

## 「平成22年(ネ)第79号 中国電力島根原子力発電所1号機、2号機運転差止請求控訴事件被控訴人(中国電力株式会社)準備書面(令和4年6月10日)」で明らかになった基準地震動の過小評価と新規制基準適合性審査の問題点

長沢啓行(大阪府立大学名誉教授)

2022年被控訴人準備書面[1]は、控訴人準備書面への「包括的な反論」を装いながら、身勝手な主張を展開しており、中でも、2020年長沢意見書[2]および2018年長沢意見書[3]への「反論」に紙幅を割いている。しかし、長沢意見書[2][3]に記載された最も重要な点については敢えて沈黙し、反論せず、無視する一方、被控訴人に都合よく論点を絞って我田引水的に「反論」している。ここでは、これらの主な点に限って再反論する。被控訴人による記述については引用文を原則ゴシック表記し、該当ページを括弧書きで記載した。

- [1] 被控訴人(中国電力株式会社), 平成22年(ネ)第79号中国電力島根原子力発電所1号機, 2号機運転差止請求控訴事件 準備書面, 2022年6月10日
- [2] 長沢啓行, 平成22年(ネ)第79号 中国電力島根原子力発電所1号機、2号機運転差止請求控訴事件被控訴人(中国電力株式会社)準備書面(令和元年10月21日)」で追認された新規制基準適合性審査の過誤・欠落, 2020年2月23日
- [3] 長沢啓行, 中国電力島根原子力発電所1号機, 2号機運転差止請求控訴事件 被控訴人による準備書面(平成30年7月2日)における基準地震動Ss策定に係る審査会合で明らかになった「過誤・欠落, 2018年9月26日

被控訴人は、「検討用地震の基本震源モデルについて、詳細な調査や検討の結果を踏まえ、経験式に当てはめるパラメータを保守的に設定し、更に不確かさを十分に考慮し、必要に応じて不確かさを重畳させることにより保守性を重ねた。そして、有効性、信頼性のある基準地震動策定手法を用いて、島根2号機の地震動評価を行った。」(p.5)と主張する。しかし、以下の7項目にわたる重大な過誤・欠落がある。

①検討用地震に対して「過去の地震記録」がない場合にレシピ(A)を用いると地震動の過小評価に繋がるためレシピ(I)を用いるべきであるとの地震調査研究推進本部地震調査委員会の見解に反している。

②地震発生層に関する宍道断層周辺の地域性を無視し、遠く離れた山陽地方の地域性に依拠して宍道断層の断層幅を13kmから18kmへ5kmも、科学的根拠なく、大きく広げた。

③地震モーメントが長大な断層の領域に達しない場合に、アスペリティ面積が過大と判断する基準を「レシピ」に示された断層面積の22%または15~27%ではなく、科学的根拠なく、30%に設定し、アスペリティ応力降下量を過小に設定した。

④宍道断層の「新潟県中越沖地震の不確かさ考慮」に際して、「短周期レベルAの1.5倍」だけを行い、「断層平均応力降下量の1.5倍」および「アスペリティ応力降下量の1.5倍または20MPaの大きい方」の設定をしていない。

⑤認識論的不確かさを重畳して考慮したとしても、パラメータ間の平均的關係に基づくレシピを用いて得られる地震動算評価結果は、あくまで、それぞれの条件下で算定された「平均像としての地震動に留まる」にもかかわらず、「平均像ではない」と誤って主張し続けている。

⑥偶然的な不確かさは人が制御できない不確かさであり、「万が一にも人格権を侵害しない」ためには、少なくとも「偶然的な不確かさによるばらつき」に加え、「考慮しきれない認識論的不確かさによるばらつき」を含めて、少なくとも「ばらつきの1標準偏差分」を平均像に加えて、保守的かつ安全側に基準地震動を策定すべきだが、そうしていない。

⑦2024 年能登半島地震で明らかになった、海底断層の想定外の運動、活動した海域断層群から離れた陸域断層の活動、志賀原発での基準地震動を超える地震観測記録(はざり解析すればより大幅に超過する可能性あり)などの教訓が、基準地震動に反映されていない。

これらの被控訴人による重大な過誤・欠落は、また、原子力規制委員会・規制庁がそれを見抜けず、是正できないという「新規制基準適合性審査における極めて重大な過誤・欠落」だとも言える。以下では、これらについて、できるだけ被控訴人準備書面の構成に沿って、その主張をたどりながら、具体的に反論していきたい。

## 第 1 基準地震動の策定手法について

### 1 活断層の長さの評価及び地震発生層の設定について

#### <「近接していない断層の地震動が他方のトリガーになると想定する必要はない」との主張について>

被控訴人は、近接していない断層の連動について、次のように主張する。

「被控訴人は、宍道断層と鳥取沖西部断層とは連動しないと評価している。この「連動」は、両断層の地質構造が両断層の間の領域(離隔区間)も含めて連続しているために両断層が一体となつてずれる(破壊する)ことを意味しているところ、一般論として、二つの活断層の地質構造が連続していない場合であっても、それらの活断層が近接していることにより一方の破壊による地震動が他方の活断層破壊のトリガーになる可能性は否定できないが、宍道断層と鳥取沖西部断層とは、そもそも地質構造が連続していないばかりか、十分に余裕をもった地点を宍道断層の東端と評価しており、両断層は近接していないので、一方の破壊による地震動が他方の活断層破壊のトリガーになると想定する必要はない。」(p.7)

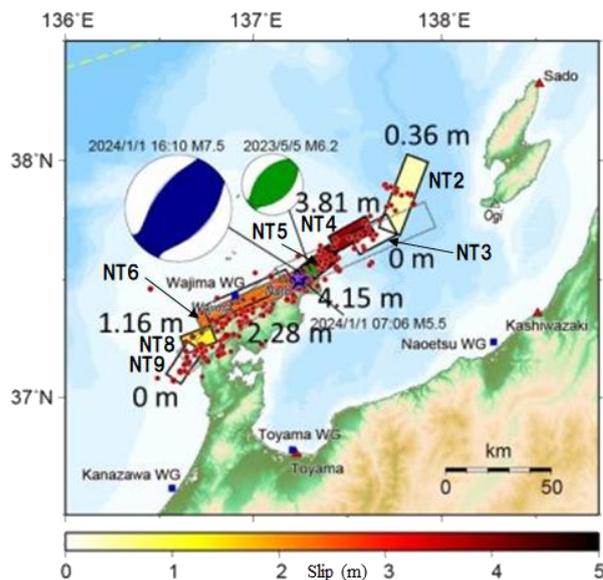
しかし、2024 年能登半島地震では、志賀原発で想定された「96km の断層の連動」が 150km にも及んだ。しかも、表1のように、北端部の津波波源モデル<sup>※1</sup>のうち北東にある 20km 長の NT3 断層は活動せず、これを飛ばして、北にある 36.6km の NT2 断層が活動し、この NT2 断層だけでも Mw6.5 の地震をもたらした(断層長さから推定される固有地震の規模 Mw6.8 程度より小さく割れ残りだと推定されている)。また、震源から 50km 以上離れていて、今回連動した海域断層群に近接してもいない富来川(とぎがわ)南岸断層が活動し、3km 以上の地震断層を地表に出現させた。このような地表地震断層は、地下で 20km 程度以上の震源断層が活動しない限り地表に現れることはないが、海域断層との接続・連動関係などはよくわかっていない。これらの想定外の地震活動は、これまでの断層評価に根本的な見直しが必要であることを示唆しており、原子力規制委員会も検討し始めている。この現実が示す断層運動の複雑さを直視し、これまでの常識とは異なる視点からの断層評価が不可欠である。

※1 佐竹健治・藤井雄士郎, 令和 6 年能登半島地震の津波波源モデル(東大地震研急所研究速報 2024.1.16)

表 1 右図の津波波源モデルの小断層のパラメータ, 地震モーメント, Mw (剛性率 34.3GPa で算出)<sup>※1</sup>

小断層	長さ (km)	幅 (km)	すべり量(m)	地震モーメント(Nm)	Mw
NT2	36.6	16.3	0.4	7.42E+18	6.5
NT3	20	16.6	0	0.00E+00	
NT4	19.8	16.5	3.8	4.27E+19	7.0
NT5	21.6	17.1	4.1	5.25E+19	7.1
NT6	50	16.7	2.3	6.54E+19	7.1
NT8	15.1	16.7	1.2	1.00E+19	6.6
NT9	18.4	16.7	0	0.00E+00	

注:右図の NT2~NT9 の記載は、原著者らの原図に基づき、引用者が追記したものである。



## <宍道断層の地域性を無視して「断層幅を 13km から 18km へ拡大した」ことについて>

被控訴人は、地震発生層の上・下限深さと断層幅の設定について、次のように主張する。

「被控訴人は、微小地震のデータのみに基づいて地震発生層を設定したのではなく、中小地震も含めた震源鉛直分布に基づく検討、本件敷地及び本件敷地周辺の地下構造に基づく検討並びにその他の研究成果に基づく検討を実施し、これらの検討の結果に基づいて地震発生層を設定している。控訴人らの主張は、被控訴人がした地震発生層の設定を十分に理解しないものであり、理由がない。」(p.9)

しかし、2020年長沢意見書[2]で次のように具体的に指摘したにもかかわらず、これに対する正面からの回答はない。

「地震発生層の下限深さを 20km まで示唆しているのは、被控訴人自身が『参考』としたもののうち、『中国地域の長期評価(H28年7月)]によるD90』及び『気象庁一元化データによる震源鉛直分布』だけであり、これら『における下限深さは、敷地周辺よりも震源が深い南側の山陽地域の影響により、中国地域全体として深く求まっていると考えられる。』と注記されている。つまり、地震発生層の下限深さは『15km が十分信頼性のある設定』になるが、参考とした南側山陽地域のデータは宍道断層とは無関係であるにもかかわらず、それを根拠なく無理に適用して『安全側に 20km に設定』するという過ちを犯したのである。また、地震発生層を深くすれば『安全側』になると主張しているが、必ずしもそうはならず、断層長さが所与の飽和断層(断層幅が地震発生層の上下端に達している断層)の場合には、逆に、地震動の大きさを過小評価することになって『危険側』になることは、断層モデルによる地震動評価に精通した専門家であれば常識である。被控訴人は、なぜ『安全側』になると主張するのかその理由を明確に述べるべきである。被控訴人は、『2-(2) 震源断層幅を広げる根拠はないとの指摘があったとする主張について』(pp.56-58)で、『地震発生層の下限深さを 15 キロメートルに設定すれば十分に信頼性のある設定になると考えて』いたが、原子力規制庁から『本当に余裕を見ているのか』と指摘されたので、『地震発生層の下限深さをより安全側に、つまり、より深く設定すべきであるという趣旨の指摘であると考え、・・・より安全側に地震発生層の下限深さの設定を 20 キロメートルに見直すこととし』、原子力規制庁が『地震発生層の下限深さですか、こちらのほうを深くしたということ自体については、一応、我々は評価をしたいと考えております。』と述べたとされているが、被控訴人が説明したのは、宍道断層とは異なる山陽地域における地震発生層の下限 20km を根拠なく無理に宍道断層へ適用したという以上の説明ではなく、それがなぜ『安全側である』のか、または、『地震動を過小評価しない下限深さの設定である』となぜ言えるのかについては、何も説明していない。にもかかわらず、被控訴人は『安全側である』と根拠なく主張し、それを妥当と判断した審査会合は過誤・欠落に満ちていると言わざるを得ない。」(2020年長沢意見書[2]pp.2-3)

とくに、被控訴人は「地域性」を各所で執拗に強調しているにもかかわらず、この地震発生層下限深さの設定については、「宍道断層周辺の地域性」を放棄し、宍道断層からは非常に遠い山陽地域の地域性を無理矢理取り込んで地震発生層下限深さを 15km から 20km へ深くし、上限深さを 2km とした結果、断層幅を 13km から 18km へ 5km も広げたのである。これについての科学的根拠のある地域性に基づく説明は一切なされていない。また、原子力規制委員会・規制庁がどのような科学的根拠でこれを承認したのかも不明である。もっとも、断層幅が 13km と狭いままでは、レシピ(A)の入倉・三宅式による地震モーメントが余り大きくなり、レシピ(I)の松田式による地震モーメントとの乖離が目立つため、断層幅を広げて地震モーメントを大きくしたというのが正直なところではないかと推察される。ところが、これで安全側になるかと言えば、そうとは限らない。

表2に、「長期評価」のレシピ(I)と被控訴人のレシピ(A)による宍道断層の震源パラメータの比較を示したが、断層長さが違うため両者を直接比較できないものの、仮に、断層幅が 13km のままだと、中国電力の基本震源モデルのレシピ(A)による地震モーメントは、表2の  $2.74 \times 10^{19} \text{Nm}$  ではなく、 $1.43 \times 10^{19} \text{Nm}$  と半分程度(52%)になり、気象庁マグニチュードも表2の M7.6 ではなく M7.2 に留まる。このように、「断層幅を根拠なく広げた理由」は地震モーメントを大きくすることにあると推察されるが、地震動の大小を決定づけるアスペリティ応力降下量は、断

表2. 「長期評価」と「中国電力の基本震源モデル」における宍道断層の震源パラメータの比較

巨視的震源パラメータ		「長期評価」または設定方法	設定値	中国電力による基本震源モデル
断層長さ $L$ [km]		「約 21km もしくはそれ以上」	21	39
地震規模 $M$		$M = \{\log(L) + 2.9\} / 0.6$	7.0	7.5(松田, 1975), 7.5(武村, 1990)
地震モーメント $M_0$ [Nm]		$\log M_0 = 1.17M + 10.72$	8.98E+18	2.74E+19
モーメントマグニチュード $M_w$		$M_w = \{\log(M_0) - 9.1\} / 1.5$	6.6	6.9
断層モデル原点(地中) [°N]		地中における端	35.552	35.52(女島), 35.52(古浦)
断層モデル原点(地中) [°E]			133.223	132.92(女島), 132.97(古浦)
走向 $\theta$ [度]		長期評価の端点を結んだ方向	261.8	91.2(古浦より西側), 82.0(古浦より東側)
傾斜角 $\delta$ [度]		長期評価に基づく	70	90
すべり角 $\lambda$ [度]		「右横ずれ断層」	180	180
地震発生層上限深さ $H_s$ [km]		地震基盤と 2km の深い方	2	2.0
地震発生層下限深さ $H_d$ [km]		長期評価に基づく	15	20
断層モデル上端深さ $D_{top}$ [km]		$D_{top} = H_s$	2	2.0
断層モデル長さ $L_{model}$ [km]		「レシピ」の(イ)の手順に従う	26	39 (レシピ(ア)の手順に従う)
断層モデル幅 $W_{model}$ [km]		「レシピ」の(イ)の手順に従う	14	18 (レシピ(ア)の手順に従う)
断層モデル面積 $S_{model}$ [km <sup>2</sup> ]		$S_{model} = L_{model} \times W_{model}$	364	702.0
静的平均応力降下量 $\Delta\sigma$ [MPa]		$\Delta\sigma = 7/16 \cdot (M_0/R^3)$ , $R = (S_{model}/\pi)^{1/2}$	3.2	3.59
平均滑り量 $D$ [m]		$D = M_0 / (\mu S_{model})$	0.8	1.126
微視的震源パラメータ		設定方法	ケース 1・2	①基本震源モデル
短周期レベル $A$ [Nm/s <sup>2</sup> ]		$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M \times 10^7)^{1/3}$	1.10E+19	1.60E+19
全 アス ペリ ティ	全面積 $S_a$ [km <sup>2</sup> ]	$S_a = \pi r^2$ , $r = (7\pi/4) \{M_0/(A R)\} \beta^2$	72.8 ( $S_a/S = 0.20$ )	203.1 ( $S_a/S = 0.289$ ) (モデル面積 205.0)
	実効応力 $\sigma_a$ [MPa]	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = (S/S_a)\Delta\sigma$	15.8	12.4
	平均すべり量 $D_a$ [m]	$D_a = \gamma_D D$ , $\gamma_D = 2.0$	1.6	2.253
	地震モーメント $M_{0a}$ [Nm]	$M_{0a} = \mu D_a S_a$	3.59E+18	1.59E+19
アス ペリ ティ 1	面積 $S_{a1}$ [km <sup>2</sup> ]	$S_{a1} = S_a$	72.8	147.7
	実効応力 $\sigma_{a1}$ [MPa]	$\sigma_{a1} = \sigma_a$	15.8	12.4
	平均すべり量 $D_{a1}$ [m]	$D_{a1} = D_a$	1.6	2.519
	地震モーメント $M_{0a1}$ [Nm]	$M_{0a1} = \mu D_{a1} S_{a1}$	3.59.E+18	1.29E+19
計算用面積 $L_{a1} \times W_{a1}$ [km×km]		2km メッシュサイズ	10×8	156.0 (モデル面積)
アス ペリ ティ 2	面積 $S_{a2}$ [km <sup>2</sup> ]	—	—	55.4
	実効応力 $\sigma_{a2}$ [MPa]	—	—	12.4
	平均すべり量 $D_{a2}$ [m]	—	—	1.543
	地震モーメント $M_{0a2}$ [Nm]	—	—	2.96E+18
計算用面積 $L_{a2} \times W_{a2}$ [km×km]		—	—	49.0 (モデル面積)
背 景 領 域	面積 $S_b$ [km <sup>2</sup> ]	$S_b = S_{model} - S_a$	291.2	498.9 (=702.0 - 203.1)
	実効応力 $\sigma_b$ [MPa]	$\sigma_b = (D_b/W_b)(\pi^{1/2}/D_a) r \Sigma \gamma_i^3 \sigma_a$	3.2	2.22
	平均すべり量 $D_b$ [m]	$D_b = M_{0b}/(\mu S_b)$	0.6	0.668
	地震モーメント $M_{0b}$ [Nm]	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$	5.39E+18	1.15E+19

注:「長期評価」は、地震調査研究推進本部地震調査委員会「震源断層を特定した地震動予測地図(シナリオ地震動予測地図)」の「宍道(鹿島)断層(F017101)の震源パラメータ」(p.180), 全国地震動予測地図 2017 年版地図編による。最右列の「中国電力の基本震源モデル」は、中国電力株式会社「島根原子力発電所 基準地震動の策定について」の「宍道断層による地震の断層パラメータ(地震動評価ケース:①～⑦)」(p.142), 第 972 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合, 資料 5-1 (2021.4.30)による。

層幅 13km で 13.7MPa、断層幅 18km で 12.4MPa(表2参照)と、逆に小さくなる。これは、地震モーメントが大きくなりすぎてアスペリティ面積が過大になったためである(アスペリティ応力降下量  $\Delta\sigma_a$  は、アスペリティ面積  $S_a$ 、断層面積  $S$ 、断層平均応力降下量  $\Delta\sigma$  より、 $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma \cdot (S_a/S)$  で算出される)。このような不都合を防ぐために、レシピでは、アスペリティ面積が断層面積の 22% または 15~27% を超えて過大になれば 22% に固定し、アスペリティ応力降下量を 14.4MPa に設定する方法が推奨されている。ところが、被控訴人は、アスペリティ面積が断層面積の 28.9% と超過大であるにもかかわらず、この方法を用いず、アスペリティ応力降下量を小さくし、地震動を過小算定した。

ちなみに、レシピでは、アスペリティ面積  $S_a$  と断層面積  $S$  の関係については、「最近の研究成果から、内陸地震によるアスペリティ総面積の占める割合は、断層総面積の平均 22% (Somerville et al., 1999)、15%~27%(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。」(レシピ 2020 年 3 月版 p.10) と記載されており、被控訴人の「過大と判定する基準」はこの 27% を大きく超えている。2018 年長沢意見書[3]で述べた通り、被控訴人は 2016 年の審査会合ではこの基準を 27% としていたが、2017 年の第 524 回審査会合で断層長さを 25km から 39km へ伸ばした際に、科学的根拠もなく 30% へ引上げたのである。被控訴人は、 $S-M_0$  関係など他のパラメータ間の関係については、平均的な関係が重要で、ばらつきを重ねて考慮する必要はないと主張していたが、 $S-S_a$  関係についてだけ、なぜ、平均的な関係ではなく、ばらつきの領域にある 30% の値を設定したのか、その科学的根拠を示すべきであろう。

### <新潟県中越沖地震の短周期レベルと応力降下量の 1.5 倍による不確かさ考慮について>

被控訴人は、2020 年長沢意見書の「2. 中越沖地震を踏まえた『短周期レベル 1.5 倍』かつ『応力降下量 1.5 倍または 20MPa の大きい方』について」で記載した内容に対し、全く反論していない。そこでは次のように指摘していた。

## 地震動評価 解析ケース① 480kmシリーズ by 壇の手法

3.1.3 不確かさの考慮

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							
		長さ (km)	アスペリティ深さ	破壊開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層傾斜角	破壊伝播速度	アスペリティ平面位置	スケールング則
-	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	54	-	-	-	-	-	-	-
0	基本震源モデル 中央構造線+別府-万年山	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇・他(2011)
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	480	断層上端	5 ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇・他(2011)
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇・他(2011)
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇・他(2011)
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇・他(2011)
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の不確かさ	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに配置	壇・他(2011)

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端、中央下端、西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

図 A. 四国電力・伊方 3 号の基本震源モデル(中央構造線断層帯と九州側の別府-万年山断層帯の連動を考慮した断層長さ 480km)の「壇の手法」による不確かさの考慮: 「不確かさ考慮①(応力降下量の不確かさ)」の行には「応力降下量(短周期レベル) 1.5 倍 or 20MPa」と明記されている(四国電力「伊方発電所 地震動評価 震源を特定して策定する地震動(中央構造線断層帯地震動評価)と基準地震動の策定(コメント回答)」、第 156 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合、資料 1-1、2014.11.7)

断層パラメータ		記号	単位	設定方法	全体	敷地前面海域の断層群
断層位置	西端	—	北緯	—	—	33° 25' 20"
	—	—	東経	—	—	132° 1' 42"
走向	$\theta$	[度]	—	—	—	N57E
傾斜角	$\delta$	[度]	—	—	—	90
ずれの種類	—	—	—	—	—	右横ずれ
断層上端深さ	$H$	[km]	—	—	—	2
断層長さ	$L$	[km]	—	—	481.0	54.0
断層幅	$W$	[km]	$W=S/L$	—	12.7	13.0
断層面積	$S$	[km <sup>2</sup> ]	$S=\Sigma(L \times W)$	—	6124.2	702.0
剛性率	$\mu$	[N/m <sup>2</sup> ]	$\mu=\rho\beta^2$	—	—	3.31E+10
S波速度	$\beta$	[km/s]	—	—	—	3.5
密度	$\rho$	[g/cm <sup>3</sup> ]	—	—	—	2.7
破壊伝播速度	$V_r$	[km/s]	$V_r=0.72\beta$ (Geller et al., 1976)	—	—	2.5
地震モーメント	$M_0$	[N·m]	壇他(2011)	—	5.30E+20	6.08E+19
モーメント「コアト」	$M_w$	—	kanamori(1977)	—	7.7	7.1
気象庁「コアト」	$M_j$	—	武村(1998)	—	8.4	—
平均すべり量	$D$	[cm]	$D=M_0/(\mu S)$	—	—	262
平均動的応力降下量	$\Delta\sigma$	[MPa]	壇他(2011)	—	3.4	3.4
短周期レベル	$A'$	[N·m/s <sup>2</sup> ]	$A'=(A_s^2 \times A_s)^{0.5}$	—	4.54E+19	1.56E+19
全アスペリティ	地震モーメント	$M_{0s}$	[N·m]	$M_{0s}=\mu D \Delta\sigma_s$	2.96E+20	3.39E+19
	面積	$S_s$	[km <sup>2</sup> ]	$S_s=S \cdot \Delta\sigma/\Delta\sigma_s=0.279 \cdot S/(\text{壇他}, 2011)$	1706.7	195.6
	平均すべり量	$D_s$	[cm]	$D_s=\gamma_D \cdot D, \gamma_D=2.0$	—	524
	動的応力降下量	$\Delta\sigma_s$	[MPa]	壇他(2011)	12.2	20.0
	短周期レベル	$A_s$	[N·m/s <sup>2</sup> ]	$A_s=4\pi\beta^2 \Delta\sigma_s (S_s/\pi)^{0.5}$	4.32E+19	1.48E+19
第1アスペリティ	地震モーメント	$M_{01}$	[N·m]	$M_{01}=\mu \cdot D_{s1} \cdot S_{s1}$	—	2.75E+19
	面積	$S_{s1}$	[km <sup>2</sup> ]	—	—	142.3
	平均すべり量	$D_{s1}$	[cm]	$D_{s1}=(f_{y1}/2\gamma_1^2) \cdot D_{s1}, \gamma_1=r_1/r$	—	585
	実効応力	$\sigma_{s1}$	[MPa]	$\sigma_{s1}=\Delta\sigma_s$	—	12.2
	短周期レベル	$A_{s1}$	[N·m/s <sup>2</sup> ]	$A_{s1}=4\pi\beta^2 \sigma_{s1} (S_{s1}/\pi)^{0.5}$	—	1.26E+19
第2アスペリティ	地震モーメント	$M_{02}$	[N·m]	$M_{02}=\mu \cdot D_{s2} \cdot S_{s2}$	—	6.33E+18
	面積	$S_{s2}$	[km <sup>2</sup> ]	—	—	53.4
	平均すべり量	$D_{s2}$	[cm]	$D_{s2}=(f_{y2}/2\gamma_2^2) \cdot D_{s2}, \gamma_2=r_2/r$	—	358
	実効応力	$\sigma_{s2}$	[MPa]	$\sigma_{s2}=\Delta\sigma_s$	—	12.2
	短周期レベル	$A_{s2}$	[N·m/s <sup>2</sup> ]	$A_{s2}=4\pi\beta^2 \sigma_{s2} (S_{s2}/\pi)^{0.5}$	—	7.74E+18
背景領域	地震モーメント	$M_{0b}$	[N·m]	$M_{0b}=M_s-M_{0s}$	—	2.69E+19
	面積	$S_b$	[km <sup>2</sup> ]	$S_b=S-S_s$	—	506.4
	平均すべり量	$D_b$	[cm]	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	—	161
	実効応力	$\sigma_b$	[MPa]	$\sigma_b=0.2 \cdot \Delta\sigma_s$	—	2.4
	短周期レベル	$A_b$	[N·m/s <sup>2</sup> ]	$A_b=4\pi\beta^2 \sigma_b (S_b/\pi)^{0.5}$	—	4.77E+18

図 B. 四国電力・伊方 3 号の基本震源モデル(中央構造線断層帯と九州側の別府一万年山断層帯の連動を考慮した断層長さ480km)の「壇の手法」による断層モデルのパラメータ: (左)「基本震源モデル」と(右)「不確かさ考慮①(応力降下量)」における断層パラメータの値(480kmの全体は12のセグメントからなるが、ここではそのうち「敷地前面海域の断層群」だけを示している: 四国電力「伊方発電所 地震動評価 震源を特定して策定する地震動(中央構造線断層帯地震動評価)と基準地震動の策定(コメント回答)」、第156回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合、資料1-1、2014.11.7)

「被控訴人は、『地震ガイドには、控訴人らの主張する『短周期レベル A の 1.5 倍』かつ『応力降下量の 1.5 倍又は 20MPa の大きい方』を考慮するように求める記載はなく、原子力規制委員会による現在の審査においても、『短周期レベル A の 1.5 倍』かつ『応力降下量の 1.5 倍又は 20MPa の大きい方』の考慮は求められていない。」(p.60)と主張するが、これは事実を曲解するものであり、不当である。

前者の『基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド』には、確かに、『アスペリティの応力降下量(短周期レベル)については、新潟県中越沖地震を踏まえて設定されていることを確認する。』(p.5)と明記されながら、『短周期レベル A の 1.5 倍』かつ『応力降下量の 1.5 倍又は 20MPa の大きい方』を考慮するよう具体的には記載されていない。しかし、それは、審査ガイド作成過程までの経緯を踏まえれば、これらを考慮するのが当然の前提だとの共通認識があるからである。つまり、被控訴人がその共通認識を共有していないことを吐露しているのである。

後者の『現在の審査においても考慮は求められていない』というのは、事実をねじ曲げるものである。これまでのすべての審査で『短周期レベル A の 1.5 倍』かつ『応力降下量の 1.5 倍又は 20MPa の大きい方』の考慮が求められ、実際に行われてきた。応力降下量の 1.5 倍が 20MPa に満たなかったために 20MPa が用いられた例としては、四国電力・伊方 3 号の適合性審査があり、これ以外の審査ではいずれも応力降下量の 1.5 倍が 20MPa を超えていたことから 20MPa が用いられることはなかった。島根2号の審査においてだけ、応力降下量の 1.5 倍が 20MPa に満たなかったにもかかわらず、20MPa が採用されていない。これはむしろ、後述するように審査過程に

おける過誤・欠落を示唆するものと言える。

具体的には、四国電力・伊方3号の適合性審査では図Aのように、『不確かさ考慮①応力降下量の不確かさ』で『応力降下量(短周期レベル)1.5倍 or 20MPa』と明記されており、実際に、図B(右)のように、全アスペリティの動的応力降下量<sup>※※</sup>は1.5倍した値が20MPaに満たなかったため、『設定20MPa(>12.2MPa×1.5)』と明記された上で、『20MPa』が採用され、短周期レベルも、アスペリティ応力降下量20MPaに合わせて算出された値(単純に1.5倍した値より大きい)が明記されている。(※※ 通常は、地震前後の安定状態におけるせん断応力の差を表す「静的」応力降下量を用いるが、地震の破壊過程を検討する際には、ある点でのすべり破壊が終了した時点でのせん断応力の差を表わす「動的」応力降下量を用いることがある。伊方3号では動学的断層破壊シミュレーションの結果を用いているため「動的」応力降下量を用いているが、その差は小さいとされている。)

ところが、被控訴人が、適合性審査第530回会合へ提出した資料では、図C(右)の『不確かさを考慮したケース』の『⑧中越沖地震の短周期レベル』の欄で明らかなように、短周期レベルは『①ケースの1.5倍』と記されているが、平均応力降下量は3.59MPaのままであり、それを1.5倍した5.4MPaになっておらず、また、全アスペリテ

項目		①基本震源モデル ②破壊開始点	
断層基準点	女島	北緯 (°)	35.52
		東経 (°)	132.92
	古浦	北緯 (°)	35.52
		東経 (°)	132.97
走向	古浦より西側 古浦より東側	$\theta$ (°)	91.2 82.0
断層評価長さ	L (km)		39
断層上端長さ	- (km)		39.00
断層下端長さ	- (km)		39.00
断層傾斜角	$\delta$ (°)		90
断層上端深さ	H (km)		2.0
断層幅	W (km)		18.00
断層面積	S (km <sup>2</sup> )		702.0
破壊伝播様式	-		放射状
S波速度	Vs (m/s)		3570
破壊伝播速度	Vr (m/s)		2570
剛性率	$\mu$ (N/m <sup>2</sup> )		$3.47 \times 10^{10}$
密度	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )		2720
地震モーメント	$M_0$ (Nm)		$2.74 \times 10^{19}$
モーメントマグニチュード	$M_w$		6.9
気象庁マグニチュード	M		7.5
平均すべり量	D (cm)		112.6
すべり角	- (°)		180
平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)		3.59
高周波限界断層波数	$f_{max}$ (Hz)		8.3
短周期レベル	A (Nm/s <sup>2</sup> )		$1.60 \times 10^{19}$
Q値	-		$72.0 \times 10^{18}$
全アスペリティ	面積	$S_p$ (km <sup>2</sup> )	203.1
	モデル面積	- (km <sup>2</sup> )	205.0
	面積比( $S_p/S$ )	-	0.289
	地震モーメント	$M_{0p}$ (Nm)	$1.59 \times 10^{19}$
	平均すべり量	$D_p$ (cm)	225.3
第一アスペリティ	面積	$S_{p1}$ (km <sup>2</sup> )	147.7
	モデル面積	- (km <sup>2</sup> )	156.0
	地震モーメント	$M_{0p1}$ (Nm)	$1.29 \times 10^{19}$
	平均すべり量	$D_{p1}$ (cm)	251.9
	応力降下量	$\Delta\sigma_{p1}$ (MPa)	12.4
第二アスペリティ	面積	$S_{p2}$ (km <sup>2</sup> )	55.4
	モデル面積	- (km <sup>2</sup> )	49.0
	地震モーメント	$M_{0p2}$ (Nm)	$2.96 \times 10^{18}$
	平均すべり量	$D_{p2}$ (cm)	154.3
	応力降下量	$\Delta\sigma_{p2}$ (MPa)	12.4
背景領域	面積	$S_b$ (km <sup>2</sup> )	498.9
	モデル面積	- (km <sup>2</sup> )	497.0
	地震モーメント	$M_{0b}$ (Nm)	$1.15 \times 10^{19}$
	平均すべり量	$D_b$ (cm)	66.8
	実効応力	$\sigma_b$ (MPa)	2.22

項目		不確かさを考慮したケース				
		⑧中越沖地震の 短周期レベル	⑨断層傾斜角と 破壊伝播速度の 組合せ	⑩断層傾斜角と すべり角の 短周期レベルの 組合せ	⑪破壊伝播速度と すべり角の 短周期レベルの 組合せ	
断層基準点	女島	北緯 (°)	35.52	--	--	
		東経 (°)	132.92	--	--	
	古浦	北緯 (°)	35.52	--	--	
		東経 (°)	132.97	--	--	
走向	古浦より西側 古浦より東側	$\theta$ (°)	91.2 82.0	-- --	-- --	
断層評価長さ	L (km)		39	--	--	
断層上端長さ	- (km)		39.00	38.88	--	39.00
断層下端長さ	- (km)		39.00	37.83	--	39.00
断層傾斜角	$\delta$ (°)		90	70(北傾斜)	--	90
断層上端深さ	H (km)		2.0	--	--	--
断層幅	W (km)		18.00	19.17	--	18.00
断層面積	S (km <sup>2</sup> )		702.0	735.3	--	702.0
破壊伝播様式	-		放射状	--	--	--
S波速度	Vs (m/s)		3570	--	--	--
破壊伝播速度	Vr (m/s)		2570	3110	2570	3110
剛性率	$\mu$ (N/m <sup>2</sup> )		$3.47 \times 10^{10}$	--	--	--
密度	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )		2720	--	--	--
地震モーメント	$M_0$ (Nm)		$2.74 \times 10^{19}$	$3.01 \times 10^{19}$	--	$2.74 \times 10^{19}$
モーメントマグニチュード	$M_w$		6.9	--	--	--
気象庁マグニチュード	M		7.5	--	--	--
平均すべり量	D (cm)		112.6	118.0	--	112.6
すべり角	- (°)		180	--	--	--
平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)		3.59	3.67	--	3.59
高周波限界断層波数	$f_{max}$ (Hz)		8.3	--	--	--
短周期レベル	A (Nm/s <sup>2</sup> )		①ケースの1.5倍 $1.65 \times 10^{19}$	③ケースの1.25倍 $1.65 \times 10^{19}$	④ケースの1.25倍	--
Q値	-		$72.0 \times 10^{18}$	--	--	--
全アスペリティ	面積	$S_p$ (km <sup>2</sup> )	203.1	219.4	--	203.1
	モデル面積	- (km <sup>2</sup> )	205.0	225.8	--	205.0
	面積比( $S_p/S$ )	-	0.289	0.298	--	0.289
	地震モーメント	$M_{0p}$ (Nm)	$1.59 \times 10^{19}$	$1.79 \times 10^{19}$	--	$1.59 \times 10^{19}$
	平均すべり量	$D_p$ (cm)	225.3	236.0	--	225.3
第一アスペリティ	面積	$S_{p1}$ (km <sup>2</sup> )	147.7	159.6	--	147.7
	モデル面積	- (km <sup>2</sup> )	156.0	166.1	--	156.0
	地震モーメント	$M_{0p1}$ (Nm)	$1.29 \times 10^{19}$	$1.46 \times 10^{19}$	--	$1.29 \times 10^{19}$
	平均すべり量	$D_{p1}$ (cm)	251.9	263.9	--	251.9
	応力降下量	$\Delta\sigma_{p1}$ (MPa)	12.4	12.3	--	12.4
第二アスペリティ	面積	$S_{p2}$ (km <sup>2</sup> )	55.4	59.8	--	55.4
	モデル面積	- (km <sup>2</sup> )	49.0	59.6	--	49.0
	地震モーメント	$M_{0p2}$ (Nm)	$2.96 \times 10^{18}$	$3.35 \times 10^{18}$	--	$2.96 \times 10^{18}$
	平均すべり量	$D_{p2}$ (cm)	154.3	161.6	--	154.3
	応力降下量	$\Delta\sigma_{p2}$ (MPa)	12.4	12.3	--	12.4
背景領域	面積	$S_b$ (km <sup>2</sup> )	498.9	515.9	--	498.9
	モデル面積	- (km <sup>2</sup> )	497.0	509.5	--	497.0
	地震モーメント	$M_{0b}$ (Nm)	$1.15 \times 10^{19}$	$1.21 \times 10^{19}$	--	$1.15 \times 10^{19}$
	平均すべり量	$D_b$ (cm)	66.8	67.8	--	66.8
	実効応力	$\sigma_b$ (MPa)	2.22	2.09	--	2.22

図C. 央道断層における(左)「①ケース(基本震源モデル)」と(右)「⑧中越沖地震の短周期レベル」ケースにおける断層パラメータの値(中国電力「島根原子力発電所 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について(コメント回答)」、第530回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合、資料1、2017.12.1)

イ、第一アスペリティおよび第二アスペリティの応力降下量も 12.4MPa のままであり、1.5 倍した 18.6MPa または 20MPa (18.6MPa は 20MPa に満たないため 20MPa を採用することになる)も記載されていない。応力降下量が『1.5 倍または 20MPa の大きい方』の記載になっておらず、審査担当者もこれに気付かなかったという事実は、見逃しがたい過誤・欠落だと言える。」(2020 年長沢意見書[2]pp.3-6)

以上が、2020 年長沢意見書に記載したものだが、当時は、被控訴人による図 C は記載ミスの可能性もあり、「実際には伊方原発における図 A および図 B と同様に、断層平均応力降下量は 1.5 倍にされ、アスペリティ応力降下量も 20MPa にして計算しているのではないか」とも考えていた。なぜなら、被控訴人は 2019 年の被控訴人準備書面で次のように述べていたからである。

「断層モデルを用いた手法による地震動評価は、波形合成法と呼ばれる手法に基づいているところ、短周期レベルを 1.5 倍大きくすることを試みる方法については、アスペリティ面積が一定であるとした場合アスペリティの応力降下量が短周期レベルと比例する関係にあるため、基本震源モデルに対してアスペリティの応力降下量及び短周期レベルの両方が 1.5 倍となるように要素地震の地震動波形を作成し重ね合わせる手法(手法 A) と、要素地震の応力降下量(基本モデルの 1.5 倍)を入力データとして要素地震の地震動波形を作成し重ね合わせる手法(手法 B)とが存在する。しかしながら、手法 B によると短周期レベルが基本震源モデルの 1.5 倍とならないことから、被控訴人は、上記各地震の短周期レベルの評価に当たり、手法 A を用いて地震動評価を行っている。」(2019 年 10 月 21 日付被控訴人準備書面, p.24)

しかし、第 972 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合(2021.4.30)で出された資料 5-1 の中国電力株式会社「島根原子力発電所 基準地震動の策定について」を見て、驚いた。これは第 579 回審査会合(2018.6.1)からの変更点を含めて基準地震動について取りまとめたものだが、図 C と全く同じ表現になっていた。つまり、これは記載ミスなどではなく、「短周期レベル A しか 1.5 倍にしない確信犯なのだ」とわかったのである。これは、原子力規制委員会で原発の適合性審査が始まって以来、初めての大きな過誤・欠落と言える。不確かさの考慮を最初からやり直さねば、他の原発での適合性審査との整合性がとれない。とんでもない適合性審査の過誤・欠落だと言える。

2020 年長沢意見書[2]では、「要素地震の地震動波形を作成し重ね合わせる手法(手法 A)」について、次のように詳しく説明している。

「(手法 A を)単純化すれば、

検討用地震の原発解放基盤表面での地震波形

= 『震源断層を小分割した小断層から発生する要素地震波』×『検討用地震の小断層における  
応力降下量と要素地震の応力降下量の比』の断層全体にわたる小断層の総和

で表わされる。要素地震波は、経験的グリーン関数法では「震源断層(または周辺)で起きた小地震の原発サイトでの観測地震波」を用い、統計的グリーン関数法では「検討用地震の震源断層を小分割した小断層で発生し伝播したサイトでの要素地震波」を人為的に生成して用いるが、いずれの要素地震波にも、要素地震の震源特性に加えて、震源断層からサイトまでの伝播特性や地盤特性が加味されている。正確には次式のように表現される。

$$U(t) = \sum_{i=1}^{n_L} \sum_{j=1}^{n_w} \frac{X_e}{X_{ij}} C u_e(t-t_{ij}) + \frac{1}{n'(1-e^{-1})} \sum_{i=1}^{n_L} \sum_{j=1}^{n_w} \sum_{k=1}^{(n_D-1)n'} \frac{X_e}{X_{ij}} C \exp\left\{-\frac{k-1}{(n_D-1)n'}\right\} u_e\left(t-t_{ij} - \frac{(k-1)\tau}{(n_D-1)n'}\right) \quad (1)$$

$$t_{ij} = \frac{\eta_{ij}}{V_r} + \frac{X_{ij}}{\beta} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

ただし、検討用地震(大地震)の震源断層面を長さ方向に  $n_L$ 、幅方向に  $n_w$ 、計  $n_L \times n_w$  の小断層(要素) に分割して大地震の地震動  $U(t)$  を要素地震の地震動  $u_e(t)$  の重ね合わせで合成することとし、 $X_e$  は要素地震の震源距離、 $X_{ij}$  は小断層( $i, j$ )の震源距離、 $C = \Delta\sigma / \Delta\sigma_e$  は大地震の応力降下量(小断層がアスペリティ領域ではアスペリティ応力降下量、背景領域では背景領域の応力降下量)と要素地震の応力降下量の比、 $\eta_{ij}$  は破壊開始点から小断層( $i, j$ ) までの距離、 $V_r$  は破壊伝播速度、 $\beta$  は媒質の  $S$  波速度、 $\varepsilon_{ij}$  は破壊時刻に対して与える乱数、 $\tau$  は立ち上がり時間、 $n_D$  はすべり量  $D$  の分割数、 $n'$  はすべりの再分割数であり、 $n_D$  個に分割されたすべり量の要素をさらに  $n'$  個に再分割する。ここで、重ね合わせ数  $n_L$ 、 $n_w$ 、 $n_D$  は

$$n_L \times n_w \times n_D = \frac{M_0 / M_{0e}}{C} \quad (3)$$

となるように設定される。ただし、 $M_0$  は大地震の地震モーメント、 $M_{0e}$  は要素地震の地震モーメントである。式(1)で波形合成する場合、すべり量の分割数  $n_D$  および再分割数  $n'$  が小さいほどすべりの立ち上がりが急になる\*。

(\*すべり関数は、式(1)の  $\frac{1}{n'(1-e^{-1})} \exp\left[-\frac{k-1}{(n_D-1)n'}\right]$  ( $k=1, 2, \dots, (n_D-1)n'$ ) の項で表わされる。)

震源特性の不確かさを考慮して応力降下量を 1.5 倍にする場合には、応力降下量の比を  $C' = 1.5C$  と大きくし、 $n_L$  と  $n_w$  は変更せず、すべり量の分割数を  $n'_D = n_D / 1.5$  と小さくする。新潟県中越沖地震を踏まえた「アスペリティ応力降下量 1.5 倍または 20MPa の大きい方」は前者の『 $C' = 1.5C$ 』(または 1.5 倍の代わりに 20MPa と要素地震の応力降下量の比を掛けた値)に対応し、『短周期レベル 1.5 倍』は後者の『 $n'_D = n_D / 1.5$ 』に対応する。

つまり、原発にとって最も重要な短周期地震動の評価で最も重要なパラメータは、要素地震波  $u_e(t)$ 、アスペリティ応力降下量と要素地震応力降下量の比  $C$  およびすべり量の急峻さを表わすすべり量の分割数  $n_D$  であることがわかる。もちろん、島根原発では要素地震として選定できる適切な敷地の観測記録が得られていないことから、評価手法としては短周期側に統計的グリーン関数法を用いており、この手法で生成される要素地震波には検討用地震の震源特性が直に組み込まれているが、アスペリティ応力降下量や短周期レベルが増えた場合にどの程度地震動に影響するのかは、式(1)から推定できる。なかでも、アスペリティ応力降下量が増えれば、それだけ要素地震の振幅が大きくなり、地震動に直接的な影響を与えることもわかる。アスペリティ面積が増えた場合には振幅の大きな要素地震を重ね合わせる範囲が増えるが、その効果以上にアスペリティ応力降下量が小さくなれば、地震動が大きくなるどころか、小さくなることも容易に推定できる。だからこそ、アスペリティ応力降下量に注目して被控訴人による地震動の過小評価を批判しているのであり、被控訴人の主張する他のさまざまなパラメータの重要性は結局のところ、これら少数のパラメータに集約されているのである。

このようにアスペリティ応力降下量(および断層平均応力降下量)が地震動評価に決定的に重要な役割を果たしていることが明白であるにもかかわらず、被控訴人は適合性審査において、新潟県中越沖地震を踏まえて「短周期レベル 1.5 倍」を明示する一方、『応力降下量の 1.5 倍』を明示しなかったし、原子力規制委員会・原子力規制庁の誰一人としてそれを指摘し問い質す者はいなかったのであり、審査過程の過誤・欠落は余りにもひどいと言わざるを得ない。」(2020 年長沢意見書[2]pp.7-8)

被控訴人は、図 C のように、「⑧中越沖地震の短周期レベル」の欄で「短周期レベル」にのみ「①ケースの 1.5 倍」としているが、「アスペリティの応力降下量 1.5 倍または 20MPa の大きい方」の設定をしていない。図 C でわかるように、アスペリティの応力降下量は 12.4MPa、その 1.5 倍は 18.6MPa であり、20MPa より小さい。したがって、アスペリティの応力降下量は 20MPa、1.6 倍(=20÷12.4)にしなければならない。つまり、式(1)の  $C$  の値を 1.6 倍にし、すべり量の分割数を  $n'_D = n_D / 1.5$  と小さくしなければならないのである。被控訴人は、なぜ、こうしなかったのか、それを具体的に説明する義務がある。

被控訴人によるアスペリティ平均応力降下量  $\Delta\sigma_a = 12.4\text{MPa}$  は、2024 年能登半島地震以前に国内で発生した M7 クラスの地震と比べても極めて小さい。2018 年長沢意見書で示したように、2000 年鳥取県西部地震 M7.3 で

は2つのアスペリティで 28.0MPa と 14.0MPa(池田・釜江・三輪・入倉, 2002)、2007年能登半島地震 M6.9 では3つのアスペリティで 20MPa、20MPa、10MPa(釜江・池田・三輪, 2003)、2007年新潟中越沖地震 M6.8 でも3つのアスペリティで 23.7MPa、23.7MPa、19.8MPa(入倉・香川・宮腰・倉橋, 2007)、2009年岩手・宮城内陸地震 M7.2 では2つのアスペリティで 18.5MPa と 17.0MPa(入倉・倉橋, 2008)であった。つまり、アスペリティ平均応力降下量の最大値は18.5～28.0MPaとなっている。さらに、内陸地殻内地震(Mw5.4～6.9)について震源インバージョン結果をとりまとめた宮腰ら(2015)によれば、飽和断層のアスペリティ平均応力降下量は 13.8～22.7MPa で、その幾何平均は 18.1MPa であった。宮腰らは、経験的グリーン関数法 EFG を用いたフォワード・モデリングで強震動生成域 SMGA を再現し、その面積と応力降下量を求めた文献についても整理しているが、これによれば、飽和断層の SMGA 最大応力降下量は 10.7～46.9MPa で、幾何平均は 19.7MPa であった。これらの値は観測された地震動を再現するために求められた断層モデルまたは強震動生成域 SMGA の応力降下量であり、逆に言えば、宍道断層の 12.4MPa という小さな値では実際に発生する地震動が大きく過小評価されてしまうのである。被控訴人は、応力降下量という最も重要なパラメータを過小に設定しておいて、認識論的不確かさを重疊的に考慮して基準地震動を保守的かつ安全側に設定したと主張しているが、なぜ、そのようなことを平気で言えるのであろうか。

## 2 基準地震動の策定手法について

### ＜過去の地震記録がない検討用地震にはレシピ(ア)ではなくレシピ(イ)を使うべきことについて＞

被控訴人は、レシピについて、次のように主張する。

「基準地震動の策定手法に問題が存するとする控訴人らの主張は、結局は、主としてレシピの有効性、信頼性を問題視する趣旨に帰着すると考えられる。」(p.12)「予測の基になる地震動のデータが少ないことを根拠にして基準地震動の策定手法の有効性、信頼性に疑問があるかのようにいう控訴人らの主張は、仮に過去の地震の観測記録の数が限られているとしても信頼性の高い地震動評価を行うことは十分に可能であることを正解せず、また、レシピの有効性、信頼性が確認されていることを看過するものであり、いずれの点からしても理由がない。」(p.13)

このように、被控訴人はレシピ一般について「有効性、信頼性が確認されている」と主張しているが、レシピにはレシピ(ア)とレシピ(イ)があり、検討用地震に過去の地震観測記録がなければ、レシピ(ア)ではなくレシピ(イ)を使わねばならない。控訴人は一貫してこのことを主張しているにもかかわらず、被控訴人は看過している。

このことは、2020年長沢意見書[2]で次のように述べたが、被控訴人はこの指摘について、今回の準備書面を含めて正面から何も反論していない。

「2016年熊本地震を受けた平成28年度日本地震学会秋季大会における瀨瀬一起東京大学地震研究所教授による発表で具体的に示された通りであり、その『まとめ』では、『詳細な活断層調査を行っても震源断層の幅の推定は困難であるので、活断層の地震の地震動予測には『手法』(イ)の方法を用いるべきであることを確認した。』と結論づけている。この『手法』(イ)とはレシピ(イ)のことであるが、被控訴人は、なぜこのまとめを一貫して無視するのか。この発表の後、2016年12月9日に推本のレシピが改定され、レシピ(ア)の表題が、それまでの『(ア)過去の地震記録などに基づき震源断層を推定する場合や詳細な調査結果に基づき震源断層を推定する場合』から下線部が削除され、『(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』と改められ、『過去の地震観測記録』に基づくことが強調された。また、レシピ(イ)の表題も、それまでの『(イ)地表の活断層の情報をもとに簡便化した方法で震源断層を推定する場合』から下線部が削除され、『(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』と改められ、活断層の詳細な調査に基づいても過去の地震観測記録がない場合にはレシピ(イ)を使うべきことが改めて示されたのである。熊本地震に係る学会での実証的な議論を踏まえなければ、このレシピ表題の変更の意義を正しく認識

することはできない。熊本地震ではレシピ(イ)に基づく長期評価によって震源断層の地震規模をほぼ予測できていて、断層長さと同幅を少し拡張するレシピ(イ)の妥当性が確認された一方、地震が起きる前にレシピ(ア)を適用すれば地震規模が過小評価されていたことも明らかにされた(地震前には地下のすべり量分布を利用できないため、測地データに基づく活断層調査で均質な震源断層を評価する以外にないが、断層長さ 34km、断層幅 15km の均質な震源断層に対して、松田式では  $M7.4(2.39 \times 10^{19} \text{Nm})$  だが、入倉式では  $1.45 \times 10^{19} \text{Nm}$  と過小評価される)。被控訴人と同様に、原子力規制委員会・原子力規制庁も、この事実を無視し続けているのは、最新の知見を審査にとり入れることを怠った重大な過誤・欠落の一つと言える。」(2020 年長沢意見書[2]p.11)

また、原子力規制庁は、レシピ(イ)を使わない理由として、「震源断層の詳細な調査結果を用いて、レシピの(ア)の方法以外の方法によって基準地震動を作成するというアプローチについては、どのように保守性を確保していくか(断層長さの設定(連動の考慮を含む)、各種の不確かさの取り方等)に関し、妥当な方法が現時点で明らかになっているとは言えず、規制において要求または推奨すべきアプローチとして位置付けるまでの科学的・技術的な熟度には至っていないと考える。」(第 23 回原子力規制委員会議事録, p.10, 2016.7.27)と説明している。しかし、表2に示したとおり、レシピ(イ)は地震調査研究推進本部地震調査委員会による全国地震動予測地図における地震動評価にもっぱら使われており、上記のような主張には根拠がないことについても 2018 年長沢意見書[3]で次のように具体的に示している。

「推本(地震調査研究推進本部)が全国地震動予測地図でもっぱら用いているのはレシピ(イ)であり、歴史的にも、レシピ(ア)の不十分点をカバーするためにレシピ(イ)が提案されている。『科学的・技術的な熟度には至っていない』と決めつけるのは余りにも傲慢すぎる。推本は 2000 年鳥取県西部地震や 2005 年福岡県西方沖地震などの大地震の地震観測記録に基づいてレシピ(ア)を検証し、『これらの報告を踏まえ、断層モデルの設定において、『長期評価』のマグニチュードと整合し、かつ、簡便な手順でパラメータを設定できる手法を用いて強震動評価を行い、その妥当性を検討した』のが『警固断層帯(南東部)の地震を想定した強震動評価』(2008.4.11)であり、その手法がレシピ(イ)なのである。原子力規制庁は事実関係を逆転させて捉え、大嘘をついていると言える。また、原子力規制庁は、レシピ(イ)では『各種の不確かさの取り方等』の『保守性の確保』の仕方が不明だと決めつけているが、これも違う。認識論的不確かさの考慮で最も効いてくるのは『短周期レベルと応力降下量の 1.5 倍化』だが、これは 2007 年新潟県中越沖地震の震源特性が通常地震より 1.5 倍大きかったという経験に基づく。原子力規制庁はこの『1.5 倍』が入倉式を前提とした値であるかのように主張しているが事実をねじ曲げている。この『1.5 倍』は、図12(省略)のように、2007 年新潟県中越沖地震の「震源距離 200km 以下、S 波速度  $V_s \geq 700 \text{m/s}$  の地層が存在、第三紀以前の地質条件」という条件に合う広域観測記録(K-NET、KiK-net 記録の応答スペクトル)と耐専スペクトル(内陸補正なし)の比を求めた結果、平均がほぼ 1.0 で、耐専スペクトル(内陸補正あり)のほぼ 1.5 倍になっているという事実に基づいている。したがって、入倉式によるレシピ(ア)に限らず、レシピ(イ)においても、基本ケースの応力降下量と短周期レベルを 1.5 倍にする不確かさの考慮はその通りに適用すべきだということになる。レシピ(イ)を使いたくないがために嘘をつくのはもうやめるべきであろう。これが最も重大な『過誤・欠落』であり、島根2号の審査でも致命的な影響を与えている。」(2018 年長沢意見書[3]p.21: 図 12 もここに掲載)

被控訴人らは、宍道断層など検討用地震について過去の地震記録が存在しないことを直視し、そのような場合にはレシピ(ア)ではなくレシピ(イ)を用いるべきであることについて、根本的に再検討すべきである。

#### <「平均像ではなく保守性を重ねた安全側の評価となっている」との主張について>

被控訴人は、「基準地震動は平均像ではない」と、次のように主張する。

「被控訴人は、島根 2 号機の地震動評価を行うに当たり、経験式の適用範囲を検討し、過小評価とならないように考慮して経験式を適用するとともに、地震及び地震動に係るいずれかの特性が、多数の地震ないし

地震動の『標準的・平均的な姿』を明らかにする経験式によって導かれたものよりも大きくなり又は特異なものとなるような地域性が認められないことを確認した上で、基本震源モデルについて、詳細な調査や検討の結果を踏まえ、経験式に当てはめるパラメータを保守的に設定した。その上で、このパラメータのうち地震動評価に与える影響が大きいと考えられるものについて、不確かさを考慮したケースとして認識論的不確かさと偶然的な不確かさとを重畳させるだけでなく、更に宍道断層による地震については、震源が本件敷地の極近傍に位置していることから、各種の不確かさが地震動評価に与える影響をより詳細に評価し、認識論的不確かさに関する項目の中から地震動レベルが比較的大きくなるケースを選定し、その項目(断層傾斜角、破壊伝播速度及び短周期の地震動レベル)の不確かさをそれぞれ組み合わせた三つのケースを設定すること、すなわち複数の認識論的不確かさを組み合わせて重畳させることにより、保守性を重ねて地震動評価を行い、同号機の基準地震動  $S_s$  を策定した。このように、同号機の『敷地ごとに震源を特定して策定する地震動』による基準地震動  $S_s$  の策定に当たり考慮した地震動の評価結果は、『標準的・平均的な姿』ではなく、保守性を重ねた安全側のものとなっているので、同号機の基準地震動  $S_s$  が過小であるとはいえない。控訴人らの主張は、島根 2 号機の基準地震動  $S_s$  が過去の地震ないし地震動の単なる『平均像』として策定されているものはなく、保守性を重ねた安全側の評価となっていることを正解しないものであり、理由がない。」(pp.13-15)

しかし、地震調査研究推進本部地震調査委員会による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)」(令和 2 年 3 月 6 日改訂)は、その前文に明記されているとおり、「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指しており」、表2のように、過去の地震記録がない場合にはレシピ(イ)を用いて全国地震動予測地図を作成している。ところが、新基準適合性審査では、選定された検討用地震に対して、「レシピ(ア)」を用いて強震動を予測している。検討用地震の震源特性・伝播経路特性・地盤増幅特性が「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」明らかにされない限り、高精度の強震動予測はできない。このレシピの違いを捨象したとしても、これらの特性には、認識論的不確かさと偶然的な不確かさが伴う。前者の認識論的不確かさを除去するために「複数の認識論的不確かさを組み合わせて重畳させ」、それぞれの組合せに対して地震動解析を行ったとしても、得られる結果は、それぞれに重畳された条件下での「標準的・平均的な姿」にほかならない。検討用地震で実際に起こりうる地震動の「標準的・平均的な姿」がそれらの組合せのいずれに相当するか、また、それらの組合せの中に含まれるのかも、わからない。実際に起きる地震動の震源特性等が認識論的不確かさを考慮して重畳された組合せの中に包摂されていなければ、認識論的不確かさがなくなったとも言えない。偶然的な不確かさも加わって、2024 年能登半島地震による地震動が志賀原発の基準地震動を超えたように、大きく外れることになる。しかも、これまでに述べた、宍道断層における断層幅の科学的根拠なき拡大、アスペリティ面積の 30%までの容認、「新潟県中越沖地震の不確かさ考慮」における「アスペリティ応力降下量の 1.5 倍または 20MPa の大きい方」の不採用など、被控訴人による認識論的不確かさの考慮には致命的な過誤・欠落があり、その下で、「組合せの重畳による地震動評価結果の最大のもの」を採用したとしても、「標準的・平均的な姿」としても保守的とは言えない。また、偶然的な不確かさは人が制御できないものであり、仮に認識論的不確かさをゼロに近づけることができたとしても、実際の地震動は認識論的不確かさを重畳して考慮した条件下において予測された「標準的・平均的な姿」のまわりに大きくばらつく。「人には制御できない偶然的な不確かさ」と「考慮しても残される認識論的不確かさ」による地震動のばらつきは、「平均+1標準偏差」が平均の2倍近くにもなる(後述するように、偶然的な不確かさで 1.51~1.58 倍、認識論的不確かさを半減できたとしても 1.74~1.79 倍になる)ことから、認識論的不確かさを重畳して得られる最大の「標準的・平均的な姿」から少なくとも1標準偏差分引上げることが必要である。これは、地震学界で「倍半分のばらつき以内に予測値が収まれば十分だ」と言われていることにも通じる。つまり、「保守性を重ねた安全側の評価となっていることを正解しないもの」は被控訴人自身なのである。

### 3 基準地震動を超過した地震動が原子力発電所で観測された事例について

#### <他の原発で想定を超えた5つの事例について>

被控訴人は、「基準地震動を超過した他の原発での事例は、島根原発での基準地震動過小評価の理由とならない」と、次のように主張する。

「控訴人らは、原子力発電所における従前の地震動想定は僅か 10 年の間だけで 5 ケースも誤ったとし、従前の原子力発電所における地震動想定は、著しい過小評価であったとして、島根 2 号機の基準地震動  $S_s$  が過小評価であるかのように主張する。しかしながら、控訴人らは平成 17 年以降に確認された五つの事例として、①「2005(平成 17)年 8 月 16 日宮城県沖地震における女川原発のケース」、②「2007(平成 19)年 3 月 25 日能登半島沖地震」、③「2007(平成 19)年 7 月 16 日新潟県中越沖地震」、④「2011(平成 23)年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震における福島第一原発のケース」及び⑤「2011(平成 23)年の東北地方太平洋沖地震における女川原発のケース」を挙げるが、これらの地震は、いずれも各地に固有の地域性による影響が大きい事例であることが分かっており、必ずしも他の原子力発電所の基準地震動  $S_s$  の信頼性とは直接には結び付かない。なお、上記五つの事例のいずれにおいても、地震動によって原子力発電所の安全上重要な施設の健全性に特段の問題は生じていない。したがって、基準地震動を超過した地震動が原子力発電所で観測された事例が存在することは島根 2 号機の基準地震動  $S_s$  が過小評価であることの理由とならず、控訴人らの主張は理由がない。」(pp.16-17)

この被控訴人の主張は、各原発での基準地震動が、共通した手法に基づいて策定されていること、地盤増幅特性などの地域性を「十分考慮」して策定されたものであること、にもかかわらず、基準地震動を超える地震動に実際に襲われたこと、したがって、これらの事例に基づいて、他の原発においても共通の教訓を導き出し、基準地震動の策定に活かすことが求められるということ、を忘れている。③の新潟県中越沖地震および④⑤の東北地方太平洋沖地震がその最たるものであることを、被控訴人はよもや忘れたわけではなからう。

たとえば、2007 年新潟県中越沖地震 M6.8 では、柏崎刈羽 1~4 号での「解放基盤表面はざり波」が 1,011~1,699 ガルとなり、450ガルの基準地震動を大きく超えた。東京電力や旧 JNES(財団法人原子力安全基盤機構)の解析によれば、地震動の増幅要因は、新潟県中越沖地震に対応する耐専スペクトル(内陸補正有)のレベルから震源特性の要因で約 1.5 倍、深部地盤構造で約 2 倍、敷地下の古い褶曲構造で約 2 倍、合計約 6 倍であった。このうち「震源特性 1.5 倍」は被控訴人の主張する「地域性による影響」とは限定されず、全国一律に基準地震動の策定に適用することとされた。それが、「短周期レベル 1.5 倍」および「アスペリティ応力降下量 1.5 倍または 20MPa の大きい方」の設定という「新潟県中越沖地震の不確かさ考慮」である。

2024年能登半島地震も重要な教訓の一つとして、今後の解析結果等を踏まえ、耐震設計審査指針の改定へ進むことも念頭に、原子力規制委員会・規制庁で検討が進められることであろう。被控訴人は、5つの事例に対するその基本姿勢において、耐震安全性確保の根本理念に欠けると言わざるを得ない。

「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」では、「震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価」に際して、「震源の極近傍での地震動の特徴に係る最新の科学的・技術的知見を取り込んだ手法により、地表に変位を伴う国内外被害地震の震源極近傍の地震動記録に対して適切な再現解析を行い、震源モデルに基づく短周期地震動、長周期地震動及び永久変位を十分に説明できていることを確認する。」とある。宍道断層は島根原発にとって極近傍での地震動となる可能性が高いが、震源近傍の地震観測記録は極めて少ない。だからこそ、数少ない地震観測記録から耐震設計上の教訓を導き出し、「震源極近傍の地震動記録」に基づく再現モデルやシミュレーション用の断層モデル等を用いて認識論的不確かさによるばらつきを精査し、震源近傍の地震動がどのように変わるかを確認する意義がある。被控訴人の上記主張は、地域性を理由に5つの事例から背を向けるものであり、失当である。

※2 東京電力「柏崎刈羽原子力発電所における平成 19 年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの

#### 4 最大加速度 1000 ガル超の地震動について

2020 年長沢意見書[2]では、新潟県中越沖地震(M6.8)で 1,699 ガル(解放基盤表面はぎとり波)、岩手・宮城内陸地震(M7.2)では一関西(いちのせきにし)地中で 1,078 ガル(3 成分合成)、熊本地震では益城観測点で 520 ガル相当(3 成分合成)の地震動が観測されたことを指摘しているが、被控訴人は、これについて次のように主張する。

「そもそも地震において得られた観測記録等は、それぞれ地域性による影響が反映されたものであるから、本件敷地及び本件敷地周辺の地域性を考慮せずに、数値のみを単純に比較することは誤りである。すなわち、例えば上記新潟県中越沖地震による観測記録が同規模の地震から推定される平均的な地震動と比べて大きかった要因については、短周期レベルについて平均的なものよりおよそ 1.5 倍大きかったという同地震の『震源特性』、並びに同発電所敷地周辺の深部地盤の不整形性及び同敷地下の古い摺曲構造による「地盤増幅特性」にあると分析され、知見として整理されている。」(pp.17-18)

それぞれの地震観測記録は、地盤増幅特性を除去した「地震基盤波」(はぎとり波)として原発の耐震設計に活かされている。その最たるものが耐専スペクトルであり、その適用に際して各サイトでの地域性が考慮される。したがって、「地域性が 1,000 ガル超の地震観測記録に寄与している」としても、それを取り除いて教訓を引き出すのが基本である。このことは、被控訴人も十分承知しているはずであり、また、2007 年新潟県中越沖地震の教訓として、震源特性の 1.5 倍化が「短周期レベル 1.5 倍化、かつ、応力降下量 1.5 倍または 20MPa の大きい方」とすること、および耐専スペクトルの適用に際して内陸補正を行わないことが、地域性を問わず全原発で一様に適用されている事実になぜ触れないのか。岩手・宮城内陸地震についても、被控訴人は次のように主張する。

「岩手・宮城内陸地震については、地震動審査ガイドにおいて、『震源を特定せず策定する地震動』を策定するに当たっての収集対象となる 16 地震の一つに挙げられていたところ、被控訴人が同地震を『震源を特定せず策定する地震動』の観測記録の収集対象とする必要はないと考えたのは、同地震の震源域周辺の地質・地質構造及び断層センスの特徴が本件敷地周辺のものとは異なっていたからである。」(p.18)

2008 年岩手・宮城内陸地震が重要なのは、内陸地殻内地震で発生した地震のうち、震源断層を予め予測するのが難しく、過去最大・世界最大の地震動が観測されたからであり、一関西では地表で 4,022 ガル、地中で 1,078 ガル(いずれも三成分合成)を記録している。この地中観測記録は解放基盤表面で定義される基準地震動と比較するためには「はぎとり解析」しなければならないが、そうすれば 1,500~2,000 ガルにもなる。このはぎとり解析は原子力規制委員会・規制庁から電事連に依頼され、2016 年にはできていて、査読付き論文で発表される予定だったがなされなかった、という。その経緯は、2018 年長沢意見書[3]pp.32-34 で詳しく紹介したとおりである。電事連からこのはぎとり解析の結果が出されないため、「震源を特定せず策定する地震動」の標準応答スペクトルが Mw5.0~6.6 の 89 地震の観測記録から別途作成され、2021 年4月に取入れられたが、島根2号の基準地震動には影響しなかった。被控訴人は、地域性を理由に岩手・宮城内陸地震の観測記録を収集対象にしなかったと主張するが、電事連を構成する一員として極めて無責任な姿勢であり、基準地震動を大きく引上げる結果に繋がるはぎとり解析をサボタージュした責任をとろうともしない。被控訴人は 2007 年新潟県中越沖地震についても、地域性を強調して、全国一律に短周期レベルと応力降下量を 1.5 倍にする措置がとられたことに言及していないが、仮に、一関西の地震観測記録がはぎとり解析されていたら、全国一律に適用すべき点が明らかとなり、何らかの措置がとられていた可能性もある。それは、また、耐専スペクトルの極近距離内での重要な観測記録となり、耐専スペクトルの大幅改訂に繋がった可能性もある。はぎとり解析をしなかったことは、基準地震動策定時の認識論的不確かさをかなりの程度小さくすることに役立ったはずだが、被控訴人は電事連の一員としてそれをサボタージュすることに荷担したといえるのである。

また、被控訴人は、2016年熊本地震について、次のように主張する。

「熊本地震について、独立行政法人原子力安全基盤機構(2005)『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)』における検討は、仮想的な断層モデルに、仮想的な条件をいくつも重畳させた数多くの組合せによる地震動を発生確率の高さを考慮せずに解析評価したものであるし、そもそも熊本地震を解析して計算したものでない。」(p.18)

原子力規制庁も当初は、「仮想的な断層モデルに、仮想的な条件をいくつも重畳させた数多くの組合せによる地震動を発生確率の高さを考慮せずに解析評価したものである」との被控訴人と同様の主張をしていたが、市民団体との話し合いの中で、この旧 JNES(原子力安全基盤機構)による解析結果が留萌支庁南部地震の地震基盤波と整合しているとの指摘を受けて、当初の見解を撤回している。具体的には、川内 1・2 号の審査書パブリックコメントへの回答(「考え方」)では、「旧 JNES が試算した地震動は、地震動評価の際に参照する基準地震動の超過確率が、どの程度の大きさの超過確率になるか確認する目的で、厳しいパラメータを設定して評価した結果であり、試算した地震動をそのまま震源を特定せず策定する地震動として用いるために試算したものでないことから、今回の評価では検討の対象にしていません。」としていたが、「厳しい」という文言が消えた。これは、原子力規制庁が 2015 年 1 月 16 日の市民との交渉で、北海道留萌支庁南部地震の地震動と旧 JNES による縦ずれ断層の地震動評価(最大値)が良くあっていることを認め、「JNES の断層モデルは厳しい条件を設定した現実離れた地震動評価ではなく、厳しいというのは言い過ぎであり、訂正すべきだ」という指摘に同意した結果である。つまり、JNES の断層モデルによる地震動評価は現実の地震動を反映した評価になっていることを認めざるを得なかったのである。1 月 16 日交渉で原子力規制庁は、さらに踏み込んで、「実際の発電所の評価などに適用すべきかどうか、地震のモデルとしての再現性という点で妥当かどうかを専門家も含めて改めて検討する必要がある。」と発言していた。そもそも、熊本地震の地震観測記録に基づいて地震基盤波を求めて宍道断層の地震動評価に活かす義務が被控訴人にはあり、そうしないで控訴人等に義務を転嫁するのは本末転倒である。

## 5 過去最大の地震動の考慮について

被控訴人は、「過去最大(既往最大)」の地震について、次のように主張する。

「被控訴人は、本件敷地及び本件敷地周辺における『過去最大(既往最大)』の地震による地震動も検討しており、また、地域性を検討した上でパラメータの値を保守的に設定し、さらに、各種の不確かさを広範に考慮するなどして、保守性を重ねて島根 2 号機の基準地震動  $S_s$  を策定しているのであるから、控訴人らの主張は理由がない。」(p.20)

2024 年能登半島地震は M7.6 と過去百年で最大の内陸地殻内地震であり、志賀原発の基準地震動策定時には、同海域で検討用地震が策定されたが、想定 96km をはるかに超える 150km の断層が活動し、内陸地殻内地震のうち「過去最大(既往最大)」をはるかに超える内陸地殻内地震が起き、基準地震動を超える地震動が志賀原発を襲い、500 ガルの地震動に耐える仕様で作られた変圧器で、太さ 50cm の冷却用配管の接続部に長さ 20cm の亀裂が入り、絶縁用油が漏洩し、使用不能となった。その結果、3 系統 5 回線ある送電線のうち 1 系統 2 回線が使えなくなり、変圧器は部品が手に入らず、2 月現在、修理の見通しは立たないという。被控訴人は今回の地震をも島根 2 号の地域性を理由に無視するつもりであろうか。そもそも、震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)自体が、世界の地震観測記録に基づいて、「標準的・平均的な姿」を予測するために策定されている。耐専スペクトルも国内の地震観測記録に基づいて「標準的・平均的な姿」を予測するものとして策定されている。これらは、新たな地震観測記録によって改訂されることが前提となっており、2024 年能登半島地震も重要な地震観測記録の一つになるであろう。このような観点に立てば、島根 2 号の基準地震動策定において、敷地及び敷地周辺に限定された「過去最大(既往最大)」の地震だけを考慮すれば足りるとか、地域性に合わない地

震は無視すれば良いという狭い考えでは、大局を見失い、基準地震動を過小評価することに繋がる。過去百年間で既往最大の内陸地殻内地震となった 2024 年能登半島地震は、改めてこのことを示したと言える。その意味でも、被控訴人の主張とは逆に、控訴人らの主張には十分な理由がある。

## 第 2 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」について

### 1 経験式が有する「ばらつき」を踏まえた島根 2 号機の地震動評価について（「2（1）ウ（工）不確かさの考慮について」を含む）

<認識論的不確かさと偶然的な不確かさが「ばらつき」の原因であることについて>

被控訴人は、地震動の「ばらつき」と「不確かさ」について、次のように主張する。

「基準地震動の策定の実務においては、使用される経験式や物理式から算出される建前上の真の値からの偏差は、これを過去に発生した地震ないし地震動の観測データの値(結果)としてみると『ばらつき』であり、他方、モデルに取り込んで検討すべきもの(原因)と考えれば『不確かさ』であるといえることができる。以上のことは、地震学や地震工学等の専門家であり、地震等検討小委員会の委員であった川瀬博京都大学特任教授、入倉孝次郎京都大学名誉教授及び釜江克宏京都大学特任教授が一致して述べているところである。」(pp.22-23)

問題は「不確かさ」をどのように「捉え」、どのように「モデルに取り込んでいるか」である。被控訴人は、川瀬意見書に記載されている次の重要な記述を無視したことで、被控訴人が「不確かさ」を正確に捉えられず、モデルに正しく取り込めていないことを暴露したと言える。「島根原発2号機 被控訴人 乙第277号証 意見書 川瀬博 令和3年5月31日」には次のように明記されている。

「確率論的地震動評価の世界では、ターゲットの予測値(例えば最大加速度)は様々な要因で変動するものという前提に立っており、その変動幅の推定値は観測値の変動幅(=観測のばらつき)である。その変動幅のうち予測者の認識によって(例えば用いるモデルとそのモデルのパラメータによって)変化する部分を『認識論的不確かさ』と呼び、それ以外の人知によって減らしようのない自然の揺らぎによって生じている部分を『偶然的な不確かさ』と呼んで区別している。しかし現実には、この『偶然的な不確かさ』とされている部分は、予測者によって『認識論的不確かさ』として評価された部分以外の残りの部分をそれ以上減らしようのない自然の揺らぎだと仮定して『偶然的な不確かさ』と称しているのであって、要は総量が同じものを2つに分割して扱おうとしていることである。実際もしも、より適切なモデルが見出されれば、残された変動のうち幾分かは新たに『認識論的不確かさ』として評価され、その分だけ『偶然的な不確かさ』は減少する。上記の事例で震源距離とマグニチュードを導入することで最大加速度の推定値の『偶然的な不確かさ』の大半が『認識論的不確かさ』に移行したことに相当している。つまり、『認識論的不確かさ』と『偶然的な不確かさ』は予測値の不確かさを概念上2つに分割したものである。」(pp.4-5)

つまり、「不確かさ」には「偶然的な不確かさ」と「認識論的不確かさ」があり、前者は人が制御できない不確かさで、後者は人の努力によって減らせる不確かさである。実務では、予測値と実現値の差の平方和を「残差平方和」とよび、その観測値の数を $n$ として $(n-1)$ で割ったものを不偏分散  $\sigma^2$  とよび、この分散を可能な限り減らす努力をして、それでも残った部分を川瀬の言うように「偶然的な不確かさ」によるものと見なす場合もある。しかし、これは理論的には間違いで、川瀬が前半で正しく記述しているように、偶然的な不確かさは「人知によって減らしようのない自然の揺らぎ」であって、本来は「偶然的な不確かさが認識論的不確かさへ移行する」ようなことはなく、そのように見えるだけである。しかも、「震源距離とマグニチュードを導入することで最大加速度の推定値の『偶然的な不確かさ』の大半が『認識論的不確かさ』に移行したことに相当する」というようなことはあり得ない。それは、最大加速度の推定値に含まれる「偶然的な不確かさ」が極めて小さいということを意味するのであり、後述する最近の研究はそれ

を否定している。

基準地震動の策定に際しても、震源特性を表わすパラメータ間の平均的な関係を用いて平均的な姿として基準地震動を策定するが、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」(2022.6.8 改定)には、「震源特性(震源モデル)、伝播特性(地殻・上部マントル構造)、サイト特性(深部・浅部地下構造)における各種の不確かさが含まれるため、これらの不確かさ要因を偶然的な不確かさと認識論的不確かさに分類して、分析が適切になされていることに留意する必要がある。」と明記されている<sup>※3</sup>。したがって、被控訴人も、地震動評価の不確かさを認識論的不確かさと偶然的な不確かさに分けて分析することに依存はないはずであり、偶然的な不確かさを考慮すること自体に異論を出してもいい。問題は、その定量的な評価とそれを基準地震動にどのように取り入れるかである。

これらについては、原子力規制委員会も曖昧なままであり、「超過確率の参照に係る審査」<sup>※4</sup>でこの不確かさを考慮したことしようとしているようだが、2024 年能登半島地震 M7.6 という、過去百年間で最大規模の内陸地殻内地震の発生、96km との想定を超える 150km もの断層の連動、基準地震動を超える想定以上の地震動が志賀原発を襲ったという事実などが、基準地震動策定時の不確かさの考慮の不十分さを暴き出し、「超過確率の参照に係る審査」が意味をなさないことも、具体的事実で明らかになった。ちなみに、志賀原発を襲った地震動の応答スペクトルは、岩盤-10m の地中観測記録によれば周期 0.4545 秒で 979 ガルを記録し、耐震バックチェック時の基準地震動 Ss の 969 ガルを超えたが、地中観測記録は「はぎとり波」ではなく、はぎとり解析すれば、応答スペクトルは 2 倍近くに大きくなり、周期 0.02 秒の 313 ガルも基準地震動の 600 ガル近くになり、周期 0.1 秒付近や 0.2 秒付近など広い範囲で基準地震動を超えていた可能性がある。その意味で、不確かさを認識論的不確かさと偶然的な不確かさに分けて正しく分析し、基準地震動の中にどのように正しく組み入れるかが、2024 年能登半島地震 M7.6 を受けて、改めて問われていると言える。

※3 「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」(2022.6.8 改定)の「2. 基準地震動の策定に係る審査の基本方針」には「(2) 基準地震動の策定に係る審査は、設置許可基準規則及び設置許可基準規則解釈に適合するか否かを本ガイドを参照しながら判断するものであり、基準地震動が、地震動評価に大きな影響を与えると考えられる不確かさを考慮して適切に策定されていることを、地震学及び地震工学的見地に基づく総合的な観点から判断する。」とあり、「3.3.3 不確かさの考慮」には「(2) 断層モデルを用いた手法による地震動の評価過程に伴う不確かさについて、適切な手法を用いて考慮されていることを確認する。併せて、震源特性パラメータの不確かさについて、その設定の考え方が明確にされていることを確認する。」とされ、その〔解説〕「(2) 必要に応じた不確かさの組み合わせによる適切な考慮」には「②地震動評価においては、震源特性(震源モデル)、伝播特性(地殻・上部マントル構造)、サイト特性(深部・浅部地下構造)における各種の不確かさが含まれるため、これらの不確かさ要因を偶然的な不確かさと認識論的不確かさに分類して、分析が適切になされていることに留意する必要がある。」と明記されている。

※4 「基準地震動の妥当性を確認する」ための参考資料として、新規制基準適合性審査では、地震動の年超過確率別スペクトル(一様ハザードスペクトル)<sup>†1</sup>が参照され、島根2号で策定された基準地震動の応答スペクトルについて、Ss-D の年 超過確率は 0.2 秒より短周期側で  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  程度、0.2 秒より長周期側で  $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 、Ss-F1 と Ss-F2 の年超過確率は、0.5 秒より短周期側で  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  程度、0.5 秒より長周期側では  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  程度、Ss-N1 と Ss-N2 の年超過確率は  $10^{-4} \sim 10^{-6}$  程度となり、「概ね妥当だ」との結論が出されている<sup>†2</sup>。しかし、この年超過確率は、島根2号機における検討用地震の発生確率とは直接関係がなく、また、それによって島根2号機の解放基盤表面にもたらされる地震動とも直接的な関係はない。内陸地殻内地震については、日本列島を取り囲む約 57 万 km<sup>2</sup> における 1926～1995 年の地震データを 10km 圏内で発生する地震の規模別年累積発生頻度に換算し、原子力安全基盤機構による仮想地震基盤表面上の断層モデルシミュレーションに基づく最大加速度分布から特定の加速度以上になる確率を求めたものにすぎない。こうして得られた地震動の年超過確率別スペクトル(一様ハザードスペクトル)と基準地震動の応答スペクトルがどの程度の年超過確率に相当するかを比較しても、それ自体としては新規制基準適合性審査においても「参照」以上の意味はなく、基準地震動の妥当性を保障するものではない。

†1 独立行政法人原子力安全基盤機構(2004):平成 15 年度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, JNES/SAE04-07004 解部報-0070(2004.9)(注:原子力安全基盤機構は 2014 年 3 月 1 日に原子力規制庁と統合し廃止された。)

†2 中国電力株式会社, 島根原子力発電所 基準地震動の年超過確率の参照について(コメント回答), 第 579 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合, 資料2(2018.6.1)

## <「偶然的な不確かさ」と「残りの認識論的不確かさ」によるばらつきの定量的評価と取り入れについて>

内山泰生・翠川三郎は論文<sup>※5</sup>の中で、「認識論的不確かさは、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、偶然的な不確かさは新しい知見・データが追加されても低減不可能なばらつきである。」とし、「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な不確かさの要因になっていると考えられる。」と強調している。その上で、不確かさを認識論的不確かさと偶然的な不確かさへ分離している。先に示した、最大加速度の予測値と実現値の残差平方和に基づく不偏分散  $\sigma^2$  を用いて言えば、地震動のばらつき  $\sigma^2$  を「地震間のばらつき  $\sigma_1^2$ 」と「地震内のばらつき  $\sigma_2^2$ 」の和( $\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$ )として表し、 $\sigma_1 = 0.522$  (「平均+1標準偏差」は平均の  $e^{0.522} = 1.69$  倍) および  $\sigma_2 = 0.672$  (同  $e^{0.672} = 1.96$  倍)、したがって、 $\sigma = 0.851$  ( $= [0.522^2 + 0.672^2]^{0.5}$ ; 同  $e^{0.851} = 2.34$  倍)と導き、また、「認識論的不確かさによる分散  $\sigma_E^2$ 」と「偶然的な不確かさによる分散  $\sigma_A^2$ 」の和( $\sigma^2 = \sigma_E^2 + \sigma_A^2$ )として表わし、「地震間のばらつき  $\sigma_1, \sigma_{1E}, \sigma_{1A}$  ( $\sigma_1^2 = \sigma_{1E}^2 + \sigma_{1A}^2$ )」を、 $\sigma_{1E} = 0.361 = 0.692 \sigma_1$  および  $\sigma_{1A} = 0.315 = 0.603 \sigma_1$  ( $\sigma_1 = 0.522$ )と導いた。これらは、Lin et al.(2011)の結果  $\sigma_{1E} = 0.254 = 0.717 \sigma_1$  および  $\sigma_{1A} = 0.247 = 0.697 \sigma_1$  ( $\sigma_1^2 = 0.254^2 + 0.247^2 = 0.354^2$  より  $\sigma_1 = 0.354$ )と同様の傾向を示している。内山・翠川は今後、地震内ばらつきについても解析する計画だが、同論文<sup>※5</sup>で Lin et al.(2011)が  $\sigma_{2A} = (0.4 \sim 0.5) \sigma_2$  程度という結果を示していることから、これを内山・翠川の  $\sigma_2 = 0.672$  と組合せると、 $\sigma_{2A} = 0.269 \sim 0.336$  となる。これと  $\sigma_{1A} = 0.315$  より、 $\sigma_A = 0.414 \sim 0.461$  ( $= [\sigma_{1A}^2 + \sigma_{2A}^2]^{1/2}$ , 同  $e^{0.414 \sim 0.461} = 1.51 \sim 1.58$  倍)が得られる。被控訴人は、「(2020年長沢意見書[2]での)距離減衰式における地震動の強さのばらつきが1.75倍になるとする点については、同論文が示していない地震内のばらつきにおける偶然的な不確かさと認識論的不確かさとの割合及び地震動の強さのばらつきにおけるその割合を仮定して算出した独自の立論であり、内山・翠川(2013)が述べるところではない。」(p.45)と主張するが、以上の結果は同論文に記載された内容に限って導き直した結果である。「1.75倍」から「1.51~1.58倍」にやや小さくなってはいるが、大差はない。もちろん、ここでも、Lin et al.(2011)の結果と内山・翠川の結果を組合せてはいるが、内山・翠川による地震内のばらつきに関する解析結果が出されていないために行ったものであり、決して「独自の立論」などではなく、科学的根拠がある。ここでは、「レシピで策定された基準地震動には人が制御できない偶然的な不確かさがこの程度の大きさで含まれている」ことを定量的に確認することが重要なのであり、「万が一にも地震に起因する原発重大事故で人格権が侵害されないようにするためには」少なくとも1標準偏差分の余裕をとる必要があり、「標準的・平均的な姿」として得られた基準地震動を最低でも1.51~1.58倍にする必要があるということを示しているのである。ただし、これは、認識論的不確かさを完全にゼロにできた場合であり、通常は完全になくすことなど不可能である。内山・翠川(2013)によれば、全不確かさによるばらつきは、 $\sigma = 0.851$  (「平均+1標準偏差」は平均の  $e^{0.851} = 2.34$  倍)であり、Lin et al.(2011)の結果と組合せて得られる認識論的不確かさによるばらつきは  $\sigma_E = 0.716 \sim 0.743$  (同  $e^{0.716 \sim 0.743} = 2.05 \sim 2.10$  倍)、偶然的な不確かさによるばらつきは  $\sigma_A = 0.414 \sim 0.461$  (同  $e^{0.414 \sim 0.461} = 1.51 \sim 1.58$  倍)となるが、前者を半減できたとしても、残りの不確かさは  $0.556 \sim 0.583$  ( $= [(\sigma_E/2)^2 + \sigma_A^2]^{1/2}$ , 同  $e^{0.556 \sim 0.583} = 1.74 \sim 1.79$  倍)となり、少なくともこの程度の余裕をとるべきだという結論が得られる。被控訴人は、この科学的立論に対して正面から向き合うべきであり、地震に起因する重大事故を防ぎたいと真剣に考えているのであれば、この不確かさによる地震動のばらつきに対していかに対処するつもりかを科学的根拠をもって示すべきであろう。被控訴人として、「万が一にも人格権を侵害することがあってはならない」という立場に立つのであろうから、よもや、このようなばらつきは全く考慮する必要などないと考えているのではないであろう。

※5 内山泰生・翠川三郎:距離減衰式における地震間のばらつきを偶然的・認識論的不確かさに分離する試み,日本地震工学会論文集,第13巻,第1号,pp.37-51(2013)

## 2 控訴人らの主張について

### (2) 応答スペクトルに基づく地震動評価について

#### <耐専スペクトルの賀祥ダム観測記録への適用性について>

被控訴人は、耐専スペクトルの賀祥ダム観測記録への適用性について、次のように主張する。

「長沢氏の見解は、等価震源距離が『極近距離』より短い 2000 年鳥取県西部地震による賀祥ダムの観測記録は耐専スペクトル(内陸補正あり)とほぼ合っていること及び平成 21 年 5 月 22 日に旧原子力安全委員会の耐震安全性評価特別委員会が実施した『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いて、等価震源距離が『極近距離』よりも短い地震の解析結果を受けて、耐専スペクトルが『そういうところでもまあまあ使える』との発言等があったことを挙げて、耐専スペクトルの適用性について、『極近距離からの乖離が大きい』からというのは理由にならないとして、被控訴人が宍道断層による地震の応答スペクトルに基づく地震動評価において耐専スペクトルを適用しないことが不合理であるかのように批判する。」(p.53) 「そもそも、上記の NFRD 効果を考慮せずとも、長沢氏が観測記録とよく整合しているとする耐専スペクトルにみる応答スペクトル(内陸補正あり)自体、賀祥ダムの上記観測記録と乖離している。以上のおりであるから、賀祥ダムの上記観測記録が、上記の耐専スペクトルによる応答スペクトル(内陸補正あり)とほぼ合っているということは、適切でない。」(p.55)

被控訴人は、2018 年長沢意見書[3]における耐専スペクトルに関する記述について、このように批判しているが、引用されている「2000 年鳥取県西部地震による賀祥ダムの観測記録は耐専スペクトル(内陸補正あり)とほぼ合っている」との判断は、長沢の判断ではなく、旧原子力安全委員会の専門家との意見交換会(2009.5.22)で、釜江克宏委員が賀祥ダムのデータに基づき下した判断であり、「そういうところでもまあまあ使えるというような、それは個別の話だと思うのですけれども。そういう、これは少し科学的な根拠があると思うのですけれども、そういうものが出てくれば、それを我々は受け入れて、それを基に最終的には個別に審査すべきだと思いますので。あの黄色(引用者注:適用範囲外の領域)が全くデータがないからだめという話でも私はないような気がする。」と発言し、入倉孝次郎委員長も同意していた<sup>\*6</sup>。そこで出された耐専スペクトルによる応答スペクトル(内陸補正あり)で NFRD 効果が考慮されていなかったとしても、それは当時の原子力安全委員会の責任であり、被控訴人は、この「応答スペクトル(内陸補正あり)自体、賀祥ダムの上記観測記録と乖離している。」と強く主張するのであれば、入倉・釜江両氏に「当時の意見は間違っている」と批判すべきところであり、批判の矛先が違う。重要なことは、釜江委員が「(極近距離内に)全くデータがないからだめという話でも私はないような気がする。」と発言し、入倉委員長も同意した点である。この点は、「耐専スペクトルが策定された時点においては極近距離未満に相当する地震観測記録が存在しなかったため、耐専スペクトルの策定の基とされた地震観測記録群に等価震源距離が極近距離よりも更に短い場合のデータは含まれておらず、等価震源距離が極近距離よりも更に短い地震への耐専スペクトルの適用は基本的に想定されていない。」(p.53)とする被控訴人の見解とは全く異なる。被控訴人は、また、「宍道断層による地震について応答スペクトルに基づく地震動評価を行うに当たり、耐専スペクトルの適用性について、断層モデルを用いた手法による地震動評価及び他の距離減衰式を用いた応答スペクトルに基づく地震動評価との比較等により、耐専スペクトルを用いることは適当でない判断したのであって、この判断に不合理な点はない。」(p.54)と主張するが、基本的に、他の評価手法と異なる結果が出たとしても、それ自体が問題ではなく、それぞれに特徴のある方法に基づく評価結果であり、単に同様の大きさになっているかどうかで判断すべきではない。震源近傍の地震観測記録は近年収集され始めたばかりであり、耐専スペクトルが公表されて以降の地震観測記録に基づいて震源近傍の地震観測記録を取り込み、耐専スペクトルを抜本的に改訂し、極近距離内であっても耐専スペクトルを使えるように努力するのが第一であり、「万が一にも原発重大事故を起こさない」ように努めるべき被控訴人の義務であろう。その義務を果たさずにおいて、「極近距離内にはデータがないから使えない」と開き直るのは、自らの怠慢を棚に上げ、頬被りして逃げるようなものであり、そのような言い訳は、自らの義務

を最大限には果たしてからにして頂きたい。

※6 原子力安全委員会耐震安全性評価特別委員会地震・地震動評価委員会「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，資料第 1-2 号(2009.5.22)

### <耐専スペクトルにおける内陸補正なしの根拠について>

被控訴人は、耐専スペクトルの内陸補正なしの根拠について、次のように主張する。

「中国地方の横ずれ断層については『標準的・平均的な姿』よりも短周期レベルが小さくなるような地域性が認められ、これに含まれる F-III 断層+F-IV 断層+F-V 断層による地震のそれも小さいものと考えられた。それにもかかわらず、被控訴人は、F-III 断層+F-IV 断層+F-V 断層による地震に耐専スペクトルを用いるに当たっては、地震動評価上の不確実性を考慮して安全側に内陸補正係数を乗じないこともしているのである。したがって、被控訴人が内陸補正を行わないこととしたことについて、新潟県中越沖地震を踏まえ短周期レベルを 1.5 倍する必要があると認識されたことを考慮したに過ぎないとするのは、誤りである。」(p.61)

被控訴人は、耐専スペクトルに内陸補正を行わないことについて、このように述べているが、この「不確実性を考慮して」というのは「新潟県中越沖地震を踏まえ短周期レベルを 1.5 倍する必要があると認識されたことを考慮した」と同義だが、違うというのであれば、いかなる「不確実性の考慮」で内陸補正なしにしたのかを説明すべきである。この点については、繰り返しになるが、2018 年長沢意見書[3]で述べた通り、「2007 年新潟県中越沖地震の『震源距離 200km 以下、S 波速度  $V_s \geq 700\text{m/s}$  の地層が存在、第三紀以前の地質条件』という条件に合う広域観測記録(K-NET、KiK-net 記録の応答スペクトル)と耐専スペクトル(内陸補正なし)の比を求めた結果、平均がほぼ 1.0 で、耐専スペクトル(内陸補正あり)のほぼ 1.5 倍になっているという事実に基づいている。」(2018 年長沢意見書[3], p.21)このように、内陸補正なしの耐専スペクトルと新潟県中越沖地震の観測記録の応答スペクトルの比の平均がほぼ 1.0 であったことから、内陸補正なしで耐専スペクトルを用いることになったのである。この経緯をよもや被控訴人が知らないはずはなかろう。

### 第 3 「震源を特定せず策定する地震動」について

#### <2004 年北海道留萌支庁南部地震の再現モデルについて>

被控訴人は、2018 年長沢意見書[3]で財団法人地域地盤環境研究所による 2004 年北海道留萌支庁南部地震の再現モデルに触れていることに言及し、次のように主張する。

「上記再現モデルを用いた解析結果は、詳細な現地調査結果等を踏まえて作成された地盤構造モデルとも相違する地盤モデルを用いて、震源モデルの条件を仮想的に変更して行った一検討結果に過ぎず、解析結果に基づいて換算した地震動は、同地震により実際に発生した地震動を再現したものではない。」(p.62)と頭から否定し、「長沢氏の見解は、財団法人地域地盤環境研究所の報告書では、2004 年北海道留萌支庁南部地震について、仮想地表観測点において『約 1,300 ガル(EW)、約 1,700 ガル(NS)の地震動が解析されている』とし、『震源断層モデルをそのまま使って、破壊開始点やすべり角など破壊の不確かさを補う解析も行った結果、『約 2,000 ガル(EW)、約 1,050 ガル(NS)の地震動が起こるとの解析結果が出されている』とし、後者の解析結果に基づいて単純に比例計算すれば、同地震の基盤地震動による基準地震動の最大加速度は約 1,100 ガルになり得ると述べ、『実際の地震観測記録に基づく再現解析は現実の地震動を再現できることから…積極的に取り入れるべきである』として、被控訴人が行った『震源を特定せず策定する地震動』の評価を批判し、また、控訴人らは、港町観測点(HKD020)の観測記録は同地震の地震動の最大値ではないとし、上記報告書を踏まえて同地震を超える規模の地震を考慮すべきであると主張する。しかしながら、そもそも、『震源を特定せず策定する地震動』は、観測記録に基づき直接策定する地震動であり、観測記録を基にした仮定の試算結果から導いた地震動ではないから、上記の批判及び控訴人らの主張は、まずこの点において当を得ない。」(pp.82-83)。

被控訴人は、2018 年長沢意見書[3]で、よほど痛いところを突かれたのか、または、長沢意見書の弱点をやっと見つけたと言わんばかりに、長沢意見書[3]を執拗に非難している。しかし、この非難は全く的を外れである。

第1に、この財団法人地域地盤環境研究所のモデルが再現モデルに値しないとすれば、それを業務委託した原子力安全委員会が契約違反で訴えるべきであろう。それどころか、原子力規制委員会発足後の第 10 回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会議(2013.3.22)の資料震基 10-3 で引用されている。これが何を意味するか、被控訴人に説明するまでもなからう。

第 2 に、2018 年長沢意見書[3]は、地震計の不足を補うために再現モデルを活用すべきだと提言しているのであって、再現モデルをそのまま使うべきだとは主張していない。すなわち、「他方、地震観測記録の不足を補うための手法はすでにある。2004 年北海道留萌支庁南部地震では図 21(略)のように地震観測記録の再現モデルで地震動の分布を解析することが可能になっていて、図 21 より HKD020 観測点は強震動域の外周部にあって、より大きな地震動が観測されたはずの場所には地震計がなかったこともわかる。また、偶然的な不確かさ（これは「認識論的不確かさ」というべき）を考慮する観点から破壊開始点をアスペリティ下端中央へ変更すると、より大きな地震動が発生していたことも確認できる。」(2018 年長沢意見書[3], p.34 : 図 21 もここに掲載)と、再現モデルの利用を提言しているのである。

また、「地域地盤環境研究所は北海道留萌支庁南部地震の再現モデルを構築し、これをそのまま用いて、断層最短距離 15km 以内の仮想地表観測点での地震動を解析した。これは地震計の設置不足を補う解析と言える。この地震では HKD020 地点(図 4 の△)の地表地震計で 1,127 ガル(EW 方向)、536 ガル(NS 方向)の地震動が観測されているが、図 4(略)のように他の仮想観測点では約 1,300 ガル(EW)、約 1,700 ガル(NS)の地震動が解析されている。また、震源断層モデルをそのまま使って、破壊開始点やすべり角など破壊の不確かさを補う解析も行っている。その結果、アスペリティ下端中央から破壊が始まった場合には、図 5(略)のように約 2,000 ガル(EW)、約 1,050 ガル(NS)の地震動が起こるとの解析結果が出されている。これらは仮想地表観測点での地震動評価結果であるため、解放基盤表面はぎとりに波に換算しなければならないが、単純に比例計算すれば、620 ガルの Ss-7 (高浜)と Ss-19(大飯)が 1.8 倍(EW 方向の倍率)の 1,100 ガルになりうる。これは高浜 3・4 号のクリフエッジ 973 ガルを超えている。このような実際の地震観測記録に基づく再現解析は現実の地震動を再現できることから、地震計の設置数の限界をカバーするものとして積極的に取り入れるべきである。」(長沢啓行、高浜 3・4 号と大飯 3・4 号の基準地震動は過小評価されている、p.3-6、2015 年 10 月 1 日) このように地震動の認識論的不確かさを再現モデルで補うことを提唱しているのである。単純比例計算による 1,100 ガルの地震動をそのまま高浜 3・4 号に適用すべきだとは一言も主張していない。K-NET 観測点が地表観測点であること、基準地震動が解放基盤表面で定義される地震動であり、地盤増幅効果を考慮したはぎとりに解析が不可欠だということ、などは常識ではないか。余りカッカせず、冷静に熟読すれば、すぐにわかることであろう。

要するに、強震動観測が可能になったのは 1995 年兵庫県南部地震以降であり、原発の耐震性を確保するためには、絶対的に地震観測記録が足りない。これを補うためには、地震計をより大量に設置するか(このようにしても震源近傍での地震観測記録が得られるかどうかはわからない)、地震計設置数の不足を補うために観測地震動を再現モデルでより詳しく解析するか、より現実的な断層モデルを構築してシミュレーション解析を精緻化するかであろう。先の 2020 年長沢意見書[3]では、留萌地震の再現モデルや JNES の断層モデルがその一助になりうると思指したにすぎない。現に、原子力規制委員会もこれらを部分的に利用しているではないか。にもかかわらず、「地盤増幅特性が正しく設定されていない」とか、素人を相手にするような難癖を付けて非難するのは筋が違う。余りに低次元の「批判」に、あ然とせざるを得ない。このような被控訴人の主張は、自社原発の安全をどのように十分確保し、「万が一にも人格権を侵害しないためにはどうすべきか」という観点から見て、全く真剣さに欠け、真摯な姿勢に欠けると言えるのではないだろうか。このような被控訴人には、原発を運転する資格はない。

## 結語にかえて

今回の意見書では、被控訴人の準備書面の構成に沿って再反論することを試みたが、準備書面の各所に長沢意見書への批判が繰り返しちりばめられていたため(このように注目されたことは学者冥利に尽きるが)、ある程度まとめて記述するしかなかった。しかし、その要点は、前文に記したとおり、次の7項目である。

- ①検討用地震に対して「過去の地震記録」がない場合にレシピ(ア)を用いると地震動の過小評価に繋がるためレシピ(イ)を用いるべきであるとの地震調査研究推進本部地震調査委員会の見解に反している。特に、M7クラスの過去の地震記録が存在しない宍道断層では、レシピ(イ)による地震動評価を行うことが不可欠である。
- ②地震発生層に関する宍道断層周辺の地域性を無視し、遠く離れた山陽地方の地域性に依拠して宍道断層の断層幅を13kmから18kmへ5kmも、科学的根拠なく、大きく広げ、地震モーメントは増えたが、アスペリティの応力降下量が小さく設定されることにつながり、地震動が過小評価された。
- ③地震モーメントが長大な断層の領域に達しない場合に、アスペリティ面積が過大と判断する基準を「レシピに示された断層面積の22%または15~27%」ではなく、科学的根拠なく、30%に設定し、アスペリティ応力降下量を過小に設定した。仮に、27%に設定されていれば、アスペリティ応力降下量は12.4MPaではなく14.4MPaに設定され、「新潟県中越沖地震の不確かさ考慮」で1.5倍の21.6MPaに設定されていたであろう。
- ④宍道断層の「新潟県中越沖地震の不確かさ考慮」に際して、「短周期レベルAの1.5倍」だけを行い、「断層平均応力降下量の1.5倍」および「アスペリティ応力降下量の1.5倍または20MPaの大きい方」の設定をしていない。被控訴人も用いたA法による波形合成では、アスペリティ応力降下量に比例して要素地震の振幅を大きく設定することから、これが正しく設定されていなければ、地震動は大幅に過小評価されることになる。
- ⑤認識論的不確かさを重畳して考慮したとしても、パラメータ間の平均的關係に基づくレシピを用いて得られる地震動算定結果は「それぞれの条件下で算定された平均像としての地震動に留まる」にもかかわらず、被控訴人は、「平均像ではない」と誤って主張し続けている。このような「平均像」が保守的で安全側の評価になるかどうかは、認識論的不確かさが正しく考慮されて認識論的不確かさがゼロになった場合に限られるが、それは現実的にあり得ない。ましてや、①~④のように正しく考慮されていないのであるから、まず、それを正すべきである。
- ⑥偶然的な不確かさは人が制御できない不確かさであり、内山・翠川(2013)とLin et al.(2011)の解析結果を合わせて評価すれば、「平均+1標準偏差」が平均の1.51~1.58倍になる。認識論的不確かさを半減できたとしても、偶然的な不確かさと合わせた「平均+1標準偏差」は平均の1.74~1.79倍になる。「万が一にも原発重大事故で人格権を侵害しない」ためには、基準地震動を平均像の1.74~1.79倍等に策定すべきである。これは、検討用地震の発生を前提にして、平均像に「平均+1標準偏差」の余裕を持たせるための措置であり、これを地震が起こる前の抽象的な「超過確率の参照」の問題にすり替えることはできない。
- ⑦2024年能登半島地震で明らかになった、海底断層の想定外の連動、この海域断層群から離れた陸域断層の活動、志賀原発での基準地震動を超える地震観測記録(はぎとり解析すればより大幅に超過する可能性あり)などの教訓が、基準地震動に反映されていない。この問題は今後、とりわけ今秋以降の学会等で明らかにされるであろう、さまざまな解析結果を踏まえて、耐震設計審査指針の改定に向けた検討が進められると思われるが、被控訴人も「地域性」を理由に無視するのではなく、自分事として向き合う必要がある。

何はともあれ、「万が一にも地震を起因とする原発重大事故を起こさないこと」が控訴人だけでなく、被控訴人にとっても大事であり、共通の利益であるはずである。原点に立ち返った議論が進められるよう望みたい。