

平成24年(ワ)第430号 川内原発差止等請求事件
平成24年(ワ)第811号 川内原発差止等請求事件
平成25年(ワ)第180号 川内原発差止等請求事件
平成25年(ワ)第521号 川内原発差止等請求事件
平成26年(ワ)第163号 川内原発差止等請求事件
平成26年(ワ)第605号 川内原発差止等請求事件
平成27年(ワ)第638号 川内原発差止等請求事件
平成27年(ワ)第847号 川内原発差止等請求事件
平成28年(ワ)第456号 川内原発差止等請求事件
平成29年(ワ)第402号 川内原発差止等請求事件

原告ら準備書面60

—入倉・三宅式の適用は地震動の過小評価をもたらすこと—

2018年10月30日

鹿児島地方裁判所民事第1部合議係 御中

原告ら訴訟代理人
弁護士 森

雅 美



同 板 井

優



同 後 藤

好

成



同 白 鳥

努

外



第1 はじめに

入倉・三宅式の適用は地震モーメント M_0 の過小評価・地震動の過小評価をもたらす（したがって、1997年鹿児島県北西部地震の観測記録から導かれる地震モーメント M_0 の値が強震動予測レシピによって求められたもの（入倉・三宅式を用いて求められたもの）を上回っているからといって1997年鹿児島県北西部地震の観測記録を基にした短周期レベルAが保守的と評価できる理由にはなり得えない）ことについては原告ら準備書面45第2 1項などにおいて既に述べたとおりであるが、本書面においては、2017年4月24日に名古屋高裁金沢支部で行われた大飯原発訴訟・控訴審における島崎邦彦東京大学名誉教授の証言（甲A224）などをふまえてさらに入倉・三宅式に関する原告らの主張を補充することとする。

第2 入倉・三宅式は過小評価であること

1 はじめに

前原子力規制委員会委員長代理である島崎邦彦東京大学名誉教授は、被告九州電力が「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」による基準地震動を策定するにあたって用いている入倉・三宅式(2001)では、地震モーメント M_0 （地震の規模）が過小評価となる旨指摘しており以下、島崎氏の指摘などについて述べる。

2 島崎氏の文献等による指摘の内容

- (1) 島崎氏は、2015(平成27)年5月の日本地球惑星科学連合大会(甲A157号証)、同年10月の日本地震学会秋季大会(甲A221号証)、同年11月の日本活断層学会(甲A222号証)、及び翌2016(平成28)年5月の日本地球惑星科学連合大会(甲A223号証)において、垂直、若しくは垂直に

近い断層について、地震前の情報に入倉・三宅(2001)の式を当てはめると、地震モーメントを過小評価してしまうと指摘している。また、岩波書店「科学」2016年7月号においても同様の指摘を行っている(甲A191号証)。さらには、2017(平成29)年4月24日に名古屋高裁金沢支部で行われた大飯原発差止訴訟・控訴審における証人尋問でも、同様に証言している(甲A224号証)。まず、島崎氏が文献等で指摘する内容の要旨は以下のとおりである。

(2) 活断層(震源モデル)の情報(長さ、面積等)から地震規模を推定する経験式には、松田式、入倉・三宅式の他にもいくつかの経験式が提案されているが、どの経験式を選定するかによって、推定される地震規模は大きく異なる場合がある。ここで注意しなければならないのは、地震発生前に使用できるのは活断層の情報(すなわち地震前の情報)であって、震源断層のものではないということである。

このことを前提に、まず島崎氏は、活断層長 $L(m)$ と地震モーメント $M_0(Nm)$ との代表的な以下の4つの関係式について、わかりやすさを重視して以下のように表した(甲A157、A221、A222号証)。

- ① $M_0 = 4.37 \times 10^{10} \times L^2$ (武村、1998)
- ② $M_0 = 3.80 \times 10^{10} \times L^2$ (Yamanaka&Shimazaki,1990)
- ③ $M_0 = 3.35 \times 10^{10} \times L^{1.95}$ (地震調査委、2006)
- ④ $M_0 = 1.09 \times 10^{10} \times L^2$ (入倉・三宅、2001で、厚さ14kmの地震発生層中の垂直な断層を仮定した場合)

上記③は「(地震調査委、2006)」とあるが、松田式を基に地震モーメントを求める式へ変形したものである。

④の入倉・三宅(2001)の式は本来、断層の長さではなく震源断層の面積から地震規模を求める式であるため、地震発生層14kmの垂直な断層を

仮定して式を変形し、他の式との比較を可能にしている。仮に断層の傾斜角を60度とした場合には、係数が1.09ではなく1.45となる。

上記①から④は係数以外はほぼ同じ式であるため、係数を比較するだけで、④の入倉・三宅(2001)が他に比べて顕著に地震モーメントを過小評価することが分かる。すなわち、同じ断層長で比較すると、地震モーメントは4倍程度異なるし、同じ震源モーメントで比べれば、断層長が2倍程度異なるのである。

- (3) また、単に他の式と予測値が乖離しているというだけでなく、観測値との比較で入倉・三宅(2001)の式は過小評価の傾向があるということが重要である。

島崎氏は、上記①から④式に日本の陸域およびその周辺の7つの地殻内地震(マグニチュード7程度以上)につき、その活断層の長さを当てはめてそれぞれの地震モーメントを求め、観測値(OBS)と比較した(甲A221号証・下記表1)。

下記表1は島崎氏が作成したものであるが、表1のうち、「T」が前記①の武村(1998)の式、「YS」が前記②のYamanaka&Shimazaki(2000)の式、「ERC」が前記③の地震調査委員会(2006)の式(内容は松田式の変形)、「IM」が前記④の入倉・三宅(2001)の式であり、それぞれの式におけるそれぞれの地震についての地震モーメントの推定値が記載されている。黄色で塗られた部分(OBS)が観測値である。

島崎氏によると、「地震発生前に使用できるのは活断層の情報であって、震源断層のものではないことに注意しなければならない」ことから、震源断層の長さではなく、活断層の長さを用いて地震モーメントを求めている。

下記の表のうち、水色に塗られた部分は、概ね地震規模の予測に成功

したものと思われる。入倉・三宅(2001)の式(IM)以外の3つの式は、過半数のケースで概ね地震規模の予測に成功しているが、入倉・三宅(2001)の式による推定値(IM)では、1つも水色に塗られておらず、地震規模の予測に成功していない。

	OBS	T	YS	ERC	IM
1891	180	210	180	130	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

甲A221号証・表1地震モーメント実測値と推定値(単位: 10^{18}Nm)

上記表は省略が多く少し分かりにくいため、各地震の名称、入倉・三宅(2001)の式(IM)による推定値が実測値との比較で何倍になっているのかの数値(IM/OBS)、断層傾斜角を補足した表を示す(表2)。

これによると、入倉・三宅(2001)の式では7分の6ケースで地震モーメントが過小評価となり(ピンクで塗られた部分)、7分の4のケースで過半数は地震モーメントの実測値の3分の1を下回っている。

	OBS	T	YS	ERC	IM	IM/OBS	断層傾斜角
1891年 濃尾地震	180	210	180	130	52	0.29	90°
1930年 北伊豆地震	27	32	28	21	7.9	0.29	90°
2011年 福島県浜通り	11	17	14	11	5.5	0.5	60°
1927年 北丹後地震	46	48	41	19	12	0.26	90°
1943年 鳥取地震	36	39	34	18	9.8	0.27	90°
1945年 三河地震	10	19	17	9	19	1.9	30°
1995年 兵庫県南部地震	24	45	39	20	11	0.46	90°

表2 地震モーメント実測値と推定値(単位： 10^{18}Nm)(補足後)

入倉・三宅(2001)の式で、唯一、地震規模を過大評価している1945年三河地震については断層傾斜角が30度、過小評価の幅がやや小さい2011年福島県浜通りの地震は断層傾斜角が60度であり、それぞれ入倉・三宅(2001)の式の係数がこれに合わせて変更されている。

このことから島崎氏は結論として、断層の傾斜角が60—90度で、断層のずれが大きい場合には、地震モーメントが過小評価される可能性があり、慎重な検討が必要である旨述べている。

(4) 島崎氏は、2016(平成28)年5月の日本地球惑星科学連合大会においては、既存の断層面積の推定値から、入倉・三宅(2001)の式を用いて平均的なずれの量(すべり量)を求め、これから推定される変形が実測値と調和的かどうかを調べ検討している。その結果、入倉・三宅(2001)の式では実測値の4分の1以下の変形しか説明できないことが分かったと発表している(甲A223号証)。

(5) さらに、島崎氏は2016(平成28)年4月16日熊本地震(M7.3)のデータを用いて検討を進め、入倉・三宅(2001)の式による地震モーメントの推定値は $1.37 \times 10^{19} \text{Nm}$ である一方、実測値は $4.66 \times 10^{19} \text{Nm}$ であり、推定値の3.4倍(推定値/実測値は約0.29倍)であることを示した(A191号証)。そして、震源近傍での強い揺れの程度(短周期レベル)について、その大きさが地震モーメントの1/3乗に比例するという式が提案されていることから、これに従えば、入倉・三宅(2001)式を使用した結果に対し、実際の強い揺れの程度(短周期レベル)は50%増しとなるとする。

そして、結論として、島崎氏は「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地震モーメントの推定には、入倉・三宅(2001)の式を用いてはならない」と断じている。

(6) このように、島崎氏は、垂直、若しくは垂直に近い断層について、地震前の情報に入倉・三宅(2001)の式を当てはめると、地震モーメントを過小評価してしまうということを指摘している。

3 島崎氏が大飯原発訴訟・控訴審における証人尋問において証言した要旨は以下のとおりである

(1) 基準地震動を策定するためには、ポストディクシオン(地震発生後の情

報ではなく、地震発生前の情報を用いて予測をすること)の考え方に則らなければならない(甲A224号証反訳書・3頁及び甲A225号証・5頁)。

- (2) 震源断層の幅を14km、角度を垂直と仮定して入倉・三宅(2001)の式を用いて地震規模(地震モーメント)を算出すると、他の経験式を用いる場合よりも地震規模が3分の1ないし4分の1になる(甲A224号証反訳書・4～5頁)。
- (3) 震源断層の規模を事前に予想することはできない。1891年濃尾地震は、事前に設定できる断層長さは69kmであるが、事後の評価では122kmとされ、2011年福島県浜通りの地震は、事前に設定できる断層長さは19.5kmであるが、事後の震源インバージョン解析によれば、40kmとされた(甲A224号証反訳書・8～12頁)。
- (4) 入倉・三宅(2001)の式を用いると、他の経験式を用いるよりも、ずれの量が小さく算出される。ずれの量が小さくなると、応力降下量が小さくなり、地震動が小さく算定される(甲A224号証反訳書・13～14頁)。
- (5) 熊本地震については、事前設定できる断層長さは最大限31kmであるがこれを前提に入倉・三宅(2001)の式を用いると、地震規模は観測記録の0.29倍に算出されてしまう(甲A224号証反訳書・15～17頁及び甲A225号証・23頁)。
- (6) 熊本地震を起こした布田川、日奈久断層は、国と熊本県が力を入れて

詳細な調査をして評価しており、原発の調査に勝るとも劣るものではない(甲A224号証反訳書・18頁)。

(7) 規制庁が、各種の調査をして断層長さや傾斜角を保守的に設定していると指摘している観点を加味しても、入倉・三宅(2001)の式による過小評価の恐れはなくなる。FO—A～FO—B～熊川断層については、大飯原発訴訟の被告である関西電力株式会社(以下、本項においては単に「被告」ということがある)は、海底活断層の詳細に調査したと主張するが、地震発生層は地下3km～15kmなのに、海底下200～300mの調査をただけでは、正確な震源断層の規模は判らない(甲A224号証反訳書・22～24頁)。

(8) 被告は、地震発生層の厚さを保守的に15kmと設定したと主張するが、その程度のことをしても、入倉・三宅(2001)の式を使うと過小評価になることに変わりはない(甲A224号証反訳書・24頁)。

(9) 被告は、断層傾斜角を75度とするケースを考慮したと主張するが、その程度の保守的考慮ではほとんど意味がない(甲A224号証反訳書・24頁)。

(10) 被告は、短周期レベルを1.5倍したことを保守的な取扱いと主張するが、これは、中越沖地震の際の柏崎刈羽原発で記録した揺れの教訓から、どの地震についても1.5倍することになっていたのであり、1.5倍するのは入倉・三宅式とは別の問題である(甲A224号証反訳書・24～25頁)。

- (11) 武村(1998)の式を使うと、入倉・三宅(2001)の式を使った場合よりも地震動が1.8倍程度になるとし、原子力規制庁の結論は相当である(甲A 2 2 4号証反訳書・25～26頁)。
- (12) 原子力規制庁は、武村(1998)の式を使うことができない理由として、①アスペリティの面積が震源断層よりも大きくなってしまふこと、②背景領域の応力降下量が大きくなりすぎることを指摘しているが、①は、アスペリティ面積を断層面積の22%にするという手法をレシピが用意しているからそれを用いればよく、②は、背景領域は強震動にはあまり関わらないものであり、普通の場合は省略してもいいくらいなものである(甲A 2 2 4号証反訳書・26～27頁)。
- (13) 被告は、FO—A～FO—B～熊川断層について三連動を認めたのが保守的な設定であると主張するが、三連動を前提とすることによって、前提としない場合よりも基準地震動が大きくなった割合は8%程度であったのに対し、入倉・三宅(2001)の式を武村(1998)の式に変えることによって基準地震動は80%も大きくなるのであるから、三連動を認めたことによる影響とは桁が違う(甲A 2 2 4号証反訳書・28頁)。
- (14) 入倉・三宅(2001)の式は、事後の震源インバージョン解析の結果に符合するのであり、入倉・三宅式が悪いと言っているのではない。問題は、震源インバージョン解析は事前にはできないことであり、事前に使うデータとしては活断層の長さしかなく、それを入倉・三宅式に入れるから小さい地震モーメントになる(甲A 2 2 4号証反訳書・29～31頁)。
- (15) レシピが修正された結果、(ア)の方法(入倉・三宅式の入ったレシ

ピ)は、過去の地震記録がある場合しか用いることができず、過去の地震記録がない活断層が起こす地震については(イ)の方法(武村式の入ったレシピ)を使わなければならなくなった(甲A224号証反訳書・31～34頁及び甲A225号証・55頁)。

なお、政府の地震調査研究推進本部は、2016年12月9日に最近の知見を反映すべく、「震源断層を特定した地域の強震動予測手法」(これを通称「レシピ」(料理のレシピのように誰がやっても同じ答えが得られる標準的方法論のこと)という)の修正を行った。その後、2017年4月27日に改訂版が出され、そこには、入倉・三宅式の入ったレシピ(ア)(電力会社が採用)と武村式の入ったレシピ(イ)が記載されている。

島崎氏はこのレシピ(イ)を用いて基準地震動を評価することを提案しているのである。

なお、レシピの修正は次の点である。

- | | | |
|--------|-----|------------------------------------------------|
| レシピ(ア) | 修正前 | 過去の地震記録等に基づき震源断層を推定する場合や詳細な調査結果に基づき震源断層を推定する場合 |
| | 修正後 | 過去の地震記録や調査結果等の諸知見を吟味・判断して震源モデルを設定する場合 |
| レシピ(イ) | 修正前 | 地表の活断層の情報を元に簡便化した方法で震源断層を推定する場合 |
| | 修正後 | 長期評価された地表の活断層の長さ等から地域規模を設定し、震源断層モデルを設定する場合 |

第3 島崎氏の証言などによる指摘から明らかになったことなど

1 島崎氏の証言から以下のことが明らかになった。

特定の活断層が活動した場合の地震動を予測するためには「ポストディクシオン」の考え方が肝要である。上記のように、震源断層面積(不均質なすべり分布を前提とする)を正確に把握できる場合、レシピにいう(ア)の方法(入倉・三宅(2001)の式を用いる)を用いるのが相当である。しかし、事前に震源断層面積を正確に把握するためには、その断層の活動記録があることが必須である。

内陸地殻内地震は、多くの場合過去の活動記録が存在しない(本件各原発において被告が「考慮すべき活断層」と位置付けている断層についても、過去の活動記録は存在しない。)。その場合、地震発生前において我々に与えられている情報は、活断層(地表において確認できる過去の断層運動の痕跡、以下「地表活断層」という)の長さしかない。

地表活断層の長さと震源断層の長さは一致せず、地表活断層の長さから正確な震源断層の長さを把握する方法はない。震源断層の幅を事前に正しく把握することもできない。断層の角度を事前に正確に把握することもできない。したがって、過去の活動記録のない断層の活動によって生じる内陸地殻内地震については、正しい震源面積を事前に把握することはできない。

地表活断層の長さを前提に震源断層面積を計算し、入倉・三宅(2001)の式を含む(ア)の方法を用いて地震モーメントを求めると、通常の場合、地表活断層の長さは、震源断層の長さよりも大幅に短いから、その結果は、地震規模の大幅な過小評価になる可能性が高い。それよりは、地表活断層の長さ(松田式)あるいは、均質なすべり分布を前提とする震源断層の長さ(武村(1998)の式)と地震規模(マグニチュード又は地震モーメント)との経験式を使って地震規模を求める手法 ((イ)の方法)の方が、現実にかかる地震に

近い地震規模を求めることができる。

- 2 なお、瀬野一起東大地震研教授は、日本地震学会2016年秋季大会で『震源断層を特定した地震の強震動予測手法』と熊本地震』とのテーマで報告し、「詳細な活断層調査を行っても、震源断層の幅の特定は困難である」と「活断層の地震の地震動予測には手法（イ）の方法を用いるべきとしている。（甲A226号証）

島崎氏とほぼ同じ結論を述べているのである。

第4 結語

以上の通り島崎氏の文献、証言によって被告九州電力が「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」における基準地震動を策定するにあたり用いている入倉・三宅式（2001）での地震モーメントでは地震の規模が過小評価となることが明らかとなった。

以上