



平成28年(㉮)第38号, 平成28年(㉮)第109号

債権者 [redacted] 外3名

債務者 四国電力株式会社

平成29年2月20日

準備書面(5)の補充書(5)

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



同弁護士 松繁



同弁護士 川本賢一



同弁護士 水野絵里奈



同弁護士 福田浩



同弁護士 井家武男



目次

第1	債権者ら準備書面（5）の補充書7について	2
1	「第2 検討用地震の選定の妥当性」について	3
2	「第3 不確かさの考慮」について	4
3	「第4 偶然的ばらつき」について	7
4	「第5 入倉・三宅式による過小評価のおそれ」について	10
5	「第6 震源を特定せず策定する地震動」について	13
第2	野津意見書（3）について	16
1	プレート間地震について	17
(1)	債務者のプレート間地震の評価が東北地方太平洋沖地震を踏 まえたものであることについて	17
(2)	フィリピン海プレート上面における巨大地震による検証がな されていないとの指摘について	20
(3)	野津氏による本件発電所の地震動の試算が適切ではないこと について	21
2	内陸地殻内地震について	24
(1)	壇ほか（2011）による地震動評価について	24
ア	均等にアスペリティを配分していく方針を採用していない ことについて	25
イ	壇ほか（2011）を用いた地震動評価においてアスペリ ティの偏在を考慮すべきであるとの主張について	30
ウ	債務者が敷地前面海域の断層群のアスペリティ配置を適切 に行い、地震動評価に反映していることについて	33

(2) 敷地前面海域の断層群が「横ずれ＋逆断層成分＋南傾斜」で はないことについて	35
3 震源を特定せず策定する地震動について	40

債務者は、答弁書、債務者準備書面（５）等で詳しく述べてきたとおり、本件発電所の敷地周辺の詳細な調査、最新の知見等を踏まえ、不確かさや保守性を十分に考慮した上で、本件発電所の基準地震動 S_s を設定し、本件３号機の地震に対する安全性を万全なものとしている。

これに対し、債権者らは、函館地方裁判所に係属している別事件（平成２２年（行ウ）第２号ほか）において、防災科学技術研究所社会防災システム研究部門長の藤原広行氏（以下「藤原氏」という。）の書面尋問が実施されたとし、同裁判所に提出された「質問回答書１」（甲D609、以下「藤原回答書１」という。）における同氏の回答内容をもとに、債務者が策定した本件発電所の基準地震動 S_s が「不十分、不適切なものであることは明白である」と主張する（債権者ら準備書面（５）の補充書７（５頁））。

しかしながら、藤原回答書１における藤原氏の回答は、地震動の評価手法等の一般的な内容について、個人的見解を述べたものであって、設置許可基準規則解釈¹や地震ガイド²が合理的か否かを述べたものではないし、ましてや設置許可基準規則解釈や地震ガイドに則って策定された特定の原子力発電所の基準地震動 S_s が「不十分、不適切なもの」であることを述べたものではない。債権者らの主張は、藤原氏の回答を正しく理解しない誤ったものであって、いずれも理由がない。以下、第１において、具体的に説明する。

また、債権者らは、野津厚氏（以下「野津氏」という。）作成の平成２８年１２月２６日付け「意見書（３）」（甲D610、以下「野津意見書（３）」という。）を債務者準備書面（５）の補充書（４）への反論として提出してい

1 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２６年７月）

2 基準地震動及び耐震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）

るものと思われる。野津意見書（3）の記載内容の多くは作成者である野津氏が独自の考えを述べるものであり、また、債権者らから野津意見書（3）に基づく具体的な主張書面も提出されていないが、念のため、以下、第2において、野津氏の指摘の誤りや理由がない点などについて、指摘しておく。

第1 債権者ら準備書面（5）の補充書7について

藤原回答書1において、藤原氏は、大間原子力発電所における具体的な地震動評価に係る質問に対しては、全て「適切な回答」はできないとしている。この理由について藤原氏は、「専門家としての見解を述べるためには、事業側及び審査側からの詳細な説明を受けた後、その内容に対して質疑を行い、それらに対する回答も踏まえた上での判断を行い、考えをとりまとめるというプロセスが必要」（藤原回答書1の7(1)、同8(1)等）であるとしている。このように、藤原氏が、個別の原子力発電所における具体的な地震動評価に対する見解を述べるには地震動評価内容に関して当事者からの詳細な説明及びそれを踏まえた質疑を経た上で判断を行う必要があるとの考えを示していることから、同氏が自分の考えとして回答した内容は、必ずしも専門家らの議論や検討が進んだものではないし、個別の原子力発電所における具体的な地震動評価を想定したものではないことは明らかであり、同氏の回答をもって、特定の原子力発電所における地震動評価（基準地震動 S_s の設定）が適切であるか否かを議論するのは、同氏が意図するところではないばかりか、不可能である。したがって、藤原回答書1における藤原氏の回答をもとにして、債務者が策定した本件発電所の基準地震動 S_s が「不十分、不適切なもの」とする債権者らの主張は、いずれも失当である。以下、債権者らの主張の誤りを指摘する。

1 「第2 検討用地震の選定の妥当性」について

債権者らは、藤原氏が検討用地震の選定の妥当性判断のための基準について、「判断の前提となる地震動のハザードについて確率論的なモデルを構築した上で、安全目標に照らし、超過確率等の定量的な指標に基づき基準が定められるべきと考えます」と回答したのに対し、債務者が検討用地震の選定において「確率論的なモデルの構築も、定量的な評価も、安全目標との照合も、何も行っていない」として、債務者による検討用地震の選定が不適切であるかのように主張する（債権者ら準備書面（5）の補充書7の第2（2頁））。

しかしながら、債権者らの上記主張では、藤原氏の回答の一部分のみが引用されており、回答の本来の趣旨が無視されている。藤原氏は、冒頭、「長期的な課題としてリスク評価全体の中で考えなければならない問題と認識しており、現時点で最適な手法を示すことはできません」と断った上で、「今後の方向性」として、「地震動に関するハザード評価の部分について」の「個人の考え」を述べたのである。藤原氏は、この回答において、検討用地震の選定に係る審査基準を定量的に示すことについてはあくまで長期的課題であると認識し、現時点では、藤原氏の考えを具体化する最適な手法はないことを明確に述べているのであり、債権者らが主張するように、現時点で、債務者による検討用地震の選定において「確率論的なモデルの構築も、定量的な評価も、安全目標との照合も」なされるべきだとか、債務者による検討用地震の選定方法や選定結果が不適切であるという見解を示したものではないことは明らかである。

債務者が本件発電所の基準地震動 S_s の策定にあたり、検討用地震を適切に選定していることについては、答弁書「債務者の主張」第7の2(3)イ

(ア)～(イ) (121～143頁)で詳しく述べたとおりである。すなわち、検討用地震の選定にあたっては、本件発電所の敷地周辺における過去の被害地震から、規模、位置等に関する最新の知見をもとに、本件発電所の敷地に影響を及ぼすと考えられる地震を選定し、さらに、これらの地震に国の機関等による知見及び活断層の分布状況から本件発電所の敷地周辺に想定される地震を加え、地震発生様式ごとに整理・分類して、検討用地震の候補とする地震を選定した上で、本件発電所の敷地に特に大きな影響を与えると予想される地震を地震発生様式の分類ごとに検討用地震として選定することとし、距離減衰式による評価の結果を踏まえ、内陸地殻内地震については敷地前面海域の断層群を含む中央構造線断層帯の連動を考慮した地震、海洋プレート内地震については1649年安芸・伊予の地震、プレート間地震については内閣府検討会³(2012)⁴による南海トラフ巨大地震(陸側ケース)をそれぞれ検討用地震として選定した。そして、この選定結果については、原子力規制委員会の審査において設置許可基準規則解釈に適合することが確認されているところである(乙13(13～14頁))。

したがって、債務者による検討用地震の選定を不適切とする債権者らの主張には理由がない。

2 「第3 不確かさの考慮」について

債権者らは、不確かさの考慮の基準について、藤原氏が「個人的な意見ではございますが、個々のパラメータごとに不確かさを考慮するだけでなく、必要に応じて不確かさの重ね合わせを適切に行うことが必要であると

3 南海トラフの巨大地震モデル検討会

4 「南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)」内閣府検討会、2012.

考えます」と回答したのを引用し、藤原氏は不確かさの重ね合わせの必要性を強調しているとして、債務者による中央構造線断層帯の断層モデルを用いた手法による地震動評価における「不確かさの重ね合わせが極めて不十分」だと主張する（債権者ら準備書面（5）の補充書7の第3（3頁））。

しかしながら、これまで述べてきたところから明らかなとおり、藤原回答書1における藤原氏の上記回答は、債務者による中央構造線断層帯の評価において不確かさの考慮が不十分であることを指摘するものではない。そして、債務者は、地震動評価における各種の不確かさを分類・分析した上で、必要に応じて不確かさを重ね合わせるなど、中央構造線断層帯の断層モデルを用いた手法による地震動評価において適切に不確かさの考慮を行っている。すなわち、債務者は、中央構造線断層帯の断層モデルを用いた手法による地震動評価において、地震発生時の環境に左右される偶発的な不確かさ及び事前に平均的なモデル（信頼性の高いモデル）を特定することが困難な不確かさについては、あらかじめ保守的な条件⁵を設定し、これらを重畳させた上で基本震源モデルに織り込み、さらに、詳細な調査、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であることから、不確かさの程度は小さい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

5 具体的には、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）した。また、断層モデルを用いた手法による地震動評価において必要なパラメータ（地震モーメント、平均応力降下量、アスペリティの応力降下量等）を設定する上で用いるスケール則についても、壇ほか（2011）を基本として採用し、さらに、断層長さ約480km及び約130kmのモデルではFuji and Matsu'ura（2000）のスケール則を、約54kmのモデルでは入倉・三宅（2001）の地震モーメントにFuji and Matsu'ura（2000）の平均応力降下量を組み合わせて用いる手法をそれぞれ基本震源モデルに織り込んだ。

アスペリティ⁶の平面位置についても、基本震源モデルに重畳させる不確かさ、換言すれば独立した不確かさを考慮している（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)、債務者準備書面(5)の補充書(3)の1(1頁以下)等)。そして、債務者による不確かさの考慮が適切で、設置許可基準規則解釈にも適合していることについては、原子力規制委員会の審査において確認されているところである(乙13(14~18頁)、乙243)。

したがって、債務者による中央構造線断層帯の断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの重ね合わせが不十分だとする債権者らの主張には理由がない。

また、債権者らは、「中央構造線断層帯の断層モデルのアスペリティ応力降下量に関し、壇ほか(2011)⁷やFuji and Matsu'ura(2000)⁸といった、認識論的な不確定性が非常に大きい知見を採用していながら、ロジックツリーなど用いたモデルを構築するようなことは一切行っていない」と述べ、債務者が用いた手法によるアスペリティの応力降下量に係る不確かさの考慮が不十分であるかのように主張する(債権者ら準備書面(5)の補充書7の第3(3頁))が、債務者は、壇ほか(2011)やFuji and Matsu'ura(2000)に認識論的な不確かさが伴うことを認識しているからこそ、両方の手法を

6 アスペリティとは、地震を起こす震源断層面の中でも強く固着した領域のことであり、この部分がずれると特に大きなずれを生じ、大きな揺れが生じる。

7 「長大横ずれ断層による内陸地震の平均動的応力降下量の推定と強震動予測のためのアスペリティモデルの設定方法への応用」壇一男・具典淑・入江紀嘉・アルズペイマサマン・石井やよい、日本建築学会構造系論文集、第670号、2041-2050、2011。

8 「Regional difference in scaling laws for large earthquakes and its tectonic implication, Pure and Applied Geophysics」Fujii, Y. and M. Matsu'ura, Vol.157, 2283-2302, 2000.

用いた評価を行っているのであり（乙31（23頁））、また、アスペリティの応力降下量の不確かさについても、平均の1.5倍又は20MPaのいずれか大きい方を採用することとし（乙31（22頁））、保守的な評価となるよう適切な考慮を行っており、債権者らの主張は妥当ではない。

3 「第4 偶然的ばらつき」について

債権者らは、松田式や入倉・三宅式のばらつきについて、藤原氏が「偶然的ばらつきとして扱う必要がある」、「必要に応じて他の要因によるばらつきと重ね合わせて考慮する必要がある」、「偶然的ばらつきに関しては確率変数としてハザード計算」を行うことが望ましいと回答しているとした上で、本件発電所における地震動評価では、「松田式や入倉・三宅式のばらつきに関しては、一切無視し、これを考慮していない」と主張する（債権者ら準備書面（5）の補充書7の第4（3頁））。

藤原氏は、松田式や入倉・三宅式のばらつきをどのように考慮すべきかについては「今後の課題」と位置付けており（藤原回答書1の6(2)）、同氏の上記回答内容が、債務者による地震動評価におけるばらつきの考慮が適切か否かを論じるものではないことは明らかであるが、以下に述べるとおり、債務者は、経験式が有するばらつきを考慮し、地域特性を適切に反映するとともに、不確かさ等を考慮した保守的な地震動評価を行っている。

松田式は、松田（1975）⁹において提案されている断層長さ地震のマグニチュード（気象庁マグニチュード）との関係を表す経験式であり、入倉・三宅式は、入倉・三宅（2001）¹⁰において提案されているM_w

9 「活断層から発生する地震の規模と周期について」松田時彦，地震2，28，269-283，1975.

10 「シナリオ地震の強震動予測」入倉孝次郎・三宅弘恵，地学雑誌，Vol.110，849-875，2001.

6. 5以上の地震に適用される震源断層面積と地震モーメントとの関係を表す経験式である。債務者は、応答スペクトルに基づく地震動評価において松田式を、断層モデルを用いた手法による地震動評価の中央構造線断層帯の断層長さ約5.4kmのモデルにおいて入倉・三宅式を、それぞれ用いている。松田式及び入倉・三宅式は、強震動予測レシピ¹¹（乙298¹²）に採用されるなど、信頼性が高い知見として広く実用されている¹³が、いずれも経験式である以上、藤原回答書1の6の質問で引用される地震ガイドの規定（I. 3. 2. 3（2）（乙39（3頁）））が指摘するとおり、これらを用いる際、経験式が「平均値としての地震規模を与えるものであること」に起因する「ばらつき」（経験式の基となるデータと経験式から求められる値との差）が生じるのは当然である。こうしたばらつきは、観測

11 「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」地震調査研究推進本部地震調査委員会，2016.

12 強震動予測レシピは、平成28年6月に改訂されたもの（乙173）が公表されたが、平成28年12月、この改訂版の一部の記載が修正された（乙299）。債務者は、平成28年6月に改訂された強震動予測レシピにおいて、Fuji and Matsu'ura（2000）のスケーリング則から求められる平均応力降下量の値（3.1MPa）を適用する目安として地震モーメントが 1.8×10^{20} （N・m）を上回る地震を対象とする旨が付記されたこと（乙173（12頁））について、平均応力降下量の値として3.1MPaを適用するか否かは地震モーメントの値で一律に判断するのではなく、対象とする断層に対して、個別に、長大断層に該当するか否か、つまり、すべり量が飽和する領域にある断層であるか否かという観点で評価すべきなのであり、中央構造線断層帯の断層長さ約5.4kmのケースは地震モーメントが 1.8×10^{20} （N・m）を上回らないが、長大な断層に該当し、断層面の破壊を円形の破壊と仮定する方法を用いるのが適切ではないことから、Fuji and Matsu'ura（2000）による平均応力降下量（3.1MPa）を用いることが適切である旨を説明した（債務者準備書面（5）の補充書（2）第2の2（2）（27頁以下））。この点について、平成28年12月に修正された強震動予測レシピでは、地震モーメントが 1.8×10^{20} （N・m）を上回らない場合でも、「円形クラックの式を用いてアスペリティの大きさを決めることが困難な断層等」による地震はFuji and Matsu'ura（2000）による平均応力降下量（3.1MPa）の適用対象となることが明記された（乙298（12頁））。これは、債務者の上記説明に沿う内容に修正が加えられたものであり、債務者が断層長さ約5.4kmのケースで設定した平均応力降下量の値が妥当であることを示している。

13 松田式が震源断層長さを用いることで精度よくマグニチュードを求めることができることは、債務者準備書面（5）第2の1（3）（38頁以下）で述べたとおりである。また、入倉・三宅式については、近年の地震記録をよく再現することも検証されている（乙256）。

地点の地域特性が経験式の基となるデータに反映されることによって生じることから、経験式を用いる地震動評価においては、まずは評価地点の地域特性をしっかりと把握し、さらに不確かさを考慮することなどにより、地震動評価を安全側に（保守的に）行うことが重要になる。

このため、債務者は、本件発電所の地震動評価において、本件発電所の敷地及びその周辺における詳細な地質・地質構造に係る調査、最新の知見等に基づいて地域特性をしっかりと把握した。そして、地域特性を適切に反映した保守的な基本震源モデルを策定し、上記2で述べた不確かさの考慮を行うとともに、松田式、入倉・三宅式等の信頼性の高い手法を用いてもなお、不確かさが残る可能性も認識し、裕度のある保守的な評価を行った。例えば、地震規模の算定に松田式を用いた応答スペクトルに基づく地震動評価においては、本来は耐専スペクトルの適用範囲外であり過大評価となるケースについても、大きめの地震動評価となるようあえて耐専スペクトルを適用した上で、さらに保守的な評価となるよう内陸補正を考慮しないこととした（乙269（72頁））。また、断層モデルを用いた地震動評価においては、地震モーメントの大きさに直結する震源断層の面積が過小評価とならないよう、断層長さについては「延ばす」、「繋げる」ことでより長い断層を想定し（乙269（51～52頁））、断層幅についても下記4で述べるとおり地震発生層¹⁴の厚さを大きめに設定することで

14 強い地震動は、硬い基盤に大きな歪みが溜まり、これに耐えきれなくなった基盤の割れ目（断層）が破壊（「バリッ」という破壊）され、強い衝撃が発生し、伝播することによって生じる。この地震を発生させる硬い基盤を構成する地層、すなわち地震基盤（S波速度が3000m/秒程度以上の硬い岩盤）となり得る地層のことを地震発生層という。一般に、地下の地盤は、浅いところでは比較的軟らかく、地下深くなるにつれて硬い層が現れるので、ある程度の深い位置でなければ強い地震は発生しない。一方、地下の温度は、深度を増すほど高くなり、一定以上の深さになると岩盤の剛性が低下して（軟らかくなって）、延性を帯びるので、「バリッ」という破壊を伴う地震は生じなくなる。したがって、地震

保守性を確保している。さらに、入倉・三宅式を用いる断層長さ約54kmのケースでは、壇ほか(2011)の手法でも評価を行っており、壇ほか(2011)で算出される地震モーメント($5.84 \times 10^{19} \text{ N} \cdot \text{m}$)は入倉・三宅式による地震モーメント($2.74 \times 10^{19} \text{ N} \cdot \text{m}$)の約2倍の保守性を確保している(断層長さ約480km及び同約130kmでの評価も行っており、地震動評価全体では、さらに保守的な地震モーメントでも評価を行っている。)(乙31(54~55頁))。

以上のとおり、債務者は、経験式が有するばらつきを考慮し、本件発電所の地震動評価においては、地域特性を適切に反映するとともに、不確かさ等を考慮した保守的な地震動評価を行っている。このように、地震動評価に伴う不確かさに対し、「地震動評価全体」(藤原回答書1の6(1))として、保守的な評価を行うことは、藤原氏の考えにも適うものである。したがって、「松田式や入倉・三宅式のばらつきに関しては、一切無視し、これを考慮していない」との債権者らの主張には理由がない。

4 「第5 入倉・三宅式による過小評価のおそれ」について

債権者らは、島崎邦彦氏(以下「島崎氏」という。)が特定の条件下で入倉・三宅式を用いると過小評価のおそれがある旨の指摘を行っていることについて、藤原氏が「島崎氏が懸念する条件がそろった断層での地震動の評価に関して、従来から用いられている手法を適用し、かつ、ばらつきなど考慮せず平均値のみを用いると仮定した場合に限っては、妥当な場合

発生層は、地震が発生する条件を満たす一定の深さにしか存在し得ず、地震発生層の厚さはその上端の深さと下端の深さととの差として求めることができる。中央構造線断層帯のように長大な断層では、震源断層の破壊が地震発生層で飽和するため、震源断層の上端及び下端は地震発生層の上端及び下端とそれぞれ一致すると考えられる。そして、この場合の断層幅は、地震発生層の厚さ及び断層傾斜角 δ から、断層幅=地震発生層の厚さ/ $\sin \delta$ で求められる。

もあり得る」と回答した部分を引用し、債務者が評価する中央構造線断層帯は「島崎氏が懸念する条件はそろっている」として、「島崎氏の指摘は本件において妥当する」と主張する（債権者ら準備書面（5）の補充書7の第5（4頁））。

しかしながら、藤原氏の回答は、「個別の断層での個別の検討が必要」との見解を示した上で、問題が生じ得るのは「島崎氏が懸念する条件がそろった断層」で、「地震動評価に関して、従来から用いられている手法を適用し」、かつ、「ばらつきなど考慮せず平均値のみを用いると仮定した場合」という極めて限られた条件においてのみ妥当し得る問題であることを指摘するものである。つまり、藤原氏は、入倉・三宅式を用いることによって過小評価となり得る条件に該当しているかどうか、そして、実際に過小評価となるかどうかについては、個別具体的な事例に即して十分な検討を行う必要がある、債権者らが述べるように、断層傾斜、地震発生層の厚さ等から一義的に判断することはできないことを説明しているのである。藤原回答書1が本件発電所の基準地震動 S_s について、入倉・三宅式を用いることによって過小評価が生じているか否かを具体的に検討したものである以上、藤原氏の回答をもとに「島崎氏の指摘は本件において妥当する」と判断することは不可能である。

また、上記3でも述べたとおり、入倉・三宅式を用いた中央構造線断層帯の断層長さ約5.4 kmのケースでは、入倉・三宅式だけでなく、壇ほか（2011）に基づいて設定した地震モーメントでの地震動評価も行っている。壇ほか（2011）により求まる地震モーメントは入倉・三宅式により求まる値の約2倍となっており、債務者は、地震動評価全体として十分に保守性を確保している。こうした債務者の評価は、藤原氏の指摘する「ばら

つきなど考慮せず平均値のみを用いると仮定した場合」に該当しないことは明らかである。

ちなみに、島崎氏が入倉・三宅式を用いた場合に地震モーメントが過小評価となると指摘しているのは、断層傾斜角が「垂直な断層や垂直に近い断層」を対象とした場合であるとされているところ（甲D314（654頁））、債務者は、入倉・三宅式を用いる断層長さ約54kmのケースについて、断層傾斜角を北傾斜30°とする不確かさを考慮していることから、そもそも「島崎氏が懸念する条件」にも該当しない（断層長さ約54kmで断層傾斜角を鉛直としたケースでは地震モーメントが 2.74×10^{19} N・mであるのに対し、北傾斜30°のケースでは約4倍の 1.10×10^{20} N・mとなっている（乙31（92頁）））。

したがって、藤原氏の回答をもとに、「島崎氏の指摘は本件において妥当する」とする債権者らの主張は誤りである。

また、債権者らは、中央構造線断層帯の震源断層の上端深さを約2km、下端深さを約15kmとする債務者の評価に保守性が考慮されていないかのように主張するが、誤りである。地震発生層の上端及び下端の深さについては、強震動予測レシピにおいて微小地震の深さ分布から求めることができる（乙298（3頁））が、債務者はそれ以外の知見も踏まえた慎重な検討を行い、地震発生層の厚さを保守的に設定している。具体的には、本件発電所の敷地周辺での内陸地殻内地震（いずれも規模の小さい微小地震）が深さ約2～12kmで発生している（乙11（6-5-24頁、6-5-149頁））のに対し、本件発電所の敷地周辺における内陸地殻内地震の地震発生層の上端深さは屈折法地震探査の結果から得られた三波川変成岩類と領家花こう岩類との会合部の深さ（震源断層がこの

会合部以深に存在していることは債務者準備書面（５）の補充書（１）の第１の２（３頁以下）等で述べたとおりである。）やP波速度¹⁵などから浅くとも約2 km, 同じく下端深さは地下構造調査, 地下の温度と密接な関係のあるキュリ一点深度¹⁶等から約1.5 kmとそれぞれ評価した(乙11(6-5-24~6-5-28頁))。これは, 本件発電所の敷地周辺での微小地震の深さ分布(約2~1.2 km)の厚さが約1.0 kmであるのに対して地震発生層として約1.3 kmの厚さを想定するもの(30%程度大きく設定するもの)であり, 十分保守的な評価になっている。さらに, 微小地震の深さ分布から求める場合には, 通常, 地震発生層の上端はD10%¹⁷, 同じく下端はD90%¹⁸とそれぞれみなす(この場合, 本件発電所の敷地周辺における内陸地殻内地震の地震発生層の厚さは6~1.0 kmとなる。)ことを踏まえると, 債務者の評価はさらに保守的であると言える。

5 「第6 震源を特定せず策定する地震動」について

債権者らは, 震源を特定せず策定する地震動における各種の不確かさの扱いに関し, 藤原氏が「長期的な課題」として述べた回答を引用し, 同氏

15 地盤及び岩盤中では, 縦波(波の進行方向と振動方向が同じ波, 疎密波とも呼ばれる。)及び横波(波の進行方向と振動方向が直角をなす波, せん断波とも呼ばれる。)との2種類の弾性波が伝わる。このうち, 縦波のことを, 地震学ではP波(Primary wave)と呼ぶ。P波速度は, P波の伝播する速度のことである。

16 地下の広域的な熱構造を示す指標のひとつで, 岩石が磁性を失う温度(キュリ一点温度)に達する深度のことである。キュリ一点温度は, 岩石が含有する最も一般的な強磁性鉱物である磁鉄鉱のキュリ一点温度(約580℃)に支配されると考えられており, キュリ一点深度は磁鉄鉱が約580℃に達する深度を意味する。

17 地殻内で起こる総地震数の10%(地表から深部に向かう方向における累積地震数)が入る深さをいう。本件発電所の敷地周辺の内陸地殻内地震のD10%は5~6 kmである(乙11(6-5-24頁))。

18 地殻内で起こる総地震数の90%(地表から深部に向かう方向における累積地震数)が入る深さをいう。本件発電所の敷地周辺の内陸地殻内地震のD90%は, 伊藤(2006)によると1.2~1.4 kmであり(乙11(6-5-27, 6-5-159頁)), 地殻熱流量とキュリ一点深度の関係からは1.5 km程度と推定される(乙11(6-5-28, 6-5-161頁))。こうしたことから, 本件発電所の敷地周辺の内陸地殻内地震のD90%は, 1.2~1.5 kmである。

が本件発電所において策定した震源を特定せず策定する地震動を「不十分であると認識していることは明白である」と主張する（債権者ら準備書面（5）の補充書7の第6（4頁以下））。

しかしながら、債権者らが引用する内容は、上記1と同様に、藤原氏が「長期的な課題」と断った上で、「今後の方向性」として、震源を特定せず策定する地震動における「各種の不確かさ」の考慮の仕方について「個人的な意見」を述べたものであり、現在の観測記録を基礎とする震源を特定せず策定する地震動の評価手法を否定するものではないし、ましてや本件発電所において策定した震源を特定せず策定する地震動が適切かどうかを述べるものでもない。藤原氏の回答は、債権者らの主張を何ら裏付けるものではなく、債権者らの主張は失当である。

そして、債務者は、2004年北海道留萌支庁南部地震のK-NET港町観測点の記録及び2000年鳥取県西部地震の賀祥ダムの記録をもとに震源を特定せず策定する地震動を策定しているが、観測記録から得られる地震動を分析・検討した上で、保守的な地震動となるよう各種不確かさを考慮して適切に策定している。

まず、2004年北海道留萌支庁南部地震については、K-NET港町観測点の記録のはぎとり解析¹⁹を行った結果、深さ41mの基盤層²⁰（S波

19 地表又は地中で得られた地震観測記録から、表層の軟らかい地盤の影響を取り除き、硬い地盤の表面における地震動を推定する手法。震源を特定せず策定する地震動を策定するにあたっては、地盤物性に応じた応答スペクトルを策定することが求められている（地震ガイド2（2）（乙39（2頁）））。この「地盤物性に応じた」というのは、観測記録から表層の軟らかい地盤の影響を取り除いた上で、原子力発電所敷地の解放基盤表面相当の岩盤での揺れに補正することを要求するものである（債務者準備書面（5）第3の1（3）（93頁以下））。

20 建物等を支える上で必要な硬さを備えた地盤。S波速度が概ね300～700m/秒以上あれば、工学的基盤と呼ばれ、基盤層として十分な強度を備えているとされる。原子力発電所の基準地震動は、解放基盤表面（基準地震動を策定するために基盤面上の表層や構

速度²¹ 9 3 8 m/秒) における水平方向の最大加速度は 5 6 1 ガルとなった。本件発電所の敷地地盤の S 波速度が 2 6 0 0 m/秒であること(つまり、上記基盤層より、かなり硬い地盤であること)を考慮すれば、本来であれば、このはぎとり解析の結果を本件発電所の敷地地盤での地震動に相当する地震動となるよう補正を行うべきであり、そうすればさらに小さい評価となることが推定されるどころ、債務者は、保守的な評価となるようあえて補正は行っていない。そして、減衰定数²²に不確かさを保守的に考慮した上で、さらに原子力発電所の耐震性に求められる保守性も勘案して、2 0 0 4 年北海道留萌支庁南部地震の基盤層での地震動を 6 2 0 ガルに引き上げた地震動を震源を特定せず策定する地震動として採用した。(乙 4 0 (1 2 5 ~ 1 5 3 頁))

また、2 0 0 0 年鳥取県西部地震については、震源近傍に位置する賀祥ダムの監査廊(ダム堤体内の管理用通路)に設置された地震計による観測記録を用いた。観測点位置の S 波速度は、1 2 0 0 ~ 1 3 0 0 m/秒程度と基盤層に相当する硬い地盤なので、この観測記録のはぎとり解析は行っていないが、上記と同様に、本件発電所の敷地地盤の S 波速度が 2 6 0 0 m/秒であること(つまり、上記基盤層より、かなり硬い地盤であること)を考慮すれば、本来であれば、本件発電所の敷地地盤での地震動に相当する地震動となるよう観測記録の補正を行うべきであり、そうすればさらに

築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、ほぼ水平で相当な拵がりを持って想定される基盤の表面)における地震動として策定するものであるところ、解放基盤としては、S 波速度で 7 0 0 m/秒以上の硬質岩盤であることが求められている(地震ガイド 1. 3 (1) (乙 3 9 (2 頁)))。

21 地盤及び岩盤中を伝播する横波のことを、地震学では S 波 (Secondary wave) と呼ぶ。S 波速度は、S 波の伝播する速度のことである。

22 減衰とは、振動、光、音などが、時間的経過や空間的伝播に伴って、その強度(振幅等)を減じていくことをいい、その減少の度合いを表す指標を減衰定数という。ここでは、地震波が伝播に伴い減衰する度合いについての指標を指す。

小さい評価となることが推定されるところ、債務者は、保守的な評価となるようあえて補正は行わずに震源を特定せず策定する地震動として採用した(乙42(90～92頁),乙187(21～24頁,44～45頁))。そもそも、本件発電所立地地点と2000年鳥取県西部地震の震源域では地震ガイドに示された「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、大局的には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、2000年鳥取県西部地震の観測記録を基準地震動として採用することとしたものであり、2000年鳥取県西部地震の観測記録を考慮すること自体が非常に保守的に不確かさを考慮した結果なのである(乙42(5～89頁))。

このように、債務者が策定した震源を特定せず策定する地震動は、不確かさや保守性を考慮し、適切に策定したものである。債務者が震源を特定せず策定する地震動において適切に不確かさを考慮していることについては、原子力規制委員会における審査でも確認がなされている(乙13(18～19頁))。

したがって、本件発電所における震源を特定せず策定する地震動における不確かさの考慮が不十分であるとする債権者らの主張には理由がない。

第2 野津意見書(3)について

野津氏は、野津意見書(3)において、債務者準備書面(5)の補充書(4)を踏まえ、プレート間地震、内陸地殻内地震及び震源を特定せず策定する地震動について縷々述べるが、いずれも誤りがある。以下、その誤りについて述べる。

1 プレート間地震について

- (1) 債務者のプレート間地震の評価が東北地方太平洋沖地震を踏まえたものであることについて

債務者は、プレート間地震の評価において、内閣府検討会（2012）が示した南海トラフの巨大地震（陸側ケース）を基本震源モデルとして採用しているが、野津氏は、債務者が「東北地方太平洋沖地震の経験から十分に学ばないうちに南海トラフ地震の予測に進んでしまっている」と批判する。

この点については、債務者準備書面（5）の補充書（4）の第1の1（1頁以下）でも述べたとおりであり、内閣府検討会（2012）による南海トラフの巨大地震モデルは、東北地方太平洋沖地震を教訓とした対策を講ずるべく同地震を解析評価し、分析結果から得られた知見を反映して策定されたモデルとして（乙259（1頁）、乙272（46～55頁）、乙273（1～3頁））、巨大地震の中でも最大級のものであることが確認されている（乙259（20頁以下））。したがって、債務者は、南海トラフの巨大地震モデルを用いることで、東北地方太平洋沖地震から得られた教訓を地震動評価に反映しており、「東北地方太平洋沖地震の経験から十分に学ばないうちに南海トラフ地震の予測に進んでしまっている」との野津氏の批判は当たらない。

また、野津氏は、東北地方太平洋沖地震では「大振幅パルスが観測されていること」を最も重要視しているようであるので、あくまでも、自らが提案するSPGAモデル²³で評価をしない限り、「東北地方太平洋

23 強震動パルス生成域（SPGA：Strong-motion Pulse Generation Area の略）を用いた震源モデル。強震動パルス生成域は、断層面上で強震動パルスを生成する領域。SPGAモ

沖地震の経験から十分に学んでいない」と批判するものと思われるが、東北地方太平洋沖地震から得られた教訓は、一般に、発生した津波が想定をはるかに上回る巨大なものであったこと、その原因として、日本においてMw 9.0の巨大な地震が発生することを想定できていなかったことなどが挙げられる（例えば、乙272（4～6頁））。そして、こうした教訓を踏まえ、内閣府検討会において最大規模の地震・津波の発生が想定できるモデルとして策定されたのが南海トラフの巨大地震モデルなのである。たとえ野津氏が提案するSPGAモデルが東北地方太平洋沖地震の観測記録を再現するのに有効であったとしても、債務者準備書面（5）の補充書（2）第3の6（53頁以下）でも指摘したとおり、SPGAモデルによる強震動予測はほとんど実用されていないのが現実である。これに対し、現在の地震動評価手法（SMGAモデル²⁴（又はアスペリティモデル））は、1995年兵庫県南部地震を契機に著しく発展し、不均質な断層面をモデル化することにより、地震動を精緻に評価する手法として開発が進められてきたものであり（答弁書「債務者の主張」第7の2(2)ウ(ア)（99頁以下））、その代表的手法である強震動予測レシピは、複数の観測記録によって検証されている（乙298（1

デルを提案する野津ほか（2012）では、多くの建物の固有周期と重なる0.2～1Hzの周波数帯域に現れるパルス状の地震波を強震動パルスと定義している。

24 強震動生成域（SMGA：Strong Motion Generation Areaの略）を用いた震源モデル。強震動生成域は、断層面のなかで特に強い地震波（強震動）を発生させる領域。断層面のその他の領域は、強震動生成域の背景領域という。なお、アスペリティは、一般的にすべり量の大きな領域を示す用語として用いられており、強震動生成域と一致することも多い。東北地方太平洋沖地震においては、強い強震動を発生させる領域と断層すべりの大きな領域とが必ずしも一致するものではなく、領域的にも異なる場合があることが明らかとなったことから、内閣府検討会では、誤解の生じないように明確に区別するために強震動生成域（SMGA）という用語を使用している。こうした点からも、内閣府検討会では東北地方太平洋沖地震の教訓を反映して南海トラフの巨大地震モデルの検討を行ったことは明らかである。

頁)) など、信頼性は高く、多くの場面で実用されている実績のある手法であることを踏まえれば、S M G Aモデル(又はアスペリティモデル)を用いることには合理性があるのである。さらには、債務者準備書面(5)の補充書(4)第1の1(1頁以下)でも指摘したとおり、「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告」(乙274)の「長周期地震動評価のための長周期地震断層モデル」でもS M G Aモデルが採用されるなど、最新の検討状況を踏まえても南海トラフの巨大地震モデルが十分に妥当性を有していることが認められる。

ちなみに、野津氏は、債務者がS P G Aモデルを採用すべき理由として、S P G Aの破壊によって東北地方太平洋沖地震でパルス波が観測され、パルス波の影響で女川原子力発電所及び福島第一原子力発電所において基準地震動S sを超過する地震動を観測したことを強調するが、いずれの発電所で観測された地震動についても、はざとり波の応答スペクトルが一部の周期帯で基準地震動S sを上回るものの、大きく超過するものではなく、安全上重要な施設の機能を失わせるものではなかったことが確認されている(答弁書「申立ての理由に対する認否」第6の2(2)エ(ア)「④及び⑤ 東北地方太平洋沖地震」(304頁以下))。女川原子力発電所については、国際原子力機関(I A E A)による耐震安全性に係る調査を受けた結果、「女川原子力発電所は、地震動の大きさ、震源からの距離、継続時間などの厳しい状況下でも、構築物、系統及び機器は大きな損傷を受けず、要求された機能を発揮した。この結果は、耐震設計された設備が過酷な地震の揺れに対しても頑健性があることを証明している。女川原子力発電所の施設は、地震の規模、揺れの大きさ、長い継続時間にかかわらず“驚くほど損傷を受けていない”」との報告

がなされている（乙300（21頁））。

- (2) フィリピン海プレート上面における巨大地震による検証がなされていないとの指摘について

野津氏は、債務者が債務者準備書面（5）の補充書（4）第1の2（5頁以下）において、フィリピン海プレートと太平洋プレートとの違いや、本件発電所の敷地直下のフィリピン海プレート上面にはSMGAやSPGAは存在しない旨の主張をしたことについて、実際にフィリピン海プレート上面における巨大地震は発生しておらず、実際の巨大地震による検証がなされていないため、これを「希望的観測」にすぎないと非難する（野津意見書（3）（3頁））。

しかしながら、フィリピン海プレートと太平洋プレートとの違いがあることについては、債務者が債務者準備書面（5）の補充書（4）第1の2(1)（5頁以下）において科学的根拠を示して説明したとおり²⁵であるし、また、深部低周波地震の発生領域においては強い地震動を伴う地震が発生しないという考え方が妥当であることは、内閣府検討会が深部低周波地震の発生領域を避けてSMGAを配置したこと（乙259（8頁））からも明らかである。そもそも、フィリピン海プレートで巨大地震が発生していないから債務者の主張が実証されていないというのであれば、野津氏が提案するSPGAモデルがフィリピン海プレート上面で

25 野津氏は、債務者が債務者準備書面（5）の補充書（4）において、佐藤（2010）により求められた太平洋プレートのプレート間地震に係る短周期レベルが強震動予測レシピアでも用いられる壇ほか（2001）により求められる短周期レベルの1.63倍になることを指摘した点について、「フィリピン海プレート上面ではまだ巨大地震が起きていない」として、壇ほか（2001）では、フィリピン海プレートのプレート間地震の記録が考慮されていないかのように述べるが、壇ほか（2001）では、フィリピン海プレートのプレート間地震である関東地震（大正12年の関東大震災を引き起こした地震）を含めた検討を行っており、海溝付近の地震は回帰式から算定される短周期レベルより若干小さくなることが指摘されている（乙301（53頁））。

発生する南海トラフの巨大地震にも妥当するか否かも何ら実証されていないことになる。こうした点からも野津氏の非難は当たらない。

- (3) 野津氏による本件発電所の地震動の試算が適切ではないことについて野津氏は、平成28年9月9日付けの「意見書」（甲D480、以下「野津意見書」という。）において、SPGAを本件発電所の敷地直下に配置したSPGAモデルを用いてプレート間地震による地震動を試算し、本件発電所の敷地において最大加速度が1900ガルとなる地震動が想定される旨の説明を行っていた。これについて、債務者からは、債務者準備書面（5）の補充書（4）において、SPGAの配置を含め、本件発電所の地震動評価に不可欠な地域特性の考慮が不十分であることを指摘した。この債務者の指摘を受けて、野津氏は、SPGAの位置について本件発電所の敷地直下から内閣府検討会の南海トラフの巨大地震（陸側ケース）（債務者が基本震源モデルとして採用したモデル）のSMGA内に変更するとともに、野津意見書で用いていた地盤の増幅特性について5Hz以上の増幅を1として再計算しても、最大加速度は約878ガルになったとして、「現在設定されている基準地震動を上回る地震動」となる旨を指摘する（野津意見書（3）（7頁））。

しかしながら、野津意見書（3）における試算は、多数の計算条件のうち2つの条件を是正しただけで、野津意見書で試算された地震動（最大加速度が約1900ガル）の約半分にまで小さくなることを示すものであり、さらに条件を適正化すれば、試算される地震動はより小さくなることが予想される。例えば、野津氏は、この試算の際に、5Hz以上の増幅を1とした地盤の増幅特性を用いて再計算したとしているが、そ

もそも、野津氏の試算では、野津ほか（2007）²⁶によって、平均S波速度が400m/秒以上の基準観測点からの増幅を増幅特性として定義されている（野津意見書の図17²⁷（29頁）、乙302（217頁））ようであり、S波速度が2600m/秒である本件発電所の基礎地盤とは地盤の条件が大きく異なることからすれば、野津氏が示す地盤の増幅特性を用いる必然性はないし、本件発電所の地盤の増幅特性は、むしろ地震動が減衰するものである（図1、乙269（35頁））ことを踏まえれば、5Hz以上の増幅を1にしたとしても依然として過大な評価であることは解消されていない（野津意見書（3）（7頁）の図5のグラフの大半は1を超えており、地震動が増幅する地盤の特性を示している。）。また、本件発電所とは異なる地点におけるサイト位相特性²⁸が用いられている問題（債務者準備書面（5）の補充書（4）第1の2（4）（16頁以下））は依然として残っている。野津氏が試算に用いたとするラディエーションや*directivity*²⁹についても、野津氏はこれらを用いることで東北地方太平洋沖地震による強震動の再現に成功していると言うが、本件発電所におけるプレート間地震の強震動評価に用いることが妥当であること、すなわち、南海トラフの巨大地震にも同じラディエーションや*directivity*を用いて本件発電所にお

26 「スペクトルインバージョンに基づく全国の強震動観測地点におけるサイト増幅特性とこれを利用した強震動評価事例」野津厚・長尾毅・山田雅行，日本地震工学会論文集，第678号，Vol. 7，215-234，2007.

27 野津意見書の図17のタイトル部に参考文献として野津ほか（2007）が示されている。

28 地震波は、時間とともに周期的に変化する波（時刻歴波）で表される。この時刻歴波の形状を決める特性がサイト位相特性である。

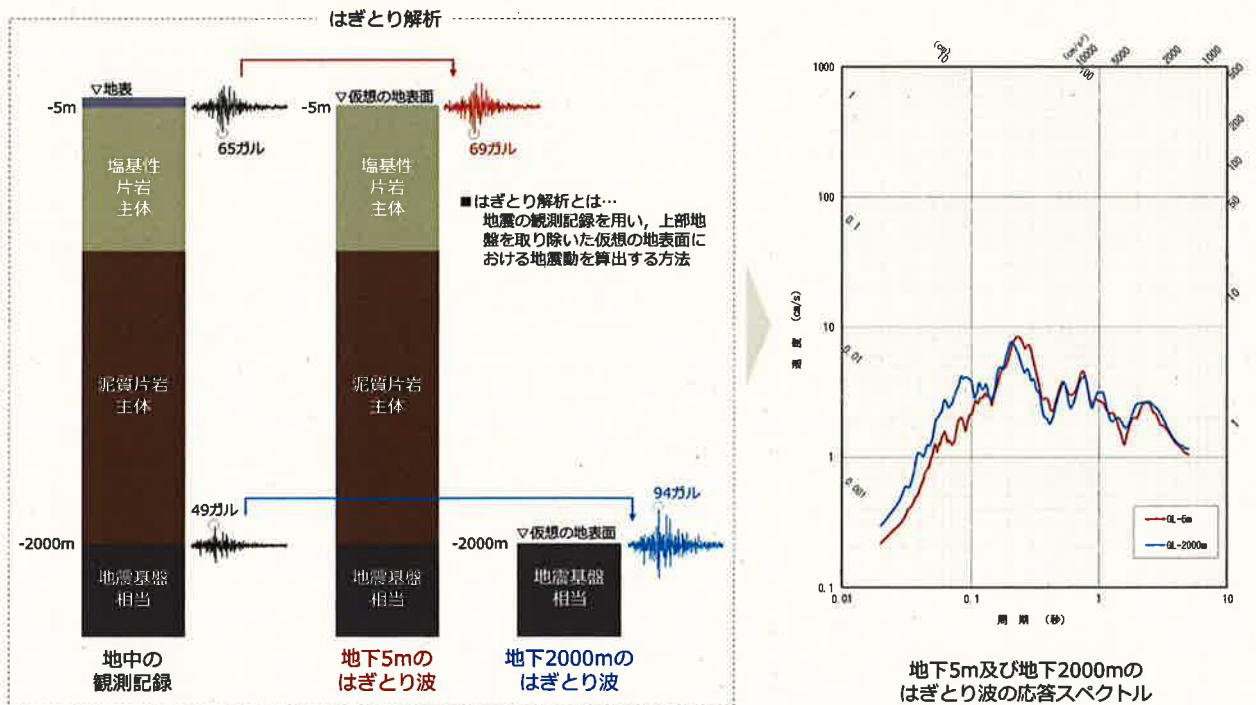
29 断層破壊は、断層面の1点で始まって周辺に高速で伝播するので、破壊が進む方向によって、地震波の重なり等が異なり、地震波の振幅にも影響が生じる。このように破壊が進む方向によって地震波の振幅が異なる現象を*directivity*（指向性）という。*directivity*の効果（ディレクティブティ効果）は、一般に、断層破壊が敷地に向かってくる場合に大きく、破壊が敷地から遠ざかる場合には小さいとされている。

ける強震動を精度よく予測することが可能であることについては何ら説明がなされていない。

したがって、野津氏の上記試算は、条件設定が不十分で、試算結果の信頼性は低いものであることから、本件発電所の基準地震動 S_s と比較して、その妥当性を論じるべきではない。

2014年3月14日伊予灘地震の観測記録を用いた増幅特性の評価

○2014年3月14日伊予灘地震において、深部ボーリング孔に設置した地中の地震計で得られた観測記録を用いたはざとり解析を実施し、地下2000mから地下5mへの顕著な増幅が無いことを確認した。



(乙269 (35頁) より)

図1 平成26年3月14日に伊予灘で発生した地震の観測記録を用いた本件発電所の敷地地盤の増幅特性の評価

2 内陸地殻内地震について

(1) 壇ほか（2011）による地震動評価について

野津氏は、1999年トルコKocaeli地震の観測記録を用いて壇ほか（2011）の手法の妥当性を検証した壇ほか（2016）³⁰について、地震動の「予測問題では一般に断層面全体に均等にアスペリティを配分していくという方針のようです。債務者による基準地震動の策定でもそのようにされています」として、「『断層面全体に均等にアスペリティを配分していく』という条件の下で観測記録を再現できなければ、予測手法としての壇ほか（2011）の検証としては失敗」であると述べる（野津意見書（3）（8～9頁））。その上で、壇ほか（2016）について、断層モデルを設定する際に地震動の再現のために「アスペリティを偏在させる必要があった」と指摘し、また、2008年中国四川地震の観測記録を用いて壇ほか（2015）³¹の手法の妥当性を検証した島津ほか（2016）³²について、「観測点での記録を再現するために、断層面の右半分に全てのアスペリティを割り当てる必要がありました」と指摘し、「壇ほか（2011）のレシピ」の使い方として、「アスペリティを偏在させなければ地震動を再現できない事例があった以上は、予測問題においてもそのような使い方をすべきである」と述べる（野津意見書（3）（9頁））。しかしながら、いずれの指摘も誤り

30 「長大断層用の強震動予測レシピの検証（その1）長大横ずれ断層による1999年トルコKocaeli地震の事例」壇一男・具典淑・島津奈緒未・藤原広行・森川伸之，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），1139-1140，2016.

31 「長大な逆断層による内陸地震の断層モデルのパラメータの設定方法の提案」壇一男・入江紀嘉・具典淑・島津奈緒未・鳥田晴彦，日本建築学会構造系論文集，Vol. 80, No. 707, pp. 47-57, 2015.

32 「長大断層用の強震動予測レシピの検証（その2）長大逆断層による2008年中国四川地震の事例」島津奈緒未・具典淑・壇一男・藤原広行・森川伸之，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），1141-1142；2016.

である。以下、具体的に説明する。

ア 均等にアスペリティを配分していく方針を採用していないことについて

野津氏は、「予測問題では一般に断層面全体に均等にアスペリティを配分していくという方針」であるから、「『断層面全体に均等にアスペリティを配分していく』という条件の下で観測記録を再現できなければ、予測手法としての壇ほか（2011）の検証としては失敗」であると指摘する（野津意見書（3）（8～9頁））。

しかしながら、野津氏の指摘の前提となる「予測問題では一般に断層面全体に均等にアスペリティを配分していくという方針」であるというのが、まず誤りである。野津氏がこのように述べる根拠は不明であるが、予測問題として広く用いられている強震動予測レシピでは、「アスペリティの位置について、起震断層の変位量分布を詳細に調査した最近の研究では、震源断層浅部の変位量分布と起震断層の変位量分布とがよく対応することが明らかにされている」として、「震源断層モデルのアスペリティ配置は、活断層調査から得られた1回の地震イベントによる変位量分布、もしくは平均変位速度（平均的なずれの速度）の分布より設定する」（乙298（9頁））との基本方針が示されている。強震動予測レシピでは、「やや簡便化したパラメータ設定」として、「アスペリティが1個の場合には中央付近、アスペリティが複数ある場合にはバランス良く配分し、設定する」方法も示されているが、あくまで「平均的な地震動を推定することを目的とする場合で平均変位速度の分布などの情報に基づき設定できない場合」（乙298（9頁））の措置として示されたものであって、変位量分布や

平均変位速度に係る情報がある場合、その情報に基づきアスペリティを設定するというのが基本であることは明らかである。そして、変位量分布や平均変位速度に基づいてアスペリティの配置を行う場合であっても、「やや簡便化したパラメータ設定」を行う場合であっても、不確実さを考慮し、必要に応じて複数のケースを設定するのが望ましいとされている。こうしたことから、強震動予測レシピが「断層面全体に均等にアスペリティを配分していく」ことを基本的な方針とするものではないことは明らかである。

そして、壇ほか（2011）においても、「予測問題では一般に断層面全体に均等にアスペリティを配分していくという方針」は示されていない（乙37）。壇ほか（2011）には、震源断層モデルを設定する際のアスペリティの配置方法についての詳しい記述はないが、これは、適切なアスペリティ配置を行うことを前提としているからである。そして、壇ほか（2011）が長大断層における強震動予測手法の開発を目的としたものであることを踏まえれば、壇ほか（2011）では既存の強震動予測手法の中でも代表的な強震動予測レシピと同様のアスペリティ配置方針が採用されていると解するのが相当である。

したがって、「予測問題では一般に断層面全体に均等にアスペリティを配分していくという方針」であることを前提とした野津氏の指摘、すなわち、「『断層面全体に均等にアスペリティを配分していく』という条件の下で観測記録を再現できなければ、予測手法としての壇ほか（2011）の検証としては失敗」であるとの指摘は、その前提を誤っており、失当である。

ちなみに、地震動評価を検証する際に用いられる断層モデルについては、実際の観測記録から得られたアスペリティの配置を用いるのが通常である。例えば、強震動予測レシピの妥当性について、地震調査研究推進本部（2007）³³及び地震調査研究推進本部（2008）³⁴では2005年福岡県西方沖の地震の観測記録を、入倉ほか（2002）³⁵では1995年兵庫県南部地震の観測記録を、池田ほか（2002）³⁶では2000年鳥取県西部地震の観測記録を用いた検証が行われているが、いずれの検証においても、実際に起こった地震の断層運動を模擬した断層モデルを用いた地震動評価を行い、その評価結果が観測記録と整合していることをもって、強震動予測レシピが妥当であることを確認している（地震調査研究推進本部（2007）、入倉ほか（2002）及び池田ほか（2002）で用いられた断層モデルを、図2から図4にそれぞれ示す³⁷。なお、地震調査研究推進本部（2008）で用いられた断層モデルは、地震調査研究推進本部（2007）と同様である。）。そもそも、実際に起こった地震のアスペリテ

33 「2005年福岡県西方沖の地震の観測記録に基づく強震動評価手法の検証について（中間報告）」地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価部会，2007.

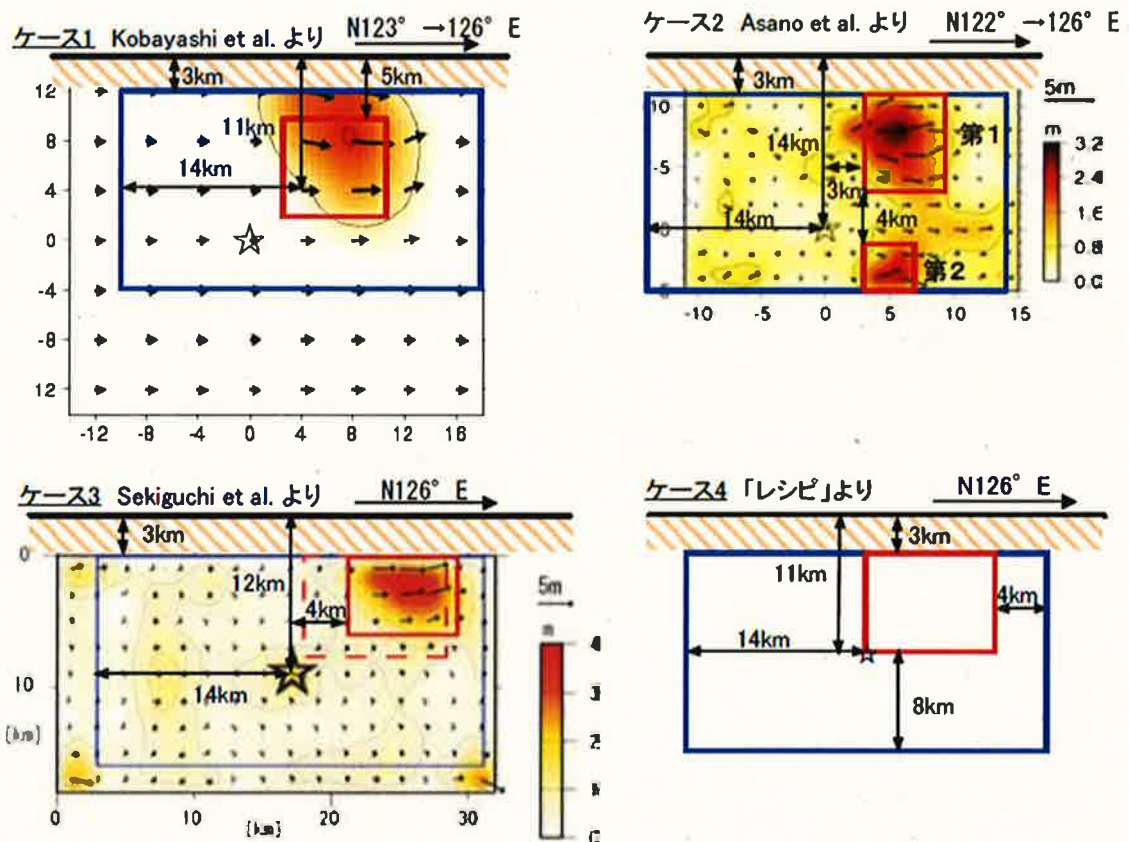
34 「2005年福岡県西方沖の地震の観測記録に基づく強震動評価手法の検証について」地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価部会，2008.

35 「強震動予測のための修正レシピとその検証」入倉孝次郎・三宅弘恵・岩田知孝・釜江克宏・川辺秀憲，第11回日本地震工学シンポジウム，109，567-570，2002.

36 「経験的グリーン関数法を用いた2000年鳥取県西部地震の震源のモデル化と強震動シミュレーション」池田隆明・釜江克宏・三輪滋・入倉孝次郎，日本建築学会構造系論文集，561，37-45，2002.

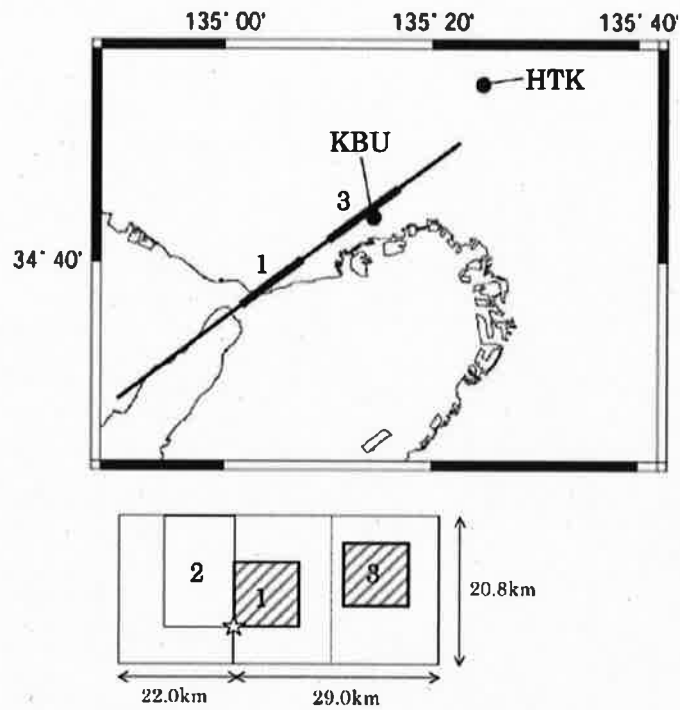
37 具体的には、地震調査研究推進本部（2007）による2005年福岡県西方沖の地震の観測記録を用いた検証では、実際の観測記録に基づき提案された複数の断層モデルを用いた地震動評価が、入倉ほか（2002）による1995年兵庫県南部地震の観測記録を用いた検証及び池田ほか（2002）による2000年鳥取県西部地震の観測記録を用いた検証も同様に、実際の観測記録に基づき提案されたKamae and Irikura（1998）の断層モデル及び関口・岩田（2001）の断層モデルを用いた地震動評価がそれぞれ行われている。

イ配置を無視して、均等にアスペリティを配置した仮想の断層モデルを用いた評価からもたらされた地震動が、実際に起こった地震の観測記録と整合したところで、たまたま整合したに過ぎず、何の検証にもならないのであって、野津氏の指摘が合理性を欠くものであることは明らかである。



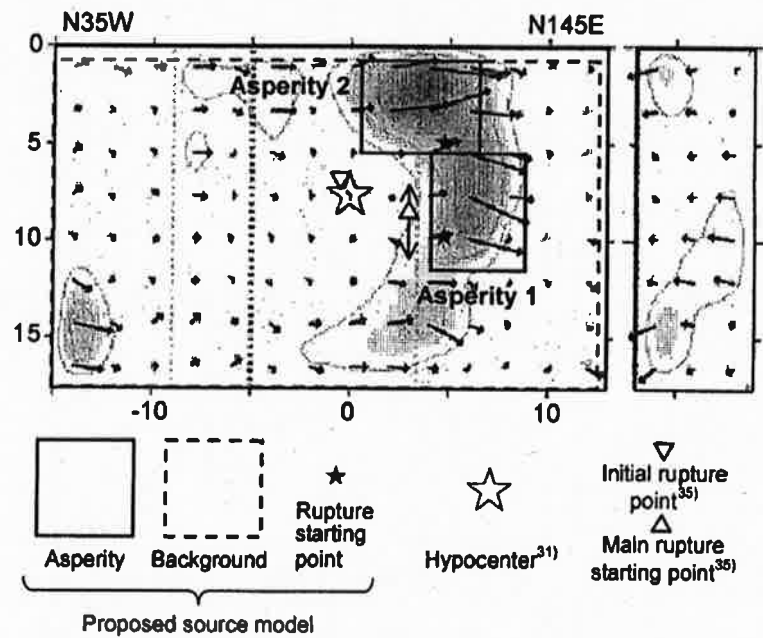
(地震調査研究推進本部 (2007) より)

図2 2005年福岡県西方沖の地震の観測記録の検証に
用いられた断層モデル



(入倉ほか (2002) より)

図3 1995年兵庫県南部地震の観測記録の検証に用いられた断層モデル



(池田ほか (2002) より)

図4 2000年鳥取県西部地震の観測記録の検証に用いられた断層モデル

イ 壇ほか（2011）を用いた地震動評価においてアスペリティの偏在を考慮すべきであるとの主張について

野津氏は、壇ほか（2011）について、1999年トルコKocaeli地震や2008年中国四川地震を例に、「アスペリティを偏在させなければ地震動を再現できない事例があった以上は、予測問題においてもそのような使い方をすべきである」旨、つまり、中央構造線断層帯による地震に対して壇ほか（2011）を適用するのであれば、本件発電所の敷地周辺にアスペリティを偏在させた断層モデルを考慮すべきである旨を指摘する（野津意見書（3）（9頁以下））。

しかしながら、1999年トルコKocaeli地震は、Sekiguchi and Iwata（2002）³⁸によると、4つの活動区間（活動セグメント）に分かれて断層破壊が起きたとされ、各々の活動セグメントの中に1つないし2つのすべり量が大きい領域（アスペリティ）が存在しているのであり（図5）、断層面全体（全長約141km）に対してアスペリティが偏在している事例ではないし、壇ほか（2016）による検証は同地震の観測記録を再現するために恣意的にアスペリティを偏在させたものではない³⁹。また、2008年中国四川地震についても、債務者準備書面（5）の補充書（4）第2の2（26頁以下）で述べたとおり、そもそもアスペリティが偏在して

38 「Rupture Process of the 1999 Kocaeli, Turkey, Earthquake Estimated from Strong-Motion Waveforms」 Sekiguchi, H. and T. Iwata, Bulletin of the Seismological Society of America, 92, 300-311, 2002.

39 壇ほか（2016）で設定された断層モデルは、釜江・入倉（2002）によるSMGAモデルを参照したとされる（乙278）。釜江・入倉（2002）によるSMGAモデルはSekiguchi and Iwata（2002）の解析結果をもとにアスペリティを設定しているので、壇ほか（2016）で用いられた断層モデルは、実際の観測記録の解析結果をもとにアスペリティが設定されたものであり、恣意的にアスペリティを偏在させたものではない。

いた事例ではないし、島津ほか（2016）による検証も観測記録を再現するために恣意的にアスペリティを偏在させたものではない。

壇ほか（2016）及び島津ほか（2016）は、壇ほか（2011）が適正にアスペリティを配置した断層モデルを用いた場合に、適切な地震動を導くことができるかどうかを検証するものであり、当該地震における実際のアスペリティ配置を行った上で、観測記録を再現することができたのであるから、いずれも検証としては成功した事例であり、「アスペリティを偏在させなければ地震動を再現できない事例」として扱うのは妥当ではない。

したがって、壇ほか（2016）及び島津ほか（2016）が、それぞれ検証に用いた1999年トルコKocaeli地震及び2008年中国四川地震のアスペリティの配置を偏在させなければ地震動を再現できなかったということを前提として、「アスペリティを偏在させなければ地震動を再現できない事例があった以上は、予測問題においてもそのような使い方をすべきである」とする野津氏の指摘は、その前提を誤っており、失当である。

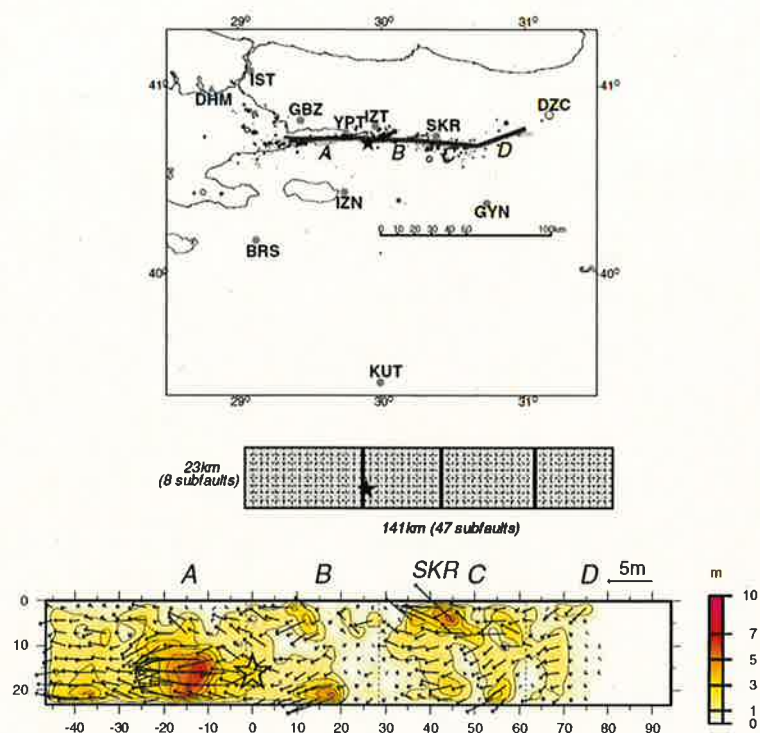
なお、野津氏は、「Kocaeli地震はMw7.6の地震であるため、長大というには長さは短い」とも指摘する（野津意見書（3）（8頁））が、強震動レシピにおいて、長大な断層とは「震源断層の長さが震源断層の幅に比べて十分に大きい」（乙298（10頁））ものとされているところ、岩城ほか（2006）⁴⁰によれば、199

40 「大規模地震に伴う地表地震断層と深部起震断層に関する既存資料の整理とカタログの作成」岩城啓美・伊藤浩子・北田奈緒子・井上直人・香川敬生・宮腰研・竹村恵二・岡田篤正，活断層研究，26，37～61，2006.

9年トルコKocaeli地震は、断層幅が23.3 kmであるのに対し震源断層の長さが全長で141 kmであり(乙303(43頁)), 強震動予測レシピの定義に照らして十分に長大な断層と言える。また, 強震動予測レシピでは, 震源断層の面積と地震モーメントの関係式について, 地震モーメントが $1.8 \times 10^{20} \text{ N} \cdot \text{m}$ (Mw7.4相当)を上回る地震では長大断層のスケーリング則を示すMurotani et al. (2015)⁴¹の回帰式を用いるとされており(乙298(4~5頁)), Mw7.6の1999年トルコKocaeli地震にも長大断層のスケーリング則が妥当する⁴², つまり, 同地震が長大断層であるというのが研究者の間でも一般的な認識である。したがって, 1999年トルコKocaeli地震の震源断層について, 「長大というには長さは短い」とする野津氏の指摘は独自の見解に過ぎない。

41 「Scaling Relations of Source Parameters of Earthquakes Occurring on Inland Crustal Mega-Fault Systems」Murotani, S., S. Matsushima, T. Azuma, K. Irikura, and S. Kitagawa, Pure and Applied Geophysics, 172, 1371-1381, 2015.

42 実際, 1999年トルコKocaeli地震は長大断層のスケーリング則を提案する室谷ほか(2010)の知見(乙163)において長大断層の関係式の範囲にあることが示されている。室谷ほか(2010)の図1では, 1999年トルコKocaeli地震は「1999 Izmit」と表記されている。同図では, 断層面積と地震モーメントの関係(スケーリング則)を示す直線が3段階に折れ曲がることが示されているが, そのうち, 長大断層に該当する3段階目にあたる関係を示す範囲(室谷ほか(2010)が提案する回帰式を示す「This study」と表記される一点鎖線が記載された範囲)に「1999 Izmit」を示す●印がプロットされている。



(Sekiguchi and Iwata (2002) より)

図5 1999年トルコKocaeli地震の活動セグメント（上図）と断層のすべり量分布（下図）

ウ 債務者が敷地前面海域の断層群のアスペリティ配置を適切に行い、地震動評価に反映していることについて

上記イのとおり、壇ほか（2011）は、実際に発生した地震をもとに適切にアスペリティを配置した断層モデルを用い、当該地震の観測記録を再現することができることから、上記アで述べたとおり、強震動予測レシピを踏まえ適切にアスペリティの配置を行うことにより、地震動評価を適切に行うことができる。

そして、債務者は、保守的な地震動評価を行う観点から、強震動予測レシピを踏まえ、アスペリティを適切に配置した評価を行っている。債務者のアスペリティ配置の考え方(基本震源モデル)を図6に示す。

債務者の地震動評価におけるアスペリティの配置については、既往の文献調査や敷地周辺の詳細な地質調査を踏まえながら、深さ方向には保守的に断層の上端（敷地に近い位置）に設定するとともに、平面方向にはジョグと呼ばれる断層破壊の末端（すべり量の小さい部分）以外の区間で敷地にとって保守的な位置に配置する断層モデルを基本としつつ、不確かさの考慮として、敷地前面海域の断層群の中央あたり（本件発電所の敷地の正面の海域）にはジョグが存在し、その部分にアスペリティが存在することは基本的には想定されないものの、保守的に敷地の正面にアスペリティを配置したケースによる地震動評価も行っている（例えば、答弁書「債務者の主張」第7の2(3)イ(エ) a（155頁）の表1に示している「不確かさ考慮⑤アスペリティの平面位置の不確かさケース」がそれに該当する。）。

ちなみに、債務者準備書面（5）の補充書（4）第2の2（30～31頁）でも述べたが、既往の文献調査や敷地周辺の詳細な地質調査の結果を踏まえれば、四国の中央構造線断層帯においては、中東部で変位量が大きく、西方に向かうに従い変位量が小さくなる傾向があるため、仮にアスペリティを偏在させるのであれば、本件発電所の敷地からは遠くなる四国中東部に配置するのが自然である。このような観点からは、四国西部の本件発電所の敷地周辺にもアスペリティ配置を行っていること自体が保守的な評価になっているとも言える。

以上のとおり、債務者は、壇ほか（2011）を用いた地震動評価を行うにあたり、保守的な地震動評価となるよう断層モデルに適切なアスペリティ配置を反映している。したがって、債務者が基準地震動 S_s を策定するにあたり「断層面全体に均等にアスペリティを配分し

たとおり、敷地前面海域の伊予灘は、横ずれ断層の卓越する四国陸域と正断層が卓越する別府湾の中間に位置し、産業技術総合研究所の調査によると、当該地域の中央構造線断層帯は横ずれ成分が卓越し、豊予海峡より西方では横ずれ断層に正断層が混在することが示されている（乙242）ので、テクトニクスの観点から、このように横ずれ断層の卓越する場から正断層の卓越する場への遷移域に位置する敷地前面海域の断層群が逆断層成分を含み、かつ、その震源断層面が南傾斜しているとは考えられない。

これに対し、野津氏は、債務者の主張が現地の状況を説明できることは認める一方で、国土地理院の地殻変動ベクトル（野津氏の作成による平成28年10月27日付けの「意見書（2）」（甲D542，以下「野津意見書（2）」という。）の2頁の「電子基準点が捉えた地殻変動ベクトル（水平）」と題する図）に示される「九州南東部の反時計回りの回転運動とそれに伴う四国西部の北西への移動」に適合するのは「横ずれ＋逆断層成分＋南傾斜」のストーリーだけであるとして（野津意見書（3）（11頁）），債務者の主張が誤りであるかのように述べる。

野津氏の説明は、敷地前面海域の断層群の走向が概ね北東－南西方向であること、断層近傍では南東～東方向から北西～西方向の地殻変動が生じていることから、一見すると震源断層を南東～東方向から北西～西方向に押す（圧縮する）力が働いているように見えることを理由とするものであると考えられる。ここで、国土地理院が公表している最新の熊本地震の震源断層モデル（乙304）の概念図を図7に示す。熊本地震の本震では、布田川断層帯及び日奈久断層帯に沿った位置に震源断層が推定され、布田川断層帯では北西傾斜の断層（図7の断層A1）とその

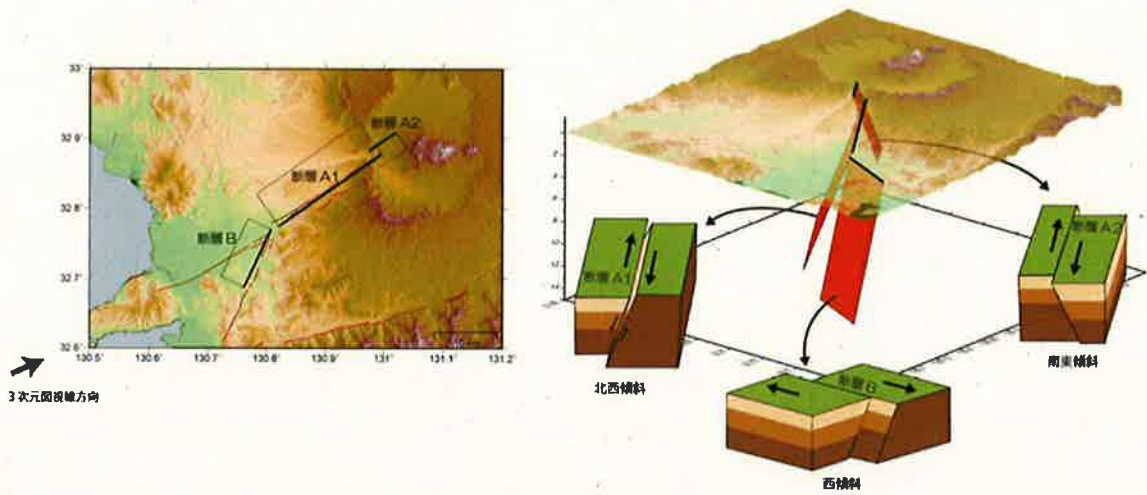
東側延長に南東傾斜の断層（同じく断層A2），日奈久断層帯では北西傾斜の断層（同じく断層B）で，それぞれ右横ずれ断層が生じたと推定されており，A1断層は正断層成分を含んでいることがわかっている（乙304の3.2.1）。これらの震源断層を野津氏が野津意見書（2）（2頁）で引用した国土地理院の地殻変動ベクトル上に示したものが図8である。図8によると，断層A1とその近傍における地殻変動ベクトルの方向との関係は，敷地前面海域の断層群とその近傍における地殻変動ベクトルとの関係によく似ている。すなわち，断層A1は，断層の走向が概ね北東－南西方向に延び，断層近傍では南東～東方向から北西～西方向の地殻変動が生じており，一見すると，敷地前面海域の断層群と同様に断層面を南東～東方向から北西～西方向に押す（圧縮する）力が働いているように見える。これを野津氏の説明に照らせば，A1断層も逆断層成分を含むはずであるが，上記のとおり，A1断層は正断層成分を含む横ずれ断層（しかも，断層傾斜は北（北西）傾斜である。）であり，野津氏の説明とは矛盾している。このような矛盾が生じるのは，野津氏が示した国土地理院の地殻変動ベクトルは，特定の地点（図8では，★印で「固定点」と示されている地点）に対する地殻の相対的な移動を示したものであるが，地震の発生様式に影響する地下の応力状態とは必ずしも一致しないためである。地下の応力状態は，さまざまな力の合成によって決まるため，地表で観測される地殻変動のみで単純に判断するのは妥当でない。

一方，上記で述べた，横ずれ断層の卓越する場から正断層の卓越する場への遷移域に位置する敷地前面海域の断層群が逆断層成分を含み，かつ，その震源断層面が南傾斜していることはないとする債務者の考え方

は、地殻変動ベクトルに示される「九州南東部の反時計回りの回転運動とそれに伴う四国西部の北西への移動」と熊本地震の震源断層に正断層成分が含まれることとのいずれにも矛盾するものではない。すなわち、中央構造線断層帯沿いの応力状態に着目すると、四国東部は圧縮場（逆断層成分を含む領域）であるものの、中央構造線断層帯南側の前弧スリバー（西南日本外帯を構成する地質構造）が反時計回りの回転運動をすることにより、四国東部から四国西部及び九州に向かって断層面上の法線応力⁴³が低下し、四国中部から九州にかけて伸張場（正断層成分を含む領域）に遷移する（図9，乙192（21～22頁））。本件発電所周辺は圧縮場から伸張場への遷移域に、熊本地震の震源域は伸張場にそれぞれ位置していると考えられるので、本件発電所の敷地前面海域の中央構造線断層帯では逆断層成分を含まないことと、熊本地震では正断層成分を含む横ずれ断層であることとは矛盾しないのである。

したがって、野津氏の国土地理院の地殻変動ベクトルに示される「九州南東部の反時計回りの回転運動とそれに伴う四国西部の北西への移動」に適合するのは「横ずれ+逆断層成分+南傾斜」のストーリーだけであるとの説明は、誤りである。

43 断層面に対して垂直に働く力



(乙304より)

図7 熊本地震の震源断層モデル概念図

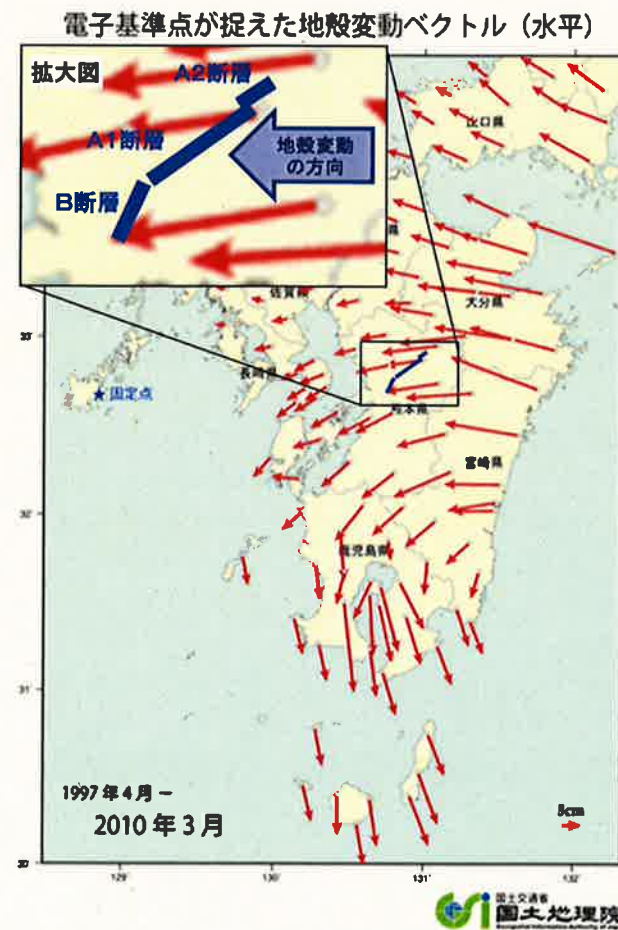


図8 熊本地震の震源断層と地殻変動ベクトル

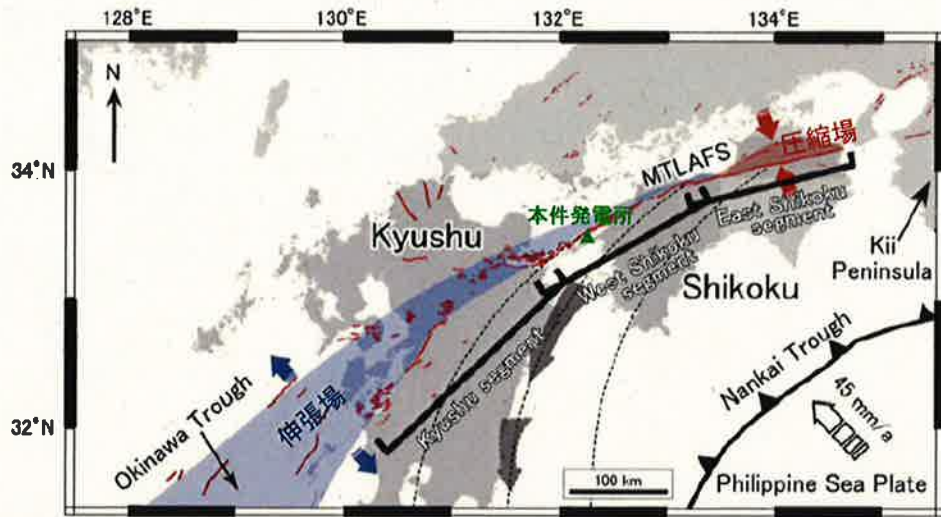


Figure 12. Transition of stress conditions and stress segmentation model along the Median Tectonic Line active fault system (MTLAFS) from Shikoku to Kyushu. Red lines show active faults. Red and blue shaded areas and arrows show transpressional and transtensional stresses, respectively. Dashed lines and gray arrows show the direction of rigid block rotation (Nankai fore-arc sliver) derived from the Euler pole (31.12°N, 136.73°E) [Nishimura and Hashimoto, 2006]. The Philippine Sea plate/Eurasian plate motion is shown by the open arrow, and its plate motion rate is after Mazzotti et al. [2000].

(Ikeda et al. (2009)⁴⁴に一部加筆)

図9 前弧スリバーと応力場の関係

3 震源を特定せず策定する地震動について

野津氏は、「①Mw 6.9の地震は直下では生じ得ないと主張するか、②仮にMw 6.9の地震が敷地直下で生じても、発生する地震のタイプ(逆断層/横ずれ断層)が異なり、そのタイプの違いによって3倍程度の差は説明できると主張するか、のいずれか」に債務者が成功しない限り、震源を特定せず策定する地震動として「2008年岩手・宮城内陸地震(Mw 6.9)の際に震源近傍のKiK-net-関西の地中観測点において観測された地震動を考慮すべき」であると指摘する(野津意見書(3))(1

44 「Tectonic model and fault segmentation of the Median Tectonic Line active fault system on Shikoku, Japan」 Ikeda, M, S. Toda, S. Kobayashi, Y. Ohno, N. Nishizaka and I. Ohno, TECTONICS, 28, TC5006, 1-22, 2009.

1～12頁))。

債務者が震源を特定せず策定する地震動として2008年岩手・宮城内陸地震を考慮しないのは、同地震が発生した地域には火山岩や堆積岩が厚く分布するため、地表が火山噴出物に覆われているとともに侵食速度も速く、この地震を事前に特定することが難しかったのに対し、本件発電所の敷地周辺は、火山岩や堆積岩が厚く分布する地域ではないので、仮に同地震のような地震が想定されるとするならば、事前の地質調査で特定が可能と考えられるためである(詳しくは、債務者準備書面(5)の補充書(4)第3(35頁以下)で述べたとおりである。)

震源を特定せず策定する地震動については、地震ガイドにおいて、震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内地震を検討対象として、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」を適切に選定するとともに、「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」を必要に応じて選定することが求められている(乙39(7～8頁))。そして、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」に該当するのはMw6.5未満の地震とされ、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)とされる。これに対し、「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」に該当するのはMw6.5以上の地震とされ、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)とされる。つ

まり、地震ガイドでは、2008年岩手・宮城内陸地震のようなMw6.5以上の地震については、通常は地表に断層が現れることになるものの、明瞭に地表に痕跡が確認されていないのは何らかの地域性に原因があると考えられるので、Mw6.5未満の地震のように全国共通に考慮すべき地震には位置付けられていない。すなわち、断層が出現するか否かの要因としては、地域によって活断層の成熟度が異なること、上部に軟岩、火山岩又は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ことから、地表に断層が出現しなかったMw6.5以上の地震について地表に断層が出現しなかった要因を分析し、本件発電所の敷地周辺において見られる地域性と比較して共通点があれば、Mw6.5以上の地震であっても地表に断層が出現しない可能性があるため、当該地震を震源を特定せず策定する地震動として考慮すべきであるし、共通点がないのであれば本件発電所の敷地周辺では同規模の地震でも地表に断層が出現すると考えるのが妥当である。

以上のとおり、震源を特定せず策定する地震動については、地震ガイドによって、地震発生時に断層が地表に出現しないような地域性がある場合にMw6.5以上の地震を考慮する必要があるとされているにもかかわらず、野津氏の指摘は、Mw6.5以上の地震であってもMw6.5未満の地震と同様に全国共通に考慮すべきであるかのように議論をするものであって、震源を特定せず策定する地震動についての理解を欠いており、失当である。

ちなみに、野津氏は、2008年岩手・宮城内陸地震におけるK i K - n e t 一関西観測点における観測記録を露頭基盤波（解放基盤表面）に変換すれば1850ガル程度であるとして、これと基準地震動の最大加速度

とを比較して「著しく大きい」と述べるが、本件発電所の解放基盤表面での地震動を求めるには、本件発電所における地盤特性を反映しなければならないところ、野津氏の示す「1850ガル」は観測点での地盤特性のままの数値である（野津意見書（39頁））。したがって、「1850ガル」というのは、本件発電所における基準地震動 S_s の比較対象としては全く意味をなさないし、本件発電所において「1850ガル」を考慮すべき理由はない。

以 上