

平成23年(ワ)第812号・平成24年(ワ)第23号・平成27年(ワ)第374号

九州電力玄海原子力発電所運転差止請求事件

原 告 石 丸 ハツミ、外

被 告 九州電力株式会社

準備書面(17)

2017年5月8日

佐賀地方裁判所 民事部 合議2係 御中

原告ら訴訟代理人

弁護士 冠 木 克 彦



弁護士 武 村 二 三 夫



弁護士 大 橋 さ ゆ り



復代理人

弁護士 谷 次 郎



第1 はじめに

本準備書面においては、前回の準備書面(15)についての一部訂正と、被告準備書面(12)に対する反論を行う。

原告らの主張は、前回準備書面(15)で基本的に主張しているところであるが、被告準備書面の主張をみると、震源インバージョンを過大に評価した誤った主張があるためこれに対して詳しく反論し、あとそれぞれの主張についてより詳しく反論する。

なお、前回準備書面(15)についての一部訂正は別紙として末尾に添付した。

第2 基準地震動の策定

1 被告の主張

被告は、準備書面(12)で「「入倉・三宅式」は、断層長さと断層幅で計算される断層面積と地震モーメントの関係性を示すもので、信頼性の高い震源インバージョンデータに基づいて作成された経験式であり、国内の最新の18個の内陸地殻内地震に関する震源インバージョン結果とも整合性が確認された合理的なものである。」(5頁)と主張する。

以下、①「入倉・三宅式」は信頼性の高い震源インバージョンデータに基づいて作成された経験式である、との点、②国内の最新の18個の内陸地殻内地震に関する震源インバージョン結果とも整合性が確認された合理的なものである、との点について反論する。

2 「入倉・三宅式」は震源インバージョンデータに基づいて作成された経験式ではない。

(1) 「入倉・三宅式」データセット

「入倉・三宅式」としての経験式が確立したと考えられる論文は「シナリオ

地震の強震動予測」(甲57)であるが、そのIII. 断層パラメータ(断層長さ、幅、変位、面積、地震モーメント)のスケーリング則、の表題のもとで、最初の(1) Wells and Coppersmith(1994)とSomerville et al.(1999)による断層パラメーターの比較、として、それぞれの内容を述べている(甲57 p852)。そして、「6) 断層面積と地震モーメントの関係」で(p857)図7(p858)で示している(原告準備書面(15)では21頁の元図)。つまり、この図7でプロットされている地震データのうち $M_o > 7.5 \times 10^{25} \text{ dyne}\cdot\text{cm}$ を満たすデータが「入倉・三宅式」のデータセットである。

(2) 入倉・三宅式のデータセットの構成

図7の各プロットの構成は、Wells and Coppersmith(1994)、Somerville et al.(1999)、Miyakoshi(2001)となっており、Miyakoshiは私信となっているので、図7からデータを読み取った(甲91)。

その結果、 $M_o > 7.5 \times 10^{25} \text{ dyne}\cdot\text{cm}$ を満たすWells and Coppersmith(1994)の41個、Somerville et al.(1999)の8個、宮腰(2001 私信)の4個の計53個の地震データが「入倉・三宅式」のデータセットであり、この中で震源インバージョンで求められたデータはSomerville et al.(1999)の8個と宮腰(2001 私信)の4個、計12個のみであり、Wells and Coppersmith(1994)の41個は震源インバージョンで求められたデータではない。

(3) まとめ

以上のように、震源インバージョンによるものはSomerville et al.(1999)と宮腰(2001 私信)の12個だけである。Wells and Coppersmith(1994)の41個は、甲第57号証の852頁右段で述べているように、「余震分布や活断層情報、一部は測地学データから求められたものである」。入倉・三宅式のデータセット53個のうち、震源インバージョンに基づくものは12個だけであり、22.6%を占めるに過ぎない。従って、入倉・三宅式そのものを震源インバージョンによるものということはできない。

「入倉・三宅式」は震源インバージョンデータに基づいて作成された経験式という被告の主張は誤りである。

3 「入倉・三宅式」は国内の最新の 18 個の内陸地殻内地震に関する震源インバージョン結果とも整合性が確認された合理的なものである、との点について

(1) 震源インバージョンにおける断層面積の決定のしかた

被告は震源インバージョン及びトリミングについて、次のように述べている。

「一般に、観測波形に基づく震源インバージョンによる震源過程の推定（震源断層面のすべり分布推定）は、「震源断層面」を仮定して設定し、その断層面上でのすべり量分布を推定する。

「震源断層面」は、分布の対象とする地震直後の余震分布や CMT 解（地震の発信機構（横ずれ型、縦ずれ型））、地表の断層情報（断層による地変動の痕跡、測地データ等）を基に設定されるが、破壊過程を説明するため、実際の震源の破壊領域よりも大きめに設定される場合がある。

仮に大きめの破壊領域が設定された場合、断層端部のすべり量は小さくなるが、この領域を一定のルールに基づき除外して適切なすべり分布を有する震源断層面積を求める行為（すべり量の小さい領域の除外）が「トリミング」であり、Somerville et al.(1999)により示された考え方である」（被告準備書面（12）p 10～p 11）。

なおこのトリミングをどのようにするかについて Somerville et al.(1999)（甲92）は、断層面を碁盤の目で分けた時、端の行または列におけるすべり量の平均値が全体のすべり量平均値 $\times 0.3$ 未満であれば、その行または列を削減してもよいという規範を定めている。

すなわち震源断層面はあくまで仮定として設定され、トリミングによって適切な震源断層面積が求められる、としているのである。

(2) 日本における震源インバージョンの現実

被告のいう「国内の最新の 18 個の内陸地殻内地震に関する震源インバージョン結果」は必ずしも明確ではない。

強震動予測レシピを作成した入倉氏も共著者になっている入倉・宮越・釜江論文（2014）（甲 9 3）表 3 「本検討対象の内陸地殻内地震（Mw5.4～6.9）の震源インバージョン結果から抽出された震源パラメータ」には震源インバージョンの対象となった 1995 年から 2013 年までの 18 の内陸地殻内地震のパラメータが紹介されている。

そこで、その中で $M_0 > 7.5 \times 10^{18} \text{Nm}$ を満たす 13 の地震のうち、すべり量矢印の図が出ていてすべり量が読み取り可能な 11 論文（そのうち一つは福岡県西方沖地震として重なっているので地震としては 10）を調べた（甲 9 4）。いずれも Somerville et al. (1999) の規範ではトリミング不可能であり、現にトリミングをしたとの記述はなかった。

この中で熊本地震について、久保他、近地強震記録を用いた平成 28 年（2016 年）熊本地震（4 月 16 日 1 時 25 分、M7.3）の震源インバージョン解析（2016/8/9 再改定版）を例にとると、

$$\begin{aligned} \text{端列の平均すべり量(Av)} / \text{全体の平均すべり量(D)} &= 0.897, 0.617 \\ \text{端行の Av/D} &= 1.16, 0.58 \end{aligned}$$

でいずれも 0.3 より大きいので、トリミングはできない。

(3) トリミングができないことの意味

トリミングができないということは何を意味するのか。震源インバージョンにおいては、断層面積は研究者が最初に仮定して設定する。これがトリミングで適切な断層面積に減ずることができないということは、断層面積は研究者の勝手な仮定によって決まってしまうことになる。

トリミングがなされた結果決まる断層面積（破壊面積）は、インバージョン解析をある程度反映したものといえるかもしれないが、研究者の仮定で設定し

た断層面積は、インバージョン解析で決まったものではない。原告準備書面(15)で既に示したように、熊本地震の断層面積について、久保他は 1344 km^2 、浅野では 756 km^2 と約2倍も異なっている。トリミングができない場合の断層面積はまさにそれぞれの研究者の仮定にすぎないことが如実に示されている。

そして過大な断層面積の仮定による設定がトリミングによって適切な断層面積に導かれるという Somerville et al.(1999)の規範の考え方からすれば、トリミングができないことは、過大な断層面積の仮定の設定が適切に減少されない、ということを意味する。研究者の仮定にすぎない数値を「入倉・三宅式」と対比しても何ら意味がないことは明らかであろう。被告の主張の誤りは明らかである。

Somerville et al.(1999)の規範を用いた震源インバージョンは、Somerville et al.(1999)が対象とした地震の分析には有効・有益なのかもしれない。しかし国内の地震の分析にはなお改善すべき点があると思われる。震源インバージョンにおけるすべり量分布が研究者によって、同じ地震といえるのか、と思われるほど異なることは前述した。国内の地震について震源インバージョンによる分析を実用化するためには、まだまだ解決しなければならない問題が残されているのである。

第3 被告はばらつきの考慮をしていない

1 ばらつきの実例とその考慮

後述する福井地震は「入倉・三宅式」のデータセットに入っている。それゆえ、

福井地震の実測された地震モーメント $2.1 \times 10^{19}\text{ Nm}$

と、

「入倉・三宅式」によって断層面積 300 km^2 の場合に算出された
地震モーメント $0.50 \times 10^{19}\text{ Nm}$

との差異は、乖離すなわちばらつきとして捉えることができる。

このばらつきは数値的には

$$\text{比 } 0.50 / 2.1 = 1 / 4.2$$

によって示される。

地震モーメントを算出する経験式として「入倉・三宅式」を選択した場合、その持つばらつきを考慮するとは、福井地震のような起り方をする場合をも考慮すべきであるということになる。

基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド（甲75、以下単に「審査ガイド」という）の「I. 基準地震動、3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動、3.2 検討用地震の選定、3.2.3 震源特性パラメータの設定（2）」（3頁）は、経験式の有するばらつきの考慮として、地震モーメントが「入倉・三宅式」の4.2倍になった場合をも考慮して、安全性を確かめることを要求しているのである。

被告は、この経験式が有するばらつきの考慮を全く行っていないことを自認している。

2 被告の主張

被告は被告準備書面8においては、「経験式自体にばらつき（内在する誤差）が存在することを踏まえ、その影響を極力小さくする努力を行うとともに、最終的に策定する基準地震動が過小なものとならないように、多面的な評価を行っている。」（7頁）としていた。

しかし、ばらつきを「誤差」とすることは、完全な誤りである。経験式におけるデータと経験式によって導かれた平均値との差（乖離）はばらつきであり、誤差ではない。これを誤差とみるならば、平均値が正しい値ということになってしまふ。

ともあれ被告は、誤差とみることから、「その影響を極力小さくする努力を行う」と考えたのであろうが、その具体的な内容は明らかではない。

「多面的評価」については、基本震源モデルにおいて断層長さ、断層傾斜角、アスペリティの位置、破壊開始点の設定で、また不確かさ考慮モデルにおいて、

断層長さ、断層傾斜角、応力降下量、破壊開始点及びアスペリティの位置の設定で、評価を行ったとしている。

被告準備書面10（3頁以下）及び被告準備書面12（12頁以下）では、上述の「内在する誤差」の記述はない。そして経験式の乖離（ばらつき）は当該地震が発生した地域の地域的特性を示すものであるとし、評価対象地域の地震の地域的特性を考慮して、上記の多面的評価を安全側に行ったとしている。

しかし、考慮したとする「地域的特性」なるものはなんら具体的に示されておらず、それをどのように考慮したのかについても全く触れられていない。

3 被告の行ったとするものは不確かさの考慮の対象事項であること

審査ガイド（甲75）の「I. 基準地震動、3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動、3.3 地震動評価、3.3.3 不確かさの考慮（2）①」（6頁）は、「震源モデルの不確かさ（震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等の不確かさ、並びにそれらに係る考え方、解釈の違いによる不確かさ）を考慮する場合には、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析し、その結果を地震動評価に反映させることが必要である。」としている。

被告が経験式のばらつきの考慮に代えて多面的な評価として挙げている各項目は、いずれも、この不確かさの考慮において分析評価が求められている事項である。不確かさがあるものについてはできる限り正確な数値が求められ、なお不確かさが残る場合には、安全側に考慮することは当然のことである。

4 経験式のばらつきの考慮を不確かさの考慮に替えることは許されない

被告は経験式のばらつきの考慮そのものはしていないことを認めながら、上記の不確かさの考慮の対象事項について多面的評価を安全側に行ったことで代えられる、とする。しかしこれは以下の各点から誤りである。

第1に、審査ガイドが両者を別のものとして位置づけていることである。

審査ガイドの「I. 3.2.3(2)」の求める経験式のばらつきの考慮と、「I. 3.3.

3. (2) ①」の求める不確かさの考慮とは、審査ガイドの構造（目次）をみれば明らかなように、両者は別なものとして位置づけられている。

したがって、一方をもって他方に代えるという関係にはない。

第2に考慮の局面が異なることである。

審査ガイドの「I. 3.2.3 (2)」の求める経験式のばらつきの考慮とは、経験式を用いて地震規模の平均値を得た場合の問題である。被告の多面的評価の対象事項とされる、断層長さ、断層傾斜角、アスペリティの位置、破壊開始点の設定は、基準地震動評価の過程で問題となることではあろうが、経験式を用いて地震規模の平均値を得た場合の問題ではない。

震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角は、断層面積 S を算出する過程で問題となるが、経験式のばらつきは、平均値として M_0 が算出された後の問題である。経験式のばらつきの考慮と、不確かさの考慮ではそれぞれ考慮の局面が異なるものである。

このように局面が異なるものについて代替ができるとするることはできない（各パラメータの関係については、被告準備書面12の7頁、図3参照）。

第3に、パラメータとしても、ばらつきの考慮と不確かさの考慮は明確に区別されている。

不確かさの考慮の対象としてあげられている、震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等は、いずれも震源特性パラメータとされている。また経験式から導かれる地震規模 M_0 も、標題からみれば、震源特性パラメータの一つとして位置づけられている。同じ震源特性パラメータでありながら、経験式から導かれる地震規模が不確かさの考慮の対象に含まれていないのは、経験式のばらつきは、誤差ではなく経験式との乖離自体に積極的な意義を見出すものであるところ、不確かさの考慮の対象事項は、その値が誤差を持った値であり、その相違が明確に意識されているからである。

経験式のばらつきと不確かさの考慮の対象事項は、いずれも震源特性パラメータであるところ、それは全く異なる意義をもっているのである。このことからしても一方をもって他方に代えるということは許されないのである。

第4に、被告の言う地域的特性の考慮の問題である。

経験式のばらつきの問題は、断層面積 S 以外の事項が地震の規模 M_0 に影響しているとみることができ、それは地域的特性あるいは当該断層の特性といったものが反映しているということはできるかもしれない。しかし、どのような特性がどのように影響しているということは、いまだ明らかにはなっていない。

上記の不確かさの考慮であげられた震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等がそれ自体として地震規模にどのようにかかわるのか、あるいはそれ以外にどのような事項が影響を与えるのか、について明らかになっていないのである。

上記の審査ガイドで求める不確かさの考慮は、特定地点の震源モデルに関するものであり、当該経験式でばらつきの上限として考慮されるデータ（平均値よりも地震規模が大きい方向で乖離がもっとも大きいもの）そのものについて考慮が求められるものではない。すなわち震源モデルと、乖離が最も大きいデータの地震とを対比してその地域特性を検討するものでもない。乖離の最も大きいデータの地震の地域的特性等と対比せずに、震源モデルのパラメータだけを見ても、意味のある地域的特性を抽出できるはずがないのである。

被告はどのような事項を地域的特性としてとらえ、それをどのように考慮したのかについては、全く説明できていない。

5　まとめ

被告は経験式の有するばらつきの考慮そのものをしていないことを認めている。代わりに特定の地域の地震の地域特性を十分に考慮するとして、多面的な評価を行ったとするが、これは結局不確かさの考慮で求められていることに過ぎない。

不確かさの考慮は、経験式のばらつきとは別のものであり、代替とはならないのである。

結局被告は、審査ガイドが求める経験式の有するばらつきの考慮を一切していないことを自白したに等しい。

第4 福井地震

1 福井地震が如実に示す強震動予測レシピの矛盾と過小評価—矛盾の根源は壇他式にある

(1) はじめに

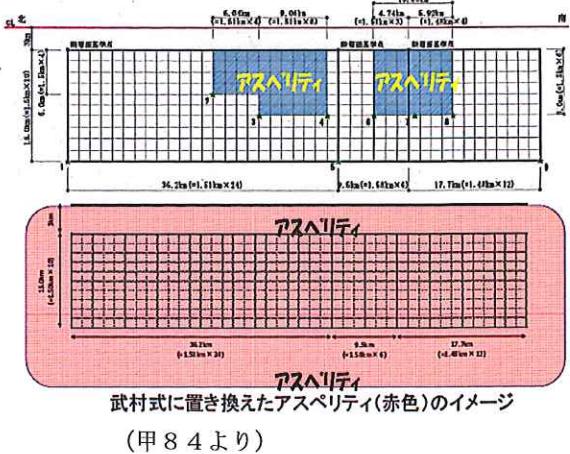
被告は、その準備書面12、5頁において、いわゆる強震動予測レシピ（地震調査研究推進本部地震調査委員会の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」について、現在の科学技術水準に照らして合理的なものであることは明らかである旨を主張する。

しかし、強震動予測レシピは、2016年6月に改訂後、2016年12月に再改定されていることからも明らかな通り、確立した方法であるとは到底言いがたい。現に、現行の強震動予測レシピ（甲95）においても、「ここに示すのは、最新の知見に基づき最もあり得る地震と強震動を評価するための方法論であるが、断層とそこで将来生じる地震およびそれによってもたらされる強震動に関して得られた知見は未だ十分とは言えない」との記述があり（1頁）、地震調査委員会も、強震動予測レシピが確立した手法ではないことを自認している。

そして、強震動予測レシピには、以下に詳述する通り重大な矛盾が含まれている。このことが、島崎提言（甲81）を契機として原子力規制庁が行った大飯原発に関する試算（甲84）によって、昨年7月に明るみに出た。

すなわち、関西電力による現行評価では、アスペリティ（断層面中の強く固着して結果的に大きなすべりとなる部分）の面積は、次頁の上側図のように断

層面積の約22%を占めている（甲84、6頁）。ところが、入倉・三宅式（甲57）に代えて武村式（甲53）を適用した原子力規制庁の試算によると、アスペリティ面積は断層面積の1.93倍にもなるという（右下図）（甲84、9頁）。部分（アスペリティ面積）が全体（断層面積）の約2倍にもなるという余りにも奇妙な矛盾を起こす原因が、強震動予測レシピに含まれていることになる。



武村式に置き換えたアスペリティ(赤色)のイメージ
(甲84より)

本来なら、このような矛盾がどうして起こるのかを探り、その原因を除去するよう強震動予測レシピを改善すべきである。そうでなければまともな耐震安全性の審査などできるはずがない。ところが原子力規制庁と原子力規制委員会は、試算で行ったような評価方式をまともに実行できるだけの域には達していないと判断しただけで、それ以上の原因究明を無責任にも放棄してしまった（甲84、3頁）。2016年12月の強震動予測レシピ改定に当たっても、その点は放置されている（甲95）。

原子力規制庁の報告（甲84）では、矛盾を起こす原因是武村式を用いたことにあるかと思わせるようなニュアンスを含んでいるが、けっしてそうではない。その矛盾を起こす根源は、強震動予測レシピに組み込まれている壇他式（乙42）にあること、壇他式に代えて片岡他の式（甲71）を用いれば矛盾は起こらないことを、福井地震に即して以下で明らかにする。また、壇他式は、現行での入倉・三宅式による過小評価に加えて、地震動過小評価のもう一つの根源になっていることも明らかになる。

（2）福井地震の概要

戦後間もない1948年に福井県坂井市丸岡町（現）で起きた福井地震は、

福井県だけで死者 3728 人、全壊家屋 3538 戸を出し、戦後復興途上の福井市に大きな被害をもたらした。厚い堆積層の下に隠れて知られていなかつた断層（左横ずれ）が、M7.1、福井市で震度 6 の地震を引き起こした。

M7.1 程度の地震はその後日本でいくつも起きている。福井地震と同様の地震が原発周辺で起こっても、原発にはそれに耐える耐震安全性が保証されていなければならぬのはいうまでもない。

福井地震を起こした断層の評価は、武村（1998）（甲 53）表 1 で取り上げられているが、そのデータは古いと批判した入倉・

宮腰・釜江論文（IMK, 2014）（甲 93）表 5 では、別の菊池他（1999）のデータを対置していて、それらは下表のようにまとめられる。地震モーメント M_0 は経験式によってではなく地震動の実測値から算出された値である。

以下では、最新の方
法で評価し直したとす
る入倉・宮腰・釜江論
文（IMK）表 5 の、

実測値に基づくデータに基づいて議論を進める。

（3）福井地震で強震動予測レシピ通りに壇他の式を適用するとアスペリティ面積の計算に矛盾が生ずる。

強震動予測レシピでは地震モーメント M_0 から短周期レベル A（最大加速度をもたらす短周期における地震動のレベル）を算出するのに壇他の式

$$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$$

を用いることになっている（レシピの（12）式）。

この式を変形すると、次の式が得られる。

$$A = 5.30 \times 10^{12} \times M_0^{1/3} \quad (1-1)$$



地震直後の大和百貨店
(ウィキペディアより)

福井地震	断層長 L(km)	断層幅 W(km)	断層面積 S (m ²)	地震モーメント M ₀ (10 ¹⁹ Nm)
武村表 1	30	13	390	3.3
IMK 表 5	30	10	300	2.1

(注： M_0 の肩にある $1/3$ 等の数はべき指数と呼ばれている)。

また、アスペリティを円と見なしてその総面積を $S_a = \pi r^2$ とするとき、等価半径 r を計算する式が強震動予測レシピの(13)式で次のように与えられている。

$$r = (7\pi/4) \beta^2 M_0 / (AR) \quad (1-2)$$

ここで π は円周率、 β はS波速度で $\beta = 3.5 \text{ km/s}$ とする(後記5の補足説明参照)。また、Rは断層面積Sの等価半径($S = \pi R^2$)である。

これらの式を用いて前表内の $S = 300$ からRを求め、 $M_0 = 2.1 \times 10^{19}$ から(1-1)式でAを求めて(1-2)式からrを計算し、アスペリティの総面積 $S_a = \pi r^2$ を計算すると $S_a = 307.8$ となる。この値は断層面積 $S = 300$ を超えてい。またアスペリティ面積の断層面積に対する比は $\gamma = S_a/S = 1.03$ となって1を超えてい。

武村式に依らず、実際に起きた福井地震の地震モーメント実測値を適用しても、部分が全体を超えるという余りにも奇妙な矛盾が起こる原因を強震動予測レシピは含んでいるということである。

(4) 前記矛盾の根源は壇他の式にあり、片岡他の式では現れない

ところが、同じ計算を壇他の式に代えて片岡他の式で行うと、アスペリティ面積は断層面積より小さくなつて矛盾は起こらない。

事実、片岡他1の式(全内陸地震)

$$A = 3.162 \times 10^9 M_0^{0.51} \quad (1-3)$$

では $S_a = 128.7$ で $\gamma = 0.43$ 、

片岡他2の式(内陸地震中の横ずれ断層)

$$A = 3.162 \times 10^8 M_0^{0.57} \quad (1-4)$$

では、 $S_a = 61.8$ 、 $\gamma = 0.21$ となって、いずれもアスペリティ面積は断層面積内に納まる。

福井地震は左横ずれ断層なので、片岡他2の場合が相当しており、 $\gamma = 0.21$

なのでほぼレシピで妥当だとされている値になっている。

以上より、レシピが含む矛盾の根源は壇他の式にあることが明らかである。

(5) 矛盾が起こる法則的傾向

次に、問題の本質をより明確に把握するために、入倉・三宅式（甲57）や武村式（甲53）などの $M_0 - S$ 関係の経験式の考え方方に沿った扱いを検討する。これら経験式を用いて地震モーメント M_0 を算出する際、 M_0 が $7.5 \times 10^{18} \text{Nm}$ 以上の領域では両対数グラフで傾き $1/2$ が当てはまるものとされている（つまり、そのような法則性に従っていると考えられている）。

この考えに則って、福井地震のデータも傾き $1/2$ の線上に乗っているものと仮定する。つまり $\log S = 1/2 \log M_0 + b$ が成り立つとする。

この式に福井地震のデータである $S = 300$ 、 $M_0 = 2.1 \times 10^{19}$ を代入すれば直線の切片が得られて $b = -7.184$ となる。

この式を変形すると $M_0 = 10^{-2b}S^2$ となり、 b の値を代入すると

$$M_0 = kS^2 \quad (k = 2.333 \times 10^{14}) \quad (1-5)$$

が得られる。この式に $S = 300$ を代入すると元の $M_0 = 2.1 \times 10^{19}$ が再現されるので、この式は福井地震データを内包している。

次に、この M_0 より短周期レベルAを求めるのであるが、壇他の式（1-1）と片岡他1の式（1-3）及び片岡他2の式（1-4）を統一的に扱えるよう、式を次のように表しておく。

$$A = C M_0^\alpha \quad (1-6)$$

ここで定数Cと α は右表にまとめられている。
これらの式（1-5）

	C	α
壇他(内陸地震)	5.30×10^{12}	1/3
片岡他1(全内陸地震)	3.162×10^9	0.51
片岡他2(横ずれ内陸)	3.162×10^8	0.57

と式（1-6）に基づき、福井地震（IMK表5）データ（ $k = 2.333 \times 10^{14}$ ）の場合に、レシピのアスペリティ面積 S_a の等価半径 r を求める。上記の（1-2）式を用いて $\gamma = S_a/S$ を求め、グラフで表すと次頁図のようになる。グラ

フ内に記した福井地震の場合の γ の値は、上記で個別に求めた値ともちろん一致している。

このように壇他の式では γ が増加して1を超えるが、片岡他の式では減少して1より小さい値に留まるという違いは、(1-6)式のべき指数 α の値から来ている。 $\alpha = 1/2$ を境にして、 $\alpha < 1/2$ なら γ は増加するが、 $\alpha > 1/2$ なら減少する($\alpha = 1/2$ のとき一定値となる)。壇他では $\alpha = 1/3$ と $1/2$ より小さいため、 γ は増加して1を超えたのである(法則的傾向の詳細は、後記5で示す)。では、このべき指数の違いはどこから来ているのか、以下で検討する。

(6) 壇他の式と片岡他の式

前述の通り、アスペリティの面積が断層面積を超えるという矛盾の根源は、壇他の式の短周期レベルAが $M_0^{1/3}$ に比例しており、べき指数の $1/3$ が $1/2$ より小さいことに由来していた。それに対し片岡他の式ではべき指数が0.51または0.57と $1/2$ より少し大きいがゆえに M_0 に関して緩やかに減少した。では、このようなべき指数の違いは何に由来するのだろうか。

壇他の式では下左図に示すように12個のデータ点から、傾きが $1/3$ である

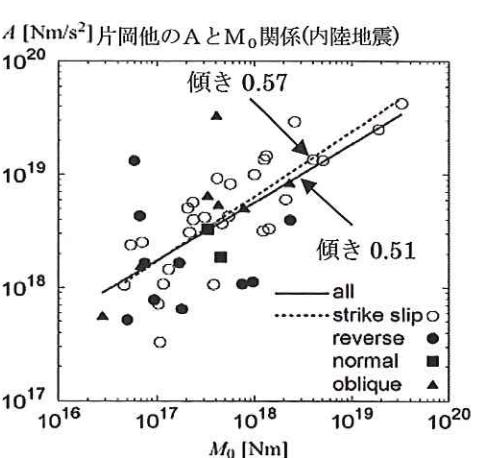
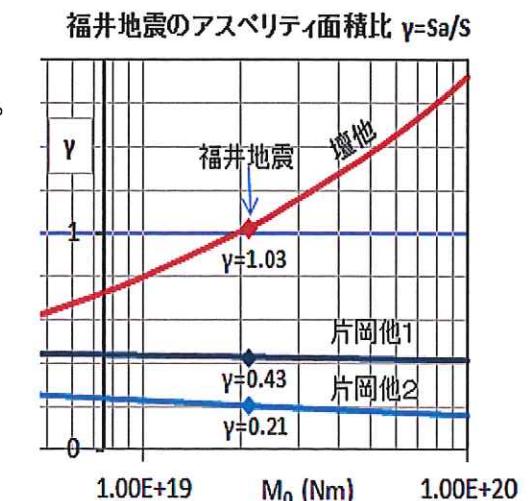
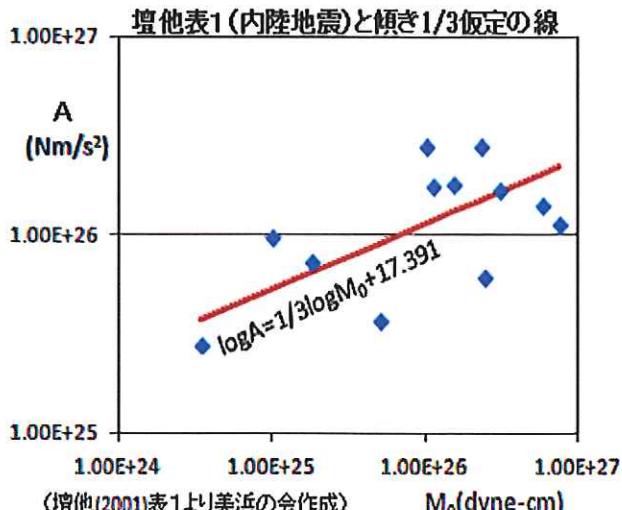


図-4 内陸地震の A と M_0 の関係

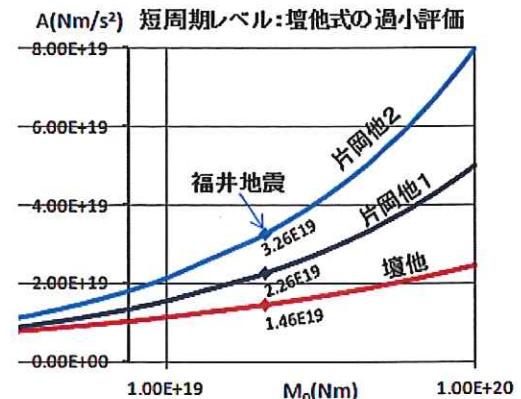
ると頭から仮定した上で、最小二乗法によって直線を求めている。この傾き $1/3$ が、上記の式では M_0 のべき指数 $1/3$ となって矛盾を引き起こしたのである。それに対し片岡他の式では、前頁右図のように、頭から傾きを仮定するのではなく、傾きも含めて最小二乗法で求めている。こちらの方が事実データをよく反映して信頼性が高いのは当然である。

2 短周期レベルと地震動の過小評価

(1) 福井地震に照らせば壇他の式による短周期レベルは過小評価

これまで地震モーメントから短周期レベルを導く式である壇他の式がアスペリティ面積の矛盾を引き起こすことを見てきた。

次に、(1-6) 式を用いて壇他の式と片岡他の式から得られる短周期レベル A を比較すると右図のようになる。主に M_0 のべき指数（上記 α ）の違いによって、壇他の式による短周期レベル A は、片岡他の式と比べて過小評価になっていることが見てとれる。福井地震の片岡他 2 では $3.26 \times 10^{19} \text{Nm/s}^2$ で、壇他の $1.46 \times 10^{19} \text{Nm/s}^2$ の 2.23 倍になっている。逆にそれだけ壇他是片岡他 2 より過小な短周期レベルを与えていたということである。



(2) 福井地震に照らせば「入倉・三宅式」による地震モーメントは過小評価

さらに、地震モーメントの値を計算する際、現行では「入倉・三宅式」が用いられているが、その式も過小評価をもたらしていることが、やはり福井地震に照らして明らかとなる。

地震モーメント M_0 を「入倉・三宅式」

$$M_0 = 5.562 \times 10^{13} S^2 \quad (1-7)$$

によって計算すれば、前記表の IMK 表 5 データの場合 $S = 300$ なので、

$$M_0 = 0.50 \times 10^{19} \text{Nm}$$

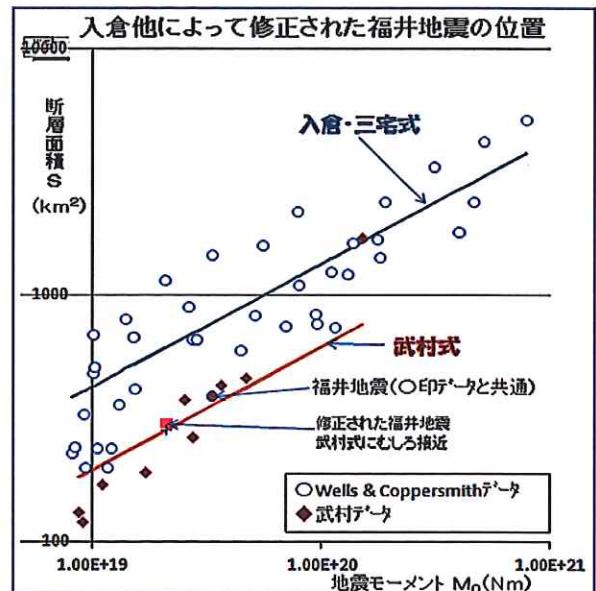
となる。この値は前記表中の実測値

$$M_0 = 2.1 \times 10^{19} \text{Nm}$$

の $1/4\sim 2$ である。「入倉・三宅式」で福井地震及びそれと同様な地震を評価すれば地震モーメントが著しい過小評価になることを示している。

他方、これを武村式 (S)、

$$M_0 = 26.31 \times 10^{13} S^2 \quad (1-8)$$



で計算すれば、 $M_0 = 2.37 \times 10^{19} \text{Nm}$ となり、ほぼ実測値と整合している。

「入倉・三宅式」及び「武村式」と比較した福井地震の位置は上図の 2 つの点で示している。修正された IMK データ点の方が元の武村表 1 の場合より「武村式」に近い位置にあることが分かる。修正データに基づく (1-5) 式は、武村式 (S) (1-8) と比べて係数が $23.33/26.31 = 0.887$ 倍になっている。このことは右のグラフ上で福井地震の点が武村式よりわずかに上部にあることに相当している (切片が b のとき、 S^2 の係数は 10^{-2b} で決まる)。

(3) 地震動の過小評価

最後に、福井地震に照らせば最大加速度がどうなるか見ておこう。福井地震の式 (1-5) によって M_0 を求め、横ずれ断層では片岡他 2 の式 (1-4) または (1-6) ($C = 3.162 \times 10^8$, $\alpha = 0.57$) を用いて短周期レベル A を求める。この方式で、大飯原発 (F o A - F o B - 熊川断層 ; 横ずれ) 及び玄海原発 (竹木場断層 ; 横ずれ) の最大加速度を計算し、「入倉・三宅式」と壇他の式に基づく現行評価と比較すると、次表のようになる。ただし、最大加速度は、

	S (km ²)	現行 (入倉・三宅 + 壇他)			福井地震 + 片岡他		
		$M_0 (10^{19} \text{Nm})$	$A (10^{19} \text{Nm/s}^2)$	最大加速度 (ガル)	$M_0 (10^{19} \text{Nm})$	$A (10^{19} \text{Nm/s}^2)$	最大加速度 (ガル)
大飯原発	951	5.03	1.96	856	21.10	12.16	5311
玄海原発	388.09	0.838	1.08	524	3.514	4.376	2123

現行評価値に短周期レベルの倍率をかけて算出した（例えば玄海原発の竹木場断層の場合では、 $524 \times (4.376/1.08) = 2123$ ）。

このように現に起こった福井地震に照らしてみると、現行評価は「入倉・三宅式」による地震モーメントの算出及び壇他の式による短周期レベルの算出という両方において、いわば「二重の過小評価」になっていることが明らかになった。

武村式の基になったデータ集合にはさらに大きな地震を引き起こすものもあるので、それに基づいて同様の評価をすればさらに最大加速度は大きくなる。

3 小括

壇他の式には誰が見ても明らかな矛盾を起こす重大な欠陥があり、そのような式を含んだ現行の強震動予測レシピで耐震安全性を審査することは審査方法の過誤欠落を意味している。耐震審査方式の再検討が必要なことは原子力規制庁試算で明らかになり、同庁もそれを認めている。さらにレシピにおいては、現行を絶対的なものとしているのではなく、その前文において「今後も強振動評価における検討により、修正を加え、改訂していくことを前提としている」と述べている。

よって、本件原発については危険性が事実上推認されることになり、運転は許されないことになる。

4 補足説明 1 (アスペリティの総面積について)

ここではアスペリティの総面積の計算方式について補足説明する。アスペリティの総面積を $S_a = \pi r^2$ と円の面積で表したとき、その半径 r (等価半径) は次の強震動予測レシピの (1-3) 式 (本文中の (1-2) 式) で与えられる。

$$r = (7\pi/4) \beta^2 M_0 / (AR) \quad (1-2)$$

ただし、 β は S 波速度であり、R は断層面積 S の等価半径である ($S = \pi R^2$)。

短周期レベルAは本文（1-6）式で与えられるものとする。すなわち、

$$A = C M_0^\alpha \quad (1-6)$$

これより、 $r/R = (7\pi/4) \beta^2 M_0 / (C M_0^\alpha R^2)$ となるが、 $R^2 = S/\pi$ を代入し、さらに（1-5）式より $S = (M_0/k)^{1/2}$ となるので、これを代入すると次式となる。

$$\begin{aligned} r/R &= (7/4) k^{1/2} (\pi \beta)^2 M_0 / (C M_0^\alpha M_0^{1/2}) \\ &= (7/4) (\pi \beta)^2 (k^{1/2}/C) M_0^{1/2-\alpha} \end{aligned}$$

こうして、 $\gamma = Sa/S = (\pi r^2) / (\pi R^2) = (r/R)^2$ に上式を代入すると、次式が得られる。

$$\gamma = (7/4)^2 (\pi \beta)^4 (k/C^2) M_0^{1-2\alpha} \quad (1-9)$$

ここで、 π は円周率であり、福井地震の場合は（1-5）式より $k = 2.333 \times 10^{14}$ であり、 C と α は（1-6）式の付表で与えられている。また、S波速度 β をどうとるかは、 γ が β の4乗に比例しているので大きな問題である。福井地震の β は比較的最近でもいろいろ検討されているようであるが、ここでは入倉・釜江論文（1999）（甲96、137頁）の地震基盤における値 $\beta = 3.5 \text{ km/s}$ を採用した。この場合、大飯原発や美浜原発に関しては $\beta = 3.6 \text{ km/s}$ 、玄海原発竹木場断層では $\beta = 3.5 \text{ km/s}$ とされているので、それらとほぼ共通に論じることができる。

結局 γ は次式のようにまとめられる。

$$\gamma = F M_0^{1-2\alpha} \quad (F = (7/4)^2 (\pi \beta)^4 (k/C^2)) \quad (1-10)$$

M_0 の肩にあるべき指数 $1 - 2\alpha > 0$ （すなわち $\alpha < 1/2$ ）ならば γ は M_0 とともに増加するが、 $1 - 2\alpha < 0$ ($\alpha > 1/2$) なら $\gamma = F/M_0^{2\alpha-1}$ となるので減少する。それゆえ壇他の式では γ は M_0 が増加すれば必ず増加して 1 を超えるが、片岡他の式では逆に減少するのでけつして 1 を越さない。すなわち、 γ が増加して 1 を超える傾向は、壇他の式で短周期レベルが M_0 の $1/3$ 乗に比例すると頭から仮定したことから由来しているのであり、その仮定が同時に地震動

の過小評価をもたらしているのである。

5 補足説明 2 (壇他の式の信頼性は成り立つか)

被告は準備書面 12 の 7~8 頁の「(2) 「壇他の式」の信頼性」において図 4 を挙げて、壇他の式は「科学的合理性を有し妥当である」と称している。しかし、その図 4 では、地震モーメントが 7.5×10^{25} dyne·cm を超えるデータ点は唯一つしかない。

それとは別に、そのような M_0 が大きい領域では壇他の式は過小評価になると いう証拠が存在する（甲 97、「断層モデルによる地震動評価の不確実さに関する検討」、平成 20 年 12 月、原子力安全基盤機構）。その報告書 2-15 頁図 2.6（次頁図）によれば、明らかに地震モーメントが大きい領域において真ん中の実線で示される壇他の式は過小評価となる傾向が見られる。この図の説明は同報告書の 2-5 頁にあるが、「図 2.6 に、その比較の図を示す。2005 年宮城県沖地震の短周期レベルは壇・他(2001)の約 3.8 倍、片岡・他(2006)による 1978 年宮城県沖地震の短周期レベルは壇・他(2001)の約 3.4 倍と大きい」と記述されている。

この例は上記被告のデータ的な主張に対する反例になっている。このようなデータ的な問題もあるが、本質的に重大な問題は、地震評価上の矛盾を引き起こすという性質を壇他の式は

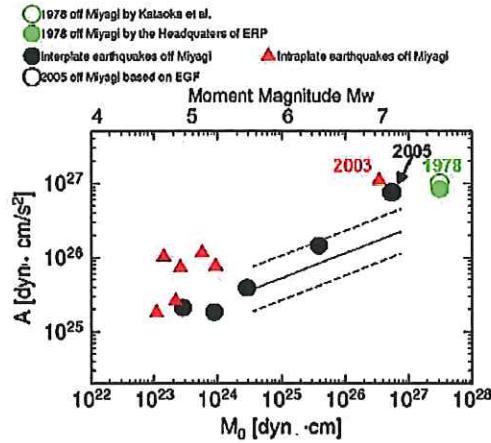


Figure 3. The relation between A and M_0 . A bold line is the empirical relation for crustal and interplate earthquakes derived by Dan et al. (2001). The dashed lines denote two times and half of the Dan et al's relation. Black circles and red triangles denote A for interplate and intraplate off-shore Miyagi prefecture earthquakes estimated in this study. Green open and bold circles denote the 1978 Miyagi-oki earthquakes estimated by Katao et al. (2006) and The Headquarters of Earthquake Research Promotion (2005), respectively.

図 2.6 Satoh(2006)^{2,10}の宮城県沖の海溝型地震の地震モーメント M_0 と短周期レベル A の関係（実線は壇・他(2001)^{2,11} の経験式、破線はその倍と半分の関係）

内包していることである。これはどうにも否定しようのない事実であるので、壇
他の式は地震動評価に用いるべきではない。

以上

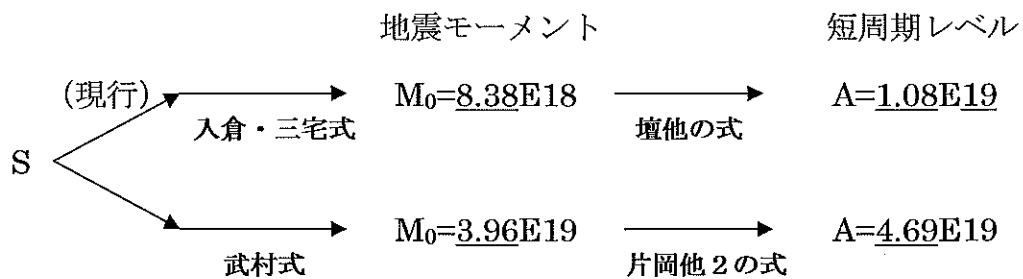
(別紙)

準備書面(15)の一部訂正

- 12頁 上から9行目「字貢の図」 → 「下の図」
- 13頁 上から1行目「右のように」 → 「前頁下図のように」
- 13頁 下から4行目「Somerville et al. (1994)」
→ 「Somerville et al.(1999)」
- 14頁 上から14行目「5、16、18、…」
→ 「5、18、…」
- 16頁 上から7行目「福井地震は入倉・三宅データセットに入っている唯一の日本の地震である」
→ 「福井地震は入倉・三宅データセットに入っている日本の地震である」

25頁 上段の [] 内数値を以下のとおり訂正する (下線部分)

玄海・竹木場断層の場合 断層面積 (No. 8ケース) $S=388.09\text{km}^2$



平成23年(ワ)第812号・平成24年(ワ)第23号・平成27年(ワ)第374号
九州電力玄海原子力発電所運転差止請求事件
原 告 石丸ハツミ、外
被 告 九州電力株式会社

佐賀地方裁判所
民事部合議係 御中

証 抱 説 明 書

2017年5月8日

原告代理人

弁護士 冠木克彦

弁護士 武村二三夫

弁護士 大橋さゆり

復代理人

弁護士 谷次郎



号 証	標 目 (原本・写しの別)	作 成 年 月 日	作 成 者	立 証 趣 旨	備 考
甲91	入倉・三宅式のデータセットは主に震源インバージョンによるものか	原本 2017年 5月8日	久保木契	入倉・三宅論文(甲57)の図7のデータセットはWells and Coppersmith(1994)、Somerville et al.(1999)、Miyakoshi(2001)の53個であり、この中で震源インバージョンで求められたデータはSomerville et al.(1999)の8個と宮腰(2001 私信)の4個、計12個のみである事実。	原本提出
甲92	P.Somerville et al., Seismological Research Letters, Vol.70, No.1, 1999 p.59(抄)	写 1999	P.Somerville et al(邦訳は原告代理人)	Somervilleほかの論文で、「すべりモデルのトリミングについて」という説明がなされている事実及びその内容。	

号 証	標 目 (原本・写しの別)	作 成 年月日	作成者	立証趣旨	備考
甲93	強震動記録を用いた震源インバージョンに基づく国内の内陸地殻内地震の震源パラメータのスケーリング則の再検討	写 2014	入倉孝次郎、宮腰研、釜江克宏	入倉孝次郎氏、宮腰研氏、釜江克宏氏が2014年の第14回日本地震工学シンポジウムにて学会発表をした事実及びその発表内容。	
甲94	断層面積のトリミング可能性の検証	原 本 2017年 5月8日	小山英之	甲93が対象とした内陸地殻内地震のうち、すべり量が読み取り可能な11論文については、甲92のSomervilleの規範によってはトリミングできない事実。	原本提出
甲95	震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)	写 2016年 12月改 定	地震調査研究推進本部 地震調査委員会	最新の強震動予測レシピの内容。「ここに示すのは、最新の知見に基づき最もり得る地震と強震動を評価するための方法論であるが、断層とそこで将来生じる地震およびそれによつてもたらされる強震動に関して得られた知見は未だ十分とは言えない」との記述があり、地震調査委員会も、強震動予測レシピが確立した手法ではないことを自認している事実。	
甲96	1948年福井地震の強震動 －ハイブリッド法による広周期帯域 強震動の再現－ (地震第2輯52巻 129－150頁)	写 1999 年	入倉孝次郎、釜江克宏	入倉氏、釜江氏の論文で、福井地震の β の値を3.5km/sとしている事実。	
甲97	断層モデルによる 地震動評価の不 確実さに関する検 討	写 2008 年12月	原子力安全 基盤機構	原子力安全基盤機構の報告書に、「2005年宮城県沖地震の短周期レベルは壇・他(2001)の約3.8倍、片岡・他(2006)による1978年宮城県沖地震の短周期レベルは壇・他(2001)の約3.4倍と大きい」との記述がある事実。	