

大飯発電所の地震動の試算結果について

平成28年7月13日
原子力規制庁

1. 経緯

島崎前委員長代理と田中委員長及び石渡委員との面会について、第16回原子力規制委員会（平成28年6月20日）で報告した。

その際、大飯発電所の審査にあたっていた島崎前委員長代理からの指摘であるため、大飯発電所の地震動について、入倉・三宅式とは別の式で計算する（例えば、周期0.02秒の最大加速度だけでもよい）よう指示があった。

2. 試算方法について

F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層を対象に、以下の方法で試算した。

○地震調査研究推進本部による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」の震源特性パラメータ設定方法（別紙1）を基にした関西電力の手法を用いてパラメータを設定する。

○評価ケースは、関西電力が実施した地震動評価ケース（別紙2）の「基本ケース」において、地震モーメント（ M_0 ）の算定を武村式に置き換え、断層長さ（ L ）から地震モーメント（ M_0 ）を算定することとし、破壊開始点は、関西電力が設定している9箇所のうち影響が大きいと考えられる破壊開始点3とする。

○これらに基づく震源断層モデルと主要パラメータについては、別紙3のとおり。

○関西電力の計算方法は、統計的グリーン関数法（短周期側）と理論計算（長周期側）を組み合わせたハイブリット合成法であるが、今回は試算であることから統計的グリーン関数法（周期0.02秒～1秒）で実施した（なお、大飯発電所の主要機器・設備の固有周期は1秒未満）。

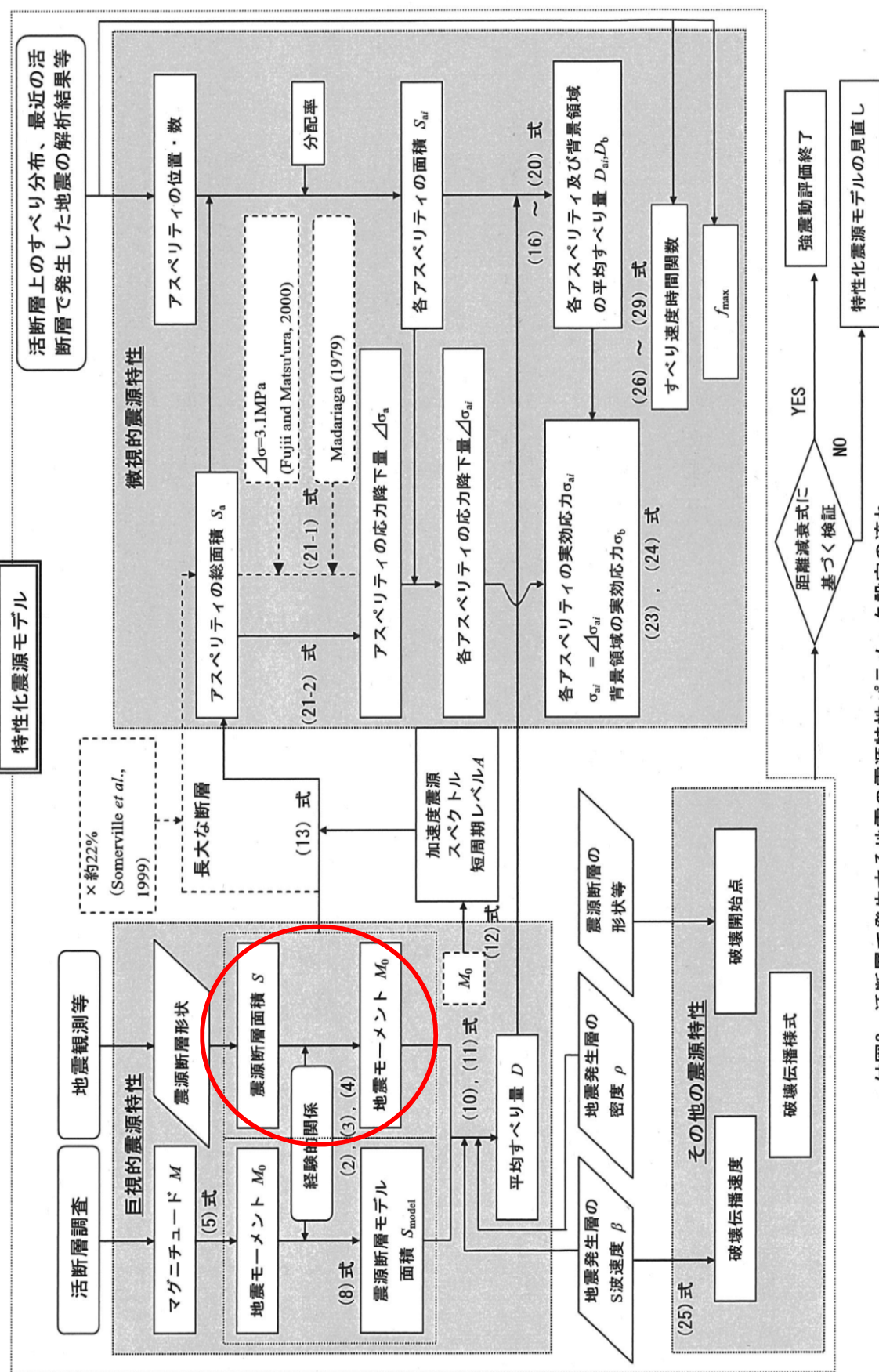
3. 試算結果について

試算結果は、別紙4のとおりであり、武村式を用いて試算した地震動の応答スペクトルのレベルを基準地震動（ $S_s-1 \sim S_s-19$ ）のレベルと比較すると、短周期（周期0.02～1秒）では、基準地震動（ $S_s-1 \sim S_s-19$ ）のレベルに収まっている。大飯発電所の主要な機器・設備（原子炉格納容器、原子炉圧力容器、蒸気発生器等）の固有周期が概ねこの範囲にあることを踏まえると、現在継続中の大飯発電所の審査において、基準地震動の見直しを求める必要はないものとする。

なお、周期0.02秒の最大加速度は、水平方向で644gal、鉛直方向で405gal。

「震源を特定した地震の強震動予測手法」の震源特性パラメータ設定方法

震源断層面積 S から地震モーメント M_0 を算出する(3)の入倉・三宅式を、武村(1998)の式に置き換える。



付図2 活断層で発生する地震の震源特性パラメータ設定の流れ
(過去の地震記録や詳細な調査結果に基づき震源断層を推定する場合)

出典：震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「ししぴ」)平成28年(2016年)6月地震調査研究推進本部地震調査委員会

関西電力による地震動評価ケース

FO-A～FO-B～熊川断層の地震動評価ケース

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
基本ケース	レシピー平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
短周期の地震動レベル	レシピー平均×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
断層傾斜角	レシピー平均	75°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
すべり角	レシピー平均	90°	30°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
破壊伝播速度 V_r	レシピー平均	90°	0°	$V_r=0.87\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
アスペリティ配置	レシピー平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	②敷地近傍に一塊(正方形)	5箇所
	レシピー平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	③敷地近傍に一塊(長方形)	5箇所
短周期の地震動レベルおよび破壊伝播速度 V_r の不確かさの組合せを考慮	レシピー平均×1.25倍	90°	0°	$V_r=0.87\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所

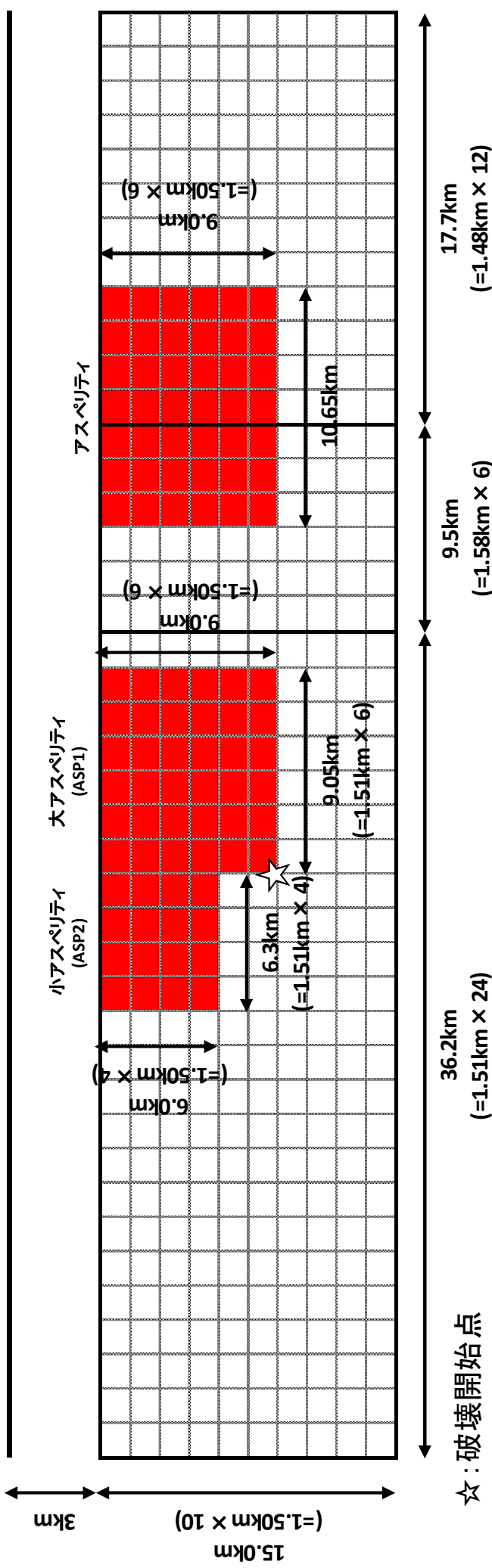
: 不確かさを独立して考慮するパラメータ
 : 不確かさを重畳して考慮するパラメータ

試算に用いた震源断層モデルと主要パラメータ

FO-A～FO-B断層
Str.=138.96° →

熊川断層(西部)
Str.=129.0° →

熊川断層(東部)
Str.=110.12° →



関西電力の「基本ケース」と同一条件: 試算①

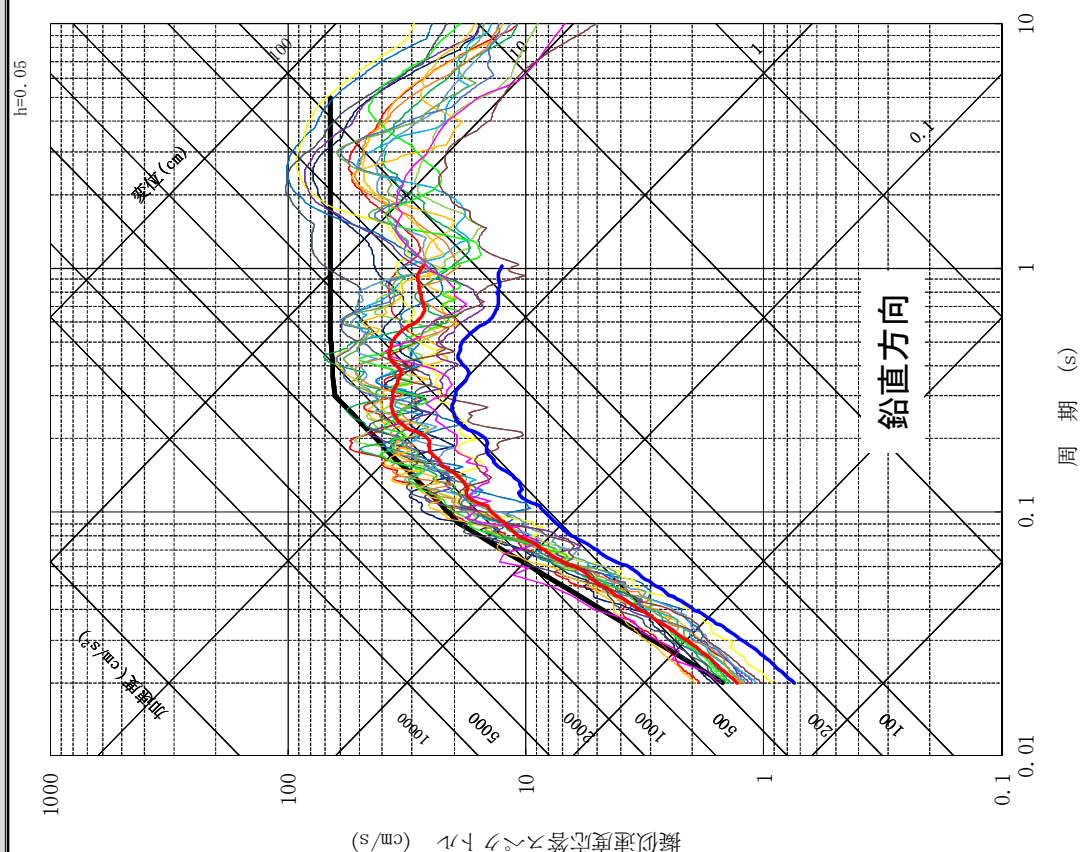
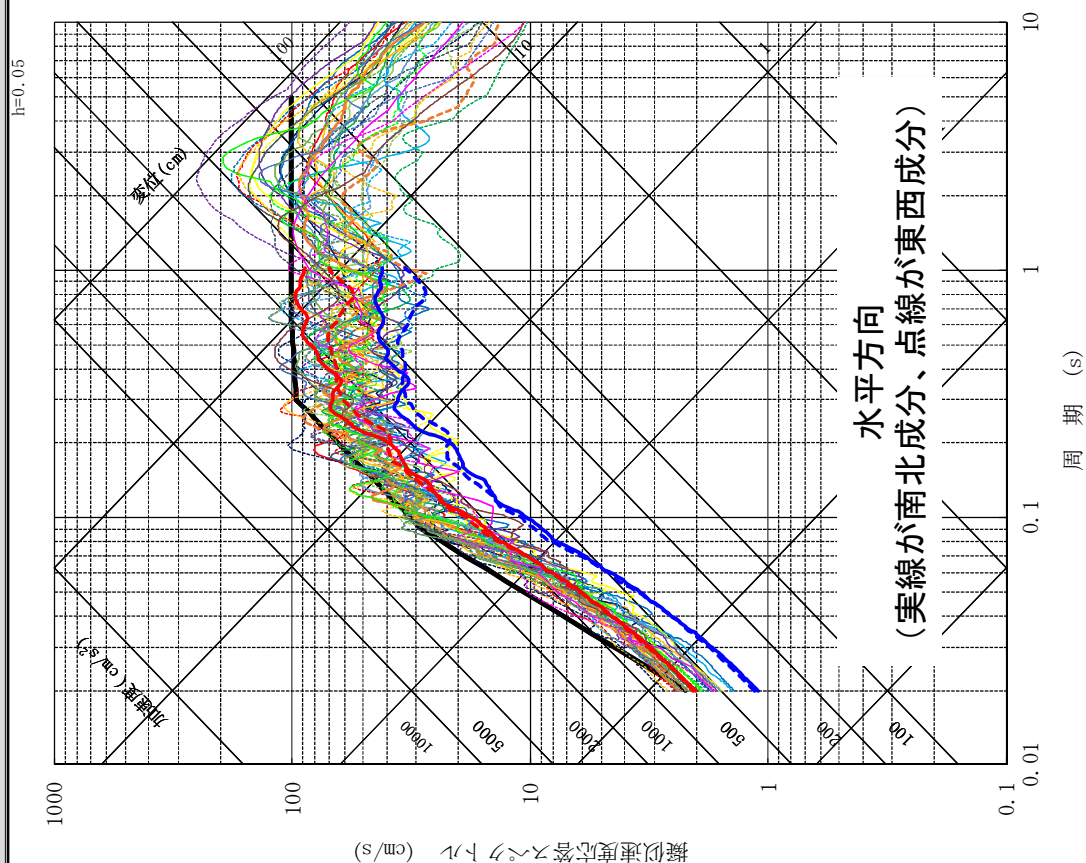
- 断層面積: $S = 951km^2$
- 地震モーメント: $M_0 = 5.03 \times 10^{19}Nm$ (入倉・三宅式)
- 短周期レベル: $A = 1.96 \times 10^{19}Nm/S^2$
- アスぺリティ面積: $209.22km^2$ (0.22S)
- アスぺリティ応力降下量: $\Delta\sigma_a = 14.1MPa$

武村式を用いたケース(断層形状は試算①と同じ): 試算②

- 断層面積: $S = 951km^2$
- 地震モーメント: $M_0 = 1.75 \times 10^{20}Nm$ (武村1998)
- 短周期レベル: $A = 2.97 \times 10^{19}Nm/S^2$
- アスぺリティ面積: $209.22km^2$ (0.22S)
- アスぺリティ応力降下量: $\Delta\sigma_a = 22.3MPa$

入倉・三宅式と武村(1998)では、地震モーメントの求め方(震源断層面積から又は地表断層長さから)が異なるが、試算では断層形状等の震源断層モデルは変えていない。断層形状を変えずに武村式を用いると、地震モーメントは3.49倍、短周期レベルは1.51倍となった。また、応力降下量は1.58倍とした。

試算結果と基準地震動(Ss-1～Ss-19)との比較



<基準地震動Ss-1～Ss-19>

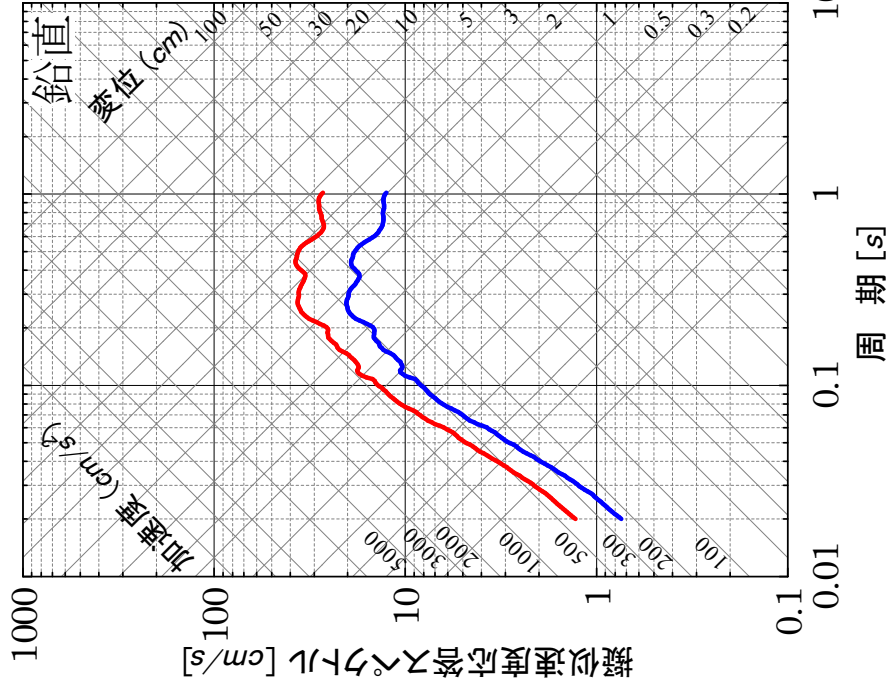
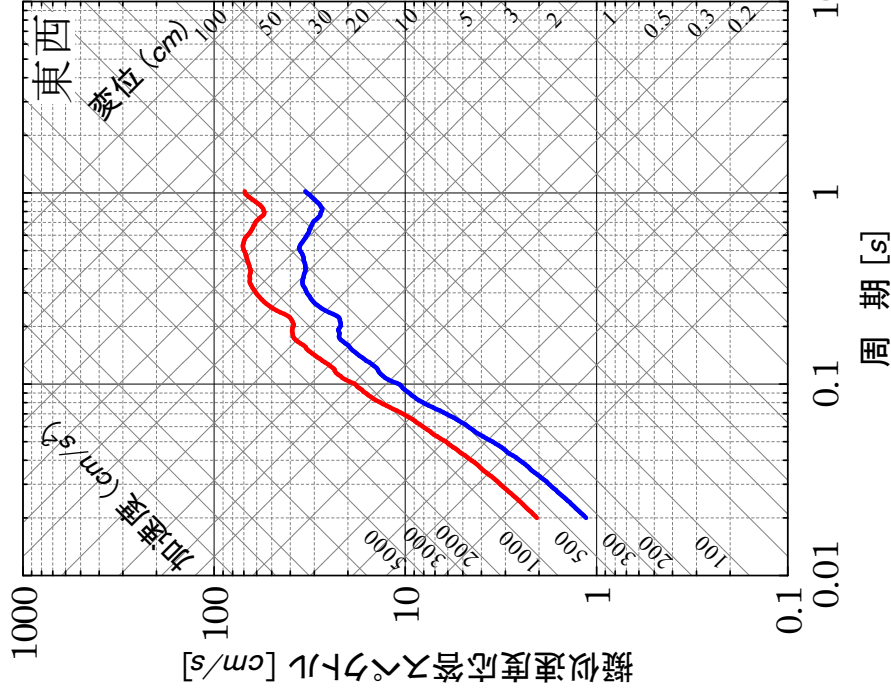
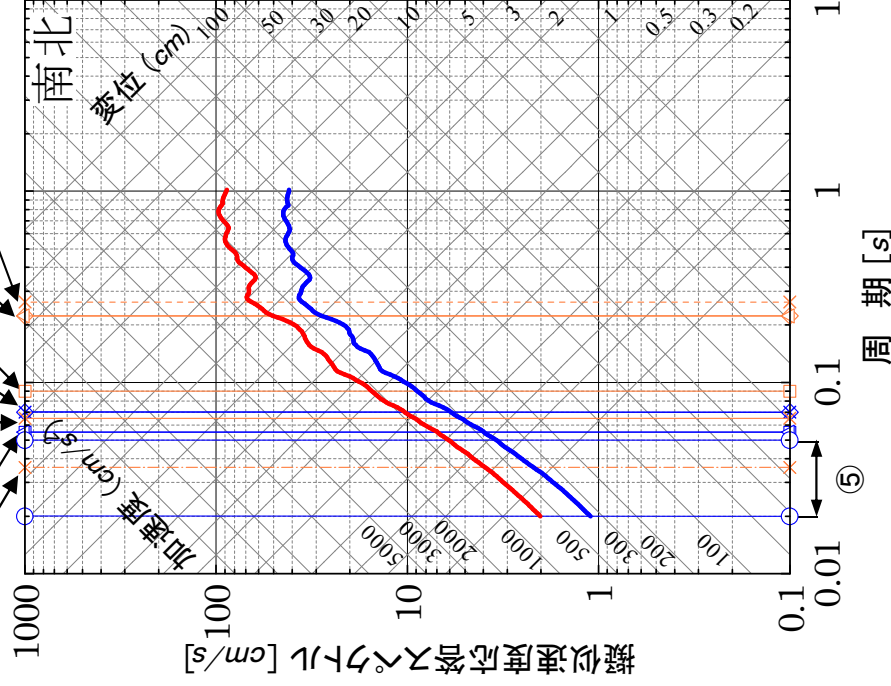
— Ss-1	— Ss-2	— Ss-3	— Ss-4	— Ss-5
— Ss-6	— Ss-7	— Ss-8	— Ss-9	— Ss-10
— Ss-11	— Ss-12	— Ss-13	— Ss-14	— Ss-15
— Ss-16	— Ss-17	— Ss-18	— Ss-19	

—: 試算①(入倉・三宅式) —: 試算②(武村式)

第332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「大飯発電所地震動評価について」の基準地震動(Ss-1～Ss-19)の応答スペクトルに試算結果の応答スペクトルを加筆。

大飯発電所(3号機)の主要な機器・設備の固有周期(参考)

- ① 原子炉容器
- ② 蒸気発生器
- ③ 炉内構造物
- ④ 一次冷却材管
- ⑤ 余熱除去ポンプ
- ⑥ 余熱除去配管
- ⑦ 原子炉格納容器
- ⑧ 原子炉建屋
- ⑨-1 制御棒挿入性(制御棒駆動装置)
- ⑨-2 制御棒挿入性(ガイドチューブ)
- ⑨-3 制御棒挿入性(燃料集合体)



固有周期凡例

- ① 原子炉容器
- ② 蒸気発生器
- ③ 炉内構造物
- ④ 一次冷却材管
- ⑤ 余熱除去ポンプ
- ⑥ 余熱除去配管
- ⑦ 原子炉格納容器
- ⑧ 原子炉建屋
- ⑨-1 制御棒挿入性(制御棒駆動装置)
- ⑨-2 制御棒挿入性(ガイドチューブ)
- ⑨-3 制御棒挿入性(燃料集合体)

—: 試算①(入倉・三宅式) —: 試算②(武村式)

左記の「固有周期」は、「柏崎刈羽原子力発電所で観測されたデータを基に行う美浜発電所、高浜発電所及び大飯発電所における概略影響検討結果の報告について」(平成19年9月20日 関西電力)による。
http://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2007/_icsFiles/afieldfile/2007/09/20/0920_1j_01.pdf

大飯発電所の基準地震動の最大加速度(参考)

■ 基準地震動の最大加速度

標準地震動の最大加速度

基準地震動		NS方向	EW方向	UD方向
設計用模擬地震波				
Ss-1		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

(cm/s²)

島崎前原子力規制委員会委員長代理との面会の概要について

平成28年6月20日
原子力規制庁

1. 面会の趣旨

島崎前委員長代理が地震動評価手法の問題点を指摘されている旨の新聞報道等があり、その内容が島崎前委員長代理在任中に行われた審査に関するものであったことを踏まえ、事実関係を確認するため、田中委員長と石渡委員が島崎前委員長代理から直接話をお聞きした。

2. 面会における主なやり取り

（島崎）将来の地震を予測する場合は、地震前に、断層の長さ、面積、地震モーメントを測定、断層のずれの量を考える必要があるが、関係式は地震後にわかった量で作られている。そこから、不確定性というか、推定の誤りが出てくる。

（島崎）断層面が垂直の場合は地震モーメントが、入倉・三宅式を1とすると、山中・島崎式は3.5倍、武村式は4倍になる。

（島崎）熊本地震に係る国土地理院の暫定的な解で計算した断層面積を、入倉・三宅式に入れると、地震モーメントと断層のずれの量が、実際の値に比べ非常に小さくなる。入倉・三宅式で実際の値になるような断層長さを求めると、57kmになるが、実際は30km、35kmと言われている。地震前に57kmと言う人はいない。すなわち、入倉・三宅式を使う限り、震源の大きさは過小評価される。

（島崎）大飯で評価している断層は垂直で、入倉・三宅式を使っている。より真実に近そうな、過小評価にならないような式を使って、これまでと同じように計算し、必要であれば色々な判断をするのが一番ではないか。まずそこがスタートである。

（島崎）垂直になっている断層に入倉・三宅式を使うことが既成事実化すること、これ以上見直すつもりはないという後ろ向きになってしまうことが一番怖い。必ず前向きに新しいものを受け入れるという方向で進めていただきたい。

（島崎）川内は、すぐにどうこうという問題ではなさそうに見える。

（島崎）高浜は遠いから、そんなに影響はないであろう。

（委員長）今後、新知見については、それなりに評価されたものをベースにして、我々なりの判断を入れながら取り入れて行きたい。