

## 目 次

第1章	はじめに	3
第2章	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	3
第1	原告らの主張	3
第2	基準地震動の策定と「平均像」について	4
1	基準地震動は「平均像」そのものではないこと	4
2	地震動評価における基本的な考え方	4
3	地震動評価が安全側となるよう多面的に考慮していること	6
4	小括	9
第3	基準地震動超過地震について	10
1	基準地震動の策定方法に問題があることを示すものではないこと	10
2	基準地震動超過地震の概要と基準地震動超過の要因	10
3	被告九州電力が策定した基準地震動 Ss の年超過確率	35
4	小括	35
第3章	震源を特定せず策定する地震動	35
第1	原告らの主張	35
第2	検討対象地震の選定及び除外について	36
1	検討対象地震の選定の概要	36
2	審査ガイドにおいて 22 地震から 16 地震に縮小された経緯	37
3	検討用対象地震の選定には合理的な理由があること	38
4	小括	53
第4章	敷地周辺の地質調査について	53
第1	原告らの主張	53
第2	敷地周辺の地質調査について	53
1	敷地周辺の地質調査の概要	53
2	呼子南リニアメントの評価	57
3	名護屋断層の評価	58
4	小括	58
第5章	結論	59

## 第1章 はじめに

原告らは、これまで、「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、それぞれ基準地震動の策定手法に根本的な欠陥があり、本件原子力発電所において基準地震動を超過する地震動が発生する可能性があることを主張している。さらに、準備書面 37 においては、上記に加え、名護屋断層および呼子南リニアメントが活断層の可能性があり、基準地震動を超過する地震動が発生する可能性があることを主張している。

一方、被告九州電力は、準備書面 10 等において、基準地震動策定に係る全体像を述べたうえで、被告九州電力が行った地震動評価は、詳細な調査により把握した地域的な特性を踏まえ、不確かさを考慮し、安全側の評価となるよう十分な余裕を持たせた上で策定しているため妥当なものであり、基準地震動を超過する地震動が発生する可能性は極めて低いことについて既に主張済である。

そこで、本書面では、原告らの主張に対し、第2章において「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」について、第3章において「震源を特定せず策定する地震動」について改めて反論するとともに、第4章において、敷地周辺及び敷地近傍の地質調査について、必要な反論を行う。

## 第2章 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 第1 原告らの主張

原告らは、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について、①過去に発生した地震・地震動の知見の平均像を求めるものにすぎないこと、②現に過去10年で、基準地震動を超える地震が5回も我が国に存する原発に到達していること及び③新規制基準の制定過程では平均像に基づいて基準地震動を策定することに関して検討が全くされていないことを指摘し、基準地震動の策定手法に根本的な欠陥があると主張する（原告ら準備書面 37・2頁, 32, 27, 26等参照）。

以下、これらの点について反論する。

## 第2 基準地震動の策定と「平均像」について

### 1 基準地震動は「平均像」そのものではないこと

「第1 原告らの主張」①及び③の主張に関して、原子力規制委員会による「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」（以下「審査ガイド」という。）が定める基準地震動の策定方法、ひいては被告九州電力が策定した本件原子力発電所における「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」による基準地震動は、原告らが主張する「過去に発生した地震・地震動の知見の平均像」そのものではない。

「過去に発生した地震・地震動の知見の平均像」を基に、敷地及び敷地周辺に関する詳細な調査結果及び豊富な観測記録に基づく分析により把握した地域的な特性を考慮し、さらに上記分析等によっても十分に把握しきれないものについては不確かさとして考慮して策定したものであり（被告九州電力準備書面 10・21～84 頁参照）、原告らの主張は誤りである。

以下に、審査ガイドにおける地震動評価の基本的な考え方と、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」による基準地震動の策定において評価が安全側になるよう被告九州電力が行った多面的な考慮について、改めて述べる。

### 2 地震動評価における基本的な考え方

- (1) 審査ガイドが定める地震動評価手法の考え方は、調査や観測事実等に基づき汎用的に用いることが出来るよう標準化された評価手法（強震動予測レシピなど）を基に、調査や観測事実等から得られる地域的な特性を安全側に配慮するというものである（図1）。

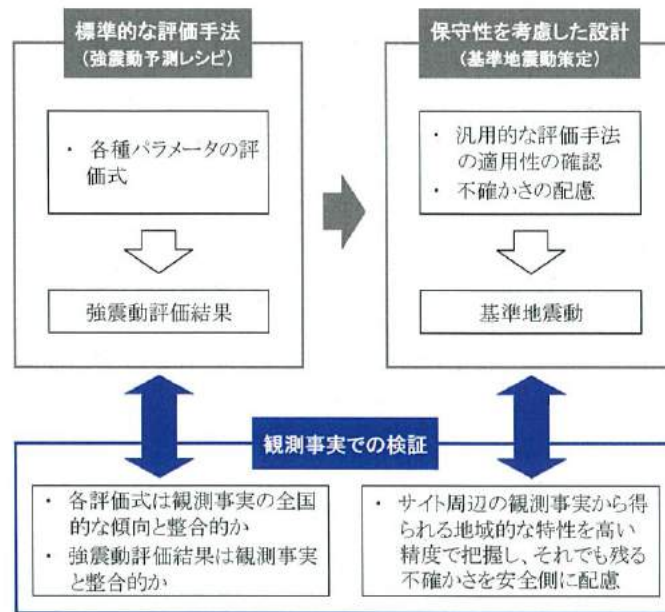


図1 自然現象（地震）の評価の考え方

- (2) これは、地震に限らず、自然現象を評価するに当たって一般的に共通する考え方であり、地域毎あるいは対象となる構造物の種類毎に多種多様な評価手法を定めるのではなく、一定の共通的な評価手法をベースに、地域や構造物毎にその特性に応じて考慮が必要な事項を適宜付加していくという極めて合理的な体系である。

例えば、建築基準法に従った建物の設計においても、全国共通の地震力を定めた上で、それに地域係数を乗じて地域毎の地震力を求めることが定められている。

- (3) 標準的な評価手法については、観測事実との整合性を検証し、手法の汎用性（標準的な傾向を見て取ることができること）が確認されていることが重要である。

被告九州電力が本件原子力発電所で用いた地震動評価手法（強震動予測レシピなど）は、各パラメータの評価式を基に体系的に評価した結果としての強震動が観測事実と整合することが検証され、手法の汎用性が

確認されている。

### 3 地震動評価が安全側となるよう多面的に考慮していること

- (1) 被告九州電力は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の基準地震動策定に当たっては、地域的な特性（「震源特性」、「伝播経路特性」及び「サイト特性」）を考慮した上で、『簡便な手法』である「応答スペクトルに基づく地震動評価」と、より精緻に実像を評価できる『詳細な手法』である「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の2つの評価手法を用いて適切な評価を実施している（図2）。

その過程において、被告九州電力は、標準的な評価手法にばらつき（標準的な手法は平均値を導き出すものであるため、実際の自然現象との間に生じる乖離）が存在することを踏まえ、その影響を極力小さくする努力を行うとともに、最終的に策定する基準地震動が過小なものとならないように、多面的な評価を行っている。

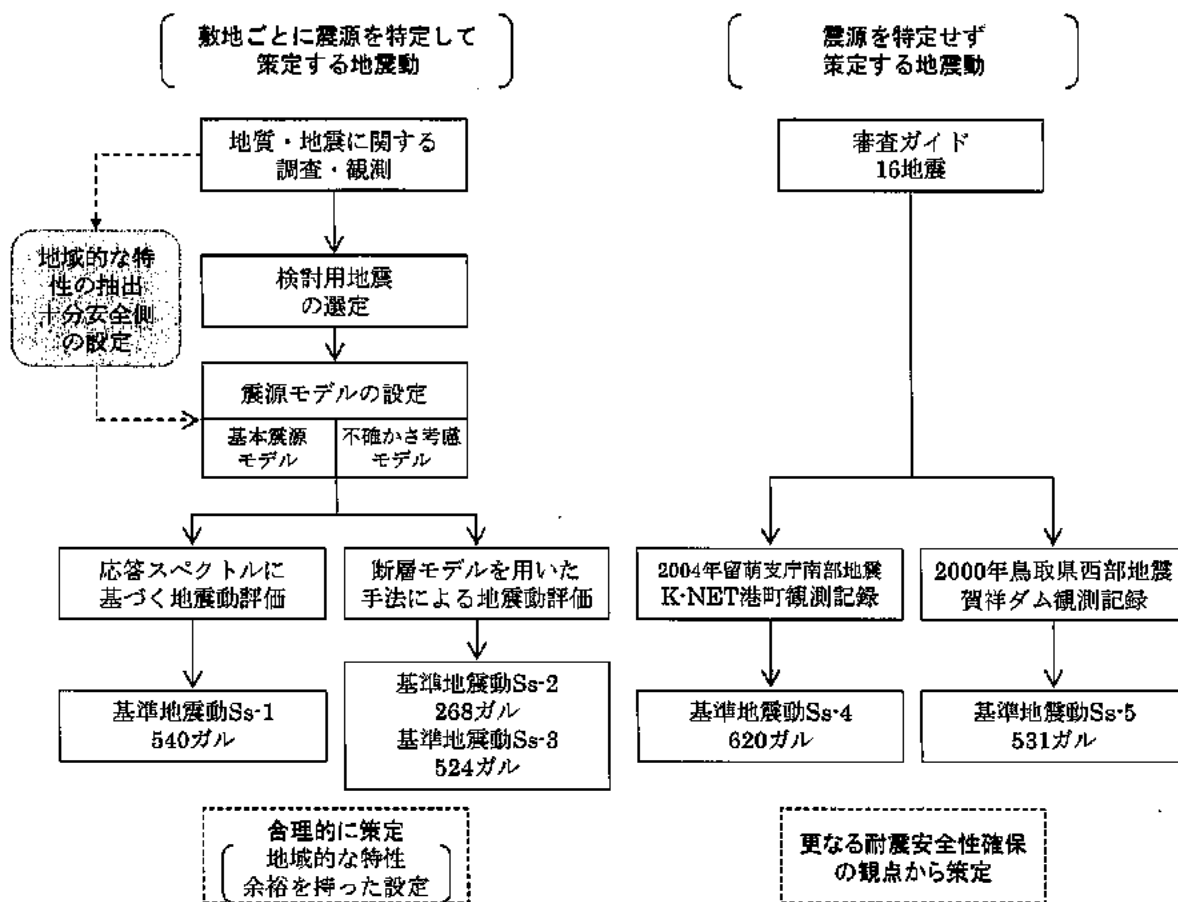


図2 基準地震動 Ss の策定フロー

(2) 具体的には、本件原子力発電所への影響が最も大きいと選定した2つの検討用地震（城山南断層による地震及び竹木場断層による地震）の震源モデルの設定において、詳細な活断層調査等の結果及び観測記録に基づく分析により把握した地域的な特性を踏まえて、以下で述べるとおり、地震動評価に用いる「基本震源モデル」を十分安全側に設定している。さらに、上記分析等によっても十分に把握しきれないものについては不確かさとして考慮し、「不確かさ考慮モデル」として設定している。（被告九州電力準備書面 10・68～77 頁参照）

ア 基本震源モデル 【乙イ B54 (11,83～89,92,108～121 頁)】

① 「断層長さ」については、調査により、活断層の存在の可能性が

否定できない箇所まで「延ばす」ことによって長くなるように評価している。さらに、孤立した長さの短い竹木場断層（約 5km）については、断層幅と同じ断層長さ（約 17km）が拡がるものとして、より長く「断層長さ」を設定している。

- ② 「断層幅」については、微小地震分布（気象庁一元化震源データ）、防災科学技術研究所の地下の速度構造データ及び 2005 年福岡県西方沖地震における臨時余震観測データ（高い精度で余震分布領域を把握できる）から、2つの検討用地震で想定される断層幅は、2005 年福岡県西方沖地震震源と比べて小さい傾向にあるものの、安全側評価となるよう 2005 年福岡県西方沖地震に合わせて大きく設定した。
- ③ 「断層傾斜角」については、九州北部地方では、東西圧縮の応力場により、横ずれ主体の活断層が分布していること、また、検討用地震と同等規模（M7）で同じ九州北部地域で発生した 2005 年福岡県西方沖地震のメカニズムは鉛直横ずれ断層であることを踏まえて、強震動予測レシピに基づき、城山南断層を鉛直（90 度）に設定した。竹木場断層については、本件原子力発電所から最も近くに位置し、地質調査結果により、断層露頭では傾斜の傾向が見られること等を踏まえて、安全側に敷地への影響の度合いが大きくなるように西側傾斜（80 度）と設定した（西側に傾斜させることで、震源断層面が敷地に近づき、震源断層面積及び地震モーメントが増加する）。
- ④ 「アスペリティ位置」については、調査により活断層存在の可能性を認定した範囲で、敷地に最も近い位置に設定した。
- ⑤ 「破壊開始点」については、巨視的断層面（断層面全体）下端で、敷地に破壊が向かうように設定した。

イ 不確かさ考慮モデル 【乙イ B54（108,117～122 頁）】

- ① 2つの検討用地震ともに、断層長さをさらに長くして、調査により活断層存在の可能性を認定した範囲で、敷地に最も近い位置に震源断層面を想定した。

- ② 「断層傾斜角」については、2つの検討用地震ともに、断層傾斜角を60度として評価した（断層面を傾斜させることにより、基本震源モデルに比べて、震源断層面が敷地に近づき、震源断層面積及び地震モーメントが増加する。竹木場断層は、断層傾斜角の不確かさを考慮することにより、敷地直下まで震源断層を想定している）。
- ③ 「応力降下量」については、2007年新潟県中越沖地震（マグニチュード6.8）の知見を踏まえ、短周期レベルAに関する既往の経験式の1.5倍相当の値を考慮して、地震動評価を行った。
- ④ 「破壊開始点及びアスペリティの位置」については、破壊が敷地に向かう方向となる複数ケースを選定し、地震動評価を行った。

(3) また、被告九州電力は、「応答スペクトルに基づく地震動評価」においても、Noda et al.(2002)で算定した地震動と本件原子力発電所敷地での観測記録とを比較したところ、本件原子力発電所敷地での観測記録の方が相対的に小さい傾向になることを確認し、地域的な特性を踏まえて修正する（実際の観測記録が小さいことを踏まえ下方修正する）ことも可能であったが、地震動評価がより安全側となるよう修正しなかった【乙イB54（102頁）】。

(4) このように、被告九州電力は、地震動評価において多くの観点から安全側となる評価を行っており、本件原子力発電所の基準地震動は十分な余裕が確保されている。

#### 4 小括

以上のとおり、審査ガイドが定める基準地震動の策定方法及び被告九州電力が策定した「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」による基準地震動は、「平均像」そのものではなく、敷地及び敷地周辺に関する詳細な調査結果及び豊富な観測記録に基づく分析により把握した地域的な特性を考慮し、



さらに不確かさを考慮して策定したもので、その手法は合理的であり、何ら「欠陥」はない。

### 第3 基準地震動超過地震について

#### 1 基準地震動の策定方法に問題があることを示すものではないこと

「第1 原告らの主張」②の主張に関して、原告らは、10年間に各地の原子力発電所において基準地震動を超過する事例（以下「基準地震動超過地震」という。）が5件発生したことをもって、従前の地震動想定が著しい過小評価であり、過小評価の原因が基準地震動を過去に発生した地震・地震動の知見の平均像で想定していることにあると主張し、また、新規制基準における基準地震動も過小評価となることは変わらないと主張する。

しかしながら、基準地震動超過地震の5事例は、いずれも当該地点固有の地域的な特性（震源特性、伝播経路特性及びサイト特性）による影響が要因となって生じたものであり、過去に発生した地震・地震動の知見の平均像を基に基準地震動を策定すること自体に問題があることを示すものではない。

以下、基準地震動超過地震の概要と超過の要因について述べる。

#### 2 基準地震動超過地震の概要と基準地震動超過の要因

##### (1) 基準地震動超過地震の概要

ア 原告らが基準地震動超過地震として挙げる5事例について、これらの地震動の原因となった地震は、以下の4地震である。

- ① 2005年宮城県沖地震（東北電力株式会社女川原子力発電所）
- ② 2007年能登半島地震（北陸電力株式会社志賀原子力発電所）
- ③ 2007年新潟県中越沖地震（東京電力株式会社(当時)柏崎刈羽原子力発電所）
- ④ 2011年東北地方太平洋沖地震（東北電力株式会社女川原子力発電所及び東京電力株式会社福島第一原子力発電所）

イ 以下で述べるとおり、①ないし④の事例については、当該地点固有の地域的な特性による影響が大きい事例であり、また、①ないし③の事例は、平成 18 年に改訂された耐震設計審査指針に基づく基準地震動  $S_s$  を超過した事例ではなく、旧指針に基づく基準地震動を超過した事例に過ぎず、他の原子力発電所における基準地震動  $S_s$  の信頼性を否定する根拠にはならない。

## (2) 基準地震動超過の要因

### ① 2005 年宮城県沖地震（東北電力株式会社女川原子力発電所）

#### ア 概要

平成 17 年 8 月 16 日に発生した宮城県沖地震は、宮城県沖のプレート境界を震源とするプレート間地震であり、深さ 42km、地震規模マグニチュード 7.2 であった。この地震において、東北電力株式会社女川原子力発電所は、震央距離で 73km、震源距離で 84km 離れている。

東北電力株式会社女川原子力発電所 1 号機・2 号機・3 号機は、地震後の点検によると、安全上問題となる被害は確認されていない。

東北電力株式会社は、本地震による岩盤中の観測記録から解析的に上部地盤の影響を取り除いた地震動（以下「はぎとり波」とする。）の応答スペクトルが、一部の周期において基準地震動  $S_2$ （最大加速度 375 ガル）を超えていることを確認している（図 3）。

#### イ 基準地震動超過の要因

東北電力株式会社は、このはぎとり波の応答スペクトルが、一部の周期で女川原子力発電所の基準地震動  $S_2$  を超えることとなった要因について、「今回の地震では、短周期成分の卓越が顕著である傾向が認められ、これは宮城県沖近海のプレート境界に発生する地震の地域的な特性によるものと考えられる。」と結論付けている（準備書面 9・17～19 頁参照）（図 4）。

なお、この特性については、最新の知見（佐藤(2012)）においてもその傾向は見られる（準備書面 9・17～18 頁参照）（図 5）。

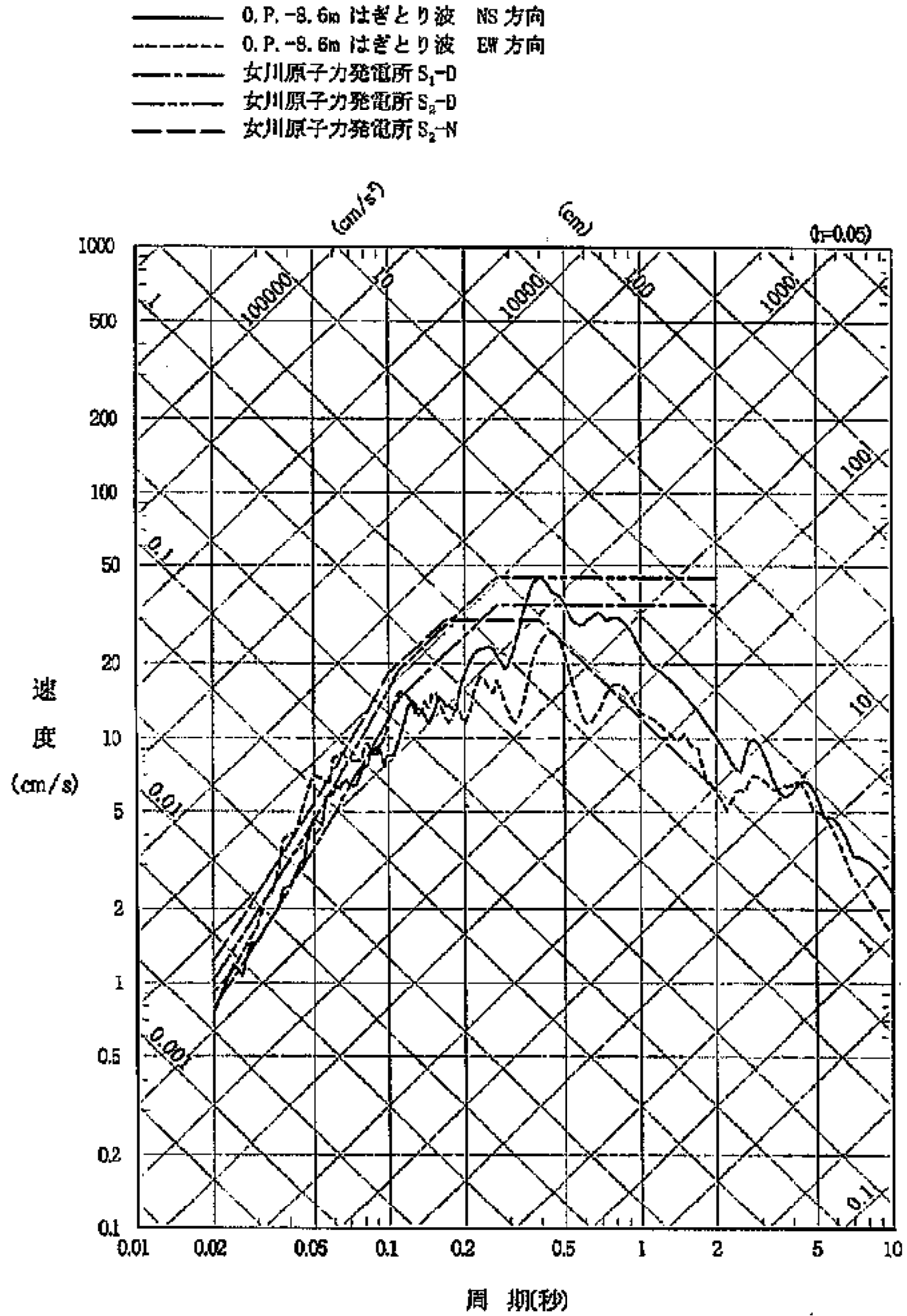


図 3 はぎとり波と基準地震動の  
 応答スペクトルの比較【乙イ A10 (図 1)】

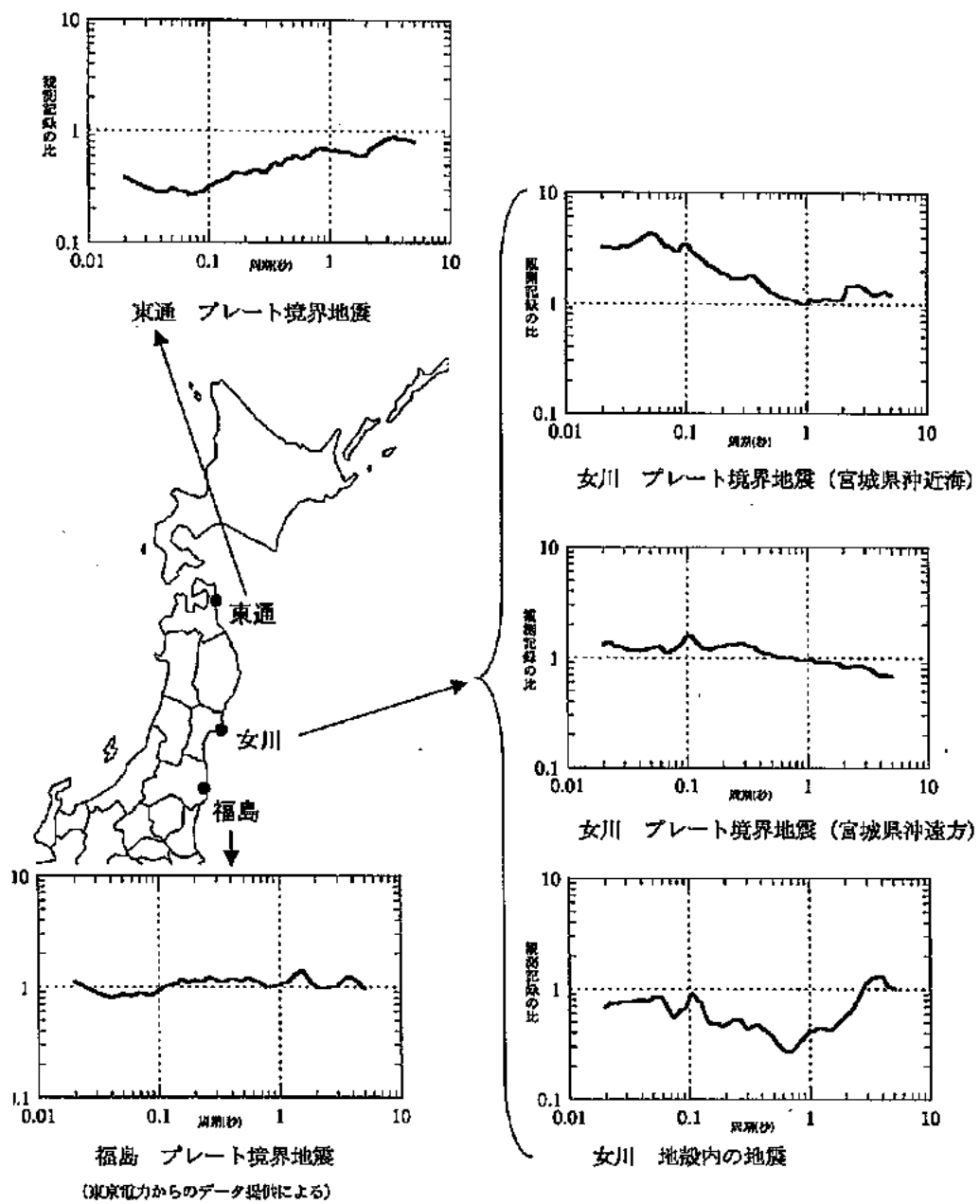


図4 中小地震の観測記録の応答スペクトルと

Noda et al.(2002)による応答スペクトルとの比【乙イ A10 (図6)】

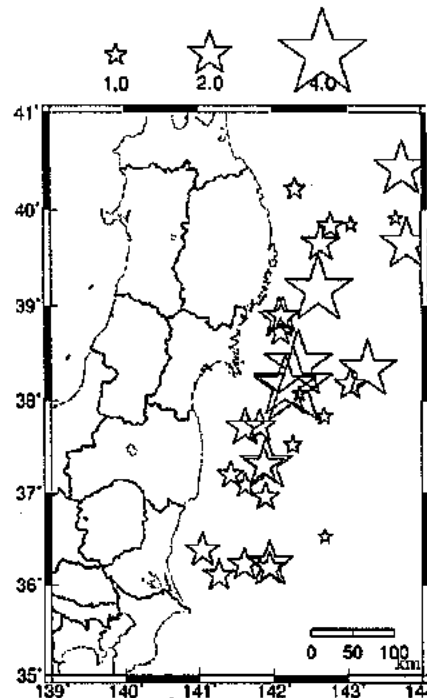


図12 壇・他<sup>8)</sup>の  $M_0$ - $A$  関係に基づく  $A$  に対する各地震の  $A$  の比 (図11のうち、東北地方太平洋沖地震以外のこの領域の地震)

図5 東北地方のプレート間地震の「短周期レベルA」の地域性【乙イ A11 (702頁)】

② 2007年能登半島地震（北陸電力株式会社志賀原子力発電所）

ア 概要

平成19年3月25日に発生した能登半島地震は、内陸地殻内地震であり、深さ11km、地震規模マグニチュード6.9であった。また、ひずみ集中帯の周辺で発生した、西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型の地震であった。この地震において、北陸電力株式会社志賀原子力発電所は、震央距離で約18km、震源距離で約21km離れている。

北陸電力株式会社志賀原子力発電所1号機、2号機は、地震後の施設の巡視・点検によると、安全上問題となるものは確認されていない。

北陸電力株式会社は、本地震によるはざとり波の応答スペクトルが基準地震動  $S_2$ （最大加速度490ガル）を長周期側の一部の周期帯において超えている部分があった（図6）が、安全上重要な施設のほとんどは

剛構造としているため、これらの固有周期は短周期側に集中しており、この周期帯には、安全上重要な施設がないことを確認している（準備書面 9・20～21 頁参照）。

#### イ 基準地震動超過の要因

北陸電力株式会社は、能登半島地震で得られた観測記録を基に、本地震の断層モデルによるシミュレーション解析等を実施し、観測記録に周期 0.6 秒付近で大きなピークが出たことについての要因及び本地震の伝播特性、地域特性等について検討を行っている（図 7～図 9）。その結果、周期 0.6 秒のピークについては、敷地地盤の深部からの増幅特性によるものであったこと、本地震はやや短周期が励起する特性（「短周期レベル A」が平均値よりやや大きい特性、図 9）をもつ地震であったことを確認している（準備書面 9・21 頁参照）。

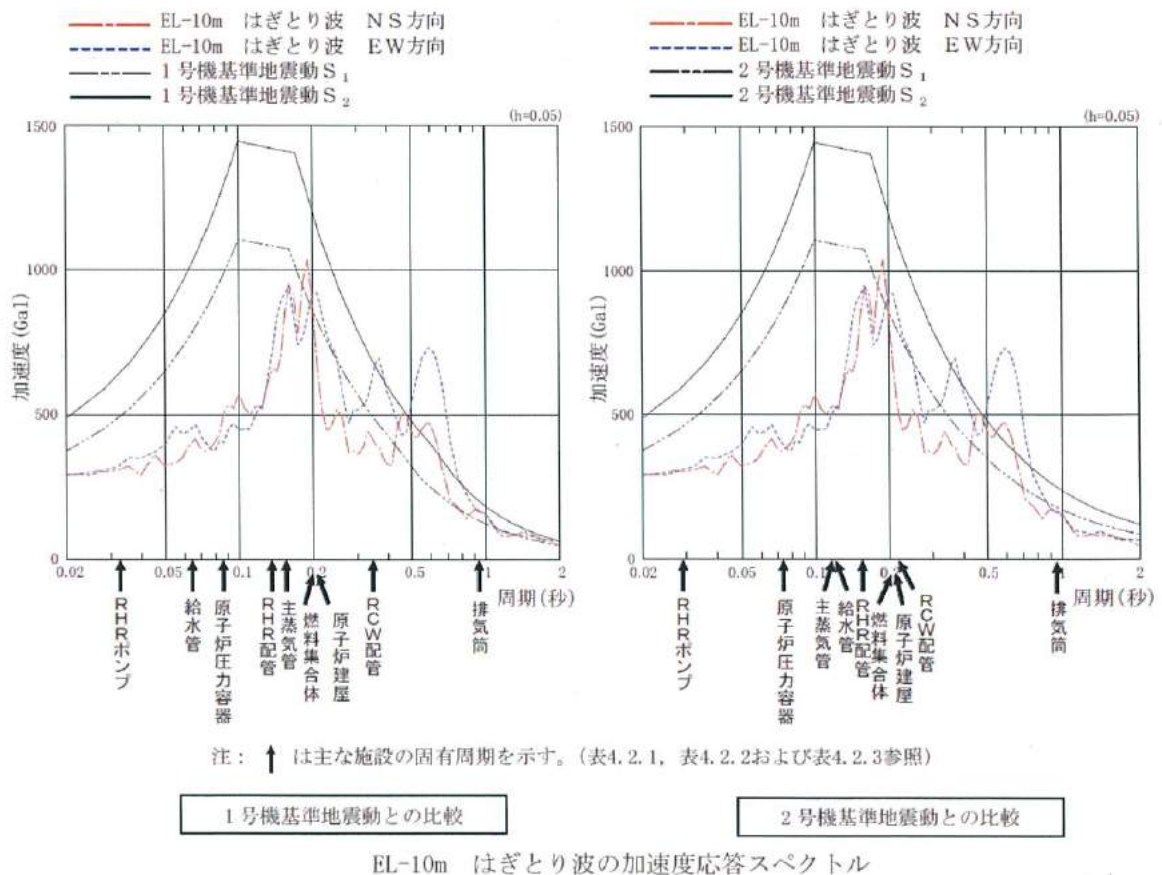
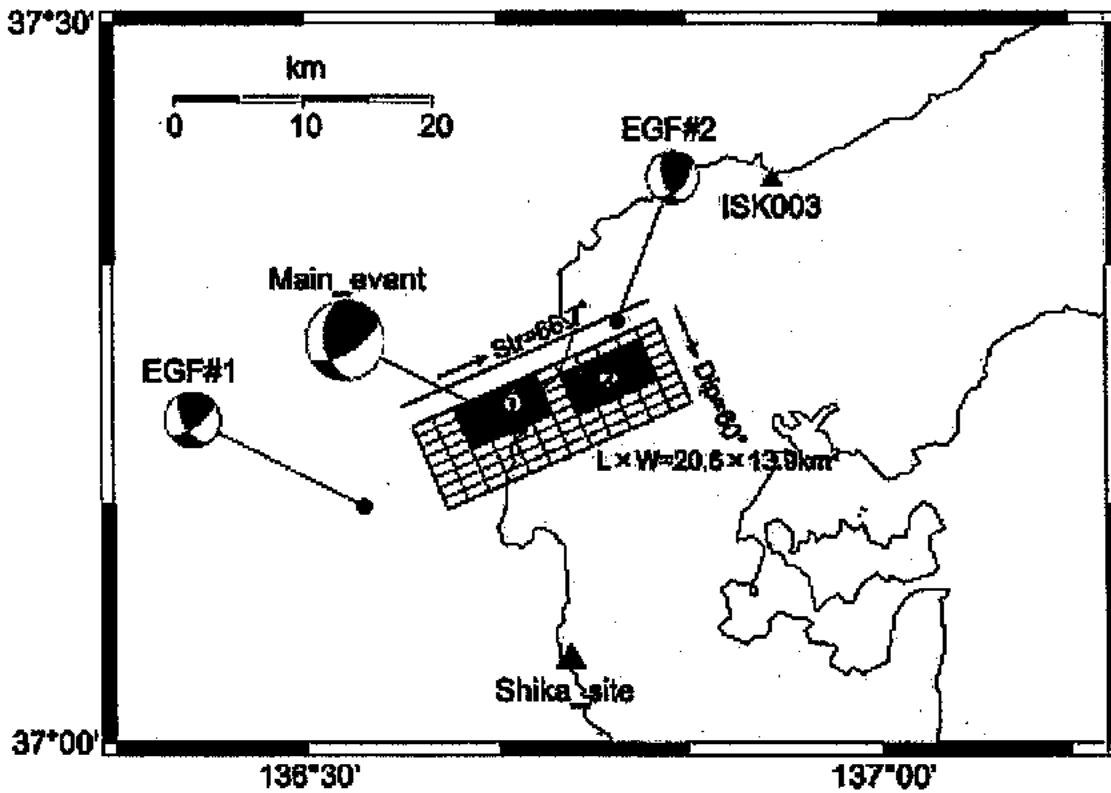


図 6 はぎとり波と基準地震動の応答スペクトルの比較【乙イ A12-2】



- ・メカニズム解は F-net による。
- ・断層モデルは、アスペリティ部分において、強震動を発生させるすべり量（地震モーメント）の他に、実効応力が小さく短周期地震動への寄与が少ない背景領域のすべり量（地震モーメント）が付加的に生じるモデルを設定。

図 7 能登半島地震の震源モデル

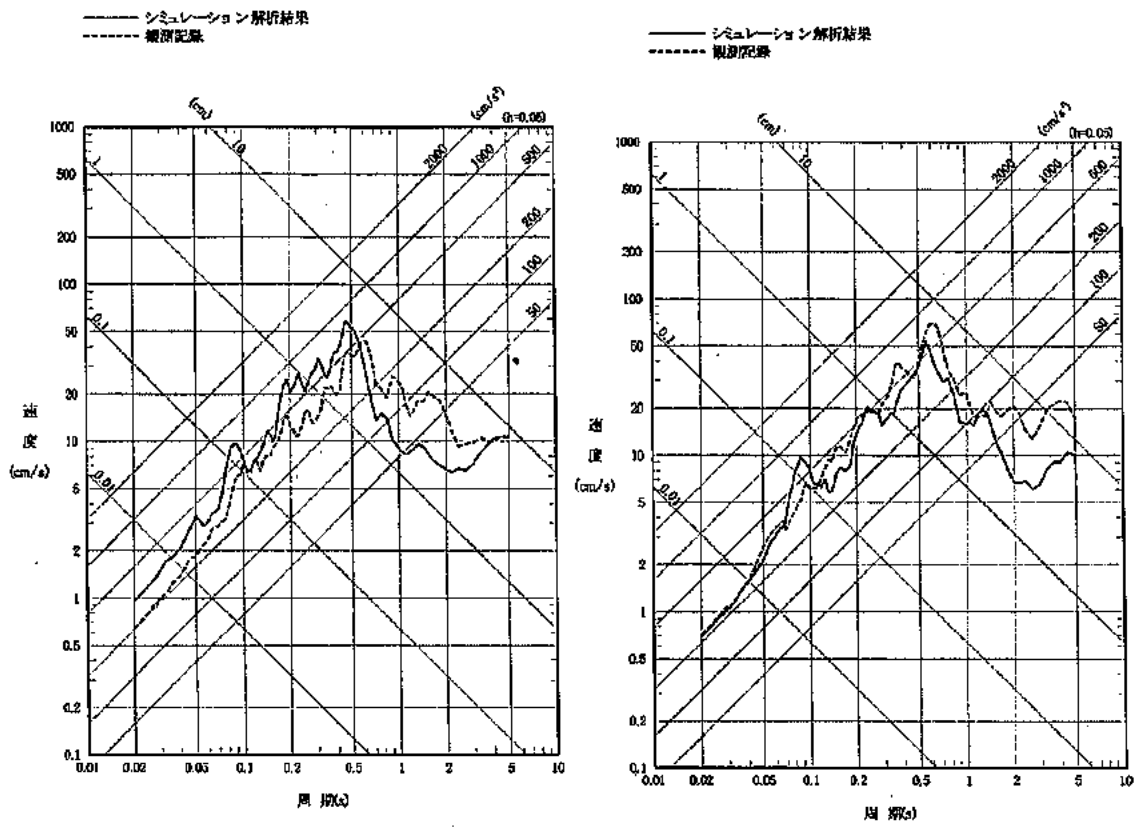


図8 シミュレーション解析結果 (左: NS方向 右: EW方向)

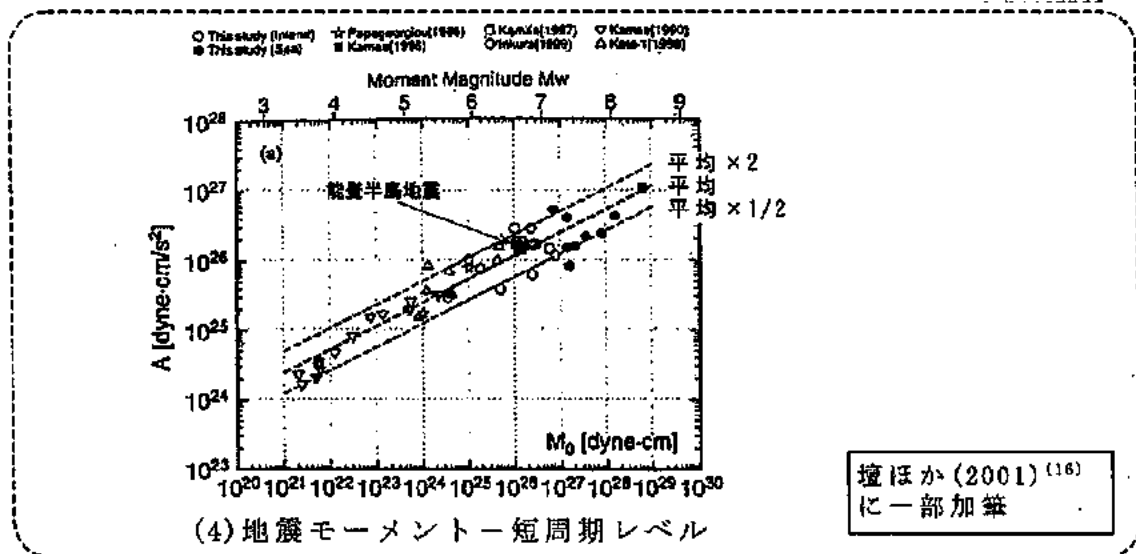


図9 能登半島地震のシミュレーション解析結果と強震動予測レシピの比較  
(「地震モーメント」と「短周期レベルA」の関係式)



③ 2007年新潟県中越沖地震（東京電力株式会社(当時)柏崎刈羽原子力発電所）

ア 概要

平成19年7月16日に発生した新潟県中越沖地震は、日本海側の内陸地殻内地震であり、深さ17km、地震規模マグニチュード6.8であった。また、ひずみ集中帯で発生した北西－南東方向に圧力軸を持つ逆断層型の地震であった。この地震において、東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所は、震央距離で約16km、震源距離で約23km離れている。

この地震では、同発電所における当初設計時の想定を大きく上回る地震動が観測され、周辺設備を中心に広範な影響があったものの、同原子力発電所の基本的な安全機能は維持された。IAEAの調査報告書によると、「安全に関連する構造、システム及び機器は大地震であったにも関わらず、予想より非常によい状態であり、目に見える障害はなかった。この理由として、設計プロセスの様々な段階で設計余裕が加えられていることに起因していると考えられる」とされている（準備書面9・24頁参照）。

東京電力株式会社は、本地震の柏崎刈羽原子力発電所の各号機における原子炉建屋基礎版上で観測された最大加速度は、基準地震動に基づく当初設計の最大応答加速度を超えていること、各号機の観測記録の加速度振幅を比較すると、敷地中央から南側の荒浜側に位置する1～4号機側の加速度振幅が、敷地の北側の大湊側に位置する5～7号機の加速度振幅より大きい傾向であることを確認している（図10）。

なお、1～4号機側と5～7号機側で異なる揺れについては、2007年中越沖地震以前の敷地で得られた観測記録を基に、Noda et al.(2002)との比を海域から到来する地震と陸域から到来する地震に分けて比較・検討した結果、その傾向は海域から到来する地震のほうが陸域から到来する地震で得られた観測記録より大きい傾向であり、海域の地震に

ついて1～4号機側と5～7号機側を比較すると、1～4号機側のほうが大きい傾向にあった。(図11～図13)

#### イ 基準地震動超過の要因

東京電力株式会社は、本地震の柏崎刈羽原子力発電所各号機の原子炉建屋基礎版上で観測された記録に基づく断層モデルによるシミュレーション解析等により、当初設計の最大応答加速度を大きく超えた要因及び1～4号機側と5～7号機側で異なる揺れを観測した要因について分析を行った。その結果、以下の要因が挙げられた。(図14)

(ア) 本地震は同じ地震規模の地震と比べ大きめの地震動を与える地震であったこと

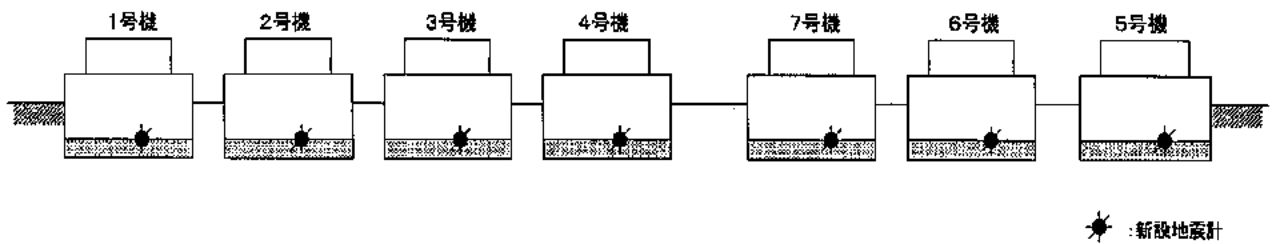
東京電力株式会社による観測記録を用いたシミュレーションによる震源モデルや既往の知見を基に、経験的に得られている地震規模と地震動の大きさの関係と比較した結果、通常より強い揺れ(1.5倍程度)を生じる地震であったことが分かった(図15)。

(イ) 周辺地盤深部の堆積層の厚さと傾きの影響で地震動が増幅したと

震源から解放基盤表面までの深部地盤の地震波の伝わり方を評価した結果、深部地盤の不整形性の影響により2倍程度増幅する傾向が見られた(図16)。

(ウ) 発電所敷地下にある古い褶曲構造のために地震動が増幅したと

本地震で得られた観測記録や本地震発生以前の地震で得られた観測記録から、海域の地震については、1号機の方が5号機に比べて大きい傾向である。この傾向について、発電所敷地下の古い褶曲構造を反映した解析を実施した結果、観測記録の傾向と同様に1号機側が5号機側より増幅することが確認された。(図17)



観測された最大加速度 (単位:ガル)

観測値		南北方向	東西方向	上下方向
○ 1号機	最下階(B5F)	311	680	408
2号機	最下階(B5F)	304	606	282
3号機	最下階(B5F)	308	384	311
4号機	最下階(B5F)	310	492	337
○ 5号機	最下階(B4F)	277	442	205
○ 6号機	最下階(B3F)	271	322	488
7号機	最下階(B3F)	267	356	355

○ 7月16日お知らせ済み(新設地震計による観測記録)

[スクラム設定値]水平方向120ガル、上下方向100ガル

設計時の加速度応答値 (単位:ガル)

設計値		南北方向	東西方向	上下方向
○ 1号機	最下階(B5F)	274	273	(235)
2号機	最下階(B5F)	167	167	(235)
3号機	最下階(B5F)	192	193	(235)
4号機	最下階(B5F)	193	194	(235)
○ 5号機	最下階(B4F)	249	254	(235)
○ 6号機	最下階(B3F)	263	263	(235)
7号機	最下階(B3F)	263	263	(235)

※上下方向については、( )内の値を静的設計で用いています。

新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録

図 10 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録

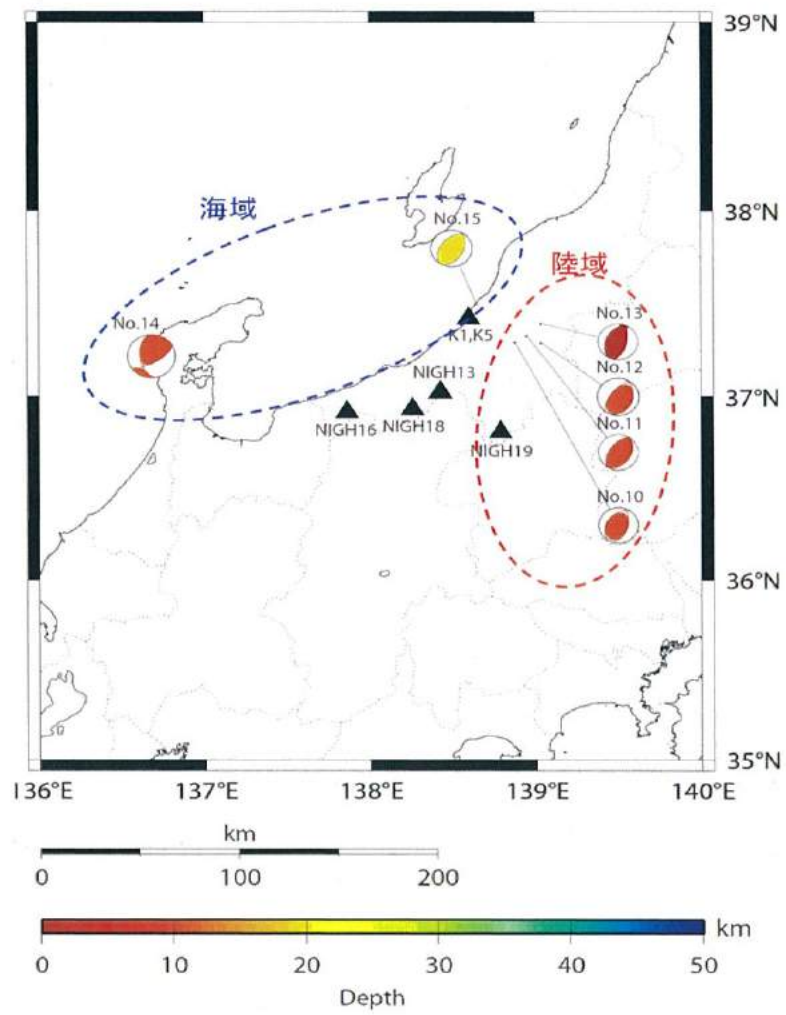
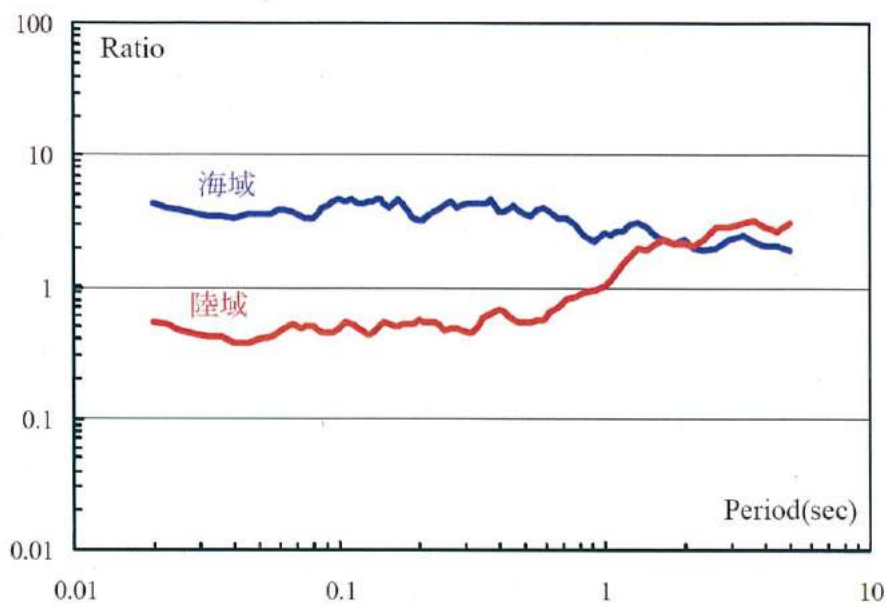
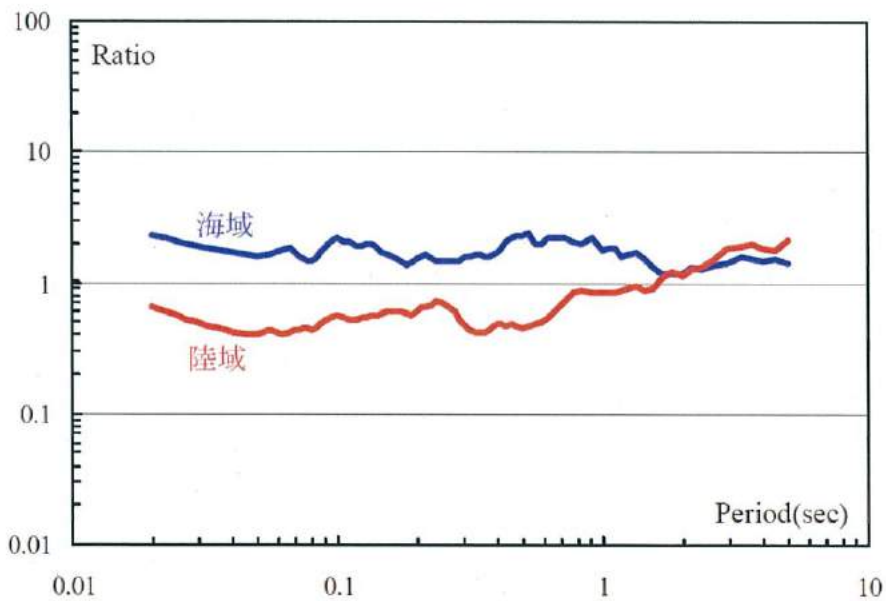


図 11 検討に用いた観測記録



海域と陸域の平均的な比の比較  
(敷地 荒浜側)



海域と陸域の平均的な比の比較  
(敷地 大湊側)

図 12 海域と陸域の平均的な比の比較

- 敷地 荒浜側
- 敷地 大湊側
- NIGH13
- - - NIGH16
- NIGH18
- - - NIGH19

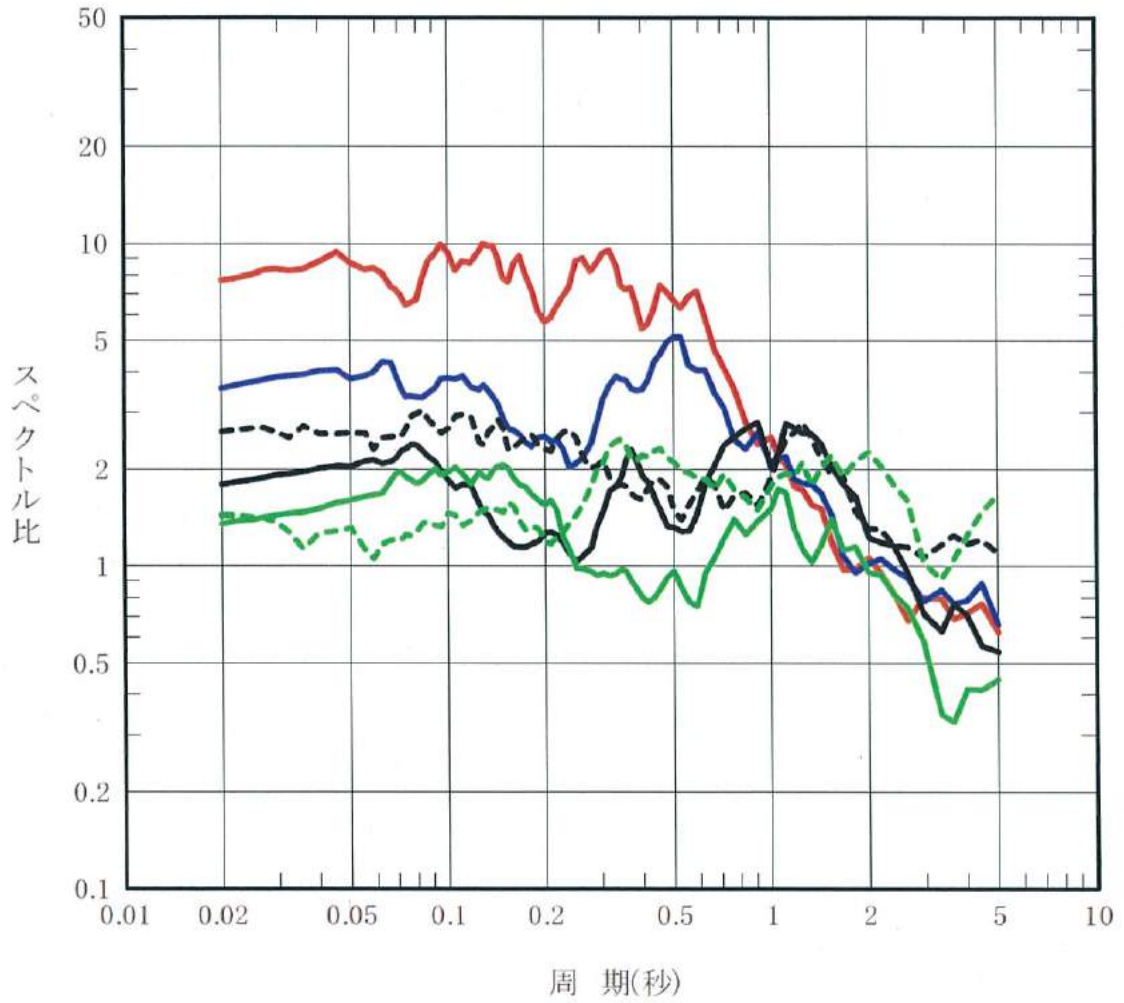
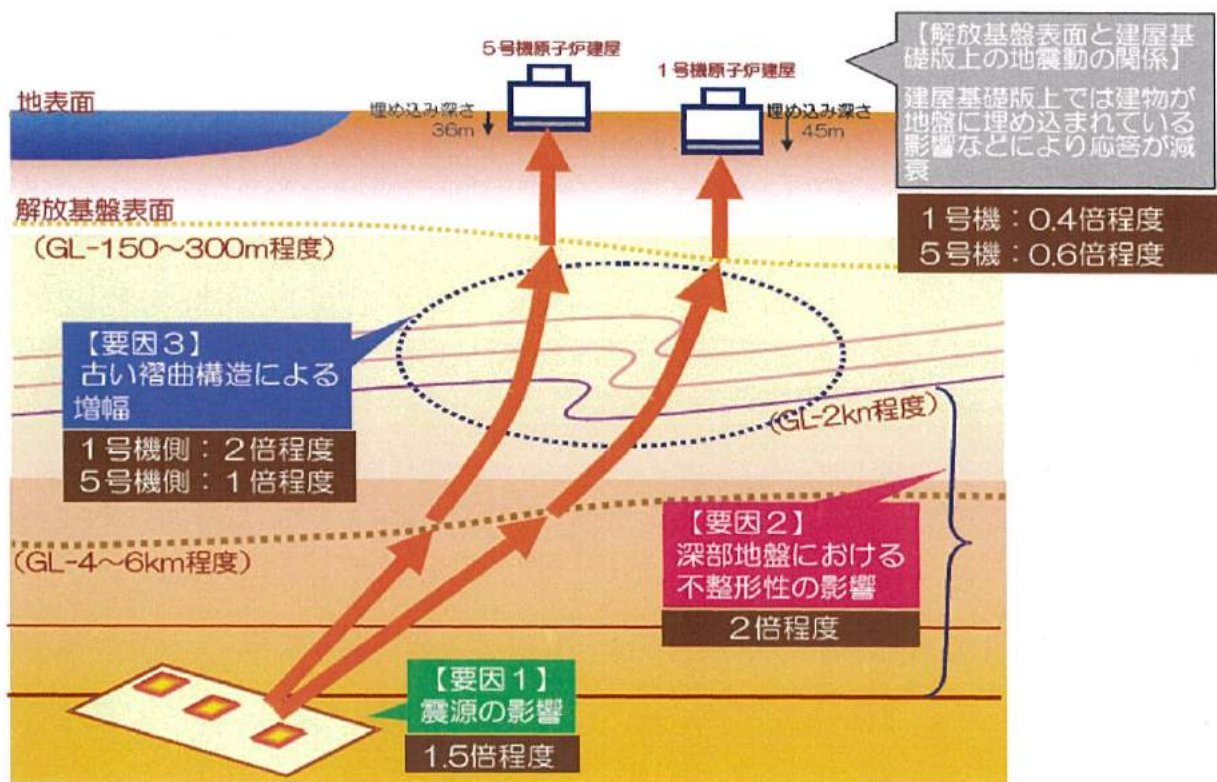


図 13 陸域の地震に対する海域の地震の平均的な比率



### 地震動が大きくなった要因の概念図

図 14 2007年新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因 (概念図)【乙イ A15 (3頁)】

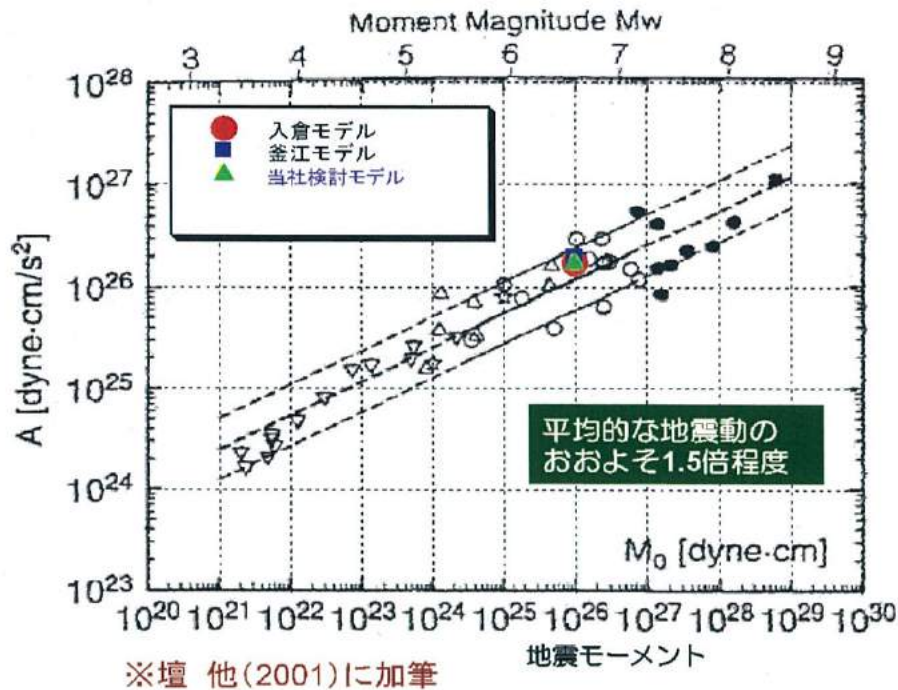


図 15 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因【乙イ A15 (2 頁)】

### 6-2. 【増幅の要因2】深部地盤における不整形性の影響

- 震源から解放基盤表面までの深部地盤の地震波の伝わり方を評価した。
- 深部地盤の不整形性を反映した3次元地盤モデルを用いて地盤応答解析を実施したところ、地震波が屈折して集まる効果により、柏崎刈羽原子力発電所では増幅傾向が認められた(観測に基づく推定値: 2倍程度、解析結果から得られた値: 1.5倍程度)。

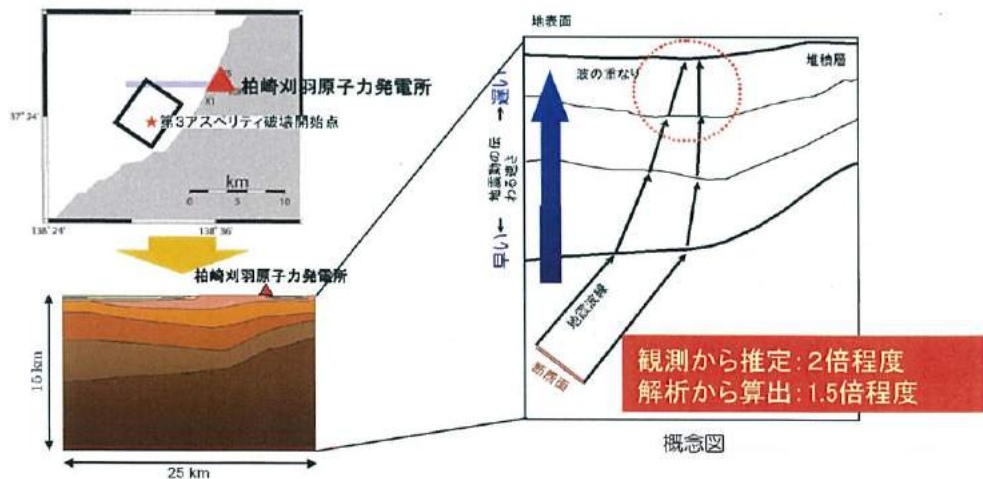


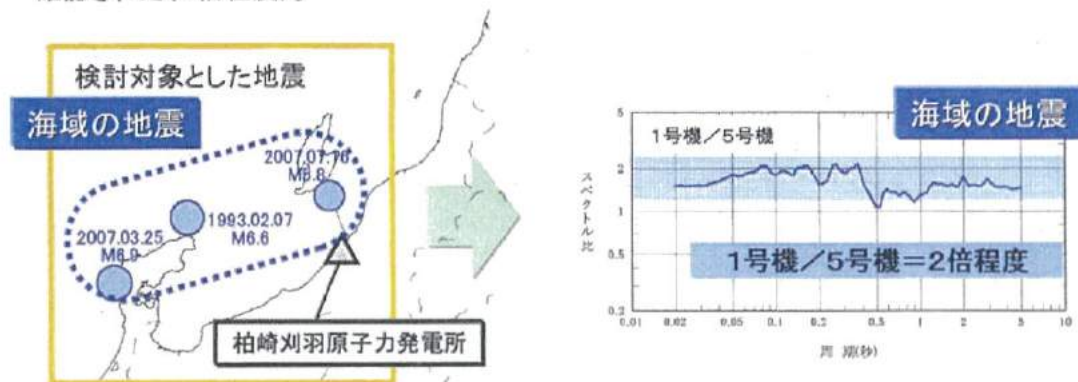
図 16 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因【乙イ A15 (2 頁)】



### 6-3. 【増幅の要因3】古い褶曲構造による増幅

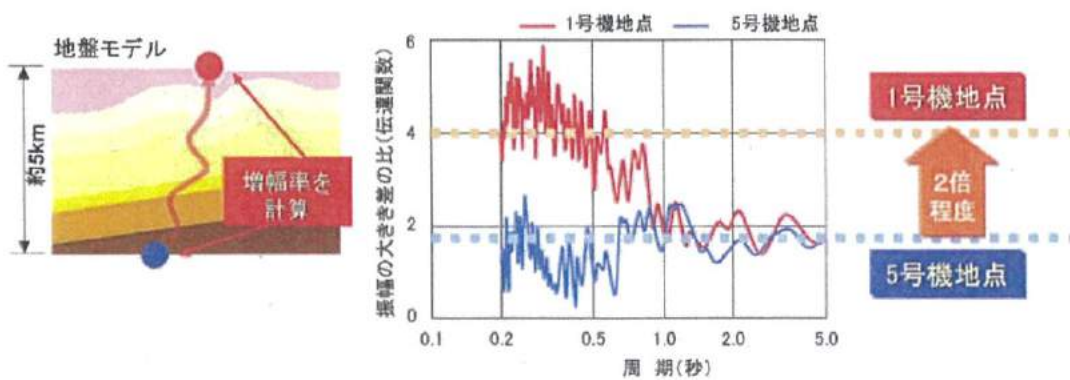
#### その1: 観測記録の分析

- 新潟県中越沖地震の観測記録から推定した1号機と5号機の解放基盤表面での地震動を比較すると1号機の方が5号機より大きくなることが確認された(1号機/5号機=2倍程度)。
- 新潟県中越沖地震を契機に、これまで得られている地震の発生場所を分類して敷地での観測記録を比較したところ、海域で発生した地震の場合、1号機の方が5号機より大きくなることが確認された(2倍程度)。



#### その2: 解析的検討

- 観測記録の分析により判明した増幅特性について、発電所敷地下の古い褶曲構造を反映した地盤モデルを用いて地盤応答解析を実施したところ、1号機側が5号機側に比べて増幅することを確認した(2倍程度)。



【地盤モデル底部から解放基盤表面までの増幅率】

図 17 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因【乙イ A15 (3頁)】

④ 2011年東北地方太平洋沖地震（東北電力株式会社女川原子力発電所及び東京電力株式会社福島第一原子力発電所）

ア 概要

東北地方太平洋沖地震は、北米プレートとその下に沈み込む太平洋プレートの境界部（日本海溝付近）で発生したプレート間地震であり、深さ 24km、地震規模マグニチュード 9.0 であった。この地震において、東京電力株式会社福島第一原子力発電所は、震央距離で約 178km、震源距離で約 180km、東京電力株式会社福島第二原子力発電所は、震央距離で約 183km、震源距離で約 185km、東北電力株式会社女川原子力発電所は、震央距離で約 123km、震源距離で約 125km 離れている。

この地震は、宮城県沖の震源位置でプレート境界の破壊が始まり、北側は岩手県沖まで、南側は茨城県沖まで、南北約 400km、東西約 200km にわたり、地震調査研究推進本部が震源として想定していた複数の領域について、極めて短時間のうちにそれらが連動した破壊が起こった「連動型地震」であったと推定されている（準備書面 9・34 頁参照）。

東京電力株式会社によると、福島第一原子力発電所においては、原子炉建屋基礎版上の観測記録のうち、2号機、3号機及び5号機において、耐震安全性評価で策定した基準地震動  $S_s$  に対する最大応答加速度値を上回ったとしている。一方、福島第二原子力発電所全号機においては、原子炉建屋基礎版上の観測記録は、耐震安全性評価で策定した基準地震動  $S_s$  に対する最大加速度を下回ったとしている。また、東京電力株式会社は、福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所の解放基盤表面の深度に最も近い地中観測記録のはざとり波の応答スペクトルは、一部の周期帯で基準地震動  $S_s$ （最大加速度 600ガル）を上回っているが、大きく上回るものではないことを確認している（準備書面 9・34 頁参照）（図 18、図 19）。

また、東京電力株式会社は、東北地方太平洋沖地震の観測記録を用い

た地震応答解析を行い、原子炉建屋及び耐震安全上重要な機器・配管系の解析を実施した結果、今回の地震に対して、原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係わる安全上重要な機能を有する主要な設備の耐震性評価の計算値は、すべて評価基準値以下であることから、これらの設備の機能に地震の影響はないことを確認したとしている。

次に、東北電力株式会社によると、女川原子力発電所においては、1号機、2号機及び3号機における原子炉建屋の基礎版上の観測記録のうち、各号機で観測された最大加速度は、耐震安全性評価で策定した基準地震動  $S_s$  に対する最大応答加速度値を上回ったとしている。また、東北電力株式会社は、女川原子力発電所の解放基盤表面の深度に最も近い地中観測記録のはぎとり波の応答スペクトルは、一部の周期帯で基準地震動  $S_s$  (最大加速度 580 ガル) を上回っていることを確認している(準備書面 9・35 頁参照)(図 20)。さらに、耐震安全性評価において、本地震と同じプレート間地震として考慮している地震は、連動型想定宮城県沖地震(モーメントマグニチュード 8.2)を設定しており、本地震のはぎとり波と比較した結果、おおむね整合しているが、NS 方向の周期 0.5 秒付近については、連動型想定宮城県沖地震の地震動が小さい傾向にあることを確認したとしている。

また、東北電力株式会社は、東北地方太平洋沖地震の観測記録に基づく原子炉建屋の解析結果を踏まえ、原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」機能を有する耐震安全上重要な主要設備の地震時における機能を概略評価し、各設備の発生値は、機能維持の評価基準値を下回っていることを確認したとしている。

#### イ 基準地震動超過の要因

東北地方太平洋沖地震は、想定を超える領域の連動による地震であったことが判明した。さらに、最新の知見(佐藤(2012))によると、本地

震の「短周期レベルA」は、平均より大きい地震であったことが分かっている（図 21）。

自由地盤系北地点 はぎとり波の推定(擬似速度応答スペクトル)

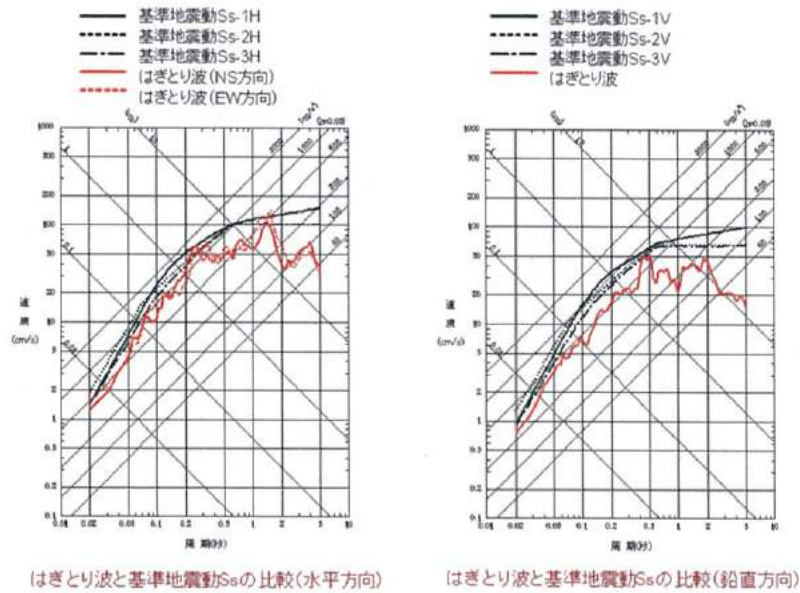


図 18 福島第一原子力発電所はぎとり波と基準地震動 Ss【乙イ A17-2 (27 頁)】

自由地盤系 はぎとり波の推定(擬似速度応答スペクトル)

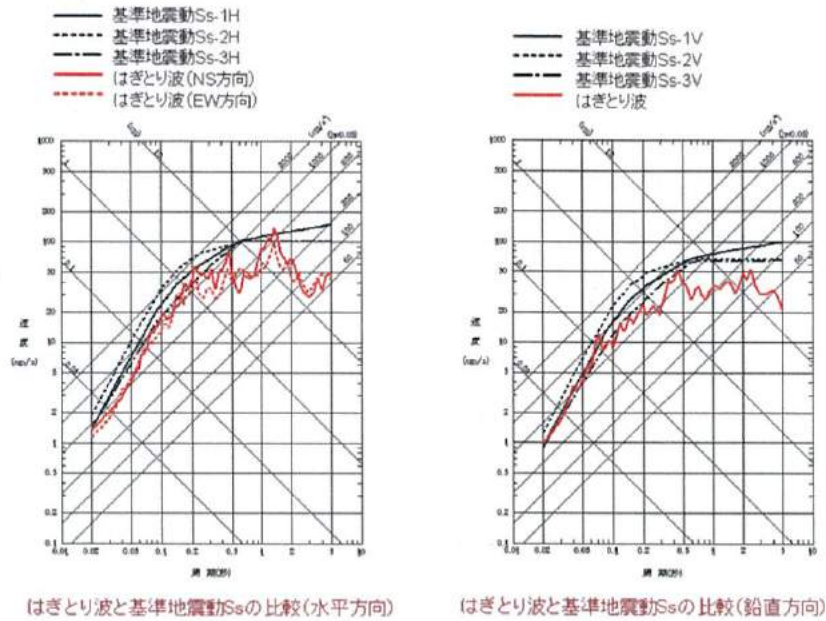


図 19 福島第二原子力発電所はぎとり波と基準地震動 Ss【乙イ A17-2 (29 頁)】

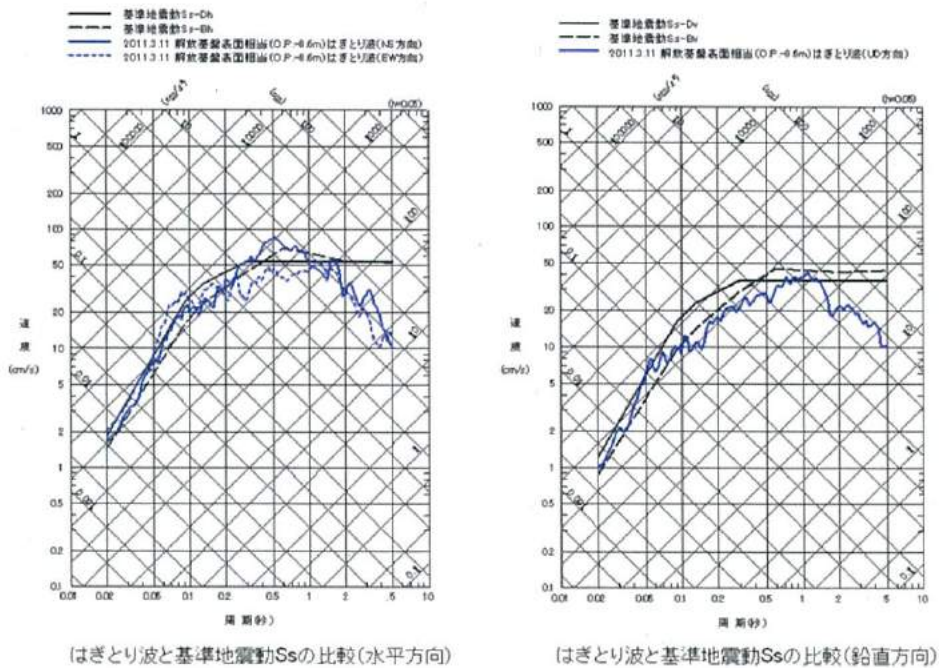


図 20 女川原子力発電所はぎとり波と基準地震動 Ss【乙イ A17-3 (74 頁)】

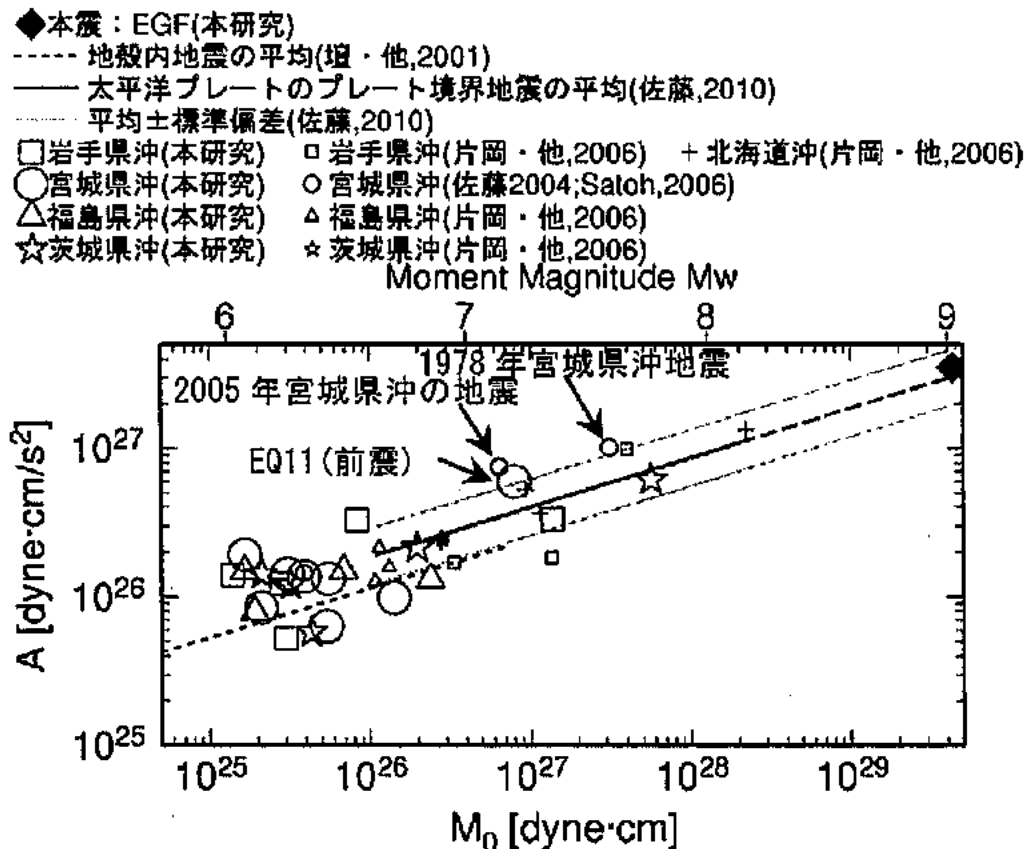


図11 本研究と既往の研究<sup>9),42),43),44)</sup>の太平洋プレートのプレート境界地震の  $M_0$ - $A$  関係と地殻内地震の  $M_0$ - $A$  関係<sup>8)</sup>の比較

図21 2011年東北地方太平洋沖地震の「短周期レベルA」【Zイ A11 (702頁)】

(3) 地震動の想定における地域的特性の考慮の必要性

ある地点における地震動の想定に当たっては、当該地点固有の「震源特性」、「伝播経路特性」及び「サイト特性」という3つの特性を把握することが非常に重要であり、事例①ないし④は、いずれも、これらの特性に関して当該地点固有の地域的な特性による影響が見られるものである。

まず、①ないし④の事例は、いずれも、「震源特性」にかかる重要なパラメータである「短周期レベルA」について、平均よりも大きなものであったという地域的な特性が見られる。また、③の事例は、地震動の増幅が生じた要因の一つとして、深部地盤の不整形性の影響により、2倍程度増幅する傾向が確認されている。これは「伝播経路特性」にかかる

地域的な特性である。さらに、②の事例では、0.6秒という特定周期の特異な増幅は、敷地地盤の増幅特性等によるものとされ、③の事例では、発電所敷地下の古い褶曲構造による増幅特性が確認されている。これらは、いずれも「サイト特性」にかかる地域的な特性である。

以上のとおり、事例①ないし④はいずれも基準地震動を超過したことに関して、当該地点固有の地域的な特性による影響が見られる事例であり、現在の地震動評価手法においては、基準地震動超過地震の原因となった地域的な特性はいずれも考慮することが可能となっていることから、これらの事例の存在が、新規制基準に基づいて策定された基準地震動  $S_s$  の信頼性を否定する根拠とならないことは明らかである。

(4) 上記超過地震と本件原子力発電所との地域的特性の関係性について

本件原子力発電所敷地周辺は、基準地震動超過地震が発生した上記地域とは地域的な特性が大きく異なっており（表1）、上記基準地震動超過地震と同様の地震が発生する可能性は極めて低い。

基準地震動超過地震のうち事例①及び④はいずれもプレート間地震であるが、本件原子力発電所敷地は、東北地方太平洋沖地震と同規模のプレート間地震が起こりうるプレート境界（南海トラフや琉球海溝）とは距離が十分離れており、内陸地殻内地震と比べて敷地に及ぼす影響は小さいため、事例①及び④と同様の地震が本件原子力発電所敷地周辺で発生する可能性は極めて低い。

また、事例②及び③はいずれも内陸地殻内地震であり、ひずみ集中帯及びその周辺の圧縮応力場で発生した逆断層型の地震である。これらの地震（②及び③）は、内陸地殻内地震であり、本件原子力発電所に対して大きな影響を及ぼすおそれのある地震の地震発生様式と共通する。しかしながら、本件原子力発電所敷地周辺で発生する内陸地殻内地震は、横ずれ断層型の地震が多い点で異なっており、さらに、本件原子力発電所の敷地周辺

はひずみ集中帯ではない（GPS による観測結果に基づく）という相違からすれば、事例②及び③と同様の地震が本件原子力発電所敷地周辺で発生する可能性は極めて低い。

このように、本件原子力発電所において、被告九州電力が策定した基準地震動を超える地震動が発生する可能性は極めて低く、他の地点で基準地震動を超過した事例が存在する一事をもって被告九州電力が策定した基準地震動の妥当性が否定されるものではない。

表 1 本件原子力発電所周辺の地域的な特性

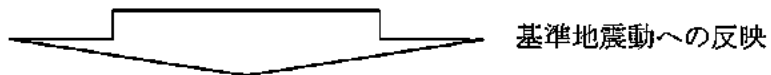
地震名	地震発生様式	本件原子力発電所敷地周辺の地域的な特徴
①2005年 宮城県沖地震	プレート間	プレート境界から十分距離が離れているため、影響は小さい
②2007年 能登半島地震	内陸地殻内 逆断層型 ひずみ集中帯周辺	同様の地震が発生する可能性は低い 〔横ずれ断層型〕 ひずみ集中帯ではない
③2007年 新潟県中越沖地震	内陸地殻内 逆断層型 ひずみ集中帯	同様の地震が発生する可能性は低い 〔横ずれ断層型〕 ひずみ集中帯ではない
④2011年 東北地方太平洋沖地震	プレート間	プレート境界から十分距離が離れているため、影響は小さい

また、被告九州電力は、これらの基準地震動超過地震において基準地震動を超過した要因に関する知見を本件原子力発電所の基準地震動策定に当たって適切に反映させており（表 2）、かかる超過事例が存在することが被告九州電力が策定した基準地震動の不十分さの根拠となるものではない。



表 2 基準地震動を超過した要因と本件原子力発電所基準地震動への反映事項

地震名	震源特性		伝播経路特性	サイト特性
	震源断層の想定	短周期レベル		
①2005年宮城県沖地震	—	平均より大きい	—	—
②2007年能登半島地震	地震発生後の調査で笹波沖断層(東部)(約21km)と対応	平均より大きい	—	浅部地盤による0.6秒の卓越
③2007年新潟県中越沖地震	地震発生後の調査でF-B断層(約27km)と対応	平均より大きい	深部地盤の傾きによる増幅	浅部地盤の褶曲構造による増幅
④2011年東北地方太平洋沖地震	複数領域の連動	平均より大きい	—	—



本件原子力発電所の基準地震動 S <sub>s</sub> の策定に反映すべき事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・徹底した活断層調査</li> <li>・活断層の連動可能性を否定できない場合は、安全側の評価で連動を考慮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既往の知見の調査</li> <li>・敷地地盤で得られた観測記録の分析</li> <li>・震源の不確かさの考慮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・徹底した敷地周辺の地下構造調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・徹底した敷地における地下構造調査</li> <li>・微動アレイ観測・単点微動観測</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地地盤で得られた観測記録に基づく検討</li> <li>・経験的グリーン関数法の採用</li> </ul>	

(5) 基準地震動 S<sub>s</sub> と旧指針による基準地震動 S<sub>2</sub> の相違

事例①ないし③は、そもそも「基準地震動 S<sub>s</sub>」を超過した事例ではない。事例①ないし③において超過したとされる基準地震動は、旧指針（昭和 53 年に制定された耐震設計審査指針）による基準地震動 S<sub>2</sub> である。

基準地震動 S<sub>s</sub> は、その策定方法からして、④震源として考慮する活断層の活動時期の範囲が拡張され、⑤「断層モデルを用いた手法」の全面的採用等により地震動評価の方法も高度化されるなど、「基準地震動 S<sub>2</sub>」とは異なるものであり、その結果、策定された地震動の大きさ（最大加速度）も大きく異なる。そして、事例①ないし③において発生した地震動は、改訂指針（平成 18 年に改訂された耐震設計審査指針）に照らして策定された各原子力発電所の「基準地震動 S<sub>s</sub>」を超えるものではない。

つまり、事例①ないし③は、「基準地震動 S<sub>s</sub>」を超過した事例ではない

のであり、これらの事例は「基準地震動 Ss」の信頼性を否定する根拠となるものではない。

### 3 被告九州電力が策定した基準地震動 Ss の年超過確率

被告九州電力が策定した基準地震動 Ss は、それ自体に十分な余裕を含んでおり、基準地震動を超過する地震動が発生する可能性は極めて低い。

原子力規制委員会の「審査ガイド」に基づいて、基準地震動 Ss の年超過確率（1 年間にある値を超過する確率を表すもの）を算定した結果、本件原子力発電所における基準地震動の年超過確率は  $10^{-5}$ /年程度である。

よって、本件原子力発電所における基準地震動 Ss の超過確率は、10 万年に 1 回程度となり、基準地震動を超過する可能性は極めて低いことが分かる（被告九州電力準備書面 10・101～102 頁参照）【乙イ B54（367, 375 頁）】。

### 4 小括

以上のとおり、基準地震動超過地震の 5 事例は、基準地震動の策定方法自体に問題があることを示すものではなく、基準地震動の策定方法に何ら「欠陥」は存しない。

## 第 3 章 震源を特定せず策定する地震動

### 第 1 原告らの主張

原告らは、震源を特定せず策定する地震動について、①わずか 17 年間で発生した 16 地震の観測記録だけを基に策定しており、その観測記録をいくら集めたところで、参考となる地震動の最大値を知ることなど不可能であること、②当初、原子力規制委員会がリストアップした地震は 22 個であり、6 地震については合理的な理由もなく収集対象から削除されたこと、③16 ある検討用地震から 2 つの地震（鳥取県西部地震、北海道留萌支庁南部地震）を選定した方法が恣意的であり、審査ガイドの考え方に反するものであって、基準そのものへの当てはめも

不合理であることを指摘し、基準地震動の策定手法に根本的な欠陥があると主張する。以下、これらについて反論する。

## 第2 検討対象地震の選定及び除外について

### 1 検討対象地震の選定の概要

「第1 原告らの主張」①の主張について、そもそも「震源を特定せず策定する地震動」は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価精度が著しく高度化した中でも、さらに、耐震安全上、念には念を入れた耐震設計を行っておくとの観点から策定するものである。

そして、審査ガイドに「震源を特定せず策定する地震動」の検討事例として示される16地震（表3）は、原子力規制委員会の有識者を交えた公開の議論を経て選定されたもので、被告九州電力は、本件原子力発電所の地域性等を踏まえて、16地震の規模や要求事項に応じて、「震源を特定せず策定する地震動」として考慮した（準備書面10・85頁参照）。

16地震を選定した根拠については、原子力規制委員会が策定した「実用発電用原子炉に係る新規制基準の考え方について（案）」（準備書面15・23頁参照）にその考えが示されており、「平成7年兵庫県南部地震以降、地震・地震動観測やネットワーク技術が進歩し、国内の観測点が大幅に増加しており、震源近傍の地震動や観測点周辺の地盤等の状況・性状も分かりつつある状況を踏まえ、震源近傍で強震動の記録がとれていて、規模が大きい検討対象となる、又はなることが想定される内陸地殻内の地震をリストアップしている」とされている。

被告九州電力は、本件原子力発電所の地域性等を踏まえて、16地震の規模や要求事項に応じて、「震源を特定せず策定する地震動」として考慮したものであり、検討用事例として選定された16地震について考慮することで、十分に安全性を担保できるものであると考えている。

表3 審査ガイドに示される16地震【乙イA31(8頁)】

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

## 2 審査ガイドにおいて22地震から16地震に縮小された経緯

「第1 原告らの主張」②の主張について、上記で述べた通り、審査ガイドでは、過去の内陸地殻内地震について得られた震源近傍における観測記録の収集対象となる内陸地殻内の地震を例示している。これらの16地震は、原子力規制委員会及び多数の専門家による検討の結果、最新の科学的・技術的知見に照らして、「震源を特定せず策定する地震動」において考慮すべき地震として選定されたものである。

すなわち、まず、1995年兵庫県南部地震以降に国内で発生した内陸地殻内地震から原子力規制委員会が22地震(Mw6.5未満の国内のどこでも発生すると考えられる14地震及びMw6.5以上であっても事前に震源の特定が困難な8地震)を抽出した。その後、原子力規制委員会の「発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる規制基準に関する検討チーム(地震・津波検討チーム)」

において、上記22地震のうちMw6.5以上の6地震について、地質体、地震断層出現の有無、活断層の分布、重力分布などについて検討を実施した結果、震源の特定が可能であるという判断のもと選定対象から除かれたものである（準備書面12・16頁参照）。

このように、22地震から16地震に縮小されたことには合理的な理由がある。

### 3 検討用対象地震の選定には合理的な理由があること

「第1 原告らの主張」③の主張について、審査ガイドに例示されている16地震は、図22に示すとおり、㉞「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」（Mw6.5以上：2地震）、㉟地震規模のスケーリング（スケーリング則が不連続となる地震規模）の観点から、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」（Mw6.5未満の地震：14地震）に分類され、審査ガイドは、それぞれの分類毎に、検討対象地震を適切に選定することを求めている【乙イA31（7～8頁）】。以下、被告九州電力が行った検討対象地震の選定に係る評価について述べる。

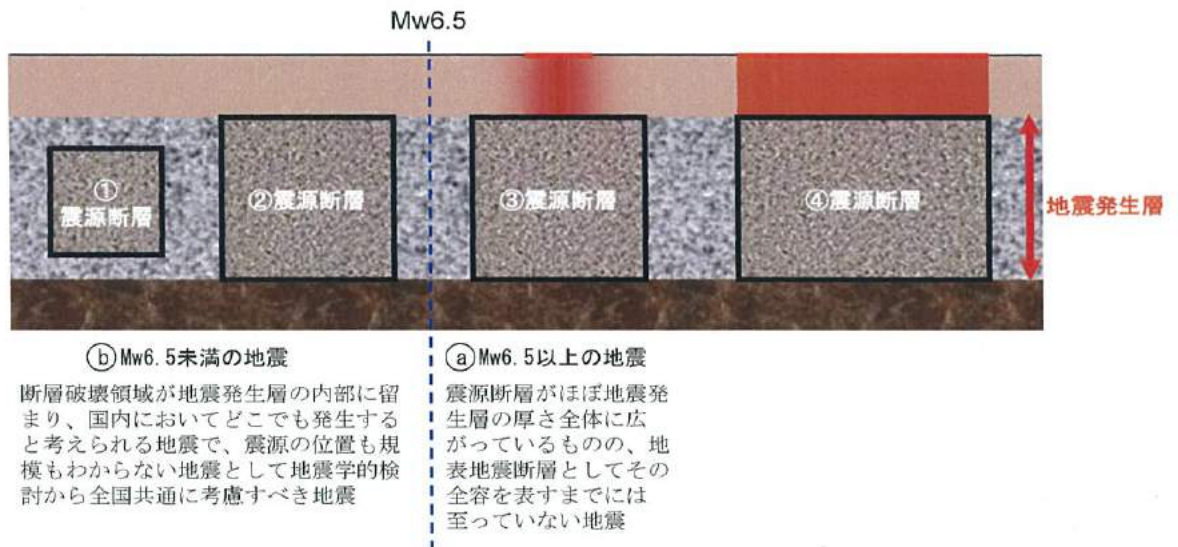


図22 震源を特定しにくい地震の震源断層（イメージ）

【乙イA42 7頁の図に加筆】

## (1) Mw6.5以上の2地震についての評価

前述したとおり、検討用地震の選定にあたっては、Mw6.5を基準として分類されているが、Mw6.5以上の地震については、審査ガイドにおいて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、堆積岩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おり、地域差が認められている【乙イA31(8頁)】。

そのため、審査ガイドに示される16地震(表3)のうちMw6.5以上の2地震(①2008年岩手・宮城内陸地震、②2000年鳥取県西部地震)について、被告九州電力は、その発生した地震の震源域周辺と本件原子力発電所敷地周辺との地質・地質構造等について比較・検討を実施した(表4)。

その結果、①2008年岩手・宮城内陸地震の震源域周辺はひずみ集中帯であり、主に逆断層型の地震が発生する地域であるが、本件原子力発電所敷地周辺はひずみ集中帯のようなひずみが集中する地域ではなく、主に横ずれ断層型の地震が発生する地域であり、両地域は地質学的・地震学的背景が異なるため検討対象から外した。

一方、②2000年鳥取県西部地震の震源域周辺と本件原子力発電所敷地周辺については、地質学的・地震学的背景が異なるものの、両地域は横ずれ断層型が主体であること、相対的にひずみ速度が小さいことなど共通性も見られるため、2000年鳥取県西部地震を「震源を特定せず策定する地震動」の検討対象地震として選定した。2000年鳥取県西部地震の震源近傍の記録としては、震源断層のほぼ直上に位置し、かつ、硬い岩盤上に設置されたダムの基礎(監査廊内)の観測記録である賀祥ダムの観測記録を選定した。なお、賀祥ダムの堰体基礎下の地盤のS波速度は、本件原子力発電所の解放基盤表面のS波速度1.35km/sと同等であるため、賀祥ダムの観測記録を本件原子力発電所の解放基盤表面相当の地震動として扱い、これを「震源を特定せず策定する地震動」として策定した。【乙イB54(158～238頁)】

表4 2地震の震源域と本件原子力発電所敷地周辺の比較

2008年 岩手・宮城内陸地震	2000年 鳥取県西部地震	本件原子力発電所 敷地周辺
ひずみ集中帯	ひずみ速度小さい	ひずみ速度小さい
逆断層が主	横ずれ断層が主	横ずれ断層が主
○火山岩・堆積岩が厚く複雑に堆積（褶曲・撓曲構造の発達により活断層地形の認定が困難）	○花崗岩類を基盤 ○活断層が未成熟 <sup>2</sup> な地域	○花崗岩・堆積岩を基盤としてそれらを玄武岩が覆い、顕著な褶曲・撓曲構造は認められない。 ○活断層が概ね成熟している地域

(2) Mw6.5未満の14地震についての評価

ア 14地震の評価の概要

審査ガイドに示される16地震のうちMw6.5未満の14地震（表1中の③～⑯の14地震）については、図23のフローに基づいて検討した結果、⑬2004年北海道留萌支庁南部地震のK-NET港町観測点における観測記録を選定した。

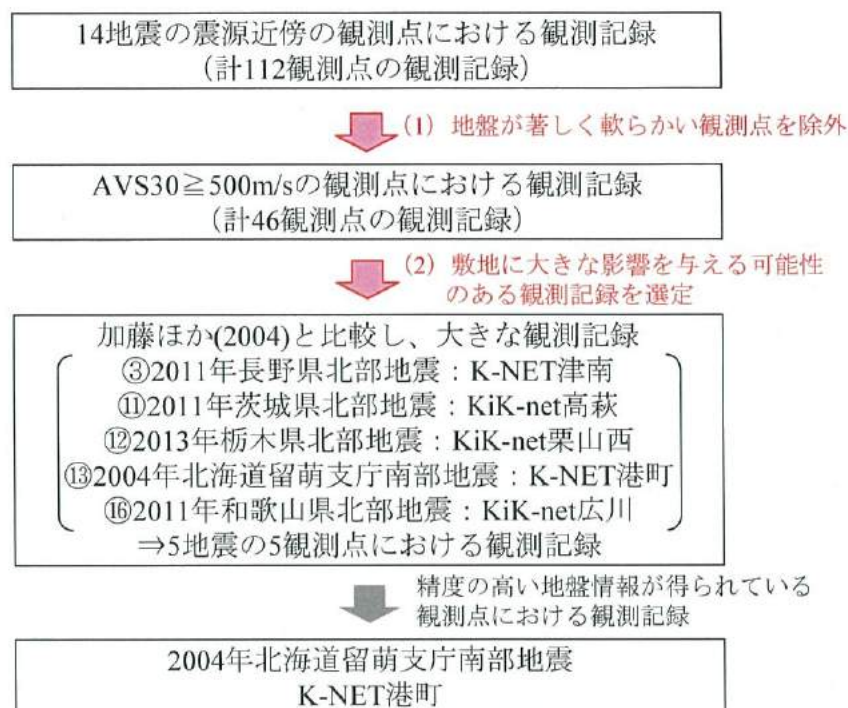


図 23 K-NET 港町観測点の観測記録の選定フロー

被告九州電力は、まず、審査ガイドに示される、上記の Mw6.5 未満の 14 地震で得られた震源近傍の観測記録（計 112 観測点）を収集した。次に、収集した観測記録のうち地盤が著しく軟らかく、地盤増幅による影響が大きいと考えられる観測点を除外し、12 地震の計 46 観測点における観測記録を抽出した（図 23 中の（1））。

さらに、加藤ほか(2004)と比較し、本件原子力発電所に影響を与える可能性のある地震観測記録として、③2011 年長野県北部地震の K-NET 津南（NIG023）、⑪2011 年茨城県北部地震の KiK-net 高萩（IBRH13）、⑫2013 年栃木県北部地震の KiK-net 栗山西（TCGH07）、⑬2004 年北海道留萌支庁南部地震の K-NET 港町（HKD020）、⑯2011 年和歌山県北部地震の KiK-net 広川（WKYH01）の 5 地震の 5 観測点における観測記録を抽出した（図 23 中の（2））。

これら 5 地震の 5 観測点における観測記録のうち精度の高い地盤情報が得られている観測点における観測記録である⑬2004 年北海道留萌支庁南部地震の K-NET 港町（HKD020）の観測記録を最終的に選定した【乙イ B54（241～257,279,296,308,324,339,340 頁）】。



上記の図 23 中の (1) 及び (2) について、以下、具体的に説明する。

イ 地盤が著しく軟らかい観測点の除外

① 地盤が著しく軟らかい観測点を除外する理由

地震計は、一般的に原子力発電所敷地の解放基盤表面の岩盤（せん断波速度  $V_s \geq 700\text{m/s}$ 、本件原子力発電所の解放基盤表面のせん断波速度  $V_s$  は  $1350\text{m/s}$ ）より軟らかい地表地盤もしくは地中の岩盤に設置されており、その観測記録は、表層の軟らかい地盤の影響を受けている。

このため、観測記録をそのまま用いた場合には、正確な評価をすることができず、はぎとり解析を行う必要がある。

はぎとり解析は、表層の地盤情報を基に、解放基盤表面相当（ $V_s \geq 700\text{m/s}$ ）の岩盤上で実施することから、著しく軟らかい地盤における観測記録（地表から比較的浅所に硬い岩盤が存在しない観測点の観測記録、かつ地盤の強い非線形性が見られる観測記録）は、はぎとり波の精度の観点から、除外する必要がある。

② 112 地点の観測記録から地盤が著しく軟らかい観測点の除外

被告九州電力は、 $M_w 6.5$  未満の 14 地震で得られた震源近傍の計 112 観測点の観測記録を収集したが、そのうち 108 観測点が K-NET 観測点（84 観測点）及び KiK-net 観測点（24 観測点）における観測記録である。K-NET 観測点及び KiK-net 観測点における観測記録は、図 24 のとおり、原子力発電所敷地の解放基盤表面の岩盤（せん断波速度  $V_s \geq 700\text{m/s}$ ）より軟らかい地表地盤もしくは地中の岩盤に設置されているため、はぎとり波の精度を確保するため、地盤が著しく軟らかい観測点の観測記録を除外した。

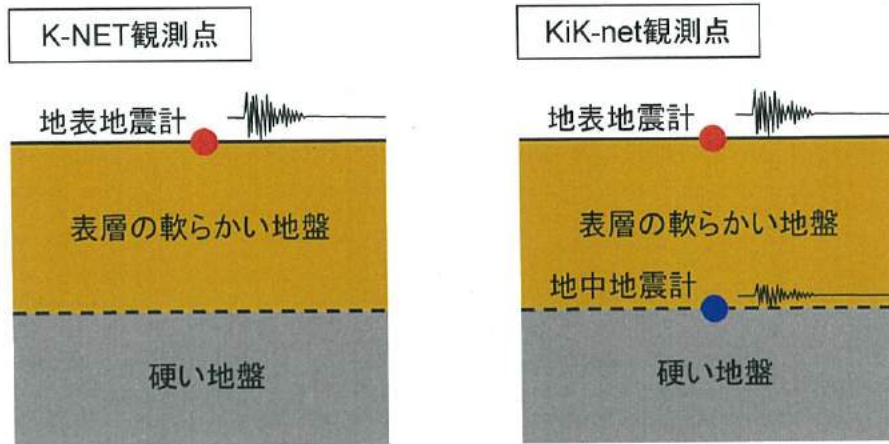


図 24 K-NET 観測点と KiK-net 観測点における地震計設置状況

a K-NET 観測点の観測記録

K-NET 観測点 (84 観測点) については、防災科学技術研究所による地盤情報を基に、地盤の硬さを表す 1 つの指標である AVS30 (深さ 30m までの平均せん断波速度) を、表 5、表 6 のとおり算出し、解放基盤表面の定義 ( $V_s 700\text{m/s}$  以上) を踏まえ、AVS30 が  $500\text{m/s}$  未満の観測点で得られた観測記録 (75 観測点) を除外した。

ただし、AVS30 という指標は、せん断波速度の平均値であるため、防災科学技術研究所による地盤情報を改めて詳細に確認した。その結果、地表から比較的浅所に硬い岩盤が存在するなど、AVS30 が  $500\text{m/s}$  未満であっても、地盤が著しく軟らかいとは言い切れない観測点 (9 観測点) については、念のため、再度抽出した【乙イ B54 (241 頁)】。

b KiK-net 観測点における観測記録

KiK-net 観測点については、地表と地中の観測点があり、防災科学技術研究所による地盤情報によると、地表の観測点は表層の著しく軟らかい地盤上にあり、地中の観測点は解放基盤表面相当の硬い岩盤中にあることを確認した。よって、はざとり波の精度の観点から、

KiK-net 観測点における地表の観測記録を除外した。

c K-NET 観測点及び KiK-net 観測点以外の観測記録

14 地震のうち④1997年3月鹿児島県北西部地震及び⑦1997年5月鹿児島県北西部地震については、K-NET 観測点及び KiK-net 観測点以外の観測記録として鶴田ダムと川内原子力発電所における観測記録（2地震の計4観測点）があるが、いずれも解放基盤表面相当の固い岩盤上の記録であるため、いずれも検討対象とした【乙イ B54(243頁, 246頁)】。

表5 K-NET観測点のAVS30(1/2)

No	地震名	Mw	観測点	震源距離 (km)	AVS30 (m/s)
③	2011年長野県北部地震	6.2	NGN001	26.8	324.9
			NIG021	22.2	418.8
			NIG022	24.3	197.0
			NIG023	10.2	579.5
			NIG024	22.4	340.2
④	1997年3月鹿児島県北西部地震	6.1	KGS001	26.5	382.4
			KGS002	12.6	442.1
			KGS003	15.9	271.8
			KGS004	11.4	203.7
			KGS005	6.7	355.9
			KGS006	23.4	303.7
			KGS007	18.5	197.0
			KGS008	24.2	308.7
			KMM015	27.1	368.9
⑤	2003年宮城県北部地震	6.1	MYG003	26.5	475.8
			MYG004	30.0	430.0
			MYG006	24.1	170.0
			MYG007	10.2	231.1
			MYG008	17.5	245.2
			MYG009	24.5	537.5
			MYG010	3.1	261.8
			MYG011	26.5	475.7
			MYG012	13.3	120.7
⑥	1996年宮城県北部(鬼首)地震	6.0	AKT019	23.1	310.3
			AKT023	28.7	429.3
			MYG005	14.9	337.0
⑦	1997年5月鹿児島県北西部地震	6.0	KGS001	29.7	382.4
			KGS002	15.1	442.1
			KGS003	20.5	271.8
			KGS004	13.8	203.7
			KGS005	6.0	355.9
			KGS006	27.4	303.7
			KGS007	8.1	197.0
			KGS008	24.9	308.7
			KGS010	19.6	263.4
			KMM015	29.6	368.9
			⑧	1998年岩手県内陸北部地震	5.9
AKT012	21.2	333.5			
AKT022	21.9	442.7			
IWT018	25.7	346.2			
IWT021	21.5	247.1			

■ : AVS30 $\geq$ 500m/sの観測点

■ : AVS30<500m/sの観測点のうち、地表から比較的浅所に硬い岩盤が存在する観測点かつその岩盤以浅に著しく軟弱な層が存在しない観測点

表 6 K-NET 観測点の AVS30 (2/2)

No	地震名	Mw	観測点	震源距離 (km)	AVS30 (m/s)
⑨	2001年静岡県東部地震	5.9	SZ0009	26.2	497.9
			SZ0010	24.6	416.3
			SZ0011	20.6	312.3
			SZ0012	26.2	363.6
			YMN003	24.1	439.6
			YMN006	24.7	343.3
			YMN007	27.0	394.3
⑩	1997年山口県北部地震	5.8	SMN011	28.3	630.2
			SMN012	22.6	427.6
			SMN013	24.6	587.0
			SMN014	4.0	290.9
			YMG001	20.4	178.3
			YMG002	17.8	157.5
			YMG003	0.9	259.6
⑪	2011年茨城県北部地震	5.8	FKS012	24.6	202.8
			FKS014	16.6	506.1
			IBR001	19.9	208.4
			IBR002	15.8	344.8
			IBR003	23.0	292.2
⑫	2013年栃木県北部地震	5.8	IBR004	30.0	325.0
			FKS029	16.3	492.2
			GNM001	20.4	462.1
			TCG003	27.9	345.5
			TCG004	8.1	421.0
⑬	2004年留萌支庁南部地震	5.7	TCG010	26.8	516.8
			HKD020	12.1	562.7
			HKD021	18.1	302.0
⑭	2005年福岡県西方沖 (余震)	5.4	HKD024	15.6	337.2
			FKO006	19.2	194.1
⑮	2012年茨城県北部地震	5.2	FKO007	20.4	301.0
			FKS012	27.2	202.8
			FKS014	24.2	506.1
			IBR001	24.6	208.4
			IBR002	10.7	344.8
⑯	2011年和歌山県北部地震	5.0	IBR003	15.7	292.2
			IBR004	26.6	325.0
			WKY001	28.1	206.3
			WKY003	17.9	144.0
			WKY004	22.2	681.8
			WKY005	26.8	338.3
			WKY006	15.3	198.4

■ : AVS30  $\geq$  500m/s の観測点  
■ : AVS30 < 500m/s の観測点のうち、地表から比較的浅所に硬い岩盤が存在する観測点かつその岩盤以浅に著しく軟弱な層が存在しない観測点

d 以上のとおり、Mw6.5未満の14地震について、収集した観測記録（計112観測点）が得られた観測点の地盤情報の収集を実施し、表7に示す観点から、地盤が著しく軟らかい観測点を除外し、比較的硬い岩盤上の観測記録と見なせる観測点（⑥1996年宮城県北部(鬼首)地震及び⑧1998年岩手県内陸北部地震を除く12地震の計46観測点）を抽出した。

表7 K-NET観測点及びKiK-net観測点等の抽出方法

観測点	地震計の位置	抽出方法	観測点数
K-NET観測点	地表	著しく軟らかい地盤における観測点を除外し、比較的硬い地盤上の観測点を抽出 (AVS30 $\geq$ 500m/sの観測点を抽出) (ただし、AVS30<500m/sの観測点のうち地表から比較的浅所に硬い岩盤が存在する観測点かつその岩盤以浅に著しく軟弱な層が存在しない観測点は再度抽出)	18観測点 (表5) (表6)
KiK-net観測点	地表 地中	表層の軟らかい地盤上に設置されている地表の観測点を除外し、硬い岩盤中の地中観測点を抽出	24観測点
鶴田ダム観測点 本件原子力発電所敷地観測点	岩盤上	岩盤上の観測点であるため、検討対象として抽出	4観測点

ウ 敷地に大きな影響を与える可能性のある観測記録の選定

① 敷地に大きな影響を与える可能性の判断基準

比較的硬い岩盤上の観測記録と見なせる観測点の観測記録(12地震の計46観測点)のうち、本件原子力発電所敷地に大きな影響を与える可能性のある観測記録については、加藤ほか(2004)による応答スペクトルとの比較に基づいて選定した。これは加藤ほか(2004)が、日本及びカリフォルニアにおける震源近傍で得られた硬質岩盤上の観測記録を収集

し、詳細な地質学的調査によっても震源位置と地震規模を事前に特定できない地震の地震動レベルを設定したものであることから、観測記録が加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回った場合には、敷地に大きな影響を与える可能性があると判断したものである(準備書面12・25～26, 30頁参照)。

加藤ほか(2004)による応答スペクトルは、本件原子力発電所における基準地震動 Ss・1 に対して全ての周期帯において下回るものであるため(被告九州電力準備書面10・93～94頁参照)、加藤ほか(2004)による応答スペクトルと比較して、観測記録の応答スペクトルが小さいものについては、敷地に大きな影響を与えるものではないと判断した。

## ② KiK-net 観測点における地中の観測点の観測記録

KiK-net 観測点における地中の観測点の観測記録は、硬い岩盤中の記録であるものの、表層の地盤による影響を受けており、解放基盤表面と同じ条件となっていないため、その影響を取り除く必要がある。「震源を特定せず策定する地震動」の策定にあたっての地震観測記録の詳細な検討を行う上では、詳細な地盤情報に基づくはぎとり解析を実施する必要があるが、ここでは、表層の影響を取り除く際に、簡便かつ大きめの評価(少なくとも過小評価にならないよう)となるよう、地中の観測点の観測記録を2倍した数値を用いて比較を行った。

## ③ 検討結果

上記(2)で抽出した、12地震の計46観測地点の観測記録のすべてを加藤ほか(2004)の応答スペクトルと比較した結果、加藤ほか(2004)を上回った観測記録が含まれていたのは③2011年長野県北部地震、⑪2011年茨城県北部地震、⑫2013年栃木県北部地震、⑬2004年北海道留萌支庁南部地震、⑯2011年和歌山県北部地震の5地震であった。

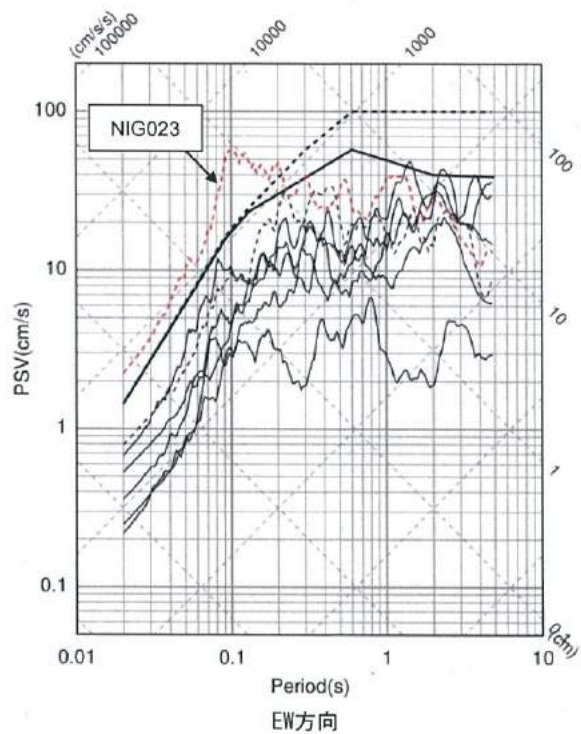
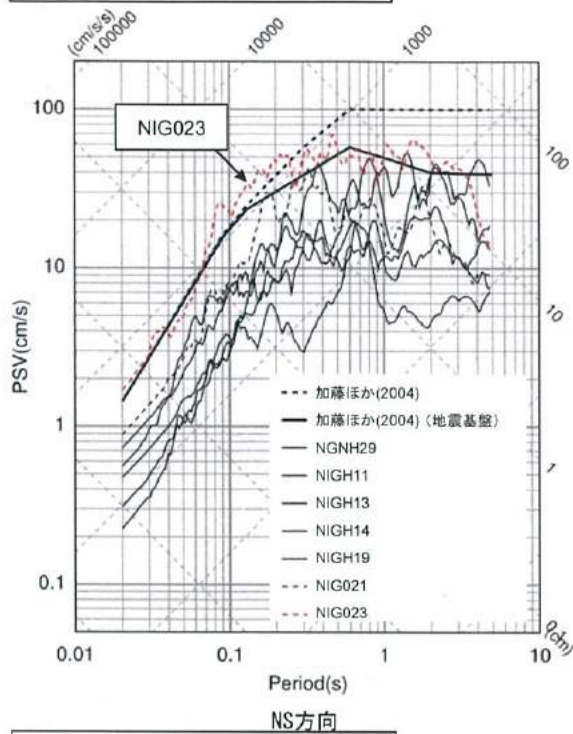
この 5 地震の観測記録と加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較・検討結果を図 25～27 に示す。いずれの図も、横軸に周期 (Period) [s], 縦軸に擬似速度応答スペクトル (PSV) [cm/s] を示したものである。加藤ほか(2004)による応答スペクトルにおいては、図 28 のとおり、地盤物性に応じた補正が可能であり、図中の黒太線は地震基盤 ( $V_s=2200$  m/s) の応答スペクトル、黒太点線は  $V_s=700$  m/s の応答スペクトルを示している。また、図 25～27 中の点線は K-NET 観測記録の応答スペクトルを、実線は KiK-net 地中観測記録の応答スペクトルの 2 倍を示している。これらの観測記録のうち加藤ほか(2004)による応答スペクトルを超えるものについては、赤点線及び赤実線で示している。(準備書面 12・27, 30 頁参照)

図 25～27 によると、加藤ほか(2004)による応答スペクトルを超えるものとして、③2011 年長野県北部地震の K-NET 津南、⑪2011 年茨城県北部地震の KiK-net 高萩、⑫2013 年栃木県北部地震の KiK-net 栗山西、⑬2004 年北海道留萌支庁南部地震の K-NET 港町、⑯2011 年和歌山県北部地震の KiK-net 広川の 5 地震の 5 観測点における観測記録を抽出した【乙イ B54 (242～255 頁)】。なお、図 26 上の⑫2013 年栃木県北部地震の FKS029 観測点における観測記録(図中青点線)は、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを一部超えているが、KiK-net 栗山西 (TCGH 07) 観測点における観測記録に概ね包絡されることから抽出していない【乙イ B54 (251 頁)】。

この加藤ほか(2004)による応答スペクトルを超えた 5 地震の 5 観測点の観測記録から⑬2004 年北海道留萌支庁南部地震による K-NET 港町観測点における観測記録を選定したことについては、被告九州電力準備書面 10・88～90 頁で述べたとおりである。



③2011年長野県北部(Mw6.2)



①2011年茨城県北部(Mw5.8)

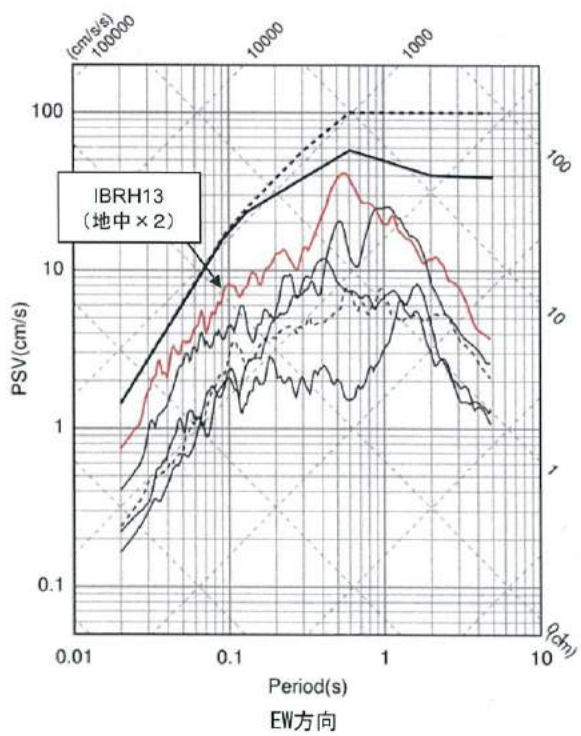
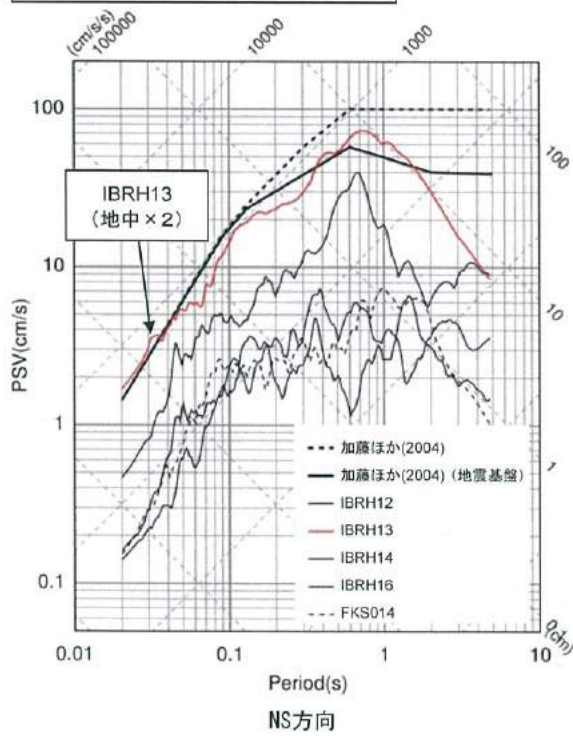
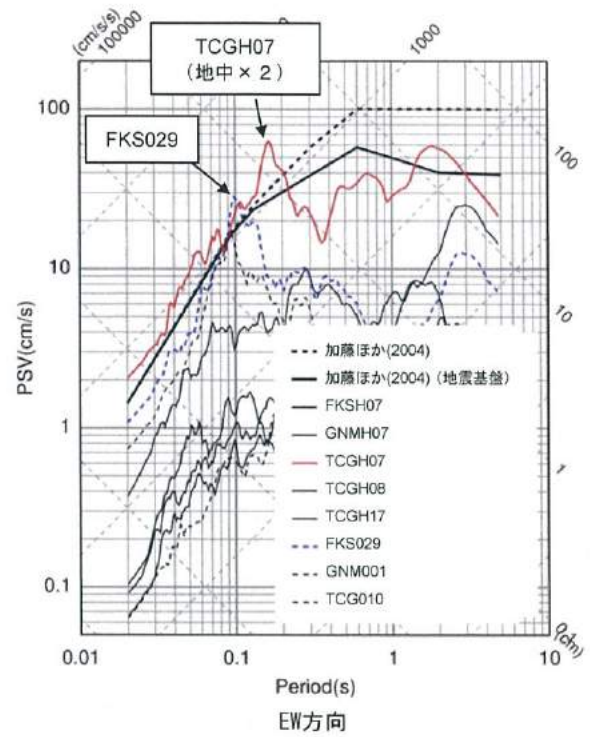
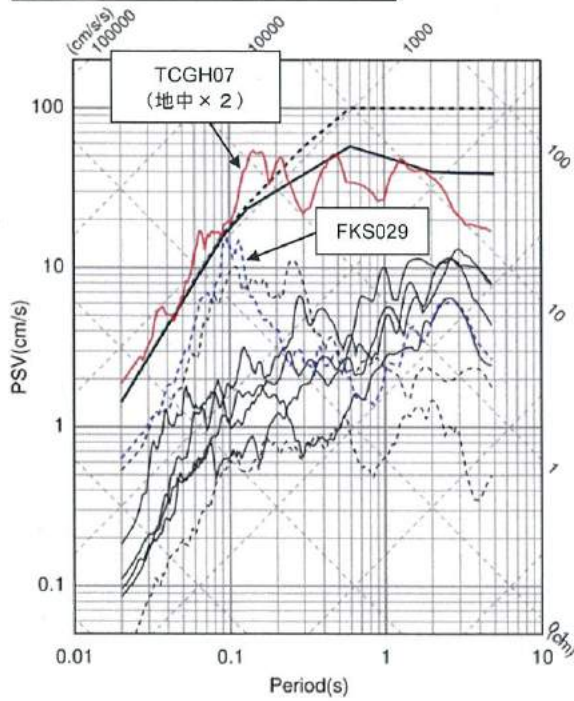


図 25 観測記録と加藤ほか(2004)の応答スペクトルの比較 (1/3)

【乙イ B54 242, 250 頁に加筆】

⑫2013年栃木県北部(Mw5.8)



⑬2004年北海道留萌支庁南部(Mw5.7)

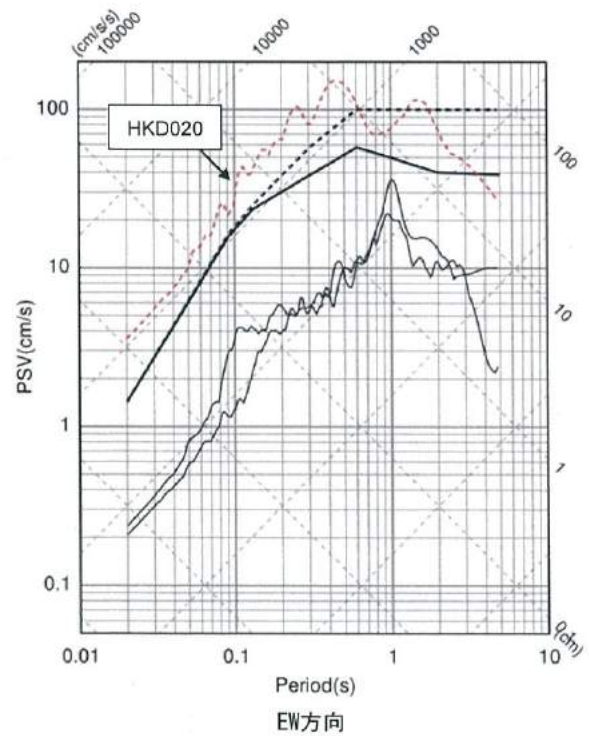
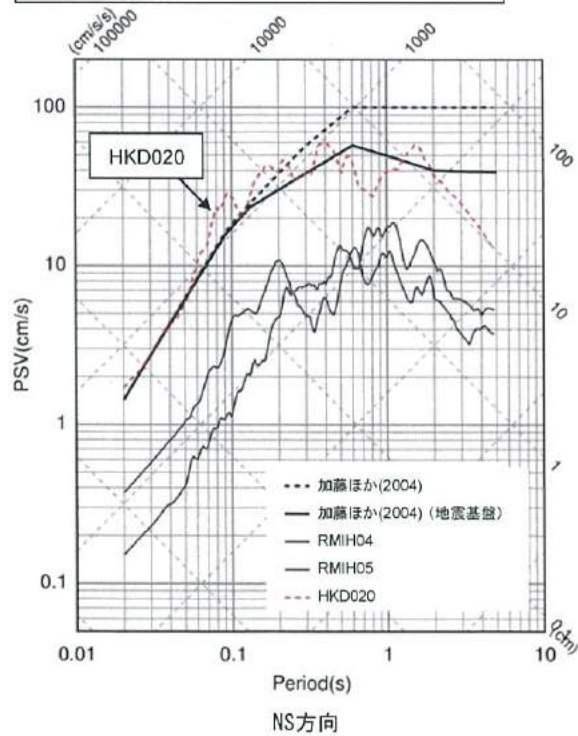


図 26 観測記録と加藤ほか(2004)の応答スペクトルの比較 (2/3)

【乙イ B54 251, 252 頁に加筆】

⑩2011年和歌山県北部(Mw5.0)

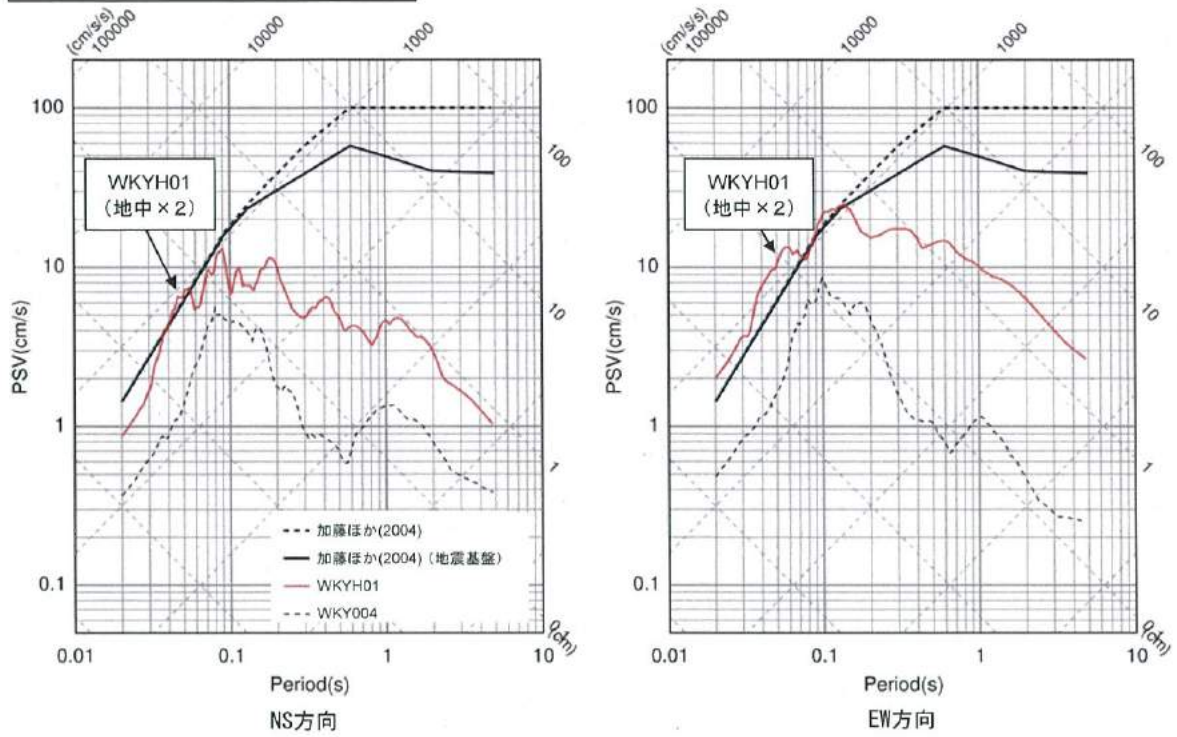


図 27 観測記録と加藤ほか(2004)の応答スペクトルの比較 (3/3)

【乙イ B54 255 頁に加筆】

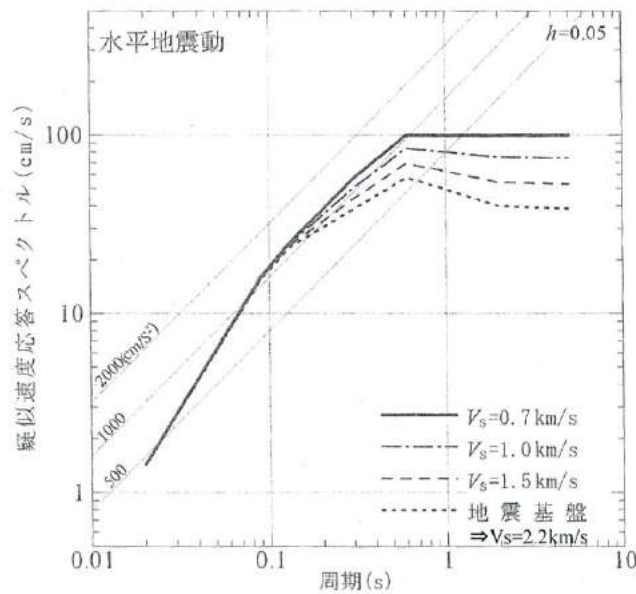


図 28 地盤物性値を考慮した加藤ほか(2004)による応答スペクトル

【乙イ A43-2 35 頁に加筆】

#### 4 小括

以上述べたとおり、被告九州電力は「震源を特定せず策定する地震動」について合理的に策定しているので、被告九州電力が策定した基準地震動に根本的な欠陥はない。

### 第4章 敷地周辺の地質調査について

#### 第1 原告らの主張

原告らは、①城山南断層西端延長線上にある呼子南リニアメントあるいはその近傍に活断層が存在する可能性があること、及び②名護屋断層が活断層である可能性があること、③呼子南リニアメントと名護屋断層が活断層であれば検討用地震として選定した城山南断層が被告九州電力の想定している長さより長くなる可能性があるが、被告九州電力が想定している基準地震動を超える地震動が発生する可能性がある旨主張する。

以下、これらについて反論する。

#### 第2 敷地周辺の地質調査について

##### 1 敷地周辺の地質調査の概要

被告九州電力は、準備書面10でも述べたとおり各種の調査及び観測等により、内陸地殻内地震等の震源として想定する活断層の位置、長さ等の評価を適切に実施している。

その結果、原告らが主張する呼子南リニアメント及び名護屋断層は活断層ではないことを確認しており、原告らの主張はあたらない。

以下に、被告九州電力が行った地質調査の概要について改めて述べるとともに、城山南断層及び呼子南リニアメント並びに名護屋断層の評価について述べる。

##### (1) 地質調査の概要

断層が活動すると地形や地層にずれが生じ、これが繰り返されること

によりずれが累積し、古い時代に形成された地形や地層ほどずれの量が大きくなる。そのため、最近の地質時代にできた地形や地層に断層によるずれがあり、その地形・地質のうち古いものほどずれの量が大きいことが確認されれば、その断層は「活断層」と判断される。

そのため、活断層の調査にあたっては、始めに空中写真を用いた地形調査（変動地形学的調査）を実施し、地形の微妙な起伏や食い違いを詳しく読み取り、断層運動の繰り返しによりできた可能性のある地形（リニアメント）を抽出し、その後、現地において、地形を作っている地層の観察やボーリング調査等により、断層の有無やずれが生じた年代等を確認する。また、断層の深部の形態を把握するための調査として、人工的に起こした地震波を用いた反射法地震探査、重力及び比抵抗（電気の流れやすさ）などの測定があり、活断層の調査には、これら地球物理学的調査のうち反射法地震探査と重力探査がよく使われている。

被告九州電力は、敷地からの距離に応じて、陸域及び海域について、文献調査に加えて、以上のような変動地形学的調査や、地球物理学的調査、地表地質調査等の最新の手法による詳細な調査を実施し、既往調査結果や最新の知見も踏まえて検討を行い、断層の活動性や連続性を安全側に評価した【乙イA33（10～14頁）】。

なお、文献調査について、九州における活断層の分布を示した代表的な文献としては、「九州の活構造」(1989)、「[新編]日本の活断層」(1991)があり、これらの文献においては、変動地形学的調査を主体とした調査結果に基づき、活断層の存在の確かさ（確実度）に応じて3ランク（Ⅰ～Ⅲ）に区分して示している。これに対して、被告九州電力が行った変動地形学的調査においては、活断層を見落とすことがないように不明瞭な地形まで抽出し、活断層に起因した可能性が高いものからL<sub>A</sub>、L<sub>B</sub>、L<sub>C</sub>及びL<sub>D</sub>に4つのランクに区分した。そのため、被告九州電力が抽出したリニアメントの数は、上記の文献よりもかなり多くなっている【乙イB55

(4, 6頁)】。

以上の地質調査を踏まえた活断層の評価にあたっては、原子力規制委員会にて定められた「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」に基づき、「後期更新世(約12～13万年前)以降の活動が明確に否定できない断層」については活断層とした(準備書面10・38, 45頁参照)。

地質調査の概要を図29に、敷地周辺から半径30km以内の主な活断層及びリニアメント分布を図30に示す。

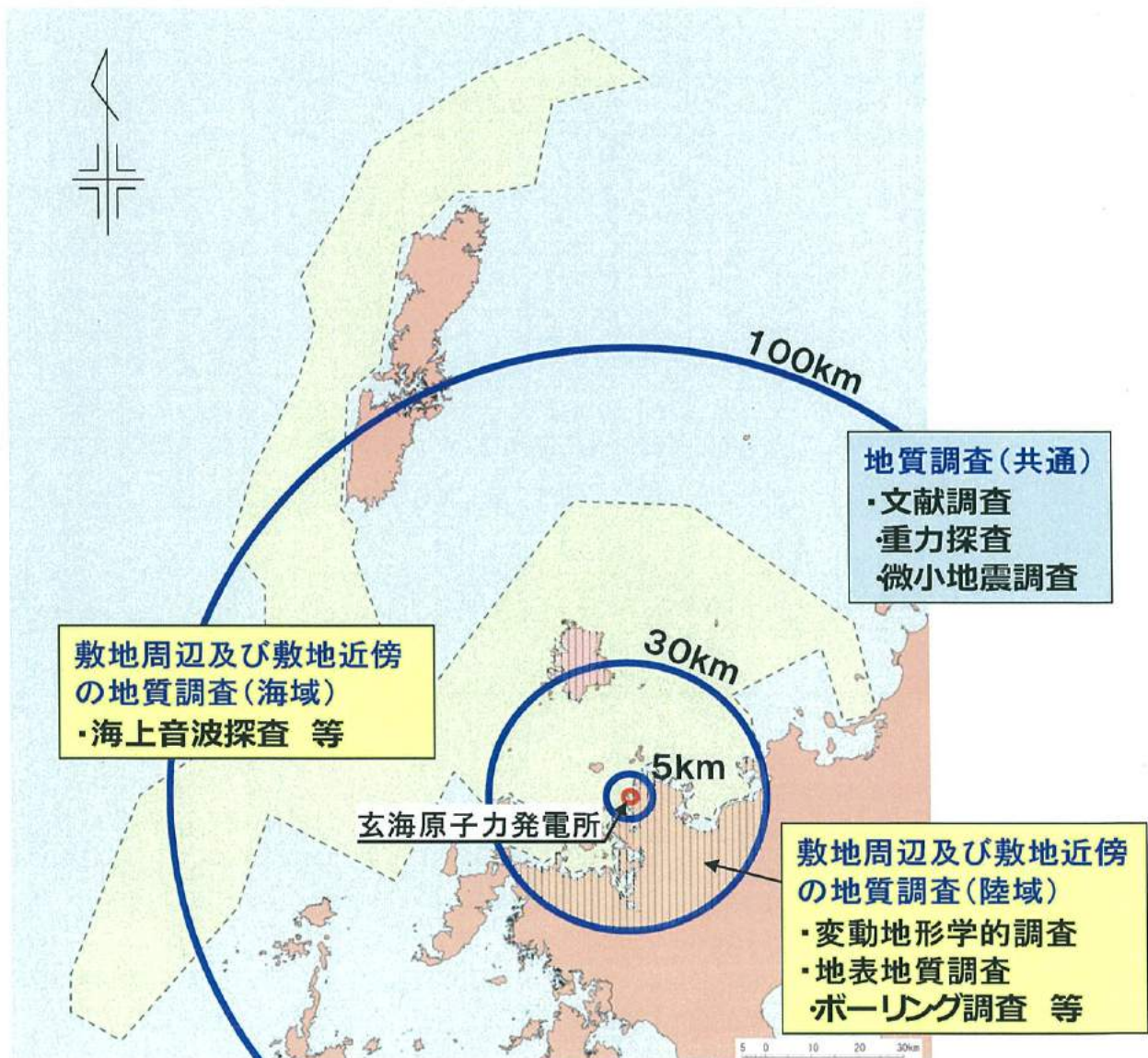


図29 地質調査の概要

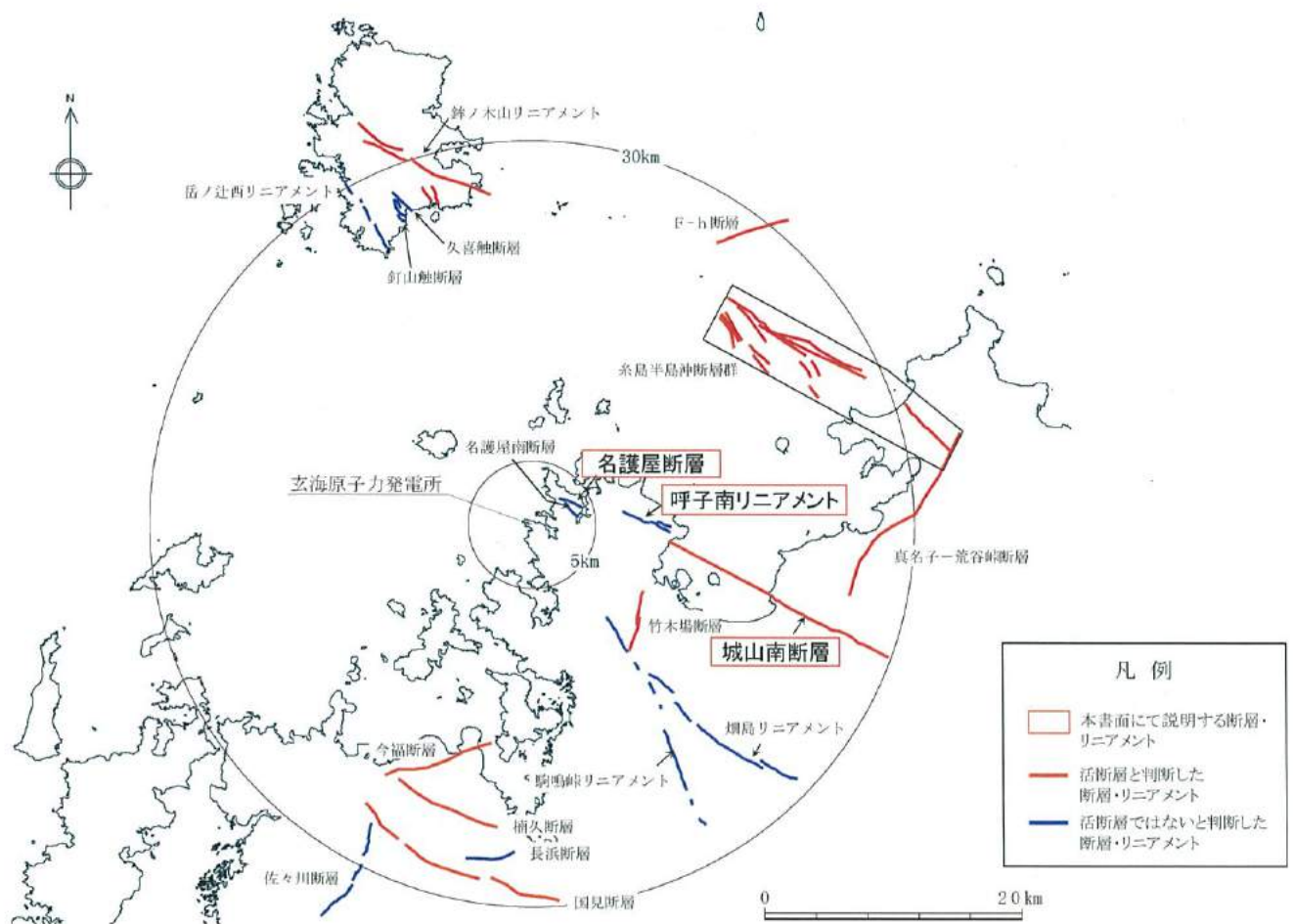


図30 敷地から半径30km以内の主な活断層及びリニアメント分布

【乙イB55 (14頁)】

## (2) 城山南断層の評価

城山南断層は、「九州の活構造」(1989),「[新編]日本の活断層」(1991)等のいずれの文献にも示されていないものの、被告九州電力が実施した変動地形学的調査により、LB、Lc及びL<sub>D</sub>ランクからなるリニアメントを抽出した。

地表地質調査の結果、リニアメントと同方向の小規模な断層又は節理が多くの地点で確認され、後期更新世以降の活動を否定できないことから活断層として評価した。また、リニアメントの西側延長海域についても、被告九州電力が実施した海上音波探査(地球物理学的手法の1つで、

海上から発した音波の反射波の解析により海底の地下構造を推定する) によって断層は確認されなかったものの、海域に分布する地層の状況等により断層の存在を明確に否定できないことから、活断層が認められない対岸までの区間を活断層として評価した【乙イB55 (59～66頁)】。

## 2 呼子南リニアメントの評価

呼子南リニアメントは、「九州の活構造」(1989)、「[新編]日本の活断層」(1991)等のいずれの文献にも示されていないものの、被告九州電力が実施した変動地形学的調査により、最もランクの低いL<sub>D</sub>ランクのリニアメントを抽出した。

地表地質調査の結果、リニアメントを横断して、約300万年前の東松浦玄武岩類の各層がずれることなく概ね水平に連続していることが確認され、少なくとも東松浦玄武岩類の堆積以降の活動が認められないことから、活断層ではないと判断した【乙イB55 (68～75頁)】。

原告らは、準備書面37において、甲349(半田駿佐賀大学名誉教授の意見書)を根拠に、呼子南リニアメントの近傍に「活断層に特有の、抵抗値が極端に低下するデータ(低比抵抗帯)」が検出されたとして、これをもって呼子南リニアメントあるいはその近傍に活断層が存在する可能性があると主張する。

しかしながら、甲349が依拠する「中谷, 2012」は書証として提出されておらず、そもそも当該データが信頼できるものなのか、大いに疑問がある。

また、甲349に記載のある「地下の電気抵抗を測定する方法」は、電磁波等を利用して地下の比抵抗(電気の流れやすさ)の分布を測定するもので、地盤の比抵抗は、乾湿や温度、風化や変質の程度、岩石を構成する鉱物の種類等を反映していることから「地盤の詳しい状態」の調査に広く使われているものではあるが、「活断層の有無」の判断に資するものではない。



さらに、そもそも「活断層に特有の低比抵抗帯」など存しない。断層に伴う破碎帯には大量の水や粘土鉱物が含まれていることが多いため、断層が低比抵抗帯として把握できる場合もあるが、それは活断層でない断層においても当てはまることであって、低比抵抗帯が存したことをもって、活断層の存在が推測されるものでもない。

以上より、原告らの主張が合理性を有しないことは明らかである。

### 3 名護屋断層の評価

名護屋断層は、「九州の活構造」(1989)、「[新編]日本の活断層」(1991)等のいずれの文献にも「活断層の疑いがあるリニアメント(確実度Ⅲ)」として示されており、被告九州電力が実施した変動地形学的調査によっても、L<sub>D</sub>ランクのリニアメントを抽出した。

地表地質調査及びボーリング調査の結果、リニアメントを横断して、約300万年前の東松浦玄武岩類の各層がずれることなく概ね水平に連続していることが確認され、少なくとも東松浦玄武岩類の堆積以降の活動が認められないことから、活断層ではないと判断した【乙イB55(16～31頁)】。

原告らは、名護屋断層が活断層である可能性があるとする根拠として、城山南断層・呼子南リニアメントとほぼ直線状に位置していることを主張するのみであり、具体的な根拠は何一つ示していない。上述のとおり、呼子南リニアメントあるいはその近傍に活断層は存しないのであり、原告らの主張の前提も崩れている。

以上より、原告らの主張が合理性を有しないことは明らかである。

### 4 小括

以上述べたとおり、被告九州電力は、各種の調査により、呼子南リニアメント及び名護屋断層は活断層ではない旨判断している。一方で、原告らの主張は、いずれも不合理である。

なお、被告九州電力は、本調査の結果を踏まえて、原子力規制委員会の審査を受けて許可を得ている。

## 第5章 結論

以上より、本件原子力発電所における被告九州電力の基準地震動の策定手法及び地質調査結果は、科学的な合理性を有する妥当なものであり、原告らの主張するような「欠陥」は存せず、基準地震動を超過する地震動が本件原子力発電所において発生する可能性は極めて低い。

以上

[用語解説]

1 臨時余震観測 (8 頁)

比較的大きな地震 (本震) の発生直後から, 震源域周辺等に地震計を設置し, 震源特性の分析等を目的として余震データを収集すること。

2 未成熟な活断層 (40 頁)

一般的に成熟した活断層は, 過去数十万年にわたって地震が繰り返し発生することによって, 地下の震源断層とほぼ同じ長さの活断層が地表に表れるとされている。一方, 成熟した活断層に至らない未成熟な活断層については, 地下の震源断層が地表に完全には表れないとされている。

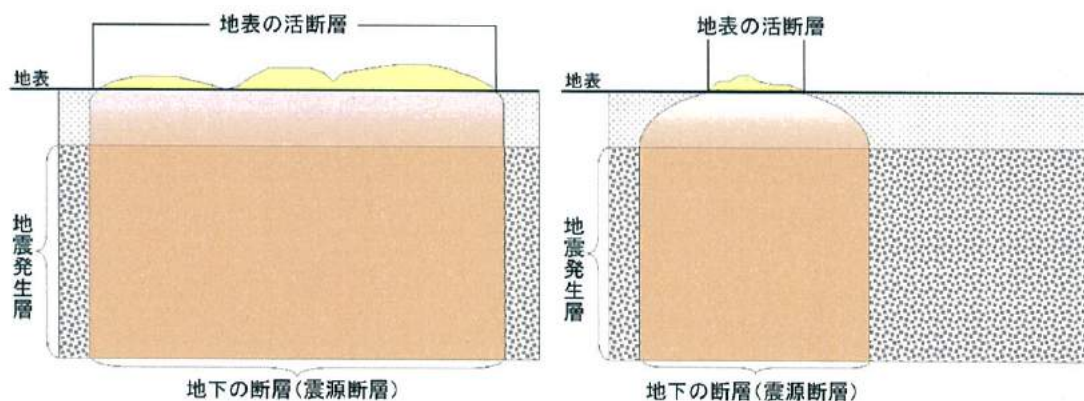


図 成熟した長い断層 (左) と未成熟な短い断層 (右) のイメージ