

れている入倉式がもっとも小さな地震規模になり、武村式(断層面積)が最も大きく、その中間に武村式(断層長さ)と Fujii-Matsu'ura 式がくる。この図は原発耐震設計審査指針改定(2006年9月)3ヶ月後の中央防災会議で検討された資料[17]であり、中央防災会議として独自の断層モデルを考案して地震規模を見積もり、結果として、図のように松田式による地震規模よりさらに大きく、武村式(断層長さ)に近い地震規模を設定している。そこで、表10～表11には Fujii-Matsu'ura 式[15]による断層パラメータを求めて記載しておいたが、地震規模や短周期レベルが大きくなり、平均すべり量も大きくなる。3社は Fujii-Matsu'ura による応力降下量を採用するというのであれば、これで地震動評価をやり直すべきであろう。

また、Fujii-Matsu'ura[15]を採用するのであれば、その地震データが入倉らの北米中心の地震データとは全く異なることを直視し、国内の断層モデルでは国内の地震データに基づいた断層モデルのパラメータ設定法を採用すべきであり、レシピの妥当性について根本から見直すべきである。少なくとも推本による改訂レシピ、すなわち、「地震規模を松田式で求めて断層面積を修正してレシピを適用する」方法を採用すべきである。

他方、推本は柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部約100km(北部約48kmは鮎川断層群と甲楽城・山中断層、中部約12kmは柳ヶ瀬断層、南部約45kmは柳ヶ瀬・鍛冶屋・醍醐・大清水・関ヶ原・門前断層)がM8.2相当の地震をもたらすと長期評価し、1回のずれ量を北部上下成分4～6m程度、中部左横ずれ成分1m程度、南部左横ずれ成分3～4m程度」と評価している。Fujii-Matsu'ura 式による表10～表11のすべり量はこれらに近いと言える。

推本は、表13～表14のように北部と南部に分けて評価しており、応力降下量は Fujii-Matsu'ura の値よりやや大きい、3社と同様にすべり量が小さい。全長が一度に活動した場合には、スケーリング則から地震規模や短周期レベルがさらに大きくなるため、応力降下量もすべり量もより大きくなると言える。

**断層モデルは未完成で修正が避けられない**

ところで、推本は、Fujii-Matsu'ura の断層

平均応力降下量 3.1MPa およびアスペリティ平均応力降下量約 14.4MPa(推本のレシピ[14]では 14.1MPa ではない)について「既往の調査・研究成果とおおよそ対応する数値」[14] だとしているが、少なくとも M7 クラスの国内地震データと比べると小さすぎる。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[18]、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[19]、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[20]、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[12]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。

また、断層モデルのパラメータのうちライズタイムや破壊伝播方式も地震動評価結果に大きく影響する。M6.8～M7.3の国内内陸地殻内地震の例ではライズタイムは0.4～0.6秒である。M7クラスの地震でライズタイムがこれより大きいと地震動の振幅が小さく評価されるおそれがある。また、アスペリティの破壊開始点に破壊が到達してからアスペリティ内で改めて同心円状に破壊が伝播する マルチハイポセンター破壊を想定すべきである。アスペリティの配置や破壊開始点の位置もディレクティビティ効果やフォーカシング効果が現れるように想定し、原発サイトにとって最悪のシナリオを描いて評価し直すべきである。

要するに、現存するさまざまな断層モデルには、震源断層の長さや面積から地震規模を求める基本式において、根拠とする地震データの違いに基づく大きな差異があり、応力降下量の設定法も理論的・経験的根拠に乏しい。国内の M7 クラスの地震観測記録の蓄積に伴い修正が避けられない代物であるということを深く認識していなければならない。そうでなければ、数十年前の過ちを断層モデルで繰り返すことになる。

**耐専スペクトルは直下・近距離地震を過小評価**

基準地震動 Ss の基本は、耐専スペクトルによる応答スペクトル評価に基づいて策定されている。

しかし、標準となる耐専スペクトルを求める際に使われた観測記録の地震規模は M7.0 以下と小さく、等価震源距離で 20km 以下の近距離地震観測記録はない。近距離ほど短周期地震波が強い傾向があり、直下地震や近距離地震の短周期地震動が過小評価される可能性が元のデータそのものの中に含まれているのである。

耐専スペクトルは、地震の規模を気象庁マグニチュードで与え、震源断層との距離を等価震源距離  $X_{eq}$  で表し、これら二つのパラメータで応答スペクトルを求めている。元になった 44 地震の観測記録の 3/4 はプレート境界地震であり、内陸地殻内地震は 1/4 にすぎないため、内陸地殻内地震では 0.6 倍にするか、サイトでの地震観測記録があればそれで補正することになっている [21]。

しかし、美浜原発では「地震動評価に有効となる敷地近傍で M5 程度以上の強震データは得られていない」(p.4-8[1])。敦賀原発やもんじゅでも同様だが、敦賀 3・4 号建設予定地点での観測記録のうち「近距離で発生した No.8(2000 年 6 月 5 日, M4.9,  $\Delta = 10\text{km}$ )の地震には短周期成分が多く含まれている。」(p.4-14[2]) 図 12 がその観測記録であり、遠方の地震観測記録 No.1 や No.9 と比べて 5~10 倍大きい。美浜原発やもんじゅでも岩盤の状況は敦賀原発とほとんど変わらないから、地震規模が M7 クラスにもなれば、強い短周期地震動が各原発サイトを襲うことが容易に推測される。

敦賀 3・4 号建設予定地点で得られた地震観測記録の応答スペクトルと耐専スペクトルの比を求めたものが図 13 である。日本原電は「これによると、水平成分及び鉛直方向ともに、残渣はほぼすべての周期帯で 1.0 を下回っており、特に、0.1 秒以下の短周期領域においては、参考までに記載した『Noda et al.(2002)の方法における内陸地殻内地震の補正係数』をも大幅に下回っていることが分かる。」(p.4-16[2])としている。しかし、M5 程度以上の強震データがなく、近距離地震の観測記録が短周期側で卓越しているという状況を考慮してか、3 社はいずれも補正係数を使わず、0.6 倍するという操作も行っていない。

これで安全側の評価になっているかと言うと、そうとは言えない。C 断層、白木-丹生断層、浦底-

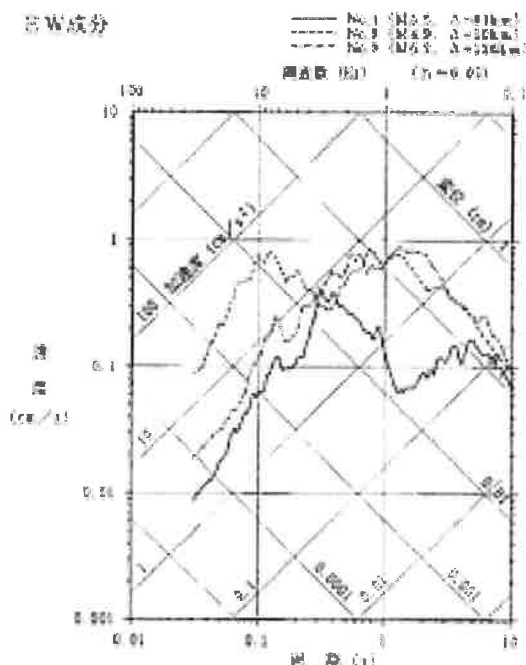


図 12: 敦賀原発での主な地震観測記録 (EW 成分)

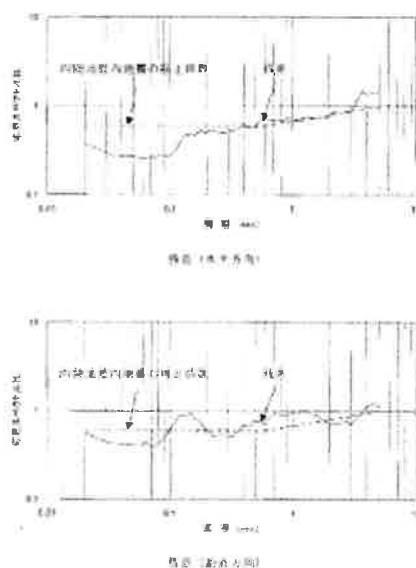


図 13: 敦賀原発での地震観測記録の応答スペクトルと耐専スペクトルの比 (第 2.3-5 図 p.II-70[6])

内池見断層などのように等価震源距離で 10km 未満の M7 クラスの直下地震については、3 社の原発サイトで地震観測記録が全くないからである。むしろ、耐専スペクトルそのものが等価震源距離で 20km 未満の地震観測記録に基づいていないのであり、直下地震や近距離地震の短周期地震動を過小評価している可能性が高いのである。岩手・宮城内陸地震の一関西の地震観測記録はその可能性を事実で物語っている。

さらに、耐専スペクトルは平均的な応答スペク

トルを示すものにすぎず、地震によって「倍半分」や「1桁」のバラツキがある。それを考慮するならば、耐専スペクトルの2倍または1桁の安全余裕を見込んで基準地震動  $S_s$  を定め直す必要がある。

耐専スペクトルも断層モデルも、そのベースになっているのは地震観測記録である。ところが、M7クラスの地震観測記録が、国内で、しかも、直下または近距離で観測され始めたのは、1995年の阪神・淡路大震災を契機とした強震計の網羅的設置以降であり、実際にはここ10年程度のことである。これらの地震観測記録そのものが、耐専スペクトルや断層モデルによる地震動の過小評価を暴いている。この事実を厳正かつ深刻に受けとめなければ原発震災を防ぐことはできない。

「原子力村が活断層を切り刻んで短く過小評価してきた」事実は、勇気ある変動地形学・地質学者らによって暴かれ、活断層はより長く、一体的に活動すると評価され、原発を襲う地震規模は設置許可当時とは比較にならないほど大きくなった。しかし、その地震動評価では「原子力村による過小評価」が残っている。国民は原発震災が起こるのをじっと待つしかないのだろうか。

## 参考文献

- [1] 関西電力株式会社：「美浜発電所基準地震動  $S_s$  の策定について」，原子力安全委員会地震・地震動評価委員会及び施設健全性評価委員会第38回WG2会合，配布資料WG2第38-5号(2009年11月16日)
- [2] 日本原子力発電株式会社：「敦賀発電所基準地震動  $S_s$  の策定について」，原子力安全委員会地震・地震動評価委員会及び施設健全性評価委員会第38回WG2会合，配布資料WG2第38-3号(2009年11月16日)
- [3] 独立行政法人日本原子力研究開発機構：「高速増殖原型炉もんじゅ基準地震動  $S_s$  の策定について」，原子力安全委員会地震・地震動評価委員会及び施設健全性評価委員会第38回WG2会合，配布資料WG2第38-4号(2009年11月16日)
- [4] 関西電力株式会社：美浜発電所「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果中間報告書(2008年3月)
- [5] 日本原子力発電株式会社：敦賀発電所「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果中間報告書(2008年3月)
- [6] 独立行政法人 日本原子力研究開発機構：「高速増殖炉もんじゅ『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果報告書」(平成20年3月)
- [7] 独立行政法人 日本原子力研究開発機構：「高速増殖原型炉もんじゅ新耐震指針に照らした耐震安全性評価の概要」(2008年4月18日) <http://www.nsc.go.jp/senmon/shidai/backcheck/backcheck002/siry02-2.pdf> お

よび速記録 [http://www.nsc.go.jp/senmon/soki/backcheck/backcheck\\_so002.pdf](http://www.nsc.go.jp/senmon/soki/backcheck/backcheck_so002.pdf)

- [8] 原子力安全委員会：第9回原子力安全委員会臨時会議速記録(1999年2月18日) [http://www.nsc.go.jp/anken/soki/soki1999/genan\\_so09.htm](http://www.nsc.go.jp/anken/soki/soki1999/genan_so09.htm)，第166回原子炉安全専門審査会速記録(1999年2月10日) [http://www.nsc.go.jp/shinsa/soki/genshiro/genshiro\\_so166.htm](http://www.nsc.go.jp/shinsa/soki/genshiro/genshiro_so166.htm)，第14回耐震指針検討分科会地震・地震動ワーキンググループ速記録(2004年3月3日) [http://www.nsc.go.jp/senmon/soki/taisinjisin/taisinjisin\\_so14.htm](http://www.nsc.go.jp/senmon/soki/taisinjisin/taisinjisin_so14.htm)
- [9] 中央防災会議事務局：「内陸部の地震による工学基盤の揺れの強さの考え方」，「東南海、南海地震等に関する専門調査会」第5回資料2(2002年6月12日)
- [10] 島崎邦彦：「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
- [11] 防災科学技術研究所：「平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震において記録されたきわめて大きな強震動について」，「加速度応答スペクトル&速度応答スペクトル( $h=5\%$ )」 <http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/iwate-miyagi080614/>
- [12] 入倉孝次郎・倉橋奨：「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(2008) <http://www.kojiro-irikura.jp/pdf/katudan-sougakkai2008.pdf>
- [13] 東京電力株式会社：「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」，合同W9-1-2(2008年5月22日) <http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g80522a17j.pdf>，[g80522a18j.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g80522a18j.pdf)，[g80522a19j.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g80522a19j.pdf)
- [14] 地震調査研究推進本部地震調査委員会：「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)，2009年版別冊2「震源断層を特定した地震動予測地図」(平成21年7月21日)
- [15] Fujii Y. and Matsu'ura M. : "Regional Difference in Scaling Laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication," *Pure appl. Geophys.* 157, pp.2283-2302 (2000)
- [16] Matsu'ura M. and Sato T. : "Loading Mechanism and Scaling Relations of Large Interplate Earthquakes," *Tectonophysics*, 227, pp.189-198 (1997)
- [17] 中央防災会議事務局：第26回「東南海、南海地震等に関する専門調査会」参考資料：中部圏・近畿圏の内陸地震の震度分布の検討資料集(平成18年12月7日)
- [18] 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，<http://friuli-ue.eng.hokudai.ac.jp/hokushinken/PROCEEDINGS/20021210/AIJ-561pp37-45.pdf>
- [19] 釜江克宏研究室・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，<http://www.rr.i.kyoto-u.ac.jp/jishin/eq/notohantou/notohantou.html>
- [20] 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)，[http://www.kojiro-irikura.jp/pdf/cyuetsu\\_071228.pdf](http://www.kojiro-irikura.jp/pdf/cyuetsu_071228.pdf)
- [21] Noda S., Yashiro K., Takahashi K., Takemura M., Ohno S., Tohdo M., Watanabe T.: "Response Spectra for Design Purpose of Stiff Structures on Rock Sites," OECD Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering, Istanbul, pp.399-408(2002)

表 3: 3 社 (関西電力・日本原電・日本原子力研究開発機構) による「C 断層」の断層パラメータ [1][2][3]

断層パラメータ	断層モデルで M6.9 とした場合		松田式で M7.0 とした場合		
	A 法 (3 社)	$S_a/S = 0.22$ 法	A 法	$S_a/S = 0.22$ 法	
断層位置 上南端 (北緯 ° 東経 °)	北部 (N35°43'42" E135°59'36") 南部 (N35°40'23" E135°56'57")				
走向	北部 354.4 南部 24.6				
傾斜角 $\theta$	60° (共通)				
ずれの種類	逆断層 (共通)				
断層長さ $L$	18km (台形断層面のの上端長さ)		20.7 km (台形断層面の中央長さ)		
断層幅 $W$	16.2 km				
断層面積 $S = LW$	335.34 km <sup>2</sup>				
断層上端深さ	4 km				
断層下端深さ	18 km				
破壊開始点	アスペリティ下端 3 種類 + 断層下端 2 種類 (下端中央なし)				
破壊伝播方式	同心円状 (放射状)				
地震モーメント $M_0$	$6.26 \times 10^{18}$ N·m		$8.13 \times 10^{18}$		
マグニチュード	M6.9 (6.90), $M_W$ 6.5 (6.46)		M7.0, $M_W$ 6.5 (6.54)		
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$	53.3 cm		69.3		
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$	$3.50 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>		同左		
S 波速度 $V_s$ (または $\beta$ )	3.6 km/s		同左		
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$	2.59 km/s		同左		
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$	2.5 MPa		3.2		
短周期レベル $A$	$9.77 \times 10^{18}$ N·m/s <sup>2</sup>		$1.07 \times 10^{19}$		
ライズタイム $t_r = 2.03 \times 10^{-9}M_0^{1/3}$	0.81 sec		0.88 sec		
アスペリティ	面積 $S_a$	61.31 km <sup>2</sup>	73.77 km <sup>2</sup>	86.94	73.77
	地震モーメント $M_{0a}$	$2.30 \times 10^{18}$ N·m	$2.77 \times 10^{18}$	$4.24 \times 10^{18}$	$3.59 \times 10^{18}$
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	13.6 MPa	11.3 MPa	12.4	14.7
	平均すべり量 $D_a$	107.1 cm	107.1 cm	139.2	139.2
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	$3.96 \times 10^{18}$ N·m	$3.49 \times 10^{18}$	$3.89 \times 10^{18}$	$4.53 \times 10^{18}$
	面積 $S_b = S - S_a$	274.03 km <sup>2</sup>	261.57 km <sup>2</sup>	248.40	261.57
	平均すべり量 $D_b$	41.3 cm	38.1 cm	44.8	49.5
	実効応力 $\sigma_b$	2.7 MPa	2.3 MPa	2.5	2.9
$Q$ 値	$50f^{1.1}$				
$f_{\max}$	8.3 Hz				

注: 「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, 「 $S_a/S = 0.22$  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.

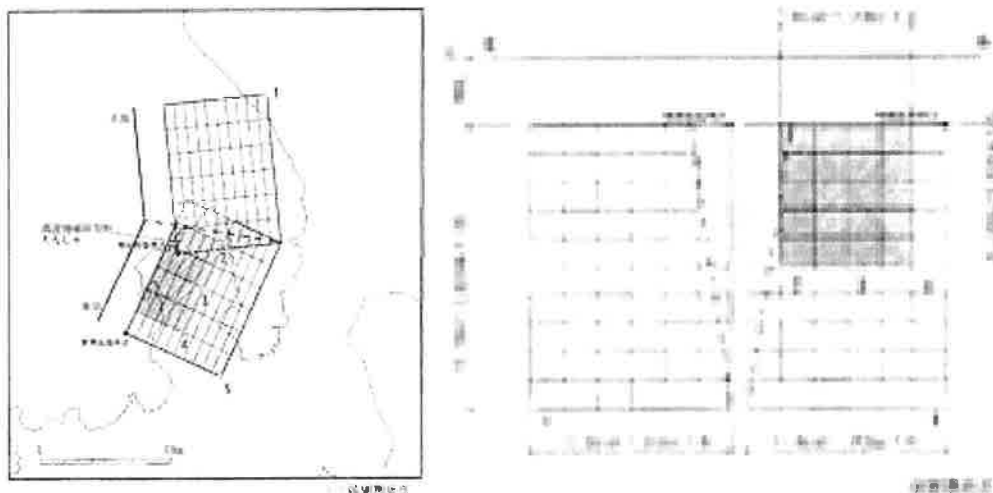


図 14: C 断層の震源断層モデル

表 4: 3 社による「白木-丹生断層」の断層パラメータ [1][2][3]

断層パラメータ	断層モデルで M6.9 とした場合		松田式で M7.0 とした場合		
	A 法 (3社)	$S_a/S = 0.22$ 法	A 法	$S_a/S = 0.22$ 法	
断層位置 上南端 (北緯 ° 東経 °)	N35°39'38" E135°59'53"				
走向	3.8				
傾斜角 $\theta$	60 °				
ずれの種類	逆断層				
断層長さ $L$	20.0 km (15km と評価されたが, 孤立した断層として 20km を想定)				
断層幅 $W$	16.2 km				
断層面積 $S = LW$	324 km <sup>2</sup>				
断層上端深さ	4 km				
断層下端深さ	18 km				
破壊開始点	アスペリティ下端 3 種類 + 断層下端 2 種類 (下端中央なし)				
破壊伝播方式	同心円状 (放射状)				
地震モーメント $M_0$	5.84 × 10 <sup>18</sup> N·m		8.13 × 10 <sup>18</sup>		
マグニチュード	M6.9 (6.88), M <sub>W</sub> 6.4 (6.44)		M7.0, M <sub>W</sub> 6.5 (6.54)		
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$	51.5 cm		71.7		
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$	3.50 × 10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>		同左		
S 波速度 $V_s$ (または $\beta$ )	3.6 km/s		同左		
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$	2.59 km/s		同左		
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$	2.4 MPa		3.4		
短周期レベル $A$	9.54 × 10 <sup>18</sup> N·m/s <sup>2</sup>		1.07 × 10 <sup>19</sup>		
ライズタイム $t_r = 2.03 \times 10^{-9} M_0^{1/3}$	0.79 sec		0.88 sec		
アスペリティ	面積 $S_a$	57.89 km <sup>2</sup>	71.3 km <sup>2</sup>	90.0	71.3
	地震モーメント $M_{0a}$	2.10 × 10 <sup>18</sup> N·m	2.58 × 10 <sup>18</sup>	4.54 × 10 <sup>18</sup>	3.59 × 10 <sup>18</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	13.7 MPa	11.1 MPa	12.2	15.4
	平均すべり量 $D_a$	103.5 cm	103.5 cm	144.1	144.1
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	3.74 × 10 <sup>18</sup> N·m	3.26 × 10 <sup>18</sup>	3.59 × 10 <sup>18</sup>	4.53 × 10 <sup>18</sup>
	面積 $S_b = S - S_a$	266.11 km <sup>2</sup>	252.7 km <sup>2</sup>	234.0	252.7
	平均すべり量 $D_b$	40.2 cm	36.8 cm	43.9	51.3
	実効応力 $\sigma_b$	2.7 MPa	2.2 MPa	2.4	3.1
$Q$ 値	50 $f^{1.1}$				
$f_{\max}$	8.3 Hz				

注: 「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, 「 $S_a/S = 0.22$  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.

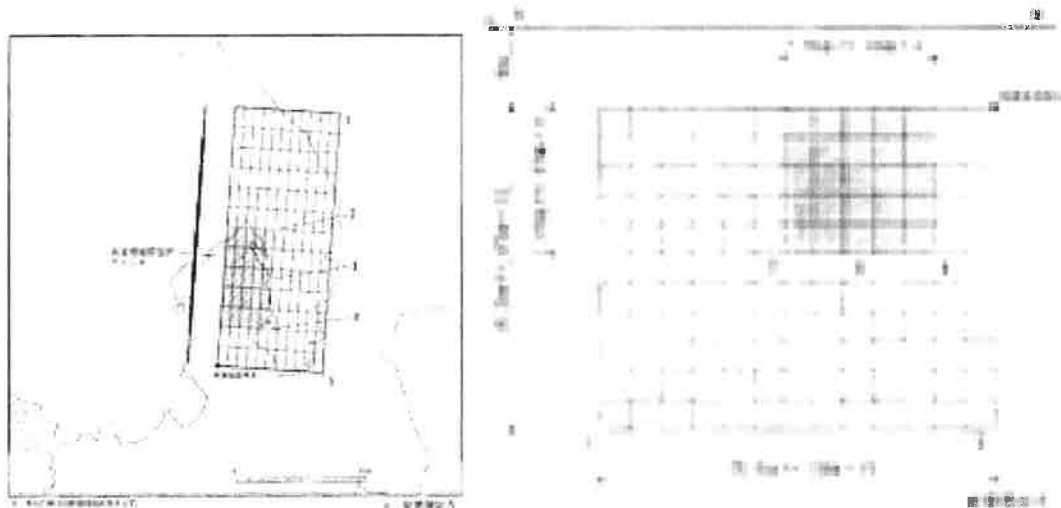


図 15: 白木-丹生断層の震源断層モデル

表 5: 3社による「浦底—内池見断層」の断層パラメータ [2][3]

断層パラメータ	断層モデルで M6.9 とした場合		松田式で M7.0 とした場合		
	A 法 (3社)	$S_a/S = 0.22$ 法	A 法	$S_a/S = 0.22$ 法	
断層位置 上南端 (北緯 ° 東経 °)	北部 (N35°43'07" E136°03'08") 南部 (N35°38'31" E136°05'31")				
走向	北部 324.5 南部 337.0				
傾斜角 $\theta$	90 ° (共通)				
ずれの種類	左横ずれ断層 (共通)				
断層長さ $L$	20.0 km (18km と評価しながら, 断層位置を延長)				
断層幅 $W$	16.0 km				
断層面積 $S = LW$	320.0 km <sup>2</sup>				
断層上端深さ	4 km				
断層下端深さ	20 km (北部が同じ「浦底—池河内 18km」より深い)				
破壊開始点	アスペリティ下端 3 種類 + 断層下端 3 種類				
破壊伝播方式	同心円状 (放射状)				
地震モーメント $M_0$	5.70 × 10 <sup>18</sup> N·m		8.13 × 10 <sup>18</sup>		
マグニチュード	M6.9 (6.87), M <sub>W</sub> 6.4 (6.44)		M7.0, M <sub>W</sub> 6.5 (6.54)		
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$	50.9 cm		72.6		
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$	3.50 × 10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>		同左		
S 波速度 $V_s$ (または $\beta$ )	3.6 km/s		同左		
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$	2.59 km/s		同左		
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$	2.4 MPa		3.5		
短周期レベル $A$	9.47 × 10 <sup>18</sup> N·m/s <sup>2</sup>		1.07 × 10 <sup>19</sup>		
ライズタイム $t_r = 2.03 \times 10^{-9} M_0^{1/3}$	0.78 sec		0.88 sec		
アスペリティ	面積 $S_a$	56.71 km <sup>2</sup>	70.4 km <sup>2</sup>	91.1	70.4
	地震モーメント $M_{0a}$	2.03 × 10 <sup>18</sup> N·m	2.52 × 10 <sup>18</sup>	4.65 × 10 <sup>18</sup>	3.59 × 10 <sup>18</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	13.7 MPa	11.0 MPa	12.2	15.7
	平均すべり量 $D_a$	102.2 cm	102.2 cm	145.9	145.9
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	3.67 × 10 <sup>18</sup> N·m	3.18 × 10 <sup>18</sup>	3.48 × 10 <sup>18</sup>	4.53 × 10 <sup>18</sup>
	面積 $S_b = S - S_a$	263.29 km <sup>2</sup>	249.6 km <sup>2</sup>	228.9	249.6
	平均すべり量 $D_b$	39.8 cm	36.4 cm	43.4	51.9
	実効応力 $\sigma_b$	2.7 MPa	2.2 MPa	2.4	3.1
Q 値	50 $f^{1.1}$				
$f_{\max}$	8.3 Hz				

注: 「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, 「 $S_a/S = 0.22$  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.

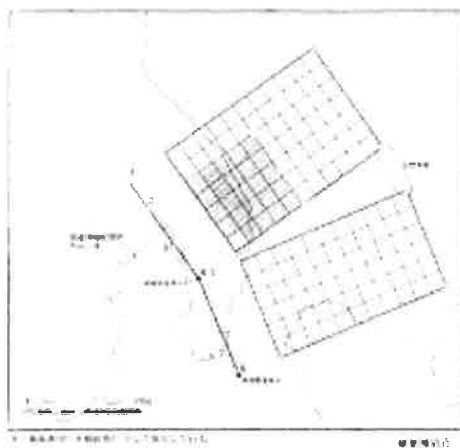


図 16: 浦底—内池見断層の震源断層モデル

表 6: 3 社による「浦底—池河内断層」の断層パラメータ [2][3]

断層パラメータ	断層モデルで M6.9 とした場合		松田式で M7.2 とした場合		
	A 法 (3社)	$S_a/S = 0.22$ 法	A 法	$S_a/S = 0.22$ 法	
断層位置 上南端 (北緯 ° 東経 °)	北部 (N35°41'35" E136°04'28") 南部 (N35°36'53" E136°10'26")				
走向	北部 324.5 南部 313.9				
傾斜角 $\theta$	90 ° (共通)				
ずれの種類	左横ずれ断層 (共通)				
断層長さ $L$	25 km (浦底とウツロギ峠池河内の両セグメントのつながりを考慮)				
断層幅 $W$	14.0 km				
断層面積 $S = LW$	341.6 km <sup>2</sup>				
断層上端深さ	4 km				
断層下端深さ	18 km				
破壊開始点	アスペリティ下端 3 種類 + 断層下端 3 種類				
破壊伝播方式	同心円状 (放射状)				
地震モーメント $M_0$	6.49 × 10 <sup>18</sup> N·m		1.39 × 10 <sup>19</sup>		
マグニチュード	M6.9 (6.92), M <sub>W</sub> 6.5 (6.47)		M7.2, M <sub>W</sub> 6.7 (6.70)		
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$	54.3 cm		116.6		
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$	3.50 × 10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>		同左		
S 波速度 $V_s$ (または $\beta$ )	3.6 km/s		同左		
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$	2.59 km/s		同左		
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$	2.5 MPa		5.4		
短周期レベル $A$	9.89 × 10 <sup>18</sup> N·m/s <sup>2</sup>		1.28 × 10 <sup>19</sup>		
ライズタイム $t_r = 2.03 \times 10^{-9} M_0^{1/3}$	0.82 sec		1.05 sec		
アスペリティ	面積 $S_a$	63.23 km <sup>2</sup>	75.2 km <sup>2</sup>	175.1	75.2
	地震モーメント $M_{0a}$	2.41 × 10 <sup>18</sup> N·m	2.87 × 10 <sup>18</sup>	1.43 × 10 <sup>19</sup>	6.16 × 10 <sup>18</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	13.5 MPa	11.4 MPa	10.5	24.4
	平均すべり量 $D_a$	109.1 cm	109.1 cm	234.3	234.3
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	4.08 × 10 <sup>18</sup> N·m	3.62 × 10 <sup>18</sup>	—	7.77 × 10 <sup>18</sup>
	面積 $S_b = S - S_a$	278.37 km <sup>2</sup>	266.4 km <sup>2</sup>	166.5	266.4
	平均すべり量 $D_b$	41.8 cm	38.8 cm	—	83.3
	実効応力 $\sigma_b$	2.7 MPa	2.3 MPa	—	4.9
Q 値	50 $f^{1.1}$				
$f_{\max}$	8.3 Hz				

注: 「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, 「 $S_a/S = 0.22$  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. 松田式で M7.2 とした場合の A 法では,  $S_a/S = 0.51$  と非常に大きくなり, 背景領域の地震モーメントがマイナスになるため無意味になる.

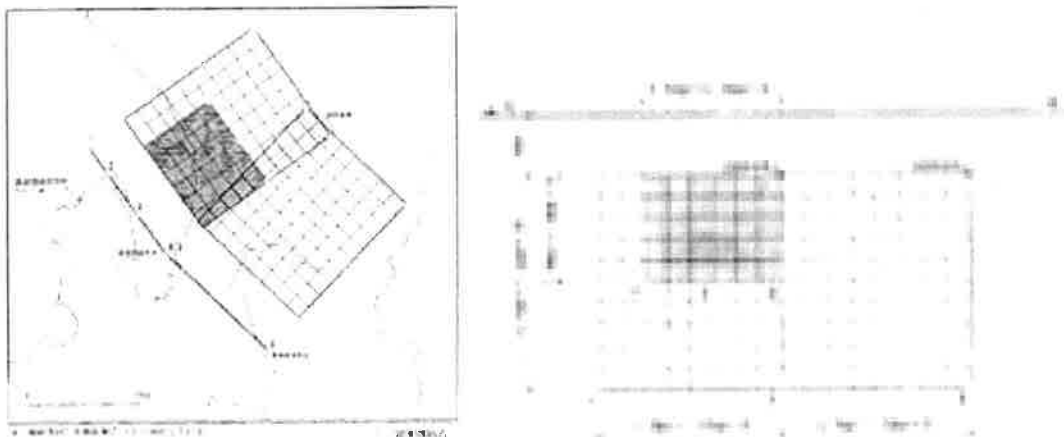


図 17: 浦底—池河内断層の震源断層モデル

表 7: 3社による「ウツロギ峠北方-池河内断層」の断層パラメータ [2][3]

断層パラメータ	断層モデルで M6.9 とした場合		松田式で M7.1 とした場合		
	A 法 (3社)	$S_a/S = 0.22$ 法	A 法	$S_a/S = 0.22$ 法	
断層位置 上南端 (北緯 ° 東経 °)	北部 (N35°47'45" E136°04'19") 南部 (N35°42'16" E136°05'26")				
走向	北部 170.6 南部 142.8				
傾斜角 $\theta$	90 ° (共通)				
ずれの種類	左横ずれ断層 (共通)				
断層長さ $L$	23 km				
断層幅 $W$	14.0 km				
断層面積 $S = LW$	319.2 km <sup>2</sup>				
断層上端深さ	4 km				
断層下端深さ	18 km (南部が同じ「浦底-池河内 18km」と同じ)				
破壊開始点	アスペリティ下端 3 種類 + 断層下端 3 種類				
破壊伝播方式	同心円状 (放射状)				
地震モーメント $M_0$	5.67 × 10 <sup>18</sup> N·m		1.06 × 10 <sup>19</sup>		
マグニチュード	M6.9 (6.87), M <sub>W</sub> 6.4 (6.44)		M7.1, M <sub>W</sub> 6.6 (6.62)		
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$	50.7 cm		95.3		
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$	3.50 × 10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>		同左		
S 波速度 $V_s$ (または $\beta$ )	3.6 km/s		同左		
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$	2.59 km/s		同左		
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$	2.4 MPa		4.5		
短周期レベル $A$	9.45 × 10 <sup>18</sup> N·m/s <sup>2</sup>		1.17 × 10 <sup>19</sup>		
ライズタイム $t_r = 2.03 \times 10^{-9} M_0^{1/3}$	0.78 sec		0.96 sec		
アスペリティ	面積 $S_a$	56.47 km <sup>2</sup>	70.2 km <sup>2</sup>	130.8	70.2
	地震モーメント $M_{0a}$	2.02 × 10 <sup>18</sup> N·m	2.51 × 10 <sup>18</sup>	8.76 × 10 <sup>18</sup>	4.71 × 10 <sup>18</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	13.7 MPa	11.0 MPa	11.1	20.7
	平均すべり量 $D_a$	102.0 cm	102.0 cm	191.5	191.5
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	3.65 × 10 <sup>18</sup> N·m	3.16 × 10 <sup>18</sup>	1.88 × 10 <sup>18</sup>	5.94 × 10 <sup>18</sup>
	面積 $S_b = S - S_a$	262.73 km <sup>2</sup>	249.0 km <sup>2</sup>	188.4	249.0
	平均すべり量 $D_b$	39.7 cm	36.3 cm	28.5	68.1
	実効応力 $\sigma_b$	2.7 MPa	2.2 MPa	2.2	4.1
Q 値	50 $f^{1.1}$				
$f_{\max}$	8.3 Hz				

注: 「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, 「 $S_a/S = 0.22$  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.

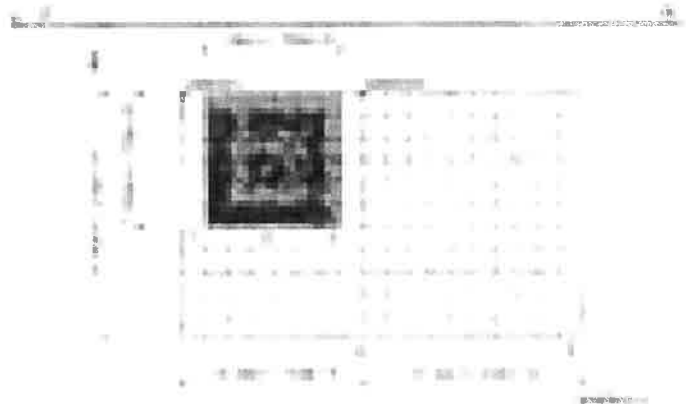
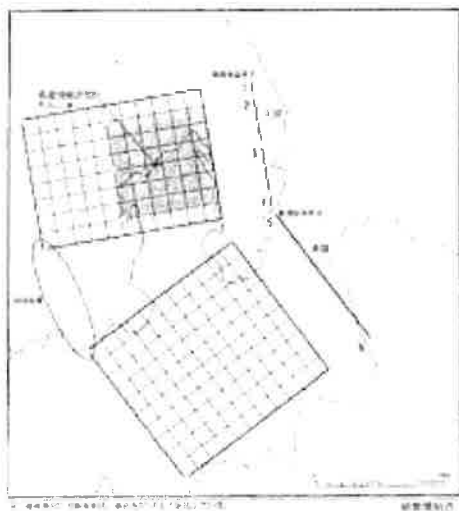


図 18: ウツロギ峠北方-池河内断層の震源断層モデル



表 8: 3社による「三方断層」の断層パラメータ [1]

断層パラメータ	断層モデルで M7.1 とした場合		松田式で M7.2 とした場合		
	A 法 (3社)	$S_a/S = 0.22$ 法	A 法	$S_a/S = 0.22$ 法	
断層位置 上南端 (北緯 ° 東経 °)	N35°27'11" E135°56'19"				
走向	355				
傾斜角 $\theta$	60°				
ずれの種類	逆断層				
断層長さ $L$	26.2 km				
断層幅 $W$	16.2 km				
断層面積 $S = LW$	424.4 km <sup>2</sup>				
断層上端深さ	4 km				
断層下端深さ	18 km				
破壊開始点	アスペリティ下端 3 種類 + 断層下端 2 種類 (下端中央なし)				
破壊伝播方式	同心円状 (放射状)				
地震モーメント $M_0$	1.00 × 10 <sup>19</sup> N·m		1.39 × 10 <sup>19</sup>		
マグニチュード	M7.1 (7.08), M <sub>W</sub> 6.6 (6.60)		M7.2, M <sub>W</sub> 6.7 (6.70)		
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$	67.5 cm		93.8		
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$	3.50 × 10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>		同左		
S 波速度 $V_s$ (または $\beta$ )	3.6 km/s		同左		
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$	2.59 km/s		同左		
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$	2.8 MPa		3.9		
短周期レベル $A$	1.14 × 10 <sup>19</sup> N·m/s <sup>2</sup>		1.28 × 10 <sup>19</sup>		
ライズタイム $t_r = 2.03 \times 10^{-9} M_0^{1/3}$	0.94 sec		1.05 sec		
アスペリティ	面積 $S_a$	90.80 km <sup>2</sup>	93.38 km <sup>2</sup>	140.88	93.38
	地震モーメント $M_{0a}$	4.31 × 10 <sup>18</sup> N·m	4.43 × 10 <sup>18</sup>	9.29 × 10 <sup>18</sup>	6.16 × 10 <sup>18</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	13.1 MPa	12.7 MPa	11.7	17.6
	平均すべり量 $D_a$	135.6 cm	135.6 cm	188.5	188.5
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	5.71 × 10 <sup>18</sup> N·m	5.59 × 10 <sup>18</sup>	4.64 × 10 <sup>18</sup>	7.77 × 10 <sup>18</sup>
	面積 $S_b = S - S_a$	333.64 km <sup>2</sup>	331.06 km <sup>2</sup>	283.56	331.06
	平均すべり量 $D_b$	48.9 cm	48.3 cm	46.7	67.1
	実効応力 $\sigma_b$	2.6 MPa	2.5 MPa	2.3	3.5
$Q$ 値	50 $f^{1.1}$				
$f_{\max}$	8.3 Hz				

注: 「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、「 $S_a/S = 0.22$  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。

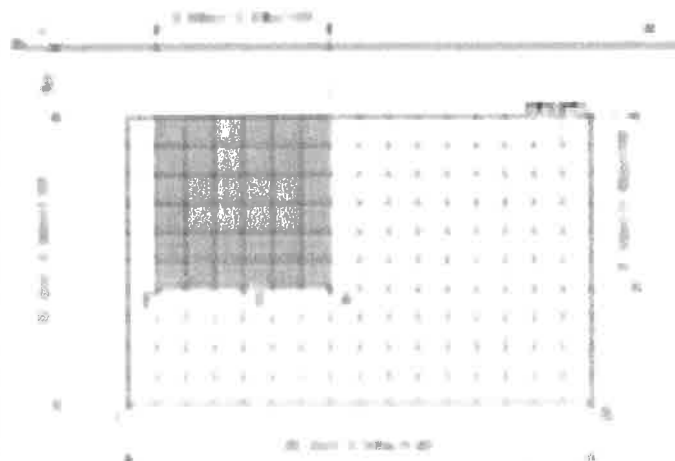
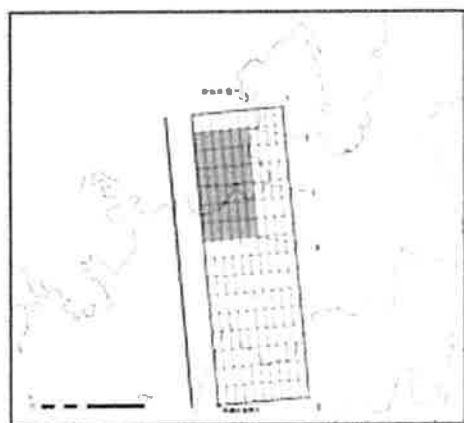


図 19: 三方断層の震源断層モデル

表 9: 3 社による「大陸棚外縁断層・B 断層・野坂断層 (大陸棚～B～野坂断層)」の断層パラメータ [1][2][3]

断層パラメータ		断層モデルで M7.3 とした場合		松田式で M7.5 とした場合	
		A 法 (3 社)	$S_a/S = 0.22$ 法	A 法	$S_a/S = 0.22$ 法
断層位置, 走向, 傾斜角 $\theta$		図 20 の通りで, 傾斜角は北部 $60^\circ$ , 南部 $90^\circ$			
断層長さ $L$		49km (断層上端長さ)		40km (断層中央長さ)	
断層幅 $W$		北部 16.2km, 南部 14.0 km			
断層面積 $S = LW$		598.79 km <sup>2</sup>			
断層上端深さ		4 km			
断層下端深さ		18 km			
破壊開始点		アスペリティ下端 5 種類 + 断層下端南北 2 種類			
破壊伝播方式		同心円状 (放射状)			
地震モーメント $M_0$		$1.99 \times 10^{19}$ N·m		$3.13 \times 10^{19}$ N·m	
マグニチュード		M7.3, $M_W$ 6.8		M7.5, $M_W$ 6.9	
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$		95.2 cm		149.2 cm	
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$		$3.50 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>		同左	
S 波速度 $V_s$ (または $\beta$ )		3.6 km/s		同左	
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$		2.59 km/s		同左	
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$		3.32 MPa		5.2 MPa	
短周期レベル $A$		$1.44 \times 10^{19}$ N·m/s <sup>2</sup>		$1.67 \times 10^{19}$ N·m/s <sup>2</sup>	
ライズタイム $t_r = 2.03 \times 10^{-9} M_0^{1/3}$		1.19 sec		1.38 sec	
アスペリティ全体	面積 $S_a$	161.13 km <sup>2</sup>	131.7 km <sup>2</sup>	293.4	131.7
	地震モーメント $M_{0a}$	$1.08 \times 10^{19}$ N·m	$8.82 \times 10^{18}$	$3.08 \times 10^{19}$	$1.38 \times 10^{19}$
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	12.3 MPa	15.1 MPa	10.6	23.6
	平均すべり量 $D_a$	191.3 cm	191.3 cm	299.9	299.9
アスペリティ大 (南部)	面積 $S_{a1}$	80.56 km <sup>2</sup>	65.9 km <sup>2</sup>	146.7	65.9
	地震モーメント $M_{0a1}$	$6.32 \times 10^{18}$ N·m	$5.17 \times 10^{18}$	$1.80 \times 10^{19}$	$8.10 \times 10^{18}$
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a1}$	12.3 MPa	15.1 MPa	10.6	23.6
	平均すべり量 $D_{a1}$	224.2 cm	224.2 cm	351.3	351.3
アスペリティ小 (南部)	面積 $S_{a2}$	40.28 km <sup>2</sup>	32.9 km <sup>2</sup>	73.3	32.9
	地震モーメント $M_{0a2}$	$2.23 \times 10^{18}$ N·m	$1.83 \times 10^{18}$	$6.38 \times 10^{18}$	$2.86 \times 10^{18}$
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a2}$	12.3 MPa	15.1 MPa	10.6	23.6
	平均すべり量 $D_{a2}$	158.5 cm	158.5 cm	248.4	248.4
アスペリティ小 (北部)	面積 $S_{a3}$	40.28 km <sup>2</sup>	32.9 km <sup>2</sup>	73.3	32.9
	地震モーメント $M_{0a3}$	$2.23 \times 10^{18}$ N·m	$1.83 \times 10^{18}$	$6.38 \times 10^{18}$	$2.86 \times 10^{18}$
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a3}$	12.3 MPa	15.1 MPa	10.6	23.6
	平均すべり量 $D_{a3}$	158.5 cm	158.5 cm	248.4	248.4
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	$9.16 \times 10^{18}$ N·m	$1.11 \times 10^{19}$	$4.77 \times 10^{17}$	$1.74 \times 10^{19}$
	面積 $S_b = S - S_a$	437.66 km <sup>2</sup>	467.06 km <sup>2</sup>	305.4	467.1
	平均すべり量 $D_b$	59.8 cm	68.1 cm	4.5	106.7
	実効応力 $\sigma_b$	2.5 MPa	3.0 MPa	2.1	4.7
Q 値		$50 f^{1.1}$			
$f_{\max}$		8.3 Hz			

注: 「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, 「 $S_a/S = 0.22$  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 A 法は問題があるため  $S_a/S = 0.22$  法を用いるように推奨している. その際, 推本は「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. 上の例では,  $S_a/S = 0.269$  (断層モデルで M7.3 とした場合) および 0.49 (松田式から M7.5 とした場合) であり,  $S_a/S = 0.22$  法を用いるのが望ましいと言える.

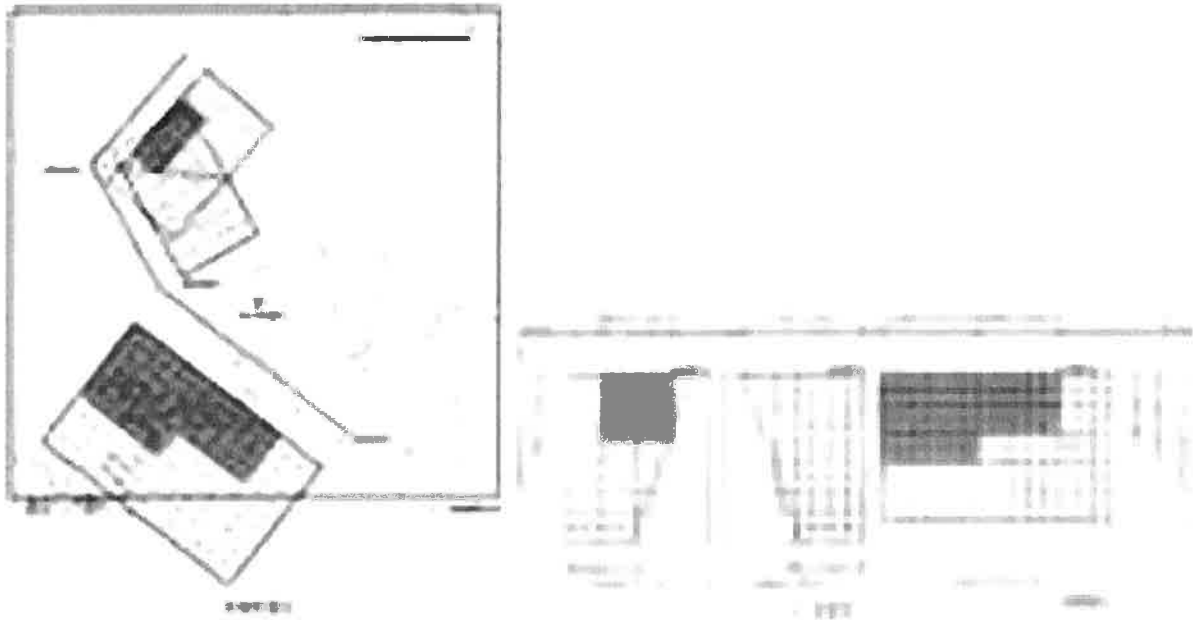


図 20: 「大陸棚外縁断層・B断層・野坂断層（大陸棚～B～野坂断層）」の断層モデル [1][2][3]

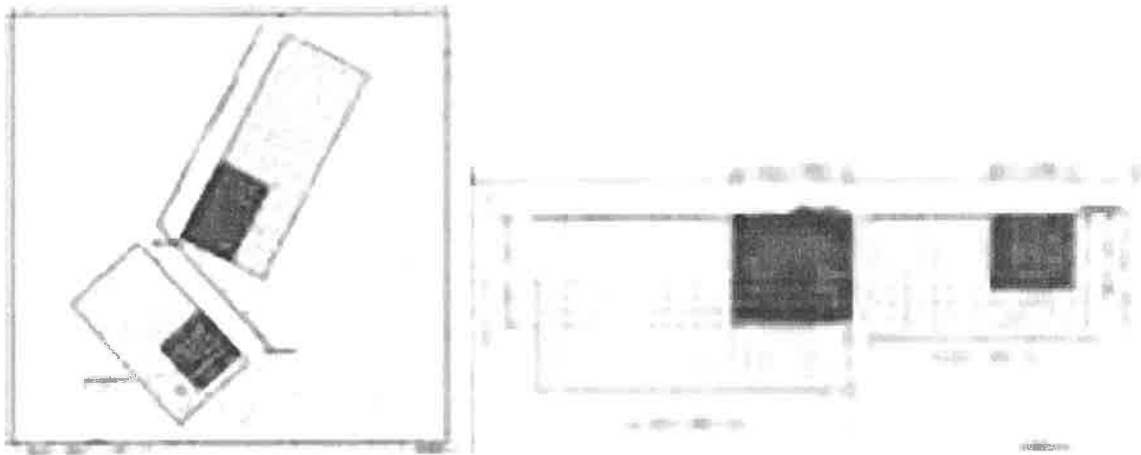


図 21: 「和布一干飯崎沖～甲楽城断層」の震源断層モデル [1][2][3]

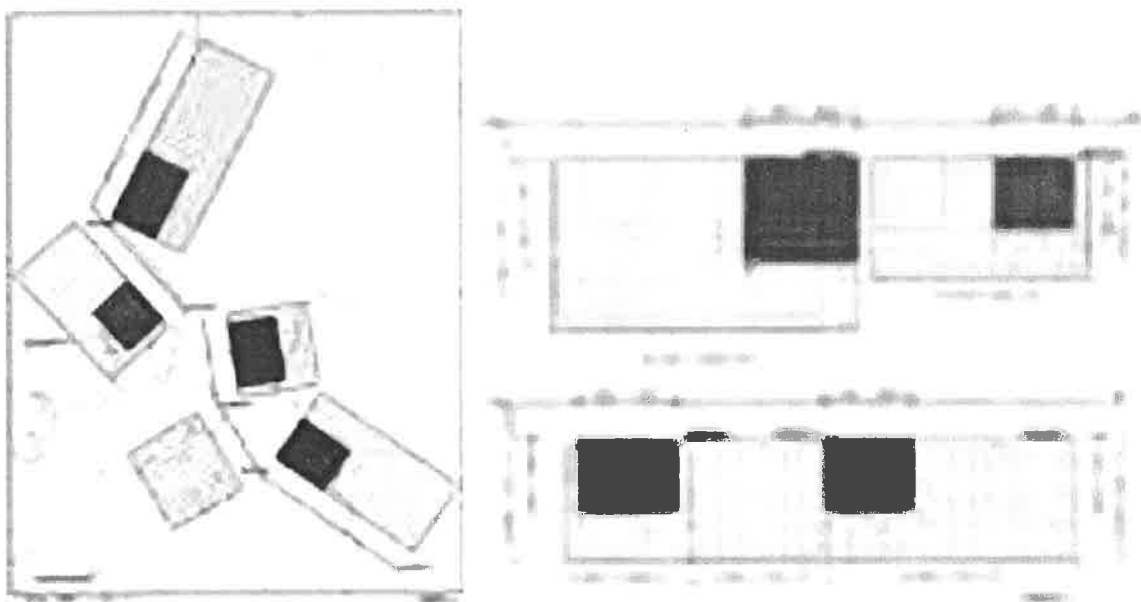


図 22: 「和布一干飯崎沖～甲楽城断層, 柳ヶ瀬断層および鍛冶屋断層（～関ヶ原断層）」の震源断層モデル [1][2][3]

表 10: 3社による「和布一干飯崎沖～甲斐城断層」の断層パラメータ [1][2][3]

断層パラメータ	断層モデルで M7.7 とした場合		Fujii-Matsu'ura *2	松田式 (M7.8)	
	$S_a/S = 0.22$ 法	同左 (3社)	$S_a/S = 0.22$ 法	$S_a/S = 0.22$ 法	
断層位置, 走向, 傾斜角 $\theta$	図 21 の通りで, 傾斜角は北部 $45^\circ$ , 南部 $90^\circ$				
断層長さ $L$	60km(北部 35.1km, 南部 24.9km, 両断層面は交差しない)				
断層幅 $W$	北部 19.8km, 南部 14.0 km				
断層面積 $S = LW$	1043.58 km <sup>2</sup> (北部 694.98 km <sup>2</sup> , 南部 348.60 km <sup>2</sup> )				
断層上端深さ	4 km				
断層下端深さ	18 km				
破壊開始点	各アスペリティ下端 3 種類 + 各断層下端南北 2 種類				
破壊伝播方式	同心円状 (放射状)				
地震モーメント $M_0$	$6.06 \times 10^{19}$ N·m		$9.10 \times 10^{19}$	$7.01 \times 10^{19}$	
マグニチュード	M7.7, $M_W$ 7.1		M7.9, $M_W$ 7.2	M7.8, $M_W$ 7.2	
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$	165.9 cm		249.1 cm	192.1 cm	
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$	$3.50 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>		同左		
S 波速度 $V_s$ (または $\beta$ )	3.6 km/s		同左		
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$	2.59 km/s		同左		
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$	4.38 MPa	3.1 MPa *1	3.1 MPa	5.1 MPa	
短周期レベル $A$	$2.08 \times 10^{19}$ N·m/s <sup>2</sup>		$2.38 \times 10^{19}$	$2.19 \times 10^{19}$	
ライズタイム $t_r = 2.03 \times 10^{-9}M_0^{1/3}$	1.72 sec		1.97 sec	1.80 sec	
アスペリティ全体	面積 $S_a$	229.59 km <sup>2</sup>		229.59	
	地震モーメント $M_{0a}$	$2.68 \times 10^{19}$ N·m		$4.02 \times 10^{19}$	
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	19.9 MPa	14.1 MPa *1	14.1	23.0
	平均すべり量 $D_a$	333.4 cm		500.8	386.1
アスペリティ大 (北部)	面積 $S_{a1}$	152.90 km <sup>2</sup>		152.90	
	地震モーメント $M_{0a1}$	$1.98 \times 10^{19}$ N·m		$2.97 \times 10^{19}$	
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a1}$	19.9 MPa	14.1 MPa *1	14.1	23.0
	平均すべり量 $D_{a1}$	369.5 cm		554.8	427.8
アスペリティ小 (南部)	面積 $S_{a2}$	76.69 km <sup>2</sup>		76.69	
	地震モーメント $M_{0a2}$	$7.02 \times 10^{18}$		$1.05 \times 10^{19}$	
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a2}$	19.9 MPa	14.1 MPa *1	14.1	23.0
	平均すべり量 $D_{a2}$	261.7 cm		393.0	303.0
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	$3.38 \times 10^{19}$ N·m		$5.07 \times 10^{19}$	
	面積 $S_b = S - S_a$	813.99 km <sup>2</sup>		813.99	
	平均すべり量 $D_b$	118.6 cm		178.2	137.4
	実効応力 $\sigma_b = 0.2\Delta\sigma_a$	4.0 MPa	2.8 MPa	2.8	4.6
Q 値	$50f^{1.1}$				
$f_{\max}$	8.3 Hz				

注: 「 $S_a/S = 0.22$  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。

\*1: Fujii-Matsu'ura(2000) のスケーリング則を用いず, 彼らの断層平均応力降下量だけを借用して  $\Delta\sigma = 3.1$ MPa とし, アスペリティ平均応力降下量を  $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma/0.22 = 14.1$ MPa と算出している。

\*2: Fujii-Matsu'ura(2000) のスケーリング則より  $M_0 = \Delta\sigma \bar{W} L^2 / (0.014L + 1) = 3.1$ MPa  $\times 15$ km  $\times (60$ km)<sup>2</sup> / (0.014  $\times 60$ km + 1) =  $9.10 \times 10^{19}$ Nm を求め, 平均応力降下量 (断層・アスペリティ・背景領域) 以外は, 通常の  $S_a/S = 0.22$  法を用いる。

表 11: 「和布一干飯崎沖・甲楽城断層, 柳ヶ瀬断層および鍛冶屋断層 (～関ヶ原断層)」の断層パラメータ [1][2][3]

断層パラメータ		断層モデルで M8.2 とした場合		Fujii-Matsu'ura *2	松田式 (M8.3)
		$S_a/S = 0.22$ 法	同左 (3社)	$S_a/S = 0.22$ 法	$S_a/S = 0.22$ 法
断層位置, 走向, 傾斜角 $\theta$		図 22 の通り, 傾斜角は和布一干飯崎沖のみ $45^\circ$ , その他 $90^\circ$			
断層長さ $L$		119.2km(北から 35.1, 24.9, 30.2, 29.0, 断層面は交差しない)			
断層幅 $W$		和布一干飯崎沖のみ 19.8km, その他 14.0 km			
断層面積 $S = LW$		1872.38 km <sup>2</sup> (北から 694.98, 348.60, 422.80, 406.00)			
断層上・下端深さ		4 km・18 km			
破壊開始点		アスペリティ下端計 5 種類+断層下端計 5 種類			
破壊伝播方式		同心円状 (放射状)			
地震モーメント $M_0$		1.95 × 10 <sup>20</sup> N·m		2.48 × 10 <sup>20</sup>	2.70 × 10 <sup>20</sup>
マグニチュード		M8.2, M <sub>W</sub> 7.5		M8.3, M <sub>W</sub> 7.5	M8.3, M <sub>W</sub> 7.6
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$		297.6 cm		377.9 cm	411.8 cm
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$		3.50 × 10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>		同左	
S 波速度 $V_s$ (または $\beta$ )		3.6 km/s		同左	
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$		2.59 km/s		同左	
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$		5.9 MPa	3.1 MPa *1	3.1 MPa	8.1 MPa
短周期レベル $A$		3.07 × 10 <sup>19</sup> N·m/s <sup>2</sup>		3.33 × 10 <sup>19</sup>	3.42 × 10 <sup>19</sup>
ライズタイム $t_r = 2.03 \times 10^{-9} M_0^{1/3}$		2.54 sec		2.75 sec	2.83 sec
アスペリティ 全体	面積 $S_a$	411.92 km <sup>2</sup>		411.92	411.92
	地震モーメント $M_{0a}$	8.62 × 10 <sup>19</sup> N·m		1.09 × 10 <sup>20</sup>	1.19 × 10 <sup>20</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	26.7 MPa	14.1 MPa*1	14.1	36.9
	平均すべり量 $D_a$	598.3 cm		759.5	827.6
アスペリティ 和布一干飯崎沖	面積 $S_{a1}$	152.90 km <sup>2</sup>		152.90	152.90
	地震モーメント $M_{0a1}$	3.79 × 10 <sup>19</sup> N·m		4.81 × 10 <sup>19</sup>	5.24 × 10 <sup>19</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a1}$	26.7 MPa	14.1 MPa *1	14.1	36.9
	平均すべり量 $D_{a1}$	708.1 cm		898.9	979.6
アスペリティ 甲楽城	面積 $S_{a2}$	76.69 km <sup>2</sup>		76.69	76.69
	地震モーメント $M_{0a2}$	1.35 × 10 <sup>19</sup> N·m		1.71 × 10 <sup>19</sup>	1.86 × 10 <sup>19</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a2}$	26.7 MPa	14.1 MPa *1	14.1	36.9
	平均すべり量 $D_{a2}$	501.5 cm		636.6	693.8
アスペリティ 柳ヶ瀬	面積 $S_{a3}$	93.02 km <sup>2</sup>		93.02	93.02
	地震モーメント $M_{0a3}$	1.80 × 10 <sup>19</sup> N·m		2.28 × 10 <sup>19</sup>	2.49 × 10 <sup>19</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a3}$	26.7 MPa	14.1 MPa *1	14.1	36.9
	平均すべり量 $D_{a3}$	552.3 cm		701.1	764.0
アスペリティ 鍛冶屋 (～関ヶ原)	面積 $S_{a4}$	89.32 km <sup>2</sup>		89.32	89.32
	地震モーメント $M_{0a4}$	1.69 × 10 <sup>19</sup> N·m		2.15 × 10 <sup>19</sup>	2.34 × 10 <sup>19</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a4}$	26.7 MPa	14.1 MPa *1	14.1	36.9
	平均すべり量 $D_{a4}$	541.2 cm		687.1	748.7
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	1.09 × 10 <sup>20</sup> N·m		1.38 × 10 <sup>20</sup>	1.50 × 10 <sup>20</sup>
	面積 $S_b = S - S_a$	1460.46 km <sup>2</sup>		1460.46	1460.46
	平均すべり量 $D_b$	212.9 cm		270.2	294.5
	実効応力 $\sigma_b = 0.2\Delta\sigma_a$	5.3 MPa	2.8 MPa	2.8	7.4
$Q$ 値, $f_{max}$		50 $f^{1.1}$ , 8.3 Hz			

注: 「 $S_a/S = 0.22$  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。

\*1: Fujii-Matsu'ura(2000) のスケール法則を用いず, 彼らの断層平均応力降下量だけを借用して  $\Delta\sigma = 3.1\text{MPa}$  とし, アスペリティ平均応力降下量を  $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma/0.22 = 14.1\text{MPa}$  と算出している。

\*2: Fujii-Matsu'ura(2000) より  $M_0 = \Delta\sigma WL^2/(0.014L + 1) = 3.1\text{MPa} \times 15\text{km} \times (119.2\text{km})^2/(0.014 \times 119.2\text{km} + 1) = 2.48 \times 10^{20}\text{Nm}$  を求め, 平均応力降下量 (断層・アスペリティ・背景領域) 以外は, 通常の  $S_a/S = 0.22$  法を用いる。

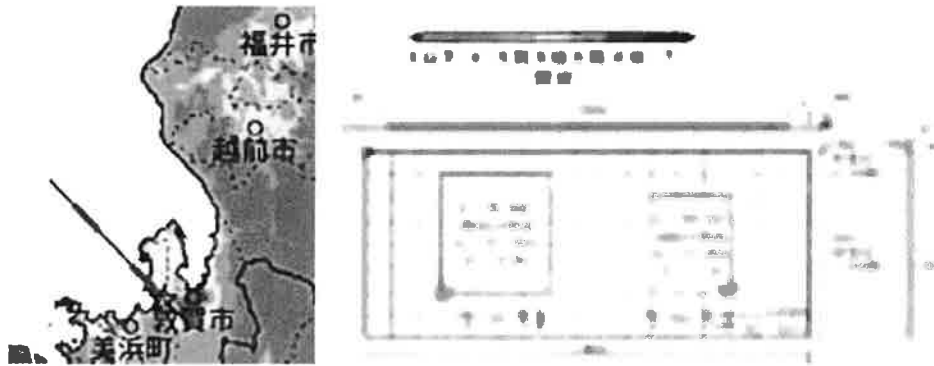


図 23: 地震調査研究推進本部による「野坂断層帯」の震源断層モデル [14] (3社による「大陸棚外縁～B～野坂断層」のうちの「B～野坂断層」に相当)

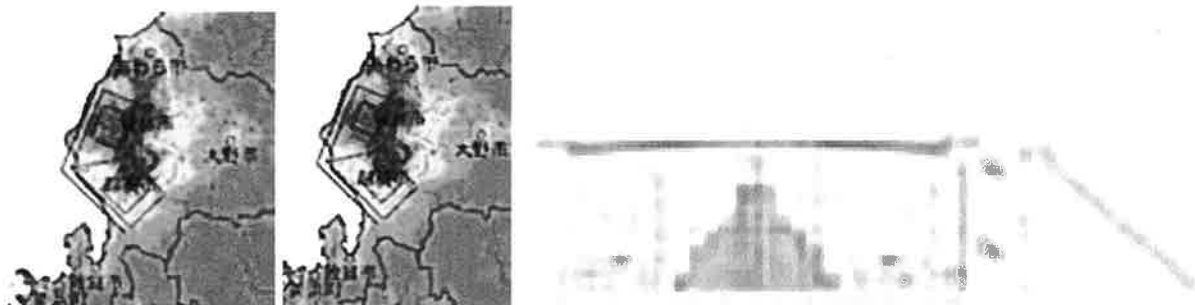


図 24: 地震調査研究推進本部による「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部北部」の震源断層モデル [14] (断層面積の重なりを減じない場合(左)と減じた場合(右), 3社による「和布一干飯崎沖～甲楽城断層」に相当. グレーの領域は地中で断層面が重なった部分を表し, 推本によれば, この部分には「すべりを与えていない」.)

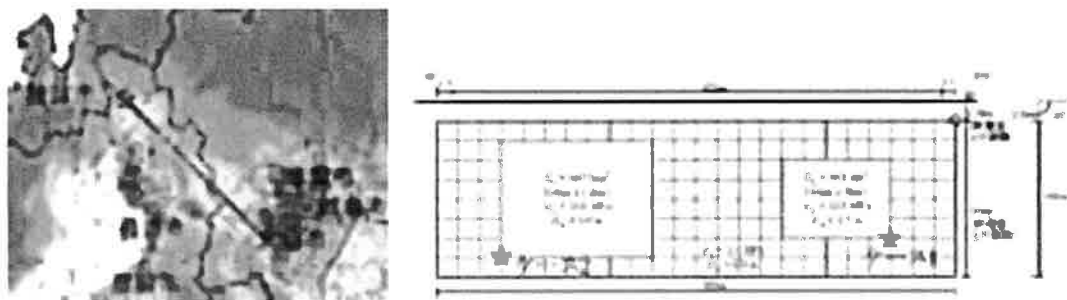


図 25: 地震調査研究推進本部による「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部南部」の震源断層モデル [14] (3社による「柳ヶ瀬断層および鍛冶屋断層(～関ヶ原断層)」に相当)

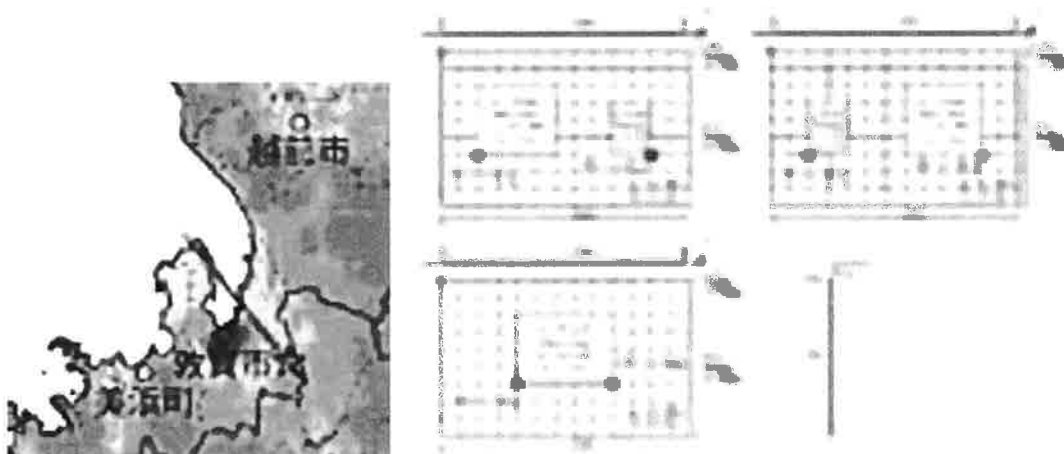


図 26: 地震調査研究推進本部による「浦底・柳ヶ瀬山断層帯」の断層モデル [14] (3社による「浦底・池河内断層」に相当)

表 12: 地震調査研究推進本部による「野坂断層帯」(「B断層・野坂断層」に相当)の断層パラメータ [14]

断層パラメータ		松田式で地震規模を求めて断層面積を修正する方法	
		A法(推本)	$S_a/S = 0.22$ 法
断層原点(長期評価)		図23の通りで, 屈曲点(北緯 $35^{\circ}36'$ , 東経 $136^{\circ}3'$ )	
走向, 傾斜角 $\theta$ (長期評価)		N $316.4^{\circ}$ E, 傾斜角 $90^{\circ}$	
断層長さ $L$ (長期評価→モデル化)		約31km→34km	
断層幅 $W$ (長期評価→モデル化)		約15km→16km	
断層面積 $S = LW$ (長期評価→モデル化)		約465 km <sup>2</sup> →544km <sup>2</sup>	
断層上端深さ		2 km	
断層下端深さ(長期評価→モデル化)		15 km程度→18km	
破壊開始点		南北いずれかのアスペリティ下端2種類	
破壊伝播方式		同心円状(放射状)	
地震モーメント $M_0$		$1.92 \times 10^{19}$ N·m *1	
マグニチュード		M7.3, $M_w$ 6.8	
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$		110 cm *2	
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$		$3.12 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup> *3	
S波速度 $V_s$ (または $\beta$ )		3.4 km/s *4	
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$		2.4 km/s *5	
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$		3.7 MPa	
短周期レベル $A$		$1.42 \times 10^{19}$ N·m/s <sup>2</sup>	
アスペリティ全体	面積 $S_a$	132.7 km <sup>2</sup>	119.7 km <sup>2</sup>
	地震モーメント $M_{0a}$	$9.16 \times 10^{18}$ N·m	$8.22 \times 10^{18}$ N·m
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	15.1 MPa	16.8 MPa
	平均すべり量 $D_a$	220 cm	
アスペリティ大	面積 $S_{a1}$	88.5 km <sup>2</sup>	79.8 km <sup>2</sup>
	地震モーメント $M_{0a1}$	$6.73 \times 10^{18}$ N·m	$6.07 \times 10^{18}$ N·m
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a1}$	15.1 MPa	16.8 MPa
	平均すべり量 $D_{a1}$	240 cm	
アスペリティ小	面積 $S_{a2}$	44.2 km <sup>2</sup>	39.9 km <sup>2</sup>
	地震モーメント $M_{0a2}$	$2.38 \times 10^{18}$ N·m	$2.15 \times 10^{18}$ N·m
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a2}$	15.1 MPa	16.8 MPa
	平均すべり量 $D_{a2}$	170 cm	
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	$1.00 \times 10^{19}$ N·m	$1.10 \times 10^{19}$ N·m
	面積 $S_b = S - S_a$	411.27 km <sup>2</sup>	424.32 km <sup>2</sup>
	平均すべり量 $D_b$	80 cm	80 cm
	実効応力 $\sigma_b = 0.2\Delta\sigma_a$	2.9 MPa	3.4 MPa

注:「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,「 $S_a/S = 0.22$ 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。

- \*1: 地震調査研究推進本部は, 長期評価による断層長さ31kmを松田式 $\log L = 0.6M - 2.9$ に適用してM7.32を求め, 武村(1990)の換算式 $\log M_0 = 1.17M + 10.72$ で $M_0$ に換算している。
- \*2: 地震調査研究推進本部は, 平均すべり量は1cm単位を四捨五入して, 10cm単位に丸めている。
- \*3: 関西電力等3社の $3.50 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>よりやや小さい。このため, 平均すべり量がやや大きくなる。
- \*4: 関西電力等3社の3.6 km/sよりやや小さい。このため, A法ではアスペリティ面積がやや小さくなり, アスペリティ平均応力降下量がやや大きくなる。
- \*5: 関西電力等3社の2.59 km/sよりやや小さい。このため, 破壊伝播が遅くなり, 地震動評価にやや影響が出る。

表 13: 地震調査研究推進本部による「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部北部」[14]  
 (「和布一干飯崎沖～甲楽城断層」相当)の断層パラメータ

断層パラメータ	断層面交差を無視した場合 *1		断層面重なりを減じた場合 *2		
	A 法 (推本)	$S_a/S = 0.22$ 法	A 法 (推本)	$S_a/S = 0.22$ 法	
断層原点 (長期評価)	図 24 の通りで、屈曲点 (北緯 35° 45', 東経 136° 8')				
走向, 傾斜角 $\theta$ (長期評価)	北部 N 22.1° E, 東傾斜 40° (東側隆起逆断層) 南部 N 135.1° E, 北東傾斜 40° (左横ずれ成分を伴う北東側隆起逆断層)				
断層長さ $L$ (長期評価→モデル化)	約 48km(南北各 23.9km) → 南北各 26km(台形断層上端, 断層面交差)				
断層幅 $W$ (長期評価→モデル化)	約 25km → 南北各 18km (=断層上下端深さ 11.6km/sin40°)				
断層面積 $S = LW$	936 km <sup>2</sup> (南北各 468 km <sup>2</sup> )		647.4 km <sup>2</sup> (南北各 323.7 km <sup>2</sup> )		
断層上端深さ	2 km				
断層下端深さ	15 km 程度 (断層上下端深さ 11.6km からは 13.6km になる)				
破壊開始点	南北いずれかのアスペリティ下端中央 2 種類				
破壊伝播方式	同心円状 (放射状)				
地震モーメント $M_0$	4.50 × 10 <sup>19</sup> N·m		2.33 × 10 <sup>19</sup>	4.50 × 10 <sup>19</sup>	
マグニチュード	M7.6, M <sub>W</sub> 7.0		M7.4, M <sub>W</sub> 6.8	M7.6, M <sub>W</sub> 7.0	
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$	150 cm		120 cm	220 cm	
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$	3.12 × 10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup> *3		同左		
S 波速度 $V_s$ (または $\beta$ )	3.4 km/s *4		同左		
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$	2.4 km/s *5		同左		
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$	3.8 MPa		3.4 MPa	6.7 MPa	
短周期レベル $A$	1.88 × 10 <sup>19</sup> N·m/s <sup>2</sup>		1.51 × 10 <sup>19</sup>	1.89 × 10 <sup>19</sup>	
アスペリティ全体	面積 $S_a$	243.4 km <sup>2</sup>	205.9 km <sup>2</sup>	145.4	142.4
	地震モーメント $M_{0a}$	2.28 × 10 <sup>19</sup> N·m	1.93 × 10 <sup>19</sup>	1.05 × 10 <sup>19</sup>	1.98 × 10 <sup>19</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	14.7 MPa	17.3 MPa	15.3	30.3
	平均すべり量 $D_a$	300 cm		240 (推本:440)	440
アスペリティ群 鮎川断層群	面積 $S_{a1}$	121.7 km <sup>2</sup>	103.0 km <sup>2</sup>	72.7	71.2
	地震モーメント $M_{0a1}$	1.14 × 10 <sup>19</sup> N·m	9.64 × 10 <sup>18</sup>	5.26 × 10 <sup>18</sup>	9.90 × 10 <sup>18</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a1}$	14.7 MPa	17.3 MPa	15.3	30.3
	平均すべり量 $D_{a1}$	300 cm		240 (推本:440)	440
アスペリティ 甲楽城断層	面積 $S_{a2}$	121.7 km <sup>2</sup>	103.0 km <sup>2</sup>	72.7	71.2
	地震モーメント $M_{0a2}$	1.14 × 10 <sup>19</sup> N·m	9.64 × 10 <sup>18</sup>	5.26 × 10 <sup>18</sup>	9.90 × 10 <sup>18</sup>
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a2}$	14.7 MPa	17.3 MPa	15.3	30.3
	平均すべり量 $D_{a2}$	300 cm		240 (推本:440)	440
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	2.22 × 10 <sup>19</sup> N·m	2.57 × 10 <sup>19</sup>	1.28 × 10 <sup>19</sup>	2.52 × 10 <sup>19</sup>
	面積 $S_b = S - S_a$	692.6 km <sup>2</sup>	730.1 km <sup>2</sup>	502.0	505.0
	平均すべり量 $D_b$	100 cm	110 cm	80 (推本:160)	160
	実効応力 $\sigma_b = 0.2\Delta\sigma_a$	3.0 MPa	3.5 MPa	3.1 (推本:2.6)	6.1

注: 「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, 「 $S_a/S = 0.22$  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。地震調査研究推進本部 (推本) は, 長期評価による断層長さ約 48km を松田式に適用して M7.635 を求め, 武村 (1990) の換算式で  $M_0 = 4.50 \times 10^{19}$  N·m に換算している。

\*1: 推本の断層モデルには, 傾斜断面の交差を全く考慮しない場合と重なった部分を断層面積から削った場合の 2 通りがある。

\*2: 推本のモデルでは, 断層の重なり部分を削った場合, その断層面積に対する地震規模をレシピにより求めているが, ここでは松田式による地震規模を変えない場合の  $S_a/S = 0.22$  法による値も計算した。というのも, 「A 法 (推本)」の欄のアスペリティ平均すべり量と背景領域の実効応力の値 (括弧内の値) がレシピとは異なっており, 推本がは松田式による地震規模を変えない場合も計算して, 両者を混同した可能性があるからである。

\*3: 関西電力等 3 社の  $3.50 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup> よりやや小さい。このため, 平均すべり量がやや大きくなる。

\*4: 関西電力等 3 社の 3.6 km/s よりやや小さい。このため, A 法ではアスペリティ面積がやや小さくなり, アスペリティ平均応力降下量がやや大きくなる。

\*5: 関西電力等 3 社の 2.59 km/s よりやや小さい。このため, 破壊伝播が遅くなり, 地震動評価にやや影響が出る。



表 14: 地震調査研究推進本部による「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部南部」[14]（「柳ヶ瀬断層および鍛冶屋断層（～関ヶ原断層）」に相当）および「浦底・柳ヶ瀬山断層帯」（「浦底・池河内断層」に相当）の断層パラメータ

断層パラメータ		柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部南部		浦底・柳ヶ瀬山断層帯	
		A 法 (推本)	$S_a/S = 0.22$ 法	A 法 (推本)	$S_a/S = 0.22$ 法
断層原点 (長期評価)		図 25, 北緯 35° 38', 東経 136° 10'		図 26, 北緯 35° 35', 東経 136° 11'	
走向, 傾斜角 $\theta$ (長期評価)		N 134.7° E, 傾斜角 90°		N 320.8° E, 傾斜角 90°	
断層長さ $L$ (長期評価→モデル化)		45km → 48km		25km → 26km	
断層幅 $W$ (長期評価→モデル化)		15km → 16km		15km → 18km	
断層面積 $S = LW$ (長期評価→モデル化)		675 km <sup>2</sup> → 768 km <sup>2</sup>		375 km <sup>2</sup> → 468 km <sup>2</sup>	
断層上端深さ		2 km		2 km	
断層下端深さ		15 km 程度 → 18km		15 km 程度 → 20km	
破壊開始点		いずれかのアスペリティ下端 2 種類		アスペリティ下端 6 種類	
破壊伝播方式		同心円状 (放射状)			
地震モーメント $M_0$		$3.97 \times 10^{19}$ N·m		$1.26 \times 10^{19}$ N·m	
マグニチュード		M7.6, $M_W$ 7.0		M7.2, $M_W$ 6.7	
平均すべり量 $D = M_0/(\mu S)$		170 cm		90 cm	
剛性率 $\mu = \rho\beta^2$		$3.12 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup> *1		同左	
S 波速度 $V_s$ (または $\beta$ )		3.4 km/s *2		同左	
平均破壊伝播速度 $V_r = 0.72V_s$		2.4 km/s *3		同左	
平均応力降下量 $\Delta\sigma = (7/16)M_0(\pi/S)^{2/3}$		3.8 MPa		3.0 MPa	
短周期レベル $A$		$1.81 \times 10^{19}$ N·m/s <sup>2</sup>		$1.23 \times 10^{19}$ N·m/s <sup>2</sup>	
アスペリティ全体	面積 $S_a$	254.5 km <sup>2</sup>	169.0 km <sup>2</sup>	88.2 km <sup>2</sup>	103.0 km <sup>2</sup>
	地震モーメント $M_{0a}$	$2.70 \times 10^{19}$ N·m	$1.79 \times 10^{19}$	$4.96 \times 10^{18}$	$5.78 \times 10^{18}$
	応力降下量 $\Delta\sigma_a$	13.8 MPa	20.9 MPa	16.1 MPa	13.6 MPa
	平均すべり量 $D_a$	340 cm		180 cm	
アスペリティ大	面積 $S_{a1}$	169.7 km <sup>2</sup>	112.6 km <sup>2</sup>	58.8 km <sup>2</sup>	68.6 km <sup>2</sup>
	地震モーメント $M_{0a1}$	$2.01 \times 10^{19}$ N·m	$1.32 \times 10^{19}$	$3.67 \times 10^{18}$	$4.27 \times 10^{18}$
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a1}$	13.8 MPa	20.9 MPa	16.1 MPa	13.6 MPa
	平均すべり量 $D_{a1}$	380 cm		200 cm	
アスペリティ小	面積 $S_{a2}$	84.8 km <sup>2</sup>	56.3 km <sup>2</sup>	29.4 km <sup>2</sup>	34.3 km <sup>2</sup>
	地震モーメント $M_{0a2}$	$7.15 \times 10^{18}$ N·m	$4.68 \times 10^{18}$	$1.28 \times 10^{18}$	$1.51 \times 10^{18}$
	応力降下量 $\Delta\sigma_{a2}$	13.8 MPa	20.9 MPa	16.1 MPa	13.6 MPa
	平均すべり量 $D_{a2}$	270 cm		140 cm	
背景領域	地震モーメント $M_{0b}$	$1.27 \times 10^{19}$ N·m	$2.18 \times 10^{19}$	$7.66 \times 10^{18}$	$6.83 \times 10^{18}$
	面積 $S_b = S - S_a$	513.7 km <sup>2</sup>	599.0 km <sup>2</sup>	379.8 km <sup>2</sup>	365.0 km <sup>2</sup>
	平均すべり量 $D_b$	80 cm	120 cm	60 cm	60 cm
	実効応力 $\sigma_b = 0.2\Delta\sigma_a$	2.4 MPa	4.2 MPa	2.8 MPa	2.7 MPa

注: 「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, 「 $S_a/S = 0.22$  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. 地震調査研究推進本部は A 法を用いているが, 「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部南部」では  $S_a/S = 0.331$  とかなり大きく, 「浦底・柳ヶ瀬山断層帯」では  $S_a/S = 0.188$  とやや小さめになっている. そのため, アスペリティ平均応力降下量が「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部南部」では A 法のほうが  $S_a/S = 0.22$  法よりかなり小さくなり, 「浦底・柳ヶ瀬山断層帯」では逆に A 法のほうが大きくなっている. 「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部南部」では, アスペリティ面積比がかなり大きいことを考慮すれば, A 法ではなく  $S_a/S = 0.22$  法を用いるべきではないかと考えられる.

地震モーメントは, 長期評価から断層長さをそれぞれ 45km および 25km として松田式から  $M_{7.589}$  および  $M_{7.163}$  を求め, 武村 (1990) の換算式で  $M_0 = 3.97 \times 10^{19}$  N·m および  $1.26 \times 10^{19}$  N·m へ換算している.

\*1: 関西電力等 3 社の  $3.50 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup> よりやや小さい. このため, 平均すべり量がやや大きくなる.

\*2: 関西電力等 3 社の 3.6 km/s よりやや小さい. このため, A 法ではアスペリティ面積がやや小さくなり, アスペリティ平均応力降下量がやや大きくなる.

\*3: 関西電力等 3 社の 2.59 km/s よりやや小さい. このため, 破壊伝播が遅くなり, 地震動評価にやや影響が出る.