

令和3年（行コ）第4号 発電所運転停止命令義務付け請求控訴事件
控訴人兼被控訴人（一審被告） 国（処分行政庁：原子力規制委員会）
被控訴人（一審原告ら） X 1、外 1 1 2 名
控訴人（一審原告ら） X 5 1、外 6 名
参加人 関西電力株式会社

準 備 書 面（12）

（一審被告第2 | 準備書面への反論）

2025（令和7）年1月6日

大阪高等裁判所 第6民事部CE係 御中

被控訴人ら訴訟代理人

弁 護 士	冠	木	克	彦
弁 護 士	武	村	二 三	夫
弁 護 士	大	橋	さ ゆ	り
弁 護 士	高	山		巖
弁 護 士	瀬	戸	崇	史
弁 護 士	谷		次	郎

目 次

1	裁判所の質問と国の回答	3
2	地震モーメントの値が増加すれば、平均すべり量が増加し、平均すべり量が増加すれば、短周期レベルの地震動の増加となること	3
3	国の補足説明と原子力規制庁の試算（乙335）について	4
4	参加人（関電）の計算手法でも地震モーメントが増加すれば短周期地震動が増加すること	5
	（1）はじめに	5
	（2）参加人の計算手法	5
	（3）参加人の示した数式	7
5	結論	8

1 裁判所の質問と国の回答

国の第21準備書面の第6(26頁)は、裁判所の次の質問を取り上げている。

「乙第335号証では、地震モーメントに何らかの上乗せをしたとしても保守的な計算にならないとあるが、一審被告第17準備書面の42及び43ページによれば、地震モーメントの値は平均すべり量に影響し、平均すべり量の影響は短周期領域の地震動に影響するのではないか」。

これに対して、国は、地震モーメントの値は震源断層全体の平均すべり量に影響するが、短周期領域の地震動は、・・・震源断層全体の平均すべり量の影響を大きく受けるものではない、と回答している。

さらに国は「3 補足説明」において、第1に、本件FO-A～FO-B～熊川断層は、推本レシピにいう「長大な断層」に該当することから、・・・「断層モデルを用いた手法」による地震動評価では、アスペリティ総面積は震源断層面積の22%、アスペリティ降下量は14.1MPaと算出され、・・・震源断層面積から算出される地震モーメントに何らかの上乗せを行い、これにより震源断層面積全体の平均すべり量が大きくなったとしても、推本レシピに従った計算によれば、それらが、短周期領域の地震動に影響を及ぼすアスペリティの応力降下量に影響を与えることはない、とする。

第2に原子力規制庁の上記断層を例とする試算についての「入倉・三宅式を用いて震源断層面積から計算した地震モーメントに何らかの上乗せをする操作を行うことは、基準地震動の策定において必ずしも厳しい評価をすることにつながらない」との指摘を紹介している(国第21準備書面26頁～29頁)。

2 地震モーメントの値が増加すれば、平均すべり量が増加し、平均すべり量が増加すれば、短周期レベルの地震動の増加となること

$M_0 = \mu S D$ の定義式については繰り返し説明してきた。

地震モーメント M_0 と短周期レベルAの経験的關係を示す壇他の式

$$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3} \quad (\text{甲 156 p 9} \quad (12) \text{ 式})$$

は $M_0 = \mu S D$ を代入すれば、

$$A = 2.46 \times 10^{10} \times (\mu S D \times 10^7)^{1/3}$$

と表現することもできる。地震モーメント M_0 が増えれば、平均すべり量 D が増え、平均すべり量 D が増えれば、短周期地震動 A もこれにしたがって増えることは当然である。

裁判所の上記質問に対する回答は以上となる。

3 国の補足説明と原子力規制庁の試算（乙 3 3 5）について

推本レシピ（甲 1 5 6）は、上記壇他の式（12式）を示したのち、アスペリティの総面積などの微視的震源特性の推定を行っている。そのとき、震源断層とアスペリティの形状を面積が等価な円形と仮定している。アスペリティの総面積の推定に、円形破壊面を仮定したスケーリング則から導かれる（12）～（15）式を示しているが、震源断層全体の面積が大きくなるほど、過大評価になる傾向を認めており、微視的震源特性についても円形破壊面を仮定しないスケーリング則を適用する必要がある、としながら、そのスケーリング則を示していない。そして長大な断層については、円形破壊面を仮定した推定をせず、震源断層全体の面積に対するアスペリティ総面積の比率、約 22% を推定する方法があるとし、その場合アスペリティの応力降下量の算出方法にも注意する必要がある、としている（甲 1 5 6・9 頁～10 頁（b）短周期レベル A とアスペリティの総面積 S ）。

国の補足説明の第 1 は、長大断層について、アスペリティの応力降下量 I_4 、 $I M P \alpha$ という固定した数値に仮定する手法について言及したものである。このアスペリティの応力降下量を固定する手法による限り、震源断層全体の平均すべり量が大きくなったとしてもアスペリティ応力降下量に影響を与えることがない、というのはあたりまえのことを言ったに過ぎない。

国の補足説明第2の原子力規制庁の試算結果であるが、上乘せケース(1)(50%上乘せ)、上乘せケース(2)(100%上乘せ)のいずれもアスペリティ面積比が過大となり、背景領域のすべり量がマイナスとなるなどの不自然さがある、とする。上述したように円形破壊面を仮定する手法は、断層面積が大きくなるほど過大評価などの矛盾が生じることをレシピ自身が認めている。上乘せ自体に問題があるのではなく、レシピの矛盾が顕在化したものである。

また、アスペリティ総面積の総断層面積に占める割合を22%とし、アスペリティ応力降下量14.1MPaとした場合、短周期領域の地震動は入倉・三宅式を用いて震源断層面積から計算した地震モーメントをそのまま用いる場合とほとんど変わらない結果となる、との記述があるがその計算根拠は示されていない。

4 参加人(関電)の計算手法でも地震モーメントが増加すれば短周期地震動が増加すること

(1) はじめに

実際には、参加人(関電)はFO-A~FO-B~熊川断層の地震動計算では、壇ほかの式で得られた短周期レベルAは、使用していない。参加人は、「長大な断層」に係るレシピに従って、アスペリティ面積とアスペリティ応力降下量に一定値を設定し、統計的グリーン関数法を用いて短周期領域の地震動を計算している(国第21準備書面12~14頁、乙348)。この計算手法は国の審査で認められている。この計算手法によっても地震規模が増加すれば短周期地震動が増加することを以下に示す。

(2) 参加人の計算手法

地震波を周波数ごとの特性を調べるためにフーリエスペクトルが使用される。実際の地震のスペクトルは複雑な形状をしているため、周

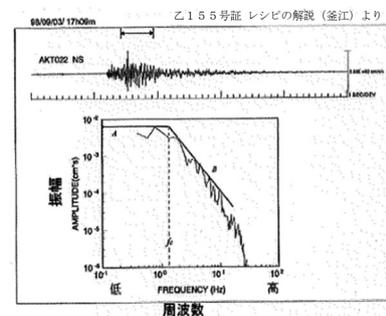


図 25 東北地方で発生したマグニチュード M4.2 の地震についての、震源距離約 25km の観測点における S 波記録に基づく震源スペクトル(変位フーリエスペクトル) の一例【中原恒による】
【「強震動の基礎」⁸⁴5.2.4 震源スペクトルから引用】

波数領域ごとに直線で概形を表現することが地震動計算では行われている。広く用いられているのが、Aki(1967)による「 ω^{-2} 則」モデルと呼ばれる方法で、変位スペクトルの低周波領域（長周期領域）を水平な直線、高周波領域（短周期領域）を周波数の -2 乗で減少する直線で表現する（前頁右図）。（ ω とは角周波数のことで $\omega=2\pi f$ である。）

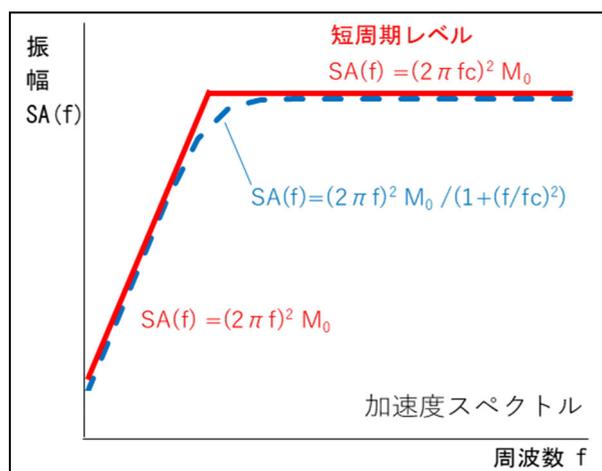
同じ「 ω^{-2} 則」モデルの加速度スペクトルでは短周期領域で水平となる（乙155・59～62頁）（右図）。「短周期レベル」とは、加速度スペクトルが短周期領域で平坦になる部分の値のことである（国の第21準備書面10～12頁）。

この震源モデルで加速度スペクトルは、次の式で表現される。

$$SA(f) = (2\pi f)^2 M_0 / (1 + (f/f_c)^2) \quad f_c = C(\Delta\sigma/M_0)^{1/3}$$

（ f_c はコーナー周波数である）。

この式のグラフの概形は、 f が小さくなる時、および大きくなる時の漸近形である2本の直線で示すことができる（右図）。



$SA(f) = (2\pi f)^2 M_0 / (1 + (f/f_c)^2)$ で、 f が小さくなると分母は1に近くなる。（例えば、 $f_c = 10$ (1/秒) (周期 0.1 秒) とすれば、 $f = 1$ (周期 1 秒) のとき、分母は $1 + (1/10)^2 = 1.01 \approx 1$ 。）その結果、 $SA(f) = (2\pi f)^2 M_0$ に接近する。つまり周波数が小さい（周期が長い）領域では、両対数グラフでは、傾きが2の直線に接近することを示している。

fが大きくなると分母の1が無視できるようになる。(例えば、 $fc=10(1/\text{秒})$ (周期 0.1 秒) とすれば、 $f=10^2$ (周期 0.01 秒) のとき、分母は $1+10^2 = 101 \approx 100$ 。) その結果、 $SA(f) = (2\pi fc)^2 M_0$ に接近する。つまり周波数が大きい (周期が短い) 領域では、水平な直線に近づくことを示している。加速度スペクトルの短周期領域で水平になった部分の大きさが「短周期レベル」である。

(3) 参加人の示した数式

参加人 (関電) は、Brune (1970) によってコーナー周波数 fc を決定している。

$$fc = 4.0 \times 10^6 \times Vs \times (\Delta \sigma / M_0)^{1/3}$$

そして「要素地震波が ω^{-2} 則を満たす震源波形の加速度フーリエスペクトル $SA(f)$ にフィッティングするように振幅調整」として以下の $SA(f)$ の式を導いている (乙348・91頁)。

$$SA(f) = P \cdot M_0 \cdot \{f^2 / (1+(f/fc)^2)\} \cdot \{1 / (1+(f/fmax)^2)\},$$

$$(P = R_{\theta\phi} \cdot PRTITN \cdot \pi / \rho Vs^3)$$

ここで、P は、地震波の放出方向や地質に関するパラメータで、地震モーメントに関係しない。

参加人の $SA(f)$ の式には、 $fmax$ に関する項 $1 / (1+(f/fmax)^2)$ がある。加速度スペクトルの短周期領域では振幅が平坦になるが、周波数が $fmax$ (高周波数限界あるいは高域遮蔽周波数) を越えて大きくなると (周期が短くなると)、振幅が急速に減衰することが知られている (上図)。 $fmax$ の項はこの様子を表現している (乙155・71頁)。

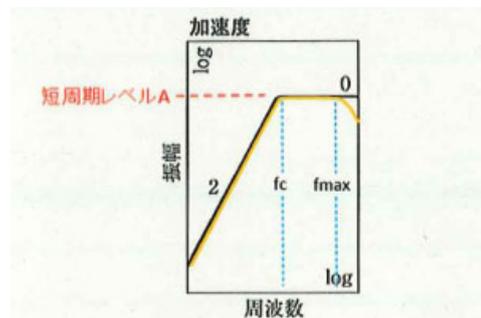


図29 $fmax$ (高域遮断周波数) の概念図

上図の、短周期領域で平坦となった部分の値は、次のように求めることができる。

まず、 f が f_{\max} より十分小さい領域を考えるので、上式の f_{\max} に関する項は、分母が 1 となり、 f_{\max} の項全体が無視できる。

f が f_c より十分大きくなると、 f_c に係る項の分母の 1 を無視できるようになる。こうして、 $SA(f) = P \cdot M_0 \cdot f^2 / (f/f_c)^2 = P \cdot M_0 \cdot f_c^2$ が得られる。

この式に $f_c = C(\Delta\sigma/M_0)^{1/3}$ を代入すると、

$$SA(f) = P \cdot C^2 \Delta\sigma^{2/3} M_0^{1/3}$$

となる。

つまり、応力降下量 $\Delta\sigma$ を一定とするレシピの想定により、短周期の地震動レベル $SA(f)$ は、地震モーメント M_0 の $1/3$ 乗に比例することになる。

以上のように、「長大な断層」に係るレシピの想定と参加人（関電）の計算方法に従っても、地震モーメントの上乗せの影響は、壇ほかの式によって短周期レベルを求める場合と同じ結果になることが確認できた（甲 266 小山陳述書・11～13 ページ）。

5 結論

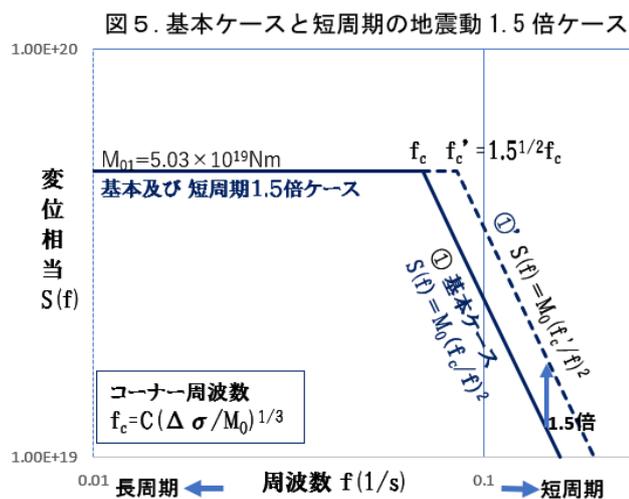
地震モーメントの値が増えれば、平均すべり量が増え、また短周期領域の地震動も増えるのである。

短周期地震動 1.5 倍ケースにおいて、参加人（関電）は、地震モーメント M_0 の値を変えずに短周期領域だけを 1.5 倍している。これに、地震モーメント M_0 の値を上乗せすると、短周期領域の地震動は、1.5 倍した結果に対して、さらに M_0 の上乗せ分の $1/3$ 乗に比例する影響を考慮しなければならない（甲 266 小山陳述書・11～13 頁）。^{注 1}

ばらつきの考慮として M_0 に標準偏差 σ を上乗せすれば、 M_0 は $1.0^\sigma = 2.41$ 倍となる。平均すべり量 $D = M_0 / \mu S$ も2.41倍となり、最大加速度は $856 \times 2.41^{1/3} = 1150$ ガルとなるのである。

(注1)

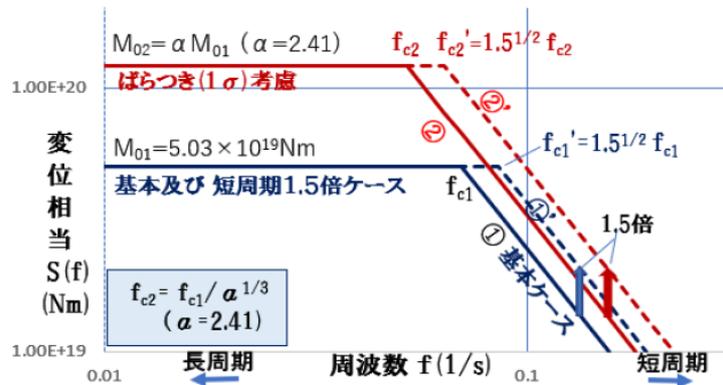
短周期の地震動を1.5倍にする計算方法について、参加人(関電)は、変位スペクトルを用いて説明している(乙348・92~98頁)。下図は、それを簡単にしたものである。変位スペクトルの長周期領域での値は地震モーメント M_0 と一致する。参加人は、 M_0 を変えずに応力降下量 $\Delta\sigma$ を大きくしてコーナー周波数を $1.5^{1/2}$ 倍大きくすることで、変位スペクトルを実線グラフから破線グラフのように変えている。短周期領域だけが①から①'に変わり、短周期領域の値が1.5倍になる。



短周期の地震動を1.5倍することが、地震モーメントを3.4倍にすることに相当するから、経験式のばらつきの効果を M_0 に上乗せする必要はないとの国の主張は、参加人の計算方法を踏まえないものである。

短周期の地震動1.5倍ケースに、経験式のばらつきを考慮して、地震モーメント M_0 を上乗せした場合の変位スペクトルは、右図の赤色破線のようにになる。短周期領域

図6. 短周期1.5倍とばらつき(1 σ)の影響



域は赤色破線の②'になる。上乗せ前の短周期領域1.5倍ケースである①'に対し、②'の値は、 M_0 の上乗せ分の1/3乗に比例して大きくなる。(図は、甲266より。)