

九州電力株式会社玄海原子力発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書

(3号及び4号発電用原子炉施設の変更)に関する審査書に係る

原子力規制庁への確認事項案について

平成29年2月11日

佐 賀 県

### Ⅲ－1.1.1. (1)解放基盤表面の設定

#### 【確認事項(案)】

解放基盤表面の設定に関して、申請者（九州電力）は、敷地内で実施した地質調査及び試掘坑内弾性波探査の結果をもって「S波速度が約1.35km/sの岩盤が相当の広範囲にわたり基盤を構成していることを確認した。」としている。

敷地内の調査結果をもって「相当の広範囲」としてよいのか。何か基準はあるか。

また、3号機原子炉建屋の直下の岩盤には、S波速度が約1.35km/sを下回る、『1.30km/s』の調査結果がみられるが、安全評価上の問題はないか。

#### 【審査書の表記】(P11) 1. 地下構造モデル (1) 解放基盤表面の設定

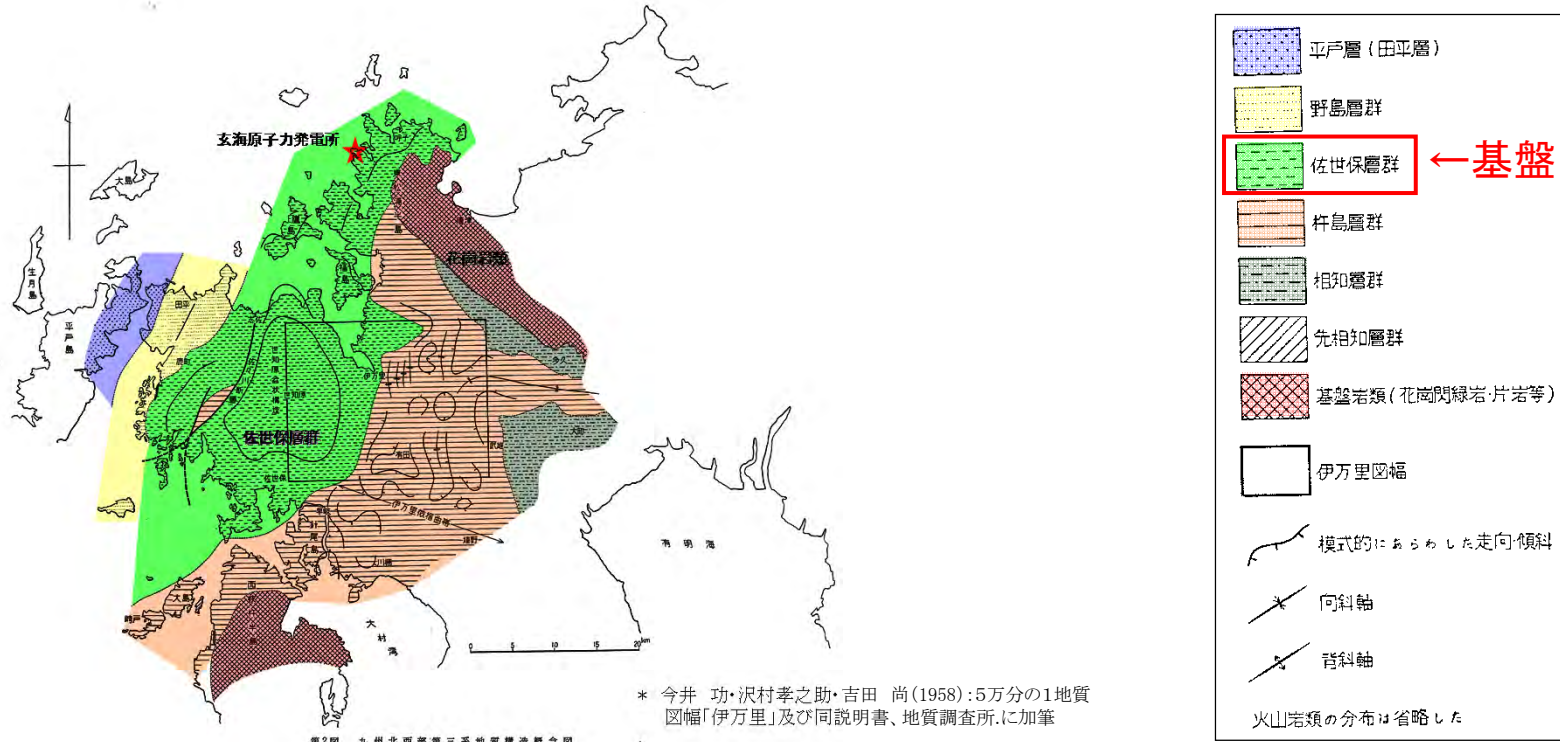
解釈別記2は、解放基盤表面について、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拵がりを持って想定される自由表面であり、せん断波速度(以下「S波速度」という。)がおおむね700m/s以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていないことを要求している。

申請者は、解放基盤表面の設定に関する評価について、以下のとおりとしている。  
本発電所敷地内で実施した地質調査及び試掘坑内弾性波探査の結果より、S波速度が約1.35km/sの岩盤が相当の広範囲にわたり基盤を構成していることを確認した。以上のことから、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋基礎底盤位置の標高(以下「EL.」という。)-15.0m の位置に解放基盤表面を設定した。

規制委員会は、申請者が設定している解放基盤表面は、必要な特性を有し、要求されるS波速度を持つ硬質地盤の表面に設定されていることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

# 敷地及び敷地周辺の地下構造調査

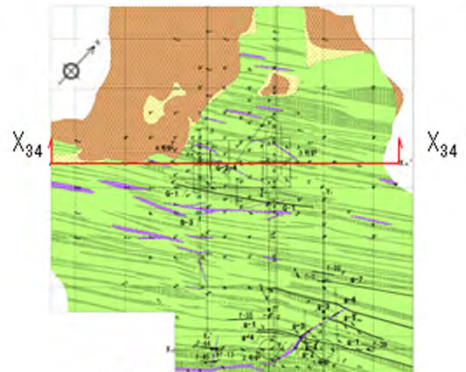
- 敷地及び敷地周辺における地質調査結果によると、玄海原子力発電所敷地周辺においては、原子炉建屋等の重要な施設を支持する硬質な岩盤（基盤）は、拡がりをもって分布することが推定される。
  - 基盤は、敷地付近においては比較的浅所に広く分布することを確認。
- ⇒敷地の基盤は、硬い岩盤が拡がりをもって分布している。



- 5万分の1地質図幅「伊万里」によると、佐世保層群（基盤）は相当な拡がりをもって分布する。
- 佐世保層群は、敷地においては少なくとも深さ方向に1km以上分布する。

# 敷地及び敷地周辺の地下構造調査

## 原子炉設置位置付近の地質断面図 (X<sub>34</sub>-X<sub>34</sub>' 断面)



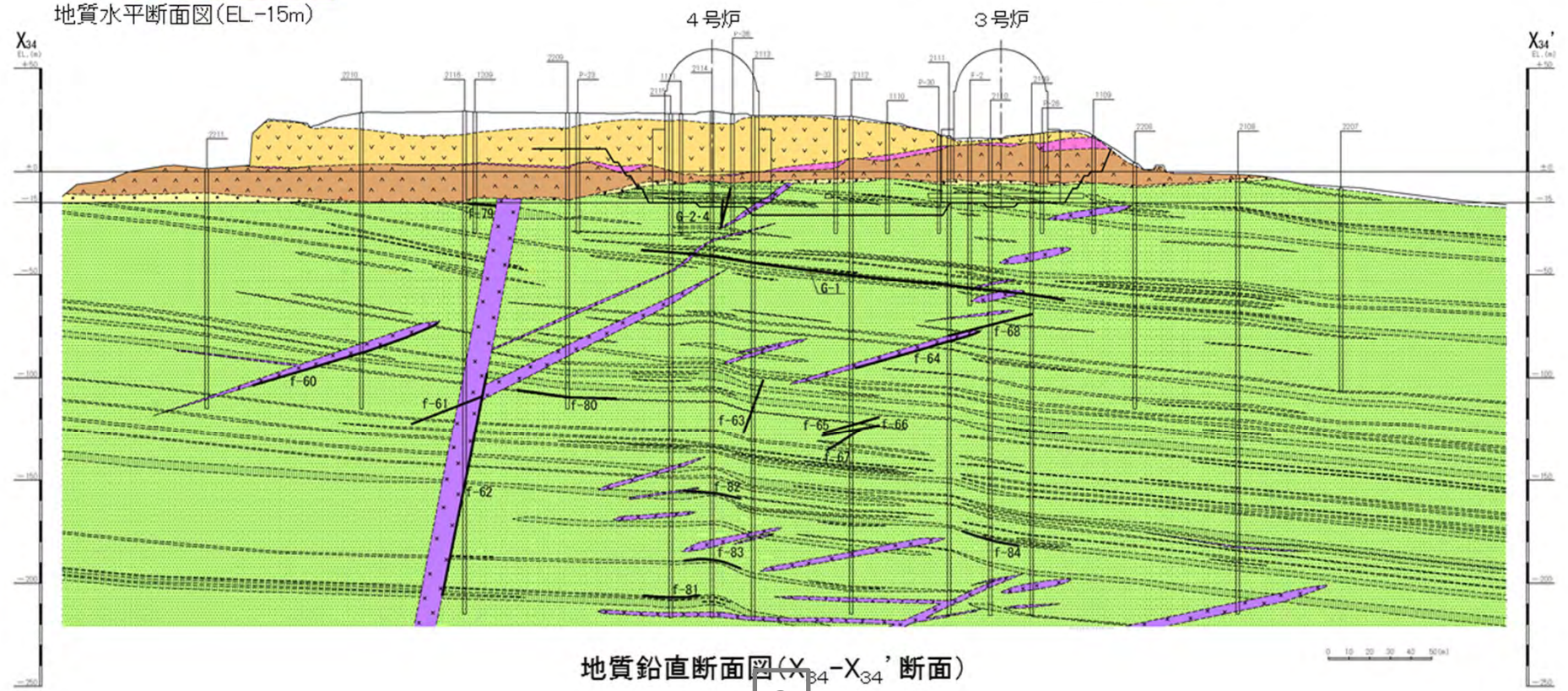
地質水平断面図(EL.-15m)

○敷地では、佐世保層群が地下浅部に分布し、東松浦玄武岩類が不整合関係で覆う。

地質時代		地層名	地質
新 生 代	第四紀	沖積層	表土(盛土等を含む)
	鮮新世	東松浦玄武岩類	無斑晶質玄武岩 凝灰岩
			かんらん石粗粒玄武岩
	新第三紀	八ノ久保砂礫層	砂礫層
	中新世	肥前粗粒玄武岩類	玢岩
古 第 三 紀	漸新世	佐世保層群	頁岩 砂岩

記号凡例	
○(○)	ボーリング孔(投影)
□(□)	試験坑(投影)
---	岩層境界線
---	断層
(G-: 3,4号炉試験掘坑で確認された断層)	
(g-: 1,2号炉試験掘坑で確認された断層)	
(f-: 上記以外の断層)	

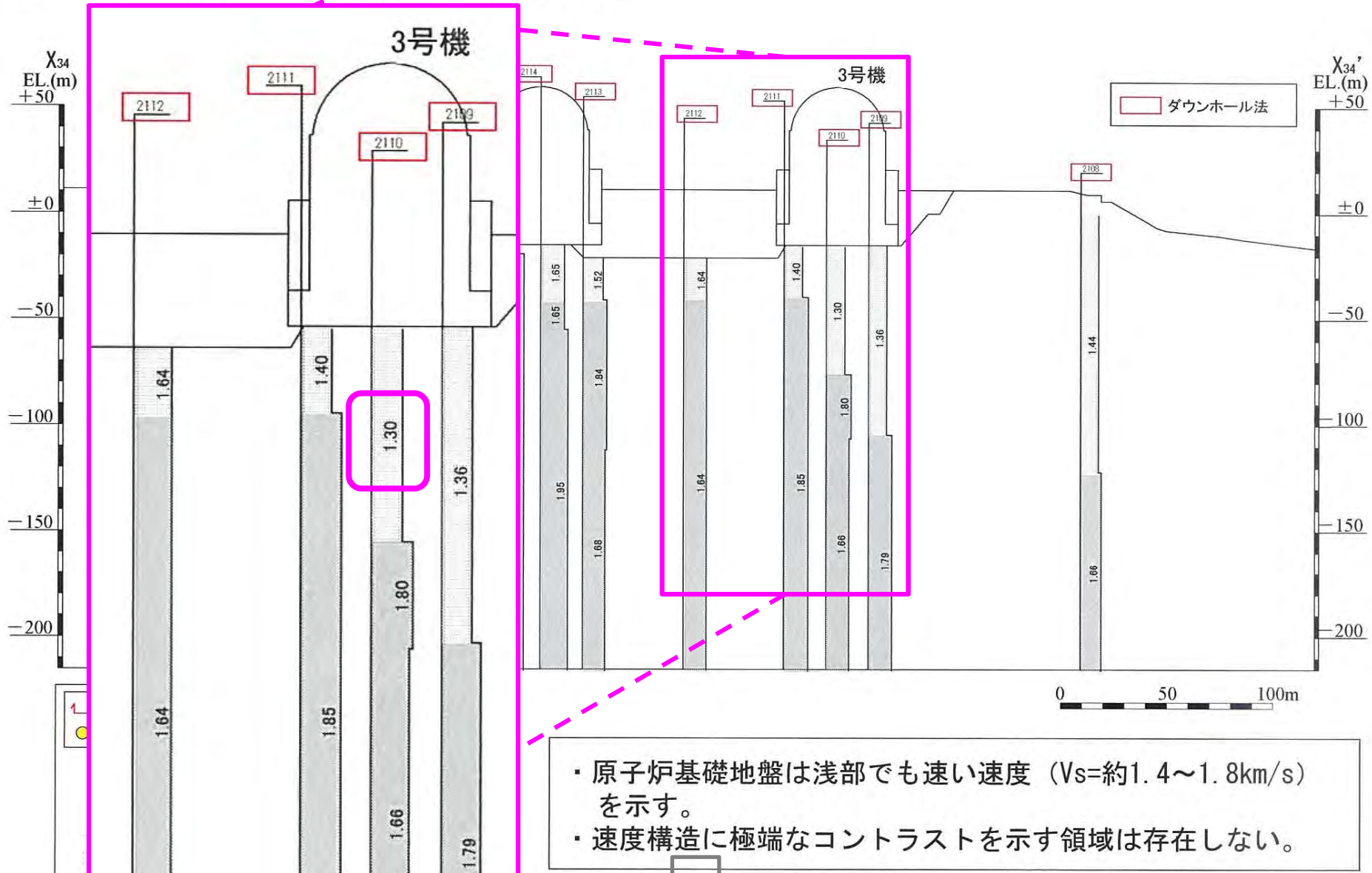


地質鉛直断面図(X<sub>34</sub>-X<sub>34</sub>' 断面)

# 敷地及び敷地周辺の地下構造調査

佐賀県原子力安全専門部会資料  
3-2-1 (一部加筆)

速度構造について (X<sub>34</sub>-X<sub>34</sub>' 断面) (S波速度)



- ・ 原子炉基礎地盤は浅部でも速い速度 (Vs=約1.4~1.8km/s) を示す。
- ・ 速度構造に極端なコントラストを示す領域は存在しない。

### Ⅲ－1.1.2.(1)震源として考慮する活断層

#### 【確認事項(案)】

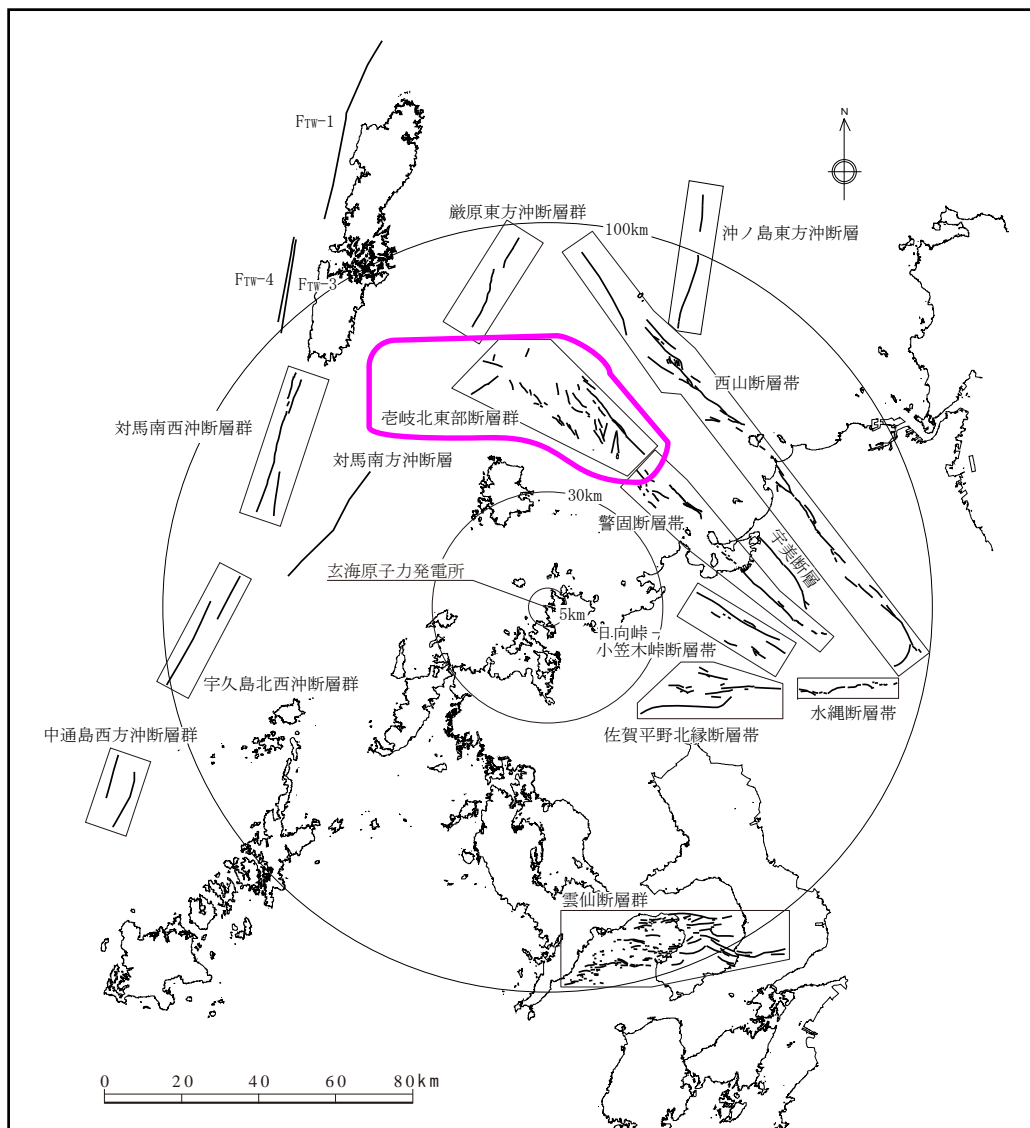
申請者が当初、壱岐北東部の断層群を「震源として考慮する活断層ではない」としていたことについて、再検討するよう求めた理由は何か。

#### 【審査書の表記】(P14)

規制委員会は、審査の過程において、申請者が当初、壱岐北東部に複数の断層が分布するが、震源として考慮する活断層ではないと評価していたため、断層評価を再検討するよう求めた。

これに対して、申請者は、壱岐北東部に分布する断層群を一連の断層とし、震源として考慮する活断層として評価を見直した。

## 半径30km以遠の活断層分布



断層の名称	断層長さ (km)	震央距離 (km)
警固断層帯	65.3	50
佐賀平野北縁断層帯	38.0	49
日向峠-小笠木峠断層帯	27.8	51
宇美断層	22.6	62
西山断層帯	137.0	67
水縄断層帯	25.6	81
雲仙断層群	38.2	96
老岐北東部断層群	50.8	51
对馬南方冲断層	34.6	61
对馬南西冲断層群	37.7	80
厳原東方冲断層群	26.3	86
宇久島北西冲断層群	34.1	90
沖ノ島東方冲断層	35.4	97
F <sub>TW</sub> -3	24.6	107
F <sub>TW</sub> -4	22.5	109
中通島西方冲断層群	18.8	122
F <sub>TW</sub> -1	48.8	134

地震規模及び敷地からの距離を考慮して、警固断層帯、佐賀平野北縁断層帯、日向峠-小笠木峠断層帯、西山断層帯、老岐北東部断層群、对馬南方冲断層、对馬南西冲断層群を抽出。

### Ⅲ－1.1.2 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

#### 【確認事項(案)】

震源を特定して策定する地震動について、不確かさの一つとして、「応力降下量を基本震源モデルの1.5倍」するケースも評価されている。これは新潟県中越沖地震の知見を踏まえて設定された値と認識しているが、例えば地盤特性によって更に大きなエネルギーが発生するといったことは考慮しなくてよいのか。

#### 【審査書の表記】(P16、17)

- c. 設定した基本ケースに対して、地震動評価に影響が大きいと考えられるパラメータの不確かさを考慮したケースとして、応力降下量を基本震源モデルの1.5倍としたケース、傾斜角を $60^\circ$ としたケース、断層長さ及び震源断層の広がり考慮して断層長さを20kmとしたケースについても設定した。また、不確かさを考慮したケースのすべてにおいて、アスペリティを敷地に最も近い位置となるように配置し、破壊開始点は断層面下端及びアスペリティ下端に複数設定した。



## 不確かさを考慮する断層パラメータ

パラメータ	基本的なケース	不確かさを考慮したケース
断層長さ及び震源断層の 拡がり	地質調査結果に基づき、 設定※ <sup>1</sup>	Stirling et al. (2002)を踏まえ、20kmと設定し、地 表トレースを含む範囲内で敷地に近づく方向に震源断 層面を設定
断層傾斜角	地質調査結果、原子力安 全基盤機構(2005)による と、九州地方は横ずれ断 層が主体であることから 強震動予測レシピに基づ き90度と設定※ <sup>2</sup>	強震動予測レシピ等を参考に、60度(敷地側に傾斜) と設定。
応力降下量	敷地で得られた地震観測 記録に基づく検討を踏ま え、強震動予測レシピに より設定	新潟県中越沖地震を踏まえ、強震動予測レシピの1.5 倍に設定
アスペリティの位置	地表トレースの範囲内で 敷地に最も近い位置に設 定	敷地に近い位置に設定
破壊開始点	巨視的断層面の端部で破 壊が敷地に向かう位置に 設定	破壊が敷地に向かうような位置に複数設定

※1：孤立した短い活断層は17kmと設定し、地表トレース長さの midpoint から両端に均等に震源断層面を設定

※2：竹木場断層は断層露頭及び発生地震の傾斜角を参考に80度と設定

### Ⅲ－1.1.2.(3)② 城山南断層による地震

#### 【確認事項(案)】

竹木場断層の断層長さ4.9kmに対して不確かさを考慮して20kmとしているが、城山南断層においても、断層長さ19.5kmに対して20kmとして解析、評価が行われている。断層長さに関する「不確かさ」を考慮する場合、20kmを上限としているのか。

#### 【審査書の表記】(P17)

- b. 基本ケースにおける主なパラメータとして、(中略)。また、断層長さについては、地質調査結果に基づき19.5km、傾斜角については、地質調査結果及び原子力安全基盤機構(2005)に基づき傾斜角90°の左横ずれ断層と設定した。(略)
- c. 設定した基本ケースに対して、地震動評価に影響が大きいと考えられるパラメータの不確かさを考慮したケースとして、(中略)断層長さ及び震源断層の広がりを考慮して断層長さを20kmとしたケースについても設定した。(略)

## 城山南断層による地震の基本的なケースと不確かさを考慮したケース

検討ケース	断層長さ及び震源断層の拡がり	断層傾斜角	応力降下量	アスペリティの位置	破壊開始点
基本的なケース	19.5km ※1	90度	強震動予測レシピにより設定	地表トレースの範囲内で敷地に最も近い位置に設定	巨視的断層面の端部で破壊が敷地に向かう位置に設定
断層長さ及び震源断層の拡がりの不確かさを考慮したケース	20.0km ※2	90度	強震動予測レシピにより設定	敷地に近い位置に設定	複数設定
断層傾斜角の不確かさを考慮したケース	19.7km ※2	60度	強震動予測レシピにより設定	敷地に近い位置に設定	複数設定
応力降下量の不確かさを考慮したケース	19.5km ※1	90度	新潟県中越沖地震を踏まえ、強震動予測レシピの1.5倍に設定	敷地に近い位置に設定	複数設定

※1：地質調査結果

※2：地表トレースを含む範囲内で敷地に近づく方向に震源断層面を設定

不確かさを考慮して設定するパラメータ

不確かさを重畳するパラメータ

### Ⅲ－1.1.3 震源を特定せず策定する地震動

#### 【確認事項(案)】

「震源を特定せず策定する地震動」に採用した鳥取県西部地震と北海道留萌支庁南部地震の観測記録については、それぞれ震源直上2kmと震源から約12kmの場所で観測されたものである。

このため、震央付近では（仮に観測記録があれば、）さらに大きな加速度が観測されている可能性もあると思うが、そうした観点を踏まえた地震動の補正や不確かさの考慮はされているのか。

#### 【審査書の表記】(P18)

解釈別記2は、「震源を特定せず策定する地震動」について、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ことを要求している。

(略)

(4) また、Mw6.5未満の地震については、収集した観測記録を、加藤ほか(2004)の地震動レベルと対比させ、その結果から敷地に及ぼす影響が大きいものとして、5地震(2004年北海道留萌(るもい)支庁南部地震、2011年和歌山県北部地震、2011年茨城県北部地震、2011年長野県北部地震、2013年栃木県北部地震)を抽出した。このうち、2004年北海道留萌支庁南部地震については、佐藤ほか(2013)でボーリング調査等による精度の高い地盤情報を基に基盤地震動が推定されており、これに不確かさを考慮した地震動を、「震源を特定せず策定する地震動」として採用した。

# 震源を特定せず策定する地震動の評価方針

- 「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内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、これらを基に敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定する。
- 観測記録の収集では以下の2つの観点で審査ガイドに示された16地震を対象に整理を行う。
  - ① 震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容を表すまでには至っていないMw6.5以上の地震
  - ② 断層破壊領域が地震発生層内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置も規模もわからない地震として地質学的検討から全国共通に考慮すべきMw6.5未満の地震

表-1 収集対象となる内陸地殻内の地震の例

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	2004北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0

○ 審査ガイドでは、Mw6.5以上の地震は、「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」とされている。

○ 審査ガイドでは、「活断層や地表地震断層の出現要因の可能性として、地域によって活断層の成熟度が異なること、上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する場合や地質体の違い等の地域差があることが考えられる」とされている。

○ 震源域周辺と玄海原子力発電所周辺の地質・地質構造等について整理する。

○ Mw6.5未満の地震は、全国共通に考慮すべきとの観点から、震源近傍の観測記録を適切に収集し、敷地の影響の観点から整理を行う。

### Ⅲ－1.2 斜面の安定性

#### 【確認事項(案)】

敷地内では今後も造成工事等が行われる可能性があるが、全ての工事が許認可の対象となるわけではない。許認可の対象ではない工事によって、耐震重要施設に影響を与える斜面が新たにできるようなおそれはないか。

#### 【審査書の表記】(P21)

申請者は、耐震重要施設の周辺斜面の評価について、以下のとおりとしている。

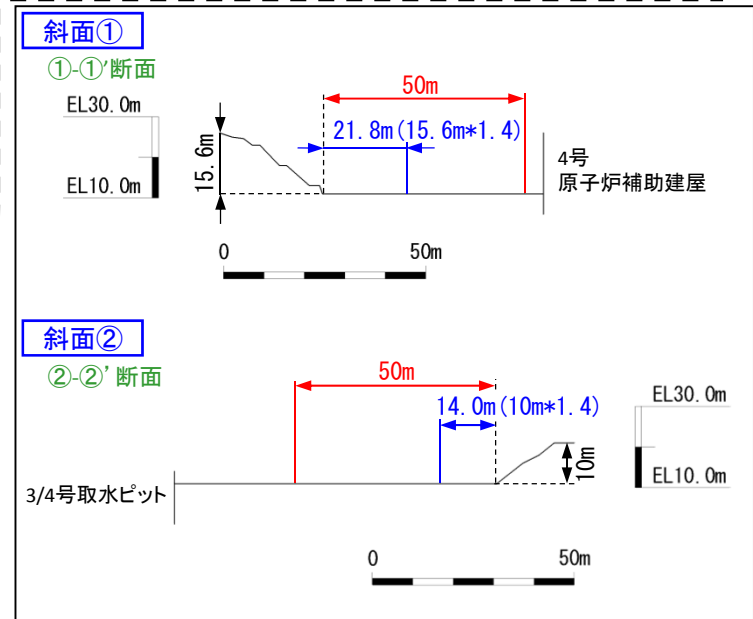
1. 安定性評価の対象となる斜面は、耐震重要施設に対する周辺斜面の離隔距離及び斜面高さを考慮して検討した結果、対象施設と十分な離隔距離を有していることから、存在しない。

規制委員会は、耐震重要施設の周辺斜面について、申請者が安定性評価の対象となる斜面は存在しないことを確認していることから、解釈別記2の規定に適合していること及び地盤ガイドを踏まえていることを確認した。

### 3. 評価対象断面 (評価対象斜面の選定)

- 対象施設<sup>※1</sup>の周辺には、下図の2箇所の斜面(斜面①～②)が存在する。
- 斜面①～②について文献等<sup>※2</sup>に基づく斜面崩壊に伴う土砂の到達距離を考慮すると、対象施設と十分な離間距離を有すると判断できる。
- 以上より、評価対象とすべき斜面は存在しない。

枠囲みの範囲は、防護上の観点又は機密に係る事項であるため、公開できません



周辺斜面のスクリーニング

	斜面の性状			対象施設との 離間距離L	スクリーニング結果	
	高さH	勾配	地質		(○:評価対象 ×:評価対象外)	
斜面①	約4.0m～ 15.6m	約1:1	㊸級主体の 岩盤斜面	【4号炉原子炉周辺建屋】 約50m(約3.2H)	規模が小さい岩盤斜面であるとともに、対象施設との離間距離が十分ある。	×
斜面②	約10m	約1:1	㊸級主体の 岩盤斜面	【非常用取水設備】 約70m(7.0H)	同上	×

— 法尻から50mの範囲  
— 法尻から1.4H (斜面高さ×1.4)の範囲

※1 補機冷却海水取水系は、地中に設置されることから、対象斜面の選定の検討においては対象施設より除外  
 ※2 「原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術」、「土質工学ハンドブック」他

### Ⅲ－1.3.4. 荷重の組合せと許容限界の設定方針(2) 機器・配管系② 許容限界

#### 【確認事項(案)】

耐震 Sクラスの機器や配管については、基本的には基準地震動  $S_s$  に対して弾性範囲内であることを求めているが、安全機能が損なわれることがなければ、一部塑性変形があっても許容されている。

仮に地震によって一部塑性変形が起きた場合、その機器や配管の耐震強度は変わってくると思うが、基準地震動  $S_s$  程度の大きな地震が繰り返し発生した場合の考慮はされているのか。

#### 【審査書の表記】(P27)

Sクラスの機器・配管系については、基準地震動による地震力との組合せにおいて、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設の機能に影響を及ぼすことがない限度に応力、荷重等を制限する値を許容限界とする。なお、地震時又は地震後の機器等の動的機能要求については、実証試験等により確認されている機能維持加速度等を許容限界とする。

Sクラス、Bクラス及びCクラスの機器・配管系については、基準地震動以外の地震動による地震力又は静的地震力との組合せにおいて、応答が全体的におおむね弾性状態に留まることを許容限界とする。



— 余白 —

Ⅲ－3.2 3. (4)② b.屋外配管やタンク等の損傷による浸水防護重点化範囲の津波浸水量、溢水

【確認事項(案)】

循環水管破損時の循環水ポンプエリアからの溢水水位がEL.+12.0mのところ、海水ポンプ防護壁をEL.+13.0mまで高める対策を取っているが、それでも万が一海水ポンプエリアへの溢水があった場合に備えて、排水設備を設置しておいた方がいいのではないか。

【審査書の表記】(P48)

b. 屋外配管やタンク等の損傷による浸水防護重点化範囲の津波浸水量、溢水

ア. 屋外の循環水管の損傷箇所を介して、浸水防護重点化範囲に津波が流入することが考えられるため、循環水管から流出した津波が、浸水防護重点化範囲に及ぼす影響を評価する。

イ. 屋外の循環水管の損傷による海水ポンプエリア及び海水管ダクトへの津波の流入等を防止するため、海水ポンプエリア防護壁、水密扉、取水ピット搬入口蓋、床ドレンライン逆止弁の設置及び貫通部止水処置を実施する。

## 8-2. 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策（内郭防護）

### ＜屋外の浸水対策＞

- 屋外の循環水管の損傷箇所より発生する循環水ポンプエリアの溢水水位を評価した結果、EL.+11.94m(≒EL.+12.0m)であることを確認した。
- 取水ピット内の循環水管の損傷による溢水水位は、EL.+12.0mとなることから、これを上回るEL.+13.0mまでの海水ポンプエリア及び海水管ダクトに繋がる取水ピット搬入口の浸水対策（内郭防護）として、海水ポンプエリア防護壁、水密扉、取水ピット搬入口蓋及び床ドレンライン逆止弁の設置並びに貫通部止水処置を実施する。
- 上記対策により屋外の溢水が、浸水防護重点化範囲である海水ポンプエリア及び海水管ダクトへ流入することはない。

表8-2-2 循環水ポンプエリア周辺敷地溢水水位

循環水管損傷箇所より発生する溢水流量	越流高さ	循環水ポンプエリア壁上端高さ	溢水水位
33.25m <sup>3</sup> /s	0.64m	EL.+11.3m	EL.+11.94m ( ≒EL.+12.0m )

枠囲みの範囲は、防護上の観点又は機密に係る事項であるため、公開できません。

図8-2-6 海水ポンプエリア及び海水管ダクトの浸水対策（内郭防護）の概要

図8-2-7 循環水ポンプエリアから循環水ポンプエリア前面への流出イメージ

### Ⅲ－4.2.2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

#### 【確認事項(案)】

発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出をする際、火山影響評価ガイドに基づき「発電所から半径160km」の領域を対象としているが、「半径160km」の根拠となったものは何か。

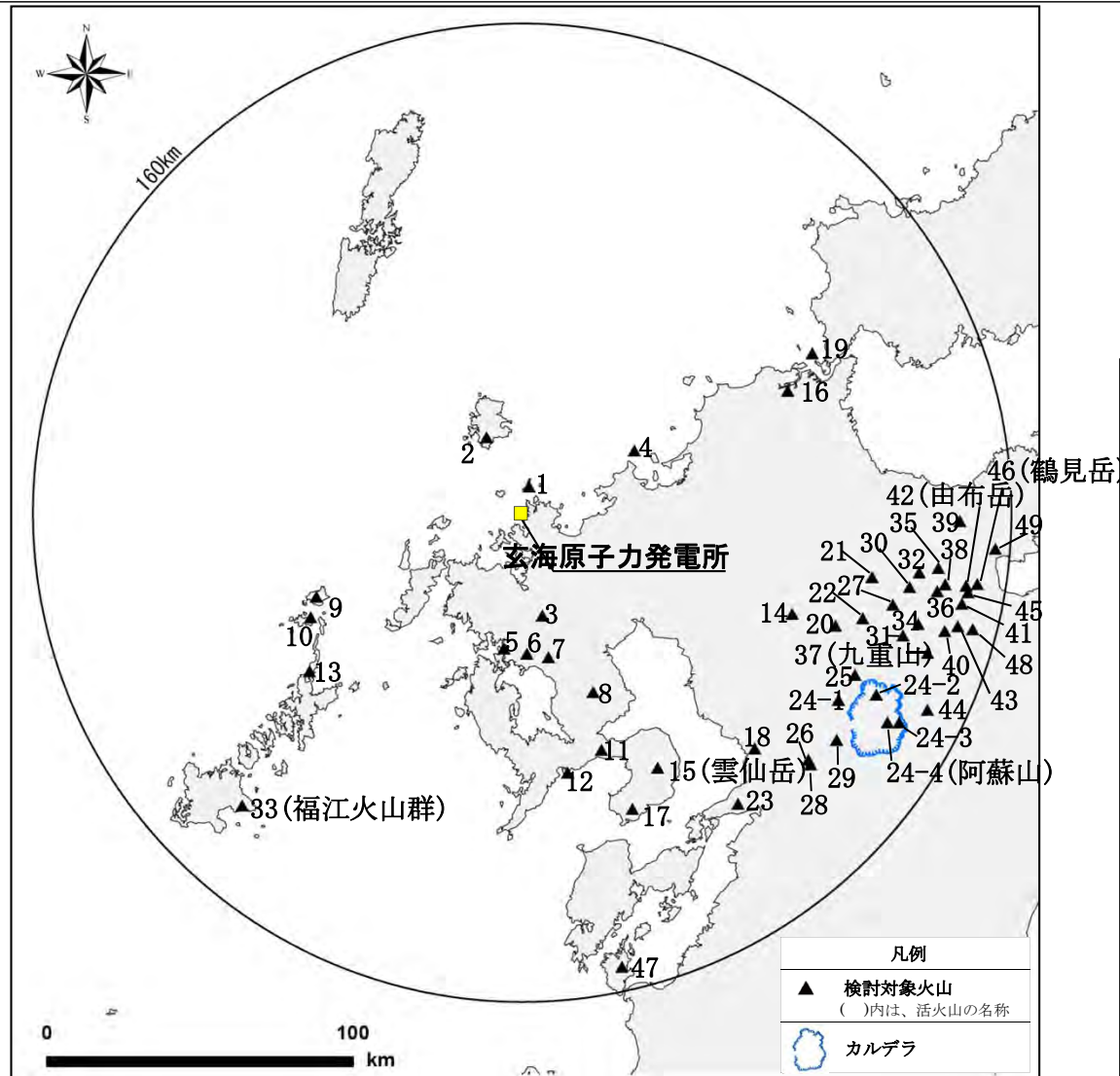
#### 【審査書の表記】（P64）

申請者は、本発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出について、以下のとおりとしている。

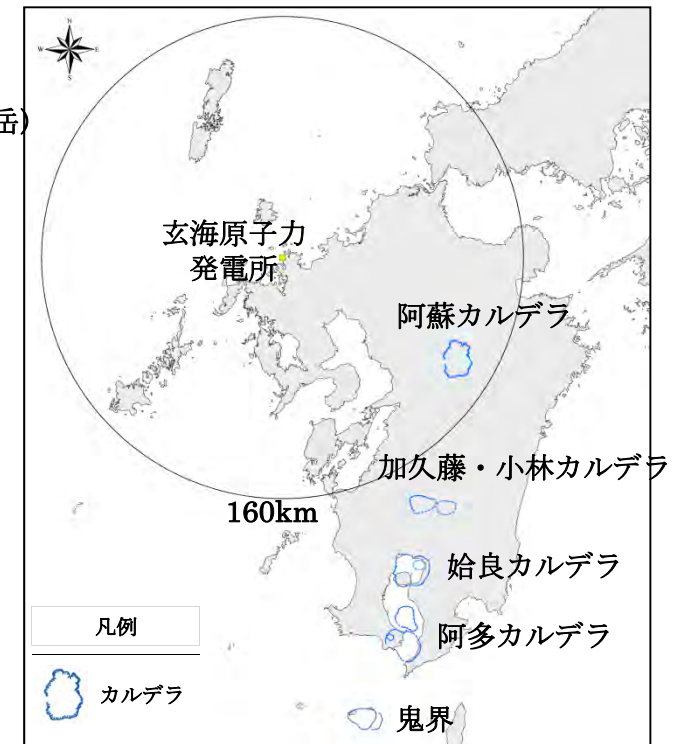
- (1) 文献調査等の結果より敷地から半径160kmの地理的領域内にある49の第四紀火山のうち、完新世に活動を行った火山として雲仙岳(うんぜんだけ)、阿蘇(あそ)カルデラ、福江(ふくえ)火山群、九重山(くじゅうさん)、由布岳(ゆふだけ)、鶴見岳(つるみだけ)の6火山を抽出した。なお、地理的領域外についても、九州において過去に火山爆發度指数(以下「VEI」という。)7以上の噴火が発生した加久藤(かくとう)・小林(こばやし)カルデラ、始良(あいら)カルデラ、阿多(あた)カルデラ及び鬼界(きかい)カルデラの4火山を抽出した。

## 2. 検討対象火山の抽出

- 文献調査及び地形・地質調査により、地理的領域において、第四紀火山の噴出物の分布等を把握し、検討対象火山を抽出した。
- なお、地理的領域外についても、九州において、過去に破局的噴火が発生したカルデラを検討対象火山として抽出。



地理的領域の検討対象火山の位置



九州におけるカルデラの位置

Ⅲ－4. 2. 3／5 外部火災に対する設計方針／その他人為事象に対する設計方針

【確認事項(案)】

「外部火災に対する設計方針」においては、航空機が落下し搭載燃料が全て発火することを想定した評価を行っているが、一方、「その他人為事象に対する設計方針」においては、航空機落下の確率が低い（ $10^{-7}$ 回／炉・年を超えない）ため、「航空機落下による防護については、設計上考慮する必要はない。」とされているのはなぜか。

【審査書の表記】（P72、79）

（Ⅲ－4. 2. 3 外部火災に対する設計方針）

規制委員会は、申請者による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 $10^{-7}$ 回／炉・年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仮定することにより、航空機落下による火災が保守的に設定されていることを確認した。

（Ⅲ－4. 2. 5 その他人為事象に対する設計方針）

3. 飛来物(航空機落下等)については、「实用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価について(平成14・07・29 原院第4号)」等に基づき、航空機落下確率を評価した結果、3号炉は約 $6.4 \times 10^{-8}$ 回／炉・年、4号炉は約 $5.9 \times 10^{-8}$ 回／炉・年であり、防護設計の要否判断の基準である $10^{-7}$ 回／炉・年を超えないため、航空機落下による防護については、設計上考慮する必要はない。

— 余白 —

### Ⅲ－6. 6. 特定の火災区域又は火災区画における対策の設計方針

#### 【確認事項(案)】

「使用済燃料貯蔵設備は、純水中においても未臨界となるように使用済燃料を配置する設計とする」とされている。その際、水の密度によって実効増倍率が異なると思われるが、そうした評価はなされているのか。

#### 【審査書の表記】(P96)

- (6) 使用済燃料貯蔵設備は、純水中においても未臨界となるように使用済燃料を配置する設計とする、また、新燃料貯蔵設備は、新燃料を保管するラックが一定のラック間隔を有する設計とするため、消火水が入ったとしても臨界にはならない。



— 余白 —

全般

【確認事項(案)】

重大事故発生時には、線量の高い区域での作業が発生することも考えられるが、初期対応において被ばく線量限度（250mSv／年）を超えるような作業員が多数発生し、52名体制の確保が厳しくなるような心配はないか。

事故シーケンスによっては、必要な要員数が、3号炉及び4号炉あわせて52名であり、運転員、緊急時対策本部要員等も52名で対応可能としているが、不測の事態に備えた余裕度は必要ないか。

【審査書の表記】（参考：P142）

（Ⅳ－1．2．1．2 全交流動力電源喪失）

申請者は、本重要事故シーケンスへの炉心損傷防止対策に必要な要員及び燃料等を以下のとおりとしている。

- ① 本重要事故シーケンスの対応に必要な要員は、3号炉及び4号炉合わせて52名である。これに対して、運転員（当直員）、緊急時対策本部要員（指揮者等）及び重大事故等対策要員は52名であり対応が可能である。

# 4. 作業と所要時間(1/2)

手順の項目	必要な要員と作業項目		経過時間(分)		経過時間(時間)		備考
	要員(名) (作業に必要な要員数) 【 】は他作業後移動してきた要員	3号 4号	1	1	1	1	
当直課長 当直副長 当直主任 運転員	1	1	1	1			
号炉毎 運転操作指揮者 号炉間連絡・運転操作助勢							
運転員	—	—					
●原子炉トリップ・タービントリップ確認 ●主蒸気隔離操作 ●タービン補助給水ポンプ運転・補助給水流量確認 ●全交流動力電源喪失確認 (中央制御室)							
●現地移動/所内電源母線受電準備(遮断器操作) (現場操作) → 実施後移動	1	1			15分		
●現地移動/大容量空冷式発電機起動確認 (現場確認)	1	1			適宜確認		
●現地移動/常設電動注入ポンプ系統構成 (現場操作) → 実施後移動	4	4			35分		
●現地移動/常設電動注入ポンプ準備 (ディスタンスピース取替え) (現場操作) → 実施後移動	2	2			30分		
●現地移動/アンユラス空気浄化ファンタンバ空気供給操作 (現場操作) → 実施後移動	1	1			45分		
●現地移動/中央制御室非常用循環系タンバ開処置 (現場操作) ←	【2】				30分		
●現地移動/B充てんポンプ(自己冷却)系統構成・注水操作 (現場操作)	2	2			35分		
●現地移動/B充てんポンプ(自己冷却)準備 (ディスタンスピース取替え) (現場操作) → 実施後移動	2	2			30分		
●現地移動/使用済燃料ピット周辺線量率計等設置 (現場操作) ←	【1】	【1】			30分		
●現地移動/可搬型格納容器水素濃度計測装置系統構成 (中央制御室操作) ←	【1】	【1】			35分		
●現地移動/可搬型格納容器水素濃度計測装置系統構成・起動 (現場操作) ←	【2】	【2】			35分		
●現地移動/可搬型格納容器水素濃度計測装置系統構成・起動 (現場操作) ←	【4】				25分		
●大容量空冷式発電機からの給電操作 ●蓄電池室排気ファン起動*1 ●イグナイタ起動*1 ●静的触媒式水素再結合装置及びイグナイタ作動状況確認 ●常設電動注入ポンプ系統構成 ●B充てんポンプ(自己冷却)系統構成 ●常設電動注入ポンプ起動操作 ●アンユラス空気浄化ファン起動操作*2 ●B充てんポンプ(自己冷却)起動操作*1 ●1次冷却材ポンプシール戻り隔離弁等閉止 ●中央制御室非常用循環系起動操作 (中央制御室操作)	1	1			15分		
●現地移動/可搬型計測器接続 (現場操作) ←	【1】	【1】			適宜確認		

・各操作・作業の必要時間算定については、実際の現場移動時間及び作業時間を確認した上で算出している。(一部、未配備の機器については想定時間により算出)  
・緊急時対策本部要員(指揮者等)は4名であり、全体指揮、通報連絡等を行う。

☑ 汚染防護服(タイベック・ゴム手袋等)、全面マスク、ポケット線量計着用  
☑ 全面マスク、ポケット線量計着用  
☑ 放射線防護具着用なし



— 余白 —

全般

## 【確認事項(案)】

炉心損傷防止対策の有効性評価を行う事故シーケンスとしては、インターフェイスシステムLOCAや蒸気発生器伝熱管破損のシーケンスが確認されているが、『炉心損傷後』に、何らかの理由で蒸気発生器の伝熱管が破損するなど、2次系エリアにおいても放射線量が高くなるようなシーケンスについては、審査で確認されているのか。

## 【審査書の表記】(P165～)

## Ⅳ－1. 2. 1. 8 格納容器バイパス (インターフェイスシステムLOCA、蒸気発生器伝熱管破損)

事故シーケンスグループ「格納容器バイパス」(以下この節において「本事故シーケンスグループ」という。)では、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器の破損等の発生後、破損箇所の隔離に失敗した場合において、炉心損傷防止対策に有効性があるかを確認した。

(略)

以上のとおり、規制委員会は、上記の確認及び判断により、事故シーケンスグループ「格納容器バイパス」に対して申請者が計画している炉心損傷防止対策は、有効なものであると判断した。

# 事故シーケンスグループ等及び重要事故シーケンス等

佐賀県原子力安全専門部会資料  
1-3-2 (一部加筆)

事故シーケンスグループ等		重要事故シーケンス等	
運転中の原子炉における 重大事故に至るおそれ がある事故  <div style="border: 1px solid red; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;">炉心損傷 防止対策</div>	1	2次冷却系からの除熱機能喪失	主給水流量喪失時に補助給水機能が喪失する事故
	2	全交流動力電源喪失	外部電源喪失時に非常用所内交流動力電源が喪失し、原子炉補機冷却機能の喪失及びRCPシールLOCAが発生する事故 外部電源喪失時に非常用所内交流動力電源が喪失し、原子炉補機冷却機能が喪失する事故
	3	原子炉補機冷却機能喪失	外部電源喪失時に非常用所内交流動力電源が喪失し、原子炉補機冷却機能の喪失及びRCPシールLOCAが発生する事故
	4	原子炉格納容器の除熱機能喪失	大破断LOCA時に格納容器スプレイ注入機能及び低圧再循環機能が喪失する事故
	5	原子炉停止機能喪失	主給水流量喪失時に原子炉トリップ機能が喪失する事故 負荷の喪失時に原子炉トリップ機能が喪失する事故
	6	ECCS注水機能喪失	中破断LOCA時に高圧注入機能が喪失する事故
	7	ECCS再循環機能喪失	大破断LOCA時に低圧再循環機能及び高圧再循環機能が喪失する事故
	8	格納容器バイパス	インターフェイスシステムLOCA 蒸気発生器伝熱管破損時に破損側蒸気発生器の隔離に失敗する事故
運転中の原子炉における 重大事故  <div style="border: 1px solid purple; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;">格納容器破損 防止対策</div>	9	雰囲気圧力・温度による静的負荷 (格納容器過圧破損)	大破断LOCA時に低圧注入機能、高圧注入機能及び格納容器スプレイ注入機能が喪失する事故
	10	雰囲気圧力・温度による静的負荷 (格納容器過温破損)	外部電源喪失時に非常用所内交流動力電源が喪失し、補助給水機能が喪失する事故
	11	高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱	外部電源喪失時に非常用所内交流動力電源が喪失し、補助給水機能が喪失する事故
	12	原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用	大破断LOCA時に低圧注入機能、高圧注入機能及び格納容器スプレイ再循環機能が喪失する事故
	13	水素燃焼	大破断LOCA時に低圧注入機能及び高圧注入機能が喪失する事故
	14	溶融炉心・コンクリート相互作用	大破断LOCA時に低圧注入機能、高圧注入機能及び格納容器スプレイ注入機能が喪失する事故
使用済燃料ピットにお ける重大事故に至るおそれ がある事故	15	想定事故 1	使用済燃料ピットの冷却機能又は注水機能が喪失することにより、使用済燃料ピット内の水の温度が上昇し、蒸発により水位が低下する事故
	16	想定事故 2	サイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料ピットの水位が低下する事故
運転停止中の原子炉にお ける重大事故に至るおそれ がある事故	17	崩壊熱除去機能喪失（余熱除去系の故障による停止時冷却機能喪失）	燃料取出前のミッドループ運転中に余熱除去機能が喪失する事故
	18	全交流動力電源喪失	燃料取出前のミッドループ運転中に外部電源が喪失するとともに非常用所内交流動力電源が喪失し、原子炉補機冷却機能が喪失する事故
	19	原子炉冷却材の流出	燃料取出前のミッドループ運転中に原子炉冷却材圧力バウンダリ機能が喪失する事故
	20	反応度の誤投入	原子炉起動時に化学体積制御系の弁の誤作動等により原子炉へ純水が流入する事故

全般

【確認事項(案)】

事業者は、敷地内の貯水地であり海側に堰のある八田浦貯水池を重大事故発生時に使用する淡水源としているが、審査では、貯水池の地盤や堰の耐震性や耐津波性、また、貯水地が利用可能かどうかを確認する手順について確認されているのか。

また、重大事故発生時に水源として使用している最中に、地震等により機能を失った場合、水源を海水に切り替えることになると思うが、発電機や水中ポンプの再配置、可搬型ホースの布設などの切り替え作業が速やかにできる体制となっていることについて、確認されているのか。

【審査書の表記】(P350～)

Ⅳ－４． 1 3 重大事故等の収束に必要となる水の供給設備及び手順等（第5 6 条及び重大事故等防止技術的能力基準 1． 1 3 項関係） ③ 手順等の方針

申請者は、①に掲げる設備を用いる主な手順等は以下のとおりとしている。

- a. 重大事故等の発生時において、復水タンク又は燃料取替用水タンクが枯渇するおそれがあることを水位により確認等した場合において、蒸気発生器2 次側による炉心冷却(注水)のために必要な水源である復水タンクへの供給等が必要になった場合には、代替水源から中間受槽に供給する手順に着手する。この手順では、取水用水中ポンプ、可搬型ホース等を準備、布設し、取水用水中ポンプを起動し、淡水又は海水を中間受槽へ供給する作業を計12名により約5 時間20 分で実施する。



#### IV-4. 1.3 重大事故等の収束に必要となる水の供給設備及び手順等（第56条及び重大事故等防止技術的能力基準1.1.3項関係）③ 手順等の方針

規制委員会は、申請者の計画において、復水タンクが水源として使用できない場合、2次系純水タンクから海水までの代替水源の選択を明確化して水の供給が中断することがないように水源切替えの優先順位を設定し、重大事故等の収束までの間、十分な量の水を供給できることを確認した。

また、代替水源から水を供給するための設備及び手順等について、可搬型ホース及び移送ルートの確保、接続作業等を定め、重大事故等時に的確かつ柔軟に対処できるよう人員を確保するとともに必要な訓練を行うとしていること、ヘッドライト等により夜間等でのアクセス性を確保していること、無線通話装置（携帯型）等の必要な連絡手段を確保すること、復水タンク（ピット）補給用水中ポンプ等の運搬、接続等を行う作業環境（作業空間、温度等）に支障がないことなどを確認した。

以上の確認などから、規制委員会は、申請者が①に掲げる設備を用いた手順等について、重大事故等防止技術的能力基準1.0項（手順等に関する共通的な要求事項）等に適合する手順等を整備する方針であることを確認した。

また、規制委員会は、申請者が①b.に掲げる対策について、第56条等要求事項ホ）、ト）に適合する方針であることを確認した。

Ⅳ－1.2.1.2 全交流動力電源喪失

【確認事項(案)】

事故条件として、RCP（1次冷却材ポンプ）シール部からの漏えい率は定格圧力において1台あたり109m<sup>3</sup>/hを4台考慮することとされている。

これに対して常設電動注入ポンプの注水流量30m<sup>3</sup>/hで1次系保有水量が維持可能とされているのは、2次系強制冷却等により1次系が減圧されることから、RCPシール部の漏えい率が減少するためということか。

【審査書の表記】（P139）1.（2）解析手法及び結果、不確かさの影響評価 ① 解析手法

c. 事故条件：RCPシールLOCAが発生する場合、RCPシール部からの漏えい率は、定格圧力において1台当たり約109m<sup>3</sup>/hとし、4台からの漏えいとする。（略）

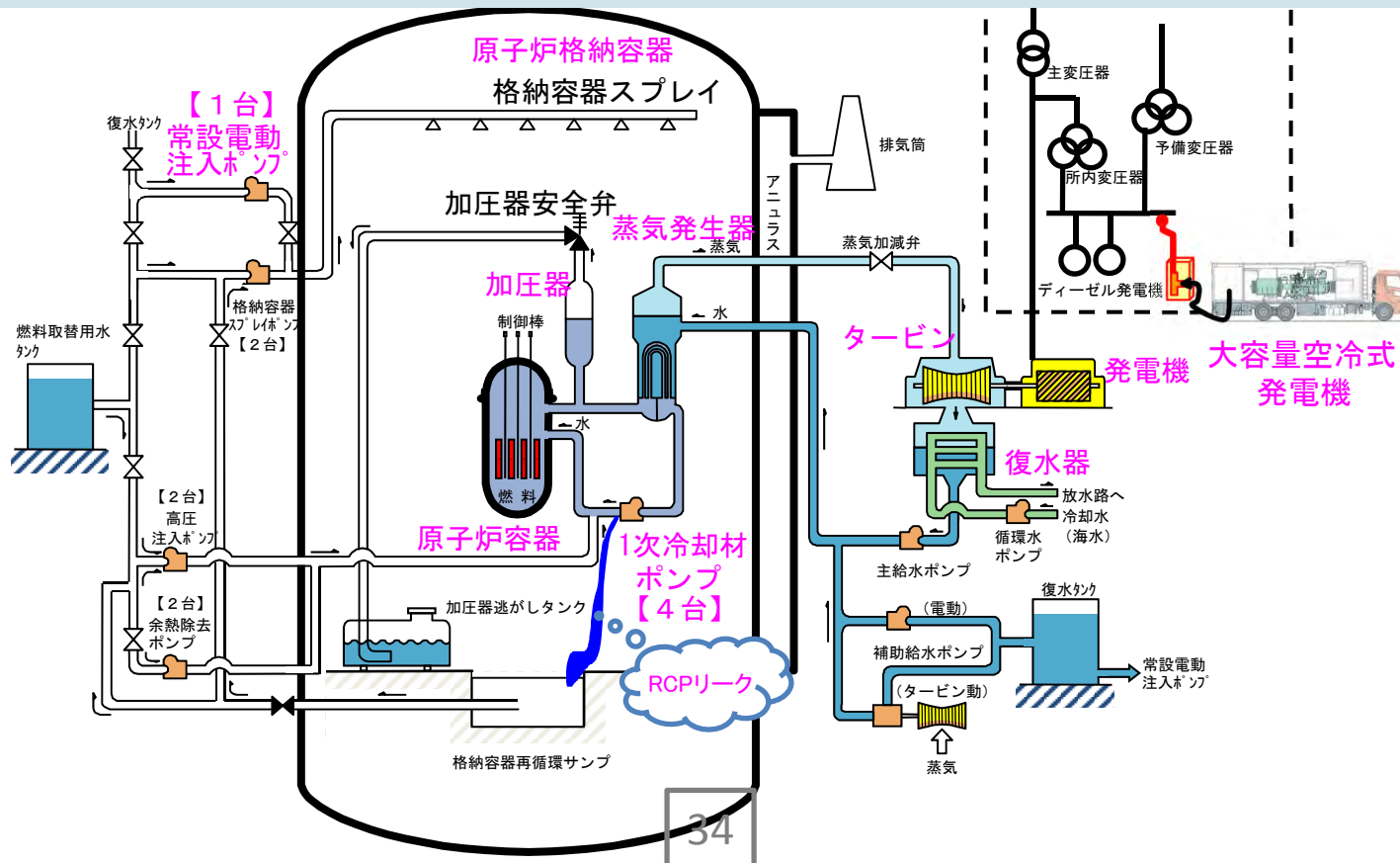
d. 機器条件：蓄圧タンク保有水量は、最低保有水量26.9m<sup>3</sup>/基を用いる。

RCPシールLOCAが発生する場合には、代替炉心注水流量として常設電動注入ポンプの注水流量30m<sup>3</sup>/hを用いる。これは、1次冷却系圧力が0.7MPa[gage]に到達した時点で炉心注水を開始することにより、想定する漏えい流量に対して1次冷却系の保有水量の維持が可能な流量である。（略）

(P139-140) ② 解析結果

RCP シールLOCA が発生する場合について、申請者が行った解析の結果は、以下のとおりである。

- a. 全交流動力電源喪失の発生後、RCP シールLOCA により、1 次冷却系の保有水量が減少するが、2 次系強制冷却による1 次冷却系の減温・減圧及び代替炉心注水を行うことにより、PCT は約390℃に、1 次冷却系の最高圧力は約16.3MPa[gage]に抑えられる。
- b. RCP シールLOCA により、1 次冷却材が原子炉格納容器内に漏えいすることで原子炉格納容器圧力及び温度は上昇するが、A、B格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却を行うことにより、原子炉格納容器の最高圧力は約0.130MPa[gage]に、原子炉格納容器の最高温度は約100℃に抑えられる。
- c. 高圧再循環運転による炉心冷却及び格納容器内自然対流冷却による原子炉格納容器内からの除熱により、原子炉を安定停止状態へ移行させることができる。



Ⅳ－1.2.1.5 原子炉停止機能喪失

【確認事項(案)】

制御棒による原子炉緊急停止ができない場合の解析条件として、「ドップラ係数はウラン燃料を装荷した平衡炉心の特性を設定した標準値を用いる。」とされている。

玄海3号機ではMOX燃料を装荷した炉心での運転も許可されているが、この事故シーケンスにおいては、MOX燃料よりもウラン燃料のみを装荷した炉心の方が、厳しい条件になるということか。

また、審査書においては、この事故シーケンス以外で、炉心構成や使用済燃料貯蔵施設に貯蔵された燃料の構成などについての記載がないが、いずれもウラン燃料だけでなく、MOX燃料についても考慮したうえで、最も厳しくなる条件で解析、評価されたということか。

【審査書の表記】(P151～)

Ⅳ－1.2.1.5 (2) 解析手法及び結果、不確かさの影響評価 ① 解析手法

c. 初期条件:炉心熱出力、1次冷却系圧力及び温度は、定格値を用いる。

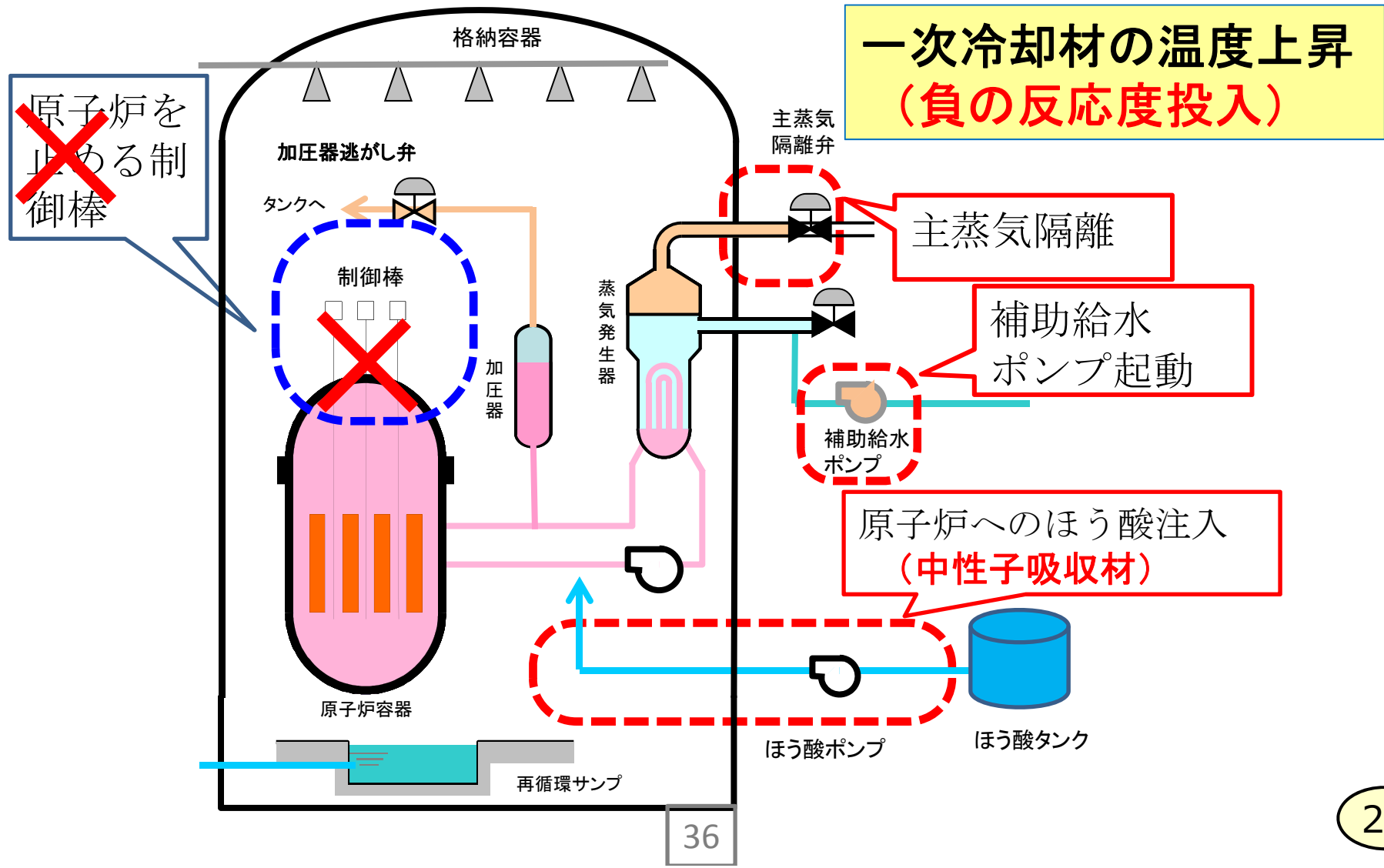
減速材温度係数は、炉心サイクル寿命中の変化、炉心構成のばらつき等のプラント特性並びに解析コードの不確かさを考慮し、負のフィードバック効果が小さくなるように、 $-16\text{pcm}/^\circ\text{C}$ を用いる。ドップラ係数は、ウラン燃料を装荷した平衡炉心の特性を設定した標準値を用いる。

Ⅳ－1.2.5 有効性評価に用いた解析コード (P235)

d. 不確かさ評価としては、「原子炉停止機能喪失」時の過渡変化に伴う原子炉圧力評価に対して影響が大きいと思われる減速材温度係数初期値、ドップラ温度係数について、減速材温度係数測定検査の解析による妥当性確認や感度解析による不確かさ評価を行っている。また、評価用炉心が実際の炉心の運転状態を包絡する根拠として、燃料の種類、燃料装荷パターン及び燃焼度が異なる炉心間の比較解析により確認している。

# 原子炉を停止させる対策(止める)

原子炉の緊急停止装置が機能しないおそれがある場合又は実際に機能しない場合でも、炉心損傷に至らせないための対策が講じられることを確認。



【確認事項(案)】

事業者は発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための設備として放水砲を整備しているが、その効果についてはどう評価されているのか。

【審査書の表記】(P347)

規制委員会は、申請者の計画において、a)移動式大容量ポンプ車、放水砲等は、放射性物質の拡散を抑制するために原子炉格納容器の頂部まで放水できること、移動式大容量ポンプ車、放水砲等は、車両等により運搬、移動できるため、原子炉格納容器等又は燃料取扱棟等に対して、複数の方向から放水できること、移動式大容量ポンプ車及び放水砲の保有数は、3号炉及び4号炉の同時使用を想定し、それぞれ、原子炉基数の半数以上を保管すること、b)航空機衝突による航空機燃料火災に対しては、移動式大容量ポンプ車内蔵の泡薬剤ポンプにより、泡消火薬剤を混合し、放水砲による泡消火ができる仕様であることを確認した。

(中略)

以上の確認などから、規制委員会は、申請者が①に掲げる設備を用いた重大事故等対処設備について第43条(重大事故等対処設備に関する共通的な要求事項)に適合する措置等を講じた設計とする方針であることを確認した。

## 放射性物質の拡散を抑制する対策(抑える)

格納容器等が破損した場合も想定し、敷地外への放射性物質の拡散を抑制するために必要な対策を要求

### 主な確認結果

- 大気への拡散抑制
  - 海を水源として、移動式大容量ポンプ車及び放水砲により、格納容器等の破損箇所に向けて放水
- 海洋への拡散抑制
  - 海洋への流出経路に放射性物質吸着剤を設置
  - 取水ピット等にシルトフェンスを設置



放水状況



放水砲



シルトフェンス設置

### 審査結果

移動式大容量ポンプ車及び放水砲の放水設備により敷地外への放射性物質の拡散を抑える対策及び海洋への拡散防止対策が適切に実施される方針であることを確認

【確認事項(案)】

テロリズム対策に関しては、特に、近年はサイバーテロが高度化しているようなイメージがある。

審査では、Ⅲ－１４ 安全保護回路（第２４条関係）において、「安全保護系のアナログ回路」には物理的分離や機能的分離が適切に講じられていると確認されているが、物理的アクセスが許可されている作業員が回路等を不正に変更することは、どのように防ぐことができるのか。

また、テロリズムへの対策については、規制の強化とともに、原子力規制委員会をはじめ、警察や自衛隊など国の関係機関における取組も必要ではないかと思うが、どのような対応がなされているのか。

【審査書の表記】(P113) Ⅲ－１４ 安全保護回路（第２４条関係）

1. 安全保護系のアナログ回路は、盤の施錠等により、ハードウェアを直接接続させないことで物理的に分離する設計とする。
2. 安全保護系のアナログ回路は、外部ネットワークへのデータ伝送の必要がある場合は、ゲートウェイを介して一方向通信（送信のみ）に制限することで機能的に分離する設計とする。
3. 発電所出入管理による物理的アクセスの制限により、不正な変更等による承認されていない動作や変更を防止する設計とする。

規制委員会は、申請者の設計が、物理的分離及び機能的分離を適切に講じるとともに、出入管理による物理的アクセスの制限を行う等、承認されていない動作や変更を防ぐことができ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した。



# 原子炉施設の大規模な損壊への対応

大規模な自然災害や故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムが発生した場合に活動するための手順書、体制及び設備の整備等を要求

## 主な確認結果

- 可搬型設備による対応を中心とした多様性及び柔軟性を有する手順書を整備
- 通常と異なる対応が必要な場合でも柔軟に対応できるよう体制を整備
- 設備の整備にあたっては、共通要因による同等の機能を有する設備の損傷を防止、複数の可搬型設備の損傷を防止するよう配慮

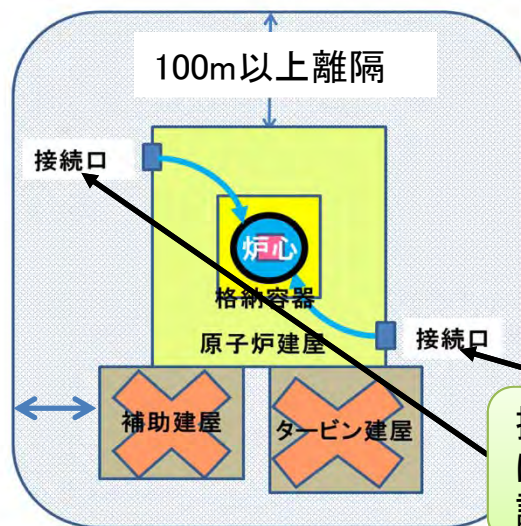
原子炉建屋及び原子炉補助建屋から100m以上離隔をとった高台に、複数箇所に分散配置



移動式大容量ポンプ車



放水砲



可搬型ディーゼル注入ポンプ車



高圧発電機車

接続口をそれぞれ互いに異なる複数の場所に設置

## 審査結果

大規模損壊に対して必要な手順や体制等が適切に整備される方針であることを確認