

平成26年（ネ）第126号 大飯原発3，4号機運転差止請求控訴事件

一審原告 松田正 外186名

一審被告 関西電力株式会社

控訴審第24準備書面 (一審被告準備書面(28)への反論)

平成28年6月2日

名古屋高等裁判所金沢支部民事部第1部C1係 御中

一審原告ら訴訟代理人弁護士 佐藤 辰 弥

同 弁護士 笠原 一 浩

ほか

はじめに

本準備書面では、長沢啓行大阪府立大学名誉教授の補充意見書「被告準備書面(28)(2016年2月24日付け)への反論」(甲282)(以下「長沢補充意見書」という。)の内容を踏まえつつ、一審被告準備書面(28)に対し反論を行う。

目次

第1 「震源を特定せず策定する地震動」について.....	2
1 「震源を特定せず策定する地震動」の評価に関する主張について.....	2
2 加藤ほか(2004)の応答スペクトルについて.....	4
(1) 加藤ほか(2004)の応答スペクトルの詳細.....	4
(2) 石橋克彦氏による「加藤ほか(2004)の応答スペクトル」批判.....	5
(3) JNESによる指摘.....	6
(4) 電事連の関与の疑い.....	7
(5) 小括.....	7

3	地震動評価結果の報告書に関する主張について	7
(1)	財団法人地域地盤環境研究所の報告書について	7
(2)	独立行政法人原子力安全基盤機構の報告書について	9
第2	応答スペクトルに基づく地震動評価について	11
1	耐専式の適用に関する主張について	11
(1)	耐専式の不適用について	11
(2)	各種の距離減衰式による評価について	13
2	耐専式に係る最新の科学的・技術的知見について	15
第3	断層モデルを用いた手法による地震動評価について	16
1	入倉・三宅(2001)の式に関する主張について	16
(1)	島崎氏の発表内容	16
(2)	入倉・三宅(2001)の式を含む「レシピ」の一連の地震動評価について	20
(3)	松田式の相対的な信頼性について	23
2	応力降下量に関する主張について	24
(1)	「アスペリティ面積比 $>30\% \Rightarrow \Delta\sigma = 3.1 \text{ (MPa)}$ 」は独自の見解	24
(2)	背景領域すべり量は負にならない	24
(3)	「長大な断層」の定義は松田式の適用範囲に止まらない	25
(4)	Fujii and Matsu'ura(2000)は暫定値に過ぎない	27
(5)	断層面積の設定は一定である	27
第4	「偶然変動等によるバラツキ」に関する主張について	28
1	地震の本質は破壊現象である	28
2	「偶然的不確定性」の位置づけ	29
3	偶然的不確定性の考慮は必須である	30
4	認識論的不確定性も無視できない	31
5	「断層モデル」におけるばらつき考慮の不十分さ	32
6	地域性に関する主張について	35
第5	結語と補足（本件原発の立地について）	35

第1 「震源を特定せず策定する地震動」について

1 「震源を特定せず策定する地震動」の評価に関する主張について

一審被告は、「新規制基準における『震源を特定せず策定する地震動』は、過去に観測された『地震動』のレベルから直接策定すること（具体的には、震源と活断層を関連づけることが困難な内陸地殻内地震について、地震動の観測記録を収集し、それをもとにして地震動を策定すること）を予定しているものであって、シミュレーションや解析等によって得られた地震動をもとに策定するべきものではない。」（下線部引用者、以下同じ）と主張す

る（一審被告準備書面（２８）６頁）。

しかし、過去にまったく別の場所で観測された地震動と同じ地震動が本件原発を襲うということは考えられないのであり、実観測記録、それも特に既往最大というわけでもない留萌支庁南部地震 HKD020 観測点、鳥取県西部地震賀祥ダムの各観測記録から、直接、将来本件原発を襲う可能性がある震源不特定の地震動を評価でき、それで十分であるという、理論的根拠はない。「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」（以下「設置許可基準規則解釈」という。）別記２第４条５項３号本文及び「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」（以下「審査ガイド」という。）４．１（１）では、『震源を特定せず策定する地震動』は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定されていること。とされており、「各種の不確かさを考慮」することとされているのであるから、実観測記録をもって直接「震源を特定せず策定する地震動」を策定するのは、本来の新規制基準の趣旨からすると許容されない。

観測記録は地震計が設置された観測点にしか存在しないが、地震計がもし周辺に存在していれば観測されたであろう地震動について考慮するのは、この不確かさ（認識論定不確定性）の考慮の範囲内である。また、実際の地震観測記録を良く再現できる断層モデルによって震源近傍の地震動解析手法が発達し、これらが地震計の不足を補う役割を果たせるまでに信頼性を高めてきており、これも不確かさの考慮として活用すべきである。

なお、一審被告は、岩手・宮城内陸地震の記録を考慮していない理由として、本件敷地との地域差を挙げる（一審被告準備書面（２８）３１頁注２８）が、そもそも、一審被告が採用した留萌支庁南部地震や、鳥取県西部地震をはじめ、審査ガイドに例示された１６の地震はすべて、全国の各原発の敷地と何らかの地域差がある。審査ガイドは地域差があることを前提に、地震を例示しているのであるから、単に地域差があるというだけでは当該地震を考慮しなくてよい根拠にはならない。一審被告が前記のような解析結果を採用せず、あくまで実観測記録にこだわるというのであれば、非常に大きな地震動を発生させた岩手・宮城内陸地震の地震記録こそ、最優先で考慮すべきであり、これを排除するというのであれば、同じような地震ないし地震動が本件原発敷地付近では発生し得ないことを、具体的に論証

すべきである。特に同地震における地中観測記録を無視する一審被告の主張には、そのような然るべき論理的筋道が欠けている。

信頼できる解析結果等の活用を全否定する一審被告の評価は、「620ガルを超える地震なんて滅多に來ないだろう」といった根拠のない楽観論に基づくものと言わざるを得ず、広大な範囲に深刻な被害をもたらしかねない危険性をはらんだ原子力発電所の耐震設計においては、あるまじきものである。

2 加藤ほか(2004)の応答スペクトルについて

(1) 加藤ほか(2004)の応答スペクトルの詳細

一審被告は、加藤ほか(2004) (甲122) で示されている応答スペクトルも検討しているから「検討対象とした観測記録が16地震の観測記録のみであるかのように述べる一審原告らの主張は不適切である」(一審被告準備書面(28)8頁)と主張する。

しかし、加藤ほか(2004)の応答スペクトルは基準地震動 S_s-1 (水平方向700ガル, 鉛直方向468ガル) と比べて全周期で値が小さいため、本件原発の基準地震動には採用されていない。加藤ほか(2004)の応答スペクトルはその程度の大きさでしかなく、これを考慮しているからといって一審被告の評価が正当化されるものではない。

加藤ほか(2004)で示されている応答スペクトル(後記図8赤線の「上限レベル」)について、一審被告は、「日本や米国のカリフォルニアで発生した合計41の内陸地殻内地震を対象として、文献調査、空中写真判読によるリニアメント調査、地表踏査等の詳細な地質学的調査によってもなお、震源位置と地震規模を前もって特定できなかつたと考えられる地震を選定し、選定された地震の震源近傍の観測記録等を概ね上回るような地震動の応答スペクトルが示されている」(一審被告準備書面(28)8頁)と主張する。

しかし、加藤ほか(2004)では、41地震から「地表地震断層が出現した地震」や「活断層や活褶曲構造等との関連により事前に詳細な調査を行えば事前に震源の位置と規模を評価できた可能性がある地震」を次々と除外し、震源近傍の観測記録がある地震のうちで、残ったのは、1997年3月と同年5月の鹿児島県北西部地震(M6.6とM6.4の2地震)の鶴田ダムでの観測記録だけであつた。下記図8の青実線(波線)がこれら2地震の鶴田ダムでの地震観測記録の応答スペクトルであるが、非常に小さい。

加藤らは、これでは余りに説得力に欠けると考えたのか、同観測記録に加え「事前に震源の位置と規模を評価できた可能性がある」として除外した地震のうちM6.5未満(Mw6.2未満)のカリフォルニア7地震についてだけは、「スケーリングの観点から同程度の規模の断層が確実に事前に震源を特定できるとは断定できない」と述べてこれらで「記録の少なさを補う方針」とし、図8の青破線(波線)のように追加した。こうして41地震中わずか9地震、事実上、カリフォルニア7地震の応答スペクトルのみを包絡するように作られたのが、加藤ほか(2004)の応答スペクトル(上限レベル)なのである。

だがこの加藤ほか(2004)の応答スペクトルは最大加速度450ガルでしかなく、原発の耐震設計に用いるためには保守性が欠けている。そのことは、後述する留萌支庁南部地震が、M6.1(Mw5.7)という小規模地震でありながら、その地震動がやすやすと「加藤ほか(2004)の応答スペクトル」を超えてしまっていることから明らかである。

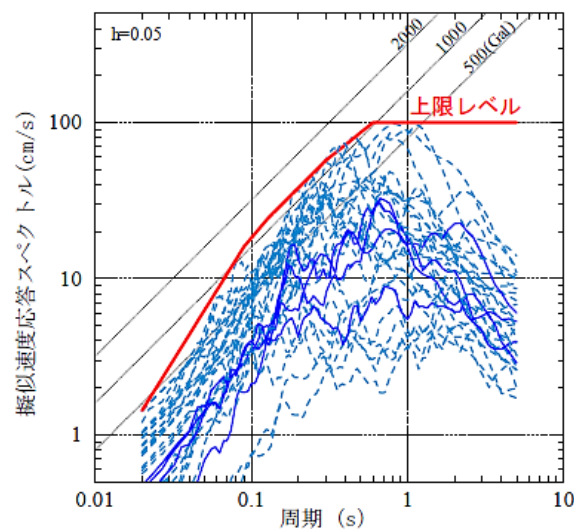


図8 震源を事前に特定できない地震による震源近傍の観測記録の水平動応答スペクトルとその上限レベル

(実線は1997年鹿児島県北西部地震の鶴田ダムのスペクトル、破線はスケーリングの観点から確実に事前に震源を特定できるとは断定できないと判断したMj6.5(Mw6.2)以下の7地震のスペクトル)

【加藤研一ほか「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」(甲122・64頁)】

(2) 石橋克彦氏による「加藤ほか(2004)の応答スペクトル」批判

この「加藤ほか(2004)の応答スペクトル」について、国会事故調査委員会の委員でもあった神戸大学名誉教授の石橋克彦氏(地震学)は、岩波書店発行の

雑誌「科学」2012年8月号掲載『電力会社の「虜」だった原発耐震指針改訂の委員たち』（甲60・845頁）において、

「震源を特定せず策定する地震動」についての「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について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に（中略）基準地震動 S_s を策定する」との規定自体、恣意性と過小評価を許す規定である。具体的な策定値は申請者にまかされるが、電力会社側の日本電気協会が示した加藤ほか（2004）という模範解答では、M7級地震の強い地震動記録をすべて「活断層と関連付けられる」と屁理屈をつけて参照から排除し、M6.6までの地震の揺れしか用いていない。その結果、最大加速度は450Galで、旧指針のM6.5による375Galから大して増えていない。

と批判している。つまり、「加藤ほか(2004)の応答スペクトル」は、M7級の地震動記録を正当な理由なく排除し、残されたM6.6以下の比較的小さな地震動記録のみを対象としたものでしかない。

後に原子力規制委員会委員となる島崎邦彦氏は、2008年の段階で「予め震源を特定できない地震」として最大M7.1程度まで生じうるという見解を公表しており（甲283「震源断層より短い活断層の長期予測」）、地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下「推本」ともいう。）は、「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～」の「5.3.3震源断層をあらかじめ特定しにくい地震」（甲284・238頁～）において「陸域で発生する地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震」の最大マグニチュードは、本件原発立地地域を含む広い範囲でM7.3としている（同240, 252, 253p）。M6.6までの地震しか考慮しない「加藤ほか(2004)の応答スペクトル」が著しく保守性を欠いているのは明らかである。

(3) JNESによる指摘

このような経緯から、原子力安全基盤機構（JNES）は、2009年（平成21年）3月付けの「震源を特定せず策定する地震動の設定に係る検討に関する報告書」（甲285・3頁）において、

「加藤ほか(2004)の手法の主な課題として、調査した震源を事前に特定できるとした地震の周辺活断層との関連付けの根拠が明確でない、対象とした地震及び震源近傍の地震動観測記録数が少なく、地震動の上限レベルの規定の根拠が明確でない等が挙げられる。」

と批判している。

(4) 電事連の関与の疑い

加藤ほか(2004)の共著者6名全員が、電力中央研究所、鹿島小堀研究室及び大崎総合研究所という、原子力事業者との関係が深い研究所の所属であり、大学所属の研究者は1人も共著者に入っていない。かかる点からしても、この論文の作成経緯の公正さは疑わしく、その内容が真に客観的、中立的な観点から研究成果をまとめたものか、疑問であると言わざるを得ない。

国会事故調によると、耐震設計審査指針改訂への対応について、電事連の資料には、

「『震源を特定せず策定する地震動』を450Galで抑えたいが、もっと大きくすべきと主張する委員がいることに関して原子力で考慮している地震動が一般の設計や防災で考慮している地震動と比べ同等以上であることを主要委員に説明していく」

と記載されていた(甲1・468頁)。この電事連の資料の記載からしても、加藤ほか(2004)のスペクトルが、電気事業者の意向を踏まえ作成されたものであることが疑われるところである。

(5) 小括

以上の通り、明らかに過小な応答スペクトルであり、その作成経緯の公正さにも疑問を挟む余地がある「加藤ほか(2004)の応答スペクトル」について検討しているからといって、16地震の実観測記録しか検討対象とせず、そのうち十分に保守的とはいえない2観測記録しか採用しなかった一審被告の評価が正当化されることはない。

3 地震動評価結果の報告書に関する主張について

(1) 財団法人地域地盤環境研究所の報告書について

ア 一審被告は、財団法人地域地盤環境研究所の報告書に記載された地震動解析について、「留萌周辺における地盤の増幅特性(サイト特性)が十分反映されているとはいえない仮定のモデル」(一審被告準備書面(28)10頁)であることから、2004年北海道留萌支庁南部地震における実際の地震動を再現したものではないと主張する。

しかし、地域地盤環境研究所は、Maeda and Sasatani(2009)の震源モデルと地盤モデルを参照しながら、これに少し修正を加えたモデルを採用し、得られた地震動解析結果の応答スペクトルと地震観測記録の応答スペクトルを比較して(長沢補充意見書・7頁図C)、HKD020観測

点での地震観測記録を比較的良く再現できることが確認されている。
このことからすると、地域地盤環境研究所が用いた地盤モデルは、地震動評価において十分に妥当なものである。

イ また、一審被告は、佐藤ほか(2013)では、詳細な調査を踏まえた地盤構造モデルが提案されているところ、Maeda and Sasatani (2009)の地盤構造モデルの数値はこれと異なっていると主張するが、両地盤構造モデルは、S波速度、P波速度及び密度の各数値について、大きな違いはない(長沢・6頁表A-1)。しかもどちらかが系統的に大きいという関係にはなく、Maeda and Sasatani (2009)の地盤構造モデルを佐藤ほか(2013)のモデルに置き換えれば、再現される地震動は却って大きくなる可能性がある。

ウ 一審被告は、地震動評価が地盤の増幅特性(サイト特性)に依存して大きく変わるかのように主張しているが、北海道留萌支庁南部地震のHKD020観測点での地震観測記録については、地盤の増幅特性(サイト特性)の影響は小さく、震源特性や破壊伝播効果の影響が大きいことは、ほぼ間違いのないことである(甲62・2-1, Maeda and Sasatani(2008), 甲286「震源を特定せず策定する地震動について」38頁)。観測記録との整合性が確認されているMaeda and Sasatani(2008)のRMIH04, RMIH05という各観測点における地震動の再現に用いられた地盤構造モデルが、HKD020のそれと大きな違いはない(長沢補充意見書・6頁表A-1)ことからしても、HKD020観測点周辺10kmないし20kmの範囲にその地盤構造モデルを拡張することは、地震動解析の手法として十分に妥当と言える。

エ 当該報告書は、原子力安全委員会が地域地盤環境研究所へ平成21年度から3年間連続して委託した業務のうちの1つであり、「地震動評価に係る請負業務成果等の報告書について」と題して今でも旧組織のホームページに掲載されていること(甲287)、原子力規制委員会の「発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる新安全設計基準に関する検討チーム第10回会合」では「震源を特定せず策定する地震動について」(震基10-3)という資料の中で原子力規制庁によって紹介され(甲286・4頁)、新規制基準策定の際の検討用資料として活用されていることから、当該報告書の解析結果の信頼性が高いことが推認できる。

オ したがって、地域地盤環境研究所の解析結果はHKD020観測点周

辺での地震動評価結果がどの程度の地震動になるのかを評価するものとして、十分信頼できるものである。約 1, 700 ガル(南北方向)という解析結果は、実際に発生した地震動から大きく乖離しているとは考えられず、この解析結果を考慮しない一審被告の基準地震動評価は不合理である

カ 一審被告は、同報告書において、「検討では HDK020 の地盤構造モデルを仮定して、それを 3 次元的に拡張していることに注意が必要」と記載されていることを強調するが、もし地盤構造モデルの妥当性の観点から異論を主張するのであれば、HDK020 周辺の地盤構造モデルを解明した上、これを当てはめた場合の応答スペクトルを作成し、北海道留萌支庁南部地震における最大の地震動は何ガルになるのかを具体的に示すべきであり、一審被告にとってそれはさ程難しいことではないはずである。だが一審被告はそのような検討結果をまったく示そうとしない。一審被告は、HDK020 観測点での観測記録が留萌支庁南部地震による最大地震動ではないことを十分認識しながら、基準地震動の引き上げにつながることを避けるために、敢えてこの点の調査研究を怠っていると言わざるを得ない。

キ さらに一審被告は、約 2, 000 ガル(東西方向)の解析結果について、破壊開始点を変えた 1 つの仮想的な設例に過ぎないと主張するが、破壊開始点は、地震発生までどこになるのか分からないものであり、「偶然的な不確定性」に属する代表的な断層パラメータである。留萌支庁南部地震では、地域地盤環境研究所において約 2, 000 ガルが発生するケースと解析した通りの位置に、破壊開始点が生じた可能性を否定できない。「震源を特定せず作成する地震動」の評価において「各種不確かさ」を考慮するのであれば、破壊開始点を変えたケースを考慮しなければならないのは当然である。

破壊開始点を変えたケースを仮想的な設例に過ぎないとして考慮外に置く一審被告の主張は、実観測記録以外には考慮しないという、合理的な理由のない「割り切り」に貫かれたものであり、万が一の深刻な災害を防ぐという、原子力発電事業者に本来求められる安全確保の姿勢とは、到底相容れないものである。

(2) 独立行政法人原子力安全基盤機構の報告書について

一審被告は、独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)の「震源を特定しにくい地震による地震動の検討に関する報告書(平成16年

度)」(甲204)が示したM6.5の横ずれ断層による1,340ガルの地震動について、「地震動と年超過確率との関係の評価する目的の下、仮想の断層モデルに種々の仮定的条件を与えて解析による計算値を算出し、その結果に考察を加えたもの」であり、「本件発電所の地震動評価に適用されるべきものではない」と主張する。

しかし、「震源を特定せず策定する地震動」については、そもそも当該サイトに特化した断層モデルを構築することが出来ないことが前提とされており、仮想の断層モデルに仮定的条件を与えた解析であるからといって、適用性が否定されるものではない。

一審被告は、JNESの解析モデルでは「アスペリティの上限深さが浅く(2km)設定されたものである一方、本件発電所周辺での地震発生層は上限深さが保守的に余裕を見て評価した場合でも3kmであって、条件が全く異なる」と主張する。だが、地震発生層の上端深さには不確実さが伴い、本件原発の敷地直下に発生する地震でもアスペリティ上端深さが2kmとなる可能性は否定されない。仮に百歩譲って、上端深さを3kmとした場合でも、JNES報告書の解析モデルでの最大加速度は1,098ガルであり(甲204・2-119頁の図2.69)、本件原発の基準地震動を大幅に上回る。

一審被告は「最大加速度1,340ガルの地震動は、年超過確率が 10^{-6} よりも更に小さい確率となり、現実にはまず考えられない」と主張するが、僅かに20年程度の観測期間において、柏崎刈羽原発等では、確率の上では「現実にはまず考えられない地震動」を上回るような地震動が観測されてきたことを無視した主張である。日本における基準地震動の年超過確率が信頼に値しないことは、地震学、地震工学の専門家にとっては周知の事実である¹。年超過確率算定手法について抜本的な見直しが必要とされない限り、年超過確率の低さを根拠にこの地震動を排除するべきではない。

¹ 浜田信生「原発の基準地震動と超過確率」(甲288)、泉谷恭男「浜田信生『原発の基準地震動と超過確率』に関連して考えたこと」(甲289)、増田徹「基準地震動と超過確率と安全」(甲290)、浜田信生「『原発の基準地震動と超過確率』に寄せられた意見についての感想」(甲291)、及び毎日新聞2016年2月10日夕刊(甲292)における香川敬生氏、高田毅士氏のインタビューを参照

第2 応答スペクトルに基づく地震動評価について

1 耐専式の適用に関する主張について

(1) 耐専式の不適用について

ア 一審被告において、「豊富なデータの蓄積を活かした、信頼性の高い距離減衰式」（一審被告準備書面（28）18頁）と評価する耐専式につき、F0-A～F0-B～熊川断層による地震の地震動評価（M7.8）における適用を行わなかった理由は、①耐専式に「極近距離」よりも更に著しく短い場合のデータが含まれていないこと、②等価震源距離が短くなるにつれて、実際の地震動に比べて過大な評価結果が得られる傾向があることとされていること、という2つの点から、前記ケースの等価震源距離（11.0km）が「極近距離」（M8の場合なら25km、M7なら12km等）よりも著しく短いため、耐専式による地震動評価の信頼性は高くないと判断したことにある。

だが、前記①と②では、信頼性が高いはずの耐専式の適用を排除する根拠としては、余りに弱い。

イ まず①について、単に元データにないというだけでは、耐専式の適用性を排除する根拠にならない。例えば耐専式の元データにはM8クラスの強震記録は含まれていないが、その場合でも耐専式が適用できることは確認されている（甲293「日本原子力学会標準 原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2015」339頁）。

原子力安全委員会における「『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」の資料では、「極近距離よりさらに近い地震に関しては観測データも少なく、…今後スペクトルの適用性や改良に関する検討等が必要」（甲209「耐専スペクトルの適用性検討（内陸地殻内地震を対象とした追加検討内容）」14頁）とされているように、「極近距離」よりも短ければ当然に適用性が否定される訳ではない。この意見交換会では、大谷圭一委員より、「極近距離」について、「とりえあずえいやと（線を）引いちゃった」（甲208「『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 速記録」21頁）と表現されているように、「極近距離」の設定自体に根拠は乏しい。したがって、M7.8、 $X_{eq}11.0\text{km}$ のケースが「極近距離」よりも等価震源距離が短いとしても、それだけで耐専式の適用が否定されるものではない。

ウ ②について、一審被告が根拠として挙げるのは、兵庫県南部地震の地震動観測記録において、断層からの距離が概ね5.0～2.0 km付近において、断層からの距離と最大加速度との相関関係が頭打ちになる傾向を示した図（Fukushima & Irikura (1997) Fig. 2）である。だが、地震動の大小を決める要因は複雑多岐にわたる一方で、当該図で掲げられた断層近傍の観測記録は、1つの地震におけるわずかなデータに過ぎず、個々の観測点における等価震源距離も明らかではない。したがって、これによつては、「極近距離」よりも等価震源距離が短ければ耐専式が地震動を過大評価する傾向があるということさえ十分に示すことができおらず、ましてM7.8、等価震源距離11.0 kmのケースで耐専式が適用できないという根拠にはならない。

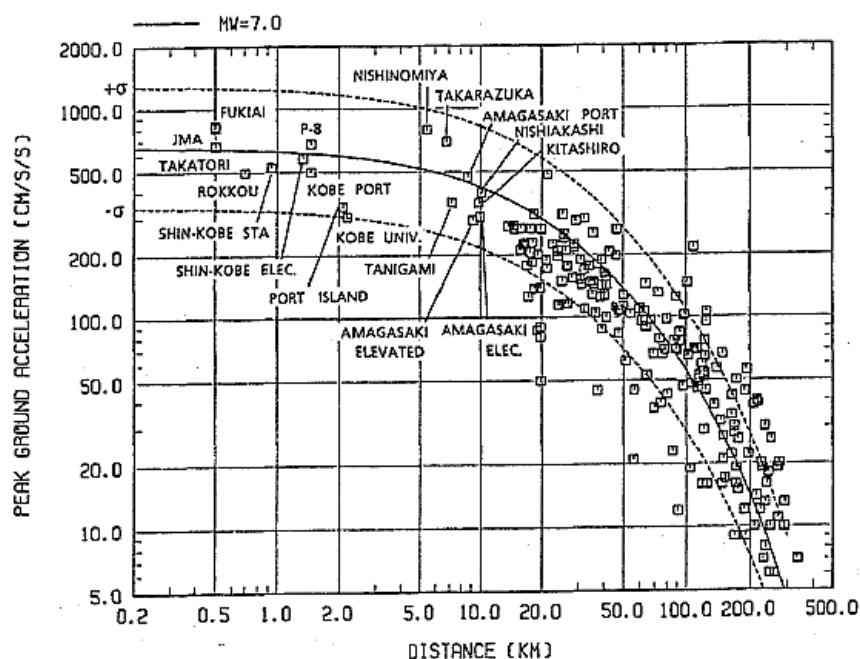


Fig. 2. Attenuation relation of peak horizontal acceleration from the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake. Data points indicate the observed peak horizontal accelerations. Solid line indicates the attenuation relation developed by Fukushima and Tanaka (1992), and broken lines indicate the standard errors of the relation.

【甲125・40頁 Fukushima & Irikura (1997)】

エ ところで、一審被告準備書面（28）14頁以下の記述を見る限り、一審被告は、極近距離よりも等価震源距離が著しく短い「2000年鳥取県西部地震・賀祥ダムの記録」が耐専式に概ね対応することは特段争っておらず、「極近距離」よりも等価震源距離が著しく短く

ても、耐専式を適用できるケースがあり、その適用性を個別に判断すべきことは認めているようである。

だが一審被告は、F0-A～F0-B～熊川断層による地震の地震動評価において、耐専式の適用性が否定される個別的な根拠は、何も示すことができておらず、単に「極近距離」よりも等価震源距離が著しく短いということを述べるに過ぎない。

オ むしろ、耐専式を発表した論文である Noda et al. (2002) では、1995年兵庫県南部地震神戸大観測記録 (M7.3, $X_{eq}16\text{km}$)²及び1999年 Kocaeli 地震 Sakarya 駅観測記録 (M8.1, $X_{eq}22\text{km}$) という、「極近距離」と同等かそれよりも等価震源距離が短いケースについて、観測記録を良く説明すると記載され (甲294・6頁)、耐専式が「震源近傍の観測記録を良く説明できることを示した」とされている。

カ 一審被告が「豊富なデータの蓄積を活かした、信頼性の高い距離減衰式」とみている耐専式の適用性を、本件原発近傍に位置する F0-A～F0-B～熊川断層のケースで否定する正当な理由は見当たらない。耐専式の適用を否定する理由は結局、当該ケースで耐専式を適用すると基準地震動が大きくなることにありとみるより他なく、そのような基準地震動評価が不合理であることは明白である。

(2) 各種の距離減衰式による評価について

ア 一審被告は、Kanno et al. (2006), Zhao et al. (2006), 内山・翠川(2006), 片岡・他(2006), Abrahamson and Silva(2008), Boore and Atkinson(2008), Campbell and Bozorgnia(2008), Chiou and Youngs(2008), Idriss(2008)という、本件原発の地盤とはデータベースの地盤種別が異なる各種の距離減衰式を適用し、F0-A～F0-B～熊川断層から発生する地震動の応答スペクトルを求めている。

イ 一審被告は、本件原発の地盤の固さを踏まえた補正を行い、地盤の固さの差異を考慮したと主張するが、元データの差は補正だけで解消できるものではない。一審被告は、この補正によって本件原発と同様の地盤固さの地震動につき、耐専式よりも精度良く地震動を評価できることについての主張立証も特にはしていない。

² 前記 Fukushima & Irikura (1997) Fig.2 によると、神戸大学観測点の断層からの距離は約2 kmであり、本件原発の F0-A～F0-B～熊川断層からの距離と同等かそれよりも短い。

ウ また、前記各種の距離減衰式のデータの諸元のうち、断層最短距離の範囲はほぼ下限がなく、一見すると F0-A~F0-B~熊川断層から発生する地震の地震動評価 (M_w 7. 8, 断層最短距離 2~3 km 程度の内陸地殻内地震) に対応しているようにも見えるが、つぶさに見るとそうではない。

例えば、内山・翠川(2006) (甲 295) の下記図を見ると、この距離減衰式のエデータには、M_w 7. 0 以上の地震について断層最短距離約 40 km より短い地震記録は存在しない。M_w 7. 4 程度で断層最短距離 2~3 km と考えられる F0-A~F0-B~熊川断層の地震動評価にはまったく対応していない。

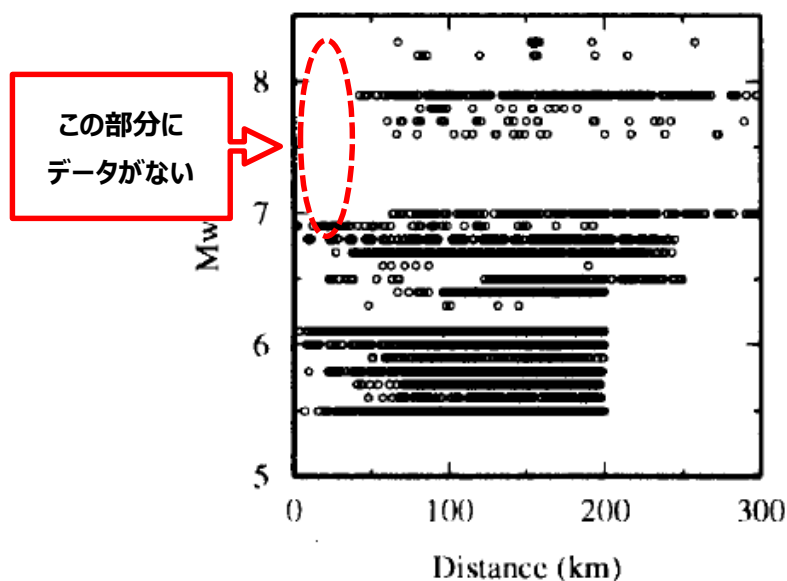


図3 断層面最短距離と M_w の分布

【甲 295 翠川(2006) 8 2 頁】

エ 耐専式は、等価震源距離というパラメータを用いている関係で、震源断層面の広がりを考慮できる上、近くにあるアスペリティの影響を評価することができる (甲 208 『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 速記録 16 頁)。一方で前記

「各種の距離減衰式」は、等価震源距離の代わりに断層最短距離というパラメータを用いているため、その利点がない。

また耐専式は、鉛直方向の地震動を評価できるという利点もある

が、前記「各種の距離減衰式」にはその利点もない。

さらに、前記「各種の距離減衰式」が、耐専式のように、NFD RD効果を捕捉できるようにも見られない。本件原発は、F0-A～F0-B～熊川断層の近傍（断層最短距離2～3 km程度）に位置し、NFD RD効果の発生が現実的に考えられ、これを係数により評価できる点でも耐専式の適用性は高いといえるが、一審被告はこの点を無視ないし軽視している。

オ 一審被告が、無数にある距離減衰式の中から、前記9つの「各種の距離減衰式」を選んだ理由も不明である。「日本原子力学会標準原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準:2015」（甲293・339頁）では、「原子力発電所施設に対しての適用性が高いと考えられる距離減衰式のモデル」として、耐専式その他、安中他の式(1997, R), 安中他の式(1997, Xeq), 大野他の式(1999, Xeq), Abrahamson & Silvaの式(R, 1997)が挙げられているが、これらはいずれも一審被告により採用されていない。

カ 一審被告は、「耐専式以外の距離減衰式を用いるにあたり、その適用性を慎重に検討」したと主張しているが、一審被告が地震動を過小評価しないよう距離減衰式の適用性を慎重に検討したとはとても考えられない。

よって、一審被告が前記「各種の距離減衰式」を適用していることをもって、耐専式の適用を排除したことが正当化されることはない。

2 耐専式に係る最新の科学的・技術的知見について

一審被告は、「確かに、設置許可基準規則解釈別記2第4条5項は、基準地震動の策定にあたって最新の科学的・技術的知見を踏まえることを求めている」と認めながらも、「距離減衰式そのものに最新の地震動データを反映させることを求めるような記載はない。したがって、基準地震動の策定にあたって最新の科学的・技術的知見を踏まえるべきではあるものの、設置許可基準規則解釈別記2第4条5項から、少なくとも一審原告らのいうように耐専式そのものに最新の地震動データを反映させなければならないという結論を一義的に導くことはできない」（一審被告準備書面（28）17頁）と主張し、最新の地震観測記録の反映をしないことを正当化しようとし

ている。最新の地震動データを距離減衰式に反映させることは一審被告にとって容易に実行可能なはずであり、本来、周辺住民の生命、健康、財産の保護や環境の保全について極めて高度な注意義務を負う原子力事業者として、最新の知見の調査研究に自ら励み、これを積極的に安全対策に活かす義務があるところ、一審被告にはそのような義務を履行しようという姿勢が欠けている。

この点一審被告は、最新の知見として、独立行政法人原子力安全基盤機構による「平成 18 年度原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 活断層及び地震動特性に関する調査・解析に係る報告書、07 基構報－0004」(乙 96) (以下、「07 基構報」と略す。)を取り上げ、「耐専式が実際に発生する地震への適用性を有していることが確認されている」と主張する。

だが第 1 に、「07 基構報」で耐専式と比較している地震は、2006 年に発生したプレート間地震または海洋プレート内の 3 地震であり、本件で問題となっている内陸地殻内地震ではない。第 2 に、この 3 地震に関する 8 つの地震観測記録は、震源距離が 111～171km と遠く離れた観測点での記録であり、地震動は、解放基盤表面はざと波で最大加速度が 2.7～11.0 ガルと極めて小さい。したがって、こういったケースでの耐専式の適用性が確認できても、敷地近傍の活断層から大きな地震動の発生が懸念される本件原発の基準地震動評価の上では、ほとんど意味がない。

一審被告に説明が求められていたのは、最近 20 年間で整備された地震観測網によって観測された、比較的大規模な内陸地殻内地震の震源近傍における地震動観測記録による、耐専式の検討の有無とその内容である。一審被告がこの点の説明を行わないのは、この点の検討を行っていないか、若しくは検討内容を明かすと現在の基準地震動評価の不合理性を露呈することになるからであろう。

第 3 断層モデルを用いた手法による地震動評価について

1 入倉・三宅(2001)の式に関する主張について

(1) 島崎氏の発表内容

活断層(震源モデル)の長さや面積から地震規模を推定するためには、松田式、入倉・三宅(2001)の式、武村(1998)の関係式等幾つかの経験式が提案されているが、どの経験式を選定するかによって、地震規模は大きく異なる場合がある。

設計基準地震動の策定に関わる記述がなされた I A E A の安全基準である “Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations” (「核施設のサイト評価における地震ハザード」) No.SSG-9 (以下「SSG-9」という。)(甲 296) では、「最大潜在マグニチュード」の評価が要請され、7.1(5)では認識論的不確定性の適切な取扱いが要請されていることからしても、前記数種類の経験式のうちいずれを採用するかについては、地震規模の評価が十分に保守的なものとなるよう慎重に検討がなされなければならない。

この点、島崎邦彦・前規制委員会委員は、同委員退任後、平成 27 年 5 月の日本地球惑星科学連合大会 (甲 193) だけでなく、同年 10 月の日本地震学会秋季大会 (甲 264)、同年 11 月の日本活断層学会秋季大会 (甲 297)、翌平成 28 年 5 月の日本地球惑星科学連合大会 (甲 298) と、これまでに合計 4 度にわたって、入倉・三宅 (2001) の式が他の式よりも地震規模等を過小評価するおそれについて発表している。

まず島崎氏は、活断層長 L (m) と地震モーメント M_o (Nm) との代表的な以下の 4 つの関係式について、わかりやすさを重視して以下のように表した。

- (1) $M_o = 4.37 \times 10^{10} \times L^2$ (武村, 1998) 右図の T
- (2) $M_o = 3.80 \times 10^{10} \times L^2$ (Yamanaka & Shimazaki, 1990) 右図の YS
- (3) $M_o = 3.35 \times 10^{10} \times L^{1.95}$ (地震調査委, 2006) 右図の ERC
- (4) $M_o = 1.09 \times 10^{10} \times L^2$ (入倉・三宅, 2001 で、厚さ 14km の地震発生層中の垂直な断層を仮定した場合) 右図の IM

【甲 264 「活断層長に基づく地震モーメントの事前推定」】

上記の (3) は「(地震調査委, 2006)」とあるが、松田式を変形して地震モーメントを求める式に変えたものである。

上記 (4) の入倉・三宅 (2001) の式は、断層の長さではなく震源断層の面積から地震規模を求める式であるため、西日本における標準的なケースである、地震発生層の厚さ 14 km の垂直な断層を仮定して式を変形している。島崎氏によると、「地震発生前に使用できるのは活断層の情報であって、震源断層のものではない」のであるから、地震規模等の予測精度を比較検討する趣旨から、震源断層の長さではなく、活断層の長さを用いている。

以上をもとに、島崎氏は、日本の陸域およびその周辺の 7 つの地殻内地震

(マグニチュード7程度以上)につき、前記(1)から(4)の式それぞれに各活断層の長さを当てはめ、それぞれの地震モーメントを算出し、観測記録(OBS)と比較した。下記の表のうち、黒く塗られた部分は、概ね地震規模の予測に成功したケースと見られる。これによると、入倉・三宅(2001)の式(IM)以外の3つの式は、過半数のケースで概ね地震規模の予測に成功しているが、入倉・三宅(2001)の式(IM)では、1つも黒く塗られておらず、地震規模の予測にまったく成功していないことになる。

	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

地震モーメント実測値と推定値(単位 10^{18}Nm)

OBS:観測値、T:(1)式、YS:(2)式、ERC:(3)式、IM(4)式。ただし三河地震では傾斜角を30度とし、福島県浜通りの地震では傾斜角を60度とし、(4)式の係数を傾斜角に応じて変えた。

【甲 297「活断層の長さから推定される地震モーメント
：日本海『最大』クラスの津波断層モデルについて」】

上記表は省略が多く分かり難いため、上記表の右端の欄に各地震の名称を付し、実測値(OBS)と入倉・三宅(2001)の式(IM)による推定値だけを抜き出し、同式の実測値比((観測値)/(入倉・三宅))を算出して表にしたものを以下に示す。入倉・三宅式(2001)が単に他の式と予測値が乖離しているというだけでなく、実際の地震規模を予測する上で平均35%に過小評価してしまう傾向があることが分かる。しかも、傾斜角が30度に設定された1945年三河地震を除いて、地震規模は観測値の半分から4分の1程度に過小評価されており、他の式と比べても、地震モーメントが過小評価される傾向は顕著である。

	観測値(10 ¹¹ Nm)	入倉・三宅(10 ¹¹ Nm)	(観測値)／(入倉・三宅)
1891年 濃尾地震	180	52	0.29
1930年 北伊豆地震	27	7.9	0.29
2011年 福島県浜通り	11	5.5	0.5
1927年 北丹後地震	46	12	0.26
1943年 鳥取地震	36	9.8	0.27
1945年 三河地震	10	19	1.9
1995年 兵庫県南部地震	24	11	0.46
平均	47.7	16.7	0.35

島崎氏は2016年（平成28年）5月の学会発表ではさらに検討を加え、既存の断層面積の推定値から、入倉・三宅(2001)の式を用いて平均的なずれの量を求め、これから推定される変形が実測値と調和的かどうかを調べたところ、入倉・三宅(2001)の式では実測値の1/4以下の変形しか説明できないことが分かったと報告している（甲298「過小な日本海『最大クラス』津波断層モデルとその原因」）。なお「レシピ」において、平均すべり量と地震モーメントとは比例関係にあるとされている（甲56・付録3-7）。

昨年の島崎氏の報告においては、厚さ14kmの地震発生層中の垂直な断層が仮定されているにとどまらず、断層傾斜角60度の場合の入倉・三宅(2001)の式の係数（1.45）も記載され、上記2011年福島県浜通りの地震のケースで適用されており、地震規模は実観測記録の半分の評価になることが示されている。したがって、島崎氏の報告を前提とすると、地震発生層が14kmよりも相当に厚いケースや、断層傾斜角が60度より相当低いケースであれば別論、そうでない限りは、入倉・三宅（2001）の式を用いると、地震規模が過小評価となるおそれが高いということになる。

本件において一審被告は、FO-A～FO-B～熊川断層等につき、基本ケースでは地震発生層15kmの垂直な断層を想定し、「不確かさの考慮」（パラメータスタディ）でも傾斜角60度のケースまでしか想定していない。したがって、上記島崎氏の報告において仮定された条件とほぼ等しいから、島崎氏による入倉・三宅式批判の射程の範囲内である。

一審被告は、「詳細な調査等に基づき、具体的な震源断層の位置・構造を想定した上で、断層長さ、断層幅、断層傾斜角等をそれぞれ設定して求める震源断層の面積（S）と地震モーメント（Mo）の関係を示す本来の

入倉・三宅(2001)の関係式とは、断層の捉え方がまったく異なる」と主張しているが、島崎氏が再三述べる通り、震源断層の長さや面積などの断層パラメータは、地震発生後に得られるものであって、事前に推定できる値とは異なり、大きくなることが多い（甲 298「過小な日本海『最大クラス』津波断層モデルとその原因」）。一審被告は、この断層調査技術の限界を踏まえられていない。

(2) 入倉・三宅(2001)の式を含む「レシピ」の一連の地震動評価について

ア 一審被告は、「一連の地震動評価手法という『レシピ』の特徴を踏まえず、入倉・三宅(2001)の関係式のみを取り上げて、その妥当性を論じることが適切でない」（一審被告準備書面（28）20頁）と主張しているが、的外れな言い分である。

イ 「レシピ」では、まず、震源断層面積と地震モーメントというマクロな震源パラメータを求めるが、地震モーメントが過小評価されていれば、「レシピ」の一連の手順に沿って短周期レベルや断層平均応力降下量、さらにはアスペリティの応力降下量などミクロなパラメータも連鎖的に過小評価されてしまう。一連のパラメータ設定における過小評価につながる根幹の式が、入倉・三宅(2001)の式なのであり、ここにおいて過小評価のおそれが強い式を用いることは到底看過できない。

ウ 一審被告は、「レシピ」で入倉・三宅(2001)の式が採用され続けていることをもって、当該関係式が信頼性を有していると主張する。

だが、「レシピ」を作成・改訂している推本の強震動評価部会強震動評価手法検討分科会では、部会長で主査を長年務めてきた入倉孝次郎氏の影響力が非常に強い上、当該分科会に所属する委員をはじめ日本の強震動学者は全員が原子力発電と何らかの関係があると言っても過言ではない状況であり、原子力事業者にとっては極めて都合な入倉・三宅(2001)の式に対する批判的な検討が行われ難い。かかる背景事情からすれば、「レシピ」に入倉・三宅(2001)の式が掲載され続けていることをもって、その信頼性が高いとはいえない。

エ それでも、入倉・三宅(2001)の式では計算結果が合わないと認識されたことから、平成20年改訂の「レシピ」（「改正レシピ」若しくは「修正レシピ」）から、入倉・三宅(2001)の式と並んで松田式(1975)が地震規模を求める関係式として採用されるに至っている。

かつて推本長期評価部会の部会長を務めた島崎氏は、前記学会発表で「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193

「活断層の長さから推定する地震モーメント」等)と指摘している。

「(3)」は松田式であり、「改正レシピ」とは平成20年に地震調査研究推進本部地震調査委員会が公表した「修正レシピ」のことである。この「修正レシピ」では、国内の活断層による地震動を評価する際、入倉・三宅(2001)の式の代わりに松田式で断層長さから平均的な地震規模を求め、この地震規模に合わせて断層面積をやや大きくする手法が、入倉・三宅(2001)の式によって地震規模を求める手法と並んで記載されている。

この松田式を含む修正「レシピ」を推本が初めて適用した結果が平成20年4月11日付け「警固断層帯(南東部)の地震を想定した強震動評価について」(甲299)であり、その説明の「6.1 問題点とその対応策」には次のように書かれている。

「強震動評価においては、震源断層形状(長さ L (km)、幅 W (km))を設定してから地震モーメント M_0 ($N\cdot m$)を求め、 M_0 と気象庁マグニチュード(M)の関係から M を求めている。一方、長期評価においては、地表地震断層の長さ L (km)(繰り返し活動して形成された活断層を1回の活動でできた活断層とみなす)と M の関係から M を求めている。これらの M は、設定方法が異なることから、必ずしも同じ値とはならないでいた。そこで、ここでは長期評価で設定されている M を固定パラメータとして、他の断層パラメータを設定した。」(同上の説明15頁)

この時以降、入倉・三宅(2001)の式は、推本では地震規模を求める式としては採用されず、松田式等が使われるようになった(甲299「警固断層帯(南東部)の地震を想定した強震動評価(説明)」3頁)。例えば、平成17年7月19日付け「中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南縁)の地震を想定した強震動評価」では、地震規模の算定に入倉・三宅(2001)の式が使われていた(甲300本文5頁、説明3頁)が、平成23年2月18日付け「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」では、同じ範囲の活断層から想定される地震規模の想定は松田式とKanamori(1977)で行われ、入倉・三宅(2001)の式は使われていない(甲301・77頁)。推本と

しては、入倉・三宅(2001)の式よりも松田式の方が予測結果の信頼性が高いと判断したということである。

したがって、単に「レシピ」から削除されていないという一事をもって、入倉・三宅(2001)の式の信頼性が十分に高いということとはできない。

オ 原子力安全委員会は、平成22年、島根原発の基準地震動評価に関して、中国電力に対し、宍道断層による地震規模の想定につき、修正「レシピ」の趣旨を踏まえて、入倉・三宅(2001)の式で計算されていたものを、松田式により評価するよう要求している(甲302・13頁)。その結果、地震規模の想定はM6.9からM7.1に引き上げられた。

一審被告は修正「レシピ」の趣旨を無視し、国会事故調から「東電・電事連の『虜』」と批判された旧規制当局よりも非保守的な評価をしている。

カ また、一審被告は『平成12年(2000年)鳥取県西部地震、平成15年(2003年)十勝沖地震、2005年福岡県西方沖の地震の・・・観測記録を用いた強震動予測手法の検証』が実施されており、現実が発生した地震との比較において、適切に確認されている。すなわち、レシピという一連の地震動評価手法が実際の地震動を精度良く再現できるものとして、その有効性・信頼性が確認されている(一審被告準備書面(28)19頁)と主張する。

額額一起・東京大学地震研究所教授(現・推本の強震動評価部会部会長)によると、「実際に起きた地震の地震動について、地震後判明したパラメータを用いても観測記録を完璧には再現できず、倍半分程度の誤差が生じるのが通常(甲303「事情聴取書」2頁)というのであり、前記の再現の精度自体高いといえるのかは極めて疑問である。

また、これらの検証では、地震発生後に判明したパラメータを用いて「レシピ」から観測記録を再現するという事に止まっている(甲21～23)。「レシピ」が真に強震動予測手法として十分に信頼できるものであることの検証をするためには、地震発生前に把握できた情報だけを用いて地震波形を作出し、実観測記録と比較すべきである。しかし前記一審被告が列記した検証は、その域にまで達していない。

さらに、これらの検証では、入倉・三宅(2001)の式はほぼ使われておらず、基本的に地震規模は観測記録に基づいて求められている。し

たがって、仮に再現の精度が良かったと言えとしても、それは入倉・三宅(2001)の式の精度とは無関係である。

(3) 松田式の相対的な信頼性について

推本のみならず、中央防災会議の「東南海、南海地震等に関する専門調査会」でも、検討の結果、入倉・三宅(2001)は採用されず松田式が採用されている(甲213「断層のモデル化」2-4, 2-6)。松田式はばらつきのある経験式であるが、現段階で相対的には信頼されている経験式と言える。

一審被告は、「モデル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」という「レシピ」の記述につき、(ア)入倉・三宅(2001)の式を用いる方法と、(イ)松田式を用いる手法を併記している部分には射程が及ばないかのような主張をしているが、これは「断層モデル」で松田式の適用を回避するための強弁である。前記

(ア)と(イ)の選択は、地震規模は勿論、震源断層モデルの幅や面積にも関わる問題であり、明らかに「特性化震源モデル」の問題である。

(ア)と(イ)の選択肢を挙げる前に上記「モデルの不確定性を考慮して、…」と述べている「レシピ」の記述形式からしても、この2つの選択肢を「過去の地震記録や詳細な調査結果に基づき震源断層を推定する場合」の「特性化震源モデル」の図の中で併記している「レシピ」(甲56・付録3-36)を見ても、「複数の特性化震源モデル」には上記(ア)(イ)が明らかに含まれる。

殊に原発の基準地震動評価の場合、認識論的不確定性を低減させ、十分な保守性を確保することが優先されているのであるから、「レシピ」に2つの手法が併記されている場合は、双方を検討してより保守的な想定となる方を採用すべきなのは当然である。

したがって、一審被告は、「断層モデルを用いた手法」において入倉・三宅(2001)だけでなく松田式でも地震規模を求めるべきであり、その上で関係式のばらつきを十分考慮してマグニチュードを定めるべきである。SSG-9の7.1(2)では最大潜在マグニチュードの評価、同(4)(iv)では関係式のばらつきの考慮、同(5)では認識論的不確定性の取扱いが求められていることからしても、かかる方法が確立した国際的な基準に適合するものと言える。

一審被告が複数の特性化震源モデルを設定していること自体は別段争わないが、それは入倉・三宅(2001)の式により地震規模を小さく見積も

った上で、地震動が大きくなり新たな耐震工事のコストが高まないように計算された範囲内で設定されたものに過ぎない。

2 応力降下量に関する主張について

(1) 「アスペリティ面積比 $>30\% \Rightarrow \Delta\sigma = 3.1$ (MPa)」は独自の見解

一審被告は「アスペリティ面積比(震源断層全体に占めるアスペリティの面積)が 30% を超えたため、F0-A～F0-B～熊川断層を長大な断層として評価した」と主張している。

確かに、「レシピ」には、「内陸地震によるアスペリティの総面積の占める割合は、断層総面積の平均 22% (Somerville et al., 1999), $15\sim27\%$ (宮腰・他, 2001)であり、拘束条件にはならないが、こうした値も参照しておく必要がある」(甲56・付録3-9)と記載されており、アスペリティ面積比が約 37% となった F0-A～F0-B～熊川断層のケースでこれを 22% に抑え方法も「参照」として記載されている。

しかし、アスペリティ面積比が 30% を超えれば、一律に「長大な断層」として $\Delta\sigma$ (震源断層全体の静的応力降下量) $= 3.1$ (MPa), $\Delta\sigma_a$ (アスペリティ静的応力降下量) $= 14.4$ (MPa)とするような評価手法は、「レシピ」に記載されておらず、一審被告の独自のものである。一審被告は、「レシピ」の付録3-10に記載された Fujii and Matsu'ura (2000) の研究成果による $\Delta\sigma = 3.1$ (MPa), $\Delta\sigma_a = 14.4$ (MPa) という値を用いて基準地震動を低く抑えるために、本来「長大な断層」とはいえない F0-A～F0-B～熊川断層等を無理に「長大な断層」と評価している。

(2) 背景領域すべり量は負にならない

「レシピ」によれば、「長大な断層」につき暫定値として Fujii and Matsu'ura (2000) による応力降下量を適用出来るとされている理由は、「震源断層の長さが震源断層の幅に比べて十分に大きい長大な断層」においては、円形破壊面を仮定することが必ずしも適当ではないからである。この「円形破壊面を仮定することが必ずしも適当ではない」ことの理由は、背景領域のすべり量が負になってしまうことを意味する。

この点、入江(2014) (甲307) でも、「標準的な強震動予測手法では、面積の大きい震源断層を設定した場合に、背景領域でのすべり量が負になる不自然な挙動が生じてしまう。この問題の根本原因は、断層の平均応力降下量の算定に円形クラック式を適用していることにある」とされているところである。

「レシピ」にしたがって一般的なパラメータ設定をした場合、背景領域のすべり量が負になる場合は、アスペリティ面積が全断層面積の50%を超える場合とされており（甲308 引田智樹ほか「断層モデルに基づく地震動応答スペクトル予測法と予測結果のばらつきに関する検討」1408頁）、30%を多少超えた程度では、背景領域すべり量は負にはならない。

したがって、「レシピ」の解釈としても、FO-A～FO-B～熊川断層は、「長大な断層」ではなく、Fujii and Matsu'ura(2000)による応力降下量を適用できる場合には該当しない。

(3) 「長大な断層」の定義は松田式の適用範囲に止まらない

一審被告は、推本が作成した『活断層の長期評価手法』報告書では、松田式の適用性の観点から100kmを超える断層を『長大な断層』と表現しているだけであり、「レシピ」の「長大な断層」の定義はこれと違うと主張したいようである（一審被告準備書面（28）26, 27頁）。だが、推本は応力降下量の設定も視野に入れて「長大な断層」ないし「長大断層」という用語を統一的に用いており、一審被告の主張は妥当しない。

推本が作成した最新の報告書である「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～」（平成26年(2014年)12月付け）の付録-1「10. 今後の課題と展望」「10.1.2 活断層で発生する地震のモデル化」の中には、次のように書かれている（甲284・385頁）。

「長大断層（おおむね長さが80kmを超える断層）の震源のモデル化に関する検討も必要である。長大断層については、一般的なパラメータ設定法を用いると背景領域のすべり量が負になってしまうため、強震動予測「レシピ」

（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2008c）では暫定的に平均応力降下量とアスペリティ面積比を固定している。中央構造線や糸魚川－静岡構造線といった長大断層で発生する地震の強震動予測を行うためには、長大断層に対しても背景領域のすべり量が負とならないことも含め、震源モデル作成のための枠組みが必要であり、そのような枠組みを作るための検討が必要である。近年の観測データの蓄積により、長さの短い断層から長大断層に至るまでの断層面積と地震モーメントの間の関係が報告されており（例えば，Murotani et al., 2010），これによれば、断層面積と地震モーメントの関係式は、地震の規模に従って3段階で変化する。また、観測データから得られる、震源モデル作成に必要な物理量の間の関係式として、短周期レベル（加速度震源スペクトルの短周期側におけるスペクトルの振幅）と地震モーメン

トの関係式（例えば，壇・他，2001）がある。長大断層の震源モデルの作成については，このような観測データから得られた知見に基づき，応力降下量の適切な設定方法も含めた，新たな枠組みを示す必要がある。」（下線は引用者）

上記のうち，「長大断層」の定義との関係で，推本は，

- i) 応力降下量の設定も含めた「震源のモデル化」との関連で「長大断層」を「おおむね長さが80kmを超える断層」としていること
- ii) 長大断層については，一般的なパラメータ設定法を用いると背景領域のすべり量が負になってしまうことを挙げている。

さらに，この推本の報告書からすると，

- iii) 長大断層は3段階で変化するスケーリング則（断層面積と地震モーメントの関係）の3番目と結びつけられていること

がうかがえる。推本が示した Murotani et al. (2010) によるかぎり，この3段階で変化するスケーリング則とは，

- ① 未飽和断層に対応する $M_o \leq 7.5 \times 10^{18} \text{Nm}$ では $M_o \propto S^2$ (M_o が断層面積の2乗に比例)，
- ② 飽和断層で長大な断層になるまでの $7.5 \times 10^{18} \text{Nm} < M_o \leq 1.8 \times 10^{20} \text{Nm}$ では $M_o \propto S^{3/2}$ (M_o が断層面積の1.5乗に比例)，
- ③ 長大断層に相当する $1.8 \times 10^{20} \text{Nm} \leq M_o$ では $M_o \propto S$ (M_o が断層面積に比例)

となる関係のことを指す。ここで3段階目のスケーリング則が適用される地震モーメント $1.8 \times 10^{20} \text{Nm}$ 以上の断層に対して，Murotani らはスケーリング則が $S[\text{km}^2] = 1.0 \times 10^{-17} M_o[\text{Nm}]$ となることを示している。この式によれば，3段階目のスケーリング則の下限である $M_o = 1.8 \times 10^{20} \text{Nm}$ では $S = 1,800 \text{km}^2$ になり，断層幅が15kmでは断層長さが120kmになる。

長大断層が「おおむね長さが80kmを超える断層」と曖昧な表現になっているのは，断層幅によって「長大断層」といえる断層長さが変わるからである。松田式の適用上限とされる100km（これに対応する地震モーメントは約 $1.88 \times 10^{20} \text{Nm}$ ）付近に，3段階目のスケーリング則の下限があると見られている。その意味では，長大な断層の定義が松田式の適用範囲と関連しているのは，何ら不自然なことではない。

一審被告は，長大な断層と「80km」ないし「100km」との関係を切り離した

めに、「松田式の適用範囲」にすぎないと主張しているが、上記のように、推本は、「長大断層」について、平均応力降下量、背景領域すべり量ないしアスペリティ面積比、スケーリング則の3番目の段階との関連で、統一的に定義しており、その上で「おおむね長さが80kmを超える断層」もしくは「100kmを超える断層」としているのである。FO-A～FO-B～熊川断層においては、「レシピ」を適用した場合アスペリティ面積比が50%を超えず（壇・他(2001)を用いても37%程度）、活断層の長さが63.4kmに過ぎないため、「レシピ」において「長大な断層」に適用されるべき応力降下量の設定法は、FO-A～FO-B～熊川断層に適用されてはならないのである。

(4) Fujii and Matsu'ura(2000)は暫定値に過ぎない

さらに言うならば、たとえFO-A～FO-B～熊川断層が「長大な断層」と言えるとしても、当然にFujii and Matsu'ura(2000)によって震源断層全体の静的応力降下量が3.1MPaと評価できる訳ではない。

「レシピ」において、この値は「いくつかの条件下で導出した値であり、その適用範囲等については今後十分に検討していく必要がある（入倉, 2004）」「長大断層の静的応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)に関する新たな知見が得られるまでは暫定値」と記載されている（甲56・付録3-11）通り、当該数値は、十分な科学的妥当性を備えたものではない。

しかも近時の地震では、アスペリティ応力降下量が20Mpaを超える例は珍しくない（控訴審第13準備書面11頁）。ところが一審被告は、FO-A～FO-B～熊川断層から生じる地震のアスペリティ応力降下量は、14.1Mpaのケースしか考慮しておらず、過小評価のおそれ大きい。

かかる観点からしても、Fujii and Matsu'ura(2000)による応力降下量は本件で適用されるべきではない。

(5) 断層面積の設定は一定である

一審被告は、地震モーメント(M_0)と応力降下量($\Delta\sigma$)の比例関係を認める一方で、仮に地震モーメントが4倍になったとしても、当該地震モーメントに入倉・三宅(2001)の式を適用すれば断層面積は2倍となる関係で、応力降下量は約1.41倍にとどまると主張する（一審被告準備書面(28)27頁）。

しかし、「レシピ」において入倉・三宅(2001)の式を用いて地震規模の想定が行われる場面では、「過去の地震記録など」や「詳細な調査」に基づき震源断層の面積が設定されることになっている。したがって、断層面積の設定は一定のはずである。なお、修正「レシピ」により松田式を用いて地震規

模の推定が行われる場合には、入倉・三宅(2001)の式によって震源断層モデルの修正が行われることになっているが、一審被告はこの手法は採用していない。

一審原告は、入倉・三宅(2001)の式のばらつきによって、同じ震源断層面積から地震モーメントが4分の1に過小評価されるおそれを主張しているのであるが、一審被告は、震源断層の面積の設定は、「詳細な調査」に基づくものとして基本的には一定の値に設定しており、入倉・三宅(2001)の式による過小評価を想定して震源断層モデルを修正するようなことはしていない。

したがって、入倉・三宅(2001)の式のばらつきによって地震モーメントが4倍になった場合、入倉・三宅(2001)の式を適用して断層面積が2倍になることはなく、計算上、応力降下量は4倍（4分の1の過小評価）になる。

第4 「偶然変動等によるバラツキ」に関する主張について

1 地震の本質は破壊現象である

一審被告は、「偶然変動等によるバラツキ」というのが一審原告の独自概念であるかのように主張しているが、地震の本質は破壊現象であるから、必然的に偶然的要素（地震工学では「偶然的不確定性」ということが多い。）を含むのであり、これに起因して地震動予測式にバラツキがあることは当然のことである。

東京大学地震研究所教授の瀬戸一起氏は、科学ジャーナルのインタビューで、地震の性質上伴う偶然的要素と予測のバラツキ（誤差）につき、以下のように話している（甲309・エルゼビアジャパン『特集：研究者インタビュー第8回 東京大学瀬戸一起教授』1頁）。

「地震は物理学的に言うと岩盤と岩盤が擦れあう現象です。もっと端的に言うと、岩盤が破壊する現象です。物が壊れる現象は、基本的に予測が非常に難しいのです。例えばガラスをガンと叩いたときに、どういう形でひびが入って割れるかは、現状の科学では予測できないことです。決定論的に予測することは原理的に難しい面があるのです。」

一審被告は、距離減衰式など経験式のばらつきつきを、各地震観測地点における地域性だけですべて説明可能であるかのように主張しているが、地震にはその性質上、必然的に偶然的な不確定性を含み、地震動予測には限

界があることを無視している。

一審被告が証拠提出した原子力安全基盤機構の「07 基構報」(乙 9 6 5. 49 頁)においては、以下のような記載がある。

耐専スペクトルはあくまで平均スペクトルであり、実際の適用にあたっては地震動のばらつきを考慮して設計用標準応答スペクトルを定めていく必要がある。

耐専スペクトルの策定において、地震観測記録を回帰分析する際に平均からの残差、つまりばらつきが計算される。これらのばらつきは、地震動を地震規模(マグニチュード)・等価震源距離・地盤の硬さ(V_p , V_s)の少ないパラメータで予測すること、すなわちモデルの単純化によって生じたものである。少ないパラメータで地震動を簡便に評価できることは経験的手法の優れた点であるが、ばらつきが内在することは避けられないといえる。

耐専式に限らず、距離減衰式は少ないパラメータで地震動を予測することから、「モデル化しない(できない)ことによって生じる偶発的ばらつき」(甲 303 添付②山田・他(2008) 1 0 5 頁参照)が生じる。「万が一」の事態まで想定した安全性を確保しようとするならば、かかる偶然的要素を考慮することは当然のことである。

2 「偶然的な不確定性」の位置づけ

一審被告は、「震源特性」「伝播特性」「地盤の増幅特性(サイト特性)」とは別に「偶然変動」(「偶然的な不確定性」)という概念を考慮するということが一審原告ら独自の見解であるかのように主張しているが、一審原告らの主張の正確な理解を欠いている。

「震源特性」「伝播特性」「地盤の増幅特性(サイト特性)」というのは、ある断層破壊が開始してから特定観測地点で地震動という形で伝わるまでの空間的な観点から、地震動ないし地震動評価に影響を与える要因を分類したものである。

一方、認識論的な不確定性は、「より正確なモデル化や新しい知見・データを追加することで低減可能なばらつき」、偶然的な不確定性は「新しい知見・データが追加されても低減不可能なばらつき」と定義されているように、これらは、「知見・データの追加による低減可能性」という観点から分類された、地震動評価のばらつきの要因である(甲 310「距離減衰式にお

る地震間のばらつきを偶然的・認識論的不確定性に分離する試み」，甲 311「距離減衰式のばらつきに関する検討」参照）。

内山・翠川(2013)において「震源特性における震源メカニズムや破壊伝播方向，伝播経路における媒質（速度，減衰構造）の不均質性，サイト特性における地盤の不整形性や入射角などによる地震動強さの違いは予め想定することが困難であり，これらが地震間および地震内のばらつきにおける偶然的・認識論的不確定性の要因になっていると考えられる。」（甲 310・38頁）とあることから分かる通り，「震源特性」「伝播特性」「地盤の増幅特性」という 3 つの特性それぞれの中に，「認識論的不確定性」と「偶然的・認識論的不確定性」は含まれる。



3 偶然的・認識論的不確定性の考慮は必須である

一審被告は，「詳細な調査」を行ったと主張しているが，どんなに「詳細な調査」が行われているとしても，「偶然的・認識論的不確定性」を低減させることは，この概念の定義上できない。したがって，強震動予測を行う場合，当該予測手法のばらつきによって基準を上回ることを出来るだけ避けるためには，この「偶然的・認識論的不確定性」を定量的に把握した上でその分の余裕を持たせることが重要である。

内山・翠川(2013)（甲310）では，既往の研究において，距離減衰式の回帰分析における地震間のばらつきの標準偏差の70％程度，地震内のばらつきの標準偏差の40～50％程度が，偶然的・認識論的不確定性によると指摘されていることを踏まえつつ，偶然的・認識論的不確定性の標準偏差は，距離減衰式における地震間のばらつきの標準偏差に比べ，最大加速度はその60％程度，最大速度はその80％程度となるという研究成果が述べられている。この研究成果とすると，距離減衰式全体のばらつきの概ね半分程度は，偶然的・認識論的不確定性によるものと見ることができる。

距離減衰式を発表する論文には必ずと言っていいほど，その元データ

との回帰誤差が示されている。各式によってその数値は異なるが、一般的には標準偏差で倍半分程度のばらつきがある。例えば、本件で用いられている内山・翠川(2006)の回帰誤差は、下記図8（甲310・85頁）から読み取れる限り、対数標準偏差で0.3～0.5の範囲にある。これは、標準偏差で平均から2倍、3倍程度までばらつくということを意味する。

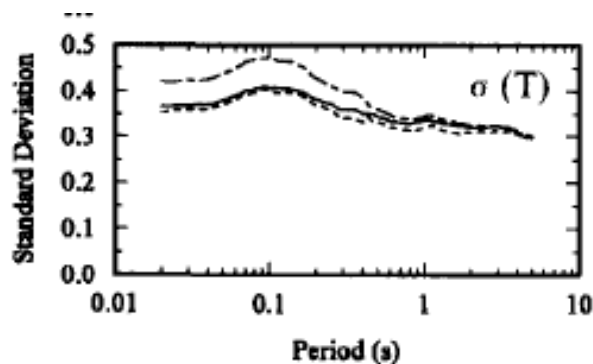


図8 回帰誤差の比較

【甲310・翠川(2006)・85頁】

一審被告は、本来こういった既往の研究成果を活用して偶然的不確定性によるばらつきを定量的に評価し、基準地震動評価に取り込むべきであり、それは十分可能であるはずが、これを怠っている。

この点、IAEAの安全基準SSG-9の5.6でも、距離減衰式には偶然的不確定性(ϵ_{gm})を要素として含むべきこと、同7.1(3)では「震源マグニチュードおよび地震源とサイトの距離の関数としての地震動の平均およびばらつきの評価が含まれるべきこと、同(4)(iv)では距離減衰式等の地震動予測式における関係式のばらつきを考慮すべきこと、同(5)では偶然的不確定性と認識論的不確定性の両方を適切に取り扱うべきことが記載されている。距離減衰式において偶然的不確定性を考慮しないというのは、「確立した国際的な基準」（原子力基本法2条2項）に反し不合理な評価である。

4 認識論的不確定性も無視できない

一審被告は「各種調査」を実施して本件原発について他の地域よりも地震動が大きくなるような地域性を示すデータが特段得られていないと主張するが、本件原発の稼働に重大な利害関係を有する一審被告が、本件原発に襲来する地震動が大きくなるようなデータを取得したところで、これを自ら規

制当局や裁判所に提出することは期待できない。一審被告は、平成25年7月3日付の現状評価書において、新規制基準で求められる地下構造の三次元的な把握を行うことが求められながら（乙22・11頁）、未だこれらを実施しているとは認められないこと等からしても、一審被告は積極的に本件原発において地震動が大きくなるような特性を見出そうと言う姿勢が欠けていると言わざるを得ず、一審被告の主張は信用するに値しない。

仮に一審被告が「詳細な調査」を実施したとしても、いかなる要因が地震動を大きくさせることになるかについて、十分なデータや知見の集積もなければ、地下深くにある震源断層を精度良く調査する技術も存在しないため、これをゼロにすることは不可能である。全国の原発ではこれまで約10年間で少なくとも5回は設計基準地震動をこえる地震動が観測されており、その要因はいずれも認識論的不確定性によるものであることを一審被告は直視すべきである。

偶然的な不確定性によるばらつきと認識論的不確定性によるばらつきの残りとを合わせて、少なくとも平均値からのばらつきとして2倍程度考慮すべきであるというのが一審原告の主張である。

一審被告は、耐専式を適用したケースにおいては、内陸補正係数を乗じないことにより、多少なりともこのばらつきを考慮しているようである

（周期0.6秒以下で0.6を乗じないことにより約1.67倍の余裕が生じる。）が、前記第2・1(2)「各種の距離減衰式」においては、基本ケースの他には断層傾斜角75度のケースしか考慮しようとせず、ばらつき軽視の姿勢が顕著である。F0-A～F0-B～熊川断層に内山・翠川(2006)を当てはめたケースは、概ね700ガルの地震動評価となっており、偶然的な不確定性の1 σ 相当のばらつきを考慮しただけで、1,000ガルを超える地震動評価になるものと見込まれる。前記「各種の距離減衰式」を用いたケースでのばらつきの無視は明らかに不合理である。

5 「断層モデル」におけるばらつき考慮の不十分さ

ばらつきについての考慮が必要なのは、「断層モデル」についても同じである。

株式会社ニュージェック（原発関係の仕事を請け負う土木系コンサルタント会社）所属の山田雅行氏らは、「レシピ」に基づいた強震動予測のばらつきの研究として、「強震動予測「レシピ」に基づく予測結果のバラツキ評価の検討～逆断層と横ずれ断層の比較～」（甲303 「事情聴取書」添付資料②）と題する論文を発表している。

山田氏らは同論文の「1 はじめに」で以下のように述べる。

強震動予測を精度よく行うには、震源・伝播経路・サイトの影響を精度よくモデル化しなければならない。伝播経路、サイト および既往地震の震源 については、地震観測データに基づいて、その特性が詳細に求められているものも見られる。しかし、近代の地震観測によって精緻な地震記録が得られていない地震の震源については、その地表近くでの位置、大きさ、変位量が明らかにされている程度で、強震動予測を行うための詳細な震源パラメータの設定には多くの不明確な要素が残存している。こうした状況下で、強震動予測手法の標準化を目指し、「強震動予測「レシピ」」（以下、「レシピ」と略す）が提案されている。「レシピ」では、震源の面積と地震モーメントの関係や短周期レベルと地震モーメントの関係など、主要な部分に経験式が用いられており、その経験式は過去の観測データの回帰により求められていることが多い。このため、「レシピ」にしたがって設定した震源パラメータは「平均的な」値となり、その値に対するバラツキを有していることになる。すなわち、設定した震源パラメータによって予測された地震動も「平均的な」値となり、その値に対するバラツキを有しているということになる。このように強震動予測では、設定する震源パラメータが一意的に決定できるものではないため、そのバラツキのために予測された地震動もバラツキを生じることがわかる。

続いて山田氏らは、認識論的不確定性と位置づけられる巨視的震源パラメータ（地震モーメントや平均応力降下量など。）やアスペリティの数、アスペリティの面積、破壊形態、 $f_{\max}$ （高域遮断周波数）といったパラメータは除外し、アスペリティの位置、アスペリティの強度（平均すべり量の比及び応力降下量）、破壊伝播速度、破壊開始点という一部の偶然的な不確定性に係るパラメータのみを対象とし、森本・富樫断層帯をモデルにして、短周期帯域の統計的グリーン関数法を用いて $V_s = 3,000 \text{ m/s}$ の地震基盤における強震動予測をし、強震動予測結果のばらつき評価を行った。

その結果、PGA（最大地表加速度）の常用対数標準偏差（ばらつき）は、横ずれ断層で全周期平均0.276、最も値が大きい0.5秒と1.0秒の応答スペクトルで0.33～0.36と算出されている。真数に直

すと、ばらつきは全周期平均約1.89倍、周期0.5秒と1.0秒では約2.14～2.17倍である。つまり、アスペリティの位置、アスペリティの強度、破壊伝播速度、破壊開始点という、偶然的不確定性に係る一部の微視的震源パラメータに限定しても、標準偏差レベルで倍半分程度のばらつきがあるということである。アスペリティの数、アスペリティの面積、 $f_{\max}$ 、破壊形態といった、除外されたパラメータも考慮するならば、「レシピ」による地震動評価のばらつきは、震源特性だけでも、標準偏差で優に2倍を超えることになる。

一審被告が行っている「不確かさの考慮」によって導かれる最大加速度は、考慮するパラメータの少なさ、パラメータを変動させる幅の狭さ、ばらつきの重畳考慮の不足等が原因となり、概ね基本ケースの2倍程度に止まっている。これでは「レシピ」に伴う標準偏差（ 1σ ）レベルのばらつきさえ十分に補うことはできない。

強震動予測手法のばらつきの評価については研究が進展しているのであり、一審被告は本来、既往の研究成果を活かして、可能な限り根拠を明確にした定量的な「不確かさの考慮」を行うべきである。ところが、一審被告は、「保守的な条件設定」や「不確かさの考慮」を行ったと抽象的に述べるだけで、「レシピ」から導かれる「最も確からしい姿」（標準的・平均的な姿）よりもどの程度余裕を確保しているのかについて、定量的な説明を行おうとしない。

「原子力発電所の地震安全に関する地震工学分野の研究ロードマップ」（甲312・I-156）では、東北地方太平洋沖地震前からの課題として、

- i) 断層モデルを用いた手法による地震動評価の推定誤差を、既往の地震の観測記録を用いて、定量的に評価する。（短期的課題）
- ii) 断層モデルを用いた手法による地震動評価において、平均とばらつき（分布）を評価する方法を検討する。（中期的課題）
- iii) 以上の結果に基づいて、最終的な基準地震動 S_s を策定するルール（包絡のルールなど）をより明確にする。（中期的課題）

等挙げられている³が、一審被告はこれらの課題をまったくクリアしようとしていない。かかる一審被告の態度は、「保守的な条件設定」や「不確

³ なお、当該箇所を執筆した安中正氏は、東電の子会社である東電設計の専門職員である。

かしの考慮」によっても、十分な余裕が確保されているとは言えない状況に起因するものと考えざるを得ない。

6 地域性に関する主張について

一審被告は、本件原発の立地について、他の地域よりも地震動が大きくなるような地域性が存しないかのような主張をするが、少なくとも、本件原発は「新潟－神戸歪み集中帯」に立地しており、このことは、本件発電所立地地域が、他の地域より内陸地殻内地震のリスクが高い地域であると言える１つの要素である(甲313「コラム2 新潟－神戸歪み集中帯について」)。

第5 結語と補足（本件原発の立地について）

以上の通り、1 審被告の基準地震動評価は合理性があるとは到底言えない。

日本の原発はほとんどすべて地震によって重大事故に至るリスクが非常に高いと言えるが、とりわけ本件原発は、F0-A～F0-B～熊川断層という60kmを超える活断層が、敷地から僅か2～3kmのところを走っており、特別な地震のリスクがある。しかも最新の1審被告の資料上は、敷地から約5kmのところにFC-Cという「孤立した短い断層」が記載されるに至っている。



【甲 314 平成 28 年 2 月 19 日付け 大飯発電所 地震動評価について 6 頁】

1974年(昭和49年)9月のNRCの規制指針(RG4.7)には、「長さ1000フィート(300m)以上の地表断層が5マイル(8km)以内になるような敷地は原子力発電所としては適さない」と明記されている(甲315「日本の原子力安全を評価する」564頁)。かかる基準を本件原発に適用すれば、敷地

から5マイル以内に2本も活断層があることから、優に立地不適となり、即廃炉にしなければならないであろう。少なくとも、世界最高水準の安全性を目指すのであれば、基準地震動が8.56ガル程度ではまったく話にならない。

以 上