

伊方発電所 3号機の安全性について

- 新規制基準適合性審査の確認結果
- 愛媛県独自の追加安全対策の確認結果

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、東京電力㈱福島第一原子力発電所の原子炉は緊急停止したものの、その後大津波に襲われ、全電源喪失により冷却機能を失うに至り、放射性物質が大量漏えいする深刻な原子力災害を引き起こしました。

四国電力㈱の伊方原子力発電所が立地している愛媛県では、事故直後から、国の要求等を上回る追加安全対策を四国電力に求めてきました。

また、国においても、事故を教訓として、原子力規制体系を根本から見直し、独立した原子力規制委員会を設置するとともに、新たな規制基準を策定し、四国電力が平成25年7月8日に申請した伊方発電所3号機の原子炉設置変更の基準適合性審査を実施してきた結果、約2年に及ぶ審査を経て、平成27年7月15日に許可しました。

愛媛県にも、四国電力から国への申請と同時に設備変更等の事前協議があり、国の審査と並行して、県の伊方原発環境安全管理委員会原子力安全専門部会において、国の審査を踏まえた安全性や、県から要請した追加安全対策について確認してきましたが、平成27年8月28日の伊方原発環境安全管理委員会において、それぞれ妥当であることが確認されました。

今回その確認内容をパンフレットにまとめました。皆様の理解の一助になれば幸いです。

平成27年10月 愛媛県

Contents

- | | |
|---|-----------------------------------|
| P1 新規制基準の概要 | P5 火山、竜巻、外部火災への対策 |
| P2 耐震性能 <ul style="list-style-type: none">・基準地震動・耐震設計 | P6 電源の信頼性 |
| P4 耐津波性能 <ul style="list-style-type: none">・基準津波・耐津波設計 | P7 シビアアクシデント対策 |
| | P9 愛媛県が四国電力に独自に要請した追加安全対策 |
| | P10 国の基準を上回る更なる揺れ対策 |
| | P11 伊方原発環境安全管理委員会原子力安全専門部会による検討経緯 |

新規制基準の概要

● 福島第一原発事故の教訓

平成23年3月11日、東北地方太平洋沖地震に伴う大津波が東京電力福島第一原発を襲い、放射性物質が大量漏えいする事故が発生しました。

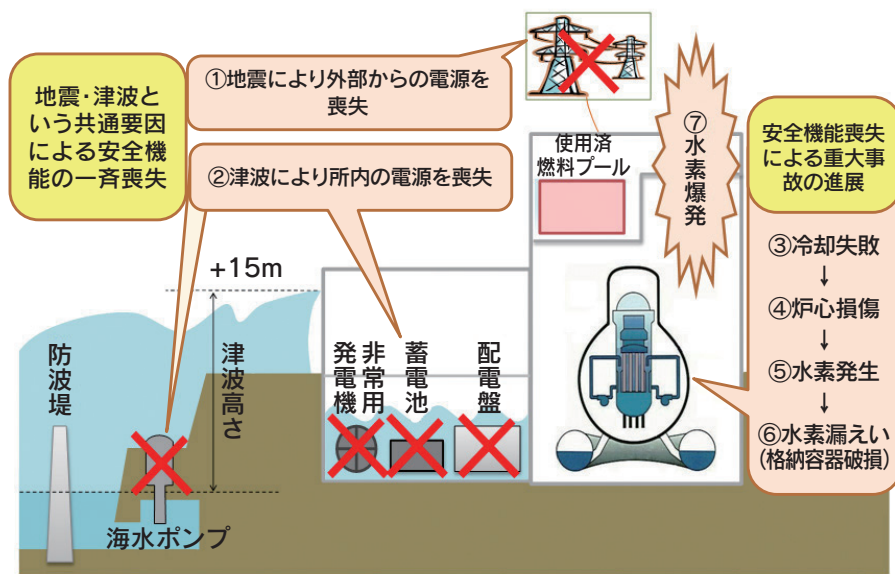
この事故では、

- ・ 津波や地震により安全機能が一斉に喪失
- ・ その後のシビアアクシデントの進展も食い止められませんでした。

● 新規制基準の概要

事故後発足した原子力規制委員会では、福島第一原発事故の教訓はもちろん、最新の技術的知見やIAEA等の国際機関の安全基準も踏まえ、自然現象やシビアアクシデントへの対策を強化した新たな原子力発電所の規制基準を策定し、平成25年7月8日に施行されました。

■ 福島第一原発事故の教訓



○四国電力は、新規制基準の施行日に、伊方原発3号機について、基準への適合性審査申請※を行いました。

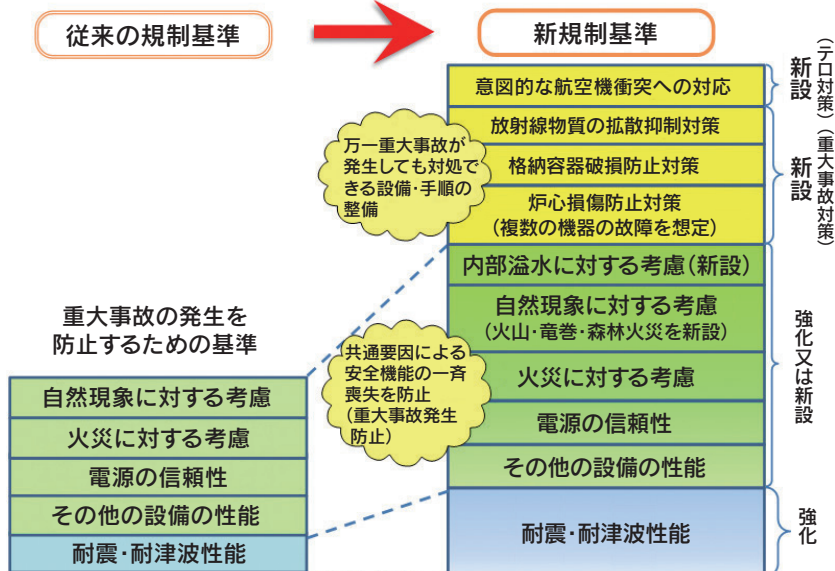
※原子炉等規制法に基づく原子炉設置変更許可申請

○同時に愛媛県へも、安全協定に基づき、設備等変更の事前協議がありました。

○その後、原子力規制委員会では、約2年にわたり審査会合で審査を行うとともに、現地調査、パブリックコメントを経て、平成27年7月15日に基準に適合しているとして、原子炉設置変更を許可しました。

○愛媛県においても、原子力規制委員会による審査と並行して、原子炉工学や地震工学等の専門家で構成する原子力安全専門部会で安全性の確認を行ってきました。約2年にわたる審議の結果、平成27年8月、原子力規制委員会による審議結果は妥当であることが確認されました。

■ 従来基準と新基準の比較



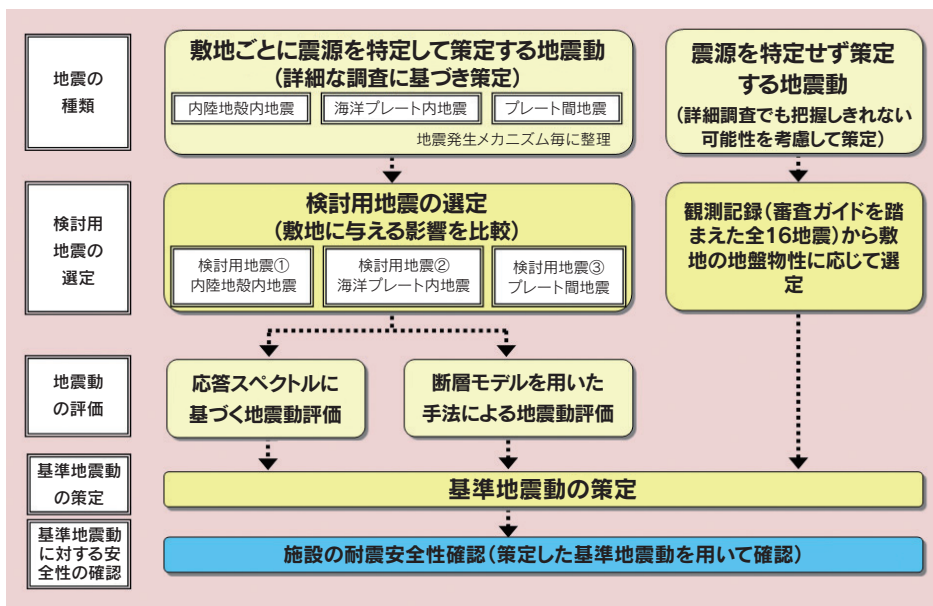
● 基準地震動

基準地震動とは、原発の敷地及び周辺の地質・地盤構造、地震活動性等から敷地に影響を与えると想定される地震による最大の揺れです。

伊方発電所の基準地震動は、国による審査の過程で、従来の570ガルから650ガルに引き上げられており、
 ◆敷地前面の活断層を含む中央構造線断層帯による地震、◆南海トラフ地震、◆芸予地震のような海洋プレート内地震などの影響が、自然現象の不確かさも考慮して、適切に設定されていることを確認しました。

(ガル:地震の揺れの強さを表す単位)

■ 耐震評価の流れ



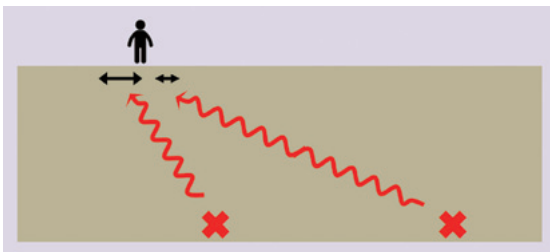
「震源を特定して策定する地震動」は、3つの地震発生メカニズム毎に、科学的な調査により選定されています。

「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地震の観測記録をもとに決めるもので、

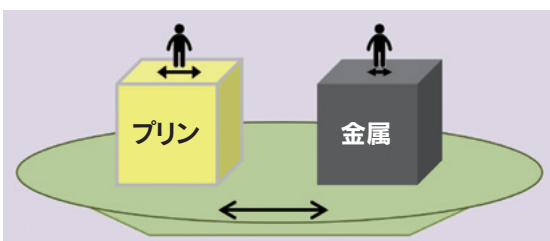
- 2004年北海道留萌支庁南部地震 (Mw5.7)
- 2000年鳥取県西部地震 (Mw6.6)

が選定されています。

■ 震源距離による揺れの違い(概念図)



■ 地質構造による揺れの違い(概念図)



地震による揺れは、観測地点の特性(震源との間の距離や地質構造)によって大きく左右されます。

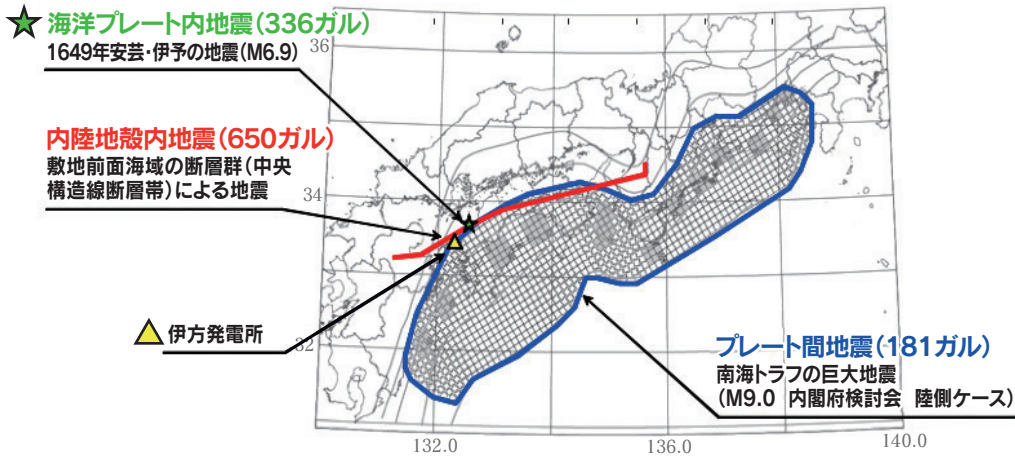
例えば、同じマグニチュードの地震でも、震源に近いと揺れは大きく、震源から遠いと揺れは小さくなります。

また、一つのお皿に同じ形の金属とプリンを載せて揺らしたとき、硬い金属の上よりも柔らかいプリンの上の揺れの方が大きくなります。

実際に、平成26年3月14日に発生した伊予灘地震では、伊方発電所から約4kmしか離れていない伊方町湊浦で230ガルを観測したのに対し、堅い岩盤上にある伊方発電所1～3号機では45～56ガルでした。

このため、基準地震動は、震源となる原発周辺の活断層やプレートの状況、地下地質構造などをよく調査したうえで、それらをもとに作成することとされており、特性の異なる他の地点での観測値をそのまま適用すべきものではありません。

■ 震源を特定して策定する地震動の震源位置

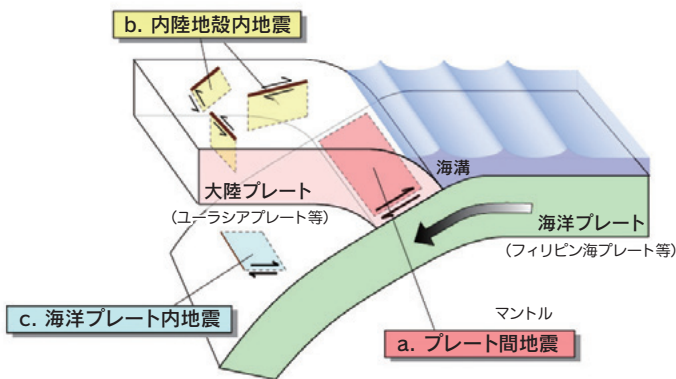


基準地震動の設定に当たっては、地震発生メカニズム(下記コラム参照)毎に影響を評価しています。

伊方発電所では、敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震の影響が、650ガルで最も大きいと評価されました。

南海トラフ地震の影響は、震源と比較的距離があるため、181ガルと評価されています。

■ 地震発生メカニズム(概念図)



地震は、地球内部のマンテルの対流に伴って生じる、地球表面(地殻)のプレートの動きによる歪みが原因となって発生し、そのメカニズムによって以下の3種類に分類されます。

a. プレート間地震

大陸プレートが海洋プレートに引きずられて変形するうちに、境界面が支えきれなくなって大陸プレートが跳ね返り、地震が発生します。

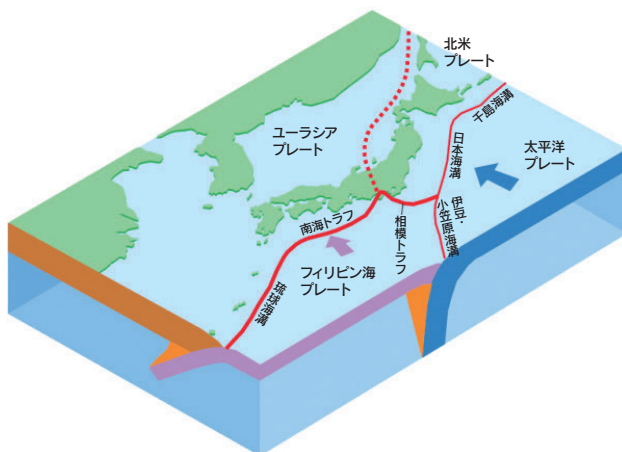
b. 内陸地殻内地震

大陸プレートが海洋プレートから押され続けているうちに、内部でひずみが蓄積され、それが解放されるときに地震が発生します。

c. 海洋プレート内地震

海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込んでいくうちに、内部でひずみが蓄積され、それが解放されるときに地震が発生します。

■ 日本付近のプレートの状況



● 耐震設計

基準地震動が発生した場合の、原子炉建屋及び原子炉補助建屋の歪み、安全上重要な施設の応力制御棒の挿入時間が基準値以下となるよう設計することを確認しています。

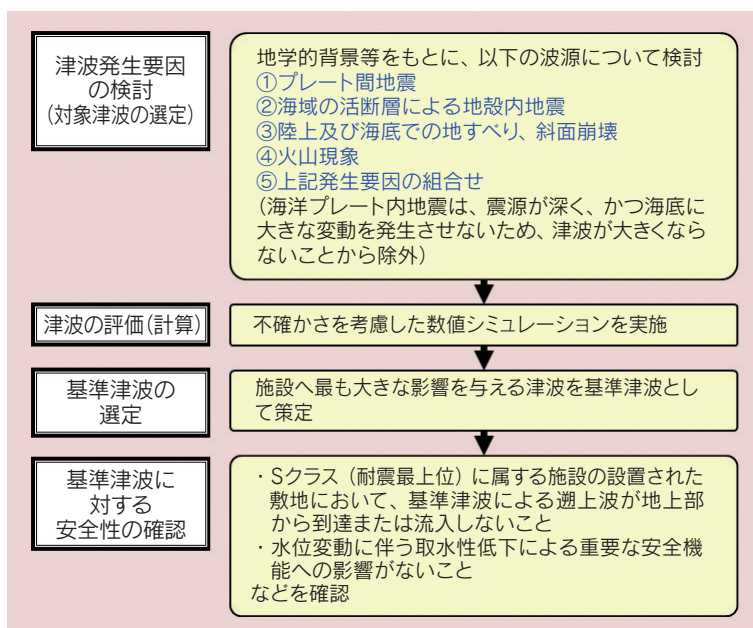
(応力:揺れに対して元の形を保とうと内部に発生する抵抗力)

耐津波性能

● 基準津波

基準津波とは、原発敷地周辺の地震や地滑り、火山現象等により敷地に影響を与えると想定される最大の津波です。伊方発電所の基準津波による最高水位は、国の審査の過程で4.09mから8.12mに引き上げられており、中央構造線断層帯の海域地震や敷地近傍の地すべり、大分県の鶴見岳の山体崩壊などの影響が、自然現象の不確かさや相互の重なりも考慮して、適切に設定されていることを確認しました。

■ 耐津波評価の流れ



津波の具体的な発生源(波源)と、その影響評価(最高水位)は、次のとおりです。

- ① 南海トラフ地震**
→+2.45m
- ② 海域活断層による地震**
(中央構造線断層帯~九州側断層帯約130km)
→+7.56m
- ③ 敷地近傍の5つの地すべり**
→+6.35m
- ④ 鶴見岳の山体崩壊**
→+2.24m
- ⑤ さらに②~③の重なりも考慮**
→+8.12m

● 耐津波設計

耐津波設計に用いる津波高さは、基準津波による最高水位に、地盤の沈降及び潮位のばらつきを考慮して、8.7mとしています。重要な安全施設のある建屋は敷地高さ10mに設置されているため、津波に対して影響を受けるおそれはありません。

■ 基準津波による水位と施設の位置



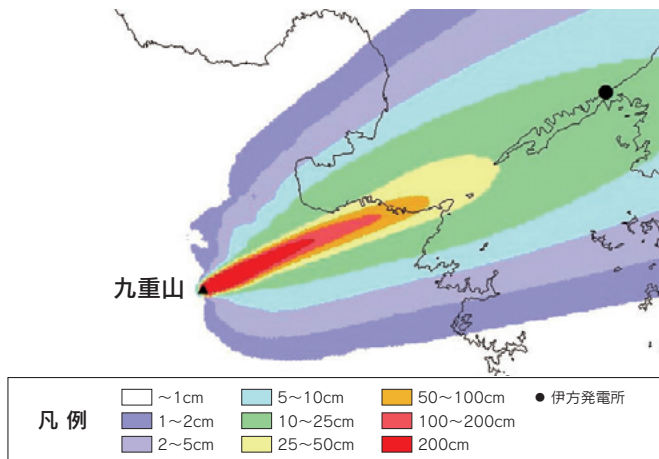
基準津波による水位は、場所によって異なり、伊方発電所敷地付近での最高水位は、左図地点での+8.12mと評価されています。

耐津波設計では、これに、地盤の沈降及び潮位のばらつきを考慮し、水位を+8.7mとして評価しています。

火山、竜巻、外部火災への対策

福島事故を教訓に、基準が新設された火山、竜巻、森林火災、基準が強化された航空機落下による火災への安全対策については、重点的に確認し、各現象に対する安全性が適切に確保されていることを確認しました。

■ 降下火山灰シミュレーション



■ 竜巻防護対策の例



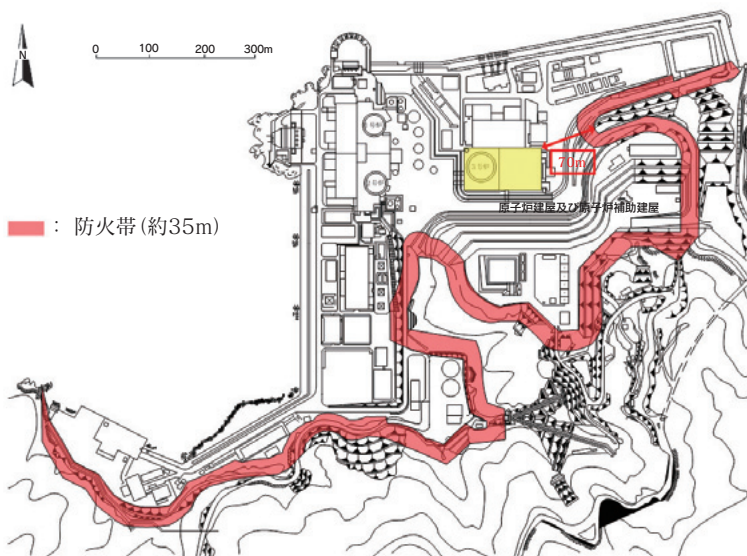
対策前



対策後

海水ピットポンプを竜巻による飛来物から防護するため、防護壁を海水ポンプエリア上部に設置

■ 森林火災を考慮した防火帯の設定



■ 火山

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、火山灰の影響を検討した結果、最も影響の大きい火山は、九重山(大分県)と判断されました。

その噴火について、不確かさも考慮してシミュレーション評価した結果から、更に余裕を見込み、伊方発電所敷地において考慮すべき火山灰の厚さを15cmと設定し、施設への影響はないことが確認されています。

■ 竜巻

基準竜巻は、国内で過去に発生した最大竜巻であるF3スケール(竜巻の尺度)の最大値92m/sを選定しています。

設計竜巻はさらに安全側に最大風速100m/sとし、「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」と、常時作用する荷重、運転時荷重を組み合わせた荷重に対して、安全機能を損なわないよう設計することとしています。

■ 森林火災

森林火災による防護対象設備への熱影響評価によって得られた必要な防火帯幅29.7mに、さらに余裕をみて、防火帯幅を35mに設定し、周辺の樹木を伐採してモルタルを吹きつけ、火の手が回らないようにしています。

■ 航空機落下

航空機落下による火災の影響評価の結果、原子炉建屋・原子炉補助建屋の外壁温度は、コンクリート強度が維持される温度である200℃以下であり、重油タンクについても、引火点温度の60℃を下回るため、安全機能は損なわれないことを確認しています。

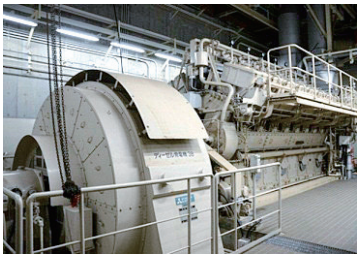
電源の信頼性

● 電源確保対策

新規制基準では、発電所の安全を保つための施設への電力供給が停止しないこと、外部からの電気が供給されなくなった場合でも必要な電気が供給できるように設計することが求められています。

伊方発電所では、非常用ディーゼル発電機等の多様な電源設備を備えており規制基準を満たしていること、自主的な対策により配電線等が追加設置され、信頼性の更なる向上が図られていることを確認しています。

■ ディーゼル発電機



■ 可搬型直流電源装置 (75kVA電源車)



■ 空冷式非常用発電設備



■ 蓄電池



多様な電源を確保するため、外部電源(下図参照)以外に、次の対策を実施しています。

【以下は福島事故後の強化対策】

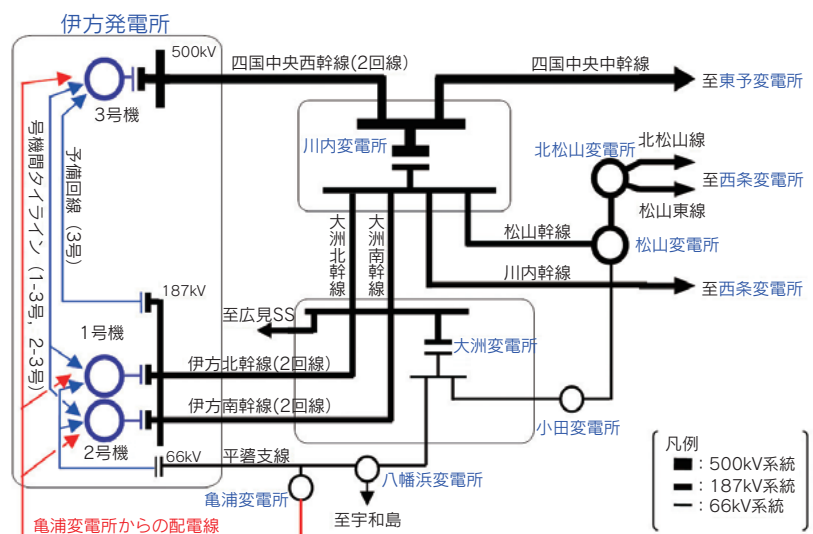
- 空冷式非常用発電設備の設置
- 電源車の配備
- 非常用直流電源(蓄電池)の増強
- 号機間電源融通ラインの設置
- 配電線の追加敷設

また、ディーゼル発電機等に用いる重油、電源車等に用いる軽油の円滑な補給のため、貯蔵タンク及び移送配管の設置やミニローリーの配備がなされ、これにより外部電源からの電気の供給がなくとも7日間以上の連続運転が可能となっています。

■ 伊方発電所の外部電源系統図

伊方発電所では、通常時には、所内で発電した電気を使用していますが、所内で発電できなくなった場合には、川内変電所や大洲変電所から電気が供給されます。さらに両変電所が停止した場合にも、亀浦変電所から電気が供給されます。

※右図のうち、「亀浦変電所からの配電線」は、県が求めた国の基準を上回る電源対策への対応として整備されたものです。(9ページ参照)



凡例
 ■ : 500kV系統
 ■ : 187kV系統
 — : 66kV系統

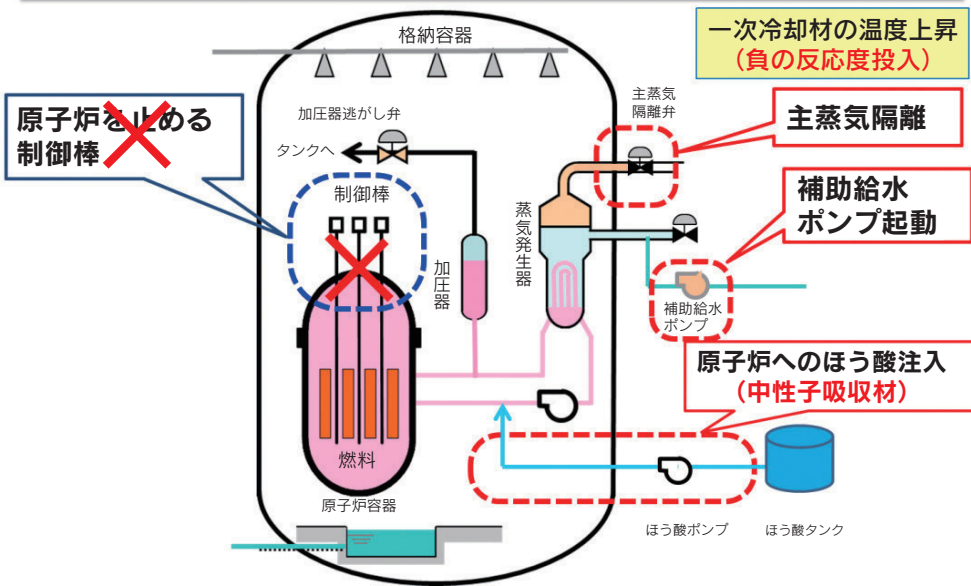
シビアアクシデント対策（重大事故時の対処）

新規基準では、事故が発生した場合にも、炉心の著しい損傷を防止すること、原子炉格納容器の破損を防止することが求められています。プール内の使用済燃料についても、著しい損傷を防止する対策が求められています。

原子力安全専門部会では、設計上の対策や事故進展の解析結果を確認するだけでなく、現地で実際の設備やその設備を用いた訓練を視察し、四国電力の重大事故への対応手順や能力についても確認しています。

■ 原子炉を停止させる対策（止める）

原子炉の緊急停止装置が機能しないおそれがある場合又は実際に機能しない場合でも、炉心損傷に至らせないための対策を要求

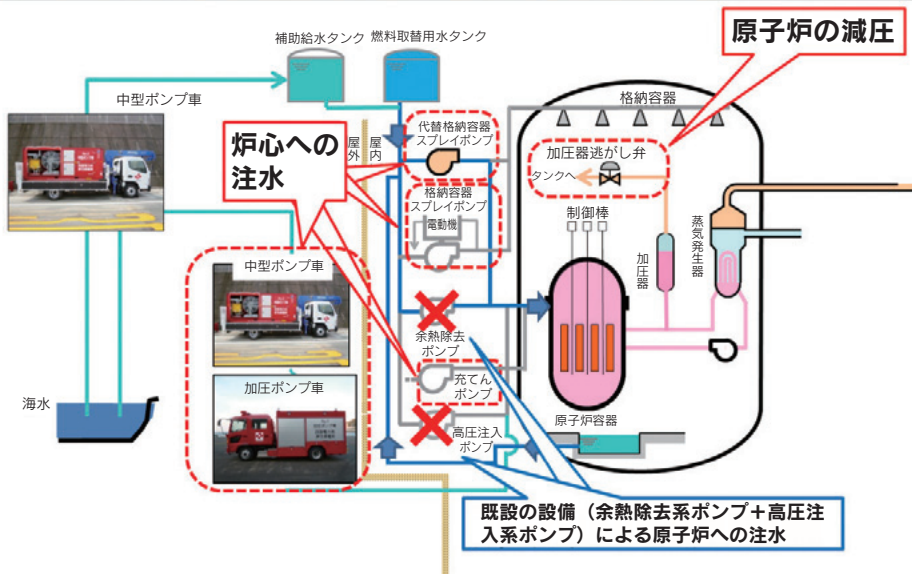


■ 止める対策

制御棒が挿入できない場合でも、補助給水ポンプが自動起動するなど、蒸気発生器を介した原子炉の冷却を行いながら、中性子を吸収するほう酸の注入によって原子炉を停止できることが確認されています。

■ 原子炉を冷やすための対策（冷やす）①

既存の対策が機能しない場合でも、炉心注水及び減圧によって、炉心損傷に至らせないための対策を要求



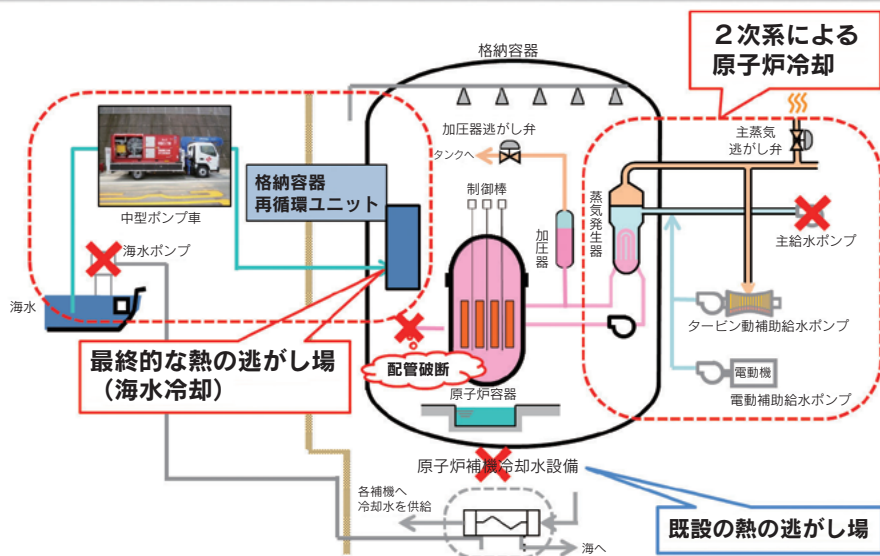
■ 冷やす対策①

既設設備による炉心注水ができない場合でも、炉心損傷に至らないように燃料を冷やし続けるため、原子炉内の圧力を減圧して※冷却水を注入できる設備を設置しています。

※通常は、高温の一次冷却水が沸騰しないように、高圧状態になっています。

■ 原子炉を冷やすための対策(冷やす)②

既存の対策が機能しない場合でも、**最終的な熱の逃がし場を確保**し、炉心損傷に至らせないための対策を要求

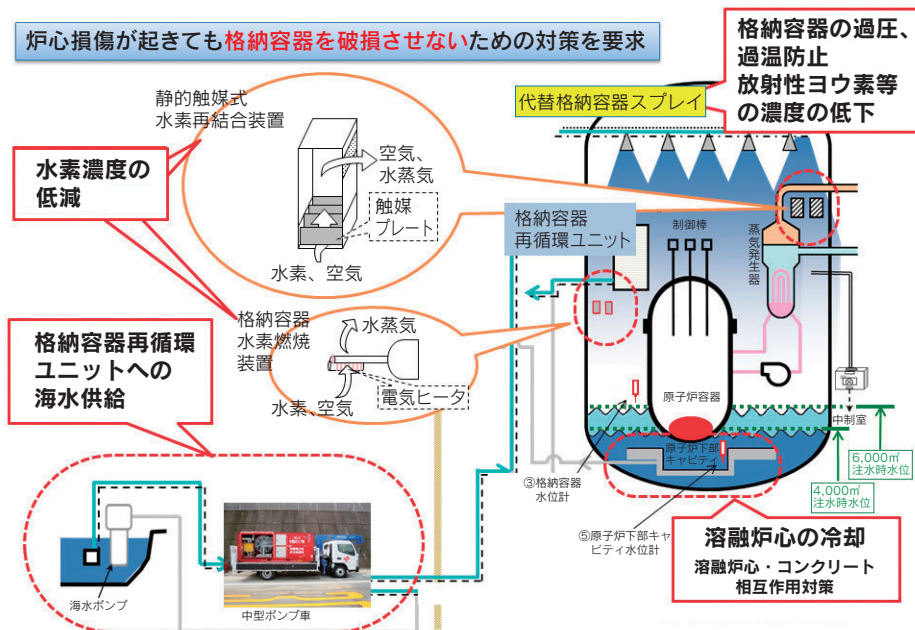


■ 冷やす対策②

既設設備による炉心注水ができない場合でも、炉心損傷に至らないように燃料を冷やし続けるため、前ページの対策のほか、2次系による原子炉冷却機構や、海水による格納容器内の冷却設備が設置されています。

■ 格納容器の破損を防ぐための対策(閉じ込める)

炉心損傷が起きても**格納容器を破損させない**ための対策を要求



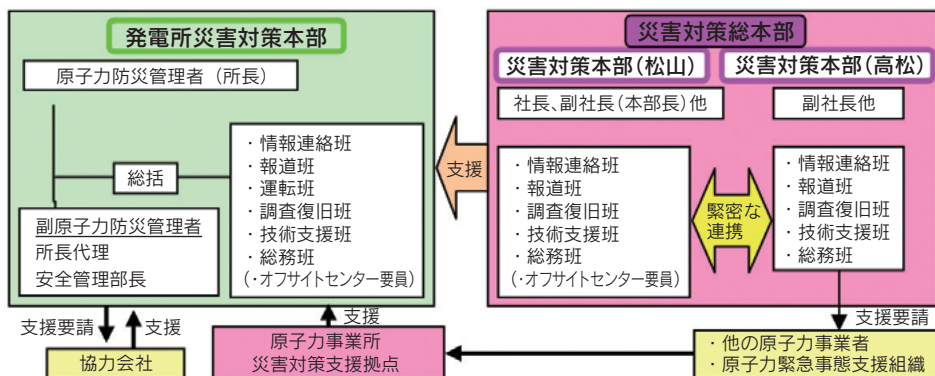
■ 閉じ込める対策

炉心損傷が起きた場合でも格納容器を破損させないため、水素爆発を防ぐための水素再結合装置や、水を噴霧して格納容器内の過圧・過温を防ぐための代替格納容器スプレイポンプ等が新設されています。

■ 事故対処体制

重大事故等に対処するため、あらかじめ、発電所長を本部長とした原子力防災組織が構築されています。

非常時には、原子力本部長(松山)及び本店(高松)と連携しますが、指揮者は発電所長であり、その判断が優先されます。



愛媛県が四国電力に独自に要請した追加安全対策

◎ これまでの経緯及び8項目の要請内容

愛媛県では、福島第一原発事故を受けて、新規制基準の施行以前から、四国電力に対して、更なる揺れ対策や電源対策等の7項目の追加安全対策を要請してきました。これらは、国からも「全国的にも特筆すべき数々の取組」として、高く評価されています。平成27年7月には8項目目を追加要請しました。

四国電力への追加安全対策の要請

- ① 原子力本部の松山市への移転
→H23.6.29移転
- ② 国の基準を上回る電源対策
→H24.3完了(亀浦変電所からの配電線ルートの新設)
- ③ 国の基準を上回る更なる揺れ対策
→概ね1,000ガル以上の耐震性確保の対策の実施
[県の伊方原発環境安全管理委員会原子力安全専門部会で工事完了を含め確認済]
- ④ 「えひめ方式」※による異常通報連絡の更なる徹底
※正常状態以外の全ての事態を県に速やかに報告し、県が公表
[平成25年6月に発覚した通報連絡遅れ(燃料集合体への異物付着)を契機に、再徹底を要請]
- ⑤ 地元住民に対する真摯な説明
→伊方原発から20キロ圏内約28,000戸の戸別訪問等を実施
(H23年度からH27.8までに計6回実施)
- ⑥ 原子炉容器の劣化の確認試験の前倒し
[伊方1号機と運転開始年の近い玄海1号機で、原子炉容器の劣化度合を調べる監視試験片の脆性遷移温度(脆くなる温度)が急上昇していることを受け、H23.8.12に試験の前倒し実施を求めたもの]
→H23.10に試験片取出。H25.7に問題なしとの結果報告済
- ⑦ 県内全市町への伊方発電所異常時通報連絡情報の提供
→H23.11.1から運用開始
- ⑧ 緊急時の作業スペースの確保
[伊方原発の敷地が急峻で狭いという立地条件を踏まえ、平成27年7月17日に追加要請]
→H27.10.2に工事計画等の報告

県からの要請に対し、四国電力は、左記のとおり一つひとつ対応してきました。

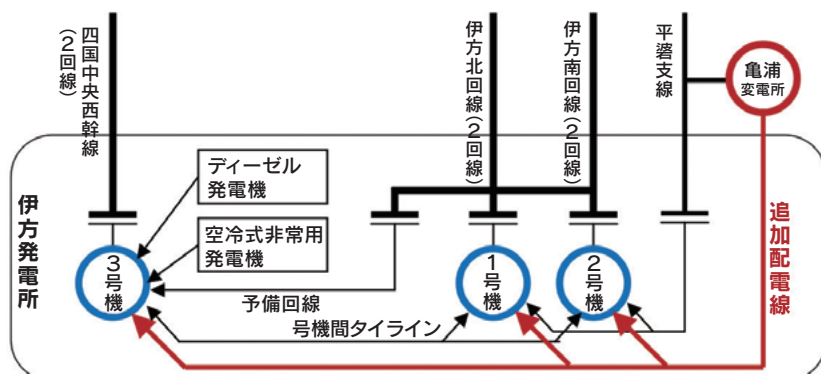
ただ、緊急時の作業スペースの確保については、工事計画等の報告を受け、できるだけ早い完成を目指すよう求めています。

また、「えひめ方式による異常通報連絡」や「戸別訪問等による地元住民への真摯な説明」については、将来にわたって的確に実施してもらう必要があります。

このため、愛媛県では、引き続き四国電力の取組を見守っていくこととしています。



■ 追加の電源確保対策



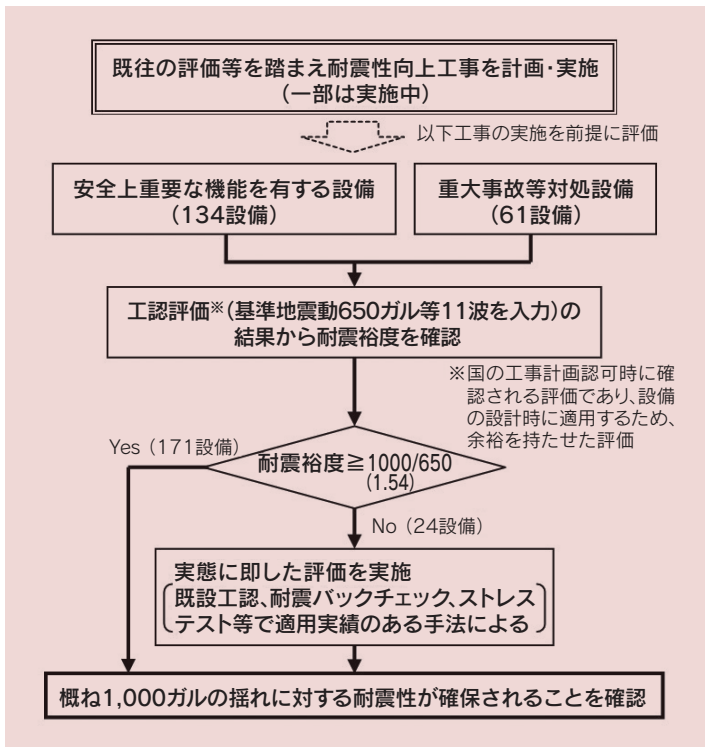
発電所内の電源が万一喪失した場合に備え、電源車が標高32mの場所に配備され、起動訓練により直ちに給電できる状態となっているほか、追加の電源確保対策として、発電所近くの標高約100mに位置する亀浦変電所からの追加配電線をH24.3までに敷設済です。

国の基準を上回る更なる揺れ対策

愛媛県からの更なる揺れ対策の要請に対して、四国電力から、平成27年7月に、各設備の実態に即した評価を行った結果、概ね1,000ガルの揺れに対する耐震性が確保されることを確認した旨報告があったもので、その評価手法及び評価結果が妥当であることを確認しました。

また、この報告に沿った耐震性向上工事が完了したことを受けて、9月29日に原子力安全専門部会が現地調査を実施、10月2日には知事も現地視察し、工事が適切に完了していることを確認しました。

■ 耐震裕度確保の取組の流れ



■ 取組の位置付け

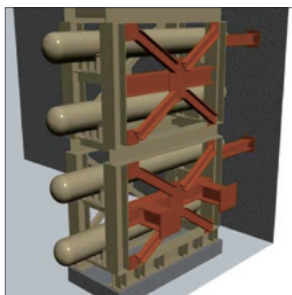
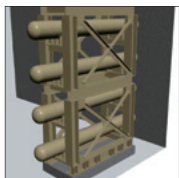
愛媛県からの「更なる揺れ対策」の要請に対する四国電力の自主的取組については、国の規制基準及び評価方法に基づいて耐震安全性が確保されるということをもその基本認識といたうえで、裕度の小さい設備・機器について、各設備の実態に即した評価を行い、必要に応じて耐震性向上工事を実施するもので、安全・安心の更なる向上を図るための取組です。

■ 四国電力の報告内容

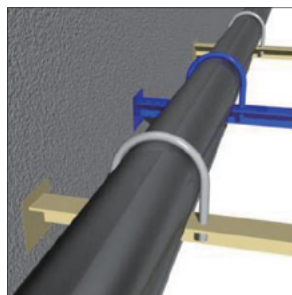
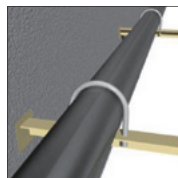
「取組の位置付け」を踏まえたうえで、今回の四国電力の評価については、安全上重要な機能を有する195設備について、新規規制基準に基づく審査で確認された新たな基準地震動を用いて、国の工事計画認可、耐震バックチェックおよびストレステストにおいて適用実績のある方法等により評価を行った結果、概ね1,000ガルの揺れに対する耐震性が確保されることを確認したものであり、四国電力の評価手法及び評価結果は妥当であることを確認しました。

■ 耐震性向上工事の例

再生熱交換器



配管支持構造物



■ 四国電力の今後の対応

四国電力には、県民の皆様等への説明に当たっては、国の規制基準に基づき耐震安全性は確保されることを伝えたいうえで、規制基準と自主的取組の違いも含め、評価結果を正確に説明するとともに、今回得られた個々の数字にのみとらわれることなく、耐震性向上はもとより、発電所全体の安全性向上に常に取組んでいくことを求めています。

伊方原発環境安全管理委員会原子力安全専門部会 による検討経緯

愛媛県では、伊方原子力発電所の安全対策や環境監視等について検討・評価する機関として、伊方原子力発電所環境安全管理委員会を設置しており、そのもとに技術的事項を審議する原子力安全専門部会と環境専門部会を設置しています。

原子力安全専門部会の委員には、原子炉工学、原子炉材料工学、原子炉計測制御、ヒューマンファクター、放射線医学、地震工学、地盤工学、構造地質学等の専門家に就任いただいています。

本パンフレットは、この原子力安全専門部会において、下表のとおりそれぞれ2年及び3年にわたる検討を経てとりまとめられた結果を、愛媛県ができるだけわかりやすくとりまとめたものです。

(参考) 原子力安全専門部会報告書 : <http://www.ensc.jp/pc/user/HOUDOU/h27/o270902/houkokusyo.pdf>

【新規規制基準適合性審査に関する検討経緯】

< 会議開催 >

No.	開催日	審議内容
—	H25. 7 . 8	四国電力が国へ新規規制基準に基づく原子炉設置変更許可申請。同時に県へ事前協議
1	H25. 7 .17	原子力規制委員会から新規規制基準の概要を聴取、四国電力から申請の概要を聴取
2	H25. 9 .11	重点確認項目を整理するとともに、四国電力から審査状況等を聴取
3~12	H25.10.16~H27. 4 .21	四国電力から審査状況等を聴取。基準地震動、基準津波などの各項目について順次審議
—	H27. 7 .15	原子力規制委員会が原子炉設置変更許可
13	H27. 7 .22	原子力規制委員会から審査結果について説明を聴取。国への確認事項を審議、決定
14	H27. 8 .12	国への確認事項に対して原子力規制委員会から回答。部会報告書案を提示
15	H27. 8 .19	部会報告書案について審議、決定

< 現地調査 >

No.	開催日	現地調査内容
1	H25.10.17	重大事故等対処設備等の状況を確認
2	H26. 1 .28	訓練の実施状況を確認
3	H27. 4 .22	新緊急時対策所での参集から活用までの訓練を確認

【更なる揺れ対策に関する検討経緯】

< 会議開催 >

No.	開催日	審議内容
—	H24. 6 .18	四国電力が伊方3号機の安全上重要な134設備の1,000ガル以上の耐震安全性確保を報告
—	H27. 7 .24	四国電力が伊方3号機の安全上重要な195設備の1,000ガル以上の耐震安全性確保を報告
1~6	H24. 9 . 4~H27. 8 .12	更なる揺れ対策に係る取組状況について審議 195設備について概ね1,000ガルの揺れに対する耐震性が確保されることを最終的に確認

< 現地調査 >

No.	開催日	現地調査内容
1	H27. 9 .29	耐震性向上工事の完了を確認

愛媛県原子力安全対策課

〒790-8570
愛媛県松山市一番町四丁目4番地2
Tel.089-912-2340
Fax.089-931-0888

●愛媛県原子力情報ホームページ
<http://www.ensc.jp/>
●同上(携帯電話用)
<http://www.ensc.jp/i/>

●愛媛県原子力情報アプリ
(スマホ用)
ダウンロード用QRコード
(iPhone、Android共通)

