

(とりまとめの方向性：未定稿)

伊方3号機の新規制基準への適合性審査に関する  
原子力安全専門部会報告書(案)

平成27年〇月

伊方原子力発電所環境安全管理委員会  
原子力安全専門部会

# 伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会 名簿

部会長	<small>もちづき</small> 望月 <small>てるひと</small> 輝一	愛媛大学大学院医学系研究科教授	(放射線医学・核医学)
部会長代行	<small>うねさき</small> 宇根崎 <small>ひろのぶ</small> 博信	京都大学原子炉実験所教授	(原子炉工学)
委員	<small>きしだ</small> 岸田 <small>きよし</small> 潔	京都大学大学院工学研究科准教授	(地盤工学・岩盤工学)
	<small>たかはし</small> 高橋 <small>じろう</small> 治郎	愛媛大学名誉教授	(構造地質学)
	<small>ならばやし</small> 奈良林 <small>ただし</small> 直	北海道大学大学院工学研究科教授	(原子炉工学・原子炉安全工学)
	<small>もり</small> 森 <small>しんいちろう</small> 伸一郎	愛媛大学大学院理工学研究科准教授	(地震工学)
<small>よしかわ</small> 吉川 <small>ひでかず</small> 榮和	京都大学名誉教授	(原子炉計測制御・人的要因)	
<small>わたなべ</small> 渡邊 <small>ひでお</small> 英雄	九州大学応用力学研究所准教授	(原子炉材料工学)	

(注) 委員の表記は 50 音順

## 目次

はじめに .....	1
1 審議の経過 .....	2
(1) 審議の進め方 .....	5
I 基本方針 .....	5
II 議論の進め方 .....	5
III 原子力安全専門部会の開催方針 .....	5
(2) 審議の論点 .....	5
(3) 原子力安全専門部会として国に確認すべき事項 .....	6
2 審議結果 .....	7
(1) 原子力安全専門部会として国に確認すべき事項 .....	7
(2) 重点確認項目 .....	8
I 耐震性能 .....	8
①基準地震動の策定 .....	8
②地盤及び周辺斜面の安定性 .....	20
③耐震設計方針 .....	26
II 耐津波性能について .....	27
①基準津波 .....	27
②耐津波設計方針 .....	33
III 自然現象に対する考慮(火山、竜巻、森林火災) .....	33
①火山影響評価 .....	34
②竜巻影響評価 .....	40
③外部火災(森林火災、航空機墜落による火災) .....	46
IV 電源の信頼性 .....	51
V シビアアクシデント対策 .....	57
(3) 現地調査 .....	65
(4) その他重点確認項目以外の項目 .....	71

I 内部火災（設置許可基準規則第八条）	71
II 内部溢水（設置許可基準規則第九条）	72
III 緊急時対策所（設置許可基準規則第三十四条, 第六十一条）	73
3 まとめ	76
添付資料1 法令上の要求及び国の審査結果	77
添付資料2 用語集	121
参考資料 伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会 委員コメント一覧	121

## はじめに

平成 25 年 7 月 8 日、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の教訓のほか、最新の技術的知見や I A E A 等の国際機関の定める安全基準を含む海外の規制動向等も踏まえた原子力発電所の新規制基準が施行され、同日、四国電力株式会社は、原子力規制委員会に伊方発電所 3 号機の原子炉設置変更許可申請を行ったところである。

以降、原子力規制委員会において新基準への適合性審査が開始されたが、並行して愛媛県においても、「伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会」で伊方発電所 3 号機の新規制基準への適合状況について、安全性に関する技術的・専門的事項を審議してきた。

特に、当部会としては、新規制基準で強化・追加された部分、伊方発電所の立地条件など伊方地域の特性を考慮すべき部分を中心に議論を行った。

本報告書は、伊方発電所 3 号機の新規制基準への適合状況について、これまでの審議、原子力規制委員会から直接確認した伊方発電所 3 号機の原子炉設置変更許可に関する審査結果及び地域の特性を踏まえ、当部会として確認した結果を取りまとめたものである。

# 1 審議の経過

原子力規制委員会では、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の教訓(図1)のほか、最新の技術的知見や IAEA等の国際機関の定める安全基準を含む海外の規制動向等も踏まえた原子力発電所の新規制基準を、平成25年6月19日の本委員会において決定し、平成25年7月8日に施行された。(図2)

この新規制基準に基づき、平成25年7月8日に四国電力が原子力規制委員会に対し、原子炉設置変更許可申請書等を提出し、同委員会により新規制基準適合性審査が行われてきた。

原子力安全専門部会は、平成25年7月17日に国及び四国電力から、それぞれ新規制基準の概要及び原子炉設置変更許可申請の概要を聴取し、審議を開始して以降、専門部会●回、現地調査●回実施した。

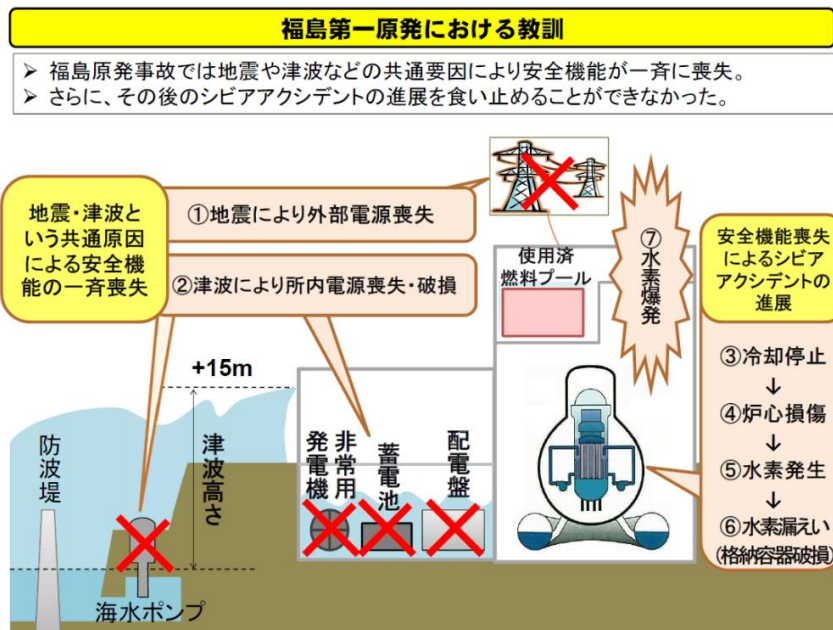


図1：福島第一原発事故における教訓 (平成25年7月3日原子力規制委員会参考資料)

## 従来の基準と新基準との比較

▶ 従来と比較すると、シビアアクシデントを防止するための基準を強化するとともに、万一シビアアクシデントやテロが発生した場合に対処するための基準を新設

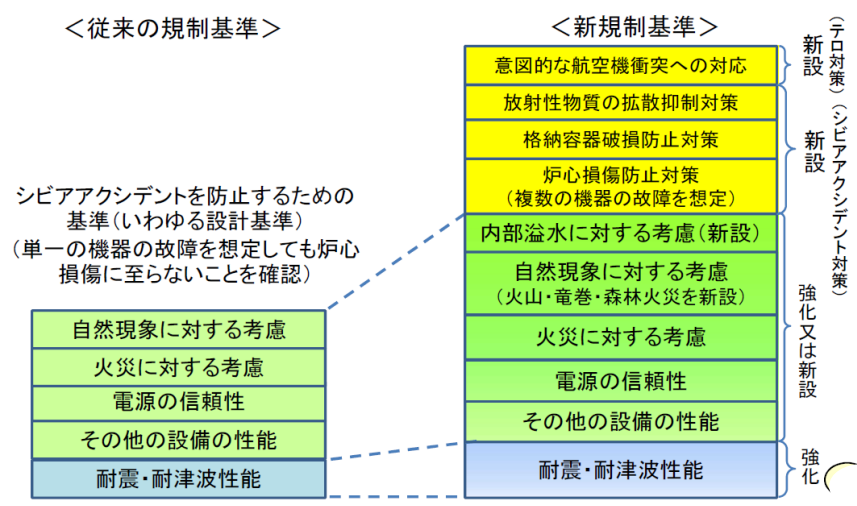


図2：従来の基準と新基準との比較 (平成25年7月3日原子力規制委員会参考資料)

### 原子力安全専門部会の開催状況一覧

	日時	会議、現地調査	議題等	内容
1	平成25年 7月17日	専門部会	議題 ・新規制基準に基づく伊方3号機原子炉設置 変更許可申請について 報告事項 ・伊方3号機の安全対策の進捗状況について	新規制基準の概要及び申請の概要 を聴取
2	平成25年 9月11日	専門部会	議題 ・伊方3号機の新規制基準に基づく審査状況 等について ○原子力安全専門部会における今後の審 議の進め方 ○原子力規制委員会における審査への四 国電力の対応状況	重点確認項目を整理するとともに、 原子力規制委員会における審査状 況等を聴取
3	平成25年 10月16日	専門部会	議題 ・伊方3号機の新規制基準への適合状況等 について ○原子力規制委員会における審査への四 国電力の対応状況 ○現地調査の確認事項	原子力規制委員会における審査状 況等を聴取
①	平成25年 10月17日	現地調査	現地調査	重大事故対処設備等の状況を確認
4	平成25年 11月19日	専門部会	議題 ・伊方3号機の新規制基準への適合状況等 について ○電源の信頼性 ○火災に対する考慮 ○自然現象に対する考慮(森林火災) ○自然現象に対する考慮(火山) ○自然現象に対する考慮(竜巻)	重点的に確認すべき事項のうち、自 然現象に対する考慮(火山、竜巻、 森林火災)、火災に対する考慮、電 源の信頼性について審議
5 ②	平成26年 1月28日	専門部会 現地調査	議題 ・伊方3号機の新規制基準への適合状況等 について ○シビアアクシデント対策 ○現地調査の確認事項 現地調査	重点的に確認すべき事項のうち、シ ビアアクシデント対策について審 議  訓練の実施状況を確認
6	平成26年 3月20日	専門部会	議題 ・伊方3号機の新規制基準への適合状況等 について ○耐震・耐津波性能 ・これまでの原子力安全専門部会審議にお けるコメント回答について ・原子力安全専門部会における審議状況報告 について 報告事項 ・伊方3号機の安全対策の進捗状況について	重点的に確認すべき事項のうち、耐 震・耐津波性能について審議
7	平成26年 6月4日	専門部会	議題 ・伊方3号機の新規制基準への適合状況等 について ○耐震性能 ○耐津波性能 ・これまでの原子力安全専門部会審議にお けるコメント回答について ・原子力安全専門部会として国に確認すべ き事項のとりまとめについて	重点的に確認すべき事項のうち、耐 震・耐津波性能について審議
8	平成26年 12月24日	専門部会	議題 ・伊方3号機の新規制基準への適合状況等 について ○耐震性能	重点的に確認すべき事項のうち、耐 震・耐津波性能等について審議

			○耐津波性能	
9	平成27年 2月4日	専門部会	議題 ・伊方3号機の新規制基準への適合状況等について ○地震・津波ハザードについて ○基準地震動について ○これまでの原子力安全専門部会審議におけるコメント回答について ・長期停止に伴う設備の健全性確認について	基準地震動の変更の概要、長期停止に伴う設備の健全性確認等について審議
10	平成27年 2月16日	専門部会	議題 ・伊方3号機の新規制基準への適合状況等について ○敷地内断層について ○これまでの原子力安全専門部会審議におけるコメント回答について ・緊急時対策所について	敷地内断層、緊急時対策所等について審議
11	平成27年 3月26日	専門部会	議題 ・伊方3号機の新規制基準への適合状況等について ○基準地盤・周辺斜面の安定性評価について ○これまでの原子力安全専門部会審議におけるコメント回答について ・原子力安全専門部会における審議状況報告について 報告事項 ・伊方3号機の安全対策の進捗状況について	基礎地盤・周辺斜面の安定性評価等について審議
12	平成27年 4月21日	専門部会	議題 ・伊方3号機の新規制基準への適合状況等について ○火山影響評価について ○これまでの原子力安全専門部会審議におけるコメント回答について ・新規制基準に基づく伊方3号機原子炉設置変更許可申請の補正について	火山影響評価等について審議 変更許可申請の補正の概要について聴取
③	平成27年 4月22日	現地調査	現地調査	新しい緊急時対策所について参集から活用までの訓練の実施状況を確認
13	平成27年 7月22日	専門部会	議題 ・新規制基準に基づく伊方3号機原子炉設置変更許可申請の審査結果について ・これまでの原子力安全専門部会審議におけるコメント回答について ・原子力安全専門部会として国に確認すべき事項について	審査結果等について聴取 国に確認すべき事項について審議
14	平成27年 8月12日	専門部会	議題 ・伊方3号機の新規制基準への適合状況等について ○これまでの原子力安全専門部会審議におけるコメント回答について ○「原子力安全専門部会として国に確認すべき事項」に対する国からの回答について ○伊方3号機の新規制基準への適合性審査に関する部会報告書のとりまとめの方向性について	国に確認すべき事項について審議 部会報告書について審議
	⋮ ⋮ ⋮		⋮ ⋮ ⋮	



## (1) 審議の進め方

平成 25 年 9 月 11 日に開催した原子力安全専門部会において、専門部会としての審議の進め方を整理した。

### I 基本方針

伊方原子力発電所環境安全管理委員会設置要綱により、原子力安全専門部会の所掌事項は、

- ア 放射性廃棄物の保管管理状況
- イ 発電所の主要な施設の設置、変更等に係る安全対策
- ウ 発電所の保守及び運転に係る安全対策

に関する技術的事項となっており、専門部会は、伊方原子力発電所の安全対策について確認していく。

### II 議論の進め方

- ア 原子力規制委員会において、伊方 3 号機に係る原子炉設置変更許可申請等の審査が開始され、審査会合で審査されている。
- イ 原子力安全専門部会においては、今回、申請されている伊方 3 号機の新規制基準への適合状況について、原子力規制委員会の審査結果及び地域の特性を踏まえ確認していく。
- ウ 当部会における論点は、次の方針により整理し、(2)のとおりとする。

- a 原子力規制委員会において、主要な論点として取り上げられているもののうち特に重要なもの
- b 原子力安全専門部会において、これまでに議論となっているもの、今後の議論において必要とされたもの
- c 地域の特性を考慮したもの

### III 原子力安全専門部会の開催方針

- ア 原子力規制委員会の審議の状況に応じて適宜開催する。  
なお、必要に応じて現地調査を実施する。
- イ 原子力規制委員会において処分が行われた際には、原子力規制庁の出席を求め、処分の根拠、考え方等を含め詳細に聴取し、原子力安全専門部会としての報告書を取りまとめる。

## (2) 審議の論点

新規制基準により追加された次の機能、性能等のうち、下線部について、重点的に確認することとした。

### I 強化された基準

#### 1 大規模な自然災害への対応強化

- ①耐震・耐津波性能
- ②自然現象に対する考慮 (火山、竜巻、森林火災)

#### 2 火災・内部溢水・停電などへの耐久力向上

- ①火災に対する考慮
- ②内部溢水に対する考慮
- ③電源の信頼性
- ④その他の設備の性能 (モニタリング)

## II 追加された基準

### 1 シビアアクシデント対策

※代表的な事故進展シナリオにおける対策の有効性を確認

- ①炉心損傷防止対策
- ②格納容器破損防止対策
- ③放射性物質の拡散抑制対策
- ④指揮所等の支援機能の確保

### 2 テロ対策

- ①意図的な航空機衝突への対応

### (3) 原子力安全専門部会として国に確認すべき事項

平成 26 年 6 月 4 日の原子力安全専門部会において、国における審査が終結した際に、専門部会として国の審査に対して確認すべき事項を次の方針に基づきとりまとめることとした。

- ①地域性を考慮した適合状況について
- ②最新の知見に基づく審査の状況について
- ③不確かさの考慮とその妥当性について
- ④人的要因考慮の状況について
- ⑤重点確認項目以外の特に確認を要する事項の適合状況について
- ⑥その他、部会の議論を踏まえて特に国へ確認すべき事項

## 2 審議結果

### (1) 原子力安全専門部会として国に確認すべき事項

専門部会としてとりまとめた国の審査に対して確認すべき以下の各事項に関する国の回答を整理する。

①地域性を考慮した適合状況について

②最新の知見に基づく審査の状況について

③不確かさの考慮とその妥当性について

# 国からの回答を追加

④人的要因考慮の状況について

⑤重点確認項目以外の特に確認を要する事項の適合状況について

⑥その他、部会の議論を踏まえて特に国へ確認すべき事項

国の回答について審議した結果、・・・・・・・・・・。

## (2) 重点確認項目

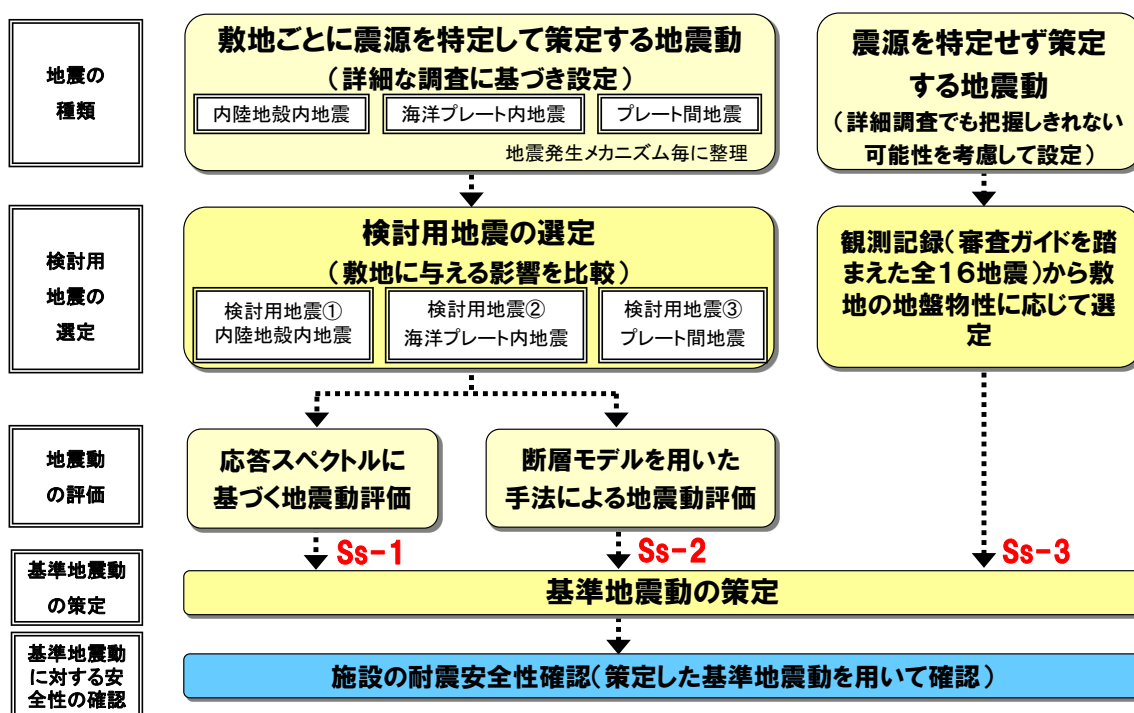
原子力安全専門部会では、当部会で決定した審議の進め方に従い、国の原子力規制委員会の審査と並行して、重点項目毎に四国電力から評価結果について説明を受けるとともに、原子炉設置変更許可が出された後は、原子力規制委員会から国の審査状況の説明を受け、その内容を確認してきた。

本章では、重点項目毎に、「法令上の要求」、「四国電力の評価結果及び国の審査結果」等を確認し、審議した結果を取りまとめた。

### I 耐震性能

#### ① 基準地震動の策定

基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することが要求されている。



(施設の耐震安全性については、工事計画認可申請における各施設の耐震計算書にて具体的な確認が行われる)

図3：耐震評価の流れ (平成26年12月24日原子力安全専門部会資料1-2)

当部会では、それぞれについて、適切に検討用地震が選定されたうえで、基準地震動が策定されているかとの観点から確認を行った。

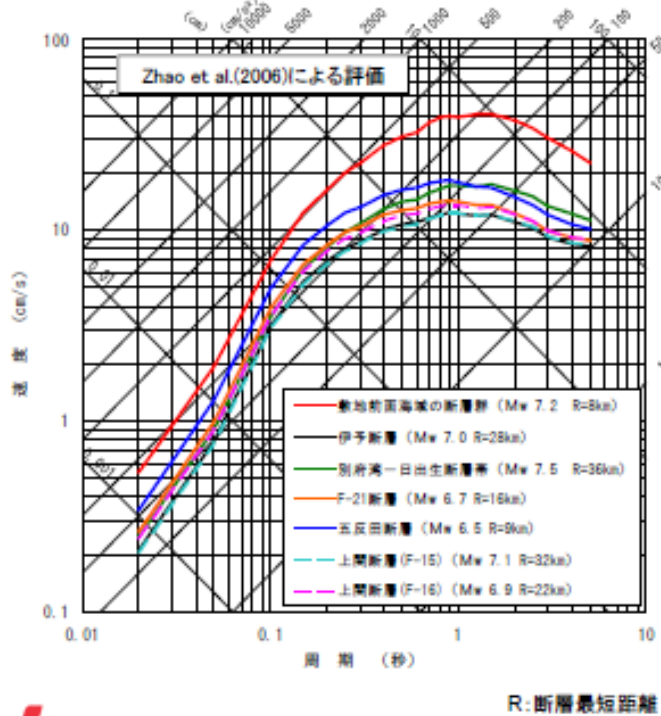
#### a 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

##### ○ 検討用地震の選定

検討用地震の選定に当たっては、伊方発電所の立地条件を踏まえ、地震の種類ごと敷地に最も影響を与えると予想される地震として、敷地前面海域断層群(中央構造線断層帯)による地震(内陸地殻内地震)、1649年安芸・伊予の地震(海洋プレート内地震)及び南海トラ

フ巨大地震（プレート間地震）を選定している。

### 【内陸地殻内地震】



地震規模は基本的に断層長さから松田式で設定する。

ただし五反田断層は、審査ガイドに示される「震源を特定せず策定する地震動」の考え方に鑑み、 $M_w 6.5$ 、 $M_0 = 7.5 \times 10^{18} [N \cdot m]$ の地震規模を想定した。

中央構造線断層帯による地震は、敷地前面海域の断層群 ( $L=54km$ ) で代表させて検討



敷地前面海域の断層群 ( $L=54km$ ) による地震が、五反田断層やF-21断層による地震など、他の敷地周辺の断層による地震と比較して、敷地により大きな影響を与えることを確認。



**敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震**  
を検討用地震として選定

図4：敷地への影響への度合いの比較例（平成26年12月24日原子力安全専門部会資料1-2）

内陸地殻内地震	: 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震
海洋プレート内地震	: 1649年安芸・伊予の地震( $M 6.9$ )
プレート間地震	: 南海トラフの巨大地震( $M 9.0$ 内閣府検討会 陸側ケース)

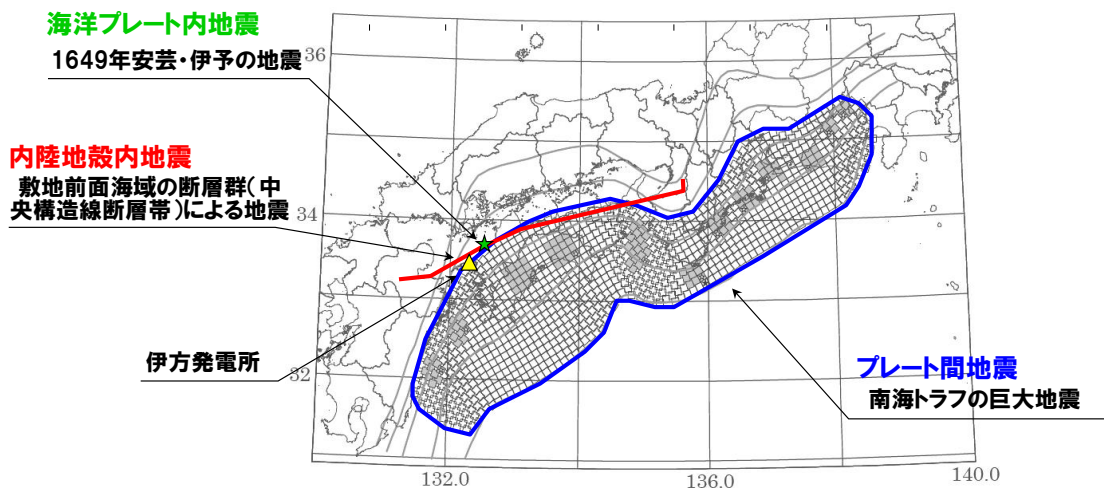


図5：検討用地震選定結果（平成26年12月24日原子力安全専門部会資料1-2）

なお、当部会（旧専門部会を含む。）では、地震の選定については、これまで新規制基準に基づく今回の見直しのほか、耐震設計審査指針の改定に伴う耐震バックチェック等において、国や四国電力から海上音波探査や周辺断層の状況等について、都度説明を受けて確認してい

る。

## ○地震動評価

地震動評価については、検討用地震ごとに、「応答スペクトルに基づいた地震動評価」（基準地震動  $S_s-1$  策定用）及び「断層モデルを用いた手法による地震動評価」（基準地震動  $S_s-2$  策定用）を実施している。

### 【応答スペクトルに基づく地震動評価（ $S_s-1$ ）】

内陸地殻内地震の検討用地震として選定した敷地前面海域断層群の地震動評価において、不確かさを伴う自然現象に対する評価であることを踏まえ、より安全側に評価するための追加評価を行っている。

○基本ケースとしては、敷地前面の断層長さ 54km に加え、敷地前面海域の断層長さ 130km 及び中央構造線断層帯及び豊予海峡・九州断層帯の連動を想定した 480km の連動ケースを設定して評価している。

○耐専スペクトルの地震規模  $M$  と等価震源距離  $X_{e,q}$  の関係を踏まえ、断層長さ 69km についても検討を行っている。

○また、耐専スペクトル評価において、耐専スペクトルの適用範囲外となるケースであっても、低減補正を考慮した評価結果が他の距離減衰式と比較的整合的であるケースについては、安全側に耐専スペクトルによる評価を実施している。

申請時	現状
<ul style="list-style-type: none"> <li>断層長さ54kmを基本ケースとし、断層の傾きや断層長さ等の不確かさを考慮した上で地震動を評価</li> <li>評価の際、54km北傾斜ケースのみ、距離減衰式<sup>※1</sup>として耐専スペクトル[Noda et al.(2002)]を適用</li> <li>耐専スペクトルによる評価では、低減補正<sup>※2</sup>を考慮</li> <li>その他のケースについては、距離減衰式としてZhao et al.(2006)等を採用</li> <li>以上評価に余裕を見て基準地震動<math>S_s-1</math>を設定 [570ガル:1波]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中央構造線断層帯および豊予海峡・九州側断層帯が連動することを想定した480kmおよび130kmも基本ケースに加え、更に69kmについても念のため検討追加(申請時<math>S_s-1</math>を超えず)</li> <li>耐専スペクトルの適用範囲外<sup>※3</sup>となるケースであっても、低減補正を考慮した評価結果が他の距離減衰式と比較的整合的であるケースについては、安全側に耐専スペクトルによる評価を実施</li> <li>より安全側の評価とするため、低減補正を考慮せず耐専スペクトルによる評価を実施</li> <li>以上評価に、更に余裕を見て基準地震動<math>S_s-1</math>を設定(69kmモデルで申請時<math>S_s-1</math>を超える) [650ガル:1波]</li> </ul>

※1 これまでに集められている地震観測記録から算出されたものであり、「地震のマグニチュード」と「震源から評価地点までの距離」に依り、評価地点における地震の揺れを評価する式  
 ※2 耐専スペクトルを適用して内陸地殻内地震を評価する場合、評価値が大きくなる傾向があることから、地震動の特性をより正確に考慮し、耐専スペクトルから式による地震動レベルを低減させること  
 ※3 耐専スペクトルを震源近傍に適用した場合、他の距離減衰式と比較して地震動が大きくなる傾向があり、耐専スペクトルを適用することが適当でない範囲(左下図 緑色範囲)

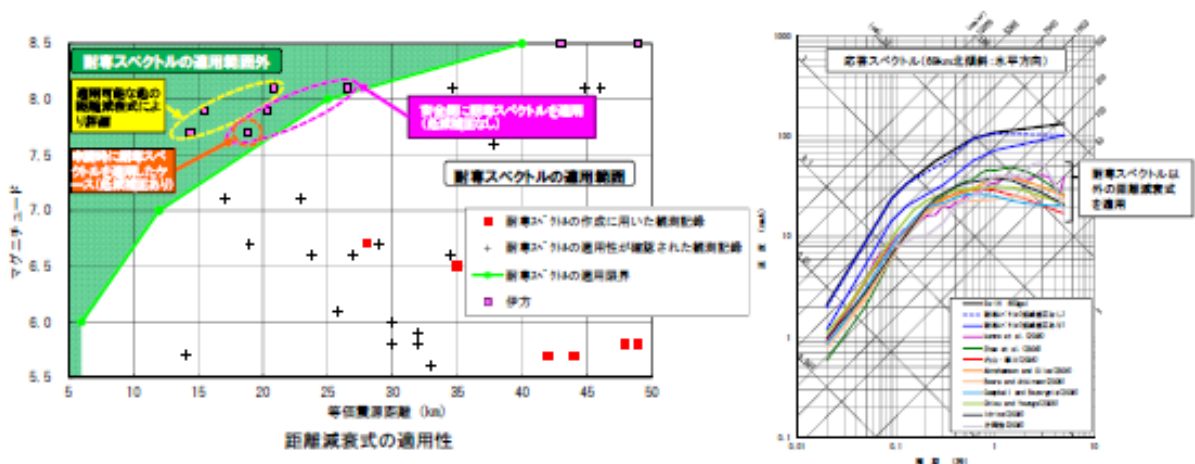


図6：耐専式によるモデル評価（平成27年2月4日原子力安全専門部会資料1-1-1）



しかしながら、東日本大震災で既応の知見では推測が難しい事象が起こったことを考えれば、図7に示した断層の両端にあるジョグにおいて、破壊が停止する科学的な知見とは別に、どこで破壊が止まるか分からない可能性もあるという心配に対して、69kmモデルに比べ最大応答加速度が変動する可能性のある70km,80kmのモデルで破壊した場合の考慮についても検討を行った。

推測される大きさは、図8に示すとおり、安全余裕で十分にカバーされるものであり、基準地震動  $S_s - 1$ 、650ガルに影響を及ぼすようなものではないと言え、その意味で予見不可能性もカバーされていると判断した。

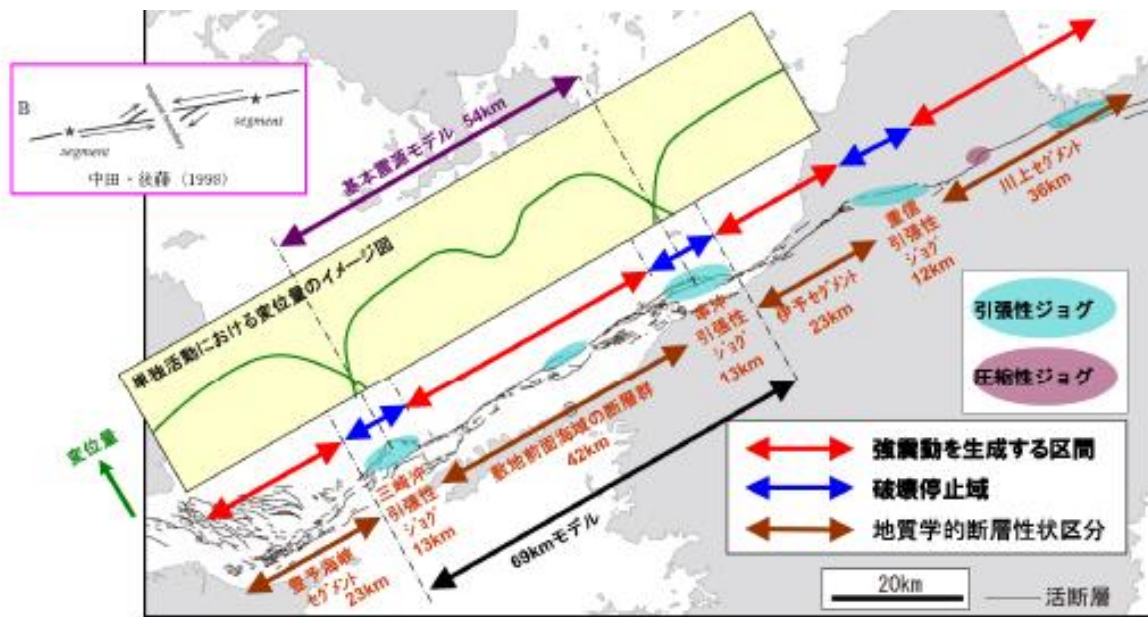


図7：断層長さ 69 kmモデル図 (平成27年2月4日原子力安全専門部会資料1-1-1)

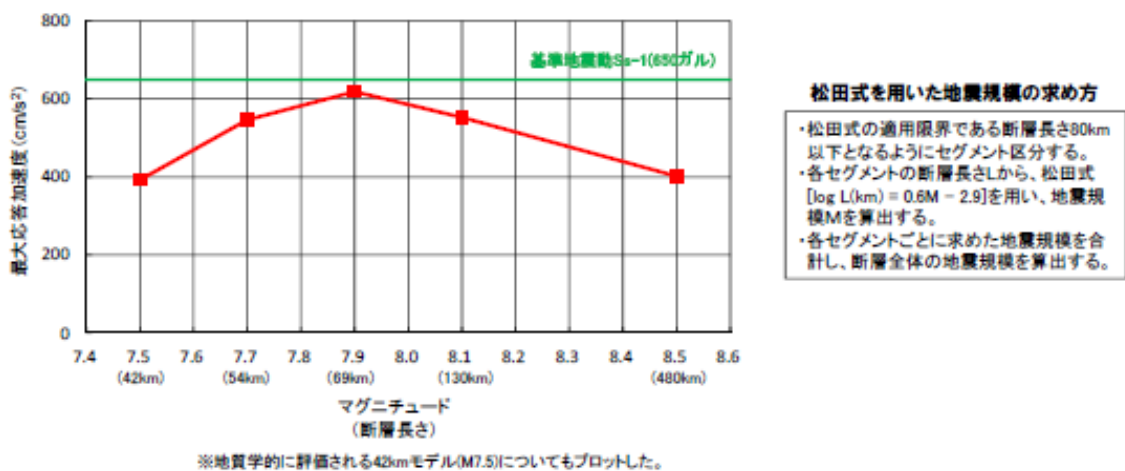


図8：耐専スペクトルにより求まる最大加速度と地震規模の関係

(平成27年2月4日原子力安全専門部会資料1-1-1)

## 【断層モデルを用いた手法による地震動評価（S<sub>s</sub>-2）】

### ○敷地前面海域断層群（内陸地殻内地震）の評価

断層モデルを用いた手法による地震動評価についても、54、130、480kmの断層長さを基本ケースとして、断層モデルを用いた評価を行っており、下記に示したとおり、評価手法の違い、アスペリティ上端深さ、破壊開始点、スケーリング則や応力降下量の増加などを考慮すべき不確かさとして取り入れて評価を行っている。

表 1 不確かさの考慮（敷地前面海域の断層群：断層モデル）

（平成 26 年 12 月 24 日原子力安全専門部会資料 1-2）

#### 【Ⅰ.影響評価を行う不確かさ】

- ・評価手法（経験的グリーン関数法と統計的グリーン関数法の比較）

#### 【Ⅱ.地震動評価における不確かさ】

##### Ⅱ-1 基本モデルに考慮する(重畳させる)不確かさ

- ・アスペリティ上端深さ
- ・破壊開始点（断層東下端，敷地前面海域セグメント中央下端，断層西下端の3ケース）

[厳しいケースでは破壊開始点（アスペリティ下端2ケース）を追加]

##### Ⅱ-2 独立で考慮する不確かさ

	考慮する不確かさ	設定する値
	断層長さ	480km, 130km, 54km
	スケーリング則	壇・他(2011)を基本とする。 Fujii & Matsu'ura(2000)や入倉・三宅(2001)でも評価を行う。
①	応力降下量(短周期レベル)	基本×1.5倍または20MPa
②	傾斜角(地質境界)	北傾斜30度
③	傾斜角(ばらつき)	南傾斜80度
④	破壊伝播速度	480km・130km → Vr = Vs 54km → Vr=0.87Vs
⑤	アスペリティの平面位置	敷地正面のジョグに配置

#### 【Ⅲ.基準地震動S<sub>s</sub>-2策定の際に考慮する不確かさ】

- ・理論計算で長周期側の地震動を検証

このうち、断層長さ 480km における地震動評価ケースを表 1 に示しているが、同様の評価を 54km 及び 130km についても同様に評価し、基準地震動 S<sub>s</sub>-2 を策定していることを確認した。

また、伊方発電所では、深部地震計を設置することを目的に、地下 2000m までのボーリング調査を行っており、その結果を踏まえ長周期地震動の理論計算に用いる地盤構造モデルに取り入れるなど、新たに得られた知見に基づき評価していることを併せて確認した。



表2 地震動解析ケース [断層長さ 480km] (平成26年12月24日原子力安全専門部会資料1-2)

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							
		長さ (km)	アスペリティ長さ	破壊開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層傾斜角	破壊伝播速度	アスペリティ平面位置	スケーリング則
-	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央横造線断層帯)	54	-	-	-	-	-	-	-
0	基本震源モデル 中央横造線+別府-万年山	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇・他(2011)
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	480	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇・他(2011)
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	480	断層上端	3ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇・他(2011)
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	480	断層上端	3ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇・他(2011)
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇・他(2011)
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の不確かさ	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに配置	壇・他(2011)

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。  
 ○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端、中央下端、西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。  
 ■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ  
 ■ : 不確かさを考慮するパラメータ

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							
		長さ (km)	アスペリティ長さ	破壊開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層傾斜角	破壊伝播速度	アスペリティ平面位置	スケーリング則
-	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央横造線断層帯)	54	-	-	-	-	-	-	-
0	基本震源モデル 中央横造線+別府-万年山	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	No : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	480	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	No : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	No : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。  
 ○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端、中央下端、西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。  
 ○FMはFujii and Matsu'ura(2000)。Sa/Sはアスペリティ面積比。  
 ■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ  
 ■ : 不確かさを考慮するパラメータ

○不確かさを考慮するパラメータの妥当性に対する主な確認事項

・スケーリング則

壇・他のスケーリング則を採用する妥当性について、断層パラメータの検証、距離減衰式や実地震の観測記録(鳥取県西部地震、Denali地震)との比較、Kocaeli地震等の比較等の検証データについて説明を受け、モデルの構築に用いられた地震のそれぞれのパラメータの分布の中に、今回の解析に用いたものが含まれており適切に評価されていることを確認した。

また、断層長さ 130km 及び 480km については、長大断層の知見として、Fujii & Matsu'ura(2000)の平均応力降下量を用いる手法による評価を、断層長さ 54km については、入倉・三宅(2001)のスケーリング則と Fujii & Matsu'ura(2000)の平均応力降下量を用いた評価結果についても確認した。

・アスペリティ

アスペリティ平面配置については、アスペリティ深さを影響が最も大きくなる断層上段にしたうえで、ジョグ以外の区間で敷地に厳しい位置又は敷地正面のジョグに配置した評価を行っており、適正な配置であると評価できる。

○1649 年安芸・伊予の地震（海洋プレート内地震）

1649 年安芸・伊予の地震で代表する海洋プレート内地震については、不確かさを考慮した評価において、基準地震動  $S_s - 1$  を上回るケースはないことを確認した。

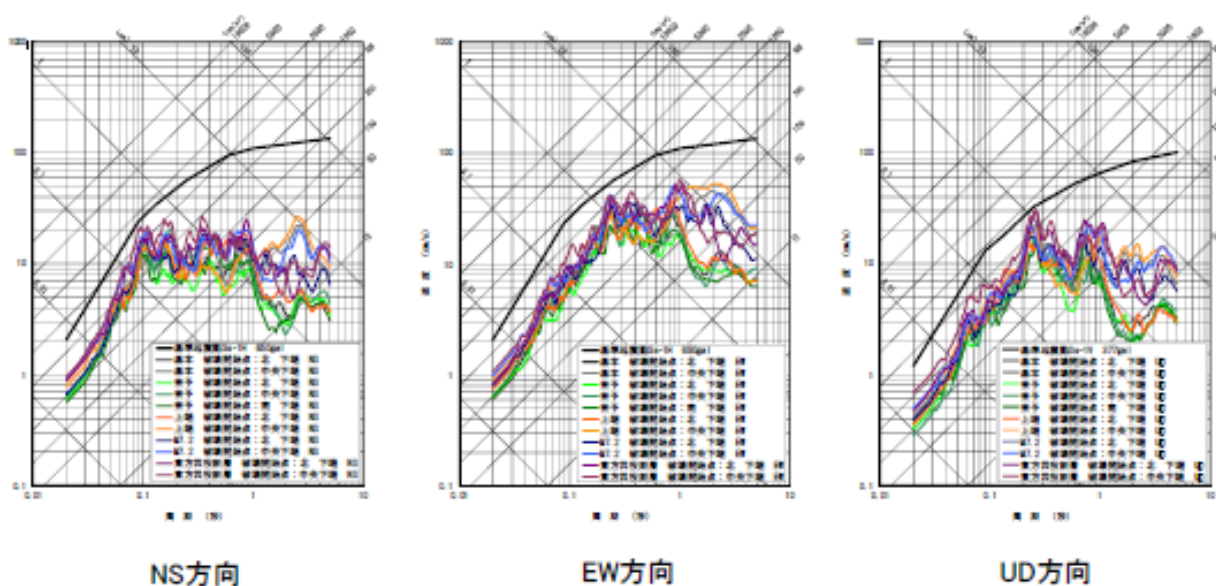


図9：海洋プレート内地震の断層モデル解析結果と基準地震動  $S_s - 1$

(平成 26 年 12 月 24 日原子力安全専門部会資料 1-2)

## ○南海トラフ巨大地震（プレート間地震）

南海トラフの巨大地震については、内閣府が想定した5ケースの強振動生成域配置のうち、最も発電所に近い陸側ケースについて評価した結果は、 $S_s - 1$ を下回ることを確認した。

また、当部会では、内閣府内の見直しにより想定震源域が伊方発電所近傍まで広がったことを踏まえ、強振動生成域を発電所の直下に配置することを求め、四国電力では、安全側になるよう前述した陸側ケースに伊方発電所直下に強振動生成域を加えた評価を行い、 $S_s - 1$ を上回らないことを確認した。

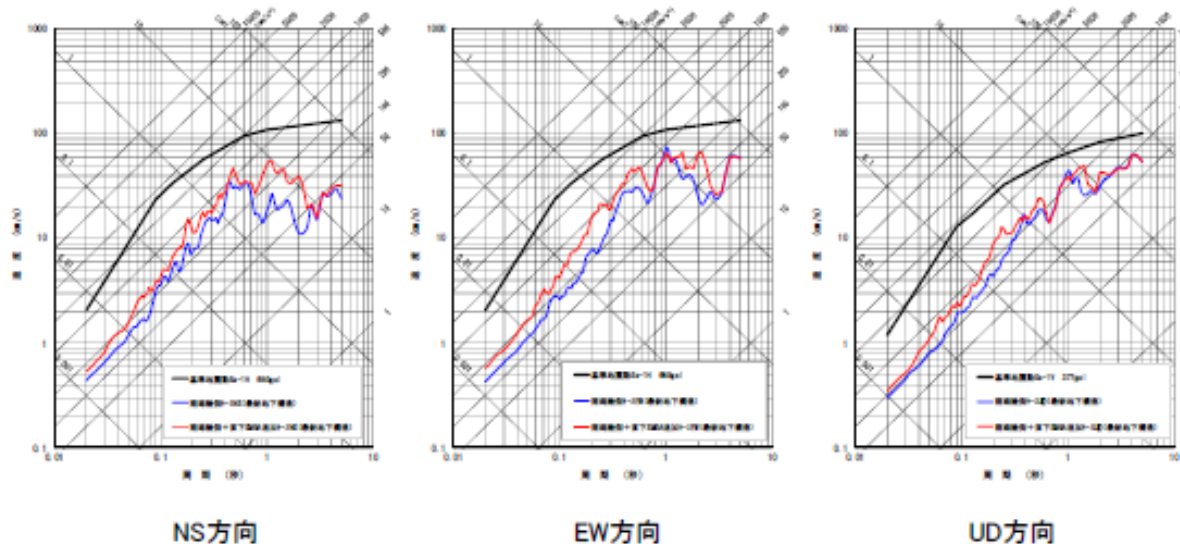


図 10：南海トラフ巨大地震地震動評価結果

(平成 26 年 12 月 24 日原子力安全専門部会資料 1-2)

### b 震源を特定せず策定する地震動

震源を特定せず策定する地震動は、審査ガイドにおいて、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されている必要がある。

このうち、全サイト共通に適用する  $M_w 6.5$  未満の地震については、敷地に及ぼす影響が大きいと見做した観測記録のうち、2004 年北海道留萌支庁南部地震の観測記録については、信頼性の高い解放基盤波が得られたことから評価の対象として選定している。

地域特性を考慮して適用する  $M_w 6.5$  以上の地震については、鳥取県西部地震について、「活断層の成熟度」に地域差が認められ、地震が発生する深部地下構造にも違いがあると考えられるものの、自然現象の評価と将来予測には不確かさが残るため、いずれも西南日本の東西圧縮横ずれの応力場であることを踏まえ、更には原子力安全に対する信頼向上の観点から、より安全側に鳥取県西部地震を評価地震として選定している。

表3 収集対象となる内陸地殻内の地震例 (平成26年12月24日原子力安全専門部会資料1-2)

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。  
 ○また、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。  
 ○これらを踏まえ、伊方発電所立地地点とMw6.5以上の2地震が発生した地域との地域差について検討する。

○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、整理を行う。

震源を特定しない地震動の評価には、選定した地震で得られている地震波をそのまま伊方発電所の基盤面に当てはめていることから、その評価が過小評価にならないかとの観点から検討を行った。

鳥取西部地震では、その近傍で得られた賀祥ダム（監査廊）観測記録を採用して評価を行っているが、堤頂部が大きく揺れていると、相互作用の影響で基礎部の振動が小さくなる懸念があり、監査廊の測定記録に構造物の影響が含まれ、その結果として、本来の岩盤の地震動に比べて小さくなっている可能性がある。このことから、基準地震動設定のため採用した応答スペクトル等について説明を受け検討を行った。

- ・賀祥ダム基礎部に対する堤頂部の本震記録は周期0.06秒や0.07秒付近でやや大きめの増幅が確認でき、同周期付近は構造物等の影響を受けて基礎部の地震動レベルが小さくなっている可能性も考えられるが、同周期帯における基礎部の応答スペクトルを見ても、全周期帯の地震動レベルの傾向と比べて大きく減衰しているものではない。
- ・基礎部の観測記録について、鳥取県西部地震の本震記録と余震記録に基づくH/Vスペクトルを比較したところ、概ね同様の結果となっており、基礎部の本震記録には地盤の非線形化の影響は見られない。
- ・基礎部の地震計は約8～9m程度のコンクリート基礎を介して岩盤の直上に設置された構造であり、この地震計による観測記録は岩盤とほぼ同様の挙動を示していると考えられる。
- ・賀祥ダム基礎部の観測記録 ( $V_s=1.2\sim 1.3\text{km/s}$ 程度) は、伊方発電所の解放基盤表面 ( $V_s=2.6\text{km/s}$ ) と比較すると速度の遅い岩盤上の記録である。

これらのことから判断した結果、発電所の機器設備の一部の固有周期帯で少し小さくなっているものもあるが、他の周期帯での変動幅と比べて同程度であり、また、バラツキも大きくないことから、基準地震動の設定として不適切ではないことを確認した。



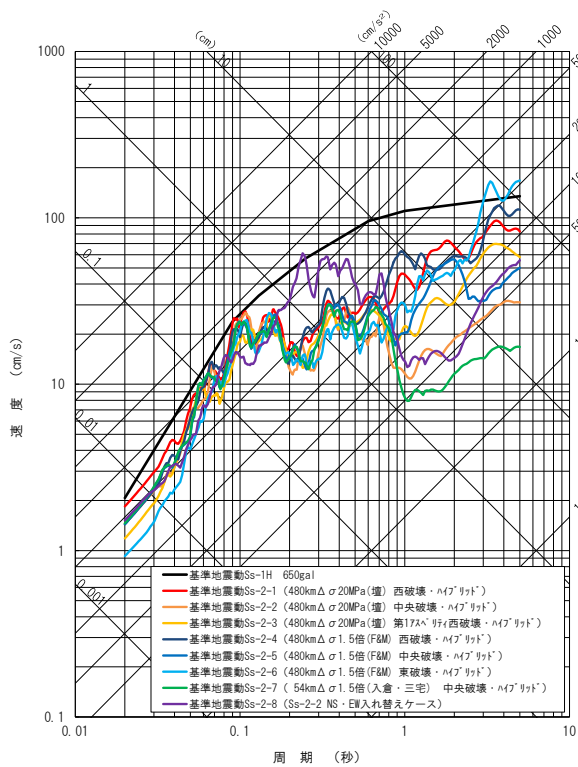
## ○基準地震動の策定結果

四国電力では、地震動評価を踏まえ、「敷地ごと震源を特定して策定する地震動」として、応答スペクトルに基づく評価により基準地震動  $S_s-1$ 、断層モデルを用いた手法による評価で  $S_s-1$  を上回る8波を  $S_s-2-1$  から  $S_s-2-8$  に設定し、「震源を特定せず策定する地震動」としては、北海道留萌支庁南部地震を考慮した  $S_s-3-1$  及び鳥取県西部地震の震源近傍での観測記録に基づく地震動  $S_s-3-2$  を設定した。(表4、図11、図12)

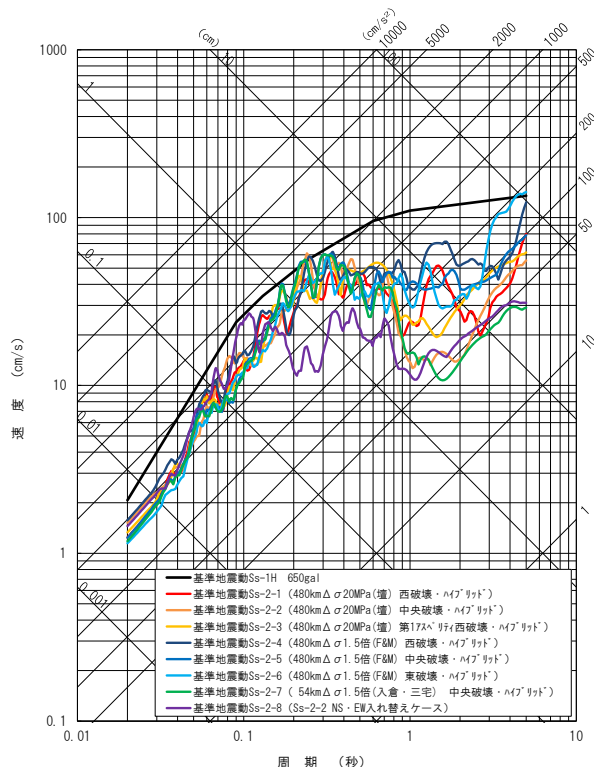
これら基準地震動については、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、不確かさも考慮して、地震学及び地震工学的見地から適切に策定されていることを確認した

表4 基準地震動の一覧

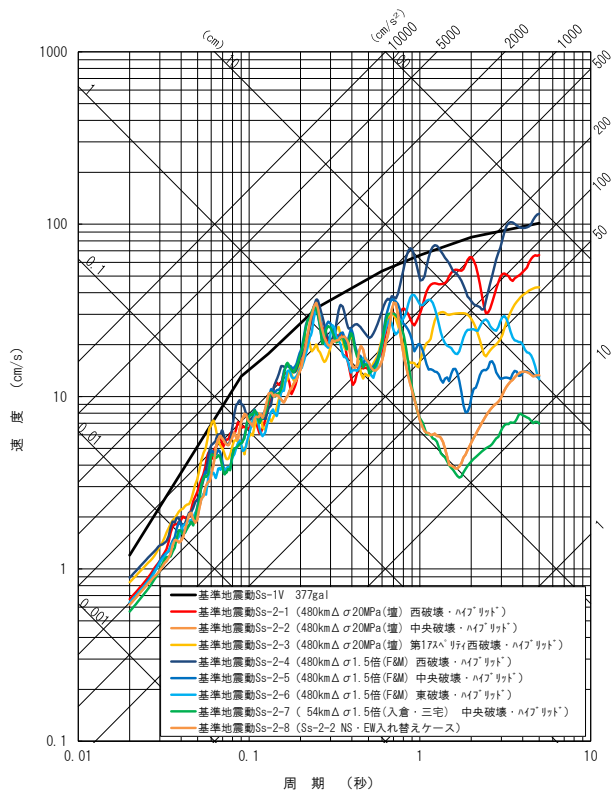
基準地震動 $S_s$					最大加速変幅 (ガル)
震源を特定して 策定する地震動	応答スペクトル に基づく手法	設計用模擬地震波	水平動	$S_s-1H$	650
			鉛直動	$S_s-1V$	377
	断層モデルを 用いた手法	敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・壇の手法・ $\triangle\sigma$ 20MPa・西破壊	水平動 NS	$S_s-2-1NS$	579
			水平動 EW	$S_s-2-1EW$	390
			鉛直動 UD	$S_s-2-1UD$	210
		敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・壇の手法・ $\triangle\sigma$ 20MPa・中央破壊	水平動 NS	$S_s-2-2NS$	456
			水平動 EW	$S_s-2-2EW$	478
			鉛直動 UD	$S_s-2-2UD$	195
		敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・壇の手法・ $\triangle\sigma$ 20MPa・第176°N 西破壊	水平動 NS	$S_s-2-3NS$	371
			水平動 EW	$S_s-2-3EW$	418
			鉛直動 UD	$S_s-2-3UD$	263
		敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・F&M の手法・ $\triangle\sigma$ 1.5 倍・西破壊	水平動 NS	$S_s-2-4NS$	452
			水平動 EW	$S_s-2-4EW$	494
			鉛直動 UD	$S_s-2-4UD$	280
		敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・F&M の手法・ $\triangle\sigma$ 1.5 倍・中央破壊	水平動 NS	$S_s-2-5NS$	452
			水平動 EW	$S_s-2-5EW$	388
			鉛直動 UD	$S_s-2-5UD$	199
		敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・F&M の手法・ $\triangle\sigma$ 1.5 倍・東破壊	水平動 NS	$S_s-2-6NS$	291
			水平動 EW	$S_s-2-6EW$	360
			鉛直動 UD	$S_s-2-6UD$	201
敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 54km・入倉・三宅の手法・ $\triangle\sigma$ 1.5 倍・中央破壊	水平動 NS	$S_s-2-7NS$	458		
	水平動 EW	$S_s-2-7EW$	371		
	鉛直動 UD	$S_s-2-7UD$	178		
敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・壇の手法・ $\triangle\sigma$ 20MPa・中央破壊・入れ替え	水平動 NS	$S_s-2-8NS$	478		
	水平動 EW	$S_s-2-8EW$	456		
	鉛直動 UD	$S_s-2-8UD$	195		
震源を特定せず策定する地震動	2004年北海道留萌支庁南部の地震 基盤地震動の基準化波	水平動	$S_s-3-1H$	620	
		鉛直動	$S_s-3-1V$	320	
	2000年鳥取県西部地震 賀祥ダム (監査廊) の観測記録	水平動 NS	$S_s-3-2NS$	528	
		水平動 EW	$S_s-3-2EW$	531	
		鉛直動 UD	$S_s-3-2UD$	485	



NS方向

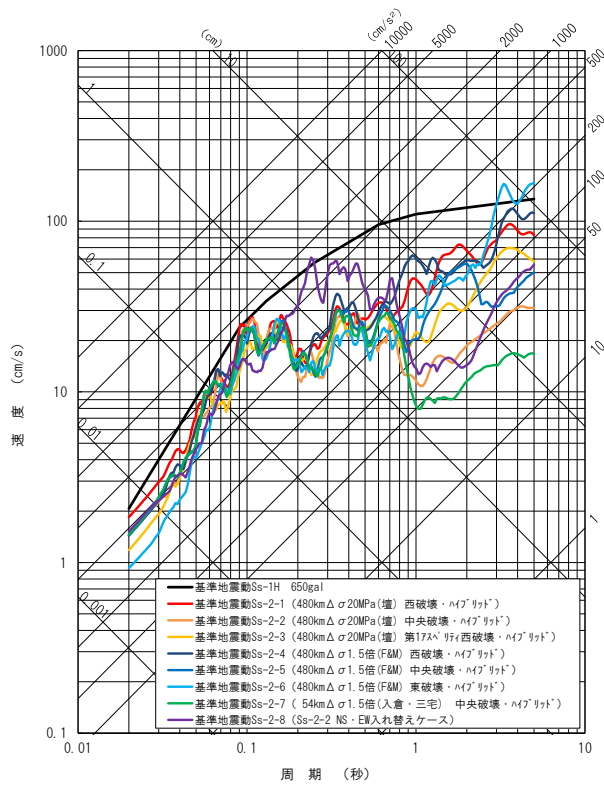


EW方向

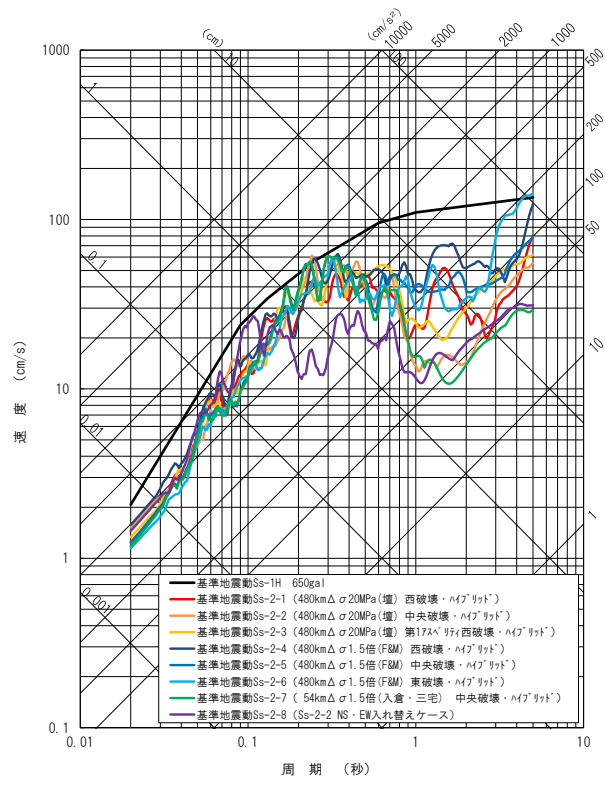


UD方向

図 11 : 基準地震動Ss-1、Ss-2 (平成 26 年 12 月 24 日原子力安全専門部会資料 1-2)



NS方向



EW方向

図 12 : 基準地震動S s - 3 (平成 26 年 12 月 24 日原子力安全専門部会資料 1-2)

## ②地盤及び周辺斜面の安定性

地盤及び周辺斜面の安定性については、設置許可基準規則において、設計基準対象施設は、変位が生ずるおそれがなく、施設を十分に支持することができる地盤であること及び耐震重要施設は、変形し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けなければならないと規定されている。

また、耐震重要施設は斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないことが要求されており、重大事故等対処設備についても、これに準ずるものとされている。

当部会では、四国電力から、敷地内断層の状況による地盤の変位の有無など原子炉建屋等の基礎地盤及び斜面の安定性評価の説明を受けるとともに、新規基準に基づき周辺斜面等の改良工事が行われていることから、現地での確認状況も踏まえて確認を行った。

表5 基礎地盤及び周辺斜面の評価方針 (平成27年3月26日 原子力安全専門部会資料1-1)

### 【基礎地盤】

1. 活断層の有無 (前回の部会にてご説明)  
原子炉建屋等が設置される地盤には、将来活動する可能性のある断層等が露頭していないことを確認する。
2. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価  
原子炉建屋等が設置される地盤の安定性について以下の観点から確認する。
  - ① 基礎地盤のすべり
  - ② 基礎の支持力
  - ③ 基礎底面の傾斜
3. 周辺地盤の変状による施設への影響評価  
地震発生に伴う周辺地盤の変状による不等沈下、液状化、掘り込み沈下等の影響を受けないことを確認する。
4. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価  
地震発生に伴う地殻変動による基礎地盤の傾斜及び撓みの影響を受けないことを確認する。

### 【周辺斜面】

1. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価  
基準地震動の地震力により周辺斜面が崩壊し施設に影響を与えないことを確認する。

※1 「実用発電用原子炉及びその附属施設的位置、構造及び設備の基準に関する規則(解釈含む)」

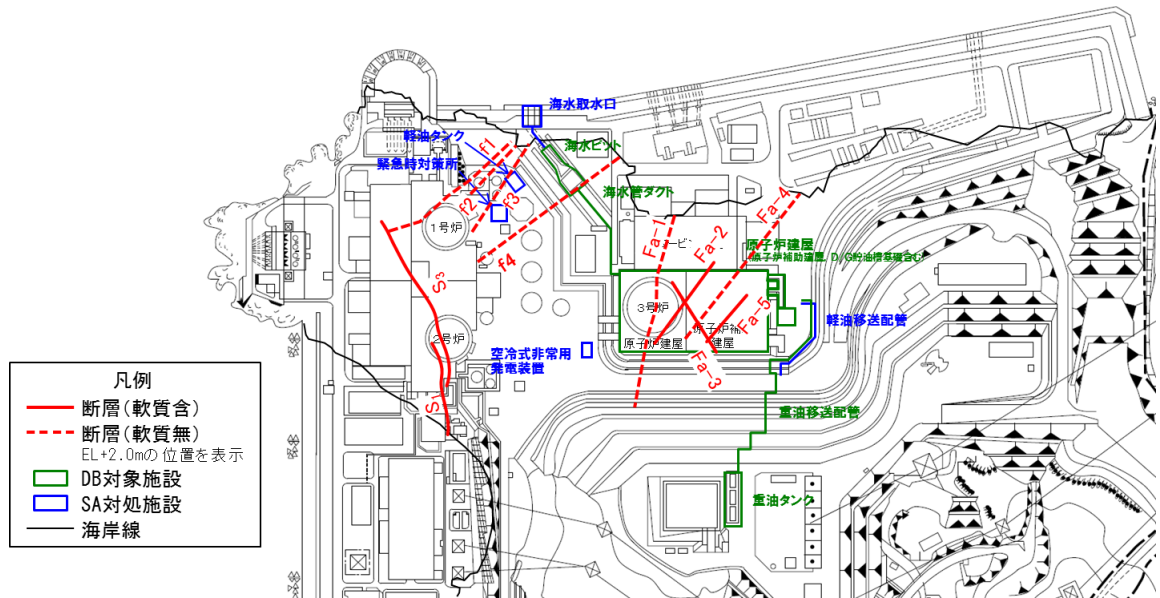
※2 耐震設計上の重要度分類Sクラスの系統・機器及びそれらを支持する建物・構築物

※3 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く)



## ア 地盤の変位(敷地内断層の評価)

伊方3号機の申請時調査において、敷地内には、比較的破碎幅が大きく連続性がある断層としてFa-1断層~Fa-5断層、f1~f4断層、S1、S3断層が存在することが確認されている。



DB対象施設: 設計基準対象施設(発電用原子炉施設のうち運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要となるもの)  
SA対象施設: 重大事故等対処施設(重大事故に至るおそれがある事故(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を除く)又は重大事故に対処するための機能を有する施設)

図 13 : 敷地内における断層分布 (平成 27 年 4 月 21 日原子力安全専門部会資料 3)

これら敷地内の断層の評価については、将来活動する可能性の断層等の認定に関する基本方針に従って、「震源として考慮する活断層かどうか」、「地震活動に伴って永久変位が生じる断層かどうか」、そして、「支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面かどうか」の3点について確認することとし、敷地において後期更新世の地表面及び地層が欠如していることから、地形、地質・地質構造等を総合的に検討した上で敷地内断層の活動性を評価している。

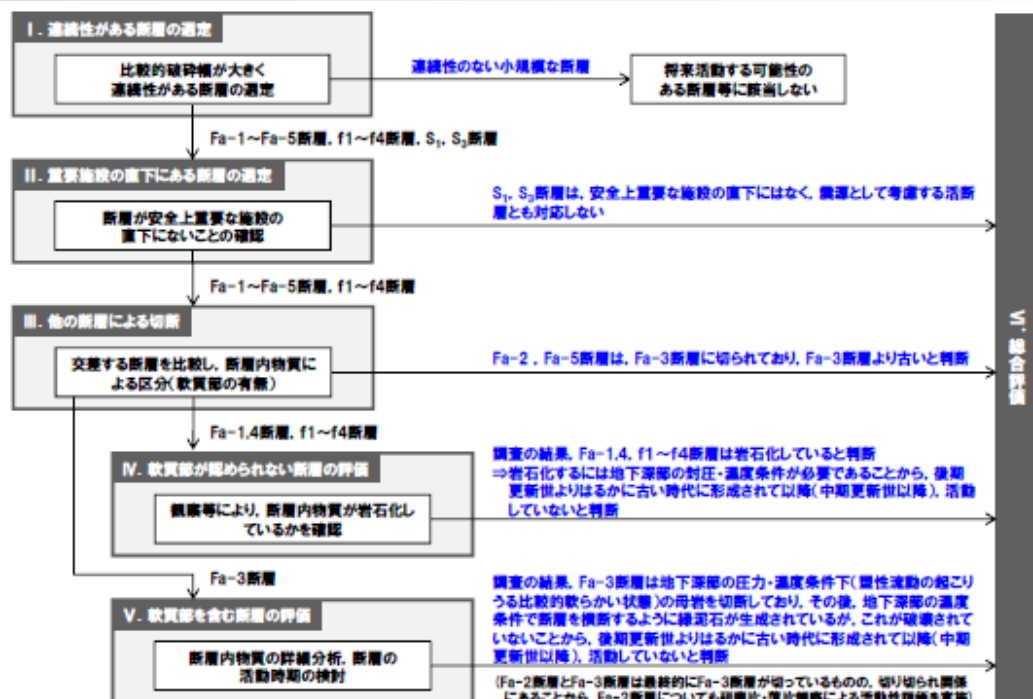


図 14 : 敷地内における断層の活動性評価の流れ (平成 27 年 4 月 21 日原子力安全専門部会資料 3)

第1点目の「震源として考慮する活断層かどうか」については、図15に取りまとめられたとおり、変動地形学調査、地質調査及び地球物理学調査により敷地内断層は、いずれも「震源として考慮する断層」ではないとの説明を受けるとともに、敷地内で実施したオフセットVSP探査の結果については、側線のわずかな乱れ等も考慮したうえで、地下深部までほぼ水平な反射面が連続し、地表から地下深部まで連続する大規模な断層は認められないことを確認した。

### 変動地形学的調査

敷地近傍に「活断層詳細デジタルマップ」、「[新編]日本の活断層—分布図と資料—」等の既存文献による変位地形・リニアメントの指摘はない。また、詳細DEMおよび空中写真による独自の地形判読によっても敷地近傍に変位地形・リニアメントは判読されない。

敷地内の断層(Fa-1~Fa-5断層, f1~f4断層, S<sub>1</sub>断層, S<sub>3</sub>断層)は活断層を示唆する変動地形と対応しない。

### 地質調査

敷地近傍・敷地付近には三波川変成岩類が広く分布する。敷地の地盤は主に塩基性片岩からなり、敷地内の断層(Fa-1~Fa-5断層, f1~f4断層, S<sub>1</sub>断層, S<sub>3</sub>断層)に活断層を示唆する構造は認められない。

### 地球物理学的調査

地下深部までほぼ水平な反射面が連続し、地震発生層(地下2km以深)まで連続する大規模な断層は認められない。

図15：地内における断層の活動性評価結果 (平成27年2月16日原子力安全専門部会資料1-1)

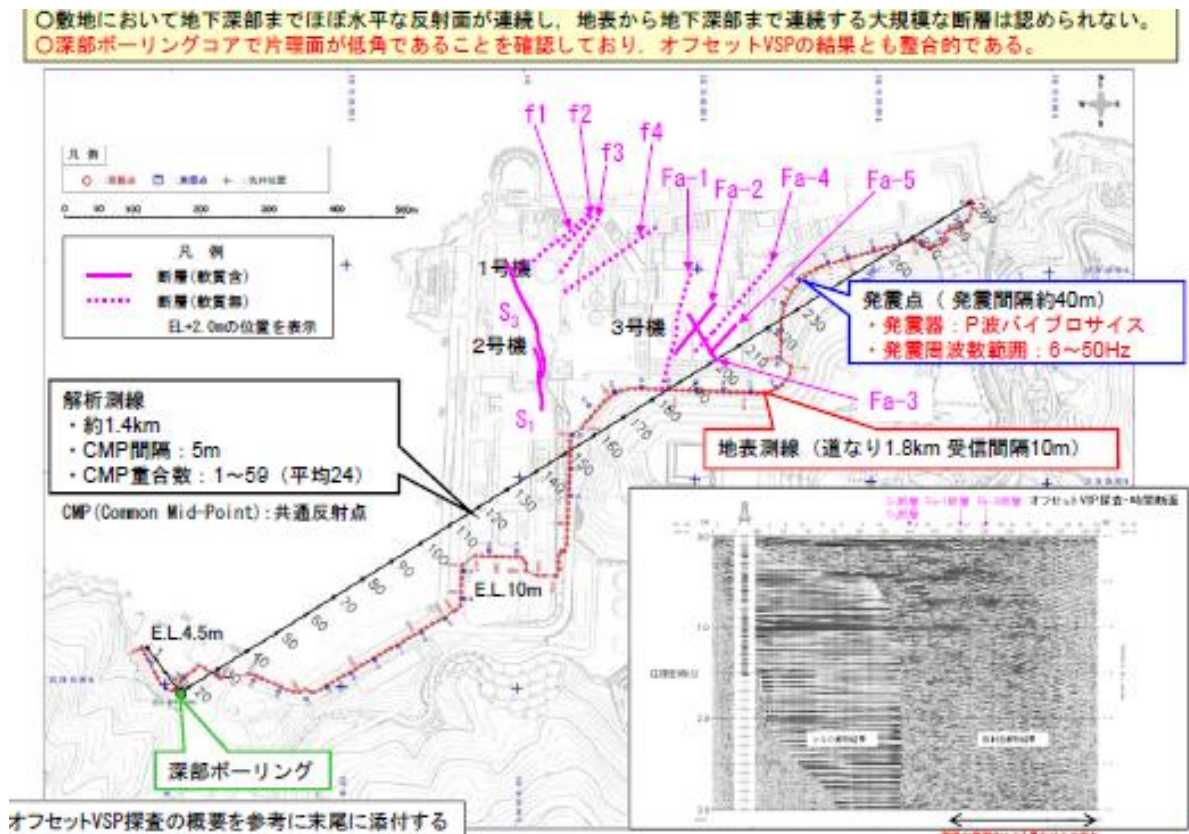


図16：敷地内における地下深部探査結果 (平成27年2月16日原子力安全専門部会資料1-1)

第2、3点目については、断層に軟質部があるものと軟質部が認められない断層に分離し評価を行っている。

軟質部が認められない断層 (Fa-1、Fa-3、f1～f4 断層) については、断層内物質が断層ガウジ (断層運動に伴う破碎によって生じた細粒等) ではなく岩石相当であることを確認した上で、薄片線観察等により後期更新世以降の新しい時代には活動しておらず、将来活動する可能性のある断層には該当しない判断している。

軟質部がある断層 (Fa-2、Fa-3、Fa-5 断層) については、活動時期が最も最も新しいと判断される Fa-3 断層について、研磨片・薄片で委細な構造の観察結果することで活動性評価を行うとともに、地下深部の温度・圧力条件下で起こる片理のひきずり (流動的な変形) が古い時代に地下深部で生成される緑泥石脈が断層を横断し、破壊されていいないこと、さらに、Fa-3 断層は、南北に近い走行を有する正断層センスを主体とする断層であることから、現在の横ずれの卓越する東西圧縮の応力場での活動は考え難く、いずれも将来活動する可能性のある断層には該当しないと評価される。

これらのことから、伊方発電所では、重要な安全機能を有する施設の直下には将来活動する可能性のある断層等はなく、敷地内に「震源として考慮する活断層」はないと判断される。

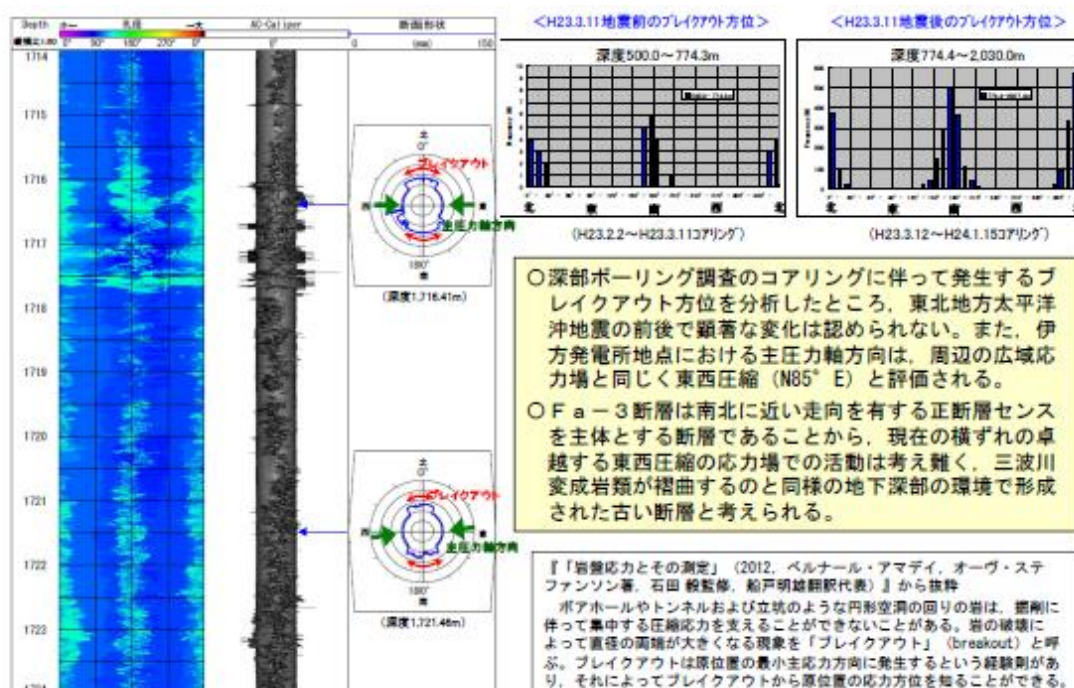


図 17 : 敷地における応力場の検討結果 (平成 27 年 3 月 26 日原子力安全専門部会資料 2、別紙 1)

## イ 基礎地盤及び周辺斜面の安定性

原子炉建家等の耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備は、基準地震動による地震力が作用した場合においても当該施設を十分に支持できる地盤に設けなければならないこと、上記地震の発生によって生じるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならないと定められている。



このことから、今回新たに設定した基準地震動による評価を行うこととし、その評価断面は、対象となる施設の配置、施設周辺の地形及び地質・地質構造を考慮して厳しい条件となる代表断面を選定して評価を行っている。

評価対象施設及び評価断面(代表断面)

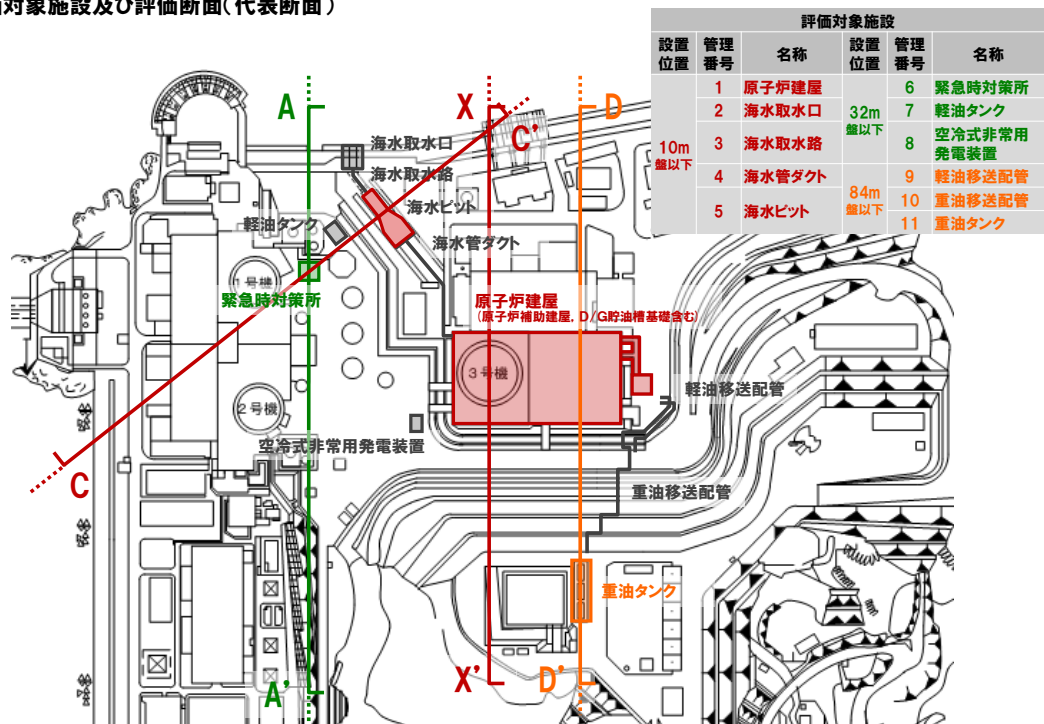


図 18 : 基礎地盤及び周辺斜面の評価対象施設と評価断面 (平成 27 年 4 月 21 日原子力安全専門部会資料 3)

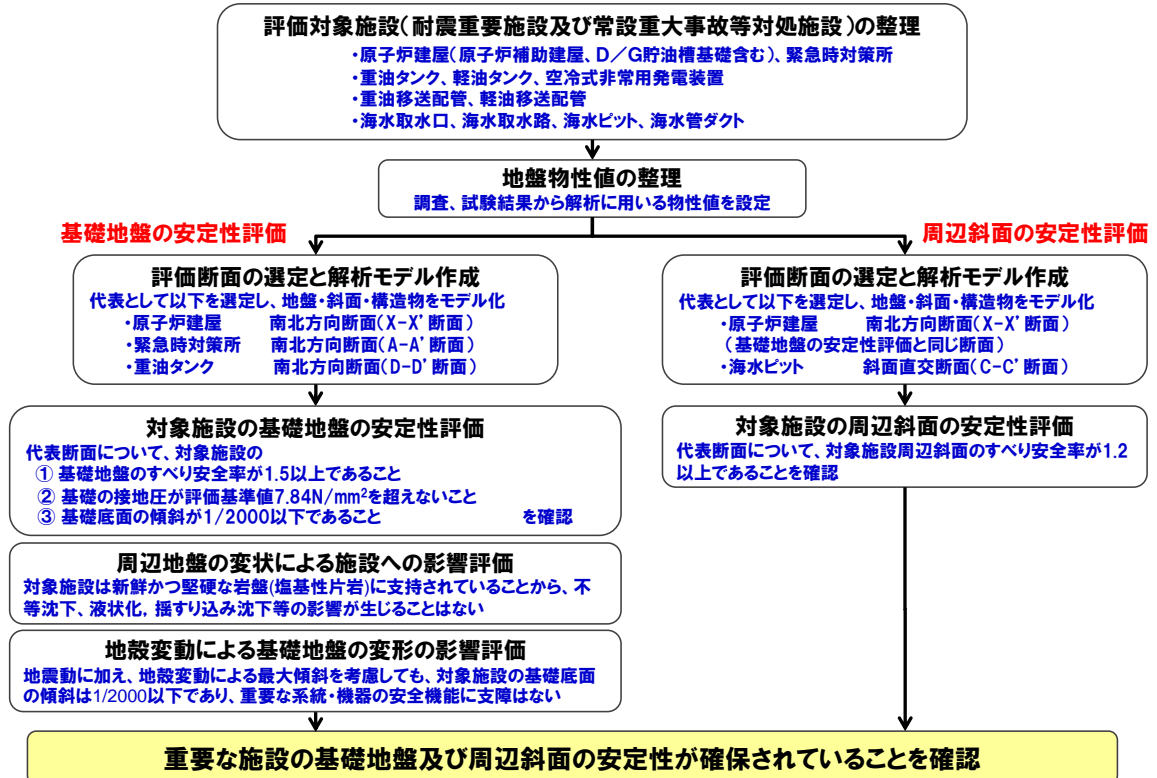


図 19 : 原子炉建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価結果

(平成 27 年 4 月 21 日原子力安全専門部会資料 3)

敷地内岩盤の状況については、現地で露頭の状況や地下 2000mまでの深部ボーリングによるコアサンプル等を確認し、強固な岩盤であることを確認した。

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会資料(平成27年3月26日)再編・加筆

3. 解析用物性値

### 解析用岩盤分類について

○解析用岩盤分類を実施するにあたってはまず、田中(土木技術者のための地質学入門、山海堂、1964)の分類法<sup>1</sup>を基本的な考え方とし、これを参考に地質調査結果に基づきCH級、CM級、CL級及びD級岩盤の4段階に岩盤分類を行った。

名称	特 徴
CH	造岩鉱物及び粒子は、石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は、比較的堅硬である。
CM	造岩鉱物及び粒子は、石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。
CL	造岩鉱物及び粒子は、風化作用を受けて軟質化しており岩質も軟らかくなっている。
D	造岩鉱物及び粒子は、風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく軟らかい。

○同一の岩盤分類においても、風化の程度、割れ目の状態等によって強度特性、変形特性及び動的特性に幅があることから、工学的分類として以下のとおり解析用岩盤分類に整理し、これら分類に応じた解析用物性値を、調査結果や試験結果をもとに設定した。

#### 【岩 盤】

【解析用岩盤分類】	【岩盤分類】
I 級 ①~③ <sup>※1</sup>	CH級岩盤
II 級	CM級岩盤
III 級 <sup>※2</sup> または III 級 ① <sup>※3</sup>	CL級岩盤
または III 級 ② <sup>※3</sup>	D級岩盤及び表土等

#### 【断 層】

【解析用岩盤分類】 = 【岩盤分類】

**軟質無**

肉眼観察、物理試験、針貫入試験の結果として断層内物質が岩石相当の物性を有して粘土状の軟質部を介在しないと判断できる断層

**軟質含**

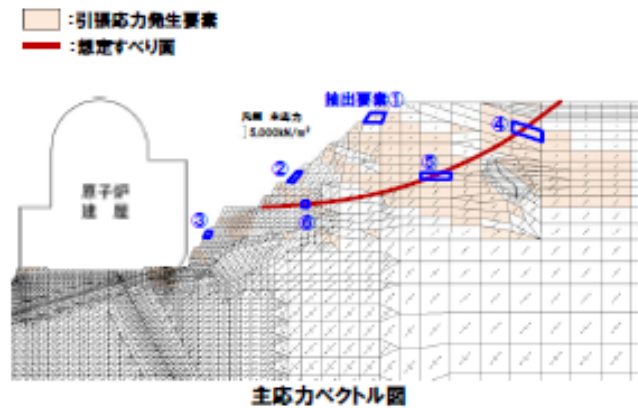
上記以外の断層

図 20 解析用岩盤分類について (平成 27 年 7 月 22 日原子力安全専門部会資料 2 別紙)

基礎地盤や斜面の解析において、現状の審査基準は、「すべり(せん断)」で評価しているが、地震動が大きくなると「引張」が卓越した部分の確認も必要との考えから、引張が発生している主要な部分の応力状態を時刻歴により確認し、引張応力は、ごく短時間で発生しているため、地盤の安定性に問題ないことを確認した。

なお、伊方発電所では、念のため、破壊の進展を考慮した安定性評価として、最小すべり安全率を示す時刻の慣性力を切り出し、静的非線形解析も実施し、評価基準値を上回ることを確認している。

○引張応力は、ごく短時間で発生しているため、地盤の安定性に問題はない。



抽出要素	最小主応力時刻履歴
①	
②	
③	
④	
⑤	
⑥	



すべり安全率最小ケース: 基準地震動: Ss-1 (+,-), 時刻: 43.75秒, すべり安全率: 1.3

図 21 斜面における引張応力が発生している主要な部分の応力状態例

(平成 27 年 7 月 22 日原子力安全専門部会資料 2、別紙)

基礎地盤の許容支持力については、原位置試験である平板載荷試験結果において、弾性的挙動を示している範囲内で評価基準値を設定している。(評価基準値は平板載荷試験で確認された最大値であり、実際の弾性限界はもっと大きいと考えるが、評価上は安全側に確認できている値を評価基準値としていることを確認した。

また、斜面の安定性評価における基準値となっている安全率 1.2 は、電中研の報告によれば、年破壊確率として  $10^{-5}$ /年以下に相当することも確認した。

本部会としては、これらのことから、地盤及び周辺斜面の安定性については、原子炉建屋等の耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備が設置されている地盤には、将来活動する可能性のある断層等の露頭はなく、これら施設や周辺斜面は、新たに設定した基準地震動による地震力に対して十分な安定性を有していることを確認した。

また、現地において斜面の状況等を確認したが、外部火災対策等により改良工事が実施されるなど、施設と異なり現地の状況が変化することから、地盤や周辺斜面の安定性評価に用いた各種データや文献等について整理し、評価条件(根拠)が不明確にならぬよう努めることを求めた。

### ③耐震設計方針

法令では、地震の発生によって公衆(住民)への放射線(能)影響を防止するため、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備は、大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力(基準地震動に地震力)に対して損なわれないことが求められていることか

ら、適切に耐震設計する必要があり、次のとおり設計する方針である。

#### ア 耐震設計方針

- 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安全機能が損なわれる恐れがないように設計する。
- 津波防護施設等についても、地震力に対してそれぞれの施設等に要求される機能が保持できるよう設計する。
- 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する。
- 耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。

#### イ 耐震設計方針に対する確認

- 発電所の耐震性の向上の取組みとして、伊方3号機では、平成18年、発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針の改訂に伴う耐震安全性評価（耐震バックチェック）において、蓄電池架台や配管支持構造物の耐震性向上工事を実施し、また、平成19年の新潟県中越沖地震を踏まえた対策として、取水設備等の耐震性向上工事を、更に、概ね1000ガル対応として、充電器盤、ドロップ盤等の耐震性向上工事を実施している。
- 耐震重要施設等の評価においては、対象となる個々の施設の固有周期に応じ、その施設にかかる応力等を算定し、それが評価基準値以内に収まることを確認している。

## II 耐津波性能について

### ①基準津波

#### A 専門部会における確認

設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものであること、また、重大事故等対処施設は、基準津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであることが要求されている。

「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」（平成 25 年 6 月、原子力規制委員会決定）に沿った耐津波評価の流れ（図 22）のとおり、耐津波評価が行われていることを確認した。

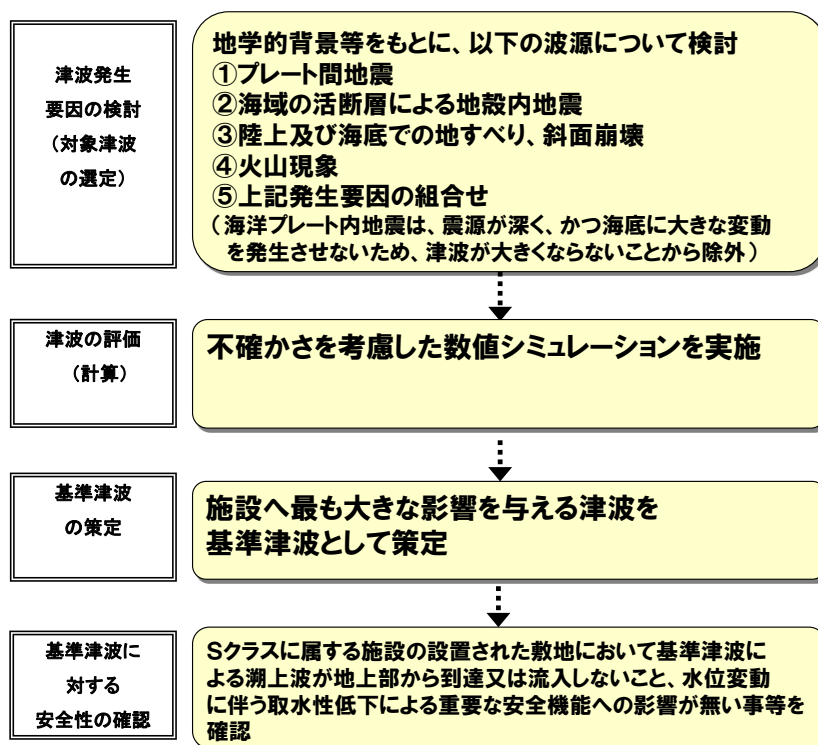


図 22：耐津波評価の流れ（平成 27 年 12 月 24 日原子力安全専門部会資料 2-2）

## ア 対象津波の選定

津波の発生要因として地震の他、地すべり等、地震以外の要因及びこれらの組合せによるものを考慮し、対象津波を選定することとなっており、対象津波(1)～(4)と、発生要因の組み合わせとして、最も敷地に厳しい(2)と(3)の重畳について評価を行っていることを確認した（図 23）。

- (1) プレート境界付近に想定される地震に伴う津波（南海トラフの巨大津波）
- (2) 海域活断層に想定される地震に伴う津波（中央構造線断層帯～九州側断層帯 130km の連動）
- (3) 地すべり伴う津波（敷地近傍の 5 つの地すべり地域）
- (4) 火山の山体崩壊に伴う津波（鶴見岳の山体崩壊）



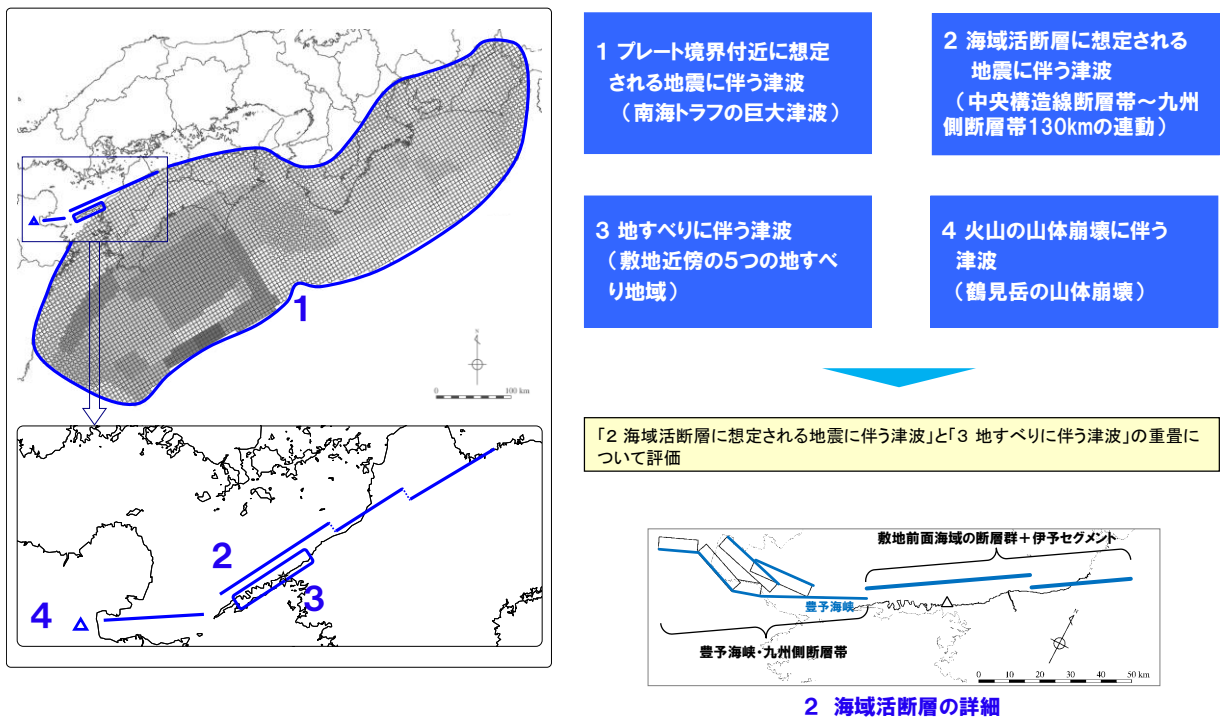


図 23：対象津波の選定 (平成 27 年 4 月 21 日原子力安全専門部会資料 3)

### イ 基準津波の策定

基準津波の策定に当たっては、表 5 に示すように各種の不確かさを考慮して、安全側の評価としていることを確認した。

表 5：評価に用いる不確かさパラメータ

2. 海域活断層に想定される地震に伴う津波(中央構造線断層帯海域部)	3. 地すべりに伴う津波(敷地近傍の5つの地すべり地域)
a.地震規模(豊予海峡断層を佐田岬西端付近まで延伸) b.すべり量(剛性率 $4.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2 \rightarrow 3.3 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ ) c.断層傾斜角 ( $90^\circ \pm 15^\circ$ ) d.すべり角 ( $180^\circ \pm 15^\circ$ ) e.破壊形態(一様,不均質) f.断層上端深さ(0km)	h.地すべり位置(降雨地すべりも考慮) i.重畳タイミング(検討用時間差の基となる基準地震動の継続時間 約52秒→約110秒)
g.水平渦動粘性係数 ( $10 \text{m}^2/\text{s} \rightarrow 0 \text{m}^2/\text{s}$ )	

[基準津波の策定(検討ケース)]

検討ケース※1	水位上昇側						水位下降側		
	3号炉 凝却池前	3号炉 補機冷却 海水取水口	海水ポンプ ポンプ室※2	3号炉 T/B取水器 取水先室	取水ポンプ※2	3号炉 放水口	取水ポンプ※2	3号炉 補機冷却 海水取水口	海水ポンプ ポンプ室※2
上層水位	重畳 ケースC	T.P.+8.12m [-0.38m]	—	—	T.P.+4.21m [-0.38m]	T.P.+4.87m [-0.35m]	—	—	—
	重畳 ケースB	—	T.P.+5.46m [-0.40m]	—	—	—	—	—	—
	重畳 ケースD	—	—	—	—	T.P.+4.69m [-0.40m]	—	—	—
下層水位	海域の活断層に想定 される地震に伴う津波 ア	—	—	T.P.+4.30m [-0.40m]	—	—	T.P.+4.07m [-0.39m]	—	—
	重畳 ケースE	—	—	—	—	—	—	T.P.-4.60m [+0.34m]	T.P.-3.28m [+0.34m]

表中の数値は、各機組地点における余裕量が最も厳しいケースにおける最高・最低水位。〔〕内の数値は伊方発電所における地盤変動量(±が隆起、-が沈降)。  
 ※1 重畳ケースC:【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北80度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度  
 【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】⑤(立神岩)【評価手法】二層流【時間差】15秒  
 重畳ケースB:【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北85度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度  
 【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】④(魚沼)【評価手法】二層流【時間差】79秒  
 重畳ケースD:【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北85度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度  
 【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】⑤(立神岩)【評価手法】二層流【時間差】12秒  
 重畳ケースE:【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北75度,すべり角:195度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度  
 【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】③(海岬)【評価手法】二層流【時間差】71秒  
 ア:【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北85度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度  
 【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度  
 ※2 海水ポンプポンプ室、取水ポンプポンプ室における最高・最低水位については、耐津波設計に係る事由で異なるが先行して記録。計算条件は耐津波調査会(2014年3月6日)の通り。計算ケースは前述の重畳津波に對するケース及びこれら重畳津波を構成する各波源津波に對するケース。なお、表中に記載の計算条件は以下のとおり。  
 ・上昇側(海水ポンプポンプ室) スクリーン損失:なし,奥付損:なし,海水ポンプ:あり,ポンプ取水量:海水ポンプ2台・海水取水ポンプ0台  
 ・上昇側(取水ポンプ) スクリーン損失:なし,奥付損:なし,管継水ポンプ:運転状態:停止中  
 ・下降側(取水ポンプ) 奥付損:あり,管継水ポンプ:運転状態:運転中  
 ・下降側(海水ポンプポンプ室) スクリーン損失:あり,奥付損:あり,海水ポンプ:あり,ポンプ取水量:海水ポンプ4台・海水取水ポンプ0台

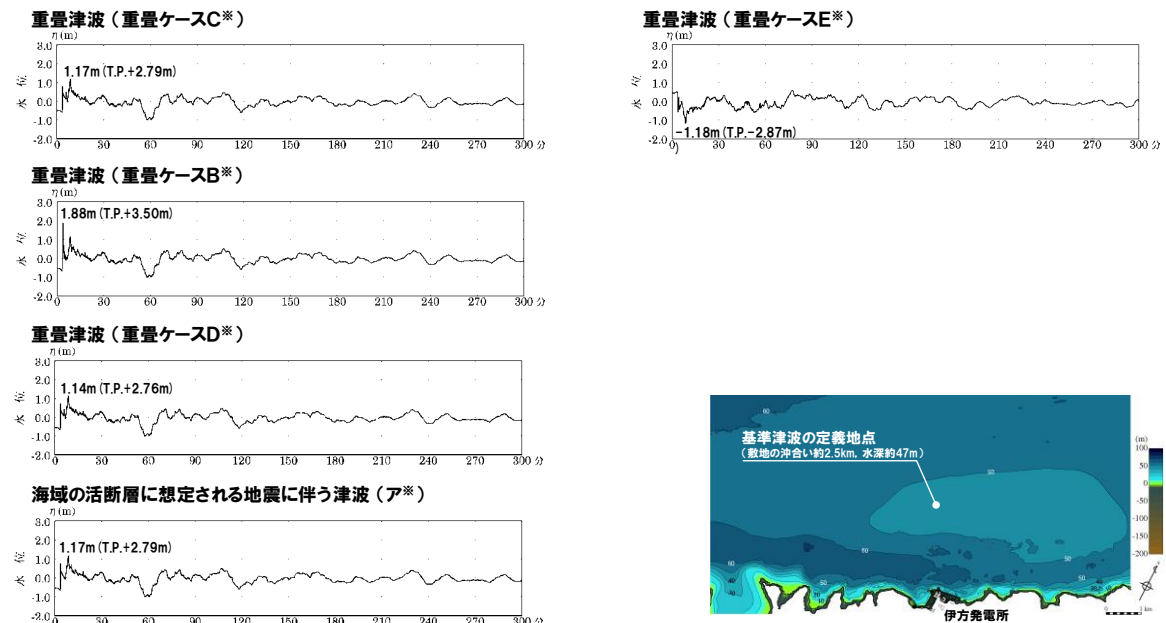
図 24 : 基準津波の策定(検討ケース) (平成 27 年 8 月 12 日 原子力安全専門部会 資料 1-1-1)

[基準津波]

基準津波の定義地点(敷地の沖合い約 2.5km、水深約 47m)における時刻歴波形は以下のとおり。

【上昇側】( )内の数値は期望平均満潮位(T.P.+1.62m)を考慮した値

【下降側】( )内の数値は期望平均干潮位(T.P.-1.69m)を考慮した値



※ 重畳ケースC:【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北80度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度  
 【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】⑤(立神岩)【評価手法】二層流【時間差】15秒  
 重畳ケースB:【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北85度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度  
 【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】④(魚沼)【評価手法】二層流【時間差】79秒  
 重畳ケースD:【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北85度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度  
 【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】⑤(立神岩)【評価手法】二層流【時間差】12秒  
 重畳ケースE:【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北75度,すべり角:195度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度  
 【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】③(海岬)【評価手法】二層流【時間差】71秒  
 ア:【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北85度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度  
 【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度

図 25 : 基準津波の時刻歴波形 (平成 27 年 2 月 4 日原子力安全専門部会 資料 1-1-3)

## ウ 基準津波に対する安全性の確認

- 新たに規定された地すべり等を考慮して基準津波を評価した結果、伊方3号機の敷地前面における基準津波による最高水位は、朔望平均満潮位を考慮すると T.P. +8.1m 程度である。
- 国に報告されている地すべり規模の考え方にとらわれず、不確かさのさらなる重畳を考慮した参考評価として、地すべり規模を一定程度増加させた場合の津波評価についても確認したが、想定される津波は発電所の安全性に影響を及ぼすものではない。(9-20)
- 基準津波による最高水位は、さらに地盤変動(-0.36m)及び潮位のばらつき(+0.19m)を考慮すると、T.P. 8.7m 程度となるが、重要な安全機能を有する施設を内包する建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備である海水ポンプを設置しているエリアの周辺敷地高さは T.P. +10m であり、地盤変動を考慮しても、基準津波による遡上波に対して影響を受けるおそれはない。
- 仮に津波が敷地高さを超えたとしても、伊方発電所では、水密扉の設置等により、T.P. +14.2m までの浸水対策や、T.P. +32m 等に設置している重大事故等対処設備により、原子炉を安全に停止できる。(9-35)
- 海水ピットポンプ室での最高水位は T.P. +4.30m、最低水位は T.P. -3.26m である。重要な安全機能を有する屋外設備である海水ポンプを設置しているエリアには、浸水防止設備として水密扉、水密ハッチ及び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していることから、地盤変動を考慮しても、津波が流入することはない。
- 海水ポンプの取水可能水位は T.P. -4.10m であることから、地盤変動を考慮しても、海水ポンプの取水性に影響を及ぼすことはない。
- 1596年の慶長豊後地震では大きな津波があったとしているが、玄与日記は山口県上関の地元の伝承ではなく、大分県の現佐賀関であろうと推測される。その上で津波シミュレーションを実施した結果、伊方発電所前面海域の津波高さは 50cm と評価している。(9-8 他)
- 敷地周辺の伊予灘沿岸部に点在する地すべりは、地震地すべりではなく、古い時代に形成された降雨地すべりであり、現在は安定していると評価され、これまでに伊予灘沿岸部で地すべりによる津波が発生した事例もない。したがって、基本的には問題ないと考えられるものの、2011年東北地方太平洋沖地震の経験を踏まえ、過去の事例に捉われず発電所の更なる安全性向上を図る観点から、沿岸部の自然斜面で降雨地すべりが発生して岩屑流(地すべり土塊)が海面に突入することで生じる津波の影響評価を行っている。(9-20)
- 重畳の評価では、土塊が海に入る時間の概念を完全に排除する評価とはなっていないが、主要動継続時間内で最も厳しくなる時間帯を探索するとともに、規模が大きい降雨性の地すべりを地震地すべりとして、地震時に全ての土塊が海に入るといった仮定条件で評価しており、十分保守的な評価となっている。(9-29)
- 津波評価では、断層面に対して均一的に変位を与えた上で評価を実施しているが、一方で地震動モデルではアスペリティとそれ以外で不均質なすべり量を与えているモデルがあることから、国コメントを踏まえ、地震動モデルの設定が確定した後、津波についてもこのモデルで評価し、影響がないことを確認している。(9-33)

- 国の審査では取り上げられていないが、念のため、地震動モデルを用いた津波評価を実施し、確認すべきではないかとコメントした。地震動モデルを用いた津波評価の結果、津波高さは基準津波として設定した水位と変わらず、別府湾の痕跡高の再現性という観点では、基準津波の策定に用いている津波モデルは妥当であることを確認した。(10-4)
- 「平均すべり量」が10m程度に達する事例は、世界の地震の事例でも見られない。地表のすべり量が10m程度で飽和し、地中の平均すべり量はこの $1/2 \sim 1/3$ というのが最新の知見であり、伊方発電所においては、地表最大変位量としては12~17m程度、平均変位量としては5.8m、アスペリティには13mの変位量を想定しており、最新の知見に照らしても十分保守的な値を設定している。(耐震・耐津波性能共通) (10-4)

#### 【専門部会の見解】

伊方3号機の安全設計に用いる基準津波として、審査ガイドに従い、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として策定されている。

また、基準津波は、地震のほか、地すべり、斜面崩壊等地震以外の要因、及びこれらの組合せによるものを複数選定し、不確かさを考慮して数値解析を実施し、策定されている。

基準津波の策定の過程に伴う不確かさの考慮に当たっては、基準津波の策定に及ぼす影響が大きいと考えられる波源特性の不確かさの要因（断層の位置、長さ、幅、傾斜角、すべり量、すべり角等）及びその大きさの程度並びにそれらに係る考え方、津波特性等、不確かさを十分踏まえた上で適切な手法を用いて評価している。

#### 【基準津波の取りまとめ意見】

基準津波については、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、不確かさや重畳津波も考慮して、適切に策定されていることを確認した。

3号機敷地前面の最大津波高さは8.7m程度であり、敷地高さ10mに比べ低いことから、安全性に影響を及ぼさないこと及び新たな津波防護施設は不要であることを確認した。



## ②耐津波設計方針

設計基準対象施設は、基準津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものであること、また、重大事故等対処施設は、基準津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであることが要求されていることから、適切に設計される必要があり、次のとおり設計する方針である。

### ア 耐津波設計方針

- 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。
- 取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。
- 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護をすることにより、津波による影響等から隔離可能な設計とする。
- 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。
- 津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。

### イ 耐津波設計方針に対する確認

- 水密扉の運用については、浸水時の防護機能を確実なものとするため、運用管理を実施している。
  - ・水密扉開放時は現場で警報を発信し、閉止忘れを防止すること
  - ・作業等により長時間(30分以上)開放する場合は、作業許可を受けることまた、T.P.+10m(敷地高さ)より下の階に設置された水密扉に対して、水密扉が閉止されていることを中央制御室で確認できる監視装置を設置し、浸水時の防護機能をより確実なものとしている。
- 仮に水密扉が開いている状態で津波がきた場合は、安全上重要な機器を設置しているエリアの浸水に伴う安全機能への影響を回避する観点から、社内マニュアルを整備し、常時閉止の運用管理を徹底することとしている。
- 仮に津波が敷地高さを越えた場合、水密扉の設置等によるT.P.+14.2mまでの浸水対策や、T.P.+32m等に設置している重大事故等対処設備により、原子炉を安全に停止できることを確認している。

## Ⅲ 自然現象に対する考慮(火山、竜巻、森林火災)

新規制基準では、外部からの衝撃による損傷を防止するため、

- ・安全施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。Ⅲ章において同じ。)が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
- ・重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。



## ア 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出及び 抽出された火山の火山活動に関する個別評価（立地評価）

四国電力は、伊方発電所から半径 160km の範囲に存在する 42 火山のうち、伊方発電所へ影響を及ぼし得る火山として、完新世に活動を行った火山、あるいは活動が否定できない火山として、7 火山を抽出している。

完新世に活動を行った 5 火山及び将来の活動可能性が否定できない 2 火山について評価した結果、過去の火砕流堆積物の分布は九州あるいは山口県の内陸部に限定され、発電所に影響を及ぼす可能性はないこと、溶岩流及び岩屑なだれについては、いずれの火山も敷地から 50km 以遠に位置するので影響ないこと、新しい火口の開口及び地殻変動については、敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントから十分な離隔があり、問題となるものではないことから、設計対応不可能な火山事象の可能性が十分小さいこととしている。

完新世に活動を行った活火山：鶴見岳，由布岳，九重山，阿蘇，阿武火山群、  
将来の活動可能性が否定できない火山：姫島，高平火山群

部会としては、四国電力は原子力規制委員会の「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に従い、まず立地評価を行い、この立地評価においては、敷地は火山と十分な離隔があるため、設計対応不可能な火山事象のうち溶岩流、岩屑なだれ、新しい火口の開口、地殻変動については問題なく、また、火砕物密度流についても、敷地付近に火砕流堆積物が分布しないことを確認しており、設計対応不可能な火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性はないと評価していることは、妥当と判断する。

## イ 原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象の抽出と評価条件の設定（影響評価）

四国電力は、伊方発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象を検討した結果、降下火砕物（火山灰）を抽出し、降下火砕物の影響を検討する上で、伊方 3 号機にとって最も影響の大きい九重第一軽石の噴火について評価を実施している。

文献調査及び地質調査をした結果を踏まえ、噴出量を 2.03km<sup>3</sup>、6.2km<sup>3</sup> とし、更に原子力安全に対する信頼性向上の観点から、不確かさを考慮した降下火山灰シミュレーションを行った結果、火山灰層厚は最大 14.0cm となった。（図 28）

降下火山灰シミュレーション結果から更に余裕を見て、敷地において考慮すべき降下火砕物の厚さ（評価条件）を 15cm と設定している。

当部会としては、軽石が浮遊してきた際の影響について確認した。四国電力の評価の結果、軽石が届くような火山は伊方発電所近傍には無い（最も至近の火山である鶴見岳が約 85km、軽石等の火山からの飛来物の想定距離 10km。）と評価していることを確認した。（3-8）

当部会としては、四国電力が原子力規制委員会の「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に従い、

影響評価を行い、この影響評価においては、伊方発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象として抽出した降下火砕物の影響を検討する上で、最も影響の大きい九重第一軽石の噴火について、不確かさも考慮し、降下火山灰シミュレーションにより評価を実施した結果から、更に余裕を見て、火山灰厚さを15cmと設定したことは、妥当と判断する。

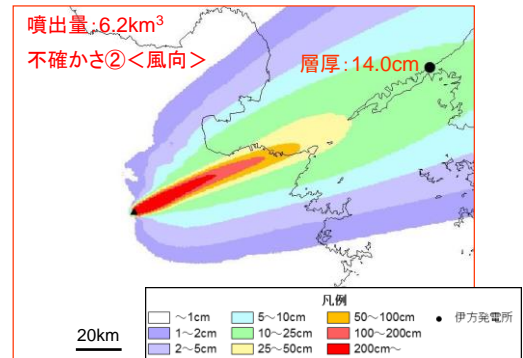


図27：伊方発電所における火山影響評価結果の概要

(平成27年4月21日原子力安全専門部会資料1-1)



敷地からの距離	108km	
イベント名	九重第一軽石	
イベント年代	50ka(5万年前)	
地質調査に基づく敷地付近の火山灰厚さ	ほぼ0cm	
噴出量 (□ 最近の報告を踏まえ追加評価)	2.03km <sup>3</sup>	6.2km <sup>3</sup>
降下火山灰シミュレーションによる火山灰層厚	月別平年値の風	平均0.5cm (最大2.2cm)
	不確かさの考慮	最大4.5cm
		平均1.5cm (最大6.9cm)
		最大14.0cm



噴出量を6.2km<sup>3</sup>とした降下火山灰シミュレーション結果(詳細)

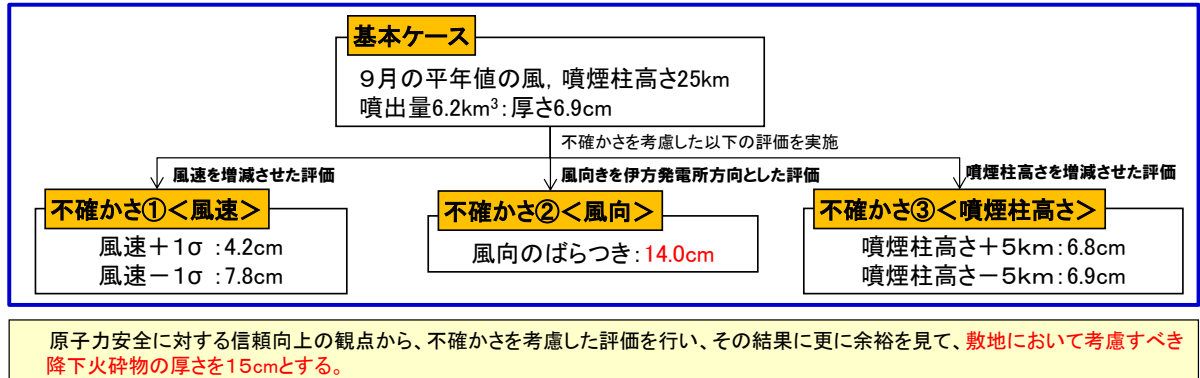


図 28 : 降下火山灰シミュレーション (平成 27 年 4 月 21 日原子力安全専門部会資料 1-1)

## ウ 降下火砕物による施設への影響評価

四国電力は、火山灰の影響評価においては、構造物への堆積による静的負荷や機器への吸込みによる閉塞に代表される直接的影響と外部電源喪失やアクセス制限といった間接的影響を検討している。

### (i) 直接的影響評価

四国電力は、火山灰が施設の安全機能に及ぼす影響に着目し、評価対象施設を抽出の上、設置場所、外気吸入の有無等、施設の特徴に応じて影響項目を選定し、それぞれの評価を行った結果、評価対象の全ての施設において火山灰の直接的影響がないことを確認している。

当部会としては、四国電力が、降下火砕物（火山灰）による施設への影響評価において、構造安全性については、火山灰の施設の安全機能に及ぼす影響に着目して評価対象施設を抽出し、対象施設全てに対して上載荷重による建屋の構造安全性評価を実施し、問題ないと評価し、また、機能安全性については、対象設備全てに対してフィルタ目詰まり等に対する機能安全性評価を実施し、例えばフィルタ交換が可能であると評価していることを確認した。(3-2)

また、火山灰が建屋に入っても、電気系統は端子箱等に収められて外側は密閉となるよう樹脂コーティングなどを施しており、影響はないと評価していることを確認した。(3-9)

### (ii) 間接的影響評価

四国電力は、外部電源喪失の発生と発電所内外のアクセス制限が発生した場合を想定し、対応手段の妥当性について評価を行った結果、以下の通り、間接的影響がないことを確認している。

#### (1) 長期間の外部電源の喪失

火山灰が送電線の碍子に付着し、広範囲において送電網が損傷することで、長期にわたり外部電源が喪失した場合の影響について評価した結果、7日間の外部電源喪失に対して、原子炉の停止並びに停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要とされる電力の供給が継続できる構成となっている。

#### (2) 発電所内外のアクセス制限

多くの火山では、噴火前に、震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備が可能である。これを踏まえ、火山灰対策を行うための体制を整備する。

部会としては、2010年4月、アイスランドで大規模な火山噴火が発生したことから、その際、欧州の原子力発電所等に影響が無かったか確認したところ、四国電力から、発生した火山噴火による被害は主に航空機運航に限定されており、欧州の原子力発電所への悪影響や問題は生じていない。

(ドイツの原子炉安全協会に確認) との回答を得ている。(3-12)

### (iii) 火山灰に対応するための運用管理

四国電力は、火山灰に備え、手順を整備し、段階的に対応することとしている。その体制については、地震、津波、火山噴火等の自然災害に対し、保安規定に基づく保安管理体制として整備し、その中で体制の移行基準、活動内容についても明確にするとしている。

## エ 火山噴火に伴う地震による影響

当部会では、火山噴火に伴う地震に対する安全性について確認した。四国電力が火山噴火に伴う地震について評価を実施した結果、伊方発電所に対して至近の鶴見岳（発電所からの距離約 85km）にて火山活動に伴う M7.1 の地震が発生したとしても、耐震評価にて想定している中央構造線（発電所からの距離約 8km）による地震より影響が小さいと評価していることを確認した。（3-4）

当部会としては、四国電力が原子力規制委員会の「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に従い、影響評価を行い、この影響評価においては、前述のとおり火山灰厚さを 15cm と設定した条件で、施設への影響はないとした評価は、妥当と判断する。

## ②竜巻影響評価

新規基準では、設置許可段階では、基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重が適切に設定されていること、並びに設計荷重に対して、機能・配置・構造計画等を経て抽出された設計対象施設の安全機能が維持される方針であることを確認する。ただし、設計荷重については、設置許可段階において、その基本的な種類や値等が適切に設定されていることを確認する。

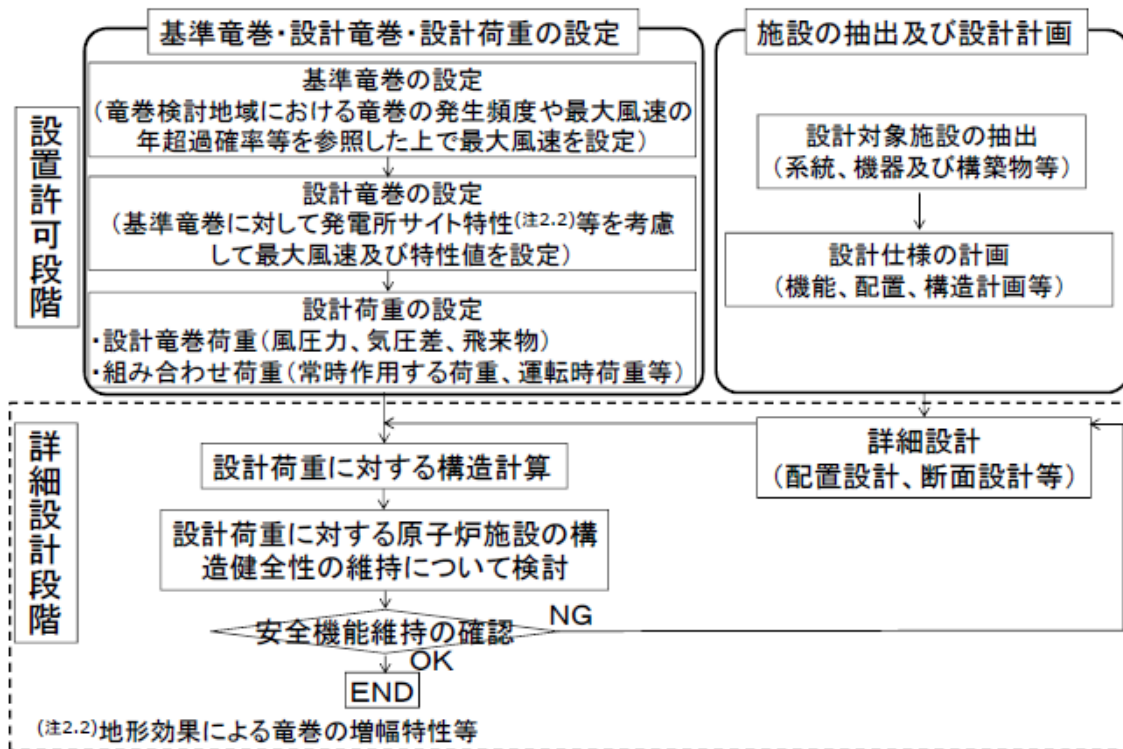


図 2.1 設計の基本フロー

図 29：原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(平成 25 年 6 月 原子力規制委員会)

### ア 基準竜巻・設計竜巻の設定

#### ○基準竜巻の設定

四国電力は、「過去に発生した竜巻による最大風速(VB<sub>1</sub>)」については、竜巻検討地域(原子力発電所が立地する地域及び竜巻発生観点から気象条件等が類似の地域)で過去に発生した竜巻の最大風速について、信頼性のあるデータ等が得られないことから、日本国内で過去に発生した最大の竜巻である F スケール 3 (風速 70~92m/s) の最大値 (92m/s) を選定している。

「竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(VB<sub>2</sub>)」については、竜巻検討地域におけるハザード曲線を策定し、年超過確率 10<sup>-5</sup>に相当する最大風速 (83m/s) を選定した。

VB<sub>1</sub> (92m/s) と VB<sub>2</sub> (83m/s) を比較し、大きい方の VB<sub>1</sub> を基準竜巻の最大風速として設定している。

#### ○設計竜巻の設定

四国電力は、設計竜巻の設定に際して、伊方発電所は敷地背後に急峻な傾斜地をもつ狭隘な地形に立地しており、地形効果による風の増幅について確認するため、海上から上陸して斜面を上がっ

ていく西側から襲来するケース、海上から上陸して半島を乗り越え斜面を下っていく南側から半島を直行して襲来するケースの2ケースについて、数値流体計算により風の増幅について確認した結果、増幅効果がないことを確認したが、基準竜巻の最大風速 92m/s を安全側に切り上げて、設計竜巻の最大風速を 100m/s としている。

当部会としては、四国電力から、伊方発電所が立地している瀬戸内海は竜巻の発生頻度が少ない地域であり、発電所近郊において発生した最大の竜巻スケールはF 2 (50~69m/s : 大分県臼杵市) であることの説明を受けるとともに、竜巻影響評価における設計竜巻の設定については、竜巻のデータが少ないことから、竜巻検討地域については竜巻の発生頻度が多い、太平洋側の宮崎県や高知県を含め、かつ、これまで国内で発生した最大の竜巻スケールF 3 (70~92m/s) の最大風速 92m/s に対し、安全側の設定とするため 100m/s としていることを確認した。(4-16)

当部会としては、四国電力が原子力規制委員会の「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」に従い、日本国内で過去に発生した最大の竜巻である F スケール 3 (風速 70~92m/s) の最大値 (92m/s) を基準竜巻として選定し、地形効果による風の増幅はないことを確認した上で、基準竜巻の最大風速を安全側に切り上げて、設計竜巻の最大風速を 100m/s と設定したことは妥当と判断する。

## イ 対象施設の抽出

四国電力は、対象となる施設として、「竜巻防護施設」、「竜巻防護施設を内包する施設」、「竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設」を抽出している。(図 17~19)

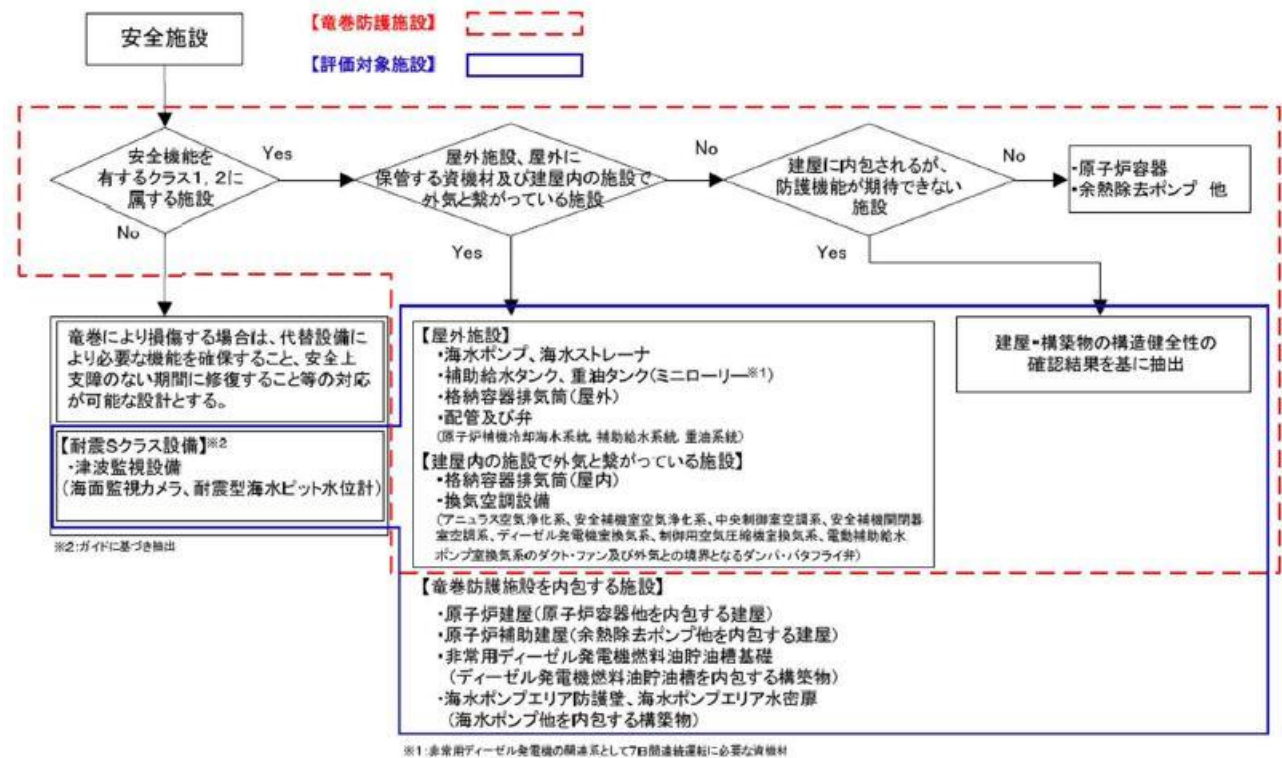


図 30 : 対象施設抽出フロー (平成 27 年 8 月 12 日原子力安全専門部会 資料 1-1-1)



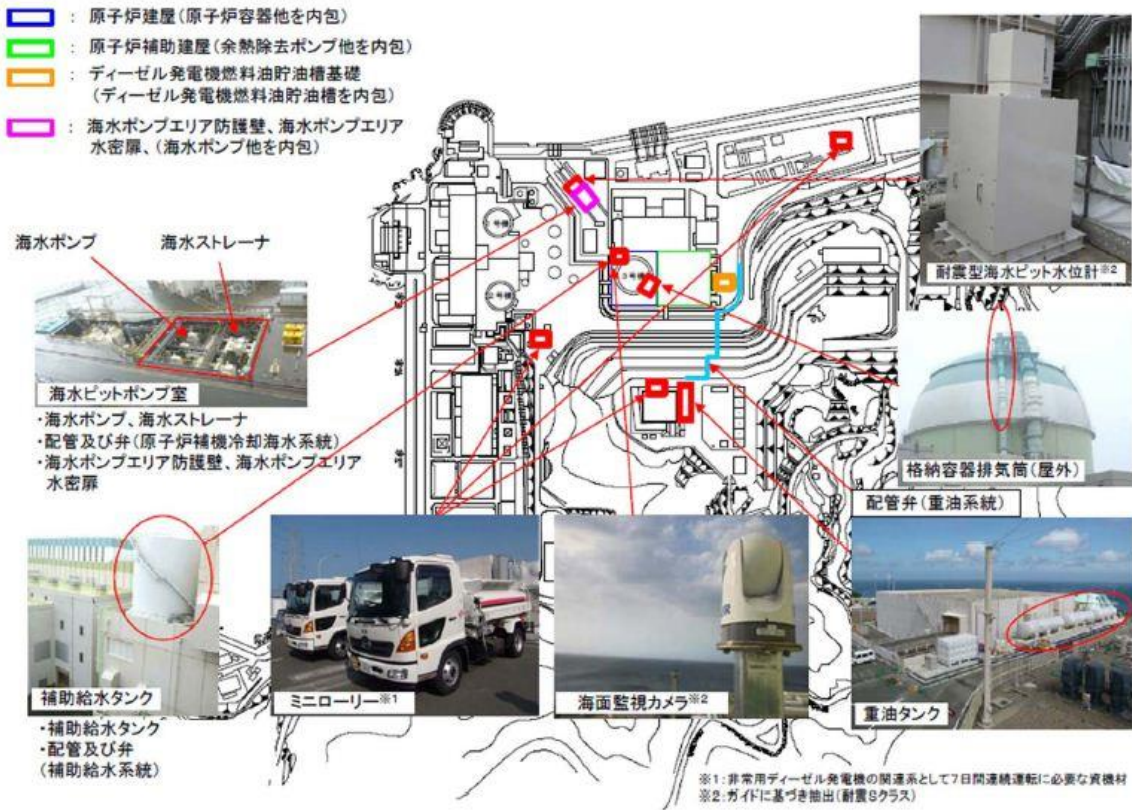


図 31 : 対象施設 (屋外設置) (平成 27 年 8 月 12 日原子力安全専門部会 資料 1-1-1)

□ 評価対象施設

- 【屋外施設】
- ・海水ビットポンプ、海水ストレーナ
  - ・補助給水タンク、重油タンク(ミニローリー※1)
  - ・格納容器排気筒(屋外)
  - ・配管及び弁(原子炉補機冷却海水系統、補助給水系統、重油系統)
  - ・津波監視設備※2  
(海面監視カメラ、耐震型海水ビット水位計)
- 【建屋内の施設で外気と繋がる施設】
- ・格納容器排気筒(屋内)
  - ・換気空調設備
- 【竜巻防護施設を内包する施設】
- ・原子炉建屋(原子炉容器等を内包)
  - ・原子炉補助建屋(余熱除去ポンプ等を内包)
  - ・非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽基礎(ディーゼル発電機燃料油貯油槽を内包)
  - ・海水ポンプエリア防護壁、海水ポンプエリア水密扉(海水ポンプ等を内包)

□ 波及的影響を及ぼし得る施設

- 【倒壊により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設】
- ・タービン建屋
  - ・1次系ポンプ庫
  - ・3号事務所
  - ・2-固体廃棄物貯蔵庫
  - ・海水ビットクレーン
- (今後、新設される竜巻防護対策以外の施設で抽出される施設も対象とする。)
- 【竜巻防護施設を内包する区画で外気と繋がっている換気空調設備】
- ・換気空調設備(蓄電池室排気系のダクト及びダンパ)
- 【吸排気管が屋外に設置されている竜巻防護施設の附属施設】
- ・主蒸気逃がし弁(消音器)
  - ・主蒸気安全弁(排気管)
  - ・非常用ディーゼル発電機(吸気消音機、排気消音器)
  - ・非常用ディーゼル発電機(燃料油貯油槽ベント管)

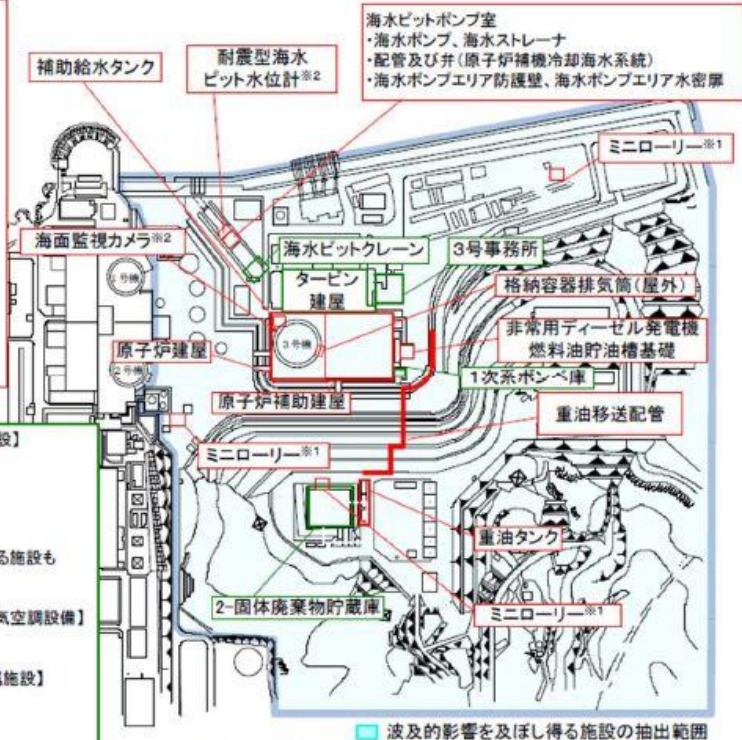


図 32 : 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設 (建屋等)

(平成 27 年 8 月 12 日原子力安全専門部会 資料 1-1-1)

## ウ 荷重の設定と設計方針

### (i) 荷重の設定

四国電力は、竜巻に対する防護設計を行うため、設計竜巻荷重としては、「風圧力による荷重」、「施設内外の気圧差による荷重」及び「飛来物の衝撃荷重」を設定している。このうち「飛来物の衝撃荷重」の設定に当たっては、発電所構内において飛来物となり得るものを現地調査等により抽出した上で、運動エネルギー及び衝撃力の大きさを踏まえ、設計上考慮すべき飛来物（以下「設計飛来物」という。）を設定する。その上で、衝突時に対象施設に与えるエネルギーが設計飛来物によるものより大きくなるものについては、浮き上がりや横滑りの有無を考慮した上で、固定、固縛等により確実に飛来物とならないようにする運用としている。

### (ii) 設計方針

四国電力は、竜巻に対してその構造健全性が維持され、竜巻防護施設の安全機能が損なわれない設計としている。

#### ○建屋に内包される竜巻防護施設

竜巻防護施設のうち、建屋又は構築物に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設を除く。）は、建屋又は構築物による防護により、設計荷重に対して安全機能が損なわれない方針とする。また、建屋又は構築物の健全性が確保されず、貫通又は裏面剥離が発生する場合であっても、補強等の防護対策を実施することにより、設計荷重に対して安全機能が損なわれない方針とする。

#### ○屋外の竜巻防護施設及び建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護施設

屋外の竜巻防護施設は、設計荷重による影響により安全機能が損なわれない設計とする。安全機能が損なわれる場合には、必要に応じ防護ネットや防護鋼板の設置等の防護対策を講じることにより安全機能を損なわない設計とする。建屋により防護される竜巻防護施設のうち、外気と繋がる施設は、設計荷重の影響を受けても、安全機能が損なわれない設計とする。ただし、設計荷重によって竜巻防護施設の安全機能が影響を受ける場合であって、安全上支障のない期間に補修等を行うことができる場合には、修復等により確実に復旧させる運用とする。（図 33）

#### ○竜巻防護施設に影響を及ぼし得る施設

竜巻防護施設に影響を及ぼし得る施設については、設計荷重による影響を受ける場合においても竜巻防護施設に影響を与えないように設計する。（図 33）

部会としては、竜巻に対する影響評価において、構造体ではない、窓ガラスや外に露出した設備等の機能を持続するために重要なものの取り扱いについて確認した。四国電力は、機能を持続するために重要な設備は、窓ガラスが無くコンクリート壁で守られている等により、竜巻が来て飛来物が衝突しても影響はないとしていること、重油タンク等、構造部材だけの強度対策が困難なところは、エネルギーを吸収するネットや機器に衝撃吸収材を覆うことで直接エネルギーが伝わらないような対策を実施していることを確認した。(4-1)

また、送電線については、仮に送電機能を喪失しても、発電所内にはディーゼル発電機等の発電設備を保有し、かつ燃料を最低 7 日分確保していること。送電線は複数(3 ルート6 回線)あるものの、長期に渡って送電線が全線送電不能になったとしても、所外から所内電源への燃料補給により、対応可能であるということを確認した。(4-7)

当部会としては、四国電力が原子力規制委員会の「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」に従い、竜巻に対する防護設計では、設計竜巻荷重として、「風圧力による荷重」、「評価対象施設内外の気圧差による荷重」及び「飛来物の衝撃荷重」を設定し、これに常時作用する荷重、運転時荷重を適切に組み合わせた荷重に対して対象施設の安全機能を損なわないよう設計するとしており、この方針に特段の問題点は見当たらないと判断する。

表 6 : 伊方発電所における設計飛来物

飛来物の種類	鋼製パイプ	鋼製材	乗用車
寸法 (m)	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×高さ 4.6×1.6×1.4
質量(kg)	8.4	135	2,000
最大水平速度 (m/s)	49	57	47
最大鉛直速度 (m/s)	33	38	32


**飛来物防護対策**

- ・竜巻による飛来物から防護する設備の設置 (以下は設置例)
- 海水ピットポンプを竜巻による飛来物から防護する(溢水対策も兼ねる)ため、海水ピットポンプ室防護壁を海水ポンプエリア上部に設置
- 重油タンクを飛来物から防護するため、タンク外面に緩衝材を取付


**飛来物発生防止対策**


- ・駐車禁止エリアの設定
- ・飛来物が極力発生しないよう、屋外資機材の管理及びマンホール蓋の固定化等を実施

**対策前**




**対策前**





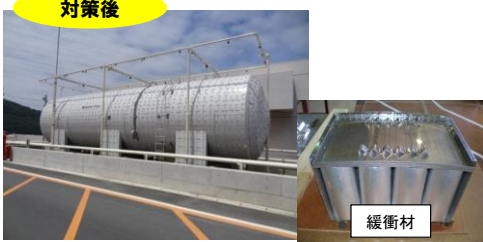
飛来物発生防止対策  
(例: マンホール蓋の固定)

**対策後**



竜巻防護対策設備  
(例: 海水ピットポンプ室防護壁)

**対策後**



竜巻防護対策設備  
(例: 重油タンクの防護(緩衝材))

図 33 : 竜巻防護対策例 (平成 27 年 4 月 21 日原子力安全専門部会資料3)



### ③外部火災（森林火災、航空機墜落による火災）

新規制基準では、敷地及び敷地周辺で想定される自然現象及び人為事象による火災（以下「外部火災」という。）が発生した場合においても、その影響によって、安全施設の安全機能が損なわれないように設計することが求められている。

#### ア 森林火災

##### (i) 発生を想定する森林火災による影響評価

四国電力は、評価ガイドを踏まえ、森林火災による防護対象設備への熱影響評価については、森林火災シミュレーション解析コード（FARSITE：米国農務省が開発）を活用し、評価を実施している。

発火点については、発電所の南側に山林に沿った主要道路があるため、人為的行為を考慮して道路沿いに設定するとともに、卓越風向を考慮し、発電所の風上に発火点を3つ設定するとともに、気象データについては、現地にて起こり得る最も厳しい条件を検討するため、宇和島特別地域気象観測所及び瀬戸観測所の過去10年間の気象データのうち、愛媛県で発生した森林火災の実績により、発生頻度が高い2月から5月の気象条件（最多風向、最大風速、最高気温及び最小湿度）の最も厳しい条件を用いている。

解析の結果、最も火線強度（森林火災の燃えている部分の火炎の強度）が高いのは、発火点1（火線強度：14,758kW/m）となり、評価ガイドを踏まえ、火線強度15,000kW/mに必要な防火帯幅として、29.7m（火炎の防火帯突破確率1%となる最小防火帯幅）を算出している。また、最大の火炎輻射強度は1,039kW/m<sup>2</sup>となっている。



(ii) 森林火災に対する設計方針

四国電力は、必要な防火帯幅が29.7mと算出したことから、この結果に余裕を見込み、伊方発電所では防火帯幅を約35mと設定している。(図34)

また、森林火災による熱影響(最大の火炎輻射強度)が $1,039\text{kW}/\text{m}^2$ と算出したことから、設計方針の策定に用いる火炎輻射強度を $1,200\text{kW}/\text{m}^2$ とし、これに対する危険距離(延焼防止に必要な距離)を算出した上で、危険距離に応じた離隔距離を確保している。(図35)

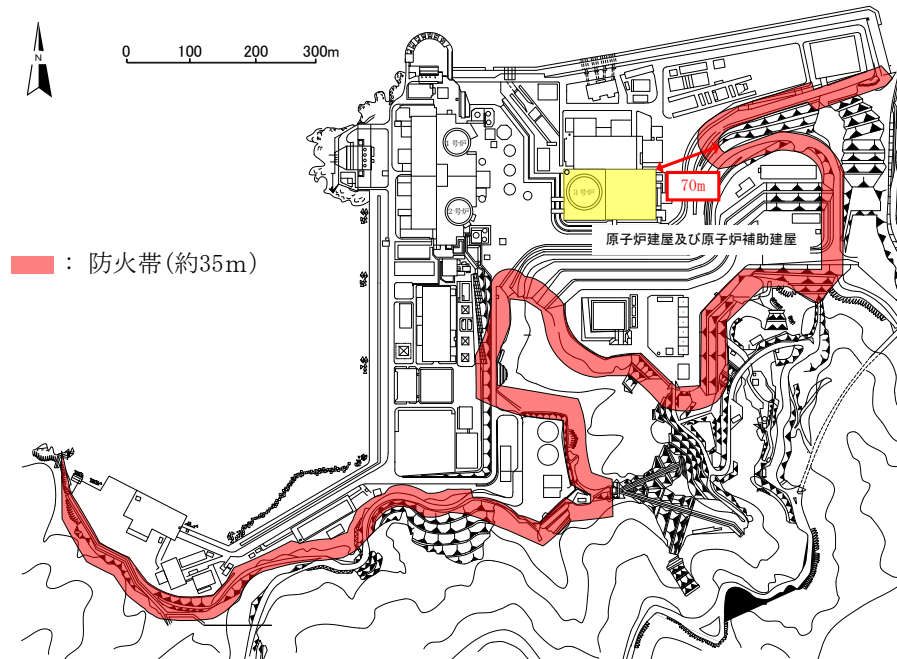


図34：森林火災を考慮した防火帯の設定 (平成27年4月21日原子力安全専門部会資料3)

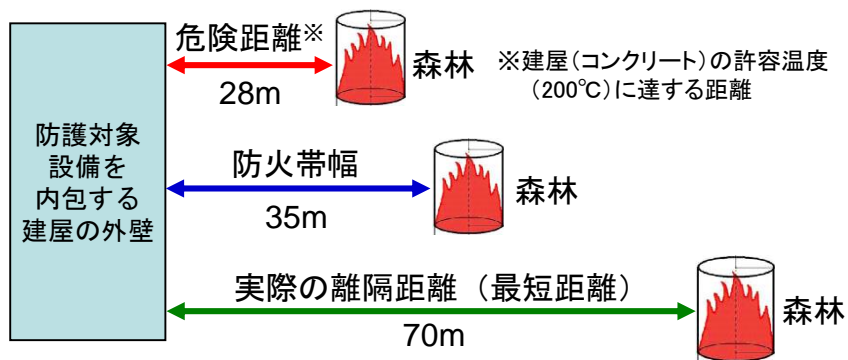


図35：熱影響評価例 [建屋 (コンクリート)] (平成27年4月21日原子力安全専門部会資料3)

当部会としては、森林火災シミュレーション解析に用いている、森林火災の影響評価に係る国のガイドで推奨されているFARSITEは、米国で使用されている影響評価コードで、世界的に広く利用されており、特定範囲の火炎到達時間、火線強度等を予測可能であること。なお、評価で入

力したデータには伊方の現地植生、地形データを用い評価を実施していることを確認した。(5-1)  
 また、発電所敷地外が森林火災によって大規模に延焼した場合の外部電源の健全性については、仮に敷地周囲が全面的な火災になれば送電線自体は一時的に止まる可能性があるが、発電所内にはディーゼル発電機、空冷式非常用発電装置など複数の電源を確保しており、それらの設備と森林とは離隔距離が十分あるため、発電所の安全性に問題はないことを確認した。(5-2)

### ウ 発電所敷地内における航空機落下等による火災

(i) 発生を想定する発電所敷地内における航空機落下等による火災の設定等

四国電力は、評価ガイドや、設置許可基準規則第六条解説に記載されている「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」(平成14・07・29 原院第4号(平成14年7月30日原子力安全・保安院制定))を踏まえ、原子力発電所の外部火災影響評価ガイド航空機落下事故の発生状況や機種による飛行形態の違いに関する最新の知見を基に、航空機を種類別に分類し、その種類ごとに燃料積載量が最大の航空機を選定している。その航空機ごとの落下確率に関する知見を基に、敷地内において航空機落下確率が $10^{-7}$ 回/炉・年以上となる区域を選定された航空機ごとに特定し、その中で安全施設から最も近い場所に航空機が落下し、搭載された全燃料が発火した場合の火災を想定している。なお、落下実績がない航空機については、保守的に落下実績を0.5件としている。その上で、選定された航空機ごとの燃料積載量と落下地点から安全施設までの距離を基に、放射強度が最大となる航空機の種類を特定し、その落下による火災を想定している。(図36)

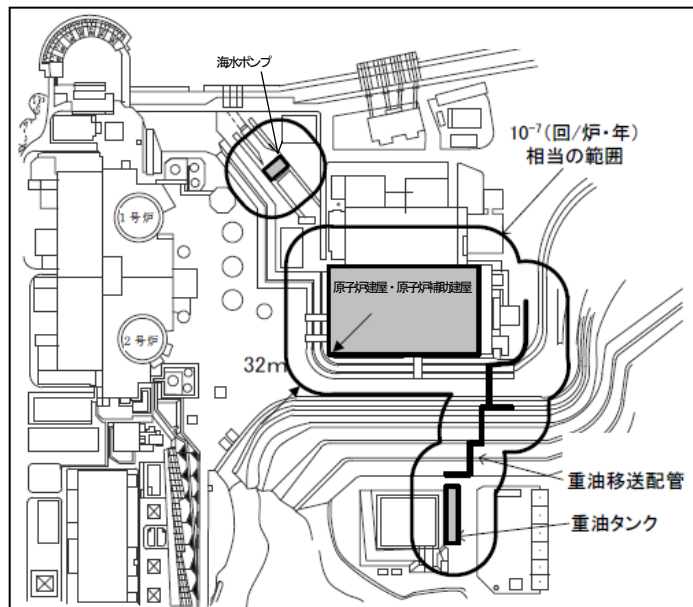


図36：離隔距離32mの算出イメージ(自衛隊機等の落下)

(平成27年4月21日原子力安全専門部会資料3一部改訂)

表7：落下事故のカテゴリと対象航空機（平成27年8月12日 原子力安全専門部会 資料1-1-1）

評価に用いるデータ

カテゴリ			対象航空機	燃料量 (m <sup>3</sup> )※1	輻射発散度 (W/m <sup>2</sup> )	燃焼速度 (m/s)	航空機墜落地点	
計器飛行方式民間航空機			大型民間航空機	B747-400	216.84	50 × 10 <sup>3</sup>	4.64 × 10 <sup>-5</sup>	150m
有視界飛行方式民間航空機								
小型民間航空機			〈評価は自衛隊機又は米軍機の落下に包絡される〉※2				75m	
自衛隊機 又は 米軍機	訓練空域 外を飛行中	空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	145.03	58 × 10 <sup>3</sup>	6.71 × 10 <sup>-5</sup>	250m	
		その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機	F-15	14.87	58 × 10 <sup>3</sup>	6.71 × 10 <sup>-5</sup>	35m	
	基地－訓練空域間往復時		UP-3D	34.84	58 × 10 <sup>3</sup>	6.71 × 10 <sup>-5</sup>	32m	

※1 軍用機関係の図書等の記載値から算出した推定値。

※2 有視界飛行方式民間航空機のうち、小型機の評価対象航空機として、小型機の最大離陸重量の基準である5,700kgの燃料を満載した航空機を仮定した場合、離隔距離75m、燃料積載量約6.8m<sup>3</sup>となることから、離隔距離35m及び燃料積載量約35m<sup>3</sup>で評価している自衛隊機又は米軍機の「基地－訓練空域間往復時」に包絡される。

(ii) 航空機落下等による火災に対する設計方針

航空機落下による火災について、算出した輻射強度に対し、外部火災防護施設の安全機能の安全機能を損なわない設計とする。

表 8 : 航空機落下による火炎の影響評価結果 (原子炉建屋・原子炉補助建屋外壁)

(平成 27 年 8 月 12 日 原子力安全専門部会 資料 1-1-1)

評価結果

カテゴリ		対象航空機	燃料タンク投影面積 (m <sup>2</sup> )※1	輻射強度 (W/m <sup>2</sup> )	燃焼継続時間(h)	評価結果 (°C) ※2	許容温度 (°C) ※2	
計器飛行方式民間航空機	大型民間航空機	B747-400	700	1.0 × 10 <sup>3</sup>	1.85	約96	200	
						※3		
有視界飛行方式民間航空機	小型民間航空機	(評価は自衛隊機又は米軍機の落下に包絡される)						
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中	空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	405.2	2.4 × 10 <sup>2</sup>	1.48	約60	200
		※3						
	基地-訓練空域間往復時	その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機	F-15	44.6	1.4 × 10 <sup>3</sup>	1.38	約103	200
		※3						
		UP-3D	86.5	2.9 × 10 <sup>3</sup>	1.67	約177	200	
						約57	60	

※1 軍用機関係図書等に記載の機体図面から算出した推定値。

※2 評価結果及び許容温度の欄の上段が原子炉施設外壁、下段が重油タンクを示す。

※3 輻射強度の最も高い自衛隊機又は米軍機(基地-訓練空域間往復時)を代表ケースとして評価

評価の結果、自衛隊機等の落下による原子炉建屋・原子炉補助建屋外壁温度は、コンクリート強度が維持される保守的な温度である 200°C※以下であり、安全機能は損なわれない。

※火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度

当部会としては、航空機落下確率の判断基準となっている 10<sup>-7</sup> (回/炉・年) については、米国や欧州主要国の基準を参考とし、また、IAEAの原子力安全諮問委員会 (INSAG) が設定した原子力発電所の技術的安全目標 (炉心損傷事故頻度 10<sup>-5</sup> (回/炉・年)、大規模放出頻度 10<sup>-6</sup> (回/炉・年)) を踏まえて、これに十分な保守性を有するものとして設定したものであることを確認した。(1-3)

●外部火災に係る当部会の見解

当部会としては、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」や、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」に従い、推奨された森林火災シミュレーション解析コードを用い、伊方の植生を踏まえ、気象条件等を厳しく設定した上で評価した結果に更に余裕を見て設定している防火帯幅 (35m) については妥当と考える。

また、外部火災に対する防護設計について、例えば原子炉建屋・原子炉補助建屋については、火災による輻射に対して最も厳しい箇所においても、外壁コンクリートの表面温度が許容温度 (200°C) を下回るよう設計することで外部火災防護施設の安全機能は損なわれないとしており、この方針に特段の問題点は見当たらない。

なお、火災に対する影響評価の保守性については、許容温度、および熱影響評価手法等にて保守性を考慮している。具体的には、防護対象設備はコンクリート壁の建屋であるため、影響評価に用

いる壁部分のコンクリートの許容温度を 200℃（出典：財団法人日本建築センター）として評価しているが、この温度はコンクリートの圧縮強度が変化しない保守的な温度設定であり、コンクリートが変形するような実力値は 200℃よりもっと高いことを確認した。また壁面温度評価手法については、対流熱損失を考慮せずに全て壁内に熱が入り込むとして評価しているなどの保守性を考慮していることを確認した。(1-2)

**【外部火災影響評価取りまとめ意見】**

安全施設が外部火災に対して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために想定される最も厳しい火災が発生した場合においても必要な安全機能を損なわないよう、防火帯の設置、離隔距離の確保、建屋による防護等により、安全機能を損なわない設計とすることを確認した。

**IV 電源の信頼性**

新規制基準では、保安電源設備について、安全施設への電炉区の供給が停止することがないように設計することを要求している。また、外部電源喪失時における発電所構内の電源として、必要な電力を供給するように設計することを要求している。

① 四国の電力系統

伊方発電所は四国の西端に位置しており、500kV、187kV 及び 66kV の送電回線により各変電所、火力発電所等と接続されている。伊方3号炉は、このうち500kV送電線2回線を主回線、187kV送電線4回線を予備回線としている。また、四国の電力系統は本州（中国地方、近畿地方）とも接続されている。(図 37)

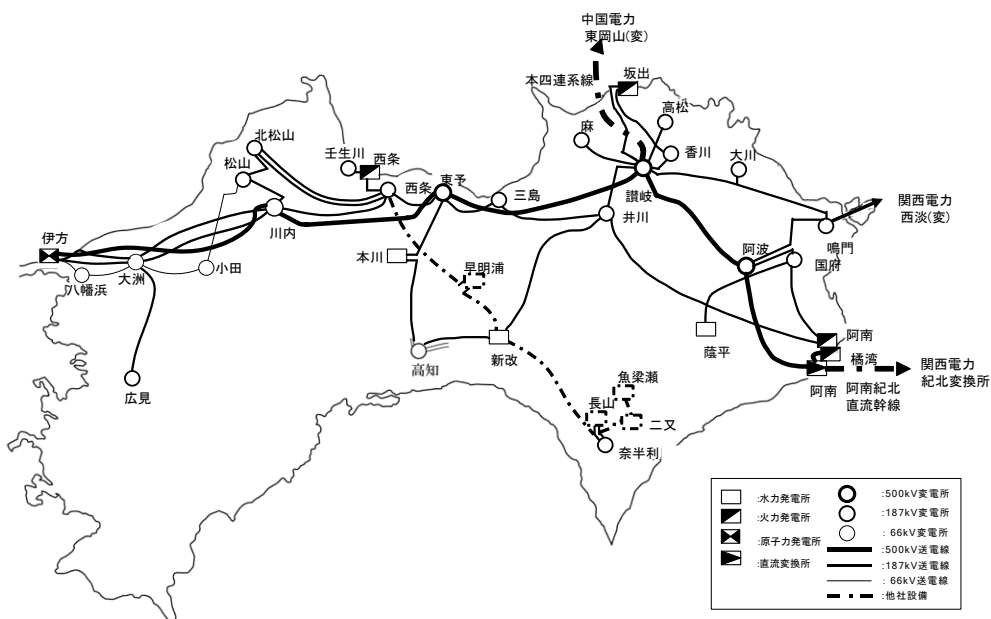


図 37：四国の電力系統（平成 25 年 11 月 19 日原子力安全専門部会資料 1-1）

② 伊方発電所の外部電源系統(図 38)



伊方3号機に接続する送電線は、500kV 送電線2回線（四国中央西幹線）と、187kV 送電線4回線（伊方北幹線2回線及び伊方南幹線2回線）とで構成されている。

四国電力は、500kV 四国中央西幹線2回線、187kV 伊方北幹線2回線及び187kV 伊方南幹線2回線は、別々の送電鉄塔に架線し、送電線の物理的分離を確保するとともに、大規模な盛土崩壊、大規模な地滑り等による被害の最小化を図るため、鉄塔基礎の安定性を確保するとともに、強風発生時の事故防止対策の実施により、外部電源系からの電力供給が同時に停止することのないよう設計している。これらの送電線は1回線で3号機の停止に必要な電力を供給し得る容量としており、いずれの2回線が喪失しても、発電用原子炉施設が同時に外部電源喪失に至らない構成としている。

発生した電力は、500kV 送電線2回線で、四国電力の電力系統へ送電する。これら500kV 送電線は、1回線で3号炉の発生電力を送電し得る容量があるので、1回線事故が発生しても3号炉を運転できる。所内電力は通常時には、主発電機から受電し、主発電機停止時には500kV 送電線から受電する。さらに、500kV 送電線2回線が停電する時には、187kV 送電線からも受電できるとしている。

500kV 送電線（2回線）の上流側接続先は川内変電所、187kV 送電線（4回線）の上流側接続先は大洲変電所である。これら両変電所は、40km以上離れた地点に設置され位置的に分散しているとともに、その直下に活断層は認められていないとしている。

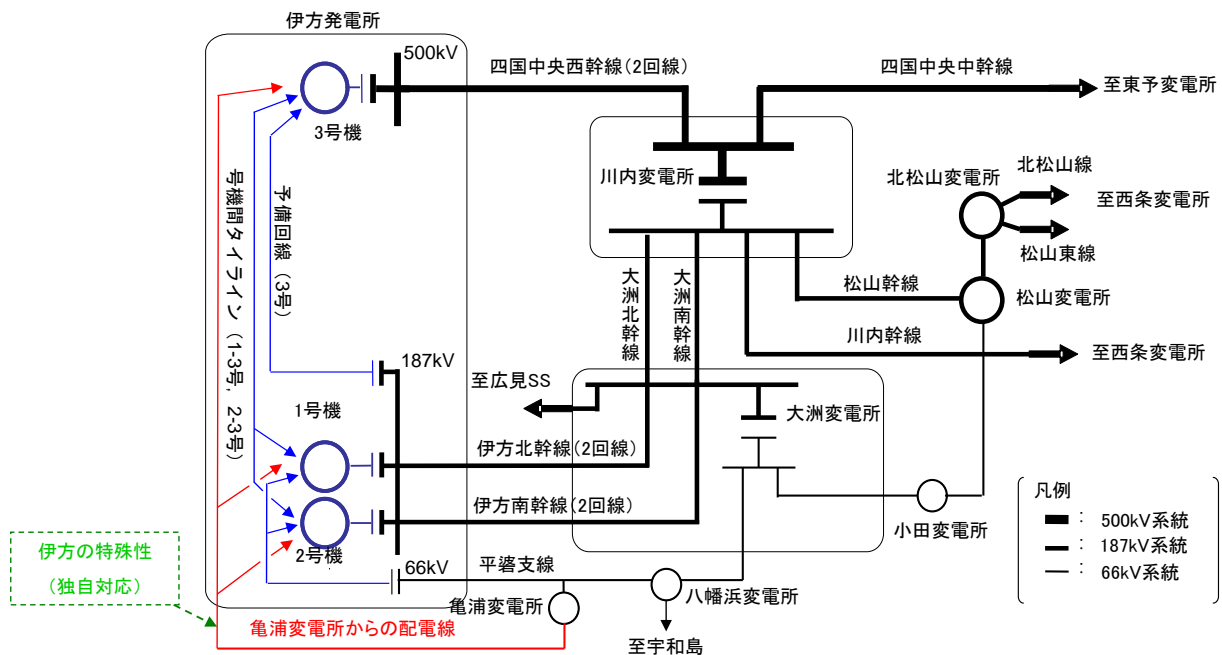


図 38 : 伊方発電所の外部電源系統 (平成 25 年 11 月 19 日原子力安全専門部会資料 1-1)

③ 変電所間の独立性

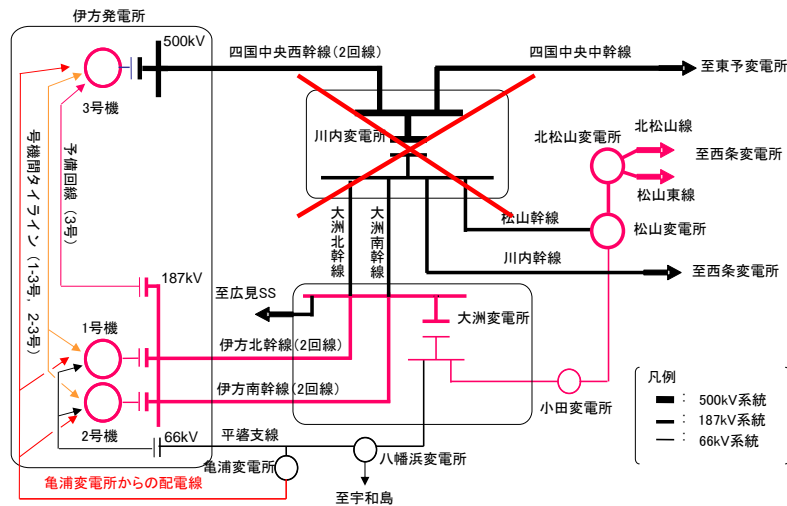
四国電力は、送電線の接続先である川内変電所または大洲変電所のいずれかの変電所が停止した場合においても、伊方3号機に電力を供給することが可能な設計としている。(図 39)

- ・川内変電所全停事故時

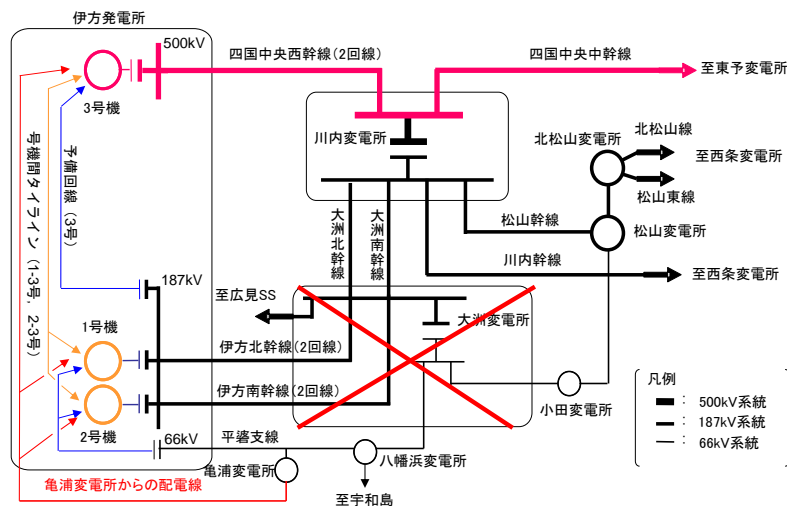
松山変電所 ⇒ 小田変電所 ⇒ 大洲変電所  
⇒ 伊方北幹線又は南幹線(187kV 送電線) ⇒ 伊方3号機

- ・大洲変電所全停事故時

川内変電所 ⇒ 四国中央西幹線(500kV 送電線) ⇒ 伊方3号機



(川内変電所停止時)



(大洲変電所停止時)

図 39 : 川内変電所または大洲変電所停止時の送電系統

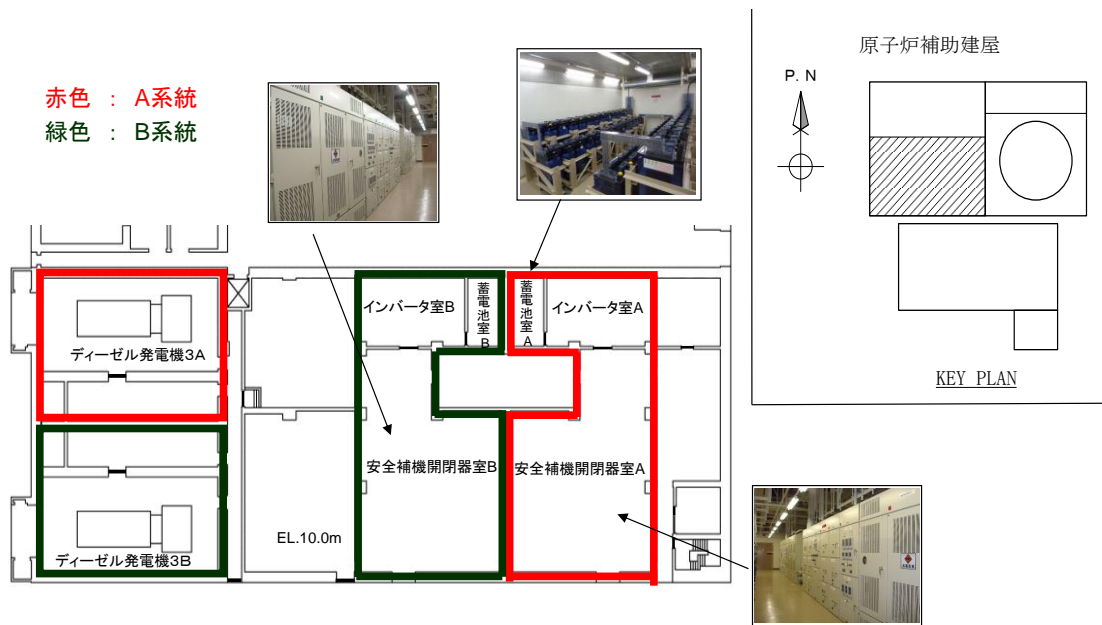
(平成 25 年 11 月 19 日原子力安全専門部会資料 1 - 1)

④ 非常用電源設備及びその附属設備の施設

四国電力は、非常用電源設備及びその附属設備について、多重性又は多様性及び独立性を確保し、その系統を構成する機器又は器具の単一故障が発生した場合であっても、設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有する設計ととしている。

ディーゼル発電機及びその附属設備は、多重性及び独立性を考慮し、必要な容量のものを各々別の場所に2台備え、それぞれ非常用所内高圧母線に接続している。また、蓄電池は、非常用2系統を各々別の場所に設置し、多重性及び独立性を確保する設計としている。(図40)

ディーゼル発電機の連続運転に必要な燃料を貯蔵する設備は、既設のディーゼル発電機燃料油貯油槽に加え、7日間の連続運転を可能とするために重油タンクを新たに発電所敷地内に設けている。燃料油貯油槽と重油タンクは、接続されていないことから、連続運転のためには重油移送配管又はミニローリーより燃料を輸送する必要があるが、輸送に当たっては、地震等の自然現象及び人為事象(故意によるものを除く。)に対して、重油移送配管又はミニローリーが同時に機能喪失しないよう位置的分散等を図り輸送手段を必ず1手段確保し、確実に輸送する運用によって7日間の連続運転に支障のない設計としている。



[A系統及びB系統の各々について隔壁によって区画化した電気室等へ配置している]

図40：非常用電源設備の配置状況 (平成25年11月19日原子力安全専門部会資料1-1)

⑤ 電源設備（重大事故等対処施設）

四国電力は、設計基準事故対処設備の電源が喪失したことにより重大事故等が発生した場合において、炉心の著しい損傷、原子炉格納容器の破損、貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷及び運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するため、必要な電力を確保するために必要な重大事故等対処設備を設置している。（図 41）

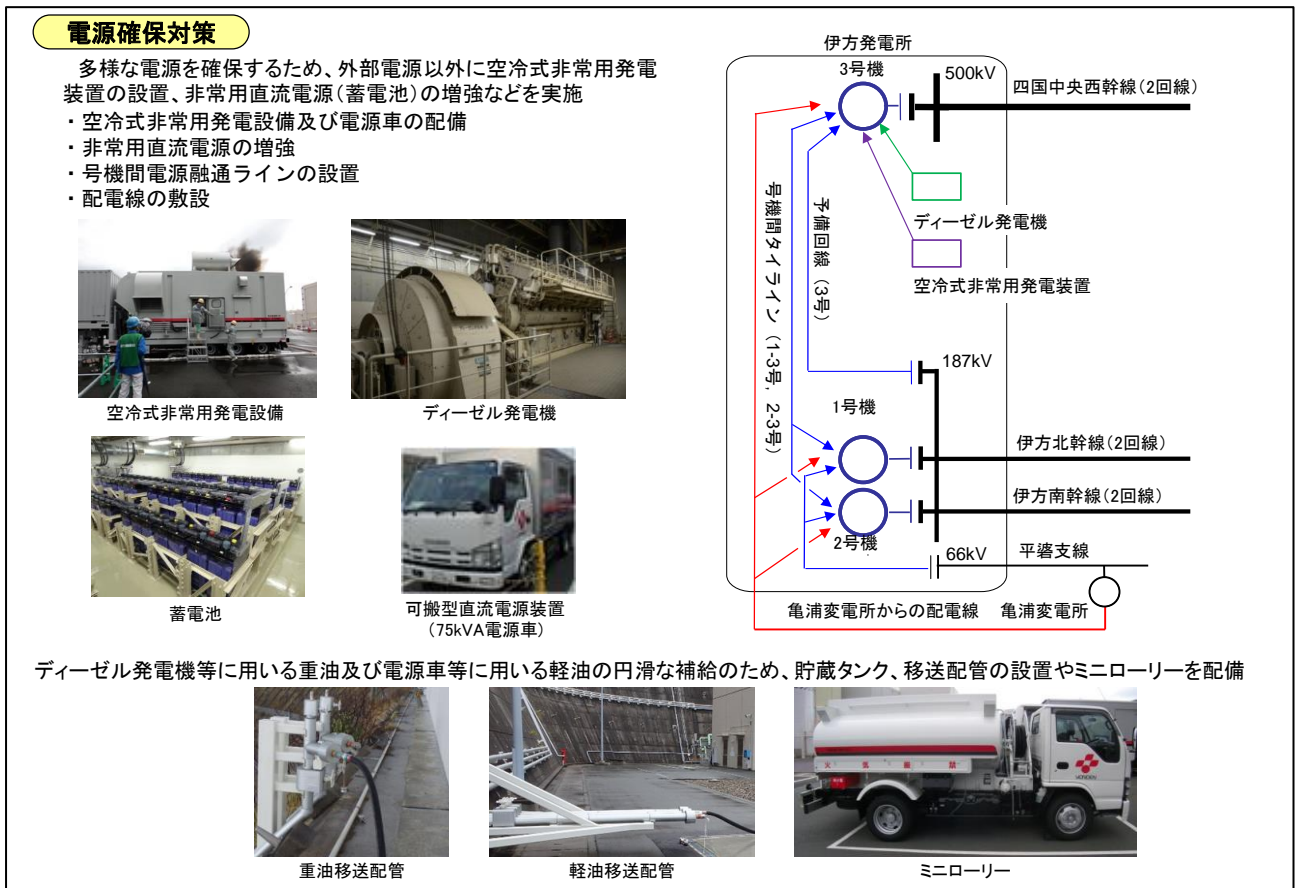


図 41：電源の確保対策（平成 27 年 4 月 21 日原子力安全専門部会資料 3）

当部会としては、交差している送電線について、断線に伴い接触事故が発生する可能性も含めて評価した結果、いずれの交差部、併架部で異常があっても、他のルートにより供給可能であることを確認した。(2-1)

また、風力発電所の風車が破壊され、送電線に接触する場合は、送電線は停止する等の影響は受けるが、発電所の安全性に影響は無い。具体的には送電線は複数回線（3ルート6回線）設置されており、仮に1回線風車により破壊されても外部電源が喪失することは無い。また何らかの原因で外部送電線が全て供給できなくなっても、所内には非常用ディーゼル発電機、空冷式非常用発電装置など、多種多様な電源設備を備えていることを確認した。(2-2)

仮に、川内、大洲変電所の両方が停止しても平瀬支線の系統を使って発電所への外部電源供給は可能であり、外部電源が喪失しても、所内には非常用ディーゼル発電機、空冷式非常用発電装置等、多種多様な電源設備を備えていることを確認した。(2-9)

### ●電源の信頼性に係る当部会の見解

安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を供給するため、複数の回線で電力系統に連携しており、いずれの2回線が喪失した場合においても発電用原子炉施設が同時に外部電源喪失に至らない構成としている。

また、送電線の接続先である川内変電所または大洲変電所のいずれかの変電所が停止した場合においても、伊方3号機に電力を供給することが可能な設計としており、更に、外部電源が喪失した場合においても、多重性及び独立性を確保した非常用所内電源設備による電源供給が可能である。

複数の回線で構成される外部電源系統や、多重性及び独立性を確保した非常用電源設備により、安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を供給することで、安全機能を損なわない設計とすることとしており、この方針は妥当なものと判断する。

なお、規制要求事項ではないが、四国電力では、自主的対策として、号機間連絡ケーブルや専用配電線等といった多様性拡張設備を設置し、信頼性の更なる向上を図っている。



## V シビアアクシデント対策

新規規制基準では、発電用原子炉施設は、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、炉心の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じること、重大事故が発生した場合においては、原子炉格納容器の破損及び発電所外への放射性物質の異常な水準の放出を防止するために必要な措置を講じることが要求されている。

また、使用済燃料貯蔵槽内の燃料体又は使用済燃料の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じること、運転停止中における発電用原子炉内の燃料体の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じることが要求されている。

四国電力は、重大事故に至るおそれがある事故の発生を想定し、炉心の著しい損傷等を防止するための必要な措置を講じ、対策の有効性を評価し、要件を満足していることを確認している。

### ① 重大事故等の対処に必要な機能

#### ア 炉心損傷防止対策

- ・原子炉自動停止失敗時の原子炉停止機能維持のため、影響緩和装置を設置
- ・原子炉を冷却・減圧するため、代替格納容器スプレイポンプ及び冷却水供給配管等を設置並びにポンプ車、可搬型電源等を配備
- ・タービン動補助給水ポンプに対し、手動起動手段を確立するとともに、空冷式非常用発電装置による電動補助給水ポンプの起動手段を確立したこと等により、原子炉冷却機能を維持

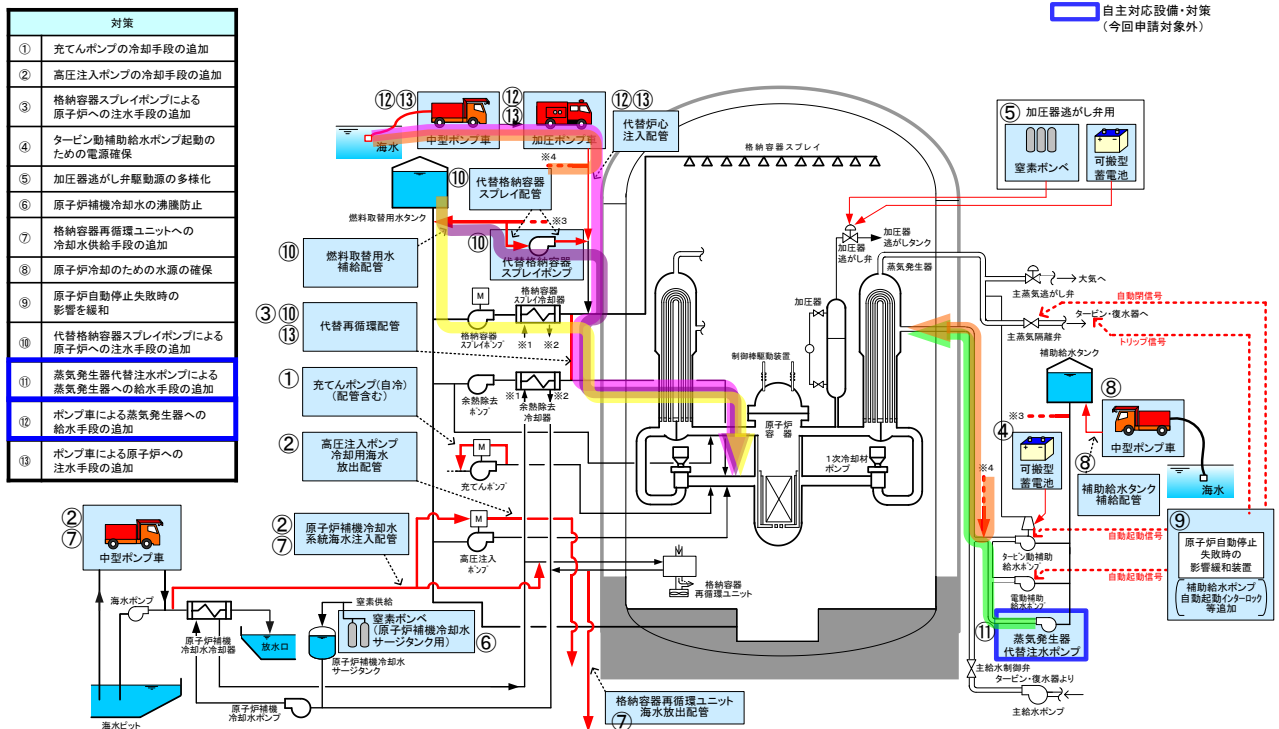


図 42：重大事故対処対策（炉心損傷防止対策）（平成 25 年 7 月 17 日原子力安全専門部会 資料 1-2）

## イ 格納容器破損防止対策

### ○格納容器下部に落下した溶融炉心の冷却機能

- ・代替格納容器スプレイポンプの設置による格納容器下部への注水手段の確立等に追加して、原子炉容器下部へ注水するための流路（連通口）を追加設置したことにより、格納容器下部に落下した溶融炉心の冷却機能を維持
- ・格納容器下部の水位を確認するための原子炉下部キャビティ水位計を設置

### ○格納容器内の水素爆発防止機能

- ・格納容器の水素爆発を防止するための、静的触媒式水素再結合装置及びイグナイタ（電気式水素燃焼装置）の設置により、格納容器内の水素爆発防止機能を保持
- ・静的触媒式水素再結合装置及びイグナイタの稼働状態を確認するための温度監視装置や、格納容器内の水素濃度把握のための、格納容器水素濃度計測装置を配備

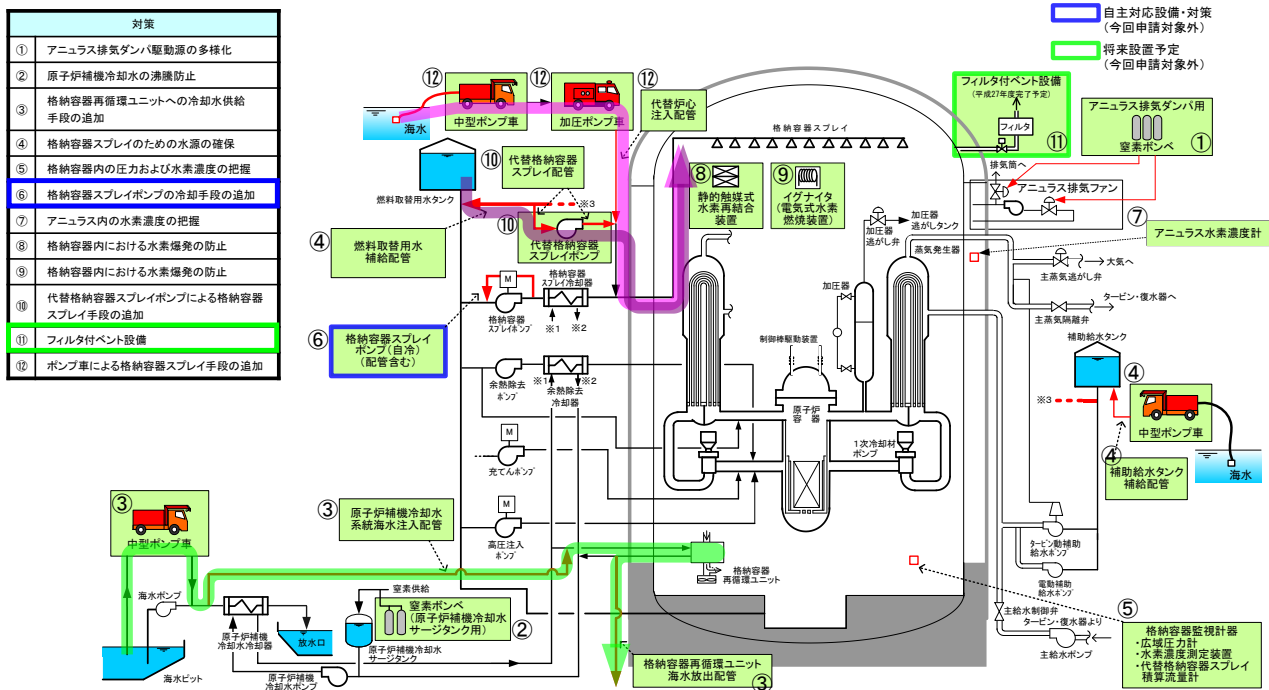


図 43：重大事故等対処対策（格納容器破損防止対策）

（平成 25 年 7 月 17 日原子力安全専門部会 資料 1－2 を補正申請を踏まえ一次修正）

当部会としては、重大事故等の対処に必要な機能に関し、

- ・蒸気発生器への給水手段の追加について、ポンプ車、代替注水ポンプにより多様化を図るとしていること
- ・今回設置した原子炉自動停止失敗時の影響緩和装置は同時にタービン自動停止、タービン動・電動補助給水ポンプ自動起動させる等の機能を有していること。また、原子炉の負の反応度フィードバック特性により 10%以下まで出力が抑制され、それ以降についての未臨界性は、

速やかにホウ酸注入を行うことで高温停止まで移行できるとしていること。実機の装置については、模擬入力で確実に起動できるという検証が行われていること

- ・炉心が損傷し、デブリが原子炉容器の下部へ落下した場合であっても除熱できるよう、従来よりドリルホールと呼ばれる貫通孔からスプレー水が原子炉容器の下の方、原子炉下部キャビティ室に溜まるため、デブリが落ちてきても確実に冷却できコンクリートとの反応は防げるとしていること。また更なる信頼性の向上のため、下部キャビティ室の入口扉に連通路を設置するとしていること
- ・格納容器再循環ユニットは、CVスプレー等により原子炉容器下部に水が溜まった場合でも水没しないような高さ（ダクト開放機構 EL20m、格納容器内注水上限 EL17m）に設置するとしており、また、ダクト開放機構が所定の温度にて自動で開放し、外部から純水または海水により冷却することで、格納容器内の自然対流冷却が可能となるよう、設計（雰囲気温度 110℃にてダクト開放）することとされており、格納容器内の熱除去は可能であるとしていることを確認した。

## ② 有効性評価

四国電力は、代表的な事故事象進展シナリオとして、「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」、「運転中の原子炉における重大事故」、「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」及び「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」のうち、「全交流動力電源の喪失（RCP（1次冷却材ポンプ）シールLOCAあり）」を選定している。

全交流動力電源喪失の継続による化学体積制御系及び原子炉補機冷却水系の機能喪失に伴い、RCPシール部へのシール水注水機能及びサーマルバリアの冷却機能が喪失し、RCPシールLOCAが発生する可能性がある。この場合、1次冷却系の保有水が減少し、炉心の冷却能力が低下する可能性があり、早期に1次系の冷却・減圧及び炉心注入を行う必要があることから、「外部電源喪失時に非常用所内電源が喪失し、補機冷却水の喪失及びRCPシールLOCAが発生する事象」を選定している。

具体的想定事象と対策として、外部電源が喪失し、非常用ディーゼル発電機等が起動失敗すると全交流電源喪失が発生する。この全交流動力電源喪失が継続し、RCPのシール部へのシール水を注水する化学体積制御系あるいは原子炉補機冷却水系の機能が喪失することに伴い、RCPシール部へのシール水注水機能、あるいは、シール部へ流れる1次冷却材を冷却するサーマルバリアの冷却機能が喪失し、RCPシールLOCAが発生する可能性があるとしている。

この場合、1次冷却系の保有水が減少し、炉心の冷却能力が低下する可能性があるため、早期に1次冷却系の冷却・減圧および炉心注入を行う必要がある。この場合、補助給水タンクを水源とするタービン動補助給水ポンプにより蒸気発生器へ給水を行い、主蒸気逃がし弁を開けて1次冷却系を冷却、減圧し、1次冷却材の流出を抑制する。そして、空冷式非常用発電機を起動することにより代替交流電源を確保し、その後は、燃料取替用水タンクを水源とする自己冷却式の充てんポンプを起動し、1次冷却系への注水を開始することとしている。

なお、シールLOCAが発生しているため、格納容器の雰囲気気を冷却するために、格納容器再循環ユニットに中型ポンプ車による海水を送水することで格納容器の自然対流冷却というこ

とを行うこととしている。

また、燃料取替用水タンクの水を使いきると、格納容器内の再循環サンプに溜まった冷却水を高圧注入ポンプを用いて炉心へ注入することとなる。

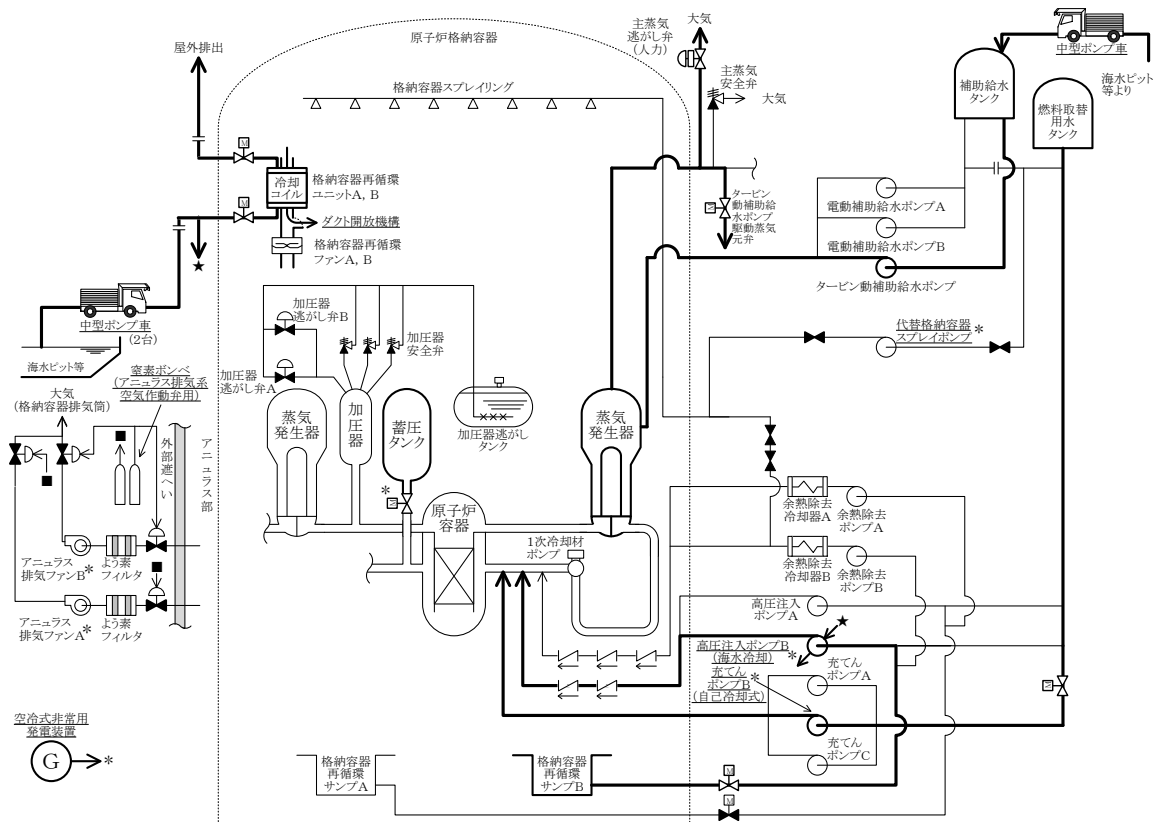


図 44：重大事故等対策の概略系統図（全交流動力電源喪失）（設置変更許可申請書 添付書類十）

四国電力においては、重大事故等発生時における具体的な対応手順とそれに係る作業と所要時間、必要な資機材を整理・抽出するとともに、事象進展について計算プログラムを用いた解析を実施している。これについて有効性評価を行い、

- 主蒸気逃がし弁の手動開操作、充てんポンプ（自己冷却式）による炉心注入により、1次系圧力、2次系圧力共に発生後4時間程度で安定的に保持できる
- 充てんポンプ（自己冷却式）による炉心注入により、1次系保有水量は発生後4時間程度で安定的に推移する
- 燃料被覆管温度は初期値以下に留まり、燃料破損には至らない
- 格納容器内圧力・温度共に最高使用圧力・温度を下回り、格納容器による放射性物質閉じ込め機能を維持できる

との結果が得られたことから、重大事故対策が有効に機能していることを確認したとしている。

当部会としては、

- ・代表的な事象進展シナリオとして、全交流動力電源の喪失（1次冷却材ポンプシールLOCAあり）[外部電源喪失+非常用所内電源喪失+補機冷却水の喪失+1次冷却材ポンプシール

LOCA]を選定している理由が、「福島第一原子力発電所事故が、全交流動力電源喪失事故およびそれに伴う原子炉補機冷却機能喪失事故であったこと」、「確率論的リスク評価において、起回事象として補機冷却水の喪失事象が全炉心損傷頻度に対して大半（9割以上）を占めていること」、「重大事故等対策の有効性評価に係る成立性確認の全ケースのうち、2次系強制冷却、代替交流電源確保、炉心への代替注入、格納容器自然対流冷却など主要な対応措置が必要となるケースであること」であることを確認した。

- ・事故等の熱流動解析コードは「M-RELAP5」と「SPARKLE-2」、格納容器破損の有効性評価には「MAAP」、CVの内圧の解析コードは「COCO」、水素関係では「GOTHIC」を使っており、いずれのコードも、温度・圧力等のパラメータ、原子炉に対して適応可能であるということを検証していること。
- ・事象進展シナリオの中での対応操作の時間設定については、十分に保守性が考慮され、具体的には、充てんポンプの起動時間については、解析上2.2時間後とし、1次系の圧力・温度が0.7MPa以下にて注入する条件で解析しているが、実際の現場では1.5時間ぐらいで起動準備ができるため、準備ができれば速やかに炉心注入できるとしていることから、2.2時間というのは解析上の設定であり、解析時間そのものが余裕を持っていることを確認した。

当部会としては、福島第一原子力発電所事故が、全交流動力電源喪失事故およびそれに伴う原子炉補機冷却機能喪失事故であったことや、PRAにおいて、起回事象として補機冷却水の喪失事象が全炉心損傷頻度に対して大半を占めていること、また、2次系強制冷却、代替交流電源確保、炉心への代替注入、格納容器自然対流冷却など主要な対応措置が必要となるケースであることから、「全交流動力電源喪失」を代表例として確認した。

有効性評価における解析条件は、設計値等の現実的な条件を基本としつつ、有効性を確認するための評価項目に対して余裕が小さくなるように設定され、設置許可基準規則の解釈に示された評価項目について確認している。

### ③ 技術的能力

新規制基準（重大事故等防止技術的能力基準1.0項「共通事項」）では、重大事故等に対処するために必要な体制、手順等の整備について、保安規定等において規定される方針であることを要求している。

四国電力は、重大事故の発生及び拡大に必要な措置を実施するために必要な技術的能力については、「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」を踏まえ、以下の体制の整備等運用面での対策を行うとしている。

#### ○事故時の組織・体制・指揮命令系統

- ・自然災害や重大事故等にも適確に対処するため、あらかじめ、発電所長を本部長とした原子力防災組織を構築し対応する。本部長が非常体制を発令した場合は発電所災害対策本部を設置し、平時の業務体制から速やかに移行する。また、発電所災害対策本部は、原子力本部（松山）及び本店（高松）の原子力防災組織と連携し、外部からの支援を受ける。（図45、46）



- ・休日・夜間においても、重大事故等が発生した場合に速やかに対応を行うため、発電所内に緊急時対応要員を常時確保し、自然災害又は重大事故等が発生した場合は、発電所災害対策要員（伊方3号機が運転中においては、発電所内に運転員10名並びに通報連絡及び重大事故等の対応を行う緊急時対応要員22名の合計32名）にて初動活動を行い、原子力防災管理者（発電所長）の指示の下、発電所災害対策要員及び発電所外から参集した参集要員が役割分担に応じて対処する。有効性評価では、この条件（なお、参集要員については、参集に4時間を要するものとする）においても必要な作業対応が可能とする。（図47）

○事故対応の文書体型（重大事故等発生時および大規模損壊発生時に係る文書）

- ・重大事故等発生時および大規模損壊発生時における原子炉施設の保全のための活動を行う体制の整備について保安規定に定めることを、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（以下、「実用炉規則」という。）第92条で要求されていることから、伊方発電所原子炉施設保安規定（以下、「保安規定」という。）では、当該の要求事項を踏まえ、以下の内容を新たに規定することとしている。

- ・必要な要員の配置
- ・必要な要員に対する定期的な教育および訓練の実施
- ・必要な資機材の配備
- ・活動を行うために必要な事項（手順書の整備等）  
（例）炉心の著しい損傷を防止するための対策に関すること等
- ・保安規定の各条文に対する具体的な内容については、下部規定（2次文書、3次文書）に展開し、実効的な手順書構成となるよう整備することとしている。プラント運転監視および事故終息にあたる運転員用と大規模損壊発生時や運転員の依頼により災害対策本部が対応するものを整備することとしている。

<運転員が使用する手順書>

故障・事故処理内規：重大事故等発生時および大規模損壊発生時の具体的な対応操作を記載

<災害対策本部が使用する手順書類>

緊急時対応内規：可搬型の重大事故等対処設備等を使用・準備するための具体的な作業手順を記載

アクシデントマネジメントガイドライン：炉心損傷後の対応操作を支援するための技術的根拠等を記載

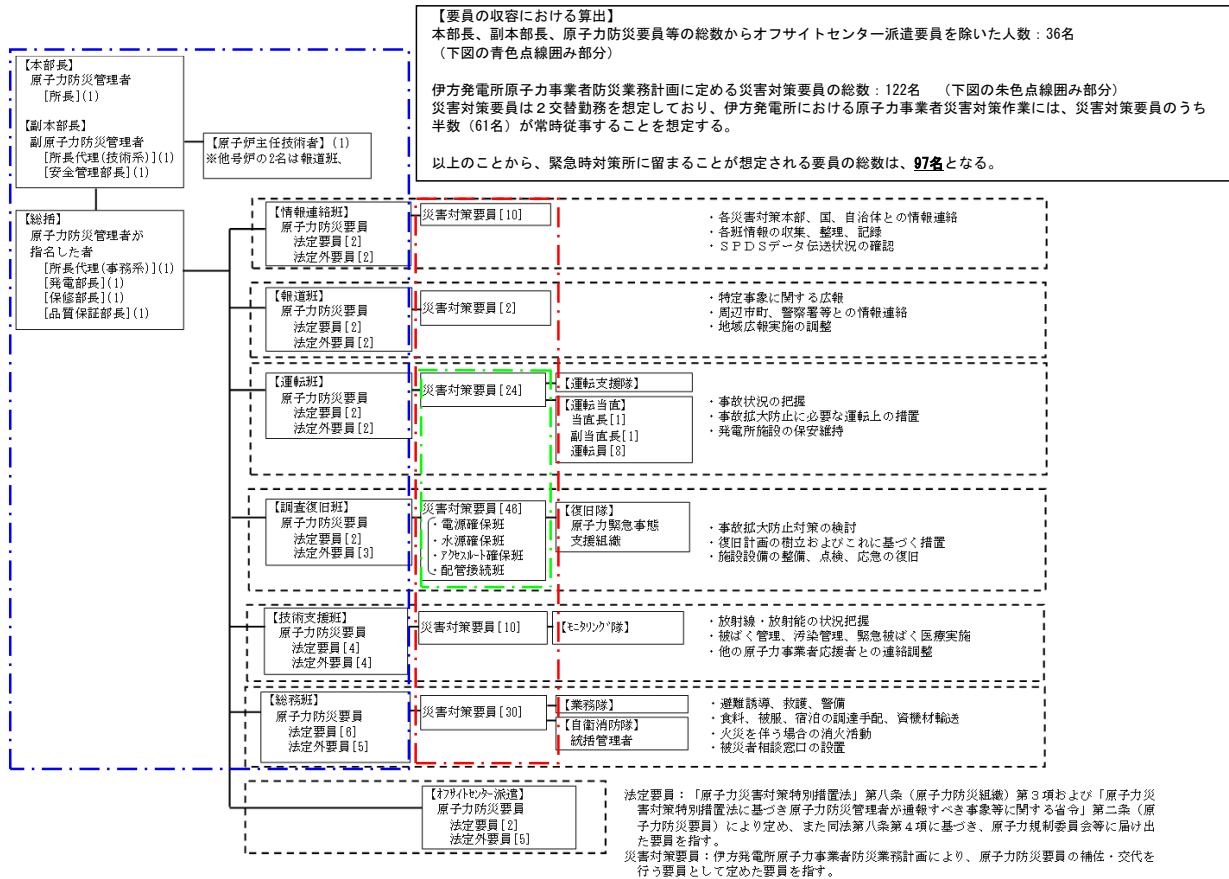


図 45：伊方発電所災害対策本部の防災組織

(平成27年2月16日原子力安全専門部会資料3)

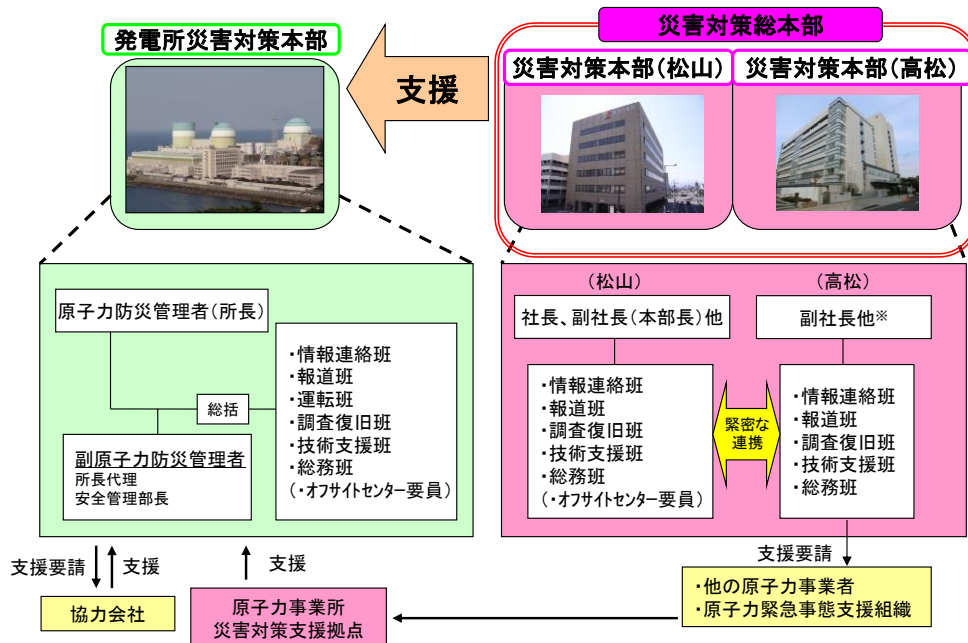


図 46：伊方発電所災害対策本部への支援体制

(平成27年2月16日原子力安全専門部会資料3)

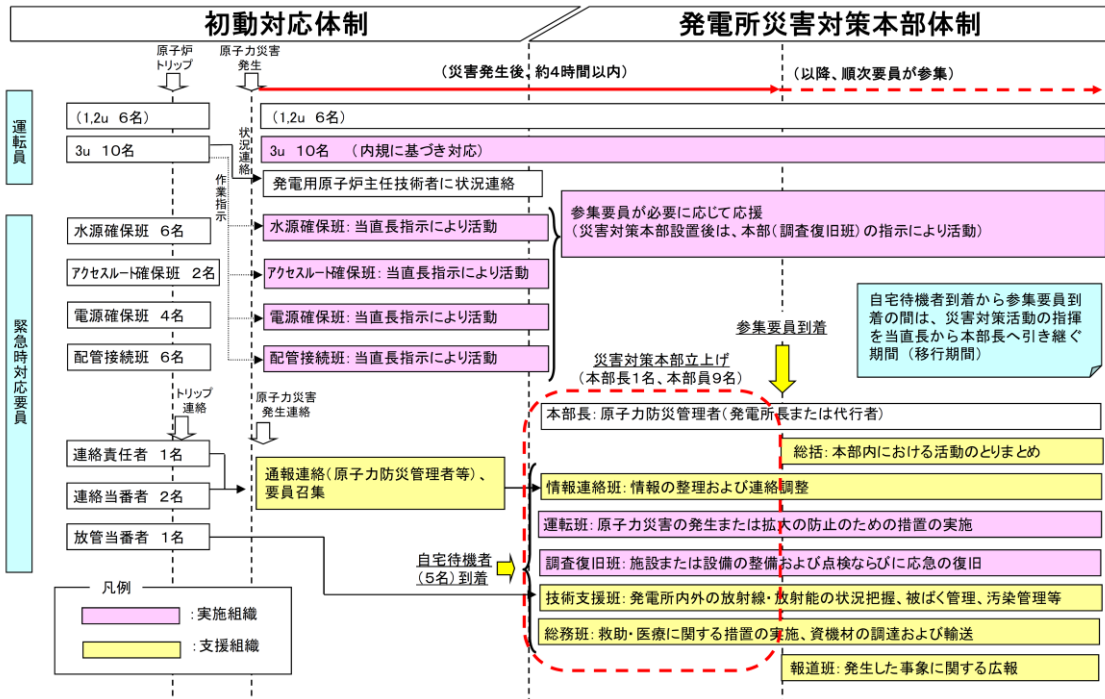


図 47：重大事故等対応時の初期体制など

(平成 26 年 2 月 27 日原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合資料 4-3-1 を補正申請を踏まえ一次修正)

当部会としては、事故発生時、設備に対する最初の確認は当直長が実施し、要員が緊急時対策所に到着し、災害対策本部が設置された後は、防災管理者である所長の統括の下、現場作業の各班に指示が出されること。事故対応の運転操作については、緊急時対策所設置後は情報は当直長から運転班に連携され、運転班にて状況を分析し、アクシデントマネジメントガイドラインに基づき当直を支援するとしていることを確認した。

また、発電所の安全管理は保安規定にて定められており、その中身は所長が判断する。発電所の対応の全責任は所長にあることが保安規定で明文化されており、所長判断が優先されることが保安規定に基づき取り決めされていることを確認した。

当部会としては、以上から、重大事故等に対処するために必要な体制、手順等の整備について、保安規定等において規定される方針であることを確認した。

### (3) 現地調査

伊方発電所における安全対策設備等や、当該設備を用いた訓練を視察し、四国電力の重大事故等への対応能力について確認している。

1回目：平成25年10月17日(木) [設備面]

(現地調査内容)

#### 安全対策設備等の現地調査項目

■：車中からの確認

エリア	現地調査項目	審議の論点のうち重点確認項目 他	設備概要 等
屋外 標高84m	海水ポンプ予備モータ	(自主対応設備)	非常用ディーゼル発電機などの安全系機器に冷却用海水を供給するための海水ポンプの予備品。(3号用：1台)
	重油タンク	電源の信頼性	【電源要求機能】 非常用ディーゼル発電機、緊急時対策所非常用発電機への燃料補給用タンク。
	軽油タンク	シニアクシデント対策 ①炉心損傷防止対策等	【重大事故対処設備】 各ポンプ車への燃料補給用タンク。
	ミニローリー車	電源の信頼性	【電源要求機能】 非常用ディーゼル発電機、緊急時対策所非常用発電機への燃料補給用。
	ゼオライト	シニアクシデント対策 ③放射性物質拡散抑制対策	【放射性物質拡散抑制設備】 海洋への放射性物質の拡散を抑制する。
	構内樹木(森林火災関係)	自然現象に対する考慮 (森林火災)	【外部からの衝撃による損傷の防止】 森林火災評価による火線強度の強い箇所、追加伐採する箇所。
	斜面確認	耐震性能	【地震の波及的影響(アクセスルート周辺斜面)】 パノラマ館南東側斜面。
屋外 標高32m	各種ポンプ車	シニアクシデント対策 ①炉心損傷防止対策等	【重大事故対処設備】 中型ポンプ車・・・原子炉および使用済燃料ピットへの海水注水、原子炉格納容器再循環ユニットへの海水供給(過圧破損防止)。 加圧ポンプ車・・・中型ポンプ車と連結し、原子炉低圧時の冷却に使用。 大型ポンプ車・・・放水砲と連結し、原子炉格納容器、使用済燃料ピットに放水、放射性物質の拡散抑制を図る。
	大型放水砲	シニアクシデント対策 ③放射性物質拡散抑制対策	【重大事故対処設備】 大型ポンプ車と連結し、原子炉格納容器、使用済燃料ピットに放水、放射性物質の拡散抑制を図る。
	代替炉心注入配管接続口	シニアクシデント対策 ①炉心損傷防止対策	【重大事故対処設備】 ポンプ車から接続し、建屋外部から炉心に注入できる接続口。
	空冷式非常用発電装置	電源の信頼性	【電源要求機能】 外部電源および非常用ディーゼル発電機機能喪失時の常設非常用発電装置。 (1825kVA電源車×2台)
	電源車(300kVA、75kVA)	電源の信頼性	【電源要求機能】 300kVA・・・全交流電源喪失時の可搬型電源。 75kVA・・・全交流電源喪失時の可搬型直流電源。
	亀浦配電線	(自主対応設備)	電源の多様化を図るため亀浦変電所から配電線(66kV)を敷設。
	3号南側斜面確認	耐震性能	【地震の波及的影響(アクセスルート周辺斜面)】 3号南側斜面。
屋外 標高10m	海水ピットエリア (海水ポンプ、堰、水位計など)	・耐津波性能 (自主対応設備) ・自然現象に対する考慮 (竜巻)	【既設】 ・海水ポンプ 【耐津波機能】 ・堰・・・海水ポンプの取水機能を保持するため、引き津波時に「閉」動作するフラップゲート付き堰を設置。(写真にて説明) ・海水ピット水位計・・・海水ピット内T.P.+5.0mに設置。 【外部からの衝撃による損傷の防止】 ・マンホールなどの飛散防止対策。
	可搬設備保管場所(分散配置) ・各種ポンプ ・電源車(300kVA、75kVA)	・シニアクシデント対策 ①炉心損傷防止対策等 ・電源の信頼性	【重大事故対処設備】 中型ポンプ車、加圧ポンプ車 【電源要求機能】 300kVA電源車、75kVA電源車

原子炉格納容器内	原子炉格納容器再循環ユニット(ダクト開放機構)	シビアアクシデント対策 ②原子炉格納容器破損防止対策	【重大事故対処設備】 重大事故時には原子炉格納容器再循環ユニット空調ダクトが水没することを想定し、上方にダクト開放機構を設置、更にユニット冷却コイルに海水も通水可能とすることで、原子炉格納容器内の水蒸気を凝縮させ、自然対流による循環冷却で圧力を抑制する。
	静的触媒式水素再結合装置	シビアアクシデント対策 ②原子炉格納容器破損防止対策	【重大事故対処設備】 事故時、格納容器内で発生した水素が触媒プレート表面で空気中の酸素と反応して水蒸気に変換され水素濃度を低減する。(駆動原不要)
	イグナイタ	(自主対応設備)	静的触媒式水素再結合装置のバックアップとして自主設置したもので、事故時の原子炉格納容器内での水素発生時に、電気式水素燃焼装置により強制的に水素を燃焼させ、水素濃度を低減する。 (ヒータにより水素温度を上昇、水素と酸素の結合を促進させる)
管理区域	使用済燃料ピット周り(小型放水砲、計器、クレーン他)	シビアアクシデント対策 ・耐震性能	【重大事故対処設備】 ・小型放水砲・・・使用済燃料ピット水位が異常に低下した場合、中型ポンプ車で汲み上げた海水を小型放水砲からスプレーし、燃料の著しい損傷を緩和する。 ・水位計・・・使用済燃料ピット内燃料の冠水状態を監視できるように、燃料上端近傍までを計測範囲とする水位計を設置。 【地震の波及的影響(基準地震動による使用済燃料への影響評価)】 ・使用済燃料ピットクレーン
	代替原子炉格納容器スプレィポンプ	シビアアクシデント対策 ①炉心損傷防止対策等	【重大事故対処設備】 原子炉格納容器スプレィポンプ機能喪失時に、原子炉への注水、原子炉格納容器スプレィ、原子炉格納容器下部に落下したデブリへの注水を行うために設置。
	窒素ボンベ(加圧器逃がし弁用)	シビアアクシデント対策 ①炉心損傷防止対策	【重大事故対処設備】 加圧器逃がし弁作動用空気が喪失した時の代替となる窒素ボンベを設置。 加圧器逃がし弁は、事故時、一次冷却材系統の圧力が上昇した場合に、加圧器の蒸気を逃がすことで減圧するための圧力制御弁。
	高圧注入ポンプ(浸水防止堰、冷却用海水放出配管)	・内部溢水に対する考慮 ・シビアアクシデント対策 ①炉心損傷防止対策	【溢水による損傷防止】 浸水防止堰・・・高圧注入ポンプ室内における溢水から補助油ポンプを保護するため、補助油ポンプ周りに堰を設置。 【重大事故対処設備】 高圧注入ポンプ冷却用海水放出配管 ・・・事故時に、高圧注入ポンプの冷却水(原子炉補機冷却水)が喪失した場合でもポンプの運転が継続できるよう、冷却水として海水を供給できるように配管を設置。
	原子炉格納容器スプレィポンプ自己冷却配管	(自主対応設備)	事故時に、原子炉格納容器スプレィポンプの冷却水(原子炉補機冷却水)が喪失した場合でもポンプの運転が継続できるよう、ポンプ吐出配管から冷却水を供給できるように自己冷却配管を設置。
	蒸気発生器代替注水ポンプ	(自主対応設備)	蒸気発生器への給水は、既設のタービン動補助給水ポンプ(1台)と電動補助給水ポンプ(2台)があるが、代替注水機能の強化を図るため、同等の機能を有するポンプを設置。
管理区域外(建屋内)	中央制御室(放射線監視装置、マスク、フロアケーブルダクト、津波監視設備)	シビアアクシデント対策 ・火災に対する考慮 ・耐津波性能	【原子炉制御室等】 放射線監視装置、通信設備、マスクなど 【火災による損傷の防止】 フロアケーブルダクト消火設備 ・・・火災による損傷拡大防止の観点から、ハロン自動消火設備を設置。 【耐津波機能】 津波監視設備・・・原子炉建屋屋上に設置した海面監視カメラの映像により中央制御室にて津波監視が可能。
	タービン動補助給水ポンプ	(既設)	タービン動補助給水ポンプ
	蓄電池室	電源の信頼性	【電源要求機能】 全交流電源喪失事故時に、直流電源について、負荷切り離しを行わずに8時間、その後必要な負荷以外を切り離して16時間電源供給が可能な蓄電池設備。
	水密扉	耐津波性能	【耐津波機能】 津波に対する信頼性向上の観点から、原子炉建屋海側の扉、貫通部に対し、T.P+14.2mまでの浸水対策を実施。



その他	緊急時対策所 (通信設備、換気空調設備、 非常用電源、可搬型代替モニ タ)	・シブアゲンツ対策 ④指揮所等の支援機 能の確保 ・耐震性能	【緊急時対策所】 各種通信設備、換気空調設備、非常用予備発電装置、可搬 型代替モニタ 【耐震機能】 免震構造
	訓練設備(コナキホール)	—	緊急時対応訓練設備(配管接続訓練、ケーブル接続訓練 など)

## 専門部会による現地調査の結果

<p>[委員意見]</p> <p>○非常に意欲的に対策を実施して、他の電力より工事が進捗しているような印象を持った。</p> <p>○安全対策が着実に積み重ねられており、具体的な機器の配置や機器の多様性についても確認できたので、今後はソフト対策について、訓練等も確認できたら今後の審議への参考となる。</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 2回目：平成26年1月28日(火) [運用面]

### (現地調査内容)

### 安全対策設備等を用いた訓練状況の視察

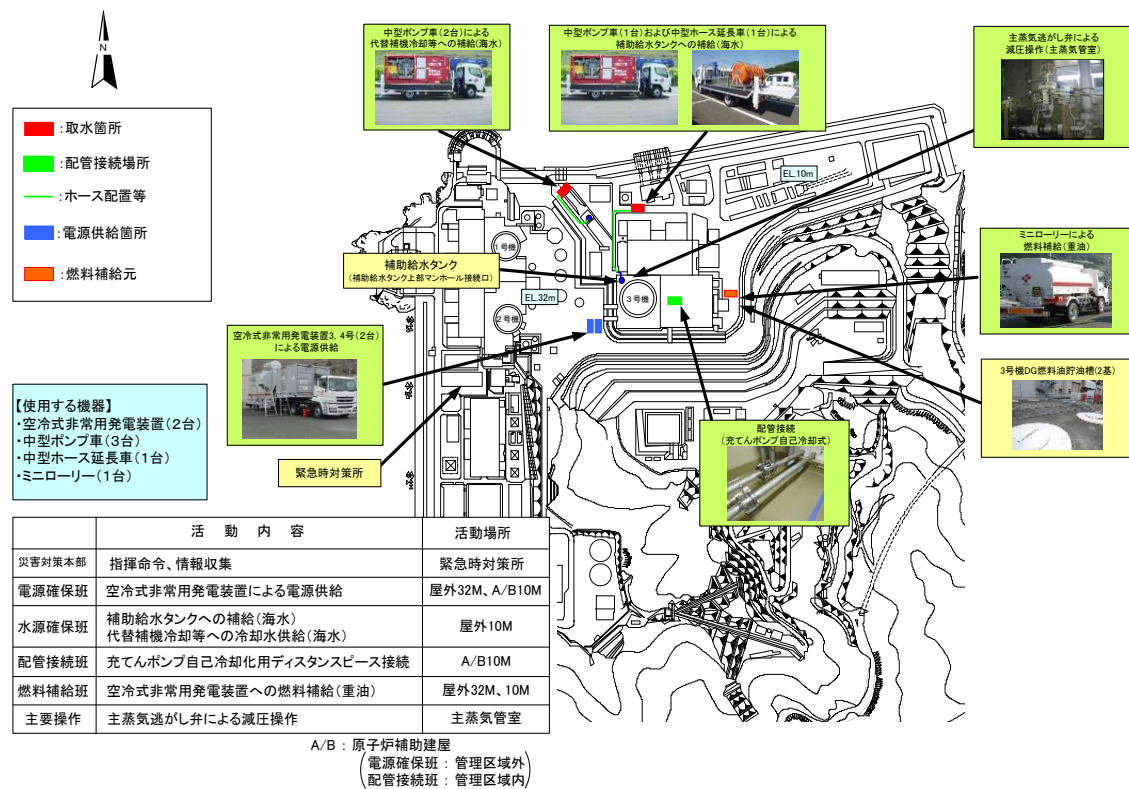


図 49：訓練における活動概要 (平成 26 年 1 月 28 日原子力安全専門部会資料 1－2)

### 訓練確認行程

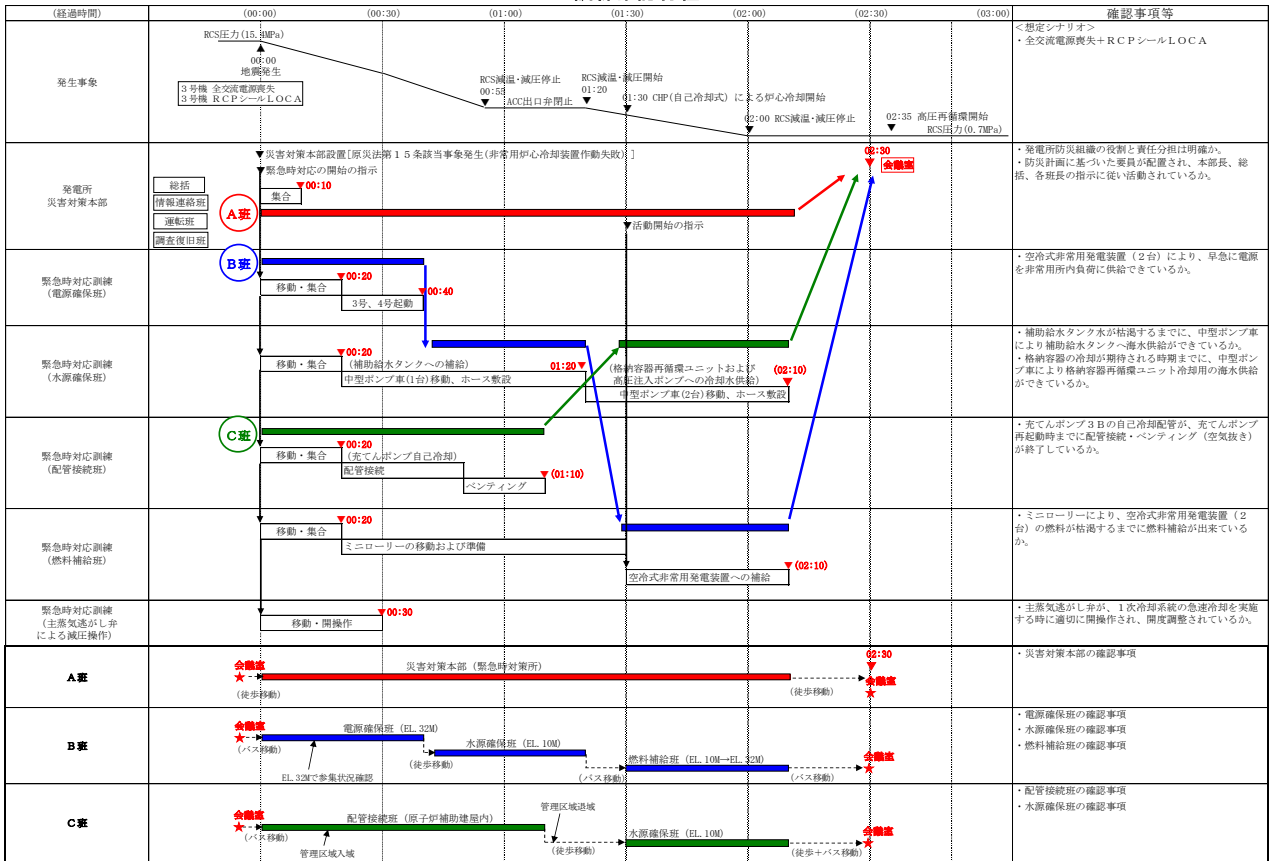


図 50 : 訓練確認行程 (平成 26 年 1 月 28 日原子力安全専門部会資料 1-3)

### 専門部会による現地調査の結果

#### [委員意見]

- 参集や必要な活動、重要な本部への連絡等は適切に実施されていることが確認できた。
- 各現場班が全体の流れを把握できるような本部とのコミュニケーション方法の改善等について、今後の課題として抽出できたことは今回の成果である。

### 3回目：平成27年4月22日(水) [緊急時対策所]

#### (現地調査内容)

2回目現地調査後、新たに緊急時対策所 (EL. 32m) が設置されたことから、当該施設を活用した訓練状況を視察し、重大事故等への対応について問題がないことを確認している。

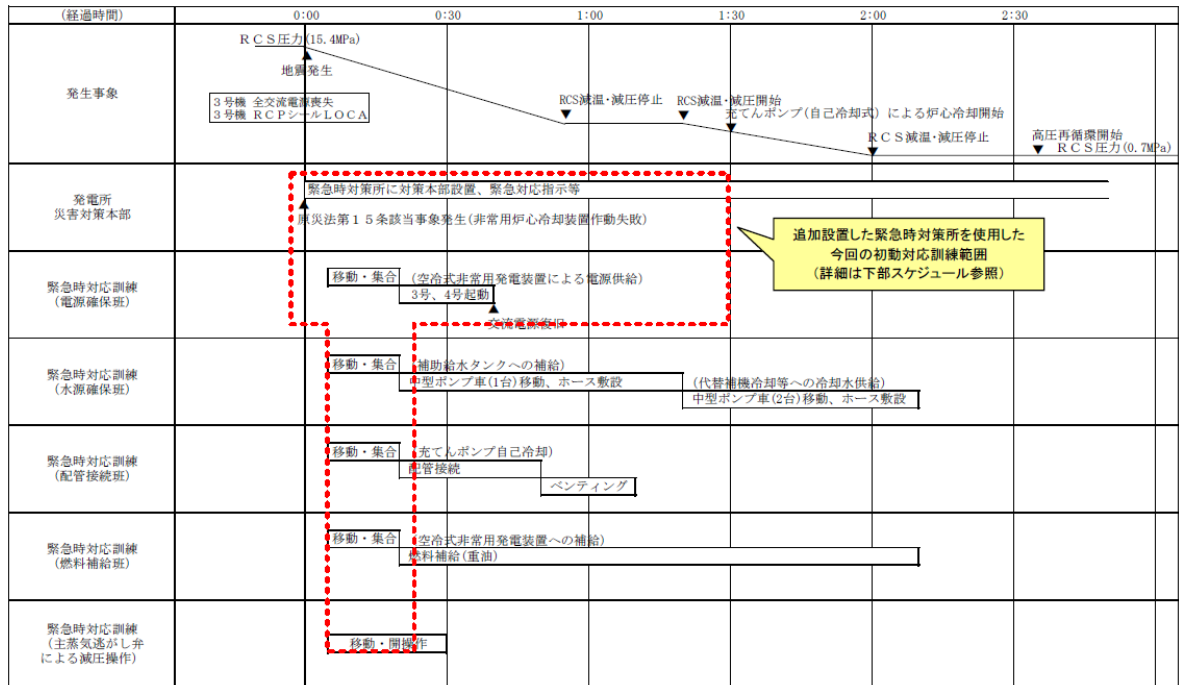


図 51：第2回現地調査時の訓練スケジュール

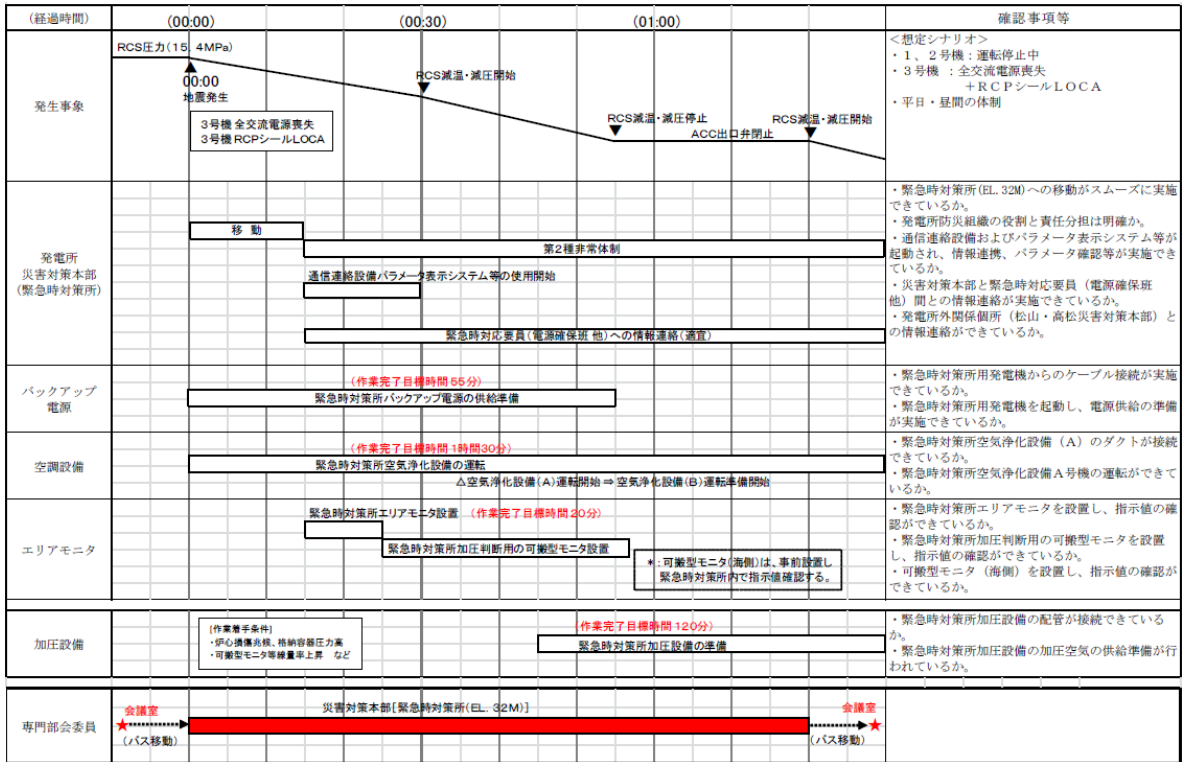


図 52：第3回現地調査時の訓練スケジュール

専門部会による現地調査の結果

[委員意見]  
○基本的な活動について、時間内に参集し、必要な作業が完了していることが確認できた。

#### (4) その他重点確認項目以外の項目

原子力安全専門部会における重点確認項目ではないが、以下の項目についても確認を行った。

##### I 内部火災（設置許可基準規則第八条）

新規制基準で要求されている内部火災への対応として実施している安全対策について確認した。

設置許可基準第八条では、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、火災の発生を防止すること、かつ、早期に火災を感知消火すること並びに火災の影響を軽減することができるよう設計すること、また、消火設備の破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても発電用原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないように消火設備を設計することが要求されており、四国電力が「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」に従った評価を踏まえ、当該基準を満たすための安全対策を実施していることを確認した。（図 53）

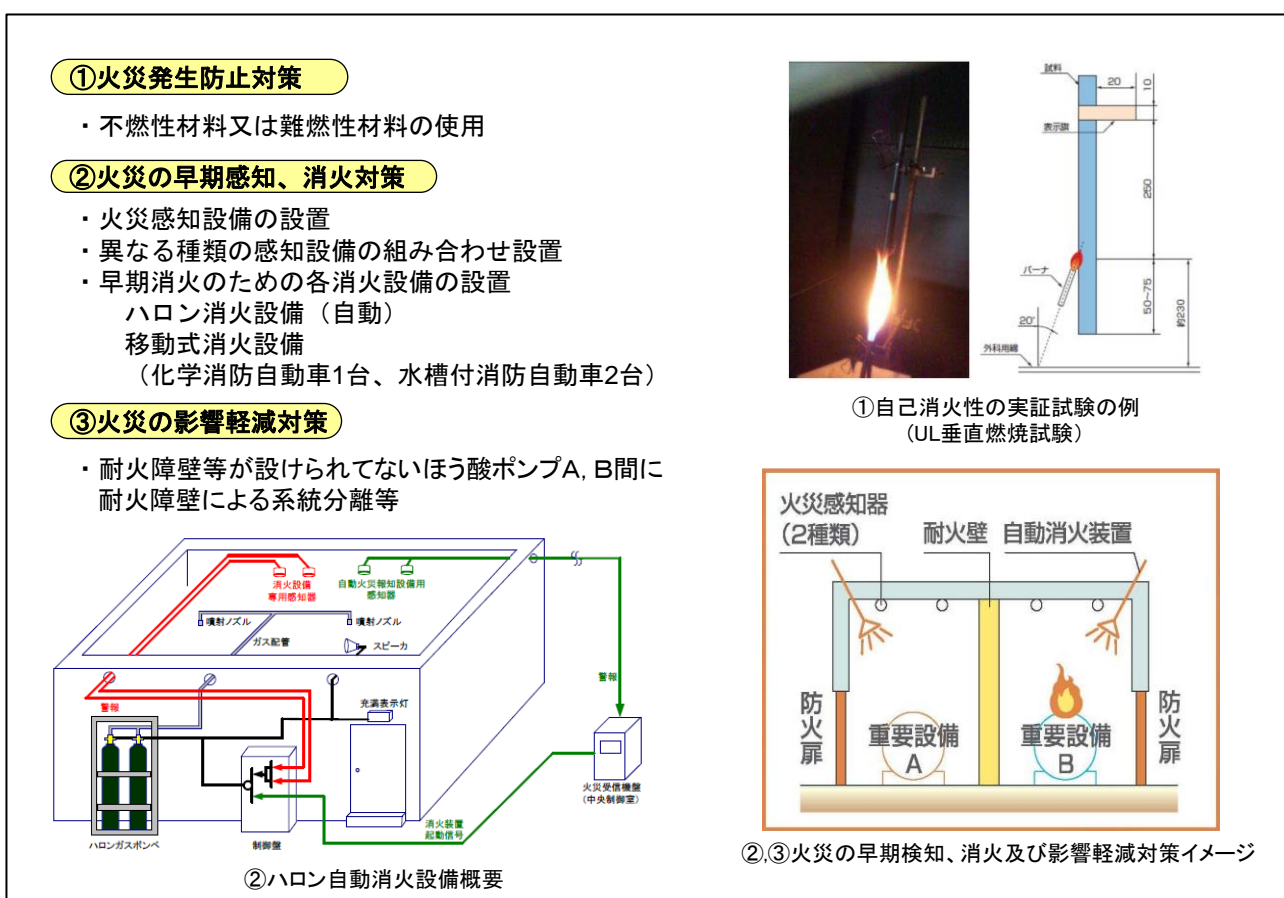


図 53：安全対策の概要（内部火災）（平成 27 年 4 月 21 日原子力安全専門部会資料 3）



## II 内部溢水（設置許可基準規則第九条）

新規制基準で要求されている内部溢水への対応として実施している安全対策について確認した。設置許可基準規則第九条では、安全施設は発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても安全機能が損なわれないように設計すること、また、設計基準対象施設について、発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器又は配管の破損によって当該容器又は配管から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、当該液体が管理区域外へ漏えいしないように設計することを要求されており、四国電力が「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」に従った評価を踏まえ、当該基準を満たすための安全対策を実施していることを確認した。（図54）

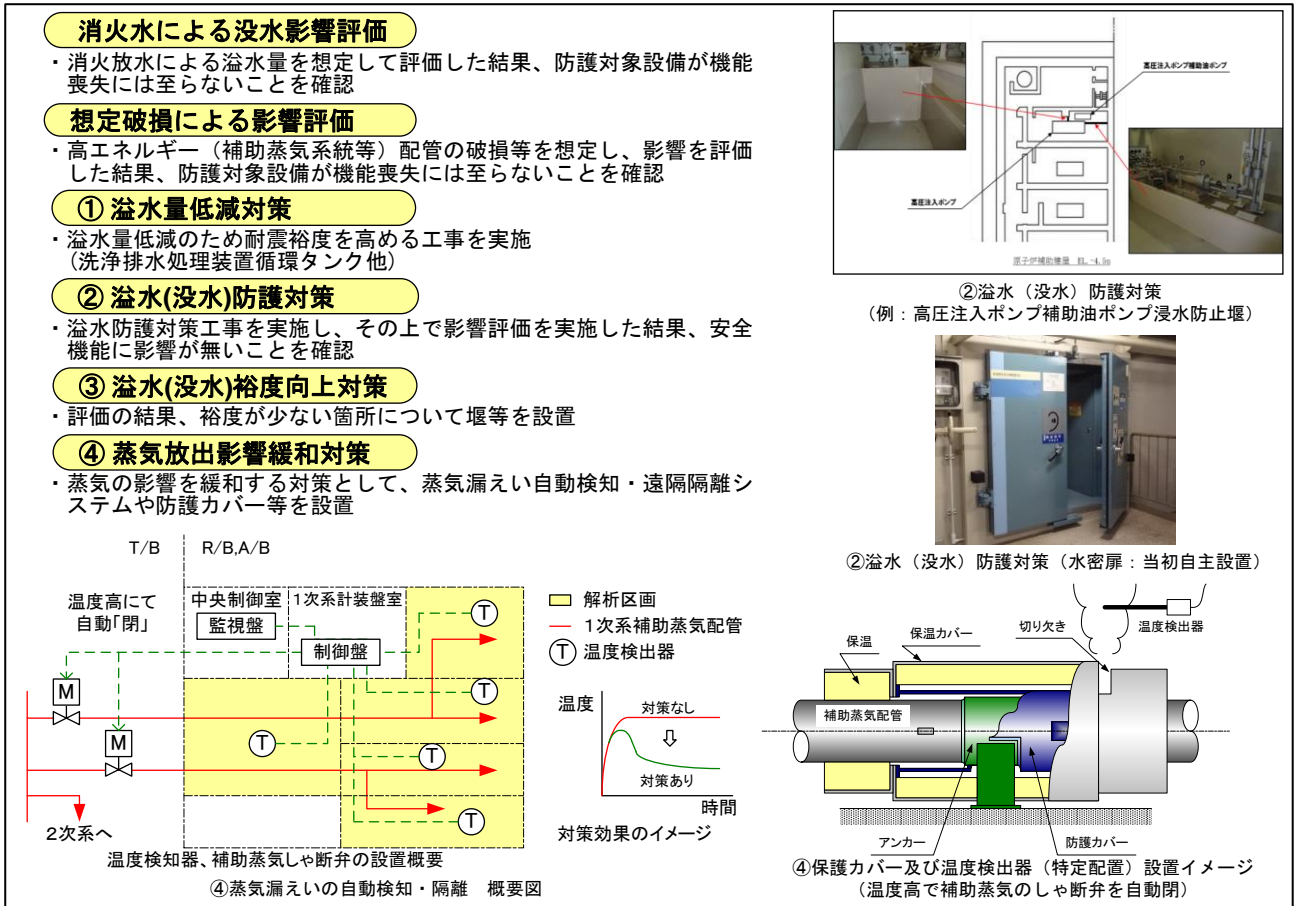


図 54：安全対策の概要（内部溢水）（平成 27 年 4 月 21 日原子力安全専門部会資料 3）

### Ⅲ 緊急時対策所（設置許可基準規則第三十四条、第六十一条）

新規制基準で設置が要求されている緊急時対策所については、国の新規制基準適合性審査等を踏まえ、平成 25 年 7 月 8 日の設置変更許可申請時より基準地震動を変更したことに伴い、既設の総合事務所内緊急時対策所（申請当初の緊急時対策所）の耐震評価を実施したところ、建物の基礎部分の一部において、新規制基準への適合が難しいことが判明したため、早急な対応が必要であると判断し、新規制基準を満たす緊急時対策所を追加設置している。（平成 27 年 3 月完成）（図 55）

このため、追加設置した緊急時対策所（EL. 32m）について、主に以下の項目の確認を行い、新規制基準適合性の観点から特段の問題点は見当たらないことを確認した。

- ①緊急時対策所の構成と収容人員
- ②電源設備
- ③換気設備
- ④対策要員の被ばく評価
- ⑤使用開始時期とアクセスルート

#### 1) 緊急時対策所の構成と収容人員

重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員(36名)及び原子炉格納容器の破損等による敷地外への放射性物質の拡散を抑制するための対策に対処するために必要な要員(61名)を含む最大100名を収容することができる広さとし、また、最大人数を収容した場合においても酸素濃度等の居住性を確保できる設計としている。

緊急時対策所には、少なくとも外部からの支援なしに7日間の活動を可能とするため、緊急時対策所（EL. 32m）内に資機材等を配備している。

#### 2) 電源設備

緊急時対策所(EL. 32m)の常用電源は、3号機の所内非常用母線から受電する。また、緊急時対策所(EL. 32m)の代替交流電源として、転倒防止措置を施した緊急時対策所用発電機2台を緊急時対策所(EL. 32m)近傍に配備することにより多重性を確保し、プラント設備から独立した専用の電源設備を有する設計としている。緊急時対策所用発電機は2台を1セットとし、緊急時対策所近傍に1セット、十分な離隔のある場所に予備1セットを配備し、さらに1セットを他の発電機とは異なる場所に保管し、計6台を配備している。（図 56）

#### 3) 換気設備

重大事故等の発生により、大気中に大規模な放射性物質が放出された場合においても、緊急時対策所にとどまる要員の居住性を確保するため、可搬型の緊急時対策所空気浄化ファン及び緊急時対策所空気浄化フィルタユニット（微粒子フィルタ及びよう素フィルタ）を緊急時対策所（EL. 32m）近傍に100%容量2系統配備すると共に、予備1系統を別の場所に保管している。また、放射性希ガスの放出を考慮し、空気ポンベにより緊急時対策所内を10時間以上加圧可能な装置を設置している。（図 57）

#### 4) 対策要員の被ばく評価

緊急時対策所 (EL. 32m) の対策要員の被ばく評価結果は、実効線量で約 15mSv / 7 日間であり、判断基準「対策要員の実効線量が 7 日間で 100mSv を超えないこと」を満足している。

#### 5) 使用開始時期とアクセスルート

防災業務計画において、「非常体制」を発令した時に発電所災害対策本部を緊急時対策所に設置することとしており、その発令基準は明確となっている。

総合事務所から緊急時対策所 (EL. 32m) への移動ルートについては、基準地震動による地震力に対し、機能喪失しないよう設計している。現状アクセスルートは 3 ルート設定しており、災害状況を考慮し、通行可能なルートを選定することとしている。

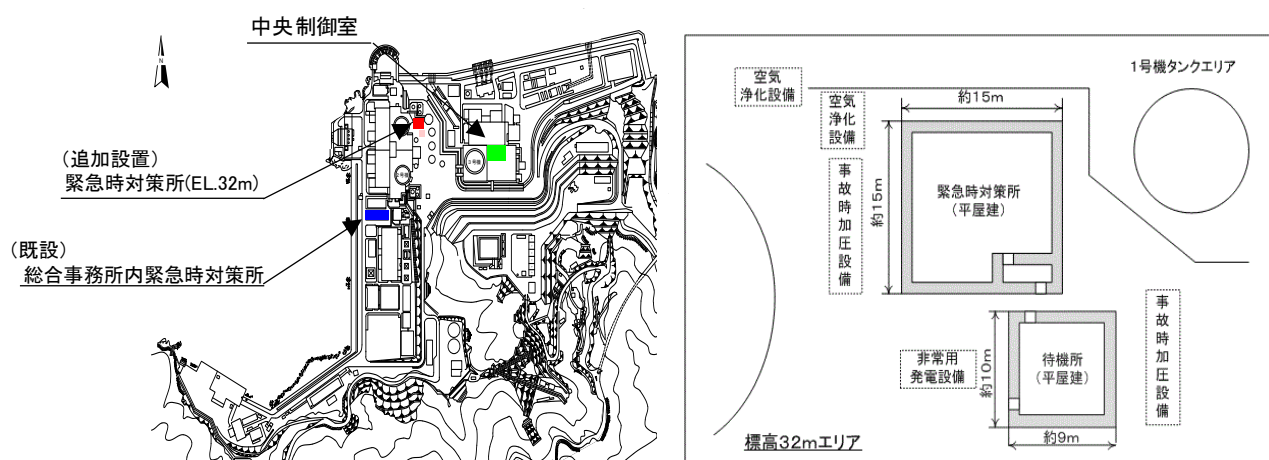


図 55 : 緊急時対策所配置概要図 (平成 27 年 2 月 16 日原子力安全専門部会資料 3)

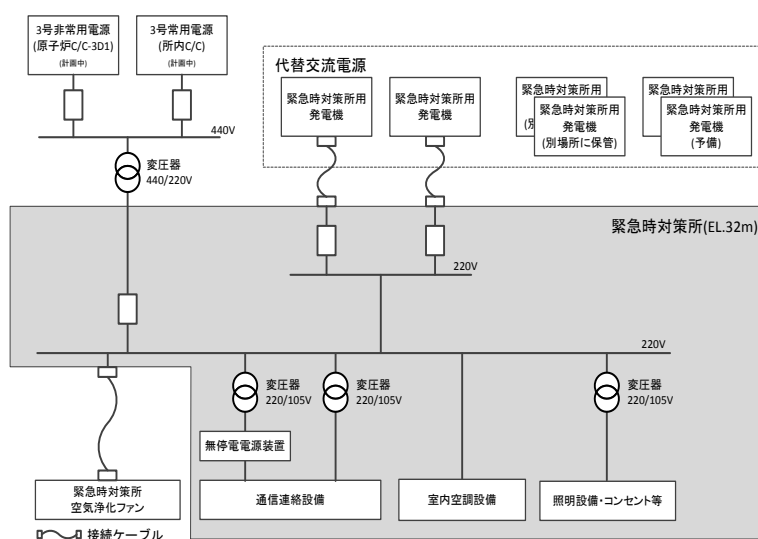


図 56 : 電源構成概要図 (平成 27 年 2 月 16 日原子力安全専門部会資料 3)

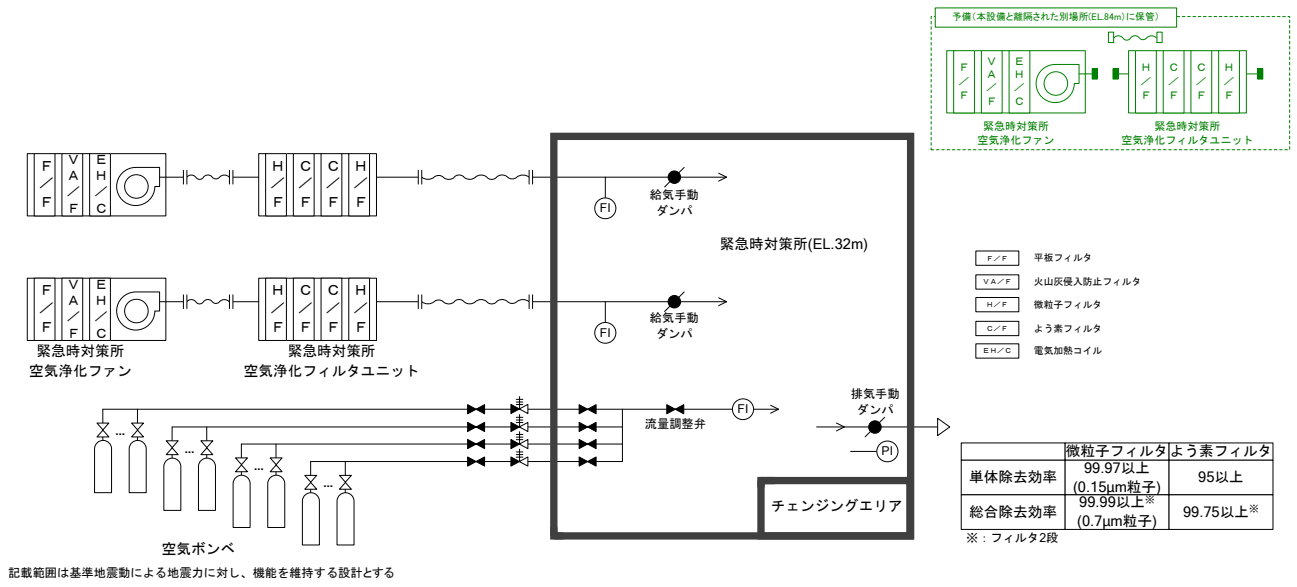


図 57 : 換気設備概略図 (平成 27 年 2 月 16 日原子力安全専門部会資料 3 一部改訂)

### 3 まとめ



## 添付資料1 法令上の要求及び国の審査結果

### (1) 重点確認項目

#### I 耐震性能について

##### 法令上の要求

#### 【設置許可基準規則 解釈別記3 (抜粋)】

3 第5条の「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」を満たすために、基準津波に対する設計基準対象施設の設計に当たっては、以下の方針によること。

一 Sクラスに属する施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。下記第三号において同じ。）の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させないこと。また、取水路及び排水路等の経路から流入させないこと。そのため、以下の方針によること。

①Sクラスに属する設備（浸水防止設備及び津波監視設備を除く。以下下記第三号までにおいて同じ。）を内包する建屋及びSクラスに属する設備（屋外に設置するものに限る。）は、基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置すること。なお、基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には、防潮堤等の津波防護施設及び浸水防止設備を設置すること。

②上記①の遡上波の到達防止に当たっては、敷地及び敷地周辺の地形及びその標高、河川等の存在並びに地震による広域的な隆起・沈降を考慮して、遡上波の回込みを含め敷地への遡上の可能性を検討すること。また、地震による変状又は繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積により地形又は河川流路の変化等が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討すること。

③取水路又は放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路（扉、開口部及び貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すことにより、津波の流入を防止すること。

二 取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止すること。そのため、以下の方針によること。

①取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設及び地下部等における漏水の可能性を検討した上で、漏水が継続することによる浸水範囲を想定（以下「浸水想定範囲」という。）するとともに、同範囲の境界において浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部及び貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すことにより浸水範囲を限定すること。

②浸水想定範囲の周辺にSクラスに属する設備がある場合は、防水区画化するとともに、必要に応じて浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認すること。

(次頁につづく)

二 常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。） 第四条第二項の規定により算定する地震力が作用した場合においても当該重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤

三 重大事故緩和設備のうち常設のもの（以下「常設重大事故緩和設備」という。）が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。） 基準地震動による地震力が作用した場合においても当該重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤

四 特定重大事故等対処施設 第四条第二項の規定により算定する地震力が作用した場合及び基準地震動による地震力が作用した場合においても当該特定重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤

2 重大事故等対処施設（前項第二号の重大事故等対処施設を除く。次項及び次条第二項において同じ。）は、変形した場合においても重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。

3 重大事故等対処施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。

（地震による損傷の防止）

第三十九条 重大事故等対処施設は、次に掲げる施設の区分に応じ、それぞれ次に定める要件を満たすものでなければならない。

一 常設耐震重要重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。） 基準地震動による地震力に対して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が損なわれるおそれがないものであること。

二 常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。） 第四条第二項の規定により算定する地震力に十分に耐えることができるものであること。

三 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。） 基準地震動による地震力に対して重大事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること。

四 特定重大事故等対処施設 第四条第二項の規定により算定する地震力に十分に耐えることができ、かつ、基準地震動による地震力に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること。

2 重大事故等対処施設は、第四条第三項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

※特定重大事故等対処施設については、四国電力が原子力規制委員会（以下「規制委員会」という。）に提出した「伊方発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書（3号原子炉施設の変更）」（平成25年7月8日申請、平成27年4月14日補正、平成27年5月11日再補正）（以下「本申請」という。）の対象外

## ①基準地震動

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）の解釈別記2では、基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することが要求されている。（図3）

### 【設置許可基準規則別記2（抜粋）】

第4条第3項に規定する「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とし、次の方針により策定すること。

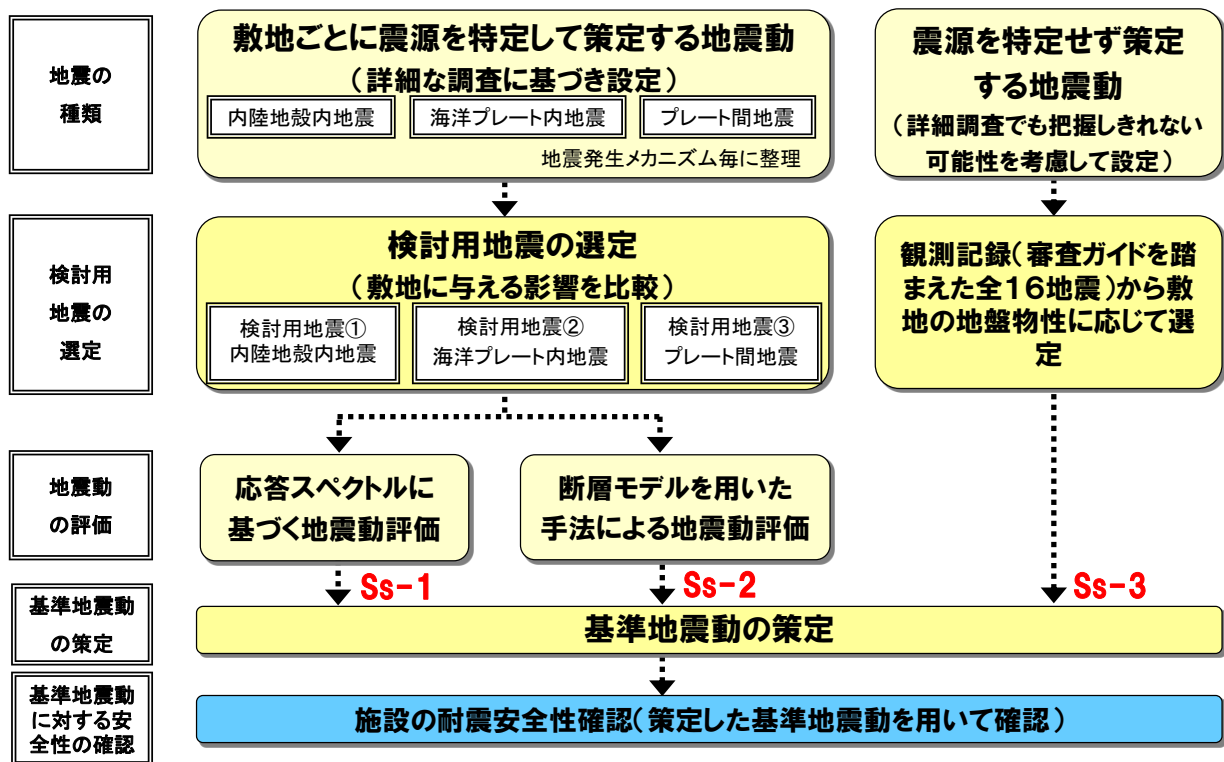
一 基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定すること。

上記の「解放基盤表面」とは、基準地震動を策定するために、基盤面上の表層及び構造物が無いものとして仮想的に設定する自由表面であって、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な広がりを持って想定される基盤の表面をいう。ここでいう上記の「基盤」とは、おおむねせん断波速度 $V_s = 700 \text{ m/s}$ 以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていないものとする。

二 上記の「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、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下「検討用地震」という。）を複数選定し、選定した検討用地震ごとに、不確かさを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、解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して策定すること。（以下省略）

三 上記の「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こと。

四 基準地震動の策定に当たっての調査については、目的に応じた調査手法を選定するとともに、調査手法の適用条件及び精度等に配慮することによって、調査結果の信頼性と精度を確保すること。



(施設の耐震安全性については、工事計画認可申請における各施設の耐震計算書にて具体的な確認が行われる)

図3：耐震評価の流れ (平成26年12月24日原子力安全専門部会資料1-2)

【基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド (抜粋)】

地震動評価においては、震源特性 (震源モデル)、伝播特性 (地殻・上部マントル構造)、サイト特性 (深部・浅部地下構造) における各種の不確かさが含まれるため、これらの不確かさ要因を偶然的不確かさと認識論的不確かさに分類して、分析が適切になされていることを確認する。

「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されている必要がある。

- ① 「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」は、断層破壊領域が地震発生層の内部に留まり、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震学的検討から全国共通に考慮すべき地震 (震源の位置も規模も推定できない地震 (Mw6.5 未満の地震)) であり、震源近傍において強震動が観測された地震を対象とする。
- ② 「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」は、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地震 (震源の規模が推定できない地震 (Mw6.5 以上の地震)) であり、孤立した長さの短い活断層による地震が相当する。

## 国の審査結果

規制委員会は、基準地震動について以下のとおり確認した結果、設置許可基準規則に適合するものと判断した。

申請者が行った地震動評価の内容について審査した結果、本申請における基準地震動は、各種の不確かさを考慮して、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適切に策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。

### 1. 地下構造モデル

本発電所敷地及び敷地周辺の地下構造の評価に関して、申請者が行った調査の手法は、地質ガイドを踏まえているとともに、調査結果に基づき地下構造を水平成層かつ均質と評価し、一次元地下構造モデルを設定しており、当該地下構造モデルは地震波の伝播特性に与える影響を評価するに当たって適切なものであることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

### 2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

申請者が実施した「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価については、検討用地震ごとに、不確かさを考慮して「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」に基づき策定していることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

### 3. 震源を特定せず策定する地震動

申請者が実施した「震源を特定せず策定する地震動」の評価については、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精査し、各種の不確かさ及び敷地の地盤物性を考慮して策定していることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

### 4. 基準地震動の策定

申請者が、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」に関し、敷地の解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動として基準地震動を策定していることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

## ②地盤及び周辺斜面の安定性

設置許可基準規則の第三条（解釈は別記1のとおり）では、設計基準対象施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならないこと並びに当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならないこと及び耐震重要施設は、変形し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けなければならないことを要求している。

また、第四条（解釈は別記2のとおり）では、耐震重要施設は斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないことを要求している。なお、重大事故等対処施設（設置許可基準規則第三十八条及び第三十九条）についても、これに準ずるものとされている。

### 【設置許可基準規則 解釈別記1（全文）】

#### 第3条（設計基準対象施設の地盤）

1 第3条第1項に規定する「設計基準対象施設を十分に支持することができる」とは、設計基準対象施設について、自重及び運転時の荷重等に加え、耐震重要度分類（本規程第4条2の「耐震重要度分類」をいう。以下同じ。）の各クラスに応じて算定する地震力（第3条第1項に規定する「耐震重要施設」（本規程第4条2のSクラスに属する施設をいう。）にあつては、第4条第3項に規定する「基準地震動による地震力」を含む。）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設計であることをいう。

なお、耐震重要施設については、上記に加え、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、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ことが含まれる。

2 第3条第2項に規定する「変形」とは、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状をいう。

このうち上記の「地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み」については、広域的な地盤の隆起又は沈降によって生じるもののほか、局所的なものを含む。これらのうち、上記の「局所的なもの」については、支持地盤の傾斜及び撓みの安全性への影響が大きいおそれがあるため、特に留意が必要である。

3 第3条第3項に規定する「変位」とは、将来活動する可能性のある断層等が活動することにより、地盤に与えるずれをいう。

また、同項に規定する「変位が生ずるおそれがない地盤に設ける」とは、耐震重要施設が将来活動する可能性のある断層等の露頭がある地盤に設置された場合、その断層等の活動によって安全機能に重大な影響を与えるおそれがあるため、当該施設を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ことをいう。

（次頁に続く）



なお、上記の「将来活動する可能性のある断層等」とは、後期更新世以降（約12～13万年前以降）の活動が否定できない断層等とする。その認定に当たって、後期更新世（約12～13万年前）の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降（約40万年前以降）まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。なお、活動性の評価に当たって、設置面での確認が困難な場合には、当該断層の延長部で確認される断層等の性状等により、安全側に判断すること。

また、「将来活動する可能性のある断層等」には、震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面を含む。

#### 【設置許可基準規則 解釈別記2（抜粋）】

##### 第4条（地震による損傷の防止）

8 第4条第4項は、耐震重要施設の周辺斜面について、基準地震動による地震力を作用させた安定解析を行い、崩壊のおそれがないことを確認するとともに、崩壊のおそれがある場合には、当該部分の除去及び敷地内土木工作物による斜面の保持等の措置を講じることにより、耐震重要施設に影響を及ぼすことがないようにすることをいう。また、安定解析に当たっては、次の方針によること。

- 一 安定性の評価対象としては、重要な安全機能を有する設備が内包された建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備等に影響を与えるおそれのある斜面とすること。
- 二 地質・地盤の構造、地盤等級区分、液状化の可能性及び地下水の影響等を考慮して、すべり安全率等により評価すること。
- 三 評価に用いる地盤モデル、地盤パラメータ及び地震力の設定等は、基礎地盤の支持性能の評価に準じて行うこと。特に地下水の影響に留意すること。

## 国の審査結果

規制委員会は、地盤の変位・支持・変形及び周辺斜面の安定性について以下のとおり確認した結果、設置許可基準規則に適合するものと判断した。

### 1. 地盤の変位

申請者が行った各種調査の結果、耐震重要施設を設置する地盤における断層の活動性評価手法等が適切であり、耐震重要施設設置位置に分布する断層は、将来活動する可能性のある断層等に該当せず、解釈別記1の規定に適合していること及び地質ガイドを踏まえていることを確認した。

### 2. 地盤の支持

設計基準対象施設を設置する地盤の評価については、申請者が行った動的解析の手法、地盤パラメータの設定方法等が適切であり、当該施設を十分に支持することができる地盤に設けるとしていることから、解釈別記1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. 地盤の変形

地盤の変形について、申請者の耐震重要施設の支持地盤の変形に係る設計方針、地殻変動による傾斜に関する評価が適切であり、変形し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当該施設を設けるとしていることから、解釈別記1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耐震設計方針

設置許可基準規則の第四条では、設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。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るおそれがないものでなければならないとされている。また、解釈別記2では、施設全体としておおむね弾性範囲に留まることが要求されている。

## 【設置許可基準規則 解釈別記2（抜粋）】

### 第4条（地震による損傷の防止）

- 1 第4条第1項に規定する「地震力に十分に耐える」とは、ある地震力に対して施設全体としておおむね弾性範囲の設計がなされることをいう。この場合、上記の「弾性範囲の設計」とは、施設を弾性体とみなして応力解析を行い、施設各部の応力を許容限界以下に留めることをいう。また、この場合、上記の「許容限界」とは、必ずしも厳密な弾性限界ではなく、局部的に弾性限界を超える場合を容認しつつも施設全体としておおむね弾性範囲に留まり得ることをいう。
- 2 第4条第2項に規定する「地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度」とは、地震により発生するおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）をいう。設計基準対象施設は、耐震重要度に応じて、以下のクラス（以下「耐震重要度分類」という。）に分類するものとする。

#### 一 Sクラス

地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいものをいい、少なくとも次の施設はSクラスとすること。

- ・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系
- ・使用済燃料を貯蔵するための施設
- ・原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設
- ・原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
- ・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
- ・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に、圧力障壁となり放射性物質の放散を直接防ぐための施設
- ・放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制するための施設であり、上記の「放射性物質の放散を直接防ぐための施設」以外の施設
- ・津波防護機能を有する設備（以下「津波防護施設」という。）及び浸水防止機能を有する設備（以下「浸水防止設備」という。）
- ・敷地における津波監視機能を有する施設（以下「津波監視設備」という。）

（次頁につづく）

## 二 Bクラス

安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設をいい、例えば、次の施設が挙げられる。

- ・原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設
- ・放射性廃棄物を内蔵している施設（ただし、内蔵量が少ない又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和53年通商産業省令第77号）第2条第2項第6号に規定する「周辺監視区域」外における年間の線量限度に比べ十分小さいものは除く。）
- ・放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により、公衆及び従事者に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設
- ・使用済燃料を冷却するための施設
- ・放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設

## 三 Cクラス

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設をいう。

3 第4条第1項に規定する「地震力に十分に耐えること」を満たすために、耐震重要度分類の各クラスに属する設計基準対象施設の耐震設計に当たっては、以下の方針によること。

### 一 Sクラス（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）

- ・弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。
- ・建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。
- ・機器・配管系については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせた荷重条件に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。なお、「運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重」については、地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重及び地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせて考慮すること。

### 二 Bクラス

- ・静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行うこと。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものとする。

(次頁につづく)

- ・建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。
- ・機器・配管系については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。

### 三 Cクラス

- ・静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。
- ・建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。
- ・機器・配管系については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。

## 4 第4条第2項に規定する「地震力」の「算定」に当たっては、以下に示す方法によること。

### 一 弾性設計用地震動による地震力

- ・弾性設計用地震動は、基準地震動（第4条第3項の「その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震」による地震動をいう。以下同じ。）との応答スペクトルの比率の値が、目安として0.5を下回らないような値で、工学的判断に基づいて設定すること。
- ・弾性設計用地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定すること。なお、建物・構築物と地盤との相互作用、埋込み効果及び周辺地盤の非線形性について、必要に応じて考慮すること。
- ・地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、十分な調査に基づく適切な解析条件を設定すること。
- ・地震力の算定過程において建物・構築物の設置位置等で評価される入力地震動については、解放基盤表面からの地震波の伝播特性を適切に考慮するとともに、必要に応じて地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮すること。また、敷地における観測記録に基づくとともに、最新の科学的・技術的知見を踏まえて、その妥当性が示されていること。

### 二 静的地震力

#### ①建物・構築物

- ・水平地震力は、地震層せん断力係数 $C_i$ に、次に示す施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じ、さらに当該層以上の重量を乗じて算定すること。

Sクラス 3.0

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで、地震層せん断力係数 $C_i$ は、標準せん断力係数 $C_0$ を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値とすること。

(次頁につづく)

- ・また、建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回ることを確認が必要であり、必要保有水平耐力の算定においては、地震層せん断力係数 $C_i$ に乗じる施設の耐震重要度分類に応じた係数は、耐重要度分類の各クラスともに1.0とし、その際に用いる標準せん断力係数 $C_0$ は1.0以上とすること。この際、施設の重要度に応じた妥当な安全余裕を有していること。
- ・Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。鉛直地震力は、震度0.3以上を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求めた鉛直震度より算定すること。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とすること。

#### ②機器・配管系

- ・耐震重要度分類の各クラスの地震力は、上記①に示す地震層せん断力係数 $C_i$ に施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度とし、当該水平震度及び上記①の鉛直震度をそれぞれ20%増しとした震度より求めること。
- ・なお、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用させること。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とすること。なお、上記①及び②において標準せん断力係数 $C_0$ 等を0.2以上としたことについては、発電用原子炉設置者に対し、個別の建物・構築物、機器・配管系の設計において、それぞれの重要度を適切に評価し、それぞれに対し適切な値を用いることにより、耐震性の高い施設の建設等を促すことを目的としている。耐震性向上の観点からどの施設に対してどの程度の割増し係数を用いれば良いかについては、設計又は建設に関わる者が一般産業施設及び公共施設等の耐震基準との関係を考慮して設定すること。



## 【基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド（抜粋）】

### II 耐震設計方針

#### 6. 荷重の組合せと許容限界

荷重の組合せと許容限界の考え方が、下記を踏まえ妥当であることを確認する。

なお、本項記載の荷重の組合せと許容限界の規定以外の場合であっても、その妥当性が試験等により確認されていれば、これらの適用を妨げない。

##### 6.1 建物・構築物

###### 6.1.1 Sクラスの建物・構築物

###### (1) 基準地震動との組合せと許容限界

- ・常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力との組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること

###### (2) 弾性設計用地震動との組合せと許容限界

- ・常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組合せ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。

###### 6.1.2 Bクラスの建物・構築物

- ・常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と静的地震力を組合せに、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること

###### 6.1.3 Cクラスの建物・構築物

- ・常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と静的地震力を組合せ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること

##### 6.2 機器・配管系

###### 6.2.1 Sクラスの機器・配管系

###### (1) 基準地震動との組合せと許容限界

- ・通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力を組合せた荷重条件に対して、その施設に要求される機能を保持すること。
- ・上記により求まる荷重により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微少なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼすことがないこと
- ・動的機能等については、基準地震動による応答に対して、その設備に要求される機能を保持すること。具体的には、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こと

(次頁につづく)

## (2)弾性設計用地震動との組合せと許容限界

- ・通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組合せた荷重条件に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。

### 6.2.2 Bクラスの機器・配管系

- ・通常運転時、運転時の異常な過渡変化時の荷重と静的地震力を組合せ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること

### 6.2.3 Cクラスの機器・配管系

- ・通常運転時、運転時の異常な過渡変化時の荷重と静的地震力を組合せ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること

## 国の審査結果

### 1. 耐震重要度分類の方針

規制委員会は、申請者が、耐震重要度分類の策定について、地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設を含む設計基準対象施設を、耐震重要度に応じて、Sクラス、Bクラス、Cクラスに分類する方針としていること、さらに、分類した施設を、安全機能の役割に応じた設備に区分する方針とし、安全機能に間接的な役割を担う設備については、それに関連する設備に適用する地震力を踏まえ検討用地震動を設定する方針としていることから、これらの方針が解釈別記2の規定に適合していること及び地震ガイドを踏まえていることを確認した。

### 2. 弾性設計用地震動の設定方針

申請者が、安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率を考慮すること及び基準地震動S1の応答スペクトルをおおむね下回らないように考慮すること、これらの工学的判断に基づき、基準地震動との応答スペクトルの比率を0.53として弾性設計用地震動を適切に設定する方針としており、この方針が解釈別記2の規定に適合していること及び地震ガイドを踏まえていることを確認した。

なお、申請者は、弾性設計用地震動の年超過確率は $10^{-3}$ ～ $10^{-5}$ 程度としている。

### 3. 地震応答解析による地震力及び静的地震力の算定方針

#### (1) 地震応答解析による地震力

申請者が、施設、地盤等の構造特性、振動等の施設の応答特性、施設と地盤との相互作用及び地盤の非線形性を適切に考慮し、水平2方向及び鉛直方向を適切に組み合わせたものとして地震応答解析による地震力を算定する方針としていることから、この方針が解釈別記2の規定に適合していること及び地震ガイドを踏まえていることを確認した。

(次頁につづく)

## (2) 静的地震力

申請者が、施設の振動特性等を考慮し、耐震性向上の観点に配慮して算定に用いる係数等の割増しをして求めた水平震度及び鉛直震度より静的地震力を算定する方針としていることから、この方針が解釈別記2の規定に適合していること及び地震ガイドを踏まえていることを確認した。

## 4. 荷重の組合せと許容限界の設定方針

### (1) 建物・構築物

申請者が、荷重の組合せについて、耐震重要度分類に応じて常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重を地震力と適切に組み合わせる方針としており、荷重の組合せに対する許容限界については、基準地震動による地震力との組合せの場合は、構造物全体としての変形能力に十分な余裕を有し、終局耐力に対して妥当な安全余裕を有するようにする、また、その他の地震力との組合せの場合は、安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度とする方針としていることから、これらの方針が解釈別記2の規定に適合していること及び地震ガイドを踏まえていること、これらに加え、事故時に生じる荷重及び自然事象による荷重についても適切に考慮する方針としていることを確認した。

### (2) 機器・配管系

申請者が、荷重の組合せについて、耐震重要度分類に応じて運転状態の荷重を地震力と適切に組み合わせる方針としており、荷重の組合せに対する許容限界については、基準地震動による地震力との組合せの場合は、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ように、また、その他の地震力との組合せの場合は、応答全体がおおむね弾性状態に留まるように、適切に設定する方針としていることから、これらの方針が解釈別記2の規定に適合していること及び地震ガイドを踏まえていること、これらに加え、自然事象による荷重についても適切に考慮する方針としていることを確認した。

### (3) 津波防護施設、浸水防止設備等

申請者が、津波防護施設、浸水防止設備等の荷重の組合せと許容限界について、Sクラスの建物・構築物又は機器・配管系に準じて設定する方針とすること、また、基準地震動による地震力には必要に応じて津波による荷重を組み合わせる方針としていることから、これらの方針が解釈別記2の規定に適合していること及び地震ガイドを踏まえていることを確認した。

## 5. 波及的影響に係る設計方針

申請者が、波及的影響の評価に係る事象選定及び影響評価について、以下のとおりの方針としていることから、これらの方針が解釈別記2の規定に適合していること及び地震ガイドを踏まえていることを確認した。

(1) 波及的影響の評価に係る事象選定について、敷地全体を俯瞰した調査・検討の内容等を含めて波及的影響の評価に係る事象選定を行う方針としていることに加え、原子力発電所の地震被害情報についても併せて検討する方針としていること。

(2) 影響評価について、選定された事象による波及的影響を評価して考慮すべき施設を抽出する方針としていることに加え、溢水防護及び火災防護の観点も踏まえて考慮すべき施設を抽出する方針としていること。

## II 耐津波性能について

### 法令上の要求

#### 【設置許可基準規則】

#### 第二章 設計基準対象施設

(津波による損傷の防止)

第五条 設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

#### 第三章 重大事故等対処施設

(津波による損傷の防止)

第四十条 重大事故等対処施設は、基準津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

#### ① 基準津波

設置許可基準規則の解釈別記3では、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こと、また、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、不確かさを考慮して数値解析を実施し、策定することが要求されている。(図13)

#### 【設置許可基準規則別記3（抜粋）】

第5条に規定する「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こと。また、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、不確かさを考慮して数値解析を実施し、策定すること。

また、基準津波の時刻歴波形を示す際は、敷地前面海域の海底地形の特徴を踏まえ、時刻歴波形に対して施設からの反射波の影響が微少となるよう、施設から離れた沿岸域における津波を用いること。

なお、基準津波の策定に当たっての調査については、目的に応じた調査手法を選定するとともに、調査手法の適用条件及び精度等に配慮することによって、調査結果の信頼性と精度を確保すること。(以下省略)

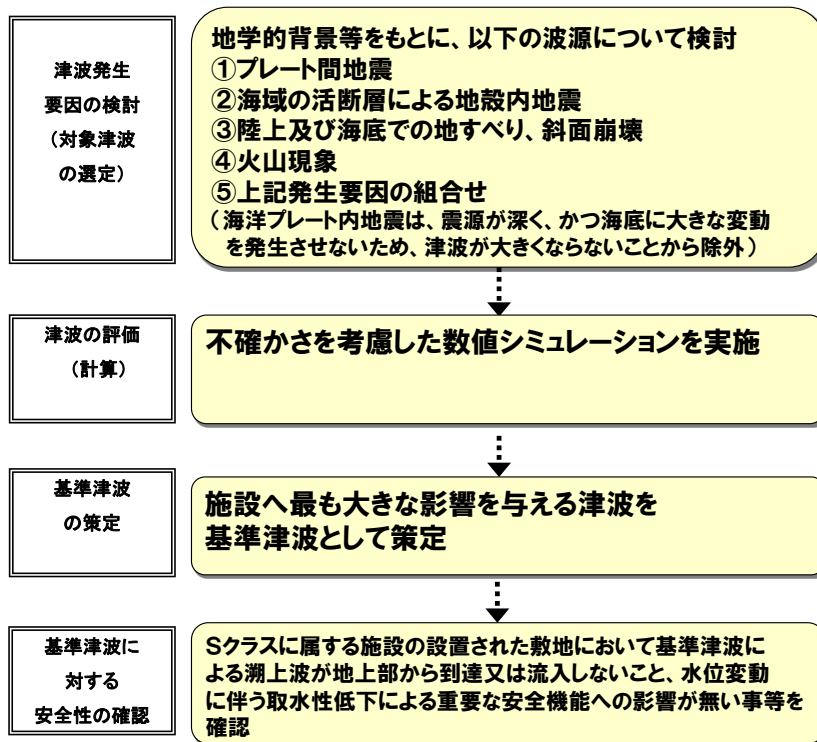


図 1 3 : 耐津波評価の流れ (平成27年12月24日原子力安全専門部会資料2-2)

## 国の審査結果

規制委員会は、基準津波について以下のとおり確認した結果、設置許可基準規則に適合するものと判断した。

申請者が実施した津波評価の内容について審査した結果、本申請における基準津波は、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、不確かさを考慮して適切に策定していることから、解釈別記3の規定に適合していることを確認した。

### 1. 地震に伴う津波

申請者が実施した地震に伴う津波の評価については、波源モデルの設定等に必要な調査を実施するとともに、行政機関が行った津波シミュレーションも適切に反映し、不確かさを考慮して波源の特性や位置等から考えられる適切な規模の津波波源を設定して適切な手法で評価を行っていることから、解釈別記3の規定に適合していることを確認した。

### 2. 地震以外の要因による津波

申請者が実施した地震以外の要因による津波の評価については、波源モデルの設定等に必要な調査を実施するとともに、不確かさを考慮して波源の特性や位置等から考えられる適切な規模の津波波源を設定して適切な手法で評価を行っていることから、解釈別記3の規定に適合していることを確認した。

### 3. 地震に伴う津波と地震以外の要因による津波の組合せ

申請者が実施した地震に伴う津波と地震以外の要因による津波の組合せの評価については、敷地の地学的背景及び津波発生要因の関連性を踏まえて波源を適切に組み合わせ、適切な手法で評価を行っていることから、解釈別記3の規定に適合していることを確認した。

### 4. 基準津波の策定等

申請者が、適切な位置で基準津波の時刻歴波形を策定するとともに、基準津波による水位変動に伴う砂移動の評価を適切に行っていることから、解釈別記3の規定に適合していることを確認した。



## ②耐津波設計方針

設置許可基準規則の解釈別記3では、津波の敷地への流入防止、漏水による重要な安全機能への影響防止、重要な安全機能を有する施設の隔離、水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止などが求められている。

### 【設置許可基準規則 解釈別記3（抜粋）】

3 第5条の「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」を満たすために、基準津波に対する設計基準対象施設の設計に当たっては、以下の方針によること。

一 Sクラスに属する施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。下記第三号において同じ。）の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させないこと。また、取水路及び排水路等の経路から流入させないこと。そのため、以下の方針によること。

①Sクラスに属する設備（浸水防止設備及び津波監視設備を除く。以下下記第三号までにおいて同じ。）を内包する建屋及びSクラスに属する設備（屋外に設置するものに限る。）は、基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置すること。なお、基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には、防潮堤等の津波防護施設及び浸水防止設備を設置すること。

②上記①の遡上波の到達防止に当たっては、敷地及び敷地周辺の地形及びその標高、河川等の存在並びに地震による広域的な隆起・沈降を考慮して、遡上波の回込みを含め敷地への遡上の可能性を検討すること。また、地震による変状又は繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積により地形又は河川流路の変化等が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討すること。

③取水路又は放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路（扉、開口部及び貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すことにより、津波の流入を防止すること。

二 取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止すること。そのため、以下の方針によること。

①取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設及び地下部等における漏水の可能性を検討した上で、漏水が継続することによる浸水範囲を想定（以下「浸水想定範囲」という。）するとともに、同範囲の境界において浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部及び貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すことにより浸水範囲を限定すること。

②浸水想定範囲の周辺にSクラスに属する設備がある場合は、防水区画化するとともに、必要に応じて浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認すること。

（次頁につづく）

- ③浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は、排水設備を設置すること。
- 三 上記の前二号に規定するものの他、Sクラスに属する施設については、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離すること。そのため、Sクラスに属する設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化するとともに、津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部及び貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。
- 四 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止すること。そのため、非常用海水冷却系については、基準津波による水位の低下に対して海水ポンプが機能保持でき、かつ冷却に必要な海水が確保できる設計であること。また、基準津波による水位変動に伴う砂の移動・堆積及び漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保でき、かつ取水口からの砂の混入に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。
- 五 津波防護施設及び浸水防止設備については、入力津波（施設の津波に対する設計を行うために、津波の伝播特性及び浸水経路等を考慮して、それぞれの施設に対して設定するものをいう。以下同じ。）に対して津波防護機能及び浸水防止機能が保持できること。また、津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できること。そのため、以下の方針によること。
- ①上記の「津波防護施設」とは、防潮堤、盛土構造物及び防潮壁等をいう。上記の「浸水防止設備」とは、水密扉及び開口部・貫通部の浸水対策設備等をいう。また、上記の「津波監視設備」とは、敷地の潮位計及び取水ピット水位計、並びに津波の襲来状況を把握できる屋外監視カメラ等をいう。これら以外には、津波防護施設及び浸水防止設備への波力による影響を軽減する効果が期待される防波堤等の津波影響軽減施設・設備がある。
- ②入力津波については、基準津波の波源からの数値計算により、各施設・設備等の設置位置において算定される時刻歴波形とすること。数値計算に当たっては、敷地形状、敷地沿岸域の海底地形、津波の敷地への侵入角度、河川の有無、陸上の遡上・伝播の効果及び伝播経路上の人工構造物等を考慮すること。また、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起を適切に評価し考慮すること。
- ③津波防護施設については、その構造に応じ、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるよう設計すること。
- ④浸水防止設備については、浸水想定範囲等における浸水時及び冠水後の波圧等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計すること。
- ⑤津波監視設備については、津波の影響（波力及び漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置及び影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計すること。
- ⑥津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において建物・構築物及び設置物等が破損、倒壊及び漂流する可能性がある場合には、防潮堤等の津波防護施設及び浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止措置又は津波防護施設及び浸水防止設備への影響の防止措置を施すこと。
- （次頁につづく）

⑦上記③、④及び⑥の設計等においては、耐津波設計上の十分な裕度を含めるため、各施設・設備の機能損傷モードに対応した荷重（浸水高、波力・波圧、洗掘力及び浮力等）について、入力津波から十分な余裕を考慮して設定すること。また、余震の発生の可能性を検討した上で、必要に応じて余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮すること。さらに、入力津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰り返しの襲来による作用が津波防護機能及び浸水防止機能へ及ぼす影響について検討すること。

⑧津波防護施設及び浸水防止設備の設計に当たって、津波影響軽減施設・設備の効果を考慮する場合は、このような施設・設備についても、入力津波に対して津波による影響の軽減機能が保持されるよう設計するとともに、上記⑥及び⑦を満たすこと。

六 地震による敷地の隆起・沈降、地震（本震及び余震）による影響、津波の繰り返しの襲来による影響及び津波による二次的な影響（洗掘、砂移動及び漂流物等）を考慮すること。

七 津波防護施設及び浸水防止設備の設計並びに非常用海水冷却系の評価に当たっては、入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位を考慮して安全側の評価を実施すること。なお、その他の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮すること。また、地震により陸地の隆起又は沈降が想定される場合、想定される地震の震源モデルから算定される、敷地の地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施すること。

## 国の審査結果

### 1. 防護対象とする施設の選定方針

規制委員会は、申請者が、防護対象とする施設の選定について、設計基準対象施設のうち耐震重要度分類におけるSクラスの施設を選定すること、重要な安全機能を有する施設に着目して選定することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

### 2. 基本事項

#### (1) 敷地及び敷地周辺における地形と施設の配置等

規制委員会は、申請者が、耐津波設計の前提条件として必要な事項である敷地及び敷地周辺の地形、施設の配置等について、図面等を用いて網羅的に示しており、これらの事項が津波ガイドを踏まえていることを確認した。

#### (2) 基準津波による敷地周辺の遡上域及び浸水域

規制委員会は、申請者が、遡上解析について、公的機関による信頼性の高いデータや最新技術に基づいたデータを用いてモデルを作成すること、地震による影響を適切に考慮した上で実施し、敷地への遡上可能性を検討することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

#### (3) 入力津波の設定

規制委員会は、申請者が、入力津波の設定について、各施設、設備等の設置位置において、海水面からの水位変動量の時刻歴波形で設定すること、海水取水口周辺の局所的な海面振動の励起に関する評価を、基準津波定義地点及び海水取水口等における時刻歴水位を基に実施することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

(次頁につづく)

#### (4) 津波防護の方針設定に当たっての考慮事項（水位変動、地殻変動）

規制委員会は、申請者が、水位変動、地殻変動について、朔望平均満潮位を入力津波の上昇側水位変動に対して考慮し、朔望平均干潮位を入力津波の下降側水位変動に対して考慮し保守的な設定をすること、潮汐に加えて影響の大きな高潮による水位変動をハザードの評価に基づき考慮すること、地震によって発生する広域的な地殻変動（隆起又は沈降）を下降側及び上昇側の水位変動に対して考慮し保守的な評価をすることとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

### 3. 津波防護の方針

#### (1) 津波防護の基本方針

規制委員会は、申請者が、津波防護の基本方針について、敷地の特性に応じた方針であること及び当該方針に基づく津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備等の配置を図面により示していることから、この方針が津波ガイドを踏まえていることを確認した。

#### (2) 敷地への浸水防止（外郭防護1）

##### ① 遡上波の地上部からの到達、流入の防止

規制委員会は、申請者が、遡上波の地上部からの到達、流入の防止について、基準津波による遡上域を把握するために実施した解析の結果に基づき、津波防護対象設備を遡上波が地上部から到達、流入しない位置に設置することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

##### ② 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止

規制委員会は、申請者が、取水路、放水路等の経路から津波の流入する可能性を網羅的に検討して海水ピットを流入経路として特定した上で、浸水防止設備の設置等により津波の流入を防止することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

#### (3) 漏水による重要な安全機能を有する施設への影響防止（外郭防護2）

##### ① 漏水対策

規制委員会は、申請者が、漏水による重要な安全機能を有する施設への影響防止について、海水ポンプエリアを浸水想定範囲として設定した上で、同エリアへの浸水経路である壁貫通部への止水処置の実施並びに除塵装置エリアからの連絡通路及び床への水密扉等の設置により浸水範囲を限定することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

##### ② 重要な安全機能を有する施設への影響評価

規制委員会は、申請者が、重要な安全機能を有する施設への影響評価について、浸水想定範囲である海水ポンプエリアを防水区画化した上で、区画内への浸水量評価によって海水ポンプへの影響がないことを確認することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

(次頁につづく)

### ③ 排水設備設置の検討

規制委員会は、申請者が、排水設備設置の検討について、「② 重要な安全機能を有する施設への影響評価」における「浸水想定範囲における浸水量評価」に基づき、長期間の冠水の有無に応じて排水設備を設置することとしており、この方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

### (4) 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

規制委員会は、申請者が、重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）について、発電所の施設の配置、基準津波の特性に応じた浸水の可能性のある津波の流入や溢水を保守的に評価して、重要な安全機能を有する施設を隔離することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

### (5) 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能を有する施設への影響防止

#### ①海水ポンプの取水性

規制委員会は、申請者が、海水ポンプ取水可能水位と引き波時の下降側の水位との比較により取水性を評価した上で、海水ピット堰を設置することで水位変動に伴う取水性低下に対して海水ポンプの機能を保持できるよう設計すること、また、循環水ポンプの運転による海水ポンプの取水性への影響もないことから、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

#### ②津波の二次的な影響に対する原子炉補機冷却海水系の機能保持確認

規制委員会は、申請者が、設備の構造等を踏まえた基準津波による取水口付近の砂の移動や堆積、取水口付近の漂流物の影響も含めて検討を実施することにより、津波の二次的な影響に対して原子炉補機冷却海水系の機能を保持することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

### (6) 津波監視

規制委員会は、申請者が、津波防護施設及び浸水防止設備の機能を確保するために津波監視設備を設置して、敷地への津波の繰り返しの襲来を察知すること及び当該設備により昼夜問わず原子炉制御室から監視可能としており、これらの方針が津波ガイドを踏まえていることを確認した。

## 4. 施設又は設備の設計方針及び条件

### (1) 津波防護施設の設計

規制委員会は、申請者が、津波防護施設の設計について、入力津波に対して津波防護機能を十分に保持できるよう設計すること、施設に作用する荷重を適切に組み合わせること及び地震後、津波後の再使用性や津波の繰り返し作用に配慮し十分な余裕を有するよう許容限界を設定することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

(次頁につづく)

## (2) 浸水防止設備の設計

規制委員会は、申請者が、浸水防止設備の設計について、入力津波に対して浸水防止機能を十分に保持できるよう設計すること、設備に作用する荷重を適切に組み合わせること、地震後、津波後の再使用性や津波の繰り返し作用に配慮し十分な余裕を有するよう許容限界を設定すること及び水密扉について開放後の確実な閉止操作等の手順を整備し、津波襲来時に閉止された状態を保持することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

## (3) 津波監視設備の設計

規制委員会は、申請者が、津波監視設備の設計について、入力津波及び漂流物に対して津波監視機能を十分に保持できるよう設置位置を設定することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

## (4) 施設、設備等の設計又は評価に係る検討事項

### ①津波防護施設、浸水防止設備等の設計における検討事項

規制委員会は、申請者が、津波防護施設、浸水防止設備等の設計について、津波荷重の設定において不確かさを十分に考慮すること、余震による荷重を安全側に組み合わせることなどにより、耐津波設計上の十分な裕度を確保することとしており、これらの方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

### ②漂流物による波及的影響の検討

規制委員会は、申請者が、漂流物による波及的影響について、津波防護施設及び浸水防止設備が漂流物による波及的影響を受けないよう、入力津波による漂流物の衝突力に対して十分耐え得る構造として設計することとしており、この方針が解釈別記3の規定に適合していること及び津波ガイドを踏まえていることを確認した。

### ③津波影響軽減施設及び設備の扱い

申請者は、3号炉が基準津波に対して余裕のある高さ T.P. +10.0m の敷地に囲まれていること、敷地外からの漂流物の影響を受けない位置に津波防護施設等を設置することなどを踏まえ、津波影響軽減施設等を設置しないとしている。



### Ⅲ 自然現象に対する考慮(火山、竜巻、森林火災)

#### 法令上の要求

##### 【設置許可基準規則】

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第六条 安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。（以下省略）

設置許可基準規則第6条の解釈では、「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象又は森林火災等から適用されるものをいうとされており、設計上の考慮を要する自然現象又はその組み合わせに遭遇した場合において、自然事象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件において、その設備が有する安全機能が達成されることが要求されている。また、「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいい、過去の記録、現地調査の結果及び最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとするとしている。

#### ① 火山影響評価

##### 【原子力発電所の火山影響評価ガイド（抜粋）】

2. 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の流れ

火山影響評価は、図1に従い、立地評価と影響評価の2段階で行う。

立地評価では、まず原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い、影響を及ぼし得る火山が抽出された場合には、抽出された火山の火山活動に関する個別評価を行う。即ち、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行う。（解説-1）

影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された場合は、火山活動のモニタリングと火山活動の兆候把握時の対応を適切に行うことを条件として、個々の火山事象に対する影響評価を行う。一方、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価されない場合は、原子力発電所の立地は不適と考えられる。

影響評価では、個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う。

解説-1. IAEA SSG-21 では、火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火道の開通及び地殻変動を設計対応が不可能な火山事象としており、本評価ガイドでも、これを適用する。

(次頁に続く)

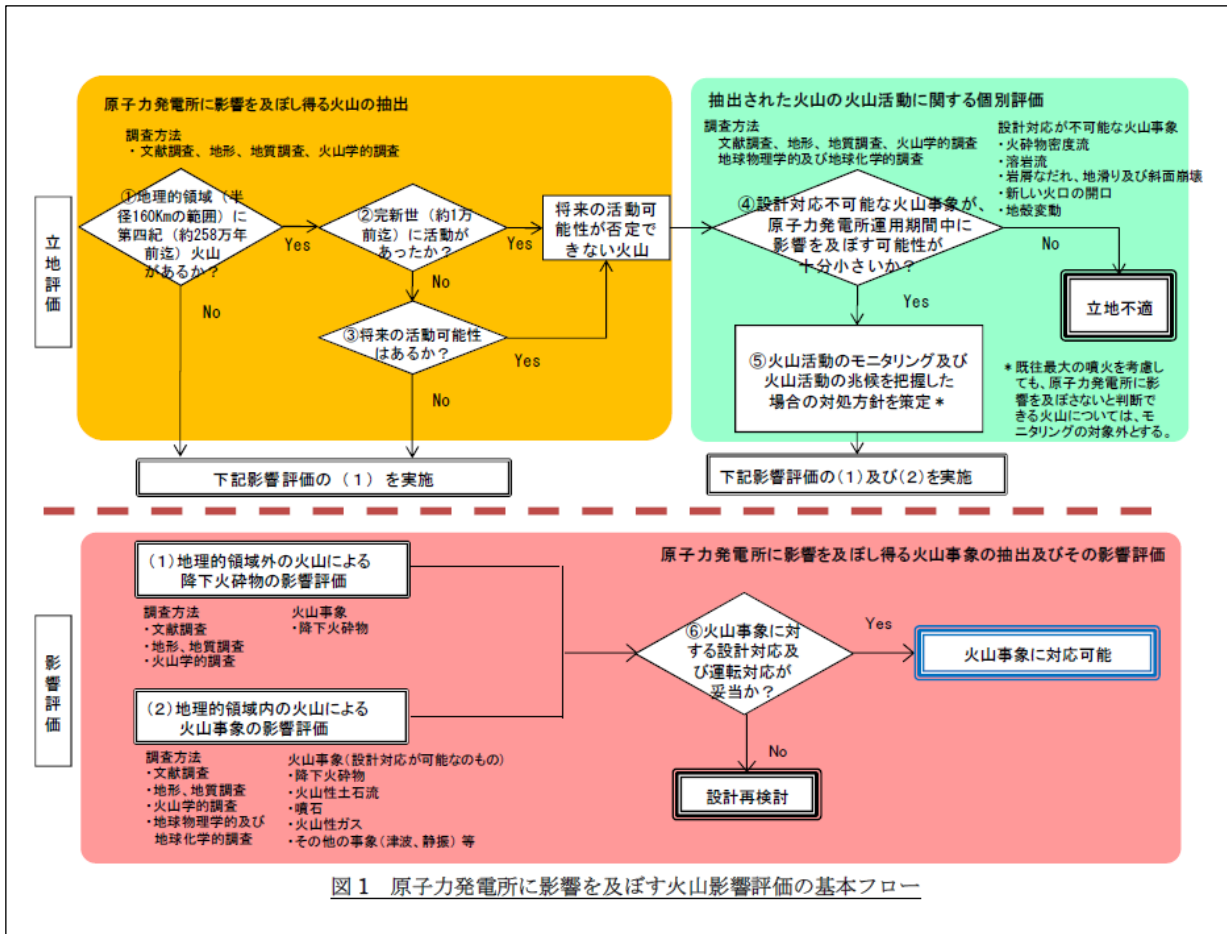


図1 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

## 国の審査結果

規制委員会は、火山に対する設計方針について以下のとおり確認した結果、設置許可基準規則に適合するものと判断した。

### 1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

申請者が実施した本発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出は、階段ダイヤグラムの作成等により過去の火山活動履歴を評価して行われていることから、火山ガイドを踏まえていることを確認した。

### 2. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

申請者が実施した本発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価は、活動履歴の把握、地球物理学的手法によるマグマ溜まりの存在や規模等に関する知見に基づいており、火山ガイドを踏まえていることを確認した。

また、規制委員会は、申請者が本発電所の運用期間に設計対応不可能な火山事象が本発電所に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は妥当であると判断した。

### 3. 原子力発電所への火山事象の影響評価

申請者が実施した設計対応不可能な火山事象以外の火山事象の影響評価については、文献調査、地質調査等により、本発電所への影響を評価するとともに、数値シミュレーションによる降下火砕物の検討も行っていることから、火山ガイドを踏まえていることを確認した。

### 4. 火山活動に対する防護に関して、設計対象施設を抽出するための方針

申請者による設計対象施設を抽出するための方針が、安全重要度分類指針に従って、降下火砕物によって安全機能が損なわれるおそれがある構築物、系統及び機器並びに上位クラスへ影響を及ぼし得る施設について、火山ガイドを踏まえて降下火砕物の特徴を考慮した上で、適切に抽出するものとしていることを確認した。

### 5. 降下火砕物による影響の選定

申請者による降下火砕物の直接的影響及び間接的影響の選定が、火山ガイドを踏まえたものであり、降下火砕物の特徴及び設計対象施設の特徴を考慮していることを確認した。

### 6. 設計荷重の設定

申請者による設計荷重の設定が、設計対象施設ごとに常時作用する荷重、運転時荷重等を考慮するものとしていることを確認した。

(次頁に続く)

7. 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針

申請者が、降下火砕物の直接的影響により安全機能が損なわれないとしており、この設計方針が火山ガイドを踏まえていることを確認した。

8. 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針

申請者の設計が、降下火砕物の間接的影響として外部電源喪失及び交通の途絶を想定し、ディーゼル発電機、燃料油貯油槽及び重油タンクを備え、ディーゼル発電機の7日間の連続運転を可能とするため、重油移送配管により燃料の輸送を確実にを行う運用とするとしており、この方針が火山ガイドを踏まえたものであることを確認した。

## ② 竜巻影響評価

### 【原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（抜粋）】

#### 2.2.1 設計の基本フロー

図 2.1 に設計の基本フローを示す。設置許可段階では、基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重が適切に設定されていること、並びに設計荷重に対して、機能・配置・構造計画等を経て抽出された設計対象施設の安全機能が維持される方針であることを確認する。ただし、設計荷重については、設置許可段階において、その基本的な種類や値等が適切に設定されていることを確認する。

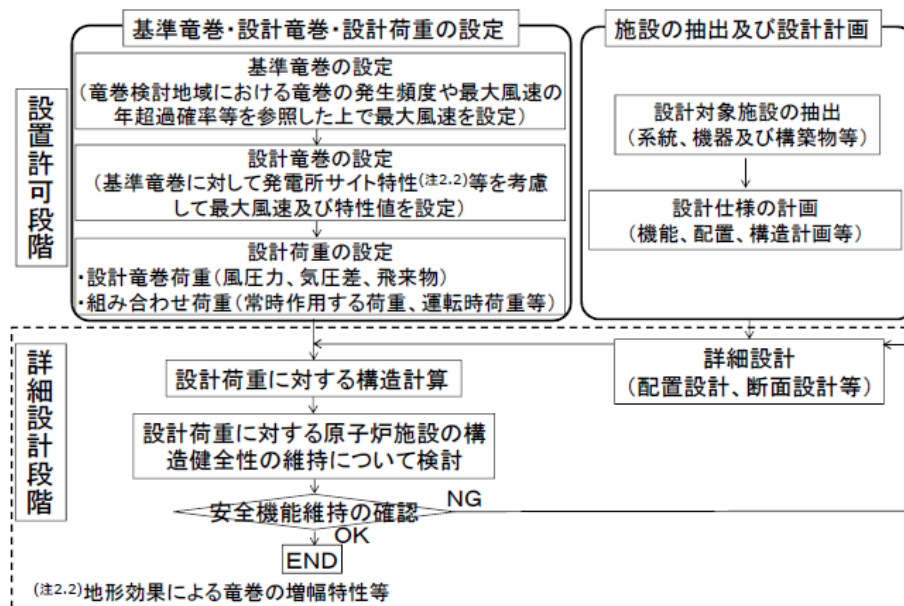


図 2.1 設計の基本フロー

#### 3.3 基準竜巻の設定

以下の基本的な方針に基づいて基準竜巻の最大風速( $V_B$ )を設定する。ここで、 $V_B$ は最大瞬間風速とする。

- (1) 基準竜巻の最大風速( $V_B$ )は、竜巻検討地域において、過去に発生した竜巻の規模や発生頻度、最大風速の年超過確率等を考慮して適切に設定する。
- (2) 基準竜巻の最大風速( $V_B$ )は、下記に示す  $VB_1$  と  $VB_2$  のうちの大きな風速とする。

##### ①過去に発生した竜巻による最大風速( $VB_1$ )

日本で過去に発生した竜巻による最大風速を  $VB_1$  として設定することを原則とする。ただし、竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の最大風速を十分な信頼性のあるデータ等に基づいて評価できる場合においては、「日本」を「竜巻検討地域」に読み替えることができる。

(次頁に続く)

## ②竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速( $V_{B2}$ )

竜巻検討地域における竜巻の観測記録等に基づいて作成した竜巻最大風速のハザード曲線上において、年超過確率( $P_{B2}$ )に対応する竜巻最大風速を $V_{B2}$ とする。ここで、 $P_{B2}$ は $10^{-5}$ （暫定値）を上回らないものとする。

（以下省略）

### 3.4 設計竜巻の設定

以下の基本的な方針に基づいて設計竜巻の最大風速( $V_D$ )及び特性値を設定する。ここで、 $V_D$ は最大瞬間風速とする。

- (1) 設計竜巻の最大風速( $V_D$ )は、原子力発電所が立地する地域の特性（地形効果による竜巻の増幅特性等）等を考慮して、科学的見地等から基準竜巻の最大風速( $V_B$ )の適切な割り増し等を行って設定されていること。なお、 $V_D$ は、 $V_B$ を下回らないものとする。
- (2) 設計竜巻の特性値は、設計竜巻の最大風速( $V_D$ )、並びに竜巻検討地域において過去に発生した竜巻の特性等を考慮して適切に設定する。

### 2.1 設計対象施設

以下の（１）及び（２）に示す施設を設計対象施設とする。

#### (1) 竜巻防護施設

「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の重要度分類における耐震 S クラスの設計を要求される設備（系統・機器）及び建屋・構築物等とする。

#### (2) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

当該施設の破損等により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性が否定できない施設、又はその施設の特定の区画<sup>(注2.1)</sup>。

(注2.1) 竜巻防護施設を内包する区画。



## 国の審査結果

規制委員会は、竜巻に対する設計方針について以下のとおり確認した結果、設置許可基準規則に適合するものと判断した。

### 1. 設計上対処すべき施設を抽出するための方針

申請者による設計対象施設を抽出するための方針が、竜巻ガイドを踏まえたものであることに加え、安全施設の安全機能に着目した検討が行われていることを確認した。

### 2. 発生を想定する竜巻の設定

申請者による設計竜巻の設定が、竜巻ガイドを踏まえたものであることに加え、保守性を持たせるなどの考慮をしたものであることを確認した。

### 3. 設計荷重の設定

「風圧力による荷重」、「評価対象施設内外の気圧差による荷重」及び「飛来物の衝撃荷重」の設定について、竜巻ガイドを踏まえたものであることを確認した。これに加え、「飛来物の衝撃荷重」については、飛来物となり得るものを抽出し設計飛来物を選定した上で設定していること、設計飛来物より運動エネルギー又は衝撃力が大きくなる場合には固縛等の飛来物発生防止対策を講じる方針としていることを確認した。

### 4. 設計対象施設の設計方針

申請者の設計が、竜巻ガイドを踏まえたものであり、設計荷重によって生じる影響を考慮し、必要に応じて竜巻防護施設及び竜巻防護施設に影響を及ぼし得る施設に対して防護対策を講じることにより、竜巻防護施設の安全機能が損なわれない方針としていることを確認した。

### 5. 竜巻随伴事象に対する設計対象施設の設計方針

申請者の設計が、竜巻ガイドを踏まえたものであり、危険物タンク等と竜巻防護施設の位置関係を本発電所の図面等により確認する等、竜巻随伴事象の影響を適切に設定した上で、その竜巻随伴事象に対して竜巻防護施設の安全機能が損なわれない設計とする方針としていることを確認した。

### ③ 外部火災（森林火災、近隣の産業施設の火災・爆発、航空機墜落による火災）

#### 【原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（抜粋）】

##### 1. 1 外部火災とは

外部火災とは、原子力発電所（以下「発電所」という。）敷地外で発生する火災であり、地震以外の自然現象として森林火災、また、外部人為事象（偶発事象）として近隣の産業施設（工場・コンビナート等）の火災・爆発、航空機墜落による火災等がその代表的なものである。（以下省略）

##### 2. 1 外部火災負荷とその特性

外部火災による原子炉施設への影響については、以下を考慮する必要がある。

- （1）火災の規模（放射エネルギー、火炎の強度・面積・形状、伝播速度）
- （2）二次的影響の有無（煙、ガス、爆発による飛来物等）

##### 4. 外部火災の影響評価

###### 4. 1 考慮すべき発電所敷地外の火災

考慮すべき発電所敷地外の火災として以下を検討する。ただし、航空機墜落による火災について、発電所敷地内に航空機墜落が想定される場合には、その発火点は敷地内とする。

###### （1）森林火災

発電所敷地外の10km以内を発火点とした森林火災が発電所に迫った場合でも、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。（解説-1）

###### （2）近隣の産業施設の火災・爆発

近隣の産業施設で発生した火災・爆発により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。なお、発電所敷地外の10km以内を発火点とし、森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は（1）の森林火災として評価する。（ただし、発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジンなどの危険物タンク火災については、（3）の航空機墜落と同様に原子炉施設への熱影響評価等を行う。）

###### （3）航空機墜落による火災

航空機の墜落に伴う火災により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。（解説-2）

（次頁に続く）

(解説-1) 発火点の設定について

米国外部火災基準(NUREG-1407)において、発電所から5マイル以内の火災の影響を評価するとしていることを参考として設定。

(解説-2) 航空機墜落の評価について

旧原子力安全・保安院が平成14年7月30日付けで定め、平成21年6月30日付けで改正した「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準(について)」(平成21・06・25 原院第1号(平成21年6月30日原子力安全・保安院制定))等に基づき、原子炉施設の敷地広さを考慮して、評価の要否について判断する。

## 国の審査結果

規制委員会は、外部火災に対する設計方針について以下のとおり確認した結果、設置許可基準規則に適合するものと判断した。

### 1. 設計上対処すべき施設を抽出するための方針

申請者による外部火災防護施設の抽出方針について、外部火災によって安全機能が損なわれるおそれがある構築物、系統及び機器を、火炎及び輻射熱の影響による影響並びにばい煙等の二次的影響の特徴を考慮した上で、安全重要度分類指針に従って抽出するものとしていることを確認した。

### 2. 考慮すべき外部火災

申請者による外部火災の設定が、外部火災ガイドを踏まえたものであることを確認した。

### 3. 外部火災に対する設計方針

#### (1) 森林火災

申請者による森林火災に対する設計が、森林火災による影響に対して必要な防火帯幅等を確保する方針としていることを確認した。

#### (2) 近隣の産業施設の火災・爆発

申請者による近隣の産業施設の火災・爆発の発生の想定が、外部火災ガイドを踏まえたものであり、近隣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ことを確認した。

#### (3) 発電所敷地内における航空機落下等による火災

申請者による航空機落下等の火災に対する設計が、外部火災ガイドを踏まえたものであり、当該火災が保守的に評価された上で策定されていることを確認した。

#### (4) ばい煙及び有毒ガス

申請者による外部火災の二次的影響に対する設計が、外部火災ガイドを踏まえたものであることを確認した。

#### IV 電源の信頼性 法令上の要求

##### 【設置許可基準規則】

##### 第二章 設計基準対象施設 (保安電源設備)

第三十三条 発電用原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。

- 2 発電用原子炉施設には、非常用電源設備（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。
- 3 保安電源設備（安全施設へ電力を供給するための設備をいう。）は、電線路、発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から安全施設への電力の供給が停止することがないように、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止するものでなければならない。
- 4 設計基準対象施設に接続する電線路のうち少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものであって、当該設計基準対象施設において受電可能なものであり、かつ、それにより当該設計基準対象施設を電力系統に連系するものでなければならない。
- 5 前項の電線路のうち少なくとも一回線は、設計基準対象施設において他の回線と物理的に分離して受電できるものでなければならない。
- 6 設計基準対象施設に接続する電線路は、同一の工場等の二以上の発電用原子炉施設を電力系統に連系する場合には、いずれの二回線が喪失した場合においても電力系統からこれらの発電用原子炉施設への電力の供給が同時に停止しないものでなければならない。
- 7 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。
- 8 設計基準対象施設は、他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備から受電する場合には、当該非常用電源設備から供給される電力に過度に依存しないものでなければならない。

(次頁に続く)

### 第三章 重大事故等対処施設 (電源設備)

第五十七条 発電用原子炉施設には、設計基準事故対処設備の電源が喪失したことにより重大事故等が発生した場合において炉心の著しい損傷、原子炉格納容器の破損、貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷及び運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するために必要な電力を確保するために必要な設備を設けなければならない。

2 発電用原子炉施設には、第三十三条第二項の規定により設置される非常用電源設備及び前項の規定により設置される電源設備のほか、設計基準事故対処設備の電源が喪失したことにより重大事故等が発生した場合において炉心の著しい損傷、原子炉格納容器の破損、貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷及び運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するための常設の直流電源設備を設けなければならない。

## 【設置許可基準規則の解釈】

### 第二章 設計基準対象施設

#### 第33条（保安電源設備）

- 1 第3項に規定する「安全施設への電力の供給が停止することがない」とは、重要安全施設に対して、その多重性を損なうことがないように、電気系統についても系統分離を考慮して母線が構成されるとともに、電気系統を構成する個々の機器が信頼性の高いものであって、非常用所内電源系からの受電時等の母線の切替操作が容易なことをいう。なお、上記の「非常用所内電源系」とは、非常用所内電源設備（非常用ディーゼル発電機及びバッテリー等）及び工学的安全施設を含む重要安全施設への電力供給設備（非常用母線スイッチギヤ及びケーブル等）をいう。
- 2 第3項に規定する「機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止する」とは、電気系統の機器の短絡若しくは地絡又は母線の低電圧若しくは過電流等を検知し、遮断器等により故障箇所を隔離することによって、故障による影響を局所化できるとともに、他の安全機能への影響を限定できることをいう。また、外部電源に直接接続している変圧器の一次側において3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合にあっては、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策（手動操作による対策を含む。）を行うことによって、安全施設への電力の供給が停止することがないように、電力供給の安定性を回復できることをいう。
- 3 第4項に規定する「少なくとも二回線」とは、送受電可能な回線又は受電専用の回線の組み合わせにより、電力系統と非常用所内配電設備とを接続する外部電源受電回路を2つ以上設けることにより達成されることをいう。
- 4 第4項に規定する「互いに独立したもの」とは、発電用原子炉施設に接続する電線路上流側の接続先において1つの変電所又は開閉所のみに関連し、当該変電所又は開閉所が停止することにより当該発電用原子炉施設に接続された送電線が全て停止する事態にならないことをいう。
- 5 第5項に規定する「物理的に分離」とは、同一の送電鉄塔等に架線されていないことをいう。
- 6 第6項に規定する「同時に停止しない」とは、複数の発電用原子炉施設が設置されている原子力発電所の場合、外部電源系が3回線以上の送電線で電力系統と接続されることにより、いかなる2回線が喪失しても複数の発電用原子炉施設が同時に外部電源喪失に至らないよう各発電用原子炉施設にタイラインで接続する構成であることをいう。なお、上記の「外部電源系」とは、外部電源（電力系統）に加えて当該発電用原子炉施設の主発電機からの電力を発電用原子炉施設に供給するための一連の設備をいう。また、開閉所及び当該開閉所から主発電機側の送受電設備は、不等沈下又は傾斜等が起きないような十分な支持性能をもつ地盤に設置されるとともに、碍子及び遮断器等は耐震性の高いものが使用されること。さらに、津波に対して隔離又は防護するとともに、塩害を考慮したものであること。

（次頁に続く）



- 7 第7項に規定する「十分な容量」とは、7日間の外部電源喪失を仮定しても、非常用ディーゼル発電機等の連続運転により必要とする電力を供給できることをいう。非常用ディーゼル発電機等の燃料を貯蔵する設備（耐震重要度分類Sクラス）は、7日分の連続運転に必要な容量以上を敷地内に貯蔵できるものであること。
- 8 第8項に規定する「他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備から受電する場合」とは、発電用原子炉施設ごとに、必要な電気容量の非常用電源設備を設置した上で、安全性の向上が認められる設計であることを条件として、認められ得る非常用電源設備の共用をいう。

### 第三章 重大事故等対処施設

#### 第57条（電源設備）

- 1 第1項に規定する「必要な電力を確保するために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。
- a) 代替電源設備を設けること。
    - i) 可搬型代替電源設備（電源車及びバッテリー等）を配備すること。
    - ii) 常設代替電源設備として交流電源設備を設置すること。
    - iii) 設計基準事故対処設備に対して、独立性を有し、位置的分散を図ること。
  - b) 所内常設蓄電式直流電源設備は、負荷切り離しを行わずに8時間、電気の供給が可能であること。ただし、「負荷切り離しを行わずに」には、原子炉制御室又は隣接する電気室等において簡易な操作で負荷の切り離しを行う場合を含まない。その後、必要な負荷以外を切り離して残り16時間の合計24時間にわたり、電気の供給を行うことが可能であること。
  - c) 24時間にわたり、重大事故等の対応に必要な設備に電気（直流）の供給を行うことが可能である可搬型直流電源設備を整備すること。
  - d) 複数号機設置されている工場等では、号機間の電力融通を行えるようにあらかじめケーブル等を敷設し、手動で接続できること。
  - e) 所内電気設備（モーターコントロールセンター(MCC)、パワーセンター(P/C)及び金属閉鎖配電盤(メタクラ)(MC)等）は、代替所内電気設備を設けることなどにより共通要因で機能を失うことなく、少なくとも一系統は機能の維持及び人の接近性の確保を図ること。
- 2 第2項に規定する「常設の直流電源設備」とは、以下に掲げる措置又はこれと同等以上の効果を有する措置を行うための設備とする。
- a) 更なる信頼性を向上するため、負荷切り離し（原子炉制御室又は隣接する電気室等において簡易な操作で負荷の切り離しを行う場合を含まない。）を行わずに8時間、その後、必要な負荷以外を切り離して残り16時間の合計24時間にわたり、重大事故等の対応に必要な設備に電気の供給を行うことが可能であるもう1系統の特に高い信頼性を有する所内常設直流電源設備（3系統目）を整備すること。

## 国の審査結果

規制委員会は、保安電源設備の設計について以下のとおり確認した結果、設置許可基準規則に適合するものと判断した。

### 1. 保安電源の信頼性（第37条）

#### （1）発電所構内における電気系統の信頼性

規制委員会は、申請者の設計が、以下の点を考慮する方針としていることを確認した。

- ① 保安電源設備については、安全施設への電力の供給が停止することがないようにすること、電力系統の異常の検知とその拡大防止については、遮断器により短絡等の故障による影響を局所化するとともに、他の安全機能への影響を限定できること。
- ② 外部電源に直接接続している変圧器の1次側において、3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合にあっては、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、保護継電器が作動することによる故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策を行うことによって、安全施設への電力の供給の安定性を回復できること。
- ③ 重要安全施設に対する電気系統については、系統分離を考慮した母線によって構成されるとともに、電気系統を構成する個々の機器が信頼性の高いものであって、非常用所内電源系からの受電時等の母線の切替え操作が容易であること。

#### （2）電線路の独立性

申請者の設計が、原子炉施設に接続する電線路の上流側の接続先の変電所が停止した場合であっても、当該原子炉施設に接続された送電線による電力の供給が全て停止しないとしており、独立性を有する方針とすることを確認した。

#### （3）電線路の物理的分離

申請者の設計が、地滑り等の共通要因にて電力の供給が全て同時に停止しないように、電線路を同一の送電鉄塔に架線しない方針としていることを確認した。

#### （4）複数号炉を設置する場合における電力供給確保

申請者の設計が、設計基準対象施設に接続する電線路のいずれの2回線が喪失した場合でも他の1回線によって3号炉に電力を供給できる方針としていることを確認した。

（次頁に続く）

## 2. 外部電源喪失時における発電所構内の電源の確保（第37条）

### （1）非常用電源設備等

申請者の設計が、以下の方針としていることを確認した。

- ① 非常用所内電源設備について、多重性及び独立性を考慮し、それぞれ別の場所に設置することにより、その系統を構成する機器又は器具の単一故障が発生した場合であっても、設計基準事故に対処するための設備の機能を確保する。
- ② ディーゼル発電機の7日間連続運転を可能とするために、必要となる燃料を貯蔵する設備として、燃料油貯油槽に加えて重油タンクを設置し、地震等の自然現象及び人為事象（故意によるものを除く。）を想定しても、輸送手段を必ず1手段確保し、重油タンクから燃料油貯油槽に燃料の輸送を確実に行う。

### （2）隣接する発電用原子炉施設に属する非常用電源設備等への依存

申請者が、他の原子炉施設に属する非常用電源設備等を共用しない設計とすることを確認した。

## 3. 電源設備（第57条）

電源の確保のために申請者が計画する設備及び手順等が、第57条等における各々の要求事項に対応し、かつ、適切に整備される方針であることから、第57条等に適合するものと判断した。

## V シビアアクシデント対策 法令上の要求

### 【設置許可基準規則】

(重大事故等の拡大の防止等)

第三十七条 発電用原子炉施設は、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、炉心の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。

- 2 発電用原子炉施設は、重大事故が発生した場合において、原子炉格納容器の破損及び工場等外への放射性物質の異常な水準の放出を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。
- 3 発電用原子炉施設は、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、使用済燃料貯蔵槽内の燃料体又は使用済燃料（以下「貯蔵槽内燃料体等」という。）の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。
- 4 発電用原子炉施設は、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、運転停止中における発電用原子炉内の燃料体（以下「運転停止中原子炉内燃料体」という。）の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。

設置許可基準規則第三十七条の解釈において、以下に示す事故シーケンスグループ等を必ず含めた上で、当該プラントに対する確率論的リスク評価（以下「PRA」という。）等を実施し、有意な頻度がある事故シーケンスグループが見いだされた場合には、これを追加することを求めている。

#### (i) 運転中事故シーケンスグループ

- ・ 2次冷却系からの除熱機能喪失
- ・ 全交流動力電源喪失
- ・ 原子炉補機冷却機能喪失
- ・ 原子炉格納容器の除熱機能喪失
- ・ 原子炉停止機能喪失
- ・ ECCS 注水機能喪失
- ・ ECCS 再循環機能喪失
- ・ 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）

#### (ii) 格納容器破損モード

- ・ 雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）
- ・ 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱
- ・ 原子炉圧力容器外の溶融燃料—冷却材相互作用
- ・ 水素燃焼
- ・ 格納容器直接接触（シェルアタック）
- ・ 溶融炉心・コンクリート相互作用

(iii) 使用済燃料貯蔵槽（伊方3号施設の名称は「使用済燃料ピット」）の想定事故1及び想定事故2

- ・ 想定事故1：使用済燃料貯蔵槽の冷却機能又は注水機能が喪失することにより、使用済燃料貯蔵槽内の水の温度が上昇し、蒸発により水位が低下する事故
- ・ 想定事故2：サイフォン現象等により使用済燃料貯蔵槽内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料貯蔵槽の水位が低下する事故

(iv) 運転停止中事故シーケンスグループ

- ・ 崩壊熱除去機能喪失（RHR の故障による停止時冷却機能喪失）
- ・ 全交流動力電源喪失
- ・ 原子炉冷却材の流出
- ・ 反応度の誤投入

#### ① 有効性評価

伊方3号機において、「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」、「運転中の原子炉における重大事故」、「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」及び「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」が発生した場合にも、炉心や燃料体の著しい損傷の防止あるいは原子炉格納容器の破損及び発電所外への放射性物質の異常な水準の放出の防止に講じることとしている措置（重大事故等対策）が有効であることを確認するため、評価対象とする事故シーケンスを整理し、対応する評価項目を設定した上で、計算プログラムを用いた解析等を踏まえて、設備、手順及び体制の有効性を評価している。

## 国の審査結果

規制委員会は、重大事故等の拡大の防止等について以下のとおり確認した結果、設置許可基準規則に適合するものと判断した。

### 1 事故の想定

#### (1) 運転中原子炉において炉心損傷に至るおそれがある事故

申請者が特定した事故シーケンスグループ及び選定した重要事故シーケンスは、妥当なものであると判断した。

#### (2) 運転中原子炉において格納容器破損に至るおそれがある事故

申請者が特定した格納容器破損モード及び選定した評価事故シーケンスは、妥当なものであると判断した。

#### (3) 運転停止中原子炉において燃料損傷に至るおそれがある事故

申請者が特定した事故シーケンスグループ及び選定した重要事故シーケンスは、妥当なものであると判断した。

### 2 有効性評価の結果

#### (1) 炉心損傷防止対策

各事故シーケンスグループ「2冷却系からの除熱機能喪失」、「全交流動力電源喪失」、「原子炉補機冷却機能喪失」、「原子炉格納容器の除熱機能喪失」、「原子炉停止機能喪失」、「ECCS注水機能喪失」、「ECCS再循環機能喪失」、「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）」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。

#### (2) 格納容器破損防止対策

各格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」、「高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱」、「原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用」、「水素燃焼」、「溶融炉心・コンクリート相互作用」に対して申請者が計画している格納容器破損防止対策は、有効なものであると判断した。

なお、必ず想定する格納容器破損モードのうち、格納容器直接接触（シェルアタック）については、BWRの一部の格納容器に特有の事象とみなされているため、PWRである当該評価の対象から除外する。

(次頁に続く)

### (3) 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止対策

使用済燃料貯蔵槽の「想定事故1（使用済燃料貯蔵槽の冷却機能又は注水機能が喪失することにより、使用済燃料貯蔵槽内の水の温度が上昇し、蒸発により水位が低下する事故）」、「想定事故2（サイフォン現象等により使用済燃料貯蔵槽内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料貯蔵槽の水位が低下する事故）」に対して申請者が計画している燃料損傷防止対策は、有効なものであると判断した。

### (4) 運転停止中の原子炉の燃料損傷防止対策

各事故シーケンスグループ「崩壊熱除去機能喪失（RHRの故障による停止時冷却機能喪失）」、「全交流動力電源喪失」、「原子炉冷却材の流出」、「反応度の誤投入」に対して申請者が計画している原子炉内燃料体の損傷防止対策は有効なものであると判断した。



添付資料2 用語集

参考資料 伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会 委員コメント一覧