

伊方3号の運転差止仮処分申立を却下した広島地裁決定は  
司法の責任を回避し、「不作為の瑕疵」を容認するもの

2017年4月28日

大阪府立大学名誉教授

長沢 啓行

## [要旨]

伊方3号の運転差止仮処分申立を却下した2017年3月30日の広島地裁決定には、下記のように看過しがたい重大な誤判断と司法の責任放棄がある。

(1) 広島地裁決定は、債務者の主張を鵜呑みにして「合理的」だと判断する一方、「確証がない」と吐露して「主張・疎明が不十分である」ことを認めながら、「さらなる証拠調べは本件のような保全手続きにはなじまない」と司法の責任を放棄し、人格権よりも経済活動の自由を優先させた。

(2) 「震源を特定せず策定する地震動」は、「震源を特定して策定する地震動」とは独立して検討すべきものだが、広島地裁決定は、それが「補完的」であり「ミニマムリクワイアメント」だとする債務者の誤った主張を鵜呑みにした。また、「震源を特定せず策定する地震動」の対象とする地震観測記録が少ないことを原子力規制委員会自身が認め、電気事業連合会等での「研究が進まないことが原因だ」として研究を進めるよう懇願している現状がある一方、地震観測記録の不足を補うための地震動再現モデルや断層モデルによる地震動解析がかなり進んでいるにもかかわらず、一切採用されていない。広島地裁決定は、「各種の不確かさの考慮」の一環として後者の採用を促すべきところ、債務者の「仮想に仮想を重ねたもの」との批難を鵜呑みにし、原子力規制委員会の不作為を容認した。

(3) 広島地裁決定は、敷地前面海域の54kmと69kmの鉛直モデルに対する耐専スペクトルについて、①「他の距離減衰式」との乖離が大きい、②構築時に至近距離の観測記録がなかった、③実際に耐専スペクトルに沿った地震動が起こる可能性は示唆されない、との理由から適用外にしても「不合理ではない」としたが、すべて誤判断である。「他の距離減衰式」こそが震源域で地震動を頭打ちにする構造をもっており、構築時の近距離地震観測記録に乏しく、現実に起きた震源域内地震観測記録を大きく過小評価している。他方、耐専スペクトルは遠ざかる方向へ伸びる、あるいは、傾斜する断層に対しては地震動を過小評価する傾向にあるが、広島地裁決定は、上記鉛直モデルを採用しない代わりに、54km、69km北傾斜モデルや480km鉛直モデルなど本来採用すべきでないもの

を採用することを「合理的だ」と判断した。

(4) 前原子力規制委員長代理の島崎邦彦氏による問題提起は、「原子力規制委員会は地震動の専門知識に欠け、原子力規制庁による情報操作やレシピ改ざんを見抜けない」という現状を暴露するとともに、その主張は熊本地震によって裏付けられ、地震調査研究推進本部による12月レシピ改訂でその正しさが認定された。レシピ(ア)で用いられている入倉・三宅式は地下のすべり量分布から推定される「不均質な震源断層」に適合し、レシピ(イ)の松田式等は測地データや変動地形学等から推定される「均質な震源断層」に適合する。地震観測記録のない原発の審査で使われる「詳細な調査に基づく震源断層」は后者であり、「不均質な震源断層」は事前には推定できず、レシピ(イ)を用いるしかない。ところが、広島地裁決定は、「入倉・三宅式を適用したことが合理性を欠くものとはいえない」とする一方、確信を得るためには慎重な吟味が必要だとしながら、「保全手続きにはなじまない」と司法の責任を放棄した。

(5) 伊方3号の断層モデルによる地震動評価では、Fujii-Matsu'ura(2000)と壇ら(2011)の応力降下量を用いているが、いずれも、「均質な震源断層」と「不均質な震源断層」のデータを混在させて得た結果であり、その妥当性には疑問がある。しかも、断層幅が15kmのシミュレーション結果を11~13km幅の横ずれ断層が主な中央構造線断層帯に準用したものであり、応力降下量を過小設定している。広島地裁決定は、54kmモデルをすべり量の飽和した長大な断層と見なすかどうかなど債務者の想定 of 合理性について「確証を得るには慎重な検討が必要」としながら、「仮処分手続きにはなじまない」と、ここでも司法の責任を放棄した。

(6) 広島地裁決定は、偶然的不確実さと認識論的不確実さを分類して評価する必要性を認めながら、偶然的不確実さについては全く言及せず、無視している。両者を分離して定量的に評価した最近の研究では、偶然的不確実さは「平均+標準偏差が平均の1.75倍になる」との結果が出されており、認識論的不確かさの精度を考慮すれば、「平均+標準偏差を少なくとも平均の2倍」とみなし、余裕をもった地震動評価にすべきである。

# 1 はじめに

広島地裁は3月30日、伊方3号の運転差止仮処分申立を却下した[21]。同決定は、福岡高裁宮崎支部決定[20]が示した「司法の枠組み」を参照し、「新規制基準の内容が不合理であるということではできず、四国電力の申請内容について新規制基準に適合するとした原子力規制委員会の判断に不合理な点はない」と結論づけた(決定要旨 p.4[21])。

しかし、それは、福岡高裁宮崎支部決定[20]における新規制基準に関する誤った理解を踏襲し、原発に求められる安全性のレベルに関する曖昧な考え方をそのまま受け入れ、基準地震動の策定や不確かさの考慮などに関する事実認定を誤り、債務者の主張を鵜呑みにした結果にすぎない。

しかも、「不合理な点はない」と結論づけた後で、その結論自体に「確信」を持たず、「さらに慎重な検討」が必要だと動揺しながら、そのような認定作業は「本件のような保全手続きにはなじまない」と逃げた。決定要旨には次のように述べられている。

「内陸地殻内地震に係る地震動評価における、すべり量飽和の考え方に依拠することの是非や入倉・三宅式の過小評価のおそれ等、四国電力の想定 of 合理性の有無について 確証を得るにはなお慎重な検討を要すべき問題がある。しかし、そのような検討には、例えば、地震学者、原子力規制委員会の関係者等の証人尋問を実施して関連事実(例えば、地震学界における学説の状況、原子力規制委員会における審査の経緯等)を 慎重に認定する作業が不可欠であるが、そのような証拠調べは、本案訴訟で行われるべきであって、本件のような仮処分手続にはなじまない。」(決定要旨 p.3[21])

結局のところ、「債務者である四国電力による主張・疎明の内容では裁判所がその合理性に確信をもてなかった」のであり、そうである以上、広島地裁は「債務者が主張・疎明を尽くしていない」と判断して運転差止命令を決定し、本訴において証拠調べを尽くすべきではなかったか。それとも、仮処分であれば、債務者の主張の合理性に確証がいまま債務者の経済的利益優先の立場に立った決定をしてもよいというのであろうか。広島地裁決定は、福岡高裁宮崎支部決定を参照するといいつながら、「原発の運転という経済活動の自由は人格権

より劣位にある」という観点には全く触れず、この観点を意図的に抜いている。それは、人格権の侵害より債務者の経済的利益を優先させるという「確証なき却下」の決定を行うためだったのではないか。

同決定の2週間前に出された福島原発事故被災者による損害賠償事件に関する前橋地裁判決[47]は、国による責任回避の主張を次のようにいさめている。

「国の主張をもとにした場合、急速に進歩し得る原子炉施設の安全性に関わる専門的技術的知見や、原子炉施設に対して生じうる危険に関する知見を適切かつ迅速に反映することができず、また不断に変化し得る社会情勢に対しても対応することが困難となる点において、不合理な主張であるといわざるを得ない。」(p.608[47])

そして、巨大津波の発生と福島原発の溢水への脆弱性に関する「国の予見可能性」および「結果回避可能性」を認め、次のように「国の規制権限不行使の違法」を認定した。

「国策として、万が一にも事故を起こさないと説明した上で、原子力発電を導入した以上、『常に安全側に立って対策する』ことを第一に優先してその安全対策を検討すべきであり、被告東電の講じる安全対策が『常に安全側に立って対策する』ものでない場合に、被告東電に対して『常に安全側に立って対策する』よう規制することを怠った場合には、当該規制権限の不行使は、許容される限度を逸脱して著しく不合理になるものと考えられる。」(p.621[47])

広島地裁決定は、この前橋地裁判決の対極にある。伊方3号を襲う地震動がクリフエッジ、すなわち、炉心溶融事故に至るギリギリの大きさの地震動を超える可能性が示され、今の地震動評価手法では地震動が過小評価されているとの指摘がなされ、熊本地震や鳥取県中部地震など、それを裏付ける地震が実際に起きているにもかかわらず、黙過し、国による規制権限の不行使を容認している。しかも、自身の決定に確信を持たないと吐露しながら、仮処分では検討せず、本訴へ先送りするというのだ。これは司法の責任回避、経済的自由より人格権を優先すべき司法の権限不行使ではない

のか。広島地裁は、前橋地裁の下記判決文の意味を正面から見つめ直すべきではなからうか。

「被告国の主張する原子力工学の考え方は、津波の試算があった場合、その試算の精度及び確度が十分に信頼できるほどに高いものであれば、設計想定津波として考慮し、直ちにこれに対する対策がとられるべきであるが、その程度に高いものではないのであれば、現実的な限界からして投入しうる資源および資金を踏まえ、総合的な安全対策を考えつつ、優先度が高いと考えられるものから対応を検討することが合理的であるというものである。しかしながら、有識者らの考え方の中には、500年から1000年と再来周期が長く、規模も大きい可能性のある津波に対しては、その試算の精度及び確度が上記程度に高いものではないものについても、多くの設備が被害を受けるとしても、少なくとも冷却のための設備だけは守ることができるような設計、例えば、通常の建造物の補正係数は1とするが、非常用設備については、補正係数を2とするといった考え方もあるのであって、国策として、万が一にも事故を起こさないと説明した上で、原子力発電を導入したにもかかわらず、このような安全側に立った考え方を取らずに、被告国の主張するような、経済的合理性を優先させる原子力工学の考え方を採用することはできない。」(p.622[47])

この前橋地裁判決文における「津波」を「地震および地震動」と読み替えれば、そのまま、人格権より経済合理性を優先させた広島地裁決定への批判になっているといえる。

以下では、広島地裁決定について、「司法審査の在り方」と「基準地震動策定の合理性」に限って検討し、後者については、わかりやすさの観点から「震源を特定せず策定する地震動」における問題点から説き起こし、「震源を特定して策定する地震動」における「応答スペクトルに基づく地震動評価」と「断層モデルによる地震動評価」の問題点に触れ、最後に「認識論的・偶然的不確実さの考慮」における問題点を具体的に述べる。

## 2 司法審査の在り方

広島地裁決定（2017年3月30日）[21]は四国電力の伊方3号運転差止仮処分申立を却下した決定だが、その前に関西電力の大飯3・4号と高浜3・4号に関する地裁判決・仮処分決定、九州電力川内1・2号の仮処分決定が次のように出されている。

大飯3・4号の運転差止を命じた福井地裁判決（2014年5月21日）[17]、高浜3・4号運転差止仮処分を命じた福井地裁差止決定（2015年4月14日）[18]、これを取り消し大飯3・4号の運転差止仮処分申立も却下した福井地裁却下決定（2015年12月24日）[19]、そのほぼ2ヶ月後に再び高浜3・4号運転差止仮処分を命令した大津地裁決定（2016年3月9日）[80]、その保全異議を却下して原決定を認可決定した大津地裁認可決定（2016年7月12日）[81]、これに対抗した保全抗告に応じて原決定と認可決定を取り消した大阪高裁決定（2017年3月28日）[79]、さらに、川内1・2号の運転差止仮処分申立を却下した鹿児島地裁決定（2015年4月22日）[37]、その即時抗告を却下した福岡高裁宮崎支部決定（2016年4月6日）[20]である。

広島地裁決定の出された時点では、事実上、福岡高裁宮崎支部決定が唯一確定した運転差止仮処分申立に関する高裁決定であった。そのため、広島地裁は福岡高裁宮崎支部決定を「司法審査の枠組」として参照したが、これを唯一の枠組として良いかどうかは極めて疑問であり、他の地裁判決や仮処分決定における枠組と照らし合わせてその妥当性を検討すべきである。そこで、上記判決・決定においてほぼ確定したと言える内容を確認した上で、個別にどのような点でどのような差異があるのかを明らかにする。

ほぼ確定したと言える司法判断とは？

福井地裁判決・差止決定に始まる一連の地裁判決・決定でほぼ確定したと見なせる司法判断は、(a)福島原発事故で避難生活を余儀なくされたこと自体が人格権の侵害であること、(b)原発の運転という経済活動の自由は人格権より劣位にあること、(c)人格権を侵害する具体的危険性があれば運転差止請求が認められること だと言って良い。ただし、大阪高裁決定は(b)の「経済活動の自由」を

「原子力発電の有用性，必要性」(p.87[79])に置き換えてはいるが，ほぼ同等と見なせる。例外は，むしろ，広島地裁決定であり，(b)について一言も言及していない。これは，先述の通り，債務者の主張に不合理はないとする一方で，その確証はないとしながら，経済活動の自由＝原発稼働を優先させるためであろう。主張の合理性に確証がなければ，万が一の人格権侵害のおそれを回避する観点から，仮処分手続きであっても，経済活動の自由より人格権の擁護を優先させ，運転差止を命じるのが筋だからである。

#### 人格権侵害の具体的危険性のレベルとは？

地裁判決・決定の間で司法判断が確定していないのは，(c)の具体的危険性がどの程度のレベルであれば人格権侵害の危険性があると認められるかである。

福井地裁差止決定の直後に出された鹿児島地裁決定では，「絶対的安全性」の確保は不可能と断じ，原子力規制委員会が2013年4月に定めた安全目標は「相当程度厳格な目標であると評価することができ，この安全目標が達成される場合には，健康被害につながる程度の放射性物質の放出を伴うような重大事故発生の危険性を社会通念上無視し得る程度に小さなものに保つことができると解するのが相当である。」(p.85[37])と踏み込んだ。しかし，安全目標やそのベースとなる確率論的安全評価手法については，原子力規制委員会ですら適合性審査で「参考」とするに留めており，規制基準にも組み込まれてはいない。その意味で，鹿児島地裁決定では，安全目標の内容について「国民的な議論を経て社会的な合意がされた結果とみることはできない」(p.85[37])と認めながら，原子力規制委員会を超える主張を展開し，司法の立場から国民に安全目標を受け入れるように迫っていると言える。これは許されることではない。

福井地裁差止決定を取り消した福井地裁却下決定でも，「絶対的安全性を要求することは相当ではない。」「福島原発事故等に伴って現実に生じた被害の甚大さや深刻さを踏まえるならば，ここでいう安全とは，当該原子炉施設の有する危険性が社会通念上無視し得る程度にまで管理されているこ

とをいうと解すべきである。」(pp.80-81[19])と曖昧な基準を示す一方，具体的には，「本件基準地震動については，年超過確率が $10^{-4} \sim 10^{-5}$ /年(1万ないし10万年に1回程度)という極めて低い数値となっており，本件基準地震動は不確かさが保守的に評価されているものと評価できることも併せ考慮すると，本件原発の地震に対する危険性が社会通念上無視し得る程度にまで管理されているかという観点に照らしても，本件基準地震動は，本件原発の耐震安全性を確保するための基準として合理性があるというべき」(pp.110-111[19])としている。しかし，この年超過確率も安全目標と同様，規制審査では単なる参照扱いにすぎず，信頼性に乏しいと言わざるを得ない。

福岡高裁宮崎支部決定は，「安全目標が導入された趣旨及びその経緯からしても，安全目標が直ちに危険性(リスク)の社会的許容限度を画する基準となるものでもない」(pp.139-140[20])としつつ，「一般に，自然現象については，地震や火山事象についても，規模と発生頻度との間に相関関係が認められており，その規模が大きくなればなるほど，発生頻度(発生確率)は低下する関係にあるが，その最大規模の自然現象の発生頻度(発生確率ないしリスク)が零になることはない。そして，そのようなリスクを許容するか否か，許容するとしてどの限度まで許容するかは，社会通念を基準として判断するほかない」(p.59[20])とする。では，どのように判断するのかといえば，「本件改正後の原子炉等規制法は，福島第一原発事故の教訓等に鑑み，発電用原子炉施設等の安全規制に最新の知見を反映させ，発電用原子炉施設が常に最新の科学的技術的知見を踏まえた基準に適合することを求めるとともに，科学的，技術的手法の限界を踏まえて，想定外の事象が発生して発電用原子炉施設の健全性が損なわれる事態が生じたとしても，放射性物質が周辺環境に放出されるような重大事故が生じないよう，重大事故対策の強化を求めるものであると解される。このような本件改正後の原子炉等規制法の規制の在り方には，我が国の自然災害に対する発電用原子炉施設等の安全性についての社会通念が反映しているといえることができる。」と決めつけ，「発電用原子炉

施設が現在の科学技術水準に照らし客観的にみて上記のような安全性に欠けるものである場合には、当該発電用原子炉施設の運転等によって放射性物質が周辺環境に放出され、放射線被曝により人の生命、身体に重大な被害を与える具体的危険が存在するものと解すべきである。」(pp.64-65[20])と主張する。結局、「現在の科学技術水準に照らし客観的にみて安全性に欠けるか否か」が社会通念による基準だということになる。

これを受けた大阪高裁決定では、「社会通念上無視し得る程度にまで管理されている」(p.87[79])こととする一方、その具体的水準については何も触れていない。

広島地裁決定は、福岡高裁と同様に、「当該発電用原子炉施設が確保すべき安全性は、結局のところ、我が国の社会がどの程度の水準のものであれば容認するかという観点から判断すべきであり、「本件改正後の原子炉等規制法に基づく安全規制のありようは、現時点における我が国の社会が容認する当該発電用原子炉施設が確保すべき安全性の水準である」(p.212[21])と断定する一方、「我が国の社会が容認する当該発電用原子炉施設が確保すべき安全性の水準が不易なものではなく、新たな科学的技術的知見の獲得や発電用原子炉施設を取り巻く社会の意識の変化に応じ、時代とともに変化する性質のものであることは承認しなければならない。」(p.212[21])と揺らいでいる。そうであれば、現在の安全規制のありようが新知見に対応できているかどうかについて、より詳しく検討すべきであり、仮処分手続きであればその検討を行わなくても良いとする法的根拠はない。

「社会通念」と一言で片付けることができないのは、それが曖昧であるということに加えて、原発再稼働によって経済的利益を得る「原子カムラ」および原発再稼働を基本政策に掲げる政府の「社会通念」と、原発重大事故による原子力被災者および原発重大事故を二度とくり返してはならないとする過半数の国民の「社会通念」との間、大きな溝と深刻な対立があるからにほかならない。いずれの立場に立つのかによって、「社会通念」は明らかに変わる。にもかかわらず、「社会通念」と言えばすべて解決できるかのように主張するの

は、判断基準を曖昧にするのみならず、自らの寄って立つ立場をも曖昧にし、「生命を守り生活を維持する利益は人格権の中でも根幹部分をなす根源的な権利」(p.39[17])とする立場ではなく、原発再稼働という「経済活動の自由」を人格権より優先させる立場に立っていることをごまかすものにほかならない。広島地裁決定は、「債務者による主張の合理性の判断に確証がない場合には経済活動の自由を優先させる」との立場を鮮明にし、これを誰の目に分かる形で示したと言える。

福井地裁判決・差止決定と天津地裁決定・認可決定は、より具体的なレベルで「万が一の具体的危険性」を判断するよう次のように求めている。

福井地裁判決・差止決定では、「技術の危険性の性質やそのもたらす被害の大きさが判明している場合には、技術の実施に当たっては危険の性質と被害の大きさに応じた安全性が求められることになるから、この安全性が保持されているかの判断をすればよい」(p.40[17])とする。

天津地裁決定・認可決定では、「有史以来の人類の記憶や記録にある事項は、人類が生存し得る温暖で平穏なわずかな時間の限られた経験にすぎないことを考えるとき、災害が起こる度に『想定を超える』災害であったと繰り返されてきた過ちに真摯に向き合うならば、十二分の余裕をもった基準とすることを念頭に置き、常に、他に考慮しなければならない要素ないし危険性を見落とししている可能性があるとの立場に立ち、対策の見落としにより過酷事故が生じたとしても、致命的な状態に陥らないようにすることができるとの思想に立って、新規基準を策定すべきものとする。債務者の保全段階における主張及び疎明の程度では、新規基準及び本件各原発に係る設置変更許可が、直ちに公共の安寧の基礎となると考えることをためらわざるを得ない。」(p.45[80])と断じている。

いずれも、福島原発事故の深刻さと経緯に鑑み、「危険の性質と被害の大きさに応じた安全性」や「十二分の余裕と危険性見落としの可能性への配慮」を具体的に求めている。これらは、福島原発事故から6年を経た今なお原子力規制行政への国民の不信感が強く、国民の過半数が原発再稼働に反対している現状を踏まえたものと言え、まさに

「国民の社会通念」を反映したものと言える。

誤解を避けるために付言しておくが、債務者は、債権者が「リスクゼロの絶対的安全性」を求めているかのように極論し、裁判所もそのように受け止めている節が見られるが、そうではない。今、争点になっているのは、平均像から1標準偏差分のばらつき、すなわち、「ごく普通に起こりうる程度の当然考慮すべき余裕」を受け入れるかどうかというものであり、地震学界では常識的に「倍半分」といわれるばらつきを考慮するかどうかという点にすぎない。この程度のばらつきを考慮することさえできない原発の運転を受け入れるかどうかが問われているのである。司法は争点を見誤ってはならない。

もちろん、工学的観点からも、ゼロリスクは追求すべきであり、現に追求されてきた。新幹線では踏切事故を防ぐために踏切をなくす設計がなされた。リスクゼロの技術選択が可能であればそれを選択すべきであり、電力生産という分野においても再生可能エネルギーを主軸に据えて脱原発を図り、「原子力による重大事故」のリスクをゼロにするのは可能だ。また、絶えずゼロリスクを技術的に追求するのでなければ、自動車のエアバック訴訟のように、「製造物責任」を負って企業が破産状態に追い込まれることもしばしばである。原発重大事故を引き起こして人格権を侵害し、20兆円以上の損失を出しながら当該企業が破産しないのは原子力分野に特殊なことであり、それが社会通念として許されるのか、それを万が一にもくり返すことが許されるのかが本来問われるべきであろう。

#### 司法判断の立証の仕方は？

福井地裁判決・差止決定は、「新規制基準への適合性や原子力規制委員会による新規制基準への適合性の審査の適否という観点からではなく」(pp.41-42[17])、「具体的な危険性の存否を直接審理の対象」(p.42[17])とした。それは次のような考えに基づく。「原子力発電技術の危険性の本質及びそのもたらす被害の大きさは、福島原発事故を通じて十分に明らかになったといえる。本件訴訟においては、本件原発において、かような事態を招く具体的危険性が万が一でもあるのかが判断の対象とされるべき

であり、福島原発事故の後において、この判断を避けることは裁判所に課された最も重要な責務を放棄するに等しいものと考えられる。」(pp.40-41[17])

福井地裁差止決定は後日覆されたものの、福井地裁判決は高裁で控訴審が継続中であり、生きており、人格権を擁護する立場から、司法における審理のあり方として生かされるべきである。

しかし、この福井地裁判決・差止決定以後に出された仮処分決定はすべて、次のような伊方訴訟最高裁判決[55]に沿った枠組みへ引き戻された。

「原子炉設置許可処分の取消訴訟における裁判所の審理、判断は…被告行政庁の判断に不合理な点があるか否かという観点から行われるべきであって、現在の科学技術水準に照らし…具体的審査基準に不合理な点があり、あるいは…調査審議及び判断の過程に看過し難い過誤、欠落があり、被告行政庁の判断がこれに依拠してされたと認められる場合には、被告行政庁の右判断に不合理な点があるものとして、右判断に基づく原子炉設置許可処分は違法と解すべきである。…被告行政庁の側において、まず、その依拠した前記の具体的審査基準並びに調査審議及び判断の過程等、被告行政庁の判断に不合理な点のないことを相当の根拠、資料に基づき主張、立証する必要がある、被告行政庁が右主張、立証を尽くさない場合には、被告行政庁がした右判断に不合理な点があることが事実上推認されるものというべきである。」(pp.5-6[55])

大津地裁決定は、この枠組みの中で、「債務者は、福島第一原子力発電所事故を踏まえ、原子力規制行政がどのように変化し、その結果、本件各原発の設計や運転のための規制が具体的にどのように強化され、債務者がこの要請にどのように応えたかについて、主張及び疎明を尽くすべきである。原子力規制委員会が債務者に対して設置変更許可を与えた事実のみによって、債務者が上記要請に応える十分な検討をしたことについて、債務者において一応の主張及び疎明があったとすることはできない。」(p.43[80])と警告し、「新規制基準において、新たに義務化された原発施設内での補完的手段とアクシデントマネジメントとして不合理な点がないことが相当の根拠、資料に基づいて疎明されたとはいえない。」(p.47[80])「基準地震動 Ss-1

の水平加速度 700 ガルをもって十分な基準地震動としてよいか、十分な主張及び疎明がされたということはできない」(p.50[80])とし、高浜3-4号の運転差止決定を出している。

福岡高裁宮崎支部決定は、裁判所には「高度な科学的、専門技術的知見に基づく判断の当否を同程度の水準に立って行うことは本来予定されていない」(p.69[20])という「裁判制度に内在する制約」を強調し、「当該具体的審査基準に不合理な点のないこと及び当該発電用原子炉施設が当該具体的審査基準に適合するとした原子力規制委員会の判断に不合理な点がないことないしその調査審議及び判断の過程に看過し難い過誤、欠落がないこと」(p.68[20])について、「債務者事業者が相当の根拠、資料に基づき主張、疎明を尽くし、これに債権者が反証を行い、その結果として債務者事業者の主張、疎明が尽くされない場合は審査基準や原子力規制委員会の判断などに不合理があることないしその調査審議及び判断の過程に看過し難い過誤、欠落があることが事実上推認される」(pp.66-67[20])とする一方、大津地裁決定を受け、原子力規制委員会による審査基準適合判断が出ていても、債務者事業者に求められる主張、疎明の程度は「いささかでも軽減されるものでないことはいうまでもない」(p.70[20])いと念押しをしている。

大阪高裁決定も、これと同じ枠組みに従っているように見えるが、抗告人には「安全性の基準に適合すること」についてのみ主張・疎明を求め、「安全性の基準そのものの合理性」については主張・疎明を求めている。詳しくは次の通りだが、これでは、司法が最初から審査基準は合理的だと決めてかかるようなものであり、伊方訴訟最高裁判決からも後退している。

「まず、抗告人において、本件各原子力発電所が原子力規制委員会の定めた安全性の基準に適合することを、相当の根拠、資料に基づいて主張立証すべきであり、この主張立証が十分尽くされないときは、本件各原子力発電所が原子炉等規制法の求める安全性を欠き、相手方らの生命、身体及び健康を侵害する具体的危険のあることが事実上推認されると解される。一方、抗告人において本件各原子力発電所が安全性の基準に適合すること

の主張立証を尽くしたと認められるときは、相手方らにおいて、原子力規制委員会の策定した安全性の基準自体が現在の科学的・技術的知見に照らして合理性を欠き、又は、本件各原子力発電所が安全性の基準に適合するとした原子力規制委員会の審査及び判断が合理性を欠くことにより、本件各原子力発電所が安全性を欠くことを主張立証する必要があるというべきである。」(p.90[79])

広島地裁決定は福岡高裁宮崎支部決定の枠組みに従っており、その意味では大阪高裁決定のような「手抜き」は行っていない。しかし、債務者の主張を鵜呑みにし、確証のないまま「合理的だ」と判断し、仮処分では債務者が主張・疎明を尽くさなくても許されるかのような不当な決定を行っている。

### 3 基準地震動策定の合理性： 震源を特定せず策定する地震動

広島地裁決定は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」を「基本としつつ」、「震源を特定せず策定する地震動」は「これを補完するもの」と決めつけているが、これは誤りである。

M6.8～M7.1 ないしそれ以下の地震では、過去の地震発生時に地震断層が現われない場合が多く、いかに「詳細な調査」を実施しても、地下に潜む震源断層を発見するのはほぼ不可能である [61]。そのため、この規模の地震はいつでもどこで起きても不思議ではなく、2006年の耐震設計審査指針改定までは「M6.5の直下地震」の大崎スペクトルが基準地震動 S2 として考慮されてきた。2006年指針では加藤らの応答スペクトル [38] が M6.5 の大崎スペクトルに取って代わり、さらに、2013年新規制基準では震源域での地震観測記録に置換えられた。その際、「断層破壊領域が地震発生層の内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置も規模もわからない地震として地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震（震源の位置も規模も推定できない地震（Mw6.5未満の地震））」に加え、Mw6.5以上の地震でも「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」が対象に加えられたのである [10]。つま



り、「震源を特定せず策定する地震動」は地表にほとんど痕跡の出てこない地震が対象であり、「震源を特定して策定する地震動」は地表に活断層として明瞭な痕跡の出ている震源断層による地震が対象である。一方が他方を「補完する」という関係にはない。基準地震動の策定に際しては、これら2つの地震動をそれぞれ独立に異なる方法で策定し、それらの結果を「相補的に考慮」するとしており、伊方3号においても、図1および表1に示されるように、いずれも基準地震動としている。

#### 補完的でミニマムな要求に留めるべき？

四国電力など電力会社が、「震源を特定せず策定する地震動」を「補完的なもの」とみなし、「ミニマムな要求」に留めようとする動きは、2013年新規制基準策定時からのものである。

2013年3月27日に行われた電気事業連合会(以下「電事連」と)と原子力規制庁との「地震・津波基準、審査ガイドに関する意見交換」[11]では、2006年指針で導入された加藤らの応答スペクトルに固執する電気事業連合会に対し、規制庁が「加藤論文[38]に観測記録が少ないことは周知の事実。そのことについて、震源を特定せず策定する地震動を策定するため、加藤論文を引用しようとする事業者として、そのことをどう考えるのか示してもらいたい。」と迫ったのに対し、電事連は「地震規模によらず、震源を特定できるか否かとの観点で地震を評価し、記録の収集を行っているところ。前回の検討チームで示された2004年北海道留萌支庁南部地震、2008年岩手・宮城内陸地震のほか、2000年鳥取県西部地震については、震源を事前に特定できた地震と考えており、少なくともこれらの地震観測記録は、『震源を特定せず策定する地震動』を検討していく上で考慮すべきものではなく、特殊な地震であったと考えている。」と開き直ったが、規制庁は「そのように除外する理由を明確に説明してもらいたい。」とはねつけた。それでも、電事連は「震源を特定せず策定する地震動は、ミニマムな要求であるべき。1回こっきりの留萌の地震を全てのサイトに考慮しなければならないのか。観測位置と留萌の震源位置との関係を踏まえ、その関係と類似性のあるサイトに対して要求する

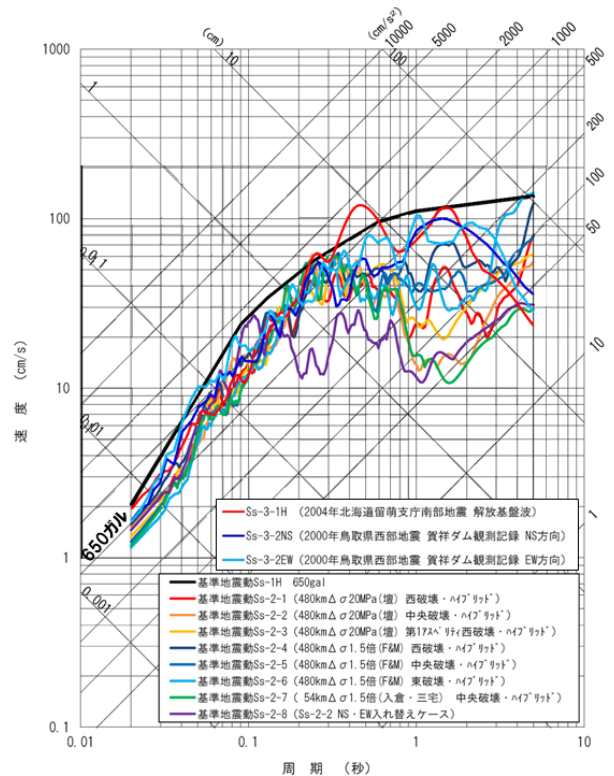


図1: 伊方3号の2015年再稼働許可時の基準地震動 Ss (水平方向) [59] (震源を特定して策定する地震動: Ss-1H, Ss-2-1~Ss-2-8, 震源を特定せず策定する地震動: Ss-3-1H, Ss-3-2NS, Ss-3-2EW)

のは道理であるが。」と捨て台詞を残した。

電事連の激しい抵抗を排して、これら3つの地震は「震源を特定せず策定する地震動」に加えられた。2004年北海道留萌支庁南部地震については、2013年7月25日の2回目の意見交換で電事連がボーリング調査状況の説明を行い、原子力規制庁が「調査結果から基盤が明確にならない場合、当局としては、既存の知見に基づく評価を求めることになる」とコメントした結果、電力中央研究所が基盤波を求め、2013年12月に研究所報告[56]として公開したという経緯がある。伊方3号でも、2004年北海道留萌支庁南部地震と2000年鳥取県西部地震の地震観測記録の基盤波が基準地震動として採用されている。

しかし、2008年岩手・宮城内陸地震のIWTH25(一関西)等の地震観測記録は電事連のサボタージュによって未だに基盤波が求められていない。しかも、原子力規制委員会はその基盤波の作成を電事連に頼らざるを得ない状況が今も続いているのである。これを「規制の虜」と言わずして何という！

表 1: 伊方 3 号の基準地震動とその最大加速度 [ガル] ( $\text{cm/s}^2$  と同じ) [59, 60]

基準地震動		NS方向	EW方向	UD方向
震源を特定して策定する地震動 (耐専スペクトルなど「応答スペクトルによる方法」で作成)				
Ss-1	設計用模擬地震波 (敷地前面海域の断層群 69km(傾斜角 30 度ケース)の耐専スペクトルによる)	650		377
震源を特定して策定する地震動 (「断層モデルによる方法」で作成)				
Ss-2-1	敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・西破壊	579	390	210
Ss-2-2	敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・中央破壊	456	478	195
Ss-2-3	敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・第一アスペリティ西破壊	371	418	263
Ss-2-4	敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・Fujii-Matsu'ura の手法・ $\Delta\sigma$ 1.5 倍・西破壊	452	494	280
Ss-2-5	敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・Fujii-Matsu'ura の手法・ $\Delta\sigma$ 1.5 倍・中央破壊	452	388	199
Ss-2-6	敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 480km 連動・Fujii-Matsu'ura の手法・ $\Delta\sigma$ 1.5 倍・東破壊	291	360	201
Ss-2-7	敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯) 54km・入倉・三宅の手法・ $\Delta\sigma$ 1.5 倍・中央破壊	458	371	178
Ss-2-8	Ss-2-2 の NS と EW の入れ替え	478	456	195
震源を特定せず策定する地震動 (地震観測記録等に基づいて作成)				
Ss-3-1	2004 年北海道留萌支庁南部地震 M6.1 の解放基盤波	620		320
Ss-3-2	2000 年鳥取県西部地震 M7.3 の賀祥ダム (監査廊) の観測記録	528	531	485

原子力規制委は「電事連の地震動研究」が頼り

広島地裁決定は「震源を特定せず策定する地震動」の対象とする地震が 16 と少なく、実際に基準地震動として採用されているのは 2004 年北海道留萌支庁南部地震と 2000 年鳥取県西部地震の強震記録に限られることについて、「そのこと自体が過小であるということとはできない」(p.282[21]) と決めつけ、「債務者において地盤調査をしなかったとか、断層モデルに用いた推定を試みなかったからといって、直ちに合理性を欠くとまではいえない」(p.285[21]) と断じている。しかし、それは原子力規制委員会が電事連による研究に頼り、それが進展しないために審査で他の地震観測記録を基準地震動に使えるという、次のような現状を全く知らないからであろう。

2016 年 7 月 27 日に行われた原子力規制委員会臨時会議で石渡委員は勝野中部電力社長・電事連会長に次のように懇願している。

「審査をしていて、科学的な基礎データというものが十分でない。特に地震に関して、基準地震

動を設定するとき、どういう地震動にするかということ判断するとき、実際に起きた地震の例を使って、そこから導き出された経験式といえますか、それが結局はもとになっているわけです。そこからは、物理学的に計算はできるわけですが、ただ、基本のところは、実際に起きたこと、そのデータが一番のようになります。そういう意味で、今年、熊本で大きな地震が起きて、…最近 10 年ぐらいで起きたほかの地震と違って、既に活断層があるということがわかっている、その場所で起きたわけです。そういう意味で、ほかの地震に比べると、データも豊富ですし、その後の調査も、いろんな人たちが、今、どんどん入って調査を進めています。電事連としても、熊本地震の地震動、活断層、こういったものをきちんと調査するという事は、非常に大事なのではないかと、…そういった科学的な知見をひとつひとつの事業者がやるのは、なかなか大変だと思いますので、是非業界として進めていただきたいというのが 1 点です。2 点目ですけれども、特にその中

で、…どこで起きるかわからない、マグニチュード 6.5 以下ぐらいの地震については、震源を特定せず、敷地の直下で起きることを仮定して、地震動を算定しましょうということをやっているわけです。その基礎データになるものとして、2004 年の北海道の留萌支庁の地震をずっと使っているわけなのですが、いまだにそれだけなのです。ほかに適した地震というのは、その後も起きているわけですし、要するに研究が進まないということが、ほかの地震が使えないことの大きな原因だと思えます。これは研究をどんどん進めるということで、合意ができていないことだと思いますので、そこのところは、どんどん進めていただきたいというのが、2 つ目のお願いです。」(pp.24-25[12])

この依頼を受けて、電事連が規制庁に「要望内容の確認等に関する面談」を求め、10 月 18 日に開かれたところ、電事連は原子力規制委との様々な課題についての意見交換の場を求め、2017 年 1 月 18 日に第 1 回が実現したが、そこでの課題は 40 年超運転への審査に関する要望が主な内容であった。原子力規制委が審査に不可欠な研究を被規制者に依頼し、被規制者からの審査に係る依頼に応じるという「ギブ・アンド・テイク」の妙な関係が生まれている。これは「規制の虜」状態の深化とも呼ぶべき憂うべき事態ではないのか。

### 2008 年岩手・宮城内陸地震は解析できないまま

さらに、2008 年岩手・宮城内陸地震の IWTH25 (一関西) 等の地震観測記録を基準地震動に用いるために不可欠な「解放基盤表面はぎとり波」<sup>1</sup>への換算(はぎとり解析)については、原子力規制委員会が電事連に全面的に依存している。先述の 2013 年 3 月 27 日の「地震・津波基準、審査ガイドに関する意見交換」を皮切りに、同地震に関する電事連と規制庁との面談が、2014 年 9 月 2 日、10 月 7 日、11 月 17 日、2015 年 2 月 10 日、3 月 4 日、10 月 7 日、2016 年 6 月 8 日、6 月 23 日、8 月 18 日と計 9 回繰り返され、はぎとり解析に必要な地形・地質調査の中間報告が 2015 年 10 月 7 日に、

<sup>1</sup>原発の基準地震動では、地下に「解放基盤」という仮想基盤を想定し、それより上の地層をすべてはぎとった状態の表面に地震計を置いたときの地震波を「解放基盤表面波」と呼び、地震計で観測された地震観測記録をこれに換算したものを「解放基盤表面はぎとり波」と呼んでいる。

最終報告が 2016 年 8 月 18 日に出され、2016 年の「年内に査読付き論文等で公表することを考えている旨の説明を受けた」という。その後の 2016 年 11 月 4 日の女川原発に関する第 413 回審査会合で、小林総括官が「8 月に電中研、電事連と私どもが面談をさせていただきまして、その際にこの調査結果については年内にできるだけ論文発表したいというようなことをお聞きしてございます。関係学会の定期の大会というのはいまうほぼ終了してあるんですけど、その中で、私を知る限りでは、まだ発表されていないので、そういったことで遅れているようなので、改めてこの電中研さん、電事連さんに面談をさせていただきたいというふうに思っていますので、よろしくお願いたします。」(p.30[13])と、臆面もなく、審査会合の場で被規制者に依頼するほどであった。

2008 年 6 月 14 日の地震発生から約 9 年、2013 年 3 月 27 日の意見交換から約 4 年を経てなお、一関西(いちのせきにし)等での観測記録のはぎとり解析が実現していない。2008 年岩手・宮城内陸地震では一関西の地下地震計で 3 成分合成 1,078 ガル(NS1,036, EW748, UD640 ガル)の強震動が観測されており、はぎとり波ではその 2 倍近く、1,500 ~2,000 ガルになると推定される。これが「震源を特定せず策定する地震動」として基準地震動にとり入れられれば、ほとんどの原発で再稼働できなくなる。そんな重大な解析を被規制者に依頼するのだから、解析が進むはずがない。意図的なサボタージュと言って良い事態に陥っている。それでも、原子力規制委員会は電事連の解析にすがりしかないとするのは極めて異常な状態ではないのか。司法は、先入観を持たずに、この現実を直視し、本当に「調査審査及び判断の過程に看過しがたい過誤・欠落がない」のかどうか、現状に即して客観的、科学的かつ慎重に判断すべきである。

### 2016 年鳥取県中部の地震 M6.5 は対象外に

他方、2016 年鳥取県中部の地震 M6.5 では、地震断層が全く出なかったが、震源域内の K-NET 倉吉観測点(震源距離 12.2km)で、東西方向 1,381 ガルの短周期地震波の極めて強い地震動が観測された。しかし、2017 年 2 月 27 日の第 25 回技術情

報検討会では、深さ 30m までの S 波速度が遅すぎて地盤が硬質ではないため「地震動データの収集・整理方針に合致」しないことから、「震源を特定せず策定する地震動」の評価対象から外された。せっかく得られた貴重な地震観測記録でも、地震計が地下岩盤になかったため、利用できない状態が続いている。これでも合理的な地震観測データの収集だと言えるのだろうか。この現状を知りつつ、放置すれば、何年経っても、十分な数の地震観測記録が得られるはずがない。にもかかわらず、「震源を特定せず策定する地震動」を硬質地盤での地震観測記録だけに限定し、それを補うための再現モデルによる地震動解析や国内地震観測記録を反映した断層モデルによる地震動解析を取り入れないのは、「不作為の瑕疵」ではないのか。再現モデルや断層モデルによる解析結果の取り入れを拒否するのは「合理性を欠く」となぜ言えないのか。それは、行政による不作為の瑕疵を司法が容認していることにならないか。

#### 「各種の不確かさを考慮」する必要はない？

広島地裁決定は、「『震源を特定せず策定する地震動』の策定に当たり『各種の不確かさ』を考慮すべきことは、新規制基準の策定過程において藤原部門長がその必要性を主張したことから盛り込まれた経緯が窺える」と認めながら、これに「拘束される筋合いはない」、「新規制基準及び地震ガイドを見ても、考慮すべき『各種不確かさ』が具体的に列挙されているわけでもない」として、「藤原部門長の上記主張に係る事情を考慮しなければならないものとは解されない」(p.280[21])と結論付けている。これは「震源を特定せず策定する地震動」では「各種の不確かさ」を考慮しなくてよいと主張するに等しく、債務者による下記の誤った主張をそのまま受け入れた結果としか考えられない。「そもそも、震源を特定せず策定する地震動は、詳細な調査を前提とした敷地ごとに震源を特定して策定する地震動に最大限の努力を払った上で、それでも評価し損なう可能性を埋める補完的な位置付けでありプラントに考慮すべきミニマムリクワイアメントとして導入されたもので、最大規模の地震を想定すべきものでもない。」(p.151[21])

この「ミニマムリクワイアメントとして導入されたもの」だという債務者の主張は完全な誤りであって、先述した 2013 年 3 月 27 日の意見交換で電事連が最後に残した捨て台詞そのものである。地震観測記録が 16 と少ないところ、そのほとんどで強震動の基盤波が求められておらず、石渡委員が 2016 年 7 月 27 日に吐露した通り、M6.5 未満では 2004 年北海道留萌支庁南部地震しかなく、研究の遅れからほかの地震が使えない状態が続いている。この状態を打開するためにも、研究を進めると共に、「各種の不確かさ」を考慮する一環として、地域地盤環境研究所による再現モデル [2] や原子力安全基盤機構 JNES による断層モデル [7] を用いた地震動解析結果を採用すべきと判断し、勧告するのが、司法の役割ではないのか。

#### 再現モデル解析は仮想に仮想を重ねたもの？

広島地裁決定が鵜呑みにしていると考えられる債務者の主張について簡単な事実を指摘しておく。

債務者は、地域地盤環境研究所による再現モデル解析 [2] について、佐藤ほか (2013)[56] による「詳細な調査に基づく地盤情報を踏まえずに」構築された Maeda and Sasatani (2009) の断層モデルを用い、その「パラメータを仮想的に変更して仮想的な評価を行ったものであり」、「この評価から得られた地震動は、震源を特定せず策定する地震動の対象として相応しい観測記録とはおよそいい難い」(p.152[21])と批判している。

しかし、第 1 に、佐藤ほか (2013)[56] の地盤構造モデルは、地表地震観測記録を基盤波へ換算するために必要な深さ 41m までであり、これだけでは断層モデルによる地震動解析は行えない。

第 2 に、Maeda and Sasatani(2009)[48] は、図 3 の 4 サイト (K-Net の HKD020 と HKD019, KiK-Net の RMIH04 と RMIH05) で得られた本震と余震の地震観測記録から経験的グリーン関数法によるフォワードモデリング震源解析を適用して本震を良く再現できる震源断層モデルを図 3 のように求めた。これを用いた解析結果から、HKD020 観測点での大きな強震観測記録は、サイトの増幅特性によるものではなく、主に震源特性によることを示し、観測点が強震動生成領域に近く、破壊伝

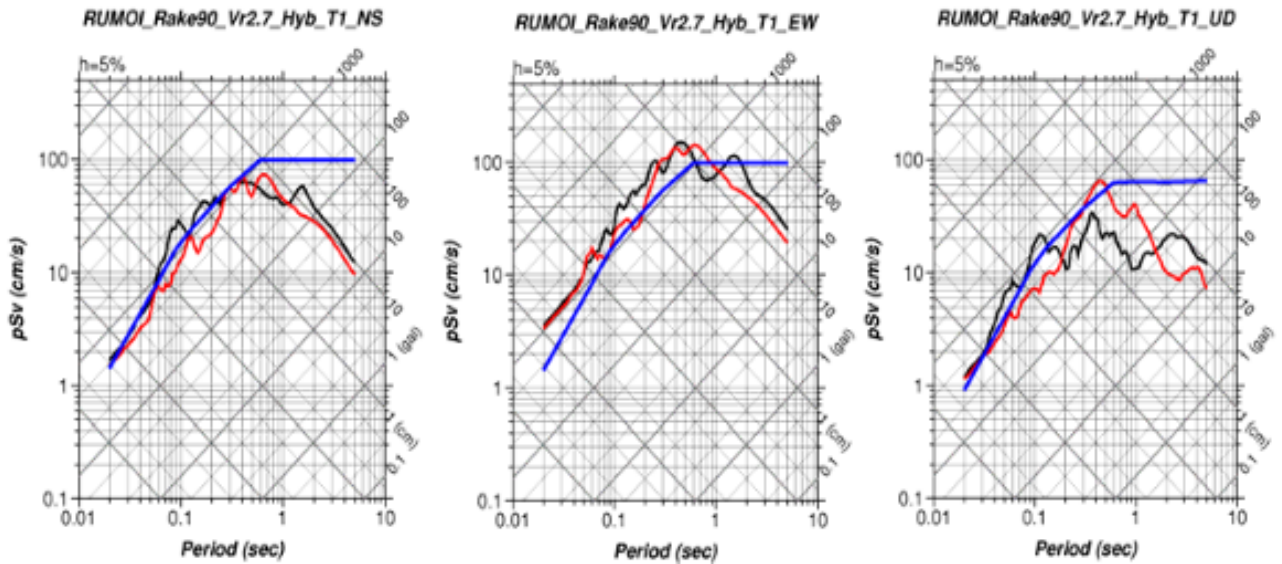


図 2: 2004 年北海道留萌支庁南部地震の再現モデルによる HKD020 観測点でのハイブリッド波（赤）と観測波（黒）による疑似速度応答スペクトルの比較 [2]（青：加藤スペクトル，左：NS，中：EW，右：UD）

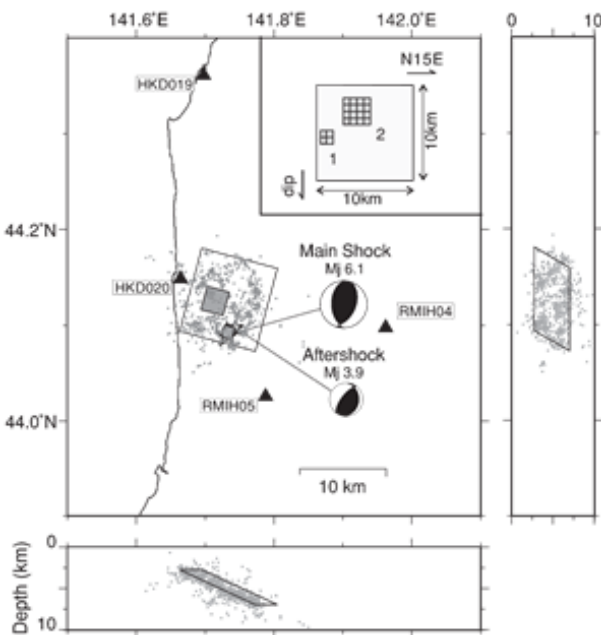


図 3: 2004 年北海道留萌支庁南部地震の Maeda and Sasatani[48] による震源断層モデル

播方向に観測点が位置するためフォワードディレクティブ効果（破壊伝播方向にアスペリティが2つ並び、観測点が破壊進行方向に位置するため地震波が重なり合って増幅する効果）が生じたと結論づけている。つまり、債務者がいきり立って主張するほどサイト特性の影響は受けていないのであり、このことは佐藤ほか (2013)[56] も指摘しているところである。

第3に、地域地盤環境研究所報告書(2011)[2]は、

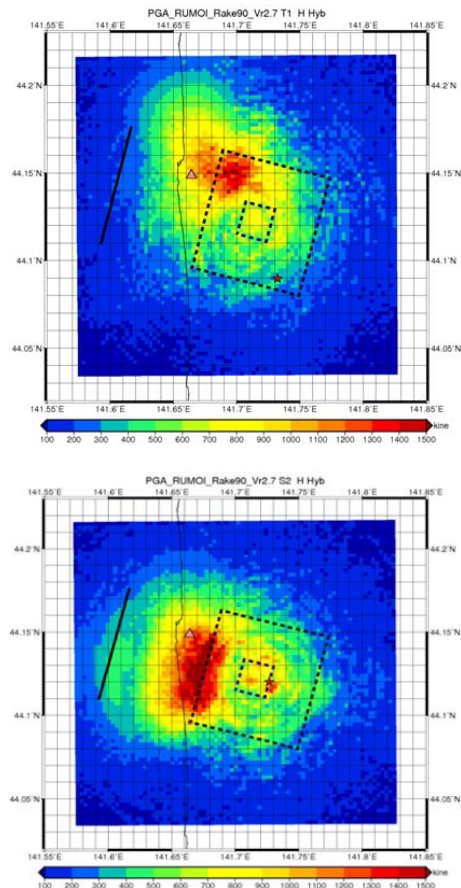


図 4: 2004 年北海道留萌支庁南部地震の震源モデルによる（上）震源近傍の応答加速度分布と（下）アスペリティ下端中央から破壊が始まった場合の解析結果 [2]（△：HKD020 地点，☆：破壊開始点）

HKD020 観測点周辺の地震動を面的に解析するため、短周期側で統計的グリーン関数法、長周期側で理論的方法という2つを組み合わせたハイブリッ

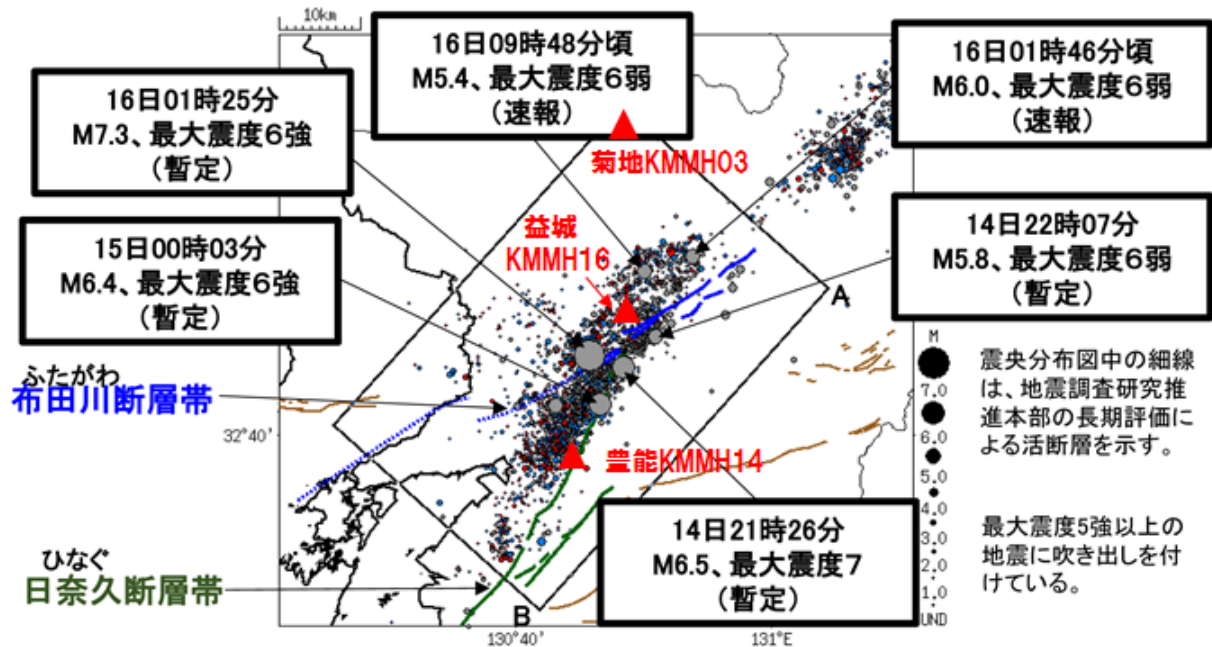


図 5: 2016 年熊本地震の前震 M6.5, 本震 7.3 と余震分布 (震央分布, KiK-net 観測点 ▲ を追記) [42]

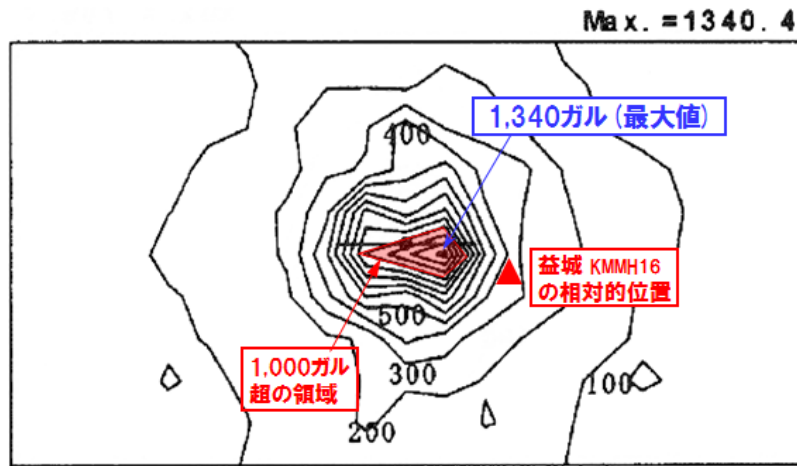


図 6: 原子力安全基盤機構 JNES による M6.5 の左横ずれ断層による地震基盤表面 ( $V_s=2600\text{m/s}$ ) での加速度分布図 (水平方向, 最大値  $1340.4\text{cm/s}^2$ ) [7] (右横ずれの場合には上下を反転させた分布図になるため, 図 5 における震央距離約 6km の益城観測点 KMMH16 はこの図で震源断層の右斜め下 300~400 ガルの地点 ▲ に相当する)

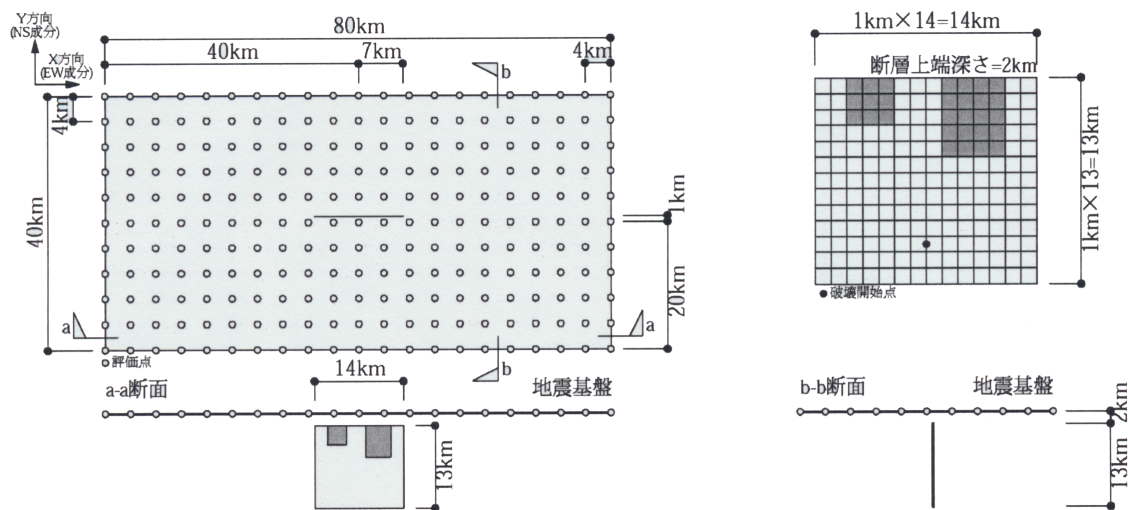


図 7: JNES が図 6 の解析結果を得るために用いた M6.5 の左横ずれ断層の震源断層モデル [7] (国内データに合わせた独自の経験式  $S = 1.85 \times 10^{-15} M_0^{2/3}$  で  $M_6.5 (M_0 = 3.16 \times 10^{25} \text{dyn}\cdot\text{cm})$  に相当する断層面積  $S$  を求め, 断層長さ 14km, 幅 13km, 断層上端深さ 2km, アスペリティ 2 個 (いずれも 19.1MPa), 破壊開始点を中央深さ 10.5km としている)

ド手法を用いたが、これは地震観測記録のない地点での地震動を面的に評価する目的には経験的グリーン関数法（各地点で地震観測記録が必要）が使えないためである。この手法でも、図2で明らかかなように、周期0.1秒付近でやや過小評価みではあるが、HKD020観測点での地震観測記録を比較的良く再現できている。

再現モデルの妥当性は地震観測記録をどの程度によく再現できるかで評価すべきであり、些細なパラメータ設定値の違いをことさらに取り上げて「仮想」呼ばわりすることではない。

地域地盤環境研究所 [2] による図4では△がHKD020観測点だが、その極近傍にフォワードディレクティブ効果がより大きく作用した地域がある。図4の（上）では最大加速度は約1,300ガル（EW）と約1,700ガル（NS）、（下）では約2,000ガル（EW）と約1,050ガル（NS）になり、表1の基準地震動Ss3-1が620ガルから1,100ガルに増え、伊方3号のクリフエッジ855ガルを超える。そこに地震計が設置されていなかったという単なる偶然によって、その地震観測記録が得られていないだけであり、無数に地震計が設置されていれば観測されたはずである。現実には地震計を無数には設置できない以上、再現モデルによる地震動解析を採用するのが次善の策であり、広島地裁決定は債務者の主張を鵜呑みにせず、行政の不作为をたしなめるべきではなかったか。

#### なぜ、熊本地震から学ばない？

また、債務者は、原子力安全基盤機構JNESによる断層モデル [7] を用いた地震動解析結果について、これは「震源を特定しにくい断層による地震動強さの年超過確率を評価したもの」であり、「発生確率の低いケースも想定する必要があることから仮想的な断層モデルに仮想的な条件をいくつも重畳させた数多くの組合せによる地震動が解析評価されており、そのうちの1つで、最大加速度が約1,340ガルとなる結果が得られたものであり、その地震動をすぐさま基準地震動に採用すべきという主張自体、発生確率や地域特性を無視したものであり、科学的合理性に欠けるものである。」(p.152[21]) と批判している。

JNES はすでに原子力規制庁へ統合されており、「仮想に仮想を重ねた」とのいわれなき批難を浴びせられた JNES、すなわち、原子力規制庁が反論すべきところだが、原子力規制委員会・原子力規制庁と市民団体との2014年7月と2015年1月の2度の話し合い [83, 84] で、規制庁は図10を見せられて、留萌支庁南部地震の地震観測記録と整合している事実を認め、「専門家を入れて断層モデルの妥当性について検討すべきだ」と認めている。加えて、熊本地震のM6.5の前震による益城観測点での地下観測記録は、JNESによる地震動解析 [7] の正しさを裏付けている。債務者はこの厳然たる事実を一体どのように説明するのであろうか。

JNES は図7の震源断層モデルを使って、M6.5の左横ずれ断層による地震動解析を行い、図6のように、地震基盤表面 ( $V_s = 2,600\text{m/s}$ ) での最大加速度の分布図を求めている。益城観測点とほぼ同じ地震基盤だと言え、この最大加速度はいわゆる「はぎとり波」の最大加速度に相当し、上記の益城観測点での地震観測記録を1.5~2倍した値<sup>2</sup>に対応する。JNESの断層モデルは左横ずれなので、熊本地震の右横ずれ断層に対応させるには、図6の上下を反転させればよい。そこで、上下を反転させた図6をイメージしながら、図5の「14日21時26分M6.5、最大震度7（暫定）」の震央位置から東南東約2.5kmに震源断層延長部を想定し<sup>3</sup>、益城観測点との位置関係を測ると、図6では右斜め下の300~400ガルの位置（▲）に対応することが分かる。益城観測点での水平方向最大加速度は、NS方向237ガル、EW方向178ガルなので、はぎとり波ではNS方向350~470ガル、EW方向270~350ガルに相当する。つまり、JNESの解析結果と比べて同等以上であることがわかる。JNESの解析結果では、図6のように、益城観測点のすぐ近くに1,000ガル超の強震域が広がり、その最大値は1,340ガルであったことから、今回の熊本地震でも、地震計が震源域に多数配置されていさえす

<sup>2</sup>地下観測記録は地震基盤からの入射波と上部地層による反射波が重なったものであり、地盤データを用いて反射波の影響を除去した結果を2倍にすると「はぎとり波」になる。

<sup>3</sup>気象庁による発震機構解（精査後）CMT解によれば、走向210度、傾斜角77度、すべり角177度である。益城観測点は、震央距離約6km（精査後）で、震源の深さ11kmと77度西側傾斜から震源断層地表延長部は震央から約2.5km東南東になり、この仮想地表断層部中央から約10km離れている。

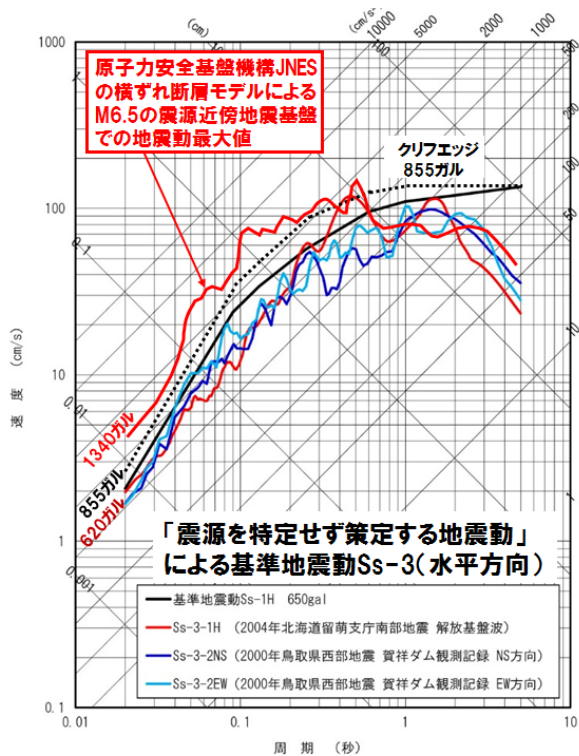


図 8: 伊方 3 号の基準地震動 Ss-1 および Ss-3, クリフエッジ (黒点線) および JNES による 1340 ガルの地震動 (赤波線)[7, 59, 60, 8]

れば、はざとり波換算で 1,000 ガルを大きく超え、図 8 に示す伊方 3 号のクリフエッジ 855 ガルをはるかに超える地震動が観測されていた可能性が高い。2004 年北海道留萌支庁南部地震で地域地盤環境研究所が行ったような再現モデルによる解析 [2] を行えば、それが一層明らかになるであろうことは間違いない。

広島地裁決定は、「新規基準及び地震ガイドにおける『震源を特定せず策定する地震動』の定め趣旨や内容に照らすと上記各知見が得られているからといって、これを考慮しないで債務者がした『震源を特定せず策定する地震動』の評価が直ちに過小であって合理性を欠くとまではいえない」(p.281[21]) と判断したが、数少ない地震観測記録に基づいて行われている稚拙な審査の現状を直視し、少なくとも、地震ガイドに明記された「各種の不確かさの考慮」の一環として再現モデルや断層モデルによる解析を検討するよう指摘することで、司法の責任を果たすべきであった。

## 4 基準地震動策定の合理性：震源を特定して策定する地震動

### 4.1 応答スペクトルに基づく地震動評価

広島地裁決定は、鳥取県西部地震 (賀祥ダム) について「耐専式 (耐専スペクトル) の適用を可とする評価に至ったのは、内陸補正を施すことによって実際の地震記録との乖離が解消されることが確認されたからにはほかならない」と認定する一方、債務者が 54km, 69km, 130km の鉛直モデルに耐専式を適用外にしたことについては、(1)「他の距離減衰式との乖離が解消されない場合にまで耐専式の適用を正当化する根拠になるとまではいえない」、(2)「もともと耐専式が、その構築に用いられた地震記録が敷地前面海域の断層群のように敷地との距離が 8km という至近に位置するケースを含んでいない距離減衰式であるという成り立ちも考慮しないわけにはいかない」、(3)「現実に上記結果に沿う地震動がもたらされる可能性があることを示唆するものとはいえない」との理由を挙げ、「耐専式を適用しなかったことが不合理であるとか、ましてや、恣意的であるなどということではできない。」(pp.241-242[21]) と断じている。

これら 3 つの理由は、いずれも成立たない。

(1) の「他の距離減衰式との乖離」は、耐専スペクトルによる地震動の過大評価を示唆するものではなく、逆に、「他の距離減衰式」による過小評価を示唆するものと言える。たとえば、広島地裁決定も「耐専スペクトルは適用可能だ」と確認した鳥取県西部地震 (賀祥ダム) について、「他の距離減衰式」で応答スペクトルを求め、耐専スペクトルや観測記録と比較すれば一目瞭然だが、債務者はこのような比較をやろうとしない。

(2) の至近距離での国内地震観測記録は 1995 年兵庫県南部地震以降の地震観測網の広がりによって収集されるようになり、これらのデータに対する耐専スペクトルの適用可能性は随時検討され、鳥取県西部地震 (賀祥ダム) 等でも適用可能であることが原子力安全委員会の作業部会で確認されている。その後、震源近傍の極めて大きな地震観測記録も得られており、これらに基づいて耐専スペクトルを見直せば、震源近傍でも適用可能になり、



耐専スペクトル自体もより大きくなると考えられる<sup>4</sup>。他方、「他の距離減衰式」でも元になったデータは2003年までのデータにすぎず、震源近傍での国内地震観測記録はほとんどなく、震源近傍で地震動が頭打ちになるように距離減衰式が作られているため<sup>5</sup>、震源近傍で地震動を過小評価するという構造的な問題がある。たとえば、図9のように、債務者が「震源を特定せず策定する地震動」に採用した北海道留萌支庁南部地震でのHKD020観測点の地震観測記録は「平均+標準偏差」を表す上側破線よりさらに上にあり、距離減衰式の平均像を表す実線よりかなり外れていることがわかる。

(3)の現実の地震動との比較は、実際に当該震源断層で地震が発生し、地震観測記録が得られない限り判断できないものであり、憶測を「理由」として挙げるのは司法として失格ではないか。しかも、債務者が「震源を特定せず策定する地震動」に採用した北海道留萌支庁南部地震の図8の応答スペクトルは図11の69km鉛直モデルの耐専スペクトル（内陸補正あり）と一部で重なり合い、54km鉛直モデルではかなりの部分で重なり合う。つまり、これらの耐専スペクトルは、現実の観測記録と同程度以上の地震動がこれらの震源断層でも起

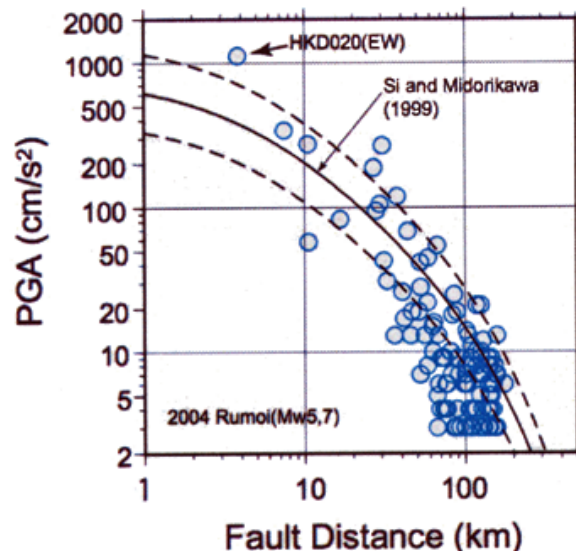


図9: 2004年北海道留萌支庁南部地震のK-NETおよびKiK-net観測点の最大加速度の距離減衰と司・翠川(1999)による距離減衰式(実線が平均、破線が平均±標準偏差)との比較 [56]

こりうることを強く示唆している。さらに、耐専スペクトルは震源近傍で地震動を過大評価するどころか、過小評価する傾向にあることを示唆する証拠もある。原子力安全基盤機構JNESが「傾斜角45度のM6.0(左)およびM6.5(右)の逆断層(縦ずれ断層)」を解析した図10の結果がそれである。JNESは、断層周辺40km×80km四方を4km間隔で11×21=231の観測点を地震基盤上に設置し(図7参照)、各観測点で耐専スペクトル(図10では「スペクトル距離減衰式(2002)」)とJNES独自の断層モデルによる地震動解析結果を求め、その平均(実線)と最大・最小値(破線)を図10のように描いている。同図の最上部に北海道留萌支庁南部地震の応答スペクトルを緑実線で描いたが、断層モデルの結果(上部赤破線)はこれとよく一致しているものの、耐専スペクトル(上部青破線)はこれよりかなり小さく、過小評価になっている<sup>6</sup>。つまり、今の耐専スペクトルは震源近傍で「過大」になるところか、「過小」になると言えるのである。

「他の距離減衰式」は震源近くで地震動を過小評価し、耐専スペクトルから乖離する傾向にある

<sup>4</sup>耐専スペクトルの見直し作業は関西電力を幹事会社として進められており、2014年10月29日の第153回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合で関西電力大石氏が「耐専式の適用範囲を広げていくことを考えてございまして、また、最近の東日本大震災での地震動のデータとか、それ以外の最新の地震データが集まってまいりましたので、ずっと研究を進めてまいっております。これにつきましては、弊社が幹事会社ということで、中心的に検討を進めておりまして、出てまいりました成果については、その都度、学会等で発表させていただいております。なかなか新しい耐専式を今すぐお出しできるレベルまではまだ来ていないんですけども、鋭意検討を進めていまして、今後とも、できるだけ早い段階で、見直した耐専式をお示ししたいと。」(p.20 同議事録)しかし、2017年3月現在、未だ改訂されていない。

<sup>5</sup>たとえば、震源深さ $D \leq 30\text{km}$ の内陸地殻内地震に関する内山・翠川(2006)[82]の距離減衰式は $\log SA(T) = a(T)M_w + b(T)X - \log(X + e(M_w)) + c(T) + d(T)D + \sigma(T)$ で表され、「近距離で振幅を頭打ちさせるための係数」 $e(M_w) = 0.006 \times 10^{0.5M_w}$ が導入されている。ただし、 $SA(T)$ は水平2成分の幾何平均値で表した工学的基盤における加速度応答スペクトル( $h = 5\%$ )の周期 $T$ における値、 $M_w$ はモーメントマグニチュード、 $X$ は断層面最短距離(km)、 $\sigma(T)$ は対数標準偏差、 $a(T) \sim d(T)$ は回帰係数である。地震観測記録に基づいて、これらの回帰係数が最小二乗法で算出されるため、距離減衰式の構造が与えられても、地震観測記録の母集団が異なると、これらの回帰係数も違ったものになる。耐専スペクトルでは、このような地震動の近距離頭打ち構造を仮定せず、地震観測記録の母集団を気象庁マグニチュードと等価震源距離ごとに分け、各母集団に対して応答スペクトルの平均像を直接求めている。

<sup>6</sup>留萌支庁南部地震の傾斜角は25度だが、この傾斜角でのJNESの解析結果が存在しないため、傾斜角45度の解析結果と比較している。傾斜角25度では等価震源距離が少し小さくなるため耐専スペクトルはもう少し上がると思われるが、傾斜角45度での留萌支庁南部地震の応答スペクトルとの2倍弱～8倍の差を埋めるほどではないと考えられ、過小評価の傾向は変わらない。

2004年北海道留萌支庁南部地震M6.1  
に基づく620ガルの基準地震動

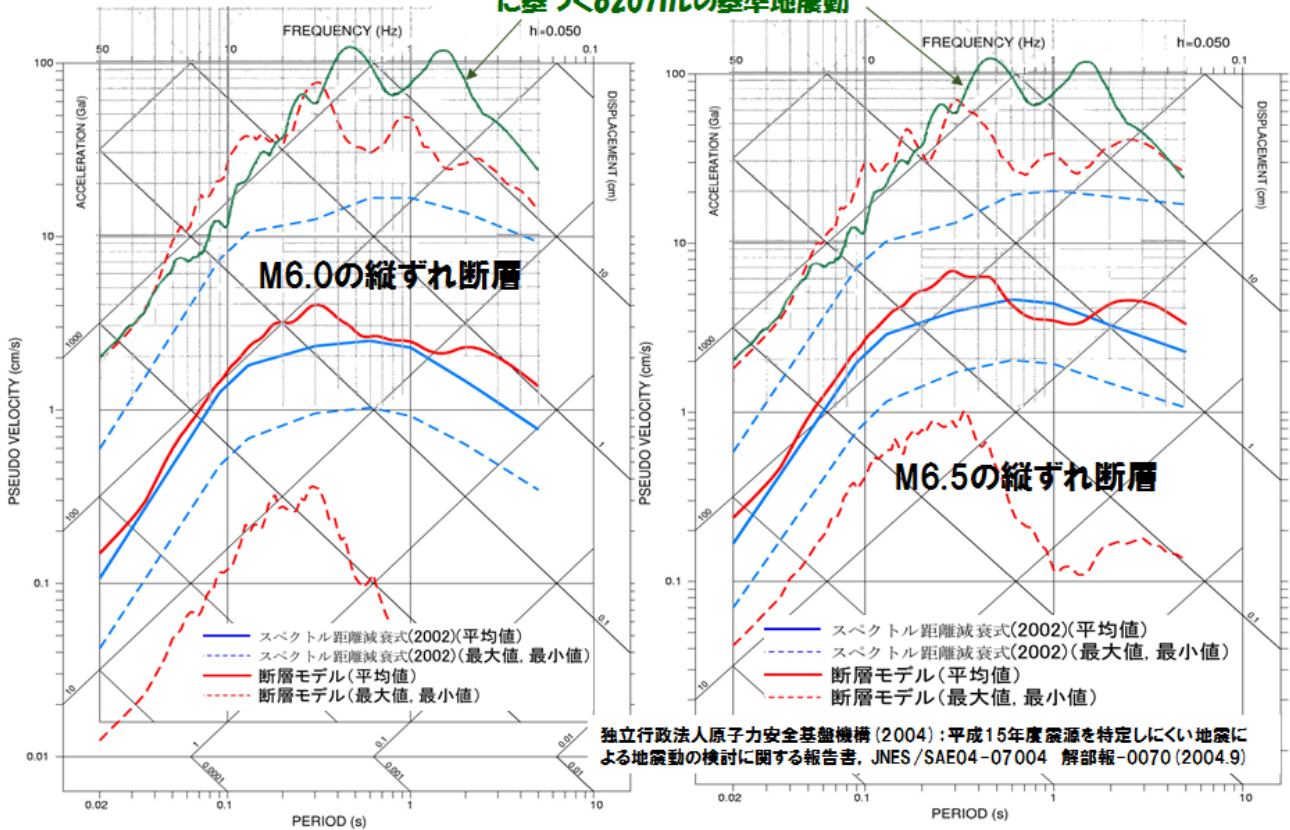


図 10: 伊方 3 号の基準地震動 Ss-3 として採用された「2004 年北海道留萌支庁南部地震 (M6.1, Mw5.7) の 620 ガルの解放基盤表面はぎとり波」(最上部の緑波線)と対応する耐専スペクトル(上部の青破線)および JNES の断層モデルによる地震動解析結果(最上部の赤破線)[6]

が、その理由は距離減衰式の構造にある。

「他の距離減衰式」では、図 9 のように、震源近傍で地震動が頭打ちになるとの仮定を置いており、その頭打ちのレベルは頭打ちになる距離減衰式の構造と震源近傍での地震観測記録に依存する。

また、「他の距離減衰式」では、短周期レベル A を説明変数に取り込んでいる片岡・他 (2006) を除き、断層からの最短距離が等しい場合、断層長さから算出する地震規模が変わらない限り、震源断層が傾斜していても、アスペリティがどこに位置していても、応答スペクトルは変わらない。現に、54km, 69km, 130km のいずれにおいても、鉛直ケースと北傾斜ケースとで距離減衰式による応答スペクトルは同じである (図 11 と図 12 を比較すれば自明)。30 度北傾斜で断層面積は 2 倍に増えるため、アスペリティ面積が 2 倍、短周期レベルが約 1.4 倍に増えることから、アスペリティ位置がやや遠ざかるとはいえ、地震動の応答スペクトルは鉛直ケースより北傾斜ケースのほうがやや大き

くなると予想される。ここでは図示しないが、債務者が算出した断層モデルによる地震動解析ではそうになっている。片岡・他 (2006) でも同様に、北傾斜ケースでは鉛直ケースより大きくなっているが、いずれのケースでも「他の距離減衰式」の中では小さい。結局のところ、「他の距離減衰式」では近距離での頭打ち構造と近距離地震観測記録の不足により、54km, 69km, 130km の鉛直モデルでは過小評価になっており、北傾斜モデルに対しては地震動を一層過小評価する結果になっている。

他方、耐専スペクトルは鳥取県西部地震など極近距離からかなり乖離していても適用可能であること、しかし、震源近傍では依然として地震動を過小評価している可能性があることについては先述の通りである。加えて、原発サイトから遠くへ伸びる断層や遠ざかる方向へ傾斜する断層に対しては地震動を過小評価する傾向がある。地震規模は大きくなる (傾斜の場合は断層長さが変わらないので耐専スペクトルの地震規模は同じ) が、等

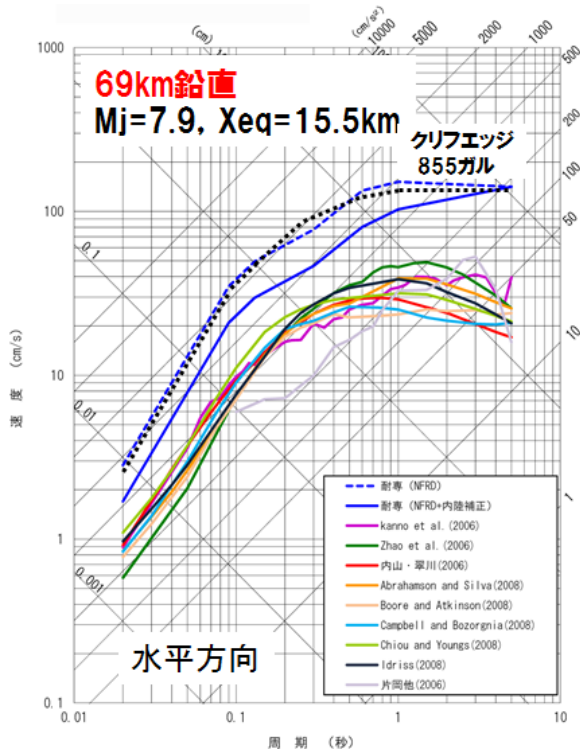


図 11: 伊方 3 号における敷地前面海域断層群（中央構造線断層帯）69km 鉛直の耐専スペクトルとクリフエッジ（黒点線） [59]

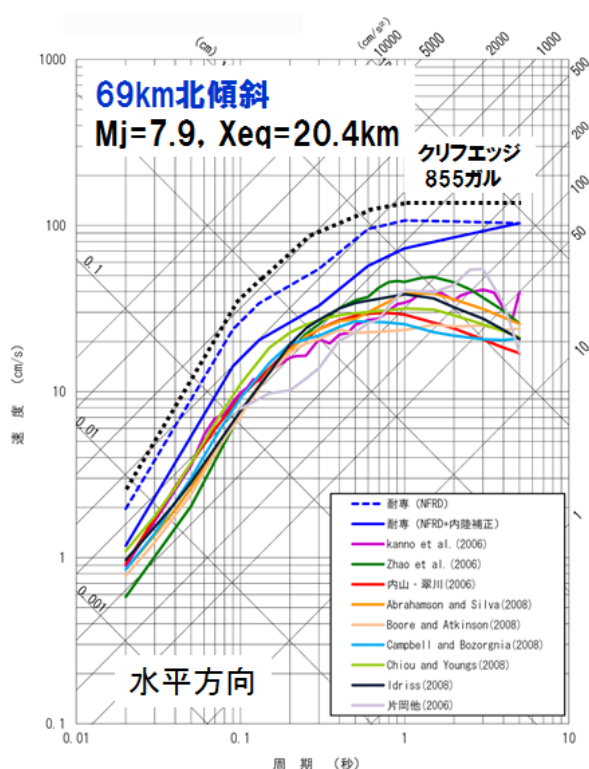


図 12: 伊方 3 号における敷地前面海域断層群（中央構造線断層帯）69km 北傾斜の耐専スペクトルとクリフエッジ（黒点線） [59]

価震源距離がそれ以上に大きくなり、地震動が小さく評価されてしまう。その結果、鉛直より北傾斜のほうが本当は地震動が大きくなるはずなのに、

耐専スペクトルでは鉛直の図 11 から北傾斜の図 12 へ大きく下がっている。南傾斜ケースでは等価震源距離が小さくなるため、耐専スペクトルでも鉛直より南傾斜のほうが地震動は大きくなるが、債務者はこれを算出していない。債務者が採用した耐専スペクトルは図 13 の通りだが、54km から 69km へ断層の両端が伸びると耐専スペクトルは少し大きくなっているが、西へ大きく伸び、130km, 480km ケースと断層が長くなるほど耐専スペクトルが小さくなるという矛盾をはっきり確認できる。

債務者は、鉛直モデルについては耐専スペクトルが「他の距離減衰式から乖離している」からとして採用せず、耐専スペクトルでは過小評価に陥る「北傾斜モデル」や「480km 鉛直モデル」を採用している。広島地裁決定も、それを「不合理であるとか、ましてや、恣意的であるなどということとはできない」と断じている。債権者の主張を少しでもまじめに検討しておれば、こんな結論には至らなかったはずである。

耐専スペクトルのこういった特徴を踏まえ、また、鳥取県西部地震での賀祥ダムの記録や北海道留萌支庁南部地震の HKD020 観測点の記録から耐専スペクトルは極近距離内でも適用可能であること、むしろ、震源近傍では過小評価になっている可能性が高いことを踏まえるならば、54km や 69km の鉛直ケースを採用し、さらに余裕を持たせるべきである。これらの耐専スペクトルが「他の距離減衰式から乖離」していても、それは「他の距離減衰式」の問題点を示しているのであって、これらの距離減衰式では震源近傍で頭打ちとなる構造を有し、震源近傍の地震観測記録も少なかったため、震源特性が顕著に現れる震源近傍の観測点では過小評価にならざるを得ないことを良く踏まえ、その適用を誤らないことである。

ちなみに、図 11 と図 12 から耐専スペクトルの最大加速度（周期 0.02 秒の最大応答加速度）を読み取ると、それぞれ 900 ガル程度と 650 ガル弱になる。855 ガルのクリフエッジ（黒点線）と比較すると、鉛直では耐専スペクトルがクリフエッジをわずかに超え、北傾斜ではかなり下回る。つまり、69km 鉛直だとクリフエッジを超えて再稼働できなくなるが、69km 北傾斜だとクリフエッジをかなり

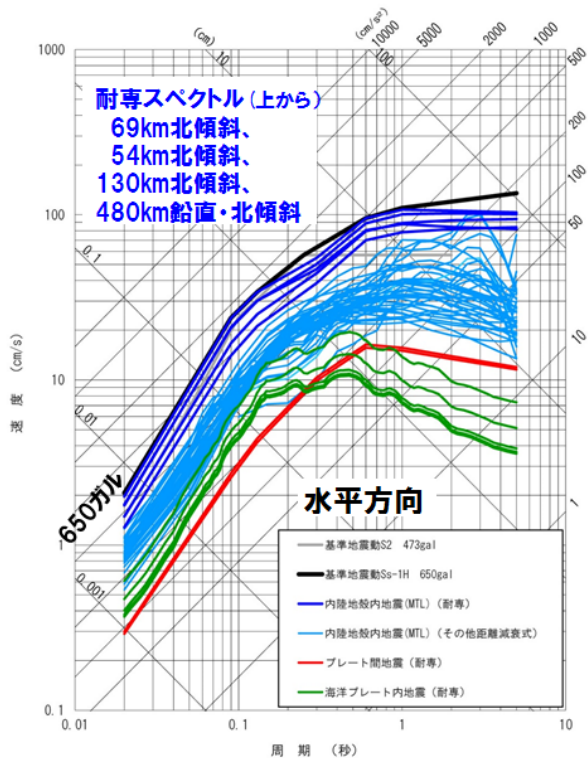


図 13: 伊方 3 号における敷地前面海域断層群（中央構造線断層帯）の耐専スペクトルと基準地震動 Ss-1H(水平方向)[59]

下回るので、債務者は「保守的に」適用しても良いと判断したのではないか。54km 鉛直モデル (M7.7,  $X_{eq} = 14.3\text{km}$ ) の耐専スペクトルは 750 ガル程度になるが、これもクリフエッジに近いから、適用外にされている。その結果、基準地震動 Ss-1H は図 13 のように、650 ガルに留まった。これは極めて恣意的だ。伊方 3 号の直前に再稼働が認められた高浜 3-4 号では、断層長さ 63.4km の「FO-A～FO-B～熊川断層」(M7.8,  $X_{eq} = 18.6\text{km}$ ) に対して耐専スペクトルが適用され、これが 550 ガルの旧 Ss-1H を超えたため、Ss-1H が 700 ガルへ引上げられた。しかし、480km の中央構造線断層帯をすぐ目の前に有する伊方 3 号の Ss-1H(650 ガル) はこれより小さい。余りにも常識外れではないか。

#### 4.2 断層モデルによる地震動評価

伊方 3 号の基本震源モデルは、「図 14 の 480km」, 「図 14⑥～⑧の 130km」, 「図 14⑥の 54km」という 3 種類の敷地前面海域断層群（中央構造線断層帯）が設定され、壇ら (2011) の手法 [3] が 3 種類の基本モデルに一貫して採用され、480km と 130km には Fujii-Matsu'ura(2000) の手法 [5], 54km には入

倉・三宅 (2001) の手法 [24] も併用された。

これらの全断層モデルによる地震動評価結果のすべてを重ね書きしたものが図 15 である。驚くべきことに、その結果は、69km 鉛直の耐専スペクトル（内陸補正なし）と比べて 1/2 程度にすぎない。この断層モデルには、応力降下量など震源特性を 1.5 倍にした結果も含まれており、条件としては同等である。なのに、なぜ、このようになるのか。表 2 に示すとおり、債務者による断層モデルの震源パラメータ設定が過小ではないのか？それが運転差止仮処分における争点の一つであった。

54km モデルにはその問題点が集中的に現われていた。というのは、この 54km モデルの解析には壇ら (2011) の手法と推本のレシピ (ア) の入倉・三宅 (2001) の手法が用いられており、地震モーメントとアスペリティ平均応力降下量の値は、表 2 から、入倉・三宅 (2001) の手法では ( $2.74 \times 10^{19}\text{N}\cdot\text{m}$ , 14.4MPa) となるのに対し、壇ら (2011) の手法では ( $5.84 \times 10^{19}\text{N}\cdot\text{m}$ , 12.2MPa) となる一方、推本のレシピ (イ) によれば ( $5.36 \times 10^{19}\text{N}\cdot\text{m}$ , 22.5MPa) となり、いずれも過小評価だと言えたからである。

レシピ (ア) の入倉・三宅 (2001) の手法ではレシピ (イ) の松田式や武村式 (実は、壇ら (2011) が用いた長大でない断層による地震のデータは武村式のデータに近い) と比べて地震規模が過小評価されるという問題点があり、前原子力規制委員長代理の島崎邦彦氏が指摘して原子力規制委員会が大きく動揺したのは記憶に新しい。

この点について、広島地裁決定は、「入倉・三宅 (2001) によると地震モーメントこそ壇ほか (2011) よりも小さいけれども、最終的な地震動評価としては保守性が確保されていると考える余地がある」とし、島崎氏が「退任に至るまで問題提起しなかった」ことから、「入倉・三宅 (2001) そのものには上記のとおりの問題点が指摘できることを考慮したとしても、債務者が 54km ケースの鉛直モデルについて入倉・三宅 (2001) を適用したことが合理性を欠くものとはいえない」と結論づけた上で、「この点について確信を得ようとするならば、…島崎元委員長代理はもとより、地震本部において改訂レシピの再改訂作業に携わる地震学者や担当者、本件申請の審査に当たった原子力規制委員会の他

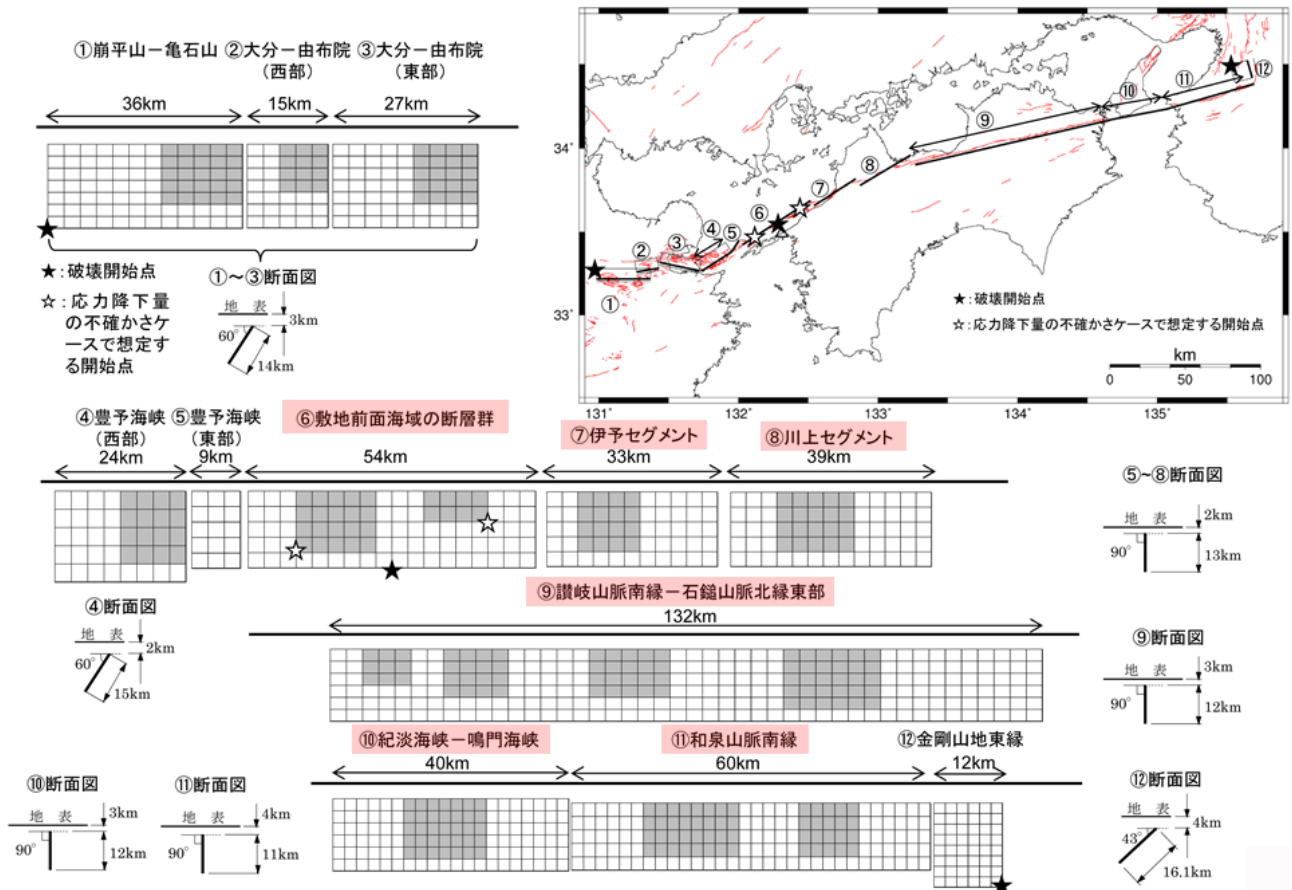


図 14: 伊方 3 号における敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）480km 基本震源モデル [59]

の委員や担当者等に対する証人尋問による慎重な吟味を待つほかない。しかし、それは、本件のような保全手続にはそもそもなじまない」(pp.258-259[21])と最終判断を先送りしたのである。

地震モーメントだけではなく、債務者は、入倉・三宅(2001)の手法を 54km モデルに適用する際、「長大な断層」に用いられるべき Fujii-Matsu'ura の応力降下量(断層平均 3.1MPa, アスペリティ平均 14.4MPa)をそのまま採用していた。これは、2016 年 6 月に改訂された推本のレシピ [35] で「長大な断層に適用すべき」とされていたことに反する。もっとも、このレシピは半年後に再改訂され [36], 長大でない断層にも使えるとの表記に変えられたが、そのことによって、今度は推本自身が混乱した形になり、国内で実際に起きている M7 クラスの地震ではアスペリティ平均応力降下量が 20~30MPa だ(巻末注 2 参照)という現実と反するという矛盾を抱えることになった。

この点についても、広島地裁決定は、長大な断層が断層幅だけでなくすべり量も飽和する断層

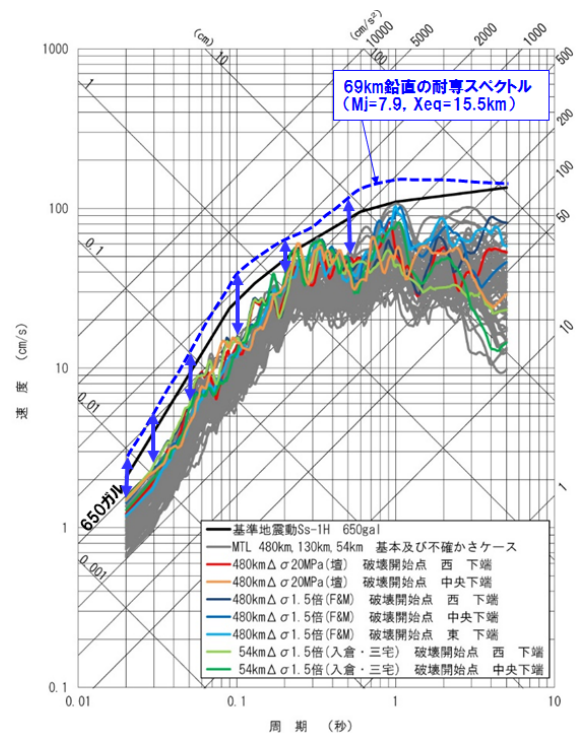


図 15: 伊方 3 号における敷地前面海域断層群（中央構造線断層帯）の断層デルによる地震動評価結果(EW 方向: 全ケース重ね書き)と 69km 鉛直耐専スペクトルの比較

表 2: 伊方 3 号における敷地前面海域断層群 54km 基本ケース (鉛直) の震源パラメータ \*1[59]

	地震モーメント $M_o$ [Nm] (比)	短周期レベル $A$ [Nm/s <sup>2</sup> ]	応力降下量 ( $\Delta\sigma, \Delta\sigma_a, 1.5\Delta\sigma_a$ or 20MPa)	$S_a/S$ ( $=\Delta\sigma/\Delta\sigma_a$ )
壇ら (2011) の手法に基づく (四国電力) *2				
480km モデル	$6.08 \times 10^{19}$ (2.22)	$1.56 \times 10^{19}$	(3.4MPa, 12.2MPa, 20MPa)	0.279
130km モデル	$6.20 \times 10^{19}$ (2.26)			
54km モデル	$5.84 \times 10^{19}$ (2.13)			
断層幅 12km で壇ら (2011) の回帰線にあわせたモデル (引用者が算出) *2				
480km モデル	$7.69 \times 10^{19}$ (2.81)	$2.49 \times 10^{19}$	(4.3MPa, 19.5MPa, 29.3MPa)	0.22
130km モデル	$7.85 \times 10^{19}$ (2.86)			
54km モデル	$7.38 \times 10^{19}$ (2.69)			
Fujii-Matsu'ura(2000) の手法に基づく (四国電力:ただし, 54km モデルは引用者が算出) *3				
480km モデル	$1.35 \times 10^{20}$ (4.93)	$1.65 \times 10^{19}$	(3.1MPa, 14.4MPa, 21.6MPa)	0.215
130km モデル	$9.92 \times 10^{19}$ (3.62)			
54km モデル	$6.69 \times 10^{19}$ (2.44)			
入倉・三宅 (2001)+Fujii-Matsu'ura の手法に基づく (四国電力) *4				
54km モデル	$2.74 \times 10^{19}$ (1.00)	$1.65 \times 10^{19}$	(3.1MPa, 14.4MPa, 21.6MPa)	0.215
入倉・三宅 (2001)+断層モデルのレシピから引用者が算出 (上段: A 法, 下段: $S_a/S = 0.22$ 法) *5				
54km モデル	$2.74 \times 10^{19}$ (1.00)	$1.60 \times 10^{19}$	(3.6MPa, 13.4MPa, 20.1MPa)	0.267
	$2.74 \times 10^{19}$ (1.00)	$1.60 \times 10^{19}$	(3.6MPa, 16.3MPa, 24.5MPa)	0.22
松田式で地震規模を求め断層面積を広げる修正レシピから引用者が算出 ( $S_a/S = 0.22$ 法) *6				
54km モデル	$5.36 \times 10^{19}$ (1.96)	$2.00 \times 10^{19}$	(5.0MPa, 22.5MPa, 33.7MPa)	0.22

\*1: 敷地前面海域断層群 54km 基本ケースの震源断層は, 傾斜角 90 度 (鉛直) の右横ずれ断層で, 上端深さ 2km, 断層長さ  $L = 54.0\text{km}$ , 断層幅  $W = 13.0\text{km}$ , 断層面積  $S = 702.0\text{km}^2$ , 剛性率  $\mu = 3.31 \times 10^{10}\text{N/m}^2$ , S 波速度  $\beta = 3.5\text{km/s}$ , 密度  $\rho = 2.7\text{g/cm}^3$ , 破壊伝播速度  $V_r = 2.5\text{km/s}$  である. 480km と 130km のモデルにおいては, カスケード方式 (断層面積に比例して地震モーメントを配分) で, 全体の一部をなすものとして 54km 断層群の震源パラメータが算出されている.

\*2: 壇ら (2011)[3] は, Irie et al.(2010)[22] の動力学的断層破壊シミュレーション結果から導かれた関係式  $\Delta\sigma = M_o(0.5 + 2\exp(-L/W_{\max}))/(\Delta\sigma_{\max})$  を国内 9 地震, 海外 13 地震のデータに当てはめて平均動的応力降下量を求め, その幾何平均として  $\Delta\sigma = 3.4\text{MPa}$  を導いている. その際, 断層面積  $S$  と断層長さ  $L$  は各地震データの値を用いているが, 断層幅は  $W = S/L$  ではなく, すべて  $W_{\max} = 15\text{km}$  としている. つまり,  $\Delta\sigma = 3.4\text{MPa}$  と  $W_{\max} = 15\text{km}$  はペアになっている. 壇らの回帰式を用いて地震モーメント  $M_o$  の平均像を求めるのであれば,  $W_{\max} = 15\text{km}$  とすべきところ, 四国電力は全体の断層帯の平均断層幅 (480km モデルで 12.7km, 130km モデルと 54km モデルで 13.0km) を用いている. その結果, 壇らの回帰線からずれる結果になっている. こうして得た全体の地震モーメントを断層面積に比例して配分している. たとえば, 480km モデルでは, 全体の断層面積が  $6124.2\text{km}^2$ , 地震モーメントが  $5.30 \times 10^{20}\text{Nm}$  になるため, 54km モデルの地震モーメントは  $M_o = 5.30 \times 10^{20} \times (702.0/6124.2) = 6.08 \times 10^{19}\text{Nm}$  となっている. 壇らの用いた国内 9 地震の平均断層幅は 12.0km なので,  $W_{\max} = 12.0\text{km}$  として, 壇らの回帰線に合うように調整すると  $\Delta\sigma = 4.3\text{MPa}$  になり, 「壇ら (2011) の回帰線にあわせたモデル」のように, 地震モーメントは壇らの回帰線上に載り, 短周期レベルや応力降下量も大きくなる (アスペリティ面積比は 0.279 では大きすぎるため, 断層モデルのレシピに従い  $S_a/S = 0.22$  とした).

\*3: Fujii-Matsu'ura(2000) は, 2次元のトランスフォーム・プレート境界での準静的なテクトニックローディングによる有限長断層運動シミュレーションから経験式  $M_o = WL^2\Delta\sigma/(aL + b)$  を導き, これを国内外の地震データに回帰させて, 断層平均応力降下量を  $\Delta\sigma = 3.1\text{MPa}$  と求めている. ただし, リソスフェアの厚さは  $30\text{km}$ , 剛性率  $\mu = 4.0 \times 10^{10}\text{N/m}^2$ ,  $a = 1.4 \times 10^{-2}$ ,  $b = 1.0$ ,  $W = 15\text{km}$  としている. ここでも, 断層幅は 15km であり, 12~13km の震源断層に適用する際にはこの違いを考慮する必要がある. しかし, 四国電力にも原子力規制委員会にも, この違いを考慮した形跡は見られない. こうして得た全体の断層帯に対する地震モーメントを断層面積に応じて 54km モデルに比例配分している.

\*4: 四国電力は入倉・三宅の手法を用いる際, 短周期レベルや応力降下量を通常のレシピに従って求めるのではなく, レシピでは 100km 以上の「長大な断層」に適用すべきとされている Fujii-Matsu'ura の手法を用いている.

\*5: 通常の断層モデルのレシピに従い, 入倉・三宅の手法で地震規模を求め, 短周期レベルや応力降下量についても通常のレシピに従って求めた. 上段の「A 法」とは短周期レベルからアスペリティ総面積を求める方法で, 下段の「 $S_a/S = 0.22$  法」とはアスペリティ総面積を断層面積の 22% に固定する方法である. A 法では, 断層面積が大きくなるほどアスペリティ面積の全断層面積との比  $S_a/S$  が大きくなり, 応力降下量が小さくなる. そのため, 地震調査研究推進本部のレシピでは, 長大な断層に関しては  $S_a/S = 0.22$  法を用いるように推奨し, 「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」としている. 壇らの  $S_a/S = 0.279$  は平均像からかなり離れ, 27% の上限も超えている.

\*6: 松田式  $\log_{10} L = 0.6M - 2.9$  で断層長さ  $L[\text{km}]$  から気象庁マグニチュードを求め, 換算式  $\log_{10} M_o[\text{Nm}] = 1.17M + 10.72$  で地震モーメントを求め, 修正レシピに従い, 断層長さを  $L = 54.0 + 5.0 = 59.0\text{km}$ , 断層幅を  $W = 13.0 + 2.0 = 15.0\text{km}$ , したがって, 断層面積を  $S = 885.0\text{km}^2$  として通常の断層モデルのレシピを用いた. この場合, A 法では  $S_a/S = 0.411$  と過大になるため,  $S_a/S = 0.22$  法の結果だけを示した. この場合の地震モーメントは壇らの 54km モデルや Fujii-Matsu'ura の 54km モデルにおける地震モーメントの値にほぼ等しい. こうなるのは, この規模の断層長さに対応する地震データには, 壇らも Fujii-Matsu'ura も国内地震データを用いて回帰式を導いているからであり, 入倉・三宅の手法による地震モーメントがこれらの半分程度に小さくなっているのは, 彼らの回帰式が北米中心の地震データに基づいているからである.

であるとの認識の下、「54km ケースをもってすべり量が飽和する領域にある断層であると評価することの合理性には疑問の余地がないではない」(p.244[21])としながら、「54km ケースにおける静的応力降下量として 3.1MPa を設定したことが直ちに合理性を欠くとまではいえない」(p.245[21])と一旦決めつけた。そうしながら、「静的応力降下量をめぐり債務者の設定が合理性を欠くものと評価される余地があるけれども、それには、レシピの改訂に携わった地震本部の担当者、地震学者、審査に携わった原子力規制委員会の関係者等の証人尋問を経るなどして慎重に見極めるべき筋合いのものであって、その見極めは本件のような保全手続にはなじまない」(p.245[21])と先送りしたのである。「合理性を欠く余地がある」と認定したのであれば、運転差止の仮処分を出して、人格権が侵害される万が一の危険を回避し、本訴訟でじっくり見極めれば良い。そうしなかったのは司法の責任回避ではないか。

以下では、まず、島崎氏による問題提起の結果明らかになったことを概括し、原子力規制庁が「結論ありき」で情報操作を行い、原子力規制委員会がそれを見抜けず、調査審議能力に欠けることを具体的に明らかにした上で、島崎氏の問題提起は熊本地震で裏付けられ、推本による 2016 年 12 月のレシピ改訂 [36] で最終的に正しいと確認されたものであることを示す。

これを受けて、長大な断層に用いるべき Fujii-Matsu'ura の応力降下量の問題点を改めて指摘し、壇ら (2011) らの手法では応力降下量が過小に設定され、地震動を過小評価するものであること、したがって、壇ら (2011) らの手法を用いていることによって入倉・三宅 (2001) の手法による地震動過小評価を「最終的に保守性が確保されている」とは言えないことを指摘する。

#### 4.2.1 島崎邦彦氏による問題提起の顛末

前原子力規制委員長代理の島崎邦彦氏による問題提起の結果、明らかになったのは、入倉・三宅 (2001) の手法 (以下「入倉式」) によれば地震動が過小評価されるという事実に加えて、原子力規制委員会には地震動評価の専門知識を持った委員が

皆無であること、原子力規制庁による地震動過小計算を見抜く能力に欠けていることであった。原子力規制庁が「結論ありき」で情報操作を行い、原子力規制委員会がそれを見抜けず、追認するだけになっているという恐るべき実態、「世界最高水準の規制基準による適合性審査」の余りにもひどすぎる実態が赤裸々に暴露されたといえる。しかも、それは原子力規制委員会の本会議で白昼堂々と演じられた議論と決定そのものによってであった。広島地裁は、これらの事実を正確に認定した上で、調査審議の過程に過誤・欠落がなかったかを判断すべきであった。

まず、そのドタバタ劇の事実を整理しておこう。

**2014 年 9 月 18 日** 島崎邦彦氏が原子力規制委員を任期切れで退職

**2015 年 5 月 28 日** 島崎氏が日本地球惑星科学連合大会で入倉式による地震規模の過小評価を批判 (1 回目)

**2015 年 10 月 28 日** 島崎氏が日本地震学会で同様の批判 (2 回目)

**2015 年 11 月 28 日** 島崎氏が日本活断層学会で同様の批判 (3 回目)

**2016 年 4 月 14 日** 2016 年熊本地震の前震 M6.5 が発生、4 月 16 日に本震 7.3 が発生

**2016 年 5 月 25 日** 島崎氏が日本地球惑星科学連合大会で再び同様の批判 (4 回目)

**2016 年 6 月 10 日** 地震調査研究推進本部が断層モデルのレシピを改訂し、「長大な断層」を定義し、電力会社が行ってきた「長大な断層」でない断層での応力降下量の設定法に制約を付す

**2016 年 6 月 16 日** 田中俊一原子力規制委員長らが島崎邦彦氏と 1 回目の会見

**2016 年 6 月 20 日** 原子力規制委員会が本会議で「大飯原発について地震動評価を行う」ことを決定

**2016 年 6 月 23 日** 脱原発弁護団全国連絡会が 6 月改訂レシピに関する要請書を原子力規制委員会へ提出

**2016 年 7 月 13 日** 原子力規制委員会が本会議で「武村式による地震動計算結果は基準地震動の範囲内」であり、「大飯原発について基準地

震動見直しの必要はなく、これで結論が出たと決定

2016年7月14日 島崎氏が田中原子力規制委員長へ抗議の手紙を提出し、記者会見で批判

2016年7月19日 田中俊一原子力規制委員長らが島崎邦彦氏と2回目の会見

2016年7月20日 原子力規制委員会が本会議で、規制委員自身の無知を棚上げにして、原子力規制庁による説明不足をやり玉に挙げ、7月13日の「結論」を白紙へ戻し、入倉式や武村式以外の推本のレシピ（イ）や中央防災会議の方法も検討するよう原子力規制庁へ指示

2016年7月27日 原子力規制委員会の本会議で、新たな試算結果が示されることは一切なく、原子力規制庁による「改ざんレシピ」が数式とポンチ絵で説明されたが、委員からはその改ざんレシピそのものの妥当性や推本のレシピ（イ）の適用可能性に関する意見は出ず、7月13日の「結論」が再びそのまま了承された。

#### 島崎邦彦氏の問題提起

前原子力規制委員長代理の島崎邦彦氏が一連の学会 [62, 66, 63, 67] で行った「入倉式による地震規模の過小評価」の批判は次の通りであった。

垂直な横ずれ断層による M7 程度以上の地震を対象に、国内活断層に典型的な断層幅として  $W = 14\text{km}$  と設定した上で、断層長さ  $L[\text{m}]$  と地震モーメント  $M_o[\text{Nm}]$  の関係式を次のように整理し、各式の係数を比べて、「(4)と他との差異は顕著で、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。一方、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。」[62, 66, 63] と批判したのである。

$$(1) M_o = 4.37 \times 10^{10} \times L^2 \quad (\text{武村, 1998}) [73]$$

$$(2) M_o = 3.80 \times 10^{10} \times L^2$$

(Yamanaka & Shimazaki, 1990) [85]

$$(3) M_o = 3.35 \times 10^{10} \times L^{1.95} \quad (\text{地震調査委, 2006}) [49]$$

$$(4) M_o = 1.09 \times 10^{10} \times L^2 \quad (\text{入倉・三宅, 2001}) [24]$$

その具体例として、1891年濃尾地震、1927年北丹後地震、1930年北伊豆地震、2011年4月11日福島県浜通りの地震、1943年鳥取地震、1945年三河地震、1995年兵庫県南部地震を取り上げ、地震

表3: 国内活断層による地震の地震モーメントの観測値と計算値 [ $\times 10^{18}\text{Nm}$ ] [66, 63]

地震発生年	観測値	(1)	(2)	(3)	(4)
1891年	180	210	180	130	52
1930年	27	32	28	21	7.9
2011年(注)	11	17	14	11	5.5
1927年	46	48	41	19	12
1943年	36	39	34	18	9.8
1945年(注)	10	19	17	9	19
1995年	24	45	39	20	11

注: 2011年福島県浜通りの地震では傾斜角60度、1945年三河地震では傾斜角を30度とし、(4)式の係数を傾斜角に応じて変えた。[66, 63]

モーメントの観測値と(1)~(4)の関係式による計算値を表3のように比較し、「例は少ないが(4)を用いると地震モーメントが過小評価される傾向が明らかとなった」[62, 66, 63]と結論づけている。

その上で、「地震本部の強震動予測では、いわゆる改正レシピが使われており、(3)によって地震モーメントが予測され、(4)のもととなる入倉・三宅(2001)の式から断層面積が推定されている。昨年9月に発表された国土交通省の日本海における大規模地震に関する調査検討会の報告書では、日本海の『最大クラス』の地震による津波想定において、入倉・三宅(2001)の式により地震モーメントが推定されている。一方、原子力発電所の津波推定では(1)が使われている。」[62]と、原子力ムラでの地震動評価が地震調査研究推進本部等の評価と異なっていることを具体的に指摘している。

当の入倉孝次郎氏は自身のホームページで6月22日、コメントを発表し(6月24日に修正最終版[28]を掲載)、入倉式の妥当性を主張する一方、その限界を認めていた。すなわち、熊本地震の際に複数地点で観測された地震波形から地下の震源断層面上の不均質なすべり量を逆算(震源インバージョン)して求めた震源断層の広がり断層長さ40~56km、断層幅16~20kmとなり、「一定のばらつき(例えば1σ)の範囲で、スケールリング則(入倉式)に合致している」と主張する一方、国土地理院が地表での地殻変動量の分析から推定した均質な震源断層モデルは長さ約35km、幅約13km(一部6.6km)であり、産業技術総合研究所が地表調査で明らかにした地震断層(地震で現われた地表のずれ)の



長さは約34kmであったことから、「測地データから求めた均質な震源断層は過小評価となってしまう（つまり、入倉式に合わない）」という問題があります」と認めていたのである。

したがって、ここでの問題は、地震観測記録がなければ前者の不均質な震源断層の広がりはわからないということであり、地震が起きる前には活断層や変動地形などの測地データによって均質な震源断層を推定する以外にないということ、これを入倉式に適用すれば地震規模が過小算定されてしまうということである<sup>7</sup>。

### 瀬戸東大教授の熊本地震による検証

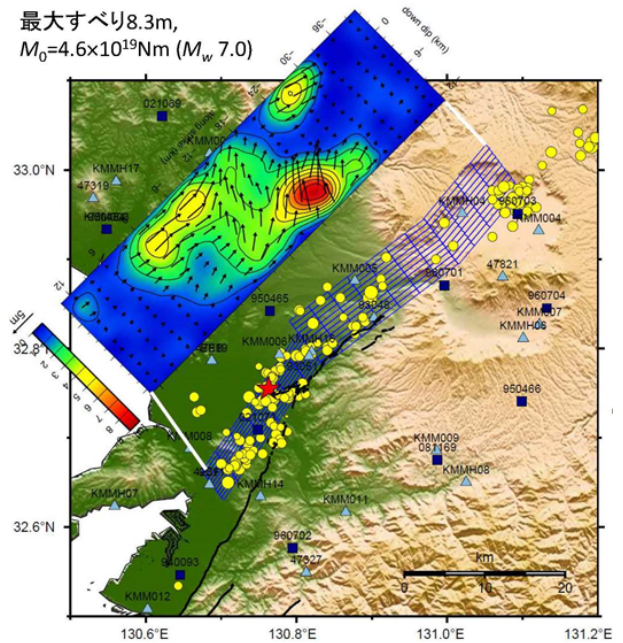
この点については、2016年10月5日の日本地震学会で、瀬戸一起東京大学地震研究所教授が2016年熊本地震の震源断層評価に基づき、正確に検証している [45]。

瀬戸氏は、小林・瀬戸・三宅 (2016) の研究 [46] に基づき、「熊本地震 ( $M_{JMA}$  7.3) に対して、まず長さ 54km, 幅 16.5km の初期断層モデルを設定し、そのすべりの分布を強震・遠地・測地データのジョイントインバージョンによって求め」、「Somerville *et al.* (1999) の方法でほとんどすべっていない部分をトリミングして実質的な震源断層モデルを求め」ている。その結果が表4の諸元である。ジョイントインバージョンによるすべり分布は図16(a) [46] のように得られ、これをトリミングした結果が図16(b) の下のイメージ図である。この実質的な震源断層の面積  $742.5\text{km}^2$  と地震モーメント  $4.6 \times 10^{19}\text{Nm}$  をレスピ (ア) の入倉式と比較すると、図17(A) のように「熊本地震の値をほぼ再現」している。「ほぼ再現」しているという意味は、断層面積

<sup>7</sup>入倉式と松田式など他の式との違いは対象とした地震データにおける断層幅の違いにある。若狭ネットニュース第161号の拙著 [53] の巻末注3で詳述したとおり、断層長さ地震モーメントの関係式では入倉式の元になった北米中心の地震データは松田式にもほぼフィットするが、国内地震データより断層幅が大きい。そのため、断層面積と地震モーメントの関係では国内地震データとの間に違いが生じている。この事実は入倉 [24] も論文で認めていることだが、Somerville *et al.* (1993) [71] が指摘したように日本国内と北米等とで断層パラメータに大きな違いがあるのか、その原因は不明のままであった。今回、入倉は測地データによる均質な震源断層と震源インバージョンによる滑り分布との違いで説明しようとしているが、それで説明し尽くせるのかどうかは疑問であり、これまでに蓄積された地震データについて、アスベリティ面積や応力降下量など震源パラメータ全体に関する今後一層の解明が必要である。

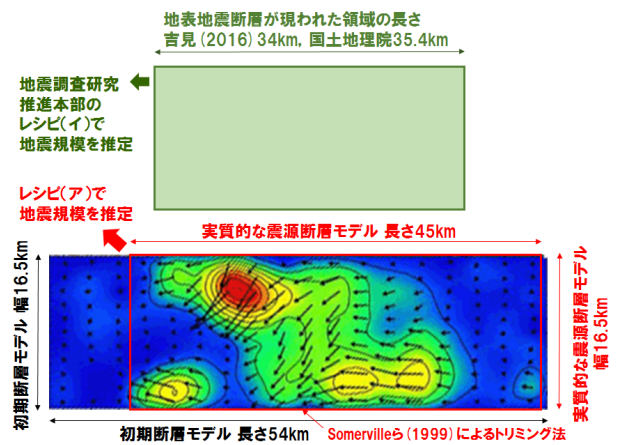
表4: 震源断層の諸元 [45]

長さ	幅	面積	下端深さ
45km	16.5km	742.5km <sup>2</sup>	15.95km
地震モーメント			
$4.6 \times 10^{19}\text{Nm}$			



最終すべり量とそのベクトルの分布。

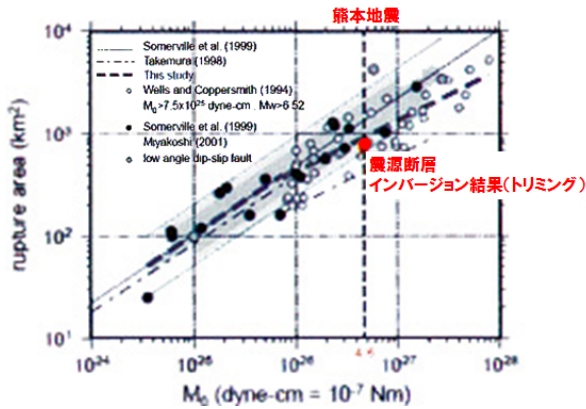
(a) 熊本地震の強震・遠地・測地データのジョイントインバージョンに基づくすべり量の分布 [46]



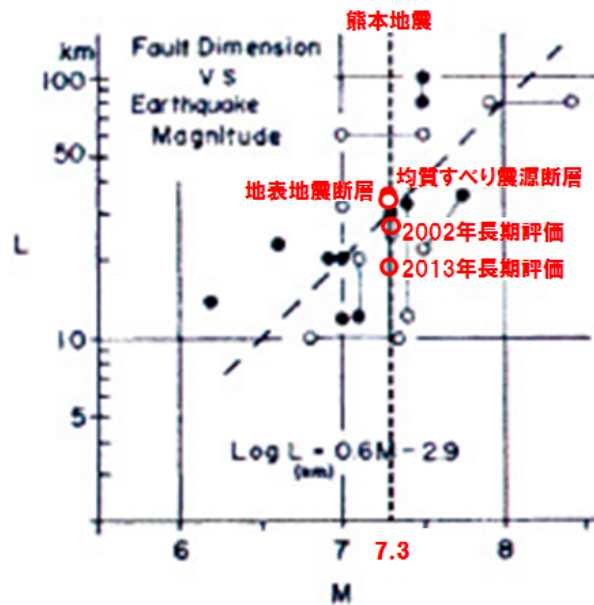
(b) 地表地震断層が現われた領域の長さ (上) とすべり量分布による実質的な震源断層のイメージ図 (下)

図16: 熊本地震のジョイントインバージョンに基づくすべり量の分布 [46] とそのトリミングによる実質的な震源断層のイメージ図 (引用者) および熊本地震の地表地震断層が現われた領域の長さ [45]

$742.5\text{km}^2$  から地震モーメントを入倉式で逆算すると  $3.07 \times 10^{19}\text{Nm}$  (0.67倍) になり、地震モーメント  $4.6 \times 10^{19}\text{Nm}$  から断層面積を入倉式で逆算すると



(A) 入倉・三宅式と熊本地震の比較



(B) 松田式と熊本地震の比較

図 17: 瀨瀬一起教授による (a) 熊本地震のジョイントインバージョンに基づく実質的な震源断層と入倉・三宅式の比較および (b) 地表地震断層が現われた領域の長さ等と松田式の比較 [45]

909.4km<sup>2</sup>(1.22 倍)になるが、実際の値が入倉式の平均像からこの程度ずれていてもばらつき(誤差)の範囲内だということである。つまり、地震後に判明したすべり量分布に基づく実質的な震源断層に対して入倉式を適用すると、平均像にほぼ整合する地震モーメントが得られる。これは、入倉氏自身が主張していたとおりである。ただし、ここでは平均像についての検証に留まっており、実際の値がこの程度に平均像からずれているということ、断層モデルによる地震動評価においては、他のパラメータのばらつきや偶然変動も重なって、地震学界において一般的に「倍半分」といわれる大きなばらつきが存在すること、このばらつきを原発

の基準地震動設定時に考慮しなければ過小設定になるということを改めて示唆していると言える。

さらに、瀨瀬氏は、吉見(2016)が「地表地震断層が現われた領域の長さを34kmと見積もつ」ていること、国土地理院(2016)が「単純な均質すべりの震源断層を求め、その合計長さを35.4kmとし」ていることから、図16(b)の上図のように、震源断層の長さを34kmおよび35.4kmとみなして、レシピ(イ)の松田式と比較している。その結果が図17(B)であり、これらの断層長さ(L)と地震規模(M)は松田式による平均像で「ほぼ再現」されている。ここでも、断層長さ34kmまたは35.4kmから気象庁マグニチュードを求めると、いずれもM7.4(M7.3より0.1大きい)、地震モーメントでは $2.39 \times 10^{19}$ Nmとなり、「実質的な震源断層面積742.5km<sup>2</sup>から入倉式で求めた $3.07 \times 10^{19}$ Nm」とほぼ整合する。また、気象庁マグニチュードM7.3から断層長さを逆算すると30.2km(34kmに対し0.89倍、35.4kmに対し0.85倍)になる。松田式においても平均像からのばらつきは少なくともこの程度に存在するといえる。

#### 推本の長期評価でも震源断層の推定は困難

ここで注目すべきは、瀨瀬氏が示した地震調査研究推進本部地震調査委員会による長期評価と実際に起きたM7.3の地震との関係である。このM7.3の地震について2002年長期評価では「布田川・日奈久断層帯北東部約27km, M7.2程度」[29]と評価しており、図17(B)のように、実際よりやや小さいがそれほど乖離はしていない。ただし、断層長さで27kmと地表地震断層が現われた領域の長さ34kmあるいは均質すべり震源断層の長さ35.4kmとの差(1.26倍あるいは1.31倍)は決して小さいとは言えず、実質的な震源断層の長さ45kmとの差(1.67倍)はかなり大きく、地震が起きる前の断層長さの特定がいかに難しいかを示唆している。しかし、新たな知見に基づいて改定された2013年長期評価では「布田川断層帯布田川区間約19km, M7.0程度」[34]と逆に一層小さく評価されており、図17(B)で明らかなように、乖離が大きすぎる。知見が増えたために却って過小評価が強まるという

皮肉な結果になってしまったのである。

広島地裁決定は、「原子力規制委員会は、大飯発電所の地震動評価に対する審査に当たり、入倉・三宅(2001)が他の関係式に比べて同じ断層長さに対する地震モーメントを小さく算出する可能性を有していることにも留意して、断層の長さや幅等に係る保守性の考慮が適切になされているかという観点で確認していたことが一応認められるところ、本件申請に対する審査についても、同様の姿勢で臨んでいたものと推認することができる。」(p.257[21])というが、それは「均質な震源断層」の評価を保守的に行っているということであって、実際に地震が起きた後で地下のずれ量の広がりから確認される「不均質な震源断層」を事前に評価することはできない。熊本地震では、「不均質な震源断層」は「均質な震源断層」の2倍近くあり、いかに保守的であっても、これほど大きな広がりを実前に、科学的・合理的に予測することは不可能である。それは、推本が重力異常図による最新の知見を用いて行った熊本地震の震源断層の推定が過小評価であったという事実を見ても明白である。

#### 地下のすべり量分布は事前には分からない

地震が起きる前に分かるのは、地下でのすべり量の分布ではなく、地表に現われた地震断層とそれが複数回の地震活動で累積された活断層の長さである。これを基に変動地形学や重力異常調査など詳細な調査で明らかにできるのは図16(b)上図にある均質な震源断層であり、地震後に判明する図16(b)下図のすべり量分布とそれに基づく実質的な震源断層を地震が起きる前に正確に求めるのは極めて困難である。M7以上の地震をもたらすと考えられている主要な97の国内活断層のうち図16(b)の上図と下図の関係が判明したのは今回の熊本地震が初めてである。このような国内地震データが統計的に意味のある数だけ収集されなければ、図16(b)の上図と下図を結びつける意味のある関係式、すなわち、測地データに基づく詳細な調査で推定される均質な震源断層から地震によるすべり量の大きな領域＝不均質な震源断層を推定するための関係式を導くことはできない。それには、今後数十年ないし数百年が必要であろうし、

内陸地殻内地震の平均活動間隔が千年ないし万年単位であることを考えると、それでも不可能かも知れない。

#### 地震発生層、傾斜角、断層幅の推定は困難

断層幅については、傾斜角と地震発生層の厚さを特定しなければならないが、これも難しい。M7.3の熊本地震の震源断層は推本の2002年長期評価で「地下深部の傾斜は不明」、「地震発生層の深さの下限は断層帯全体にわたって概ね15km程度」[29]とされていた。2013年長期評価では、重力異常などから「高角(地表付近)、北西傾斜(地下)」、「布田川断層帯付近の地震発生層の深さの下限は、布田川区間において10~13km程度。断層面の傾斜は不明であるが、傾斜角を50~70度程度と仮定した場合、断層面の幅は布田川区間において11~17km程度」[34]と少し踏み込んでいた。実際には北西側へ傾斜(国土地理院は北東端では南東傾斜と評価)しており、傾斜角は60~80度程度(断層の場所によって異なる)と推定されているが、傾斜方向や傾斜角は研究機関によって異なり、地震が実際に起きた後でも傾斜角の特定は難しいといえる。瀧本氏は、「震源断層の幅は活断層調査で得ることは難しく、『大地震の震源断層は小地震による地震発生層内に収まる』という仮定に基づいて決められる。熊本地震付近の地震発生層は下限15km程度とされているが、実際の震源断層の下端は約16kmであった。震源断層の幅を地震発生層の下限で打ち切ると面積は過小評価されてしまう。」[45]と指摘している。

#### 地震が起こる前にはレシピ(イ)を使うべき

実際のところ、熊本地震が起こる前に、断層長さを34km(地表地震断層の現われた領域の長さが事前に分かっていると仮定)、断層幅を15km(断層上端深さ2km、地震発生層下端15km、傾斜角60度と仮定)とした場合、推本のレシピ(イ)の松田式ではM7.4で実際のM7.3にほぼ等しいが、レシピ(ア)の入倉式では $1.45 \times 10^{19} \text{Nm}$ となり、実際の $4.6 \times 10^{19} \text{Nm}$ の0.32倍となり、1/3以下へ小さく評価されてしまうのである。

したがって、瀨瀨氏は、推本のレシピ（ア）とレシピ（イ）のいずれにおいても『手法』で用いられている回帰式に誤りはなかった」とする一方、「詳細な活断層調査を行っても震源断層の幅（引用者注：文脈からは「震源断層の長さ」とすべき）の推定は困難であるので、活断層の地震動予測には『手法』（イ）の方法を用いるべきであることを確認した」と結論づけている。これは論理的に首尾一貫しており、島崎氏の問題提起を2016年熊本地震という争う余地のない厳然たる事実で裏付けたものとして極めて重要な結論だと言える。

広島地裁決定は、「瀨瀨教授も入倉・三宅(2001)が熊本地震の値をほぼ再現でき、回帰式として誤りがないことを認めている」(p.254[21])と言及しながら、肝心の上記結論を完全に無視した。これほど「債務者に都合よく偏った証拠解釈」が司法には許されるのか<sup>8</sup>。

## 2016年6月改訂レシピ

島崎氏の問題提起は、原子力規制委員会に重い腰を上げさせる一歩となったが、これが大飯原発などで地震動再評価につながるためには、もう一つの要因に依存していた。それが地震調査研究推進本部が2016年6月10日に改訂した断層モデルのレシピ[35]である。

断層モデルによる地震動評価結果を左右するのは、「応力降下量」と「短周期レベル」である（巻末注1参照）。地震モーメントが大きくなっても、それが正当にこれらの値を引き上げることにつながらなければ、地震動評価結果は変わらない。大飯

<sup>8</sup>大阪高裁決定[79]は、「基準地震動を策定するには、震源断層の詳細な情報が得られることから、その情報を、より直接的に地震動評価に反映できる『(ア)の方法』を用いて地震動評価を行う方が合理的である」(p.178)としている。しかし、「詳細な調査」で得られる震源断層は「均質な震源断層」にはかならず、「レシピ(イ)」を使うほかない。熊本地震の経験から「不均質な震源断層」は「均質な震源断層」の2倍にもなり、地震が起こらない限り正確には推定できない。ところが、大阪高裁決定は、「均質な震源断層」は断層の長さだけであるかのように一面化し、断層の長さ、幅、傾斜角等を測地データや重力異常図等から「保守的に」設定して得られる今の震源断層が「不均質な震源断層」そのものであるかのように錯覚している。このような詳細な調査から得られる震源断層は「均質な震源断層」にすぎないのであり、それをあたかも「不均質な震源断層」であるかのように見なすのは間違っており、失当である。

原発の場合、基準地震動を決定しているのは、断層長さ63.5kmの「FO-A～FO-B～熊川断層」であり、入倉式によるレシピ（ア）によっても「断層平均応力降下量 $\Delta\sigma = 4.2\text{MPa}$ 、アスペリティ平均応力降下量 $\Delta\sigma_a = 19.0\text{MPa}$ 」となるべきところ、関西電力は長大な断層に適用されるFujii-Matsu'ura[5]の応力降下量「 $\Delta\sigma = 3.1\text{MPa}$ 、 $\Delta\sigma_a = 14.1\text{MPa}$ 」を採用していた。仮に、入倉式ではなく松田式（島崎氏の提示した(3)の式)によるレシピ（イ）を適用すると、地震モーメントは約1.4倍、短周期レベルは約1.1倍になり、応力降下量も「 $\Delta\sigma = 5.8\text{MPa}$ 、 $\Delta\sigma_a = 26.5\text{MPa}$ 」（1.9倍：断層面積を変えない場合）または「 $\Delta\sigma = 4.5\text{MPa}$ 、 $\Delta\sigma_a = 20.6\text{MPa}$ 」（1.5倍：修正レシピで断層面積を変えた場合）と大きくなるが、これまで通りにFujii-Matsu'uraの応力降下量を採用すると、地震規模によらず応力降下量は全く同じ値に設定される。したがって、地震動評価結果はほとんど変わらない。

ところが、6月改訂レシピでは、「長大な断層」の定義を明確にし、断層面積が $1,800\text{km}^2$ 以上の長大な断層でなければFujii-Matsu'uraの応力降下量を採用してはならないと明記した。この基準によれば、「FO-A～FO-B～熊川断層」の断層幅は15kmなので、120km以上でなければ「長大な断層」とは見なせず、Fujii-Matsu'uraの応力降下量を採用してはならないことになる。つまり、結果として、「FO-A～FO-B～熊川断層」の場合、応力降下量を1.5倍ないし1.9倍に大きく引上げざるを得なくなった。断層モデルの地震動解析では、短周期レベル増大の効果も加わる（修正レシピで断層面積を拡張した場合にはアスペリティ面積増大の効果も加わる）が、応力降下量にほぼ比例して地震動が大きくなるため、地震動評価結果は1.5倍強ないし1.9倍になる。つまり、大飯原発では基準地震動の大幅な見直しが避けられない。

当初はこの重大さに気付いていなかった原子力規制庁は、6月23日提出の脱原発弁護団全国連絡会からの要請書[4]で具体的に指摘されたため、6月改訂レシピに従い、Fujii-Matsu'uraの応力降下量を使えない状態に陥った。そこで、原子力規制庁は、入倉式を武村式に置換えて地震動評価を行う際、断層モデルのレシピを改ざんしたのである。

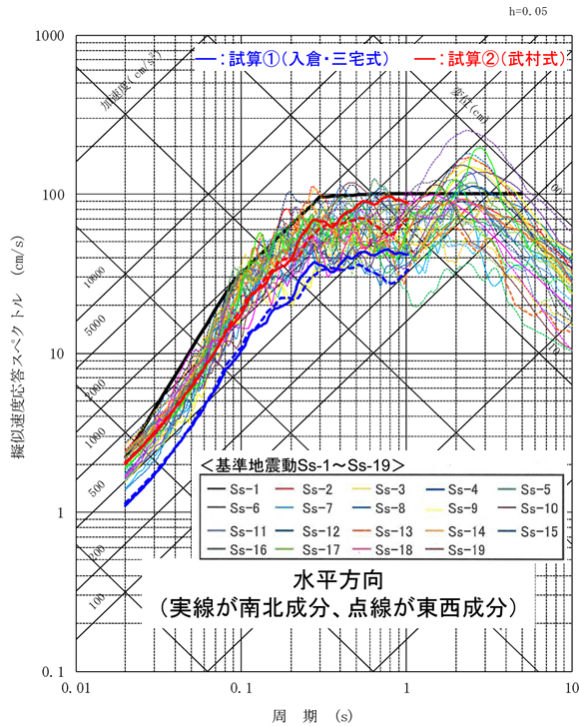


図 18: 大飯 3-4 号における「FO-A~FO-B~熊川断層」の基準地震動と原子力規制庁による入倉式を武村式に置換えた地震動試算（基本ケース：破壊開始点 3） [14]

### 基本ケースの地震動は関西電力の 6 割

島崎氏の問題提起を受けて、原子力規制庁が入倉式を武村式に置換えて地震動評価を行った結果は 7 月 13 日の原子力規制委員会本会議に示された [14]。それが、図 18 である。規制庁によれば、この図の一番下の青線が、「関西電力と同じ条件で入倉式を用いた」場合の地震動評価結果であり、その少し上の赤線が「入倉式を武村式に置換えて求めた」地震動評価結果である。後者は前者の約 1.8 倍になっているが、関西電力の基準地震動を明らかに下回っている。「規制庁の計算はおかしい」と気付くことなく、この図をそのまま受け入れた原子力規制委員会は、「武村式による地震動計算結果は基準地震動の範囲内に入っている」との評価を下し、「大飯原発について基準地震動見直しの必要はなく、これで結論が出た」とした。

ところが、関西電力による地震動評価では「基本ケースの 1.5 倍程度」が最大 856 ガルの基準地震動になるはずだが、規制庁の試算では「基本ケースの約 1.8 倍」なのに最大 856 ガルの基準地震動よりかなり小さい。審査内容に熟知していれば、この矛盾にすぐ気付くはずだが、規制委員の

誰も気付かず、質問も出されなかった。

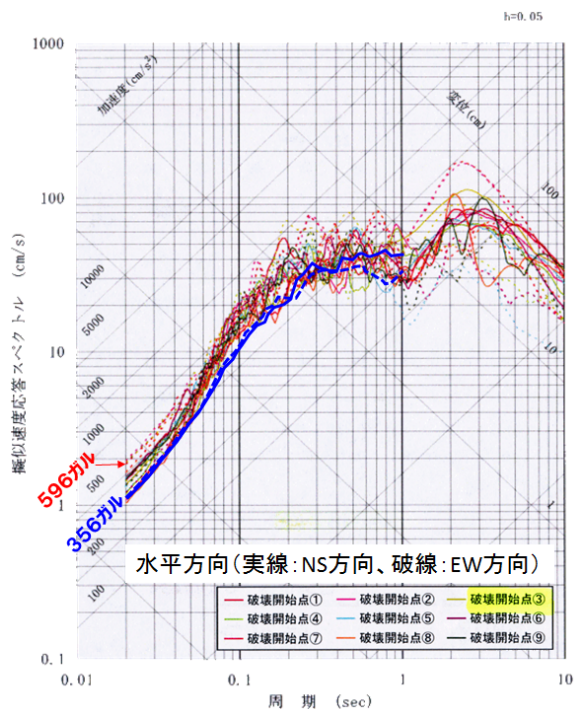
実際、関西電力による基本ケースの破壊開始点を変えた全ケースの地震動評価結果は図 19(a) の通りであり、破壊開始点 3 だけを取り出した同図 (b) では一層顕著な差が見られる。関西電力の 596 ガルの基本ケースの地震動が、規制庁ではその 1.67 分の 1 (0.60 倍) の 356 ガルへ引き下げられている。つまり、関西電力と同じ条件で計算すれば図 18 の青線と赤線はいずれも 1.67 倍に引上げられるのであり、赤線の地震動は 1,080 ガルにもなって基本ケースで関西電力の 856 ガルの基準地震動をはるかに超えてしまう。さらに、「応力降下量 1.5 倍化」などの不確実さを考慮すれば、856 ガルの 1.8 倍で 1,550 ガルにもなり、大飯 3-4 号の 1,260 ガルのクリフエッジをもはるかに超えることになる。

これに気付いた島崎氏は翌日、田中委員長宛の手紙でこれを暴露し、抗議した [68]。あわてた原子力規制委員会は 7 月 19 日、島崎氏と 2 度目の会見をもち [75]、7 月 20 日の本会議では、自らの無知を棚に上げて、規制庁による説明不足をやり玉に挙げ、13 日の「結論」を白紙へ戻した [15]。

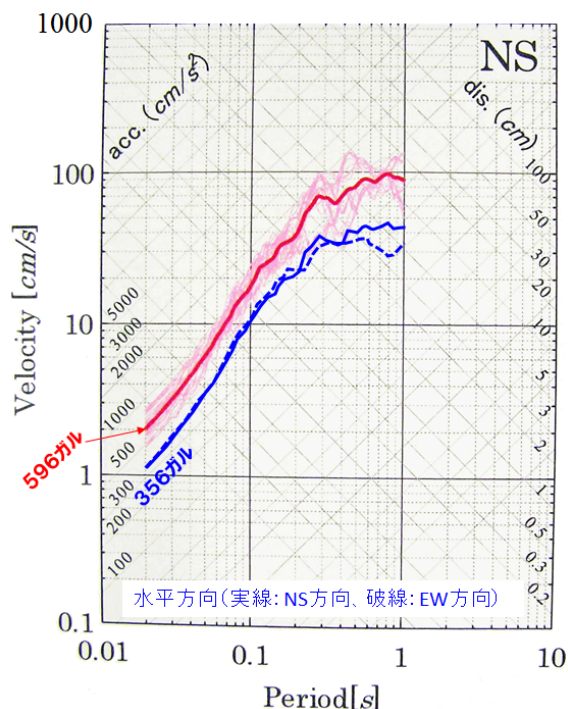
規制庁によれば、関西電力では横ずれ断層に合わせて放射特性に偏りを持たせているが、規制庁では等方的放射特性にしており、波形合成のプロセスも異なるという。また、図 19(b) のように、関西電力では位相乱数と破壊伝播速度に  $\pm 5\%$  の揺らぎを持たせた 50 通りの要素地震波を生成して地震動評価を行い、その平均スペクトルに最も近い代表波を採用しているが、規制庁では 25 通りのスペクトルの平均スペクトルを示しているという。

しかし、原子力規制庁には 2014 年 3 月 1 日に原子力安全基盤機構が統合されており、原子力安全基盤機構の職員は断層モデルによる横ずれ断層の地震動評価も十分経験しており、国内地震観測記録と整合するように断層モデルのパラメータを調整する能力も有している。にもかかわらず、放射特性に偏りを持たせるという基本的な手法を採用せず、等方的放射特性にしたというのは意図的であり、地震動を小さく算定するために「情報操作」を行ったと言う以外にない。

7 月 20 日の本会議では「結論」が白紙に戻さ



(a) 関西電力による基本ケースの破壊開始点を変えた全地震動評価結果との比較



(b) 関西電力による基本ケース（破壊開始点3）の要素地震を50通りに変えた中央値との比較

図 19: 原子力規制庁による入倉式を武村式に置換えた地震動試算 [14] と関西電力による地震動評価結果 [40] の比較（基本ケース：破壊開始点3） (b) の原図は原子力規制庁広報部がマスコミに提供したもの

ただだけでなく、入倉式や武村式以外の地震調査研究推進本部の修正レシピや中央防災会議の方法についても検討することになったはずだが、7月27日の本会議では、新たな試算は一切追加されず、規制庁による「レシピの改ざん」が数式とポンチ絵で説明されたにもかかわらず、改ざんレシピの妥当性や推本のレシピ（イ）の適用可能性に関する意見が出ることもなく、7月13日の「結論」がそのまま了承された。

#### 原子力規制庁によるレシピの改ざん

では、原子力規制庁はどのようにレシピを改ざんしたのか？それをまとめたものが、表5である。規制庁は入倉式と武村式についてしか計算結果を示していないので、比較のため山中・島崎式と松田式についても独自に計算して示しておいた。

表5より、地震モーメントは武村式で入倉式の3.49倍、山中・島崎式で3.04倍、松田式で1.39倍になり、短周期レベルは武村式で入倉式の1.52倍、山中・島崎式で1.45倍、松田式で1.12倍になる。ここで、規制庁はアスペリティ面積を短周期レベルから求め、武村式の場合に

はアスペリティ面積が断層面積の1.94倍になり異常だと強調する。しかし、表5に示すとおり、入倉式でも36.6%であり、推本のレシピで示された平均像22%と比べれば、これも異常に大きい。そのため、このままアスペリティ平均応力降下量を求めると、武村式ではアスペリティ平均応力降下量が7.5MPaとなって断層平均の14.6MPaの半分程度になってしまう。入倉式でもアスペリティ平均応力降下量は11.4MPaと小さくなりすぎる。つまり、大飯3・4号の「FO-A～FO-B～熊川断層」では、武村式だけでなく、入倉式を含めてすべての式でアスペリティ面積が過大になり、異常だと言えるのである。推本のレシピでは、地震規模が大きくなるとこうなることを予想していて、アスペリティ面積が過大になる場合には  $S_a/S = 0.22$  とするように指示している。つまり、表5の下段へ移り、 $S_a/S = 0.22$  としてアスペリティ平均応力降下量を求めるのだ。すると、アスペリティ平均応力降下量は、武村式で66.3MPa、山中・島崎式でも57.7MPaになり、異常に大きい。プレート間地震であれば70MPaでも平均像として普通だが、最近発生したM7

表 5: 大飯 3・4 号の「FO-A~FO-B~熊川断層」に関するレシピに基づく断層モデルのパラメータ

	地震モーメント $M_o$	短周期レベル $A$	アスペリティ面積 $S_a$	応力降下量 *1
入倉式	$5.03 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}$ (100)	$1.96 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ (100)	$348.34 \text{km}^2$ ( $S_a/S = 0.366$ )	$\Delta\sigma = 4.2 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 11.4 \text{MPa}$
武村式	$1.75 \times 10^{20} \text{N}\cdot\text{m}$ (349)	$2.97 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ (152)	$1,842.49 \text{km}^2$ ( $S_a/S = 1.94$ )	$\Delta\sigma = 14.6 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 7.5 \text{MPa}$
山中・島崎式	$1.53 \times 10^{20} \text{N}\cdot\text{m}$ (304)	$2.83 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ (145)	$1,532.52 \text{km}^2$ ( $S_a/S = 1.61$ )	$\Delta\sigma = 12.7 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 7.9 \text{MPa}$
松田式	$7.01 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}$ (139)	$2.19 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ (112)	$542.63 \text{km}^2$ ( $S_a/S = 0.571$ )	$\Delta\sigma = 5.8 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 10.2 \text{MPa}$
	アスペリティ面積 $S_a$	応力降下量 *2	Fujii-Matsu'ura	原子力規制庁 *3
入倉式	$209.22 \text{km}^2$ ( $S_a/S = 0.22$ )	$\Delta\sigma = 4.2 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 19.0 \text{MPa}$	$\Delta\sigma = 3.1 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 14.1 \text{MPa}$  (6月10日改訂レシピで採用不可) *4	$\Delta\sigma = 3.1 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 14.7 \text{MPa}$
武村式		$\Delta\sigma = 14.6 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 66.3 \text{MPa}$		$\Delta\sigma = 10.8 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 22.3 \text{MPa}$
山中・島崎式		$\Delta\sigma = 12.7 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 57.7 \text{MPa}$		$\Delta\sigma = 9.4 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 21.3 \text{MPa}$
松田式		$\Delta\sigma = 5.8 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 26.5 \text{MPa}$		$\Delta\sigma = 4.3 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 16.4 \text{MPa}$
松田式 (修正レシピ)	$S = 1122.96 \text{km}^2$ $S_a = 247.05 \text{km}^2$	$\Delta\sigma = 4.5 \text{MPa}$ $\Delta\sigma_a = 20.6 \text{MPa}$	— —	— —

\*1: 推本による断層モデルのレシピでは、断層平均応力降下量  $\Delta\sigma$  を  $\Delta\sigma = (7/16)M_o(\pi/S)^{3/2}$  で求め、アスペリティ面積  $S_a$  を  $r = 4\pi M_o \beta^2 / (4AR)$ ,  $S_a = \pi r^2$ ,  $S = \pi R^2$  で求め、 $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma S / S_a$  からアスペリティ平均応力降下量  $\Delta\sigma_a$  を求めるが、地震モーメントが大きくなるとアスペリティ面積が過大になり、アスペリティ平均応力降下量が過小になる。ここでも、武村式や山中・島崎式ではアスペリティ平均応力降下量の方が断層平均応力降下量より小さくなるという矛盾が生じている。入倉式や松田式でも 10MPa 程度にすぎず、小さすぎる。推本のレシピはこのような場合を事前に想定しており、これらの  $S_a$  および  $\Delta\sigma_a$  の値を用いるのをやめ、上表下段のように  $S_a/S = 0.22$  に固定して、 $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma S / S_a$  から求めるよう指示している。その際に、長大な断層に適用すべきとされる  $\Delta\sigma = 3.1 \text{MPa}$  の値を採用するかどうか焦点になる。

\*2: アスペリティ面積が過大になった場合には、アスペリティ平均応力降下量を  $S_a/S = 0.22$  として、 $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma S / S_a$  から求めるが、武村式や山中・島崎式では 60MPa 前後の過大な値になる。入倉式や松田式でも 20MPa 前後の大きな値になるが、M7 クラスの最近の地震に見られる応力降下量と比べて異常とは言えない。しかし、関西電力はこれまで、63.4km の断層を「長大な断層」と見なし Fujii-Matsu'ura の応力降下量 ( $\Delta\sigma = 3.1 \text{MPa}$ ,  $\Delta\sigma_a = 14.1 \text{MPa}$ ) を採用し、応力降下量を小さく設定してきた。ところが、2016 年 6 月 10 日改訂の新レシピでは、地震モーメント  $M_o$  が  $1.8 \times 10^{20} \text{N}\cdot\text{m}$  を超える長大な断層 (断層幅 15km では断層長さ 120km 以上) でなければ、これを使わないように明記したため、入倉式によっても、 $\Delta\sigma = 4.2 \text{MPa}$ ,  $\Delta\sigma_a = 19.0 \text{MPa}$  への引き上げを余儀なくされる。

\*3: 原子力規制庁は、Fujii-Matsu'ura の応力降下量が使えなくなったため、通常のレシピに戻すべきところ、アスペリティ平均応力降下量を  $\Delta\sigma_a = 4\sqrt{\pi S_a \beta^2} / A$ ,  $S_a/S = 0.22$  から求めるようにレシピを改ざんした。その結果、 $\Delta\sigma_a$  の値は、入倉式では Fujii-Matsu'ura の応力降下量とほとんど変わらない値になり、武村式では 1/3 程度に引き下げられている。しかも、断層平均応力降下量を通常のレシピ通りには求めず、Fujii-Matsu'ura による 3.1MPa に「地震モーメントの入倉式との比」を掛けて求め (武村式の場合には  $\Delta\sigma = 3.1 \times 3.49 = 10.8 \text{MPa}$ )、背景領域の実効応力  $\sigma_b$  を  $\sigma_b = (S\Delta\sigma - S_a\Delta\sigma_a) / S_b$  から求めている (武村式の場合には  $\sigma_b = 7.6 \text{MPa}$  と過大だが、入倉式では  $\sigma_b = -0.2 \text{MPa}$  とマイナスになる)。推本のレシピでは、 $S_a$  が過大になった場合には、 $S_a\Delta\sigma_a = S\Delta\sigma$ ,  $S_a/S = 0.22$  とするよう指示しており、これに従うのであれば、 $\Delta\sigma = \Delta\sigma_a S_a / S$  とし、 $\sigma_b$  をレシピに規定された別の式で求めるべきところである。しかし、そうすれば、 $\Delta\sigma = 4.9 \text{MPa}$  となり、規制庁の求めた 10.8MPa の半分以下に小さくなってしまふ。この矛盾は規制庁による改ざんレシピが生み出した矛盾であり、元の推本のレシピにこのような矛盾は存在しない。わざわざレシピを改ざんする必要はなく、「推本のレシピでは武村式にあったパラメータ設定ができない」ことを率直に示せば済むのである。にもかかわらず規制庁がレシピを改ざんしたのは、武村式による地震動評価をするためではなく、Fujii-Matsu'ura の応力降下量に代わり、それとほとんど変わらない応力降下量を求める方式を新たに見いだすところにあったのではないと思われる。

\*4: 推本は 2016 年 12 月 9 日にレシピを再び改訂し、熊本地震で確認された「不均質な震源断層」を対象とするレシピ (ア) と「均質な震源断層」を対象とするレシピ (イ) の区別を明確にしたが、その際、「Fujii-Matsu'ura の応力降下量は長大な断層で採用すること」とした 6 月改訂レシピを再び改訂し、「長大でない断層でも採用できる」ようにした。その結果、最近の M7 クラスの地震データに矛盾するという新たな課題を抱えることになった。

クラスの内陸地殻内地震のアスペリティ平均応力降下量は 20~30MPa 程度であり、60MPa は大きすぎる (巻末注 2)。規制庁はここまで計算を進めた段階でレシピの改ざんなどを行わず地震動評価へ移ればよかった。アスペリティ平

均応力降下量で 4.70 倍に相当する約 5 倍 (基本ケースでも、規制庁の求めた 356 ガルの約 5 倍で約 1,800 ガル) の地震動となり、異常に大きく、関西電力の今の基準地震動を大幅に超えることを示した上で、「これは異常だ」と言えば良

かった。しかし、規制庁は通常のレシピでは武村式で 66.3MPa になることなどを示さず、右端の改ざんレシピによる 22.3MPa だけを示し、地震動の試算を行い、その結果だけを示した。

通常のレシピに沿った応力降下量の試算値を示さず、規制庁が勝手に改ざんしたレシピで計算した結果だけを示すのは、結論のある方向へ導くための意図的な「情報操作」ではないだろうか。一層深刻なことには、規制庁による試算がレシピを逸脱しており、レシピの改ざんであることに規制委員の誰も未だに気付いていないのである<sup>9</sup>。

レシピ通りにやれば、 $\Delta\sigma_a = 66.3\text{MPa}$  の武村式や  $\Delta\sigma_a = 57.7\text{MPa}$  の山中・島崎式では異常に大きな地震動評価結果になるが、 $\Delta\sigma_a = 26.5\text{MPa}$  の松田式や  $\Delta\sigma_a = 19.0\text{MPa}$  の「Fujii-Matsu'ura の応力降下量を使わない入倉式」では「異常」とは言えず（現に、規制庁は武村式で求めた 22.3MPa を異常だとは言っていない）、関西電力による地震動評価結果の 1.4~1.9 倍程度になって、基準地震動見直しにつながることは必至であった。だが、それ故に、規制庁はこれらのパラメータ値を示さず、地震動の試算を行わないことで、これらの重大な事実を隠蔽した。専門知識に欠ける規制委員は、これらの事実を知るよしもない。まさに、規制庁の誘導する方向へ規制委の結論が導かれたのだ。これが、はからずも暴かれた「世界最高水準の規制基準による適合性審査」の現実である。

<sup>9</sup>規制庁は、自分で見いだした式  $\sigma_b = (S\Delta\sigma - S_a\Delta\sigma_a)/S_b$  で背景領域の実効応力を求め、武村式では 7.6MPa と通常の 3 倍にもなると強調しているが、入倉式では  $-0.2\text{MPa}$  とマイナスになることには言及していない。都合の悪いことには触れないという規制庁の情報操作だ。しかし、推本のレシピでは  $S\Delta\sigma = S_a\Delta\sigma_a$  としており、規制庁の式にこれを当てはめると  $\sigma_b = 0$  になる。推本のレシピではこのようになることを承知の上で、「物理的意味は不明確」だが、「すべり速度に比例して地震動の生成を考えるための便宜的な値」として「背景領域の実効応力  $\sigma_b$ 」を導入し、背景領域からの地震動を加えることにより断層面全体からの総地震モーメントを整合的に与えている [24]。その理由は、「シミュレーションの計算から、応力降下をゼロと設定したアスペリティの外側（背景領域）においてもすべり時間関数が振幅は小さいが立ち上がりが急峻な Kostrov 型の形状を示すことがわかってきた。このことは応力がゼロとした背景領域からもアスペリティに比べて振幅は小さいが地震動を生成することを意味している。」[24] からである。規制庁はこのことを全く知らないであろう。推本のレシピによれば、 $S\Delta\sigma = S_a\Delta\sigma_a$  としても、 $\sigma_b = 0$  にはならず、表 5 のように武村式では  $\Delta\sigma_a = 66.3\text{MPa}$  および  $\sigma_b = 13.3\text{MPa}$ （関西電力の用いた式  $\sigma_b = 0.2\Delta\sigma_a$  による）と過大な値にはなるが、規制庁の式とは別の式で形式上算出されるのである。

広島地裁決定は、「債務者による基準地震動の策定が新規基準及び地震ガイドに適合するとした原子力規制委員会の判断やそれへ至る過程に不合理な点はない」（p.288[21]）と小括しているが、これらの事実をよく把握し検討した結果とは到底考えられない。司法は見る目を失ったのであろうか。

### レシピ（イ）を使わない規制庁の理由

推本のレシピ（イ）について、原子力規制庁は 7 月 27 日規制委本会議で、「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・技術的な熟度には至っていないと考える。」[16] とケチを付け、その後の記者ブリーフィングでも、「（ア）の方法（レシピ（ア））は福岡県西方沖地震など大きな地震が起こるたびにシミュレーションと観測記録を比較してキチンと検証されてきたが、（イ）の方法（レシピ（イ））は検証されていない。そういう点では地震動評価として用いるには（ア）の方が適切だと考えている」と主張している。

これは真っ赤な大嘘である。

震源断層の推定法は、推本による「活断層の長期評価手法」報告書（暫定版）（2010.11.25）[33] に則って行われているが、そこで得られる震源断層は活断層や変動地形などの測地データに基づく調査から得られる「均質な震源断層」であり、地震が起きて初めて分かる地下のすべり量分布に基づく「不均質な震源断層」ではない。そのため、推本による地震動評価には、現在、もっぱらレシピ（イ）が採用されている。というのも、事前に当該震源断層における地震観測記録が得られていない限り、「地下のすべり量分布に基づく不均質な震源断層の広がり」を算出する術はなく、入倉式によるレシピ（ア）を用いるための条件を満たせず、レシピ（イ）を用いるしかないからである。

また、推本は 2000 年鳥取県西部地震や 2005 年福岡県西方沖地震などの大地震の地震観測記録に基づいてレシピの検証を行い、「これらの報告を踏まえ、断層モデルの設定において、『長期評価』の



マグニチュードと整合し、かつ、簡便な手順でパラメータを設定できる手法を用いて強震動評価を行い、その妥当性を検討した」[31]のが「警固断層帯（南東部）の地震を想定した強震動評価」[31]であり、その手法が2008年に追加されたレシピ（イ）[30]なのである。規制庁は事実関係を逆転させて捉え、大嘘をついている。

原子力規制庁は、レシピ（イ）では「各種の不確かさの取り方等」の「保守性の確保」の仕方が不明だと決めつけているが、これも違う。認識論的不確かさの考慮で最も効いてくるのは、応力降下量の1.5倍化だが、これは2007年新潟県中越沖地震の震源特性が通常の地震より1.5倍大きかったという経験に基づく[9]。規制庁はこの「1.5倍」が入倉式を前提とした値であるかのように主張しているが全く違う。この「1.5倍」は、図20のように、2007年新潟県中越沖地震の「震源距離200km以下、S波速度 $V_s \geq 700\text{m/s}$ の地層が存在、第三紀以前の地質条件」という条件に合う広域観測記録（K-NET, KiK-net 地表記録）と耐専スペクトル（内陸補正なし）の比を求めた結果、平均がほぼ1.0で、耐専スペクトル（内陸補正あり）のほぼ1.5倍になっているという事実に基づく[76]。したがって、入倉式によるレシピ（ア）に限らず、レシピ（イ）においても、基本ケースの応力降下量と短周期レベルを1.5倍にする不確かさの考慮はその通りに適用すべきだということになる。

広島地裁決定は、「地震ガイドが新潟県中越沖地震を前提とした不確かさとして考慮を求めているのは、断層モデルを用いる手法による地震動評価において震源モデルを設定する際のアスベリティの応力降下量に関する指摘であって、耐専式を適用して応答スペクトルによる地震動評価を行う場合にも当然に当てはまる求めであるとはいえない」（p.244[21]）としているが、上述の通り、「震源特性1.5倍化」は耐専スペクトルによる新潟県中越沖地震の解析によって導かれた結論であり、耐専スペクトルに「当てはまる」のは「当然」であり、「当てはめない」ほうがおかしい。

ちなみに、高浜原発や川内原発などで明らかのように、レシピ（ア）による今の断層モデルによる地震動評価は耐専スペクトルの1/2～1/3でしか

ない<sup>10</sup>。レシピ（イ）による断層モデルによる地震動評価を行えば、地震規模の過小評価が是正され、耐専スペクトルと同程度になる（原発から長く伸びる断層を除く）。この点は伊方3号でも同様である。

## 12月改訂レシピで島崎氏に軍配

推本は2016年6月10日の改定から半年後の12月9日、レシピを再改訂し、レシピ（ア）とレシピ（イ）の関係をより明確にした。レシピ（ア）は「過去の地震記録などに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」となっていたが、下線部が削られ、「過去の地震記録や調査結果などの諸知見を吟味・判断して震源断層モデルを設定する場合」と1本に統一して書き換えられ、「諸知見を吟味・判断」することが求められた。レシピ（イ）は「地表の活断層の情報をもとに 簡便化した方法で震源断層を推定する場合」となっていたが、下線部が削られ、「長期評価された地表の活断層長さ等から地震規模を設定し震源断層モデルを設定する場合」と書き換えられた。電力会社は「原発では詳細な調査を行っているからレシピ（ア）を用いてかまわない」と強弁してきたが、今回、その表現がすべて削除され、レシピ（ア）を適用する際のハードルが上げられたと言える。

つまり、地震観測記録がない状態でレシピ（ア）を適用するためには、「均質な震源断層」から「不均質な震源断層」を推定しなければならないが、そのためには、熊本地震のような例が少なくとも数例は必要となる。このような例が蓄積されていない現状では、「過去の地震記録や調査結果などの諸知見を」どのように「吟味・判断して」不均質な震源断層を推定したかについて明確に述べなければならない。それができなければ、レシピ（ア）は使えず、入倉式で地震規模を推定することはできなくなる。したがって、地震が起きていない原発ではレシピ（イ）を用い、震源断層の長さから松

<sup>10</sup>適合性審査の耐専スペクトルは内陸補正をしていないので「震源特性で1.5倍」を考慮したことになっている。断層モデルでは応力降下量と短周期レベルを1.5倍にすることで同様の考慮をしているが、耐専スペクトル（内陸補正なし）の1/2～1/3でしかない。故に、両方とも「震源特性で1.5倍」を考慮しない場合でも、1/2～1/3の差があることになる。

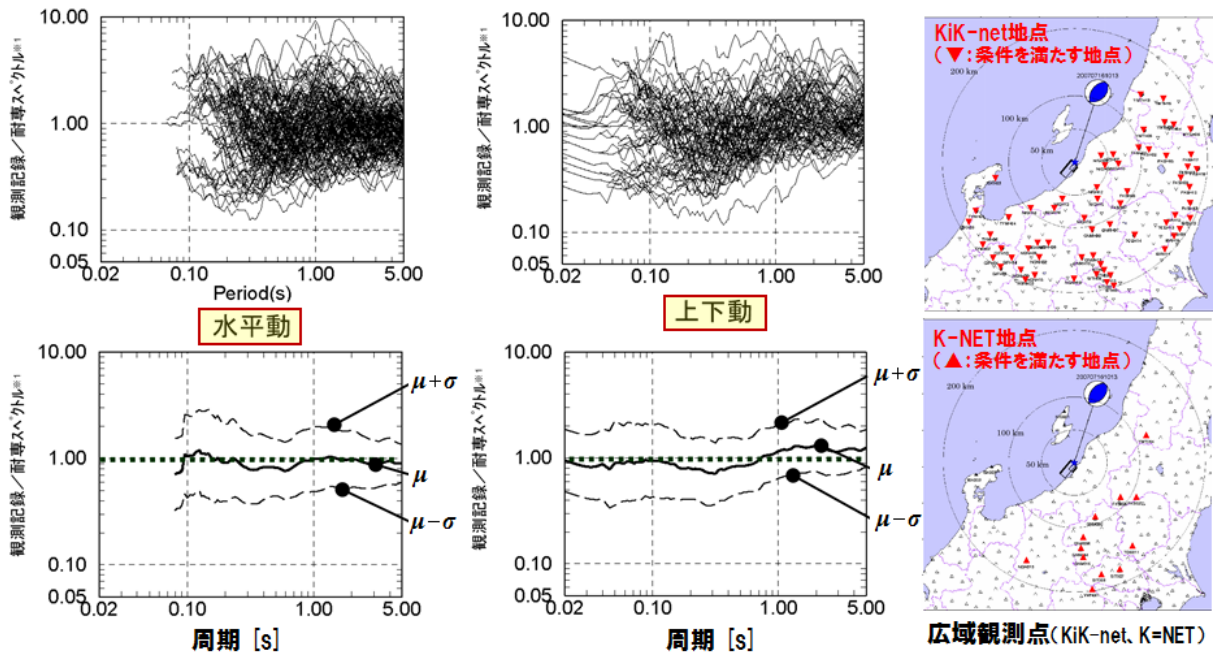


図 20: 2007 年新潟県中越沖地震 M6.8 の震源特性を 1.5 倍とした根拠となる地震観測記録と耐専スペクトル (内陸補正なし) との比較 [76] (KiK-net, K-NET 観測点のうち、「震源距離が 200km 以下, S 波速度  $V_s \geq 700\text{m/s}$  の地層が存在, 第三紀以前の地質条件」を満たす観測点だけを抽出し, 表層の地盤増幅の影響避けるため,  $V_s \geq 700\text{m/s}$  以下の地層における 1 次卓越周期の 2 倍以上の帯域を対象とした)

田式で地震規模を推定し, 震源断層を少し広げて地震動評価を行うことになる. これが 12 月改訂レシピの最大の実践的な意義であり, その意味では, 島崎氏に軍配が上がったと言える.

広島地裁決定はこれに注目すべきであった.

#### 4.2.2 Fujii-Matsu'ura の応力降下量

12 月改訂レシピにはもう一つ大きな変更が加えられた. それは長大でない断層にも Fujii-Matsu'ura の応力降下量を採用できるケースが追記されたことである. 伊方 3 号でも, 54km モデルでは応力降下量に Fujii-Matsu'ura の応力降下量が使われており, その妥当性が問われている.

Fujii-Matsu'ura の応力降下量を使う条件はこれまで必ずしも明確ではなかったが, 6 月改訂レシピで明確化された. そこでは地震モーメントが  $M_o \geq 1.8 \times 10^{20} \text{N}\cdot\text{m}$  となる長大な断層のスケーリング則として, Murotani *et al.* (2010, 2015) [51, 52] の式

$$S[\text{km}^2] = 1.00 \times 10^{-17} M_o[\text{N}\cdot\text{m}] \quad (1)$$

を採用し, 長大な断層と M7~M8 程度の「長大でない断層」をつなぐ Fujii-Matsu'ura の関係式から得られる応力降下量 (一定値) は長大な断層に限っ

て適用するとの注釈がつけられた. すなわち, 「円形破壊面を仮定せず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  $M_o = 1.8 \times 10^{20} (\text{N}\cdot\text{m})$  を上回る断層の地震を対象とする。」 (p.12[35])

ところが, 12 月改訂レシピでは, 「(i) 断層幅と平均すべり量とが飽和する目安となる  $M_o = 1.8 \times 10^{20} (\text{N}\cdot\text{m})$  を上回る断層.」または 「(ii)  $M_o = 1.8 \times 10^{20} (\text{N}\cdot\text{m})$  を上回らない場合でも, アスペリティ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るなど, 非現実的なパラメータ設定になり, 円形クラックの式を用いてアスペリティの大きさを決めることが困難な断層等.」のいずれかの場合に適用することとされた. これは, レシピ (イ) を採用して震源断層面積を拡張してもなお, アスペリティ面積が過大になる (アスペリティ平均応力降下量は過小になる) 場合には, アスペリティ面積比を 22% にするが, 同時に静的応力降下量を 3.1MPa (アスペリティ平均応力降下量は 14.4MPa) とすることを意味する. 文字通りだと, これまでは, アスペリティ面積比を 22% に設定しても断層平均応力降下量を地震モーメントと断層面積から

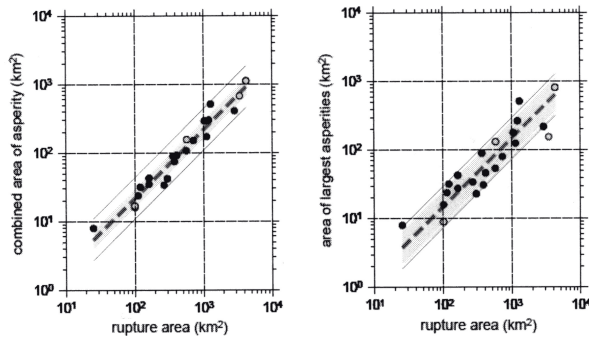


図 21: アスペリティ総面積  $S_a$ (左図), 最大アスペリティ面積  $S_{a1}$ (右図)と総面積  $S$  の関係 (破線が各回帰式に対応し, 両側の細線は倍半分の値を示す) [24]

円形破壊面を仮定した式で算出できたが, それができなくなる。

原子力規制庁は, 円形破壊面を仮定した関係式を前提として, 今回の大飯原発に関する地震動試算において, 武村式による断層平均応力降下量を地震モーメントに比例させて大きくしたが, このような通常の扱いができないことになる。

「22%」という値は, Somerville *et al.* (1999)[72] または入倉・三宅 (2001)[24] による経験値であり, 15 の内陸地震の解析に 1999 年トルコ Kocaeli 地震や 2000 年鳥取県西部地震などの結果を加えて, 図 21 からアスペリティ総面積で  $S_a = 0.215S$ , 最大アスペリティ面積で  $S_{a1} = 0.150S$  という回帰式を導き, 標準偏差はそれぞれ 1.34 および 1.75, したがって,  $\pm\sigma$  のばらつきの範囲は  $S_a = 0.160 \sim 0.288$  および  $S_{a1} = 0.086 \sim 0.263$  となる。最初の回帰式の係数 0.215 を 2 桁に丸めると, 「22%」になる。このデータの範囲は  $100 \sim 4,000 \text{ km}^2$  の広範囲に及び, 長大な断層か否かとは無関係である。

すべり量が増えても応力降下量は不変という矛盾

12 月改訂レシピにそのまま従えば, 長大な断層に限らず, M7.5 程度の中規模の断層でも地震規模が増大しても断層平均応力降下量が一定になるという奇妙なことが起きる。

表 6 に示すように, 長大な断層の場合には, 地震モーメント  $M_o$ , 震源断層面積  $S$ , 断層平均すべり量  $D$  の間に  $M_o = \mu DS$  という関係が成立し ( $\mu$  は剛性率で定数),  $M_o \propto S$  の比例関係からすべり量  $D$  が一定になり, 応力降下量  $\Delta\sigma$  も一定になるとしても論理的矛盾はない。しかし, M7~M8 の長大でない地震の場合には, 地震モーメントが

断層面積の 2 乗に比例して大きくなる  $M_o \propto S^2$  の関係が成立することから, すべり量  $D$  は  $M_o$  の平方根 (または  $S$ ) に比例して大きくなる。断層平均すべり量  $D$  が大きく増えるのに断層平均応力降下量  $\Delta\sigma$  が一定に留まるというのは矛盾している。断層幅が地震発生層の上下端に達しない「未飽和」断層の場合には, 応力降下量が一定で断層平均すべり量が地震モーメントの 1/3 乗に比例してやや増えるという関係が成立つが, 「飽和」断層になってすべり量がより大きく増えるにもかかわらず, 「応力降下量が一定」というのは説明がつかないし, 長さ 50km 程度で長大な断層とは言えないにもかかわらず「すべり量が飽和する」と仮定することになってしまう。「未飽和」断層と「長大」な断層では応力降下量が一定であるとしても, その間の M7~M8 の「飽和」断層で応力降下量が一定になるとの理論的証明はない。何よりも, 最近国内で起きた M7 クラスの地震ではアスペリティ応力降下量が 20~30MPa である (巻末注 2 参照) という事実にも反する。現実に合わない理論やレシピでは意味がない。

Fujii-Matsu'ura(2000)[5] は, シミュレーション実験に基づき, 図 22 のように, 長大でない断層の武村 (1998) の式 [73] と長大な断層の Scholz(2002) の式 [69] をつなぐように, 次の  $L - M_o$  関係式を提案している。

$$M_o = \frac{WL^2}{aL + b} \Delta\sigma. \quad (2)$$

ただし, リソスフェアの厚さ = 30km, 剛性率  $\mu = 4.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ , 断層幅  $W = 15 \text{ km}$  として構造依存のパラメータを  $a = 1.4 \cdot 10^{-2}$ ,  $b = 1.0$ , 応力降下量を  $\Delta\sigma = 3.1 \text{ MPa}$  と導いている。

しかし, Fujii-Matsu'ura (2000)[5] が用いた表 7 (図 22 では赤丸) のデータは, 長大断層のデータが 12 月改訂レシピで採用された Murotani *et al.*(2015)[52] のデータではなく, Scholz(2002)[69] のデータであり, 地震規模がほぼ 2 倍である<sup>11</sup>。長大でない飽和断層のデータも図 23~図 25 の入倉・

<sup>11</sup>長大な断層については, Murotani *et al.*(2010, 2015)[51, 52] が  $M_o \geq 1.8 \times 10^{20} \text{ N} \cdot \text{m}$  に対して  $S[\text{km}^2] = 1.00 \times 10^{-17} M_o[\text{N} \cdot \text{m}]$  を導き, Scholz(2002)[69] は  $M_o \geq 7.5 \times 10^{20} \text{ N} \cdot \text{m}$  に対して  $S[\text{km}^2] = 5.30 \times 10^{-18} M_o[\text{N} \cdot \text{m}]$  を導いている。これらの式の係数を比較すればほぼ 2 倍の差がある。

表 6: 断層モデルのスケーリング則と応力降下量の設定法

パラメータ	未飽和断層	長大でない飽和断層		長大な飽和断層
$M_o$	$S^{3/2}$ に比例して増大	$S^2$ に比例して増大		$S$ に比例して増大
$D$	$S^{1/2}$ に比例して増大	$S$ に比例して増大		一定値 (飽和)
円形破壊面を仮定した場合の応力降下量 $\Delta\sigma$ とアスペリティの面積比 $S_a/S$ と応力降下量 $\Delta\sigma_a$				
$\Delta\sigma$	一定値 *1	$S^{1/2}$ に比例して増大 *2		(対象外)
$S_a/S$	一定値 *1	$S^{2/3}$ に比例して増大 *2		(対象外)
$\Delta\sigma_a$	一定値 *1	$S^{1/6}$ に反比例で減少 *2		(対象外)
2016年6月改訂レシピによる $\Delta\sigma$ , $S_a/S$ , $\Delta\sigma_a$				
$\Delta\sigma$	一定値	$S^{1/2}$ に比例して増大		3.1MPa
$S_a/S$	一定値	$S^{2/3}$ に比例して増大	0.22	0.22
$\Delta\sigma_a$	一定値	$S^{1/6}$ に反比例で減少	$S^{1/2}$ に比例して増大	14.4MPa
2016年12月改訂レシピによる $\Delta\sigma$ , $S_a/S$ , $\Delta\sigma_a$				
$\Delta\sigma$	一定値	$S^{1/2}$ に比例して増大		3.1MPa
$S_a/S$	一定値	$S^{2/3}$ に比例して増大		0.22
$\Delta\sigma_a$	一定値	$S^{1/6}$ に反比例で減少		14.4MPa

\*1: 円形破壊を仮定した式  $M_o = 16\Delta\sigma S^{3/2}/(7\pi^{3/2})$  から  $\Delta\sigma \propto M_o/S^{3/2}$  となるので、これに未飽和断層のスケーリング則  $M_o \propto S^{3/2}$  を組み合わせると、 $\Delta\sigma = \text{一定}$  となる。アスペリティ面積  $S_a$  については、短周期レベル  $A$  に  $A \propto M_o^{1/3}$  の関係が成立つこと、および、円形破壊を仮定した2つの式  $M_o = (16/7)r^2 R \Delta\sigma_a$  と  $A = 4\pi r \Delta\sigma_a \beta^2$  を組み合わせると  $S_a = \pi r^2$ ,  $r = 7\pi M_o \beta^2 / (4AR)$ ,  $S = \pi R^2$  および  $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma / (S_a/S)$  が得られるので、 $S_a \propto [M_o / (AR)]^2 \propto M_o^2 / (A^2 S) \propto M_o^{4/3} / S$ 、したがって、 $S_a/S \propto [M_o^{2/3} / S]^2$  の関係が成り立つ。これに未飽和断層のスケーリング則  $M_o \propto S^{3/2}$  を組み合わせると  $S_a/S = \text{一定}$  となる。 $\Delta\sigma = \text{一定}$ ,  $S_a/S = \text{一定}$  の関係より、 $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma / (S_a/S) = \text{一定}$  となる。

\*2: \*1 のスケーリング則を長大でない飽和断層のスケーリング則  $M_o \propto S^2$  に置き換えると、 $\Delta\sigma \propto M_o / S^{3/2} \propto S^{1/2}$  および  $S_a/S \propto [M_o^{2/3} / S]^2 \propto S^{2/3}$  が得られ、 $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma / (S_a/S) \propto S^{-1/6}$  が得られる。断層面積が大きくなると  $S_a/S$  が過大に、 $\Delta\sigma_a$  が過小になり、現実と矛盾してくる。このような場合に、レシピでは  $S_a/S = 0.22$  として  $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma / 0.22$  よりアスペリティ応力降下量を求めることになっていたが、6月改訂レシピでは  $\Delta\sigma = 3.1\text{MPa}$  は長大な断層に限って採用することを注記し、12月改訂レシピでは長大でない断層でもこのように設定できるように修正した。しかし、これは長大な断層となる前にすべり量が飽和することになり、また、最近のM7クラスの国内地震では  $\Delta\sigma_a = 20 \sim 30\text{MPa}$  であることに矛盾する。

表 7: Fujii-Matsu'ura.(2000)[5] が解析に用いた断層モデルのデータ

地震発生日	地震発生地 *1	$M_s$ *2	$M_o$ [ $10^{20}\text{N}\cdot\text{m}$ ] *3	$L$ [km]	$W$ [km]	$S$ [ $\text{km}^2$ ]	$D$ [m]
1949 0822	Queen Charlotte	8.1	11	440	15	6600	5.7
1958 0710	Queen Charlotte	7.9	7.0	350	15	5250	4.8
1972 0730	Queen Charlotte	7.4	4.0	180	15	2700	5.0
1891 1027	Japan (濃尾地震)	8.0	1.5	80	15	1200	3.0
1992 0628	California	7.6	1.1	85	15	1275	2.9
1927 0307	Japan (北丹後地震)	7.4	0.46	33	19	627	3.7
1943 0910	Japan (鳥取地震)	7.2	0.36	33	10	330	2.6
1948 0628	Japan (福井地震)	7.1	0.33	23	10	230	2.5
1930 1126	Japan (北伊豆地震)	7.0	0.27	22	12	264	3.0
1978 0114	Japan (伊豆大島地震)	6.6	0.13	15	10	150	2.5
1980 0629	Japan	6.2	0.07	20	12	240	1.1
1931 0921	Japan	6.7	0.068	20	10	200	1.0
1974 0509	Japan	6.5	0.059	12	8	96	1.2
1990 0220	Japan	6.4	0.04	19	14	266	0.5
1969 0909	Japan	6.6	0.035	18	10	180	0.6
1986 0721	California	6.2	0.03	22	9	198	0.5
1963 0326	Japan	6.5	0.03	20	8	160	0.6
1984 0914	Japan	6.1	0.03	12	6	72	1.4

\*1: 壇ら(2011)[3] で回帰式に用いられている国内6地震を括弧内に地震名で記入した。壇らはこれら6地震以外の国内7地震は回帰に用いていないが、これら以外に1995年兵庫県南部地震、2000年鳥取県西部地震、2005年福岡県西方沖地震を加えている。

\*2:  $M_s$  は表面波マグニチュードである。

\*3:  $1\text{N}\cdot\text{m} = 10^7 \text{dyn}\cdot\text{cm}$  である。

表 8: 武村 (1998)[73] が解析に用いた断層モデルのデータ (地震名等は原典 [57] にならい,  $\Delta\sigma$  の値も記載した)

地震名	M	タイプ	傾斜角	L km	W km	D cm	$M_0$ dyn-cm	$\Delta\sigma$ MPa
1981.10.28 濃尾	8.0	横ずれ	90°	85 <sup>*1</sup>	15 <sup>*1</sup>	380 <sup>*1</sup>	$1.5 \times 10^{27}$ <sup>*1</sup>	4.0 (I)
1927. 3. 7 北丹後	7.3	横ずれ	64°	33 <sup>*2</sup>	19 <sup>*2</sup>	370 <sup>*2</sup>	$4.6 \times 10^{26}$ <sup>*2</sup>	10 <sup>*2</sup> (C)
1930.11.26 北伊豆	7.3	横ずれ	90°	22	12	300	$2.7 \times 10^{26}$	5.4 (D)
1943. 9.10 鳥取	7.2	横ずれ	90°	33	13	250	$3.6 \times 10^{26}$	8.3 (C)
1995. 1.17 兵庫県南部 <sup>*3</sup>	7.2	横ずれ	86°	25	15	220	$2.5 \times 10^{26}$	—
1948. 6.28 福井地震	7.1	横ずれ	90°	30	13	200	$3.3 \times 10^{26}$	8.3 (C)
1961. 8.19 北美濃	7.0	斜めずれ	60°	12	10	250	$9.0 \times 10^{25}$	16.0 (A+C)
1978. 1.14 伊豆大島近海 <sup>*4</sup>	7.0	横ずれ	85°	17	10	185	$1.1 \times 10^{26}$	4.1 (D)
1931. 9.21 西埼玉	6.9	横ずれ	80°	20	10	100	$6.8 \times 10^{25}$	4.3 (C)
1963. 3.27 若狭湾	6.9	横ずれ	68°	20	8	60	$3.0 \times 10^{25}$	3.2 (C)
1974. 5. 9 伊豆半島沖	6.9	横ずれ	80°	18 <sup>*5</sup>	8 <sup>*5</sup>	120	$5.9 \times 10^{25}$	6.5 (C)
1939. 5. 1 男鹿 <sup>*6</sup>	6.8	横ずれ	30°	16	12	200	$1.7 \times 10^{26}$	7.0 (B)
1945. 1.13 三河	6.8	逆断層	30°	12	11	225	$8.7 \times 10^{25}$	12.7 (A)
1984. 9.14 長野県西部	6.8	横ずれ	85°	12	8	100	$2.9 \times 10^{25}$	3.2 (B)
1980. 6.29 伊豆半島東方沖	6.7	横ずれ	70°	15 <sup>*7</sup>	7.5 <sup>*7</sup>	110 <sup>*7</sup>	$7.0 \times 10^{25}$ <sup>*7</sup>	—
1969. 9. 9 岐阜県中部	6.6	横ずれ	90°	18	10	64	$3.5 \times 10^{25}$	1.5 (H)
1962. 4.30 宮城県北部	6.5	逆断層	56°	12 <sup>*8</sup>	10 <sup>*8</sup>	60	$2.4 \times 10^{25}$	4.5 (G)
1935. 7.11 静岡	6.4	横ずれ	70°	11 <sup>*9</sup>	6 <sup>*9</sup>	100	$2.2 \times 10^{25}$	7.0 (C)
1975. 4.21 大分県中部	6.4	逆断層	70°	10 <sup>*10</sup>	20 <sup>*10</sup>	32	$2.2 \times 10^{25}$ <sup>*10</sup>	不明
1970.10.16 秋田県南東部	6.2	逆断層	46°	15	11	28	$1.4 \times 10^{25}$	1.5 (G)
1983.10.31 鳥取県中部	6.2	横ずれ	85°	5	6	50	$4.5 \times 10^{24}$ <sup>*11</sup>	—
1955.10.19 二ツ井	5.9	逆断層	64°	15	4	20.5	$4.1 \times 10^{24}$	—
1984. 5.30 山崎断層	5.6	横ずれ	90°	3	5	8	$3.2 \times 10^{23}$	3.4 (G)
1934. 3.21 南伊豆	5.5	横ずれ	90°	7	4	10	$9.5 \times 10^{23}$	1.1 (C)
1976. 8.18 河津	5.4	横ずれ	82°	9	3.5	20	$2.1 \times 10^{24}$	2.5 (C)
1968. 3.30 和歌山県西部	5.0	横ずれ	82°	8	4	1.73	$1.9 \times 10^{23}$	0.25 (G)
1974. 7. 9 天城	4.9	横ずれ	90°	3.5	3	9	$3.2 \times 10^{23}$	1.3 (C)
1968. 8.18 和歌山県西部	4.8	逆断層	90°	6	3	1.58	$9.4 \times 10^{22}$	0.30 (G)
1969. 7. 9 和歌山県西部	4.4	横ずれ	68°	3	3	0.71	$2.1 \times 10^{22}$	0.19 (G)
1970.1.28 和歌山県西部	4.3	横ずれ	90°	2	4	0.76	$2.0 \times 10^{22}$	0.22 (G)
1967. 9.29 和歌山県西部	4.2	斜めずれ	68°	2.5	2	1.63	$2.7 \times 10^{22}$	0.59 (G)
1969. 3.21 和歌山県西部	4.2	斜めずれ	90°	4	8	0.22	$2.4 \times 10^{22}$	0.03 (G)
1970.11.23 和歌山県西部	3.8	斜めずれ	54°	4	5	0.16	$1.1 \times 10^{22}$	0.03 (G)

注:  $\Delta\sigma$  の欄の (A)~(D), (G)~(I) は  $\Delta\sigma$  を求める計算式の種類であり, 断層運動のずれのタイプで異なる。

- \*1: 震源断層は連続する 4 セグメントと枝分かれ伏在の 1 セグメントからなり,  $L, W, D$  は枝分かれ断層を除く主断層の値で,  $M_0$  は枝分かれ断層を含む全体の値 (総断層面積も  $S = \text{約 } 1700\text{km}^2$  としている) である。連続 4 セグメントの「断層幅は余震の深さ分布および理論的上下変動と水準測量データとの比較から 15km と推定」(上端深さは 0km) したが, 「5km 程度の誤差」があり, 伏在セグメントは上端深さ 2km で幅 13km と推定されている [57]。
- \*2: 震源断層は離れた 2 セグメントの断層からなり,  $L, W, D$  は主断層の値。  $M_0$  と  $S (= \text{約 } 460\text{km}^2)$  の値については, Kanamori (1973) の 1 枚断層モデル ( $L = 35\text{km}, W = 13\text{km}, D = 300\text{cm}$ )[57] による値を用いている。  $\Delta\sigma$  もこのモデルによる。
- \*3: 原典にはデータがないため, 武村は波形インバージョンによる武村 (1996) の結果を参考に  $M_0$  を求め, 断層面上のすべりの大きな部分から  $L, W$  を推定し,  $\mu = 3 \times 10^{11}\text{dyn/cm}^2$  として  $D = M_0/(\mu LW)$  を求めている。この結果はすべり分布の平均とほぼ整合するとしている [73]。
- \*4: 本震は第 1 震と 6 秒後の第 2 震からなり, 第 1 震の震源断層についてのデータだけを記載している。第 2 震は第 1 震を後方から追いかける形になっている。
- \*5: 余震の深さ分布が 3~11km であることから上端深さ 3km, 幅 km と推定し, 余震の長さが 5 月 12~16 日に 20km, 12~28 日に 24km であることから「本震直後の余震域は 20km より短かったものと想像」して  $L = 18\text{km}$  としている [57]。
- \*6: 男鹿地震は 1939.5.1 の 14:58(M6.8) と 15:00(M6.7) の 2 回起きているが, 武村は最初の地震だけを取り出している。
- \*7: 余震分布から断層上端深さ 4km,  $L, W$  の値を推定。  $D$  と  $M_0$  については, Takeo(1988) の断層モデル (上端深さ 0.5km,  $L = 20\text{km}, W = 12\text{km}$ )[57] を採用し,  $S = 240\text{km}^2$  としている [73]。
- \*8:  $L$  および  $W$  は「本震および余震の震央分布と地割れや震災など地変の大きかった地域の広がりから推定」し, 「地表に断層が現れなかったことから断層面上端の深さを 2km」としている [57]。
- \*9: 震源断層の上端を深さ 20km に置き, 「被害分布の状況から断層の長さを推定し, 幅は長さの半分と仮定」している [57]。
- \*10:  $L$  と  $W$  の値は余震分布に基づき,  $M_0$  については畑中他 (1988) の長周期 P 波記録の解析から得た逆断層モデル ( $L = W = 10\text{km}$ ) の値 [57] を採用している。
- \*11: 余震分布から  $L, W, D$  を求めているが, 過去のどの断層モデルにも  $M_0$  の値がないため, 武村は  $\mu = 3 \times 10^{11}\text{dyn/cm}^2$  と仮定して  $M_0 = \mu DLW$  の値を求めている。ちなみに, 大陸上部地殻では  $\mu = \rho\beta^2 = 2.72\text{g/cm}^3 \cdot (3.45\text{km/s})^2 = 3.24 \times 10^{11}\text{dyn/cm}^2$  であり, 1943 鳥取地震の断層モデルでも  $\mu = 3.4 \times 10^{11}\text{dyn/cm}^2$  としている [57]。

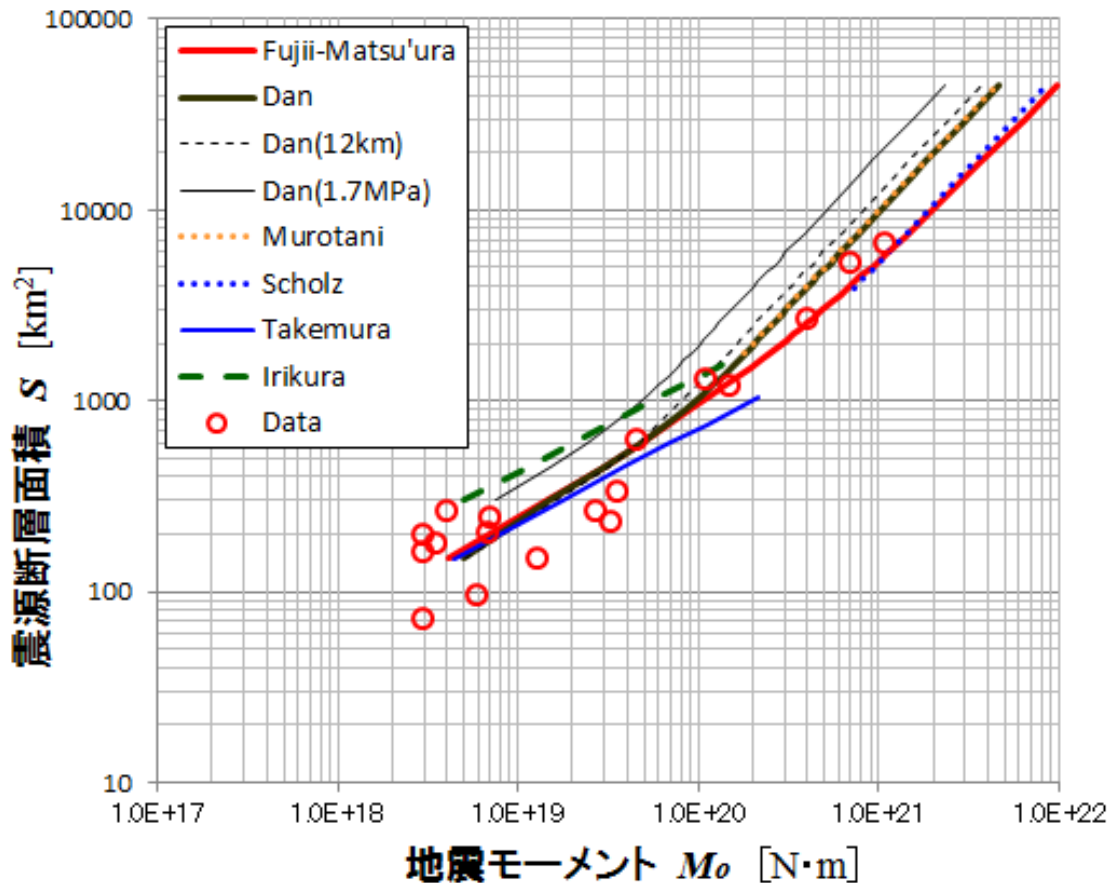


図 22: 壇ら (2011)[3] および Fujii-Matsu'ura (2000)[5] と他の  $S - M_0$  関係式との関係 (赤丸の Data は Fujii-Matsu'ura(2000) の用いた地震データで、右上のカナダ 3 地震と米 2 地震以外はすべて武村 (1998) の用いた国内地震データに含まれる。壇ら (2011) もこれらの国内データを用いている。入倉ら (2001) は国内データを一部含むが大半が北米中心のデータである。壇らの関係式を使って武村式ではなく入倉式に回帰させると、「Dan(1.7MPa)」の細線のようにになってしまう。)

三宅 (2001)[24] のデータではなく<sup>12</sup>、ほとんどが表 8 および図 26～図 28 の武村 (1998)[73] のデータである。そのため、図 22 では Fujii-Matsu'ura (2000) の曲線は入倉・三宅や Murotani *et al.*(2015) の曲線から外れている。島崎氏による問題提起によって判明したことは、武村 (1998)[73] のデータは「均質な震源断層」に関するデータであり、入倉・三宅 (2001) のデータは「不均質な震源断層」のデータだということであった。長大な断層のデータは「不均質な震源断層」のデータだと考えられ、「均質な震源断層」と「不均質な震源断層」が混在したデータから導かれた Fujii-Matsu'ura (2000)[5] の

応力降下量の信頼性に疑問符がついた言える<sup>13</sup>。

また、入倉 (2004)[25] はこの関係式を次のように論評しており、理論的検証と実際のデータとの整合が必要だと指摘している。

「Matsu'ura and Sato (1997) による『2次元のトランスフォーム・プレート境界での準静的なテクトニック・ローディングによる有限長の断層運動のシミュレーション』を用いて導かれたものである。従って、この式自体は3次元の断層場での地震発生の理論モデルとしては不十分なものである。ただし、観測データとして得られている  $M_0 - L$  関係を説明するための経験的関係式として意味が

<sup>12</sup>入倉らの地震データは、(a) Somerville *et al.*[72] による 15 地震 (米カリフォルニア 10 地震、米アイダホ 1 地震、カナダ 2 地震、イラン 1 地震、日本 1 地震で、ほとんどが北米大陸の地震)、(b) Miyakoshi(2001 私信) のデータセット、(c) Wells and Coppersmith(1994) による 244 地震 (半数近くは米の地震、1 割程度が日本の地震) の 3 種類からなる。データ数は多いが、 $M_{0t} \leq M_0$  となるデータの大半は (c) のデータである。

<sup>13</sup>3.1MPa という応力降下量は断層幅を  $W = 15\text{km}$  と固定して得られたシミュレーション結果から導かれたものであり、表 7 で断層幅  $W$  が 15km を超える地震は 1 つだけで、15km 以下の 17 地震のうち 11 地震が 12km 以下であり、データとの整合性がない。シミュレーション実験における断層面積が実際より広ければ地震エネルギーが分散されて応力降下量が小さめに出ると推測されることから、断層幅を狭めたシミュレーション実験でなければ意味がないと言える。

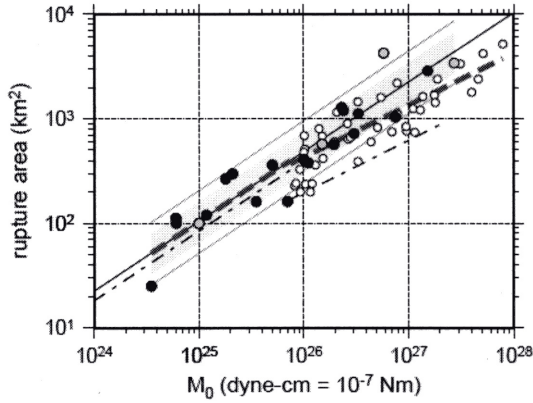


図 23: 断層面積  $S$ (rupture area) と地震モーメント  $M_0$  の関係 [24] (破線がレシピの式に相当, 入倉らは  $L = 20\text{km}$  で  $W_{max} = 16.6\text{km}$  に達すると仮定し, 分岐点を  $M_0 = 7.5 \cdot 10^{25}\text{dyn-cm}$  としている. 一点鎖線は武村 (1998) による  $W_{max} = 13\text{km}$  とした関係式で分岐点の  $M_0$  は同じ)

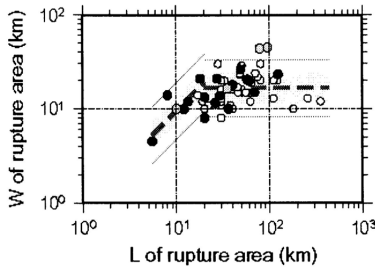


図 24: 入倉ら [24] による  $L - W$  の関係 (○は Well et al.(1994)( $M_{0t} < M_0$ ), ●は Somerville et al.(1999) および Miyakoshi(2001), 灰色の○は低角逆断層のデータ)

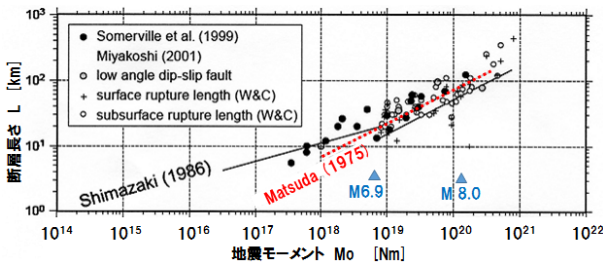


図 25: 断層長さ  $L$ (rupture length) と地震モーメント  $M_0$  の関係 [24] (赤点線が松田式)

ある. 式 (2) の物理学的な意味での有効性については, 3次元の動力学モデルに基づく理論的検証および観測データに基づく検証の両面の検討が必要とされる.]

#### 4.2.3 壇ら (2011) の応力降下量

壇ら (2011)[3] も, シミュレーション実験に基づき, 長大でない断層の武村 (1998) の式 [73] と長大な断層の Murotani et al.(2010, 2015) の式 [51, 52] をつなぐように, 次の  $S - M_0$  関係式を提案して

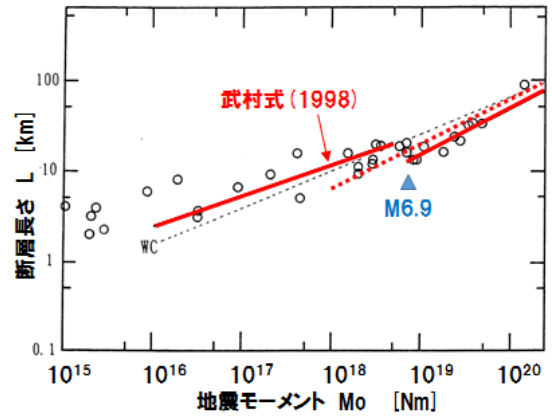


図 26: 武村 [73] による  $L - M_0$  の関係 (赤点線で松田式を加筆)

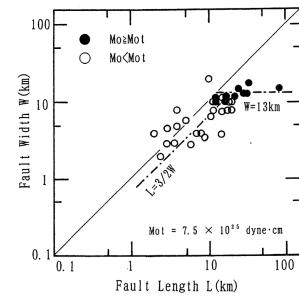


図 27: 武村 [73] による  $L - W$  の関係

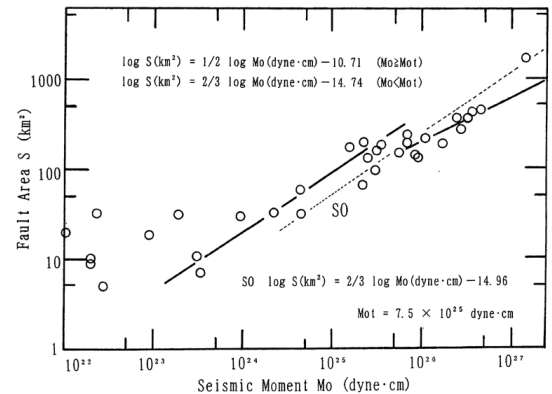


図 28: 武村 [73] による  $S - M_0$  の関係

いる.

$$M_0 = \frac{\Delta\sigma SW_{max}}{0.5 + 2 \exp(-L/W_{max})} \quad (3)$$

ただし, 断層幅  $W_{max} = 15\text{km}$  として平均動的応力降下量  $\Delta\sigma = 3.4\text{MPa}$  を導いている.

図 22 の黒実線で示される壇ら (2011) の式も Fujii-Matsu'ura(2000) の式と同様に, 武村 (1998) の式には接するが, 入倉・三宅 (2001) の式には接しておらず, かなりずれていることがわかる. 要するに, 壇ら (2011) の長大でない飽和断層の地震データは「均質な震源断層」にほかならず, 長大

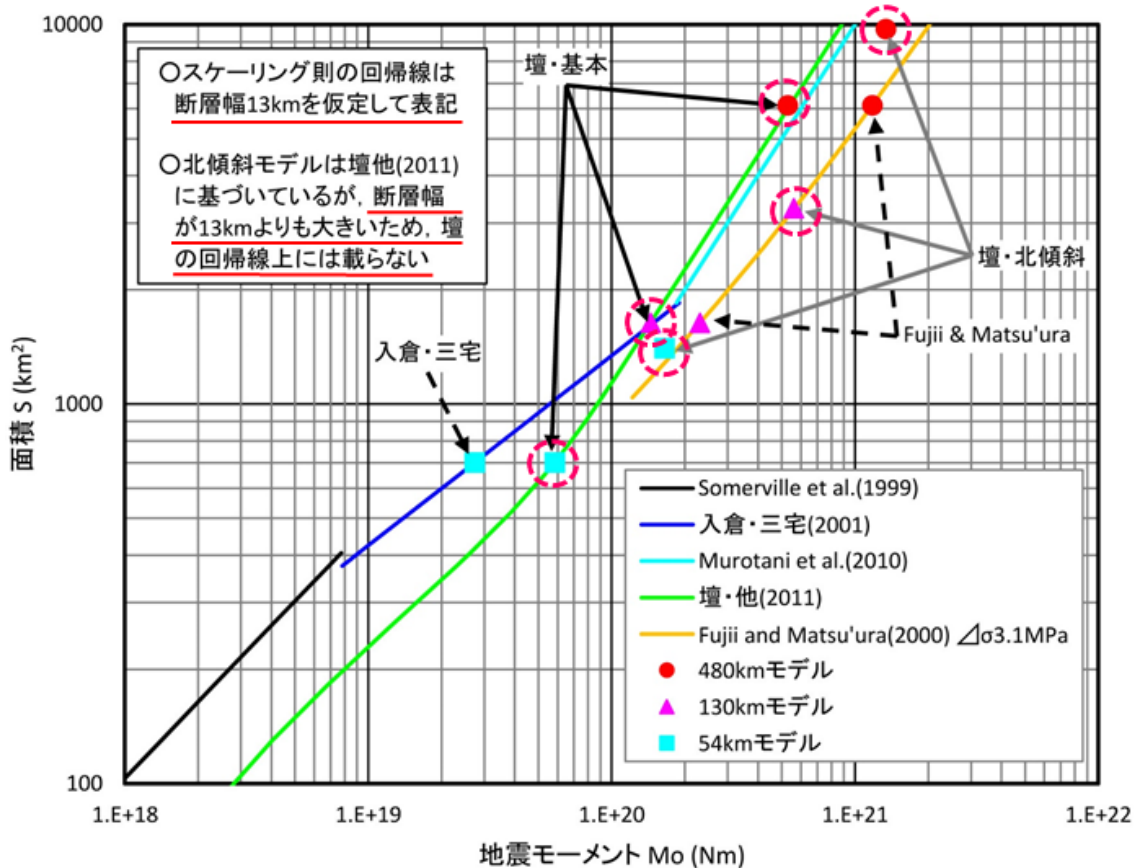


図 29: 四国電力による設定したパラメータの検証 [59] (赤丸破線で囲われた 6 点 (地震観測データではなく壇らの式を誤用して得た計算値) は本来、壇らの回帰線 (図 22 の黒太線) 上に来なければならないが、かなりずれている。この図の断層幅 13km の回帰線そのものが図 22 の「断層幅 12km の回帰線 (黒破線)」と同様に壇らの回帰線 (図 22 の黒太線) から左へずれている)

な断層の「不均質な震源断層」と混在させた解析結果になっているのである。

壇ら (2011)[3] は断層幅を  $W_{\max} = 15\text{km}$  と仮定し、Irie et al.(2010)[22] のシミュレーション結果を地震データに適用して  $\Delta\sigma = 3.4\text{MPa}(34\text{bar})$  を導いている<sup>14</sup>。ところが、壇ら (2011) が用いた表 9 の地震データをみると、その断層幅は海外平均 16.0km に対し、国内平均 12.0km とかなり異なる。壇らはこの大きな違いを無視して断層幅を一律に 15km と設定したのである。そこで、式 (3) の  $W_{\max}$  を地震データの断層幅  $W$  に設定し直した場合に  $\Delta\sigma$  がどの程度大きくなるかを調べると、表 9 の右端欄のようになる。全体では 1.1 倍でそれほど変わらないが、国内 9 地震では 1.5 倍にもなる。このまま壇らの手法を国内地震に適用すると、応力降下量が明らかに過小評価されてしまう。つまり、

<sup>14</sup>壇らは表 9 の  $\Delta\sigma^{\#}$  の列の最下段括弧内の幾何平均を「平均的な値」として採用しているが、算術平均では 4.3MPa になる。幾何平均は算術平均より小さくなるため、幾何平均を用いる根拠が問題になる。その妥当性は応力降下量の分布で判断されるべきだと思うので、ここでは触れない。

$W_{\max} = 15\text{km}$  と仮定して導かれた  $\Delta\sigma = 3.4\text{MPa}$  は、断層幅の狭い国内地震に対しては過小評価だと言える。

国内地震に壇ら (2011) の手法を用いるのであれば、この断層幅の違いを考慮しなければならない。濃尾地震を含めた国内 9 地震の平均断層幅が 12.0km であることから、式 (3) で  $W_{\max} = 12\text{km}$  と設定すると、図 22 の破線のようになり、壇らの回帰線 (黒い太実線) から外れる。 $W_{\max} = 12\text{km}$  と設定して、この回帰線に合わせるには応力降下量を  $\Delta\sigma = 4.3\text{MPa}$  に引き上げねばならない<sup>15</sup>。つまり、断層幅の狭い国内地震に壇ら (2011) の手法を適用するのであれば、 $\Delta\sigma = 4.3\text{MPa}$  としなければ、過小評価になるのである。

他方、債務者、四国電力はパラメータの検証と題して図 29 を審査会合で提示しており、 $W_{\max} = 13\text{km}$  とした回帰線を緑色で記している。四国電力

<sup>15</sup>厳密に言えば、 $W_{\max} = 12\text{km}$  としてシミュレーションをやり直すべきだが、関係式は変わらないと仮定している。なお、4.3MPa は表 9 の  $\Delta\sigma^{\#}$  の算術平均値に等しくなっているが、たまたま一致しただけである。



表 9: 壇ら (2011)[3] が用いた地震データと  $W_{\max} = W$  としたときの  $\Delta\sigma^{\#}$  の変動量  $\Delta\sigma^{\dagger}/\Delta\sigma^{\#} *1$

地震発生年 地震名	M, $M_W$	L km	$W_{rup}$ km	$S_{rup}$ km <sup>2</sup>	S km <sup>2</sup>	W km	$M_o$ 10 <sup>20</sup> N·m	$\Delta\sigma^{\#} *2$ bar	$\frac{\Delta\sigma^{\dagger}}{\Delta\sigma^{\#}}$
1891 濃尾	M8.0	80, 34	15, 13	1642	1368	12	1.5	37	1.3
1927 北丹後	M7.3	35	13	455	379	11	0.46	70	1.7
1930 北伊豆	M7.3	22	12	264	220	10	0.27	102	2.0
1943 鳥取	M7.2	33	13	429	358	11	0.36	61	1.7
1948 福井	M7.1	30	13	390	325	11	0.33	66	1.7
1978 伊豆大島	M7.0	17	10	170	142	8	0.11	81	2.7
1995 兵庫県南部	M7.3	60	20	1200	1000	17	0.18	6	0.87
2000 鳥取県西部	M7.3	26	14	364	303	12	0.0862	19	1.5
2005 福岡県西方沖	M7.0	24	20	480	400	17	0.115	16	0.84
国内算術平均 (括弧内は幾何平均)		40.1	14.4	599	499	12.0		51 (38)	(1.5)
1906 San Francisco	Mw 7.9	432	12	5148	4290	10	8.32	64	1.5
1976 Motagua	Mw 7.5	257	13	3341	2784	11	2.04	24	1.4
1976 Tangshan	Mw 7.6	70	24	1680	1400	20	2.77	66	0.69
1988 Langcang-Gengma	Mw 7.0	80	20	1600	1333	17	0.366	9	0.89
1990 Luzon Island	Mw 7.7	120	20	2400	2000	17	4.07	68	0.90
1992 Landers	Mw 7.3	69	15	1035	863	13	1.06	45	1.2
1997 Ardakul	Mw 7.2	100	15	1500	1250	13	0.735	20	1.2
1997 Manyi	Mw 7.5	175	15	2625	2188	13	2.23	34	1.2
1999 Kocaeli	Mw 7.6	141	23.3	3285.3	2738	19	2.88	35	0.77
1999 Hector Mine	Mw 7.1	74.27	20	1485.4	1238	17	0.598	16	0.88
1999 Duzce	Mw 7.1	49	24.5	1200.5	1000	20	0.665	23	0.62
2001 Kunlun	Mw 7.8	400	30	12000	10000	25	5.9	20	0.60
2002 Denali	Mw 7.8	292.5	18	5265	4388	15	7.48	57	1.0
海外算術平均 (括弧内は幾何平均)		174	19.2	3274	2729	16.0		37 (31)	(0.95)
全体算術平均 (括弧内は幾何平均)		119	17.2	2180	1817	14.4		43 (34)	(1.1)

\*1: 壇ら (2011)[3] は、国内平均、海外平均、全体平均を表記していないが、ここでは算術平均を記載した。壇らは応力降下量については幾何平均をとって「平均的な値」としているようなので、その値も括弧内に示した。また、壇らは、震源断層の長さ  $L$  以外は、断層面積  $S$  と破壊面積  $S_{rup}$ 、断層幅  $W$  と破壊幅  $W_{rup}$  を区別している。震源断層は地下 3km から地下 18km の間に広がると見なし、震源断層幅を一律に  $W_{\max} = 15\text{km}$  と設定して地震データに回帰させている。壇らは震源断層の  $S$  と  $W$  の値を表記していないが、 $S = (15/18)S_{rup}$ 、 $S_{rup} = LW_{rup}$  としていることから、 $S = LW$  と置いて  $W = (15/18)W_{rup}$  を求め、表記した。

\*2: 壇らは応力降下量として、静的応力降下量  $\Delta\sigma$  ではなく、Irie et al.(2010)[22] の動学的断層破壊シミュレーション結果を用いる関係上、動的平均応力降下量  $\Delta\sigma^{\#}$  を用いている。前者は断層破壊の前後でのせん断応力の差になるが、後者は断層破壊活動中のせん断応力の差であるため、後者のほうが大きい。せん断応力のシミュレーションモデル上は両者に差がないため、同じ値と見なしてよい。また、1bar=0.1MPa である。

$\Delta\sigma^{\#}$  を求める際、壇らの式 (3) の  $S$  には  $S = (15/18)S_{rup} = LW$  の値を用い、 $LW_{\max}$  の値を用いてはいない。そこで、これに合わせて、 $W_{\max} = 15\text{km}$  を  $W_{\max} = W$  としたときの  $\Delta\sigma^{\#}$  の変動量  $\Delta\sigma^{\dagger}/\Delta\sigma^{\#}$  を求め、右端の列に示した。

$\Delta\sigma_a^{\#}$  を求める際には式 (3) の  $L$  と  $S$  を  $L_{\text{model}}$  と  $S_{\text{model}} = L_{\text{model}}W_{\max}$  に置き換えて、 $\Delta\sigma^{\#} = 3.4\text{MPa}$  となるように  $L_{\text{model}}$  と  $S_{\text{model}}$  の値を求め、 $L_{\text{model}}$  の値を式 (4) の  $L$  に代入している。ここでも、 $W_{\max} = 15\text{km}$  としている。壇らは短周期レベル  $A$  の値が得られている 5 地震にこれを適用し、表 10 のように  $\Delta\sigma_a^{\#}$  の値を求めている。そこで、

$(L_{\text{model}}, W_{\max}) = (L, W)$  としたときの  $\Delta\sigma_a^{\dagger}/\Delta\sigma_a^{\#}$  を求め、表 10 の右端列に示した。

表 10: 壇ら (2011)[3] の方法に基づく震源断層モデルの面積  $S_{\text{model}}$ 、断層長さ  $L_{\text{model}}$ 、アスペリティ平均動的応力降下量  $\Delta\sigma_a^{\#}$  および  $(L_{\text{model}}, W_{\max}) = (L, W)$  としたときの  $\Delta\sigma_a^{\dagger}/\Delta\sigma_a^{\#}$

発生年 地震名	A 10 <sup>19</sup> N·m/s <sup>2</sup>	$S_{\text{model}}$ km <sup>2</sup>	$\frac{S_{\text{model}}}{S}$	$L_{\text{model}}$ km	$\frac{L_{\text{model}}}{L}$	$\frac{L_{\text{model}}}{W_{\max}}$	$\frac{L}{W}$	W km	$\Delta\sigma_a^{\#}$ bar	$\frac{\Delta\sigma_a^{\dagger}}{\Delta\sigma_a^{\#}}$
1995 兵庫県南部	1.62	335	0.34	22.3	0.37	1.5	3.6	17	320	1.9
2000 鳥取県西部	0.593	215	0.71	14.3	0.55	1.0	2.2	12	67	1.4
2005 福岡県西方沖	1.09	257	0.64	17.1	0.71	1.1	1.4	17	190	1.3
1992 Landers	1.15	1070	1.2	71.3	1.0	4.8	5.5	13	50	0.85
1999 Kocaeli	3.05	2820	1.0	188	1.3	13	7.3	19	130	1.3
算術平均 (幾何平均)		939		62.6				15.4 (15.1)	15.2 (12.2)	1.34 (1.30)

は、これが壇ら (2011) の回帰線だと主張しているが、大変な誤りであり、正しくは図 22 の黒い太実線のようになる。四国電力の示した回帰線は図 22 の破線で示した  $W_{\max} = 12\text{km}$  の回帰線に近い。これは明らかに壇ら (2011) の回帰線から外れている。四国電力は、断層幅  $W_{\max} = 20.2\text{km}$  の北傾斜モデルについても図 29 の中に記し、「断層幅が  $13\text{km}$  よりも大きいため、壇の回帰線上には載らない」としている。断層幅  $13\text{km}$  の回帰線そのものが壇らの断層幅  $15\text{km}$  の回帰線に載ってはいないのだが、これほど断層幅が違ふと、単純に断層幅に合わせて応力降下量を小さくして壇らの回帰線に載せるのが妥当かどうか問われる。すなわち、壇ら (2011) の関係式そのものを見直すために動力的断層破壊シミュレーションをやり直すが筋だ。ところが、原子力規制委員会は、四国電力からこの図を示されても、「おかしい」と誰一人気付かなかった。四国電力が図の中に記した点を「単なる計算値」ではなく「客観的な地震データ」と勘違いしたのではないかと思われる。これでは、「瑕疵のない厳格な審査だ」とは到底言えない。

アスペリティ平均応力降下量  $\Delta\sigma_a$  については、壇ら (2011) も四国電力も過小評価している。

壇らは地震データのうち、短周期レベルのわかっている 5 地震のデータを下式に代入してアスペリティ平均応力降下量を表 10 のように求め、その幾何平均から  $\Delta\sigma_a = 12.2\text{MPa}$  と導出している<sup>16</sup>。

$$\Delta\sigma_a = \frac{A^2 W_{\max}}{16\pi\beta^4 M_o (0.5 + 2 \exp(-L/W_{\max}))} \quad (4)$$

ここで、アスペリティ面積と断層面積の比  $S_a/S$  を求めると、 $S_a/S = \Delta\sigma/\Delta\sigma_a = 3.4/12.2 = 0.279$  となる。ところが、地震調査研究推進本部の断層モデルのレシピ [32] によれば、この比の値は平均  $0.22$  で、 $0.17 \sim 0.27$  が妥当だとされており、 $0.279$  は過大な部類に属する。同レシピでは、このような場合には  $S_a/S = 0.22$  とするよう推奨しており、 $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma/0.22 = 3.4/0.22 = 15.5\text{MPa}$ 、あるいは、国内地震用の  $\Delta\sigma = 4.3\text{MPa}$  を採用して、 $\Delta\sigma_a = 4.3/0.22 = 19.5\text{MPa}$  とすべきである。

というのも、壇ら (2011) は  $\Delta\sigma_a$  の値を求める際、 $W_{\max} = 15\text{km}$  と仮定するだけではなく、式

<sup>16</sup>ここでも、算術平均は  $15.2\text{MPa}$  になり、幾何平均では小さくなることだけを指摘しておく。

(3) の  $L$  と  $S$  を  $L_{\text{model}}$  と  $S_{\text{model}} = L_{\text{model}} W_{\max} = 15L_{\text{model}}$  に置き換え、 $\Delta\sigma^{\#} = 3.4\text{MPa}$  となるように  $L_{\text{model}}$  と  $S_{\text{model}}$  の値をわざわざ求め直し、実際の値とはかけ離れた  $L_{\text{model}}$  の値を式 (4) の  $L$  に代入している。壇らは短周期レベル  $A$  の値が得られている 5 地震にこのやり方を適用し、表 10 のように  $\Delta\sigma_a^{\#}$  の値を求めている。ところが、こうして得られた  $L_{\text{model}}$  と  $S_{\text{model}}$  の値は表 10 に示すように元データとは似ても似つかない値になっている。国内 3 地震では  $0.3 \sim 0.7$  倍と極めて小さい。このやり方には明らかに無理がある。念のため、 $(L_{\text{model}}, W_{\max}) = (L, W)$  としたときの  $\Delta\sigma_a^{\#}$  の変動量  $\Delta\sigma_a^{\dagger}/\Delta\sigma_a^{\#}$  を求め、表 10 の右端列に示した。やはり、国内地震では  $1.3 \sim 1.9$  倍になる。壇らのやり方では、 $\Delta\sigma$  より  $\Delta\sigma_a$  の方が、過小評価の度合いは大きいと言える。原子力規制委員会は壇ら (2011) の手法について、 $480\text{km}$  モデルの地震動評価における基本論文である以上、その妥当性について独自に評価し直すべきところ、ここまで深く検討してはいない。

また、壇らの元になった Irie et al. [22] のシミュレーションでは、S 波速度は  $\beta = 3.46\text{km/sec}$ 、剛性率は  $\mu = 3.23 \times 10^{20}\text{N/m}^2$  であり、 $480\text{km}$  モデルの  $\beta = 3.5\text{km/sec}$ 、 $\mu = 4.00 \times 10^{20}\text{N/m}^2$  より小さい。したがって、 $W_{\max}$ 、 $\beta$ 、 $\mu$  を  $480\text{km}$  モデルに合わせて動力的断層破壊シミュレーションをやり直せば、応力降下量はさらに大きくなると推測される。

広島地裁決定は、「国外の地震であるとはいえ実際の観測記録でその信頼性が検証されているのは事実である」(p.249[21]) と認定しているが、債務者の確認した 1999 年トルコ Kocaeli 地震 (Mw7.9、断層長さ  $250\text{km}$ ) の断層幅は  $23.3\text{km}$  (Sekiguchi and Iwata, 2002) であり、 $480\text{km}$  モデルの断層幅  $12.7\text{km}$  より  $10\text{km}$  以上大きい。また、2008 年四川大地震 (Mw7.9、断層長さ  $250\text{km}$ ) の場合、最初は傾斜角  $30 \sim 33$  度の逆断層 (Mori and Smyth, 2008) だったが、 $100\text{km}$  北東へ破壊が伝播した後は横ずれ断層が卓越する破壊形式に変わっており、断層幅も約  $40\text{km}$  と  $480\text{km}$  モデルの 3 倍以上である。つまり、壇ほか (2011) の想定震源断層とはかなりかけ離れた地震であり、これらの地震観測記録と

「整合的である」とか、債務者による「地震動評価が妥当なレベルであることを確認している」とかを主張しても、科学的意味は乏しい。むしろ、これらの地震と比べて、480kmモデルでは断層幅のより狭い震源断層から480kmもの断層破壊をもたらすエネルギーが放出されるのであるから、より強い地震動が発生すると考えてしかるべきである。つまり、480kmモデルの地震動解析結果は、むしろ、これらの地震観測記録から大きく乖離してしかるべきなのである。

### 4.3 認識論的・偶然的不確実さの考慮

広島地裁は、「新潟県中越沖地震の震源断層は逆断層型であった…中央構造線断層帯が右横ずれ断層型であると認められ…横ずれ断層型の内陸地殻内地震における短周期レベルの大きさは、逆断層型の内陸地殻内地震のそれよりも有意に小さいことが指摘されている…そうであれば、敷地前面海域の断層群を含む中央構造線断層帯が、新潟県中越沖地震の震源と同じような震源特性を有し、実際に新潟県中越沖地震に匹敵する短周期レベルの揺れを生じる可能性は自ずと小さいものと考えらることは一応の合理性がある」(p.263[21])と判断しているが、これは債務者による意図的に偏った主張をそのまま受け入れた結果にすぎない。もし、これが成り立つのであれば、全原発に強いている「震源特性1.5倍化」を横ずれ断層には適用しないようにすべきだが、そうはなっていない。

というのも、佐藤(2010)[58]はスペクトルインバージョンという独自の手法によって上記結論を導いているが、図30のように、同論文には経験的グリーン関数法に基づく評価も示されており、M7クラスの地震データでは逆断層と横ずれ断層のデータが重なり合っていて、上記結論に反する。佐藤(2010)[58]は独自の手法によれば、重なり合っているデータを分離できて上記結論を導けると主張しているにすぎず、未だ明確な結論は出ていない。

染井ら(2010)[70]によれば、図31のように、断層タイプによる短周期レベルの違いは確認できず、佐藤(2010)と同等の条件(手法は違う)で解析しても明瞭な違いは見られず、「図31(a)は、断層タイプによるAの違いは、確認できない。図31(b)は、

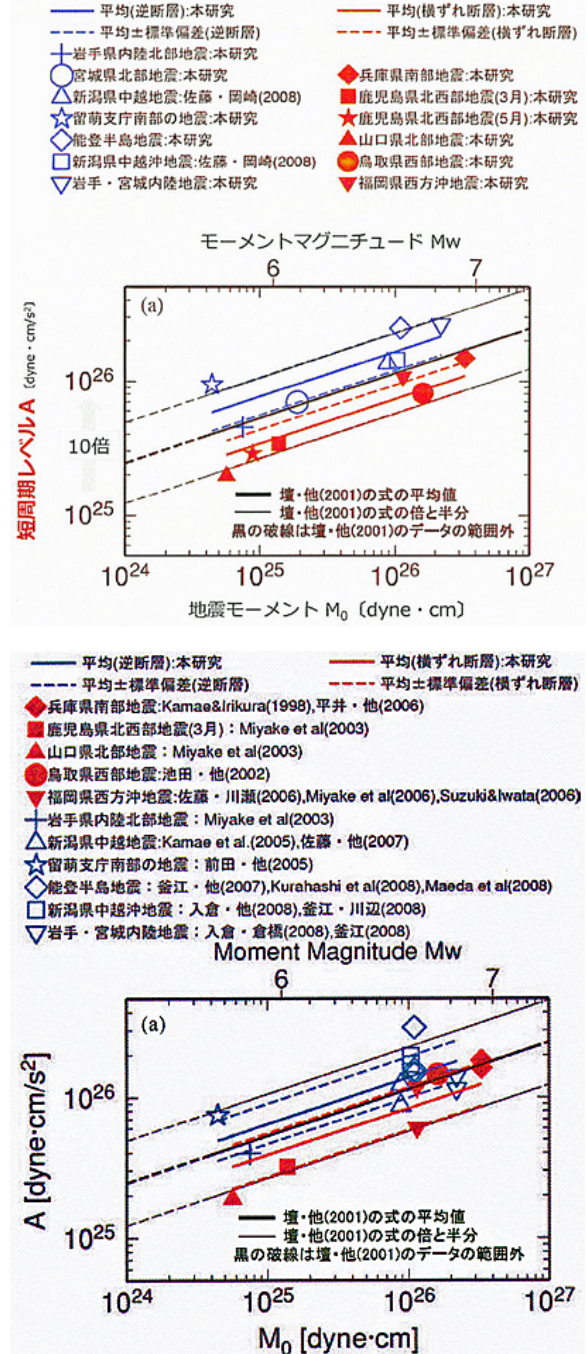


図30: 佐藤(2010)[58]によるスペクトルインバージョン(上図)および経験的グリーン関数法(下図)に基づく地殻内地震のAとM<sub>0</sub>の関係

逆断層型の地震の方が、横ずれ断層型の地震よりもAが大ききようにも見えるが、佐藤(2010)で示されるほどの明瞭な違いは無い。解析手法による、短周期レベルの評価の偏りに注意する必要があると考えられる。」としている。

さらに、構造計画研究所(2010)[44]によれば、断層タイプ別に短周期レベルの明確な違いはない。「断層タイプ別に短周期レベルの明確な違いが見られなかったが、逆断層の短周期レベルが若干大

### 逆断層型地震

- 1996年宮城県北部地震(8月11日03:12)
- 1996年宮城県北部地震(8月11日08:10)
- ▲ 2004年新潟県中越地震
- ◆ 2004年留萌支庁南部地震
- ◆ 2007年能登半島地震
- ▼ 2007年新潟県中越沖地震
- 2008年岩手・宮城内陸地震

### 横ずれ断層型地震

- ★ 1997年鹿児島県北西部地震(3月)
- ★ 1997年鹿児島県北西部地震(5月)
- 2000年鳥取県西部地震
- 2005年福岡県西方沖地震

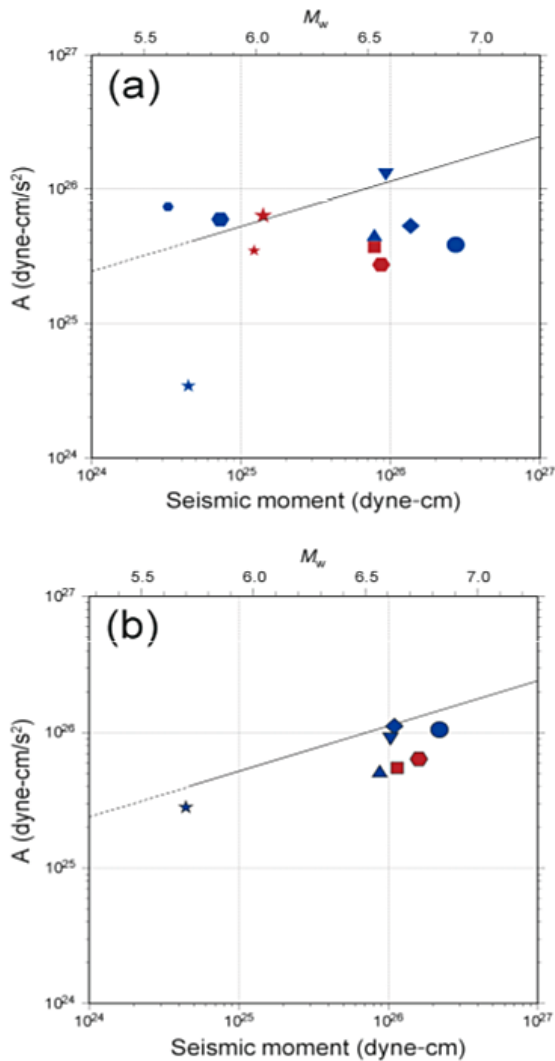


図 31: 染井ら (2010)[70] による断層タイプ別の本震の短周期レベル A と地震モーメントの関係 ((a) 本研究の手法 (スペクトル比法), (b)(a) の条件を佐藤 (2010)[58] の解析周波数帯域などの条件と同等とした場合)

きい。この傾向は佐藤 (2010) による結果と調和的であるが、数値的には大きく異なるので、今後の検討課題になる。」としている。つまり、広島地裁決定が「合理的だ」する上記結論を裏付ける地震データは未だ不十分であり、断層ごとに異なる短周期レベルを設定できる状態にはないということである。

これらの事実については、東京電力 [78] や関西電力 [41] は原子力規制委員会の審査会合でも紹介しているが、四国電力は裁判所に対して、佐藤

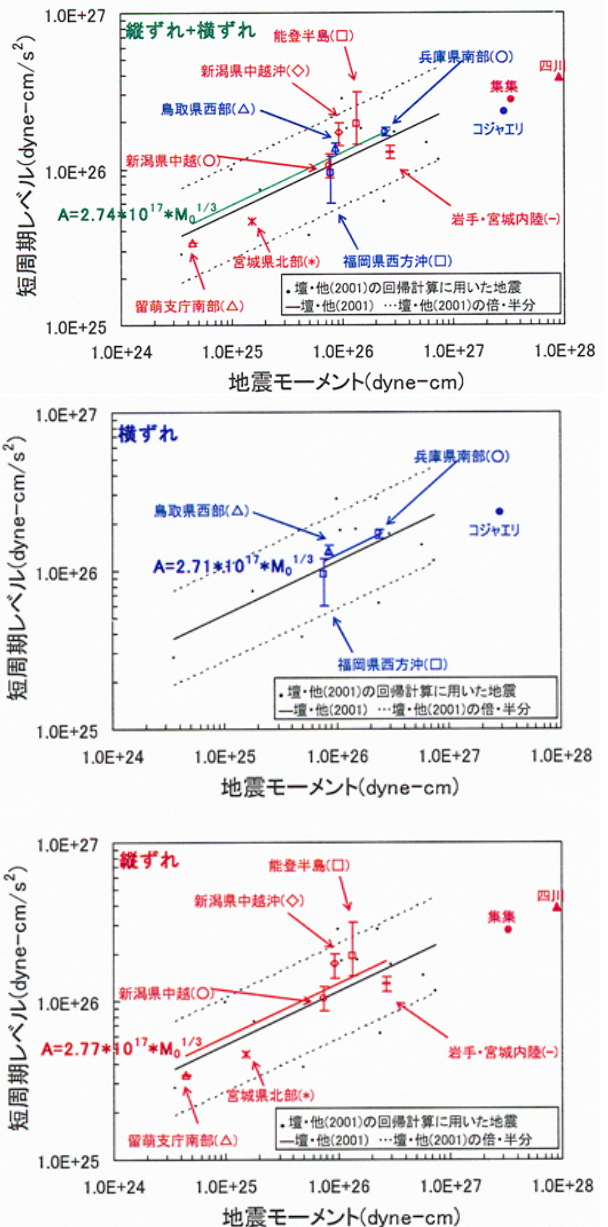


図 32: 構造研究所 (2010)[44] による地震モーメントと短周期レベルの関係 (「-」は最大・最小の短周期レベルの範囲を示す) (上図: 横ずれと縦ずれ, 中図: 横ずれ断層のみ, 下図: 縦ずれ断層のみ)

(2010) による独自の手法による解析結果だけを示すなど、自らに有利な資料に限定して主張したのであり、それを真に受けた広島地裁は合理的な判断を誤ったと言える。

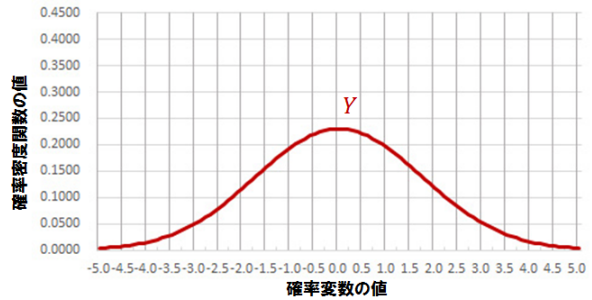
これを典型例として、今の地震学の学問的レベルは、詳細な調査を尽くしても、「①応力降下量 (短周期レベル) を 1.5 倍又は 20MPa とする点, ②北傾斜モデル, ③南傾斜モデル, ④破壊伝播速度を 1.0V<sub>s</sub> とすること, ⑤アスペリティ平面位置を敷地正面のジョグに配置すること, 以上 5 点」(p.261[21]) の「認識論的不確かさ」については、不確かさを

ゼロにできるレベルからはほど遠い。広島地裁決定が「実際に債務者が行った調査や基にした知見に照らし、各々、その不確かさの程度において相応に小さいものにとどまり、したがって、これら5点の不確かさの数点又は全部が重畳することによって本件敷地をめぐる断層モデルを用いる手法による地震動評価に影響を与える可能性もまた小さいものと考えることができる」(p.266[21])と判断したのは、債務者の主張を鵜呑みにしたもので、拙速である。認識論的不確かさを検討する際には、今の地震学のレベルを十分認識した上で、地震動を過小評価しないよう、十分な余裕をもって保守的に対応することが不可欠だと言える。

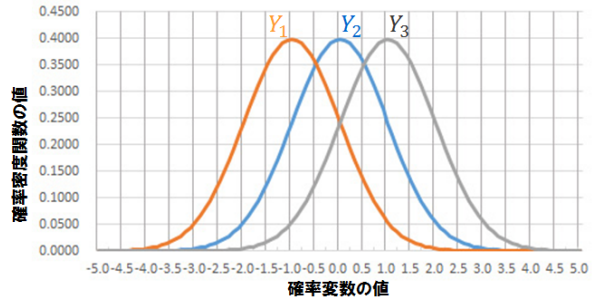
### 無視された偶然的不確かさ

広島地裁は、「不確かさ要因を偶然的不確かさと認識論的不確かさに分類して、分析が適切になされていることを確認することを求めている。そうであれば、地震動評価に際しては、不確かさを単純に重畳させるのではなく、不確かさの要因を分類、分析して、これを適宜組み合わせ、もって、不確かさの項目ごとに地震動評価に与える影響を明らかにすることがそもそも求められているものと解するのが相当である。」(p.262[21])としながら、「偶然的不確かさ」とは何かについて全く言及せず、それ以上何も触れず、無視している。

地震とは、プレート運動によって震源断層面ないしその周辺に蓄積された歪みエネルギーが断層運動によって一挙に解放される現象である。この歪みの大きさや場所の分布は一樣ではなく、断層運動による破壊開始点、破壊伝播の速度・方向、ずれの大きさ・方向も一樣ではなく、複雑な様相を帯びる。断層運動によって生じる個々の地震波も一樣ではなく、破壊場所によって違う。このように断層破壊過程は一定の法則に従うとは言え、実際の破壊過程には、かなりの程度、偶然性が伴い、地震ごとに地震動が大きくばらつくことになる。このような震源における特性には地域性があり、横ずれ断層、逆断層、正断層によっても異なるが、短周期レベルひとつとっても、上述のように地震データ不足のため仮説に留まっており、科学的な結論を得るには至っていない。地震波の伝わり方も距離



(a) 全平均のばらつき



(b) 3つの確率変数でばらつきを説明できる場合

図 33: 正規分布  $N(\mu, \sigma^2)$  ( $\mu = 0, \sigma^2 = 3$ ) に従う確率変数  $Y$  のばらつき (標準偏差  $\sigma = \sqrt{3}$ ) を  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = 1$  の 3 つの確率変数  $Y_1 \sim N(-1, 1^2)$ ,  $Y_2 \sim N(0, 1^2)$ ,  $Y_3 \sim N(1, 1^2)$  に分けて説明できる場合 (b) とそうでない場合 (a) の比較

とともに地震波が一樣に減衰するのではなく、増幅される場合もあり、複雑な伝播経路特性を持つ場合がある。こうして得られる地震観測記録には、地中観測点が地震基盤と同様の固い岩盤であっても、地震によって、また、地中観測点によって大きなばらつきが生じる。このばらつきには、たとえば地震基盤で評価される耐専スペクトルのように観測点のサイト特性が除去されていても、震源特性、伝播経路特性、偶然変動によるばらつきが混在している。

このばらつきを地域性で説明するためには、十分な地震観測記録に加えて、震源特性や伝播経路特性に関するデータが不可欠である。たとえば、図 33 の (a) のように、確率変数  $Y$  のデータが分布し、ばらついているとしよう。ここから、震源特性や伝播経路特性などの地域特性の違いによってデータを分類し、(b) のように確率変数  $Y_1, Y_2, Y_3$  の分布に分離できたとする。そうすると、確率変数  $Y_1 \sim Y_3$  はそれぞれに異なる地域性を持ったデータの母集団になり、(a) の場合よりばらつきは小さくなるが、(b) の各分布のように偶然変動のばらつきは残る。「サイコロを振って出る目は予測で

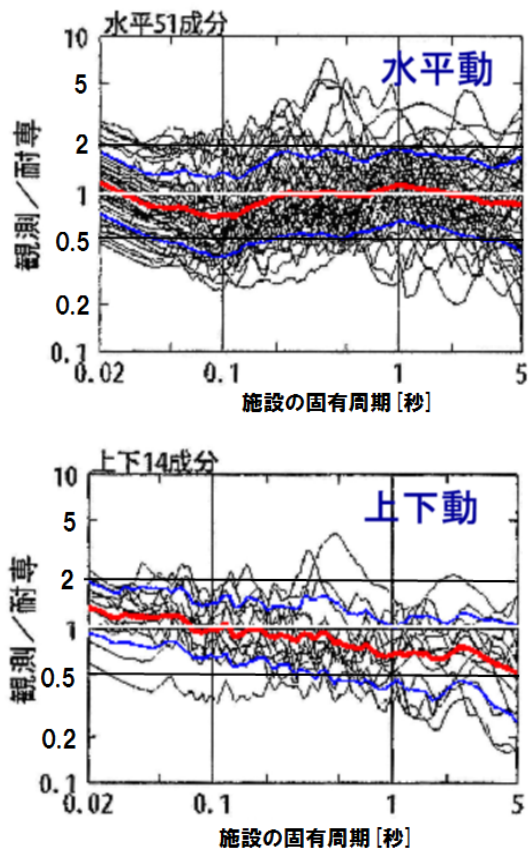


図 34: 国内外の内陸地殻内地震による震源近傍の観測記録 (M6.0~8.1,  $X_{eq} = 6 \sim 33\text{km}$ , 水平 51 記録, 上下 14 記録) の耐専スペクトル (内陸補正有) との残差 (ばらつき)[77] (細線: 各地震観測記録に対する残差, 太い赤実線: 残差の平均, やや太い青実線: 平均からの「倍半分」の差, 0.5 秒付近では水平動で 6 倍程度, 上下動で 4 倍程度の残差がある)

きない」ように、この偶然変動は人が制御できないものであり、地域性を考慮して得た平均像からのばらつきに対して標準偏差の何倍かの余裕を持たせて保守性を確保するのが、工学的立場である。

今の耐専スペクトル (内陸補正あり) には、図 34 に見られる大きなばらつきがある。これは、東京電力が原子力安全委員会の指示により耐専スペクトルの適用可能性を 2009 年段階で検討したものであり、震源近傍 6~33km の地震観測記録に対する耐専スペクトル (内陸補正あり) からの残差を表している [77]。この図から、実際の地震観測値は残差平均より「倍半分」以上のばらつきがあり、内陸補正をした耐専スペクトルからも「倍半分」(1/2~2 の範囲,  $\pm 1$  標準偏差分が青実線の範囲で、これにほぼ等しい) 以上のばらつきがあることがわかる。

今の耐専スペクトルは、図 35 のように、地震

観測データを地震規模 (気象庁マグニチュード) と断層の広がり を考慮した等価震源距離で分類し、データとの誤差 (ばらつき) をできるだけ小さくするような「平均像」として作成されている。地震基盤表面での地震動評価を行うことでサイト特性は可能な限り除去されているが、作成当時には国内地震観測記録が少なかったため、震源特性の異なる海洋プレート間地震と内陸地殻内地震が混在したままの「平均像」である。そこで、内陸地殻内地震用にはそれに則した補正係数を用いることになっているが、海洋プレート間地震との震源特性等の違いを補正しても、図 34 のように大きなばらつきが残る。広島地裁決定は、「応力降下量 1.5 倍化」などの認識論的不確かさを考慮すれば、このようなばらつきを考慮したことになるのではないかと「理解」しているようにも見えるが、それは違う。「応力降下量 1.5 倍化」の原因となった新潟中越沖地震の観測記録の応答スペクトルを描いた図 20 を見れば、やはり、標準偏差で「倍半分」に相当するばらつきが残っていることが分かる。このばらつきには、地震によって異なる震源特性のばらつきは一切含まれていない。

他方、川内原発では、数は少ないが地震観測記録が得られている。九州電力が再稼働申請のために原子力規制委員会へ提出した資料が図 36 および図 37 であり、川内原発の敷地内で観測された 5 地震の観測記録を応答スペクトルに直し、耐専スペクトル (内陸補正なし) との比の平均を描いたものである。図 37 の破線で示される内陸補正係数が全国平均の内陸地殻内地震に対する耐専スペクトルの補正係数であり、川内原発の地震観測記録の平均応答スペクトル比 (川内原発に対する補正係数) は短周期側で破線を越えており、1 に近い値すらとっている。つまり、内陸地殻内地震の全国平均より大きな地震動が敷地で観測されていることを示しており、ここに地域性が現れている。

ここで重要なのは、川内原発から数十 km の範囲で発生した地震に対する川内原発敷地内観測記録の平均応答スペクトル比 (図 37 水平方向の実曲線) が全国平均を超えているということに加えて、この平均応答スペクトル比 (図 38 では赤線) より上側へのばらつきが短周期側 (周期 0.02~0.5 秒) で

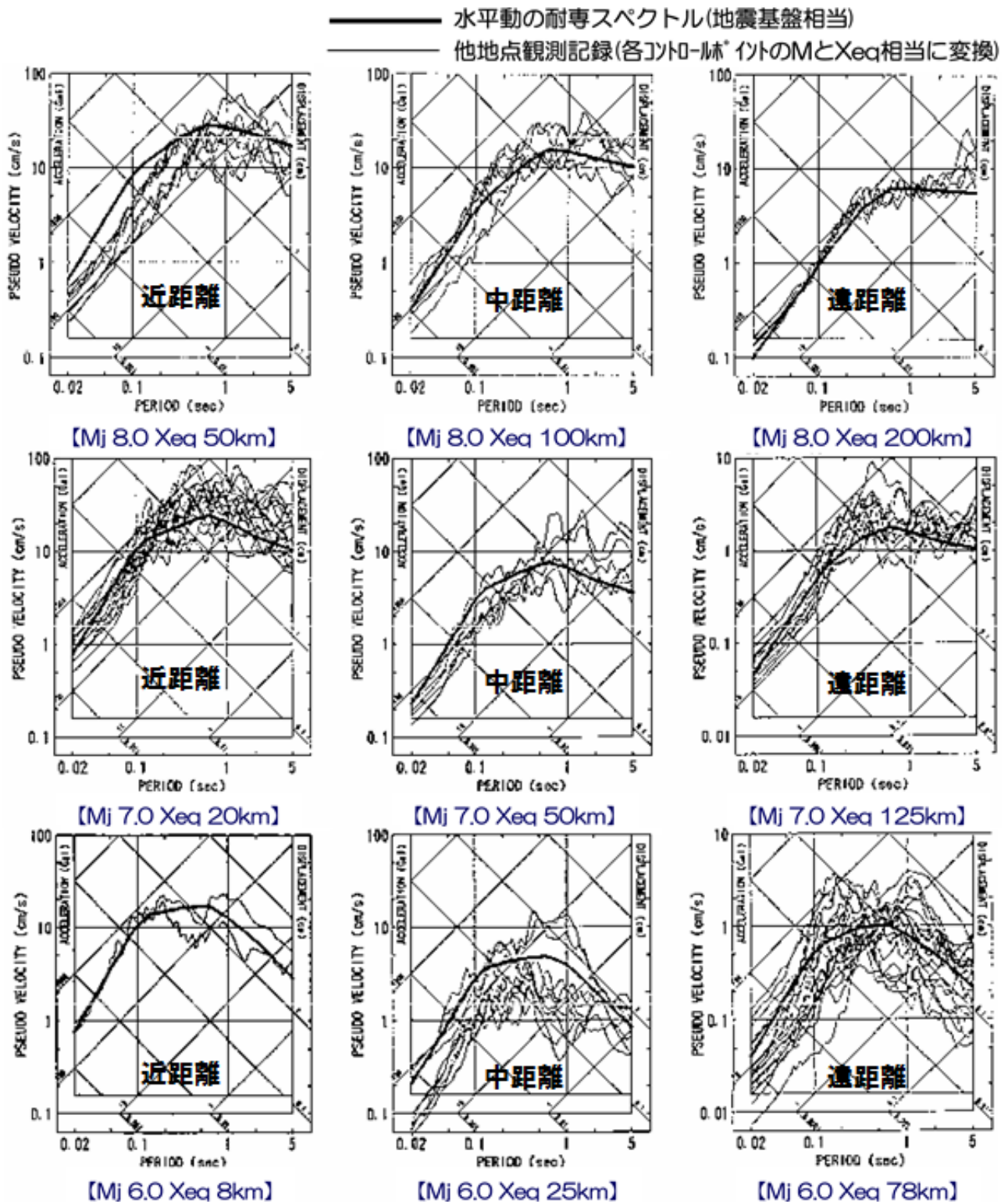
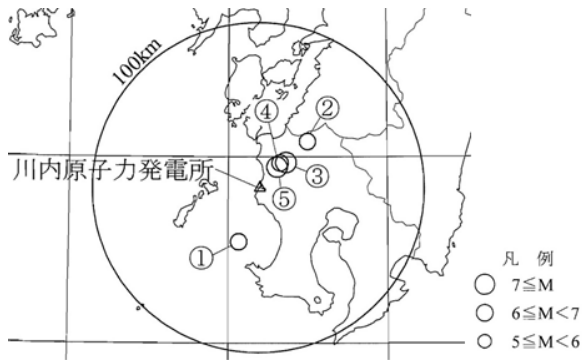


図 35: 耐専スペクトル作成の元になった地震観測記録の応答スペクトル(地震基盤表面はぎとり波)と耐専スペクトルの関係(気象庁マグニチュード  $M_j$  と等価震源距離  $X_{eq}$  の組合せでデータを分類し、その平均像として耐専スペクトルを求めている。震源特性や伝播経路特性などの地域性や偶然変動などによるばらつきの大いことがわかる。) [77]

ほぼ2倍になっているということである。このばらつきは「全国各地で起きる地震や地震観測点における地域性の違い」ではなく、「川内原発周辺の地域性の違い」が少しは含まれるとは言え、偶然

変動がかなりの部分を占めていると言える。

したがって、川内原発においては、耐専スペクトルで地震動評価を行う場合、上側に2倍のばらつきを考慮して保守的な地震動評価を行うべきだ



番号	地震名	発生日時
①	九州西側海域の地震	1984年8月15日 3時30分頃
②	鹿児島県北西部の地震	1994年2月13日 2時6分頃
③	鹿児島県北西部地震：本震	1997年3月26日 17時31分頃
④	鹿児島県北西部地震：余震	1997年4月3日 4時33分頃
⑤	鹿児島県北西部地震：本震	1997年5月13日 14時38分頃

図 36: 川内原発で観測された活断層による地震 [43]

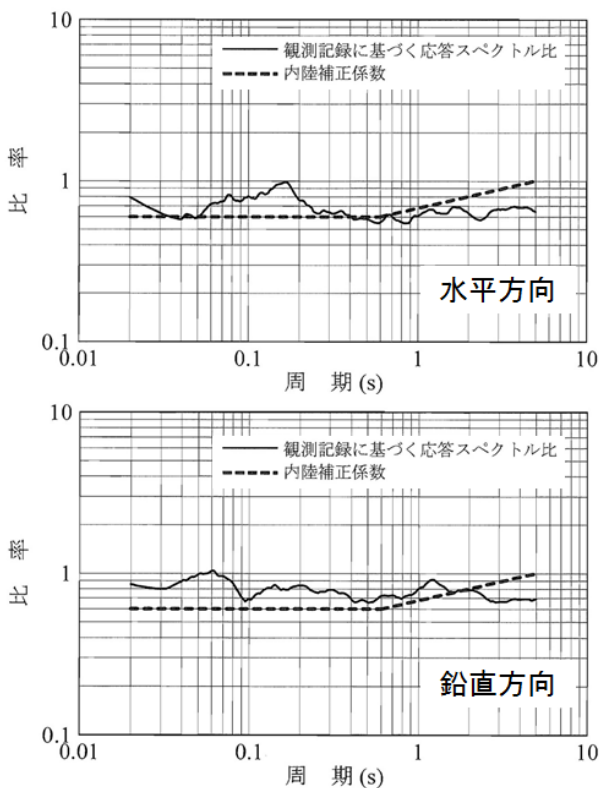


図 37: 川内原発での内陸地殻内地震観測記録に基づく耐専スペクトルの補正係数 [43] (破線は Noda et al.(2002)[54] の示した国内の内陸地殻内地震に対する平均的な補正係数, 実線が川内原発での観測記録に基づく補正係数)

ということになる<sup>17</sup>。

伊方3号では、このような内陸地殻内地震に関する敷地内地震観測記録が存在しないため、地域性を抽出することも偶然変動の大きさを評価する

<sup>17</sup>川内原発敷地で観測された図 36 の地震は M6 クラスの小規模地震 (地表に地震断層が出現しない未飽和断層による地震) であり, M7 クラスの中規模以上の地震は含まれていないこと, また, 10km 未満の近距離地震や震源近傍の地震動は観測されていないことなどを考慮すれば, これでも過小評価に陥る可能性は残る。

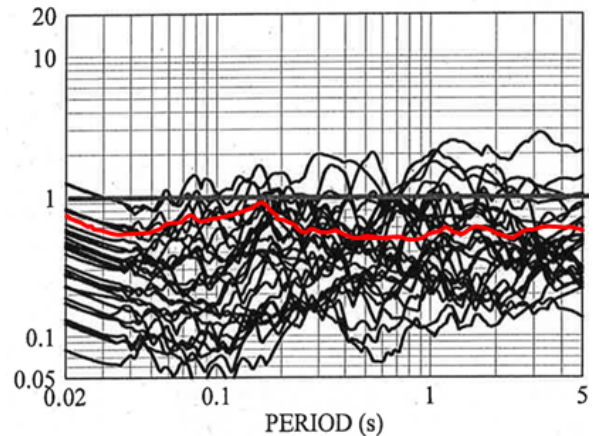


図 38: 川内原発の敷地地盤で得られた観測記録の応答スペクトルと Noda et al.(2002) の方法により求められた応答スペクトルの比 (決定 [37] 別紙図 ④p.294 : 図 37 水平方向の応答スペクトル比を赤線で追記)

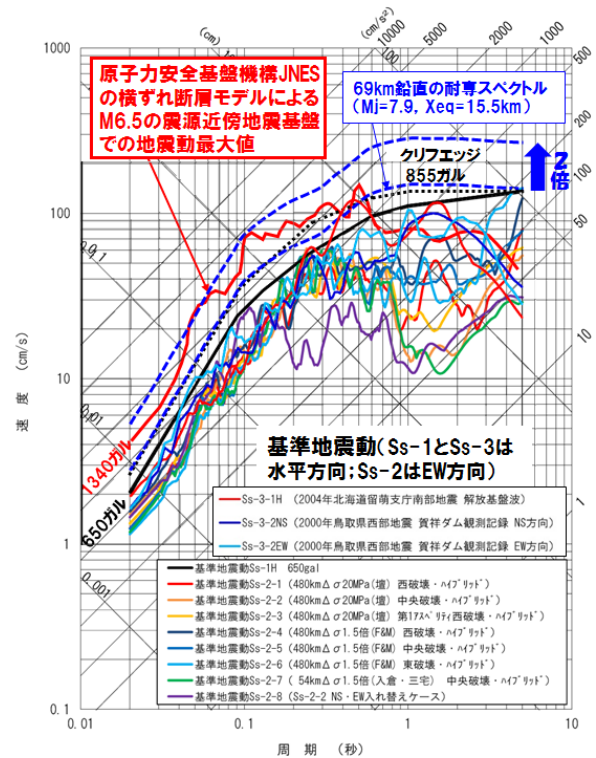


図 39: 伊方3号の基準地震動 Ss, クリフエッジ (黒点線), JNES による 1340 ガルの地震動 (赤波線), 敷地前面海域断層群 69km 鉛直の耐専スペクトルとその 2 倍の応答スペクトル (青波線)[7, 59, 60, 8]

こともできない。川内原発と同様の地域性があるとすれば、全国平均より大きな地震動が原発を襲うと言えるし、耐専スペクトルを少なくとも 2 倍にして川内原発で見られる 2 倍の偶然変動を考慮した保守的な評価を行うべきだということになる。そうすると、図 39 のように、69km 鉛直モデルの耐専スペクトルを 900 ガル程度から 1,800 ガル程度へ引上げる必要があり、クリフエッジは大幅に



超えられてしまう。たとえ、69km 鉛直モデルに耐専スペクトルを適用しない場合でも、69km 北傾斜モデルの耐専スペクトルについても、650 ガル弱から 1,300 ガル弱へ上げる必要がある、これによっても伊方3号のクリフエッジは超えられてしまうのである。

#### 断層モデルでは要素地震でばらつきを考慮すべき

断層モデルでは最終的に地震波が得られるため、地震波の中に「偶然的不確実さ」も考慮されると錯覚しがちである。しかし、震源パラメータの平均像から震源特性や伝播経路特性などの地域性を「不確実さの考慮」として検討したとしても、それは依然として偶然的不確実さを考慮したことにはならない。断層モデルでは要素地震を観測点で重ね合わせて地震波を合成しており、この要素地震そのものに偶然変動のばらつきがあるからである。経験的グリーン関数法では、検討用地震の震源断層またはその周辺で発生した M5 程度の小規模地震について原発サイトで観測した地震波を要素地震として用いるが、検討用地震のアスペリティ応力降下量と当該地震の応力降下量との比で地震波の大きさを調整している。本来なら、こうして得た要素地震波のばらつきを検討し、保守的に要素地震波を設定する必要がある。たとえば、関西電力は断層モデルによる大飯 3-4 号の地震動評価において、図 19 のように、位相乱数と破壊伝播速度に  $\pm 5\%$  の揺らぎを持たせて 50 通りの要素地震波を生成して地震動評価を行い、その平均スペクトルに最も近い代表波を地震動評価結果としている。この揺らぎを「倍半分」の揺らぎへ拡大し、平均スペクトルの 2 倍に最も近い代表波を選択するようにすれば偶然的不確実さを考慮したことになろう。そうすれば、耐専スペクトルと同様に、伊方3号のクリフエッジを超えることは避けられないであろう。

#### 偶然的不確実さの定量的評価も進んでいる

「認識論的不確実さ」は、さまざまな知見と調査を尽くせば低減できるが、「偶然的不確実さ」はいくら手を尽くしても低減できない。最新の知見によれば、地震動に含まれるばらつきをこれら 2

つの不確実さに分離し、偶然的不確実さを定量的に明らかにする試みが始まっている。

内山・翠川 (2013)[82] の試みがそれであり、次のように述べている<sup>18</sup>。「地震動強さのばらつきは、認識論的不確実性 (epistemic uncertainty) と偶然的不確実性 (aleatory uncertainty) に分離することができる。認識論的不確実性は、より正確なモデル化や新しい知見・データを追加することで低減可能なばらつき、偶然的不確実性は新しい知見・データが追加されても低減不可能なばらつきである。」「震源特性における震源メカニズムや破壊伝播方向、伝播経路における媒質 (速度、減衰構造) の不均質性、サイト特性における地盤の不整形性や入射角などによる地震動強さの違いは予め想定することが困難であり、これらが地震間および地震内のばらつきにおける偶然的不確実性の要因になっていると考えられる。」「地震間のばらつきは震源特性、地震内のばらつきは伝播経路・サイト特性がばらつきを与える主たる要因」として指摘されている。

このような位置づけの下、内山・翠川 (2013) は、防災科学研究所の K-NET および KiK-net を対象に、K-NET の運用が開始された 1996 年から 2010 年 12 月までに発生した  $4.5 \leq M_w \leq 6.0$  かつ震源深さ 100km 以浅の中小地震で得られた強震記録、756 地震 40,193 データ (165 内陸地殻内地震 8,431 データ、439 プレート境界地震 22,242 データ、152 スラブ内地震 9,520 データ) という膨大な量の国内地震データに基づいて、最大加速度または最大速度を求める距離減衰式を回帰させ、データのばらつきを分析している。その結果、最大加速度のばらつきは「平均値+標準偏差」が平均値の 2.34 倍になる大きさであること、地震間のばらつきの 43% が偶然的不確実性によるものであることを導出している。地震内のばらつきにおいても同様になるとすれば、たとえ、不確かさの考慮によって認識論的不確実性によるばらつきをゼロにできたとしても、低減不可能な偶然的不確実性によるばらつきは依然として存在するのであり、その大きさは「平均値+標準偏差」が平均値の 1.75 倍になる大

<sup>18</sup>内山・翠川 (2013) は、「不確実さ」を「不確実性」と記しており、この論文に關係する記述では、原文に合わせて「不確実性」と記す。

きさだということになる（詳細は巻末注3参照）。

実際には、認識論的不確定性をゼロにするなどということは不可能に近く、認識論的不確定性の残りのばらつきと偶然的な不確定性によるばらつきを合わせて、「平均値+標準偏差」が平均値の約2倍になるという程度のばらつきを最低限考慮すべきだということになる。

ここで、参考になるのが、先に示した2004年北海道留萌支庁南部地震のHKD020観測点での地震観測記録である。図9は、同地震のK-NETおよびKiK-net観測点の最大加速度PGAの距離減衰と司・翠川(1999)による距離減衰式との比較だが、「HKD020(EW)」の最大加速度が「平均値+標準偏差」(平均値の約2倍)の破線をかなり越え、「平均値の約3倍」になっているのが分かる。この地震が起こる前には距離減衰式の平均値の実線で予測する以外になく、たとえ認識論的不確定性によるばらつきを考慮して1.5倍に引上げていたとしても(耐専スペクトルで内陸補正をしない場合がこれに相当する)、さらに2倍の偶然的な不確定性等が存在していることになる。同じく先に示した地域地盤環境研究所の再現モデルによれば、震源域内ではHKD020観測点での地震観測記録より15~50%大きな地震動が発生しており(地震計がそこになかったため記録されていないだけ)、破壊開始点がアスペリティ下端であれば1.8倍の地震動が発生していたとも評価されていることから、「平均値+標準偏差」は最低限考慮すべき余裕にすぎないのである。

## 5 結言

本意見書では、伊方3号の運転差止仮処分申立を却下した2017年3月30日の広島地裁決定に、看過しがたい重大な誤判断と司法の責任放棄があることを指摘し、今後は、正当な事実認定に基づき、国民の過半数が原発再稼働に反対であるという社会的現状を踏まえ、公平な司法判断がなされるよう期する。その要旨は以下の通りである。

(1) 広島地裁決定は、3・11の福島第一原発重大事故以後に出された司法判断でほぼ確立された観点のうち、「原発運転という経済活動の自由は人格

権より劣位にある」との観点に全く言及せず、債務者の主張を鵜呑みにして「合理的」だと判断する一方、「確証がない」ことを吐露することで「債務者による主張・疎明が不十分である」ことを認めながら、「さらなる証拠調べは本件のような保全手続きにはなじまない」と司法の責任を放棄し、人格権よりも経済活動の自由を優先させた。

(2) 「震源を特定せず策定する地震動」は、詳細な調査によっては検出できない、または、見逃すおそれのある原発直下の震源断層による地震動を「震源を特定して策定する地震動」とは独立して検討するものであるにもかかわらず、広島地裁決定は、それが「補完的」であり「ミニマムリクワイアメントとして導入されたもの」だとする債務者の誤った主張を鵜呑みにした。また、「震源を特定せず策定する地震動」の対象とする地震観測記録が少ないことを原子力規制委員会自身が認め、電気事業連合会等での「研究が進まないことが原因だ」と指摘して電事連に研究を進めるよう懇願している現状がある一方、地下地震計の設置不足による地震観測記録の不足を補うための地震動再現モデルや断層モデルによる地震動解析がかなり進んでいるにもかかわらず、一切採用されていない。広島地裁決定は、この現状を踏まえて「各種の不確かさの考慮」の一環として後者の採用を促すべきところ、債務者の研究サポーターと「仮想に仮想を重ねたもの」とのいわれなき批難を鵜呑みにし、原子力規制委員会の不作為をたしなめることなく、容認した。

(3) 広島地裁決定は、敷地前面海域の54kmと69kmの鉛直モデルに対する耐専スペクトルについて、①「他の距離減衰式」との乖離が大きい、②構築時に8kmという至近距離の観測記録がなかった、③実際に耐専スペクトルに沿った地震動が起こる可能性は示唆されない、との理由から適用外にすることは「不合理ではなく、恣意的でもない」としたが、すべて誤判断である。「他の距離減衰式」こそが震源域で地震動を頭打ちにする構造をもっており、構築時の近距離地震観測記録に乏しく、北海道留萌支庁南部地震など現実に起きた震源域内地震観測記録を大きく過小評価している。他方、耐専スペクトルは原発から遠ざかる方向へ伸びる、

あるいは、傾斜する断層に対しては地震動を過小評価する傾向にあり、その採用には慎重でなければならないが、広島地裁決定は、上記鉛直モデルを採用しない代わりに、54km、69km北傾斜モデルや480km鉛直モデルなど本来採用すべきでないものを採用して地震動を過小評価することを「合理的だ」と判断した。

(4) 前原子力規制委員長代理の島崎邦彦氏による問題提起は、「原子力規制委員会は地震動の専門知識に欠け、原子力規制庁による情報操作やレシピ改ざんを見抜けず」という現状を暴露するとともに、その主張は熊本地震によって裏付けられ、地震調査研究推進本部による12月レシピ改訂でその正しさが認定された。レシピ(ア)で用いられている入倉・三宅式は地下のすべり量分布から推定される「不均質な震源断層」に適合し、レシピ(イ)の松田式等は測地データや変動地形学等から推定される「均質な震源断層」に適合する。前者は地震が起こらない限り分からず、地震観測記録のない原発の審査で使われる「詳細な調査に基づく震源断層」は後者であり、熊本地震によれば前者は後者の2倍にも達するため、「保守的」評価でも事前には推定できず、レシピ(イ)を用いるしかない。ところが、広島地裁決定は、「入倉・三宅式を適用したことが合理性を欠くものとはいえない」とする一方、確信を得るためには慎重な吟味が必要だとしながら、「保全手続きにはなじまない」と司法の責任を放棄した。

(5) 伊方3号の断層モデルによる地震動評価では、Fujii-Matsu'ura(2000)と壇ら(2011)の応力降下量を用いているが、いずれも、長大でない断層には「均質な震源断層」のデータ、長大な断層には「不均質な震源断層」のデータを用い、両者を混在させて得た結果であり、その妥当性には疑問がある。しかも、断層幅が15kmのシミュレーション結果を11~13kmの横ずれ断層が主な中央構造線断層帯にそのまま準用したものであり、応力降下量を過小設定している。壇らのモデルの信頼性を検証した国外の地震は断層幅や傾斜角など中央構造線断層帯とは似ても似つかないものであり、科学的意味は乏しい。広島地裁決定は、54kmモデルをすべり量の飽和した長大な断層と見なすかどうか

かなど債務者の想定の合理性について「確証を得るには慎重な検討が必要」としながら、「仮処分手続きにはなじまない」と、ここでも司法の責任を放棄した。

(6) 広島地裁決定は、「不確実さ要因を偶然的不確実さと認識論的不確実さに分類して適切に分析されているかを確認する」必要性を認めながら、偶然的不確実さについては全く言及せず、無視している。両者を分離して定量的に評価した最近の研究では、偶然的不確実さは「平均+標準偏差が平均の1.75倍になる」との結果が出されており、認識論的不確実さの精度を考慮すれば、「平均+標準偏差を少なくとも平均の2倍」とみなし、余裕をもった地震動評価にすべきである。伊方3号の基準地震動にも採用されている北海道留萌支庁南部地震の地震観測記録はその必要性を裏付けている。

前橋地裁判決は国による「規制権限不行使の違法」を裁いた。広島地裁決定は行政の「不作為の瑕疵」を司法が容認するものであり、許し難い。経済活動の自由より人格権を優先させ、万が一の危険を未然に防ぐため、司法に課せられた責任は重い。

#### (注1) 断層モデルによる地震波形成法

断層モデルの経験的グリーン関数による要素地震から大地震の波形合成の計算式は下記の通りである。

$$U(t) = \sum_{i=1}^{n_L} \sum_{j=1}^{n_W} \frac{X_e}{X_{ij}} C u_e(t - t_{ij}) + \frac{1}{n'(1 - e^{-1})} \sum_{i=1}^{n_L} \sum_{j=1}^{n_W} \sum_{k=1}^{(n_D - 1)n'} \frac{X_e}{X_{ij}} C \times \exp \left\{ -\frac{k-1}{(n_D - 1)n'} \right\} \times u_e \left( t - t_{ij} - \frac{(k-1)\tau}{(n_D - 1)n'} \right), \quad (5)$$

$$t_{ij} = \eta_{ij}/V_r + X_{ij}/\beta + \varepsilon_{ij}. \quad (6)$$

ただし、震源断層面を  $n_L \times n_W$  の小断層(要素)に分割して大地震の地震動  $U(t)$  を要素地震の地震動  $u_e(t)$  で合成することとし、 $X_e$  は要素地震の震源距離、 $X_{ij}$  は小断層  $(i, j)$  の震源距離、 $C = \Delta\sigma/\Delta\sigma_e$  は大地震と要素地震の応力降下量の比、 $\eta_{ij}$  は破壊開始点から小断層  $(i, j)$  までの距離、 $V_r$  は破壊伝播速度、 $\beta$  は媒質のS波速度、 $\varepsilon_{ij}$  は破壊時刻に対して与える乱数、 $\tau$  は立ち上がり時間、 $n_D$  はすべり量  $D$  の分割数、 $n'$  はすべりの再分割数であり  $n_D$  個に分割されたすべり量の要素をさらに  $n'$  個に再分割する。

ここで、重ね合わせ数  $n_L, n_W, n_D$  は

$$n_L \times n_W \times n_D = \frac{M_o/M_{oe}}{C} \quad (7)$$

となるように設定される。ただし、 $M_o$  は大地震の地震モーメント、 $M_{oe}$  は要素地震の地震モーメントである。式 5 で波形合成する場合、すべり量の分割数  $n_D$  および再分割数  $n'$  が小さいほどすべりの立ち上がり時間が急になる。

震源特性の不確かさを考慮して応力降下量を 1.5 倍にする場合には、応力降下量の比を  $C' = 1.5C$  と大きくし、 $n_L$  と  $n_W$  は変更せず、すべり量の分割数を  $n'_D = n_D/1.5$  と小さくする。これにより、第 2 項の足し合わせ数が減って結果的に立ち上がり時間（ライズタイム）が短くなり、短周期側の地震動が強くなる。

### (注 2) M7 クラスの国内地震では 20~30MPa

M7 クラスの国内地震データによれば、アスペリティ平均応力降下量は 20~30MPa である。鳥取県西部地震 M7.3 (2000.10.6) では 2 アスペリティで平均応力降下量は 28.0MPa と 14.0MPa と評価され [23]、能登半島地震 M6.9(2007.3.25) では 3 アスペリティで 20MPa、20MPa および 10MPa [39]、新潟中越沖地震 M6.8(2007.7.16) では 3 アスペリティで 23.7MPa、23.7MPa および 19.8MPa [26]、岩手・宮城内陸地震 M7.2(2009.6.14) では 2 アスペリティで 17.0MPa と 18.5MPa [27] であった。これらを教訓として、アスペリティの応力降下量を 20~30MPa またはそれ以上に設定すべきであろう。

### (注 3) 距離減衰式における偶然的な不確定性について

内山・翠川 (2013)[82] は、最大加速度の距離減衰式に関する回帰誤差を分析した結果、地震間のばらつきの自然対数標準偏差を 0.522 (「平均値+標準偏差」は平均値の  $e^{0.522}=1.69$  倍になる)、地震内のばらつきの自然対数標準偏差を 0.672 ( $e^{0.672}=1.96$  倍) と導いている。これより、全体のばらつきの自然対数標準偏差は 0.851 ( $=[0.522^2 + 0.672^2]^{0.5}$ ,  $e^{0.851}=2.34$  倍) になる。内山・翠川 (2013) はさらに、地震間のばらつきについて、認識論的不確定性によるばらつきと偶然的な不確定性によるばらつきに分離し、それぞれの自然対数標準偏差を 0.361 ( $e^{0.361}=1.43$  倍) と 0.315 ( $e^{0.315}=1.37$  倍) と求めている。したがって、地震間のばらつき全体の自然対数標準偏差は 0.479 ( $=[0.361^2 + 0.315^2]^{0.5}$ ,  $e^{0.479}=1.61$  倍) となり、元の 0.522 ( $e^{0.522}=1.69$  倍) より少し小さいが、これはばらつきを分離するための理論式に付随するやむを得ない誤差である。これより、地震間の自然対数分散の 43% ( $0.315^2/[0.361^2 + 0.315^2] = 0.432$ ) が偶然的な不確定性によるものだという結果が得られる。内山・翠川 (2013)[82] は今後、地震内のばらつきについても同様の分析を行う予定だが、地震内のばらつきについても自然対数分散の 43% が偶然的な不確定性によるものだとすれば、地震間と地震内を合わせたばらつきのうち偶然的な不確定性によるばらつきは、自然対数分散で  $0.559^2 (=0.43 \times 0.522^2 + 0.43 \times 0.672^2)$ 、自然対数標準偏差で 0.559 ( $e^{0.559}=1.75$  倍) になる。

内山・翠川 (2013)[82] の地震データには Mw6.0 を超える大地震のデータが含まれていないが、その理由はばらつきの分析精度を高めるためである。具体的には、次のように述べている。「大地震を対象にした場合には、中小地震に比べてその震源位置の空間分解能が疎になることにより、統計的に有意な解が得られない可能性が考えられる。また、規模の大きな地震を対象とした場合にはディレクティブティ効果など、ばらつきに影響を与える要因が中小地震よりも多くなると考えられることから、ばらつきに影響を与える要因を減らし、その解釈をより明確にするために中小地震 ( $4.5 \leq Mw \leq 6.0$ ) を対象とした検討を行う。」したがって、大地震に対しては、ばらつきの要因が増えるため、一層複雑な検討が必要であり、認識論的不確定性についても、偶然的な不確定性についても、より大きなばらつきが伴うことは避けられない。

四国電力の採用した「他の距離減衰式」による応答スペクトルは平均像にすぎないが、その平均像すらも地震観測記録の母集団の違いや回帰式の違い等によって大きく異なっており、54km, 69km, 130km, 480km のどのケースをとって見ても、距離減衰式による応答スペクトルの差は周期 0.02~0.5 秒で 2 倍程度の差がある。この点について各論文に基づいて、以下に改めて具体的に指摘しておく。

Kanno et al.(2006) は、1963~2003 年の国内 73 地震 (プレート境界地震と混在) を基本にしているが、国内データには大地震の震源近くのデータが不十分のため、米国カリフォルニアとトルコの 10 地震のデータを追加している。その際、台湾集集 (Chi-Chi) 地震については、(1) 震源近傍観測点以外では振幅が顕著に小さい、(2) 台湾は非常に破碎の進んだ大陸プレート境界に位置する、(3) 地殻内の地震波伝播特性が他の地域と異なる可能性があるとの理由から除外している。こうして絞った地震データによる解析でも、深さ 30km 未満の浅い地震の回帰応答スペクトルの対数標準偏差は最大加速度 PGA で 0.37 (「平均値+標準偏差」は平均値の  $10^{0.37} = 2.3$  倍になる)、周期 0.05~0.5 秒で 0.37~0.41 (2.3~2.6 倍) と大きい。つまり、この距離減衰式を基準地震動に用いる場合には、少なくとも「平均値+標準偏差」とし、平均値の 2.3~2.6 倍にしなければ、留萌支庁南部地震の場合のように震源近傍で大幅な過小評価に陥る可能性が高いといえる。

Zhao et al.(2006) は、2003 年までの国内地震 4,518 記録 (Mw6.9 以下の内陸地殻内地震 1,285 記録, Mw8.3 以下のプレート間地震 1,508 記録, Mw8.3 以下のスラブ内地震 1,725 記録) と国外地震 208 記録 (Mw7.4 以下の米国・イラン内陸地殻内地震 196 記録, プレート間地震 12 記録) を対象にしているが、国内記録では 10km 以内のデータは兵庫県南部地震と鳥取県西部地震に限られており、40km 以内の地震データは米国と 1978 年 Tabas Iran 地震に大きく制約されている。回帰応答スペクトルの自然対数標準偏差は最大加速度 PGA で 0.723 ( $e^{0.723} = 2.06$  倍)、周期 0.05~0.5 秒で 0.760~0.849 ( $e^{0.760} \sim e^{0.849} = 2.14 \sim 2.34$  倍) と大きい。この自然対数標準偏差は地震内と地震間で分離して求められ

ていて、周期 0.02~0.5 秒で、地震内 0.60~0.70(1.8~2.0 倍)、地震間 0.39~0.49(1.5~1.6 倍)であり、地震内のばらつきのほうが大きい。したがって、この距離減衰式においても、少なくとも平均値の 2.1~2.3 倍にしなれば、震源近傍で大幅な過小評価に陥る可能性が高いといえる。

内山・翠川(2006)は、1968~2003 年の国内 52 地震のデータ(内陸地殻内地震 13 は Mw5.5~6.9, プレート間地震 23 は Mw5.5~8.2, プレート内地震 16 は Mw5.5~8.3)を対象にしており、海外の地震は含まれていない。回帰応答スペクトルの対数標準偏差は周期 0.02~0.5 秒で 0.35~0.40( $10^{0.35} \sim 10^{0.40} = 2.2 \sim 2.5$  倍)であり、地震内と地震間では地震内 0.30~0.33(2.0~2.1 倍)、地震間 0.15~0.24(1.4~1.7 倍)と地震内のばらつきのほうが大きい。この場合も、少なくとも平均値の 2.2~2.5 倍にしなれば、震源近傍で大幅な過小評価に陥る可能性が高いといえる。

片岡・他(2006)は、1978~2003 年の国内 183 地震のデータ(内陸地殻内地震 47 は Mw4.9~6.9 の 5,160 波形、海溝性地震 136 は Mw5.2~8.2 の 5,882 波形)を対象に、内陸地殻内地震でも短周期レベル A が国内の地域ごとに異なることから、短周期レベル A を回帰式に取り込んでいる。その結果、最大加速度の対数標準偏差は 0.135( $10^{0.135} = 1.36$  倍)、うち地震内 0.129( $10^{0.129} = 1.35$  倍)、地震間 0.041( $10^{0.041} = 1.10$  倍)、とかなり小さくなっている。この場合、地震波形からコーナー周波数を求め、より個別に短周期レベル A を算出している。したがって、地震観測記録がない状態で地域や地震によって異なる短周期レベルを正確に求められなければ、逆に、ばらつきが大きくなる。片岡・他(2006)は短周期レベル A を取り込まない回帰式も求めているが、この場合の最大加速度の対数標準偏差は 0.169( $10^{0.169} = 1.48$  倍)、うち地震内は 0.129( $10^{0.129} = 1.35$  倍)と変わらず、地震間は 0.110( $10^{0.110} = 1.29$  倍)とやや大きくなるが、それでも他の距離減衰式と比べると少し小さい。その理由は、地震データの母集団が違うからかも知れないが、今のところ不明である。

他の 5 つの距離減衰式 (Abrahamson and Silva(2008), Boore and Atkinson(2008), Campbell and Bozorgnia(2008), Chiou and Youngs(2008), Idriss(2008)) は、米国で 2003 年に選ばれた次世代型距離減衰式の開発プロジェクト (NGA プロジェクト) の 5 チームによるものであり、内陸地殻内地震に関する距離減衰式を求める目的で、全世界から内陸地殻内地震に限ったデータベース (173 地震 3,551 記録) が構築されたが、チームによって回帰に用いたデータの母集団はかなり異なる。5 チームの全著者による比較解説 [1] によれば、Abrahamson and Silva(2008) と Chiou and Youngs(2008) はほぼ 3/4 の地震と余震の全データを対象にし、Idriss(2008) は 4 割程度の地震に限り、余震記録についても岩盤記録に限っている。他方、Boore and Atkinson(2008) と Campbell and Bozorgnia(2008) はほぼ 1/3 の地震に厳選し、余震記録を除外している。翠川 [50] によれば、このデータベースで特徴的なのは、全データのほぼ半数が 1999 年台湾・集集 (Chi-Chi) 地震 Mw7.62 とその 5 余震 Mw5.90

~Mw6.30 の記録が占め、大地震の震源近傍データはカリフォルニア地震以外の地震 (1999 年 Kocaeli 地震 Mw7.51, 2002 年 Denali 地震 Mw7.90) によるものが大部分を占めている。日本の観測記録は 1995 年兵庫県南部地震の 22 記録が含まれているだけであり、基本的に日本以外の地震記録に対する距離減衰式である。しかも、1952~2003 年の古いデータであり、日本国内で兵庫県南部地震を契機に整備された地震観測網による 1996 年以降の地震観測記録は全く入っていない。

5 チーム全著者による比較解説によれば、応答スペクトルの回帰式は地震規模 Mw に分けて導かれ、それぞれについて中央値を平均像として求め、そのばらつきが自然対数標準偏差で評価されている。地震規模や周期によって異なるが、周期 0.02~0.5 秒で  $0.52 \sim 0.85(e^{0.52} \sim e^{0.85} = 1.68 \sim 2.34$  倍) であり、ほぼ 2 倍のばらつきがある。

以上のように、「他の距離減衰式」では、その平均像において距離減衰式の違いによって 2 倍程度の差があり、それぞれの距離減衰式ごとに、片岡・他(2006)を除き、標準偏差でほぼ 2 倍のばらつきが存在する。距離減衰式による違いは地震観測記録の母集団の違いが大きいと考えられるところ、債務者の採用した距離減衰式はすべて 2003 年までの地震データにすぎず、震源近傍での地震観測記録は少ない。1996 年以降 20 年間の震源近傍を含む膨大な数の国内地震観測記録が、原発の耐震設計で採用される耐震スペクトルや距離減衰式に全く活用されていないことは極めて重大である。ましてや、地震観測記録は未だ不十分であり、今後すぐに M7 クラスの地震観測記録が震源近傍で得られる(地震計が震源近傍に存在する)保証もないことから、過去の地震記録におけるばらつきだけでなく将来起こりうる地震動のばらつきをも最大限に織り込むことが重要である。原発の耐震設計においては、地域性を考慮するなど認識論的不確定性をなくす努力を尽くして得られた平均像から、さらに、認識論的不確定性の残りとして低減不可能な偶然的な不確定性を考慮して、少なくとも 1 標準偏差分の余裕を持たせ、少なくとも 2 倍へ引き上げることは最低限の義務であろう。

## 参考文献

- [1] Abrahamson et al., Comparison of the NGA Ground-Motion Relations, Earthquake Spectra, 24-1, pp.45-66(2008)
- [2] (財)地域地盤環境研究所 (2011): 震源を特定せず策定する地震動に関する計算業務報告書 (2011.3)  
[http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/taishinkojo/pdf/ukeoi\\_1.pdf](http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/taishinkojo/pdf/ukeoi_1.pdf)
- [3] 壇一男・具典淑・入江紀嘉・アルズベイマサマン・石井やよい (2011): 長大横ずれ断層による内陸地震の平均動的応力降下量の推定と強震動予測のためのアスペリティモデルの設定方法への応用, 日本建築学会構造系論文集, 第 670 号, 2041-2050.
- [4] 脱原発弁護団全国連絡会 (2016): 原子力規制委員会による入倉・三宅 (2001) 式適用の見直しに関する要請書 (2016.6.23)  
<http://www.datsugenpatsu.org/bengodan/>
- [5] Fujii Y. and Matsuura M. (2000): Regional Difference in Scaling Laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication, Pure appl. Geophys. 157, 2283-2302
- [6] 独立行政法人原子力安全基盤機構 (2004): 震源を特定しにくい地震による地震動の検討に関する報告書 (平成 15 年度), JNES/SAE04-07004 解部報-0070(2004.9)

- [7] 独立行政法人原子力安全基盤機構 (2005): 震源を特定しにくい地震による地震動の検討に関する報告書 (平成 16 年度), JNES/SAE05-00405 解部報-0004(2005.6) <https://www.nsr.go.jp/archive/jnes/atom-library/seika/000005757.pdf>
- [8] 原子力安全・保安院 (2012): 四国電力伊方発電所 3 号機の安全性に関する総合的評価 (一次評価) に関する審査書 (2012 年 3 月 26 日)
- [9] 原子力安全・保安院耐震安全審査室 (2012): 活断層による地震動評価の不確かさの考慮について (考え方の整理案), 第 7 回地震・津波に関する意見聴取会 (地震動関係) (2012 年 8 月 17 日)
- [10] 原子力規制委員会 (2013): 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド (2013.6.19)
- [11] 原子力規制庁 安全規制管理官 (地震・津波安全対策担当) 付 (2013): 地震・津波基準, 審査ガイドに関する意見交換について, 原子力規制委員会 被規制者等との面談 (地震・津波安全対策), 被規制者等との面談概要・資料 (平成 25 年 3 月 27 日) <https://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting/meetingoperator/ETS/index.html>
- [12] 原子力規制委員会 (2016): 平成 28 年度原子力規制委員会第 24 回臨時会議議事録 (2016.7.27)
- [13] 原子力規制委員会 (2016): 第 413 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合議事録 (2016.11.4)
- [14] 原子力規制庁: 大飯発電所の地震動の試算結果について, 第 20 回原子力規制委員会, 資料 1 および議事録 (2016.7.13)
- [15] 原子力規制庁: 島前原子力規制委員会委員長代理との面会について, 第 22 回原子力規制委員会, 資料 3 および議事録 (2016.7.20)
- [16] 原子力規制庁: 大飯発電所の地震動に係る試算の過程について, 第 23 回原子力規制委員会, 資料 1 および議事録 (2016.7.27)
- [17] 福井地方裁判所民事第 2 部 (樋口英明裁判長) 「平成 24 年 (ワ) 第 394 号, 平成 25 年 (ワ) 第 63 号大飯原発 3, 4 号機運転差止請求事件」判決, 主文および要旨 (2014.5.21)
- [18] 福井地方裁判所民事第 2 部 (樋口英明裁判長) 「平成 26 年 (ヨ) 第 31 号大飯原発 3, 4 号機及び高浜原発 3, 4 号機運転差止仮処分命令申立事件」決定, 主文および要旨 (2015.4.14)
- [19] 福井地方裁判所民事第 2 部 (林潤 裁判長) 「平成 27 年 (モ) 第 38 号保全異議申立事件 (基本事件・平成 26 年 (ヨ) 第 31 号大飯原発 3, 4 号機及び高浜原発 3, 4 号機運転差止仮処分命令申立事件)」決定 (2015.12.24)
- [20] 福岡高等裁判所宮崎支部 (西川知一郎裁判長) 「平成 27 年 (ラ) 第 33 号川—内原発稼働等差止仮処分申立却下決定に対する即時抗告事件 (原審・鹿児島地方裁判所平成 26 年 (ヨ) 第 36 号)」決定 (2016.4.6)
- [21] 広島地方裁判所民事第 4 部 (吉岡茂之裁判長) 「平成 28 年 (ヨ) 第 38 号伊方原発 3 号機運転差止仮処分命令申立事件, 平成 28 年 (ヨ) 第 109 号伊方原発 3 号機運転差止仮処分命令申立事件」決定 (2017.3.30)
- [22] Irie, K., Dan, K., Ikutama, S., Irikura, K.(2010): Improvement of kinetic fault models for predicting strong motions by dynamic rupturing simulation – Evaluation of proportionality constant between stress drop and seismic moment in strike-slip inland earthquakes –, First Kashiwazaki International Symposium on Seismic Safety of Nuclear Installations and Embedded Topical Meetings, 1-16.
- [23] 池田隆明・釜江克宏・三輪 滋・入倉孝次郎 (2002): 経験的グリーン関数法を用いた 2000 年鳥取県西部地震の震源のモデル化と強震動シミュレーション, 日本建築学会構造系論文集 第 561 号, 37-45
- [24] 入倉孝次郎・三宅弘恵 (2001): シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, 110, 849-875
- [25] 入倉孝次郎 (2004): 強震動予測レシピ—大地震による強震動の予測手法—, 京都大学防災研究所年報, 47A
- [26] 入倉孝次郎・香川敬生・宮腰研・倉橋奨 (2007): 2007 年新潟県中越沖地震の強震動—なぜ柏崎刈羽原子力発電所は想定以上の破壊的強震動に襲われたのか?— (2007 年 12 月 24 日修正版)
- [27] 入倉孝次郎・倉橋奨 (2008): 「2008 年岩手・宮城内陸地震の震源モデルと強震動—なぜ 4000 ガルの強震動が生成されたのか—」, 日本活断層学会 2008 年度秋季学術大会
- [28] 入倉孝次郎 (2016): 島崎邦彦氏の日本地球惑星科学連合 2016 年大会 (2016/05/25) での発表「過小な日本海「最大クラス」津波断層モデルとその原因-入倉・三宅 (2001) 式について」へのコメント (2016.6.24) [http://www.kojiro-irikura.jp/pdf/comment\\_final-revision3.pdf](http://www.kojiro-irikura.jp/pdf/comment_final-revision3.pdf)
- [29] 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2002): 布田川・日奈久断層帯の評価, 平成 14 年 5 月 8 日公表, 平成 14 年 5 月 9 日訂正, 平成 17 年 1 月 12 日変更, 平成 18 年 1 月 11 日訂正
- [30] 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2008): 「全国を概観した地震動予測地図」2008 年版, 付録 3. 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」) (平成 20 年 4 月 11 日改訂), 46-74
- [31] 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2008): 警固断層帯 (南東部) の地震を想定した強震動評価について (2008.4.11)
- [32] 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2009): 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」) (平成 21 年 12 月 21 日改訂)
- [33] 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部 (2010): 「活断層の長期評価手法」報告書 (暫定版) (2010.11.25)
- [34] 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013): 布田川断層帯・日奈久断層帯の評価 (一部改訂), 平成 25 年 2 月 1 日公表, 平成 25 年 12 月 10 日訂正
- [35] 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2016): 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」) (平成 28 年 6 月 10 日改訂) <http://wakasa-net.sakura.ne.jp/news/recipe20160610.pdf>
- [36] 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2016): 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」) 平成 28 年 6 月 (12 月修正版) (2016.12.9) [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/16\\_yosokuchizu/recipe.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/16_yosokuchizu/recipe.pdf)
- [37] 鹿児島地方裁判所民事第 3 部 (前田郁勝裁判長) 「平成 26 年 (ヨ) 第 36 号川内原発稼働等差止仮処分申立事件」決定, 主文および要旨 (2015.4.22)
- [38] 加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大榮・上田圭一・壇一男 (2004): 震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル—地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討—, 日本地震工学会論文集, 第 4 巻, 第 4 号, 46-86
- [39] 釜江克宏・池田隆明・三輪 滋 (2003): 2007 年 3 月 25 日能登半島地震 (MJ6.9) の震源のモデル化
- [40] 関西電力株式会社 (2015): 大飯発電所 地震動評価について, 第 206 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合, 資料 3-4(2015.3.13)
- [41] 関西電力「大飯発電所 地震動評価について (コメント回答)」, 第 135 回審査会合, 資料 4-1 (2014.9.5); 東京電力「柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉 地震関係のコメント回答 (敷地ごとに震源を特定して策定する地震動関連)」, 第 292 回審査会合, 資料 1 (2015.11.11)
- [42] 気象庁 (2016): 「平成 28 年 (2016 年) 熊本地震」について (第 14 報) (2016/4/18/15:30)
- [43] 九州電力 (2013): 川内原子力発電所第 1・2 号機の設置変更許可申請書, 添付書類六 (2013.7.8)
- [44] 構造計画研究所「内陸地殻内地震における短周期レベルの地域的な整理・分析業務」平成 21 年度業務委託報告書 (2010)
- [45] 綱織一起 (2016): 「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」と熊本地震, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, S15-06(2016.10.5)
- [46] 小林広明・綱織一起・三宅弘恵 (2016): 「強震, 遠地, 測地データのジョイントインバージョンによる 2016 年熊本地震の震源過程, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, MIS34-P65(2016.5.26) [http://www.static.jishin.go.jp/resource/seismicity/annual/major\\_act/2016/20160414-kumamoto\\_12\\_inversion.pdf](http://www.static.jishin.go.jp/resource/seismicity/annual/major_act/2016/20160414-kumamoto_12_inversion.pdf)
- [47] 前橋地方裁判所民事第 2 部 (原 道子裁判長) 「平成 25 年 (ワ) 第 478 号損害賠償請求事件, 平成 26 年 (ワ) 第 111 号損害賠償請求事件, 同年 (ワ) 第 466 号損害賠償請求事件」判決 (2017.3.17)
- [48] Maeda, T. and T. Sasatani(2009): Strong ground motions from an Mj 6.1 inland crustal earthquake in Hokkaido, Japan: the 2004 Rumoi earthquake, Earth Planets Space, 61, 689-701.
- [49] 松田時彦 (1975): 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震第 2 輯, 第 28 巻, 269-283.
- [50] 翠川三郎 (2009): 地震強さの距離減衰式, 地震第 2 輯, 第 61 号, p.471-477(2009)
- [51] Murotani, S., Matsushima, S., Azuma, T., Irikura, K., Kitagawa, S.(2010): Scaling Relations of Earthquakes on Inland Active Mega-Fault Systems, American Geophysical Union, Fall Meeting 2010, S51A-1911(2010.12).
- [52] Murotani, S., Matsushima, S., Azuma, T., Irikura, K., Kitagawa, S.(2015): Scaling relations of source parameters of earthquakes occurring on inland crustal mega-fault systems, Pure and Applied Geophysics, 172, 1371-1381(2015)
- [53] 長沢啓行 (2016): 島崎邦彦氏の問題提起と 2016 年 6 月改訂新レシピは原発基準地震動の根本改定を求めている, 若狭ネットニュース第 161 号, pp.6-35(2016.7.7)
- [54] Noda, S., Yashiro, K., Takahashi, K., Takemura, M., Ohno, S., Tohdo, M., Watanabe, T.(2002): Response spectra for design purpose of stiff structures on rock sites, OECD Workshop on the Relations Between Seismological DATA and Seismic Engineering, Istanbul, 399-408(October, 2002)
- [55] 最高裁判所第一小法廷 (小野幹雄裁判長) 「昭和 60(行ツ)133 伊方発電所原子炉設置許可処分取消」判決, 民集第 46 巻 7 号 1174 頁 (1992.10.29) [http://www.courts.go.jp/app/files/hanrei\\_jp/276/054276\\_hanrei.pdf](http://www.courts.go.jp/app/files/hanrei_jp/276/054276_hanrei.pdf)

- [56] 佐藤浩章・芝良昭・東貞成・功刀卓・前田宜浩・藤原広行 (2013): 物理探査・室内試験に基づく 2004 年留萌支庁南部地震の地震による K-NET 港町観測点 (HKDO20) の基盤地震動とサイト特性評価, 電力中央研究所報告 (2013.12) <http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/detail/N13007.html>
- [57] 佐藤良輔編著, 阿部勝征・岡田義光・島崎邦彦・鈴木保典 (1989): 日本の地震断層パラメータ・ハンドブック, 鹿島出版会, 105-381
- [58] 佐藤智美「逆断層と横ずれ断層の違いを考慮した日本の地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則」, 日本建築学会構造系論文集 75(651), 923-932(2010)
- [59] 四国電力株式会社 (2014): 伊方発電所 地震動評価 震源を特定して策定する地震動 (中央構造線断層帯地震動評価) と基準地震動の策定 (コメント回答), 第 156 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合, 資料 1-1(2014.11.7)
- [60] 四国電力株式会社 (2014): 伊方発電所 地震動評価 震源を特定せず策定する地震動と基準地震動の策定 (コメント回答), 第 173 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合, 資料 2-1(2014.12.12)
- [61] 島崎邦彦 (2008): 震源断層より短い活断層の長期予測, 日本活断層学会 2008 年度秋季学術大会予稿集 S-05
- [62] 島崎邦彦 (2015): 活断層の長さから推定する地震モーメント, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, SSS28-07(2015.5.28) <http://www2.jpugu.org/meeting/2015/session/PDF/S-SS28/SSS28-07.pdf>
- [63] 島崎邦彦 (2015): 活断層の長さから推定される地震モーメント 日本海「最大」クラスの津波断層モデルについて, 日本活断層学会 2015 年度秋季学術大会, O-13(2015.11.27-28)
- [64] 島崎邦彦 (2015): 活断層の長さから推定する地震モーメント, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, SSS28-07(2015.5.28) <http://www2.jpugu.org/meeting/2015/session/PDF/S-SS28/SSS28-07.pdf>
- [65] 島崎邦彦 (2015): 活断層の長さから推定される地震モーメント: 日本海「最大」クラスの津波断層モデルについて, 日本活断層学会 2015 年度秋季学術大会予稿集 O-13(2015.11.28) [http://jsaf.info/pdf/meeting/2015/2015fall\\_o1.pdf](http://jsaf.info/pdf/meeting/2015/2015fall_o1.pdf)
- [66] 島崎邦彦 (2015): 活断層長に基づく地震モーメントの事前推定, 日本地震学会 2015 年度秋季大会, S17-10(2015.10.28)
- [67] 島崎邦彦 (2016): 過小な日本海「最大クラス」津波断層モデルとその原因, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, HDS19-12(2016.5.25) <https://confit.atlas.jp/guide/event/jpugu2016/subject/HDS19-12/programpage>
- [68] 島崎邦彦 (2016): 原子力規制委員会 田中俊一委員長宛の手紙 (2016.7.14)
- [69] Scholz, C. H.(2002): The Mechanics of earthquakes and faulting, second edition, Cambridge University Press
- [70] 染井一寛 (地域地盤環境研究所)・浅野公之・岩田知孝「ひずみ集中帯内外で発生した地殻内地震系列間の震源特性の比較」, 第 13 回日本地震工学シンポジウム, GO3-Thu-PM-5(2010)
- [71] Somerville, P. G., 入倉孝次郎, 澤田純男, 岩崎好規則, 田居優, 伏見実 (1993): 地震断層のすべり変位量の空間分布の検討, 第 22 回地震工学研究発表会, 291-294.
- [72] Somerville, P.G., Irikura, K., Graves, R., Sawada, S., Wald, D., Abrahamson, N., Iwasaki, Y., Kagawa, T., Smith, N. and Kowada, A. (1999): Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seismological Research Letters, 70, 59-80
- [73] 武村雅之 (1998): 日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害との関連—, 地震第 2 輯, 51, 211-228.
- [74] 田中俊一委員長・石渡明委員と島崎邦彦前原子力規制委員会委員長代理との面会動画 (2016.6.16) <https://www.youtube.com/watch?v=zFxFpKICQ3o>
- [75] 田中委員長・石渡委員と島前原子力規制委員会委員長代理との面会動画 (2016.7.19) <https://www.youtube.com/watch?v=Wrgunz6CYU>
- [76] 東京電力 (2008): 柏崎刈羽原子力発電所における平成 19 年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動について, 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会耐震・構造設計小委員会地震・津波, 地質・地盤合同ワーキンググループ (第 9 回), 合同 W9-1-2(2008.5.22)
- [77] 東京電力 (2009): 耐震スペクトルの適用性検討 (内陸地殻内地震を対象とした追加検討内容), 原子力安全委員会 耐震安全性評価特別委員会 地震・地震動評価委員会 「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会, 資料第 1-2 号 (2009.5.22)
- [78] 東京電力「柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉 地震関係のコメント回答 (敷地ごとに震源を特定して策定する地震動関連)」, 第 292 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合, 資料 1 (2015.11.11)
- [79] 大阪高等裁判所第 11 民事部 (山下郁夫裁判長)「平成 28 年 (ラ) 第 677 号仮処分命令認可決定に対する保全抗告事件 (原審・大津地方裁判所平成 28 年 (モ) 第 12 号)(基本事件・同裁判所平成 27 年 (ヨ) 第 6 号)」決定 (2017.3.28)
- [80] 大津地方裁判所民事部 (山本善彦裁判長)「平成 27 年 (ヨ) 第 6 号原発再稼働禁止仮処分申立事件」決定 (2016.3.9)
- [81] 大津地方裁判所民事部 (山本善彦裁判長)「平成 28 年 (モ) 第 12 号保全異議事件 基本事件 平成 27 年 (ヨ) 第 6 号原発再稼働禁止仮処分申立事件」決定 (2016.7.12)
- [82] 内山泰生・翠川三郎 (2006): 震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, Vol.71, No.606, pp.81-88(2006)
- [83] 若狭ネット編集局 (2014): 「川内 1・2 号の審査書案を受けた地震動評価等に関する 2014 年 7 月 29 日原子力規制委員会・原子力規制庁との交渉」関連資料 <http://wakasa-net.sakura.ne.jp/news/nrc20140801.pdf> <http://wakasa-net.sakura.ne.jp/news/record20140729.pdf> <http://wakasa-net.sakura.ne.jp/news/summary20140729.pdf>
- [84] 若狭ネット編集局 (2015): 「川内・高浜・大飯原発の基準地震動と川内原発の火山に関する 2015 年 1 月 16 日原子力規制委員会・原子力規制庁との交渉」関連資料 <http://wakasa-net.sakura.ne.jp/news/nrc20150123.pdf> <http://wakasa-net.sakura.ne.jp/news/nrc20150116rec.pdf> <http://wakasa-net.sakura.ne.jp/news/nrc20150116summary.pdf>
- [85] Yamanaka Y. and Shimazaki K.(1990): Scaling Relationship between the Number of Aftershocks and the Size of the Main Shock, J. of Physics of the Earth, Vol.38, No.4, pp.305-324(1990)

## 著者略歴

1975 年大阪大学工学部機械工学科 (蒸気工学) 卒業  
1977 年大阪大学大学院工学研究科 博士前期課程  
産業機械工学専攻 (生産システム工学) 修了  
1977 年大阪府立大学工学部経営工学科助手  
1986 年同講師  
1988 年同助教授  
1995 年同教授 (生産管理システム)  
2001 年大阪府立大学評議員 (3.5 年)  
2001 年大阪府立大学学長補佐 (1 年)  
2009 年大阪府立工業高等専門学校長  
2011 年公立大学法人大阪府立大学理事 (高専担当)  
兼大阪府立大学工業高等専門学校長  
社団法人日本経営工学会理事 (2000~05)・  
監事 (2005~09)  
社団法人日本経営工学会学会賞 (2008)・  
学会貢献賞 (2010)  
大阪府立大学名誉教授 (2009)  
大阪府立大学工業高等専門学校名誉教授 (2013)  
京都大学工学博士 (1985)