

平成24年(行ウ)第15号 東海第二原子力発電所運転差止等請求事件

原告 大石光伸 外235名

被告 日本原子力発電株式会社

準備書面(77)

内陸地殻内地震について

2019年7月8日

水戸地方裁判所 民事第2部 合議アA係 御中

原告ら訴訟代理人

弁護士 河 合 弘 之
外

本準備書面は、被告が策定した基準地震動のうち、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」(被告準備書面(10)第3章第2の3(2)(37頁～)、第5の1(3)(125頁～))のうち、「内陸地殻内地震」による地震動想定が著しく過少であること、これによって、原告らに重大な被害を及ぼす具体的危険性が存在すること、について主張を補充するものである。

内容

1 応答スペクトルに基づく手法と断層モデルを用いた手法の比較	2
2 応答スペクトルに基づく手法における補正係数の重要性.....	3
3 応答スペクトルのバラツキと被告の設定した補正係数の例.....	5
(1) 福島県と茨城県の県境付近で発生した地震を除いた内陸地殻内地震	5
(2) 福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震では、一定のバラツキが 考慮されている	8
(3) 「震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム」でも $+2\sigma$ のレベルを採 用しようとしている.....	10
4 応答スペクトルに基づく手法によって導かれるべき地震動評価結果	11
5 補正係数についての被告の反論	14

1 応答スペクトルに基づく手法と断層モデルを用いた手法の比較

「「応答スペクトルに基づく地震動評価」とは、距離減衰式により地震動の応答スペクトルを評価する方法をいう。

地震動は、地震により放出されるエネルギーが大きいほど、また、震源に近いほど大きくなる性質がある。距離減衰式とは、この性質を利用し、地震の規模（例えばマグニチュード）や震源からの距離等のパラメータを入力すると、地震の規模と震源からの距離との関係により、想定される地震動の強さ、最大加速度、応答スペクトルが決まる計算式のことをいう。距離減衰式は、過去に発生したデータを統計的に処理して経験的に設定された回帰式であり、データを積み重ねた事実に基づいているため信頼性が高い。」（被告準備書面（10）別149 注3－31）

被告の用いている Noda et al(2002)は、耐専スペクトル（耐専とは、日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会の略である）とも言われるものであり、過去の地震動の実観測記録を統計処理して、「実現象の平均像を忠実に再現」しようとしたものである。

この点で、原告と被告との間に争いはない。

この応答スペクトルに基づく手法について、被告は、2019年5月16日の説明会において、断層モデルを用いた手法を「より精緻な手法」としたのに対し、「簡便な手法」だと説明した（令和元年5月16日付被告作成「本件発電所の地震に係る安全性について」20ページ）。しかし、「簡便」＝不正確ということではない。上記のとおり、実現象を忠実に再現した平均像であり、この手法で用いられる変数がマグニチュードと等価震源距離だけという意味で、被告は「簡便」と評価したのである。

一方、断層モデルを用いた手法、すなわち強震動予測手法は、断層モデルを設定したうえで、いくつものパラメータを設定し、それを組み合わせて、断層面で発生した地震動が、どのように地盤の中を通り、対象となる地表面でどのような地震動となるか、を算出する手法である。

しかし、断層モデルを用いた手法は、実際の断層面の状況が極めて複雑であるのに対して、単純な断層面を設定することで誤差があり、さらには、各パラメータ設定においても、断層からの放出エネルギーを表す地震モーメントや応

力降下量、断層面の面積に対するアスペリティ面積比など、設定されるいくつかのパラメータは、パラメータ設定のもととなるデータのバラツキが大きく、平均的値の何倍、あるいは何分の1になる可能性があり、誤差が大きい。

これらの誤差が重疊的に存在して全体としての誤差が拡大し、全体としての誤差の評価が困難となっている、というのが断層モデルを用いた手法である。

これに対して、応答スペクトルに基づく手法のマグニチュードと等価震源距離は、互いに影響しない独立したパラメータであり、全体としての誤差(不確かさ)が見えやすいという利点がある。その意味では、算出結果にどれだけ誤差があるか、すなわち不確かさがどれだけあるか、が問題となる原発の耐震設計に用いるには、より実用的で重要とも言える。

2 応答スペクトルに基づく手法における補正係数の重要性

～原発の耐震設計に用いるには地震動の平均像を求めるだけでは不足することについて

原発は極めて危険な施設であるから、原発の耐震設計に用いる地震動想定には、最大限地震動がどこまでの大きさとなるかの追求が、必要不可欠となる。したがって、どのような手法を用いるにしても、ただ平均像を求めれば良いわけではなく、地震動の想定可能な最大値を求めなければならない。この地震動の想定可能な最大値を求めることは、地震動審査ガイドが基本方針で求める「地震動全体」を考慮することにほかならない。

したがって、原発の地震動想定で、応答スペクトルに基づく手法を用いる場合には、単なる平均像を求める手法としての応答スペクトルに基づく手法ではなく、そこでの誤差をどう評価するかが大きな問題となる。応答スペクトルに基づく手法では、この誤差の評価の上での最大値の推定を担うのが「補正係数」である。

応答スペクトルに基づく手法は、実現象のデータを集めて、その平均像を求める手法であるから、そのもととなったデータにはバラツキがある。また当該地域での地震動データが多数ある場合、地域特性を踏まえた地震動想定をするには、当該地域での地震動が、全国の平均より全体としてどれだけ大きいか(あるいは小さいか)を見た上で、さらにその地域でのデータのバラツキを考慮することが必要となる。この地域性を踏まえた地震動のレベルとバラツキの中の、どの大きさの値

を採用するかを決めるのが補正係数の決定である。

補正係数を定めるには、まず本件敷地周辺で発生した地震の地震動の応答スペクトルが、全国のデータによる Noda et al(2002)の値に比べて、この地域での地震による地震動がどれだけ大きいか(あるいは小さいか)を考慮することとなるが、それが応答スペクトル比であり、下記の式によって定義される。

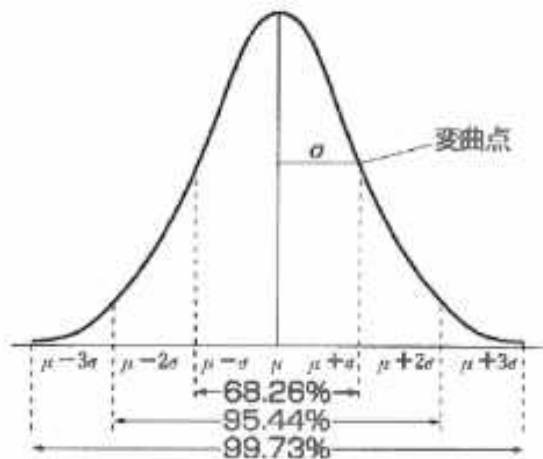
$$\text{敷地の観測記録(解放基盤表面)} \\ \text{応答スペクトル比} = \frac{\text{敷地の観測記録(解放基盤表面)}}{\text{Noda et al(2002)による値}}$$

被告は、地震の型によってプレート間地震、海洋プレート内地震、内陸地殻内地震に分類し、それぞれの型の地震での応答スペクトル比のデータから、この地域での各型の地震の平均像が、Noda et al(2002)による値と比べてどれだけ大きいか、地震動にどれだけバラツキがあるかを確認している。

このバラツキの程度は、標準偏差 σ で表現される。地震動の大きさを対数でとった値のバラツキを見れば、ほぼ正規分布と言われる分布に近いものとなる。下図が、正規分布のグラフであり、そのバラツキを見るのが標準偏差 σ である。

標準偏差(σ)とは、値のバラツキを見る指標

平均値と各値との差(偏差)を二乗し、それを合算した和をデータの数で割り、それをルートした値



正規分布の図
分布が正規分布かどうかは不明
しかしほぼ変わらない
→参考にできる

+ σ を超えるもの $(100 - 68.26) / 2 \approx 16(\%)$

+ 2σ を超えるもの 2.3% + 3σ を超えるもの 0.14%

3 応答スペクトルのバラツキと被告の設定した補正係数の例

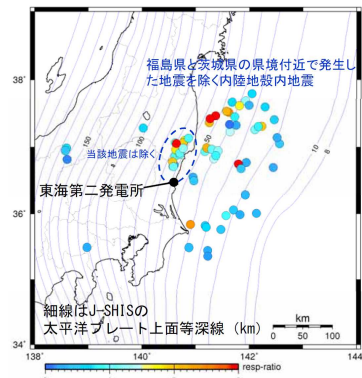
(1) 福島県と茨城県の県境付近で発生した地震を除いた内陸地殻内地震

被告が示した、「福島県と茨城県の県境付近で発生した地震を除いた内陸地殻内地震」についての補正係数の図は、次のとおりである(甲 D53「東海第二発電所基準地震動の策定について」(平成29年11月10日)4-179ページ)。

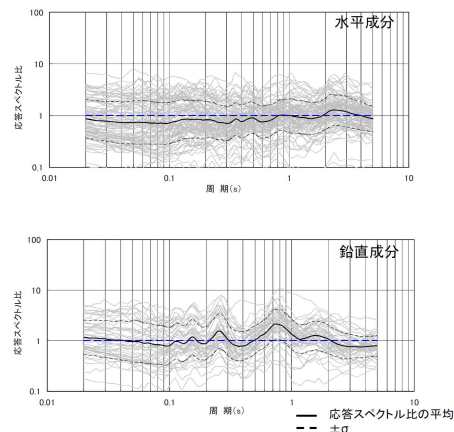
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 4.3 内陸地殻内地震
内陸地殻内地震の地震動評価に用いる補正係数

第404回審査会合
資料2再掲

■福島県と茨城県の県境付近で発生した地震を除く内陸地殻内地震の補正係数



検討対象地震の震央分布図
 (水平成分)

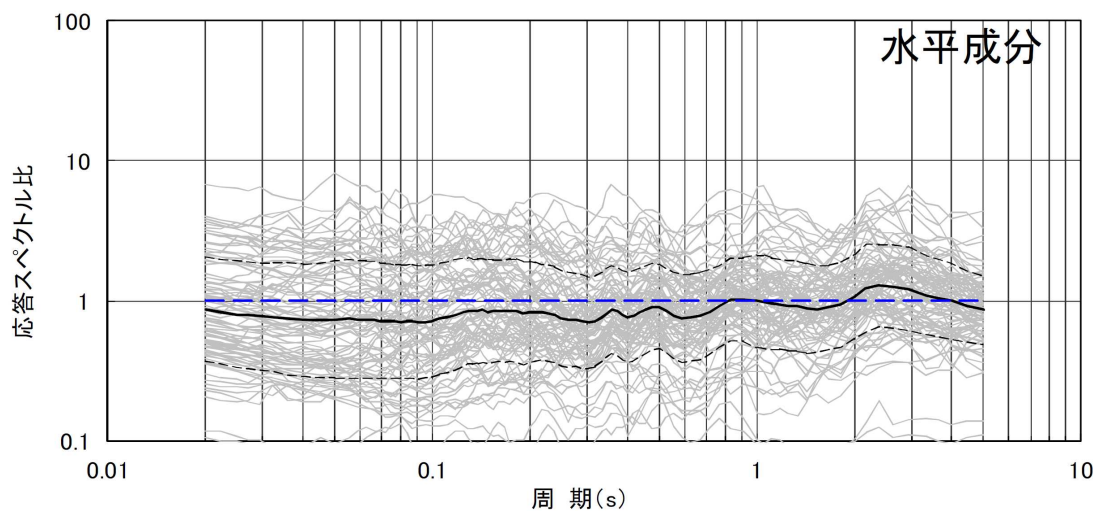


福島県と茨城県の県境付近を除く地域で発生した内陸地殻内地震の応答スペクトル比について、各地震の平均は水平成分、鉛直成分ともほぼ1倍であるため、日本電気協会(2016)による内陸地殻内地震に対する補正や観測記録の応答スペクトル比に基づく補正は行わない。



4-179

(水平成分の拡大図)



ここで、横軸は周期、縦軸は応答スペクトル比である。応答スペクトル比が下記の式によって定義されることは、本準備書面4頁で述べたとおりである。

敷地の観測記録(解放基盤表面)

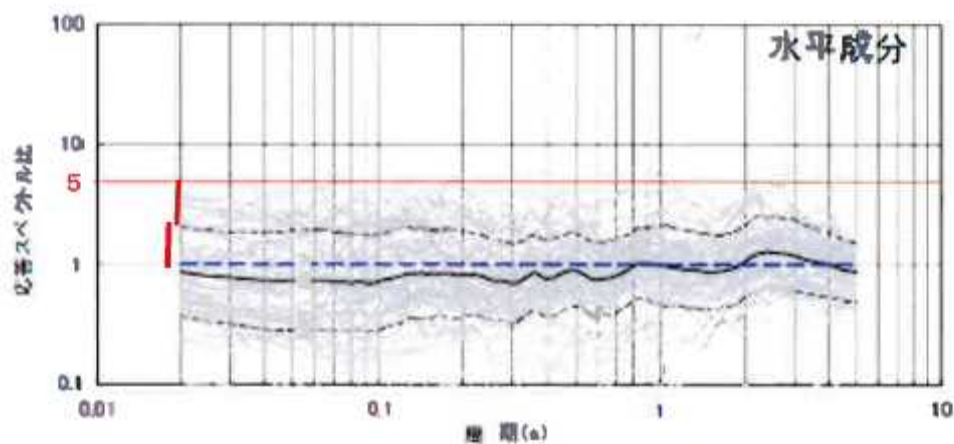
応答スペクトル比 = _____

Noda et al(2002)による値

すなわち、ここで示されている灰色の1本1本の線は、実観測記録に基づき、Noda et al(2002)の値に比較して、観測された地震動がどれだけ大きい(あるいは小さい)を示したものである。黒の実線は、その平均を示しており、黒の波線は、 1σ 分(68%をカバー)を示している。

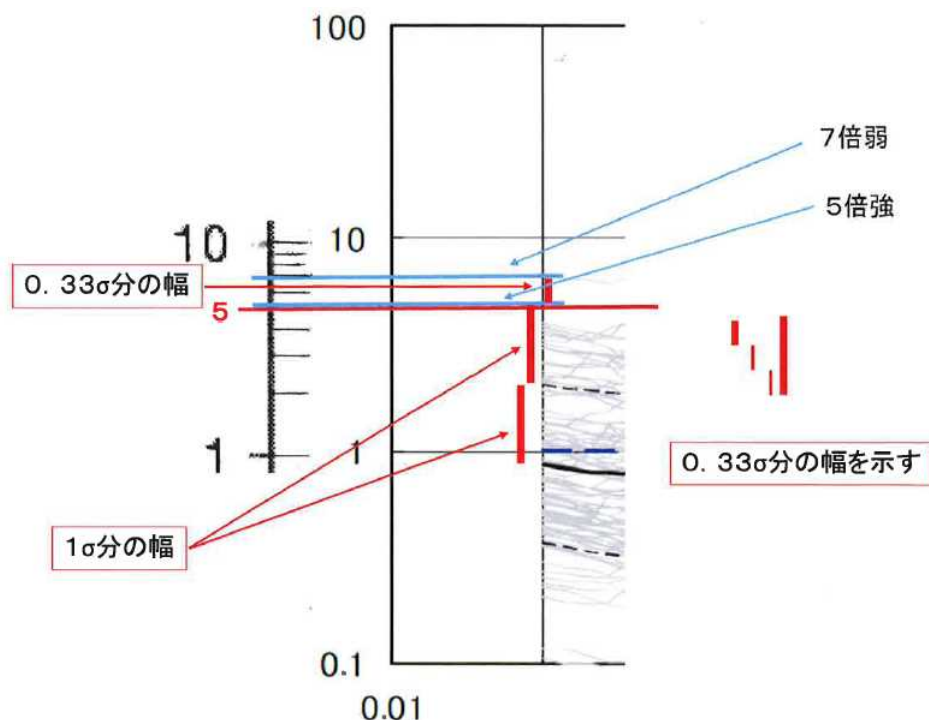
そして、被告は、「各地震の平均は水平成分、鉛直成分ともほぼ1倍であるため、日本電気協会による内陸地殻内地震に対する補正や観測記録の応答スペクトル比に基づく補正は行わない」として Noda et al(2002)による値をそのまま採用している。つまり、被告は、ここでは、平均的地震動のそのままの値で耐震設計を行うとしているのである。

しかしながら、上記の灰色の線の1本1本の線は、Noda et al(2002)の値に比較して、観測された地震動がどれだけ大きい(あるいは小さい)を示したものであり、ここには大きなバラツキがある。



そのバラツキは、 1σ 分の幅を赤い縦線で加筆して、その2本分、すなわち $+2\sigma$ 分(本準備書面5頁上段で述べた標準偏差の説明によれば、2.3%がはみ出している)を考慮すれば、応答スペクトル比では平均の5倍に達していることが分かる。

さらにより詳細に見ると次の図となる。この図からは、 2σ 分の値が応答スペクトル比5の目盛りの若干上まで達していること、 2.33σ 分の値が、ほぼ応答スペクトル比7の目盛り付近にまで達していることが分かる。



水平成分についてみれば、仮にカバー率97.7%の(2.3%がはみ出す)レベルの $+2\sigma$ をとれば、「福島県と茨城県の県境付近で発生した地震を除いた内陸地殻内地震」では、応答スペクトル比は5強の値となるから、 $+2\sigma$ の値をとったとしても、補正係数は5倍強とすべきであり、さらに99%のカバー率となる $+2.33\sigma$ の値をとるなら、応答スペクトル比はほぼ7となるから、補正係数は7倍とすべきこととなる。

しかし、被告は、このような大きなバラツキを考慮せずに、平均で耐震設計をしている。

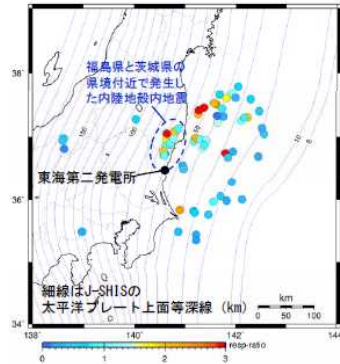
(2) 福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震では、一定のバラツキが考慮されている

これに対して、「福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震」の補正係数の図とその右図を拡大したものは、次のとおりである(甲 D53「東海第二発電所基準地震動の策定について」(平成29年11月10日)4-178ページ)。

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 4.3 内陸地殻内地震
内陸地殻内地震の地震動評価に用いる補正係数

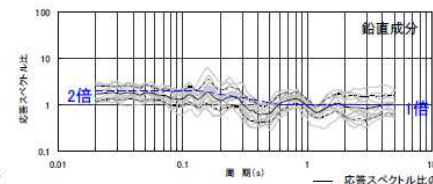
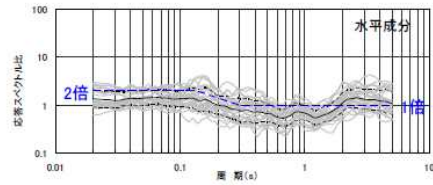
第404回審査委員会
 資料2-9-10

■福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震の補正係数



図中の震央の色は図下のカラーバーに対応し、
 応答スペクトル比を示している(周期0.02秒~0.1秒の平均)。

検討対象地震の震央分布図
 (水平成分)

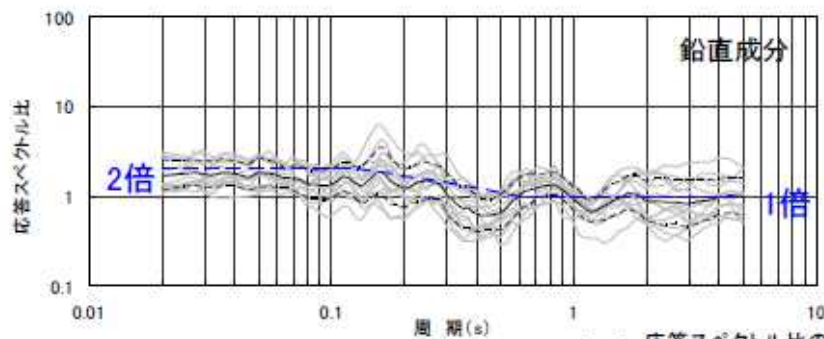
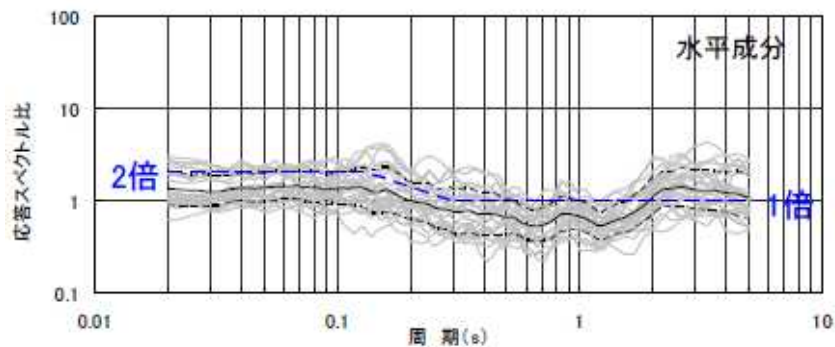


応答スペクトル比

- 福島県と茨城県の県境付近で発生した地震の応答スペクトル比は短周期側で大きくなる傾向が見られ、水平成分で1.4倍程度、鉛直成分で1.7倍程度となる。
- 従って、福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震に対する応答スペクトル手法では、日本電気協会(2016)による内陸地殻内地震に対する補正係数は用いず、上記応答スペクトル比の傾向に基づき、短周期帯を概ね包絡するように短周期側で2倍の補正係数を設定する。



4-178



応答スペクトル比

— 応答スペクトル比の平均
 - - ±σ
 - - 補正係数

ここで、黒の実線は応答スペクトル比の平均で、黒の破線は $+\sigma$ と $-\sigma$ の線、

青い破線は、補正係数とされており、この図では、短周期側で2倍の補正係数が設定されていることが示されている。この2倍の補正係数は、 $+\sigma$ のレベルによるものである。補正係数を2倍とするというのは、対象となる断層について算出した Noda et al(2002)による平均値をそのまま使わず、短周期側では、平均値を2倍にした値を応答スペクトルとして使うということを意味している。

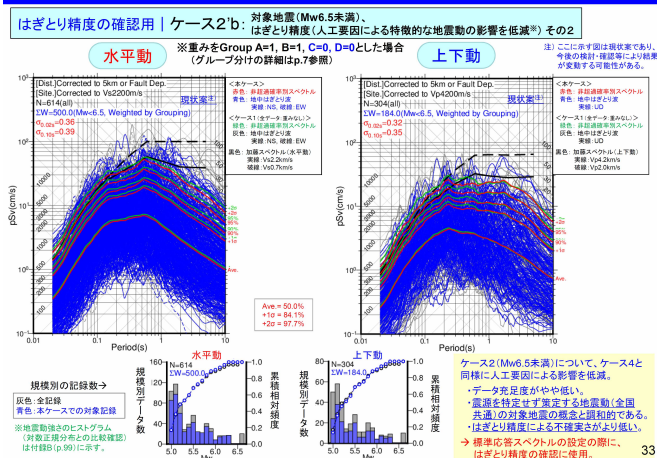
しかし、ここでも、実際には、この補正係数の青破線より大きな応答スペクトル比となる地震が多数ある。 $+\sigma$ とは84%のデータをカバーするだけの、16%がその値からはみ出すこととなるレベルでしかないのである。

このように、被告の実際に「福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震」について設定した補正係数は、不十分ではあるが、ただ被告が、一応は平均ではなく、データのバラツキを見て、標準偏差 σ によって補正係数を設定したことは重要である。

(3) 「震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム」でも $+2\sigma$ のレベルを採用しようとしている

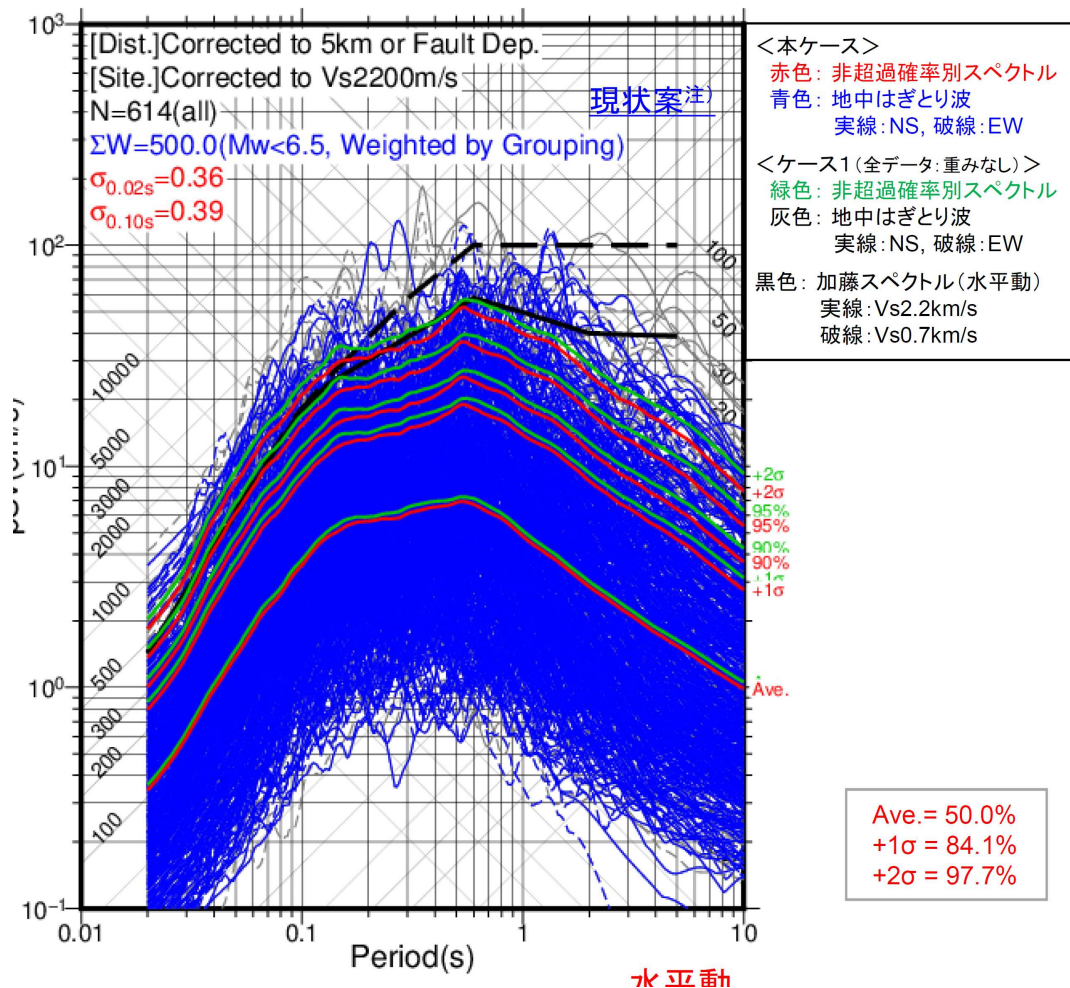
現在、原子力規制委員会に設置された「震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム」での議論では、統計的手法として、多数のデータの $+2\sigma$ のレベルを「震源を特定せず策定する地震動」のレベルとして採用しようとしていることについては、準備書面(75)で詳述した。

4. 2. 非超過確率別応答スペクトルの算出結果 (10/11)



水平動

※重みをGroup A=1, B=1, C=0,
(グループ分けの詳細はp.7参照)



(甲 D116の2の2 第7回 資料2 33頁 水平動の拡大図)

原告らは、これらの地震動は、現に発生した地震動を基礎としているものであり、原発事故の被害の甚大性に鑑みれば、+2σ（カバー率97.7%）のレベルではなく、最低限、すべての地震動を完全に包絡することが必要だと考えているが、被告が示した「福島県と茨城県の県境付近で発生した地震を除いた内陸地殻内地震」については、このようなバラツキが一切考慮されておらず、平均で耐震設計をしており、まったく不合理である。原子力規制委員会ですらも、+2σのレベルを採用しようとしているのであるから、被告の地震動評価が不合理であることは明らかである。

4 応答スペクトルに基づく手法によって導かれるべき地震動評価結果

被告が、敷地近傍の断層や過去の被害地震について、応答スペクトルに基づ

く手法により、導いた応答スペクトル図は下記のとおりである(甲 D53「東海第二
発電所基準地震動の策定について」(平成29年11月10日)4-180ページ)。

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 4.3 内陸地殻内地震

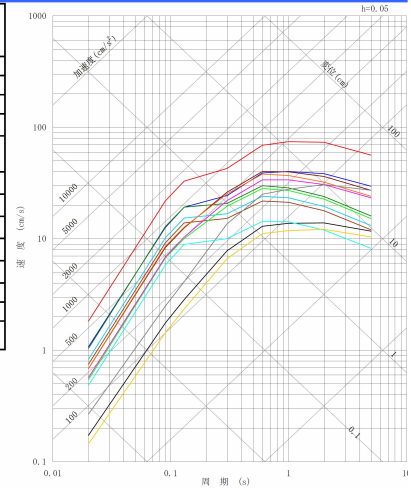
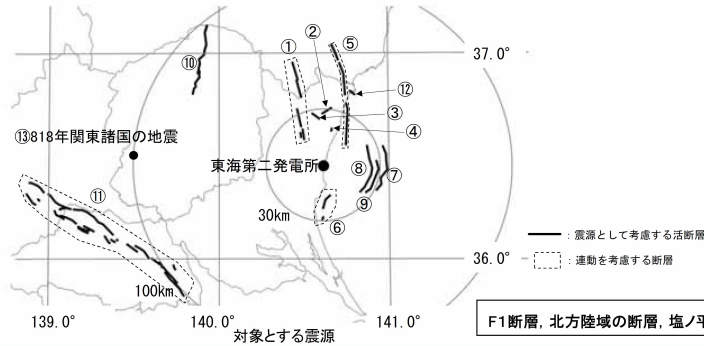
検討用地震の選定

第404回審査会合
資料2修正

地震名		長さ (km)	地震 規模 M	断層上 端深さ (km)	等価震源 距離(km) ^{※2}	補正 係数
活断層による地震	① 棚倉破砕帯東縁断層, 同西縁断層の運動	42	7.5	3	37	考慮
	② 関ヶ原米平リニアメント	6	6.8 ^{※1}	3	27	考慮
	③ 堅破山リニアメント	4	6.8 ^{※1}	3	25	考慮
	④ 宮田町リニアメント	1	6.8 ^{※1}	3	21	考慮
	⑤ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動	58	7.8	3	31	考慮
	⑥ F3断層, F4断層の運動	16	6.8	5	22	
	⑦ F8断層	26	7.2	5	26	
	⑧ F16断層	26	7.2	5	30	
	⑨ A-1背斜	20	7.0	5	22	
	⑩ 関谷断層	40	7.5	5	92	
	⑪ 深谷断層帯・綾瀬川断層	103	8.2	5	128	
	⑫ F11断層	5	6.8 ^{※1}	3	38	考慮
被害地震	⑬ 818年関東諸国の地震	—	7.5	—	102	

※1 長さの短い断層については、地震規模をM6.8として評価

※2 活断層による地震の断層傾斜角は80度として評価



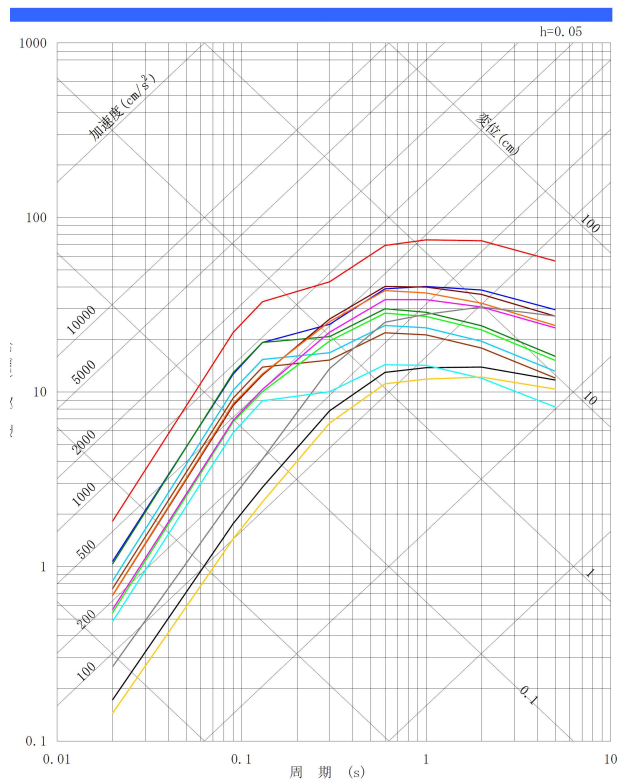
① 棚倉破砕帯東縁断層, 同西縁断層の運動, M7.5, Xeq=37km
② 関ヶ原米平リニアメント, M6.8, Xeq=27km
③ 堅破山リニアメント, M6.8, Xeq=25km
④ 宮田町リニアメント, M6.8, Xeq=21km
⑤ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動, M7.8, Xeq=31km
⑥ F3断層, F4断層, M6.8, Xeq=22km
⑦ F8断層, M7.2, Xeq=26km
⑧ F16断層, M7.2, Xeq=30km
⑨ A-1背斜, M7.0, Xeq=22km
⑩ 関谷断層, M7.5, Xeq=92km
⑪ 深谷断層帯・綾瀬川断層, M8.2, Xeq=128km
⑫ F11断層, M6.8, Xeq=38km
⑬ 818年関東諸国の地震, M7.5, Xeq=102km

内陸地殻内地震の地震動の応答スペクトル
(Noda et al.(2002)の手法に補正係数を考慮)

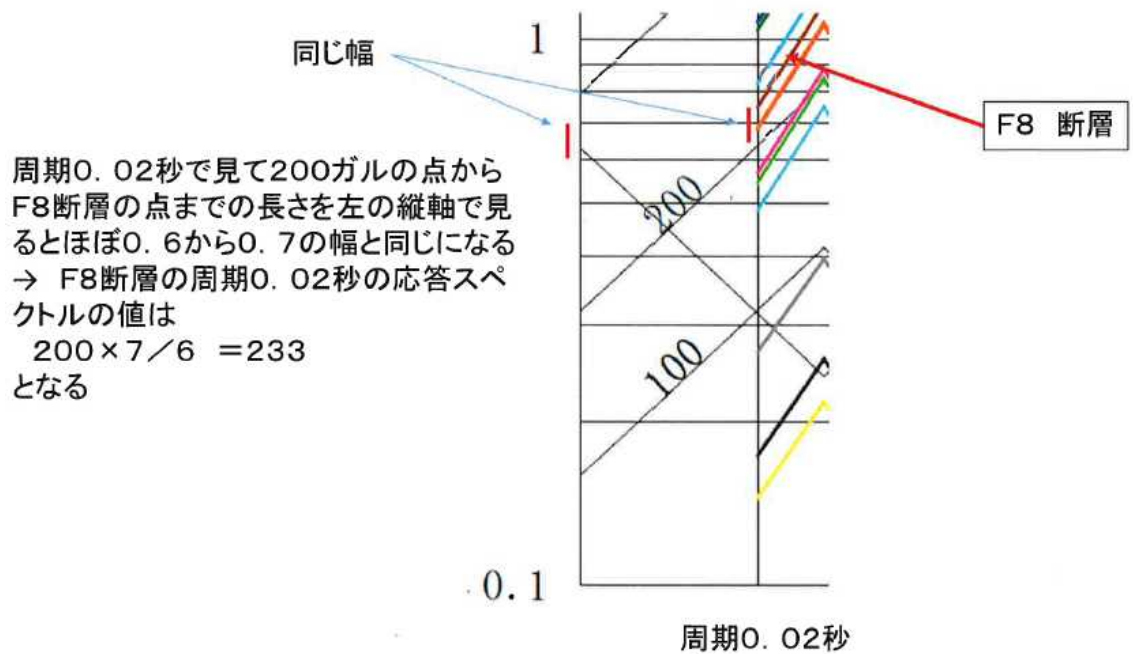
F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震を検討用地震として選定した。



(拡大図)



そのうち、⑦のF8断層を見れば、周期0.02秒付近ではほぼ233ガルとなっている。



この地震は、「福島県と茨城県の県境付近で発生した地震を除いた内陸地殻内地震」であり、被告は補正係数を考慮していない。

しかし、すでに述べたとおり、「福島県と茨城県の県境付近で発生した地震を除いた内陸地殻内地震」については、実観測記録のバラツキを最大限考慮するとすれば、 $+2.33\sigma$ の値(7倍)を補正係数として採用すべきであり、想定すべき地震動は、少なくとも1630ガルを想定すべきである($233 \times 7 = 1631$)。

これは、被告の想定している基準地震動 S_s を超えており、被告の地震動評価が、内陸地殻内地震についての応答スペクトルに基づく手法においても、全く不十分であることを示している。

5 補正係数についての被告の反論

補正係数についての被告の反論は、「「F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震」について、福島県と茨城県との県境付近で発生した地震の傾向を踏まえ、Noda et al(2002)の方法を用いて「応答スペクトルに基づく地震動評価」を行うに当たり、この傾向に係る短周期帯をおおむね包絡するように短周期側で2倍の補正係数を設定するとの安全側の配慮を行うなどして、詳細に地域性を踏まえつつ保守的な検討を重ねている」(被告準備書面(10)127ページ)というものである。

この被告の主張は、具体的な問題点を指摘した原告主張に対して議論を回避して、雑駁な主張により肩透かしをしようとするものでしかない。被告に対しては、原告主張を踏まえたより正面から向き合った反論をすることを求める。

そこで、以下の事項について釈明を求める。

- ① 2倍の補正係数の設定で安全側の配慮とするときの「安全側」とは一応の安全側の配慮の程度なのか、それとも「十分に安全側の配慮」なのかを回答されたい。仮に一応の安全側の配慮で足りると主張するなら、その理由を、また十分に安全側の配慮だとするなら、なぜそれで十分に安全側と言えるのかを回答されたい。
- ② 「F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震」について、被告は $+\sigma$ のレベルによって2倍の補正係数としているが、なぜ $+2\sigma$ や $+2.33\sigma$ のレベルを補正係数として採用しなかったのかを回答されたい。
- ③ 福島県と茨城県の県境付近で発生した地震を除く内陸地殻内地震である他の地震については、 $+\sigma$ のレベルさえ、なぜ補正係数として採用しなかったのかを回答されたい。
- ④ この被告の採用した補正係数で、各地震について、発生する可能性のあ

る地震動を何％カバーできるのかについて回答されたい。

なお、補正係数の議論は、本件の重要な争点の一つであるが、被告の対応は、補正係数についての議論を避けようとするものである。しかし、この重要な争点について、議論を避けてすます対応は決して許されないことを念のため指摘しておく。

以上