平成２３年（ヨ）第２１号

玄海原子力発電所２号機３号機再稼動差止仮処分命令申立事件

債 権 者　　味　志　　陽　子　外８９名

債 務 者　　九州電力株式会社

主　張　書　面　（１４）

２０１６年１１月１４日

佐賀地方裁判所　民事部　合議２係　御中

債権者ら代理人

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

第１　問題点の所在

１　債権者らの主張

本件原子力発電所の耐震重要施設について設定されている基準地震動が過小評価であり、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下設置許可基準規則という）４条３項に違反している。設置許可基準規則は原子炉等規制法第４３条の３の６第以降４号の原子力規制委員会規則に該当し、同規則の基準に該当しない場合当該発電用原子炉施設の設置許可はなされないのであり、またその使用も許されないのである。

２　基準地震動の設定の概要

設置許可基準規則第４条３項は「耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれのある地震による加速度によって作用する地震力（以下「基準地震動による地震力」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。」と定めている。

これを受けた「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（以下、「基準規則解釈」という）の第４条５（乙６０、１２６頁）は「基準地震動」は‥‥次の方針により策定すること。として「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定すること。と規定し、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、内陸地殻内地震、プレート内地震及び海洋プレート内地震について、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下、「検討用地震」という。）を複数選定し、選定した検討用地震ごとに、不確かさを考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を、解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して策定すること。と規定し、断層モデルを用いた手法に基づく地震動評価について、検討用地震ごとに、適切な手法を用いて震源特性パラメータを設定し、地震動評価を行うことと規定している（同、１２８頁）。

3　本件の問題点

債務者は、玄海３・４号機について、断層モデルでは竹木場断層が最大加速度５２４ガル（基準地震動Ｓｓ－３）をもたらす、としている（甲５３）。その地震動の策定では、まず断層面積から入倉・三宅式によって地震モーメントを算出し、次に、その地震モーメントから壇他の式を用いて短周期レベルを算出している。地震モーメントは地下の震源の規模を表す概念であり、短周期レベルは地表面（岩盤）における地震動に関する概念であって最大加速度に比例している。

しかし第１に、地震モーメントを算出する入倉・三宅式は過小評価になっており、武村式を用いるべきである。

第２に、入倉・三宅式あるいは武村式などの経験式によって地震モーメントを算出する場合その数値は平均値であり、さらにばらつきを考慮すべきところ、このばらつきの考慮はなされていない。

第３に、地震モーメントから短周期レベル（地震動の強さ）を壇他の式を用いて評価しているがこれも過小評価であり、片岡他の式を用いるべきである。

上記の武村式と片岡他の式を用いれば、竹木場断層の現行５２４ガルは２０１７ガルに跳ね上がる。玄海３・４号機は２０１７ガルの地震動に耐えられる耐震性を有していない。

以下詳述する。

第２　地震モーメントの算出

１　入倉・三宅式ではなく武村式を用いるべきである。

（１）はじめに

玄海原発の地震動評価では、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動で最大の水平方向加速度をもたらすのは、竹木場断層の断層モデルによるＳｓ－３で、最大加速度は５２４ガルである。この場合、不確かさのすべてのケースで、入倉・三宅式を用いた評価がなされている

（M_0＜７．５×１０^{18}Ｎｍでも適用されている）。すべての基準地震動評価において最大加速度をもたらすのは、震源を特定しない場合の留萌支庁南部地震を考慮した地震動Ｓｓ－４で水平６２０ガルである。Ｓｓ－３の評価で現行の入倉・三宅式による評価を武村式による評価に改めれば、Ｓｓ－４を上回る可能性が生じてくる。

（２）経験式としての入倉・三宅式や武村式

過去に発生した地震について地震モーメント（地震規模）と断層の面積Ｓまたは長さＬのデータが残されている。この地震モーメントと断層の面積Ｓまたは長さＬとの間には一定の相関関係があることが明らかになった。そこでその相関関係を示す経験式を用いれば、現在判明している断層の面積Ｓまたは長さＬから将来発生が予想される地震の地震モーメントの予測がたてられることになる。入倉・三宅式や武村式は、断層の面積Ｓまたは長さＬと地震モーメントM_0との関係を表す経験式で、ベースにとったデータの平均値として導かれている（最小二乗法で決めているが傾きを固定しているので単純な平均値と一致する）。それゆえ、データセット（データの組み合わせ・集合）をどう選択するかによって経験式が一意に決まる。

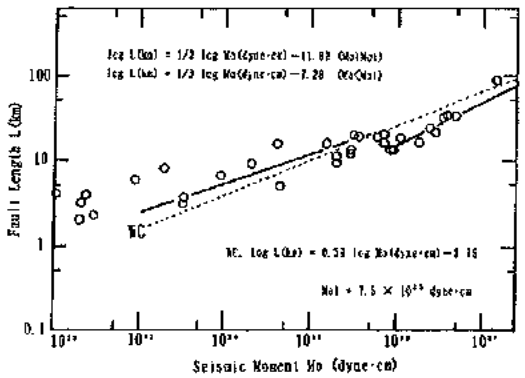


Fig. 1. Relation between fault length L (km) and seismic moment M_0 (dyne·cm). Solid lines indicate the best-fit relation. WC (dotted line) shows the relation by Wells and Coppersmith (1994).

武村式については、Ｌ－M_0関係とＳ－M_0関係の２つの式がある。Ｓ－M_0

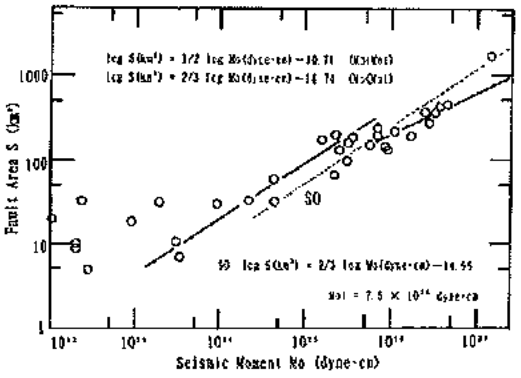
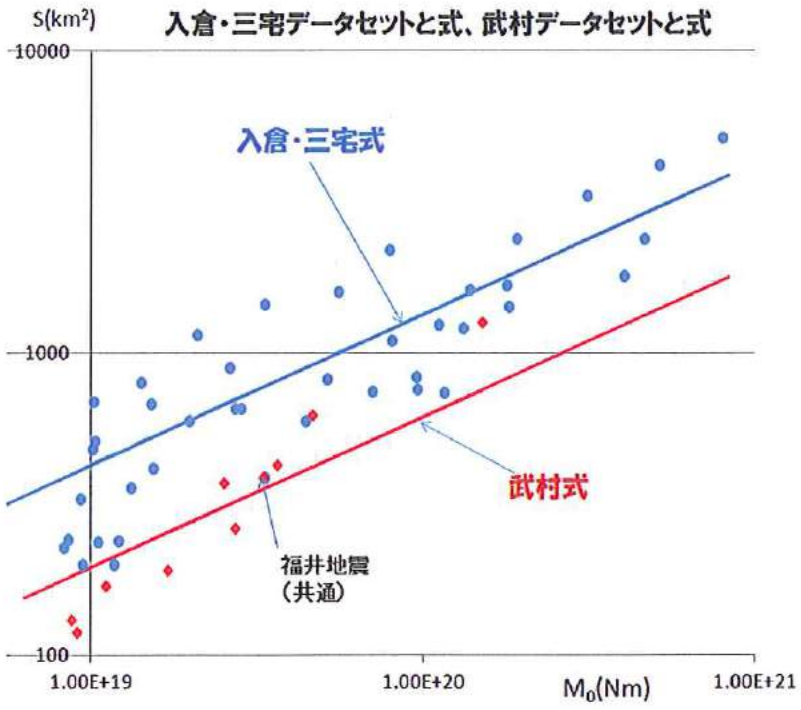


Fig. 2. Relation between fault area S (km^2) and seismic moment M_0 (dyne·cm). Solid lines indicate the relation obtained in the present study. The relation obtained by Somerville *et al.* (1993) is shown by the dotted line (SO).

関係式は、Ｌ－M_0関係式に断層幅を一定値Ｗ＝１３ｋｍとしてＬ＝Ｓ／１３を代入して得られた式である。ところが、武村論文のデータ表には断層面積Ｓの値も含まれているので、Ｓ－M_0関係式を直接導くこともできる。その結果は、驚くべきことに、上記のＬを媒介にして導かれたＳ－M_0関係式と有効数字内で完全に一致する。それゆえ、Ｓ－M_0関係式には独自の意義があると見なすことができる。現に、入倉・三宅論文では自らの式の結果を表示したグラフの中にＳ－M_0関係としての武村式の結果をも一緒に書きこんでいる。Ｌ－M_0関係は武村式（Ｌ）、Ｓ－M_0関係は武村式（Ｓ）と記す。

（３）武村式を用いるべき根拠

入倉・三宅式のデータセットは世界各地の地震のデータからなる。すなわち入倉・三宅式は世界中の地震動データ（右図の青丸点）から平均として導かれている。それに対し武村式は、日本だけの１０の地震動データ（赤ダイヤ点）から平均として導かれている（福井地震は両者共通）。



いま、縦軸の断層面積をある値に選んで固定してみると、点が右にあるほど地震モーメントM_0が大きい値をとる。武村式の基になったデータ点（赤ダイヤ）は入倉・三宅点集団（青丸）の右端付近を占めているので、同じ断層面積でも大きい地震モーメントを与えることが分かる。Ｓ－M_0関係としての武村式は、どの面積に対しても、入倉・三宅式の４．７倍の地震モーメントを与える。

このように、入倉・三宅式が世界中の地震動の平均的挙動を与えるのに対し、武村式は日本固有の地震動の挙動を示し、世界的な地震動のばらつきの中で最も地震モーメントが大きい部類に属していると解釈できる。それゆえ逆に、入倉・三宅式を用いて日本の地震動を評価すれば過小評価になる。日本における基準地震動の地震モーメントの算出には入倉・三宅式ではなく武村式が用いられなければならない。

2　前原子力規制委員会委員長代理の島崎邦彦氏の提言等

（1）２０１５年学会発表

前原子力規制委員会委員長代理の島崎邦彦氏は、委員を退いた後の２０１５年の地震関係の複数の学会において、入倉・三宅式は過小評価をもたらすと発表している。右表は、日本地震学会２０１５年度秋季大会における島崎氏の発表による（甲７２）。ＯＢＳは観測値、Ｔは武村式、ＹＳはＹａｍａｎａｋａ－Ｓｈｉｍａｚａｋｉ式、ＥＲＣは地震調査委員会、ＩＭは入倉・三宅式を表す。年号はその年に起こった地震動で、上から順に、濃尾、北伊豆、福島県浜通り、北丹後、鳥取、三河、兵庫南部地震を表す。１９４５年の三河地震では傾斜角が３０度と小さく、そのような場合を除けば入倉・三宅式は著しく過小評価になっている。

	OBS	T	YS	ERC	IM
1891	180	210	180	190	52
1930	27	32	28	21	7.9
2011	11	17	14	11	5.5
1927	46	48	41	19	12
1943	36	39	34	18	9.8
1945	10	19	17	9	19
1995	24	45	39	20	11

図　地震モーメント実測値と推定値（単位10^{17}Nm）

（2）２０１６年島崎提言

島崎邦彦氏は、２０１６年４月の熊本地震を受けて、より明確な主張を岩波の「科学」７月号で展開した（甲５９）。

その論文の結論部分で次のように述べている。（入倉・三宅式を用いた場合）

「‘震源の大きさ’（地震モーメント）が１／３．５程度の大きさに過小評価

されている。日本列島の垂直，あるいは垂直に近い断層で発生する大地震の‘震源の大きさ’（地震モーメント）の推定には，入倉・三宅式を用いてはならない」。　さらに、複数の県ですでに津波評価に入倉・三宅式が使われていることに対し、「これをこのまま放置すれば，入倉・三宅式を垂直，あるいは垂直に近い断層に用いることが，既成事実化してしまうだろう。この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」（２か所の下線は引用者）。　福島第一原発で津波の評価を誤ったことに対する反省の念が強くにじみ出ている。

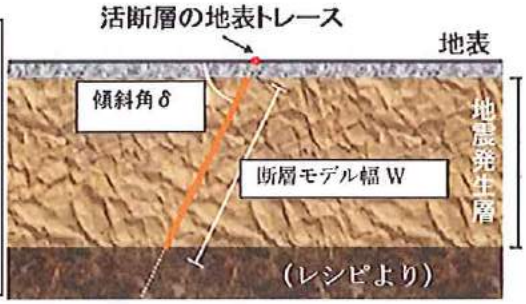
熊本地震について島崎氏は、下図の地震発生層の厚みを１４ｋｍ、傾斜角を６０度と想定している。

島崎氏による熊本地震断層の想定：

長さＬ＝３１ｋｍ，　傾斜角６０度

⇒幅Ｗ＝１６ｋｍ（１４ｋｍ／ｓｉｎ６０°）

⇒面積Ｓ＝４９６ｋｍ^2



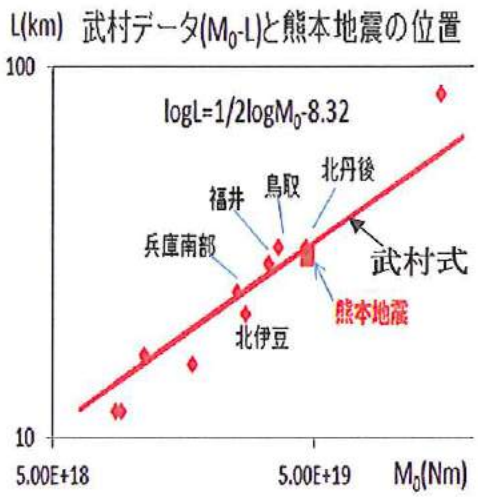
地震モーメント（地震規模、‘震源の大きさ’）の算出式と計算結果は下記のとおりである。

［入倉・三宅式］　$M_0=5.562\times10^{13}S^2$　（または、$\log S=1/2\log M_0-6.873$）

［武村式（Ｌの式）］　$M_0=4.365\times10^{16}L^2$　（または、$\log L=1/2\log M_0-8.320$）

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 （$\times 10^{19}$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ことが分かる。他方、熊本地震の実測値は武村式の結果とは整合的であるが、そのことは右図を見れば一層明らかになる。熊本地震は島崎氏が強調するように、特に西日本に特徴的な挙動を示しており、北丹後、鳥取、福井地震等の近くに位置していること、武村式のベースとなる地震集団内に位置しており、武村式を表す直線のすぐ近くに在ることが分かる



３　島崎提言を受けた規制庁の大飯原発に関する試算

（１）武村式を用いると地震モーメントは１．８１倍になったこと

同年６月２０日に規制委は、「別の式」（実際は武村式（Ｌ））で大飯原発の地震動評価をやり直すことを決定し、７月１３日に規制庁の試算が規制委員会に提出された。試算を行うにあたっての重要な前提として、「**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**」と書かれている（甲６１）。

関西電力の申請では入倉・三宅式をもちいて算出した基本ケースで地震加速度５９６ガルであったところ規制委はなぜかこれを３５６ガルに引き下げた。その上で入倉・三宅式にかえて武村式をもちいたところこれが１．８

１倍の６４４ガルになったとした。地震加速度（短周期レベルに比例）で１．８１倍ということは地震モーメントで５．９３倍になったということである。この規制庁の試算でも入倉・三宅式に替えて武村式を用いると地震モーメントが５．９３倍になることが認められたことになる。入倉・三宅式の過小評価は明らかであり、武村式をもちいるべきことが規制庁の試算でも明らかになった。

（２）規制庁の試算等の問題点

この大飯原発の最大加速度は８５６ガルであった。規制庁の上記試算では６４４ガルになったが、この８５６ガルを超えないこと、また武村式を用いるとアスペリティ面積が断層面積より著しく大きくなるという矛盾が生ずることから規制委は現行評価方式を変える必要はないと結論した。この結論については以下のような問題点がある。

第１に、関西電力の現行基本ケースの地震加速度５９６ガルを３５６ガルに引き下げたことである。規制庁の試算は、地震モーメントの算出を武村式でする以外は関西電力と同じ手法で地震動を評価するものであった。そうであれば、入倉・三宅式を使って算出した現行基本ケースの地震加速度は変わるはずがないのに規制庁は何ら根拠を示さずに上記のようにこれを変更した。これは基本ケースの地震加速度５９６ガルのまま地震モーメント算出を武村式に変更すれば現行最大加速度８５６ガルを超えてしまうからそれを避けるためとしか考えようがない。規制庁の試算では、地震モーメントは３．４９倍、短周期レベルでは１．５１倍となり地震加速度は９００ガルとなった（甲６１、別紙３）。

第２に、短周期１．５倍ケースについて武村式で算出しなかったことである。規制庁の試算では、この短周期１．５倍ケースの試算をしなかった。現行８５６ガルであるところ、１．５１倍すれば１２８４ガルに、１．８１倍すれば１５４９ガルと、大きな数字となり、大飯原子力発電所の耐震重要施

設の安全は担保できなくなってしまうことになる。規制庁の小林・長官官房耐震等規制総括官は、武村式への置き換えと短周期１．５倍ケースはいずれも認識論的不確かさであり、この二つは組み合わせない、というが、これは説明になっていない。審査ガイド３．３．３不確かさの考慮、にはそのような考え方は示されていない。また地震モーメントの算出と地震モーメントから短周期レベルの算出とは論理的にも別のものであり、したがってそれぞれが起きることは考えられ、組み合わせないという合理的根拠は考え難い。

第３に、武村式を用いるとアスペリティ面積が断層面積より著しく大きくなるという矛盾が生ずるという点である。全体である断層面積の一部がアスペリティ面積ということになる。従って後者が前者よりも大きくなることは論理的にありえないことになる。規制庁はこの論理的な矛盾が生じたことを、武村式を用いたこととむすびつけようとしているようだが誤りである。それは短周期レベルの算出に壇他の式を用いるからであり、片岡他の式を用いた場合にはそのような矛盾は生じないことは後述する。

4　入倉氏による島崎氏批判（入倉コメント）

（1）入倉コメントの概要

入倉・三宅式は過小評価だとの島崎氏の提言に対し、入倉孝次郎氏はコメント（以下入倉コメント：甲６２）を出して反論している。その内容は大きく分けて２つになる。

①島崎氏が根拠にとっている熊本地震の断層想定が間違っていること。島崎氏がとりあげた一様な断層ではなく、震源インバージョンで求めた不均一な断層モデルを用いるべきだ。

② 入倉・宮腰・釜江論文（乙６６）ですでに明らかにしたように、

（a）最近の地震について震源インバージョンで導いた断層モデルは入倉・三宅式と整合的である。

（b）武村式のベースとなった１０個の地震データは古い方式で評価されたものだから、震源インバージョンで評価し直すべきだ。そうするとやはり入倉・三宅式と整合的になる。

ここでカギとなるのは震源インバージョンによる断層評価である。その評価は入倉氏が主張するほどに確定的な結果をもたらすとは考えられない。

（2）熊本地震の本震に関する２つの震源インバージョン

入倉コメントでは、震源インバージョンによって求められた断層データとして、下記の久保他と浅野が引用されているので、それについて概観する。下記の２例はいずれも４月１６日１時２５分のＭ７．３の本震に関するものである。なお吉田他は、「準備中」ということで入手できないので検討することができない。

ア　久保他の断層データ（甲６３）

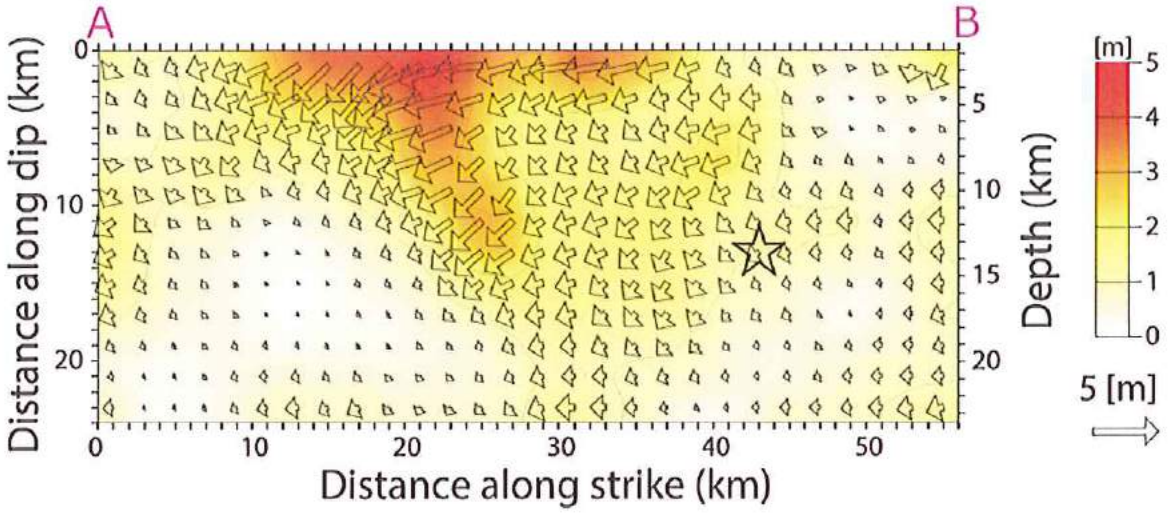
震源インバージョンによって求められた断層面上の最終すべり分布は次頁の図が示している。

○断層面全体での地震モーメント：　$M_0=5.3\times10^{19}$Nm(Mw 7.1)

○最大すべり量：D=4.6m

○断層長さ L=56km、断層幅：W=24km

○面積：$S=LW=1344km^2$



図：断層面上の最終すべり分布。ベクトルは上盤のすべり方向とすべり量を示している。星印は破壊開始点を示す。

この断層面をそのまま破壊面と捉えて入倉・三宅式と武村式（L）を適用すると、右の結果になる。

・入倉・三宅式：	$M_0=10.1\times10^{19}$ Nm
・武村式（L）：	$M_0=13.7\times10^{19}$ Nm
★実測値：	$M_0=5.3\times10^{19}$ Nm

この結果では、入倉・三宅式でさえも、上記の実測値５．３×１０^{19}Ｎｍを相当に上回っている。断層面を大きく取りすぎているのでトリミング（切り抜き）が必要となる。

イ　浅野の断層データ（甲６４）

同じく震源インバージョンによって求められた浅野の結果は次頁の図の最終すべり量分布となる。

○地震モーメント：$M_0=4.67\times10^{19}$Nm

○最大すべり量：D=5.3m

○断層の長さ：L=42km、幅：W=18km

○断層面積：$S=LW=756km^2$

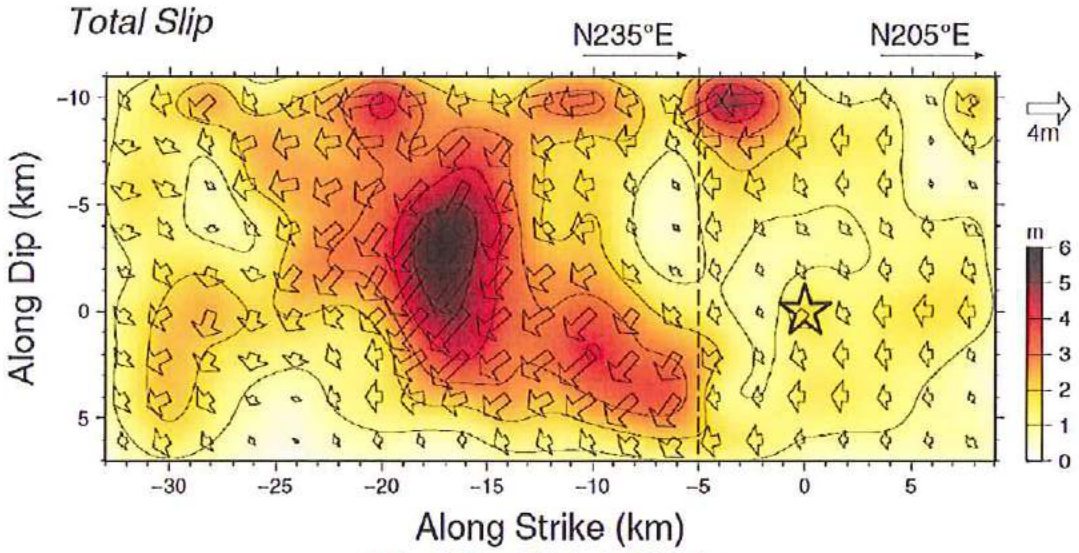


図1　本震の最終すべり量分布

入倉・三宅式と武村式（L）による結果は右のようになる。

・入倉・三宅式：	$M_0=3.18\times10^{19}$ Nm
・武村式（L）：	$M_0=7.70\times10^{19}$ Nm
★実測値：	$M_0=4.67\times10^{19}$ Nm

入倉・三宅式による結果は、実測値より少し小さく、武村式による結果は実測値をかなり上回る。

ウ　評価

同じ地震を扱ったインバージョン解析の結果でありながら、すべり量分布は研究者によってかなり様相を異にしており、果たして同一の震源断層といえるかどうかも疑問なほどである。インバージョン解析を行えば決まった結果が得られるというほど単純ではなく、最初の断層面の想定、伝播経路特性やサイト特性をどのように設定するか、いろいろな付

加的条件をどう設定するかによって結果が異なることを示している。

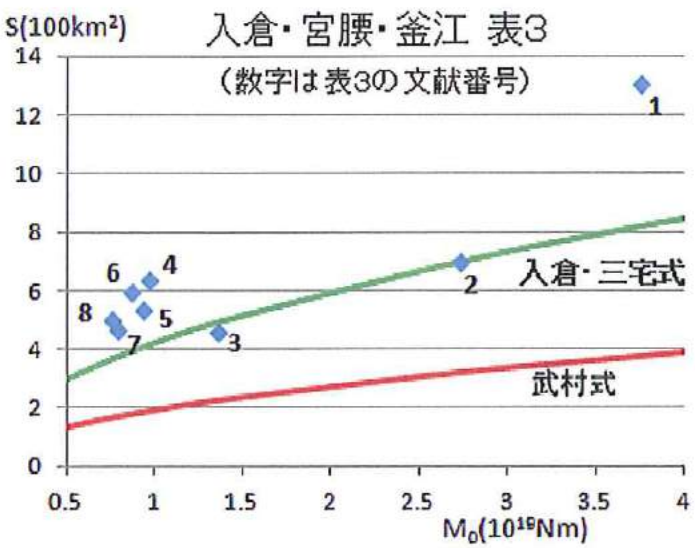
断層面をどう設定するかについて基準は示されていない。久保他も浅野も断層面が仮定であることを認めている。この２つで断層面積が大きく異なっている。

（３）入倉・宮腰・釜江論文における最近の地震データは入倉・三宅式を支持しているのか

入倉コメント（甲６２）の後半は、入倉・宮腰・釜江論文（乙６６）の内容そのものである。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。

ここでは断層面積ではなく、破壊域面積という用語が用いられており、この破壊域面積は震源インバージョン解析による断層面上の不均質すべり分布に基づき、一定の規範（Somerville et al.,1994）でトリミングを行って評価されたものを用いている、としている。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７．５×１０^{18}Ｎｍ以上の値をとる表３内の番号１～８に目を付ければよい。また、入倉・三宅式との位置関係は図２（ａ）で示されている。

表３の番号１～８だけを抜き出して、対数目盛でなく普通の目盛のグラフで表したのが右図である。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（断層面積が大きい位置）にきている。



それもそのはず、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いるからであり、かつ、トリミングを行っていないからである（少なくとも、入倉・宮腰・釜江論文の引用文献番号で、５、１６、１８、１９、２１、２２、２７ではトリミングはされていない）。もし、Somerville 他の規範ではなく、福岡県西方沖地震で事実上行ったよう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。

（４）入倉・宮腰・釜江論文における武村データの再検討について

入倉・宮腰・釜江論文（以下ＩＭＫと称す）の一つの主張は、武村式の基になったデータは古い手法で集約されたものであり、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。

元の１０個の武村データは、ＩＭＫ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

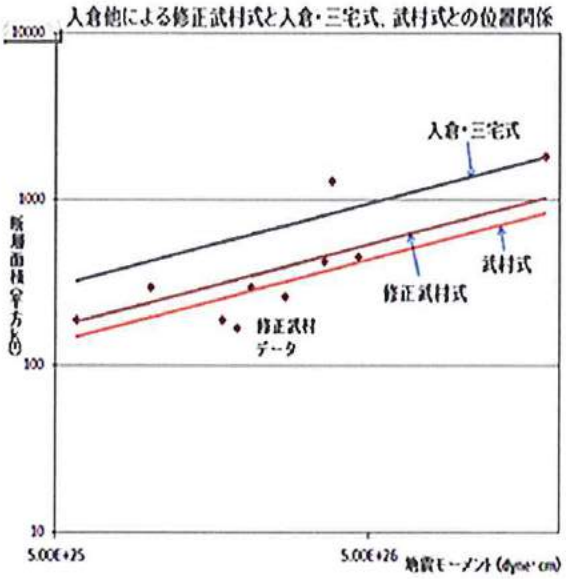
他の規範を適用することができた場合である。「なお、震源インバージョン結果から断層面積を求める際、Somerville他の規範に従い、平均すべり量の０．３倍以上のすべりをもつ断層破壊領域を抽出する必要がある。しかしながら、収集した６個のうち４個の地震は不均質すべり分布のデータは論文等からは得られなった（表５参照)」と認め、そのため○印の地震（Ｎｏ．６の兵庫県南部地震とＮｏ．９の北美濃地震）ではないほかの断層では、長さ（したがって面積）は過大に評価している可能性があると認めている。そうなれば結果は入倉・三宅式に近づくのは当然である。

では、５つのデータ（６つのデータのうち１つは面積不明）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見ておこう。表４の１０個の武村データのうち５つは表５の値に置き換わったものとして、これ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。

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

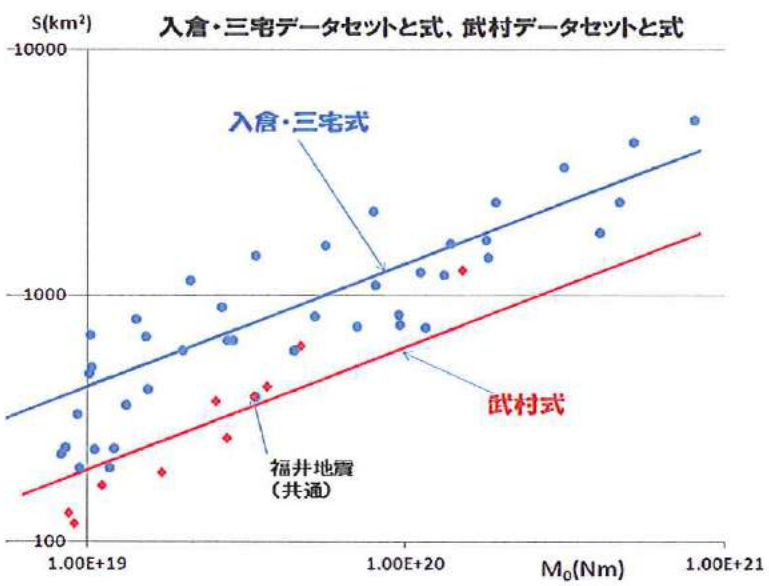
切片ｂを元の武村データを用いて最小二乗法で決めれば、ｂ＝－１０．７１となって武村式が得られる。次に修正データを用いて最小二乗法でｂを求めれば、ｂ＝－１０．６１となり、わずか１％変化するだけである。

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。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。



（５）福井地震

福井地震は入倉・三宅データセットに入っている唯一の日本の地震である。それゆえ福井地震は、そのデータセットの平均値である入倉・三宅式との乖離として捉えることができる。しかも福井地震は武村データセットにも共通に属しており、そのデータ上の位置は、



ほぼ武村式上に乗っている。それゆえ、この乖離は事実上、入倉・三宅式と武村式との差異を表現していると考えることもできる。

武村データセットについては、入倉・宮腰・釜江論文（乙６６）において、データが古く地表面の断層長さしか見ていないとの批判がある。福井地震については、元の武村データは下表の武村表１欄に、入倉・宮腰・釜江（ＩＭＫ）による修正値はＩＭＫ表５欄にある。ここでは、断層長さは修正されず、むしろ断層幅が小さめになっている。データ点と武村式との近さ（乖離の度合い）は切片である

$$b = \log S - 1/2 \log M_0$$

を計算すればわかる。元の武村データではｂ＝－７．１６８、修正データではｂ＝－７．１８４となるが、武村式のｂはｂ＝－７．２１０である。それゆえ、修正されたデータの方がむしろ武村式に近い。

		ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ	断層長 L(km)	断層幅 W(km)	断層面積 S(km²)	Mo (10^{19}Nm)	Mo(IM) (10^{19}Nm)	Mo(T) (10^{19}Nm)
福井地震	武村表１	7.1	30	13	390	3.3	0.85	4.00
	IMK 表５	7.0	30	10	300	2.1	0.50	2.37

その修正データでみると、福井地震の地震モーメントの実測値M_0は２．１Ｅ１９であり、入倉・三宅式で計算した値M_0（ＩＭ）＝０．５０Ｅ１９の４．２倍になっている。つまり、入倉・三宅式による評価値は実測値の１／４．２しか与えないということなので、熊本地震に関して島崎氏が指摘したのと同様の過小評価がすでに示されていたということである。なお、武

村式で計算した値M_0（T）＝２，３７は実測値２．１とほぼ整合的である。

このような過小評価に重ねて壇他式の適用による過小評価があるので、それらを訂正すればきわめてまともな評価が得られることになる。

（７）小括

入倉氏は自らのコメントにおいて、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用い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（地震調査研究推進本部）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策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うことにも典型的に表れている）の処理が明確にならない限り、熊本地震と島崎氏の提言を尊重し、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３　ばらつきの考慮について

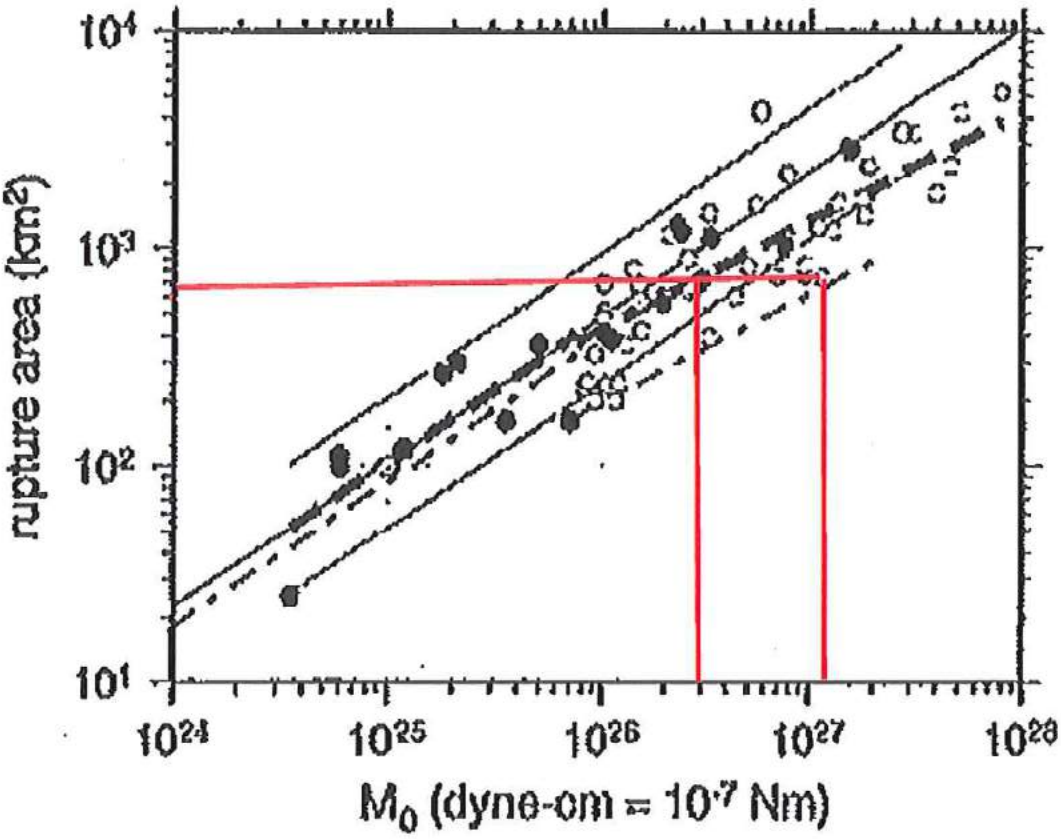
１　ばらつきを考慮すべきこと

（１）ばらつきとはなにか

以上、断層の大きさから地震モーメントを算出するには、入倉・三宅式ではなく、武村式を用いるべきであることを述べてきた。次に、これら経験式から地震モーメントとして導かれた値については、ばらつきを考慮しなければならないことをのべる。

「入倉・三宅式」にせよ「武村式」にせよ、これらは過去の地震動のデータから導かれた経験式である。そして、経験式は過去の地震の平均値を基礎とするものである。しかし、将来起きうる地震は過去の平均像に限られないことは当然である。経験式のもとになったデータと経験式によって算出された平均値の間には乖離（ばらつき）がありうる。

このばらつきについて「入倉・三宅式」とそのデータを対比して説明する。下図は「入倉・三宅式」を理論的に説明した入倉・三宅論文の図７である（甲４７、８５８頁）。



黒線はSomeville他の関係式であるところ、これは１０^{26}ｄｙｎｅ－ｃｍを超える大きな地震で系統的なずれがあるとして、入倉・三宅は、破線で示す経験式（「入倉・三宅式」）を用いるよう提唱した。この「入倉・三宅式」を導き出すために用いられたデータが図で○で示されている。この各データと破線でしめされた入倉・三宅式をみれば一見してわかるように、各データ

は入倉・三宅式の上に存在するとは限らず、ばらつきがあり各データと破線との間には乖離が存する。例えば、断層面積が６７０ｋｍ^{2}の場合、破線（入倉・三宅式）で対応する地震モーメントは２．９７×１０^{26}ｄｙｎｅ－ｃｍであるが、過去のデータとしてこの断層面積で地震モーメント１．１８×１０^{27}ｄｙｎｅ－ｃｍを示すものが存在するのである。この、１．１８×１０^{27}ｄｙｎｅ－ｃｍは、２．９７×１０^{26}ｄｙｎｅ－ｃｍの３．９８倍である。したがって耐震施設の安全性を確保する立場からすれば経験式が地震モーメントとして２．９７×１０^{26}ｄｙｎｅ－ｃｍを示したからといってこれで足りるということはできない。過去のデータが示す１．１８×１０^{27}ｄｙｎｅ－ｃｍを前提にしなければ耐震施設の安全性は確保できないのである。

（２）関西電力高浜原発の運転差止仮処分決定（福井地裁２０１５年４月１４日決定（甲７３）

関西電力高浜原発の運転差止を求める仮処分事件の決定（福井地裁２０１５年４月１４日決定）は、以下のようにのべて地震の平均像による危険を指摘している。

「本件原発においても地震の平均像を基礎としてそれに修正を加えることで基準地震動を導き出していることが認められる。万一の事故に備えなければならない原子力発電所の基準地震動を地震の平均像を基に策定することに合理性は見出しがたいから、基準地震動はその実績のみならず、理論面でも信頼性を失っていることになる。」

（３）審査ガイドの規定

「耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれのある地震による加速度によって作用する地震力（以下「基準地震動による地震力」という。）　に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。」とする設置許可基準規則及び基準規則解釈を踏まえ、

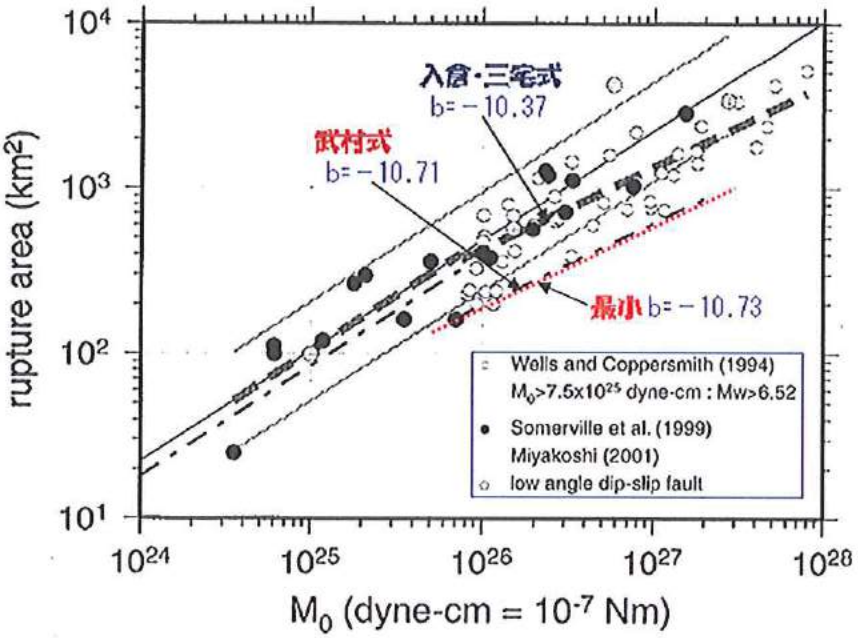
基準地震動の妥当性を厳格に確認するために活用することを目的として平成２５年６月１９日「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」（以下、「審査ガイド」という）（甲５０）が定められた。

ばらつきについては、３．２．検討用地震の選定の３．２．３震源特性パラメータの設定の（２）で定められている。

「震源モデルの長さ又は面積、あるいは１回の活動による変位量と地震規模を関連づける経験式を用いて地震規模を設定する場合には、経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する。その際、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、経験式が有するばらつきも考慮されている必要がある。」（甲５０、３頁）

（４）ばらつきの考慮のしかた

債権者の平成２８年２月２日付申立の理由の変更申立書の１３頁に表示した図を利用して説明する。なお、この図は上記の「入倉・三宅式（２００１）の図７」（甲４７、８５８頁）に説明と最も下にある点を通す点線を加筆したものである。



入倉・三宅(2001)図７に点線等を加筆

審査ガイド３．２．３（２）「経験式が有するばらつきをも考慮」するためには、これら「ばらつき点」と平均値（グラフ）との「乖離」の平均値（標準偏差）を出して、それを考慮することも一つの方法であろう。しかし、それでも過小評価になる可能性があるので、最も安全のために最外側（グラフでいうと右下側）に存在する地震動データ点をとって、耐震安全基準とすべしということになる。

グラフでいうと、勾配は１／２に固定されているので、ｙ軸との交点（切片）ｂが最小の場合が最大の乖離を与える場合になる。グラフ上「最小ｂ＝－１０．７３」が求められ、それを切片とする勾配１／２のグラフが安全基準になる。

２　債務者の主張とその誤り

（１）債務者は「経験式による評価には多少のばらつきが存在する」（準備書面１０、２８頁）とか、「経験式自体にばらつき（内在する誤差）が存在することを踏まえ、その影響力を極力小さくする努力を行うとともに、最終的に策定する基準地震動が過小なものとならないように多面的な評価を行っている」（準備書面１０、３０頁）などと述べ、３１頁以降には、「イ．具体的には」として、「基本震源モデル」を十分安全側に設定したとして、①「断層長さ」を「延ばす」、②「断層幅」を大きく設定した、③「断層傾斜角」を安全側へ設定した、④「アスペリティ位置」を敷地に最も近い位置に設定した、⑤「破壊開始点」は断層面下端で敷地に破壊が向かうよう設定したと述べ、「不確かさ考慮モデル」についても、①断層長さを長くして敷地に近い位置に震源断層を想定、②「断層傾斜角」について敷地直下まで震源断層を想定して角度を設定、③「応力降下量」について既往の経験式の１．５倍相当量を考慮して評価、④「破壊開始点及びアスペリティの位置」について、破壊が敷地に向かう方向となるケースを選定。を述べて「考慮している」ことを主張している。しかし、債務者のこの主張は誤りである。

（2）まず、債務者は「経験式自体にばらつき（内在する誤差）が存在すること」（準備書面１０、３０頁）と述べているように、「ばらつき」を「内在する誤差」と定義づけているが、失当である。「ばらつき」は「誤差」ではない。「誤差」という場合には、別に正しい値が存在することを意味する。ばらつきという場合、ほかに正しい値があることは意味しない。ばらつきの示すデータそのものに意味があり、尊重されなければならないのである。

審査ガイドは「３．３．３．不確かさの考慮」として、①支配的な震源特性パラメータ等の分析について、以下のとおり規定している。

「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、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析し、その結果を地震動評価に反映させることが必要である。特に、アスペリティの位置・応力降下量や破壊開始点の設定等が重要であり、震源モデルの不確かさとして適切に評価されていることを確認する。」（審査ガイドｐ６～Ｐ７）

これをみると、債務者が考慮したという全ての対象は、この審査ガイドにいう「震源モデルの不確かさ」であって、「経験式の有するばらつきも考慮」したものではない。「震源モデルの不確かさ」とは経験式に用いるパラメーター（データ）の問題である。「経験式の有するばらつき」とは平均操作で経験式を導き出すことの問題である。ばらつきは誤差として修正されるものではなく、そのデータの個性として尊重し、考慮されなければならない。不確かさとは、データの欠如またはリスクアセスメント決定についての不完全な理解に関係し、より多くのまたはよりよいデータによって減らされるか、または取り除かれるものである（甲５２）。ばらつきと不確かさとは全くことなるものである。

債務者は「不確かさの考慮」はしたと主張しているが、「ばらつき」を考慮したという事実の主張はなく、審査ガイドが求める「ばらつきも考慮」の過程を無視して一切の対策をしない違法を犯している。

第４　加速度の過小評価

１　片岡他の式を用いるべきである。

（１）はじめに

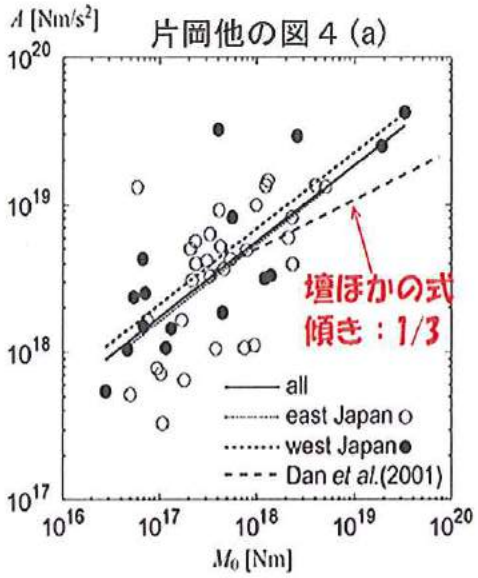
基準地震動の算定は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」については、検討用地震に関し、断層面積から地震モーメント（震源における地震の規模）を算出し、次にその地震モーメントから地表面（岩盤）における地震動を示す短周期レベル（最大加速度に比例））を算出する。

玄海３・４号機では、竹木場断層につき断層面積から入倉・三宅式を用いて算出した地震モーメントから壇他の式を用いて短周期レベルを算出し、最大加速度５２４ガル（基準地震動Ｓｓ－３）とした。この地震モーメントから短周期レベルの算出に壇他の式を用いたことも過小評価であり、片岡他の式を用いるべきである。

（２）壇他の式ではなく片岡他の式を用いるべきである。

玄海３・４号機の基準地震動評価にあたっては、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。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。

債務者は、２０１６年４月８日付準備書面１０の２５頁において、「実際に発生した地震の観測記録の回帰分析から求められた壇ほか（２００１）による地震モーメントと短周期レベルとの経験式からは、地震動の短周期レベルは、地震モーメントの１／３乗に比例することが確認されている」と主張しているが、誤りである。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（乙６７、壇他論文５３頁）。すなわち、$M_0^{1/3}$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。



(a) 地域で分類

他方、片岡他は、日本の内陸地震について、地震モーメントと短周期レベルのデータをもとに、$M_0^{1/3}$のスケー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６７）。両方とも両対数グラフ（縦軸Ａ，横軸M_0）において直線を仮定し、最小二乗法で直線のパラメータを決めるという方式は同じである。直線はｙ＝ａｘ＋ｂ（ｙ＝ｌｏｇＡ，ｘ＝ｌｏｇM_0）と表せるが、壇他の場合は傾きをａ＝１／３と頭から仮定し、残りの切片ｂを最小二乗法で決めている。それに対し、片岡他では特別な仮定をおかずにａとｂの両方を最小二乗法で決めていて、その結果、約ａ＝１／２に近い結果が得られている。その結果、ほぼ１／２乗に比例するという結果が導かれた。さらに、右図のように壇他の式と対比している。片岡他では次のように説明している。「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

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」。

2　入倉・三宅式や壇他の式は過小評価、武村式を用いるべき新たな根拠

２０１６年日本地震学会の秋季プログラムにおける入倉・宮腰・吉田・釜江予稿集（甲７４）の最後の部分に次の記述がある。「これまでの平均すべり量の経験式は$M_0^{1/3}$乗に比例していたが、地震モーメントが７．５Ｅ＋１８［Ｎｍ］（Ｍｗ６．５）より大きい地震の平均すべり量は、入倉・三宅（２００１）、宮腰他（２０１５）のデータおよび２０１６年熊本地震（Ｍｊ７．３）を含めて$M_0^{1/2}$に比例して大きくなる傾向を示している」。

この結論は、次のように考えれば簡単に導き出せる。

平均すべり量はレシピ（１０）式より

$D=M_0/(\mu S)$（地震モーメント／（剛性率×断層面積）

他方、入倉・三宅式や武村式は、$M_0 >= 7.5E+18$では、次の形をしている。

$M_0=kS^2$

$k=5.562\times10^{13}$　（入倉・三宅）

$k=26.30\times10^{18}$　（武村）

最初の式から求めた$S=M_0/(\mu D)$を第２式（入倉・三宅、武村）のＳに代入して整理すると、次の平均すべり量の式が得られる。

$D=(1/\mu)\ k^{1/2}M_0^{1/2}$

上記の学会予稿集のとおり、平均すべり量は$M_0^{1/2}$に比例するという関係が得

られた。

ちなみに、$M_0 < 7.5E+18$のときは入倉・三宅式の代わりに Somerville 他の式

$$M_0 = 9.496 \cdot 10^{14} \ S^{3/2}$$

を用いれば、

$$D = (1/\mu) \ k^{2/3} M_0^{1/3}$$

となって、予稿集で従来用いたとされる関係式が得られる。

では、短周期レベルAとM_0の関係はどうなるだろうか？

まず、レシピ（１３）式を変形すれば、次式が得られる。

$$A = (7\pi^2/4) \ \beta^2 \mu D / \gamma^{1/2}$$

（βはＳ波速度で大飯３．６ｋｍ／ｓ、玄海３．５ｋｍ／ｓ、

γ＝Ｓａ／Ｓつまりアスペリティ面積／断層面積）

これに上記のＤの式を代入すれば、次式が得られる。

$$A = (7\pi^2/4) \ \beta^2 \ (k/\gamma)^{1/2} \ M_0^{1/2}$$

これをｋの値に応じて「入倉・三宅ベース式」または「武村ベース式」と呼ぶことにする。

（注）もし上記の Somerville 他の式から出発すれば、Aは$M_0^{1/3}$に比例するという壇他の式と類似の式

$$A = (7\pi^2/4)\,\beta^2\,(k^{2/3}/\gamma^{1/2})\,M_0^{1/3}$$

が得られる。この式を「Somerville ベース式」と呼ぶことにする（比較のために、M_0 ＞＝７．５Ｅ＋１８でも意味をもつとする)。

これらと比較すべき壇他及び片岡他の式は次式で与えられる。

壇他：　$A = 5.012 \cdot 10^{12} M_0^{1/3}$

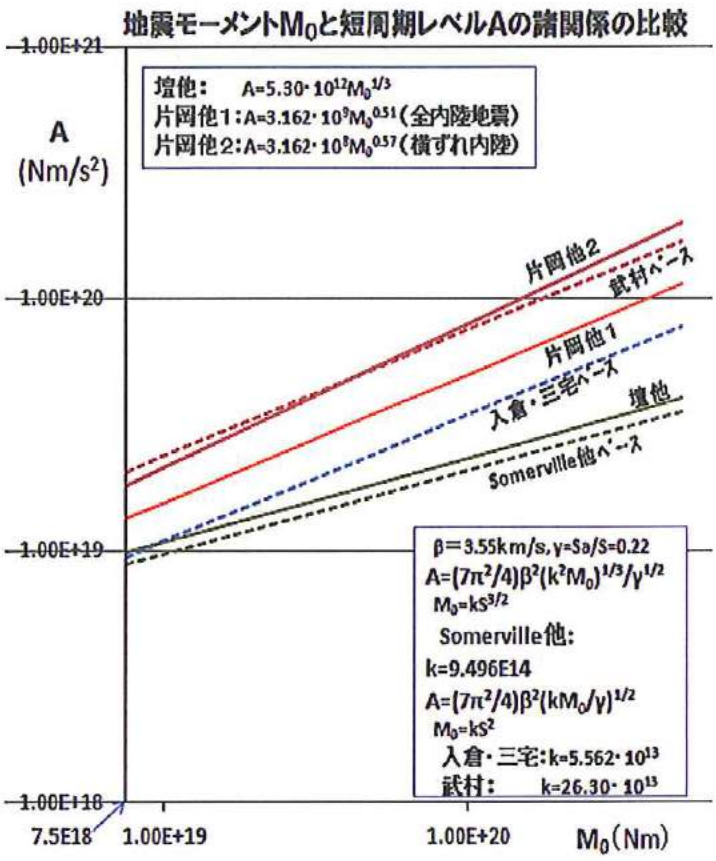
片岡他１：$A = 3.162 \cdot 10^{9} M_0^{0.51}$（全内陸地震）

片岡他２：$A = 3.162 \cdot 10^{8} M_0^{0.57}$（横ずれ内陸地震）

これらをグラフで比較すると次図のようになる（$\beta = 3.55$（大飯と玄海の中間値）及び$\gamma = 0.22$とした)。この結果から次のような結論が得られる。

（１）現在のレシピや各原発の断層パラメータの設定で当然のようにして用いられている壇他の式は、M_0＞＝７．５Ｅ＋１８では明らかに過少評価になる。壇他の式は、Somerville et al の式から得られる式（M_0＞＝７．５Ｅ＋１８にまで拡張した式）と近い値をとる。壇他の式は少なくともM_0＞＝７．５Ｅ＋１８では用いるべきでない。

（２）片岡他の式は実測値から最小二乗法で求められた式であり、それと比べると入倉・三宅式は過少評価になる。とりわけ、横ずれ断層地震（片岡他２）の場合に過少評価になる（例えばM_0＝１Ｅ＋２０のとき、１／２．３の過小評価になる）。

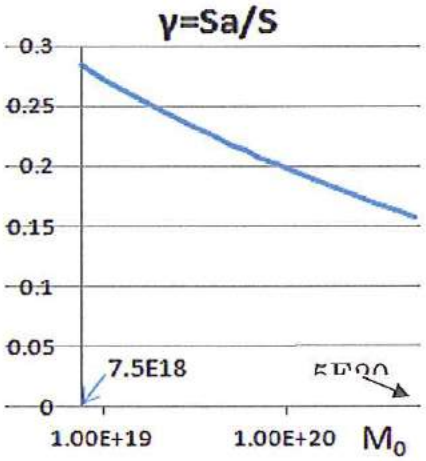


（３）武村式を用いた評価は片岡他２の横ずれ断層地震の評価とほぼ一致している。それゆえ、福井や九州などの横ずれ断層地震の場合には、片岡他２または武村式から得られた式を用いるのが妥当であると結論される。

なお、上記の式ではアスペリティ面積の断層面積に対する比γ＝Ｓａ／Ｓは大飯原発などでとられている値γ＝０．２２に固定したが、次式にとれば武村ベース式は片岡他２式と一致する。

$$\gamma = 124.68 / M_0^{0.14}$$

その挙動は右グラフのようになり、M_0＝４．６５Ｅ＋１９のときγ＝０．２２となる。



3　壇他の式の代わりに片岡他の式を用いればレシピの矛盾は起こらない

入倉・三宅式の代わりに武村式を用いると、アスペリティ面積が断層面積より著しく大きくなるという矛盾が生じることを、大飯原発の場合に原子力規制庁が示した。すなわち、規制庁が武村式（Lの式）を用いて地震モーメントを計算し、さらに壇他の式を用いて短周期レベルを計算した結果、部分であるはずのアスペリティの面積がＳａ＝１８４０ｋｍ^{2}となり、全体である断層面積Ｓ＝９５１ｋｍ^{2}の１．９３倍にもなった（甲６１、８頁）。

同様の結果は玄海原発の竹木場断層の場合にも生じる。武村式（Sの式）と壇他の式を用いて計算すると、Ｓａ＝３５９ｋｍ^{2}となり、断層面積Ｓ＝２９９．２９ｋｍ^{2}の１．２０倍にもなって矛盾が生じる。

入倉・三宅式の代わりに武村式を用いると、地震モーメントが大きくなり、それに応じて短周期レベルも大きくなるが、壇他の式では$A \propto M_0^{1/3}$となっているため、Aはそれほど大きくならない。アスペリティを円と見なしたときの半径ｒ（$Sa = \pi r^2$）はレシピ（１３）式より次式で決まる。

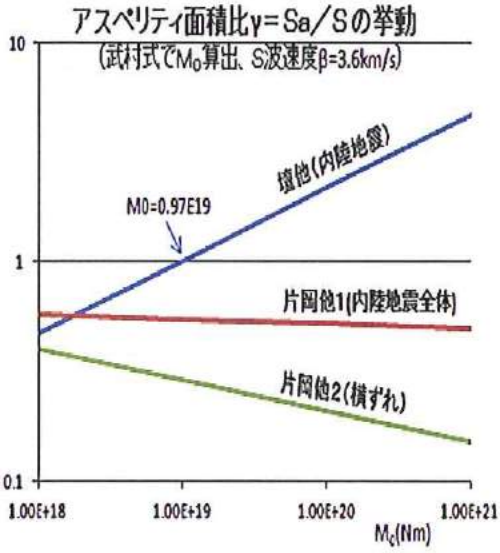
$$r = (7\pi/4)\ \beta^2\ (M_0/AR)$$

ただし、Rは断層を円と見なしたときの半径である（$S = \pi R^2$）。つまり、半径ｒはAに反比例しているので、大きくなったM_0に比べてAがそれほど大きくならなければｒは比較的大きな値になる。こうして事実、玄海原発の竹木場断層や大飯原発のＦｏＡ－ＦｏＢ－熊川断層の場合、アスペリティ面積が断層面積を著しく上回る結果となる。

ところが、片岡他の式１または２を用いると、前記のグラフのようにAがそれなりに大きくなるため、アスペリティ面積の半径ｒが小さくなり、アスペリティ面積が断層面積より相当に小さくなる結果が得られて矛盾は生じない。

実際、玄海の竹木場断層の場合（β＝３．５ｋｍ／ｓ）、武村式（Ｓの式）と片岡他２を用いてアスペリティ面積を計算すると、Ｓａ＝６８．８ｋｍ²となるので、断層面積Ｓ＝２９９．２９ｋｍ²の２３．０％である。次に、大飯原発の場合（Ｓ＝９５１ｋｍ²，β＝３．６ｋｍ／ｓ）、武村式（Ｌの式）と片岡他２を用いて計算すると、M_0＝１．７５Ｅ２０Ｎｍ，Ａ＝１．０９Ｅ２０。これらより，Ｓａ＝１３５．１ｋｍ²となり、断層面積Ｓの１４．２％となる。いずれも矛盾は生じない。

なお、以上で述べたアスペリティ面積Ｓａの挙動は、γ＝Ｓａ／ＳがM_0に応じてどのように変化するかを見れば一目瞭然となる。右図のグラフは、武村式でM_0を算出し、それから壇他または片岡他１，２でＡを算出した場合である。壇他の式を用いれば必ずγ＞１となりアスペリティ面積が断層面積を超えるが、片岡他の式では次第に減少するためそのような矛盾が起こらないことを示している。この結果からも壇他の式が適応していないことが明らかである。



４　小括－壇他による地震動の過小評価をやめるよう、片岡他の式で評価せよ

現在は、地震モーメントから短周期レベル（最大加速度に比例）を求めるのに壇他の式を用いている。これが過少評価のもう一つの（入倉・三宅式に加えて）根源となっている。壇他の式に代えて、片岡他の式を用いるべきだというのが上記の結論である。

まず、横ずれ断層である竹木場断層の場合、武村式（S）と片岡他２を用いた場合、短周期レベルは元の評価に比べて３４．８／８．５６＝４．０７倍になる。それゆえ、入倉・三宅式と壇他の式を用いて計算した現行最大加速度５２４ガルはその４．０７倍の２１３２ガルになるというのが結論である（片岡他１を用いた場合はA＝２．４０E１９となるので、５２４ガルは２．８０倍の１４６９ガルになる）。

次に大飯原発の場合、現行の地震モーメントはM_0＝５．０３E１９、短周期レベルは１．９６E１９Nm／s^{2}であり、これを武村式（L）と壇他を用いて修正するとM_0＝１．７５E２０Nm、A＝２．９７E１９Nm／s^{2}となる（甲６１、１９頁）。壇他の代わりに片岡他２を用いれば、短周期レベルは
A＝１．０９３E２０Nm／s^{2}となって、現行の１０．９３／１．９６＝５．５８倍になる。それゆえ、入倉・三宅式と壇他の式を用いて決めている現行最大加速度（Ss－４）８５６ガルは５．５８倍の４７７６ガルとなる。

このように、壇他の式は入倉・三宅式と相まって、地震動の過少評価をもたらしていることは明らかである。それらに代えて武村式と片岡他の式を用いれば、レシピの矛盾が起こることもなく、正当な評価が得られると考えるべきである。

以上より、債務者の地震動評価はあまりにも過小評価であることは明らかであり、武村式、片岡他の式で評価されなければならない。

第５　熊本地震が新たに提起した地震動評価の問題は未検討

１　熊本では、震度７の地震が間をおかずに２回起こり、震度４以上の地震は１００回を超えている。このような態様の地震が玄海原発の近傍で起こる場合は検討されていない。その場合、２つの問題がある。

第１は、１回目の地震で塑性変形を起こした設備が２回目の地震に耐えられずに破損することである。実際、熊本においては、このようにして２回目の本震で多くの家屋等が倒壊している。ところがこの点について、４月２０日記者会見で原子力規制委員会の田中委員長は次のように述べている。すなわち、「重要な機器ですね、安全上、それがいわゆる弾性範囲におさまるようにという設計を求めています。だから、弾性範囲にある分には、５回、１０回、１００回ぐらい繰り返したって何も起こらない」と述べた。

ところが、新規制基準が要求しているのは、「局部的に弾性限界を超える場合を容認しつつも施設全体としておおむね弾性範囲に留まり得る」（次頁：設置許可基準規則の解釈（別記２））である。したがって、１回目の地震で多くの比較的弱い部分が塑性変形を起こし、そこにさらに揺れが加われば、変形が進む等して大事故が起こる恐れがある。このような危険性が何ら検討されていないことが問題である。

第２の問題は、疲労の累積である。基準地震動に類する地震が立て続けに２回起こる場合、さらに余震が何度も続く場合、繰り返しの地震動による配管等の疲労が震動の数に応じて累積していき、ついには疲労限度を超えてしまう。たとえば、川内原発１号炉の場合、格納容器を貫く主蒸気配管や主給水配管の伸縮式配管貫通部（伸縮継手）では、確実に疲労限度を超える。事実、川内１号の高経年化技術評価によれば、Ｓｓ－１に対する累積疲労係数が、通常運転時で０．０２０、地震時で０．９４４、合計０．９６４となっている。もう一度基準地震動が起これば、０．９６４＋０．９４４＝１．９０８となって許容値の１を超えてしまうことになる。基準地震動の後にその４％程度の余震が起こっただけでも許容値を超えてしまう。このことを規制庁は否定していない（甲７０：規制庁回答）。玄海３・４号炉については、川内１号炉の高経年化技術評価のような資料が見当たらないので実態は不明だが、この点は九州電力が明らかにすべき問題である。

２　さらに別に、避難計画が成り立たなくなるという問題がある。現行避難計画で

は、３０ｋｍ圏内は屋内退避することになっているが、上記第１の繰り返し地震に関連して屋内退避が成り立たないことが明らかになった。避難計画は熊本地震を踏まえて抜本的に再検討される必要がある。

いずれにせよ、熊本地震が提起したこのような問題について検討がなされるまで、運転再開は許されるべきではない。

以上