

12月4日判決の焦点

地震動審査ガイドに従って

地震規模の「ばらつき」

と

地震動評価の「不確かさ」

両方を考慮せよ

2020.11.15 学習討論会

小山 英之

(原告団共同代表)

第1部

■若干の経緯

- ・ 2012.6.12 提訴
- ・ 2015.9.11 原告準(12)で「追加主張」としてはじめてばらつき問題を定式化。
- ・ 国の初反論2015.12.21第11準。
- ★2018.9.10 裁判長が法廷で「国の解釈を裏付ける文献を提出せよ」と要求。しかし国はその後提出せず、今回(8月31日)の第34準備書面で、提出できなかったことを告白。
- ★2020年1月30日進行協議での裁判長の指摘
原告のように少なくとも「ばらつき」・標準偏差を考慮すべき。
- ・ 裁判長指摘により国が第33準備書面提出(4/24、5.12日付)
不本意にも標準偏差を考慮、しかし現行の「不確かさ」をはずした。
- ・ 2020年6月2日 原告が準備書面(37)と小山陳述書提出
- ・ 8月31日被告第34準(9.16日付)、9月11日原告準(38)
- ・ 9月16日結審、12月4日判決

地震動審査ガイドと裁判長の指摘「ばらつきを考慮せよ」

地震動審査ガイド 1.3.2.3 震源特性パラメータの設定 (2)

- ①震源モデルの長さ又は面積、あるいは1回の活動による変位量と地震規模を関連づける経験式を用いて地震規模を設定する場合には、経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する。
- ②その際、**経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、経験式が有するばらつきも考慮されている必要がある。**

(地震規模は p.16、適用範囲は p.18、第2文は p.22, p.23参照)

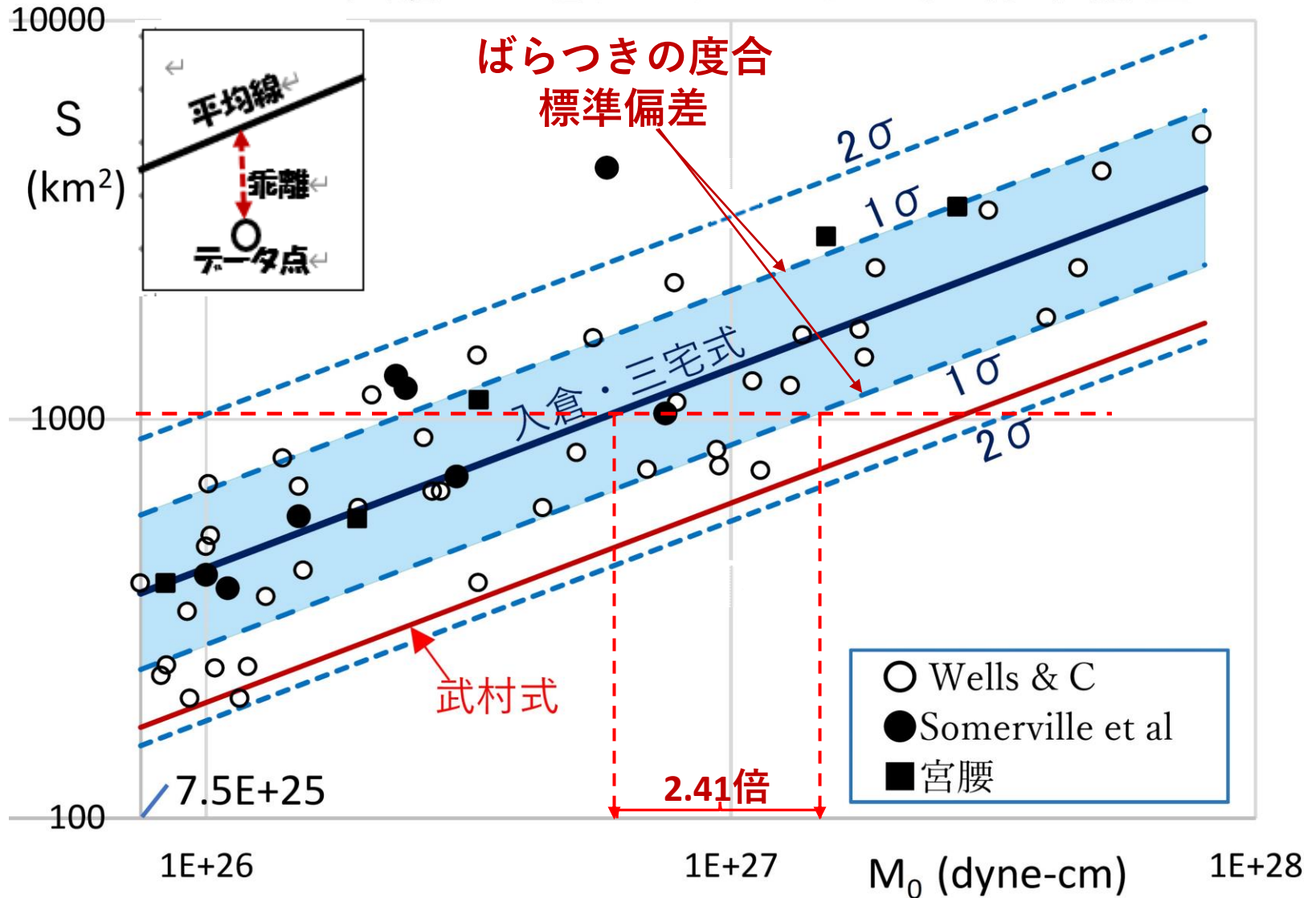
■今年1月30日進行協議での裁判長の指摘

- ・2010年原子力安全委の「安全審査の手引き」には第1文はあるが第2文はなく新規制基準で新たに付加されたもの。この意味・意義を考えよ。
- ・原告準備書面(32) (2019.6.18)の主張のように、**少なくとも標準偏差を考慮しても、設置許可基準規則4条3項を満たすことを被告は示すべきだ。**

設置許可基準規則第4条3項(地震による損傷の防止)

耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力(以下「基準地震動による地震力」という。)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

入倉・三宅データセット: 式と標準偏差



乖離の総和 = 0; 標準偏差 $\sigma = \sqrt{\text{乖離の2乗平均}}$

不確かさの考慮

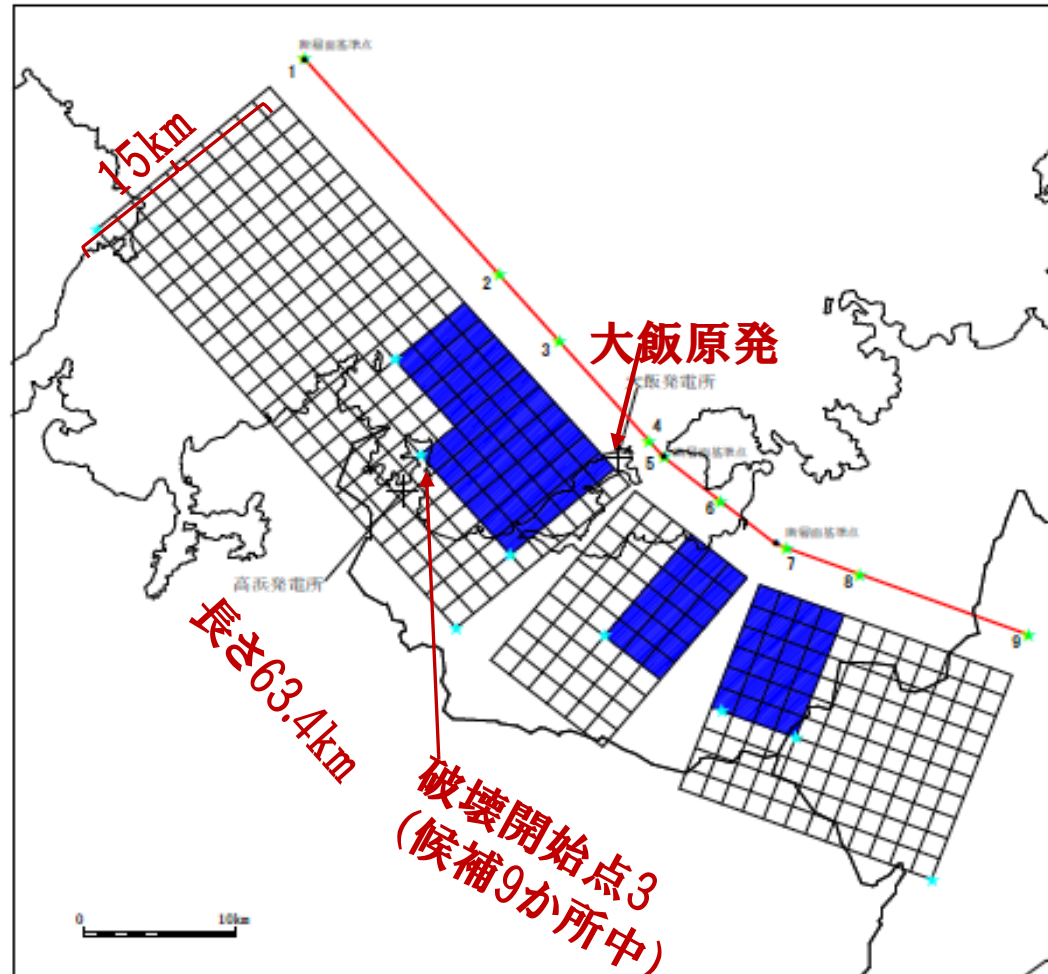
FO-A～FO-B～熊川断層において考慮している地震動評価ケース

考慮した不確かさ	短周期の地震動レベル	断層傾斜角	すべり角	破壊伝播速度 V_r	アスペリティ配置	破壊開始点	断層面積
基本ケース	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所	951
短周期の地震動レベル (新潟県中越沖地震の知見を反映)	レスピ平均×1.5倍	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所	951
断層傾斜角	レスピ平均	75°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所	1003
すべり角	レスピ平均	90°	30°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所	951
破壊伝播速度 V_r	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.87\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所	951
アスペリティ配置	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	②敷地近傍に一塊(正方形)	5箇所	951
	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	③敷地近傍に一塊(長方形)	5箇所	951

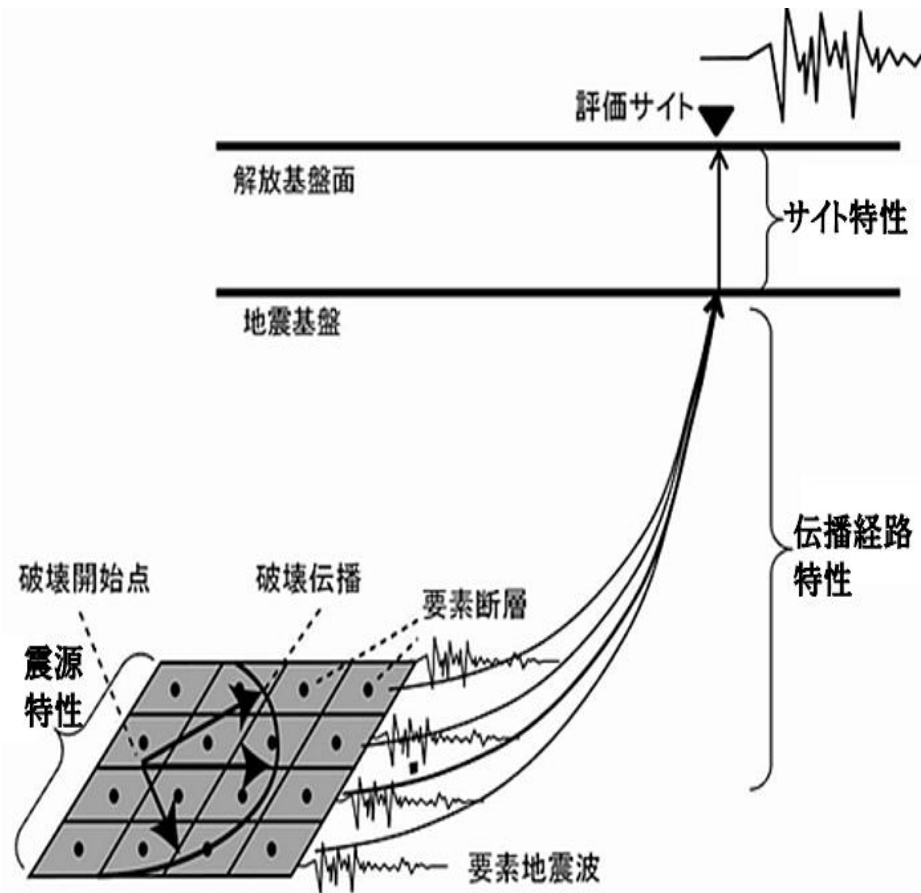
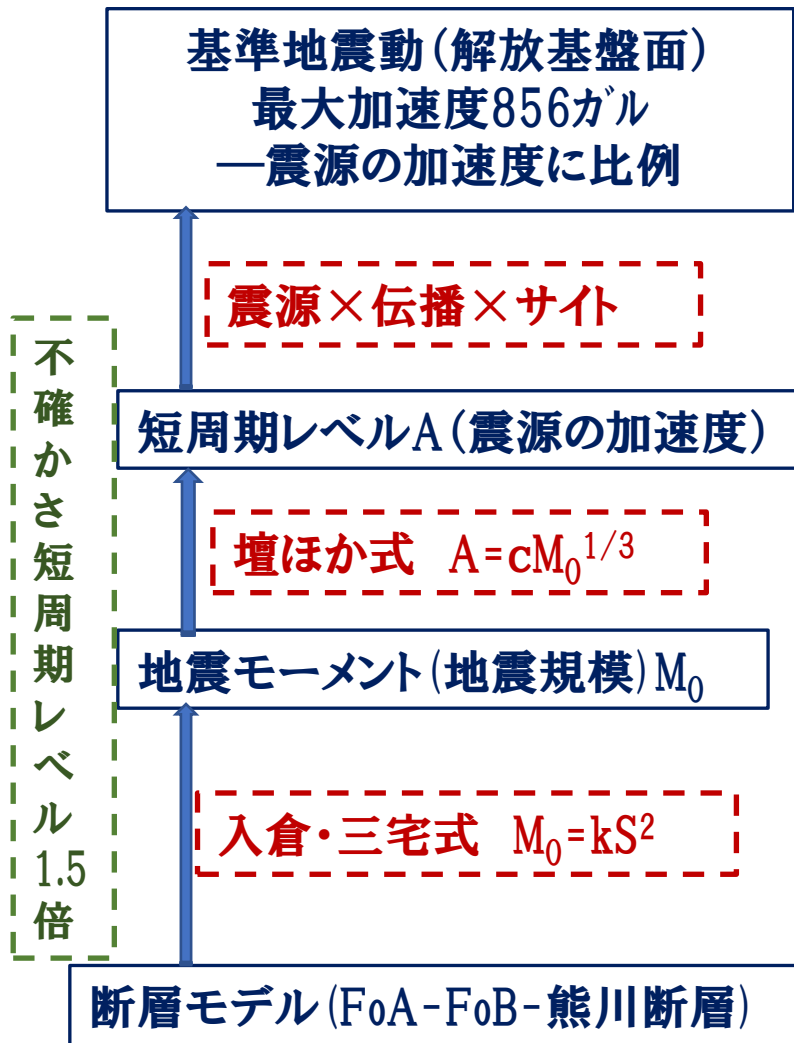
: 不確かさを独立して考慮するパラメータ
 : 不確かさを重畳して考慮するパラメータ

大飯原発の地震動予測 のための断層モデル

F₀-B~F₀-A~熊川断層 のモデル図 (基本ケース、傾斜角90度)



大飯3・4号 現行の基準地震動—耐震設計の基準となる地震動



断層モデルを用いた地震動評価のイメージ図

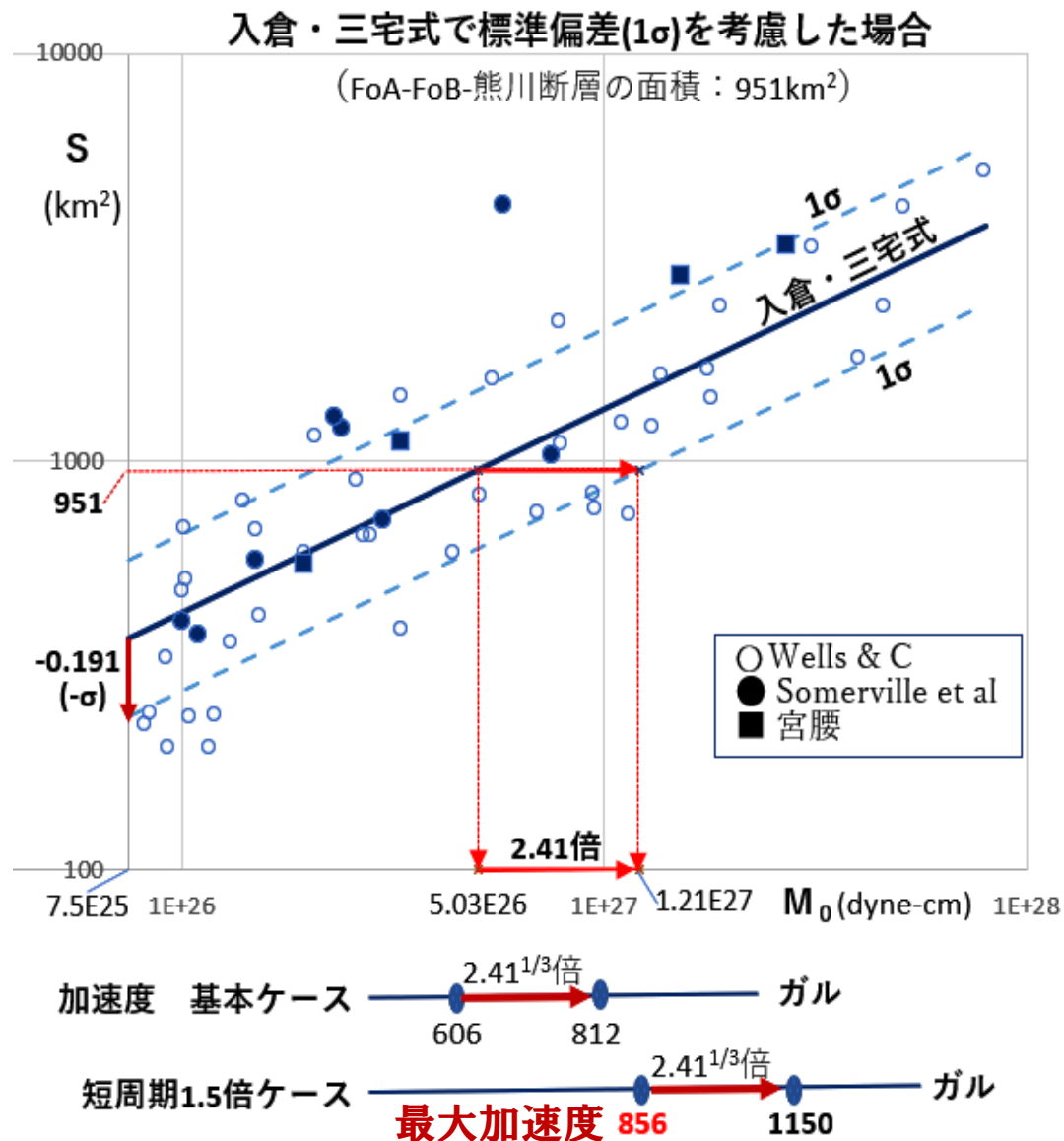
■被告は原告の手法を認めたが、適用対象を基本ケースに限定

標準偏差 $\sigma = 0.191$ を考慮すると、

- ・地震規模は $10^{2\sigma} = 2.41$ 倍に。
- ・加速度は短周期レベルに比例するが、短周期レベルは壇ほかの式により $M_0^{1/3}$ に比例するので、 M_0 が2.41倍になると $2.41^{1/3} = 1.34$ 倍になる。
- ・もし 2σ を考慮すると、加速度はさらに1.34倍になる。

◆被告はこれまでの「ばらつき」考慮不要との主張に反して、屈辱的にも上記の標準偏差計算法を認めた。

★対立点：その手続きをとる対象を、基本ケースにとるか、不確かさを考慮したケース(短周期1.5倍ケース)にとるかにある。

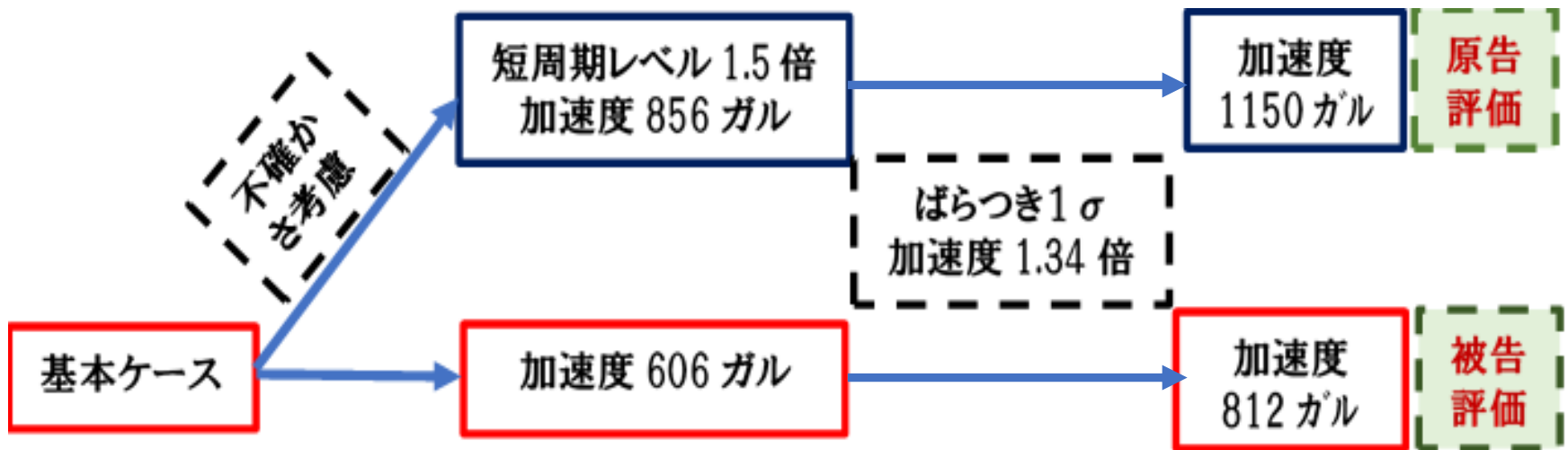


概要

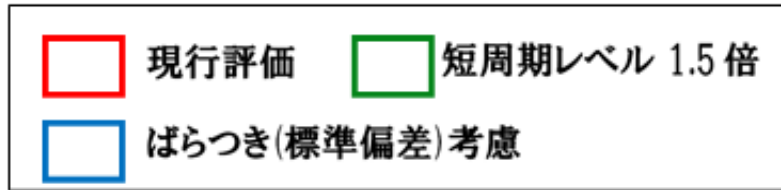
現行での「不確かさ」考慮に加えて、審査ガイドの通りに地震規模の「ばらつき」を考慮すれば、現行856ガルが1150ガルとなる。

⇒基準規則4条3項(地震による損傷の防止)の確認なし。

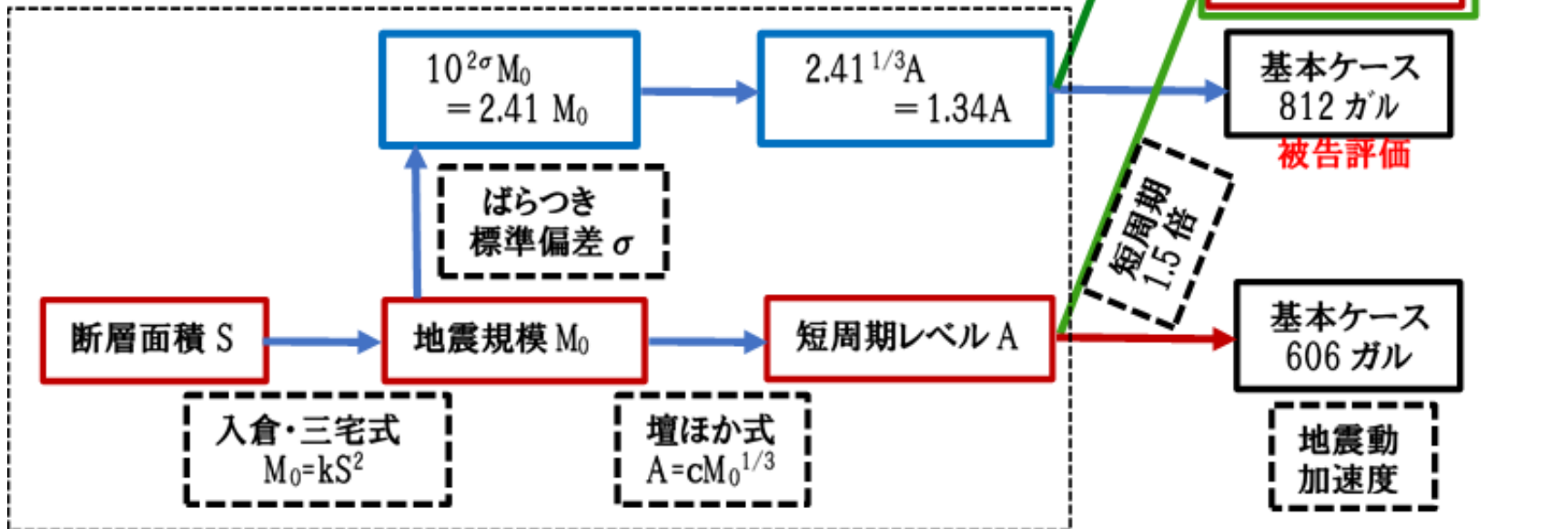
⇔被告:不確かさの考慮をはずして812ガルとする。



現行評価とばらつき効果に関する原告と被告の評価



震源パラメータ



ばらつきと不確かさを同時に扱うべきだ

◆「ばらつき」

- ・ 審査ガイドの I .3.2.3(2)「震源特性パラメータの設定」の第2文として新たに追加。
- ・ 「ばらつき」は、各地震の震源における客観的な個性に由来し、平均式とその基データ点との乖離の度合い、端的には標準偏差で表される。

◆短周期 1.5 倍の「不確かさ」

- ・ 「不確かさ」は審査ガイドの主に I .3.3.3という別項目で規定。震源モデルの不確かさの中に地震規模 M_0 のばらつきは入っていない（p.21参照）。

1) 震源モデルの不確かさ（震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等の不確かさ、並びにそれらに係る考え方、解釈の違いによる不確かさ）

- ・ 短周期 1.5 倍ケースは、2007年7月16日の新潟県中越沖地震で起こった短周期加速度の増幅効果を考慮したもの。

★これら「ばらつき」と短周期 1.5 倍の「不確かさ」は、矛盾するとか背反的だとかの関係にはない。同時に扱って加速度1150ガルでの安全性を確認すべきだが、それはなされていない—裁判長要求の基準規則 4 条 3 項に違反。

第2部 判決を踏まえて

「ばらつき」考慮の普遍的意義

- 原子力規制委員会に、ガイドに従ってすべての原発について、「ばらつき」を考慮して評価をやり直すよう求めよう。
- すべての原発について、実際に「ばらつき」を考慮して地震動の見直しを行うよう、声を広げよう
- ◆大飯原発をはじめ、関電の原発の地震評価見直しを求めよう
 - 大飯3・4号の耐震性を少なくとも1150ガルで見直すこと。
 - 老朽美浜3号の運転再開を中止し、地震動の見直しを行うこと。
 - 高浜原発の地震動評価について見直しを行うこと。
- ◆玄海原発の3月12日判決で「ばらつき」の考慮を勝ちとろう
- ★地震評価の見直しを自治体等に働きかけよう

■老朽美浜3号炉に対するC断層の効果

- ・40年越えの美浜3号を来年1月にも再稼働画策。
- ・ほぼ直下にあるC断層が大きな問題に

	美浜 C	大飯 FoA-FoB-K
断層面積km ²	356	951
地震規模Nm	7.0E18	5.0E19
加速度gal	993	856
標準偏差 考慮gal	1330	1150

(注：7.0E18=7.0×10¹⁸)



(注)敷地から半径約30kmの範囲の主な断層について图示している。

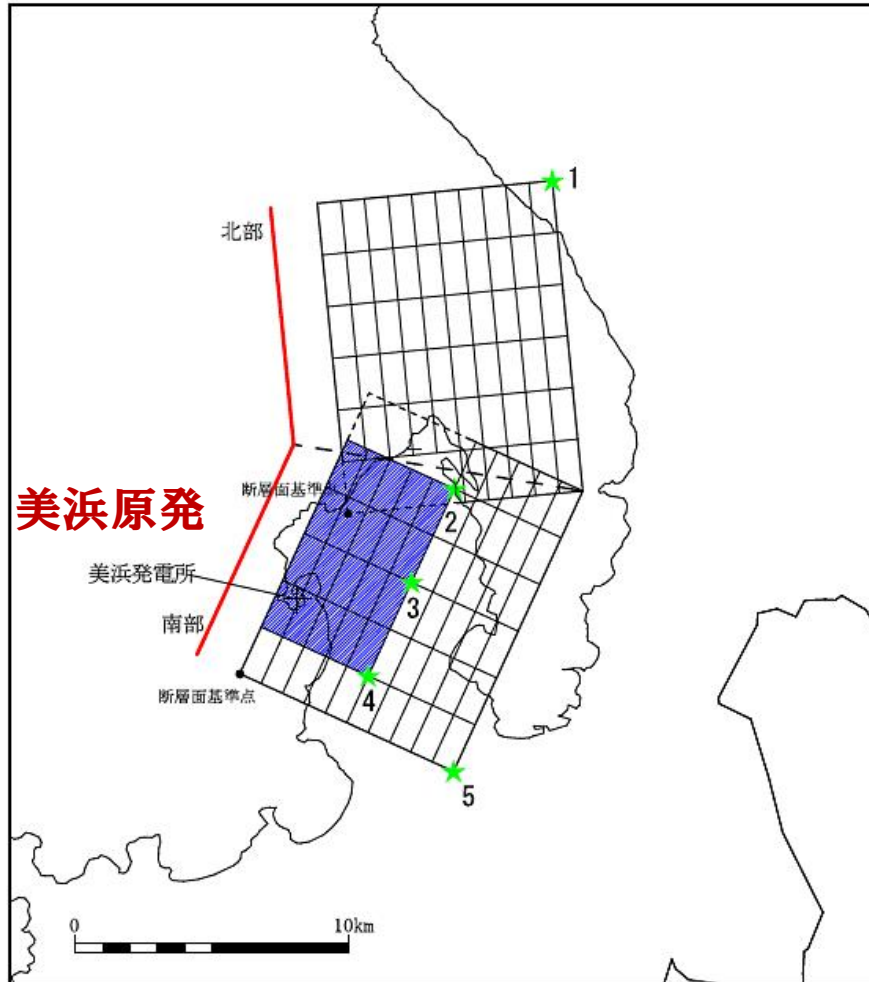
★C断層はなぜ小さな断層面積・地震規模から原発に大きな加速度を与えるのか？

美浜原発 C断層

■C断層のモデル図

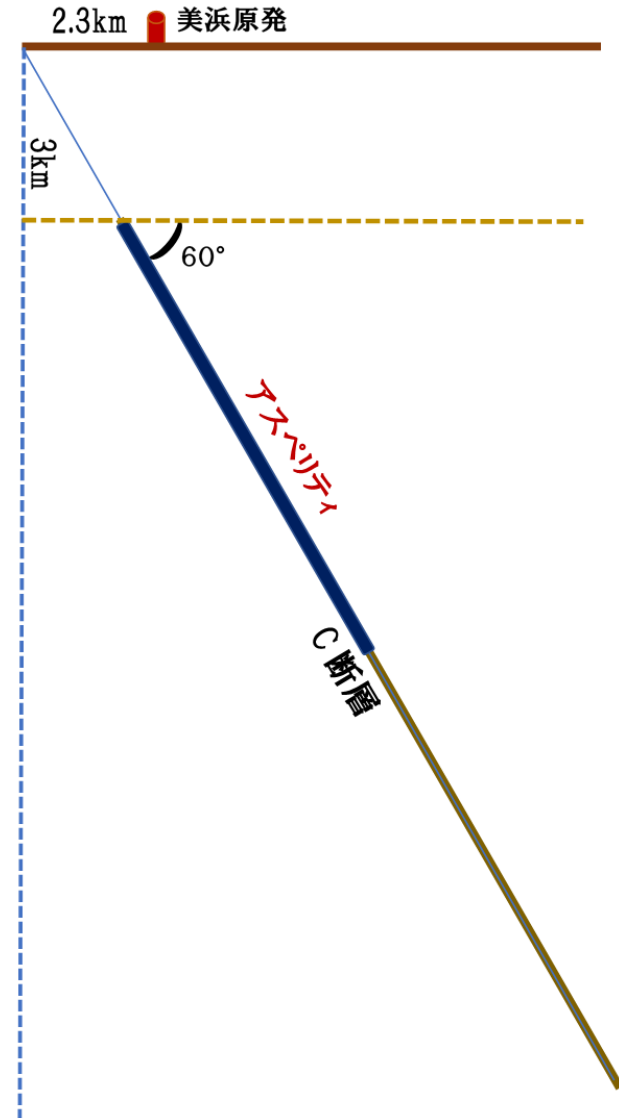
(基本ケース、短周期の地震動1.5倍ケース)

(関西電力 2015.8.21 資料2-1)



★：破壊開始点

断層配置図



★地表面のずれは、断層面の延長線上の外でも起こり得る

◆断層が地表面に及ぼすずれには相当な幅がある (島崎氏・科学2018年5月)。 p.0488

「熊本地震では主断層帯から10kmの範囲まで、顕著な地表変状が広い範囲で出現した。このような状況は、原発の規制基準や審査ガイドの策定前には知られていなかった。新知見にもとづく議論を始めるべきではないだろうか。」

「結びに

熊本地震では、震源断層から10kmも離れた地域まで顕著な断層が多数生じた。

活断層周辺に建設された原子力関連施設への影響を見直す必要があるのではないか。」

補足

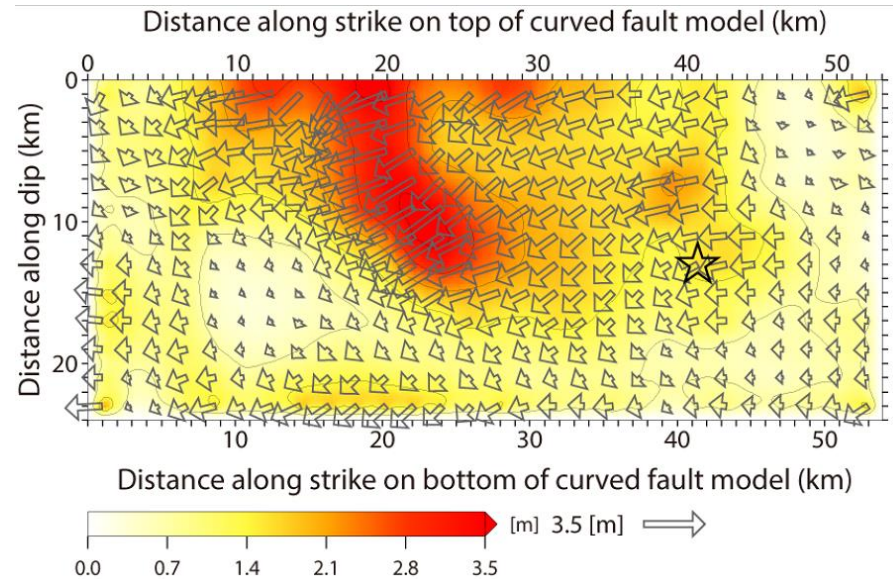
補足 1 地震規模(地震モーメント) M_0 とは

例：熊本地震本震

久保他（8月9日）

・地震モーメント：
 $M_0 = 5.3 \times 10^{19} \text{Nm}$

・断層面積：
 $S = LW = 1344 \text{km}^2$



◆ M_0 の定義式

地震規模(M_0) = 剛性率(μ) × 平均すべり量(D) × 断層面積(S)

= 剛性率 × すべり量の総和 × 要素断層面積

★地震規模の本質はすべり量の総和である。

◆他方、経験式としての入倉・三宅式 $M_0 = \text{定数} \times S^2$

補足2 地震規模に関する2種類の過小評価

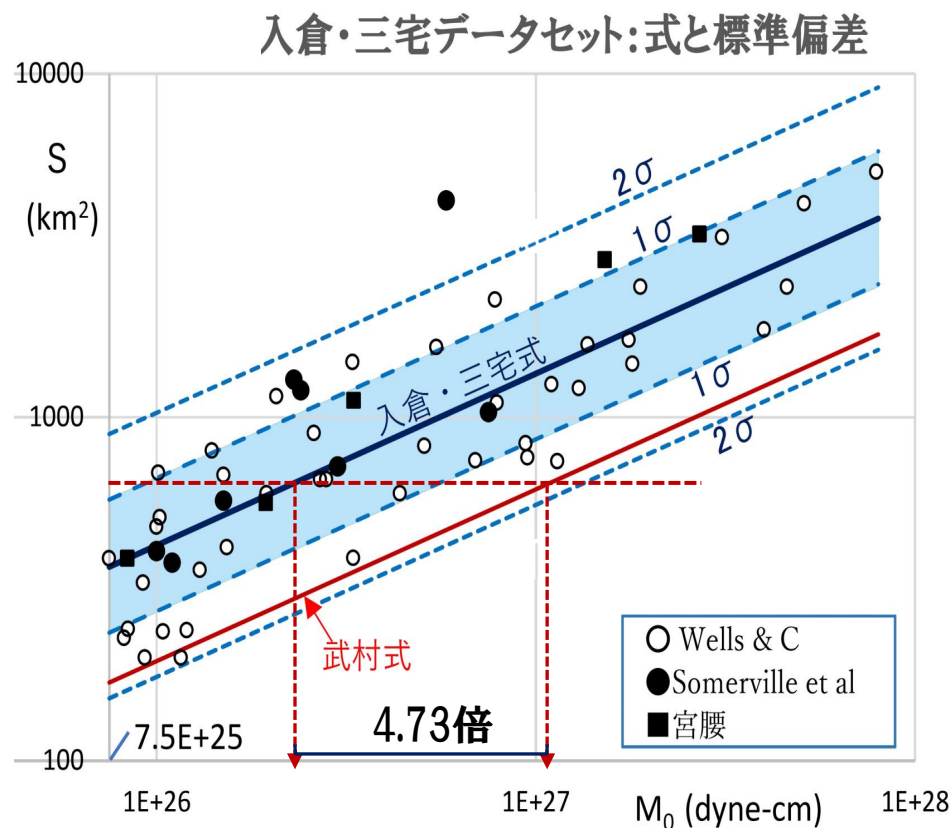
1. 入倉・三宅式が有する「ばらつき」の無視

入倉・三宅式は過去の地震データの平均値であり、「ばらつき」が考慮されていないがゆえの過小評価

---こちらに焦点

2. 入倉・三宅式自体の過小評価

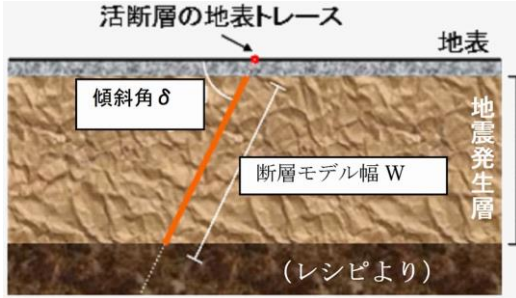
- 入倉・三宅式の基になった53個のデータ中、日本の地震は4個。
- 日本の地震だけから作られた武村式では地震規模は4.73倍に。



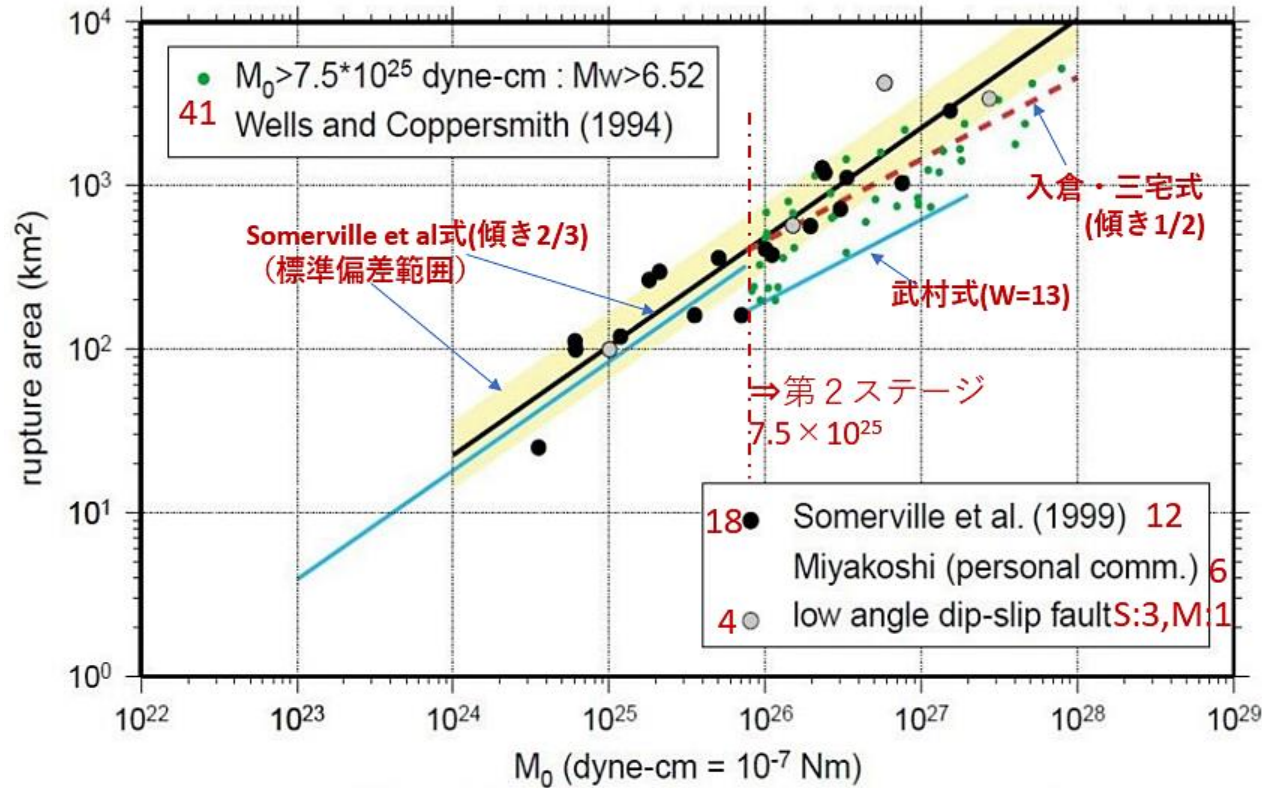
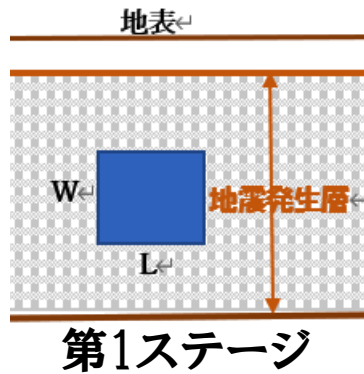
補足3

◆入倉・三宅式——適用範囲は第2ステージ

地震発生層



地震発生層



- This study $W_{max}=20\text{km}$
- Somerville et al. (1999)
- Takemura (1998) $W_{max}=13\text{km}$

特定の活断層を想定した強震動の予測手法
— 強震動予測のレシビ
入倉孝次郎・三宅弘恵・岩田知孝
(京都大学防災研究所)
釜江克宏(京都大学原子炉実験所)
宮藤 研・香川敏生(地域地盤環境研究所)

補足4

基準地震動の策定

大飯発電所 地震動評価について(基準地震動の選定)平成26(2014)年12月12日 関電

39

■基準地震動の最大加速度

(cm/s²)

基準地震動		NS方向	EW方向	UD方向
Ss-1	設計用模擬地震波	700		468
Ss-2	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点1)	690	776	583
Ss-3	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点2)	496	826	383
Ss-4	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点3)	546	856	518
Ss-5	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点4)	511	653	451
Ss-6	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点5)	660	578	450
Ss-7	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点8)	442	745	373
Ss-8	FO-A~FO-B~熊川断層(傾斜角75° ケース・破壊開始点1)	434	555	349
Ss-9	FO-A~FO-B~熊川断層(すべり角30° ケース・破壊開始点3)	489	595	291
Ss-10	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点1)	511	762	361
Ss-11	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点3)	658	727	469
Ss-12	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点4)	495	546	334
Ss-13	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点5)	744	694	380
Ss-14	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点6)	723	630	613
Ss-15	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点7)	685	728	430
Ss-16	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点8)	677	753	391
Ss-17	FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点9)	594	607	436
Ss-18	2000年鳥取県西部地震・賀祥ダムの記録	528	531	485
Ss-19	2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動	620		320

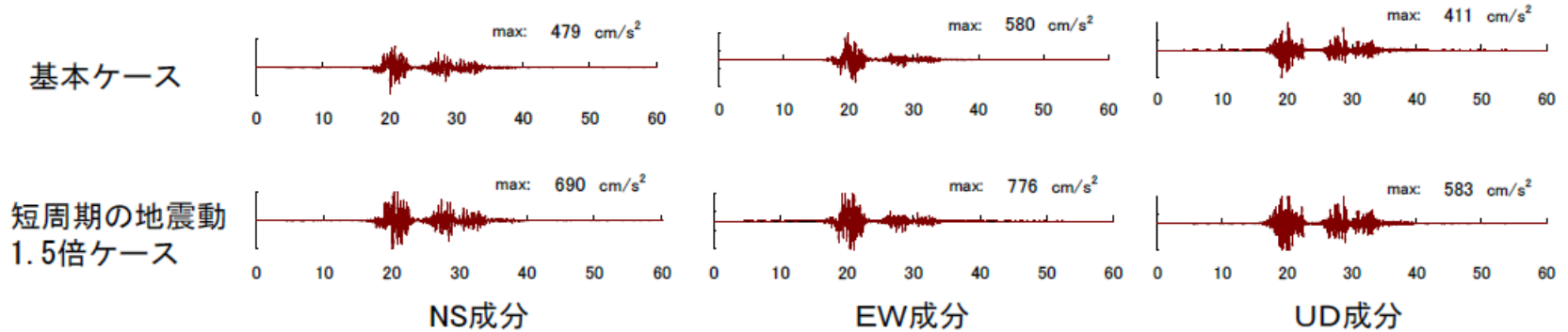
補足5

①短周期の地震動レベル1.5倍について(計算結果 例)

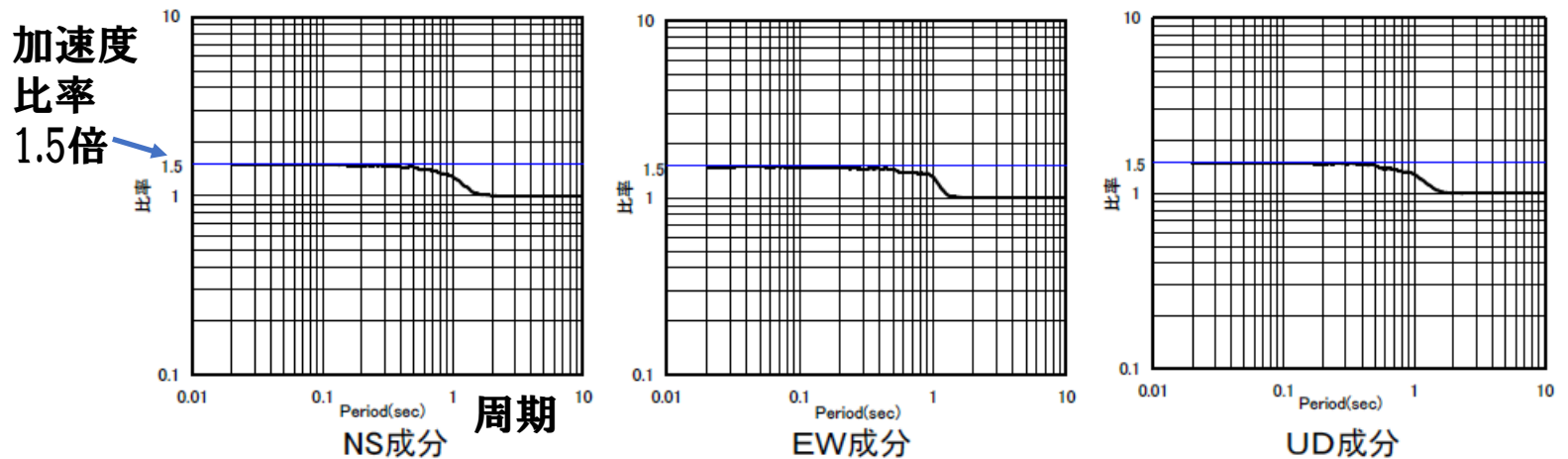
31

■ FO-A～FO-B～熊川断層・破壊開始点①のケースを例に、大飯発電所での地震動評価結果を比較する。
⇒フーリエスペクトルで、短周期側で1.5倍、長周期側で1.0倍となっている。

【加速度波形】



【フーリエスペクトル比（短周期の地震動1.5倍ケース／基本ケース）】

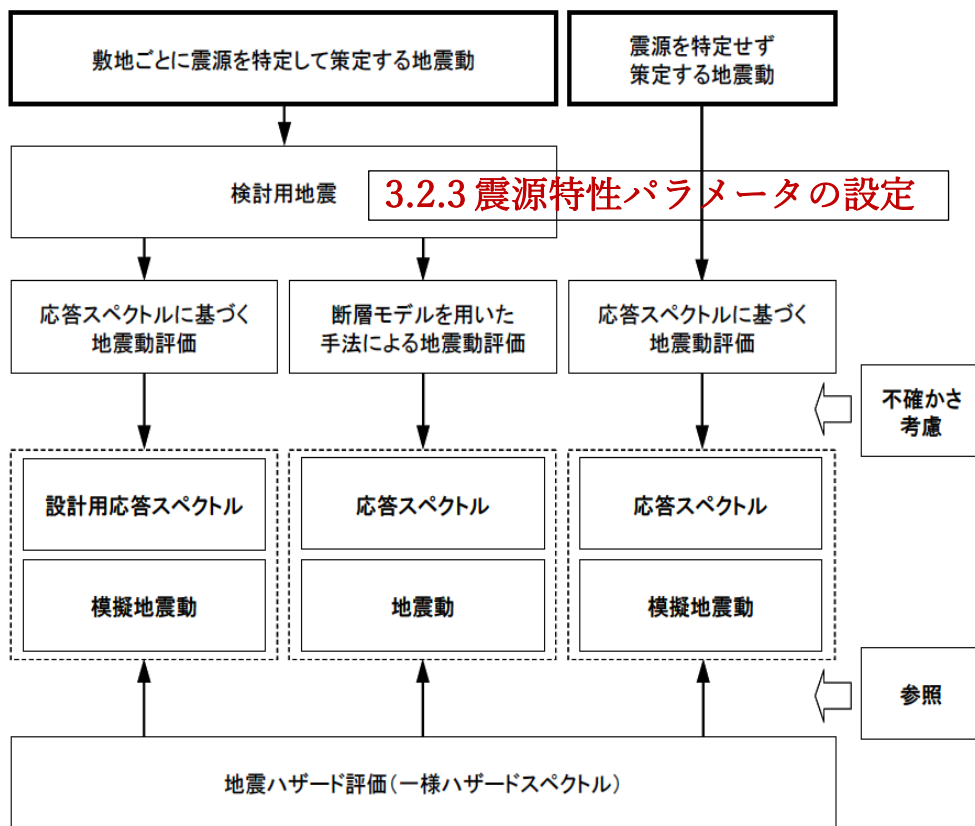


補足 6

ガイド 1. 総則 1.1 目的

本ガイドは、発電用軽水型原子炉施設の設置許可段階の耐震設計方針に関わる審査において、審査官等が実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する**規則**並びに実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する**規則の解釈**の趣旨を十分踏まえ、**基準地震動の妥当性を厳格に確認するために活用することを目的とする。**

【基準地震動策定フロー】



- 3. 敷地ごとに震源を設定する地震動
- 3.2. 検討用地震の選定
 - 3.2.1. 地震の分類
 - 3.2.2. 震源として想定する断層の形状等の評価
 - 3.2.3. 震源特性パラメータの設定
- 3.3. 地震動評価
 - 3.3.2. 断層モデルを用いた手法による地震動評価
 - 3.3.3. 不確かさの考慮

図-1 基準地震動の策定に係る審査フロー

(補足7) 地震動審査ガイド I .3.2.3(2)第2文が 「ばらつき」で確定するまでの経緯

- 1) 2012年1月30日の原子力安全委員会による「安全審査の手引き（改定案）」（乙232）で第2文が、「その際、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、その**不確かさ（ばらつき）**も考慮する必要がある」との表現で、初めて入った。
 - 2) 2012年3月14日の地震・津波関連指針等検討小委員会での資料（乙122）の別紙2に引き継がれ、同じく「**不確かさ（ばらつき）**」となっている。
 - 3) 2013年6月6日の「発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる規制基準に関する検討チーム」の最終回（第13回会合）では、「その際、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、**その不確かさも考慮**されている必要がある」と書かれていた（乙234、3頁3.2.3(2)）。
 - 4) 2013年6月19日の原子力規制委員会で、現在の表現「**経験式が有するばらつき**」に改められて決定されている。
- ★なぜ検討チーム終了後に改訂されパブコメにかけられて6月19日に決定されたのか、誰が改訂したのか、規制庁に文書で質問したが「分からない」との回答だった。

(補足8) 玄海訴訟で国は、法規やその解釈では「ばらつき」の考慮が要求されていないのに、審査段階のガイドで要求するはずはないと強調。しかし他面、規制委は下記の見解を出している（2017.11.8改訂段階では下記の記述はなく、2018.12.19改訂で初めて登場）。

「ばらつき」に関する原子力規制委員会の考え方

「实用発電用原子炉に係る新規制基準の考え方について【改訂版】」
(2018.12.19) (乙147) 294頁

(下記の①、②は上記の審査ガイド1.3.2.3(2)に関する①、②に相当)

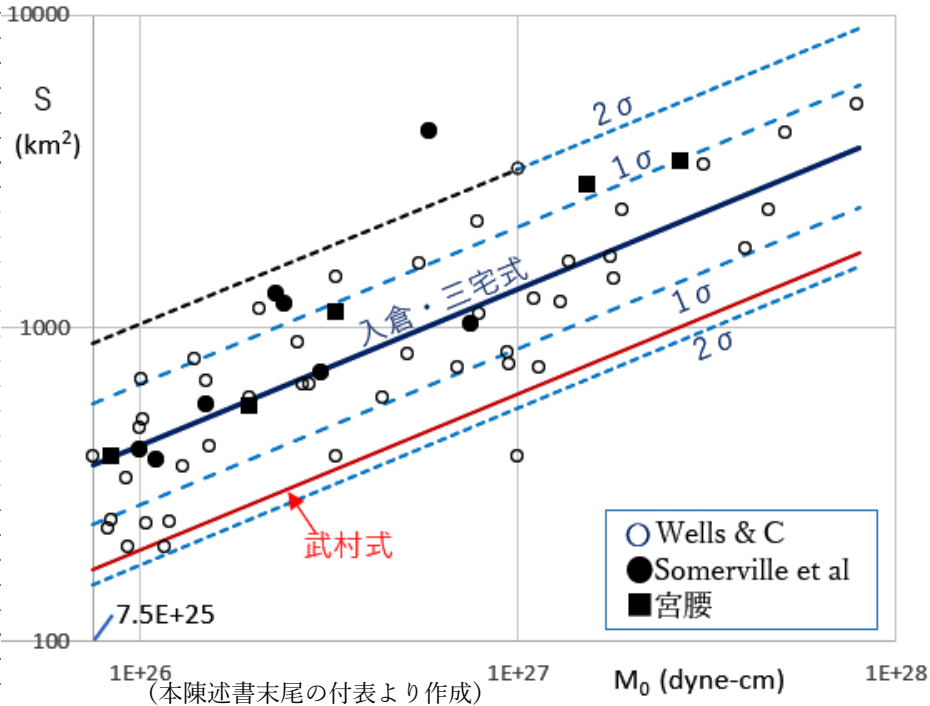
「そして、上記②の規定は、経験式を用いて地震規模を設定する場合の当該経験式の適用範囲を確認する際の留意点として、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、当該経験式の適用範囲を単に確認するのみではなく、より慎重に、当該経験式の前提とされた観測データとの間の乖離の度合いまでを踏まえる必要があることを意味しているものである。つまり、上記②の規定の『経験式が有するばらつき』とは、当該経験式とその前提とされた観測データとの間の乖離の度合いのことである」（下線は引用者）。

付表：入倉・三宅データセット

補足9

入倉・三宅データセット：式と標準偏差

著者	番号	国	地震	日付	M ₀ (dyne-cm)	S(km ²)	L(km)	W(km)
W&C	219	Australia	Tennant Creek	01/22/1988	8.2E+25	228	19	12
W&C	120	China	Songpan, Huya	08/23/1976	8.4E+25	242	22	11
W&C	216	USA, CA	Superstition Hills	11/24/1987	9.2E+25	330	30	11
W&C	74	Australia	Meckering	10/14/1968	9.3E+25	200	20	10
W&C	160	Greece	Corinth	02/24/1981	1E+26	480	30	16
W&C	158	China	Daofu	01/23/1981	1.01E+26	690	46	15
W&C	191	Canada	Nahanni	10/05/1985	1.02E+26	512	32	16
W&C	86	USA, CA	San Fernando	02/09/1971	1.04E+26	238	17	14
W&C	241	USA, CA	Big Bear	06/28/1992	1.16E+26	200	20	10
W&C	75	USA, Alaska	Rampart	10/29/1968	1.2E+26	240	30	8
W&C	117	China	Songpan, Huya	08/16/1976	1.3E+26	360	30	12
W&C	175	Turkey	Pasinier	10/30/1983	1.4E+26	800	50	16
W&C	193	Canada	Nahanni	12/23/1985	1.5E+26	680	40	17
W&C	225	USSR	Armenia	12/07/1988	1.53E+26	418	38	11
W&C	113	USSR	Uzbekistan	04/08/1976	1.95E+26	600	30	20
W&C	115	USSR	Uzbekistan	05/17/1976	2.07E+26	1152	48	24
W&C	157	Italy	South Apennines	11/23/1980	2.6E+26	900	60	15
W&C	26	USA, CA	Imperial Valley	05/19/1940	2.7E+26	660	60	11
W&C	174	USA, Idaho	Borah Peak	10/28/1983	2.8E+26	660	33	20
W&C	139	Yugoslavia	Montenegro	04/15/1979	3.29E+26	1450	50	29
W&C	34	Japan	Fukui	06/28/1948	3.3E+26	390	30	13
W&C	102	USSR	Tadzhikistan	08/11/1974	4.38E+26	600	30	20
W&C	156	Algeria	El Asnam	10/10/1980	5.08E+26	825	55	15
W&C	221	China	Lancang -Gengma	11/06/1988	5.47E+26	1600	80	20
W&C	187	New Guinea	New Britan	05/10/1985	6.93E+26	750	50	15
W&C	73	Iran	Dasht-e-Bayaz	08/31/1968	7.8E+26	2200	110	20
W&C	188	New Guinea	New Ireland	07/03/1985	7.9E+26	1104	48	23
W&C	32	Peru	Ancash	11/10/1946	9.4E+26	840	28	30
W&C	54	USA, MT	Hebgen Lake	08/18/1959	9.5E+26	765	45	17
W&C	206	Taiwan	Hualien	11/14/1986	1.1E+27	1248	48	26
W&C	240	USA, CA	Landers	06/28/1992	1.14E+27	744	62	12
W&C	42	USA, CA	Kem County	07/21/1952	1.3E+27	1216	64	19
W&C	135	Iran	Tabas-e-Golshan	09/16/1978	1.37E+27	1628	74	22
W&C	116	China	Tangshan	07/27/1976	1.76E+27	1680	70	24
W&C	96	China	Luhuo	02/06/1973	1.8E+27	1430	110	13
W&C	127	Argentina	Gaucete	11/23/1977	1.89E+27	2400	80	30
W&C	112	Guatemala	Motagua	02/04/1976	3.1E+27	3341	257	13
W&C	91	USA, Alaska	Sitka	07/30/1972	4E+27	1800	180	10
W&C	233	Philippines	Luzon	07/16/1990	4.6E+27	2400	120	20
W&C	53	USA, Alaska	Lituya Bay	07/10/1958	5.1E+27	4200	350	12
W&C	7	USA, CA	San Francisco	04/18/1906	7.9E+27	5184	432	12
Somerville	s1	USA, California	Landers	06/28/1992	7.5E+26	1035	69	15
Somerville	s2	Iran	Tabas	09/16/1978	5.8E+26	4275	95	45
Somerville	s3	USA, California	Loma Prieta	10/17/1989	3E+26	720	40	18
Somerville	s4	Japan	Kobe	01/17/1995	2.4E+26	1200	60	20
Somerville	s5	USA, Idaho	Borah Peak	10/28/1938	2.3E+26	1287	48.75	26.4
Somerville	s6	Canada	Nahanni, N.W.T.	12/23/1985	1.5E+26	572	34.67	16.49
Somerville	s7	USA, California	Northridge	01/17/1994	1.1E+26	378	18	21
Somerville	s8	Canada	Nahanni, N.W.T.	10/05/1985	1E+26	408	29.33	13.92
宮腰		Japan	?	?	1.94E+26	564	27	20.9
宮腰		Japan	?	?	3.31E+26	1119	56	20
宮腰		Turkey	Kocaeli	1999	1.52E+27	2867	123	23.3
宮腰		Taiwan	Chi-Chi	1999	2.70E+27	3404	79	43.1



◆甲165の表をベースにして、断層長さLと断層幅Wのデータを次のように付加した。

- ・ W & C : Wells and Coppersmith(1994)のTable 1から該当データをピックアップした。
- ・ Somerville : Somerville et al(1999)のTable 3のデータを用いた。
- ・ 宮腰 : 入倉・三宅(2001)の図3よりL、図5よりWの数値を読みとった。