2014 年 7 月 9 日

1000 ガル超の「震源を特定せず策定する地震動」がなぜ採用されないのか

大阪府立大学名誉教授　長沢 啓行

要旨

九州電力川内 1·2 号に関する新規制基準適合性審査書案が出されようとしている．だが，原子力安全基盤機構 JNES による 2001～2009 年報告書によれば，以下の根本問題が放置されたままである．

第 1 に，JNES は 1997 年鹿児島県北西部地震など実際の観測記録に適合するような断層モデルを構築し，M5.5～M6.5 の地震により，震源近傍の地震基盤表面で 1000 ガル以上の地震動が生じること，M6.5 では 1340.4 ガルになることを示している．実際にも，2007 年新潟県中越沖地震 M6.8 では柏崎刈羽原発の解放基盤表面はぎとり波で 1699 ガルの地震動が得られ，2008 年岩手・宮城内陸地震 M7.2 では地下岩盤で 1078 ガルの観測記録がとられた（解放基盤表面はぎとり波に換算すれば 2000 ガル近くになろう）．したがって，JNES の算出した M5.5～M6.5 の地震による震源近傍での 1000 ガル以上の地震動は現実にも発生する可能性が高く，これを「震源を特定せず策定する地震動」として設定すべきである．

第 2 に，JNES は 1340.4 ガルの地震動を「震源を特定せず策定する地震動」に設定しない理由として,「全プラント共通に設定するミニマムリクワイアメントのもの」という考え方に基づき,「断層最短距離 20km 以内の地震動評価結果の平均 +1.64 標準偏差」または「10^{-5} ～ 10^{-4} の超過確率別応答スペクトルの範囲内」という設定基準を打ち出している．しかし，これらは震源近傍での大きな地震動を遠方の小さな地震動で薄めて平均化したり，全国一様に同確率で地震が発生するというあり得ない想定の下で無理矢理導き出されたものであり，国民の批判には到底耐えられない．大飯 3·4 号運転差し止め訴訟で福井地裁判決（2014 年 5 月 21 日）が示したように，福島第一原発炉心溶融事故ではその放射能災害により憲法で保障されるべき「人格権」が侵害されたのであり,「このような事態を招く具体的危険性が万が一でも」あってはならない．M5.5～M6.5 の地震による 1000 ガル以上の地震動は，国内のどこでも現実に起こりうる具体的な危険性であり，今日の地震学ではこれを否定できない以上,「震源を特定せず策定する地震動」として設定すべきであり，そうしないのは人格権の侵害につながる．

第 3 に,「震源を特定せず策定する地震動」の評価に際して JNES が設定した断層モデルは電力会社が通常用いているレシピとは異なり，応力降下量など短周期地震動を左右するパラメータ値が大きい．逆に言えば，通常の断層モデル・レシピでは地震動が過小評価されることを示唆している．九州電力による独自の断層モデルでは応力降下量が小さく設定されている．原発の耐震性を評価する際に「駆使」されるこのような地震動の過小評価を反省し，最近 20 年間の国内地震観測記録に基づいて内陸地殻内地震を正しく評価できるよう，断層モデルを構築し直すべきである．

第 4 に，JNES は断層モデルによる地震動評価結果を耐専スペクトル (内陸補正後) と比較しているが，M5.5~M6.8 に対する震源近傍の耐専スペクトルは縦ずれ断層に対して 1/2~1/5，横ずれ断層に対して 1/3~1/8 にすぎず，大幅な過小評価となっている．これは耐専スペクトル策定時の地震観測記録の不足が原因であり，最近 20 年間の震源近傍の国内地震観測記録に基づいて耐専スペクトルを再構築すべきである．

JNES は 2014 年 3 月 1 日に原子力規制委員会・規制庁へ統合された．これを機に，原子力規制委員会・規制庁は，断層モデルや耐専スペクトルによる地震動過小評価を率直に認め，これらを構築し直すべきである．また，1000 ガル以上の「震源を特定せず策定する地震動」を設定すべきである．そうすれば，川内 1·2 号においても，基準地震動が 1000 ガルを大幅に超え，炉心溶融事故へ至る限界値＝クリフエッジ（1 号 1,004 ガル，2 号 1,020 ガル）を超えることは避けられない．再稼働など論外だ．これこそが原発重大事故によって二度と人格権を侵害しないための最善の措置である．

1　はじめに

原子力発電所の基準地震動は「震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」の二つで構成される．

前者では，各原発周辺で起こりうるプレート間地震，プレート内地震，活断層による内陸地殻内地震などによる地震動評価が行われてきた．

後者は，全国のどの原発でも適用される地震動として策定され，古くは「M6.5 の直下地震」の大崎スペクトルに始まり [18]，2006 年指針で加藤らの「上限レベル」[9] にとって代わられた．現在では「震源を特定できない地震」に「震源を予め特定しにくい地震」を加えて「震源を特定せず策定する地震動」を設定することになっている．

加藤らの「上限レベル」は地震データが極少数であったため，これを補う目的で，財団法人原子力発電技術機構 NUPEC(Nuclear Power Engineering Corporation) が 2001 年から断層モデルによる震源近傍の地震動評価を開始し，2003 年 10 月 1 日に設立された独立行政法人 原子力安全基盤機構 JNES (Japan Nuclear Energy Safety Organization) がこれを含めて NUPEC の安全規制関連事業を引き継いできた．その JNES も 2014 年 3 月 1 日付で原子力規制委員会・規制庁へ統合された．その意味では，NUPEC に始まり，JNES が発展させてきた「震源を特定せず策定する地震動」に関する地震動評価結果とその関連業務は原子力規制委員会・規制庁が引き継いでいると言える．

NUPEC と JNES が 2001～2009 年に行った「震源を特定せず策定する地震動」に関する評価結果には次のような重大な内容が含まれていた．

第 1 に，M5.5～M6.5 の横ずれ断層モデルによる地震動評価によれば，震源近傍の地震基盤上の評価点で 1000 ガル以上になり，M6.5 では 1340.4 ガルになる．

第 2 に，JNES が設定した断層モデルは電力会社が原発の耐震性を評価するために通常用いているレシピとは異なり，応力降下量など短周期地震動を左右するパラメータ値が大きい．逆に言えば，通常のレシピによる断層モデルでは地震動が過小評価されることを示唆している．

第 3 に，JNES は断層モデルによる地震動評価結果を耐専スペクトル (内陸補正後) と比較しているが，M5.5～M6.8 の震源近傍の最大値で，耐専スペクトルは縦ずれ断層モデルに対して 1/2～1/5，横ずれ断層モデルに対して 1/3～1/8 にすぎず，大幅な過小評価となっている．

本小論では，JNES による 2001～2009 年の評価報告書に記載された内容を整理し，原発の耐震性評価に際して，これらがもっている重大な意義を明らかにする．

これらを通して，原子力規制委員会・規制庁に対し，JNES の地震動評価で逆説的にではあるが具体的に明らかになった断層モデルや耐専スペクトルによる地震動過小評価を率直に認めること，最近 20 年間に蓄積された国内地震観測記録に基づいて断層モデルと耐専スペクトルを構築し直すこと，これらを用いて「震源を特定して策定する地震動」を正しく評価し直し，また,「震源を特定せず策定する地震動」を 1000 ガル以上に設定すること等により，全原発の基準地震動を設定し直すよう提言したい．

そうすれば，川内 1･2 号においても，基準地震動が 1000 ガルを大幅に超えることは避けられない．それは川内 1･2 号のクリフエッジが基準地震動によって超えられることを意味し，再稼働など到底不可能ということにならざるを得ない．

以下では，JNES の報告書に基づき，これらを具体的に示す．

2　1000 ガル超の地震動解析結果

九州電力は，原子力規制委員会による新規制基準適合性に係る審査で，川内原子力発電所 1・2 号炉の基準地震動を図 2 のように 540 ガルから 620 ガルへ「引き上げ」た．とは言っても，従来からの 540 ガルの基準地震動 Ss-1 を「文字通りに引き上げた」のではなく，2004 年北海道留萌支庁南部地震 (M6.1) の解放基盤表面はぎとり波が Ss-2 として「追加された」だけであり，重要な機器の固有周期では応答スペクトルの値は上がらず，その耐震安全性はほとんど変わっていない．

長沢 [18] は，現行の地震動評価手法である「耐専スペクトル」や「断層モデル」によって実際の

地震動が半分以下に過小評価されていることを具体的に示し，最新の地震観測記録や知見を取り入れてこれらの手法を抜本的に作り替え，「倍半分」と言われる地震学では常識的な「偶然変動による地震動のバラツキ」を「安全余裕」として考慮して，川内 1・2 号の基準地震動を 540～620 ガルの 2 倍以上, 1000 ガル以上へ大幅に引き上げるべきだと主張した．そうすれば，炉心溶融事故へ至るギリギリの地震動（クリフエッジ[1]）を超えてしまうため，再稼働できなくなると指摘している．

その際に議論の対象となったのは，「震源を特定して策定する地震動」であり，図 3 の市来断層帯市來区間のように震源断層を特定して行う地震動評価であった．この図 3 を見れば一目瞭然だが，断層モデルは耐専スペクトルの 1/2～1/3 でしかない．しかも，耐専スペクトルには最近の震源近傍の地震観測記録が反映されておらず，倍半分のバラツキも考慮されていない．「2 倍以上に引き上げるべきだ」と主張する根拠は，このような耐専スペクトルや断層モデルなど地震動評価手法の問題点を指摘してのことであった．

ところが，基準地震動を策定するためのアプローチには，「震源を特定して策定する地震動」とは別に，「震源を特定せず策定する地震動」がある．その候補としては加藤ら [9] による「上限レベル」があり，図 1 の黒破線のように表される．これは（社）日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会で検討されてきたものであり，「M6.5 の直下地震」の大崎スペクトル（図 1 の緑破線の「旧基準地震動 S2(SN)」）に代わり，2006 年の耐震設計審査指針改定時に「震源を特定せず策定する地震動」として採用された．原子力規制委員会はこれを「震源を特定できない地震」による地震動として引き続き全国の原発で共通に採用する一方，「震源を予め特定しにくい地震」の候補をいくつか取り上げ，原発のサイトごとに地域性を考慮して採用するかどうかを検討することにしている．

この加藤ら [9] の「上限レベル」は，その元になった国内地震観測記録が極端に少なかったため，これを補う目的で原子力安全基盤機構 JNES が 2001

[1]原子力安全・保安院は 2012 年のストレステスト（一次評価）でクリフエッジを川内 1 号で 1.86Ss(1,004gal)，2 号で 1.89Ss(1,020gal) と評価している [8].

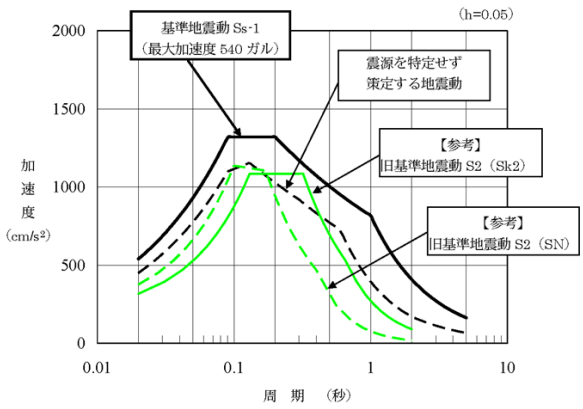


図 1: 1980 年川内 2 号設置許可時と 2008 年バックチェック時における基準地震動 [12]

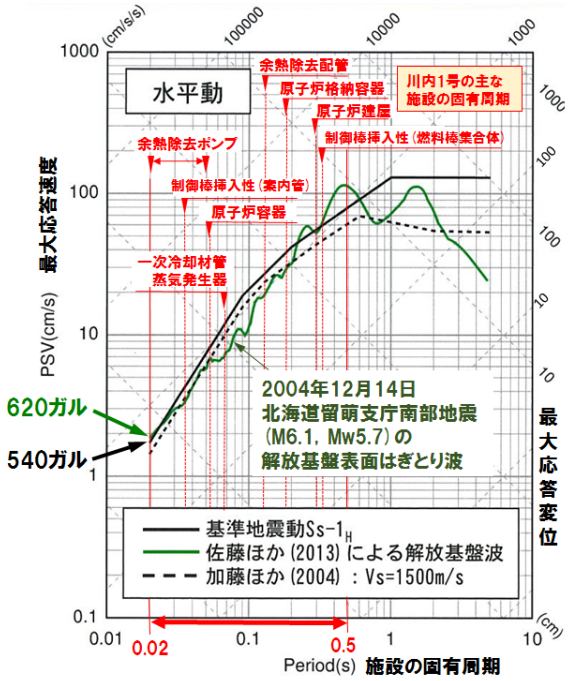
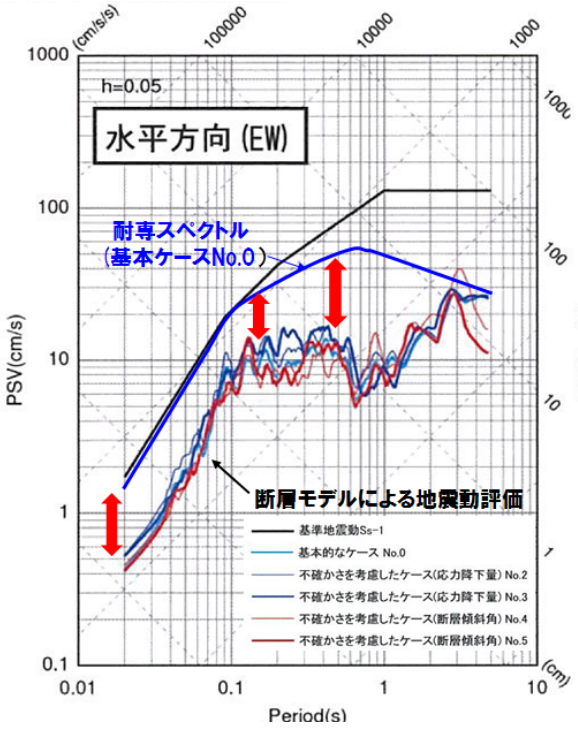


図 2: 2014 年原子力規制委員会適合性審査における川内 1・2 号の基準地震動 [13] と主な施設の固有周期 [11]

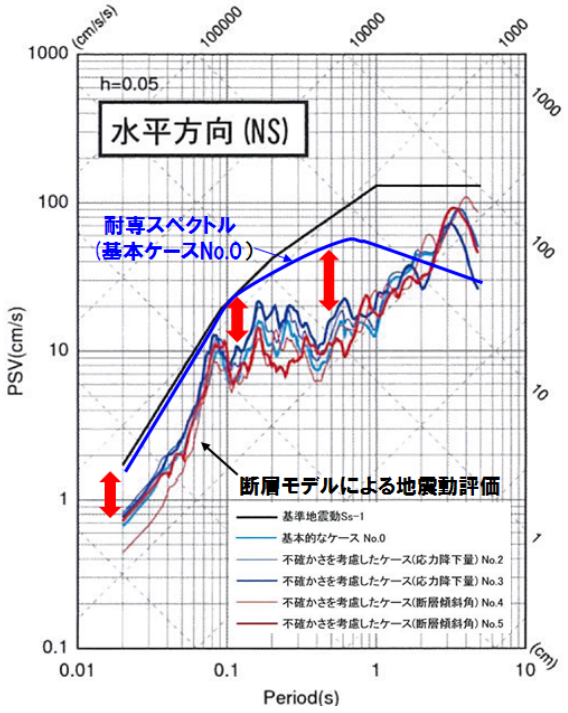
年度から断層モデルを用いた地震動評価を行っていた [2, 3, 4, 5, 6, 7].

実は，この地震動評価で「M6.5 の地震により震源近傍で 1340.4 ガルの地震動がもたらされる」という衝撃的な結果が判明していたのである．

図 4 がそれだ．この図には震源断層長さ 14km，断層上端深さ 2km の横ずれ断層に対する「地震基盤表面上 231 評価点での断層モデルによる地震動評価結果」が重ね書きされている．これら 231 本の応答スペクトルの最大値をつないで描き直したものが図 7 の最上部にある青い一点鎖線であり，赤い一点鎖線が断層上端深さ 3km の場合である．こ



(a) 水平 EW 方向



(b) 水平 NS 方向

図 3: 適合性審査における川内 1・2 号の基準地震動 Ss-1 と市来断層帯市来区間 (24.9km, M7.2) の地震動評価結果 [14]

れらの図の横軸は「施設の固有周期 (period)」を表しており，縦軸は「各固有周期の施設がこの地震動によってどの程度揺れるか」を応答速度の最大値で表している．最大加速度は斜め 45 度右上がりの目盛線が等加速度線であり，左上へ行くほど

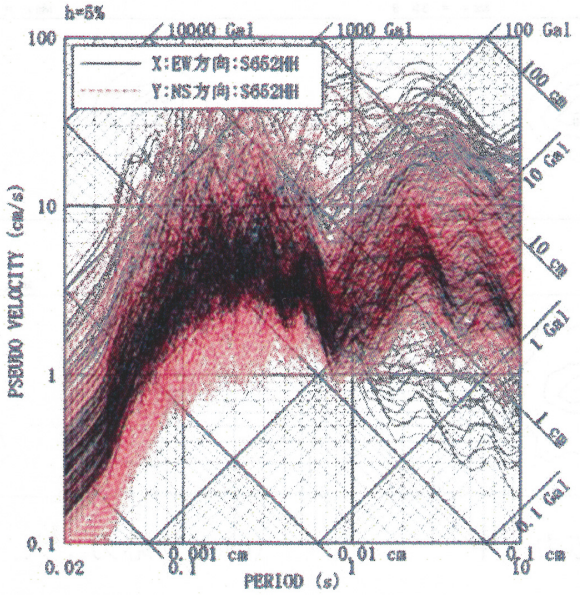


図 4: 横ずれ断層 (M6.5) の地震動評価結果 [6]（断層上端 2km，アスペリティの上端 2km，実効応力大 (19.1MPa)，高周波遮断特性平均 $+\sigma$ ($f_{\max} = 11.9$Hz)．図 15 の左側断層平行方向の応答スペクトルで短周期側最大値を与えるケースはこのケースに相当する）

100 ガル，1000 ガル，10000 ガルと増えていく．いずれも対数目盛なので，グラフが上へ行くほど少しの差が大きな差になるので，注意を要する．これらの図で左端の周期 0.02 秒のときの加速度応答値が「地震動の最大加速度」に対応し，図 7 の青い一点鎖線では 1340.4 ガルに相当する．

M6.5 より小さな地震でも図 5～図 6 の最上部をみると，周期 0.02 秒の応答加速度値は 1000 ガルを超え，M5.5 で 1100.8 ガル，M6.0 で 1014.7 ガルである (表 3 参照)．他方，M6.5 より大きい場合には，断層上端深さが 2km だと地表変形量が 5cm を超えて地震断層が現われる可能性が出てくるため評価対象外になっている．その結果，M6.8 以上では表 1 のように断層上端が 3km になり，アスペリティ上端深さも浅いケースで 4～8km になり，図 8～図 10 のように，M6.8 で 982.9 ガル，M7.1 と M7.3 では 500～600 ガル程度に留まる（表 4 参照）．ただし，M7.1 と M7.3 の「高周波遮断特性[2]平均 $+\sigma$」ケースの値は報告書に記載されておらず，図 9～図 10 から読み取る以外にない．

[2]高周波数の地震波（周期の短い短周期地震波）は $f_{\max}$（高域遮断周波数）以上の周波数で低減傾向を示すためその度合いを $F(f) = \{1 + (f/f_{\max})^n\}^{-1}$ で表し，これを「高周波遮断特性」と呼んでいる．$f_{\max}$ が小さく n が大きいほど短周期地震波は大きく低減し，短周期地震動が小さく評価される．そのため，$f_{\max}$ の値が「平均 $+\sigma$」の場合に短周期地震動が最も大きく評価されることになる．

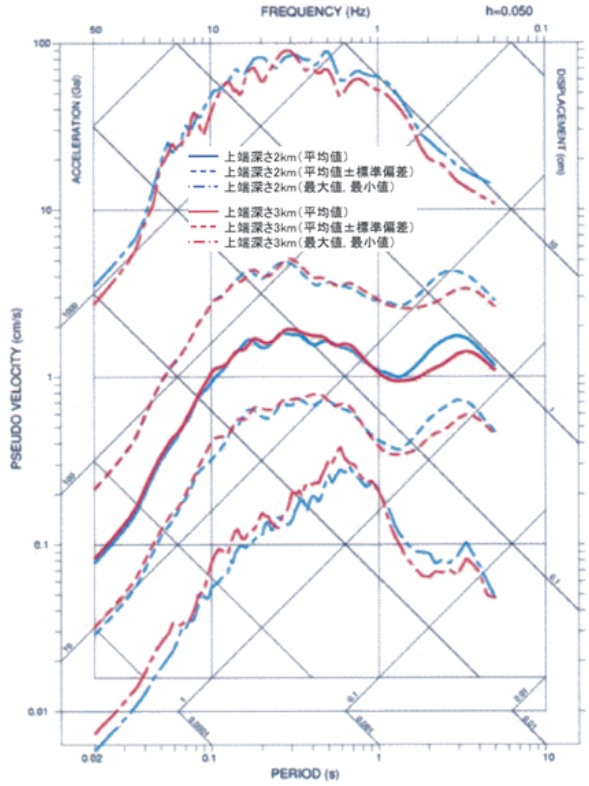


図 5: 横ずれ断層モデル (M5.5) による地震動評価結果 [6]（$Vs = 2600$m/s の地震基盤表面上に設定した 231 評価点における各周期ごとに求めた地震動応答スペクトルの平均値，標準偏差，最大・最小値であり，特定の評価点での応答スペクトルではない．最大値は表 3~4 に示される通り，「実効応力大」,「高周波遮断特性平均 $+\sigma$」の場合である）

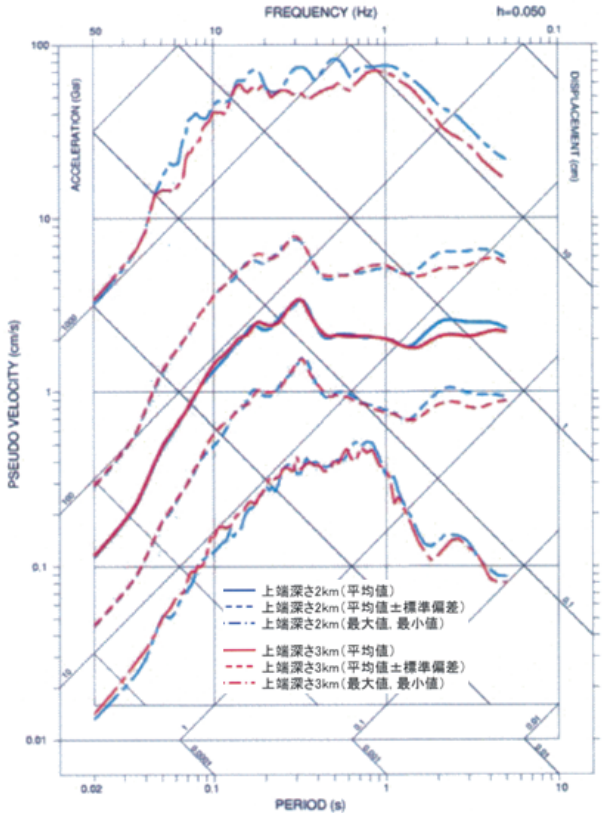


図 6: 横ずれ断層モデル（M6.0) による地震動評価結果 [6](最大値等の意味は図 5 の括弧内注記と同じ)

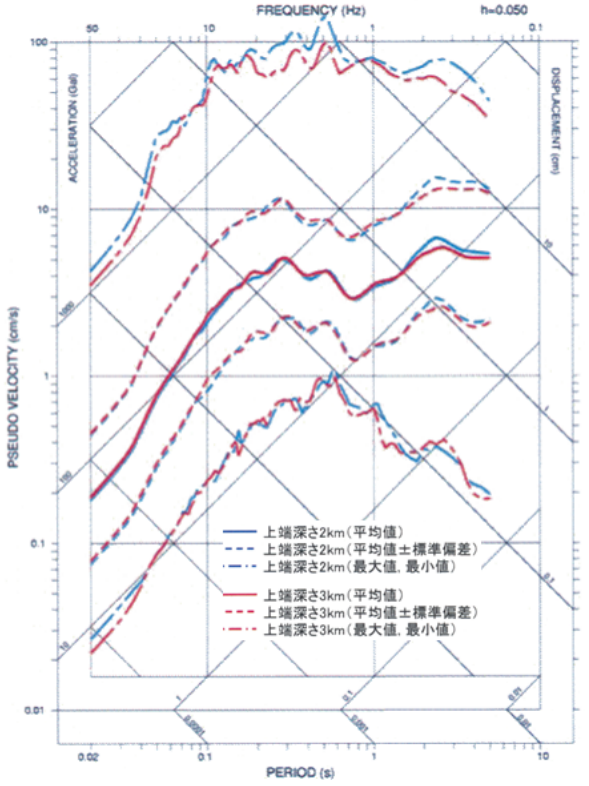


図 7: 横ずれ断層モデル (M6.5) による地震動評価結果 [6](最大値等の意味は図 5 の括弧内注記と同じ)

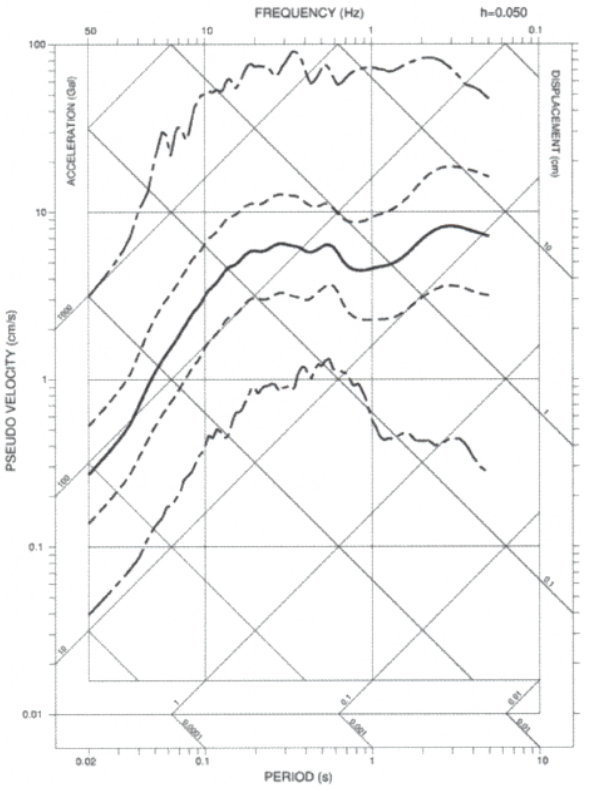


図 8: 横ずれ断層モデル (M6.8) による地震動評価結果 [6](M6.8 以上では断層上端深さが 2km になると地表変形量が 5cm を超えるため評価対象外になっている．そのため，地震発生層 3~20km で表 1 のパラメータについて図 5 の括弧内注記と同様に平均値等を求めている)

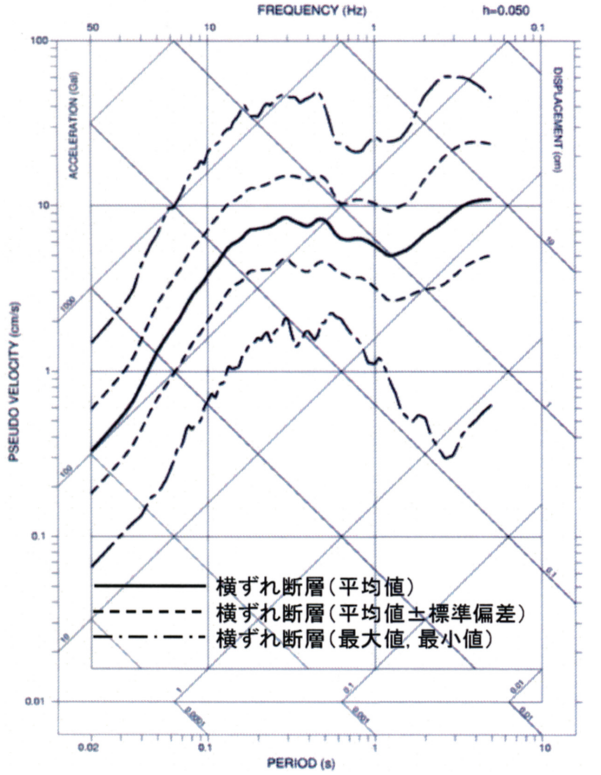


図 9: 横ずれ断層モデル (M7.1) による地震動評価結果 [6](図 8 の括弧内注記と同様に，断層上端深さ 2km は評価対象外とされ，地震発生層 3~20km で表 1 のパラメータについて平均値等を求めている)

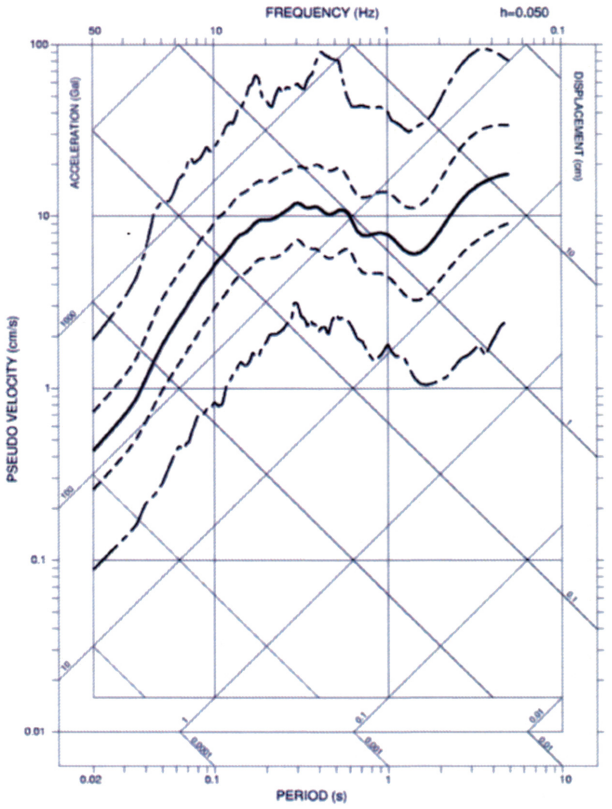


図 10: 横ずれ断層モデル (M7.3) による地震動評価結果 [6](図 8 の括弧内注記と同様に，断層上端深さ 2km は評価対象外とされ，地震発生層 3~20km で表 1 のパラメータについて平均値等を求めている)

JNES は縦ずれ断層 (逆断層) の場合も評価しているが，表 1 と表 2 を比べると明らかなように，縦ずれ断層の場合には横ずれ断層より地表変形量が大きく,「地表変形量 5cm 以下」という条件を満たすため，断層上端やアスペリティ上端の位置が非常に深くなり，M6.8 を超えると全てが評価対象外になってしまう．図 11~ 図 14 で横ずれ断層と縦ずれ断層の地震動評価結果を比較する場合には，このような断層パラメータの違いを考慮しておく必要がある．これらの図で 231 評価点の平均値では横ずれ断層と縦ずれ断層とで応答スペクトルにほとんど差はないが,「最大値」では地震規模が大きくなるほど縦ずれ断層のほうが小さくなっている．これは，縦ずれ断層の場合には，地震規模が大きくなるほど地震動が大きくなって横ずれ断層以上に地表変形量が増すため，その分だけアスペリティの上端位置が深く設定されているためである．逆に言えば，断層モデルによる地震動評価においては,「地表変形量 5cm 以下」という条件を外せば，縦ずれ断層のほうがより大きな地震動評価になることは明らかである．

また，地震規模が大きくなるほど「平均値」が上がっているかのように見えるが，地震規模が異なると「平均」の意味が異なってくるので単純に比較するのは間違いである．JNES による地震動評価では，図 17 のように，地震基盤表面上に 40km×80km の評価領域を設定し，その真ん中に断層を置き，評価領域を 4km×4km の格子で区切る．その格子点を評価点としているため，11×21=231 の評価点ができる.「平均値」はこれら 231 評価点での応答値の平均値だが，地震規模が増えるほど断層長さが長くなる．M5.5 では 6km だが，M6.8 で 19km，M7.3 では 48km にもなる.「断層最短距離 20km 圏内」を「震源近傍」とすれば，M7.3 では評価領域全域がこれに相当し，断層走向方向でははみ出してしまうが，M5.5 では評価領域の半分程度にすぎない．つまり，地震規模が小さいほど震源から相対的に遠く離れた評価点の数が増え，これら遠方の値で震源近傍の値が薄められてしまうため,「平均値」は必然的に小さくなる．逆に，地震規模が大きくなると遠方の評価点が減るため，地震動評価結果が遠方の値で薄められることがなく,「平均

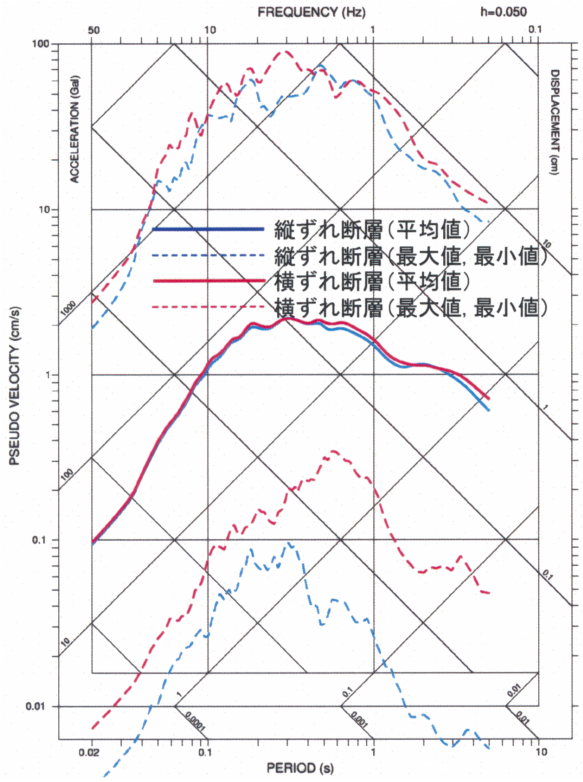


図 11: 断層モデル（地震発生層 3~20km）による地震動評価結果 (M5.5) の横ずれ断層と縦ずれ断層の比較 [6](最大値等の意味は図 5 の括弧内注記と同じ)

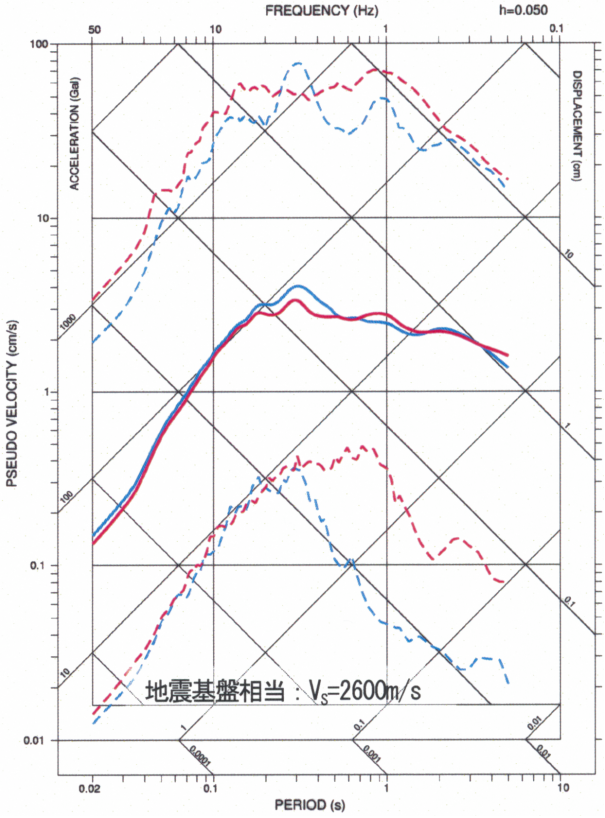


図 12: 断層モデル（地震発生層 3~20km）による地震動評価結果 (M6.0) の横ずれ断層と縦ずれ断層の比較 [6](最大値等の意味は図 5 の括弧内注記と同じ)

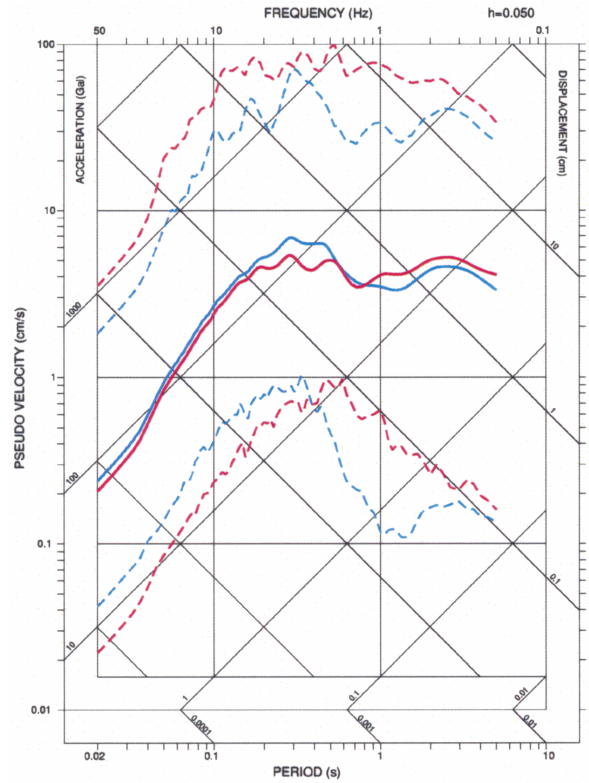


図 13: 断層モデル（地震発生層 3~20km）による地震動評価結果 (M6.5) の横ずれ断層と縦ずれ断層の比較 [6](最大値等の意味は図 5 の括弧内注記と同じ)

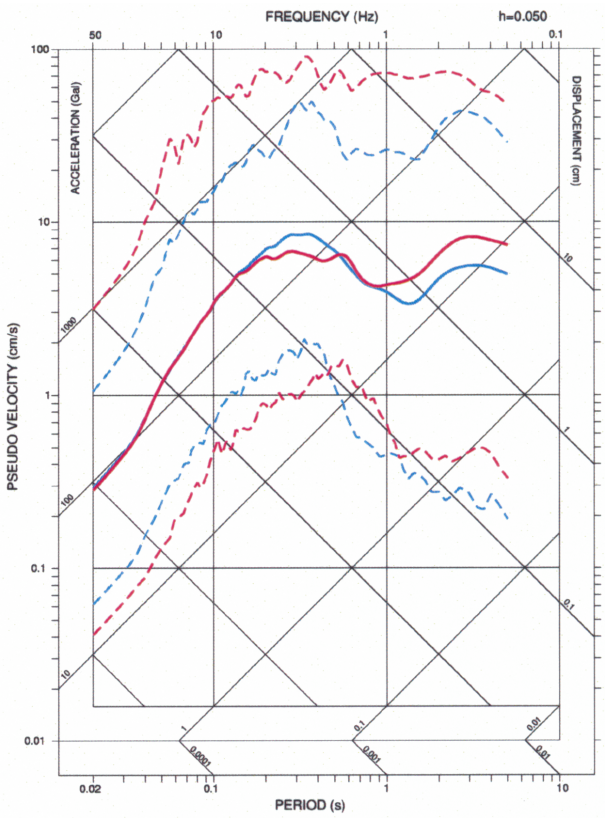
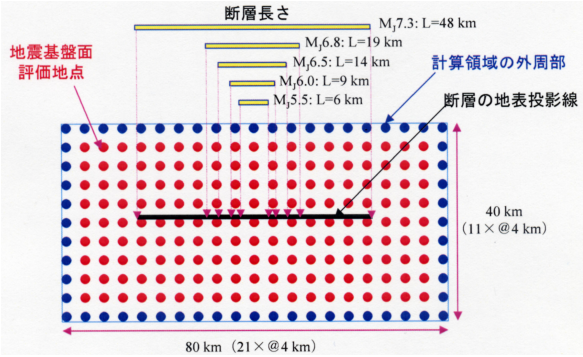
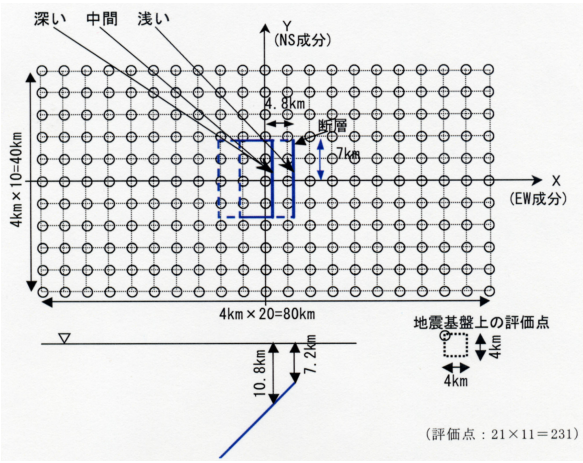


図 14: 断層モデル（地震発生層 3~20km）による地震動評価結果 (M6.8) の横ずれ断層と縦ずれ断層の比較 [6](最大値等の意味は図 5 の括弧内注記と同じ)



(a) 横ずれ断層の場合



(b) 縦ずれ断層の場合 (M6.5，45 度，実効応力中)

図 17: 対象計算領域（地震基盤上の評価点：縦 11×横 21 の格子点 231）と断層の例 [6]

値」は大きくなる．図 5～図 14 において地震規模が増えるほど「平均値」が大きくなるように見えるのはそのせいであり，震源近傍の範囲を地震規模に応じて定義し直せば，「地表変形量 5cm 以下」という条件を満たす限り，震源近傍の地震動は地震規模によってそれほど変わらないと考えられる．それを端的に示すのがこれらの図における「最大値」のグラフであり，地震規模によってほとんど変わらないことが確認できる．

3　1340.4 ガルを採用しない「理由」

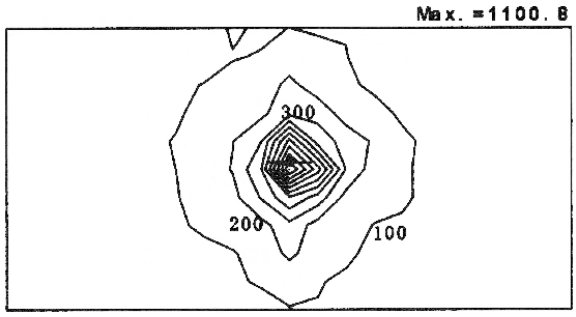
ではなぜ，「震源を特定せず策定する地震動」として M6.5 の横ずれ断層による 1340.4 ガルの地震動を設定しないのか．

それは，「全プラント共通に設定するミニマムリクワイアメント（最低限の要求）のもの」という考え方、具体的には図 15 の「断層最短距離 20km 以内の地震動評価結果の平均 $+1.64\zeta$（ζ は標準偏差）程度であればよい」または図 16 の「10^{-5} ～ 10^{-4} の超過確率別応答スペクトルの範囲内であればよい」という考え方をしているからである [7].

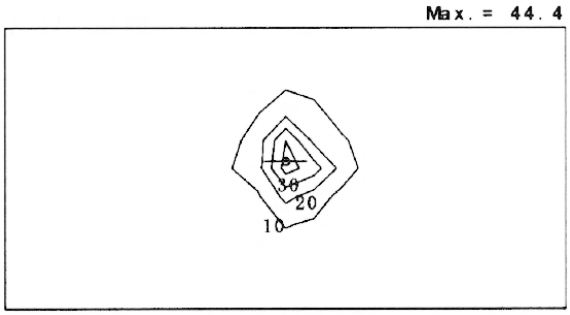
前者について言えば，JNES は「震源近傍」という意味で「断層最短距離 20km 以内」としたのであろうが，断層長さ 48km の M7.3 の地震であればともかく，図 18~20 の加速度・速度分布図を見れば明らかなように，断層長さ 6km の M5.5 の地震においても「20km」というのは広すぎて，地震動の「平均値」が小さくなってしまう．このような過小評価を避けるためには，断層最短距離を「3km 以内」等へ短くすることであるが，そうすると，平均応答スペクトル自身が 1000 ガル程度に大きくなるであろう．その上で「平均 $+3\zeta$ 程度」（品質管理における管理限界）あるいは「平均 $+6\zeta$ 程度」（平均値のゆらぎを考慮した高度の品質保証の考え方）とするのであれば，説得力も出てこよう．ちなみに，標準偏差の 1.64 倍（平均 $+1.64\zeta$）を超える確率は 5%であり，3ζ で 0.1%(10^{-3})，6ζ で 0.0000002%(2×10^{-9}) になる[3].

後者について言えば，超過確率を求める際に「国内のどこでも単位面積当たり地震発生確率は一定」と仮定しており，揺れの大きな震源近傍の面積は狭いため超過確率が小さくなるのは当然である．そもそも，内陸地殻内地震は「日本列島周辺の複数のプレート運動の相互作用により震源断層に蓄積された歪みエネルギー」の放出として発生する．このような内陸地殻内での歪みエネルギーの蓄積は時間的空間的に一様ではなく，今日の地震学はそれを科学的に推測できると言うにはほど遠い．「地震空白域」という考え方もあり，ある地域で過去 100 年間の地震発生確率が少ないから将来の 100 年間も少ないとは到底言えない．にもかかわらず，全国一律で地震発生確率を算出するというのは「薄め」効果を狙ったものとしか言いようがない．JNES は，このような確率論的なトリックを駆使して「1000 ガルを超える『震源を特定せず策定する地震動』の発生確率は 100 万分の 1 程度に小さいから無視できる」と主張したいのかも知れないが，それは子供だましにすぎない．確率論的安全評価においては，発生する確率の高い箇所か

[3]「シックスシグマ」の顧客仕様管理限界としては 4.5ζ で，0.0000034%(3.4×10^{-8}) となる

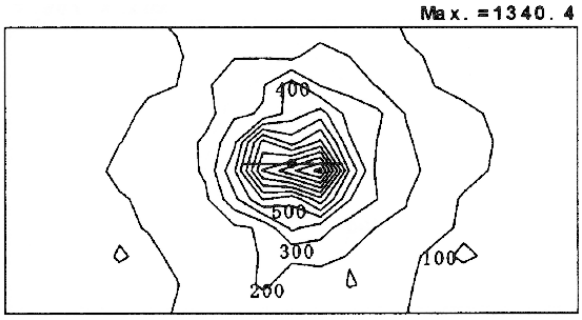


(a) 加速度分布図 (最大値 1100.8cm/s^2)

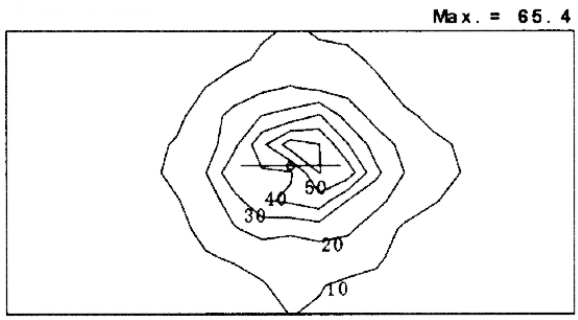


(b) 速度分布図 (最大値 44.4cm/s)

図 18: 横ずれ断層モデルによる地震動評価結果 (M5.5)[6]（地震発生層 2~20km，断層・アスペリティ上端 2km，実効応力大，高周波遮断特性平均 $+\sigma$）

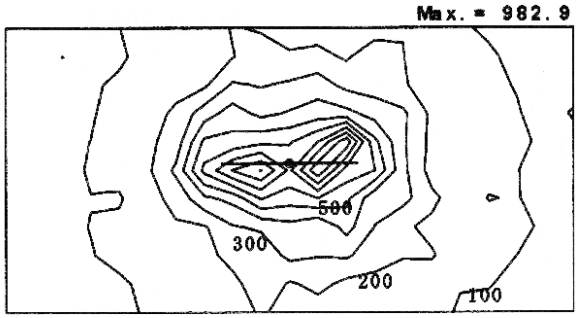


(a) 加速度分布図 (最大値 1340.4cm/s^2)

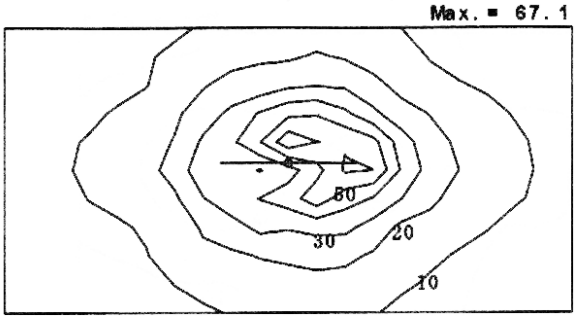


(b) 速度分布図 (最大値 65.4cm/s)

図 19: 横ずれ断層モデルによる地震動評価結果 (M6.5)[6]（地震発生層 2~20km，断層・アスペリティ上端 2km，実効応力大，高周波遮断特性平均 $+\sigma$）



(a) 加速度分布図 (最大値 982.9cm/s^2)



(b) 速度分布図 (最大値 67.1cm/s)

図 20: 横ずれ断層モデルによる地震動評価結果 (M6.8)[5]（地震発生層 3~20km，断層上端 3km，アスペリティ上端 4km，実効応力大，高周波遮断特性平均 $+\sigma$）

ら故障原因を調査するなど「確率の相対比較」で実施すべき代替案の優先順位を論じることに意味があるのであって，重大災害に直結する耐震性のレベル設定などを「確率の絶対値」で行うというのは「確率分布の裾野に相当する確率の絶対値は信頼度に乏しい」という科学的観点からも間違っている.「確率が小さいから起こらない」あるいは「許容できる」という論理は東日本大震災と福島第一原発重大事故によってすでに破綻している．また，このような論理は，被害を強要する側のひとりよがりの論理であって，被害を被る国民の側の論理ではない.「震源を特定せず策定する地震動」は，やはり，活断層を調査しても見逃す可能性のある断層において最大どれだけの地震動が起こりうるのかという観点から策定すべきであろう．その意味で，JNES が断層モデルを駆使して行った評価結果において 1340.4 ガルという最大加速度が算出されているということを重視し，最新の地震観測記録をも参照して「二度と超えられることのない」余裕を持った地震動を策定すべきである.

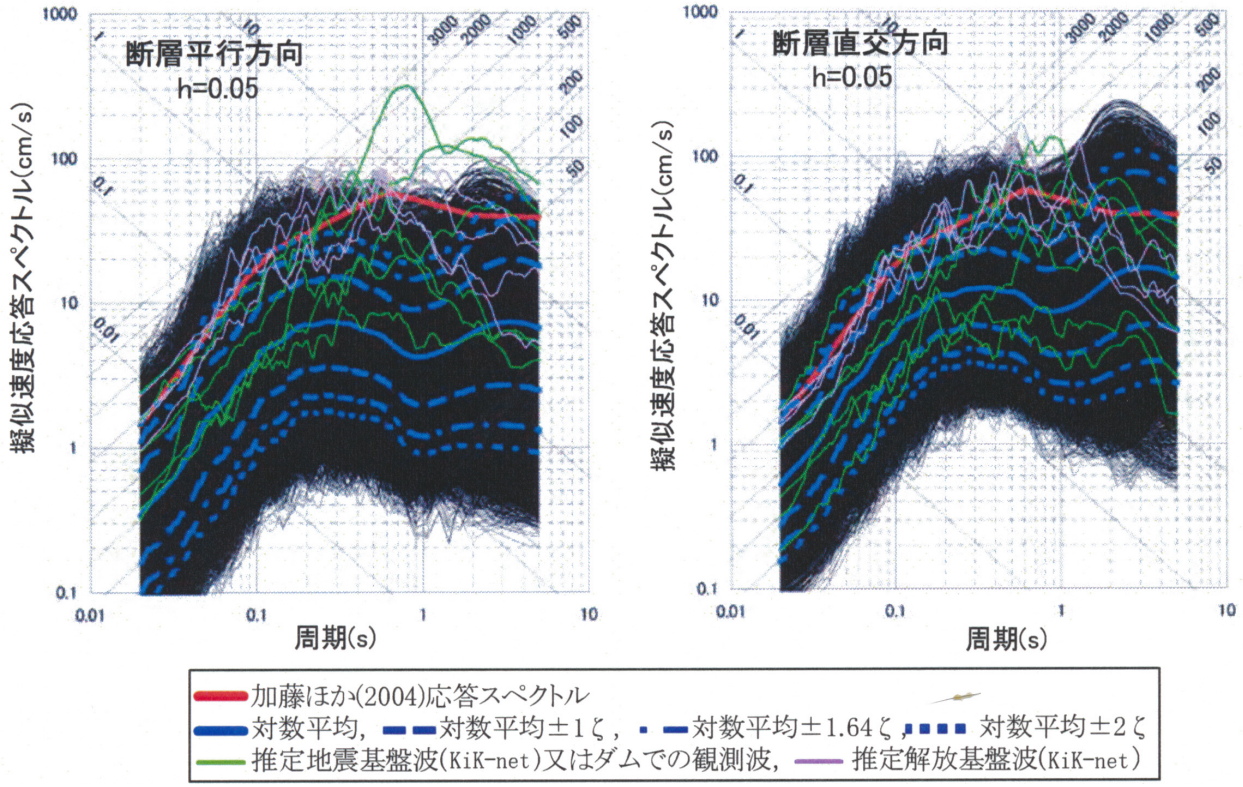


図 15: 断層最短距離 20km 以内の観測記録および断層モデルによる応答スペクトル [7]（観測記録は，1997 年鹿児島県北西部地震 (3 月 26 日 M6.5 と 5 月 13 日 M6.3)，2003 年宮城県北部の地震 M6.4，2000 年鳥取県西部地震 M7.3，2004 年新潟県中越地震 (本震 M6.8，最大余震 M6.6) に関する計 10 観測点であり，ダムとは鹿児島県鶴田ダムと鳥取県賀祥ダムである．断層モデル評価結果は，表 1 の横ずれ断層のうち M6.5, M6.8, M7.1, M7.3 と表 2 の縦ずれ断層のうち傾斜角 45 度の M6.5, M6.6, M7.7, M6.8 および傾斜角 30・60 度の M6.5, M6,8 に関する地震動評価結果のうち断層最短距離 20km 内にある全評価点での応答スペクトルの重ね書きである．ここには，各地震規模・アスペリティ上端深さに対し，「アスペリティ実効応力大，中，小」および「高周波遮断特性 $f_{\max}$ 平均，平均 $\pm\sigma$」の全組合わせに関する地震動評価結果が含まれている．ただし，地震規模が大きいほど断層最短距離の範囲が拡がり，評価点の数が多くなるので，このような扱いには注意が必要である．）

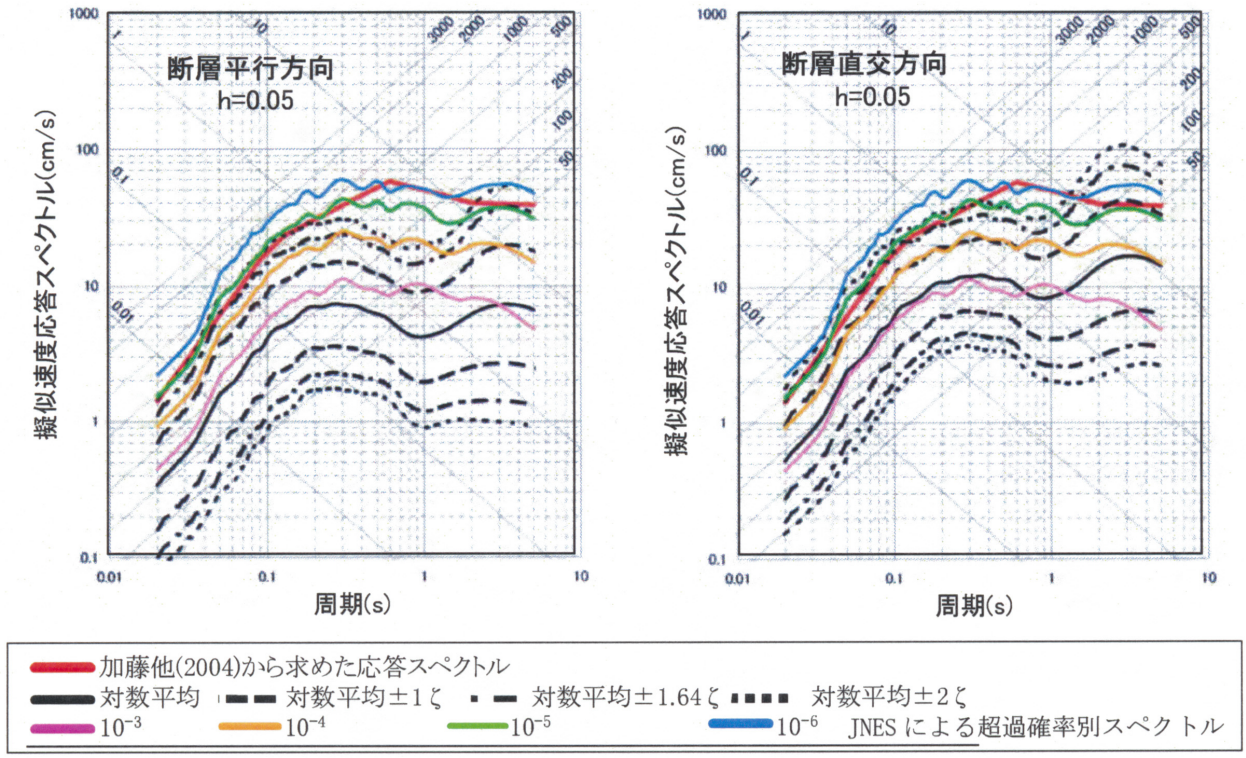


図 16: JNES(2003 年度) による超過確率別スペクトル [6, 7]（対数平均等は断層モデルによる地震動評価結果に関する統計量であり，図 15 と同じである．ここでの「10^{-6} の超過確率別スペクトル」とは，「震源を特定できない（地震断層が生じない）地震によって当該応答スペクトルを超えるような揺れが生じる超過確率は 100 万分の 1 である」ことを表す．このような地震の「単位面積当たり発生確率」を一様と仮定しており，強い地震動に襲われる震源近傍は狭いため，強い揺れの発生確率は当然小さくなる．）

4 川内 1·2 号では留萌の 620 ガルとともに 1340.4 ガルも考慮すべき

では，九州電力が追加した「震源を特定せず策定する地震動」，すなわち，2004 年北海道留萌支庁南部地震（M6.1, M_W5.7, 図 2）の 620 ガルの基準地震動 Ss-2 は十分と言えるのであろうか．実は，この地震で留萌支庁の地震計 (K-NET) は東西 EW 方向に 1,127 ガルの地震動を記録していた．しかし，これは地盤の増幅効果が加わった地表での観測記録であり，解放基盤表面はぎとり波に換算しなければ原発の基準地震動には使えない．そこで，電力中央研究所はこれを $Vs = 938$m/s(上面深度 41m) の地震基盤表面波 (基盤入射波を 2 倍した「はぎとり波」[4]) に換算し，最大加速度を 585 ガルと算出している [20]．九州電力はさらにこれを川内 1·2 号の解放基盤表面はぎとり波 ($Vs = 1500$m/s，標高 -18.5m) へ換算して「606 ガル」を導き，読み取り解析に伴う不確かさを考慮し「10 ガル程度の余裕」を持たせて「620 ガル」としたのである [14]．Maeda and Sasatani[15] によれば，この留萌地震は東傾斜 25 度の 10km 四方の逆断層で，断層上端 2.8km，アスペリティ上端 4〜6km と浅めだが，地表に地震断層は出ていない．2 つあるアスペリティの平均応力降下量は 27.9MPa(面積 1.96km^2) および 12.9MPa(面積 7.84km^2) と大きいが，高周波遮断特性は $f_{\max} = 5.5$Hz とやや小さい．JNES による傾斜角 30 度の縦ずれ断層（逆断層）の地震動評価結果は数値が公表されていないので，表 2 の傾斜角 45 度の結果から類推すれば，400〜500 ガルになる．したがって，留萌地震の 620 ガルは JNES の評価結果を超えていると言える．これは観測点 HKD020 が震源に近く，破壊進行方向に位置しており，破壊伝播効果 (NFRD 効果) が現われた結果だと評価されている [15, 10]．それに加えて，アスペリティの応力降下量が 27.9MPa と高かったことを考慮すれば，JNES の 19.1MPa でも過小設定であり，20MPa を超える場合を想定して地震動評価をやり直すべきだということにもなろう．

このような観点から見れば，JNES による地震動評価結果は横ずれ断層で最大 1340.4 ガルとなっているが，決して「過大」とは言えず，これを適用しない理由はない．むしろ，これを超える場合も想定すべきだと言えよう．

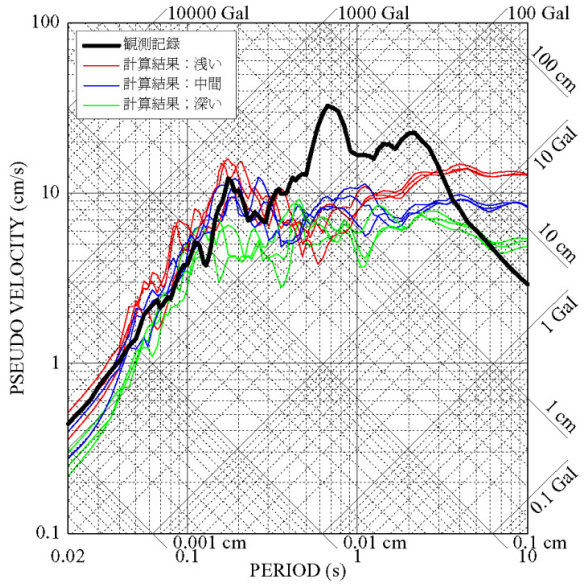
付言すれば，JNES の前身である原子力発電技術機構原子力安全解析所は，データが少ないと断りながらも「伏在縦ずれ断層の平均 (地表) 変形量は 17cm」であることから，縦ずれ断層の場合には地表変形量を 17cm まで許容し，M6.5 の場合について「断層上端 3km，アスペリティ上端 3km」のケースを試算している [4]．ただし，「実効応力中 (13.9MPa)，高周波遮断特性平均 ($f_{\max} = 7.0$Hz)」のケースだけだが，表 2 の脚注の参考表にある通り，傾斜角 30 度で 734.3 ガル，45 度で 729.8 ガル，60 度で 700.9 ガルとなっている．アスペリティ上端が浅いなどパラメータに少し違いはあるが，留萌地震の 620 ガルを超えている．JNES は縦ずれ断層に対しても「地表変形量 5cm 以下」のルールを適用しているので，この地震動評価結果は採用していない．しかし，留萌地震の 585 ガルないし 620 ガルを教訓とすれば，応力降下量だけでなく，縦ずれ断層における地表変形量の基準についても見直すべきであろう．

5 断層モデルのレシピによる地震動過小評価

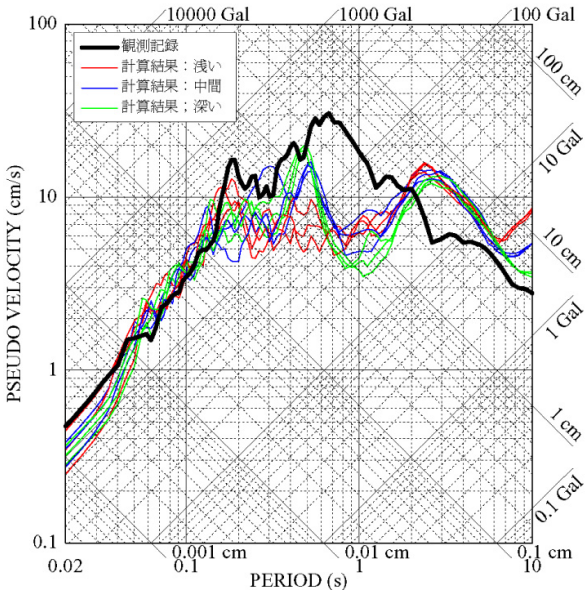
断層モデルを使った JNES の地震動評価は通常のレシピによるものではない．しかし，図 21〜22 の 1997 年 3 月 26 日鹿児島県北西部地震および図 23 の 1997 年 5 月 13 日鹿児島県北西部地震の震源近傍にある鶴田ダムでの地震観測記録を良く表現できている．つまり，JNES は断層モデルのパラメータ設定に際して，実際の国内地震観測記録に合うようにレシピを修正しているのである．結果として，断層モデルのレシピが地震動評価をいかに過小評価しているかを暴露しているとも言える．ここでは，これについて明らかにしておこう．

地震動評価では，地震規模を表す「地震モーメント M_0」，短周期地震動を左右する「短周期レベ

[4]地震基盤表面より上にある地層をすべてはぎとったと仮想して地震計を置いたときの地震動を求めている．この場合，上部地層をはぎとらずに地震計を置いた場合の地震動の約 2 倍になる．それは基盤表面での反射波が加わるためである．原発の基準地震動を定める解放基盤表面はぎとり波や JNES の基盤表面波も同じ考え方をしている．

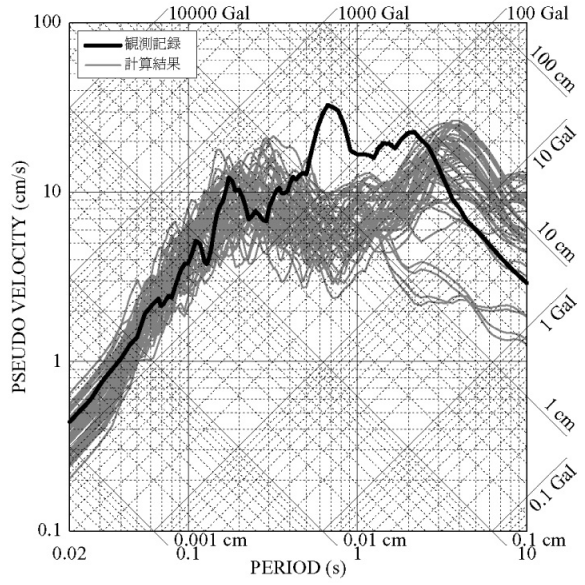


(a) 断層走向に平行する東西 EW 方向

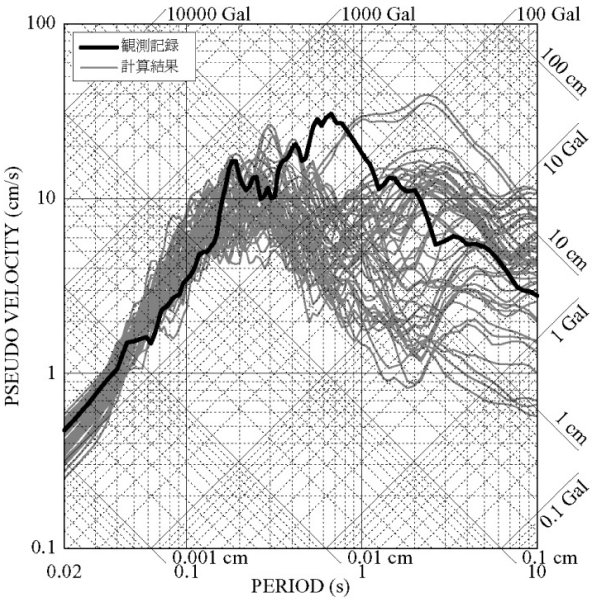


(b) 断層走向に直交する南北 NS 方向

図 21: 1997 年 3 月 26 日鹿児島県北西部地震の鶴田ダムでの地震観測記録と観測位置に相当する評価点での横ずれ断層モデル（M6.5) による地震動評価結果の比較 [5]（「高周波遮断特性平均」の場合である．アスペリティ上端深さは赤線の「浅い」場合が良く適合しており，「アスペリティ実効応力大中小」を示す赤い 3 本線のうち「小」では過小評価になっている）



(a) 東西 EW 方向 (断層モデルは断層走向平行)



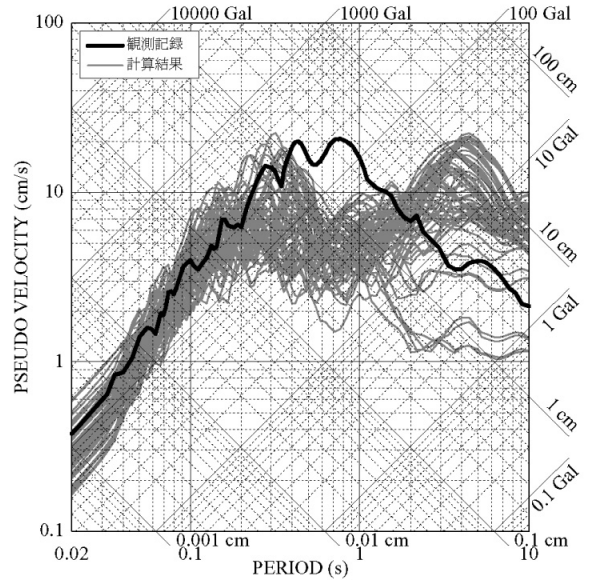
(b) 南北 NS 方向 (断層モデルは断層走向直交)

図 22: 1997 年 3 月 26 日鹿児島県北西部地震 (M6.5) の鶴田ダムでの地震観測記録と観測位置に相当する評価点での横ずれ断層モデル（M6.5) による地震動評価結果の比較 [5]（等価震源距離が 17.5km(鶴田ダムの震源距離)±0.5km の範囲内にある評価点での計算結果が重ね合わせてある．「高周波遮断特性平均」の場合を示し，アスペリティ実効応力は大中小の 3 通りが含まれる）

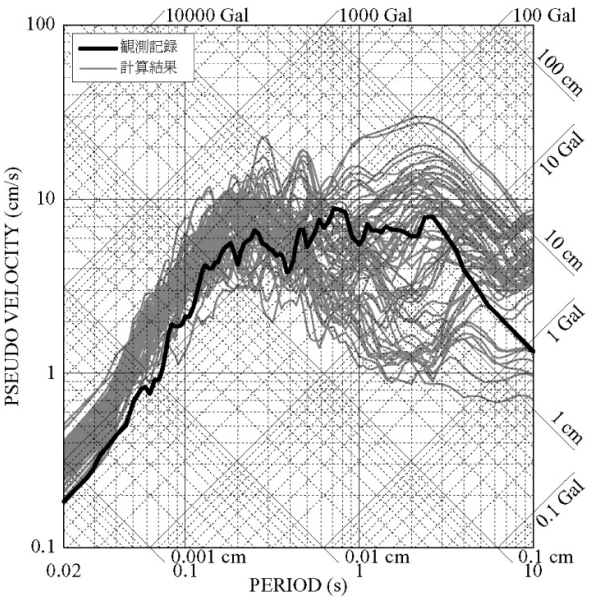
ル A」および「平均応力降下量 $\Delta\sigma$(断層), $\Delta\sigma_a$(アスペリティ)」が重要であり，通常のレシピでは，次のように設定している [21]．ただし，断層幅が地震発生層の上下端一杯に広がっている飽和断層ではなく，その途中に留まっている「未飽和断層」を対象とする．その主な流れは，「断層面積 → 地震規模 → 断層平均応力降下量 → 短周期レベル → アスペリティ平均応力降下量」の順である．

(a) 断層面積 S から入倉式 $S = 2.23 \times 10^{-15} M_0^{2/3}$ [1] で地震モーメント M_0 を求め，断層平均応力降下量を $\Delta\sigma = (7/16) M_0 (\pi/S)^{3/2}$ で求める．この場合，$S \propto M_0^{2/3}$ の関係から，地震規模によらず $\Delta\sigma = 2.31$MPa と一定値になる．

(b) 地震モーメント M_0 から武村 (1998)[22] の式



(a) 東西 EW 方向 (断層モデルは断層走向平行)



(b) 南北 NS 方向 (断層モデルは断層走向直交)

図 23: 1997 年 5 月 13 日鹿児島県北西部地震 (M6.3) の鶴田ダムでの地震観測記録と観測位置に相当する評価点での横ずれ断層モデル（M6.5) による地震動評価結果の比較 [5]（等価震源距離が 20.8km(鶴田ダムの震源距離)±0.5km の範囲内にある評価点での計算結果が重ね合わせてある.「高周波遮断特性平均」の場合を示し，アスペリティ実効応力は大中小の 3 通りが含まれる．5 月 13 日の地震は，3 月 26 日の地震とは異なり，震源断層が L 字型の二重震源であり，地震規模も M6.3 だが，JNES は M6.5 の横ずれ断層で近似している．それでも断層モデルによる地震動評価結果は観測記録と良くよく整合している．この点では,「数ある地震モーメントのうち最小の値を用いてアスペリティの応力降下量を 15.9MPa と小さく設定した九州電力による震源断層モデルでは，川内原発サイトでの地震観測記録を再現できておらず，とくに EW 方向で 1/2〜2/3 程度に留まっていた」ことが想起される）

$\log M_0[\mathrm{dyn\cdot cm}] = 1.17\mathrm{M}+17.72$ で気象庁マグニチュード M を求める．

(c) 短周期レベル A を $A = 2.46\times10^{17}M_o^{1/3}$ で求め，この A の値を用いてアスペリティ面積を $S_a = \pi r^2$, $r = 7\pi M_0\beta^2/(4AR)$, $S = \pi R^2$, で求め，アスペリティ平均応力降下量を $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma(S/S_a)$ で求める．$S \propto M_0^{2/3}$ および $A \propto M_0^{1/3}$ の関係から，地震規模によらず S_a/S=0.15，$\Delta\sigma_a$=15.6MPa と一定値になる．この方法をここでは「A 法」と呼ぶ.

これに対し，JNES は (a) と (b) を逆転させ，次のように断層モデルを設定している．主な流れは,「地震規模 → 断層面積→ 断層平均応力降下量 →アスペリティ平均応力降下量 → 短周期レベル」となるが，下線部が通常のレシピとは逆である．

(1) 気象庁マグニチュード M から武村 (1998)[22] の簡略式 $\log M_0[\mathrm{dyn\cdot cm}] = 1.2\mathrm{M}+17.7$ で地震モーメント M_0 を求める．レシピ (b) の武村式を簡略化させたため，地震モーメント M_0 の値が大きくなる．

(2) 武村式 $S = 1.85\times10^{-15}M_0^{2/3}$[22][5]で断層面積を求める．レシピ (a) の入倉式ではなく武村式を用いるため断層面積が小さくなる．

(3)$\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{3/2}$ で 断層平均応力降下量を求める．レシピ (a) と同様に，$S \propto M_0^{2/3}$ の関係から，地震規模によらず $\Delta\sigma$ = 3.06MPa と一定値になる．ただし，通常のレシピ (a) と比べて，JNES の方法では (1) で M_0 が大きく，(2) で S が小さくなるため，2.31MPa→3.06MPa と大きくなる．

(4) アスペリティ面積 S_a を $S_a = 0.28S$，$0.22S$，$0.16S$ の 3 種類に設定し，アスペリティ平均応力降下量を $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma(S/S_a)$ で求める．この場合

[5]武村は [22] 国内地震データに基づき次式を導いている．

$$\log S = \begin{cases} (2/3)\log M_0 - 14.74, & M_0 < M_{0t}; \\ (1/2)\log M_0 - 10.71, & M_{0t} \le M_0, \end{cases} \quad (1)$$

ただし，$M_{0t} \equiv 7.5\times10^{25}$ [dyn·cm] であり，

$$S = \begin{cases} 1.82\cdot10^{-15}M_0^{2/3}, & M_0 < M_{0t}; \\ 1.95\cdot10^{-11}M_0^{1/2}, & M_{0t} \le M_0. \end{cases} \quad (2)$$

と書き直せる．JNES はこの上段の式の 1.82 を 1.85 に丸めて使っているが，なぜか武村式を用いたことを陽に記してはいない．他方，断層モデルのレシピ [21] で用いられているのは下記の入倉式 [1] である．いずれも，上段が未飽和断層に対する式で，下段が飽和断層に対する式である．

$$S = \begin{cases} 2.23\cdot10^{-15}M_0^{2/3}, & L < W_{\max} \\ 4.24\cdot10^{-11}M_0^{1/2}, & L \ge W_{\max} \end{cases} \quad (3)$$

も，地震規模によらず $\Delta\sigma_a = 10.9$MPa(実効応力小 : $S_a/S = 0.28$)，13.9MPa(実効応力中 : $S_a/S = 0.22$)，19.1MPa(実効応力大:$S_a/S = 0.16$) となる．通常のレシピでは $\Delta\sigma_a = 15.6$MPa，$S_a = 0.15S$ だが，JNES では $\Delta\sigma_a = 19.1$MPa，$S_a = 0.16S$ と，より大きなパラメータまで設定することになる．

飽和断層に A 法を適用すると，アスペリティ面積が過大になってパラメータ設定が無意味になるため，アスペリティ面積を $S_a = 0.22S$ と固定する方法がレシピで推奨されている．これをここでは「$S_a/S = 0.22$ 法」と呼ぶ．未飽和断層では通常，A 法が用いられて $S_a/S = 0.15$ となる（過大にならない）ため，$S_a/S = 0.22$ 法が用いられることはないが，JNES はこの方法を用いている．

(5) $\sigma_b = \Delta\sigma_a(D_b/W)/(D_{a1}/W_{a1})$ で背景領域の実効応力を求め，アスペリティと背景領域の短周期レベルをそれぞれ $A_a = 4\sqrt{\pi S_a}\Delta\sigma_a\beta^2$ と $A_b = 4\sqrt{\pi S_b}\sigma_b\beta^2$ で求め，断層全体の短周期レベル A を $A^2 = A_a^2 + A_b^2$ で求める．

以上の JNES の手順による断層モデルのパラメータを通常のレシピによる値と比較したのが表 8〜11 である．これらの表を見れば，地震モーメント M_0，短周期レベル A，平均応力降下量 $\Delta\sigma$, アスペリティの面積 S_a と平均応力降下量 $\Delta\sigma_a$ のいずれをとっても，$S_a/S = 0.16$ 欄の値は通常のレシピ (A 法) の値より大きい．つまり，JNES の断層モデルによれば通常のレシピより地震動が大きく評価されることは一目瞭然である．

また，短周期側の地震波形をどの程度に評価するかを決める高周波遮断特性 $f_{\max}$ について，JNES は，1995 年兵庫県南部地震，1997 年鹿児島県北西部地震（3.26 と 5.13），2000 年鳥取県西部地震 の震源近傍強震動記録に基づいて $f_{\max} = 7.0(n = 1.82)$ と設定し，標準偏差分（σ）のバラツキを考慮して，平均 $+\sigma$: $f_{\max} = 11.9(n = 1.84)$ および平均 $-\sigma$: $f_{\max} = 4.7(n = 1.89)$ についても設定している．

1340.4 ガルの最大加速度は「アスペリティ実効応力大（19.1MPa）」と「高周波遮断特性平均 $+\sigma$」を組合わせた場合に得られており，これらの値が極めて重要だと言える．それでも，これらは標準偏差分のバラツキしか考慮していないのであり，JNES のパラメータ設定は決して極端な設定ではなく，極めてノーマルだと言える．

逆に言えば，北米中心の地震データに基づく入倉の $S - M_0$ 関係式をそのまま国内の活断層に適用し，断層面積から地震規模を求める通常のレシピが異常なのであり，レシピによる断層モデルのパラメータは小さすぎるのである [16, 17]．このレシピの問題点を解決するための折衷案として地震調査研究推進本部が持ち出した 2008 年修正レシピ [21] では，JNES と同様に地震規模を気象庁マグニチュードで決めてから断層面積を逆算している．これは本質的な解決策とは言えないが，レシピ通りでは地震動が過小評価されることを事実上認めたに等しい．

また、九州電力は未飽和断層のアスペリティ平均応力降下量を 15.9MPa と通常のレシピと同程度の値に小さく設定し，そのまま飽和断層に適用しているが，これも小さすぎて地震動の過小評価につながっている [18].

JNES は M7.3 についても同様に断層モデルのパラメータを設定しているが，M7.3 の地震モーメントは未飽和断層の限界値 7.5×10^{18}Nm をはるかに超えるため，未飽和断層ではなく飽和断層として扱うべきである．そこで，表 12 に JNES による断層モデルのパラメータと飽和断層に対する通常の断層モデル・レシピによる値を記載し，表 13 および表 14 には JNES の $S - M_0$ 関係式を飽和断層に対する入倉式 $S = 4.24 \times 10^{-11} M_0^{1/2}$[1] および武村式 $S = 1.95 \times 10^{-11} M_0^{1/2}$[22] で置換えた場合の値を記載した．未飽和断層では地震モーメントが断層面積の 1.5 乗に比例して増えるが，飽和断層では断層面積の 2 乗に比例して増える．そのため，飽和断層では応力降下量は地震規模とともに増大していく．表 13 で応力降下量が断層平均で 3.06→3.64MPa，アスペリティ平均で（10.9, 13.9, 19.1MPa）→（13.0, 16.5, 22.7MPa）と増えているのはそのためである．本来なら，JNES はこれらの値を使って地震動評価を行うべきだったといえる．

ところが，武村式を用いた表 14 ではアスペリティ平均応力降下量が（41.6, 53.0, 72.9MPa）と異常に大きくなっている．プレート境界地震や沈み込んだプレート内地震ならこのレベルの応力降下量もあり得るが，内陸地殻内地震でこれほど大き

な応力降下量は考えにくい．つまり，武村式は国内の活断層による地震について $S-M_0$ 関係を良く表してはいるが，それを断層モデルの今のレシピにそのまま適用することはできないということである．最近 20 年間の国内地震観測記録に基づいて断層モデルを構築し直す必要があると長沢が主張しているのは，このためである [16, 17, 18].

6 耐専スペクトルによる震源近傍での地震動過小評価

JNES は断層モデルに加えて，231 評価点について等価震源距離を求め，耐専スペクトルによる地震動評価も行っている．そこから浮かび上がるのは，耐専スペクトル [19] が震源近傍での地震動を大きく過小評価している可能性である．

JNES は耐専スペクトルによる内陸補正後のスペクトル（図中では「スペクトル距離減衰式 (2002)」と記載）と断層モデルによる評価結果を図 24～図 29 のように示している．平均値については両者でほとんど変わらないため，震源から一定程度離れると断層モデルとの評価結果の差は小さくなると言える．もっとも，断層モデルによる地震動評価と同程度に地震動を過小評価している可能性は残るが，JNES による断層モデルのパラメータ設定は一応，いくつかの国内地震観測記録に適合するよう工夫されており，その限りで信用度は高い．したがって，M5.5～M6.8 の未飽和断層に関する限り，耐専スペクトル (内陸補正後) は JNES の断層モデルと同様に平均的なレベルでは妥当性が高いと言えよう．

ところが，最大値については事情が異なる．耐専スペクトルの最大値をつないだスペクトルは縦ずれ断層モデルによる評価結果の 1/2～1/5 にすぎず，かなりの差がある．横ずれ断層の最大値と比べれば，その差はさらに 1/3～1/8 に開く[6]つまり，震源近傍では，耐専スペクトルは地震動を大幅に

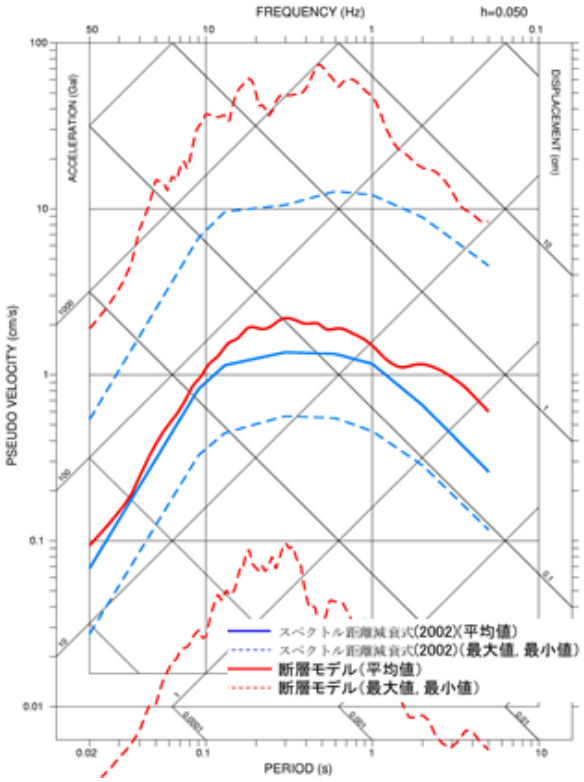


図 24: 耐専スペクトル (内陸補正後) と縦ずれ断層モデル（地震発生層 3～20km）による地震動評価結果の比較 (M5.5)[5]

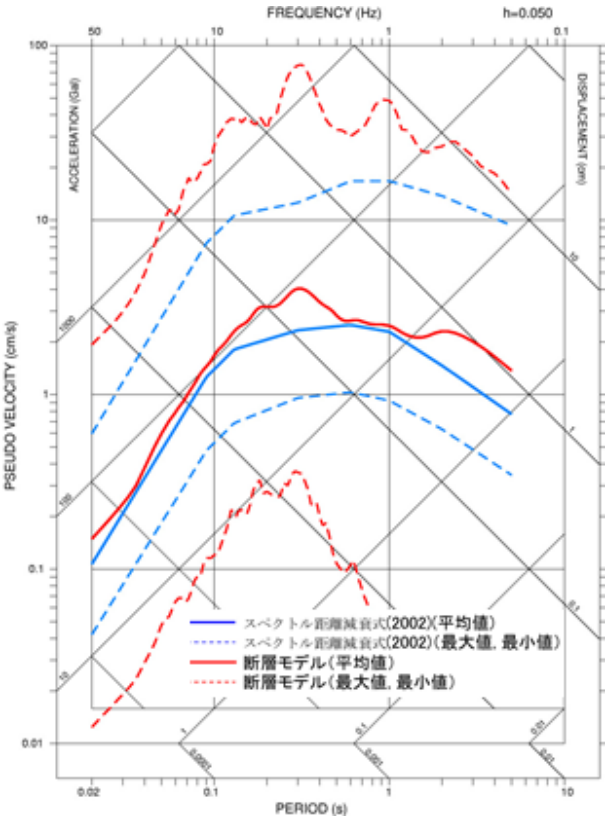


図 25: 耐専スペクトル (内陸補正後) と縦ずれ断層モデル（地震発生層 3～20km）による地震動評価結果の比較 (M6.0)[5]

[6]JNES は，報告書 [5] の中で耐専スペクトルと比較している断層モデルが「縦ずれ断層」であるとは明記していない．知らずに読むと，横ずれ断層も含まれていると思い込んでしまう．横ずれ断層と縦ずれ断層とでは平均値ではほとんど差がないものの，最大値ではかなり大きな差がある．横ずれ断層と比較すると耐専スペクトルとの差が開きすぎるため，こっそり縦ずれ断層と比較したのではないかと勘ぐりたくもなる．

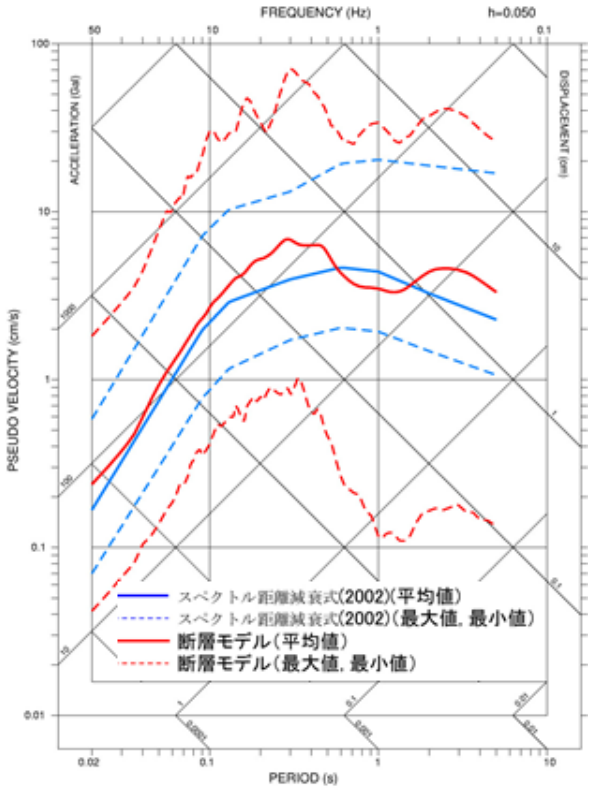


図 26: 耐専スペクトル (内陸補正後) と縦ずれ断層モデル（地震発生層 3~20km）による地震動評価結果の比較 (M6.5)[5]

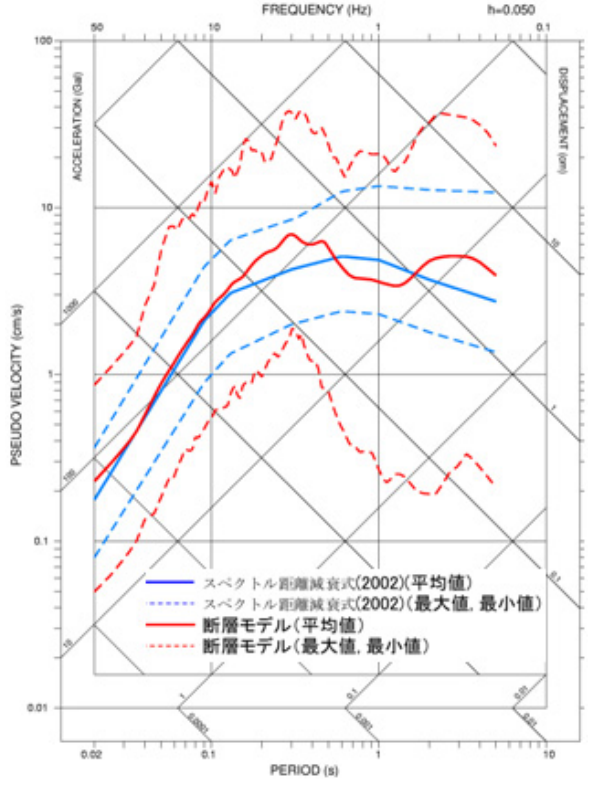


図 27: 耐専スペクトル (内陸補正後) と縦ずれ断層モデル（地震発生層 3~20km）による地震動評価結果の比較 (M6.6)[5]

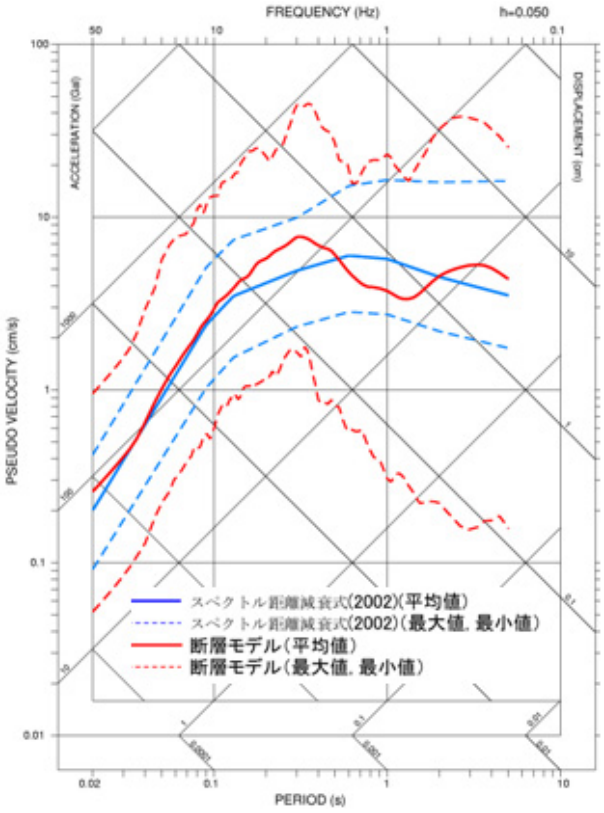


図 28: 耐専スペクトル (内陸補正後) と縦ずれ断層モデル（地震発生層 3~20km）による地震動評価結果の比較 (M6.7)[5]

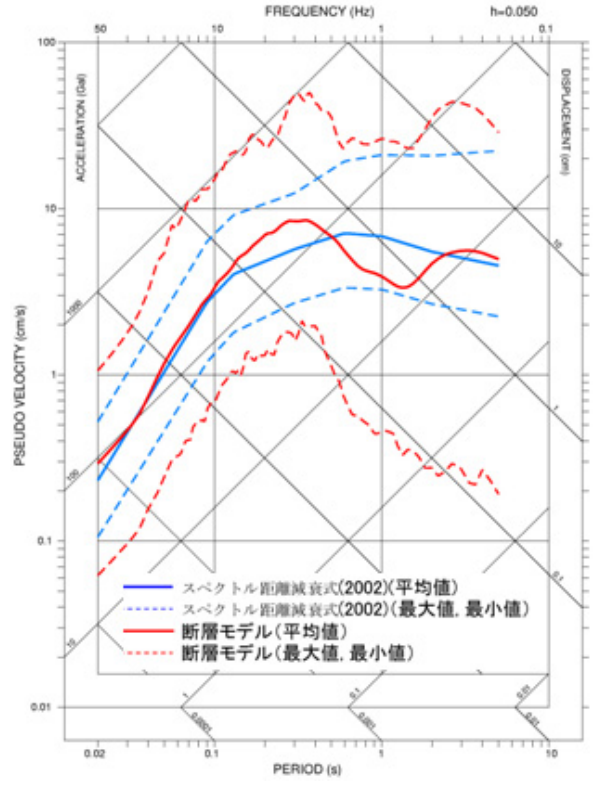


図 29: 耐専スペクトル (内陸補正後) と縦ずれ断層モデル（地震発生層 3~20km）による地震動評価結果の比較 (M6.8)[5]

過小評価している可能性があるということになる．このことは，まさに，耐専スペクトルを作成する際，震源近傍での地震観測記録が不足していたという一言に尽きる [23]．この観点からも，耐専スペクトルをそのまま適．用するのではなく，最近 20 年間の震源近傍を含めた地震観測記録を用いて耐専スペクトルを構築し直すべきだと言える．

JNES は,「震源を特定せず策定する地震動」に関する調査を目的としているため，飽和断層については断層モデルとの比較をしていない．たとえば，川内 1·2 号では，図 3 の市来断層帯市来区間 M7.2 のように断層モデルによる地震動評価結果は耐専スペクトルの 1/2∼1/3 にすぎない．これは断層モデルのほうにパラメータ設定の問題があるためだと考えられる [18]．2008 年岩手・宮城内陸地震 M7.2 では震源近傍に位置する一関西の地下岩盤 ($Vs = 1810$m/s) に設置された地震計で 1078 ガルの地震動を観測している．はぎとり波に換算すればほぼ 2 倍の 2000 ガルにもなると推定される．このような観測記録を耐専スペクトルに反映させれば，図 3 の耐専スペクトルは大きく引き上げられるであろうし，耐専スペクトルの「倍半分」のバラツキを考慮すれば，2 倍以上に引き上げられるべきであろう．

7　まとめ

この小論では,「震源を特定せず策定する地震動」について，原子力安全基盤機構 JNES が 2001∼2009 年の 9 年をかけて検討した地震動評価結果に基づき，以下のことを明らかにした．

第 1 に，JNES は 1997 年鹿児島県北西部地震など地震断層を伴わない地震による地震観測記録に適合するような断層モデルを構築し，M6.5 の横ずれ断層による地震動が震源近傍の地震基盤上の評価点において 1340.4 ガルになることを示している．また，M5.5∼M6.5 のいずれに対しても，震源近傍の地震基盤表面で 1000 ガル以上の地震動が生じることを示している．実際にも，2007 年新潟県中越沖地震 M6.8 で柏崎刈羽原発の解放基盤表面はぎとり波で 1699 ガルの地震動が観測・評価されている．2008 年岩手・宮城内陸地震 M7.2 では地下岩盤の地震計で 1078 ガルの地震観測記録がとられており，地震基盤表面や解放基盤表面はぎとり波に換算すれば 2000 ガル近くになると推定される．したがって，JNES の算出した M5.5∼M6.5 の地震による震源近傍での 1000 ガル以上の地震動は現実にも発生する可能性が高く，これを「震源を特定せず策定する地震動」として設定すべきである．

第 2 に，JNES は 1340.4 ガルの地震動を算定しながら，それを「震源を特定せず策定する地震動」として設定しない理由として,「全プラント共通に設定するミニマムリクワイアメントのもの」という考え方に基づき,「断層最短距離 20km 以内の地震動評価結果の平均 +1.64 標準偏差」または「10^{-5} ∼ 10^{-4} の超過確率別応答スペクトルの範囲内」という設定基準を打ち出している．しかし，これらは震源近傍での大きな地震動を遠方の小さな地震動で薄めて平均化したり，全国一様に同確率で地震が発生するというあり得ない想定の下で無理矢理導き出された設定基準であり，国民の批判には到底耐えられない．大飯 3·4 号運転差し止め訴訟における 2014 年 5 月 21 日福井地裁判決が示したように，福島第一原発炉心溶融事故ではその放射能災害により憲法で保障されるべき「人格権」が侵害されたのであり,「このような事態を招く具体的危険性が万が一でも」あってはならない.「原子力発電所に求められるべき安全性，信頼性は極めて高度なものでなければならず，万一の場合にも放射性物質の危険から国民を守るべく万全の措置がとられなければならない」のである．M5.5∼M6.5 の地震による 1000 ガル以上の地震動は，国内のどこでも現実に起こりうる具体的な危険性であり，今日の地震学ではこれを否定できないというのが現実である以上,「震源を特定せず策定する地震動」として設定すべきであり，そうしないのは人格権の侵害につながると言える．

第 3 に,「震源を特定せず策定する地震動」の評価に際して JNES が設定した断層モデルは電力会社が原発の耐震性を評価するために通常用いているレシピとは異なり，地震モーメント，アスペリティ面積，短周期レベル，応力降下量など短周期地震動を左右するパラメータ値が大きい．逆に言

えば，通常のレシピによる断層モデルでは地震動が過小評価されることを示唆している．九州電力による独自の断層モデルでは応力降下量が小さくなるように設定されている．原発の耐震性を評価する際に「駆使」されるこのような地震動の過小評価を反省し，最近 20 年間に蓄積された国内地震観測記録に基づいて「国内の活断層による内陸地殻内地震」を正しく評価できるよう，断層モデルを構築し直すべきである．

第 4 に，JNES は断層モデルによる地震動評価結果を耐専スペクトル (内陸補正後) と比較しているが，M5.5～M6.8 に対する震源近傍の耐専スペクトルは縦ずれ断層に対して 1/2～1/5，横ずれ断層に対して 1/3～1/8 にすぎず，大幅な過小評価となっている．これは耐専スペクトル策定時の地震観測記録の不足が原因であり，最近 20 年間の震源近傍の国内地震観測記録に基づいて耐専スペクトルを再構築すべきである．

JNES は 2014 年 3 月 1 日に原子力規制委員会（正確には，その事務局である原子力規制庁）へ統合された．これを機に，原子力規制委員会・規制庁は，JNES の地震動評価で逆説的にではあるが具体的に明らかになった断層モデルや耐専スペクトルによる地震動過小評価を率直に認め，これらを構築し直すべきである．そして,「震源を特定して策定する地震動」を正しく評価し直し，また，1000 ガル以上の「震源を特定せず策定する地震動」を設定すべきである．そうすれば，川内 1･2 号においても，基準地震動が 1000 ガルを大幅に超えることは避けられない．それは川内 1･2 号のクリフエッジが基準地震動によって超えられることを意味し，再稼働など到底不可能ということにならざるを得ない．これこそが原発重大事故によって二度と人格権を侵害しないための最善の措置である．

参考文献

[1] 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

[2] 財団法人 原子力発電技術機構 原子力安全解析所 (2002) : 平成 13 年度 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，INS/M01-16 (2002.3) https://www.nsr.go.jp/archive/jnes/atom-library/H13_3_25.pdf

[3] 財団法人 原子力発電技術機構 原子力安全解析所 (2003) : 平成 14 年度 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，INS/M02-15 (2003.3) http://www.nsr.go.jp/archive/jnes/atom-library/H14_3_29.pdf

[4] 財団法人 原子力発電技術機構 原子力安全解析所 (2003) : 平成 15 年度 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，INS/M03-14 (2003.9) http://www.nsr.go.jp/archive/jnes/atom-library/H15_3_25.pdf

[5] 独立行政法人 原子力安全基盤機構 (2004) : 平成 15 年度 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，JNES/SAE04-07004 解部報-0070(2004.9) http://www.nsr.go.jp/archive/jnes/atom-library/ seika/000005315.pdf

[6] 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

[7] 独立行政法人 原子力安全基盤機構 (2009) : 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，JNES/SSD08-00908 耐部報-0009 (2009.3) https://www.nsr.go.jp/archive/jnes/atom-library/seika/000005757.pdf

[8] 原子力安全・保安院 (2012) : 九州電力川内原子力発電所１号機及び２号機の安全性に関する総合的評価（一次評価）に関する審査結果取りまとめ (2012.9.3)

[9] 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ー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ー，日本地震工学会論文集，第 4 巻，第 4 号，46-86

[10] （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

[11] 九州電力 (2007) : 当社原子力発電所の主要施設の概略影響検討結果（概要）(2007.9.20)

[12] 九州電力 (2008) :「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う玄海及び川内原子力発電所の耐震安全性評価結果（中間報告）について (2008.3.31)

[13] 九州電力 (2013) : 川内原子力発電所・玄海原子力発電所 震源を特定せず策定する地震動について（コメント回答）, 第 59 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 (2013.12.18)

[14] 九州電力 (2014) : 川内原子力発電所 基準地震動の策定について（コメント回答），第 92 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 3-1(2014.3.12)

[15] Maeda. T. and T. Sasatani(2009) : Strong ground motions from an M_j6.1 inland crustal earthquake in Hokkaido, Japan: the 2004 Rumoi earthquake, Earth Planets Space, 61, 689-701.

[16] 長沢啓行 (2013) : 伊方原子力発電所の耐震安全性は保証されていない，伊方訴訟（四国電力株式会社に対する伊方原発運転差止請求事件）に関連して松山地方裁判所民事第２部へ提出した意見書 (2013.12.26 記)
http://wakasa-net.sakura.ne.jp/news/Ikata-ikensho.pdf,
http://wakasa-net.sakura.ne.jp/news/Ikata-bessatu.pdf

[17] 長沢啓行 (2014): 大飯 3･4 号と高浜 3･4 号の耐震安全性は保証されていない，若狭ネット第 147 号，6-27(2014/1/14)
http://wakasa-net.sakura.ne.jp/pre/news/147.pdf

[18] 長沢啓行 (2014) : 川内 1・2 号の耐震安全性は保証されていない，若狭ネット第 149 号，6-31(2014/5/11)
http://wakasa-net.sakura.ne.jp/pre/news/149.pdf
（菊地･山中 (1997) 論文の地震モーメントについて 5/23）
http://wakasa-net.sakura.ne.jp/news/explain20140522.pdf

表 1: 地震発生層が 3~20km の場合の横ずれ断層（傾斜角 90 宣浩度）の断層上下端とアスペリティの設定（地震発生層を 2~20km とする場合には M5.5~M6.5 の「浅い」ケースを括弧内の数値に置き換える）

	実効応力小（10.9MPa）			実効応力中（13.9MPa）			実効応力大（19.1MPa）		
断層 6km×5km	M5.5			M5.5			M5.5		
断層上端深さ [km]	3 (2)	9	15	3 (2)	9	15	3 (2)	9	15
最大アスペリティの上端深さ [km]	浅い 3 (2)	中間 10	深い 17	浅い 3 (2)	中間 10	深い 18	浅い 3 (2)	中間 10	深い 18
最大アスペリティ[km]	長さ 2 × 幅 3			長さ 2 × 幅 2			長さ 2 × 幅 2		
断層下端深さ [km]	8 (7)	14	20	8 (7)	14	20	8 (7)	14	20
断層 9km×8km	M6.0			M6.0			M6.0		
断層上端深さ [km]	3 (2)	8	12	3 (2)	8	12	3 (2)	8	12
最大アスペリティの上端深さ [km]	浅い 3 (2)	中間 10	深い 16	浅い 3 (2)	中間 10	深い 16	浅い 3 (2)	中間 10	深い 17
最大アスペリティ[km]	長さ 4 × 幅 4			長さ 3 × 幅 4			長さ 3 × 幅 3		
断層下端深さ [km]	11(10)	16	20	11(10)	16	20	11(10)	16	20
断層 14km×13km	M6.5			M6.5			M6.5		
断層上端深さ [km]	3 (2)	5	7	3 (2)	5	7	3 (2)	5	7
最大アスペリティの上端深さ [km]	浅い 4 (2)	中間 8	深い 14	浅い 3 (2)	中間 8	深い 14	浅い 3 (2)	中間 9	深い 15
最大アスペリティ[km]	長さ 6 × 幅 6			長さ 5 × 幅 6			長さ 4 × 幅 5		
断層下端深さ [km]	16(15)	18	20	16(15)	18	20	16(15)	18	20
断層 19km×17km	M6.8			M6.8			M6.8		
断層上端深さ [km]	3	3	3	3	3	3	3	3	3
最大アスペリティの上端深さ [km]	浅い 5	中間 7	深い 12	浅い 5	中間 8	深い 13	浅い 4	中間 8	深い 14
最大アスペリティ[km]	長さ 8 × 幅 8			長さ 7 × 幅 7			長さ 6 × 幅 6		
断層下端深さ [km]	20	20	20	20	20	20	20	20	20
（断層 長さ × 幅）	M7.1 *1 **（33km×17km）**			M7.3 *2 **（48km×17km）**			M7.3 *2 **（48km×17km）**		
断層上端深さ [km]	–	3	–	–	3	–	3	–	3
最大アスペリティの上端深さ [km]	– –	中間 8	– –	– –	中間 9	– –	浅い 8	– –	深い 10
最大アスペリティ[km]	長さ 10 × 幅 11			長さ 11 × 幅 11			長さ 9 × 幅 10		
断層下端深さ [km]	–	20	–	–	20	–	20	–	20

*1：JNES によれば，M7.3 の場合,「実効応力小」ではアスペリティ面積が大きくなりすぎて，地表変形量が 5cm の条件を満たさないため，M7.3 では，実効応力小のケースを評価していない．その代わりに，M7.1 の場合に「実効応力小」で設定可能なケースが見つかったことから、これを設定している [2, 3, 4, 5, 6].

*2：実効応力の大中小の各ケースで断層とアスペリティの上端深さが「浅い」「中間」「深い」の 3 種類とされているが，M7.3 の場合にはアスペリティ位置を事実上浅くも深くもとれない．実効応力中では「中間」，実効応力大では「浅い」と「深い」と分類されているが，いずれも事実上は「中間」である．

[19] 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)

[20] 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

[21] 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

[22] 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.

[23] 若狭ネット編集局 (2008) :「わかさ」ちゃんと「ママ」のひとこと談議　耐専スペクトルのここがヘン !?，若狭ネット第 114 号，6-16(2008/8/1)
http://wakasa-net.sakura.ne.jp/pre/news/114/114c.pdf

表 2: 地震発生層が 3~20km の場合の縦ずれ断層（傾斜角 45 度）の断層上下端とアスペリティの設定

	実効応力小（10.9MPa）			実効応力中（13.9MPa）			実効応力大（19.1MPa）		
断層 6km×5km	M5.5			M5.5			M5.5		
断層上端深さ [km]	3.0	10.1	16.4	3.0	10.1	16.4	3.0	10.1	16.4
最大アスペリティの	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い
の上端深さ [km]	3.0	10.8	17.8	3.0	10.8	18.6	3.0	10.8	18.6
最大アスペリティ[km]	長さ 2 × 幅 3			長さ 2 × 幅 2			長さ 2 × 幅 2		
断層下端深さ [km]	6.5	13.6	20.0	6.5	13.6	20.0	6.5	13.6	20.0
断層 9km×8km	M6.0			M6.0			M6.0		
断層上端深さ [km]	4.4	10.8	14.3	3.0	10.1	14.3	3.0	10.1	14.3
最大アスペリティ	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い
の上端深さ [km]	7.2	12.2	17.1	5.8	11.5	17.1	5.1	11.5	17.8
最大アスペリティ[km]	長さ 4 × 幅 4			長さ 3 × 幅 4			長さ 3 × 幅 3		
断層下端深さ [km]	10.1	16.4	20.0	8.7	15.7	20.0	8.7	15.7	20.0
断層 14km×13km	M6.5			M6.5			M6.5		
断層上端深さ [km]	7.9	10.8	10.8	7.2	10.8	10.8	4.4	10.8	10.8
最大アスペリティ	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い
の上端深さ [km]	12.9	14.3	15.7	12.2	13.6	15.7	10.1	13.6	16.4
最大アスペリティ[km]	長さ 6 × 幅 6			長さ 5 × 幅 6			長さ 4 × 幅 5		
断層下端深さ [km]	17.1	20.0	20.0	16.4	20.0	20.0	13.6	20.0	20.0
（断層 長さ × 幅）	M6.6 *1 （**15km×15km**）			M6.7 *1 （**17km×16km**）			M6.8 *1 （**19km×17km**）		
断層上端深さ [km]	–	9.4	–	–	8.7	–	7.2	–	7.9
最大アスペリティ	–	中間	–	–	中間	–	浅い	–	深い
の上端深さ [km]	–	15.0	–	–	15.0	–	15.0	–	15.7
最大アスペリティ[km]	長さ 6 × 幅 7			長さ 6 × 幅 7			長さ 6 × 幅 6		
断層下端深さ [km]	–	20.0	–	–	20.0	–	19.3	–	20.0

*1 : JNES によれば，M6.8 の場合,「実効応力小」「実効応力中」ではアスペリティ面積が大きくなりすぎて，地表変形量が 5cm の条件を満たさないため，M6.8 では，実効応力大のケース以外は評価していない．その代わりに，M6.6 の場合に「実効応力小」，M6.7 の場合に「実効応力中」で設定可能なケースが見つかったことから、これらを設定している．実効応力の大中小の各ケースで断層とアスペリティの上端深さが「浅い」「中間」「深い」の 3 種類とされているが，M6.8 の場合にはアスペリティ位置を事実上浅くも深くもとれない．実効応力中では「中間」，実効応力大では「浅い」と「深い」と分類されているが，いずれも事実上は「中間」である．また，横ずれ断層の場合には M7.3 まで断層モデルを設定できたが，縦ずれ断層 (逆断層) の場合には，M6.8 を超える地震規模では地表変形量が 5cm を超えるため設定できない [5, 6]．JNES は傾斜角が 30 度と 60 度の場合も評価しているが，断層およびアスペリティのサイズは傾斜角によらず同じ（傾斜角 90 度の横ずれ断層とも同じ）であり，深さの位置だけが異なる [4].

[参考] M6.5 でアスペリティ上端 3km まで設定して傾斜角を変えた場合の縦ずれ断層の設定と地震動評価結果 [4]

	傾斜角 30 度				**傾斜角 45 度**			
断層上端深さ [km]	3.0	5.0	9.5	13.5	3.0	5.1	8.0	10.8
アスペリティ上端深さ [km]	3.0	5.0	11.0	17.0	3.0	5.1	10.1	15.7
最大アスペリティ[km]	長さ 5 × 幅 6				長さ 5 × 幅 6			
断層下端深さ [km]	9.5	11.5	16.0	20.0	12.2	14.3	17.2	20.0
最大加速度 [cm/s^2]	734.3	523.4	359.6	230.2	729.8	514.8	513.6	229.5
最大速度 [cm/s]	37.2	35.9	18.6	14.1	45.6	34.3	25.3	18.3

	傾斜角 60 度			
断層上端深さ [km]	3.0	4.7	7.3	9.0
アスペリティ上端深さ [km]	3.0	4.7	9.9	15.1
最大アスペリティ[km]	長さ 5 × 幅 6			
断層下端深さ [km]	14.3	16.0	18.6	20.3
最大加速度 [cm/s^2]	700.9	508.7	513.0	262.7
最大速度 [cm/s]	65.9	45.4	25.5	15.6

実効応力 13.9MPa：中
高周波遮断特性 $f_{\max} = 7.0$Hz：平均

断層長さ 14 km× 幅 13 km
（傾斜角によらない）

注）JNES の前身である原子力発電技術機構原子力安全解析所は，データが少ないと断りながらも「伏在縦ずれ断層の平均 (地表) 変形量は 17cm」であることから，縦ずれ断層の場合には地表変形量を 17cm まで許容し，M6.5 の場合に限り，アスペリティ上端深さを 3.0km まで設定して地震動評価を行っている．しかし，JNES は縦ずれ断層の場合も「地表変形量 5cm 以下」として，これを採用していない．したがって，ここでは参考値として掲載する．

表 3: 横ずれ断層モデル (アスペリティ上端深さ 2km，地震発生層 2~20km，傾斜角 90 度) による地震基盤表面での地震動評価結果：地震基盤表面地震動の最大加速度と最大速度の 231 評価点中最大値

最大加速度 [cm/s^2]	$f_{\max}=4.7$Hz：平均 $-\sigma$			$f_{\max}=7.0$Hz：平均			$f_{\max}=11.9$Hz：平均 $+\sigma$		
アスペリティ実効応力	小	中	大	小	中	大	小	中	大
M5.5	384.9	502.4	554.5	523.8	706.6	775.0	706.7	987.6	1100.8
M6.0	400.0	393.1	489.5	612.1	511.3	702.5	951.8	772.5	1014.7
M6.5	450.1	526.5	717.0	581.8	703.1	966.4	791.7	951.8	1340.4
最大速度 [cm/s]	$f_{\max}=4.7$Hz：平均 $-\sigma$			$f_{\max}=7.0$Hz：平均			$f_{\max}=11.9$Hz：平均 $+\sigma$		
アスペリティ実効応力	小	中	大	小	中	大	小	中	大
M5.5	26.0	27.6	34.2	28.7	32.1	37.2	31.9	38.0	44.4
M6.0	46.4	39.9	46.3	49.3	42.4	50.0	52.5	46.5	53.4
M6.5	68.3	58.6	61.0	70.4	61.8	63.0	72.2	65.0	65.4

注：JNES(2004 年度)[6] の図 2.54~3.62 に記載された値を転載した．断層上下端やアスペリティの位置は表 1 の浅いケースの括弧内に対応し，最大加速度と最大速度はいずれも周期 0.02 秒での応答値に相当する．アスペリティ実効応力は表 4 と同じ．M6.0 において，「実効応力中」での最大加速度と最大速度が「実効応力小」および「実効応力大」での各値より 10~20%程度小さくなっており，しかも，最大加速度は M5.5 および M6.5 の「実効応力中」での値より同程度小さくなっているが，これらの理由は不明である．上記の最大値は，あくまで 231 の評価点で評価された地震基盤表面地震動の最大加速度と最大速度の最大値であり，両者が同じ評価点になるとは限らない．地震動の最大加速度は「周期 0.02 秒での応答加速度値」に相当する．

表 4: 横ずれ断層モデル (地震発生層 3~20km，傾斜角 90 度) による地震基盤表面での地震動評価結果：最大加速度と最大速度の 231 評価点中最大値（いずれも周期 0.02 秒での応答値，断層設定は表 1 に対応）

最大加速度 [cm/s^2]	実効応力小（10.9MPa）			実効応力中（13.9MPa）			実効応力大（19.1MPa）		
アスペリティ上端深さ	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い
	高周波遮断特性 $f_{\max}=4.7$Hz($n=1.89$)：平均 $-\sigma$								
M6.5	390.0	272.9	130.4	503.1	264.2	147.2	496.3	326.5	166.0
M6.8	305.1	209.7	184.6	374.2	243.2	190.3	471.7	328.7	221.0
	高周波遮断特性 $f_{\max}=7.0$Hz($n=1.82$)：平均								
M5.5	446.3	182.1	77.2	522.5	196.5	84.3	634.5	242.2	103.9
M6.0	502.4	185.4	142.3	501.7	230.3	155.1	737.3	290.1	140.9
M6.5	634.3	388.5	186.6	710.1	374.1	197.8	746.8	442.8	235.8
M6.8	434.9	301.8	225.6	527.9	335.5	261.7	670.8	430.7	316.0
M7.1	–	321.7	–	–	–	–	–	–	–
M7.3	–	–	–	–	332.1	–	433.4	–	321.0
	高周波遮断特性 $f_{\max}=11.9$Hz($n=1.84$)：平均 $+\sigma$								
M6.5	1014.7	544.9	268.3	1010.9	535.2	275.3	1098.2	592.0	334.5
M6.8	610.8	436.9	300.1	825.3	467.5	361.1	982.9	586.8	456.0
最大速度 [cm/s]	実効応力小（10.9MPa）			実効応力中（13.9MPa）			実効応力大（19.1MPa）		
アスペリティ上端深さ	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い
	高周波遮断特性 $f_{\max}=4.7$Hz($n=1.89$)：平均 $-\sigma$								
M6.5	43.5	25.3	17.5	60.4	24.6	14.9	52.5	21.4	15.4
M6.8	56.7	40.6	26.7	52.8	39.6	34.3	62.0	45.3	35.2
	高周波遮断特性 $f_{\max}=7.0$Hz($n=1.82$)：平均								
M5.5	21.9	8.6	4.5	25.8	9.1	4.5	32.1	10.5	5.8
M6.0	37.9	14.4	8.3	34.5	14.3	8.0	40.3	14.6	7.9
M6.5	45.0	26.1	17.9	66.4	26.1	15.6	54.9	22.5	16.4
M6.8	59.7	41.9	27.5	54.4	40.8	35.3	64.5	47.3	36.1
M7.1	–	37.1	–	–	–	–	–	–	–
M7.3	–	–	–	–	56.7	–	61.8	–	55.9
	高周波遮断特性 $f_{\max}=11.9$Hz($n=1.84$)：平均 $+\sigma$								
M6.5	46.8	26.9	18.4	72.7	28.0	16.5	57.4	23.5	17.6
M6.8	62.9	43.3	28.4	58.8	41.8	36.2	67.1	49.4	37.3

注：NUPEC(2002 年度)[3] の図 3.15~3.29 および JNES(2003 年度)[5] の図 4.14~4.30 に記載された値を転載した．

表 5: 縦ずれ断層モデル (地震発生層 3~20km，傾斜角 45 度) による地震基盤表面での地震動評価結果：最大加速度と最大速度の 231 評価点中最大値（いずれも周期 0.02 秒での応答値，断層モデルは表 2 に対応）

最大加速度 [cm/s^2]	実効応力小（10.9MPa）			実効応力中（13.9MPa）			実効応力大（19.1MPa）		
アスペリティ上端深さ	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い
	高周波遮断特性 $f_{\max}=4.7$Hz($n=1.89$)：平均 $-\sigma$								
M5.5	283.6	109.7	72.0	334.6	119.7	73.7	329.7	122.9	68.7
M6.0	199.6	113.1	109.1	270.1	175.0	110.0	318.5	194.6	122.3
M6.5	181.5	249.9	133.1	233.0	161.9	151.0	306.6	214.0	171.4
M6.6	–	164.3	–	–	–	–	–	–	–
M6.7	–	–	–	–	193.4	–	–	–	–
M6.8	–	–	–	–	–	–	175.3	–	173.7
	高周波遮断特性 $f_{\max}=7.0$Hz($n=1.82$)：平均								
M5.5	367.4	142.8	93.9	421.6	164.6	97.7	414.0	186.8	96.9
M6.0	265.3	168.3	138.0	344.0	231.0	149.5	447.1	257.2	159.3
M6.5	303.2	303.2	200.6	303.2	223.4	200.6	422.6	279.9	223.8
M6.6	–	214.4	–	–	–	–	–	–	–
M6.7	–	–	–	–	232.0	–	–	–	–
M6.8	–	–	–	–	–	–	233.4	–	228.5
	高周波遮断特性 $f_{\max}=11.9$Hz($n=1.84$)：平均 $+\sigma$								
M5.5	537.5	197.2	123.3	596.3	260.5	136.1	582.3	311.0	142.9
M6.0	377.8	259.9	168.6	443.9	302.3	213.8	606.5	340.0	200.6
M6.5	300.7	407.0	256.5	386.3	324.5	288.9	570.9	366.4	313.7
M6.6	–	271.7	–	–	–	–	–	–	–
M6.7	–	–	–	–	299.0	–	–	–	–
M6.8	–	–	–	–	–	–	332.5	–	327.0
最大速度 [cm/s]	実効応力小（10.9MPa）			実効応力中（13.9MPa）			実効応力大（19.1MPa）		
アスペリティ上端深さ	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い	浅い	中間	深い
	高周波遮断特性 $f_{\max}=4.7$Hz($n=1.89$)：平均 $-\sigma$								
M5.5	18.9	23.0	24.3	8.1	9.4	9.3	5.2	4.7	4.8
M6.0	14.4	19.0	17.0	12.2	13.6	12.6	7.8	8.1	9.0
M6.5	17.5	21.4	23.1	19.7	21.4	18.4	16.6	18.7	20.5
M6.6	–	20.6	–	–	–	–	–	–	–
M6.7	–	–	–	–	21.8	–	–	–	–
M6.8	–	–	–	–	–	–	21.4	–	21.2
	高周波遮断特性 $f_{\max}=7.0$Hz($n=1.82$)：平均								
M5.5	21.0	26.3	27.6	8.3	9.7	9.8	5.4	5.2	5.2
M6.0	16.6	20.6	18.4	12.6	14.0	13.3	8.6	8.7	10.4
M6.5	24.1	24.1	23.3	24.1	22.3	19.8	20.2	20.2	22.0
M6.6	–	22.0	–	–	–	–	–	–	–
M6.7	–	–	–	–	22.8	–	–	–	–
M6.8	–	–	–	–	–	–	23.1	–	22.1
	高周波遮断特性 $f_{\max}=11.9$Hz($n=1.84$)：平均 $+\sigma$								
M5.5	23.0	29.9	31.2	8.6	10.1	10.3	5.6	5.8	5.8
M6.0	18.6	22.1	20.0	13.1	14.3	14.1	9.4	9.6	11.6
M6.5	19.5	26.9	24.9	24.2	23.1	21.3	19.1	22.0	23.4
M6.6	–	23.4	–	–	–	–	–	–	–
M6.7	–	–	–	–	23.9	–	–	–	–
M6.8	–	–	–	–	–	–	24.8	–	23.1

注：JNES(2003 年度)[5] の図 2.67～2.98 に記載された値を転載した.

表 6: 耐専スペクトル（内陸補正後）による地震基盤表面 (Vs=2200m/s) での評価結果と横ずれ断層モデル (地震発生層 3～20km，傾斜角 90 度) による地震基盤表面 (Vs=2600m/s) での地震動評価結果との比較

最大加速度 [cm/s^2]	横ずれ断層モデル			耐専スペクトル (補正後)			耐専スペクトル (補正前)		
アスペリティ実効応力 アスペリティ上端深さ	小 浅い	中 浅い	大 浅い	小 浅い	中 浅い	大 浅い	小 浅い	中 浅い	大 浅い
M5.5	446.4	522.5	634.5	153.3	156.3	154.2	255.4	260.5	257.0
M6.0	502.3	501.7	737.3	219.4	209.9	211.1	365.6	349.8	351.9
M6.5	634.3	710.0	746.8	263.0	298.8	289.1	438.4	497.9	481.8
M6.8	435.1	528.1	670.7	287.5	291.7	319.2	479.2	486.2	532.0
アスペリティ実効応力 アスペリティ上端深さ	小 中間	中 中間	大 浅い	小 中間	中 中間	大 浅い	小 中間	中 中間	大 浅い
M7.1	321.7	–	–	266.9	–	–	444.8	–	–
M7.3	–	332.1	433.5	–	294.7	319.4	–	491.2	532.3
	横ずれ断層モデルによる評価結果との比								
M5.5	100.0	100.0	100.0	34.3	29.9	24.3	57.2	49.9	40.5
M6.0	100.0	100.0	100.0	43.7	41.8	28.6	72.8	69.7	47.7
M6.5	100.0	100.0	100.0	41.5	42.1	38.7	69.1	70.1	64.5
M6.8	100.0	100.0	100.0	66.1	55.2	47.6	110.1	92.1	79.3
M7.1	100.0	–	–	83.0	–	–	138.3	–	–
M7.3	–	100.0	100.0	–	88.7	73.7	–	147.9	122.8

注：注：NUPEC(2002 年度)[3] の表 4.3 および NUPEC(2003 年度)[4] の表 3.25 から転載した．横ずれ断層モデルによる評価結果は表 3 に掲載された「高周波遮断特性 $f_{\max} = 7.0$Hz($n = 1.82$)：平均」ケースの評価結果に等しいはずだが，一部に誤差がある．これは元になった NUPEC(2002 年度) の表 4.3 の値と図 3.15～3.29(表 3 に転載) の値に一部で誤差があるためだが，原因不明のためそのまま転載した．

表 7: 耐専スペクトル（内陸補正後）による地震基盤表面 (Vs=2200m/s) での評価結果と縦ずれ断層モデル (地震発生層 3～20km，傾斜角 45 度) による地震基盤表面 (Vs=2600m/s) での地震動評価結果との比較

最大加速度 [cm/s^2]	縦ずれ断層モデル			耐専スペクトル (補正後)			耐専スペクトル (補正前)		
アスペリティ実効応力 アスペリティ上端深さ	小 浅い	中 浅い	大 浅い	小 浅い	中 浅い	大 浅い	小 浅い	中 浅い	大 浅い
M5.5	367.5	421.6	414.0	167.0	169.3	167.1	278.3	282.2	278.5
M6.0	265.3	344.1	447.1	137.7	169.2	187.6	229.5	282.0	312.7
M6.5	324.0	303.2	422.6	123.9	135.2	182.8	206.5	225.3	304.7
アスペリティ実効応力 アスペリティ上端深さ	小 中間	中 中間	大 浅い	小 中間	中 中間	大 浅い	小 中間	中 中間	大 浅い
M6.6	214.4	–	–	114.3	–	–	190.5	–	–
M6.7	–	232.0	–	–	132.5	–	–	220.8	–
M6.8	–	–	233.4	–	–	163.8	–	–	273.0
	縦ずれ断層モデルによる評価結果との比								
M5.5	100.0	100.0	100.0	45.4	40.2	40.4	75.7	66.9	67.3
M6.0	100.0	100.0	100.0	51.9	49.2	42.0	86.5	82.0	69.9
M6.5	100.0	100.0	100.0	38.2	44.6	43.3	63.7	74.3	72.1
M6.6	100.0	–	–	53.3	–	–	88.9	–	–
M6.7	–	100.0	–	–	57.1	–	–	95.2	–
M6.8	–	–	100.0	–	–	70.2	–	–	117.0

注：JNES(2003 年度)[5] の表 3.13 から転載した．縦ずれ断層モデルによる評価結果は表 5 に掲載された「高周波遮断特性 $f_{\max} = 7.0$Hz($n = 1.82$)：平均」ケースの評価結果に等しいはずだが，一部に誤差がある．これは元になった JNES(2003 年度) の表 3.13 の値と図 2.67～2.98(表 5 に転載) の値に一部で誤差があるためだが，原因不明のためそのまま転載した．また,「耐専スペクトル (補正前)」の値は記載されていなかったため，NUPEC(2002 年度)[3] に従い,「耐専スペクトル (補正後)」の値を 1/0.6 倍して求めた．

表 8:「震源を特定せず策定する地震動」評価のための M5.5 の断層パラメータ

断層パラメータ		JNES の断層モデル *1			断層モデル（レシピ）*2	
		$S_a/S = 0.28$	$S_a/S = 0.22$	$S_a/S = 0.16$	A 法	$S_a/S = 0.22$ 法
傾斜角 θ		90 度（横ずれ断層）			同左	
断層面積 S		29.3 km^2			同左	
地震モーメント M_0		2.00×10^{17} N·m			1.51×10^{17} N·m	
マグニチュード		M5.5，M_W5.5			M5.5，M_W5.4	
平均すべり量 D		21 cm			15.5 cm	
剛性率 μ		3.31×10^{10} N/m^2			同左	
S 波速度 V_s（または β）		3.5 km/s			同左	
平均破壊伝播速度 V_r		2.7 km/s			2.52 km/s	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$		3.06 MPa			2.31 MPa	
短周期レベル A		2.77×10^{18} N·m/s^2	3.16×10^{18}	3.74×10^{18}	2.82×10^{18} N·m/s^2	
アスペリティ全体	面積 S_a	8.2 km^2 (0.28)	6.5 (0.22)	4.7 (0.16)	4.4 (0.15)	6.5 (0.22)
	地震モーメント M_{0a}	1.09×10^{17} N·m	8.60×10^{16}	6.26×10^{16}	4.49×10^{16}	6.63×10^{16}
	平均すべり量 D_a	40 cm			31.1 cm	
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	10.9 MPa	13.9 MPa	19.1 MPa	15.6 MPa	10.5 MPa
	短周期レベル A_a	2.72×10^{18} N·m/s^2	3.07×10^{18}	3.60×10^{18}	–	–
背景領域	面積 $S_b = S - S_a$	21.1 km^2	22.9	24.6	25.0	22.9
	地震モーメント M_{0b}	9.00×10^{16} N·m	1.13×10^{17}	1.37×10^{17}	1.06×10^{17}	8.44×10^{16}
	平均すべり量 D_b	13 cm	15	17	12.8	11.1
	実効応力 σ_b	1.4 MPa	1.8 MPa	2.4 MPa	2.5 MPa	1.8 MPa
	短周期レベル A_b	5.54×10^{17} N·m/s^2	7.56×10^{17}	1.03×10^{18}	–	–

*1：(独) 原子力安全基盤機構 JNES は，断層モデルのパラメータを次の (1)〜(7) のように独自の方法で設定しており，通常のレシピを使っていない [2, 3, 4, 5, 6]．(1Nm= 10^7dyn·cm)

(1) 気象庁マグニチュード (M5.5) から武村 (1998) の簡略式 $\log M_0[\mathrm{dyn\cdot cm}] = 1.2\mathrm{M}+17.7$ で地震モーメント M_0 を求め，Kanamori(1977) の式 $\log M_0[\mathrm{dyn\cdot cm}] = 1.5\mathrm{M_W} + 16.1$ でモーメントマグチュード $\mathrm{M_W}$ を求める．

(2) 未飽和断層に対する武村式 $S = 1.85 \times 10^{-15} M_0^{2/3}$ で断層面積を求める．地震発生層が深さ 3 ∼ 20km の場合，断層長さ L および幅 W を $L = \sqrt{S}, L \leq 17$; $S/17, L > 17$, および $W = L, L \leq 17$; $17, L > 17$，と設定する．

(3) アスペリティ面積 S_a を $S_a = 0.28S$，$0.22S$，$0.16S$ の 3 種類に設定する．

(4) 断層平均応力降下量 $\Delta\sigma$ を $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{3/2}$ で求め，アスペリティ平均応力降下量 $\Delta\sigma_a$ を $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma(S/S_a)$ より求める．この場合，(2) の関係が成り立つため，地震規模によらず $\Delta\sigma = 3.06$MPa となり，$\Delta\sigma_a = 10.9$MPa(実効応力小：$S_a/S = 0.28$)，13.9MPa(実効応力中：$S_a/S = 0.22$)，19.1MPa(実効応力大：$S_a/S = 0.16$) となる．

(5) 断層平均すべり量 D を $M_o = \mu DS$ の関係式より求め，アスペリティ平均すべり量 D_a を $D_a = 1.96D$ より求める．

(6)$S_{a1} = 0.7S_a$ と $S_{a2} = 0.3S_a$ の 2 つのアスペリテイを設定し，アスペリティの長さ L_{ai} と幅 W_{ai} を $L_{ai} = W_{ai} = \sqrt{S_{ai}}$, $i = 1, 2$, とし，地震断層が生じない条件（地表変形量が 5cm 以下）を満たすように最大アスペリティの上端位置を設定する．各アスペリティのすべり量 D_{ai} は $D_{ai} = D_a\gamma_i/(\gamma_1^3 + \gamma_2^3), \gamma_i = \sqrt{S_{ai}/S_a}, i = 1, 2$, で求める (上表には無記載).

(7) 背景領域の実効応力 σ_b を $\sigma_b = \Delta\sigma_a(D_b/W)/(D_{a1}/W_{a1})$ で求め，アスペリティと背景領域の短周期レベルをそれぞれ $A_a = 4\sqrt{\pi S_a}\Delta\sigma_a\beta^2$ と $A_b = 4\sqrt{\pi S_b}\sigma_b\beta^2$ で求め，断層全体の短周期レベル A を $A^2 = A_a^2 + A_b^2$ で求める．

*2：通常の断層モデルのレシピに基づき，次のようにパラメータを設定している．

(a)JNES による断層面積 S をそのまま採用し，未飽和断層に対する入倉式 $S = 2.23 \times 10^{-15} M_0^{2/3}$ を用いて地震モーメント M_0 を求め，断層平均応力降下量 $\Delta\sigma$ を $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{3/2}$ で求める．$S - M_0$ 関係式として入倉式を用いているため，M_0 および $\Delta\sigma$ の値は，武村式を用いた JNES の値より小さくなっている．

(b) 地震モーメント M_0 から武村 (1998) の簡略化しない式 $\log M_0[\mathrm{dyn\cdot cm}] = 1.17\mathrm{M}+17.72$ で気象庁マグニチュードを求め，Kanamori(1977) の式 $\log M_0[\mathrm{dyn\cdot cm}] = 1.5\mathrm{M_W} + 16.1$ でモーメントマグチュード $\mathrm{M_W}$ を求める．M_0 の値が JNES による値より小さいため，$\mathrm{M_W}$ はやや小さくなる一方，M の値は簡略化しない武村氏を用いているためやや大きくなる（小数点以下 2 桁目を四捨五入するため上表の値は変わっていない）．

(c) 短周期レベル A を $A = 2.46 \times 10^{17} M_o^{1/3}$ で求め，アスペリティ面積 S_a を $S_a = \pi r^2, r = 7\pi M_0\beta^2/(4AR), S = \pi R^2$, より求め，アスペリティ平均応力降下量 $\Delta\sigma_a$ を $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma(S/S_a)$ より求める（この方法をここでは「A 法」と呼ぶ）．飽和断層に A 法を適用すると，アスペリティ面積が過大になってパラメータ設定が無意味になるため，アスペリティ面積を $S_a = 0.22S$ と固定する方法がレシピで推奨されている（これをここでは「$S_a/S = 0.22$ 法」と呼ぶ）．未飽和断層では通常，$S_a/S = 0.22$ 法が用いられることはないが，JNES はこの方法を用いている．未飽和断層である限り，A 法でも $S_a/S = 0.22$ 法でも S_a/S の値が一定になるため，応力降下量 $\Delta\sigma$ および $\Delta\sigma_a$ は地震規模によらず一定になる．

(d) 断層平均すべり量 D を $M_o = \mu DS$ の関係式より求め，アスペリティ平均すべり量 D_a を $D_a = 2D$ より求める．

(e) 未飽和の断層モデルでは通常，短周期レベル A をすべてアスペリティに割り当て，アスペリティ平均応力降下量を $A_a = A = 4\sqrt{\pi S_a}\Delta\sigma_a\beta^2$ で求め（(c) が事実上これに相当する），$A_b = 0$ としている．したがって，表中では，A_a と A_b の欄を「−」としている．

表 9:「震源を特定せず策定する地震動」評価のための M6.0 の断層パラメータ

断層パラメータ		JNES の断層モデル			断層モデル（レシピ）	
		$S_a/S = 0.28$	$S_a/S = 0.22$	$S_a/S = 0.16$	A 法	$S_a/S = 0.22$ 法
傾斜角 θ		90 度（横ずれ断層）			同左	
断層面積 S		73.6 km^2			同左	
地震モーメント M_0		7.94×10^{17} N·m			6.00×10^{17} N·m	
マグニチュード		M6.0，M_W5.9			M6.0，M_W5.8	
平均すべり量 D		33 cm			24.6 cm	
剛性率 μ		3.31×10^{10} N/m^2			同左	
S 波速度 V_s（または β）		3.5 km/s			同左	
平均破壊伝播速度 V_r		2.7 km/s			2.52 km/s	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$		3.06 MPa			2.31 MPa	
短周期レベル A		4.40×10^{18} N·m/s^2	5.01×10^{18}	5.93×10^{18}	4.47×10^{18} N·m/s^2	
アスペリティ全体	面積 S_a	20.6 km^2 (0.28)	16.2 (0.22)	11.8 (0.16)	11.0 (0.15)	16.2 (0.22)
	地震モーメント M_{0a}	4.36×10^{17} N·m	3.43×10^{17}	2.49×10^{16}	1.79×10^{17}	2.64×10^{17}
	平均すべり量 D_a	64 cm			49.2 cm	
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	10.9 MPa	13.9 MPa	19.1 MPa	15.6 MPa	10.5 MPa
	短周期レベル A_a	4.31×10^{18} N·m/s^2	4.87×10^{18}	5.70×10^{18}	–	–
背景領域	面積 $S_b = S - S_a$	53.0 km^2	57.4	61.9	62.7	57.4
	地震モーメント M_{0b}	3.58×10^{17} N·m	4.52×10^{17}	5.45×10^{17}	4.22×10^{17}	3.36×10^{17}
	平均すべり量 D_b	20 cm	24	27	20.3	17.7
	実効応力 σ_b	1.4 MPa	1.8 MPa	2.4 MPa	2.5 MPa	1.8 MPa
	短周期レベル A_b	8.77×10^{17} N·m/s^2	1.20×10^{18}	1.63×10^{18}	–	–

表 10:「震源を特定せず策定する地震動」評価のための M6.5 の断層パラメータ

断層パラメータ		JNES の断層モデル			断層モデル（レシピ）	
		$S_a/S = 0.28$	$S_a/S = 0.22$	$S_a/S = 0.16$	A 法	$S_a/S = 0.22$ 法
傾斜角 θ		90 度（横ずれ断層）			同左	
断層面積 S		185.0 km^2			同左	
地震モーメント M_0		3.16×10^{18} N·m			2.39×10^{18} N·m	
マグニチュード		M6.5，M_W6.3			M6.5，M_W6.2	
平均すべり量 D		52 cm			39.0 cm	
剛性率 μ		3.31×10^{10} N/m^2			同左	
S 波速度 V_s（または β）		3.5 km/s			同左	
平均破壊伝播速度 V_r		2.7 km/s			2.52 km/s	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$		3.06 MPa			2.31 MPa	
短周期レベル A		6.97×10^{18} N·m/s^2	7.94×10^{18}	9.40×10^{18}	7.09×10^{18} N·m/s^2	
アスペリティ全体	面積 S_a	51.8 km^2 (0.28)	40.7 (0.22)	29.6 (0.16)	27.5 (0.15)	40.7 (0.22)
	地震モーメント M_{0a}	1.74×10^{18} N·m	1.36×10^{18}	9.92×10^{17}	7.11×10^{17}	1.05×10^{18}
	平均すべり量 D_a	101 cm			78.0 cm	
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	10.9 MPa	13.9 MPa	19.1 MPa	15.6 MPa	10.5 MPa
	短周期レベル A_a	6.83×10^{18} N·m/s^2	7.71×10^{18}	9.04×10^{18}	–	–
背景領域	面積 $S_b = S - S_a$	133.2 km^2	144.3	155.4	157.5	144.3
	地震モーメント M_{0b}	1.43×10^{18} N·m	1.80×10^{18}	2.17×10^{18}	1.68×10^{18}	1.34×10^{18}
	平均すべり量 D_b	32 cm	38	42	32.2	28.0
	実効応力 σ_b	1.4 MPa	1.8 MPa	2.4 MPa	2.5 MPa	1.8 MPa
	短周期レベル A_b	1.39×10^{18} N·m/s^2	1.90×10^{18}	2.59×10^{18}	–	–

表 11:「震源を特定せず策定する地震動」評価のための M6.8 の断層パラメータ

断層パラメータ		JNES の断層モデル			断層モデル（レシピ）	
		$S_a/S=0.28$	$S_a/S=0.22$	$S_a/S=0.16$	A 法	$S_a/S=0.22$ 法
傾斜角 θ		90 度（横ずれ断層）			同左	
断層面積 S		321.5 km^2			同左	
地震モーメント M_0		7.24×10^{18} N·m			5.47×10^{18} N·m	
マグニチュード		M6.8，M_W6.5			M6.9，M_W6.4	
平均すべり量 D		68 cm			51.4 cm	
剛性率 μ		3.31×10^{10} N/m^2			同左	
S 波速度 V_s（または β）		3.5 km/s			同左	
平均破壊伝播速度 V_r		2.7 km/s			2.52 km/s	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$		3.06 MPa			2.31 MPa	
短周期レベル A		9.19×10^{18} N·m/s^2	1.05×10^{19}	1.24×10^{19}	9.34×10^{18} N·m/s^2	
アスペリティ全体	面積 S_a	90.0 km^2 (0.28)	70.7 (0.22)	51.4 (0.16)	47.8 (0.15)	70.7 (0.22)
	地震モーメント M_{0a}	3.97×10^{18} N·m	3.12×10^{18}	2.27×10^{18}	1.63×10^{18}	2.41×10^{18}
	平均すべり量 D_a	133 cm			102.9 cm	
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	10.9 MPa	13.9 MPa	19.1 MPa	15.6 MPa	10.5 MPa
	短周期レベル A_a	9.01×10^{18} N·m/s^2	1.02×10^{19}	1.19×10^{19}	–	–
背景領域	面積 $S_b=S-S_a$	231.5 km^2	250.8	270.1	273.7	250.8
	地震モーメント M_{0b}	3.27×10^{18} N·m	4.12×10^{18}	4.97×10^{18}	3.85×10^{18}	3.07×10^{18}
	平均すべり量 D_b	43 cm	50	56	42.5	36.9
	実効応力 σ_b	1.4 MPa	1.8 MPa	2.4 MPa	2.5 MPa	1.8 MPa
	短周期レベル A_b	1.83×10^{18} N·m/s^2	2.50×10^{18}	3.42×10^{18}	–	–

表 12:「震源を特定せず策定する地震動」評価のための M7.3 の断層パラメータ

断層パラメータ		JNES の断層モデル			断層モデル（飽和断層のレシピ）	
		$S_a/S=0.28$	$S_a/S=0.22$	$S_a/S=0.16$	A 法	$S_a/S=0.22$ 法
傾斜角 θ		90 度（横ずれ断層）			同左	
断層面積 S		807.6 km^2			同左	
地震モーメント M_0		2.88×10^{19} N·m			3.63×10^{19} N·m	
マグニチュード		M7.3，M_W6.9			M7.6，M_W7.0	
平均すべり量 D		108 cm			135.7 cm	
剛性率 μ		3.31×10^{10} N/m^2			同左	
S 波速度 V_s（または β）		3.5 km/s			同左	
平均破壊伝播速度 V_r		2.7 km/s			2.52 km/s	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$		3.06 MPa			3.85 MPa	
短周期レベル A		1.46×10^{19} N·m/s^2	1.66×10^{19}	1.96×10^{19}	1.75×10^{19} N·m/s^2	
アスペリティ全体	面積 S_a	226.1 km^2 (0.28)	177.7 (0.22)	129.2 (0.16)	237.0 (0.29)	177.7 (0.22)
	地震モーメント M_{0a}	1.58×10^{19} N·m	1.24×10^{19}	9.04×10^{18}	2.13×10^{19}	1.60×10^{19}
	平均すべり量 D_a	212 cm			271.4 cm	
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	10.9 MPa	13.9 MPa	19.1 MPa	13.1 MPa	17.5 MPa
	短周期レベル A_a	1.43×10^{19} N·m/s^2	1.61×10^{19}	1.89×10^{19}	–	–
背景領域	面積 $S_b=S-S_a$	581.4 km^2	629.9	678.3	570.6	629.9
	地震モーメント M_{0b}	1.30×10^{19} N·m	1.64×10^{19}	1.98×10^{19}	1.50×10^{19}	2.03×10^{19}
	平均すべり量 D_b	68 cm	79	88	79.3	97.4
	実効応力 σ_b	1.4 MPa	1.8 MPa	2.4 MPa	2.1 MPa	2.9 MPa
	短周期レベル A_b	2.91×10^{18} N·m/s^2	3.97×10^{18}	5.41×10^{18}	–	–

表 13: M7.3 の断層パラメータ (表 12) で JNES の $S-M_0$ 関係式に入倉式（飽和断層）を用いた場合

断層パラメータ		JNES の断層モデル（入倉の S–M_0 式：飽和断層）			断層モデル（飽和断層のレシピ）	
		$S_a/S=0.28$	$S_a/S=0.22$	$S_a/S=0.16$	A 法	$S_a/S=0.22$ 法
傾斜角 θ		90 度（横ずれ断層）			同左	
断層面積 S		720.1 km^2			同左	
地震モーメント M_0		2.88×10^{19} N·m			同左	
マグニチュード		M7.3，M_W6.9			M7.5，M_W6.9	
平均すべり量 D		121.0 cm			同左	
剛性率 μ		3.31×10^{10} N/m^2			同左	
S 波速度 V_s（または β）		3.5 km/s			同左	
平均破壊伝播速度 V_r		2.7 km/s			2.52 km/s	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$		3.64 MPa			同左	
短周期レベル A		1.63×10^{19} N·m/s^2	1.86×10^{19}	2.20×10^{19}	1.63×10^{19} N·m/s^2	
アスペリティ全体	面積 S_a	201.6 km^2 (0.28)	158.4 (0.22)	115.2 (0.16)	195.8 (0.27)	158.4 (0.22)
	地震モーメント M_{0a}	1.58×10^{19} N·m	1.24×10^{19}	9.04×10^{18}	1.57×10^{19}	1.27×10^{19}
	平均すべり量 D_a	237.2 cm			242.0 cm	
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	13.0 MPa	16.5 MPa	22.7 MPa	13.4 MPa	16.5 MPa
	短周期レベル A_a	1.60×10^{19} N·m/s^2	1.81×10^{19}	2.12×10^{19}	–	–
背景領域	面積 $S_b=S-S_a$	518.4 km^2	561.6	604.8	524.3	561.6
	地震モーメント M_{0b}	1.30×10^{19} N·m	1.64×10^{19}	1.987×10^{19}	1.32×10^{19}	1.62×10^{19}
	平均すべり量 D_b	75.8 cm	88.2	98.9	75.8	86.9
	実効応力 σ_b	1.6 MPa	2.2 MPa	2.8 MPa	2.2 MPa	2.8 MPa
	短周期レベル A_b	3.26×10^{18} N·m/s^2	4.45×10^{18}	6.07×10^{18}	–	–

表 14: M7.3 の断層パラメータ (表 12) で JNES の $S-M_0$ 関係式に武村式（飽和断層）を用いた場合

断層パラメータ		JNES の断層モデル（武村の S–M_0 式：飽和断層）			断層モデル（飽和断層のレシピ）	
		$S_a/S=0.28$	$S_a/S=0.22$	$S_a/S=0.16$	A 法	$S_a/S=0.22$ 法
傾斜角 θ		90 度（横ずれ断層）			同左	
断層面積 S		331.1 km^2			同左	
地震モーメント M_0		2.88×10^{19} N·m			6.10×10^{18} N·m	
マグニチュード		M7.3，M_W6.9			M6.9，M_W6.5	
平均すべり量 D		263.1 cm			55.6 cm	
剛性率 μ		3.31×10^{10} N/m^2			同左	
S 波速度 V_s（または β）		3.5 km/s			同左	
平均破壊伝播速度 V_r		2.7 km/s			2.52 km/s	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$		11.7 MPa			2.47 MPa	
短周期レベル A		3.55×10^{19} N·m/s^2	4.05×10^{19}	4.79×10^{19}	9.68×10^{18} N·m/s^2	
アスペリティ全体	面積 S_a	92.7 km^2 (0.28)	72.8 (0.22)	53.0 (0.16)	53.6 (0.16)	72.8 (0.22)
	地震モーメント M_{0a}	1.58×10^{19} N·m	1.24×10^{19}	9.04×10^{18}	1.98×10^{18}	2.68×10^{18}
	平均すべり量 D_a	515.7 cm			111.3 cm	
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	41.6 MPa	53.0 MPa	72.9 MPa	15.2 MPa	11.2 MPa
	短周期レベル A_a	3.48×10^{19} N·m/s^2	3.93×10^{19}	4.61×10^{19}	–	–
背景領域	面積 $S_b=S-S_a$	238.4 km^2	258.3	278.2	277.5	258.3
	地震モーメント M_{0b}	1.30×10^{19} N·m	1.64×10^{19}	1.98×10^{19}	4.12×10^{18}	3.42×10^{18}
	平均すべり量 D_b	164.9 cm	191.9	215.0	44.9	40.0
	実効応力 σ_b	5.3 MPa	6.9 MPa	9.1 MPa	2.5 MPa	1.9 MPa
	短周期レベル A_b	7.09×10^{18} N·m/s^2	9.68×10^{18}	1.32×10^{19}	–	–