

平成24年（行ウ）第117号 発電所運転停止命令義務付請求事件

原告 134名

被告 国

準備書面(17)

2016（平成28）年9月20日

大阪地方裁判所 第2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

弁護士 高 山 巖

弁護士 瀬 戸 崇 史

復代理人

弁護士 谷 次 郎

本準備書面は、本件大飯原発の耐震設計にかかる基準地震動の算出に関して、従前の主張に追加して、熊本地震の発生により新たに提起された問題についてまとめて主張するものである。

第1 はじめにー熊本地震の提起した問題と地震動評価

1 前代未聞の熊本地震と島崎邦彦氏の提言

2016年4月14日午後9時26分と同年4月16日午前1時25分に、熊本県熊本地方において連続して最大震度7を観測するという前代未聞の大地震が発生した（気象庁は、本年4月14日午後9時26分以降に発生した熊本県を中心とする一連の地震活動を「平成28年（2016年）熊本地震」と命名しており、本書面でも一連の地震活動を「熊本地震」という）。

この地震を受けて、前原子力規制委員会委員長代理島崎邦彦氏は、現実生じた地震動に対比して「入倉・三宅式」は過小評価になっているとの明確な見解を表明し「この式（注：入倉・三宅式）を津波や強い揺れの推定に用いれば、「想定外の災害や事故が繰り返される恐れがある。二度と同じ過ちを犯してはならない。」との提言をした。熊本地震の地震モーメントの実測値は武村式の計算結果にほぼ合致しているが、入倉・三宅式では実測値の1/3.4という過小評価になっているというのである。

島崎氏は、原子力規制委員会田中俊一委員長らと面談して、大飯原発の基準地震動について再計算することを求め、それに従って規制庁は7月13日に武村式を適用した試算を行った結果、地震動の評価が入倉・三宅式を用いた数値の1.81倍にも達するという結果が出された。しかし、規制庁は、この結果について「してはならないことをした」ともみ消しに必死となり、結論的には、現行の入倉・三宅式での算定方法を見直す必要はないとした。しかし、入倉・三宅式の信頼性が大きく揺らいでいることは明白である。

2 本書面においては、原告らの従来主張を確認し、島崎氏の提言した問題とそれに対する入倉氏側の反論を検討するとともに、原告らが従来から武村式の優位性を主張してきた根拠として、武村式がその対象としている地震データが我国における巨大地震のデータを根拠として、我国における巨大地震の特性を明らかにしていることを主張してきた。

一方、入倉・三宅式が根拠としてきた41個のデータセット（甲96、150）から北西アメリカのデータを選び出してその平均式と武村式の位置を比較することによって、正に武村式が日本の地震の特性をあらわしていることを述べる。

3 上記北西アメリカのデータセットと日本のデータセットとの間に明確な違いがあることは入倉氏も認めているが、この地域によって地震の様相が異なっていることは、それぞれの地域において生じた地震のデータはそれぞれに特性があることを示している。地震動評価はリアリティが大切であり、日本の地震の特性を反映している経験式をこそ採用すべきであり、さらに、従前から主張しているように、経験式は平均値であるから、その経験式の有するばらつきも考慮されなければならない。

4 最後に加速度との問題について述べる。基準地震動の算出経過が問題にされているが、最終的に地震の強度は加速度で表わされる。したがって、基準地震動算出における過小評価の問題は加速度の過小評価につながるわけであるから、現実の被害に直接加わる重要な問題であり、それがどのような差異となってあらわれるかを述べる。

第2 基準地震動の算出にかかる原告と被告の主張の整理

原告らはこれまで、基準地震動の算出に関して用いられている入倉・三宅式で

は過小評価となるので、武村式を用いるべきこと。また、これら経験式はそのベースとなったデータセット（集合）の平均値であるがゆえに、地震審査ガイドI. 3. 2. 3の指示に従って「ばらつき」を考慮すべきであると主張してきた。関連して、島崎邦彦・前原子力規制委員会委員長代理（耐震性審査の責任者であった）が、学会発表で入倉・三宅式によると過小評価になる旨の学会発表を行ったことを紹介した。

この間の、基準地震動の算出にかかる原告と被告の主張をまとめると、以下のようになる（書面の日付は西暦で統一した）。

- (1) 2014年3月5日付原告ら準備書面（5）。入倉・三宅式は過小評価であり、武村式を用いるよう主張。
- (2) 2015年6月17日付原告ら準備書面（10）。島崎氏の学会発表を証拠として提出。
- (3) 2015年6月24日付被告第9準備書面。原告ら準備書面（5）に対し、入倉・三宅式を用いることが合理的であるとの主張。
- (4) 2015年9月11日付原告ら準備書面（12）。追加主張として、地震審査ガイド3. 2. 3が指示する「ばらつき」を考慮するよう主張。併せて、被告第9準備書面への反論及び求釈明。
- (5) 2015年9月16日付被告第10準備書面。原告ら準備書面（10）の島崎氏学会発表に関する原告らの主張に対する反論。
- (6) 2015年12月21日付被告第11準備書面。原告ら準備書面（12）に対する反論及び求釈明に対する回答。
- (7) 2016年3月16日付原告ら準備書面（14）。被告第11準備書面への反論。及び新たにばらつきに関する求釈明事項。
- (8) 2016年6月10日付原告ら準備書面（15）。ばらつき問題に関する見解・主張。
- (9) 2016年6月17日付被告第13準備書面。原告ら準備書面（14）へ

の反論的見解及び同書面の求釈明事項への回答。

(10) 2016年9月21日付被告第14準備書面。原告ら準備書面(15)に対する反論。

第3 入倉・三宅式ではなく武村式を用いるべき根拠

入倉・三宅式は世界の地震の平均であり、武村式は日本の地震の特性を反映し、日本におけるリアリティを表している。

1 入倉・三宅式と武村式の比較

原告らがこれまで主張してきたとおり、断層面積 S と地震モーメント(地震規模)の関係を表す入倉・三宅式(甲96)と武村式(甲97)は、それぞれのデータセット(集合)から平均値として導かれた式である(最小二乗法が適用されているが、傾きが $1/2$ (両対数グラフで)に固定されているので、単なる平均操作でも導かれる)。図1として、同一座標平面上に入倉・三宅式のデータセットと式、武村式のデータセットと式を入れたものを示す。図1の縦軸に断層面積 S がとられ、横軸に地震モーメントがとられている。

縦軸の S の値が同じでも、横方向に右方にある点はより大きな地震モーメントに対応する。

他方、横軸の M_0 の値が同じであっても、縦方向に下方にある点は小さな断層面積でその M_0 値を生み出すことを示す。ごく概括的に言えば、右下方向に分布す

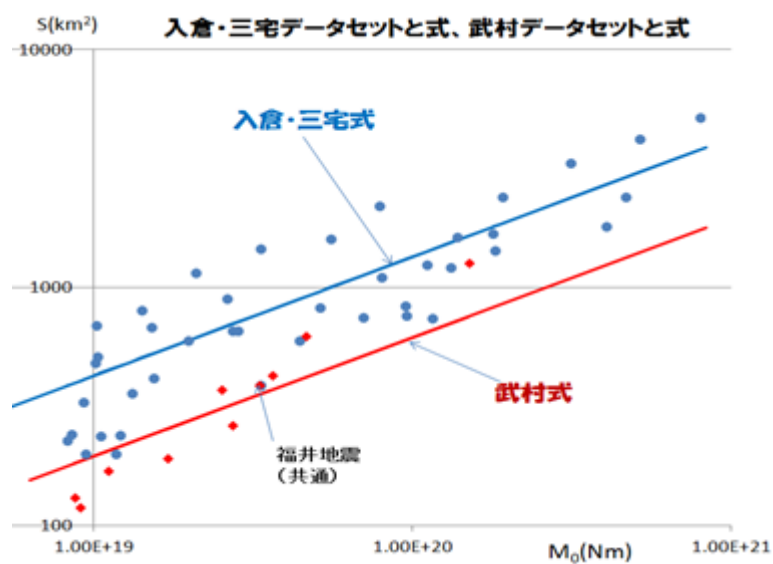


図1

る点はきつい地震動を与え、左上方向の点は緩い地震動を与えることになる。

2 北西アメリカ地震の特性に近い「入倉・三宅式」と遠い「武村式」

入倉・三宅式の41個のデータセット(図1では青丸点)は、Wells & Coppersmithの論文(甲150)の表にある世界の244個のデータから、入倉・三宅が確からしいデータとして選びだしたものである。それゆえ、その平均値である入倉・三宅式は世界的に広くばらついているデータの平均値だといえることができる。他方、武村式は、図1では赤いダイヤ印で示されている日本だけの10個の大地震のデータセットの平均値として導かれている(元々は、断層長さLと地震モーメント M_0 の関係式として得られ、それに断層幅 $W=1.3\text{ km}$ 一定として $L=S/1.3$ を代入して得られた式であるが、他方、断層面積Sと地震モーメント M_0 のデータから直接平均操作で得た式と偶然にも一致している。それゆえ、S- M_0 の武村式も独自の意義をもつと見なせるであろう)。このように、武村式は日本の地震の特性を表す式と見なすことができる。

しかし、世界の平均値と比べて日本の地震の独自性を描くのはあいまいな感を感じない。やはり他の地域の特性と比べて日本の地震の特性を描き出すことが必要である。そのため、入倉・三宅の41個のデータセット(甲96、甲150)から、北西アメリカ(カリフォルニア州の7つのデータとアイダホ州の1つのデータ)のデータを選び出して、その平均式と武村式の位置を比較してみる。その結果は図2のようになり、北西アメリカの平均式

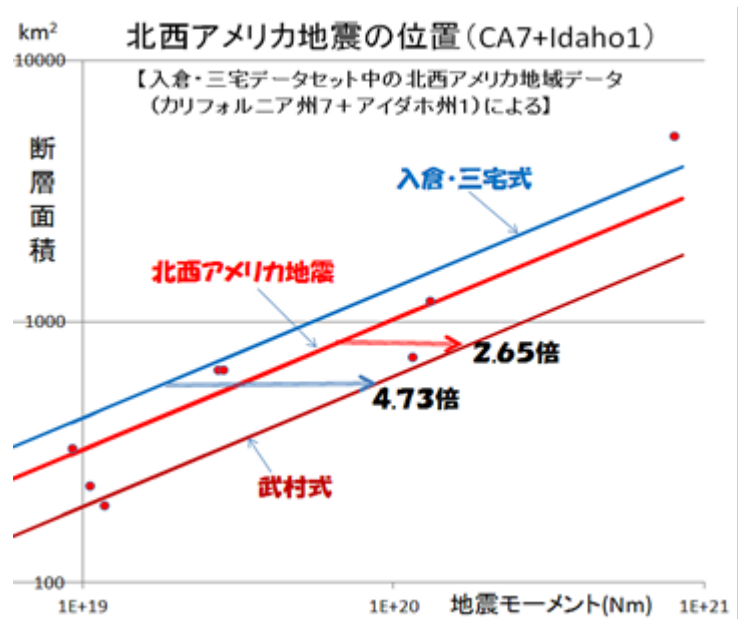


図2

の位置はほぼ世界の平均である入倉・三宅式の近くにくる。つまり、入倉・三宅式は北西アメリカの地震に近い特性を表しているともいえるのであり、それと明確に異なる位置に日本の地震の特性を表す武村式が位置しているのが分かる。

3 北西アメリカ地震と日本地震は明らかな違いがある。

さらに、このような北西アメリカと日本の地震の特性に違いがあることは、実は当の入倉氏自身によって明確に認められ、指摘されているのである。Somerville 及び入倉他の1993年の研究発表(甲151)では、次のように結論されている。「日本と北西アメリカの地殻内地震では、明らかな違いがあることがわかった。・・・、日本の地震の破壊面積は小さく平均すべり量は大きい」。

その研究発表文に掲載されている日本と北西アメリカのデータを用いて、傾き1/2に固定した平均値を求め、データとともに描くと図3のようになる(これらデータセットは、入倉・三宅のデータセットや武村データセットとは異なっている)。

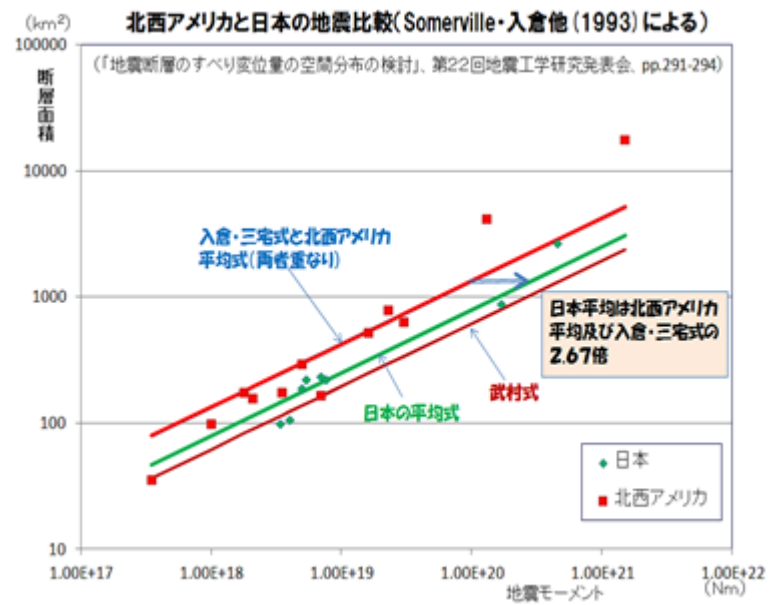


図3

アメリカ北西部の平均線は偶然にも入倉・三宅式と一致する。他方、日本のデータセットは武村データセットとは異なっているが、その平均線はほぼ武村式の近くに位置している。こうして、入倉・三宅式は事実上、北西アメリカの平均線の位置にきて、それと明確に違いがあると入倉氏が認める別の位置、武村式に近い位置に日本の地震の特性を表す平均線がきている。

4 小括 — 武村式は日本地震の特性を反映している。

以上を総括すれば、入倉・三宅式は世界の地震の平均であるとともに、北西アメリカの地震の特性を表す位置にあり、それと異なる特性をもつと入倉氏自身が認めるより厳しい地震規模を引き起こす位置に日本の地震はあり、武村式はそのような日本の地震の特性を反映しているといえることができる。

第4 熊本地震を受けた島崎提言と規制庁の試算

前代未聞の態様を示した熊本地震は、以下に詳述するとおり、まさに日本の地震の特性の入倉・三宅式からの乖離を如実に示した。熊本地震に照らせば入倉・三宅式は過小評価をもたらすことを、前原子力規制委員会委員長代理の島崎邦彦氏が具体的に指摘し、別の式（武村式など）で評価し直す必要があることを規制委員会に提言し、それを受けた規制庁は武村式を用いて試算し、島崎氏の評価を追認した。正に、具体的に生じた熊本地震の地震動に照らし合わせて、入倉・三宅式の誤りが明らかとなったのである。

(1) 島崎氏の熊本地震の評価とそれに基づく提言

島崎氏は熊本地震の本震を起こした断層について次のように評価している（甲152）。

島崎氏の断層想定

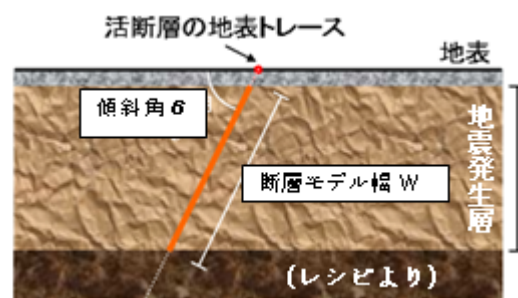
（岩波「科学」2016年7月号）

断層長さ：L=31km、傾斜角（右図）：60度

断層幅：W=16km

（=発生層幅 14km / $\sin 60^\circ$ ）

⇒断層面積：S=LW=496 km²



この断層評価に基づいて、次の入倉・三宅式と武村式(L)により地震モーメント（地震規模：M₀）を計算して実測値と比較している（下記には参考のため武村式

(S)も書いておく)。

■地震モーメント (地震規模) M_0

[入倉・三宅式] $M_0 = 5.562 \times 10^{13} S^2$ (or $\log S = 1/2 \log M_0 - 6.873$)

[武村式 (L)] $M_0 = 4.365 \times 10^{16} L^2$ (or $\log L = 1/2 \log M_0 - 8.320$)

[武村式 (S)] $M_0 = 26.31 \times 10^{13} S^2$ (or $\log S = 1/2 \log M_0 - 7.210$)

地震モーメント	入倉・三宅式 A	実測値 B	比率 B/A	武村式 C	比率 B/C
M_0 ($\times 10^{19} \text{Nm}$)	1.37	4.66	3.4	4.2	1.1

この結果から、入倉・三宅式は実測値の $1 / 3.4$ の過小評価をもたらすが、武村式は実測値とほぼ整合的であることが分かる。この評価に基づいて島崎氏は、別の式を用いて大飯原発の地震動評価をやり直すよう規制委員会に提言した。

なお、地震モーメントが 3.4 倍になると、現在の加速度 (短周期レベル) に関する評価方式では、最大加速度は 3.4 の $1 / 3$ 乗 (3乗根) である 1.5 倍になることが島崎氏によっても示されている。後述するように規制庁もこの加速度評価方式に従っている。

(2) 武村式を用いた規制庁の試算

ア 島崎氏の提言を受け入れた原子力規制委員会の指示に従って、原子力規制庁は本件大飯原発の基準地震動について、入倉・三宅式の代わりに武村式を用いた試算を行った (甲 1 5 3)。その課題を規制庁は次のように規定している (甲 1 5 4)。

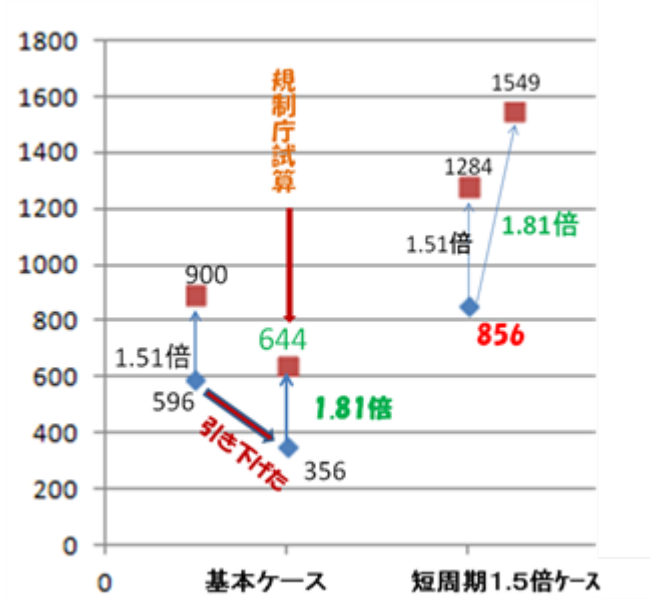
「(1) 武村式への置き換えに係るもの

① 今回の試算は「地震モーメントを武村式 (1998) で算出し、その他は関西電力と同じ手法で地震動を評価する」という課題に取り組ん

だもの。」

規制庁は大飯原発について、不確かさの考慮のうちの基本ケースだけで式の入替をすればよいとの判断に立ち、式の入替を行った。ところが実際には、「その他は関西電力と同じ手法」を用いるべきところ、関西電力が具体的にどのような手法を用いて地震動評価をしていたのかを把握しておらず、関西電力に聞きもしなかったために分からなかった。こうして自らの独自の手法で計算したところ、従来の加速度評価値が下がってしまったという。

その様子は右図の基本ケースで示されている。従来は基本ケースでの最大加速度は596ガルであり、式の入替による効果でそれを1.51倍にすると900ガルとなって



現行最大の856ガルを超えてしまう。ところが規制庁は関西電力とは別の評価方式を適用して、式の入替以外の評価までもやり直し、関西電力の従来の評価値596ガルを356ガルに引き下げてしまった。それをなぜか、1.51倍ではなく1.81倍して644ガルになるとし、それは現行最大の856ガル（不確かさの「短周期1.5倍ケース」）より低いので、評価を見直す必要はないとした。

イ この過程で、規制庁は関西電力がどのような評価方式を具体的にしているのかも知らずに審査していたことが露呈してしまった。さらに問題は、なぜ不確かさの基本ケースだけに限って式の入替を行ったのかにある。入倉・三宅氏は次図の不確かさのどのケースでも使われているので、そのすべての場合で入替を行わねばならないはずである。しかも、課題どおりその他の評価方式はその

ままにしておくのであれば、現行最大856ガルは1.81倍の1549ガルとなるので、クリフエッジを超えてしまう。

ウ なぜ基本ケースだけ考えればよいのかについて、2016年7月13日の記者会見において、規制庁の小林勝・長官官房耐震等規制総括官（被告の指定代理人でもある）は次のように説明している（甲155）。

「○小林長官官房耐震等規制総括官： いわゆる不確かさの組み合わせには認識論的な組み合わせと偶発的な組み合わせがあつて、その1分類として認識論的不確かさの中で今回武村式をやったということで、これは今までの審査の中では他のパラメータは組み合わせないと。ただ、偶発的なものについては、これは組み合わせるといふふうに審査の中で見えていますので、それに応じたような形で、今回、試算してみたということでございます。」

これは右図（甲153、3頁）の対角線上にある5つの「認識論的不確かさ」に、さらに式の入替をも加えること、それら不確かさは重なり

FO-A～FO-B～熊川断層の地震動評価ケース

考慮した不確かさ	短周期の地震動レベル	断層傾斜角	すべり角	破壊伝播速度 V_r	アスペリティ配置	破壊開始点
基本ケース	レシビ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
短周期の地震動レベル	レシビ平均×1.5倍	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
断層傾斜角	レシビ平均	75°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
すべり角	レシビ平均	90°	30°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
破壊伝播速度 V_r	レシビ平均	90°	0°	$V_r=0.87\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
アスペリティ配置	レシビ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	②敷地近傍に一塊(正方形)	5箇所
	レシビ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	③敷地近傍に一塊(長方形)	5箇所
短周期の地震動レベルおよび破壊伝播速度 V_r の不確かさの組合せを考慮	レシビ平均×1.25倍	90°	0°	$V_r=0.87\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所

:不確かさを独立して考慮するパラメータ
 :不確かさを重畳して考慮するパラメータ

出典：第332回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料「大阪発電所 地震動評価について」

を考えないことにしているので、結局式の入替はただ一つ「基本ケース」だけで行えばよいとの考えである。しかし、断層の個性をどう把握するかという不確かさの中に、式の入替という地震動の地域的特性問題を当てはめることなどそもそも不可能なことである。不確かさとばらつきの区別がまったくついていないことをここでも露呈している。

エ 結局規制庁試算は、あれこれの矛盾を引き起こしたため、規制委員会は7月

27日になって、この試算はなかったことにするとしてしまった。それでも、規制庁試算が露呈したさまざまな問題までが消えてなくなったわけではなく、島崎氏が提起した地震動過小評価の問題は依然として残っているのである。規制委員会はその問題への取組みを無責任にも放棄してしまったということである。

特に未解決の問題として浮上したのは、武村式を用いると推本（地震調査研究推進本部）レシピ（2016年版 甲156）の矛盾が噴出するという、レシピ自体のもつ弱点である。まず一つ目は、7月27日規制庁資料の8頁に書かれているが、2016年6月の推本レシピp.10の（13）式を用いてアスペリティ面積（すべりの大きい部分の面積）を計算すると、断層全体の面積を超えてしまうこと。しかし、これは短周期レベルをレシピ（12）式（壇他の式）を用いて過小評価していることに由来しており、レシピの（14）と（15）式または別の片岡他の式（甲157）を用いれば何も矛盾は起こらない。2つ目は同資料10頁に書かれている。具体的な内容に立ち入るのは避けるが、レシピにはもともと同じパラメータでも複数の式があり、それらの間には必ずしも整合性がなく矛盾を含んでいる（例えば、レシピ（12）式 対（14）&（15）式）。その矛盾が、武村式を用いて地震モーメントが大きくなった場合に拡大され、顕著な形をとるのである。

この点は規制庁も認めていて、7月27日資料（甲154）の3頁で次のように述べている。

「なお、震源断層の詳細な調査結果を用いて、レシピの（ア）の方法（註：入倉・三宅式を用いた場合）以外の方法によって基準地震動を作成するというアプローチについては、どのように保守性を確保していくか（断層長さの設定（連動の考慮を含む）、各種の不確かさの取り方等）に関し、妥当な方法が現時点で明らかになっているとは言えず、規制において要求または推奨すべきアプローチとして位置付けるまでの科学的・技術的な熟度

には至っていないと考える」。

武村式を用いるのは、現実には起こった地震動のような起こり方を考慮する問題である。レシピが矛盾を来すというのであれば早急にレシピを改善すべきなのであり、それまで原発を動かすことはやめるべきである。このような重要な問題を規制庁試算は提起しそれは未解決のままである。

第5 島崎提言に対する入倉孝次郎氏の批判

1 入倉批判の内容

島崎氏の提言に対して入倉氏はその内容を批判するコメントを7月13日に出している（甲158）。入倉コメントは次の3つの内容を含んでいる。

ア 島崎氏の熊本地震断層面の想定は正しくない。震源インバージョンによる断層評価が出されているのでそれを用いれば入倉・三宅式でも過小評価にならない。

イ 最近（1995年以降）の新たな地震動評価結果は入倉・三宅式を支持している（乙57、入倉・宮腰・釜江論文）。

ウ 武村式のベースになった地震動データの評価方式は古く、震源インバージョンで評価し直すと、やはり入倉・三宅式を支持する傾向になる（前掲入倉・宮腰・釜江論文）。

以下、これらについて順に検討しておくことにする。

2 島崎氏の熊本地震断層に関する評価への批判は不合理である。

入倉批判の地震断層の評価は、震源インバージョンの手法を使えば、島崎氏の面積496km²ではなく1200km²になるので、地震モーメントも大きくなり、過小評価ではないとするが、この震源インバージョン手法は最初に設定された面積

が大きければ大きな面積として出てくるものであって、客観的事実とはいいがたい不確定な手法である。以下論ずる。

ア 前記のように、島崎氏は熊本地震を起こした断層について、長さ $L = 31$ km、傾斜角 60 度で幅 $W = 16$ km、したがって面積は $S = LW = 496$ km²として、入倉・三宅式では過小評価になると結論している。ところが、入倉・三宅式による地震モーメントは $M_0 = 5.562 \times 10^{13} S^2$ と面積 S の2乗に比例するので、もし断層面積 S がたとえば2倍になると地震モーメントは4倍になって、地震モーメントの計算値は実測値を超えてしまうので、過小評価だとは言えなくなるという。

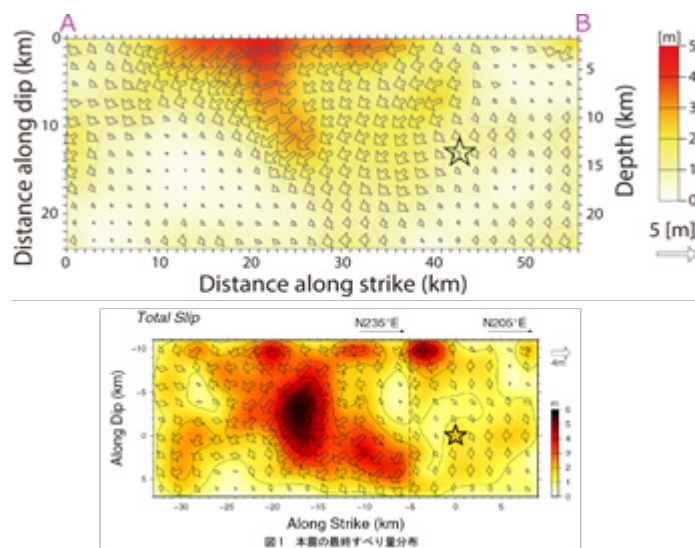
この点を入倉コメントは問題にし、震源インバージョン（なお、震源インバージョンの説明については乙56、被告第9準備書面、21頁以降参照）による解析結果では断層面積が 1200 km²などと評価されているので、勝手な断層評価を用いるのではなく、そちらを用いるべきだと主張している。

イ 入倉コメントが引用している2つの論文（甲159、甲160）では、熊本地震の本震（4月16日午前1時25分に発生した $M7.3$ のもの）について、震源インバージョンによって最終すべり量分布を求めている。

論文	久保他（甲159）	浅野（甲160）
地震モーメント $M_0(10^{19}\text{Nm})$	5.3	4.67
すべり量平均値 $D(\text{m})$ （読取值*）	1.25	1.96
断層長さ $L(\text{km})$ 、幅 $W(\text{km})$	56, 24	42, 18
断層面積 $S=LW(\text{km}^2)$	1344	756

*：読取值は、下記図の矢印が示すすべり量を読み取って計算した平均値

震源インバージョンによって求められた最終すべり量の分布については、右図が示すように、2つの論文によって断層面積（破壊面積）が大きく異なり、久保他（上側）の面積は浅野（下側）の1.8倍もある。



破壊開始点（☆印）を共通

点として見ると、色濃いすべり量の大きい部分（アスペリティ）の位置や構造も相当に異なっている。

ウ いっただいどちらの面積を採るのが正しいのか、その判断基準は明らかでない。それに関連して大きく問題になるのは震源インバージョン解析において行われるとされる「トリミング」、である。入倉コメント（甲158）ではトリミングの注釈で次のように説明している。

（#）トリミング（入倉コメント内の説明）：

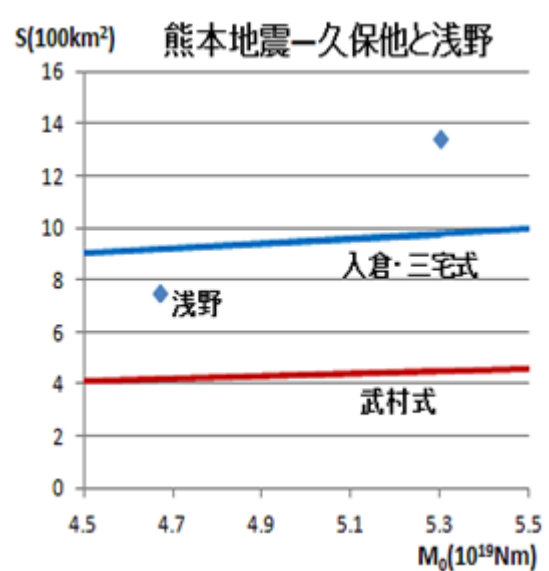
一般に波形インバージョンによる震源過程の推定（震源断層上の時空間すべり分布推定）では、震源断層面を仮定して設定し、その断層面上でのすべり分布を推定する。震源断層面の広がり、直後の余震分布やセントロイドモーメントテンソル解、地表断層情報などによって設定される。この設定した断層面が震源断層モデルサイズとするのではなく、すべりの小さい領域などを切り捨て（トリミング）て、ある程度の断層すべりが求められた領域を、震源断層モデルサイズとしている。

また、Somerville・入倉他の論文では、トリミング規範を次のように提案している（甲161）。

Somerville 他のトリミング規範

断層面を基盤の目に分けたとき、端の行（または列）のすべり量平均値が、全体のすべり量平均値の α 倍未満（ $\alpha = 0.3$ ）であれば、その行（または列）は削除してよい。これを繰り返した最終面を破壊面とする。

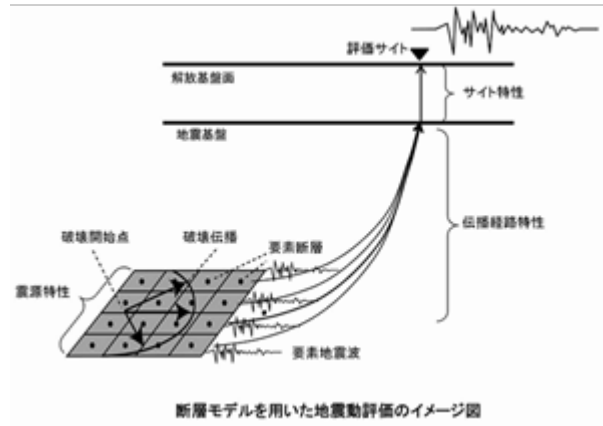
上記の2つの論文では、それぞれ破壊面積が大きく異なるが、論文ではトリミングを行った結果なのかどうかは何も説明されていないので、トリミングはされていないと考えるのが自然であろう。では、これらに Somerville 他のトリミング規範を当てはめることができるかどうか、各論文の図上の矢印が示すすべり量を読み取って（それぞれの図の凡例に、矢印の長さが示されているので、それとの比較で図から読み取ることができる。）調べてみると、削除基準 $\alpha = 0.3$ では、どちらもまったく削除不可能なことが明らかになった。 $\alpha = 0.6$ 程度以上でないと削除はできない。なぜ $\alpha = 0.3$ なのか、なぜ 0.6 ではだめなのかについて、何も説明されていないので、トリミングに関する判断の根拠は不明であると言いたいようがない。もし $\alpha = 0.6$ 強にとると、トリミングが可能になって破壊面積が縮小される。他方、地震モーメントは別に観測データから求められているのでその値は変わらない。こうして右図で M_0 の値は一定のまま破壊面積 S が下がり、点の位置は武村式に近づくことになる。



エ 結局、入倉コメントの島崎提言に対する批判点の第一である、島崎氏の熊本地震断層面の想定は正しくない、という点については、次のような疑問を投げかけることができる。

(ア) 震源インバージョンの結果

では破壊面積が大きいので、入倉・三宅式でも過小評価にならないというが、その破壊面積は研究者が最初にどう設定するかによって左右されて決まる。意図的に大きな断層面積を想



定すればそれがそのまま破壊面となる。震源インバージョンは確実に定まった方法ではなく、最初にとる断層面、その要素断層への分割、伝播経路特性やサイト特性の想定の方法、付加条件の与え方等によって結果が異なる。研究者によって断層面積（破壊面積）が2倍近くも違い、すべり量分布も大きく異なることが、その不確定性を如実に示している。

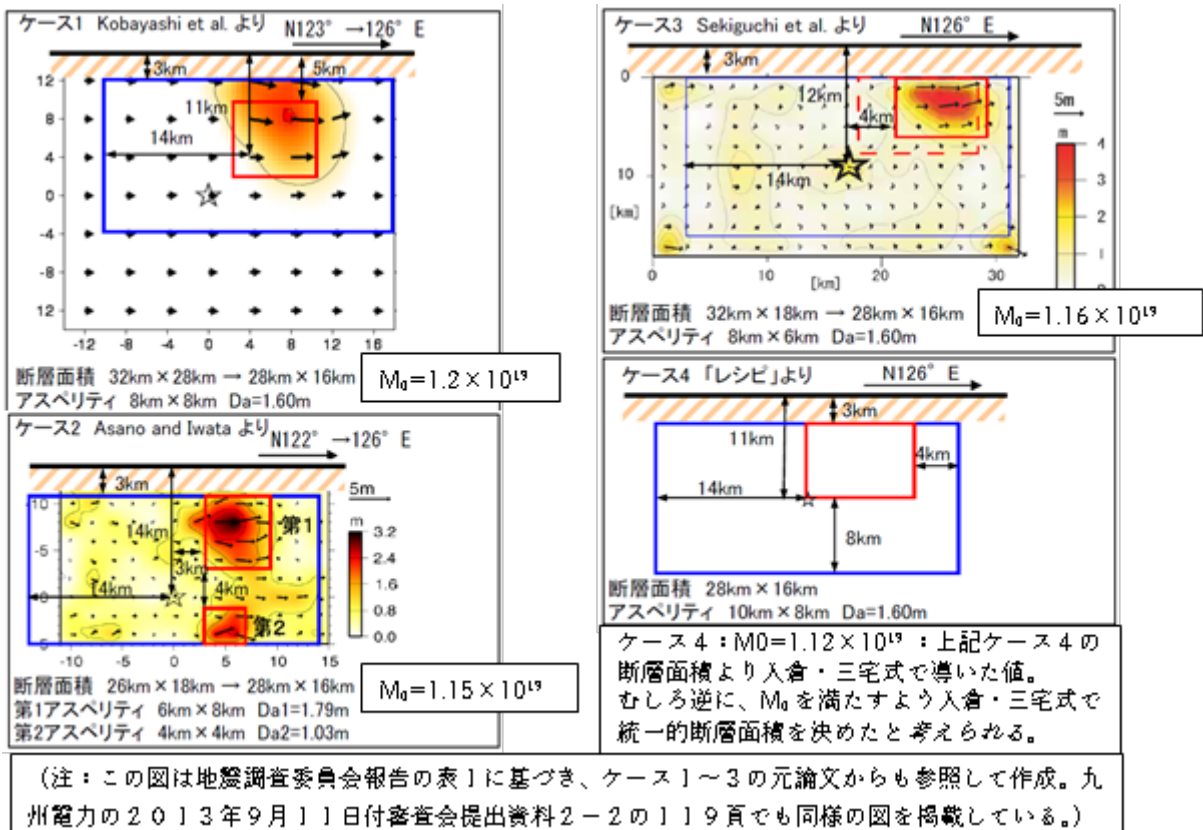
(イ) トリミングするという建前になっているが、実際に Somerville 他の規範が適用されたのかどうか明らかでないし、その規範の0.3という基準の根拠も明らかでない。たとえば0.6にとれば、武村式に近づくことになる。

(ウ) 震源インバージョンによって求められたのは、最終すべり量であり、地震の最終的な結果である。この結果、余震分布などを考慮して決めた断層面積は地震前より大きくなっているに違いない。他方、入倉・三宅式などの役割は、地震動を予測することであるので、そこに代入すべき面積は地震前の値のはずである。そうするとやはり小さい面積から大きい地震モーメントを生み出すには、入倉・三宅式では無理だということになる。

オ トリミングに関する補足—福岡県西方沖地震に関する地震調査委員会（20

07) の手続き

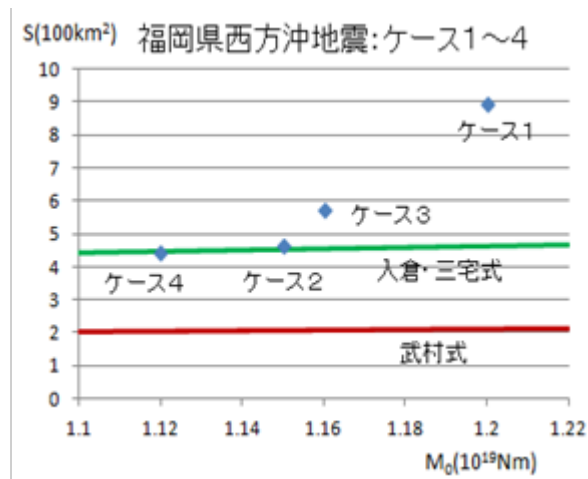
(ア) 2005年福岡県西方沖地震について、平成19年3月19日の中間報告(地震調査研究推進本部・地震調査委員会・強振動評価部会)は、下記の3つの論文(ケース1~3)の研究成果を、レシピに従って次のように一つにまとめている(甲162の2)。「震源断層に関する既往の研究成果を整理して「レシピ」における適用性やその改良すべき点について検討を行った」。「まず、波形インバージョンで求められたすべり量分布に基づく3種類の震源モデルに対して震源の特性化を行うとともに、現行レシピに準拠したパラメータ設定によるモデルを加え、合計4種類の震源モデルを設定した」。最終的にまとめられた断層面は下記ケース4となり、その断層面積は28km×16km=448km²である。



(イ) ではケース4のレシピの断層面はといったいどのようにして求めたのだろうか、その具体的な説明はないが、断層面積から入倉・三宅式で地震モーメン

トを決めたら $M_0 = 1.12 \times 10^{19}$ となったと説明されている。この値は、3つのケースそれぞれでの実測値（図内に書かれた値）にほぼ一致している。推測するに、むしろ逆に3つのケースの M_0 にほぼ等しいケース4の値として $M_0 = 1.12 \times 10^{19}$ を定め、それから逆に入倉・三宅式を用いて断層面積を決めたのではないだろうか。そうでないと、前記のように「震源断層に関する既往の研究成果を整理して」とか「波形インバージョンで求められたすべり量分布に基づく3種類の震源モデルに対して震源の特性化を行う」とかが示す3つのケースを生かす手続きが意味を失うであろう。

こうして、ケース4より以前に事実として3つの論文が存在し、それらの断層面積（破壊面積）やすべり量分布は大きく異なっている（アスペリティが1つのものと2つのものがある）。それらをケース1～3として取り上げている以



上、それらとケース4との関係が問題になる。その様子は右図が示すように、特にケース1では最初にとった断層面積が大きいためグラフ上で上の方の位置にきている。仮に、ケース1～3からケース4への移行として見た場合、前記の Somerville 他の基準を当てはめたのかどうか問題となる。前記図の各矢印からすべり量分布を読み取った結果、Somerville 他の規範($\alpha = 0.3$)はまったく当てはまらないことが分かった。それどころか、敢えてその規範を当てはめるなら、次のような基準で端の行と列を削減することが必要となる。ケース1については、 $\alpha = 0.3$ でなく0.8。ケース2については $\alpha = 0.85$ 、ケース3については図に示されているとおりに、すべり量の大きい部分が存在する第1列を削除するには $\alpha = 1.31$ 、同じく第9行

を削除するには $\alpha = 1.41$ が必要となる。結局この場合は、何か明確な規範に従って縮小したのではなく、事実上、目標のケース4の面積を入倉・三宅式で決めておいて、一挙にそれになるように削減する方法をとったとしか考えられない（ただし、形式的手続きとしては、面積を先に決めて、入倉・三宅式によって地震モーメントを決めたことになっているが、その面積をどのような基準で決めたのかの説明がない）。

この場合、もし最終のケース4の面積を入倉・三宅式によってではなく、武村式を用いて決めたなら、結果は武村式に合うことになったであろう。

3 最近の地震解析結果は入倉・三宅式を支持しているとはいいがたい。

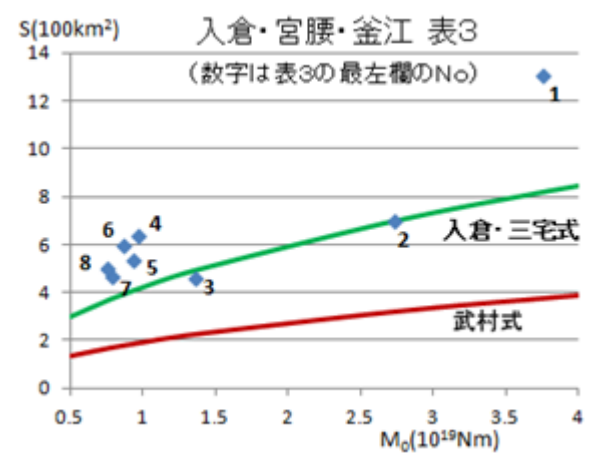
ア 入倉コメントは前記(3)の内容に続いて、入倉・宮腰・釜江論文(乙57)の内容を取り上げている。その論文の前半では、最近(1990年代後半以後)の地震を震源インバージョンで解析した結果は、入倉・三宅式を支持しているという趣旨である。

その結果は、表1と表3にまとめられており、特に入倉・三宅式の妥当性を問題にする場合は、地震モーメントが $7.5 \times 10^{18} \text{Nm}$ 以上の値をとる表3内のNo.1~8に目を付ければよいので、その部分だけ抜き出すと下表となる。また、入倉・三宅式との位置関係はその論文の図2(a)で示されている。これらNo.1~8について、対数目盛でなく普通目盛のグラフで表したのが次図である。8個のデータ点はすべてほぼ入倉・三宅式の線以上の位置(断層面積が大

No.	地震名	Reference	Mo	M_w	Length	Width	Rupture Area	Av. Slip
			Nm		km	km	km ²	m
1	1995年兵庫県南部地震	Sekiguchi et al.(2002) ¹⁸⁾	3.75E+19	6.9	64	21	1303	0.79
2	2008年岩手・宮城内陸地震	○ Asano and Iwata(2011b) ¹⁸⁾	2.72E+19	6.9	39 [38]	18 [18]	702 [684]	1.31 [1.20]
		○ Suzuki et al.(2010) ¹⁹⁾			[40]	[18]	[720]	[1.44]
3	2007年能登半島地震	○ Asano and Iwata(2011a) ⁵⁾	1.36E+19	6.7	26 [30]	18 [16]	460 [480]	0.92 [1.09]
		Horikawa(2008a) ²⁰⁾			[22]	[20]	[440]	[0.77]
4	2011年福島県浜通り地震	○ 引間(2012) ²¹⁾	9.58E+18	6.6	40	16	640	0.52
5	2007年新潟県中越沖地震	○ Aoi et al.(2008) ²²⁾	9.30E+18	6.6	[30]	[24]	[720]	[0.91]
		引間・榊原(2008) ²³⁾			[30]	[18]	[540]	[0.56]
		Horikawa(2008b) ²⁴⁾			[25]	[17]	[425]	[0.54]
		Miyakoshi et al.(2008) ²⁵⁾			[28]	[18]	[504]	[1.22]
6	2000年鳥取県西部地震	岩田・関口(2002) ²⁶⁾	8.62E+18	6.6	34	18	598	0.91
7	2005年福岡県西方沖地震	○ Asano and Iwata(2006) ²⁷⁾	7.80E+18	6.6	26	18	468	0.78
8	2004年新潟県中越地震	Asano and Iwata(2009) ²⁸⁾	7.53E+18	6.6	28	18	504	0.67

きい位置) にきている。

イ しかし、これら番号1～8の元論文では、最初の断層面積を、地震モーメントから入倉・三宅式によって決まる断層面積より大きい値にとっており、かつ、トリミングを行っていない（トリミングを行ったという説明がないので、行っていないものと



判断。少なくとも、上表で○印を付けた文献では、示されている最終すべり面からの Somerville 他の規範によるトリミングはできないことを原告らにおいて確認した) ため、上記のような結果になるのは当然である。

もし、Somerville 他の規範ではなく、別のより緩やかなトリミング方式を適用すれば、上記グラフ上の点はより小さい面積となって下降し武村式に近づくことになる。最初にとる断層面積やトリミングについて、また地震後の面積と地震前の面積との区別について、明確な客観的な判断基準が示されない限り、断層面積を入倉・三宅式を支持するよう意図的に採ったとの疑いを拭い去ることはできないであろう。

4 武村データを再検討すれば、やはり入倉・三宅式に近づくとの主張は不合理である。

ア 入倉・宮腰・釜江論文(乙57)のもうひとつの主張は、武村式の基になったデータは古い手法で収集されたものであり、新たな震源インバージョンによって見直せばそれらデータは入倉・三宅式を支持するものとなるという内容である。

イ 元の10個の武村データは、入倉・宮腰・釜江論文の表4に再録されている（ただし、面積は元の武村データのうち注釈でない方が採用されている）。その10個のうち震源インバージョン解析で見直したという6個が表5に収録されている。表5の一番右の欄に○印がついたものが2つあるが、それはSomerville 他の規範を適用することができた場合である。そして、残りの4個については「なお、震源インバージョン結果から断層面積を求める際、Somerville et al. の規範に従い、平均すべり量の0.3倍以上のすべりをもつ断層破壊領域を抽出する必要がある。しかしながら、収集した6個のうち4個の地震は不均質すべり分布のデータは論文等からは得られなかった（表5参照）」として、Somerville 他の規範を適用できなかったことを認めている。そのため、○印の地震（No.6 の兵庫県南部地震とNo.9 の北美濃地震）以外の他の断層では、長さ（したがって面積）は過大に評価している可能性があると認めている。そうなれば結果は入倉・三宅式に近づくのは当然である。

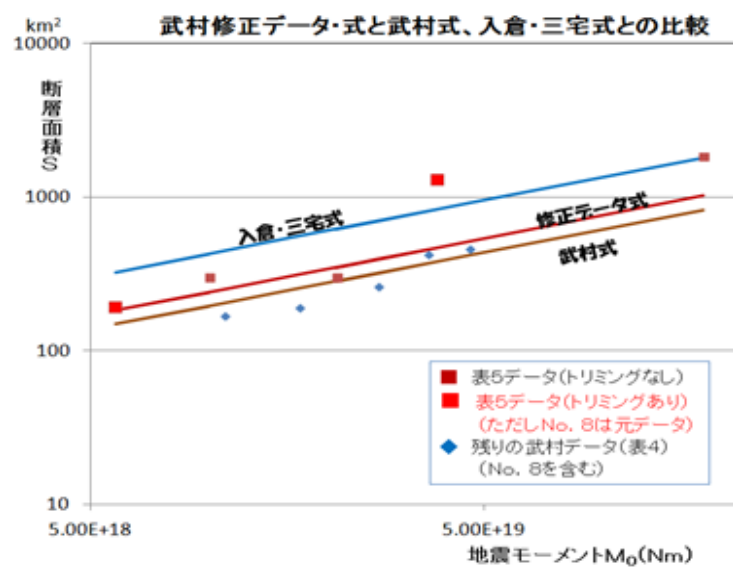
ウ では、6つのデータを改訂したことによって、どの程度武村式から離れて入倉・三宅式に近づいたのか。表4の10個の武村データのうち6つが表5で修正されているが、そのうちNo.8には幅Wのデータがないので、No.8は元データを用いざるを得ない。結局5個が表5に置き換わって他は元のままのデータセットを修正データと呼ぶことにする。武村式は両対数グラフで直線をなし、次の式で表される。

$$\log S = (1/2) \log M_0 + b$$

切片 b を元の武村データを用いて最小二乗法（または平均操作）で決めれば、 $b = -10.71$ となって武村式が得られる。次に修正データを用いて同様に b を求めれば、 $b = -10.61$ となり、わずか1%変化するだけである。ただし、 b の変化は M_0 には 10^{2b} として効くため、武村式が入倉・三宅式の4.

7倍だったのに対し、修正データ式は3.0倍となる。

この式は、入倉・三宅式及び元の武村式とともにグラフで表すと右図のようになり、修正データでも基本的には武村式の位置にとどまっていると言える。破壊領域の抽出が行われたデータでさえ、左端の一つは修正データ



式にほぼ乗っている。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のは明らかである。

5 小括

入倉氏は自らのコメント（甲158）において、島崎氏が震源インバージョンに基づく熊本地震のデータが存在するのにそれをいわずに都合に合わせたデータを持ち出したとして批判している。しかしその震源インバージョンについては、第1に、最初に想定する断層面を大きくとれば入倉・三宅式に近い結果を導くことは容易にできる。また、入倉コメントにおいてトリミングが必要だと注釈を付けているが、実際には Somerville 他の規範ではトリミングはほとんどできない。他方では福岡県西方沖地震で推本が行ったような事実上のトリミングが存在するので、それを熊本地震に適用すれば、島崎氏が主張したような断層データを想定することもできるのである。

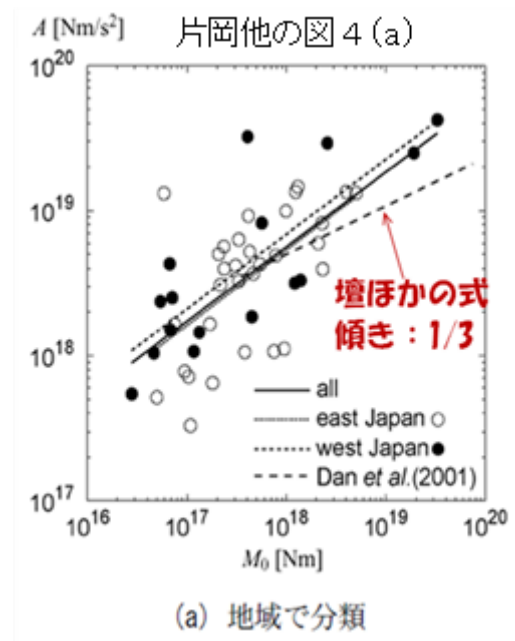
このような震源インバージョンのもつ不確定性（研究者によって結果が違ふことに如実に表れている）の処理方法が明確にならない限り、入倉コメントの島崎

批判には明確な根拠があるとは言えない。熊本地震の態様と島崎氏の提言を重視し、安全側の立場に立って基準地震動を見直すべきである。

第6 加速度の過小評価

1 地震モーメントの過小評価については、上記で指摘したとおりであるが、地震モーメントが k 倍になったとき、加速度は何倍に評価されるかが次の問題になる。現在の評価方式では、短周期レベル（最大加速度に比例）は地震モーメントの $1/3$ 乗に比例するという壇他の式が用いられている（甲163）。それゆえ、地震モーメントが k 倍になれば、短周期レベル（最大加速度）は $k^{1/3}$ （すなわち k の3乗根）に比例して決まることになっている。この評価方式がまた加速度の著しい過小評価を与える。例えば $k = 4.7$ （武村式(S)と入倉・三宅式の比)のとき、 $k^{1/3} = 1.675$ であるが、もし仮に $1/2$ 乗（平方根）だと、 2.17 倍となる。

2 実は壇他の3乗根説は、「そこで、ここでは、図1(a)に○で示した内陸地震の短周期レベルを $M_0^{1/3}$ でスケールリングすること（と）し、最小自乗法で定数を定めた」として導いている（甲163、53頁）。すなわち最初から $M_0^{1/3}$ の形を仮定して、残りの一つのパラメータを最小二乗法で決めている。他方、片岡他は、 $M_0^{1/3}$ のスケールリングを仮定せずに何乗根かも含めて最小二乗法でパラメータを決めている（甲



157)。その結果、ほぼ $1/2$ 乗に比例するという結果が導かれて、右図のよ

うに壇他の場合と比較されている。その際、片岡他では次のように説明されている。「図には、壇・他（2001）が内陸地震の非一様すべり震源モデルから短周期レベルを算定し、 $M_0^{1/3}$ に比例するスケーリングを仮定して回帰した式を回帰データの範囲で図示している」。前頁図では壇他の関係が分かるよう図示したように、加速度も過小評価となっている。

第7 まとめ

熊本地震は、入倉・三宅式が地震動の過小評価となる事実を示した。熊本地震の結果を踏まえての島崎提言がなされ、以後、島崎氏と原子力規制委員会との協議もなされた結果、原子力規制庁は、平成28年7月27日付で、「大飯発電所の地震動にかかる試算の過程等について」（甲154）を発表し、その3頁、4. 対応案のところ、「入倉・三宅式が他の関係式に比べて、同じ断層長さに対する地震モーメントを小さく算出する可能性を有していることにも留意して、断層の長さや幅等に係る保守性の考慮が適切になされているかという観点で確認してきている」と述べている。

つまり、入倉・三宅式が地震動の過小評価になる可能性を認めた上で、他の「保守性の考慮」を加えて判断するということであって、入倉・三宅式自体が地震動の過小評価になることを認めている。

したがって、今回の熊本地震の経験を踏まえて、より安全性にシフトした地震動評価に変更しないかぎり、原発の耐震安全性は保証されていないというべきである。

以上