

2020 年 10 月 16 日

茨城県原子力安全対策委員会
東海第二発電所 安全性検討ワーキングチーム
主査 古田 一雄 殿

安全性検討ワーキングチームへの市民意見書の提出について

茨城県守谷市本町 281
常総生活協同組合 理事長 増本 綾子
同 脱原発とくらし見直し委員会
委員長 高橋 麻理



わたしたちは茨城県南部から千葉県東葛地域にかけて母親たちが中心になって協同する生活協同組合です。

わたしたちは2011年の福島第一原発事故では、プルームの通過によるヨウ素吸入被ばくや母乳からの検出、そして「ホットスポット」として国から汚染状況重点調査地域に指定されて土壌汚染による外部被ばくの心配と、たいへんな思いをいたしました。また地元をはじめ東日本一帯の生産者は土壌汚染・農水産物汚染にたいへん苦しみました。わたしたちが牛乳を頂いていた福島県川俣町山木屋の牧場も汚染がひどく撤退を余儀なくされました。

わたしたちにとっては1997年の東海再処理施設のドラム缶火災爆発事故、1999年の東海村JCO臨界事故に続いて三度の経験でした。

これが機会となって、ふたたび子どもたちを被ばくさせてはいけない、二度と食を育む田畑・海、環境を汚染させてはいけないという思いで、組合の中に「脱原発とくらし見直し委員会」が発足し、これまで毎月の定例会で意見交換や調査活動・文献の翻訳活動、勉強会・講演会を重ねてきました。2012年には生協を代表して組合員・生産者50名が東海第二原発運転差止の住民訴訟にも参加し、生協がその事務局を担ってきました。

本年２月、わたしたちは茨城県の茨城県知事宛に東海第二原発についての要望書をあらためて提出し、県の原子力安全対策課の職員さんとも面談する機会を頂きました。その際、茨城県原子力安全対策委員会東海第二発電所安全性検討ワーキングチームでの専門家による検討、および県民意見の募集とそれに対する回答のための検討をしている状況を伺いました。

当生協の委員会は母親たちが中心ですが、建築事務所で設計のお仕事をされていた組合員、元国交省の組合員、研究者もいることから、当生協に置かれている訴訟事務局の協力も得ながら、茨城県のワーキングチームの議論に注目して勉強会や検討会を重ねてきました。

茨城県東海第二発電所安全検討ワーキングチームにおかれましては、専門家の意見および県民から出された多岐にわたる意見に対して当該日本原電が説明をして委員が検討する作業がスタートしていますが、このうち「スラブ内地震」について、本年２月７日にワーキングチームに提出された日本原電の回答について委員会で検討・勉強会をおこない、意見を取りまとめましたので、ワーキングチームならびに地震学専門の藤原委員に提出し、ご検討頂くことを要請いたします。

かならずしも専門家ではない一般市民・住民の理解の範囲内であることから、誤りや誤解等もあるかと思いますので、住民の理解を深めるためにはワーキングチームでの検討の途中でもテーマごとに住民への説明と対話の機会を持って頂けることを提案、要望いたします。

意見書

安全性検討ワーキングチームにおけるスラブ内地震の日本原電の想定について

1. 藤原委員からのプレート内地震（スラブ内地震）についての指摘について

茨城県東海第二発電所安全性検討ワーキングチーム（以下、WT）において藤原広行委員からは

- ① 基準地震動を策定するときの基本方針である「この地域で起こりえる最大の地震を網羅する」という観点からすると、プレート間タイプの地震とプレート内タイプの地震が茨城県のあたりで両方とも起こりえるということは科学的にも自然なこと。
- ② プレート内地震（スラブ内地震）では 1993 年釧路沖地震（Mw7.5）、1994 年北海道東方沖地震（M8.2）があり、仮に茨城県のサイトの真下あたりで釧路沖タイプのスラブ内地震を想定した際に震度のレベルがどれくらいになるのか確認して、それがほかの地震を想定したもののレベル以下で、他の地震を考えることでカバーされていることを是非とも確認しておくかなければ、茨城県のこの地域で起こりえる地震動全体がカバーされているとは言えないのではないか。
- ③ プレート内地震の特徴は、深いところで起きるが同じ地震の規模でも応力降下量が大きく、プレート境界地震よりも揺れが大きくなるという性質がある。
- ④ 地震の揺れという観点から見ると本当に備えなければいけないのは経験した地震よりも「科学的に考えて可能性があるタイプの地震」で、これまでのわずかな経験の中では経験していないが可能性は否定できない地震に備えること。
- ⑤ 地震調査研究推進本部でもプレート内地震については不確実さが大きいということで、Mw8.2 までの地震を太平洋プレート全体の領域の中で考えるモデルが採用されている。是非それをこのサイトにおいても適切に評価されることが必要。
- ⑥ 1993 年釧路沖地震を敷地直下に置いたときの地震動シミュレーションをして地震動レベルの確認をしておきたい。

との指摘がありました。

2. 日本原電の応答、説明について

これを受けて、日本原電の方からスラブ内地震の 1993 年釧路沖地震を敷地直下に置いた地震動シミュレーション¹⁾が提出されました（第 5 回および第 16 回 WT）。

主な説明は

- ① 地震の規模については、敷地周辺では Mw7.3 を越えるようなプレート内地震が発生していないことを確認しているので、Mw8.2（地震調査研究推進本部）まで想定する必要はなく、Mw7.6（1993 年釧路沖地震）の想定で十分である。
- ② 藤原委員の第 5 回 WT での指摘を受けて、さらに敷地に近づけて不確かさを考慮して 0.02～0.5 秒の短周期帯のレベルを 1.5 倍して試算してもなお策定した基準地震動 S_s を下回るものである。

以上の WT での議論をふまえて、以下当組合委員会での検討による市民意見を申し上げます。

3. 想定すべきスラブ内地震の規模について

地震調査研究推進本部による「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」（2019）²⁾（https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/japan_trench.pdf）では、沈み込んだプレート内の地震（青森県東方沖及び岩手県沖北部～茨城県沖）について検討を行い、同じ太平洋プレートが沈み込む千島海溝では 1994 年に M8.2 の地震が発生しているため、青森県東方沖及び岩手県沖北部～茨城県沖の領域でも同様の地震が発生する可能性は否定できないとしています。

日本原電は、「敷地周辺では Mw7.3 を越えるようなプレート内地震が発生していないことを確認している」（第 16 回 WT）としていますが、藤原委員が指摘している通り、今までのわずかな経験の中でたまたま茨城沖では経験していないだけである可能性が高い。東北地方太平洋沖地震の教訓を踏まえると、過去の限られた観測事実に頼るのは危険です。東北地方太平洋沖地震の発生以前は、インドネシアで M9 の地震が発生しても、わたしたちは過去の限られた観測事実から、日本海溝では M9 の地震は起きないと思い込んでいました。実際はそうではなかった。この教訓を踏まえ、限られた観測事実に頼る代わりに、「科学的に考えてあり得る地震に備える」（藤原委員）という新しい対策に

移行したはずです。

そうであるなら、ワーキングチームでは、少なくとも M8.2 の地震が敷地の近くで生じた場合の揺れを推定し、それに対して発電所の施設の安全性を包括的に検討していただきたい。

わたしたち県民としては M8.2 という数字でさえ十分なものではないと考えています。それは、ここ 30 年弱の短い期間にわが国近海で観測された最大値に過ぎないからです。過去に遡れば当然もっと大きなプレート内地震が起きているであろうし、また海外に目を向ければ、近年だけをとっても、より規模の大きなプレート内地震が発生しています。

例えば 2012 年 4 月 11 日にはインドネシア・スマトラ島北部の西方沖のプレート内で Mw8.6 の地震が発生しています。この地震は確かに沈み込む前のプレート内で発生した地震なのかも知れませんが、このような規模の地震が何処で発生し、何処で発生しないのかという点については、明確なことはわかっていないと伺っています。

それであれば、沈み込んだ後のプレート内で同様の規模の地震が起きる恐れもある。このような規模の地震が茨城沖の沈み込んだプレート内では起きないという科学的説明が可能なのであればぜひ説明をお願いしたく、それが不可能であるなら、ワーキングチームでは Mw8.6 の地震が敷地の近くで生じた場合の揺れを推定し、それに対して発電所の施設の安全性を包括的に検討していただきたい。

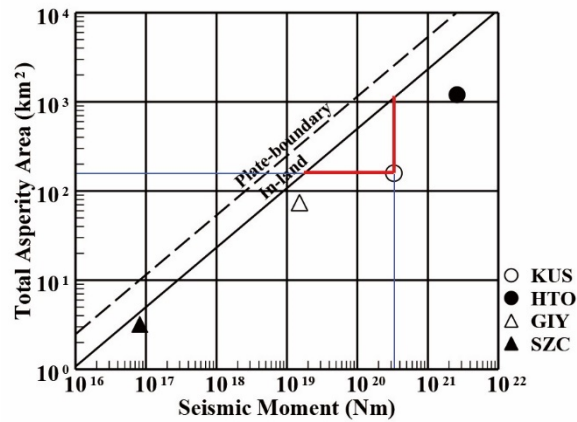
4. 日本原電の 1993 年釧路沖地震を敷地直下に置いた地震動シミュレーションについて

1) 震源モデルについて

①スラブ内地震の特徴について

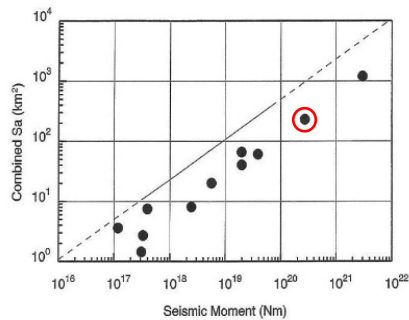
スラブ内地震ではマグニチュードが同じである他のカテゴリーの地震（内陸地震、プレート間地震）と比べて高周波数（短周期）地震波が強く励起されて、大きな最大加速度が観測されることが知られています。

森川信之・笹谷努・藤原広行（2002）³⁾（以下、森川ほか（2002）と表記）によれば、スラブ内地震のアスペリティ面積は他のカテゴリーの地震より小さく、狭い領域から多くの地震波エネルギーが放出され（図 1）、高周波（短周期）地震波が強く励起される要因になっているとされます。

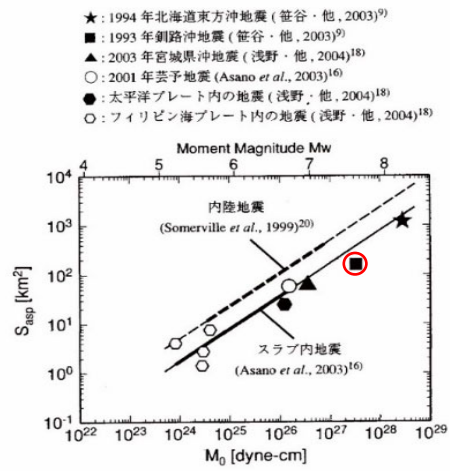


(図 1) スラブ内地震の総アスペリティ面積と地震モーメントの関係。森川ほか (2002) より。直線は内陸地殻内地震、点線がプレート間地震の相関。○印 KUS が 1993 年釧路沖地震。

笹谷ほか (2006)⁴⁾、檀ほか (2006)⁵⁾ もスラブ内地震における総アスペリティ面積と地震モーメントの同様の関係を指摘しています。



(図 2) 笹谷ほか (2006) より。



(a) 総アスペリティ面積と地震モーメントとの関係

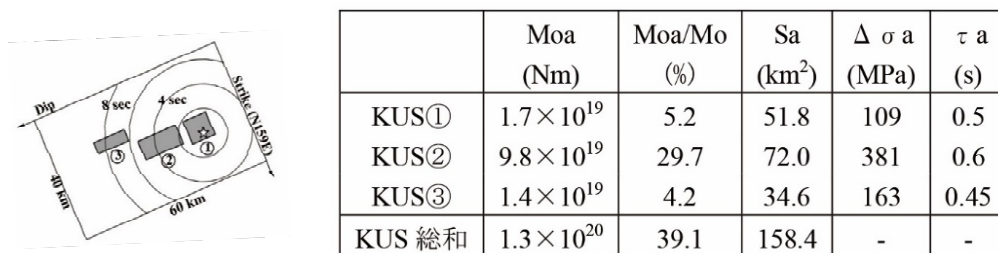
(図 3) 檀ほか (2006) より

スラブ内地震におけるアスペリティの総面積と地震モーメントの関係。(図 2) (図 3) とも赤丸の囲みが 1993 年釧路沖地震。直線はサマビルほか (1999 年) による内陸地殻内地震の関係。

②短周期レベルについて

揺れの強さに直接影響するのは個々のアスペリティ面積とその応力降下量とされています。

図表 4 は森川ほか（2002）に基づき、1993 年釧路沖地震において強震動を生成したアスペリティの配置とそのパラメータを示しました。



（図表 4）1993 年釧路沖地震において強震動を生成したアスペリティの配置（上図）とそのパラメータ（下表）。（森川ほか（2002）より）

森川ほか（2002）によれば、アスペリティ総面積は 158.4k m²、アスペリティの数は 3 個、最も大きいアスペリティ②（KUS②；SMGA 2）の面積は 72.0k m²、応力降下量は 381MPa と推定されています。

これらに基づき各アスペリティの短周期レベルと短周期レベルの総和を計算しますと^注 表 1（左列）の通りとなります。

これに対して日本原電の震源モデルでのアスペリティのパラメータは、総アスペリティ面積は 277.1k m²と大きい、アスペリティの応力降下量は 61.3MPa となっており（図表 5）、森川ほか（2002）のアスペリティ②の応力降下量が 381MPa となっているのに比べ大幅に小さくなっています（表 1 右列）。

（図表 5）2020 年 2 月 7 日第 16 回ワーキングチーム会合「委員からの指摘事項等を踏まえた論点及び県民意見を踏まえた論点への説明」論点 No. 1-9) での日本原電の釧路沖地震の断層パラメータ。

1993年釧路沖型地震(敷地最短位置) 断層パラメータ				
項目		設定値	設定方法	
ア ス ペ リ テ ィ 全 体	面積	$S_a(\text{km}^2)$	277.1	$S_a = 1.25 \times 10^{-16} M_0^{2/3} [\text{dyne} \cdot \text{cm}]$ (笹谷ほか(2006)の M_0 - S_a 関係)
	すべり量	$D_s(\text{m})$	4.476	$D_s = 2D$
	地震モーメント	$M_{0a}(\text{N} \cdot \text{m})$	$8.16\text{E}+19$	$M_{0a} = \mu D_s S_a$
	応力降下量	$\Delta \sigma_a(\text{MPa})$	61.3	$\Delta \sigma_a = A / (4 \pi \beta^2) / (S_a / \pi)^{0.5}$
各 ア ス ペ リ テ ィ	面積	$S_{a1}(\text{km}^2)$	138.5	$S_{a1} = S_a / 2$
	すべり量	$D_{s1}(\text{m})$	4.476	$D_{s1} = D_s$
	地震モーメント	$M_{0a1}(\text{N} \cdot \text{m})$	$4.08\text{E}+19$	$M_{0a1} = \mu D_{s1} S_{a1}$
	応力降下量	$\Delta \sigma_{a1}(\text{MPa})$	61.3	$\Delta \sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
背 景 領 域	面積	$S_b(\text{km}^2)$	1963.2	$S_b = S - S_a$
	すべり量	$D_b(\text{m})$	1.922	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
	地震モーメント	$M_{0b}(\text{N} \cdot \text{m})$	$2.48\text{E}+20$	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	実効応力	$\Delta \sigma_b(\text{MPa})$	7.9	$\Delta \sigma_b = (D_b / W_b) / (D_a / W_a) \Delta \sigma_a$ ・ $W_r = 12\text{km}$
Q値		Q	$110f^{0.89}$	佐藤他(1994)

論点No.1-9

その結果、日本原電が想定する各アスペリティの短周期レベルを同様に計算すると表 1 の右列のようになり、**各アスペリティの短周期レベルの総和（自乗和平方根）は $1.5 \times 10^{20} \text{ Nm/s}^2$ となり、森川ほか（2002）の $5.3 \times 10^{20} \text{ Nm/s}^2$ のわずか 29%に過ぎません。1.5 倍しても 43%です。**

したがって、日本原電の震源モデルは 1993 年釧路沖地震相当の地震を想定したことにはなっていないと思います。

断層パラメータ		森川ほか（2002）	日本原電（2019）
アスペリティの個数		3 個	2 個
アスペリティ①	面積	51.8 k m ²	138.5 k m ²
	地震モーメント	$1.7 \times 10^{19} \text{ Nm}$	$4.08 \times 10^{19} \text{ Nm}$
	応力降下量	109 MPa	61.3 MPa
	短周期レベル	$1.2 \times 10^{20} \text{ Nm/s}^2$	$1.0 \times 10^{20} \text{ Nm/s}^2$
アスペリティ②	面積	72.0 k m ²	138.5 k m ²
	地震モーメント	$9.8 \times 10^{19} \text{ Nm}$	$4.08 \times 10^{19} \text{ Nm}$
	応力降下量	381 MPa	61.3 MPa
	短周期レベル	$4.9 \times 10^{20} \text{ Nm/s}^2$	$1.0 \times 10^{20} \text{ Nm/s}^2$
アスペリティ③	面積	34.6 k m ²	—
	地震モーメント	$1.4 \times 10^{19} \text{ Nm}$	—
	応力降下量	163 MPa	—
	短周期レベル	$1.4 \times 10^{20} \text{ Nm/s}^2$	—
全アスペリティ	面積	158.4 k m ²	277.1 k m ²
	地震モーメント	$1.3 \times 10^{20} \text{ Nm}$	$8.16 \times 10^{19} \text{ Nm}$
	短周期レベル	$5.3 \times 10^{20} \text{ Nm/s}^2$	$1.5 \times 10^{20} \text{ Nm/s}^2$

（表 1）1993 年釧路沖地震の断層パラメータ想定と比較。

右の図は、強震動予測レシピ⁶⁾のスラブ内地震を検討するにあたって規制庁が委託した「海洋プレート内地震の地震動評価の調査」報告書（大崎総合研究所）⁷⁾における「国内のスラブ内地震の断層パラメータの分析」の図です。

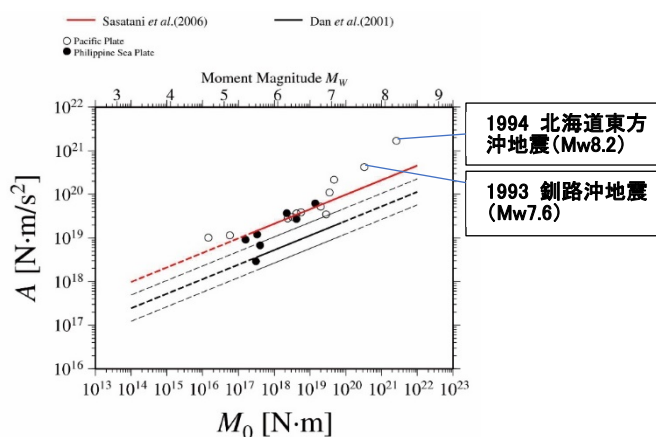


図 2.4-1 国内のスラブ内地震の地震モーメント M_0 と短周期レベル A との関係

赤線は「笹谷ほか（2006）によるスラブ内地震の地震モーメントと短周期レベルの経験的關係式」とされていますが、「 M_w が 6.5 程度でこの関係式にほぼのっている」と記載されています。しかし藤原委員から課題とされていたのは M_w7 以上のプレート内地震です。

この図に 1993 年釧路沖地震の短周期レベルと、日本原電が試算した短周期レベルを書き込んでみました（図 6）。

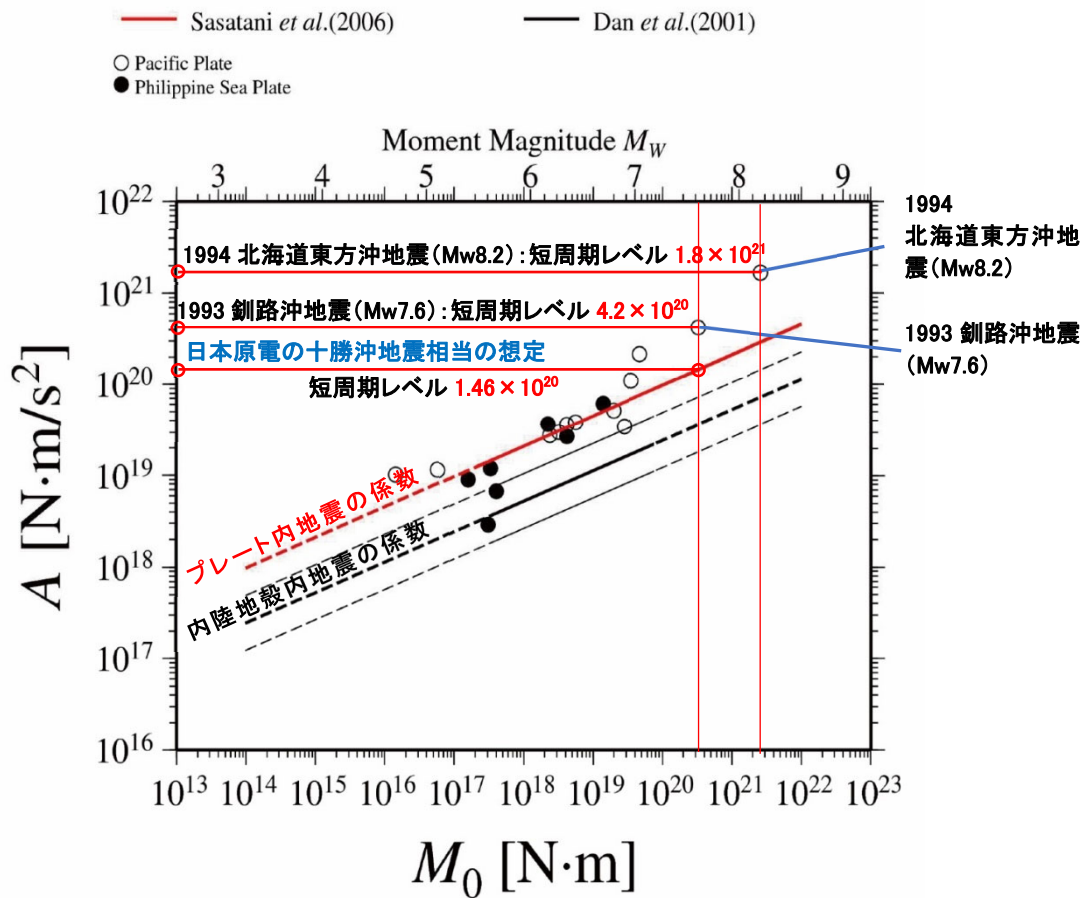


図 2.4-1 国内のスラブ内地震の地震モーメント M_0 と短周期レベル A との関係

（図 6）平成 28 年規制庁委託事業「海洋プレート内地震の地震動評価の調査」報告書（大崎総合研究所）「国内のスラブ内地震の断層パラメータの分析」の図に追記

図のとおり、日本原電による 1993 年釧路地震の想定は、表 1 と同様に、実際に起きた釧路沖地震の短周期レベルに比して過小です。

さらに地震調査推進本部が「青森県東方沖及び岩手県沖北部～茨城県沖では $M8$ を超える沈み込んだプレート内の地震の発生は確認されていない。しかし、同じ太平洋プレートが沈み込む千島海溝では、1994 年に $M8.2$ の地震が発生しているため、この領域でも発生する可能性は否定できない」とし、

藤原委員が「是非それをこのサイトにおいても適切に評価されることが必要」と言われた M8.2 の北海道東方沖地震と短周期レベルは 1 桁ちがいます。

藤原委員の指摘は、過去の遠くない時期に実際に太平洋プレート内で釧路沖地震が発生しているので、同様の地震が発生した場合の発電所の安全性を確認することになりました。

森川ほか（2002）が解析した釧路沖地震の 29%あるいは 43%の短周期レベルをもった地震を想定した検討では不十分のみならず、Mw8.2 北海道東方地震の短周期レベルからすると 1 桁小さい地震では「想定される地震動全体をカバー」（藤原委員）しているとは到底言えません。

Mw8.2（北海道東方沖）地震あるいは Mw8.6（スマトラ沖）の地震が敷地の近くで生じた場合を想定し、かつ、震源パラメータとしては 1993 年釧路沖地震や 1994 年北海道東方沖地震の際に実際に見られたような 380MPa にのぼるアスペリティ（SMGA）の応力降下量をも考慮して揺れを推定し、それに対して発電所の施設の安全性を包括的に検討していただきたい。

③計算手法の有効性について

1993 年釧路沖地震のように断層面が水平に近く、その真上に観測点がある場合、既存の断層モデルでは、地震動を再現することが難しいと伺っています。短周期レベルの議論以外に、日本原電が用いている計算手法で 1993 年釧路沖地震による釧路市内の観測地震動が良好に再現できるのか、十分に確認を行っていただきたい。この確認ができない場合、計算結果には疑問符がつきます。

2) 地盤増幅率について

地震動シミュレーションにおいては震源特性の評価とともにサイト特性における地盤増幅率の評価が重要な課題です。

日本原電の 1993 年釧路沖地震を震源モデルとした東海第二原発敷地でのシミュレーションは「統計的グリーン関数法」を用いて地震動評価をされています。

その際、地盤増幅率の評価手法が示されていないのは片手落ちですが、基準地震動策定と同様の地盤増幅率を用いていると考えられます。

図 7 に日本原電が基準地震動の策定に用いた地盤モデルを示します⁸⁾。

3. 地下構造評価 3.7 敷地の地盤モデル
地盤モデルの設定

第291回審査会合
資料1修正

- ①解放基盤表面以浅の地盤モデルは、地盤同定解析結果を基に設定した。
- ②解放基盤表面以深の地盤モデルは、1000mボーリングの調査結果を基に設定した。
- ③なお、解放基盤表面以深の最上層のS波速度、P波速度及び密度については、地盤モデルにおける物性値の連続性を考慮し、解放基盤表面以浅の地盤モデルにおける最下層の数値とした。
- ④減衰定数については、解放基盤表面から地震基盤までは信岡他(2012)、地震基盤以深については佐藤他(1994)に基づき設定した。

▽解放基盤表面 (E.L.-370m)

▽地震基盤 (E.L.-677m)

設定した地盤モデル

※ E.L. (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	減衰定数	
					水平	鉛直
① 8.0						
	2.5	130	280			
5.5				1.71		
	4.5	151	403			
1.0				1.66	0.236f ^{-0.75}	0.203f ^{-0.21}
	8.0	308	1589			
-7.0				1.82		
	8.0	478	1509			
-15.0				1.69		
	91.0	477	1753			
-106.0				1.74		
	62.0	557	1742			
-168.0				1.78	0.072f ^{-0.93}	0.203f ^{-0.93}
	92.0	669	2067			
-260.0				1.82		
	108.0	756	2256			
-368.0				1.85		
	2.0	790	2000			
-370.0						
② -477.0	107.0	③ 790	2000	1.85	④ 0.02	0.01
	200.0	840	2110	1.96		
-677.0				2.63		
	60.0	2750	4740			
-737.0				2.70		
	265.0	3220	5550			
-1002.0				2.70		
	-	3220	5550			

※ G.L.=E.L.8.0m

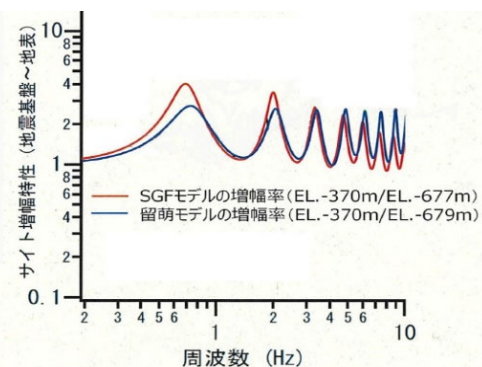


4-118

(図 7) 基準地震動の策定に用いられている地盤モデル。

しかし、日本原電が基準地震動策定に用いている地盤増幅率（地震基盤から解放基盤までの増幅率）は信頼性に欠けると専門家から指摘されています。

右図（図 8）は東海第二原発運転差止訴訟において日本原電が水戸地方裁判所に提出した地震基盤から解放基盤までの増幅率⁹⁾ですが、増幅率が規則的に山谷を繰り返す人工的な形状を示しており、実際の地震観測記録ではこのような増幅率を示すことはないという指摘です。



(図 8) 日本原電が水戸地裁に提出した地盤モデル (SGF) による増幅率 (赤線)。被告日本原電準備書面 (16) 図 4 サイト増幅特性の比較における日本原電加筆部分より。

一方、敷地に近い東京電力常陸那珂火力発電所の観測点では盆地生成表面波と考えられる継続時間の長い波が観測されています（図9）¹⁰⁾。

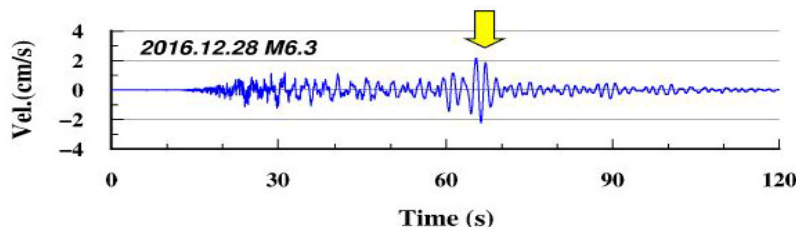


図1 2016年茨城県北部の地震による常陸那珂発電所の上下動波形

（図9）KiK-net ひたちなか（IBRH18）では観測されなかった後続波群が常陸那珂火力発電所で観測されたもの。植竹富一（東京電力ホールディングス）「常陸那珂港で観測される周期2秒の顕著な後続波群」より。日本地震学会 2018 年秋期大会講演予稿集 p201。

したがって、敷地の地盤増幅率が日本原電のこの1次元地盤モデルで正しく表現されているかは専門家による検証が必要です。

また、解放基盤表面以浅において著しく大きな減衰定数（EL8～EL-15 で $0.236f^{-0.75}$ 、EL-15～EL-370 では $0.072f^{-0.93}$ ）となっているのも気になる点です。

WT会合では藤原ほか（2017）¹¹⁾が課題とするような「地下構造モデルにおける不確かさの考慮」についての説明もありませんでした。

地盤モデルの検証は、敷地の地震観測記録を用いれば比較的簡単とされています。すなわち、敷地の近くには IBRH18 のような比較的地震基盤に近いと考えられる観測点がありますので（隣接する日本原子力研究開発機構 JRR-3「基準地震動 S_s の策定について」¹²⁾ p66）、そこ（IBRH18）で得られた地震動のフーリエスペクトルに日本原電の地盤増幅率を乗じたものが、敷地で観測された地震動のフーリエスペクトルに一致すれば良いとのことです。

ところが日本原電は、敷地観測記録を持ちながら、中小地震の敷地観測記録の公開を頑なに拒んでいるとのことで、第三者による地盤増幅率の検証を不能にしています。

敷地内に鉛直アレーの観測点を持つ東海第二発電所敷地での地震観測記録は極めて有用であり、東海第二原発の耐震安全性を検証する茨城県WTにおいても県民にとっても重要なデータですので、第三者が客観的に検証できるようにするために公表を求めます。

以上の通り、第三者が検証できるように日本原電は敷地観測記録を公表し、WTでも適切に地盤増幅率が反映されているかを検証して頂きたい。

5. まとめ

以上をまとめると、ワーキングチームに対し、次の 3 点をお願いしたいと考える次第です。

- (1) 東北地方太平洋沖地震の発生以前は、過去の限られた観測事実から、日本海溝では M9 の地震は起きないと考えられていましたが、実際はそうではありませんでした。この教訓を踏まえ、限られた観測事実に頼る代わりに、科学的に考えてあり得る地震に備えるという新しい対策に移行しました。地震調査研究推進本部による「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」(2019)では茨城県沖の沈み込んだプレート内でも 1994 年北海道東方沖地震のような M8.2 の地震が発生する可能性は否定できないとしており、ワーキングチームでは少なくとも M8.2 の地震が敷地の近くで生じた場合の揺れを推定し、それに対して発電所の施設の安全性を包括的に検討していただきたい。2012 年 4 月 11 日にはインドネシア・スマトラ島北部の西方沖の沈み込む前のプレート内で Mw8.6 の地震が発生しています。このような規模の地震が茨城沖の沈み込んだプレート内では起きないという科学的説明が可能なのであればぜひ説明をお願いしたく、それが不可能であるなら、ワーキングチームでは Mw8.6 の地震が敷地の近くで生じた場合の揺れを推定し、それに対して発電所の施設の安全性を包括的に検討していただきたい。
- (2) 日本原電の 1993 年釧路沖地震を敷地直下に置いた地震動シミュレーションは、震源モデルの短周期レベルが森川ほか (2002) のわずか 29%に過ぎず、1.5 倍しても 43%であり、1993 年釧路沖地震相当の地震を想定したことにはなっていません。藤原委員の指摘は、過去の遠くない時期に実際に太平洋プレート内で発生した地震である釧路沖地震と同等の地震が発生した場合の発電所の安全性を確認することであり、釧路沖地震の 29%あるいは 43%の短周期レベルをもった地震を想定した検討では不十分です。Mw8.2 あるいは Mw8.6 の地震が敷地の近くで生じた場合を想定し、かつ、震源パラメータとしては 1993 年釧路沖地震や 1994 年北海道東方沖地震の際に実際に見られたような 380MPa にのぼるアスペリティ (SMGA) の応力降下量をも考慮して揺れを推定し、それに対して発電所の施設の安全性を包括的に検討していただきたい。
- (3) 日本原電の 1993 年釧路沖地震を震源モデルとした東海第二原発敷地で

のシミュレーションは基準地震動策定と同様の地盤増幅率を用いていると思われますが、当該地盤増幅率は信頼性に欠けるとの専門家指摘があり、地盤モデルの検証は、敷地の地震観測記録を用いれば比較的簡単とのことですので、すなわち敷地の近くで比較的地震基盤に近いと考えられる観測点で得られた地震動のフーリエスペクトルに地盤増幅率を乗じたものが、敷地で観測された地震動のフーリエスペクトルに一致すれば良いとのことですので、日本原電は第三者が検証できるように敷地観測記録を公開し、ワーキングチームでも適切に地盤増幅率が反映されているかを検証していただきたい。

以上、さしあたって県ワーキングチームで検討対象となっている基準地震動のスラブ内地震に係る市民からの意見書ですが、順次他の論点についても県民として質問、意見を提出してゆく予定です。

なおこの意見書は、市民が理解した範囲での意見であり、住民当事者としてワーキングチームの議論に参加しながら、広く住民内でも議論するためのひとつの材料とし、また専門家にも東海第二発電所の安全性について検証して頂くための材料となるよう、常総生協として公開いたします。

以 上

注) 1993 釧路沖地震の各アスペリティの短周期レベルとその総和の計算過程

断層パラメータ	単位	計算式	森川ほか (2002)			日本原電	
			アスベ ⁺ リティ-①	アスベ ⁺ リティ-②	アスベ ⁺ リティ-③	アスベ ⁺ リティ-①	アスベ ⁺ リティ-②
アスペリティ面積 (S)	km ²		51.8	72.0	34.6	138.5	138.5
地震モーメント (Mo)	Nm		1.7E+19	9.8E+19	1.4E+19	4.08E+19	4.08E+19
コーナー周波数 (fc)	Hz	$(7/16)^{0.5} \beta / S^{0.5}$	0.42	0.36	0.52	0.26	0.26
短周期レベル (A)	Nm/s ²	$Mo(2\pi fc)^2$	1.19E+20	4.95E+20	1.47E+20	1.07E+20	1.07E+20
短周期レベルの総和	Nm/s ²	$(\sum A^2)^{(1/2)}$	5.30E+20			1.51E+20	

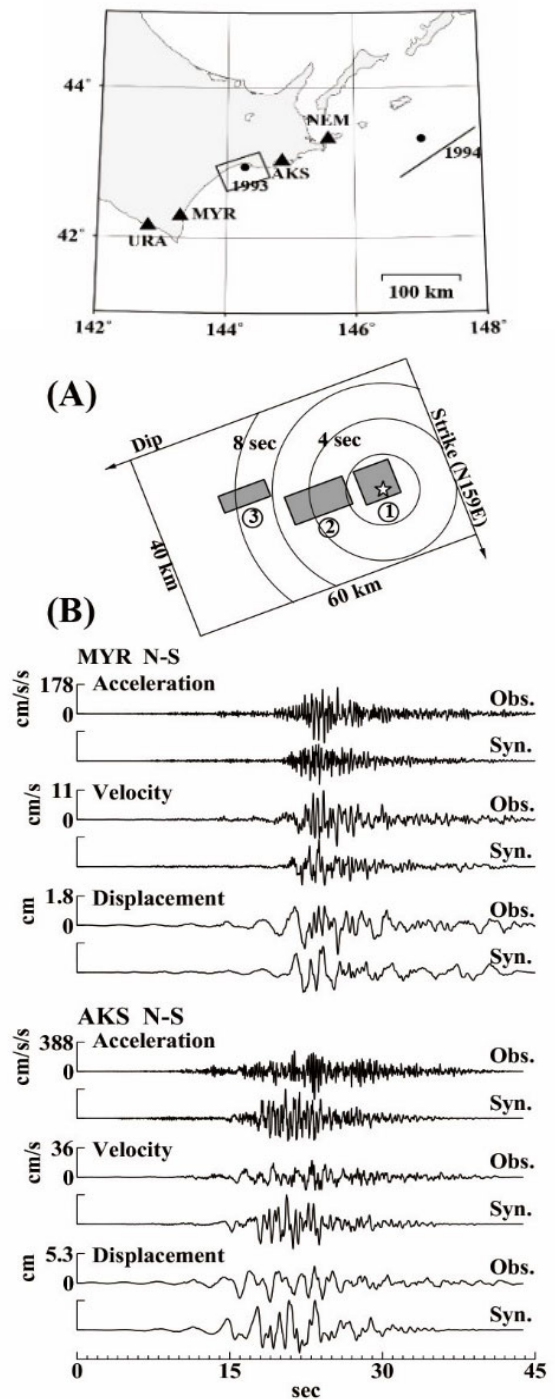
震源域の S 波速度 (β) は森川ほか (2002) より 4.6km/s としました。コーナー周波数は Brune、檀ほかより $fc = (7/16)^{0.5} \beta / S^{0.5}$ を使っています。地震モーメントについては森川ほか (2002) および日本原電のパラメータを引用していますが、Esheryby の式 $Mo = 16/7 * \Delta \sigma (S/\pi)^{(3/2)}$ から検証しました。短周期レベルは $A = Mo(2\pi fc)^2$ より計算しています。短周期レベルの総和は自乗と平方根をとっています。これらの計算については念のため専門家に検証して頂きたいと思います。

付録 顕著な速度パルスに対する考慮について

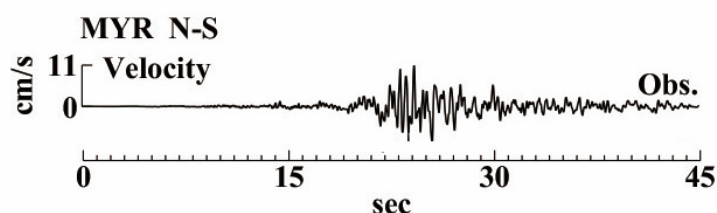
ワーキングチームの議論の直接の俎上に登っていませんが、釧路沖地震で見られた顕著な速度パルスについて付言します。

森川・笹谷・藤原 (2002) によれば、1993 年釧路沖地震のアスペリティの数を 3 つとしたのは、「松島・川瀬 (2000) が 1995 年兵庫県南部地震に対して適用した手法と同様に、観測波に見られる顕著な速度パルスに注目し、1 つのパルスが 1 つのアスペリティから発生したと仮定して釧路沖地震のアスペリティの位置と数を改めて推定した」として、速度パルス波形に注目しています (付録図 1)。

(付 図 1) 1993 年釧路沖地震の震源と観測点 (図の上段)、(A) は 3 つのアスペリティを置いた震源モデル (B) は観測点での加速度、速度、変位の観測記録と合成記録の比較例 (MYR は北海道大学、AKS は電力中央研究所の観測点)。速度波形 (Velocity) の観測記録に顕著なパルス波が見られる。森川ほか(2002)より。

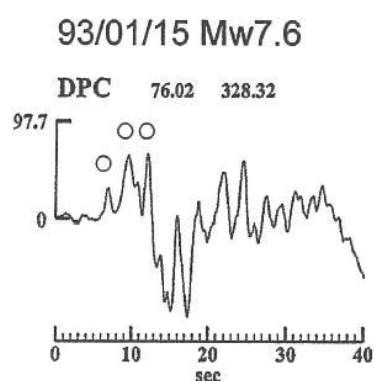


付 図 1 の北海道大学（MYR）での速度波観測記録を取り出すと下記です。



（図 2）1993 年釧路沖地震の北海道大学での速度波形の拡大（森川ほか(2002) より）

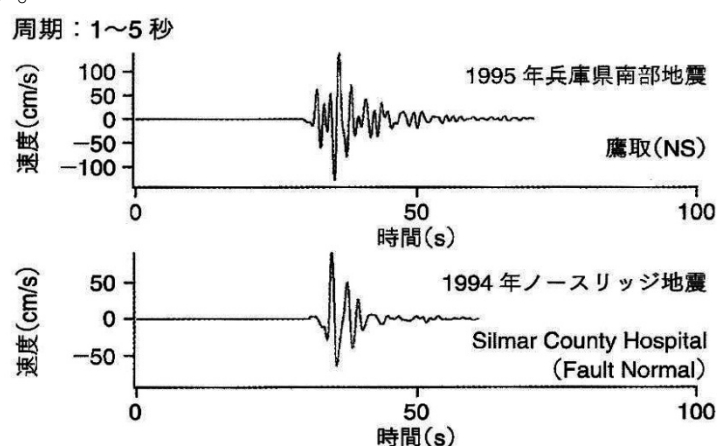
同様に笹谷ほか（2006）も、IRSI（米国大学間地震学研究連合）による 1993 年釧路沖地震の強震記録の遠地 P 波速度波形に注目して P 波初動から約 10 秒間に 3 つのパルスが存在していることからアスペリティは 3 つと推定しています（付 図 3）。



（付録 図 3）笹谷ほか（2006）より

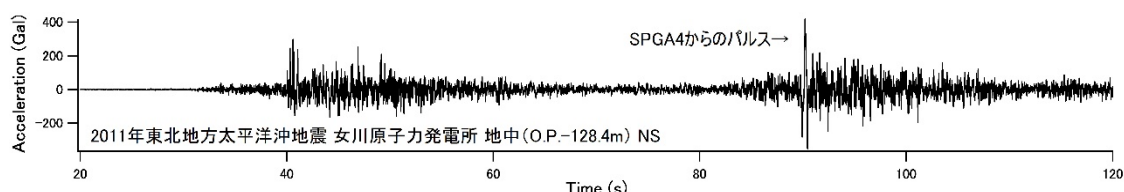
パルス波は、1995 年兵庫県南部地震で高速道路などを一瞬でなぎ倒した「キラーパルス」として有名になった地震波です。前年 1994 年米ノースリッジ地震でも観測されていたものの、「アメリカでのこと。日本では観測されたことがないのでおよそ考えられない」とされていたものです。

付 図 4 に 1994 年ノースリッジ地震と 1995 年兵庫県南部地震の速度波形を示します。



（付 図 4）構造物に大きな破壊を及ぼした 1995 年兵庫県南部地震、1994 年ノースリッジ地震の速度波形（野津厚「不幸中の幸いであった東北地方太平洋沖地震の強震動生成過程から原子力発電所の耐震安全性を考える」¹³⁾ 雑誌「科学」Vol. 85 No.10 2015 より）

その後、このパルス状の地震波は内陸地殻内地震だけでなく、プレート間地震の 2003 年十勝沖でも観察され、そして 2011 年東北地方太平洋沖地震においても女川原子力発電所でも第二波先頭に大きな速度振幅を持って観測され、加速度も女川原発の基準地震動を超えるものとなりました。

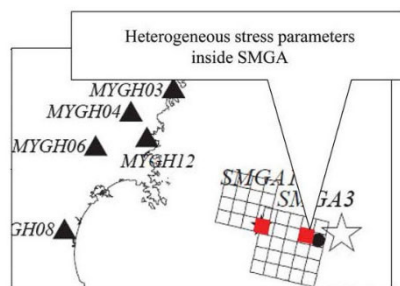


(付 図 5) 2011 年東北地方太平洋沖地震で女川原子力発電所で観測された加速度波形。第二波先頭に顕著なパルス状の波形が見られる。(野津厚「意見書」¹³⁾ 水戸地裁 2019 年 より)

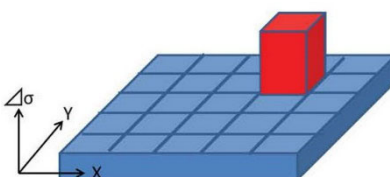
このパルス波は広い範囲の観測点で観測されたことからその生成域が特定され、このパルス波を発したアスぺリティは、なんと女川原発から 100km 沖合のアスぺリティから発生したものであることがわかっています。

野津 (2011) 氏は、このパルス波は小さな面積のアスぺリティで大きな応力降下を伴う破壊が生じたことにより発生したと考え、この小さな領域を含む震源モデルとして「スーパーアスぺリティ」モデルを提案しました。

さらに倉橋・入倉 (2013)¹⁵⁾ は、従来の強震動予測レシピではこのパルス波が再現できないことから、大きなアスぺリティの中にさらに局所的に大きな応力降下量を持つ領域を設定する「不均質モデル」を提案しました。この局所領域では応力降下量を 4 倍としています (付 図 6)。



(付 図 6) 2011 年東北地方太平洋沖地震で強震動生成域 3 (SMGA 3) の中により高い応力パラメータを入力した不均一 SMGA モデル。(倉橋・入倉 (2013) より)



パルス波はいずれも狭い面積のアスぺリティで高い応力降下量が発生している領域から発せられており、森川・笹谷・藤原 (2002) による 1993 年 釧路沖地震での小さいアスぺリティ面積で大きな応力降下量が発生しているところでパルス波が発生していることと整合的であり、内陸地殻内地震、プレート間地震、スラブ内地震について共通の現象であることがわかります。

狭い面積のアスペリティで高い応力降下量が発生することがプレート内地震の特徴であれば、藤原委員がワーキングチームで指摘しているように釧路地震と同様の地震が「起きる可能性が否定できない」以上、こうした顕著な速度パルスについても考慮されなければなりません。

釧路沖地震と同等の地震を想定して揺れの推定と安全性の検証を行わない限り、「起こりえる地震動全体をカバー」しているとは言えません。

なお、日本原電は水戸地裁において、原告住民らからの「東北地方太平洋沖地震で発生したパルス波について想定すべき」との指摘に対して、「それは宮城県沖の地域性であって、茨城沖では観測されていないので、茨城沖でそのような地震動が発生することはおよそ考えられない」と主張しました。しかし、専門家証人として呼ばれた野津厚氏は「このような小さな領域で大きな応力降下量の破壊が茨城沖の陸域近傍で発生することは否定できない。なぜなら、このような破壊が沖合で生じ陸域の近傍で生じなかった理由を現代の地震学では説明できないからである」と法廷で証言しています¹⁶⁾。

パルス波の構造物に対する影響は構造物の固有周期を無効にすることです。

川瀬（1998）¹⁷⁾によれば、「ここで最も重要なことは、兵庫県南部地震のようなやや短周期の大速度パルスによって構造物が塑性化すれば、その時弾性時の固有振動数はもはや意味を持たなくなり、共振現象による累積塑性変形で崩壊に至るのではなく、「1波（正確には半波の）パルスに対する塑性流動によって崩壊する」ことであり、このため塑性域に入るのが早い短周期構造物ほど塑性率応答は大きくなるということである。これは塑性率応答が、半サイクル当たりの入力エネルギー、すなわちエネルギー率（あるいは瞬間エネルギー）によって規定されることから当然のことである」としています。

これは、第2回ワーキングチームで西川委員が「藤原委員が言われていたように建屋から見ると地震動の揺れ方が影響する。地震動 19/22 を見ると Ss-1 と 2 で上と下で最大値が違う。地震動の持っているパワーが全然違う。建屋が弾性応答の場合は最大値が同じであれば同じになるが、揺れ方が重要になってくるので、地震動のエネルギーとか、建屋の場合は地震動のエネルギースペクトルとかパワーがどうなっているのかとか見てやることが多

いが、原子力の場合は弾性設計の流れから来ているので、これで弾性に収まるのか分らないが、そういうことを考えて頂いて、どれくらいのパワー、地震動の揺れ方はどうだということを合わせて説明いただき」たい、との指摘に通じるものです。

パルス波を観察する場合、川瀬（1998）、森川ほか（2002）がやっているように、加速度波形だけでなく速度波形を見ることが必要です。

その上で野津厚氏は「構造物に脅威を与えるパルス状の波形は速度も加速度も大きいもので、速度・加速度が共に大きくなる周期は1～2秒のところ」と裁判で証言しています¹⁶⁾。

しかし、日本原電は釧路沖地震の適用に際して、森川ほか（2002）が着目したアスペリティとパルス波の關係に留意している気配はなく、時刻歴波形による検証もまったく出てきません。そして「原子力の施設の固有周期は短周期帯にあるから」という理由で0.02～1秒の短周期レベルを1.5倍にしているのみで、周期1秒以上は不確かさの考慮をされていません。

一瞬のパルス波が構造物の固有周期を無効にするとすれば、構造物の固有周期を横軸にとる応答スペクトル解析は意味をなさなくなります。西川委員の「原子力の場合は弾性設計の流れだが、建屋の場合は地震動のエネルギースペクトルとかパワーがどうなっているのかとか見てやることが多い」という指摘は重要ですし、藤原委員の「短周期帯だけでなく全周期帯で地震動レベルの不確かさを考慮すべき」というのはパルス波を考えた場合には度・加速度共に大きくなる周期帯（1～2秒）の観点からも重要だと考えます。

以上からプレート内地震についてはアスペリティ面積をより小さく設定し、応力降下量は少なくとも1993年釧路沖地震や1994年北海道東方沖地震を再現するものを想定し、加速度・速度の時刻歴波形を作成してパルス波の発生について確かめるような評価をワーキングチームでも検証して頂きたい。

ワーキングチームでは委員より「新規制基準の審査は国の方で適切に行われていますが、一方で審査のあり方については、さまざまな研究者から、その妥当性についてコメントされている状況があり、このような状況を踏まえると、茨城県また茨城県民の立場から、・・・専門家が指摘している点

について、それでも安全だときちんと説明できる追加検討をして頂いた方が、安心感を持てる説明をする上では必須」との意見が出されていました。

そのような県民の立場に立って、専門家が指摘している点についても茨城県のワーキングチームでは独自に追加検討をして県民が安心できる検討をして頂くことを切に望みます。よろしくお願いいたします。

(生協の勉強会で参考にした文献)

1. 日本原電(2020)「委員からの指摘事項を踏まえた論点及び県民意見を踏まえた論点への説明」(2020年2月7日第16回茨城県東海第二発電所ワーキングチーム会合)
2. 地震調査研究推進本部(2019)「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」
3. 森川・笹谷・藤原(2002)「経験的グリーン関数法によるスラブ内地震の震源モデルの構築」
4. 笹谷ほか(2006)「スラブ内地震の震源特性」(北大地球物理学研究報告)
5. 檀ほか(2006)「スラブ内地震による強震動を予測するための特性化震源モデルの設定方法」
6. 地震調査研究推進本部(2017)「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(レシピ)」
7. 大崎総合研究所(2019)「平成28年度原子力施設等防災対策等委託費(海洋プレート内地震の地震動評価の調査)事業 業務報告書」
8. 日本原電(2017)「東海第二発電所 基準地震動の策定について」
9. 日本原電(2020) 準備書面(16) 水戸地方裁判書
10. 植竹富一(東京電力ホールディングス)(2018)「常陸那珂港で観測される周期2秒の顕著な後続波群」日本地震学会2018年秋期大会講演予稿集 p201。
11. 藤原ほか(2017)「不確かさを考慮した地震動予測・地震ハザード評価の課題」
12. 日本原子力研究開発機構(2017)「原子力科学研究所(JRR-3)基準地震動Ssの策定について」
13. 野津厚「不幸中の幸いであった東北地方太平洋沖地震の強震動生成過程から原子力発電所の耐震安全性を考える」雑誌「科学」Vol.85 No.10 2015
14. 野津厚「意見書」水戸地方裁判所(2019)
15. 野津厚「証人尋問調書」水戸地方裁判所(2019)
16. Kurahashi & Irikura(2013) Short-Period Source Model of the 2011 Mw 9.0 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake
17. 川瀬博(1998)「震源近傍強震動の地下構造による増幅プロセスと構造物破壊能ー1995年兵庫県南部地震での震災帯の成因に学ぶー」