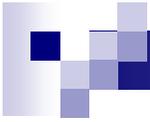


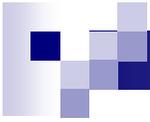
伊方発電所3号機の耐震安全性評価  
について(基準地震動の策定及び主  
要な施設の耐震安全性評価)

平成22年1月  
原子力安全・保安院



# 目 次

1. 耐震設計の基本的考え方と  
耐震バックチェックについて
2. 原子力安全・保安院の評価結果



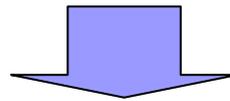
# 1. 耐震設計の基本的考え方と 耐震バックチェックについて

# 原子力発電所の耐震設計の基本的考え方

原子力発電所の耐震設計は、原子力安全委員会が定めた「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に従い設計

その基本的考え方は、

大きな地震があっても、発電所周辺に放射性物質の影響を及ぼさない



安全上重要な「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」機能が確保されるように設計

# 耐震設計の基本方針を実現するために

## 徹底した調査

- ・活断層調査、過去の地震等の調査



## 基準地震動の策定

- ・敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
- ・震源を特定せず策定する地震動  
(旧耐震指針のマグニチュード6.5の直下地震に代わるもの)



## 重要度に応じた耐震設計

- ・Sクラス(原子炉圧力容器など) 止める、冷やす、閉じ込める機能など 基準地震動に対して安全機能保持 建築基準法の3.0倍※
- ・Bクラス(廃棄物処理設備など) 建築基準法の1.5倍※
- ・Cクラス(主発電機など) 建築基準法の1.0倍※

※機器・配管は更に2割増し

## 自動停止機能

- ・一定以上の大きな揺れに対し、原子炉を速やかに安全に自動停止

# 耐震設計審査指針の改訂について

## 原子力発電所の耐震安全性

既設の原子力発電所については、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(昭和56年7月原子力安全委員会決定。いわゆる「旧耐震指針」)を踏まえ、耐震安全性評価を行うとともに、原子力発電所の設置許可後に生じた地震等から得られる科学的知見を踏まえ、耐震安全性についての確認を適宜行っており、原子力発電所の耐震安全性は十分確保されている。

## 耐震設計審査指針の改訂

最近の地震学や耐震工学の成果など最新の知見を取り入れ、発電用原子炉施設の耐震安全性のより一層の向上に資するとの観点から、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(平成18年9月原子力安全委員会決定。いわゆる「新耐震指針」)が策定された。

# 新耐震指針のポイント

## 旧耐震指針

- ・考慮すべき活断層の活動時期の範囲  
:5万年前以降
- ・マグニチュード6.5の「直下地震」の想定

- ・文献調査、空中写真判読、現地調査等による活断層調査を実施

- ・水平方向について、基準地震動を策定
- ・地震規模と震源からの距離に基づき経験式による地震動評価(応答スペクトル評価式)

より厳しい  
水準

より入念な  
調査

より高度な  
手法

## 新耐震指針

最新知見を考慮した基準地震動の策定を要求

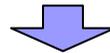
- ・考慮すべき活断層の活動時期の範囲  
:12~13万年前以降に拡大
- ・マグニチュード6.5の直下地震に代えて、国内外の観測記録を基に、より厳しい「震源を特定せず策定する地震動」を設定

- ・従来の調査に加え、不明瞭な活断層を見逃さないよう、変動地形学的手法等を用いた総合的な活断層調査を実施

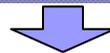
- ・水平方向に加え鉛直方向についても、基準地震動を策定
- ・応答スペクトル評価式に加え、地震発生メカニズムを詳細にモデル化できる断層モデルを地震動評価手法として全面的に採用

# 耐震設計審査指針の改訂に伴う対応

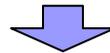
- ◆新耐震指針は、最近の地震学や耐震工学の成果に立脚
  - ⇒ 一層の耐震安全性の向上



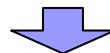
新耐震指針に照らした耐震安全性評価(耐震バックチェック)が重要



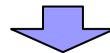
- 耐震バックチェック手法、確認基準の策定(平成18年9月20日)



- 耐震バックチェックを指示(平成18年9月20日)



- 新潟県中越沖地震を受け、実施計画の見直しを指示(平成19年7月20日)



- 事業者の中間評価<sup>(注)</sup>結果報告(平成20年3月)
  - ⇒ 原子力安全・保安院として厳正に妥当性を確認

(注)中間評価とあるが、基準地震動の策定、安全上重要な設備に関する耐震安全性の評価であり、発電所の基本的な耐震安全性の確認を行うもの

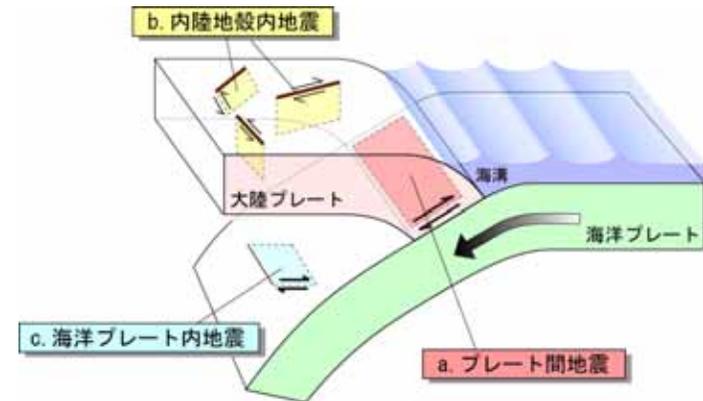
# 耐震バックチェックの方法(基準地震動の策定)

敷地ごとに震源を特定して策定  
する地震動

## ① 検討用地震の選定

- 発生様式毎に選定
- プレート間地震
- 内陸地殻内地震
- 海洋プレート内地震

(地震発生様式)



## ②

応答スペクトルに基づく  
手法による地震動評価

断層モデルを用いた手法  
による地震動評価

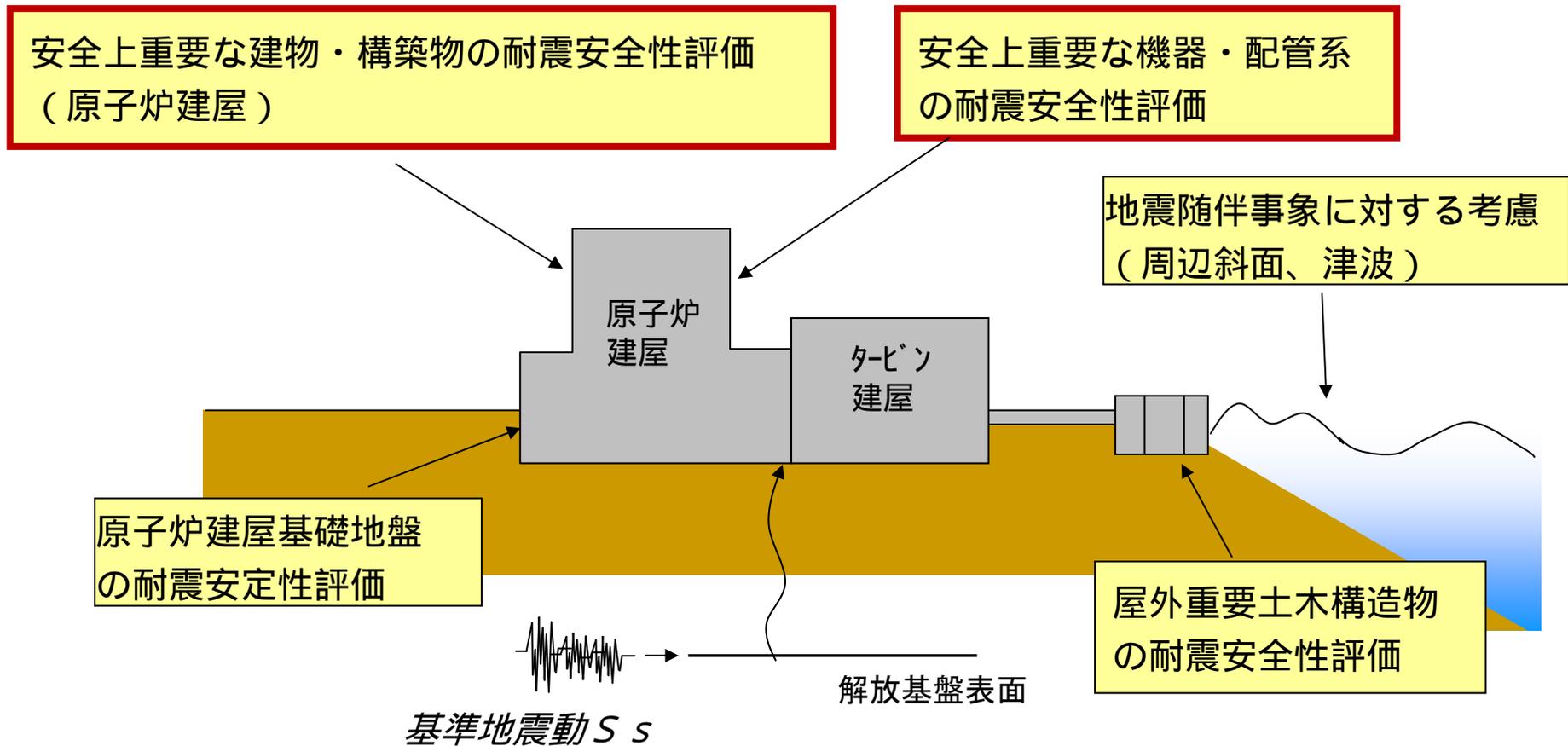
震源を特定せず策定  
する地震動

(③地震動評価の不確かさを考慮)

④ 基準地震動 ( $S_s$ )

# 耐震バックチェックの方法(施設の耐震安全性評価)

基準地震動  $S_s$  を策定し、下記の施設等の耐震安全性評価を実施。



今回は  で囲った設備のうち重要なものについて評価

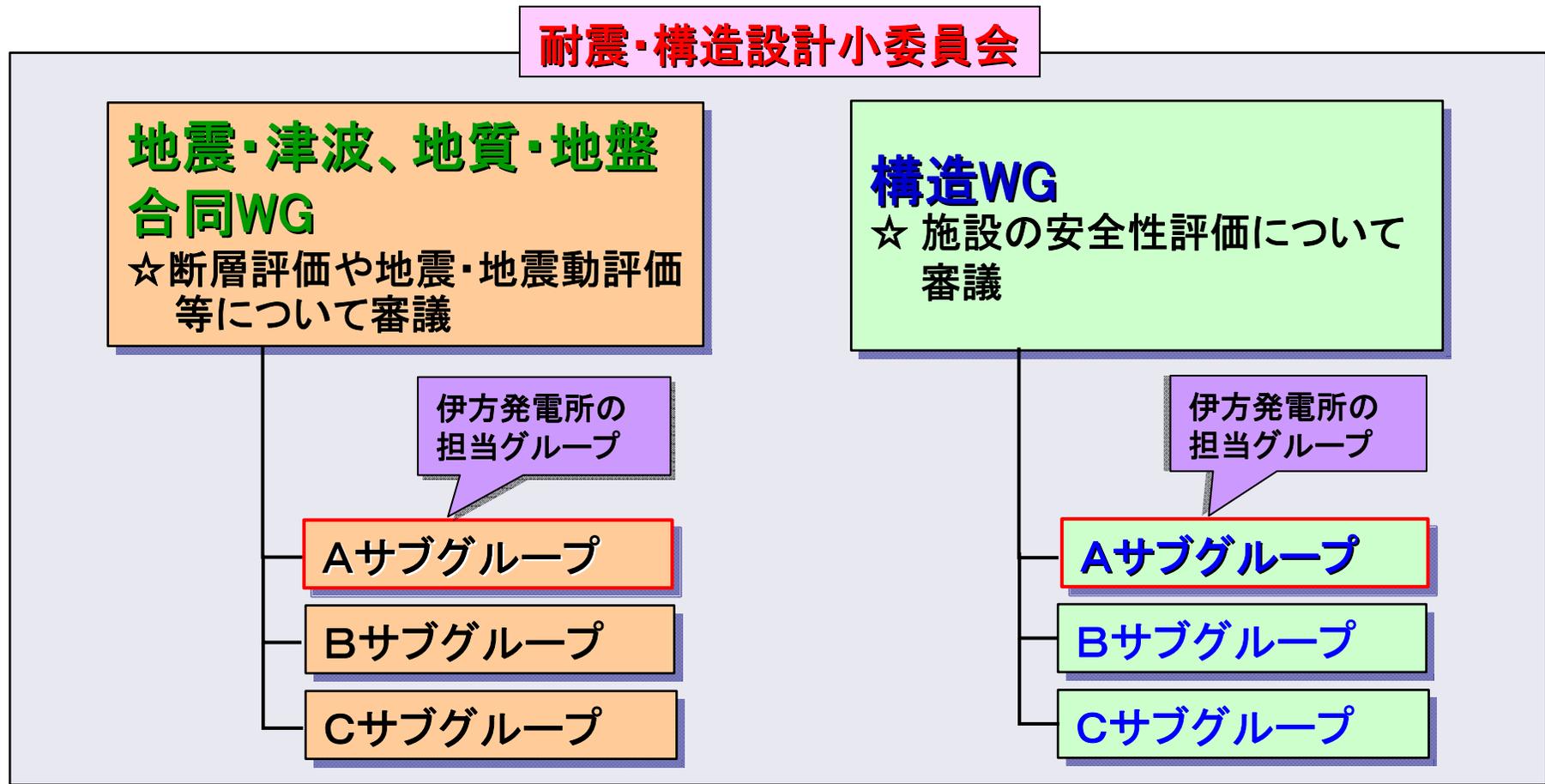


## 2. 原子力安全・保安院の評価結果※

※ 専門家による審議に基づく原子力安全・保安院の評価結果については、平成22年1月7日、四国電力に通知するとともに、保安院HP( <http://www.nisa.meti.go.jp/> )にて公表済み

## バックチェック結果の審議体制

原子力安全・保安院は、事業者が実施した耐震バックチェック結果について、耐震・構造設計小委員会の下に設置した各ワーキンググループ及びサブグループにおいて、関連する分野の専門家による審議を経て、厳正に確認することとしている。

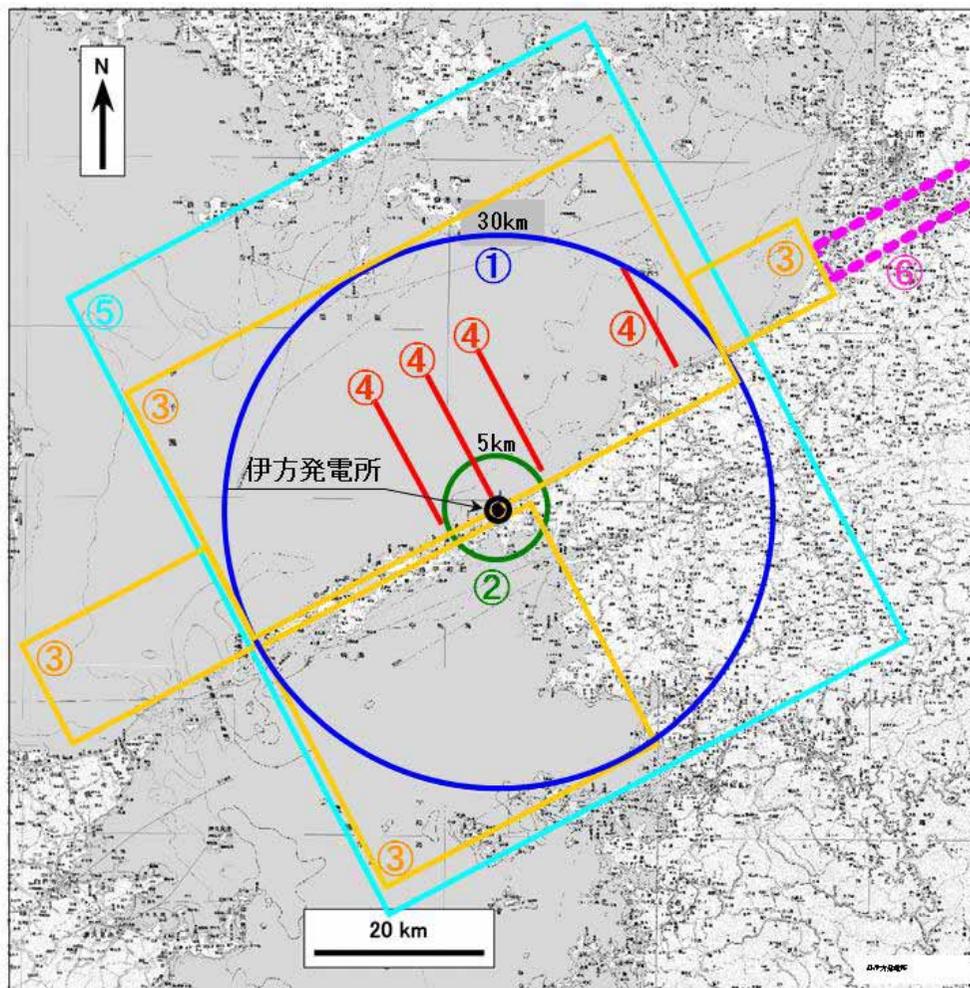


## 審議実績及び審議に当たってのポイント

- ◎ 審議実績(合計38回の会合(全て公開)において厳正に審議)
  - 基準地震動 $S_s$ の策定結果:合同WG及び同Aサブグループで合計24回審議
  - 主要な設備の評価結果:構造WG及び同Aサブグループで合計14回審議
- ◎ 審議に当たってのポイント
  - (1) 地質調査、活断層の評価
    - 敷地前面海域の断層群の活動性、その性状等及び中央構造線断層帯(四国北西部)のセグメント区分
  - (2) 基準地震動 $S_s$ の策定
    - 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震の地震動評価※(中越沖地震の知見の反映を含む)
    - 基準地震動 $S_s$ の策定結果
      - ※地震動評価……震源のモデル化を含む解析手法、パラメータの設定や不確かさの考慮について評価
  - (3) 施設の耐震安全性評価
    - 強度の評価方法などがあらかじめ定めたルールに従って行われているか
    - 評価結果は、安全基準を満足しているか

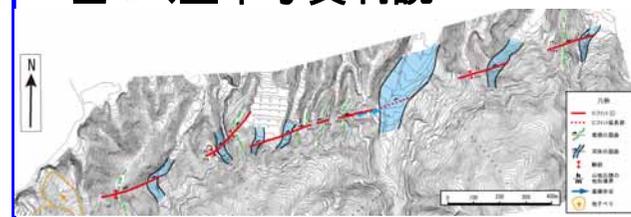
# 四国電力が行った地質調査方法等の評価

敷地からの距離に応じて既存文献の調査、変動地形学的調査、地表地質調査及び地球物理学的調査等が実施されており、その内容は新耐震指針等で要求されている事項を満足していることから、基本的に必要な調査が実施されていると判断した。



## ①地形調査

変動地形学的な観点に基づく空中写真判読



## ②地表地質調査

陸域の詳細な地質、地質構造を調査

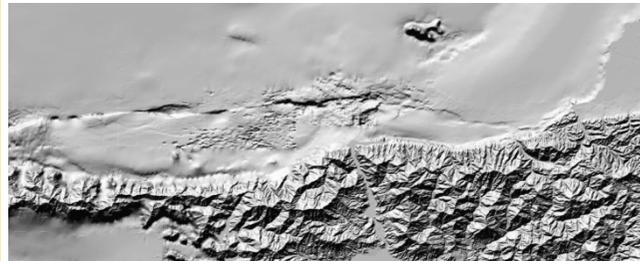


※地形図は国土地理院発行

# 四国電力が行った地質調査方法等の評価

## ③音響測深, 海上音波探査等

海域の詳細な海底地形, 地質, 地質構造を把握



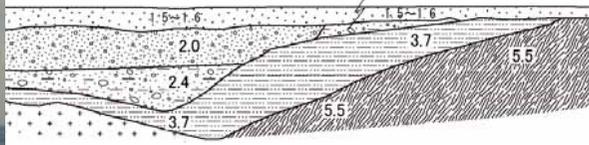
海底地形



音波探査記録例

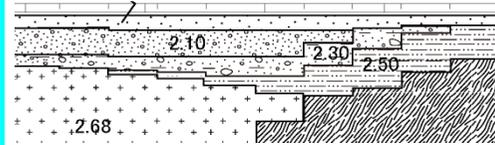
## ④地球物理学的調査(屈折法探査)

地下深部の速度構造を調査



## ⑤地球物理学的調査(重力測定)

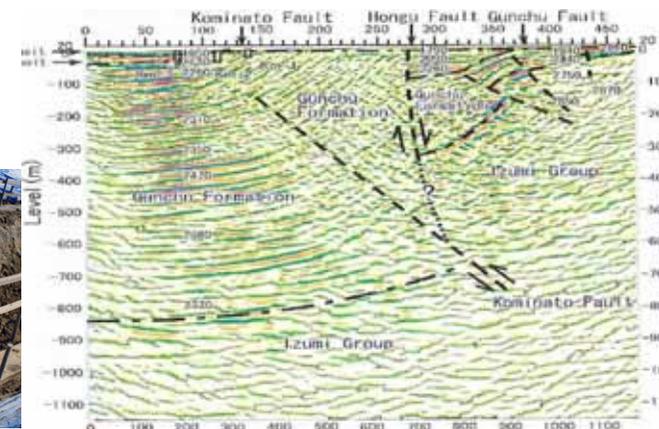
地下深部の密度構造を調査



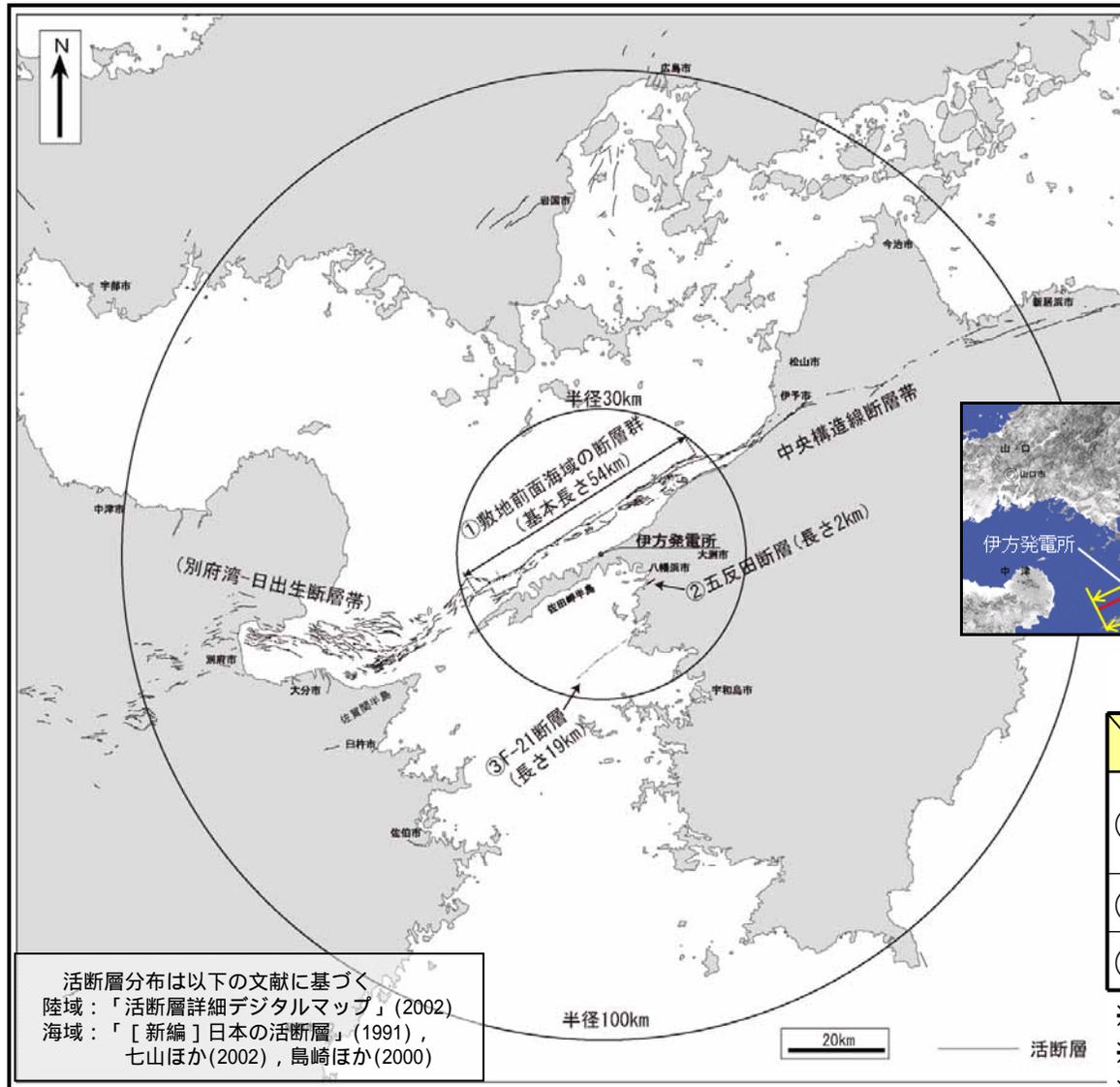
## ⑥陸域の中央構造線断層帯を対象とする調査

地球物理学的調査(反射法地震探査, 重力測定)

地表地質調査(ボーリング調査, トレンチ調査)

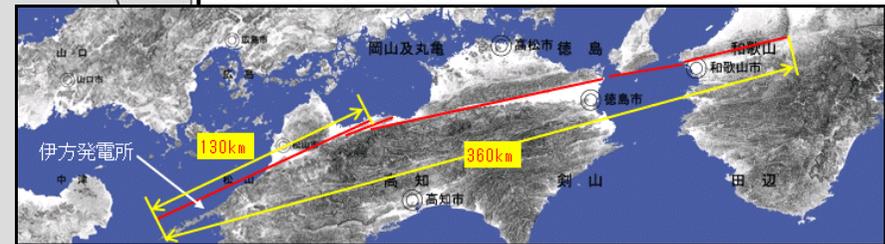


# 活断層の評価(全体)



四国電力が実施した調査結果に基づく敷地周辺の陸域及び海域の断層についての活動性及びその性状等の評価は、**妥当なもの**と判断した。

中央構造線断層帯(地震調査研究推進本部)



耐震設計上考慮する活断層一覧表

|   | 名称                       | 活断層の長さ                             |
|---|--------------------------|------------------------------------|
| ① | 敷地前面海域の断層群<br>(中央構造線断層帯) | 約54km※ <sup>1</sup><br>(～約360km)   |
| ② | 五反田断層                    | 約2km※ <sup>2</sup>                 |
| ③ | F-21断層                   | 約19km※ <sup>2</sup> ※ <sup>3</sup> |

※<sup>1</sup> 四国電力が当初評価した長さ約42kmから約12km延伸

※<sup>2</sup> 敷地への影響検討は、約20kmとして実施。

※<sup>3</sup> 四国電力が当初評価した長さ約18kmから約1km延伸

活断層分布は以下の文献に基づく  
陸域：「活断層詳細デジタルマップ」(2002)  
海域：「[新編]日本の活断層」(1991),  
七山ほか(2002), 島崎ほか(2000)

## 耐震設計上考慮すべき活断層

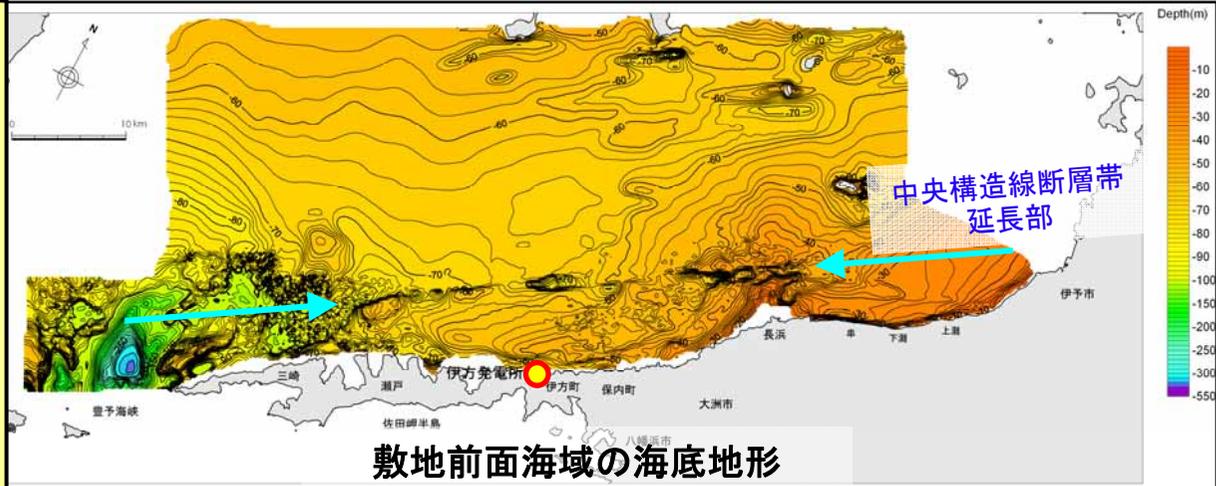
# 敷地前面海域の断層群の評価

敷地前面海域の断層群の評価については、四国電力の陸域及び海域の調査結果を基に、当院の海上音波探査結果(詳細は次ページ以降)も踏まえ、下記を確認し、四国電力の評価が妥当なものと判断。

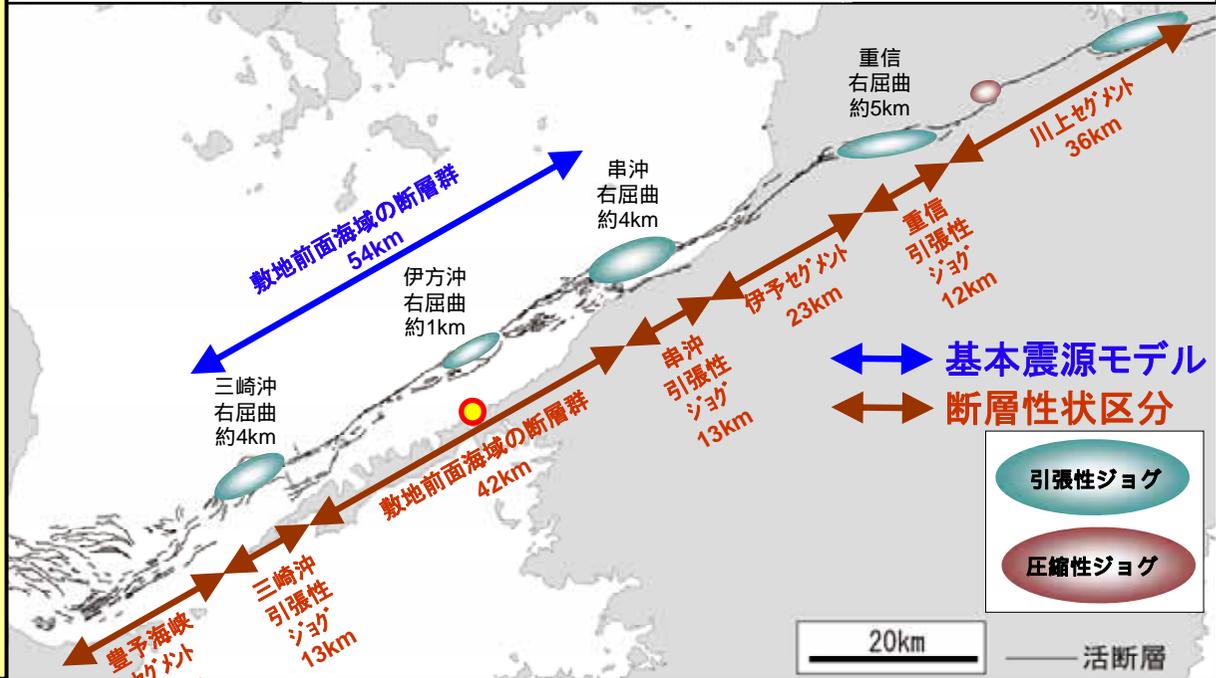
四国北西部の中央構造線断層帯のセグメント区分については、陸域及び海域の地質・地質構造に係る調査結果を基に既往文献も踏まえた上で適切に評価していること等を確認。

敷地前面海域の断層群の地震動評価上の長さについては、他のセグメントとの連動を地震動評価上考慮することを前提に、串沖及び三崎沖の引張性ジョグにおける断層の分岐形状を考慮してこれらのジョグの領域の一部を含む長さ約54kmと評価していることを確認。(長さ約42kmから変更)

敷地前面海域の断層群の断層の傾斜角については、変動地形的、地震学的及び地球物理学的な観点からの検討により、横ずれ断層として鉛直(90°)を想定することが合理的であることを確認。



敷地前面海域の海底地形



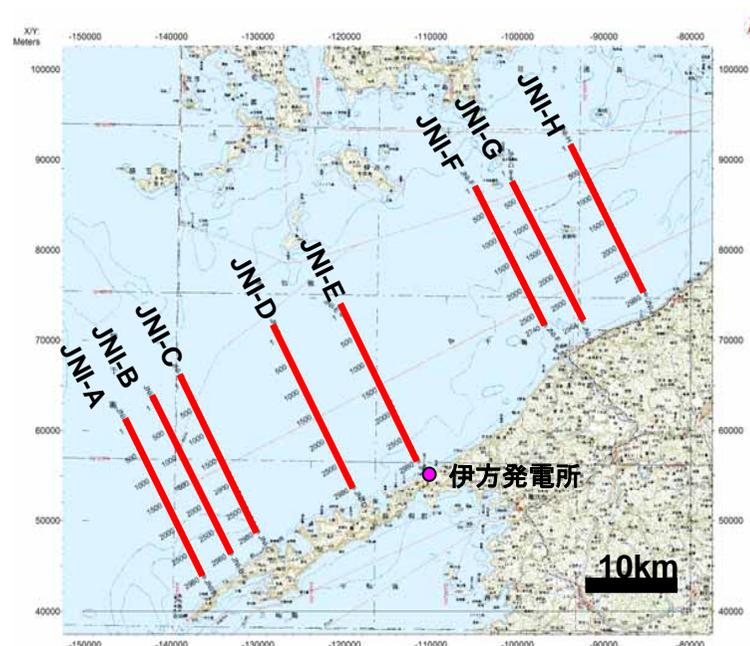
中央構造線断層帯(四国北西部)のセグメント区分

## 原子力安全・保安院による海上音波探査の実施

原子力発電所の耐震設計に必要な活断層等の調査は、事業者が実施することが大前提であるが、今般の新潟県中越沖地震を踏まえ、耐震安全性について厳格に検証を行うため、事業者による調査を念のためチェックする観点から、原子力安全・保安院として海上音波探査を実施した。なお、当院による海上音波探査の結果については、公開の会合に提示するとともに、当院のHP( <http://www.nisa.meti.go.jp/> ) において全て公開となっている。

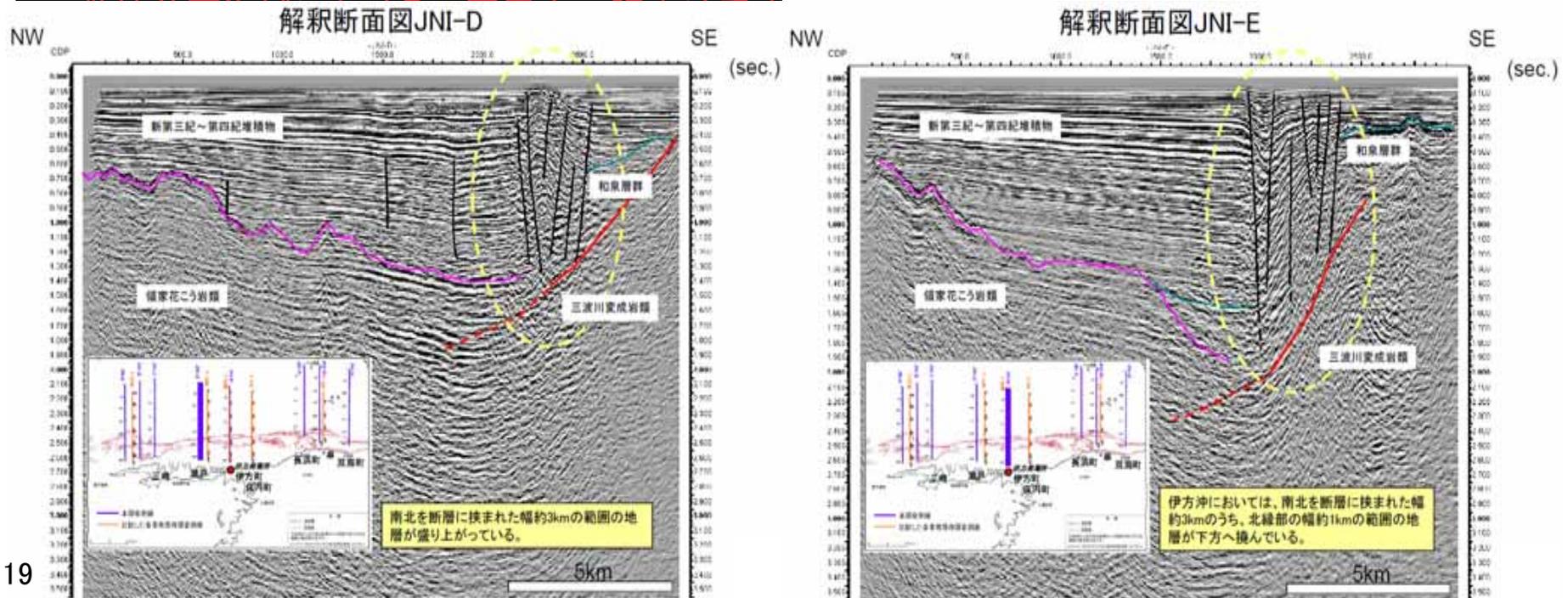
### 【調査概要】

伊方発電所の敷地前面海域の断層群のうち、三崎沖及び串沖の引張性ジョグ、並びに敷地前面部等の断層の性状を把握することを念頭に調査位置を設定。探査仕様は、地震発生層の上部までの深部構造をより高精度に探査できるよう設定。



# 原子力安全・保安院による海上音波探査結果について

- ・ 海底下深部まで解釈可能な記録が得られたことから、深部の地質構造を把握することができた。
- ・ 本調査により、以下の点が主に確認できた。調査結果は四国電力の評価と整合的であった。
  - > 基盤岩類である三波川変性岩類・領家花こう岩類・和泉層群と、それらを覆う新第三紀～第四紀堆積物が存在する。新第三紀～第四紀堆積物中には中央構造線に沿った断層帯が認められ、その中の断層の多くは海底面又は海底面付近まで変位・変形を与えている。
  - > 三波川変成岩類の上面は、北に傾斜している。
  - > 三崎沖から伊方沖にかけての測線(JNI-A～JNI-E測線)において、断層帯を形成する断層は、三波川変成岩類と領家花こう岩類の会合部へ収斂する傾向がある。



# 敷地前面海域の断層群による地震の地震動評価①

敷地前面海域の断層群による地震の地震動評価については、**震源モデルの設定(長さ、傾斜角)、不確かさの考慮の考え方及び断層モデルを用いた手法にポイントを絞り込み、その内容を厳正に審議し、四国電力の評価が妥当なものと判断。(ポイントごとの確認内容は以下のとおり。)**

## (1) 震源モデルの長さについて

隣合う活動セグメントとの連動を不確かさの考慮に含めることを条件に、基本震源モデルの長さを、断層の分岐形状も踏まえ両端の引張性ジョグの中までの**54km**と設定。

また、地下の断層破壊領域が引張性ジョグの全長に相当する面に及ぶ可能性を踏まえ、**不確かさを考慮した震源モデルの長さを69km**と設定。

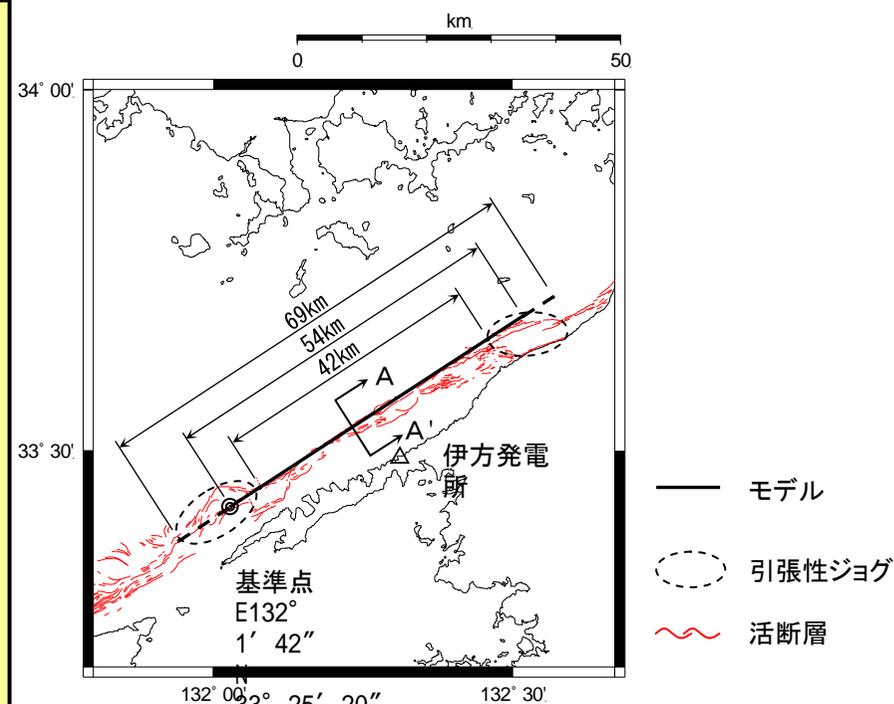
## (2) 震源モデルの傾斜角について

基本震源モデルの傾斜角を鉛直( $90^\circ$ )と設定し、北傾斜 $30^\circ$ の地質境界断層が震源断層と一致する可能性を否定できないことから、**不確かさを考慮した地震動評価において北傾斜 $30^\circ$ も考慮。**

横ずれ断層による過去の地震の断層傾斜角のバラツキを踏まえ、安全評価上の観点から**鉛直( $90^\circ$ )の不確かさとして南傾斜 $80^\circ$ を設定。**

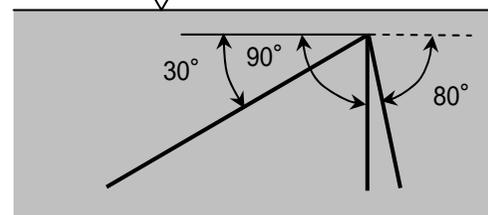
## (3) 不確かさの考慮の考え方について(次ページ)

## (4) 断層モデルを用いた手法について(次々ページ)



震源モデルの長さ

A(北) 地表 A(南)



上端深さ: 2km

(A-A'断面)

震源モデルの傾斜角

## 敷地前面海域の断層群による地震の地震動評価②

### (3) 不確かさの考慮の考え方について

基本震源モデルは地質調査結果を基に敷地への影響を踏まえ、一部の不確かさ要因を予め考慮した上で設定。

不確かさを考慮した震源モデルは、断層長さ、応力降下量、断層傾斜角及び隣り合う地震活動セグメントとの連動について、基本震源モデルに対して不確かさの要因を一つずつ考慮。

→基本震源モデルと地質調査結果の関係や基本震源モデルに予め考慮されている不確かさ要因等を確認するとともに、他サイトにおける不確かさの考慮に係る事例を整理した結果も踏まえ、不確かさの考慮の考え方として妥当なもの判断。

### 不確かさ考慮ケース

| No. | 検討ケース            | 基本震源モデルの設定条件 |                        |             | 不確かさを考慮するパラメータ |                       |           | Mj  |       |
|-----|------------------|--------------|------------------------|-------------|----------------|-----------------------|-----------|-----|-------|
|     |                  | アスペリティ<br>深さ | アスペリティ<br>平面位置         | 破壊<br>開始点※1 | 断層長さ<br>(km)   | 応力<br>降下量             | 断層<br>傾斜角 | 松田式 | 入倉・三宅 |
| 0   | 基本震源モデル          | 断層上端         | 地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置 | 3ケース        | 54             | レシピ                   | 90°       | 7.7 | 7.3   |
| 1   | 応力降下量の不確かさ考慮     | 同上           | 同上                     | 同上          | 54             | レシピ×1.5倍<br>(中越沖地震対応) | 90°       | 7.7 | 7.3   |
| 2   | 地質境界断層の知見考慮      | 同上           | 同上                     | 同上          | 54             | レシピ                   | 北傾斜30°    | 7.7 | 7.8   |
| 3   | 断層長さの不確かさ考慮      | 同上           | 同上                     | 同上          | 69             | レシピ                   | 90°       | 7.9 | 7.5   |
| 4   | 130km連動(カスケード)※2 | 同上           | 同上                     | 断層東下端       | 126<br>(カスケード) | レシピ                   | 90°       | —   | 7.5   |
| 5   | 角度のばらつきを考慮       | 同上           | 同上                     | 3ケース        | 54             | レシピ                   | 南傾斜80°    | 7.7 | 7.3   |

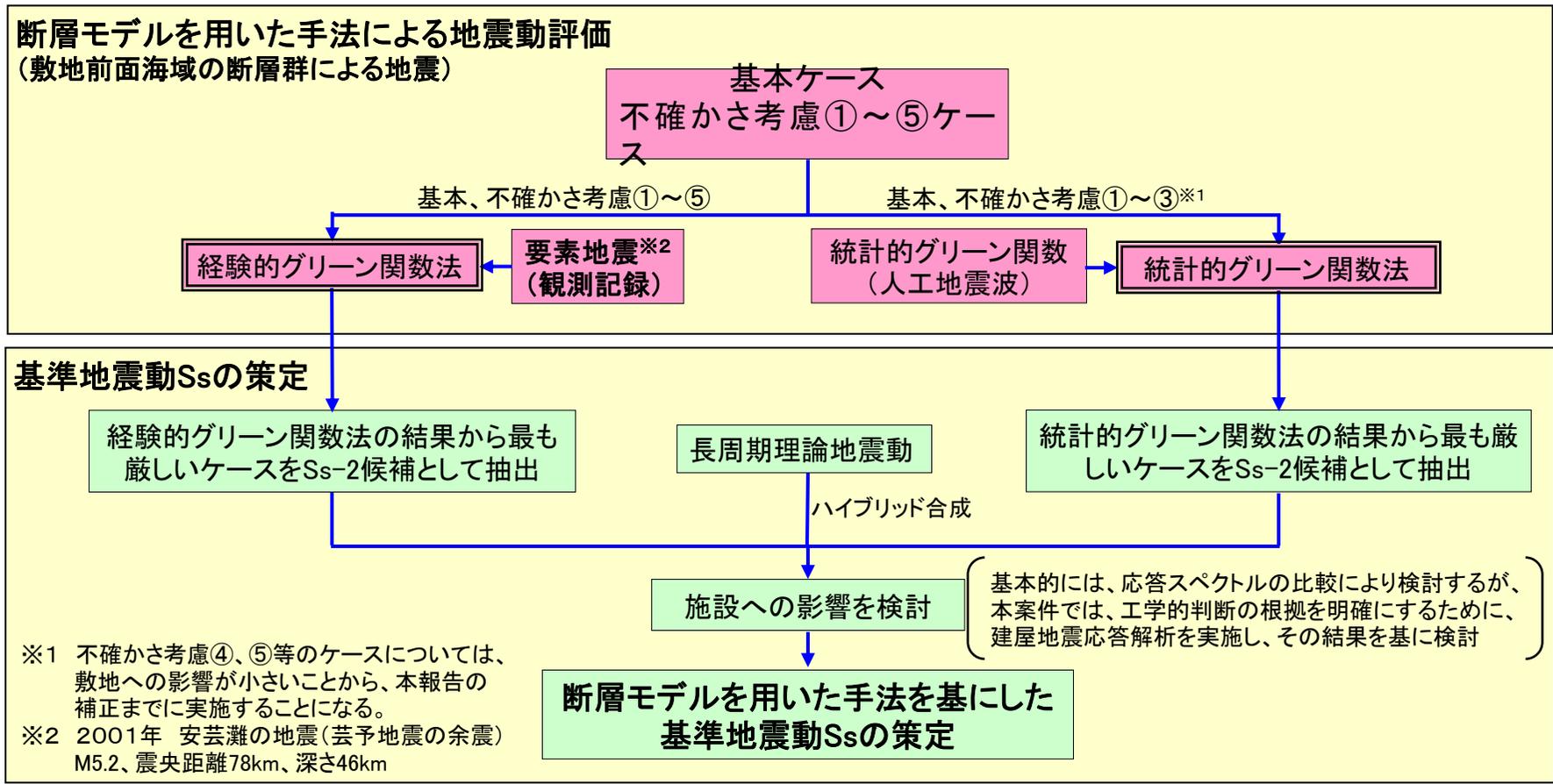
■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ      ■ : 不確かさを考慮するパラメータ

※1 破壊開始点は、断層西下端、中央下端、東下端の3ケース。また、連動ケースにおいては、破壊が敷地に向かってくる位置(断層東下端)に設定。

※2 別途、基準地震動Ssの妥当性を検討するための検討として、130km連動(スケーリング)、360km連動(カスケード)の2ケースを実施。

# 敷地前面海域の断層群による地震の地震動評価③

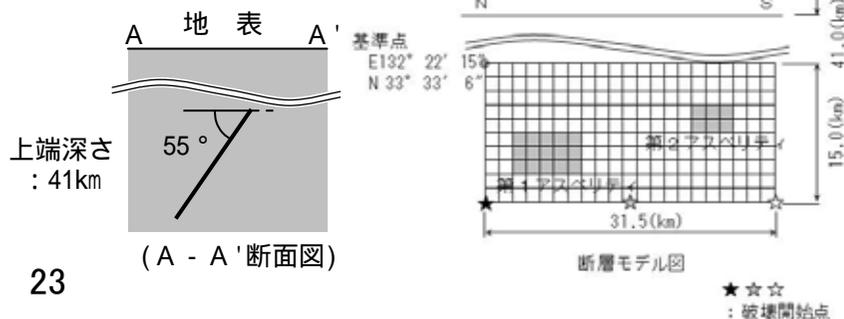
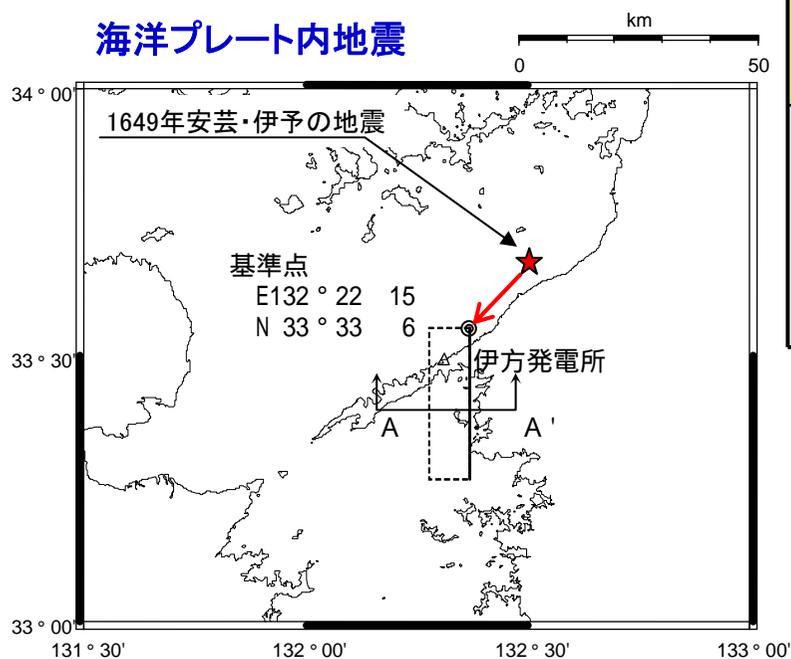
(4)断層モデルを用いた手法について  
 経験的グリーン関数法の要素地震について検討した結果、震源特性、伝播特性が適切ではない可能性があることから、**経験的グリーン関数法と統計的グリーン関数法の双方の手法による地震動評価を実施し、双方の手法による結果から施設への影響が大きな地震動を選定し、断層モデルを用いた手法を基にした基準地震動 $S_s$ を策定する方針**となった。



# その他の地震の地震動評価

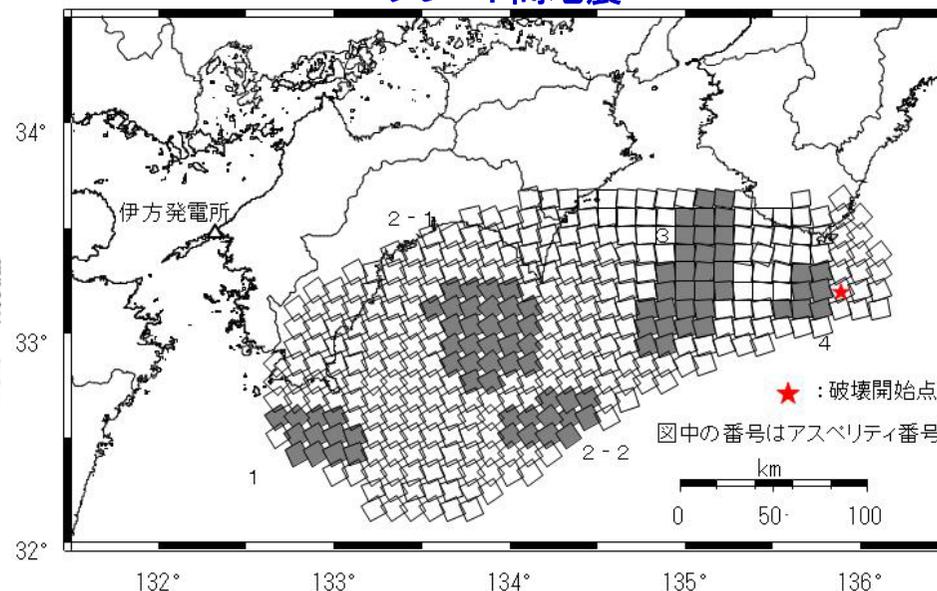
海洋プレート内地震及びプレート間地震についても、敷地への影響がそれぞれ最も大きくなる地震（検討用地震）を選定し、地震動評価を実施。これらの検討用地震の選定及び地震動評価は妥当なものと判断。

## 海洋プレート内地震



| 様式    | 海洋プレート内地震  | プレート間地震   |
|-------|--|---|
| 検討用地震 | 1649年安芸・伊予の地震 M6.9<br>地震発生位置の不確かさを考慮し敷地下方のフィリピン海プレート内に、既往最大の地震規模(M7.0)を想定。 | 想定南海地震 M8.6<br>(中央防災会議)<br>破壊開始点はアスペリティの破壊が敷地に向かう方向となるよう設定。 |

## プレート間地震

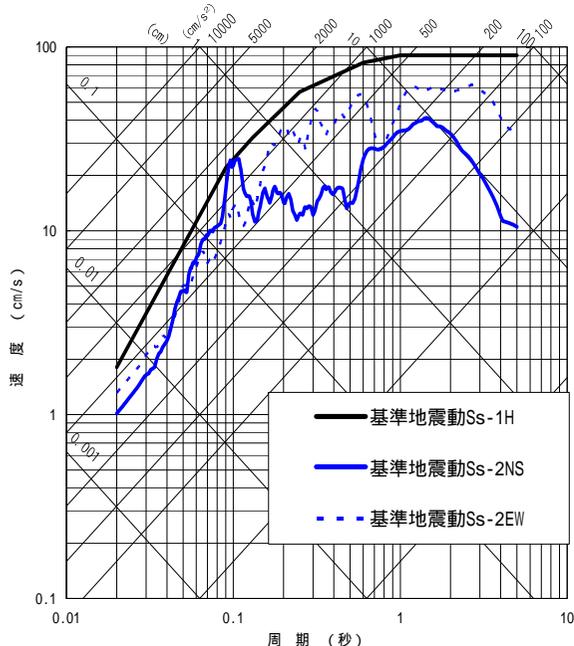


# 基準地震動Ssの評価

主に以下について確認し、**基準地震動Ssは妥当なものと判断した。**

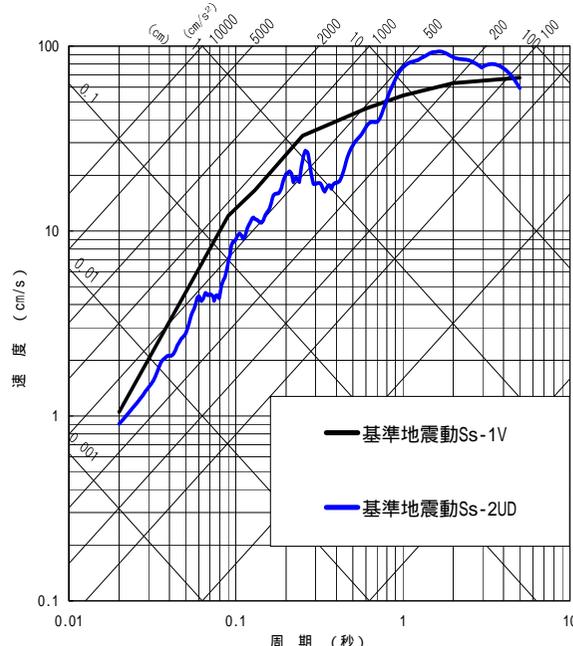
- ・「震源を特定して策定する地震動」については、検討用地震(内陸地殻内地震、海洋プレート内地震、プレート間地震)の**応答スペクトルに基づく地震動評価結果を包絡するように設定した応答スペクトルを基準地震動Ss-1、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のうちSs-1を一部の周期帯で超えるもの※1を基準地震動Ss-2としている。**
  - ・「震源を特定せず策定する地震動」については、敷地の地域性等を考慮して応答スペクトルを設定した上で、**基準地震動Ss-1に全周期帯において包絡されることから、基準地震動Ss-1で代表させている。**
- ※1 不確かさケース②(北傾斜30°)の経験的グリーン関数法によるハイブリッド合成結果
- ・新潟県中越沖地震を踏まえた対応として、伊方発電所の地下構造が地震動評価に与える影響について検討し、現状で得られている情報からその影響は小さいと判断した。(安全性に影響を与えるものではない。)

基準地震動Ssの設計用応答スペクトル



24

水平方向



鉛直方向

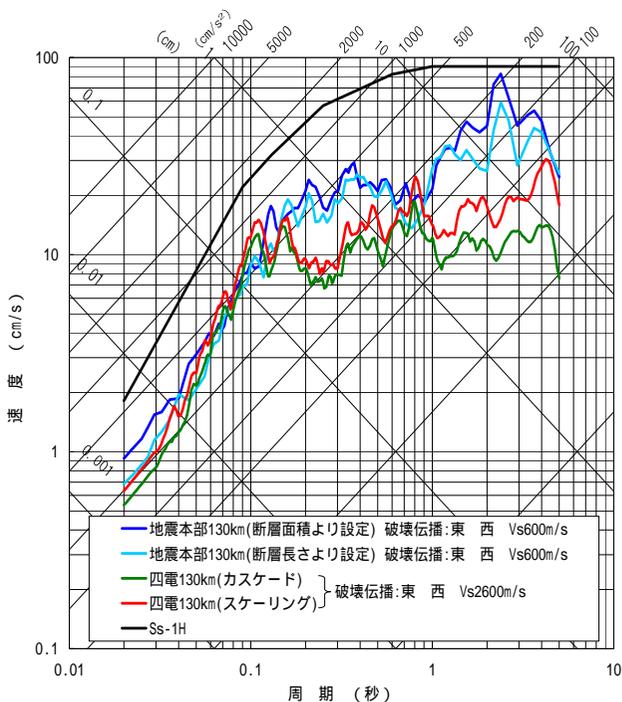
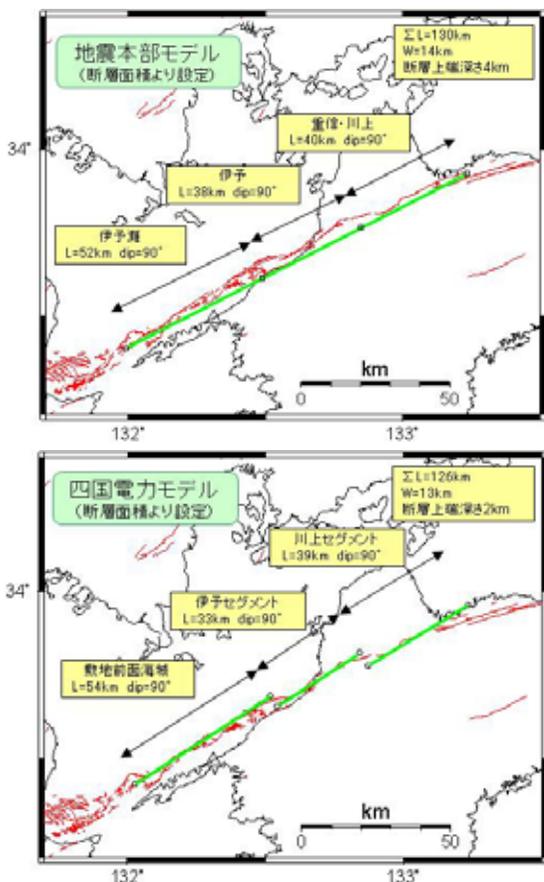
基準地震動の最大加速度値

| 基準地震動Ss                 |          |         | 最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|----------|---------|----------------------------|
| 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss | 水平動      | Ss-1 H  | 570                        |
|                         | 鉛直動      | Ss-1 V  | 330                        |
| 断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss   | 水平動 NS成分 | Ss-2 NS | 318                        |
|                         | 水平動 EW成分 | Ss-2 EW | 413                        |
|                         | 鉛直動 UD成分 | Ss-2 UD | 285                        |

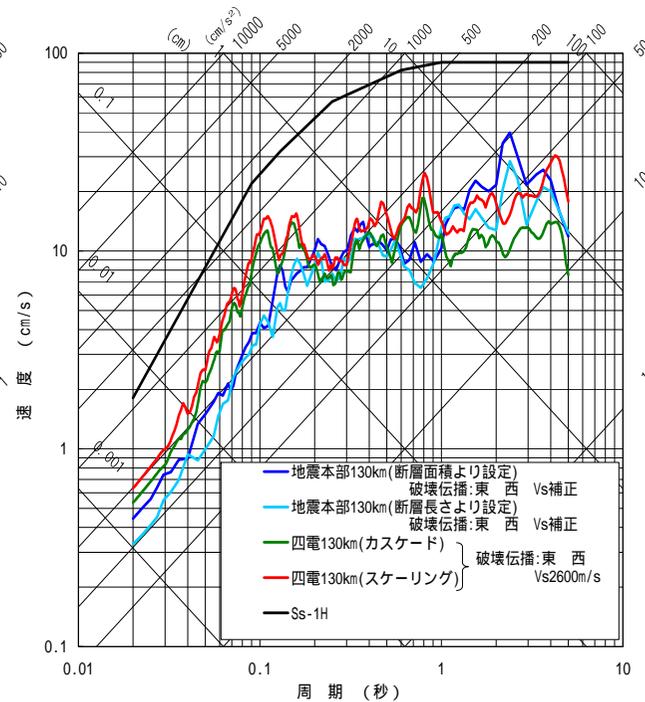
(参考)旧耐震指針に基づく基準地震動S<sub>2</sub>(水平方向)の最大加速度は473ガル

# 【参考】地震本部(2009)の強震動予測との比較

説明性向上の観点から、四国電力が実施した地震動評価と地震本部(2009)の強震動予測について、四国北西部の中央構造線断層帯(約130km連動ケース)による地震の地震動評価結果を比較した。その結果、施設の固有周期が集中する短周期帯において、異なる地盤条件で比較した場合、双方の地震動レベルはほぼ同等、簡易的に補正して地盤条件を揃えた場合、四国電力の評価結果の地震動レベルの方が1.5倍程度大きいことを確認した。(基準地震動Ssの策定に影響しない)



地震動評価結果(NS方向 破壊:東→西)  
 【地震本部:工学的基盤Vs=600m/s  
 四国電力:解放基盤表面Vs=2600m/s】

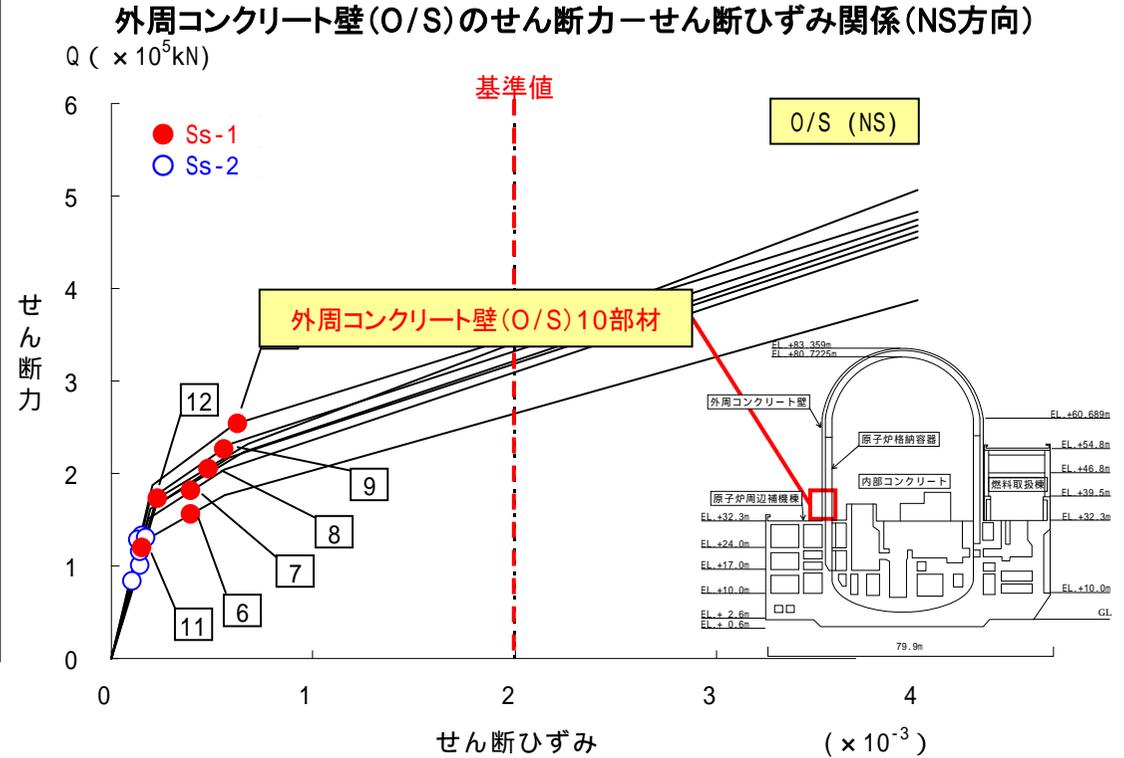


地震動評価結果(NS方向 破壊:東→西)  
 【地震本部:Vs=2600m/s相当に補正  
 四国電力:解放基盤表面Vs=2600m/s】

# 施設の耐震安全性の評価(建物・構築物)

## (1) 建物・構築物

原子炉建屋及び原子炉補助建屋の地震応答解析モデル等は妥当なものと判断するとともに、その解析結果は耐震壁の機能維持が確保されるせん断ひずみに余裕をみて設定された基準値以下(原子炉建屋、原子炉補助建屋の最大値は、それぞれ $0.63 \times 10^{-3}$ 、 $0.84 \times 10^{-3}$ )であることを確認し、3号機の原子炉建屋及び原子炉補助建屋の耐震安全性が確保されると判断した。



原子炉建屋の耐震壁の最大応答せん断ひずみ

| 基準地震動 | EW方向                  |          | NS方向                  |          |
|-------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
|       | 最大応答せん断ひずみ            | 部位       | 最大応答せん断ひずみ            | 部位       |
| Ss-1  | $0.58 \times 10^{-3}$ | O/S 10部材 | $0.63 \times 10^{-3}$ | O/S 10部材 |
| Ss-2  | $0.22 \times 10^{-3}$ | O/S 11部材 | $0.17 \times 10^{-3}$ | O/S 12部材 |

# 施設の耐震安全性の評価(機器・配管系)

## (2) 機器・配管系

機器・配管系の構造強度評価については、基準地震動Ssによる地震力と地震以外の荷重を組み合わせる算定された発生応力が評価基準値以下であること、制御棒挿入性に関する評価については、基準地震動Ssによる制御棒の挿入時間が評価基準値以下であることを確認した。なお、これらの評価においては、既往評価(工時計画認可時)と同等の実績のある手法、または応答倍率法として、安全側の数値を算定するための条件の範囲で適用できる手法を用いていることを確認した。

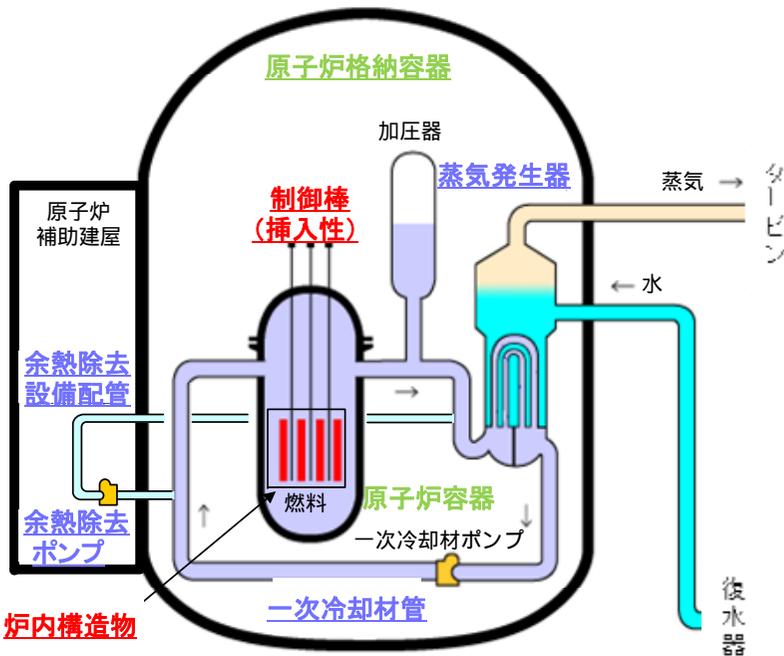
以上より、**3号機の主要な設備の耐震安全性が確保されると判断した。**

機器・配管系の構造強度評価結果

| 区分    | 評価対象設備   | 評価部位     | 応力分類 | 発生値<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 評価基準値<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------|----------|----------|------|-----------------------------|-------------------------------|
| 止める   | 炉内構造物    | 炉心そう     | 膜+曲げ | 90                          | 391                           |
| 冷やす   | 蒸気発生器    | 支持構造物    | 圧縮応力 | 56                          | 79                            |
|       | 一次冷却材管   | 本体       | 一次応力 | 117                         | 348                           |
|       | 余熱除去ポンプ  | 基礎ボルト    | 引張応力 | 1                           | 210                           |
|       |          | 原動機取付ボルト | 引張応力 | 10                          | 210                           |
|       | 余熱除去設備配管 | 本体       | 一次応力 | 176                         | 343                           |
| 閉じ込める | 原子炉容器    | 支持構造物    | 支圧応力 | 274                         | 465                           |
|       | 原子炉格納容器  | 本体       | 一次応力 | 60                          | 351                           |

制御棒挿入性に関する評価結果

| 区分  | 評価対象設備   | 発生値<br>[秒] | 評価基準値<br>[秒] |
|-----|----------|------------|--------------|
| 止める | 制御棒(挿入性) | 2.03       | 2.50         |



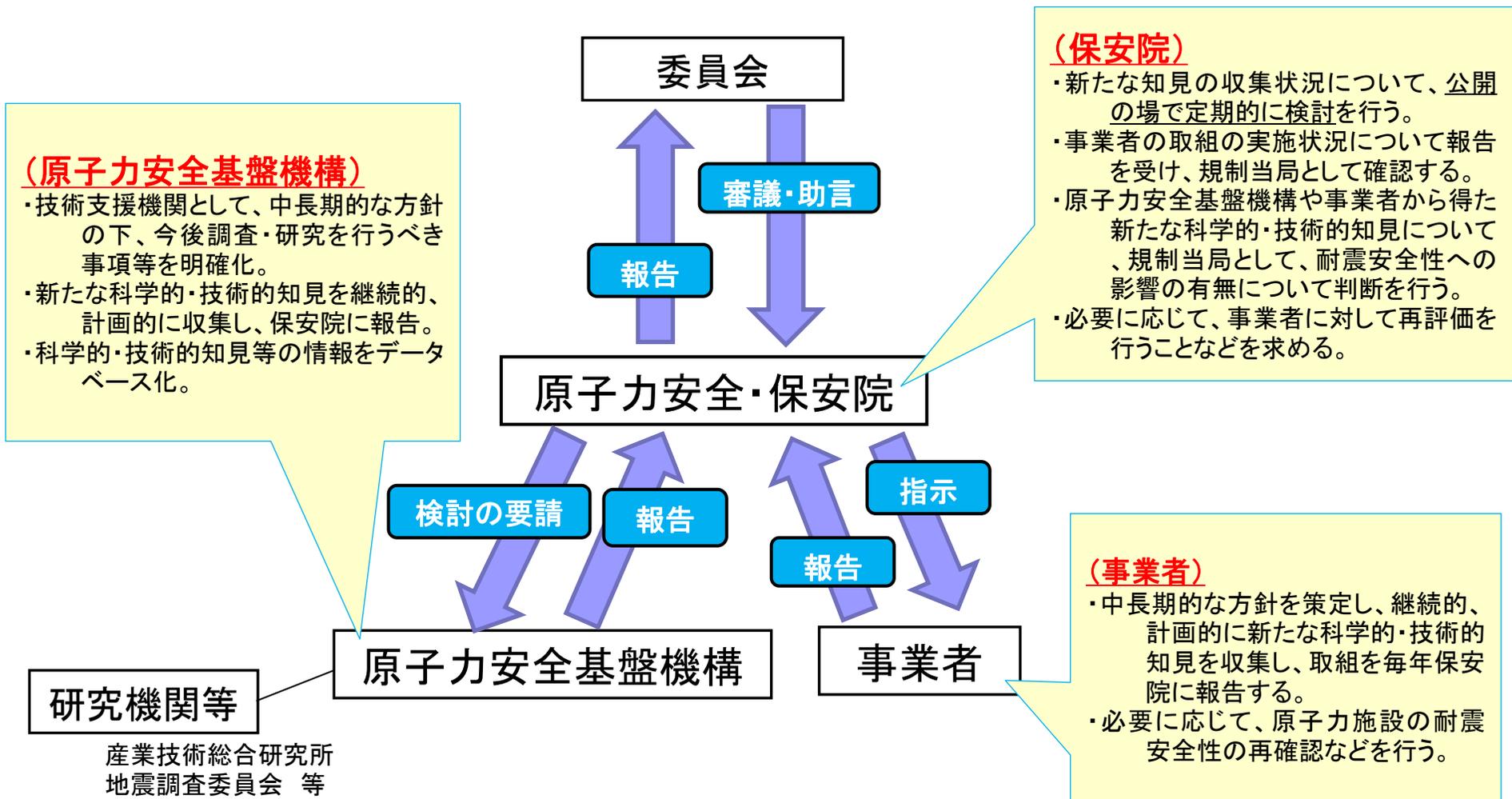
## 伊方発電所の耐震安全性評価(まとめ)

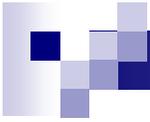
原子力安全・保安院は、伊方発電所の基準地震動 $S_s$ は妥当なものと判断するとともに、3号機の安全上重要な「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」機能を有する主要な施設の耐震安全性は、基準地震動 $S_s$ に対しても確保されるものと判断した。



# 【参考】新たな知見を耐震安全性に取り入れる仕組み

原子力発電所の耐震安全性の確認について、事業者、原子力安全基盤機構と連携し、地震学等の進歩を反映していくための仕組みを構築(平成21年5月8日)。





# 用語解説

## 【用語解説】(本資料中に使われていない用語も含めて解説)

### 「変動地形学的調査」

空中写真判読により、地形の成因を考慮して活断層の可能性のある地形を抽出する調査である。崖や谷、山の尾根などの地形的な特徴が直線的にまたは緩やかな曲線状に続く地形だけではなく、段丘面の傾きや河川や尾根の屈曲などに着目し、活断層の可能性のある地形として判読するものである。

### 「地球物理学的調査」

地下の地質構造などを地震波、電磁気、重力などを利用して調査する方法である。主なものとして、陸上で行う反射法地震探査、電気探査、重力探査、海上で行う海上音波探査がある。

### 「空中写真判読」

調査対象範囲を上空から撮影した写真を観察することにより、地形を立体的に見て、変動地形やリニアメントなどの地形を読み取る方法である。

### 「航空レーザ計測」

航空機(飛行機またはヘリコプター)から地上に向けて多数のレーザパルスを発射し、地表面や地物で反射して戻ってきたレーザパルスから、高密度な三次元デジタルデータを取得する新しい測量技術である。

### 「トレンチ調査・表土剥ぎ調査」

トレンチとは溝のことで、活断層が通過する地点に調査溝を掘り、表土はぎ調査とは活断層が通過する地点の表土をはぎ取り、岩盤を露出させ、断層やその周辺の地層断面を詳細に観察する方法である。

### 「ボーリング調査」

地盤を構成する岩石などを棒状のコアとして連続的に採取し、これを観察して地質状況を調査する方法である。

### 「高密度重力探査」

重力探査は、地盤を構成する土や岩の密度差を利用して地下構造を調査する方法である。柔らかい堆積層に比べて固い岩盤は密度が大きいため、岩盤が浅い場所は重力値が大きく、深い場所には重力値が小さくなる。このため、観測された重力値の変動(重力異常)を基に地盤構造を推定することができる。

### 「反射法地震探査」

地面を人工的に振動させて弾性波と呼ばれる波を発生させ、その反射波を捉えて、地下の地質構造を調査する方法である。

### 「微動アレー探査」

微動アレー探査とは、常に地表付近で発生している微小な振動(常時微動)を、地表に設置した複数の地震計で同時に測定し、測定したデータを解析することで地下の速度構造を推定する調査手法である。

### 「海上音波探査」

海上において実施される反射法地震探査の一種で、海底下の地層の境界で反射してくる弾性波を利用して、海底下の地質構造を明らかにするものである。

### 「リニアメント」

谷や尾根の傾斜急変部、屈曲等の地形的特徴が直線ないしそれに近い状態で配列している場合、その線状の地形をいう。

### 「変動地形」

地震や火山活動による地殻の変動に起因する特徴的な地形をいい、地形の切断、屈曲、撓曲、傾動、逆傾斜として確認される。

## 【用語解説】(本資料中に使われていない用語も含めて解説)

### 「引張性ジョグ」

活断層(厳密にはその活動による地表面の痕跡)は、多くの場合、屈曲、分岐、雁行(ステップ)などの、形状の上での非単調な構造を伴う。このような非単調な構造をジョグという。ジョグには、断層破壊の伝播に伴い、そこが引張場になるもの(引張性ジョグ)と圧縮場になるもの(圧縮性ジョグ)とがある。例えば、右横ずれ断層の雁行によるジョグは、破壊の伝播方向とは無関係に、右ステップする場合は引張性のジョグ、左ステップする場合は圧縮性のジョグとなる。

### 「基準地震動 $S_s$ 」

基準地震動 $S_s$ とは、施設の耐震設計において基準とする地震動で、敷地周辺の地質・地質構造(地層の立体的な分布や相互関係)ならびに地震活動性等の地震学および地震工学的見地から、施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与える恐れがあると想定することが適切な地震動をいう。

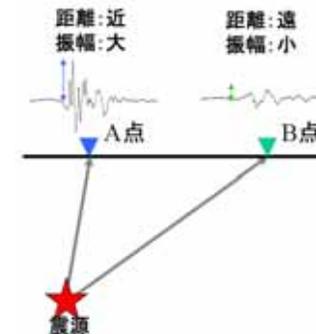
なお、地震動とは地震波がある地点に到達することによって生じる地盤の揺れをいう。地震の発生によって放出されたエネルギーは、地震波として震源から地殻内のあらゆる方向に伝わっていき、これがある地点に到達すると、その地盤を揺らす。地震動は、加速度時刻歴、応答スペクトル等によって表される。

### 「応答スペクトル法に基づく地震動評価」

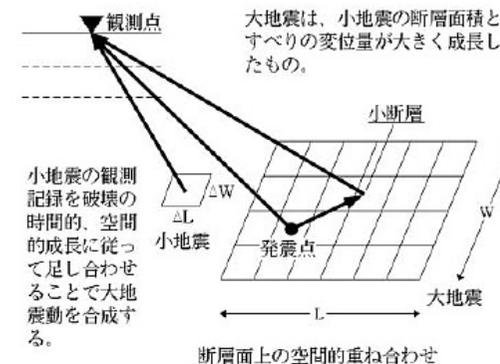
地震のマグニチュードと震源からの距離などの関係をもとに、断層モデルによる手法より少ない変数で簡易的に地震動を評価する方法である。

### 「断層モデルを用いた地震動評価」

断層モデルとは、震源の断層面を地震動を求める計算手法として用いるためにモデル化したものをいう。従来は、震源を点として考え、その震源までの距離およびマグニチュードによって地震動の計算を行っていた。しかし、震源が近く、その震源断層面の広がりや形状を考慮することがより適切であると考えられる場合には、その断層の形状および破壊形式を考えて地震動を計算する方がより合理的である。このため、地震の原因となる断層をモデル化して地震動を計算する手法がいくつか提案されている。



応答スペクトル法に基づく地震動評価の概念図



断層モデルを用いた地震動評価の概念図

## 【用語解説】(本資料中に使われていない用語も含めて解説)

### 「カスケードモデル」

断層が活動を繰り返す区間(セグメント)の複数が連動して、それぞれの面積に応じたエネルギーを同時に放出して活動することを想定したモデルのこと。

### 「スケーリングモデル」

断層が活動を繰り返す区間(セグメント)の複数が連動して、全体の面積に応じたエネルギーを同時に放出して活動することを想定したモデルのこと。ある程度の面積を有する断層が放出するエネルギーは断層面積の2乗に比例すると言われており、2つの断層(面積SA、SB)が連動する際の放出エネルギーは、カスケードモデルの場合、 $SA^2 + SB^2$ に比例し、スケーリングモデルの場合、 $(SA + SB)^2$ に比例することになる。

### 「アスペリティ」

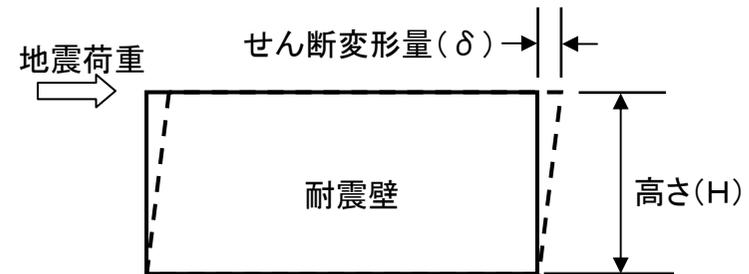
断層面におけるすべりの大きい部分、つまりアスペリティ以外の部分に比べ放出されるエネルギーが大きい部分のこと。

### 「応力降下量」

断層が破壊すると、そこに蓄えられていたエネルギーが解放されるため、岩盤中の応力が降下する。応力降下量とは、断層破壊(地震)の直前の応力と直後の応力との差をいう。

### 「せん断ひずみ」

地震等の外力を受けた際に、そのせん断力(部材をずらそうとする力)によって発生するひずみのこと(下図参照)。なお、単位はrad(ラジアン)で表される。



せん断ひずみ = せん断変形量(δ) ÷ 耐震壁の高さ(H)