

熊本地震の特性とそれが示す教訓を重視し、島崎提言を尊重せよ

現行の推本レシピは規制庁も認める矛盾を含んでいる これが改革されるまで原発の稼働はやめよ

今年4月の熊本地震は、原発の耐震安全性評価に対しても大きな衝撃を与えた。これまでになかった特徴は、震度7が間をおかずに2度も起こったことであり、震度4以上は110回を超えるという余震のすさまじさである。しかもそれが居住地の直下で起こっている。このような態様の地震が原発サイトの近傍で発生すれば耐震安全性はどうなるのかが直ちに問題になり、次の2つの面で現に問題になった。

第1は、耐震安全性評価に対する直接的な課題提起である。①繰り返しの力による金属疲労は、震動回数に比例して増加し、ついに許容限度に達して破壊に至る。川内1・2号や美浜3号では、1回の基準地震動クラスが来ただけでほとんど許容限度に達してしまう。余震が加わった場合は検討されていないことを9月9日の交渉で規制庁は認めた。②熊本地震では1回目の揺れで家屋が塑性変形（元に戻らない変形）を起こしたところへ2回目の揺れがきて倒壊している。田中委員長は機器・設備は弾性限界内にあると記者会見で述べたが、設置許可基準規則解釈では部分的な塑性変形が起こることを認めている。もう一度揺れがきたときの塑性変形に関する評価は行われていないことを規制庁は認めた。さらに③家屋が倒壊する危険性から、避難計画における屋内退避は成り立たないことが誰の目にも明らかになった。

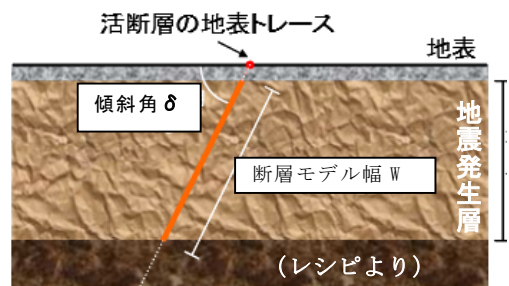
このような問題の検討・評価が終わるまで原発の稼働はどうしても認められない。

第2は、熊本地震を受けて島崎邦彦氏（前規制委員会委員長代理で耐震性審査の責任者）が、現行評価で用いられている入倉・三宅式は過小評価になるので他の式で評価し直すべきだと提言したことである。これを受けた規制庁は武村式を用いた試算を実際に行ったが、現行の推本（地震調査研究推進本部）レシピの矛盾が噴き出てきて、試算結果を放棄するという無責任を演じた。同時に、レシピの矛盾が未解決であることは7月27日の規制庁資料に書かれており、9月9日交渉でも認めた。この第2の問題について以下で詳述しよう。

1. 熊本地震を受けた島崎提言

島崎氏は熊本地震を起こした断層について次のように想定している（岩波「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： $S=LW=496\text{km}^2$



次の入倉・三宅式と武村式(L)により地震モーメント

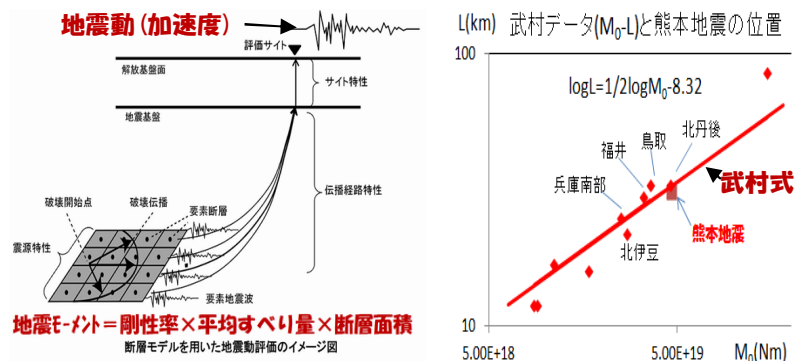
M_0 を計算して実測値と比較している。地震モーメントとは、震源である断層面のすべり効果の大きさを表す量で地震規模とか震源の大きさとかと呼ばれている。そこで発生した地震波が地下で伝播し地表近くのサイト層で増幅されて実際の地震動(加速度)をもたらすことになる(次図参照)。

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

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

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、武村式は実測値と整合的であることが分かる。このような結果に基づいて島崎氏は、入倉・三宅式とは別の式で地震動評価をやり直すよう提言し、規制庁は武村式を適用して試算した。

武村式は右図に示すように、実際に起こった10の地震データから平均として導かれた式である。それゆえ、武村式を適用するとは、例えば福井地震のような地震が実際に原発サイトの近傍で起こればどうなるかという現実的な問題を意味しているのである。



2. 島崎提言を受けた規制庁試算

規制庁は武村式を用いた地震動の試算を大飯原発について行った。7月13日に公表した結果と27日の説明によれば、入倉・三宅式と比べて武村式を用いた場合、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)はその1/3乗(3乗根)で1.52倍になるという。そうすると最大加速度は現行では856ガルなので、1.52倍で1301ガルとなり、クリフエッジ(炉心溶融に至る崖っぷち)である1260ガルを超えてしまう。

規制庁が自ら立てた課題は「地震モーメントを武村式で算出し、その他は関西電力と同じ手法で地震動を評価する」であった。ところが規制庁は好都合にも関電の評価手法を知らなかったため、上記引用の「その他」についても自分で評価方法をつくった。その結果、基本ケースで入倉・三宅式を用いた場合の加速度評価値を関電の596ガルから356ガルへと大幅に下げた。こうして、基本ケースでは加速度が現行最大の856ガルを越さないようになった。これが試算のからくりの第1の問題である。関電の具体的な評価方法を把握せずに、どうして審査ができるのかと交渉で迫ったが、そんなことはあたり前のことだという姿勢であった。

規制庁試算の第2のかつ最大の問題は、武村式を用いると推本レシピ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一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(もともと矛盾がなければ、矛盾として顕在化するはずがない)。

この点は規制庁も認めていて、7月27日資料の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(引用者註：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」。

前にも述べたように武村式を用いるのは、実際に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。また、現行レシピと矛盾しない範囲の式（たとえば松田式）を用いればよいというような問題ではないことを付言しておく（松田式は大飯原発の場合、武村式の45%程度の地震モーメントしか与えない）。

規制庁試算には他にも、式の入替を「不確かさ」の範疇に入れていて、基本的に「ばらつき」と「不確かさ」の区別がついていないという問題があるが、紙数の関係から立ち入らない。

3. 入倉コメントによる島崎提言批判に対して

7月13日に入倉氏はコメントを出し、島崎氏の提言を批判している。その内容は3つあるが、第1の問題だけについて以下で簡単に触れよう（第2は、1995年以降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。第3は武村式のデータは古く、一部を震源インバージョンで解析した結果はやはり入倉・三宅式を支持という内容だが、それらの問題点はここで述べる内容と共通している）。

島崎提言では、断層長さを31km、面積を496km²と想定している。入倉氏はその想定は過小評価だとかみついて、震源インバージョンによる研究結果では面積は1200km²にもなっているのではないかと、これだと（地震モーメントは面積の2乗に比例するので）入倉・三宅式でも過小評価にならないと批判した。

入倉コメントが推奨する震源インバージョンの結果として久保他(右図上)と浅野(右図下)を示すが、これらはどちらも熊本地震の本震(4月16日, 1:25)を起こした断層で、矢印が各要素断層(4km²)のすべり量を表している。経験式との関係で問題になるのは長さや面積であるが、同じ断層でありながら、上図では(56km, 1344km²)、下図では(42km, 756km²)であり、上図面積は下図の1.8倍もある。

実は、震源インバージョンの断層サイズは、余震分布などを参考にして研究者が最初に選ぶのである。入倉コメントには注釈があって断層面積は選んだままを破壊面積とするのではなく、トリミング(切抜き)を行って面積を縮小するのだとの建前が書かれている。その方法としてはSomerville他による規範が適用されることになっている。ところが上記2つの研究では、トリミングについて触れていないし、矢印からすべり量を読み取って調べるとSomerville他の方法は適用できず縮小できない。それゆえ、最初に研究者が大きな面積を選ぶと入倉・三宅式による計算ではM₀が大きくなるので、入倉・三宅式を支持する傾向になるという、恣意的操作が入る余地が十分ある。

さらに、これらは「最終すべり量」を表しており、地震の最終的な結果を示している。他方、入倉・三宅式などの経験式は地震動の予測のために用いられる式なので、地震が起こる前の断層の姿から予測することになる。このような問題を含む震源インバージョンはまだ発展途上にあると捉えるべきであり、その結果を絶対視して地震動の過小評価に利用することは断じて避けるべきであろう。

4. 結論

熊本地震が示した入倉・三宅式の過小評価を重視し、少なくとも、規制庁も認める矛盾に満ちた現行の推本レシピが根本的に改革されるまでは、原発の稼働は止めるべきである。

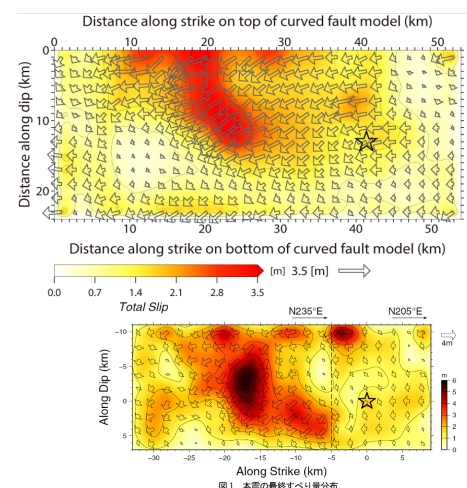


図1 本震の最終すべり量分布