

- ▶「新潟県中越沖地震を踏まえた原子力発電所等の耐震安全性評価に反映すべき事項について(平成20年9月4日)」の指示により、新潟県中越沖地震による知見の反映として、震源特性における短周期レベルを平均的なものよりおよそ1.5倍程度大きくし、震源モデルのパラメータの不確かさの考慮として地震動評価を実施している。
- ▶その地震動評価結果について、「耐震バックチェックにおいて地震動評価を行う際の応力降下量の取扱いについて(平成21年4月24日)」の指示に従い精査した。

耐震バックチェックにおいて地震動評価を行う際の応力降下量の取扱いについて
(21原審第6号 平成21年4月24日)の内容

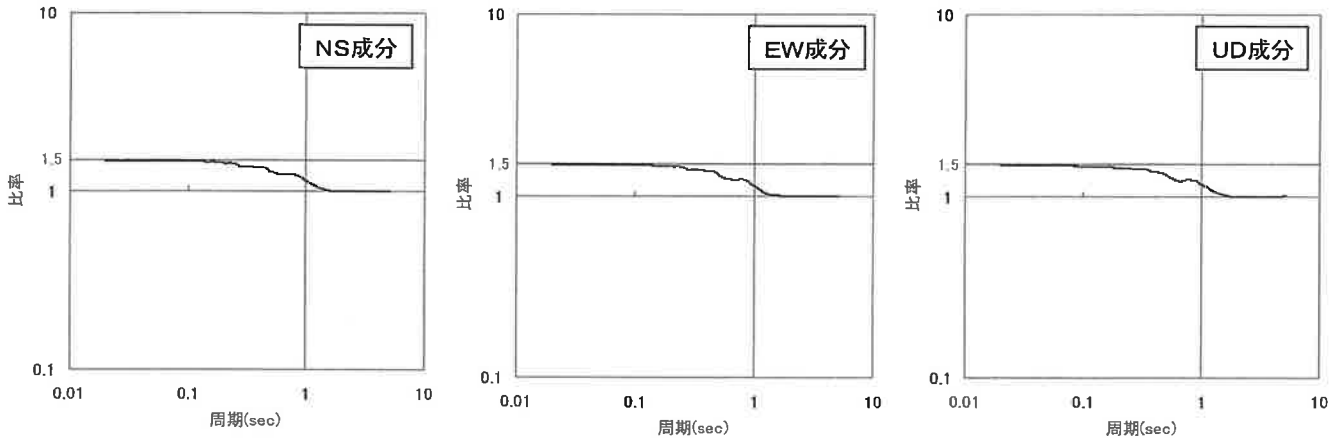
4月23日に開催された原子力安全委員会地震動解析技術等作業会合では、断層パラメータの不確かさを考慮する際、評価の仕方によっては、基本震源モデルに対して応力降下量を大きくした割合と短周期レベルが大きくなる割合が異なる場合があることが確認された。

これを踏まえ、地震動評価を行う際の震源モデルのパラメータの不確かさの考慮における応力降下量の取扱いについて、改めて精査すること。

■原子力安全委員会 地震動解析技術等作業会合(H21年4月23日)で確認された内容

手法	手法の概要	評価結果	備考
A法	基本モデルと同じ要素地震波を用い、応力降下量補正係数Cと重ね合わせ数nを新たに設定する。経験的グリーン関数法と統計的グリーン関数法のいずれにも適用できる。	応力降下量1.5倍 短周期レベル1.5倍	
B法	要素地震の応力降下量 $\Delta\sigma_e$ を基本モデルから変更し、基本モデルと同じCとnを用いる。要素地震波を人工的に作成する統計的グリーン関数にのみ適用できる。	応力降下量1.5倍 短周期レベル $1.5^{2/3}$ 倍(約1.3倍)	従来適用していた方法

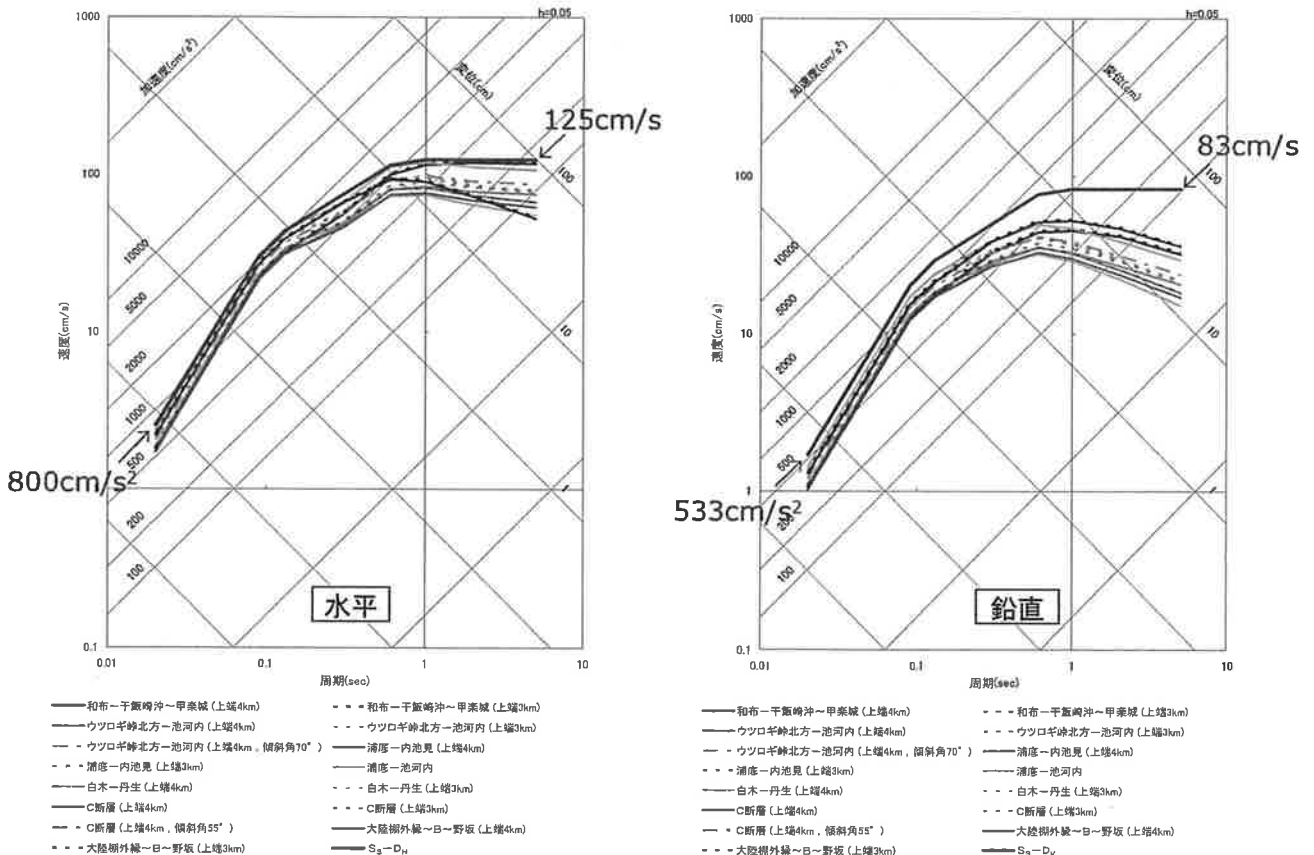
- 精査の結果、これまでの新潟県中越沖地震の知見を反映した評価ケースは、前述のB法を適用した評価手法によるものであった。このため、A法を適用する評価手法により地震動評価を実施した。
- 基本ケースと短周期レベル1.5倍としたケースの評価結果のフーリエスペクトル比から、地震動評価結果に適切に反映されていることを確認した。



フーリエスペクトル比
 (短周期レベル1.5倍のケース/基本ケース)
 ※代表例として浦底-内池見断層のケースを実施

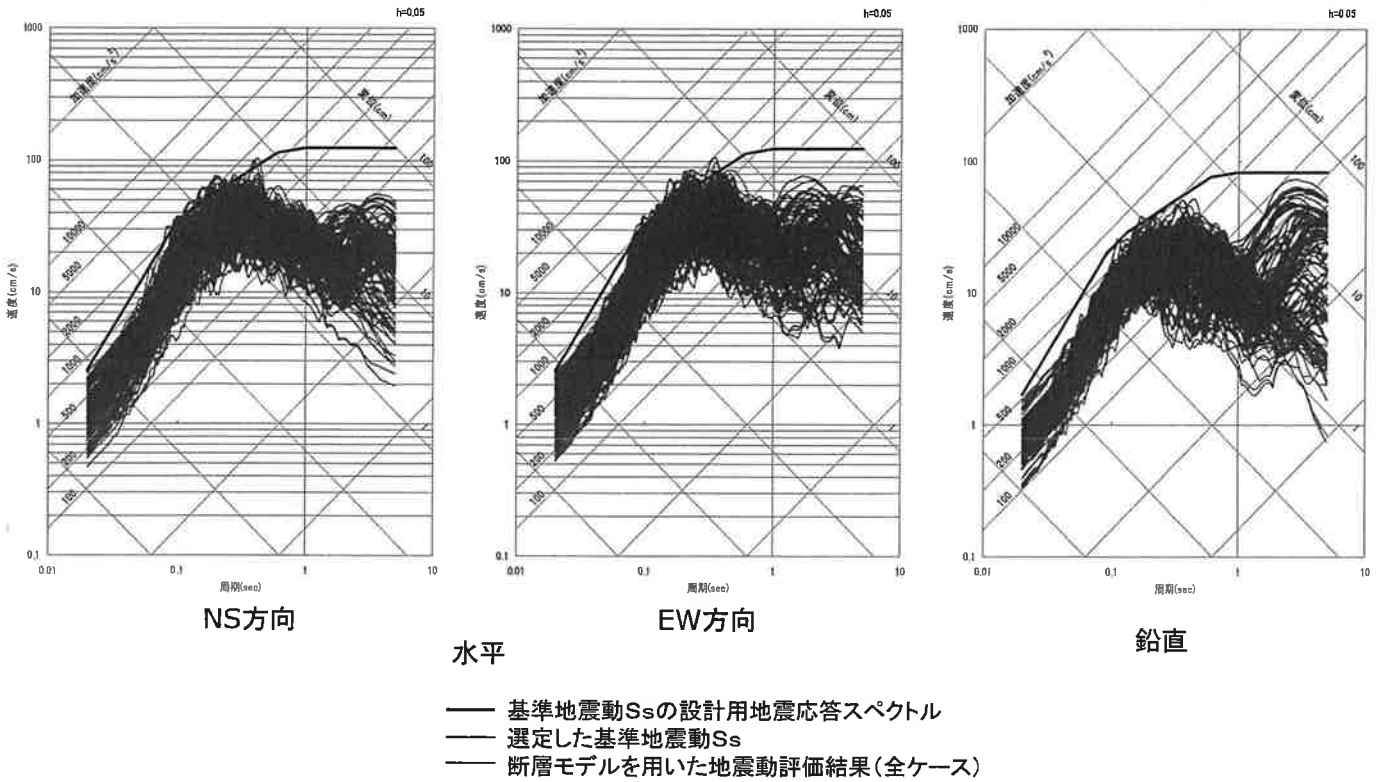
5. 基準地震動Ssの策定

■ 各断層における耐専式による地震動評価結果を包絡させて基準地震動Ssを策定



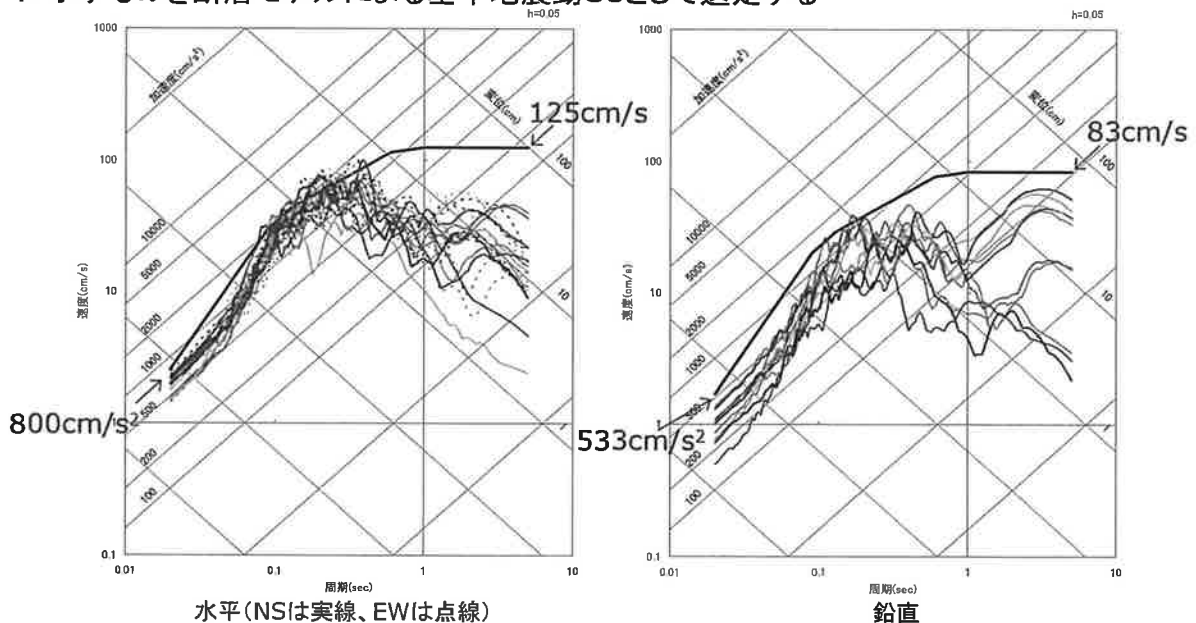
- | | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| — 和布-千飯崎沖-甲斐城 (上端4km) | - - - 和布-千飯崎沖-甲斐城 (上端3km) | — 和布-千飯崎沖-甲斐城 (上端4km) | - - - 和布-千飯崎沖-甲斐城 (上端3km) |
| — ウツロギ峠北方-池河内 (上端4km) | - - - ウツロギ峠北方-池河内 (上端3km) | — ウツロギ峠北方-池河内 (上端4km) | - - - ウツロギ峠北方-池河内 (上端3km) |
| — ウツロギ峠北方-池河内 (上端4km, 傾斜角10°) | — 浦底-内池見 (上端4km) | — ウツロギ峠北方-池河内 (上端4km, 傾斜角70°) | — 浦底-内池見 (上端4km) |
| - - - 浦底-内池見 (上端3km) | — 浦底-池河内 | - - - 浦底-内池見 (上端3km) | — 浦底-池河内 |
| — 白木-丹生 (上端4km) | - - - 白木-丹生 (上端3km) | — 白木-丹生 (上端4km) | - - - 白木-丹生 (上端3km) |
| — C断層 (上端4km) | - - - C断層 (上端3km) | — C断層 (上端4km) | - - - C断層 (上端3km) |
| - - - C断層 (上端4km, 傾斜角55°) | — 大陸棚外縁-B-野坂 (上端4km) | - - - C断層 (上端4km, 傾斜角55°) | — 大陸棚外縁-B-野坂 (上端4km) |
| - - - 大陸棚外縁-B-野坂 (上端3km) | — S ₃ -D ₄ | - - - 大陸棚外縁-B-野坂 (上端3km) | — S ₃ -D ₄ |

■ 応答スペクトルに基づき設定した基準地震動Ssに対し、断層モデルを用いた地震動評価結果のNS/EW/UD方向それぞれの成分にて超過するケースより基準地震動Ssを選定する。



5. 基準地震動Ssの策定

■ 応答スペクトルに基づく基準地震動Ssを超過する断層モデルの地震動評価結果から、下図に示すものを断層モデルによる基準地震動Ssとして選定する



[選定された断層モデルによる基準地震動Ss]

浦底—内池見断層

- 上端深さ4km, 短周期レベル1.5倍, 破壊開始点1(611, 720, 229)
- 上端深さ4km, 短周期レベル1.5倍, 破壊開始点5(677, 606, 157)
- 上端深さ3km, 破壊開始点1(641, 616, 272)

C断層

- 上端深さ4km, 短周期レベル1.5倍, 破壊開始点1(703, 775, 412)
- 上端深さ4km, 短周期レベル1.5倍, 破壊開始点3(674, 702, 433)

白木—丹生断層

- 上端深さ4km, 短周期レベル1.5倍, 破壊開始点2(559, 616, 244)
- 上端深さ4km, 短周期レベル1.5倍, 破壊開始点3(471, 735, 332)
- 上端深さ3km, 破壊開始点1(627, 623, 318)

和布—干飯崎沖～甲楽城断層

- 上端深さ4km, 短周期レベル1.5倍, 破壊開始点9(466, 450, 335)
- 上端深さ4km, 短周期レベル1.5倍, 破壊開始点10(497, 628, 345)

※凡例の()内の数値は順にNS, EW, UD成分の最大加速度値(cm/s²)

- ・ Shizuo Noda, Kazuhiko Yashiro, Katsuya Takahashi, Masayuki Takemura, Susumu Ohno, Masanobu Tohdo, Takahide Watanabe (2002) : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis, Oct.16-18,Istanbul
- ・ 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, Vol. 110, No.6, pp.849-875
- ・ Yoshihiro Fujii and Mitsuhiro Matsu'ura (2000) : Regional Difference in Scaling laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication, Pure and Applied Geophysics, 157, 2283-2302
- ・ Geller, R.J. (1976) : Scaling relations for earthquake source parameters and magnitudes, Bulletin of the Seismological Society of America, 66, 1501-1523.
- ・ Paul Somerville, Kojiro Irikura, Robert Graves, Sumio Sawada, David Wald, Norman Abrahamson, Yoshinori Iwasaki, Takao Kagawa, Nancy Smith, Akira Kowada (1999) : Characterizing Crustal Earthquake Slip Models for the Prediction of Strong Ground Motion, Seismological Research Letters, Vol.70, pp.59-80
- ・ 香川敬生, 鶴来雅人, 佐藤信光 : 硬質サイトの強震観測記録に見られる高周波低減特性の検討, 土木学会地震工学論文集, 2003
- ・ 壇一男・渡辺基史・佐藤俊明・石井透 (2001) : 断層の非一様すべり破壊モデルから算出される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 545, 51-62.
- ・ 佐藤智美・壇一男・岡崎敦・羽田浩二 (2007) : 若狭湾周辺の地殻内地震の記録を用いたスペクトルインバージョン解析, 日本地震学会講演予稿集, P3-66
- ・ 原子力安全委員会 地震動解析技術等作業会合 (H21年4月23日) 資料1-1

【参考】活断層の念のための同時活動に関する検討

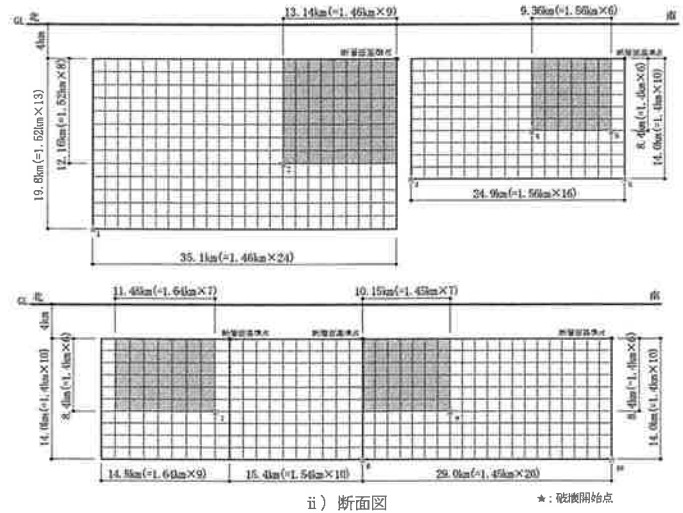
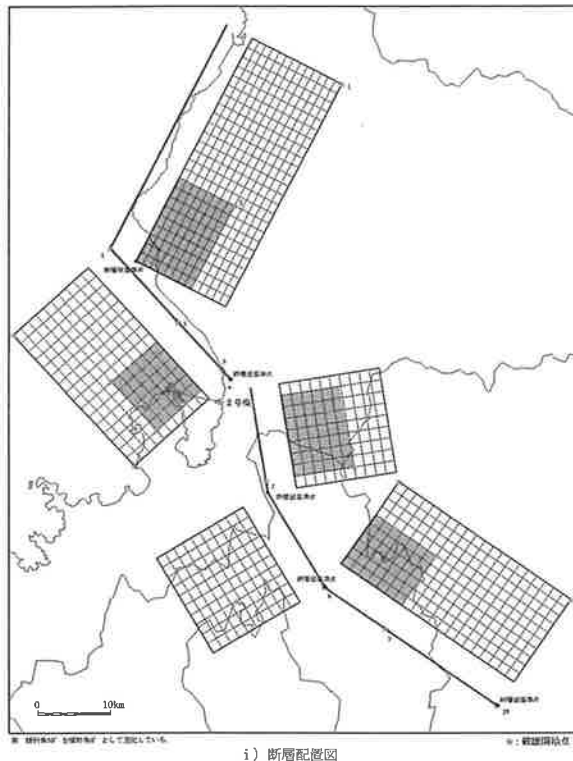
➤和布一干飯崎沖断層・甲楽城断層、柳ヶ瀬断層及び鍛冶屋断層(～関ヶ原断層)については、念のため同時活動を考慮するが、敷地近傍の長大断層であることから、断層面上における破壊の進行方向による影響(破壊伝播効果)を適切に評価するという観点から、断層モデルを用いた手法により基準地震動 S_s の妥当性を確認する。

➤平成21年7月21日に地震調査研究推進本部から公表された「全国地震動予測地図」において示されている「断層モデル作成の基本方針」には、次の様に記されており、詳細な設定方法についてはまだ公開されていない。

長さが概ね80kmを超える断層帯については、レシピに基づいて設定するが、観測された地表変位と整合するように地震モーメントを調整するなど、長大断層のモデル作成を個別検討している。

➤このため、地震調査研究推進本部が従来採用している強震動予測レシピに基づき、断層パラメータを設定して評価した。

■和布一干飯崎沖断層・甲楽城断層、柳ヶ瀬断層及び鍛冶屋断層(～関ヶ原断層)のモデル図



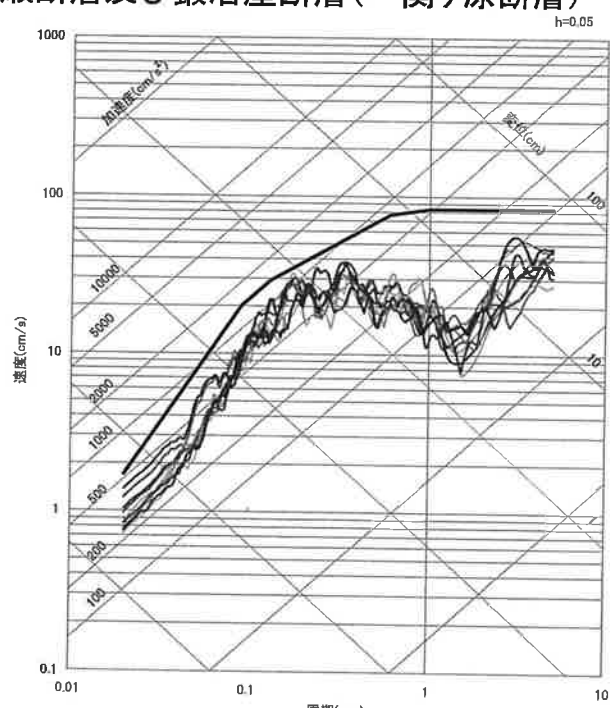
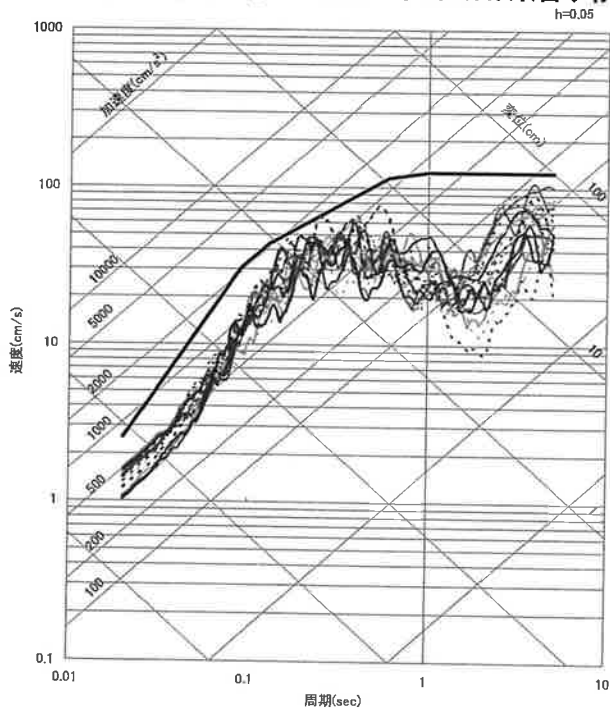
■和布一干飯崎沖断層・甲楽城断層、柳ヶ瀬断層及び鍛冶屋断層(～関ヶ原断層)の断層パラメータ

断層パラメータ	パラメータ					設定方法
	全体	和布-干飯崎沖	甲楽城	柳ヶ瀬	鍛冶屋(～関ヶ原)	
断層長さL(km)	119.2	35.1	24.9	30.2	29.0	断層位置から計算
断層傾斜角(°)	—	45	90	90	90	調査結果に基づき設定
断層上端深さ(km)	—	4	4	4	4	微小地震の発生及び地下構造を参考に設定
断層下端深さ(km)	—	18	18	18	18	
断層幅W(km)	—	19.8	14.0	14.0	14.0	地震発生層と傾斜角から設定
断層面積S(km ²)	1872.38	694.98	348.60	422.80	406.00	断層面より算定
破壊伝播様式	同心円状	←	←	←	←	—
地震モーメントM ₀ (Nm)	1.95 × 10 ²⁰	8.57 × 10 ¹⁹	3.04 × 10 ¹⁹	4.07 × 10 ¹⁹	3.83 × 10 ¹⁹	M ₀ ={S/(4.24 × 10 ⁻¹¹)} ^{2.0}
剛性率(N/m ²)	3.5 × 10 ¹⁰	←	←	←	←	μ = ρ β ² , ρ = 2.7g/cm ³ , β = 3.6km/s
平均すべり量D(cm)	297.6	352.3	249.5	274.8	269.3	D = M ₀ / (μ S)
平均応力降下量Δσ(MPa)	3.1	←	←	←	←	Fujii and Matsu'ura(2000)
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.59	←	←	←	←	Vr = 0.72 β
立ち上がり時間Tr(sec)	2.54	←	←	←	←	Tr = 2.03 × 10 ⁻⁹ M ₀ ^{1/3}
高周波限界断周波数fmax(Hz)	8.3	←	←	←	←	香川他(2003)
短周期レベルA(Nm/s ²)	3.07 × 10 ¹⁹	←	←	←	←	A = 2.46 × 10 ¹⁷ × M ₀ ^{1/3}
Q値	50f ^{1.1}	←	←	←	←	佐藤他(2007)

■和布一干飯崎沖断層・甲楽城断層、柳ヶ瀬断層及び鍛冶屋断層(～関ヶ原断層)の断層パラメータ(つづき)

断層パラメータ		パラメータ					設定方法
		全体	和布-干飯崎沖	甲楽城	柳ヶ瀬	鍛冶屋(～関ヶ原)	
全アスベリテイ	面積 S_a (km ²)	411.92	152.90	76.69	93.02	89.32	$S_a = \gamma_{asp} \times S$ $\gamma_{asp} = 0.22$
	平均すべり量 D_a (cm)	598.3	708.1	501.5	552.3	541.2	$D_a = \gamma_D D$, $\gamma_D = 2.01$
	地震モーメント M_{0a} (Nm)	8.62×10^{19}	3.79×10^{19}	1.35×10^{19}	1.80×10^{19}	1.69×10^{19}	$M_{0a} = \mu S_a D_a$
	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	14.1	←	←	←	←	$\Delta \sigma_a = (S/S_a) \Delta \sigma$
背景領域	面積 S_b (km ²)	1460.46	542.08	271.91	329.78	316.68	$S_b = S - S_a$
	平均すべり量 D_b (cm)	212.9	251.9	178.4	196.5	192.6	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
	地震モーメント M_{0b} (Nm)	1.09×10^{20}	4.78×10^{19}	1.70×10^{19}	2.27×10^{19}	2.13×10^{19}	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	実効応力 σ_b (MPa)	2.8	←	←	←	←	$\sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$

■和布一干飯崎沖断層・甲楽城断層、柳ヶ瀬断層及び鍛冶屋断層(～関ヶ原断層)



水平(NSは実線、EWは点線)
 — 破壊開始点1 — 破壊開始点2 — 破壊開始点3 — 破壊開始点4
 — 破壊開始点5 — 破壊開始点6 — 破壊開始点7 — 破壊開始点8
 — 破壊開始点9 — 破壊開始点10 — 基準地震動 S_s-D_H

鉛直
 — 破壊開始点1 — 破壊開始点2 — 破壊開始点3 — 破壊開始点4
 — 破壊開始点5 — 破壊開始点6 — 破壊開始点7 — 破壊開始点8
 — 破壊開始点9 — 破壊開始点10 — 基準地震動 S_s-D_V

活断層の念のための同時活動に関する検討の結果、基準地震動 S_s の妥当性を確認した。