

副本

平成29年(ラ)第63号

抗告人 [REDACTED] 外3名

相手方 四国電力株式会社

平成29年6月30日

抗告理由書(地震動関係)に対する答弁書

広島高等裁判所第2部 御中

相手方訴訟代理人弁護士

田代



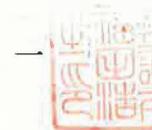
同弁護士

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



同弁護士

井家武



目 次

第 1	地震動評価の概要	1
1	基準地震動の策定の流れ	1
2	本件発電所の基準地震動 S_s について	3
(1)	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について	3
ア	検討用地震の選定	3
イ	基本震源モデルと不確かさの考慮	4
(ア)	内陸地殻内地震	4
(イ)	海洋プレート内地震	6
(ウ)	プレート間地震	6
ウ	応答スペクトルに基づく地震動評価	7
エ	断層モデルを用いた手法による地震動評価	8
(2)	震源を特定せず策定する地震動について	9
(3)	基準地震動の策定	11
(4)	年超過確率による基準地震動 S_s の適切さの確認について	14
第 2	「新規制基準の合理性について」について	16
1	「真摯に東北地方太平洋沖地震等の教訓を踏まえていない」について	16
2	「外部事象のリスク評価が足りない」について	18
3	「具体的・定量的な基準が出来ていない」について	19
第 3	「内陸地殻内地震の想定相当性について」について	20
1	「応答スペクトルに基づく地震動評価について」について	20
(1)	「すべり量の飽和について」について	20
ア	松田式の適用に係る原決定の判示について	21

イ	長大断層のすべり量が飽和するとの知見について	24
	(ア) 地震本部はすべり量が飽和すると考えている場合と そうでない場合のそれぞれについて異なる計算式を挙げ ていることについて	25
	(イ) 地震学者の中には、すべり量が飽和するとの見解に対 し、疑問を投げかけたり、仮説の一つに過ぎないと評価 したりするものがあること	27
	(ウ) すべり量が飽和するとの知見に与する論考も、国内の地 震のデータに乏しく、海外の地震についていえることが 日本の地震に当てはまるのかについては意見もあり、サ ンプルの範囲が限定的であること	31
	(エ) すべり量が飽和するとの知見に与する論考においても、 飽和すべり量を超える地表最大変位量を記録したデー タが一つならず存在すること	33
ウ	抗告人らの主張について	38
(2)	「経験式が内包する不確かさの考慮について」について	39
ア	原決定が引用する地震ガイドの規定について	40
イ	地震ガイド I. 3. 2. 3 (2) について	41
	(ア) 「経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認 する」ことの意味について	41
	(イ) 「経験式が有するばらつき」の意味について	42
	(ウ) 地震ガイド I. 3. 2. 3 (2) で求められていること の意味について	43
	(エ) 相手方は地震ガイド I. 3. 2. 3 (2) を踏まえて適	

切に「経験式が有するばらつき」を考慮していることについて	44
(3) 「断層長さの認識論的不確定性について」	46
ア 等価震源距離の特性について	46
イ 抗告人らの主張について	48
(4) 「中央構造線の長期評価との比較について」	50
(5) 「耐専式の適用を排除したことについて」	54
(6) 「耐専式が内包する不確かさについて」	56
(7) 「南傾斜モデルについて」	57
2 「断層モデルを用いた手法による地震動評価について」	58
(1) 「壇ほか(2011)とFuji and Matsu'ura(2000)について」	58
(2) 「長大断層における入倉・三宅式の適用」	67
(3) 「54kmケースでの入倉・三宅(2001)による過小評価」	71
ア 強震動予測レシピの改訂の影響について	71
イ 原子力規制委員会の審査における入倉・三宅(2001)	73
に係る考慮について	73
ウ 入倉・三宅(2001)のスケーリング則を本件発電所の	76
地震動評価に用いることが合理的であることについて	76
(ア)入倉・三宅(2001)が信頼性の高い手法であること	78
(イ)島崎邦彦氏の指摘について	83

(4)	「不確かさの考慮の不十分さについて」について	95
	ア 「アスペリティ応力降下量（短周期レベル）について」に ついて	96
	イ 「南傾斜モデルについて」について	101
	ウ 「破壊伝播速度について」について	113
	エ 「アスペリティ平面位置について」について	114
第 4	「プレート間地震の相当性について」について	116
	1 「南海トラフから琉球海溝までの連動」について	116
	2 「耐専式にMw 8.3を適用する不合理性」について	118
	3 「SPGAモデルの適用」について	120
第 5	「海洋プレート内地震の地震規模の相当性について」について	123
第 6	「震源を特定せず策定する地震動の想定の相当性について」に ついて	127
第 7	「年超過確率について」について	128
第 8	まとめ	129

相手方は、本件3号機の地震に対する安全性を確保するため、詳細な調査により本件発電所の地域特性を十分に把握し、これを基に、本件発電所に影響を及ぼす可能性のある地震を選定するとともに、不確かさを考慮するなどして福島第一原子力発電所事故を踏まえた保守的な評価を行い、基準地震動 S_s を適切に策定している。そうして策定した基準地震動 S_s については、原子力規制委員会の慎重なる審査を経て、新規制基準に適合するものであることが確認されている(原審債務者答弁書「債務者の主張」第7の2(3)(119頁以下)等)。

したがって、基準地震動 S_s の策定について、新規制基準等の定めや新規制基準への適合性に係る原子力規制委員会の判断等に不合理な点はないとした原決定(221～288頁)は相当である。

これに対し、抗告人らは、抗告理由書(地震動関係)において、地震動に関する原決定の判示を縷々批判するが、原審での主張が認められなかったことへの不満を述べるに過ぎないものが大半であり、いずれも理由はないので、本件抗告は速やかに棄却されるべきである。

以下では、まず第1において、地震動評価の概要を説明した上で、第2以降において、抗告理由書(地震動関係)の項目に沿って、抗告人らの主張に理由がないことについて述べる。

第1 地震動評価の概要

相手方は、詳細な調査により本件発電所の地域特性を十分に把握し、これを踏まえ、本件発電所に影響を及ぼす可能性のある地震を適切に選定するとともに、その地震によって本件発電所の敷地にもたらされる地震動を想定し、これを基に耐震設計において基準とする地震動、すなわち、基準地震動 S_s を策定している。

1 基準地震動の策定の流れ

- (1) 基準地震動 S_s は、「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、それぞれ敷地の解放基盤表面¹における水平方向及び鉛直方向の地震動として策定する。
- (2) 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、敷地周辺における地震発生状況、活断層の性質等を考慮し、地震発生様式等による地震の分類を行った上で、敷地に大きな影響を与えると予想される地震(検討用地震)を選定し、選定した検討用地震に対して、地域特性を踏まえた不確かさを適切に考慮し、応答スペクトル²に基づく地震動評価及び断層モデル³を用いた手法による地震動評価の双方を行い、この結果に基づき策定する。
- (3) 「震源を特定せず策定する地震動」は、敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内地震の全てを事前に評価し得るとは言い切れないとの観点から、震源と活断層とを関連付けることが困難な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に基づき策定する。
- (4) 以上に述べた基準地震動 S_s の策定の流れを図 1 に示す。

1 基準地震動を策定するために、基盤面上の表層や構造物がないものとして仮想的に想定する自由表面であって、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な広がりをもって想定される基盤の表面

2 ある地震動が固有周期を異にする種々の構造物に対して、それぞれどの程度の大きさの揺れ(応答)を生じさせるかという性質(周期特性)を、縦軸に加速度や速度等の最大応答値、横軸に固有周期をとって描いたもの(詳細は、原審債務者答弁書「債務者の主張」第7の2(1)カ(81頁以下)で詳しく説明している。)

3 将来発生すると思われる地震時の強震動の予測等の計算モデルに用いるために、震源断層面をモデル化したもの

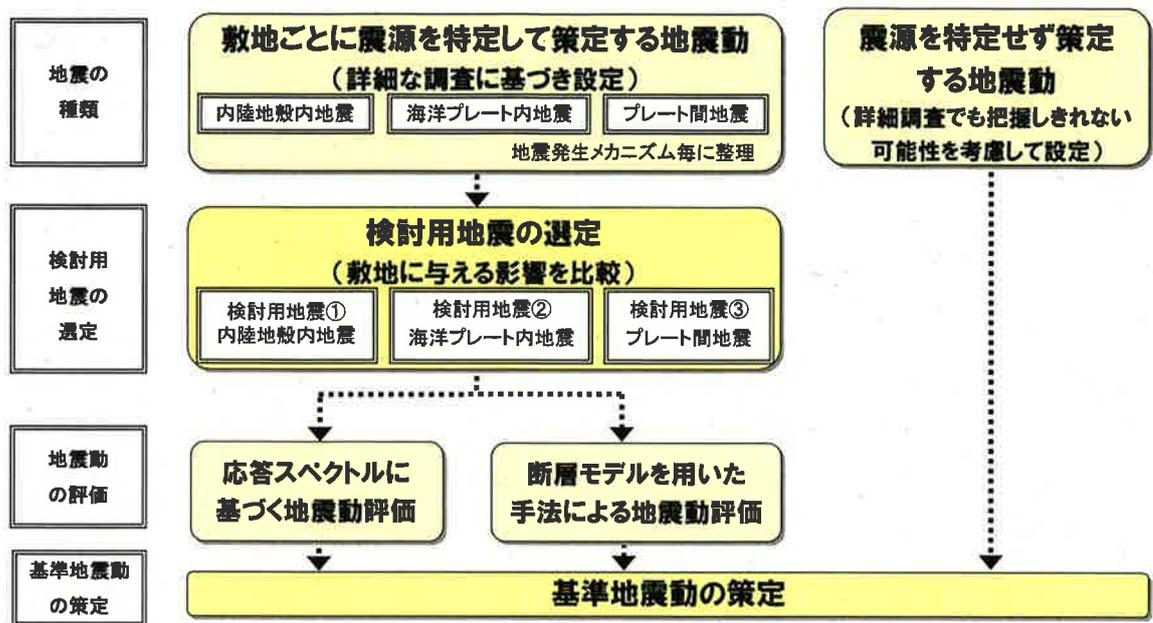


図1 基準地震動 S s 策定の流れ

2 本件発電所の基準地震動 S s について

(1) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について

ア 検討用地震の選定

相手方は、内陸地殻内地震として敷地前面海域の断層群を含む中央構造線断層帯と別府一万年山断層帯との連動（以下「敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）」という。）による地震を、海洋プレート内地震として1649年安芸・伊予の地震を、プレート間地震として内閣府検討会⁴（2012）⁵による南海トラフ⁶の巨大地震（陸側ケ

4 内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」。同検討会は、中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」中間報告を踏まえ、南海トラフの巨大地震である東海・東南海・南海地震について、過去に南海トラフのプレート境界で発生した地震に係る科学的知見に基づく各種調査について防災の観点から幅広く整理・分析し、想定すべき最大クラスの対象地震の設定方針を検討することを目的として設置された。

5 「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。

6 南海トラフとは、西南日本の南側の海底にある帯状の深みをいう。このトラフの北端は

ース) を、それぞれ検討用地震として選定した。

イ 基本震源モデルと不確かさの考慮

(ア) 内陸地殻内地震

内陸地殻内地震の検討用地震として選定した敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震については、基本震源モデルの設定にあたり、隣り合う活動セグメント⁷との連動、アスペリティ⁸位置等の不確かさをあらかじめ織り込んだ(乙31(20～24頁))。断層長さについては、最大規模を想定するとの観点から、中央構造線断層帯と九州側の別府-万年山断層帯とが全区間(約480km)において連動するケースを基本としつつ、四国西部の区間(約130km)で連動するケース及び敷地前面海域の断層群(約54km)単独で活動するケースについてもそれぞれ不確かさを考慮した解析を行うこととした(乙11(6-5-31頁), 乙31(36～37頁))。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⁹, 平均応力降下量¹⁰, 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リング則¹¹については、

駿河トラフ、南端は琉球海溝に続いている。

- 7 セグメントとは、活断層を、過去の活動時期、平均変位速度、平均活動間隔、変位の向きなどに基づいて区分した断層区間のことで、固有地震を繰り返す活断層の最小単位と考えることができる。
- 8 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。
- 9 断層運動としての地震の規模を表すもので、断層付近の岩盤の硬さを表す剛性率、断層の平均すべり量、断層面積の積として表される。
- 10 震源断層面上における地震発生直前の応力と地震発生直後の応力との差を指す。地震は、岩盤に蓄積されていた応力が、震源断層面がずれるエネルギーとなって解放されるものであるため、応力降下量は、地震により解放されたエネルギーを示しているともいえる。
- 11 断層長さ、幅、面積、応力降下量、地震モーメント、アスペリティ面積等の間に存在する一定の相似則、又はこれを経験的に関係式で示したもの

壇ほか(2011)¹²(乙37)を基本として採用した(乙31(25~27頁))。そして、さらに、断層長さ約480km及び約130kmのモデルではFuji and Matsu'ura(2000)¹³のスケーリング則を、約54kmのモデルでは入倉・三宅(2001)¹⁴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むこととした。

不確かさの考慮にあたっては、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、偶然的な不確かさや特定困難な不確かさについては、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)することとした。そして、事前の調査、経験式等によって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、

12 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, 2011, 日本建築学会構造系論文集, 第670号, 2041-2050.

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

14 シナリオ地震の強震動予測, 2001, 地学雑誌, Vol. 110, 849-875

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，基本震源モデルに重畳させる不確かさ，換言すれば独立した不確かさとして考慮することとした。

(イ) 海洋プレート内地震

海洋プレート内地震の検討用地震として選定した1649年芸・伊予の地震（M6.9）については，基本震源モデルの設定にあたり，地震の発生位置，地震規模及び断層破壊の開始点の不確かさをあらかじめ織り込むこととし，本件発電所の敷地の下方（真下）に本件発電所の敷地周辺地域での既往最大規模（1854年伊予西部地震M7.0）となるM7.0の地震を仮定した「想定スラブ内地震¹⁵」を基本震源モデルに設定した。

不確かさの考慮においては，2001年芸予地震（M6.7）を再現したモデルをM7.0に較正したケース，敷地の真下に想定する地震規模をM7.2としたケース，アスペリティの位置を断層上端に配置したケース，敷地東方の領域に水平に近い断層面を考慮したケース（M7.4）を設定した。

(ウ) プレート間地震

プレート間地震については，検討用地震として選定した内閣府検討会（2012）の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た。

このモデルは，あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大地震

15 スラブ内地震は，沈み込む海洋プレート（スラブ）の内部で破断を生じることによって引き起こされる地震をいう。地震の発生様式としては海洋プレート内地震に分類される。

として、過去最大規模の宝永地震（M 8. 6）や中央防災会議（2003）の想定南海地震モデル（M 8. 6）を上回る想定で作成されたモデルであるため、十分に不確かさが考慮されたものであるが、設定された強震動生成域¹⁶に加え、さらに敷地直下にも強震動生成域を追加配置する不確かさの考慮を行った。

ウ 応答スペクトルに基づく地震動評価

応答スペクトルに基づく地震動評価では、距離減衰式は、基本的には耐専スペクトル¹⁷を用いることとし、併せて耐専スペクトル以外の複数の距離減衰式でも評価を行った。耐専スペクトルの適用にあたっては、その適用性の検証を慎重に行い、適用できない場合は、耐専スペクトル以外の複数の距離減衰式を用いた。

内陸地殻内地震については、上記イ（ア）で示した敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の3通りの活動を考慮した断層長さ（約480 km、約130 km及び約54 km）に加え、念のため、断層長さ約69 kmの区間で連動するケースも評価を行うこととし（乙31（95頁））、基本ケースとしては断層傾斜角を鉛直とするが、不確かさとして断層傾斜角が北傾斜のケースを想定して評価を行った。そして、耐専スペクトルの適用にあたり、保守的に評価を行う観点から、慎重

16 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言う。なお、強震動生成域とアスペリティとは、一致することも多い。

17 Noda et al.（2002）が提案する応答スペクトルを求める手法。岩盤における観測記録に基づく距離減衰式が示されている。一般社団法人日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会にて、議論・検討されたことから、「耐専スペクトル」又は「耐専式」とも呼ばれており、本書面では「耐専スペクトル」との呼称を使用している。なお、Noda et al.（2002）は、英文の論文であるが、その手法については、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1（日本電気協会）において具体的内容が紹介されている（乙168）。

に適用性の検証を行った結果、断層傾斜角が鉛直のケースでかつ断層長さが約130 km、約69 km及び約54 kmの3ケースについては、耐専スペクトルの適用範囲外にあると判断し、耐専スペクトル以外の距離減衰式により評価を行った。それ以外のケースについては、耐専スペクトルと耐専スペクトル以外の距離減衰式とで評価を行った。海洋プレート内地震及びプレート間地震については、いずれも耐専スペクトルの適用範囲にあると判断し、耐専スペクトルにより地震動の評価を行った。

エ 断層モデルを用いた手法による地震動評価

内陸地殻内地震については、まず、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）における断層長さ約480 kmの基本震源モデルについて、経験的グリーン関数法¹⁸及び統計的グリーン関数法¹⁹により評価し、両者を比較した。なお、経験的グリーン関数法に用いる要素地震は、2001年芸予地震の余震である安芸灘の地震（M5.2）の本件発電所の敷地における観測記録を用いた。適用にあたっては、当該地震がスラブ内地震であるため、内陸地殻内地震の評価に用いることができるよう、距離及びパラメータ（地震モーメント、応力降下量等）を補正した。比較の結果、経験的グリーン関数法及び統計的グリーン関数法による評価の結果は整合的であることを確認したが、原子炉施設に影響の大きい周期0.1秒付近の地震動については経験的グリーン関数法の結果の方が厳しい結果を与えるものであったことから、原子炉

18 実際に発生した小さな地震の観測記録のうち、地震動評価に用いるのに適切な観測記録（要素地震）を足し合わせて大きな地震による揺れを計算する方法

19 経験的グリーン関数法で用いる適切な観測記録の代わりに小さな地震による揺れとして人工的に時刻歴波形を作成し、それを足し合わせて大きな地震による揺れを計算する方法

施設への影響度の観点に立ち、断層モデルを用いた手法による地震動評価においては、経験的グリーン関数法を採用した（乙31（152～155頁））。（乙11（6-5-41～6-5-42頁，6-5-202～6-5-220頁，6-5-221～6-5-223頁））

海洋プレート内地震については、2001年芸予地震の余震である安芸灘の地震（M5.2）の本件発電所の敷地における観測記録を要素地震とした経験的グリーン関数法により評価を行った（乙11（6-5-42～6-5-43頁，6-5-224～6-5-228頁））。

プレート間地震については、適切な要素地震が得られていないことや内閣府検討会が統計的グリーン関数法を用いていることを踏まえ、統計的グリーン関数法及びハイブリッド合成法²⁰により評価を行った（乙11（6-5-43頁，6-5-229頁））。

(2) 震源を特定せず策定する地震動について

相手方は、既往の知見として、加藤ほか（2004）²¹が提案した地震基盤における応答スペクトルを震源を特定せず策定する地震動として採用するとともに、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の震源近傍の観測記録を収集するにあたり、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」及び「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

20 短周期領域の評価に適している経験的グリーン関数法又は統計的グリーン関数法により計算した地震動と、長周期帯の評価に適している理論的手法（断層のずれ方や、震源断層から地震波が評価地点まで伝播する経路上の地盤構造を詳細にモデル化して、理論的に揺れを計算する方法）により計算した地震動を組み合わせることで広い周期帯で精度よく地震動を評価する手法

21 「震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル—地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討—」加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大榮・上田圭一・壇一男，日本地震工学会論文集，第4巻，第4号，2004.

地震」についての検討も行った。そして、「地表地震断層が出現しない可能性のある地震」については、2004年北海道留萌支庁南部地震の際に、K-NE T²²港町観測点で観測した記録について、地盤物性値を踏まえた解析を行った結果、信頼性の高い基盤地震動が得られたことから、これに不確かさを保守的に考慮するなどした最大加速度²³620ガルの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40(70～124頁))。また、「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」としては、2000年鳥取県西部地震について、地震ガイド²⁴(乙39)を踏まえて、本件発電所の敷地との地域差等について慎重に検討を進めた結果、地域差等が認められるものの、自然現象の評価と将来予測には不確かさが残ることや、大局的には本件発電所の敷地と同じく西南日本の東西圧縮横ずれの応力場²⁵にあることを踏まえ、原子力安全に対する信頼向上の観点などから、より保守的に同地震の観測記録を震源を特定せず策定する地震動として考慮することとし、鳥取県にある賀祥ダムの監査廊(ダム堤内の管理用通路)に設置された地震計で得られた信頼性の高い観測記録を震源を特定せず策定する地震動として採用した(乙42(89～91頁))。

22 国立研究開発法人防災科学技術研究所(防災科研)が運用する、全国を約20km間隔で均質に覆う1000箇所以上の強震観測施設からなる強震観測網。地震調査研究推進本部が推進している「地震に関する基盤的調査観測計画」の一環として、同じく防災科研が整備した「KiK-net」とともに、全国の強震動を観測、記録している。

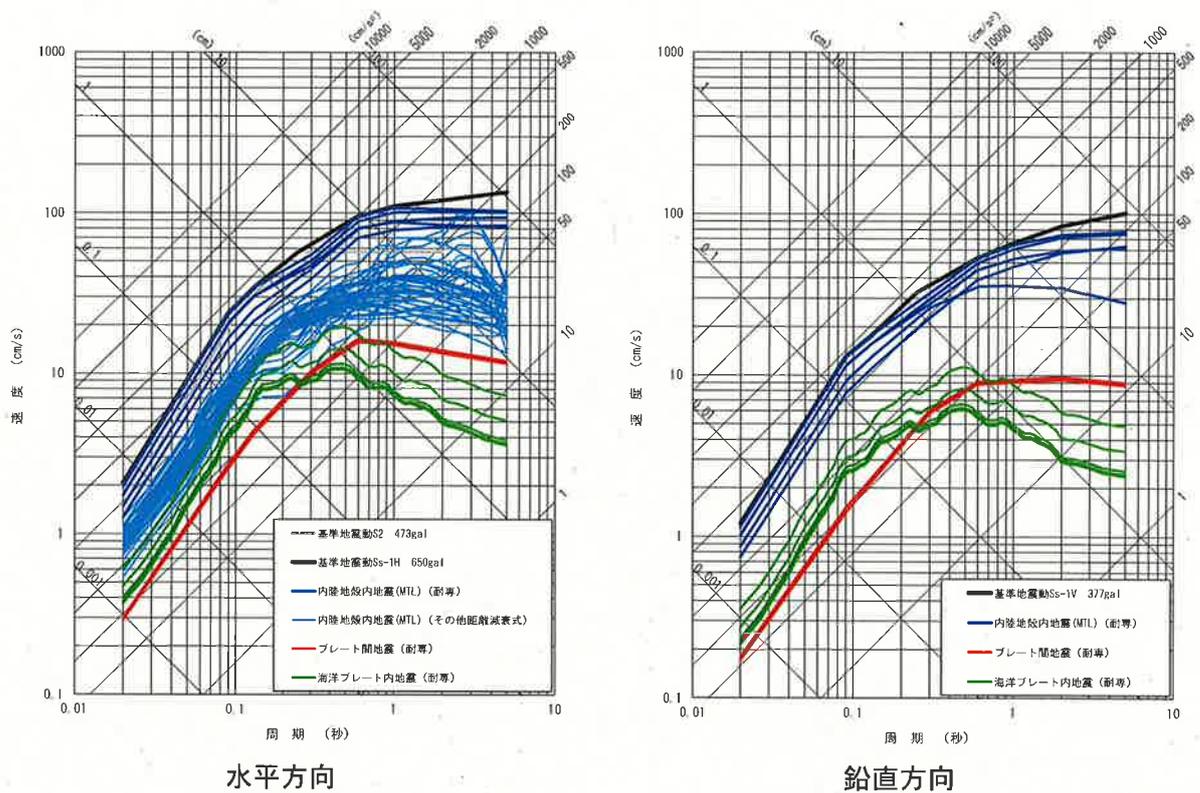
23 加速度とは、地震によって地盤が振動する速度の単位時間あたりの変化の割合をいう。単位は「ガル」。

24 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)

25 地球表面の地殻内(地層)にどのような力が加わっているかを示すもので、水平方向に両方向から押されていれば圧縮応力場、逆に両方から引っ張られていれば引張応力場という。

(3) 基準地震動の策定

ア 応答スペクトルに基づく地震動評価より策定した基準地震動 S_s については，同評価によって算定された応答スペクトルを包絡するよう設計用応答スペクトルを設定し，基準地震動 S_{s-1} （1波）を策定した（図2）（乙31（93～142頁，221～228頁））。



(乙11（6-5-233）より)

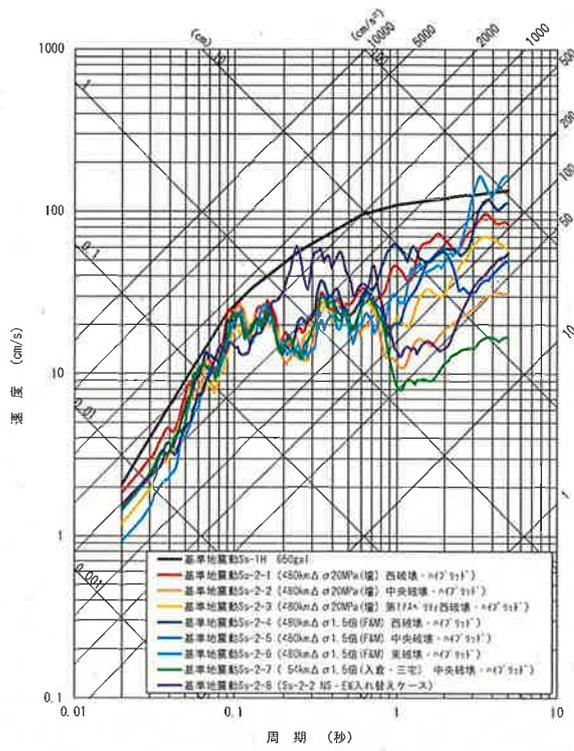
図2 基準地震動 S_{s-1} の応答スペクトル

イ 断層モデルを用いた手法による地震動評価より策定した基準地震動 S_s については，内陸地殻内地震，海洋プレート内地震及びプレート間地震に関する評価の結果，本件3号機の施設に与える影響が大きいケースとして，内陸地殻内地震（敷地前面海域の断層群（中央構造線

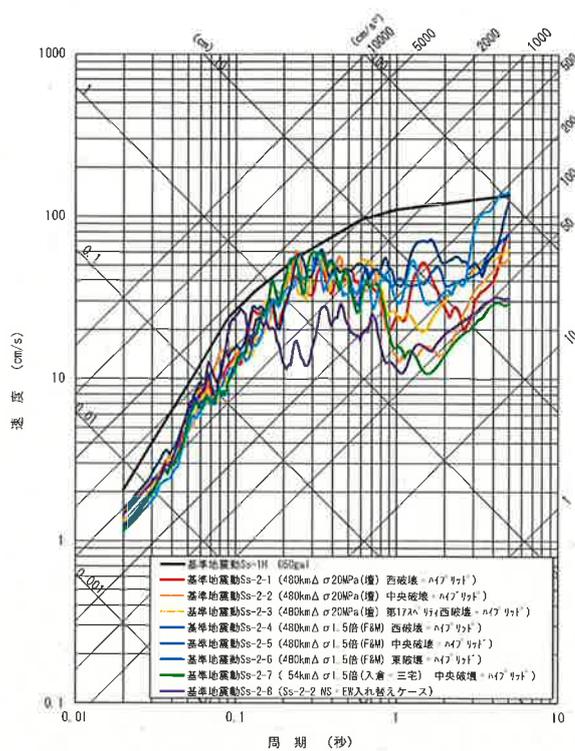
断層帯)による地震)における検討ケースを選定し、経験的グリーン関数法と理論的手法によるハイブリッド合成を行った。その結果、上記の基準地震動 $S_s - 1$ を一部の周期帯において超えた7ケースを基準地震動 $S_s - 2 - 1 \sim$ 基準地震動 $S_s - 2 - 7$ とした(図3)。(乙11(6-5-48~6-5-49頁, 6-5-238頁), 乙31(231頁))

また、断層モデルに基づく地震動評価では経験的グリーン関数法を適用しているが、経験的グリーン関数法による評価結果には要素地震の特徴が反映されることになる。相手方が実施した敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)に係る経験的グリーン関数法を用いた評価では、東西方向の地震動の周期0.2~0.3秒で基準地震動 $S_s - 1$ を超過する結果が得られているが、南北方向の地震動の長周期側では比較的小さく評価される傾向が見られた。このため、東西方向の周期0.2~0.3秒で基準地震動 $S_s - 1$ を超過するケースのうち、基準地震動 $S_s - 1$ を超過する度合いが大きいケースについて、工学的判断として、東西方向と南北方向の地震波を入れ替えたケースを仮想して基準地震動 $S_s - 2 - 8$ として設定した(図3)。(乙11(6-5-49~6-5-50頁), 乙31(232頁))

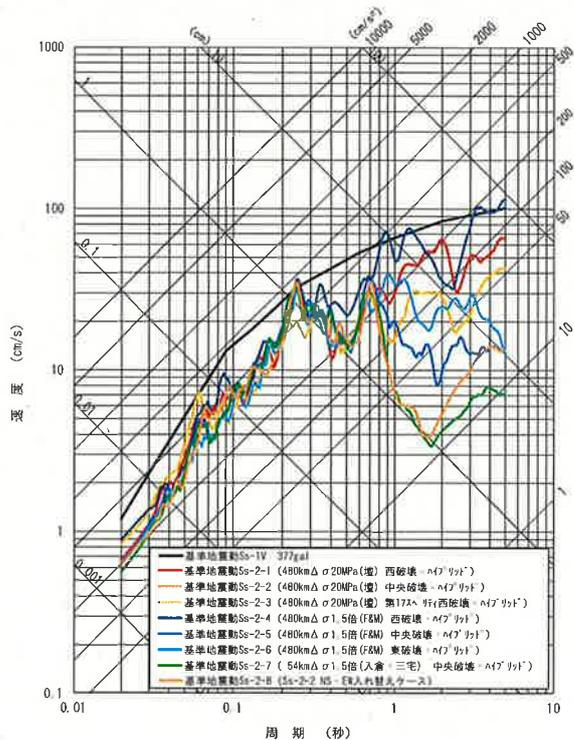
プレート間地震及び海洋プレート内地震では、いずれも基準地震動 $S_s - 1$ を下回る結果となったことから、基準地震動 $S_s - 2$ としては設定していない。



南北方向



東西方向

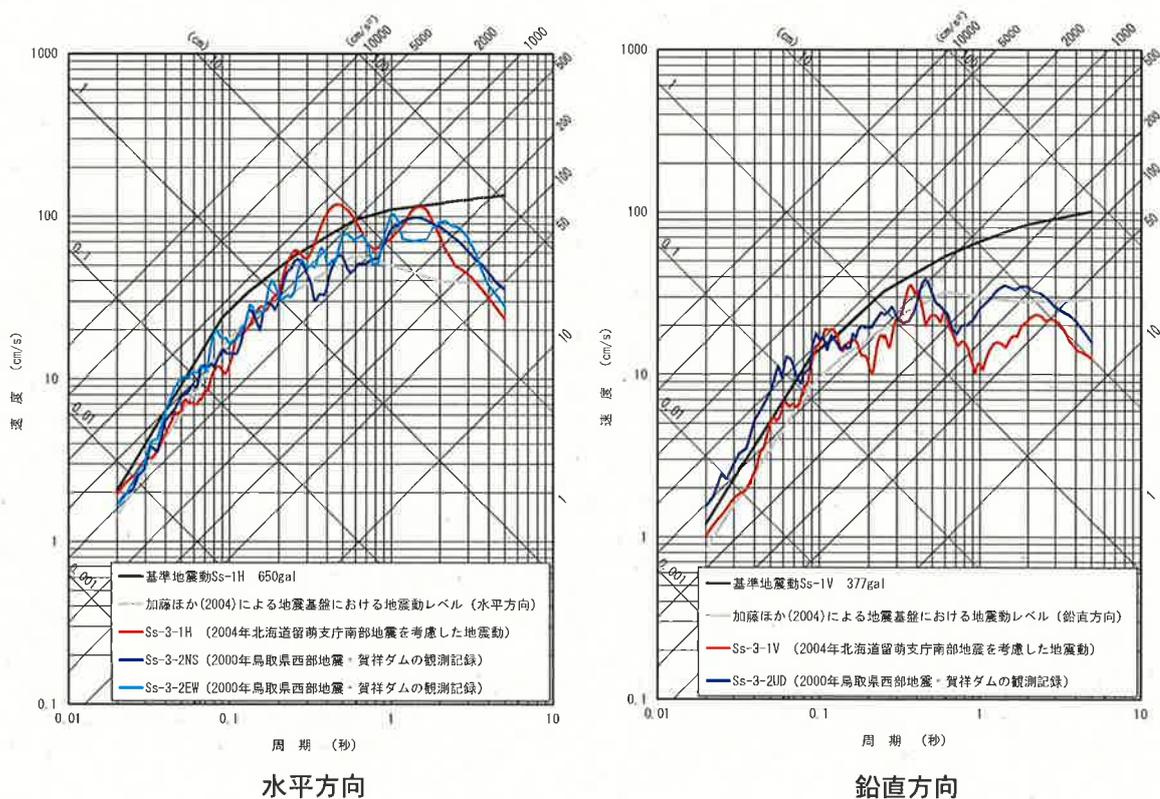


鉛直方向

(乙11(6-5-238頁)より)

図3 基準地震動Ss-2の応答スペクトル

ウ 震源を特定せず策定する地震動については、2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動及び2000年鳥取県西部地震における賀祥ダムの観測記録が基準地震動 S_s-1 の応答スペクトルを一部の周期帯で上回ったので、それぞれ基準地震動 S_s-3-1 及び基準地震動 S_s-3-2 として策定した(図4、乙40(157頁)、乙42(94頁))。



(乙11(6-5-239)より)

図4 基準地震動 S_s-3 の応答スペクトル

- (4) 年超過確率による基準地震動 S_s の適切さの確認について
 相手方は、本件発電所の耐震安全性を確保するため、地震が起こるこ

とを前提に、その地震がどのようなものかを検討する決定論的な考え方に基づき基準地震動 S_s を策定している。こうして策定された基準地震動の大きさについて、決定論的な考え方とは異なる視点、すなわち確率論的な考え方（ある大きさの地震動がどのくらいの頻度で起こり得るかを評価する考え方）から、年超過確率を評価し、これを参照している。年超過確率を参照する目的について、原子力規制委員会は、原子力規制委員会設置法の一部の施行に伴う関係規則の整備等に関する規則（案）等に係る意見募集の結果において、「策定されたそれぞれの地震動（相手方注：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）に必要な震源や不確かさが適切に考慮されていること等について、ハザード評価の観点からも明確化することが可能となります。」

（乙169（65～66頁））との考え方を示し、基準地震動 S_s の適切性を確率論的な観点から確認するために参照するものであることを明らかにしている。

本件発電所における基準地震動 S_{s-1} の応答スペクトルと年超過確率を示す曲線（一様ハザードスペクトル）との比較を、一例として図5に示す。これにより、本件発電所における基準地震動 S_{s-1} の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ / 年程度、つまり、1万年～100万年に1回程度となり、基準地震動 S_{s-1} を超過する地震動が発生する可能性が極めて低いことが確認できた。同様の比較から、基準地震動 S_{s-2} 及び基準地震動 S_{s-3} の年超過確率も同程度であることを確認した（乙13（20頁））。

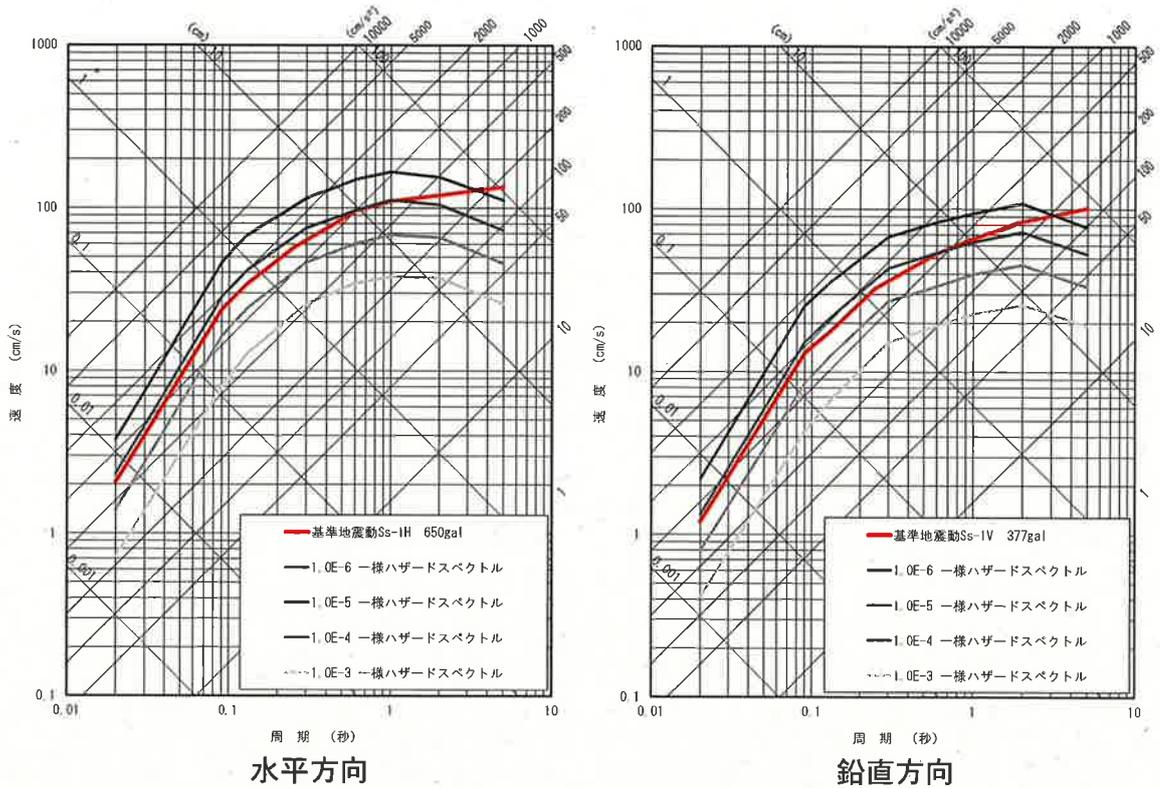


図5 基準地震動S s - 1の年超過確率

第2 「新規制基準の合理性について」について

- 1 「真摯に東北地方太平洋沖地震等の教訓を踏まえていない」について
 抗告人らは、原決定が新規制基準における基準地震動の考え方について「何ら不合理な点はない」と判示する（原決定221頁以下）のに対し、「基準地震動の策定手法に係る規制基準自体、東北地方太平洋沖地震発生前と実質的な差異はない」旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第2の1（3頁以下））。

しかしながら、設置許可基準規則²⁶は、福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、海外知見も参考にしつつ、地震及び津波の分野については、

26 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（原子力規制委員会、平成25年6月）

原子力規制委員会の発足前後を通じて、各専門分野の学識経験者等の専門技術的知見に基づく意見等を集約し、中立性が担保された学識経験者の関与の下、公開の議論を経て、新規制基準の骨子案及び規制案等に対する意見公募手続等の適正な手続きを経て策定されたものである（乙250（41～56頁））。こうした策定過程を踏まえれば、新規制基準における基準地震動の策定手法及びその考え方が福島第一原子力発電所事故の教訓及び最新の知見を踏まえた合理的なものであるということは明らかである。

そして、新規制基準における基準地震動の策定方針に係る基本的な考え方（上記第1の1参照）は、結果的に新規制基準制定前の平成18年に改訂された耐震設計審査指針における基準地震動の策定方法と同一である（乙250（198頁））が、基準地震動の策定過程で考慮される項目については、東北地方太平洋沖地震及びそれに付随して発生した津波に関する検証を通じて得られたプレート間地震及び海洋プレート内地震の震源域の運動に係る考え方のほか、平成18年に改訂された耐震設計審査指針に基づく既設原子炉施設の耐震安全性評価（いわゆる「バックチェック」）において得られた経験、平成19年新潟県中越沖地震から得られた教訓等を踏まえ（乙250（195頁））、より詳細な検討が求められることとなった。例えば、耐震設計審査指針においては、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について、「基準地震動 S_s の策定過程に伴う不確かさ（ばらつき）」の考慮にあたって、「基準地震動 S_s の策定に及ぼす影響が大きいと考えられる不確かさ（ばらつき）の要因及びその大きさの程度を十分踏まえつつ、適切な手法を用いることとする」とされていた（平成18年改訂後の耐震設計審査指針5.（2）④及び同解説Ⅱ.（3）④（乙

21 (4～6頁))) ところ、設置許可基準規則解釈²⁷においては、「震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等の不確かさ、並びにそれらに係る考え方及び解釈の違いによる不確かさ」として具体的に示され、これらのパラメータのうち、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータを分析し、必要に応じて不確かさを組み合わせるなどの評価を行うべきとされている（設置許可基準規則解釈別記2第5項2号⑤（乙68（128頁）））。このようなパラメータ設定に関する要求のほか、敷地及び敷地周辺の地下構造が地震波の伝播特性に影響を与えることから、この地下構造に関して、地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造や地震波速度構造等の地下構造等の詳細な評価を行うことなどが新たに要求されている（設置許可基準規則解釈別記2第5項4号（乙68（129頁）））。

したがって、新規制基準における基準地震動の策定手法が、東北地方太平洋沖地震等の教訓を踏まえたものになっていないとする抗告人らの主張に理由はない。

2 「外部事象のリスク評価が足りない」について

抗告人らは、福島第一原子力発電所事故に係る政府事故調査委員会の報告書が、自然環境特性に応じた総合的なリスク評価を踏まえたシビアアクシデント対策の必要性を指摘しているのに、原子力規制委員会はこれを新規制基準において要求していない旨非難する（抗告理由書（地震動関係）第2の2（5頁以下））が、新規制基準は、政府事故調査委員会の報告書

27 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）

による上記指摘を踏まえ、「共通要因故障をもたらす自然現象等に係る想定的大幅な引き上げとそれに対する防護対策を強化」することを要求している（乙353（1頁，7頁））。具体的には，設置許可基準規則6条で地震及び津波以外の自然現象に対しても安全施設は安全機能を損なわないものでなければならないことを要求し，設置許可基準規則解釈6条3項においては，これらの自然現象の組合せについても考慮することが求められている。

また，抗告人らは，基準地震動を超えるような地震動が発生した場合に想定される様々なリスクが同時発生的に表面化することが考えられると主張するが，そもそも，相手方が策定した基準地震動 S_s を超えるような地震動が発生することはまず考えられないものの，新規制基準がそのような事態も考慮されていることについては相手方当審答弁書第4の2（39頁以下）で述べたとおりである。

ちなみに，抗告人らは，相手方が新規制基準策定後は本件3号機のストレステストを実施していない旨非難するが，ストレステストは新規制基準において要求されているものではなく，抗告人らの非難は当を得ない。

3 「具体的・定量的な基準が出来ていない」について

抗告人らは，基準地震動に関する設置許可基準規則や地震ガイドの規定について，「必要に応じ」や「適切な手法を用いて」といった文言が用いられ，基準地震動策定にあたりどの程度の保守性を要求するのか，具体的・定量的な基準はほとんどないとして非難する（抗告理由書（地震動関係）第2の3（7頁以下））が，現在の科学的水準からすれば，基準地震動や基準津波策定等を含む新規制基準のあらゆる面において，一義的に客観的な基準を設けることが不可能であること，そして，原子炉等規制法43条

の3の6第1項4号が発電用原子炉施設の位置、構造及び設備が災害の防止上支障がないものであることを審査するための基準を原子力規制委員会規則で定めることとしているのは原子力規制委員会に科学的、専門技術的知見に基づく合理的な判断に委ね、科学技術的な事項について一定の裁量を認めたものと解されることは、原決定が判示するとおりである（原決定217～218頁）。基準地震動の策定については、対象となる発電所ごとに、敷地の地盤の状況、考慮すべき地震等が全く異なるのであるから、上記判示が特に当てはまるといえる。

また、原告人らは、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」における藤原広行氏の発言を引用し、具体的で定量的な基準が求められている旨主張する（原告理由書（地震動関係）第2の3（8頁））が、同検討チームは、専門家らの様々な意見から一つの基準を策定しようというものであることから、最終的に、参加した専門家の全ての意見を当該基準に反映することは不可能というものである。したがって、結果的に藤原広行氏の意見が採用されなかったとしても、それは、基準地震動の策定に係る基準が不合理であることを示すことにはならないのであって、原告人らの主張に理由はない。

第3 「内陸地殻内地震の想定相当性について」について

1 「応答スペクトルに基づく地震動評価について」について

(1) 「すべり量の飽和について」について

原決定は、松田式の適用との関係において、長大断層ですべり量が飽和するという考え方が合理的かどうかについて検討を行う（原決定223頁以下）ので、以下、松田式の適用限界について述べた上で、すべり量が飽和する考え方に関する原決定の判示及び原告人らの主張を踏まえ、

必要な主張の補充及び反論を行う。

ア 松田式の適用に係る原決定の判示について

相手方は、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち、応答スペクトルに基づく地震動評価では、距離減衰式として耐専スペクトルを用いることを基本とした（原審債務者答弁書「債務者の主張」第7の2(3)イ(エ)（149頁以下））。耐専スペクトルは、地震規模、等価震源距離等を用いて応答スペクトルを評価する手法であり、その適用にあたっては、地震規模の想定が必要であるところ、相手方は、耐専スペクトルが地震規模として気象庁マグニチュードを用いているため、地震規模の算出にあたっては気象庁マグニチュードを求めるための主要な経験式である松田式を用いた。

松田式は、次に示す断層長さとの地震の気象庁マグニチュードとの関係を表す経験式である。

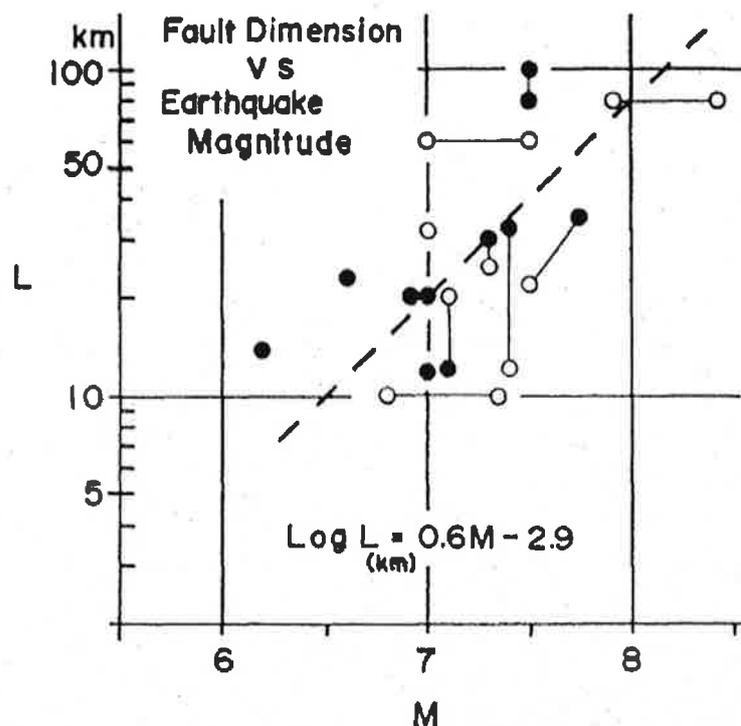
$$\log L = 0.6 \cdot M - 2.9$$

（L：断層長さ，M：気象庁マグニチュード）

これは、松田時彦東京大学名誉教授が松田（1975）²⁸（乙175）において提案したもので、提唱者の名前から松田式と呼ばれている。松田式は、日本の内陸部に発生した主に断層長さ約20kmから約80kmまでの14地震のデータ²⁹（図6）から得られた経験式である。

28 「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.

29 図6において，○印で示されたデータの断層長さが地表断層の長さを示すのに対し，●印で示されたデータの断層長さは地震学的及び測地学的データ（例えば，余震分布や地殻変動のデータ）から得られたものであり，これは地中の震源断層の長さに対応するものである。2つの丸印が線で繋がれているデータは，1つの地震に対して，2つの文献の異なるデータを用いたことを示している。



(松田 (1975) より)

図6 松田式による断層長さ (L) と地震規模 (M) の関係

経験式の適用範囲は、その基となるデータに強く依存しているので、基のデータの範囲を超えて使用することは、信頼性を欠き適切ではなく、もし、適用範囲を超えて使用する場合には、適用できることの検証が別途必要である。この点、松田 (1975) の基データは、上記のとおり主に 20 km ~ 80 km の範囲であり、松田式の「M の係数と常数は Fig. 1 a (相手方注：上記図 6) から M 8 の地震では L = 80 km, M 7 では L = 20 km として決めたものである (Fig. 1 a の破線が相当)」(乙 175 (271 頁)) とされていることから、松田式

が適用できる範囲は原則として約20km～約80km³⁰（地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下「地震調査委員会」という。）の「活断層の長期評価手法」報告書の記述を踏まえても約100km以下（乙151（6頁，26頁））の断層であるといえる。

そして、相手方が想定しているような敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の断層長さ約480kmや約130kmといったケースについて、松田式をそのまま適用できるとの検証結果や知見はないことから、松田式自体が持つ制約からして、上記断層長さに松田式をそのまま適用するのは不適切であるということになる。

この点、原決定は「債務者は、松田式の適用範囲が断層長さ80km以下のものに限られるとの見解を前提に」していることを認めていながら、「松田式を断層長さ80km超の断層にも直接適用できるか否かは、断層長さが長くなればすべり量が飽和するといえるかどうかにかかっているものといってよい」と判示し（原決定223頁）、長大断層においてすべり量が飽和するか否かの検討に入っている。しかしながら、上記判示は、松田式が経験式であることからくる適用範囲を無視するものであり、妥当ではない。仮に、上記判示のとおり、長大断層のすべり量が飽和することが松田式をそのまま長大断層の評価に用いることができないことの理由の一つであったとしても、まずは経験式としての信頼性を担保する観点からも、その基データからくる制約（適用範囲）について検討すべきである。そうすると、抗告人らは、松田式

30 強震動予測レシピにおいても、「活断層がおおむね80kmを超える場合は、松田（1975）の基になったデータの分布より、松田（1975）の適用範囲を逸脱するおそれがある」と指摘している（乙354（5頁））。

を80 km超の断層に対して適用できることを何ら主張疎明していないのであるから、すべり量の飽和に関する抗告人らの主張について検討するまでもなく、松田式を80 km超の断層にそのまま適用することはできないというべきである³¹。

もっとも、長大断層においてすべり量が飽和するか否かについては、松田式の適用性以外でも、相手方の地震動評価において強く関係してくる論点であることから、以下、原決定の内容及び抗告人らの主張について、必要な範囲で説明及び反論を行う。

イ 長大断層のすべり量が飽和するとの知見について

原決定は、松田式の適用との関係において、長大断層ですべり量が飽和するという考え方が合理的かどうかについて検討を行い、すべり量が飽和するとの知見を踏まえて策定した本件発電所の基準地震動につき、地震ガイド、ひいては設置許可基準規則に適合するとした原子力規制委員会の判断が不合理であるとはいえないと判示しながらも、「すべり量が飽和するとの知見に依拠したことの合理性に関する確信を得るためには、なお慎重な検討を要する」とする(原決定233頁)。

原決定は、上記の理由として、(ア)地震本部(地震調査委員会)は

31 松田式は、適切な適用範囲で用いられる限り、震源断層の長さ地震規模の関係と非常によく整合することがわかっている(原審債務者準備書面(5)第2の1(3)ウ(40頁以下)、乙195)。また、松田式は、今も広く実務に用いられており、信頼性を有する手法である。例えば、強震動予測レシピにおいて、断層長さから地震モーメントを推定する手法として松田(1975)が用いられている(乙354(5頁))し、地震調査委員会の「活断層の長期評価手法」報告書では「主要活断層帯の大半を占める長さ100 km以下の断層帯については、現時点でも松田(1975)が主に20 kmから80 kmの断層長の地震データから経験的に得た推定式」を用いて地震規模を評価することが「最も確からしいと考えられる」とされる(乙151(26頁))。一方、同報告書は、「この経験式は長さがほぼ20 kmから80 kmの地表地震断層や震源断層の事例に基づき設定されているものなので、長さが100 kmを超えるような長大な断層に対しては、その適用性について確認が必要である」とされており、100 km程度までは適用が可能であることを示唆している(乙151(6頁))。

すべり量が飽和すると考えている場合とそうでない場合のそれぞれについて異なる計算式を挙げていること、(イ)地震学者の中には、すべり量が飽和するとの見解に対し、疑問を投げかけたり、仮説の一つに過ぎないと評価したりするものがあること、(ウ)すべり量が飽和するとの知見に与する論考も、国内の地震のデータに乏しく、海外の地震についていえることが日本の地震に当てはまるのかについては意見もあり、サンプルの範囲が限定的であること、(エ)すべり量が飽和するとの知見に与する論考においても、飽和すべり量を超える地表最大変位量を記録したデータが一つならず存在することを指摘する（原決定231～232頁）。しかしながら、各指摘事項については、誤解があると考えられる点もあるので、以下、上記(ア)～(エ)に沿って説明する。

(ア) 地震本部はすべり量が飽和すると考えている場合とそうでない場合のそれぞれについて異なる計算式を挙げていることについて強震動予測レシピ³²は、地震規模（地震モーメント）の算定において、すべり量が飽和する考え方を前提とするMurotani et al. (2015)³³の知見を採用している。それでも原決定が、「地震本部は、すべり量が飽和すると考えている場合とそうでない場合のそれぞれについて異なる計算式を挙げている」と指摘

32 地震調査委員会の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」。これまでに数回の改訂を経ており、近年では、平成21年12月（乙38）、平成28年6月（乙173）、平成28年12月（乙298）、平成29年4月（乙354）にそれぞれ改訂を行っている。原決定において、「改訂レシピ」と呼ばれているのは、このうち平成28年6月に改訂されたものを指している。

33 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 Appl. Geophys., 172, 1371-1381, 2015.

する（原決定231頁）のは，強震動予測レシピにおいて「ここでは，利便性に配慮して機械的に値が求められるように，式の使い分けの閾値を決めているが，原理的には断層幅や平均すべり量が飽和しているかどうかでスケーリング則が変わるため，断層幅が飽和していない場合（1-a）式は（2）式を，飽和している場合（1-b）式は（3）式あるいは（4）式を用いる方が合理的である。また，断層幅と平均すべり量の両方が飽和している場合は（4）式を用いることが望ましい。震源断層の面積を算出するにあたっては，この点にも配慮して，用いる式を選択することが可能である。」（乙173（5頁））との記載があることを踏まえたものであると考えられる。

強震動予測レシピが示しているのは，地震モーメントの算定において，①地震規模が小さい領域においては，地震規模が断層の長さ
と幅とすべり量とに比例するSomerville et al. (1999)³⁴に従い，②ある程度地震規模が大きくなり，断層幅の上端から下端まで破壊が達した後は，地震規模が断層長さとすべり量とに比例する入倉・三宅（2001）に従い，③断層幅及びすべり量ともに飽和するような長大断層の領域については，地震規模が断層長さに比例するMurotani et al. (2015)に従うというもの（いわゆる「3 stage scaling model」）（乙256（142頁））である。そして，①から②へ，

34 Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion: Somerville, P.G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada, Seismological Research Letters, 70, 59-80, 1999.

②から③への式の使い分けについて、利便性に配慮して、それぞれ $M_0 = 7.5 \times 10^{18}$ (N・m) , $M_0 = 1.8 \times 10^{20}$ (N・m) (M_0 は地震モーメントを表す) という閾値を決めているが、本来、①から②への式の使い分けは、断層の破壊が断層幅の上端から下端まで達していること、②から③への式の使い分けは、断層の破壊が断層幅の上端から下端まで達し、かつ、すべり量が飽和していることがそれぞれ条件になる。そのため、上記閾値に達していたとしても、又は上記閾値に達していないとしても、場合によってはこうした条件を満たしていない可能性もあり得る。強震動予測レシピの記載は、そういった場合には必ずしも閾値を用いて適用範囲を選択する必要はなく、実際に想定される断層破壊の状況を踏まえて式を選択することも可能であることを明記したものであって、地震の規模がいくら大きくなってもすべり量が飽和しないケースがあることを示唆するものではない。すなわち、強震動予測レシピが「用いる式を選択することが可能」としているのは、あくまで式の適用範囲の問題であって、実際に想定される断層破壊の状況を考慮して判断することも可能であり、必ずしも閾値だけで機械的に式を適用する必要はないというものであって、その考え方の前提としては、長大な断層はすべり量が飽和するという「3 stage scaling model」を採用しているのである。したがって、この点における原決定の理解は、強震動予測レシピの記載の誤解に基づくものであると考えられる。

(イ) 地震学者の中には、すべり量が飽和するとの見解に対し、疑問を投げかけたり、仮説の一つに過ぎないと評価したりするものが

あること

次に、原決定は、地震学者の中にはすべり量が飽和するとの見解に対し、疑問を投げかけたり、仮説の一つに過ぎないと評価したりするものがあることを指摘する（原決定231頁）。具体的には、瀬瀬一起氏及び藤原広行氏の発言並びに専門家フォーラムにおける出席者の説明内容を基にしているものと考えられるが、瀬瀬一起氏及び藤原広行氏は、両名とも、地震調査委員会が上記の「3 stage scaling model」を採用する強震動予測レシピの改訂を検討した同委員会の強震動評価部会及び同部会強震動予測手法検討分科会の委員であった（甲F8, 甲F10）。そうであれば、両名とも、長大な断層についてはすべり量が飽和するという見解を地震動評価に用いること自体は支持しているものと思われ、原決定が指摘する発言については、すべり量が飽和しないことも否定できないという抽象的な可能性を指摘したものであることが推測される（少なくとも、発言の裏付けとなる科学的根拠が示されたものではなく、長大断層のすべり量は飽和しないことを積極的に示す知見とはいえない。）。そして、強震動予測レシピが、瀬瀬一起氏及び藤原広行氏を含む多くの地震学者の検討のもとに「最新の知見に基づき最もあり得る地震と強震動を評価するための方法論」（乙354（1頁））として公表されていることから、強震動評価の分野においては、長大断層のすべり量が飽和するとの知見が通説であることが窺えるのである。

また、原決定は、専門家フォーラムにおける出席者E1の説明（甲D302）を踏まえ、長大断層においてすべり量が飽和するとの見

解と親和的なモデルがカスケードモデル³⁵であり、すべり量が飽和しないとの見解と親和的なモデルがスケーリングモデルであると理解し、「どっちをとるかという、これがまだ議論があります。」

(甲D302(18頁))という指摘の趣旨を、長大断層においてすべり量が飽和するとの見解をとるか、飽和しないとの見解をとるかについての議論が定まっていなかったかのように捉えているものと思われるが、誤解である。まず、甲D302におけるE1の説明は、別の出席者P2の発言を受けたものであるところ、P2の発言内容は、スケーリングモデルを採用するとどんどんマグニチュードが大きくなって、実現象と大きく乖離してしまうので、実現象を説明するために「長大な断層というのは、いくつもの、それぞれ固有の性質を持った断層に別れていて、その組み合わせで地震が起きている、という考えに立てば、その連動している長大断層が動いても、それぞれの部分の割れ方は同じなので強くなる。」というカスケードモデルの考え方を説明したものである。その上で、E1の発言内容を敷衍すると、「カスケードモデルでは、断層の長さが変わっても、セグメントごとの断層の幅もすべり量も変わらないと仮定すれば、断層の長さが2倍になった場合、モーメントが2倍になる。ス

35 内閣府検討会は、「考慮する強震断層モデルの断層面の全域に対して相似則を適用するか、その断層面を複数のセグメントに分割し、個々のセグメントに対して相似則を適用するか」という観点から、カスケードモデル(内閣府検討会は「セグメントモデル」と呼称)を「断層面を複数のセグメントに分割し、個々のセグメントに対して相似則(スケーリング則)を適用するモデル」、スケーリングモデル(内閣府検討会は「全域モデル」と呼称)を「断層面の全域に対して、相似則(スケーリング則)を適用するモデル」とそれぞれ説明している(乙273(39頁))。相手方が敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)の地震動評価において用いた地震規模の算定手法(乙31(48~50頁)、乙178)がスケーリングモデルに基づくものであることは、原審債務者準備書面(5)の補充書(2)第2の1(2)イ(9頁以下))で述べたとおりである。

ケーリングモデルでは、断層の幅もすべり量も断層の長さに比例するので、モーメントは断層の長さの3乗で効いてくる。」というものであり、長大断層のすべり量が飽和するか否かとは別の観点からの指摘である³⁶。つまり、本来、カスケードモデルとスケーリングモデルとの分類において、すべり量が飽和するか否かは問題ではなく、スケーリングモデルを採用したからといって、長大な断層においてはすべり量が飽和するとの考え方を排除するものではないのである。なお、上記の点は措くとしても、参加者E1の発言内容は、すべり量が飽和する見解を支持するものであることは原決定も認めるところであるし（原決定232頁）、「議論がある」との点についても、同フォーラムの開催が平成25年12月であり、上記強震動予測レシピの改訂が平成28年6月であることを踏まえれば、強震動予測レシピの改訂には当該議論の成果も反映されたものであるともいえる。

以上のとおり、原決定が検討材料とした地震学者らの発言等については、抽象的可能性を指摘したもの、又は、そもそもすべり量が飽和しない可能性を指摘するものではないものであり、当該発言等をもって、すべり量が飽和するか否かについて、専門家の間で見解が分かれていると理解するのは誤りである。

なお、仮に、抽象的なレベルであっても、すべり量が飽和しない可能性があるという理由によって、Murotani et al.

36 スケーリングモデルの説明において、断層の幅もすべり量も断層の長さと同比例するというのは、「3 stage scaling model」の第1ステージ（断層の幅もすべり量も飽和していない状態）を説明するものであり、これをすべり量が飽和しないことを説明したものと解することはできない。

(2015)を含め、合理的に考えられる如何なる方法も否定されるとすれば、それは科学技術の利用そのものを否定することにもなり、相当ではない。科学技術を利用する上では、そのリスクの存在を認めながら、いかにそのリスクを小さくするかということが重要であるところ、相手方は、すべり量の想定においては信頼性のある手法を用いた上で、さらに、既存の知見を上回るすべり量となることも考慮している(後記(エ))。その他の重要なパラメータについても不確かさを考慮するなどして十分に保守性を持たせて設定したモデルを用いて地震動評価を行い(上記第1の2(1)イ(ア)、後記第3の2(4))、さらに保守的に基準地震動 S_s を設定している。その上で、耐震安全性に余裕をもたせ、万が一、事故が発生した場合でも放射性物質が大量に放出されることのないよう重大事故等対策も講じているのである。したがって、上記のような専門家らの発言をもって、すべり量が飽和するという見解の合理性が損なわれることはないのはもちろんのこと、それによって本件3号機において放射性物質を大量に放出するような事故が発生する具体的な危険があることにはならない。

(ウ)すべり量が飽和するとの知見に与する論考も、国内の地震のデータに乏しく、海外の地震についていえることが日本の地震に当てはまるのかについては意見もあり、サンプルの範囲が限定的であること

原決定は、「すべり量が飽和するとの知見に与する論考も、元データの中に国内の地震が含まれていなかったり、含まれていても濃尾地震の1事例のみだったりするなど、海外の地震についていえる

ことがそのまま日本の地震にも当てはまるかについては意見もあり（甲D 3 2 2，乙2 5 6），サンプルの範囲が限定的であることは否定し難い。」（原決定2 3 1頁）と指摘する。

しかしながら，国内で発生する長大断層による内陸地殻内地震の観測記録の蓄積を待たなければ，国内の長大断層による地震動を評価することが不可能であるというわけではない。国外のデータが主に用いられたり，国内のデータに限られていたりする経験式であっても，経験式の特徴を把握した上で，適切に用いることで有効な評価を行うことができるし，その後のデータの蓄積によって検証がなされることにより，信頼性の確認を行うことができる。

例えば，原決定は，海外の地震についていえることがそのまま日本の地震にも当てはまるかについては意見があるとして，甲D 3 2 2及び乙2 5 6を示す。しかしながら，甲D 3 2 2は1 9 9 3年に国内と北西アメリカとで観測された内陸地殻内地震では，断層全体の面積に占めるアスペリティ面積の割合が異なることに言及しているものであり，いずれも入倉孝次郎氏が共著者となっているところ，同氏が共著者となっている最新の科学的知見である宮腰ほか（2 0 1 5）³⁷において，1 9 9 5～2 0 1 3年に国内で発生した内陸地殻内地震を対象に震源インバージョン結果を収集・整理し，主に国外の地震記録に基づく知見（甲D 3 2 2等）から得られた規範（Somerville et al. (1999)）に従い，震源の巨

37 「強震動記録を用いた震源インバージョンに基づく国内の内陸地殻内地震の震源パラメータのスケール則の再検討」宮腰研・入倉孝次郎・釜江克宏，日本地震工学会論文集，15-7，141-156，2015.

視的・微視的パラメータを抽出した結果、「断層破壊面積，平均すべり量，アスペリティ面積は，これまでのスケーリング則とよく一致していることを確認した。」（乙256（152頁））とされているのである（なお，「これまでのスケーリング則」に付された注釈4は，長大断層のすべり量が飽和することを示す知見であるMurrotani et al.（2015）である。）。

長大断層に係る知見については，今後の国内での事例が蓄積されることにより，さらに信頼性の向上が図られることにはなるが，少なくともすべり量が飽和するとの知見については，最新の強震動予測レシピ（乙354）において採用されていることから，専門家らの間では，国内の地震においても適用できる知見であるとの共通認識があると考えられる。

(エ) すべり量が飽和するとの知見に与する論考においても，飽和すべり量を超える地表最大変位量を記録したデータが一つならず存在すること

原決定は，すべり量が飽和するとの見解に与する知見として，室谷ほか（2009）及び室谷ほか（2010）では，長大断層に限れば，地表最大変位量は震源断層の平均すべり量の概ね2～3倍に収まり，地表最大変位量は断層長さがほぼ100kmで約10mに飽和すること，壇ほか（2011）において断層長さが約80kmを超えると平均すべり量がほぼ300cmで一定となる（飽和する）ことがそれぞれ指摘されていることなどを認める一方，「上記の論考（相手方注：室谷ほか（2009），室谷ほか（2010）及び壇ほか（2011））が標榜する，又は論考の内容から導かれる飽和すべ

り量を超える地表最大変位量を記録したデータが一つならず存在することも窺える。」として、すべり量が飽和することを示す論考の基となるデータに「憾みがある」旨指摘する（原決定227～232頁）。

しかしながら、以下に述べるとおり、原決定の指摘が、すべり量が飽和するとの知見の妥当性を左右するものではない。

原決定は、室谷ほか（2009）の基となるデータについて、「1999年集集地震（Chichi）で地表最大変位量が10m超となっているほか、Stirling et al.（2002）³⁸の元データの中には平均すべり量が6m超となるものが見受けられる旨指摘する（原決定228頁）が、室谷氏らの研究目的はあくまで「スケーリングの全体像をみること」であり、上記知見を超えるデータが全くないことまで述べているのではない。しかも、1999年集集地震の記録が10mを超えているとしてもわずかであるし（乙164の図1）、Stirling et al.（2002）のデータにしても、41地震（室谷（2010）では40地震）のうちの一つ又は二つのデータを指すものであり（乙164の図2）、これらのデータがスケーリングの全体像を左右するものでないことは明らかである。

また、壇ほか（2011）における平均すべり量及び震源断層長さの関係は図7のとおりであるところ、原決定は、図7における平

38 Comparison of earthquake scaling relations derived from data of the instrumental and preinstrumental era, STIRLING, M., RHOADES, D., and BERRYMAN, K., Bull. Seismol. Soc. Am., 92, 812-830, 2002.

均すべり量及び震源断層長さの関係（回帰式）を示す実線と回帰式を導くのに用いたデータ（同図の●印又は○印）との位置関係において、実線よりも上方にプロットされているデータがあること、つまり、壇ほか（2011）で飽和するとされる平均すべり量よりも、大きな平均すべり量を記録した地震があるので、すべり量が飽和することを示す壇ほか（2011）の知見にも疑義を呈するものであると考えられる。

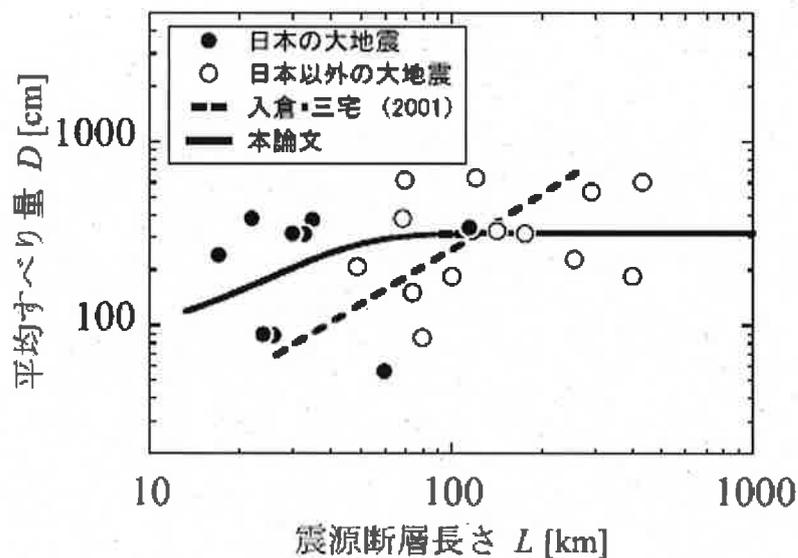


図7 平均すべり量と震源断層長さとの関係

壇ほか（2011）の図7（乙37（2046頁））より

図7 壇ほか（2011）における平均すべり量と震源断層との関係

図7における実線は、他の回帰式と同じく、データの平均として求められたものであって（乙37（2047頁））、これを超えるデータがあることは避けられないのであり、そのことをもって、長大な断層においては断層長さが長くなってもすべり量が一定となる

(すべり量が飽和する)ということが否定されるものではない。このことは、入倉・三宅(2001)から求めた平均すべり量と震源断層長さとの関係が図7において点線でも示されているが、平均すべり量と震源断層長さが単純に比例関係にあることを示す点線よりも、実線の方がよりデータの平均を捉えていることや、実線よりも上方にあるデータを見てもほぼ横ばいであることから分かる。こうしたことから、壇ほか(2011)は、「従来から指摘されているように、平均すべり量 D は、小地震では震源断層の長さ L に比例し、大地震になるにつれて震源断層の長さ L にかかわらず一定になると考えられていること」と整合する結果であることが確認されているのである。(乙37(2047頁))

そして、壇ほか(2011)は、長大断層に限れば、地表最大変位量は震源断層の平均すべり量の概ね2~3倍であるとする室谷ほか(2009)³⁹の知見(乙164)及び地表最大変位量は断層長さが概ね100kmで約10mに飽和するとの室谷ほか(2010)⁴⁰の知見(乙163)とも整合的である。例えば、断層長さ約480kmの基本ケースについて、室谷ほか(2009)の知見に基づき壇ほか(2011)の手法で求まる平均すべり量(2.62m)の2~3倍を地表最大変位量と考え、その地表最大変位量と室谷ほか(2010)で示されているデータベースとを比較すると、室谷ほか(2010)の知見と整合的であることがわかる(図8の緑色のプロッ

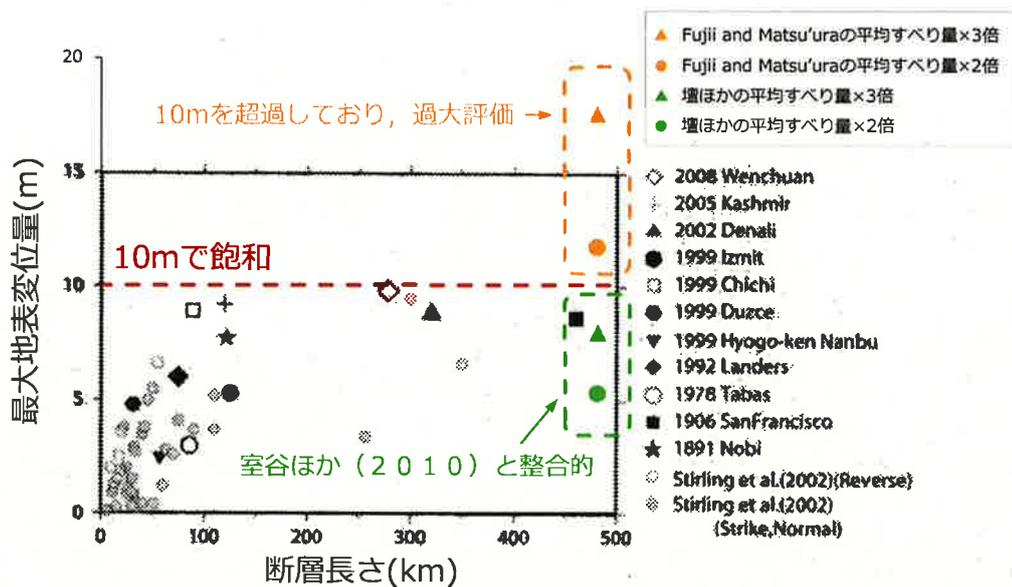
39 「長大断層に関するスケーリング則」室谷智子，松島信一，吾妻崇，入倉孝次郎，日本地震学会講演予稿集，A12-05，2009.

40 「内陸の長大断層に関するスケーリング則の検討」室谷智子，松島信一，吾妻崇，入倉孝次郎，北川貞之，日本地震学会講演予稿集，B12-02，2010.

ト、乙269（57頁））。

以上のとおり、原決定が指摘するすべり量が飽和するとの知見の基となるデータに、その妥当性を疑問視するような「憾み」があるわけではないし、一方では、各知見が整合することも確認できるのであるから、すべり量が飽和するとの知見は信頼性の高いものであり、原決定の指摘は相当ではない。

ちなみに、壇ほか（2011）による飽和した平均すべり量については、上記のとおり平均としての値であるところ、相手方は、壇ほか（2011）の手法以外にも、Fuji and Matsu'ura（2000）の手法でも評価している。Fuji and Matsu'ura（2000）を用いた場合、平均すべり量（5.83m）を2～3倍すると10mを超え、室谷ほか（2010）の知見からは過大な値となる（図8の橙色のプロット、乙269（57頁））が、相手方は、あえてそのままの値を地震動評価に用いることで、十分に保守的な評価を行っている。



室谷ほか(2010)(乙163)に加筆

図8 最大地表変位量と断層長さの関係(断層長さ約480kmの例)

ウ 抗告人らの主張について

抗告人らは、長大な断層による地震では、すべり量が飽和するとの知見について、「科学的に不合理であると言うつもりはもとよりない」としながらも、「もしすべり量が飽和しなければ、本件原発に甚大な被害が及び得ることは容易に想像がつくことからすれば、現段階ではすべり量は飽和しないものと仮定し、すべり量の飽和を前提としないスケーリング則を採用することこそが合理的な最大の想定である。」と主張する(抗告理由書(地震動関係)第3の1(1)(9~10頁))。

しかしながら、すべり量が飽和するとの知見を採用することが合理的であることは、抗告人らも認めるところであるし、上記イでも詳しく述べたとおりである。また、長大な断層による地震にすべり量が飽和しないと仮定した場合には、現実とかけ離れた結果をもたらすことは、専門家フォーラムにおける出席者の発言(例えば、甲D302(1

7頁)におけるP2の発言)からも窺えるし、地表最大変位量は震源断層の平均すべり量の概ね2～3倍であるとする室谷ほか(2009)の知見(乙164)や四国西部の中央構造線断層帯の地表の変位量2～4mとする堤・後藤(2006)⁴¹の知見(乙165(129頁)のTable 2において、四国西部の中央構造線断層帯を構成する断層、すなわち、川上断層(Kawakami)、重信断層(Shigenobu)及び伊予断層(Iyo)の平均すべり量(Slip)がそれぞれ4m、2.5m及び2mであることが示されている。)とも整合しないことは明らかである。

したがって、抗告人らの主張に理由はない。

(2) 「経験式が内包する不確かさの考慮について」について

原決定は、松田式が断層長さから地震規模を割り出す経験式であること、地震ガイドにおいて「震源モデルの長さ又は面積、あるいは単位変位量(1回の活動による変位量)と地震規模を関連付ける経験式を用いて地震規模を設定する場合には、経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する。その際、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、その不確かさも考慮されている必要がある。」とされているとの認定をした上で、相手方が、松田式を用いて地震規模を推定し、これをそのまま耐専式やその他距離減衰式のパラメータとして用いており、松田式そのものが内包する不確かさを別途考慮した形跡は見当たらないとして、相手方の地震規模の設定の在り方が、「地震ガイドの求めに沿っていない疑いもないではない」として、この点におけ

41 「四国の中央構造線断層帯の最新活動に伴う横ずれ変位量分布」堤浩之、後藤秀昭、地震2, 59, 117-132, 2006.

る相手方の地震動評価の合理性について確信を得るためには証人尋問が必要であるかのような指摘をするが、相手方の地震動評価は保守的な想定となっているとして、結論としては、その合理性を認める旨判示する（原決定234頁以下）。

これに対し、抗告人らは、上記判示につき、相手方が不確かさを考慮して保守的な評価を行っているとしても松田式のばらつきを補うことにはならないなどと主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の1(2)（10頁以下））。

以下では、原決定において「地震ガイドの求めに沿っていない疑いもないではない」との判示がなされたことを踏まえ、まずは原決定が引用する地震ガイドの規定の内容を敷衍して説明した上で、抗告人らの主張に理由がないことについて述べる。

ア 原決定が引用する地震ガイドの規定について

上記判示において原決定が引用する地震ガイドの規定はI.3.2.3(2)であると思われるところ、原決定の引用には、細かい点を含めれば複数の箇所では正確ではない記載がある。改めて地震ガイドI.3.2.3(2)を引用すると、次のとおりである。

「震源モデルの長さ又は面積、あるいは1回の活動による変位量と地震規模を関連づける経験式を用いて地震規模を設定する場合には、経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する。その際、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、経験式が有するばらつきも考慮されている必要がある。」

原決定は、地震ガイドの上記規定から、同ガイドが「経験式自体が内包する不確かさ」を考慮するよう求めていると認定したようである

が、地震ガイドの上記規定及びその他の規定においても「経験式自体が内包する不確かさ」を考慮するよう明記した規定はない。このため、原決定における「経験自体が内包する不確かさ」が具体的にどのようなものかは明らかではないが、原決定が「経験式自体が内包する不確かさ」を考慮するよう求めている旨認定したのは、おそらくは、原決定が上記規定を引用する際に「経験式が有するばらつき」との記載（相手方の引用において下線部で示した箇所）を「その不確かさ」と誤って解釈したものと思われる。そうすると、原決定がいうところの「経験式そのものが内包する不確かさ」は、地震ガイド I. 3. 2. 3 (2) に規定される「経験式が有するばらつき」と同義のものを想定しているものと考えられる。

イ 地震ガイド I. 3. 2. 3 (2) について

地震ガイド I. 3. 2. 3 (2) は、検討用地震の選定において、「経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する」際に、この「経験式が有するばらつき」を考慮することを求めている。

(ア) 「経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する」ことの意味について

経験式は、その基となるデータを回帰分析⁴²して得られるものであることから、基本的には、その基となるデータの範囲（適用範囲）において使用されることによって信頼性が担保されるので、当該経

42 回帰分析は、2変数 X, Y のデータがあるときに、回帰方程式と呼ばれる説明の関係を定量的に表す式を求めることを目的としている。説明される変数を Y で表し、これを従属変数、被説明変数、内生変数等と呼ぶ。また、説明する変数を X で表し、独立変数、説明変数、外生変数等と呼ぶ。回帰分析の目的は、X と Y との定量的な関係の構造（モデルということがある。）を求めることである。ある一方が他方を左右する（決定する）という一方方向の関係にある場合、かかる関係を分析するには回帰分析の方法がふさわしい。

験式を適用範囲から外れるような震源断層に使用するのには適切ではない。これに対し、検討用地震の選定にあたって考慮される地震は、一般的に地域によって異なるため、特定の地域で発生する地震を考慮する場合に、想定される震源断層が経験式の適用範囲から外れる場合もある。したがって、経験式を適切に使用するためには、経験式を適用する震源断層が当該経験式の適用範囲に含まれているかについて十分に検討する必要がある、これが「経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する」ことの意味である。

(イ) 「経験式が有するばらつき」の意味について

経験式とは、一般に、ある事象（関係性）を最も確からしく表す（求める）ために策定されたものであり、実際に発生した事象の各データを基に、最小二乗法⁴³によって求められるものである。このような経験式は、その基とされた各データのいわば平均像を示すものであり、当然のことながら、最小二乗法で求められた経験式とその基となった各データとの間には乖離が存在する。この乖離が経験式における「ばらつき」といわれるものである。

このことは、地震動評価に用いる経験式でも同様であり、経験式とその基となる各データとの間には必ず乖離、すなわち、「ばらつき」が生じる。そして、経験式はその基となる各データの平均像を

43 2変数 x , y の間に一方が他方を左右ないし決定する関係があるとき、 x と y との間に関係式 $y = b x + a$ を与える客観的な方法である。すなわち、観測記録のデータや実験値等の現実の値を (x_i, y_i) とし、 x_i から予想される y の値 $b x_i + a$ と現実の値 y_i が、最も小さい隔たりを持つのが、最適な直線 $y = b x + a$ の引き方である。そして、最も小さい隔たりとなるよう a , b の値を求める方法は、現実の値 (x_i, y_i) と関係式から求められる $(x, y = b x + a)$ の各点の隔たりの二乗和を最小にする a , b の関係を求めることである。この方法により、誤差を最小にして2変数の関係に最もよくあてはまる直線を得ることができる。

示すものであること、経験式の基となるそれぞれのデータ（地震）には当該地震が発生した地域の地域特性が反映されていることから、経験式とその基となる各データとの乖離（ばらつき）は、当該データ（地震）の地域特性そのものを示すものとなっている。

そこで、地震動評価において経験式を用いるにあたっては、経験式には上記のような「ばらつき」が存在することを踏まえ、評価対象地域における地震の地域特性を十分に考慮した上で評価する必要がある、これが「経験式が有するばらつき」を考慮するということである。

(ウ)地震ガイド I. 3. 2. 3 (2) で求められていることの意味について

上記(ア)及び(イ)を踏まえると、経験式を適切に使用するためには、経験式を適用する震源断層が当該経験式の適用範囲に含まれているかについて十分に検討する必要がある、その際には、評価対象地域における地震の地域特性を十分に考慮した上で評価する必要があるというのが、地震ガイド I. 3. 2. 3 (2) における「その際・・・経験式が有するばらつきも考慮されている必要がある」の意味するところである。

例えば、ある地域において、経験式を用いて断層面積から地震規模を設定するに際し、当該地域の地質調査等の結果を踏まえて設定される震源断層の長さ等が、当該経験式の基となったデータの範囲を外れるのであれば、当該経験式を適用することは基本的に相当ではないということになる。

ちなみに、「経験式のばらつきを考慮する」との意味が上記のと

おり、評価対象地域における地震の地域特性を十分に考慮することである以上、「経験式のばらつき」として、経験式の基となったデータのうち、ばらつきが最大となるものを考慮すべきだという考え方は、評価対象地域とは異なった地域の特性が反映されたデータを基準とすることとなるばかりでなく、要するにデータベースの最大値を用いることに過ぎないので、そもそも経験式を求める意味を失わせることになる。こうした考え方は経験式及び経験式に基づく種々の地震動評価を全て否定するものであって、明らかに不合理である。

(エ)相手方は地震ガイド I. 3. 2. 3 (2) を踏まえて適切に「経験式が有するばらつき」を考慮していることについて

以上を踏まえ、相手方が策定した基準地震動 S_s の策定過程について見てみると、相手方は、上記第 1 で述べたとおり、本件発電所の地震動評価において、詳細な調査等に基づいて敷地周辺の地域特性を把握し、その上で保守的なパラメータを設定し、さらに不確かさを考慮して地震動評価を行っている。

例えば、松田式を用いて敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の地震の規模を求める際には、松田式が強震動予測レシピ等でも用いられ、多くの場面で実用されている信頼できる手法であること、震源断層の長さを用いるのに適した経験式であること、その基となるデータからは適用範囲が 20 km～80 km であること（上記(1)アを参照）、その適用範囲を超える長大な断層については、地震調査委員会による「活断層の長期評価手法」報告書（乙 151）で提案されている手法、すなわち、断層長さが断層面の幅の 4 倍を超え

る場合には長さが4倍を超えないように区分した区間が連動するモデルを設定して地震規模を算出する手法（乙151（26頁））が示されていることを確認した。そして、相手方は、詳細な調査等に基づき、本件発電所の敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の性状を把握するとともに、地震調査委員会（2011）⁴⁴等を踏まえ、断層長さ約480kmとなる最大限の連動を考慮し、さらに、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）が複数の活動区間（セグメント）に区分されていることを踏まえ、部分的な活動も考慮することとし、詳細な調査等から得られたデータを基に、断層長さ約54km及び約130kmとなるケースも想定するなど、その地域特性を十分に考慮した。

そして、松田式の適用範囲及び敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震についての地域特性を考慮して、断層長さ約54kmのケースでは松田式をそのまま適用し、約130km及び約480kmのケースでは、上記「活断層の長期評価手法」報告書が提案する方法を採用し、長さが80km以下になるようセグメント区分を行い、区分したセグメントごとに算出した地震規模を合計して断層全体の地震規模を求めた（乙178）。

このように、相手方は「経験式が有するばらつき」の考慮を地震ガイドに則って適切に行っているのであり、この点についての原決定の判示は地震ガイドの解釈を誤っている点において相当とはいえない。また、原決定の上記判示を前提とする抗告人らの主張は、そ

44 「中央構造線断層帯（金剛山地東縁－伊予灘）の長期評価（一部改訂）について」地震調査委員会、2011

の前提において誤りであり，理由がない。

(3) 「断層長さの認識論的不確定性について」について

原決定は，敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）で断層長さ90 km及び103 kmのケースを想定すると，本件敷地との関係で約69 kmのケースよりも等価震源距離が長くなること，90 km及び103 kmのケースで想定される最大の地震規模が約130 kmのケースのそれを超えることは理論上考え難いことから，90 km及び103 kmのケースのいずれについても，等価震源距離及び最大の地震規模は約69 kmのそれらと約130 kmのケースのそれらの間に収まると考えられるため，相手方が90 km及び103 kmのケースを想定しなかったからといって，直ちにそのことが合理性を欠くとはいえない旨判示する（原決定236～237頁）。

これに対し，抗告人らは，中央構造線断層帯が活動した際，実際に，相手方が考慮した断層長さ約54 km，約69 km，約130 km及び約480 kmのいずれかに当てはまるとは必ずしも言えず，約69 kmのケースよりも約130 kmのケースや約480 kmのケースの方が結論として小さな地震動評価を導いている現在の評価手法を前提とすれば，約69 kmのケースと約130 kmのケースとの中間に最も地震動を大きくし得るケースが存在するはずであり，そこまで突き詰めて検討すべきである旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の1(3)（12頁以下））。

しかしながら，抗告人らの主張は，以下に述べるとおり，理由がない。

ア 等価震源距離の特性について

等価震源距離とは，「面的な広がりを持つ震源断層から受けるエネルギーと同じエネルギーを放つ仮想の点震源までの距離」のことである（例えば，「重心」のようなもの。）。断層最短距離 X は，図9

に示す①及び②のどちらも同じ距離であるが、特に大きな揺れを生じさせるアスペリティがある②では、アスペリティの位置によっては①と比べて等価震源距離 X_{eq} は近くなる場合がある。等価震源距離 X_{eq} を用いた距離減衰式は、断層最短距離 X を用いた距離減衰式と比べると、震源断層の持つエネルギーの強さを評価に反映することができる（具体的な算出方法等は、原審債務者準備書面（5）第2の1(2)イ（27頁以下））。



図9 等価震源距離の概念図

相手方が用いた耐専スペクトルは、パラメータとして地震規模（気象庁マグニチュード）と等価震源距離を用いる評価手法であり、地震規模が大きくなるほど、また、等価震源距離が近くなるほど、地震動レベルは大きくなる。敷地前面の短い断層のみを想定した場合には、地震規模は小さくなるが、等価震源距離は近くなる。一方、長い断層を想定した場合には地震規模は大きくなるが、等価震源距離は遠くなる。このように、耐専スペクトルによる評価では、地震規模及び等価震源距離から地震動レベルを求めるため、短い断層での地震動レベルより長い断層での地震動レベルが小さくなる可能性があるという特性を持っている（図10）。

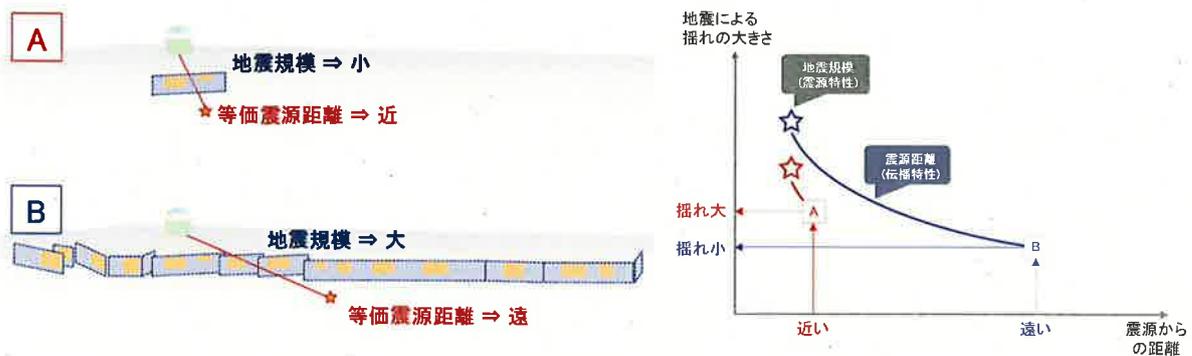


図 1 0 等価震源距離の特性について

イ 抗告人らの主張について

相手方は、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）に係る断層モデルを用いた手法による地震動評価結果からは、断層長さ約 5 4 km、約 1 3 0 km 及び約 4 8 0 km の各基本ケースからもたらされる地震動はほぼ同じであること、すなわち、断層長さを変えてもより実像に近い地震動としては違いが生じないことを確認している。一方、応答スペクトルに基づく地震動評価を行う際には、耐専スペクトルという手法には等価震源距離を用いることによる特性があることを考慮し、断層長さ約 5 4 km、約 1 3 0 km 及び約 4 8 0 km の各ケースの評価に加え、約 5 4 km のケースで伊予灘セグメント（敷地前面海域の断層群）の両端のジョグの端部にまで断層破壊が及ぶと仮定して断層長さ約 6 9 km のケースについても念のため評価を行った。そして、結果的に断層長さ約 6 9 km のケースで保守的な（約 1 3 0 km や約 4 8 0 km のケースを若干上回る）評価が得られたが、この評価結果は、断層モデルに基づく地震動評価から得られた実像としての地震動とは異なるものであることを踏まえると、あくまで耐専スペクトルという手法の特性が反

映されたもので、震源特性が反映されたものとはいえない。このため、約69kmのケースの評価結果については、保守性を考慮し、応答スペクトルに基づく地震動評価を基にした基準地震動 $S_s - 1$ を設定する際にも考慮はしたものの、実際には断層長さ約69kmとなる断層破壊は考え難いことも踏まえれば、本来であれば、基準地震動の策定において考慮する必要はないというべきである。

抗告人らの主張は、90kmや103kmという断層長さを用いた場合に約69kmのケースでの評価を超える可能性があることを指摘するものであるが、そもそも、相手方が約69kmで評価したのは、あくまで耐専スペクトルの特性を確認するためであり、その特性のピークを求めるためではないし、仮に、103kmや90kmという断層長さを用いることによって、約130kmや約480kmのケースよりも大きな地震動が評価されたとしても、それは約69kmのケースと同じく耐専スペクトルの特性によるものに過ぎず、そのような地震動を考慮する必然性もなければ、あえて、そのような地震動が求まることを期待して103kmや90kmというケースで評価する必要性はない。もっとも、上記アで述べたとおり、断層が長くなれば、地震規模は大きくなる反面、等価震源距離も長くなり、地震波の減衰が大きくなる（本件発電所の敷地に到達する地震波のエネルギーが弱まる割合が大きくなる。）ため、断層長さを90kmや103kmのケースの方が約69kmのケースよりも地震動が大きく評価されるとは限らないし、仮に、103kmや90kmという断層長さを用いることによって、約130kmや約480kmのケースよりも大きな地震動が評価されたとしても、上記第1の2(3)で述べたとおり、相手方が策定した基準地震動 $S_s - 1$ は、断層

長さ約69kmのケースの結果をそのまま用いたものではなく、応答スペクトルに基づく地震動評価による応答スペクトルを全て包絡するように設計用応答スペクトルを設定して求めたものであり、相手方が策定した基準地震動 S_s の合理性及び本件3号機の耐震安全性を失わせるようなことはないといえる。よって、抗告人らの主張は理由がない。

(4) 「中央構造線の長期評価との比較について」について

原決定は、地震調査委員会(2011)において格別不合理な点はないところ、相手方が堤・後藤(2006)から得られた地表変位量に室谷ほか(2010)の知見を加味してモーメントマグニチュードを算出し、それを基に算出した気象庁マグニチュードは、地震調査委員会(2011)にも沿うものであるとして、相手方が約130km及び約480kmの各ケースにおいて評価した地震規模が、地震調査委員会(2011)におけるそれらと同程度の断層長さを持つ活断層群について示された各地震規模より小さい部分があるからといって、相手方による評価が過小であり、合理性を欠くとまでいうことはできない旨判示する(原決定237~239頁)。

これに対し、抗告人らは、断層長さ80km、気象庁マグニチュード8.0を超える場合は、気象庁マグニチュードではなくモーメントマグニチュード(M_w)で議論すべきであるとした上で、相手方の断層長さ約130km及び約480kmのケースでは、「長期評価の幅のあるモーメントマグニチュードの想定のうち、かろうじて下限付近に位置するか、若しくは下限よりも小さな想定となっている」として、「相手方における過小評価は明らかである」旨主張する(抗告理由書(地震動関係)第3の1(4)(13頁以下))。

しかしながら、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の断層長さ約480kmのケースについては、地震調査委員会（2011）では評価されていないので、そもそも相手方が評価したモーメントマグニチュードと地震調査委員会（2011）との比較はできないし、断層長さ約130kmのケース（地震調査委員会（2011）では石鎚山脈北縁西部－伊予灘の活動区間がこれに対応する。）についても、地震調査委員会（2011）の評価と相手方の評価とでは、その前提となるすべり量の想定が異なるため単純に比較できないことは、原審債務者準備書面（5）第2の3(1)ア(ウ)（49頁以下）で述べたとおりである。

すなわち、相手方は、断層のすべり量について、堤・後藤（2006）による中央構造線断層帯の地質調査結果に加え、長大断層に限れば、地表最大変位量は震源断層の平均すべり量の概ね2～3倍であるとする室谷ほか（2009）の知見（乙164）及び地表最大変位量は断層長さがほぼ100kmで約10mに飽和するとされる室谷ほか（2010）の知見（乙163）と整合するように設定しているのに対し、地震調査委員会（2011）における地震規模は、地表変位量（7m）が断層の平均すべり量と同じという仮定や、一部区間の断層の幅や平均すべり量が全長（約360km又は約130km）にわたって同一であるという仮定のもと算出されたものである（乙33（77頁））。地震調査委員会（2011）のように平均すべり量を地表変位量と同じ7mに設定した場合、室谷ほか（2009）の知見に照らすと、地表最大変位量は1.4～2.1mとなり、室谷ほか（2010）の知見と整合しない上、堤・後藤（2006）が四国西部の中央構造線断層帯で確認したとする地表の変位量

2～4 m⁴⁵とも整合しない。また、地震調査委員会（2011）は、讃岐山脈南縁－石鎚山脈北縁東部のすべり量と川上断層－伊予灘西部断層とで同じ値を仮定しているが、この点も堤・後藤（2006）において、神田断層から岡村断層に至る区間で変位量が大きく、その東西で変位量が小さくなる傾向があるとされることとも矛盾する（乙165（130頁））。そして、地震調査委員会は、乙33（77頁）において、「地表のずれの量は、地下の断層面におけるずれの量と同量ではない可能性がある」として、「強震動の計算を行う場合等には、この点に十分留意する必要がある」と注記している。

さらに、地震調査委員会が作成している「全国地震動予測地図2014年版～全国の地震動ハザードを概観して～」（以下「予測地図（2014）」という。）において、主要活断層のモデル化を行っている⁴⁶ところ、予測地図（2014）で設定されたモデルのモーメントマグニチュードは、地震調査委員会（2011）をいずれも下回る。地震調査委員会（2011）と予測地図（2014）とに記載されているモーメントマグニチュードを比較して表1に示す。そして、相手方が評価した断層長さ約130 kmに対応する石鎚山脈北縁西部－伊予灘区間のモーメントマグニチュードは7.4で、相手方が壇ほか（2011）を用いて設定した7.4と同じであり、Fuji and Matsu'ura（2000）を用いて設定した7.5を下回るものであった。

45 堤・後藤（2006）のTable 2（乙165（129頁））において、四国西部の中央構造線断層帯を構成する断層、すなわち、川上断層（Kawakami）、重信断層（Shigenobu）及び伊予断層（Iyo）の平均すべり量（Slip）がそれぞれ4 m、2.5 m及び2 mであることが示されている。

46 地震調査委員会は、全国地震動予測地図2016年版及び同2017年版も公表しているが、中央構造線断層帯の断層モデルは予測地図（2014）のまま変更されていない。

このように、同じ地震調査委員会による評価でありながら、地震調査委員会（2011）と予測地図（2014）とで地震モーメントの値が異なるのは、地震調査委員会（2011）が平均すべり量に地表変位量を用いたのに対し、予測地図（2014）では強震動予測レシピに従って、震源断層のモデル化を行ったためである。こうしたことから、地震調査委員会（2011）のモーメントマグニチュードは、あくまで「参考」として求められたものであり（乙33（38頁））、地震調査委員会も、地震調査委員会（2011）に記載するモーメントマグニチュードをそのまま断層モデルの設定に用いることを想定していないことは明らかである。

したがって、相手方が設定したモーメントマグニチュードの値が地震調査委員会（2011）と比較して過小であるということはできないのであって、抗告人らの主張は理由がない。

表1 モーメントマグニチュードM_wの比較

	地震調査委員会(2011)	予測地図(2014)
①金剛山地東縁	6.8 - 7.5	6.5
②和泉山脈南縁	7.3 - 7.7	7.1
③紀淡海峡 - 鳴門海峡	7.2 - 7.7	7.1
④讃岐山脈南縁 - 石鎚山脈北縁東部	7.7 - 8.0	7.6
⑤石鎚山脈北縁	7.3 - 7.5	6.8
⑥石鎚山脈北縁西部 - 伊予灘	7.4 - 8.0	7.4

出所：地震調査委員会(2011)の数値は乙33(77頁)
 予測地図(2014)の数値は(乙355(182~183頁))

(5) 「耐専式の適用を排除したことについて」について

原決定は、耐専スペクトルの基となったデータに、当該観測点と断層との距離を8km程度とするケースのものは含まれていないため、極近距離を下回る場合には耐専式の適用は相当ではないと認めつつ、等価震源距離が極近距離近傍にある場合やそれを下回る場合に、「直ちに耐専式の適用を排除することは相当ではなく、その適用性を個別に吟味すべき筋合いである」とし、相手方が敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震動の評価に耐専スペクトルを適用するにあたり、十分な吟味を行い、その結果、断層長さ約54km及び約130kmの鉛直ケースにおいては、適用できないと判断したことについて、「不合理であるとか、ましてや、恣意的であるなどということとはできない。」と判示する(原決定239頁以下)。

これに対し、抗告人らは、元データに距離 8 km 程度のものがないからといって、極近距離を下回る場合には耐専式の適用は相当ではないということにはならないとし、極近距離を下回る場合であっても、観測記録によっては整合するものがあることを指摘して、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の断層長さ約 5.4 km 及び約 13.0 km の各鉛直ケースでも耐専スペクトルを適用すべき旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第 3 の 1 (5) イ、ウ（16 頁以下））。

しかしながら、経験式は、基となるデータの平均値として求められた式である以上、基となるデータの範囲で適用されることが基本である。耐専スペクトルについても、経験式である以上、その適用範囲を無視することはできないが、その後、基データを超える範囲であっても十分な検証によって、運用上、実際の観測記録を再現することが可能と判断された範囲において適用が可能であるとされている。この一定の範囲の目安として、遠距離、中距離、近距離、極近距離が示され、極近距離を下回る範囲においては、未だ十分な検証がなされているとはいえないので、原則的には耐専スペクトルの適用範囲外であり、適用する場合であっても、適用できるかどうかについては個別に十分な吟味が必要とされるものである。抗告人らが指摘するように一部の観測記録には、極近距離を下回る場合であっても耐専スペクトルを適用することが可能と考えられるものがあることは否定しないが、だからといって、他の地震にまで適用できるというまでの十分な検証がなされたとはいえない。極近距離を下回る地震は、観測記録を用いた検証が不十分であり、一律に適用するのは不適切である。そして、仮に極近距離を下回るケースに適用するのであれば、適用が可能であるかどうかについて、個別に、十分な吟味を

行うことが求められることは、平成21年5月に開催された原子力安全委員会の「「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会」における専門家らの議論（乙170（31～35頁，43～44頁））からも明らかである。したがって、十分な吟味を行った上で、適用性を判断した相手方の評価を肯定した原決定は妥当であり、抗告人らの主張に理由はない。

また、抗告人らは、上記判示について、「「その他距離減衰式」による評価と大きく乖離したことをもって、耐専式を適用しなくとも不合理ではないとした」ものであり、相手方が用いた「その他距離減衰式」による評価結果の信頼性についても疑問視されるべきである旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の1(5)エ（19頁以下））。

しかしながら、相手方において適切にその他距離減衰式を選定し、適用したことについては、原審債務者準備書面（5）第2の1(2)オ（32頁以下）、同第2の3(1)ウ（58頁以下）及び原審債務者準備書面（5）の補充書（1）第2の1(4)（21頁以下）で述べたとおりであるし、その他距離減衰式自体、複数の距離減衰式を総称したものであるところ、それら距離減衰式の結果は互いに整合していること（乙31（122～129頁））、さらには、断層モデルによる評価結果とも概ね整合していることから、信頼性は確保されているというべきである。したがって、抗告人らの主張に理由はない。

(6) 「耐専式が内包する不確かさについて」について

原決定は、「耐専式のばらつきや不確かさの考慮をいう点については、経験式そのものが内包する不確かさをそのまま当該敷地における地震動評価にあたって考慮しないからといって、直ちにそのような地震動評価

が合理性を欠くとはいえない」として、この点は、耐専スペクトルも松田式も同様であると判示する（原決定242頁）。

これに対し、抗告人らは、上記判示を「内陸補正をしていないことで不確かさを考慮し尽くされている可能性も否定できない、という意味のようである」とした上で、「内陸補正をしないだけでは不確かさの考慮がし尽くされていない可能性があることは明らかである」旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の1(6)（21頁以下））。

しかしながら、抗告人らの主張は、経験式における基データのばらつき、すなわち、他の観測記録の地域特性を、そのまま本件発電所における地震動評価に用いるよう求めるものであり、そのような主張が失当であることは、上記(2)イ(ウ)で述べたとおりである。ちなみに、抗告人らは、上記主張の論拠として抗告理由書（地震動関係）の21頁に示した図の引用元を乙171（5頁）とするが、乙171の当該図には、抗告人らが図示している「内陸補正をしないだけでは考慮されない耐専式の不確かさ」という赤い四角囲いの表記はないことを念のため指摘しておく。

(7) 「南傾斜モデルについて」について

原決定は、「同じケースにおいて南傾斜モデルでは北傾斜モデルや鉛直モデルの場合以上に等価震源距離が小さくなるとしても、そうだからといって、全てのケースについて南傾斜モデルが耐専式の適用範囲外であるなどと決めつけることはできないし、耐専式を除く他の距離減衰式による評価すら行わないことを可とすることができるかといえ、疑問なしとしない。」としつつ、「480kmケースの南傾斜モデルが耐専式の適用範囲から外れる旨の債務者の主張は、等価震源距離の観点からし

て一定の合理性があることを否定できない」ことなどから、「債務者が応答スペクトルによる地震動評価において南傾斜モデルを不確かさの一つとして考慮しなかったことは一応合理的である」旨判示する（原決定242～244頁）。

これに対し、抗告人らは、「80度から60度くらいの南傾斜であれば、相手方が他のケースでも用いている基準上も耐専式は適用可能と推認できる」旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の1(7)(22頁)）。

抗告人らの主張は、具体的な根拠が示されておらず、反論の限りではないが、仮に、断層長さ約480km・南傾斜ケースについて耐専スペクトルを適用し、等価震源距離が鉛直ケースより多少短くなるとしても、そもそも断層長さが約480kmという極めて長大な断層を想定しているので、等価震源距離は相当に長い（つまり、地震波の減衰が大きい）ため（上記(3)アを参照）、南傾斜80度を想定し、地震動評価に与える影響は小さく、他のケースを大きく上回るような結果になることはない。

2 「断層モデルを用いた手法による地震動評価について」について

(1) 「壇ほか(2011)とFuji and Matsu'ura(2000)について」について

ア 原決定は、壇ほか(2011)による平均応力降下量及びアスペリティの応力降下量の値が過小評価であるとの抗告人らの主張について、「債務者が壇ほか(2011)の応力降下量3.4MPa及びアスペリティの応力降下量12.2MPaを用いたことが合理性を欠くとまではいえない」旨判示する（原決定247～250頁）。

これに対し、抗告人らは縷々主張するが、以下に述べるとおり、いずれも理由はない。

(ア) 抗告人らは、平成28年9月9日付けの野津厚氏の意見書（甲D480）を基に、壇ほか（2011）やFuji and Matsu'ura（2000）の手法については検証が不可能である旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の2(1)（23頁））。

しかしながら、壇ほか（2011）について、壇ほか（2012）⁴⁷は、2002年アラスカDenali地震の記録、2000年鳥取県西部地震の記録及び既往の距離減衰式である司・翠川（1999）⁴⁸による評価と比較して、これらとよく整合していることを確認し、「壇・他（2011）が提案した断層パラメータの設定方法は妥当な方法と考えられる。」と結論付けている（乙176（1264頁））。藤堂ほか（2012）⁴⁹では、壇ほか（2011）を用いて中央構造線断層帯の断層長さ360kmのモデルによる強震動評価を行い、その評価結果と司・翠川（1999）の距離減衰式による推定値及び2002年アラスカDenali地震の断層近傍の観測記録とを比較し、よく対応していることが確認されている（乙177）。そして、壇ほか（2016）⁵⁰は、1999年トルコKocaeli地震を対象として検証を行い、「壇・他（2011）による長大横ずれ断層のレシピの妥当性が示された」と述べている（乙278）。

47 「平均動的応力降下量を用いた長大な横ずれ断層のアスペリティモデルによる強震動の試算と考察」壇一男・具典淑・島津奈緒未・入江紀嘉，日本建築学会構造系論文集，678，1257-1264，2012.

48 「断層タイプおよび地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式」司宏俊・翠川三郎，日本建築学会構造系論文集，523，63-70，1999.

49 「長大な横ずれ断層による内陸地震のアスペリティモデル設定方法の中央構造線への応用と強震動の試算」藤堂正喜・壇一男・具典淑・入江紀嘉・呉長江，日本建築学会大会（東海）学術講演梗概集，21053，105-106，2012.

50 「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，森川信之，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），1139-1140，2016.

相手方自身も、壇ほか（2011）を用いた敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の地震動評価結果と1999年トルコKocaeli地震や2008年中国四川地震の岩盤上の観測記録とを比較して整合的であることを確認しており、原子力規制委員会の審査でも確認を受けている（乙31（196～207頁）、乙179（123～129頁））。さらに、壇ほか（2011）の手法は、IAEAがSSG-9を補完する目的で策定しているSafety Reports Series No. 85（乙356）でも認められている信頼性のある手法である。すなわち、Safety Reports Series No. 85において、内陸地殻内地震の断層モデルを用いた地震動評価における断層パラメータの設定では、Irikura and Miyake（2011）⁵¹の関係式（相手方注：入倉・三宅式のこと）は、断層長さの長い大規模な内陸地殻内地震には適用できないことから、そのような長大断層に対する新たな評価手法として、壇ほか（2011）の手法が紹介されている（乙356（65頁））。

Fujii and Matsu'ura（2000）については、長大横ずれ断層に係る知見であり、断層形状（断層幅と断層長さ）と地震モーメントとの関係式を提案するとともに、観測データに基づく回帰計算により応力降下量3.1MPaを導いている。この応力降下量3.1MPaについては、いくつかの条件下で導出された値であることから、その適用範囲等については今後の課題とす

51 Recipe for predicting strong ground motion from crustal earthquake scenarios, Irikura, K., Miyake, H., Pure Appl. Geophys, 168, 85-104, 2011.

る指摘（入倉（2004）⁵²）があるものの、強震動予測レシピにおいて、長大断層の評価にこの応力降下量を用いる方法が提案されており、長大断層の評価においては主要な知見の一つとして広く認知されている。また、地震調査委員会（2005）⁵³は、山崎断層（長さ80km）の強震動評価において、アスペリティの面積を震源断層全体の面積の約22%とし、震源断層全体の平均応力降下量としてFuji and Matsu'ura（2000）による応力降下量3.1MPaを用いたケースで既往の調査・研究成果とおおよそ対応したアスペリティの応力降下量を推定することができたとしており、Fuji and Matsu'ura（2000）を用いた手法が信頼性の高い手法であることを示している（乙354（11～12頁）、乙357（15頁））。

以上のとおり、相手方が用いている長大断層のスケーリング則については、いずれも検証がなされた信頼性の高い手法であるし、信頼性の高い複数の手法を用いることで長大断層に係る観測記録が比較的少ないことに伴う不確定性がさらに小さくなっているといえるのであって、抗告人らの主張に理由はない。

(イ) 抗告人らは、上記判示に対し、壇ほか（2011）におけるアスペリティ動的応力降下量12.2MPaが日本の長大断層の平均値として過小評価である可能性は相当高い旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の2(1)（23～24頁））。

52 「強震動予測レシピー大地震による強震動の予測手法ー」入倉孝次郎，京都大学防災研究所年報，第47号，A，2004.

53 「山崎断層帯の地震を想定した強震動評価」地震調査委員会，2005

しかしながら、壇ほか（2011）による評価結果については、上記（ア）で述べたとおり、壇ほか（2016）では1999年トルコKocaeli地震の観測記録と、壇ほか（2012）及び藤堂ほか（2012）では司・翠川（1999）の距離減衰式と、それぞれ比較することにより、いずれも長大断層の観測記録との関係において最大加速度の妥当性が検証されており、このことは、最大加速度の大きさに直結する微視的パラメータである応力降下量についても、妥当な水準で設定されていることを示している。また、強震動予測レシピから求まる長大断層のアスペリティの平均応力降下量 14.1MPa ⁵⁴と比較しても、ほぼ同程度である。そして、そもそも壇ほか（2011）については、様々なパラメータの組合せのパッケージとして策定した地震動評価手法であり、個々のパラメータがたまたま他の知見よりも小さいからといって、評価手法全体の信頼性を損なうものではない。このことは、上記のとおり、観測記録を用いた検証によって手法の妥当性が確認されていることから明らかである。

もっとも、仮に応力降下量だけを見たとしても、相手方は、壇ほ

54 強震動予測レシピでは、長大な断層に関しては、震源断層全体の面積 S とアスペリティの総面積 S_a の比率（ $S_a \div S$ ）は、22%であるとされ、そして、アスペリティの応力降下量 $\Delta\sigma_a$ は、この比に基づき、 $\Delta\sigma_a = (S \div S_a) \times \Delta\sigma$ の式で定義されている（乙354（11～12頁））。この式に応力降下量 $\Delta\sigma = 3.1\text{MPa}$ を代入すると、 $\Delta\sigma_a = 14.1\text{MPa}$ が得られる（地震調査委員会が、全国地震動予測地図2016年版を作成するにあたり、アスペリティの応力降下量 $\Delta\sigma_a$ の値として 14.1MPa が用いられている（例えば、糸魚川－静岡構造線断層帯中北部区間の地震動評価につき、乙253））。ちなみに、強震動予測レシピでは、 $\Delta\sigma_a = 14.4\text{MPa}$ という記載が見られるが（乙354（12頁））、これは、入倉・三宅（2001）では S_a の比率を21.5%としており、この比率を用いて計算した場合の数値である。もっとも、相手方においてもFuji and Matsu'ura（2000）による応力降下量を用いた評価では、保守的になるよう $\Delta\sigma_a = 14.4\text{MPa}$ を用いている（乙31（49頁））。

か(2011)だけでなく, Fuji and Matsu'ura (2000)を用いた評価も行うことにより, 強震動予測レシピにおいて長大な断層に係る「既往の調査・研究結果とおおよそ対応する数値」として示されるアスペリティの応力降下量(乙354(12頁))を用いた評価も行っているのであり, 壇ほか(2011)によるアスペリティの応力降下量の値のみを取り上げて, 相手方の評価が過小となっているかのような指摘は妥当ではない。

(ウ) ところで, 抗告人らは, 「壇ほか(2011)が過小評価である旨明快に指摘する知見も見当たらない」との原決定の指摘(原決定249頁)を踏まえ, 野津厚氏の意見書(甲D480)における記載を引用する(抗告理由書(地震動関係)第3の2(1)(24頁))が, 同内容は抽象的な可能性を指摘するのみであって, 「明快に指摘する知見」とはいえない。

また, 原決定が, 入江(2014)⁵⁵における「本来, 日本で発生する地震の断層パラメータを想定するには, 日本の地震データのみを用いるべきであるが, …本研究では, 日本以外の地震も含めた動的応力降下量…を, …用いる。」(甲D327(4-66頁))との記載を踏まえ, 「日本国内の地震データのみを基に算出された動的応力降下量とアスペリティの動的応力降下量を何らの留保なく実用に充てることを躊躇していることが明らかである」と判示した(原決定249頁)のに対し, 抗告人らは, 理解が「逆」であるとして, 「海外のデータを中心に算出された壇ほか(201

55 「動力的断層破壊シミュレーションを用いた内陸横ずれ断層の強震動予測のための震源特性に関する研究」入江紀嘉, 弘前大学大学院理工学研究科博士後期課程博士論文, 2014.

1) に基づいて日本の断層から発生する地震の応力降下量の設定につき何らの留保なく実用に充てられることを躊躇した」ものであるかのように主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の2(1)（24～25頁））が、甲D327に抗告人らが主張するような意図があるのであれば、「本研究では、日本以外の地震も含めた動的応力降下量を・・・用いるが、本来、日本で発生する地震の断層パラメータを想定するには、日本の地震データのみを用いるべきである。」との記載になるはずであり、文章の素直な理解としては、原決定の判示の方が正しい。

(エ) 以上のとおり、壇ほか（2011）の手法から求まるアスペリティの応力降下量を過小と非難する抗告人らの主張に理由はない。

イ ところで、原決定は、平成28年6月に改訂された強震動予測レシピでは、長大な断層について、「円形破壊面を仮定せずアスペリティ面積比を22%、静的応力降下量を3.1MPaとする取扱いは、暫定的に、断層幅と平均すべり量とが飽和する目安となる $M_0 = 1.8 \times 10^{20}$ (N・m) を上回る断層の地震を対象とする」旨の記載がなされた（乙173（12頁））ことから、抗告人らが、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の断層長さ約54km及び約130kmのケースではFuji and Matsu'ura（2000）による応力降下量3.1MPaは適用範囲外であり、相手方の評価が合理性を欠く旨主張したのに対し、改訂前の強震動予測レシピではすべり量の飽和に関係なく、円形破壊面を仮定することが適当ではない長大な断層については、Fuji and Matsu'ura（2000）による応力降下量3.1MPaを用いる旨示されていたこと

などを踏まえ、相手方が断層長さ約54km及び約130kmのケースで応力降下量3.1MPaを設定したことが直ちに合理性を欠くともいえない旨判示しながらも、強震動予測レシピが改訂された経緯、改訂後の強震動予測レシピに沿わない設定について直ちにその合理性を失わせるほどの確実性を有するかどうかなどによっては、相手方の設定が合理性を欠くものと評価される余地があり、それには証人尋問を経るなどして慎重な見極めが必要である旨指摘する（原決定245～246頁）。

上記判示について、抗告人らは、特段の主張は行っていないが、強震動予測レシピは、平成28年6月に改訂された後、さらに平成28年12月にはその修正版が公表され（乙298）、上記判示で論点となっているFuji and Matsu'ura（2000）による応力降下量3.1MPaの適用方法について、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の断層長さ約54km及び約130kmのケースへの適用が除外されるかのような記載が改められ、上記判示が指摘するような慎重な見極めを行わずとも、上記両ケースへ適用が可能であることが明確化された。このことは、原審債務者準備書面（5）の補充書（5）注釈12（8頁）でも説明を行っているが、原決定では考慮されていないので、以下、改めて敷衍して述べる。

すなわち、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ものの（乙173（12頁））、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、長大な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であり、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の断層長さ約54km及び約130kmのケースは地震モーメントが 1.8×10^{20} (N・m)を上回らないものの、断層長さが震源断層の幅（約13km）に対して十分に大きく、強震動予測レシピでも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長大な断層（乙173（10頁））に該当することから、相手方は、同ケースに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と評価したのである（原審債務者準備書面（5）の補充書（2）第2の2（2）（27頁以下））。原決定では、こうした点を踏まえて、相手方の評価の合理性を認めたものといえる。

そして、平成28年12月に修正された強震動予測レシピでは、「円形破壊面を仮定せずアスペリティ面積比を22%、静的応力降下量を3.1MPaとする取扱い」の対象となる断層について、平成28年6月の改訂で示された「地震モーメントが 1.8×10^{20} (N・m)を上回る断層」に加え、「地震モーメントが 1.8×10^{20} (N・m)を上回らない場合でも、アスペリティ面積比が大きくなったり背景領域の応力降下量が負になるなど、非現実的なパラメータ設定になり、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」も明示された（乙298（12頁））。上記のとおり、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の断層長さ約54km及び約

130 kmのケースは、断層長さが震源断層の幅（約13 km）に対して十分に大きい長大な断層，すなわち，「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」に該当するので，Fuji and Matsu'ura（2000）による平均応力降下量（3.1 MPa）の適用対象となることが明らかとなったのである。

したがって，慎重な見極めを行うまでもなく，敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の断層長さ約54 km及び約130 kmのケースの応力降下量として，Fuji and Matsu'ura（2000）による平均応力降下量（3.1 MPa）を用いることについては，強震動予測レシピが予定する取扱いに沿ったものであることが明らかになったものといえる。

(2) 「長大断層における入倉・三宅式の適用」について

原決定は，強震動予測レシピについて，平成28年6月に改訂される以前は，入倉・三宅（2001）の適用範囲は 1.0×10^{21} （N・m）が上限とされていたところ，約480 kmのケースの鉛直モデルにおいて，壇ほか（2011）による地震モーメントは 5.30×10^{20} （N・m）であることから，「地震モーメントの値を見る限り，入倉・三宅（2001）の適用範囲内ということになる」との認識を示すとともに，長大な断層の最大の地震規模を推定する方法として入倉・三宅（2001）の適用を指摘する知見（松島ほか（2010）⁵⁶（甲D124））があることを指摘する一方，松島ほか（2010）が著された後の平成28

56 「内陸地殻内の長大断層で発生する地震に関するスケーリング則」松島信一・室谷智子・吾妻崇・入倉孝次郎・北川貞之，北海道大学地球物理学研究報告，No. 73，117-127，2010

年6月に強震動予測レシピが改訂されたことにより、入倉・三宅（2001）の適用上限が 1.8×10^{20} （N・m）とされ、これを超える場合にはMurotani et al.（2015）を適用することとされていることから、壇ほか（2011）を適用した場合の地震モーメントの点においても、入倉・三宅（2001）の適用範囲外とされたこと、Murotani et al.（2015）は壇ほか（2011）とも整合的であることなどを認定し、「債務者が480kmケースのスケーリング則として入倉・三宅（2001）を適用しなかったのは、最新の知見に基づく改訂レシピの内容に沿うものというべく、結果として合理性がある」旨判示する（原決定250～252頁）。

これに対し、抗告人らは、松島ほか（2010）が著された後に強震動予測レシピが改訂され、Murotani et al.（2015）の適用が掲げられたことをもって、約480kmのケースは入倉・三宅式の適用になじまないとするのは、「まったく的外れな認定である」と主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の2(2)（25頁以下））。

しかしながら、松島ほか（2010）は、その論文の中で、「長大断層に関しては、解析事例が少なく」、「今後はデータの蓄積とともにメカニズムの違いの影響やアスペリティに関する微視的断層パラメータの関係式などについて検討する必要がある」と記している（甲D124（122頁））。そして、Murotani et al.（2015）の著者は、松島ほか（2010）の著者（松島氏、室谷氏、吾妻氏、入倉氏及び北川氏）と同一である（甲F5の1）。室谷氏らは、入倉・三宅（2001）の長大断層への適用性について検証し、長大断層には入倉・三宅（2001）ではなく、Murotani et al.（201

5) を適用すべきという新しい知見を提案したものである。これらのことからすれば、そもそも入倉・三宅(2001)の長大断層への適用について、Murotani et al. (2015)の最新の知見を用いず、松島ほか(2010)を根拠とする抗告人らの主張は、松島ほか(2010)の考え方を正解しておらず、理由がない。

また、抗告人らは、強震動予測レシピにおいて $M_0 = 1.8 \times 10^{20}$ (N・m)を上回る地震ではMurotani et al. (2015)の式を用いることが記載されているものの、これはあくまで震源断層の面積から地震モーメントの平均値を求めるための式に過ぎないとし、長大な断層の地震モーメントの最大値を推定するためには、依然として入倉・三宅(2001)のスケーリング則が有効である旨主張する(抗告理由書(地震動関係)第3の2(2)(25頁以下))が、そもそも回帰式から得られるスケーリング則は、回帰式の基となるデータの平均値を求める相似則であることから、そのことをもって、Murotani et al. (2015)を用いることの合理性が失われることにはならないし、むしろ、入倉・三宅(2001)は、長大な断層に対して平均値を求めることができないから、長大な断層のスケーリング則としてはすでに有効とはいえない。抗告人らの主張は、回帰式の意味や適用範囲を軽視するものであり、誤りである。抗告人らが示す図(抗告理由書(地震動関係)27頁)を見ても、 $M_0 = 1.8 \times 10^{20}$ (N・m)を超える範囲では入倉・三宅(2001)を示す一点鎖線がデータから外れていることが見て取れる。抗告人らは、それが最大値を示すものだとするが、上記第3の1(2)イ(ウ)で述べたとおり、基データのばらつきの最大値は、当該データの地域特性を反映したものであるところ、本件発電所

に用いるべきは本件発電所の地域特性であって、抗告人らのいう「最大値」を本件発電所の地震動評価に用いるのは適切ではない。

そもそも、松島ほか（2010）も、入倉・三宅（2001）が最大値を求めるためのスケーリング則としているわけではなく、長大断層に係るデータが、Somerville et al.（1999）と入倉・三宅（2001）の間に収まると考えられること、長大断層に限ると、地表最大変位量は平均すべり量の2～3倍であること、長大断層では地表地震断層の長さと同層の長さとはほぼ等しいことがそれぞれわかったことから、入倉・三宅（2001）により地震モーメントを求め、その地震モーメントから平均すべり量を求めた際、この平均すべり量が過去に発生した長大断層による地震のすべり量と整合的かどうかで強震動予測のために仮定する断層パラメータの設定が妥当かどうかを判断できるというものである。すなわち、活断層調査等により判明している地表の最大変位量が強震動予測レシピに拠って設定される平均すべり量と極端に矛盾する場合、入倉・三宅（2001）とSomerville et al.（1999）のスケーリング則の間にくるよう平均すべり量を調整することで、長大断層の地震モーメントを推定できる可能性を示唆するものであり（甲D124（120頁））、抗告人らによる松島ほか（2010）の理解は誤っている。したがって、抗告人らの主張に理由はない。

なお、原決定は、強震動予測レシピが平成28年6月に改訂される以前においては、入倉・三宅（2001）の適用上限が 1.0×10^{21} （N・m）とされていたところ、壇ほか（2011）によった場合の断層長さ約480kmのケースの地震モーメントは 5.30×10^{20} （N・m）で

あることから、断層長さ約480kmのケースも「地震モーメントの値を見る限り、入倉・三宅(2001)の適用範囲内ということになる」と指摘している(原決定251頁)が、実際に、約480kmのケースに入倉・三宅(2001)を適用すると、 $M_0 = 2.09 \times 10^{21}$ (N・m) となり、上記適用上限 ($M_0 = 1.0 \times 10^{21}$ (N・m)) を大幅に超えるので、結局のところ、入倉・三宅(2001)を適用するのは適切ではないことになる。上記適用範囲は、あくまで入倉・三宅(2001)より求められる地震モーメントで判断するものであり、基となるデータを異にする壇ほか(2011)を適用範囲の検討に用いるのは相当ではなく、上記指摘には意味がない。

(3) 「54kmケースでの入倉・三宅(2001)による過小評価」について

ア 強震動予測レシピの改訂の影響について

抗告人らは、平成28年12月に強震動予測レシピが改訂され、1.

1. 1巨視的震源特性に定められる(ア)の方法⁵⁷及び(イ)の方法⁵⁸の記載が修正されたこと、当該改訂前の強震動予測レシピには手法の不確定性を考慮して、「複数の特性化震源モデルを想定することが望ましい」とされていたこと、地震ガイドI. 3. 3. 2(4)①1)

57 平成28年12月に改訂された強震動予測レシピにおいて、「(ア)過去の地震記録や調査結果などの諸知見を吟味・判断して震源断層モデルを設定する場合」として示されている巨視的震源特性の設定方法である。具体的には、過去の地震記録や調査結果などの諸知見を活かし、震源断層の長さ及び幅から震源断層モデルの面積を求め、面積と地震規模(地震モーメント)の経験的関係式(入倉・三宅(2001)等)を用いて、面積から地震モーメントを求める方法である。

58 平成28年12月に改訂された強震動予測レシピにおいて、「(イ)長期評価された地表の活断層長さ等から地震規模を設定し震源断層モデルを設定する場合」として示されている巨視的震源特性の設定方法である。具体的には、地震調査委員会による長期評価で評価された地表の活断層長さから地震規模を推定し、その地震規模に見合うように震源断層の断層モデルの面積を経験的関係により推定する方法である。

の規定が震源パラメータの設定において強震動予測レシピ等の最新の研究成果を考慮するよう求めていることを踏まえると、強震動予測レシピの上記（ア）の方法だけでなく（イ）の方法でも震源モデルを設定する必要があるかのように主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の2(3)（27頁以下））。

しかしながら、平成28年12月の改訂によって強震動予測レシピには、「特に現象のばらつきや不確定性の考慮が必要な場合には、その点に十分留意して計算手法と計算結果を吟味・判断した上で震源断層を設定することが望ましい。」（乙298（1頁））とされているところ、この記載の意図については、同改訂を審議した地震調査委員会の強震動評価部会強震動予測手法検討分科会において事務局から、「特に（ア）の方法を使う場合には、例えば、併せて（イ）の方法についても検討して比較するなど、結果に不自然なことが生じていないか注意しながら検討して頂きたいという趣旨」である旨説明されている（甲F12（8頁））。すなわち、（ア）の方法と（イ）の方法とを併用することも一つの方法ではあるが、必ずしもそのように求めているわけではないことは、（イ）の方法を併用するやり方について「例えば」と前置きした上で説明していることから明らかであり、結局のところは、不確定性を考慮するにあたっては、改訂前の強震動予測レシピに記載のあった「複数の特性化震源モデル」を検討することが有用であることを述べていること（乙173（2頁））と大きく変わるものではない。そして、相手方は、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の評価においても、断層長さ約480km、約130km、約54kmの各ケースに様々な不確かさを考慮した震源モデルについて

検討・評価しているところであり（原審債務者答弁書「債務者の主張」第7の2(3)イ(エ)（149頁以下）等），強震動予測レシピについて上記改訂が行われたからといって，何らかの影響を受けるものではない。

以上のとおり，抗告人らの主張は，平成28年12月に改訂された強震動予測レシピの改訂趣旨を正解せずになされたものであり，理由がない。

イ 原子力規制委員会の審査における入倉・三宅（2001）に係る考慮について

原決定は，「原子力規制委員会は，大飯発電所の地震動評価に対する審査にあたり，入倉・三宅（2001）が他の関係式に比べて同じ断層長さに対する地震モーメントを小さく算出する可能性を有していることにも留意して，断層長さや幅等に係る保守性の考慮が適切になされているかという観点で確認していたことが一応認められる」と判示する（原決定257頁）。

これに対し，抗告人らは，その審査を責任者として担当していた島崎邦彦氏自身が「残念なことには入倉・三宅の問題には気が付かなかった」旨の発言をしていることから，原子力規制委員会が入倉・三宅式による過小評価のおそれを予め意識して審査していたという事実はないと主張する（抗告理由書(地震動関係)第3の2(3)(29頁以下))。

しかしながら，原決定も示すように，原子力規制委員会は，大飯発電所の基準地震動に関する審査にあたっては，「入倉・三宅式が他の関係式に比べて，同じ断層長さに対する地震モーメントを小さく算出する可能性を有していることにも留意して，断層の長さや幅等に係る

保守性の考慮が適切になされているかという観点で確認してきている。」と明言している（乙254（3頁），甲D412（10頁））。

また，石渡委員も「断層の長さとか，あるいは面積でもいいのですけれども，これが同じ場合，武村式⁵⁹による地震モーメントを計算すると入倉・三宅式よりも大きくなりますということは，入倉・三宅論文の中にきちんと書いてある」と指摘し，「15年前の入倉・三宅論文にはっきり書いてあることで，これは既知の，既にわかっている事柄であります。これまで我々の，原子力規制委員会，原子力規制庁の地震動評価，基準地震動の策定にあたっては，そういう様々な不確かさを考慮して，安全を見込んだ数値を採用してきている」と述べている（甲D412（18頁））。

上記の石渡委員の発言で触れられている「入倉・三宅論文の中にきちんと書いてある」とされるものと考えられるのが図11である。

59 武村（1998）に記載された地震モーメント M_0 と断層面積 S の関係式であり， $M_0 \geq 7.5 \times 10^{25} \text{ dyne} \cdot \text{cm}$ において， $\log S (\text{km}^2) = 1/2 \log M_0 (\text{dyne} \cdot \text{cm}) - 10.71$ で示される（乙153（216頁））。武村（1998）では，断層幅 W と断層長さ L の関係式（地震規模の大きな地震に係る断層幅 W は，地震発生層の厚さの制限を受けるものとして，1.3kmという固定値が与えられている）も示され，断層長さ L から断層面積 S を求める（あるいは1.3kmという固定値を使用する）こととされており，断層面積 S は断層長さ L に依拠している（乙153（216頁））。つまり，武村式は，基本的には断層長さ L を基準とした関係式となっているといえる。

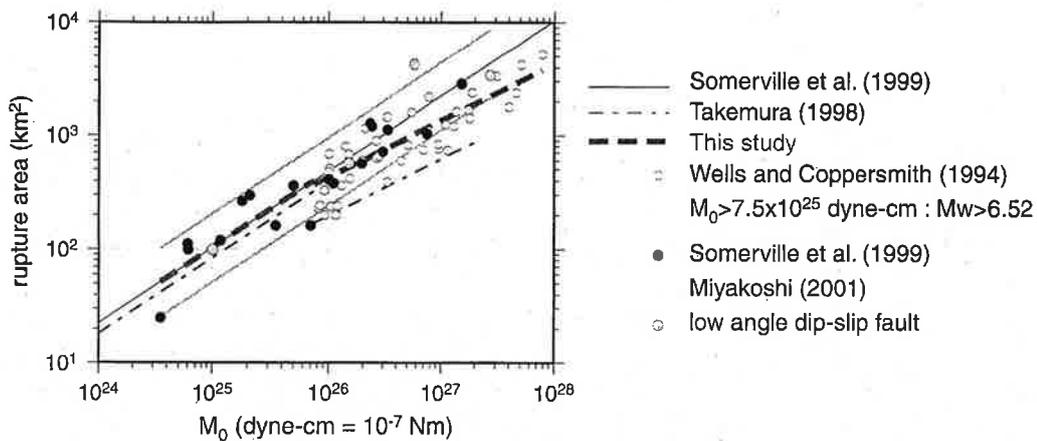


図 7 断層面積と地震モーメントの関係。

黒線は Somerville *et al.* (1999) によるもので、灰色の領域は標準偏差 ($\sigma = 0.16$) の範囲、実線は点線の倍半分の値を示す。白丸印で示される Wells and Coppersmith (1994) のカタログのデータは地震モーメントが 10^{26} dyne-cm を超える大きな地震で系統的なずれを示す。地震モーメントが 7.5×10^{25} dyne-cm より小さい場合 (震源インバージョンの結果のみで回帰) と大きい場合 (震源インバージョンの結果と Wells and Coppersmith (1994) のカタログを含めて回帰) に分けて決められた式が点線で示される。一点鎖線は武村 (1998) による経験的關係式を示す。

Fig. 7 Rupture area versus seismic moment.

The thick broken line shows the empirical relationship obtained in this study. The shadow ranges σ (standard deviation). The thin solid lines show a factor of 2 and 1/2 for the average. The chain line shows the empirical relationship by Takemura (1998).

(入倉・三宅 (2001) より)

図 1 1 断層面積と地震モーメントとの関係

図 1 1 で示される断層面積と地震モーメントとの関係について、入倉・三宅 (2001) では、「武村 (1998) ⁶⁰は、日本の内陸地震を対象として上と同様に Shimazaki (1986) ⁶¹の考えに従い断層幅の飽和は $W = 13$ km として断層面積と地震モーメントの関係式 (図 (相手方注: 本書面の図 1 1) 中の一点鎖線) を求めている

60 「日本列島における地殻内地震のスケーリング則」武村雅之, 地震 2, 51, 211-228, 1998.

61 Small and large earthquakes: The effect of the thickness of seismogenic layer and the freesurface, Earthquake Source Mechanics, Shimazaki, K., AGU Geophysical Monograph 37, 1986, pp209-216.

る。武村による経験式は $7.5 \times 10^{25} \text{ dyne-cm}^{62}$ 以上の地震モーメントの地震では Somerville et al. (1999) や Miyakoshi (2001 私信) による震源インバージョン⁶³からの断層面積や Wells and Coppersmith (1994)⁶⁴でコンパイルされた余震分布からの断層面積に比べて顕著に小さい断層面積を与える」こと、つまり、同じ断層面積であれば、武村式を用いると入倉・三宅式と比較して顕著に地震モーメントが大きくなることが指摘されている(甲D126(858~859頁))。

以上のような事情に鑑みれば、抗告人らが主張する島崎邦彦氏の発言の真意は措くとしても、原子力規制委員会による地震動評価に対する審査においては、「入倉・三宅式が他の関係式に比べ、同じ断層長さに対する地震モーメントを小さく算出する可能性を有していること」が認識され、これを踏まえた審査がなされてきたという原子力規制委員会の説明が事実であることは明らかであるので、上記判示は妥当であり、抗告人らの主張は理由がない。

ウ 入倉・三宅(2001)のスケーリング則を本件発電所の地震動評価に用いることが合理的であることについて

原決定は、入倉・三宅(2001)のスケーリング則について、島

62 $7.5 \times 10^{18} \text{ (N} \cdot \text{m)}$ と同じ。 $1 \text{ (dyne} \cdot \text{cm)} = 1 \times 10^{-7} \text{ (N} \cdot \text{m)}$ 。

63 インバージョンとは、データ処理技術の一つであり、結果を用いてその要因を解析的に推定する手法であることから、「逆解析」とも呼ばれる。そして、震源インバージョンは、地震動のデータから震源のパラメータ(すべりが生じた領域、すべり量等)を推定する(逆解析する)手法である。推定に用いるデータには、地震波の観測記録、地表の変位のデータ等があるが、特に地震波の観測記録(波形)から推定する場合には、「波形インバージョン」と呼ばれる。

64 「New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement」Wells, D.L. and K.J. Coppersmith, Bulletin of the Seismological Society of America, 84, 974-1002, 1994.

崎邦彦氏によって「入倉・三宅（2001）を高角度の断層で用いると地震モーメントが過小評価される傾向があり，大地震の地震モーメントの推定には入倉・三宅（2001）を用いるべきではない」などと指摘されたこと，これを巡って原子力規制委員会において再計算を行うなどの対応がとられたことなどの事項を認定し，入倉・三宅（2001）には「今なお一定の信頼を置くことができる」としつつ，「震源断層面積として同じ値を与える限り，入倉・三宅（2001）は常に後二者（相手方注：武村式及び山中・島崎式）よりも地震モーメントとして小さい値を返す」旨判示する（原決定255頁）。また，原決定は，相手方において，入倉・三宅（2001）を用いた敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の断層長さ約54kmのケースについては，地震発生層を保守的に設定していることなどを踏まえ，相手方が「54kmケースの鉛直モデルについて入倉・三宅（2001）を適用したことが合理性を欠くものとはいえない」と結論するものの，なお確信を得るには慎重な吟味が必要であると言及している（原決定256～259頁）。

相手方は，入倉・三宅（2001）を，敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち，断層モデルを用いた手法による地震動評価において，敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の断層長さ約54kmのケースの評価に用いている。しかし，本件発電所の地震動評価では，約54kmのケースでも入倉・三宅（2001）よりも大きな地震モーメントを算出する壇ほか（2011）を用いた評価も行うとともに，断層長さ約54kmのケースよりも地震規模の大きい断層長さ約480km及び約130kmのケースでの評価も行っていることなどから，

一部の評価で入倉・三宅（2001）を用いているからといって、最終的に策定した基準地震動 S_s が過小評価となることはない（原審債務者準備書面（5）第2の3(1)カ（66頁），原審債務者準備書面（5）の補充（2）第2の2(3)ア（30頁以下），原審債務者準備書面（5）の補充（5）第1の4（10頁以下））。

よって、原決定の結論とするところは妥当であり、さらに慎重な吟味をする必要性はないのであるが、入倉・三宅（2001）は、地震動評価を行う上で合理的な知見であり、過小評価を招くとの島崎邦彦氏の指摘をそのまま本件発電所の地震動評価にも当てはめるのが妥当ではないことは明らかであるので、この点について、以下、説明する。

(ア) 入倉・三宅（2001）が信頼性の高い手法であること

- a 活断層に起因する地震に関する研究の進展により、地震動を生じさせるのは、地下にある断層面（震源断層面）の動きであって、地表に現れる断層の変位（地表地震断層）は、震源断層面の運動の結果に過ぎず、地表地震断層の動きのみから断層運動全体を特性化する（特定の震源断層をモデル化する）ことは困難である。強震動を予測する上で重要なのは断層運動と強震動の関係にあるところ、震源断層に適当なすべり分布と破壊伝播を想定して求められる強震動と実際の地震観測記録とを比較することにより大地震の破壊過程を推定する震源インバージョンの研究が発展した（例えば、Somerville et al. (1999) 等）ことで、大地震のときには、震源断層面の全ての部分が一樣に同じずれ幅・向きでずれるのではなく、震源断層面上のすべり分布は不均質である（大きくずれる部分もあればそうでない部分もあ

る) ことや、地震災害に関係する強震動の生成はこの断層運動の不均質性によるものであることが明らかになってきた。(甲D 1 2 6 (8 5 1 ~ 8 5 2 頁))

そして、地震災害軽減のために必要とされる強震動は工学的にも重要な高周波数帯域(0. 1 ~ 1 0 H z)に対応したものでなければならず、そのような周波数帯の強震動を評価するためには、断層の長さ、幅等、断層運動の外的な要素を表す巨視的断層パラメータと同時に、震源断層面での不均質なすべり分布、すなわちアスペリティの分布のような微視的断層パラメータがより重要になるとされた(甲D 1 2 6 (8 5 9 頁))。

入倉・三宅(2 0 0 1)は、上記のような科学的知見に基づき、強震動予測の方法論(強震動予測のレシピ)として、巨視的断層パラメータ(震源断層の位置、長さ、幅、地震モーメント等)、微視的断層パラメータ(アスペリティの位置、大きさ、アスペリティ、背景領域(アスペリティ以外の領域)の応力降下量等)等の設定方法を提案している(甲D 1 2 6 (8 5 9 ~ 8 6 8 頁))。

入倉・三宅(2 0 0 1)は、震源断層面上のすべり分布は不均質であることを前提として、震源インバージョンにより求めた震源パラメータを基に、震源断層面積(S)と地震モーメント(M_0)の関係式を次のとおり示している。

$M_0 < 7.5 \times 10^{25} \text{ dyne} \cdot \text{cm}$ の場合

$$\textcircled{1} \quad S = 2.23 \times 10^{-15} \times M_0^{2/3}$$

$M_0 \geq 7.5 \times 10^{25} \text{ dyne} \cdot \text{cm}$ の場合

$$\textcircled{2} \quad S = 4.24 \times 10^{-11} \times M_0^{1/2}$$

①式は、Somerville et al. (1999)で提案された関係式であり、モーメントマグニチュード $M_w 6.5$ 相当未満の地震に適用され、そして、②式は、入倉・三宅(2001)が提案する関係式(いわゆる「入倉・三宅式」と呼ばれる関係式)であり、モーメントマグニチュード $M_w 6.5$ 以上の地震に適用される(この①式及び②式を用いた断層面積 S と地震モーメント M_0 との関係を示したのが上記図11)。

入倉・三宅(2001)が示す震源特性化の手続きの有効性については、1995年兵庫県南部地震の震源のモデル化及びそれに基づいた経験的グリーン関数法及びハイブリッドグリーン関数法を用いて合成された強震動が観測記録とよく一致することなどで確認されている(甲D126(868~873頁))。

- b 入倉・三宅(2001)の方法論は、強震動予測レシピにも取り入れられている。強震動予測レシピは、地震調査委員会において実施してきた強震動評価に関する検討結果から、強震動予測手法の構成要素となる震源特性、地下構造モデル、強震動計算及び予測結果の検証の現状における手法や震源特性パラメータの設定にあたっての考え方をとりまとめたものであり、震源断層を特定した地震を想定した場合の強震動を高精度に予測するための「誰がやっても同じ答えが得られる標準的な方法論」を確立することを目的としている(乙354(1頁))。

強震動予測レシピでは、図12に示すフローのように、震源断層面の形状(断層長さ L 及び断層幅 W)から震源断層を表す様々なパラメータを設定する方法が体系的に整理されている。そして、

「過去の地震記録や調査結果などの諸知見を吟味・判断して震源断層モデルを設定する場合」（いわゆる（ア）の方法を用いる場合）に，断層面積 S と地震モーメント M_0 との関係式として入倉・三宅（2001）の提案による上記 a の①式及び②式が採用されている⁶⁵。

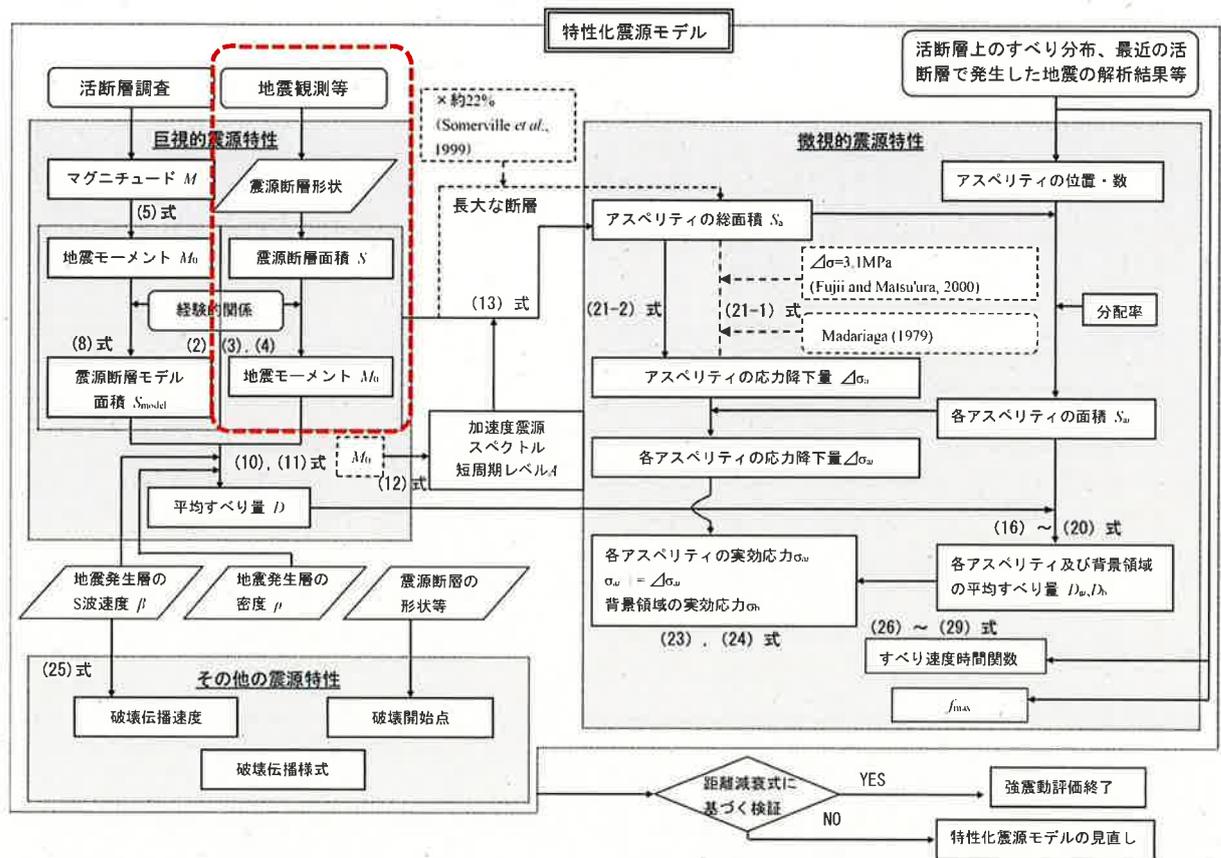
そして，地震調査委員会は，強震動予測レシピ策定以降に実際に発生した2000年鳥取県西部地震，2005年福岡県西方沖の地震等の観測波形と，これらの地震の震源像を基に強震動予測レシピを用いて行ったシミュレーション解析により得られる理論波形を比較検討した結果，整合的であることを確認している（乙354（1頁），乙358，乙359）。つまり，入倉・三宅（2001）を採用した強震動予測レシピに基づくシミュレーション解析について，現実が発生した地震観測記録を精度よく再現できることが確認されているのであり，これによっても入倉・三宅（2001）の合理性が裏付けられている。

- c. そして，原子力発電所の基準地震動 S_s の策定における，断層モデルを用いた手法による地震動評価は，震源の断層面を仮定した上，同断層面における断層運動を原因として発生する地震を仮定し，かかる地震が発電用原子炉施設に与える影響の有無及び程度を確認する評価手法であるから，根本的な考え方は入倉・三宅（2001）と共通している。そうであれば，断層モデルを用い

65 ただし，強震動予測レシピでは，平成28年6月の改訂以降， $M_0 > 1.8 \times 10^{20}$ (N・m) となる地震の断層面積 S と地震モーメント M_0 の関係については，Murotani et al. (2015) の提案による $M_0 = S \times 10^{17}$ (N・m) を用いることとされている（乙354（5頁））。

た手法による地震動評価の前提となる関係式については、入倉・三宅（2001）の関係式を用いることが合理的であるといえることができる。現に、地震ガイドは、断層モデルを用いた手法による地震動評価の内容を適切に審査する観点から、震源モデルを構築する際に必要な震源断層のパラメータの設定方法に係る代表的な手法として、入倉・三宅（2001）を採用した強震動予測レシピを例示している（地震ガイドⅠ. 3. 3. 2（4）①1）（乙39（4，5頁））。

- d 以上のとおり、入倉・三宅（2001）は、震源断層のすべり分布が不均質であることを前提に、震源断層パラメータの設定方法を提案する手法として強震動予測レシピに採用され、その強震動予測レシピは、2000年以降に我が国で発生した地震の観測記録を精度よく再現できるとともに、地震ガイドにおいても最新の知見を反映するものとして評価されている。したがって、入倉・三宅（2001）が現在の科学技術的水準においても合理的なものであることは明らかである。



(乙354(44頁)の付図2に一部加筆)

図12 強震動予測レシピにおける震源パラメータの設定フロー

(イ) 島崎邦彦氏の指摘について

原審において、抗告人らから提出されている書証等を踏まえると、入倉・三宅式についての島崎邦彦氏（以下「島崎氏」という。）の指摘は主に、a 他の関係式との比較において過小とする指摘、b 2016年熊本地震を対象とした検討において過小とする指摘、c 震源断層を事前に評価することは不可能であるとする指摘である。

しかしながら、以下に述べるとおり、これらの指摘を相手方の地震動評価に当てはめるのは適切ではないので、島崎氏の指摘は、本

件発電所の地震動評価において入倉・三宅（2001）を用いることの合理性を失わせるものではない。

a 他の関係式との比較において過小とする指摘について
島崎氏の指摘は、概ね次のとおりである。

日本の陸域及びその周辺の地殻内浅発地震（マグニチュード7程度以上）について、断層長さL（m）と地震モーメント M_0 （N・m）との関係式を分かりやすさを重視して表現したとして、以下の式を示す。

$$(1) M_0 = 4.37 \times 10^{10} \times L^2$$

…武村（1998）

$$(2) M_0 = 3.80 \times 10^{10} \times L^2$$

…Yamanaka & Shimazaki（1990）⁶⁶

$$(3) M_0 = 3.35 \times 10^{10} \times L^{1.95}$$

…地震調査委員会（2006）⁶⁷

$$(4) M_0 = 1.09 \times 10^{10} \times L^2$$

…入倉・三宅（2001）で厚さ14kmの地震発生層の中の垂直な断層を仮定

その上で、1891年濃尾地震、1930年北伊豆地震、2011年4月11日福島県浜通りの地震と比較し、さらに1927年北丹後地震、1943年鳥取地震、1945年三河地震、19

66 Scaling relationship between the number of aftershocks and the size of the mainshock, Yamanaka, Y., and K. Shimazaki, J. Phys. Earth, Vol. 38, pp. 305-324, 1990.

67 「地震本部の強震動予測では、いわゆる改正レシピが使われており、（3）によって地震モーメントが予測され、（4）のもととなる入倉・三宅（2001）の式から断層面積が推定されている。」（甲D105の1、甲D105の2）とされているので、現在の強震動予測レシピにおけるいわゆる（イ）の方法を指すものと思われる。

95年兵庫県南部地震で検討したとして、以下のような表を示し、(4)と他との差異は顕著で、推定される地震モーメント (M_0) の値は、他に比べて著しく小さい(甲D105の1, 甲D105の2, 甲D311)とする。

表2 地震モーメント実測値と推定値

(単位: 10^{18} (N·m))

	OBS	T	YS	ERC	IM
1891	180	210	180	130	52
1930	27	32	28	21	7.9
2011	11	17	14	11	5.5
1927	46	48	41	19	12
1943	36	39	34	18	9.8
1945	10	19	17	9	19
1995	24	45	39	20	11

(甲D311から引用)

[相手方注]

OBS:実測値, T:武村(1998), YS:Yamanaka&Shimazaki(1990), ERC:地震調査委員会(2006), IM:入倉・三宅(2001)

1891:濃尾地震, 1930:北伊豆地震, 2011:福島県浜通りの地震, 1927:北丹後地震, 1943:鳥取地震, 1945:三河地震, 1995:兵庫県南部地震

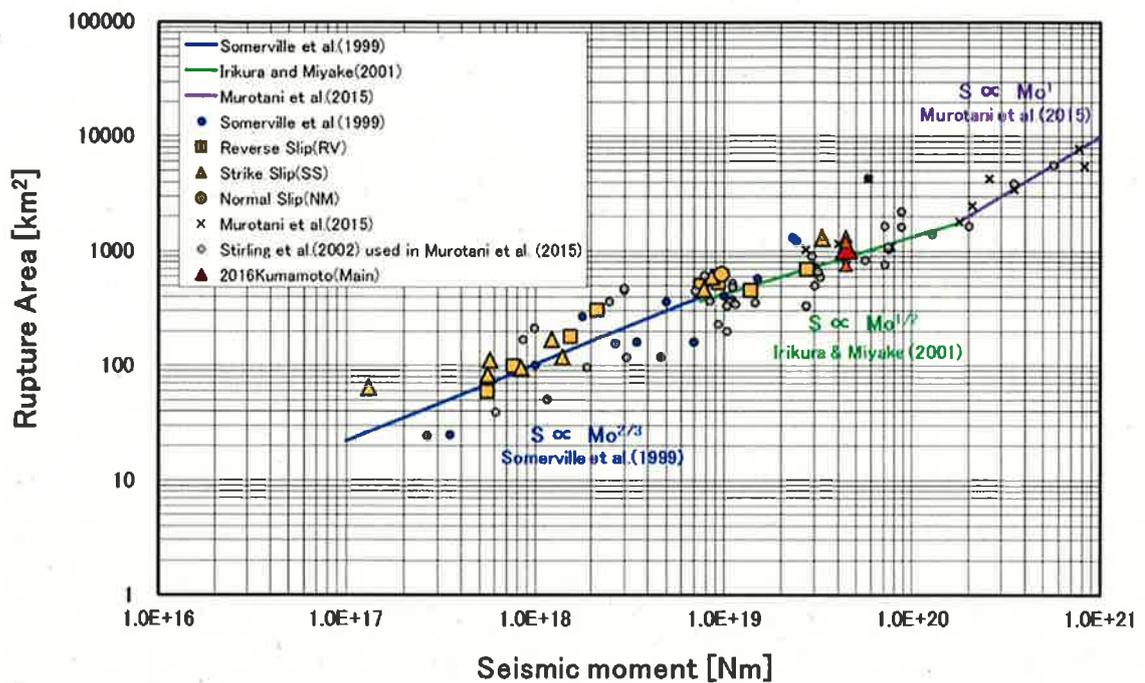
島崎氏は、断層面が垂直又は垂直に近いと震源断層面積が小さくなり、入倉・三宅(2001)から得られる地震モーメントの値は、他の関係式との差異は顕著で、同じ断層長さで比較すると、地震モーメントは4倍程度異なると指摘する(甲D105の2(甲

D105の1及び甲D311も同旨))。

しかしながら、入倉・三宅式や武村式等は、各々、異なる観点から、異なる既往の研究結果や地震観測記録等を基にして、経験的・帰納的に得られた式であるから、それらを比較するにあたっては、各々の関係式に与えられた断層長さ、震源断層面積は、各関係式の成り立ちを踏まえたものでなければならない。

上記(ア)で述べたとおり、入倉・三宅式は、震源断層面上のすべり分布は不均質であることを前提として、震源インバージョン等を基に震源断層面積と地震モーメントの関係を表したものであるところ、その妥当性について検証が行われている。例えば、1995年以降に国内で発生した内陸地殻内地震の記録を基に震源インバージョンで得られた震源断層面積と地震モーメントとの関係について、「破壊域面積は、地震モーメントが $7.5E+18$ ⁶⁸ [Nm] (Mw6.5) よりも小さい地震に対してSomerville et al. (1999) の関係式、それより大きい地震に対しては、2016年熊本地震 (M7.3) を含めて、入倉・三宅(2001) の経験的スケーリング則と調和的である。」(乙360(5頁)) とされる(図13)。

68 「 $7.5E+18$ 」は、「 7.5×10^{18} 」のことである。



(乙360 (図5) より)

[相手方注]

- ・縦軸 (R u p t u r e a r e a) : 断層破壊面積 (震源断層面積)
- ・横軸 (S e i s m i c m o m e n t) : 地震モーメント
- ・図中の ▲ : 2016年熊本地震

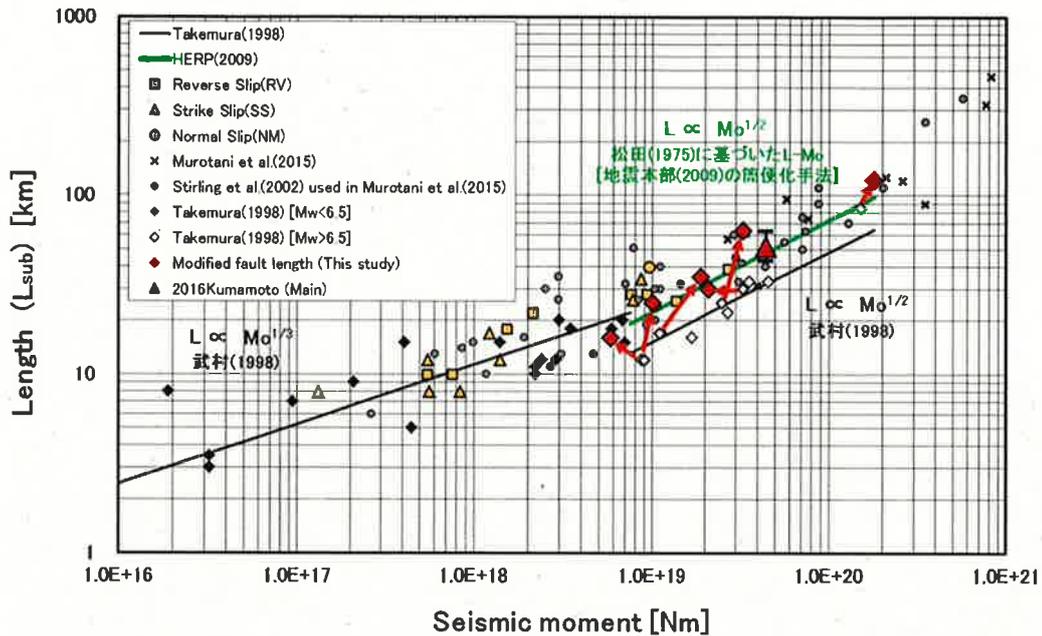
図13 断層破壊面積と地震モーメントとの関係

一方、例えば、武村式については、断層長さや地震モーメントとの関係式であるところ、基となったデータにおける断層長さは、強震動観測網が未整備で地震学的情報が必ずしも十分には取得できなかった1995年兵庫県南部地震以前に国内で発生した地震の測地学的データが大半であり(乙153)、震源インバージョンで得られた震源断層の長さとは異なったものとなっている。

すなわち、武村(1998)が武村式を提案する際に参考としたデータについては、1995年以降に整備された強震動観測網

で得られた観測データを基に震源インバージョンにより再評価された震源断層長さとの比較が行われている（図14）。この比較では、武村（1998）が用いたMw6.5以上の10個の地震（図14の◇）のうち、6個の地震について再評価している（図14の◆が再評価後）。その結果、再評価した6個の中のほとんどについて、武村（1998）の基となったデータにおける断層長さよりも再評価後の断層長さの方が長くなる（◇よりも◆の方が縦軸の上方向に移動している）結果となっているのである。

このように、入倉・三宅氏が震源インバージョン等を基に震源断層面積と地震モーメントとの関係を表したものであるのに対し、武村氏は、震源インバージョンで得られた震源断層の長さとは異なる断層長さのデータが基となっていることから、両式によって算出される地震モーメントを比較するには、両式の基となったデータの違いによって生じる、震源断層の評価の違いが考慮されなければならないのである。島崎氏の議論は、各関係式に断層長さ等について同一の数値を与えた上で、その算定結果の比較を論じたものである。しかしながら、各関係式の比較にあたっては、上記のとおり、各関係式の成り立ちを考慮した値が与えられなければならない。そのような考慮もなく行われた比較結果において差異が生じたからといって、当該関係式が過小評価（又は過大評価）をもたらすと結論付けることはできないのであり、島崎氏の意見をそのまま本件発電所の地震動評価に当てはめることはできない。



(乙360 (図7) より)

[引用者注]

- ・縦軸 (Length) : 断層長さ
- ・横軸 (Seismic moment) : 地震モーメント
- ・図中の◆は、武村式で用いられているデータ(◇)を再評価したものであり、それらの対応関係素を示したものが赤色の矢印である。
◆は、ほとんどの地震で◇よりも長くなっている(縦軸の上方向に移動している)。
- ・図中の▲は2016年熊本地震

図14 震源断層長さと地震モーメントとの関係

b 2016年熊本地震を対象とした検討において過小とする指摘について

島崎氏は、2016年熊本地震について検討した結果、同地震における地震モーメントの実測値は、同地震の解析結果から得られた断層長さを入倉・三宅式に与えることで算定された地震モーメントの値(推定値)の3.4倍あり、他の関係式による推定値

と比較しても、入倉・三宅式による推定値が過小評価となっていることは明らかであるとしている（甲D314（658頁））。

しかしながら、島崎氏は、入倉・三宅式に与えるべき（震源断層長さから求められる）震源断層面積を設定せずに比較している点で、注意が必要である。

島崎氏は、各関係式を比較するために、国土地理院が公表したモデル（以下「国土地理院均質モデル」という。）及び2016年熊本地震で地表に表れた地表地震断層を用いたモデル（以下「地表地震断層を用いたモデル」という。）を用いている。具体的には、国土地理院均質モデルは、面積333km²の「暫定解1」と、面積416km²の「暫定解2」の2種類のモデルである（甲D314（658頁））。地表地震断層を用いたモデルは、熊原康弘氏の発表（乙361）における地表地震断層長さ31kmを用いて、島崎氏が幅を16kmと設定し、面積を496km²としたモデルである（甲D314（658頁））。

国土地理院均質モデルは、島崎氏が「地理院のモデルは、ずれの量が一定の仮定によっている」としているとおおり、均質な断層すべりを仮定して震源断層の長さ・幅・面積を設定したモデルである。

しかしながら、上記で述べたとおり、入倉・三宅式は震源断層面上のすべり分布は不均質であることを前提として、震源インバージョン等を基にして得られた震源断層面積と地震モーメントの関係を表したものである。そうである以上、入倉・三宅式の妥当性を実際の地震の観測及び解析結果によって検証するのであれば、

同式が前提としている、実際の断層運動をより精緻に捉えた、不均質なすべり分布を仮定したモデルを用いるべきであり、均質な断層すべりを仮定したモデルを用いてもその妥当性を検証することはできない。

強震動データを用いた震源インバージョンにより得られる震源断層面積は、震源断層内で不均質となる実際の断層の動きを反映するものであるために、均質なすべりを仮定したモデルに比べて顕著に大きくなることが知られており（乙362（2頁））、島崎氏が用いた国土地理院均質モデルの面積は、震源インバージョンによる震源断層面積を前提とする入倉・三宅式に与えるものとしては小さすぎるのである。

また、地表地震断層を用いたモデルは、2016年熊本地震という1回の地震で現れた地表地震断層の長さ31km（乙360）に、島崎氏が断層幅を16kmと設定して、震源断層面積を求めたモデルである。

しかしながら、その地表地震断層の長さは、震源インバージョンにより得られた震源断層の長さよりも短く（島崎氏の用いた断層長さ31km等に対して、震源インバージョンにより得られた震源断層長さは42～60kmとされている（乙360（9頁））、やはり、入倉・三宅式に設定するものとしては不適當なのである。

一方、国土地理院は、島崎氏が引用する国土地理院均質モデルだけでなく、不均質なすべり分布を伴うモデル（以下「国土地理院不均質モデル」という。）も公表している（乙363）。

この国土地理院不均質モデルは、地震動の観測記録である強震

動データを用いたものではなく、地表に表れた地震の痕跡である地殻変動を捉えた観測データを用いており、断層長さは60 km⁶⁹、幅は20 km⁷⁰で、面積は1200 km²に達するモデルである（乙363（37頁））。

上記で述べたとおり、入倉・三宅式の妥当性を検証するにあたっては、当該関係式が前提としている不均質なすべり分布を仮定したモデルを用いるべきであるから、仮に国土地理院が公表したモデルを用いて入倉・三宅式を検証するのであれば、この国土地理院不均質モデルを用いるのが適切なのであり、均質なすべりを仮定した国土地理院均質モデルを用いるべき理由はないのである。

以上について、入倉孝次郎氏も、2016年熊本地震を対象とした島崎氏の検証は「強震動予測には使えない均質震源モデルを正として、入倉・三宅（2001）の論文を不当に非難」するので、科学的に不合理であり、入倉・三宅式が前提としている、不均質なすべり分布を伴うモデルを用いた評価を行うべきとしているのである（乙360（9～10頁））。

島崎氏は、1891年濃尾地震、1930年北伊豆地震、2011年福島県浜通りの地震、1927年北丹後地震、1943年鳥取地震、1945年三河地震、1995年兵庫県南部地震についても、実際の地震モーメントの観測結果と比較することで、入倉・三宅式は地震モーメントを過小評価することが明らかになっ

69 乙363の図2（37頁）において、横軸が長さ（Length）であり、「断層A1」、「断層A2」、「断層B1」及び「断層B2」の長さを合計すると60 kmとなる。

70 乙363の図2（37頁）において、縦軸が幅（Width）であり、20 kmであることがわかる。

たと指摘する。しかしながら、島崎氏が参照したこれらの地震に関する研究については、島崎氏自らがその根拠となったデータの正確性に疑問を示しているものである（乙364（別紙9頁））上、これらの地震の断層面積の設定値の根拠となった「Abe（1978）⁷¹やKanamori（1973）⁷²の論文を確認すると、それらは一様なすべりの断層モデルを設定し、地表の変形量を計算し、地表の変形量の実測データ（測地データ）と比較して、断層面の変形を推定したものです」として、震源断層面のすべり分布を均質であると仮定したモデルを採用していることが指摘されている（乙362（3頁））。

したがって、2016年熊本地震を対象とした検討についても、入倉・三宅式の妥当性を適切に検証するモデルが用いられたとは言えず、上記指摘をもって、本件発電所の地震動評価に入倉・三宅式を用いることの当否を議論するのは適切ではない。

c 震源断層を事前に評価することは不可能であるとする指摘について

島崎氏は、断層の面積や長さは、地震発生後に確定するもので、その値は、事前に推定できる値と等しいとは限らない、実際、2016年熊本地震では事前に推定されていた活断層の東端より7km東まで断層が広がっており、地震発生前に震源断層の情報は得られないから、震源断層の長さ（から求められる面積）と地震モ

71 Dislocations, source dimensions and stress associated with earthquakes in the Izu Peninsula, Japan. Abe, K. J. Phys. Earth, 253-274. 1978.

72 Mode of strain release associated with major earthquakes in Japan, Kanamori, H., Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 1, 213-239, 1973.

ーメントの関係式から地震モーメントを予測するのは困難であるとして、震源断層の長さや面積を地震発生前に評価することは不可能、ないし過小評価になるとしている(甲D314(65頁))。

しかしながら、原子力発電所の基準地震動の策定においては、地域性を踏まえ、多様な手法による詳細な調査に基づいて震源断層を把握した上で、震源断層が過小評価とならないようその長さや面積を保守的に評価している。実際、2016年熊本地震の震源となった布田川・日奈久断層帯について述べると、九州電力株式会社は、川内原子力発電所の基準地震動の評価において、震源として考慮する活断層として、この布田川・日奈久断層帯を長さ約92kmの一続きの断層として(しかも全体が一度にずれるものとして)評価しており、その結果、同断層帯の地震の規模としてM8.1を想定している(乙365)。この地震規模の想定は、2016年熊本地震の規模を上回るものであった。

また、相手方の基準地震動の評価においても、すでに述べたとおり、震源断層を保守的に評価している。すなわち、断層長さについては、中央構造線断層帯と別府-万年山断層帯との連動も考慮し、約480kmもの断層が連動することを考慮し、さらには部分破壊となることも考慮し、約54km及び約130kmのケースも想定して評価を行っている。さらに、断層幅についても、様々な調査結果を踏まえ保守的な設定を行っていることは原決定が認定しているとおりである(原決定256～257頁)。

ちなみに、島崎氏が、2016年熊本地震では事前に推定されていた活断層の東端より7km東まで断層が広がった(甲D314

(656頁))と指摘した点については、乙361の図を見て布田川断層帯の北東端が、地震調査委員会(2011)において示されていた箇所よりも数km伸びて、阿蘇カルデラに到達している可能性がある」と指摘しているものと思われる。しかし、布田川断層帯の北東延長線上の阿蘇カルデラにおいては、活断層の存在の可能性は2016年熊本地震の発生前から指摘されていたのであり、2016年熊本地震によって初めてその存在の可能性について議論されるようになったものではない。また、そもそも阿蘇カルデラは、火山噴出物が堆積し、活断層を見出しにくい地域であるとされているのに対し、本件発電所の敷地周辺にはそのような堆積物が厚く分布するところではないことを確認しており、地域性が異なる。

以上のとおり、震源断層の評価に関する島崎氏の指摘についても、本件発電所の地震動評価に当てはめることは適切ではない。

(4) 「不確かさの考慮の不十分さについて」について

原決定は、「地震動評価に際しては、不確かさを単純に重畳させるのではなく、不確かさの要因を分類、分析して、これを適宜組み合わせ、もって、不確かさの項目ごとに地震動評価に与える影響を明らかにすることがそもそも求められているものと解するのが相当である」として、相手方が基本震源モデルに織り込まなかった各不確かさについて検討し、「実際に債務者が行った調査や基にした知見に照らし、各々、その不確かさの程度において相応に小さいものにとどまり、したがって、これら5点の不確かさの数点又は全部が重畳することによって本件敷地をめぐる断層モデルを用いる手法による地震動評価に影響を与える可能性もま

た小さいものと考えることができる」として、相手方の不確かさの考慮について「直ちに合理性を欠くとまではいえない」旨判示する（原決定261～266頁）。

これに対し、抗告人らは、原決定が「不確かさを単純に重畳させるのではなく、不確かさの要因を分類、分析して、これを適宜組み合わせ、もって、不確かさの項目ごとに地震動評価に与える影響を明らかにすることがそもそも求められている」との判示に理解を示しつつ、「不確かさの考慮としてその程度で十分と言えるのかという点の検討」ができていない旨指摘する（抗告理由書（地震動関係）第3の2(4)(31頁以下)）。

しかしながら、原決定は、不確かさの項目ごとに適切な認定を行っているものであり、抗告人らの主張に理由はない。以下、具体的に述べる。

ア 「アスペリティ応力降下量（短周期レベル）について」について

原決定は、相手方が、アスペリティの応力降下量を1.5倍する（又は20MPaのどちらか大きい方を用いる）ことを不確かさとして考慮したことについて、新潟県中越沖地震の知見を踏まえたものであること、応力降下量は震源特性にかかわるものであること、新潟県中越沖地震の震源断層は逆断層であり、右横ずれ断層型の敷地前面海域の断層群を含む中央構造線断層帯とは断層の構造が明らかに異なること、横ずれ断層型の内陸地殻内地震における短周期レベルの大きさは、逆断層型の内陸地殻内地震のそれよりも有意に小さいことが指摘されていることを認定し、「敷地前面海域の断層群を含む中央構造線断層帯が、新潟県中越沖地震の震源と同じような震源特性を有し、実際に新潟県中越沖地震に匹敵する短周期レベルの揺れを生じる可能性は自ずと小さいと考えることには一応の合理性がある」として、アスペリテ

ィの応力降下量（短周期レベル）に係る不確かさを基本震源モデルに織り込まなかったとしても合理性を欠くとまではいえない旨判示する（原決定263, 266頁）。

これに対し、抗告人らは、相手方がアスペリティの応力降下量の不確かさとして1.5倍若しくは20MPaのいずれか大きい方を考慮したことについて、「なぜ20MPaで適切と言えるのか」と疑問を呈し、藤原広行氏が地震・津波に関する意見聴取会において「1.5倍若しくは25MPaのいずれか大きいほうを採用するという重要な考え方を提案」しているなどとして、この不確かさの考慮について「見直しが必要なことは明らかである」と主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の2(4)ア（31頁以下））。

相手方が、アスペリティの応力降下量の1.5倍を考慮したのは新潟県中越沖地震における知見を踏まえたものであることは原決定が認定するとおりである。そして、相手方が、アスペリティの応力降下量を1.5倍しても20MPaを下回る場合には、20MPaを不確かさとして考慮する（つまり、20MPaを下限値として不確かさを考慮する）こととしたのは、福島第一原子力発電所事故が発生等を踏まえ、不確かさをより保守的に考慮する観点から、不確かさとして考慮する応力降下量に一定水準の大きさを確保することが有効であると考えられること、新潟県中越沖地震の震源断層のうち、最も大きな応力降下量が23.7MPa（乙256（147頁，表4））であり、同地震が逆断層であることを踏まえれば、敷地前面海域の断層群で想定される応力降下量はそれよりも小さくなるものと考えられることから、応力降下量の不確かさについては20MPaを下限値として考慮する

ことが妥当であると考えたためであり、この方針については、原子力規制委員会の審査において説明し、了承されている（乙13（14～18頁））。

応力降下量の不確かさ考慮の水準については、抗告人らが指摘するように、地震・津波に関する意見聴取会（地震動関係）の第4回会合において藤原広行氏の提案を踏まえた検討がなされている（もっとも、藤原氏は、「例えば1.5倍または25MPa、ここの絶対値は検討されたらいい」（甲D567の1（7頁））と述べていたものであり、「25MPa」はあくまで例として示された数値に過ぎず、具体的に「25MPa」とすることを提案していたのではない。）。そして、地震・津波に関する意見聴取会（地震動関係）の第5回会合では、事務局から各委員からのコメントが整理された上で（乙366（3頁））、「応力降下量について1.5倍又は〇〇MPaの大きい方」とする案が示され（乙367（1頁））、藤原氏も「これまでに私が申し上げてきた幾つかの指摘もここに書かれているということで、是非ともその辺りを具体的に検討していただきたいと思います。」と述べ（乙368（7頁））、事務局の方針に賛意を示し、その後、第7回会合において「応力降下量について1.5倍又は20MPaの大きい方」という具体的な数値を示した整理案が示されるに至っている（乙369（1頁））。同意見聴取会については、その後、原子力規制委員会の発足に伴い、原子力安全・保安院がなくなったため第7回会合が最後であったところ、第6回以降の議事録については公開されていないことから、具体的な議論の状況は不明であるが、第7回において具体的な数値が示されたということは、出席者らの検討結果が反映されたものと

考えられるので、「1.5倍又は20MPa」とすることは、藤原氏を含め、同意見聴取会の委員である専門家らによる検討がなされた結果として定められた合理的な水準であるといえる。

抗告人らは、野津氏、釜江氏及び入倉氏も応力降下量の不確かさの考慮に何らかの形で懸念を示しているとも指摘するが、いずれも「1.5倍又は20MPa」とすることが過小であると指摘するものではないし、特に釜江氏については、上記意見聴取会の委員として、会合に参加していたのであるから、抗告人らの指摘は当を得ない。

また、抗告人らは、宮腰ほか(2015)に示されているSMGA⁷³とアスペリティとの平均応力降下量を比較した図(乙256の図5(a)(148頁))を示し、「応力降下量が20MPa以上になった近年の内陸地殻内地震は相当数存在し、断層のタイプ(逆断層か横ずれか)によってほとんど差異がないことが示されている」とも指摘するが、ここに用いられている内陸地殻内地震のアスペリティの応力降下量の平均は13.2MPaとされており(乙256の表3(145頁))、壇ほか(2011)から求まる応力降下量12.2MPaと整合的であるし、2005年福岡県西方沖の地震を除いてはアスペリティの応力降下量は20MPaに収まっているのであるから、20MPaを不確かさと考慮することも適切であるといえる。ちなみに、抗告人らは、宮腰ほか(2015)において、断層のタイプによって応力降下量にほとんど差異がないことが示されているかのように指摘するが、宮腰ほか(2015)は、同論文の表3に示されているMw6.

73 強震動生成域(SMGAは、Strong Motion Generation Areaの略)のこと。

5以上の大地震の平均応力降下量を求める際には断層タイプにかかわらずFuji and Matsu'ura (2000)を適用したとしているところ、同手法は本来、横ずれ断層を対象とするものとされているので、当該データは必ずしも断層タイプ別の特徴が正しく表されているとは限らない。宮腰ほか(2015)においても、あくまで「暫定値として与えている」とされているので(乙256(146頁))、ここで示された断層タイプ別の特徴が、他の地震データ一般にまで適用できる法則であるとまではいえない。

また、原決定が、佐藤(2010)⁷⁴(乙260)を基に「横ずれ断層型の内陸地殻内地震における短周期レベルの大きさは、逆断層型の内陸地殻内地震のそれよりも有意に小さい」旨判示する(原決定263頁)のに対し、抗告人らは、佐藤(2010)を参照し、抗告人らの主張が採用されなかったことに不満を述べるが、佐藤(2010)の結論については、佐藤(2012)⁷⁵や佐藤(2016)⁷⁶という最新の研究によっても妥当性が確認されているし、逆断層型と横ずれ断層型では短周期レベルの大きさが異なることについて、構造計画研究所(2011)⁷⁷では、2000年鳥取県西部地震について、経験的グリーン関数法による震源モデルの評価を行い、得られた短周期レベル

74 「逆断層と横ずれ断層の違いを考慮した日本の地殻内地震の短周期レベルのスケールリング則」佐藤智美、日本建築学会構造系論文集、第75巻、第651号、923-932、2010。

75 「経験的グリーン関数法に基づく2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデルプレート境界地震の短周期レベルに着目してー」佐藤智美、日本建築学会構造系論文集、77、675、695-704、2012。

76 「経験的グリーン関数法に基づく熊本地震の強震動生成域の推定」、佐藤智美、2016年度日本地震学会秋季大会講演予稿集、S21-P02、2016。

77 「内陸地殻内地震の観測記録に基づく短周期レベルの分析業務」、構造計画研究所、2011。

は佐藤（2010）より大きいものの、壇ほか（2001）⁷⁸と同じかやや小さいと評価しており、佐藤（2010）の結果も踏まえ、横ずれ断層では1.5倍を考慮する必要がない可能性があるとして指摘している（乙370（2-65頁））。また、壇ほか（2011）においても、佐藤（2010）の指摘を踏まえ、壇ほか（2011）の適用対象を横ずれ断層とする旨が述べられている（乙37（2042頁））。このように、地震の型によって短周期レベルが異なる可能性を指摘するのは佐藤（2010）だけではないし、そうした知見についてはすでに実用においても参照されているところであるから、原決定の上記判示は妥当である。

以上のとおり、応力降下量に係る相手方の考慮は適切で、それを認める原決定も妥当であり、抗告人らの主張に理由はない。

イ 「南傾斜モデルについて」について

(ア) 原決定は、相手方が、「敷地前面海域の断層群を含む中央構造線断層帯の震源断層が南に傾斜している可能性が有意に小さいと考えたことには一応の合理性がある」として、断層傾斜角（南傾斜）に係る不確かさを基本震源モデルに織り込まなかったとしても合理性を欠くとまではいえない旨判示する（原決定264, 266頁）。

(イ) これに対し、抗告人らは、横ずれ断層の震源断層面がほぼ鉛直であると考えるのが一般的であるという点については「正当な評価」であることを認めた上で、「ほぼ鉛直」という場合には80度の傾

78 「断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化」壇一男・渡辺基史・佐藤俊明・石井透，日本建築学会構造系論文集，第545号，51-62，2001。

斜が通常含まれるとして、南傾斜の可能性が有意に小さいと考える理由にはならない旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の2(4)イ（34頁以下））。

しかしながら、相手方が基本震源モデルの断層傾斜角を鉛直としたのは、変動地形学的観点、地震学的観点及び地球物理学的観点から、各種調査結果を総合的に評価するとともに、過去に発生した他の横ずれ断層に係る知見を踏まえた結果であり（原審債務者準備書面（5）の補充書（1）第1の2（3頁以下）、原審債務者準備書面（5）の補充書（3）1(3)（2頁以下））、高い信頼性を有しているのであるから、相手方の評価の合理性を認める原決定の判示は妥当である。

相手方は、南傾斜を示唆するような特段の調査結果や知見は得られなかったものの、傾斜角に多少のばらつきが生じることは否定できないこと、実際の横ずれ断層の例を見ても必ずしも90度丁度ではないことを踏まえ、南傾斜80度の不確かさを考慮したのであるが、上記のとおり、十分な調査と横ずれ断層に係る知見を踏まえた確度の高いものとして基本震源モデルの断層傾斜角を90度としたのであるから、断層傾斜角に関する不確かさについては、独立して考慮する不確かさとして、他の不確かさと重畳させることなく、個別に考慮することとした。この点、南傾斜80度の不確かさを考慮した地震動評価の結果について、鉛直の基本ケースと比較したところ、断層傾斜角を南傾斜80度としたケースの地震動は、一部周期帯で基本ケースを上回るものの、全体としてはほぼ同じレベルの地震動の強さとなっている（図15に、断層長さ約480kmで壇ほか

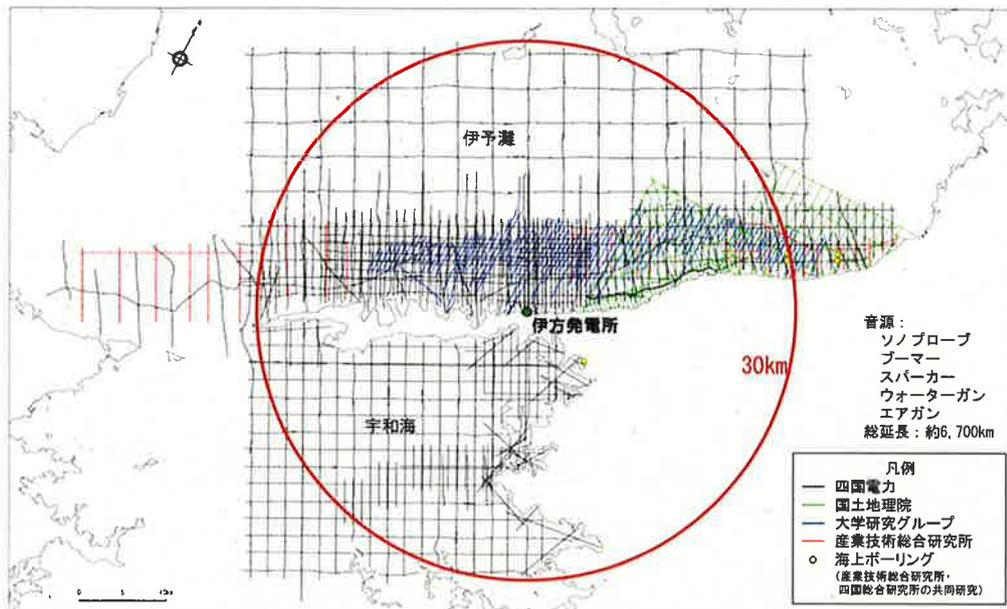
は70度ないしはそれ以上傾斜している旨主張する(抗告理由書(地震動関係)第3の2(4)イ(34頁以下))。

しかしながら、抗告人らの上記主張については、浅部に見える活断層の理解を誤ったものであり、失当である。以下、詳しく述べる。

a 海域にある震源断層の位置を知るには、まずは海底下の構造を対象とした調査によって活断層の分布や性状を把握・検討することが重要である。相手方は、国土地理院、大学等の各種研究機関及び相手方自らが実施した総延長約6700kmに及ぶ海上音波探査⁷⁹の結果を基に、本件発電所の敷地前面海域における中央構造線断層帯の位置を本件発電所の敷地の沖合い約8kmに特定した(本件発電所の敷地前面海域における海上音波探査の実施位置(測線)を図16に示す。)

79 海上音波探査は、海面付近の水中から海底に向けて音波を発し、海底、堆積層、基盤岩等からの反射音波を観測して海底下の地質構造を調査する探査方法。具体的には、船で発振器及び受振器を曳航し、発振器から出た音波が海底下の地層の境界等で反射し、戻ってきたものを検知することにより、地層の重なり及び連続性を調査する。音波を発する音源によって、調査範囲、精度等が異なる。音源の周波数が高いほど分解能が高くなるが、探査深度は浅くなり、逆に、周波数が低いほど分解能は低下するが、より深い深度まで探査が可能となる。本件発電所の敷地前面海域では、探査深度の浅い順に金属板の振動を音源とするソノプローブ、同じく金属板の振動を音源とするブーマー、水中放電を音源とするスパーク、高圧水の噴出を音源とするウォーターガン及び圧縮空気の噴出を音源とするエアガンによる調査を実施している。

ソノプローブ及びブーマーは、主に深さ数10～100m程度までの海底下浅部の構造を、スパーク及びウォーターガンは、主に深さ数100m程度までのやや深い構造を、さらにエアガンは、深さ数kmに達するようなさらに深い構造をそれぞれ調査するのに適しており、震源断層上端付近まで達する情報として重要である。



(乙192(7頁)より)

図16 海上音波探査の実施位置(測線)

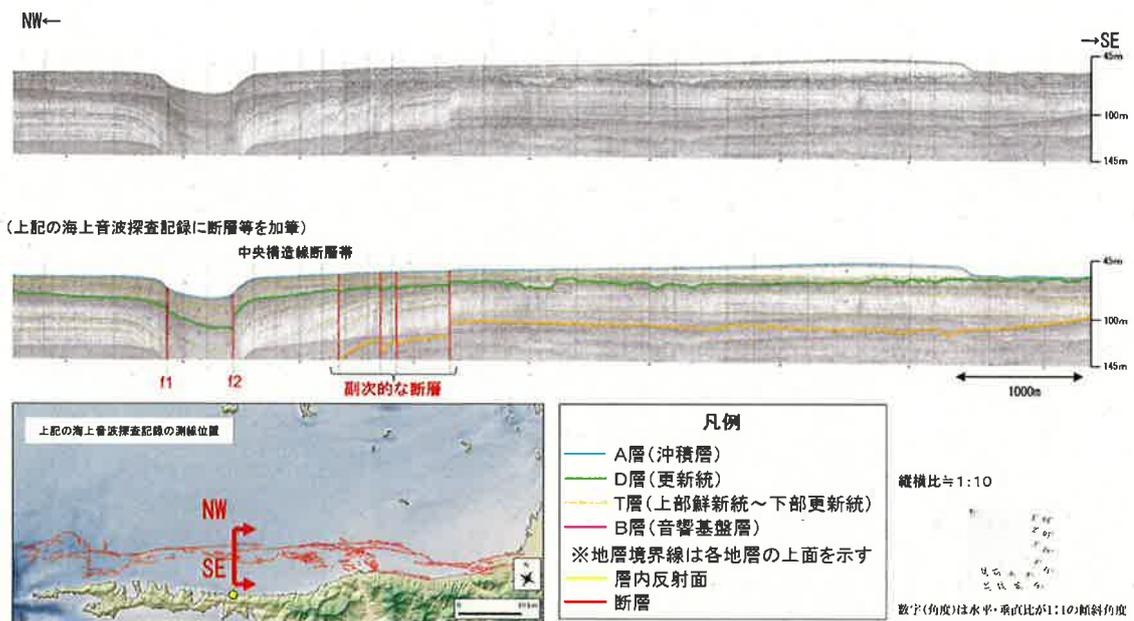
b 活断層は、後期更新世⁸⁰以降に堆積した浅い地層における変位・変形の有無によって判断しており、海底下浅部の構造を対象とした高解像度の調査によって活断層の分布や性状を把握することが重要となる。このため、まず、海上音波探査による海底下浅部の調査結果について述べる。

ブーマーを音源とする海上音波探査の記録を図17に示す。海上音波探査の記録において水平方向に連続する反射面に食い違いが生じた箇所には断層があると考えられるので、図17では、水平方向に連続する反射面の食い違いを読み取り、断層を赤線で示している。ただし、図17で見えるのは海底下浅部の活断層であ

80 約12～13万年前

り、これらの断層自体が強い地震動を発生させるものではない。

図17によると、本件発電所の敷地前面海域の海底下浅部には、赤線で示した数条の活断層が見られるが、このうち、北端にあり図中に「f1」と付した断層（以下、本書面ではこの断層を「f1断層」という。）及び図中に「f2」と付した断層（以下、本書面ではこの断層を「f2断層」という。）とそれより南方の断層とでは、変位の程度に明瞭な差がある。すなわち、f1断層及びf2断層は、海底面にも明瞭な凹みをもたらしているのに対し、両断層より南側に位置する断層は変位が小さく、海底面に明瞭な変位を与えていない。このことは、f1断層及びf2断層は、その下方にある震源断層の活動の影響を直接的に受けているのに対し、その他の断層は、副次的に形成された小規模な断層であることを示している。



(出典：乙371(10頁)を基に作成)

図17 海底下浅部の海上音波探査記録(縦横比1:10)

c 次に、海上音波探査の結果を基に、海底地形、D層⁸¹及びT層⁸²の上面形状を平面図に表したものを図18に示す。図18を見ると、地溝⁸³やバルジ⁸⁴は、海底地形よりもD層上面の方が、D層上面よりもT層上面の方が、いずれも変形の程度が顕著である。

例えば、図中の青点線で囲んだ部分は地溝にあたるが、D層上面では周辺の深さと顕著には差がない(色がほぼ同じ。)のに対し、T層上面では周辺の深さに比べ地溝部分の沈み込みが大きい(地溝の部分の色が黄緑色になっている。)。つまり、より深い

81 更新世(約258万年前から約1万年前までの期間)の後期に形成された地層であって、現在堆積が進行中の海底面を形成する地層(A層)のすぐ下に位置する堆積層
 82 鮮新世(約500万年前から約258万年前までの期間)の後期から更新世の前期にかけて形成された地層であって、D層の下位の堆積層
 83 ほぼ平行に発達する断層群によって形成された狭長な地形的凹地帯を地溝という。
 84 断層運動によって地表(海底面の地表を含む)に生じた凸型のふくらみをバルジという。

層（古い層）における変形の程度が顕著であり，古い層ではこれまでに繰り返し断層の活動に伴う変形を受けてきたこと（変形の累積性）が認められる。震源断層は同じ場所で繰り返し活動するので，変形の累積性が認められるということは，その下に繰り返し活動している震源断層が存在していることを示している。f1断層とf2断層との間は地溝を形成し，変形の累積が特に顕著であることから，f1断層とf2断層との中間（本件3号機との距離は，約8kmの地点）の地下深部に中央構造線断層帯の震源断層が存在していると考えられる。

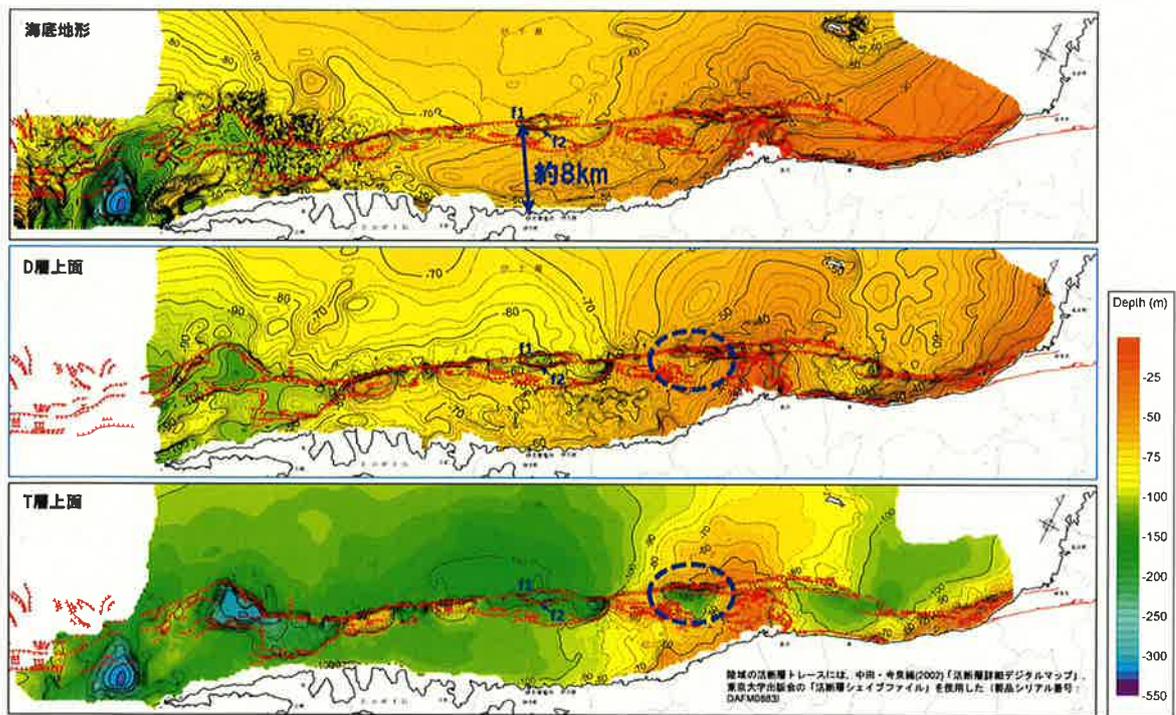


図18 海底地形及び海底下浅部の地層（D層及びT層）上面の形状

図19は，海上音波探査により確認した地表（又は地下の浅い部分）にある活断層を性状に応じて色分けしたものである。この

うち、完新世⁸⁵に活動した断層であって、変位の累積が顕著に大きく、海底に変位を伴う断層、つまり震源断層に繋がっていると考えられる活断層を赤色で示している。赤色で示した断層群は、本件発電所の敷地前面では特に非常に直線的で、f1断層とf2断層との中間を通過する直線ともほぼ重なっている。したがって、震源断層はf1断層とf2断層との中間を通過する直線とほぼ一致する、つまり、f1断層とf2断層との中間を震源断層が通過していることが想定されるのである。

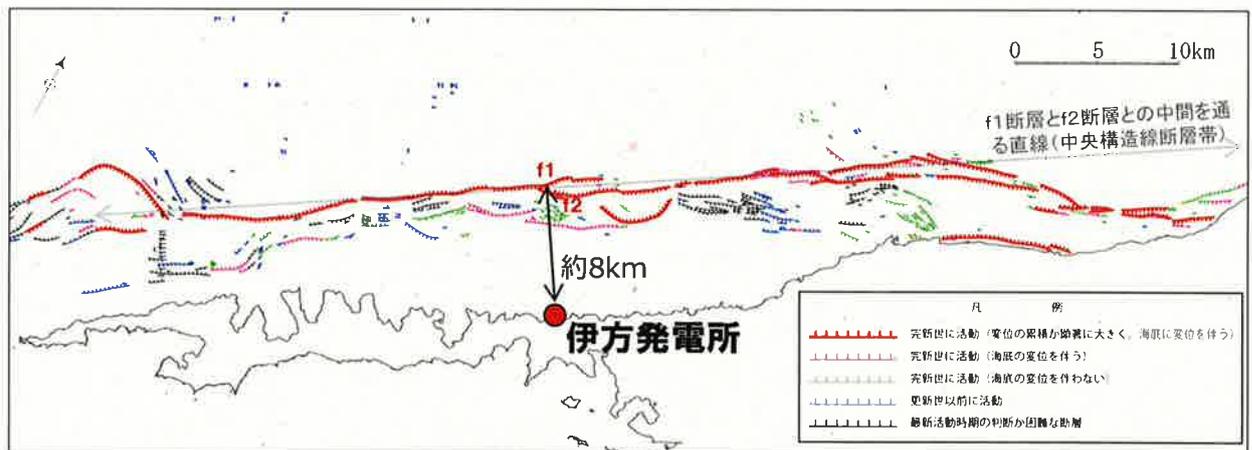


図19 中央構造線断層帯の震源断層の位置について

d 上記b及びcで示した音波探査結果よりもさらに海底下深部の地層の構造について、エアガンを用いた音波探査の結果を図20に示す。エアガンを音源とする音波探査は、深さ数kmに達するような深い構造を調査するのに適しており、ブーマー等では届かな

85 約1万年前から現在までの期間

い震源断層の上端付近の深さの情報を得ることができる。

図20によると、本件発電所の敷地前面海域において海底面から海底下深部まで達する活断層は、f1断層及びf2断層のみである。これに対し、f1断層及びf2断層より南方の断層（図20の上図に橙色で示した活断層）は、海底下の浅いところで途切れて地下深部まで達していない断層、又は、比較的海底下深部にまで達していても海底下浅部の堆積層には変位を与えていない断層ばかりであり、副次的な断層や古い断層である。

そして、本件3号機から沖合い約8kmの海底下約2kmに、三波川変成岩類と領家花こう岩類とが会合する地点（地質境界としての中央構造線）が確認できるが、f1断層及びf2断層は、この三波川変成岩類と領家花こう岩類との会合地点へ収斂するように地下に延びており、また、南方の断層も全体として同会合地点へ収斂していることが分かる。また、f1断層より北方の反射面（図中の地層中に見られる縞模様）は緩く南側に傾斜しているのに対し、f2断層より南方の反射面は緩く北側に傾斜又は水平に分布しており、反射パターンが大きく異なることから、f1断層とf2断層との間の地下深部に震源断層が想定される。

したがって、海底下深部の構造からも、f1断層とf2断層との間の地下深部、つまり三波川変成岩類と領家花こう岩類とが会合する地点の下方に震源断層が存在すると考えられるのである。

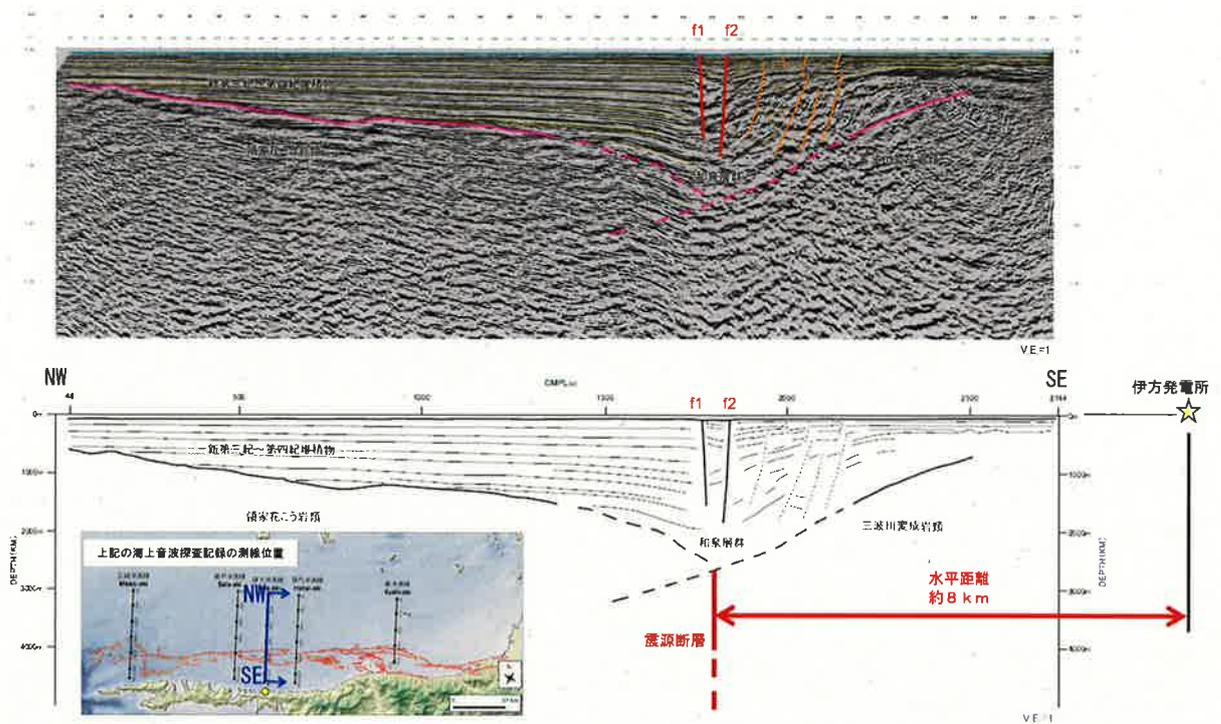
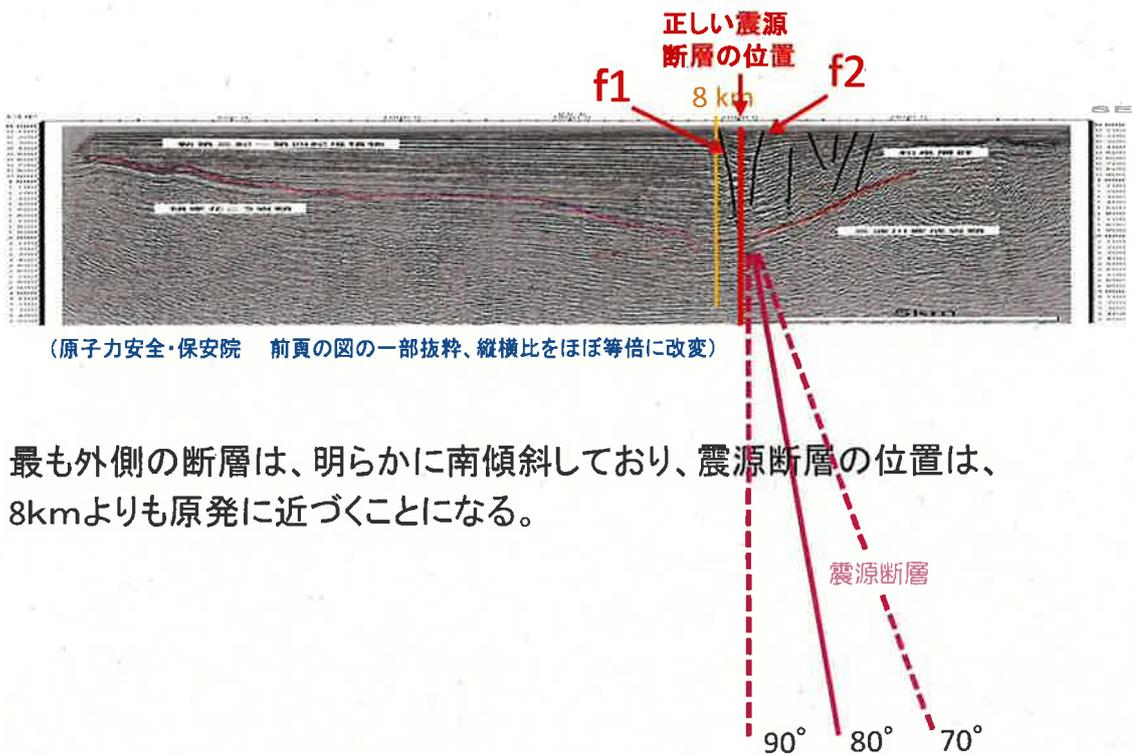


図 2 0 海底下深部の音波探査記録（縦横比 1 : 1）

e これに対し，原告人らが本件発電所の敷地前面海域の断層群が南傾斜しているとの主張の根拠としている甲 F 1 4 の図を図 2 1 に示す。同図によると，原告人らが南傾斜を指摘しているのは，敷地前面海域の海底下浅部に見える「最も外側の断層」，つまり，上記で述べた f 1 断層を指摘しているものと思われる。上記のとおり，f 1 断層は震源断層そのものではないこと，震源断層は f 1 断層と f 2 断層との間に存在すると考えられること，f 1 断層は南傾斜であるものの f 2 断層は北傾斜であることを考慮すれば，f 1 断層の傾斜と震源断層の傾斜を同視する原告人らの主張が誤りであることは明白である。

f 以上のとおり，甲 F 1 4 を基に震源断層が南傾斜している旨の原告人らの主張に理由はない。



(甲F14(42頁)に一部(赤色の文字, 矢印及び実線)加筆)

図2-1 抗告人らが南傾斜の根拠とする図

(エ) 抗告人らは、甲D542の指摘からも南傾斜の可能性が高いと主張するが(抗告理由書(地震動関係)第3の2(4)イ(35頁), 甲D542に基づく抗告人らの主張に理由がないことは、原審債務者準備書面(5)の補充書(5)第2の2(2)(35頁以下)で述べたとおりなので、再論しない。

(オ) 原決定が、応答スペクトルに基づく地震動評価において南傾斜モデルを考慮しなかったことを、断層モデルを用いた手法による地震動評価において南傾斜の不確かさを重畳させる必要のないことの根拠の一つとして判示する(原決定264頁)のに対し、抗告人らは「意味不明である」と批判する(抗告理由書(地震動関係)第3

の2(4)イ(35頁)が、応答スペクトルに基づく地震動評価と断層モデルを用いた手法による地震動評価とで共通した基本震源モデルを用いる方が理論的にも整合するのであり、抗告人らの主張に理由はない。

(カ) ところで、抗告人らは、地震調査委員会(2011)において、相手方の従業員による論文(大野ほか(1997)⁸⁶)を参照しているにもかかわらず、相手方がそれを基にした主張を行っていないことなどを指摘するが、大野ほか(1997)は、敷地前面海域における地質境界としての中央構造線が北傾斜している可能性があることを示唆する知見であり、つまり、南傾斜の可能性が低いことを示唆する知見であるところ、相手方においては、同知見も踏まえ、南傾斜の不確かさは重畳させる必要はないと判断しているし、北傾斜の不確かさも考慮しているのであって、これを踏まえた評価を行っているのは明らかである。

ウ 「破壊伝播速度について」について

原決定は、強震動予測レシピにおいて、破壊伝播速度 V_r は原則として $V_r = 0.72 V_s$ で推定することとされていること、近年の研究において $0.72 V_s$ よりも大きめの値が得られていることが示唆されていること、相手方が長大断層における破壊伝播速度に関する複数の知見を踏まえ、強震動予測レシピに示された $0.72 V_s$ を基本に据えつつ、断層長さに応じた不確かさとして $0.72 V_s$ よりも大

86 「四国北西部伊予灘海域における中央構造線断層系の深部構造とセグメンテーション」大野裕記・小林修二・長谷川修一・本庄静光・長谷川正、四国電力研究期報，68，48-59，1997.

きな値を考慮したことを認定した上で、相手方が破壊伝播速度が実際に 0.72 V s を超える可能性を相対的に小さく見積もることには相応の合理性があるとして、破壊伝播速度に係る不確かさを基本震源モデルに織り込まなかったとしても、合理性を欠くとまではいえない旨判示する（原決定265, 266頁）。

これに対し、抗告人らは、「破壊伝播速度を 0.72 V s というのは、相対的には通用性のある知見とは言い得ても未だ確立した知見とは言い難いのであり、特に長大断層については係数が1を超えるとする事例報告も存在する」として、知見の不確かさを考慮するならば、断層長さ約 130 km と約 480 km とのケースについては、係数を1として他の不確かさと重畳させるべきである旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第3の2(4)ウ（36頁））。

しかしながら、 $V_r = 0.72 \text{ V s}$ というのは、強震動予測レシピにも示されている信頼性の高い知見であり、広く実用に用いられていることから、原決定の判示は妥当であり、抗告人らの主張に理由はない。

エ 「アスペリティ平面位置について」について

原決定は、抗告人が行った調査結果から、敷地前面海域の断層群の本件発電所の敷地のほぼ正面に当たる部分に引張性ジョグが存在すること、ジョグにアスペリティが存在することは想定し難いこと、これらを踏まえ相手方は本件発電所の敷地の正面にはアスペリティを配置しないことを基本としつつ、アスペリティが存在する可能性も考慮して、不確かさとしてアスペリティ平面位置を本件発電所の敷地前面に配置したことを認定した上で、本件発電所の敷地正面にアスペリティ

が存在する可能性が有意に小さいものと考えることには一応の合理性があるとして、アスペリティ平面位置に係る不確かさを基本震源モデルに織り込まなかったとしても、合理性を欠くとまではいえない旨判示する（原決定265～266頁）。

これに対し、原告人らは、「地震本部の長期評価を含む他の多くの見解は、そのようなジョグの存在を認めていない」旨主張する（原告理由書（地震動関係）第3の2(4)エ（36頁以下））が、地震調査委員会（2011）は主に過去の活動時期の違いから活動区間を6つに区切っているのであり（乙33（1頁））、伊方沖のジョグを「認めていない」わけではない。また、吉岡ほか（2005）⁸⁷は、中央構造線断層帯の活動セグメントについて、伊方沖で食い違う形で「伊予長浜沖活動セグメント」と「三机沖活動セグメント」とを区分しており（乙372（1頁，84頁））、本件発電所の敷地正面の海域にジョグが存在することを示している。

また、原告人らは、「相手方がジョグにアスペリティが存在するとは想定し難いと主張する根拠となった岩城ほか（2006）⁸⁸は「アスペリティ分布と変位量が大きかった範囲がよく一致しており、両者には密接な関係があることが示唆される」と述べるだけであり、ジョグにアスペリティが想定し難いと言うのが確立した知見とも言えない」と指摘する（原告理由書（地震動関係）第3の2(4)エ（36頁以下））

87 「全国主要活断層活動確率地図及び同説明書（200万分の1）」吉岡敏和・栗田泰夫・下川浩一・杉山雄一・伏島祐一郎，産業技術総合研究所地質調査総合センター，2005.

88 「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.

が、ジョグが断層破壊の停止域になるということは、すなわち、ジョグの変位量が小さいことにほかならず、すべり量が小さな場所にアスペリティは通常存在しないことと、岩城ほか（2006）の指摘から示唆される「変位量の大きいところにアスペリティが分布する」ことを踏まえると、ジョグにはアスペリティが存在しないと考えられる（乙373（11頁））。そもそも、ジョグにアスペリティが存在するのであれば、そこには大きなエネルギーが生じるので、破壊の停止域とはならないはずであるが、破壊の停止域になるということは、そこが逆にエネルギーを吸収しやすい領域（杉山（2003）⁸⁹でいうところの「バリア」（乙373（10頁））であることを示している。また、抗告人らは変位量の大きかった領域が強震動生成域とは限らないとの見解が存在することを指摘するが、一般に、内陸地殻内地震の横ずれ断層では変位量の大きい領域（つまり、アスペリティ）と強震動生成域とが一致すると考えられているところ、抗告人らが指摘するような知見があることも踏まえ、不確かさの考慮として本件発電所の敷地正面へのアスペリティを配置するケースも想定しているのである。

以上のとおり、抗告人らの主張にはいずれも理由がない。

第4 「プレート間地震の相当性について」について

1 「南海トラフから琉球海溝までの連動」について

原決定は、相手方による検討用地震の選定過程に不合理な点は見当たらず

89 活断層情報の現状とその活用法－強震動予測への貢献の観点から－ 杉山雄一，第31回地盤振動シンポジウム，5-14，2003.

ないこと、津波ガイド⁹⁰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となる領域として「南海トラフから南西諸島海溝沿いの領域(最大Mw 9.6程度)」が挙げられているのは、あくまでも津波波源の設定対象となる領域及び当該領域を津波波源とした場合に想定される地震規模の参考値を例示したものに過ぎないこと、南海トラフから琉球海溝までが連動した場合の震源断層は、南海トラフの巨大地震(陸側ケース)で想定されている震源断層と比較して、本件発電所の敷地からさらに離隔する方向へ延長したものであり、本件発電所の敷地に影響する地震動は減衰するものと見込まれること、南海トラフの巨大地震は専門家で構成される内閣府検討会において南海トラフで発生し得る巨大地震の強震断層モデルとして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ことから、相手方が、検討用地震として内閣府検討会(2012)の南海トラフの巨大地震(陸側ケース)を選定したことが合理性を欠くとはいえない旨判示する(原決定266~268頁)。

これに対し、抗告人らは、検討用地震の選定にあたって琉球海溝まで連動するケースの地震動評価を比較検討しなければならない旨縷々主張するとともに、琉球海溝まで連動しても影響は小さいとする考えはMw 9.0ですべり量が飽和することを前提とする見解であるが、それは希望的観測に過ぎない旨主張する(抗告理由書(地震動関係)第4の1(38頁以下))。

抗告人らの主張は、結局のところ、本件発電所の地震動評価における検討用地震として、南海トラフから琉球海溝まで連動する地震が選定されていないことに不服を述べるものであるが、南海トラフから琉球海溝まで連

90 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)

動するとしても、震源域は本件発電所の敷地から遠ざかる方向に延びることになるので、地震動は減衰し、本件発電所の敷地に与える影響は小さいことは容易に予想されることであり、そうであれば、本件発電所の敷地に大きな影響を与えると予想される地震として選定されるべき検討用地震としないことが不合理ではないことは原決定による判示のとおりである。そして、南海トラフから琉球海溝まで連動した場合にすべり量が飽和するかどうかは措くとしても、内閣府検討会で設定された南海トラフ巨大地震モデルは、「科学的知見に基づく調査を行い、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波」が設定されたものであり(乙261(5頁))、すべり量についても最大級の値が設定されていると解釈できるのであるから、琉球海溝との連動を考慮したとしても妥当するものであると考えられる。

したがって、原決定の判示は相当であり、抗告人らの主張に理由はない。

2 「耐専式にMw 8.3を適用する不合理性」について

原決定は、相手方が南海トラフの巨大地震に係る応答スペクトルに基づく地震動評価を行うにあたり、モーメントマグニチュード(Mw)を8.3と設定したことについて、これが内閣府検討会の検討結果に沿うものであり、そのようにして得られた強震断層モデルは想定される最大規模の地震であるとみてよいとして、相手方の評価が合理性を欠くものではない旨判示する(原決定268~270頁)。

これに対し、抗告人らは、奥村ほか(2012)⁹¹(甲D334)によ

91 「距離減衰式に基づく地下深部の地震動評価手法に関する検討」奥村俊彦・藤川智・渡邊航平・窪田茂・末広俊夫・玉田潤一郎・藤崎淳，土木学会第67回学術講演会，1-540，2012.

れば、東北地方太平洋沖地震の際に観測された記録を再現するにあたり、耐専スペクトルにM8.4を適用した場合に過小評価となり、Mw9.0を適用した方が良好に再現できたなどとして、南海トラフ巨大地震の震源断層モデルにMw8.3を適用することは、保守的とも合理的とも言えない旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第4の2（39～40頁））。

しかしながら、奥村ほか（2012）の知見は、高レベル放射性廃棄物の地層処分施設のように、地下深部に建設される施設の耐震性を検討する際に地震動をどのように設定するかという観点から、地下深部での補正係数を算定した上で、これを用いて東北地方太平洋沖地震の応答スペクトルの再現を試みた成果を報告するものであるところ、本件にそのまま当てはめることが相当でないことは原決定の判示（原決定268頁）のとおりである。また、奥村（2012）の検討結果が十分な検証のできていないものであることは、原審債務者準備書面（5）の補充書（2）第3の3（50頁以下）で述べたとおりである。また、耐専スペクトルの適用範囲は、気象庁マグニチュードで8.5が上限とされている（乙168（ガイド付1-1））ので、Mw9.0の地震を適用することが妥当であるかどうかは個別の検証が必要であるところ、奥村（2012）では、南海トラフの巨大地震に対する耐専スペクトルの適用性については何ら検証されていない。

また、抗告人らは、南海トラフの巨大地震のモーメントマグニチュードを8.3として耐専スペクトルに適用することについては内閣府検討会でも検証されているわけではないと指摘する。耐専スペクトルを南海トラフの巨大地震に適用することができるのか否か、適用する際にどのようにパラメータを設定すべきなのかについて、十分な検証がなされていないとし

ても、少なくとも、南海トラフの巨大地震のモデルについては内閣府検討会において十分な検討がなされ、その際には距離減衰式を用いる際にM_w 8.3を用いることが妥当とされたのであるから、これを本件発電所の地震動評価に用いることが内閣府検討会の検討結果にも沿うものであることは判示のとおりである。

さらに、相手方は、本件発電所の地震動評価において、南海トラフの巨大地震についても断層モデルを用いた手法による地震動評価も行っているし、そもそも、南海トラフの巨大地震による地震動は相手方が策定した基準地震動S_sと比較して相当に小さい地震動レベルである(図2)ことから、仮に、南海トラフの巨大地震について、応答スペクトルに基づく地震動評価の方法に不確かな点があったとしても、本件発電所の基準地震動S_sとしての妥当性が直ちに失われるものではない。

以上のとおり、抗告人らの主張に理由はない。

3 「SPGAモデルの適用」について

原決定は、野津氏が提唱するSPGA⁹²モデルについて、地震ガイド、強震動予測レシピ、内閣府検討会において検討された南海トラフの巨大地震モデルのいずれにおいても未だSPGAモデルに基づく評価手法が取り入れられていないこと、SPGAモデルの詳細については今後の課題とする指摘があることなどから、南海トラフの巨大地震、ましてやその陸側ケースにもSPGAモデルがよく適合するかどうかは一概にいえないとして、

92 強震動パルス生成域(SPGAは、Strong-motion Pulse Generation Areaの略)のこと。SPGAモデルは、SPGA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。

現時点では、相手方がSPGAモデルを考慮しなかったことが合理性を欠くとはいえない旨判示する（原決定273～274頁）。

これに対し、抗告人らは縷々主張するが、結局のところ、主張が認められなかったことの不服を述べるものである（抗告理由書（地震動関係）第4の3（40頁以下））。地震動を評価するための手法については、野津氏が提案するSPGAモデルだけでなく、様々なものが存在し、日夜、研究者らによる研鑽が行われているところであるが、「社会通念上、原子炉設置許可申請にあたり、保守的な地震動評価につながる知見が現れるたびに、それを網羅的に、かつ、無批判に考慮することまで要求されている」ものではないし、「あくまでも、当該知見の射程範囲、当該知見が前提とする問題点をめぐる理論状況、当該知見の学会や実務における広がりや定着度を総合考慮して、上記申請にあたり、当該知見を考慮することが社会通念上合理的であると言えることが必要であるというべきである」こと、そして、現時点において、SPGAモデルが、これを採用しなければ本件発電所の地震動評価が不合理になる程度の位置付けになっていないことは、判示のとおりである。

ところで、原決定は、SPGAモデルを考慮しないことが合理性を欠くというには、SPGAモデルが学会や実務において占める位置について慎重な吟味が必要である旨指摘するところ、現状は、上記判示のとおりであるが、以下、念のため付言しておく。

SPGAモデルについては、SPGAを適切に設定すれば、野津氏が再現に成功した東北地方太平洋沖地震のように、的確な地震動を予測できる可能性があるとしても、極めて小さな領域に非常に大きな応力降下量を持たせる手法であることから、そのSPGAをどのように設定するか（位置、

形状（大きさ）、応力降下量の大きさ等）が最大の問題であり、その方法が確立している状況にあるとはいえない。野津氏がSPGAモデルによって東北地方太平洋沖地震の観測記録を精度よく再現できたのも、複数の観測記録が精度よく取れていること、その観測波形を基にSPGAの配置を想定することができたことによるものである（例えば、甲D154）。強震動を事前に予測する観点からは、より大きな地震動が生じるように、SPGAを保守的に配置しさえすればよいとの指摘も考えられるところではあるが、SPGAモデルは、非常に小さな領域によって地震動が特徴づけられることから、その配置を誤れば、実現象としての地震動から大きく外れる危険性を有している。つまり、当たれば相当に正確な地震動を想定することも可能だとしても、外れれば全く違った地震動を想定することもあり得るのである。これに対し、アスペリティモデル（SMGAモデル）は、SPGAモデルよりも大きい領域（東北地方太平洋沖地震を対象とした検証ではSPGAモデルが数km四方のところ、数十km四方の領域とされる。）にアスペリティ又はSMGAを設定し、相対的に大きな応力降下量を設定するモデルである。確かに、東北地方太平洋沖地震で観測されたパルス波のように極めて特徴的な地震波形については、SPGAモデルの方がより再現性に優れている可能性は否定しないが、実際の地震動に近い地震動を大きく外すことなく再現できる点では、アスペリティモデル（SMGAモデル）の方が優れていることは、これまで多数の地震動評価において検証され（例えば、乙262）、実際に発生した地震動をよく再現する信頼性の高い手法として広く実用化されている（強震動予測レシピ、南海トラフの巨大地震モデル等）ことから明らかである。

そして、SPGAモデルに対する専門家らの認識は、第40回地盤震動

シンポジウム（日本建築学会地盤震動小委員会主催）の総合討論での議論から窺うことができる。この中で、東北地方太平洋沖地震で観測されたパルス波形の再現の重要性（つまり、SPGAモデルの重要性）を野津氏が説くのに対し、入倉氏が「我々に課せられている問題は大きく外すことがないモデルを提示することである。詳細にしすぎると問題が難しくなる。ただし、詳細なモデル化も個別に研究を進めるべきであると思う。」と述べている（乙374（3頁））。これは、上記で指摘したSPGAモデルの課題及び実用における問題点を端的に述べたものである。そして、「詳細なモデル化も個別に研究を進めるべき」と述べられていることから、SPGAモデルが研究途上のものであり、未だ「大きく外すことがないモデル」には至っていないことを示している。

以上のことから、SPGAモデルについては、観測記録を再現する上では優れた手法であったとしても、強震動を事前に予測するという観点からは未だ研究途上であり、SPGAモデルを用いていないからといって、本件発電所における地震動評価が合理性に欠けるものでないことは明らかである。

第5 「海洋プレート内地震の地震規模の相当性について」について

- 1 原決定は、海洋プレート内地震の基本震源モデルである「想定スラブ内地震」を設定する前提として1649年安芸・伊予の地震を検討用地震として選定する過程には何ら不合理な点は見当たらないとした上で、予測地図（2014）において「安芸灘～伊予灘～豊後水道」の地域におけるフィリピン海プレート内の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の最大マグニチュードが8.0に設定されているとしても、その設定の根拠とされる地震がプレート間地震であることが指摘されていることなどを踏まえ、

相手方が海洋プレート内地震の基本震源モデルの規模をM7.0と設定したことには、一応の合理性が認められる旨判示する（原決定275～278頁）。

これに対し、抗告人らは、「検討用地震としてM7.0の安芸・伊予地震が選定されていることを問題視しているのであり、M8.0という数値にこだわるつもりはない」とした上で、本件発電所の敷地を含む安芸灘～伊予灘～豊後水道の地域で想定されるプレート内地震については、地震調査委員会の「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価において」（甲D161、以下「日向灘等の長期評価」という。）において、「想定される地震規模は「M6.7～M7.4」としており、地震規模の信頼度は「A」とされていることは重要である」とし、「検討用地震としてM7.0とするのでは「合理的な最大」とは言えない」旨主張する（抗告理由書（地震動関係）第5（42頁））。

しかしながら、相手方は、日向灘等の長期評価も考慮して検討用地震を選定しており、抗告人らの主張に理由はない。

すなわち、日向灘等の長期評価における地震規模については「過去に発生した地震のMを参考にした」（甲D161（12頁））とされているところ、検討用地震の選定においては、日向灘等の長期評価で考慮された過去に発生した地震（日向灘等の長期評価においてM7.4とされる1854年12月26日に発生した地震⁹³（甲D161（6頁，20頁））を含む。）を含め、本件発電所に影響を及ぼすと考えられる複数の地震を収集した。そして、収集した地震については、日向灘等の長期評価で「188

93 原審債務者答弁書「債務者の主張」第7の2(3)イ(ア)e（136頁以下）でいう「伊予西部の地震」

4年以前のMの値は信頼性が劣る」とされている（甲161（6頁（表2の注1）））こと、歴史地震の地震規模については、海洋プレート内地震の特徴を踏まえた評価が必要である⁹⁴ことなどから、相手方は、本件発電所の敷地周辺で想定される地震の規模に関する知見（神田ほか（2008）⁹⁵（甲D163）等）も考慮し、地震規模を再評価した上で、距離減衰式による評価を行い、収集した地震の中から本件発電所に最も大きな影響を及ぼすと考えられる1649年安芸・伊予の地震を検討用地震として選定した（原審債務者答弁書「債務者の主張」第7の2(3)イ(イ)（138頁以下））。こうした検討用地震の選定過程に不合理がないことは上記判示のとおりである。

2 ところで、原決定は、相手方が基本震源モデルの規模についてM7.0と設定したことの合理性については、予測地図2014等との関係について、慎重な吟味が必要である旨指摘する（原決定277～278頁）。予

94 神田ほか（2008）では、「歴史地震の規模を決める方法としては、被害記録から推定した震度データを用いてある特定の震度（例えば震度4, 5, 6）以上の領域面積と地震規模Mとの経験的な関係[例えば、松村（1969）、勝俣・徳永（1971）]を用いるのが一般的である。また、類似の地震の規模が既知であれば震度の領域面積の関係を分析して補正を行う[中村・笠原（2001）]。さらに、プレート境界地震であれば津波の波源域の面積と地震規模の関係[Hatori（1969）]や津波の波高と震源距離から評価される羽鳥の津波マグニチュードと地震規模の関係[羽鳥（1995）]を用い、内陸地殻内地震であれば断層長さや断層面の変位と地震規模の関係式[松田（1995）]などを用いて地震学的な判断を加えて求める[宇佐美（2003）]。その際、被害地震の多くを占める震源が浅い地震に関する経験は豊富にあるが、スラブ内地震に対する経験は一般に少ないことに注意が必要になる。その他、断層モデルから波形合成を行い、計測震度を計算して歴史地震の震度と比較する手法も提案されている[例えば、引田・工藤（2001）]。伊予灘から豊後水道近傍で歴史地震について調べてみると、このようなマグニチュード7前後の被害地震がいくつか発生している。スラブ内で発生するマグニチュード7前後の大地震の場合、プレート境界地震や内陸地殻内地震に比べて短周期地震波の励起が大きいことが知られており[池田・他（2003）]、歴史地震についてもスラブ内地震のこの特性を正しく考慮して地震規模を評価する必要がある。また、内陸地殻内地震については、震源が浅いことによるスラブ内地震と異なった波動伝播の特性を考慮して地震規模を評価する必要がある。」と指摘されている。

95 「豊後水道近傍で発生した歴史的被害地震の地震規模」神田克久・武村雅之・高橋利昌・浅野彰洋・犬内泰志・川崎真治・宇佐美龍夫、地震2, 60, 225-242, 2008

測地図（2014）におけるM8.0の設定は、プレート間地震を考慮したものである可能性が高いこと、それと同等の規模の地震が本件発電所の敷地周辺の海洋プレート内地震としては想定し難いことは、原審債務者準備書面（5）第2の3(3)（83頁以下）で述べたとおりであるが、以下に述べるとおり、慎重な吟味を経るまでもなく、予測地図（2014）におけるM8.0の設定を本件発電所における震源を特定して策定する地震動の評価に用いることが適切とはいえないことは明らかである。

すなわち、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価では震源を特定することが必須であり、特に断層モデルを用いた手法による地震動評価では、詳細なパラメータ設定が必須であることから、想定される断層モデルは現実的に設定可能でなければならない。これに対し、予測地図（2014）は、「プレート内地震はプレート内に水平の断層面を設定する。」とし、そのうち、敷地周辺のフィリピン海プレートにマグニチュード8.0の海洋プレート内地震を想定するにあたっては、「安芸灘～伊予灘～豊後水道のM7.6～8.0の地震については80km×80kmの矩形断層面」（乙263（113頁，126頁））を想定しているが、敷地周辺のフィリピン海プレートの厚さは30～35km程度である（乙375）ことから、九州下方に斜めに沈み込むフィリピン海プレートに対して、このように大きな水平矩形断層面を設定することは、プレートを突き抜ける断層面を設定することになり、現実的な断層モデルの設定は不可能である。仮にプレート内に収めるために、斜めに沈み込むプレートと並行な断層面を仮定するとしても、薄いプレートをさらに薄く裂くような破壊を想定せざるを得ず、力学的には想定し難いものがある。地震調査委員会による検討は、「直接的にモデル化できない地震を、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震

としてモデル化」(甲D92(384頁))したもの、つまり仮想の震源モデルに基づく、まさに確率論的な観点に立った地震動評価であり、現実的な断層モデルを前提とした評価ではない。

このようなことから、予測地図(2014)が設定したM8.0を前提として敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価に用いるのは、決定論的に基準地震動 S_s を策定することを求める設置許可基準規則や地震ガイドの趣旨を踏まえても適切とはいえないのである。

この点、相手方は、本件発電所周辺地域における地震の発生状況、地質・地質構造等に係る詳細な評価を行い、地域特性を十分に踏まえた上で、海洋プレート内地震として、1649年安芸・伊予の地震(M6.9)を検討用地震として選定し、基本震源モデルの設定にあたっては、地震発生位置と規模の不確かさをあらかじめ織り込み、敷地下方に既往最大規模(1854年伊予西部地震のM7.0)の地震を仮定するなどし、さらには、不確かさの考慮において、2001年芸予地震(M6.7)を再現したモデルをM7.0に校正したケース、敷地の真下に想定する地震規模をM7.2としたケース、アスペリティの位置を断層上端に配置したケース及び敷地東方の領域に水平に近い断層面を考慮したケース(M7.4)を設定し、決定論的な観点から地震動評価を行っている(上記第1の2(1)イ(イ)、原審債務者答弁書「債務者の主張」第7の2の(3)イ(エ)b(162頁以下))。

第6 「震源を特定せず策定する地震動の想定相当性について」について

原決定は、震源を特定せず策定する地震に関する抗告人らの主張をいずれも採用できないものと判示する(原決定278~287頁)。

これに対し、抗告人らは、不満を述べるばかりであり(抗告理由書(地震動関係)第6(43頁))、反論の要を見ない。

第7 「年超過確率について」について

原決定は、相手方が評価した年超過確率において原子力学会(2015)の内容を踏まえていなかったからといって、直ちに当該評価が不合理であるというわけにはいかないこと、平成17年から平成23年までの間に国内の原子力発電所において基準地震動を超過する地震が5回発生したとはいえ、相手方が算出した年超過確率が国際的な基準を満たさないと即断することはできないなどとして、年超過確率に係る抗告人らの主張をいずれも採用できないものと判示する(原決定287~288頁)。

これに対して、抗告人らは、「現在の基準地震動についての問題の元凶は、年超過確率について事業者も規制委員会も真面に評価しようとしていないことにあるが、問題意識が足りない」と非難する(抗告理由書(地震動関係)第7(43頁以下))が、結局のところ、単に原決定への不満を述べるもので、反論の限りではない。

なお、抗告人らは、「「想定外」の事象が起こる確率を真摯に突き詰めて定量的に評価するのが本来の超過確率の算定手法であるべき」とも指摘するが、相手方が年超過確率を算出した際に用いた日本原子力学会の「原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準:2007」は、学識者、実務者の長年にわたる議論と公正な手続きを経て作成された信頼性の有る手法であること、そして、2011年東北地方太平洋沖地震等を踏まえて改訂された原子力学会(2015)の内容についても、適宜、評価に反映していることは、原審債務者準備書面(5)第4(113頁以下)でも述べたところである。また、そもそも、上記第1の2(4)でも述べたとおり、基準地震動 S_s は決定論的な考え方に基づき策定するものであるのに対し、年超過確率はこれとは異なる観点、すなわち、確率論的な観点か

ら評価し、参照するものであることから、抗告人らの上記指摘が基準地震動 S_s の合理性を左右するものでもないから、抗告人らの指摘は当を得ない。

第8 まとめ

以上のとおり、地震動評価に関する抗告人らの抗告理由は、そのいずれもが、誤った主張や原審での主張が認められなかったことに対する不満を述べるものであり、理由がない。したがって、本件抗告は、速やかに棄却されるべきである。

以上