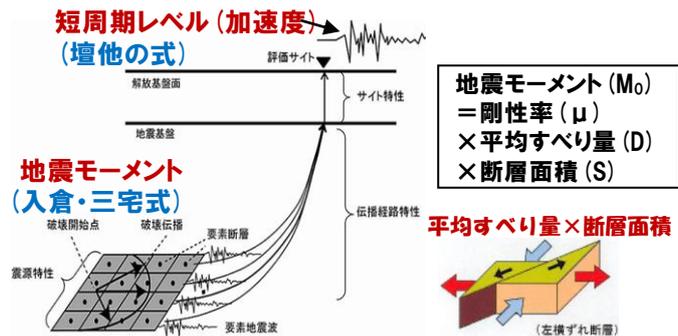


# 現行の地震動評価方式は壇他の式による重大な矛盾・過小評価を含む

## 武村式と片岡他の式によって評価し直せ

現在、大飯原発等の基準地震動は基本的に、入倉・三宅式による地震モーメントと壇他の式による短周期レベルによって算定・評価されている。地震モーメントは、下図のように地下にある震源断層が起こす地震の規模を表し、断層面のすべり量に比例している。その地震波が地表に伝わって地震動（加速度）を引き起こすが、そのレベルを表す短周期レベルは地震モーメントから算出される。これら両式とも過小評価をもたらすが故に、現行基準地震動は二重の過小評価になっているのである。

この現行の過小評価と評価過程のもつ矛盾が、今年春の島崎提言に端を発する規制庁の試算など一連の事実によって表面化した。ところが、規制委員会と規制庁は発出した矛盾に対する対応を無責任にも放棄したまま、これまで通りに審査を進めている。しかしこれでは、大規模な地震が起こった場合の安全性は何も保証されていないことになる。入倉・三宅式と壇他の式に代えて武村式と片岡他の式を用いた評価を早急にやり直し、少なくともそれが完了するまで原発は止めておくべきである。



### 1. 島崎提言と規制庁の試算

今年4月に起こった熊本地震は甚大な被害を与えたばかりでなく、地震動の評価法にも衝撃をもたらした。熊本地震を踏まえて島崎氏は、「この式（註：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」と警告した。島崎氏は前に規制委で耐震性審査の責任者であった人であり、大飯原発などの耐震性審査では入倉・三宅式に依拠した評価を行っていた。その人が反省を込めて自らの審査結果を覆し、入倉・三宅式を批判する立場を表明したのである。

島崎提言を受けた規制委は規制庁に対し入倉・三宅式以外の式を用いて評価するよう指示し、規制庁は武村式を用いて大飯原発のFoA-FoB-熊川断層について試算を行った。その基本方針は、武村式に置き換えること以外は関西電力の評価方式を踏襲するというものであった。実際にはこの踏襲は忠実にはなされなかったが、壇他の式を用いて短周期レベルを算定する方式は引き継がれた。なお、武村式には断層長さを用いる場合（武村式(L)）と断層面積を用いる場合（武村式(S)）があるが、規制庁は武村式(L)を用いて評価した。

### 2. 規制庁試算が明らかにした現行評価法の異常・矛盾

規制庁試算の結果は、7月27日付規制庁資料1として報告されており、その8頁と10頁に試算で生じた矛盾・問題点が説明されている。

#### (1) アスペリティ面積が断層面積を大きく超えること（8頁）

規制庁は、武村式(L)で地震モーメント( $M_0$ )を計算し、次に $M_0$ から短周期レベル(A)を計算し、それらを用いてアスペリティの面積( $S_a$ )を計算した。アスペリティとは断層面において強く固着してすべりを妨げる領域であるが、すべった後ではすべり量が格段に大きい領域のことである（次図）。ところがその部分であるべきアスペリティ面積が $S_a=1840\text{km}^2$ となり、断層面積 $S=951\text{km}^2$ の実に1.93倍にもなってしまった。これは明らかな異常・矛盾である。ところが規制

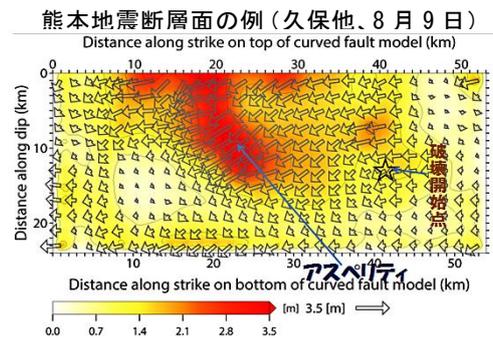
庁はこのような矛盾が生じた原因を検討・追及することなく、次の修正的扱いに進んでしまった。

(2) 背景領域の応力降下量が異常に大きい(10 頁)

次に規制庁が行ったのは、アスペリティの面積を無理やり関電と同じに断層面積の 22%( $S_a=0.22S$ )に抑えたことであるが、その結果、レシピの計算方式からはずれたために新たな矛盾が生じることになった。

本来のレシピ方式では、アスペリティの応力降下量(すべりを妨げていた応力がすべりの結果ほぼゼロに落ちるその差)によって断層面の地震モーメントが再現される。しかし今回の仮定の場合、それだけでは大幅に足りないようになり、アスペリティ以外の「背景領域」からの寄与にも期待せざるを得なくなった。その結果、背景領域の応力降下量が通常想定されている値の3倍近くにもなってしまったという。この場合の計算にも武村式(L)ばかりか壇他の式も使われている。

(3) こうして規制庁は、これら矛盾が生じた原因を追及することなく、7月27日付資料の「対応案」(3頁)で、入倉・三宅式「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、・・・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」として、検討自体を無責任にも放棄してしまった。



3. 「福井地震」が起これば耐震安全性は保証されない

武村式は架空の式では決してなく、実際に起こった地震を反映してそれらの平均として導かれた式である。それゆえ武村式が体現するような地震が実際に起こることを想定し、それに対処することを考えないと原発の安全性は保証されない。

その端的な例が福井地震である。武村論文(1998)のデータ(下表の武村表1)は古いと、入倉・宮腰・釜江論文(2014)では批判し、別のデータを対置している(下表のIMK表5)。

入倉・三宅式によって計算した地震モーメント  $M_0$ (IM) 値は、元の武村表1では実

福井地震	断層長 L(km)	断層幅 W(km)	断層面積 S(km <sup>2</sup> )	$M_0$ (10 <sup>19</sup> Nm)	$M_0$ (IM) (10 <sup>19</sup> Nm)	$M_0$ (T) (10 <sup>19</sup> Nm)
武村表1	30	13	390	3.3	0.85	4.00
IMK表5	30	10	300	2.1	0.50	2.37

測に基づく評価値  $M_0$  の 3.9 分の 1 ( $0.85/3.3=1/3.9$ ) であるが、IMK では皮肉なことに 4.2 分の 1 ( $0.50/2.1=1/4.2$ ) とむしろ開いている。熊本地震で島崎氏が指摘した入倉・三宅式の過小評価(1/3.4)と同様の過小評価がすでに福井地震で示されていたのである。それに対し、武村式による評価値  $M_0$ (T) はほぼ実測値  $M_0$  と整合している。

それゆえ、福井地震と同様の地震が起こることを想定した場合、入倉・三宅式では著しい過小評価となるので、武村式で評価しなければならないことになる。ところが、それを扱えるだけの「熟度には至っていない」として放置することがはたして許されるのだろうか。

4. 壇他の式に代えて片岡他の式を用いれば異常・矛盾は起こらない

(1) アスペリティ面積の挙動

実は、上記のような2種類の矛盾が起こる根源は壇他の式にあることを明らかにしよう。そのことは壇他の式によるアスペリティ面積の断層面積に対する比  $\gamma = S_a/S$  の挙動を見れば明らかとなる(次図)。武村式(L)と壇他の式による場合、 $\gamma$  は  $M_0$  が  $2.41 \times 10^{19}$  Nm で1を超えているが、片岡他の式を用いた場合には  $\gamma$  は徐々に低下して1より小さい値をとっている。この違いは短周期レベル A が  $M_0$  の何乗に比例するか(ベキ乗)に依存している。壇他では頭から 1/3 乗を仮定したためベキ 1/3 が 1/2 より小さいが、片岡他ではベキが全内陸地震では 0.51(片岡他1)、

そのうち横ずれ地震だけでは0.57(片岡他2)と1/2より大きい。ベキが1/2より大きいか小さいかによって $\gamma$ の増加か減少かが決まる。こうして、壇他の式では $\gamma$ は必ず増加するが、入倉・三宅式を用いていた限りでは地震モーメント $M_0$ が小さいために、その異常性が隠されていたにすぎない(右図点線)。それでも、大飯原発では $\gamma=0.37$ と大きくなるため、人為的に0.22に抑えているのである。

## (2) アスペリティと背景領域の応力降下量

もう一つの問題は背景領域の応力降下量が、 $\gamma=0.22$ と人為的にとったときに通常値の3倍近くにもなるという問題であった。まず指摘しておきたいのは、上図から分かるように $\gamma=0.22$ は片岡他の式を採用すれば不自然ではないことである。背景領域の応力降下量 $\sigma_b$ はアスペリティ応力降下量 $\Delta\sigma_a$ の18~20%程度と評価されているが、ここでは関電の大飯原発と同じに20%にとることにする。こうしてアスペリティの応力降下量を計算すると右図のようになる。実データは少なくとも $M_0$ が $1 \times 10^{19}$ より大きい領域では片岡他の式を支持していて、背景領域の問題も起こっていない。

## 5. 結論

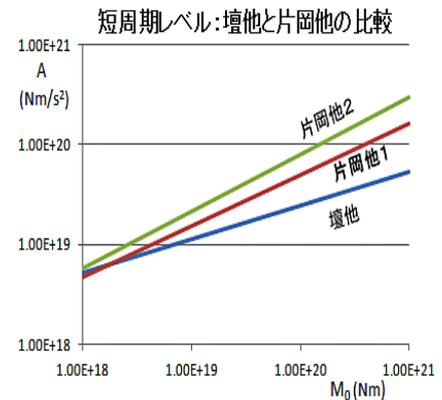
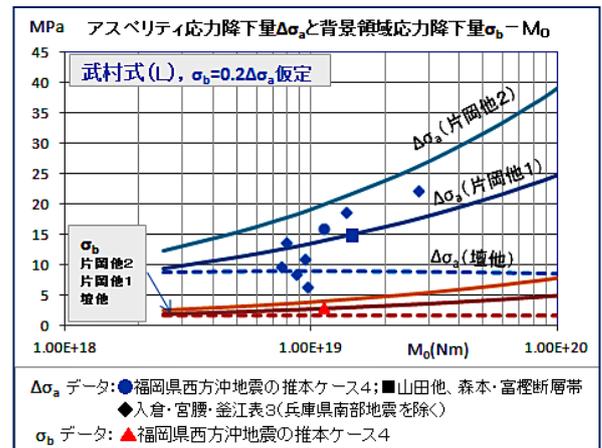
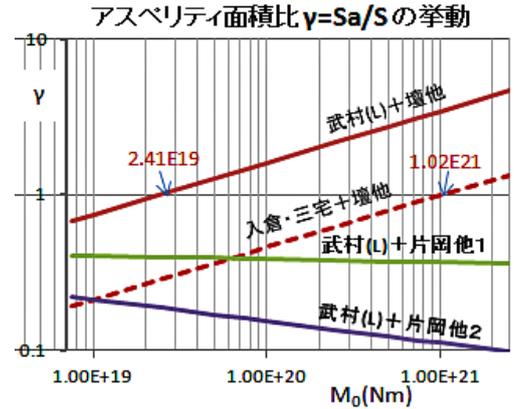
武村式(L)を用いた場合に規制庁が起こると指摘した2つの異常・矛盾は、壇他の式から来ているのであり、片岡他の式を用いれば起こらないことを具体的に示した。このような異常性をもつ壇他の式がなぜ重宝されているのだろうか、その答えはまさに過小評価をもたらすおかげに他ならない。

事実、武村式(L)と片岡他の式を用いて大飯原発の最大加速度を計算すると、下表のようになる。現行の最大加速度856ガル(Ss-4)は短周期レベル1.96に対する倍率で増えていく

(下表参照)。大飯原発の断層は横ずれ断層なので、片岡他2の場合が当てはまり、4780ガルとなる。現行はそれだけ過小評価されているということである。

入倉・三宅式と武村式の違いは、採用しているデータ集合の違いによるものである。武村式は日本のデータだけに依拠しているが、入倉・三宅式は世界中のデータ集合に依拠し、事実上はカリフォルニア州付近だけのデータ集合の場合とほぼ一致する。北米大陸北西部のデータでは日本の場合と比べて過小評価になることを入倉氏自身が1993年の研究発表で明確に認めている。同様に、壇他はほとんどがカリフォルニア州付近の、片岡他は日本だけのデータ集合という違いがある。

武村式と片岡他の式で評価をやり直し、それが完了するまで原発は止めておくべきである。



	$M_0$ ( $10^{19}$ Nm)	$A$ ( $10^{19}$ Nm/s <sup>2</sup> )	加速度(ガル)
入倉・三宅+壇他	5.03	1.96	856
武村(L)+壇他	17.5	2.97	1310
武村(L)+片岡他1	17.5	6.68	2920
武村(L)+片岡他2	17.5	10.94	4780