

# 東海第二原発の地震動想定の問題点

2018年9月13日 水戸

弁護士 内山成樹

原発の耐震設計はどんなされるべきか

どんな地震に対しても安全であること

常識的な当たり前の方針

# 原発の耐震設計で規定された基本方針

原子力規制委員会の内規

「基準地震動及び耐震設計方針に関する審査ガイド」  
の基本方針の規定

敷地で発生する可能性のある地震動全体を  
考慮した地震動として策定されていること

もとの耐震設計審査指針での基本方針の規定

想定されるいかなる地震力に対しても  
十分な耐震力を有していなければならない

どんな地震が来ても安全に作ること 当然の常識的规定

原発の耐震設計上最大の基本方針

・・・すべてここに立ち返る必要

# 原発の地震動想定の問題点

## 1 地震の科学の限界性

特に地震現象のスパンに比べてあまりに少ないデータで想定

## 2 既知の断層

地震現象の大きなバラツキの問題

バラツキの程度を考慮しない

## 3 未知の直下断層

観測記録が少ない → 不確定性が大きい

観測記録の程度にとどめそれ以上の想定をしようとするしない

これでは「どんな地震に対しても安全であること」は実現しない  
→ 基本方針の無視

## 既知の断層（敷地ごとに震源を特定して策定する地震動）

### どうやって地震動の推定をしているのか

データを収集して傾向を導く＝平均像を求める

平均からはずれの程度は極めて大きい

＝地震現象のバラツキ 大

（平均像から大きくかい離する値が現実にある）

平均像からどれだけかい離し、最大どこまで達するかを問題とすべき

基本的に日本の原発の耐震設計は平均像で行ってきた。

中越沖地震以降、若干の修正 = 1.5倍の地震動想定

それ以上の地震は来ないのか？

平均像からのかい離をきちっと考慮していない

これでは**どんな地震に対しても安全**にという目標が達成できない

**新規制基準の審査ガイドや指針で規定された基本方針の無視**

## 未知の断層（震源を特定せず策定する地震動）

直下にどんな断層が潜んでいるかわからないから想定する地震動  
未知の直下地震による地震動（隠れ断層の地震）

## どうやって地震動の推定をしているのか

**新基準「観測記録を収集し、各種の不確かさを考慮」**

実際に行っているのは、例示された16地震のうち

留萌支庁南部地震の観測記録だけを取り上げて多少上乘せしただけ  
起こりうるすべての直下地震の地震動をカバーできない

今回 留萌地震の14年後、留萌地震を超える胆振東部地震が発生

すべての地震をカバーしようという気がない 起こる都度、改訂する気か

これでは**どんな地震に対しても安全**にという目標が達成できない

**新規制基準の審査ガイドや指針で規定された基本方針の無視**

## 主張のポイント

(既知の断層による地震)

敷地ごとの震源を特定して策定する地震動の想定

中越沖地震で、平均的地震動の1.5倍を想定するだけ

(未知の直下地震)

震源を特定せず策定する地震動の想定

留萌支庁南部地震の観測記録+ $\alpha$ で想定するだけ

強震観測網が整備されたこの20年ほどの間のしかも例示された地震についてだけ検討し、その中の最大の地震動で耐震設計

地震動審査ガイドの基本方針に反している

想定できる地震動全体への考慮

中越沖を超える地震動も想定すべき

直下で想定できるどんな地震でも、安全性が確保できなくてはならない

# 基本知識

# マグニチュード

地震の大きさを示すもの

気象庁マグニチュード( $M_j$ )とモーメントマグニチュード( $M_w$ )

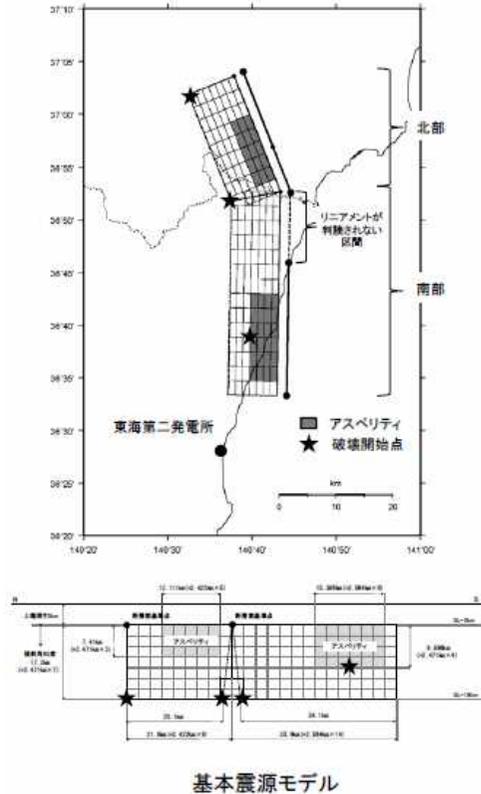
気象庁マグニチュードは、大きな値になると飽和して、それ以上大きな値とならない。東北地方太平洋沖地震のような巨大地震では、モーメントマグニチュードが用いられる。

モーメントマグニチュードは物理量の地震モーメント $M_0$ から導かれる

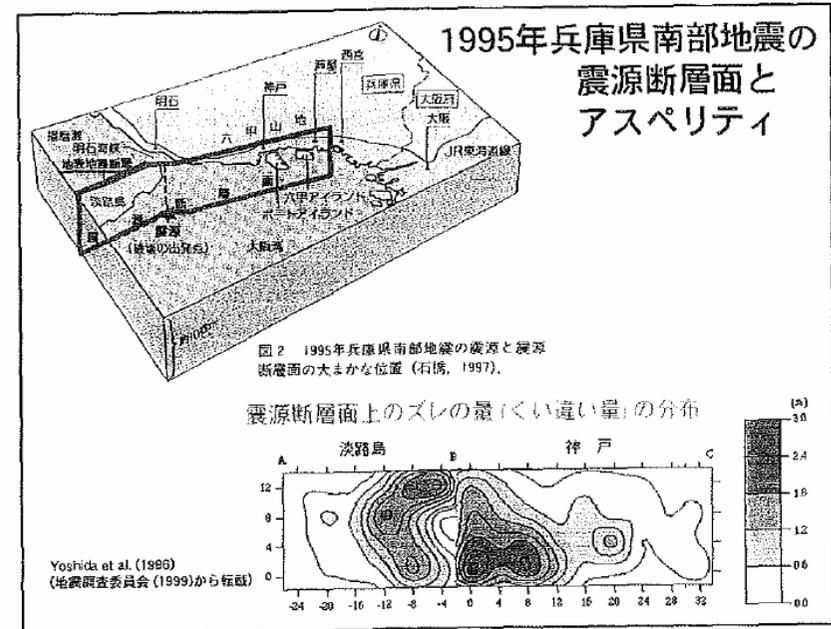
東北地方太平洋沖地震の9.0のマグニチュードは、モーメントマグニチュードである。

# 震源断層面とアスペリティ

模式図



現実の震源断層面とアスペリティ



断層面は一様ではなく、アスペリティと言われる領域で大きな地震動が発生  
 左図は模式図で、実際には右図のように不定形  
 モデル自体、簡略化したもの  
 → 簡略化しないと地震動の算出ができない

# (平均)応力降下量

震源断層面で、歪みが蓄積される。歪みの量を示すのが応力。ある時歪みが一気に解放される。それが地震。

応力が降下した分、地震動のエネルギーとして発散される。・・・応力降下量(面積あたりの応力の降下量)  
・・・発生する地震動の激しさを決める

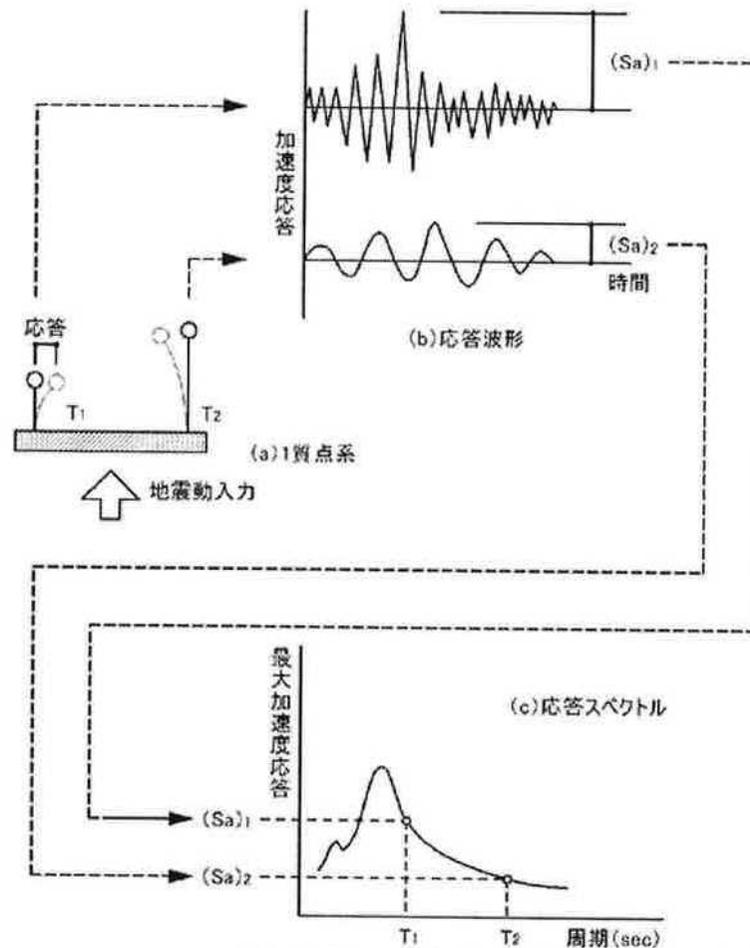
原発は堅牢な構築物なので、固有振動は短周期

短周期の地震動は伝播過程で早く減衰していく

直近のアスペリティの発する地震動が最も影響を与える。

# 応答スペクトルとは

地震動が、ある固有周期の物体に最大どれだけの振動をもたらすのかを、固有周期ごとに並べたもの



新・地震動のスペクトル解析入門(鹿島出版会)

から抜粋(一部修正)

地震動は、ある時間継続し、その間に物体に振動を与え続ける。物体は、地震動を受けて、振動するが、その振動の加速度、速度などの最大値を、固有周期ごとに並べたものが応答スペクトルであり、横軸が地震動の周期であり、縦軸が地震継続中の加速度や速度の最大応答（物体の揺れの最大値）となる。

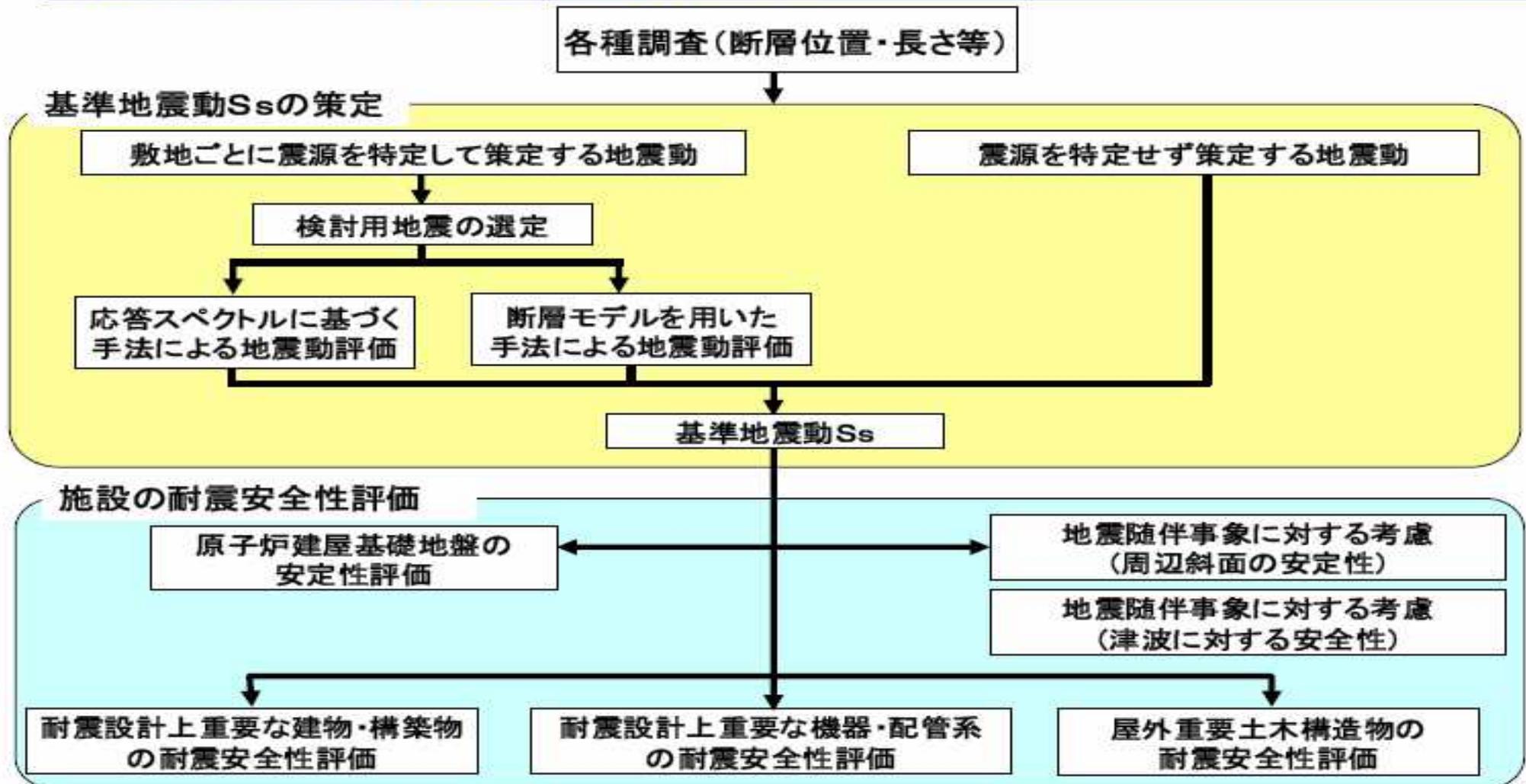
# 原発の耐震設計の流れ

## 2. 耐震安全性評価の基本方針

2007. 4. 4

耐震・構造設計小委員会

## 耐震安全性評価全体フロー



# 応答スペクトルに基づく手法

# 代表的な応答スペクトルに基づく手法 耐専スペクトル

44地震 107観測点の記録による

=Noda et al(2002)

多数の地震記録から

地震をマグニチュードと(等価)震源距離で分類しその平均像を求める方法

木にとらわれず森を見る方法

問題は平均像からのかい離をどう評価するか

## 1-1 なぜ経験的方法が必要か

### ◆ 耐専スペクトル

- 距離減衰式に基づく地震動の経験的評価法

### ◆ 経験的方法

- 基本式： $S(T) = f(M, X)$

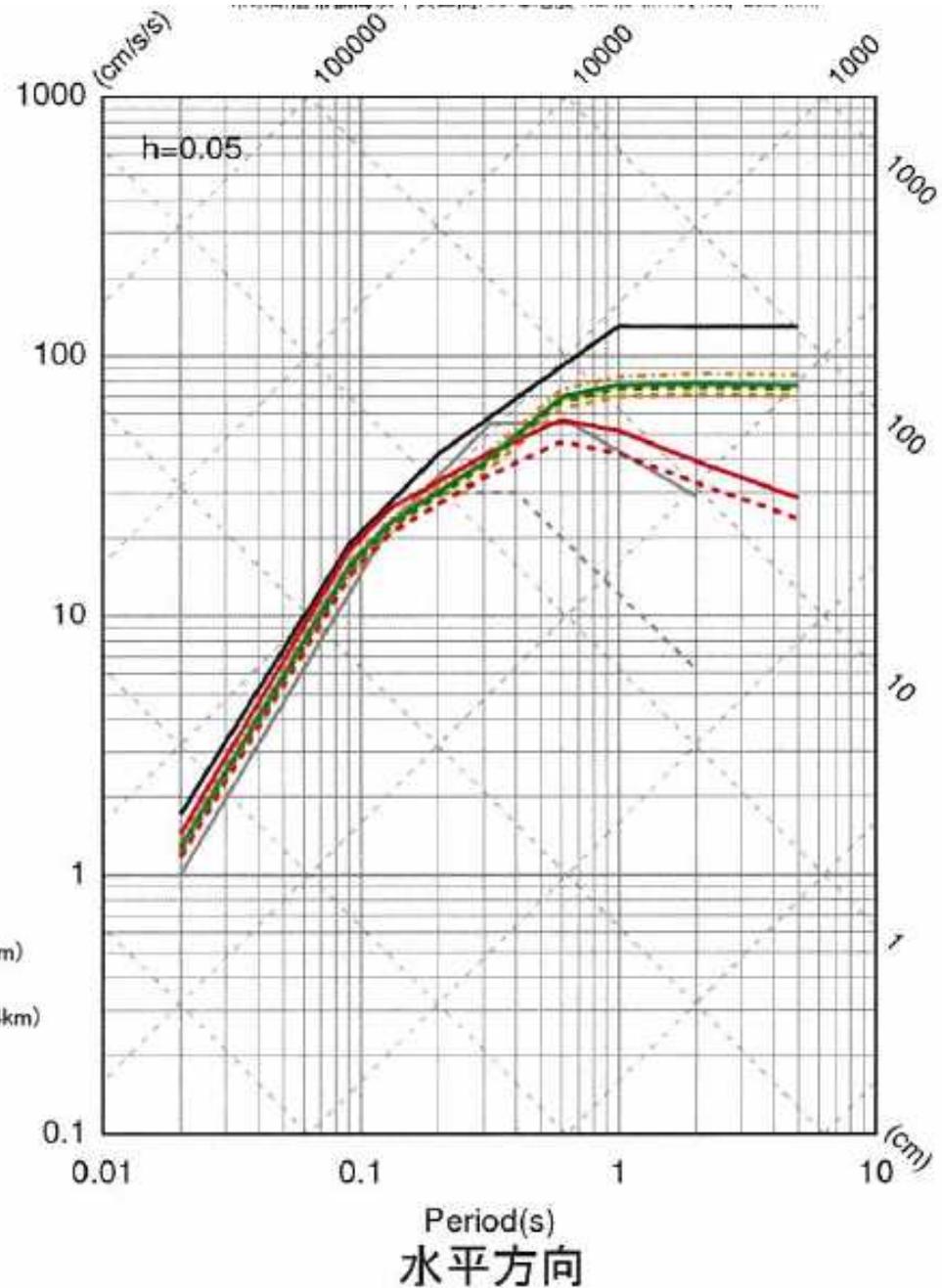
原発の耐震設計としては  
平均像を忠実に再現した  
だけでは意味がない

### ◆ 経験的方法の必要性

- 実観測記録に基づいて設定
  - ◆ 実現象の平均像を忠実に再現
- 断層モデルを用いた場合も経験式で確認
  - ◆ 例：強震動評価のレシビ

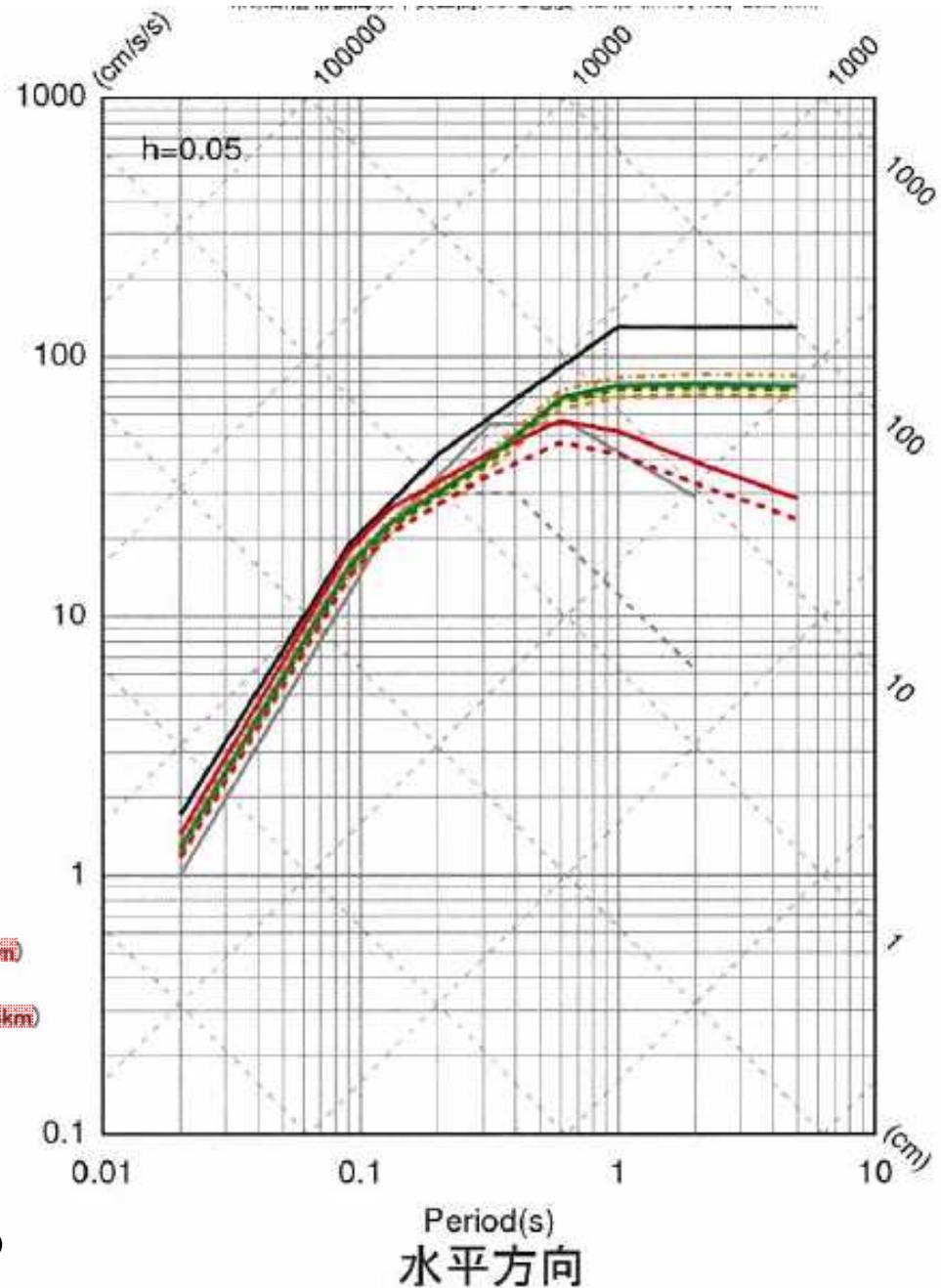
応答スペクトルに基づく手法の  
 具体例 川内原発  
 (トリパタイト図 三軸表示図)

- 基準地震動  $S_s-1_H$
- 基準地震動  $S_2(S_{K2})$
- - 基準地震動  $S_2(S_N)$
- 基本ケース  
 氈断層帯氈区間による地震 No.0 (M7.5,  $X_{eq}=20.15\text{km}$ )
- - 不確かさを考慮したケース(断層傾斜角度の不確かさ)  
 氈断層帯氈区間による地震 No.4.5 (M7.5,  $X_{eq}=21.59\text{km}$ )
- . - 不確かさを考慮したケース(断層長さ及び震源断層の拡がり)  
 氈断層帯氈区間による地震 No.6,7 (M7.6,  $X_{eq}=21.02\text{km}$ )
- 基本ケース  
 市来断層帯市来区間による地震 No.0 (M7.2,  $X_{eq}=13.91\text{km}$ )
- - 不確かさを考慮したケース(断層傾斜角度の不確かさ)  
 市来断層帯市来区間による地震 No.4.5 (M7.2,  $X_{eq}=16.51\text{km}$ )
- 基本ケース  
 市来断層帯氈海峡中央区間による地震 No.0 (M7.5,  $X_{eq}=19.90\text{km}$ )
- - 不確かさを考慮したケース(断層傾斜角度の不確かさ)  
 市来断層帯氈海峡中央区間による地震 No.4.5 (M7.5,  $X_{eq}=20.54\text{km}$ )



応答スペクトルに基づく手法の  
 具体例 川内原発  
 (トリパタイト図 三軸表示図)

- 基準地震動  $S_{s-1H}$
- 基準地震動  $S_2(S_{K2})$
- - - 基準地震動  $S_2(S_N)$
- 基本ケース  
 飯断層帯飯区間による地震 No.0 (M7.5,  $X_{eq}=20.15\text{km}$ )
- - - 不確かさを考慮したケース(断層傾斜角度の不確かさ)  
 飯断層帯飯区間による地震 No.4.5 (M7.5,  $X_{eq}=21.59\text{km}$ )
- . - 不確かさを考慮したケース(断層長さ及び震源断層の拡がり)  
 飯断層帯飯区間による地震 No.6.7 (M7.5,  $X_{eq}=21.02\text{km}$ )
- 基本ケース  
 市来断層帯市来区間による地震 No.0 (M7.2,  $X_{eq}=13.91\text{km}$ )
- - - 不確かさを考慮したケース(断層傾斜角度の不確かさ)  
 市来断層帯市来区間による地震 No.4.5 (M7.2,  $X_{eq}=16.51\text{km}$ )
- 基本ケース  
 市来断層帯飯海峡中央区間による地震 No.0 (M7.5,  $X_{eq}=19.90\text{km}$ )
- - - 不確かさを考慮したケース(断層傾斜角度の不確かさ)  
 市来断層帯飯海峡中央区間による地震 No.4.5 (M7.5,  $X_{eq}=20.54\text{km}$ )



マグニチュード、震源距離で分ける  
 その上で、地震動の平均を求める

## 応答スペクトルに基づく手法の出発点

出発点は、マグニチュードと震源距離

各断層ごとにマグニチュードと震源距離を出す

マグニチュードの算出も平均像の松田式

応答スペクトルに基づく手法は

全て平均像でしかない

平均像 = 大小いろいろな値がある その平均

→ どれだけ平均から最大かい離するか

最大どこまで大きな値があるか

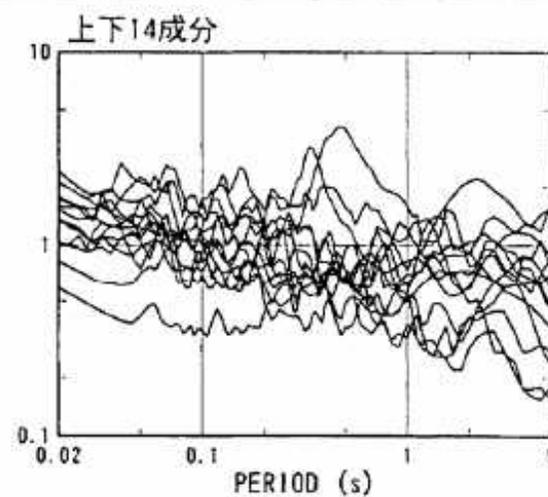
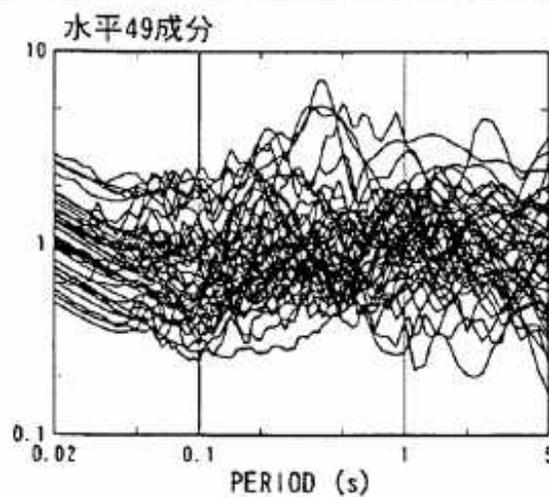
それを本来問題にしなければ  
原発の耐震設計はできない

平均からのかい離 = 誤差(残差)

# 近年の内陸地殻内地震による残差

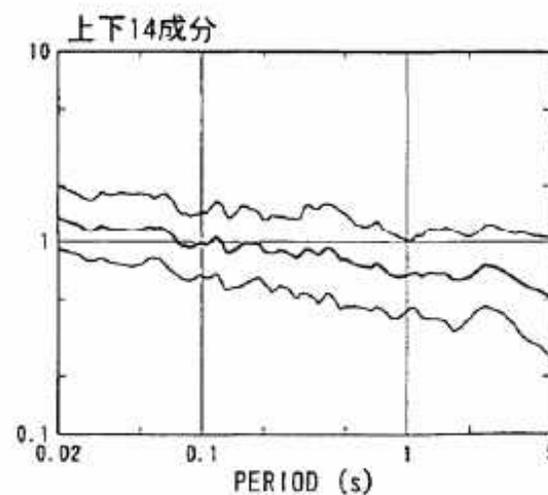
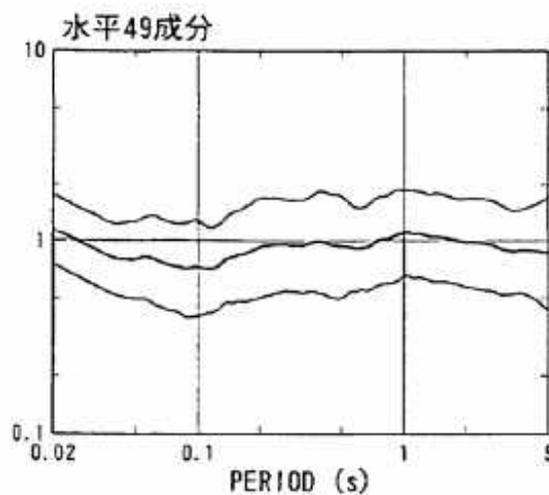
各地震

観測 / 推定



平均値

観測 / 推定



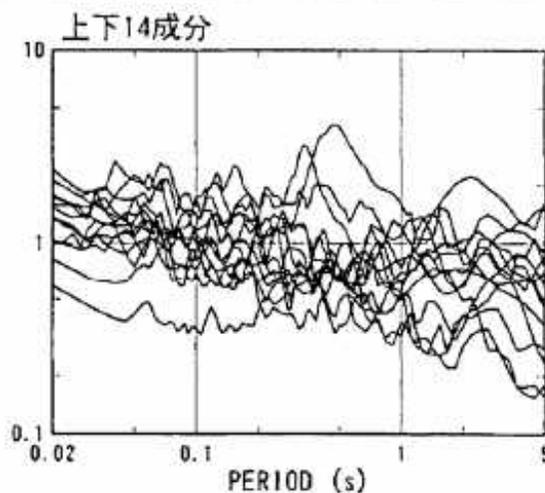
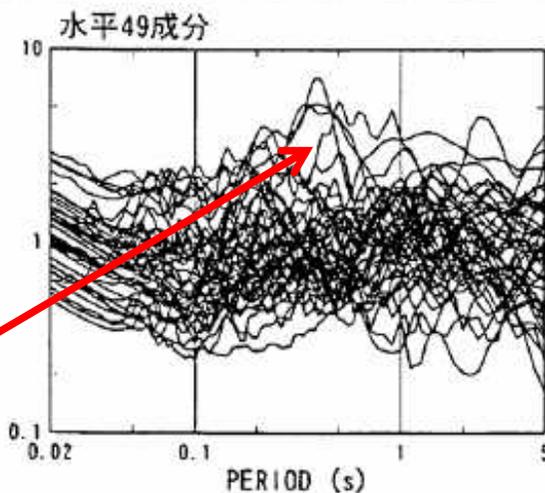
水平動

上下動

# 近年の内陸地殻内地震による残差

各地震

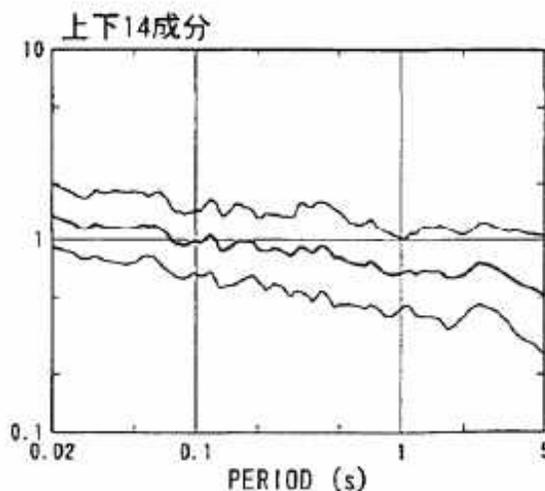
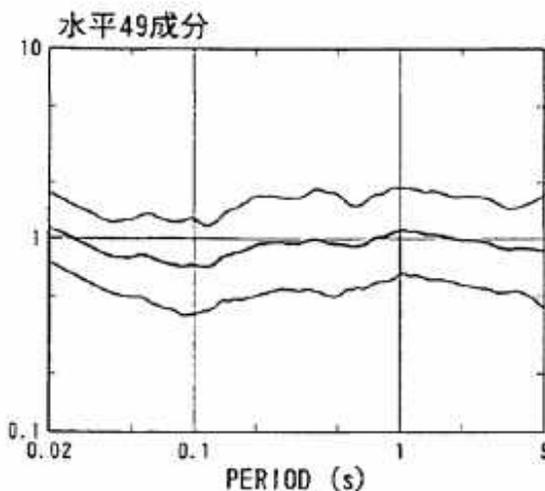
観測/推定



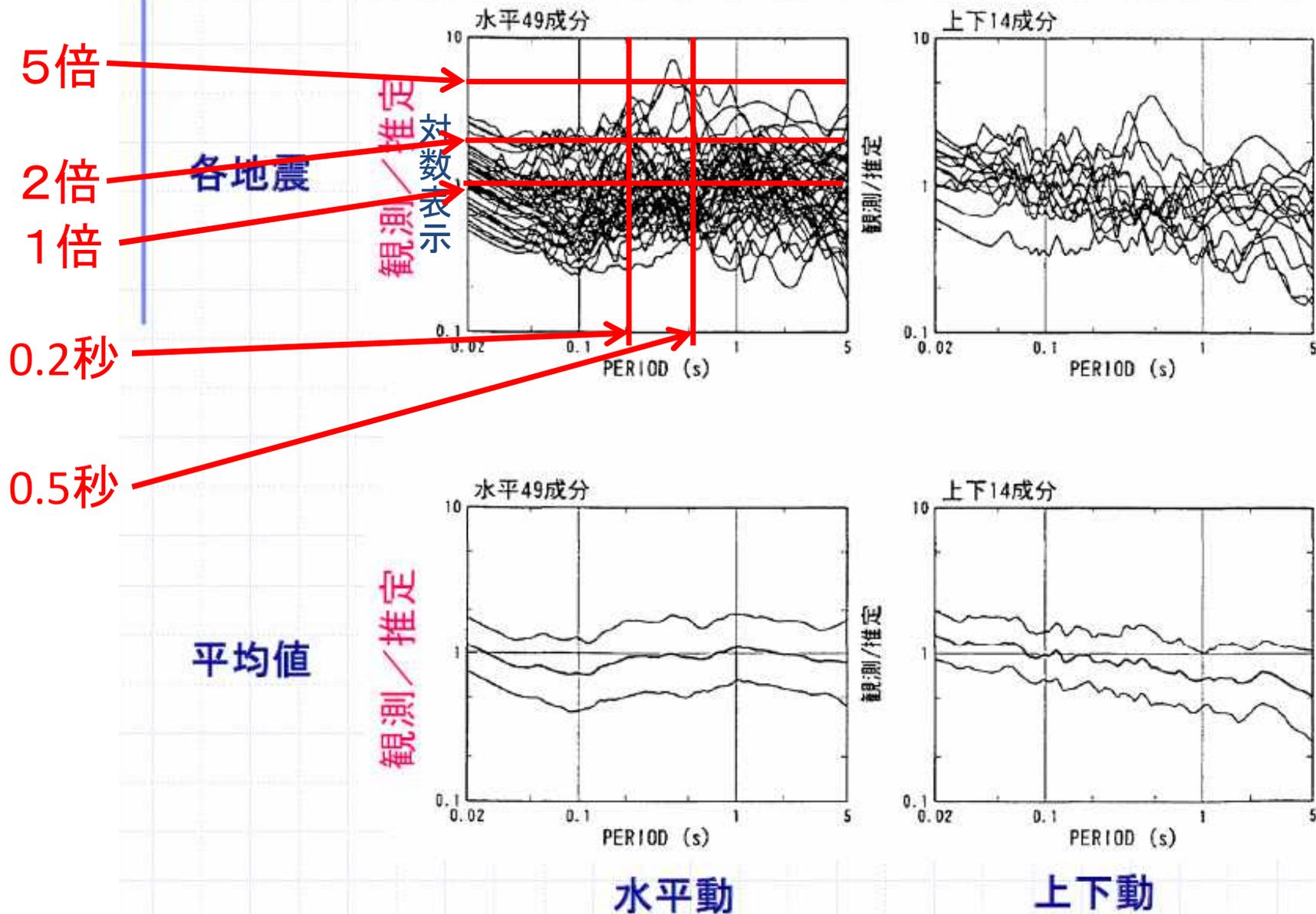
1本1本の線が現実に起こった地震を示す

平均値

観測/推定



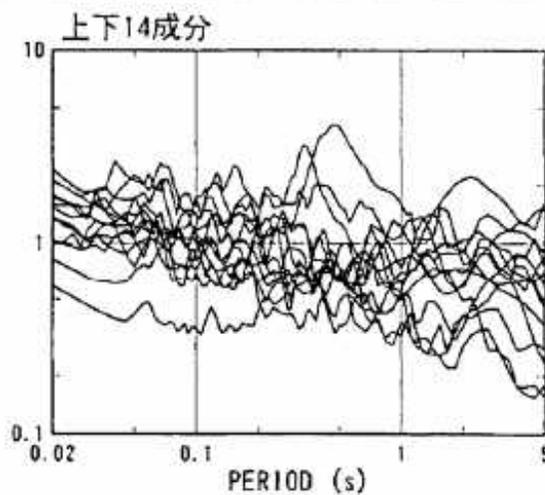
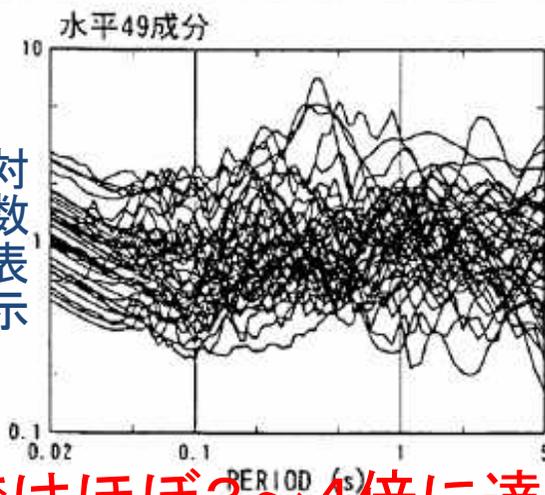
# 近年の内陸地殻内地震による残差



# 近年の内陸地殻内地震による残差

各地震

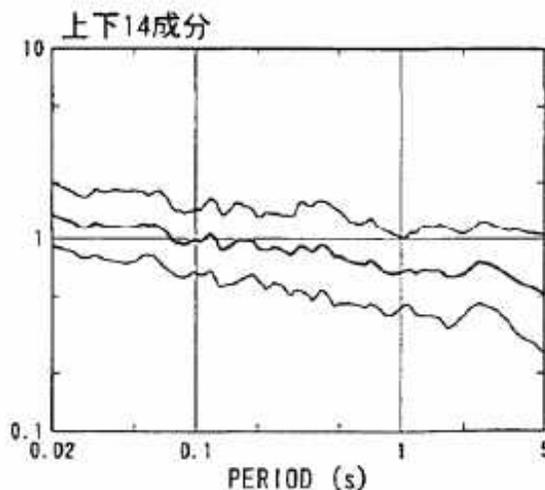
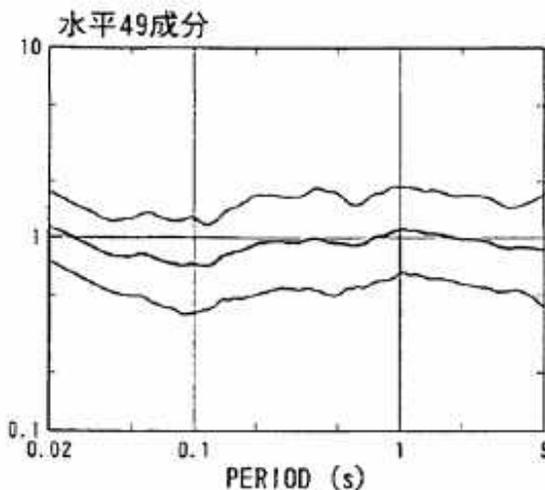
対数表示  
観測/推定



周期0.2秒～0.5秒ではほぼ3～4倍に達し  
5倍を大幅に超え8倍に達するものもある

平均値

観測/推定



水平動

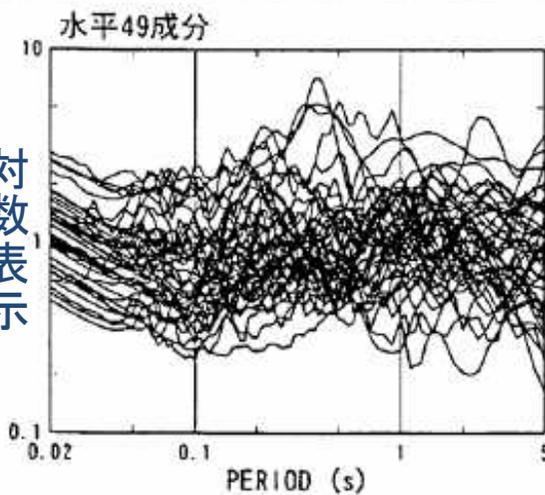
上下動



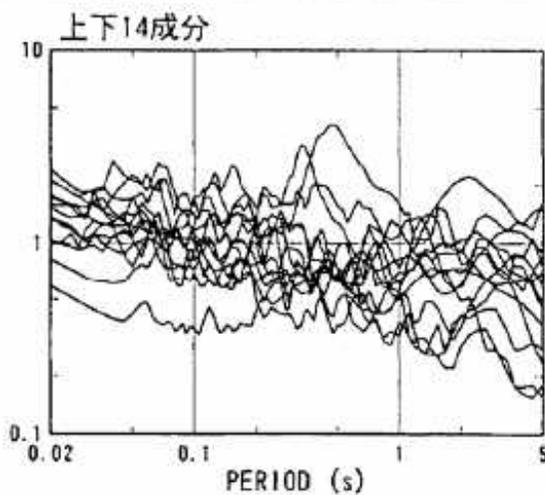
# 近年の内陸地殻内地震による残差

各地震

対数表示  
観測/推定

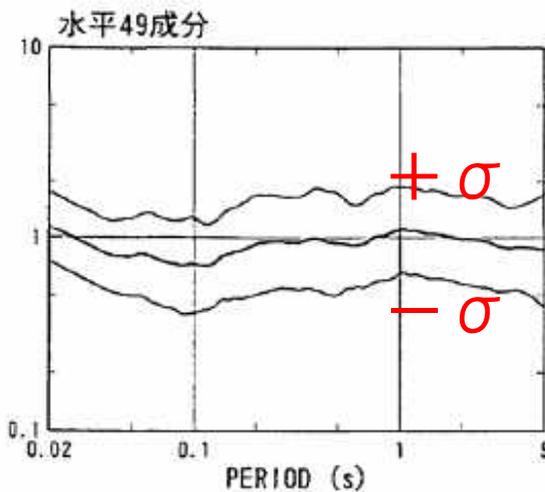


観測/推定

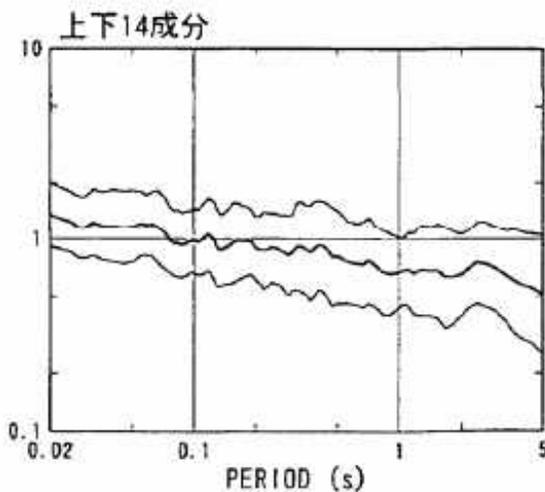


平均値

観測/推定



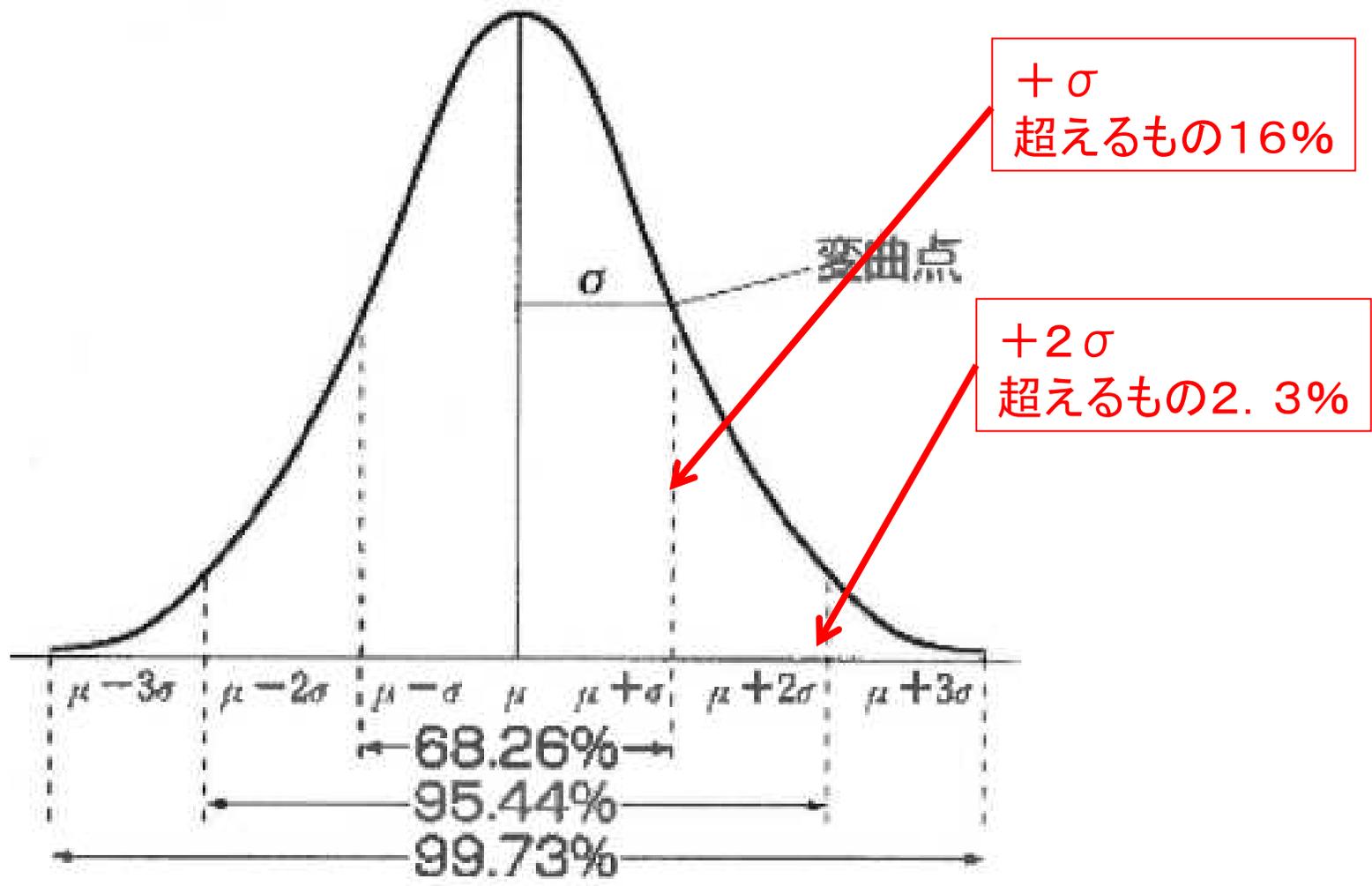
観測/推定



$\sigma$  標準偏差

水平動

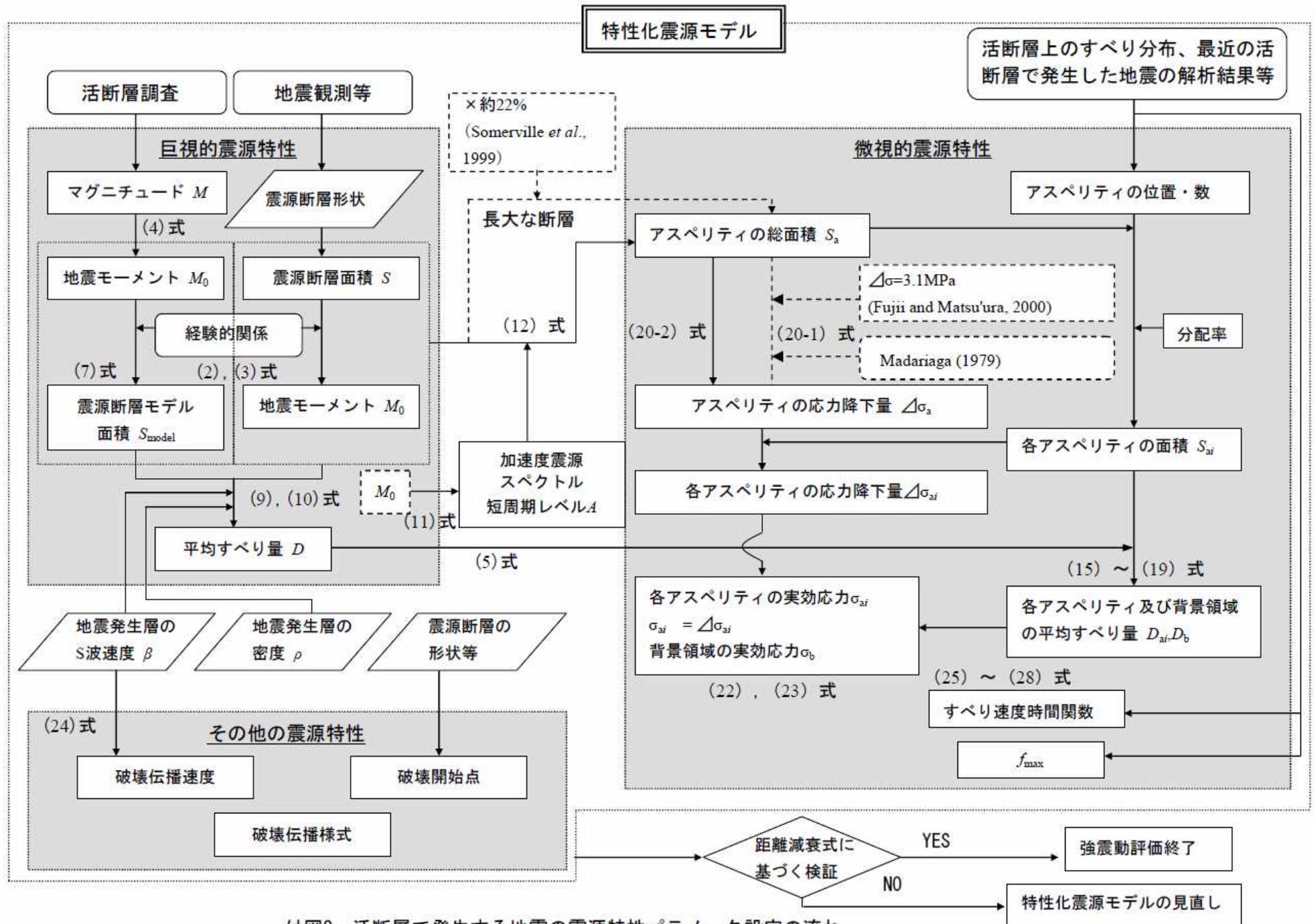
上下動



上図は正規分布の図  
 分布が正規分布かどうかは不明・・・参考に見てみる

# 断層モデルに基づく手法 (強震動予測)

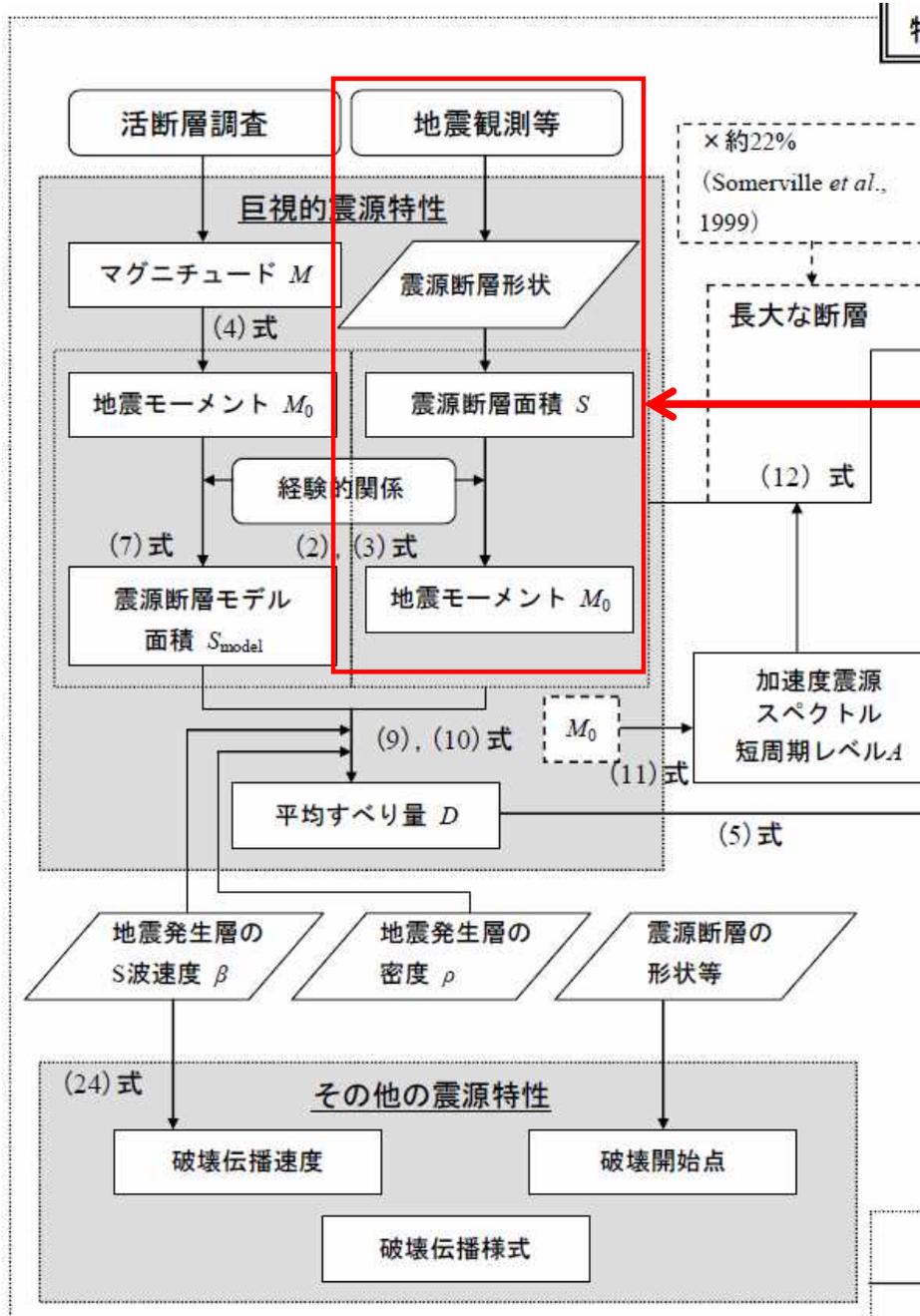
# 地震調査委員会レシピ



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)



# 地震調査委員会レシピ

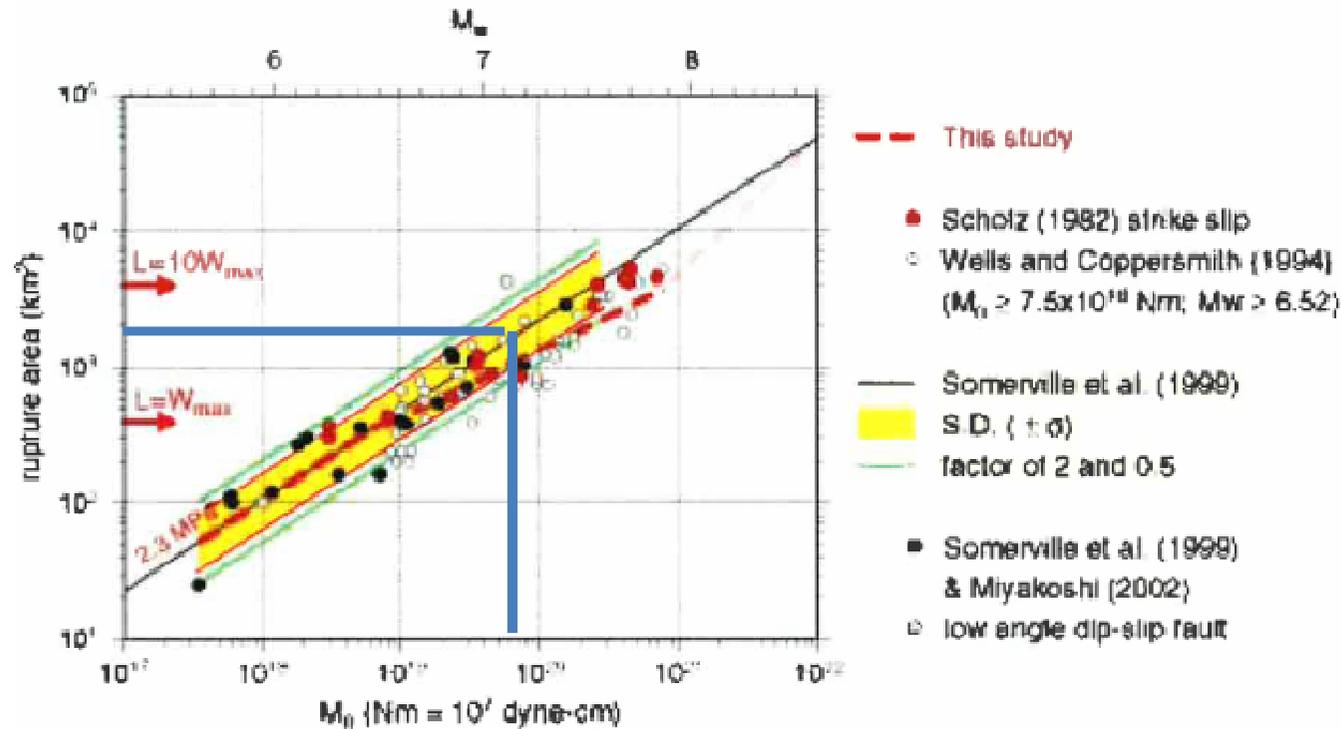


断層形状(長さ×幅)から面積  
そこから地震モーメント $M_0$   
(スケーリング則)

日本の原発では、みなこの方法で  
地震動を想定している

# 断層面積と地震モーメントの関係式

$M_0$  地震モーメント 地震現象はずれなので回転となる  
 $M_0$ は地震の回転力・・・地震のエネルギーの物理量



断層の面積が決まれば、地震モーメント $M_0$ が決まる

## 平均応力降下量と地震モーメントの関係

面積当たりどの程度の歪の解放があるかを見る  
= 平均応力降下量

$M_0$ と面積から、関係式によって導く

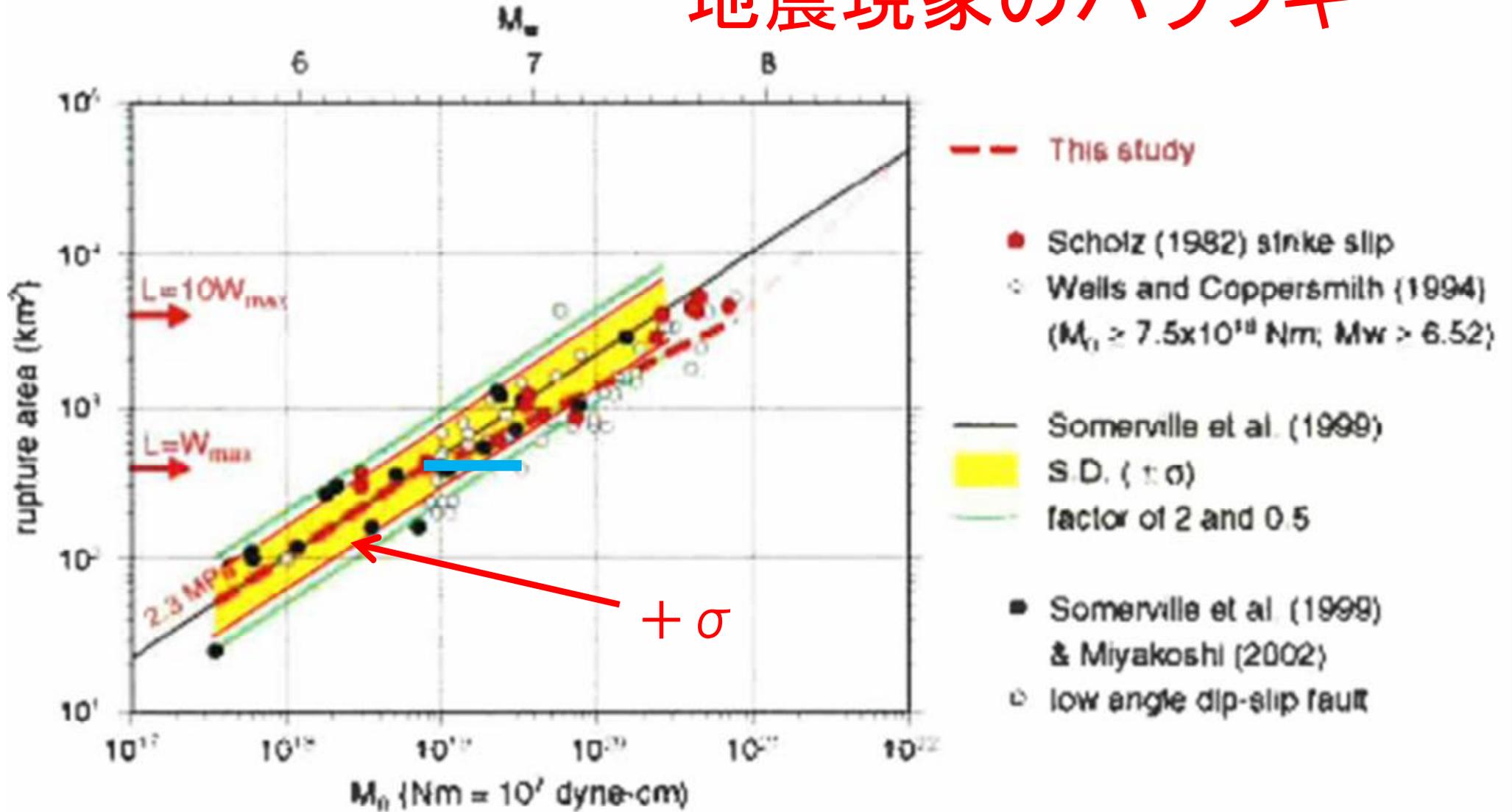
Step 3: 平均応力降下量 ( $\Delta \bar{\sigma}$ )

クラック理論 [Eshelby (1957)] <sup>(2.5)</sup> に基づき設定する。

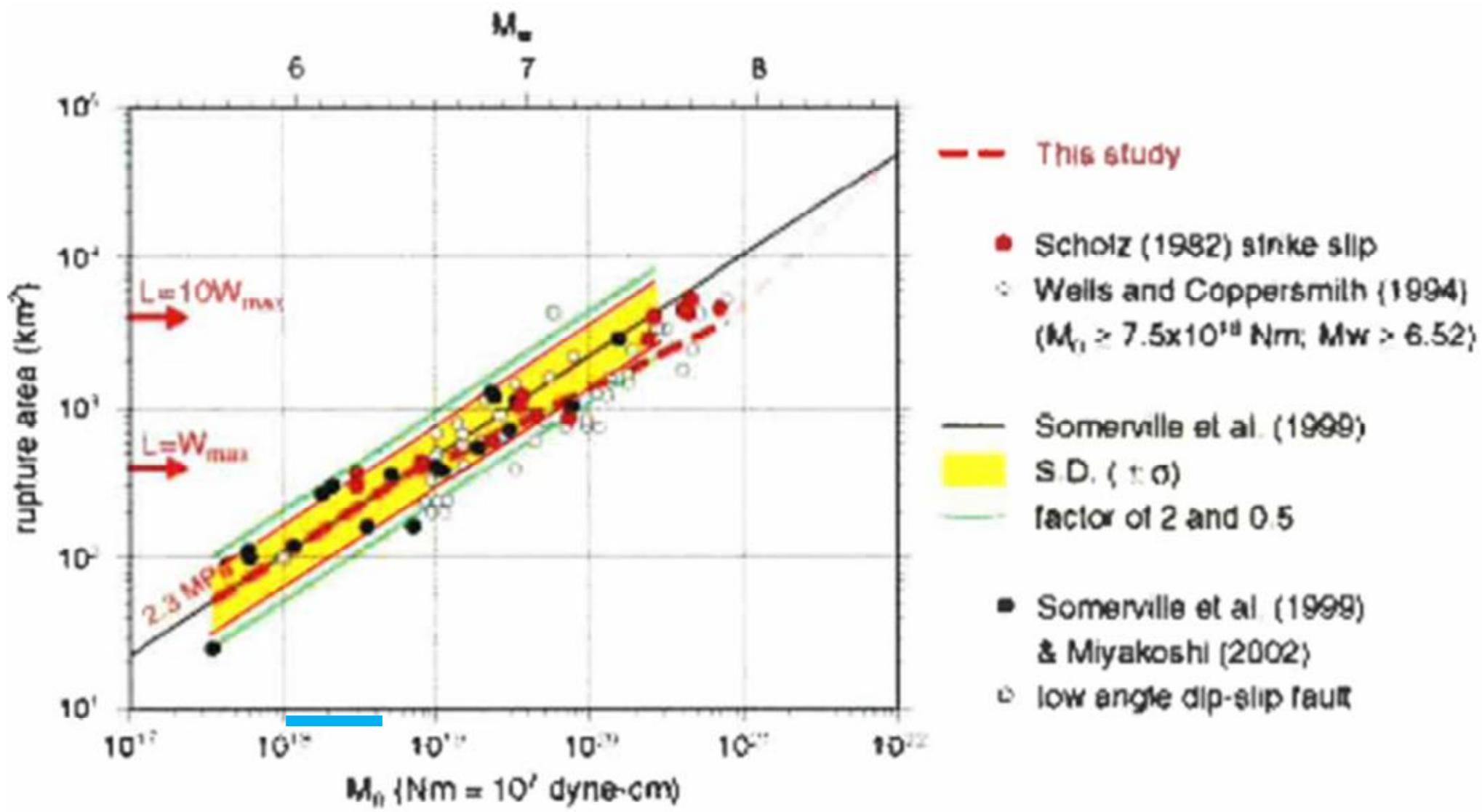
$$\Delta \bar{\sigma}_c = \frac{7\pi^{1.5}}{16} \cdot \frac{M_0}{S^{1.5}}$$

面積 $S$ が一定なら平均応力降下量は、 $M_0$ に比例  
地震モーメントが大きくなった分、地震動は大きくなる

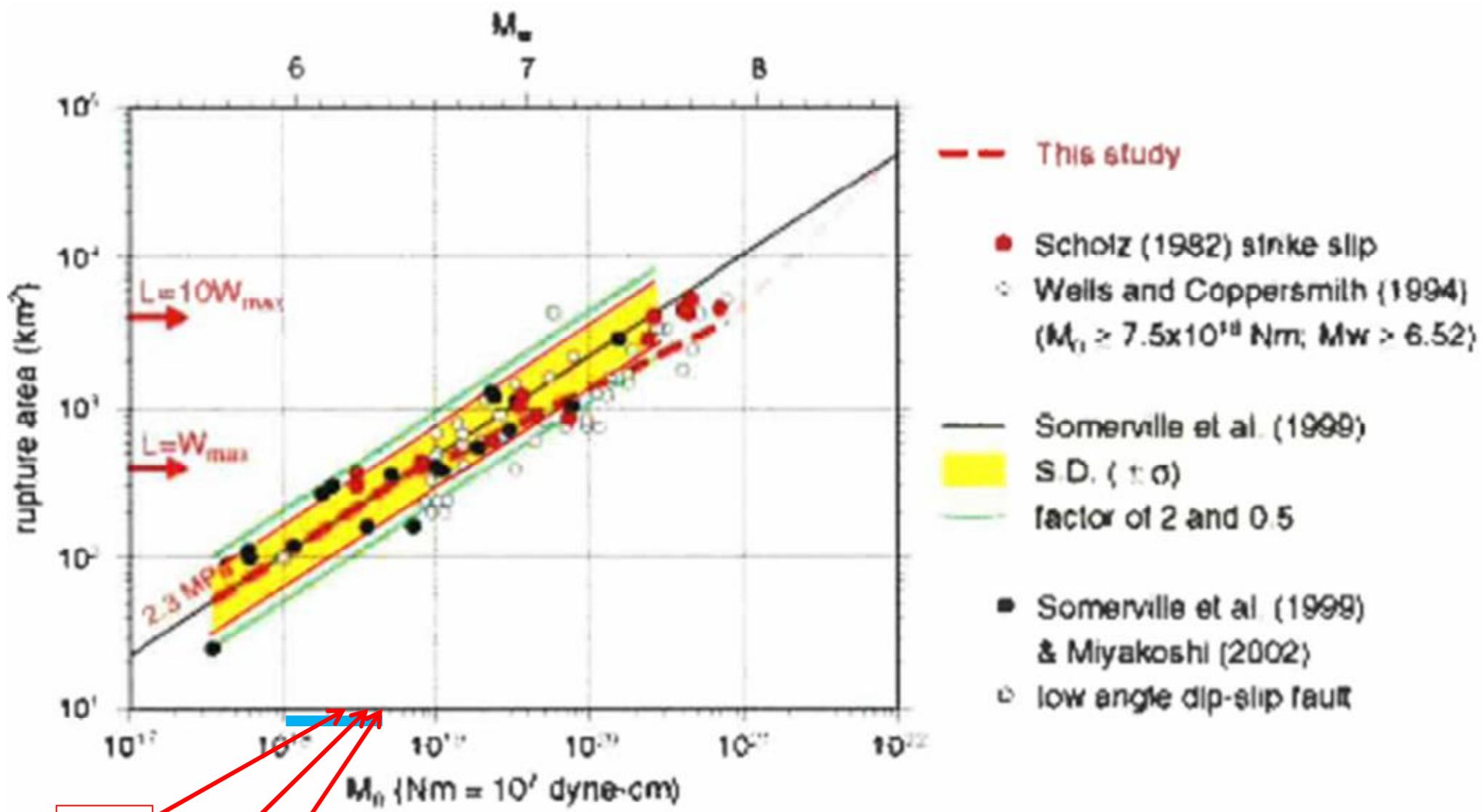
# 地震現象のバラツキ



対数表示 → 長さは「何倍か」を表す 例 大きい1目盛はどれも10倍



平均像の4倍の $M_0$ となる地震がある



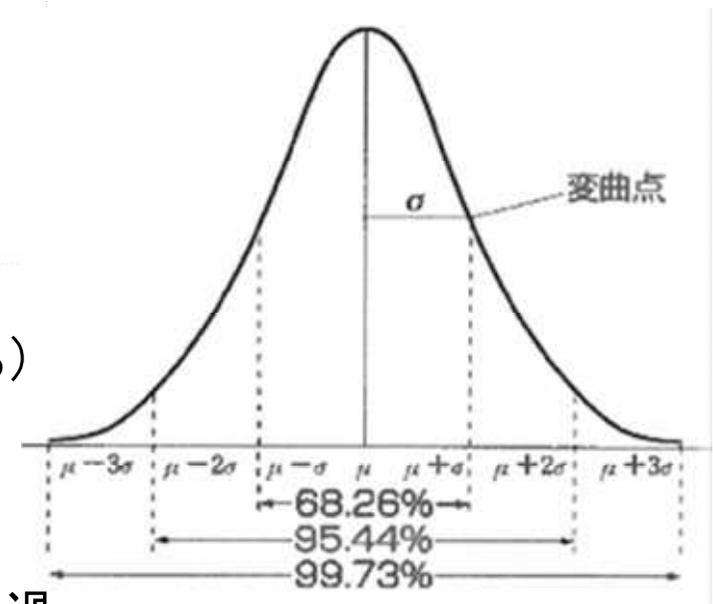
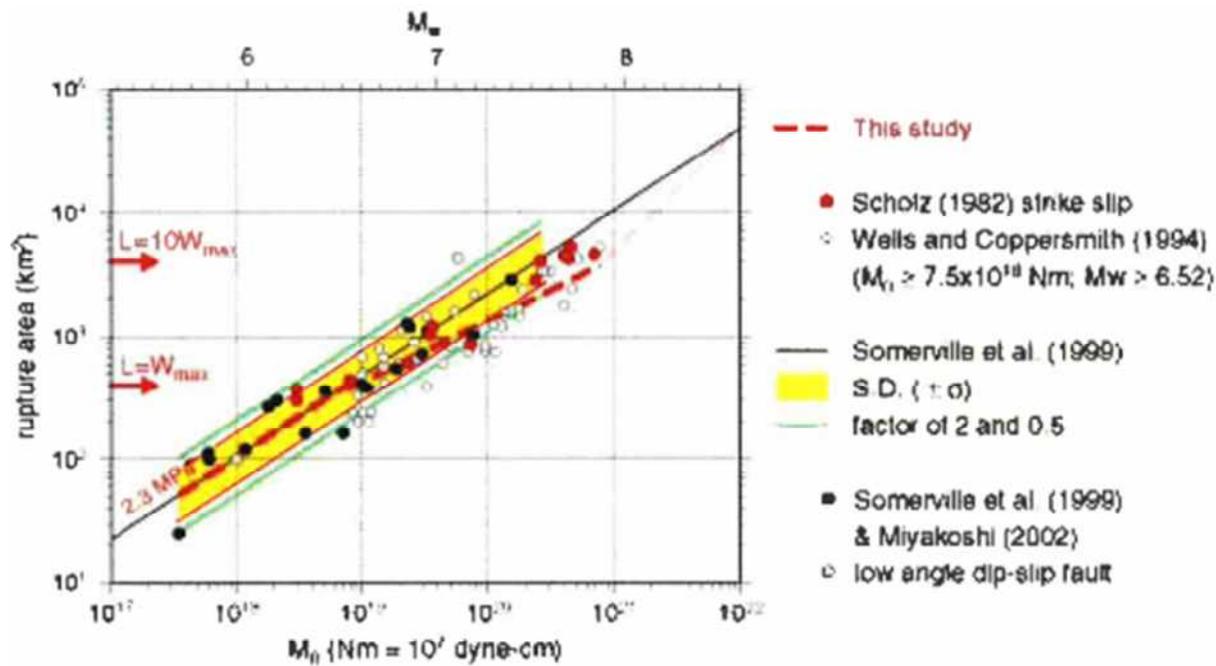
2倍

3倍

4倍

平均像の4倍のM<sub>0</sub>となる地震がある

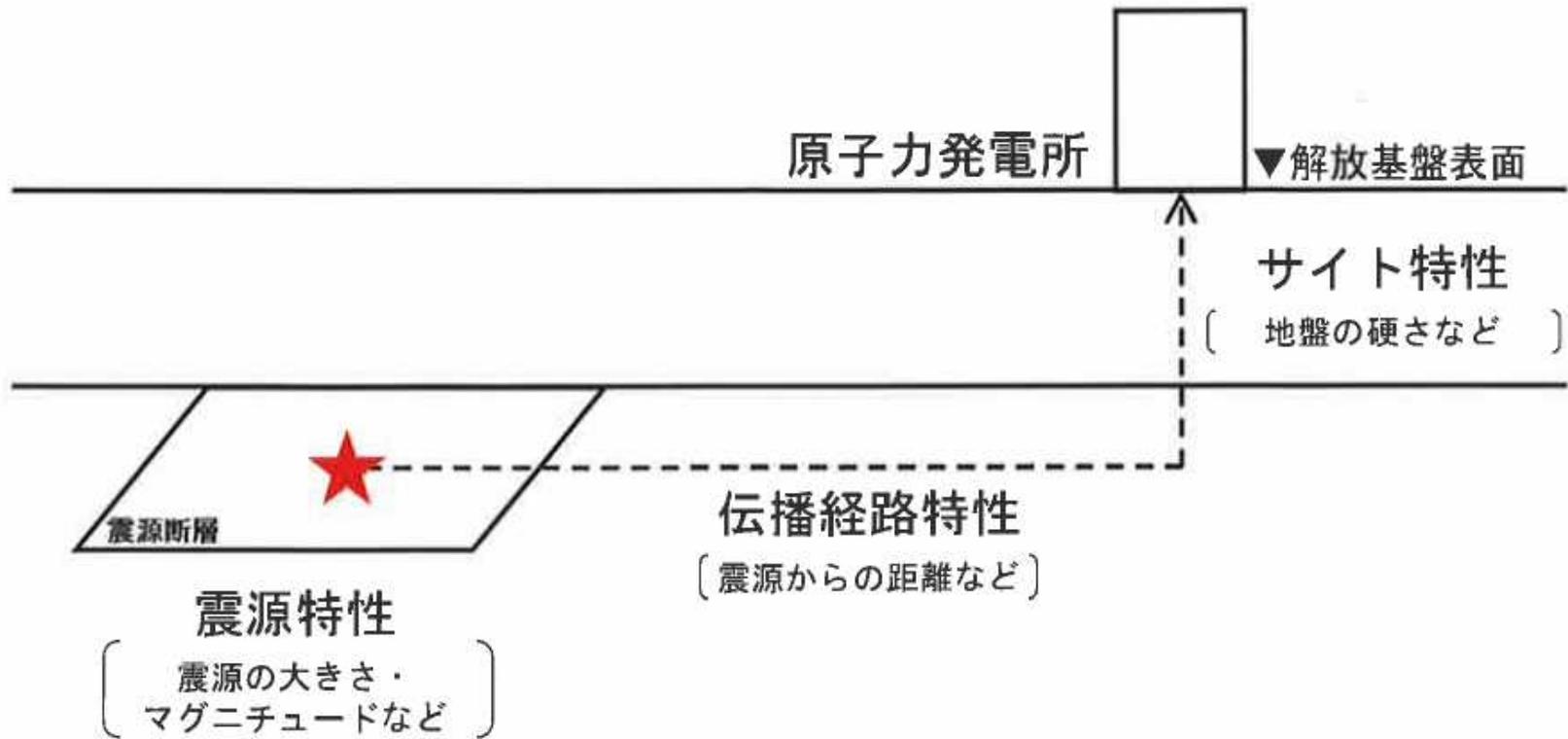
# 地震現象のバラツキ(震源特性のバラツキ)



黄色の範囲が「 $\pm \sigma$ 」=68.28%の範囲(正規分布なら)  
 その右端が平均の2倍  
 平均の2倍の値でも約16%の地震では超過

$2\sigma$  = 平均の4倍の値でも、約2.3%の地震で平均を超過

# 震源特性



震源特性、伝搬経路特性、サイト特性のイメージ図

川内原発運転差し止め仮処分 九州電力平成26年11月21日付準備書面

原発の耐震設計では  
平均像からのかい離がどれだけか＝誤差 全く考慮されない

もともとは平均値をもとに耐震設計をしていた  
その後、**中越沖地震**で応力降下量が平均の1.5倍とされて  
(震源特性1.5倍)  
「**不確かさの考慮**」として平均の1.5倍とした

**中越沖地震は、ほぼ10年前の地震**  
**それでは原発の安全性は確保できない**  
**想定できるいかなる地震に対しても安全とはならない**

誤差を考慮するなら標準偏差で何 $\sigma$ まで想定するかの問題となる

(正規分布なら)標準偏差(+ $\sigma$ )でも2倍、+2 $\sigma$ で4倍  
しかし、原発でそれで足りるか  
+2 $\sigma$ でも2.3%がそれを上回る

# 地震動審査ガイドの規定

中越沖地震の知見を用いるよう求めた規定がある

しかし、「不確かさの考慮」は、その規定のあとに存在

地震動審査ガイドは、中越沖地震の知見から地震動を1.5倍にしたあとで、さらに「不確かさの考慮」をするように規定している

わずか10年前の中越沖地震以上の地震動となる地震が発生しないなどとは言えるわけがないから、当然の規定

# 被告の地震動想定

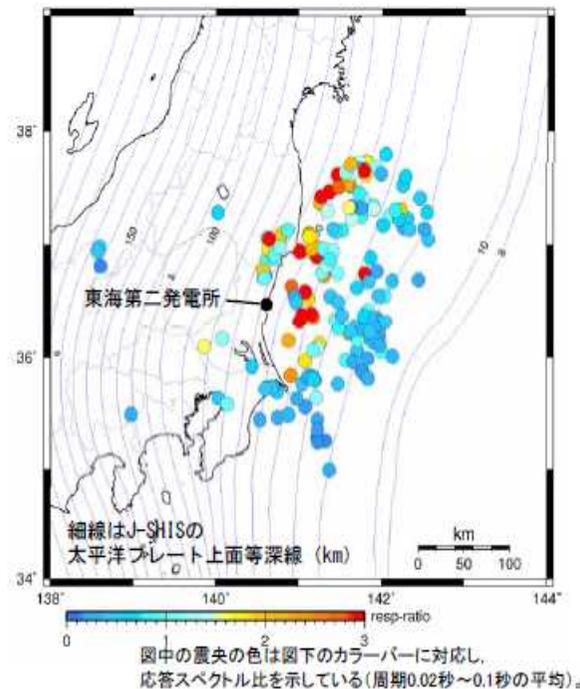
# プレート境界地震におけるバラツキ 応答スペクトルに基づく手法における補正係数の設定

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 4.1 プレート間地震

応答スペクトル手法による地震動評価に用いる補正係数: プレート間地震記録の収集

第336回審査会  
資料1所掲

- 応答スペクトル手法による地震動評価は、Noda et al.(2002)による手法(耐専スペクトル)で行う。
- 評価に際しては、地震発生様式ごとに分類した地震観測記録の分析に基づく補正係数を考慮する。



応答スペクトル比の算出に用いた  
M5.3以上の地震の震央分布  
(水平成分)

- ・東海第二発電所の地震観測記録のうちM5.3以上で震央距離200km以内の地震を対象に、解放基盤波の応答スペクトルを耐専スペクトルで除した「応答スペクトル比」を算出する。
- ・プレート間地震、海洋プレート内地震、内陸地殻内地震の地震発生様式ごとに各地震の「応答スペクトル比」を算出し、地域性の観点からグルーピングを行う。

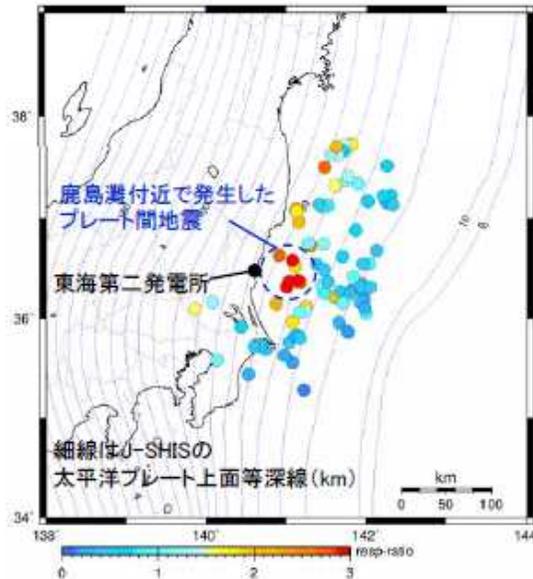
$$\text{応答スペクトル比} = \frac{\text{敷地の観測記録 (解放基盤表面)}}{\text{Noda et al.(2002)による値}}$$

# プレート境界地震におけるバラツキ(鹿島灘付近) 相当部分は震源特性のバラツキと思われる

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 4.1 プレート間地震  
 応答スペクトル手法による地震動評価に用いる補正係数: 鹿島灘付近

第336回審査会合  
資料1再掲

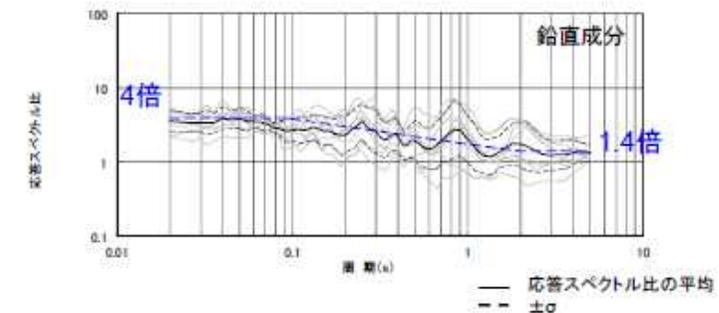
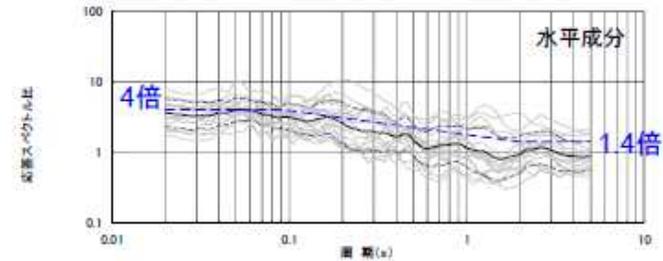
## ■補正係数(鹿島灘付近の地震)



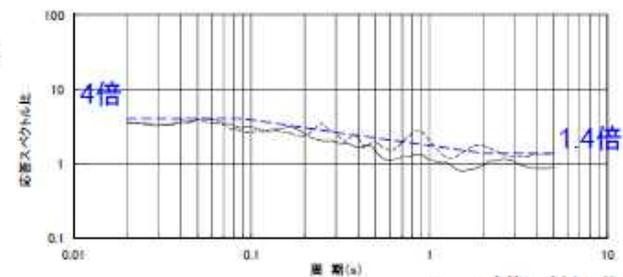
図中の震央の色は図下のカラーバーに対応し、  
 応答スペクトル比を示している(周期0.02秒~0.1秒の平均)。

検討対象地震の震央分布図  
 (水平成分)

鹿島灘付近で発生した地震の応答スペクトル比には、短周期側で4倍程度となる傾向が見られるため、短周期側で4倍の補正係数を考慮する。



応答スペクトル比



補正係数

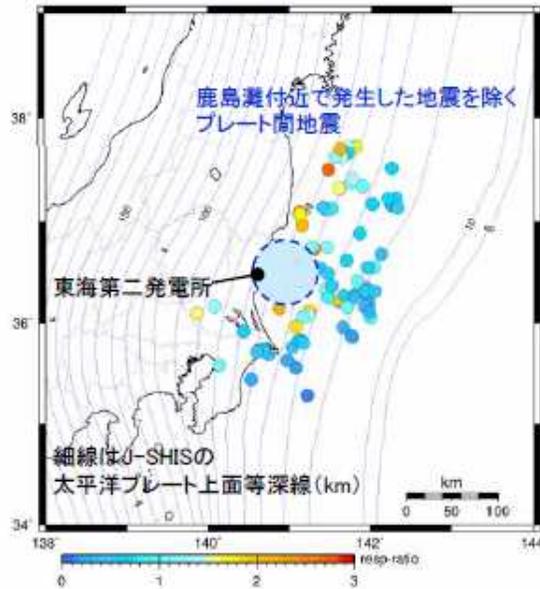
# プレート境界地震におけるバラツキ(それ以外) 相当部分は震源特性のバラツキと思われる

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 4.1 プレート間地震

応答スペクトル手法による地震動評価に用いる補正係数: 鹿島灘を除く領域

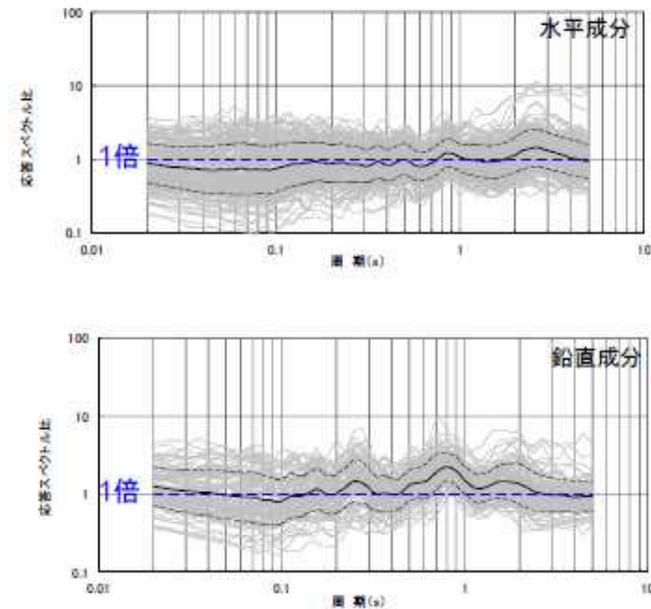
第336回審査会合  
資料1再掲

## ■補正係数(鹿島灘付近を除く領域の地震)



図中の震央の色は図下のカラーバーに対応し、  
応答スペクトル比を示している(周期0.02秒~0.1秒の平均)。

検討対象地震の震央分布図  
(水平成分)



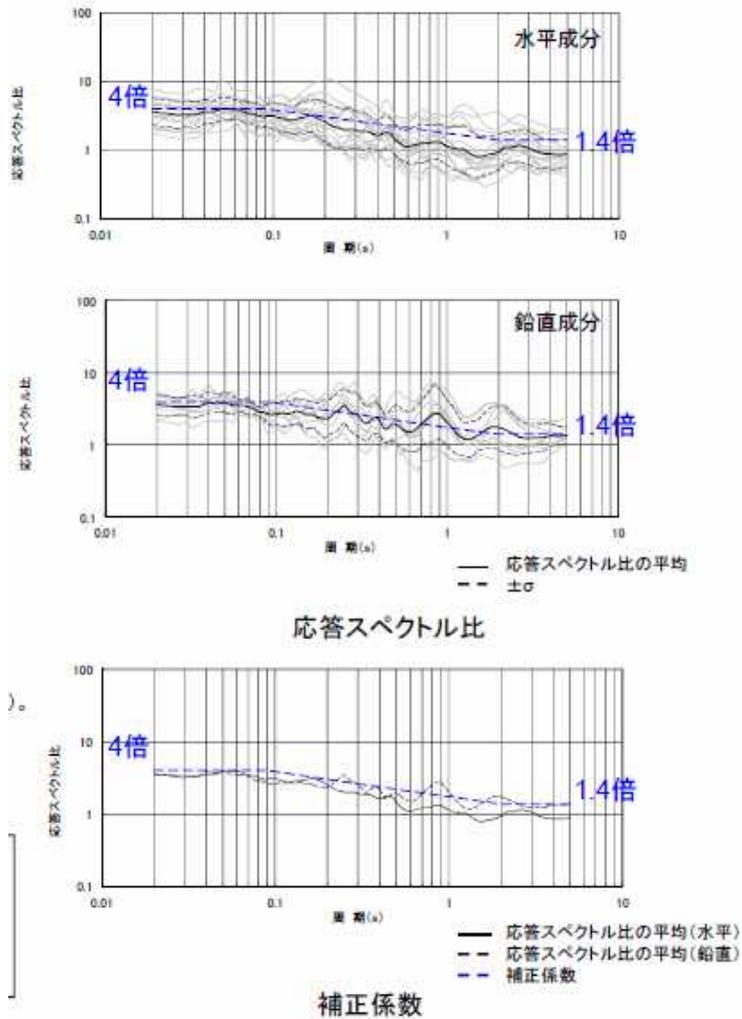
— 応答スペクトル比の平均  
- - ±σ

応答スペクトル比

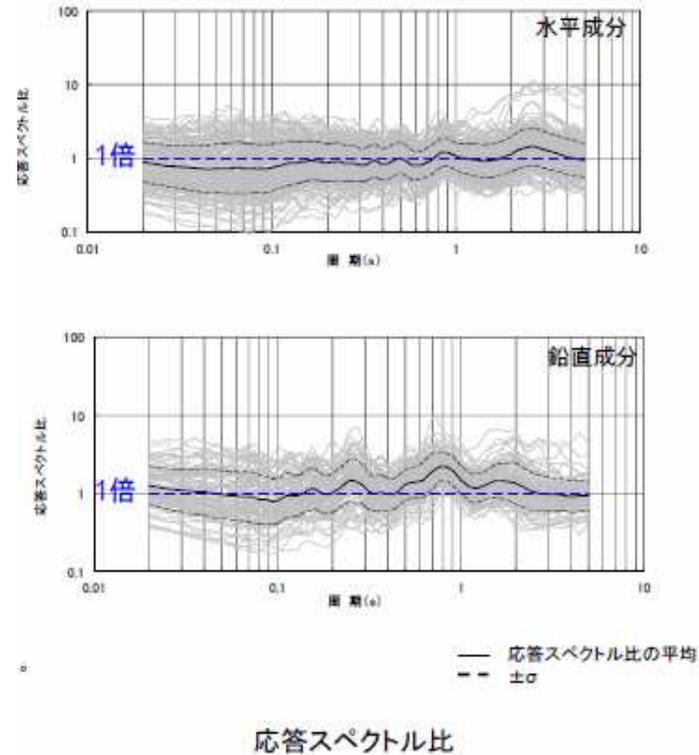
鹿島灘付近を除く領域で発生した地震については、応答スペクトル比がほぼ1倍であるため補正は行わない。

# プレート境界地震におけるバラツキ(補正係数が平均値)

鹿島灘付近



それ以外



どちらの補正係数も平均的値でのもの

バラツキは考慮していない

なぜ考慮しないのか？

# 内陸地殻内地震におけるバラツキ

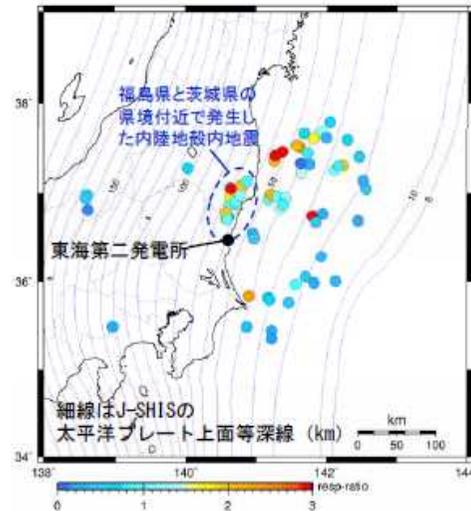
茨城県と福島県の県境付近で発生した地震

相当部分は震源特性のバラツキと思われる

## 4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 4.3 内陸地殻内地震 内陸地殻内地震の地震動評価に用いる補正係数

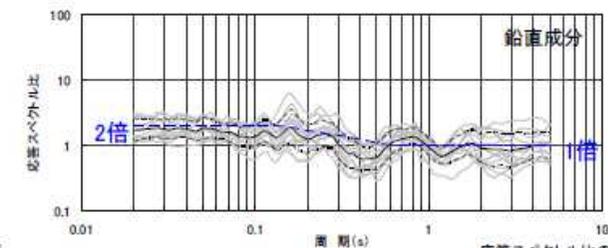
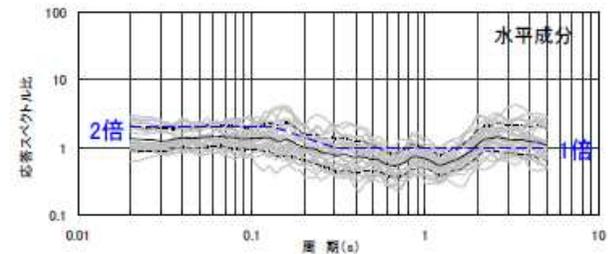
第404回審査会合  
資料2再掲

### ■福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震の補正係数



図中の震央の色は図下のカラーバーに対応し、  
応答スペクトル比を示している(周期0.02秒~0.1秒の平均)。

検討対象地震の震央分布図  
(水平成分)



応答スペクトル比

- 福島県と茨城県の県境付近で発生した地震の応答スペクトル比は短周期側で大きくなる傾向が見られ、水平成分で1.4倍程度、鉛直成分で1.7倍程度となる。
- 従って、福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震に対する応答スペクトル手法では、日本電気協会(2016)による内陸地殻内地震に対する補正係数は用いず、上記応答スペクトル比の傾向に基づき、短周期帯を概ね包絡するように短周期側で2倍の補正係数を設定する。

# 内陸地殻内地震におけるバラツキ

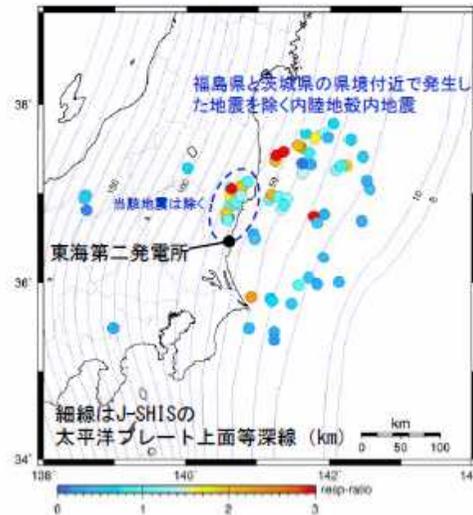
それ以外の地域で発生した地震

相当部分は震源特性のバラツキと思われる

## 4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 4.3 内陸地殻内地震 内陸地殻内地震の地震動評価に用いる補正係数

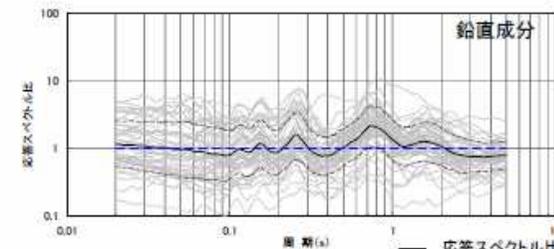
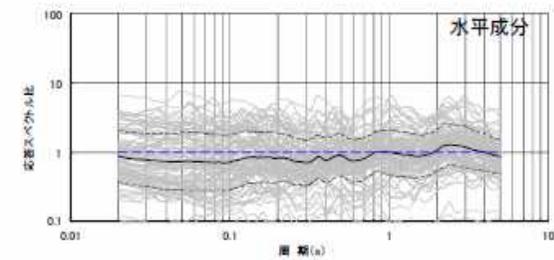
第404回審査委員会  
資料2再掲

■福島県と茨城県の県境付近で発生した地震を除く内陸地殻内地震の補正係数



图中的震央の色は図下のカラーバーに対応し、  
応答スペクトル比を示している(周期0.02秒~0.1秒の平均)。

検討対象地震の震央分布図  
(水平成分)

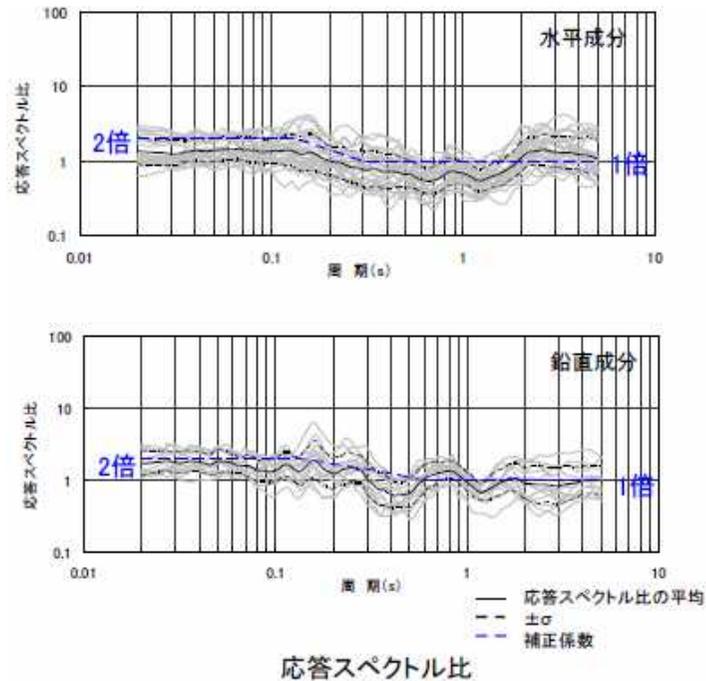


応答スペクトル比

福島県と茨城県の県境付近を除く地域で発生した内陸地殻内地震の応答スペクトル比について、各地震の平均は水平成分、鉛直成分ともほぼ1倍であるため、日本電気協会(2016)による内陸地殻内地震に対する補正や観測記録の応答スペクトル比に基づく補正は行わない。

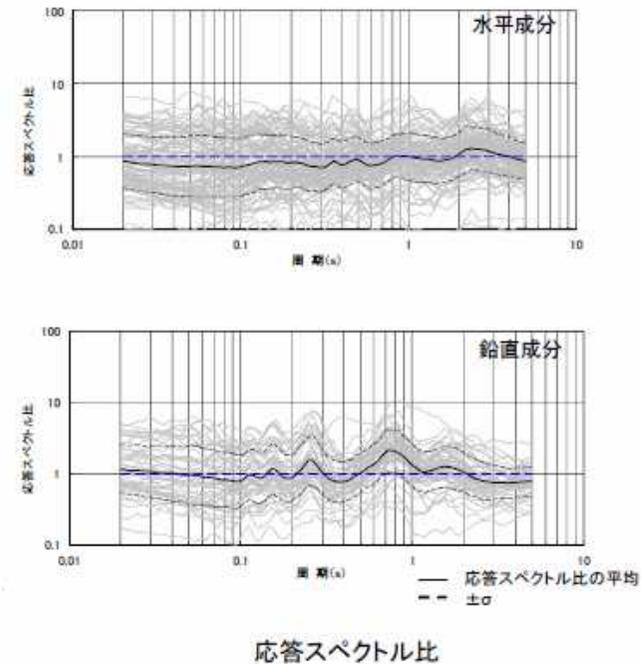
# 内陸地殻内地震におけるバラツキ(補正係数の求め方に差異)

茨城県と福島県県境付近で発生した地震



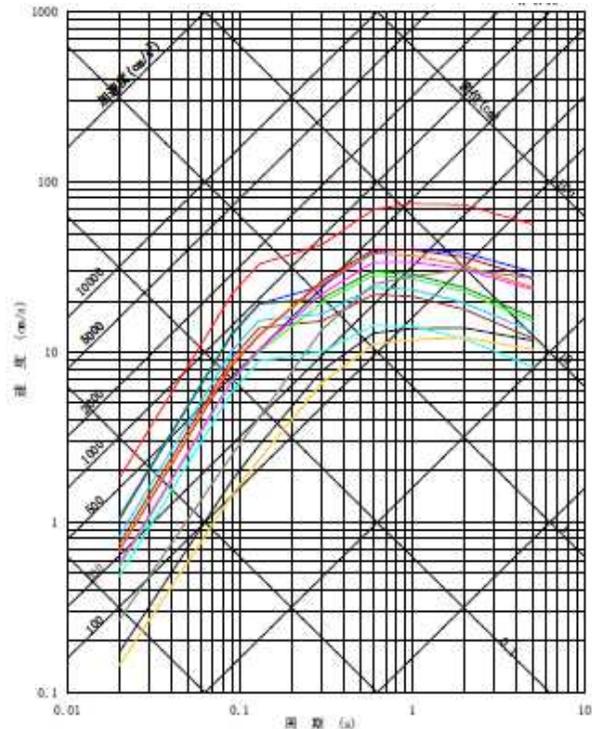
茨城県と福島県の県境付近で発生した地震でも  
+σ程度では足りず+2σをとれば補正係数は4倍となる

それ以外の地域で発生した地震



補正係数の求め方が違う  
左ではバラツキを考慮してほぼ+σ程度  
右では平均的値  
なぜ違うのか？

# 内陸地殻内地震における応答スペクトルに基づく手法の地震動評価



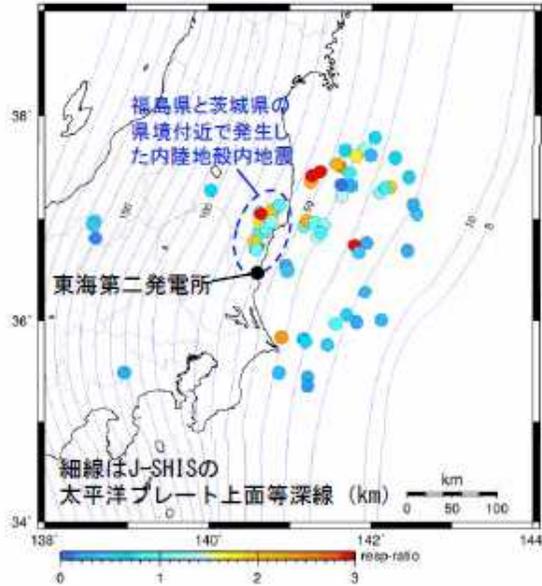
F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地地震断層の連動  
補正係数を4倍とすれば、地震動は1200ガル

- ① 陸奥国沖海溝断層、阿武隈断層の連動、M7.5、 hypoc=37km
- ② 駿河湾水窪リニアメント、M6.8、 hypoc=27km
- ③ 駿河山リニアメント、M6.8、 hypoc=25km
- ④ 志田町リニアメント、M6.8、 hypoc=21km
- ⑤ F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地断層の連動、M7.8、 hypoc=31km
- ⑥ F3断層、F4断層、M6.8、 hypoc=22km
- ⑦ F8断層、M7.2、 hypoc=26km
- ⑧ F15断層、M7.2、 hypoc=30km
- ⑨ A-1資料、M7.0、 hypoc=22km
- ⑩ 駿河断層、M7.5、 hypoc=32km
- ⑪ 深谷断層群・駿河川断層、M8.2、 hypoc=128km
- ⑫ F11断層、M6.8、 hypoc=26km
- ⑬ 2010年関東沖の地震、M7.5、 hypoc=102km

内陸地殻内地震の地震動の応答スペクトル  
(Noda et al.(2002)の手法に補正係数を考慮)

# 内陸地殻内地震におけるバラツキ

相当部分は震源特性のバラツキと思われる



図中の震央の色は図下のカラーバーに対応し、  
応答スペクトル比を示している(周期0.02秒~0.1秒の平均)。

図示されたものは耐専スペクトルとの比

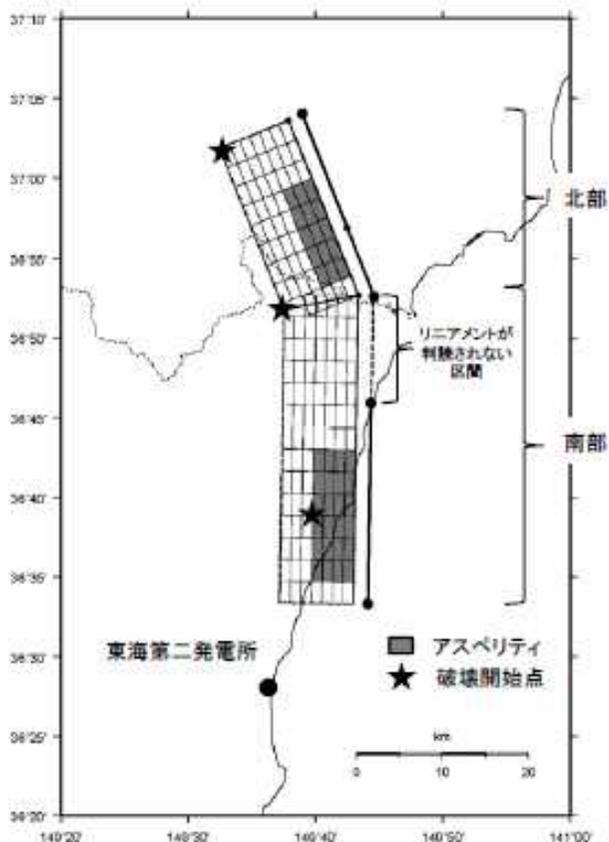
震源特性のみならず伝搬経路特性や  
サイト特性も加わった結果の値

しかし、すぐ隣あった地震でも相当に違う

- 伝搬経路特性やサイト特性は変わらない
- 震源特性に大きなバラツキ

断層モデルを用いた手法でも、応力降下量を4倍とすることが必要

# 内陸地殻内地震における断層モデルを用いた手法の 地震動評価 (F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動))



不確かさの考慮として、短周期レベル1.5倍  
しかし、それでは不足  
平均的値の4倍なら2400ガル 8倍なら4800ガル

2つのアスペリティの応力降下量は同じ大きさに設定

複数アスペリティの応力降下量は同じとは限らない  
→敷地に近いアスペリティの応力降下量を大きくする

そこだけ平均的値の2倍、4倍、8倍などにすれば  
それだけで地震動は大きくなる

なぜ複数アスペリティの応力降下量を同じにするのか

# 震源を特定せず策定する地震動

直下にどんな断層が潜んでいるかわからないから想定する地震動  
未知の直下地震による地震動

いかなる地震に対しても安全であることが必要なら  
当然、考えておかなければならない地震動

## 4.2 地震動評価

### 4.2.1 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集

- (1) 震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震を検討対象地震として適切に選定し、それらの地震時に得られた震源近傍における観測記録を適切かつ十分に収集していることを確認する。
- (2) 検討対象地震の選定においては、地震規模のスケーリング（スケーリング則が不連続となる地震規模）の観点から、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」を適切に選定していることを確認する。
- (3) また、検討対象地震の選定の際には、「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」についても検討を加え、必要に応じて選定していることを確認する。

## (2)はどこの原発でも共通

## 〔解説〕

- (1) 「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」は、断層破壊領域が地震発生層の内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置も規模もわからない地震として地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震（震源の位置も規模も推定できない地震 Mw6.5 未満の地震）であり、震源近傍において強震動が観測された地震を対象とする。
- (2) 「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」は、震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容を表すまでには至っていない地震（震源の規模が推定できない地震（Mw6.5 以上の地震））であり、孤立した長さの短い活断層による地震が相当する。なお、活断層や地表地震断層の出現要因の可能性として、地域によって活断層の成熟度が異なること、上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する場合や地質体の違い等の地域差があることが考えられる。このことを踏まえ、観測記録収集対象の地震としては、以下の地震を個別に検討する必要がある。
- ① 孤立した長さの短い活断層による地震
  - ② 活断層の密度が少なく活動度が低いと考えられる地域で発生した地震
  - ③ 上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域で発生した地震

# 収集対象とされた地震

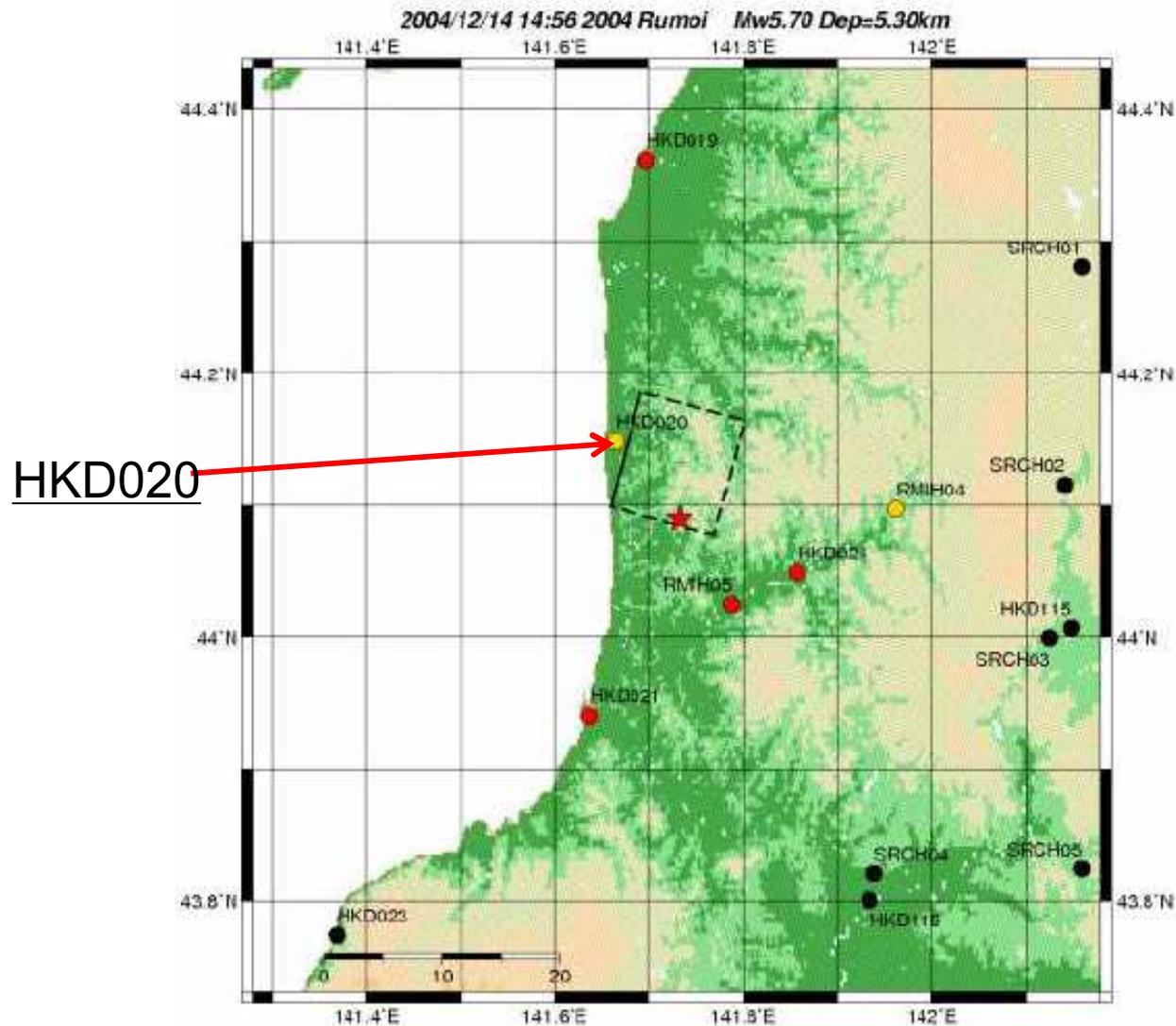
表-1 収集対象となる内陸地殻内の地震の例

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	<u>2004北海道留萌支庁南部地震</u>	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0



# 2004年留萌支庁南部地震

# 2004年北海道留萌支庁南部地震 (Mw5.7)



観測点の選定条件

● 断層最短距離: 20km以内  
AVS30 < 500m/s以下

● 断層最短距離: 20km以内  
AVS30 > 500m/s以上

たまたま観測点が断層面を延長した地点の直近にあった。

RUMOI\_Rake90\_Vr2.7\_Hyb\_T1\_EW

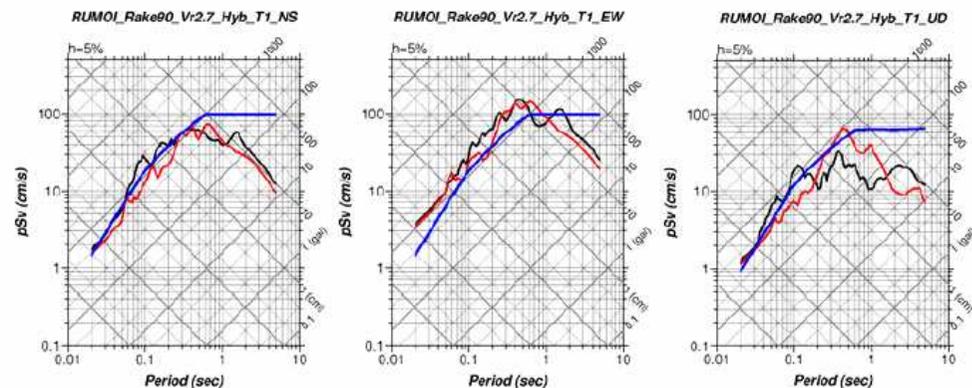
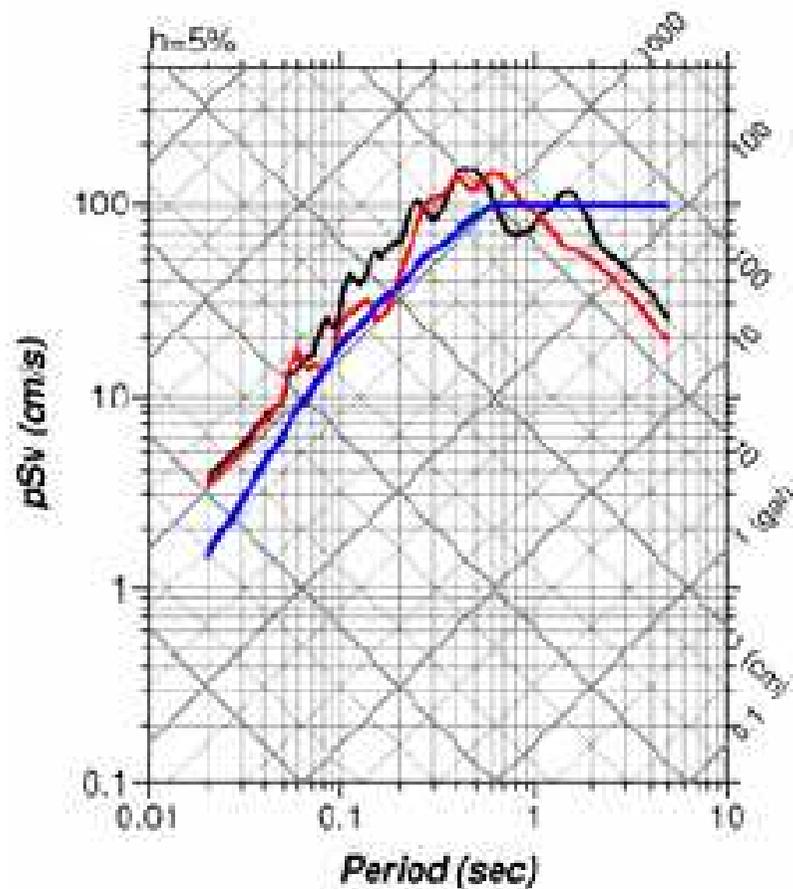


図 2.2-3(2) HKD020 におけるハイブリッド波形 (赤) と観測波形 (黒) による疑似速度応答スペクトルの比較 (青: 加藤スペクトル)  
左: NS、中: EW、右: UD

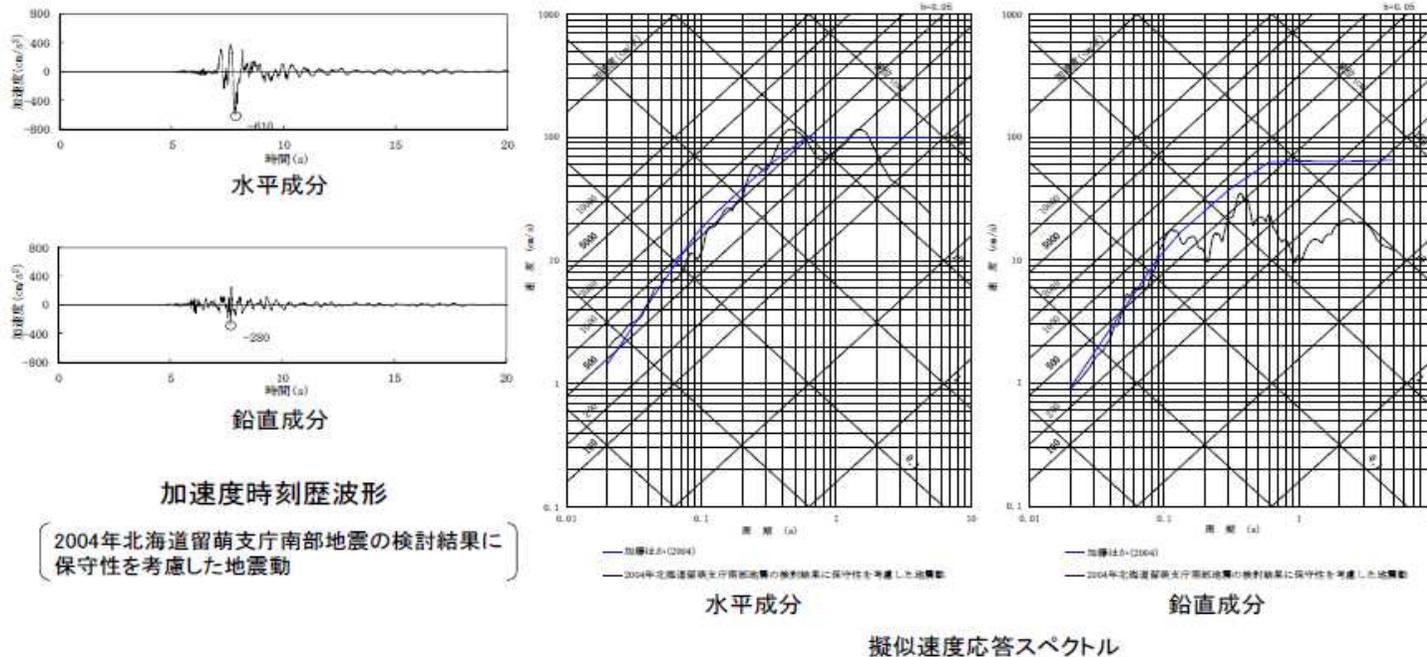
わずかMw5.7(Mj6.1)の地震

地震動1000ガル超

応答スペクトル2000ガル程度

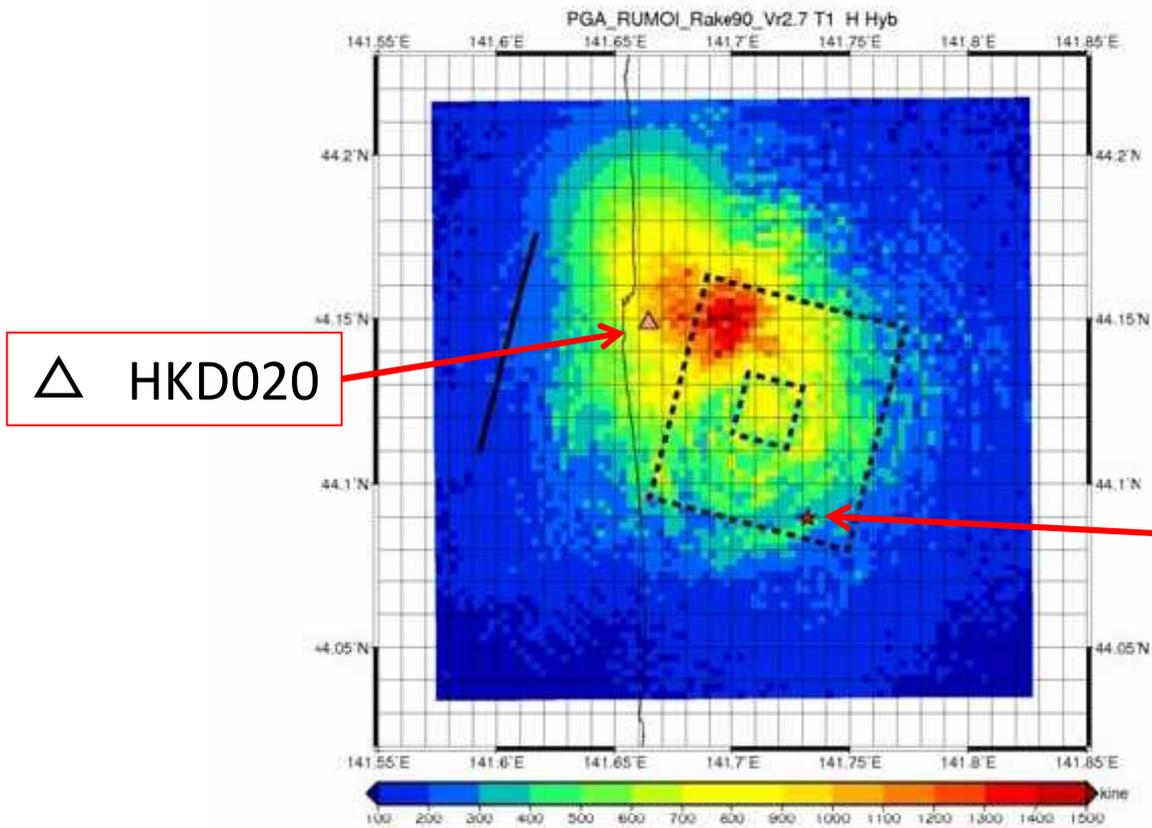
## 震源を特定せず策定する地震動

- 加藤ほか(2004)による応答スペクトル, 及び, 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した, 水平成分 610 $\text{cm/s}^2$ , 鉛直成分 280 $\text{cm/s}^2$ の地震動を, 震源を特定せず策定する地震動として考慮する。



はぎ取り解析をした結果、さらに保守性を考慮したとして  
水平成分610ガル、鉛直成分280ガルの地震動を採用した

HKD020の観測記録は留萌支庁南部地震の最大地震動ではない



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 平成24年1月  
 (財)地域地盤環境研究所

破壊開始点

局所的に大きな地震動

(1)PGA 分布 (△ : HKD020 地点, ☆ : 破壊開始点)

実際には、アスペリティ面積比も小さかったとしている

HKD020の観測結果も、留萌支庁南部地震の最大地震動ではない

最大地震動は観測記録の1.5倍程度以上 2倍弱にも達する

# 未知の直下地震についての問題点

Mw5.7の地震で、これほど大きな地震動をもたらしたのであれば

Mw6.5未満の地震では最大どこまで大きな地震動が来るのか

これを検討せずに「震源を特定せず策定する地震動」は導けない  
Mw5.7の地震に耐えられれば良いというわけにはいかない

審査ガイドの例示する16地震中、Mw6.5未満は14地震

そのうち

電力会社が敷地に影響を及ぼす影響が大きいと考える5地震

- ① 2004年北海道留萌支庁南部地震(Mw5.7 逆断層)
- ② 2013年栃木県北部地震(Mw5.8 横ずれ)
- ③ 2011年和歌山県北部地震(Mw5.0 逆断層)
- ④ 2011年茨城県北部地震(Mw5.8 正断層)
- ⑤ 2011年長野県北部地震(Mw6.2 正断層)

		2004年 北海道留萌支庁南部地震	2013年 栃木県北部地震	2011年 和歌山県北部地震	2011年 茨城県北部地震	2011年 長野県北部地震
地盤モデル	使用モデル	・電中研ボーリング等に基づく地盤モデル	・地表及び地中観測記録に基づく地盤同定モデル	・地表及び地中観測記録に基づく地盤同定モデル	・地表及び地中観測記録に基づく地盤同定モデル	・地盤情報が乏しくモデルが構築できない
	既往の知見との整合性	・微動探査による地盤データと整合	・KiK-net地盤データと整合しない	・KiK-net地盤データと整合しない	・観測記録(伝達関数)及びKiK-net地盤データと整合しない	・地盤モデルに係る既往の知見が無い
		・知見で指摘されている特性(非線形性)に係るデータを調査で直接取得して解析に反映	・観測記録から間接的に地盤同定しているもので、知見で指摘されている特性(減衰、方位依存)の影響が不明	・観測記録から間接的に地盤同定しているもので、知見で指摘されている特性(非線形性)の影響が不明	・観測記録から間接的に地盤同定しているもので、知見で指摘されている特性(非線形性)の影響が不明	
		○	×	×	×	×
更なる知見収集・検討事項	-	・地盤モデルの改良 ・知見で指摘されている特性に係るデータの取得と影響度合いの評価	・地盤モデルの改良 ・知見で指摘されている特性に係るデータの取得と影響度合いの評価	・地盤モデルの改良 ・知見で指摘されている特性に係るデータの取得と影響度合いの評価	・地質調査、微動探査等による地盤情報の取得	
はざとり解析	解析手法	・非線形性を考慮した等価線形解析	・線形解析	・線形解析	・線形解析	・地盤モデルが構築できないため、解析できない
	精度	・観測事実(非線形性によるサイト増幅の低下)と整合	・はざとり解析手法の適用性(震源ごく近傍での適用可否、観測事実の再現性)が不明	・はざとり解析手法の適用性(震源ごく近傍での適用可否、観測事実の再現性)が不明	・はざとり解析手法の適用性(震源ごく近傍での適用可否、観測事実の再現性)が不明	・はざとり解析手法の適用性(震源ごく近傍での適用可否、観測事実の再現性)が不明
		・観測事実の再現性が確認されている震源・地盤モデルによる評価結果と整合				
		○	×	×	×	×
更なる知見収集・検討事項	-	・地表及び地中観測記録の再現解析 ・解析手法の適用性の確認、必要に応じた改良	・地表及び地中観測記録の再現解析 ・解析手法の適用性の確認、必要に応じた改良	・地表及び地中観測記録の再現解析 ・解析手法の適用性の確認、必要に応じた改良	・地表観測記録の再現解析 ・解析手法の適用性の確認、必要に応じた改良	
結果の信頼性	○	×	×	×	×	

		2004年 北海道留萌支庁南部地震	2013年 栃木県北部地震	2011年 和歌山県北部地震	2011年 茨城県北部地震	2011年 長野県北部地震
地盤モデル	使用モデル	・電中研ボーリング等に基づく地盤モデル	・地表及び地中観測記録に基づく地盤同定モデル	・地表及び地中観測記録に基づく地盤同定モデル	・地表及び地中観測記録に基づく地盤同定モデル	・地盤情報が乏しくモデルが構築できない
	既往の知見との整合性	・微動探査による地盤データと整合 ・知見で指摘されている特性(非線形性)に係るデータを調査で直接取得して解析に反映	・KiK-net地盤データと整合しない ・観測記録から間接的に地盤同定しているもので、知見で指摘されている特性(減衰、方位依存)の影響が不明	・KiK-net地盤データと整合しない ・観測記録から間接的に地盤同定しているもので、知見で指摘されている特性(非線形性)の影響が不明	・観測記録(伝達関数)及びKiK-net地盤データと整合しない ・観測記録から間接的に地盤同定しているもので、知見で指摘されている特性(非線形性)の影響が不明	・地盤モデルに係る既往の知見が無い
	更なる知見収集・検討事項	○	×	×	×	×
はざとり解析	解析手法	・非線形性を考慮した等価線形解析	・線形解析	・線形解析	・線形解析	・地盤モデルが構築できないため、解析できない
	精度	・観測事実(非線形性によるサイト増幅の低下)と整合 ・観測事実の再現性が確認されている震源・地盤モデルによる評価結果と整合	・はざとり解析手法の適用性(震源ごく近傍での適用可否、観測事実の再現性)が不明	・はざとり解析手法の適用性(震源ごく近傍での適用可否、観測事実の再現性)が不明	・はざとり解析手法の適用性(震源ごく近傍での適用可否、観測事実の再現性)が不明	・はざとり解析手法の適用性(震源ごく近傍での適用可否、観測事実の再現性)が不明
	更なる知見収集・検討事項	○	×	×	×	×
結果の信頼性	○	×	×	×	×	

留萌支庁南部地震については観測点近くでボーリングするなど電力中央研究所が調査して地盤情報を得た(佐藤2013)

他の4地震ではそのようなことをしようとしていない

「観測記録をそのまま使う」は審査ガイドの規定に反している

## 2. 基本方針

基準地震動の策定における基本方針は以下の通りである。

- (3) 「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に各種の不確かさを考慮して、敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定されていること。

各種の不確かさを考慮する

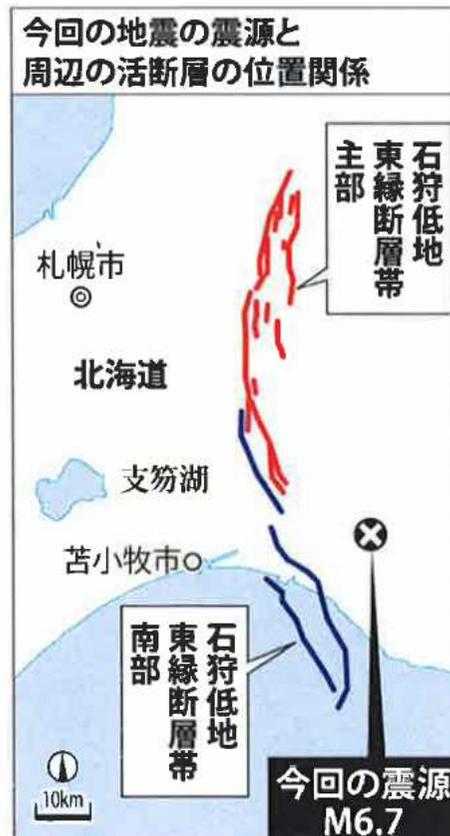
留萌支庁南部地震の最大地震動はどれだけか

Mw5.7を超え、Mw6.5未満の地震の地震動はどれだけか

これらはまさしく不確かさの考慮

16地震以降の地震を一切取り上げようとしない問題

# 北海道胆振東部地震



Kik-NET追分

南北 1004ガル

上下 1591ガル

3成分合成 1796ガル

K-NET追分

南北 1316ガル

上下 929ガル

3成分合成 1505ガル

未知の断層による収集対象となるべき地震でMw6.6とされている、地震動審査ガイドが想定していない地震

## 16地震以降も多数の未知の断層による地震が発生

今回の胆振東部地震発生前の震度5弱以上の地震だけでも  
26個の収集対象となる可能性のある地震が発生  
震度6弱以上でも今回の地震を含め4つの地震が発生  
淡路島付近の地震、内浦湾の地震、島根県中部の地震

少なくともこの4つの未知の断層による地震の観測記録は  
収集して、「震源を特定せず策定する地震動」の策定のため  
検討することが必要

しかし、被告日本原電も収集しようとせず  
規制委員会もこれら新たな地震について言及せず

今回の胆振東部地震についても同じ対応で無視するのか？

# 規制委員会の構成に問題がある

更田豊志委員長 原子力研究所に長く勤務

原子炉の安全研究

田中知委員 東京大学工学部

原子力工学を専門 核燃料サイクル、放射性廃棄物の研究

山中伸介委員 大阪大学工学部

原子炉重大事故に関連した燃料の安全研究

原子炉工学、核燃料工学・材料分野を専門

伴信彦委員 東京大学医学部、看護学部

放射線影響・防護の研究

石渡明委員 金沢大学理学部など

地質学の研究

現在の規制委員会委員 5名中3名 工学系

原子炉・原発を作ることを前提にして研究する専門家

唯一 理学系は地質学者の石渡委員のみ

地震学はともかく、地震動、津波、火山、竜巻などの専門家はいない

## まとめ

(既知の断層による地震)

### 敷地ごとの震源を特定して策定する地震動の想定

中越沖地震で、平均的地震動の1.5倍を想定するだけ

(未知の直下地震)

### 震源を特定せず策定する地震動の想定

留萌支庁南部地震の観測記録+ $\alpha$ で想定するだけ

強震観測網が整備されたこの20年ほどの間のしかも例示された地震についてだけ検討し、その中の最大の地震動で耐震設計

## 地震動審査ガイドの基本方針に反している

想定できる地震動全体への考慮

中越沖を超える地震動も想定すべき

直下で想定できるどんな地震でも、安全性が確保できなくてはならない