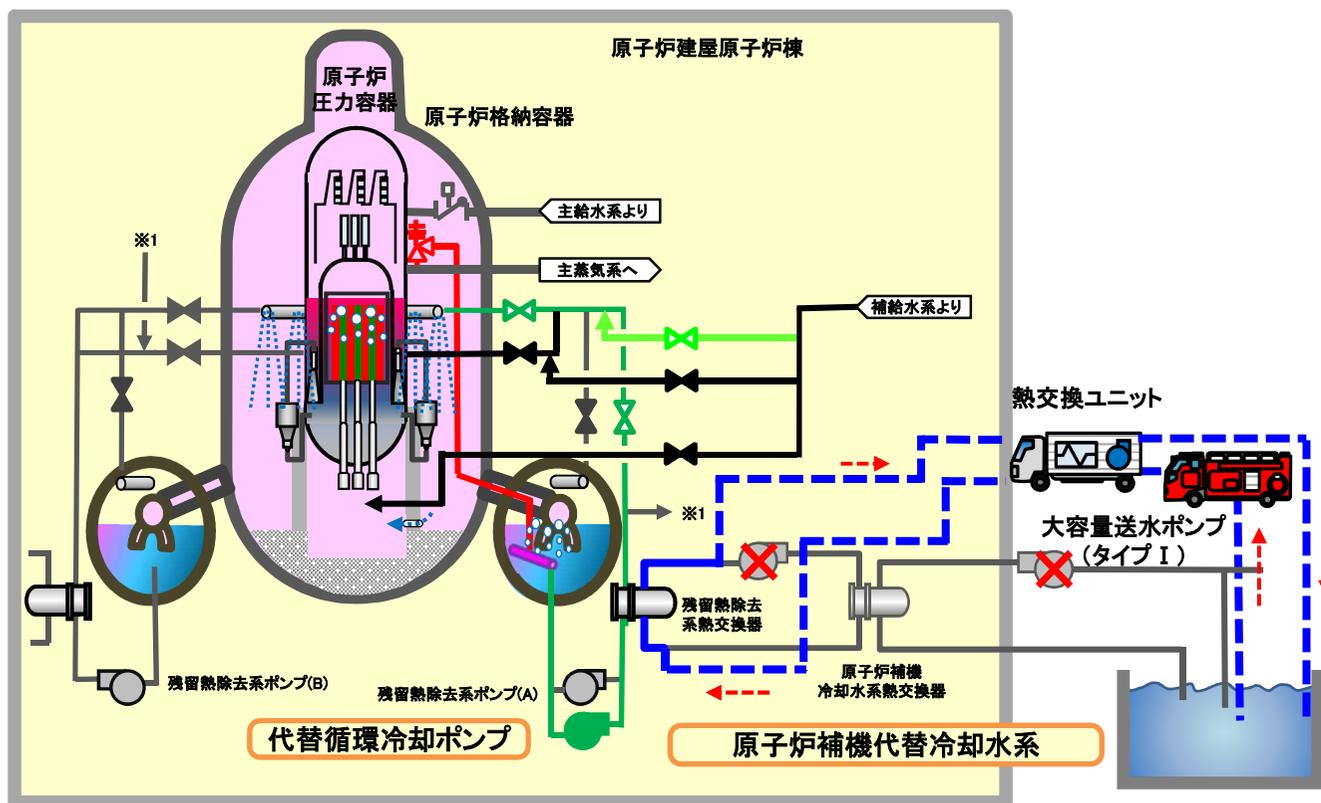
- 原子炉格納容器内の除熱 (残留熱除去系(格納容器スプレイ冷却モード))
- サプレッションプール水の除熱 (残留熱除去系(サプレッションプール水冷却モード))

第50条等 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための対策 (代替循環冷却)

<審査書 P.383>

◆ 炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器の破損を防止するために必要な対策を要求

申請者は、第50条等に適合する対策として、以下の代替循環冷却を行うことで原子炉格納容器の過圧破損を防止することとした。



主な確認内容

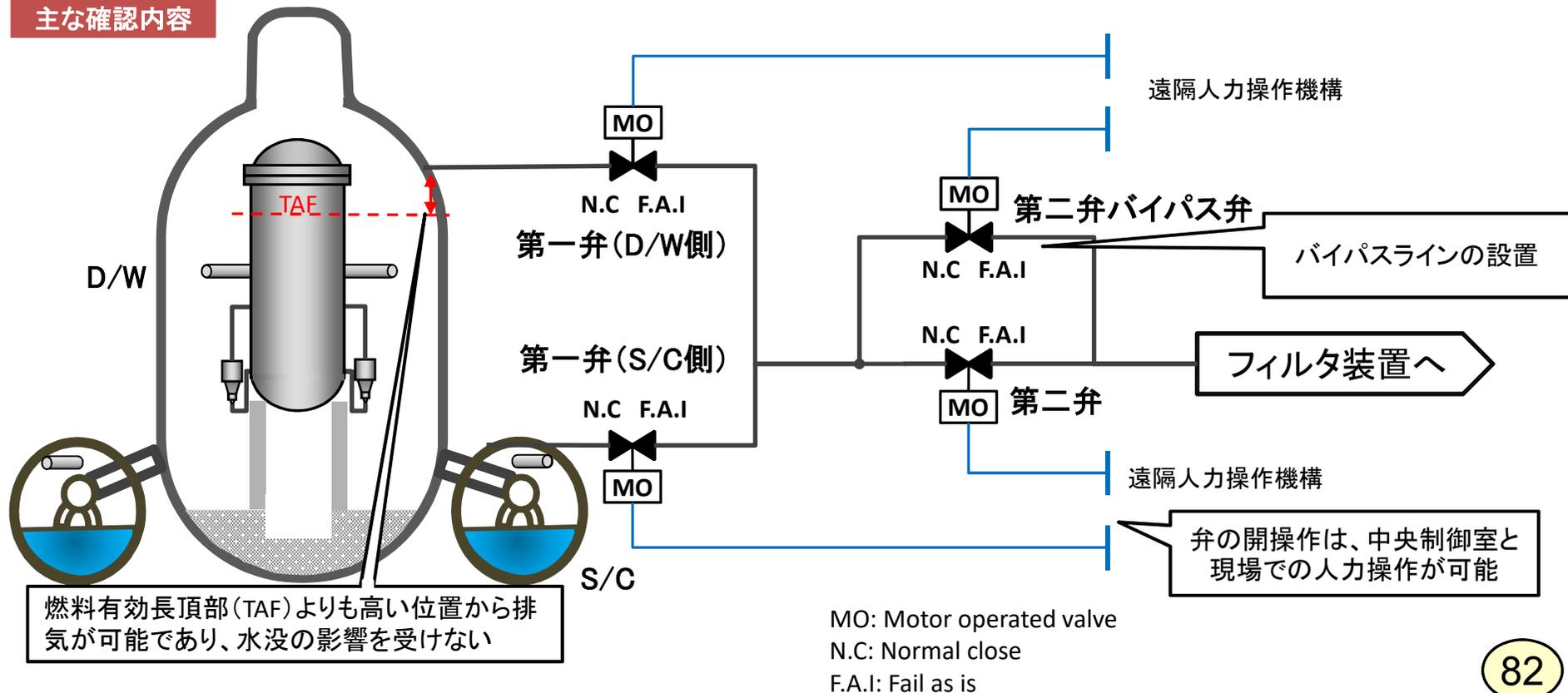
- 原子炉格納容器の雰囲気を除熱できる容量
- 想定される重大事故等が発生した場合において確実に操作できる設計(使用開始後に操作が必要な弁及びポンプは遠隔操作ができる設計)
- 残留熱除去系ストレーナの閉塞に対応するため、逆洗操作が可能な設計
- 代替循環冷却系運転時、系統バウンダリから系統水の漏えいがないこと。

審査結果

原子炉格納容器の過圧破損を防止する対策が適切に実施される方針であることを確認

- ◆ ベントラインのシステム構成については、以下の対策を要求
- 設計基準対象施設
 - ・原子炉格納容器の外側で閉じていないものにあつては、隔離弁を2弁設置
- 重大事故等対処施設
 - ・開の信頼性確保(一つの弁の故障でベント失敗とならないような弁構成)
 - ・長期的にも溶融炉心及び水没の影響を受けない場所に接続されていること

主な確認内容

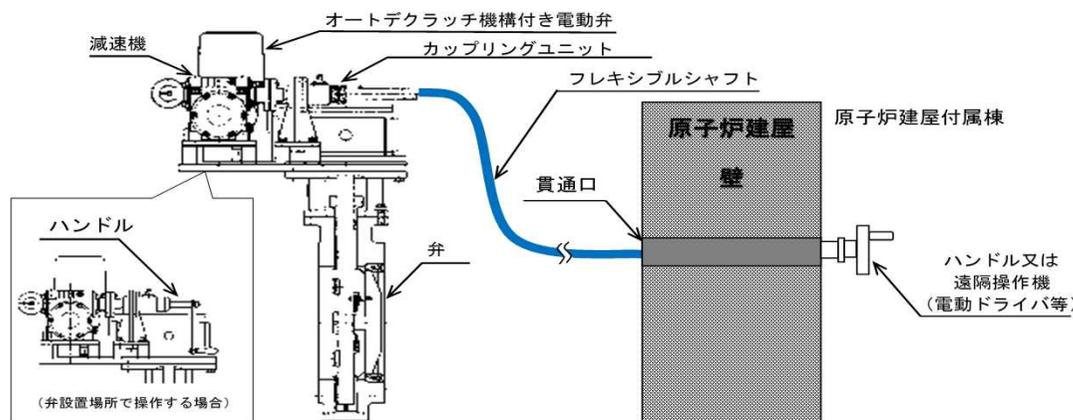


- ◆ 原子炉格納容器フィルタベント系の隔離弁の人力操作については、以下の対策を要求
 - 原子炉格納容器フィルタベント系の隔離弁は、人力により容易かつ確実に開閉操作ができること
 - 炉心の著しい損傷時においても現場において、人力で格納容器圧力逃がし装置の隔離弁の操作ができるよう、遮蔽の放射線防護対策がなされていること

主な確認内容

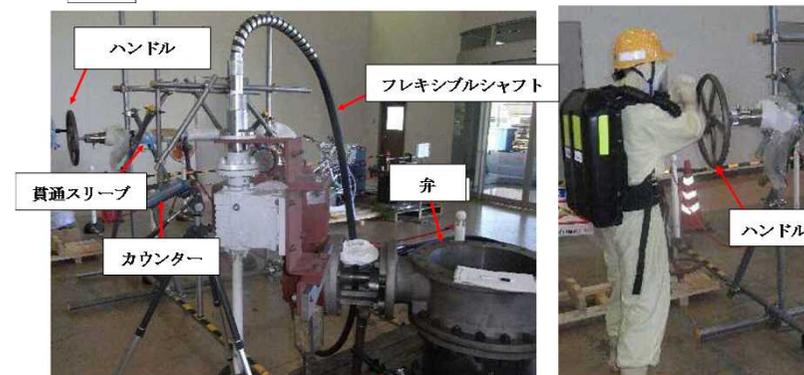
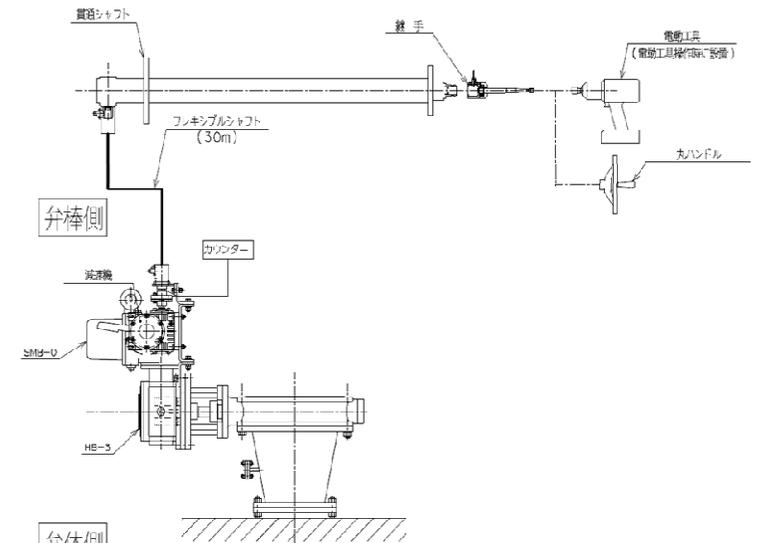
- 原子炉格納容器フィルタベント系を使用する際に開操作する隔離弁には、遠隔手動操作機構を設置。
- 遠隔人力操作機構による弁の全閉から全開操作は、モックアップ試験の結果に基づき計2名、約36分※で実施可能。

※フィルタ装置側隔離弁の操作時間。モックアップ試験結果のハンドル操作速度105回転/分より算出。



遠隔手動弁操作設備の模式図

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（2019年9月19日）から一部抜粋<<http://www2.nsr.go.jp/data/000286592.pdf>>



第50条等 原子炉格納容器フィルタベント系の他系統への悪影響防止

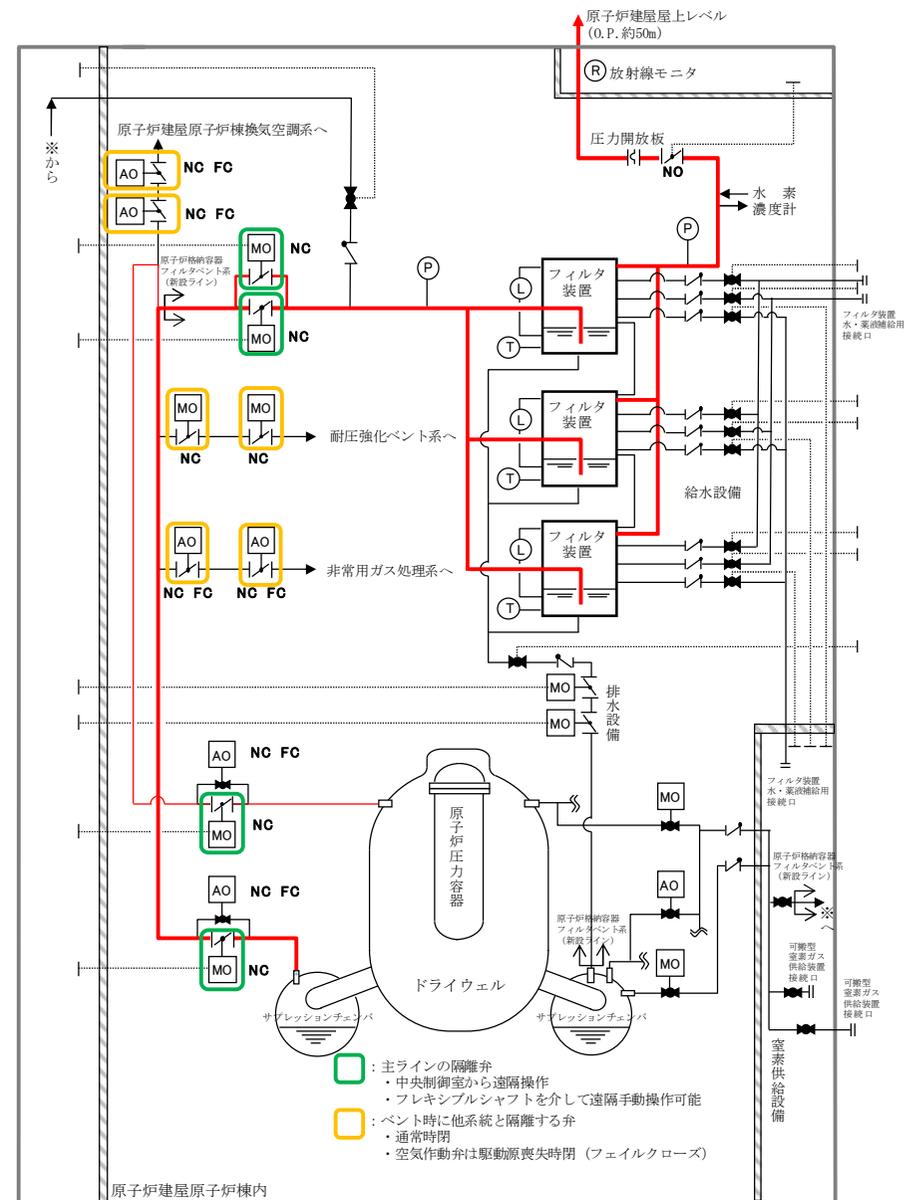
◆ 原子炉格納容器フィルタベント系の他系統への悪影響防止については、以下の対策を要求

□ 原子炉格納容器フィルタベント系の配管等は、他の系統・機器（例えばSGTS）や他号機の格納容器圧力逃がし装置等と共用しないこと。ただし、他への悪影響がない場合を除く

主な確認内容

- 他の系統・機器を隔離する弁は、直列で二重に設置。
- 他の系統・機器を隔離する弁は、駆動源が喪失した際のフェイルクローズ機能により確実な隔離ができること又は人力による手動操作が容易な電動駆動弁とする。
- 他の系統・機器を隔離する弁のパッキン類は、最高使用圧力2Pd、最高使用温度200°Cを満足する仕様のものを使用する。

<審査書 P. 387>



原子炉建屋

原子炉格納容器フィルタベント系に接続する系統の概要図

➤ ベント準備の判断基準

炉心損傷を判断し、残留熱除去系及び代替循環冷却系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱ができず、原子炉格納容器内の圧力が0.640MPa[gage]に到達した場合又は原子炉建屋地上3階(原子炉建屋原子炉棟内)の水素濃度が2.0vol%に到達した場合

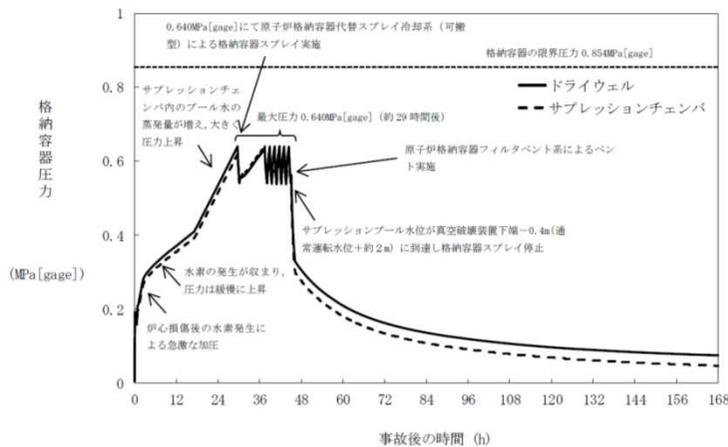
➤ ベント実施の判断基準

外部水源により格納容器スプレイを継続している状態において、サブプレッションプール水位が通常運転水位+2.0m(※)に到達した場合又は原子炉建屋地上3階(原子炉建屋原子炉棟内)の水素濃度が2.3vol%に到達した場合。

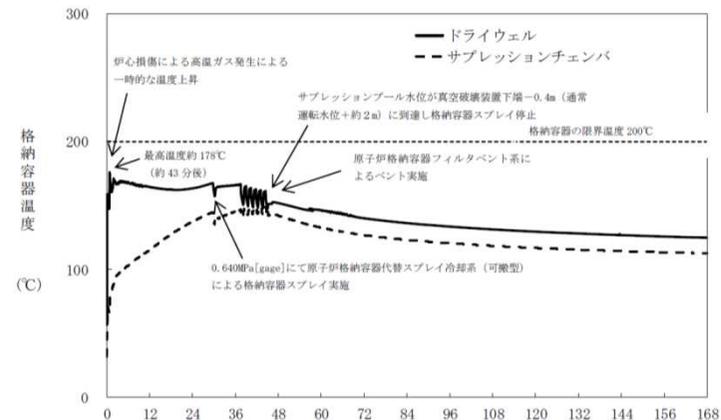
※サブプレッションチェンバの格納容器ベント排気ライン及び真空破壊装置の水没を防止するための水位

➤ ベント停止の判断基準

残留熱除去系又は代替循環冷却系による原子炉格納容器内の除熱機能が1系統回復し、原子炉格納容器内の水素濃度及び酸素濃度が可能な場合、並びに可搬型窒素ガス供給装置による原子炉格納容器への窒素注入が可能と判断した場合を基本とし、その他の要因を考慮した上で総合的に判断し適切に対応する。



格納容器圧力の推移

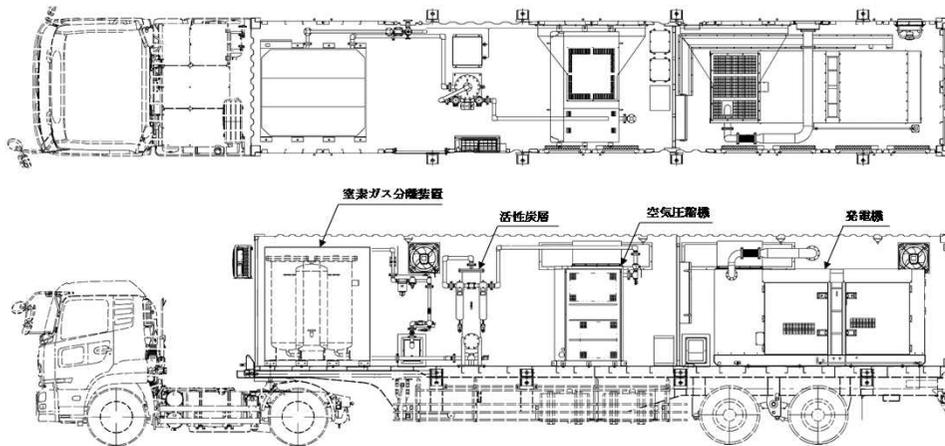


格納容器温度の推移

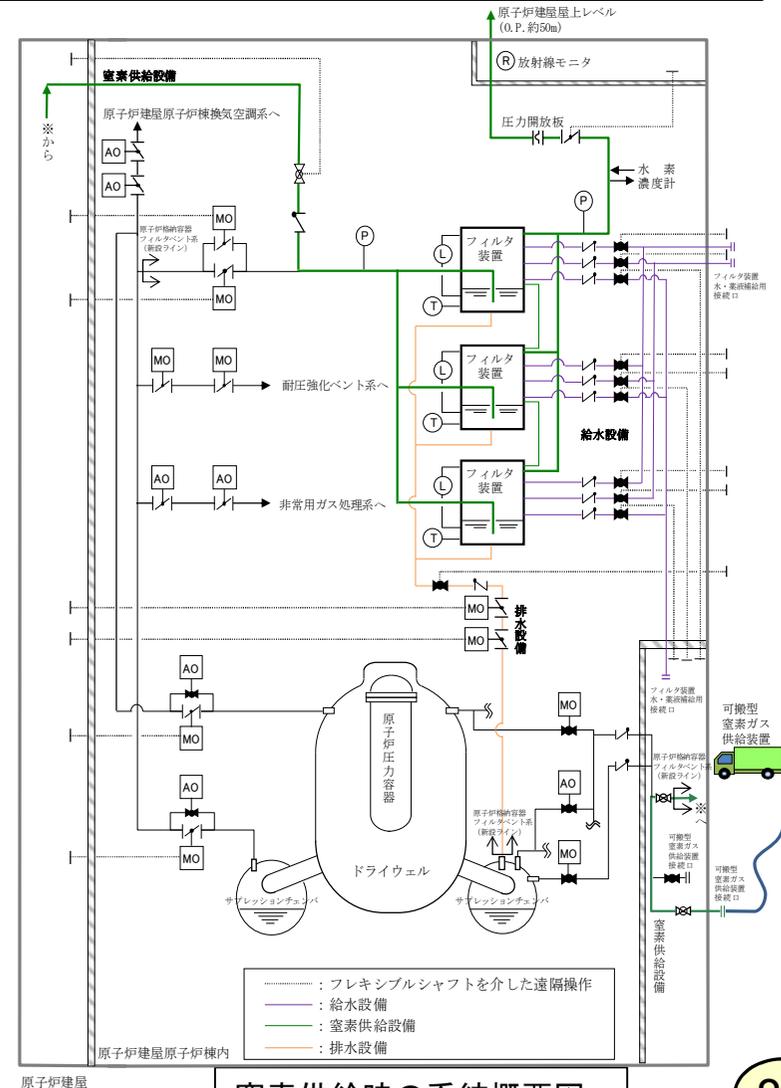
- ◆ 格納容器の負圧破損の防止については、以下の対策を要求
- 原子炉格納容器フィルタベント系の使用に際しては、必要に応じて、原子炉格納容器の負圧破損を防止する設備を整備すること

主な確認内容

- 残留熱除去系又は代替循環冷却系による原子炉格納容器内の除熱は、原子炉格納容器内の圧力を監視し、格納容器の圧力を100kPa[gage]～50kPa[gage]に制御。
- また、原子炉格納容器フィルタベント系の使用後においても原子炉格納容器の負圧破損を防止するために可搬型窒素ガス供給装置により原子炉格納容器内へ窒素を供給。



可搬型窒素ガス供給装置構造図



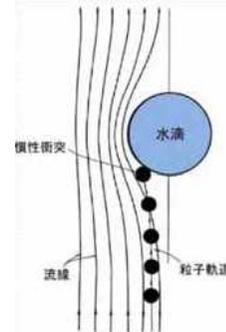
窒素供給時の系統概要図

◆ 原子炉格納容器フィルタベント系からの放射性物質低減のため、以下の対策を要求

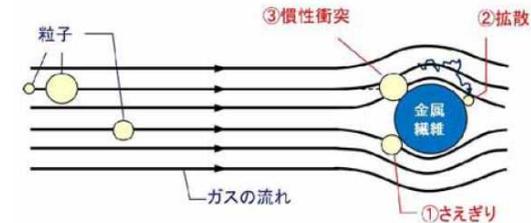
□ 原子炉格納容器フィルタベント系は、排気中に含まれる放射性物質を低減するものであることを要求

主な確認内容

- エアロゾル除去性能試験、ガス状放射性よう素の除去性能試験により除去性能を確認
- 粒子状放射性物質に対して99.9%以上、無機よう素に対して99.8%以上、有機よう素に対して98%以上の除去効率を有する。



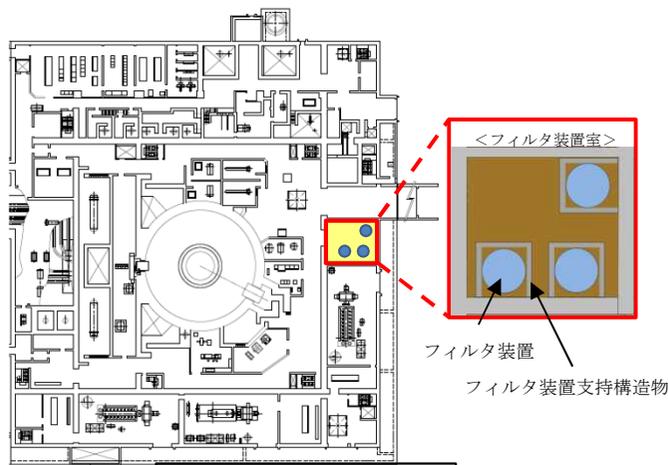
ベンチュリノズルにおける除去原理(イメージ)



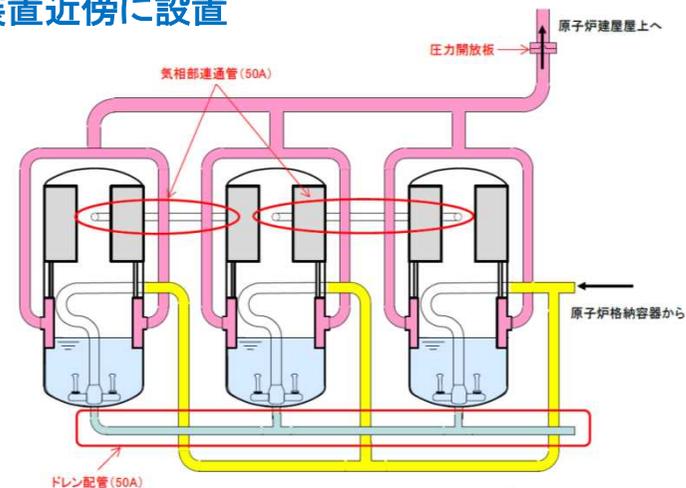
金属フィルタによる除去原理(イメージ)

➤ フィルタ装置3台並列設置にあたり、性能に影響を与えないよう、**フィルタ装置のベントガス流量のばらつきがない設計とする方針を確認**

- 各フィルタ装置を同等の仕様、
- 各フィルタ装置の気相部及び液相部を連通管で接続
- 全てのフィルタを近接配置
- 配管分岐部をフィルタ装置近傍に設置



フィルタ装置設置場所

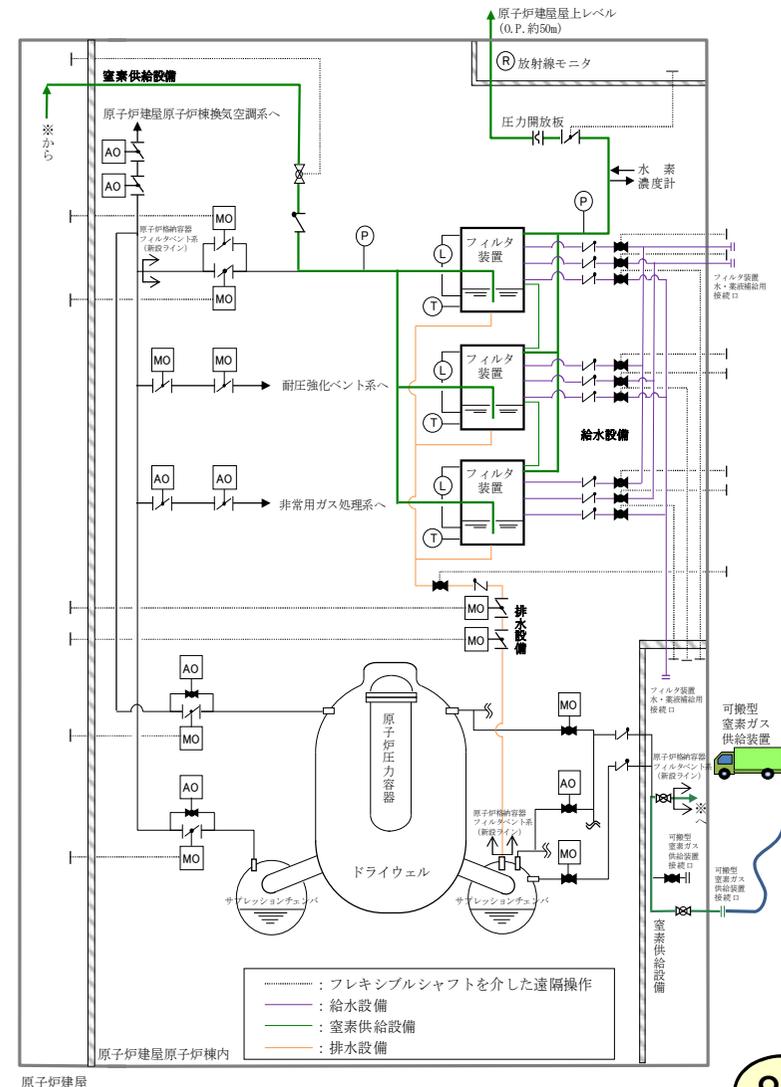


フィルタ装置周りの系統概要図

- ◆ 原子炉格納容器フィルタベント系の可燃性ガスについて、以下の対策を要求
- 可燃性ガスの爆発防止等の対策を講じられていること

主な確認内容

- 通常運転中は、原子炉格納容器フィルタベント系内を窒素ガスにより置換
- 原子炉格納容器フィルタベント系使用時に可燃性ガスが滞留しないように必要な箇所にバイパスラインを設置
- 原子炉格納容器フィルタベント系使用後は、可搬型窒素ガス供給装置を用いて窒素ガスにより系統内を置換



第50条等 ラプチャーディスク(圧力開放板)

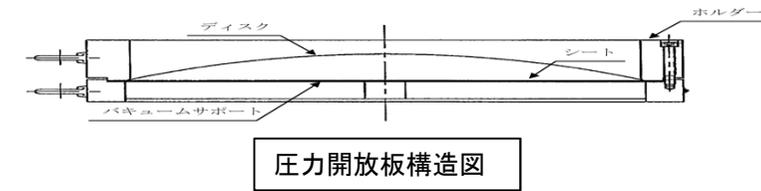
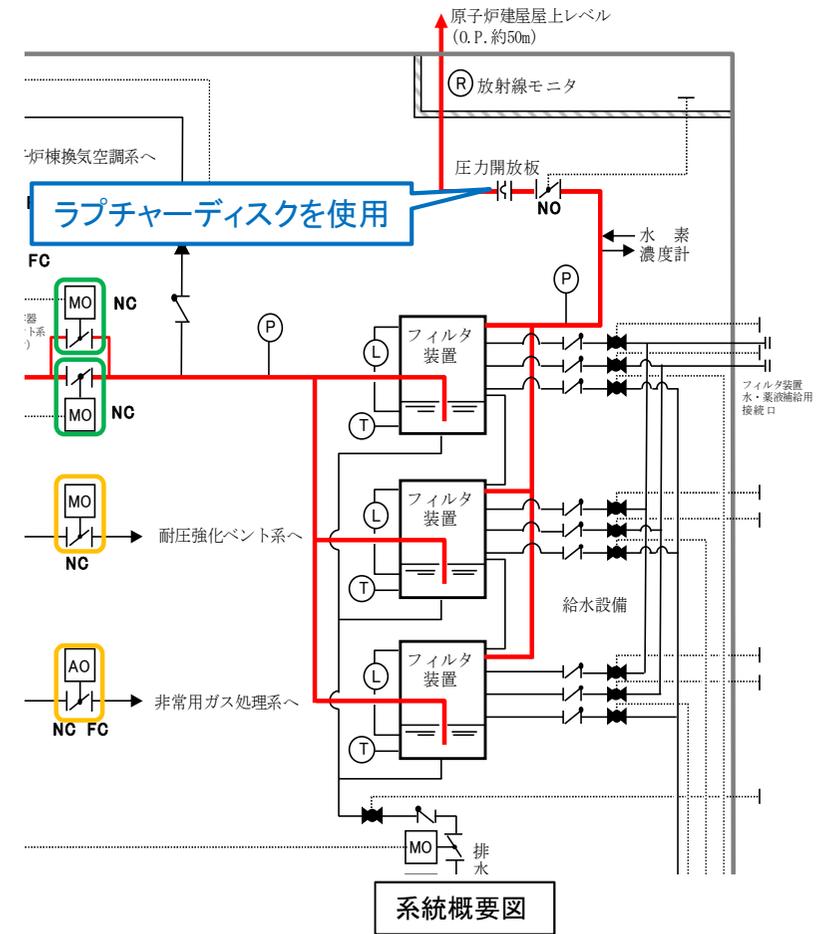
<審査書 P. 389>

◆ 原子炉格納容器フィルタベント系にラプチャーディスクを使用する場合について、以下の対策を要求

□ ラプチャーディスクを使用する場合は、バイパス弁を設置すること。ただし、格納容器圧力逃がし装置の使用の妨げにならないよう、十分に低い圧力に設定されたラプチャーディスク(原子炉格納容器の隔離機能を目的としたものではなく、例えば、配管の窒素充填を目的としたもの)を使用する場合又はラプチャーディスクを強制的に手動で破壊する装置を設置する場合を除く

主な確認内容

- 原子炉格納容器フィルタベント系待機時の装置内の窒素充填のために、ラプチャーディスクを設置
- 開放設定圧力は、0.1MPa [gage]であり、原子炉格納容器フィルタベント系の使用の妨げにならない。(格納容器の最高使用圧力0.427MPa [gage]、限界圧力0.854MPa [gage])
- フィルタ装置出口側圧力開放板は、原子炉建屋原子炉棟内に設置し、想定される重大事故等時における環境条件を考慮した設計とすることを確認



第51条等 原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための対策(1/2)

<審査書 P.393>

- ◆ 炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器の破損を防止するため、溶融し、原子炉格納容器下部に落下した溶融炉心を冷却するため、以下の対策を要求
- 原子炉格納容器下部注水設備の整備
- 溶融炉心の原子炉格納容器下部への落下を遅延又は防止するための原子炉圧力容器への注水(手順等の整備)

主な確認内容

- 原子炉格納容器下部注水系(常設)(復水移送ポンプ)及び原子炉格納容器代替スプレイ冷却系(常設)による原子炉格納容器下部への注水
- 原子炉格納容器下部注水系(常設)(代替循環冷却ポンプ)及び代替循環冷却系による原子炉格納容器下部への注水
- 原子炉格納容器下部注水系(可搬型)及び原子炉格納容器代替スプレイ冷却系(可搬型)による原子炉格納容器下部への注水
- 低圧代替注水系(常設及び可搬型)、代替循環冷却系及び高圧代替注水系による原子炉圧力容器への注水

※ 「原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための対策」及び「原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための対策」を参照

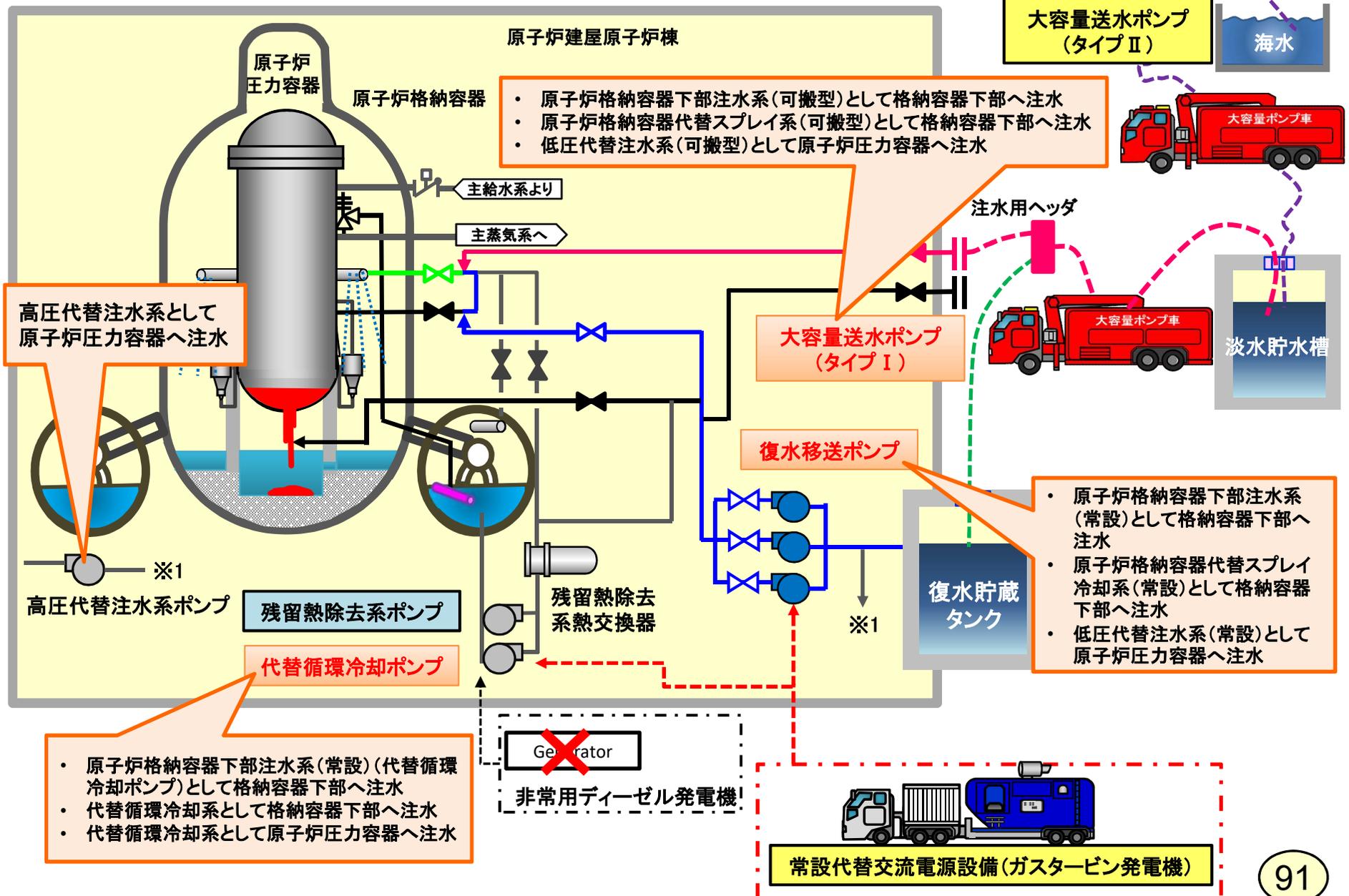
- 自主対策
ろ過水ポンプによる溶融炉心の冷却
制御棒駆動水圧系、直流駆動低圧注水系、ろ過水ポンプによる溶融炉心の落下の遅延又は防止

審査結果

原子炉格納容器下部に落下した溶融炉心を冷却するための対策が適切に実施される方針であることを確認

第51条等 原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための対策(2/2)

<審査書 P.393>



- 原子炉格納容器下部注水系(可搬型)として格納容器下部へ注水
- 原子炉格納容器代替スプレイ系(可搬型)として格納容器下部へ注水
- 低圧代替注水系(可搬型)として原子炉圧力容器へ注水

- 原子炉格納容器下部注水系(常設)として格納容器下部へ注水
- 原子炉格納容器代替スプレイ冷却系(常設)として格納容器下部へ注水
- 低圧代替注水系(常設)として原子炉圧力容器へ注水

- 原子炉格納容器下部注水系(常設)(代替循環冷却ポンプ)として格納容器下部へ注水
- 代替循環冷却系として格納容器下部へ注水
- 代替循環冷却系として原子炉圧力容器へ注水

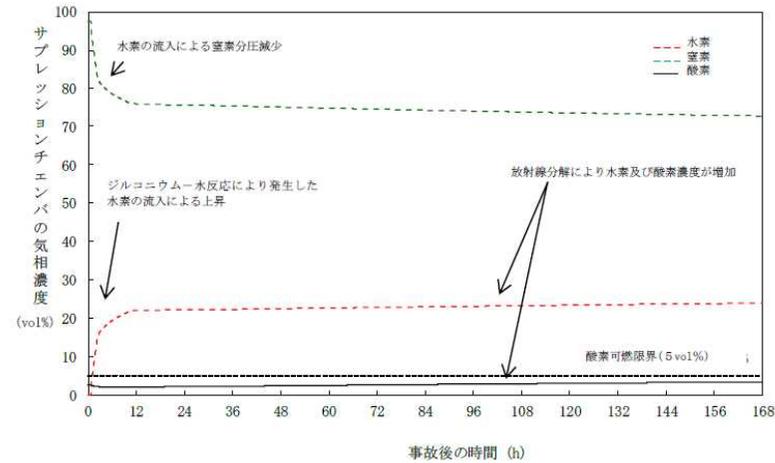
第52条等 水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための対策

<審査書 P.404>

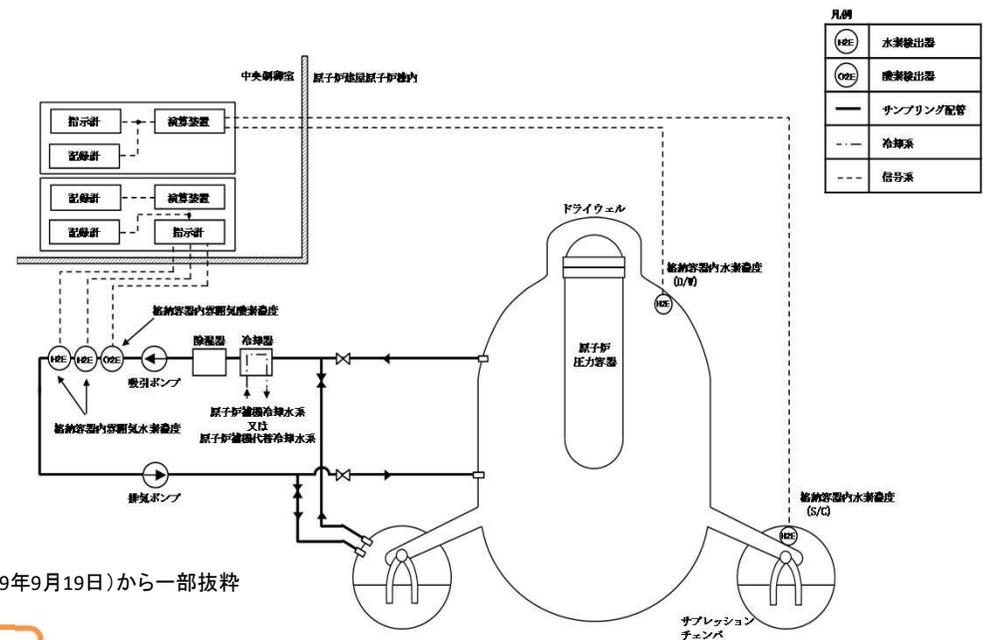
- ◆ 炉心の著しい損傷が発生した場合において、水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するために必要な対策を要求
- 原子炉格納容器内の不活性化
- 水素ガスの排出経路での水素爆発防止、放射性物質の低減設備、水素及び放射性物質濃度測定装置の設置
- 水素濃度の監視設備の設置

主な確認内容

- 可搬型窒素ガス供給装置を用いた原子炉格納容器内の不活性化。なお、原子炉格納容器内は、通常運転中においては、原子炉格納容器調気系により不活性化した状態を維持
- 原子炉格納容器フィルタベント系による水素及び酸素の排出（格納容器内の酸素濃度が4.3vol%（ドライ条件）かつ1.5vol%（ウェット条件）に到達した場合）
- 水素濃度及び酸素濃度を測定できる監視設備
 - ・ 格納容器内水素濃度計（D/W）、（S/C）
 - ・ 格納容器内雰囲気水素濃度計／酸素濃度計
- 自主対策設備
 - ・ 可燃性ガス濃度制御系



代替循環冷却系を使用した場合のサプレッションチェンバの気相濃度の推移(ドライ条件)



(注) 片系のみを示す。

水素濃度及び酸素濃度の監視設備

審査結果

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（2019年9月19日）から一部抜粋
<http://www2.nsr.go.jp/data/000286642.pdf>

水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止する対策が適切に実施される方針であることを確認

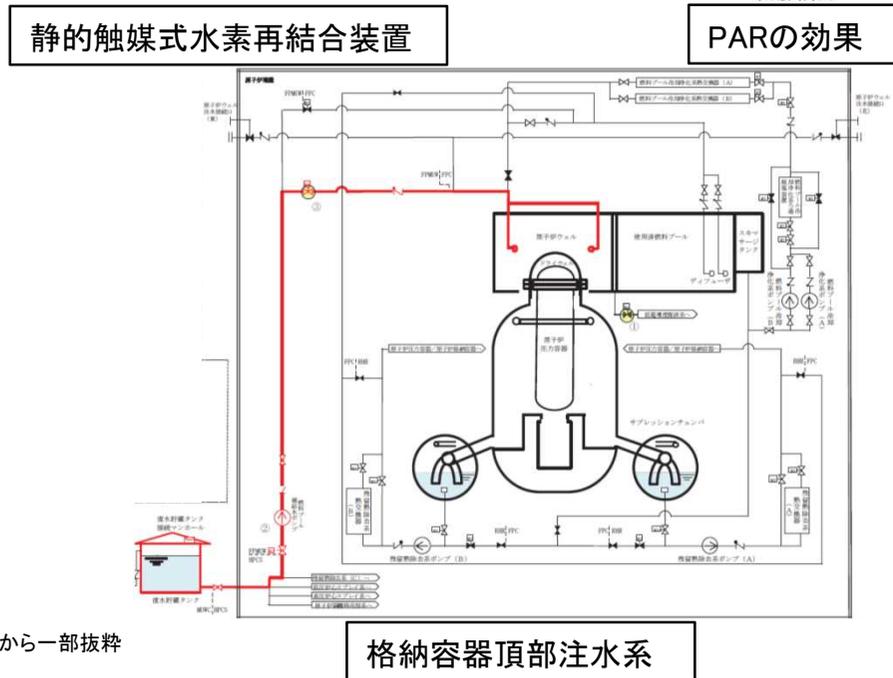
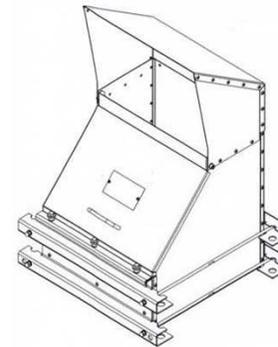
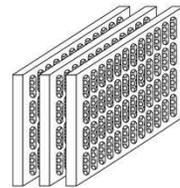
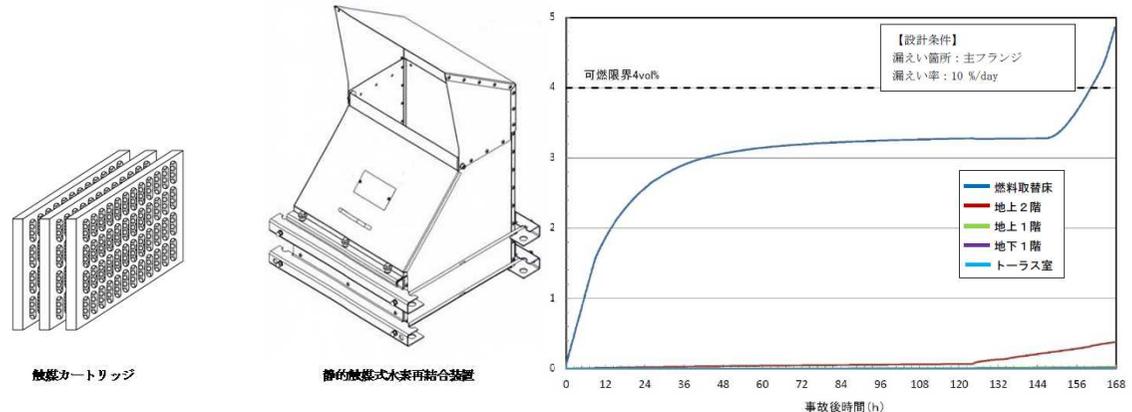
第53条等 水素爆発による原子炉建屋の損傷を防止するための対策

<審査書 P.411>

- ◆ 炉心の著しい損傷が発生した場合において、水素爆発による原子炉建屋の損傷を防止するため、以下の対策を要求
 - 水素濃度制御設備又は水素排出設備の設置
 - 水素濃度を推定できる監視設備の設置

主な確認内容

- 水素濃度制御設備
 - ・ 静的触媒式水素再結合器 (PAR) を原子炉建屋内に設置 (PAR動作監視装置 (熱電対) を含む。)
- 水素濃度を測定できる監視設備
 - ・ 原子炉建屋内水素濃度計
- 原子炉格納容器から原子炉建屋原子炉棟内に異常な漏えいが発生した場合には、原子炉格納容器フィルタベント系により原子炉格納容器から水素及び酸素を排出
- 自主対策設備
 - 原子炉格納容器頂部注水系、原子炉建屋ベント設備



審査結果

水素爆発による原子炉建屋の損傷を防止する対策が適切に実施される方針であることを確認

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 (2019年9月19日) から一部抜粋
<<http://www2.nsr.go.jp/data/000286642.pdf>>

第54条等 使用済燃料プールを冷却するための対策(1/2)

<審査書 P.416>

◆ 使用済燃料プールの冷却機能又は注水機能が喪失し、又は水の漏えい等により水位が低下した場合でも、燃料体等を冷却し、放射線を遮蔽し、及び臨界を防止するため、以下の対策を要求

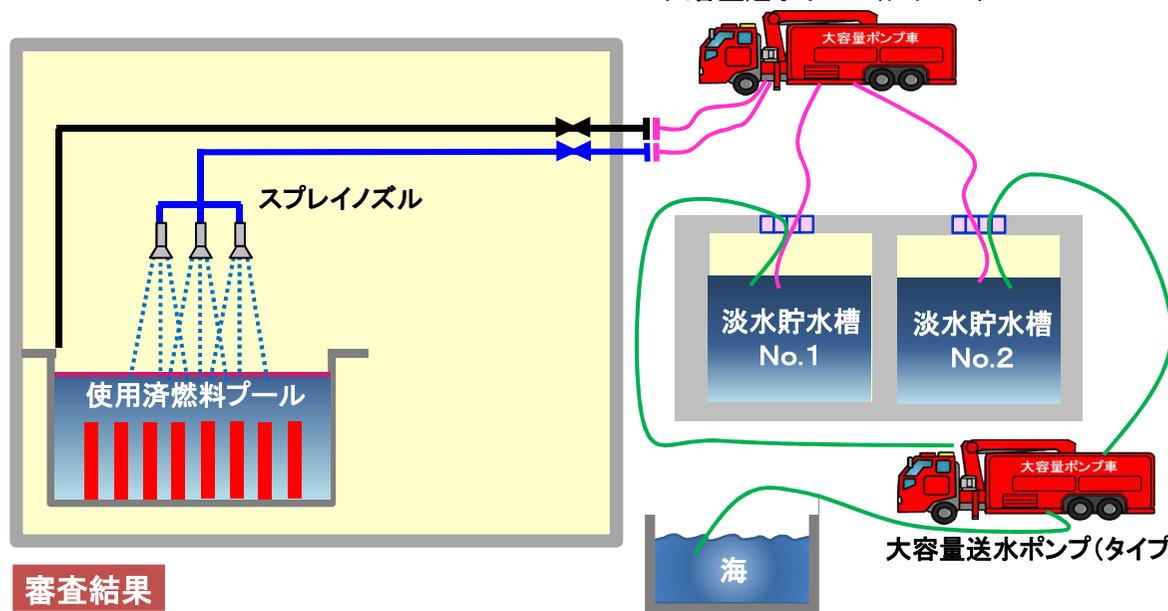
- 可搬型代替注水及びスプレイ設備の整備
- 水位、水温を計測及び監視するための設備の整備

主な確認内容

- 燃料プール代替注水系(常設配管)、燃料プール代替注水系(可搬型)による使用済燃料プールへの注水設備・手順の整備
- 燃料プールのスプレイ系(常設配管)、燃料プールのスプレイ(可搬型)によるスプレイ設備・手順の整備
- 水位計、水温計、放射線モニタ、監視カメラの設置

代替注水の優先順位

1. 燃料プール代替注水系(常設配管)による代替注水
2. 燃料プール代替注水系(可搬型)による代替注水
3. 燃料プールのスプレイ系(常設配管)によるスプレイ
4. 燃料プールのスプレイ系(可搬型)によるスプレイ
大容量送水ポンプ(タイプI)



審査結果

使用済燃料プールの燃料損傷を防止する対策が適切に実施される方針であることを確認

計装名	種類	測定範囲・環境条件
使用済燃料プール水位／温度(ガイドパルス式)	水位:ガイドパルス式水位検出器 温度:測温抵抗体	温度:0~120℃ 水位:-4,300~7,300mm (0は燃料ラック上端)
使用済燃料プール水位／温度(ヒートサーモ式)	熱電対	温度:0~150℃ 水位:0~7,010mm (0は燃料ラック上端)
使用済燃料プール上部空間放射線モニタ(高線量、低線量)	電離箱	高線量:10 ¹ ~10 ⁸ mSv/h 低線量:10 ⁻² ~10 ⁵ mSv/h
使用済燃料プール監視カメラ	可視光カメラ	想定される温度、湿度、放射線に耐えられること

第54条等 使用済燃料プールを冷却するための対策(2/2)

<審査書 P.419>

◆ 重大事故等発生時に使用済燃料プールで発生した水蒸気が重大事故等対処設備に悪影響を与えないようにするため、以下の対策を要求

□ 燃料プール冷却浄化系による使用済み燃料の除熱

主な確認内容

- 燃料プール冷却浄化系の熱交換器及びポンプは、使用済燃料プールを除熱できる容量を確保
- 原子炉補機代替冷却水系は、必要な容量を確保

審査結果

使用済燃料プールが適切に除熱され、重大事故等対処設備に悪影響を与えない対策が整備される方針であることを確認

