平成２３年（ワ）第８１２号・平成２４年（ワ）第２３号

九州電力玄海原子力発電所運転差止請求事件

８１２号事件原告　　石　丸　ハツミ　外１２９名

２３号事件　原告　　石　丸　ハツミ　外１７名

両事件　　被告　　九州電力株式会社

# 準　備　書　面　(9)

２０１５年4月２７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

代

弁護士　大　　橋　　さ　ゆ　り

代

復代理人

弁護士　谷　　次　　郎

記

## １．はじめに

原告らは準備書面（７）において、被告が基準地震動の設定にあたって入倉・三宅式を適用していることが不適切であり、基準地震動が過小評価となっているため、日本の地震の特性を反映した武村式を用いるよう主張した。その際、津波に関しては現に武村式（断層長さＬ－地震モーメント$M_0$の関係式）を適用していることを指摘した上で、基準地震動の評価では武村式（断層面積Ｓ－$M_0$の関係式）を用いるべきだと主張した。

これに対し被告は、準備書面３において、入倉・三宅式を適用することは妥当であり、原告らの主張は不当であるとし、その重要な根拠として次の２点を挙げている。

①入倉・三宅式は、それを含むレシピの結果が観測記録と整合していること、及び１９９５年以降のデータに照らしても信頼できること。

②武村式は断層長さＬを不当に小さく評価して不適切であること。

そしてその判断に基づいて、「入倉・三宅式の代わりに武村式を用いるべきとする原告らの主張が不合理であることは明らかである」と主張している（１５頁）。

しかし、上記①は、観測記録との整合性が成り立っているとは言えず、レシピが確立された見解とは言えない現在のところは、安全側に立って武村式で地震動を評価する必要がある。

また、②については適切な反論になっていない。基準地震動の評価では、断層長さＬと地震モーメント$M_0$の関係でなく断層面積Ｓと地震モーメント$M_0$の関係が適用されており、原告らが準備書面（７）で適用すべきだと主張したのも$S$-$M_0$関係としての武村式であった。被告の反論は的外れである。

以下、被告の準備書面３に沿って、小山英之意見書（甲７２）に従い内容を順次検討・批判する。

## ２．前提となる事実（１）－武村式と入倉・三宅式、及び評価の指標

### （１）基準地震動評価に用いるべきは、武村式のうち$S$-$M_0$関係

原告らが準備書面（７）において基準地震動評価に用いるべきだと主張したのは、武村式のうち、断層面積 S と地震モーメント $M_0$ の関係で、それも地震規模が大きい場合（$M_0 \geqq 7.5\times10^{25}$（dyne・cm））である。

この式は被告準備書面３の式(6)で示されている次式である。

$\log S(km^2)=1/2\log M_0(dyne\cdot cm)-10.71$　　**式(1)（被告準備書面３式(6)）**

他方、入倉・三宅式は被告準備書面３の式（２）で与えられているが、それを上式と同じ形式に書きなおすと以下の式になる。

$\log S(km^2)=1/2\log M_0(dyne\cdot cm)-10.37$　　**式(2)（被告準備書面３式(2)）**

これらの式は一般に、$x=\log M_0$、$y=\log S$ と書いたとき、

$$y=ax+b$$

という１次式の形をしていて(a=1/2 と固定)、最小自乗法で b を求めた結果は、各点について

$$b=\log S-1/2\log M_0 \qquad \text{式(3)}$$

を計算し、それらの算術平均をとった値と一致する。

そして、ある測定値の点（$M_0$,S）が与えられたとき、その点が入倉・三宅式線に近いか、武村式線に近いかは、式（３）によって b を計算すれば、-10.71 に近ければ入倉・三宅式、-10.37 に近ければ武村式と判断できる。その意味で、b はその点（$M_0$,S）がどの位置にくるかを評価・判断する指標となる。（以上、甲７２、１ないし２頁）なお、ここで図１とは被告準備書面３の図３であるが、その元をたどれば、入倉・三宅論文（乙 22）の図７である。この図の中には武村式線も書かれているが、武村式線の方が入倉・三宅式線より右側にある分だけ、同じ断層面積 S に対して横軸の地震モーメントは大きい値になる。つまり武村式は入倉・三宅式より安全側になることが分かる。

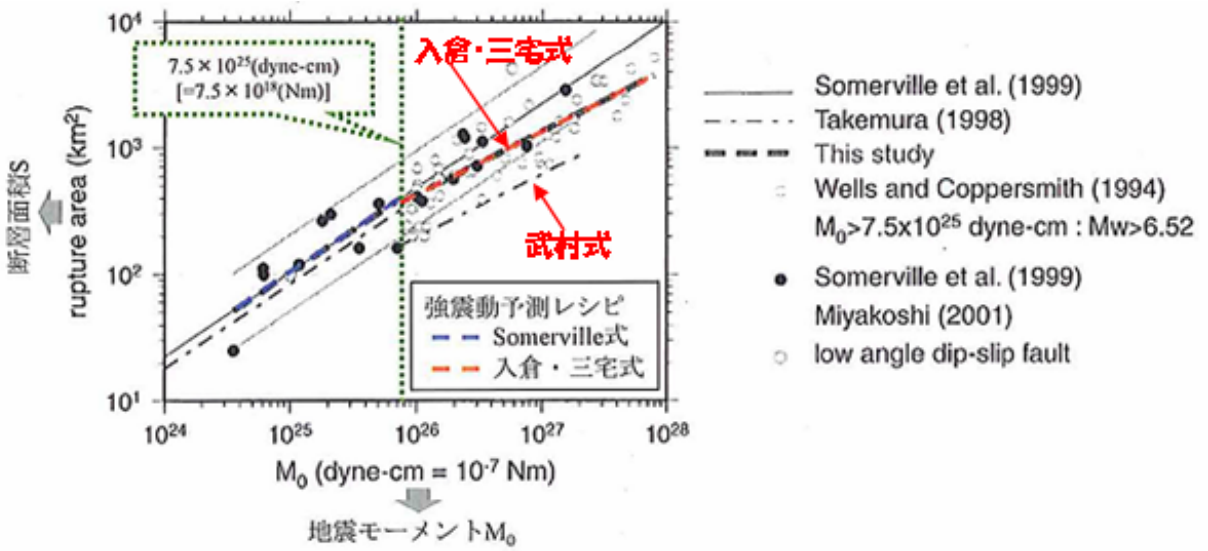



図１（被告準備書面３の図３に加筆）地震モーメント M0 と断層面積 S

表１．武村式の基になったデータ（武村・表 1）及びｂの値

| No | 地震名 | M0（dyne・cm） | 断層面積 S（km²） | b |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1891 年濃尾地震 | 1.5E27 | 1700 | -10.358 |
| 2 | 1927 年北丹後地震 | 4.6E26 | 460 | -10.669 |
| 3 | 1943 年鳥取地震 | 3.6E26 | 429 | -10.646 |
| 4 | 1948 年福井地震 | 3.3E26 | 390 | -10.668 |
| 5 | 1930 年北伊豆地震 | 2.7E26 | 264 | -10.794 |
| 6 | 1995 年兵庫県南部地震 | 2.5E26 | 375 | -10.625 |
| 7 | 1939 年男鹿地震 | 1.7E26 | 192 | -10.832 |
| 8 | 1978 年伊豆大島地震 | 1.1E26 | 170 | -10.790 |
| 9 | 1961 年北美濃地震 | 9.0E25 | 120 | -10.898 |
| 10 | 1946 年三河地震 | 8.7E25 | 132 | -10.849 |
| 平均 | | | | -10.712 |

注：No.1 と No.2 の断層面積は、元の武村表（乙 23 表１）の注釈の値を採用。

## ３．前提となる事実（２）－震源インバージョンについて

被告準備書面３の４頁で､｢最も精度の良い方法が強震動記録を用いた震源インバージョンである」と記述されている震源インバージョンについてであるが、甲７２の３頁において、これがいかに未だ不確定な研究段階の方法であるかにつき説明がされている。

インバージョンは「逆」を意味するとおり、結果としての地表面に現れた地振動のデータから、離れた地点の地下にある震源特性（パラメータ）を予測する方法である。

右のイメージ図（図２）のように、地下の断層面（面積S）をまず想定する。

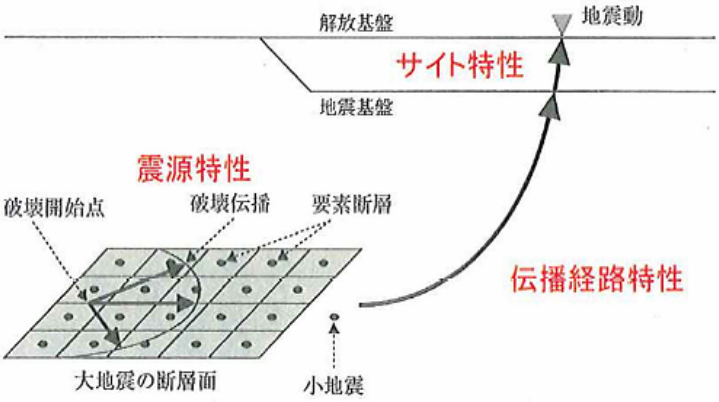


図２．被告準備書面３の図１

その小部分である要素断層の継続的な「すべり」によって起こる振動が、伝播経路を通って地震基盤に到達し、そこからさらに地震計の置かれている位置までの地盤（図２のサイト特性）を増幅しながら伝播する。その地震動観測結果から「逆に」震源特性を推定する地震インバージョンの場合、伝播経路特性や増幅特性（サイト特性）がよく分かっていないと推定できないし、さらに実際にはさまざまな制約条件（仮定）を付加して解（各要素断層のすべり量）を求めている。それから平均すべり量Ｄを出し、次式により地震モーメント$M_0$を計算している。

$$M_0 = \mu DS \quad (\mu：剛性率) \qquad 式(4)$$

断層面、伝播経路特性、サイト特性をどのように想定するかには相当な不確定性があり、同じ地震を扱っていても観測地点や解析方法によって相当なばらつきがある。

特にここで問題になるのは、入倉・三宅式や武村式で扱っている断層面積Ｓをインバージョン解析におけるどの面積と対応させるのかである。この点、インバー

ジョン解析では、次のような方法で断層面から破壊領域を求め、その破壊領域の面積をＳに対応させることにしている（甲６８、８２頁)。

① まず長方形の断層面を何らかの方法で想定し、それを図２のように要素断層に分割する。要素断層をどの程度の大きさにするかに一定の基準はなく、その決め方によって結果も変わる。

② 要素断層面の各すべり量を求め、それから断層面全体の平均すべり量 De を求める。

③ 断層面の端の小断層列(または行)を取り出してその平均すべり量を計算し、その値が 0.3De 未満ならばその列（行）を削除する。

④ この操作を行､列について繰り返し､残った領域(破壊領域)の面積をＳとし、そのときの平均すべり量をＤとする。

以上は Somerville et al の定義（規範）とされている方法であり、そこで引用されている Somerville et al の論文に確かにこの方法は書かれている。

ただし、その論文でも次の重要な点は記述されていない。

**(a)最初に想定する断層面の想定の仕方の基準が明らかでない。**

**(b)なぜ削除規範を 0.3 にとるのか、なぜ例えば 0.5 ではだめなのかが書かれていない。**

破壊領域を残すかどうかの基準 0.3De は絶対的なすべり量の基準値ではなく、結果としての破壊領域は最初の断層面の想定の仕方や分割数に依存することになる。

さらに、別の基本的な問題として、断層面やアスペリティ領域をなぜ長方形に限定するのかという問題がある。この制約によってアスペリティ領域の中に小さいすべり量をもつ要素断層が相当にたくさん含まれ、逆にアスペリティではない領域にすべり量の大きい要素断層がいくつも含まれることになる。

その結果、アスペリティ領域に関するｂ値は、武村式のｂ値よりさらに小さくなる。このことから、元の断層面とアスペリティ領域の間に別のより小さい断層面を設定する可能性が残されているとも考えられる。

インバージョン解析に関する問題は、断層面の最初の採り方だけではなく、むしろより大きい問題が、すべり量の評価にある。図１で、縦軸の断層面積Ｓを固定してみれば、横軸の地震モーメント$M_0$は武村式では入倉・三宅式の約4.7倍になるが、それは$M_0$の定義式である式(4)で見れば、Ｓを固定しているのですべり量が4.7倍になることに相当する。不確定性を含む方程式から求めたすべり量の解にはそれなりの不確定性が含まれるはずである。

## ４．入倉・三宅式の信頼性は未確認（被告準備書面３の７頁第３の１、反論①）

被告準備書面３の７ないし９頁では、入倉・三宅式の信頼性が（１）、（２）及び（３）として主張されている。

（１）入倉・三宅式を含む強震動予測レシピにおける強震動予測手法

被告準備書面３の７頁では、「 実際に発生した地震（2000 年鳥取県西部地震，2005 年福岡県西方沖地震）における実際の観測記録（防災科学技術研究所Ｋ・ＮＥＴ・ＫｉＫ-ｎｅｔ 観測点，気象庁観測点，自治体観測点）と強震動予測レシピに基づくシミュレーション結果が整合することが確認されており，その信頼性が実証されている【乙２４　（付録 3-1 頁)】」と書かれている。

しかし実際には、指定されている乙２４、付録 3-1 頁では、「観測記録を用いた強震動予測手法の検証を実施した」と書かれているだけで、「信頼性が実証されている」などとは書かれていない。

これら２つの地震動（２０００年鳥取県西部地震，２００５年福岡県西方沖地震）については、地震調査研究推進本部の地震調査委員会・長期評価部会で検討が行われ報告書が出されている。これらは糸魚川-静岡構造線断層帯で研究された強震動評価手法に沿って検討されていて、地震モーメントは基本的に入倉・三宅式（または Somerville et al）を用いて算出されている。（詳細は甲７２、４ないし５頁のとおり）

いずれにせよこれらの検討は、さまざまなケースを想定してそれぞれの結果を観測記録と照らし合わせている段階であって、とても検証が完了したと言えるような状況ではない。

実際の表現としては、甲６９では「概ね整合」（２頁）として今後の課題が列挙され、甲７０では「現在のレシピによって概ね再現可能であることが確認された」（１１頁）とされ、その後に今後の課題が列挙されている。ただし、「概ね」の基準や指標が記されているわけではないので、これらの検証はまだ途上にあり、とても被告がいうように「信頼性が実証されている」などと言える段階ではない。

（２）被告準備書面３の図４について

被告は準備書面３の図４をもって「本件原子力発電所の敷地周辺の地域的な特性に照らしても，入倉・三宅式を含む強震動予測レシピを地震動評価に用いることが妥当であることが確認されたのである」と称している。

しかし、福岡県西方沖地震を示す図４のうちNS方向では、観測記録がモデル評価値を上回っている周期帯が３か所以上ある。ちなみに、基準地震動を決める場合は、ある地震動が従来の基準地震動Ｓs1をある周期帯で超えた場合、その地震動は新たな基準地震動Ｓs2として設定するようになっている。このような措置に照らせば、図４のNS方向でモデル評価値が観測記録を上回っている事実をけっして軽視することはできない。実際、周期０．３秒の位置では、加速度の観測記録がモデル評価値の２．７３倍となっていること、その場合（短周期レベルＡはM0の1/3乗に比例するという壇たちの式によれば）、地震モーメントは約２０倍になる。それゆえ、被告が準備書面３の７頁で述べるように「精度よく再現できる」「強震動予測レシピを地震動評価に用いることが妥当であることが確認された」などとはとても認めることはできない。

実際、乙２５－２の７８頁（被告準備書面３で図４として引用）でも、「本震観測記録を概ね再現できることを確認」と書かれているのであり、「精度よく再現できる」とか、「妥当であることが確認された」というような意味あいではないのである。

（３）最新かつ国内のデータによっても入倉・三宅式の信頼性は損なわれないか（被告準備書面３の８頁）

この問題は被告準備書面３の図５で示されているが、その基は乙２６の表１～

表３で数値的に示されている。表１では地震モーメント $M_0$ は Inversion と F-net の両方が示されているが、表３ではなぜかより小さい方の F-net の値が採用されている。この採用方式は武村式ではなく入倉・三宅式により接近させることになる。また、複数の値がある場合は、幾何平均をとっているが（乙２６、１５２９頁)、最も安全側の数値を選ぶべきである。

結果として、ほぼどの結果も入倉・三宅式線上に並ぶことになっているが、レシピを強く意識して処理したからではないかと疑われる。被告がこの疑いを拭い去るためには、具体的な解析プロセスがすべて公開される必要がある。

（４）小括

被告の主張する、入倉・三宅式の信頼性の根拠３点に対して、（１）（２）においては地震インバージョン解析とはいうものの結局は入倉・三宅式を用いて地震モーメントを出しているが、その結果は、（１）においては観測結果と相当かけ離れており、（２）でも観測結果を相当に大きく上回っている周期の領域があることが確認できる。

（３）でもすべり量の評価の不確定性がどのように考慮されたのかが不明確だという問題がある。

それゆえ、このような評価は確定されたものとはとてもみなされず、まだ試行の段階にあるものと考えるべきである。

なお、被告準備書面３の９頁「２　本件原子力発電所における評価」では、単に断層面積から入倉・三宅式によって地震モーメントを計算しただけであることを指摘しておく。

## ５．武村式が安全側から採用されるべき（被告準備書面３の第４・、反論②）

（１）問題にしているのは断層面積Ｓ－地震モーメント MO の関係

武村式について原告らは、準備書面（７）において、断層面積Ｓと地震モーメント $M_0$ の関係式を用いるよう主張した。基準地震動の評価においては、津波評価と違って、S-$M_0$ 関係式が用いられているからである。

ところが、被告準備書面３の第４においては、断層面積Ｓではなく、断層長さ

L と地震モーメント $M_0$ の関係を論じ、かつ、武村式につき「断層長さＬを不当に小さく評価して不適切である」旨論難している。

被告準備書面３の 13 頁（３）において、「データ（表３）についても、入倉・三宅式と整合的であることが確認されている」と述べているが、この判断が対象としているのは L-$M_0$ の関係である。もちろん L と $M_0$ は、特に断層幅が飽和する領域において関係があるとは言え、断層面積 S 固有の関係式が存在するのだから、被告はこちらについて論じるべきであった。

現に被告は、前述したように、準備書面３の図３（本意見書、図１）において S-$M_0$ の関係を図示し、そこで武村式の線をも示している。この図によれば、武村式は入倉・三宅式より $M_0$ が大きくなるような安全側の位置にあるのは一目瞭然である。

この図からは、安全側に考慮するのであれば、当然武村式を採用すべきだという結論になる。

（２）被告準備書面３の表３データについて

なお、被告はもっぱら L-$M_0$ 関係について論じている反面、被告準備書面３の表３には断層面積 S を含むデータが示されている（以下「修正データ式」と略称する）。そこで、甲７２、７頁以下では、表３（＋表２）から決まる式（修正データ式）が S-$M_0$ 関係としての武村式を否定するという被告の意図を再現しているのかどうかを念のためチェックしている。

その結論は、入倉・三宅式との位置関係において、修正データ式でも武村式から本質的な変化をしていないことが判明している。

（３）すべり量の評価

さらに大きな問題は、断層面積や b の評価だけでなく、すべり量の評価にある。

前記のように、そのすべり量評価には相当な不確定性があると考えられるので、安全側に大きい方の値を採用すれば、地震モーメントは大きい値となり、結果は武村式に近付くことになる。

被告は準備書面３の１４ないし１５頁で、武村式では断層長さ L を不当に小さく評価したと批判している。そのような面が多少はあるにせよ、問題はそれだけ

ではなくすべり量の評価にある。

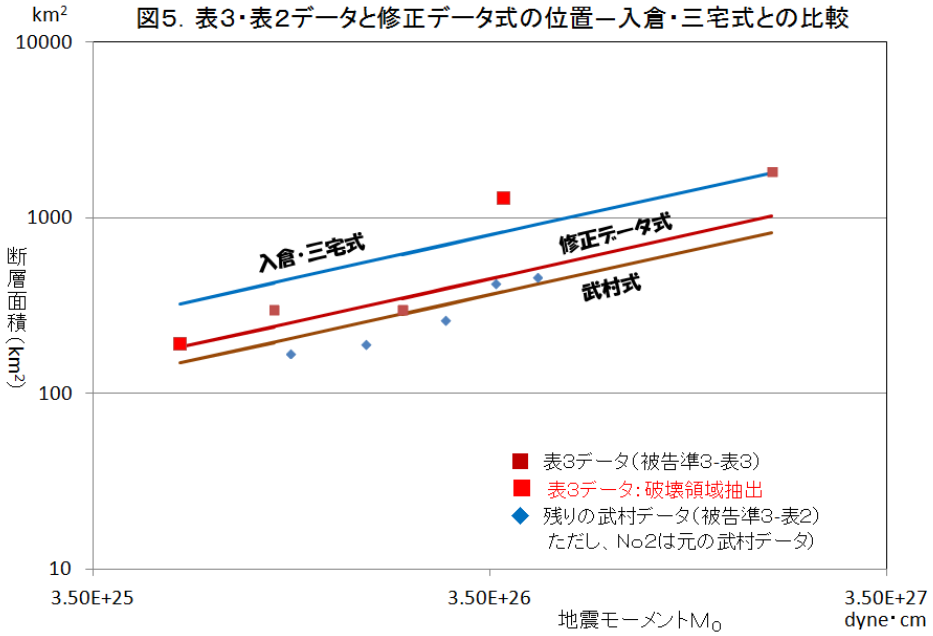
事実、甲７２、８頁以下において、元の武村データ（被告準備書面３表２）におけるすべり量と表３データにおけるすべり量を比較してみたところ、すべり量評価の不確定性をまさに表すような数値が出ている。

（４）小括

前記のように、被告はその準備書面３においてＬ－$M_0$関係に関して原告を批判したが、それは筋違いである。そのことを指摘した上で、表３（＋表２）から決まる式は入倉・三宅式ではなく元の武村式に近い位置にあることを確認した。

さらに、武村式はすでに津波評価において定着しており（ただしそこでは断層長と地震モーメントの関係）、前記図３にも登場していることからすれば、表３データ式ではなく元の武村式で論じるのが妥当であると考える。

被告は津波評価では武村式を採用したことは認めているのに、地震動評価でもなぜ武村式の適用を認めないのか。断層面積から地震モーメントを導き出す過程では、明らかに入倉・三宅式より武村式のほうが過去の日本特有のデータにより合致している。しかも武村式を用いれば入倉・三宅式よりも安全側に評価することになるのである。現に、被告準備書面３の１７頁では、「地震モーメントが 4.7 倍になっても」と元の武村式をとりあげているのである。



## ６．地震加速度は武村式では入倉・三宅式の何倍になるか（被告準備書面３の第６）

（１）被告の指摘について

地震モーメントが、元の武村式では入倉・三宅式の 4.7 倍になったとき、地震加速度は何倍になるだろうか。被告は、準備書面３の１７頁第６において、「原告らは『地震モーメントが 4.7 倍になると、地震による揺れの加速度も 4.7 倍になる』と主張するが、地震動の短周期レベルは、地震モーメントの 1/3 乗に比例するものであり、地震モーメントが 4.7 倍になっても、地震による揺れの加速度は 1.7 倍程度になるだけであり、明らかな誤りである」と述べているので、この件につき甲７２、９ないし１０頁において検討されている。

その結果は、元の武村式を採用した場合、地震モーメントが入倉・三宅式の場合の 4.7 倍になるが、その結果としての地震動の加速度は、$4.7^{1/3}$＝1.7 倍になる場合だけでなく、$1.7^{1/2}$＝2.2 倍になる場合やさらには 4.7 倍になる場合などもあり得る。それゆえ、安全側に考えるなら、4.7 倍になる場合を想定する必要がある。

（２） $M_0$ が 4.7 倍で加速度が 1.7～2.2～4.7 倍となる場合

断層面積Ｓをある値（実際のどれかの断層面積）に固定して考え、武村式を適用すればその結果の地震モーメントは入倉･三宅式を適用した値の 4.7 倍になり、短周期レベルは入倉・三宅式の場合の 1.7～2.2～4.7 倍になる。つまりまずは基本ケースでこれだけの変化が生じる。それをベースにして、さまざまな不確定性の場合を考慮して加速度を求める。その結果はこれまで得られた加速度値を単に 1.7～2.2～4.7 倍すればよいことになる。

その結果は、２．１４倍になれば、大・中・小ＬＯＣＡを起こす配管の裕度を超えてしまう（甲 E、添付資料 5-1-6、2/12 頁）。１．６５倍であっても配管が劣化していれば裕度が下がるのでやはり超えてしまい、ＬＯＣＡが起こりえる。

つまり、被告は配管等の劣化の状態をすべて検査で明らかにし、Ss-1 加速度の１．６５倍の地震に襲われても問題が生じないことを示さなければならない。

## ７．結論

被告準備書面３の指摘は大きく分けると２つになり、それぞれについて検討してきた。

第１に､インバージョン解析の結果であるが､さまざまな面で不確定性があり、レシピを想定して導いた結論は観測記録と整合しているとは言えないし、また、解として導かれたすべり量には相当な不確かさがあるものと考えられる。

また、１９９５年以降のデータが入倉・三宅式を支持しているという点であるが、これについては断層破壊面積を入倉・三宅式等の断層面積Ｓに対応させる場合、破壊面積の評価の仕方・規範に不確かな面があり、Somerville et al の規範 0.3 をたとえば 0.5 に変えれば、破壊面積は小さくなり結果は武村式により近付くことになる。さらに、すべり量評価の不確かさがどのように評価されているのかが明らかではなく、入倉・三宅式に接近するように評価されたという疑いが拭い切れない。

いずれにせよ、レシピでは評価が確定しているような段階にはなく、様々な可能性について試行がなされている段階にあると捉えるべきである。それゆえ、現在のところは安全側に武村式で評価するのが妥当である。

第２に、武村式の修正データである表３については、被告準備書面３で引用している論文（乙 26）自体の中で、破壊面積の評価がなされていないことが指摘されており、それだけこのデータの信頼性は乏しい。それゆえ、このようなデータでは武村式から離れて入倉・三宅式に近付く傾向になるが、それでも実際には図５で示したように、修正された点はそれほど入倉・三宅式に近付いてはいない。

修正の仕方にこのような不確かさがあることも考慮すれば武村式を否定する根拠には乏しく、やはり安全側に元の武村式を用いて地震動を評価すべきである。

その結果、地震モーメントは入倉・三宅式の結果の 4.7 倍になる。他方、短周期レベル（加速度）については、$4.7^{1/3}$＝1.7 倍、$4.7^{1/2}$＝2.2 倍及び 4.7 倍となる可能性がある。安全側に考慮するなら加速度が 4.7 倍になる場合を想定するべきである。2.2 倍以上であれば、ＬＯＣＡが起こる場合の裕度を超えることになる。たとえ、1.7 倍であっても、配管が劣化していれば裕度が下がるのでそれを超え

る可能性が生じる。

そのため被告は、まずは武村式を想定した地震動評価を行うことが必要である。その上で、加速度が 4.7 倍になる場合の耐震安全性を全面的に検証すべきである。

もし仮に、あくまでも加速度は 1.7 倍にしかならないというのであれば、重要配管等について劣化の程度を検査で確認し、現行評価の 1.7 倍の加速度に襲われても安全かどうかを検証しなければならない。

被告は最低限でも加速度が $4.7^{1/3}$＝1.7 倍になることは認めているのだから、その場合でも安全性が保たれることを、配管等の劣化を現実的に評価した上で、具体的に示さなければならない。

以　上