

副本

平成28年(ヨ)第38号  
債権者 [REDACTED] 外2名  
債務者 四国電力株式会社

平成28年9月27日

準備書面(5)の補充書(3)

広島地方裁判所民事第4部 御中

債務者訴訟代理人弁護士

田代

健



同弁護士

兼光弘

幸



同弁護士

松繁

明



同弁護士

川本賢一

一



同弁護士

水野絵里奈

奈



同弁護士

福田

浩



債務者は、平成28年9月13日の第4回審尋期日において債務者が説明した、本件3号機の安全に関する事項、本件発電所の地震動評価に関する事項及び本件3号機の耐震安全性に関する事項のうち、本件発電所の地震動評価に関する事項及び本件3号機の耐震安全性に関する事項に係る御庁からの質問に対して、改めて整理して回答するとした事項、債務者の回答を補足しておきたい事項について、以下のとおり説明する。

#### 1 不確かさの考慮について

御庁から質問のあった、断層モデルを用いた手法により敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の地震動評価を行うにあたり、債務者が考慮している不確かさのうち、「断層傾斜角（南傾斜）」及び「破壊伝播速度」を独立して考慮する他の不確かさと重畳させる必要のない理由について、以下のとおり、回答する。

- (1) 債務者は、債務者が実施した本件発電所の敷地及び敷地周辺地域における詳細な地質調査、地震に関する過去の知見等を踏まえ、地震動評価における各種の不確かさの分類・分析を行い、地震発生時の環境に左右される偶然的な不確かさ（破壊開始点等）及び事前に平均的なモデルを特定することが困難な不確かさ（アスペリティ深さ、断層長さ（連動）等）についてはあらかじめ基本震源モデルに織り込むこととした。すなわち、断層長さ約480km、約130km及び約54kmの各基本震源モデルに、アスペリティ深さの不確かさとして保守的に断層上端にアスペリティを配置し、破壊開始点の不確かさとして地震動評価への影響が大きくなるよう断層東下端、中央下端及び西下端の3か所に設定（ただし、特に厳しい評価となる応力降下量に係る不確かさを考慮するケースでは5か所に設定）することとした。これに対し、詳細な地質調査、地震に関する過去の知見等から、

事前に平均的なモデルを特定することが可能な不確かさ、すなわち、①応力降下量、②地質境界断層の傾斜角（北傾斜）、③断層傾斜角（南傾斜）、④破壊伝播速度及び⑤アスペリティの平面位置については、基本震源モデルに織り込んだ不確かさと重畳させる不確かさ、すなわち、基本震源モデルに独立して考慮する不確かさとして評価することとした。（答弁書「債務者の主張」第7の2(3)イ(エ) a（151頁以下）、債務者準備書面（5）第1の2(1)イ(ア)（6頁以下））

(2) 独立して考慮する不確かさのうち、応力降下量、震源断層の傾斜角と敷地境界断層の傾斜角との関係及びアスペリティの平面配置については、債務者が実施した詳細な地質調査から信頼性の高い情報が得られているので、①、②及び⑤の不確かさが重なる可能性は極めて小さく、独立して考慮する他の不確かさと重畳させて評価する必要はないと判断した。一方、断層傾斜角については、断層傾斜角に多少のばらつきがある可能性は否定できないこと、また、破壊伝播速度については、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震の観測記録が得られていないことから、債務者による詳細な地質調査の結果だけでは、不確かさの小さい信頼性の高いモデルを設定することが難しい。このような点を踏まえ、御庁からは、①、②及び⑤の不確かさと③及び④の不確かさとは、不確かさのレベルが異なるのではないかと指摘があると同時に、③及び④の不確かさをそれぞれ独立して考慮する他の不確かさと重畳させない理由について質問があった。

(3) しかしながら、震源モデルの設定においては、債務者による調査の結果が全てではなく、多くの研究者らによる地震に関する過去の知見等をも考慮することで、信頼性の高いモデルを設定することは十分に可能であり、

債務者が基本震源モデルにおいて設定している断層傾斜角及び破壊伝播速度の条件は、いずれも地震に関する過去の知見に基づく高い信頼性を有している。すなわち、債務者は、断層傾斜角について、過去に発生した他の横ずれ断層に係る知見から断層傾斜角を鉛直とし、破壊伝播速度について、過去に発生した地震の平均的な破壊伝播速度 ( $V_r$ ) とせん断波速度 ( $V_s$ ) の関係について、G e l l e r ( 1 9 7 6 )<sup>1</sup>に基づき、 $V_r = 0.72 V_s$ としている。そして、これらの条件は、信頼性の高い知見、例えば、強震動予測レシピにおいても、断層傾斜角については、横ずれ断層で鉛直 ( $90^\circ$ ) とすることが基本とされているし (乙173 (4頁))、破壊伝播速度については、G e l l e r ( 1 9 7 6 ) の知見に基づき  $V_r = 0.72 V_s$  とすることが示されているところである (乙173 (13頁))。ただし、乙173では、 $V_s$ が「 $\beta$ 」と表記されている。) 。そして、債務者による地質調査の結果からは、これらの条件を修正すべき特段の事情は得られていない。したがって、断層傾斜角及び破壊伝播速度については、債務者による詳細な地質調査の結果だけでは不確かさの小さい信頼性の高いモデルを設定することが難しいものの、過去に発生した地震についての知見に基づく平均的な値を用いて信頼性の高いモデルを設定することが可能であることから、③及び④の不確かさは、前述の①、②及び⑤の不確かさと同じく、独立して考慮する不確かさとして考慮することが合理的であると言える。

- (4) 以上のとおり、債務者は、断層傾斜角及び破壊伝播速度について、信頼性の高い知見に基づき基本震源モデルの条件を設定していることから、③

---

<sup>1</sup> Scaling relations for earthquake source parameters and magnitudes, Bulletin of the Seismological Society of America, Geller, R. J. , 66, 1501-1523, 1976.

及び④の不確かさをそれぞれ独立して考慮する他の不確かさと重畳させる必要はなく、独立して考慮する不確かさとするのが合理的であると考えている。

- (5) さらに、債務者は、③及び④の不確かさをそれぞれ独立して考慮したケースについての地震動評価の結果からも、本件3号機の耐震安全性の観点からは、大きな影響を与えないことを確認している。すなわち、地震動評価の結果、③の不確かさを考慮したケースについては、基本震源モデルの評価と地震動のレベルとしてはほぼ同等であり、④の不確かさを考慮したケースについては、長周期帯における地震動のレベルはやや大きくなったものの、本件3号機の重要な施設の固有周期はその多くが短周期帯なので、本件3号機の耐震安全性に影響を与えないことを確認した（例えば、図1及び図2）。したがって、仮に、③又は④の不確かさを独立して考慮する他の不確かさと重畳させて考慮したとしても、本件3号機の耐震安全性に影響を与えるようなことにはならないと判断している。

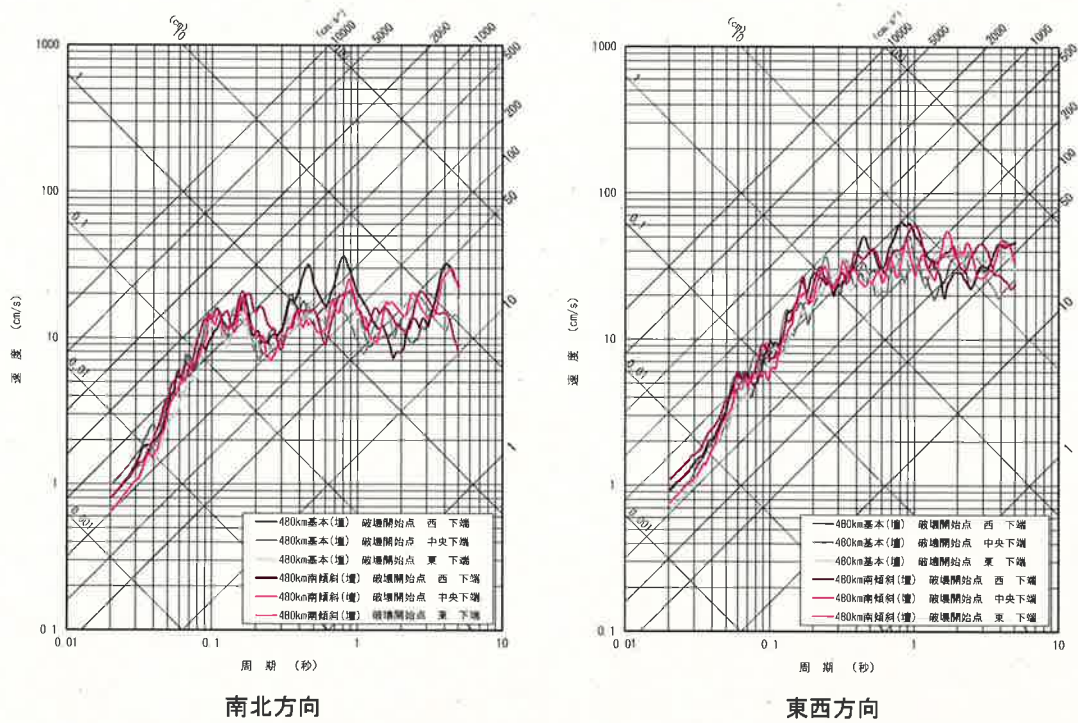


図1 断層傾斜角（南傾斜）ケースと基本震源モデルとの地震動評価結果（断層長さ約480km，壇ほか（2011）を用いたケースの例）

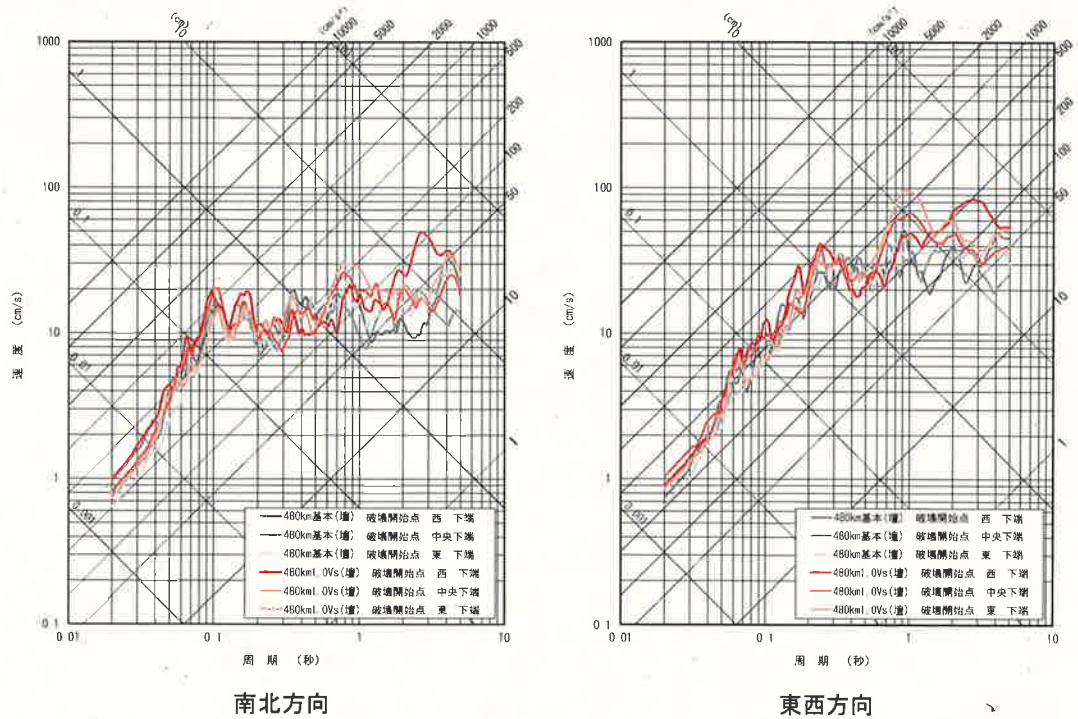


図2 破壊伝播速度( $V_r=V_s$ )ケースと基本震源モデルとの地震動評価結果（断層長さ約480km，壇ほか（2011）を用いたケースの例）

## 2 耐専スペクトルの策定に用いた観測記録のばらつきと地域特性について

耐専スペクトルの策定に用いた観測記録のばらつきが地域特性(震源特性、伝播特性及び増幅特性)によるものであるとの債務者の説明(乙269(42頁))に対して、御庁から、当該ばらつきが地域特性によるものであることを検証したか否かとの質問があった点について、補足をする。

- (1) 地震による揺れの大きさ(地震動の大きさ)は、債務者が乙269を用いて説明したとおり、地域特性によって決まる、つまり、地域特性の違いによって地震動の大きさの違いが生じる。このため、震源が異なればもちろんのこと、同じ震源であっても観測地点が異なれば、地域特性にも違いが生じるので揺れの大きさは観測地点ごとに異なる。

これを耐専スペクトルの策定に用いられた観測記録について見ると、乙269の42頁で説明したとおり、様々な地震を複数の観測点で記録したものである。つまり、耐専スペクトルの策定には、地域特性の違いによるばらつきが元々存在する観測記録が用いられているのである。そして、耐専スペクトルに限らず、距離減衰式は、地域特性の違いによるばらつきのある複数のデータから平均を求める回帰式であることから、その特性上、回帰式を求めるのに用いるデータの全てを忠実に再現することができるものではない。したがって、まさに平均と重なるデータ以外のデータは、全て、地域特性の違いによって距離減衰式に対するばらつきを有しているのである。このように、耐専スペクトルとその策定に用いた観測記録とのばらつきが地域特性の違いによって生じることは、耐専スペクトルの策定において、ばらつきを持った観測記録が用いられた時点で自明のことであり、検証の要を見ない。

もっとも、個々の観測記録において、どのような地域特性が影響したの

かを知るには、詳細な検証が必要となるが、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価にあたっては、本件発電所の地域特性を地震動評価に反映することこそが重要であり、債務者において、距離減衰式を求めるのに用いられたデータのばらつきを詳細に分析する必要性はない。

- (2) 御庁からは、関連して松田式のばらつきについても同様の質問があったが、松田式の策定に用いたデータにも地域特性の違いが反映されており、ばらつきが存在する。松田式は、地震規模（気象庁マグニチュード）と断層長さとの相関関係を示す回帰式であるところ、武村（1990）<sup>2</sup>によると、気象庁マグニチュードは地震モーメントと相関関係にあり（乙173（5頁））、地震モーメントは震源断層面積と相関関係にあり（同4頁）、震源断層面積は震源断層の長さ $\times$ 幅の積によって求められる（同6頁）。つまり、地域特性（震源特性）である震源断層の長さ $\times$ 幅とが、地震規模（気象庁マグニチュード）を決定づける大きな要素となっているのである。しかしながら、松田式は、上記のとおり地震規模（気象庁マグニチュード）を決定づける大きな要素である震源断層の長さ及び幅のうち、長さのみによって地震規模（気象庁マグニチュード）を求めるものであることから、例えば断層長さが同じであっても、断層幅（震源特性）の違いによって、地震規模（気象庁マグニチュード）の値にばらつきが生じることになる。

また、気象庁マグニチュード自体が、観測記録から求まるものであることなどから、松田式の策定に用いたデータのばらつきについては、断層幅の違い以外の地域特性の影響を受けている可能性も否定できない。

- (3) このように、債務者が応答スペクトルに基づく地震動評価で用いた耐専

---

<sup>2</sup> 「日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係」武村雅之、地震2, 43, 257-265, 1990.



スペクトルをはじめとする距離減衰式や松田式には地域特性によるばらつきが存在するが（断層モデルを用いた手法による地震動評価に用いるスケールリング則も同様である。）、ばらつきの存在は、地震動評価に用いる手法の信頼性を否定するものではない。例えば、耐専スペクトルは、岩盤上の20年間の地震記録を基に策定されたもので、実際に発生した地震によりその適用性が確認されている（乙271（5.41～5.42頁））。松田式については、平成15年に気象庁マグニチュードの算出方法が改訂されたことを踏まえて観測記録のデータを見直すと、当該データと松田式とのばらつきは小さくなり、震源断層長さを用いることにより精度よく地震規模を算出できるし（債務者準備書面（5）第2の1（3）ウ（40頁以下））、強震動予測レシピでも用いられるなど、断層長さから地震規模を想定する上で、信頼性のある手法として、広く実用されている。また、債務者が断層モデルを用いた手法による地震動評価において用いた手法についても、実際の観測記録との整合性が確認されるなど、いずれも信頼性を有していることが確認されている（債務者準備書面（5）第2の2（2）（43頁以下））。

- (4) 債務者は、地震動評価手法に上記のようなばらつきが存在することを考慮し、本件発電所の地震動評価では、地域特性を十分に把握した上で基本震源モデルを保守的に設定し、さらに、各種の不確かさを考慮することによって、地震動が大きくなるよう安全側の評価を行っている。こうすることにより、債務者が策定した基準地震動 $S_s$ は、地震動評価におけるばらつきをカバーした、十分に余裕のあるものになっていると考えている。

### 3 プレート間地震に伴う津波の評価について

債務者が、プレート間地震による津波の評価について、南海トラフ巨大地震（ $M_w$  9.1）及び琉球海溝の地震（ $M_w$  9.0）による津波をそれぞれ

想定している旨の説明を行ったことに関連し（乙270（31頁）），御庁からは，津波ガイド<sup>3</sup>（乙156）が示しているMw9.6を採用しなくてよい理由についての質問がなされた。この点については，明確な回答ができていなかった可能性があるため，以下，補足して説明を行う。

(1) 債務者は，プレート境界付近に想定される地震に伴う津波について，既往津波に関する文献調査の結果，南海トラフ沿いのプレート境界で発生する地震に伴う津波を検討対象とし，内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」（以下「内閣府検討会」という。）の「南海トラフの巨大地震に伴う津波」を対象津波として選定した。また，津波ガイドでは，プレート間地震に起因する津波波源を設定する対象領域として，南海トラフから南西諸島海溝までを含めた領域（図3の水色で示した領域）が示されている（津波ガイド3.3.2〔解説〕(2)）ことなどを踏まえ，「南海トラフから南西諸島海溝までの領域を対象とした津波」についても，対象津波として選定した。

そして，債務者は，南海トラフの巨大地震に伴う津波として，内閣府検討会が示した断層モデルケースのうち，本件3号機への影響が大きいと考えられる四国沖から九州沖に大すべり域及び超大すべり域が設定されているケース（Mw9.1）を津波シミュレーションの対象として選定した（図3の橙色の線で囲んだ領域）。また，南海トラフから南西諸島海溝までの領域を対象とした津波については，地震との関連性が高い「プレート境界面の固着域<sup>4</sup>」に着目した分析を行い，この海域において超巨大地震の発生

<sup>3</sup> 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド(原子力規制委員会，平成25年6月)

<sup>4</sup> 南海トラフなどのプレート境界では繰り返し大地震が起きているが，これはプレートの沈み込み口である海溝に近いところでプレート境界が強く固着していることと関係しており，2つのプレートが境界で強く固着している場所を「固着域」と呼ぶ。ここでは数十年

が想定されるか否か等について検討を行った。そして、南海トラフから南西諸島までの領域を4つの領域（南海トラフ、琉球海溝北部、琉球海溝中部、琉球海溝南部）に区分し、各領域での固着域に関する分析及び領域境界を越えて固着域が破壊する可能性を検討した結果、各領域を横断するような破壊伝播を考慮する必要はないと考えられたが、不確かさを十分に保守側に考慮し、さらに東北地方太平洋沖地震での教訓を踏まえ、科学的・技術的知見に基づく想定を超える事態があり得るとの観点から、本件3号機への影響が最も大きくなるよう琉球海溝北部から中部の領域での連動を考慮し、東北地方太平洋沖地震と同様の $M_w 9.0$ クラスの地震による津波を津波シミュレーションの対象とした(図3の緑色の線で囲んだ領域)。

(以上、債務者準備書面(12)第1の2(1)イ(6頁以下))

---

から百年以上の間、プレート同士がくっついていて、あるとき大きくずれて、強い地震動や大きな津波が引き起こされる。

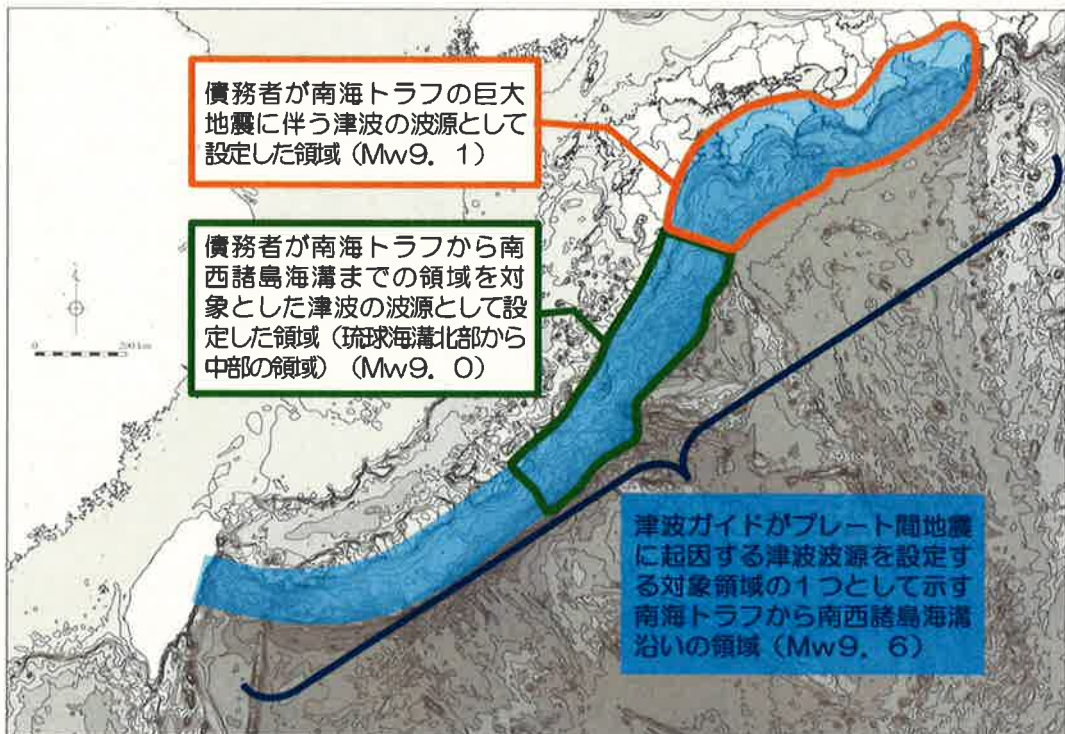


図3 プレート間地震に起因する津波波源の領域

- (2) 津波ガイドは、3.3.2の〔解説〕において、プレート間地震に起因する津波波源を設定する対象領域の1つとして南海トラフから南西諸島海溝沿いの領域（図3の水色で示した領域）を例示し、当該領域の規模の最大値として、つまり、領域全体において破壊が起こることを仮定して「Mw 9.6程度」と記載しているのに対し、債務者は、そのような領域全体に及ぶような破壊伝播が起こり得るかを検討し、領域を横断するような破壊伝播を考慮する必要はないとの結論に至ったものの、保守的に、当該領域のうち、本件3号機への影響が最も大きくなる琉球海溝北部から中部の領域での連動を考慮した（図3の緑色の線で囲んだ領域）。すなわち、領域全体の破壊を仮定する津波ガイドのMw 9.6と債務者が想定するMw 9.0の違いは、津波波源として想定する領域の面積が異なることに起因する。
- (3) そもそも、津波ガイドのMw 9.6との記載の位置付けについては、津

波ガイドにおいて「地震規模は参考値である。」と明記されている（乙156（4頁））。つまり、津波ガイドは、本件3号機の基準津波を策定するにあたっては、南海トラフから南西諸島海溝沿いの領域にプレート境界面のセグメントを設定し、その組み合わせにより波源の位置、面積、規模を想定しているかどうか、当該セグメントを組み合わせで設定した波源の総面積に相応のモーメントマグニチュードが設定されているかどうかを確認すると定めているにすぎず（津波ガイド3.3.2（乙156（3頁以下）））、Mw9.6の地震を想定するよう求めているわけではない。当該領域において発生する津波について詳細に検討した結果、合理的に想定される地震がMw9.0であれば、Mw9.6の地震ではなくとも、津波ガイドの要求に反するものではないのである。このことは、現に、債務者の地震に伴う津波の評価が、原子力規制委員会の審査において、津波ガイドの上位規定である設置許可基準規則の解釈<sup>5</sup>の規定に適合していることが確認されていることから明らかである（乙13（34頁以下））。（債務者準備書面（12）第2の1(2)（22頁以下））

- (4) ちなみに、津波による影響の大きさは、地震の規模だけでなく、屈折や回り込みなどの伝播経路に大きく左右される、すなわち、波源に対する観測位置の地理的条件に大きく左右される。特に本件発電所の地理的条件からは、太平洋側で発生し、本件発電所が立地する伊予灘側に入り込んでくる津波の影響は限定的である。現に、本件3号機における津波による水位上昇時の最大水位を比較すると、琉球海溝北部及び中部のMw9.0の地震による津波ではT. P. + 2. 0 2 m（潮位の影響（朔望平均満潮位+

---

<sup>5</sup> 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の解釈（原子力規制委員会、平成25年6月）

1. 62 m) を除けば, +0. 40 m), 南海トラフにおける Mw 9. 1 の地震による津波では T. P. +2. 45 m (同じく, +0. 83 m) であり, 基準津波による T. P. +8. 12 m (同じく, +6. 50 m) と比較して有意に小さい (乙 11 (6-7-35 頁, 6-7-47 頁)<sup>6</sup>)。また, 津波波源と評価地点との距離が離れば離れるほど, 津波による影響は小さくなるどころ, 債権者らが主張するような Mw 9. 6 の地震を想定する場合には, その津波波源は本件発電所の敷地から遠ざかる方向 (図 3 の緑色の線で囲んだ領域のさらに南方に延びる水色の領域) に広がることから, その影響は限定的であると考えられる。

こうした点を踏まえると, 仮に南海トラフから琉球海溝南部までの領域における Mw 9. 6 の地震による津波を考慮したとしても, その影響が軽微であることは明らかである。

(以上, 債務者準備書面 (12) 第 2 の 1 (3) (23 頁以下))

#### 4 耐震安全性評価における繰返し荷重の考慮について

債務者が, 本件 3 号機の耐震安全性に関連して説明した繰返し荷重に対する評価に関し (乙 270 (22~23 頁)), 御庁から, 当該評価の際に考慮する基準地震動  $S_s$  をもたらす地震が, 複数回発生することを考慮しているか否かとの質問がなされた。技術的な回答については, 債務者から回答したとおりであるが, そもそも, 基準地震動  $S_s$  をもたらす地震が短期間に複数回起こることはまず考えられないことについて, 以下, 説明を補足する。

<sup>6</sup> 琉球海溝北部及び中部の Mw 9 クラスの地震による津波高さ及び南海トラフにおける Mw 9 クラスの地震による津波高さについては, 乙 11 (6-7-35 頁) の表 7. 4. 1 において, 潮位の影響を考慮していない値 (琉球海溝北部及び中部の Mw 9 クラスの地震による津波につき, T. P. +0. 40 m, 南海トラフにおける Mw 9 クラスの地震による津波につき, T. P. +0. 83 m) が記載されている。一方, 基準津波による津波高さについては, 乙 11 (6-7-47 頁) の表 7. 7. 4 において, 潮位の影響を考慮した値 (T. P. +8. 12 m) が記載されている。

- (1) 本件発電所の基準地震動  $S_s$  は、債務者による詳細な地質調査、地震に関する過去の知見等を踏まえ、さらに、不確かさを考慮した上で、十分保守的に設定していることから、本件発電所の敷地周辺において基準地震動  $S_s$  クラスの地震をもたらす地震が発生する確率は非常に小さい。このことは、基準地震動  $S_s$  に係る年超過確率が  $10^{-4} \sim 10^{-6}$  と十分小さく抑えられていることから分かる（答弁書「債務者の主張」第7の2(3)オ（177頁以下）、債務者準備書面（5）第1の2(4)（16頁以下））。
- (2) さらには、本件発電所の基準地震動  $S_s$  に支配的な影響を与えるのは敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）であるところ、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）のエネルギーや歪みが解放されることにより、基準地震動  $S_s$  をもたらす地震が発生した場合に、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）において同程度の地震を発生させるためには、過去に蓄積されたエネルギーや歪みが改めて蓄積される必要があるが、そのためには膨大な期間を要することから（内陸地殻内地震の場合、エネルギーや歪みが地震を発生させるまで蓄積されるのに要する期間、つまり、断層が再活動する周期は、千年程度から数万年とも言われている（乙16（11頁）））、短期間に基準地震動  $S_s$  クラスの余震が繰り返し発生することはまず考えられない。

敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）については、複数の区間が単独又は連動して活動する可能性があるとされており、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）が複数の区間に分かれて活動した場合には、短期間に複数の地震が発生する可能性は否定できない。しかしながら、債務者が行った評価によると、本件発電所の敷地に大きな影響を与えるのは本

件発電所の敷地前面海域の約5.4kmの区間における地震である<sup>7</sup>。したがって、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）において、任意の複数区間が活動したとしても、本件発電所の敷地で基準地震動S<sub>s</sub>クラスの地震動が発生するのは、約5.4kmの区間を含む区間が活動した場合の1回のみであり、約5.4kmの区間を含まない区間の活動による本件発電所の敷地への影響は限定的であることから、本件発電所の敷地において基準地震動S<sub>s</sub>クラスの地震動が複数回発生することは考え難い。

- (3) 以上のとおり、本件発電所の敷地周辺において基準地震動S<sub>s</sub>と同レベルの地震動をもたらす地震が短期間に複数回起こることはまず考えられない。

以上

---

<sup>7</sup> 債務者は、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）について、断層長さを約480km、約130km及び約5.4kmのケースについて詳細に検討を行っているが、各断層長さのケースについて、基本震源モデルの地震による地震動の評価結果を比較したところ、いずれのケースについても、同程度であることを確認している（乙31（180頁、183頁、186頁、189頁））。このことは、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）においては、想定する断層長さが変わっても、本件発電所の敷地前面の断層長さ約5.4kmの活動区間における地震動が、基準地震動S<sub>s</sub>に最も大きく寄与していることを示している。