

熊本地震が示す入倉・三宅式の過小評価、武村式で再評価を
規制庁試算が表す現行基準地震動評価の破たん

2016.7.26 小山英之 (美浜の会)

1. 熊本地震が示した入倉・三宅式の過小評価、
武村式とは整合的

■熊本地震の想定—島崎氏・「科学」7月号
断層長さを $L=31\text{km}$ 、傾斜角 (右図) 60°
断層幅を $W=16\text{km}$ (=発生層幅 $14\text{km}/\sin 60^\circ$)
⇒断層面積: $S=LW=496\text{km}^2$

[入倉・三宅式]

$$M_0 = 5.562 \times 10^{13} S^2 \text{ or } \log S = 1/2 \log M_0 - 6.783$$

[武村式 (L の式)]

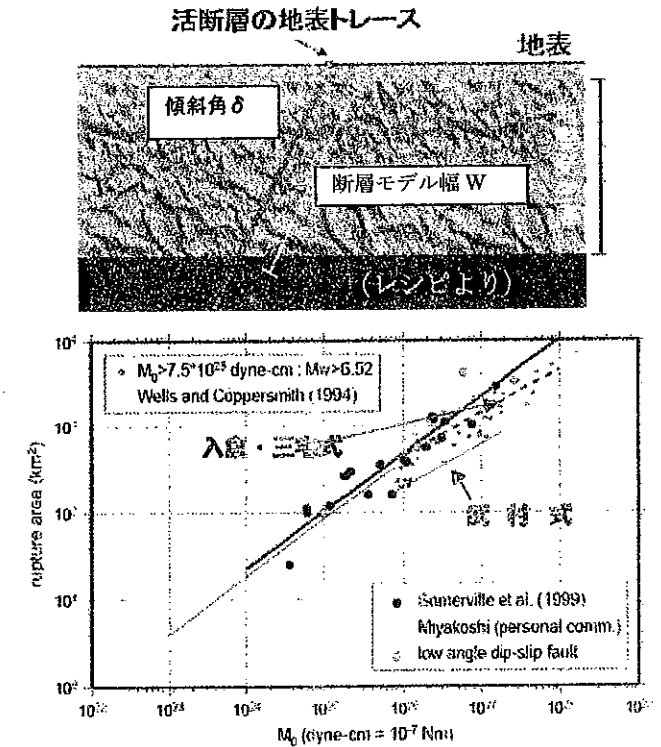
$$M_0 = 4.365 \times 10^{16} L^2 \text{ or } \log L = 1/2 \log M_0 - 8.320$$

[武村式 (S の式)]

$$M_0 = 26.3 \times 10^{13} S^2 \text{ or } \log S = 1/2 \log M_0 - 7.21$$

○後の式は $y=\log S$ (or $\log L$), $x=\log M_0$ と書くと

$$y=ax+b \quad (a=1/2 \text{ に固定}) \text{---右図}$$



	入倉・三宅式 A	実測値 B	比率 B/A	武村式
M_0 ($\times 10^{19}\text{Nm}$)	1.37	4.66	3.4	4.2
すべり量 u (m)	0.804	3.6	4.5	2.47

★入倉・三宅式は熊本地震実測値の 3.4 分の 1 という過小評価。武村式とはほぼ整合的。

2. 規制庁試算の問題点あれこれ

○6月20日に規制委は、「別の式」で地震動評価をやり直すことを決定、7月13日に規制庁試算。

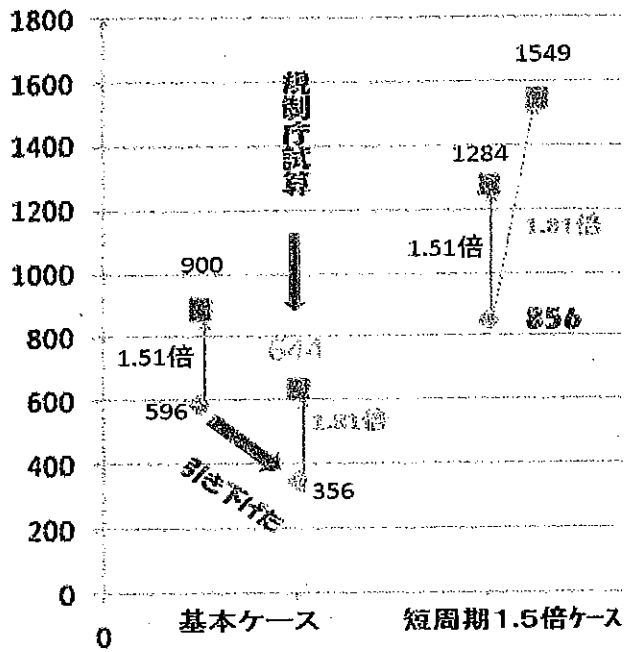
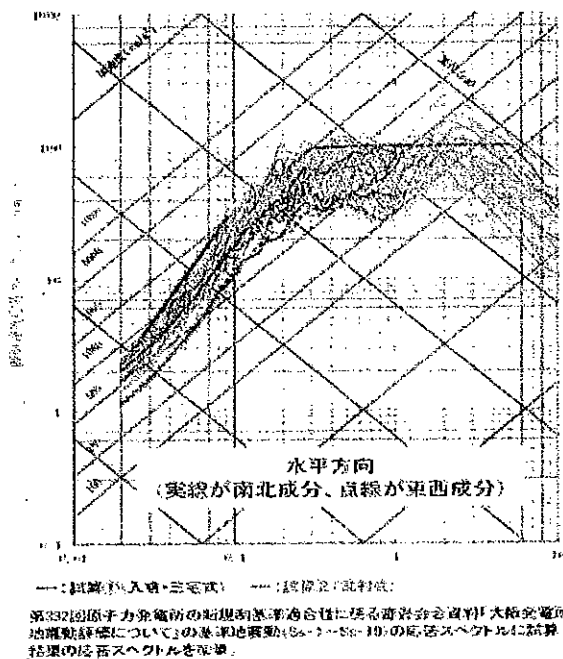
2-1. 規制庁試算の問題点 1

・大飯原発の「不確定性」のうち、「基本ケース」(破壊開始点 3) のみに焦点

関西電力の「基本ケース」と同一条件: 試算①	武村式を用いたケース(断層形状は試算①と同じ): 試算②
<ul style="list-style-type: none"> 断層面積: $S = 951\text{km}^2$ 地震モーメント: $M_0 = 5.03 \times 10^{19}\text{Nm}$ (入倉・三宅式) 短周期レベル: $A = 1.96 \times 10^{19}\text{Nm}/S^2$ アスペリティ面積: 209.22km^2 (0.22S) アスペリティ応力降下量: $\Delta\sigma_a = 14.1\text{MPa}$ 	<ul style="list-style-type: none"> 断層面積: $S = 951\text{km}^2$ 地震モーメント: $M_0 = 1.75 \times 10^{20}\text{Nm}$ (武村1998) 短周期レベル: $A = 2.97 \times 10^{19}\text{Nm}/S^2$ アスペリティ面積: 209.22km^2 (0.22S) アスペリティ応力降下量: $\Delta\sigma_a = 22.3\text{MPa}$
<p>入倉・三宅式と武村(1998)では、地震モーメントの求め方(震源断層面積から又は地表断層長さから)が異なるが、試算では断層形状等の震源断層モデルは変えていない。断層形状を変えずに武村式を用いると、地震モーメントは3.49倍、短周期レベルは1.51倍となった。また、応力降下量は1.58倍とした。</p>	

規制庁試算[3]・別紙3より

★武村式に入れ変えたことによって、地震モーメントは 3.49 倍、短周期レベル (最大加速度に比例) は 1.51 倍になったと評価(上の記述: $3.49^{1/3}=1.51$)。現行評価値 596 ガルが 1.51 倍の 900 ガルになるはず。ところが、次図右側に記したようになるという。596 ガルを 356 ガルに引き下げた。



★規制庁試算どうりなら、現行最大 856 ガルは 1.51 倍の 1549 ガルとなるはず（島崎氏の主張）。

	入倉・三宅式による現行の 最大加速度 (ガル)	1.81 倍した場合の加速度 (ガル)	クリフエッジ* (ガル)
大飯原発	856	1,549	1,260
美浜3号	993	1,797	1,320
玄海3・4号	524	948	988
高浜3・4号	396	717	973

2-2. 規制庁試算の問題点2

★式の入替えを「不確かさ」の範疇に入れ、重なりを考慮しないことによって基本ケースの評価に限ることを正当化した。

○7月13日の記者会見における小林氏の発言

「○小林長官官房耐震等規制総括官 また繰り返しになりますけれども、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って、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。」

【基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド】3.3.3 不確かさの考慮

① 支配的な震源特性パラメータ等の分析

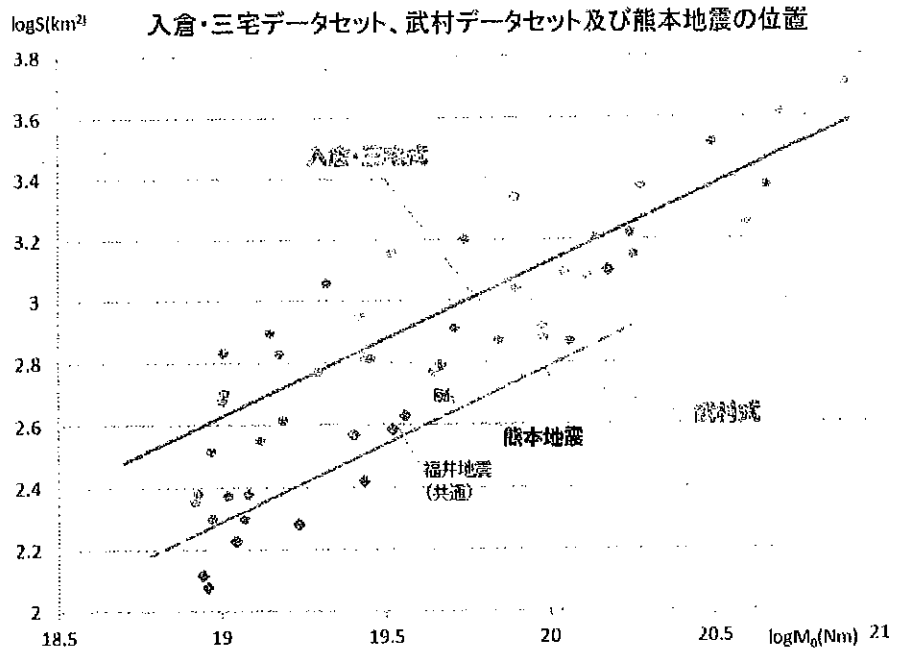
1) 震源モデルの不確かさ（震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等の不確かさ、並びにそれらに係る考え方、解釈の違いによる不確かさ）を考慮する場合には、・・・。

★武村式に入れ替えるべき根拠は、「不確かさ uncertainty」からくるのではなく、熊本地震等が本質

的に有している地震動分布における位置（「ばらつき variability」）からくると考えるべき。ガイドでは 3.3.3 とは別に 3.2.3 で規定されている。

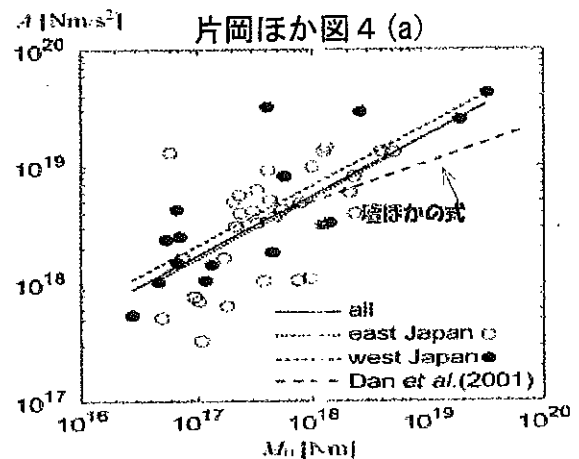
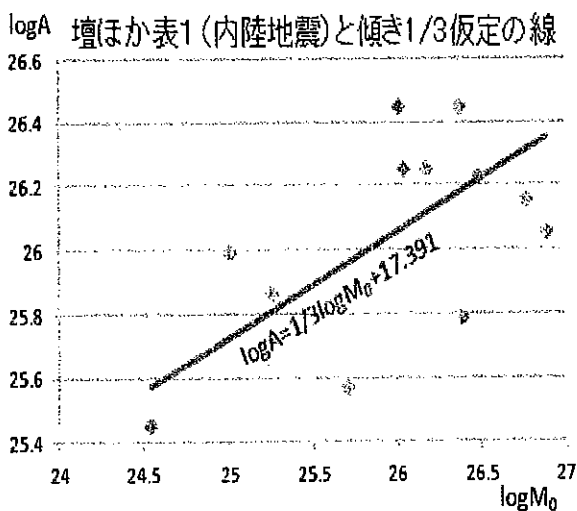
○右図で、熊本地震の近くにある武村データセットの点は、北丹後、鳥取、福井、兵庫南部など。これらがその地域的特性に従って、世界的分布から見ると同じ断層面積でも右の位置（地震モーメントの大きい位置）を占めている。この特性はいくら断層長さ等を正確に測って、「不確かさ」を無くしても、変わるものではない。

熊本地震は武村データセットの中に入っており、入倉・三宅式とは乖離した位置にある。



2-3. 規制庁試算の問題点3

規制庁の試算で地震モーメントから短周期レベル（最大加速度に比例）を導く際、壇ほかの式（2001）が用いられているが、その式は何かの根拠から導かれたとか、データからの回帰として導かれた結果ではなく、1/3 乗に比例するとする仮定を最初から置いたことの結果にすぎない。壇ほかの表1 データをグラフ化した下図左側を見ると、点はすいぶんばらついていて、1/3 乗を仮定せずに回帰線を求めると別の式になる。この点、片岡ほかの論文によれば、1/3 乗を仮定せずにデータからの回帰で導いた場合、ほぼ 1/2 乗（平方根）に比例するという結果が導かれている（下図右側）。



(a) 地域で分類

もし、1/2 乗に比例する場合を採用すると、 $3.4^{1/2} = 1.84$ なので、大飯原発では $856 \times 1.84 = 1575$ ガル、美浜 3 号では $993 \times 1.84 = 1827$ ガルとなっていずれもクリフエッジを超えてしまう。玄海 3・4 号では $524 \times 1.84 = 964$ ガルとなり、現行最大加速度 620 ガルの 1.55 倍となる。壇ほかの式は、加速度の著しい

過小評価をもたらすもう一つの源泉である。この式をレシピに取り入れたのも、入倉ほかであることがレシピの参考文献から読み取れる。

補足説明：武村式を適用するとアスペリティの総面積は断層面積を超えるのか

今回の規制庁試算の過程で、レシピの(13)式を用いてアスペリティの総面積 S_a を計算すると、元の断層面積 951km^2 をはるかに超えて 1830km^2 にもなるという矛盾が生じて困ったと話している。この点、2つの面から考えることができる。

第1に、関西電力は FoA-FoB-熊川断層のアスペリティ総面積 S_a を計算するのに、レシピの(13)式は使っていないで、 $S_a=0.22S$ という式を用いている（つまり断層面積の22%が S_a ）。この通りに計算すれば何の問題も起こらなかったはずで、結局はそのようにしたようである。

第2に、レシピ(13)式は次のようになっている。 $S_a=\pi r^2$ で、その有効半径 r は、 $r=(7\pi\beta^2/4R)(M_0/A)$ ； $\beta=3.6\text{km/s}$ （S波速度）、 $S=\pi R^2$ （ R は断層面積の有効半径）要するに、 S_a の有効半径 r は M_0/A に比例する。もし A として M_0 の1/3乗に比例するという壇ほかの式を採用すれば、 $S_a=1830\text{km}^2$ ときわめて大きい値になって矛盾がおこる。しかし、統計的グリーン関数法を用いれば A が M_0 の1乗に比例するという結果になるので、その場合には矛盾は起こらない。ここでもやはり、壇ほかの仮定は採用すべきでないというのが結論となる。

3. 武村式をめぐる経緯

熊本地震の結果は、上記3頁の表のように、ほぼ武村式によって再現されている。基準津波評価では武村式を用いていながら、基準地震動では著しい過小評価をもたらす入倉・三宅式を用いていることを問題として、我々市民は2013年11月8日に規制庁に要請書を出し交渉も行った。11月14日には、若狭と関西の9団体でおおい町と高浜町への申し入れも行っている。

この点、2013年12月18日の大飯原発審査会合において小林勝安全規制管理官が、津波で用いているすべり量を基準地震動にも当てはめるべきだと主張している。これに呼応するように同会合で島崎氏が津波と基準地震動では震源は同じものを用いるべきだと強調している。実は、すでに同年8月21日の伊方3号審査会合で、島崎氏は同趣旨の発言をしていることが議事録に記載されている。



2014年1月29日 規制庁交渉 参議院議員会館

これらの発言を把握した市民は、賛同署名を集めて204団体で2014年1月29日に規制庁交渉をもち、基準地震動評価に武村式を用いるよう強く迫るといった経緯があった。

いずれにせよ、島崎氏にはすでに2013年夏ごろから基準地震動にも武村式を用いるべきだとの考えがあったこと、及び熊本地震を受けて、その考えが確信的になったことが推察される。

4. 結論

熊本地震は入倉・三宅式の過小評価を証明し、武村式とは整合的であることを示した。規制庁試算のように加速度が1.81倍になるのなら、大飯や美浜3号の地震動はクリフエッジを超えて大惨事となる。これらを動かすべきでない。川内原発をとめ、伊方原発の再稼働をやめて、すべての原発について武村式を用いた地震動の再評価を行うべきである。