

平成29年（ラ）第63号 伊方原発運転差止仮処分命令申立却下決定に
対する即時抗告事件（原審・広島地方裁判所平成28年（ヨ）第38号等）

抗告人 XXXXXXXXXX 外3名

相手方 四国電力株式会社

抗告理由書補充書2 (地震動関係)

平成29年10月3日

広島高等裁判所第2部 御中

抗告人ら代理人弁護士 胡 田 敢
同 弁護士 河 合 弘 之
同 弁護士 甫 守 一 樹
ほか

本書面は、これまでの審理経過を踏まえ、基準地震動に係る従前の抗告人らの主張を補充するものである。

敷地前断層の南傾斜及びSPGAモデルについては、野津厚氏の意見書（4）（甲F109）の内容を援用する。

目次

第1 地震本部のレシピは最低限満たすべき条件を示すもの	3
第2 長大断層から発生する地震の地震規模について	4
1 Murotani et al. (2015)がレシピに記載された経緯と長大断層について の学術状況	4

2	長大断層についての相手方の評価の不合理性	7
3	専門家フォーラムについての原決定	8
4	中央構造線活断層帯の長期評価のM _w 記載の経緯	9
5	応答スペクトルに基づく地震動評価における入倉・三宅式の適用	12
第3	耐専スペクトルの適用排除について	14
1	断層近傍の地震動と距離減衰式について	14
2	「その他距離減衰式」の基データと地震動評価の信頼性	14
3	抗告人らが挙げる距離減衰式を適用しない相手方の弁解の不合理性	16
第4	平均応力降下量とアスペリティ面積比の設定について	18
1	設置許可基準規則解釈の規定	18
2	檀ほか(2011)を基本的手法とする誤り	20
3	断層全体の平均応力降下量とアスペリティ面積比の不確かさについ て	21
4	相手方の評価は地震本部よりも地震動を過小評価する	27
5	暫定値の適用範囲についての平成28年12月修正の経緯	30
6	断層全体の平均応力降下量とアスペリティ面積の設定の不確かさに ついて	34
	(1) $S_a/S=22\%$ と(22-2)式の適用について	35
	(2) 宮腰ほか(2015)による $S_a/S=16\%$	40
	(3) 短周期レベルからの設定	43
第5	アスペリティ応力降下量の不確かさ	47
第6	レシピ(イ)に暫定値を組み合わせた場合について	50
1	レシピ(イ) + 暫定値を適用した場合の地震動について	50
2	レシピ(イ)を適用しないことによる不確かさ考慮の不足について	

.....	52
第7 アスペリティの位置の不確かさ	53
1 審査ガイドとレシピの規定	53
2 相手方の評価の不合理性	55
3 熊本地震におけるジョグと強震動生成域との関係	60
4 適合性審査の状況	64
第8 地震本部ホームページにおける海洋プレート内地震の地震規模 ..	64
第9 終わりに	65

第1 地震本部のレシピは最低限満たすべき条件を示すもの

地震調査研究推進本部地震調査委員会（「地震本部」若しくは「推本」という。）の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（レシピ）」（以下「レシピ」という。）は、原発の基準地震動を策定ないし評価する上では、最低限満たすべき条件を確認するために参照すべきものであって、レシピさえ満たしていればそれで良いという性質のものではない。

地震本部は、国民一般や防災関係機関等による地震被害軽減のために具体的な対策や行動に結びつくための情報として提示することを目的とした「全国地震動予測地図」の作成を中心的施策としており（甲F52「地震調査研究の推進について」第3章冒頭）、レシピはその策定手法を示すための付録ないし別冊として、入倉孝次郎愛知工業大学客員教授（当時）を中心に作成されてきたものであって、原発のような超重要構造物の耐震設計を目的として作成されたものではない。

また、地震本部のレシピは、その冒頭において、震源断層を特定した地震を想定した場合の強震動を高精度に予測するための、「誰がやって

も同じ答えが得られる標準的な方法論」を確立することを目指しており、将来の修正、改訂が前提とされていると記載されているとおり、現在は知見が不十分であることを大前提としつつ、強震動予測についての標準的な方法論の確立を「目指すもの」であって、学界において既に確立された方法論を提示するものではない。その作成には第一線の大学教授や研究機関の専門家らが関わってはいるものの、地震学会の統一見解などではまったくない（そもそも地震学会は見解を統一するところではない）。

「全国地震動予測地図」を策定するためには、全国の主要活断層から発生する強震動を評価する必要があるところ、全国には、中央構造線断層帯をはじめ、長大な活断層が幾つか存在する。実際の観測記録での検証がほとんどなされていないため、長大な活断層から発生する強震動を評価する手法は学術的にはまったく確立していないが、レシピでは便宜上、学術的には仮説に過ぎない見解でも、「全国地震動予測地図」を策定する上で必要なものは、現段階で相対的に適切と評価され得る手法が記載されることになる。

基準地震動の妥当性を判断するためにレシピを参照する上では、このようなレシピの趣旨や性格を十分踏まえるべきである。

第2 長大断層から発生する地震の地震規模について

1 Murotani et al. (2015)がレシピに記載された経緯と長大断層についての学術状況

平成24年9月6日に改訂された地震本部の総合基本施策では、「発生確率が高いあるいは発生した際に社会的影響が大きい活断層等が分布する地域を対象とした評価の高度化」が基本的目標として定

められた。これを受けて、地震本部の強震動評価部会では、活断層の地震の強震動予測手法の高度化とレシピ化が「今後取り組むべき活動」の1つとされた。同部会では、「特に、長大断層で発生する地震については、大きな揺れが予測されるにもかかわらず、従来の強震動予測レシピをそのまま適用することができないという問題がある」という認識の下、「短期目標」として「長大断層のレシピとモデルの検討」が、「中長期目標」として「長大活断層の地震のレシピを構築する」ことが、それぞれ掲げられた（甲F53「震源断層を特定した長大断層の強震動予測手法の検討経緯」1頁）。

それまで、長大断層から発生する地震の地震規模のスケーリング則については、入倉・三宅式を外挿し必要に応じてこれを修正するという方法がとられていたが、地震本部は全国地震動予測地図2009年版作成時より事務局で長大断層を対象としたスケーリング則に関する検討を進めることとなった。Murotani et al. (2015)（甲F5）は、地震本部事務局である文科省の地震・防災研究課に非常勤で出向していた室谷智子氏が中心となって、長大断層の強震動予測という行政的な必要に迫られて作成したものである。地震本部は既定路線にしたがい、Murotani et al. (2015)¹のスケーリング則である $M_0 = S \times 1.0 \times 10^{17}$ を採用することとしたが、Murotani et al. (2015)のスケーリング則を使って国内の長大な活断層から発生する地震規模を設定することが学会において広く受け入れられるようになったわけではない。

Murotani et al. (2015)の長大断層のスケーリング則は、日本とはテクトニクスがまったく異なる海外の限られた地震のデータから導かれたものである。地震の科学は経験科学であり、データによる検証

¹ 資料（甲F55）ではMurotani et al. (2014)と記載されているが、Murotani et al. (2015)（甲F5）と同じものである。

が出来ない考え方は、ほとんど議論にすらならない。すべり量の飽和という考え方も含め、Murotani et al. (2015)のスケーリング則が日本の活断層型の地震にも適用できるか否かについての検討が、理論、観測の両面で未だ不十分であることは、多くの地震の専門家の一致するところである。

地震本部の強震動評価部会第141回強震動予測手法検討分科会で★★委員が言っているように、長大断層から発生する強震動評価については、「いろいろな人が繰り返し言っているように、データは基本的に無いと言っている。科学的には決着の付けようがない」問題である（甲F54・11頁）。Murotani et al. (2015)のスケーリング則をレシピで採用したことは、地震本部の行政判断であり、これが地震学会（ないし地震学界）において多数の研究者の支持を集め通説的見解になったという事実はない。

例えば、当初の担当委員であった島崎邦彦氏²は、本件基準地震動に係る第80回審査会合において、「Murotani さんにしろ、檀さんにしろ、日本で起きたことのない地震を想定するために、一生懸命外国のデータを使ってスケーリングをつくっているという状況ですので、本当にこのとおりに中央構造線が動くかどうかというのは、ある意味、神のみぞ知るわけで、それをある程度、保守的にどこまで考えるかという議論が今行われているというふうに私は思っています」（甲F84・18, 19頁）とコメントし、第114回審査会合では、「我々、まだ遭ったことのない、見たことのない地震を想定するという非常に困難なチャレンジングなことをしているんだということをまず申し上げないといけない」「結局、日本でまだ見たことのない地震を予想

² 島崎邦彦氏は、地震学会会長、地震予知連絡会会長等を歴任した、日本の地震学界の権威の1人である（甲F94参照）。

するということの困難さはいろいろある」「結局、我々は起きていない、見てないことをこれから想像しなければいけない」「モデルというのは、ある意味、世界のほかの場所のものを使ったり、理論的にはいいとしても外挿したり、本当に480kmの地震がもし起こるとして、どういう地震が起こるのかというのは、やはりまだわかってないので、なるべく知識を総動員して考えていただきたい」（甲F85・41，42頁）ともコメントしていることからしても、それは明らかである。

2 長大断層についての相手方の評価の不合理性

そのように知見が極めて乏しい状況からすれば、中央構造線断層帯等が最長で480kmという広範囲に渡って連動するようケースの強震動を予測しなければならない本件原発については、本来立地不適とするのが正当である。だが、もし百歩譲って基準地震動を評価しなければならないとしたら、知見の不確定性に鑑み保守性の確保のために、すべり量は飽和しないという前提を置くべきである。

長大断層についてすべり量は飽和しないという前提と、すべり量が飽和しない範囲については松田式や入倉・三宅式の適用が適切であるという前提があるのであれば、長大断層についても松田式等を適用して地震規模を設定することが合理的である。そのことは、地震本部事務局の恒川裕史氏が、平成28年6月のレシピ改訂に際し、「活断層長さがおおむね80kmを超える場合は、松田(1975)の基になったデータの分布より、松田(1975)の適用範囲を逸脱するおそれがある」（強調・傍点引用者。以下同じ。）と加筆する趣旨につき、「松田式の適用範囲は承知の上であえて松田式を使うことを禁じているわけではない」と説明していることから明らかである。

相手方が採用している，長さ130 km及び480 kmという活断層について，80 km以下に区分した区間に松田式等を適用し算定された地震モーメントを合算して地震規模を設定するという手法は，長さ80 kmを超えるような活断層についてすべり量が飽和することが理論的前提となっている（地震本部(2010)26頁に記載された手法も基本的には同じである）。中央構造線断層帯等が80 km以上の範囲で活動した際，すべり量が飽和しなければ，このような手法では地震規模を過小評価することになる。

3 専門家フォーラムについての原決定

第2回専門家フォーラムにおいて，P2は，「サンフランシスコからロサンジェルスまで一気に割れるんじゃないか」という話やトルコの北アナトリア断層を取り上げ，「スケーリングかカスケードかという問題」を議論しており（甲D302・17頁），この部分はMurotani et al. (2015)や檀ほか(2011)でいう内陸地震の話である³。これを受けてE1は，「先ほどおっしゃったカスケードモデルとスケーリングモデルっていうのは，簡単に言うと，断層の長さが2倍になった場合，モーメントが2倍になるのがカスケードモデルで，この場合はマグニチュードは0.2変わるだけです。この時の仮定は断層の長さが変わっても，断層の幅もすべり量は変わらないということです。一方，スケーリング則では断層の幅もすべり量も断層の長さに比例するので，モーメントは断層の長さの3乗で効いてきますので，マグニチュードの

³ サンフランシスコ周辺やロサンジェルス周辺を通るサンアンドレアス断層については，プレート境界（トランスフォーム断層）であり，北アナトリア断層についてもプレート境界とする考え方もあるが，檀ほか(2011)やMurotani(2015)では，これらの断層から発生した1906年サンフランシスコ地震や1999年イズミット（コジャエリ）地震等を内陸地震と位置づけている。

変化はその0.3倍の0.6になります。つまり、M8.0の地震を起こす断層の長さが2倍になったときM8.6になるっていうがスケーリング則で、M8.2になるのがカスケードモデルです。そのどっちをとるかという、これがまだ議論があります。」と発言しており、このE1の発言を原決定は引用している(230～231頁)。

その後ろに続く「ただ若干、多少勘違いしていたのが、プレート境界地震の場合でもマグニチュード8ぐらいで、すべり量も断層の幅も飽和するだろうと思っていたんですけども、実はマグニチュード9でも、まだ飽和してないということがわかってきて、…」(甲D302・18頁)というE1の発言箇所は、東北地方太平洋沖地震のような沈み込み帯における海溝型プレート間地震が話の主な対象と考えられるものの、原決定が引用している「カスケードモデルとスケーリングモデルっていうのは、…これがまだ議論があります。」というE1の発言箇所については、中央構造線断層帯等の内陸地震をも射程とする発言と解するべきであり、原決定に誤りはない。

第2回審尋期日において、抗告人ら代理人より、「私、その点は原決定の誤解があるというふうには認識しております」との発言があった(審尋調書(第2)速記録(以下「速記録」という。)11頁64項)が、改めて記録を確認したところ原決定に誤解はないと判明したため、同発言を撤回する。

4 中央構造線活断層帯の長期評価のM_w記載の経緯

平成23年2月18日付けで公表された地震本部の「中央構造線断層帯(金剛山地東縁-伊予灘)の長期評価(一部改訂)」(乙33・77頁)の表3には、「想定される将来の地震規模」として、「断層帯全

体」(約360km)につき、M(気象庁マグニチュード)が「8.0もしくはそれ以上」と記載されているほか、M_w(モーメントマグニチュード)が「M_w7.9-8.4」と記載されている。このM_wの値について本件適合性審査では十分に検討されておらず、本件適合性審査は不合理である。

この記載は、平成15年2月12日付けの同長期評価の表3において、断層帯全体のM_wが「7.9-8.3」(甲F64・67頁)とされていたものを一部改訂して引き継いだものであるが、このM_wの記載がなされるまでの検討は、まず平成14年2月から同年4月に開催された第24回～第26回の長期評価部会西日本活断層分科会でなされている。

同分科会では、当初事務局より、「断層帯全体が活動する可能性も。その場合、発生する地震規模：マグニチュード9.2(断層長を390kmとして松田の経験式による)ただし、その場合、松田の経験式によれば1回の地震時の変位量が約31mとなり、地形地質学的に認められた変位量と矛盾する」(甲F65・7頁)と記載された資料が示されていた。

第24回分科会において、「中央構造線断層帯のように長大な断層には、松田(1975)の経験式を適用することは出来ないだろう」(甲F66・4頁)、「松田(1975)の経験式の適用限界とまでは言えないだろう。とくに80km以上には使用できないといった定義はない」(同5頁)等の意見が出る中で、「モーメントマグニチュードを求めるということも考えられる」(同6頁)という提案が出された。

第26回分科会において、事務局より、断層長390kmケース及び290kmケースの地震モーメント、モーメントマグニチュードの

試算結果（甲 F 6 7）が示されると、委員らからは、「 $M_w = 8$ 程度であり、たとえ長大な断層が一括で活動するとしても問題なさそうな値である」「M T L 四国部分が一度に活動するのは、地震規模からいってあり得ないとしてきたが、モーメントマグニチュードからは、それでもなさそうである」（甲 F 6 8・2 頁）等と好意的に受け取られ、「中央構造線断層帯の将来の活動で推定される地震規模については、最初に長さを与えて、松田式の範囲外とし、基本的にモーメントマグニチュードで議論する。一方で、変位量とマグニチュードの関係式を示した松田式を用いた結果を参考的に述べることとする。また、細かく区分できる所は松田(1975)の経験式も加えることとした。」（同 3 頁）という取りまとめがなされた。中央構造線断層帯の長期評価として、同分科会が取りまとめた案では、評価主文においても地震規模についてはモーメントマグニチュードによる評価が記載される形になっていた。

この分科会の案は平成 1 4 年 8 月 2 1 日の以降の長期評価部会で検討されることとなった。同日に開催された第 6 9 回長期評価部会では、事務局から、「長期評価部会としては今までは気象庁の M だった。強震動評価部会ではモーメントマグニチュードを使っている。ここで強震動評価部会と異なる値のモーメントマグニチュードを使うと外部への説明が難しくなるので、何らかの方法で整合性を取る必要がある」「今まで活断層評価では、モーメントマグニチュードを出していなかった。分科会はこう出してきたが、一般人は混乱しないか懸念がある」（甲 F 7 2・3 頁）と、地震学的観点とは異なる行政的な観点からの検討課題が示された。

第 7 0 回の部会では、強震動評価との整合性が主に問題となり、「経

験のない地震を扱っている」(甲F73・3頁) こと等から議論は難航した。

第71回の部会で、事務局から、マグニチュードの表記に関し、M_w表記を主位的に扱う案1及び案2と、M_j表記を主位的に扱う案3という形で提示された(甲F75)。「従来は松田式でやっている。ここで変えて問題ないのか。案3でいい」(甲F74・1頁)といった意見が出され、評価本文では現在のように「M8程度もしくはそれ以上」としつつ、表3では現在のようにM_wを併記するという形でまとまった。

以上のような経緯で中央構造線断層帯の長期評価にはM_wが記載されるようになった。元々はM_wの表記を主位的に扱う案が分科会から出されていたのが、強震動評価部会では異なるM_wを出していることや、それまでの長期評価ではM_wでの評価をしていないという、科学的合理性とは無関係な事情から強震動評価部会において現在のような形に改められたのであって、その内容自体には十分合理性がある。

相手方は、堤・後藤(2006)(乙165)に記載された、たまたまトレンチ調査された箇所で計測された数値を最大地表変位量と解釈し、これに海外の限られたデータに依拠した室谷ほか(2010)(乙163)等を当てはめて長期評価の信用性を貶めようとしているが、その評価には何ら合理性がない(準備書面(5)補充書2・19頁参照)。中央構造線断層帯の長期評価に記載されたM_wについて、本件適合性審査ではこれを検討した形跡がなく、その検討過程には欠落がある。

5 応答スペクトルに基づく地震動評価における入倉・三宅式の適用

「応答スペクトルに基づく地震動評価」において、必ずしも松田式

を適用しなければならないわけではない。断層の傾斜によっては、断層面積から地震規模を設定するスケーリング則の方が保守的かつ妥当な地震規模の評価になる場合がある。平成28年12月修正のレシピでは、レシピ（ア）（イ）双方の計算手法と計算結果を吟味・判断することが望ましいとされるようになった。「断層モデルを用いた手法」に限らず「応答スペクトルに基づく地震動評価」でも松田式のみならず入倉・三宅式等を併用し保守的な地震規模の設定とすることが、レシピの趣旨に合致した基準地震動評価である。

相手方の設定によると、北傾斜ケースでは、断層幅が26kmとなるため、69km北傾斜ケースの断層面積は1794km²である。レシピ（ア）にしたがうと入倉・三宅式の適用範囲となり、 $M_0=1.79 \times 10^{20}$ (N・m)となる。これをレシピ(5)式によって気象庁マグニチュードに変換すると、 $M_j=8.1$ となる。相手方の評価では、 $M_j=7.9$ に設定していた69km北傾斜ケースに耐専スペクトルを適用した場合が最大の地震動となっていることからすれば、これを $M_j=8.1$ に引き上げて耐専スペクトルに適用すると、基準地震動は有意に大きくなると考えられる。

同様に、54km北傾斜ケースや130km北傾斜ケースでも、地震規模の設定についてレシピ（ア）を適用すれば地震規模は大きくなる（54km ケース： $M_j 7.7 \Rightarrow M_j 8.0$ ，130km ケース： $M_j 8.1 \Rightarrow M_j 8.4$ ）から、これに耐専スペクトルを適用しても基準地震動は大きくなる可能性がある。

本来、このように複数の手法によって知見の不十分さを補い、地震規模ないし地震動の過小評価のおそれを低減させるのが審査基準とレシピの趣旨であるが、これを行っていない点で本件適合性審査は不

合理である。

第3 耐専スペクトルの適用排除について

1 断層近傍の地震動と距離減衰式について

相手方も認める通り、震源近傍での観測記録は元々数が限られており、これを反映した距離減衰式は極めて少ない（相手方準備書面（5）30頁）。そのため、断層近傍につきどのような距離減衰曲線を描くかについては式の作成者のセンスに拠るところが大きいですが、別紙に示す通り、「その他距離減衰式」は軒並み断層距離10km程度から、距離が短くなっても加速度はあまり大きくならず頭打ちになるような性質を持っている。一方、耐専スペクトルには断層距離10km程度から地震動が頭打ちになるような性質はなく、この点の違いが地震動評価の乖離に影響していることは明らかである。

「その他距離減衰式」のように断層距離10km程度から加速度が頭打ちになると考えることには、科学的に十分な裏づけがあるわけではなく、特に保守性の確保が重要な原発の耐震設計においてそのような前提を採ることは大いに問題がある。そのことは、設置許可基準規則の解釈（4条5項二⑥）や地震ガイド（I.3.3.2（4）④）において、震源が敷地に極めて近い場合につき「さらに十分な余裕を考慮して基準地震動を策定すること」という規定が設けられていることからしても明らかである。

2 「その他距離減衰式」の基データと地震動評価の信頼性

「その他距離減衰式」の基データは、本件の地盤条件（相手方によるとS波速度2600m/s）と整合せず、地震規模や断層距離の関係でも

本件では本来適用性がないことは抗告理由書（地震動関係）19頁等で主張してきた。

「その他距離減衰式」の原論文を見ても、例えば Zhao et al. (2008) には「本研究の距離減衰モデルにおいて、震源近傍領域における沈み込み地震の予測は、アメリカ合衆国西部で発生した浅発内陸地殻内地震によってかなり制約されている。日本と同様の特性を有する沈み込み帯で発生した大地震から得られた、震源距離が50km以内の記録を追加することで、距離減衰モデルによる予測が向上する」（甲F84 訳文24頁）と、国内で震源距離が短い場合に適用するときの課題が記されている。また Chiou and Youngs (2008) には、「地震動モデルのサイト応答部分は、 V_{s30} が1130m/sを超える場合はすべての地震動増幅定数が1となるように拘束した。岩盤の速度の上昇に伴い、浅部地殻減衰（すなわち「カップ係数」）が低下し、結果的に高周波地震動が増大すると予測する。そのようなサイトのデータについては、この効果を推定するのに必要な量が PEER-NGA データベースに入っておらず、我々のモデルでは捉えられない。」と記載されている（甲F82・41頁）。本件で問題となっているのは特に高周波地震動に警戒しなければならない原発の耐震設計であり、しかも本件敷地地盤のS波速度は相手方によると2600m/sもあるというのであるから、NGAプロジェクトによる距離減衰式を適用することには問題が大きいと言わねばならない。

「その他距離減衰式」は本件において適用する前提を欠いているため、その地震動評価に十分な信頼性があるとは言えない。「その他距離減衰式」による評価との乖離は、耐専式による大きな地震動評価を排除するために恣意的に作出された多数決であると疑わざるを得ない。

3 抗告人らが挙げる距離減衰式を適用しない相手方の弁解の不合理性

抗告人らは、「せめて、『日本原子力学会標準 原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2015』（甲D86・339頁）において『原子力発電所施設に対しての適用性が高いと考えられる距離減衰モデル』とされている距離減衰式による計算結果や，他電力会社は採用している大野ほか(2001)（甲F22）による計算結果を具体的に示し，それでもなお，耐専式による計算結果が基準地震動として不適切であることを示して見せるべきである。」と指摘している（「釈明事項に対する回答書～1ウ(エ)（地震・火山）について～」9頁）ところ，相手方は，裁判所からこれに対する反論を促されたにもかかわらず，極めて多数の距離減衰式が提案されている中で，すべての距離減衰式による計算を行わなければ不適切となるわけではないと主張するだけで，大野ほか(2001)等による計算結果を具体的に示そうとしない（相手方「再度の求釈明事項に対する釈明書」11頁以下）。

相手方は，大野ほか(2001)等が「その他距離減衰式よりも古い」ということをも挙げるが，そのような弁解は，相手方が採用している距離減衰式の中でもっとも古い耐専スペクトル⁴を基本的手法としている相手方のそもそもの立場と矛盾しており，何ら合理性はない。また，原子力学会の実施基準（2015年12月発行）は，最新の専門的知見に基づいて，「原子力発電所施設に対しての適用性が高いと考えられる距離減衰モデル」を挙げているのであり，多少年代は古くとも最新の知見に基づいて原発に対する適用性が高いと評価された距離減

⁴ 耐専スペクトルが発表されたのは，1994年3月発行の社団法人日本電気協会“基準地震動の策定方法の見直しに関する調査報告書”である。

衰式であることは明らかである。

また相手方は、「甲F21を見る限りでは、相手方が採用している耐専スペクトル及びその他距離減衰式と大野ほか(2001)は概ね整合的な結果となっているから、本件発電所の地震動評価に大野ほか(2001)による距離減衰式を用いたとしても、相手方の基準地震動の策定に影響を与えるものではないことが容易に予想される」とも主張している(相手方「再度の求釈明事項に対する釈明書」13頁)が、甲F21では耐専スペクトルと大野ほか(2001)の評価結果は他よりもよく整合している上、大野ほか(2001)は「その他距離減衰式」と異なり等価震源距離をパラメータとしている距離減衰式であることからすれば、大野ほか(2001)による距離減衰式を本件5.4km鉛直ケース等に適用すると、大野ほか(2001)による評価結果が耐専スペクトルによる評価結果と整合し、耐専スペクトルの適用排除が見直される可能性は十分にある。大野ほか(2001)の適用が本件基準地震動に影響を与えないことが容易に予想されるという相手方の主張には何ら根拠がない。

相手方は、「その他距離減衰式による評価結果は互いに整合し、さらには、断層モデルによる評価結果とも概ね整合している」ことを繰り返す(同12頁)が、抗告人らは、極めて多数の距離減衰式が存在する中で、評価結果が互いに整合し、断層モデルによる評価結果とも整合するような距離減衰式が恣意的に選定されている疑いを指摘しているのであるから、抗告人らが挙げる本件敷地にも適用可能と考えられる距離減衰式の計算結果を示すことなく断層モデル等による評価結果と整合するというだけでは、抗告人らの指摘に対し何も応えたことにならない。

第4 平均応力降下量とアスペリティ面積比の設定について

1 設置許可基準規則解釈の規定

「断層モデルを用いた地震動評価」では、アスペリティの位置、面積や応力降下量の設定が重要となるが、現状、本件で問題となっているような比較的大規模な活断層から発生する地震動を予測するに当たり、どのように設定すれば合理的で科学的な平均像と言えるのかについては、知見の不確かさが大きく、確立した方法論はない。

山中浩明編「地震の揺れを科学する 見えてきた強震動の正体」(甲C129)では、「断層の破壊過程は、過去の地震に対しては調査すれば設定は容易であるが、将来の地震による強震動の予測では、破壊の全体像とともに、破壊開始点やアスペリティの位置と大きさのモデル化が不可欠である。しかし、現時点では、過去に想定地震と同種の地震が起こって何らかのデータが得られている場合を除いて、これらを地震学的に予測することは困難な場合が多い。この場合には、経験則から断層の全体面積との関係でアスペリティの大きさを規定するとともに、アスペリティの配置や破壊開始点の位置は、過去の同種の地震の経験を踏まえて、複数のケースを想定するしか方法はなさそうである」(179～180頁)とされている。

川島一彦著「地震との戦い なぜ橋は地震に弱かったのか」(甲C292)では、地震本部のレシピによって求められる強震動を耐震設計に適用する際に「理解しておかなければならない」ことの2番目として、「断層の範囲やアスペリティー、応力降下量などのパラメータをどのように定めるかである。過去の地震による地震動をシミュレーションするには、解析結果が実測値に最も近くなるようにこれらのパラ

メータを定めればよいが、これから起こる地震に対してこれらをどのように定めるかである」(81頁)と記載されている。

レシピにおいては、「長大な断層のアスペリティに関するスケールング則については、そのデータも少ないことから、未解決の研究課題となっている。」(10頁)、「Fujii and Matsu'ura (2000) による3.1MPaは…その適用範囲等については今後十分に検討していく必要がある」

(12頁)とされているのみならず、「断層幅のみが飽和するような規模の地震に対する設定方法に関しては、(注：応力降下量とアスペリティ面積の設定について)今後の研究成果に応じて改良される可能性がある」(12頁)等と記載されている。本件で検討されているような、ある程度以上の規模がある内陸地殻内地震については、過去の地震データが限られているため⁵、特にアスペリティの位置、面積や応力降下量の設定方法については、地震本部としても一意的な推奨モデルを提唱できない状況にある。

設置許可基準規則の解釈(別記2)4条5項2号⑤には、「上記④の基準地震動の策定過程に伴う各種の不確かさ(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及び解釈の違いによる不確かさ)については、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た上で、必要に応じて不確かさを組み合わせるなど適切な手法を用いて考慮すること。」と規定されている。これは、藤原広行氏が「地震・津波検討チーム」第3回会合で提言していたように、単にばらつきとして捉えられるような不確かさだけではなく、「認識論的な不

⁵ 1995年兵庫県南部地震(Mj7.3)以降、強震動観測網が整備されてきたが、その後、国内ではこれを超える規模の内陸地殻内地震は起きていない。

確かさとか、あるいは、我々が持っているこのモデルや、そういった知見の至らぬところから生じる限界」についても議論する必要があるという趣旨で記載されているものである（準備書面(5)補充書3・25頁）。この審査基準からしても、アスペリティの大きさや応力降下量については、単にばらつきを考慮するだけでなく、複数の評価手法、評価結果を比較検討することによる保守性の考慮が求められているというべきである。そして、他の手法と比較すると保守的に見える手法であっても、その手法自体は基本的に平均像を導くものに過ぎないのであるから、さらにばらつきの考慮や他の不確かさとの重畳考慮をすべきである⁶（アスペリティの位置の不確かさについては後記第7で改めて論じる）。

2 檀ほか(2011)を基本的手法とする誤り

相手方は「断層モデルを用いた地震動評価」において、檀ほか(2011)というレシピに記載されていない手法を基本的手法とし、レシピに記載された暫定値である $\Delta\sigma = 3.1\text{MPa}$, $S_a/S \doteq 22\%$ （以下「暫定値」という。）を不確かさ考慮としている。

檀ほか(2011)ではアスペリティ応力降下量が 12.2MPa にしかならず、暫定値から導かれる約 14.4MPa よりも小さい。檀ほか(2011)を用いると、アスペリティ面積比は暫定値よりやや大きくなるものの、総合的には暫定値よりも若干小さな地震動評価結果を導くことになる。そのことは、第114回審査会合で規制庁の職員から Fujii and

⁶ 相手方は、54kmケースにおいて、檀ほか(2011)を基本的手法としつつ、入倉・三宅式や $\Delta\sigma = 3.1\text{MPa}$, $S_a/S = 21.5\%$ というスケーリング則を「不確かさの考慮」として採用しているが、他の不確かさとの組合せは檀ほか(2011)を適用した場合と変わりがなく、実質的には、入倉・三宅式及び $\Delta\sigma = 3.1\text{MPa}$, $S_a/S = 21.5\%$ というスケーリング則を基本的手法として採用しているものといえる。

Matsu'ura(2000)の3.1MPaを考慮するように要求され(甲F85・39～41頁),第138回の審査会合において,相手方は暫定値による地震動評価結果は,480kmケース及び130kmケースにおいて檀ほか(2011)によるものより若干大きくなったことを示すに至った(甲86・88頁,甲F87・139,143頁)ことから明らかである。

本来,基準地震動の策定においては,レシピで記載されている手法を最低限のものとし,知見の不十分さによる不確かさについては,これよりも地震動評価を保守的にする手法を採用することによりこれを考慮すべきである。だが相手方は,レシピで暫定値とされた数値よりも地震動を非保守的に評価する檀ほか(2011)を基本的手法として採用し,不確かさの考慮としてレシピに記載された暫定値を採用するという,倒錯した評価を行っている。54kmケースについては,実質的に暫定値を基本的手法としていると言えるが,480kmケース及び130kmケースについては暫定値を用いる場合の不確かさの考慮が削減されており,この点で本件適合性審査は不合理というべきである。

3 断層全体の平均応力降下量とアスペリティ面積比の不確かさについて

断層運動生成前に断層面に働いていた剪断応力 σ_0 と生成後の応力 σ_1 の差 $\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_0$ を応力降下量と呼び,DとS,またはMoとSの関数として表すことができる。応力降下量は直接測定できる量ではないため,その大きさは解析に用いたモデルや関数に依存することになる。

応力降下量については非常にばらつきの大きなパラメータと考えられており, 例えば古典的な見解である Kanamori and Anderson (1975)⁷ では, 次のように, $M_0 > 10^{25}$ dyne-cm の内陸地殻内地震 (○) (Intra plate) に限っても 1MPa (10bar) から 10MPa (100bar) の間でデータは大きくばらついている。だがよく見ると, 内陸地殻内地震のデータは, $M_0 > 10^{26}$ dyne-cm (つまり $M_0 > 10^{19}$ N · m) の範囲では 1 MPa 前後のデータはなくなり, 応力降下量にはある程度の地震規模依存性があると考えられている⁸。

⁷ Hiroo Kanamori; Don L Anderson “Theoretical basis of some empirical relations in seismology” Bulletin of the Seismological Society of America (1975) 65 (5): 1073-1095

<http://authors.library.caltech.edu/48527/1/1073.full.pdf>

⁸ 応力降下量の地震規模依存性に関し, 鶴来ほか(2006)は, 近畿地方で観測された Mj3.5~5.1 までの内陸地殻内地震の観測記録に基づいた解析により, 地震モーメントと応力降下量について, 「両者の間にばらつきは大きいものの, 正の相関が認められる」(甲 F 106) としている。川瀬・松尾(2004)は「内陸地震は規模依存性がほとんどない。むしろ規模が大きいほどストレスパラメータが大きくなる傾向が弱いながら見受けられ, 鳥取県西部地震は 6.4MPa (64bar) で突出して大きい」(甲 F 107) としている。

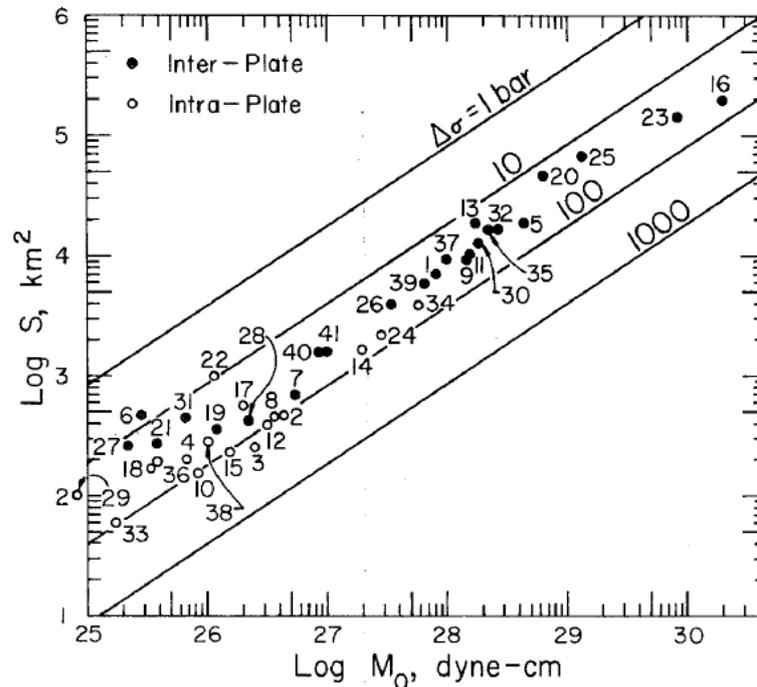


FIG. 2. Relation between S (fault surface area) and M_0 (seismic moment). The straight lines give the relations for circular cracks with constant $\Delta\sigma$ (stress drop). The numbers attached to each event correspond to those in Table 1.

この点レシピでは、Eshelby(1957)を基にした円形破壊を仮定する次の関係式が採用されている（レシピ(22-2)式）。

$$\Delta\sigma = (7/16) \cdot M_0 / R^3$$

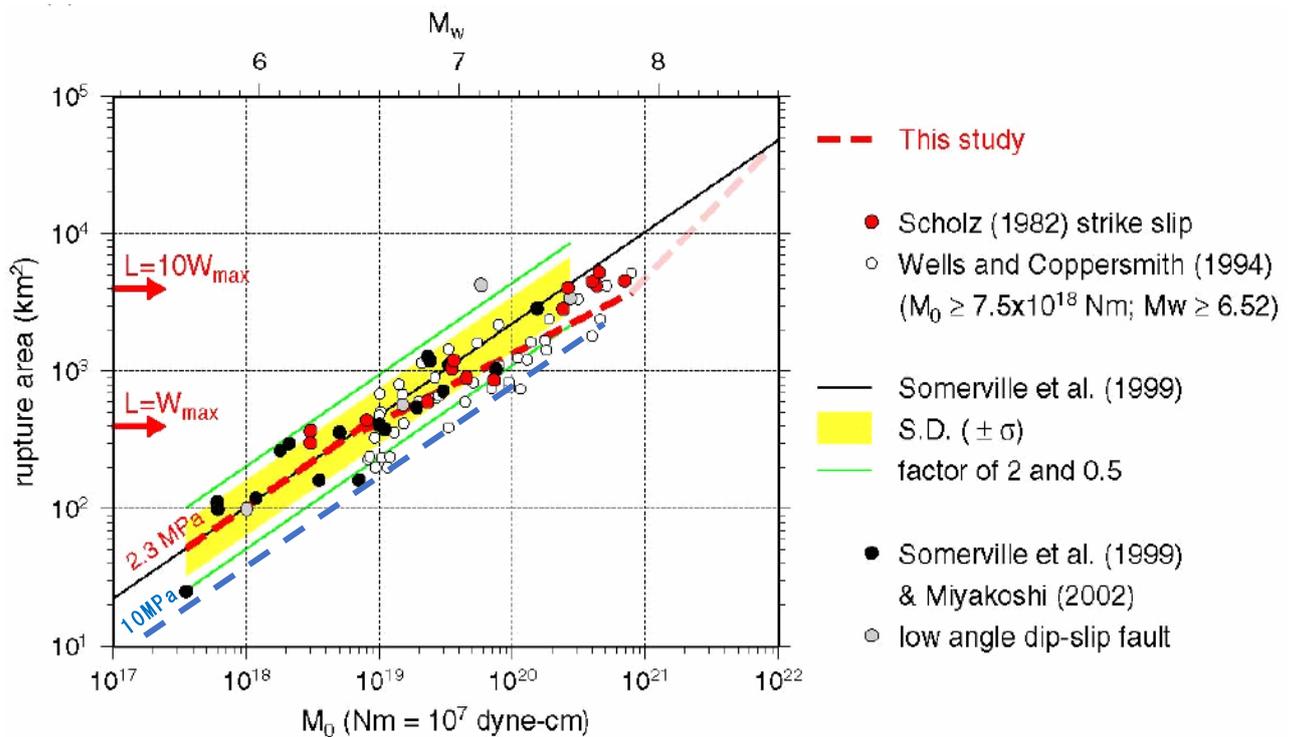
R は断層面積 S に対する等価半径であるので、 $R=(S/\pi)^{1/2}$ で算定できる。これとレシピにおける震源断層面積と地震規模とのスケーリング則を前提とすると、 M_0 が S の $3/2$ 乗に比例する第1ステージ（ $M_0 < 7.5 \times 10^{18}$ (N・m)）では、平均応力低下量は2.31MPaで一定値となる。第2ステージ（ 7.5×10^{18} (N・m) $\leq M_0$ ）に入ると M_0 は S の2乗に比例する入倉・三宅式が適用されるため、地震規模の増大に合わせて平均応力低下量は大きな数値が算出されることになる。

上記式は円形破壊を仮定したものであるため、円形破壊の仮定の妥

当性がない断層については当該式を当てはめることは難がある。どの範囲で円形破壊の仮定の妥当性が失われるのかについて、レシピ上は明確な規定がない。

この点、地震本部のレシピの原型である、いわゆる「入倉レシピ」⁹では、次のグラフで示されているように、 $L = 10W_{max}$ まで Eshelby(1957)に基づいた前記式によって $\Delta\sigma$ の算出が可能であり、地震モーメントに合わせて断層全体の平均応力降下量が2.3MPaから増大することが想定されているように読み取れる（下記赤の点線）（青の点線は抗告人らが加筆）。

⁹ 入倉孝次郎氏作成の強震動予測レシピは「入倉レシピ」と言われる。入倉氏単独名義のものとしては甲F89が最新と考えられる。



地震本部のレシピには一方、長大断層の静的応力降下量の暫定値として Fujii and Matsu'ura (2000) に基づく $\Delta \sigma = 3.1 \text{ MPa}$ という値が記載されている。元々これも入倉レシピに記載されていたものであるが、どの範囲まで前記 (22-2) 式が適用され、どの範囲から $\Delta \sigma = 3.1 \text{ MPa}$ とするのか、地震本部のレシピにおいては、平成 28 年 12 月の修正もあり、必ずしも明確ではない。

またアスペリティ面積について、入倉レシピにおいては、長大な断層であると否とにかかわらず、Somerville et al. (1999) と宮腰 (2002) から $S_a/S = 0.215$ という関係式によって設定することになっている。地震本部のレシピでは、第一次的には短周期レベルからアスペリティの総面積の等価半径 r を求める (13) 式が適用される一方で、「震源断層の長さが震源断層の幅に比べて十分に大きい長大な断層」に対して

は、Somerville et al.(1999)によるアスペリティ面積比約22%からアスペリティの総面積を推定する方法を記載しており、この点の閾値も明確になっていない。

だが、地震本部において、このレシピを実際にどのように解釈・運用しているかについては、全国地震動予測地図のパラメータを見ることによって分かる。

最新版である2017年版地図編の「震源断層を特定した地震動予測地図(シナリオ地震動予測地図)」(甲F90・224頁)において、地震本部は、菊川断層北部区間+中部区間の震源パラメータにつき、 L_{model} が合計100km、 $W_{model}=18$ km、 $M_0=1.8 \times 10^{20}$ (N・m)という、第2ステージの最大の設定をしつつ、アスペリティ面積は(13)式の適用により 802.7 km³と算定し、震源断層面積の約44.6%となっている。断層全体の静的平均応力降下量は、円形破壊面を仮定したEshelby(1957)の(22-2)式を適用し、5.7MPaとしている。すなわち、地震本部は、最新のレシピの適用においても、断層長さが断層幅の約5.6倍ある第2ステージ上限規模の地震についても、円形破壊を仮定したEshelby(1957)の(22-2)式により静的平均応力降下量を算定し、レシピ(13)式によってアスペリティ面積を算定しているのであって、暫定値は採用していない。菊川断層帯全体の震源パラメータ(甲F90・228頁)については、 $L_{model}=120$ km、 $W_{model}=18$ km、 $M_0=2.16 \times 10^{20}$ (N・m)という設定になっており、この程度大きな断層になってようやく暫定値が採用されている(なお L_{model} は W_{model} の約6.67倍)。

その他の断層を見ても、地震本部は、深谷断層(甲F90・176頁)($L_{model}=72$ km、 $W_{model}=18$ km)、岩国―五日市断層己斐断層区間+

岩国断層区間（同 230 頁）（ $L_{model}=72\text{km}$ （ $L=78\text{km}$ ）, $W_{model}=18\text{km}$ ）, 岩国一五日市断層五日市断層区間+岩国断層区間（同 232 頁）（ $L_{model}=76\text{km}$, $W_{model}=18\text{km}$ ）という, 相手方の基準からすれば暫定値の適用がありそうな断層についても, (13)式でアスペリティ面積, (22-2)式で震源断層全体の平均応力降下量を算出しており, 暫定値を適用していない（深谷断層については2016年版（甲D419・148 頁）にも掲載）。

4 相手方の評価は地震本部よりも地震動を過小評価する

本件における130km鉛直ケースにつき, アスペリティ面積と応力降下量等の設定について, この地震本部のレシピの適用基準に従いつつ, 相手方が採用するレシピ（ア）を適用して計算してみる。相手方によると $S=1638\text{km}^2$ であり, 入倉・三宅式を適用すると $M_0=1.49 \times 10^{20}$ である。レシピ(22-2)式を適用すると $\Delta \sigma = 5.5 \text{ MPa}$ となる。

短周期レベルはレシピ(12)式である檀ほか(2001)により $2.81 \times 10^{19} (\text{N} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$ である。アスペリティ総面積の等価半径 r はレシピ(13)式により 15.6 km となるから, 全アスペリティの面積 S_a は 766.9km^2 となり, S_a/S は約 46.8% である。これに Madariaga(1979)の(21-1)式を適用すれば, $\Delta \sigma_a = 11.7 \text{ MPa}$ と算出される。背景領域の応力降下量は負にならない¹⁰。

以上のような, 地震本部が行っているアスペリティ面積と断層全体の平均応力降下量についてのレシピの運用にしたがったパラメータ

¹⁰ なお, 原審で提出された長沢意見書（甲D326・16頁）注2に, 「短周期レベルから応力降下量を求めるA法では, アスペリティの面積が大きくなりすぎて, 背景領域の地震モーメントがマイナスになり無意味になる」とあるが, 長沢名誉教授に確認したところ, これは69km鉛直ケースでの適用の場合であり, 本件54kmケース及び130kmケースでA法を適用しても背景領域の地震モーメントは負にならないとのことである。

設定と、相手方が130 km鉛直の基本ケースで暫定値を適用しているパラメータ（甲D97の2・30頁）とを比較すると、アスペリティの面積は352.2 km²から766.9 km²へと2倍以上になる。短周期レベルは 2.52×10^{19} (N・m/s²)から 2.81×10^{19} (N・m/s²)へと若干引き上げられる¹¹。アスペリティ応力降下量は、一見相手方が用いている $\Delta \sigma_a = 14.4$ MPaよりも2.7 MPa小さくなりそうだが、不確かさの考慮がなされればいずれ20 MPaまで引き上げられ、相手方が応力降下量を1.5倍した21.6 MPaとの差は1.6 MPaに縮まる。

以上を総合すると、レシピを地震本部と同様に適用した上で、応力降下量等の不確かさの考慮は相手方と同様にすれば、相手方が130 kmケースにおいて暫定値を適用しているケースを上回るのはほぼ確実である。相手方において「断層モデルに基づく手法」では断層長さが変わっても地震動がほとんど変化しないという評価を示していることをも考え合わせると、130 km鉛直ケースで相手方と同様にレシピ（ア）を適用し、アスペリティ面積と断層全体の平均応力降下量の設定については地震本部と同様のレシピの適用をするならば、基準地震動S_{s-2}は引き上げなければならないと考えられる。

中央構造線断層帯石鎚山脈北縁北部—伊予灘（L≒130 km）ケースにおいて、地震本部はレシピ（イ）を適用し、地震モーメントが大きくなって第3ステージに入るため、実際はこのような計算になっていないが、54 kmケースを地震本部が計算するとすれば、レシピ

¹¹ 短周期レベルも地震動に影響を与えるパラメータである。長大な断層では応力降下量が地震動と関わりが深い、小規模な断層では短周期レベルが地震動の大きさと関わりが深い。どの辺りが境界かは明確ではない。定性的なことは本文中で述べた通りであるが、正確な地震動はさらに詳細な計算をしなければ分からない。だが相手方からはグリーン関数法のデータすら示されていないため、抗告人らではこれ以上の計算は困難である。

(イ)を採用しつつ、レシピ(13)式でアスペリティ面積、レシピ(22-2)式で断層全体の平均応力降下量、レシピ(21)式でアスペリティ応力降下量を計算することになる。

54kmケースについて、相手方は、鉛直ケースにおいて断層幅13kmとなり断層長が断層幅の4倍以上あることから、円形破壊面を仮定できないと主張している(相手方準備書面(5)の補充書(2)28頁)が、断層長が断層幅の4倍以上あればEshelby(1957)の(22-2)式等を適用できないという基準は、地震本部における現在のレシピの運用と整合せず、これに特段の根拠はない。

また、54kmケースで断層長が断層幅の4倍以上というのは、レシピ(ア)を適用し W_{model} や L_{model} を用いない場合に辛うじて成り立つだけの話である。平成28年12月のレシピ修正を踏まえてレシピ(イ)を54kmケースに適用すると、鉛直ケースでも $W_{model}=15\text{km}$ 、 $L_{model}=59\text{km}$ となり(後記第6参照)、 $L_{model}<4W_{model}$ となる。南傾斜ケースや北傾斜ケースでは、断層長さが断層幅の4倍に満たないことはさらに明らかである。したがって、相手方が用いる基準によっても、レシピ(イ)を適用すれば54kmケースで(13)式やEshelby(1957)の(22-2)式を適用すべきことになる。

54km鉛直ケースでレシピ(イ)を適用した上、地震本部の運用にしたがって(13)式、(21)式及び(22-2)式を適用する¹²と、 $\Delta\sigma=5.2\text{MPa}$ 、 $S_a/S\cong 44\%$ となり、 $\Delta\sigma_a=11.9\text{MPa}$ となる。相手方が54km鉛直ケースに暫定値を適用したケース(甲D97の1・43頁)と比べると、アスペリティ面積は 150.9km^2 だったのが 390km^2 へと2倍以上になる。基本ケースでは短周期レベルは $1.65\times$

¹² 気象庁マグニチュードの切り捨てをせず $M_0=5.66\times 10^{19}\text{N}\cdot\text{m}$ として計算。

$10^{19}(\text{N} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$ から $2.04 \times 10^{19}(\text{N} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$ に増大する。アスペリティ応力降下量は一見 2.5 MPa 小さくなるように見えるが、前記同様、相手方が採用している不確かさの考慮の基準を用いる限りその差は 1.6 MPa にまで縮減される。以上を総合すると、 54 km 鉛直ケースに地震本部と同様レシピ(イ)を適用しアスペリティ面積について(13)式、応力降下量については(21)、(22-2)式を適用するならば、基準地震動は大きくなる可能性が高い。

なお、相手方が 54 km 鉛直ケースで檀ほか(2011)を適用している場合(甲D97の2・36頁)と比較すると、アスペリティ面積は 195.6 km^2 から 390 km^2 へと約2倍になる。基本ケースでは短周期レベルは $1.56 \times 10^{19}(\text{N} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$ から $2.04 \times 10^{19}(\text{N} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$ に増大する。最終的に地震動評価にもっとも影響する応力降下量の不確かさ考慮をすれば、アスペリティ応力降下量は(動的と静的の違いはあるにせよ) 20 MPa で同一となることからしても、やはり基準地震動は大きくなると考えられる。

以上のとおり、地震本部と同様のレシピの適用によってアスペリティ面積、応力降下量等の設定手法を採用すれば、現在の基準地震動は引き上げざるを得ないと考えられる。アスペリティ面積、応力降下量等について、地震本部よりも地震動を過小評価する設定を許容している点において、本件適合性審査は不合理である。

5 暫定値の適用範囲についての平成28年12月修正の経緯

前記の通り、レシピでは、平成28年6月の改訂と同年12月の修正により、 $M_0=1.8 \times 10^{20}(\text{N} \cdot \text{m})$ を下回る場合についてもアスペリティ面積比を22%、静的応力降下量を 3.1 MPa とする暫定値の適用が

可能である旨明記されるようになったが、実際地震本部は、平成28年6月の改訂後、新たなレシピの適用場面において、第2ステージではこれを使っていない。

元々、平成28年6月の改訂時点では、暫定値の適用範囲については、暫定的に、「断層幅と平均すべり量とが飽和する目安となる $M_0=1.8 \times 10^{20}$ (N・m)を上回る断層の地震を対象とする。断層幅のみが飽和するような規模の地震に対する設定方法に関しては、今後の研究成果に応じて改良される可能性がある」（乙173・12頁）とだけ規定されていた。前記実際の運用の仕方を見れば、これは地震本部において、第2ステージでは基本的に暫定値を使わないという意味を含むものであったといえる。

同年12月の修正経緯について、地震本部から開示された資料によると、平成28年7月25日、氏名不詳者（地震本部による黒塗りのため。）が文部科学省研究開発局地震・防災研究課調査員の藤井中氏に対し、「本日は現状のレシピ（平成28年6月バージョン）について少々確認したいことがあります。」「第2ステージまでのレシピでも、第2ステージでは円形クラックの式を使ったアスペリティの大きさを決める（13）式が使えない（アスペリティの面積比が大きくなったり、背景領域の応力降下量が負になったりと、非現実的なパラメータ設定になるとの観点から、 $S_a/S=22\%$ 、平均応力降下量3.1MPaとして設定する方法が推奨されていたように思います。」「厳密な記載の内容的には以前と大きくは変化がないと思いますが、第2ステージのみ具体的な方法が無いように読み替えられる可能性が無いでしょうか？ それから、第3ステージでは暫定的にこの設定手法が推奨される理由が特に存在するのでしょうか？」等記載された電子メールを

送信した（甲 F 4 8）。「p s : 原子力関係でもこの第 2 ステージのスケーリング則がよく使われるため、その方法については大きな関心事でもあります。」と記載されていることから、この氏名不詳者が原子力関係事業の利害関係者であることは明白である。

これに対し藤井氏は、その翌々日である同月 2 7 日、「 $S_a/S=22\%$ 、平均応力降下量を 3.1MPa を仮定する方法は、長大断層のパラメータ設定に関する新たな知見が得られるまで当面の暫定的な扱いと考えており、**特段『推奨』とまで言えるものではない**と考えております。この認識は、改訂以前から共通しております。」「地震本部の『レシピ』は、諸課題を承知しつつ現時点の知見から最もあり得る**地震動像（平均像）を求めるための手法**としてまとめられたものであり、今後**も新たな知見が得られれば随時改訂していく方針**です。特に、御質問の**原子力関連の検討**では、『レシピ』を参照しつつも、**様々な専門的知見・判断に基づいて個々の問題に対して一層適切な方法を採用し**、その根拠とともに対外説明して頂ければよろしいと存じます。」（甲 F 4 8）というメールを送信し、原子力関連において $S_a/S=22\%$ 、 $\Delta\sigma=3.1\text{MPa}$ という暫定値を当然のように用いることのないよう、釘を刺している。ただ、この氏名不詳者の立場に配慮したのか、「なお、第 2 ステージのみ具体的な方法が無いように読まれてしまう懸念があるのであれば、注釈を付記する等の対応も考えられますので、今後、強手分科会で審議することも含めて検討致したく存じます。」とした。

氏名不詳者は、「レシピの位置づけはもっともな回答です。特に異論はありません。」と返信しつつも、「すみません。先日送ったように現状の箱書外の記述では、以前と変わったような印象を持ってしま

うのは当方だけでしょうか？」 「認識が改定前と同じであるのであれば、少しそういう表現に変えていただくことが可能かどうかまたご審議ください」（甲F 4 8）と、藤井氏の提案を頼みにあくまで修正を求める姿勢を見せた。

これを受け、第157回強震動予測手法検討分科会において、地震本部事務局より、「 $M_0=1.8 \times 10^{20} (\text{N} \cdot \text{m})$ を上回らない第2ステージ ($7.5 \times 10^{18} \leq M_0 \leq 1.8 \times 10^{20}$) の場合で、アスペリティの面積比が大きくなったり、背景領域の応力降下量が負になったり、非現実的なパラメータ設定になり、円形クラックの式を使ったアスペリティの大きさを決める式が使えない場合に、アスペリティ面積比を22%、静的応力降下量を3.1MPaとする取扱いができないと誤解されるおそれ」（甲F 9 2）を無くすために、第2ステージでも場合によっては暫定値が適用可能なことを明示する提案がなされた。この案は氏名不詳者のメールと記載が概ね一致している。分科会では、委員の※※より要領を得ない補足説明がなされ、原子力関連事業への影響を見越した修正であることが疑われたのか、★★委員から「これは※※が提案した内容なのか」との質問が上がった。※※委員は「提案したのではない」と否定し、事務局は「質問して頂いた。提案は事務局からである」とフォローに入っている（甲F 9 1・7頁）（この事務局の発言からすると、前記氏名不詳者と※※委員は同一人物である）。

以上の修正の経緯や、実際に地震本部は新たなレシピの適用場面で第2ステージでは暫定値を適用していない現状からしても、地震本部では、第2ステージにおいて背景領域の応力降下量が負になる程アスペリティ面積が大きくなる場合であれば別論、そうでない限り、第2ステージにおいて暫定値を適用することを基本的には想定していな

いものと言える。

レシピ冒頭には、平成28年12月の修正により、「ここに示すのは、最新の知見に基づき最もあり得る地震と強震動を評価するための方法論であるが、断層とそこで将来生じる地震およびそれによってもたらされる強震動に関して得られた知見は未だ十分とは言えないことから、特に現象のばらつきや不確定性の考慮が必要な場合には、その点に十分留意して計算手法と計算結果を吟味・判断した上で震源断層を設定することが望ましい。」と付されるようになっている。この記載は、レシピ（ア）と（イ）の適用関係だけでなく、暫定値に係るアスペリティ面積や応力降下量の設定手法に関しても注意を喚起するものと解すべきである。地震本部の事務局である藤井氏において、暫定値を特段推奨していないとし、原子力関連ではレシピを参照しつつも様々な専門的知見・判断に基づいてより一層適切な方法を採用すべきとしていることからしても、第2ステージはもとより、第3ステージにおいても、原発の基準地震動策定において暫定値を基本的手法に据えることがレシピの趣旨に反することは明らかである。

6 断層全体の平均応力降下量とアスペリティ面積の設定の不確かさについて

ここでは、断層全体の平均応力降下量とアスペリティ面積という2つのパラメータに関し、下記のように合理的かつ保守的な地震動評価を導く一層適切な方法が様々あるにもかかわらずこれを考慮せず、漫然と暫定値等を適用して地震動を過小評価していることから本件適合性審査は不合理であるという観点から、従前の主張を整理、補足する。

(1) $S_a/S=22\%$ と(22-2)式の適用について

Somerville et al. (1999)は、アスペリティ面積 S_a は全破壊域 S に比例して大きくなる、すなわち、アスペリティ面積比 S_a/S は地震の大きさに依らずほぼ一定となることを明らかにしている。宮腰 (2002)は1995年以後の最近の大きい地震の解析結果を加えても、 $S_a=0.215S$ となり、Somerville et al. (1999)によるアスペリティに関連する関係式が次に示されるようにほぼ変わらないことが示されている(入倉, 2004等)(甲F88, 89)。なお、 $S_a/S=0.215$ とした場合のばらつき(標準偏差)は1.34倍とされている(甲D128・570頁)。

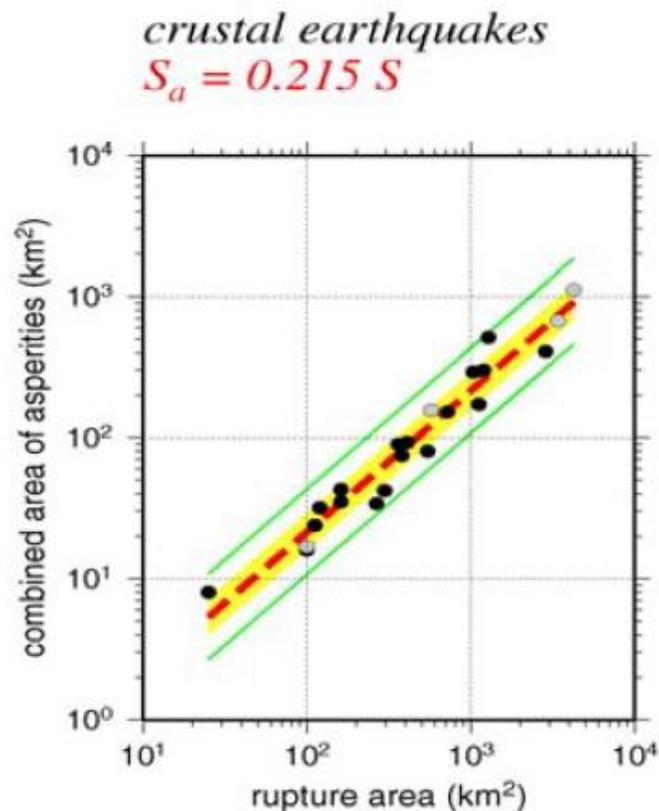


図3. アスペリティ総面積と破壊域(断層面積)の経験的關係(入倉, 2004)。

影部は標準偏差 $\pm \sigma$ を示す。細実線は平均に対する2倍と1/2倍を示す。

後記(2)のように、宮腰ほか(2015)(乙256)ではアスペリティ面積比は約16%とされている。宮腰ほか(2015)では9%~23%の間で多少のばらつきはあるものの、アスペリティ面積比が地震規模に拠らず一定であるという点では従前の考え方と整合する見解が示されている(同145頁表3)。

このように、観測事実の解析を踏まえた知見からすれば、アスペリティ面積比は地震規模に拠らず一定というモデルが支持される。第2ステージにおいて断層全体の平均応力降下量が地震規模と正の相関があるという前提を置くのであれば、アスペリティ応力降下量も地震規模と正の相関があると考えるのが正当である。地震本部における現在のレシピの運用では、第2ステージにおいて地震規模が大きくなるとアスペリティ面積比が不自然な程大きくなりそれと反比例してアスペリティ応力降下量を小さくすることになっているが、そのような評価と観測事実との整合性は確認されていない。

全国地震動予測地図は基本的に一般防災を想定し被害範囲の予測を示すためのものであるから、地震規模の増大に合わせて、アスペリティ応力降下量が多少小さくなくてもアスペリティ面積比を大きく評価する運用には合理性があると言えよう。だが、原発の基準地震動策定において、地震動のレベルはサイト最短の位置にあるアスペリティ応力降下量に強く影響を受けることから、アスペリティ面積比を非現実的なレベルまで大きくしアスペリティ応力降下量を過小評価することに合理性は乏しい。

この点レシピには、「一方、最近の研究成果から、内陸地震によるアスペリティ総面積の占める割合は、断層総面積の平均22%

(Somerville et al., 1999), 15%~27% (宮腰・他, 2001) であり, 拘束条件にはならないが, こうした値も参照しておく必要がある。」(10頁)と記載されている。この部分は, その後にある「震源断層の長さが震源断層の幅に比べて十分に大きい長大な断層」についての記載の前に, 別段落で記載されていることに注意すべきである。レシピの元祖である入倉レシピ(甲F88, 89)では, 断層全体の平均応力降下量について Eshelby(1957)に基づく式を用いる手法, Somerville et al.(1999)や宮腰・他(2001)に基づく $S_a=0.215S$ によってアスペリティ面積を求め, これに Madariaga(1979)に基づく式を組み合わせアスペリティ応力降下量を算定する手法が記載されている。前記地震本部のレシピの記載は, アスペリティ面積比が大きくなり過ぎる場合, 使用目的に応じてかかる手法をも推奨するものと言える。レシピ(13)式を適用してアスペリティ面積比が非常に大きくなり経験値との整合性がなくなる際, 原発の基準地震動のように敷地から最短距離にあるアスペリティの応力降下量の保守的な設定が重視される場合に当該手法を採用することは, 科学的な平均像を導く手法としても十分合理性があり, レシピの規定にも合致する。

現在のレシピにおいて, アスペリティ面積を求める手法として $S_a=0.22S$ (ないし $S_a=0.215S$) とする手法が第一的なものとしては記載されず全国地震動予測地図でも適用されていないのは, 平成17年1月に公表された「山崎断層帯を想定した強震動評価」(甲F93)のモデル1 ($L \doteq 80$ km, $W \doteq 18$ km) のケース1-3において, 同手法を適用した結果, $\Delta \sigma_a=24.2$ MPa と算定されたことを受け, この手法については「地震モーメントが大きくなるほど $\Delta \sigma_a$ が既往の調査・研究成果に比較して過大となる傾向にあることが指摘され

ている」(説明6頁)ということになったからであるが、科学的合理性自体が否定されたわけではない。「山崎断層帯を想定した強震動評価」の検討内容を見ても、アスペリティ面積や応力降下量の設定について、標準的な手法は確立しておらず、結局既往の調査・研究と比較しながら妥当と見られる水準を見極めていくしかないことが分かる。

長沢意見書によると、本件において、54kmケースにレシピ(イ)を適用しつつ、 $S_a/S=22\%$ とした上で Eshelby(1957)の(22-2)式を適用すると、アスペリティ応力降下量は22.5MPaである(甲D326・16頁, 甲F18・21頁)。近時の内陸地殻内地震において、SMGA¹³の平均応力降下量は、2007年能登半島地震($M_o=1.36 \times 10^{19} \text{N} \cdot \text{m}$)は20.5MPa, 2000年鳥取県西部地震($M_o=8.62 \times 10^{18} \text{N} \cdot \text{m}$)は19.8MPa, 1997年5月の鹿児島県北西部の地震($M_o=1.22 \times 10^{18} \text{N} \cdot \text{m}$)は23.9MPa等と解析されている(宮腰ほか(2015)(乙256・147頁))。54km鉛直ケースにレシピ(イ)を適用すると、 $M_o=5.33 \times 10^{19} \text{N} \cdot \text{m}$ ¹⁴と前記3地震よりも大規模な設定となるのであるから、 $\Delta \sigma_a=22.5 \text{MPa}$ という設定は、特段過大という程のものではない。

アスペリティ面積比を固定する手法については、第80回審査会合において、当時の担当委員だった島崎邦彦氏より、「どのモデルが正しいという状況ではないということなので」等とした上で「いろんな不確定性の中でどこを変えるか。例えば、今の場合ですと、

¹³ 宮腰ほか(2015)では、アスペリティ応力降下量に関し、第2ステージの地震については $\Delta \sigma=3.1 \text{MPa}$ が仮定されていることから、ここではSMGAの値を参照した。

¹⁴ 長沢意見書では松田式で算出されたMの小数点以下を切り捨てて $M_o=5.36 \times 10^{19} \text{N} \cdot \text{m}$ とされているが、切り捨てなければ、 $M_o=5.66 \times 10^{19} \text{N} \cdot \text{m}$, $A \approx 2.04 \text{Nm/s}^2$, $\Delta \sigma=5.2 \text{MPa}$, $\Delta \sigma_a=23.8 \text{MPa}$ である。

アスペリティの面積は変えずに、逆に言うと、アスペリティの全体の断層面積に対する割合は一定として、それで応力降下量を変えろとか、そういうふうにもう少しスペシフィックに言ったほうがいいんだろうと思いますけれども。」（甲F84・18頁）という指摘もなされている。

なお、大飯原発の基準地震動の再計算において、規制庁が武村式を用いた再計算をした際には、 $S_a=0.22S$ を用いた点では上記手法と同じであるが、レシピ(15)式によりアスペリティ応力降下量を導いた点で異なっている。ここで規制庁は、再計算に当たり、 $\Delta\sigma=3.1\text{MPa}$ 、 $S_a/S\div 22\%$ というレシピの暫定値を用いて $\Delta\sigma_a\div 14.4\text{MPa}$ 等とする方法ではなく、レシピ(15)式を用いてアスペリティ応力降下量を算定した点に注意すべきである。すなわち、地震モーメントが約3.5倍に増大しても $\Delta\sigma=3.1\text{MPa}$ 、 $S_a/S=22\%$ を適用してアスペリティ応力降下量は変わらないとする取扱いは、規制庁として不合理と認識し、これよりも $S_a/S=22\%$ に固定した上でレシピ(15)式を用いて $\Delta\sigma_a=22.3\text{MPa}$ とする方がより合理的であると判断したということである。

この規制庁の手法について、島崎邦彦氏は、「レシピをちゃんと守って22パーセントにしている。問題は何もありません」（甲F19の1・26頁）、「非常に巧妙に強震動のレシピを守りつつ、一番影響のないころに、そのずれを持っていったということで、大変いい推定だと思います」（同27頁）等と名古屋高裁金沢支部で証言しており、合理性は裏付けられている。

大飯原発の基準地震動の引き上げにつながることを島崎氏に指摘されたため、最終的にこの計算結果は背景領域の応力降下量 σ

$\sigma_b=7.6\text{MPa}$ が大き過ぎるという理由で規制委員会では採用されなかったが、規制委員会・規制庁は、本来レシピの暫定値を適用すべきであったとは一度も述べていない。本件 5.4km 鉛直ケースにレシピ (イ) を適用する際にこの規制庁の手法を用いれば、 $M_0=5.36 \times 10^{19}\text{N}\cdot\text{m}$ とした場合、 $\Delta\sigma_a=16.5\text{MPa}$ 、背景領域の実効応力 $\sigma_b \doteq 3.0\text{MPa}$ ¹⁵となる。アスペリティ応力降下量は暫定値よりもやや大きくなるが、背景領域の応力降下量は地震本部の平均値である $\sigma_b=2.7\text{MPa}$ とほぼ変わらず、本件 5.4km 鉛直ケースではこの手法を適用する合理性は否定されない。本件ではかかる計算手法についても考慮されて然るべきである。

(2) 宮腰ほか(2015)による $S_a/S=16\%$

暫定値として静的応力降下量 3.1MPa と仮定することにも問題はあ
るが、最大加速度の大きさが特に問題となる原発の耐震設計において
は、アスペリティ応力降下量と直結するアスペリティ面積比の扱いも
重要である。レシピでは、Madariaga(1979)により提案されている
(21-1)式を用いるため、アスペリティ面積比と反比例してアスペリテ
ィ応力降下量は大きくなる。アスペリティの面積は地震動評価に大き
な影響を与えるパラメータであり、相手方の不確かさの考慮は不十分
であることはこれまでも指摘してきた (第5準備書面 80頁)。

レシピでは、「長大な断層のアスペリティに関するスケーリング則
については、そのデータも少ないことから、未解決の研究課題となっ
ている。」と前置きした上で、「そこで、このような場合には、(12)～
(15)式を用いず、Somerville et al. (1999) による震源断層全体の
面積に対するアスペリティの総面積の比率、約 22%からアスペリティ

¹⁵ $S_a=195\text{km}^2$, $D_a=3.658\text{m}$, $D_b=1.27\text{m}$ として近似的にレシピ(23)式で計算。

の総面積を推定する方法がある。」と記載されている。このような記載がなされている根拠としては、入倉レシピ¹⁶（甲 F 8 8， 8 9）に記載され、地震本部のレシピにもあるように、Somerville et al. (1999) の平均約 2 2 %，宮腰・他(2001)の 1 5 ~ 2 7 %が経験的な値として報告されていることが挙げられる。

だが、宮腰氏と入倉氏は釜江氏とともに、宮腰ほか(2015)（乙 2 5 6）を作成し、日本国内の特に長大ではない断層から発生した 1 8 個の内陸地殻内地震（最大は $M_0=3.30 \times 10^{19} \text{N} \cdot \text{m}$ の 1 9 9 5 年兵庫県南部地震，最小は $M_0=1.31 \times 10^{17} \text{N} \cdot \text{m}$ の 2 0 0 5 年福岡県西方沖地震の最大余震）まで分析した結果，アスペリティ面積比は平均 1 6 %（相乗平均）となり，Somerville et al. (1999) の平均 2 2 % よりも小さくなったことを示している。Somerville et al. (1999) よりも小さくなった理由として，宮腰らは，震源インバージョン解析における小断層サイズの詳細化および均一化とグリーン関数の高精度化の 2 点を挙げ，震源インバージョン結果が Somerville et al. (1999) に比べて精度が向上したことを挙げる（1 4 7 頁）。

宮腰ほか(2015)において，いわゆる第 2 ステージに相当する 8 地震（1 9 9 5 年兵庫県南部地震から 2 0 0 4 年新潟県中越地震）では， $\Delta \sigma = 3.1 \text{MPa}$ が仮定されているが， S_a/S の平均は約 1 7 %（相乗平均）となっており¹⁶，第 1 ステージにおけるアスペリティ面積比と有意な差

¹⁶ なお，宮腰ほか(2015)において，震源断層面積を表 3 に記載された Rupture Area を前提に，表 4 に記載された SMGA 面積のデータから SMGA 面積比を計算すると，1 8 地震については約 1 6 %（相乗平均），第 2 ステージ相当の 8 地震については約 1 4 %（同）となり，アスペリティ面積比 1 6 % と概ね同じ水準となる。

また，宮腰ほか(2015)では，福岡県西方沖地震の SMGA について応力降下量が小さなものを取り上げられているが，地震本部がレシピの検証の際にとりあげた波形インバージョンに基づく 3 つの特性化震源モデル（Kobayashi et al., Asano et al., Sekigushi et al.）では，アスペリティ面積比の平均が 1 3 . 1 %，アスペリティ実行応力の平均が 2 2 . 8 MPa とされている（乙 3 5 9 図表集 4 頁表 1）

はないことも重要である。従前より、レシピにおいて $S_a/S \doteq 22\%$ 、 $\Delta \sigma = 3.1\text{MPa}$ 、 $\Delta \sigma_a \doteq 14.4\text{MPa}$ を「暫定値」として用いてきたのは、レシピで「既往の調査・研究成果とおおよそ対応する値となる」とされてきたからであるが、一方で従前より「その適用範囲や適用条件について十分な検討が行われていない」（甲 F 9 3・本文 4 頁）、「このようにして得られる平均応力降下量が物理的に有効かどうかは、この値を用いて得られる計算結果と観測記録との比較による検証が必要である」（入倉，甲 F 8 8，8 9）等とされていた。 $\Delta \sigma = 3.1\text{MPa}$ と仮定した国内 8 地震を解析した結果の平均値を検討したところ、 $S_a/S \doteq 22\%$ とはならず $S_a/S \doteq 16\%$ となったのは、暫定値全体として観測事実と整合せず正当性が失われたということの意味する。

レシピにおいて $\Delta \sigma_a \doteq 14.4\text{MPa}$ を「既往の調査・研究成果とおおよそ対応する値となる」とする根拠となっている「地震調査委員会，2005」，すなわち「山崎断層帯の地震を想定した強震動評価」（甲 F 9 3）では，ケース 1－4 で後の「暫定値」が適用され，アスペリティ応力降下量が 14.4MPa と評価されたことが「長大な断層に対しても，既往の研究と同程度の応力降下量が推定でき，レシピに従った結果と同程度の強震動予測結果が得られた」（4 頁）とされていた。ここで「レシピにしたがった結果と同程度」というのは，ケース 1－1 として現在のレシピ (13) 式にしたがってアスペリティ総面積を過大評価した結果の $\Delta \sigma_a = 12.6\text{MPa}$ と同程度という意味である（説明 6 頁）。だが，ケース 1－1 におけるアスペリティ面積はケース 1－4 の 2 倍近くあり，その分 $\Delta \sigma_a$ は小さく設定されているのであって，これと同程度だからといって $\Delta \sigma_a \doteq 14.4\text{MPa}$ を妥当とするのは，元々誤った評価だったのである。宮腰ほか (2015) のような結果が出るのは道理

である。

宮腰ほか(2015)の $S_a/S=16\%$ は第 1, 第 2 ステージの地震までの解析結果であるが, Somerville et al. (1999) の 22% との違いはインバージョンの精度という根本的な解析手法の問題とされていること, 2002 年アラスカ Denali 地震 ($M_w 7.9$) のアスペリティ面積比は約 9% と解析されていること (甲 F 95) 等からすれば, 第 3 ステージでも, 少なくとも $S_a/S \cong 22\%$ より 16% の設定の方が妥当であると考えられる。

以上からすると, 第 2 ステージ相当の地震は勿論, 第 3 ステージの地震についても, 静的応力降下量を 3.1 MPa と仮定する際にアスペリティ面積比を 22% に設定する暫定値の正当性は大きく揺らいであり, これを用いるとアスペリティ応力降下量, ひいては基準地震動が過小評価となるおそれが高いと言える。原発の基準地震動においては最新の知見を参照してアスペリティ応力降下量を過小評価しないことが重要であることからしても, 宮腰ほか(2015)がレシピで採用されるのを待つことなく, 本件ではいずれの断層長さのケースにおいても, $\Delta\sigma = 3.1 \text{ MPa}$ を仮定する場合, アスペリティ面積比は 16% とすることを基本とすべきである。かかる知見を検討していない点で本件適合性審査は不合理である。

静的応力降下量 3.1 MPa , アスペリティ面積比 16% として Madariaga(1979)により提案されているレシピ(21-1)式を適用すると, アスペリティ応力降下量は約 19.4 MPa となる。これは基準地震動策定に当たり依拠すべき科学的平均像として概ね妥当な水準と言える。

(3) 短周期レベルからの設定

$\Delta\sigma = 3.1 \text{ MPa}$ を仮定するとしても, 必ずアスペリティ面積比を

固定しなければならないということはない。 $\Delta\sigma = 3.1 \text{ MPa}$ の仮定があるなら、レシピ(15)式とレシピ(21-1)式を組み合わせれば、短周期レベルからアスペリティの等価半径 r を求めることが出来る。

長大断層のレシピを作成するに当たり、強震動評価部会の強震動予測手法検討分科会では、断層全体の平均応力降下量について、引き続き Fujii and Matsu'ura(2000)の $\Delta\sigma = 3.1 \text{ MPa}$ を採用するということについては特に議論となっていないようであるが、アスペリティの面積の扱いについては、第141回の分科会において、上記短周期レベルから算定するという方法が事務局から示され、了承されていた(甲F53, 甲F61等参照)。地震本部では、レシピ(12)~(15)式が円形破壊面を仮定したスケーリング則から導出されておりこれを長大断層に適用することの問題は特段取り上げられていない。なお、分科会の委員らからは、「(一つだけ答えを出すという)方向に行かないほうが安全だ」「同感だ。一つだけと言われるのは非常に辛いと思う」という議論や、「科学的には決着の付けようがない。地震本部の対応としては、変に結果が出るようなことはなるべく避けるようにうまく便宜的なところは調整する、というポイントが重要ではないか」(甲F54・10, 11頁)というコメントが出されている。

その後、第145回分科会で、防災科学技術研究所より、中央構造線断層帯のうち、讃岐山脈南縁-石鎚山脈北縁北東部(131km)について、事務局案にしたがうとアスペリティ応力降下量につき19.7MPa, アスペリティ面積比16%となり、中央構造線断層帯全体(360km)については、事務局案にしたがうとアスペリティ応力降下量17.0MPa, アスペリティ面積比18%となるという試算結果が示された(甲F56)。委員らからは、「今絞込みをするのは難しい

と思う」「断層が長くなればなるほどパラメータを1つに決めるのが難しくなっていく」「いつまで経っても答えは分からない」等の意見が出されたが、試算された数値自体が特段不合理という意見はなかった（甲F57）。資料には、「現時点ではどのモデル化が妥当といえるかについてはデータ数が少ないこともあり現時点で結論が出せない。」と記載されている。

第148回分科会では、アスペリティ面積比を短周期レベルから求める事務局案、Somerville et al.(1999)の約22%で固定する案の2つ挙げられ、檀・他(2011,2015)も参照することができるとされた（甲F58）が、地震規模が大きくなるほどアスペリティの応力降下量が小さくなり予測される地震動が小さくなることは単純に避けた方がよいという議論がなされた（甲F59）。

最終的に事務局案が採用されず、従来どおりアスペリティ面積比を約22%で固定する案が採用されたのは、第150回分科会において、防災科学技術研究所より、地震規模が大きくなるほどアスペリティの実効応力は反対に小さくなるモデルとなって、地震規模が大きくなってもアスペリティのごく近傍において計算される強震動波形の短周期成分の振幅が小さくなってしまう可能性について改めて懸念が示され（甲F60）、事務局の方でも「檀・他(2001,2011)や佐藤(2010)等の経験的關係式は、第三ステージの解析対象が1地震であり、現状では知見が不足しているため、アスペリティ面積の設定に用いるのは適切でないことが分かった」（甲F61）と譲ったからである。

だが、Somerville et al.(1999)の約22%についても、第3ステージの解析対象はほとんどない¹⁷。デナリ地震についてはこの経験値

¹⁷ Somerville et al.(1999)の基データにおいて、最大規模の地震は1992年 Landers

よりも有意に小さいという解析結果が出されてる（甲F95）上、Somerville et al. (1999)の約22%の正当性には前記の通りインバージョンの精度の問題から疑義が呈されている。レシピでは檀ほか(2001)の短周期レベルの関係式を長大断層でも適用しており、これをデータがないとしてアスペリティ面積の設定に用いないという対応も整合性がとれていない。第151回分科会において、委員◎◎より、「アスペリティの応力降下量が一定であるという仮定と、短周期レベルが地震モーメントの1/3乗に比例するというものが矛盾しているということも検討が必要」とのコメントもなされており、長大な断層について $\Delta\sigma \doteq 14.4\text{MPa}$ で一定値とするのはレシピの中で矛盾をきたしている。暫定値に比して短周期レベルからアスペリティ面積を設定する手法が特に劣っているわけではない。

防災科学技術研究所の藤原氏らは、地震学会2017年秋季大会において、短周期レベルが檀ほか(2001)の関係式よりも小さくなる矛盾を解決する一案としてFujii and Matsu'ura(2000)の3.1MPaのみを固定するモデル化手法を一案として提案している（甲F31）ことからしても、3.1MPaの暫定値を採用しつつ短周期レベルからアスペリティ面積を求めることの科学的合理性は肯定できる。

短周期レベルからアスペリティ面積を設定するという手法についても科学的合理性は十分にある。130kmケース及び480kmケースについてはこれも知見の不確かさの考慮として検討すべきであるが、これを検討していない点でも本件適合性審査は不合理である。

であり、 $M_0=75\times 10^{25}(\text{dyne}\cdot\text{cm}) (=7.5\times 10^{19}(\text{N}\cdot\text{m}))$ とされている（甲F96・60頁Table1）。これはレシピの第2ステージ相当である。

第5 アスペリティ応力降下量の不確かさ

本件基準地震動のアスペリティ応力降下量の不確かさについては、旧保安院が「地震・津波に関する意見聴取会（地震動関係）」に提出した案にしたがって「1.5倍若しくは20MPaの大きい方」という評価がなされている。平成29年9月13日の審尋期日において、相手方代理人は20MPaとしている根拠を何も説明できなかったことに表れているように、この数値自体には特段の合理的根拠はない。

思うに、保安院は藤原氏が「第4回地震・津波に関する意見聴取会（地震動関係）」において、「1.5倍しても、例えばアスペリティ応力降下量が20MPaに届かないようなサイトもたしかあるとは思いますが。そういったところでそのままにしておいていいのかどうか」（甲D567の1・7頁）等と話していたことから、「1.5倍又は20MPaの大きい方」という基準を提案したのであろう。だが、藤原氏は1.5倍しても20MPaに届かない場合は新潟県中越沖地震について解析された絶対値にしたがって25MPaにすべきであると提案しているのであり、藤原氏も他の委員らも、1.5倍しても20MPaに届かない場合に20MPaに設定すれば良いとは一言も述べていない。

山中浩明委員から、「20MPaという数字が出てきたというのが私はちょっと根拠が見えなかった。」（甲F25・37頁）等の指摘を受けた後、保安院の小林勝耐震安全審査室長¹⁸は、「根拠らしきものを20か25かというようなことでいろいろ議論したんですけれども、その辺、できるだけ根拠について書けるようにしたいと思います。」と述べている。「地震・津波に関する意見書聴取会（地震動関係）」において、20MPaという案は最終盤に至るまで保安院から提案されていないのであるから、こ

¹⁸ なお小林勝氏は、本件適合性審査には、規制庁の安全規制管理官（地震・津波対策担当）という幹部職員の立場で関わっている。

の数値について専門家委員らによる議論はない。そのことと前記小林氏の発言からすると、保安院内部において、25 MPa という藤原氏の提案を却下し20 MPa 程度でお茶を濁すための「根拠らしきもの」を「いろいろ議論」したが、公開の場で説明できるような理屈付けは結局何も浮かばなかったのである。

東京電力が作成した報告書（甲F97・5-55）によると、新潟県中越沖地震の際の短周期レベルは壇・他(2001)の経験式の1.56倍から1.78倍であるとされ、アスペリティ応力降下量は約20～25 MPaとされている。藤原広行氏がアスペリティ応力降下量について25 MPaと提案したのは、ここから25 MPa という数値に着目したものとも考えられる。20 MPa という数値は、アスペリティ応力降下量の解析値の小さい方を採用したという説明は一応可能であろうが、不確かさの考慮として小さい方のアスペリティ応力降下量を採用すればよいという評価には何ら合理性はない。

相手方は、新潟県中越沖地震の震源特性として短周期レベルが平均的な値の1.5倍程度大きかったことについてはひずみ集中帯に位置する逆断層型の地震という地域性によると主張する（再度の求釈明事項に対する釈明書13頁）が、ひずみ蓄積速度と短周期レベルとの関係性は不明である上、四国の中央構造線断層帯周辺についてもひずみ蓄積速度は大きい（乙192・15頁）（準備書面（5）8頁）。また、逆断層型の地震が横ずれ断層型の地震よりも短周期レベルが大きいという考え方はレシピで採用されておらず、通説的な見解ではない（速記録29頁210項）。震源断層を特定する内陸地殻内地震について短周期レベル（ないしアスペリティ応力降下量）を1.5倍するというのは、平成20年9月4日付けの保安院の指示（甲F98）以来、全国の原発ではほぼ一律

に行われるようになったが、断層のタイプや、歪み蓄積速度による区分は特になされていない。

地震ガイド I.3.3.2(4)①2)においては、「アスペリティの応力降下量（短周期レベル）については、新潟県中越沖地震を踏まえて設定されていることを確認する。」と規定されている。アスペリティ応力降下量（短周期レベル）について新潟県中越沖地震を踏まえて設定することは地震ガイドが規定しているところであり、特に長大断層から発生する地震動についての認識論的不確定性を踏まえるならば、20 MPa に止まらず 25 MPa にするのが適正なガイドの解釈・運用というべきである。この点特段の根拠なく 20 MPa と過小に評価している点で本件適合性審査は不合理である。

前記の通り、東京電力は新潟県中越沖地震の際の短周期レベルは経験式の 1.56 倍から 1.78 倍であると報告しているのであるから、解析のばらつきを考えると、アスペリティ応力降下量 1.5 倍というのは元々過小なのである。

なお、第 138 回の審査会合において、島崎邦彦委員は、「1.5 倍若しくは 20 MPa」を基準としたアスペリティ応力降下量の不確かさ考慮について、「これまでの求め方ではちょっと足りないところがあるという、そういう意識ですよ」「そこのところの不確かさが、本当に、5つのパラメータ¹⁹で決めた不確かさに合っているかどうかという、そういうことですよね」（甲 F 86・91 頁）等と述べ、不確かさの考慮の不足を指

¹⁹ 島崎氏はこの発言の前に、檀・他(2011)について、データが5つしかなく、非常に大きなものに適用できることのできるのは海外の2つしかないことによる不確かさを指摘していることからすると、この「5つのパラメータ」とは、檀ほか(2011)の12.2 MPaの基データである5つの地震のアスペリティ動的応力降下量を指しているものと解される。

摘していたが、委員交替²⁰によりこの論点はややむやになってしまっている。

第6 レシピ（イ）に暫定値を組み合わせた場合について

1 レシピ（イ）+暫定値を適用した場合の地震動について

地震本部の平成28年12月のレシピ修正によりレシピ（ア）だけではなくレシピ（イ）の手法をも用いて計算結果を吟味すべきことは明らかとなった。地震ガイドI3.3.2（4）①1）において、震源断層のパラメータについては、地震本部のレシピ等の最新の研究成果を考慮して設定すべきことが規定されているところ、特に相手方が54kmケースではレシピ（ア）のみを用いている点で当該ガイドの規定に反し、本件適合性審査は不合理である。それは、仮に54kmケースに暫定値を適用することが正当であるとしても、不合理であるという結論は変わらない。

本件原発敷地前面の震源断層の傾斜を高角に設定するのであれば、松田式等の適用により入倉・三宅式を適用した場合よりも地震規模が大きく算定される。その場合、レシピ（イ）の(f)(g)の手順に従うと、松田式等で算定した地震モーメントに入倉・三宅式を適用し、断層長さを最大+4kmした L_{model} 、地震発生層下端は最大+2kmした W_{model} を用いて震源断層モデルの面積 S_{model} を定めることになる。また、レシピでは檀ほか(2001)の経験式((12)式)が適用されるため、短周期レベルは地震モーメントの1/3乗に比例するから、短周期レベルは大きくなる。

²⁰ 島崎氏は平成26年9月18日に規制委員会委員を任期満了で退任し、代わりに本件原発の基準地震動の審査は地質学・岩石学が専門の石渡明氏が担当することとなった。

5.4 km 鉛直基本ケースで、相手方がレシピ（ア）に暫定値を適用しているパラメータ（甲D97の2・43頁）と、レシピ（イ）に暫定値を適用した場合のパラメータとを比較すると、地震モーメントは $2.74 \times 10^{19} (\text{N} \cdot \text{m})$ から $5.66 \times 10^{19} (\text{N} \cdot \text{m})$ となり、約2倍になる。暫定値を用いるとしても、震源断層の長さは5.4 km から $L_{\text{model}} = 5.9 \text{ km}$ に、地震発生層の下端深さは+2 km されて1.7 km と設定され、震源断層の幅 W は1.3 km から $W_{\text{model}} = 1.5 \text{ km}$ になる。震源断層の面積は 7.02 km^2 から 8.85 km^2 まで約26%拡大するため、 $S_a/S = 21.5\%$ の固定値を用いてもアスペリティ面積は同様の割合で拡大する。短周期レベルも $1.65 \times 10^{19} (\text{N} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$ から $2.04 \times 10^{19} (\text{N} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$ に増大する。アスペリティ応力降下量や震源断層全体の応力降下量を大きくする場合と比べると地震動に与える影響の程度は小さいが、それでもレシピ（イ）の適用はレシピ（ア）を適用した場合と比較して地震動を大きくする方向につながり、 $S_s - 2 - 7$ はより保守的な方向で変更することになる。

相手方においても、レシピ（ア）であれ（イ）であれ暫定値を適用する限り地震動の評価結果が変わらない旨の主張・疎明は、一切行っていない。

なお、相手方が檀ほか(2011)を5.4 km 鉛直基本ケースに適用しているパラメータ（甲D97の2・36頁）と比較すると、地震モーメントとアスペリティ面積はほぼ変わらないものの、短周期レベルは $1.56 \times 10^{19} (\text{N} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$ から $2.04 \times 10^{19} (\text{N} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$ へとやはり大きくなり、アスペリティ応力降下量も大きくなる ($12.2 \text{ MPa} \Rightarrow 14.4 \text{ MPa}$ 、なお不確かさ考慮では $20 \text{ MPa} \Rightarrow 21.6 \text{ MPa}$) ため、やはりレシピ（イ）+暫定値の適用をすれば地震動は大きくなるということが出来る。

2 レシピ（イ）を適用しないことによる不確かさ考慮の不足について
震源断層の長さの他，地震発生層の下端深さやアスペリティの大きさについては各種不確かさの考慮が審査基準上要求されている（設置許可基準規則の解釈（別記2）第4条5項二⑤，地震ガイドI.3.3.3（2）①1））ところ，上記のように，レシピ（イ）の適用がないことにより，54kmケースで相手方がこれらについて行っている不確かさの考慮は，地震本部がレシピから導いているパラメータにすら満たないことは明らかである。

殊に，地震本部の「全国地震動予測地図2014年版～全国の地震動ハザードを概観して～」（甲F99・183頁）によると，以下の通り，震源断層の幅について，地震本部は「中央構造線断層帯石鎚山脈北縁西部－伊予灘」につき， $W_{model}=14\text{ km}$ と設定している。一方で，相手方は54km鉛直ケースにおいて13km，同南傾斜ケースにおいて13.2kmと設定しており，地震本部の設定よりも過小である。

コード	断層名称	断層面のずれの向き		M_j	断層長さ	断層面の幅	断層面の傾斜角	地震発生層の深さ
8105	中央構造線断層帯石鎚山脈北縁西部－伊予灘	右横ずれ断層上下方向のずれを伴う	長期評価	8.0程度 それ以上	約130km	不明	北傾斜高角度	下限 15km程度
			モデル化	$M_w7.4$	130km	<u>14km</u>	90度	4-16km

上記「モデル化」ケースでは，地震発生層は4-16kmと記載されているものの，断層面の幅が14kmで傾斜角は90度とされていることから，強震動を計算する際に実際にモデル化するときには，地震本部は地震発生層の下端深さを18kmに設定していると考えら

れる。だが18kmにせよ16kmにせよ、相手方の地震発生層の下端深さについての不確かさの考慮の結果である15kmは、地震本部の設定にすら満たないことは明らかであって、本件適合性審査は不合理である。

第7 アスペリティの位置の不確かさ

1 審査ガイドとレシピの規定

アスペリティの位置については、地震ガイドI.3.3.3(2)①1)において、特に「重要」なものとして適切な評価が要求されているが、一般に内陸地殻内地震のアスペリティ位置の事前予測は非常に困難であると考えられている(野津, 盛川(2003))(甲F108・659頁)。同3.3.2(4)①2)では、「アスペリティの位置が活断層調査等によって設定できる場合は、その根拠が示されていることを確認する。根拠がない場合は、敷地への影響を考慮して**安全側に設定されている必要がある。**」と規定され、基準地震動の不確かさ考慮に係る審査基準の中では明示的に安全側の考慮を要求している数少ない規定となっている。これらと不確かさの考慮の組合せを要求している設置許可基準規則解釈(別記2)第4条5項二⑤からすれば、アスペリティの位置は原則的に他の不確かさと重疊的に考慮するパラメータと考えるべきである。

アスペリティの位置については、「第3回 地震・津波に関する意見聴取会(地震動関係)」において、釜江克宏委員より、「当然アスペリティの、これは恐らく距離は非常にきくので、サイトの近くへ置くというのが原則」とコメントされている(甲F100・20頁)。岡村行信委員からも、「第4回 地震・津波に関する意見聴取会(地震動関

係)」において、「そもそも地質学的に強震動生成域と決められるかどうかということが私は疑問だと思います」「合理的に決められるとなればばらつきの一つとして扱えるかもしれないですけれども、決められないとなると、やはり敷地近くに置いておくようなことを考えないといけないのかという気がします」と述べられている（準備書面(5) 補充書6・68頁）。この経緯からしても、地震ガイドI. 3.3.2(4) ①2)における、「アスペリティの位置が活断層調査等によって設定できる場合」に該当しアスペリティをサイト近傍に配置しなくてもよい場合とは、相当確実な根拠がある場合に限られると見るべきである。

この点、例えば関西電力株式会社は、高浜原発等の基準地震動策定に当たり、アスペリティの配置について、「偶然的な不確かさに分類されるもので、事前の詳細な調査や経験式からは特定が困難なもの」と位置付け、敷地近傍に配置するケースを他と重畳させて考慮することとしており（甲F101・50頁）、活断層調査によってアスペリティの位置を特定し敷地から遠ざけるような評価は行っていない。

では、地震ガイドがいう「アスペリティの位置が活断層調査等によって設定できる場合」とは具体的にどのような場合なのか、ガイドには特段の記述はないが、地震本部のレシピには一応の記載があり、これは最低限の要求として参照すべきである。

すなわちレシピ1.1.2(a)では、震源断層浅部の変位量分布と起震断層の変位量分布とがよく対応するという杉山ほか(2002)の知見に基づき、震源断層モデルのアスペリティの位置は、活断層調査から得られた1回の地震イベントによる変位量分布、もしくは平均変位速度（平均的なずれの速度）の分布より設定すると記載されている。具体的には、長期評価における変位量の分布、または間接的に変位量の地域的

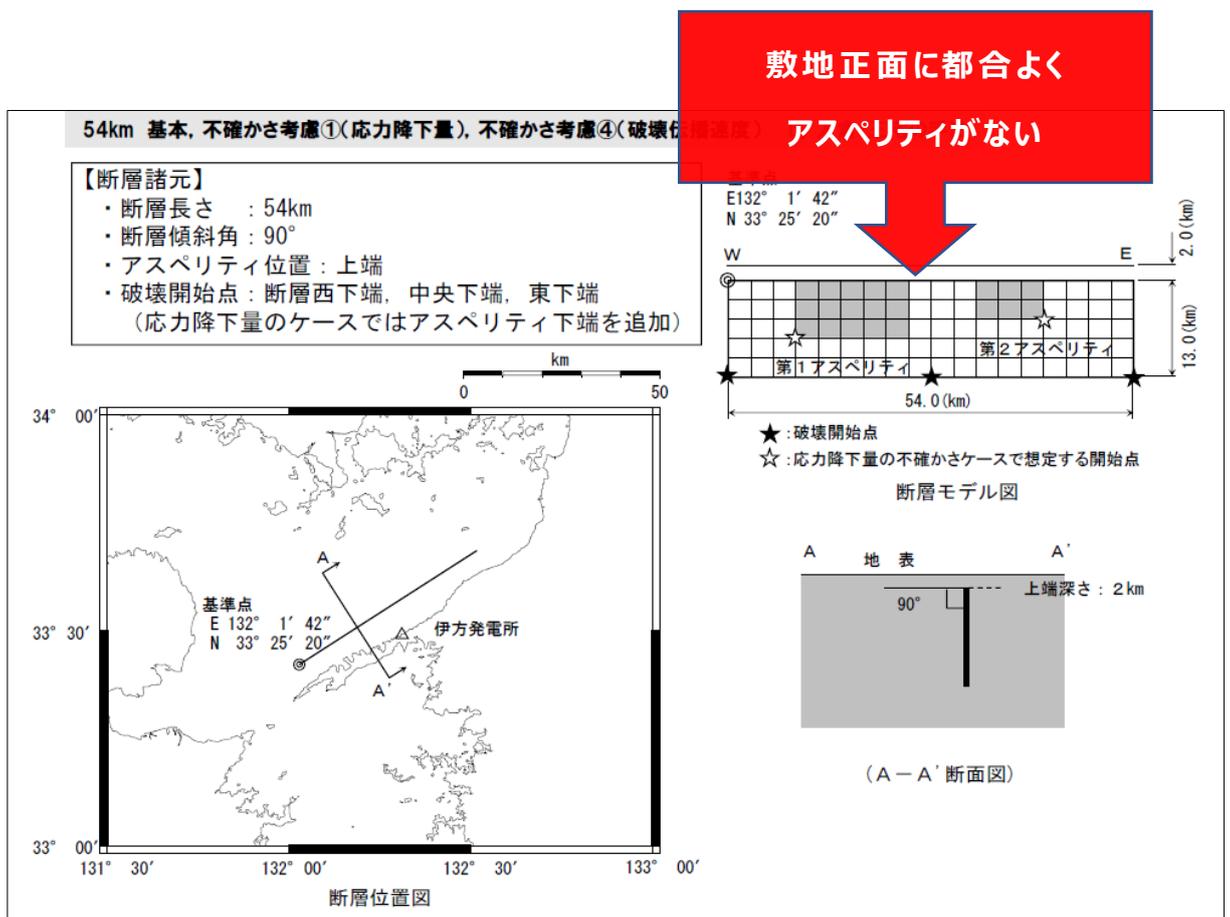
差異を示す記述，活断層詳細デジタルマップに記載されている断層の変位量や時代区分の分布を示す資料より平均変位速度（相当）の値を算出する等の方法によりアスペリティの位置を設定することとされている。

ただし，この推定手法についても，不確定性が高いことから複数のケースを設定しておくことが望ましいとされている。このレシピの記載からしても，レシピにあるような，1回の地震イベントによる変位量分布や平均変位速度の分布を得ることは，アスペリティの位置を特定し敷地近傍に配置しないケースを基本ケースとするためには最低限の条件と見るべきである。

2 相手方の評価の不合理性

本件において，相手方は，四国本島における中央構造線断層帯の過去の地震イベントの変位量分布については一応示しているものの，伊予灘敷地前面海域の断層については，レシピに記載されているような変位量分布や変位速度分布を示していない（甲F102・36頁）。

相手方は，幾つかの研究者の知見をつぎはぎし，基本的にジョグとアスペリティは対応しないという独自の考え方を編み出し（乙373），その考え方に基づいて敷地正面におけるアスペリティの配置を基本的に想定していないが，このような考え方はレシピにおいて採用されているものではなく，基準地震動を策定する上でアスペリティ位置を敷地直近に設定しない根拠としてふさわしくない。岡村眞高知大学特任教授からも，「ジョグがアスペリティにならない，などというのは『たわごと』である」（甲F14・65頁）と断じられているように，相手方の評価に地震学上の合理性はない。

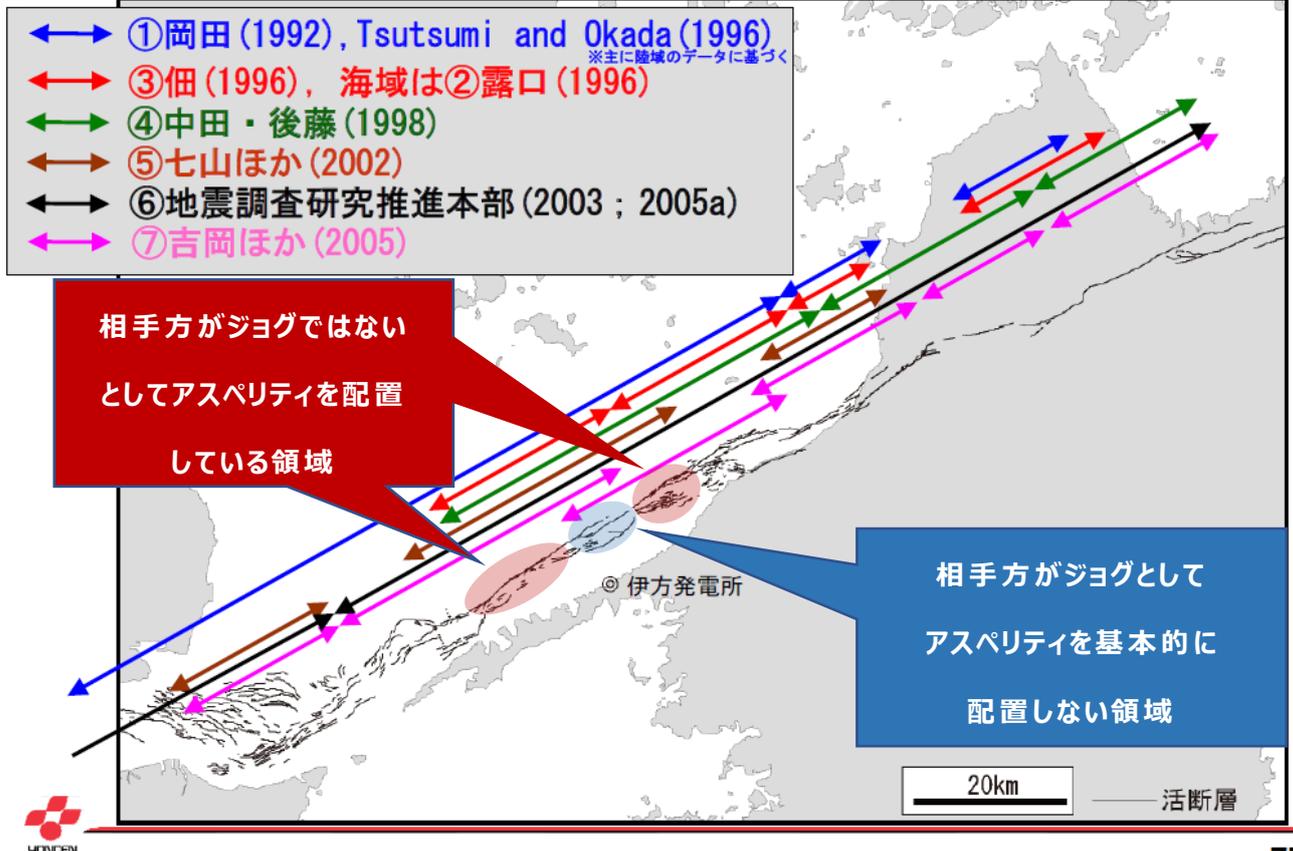


【甲D97の2「伊方発電所 地震動評価について 〈添付資料〉」39頁 に加筆】

相手方は、ジョグの定義として、杉山(2003)を参照し、「屈曲、分岐、雁行(ステップ及びオーバーステップ)などの、形状の上での非単調な構造」等と曖昧な言い方をしている(乙373・1頁)が、敷地前面海域の断層は長短様々な活断層からなる複雑な断層帯であって、伊方原発沖には「屈曲、分岐、雁行など」があるが、その周辺部分にはこれがないという相手方の認定には無理がある。設置変更許可申請書上も、断層のセグメント区分として6つの見解が並べられているが、相手方のいう伊方沖のジョグを認定しているのは吉岡ほか(2005)(乙372)だけである。

4. 1-1 既往文献によるセグメント区分の整理

○既存文献による四国北西部における中央構造線断層帯のセグメント区分は以下のとおり。



【相手方の適合性審査資料に加筆】

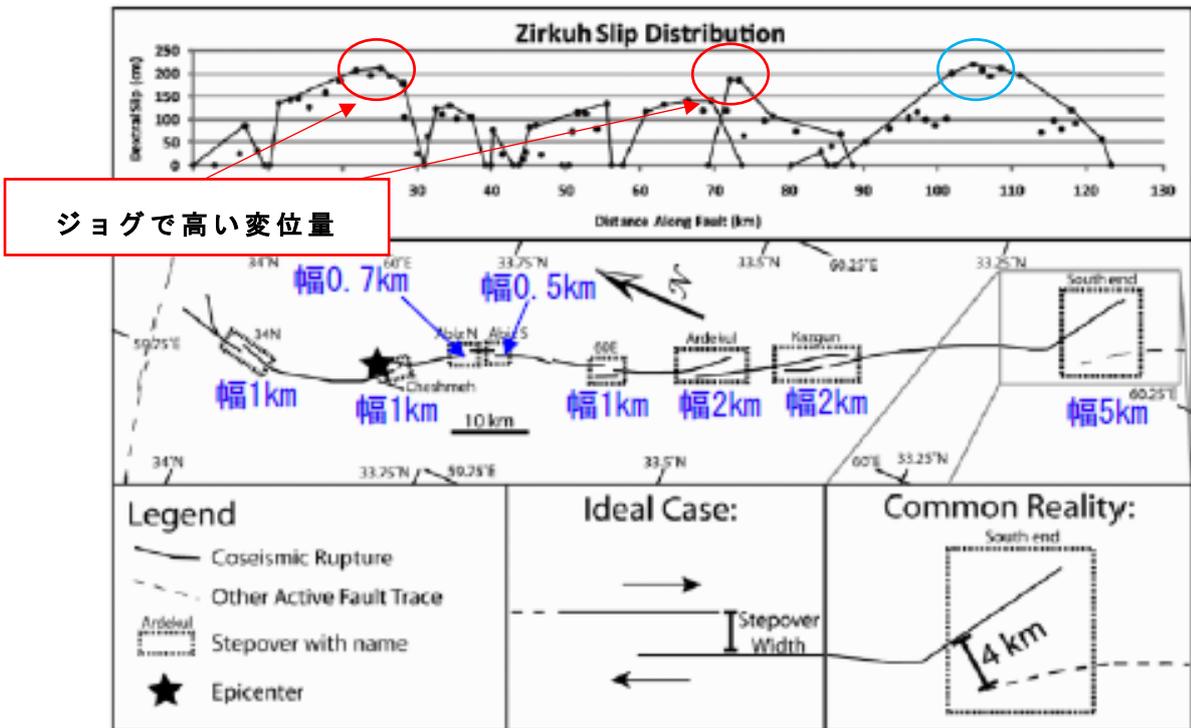
(原資料の内容は設置変更許可申請書(乙11・6-3-262)とほぼ同じ。)

相手方は、ジョグが破壊の停止域になるということは、すなわち、ジョグの変位量が小さいことに他ならないから、ジョグにアスペリティが通常存在しない旨主張する(「抗告理由書(地震動関係)に対する答弁書」116頁)。だが、相手方が設定している54km, 130km, 480kmといったすべてのケースは、吉岡ほか(2005)でいう「伊予長浜沖活動セグメント」と「三机沖活動セグメント」とが一気に連動して活動する場合であって、敷地正面の断層が破壊停止域に

ならない場合だけである。ジョグが破壊停止域にならない場合には、ジョグのすべり量が小さいとは言えない²¹。

相手方の資料には、「破壊の終息域あるいは一時停止域となるジョグの手前に、他より大きくすべる領域、即ち“アスペリティが出現する」（杉山，2003）（乙373・10頁）とも記載されている。仮に敷地正面付近にかろうじて認められるジョグが破壊の一時停止域になるとしても、長さ約10 kmに渡るジョグすべてにアスペリティが出現し難いという相手方の評価は極めて疑問である。相手方が提出している資料には、ジョグと地表の横ずれ変位量の変化についての知見（Elliott et al., 2009）が掲載されているが（同8頁），そこでは3箇所の変位量が特に大きな部分のうち2箇所はジョグ上ないしジョグ周辺であって、2本の断層が重なり合う範囲でも変位量のピークが見られる。ジョグによって破壊の一時停止域となる範囲は極めて狭く、逆に、ジョグでは変位量の急激な変化があるため、アスペリティが出現する可能性が高く危険だという見方もできる。特に伊方沖に相手方が主張するような幅の狭い（相手方によると約1 km）ジョグがあるとすると、変位量の変化が特に急激で危険という見方もできる。

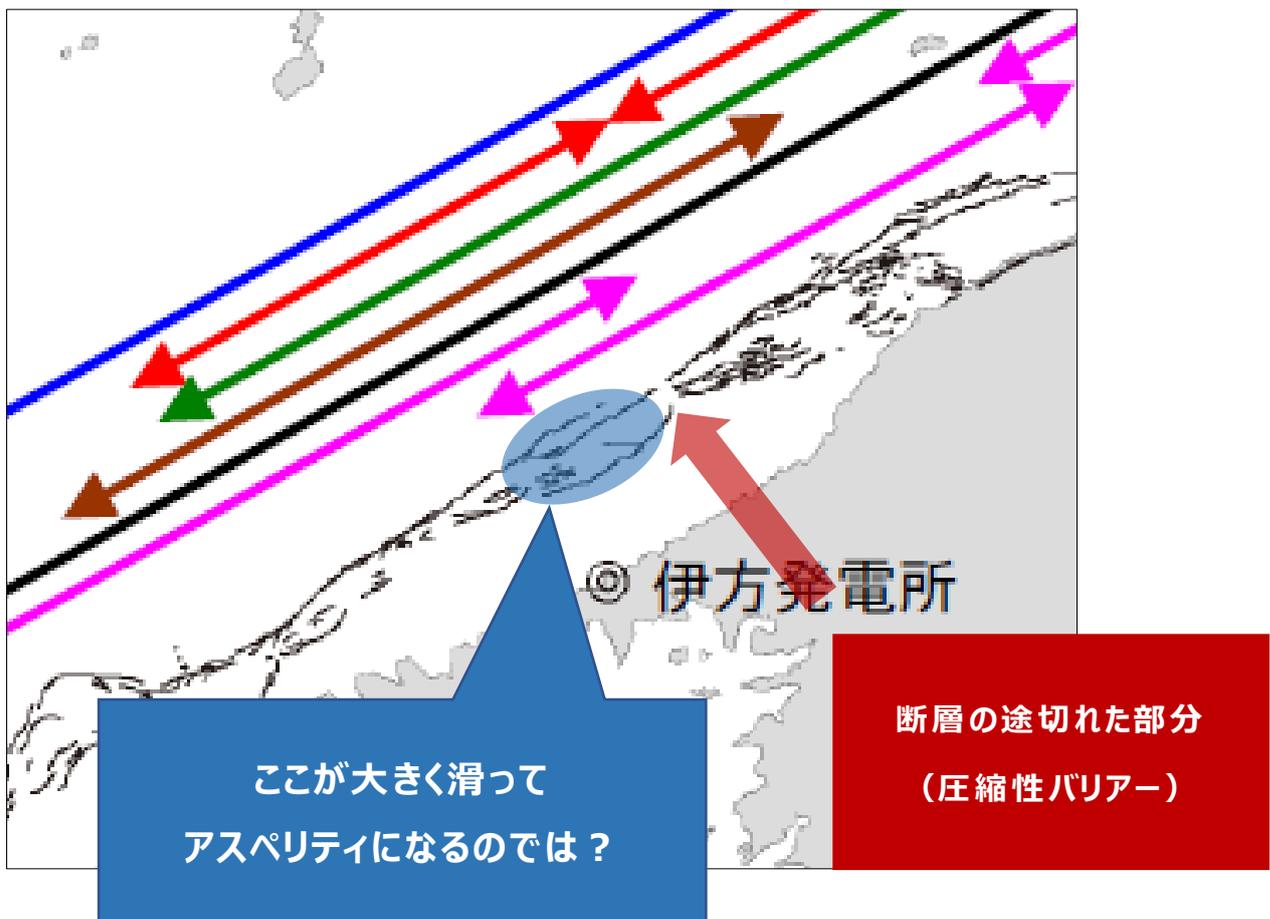
²¹ なお、断層の破壊が停止する時にはストップ位相(Stopping Phase)という効果が現れ、大きな加速度が観測されることが知られており、その評価については未解決の課題となっている。仮に敷地正面が破壊停止域だとしても安全だということにはならない（甲D550の1 第5回 地震・津波に関する意見聴取会（地震動関係）議事録7頁（藤原発言）等参照）。



【乙372 伊方発電所 地震動評価 資料集 I

地震動評価上のジョグの考え方について に加筆】

例えば、敷地前面海域の断層群において、敷地正面よりもやや北東側には、長さ1km弱の比較的明瞭な断層の途切れが確認される。この部分には、平成14年8月21日に地震本部第69回長期評価部会において検討された資料6（「産総研未公表資料」との手書きメモあり。）では、「圧縮性バリアー」があるとされている。仮にこの部分が破壊の一時停止域になり変位量が急激に減少するのだとしたら、相手方が用いている Elliott et al. (2009) や 杉山 (2003) といった見解からすれば、敷地正面において変位量が急激に増加しアスペリティになる可能性が高いということにもなり得る。



以上の通り、敷地正面の断層は通常アスペリティにならないという相手方の評価は何ら確実な根拠に基づくものではなく、見方によってはアスペリティになり易く危険だという評価も十分可能である。これを看過してアスペリティ位置とアスペリティ応力降下量等の重要なパラメータとの重畳を捨象することを許容した本件適合性審査は不合理というべきである。

3 熊本地震におけるジョグと強震動生成域との関係

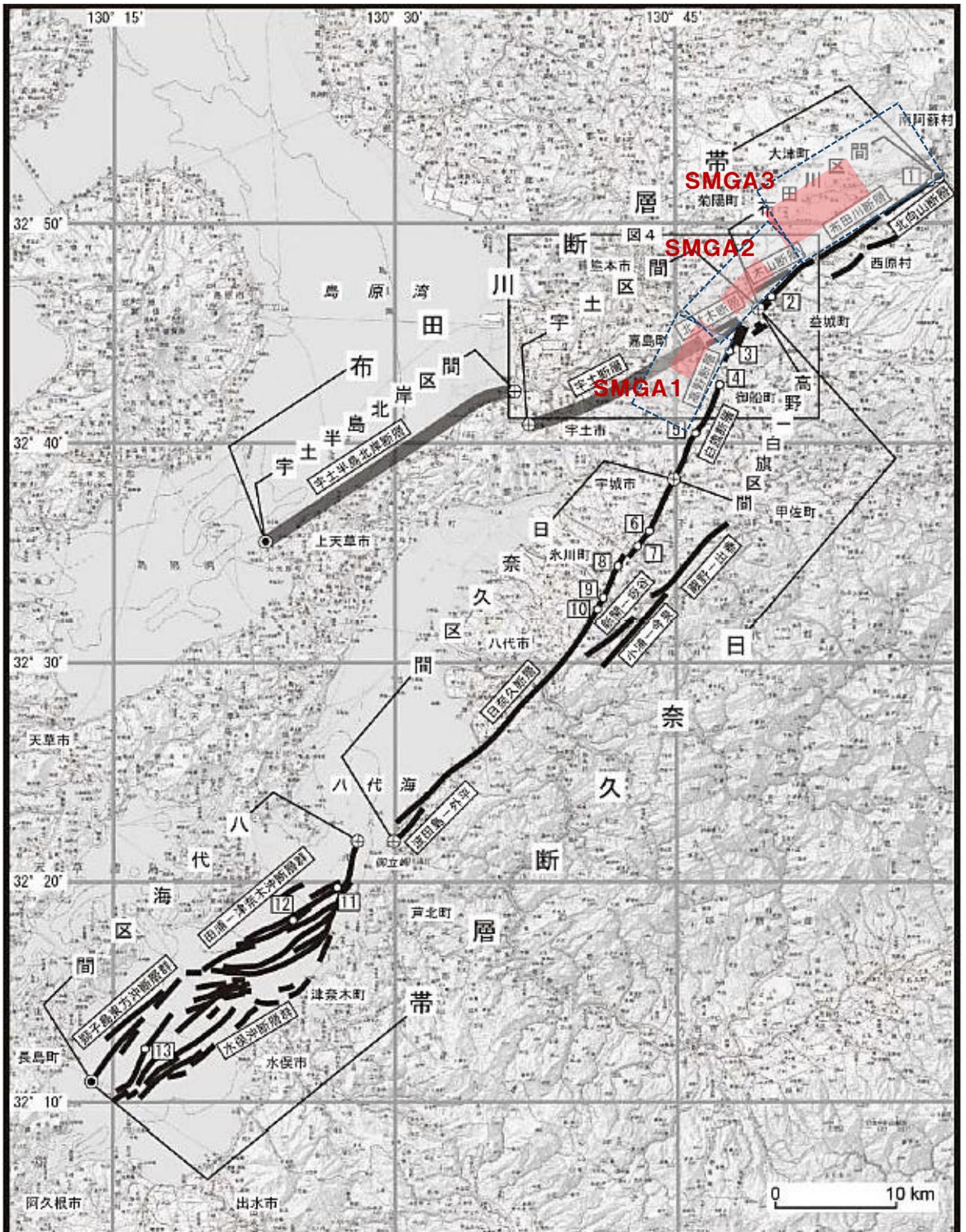
2016年熊本地震が発生した布田川・日奈久断層帯は主要活断層帯として事前に詳細な活断層調査がなされており(甲F9・12頁),

相手方がジョグとする「屈曲，分岐，雁行（ステップ及びオーバーステップ）などの，形状の上での非単調な構造」も確認できる。

次の図は，地震本部が平成25年2月1日付けで公表している「布田川断層帯・日奈久断層帯の評価（一部改訂）」²²の図に，Irikura et al. (2017)（甲F103）に掲載された，Yoshida et al. (2016)の3つのSMGAモデルを書き写したものである。

22

http://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/93_futagawa_hinagu_2.pdf



これによると，SMGA 1は，高野断層と白旗断層との間の明瞭なステップになっている部分に生じた。SMGA 2は布田川断層帯と日奈久断層帯との分岐やステップになっている部分で生じた。SMGA 3は布田川断層のうちでも断層が併走し雁行が確認される箇所に生じた。上記 Yoshida et al. (2016)のモデルでは熊本地震を引き起こした断層のうち東側の領域（前記地図の範囲外）を除いて多くの部分にSMGAが配置されているため，ジョグにSMGAが生じ易いというのは言い過ぎかもしれないが，少なくとも熊本地震では，事前に認定可能な「屈曲，分岐，雁行（ステップ及びオーバーステップ）などの，形状の上での非単調な構造」たるジョグにSMGAは通常生じないと言えるような関連性は，まったく確認できなかった。

このような熊本地震での例を見ても，「ジョグにアスペリティは通常生じない」という相手方の評価に合理性がないことは明らかである。

また熊本地震においては，布田川断層帯布田川区間と日奈久断層帯の一部が連動するという，事前に想定されていた連動の仕方とは異なる断層の連動があった上，破壊の東端はそもそも活断層が事前に確認されておらず，西端の破壊停止域では特段の屈曲，分岐，雁行等の非単調構造が確認されていないなかった。このような例からしても，事前の活断層調査により認定されたジョグによりセグメント区分を行って断層の長さを設定しても，設定どおりに断層が動くとは限らない。岡村眞高知大学特任教授が指摘するように，54 kmや69 kmといった不確実なセグメント区分に拘ることなく，現状の手法で強震動の評価が可能になる最大範囲の断層について強震動評価をすることが合理的である（準備書面(5)の補充書6・13頁）。

4 適合性審査の状況

敷地正面の領域にアスペリティを配置していないことについては、第80回審査会合において、規制庁の森田調整官より、「敷地のちょうど正面のところはアスペリティがない状態をつくっておられるんですけれども…ここはやはりもう少し敷地にとって大きな地震動が来るかもしれないという想定をされるべきかなと思うんですが」（甲F84・20頁）という指摘があった。これに対し相手方は、「54kmアスペリティの置き方につきましては、耐震バックチェックのときでございますが、若干移動させて検討もやってございますので、その辺をまたご説明させてもらえればと思います」と返答している。その他の審査会合の議事録を見ても、本件適合性審査において、敷地正面にアスペリティを配置するケースを他の不確かさを重畳させなくとも良い根拠を踏み込んで検討した形跡はなく、本件適合性審査は不合理である。

第8 地震本部ホームページにおける海洋プレート内地震の地震規模

地震本部のレシピ1.3に記載されているように、スラブ内地震は同規模のプレート境界地震に比べて強い短周期地震動が観測されることが知られており、原発の基準地震動においてもその評価は重要である。設置許可基準規則の解釈（別記2）4条5項二③及び地震ガイドI.3.2.3（3）では、プレート間地震の震源断層の設定について世界で起きた大規模な地震を踏まえるべきことが記載されていることからしても、レシピ1.3.1(b)にも記載された長期評価や確率論的地震動予測地図の、最大M程度は最低限踏まえるべきである。

付言するに、地震本部のホームページでは、地方ごとなし都道府県

ごとの地震活動の特徴について解説されており、ここでは過去の被害地震についての地震規模等が示されている。

「大分県の地震活動の特徴」（甲F104）を解説するページでは、1854年の豊予海峡地震（伊予西部）は長期評価と同じくM7.4とされている。ここでは2016年熊本地震の被害状況についてのデータ等も記載されているため、最新の知見に応じて必要に応じて順次更新がされているものと言えるが、最新の知見からしても、1854年の豊予海峡地震の地震規模を見直す必要はないとされているということである。

また、「鹿児島県の地震活動の特徴」（甲F105）を解説するページでは、2013年版全国地震動予測地図において安芸灘～伊予灘～豊後水道の最大Mを8.0とする根拠となった1911年奄美大島近海の地震は変わらずM8.0とされている。

こういった地震本部が公開している情報からしても、海洋プレート内地震について相手方が設定している基本ケースの地震規模が過小であることは明らかである。

第9 終わりに

平成29年9月10日付「再度の求釈明事項に対する釈明書」において、相手方は、「『合理的に予想される』というのは、原子力発電所の自然的立地条件に照らして科学的、技術的見地から十分に保守的な想定がなされ、これを超えるような事象は合理的には考え難いレベルのものであると認識しており、これを具体的に想定したものが基準地震動や基準津波であると考えている。」（74頁）とした上、「具体例を挙げると、内陸地殻内地震の評価において、詳細な調査の結果から本件発電所の最

も影響が大きいと考えられるのは、敷地前面海域の断層群(断層長さ約54km)であることから、従来の評価ではこれを基本震源モデルとして、断層長さ約130km、約360kmのケースを独立した不確かさとして考慮していたが、新規制基準を踏まえた評価では、別府万年山断層帯との連動も考慮して断層長さ約480kmを想定し、不確かさとして考慮する断層長さの違い(約54km、約130km、約480km)は、独立した不確かさとして考慮するのではなく、それぞれの断層長さの基本震源モデルを設定して、他の独立した不確かさと重畳させて考慮することとした。」(75頁)等と主張している。

だが、本件原発の基準地震動は、断層長さが130kmや480kmといった長大な想定になった影響をほぼまったく受けていない。それは、学術的に長大断層についての評価手法がほとんど定まっていない状況を奇貨とし、そのような評価結果となるモデルを相手方が敢えて採用しているからである。結果として、本件原発の基準地震動は従前の570ガルからわずか80ガル引き上げたに過ぎない650ガルに止まっている(ただし、長い断層を考慮していることと基準地震動の引き上げには直接の関連性はない。)が、それをもって相手方は「科学的、技術的見地から十分に保守的な想定」としているのである。

東北地方太平洋沖地震と福島原発事故を踏まえ、瀨瀨一起東京大学地震研究所教授は、「今回の原発事故の最大の教訓は、どんなに一生懸命、科学的な耐震性の評価を行ったとしても、それを上回るような現象が起こる国だとわかったことであろう。それを考えれば、これから起こるすべての現象に備えられるような原発は造れないと思っている」(甲D1・272頁下段)と述べている。この重要な専門家の指摘を、相手方は不知としており(「再度の求釈明事項に対する釈明書」7頁)、地震予

測に対する謙虚さが著しく欠如している。

抗告人らが本件において挙げてきた幾つものより保守的な考慮の方法については、すべて現在の地震学の知見に基づいて具体的に想像できる現象を想定したものに過ぎない。だが、実際の地震は、我々の想像をはるかに超えるような現象をもたらすことが往々にしてある。京都大学防災研究所の宮澤理稔准教授は、「地震を巡る自然の摂理とは、地震学者が思いつく程単純な物理法則だけで支配されて（いない）」²³と述べている。この地震大国日本、殊に中央構造線断層帯の近傍であり南海トラフ巨大地震震源域でもある伊方町で原発を運転したいのであれば、「どうせ知見は及ばないのだから」と初めから諦めるのではなく、具体的に知見が及ぶ範囲で可能な限りの保守性を考慮すべきである。だが相手方の想定には、随所に保守性の考慮の「手抜き」があり、地震学の最新の研究成果もほとんどがこの「手抜き」のために使われている。

原発に求められる保守性を踏まえ、これを超えるような事象はまず考えられないと言えるレベルの耐震安全性を達成するためには、基本的に一般防災を想定している地震本部の長期評価やレシピに止まるような手法ないし評価であってはならないことは明白である。ところが、相手方は部分的には地震本部が公表している手法等よりも非保守的な設定をし、基準地震動を過小評価している。

基準地震動に係る本件適合性審査が不合理であることは明らかであるから、本件原発は差し止められるべきである。

以上

²³ 日本地震学会(2012)「地震学の今を問う」91-94, 宮澤理稔「地震学のコンセンサス」(甲D78・94頁)

(別紙)「その他距離減衰式」の断層近傍における地震動の頭打ち

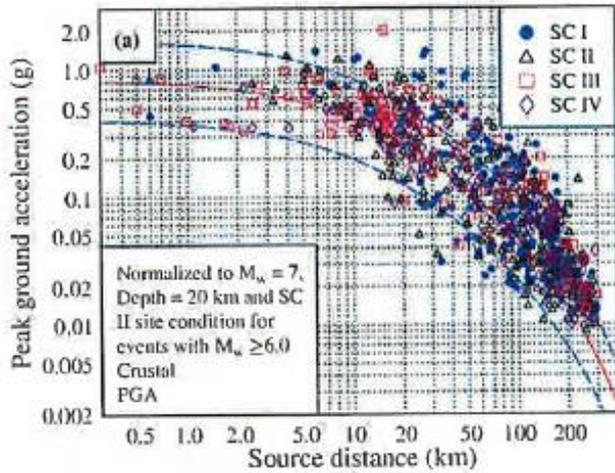


図2 (a)内陸地殻内地震についての、マグニチュード6.0以上の地震の地表最大加速度に基づき本研究のモデルによる予測地表最大加速度と

Figure 2. Comparison of predicted PGA by the present model with the PGAs from earthquakes with magnitude 6.0 or larger, for (a) crustal, (b) interface, and (c) slab events. The PGAs have been normalized to M_w 7.0 at a focal depth of 30 km for SC II site conditions.

【甲 F 7 7 J. X. Zhao et al. (2006) 9 0 4 頁】

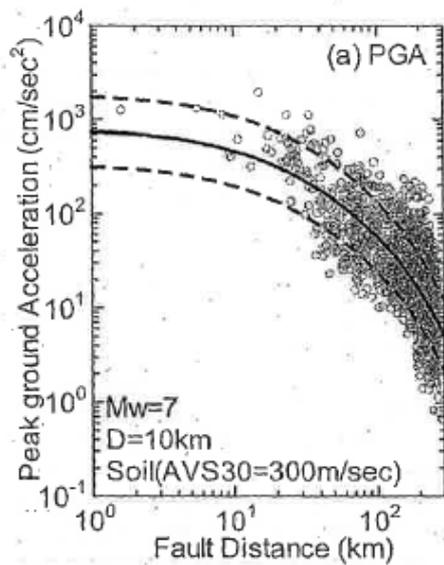


図13 本研究で得られた距離減衰曲線と規準化データとの比較。実線及び破線は、新しい距離減衰曲線及び標準偏差を指す。

Figure 13. Comparison of attenuation curves obtained in this study with normalized data. Data are normalized to M_w 7.0, $D = 10$ km, and $AVS_{30} = 300$ m/sec (soil) for shallow events. Normalization parameters for deep events are $D = 60$ km and R_p without influence of anomalous seismic intensity, while others are the same as those for shallow events. Solid and broken lines are the new attenuation curves and standard deviations.

【甲 F 7 8 Kanno et al. (2006) 8 8 6 頁】

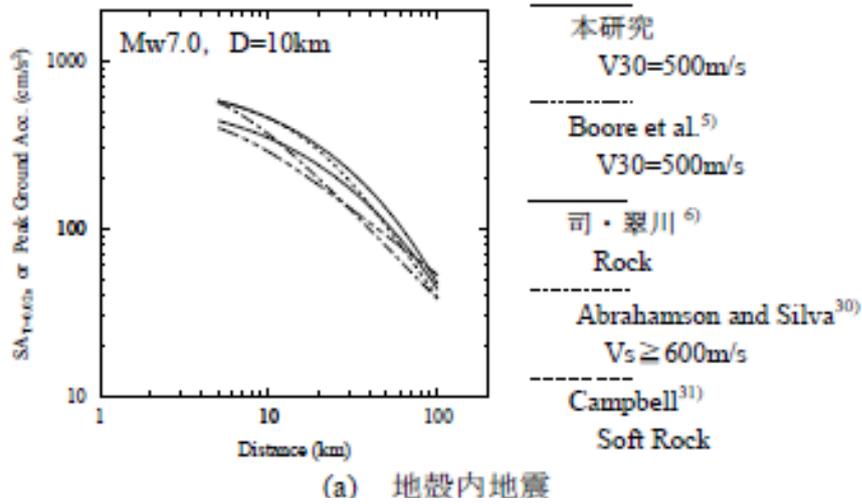
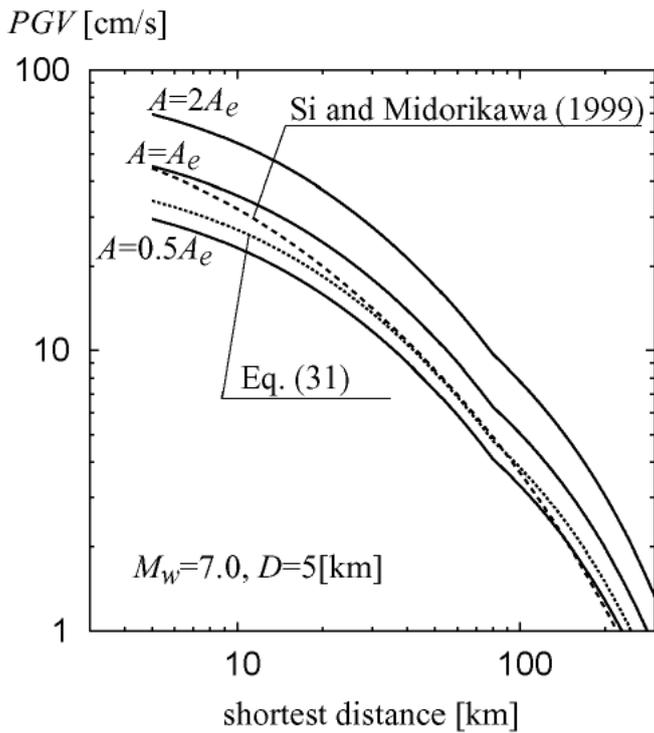


図 1 4 既往の最大加速度値の距離減衰式との

【甲 D 3 0 9 内山・翠川(2006) 8 6 頁】



注：A=A_e の実線が片岡ほか(2006)の距離減衰曲線であるが、短周期レベルが倍半分ばらついた場合の曲線 (A= 2 A_e, A=0.5A_e) も描かれている。

(a) 内陸地震

図-10 最大速度の距離減衰式に基づく距離減衰曲線（工学的基盤）の比較

【甲 D 5 5 7 片岡ほか(2006) 7 5 1 頁 図— 1 0】

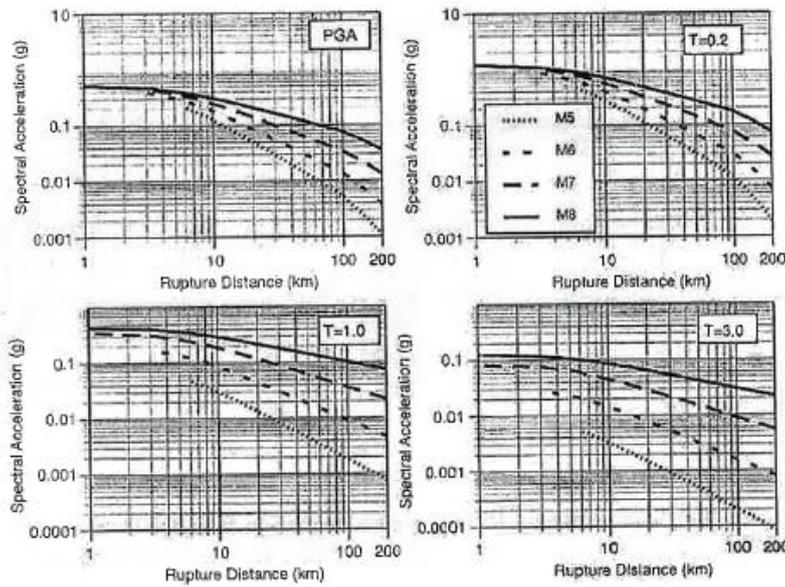


図8 横ずれ断層, 岩盤サイト条件 ($V_{s30}=760\text{m/s}$) に対する現在のモデルと Abrahamson and Silva(1997)モデルの距離に

縦軸：加速度スペクトル (g)

Figure 8. Comparison of the scaling with distance for the current model with the A&S (1997) model for strike-slip earthquakes and rock site conditions ($V_{s30}=760\text{ m/s}$).

【甲 F 7 9 Abrahamson&Silva(2008) 9 0 頁 (Summary)】

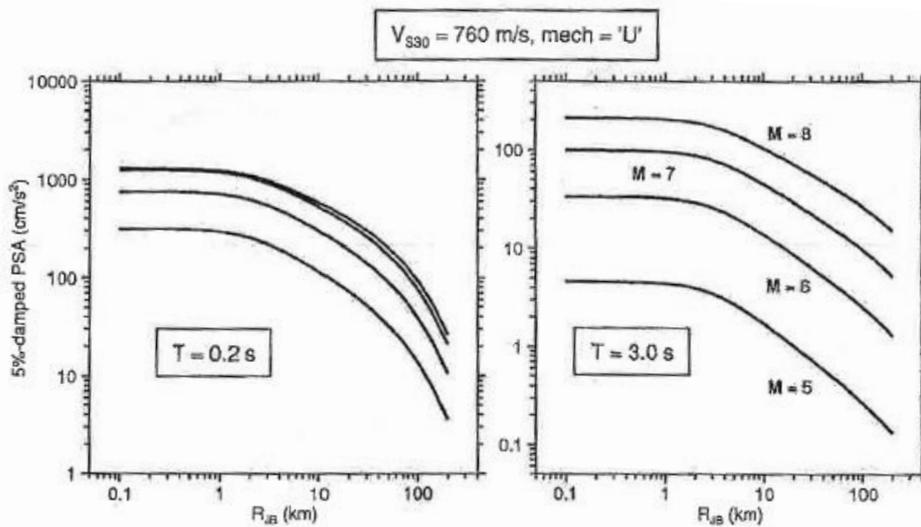


図11 距離の関数としての我々の式で求めたPSA (疑似スペクトル加速度)

Figure 11. PSA from our equations, as a function of distance. The spectra are shown for magnitudes 5, 6, 7, and 8, for fault type unspecified and $V_{s30}=760\text{ m/s}$. Note that the same vertical scale was used for both graphs in order to compare the magnitude scaling for the two periods.

【甲 F 8 0 Boore and Atkinson(2008) 1 2 6 頁】

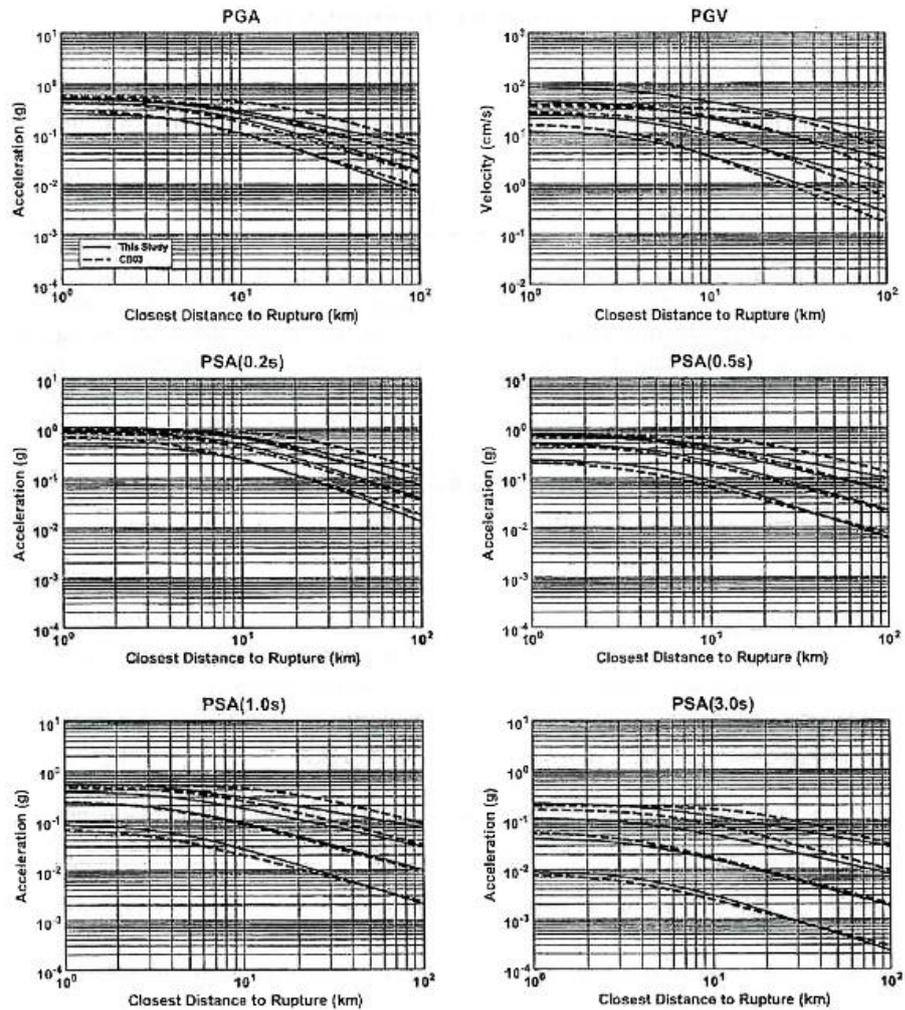


Figure 15. Comparison of predicted attenuation of ground motion from this study with that of Campbell (1997) for PGV and Campbell and Bozorgnia (2003) for PGA and PSA [CB03] for moment magnitudes of $M=5.0, 6.0, 7.0$ and 8.0 (bottom to top). Explanatory variable settings for each of the models are listed in Table 7.3 of Campbell and Bozorgnia (2007).

図15 $M_w=5.0, 6.0, 7.0, 8.0$ (下から上へ) における本研究による地震動の減衰予測値 (実線= This Study) と PGV (地表最大速度) に関する Campbell (1997), 及び PGA (地表最大加速度) 並びに PSA に関する Campbell and Bozorgnia (2003) (点線= CB03) との比較

【甲 F 8 1 Campbell and Bozorgnia(2008) 1 6 7 頁】

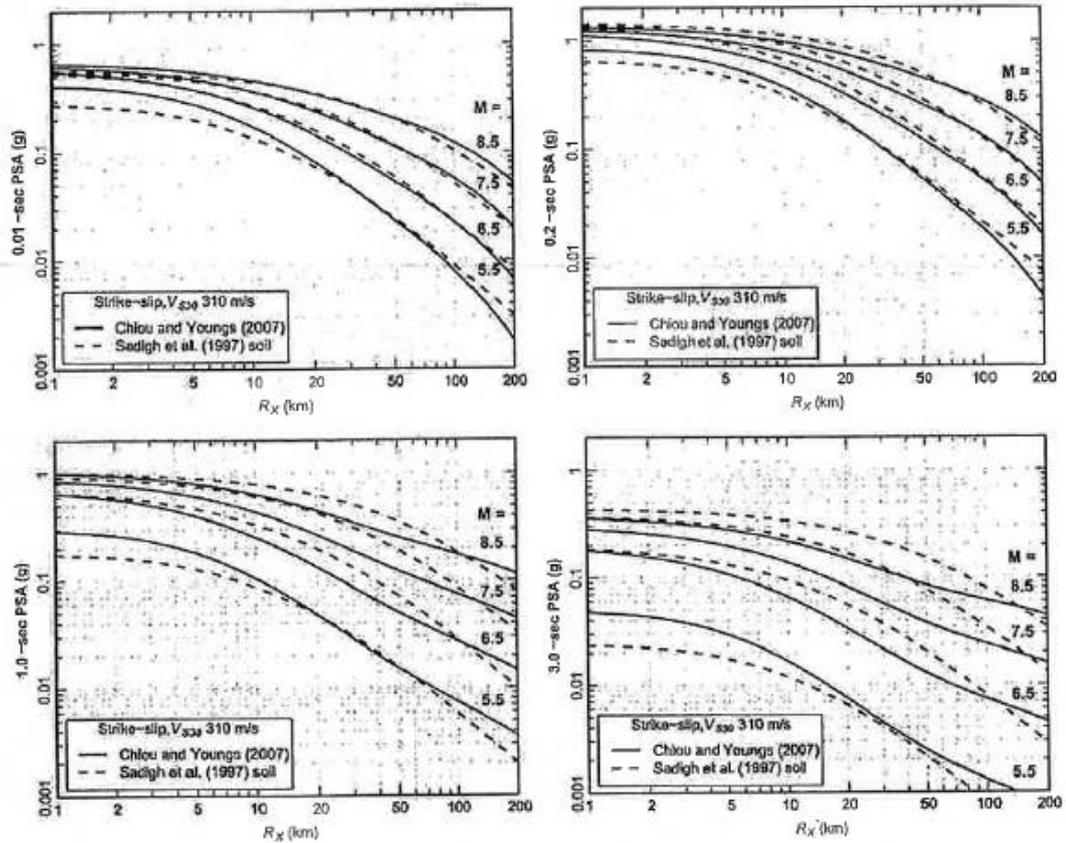


Figure 20. Magnitude and distance scaling predicted by the model developed in this study and predicted by Sadigh et al. (1997) for horizontal distance from a vertical strike-slip fault and firm soil sites.

図 20 硬質地盤サイトでの鉛直横ずれ断層からの水平距離から、本研究で考案したモデルと Sadigh et al. (1997) のモデルで予測したマグニチュードと距離のスケールリング

【甲 F 8 2 Chiou and Youngs (2008) 2 0 7 頁】

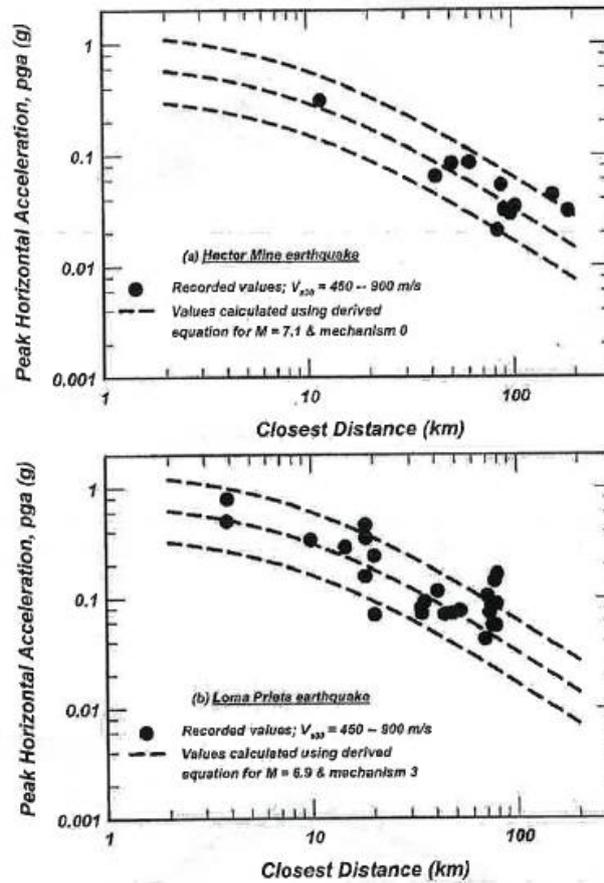


Figure 12. Comparison of peak horizontal accelerations with median, 16-percentile and 84-percentile values calculated using the derived equation and (a) accelerations recorded during the 1999 Hector Mine earthquake, $M=7.1$ and mechanism 0; and (b) accelerations recorded during the 1989 Loma Prieta earthquake, $M=6.9$ and mechanism 3.

図 12 導出式を用いて算定した中央値、16パーセンタイルおよび84パーセンタイルの最大水平加速度と、(a) 1999年のヘクターマイン地震 ($M=7.1$, メカニズム 0) で記録された加速度および (b) 1989年のロマプリータ地震 ($M=6.9$, メカニズム 3)で記録された加速度との比較

【甲 F 8 3 Idriss(2008) 2 3 5 頁】