

平成24年（行ウ）第15号 東海第二原子力発電所運転差止等請求事件

原告 大石光伸外265名

被告 日本原子力発電株式会社外1名

準備書面（4） 別冊－語句注・図表

平成26年12月4日

この「準備書面（４） 別冊－語句注・図表」には，被告日本原電準備書面（４）に記載した語句の注（説明）と参照する図表を掲載する。

(注1) 静的地震力

静的地震力とは、建物・構築物及び機器・配管に地震時に作用する力を時間とともに変化しない一定の力に置き換えて考慮する地震力をいう。原子力発電所の耐震設計においては、地震に対して安全上重要となる建物・構築物及び機器・配管の各施設について、動的地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に耐えるようにすることなどが求められる。

旧耐震指針を例に説明すると、旧耐震指針は、耐震設計上の重要度に応じてAクラス（Aクラスの施設のうち特に重要な施設を限定してA_sクラスとする。）、Bクラス、Cクラスに分類し、当該分類に応じた静的地震力の算出等を求めている。

すなわち、Aクラスの建物・構築物については、水平地震力は層せん断力係数（地震により建物・構築物のある層に生ずるせん断力（建物を水平方向にずらそうとする力）を、その層から上層の建物・構築物の全重量で除した値）を3倍して算定し、鉛直地震力は鉛直震度0.3を基準とし、建物・構築物の振動特性等を考慮して求めた鉛直震度に基づいて算定する。また、Aクラスの機器・配管系については、水平地震力は建物・構築物において採用する層せん断力係数を1.2倍して算定し、鉛直地震力は建物・構築物において採用する鉛直震度を1.2倍して算定する。

Bクラス及びCクラスの施設については、次の静的地震力に耐えるように設計する。建物・構築物については、水平地震力は、層せん断力係数をBクラスは1.5倍、Cクラスは1.0倍して算定する。また、機器・配管系については、建物・構築物において採用する層せん断力係数をBクラス及びCクラスともに1.2倍して水平地震力を求める。

(注2) 文献調査

活断層調査における文献調査とは、既存の文献等を検討し、調査地域内の地形、地質及び地質構造等に関する知見を得る調査方法をいう。

(注3) 変動地形学的調査

変動地形学的調査とは、空中写真判読等を行って地形を観察して、段丘面等の地形を抽出し、断層地形の可能性のある地形を見出していく調査方法をいう。

(注4) 地表地質調査

地表地質調査とは、地質技術者が、文献調査（「文献調査」参照）や空中写真判読の結果をもとに、道路沿いの法面、山の谷、尾根沿いにある岩等の露出面や断層を観察して、該当箇所及びその周辺の地質の構成や分布状況を調査する方法をいう。

(注5) 地球物理学的調査

地球物理学的調査とは、地球に関連する自然現象を物理学的な手法により調査するものであり、具体的には、海上音波探査、反射法地震探査、微動探査等の手法がある。

(注6) 地震発生様式，内陸地殻内地震，プレート間地震

地震発生様式とは、地震が発生する場所やメカニズム（地震の起こり方）の違いによる分類をいい、大きく、内陸地殻内地震，プレート間地震，海洋プレート内地震に分類される。

地球の表面は、プレートと呼ばれる岩盤の板で覆われており、それらのプレートは一続きではなく、10数枚がジグソーパズルのように敷き詰められていて、その下にあるマンツルの熱による対流が原因で年間数cmから10数cm程度の速度で移動しているが、それぞれの動く方向が異なっているために、プレート同士が衝突したり、一方のプレートがもう一方のプレートの下に沈み込んだりしており、このプレートの運動により生み出される力が地震を引き起こす原動力となっている。

日本の周辺には、「太平洋プレート」、「フィリピン海プレート」、「ユーラシアプレート」、「北米プレート」があるとされている。

プレートには、大きく分けると陸のプレートと海のプレートとの2種類がある。地震は、岩盤のずれ破壊によって生じるものであり、陸のプレートの内部で発生する「内陸地殻内地震」、陸のプレートと海のプレートとの間で発生する「プレート間地震」、海のプレートの内部で発生する「海洋プレート内地震」といった地震発生様式に大別できる。なお、「海洋プレート内地震」については、発生する場所によって、「沈み込む海洋プレート内の地震」、「沈み込んだ海洋プレート内の地震（スラブ内地震）」に分けられる。

(注7) 解放基盤表面

解放基盤表面とは、基準地震動を策定するために、基盤面上の表層や構造物がないものとして仮想的に設定する自由表面であって、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な広がりを持って想定される基盤の表面と定義されるものをいう。ここでいう「基盤」とは、概ねせん断波(S波)速度(V_s) = 700 m/s以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていないものをいう。

(注8) M (マグニチュード) , Mw (モーメント・マグニチュード)

マグニチュードとは、地震の際に放出されるエネルギーを対数で表したものをいう。マグニチュードは、日本で一般的に用いられている気象庁マグニチュードのほか、モーメント・マグニチュードなどがある。気象庁マグニチュードとは、気象庁が日本各地で観測した地震波の振幅を用いて計算するマグニチュードをいう。

モーメント・マグニチュードとは、地震を起こした震源断層面の面積やすべり量などで表される断層運動の規模に基づき、以下の算定式で算出されるマグニチュードをいう。

$$M_w = (\log(M_0) - 9.1) / 1.5$$

$$M_0 = \mu \cdot D \cdot S$$

M_0 : 地震モーメント

μ : 岩盤の剛性率

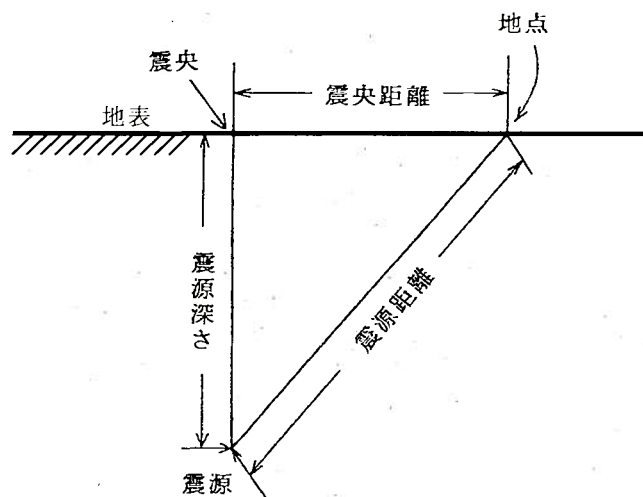
D : 震源断層面の平均すべり量

S : 震源断層の面積

(注9) 震源深さ，震央距離，震源距離

震源とは，地震が発生した地下の場所をいい，震央とは，震源の直上に当たる地表上の地点をいう。

震源深さとは，震源から震央までの距離を，震央距離とは，震央から地表上のある地点までの距離を，震源距離とは，震源から地表上のある地点までの距離をいう。



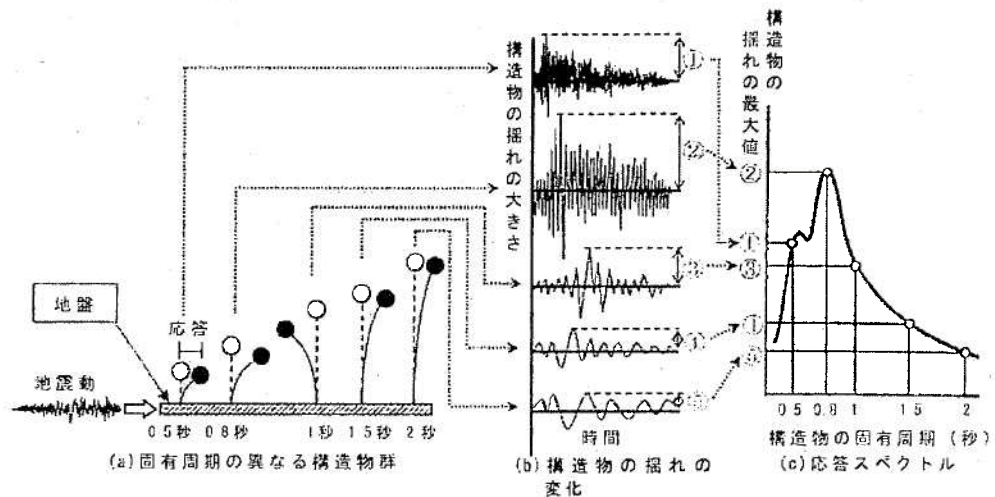
(注10) はぎとり波

はぎとり解析とは，地中で取得した地震観測記録から，その観測位置より上部の地盤の影響を取り除く解析をいい，はぎとり解析によって推定した地震動をはぎとり波という。具体的には，異なる深さに設置した複数の地震計の地震観測記録を用いて，それぞれの地震観測記録の関係性を説明できる地盤モデルを作成する。そして，同モデルを用いて，観測位置より上層の地盤の影響をはぎとることによって，はぎとり波を推定する。

地震観測記録は，観測点付近の表層地盤の影響を受ける地表や地中で観測されることが多いため，解放基盤表面（「解放基盤表面」参照）における地震動の評価・検討には，はぎとり波が用いられる。

(注11) 応答スペクトル

応答スペクトルとは、地震動がいろいろな固有周期（「固有周期」参照）を持つ建物・構築物及び機器・配管系に対して、どのような揺れ（応答）を生じさせるかを、縦軸に加速度・速度等の最大応答値、横軸に固有周期（又はその逆数の固有振動数）をとって、分かりやすいように描いたものをいう。



(注12) 剛構造

剛構造とは、建物・構築物及び機器・配管系が外力を受けた場合、外力の大きさ、建物・構築物及び機器・配管の構造、材質等に応じて曲がり、ねじれなどの変形を起こすが、この変形の程度が小さいもの、すなわち変形を起こしにくい構造をいう。一般的に、低層の鉄筋コンクリート造の建物・構築物は、剛構造である。これに対して、高層の鉄骨造の建物・構築物のように、外力を受けた場合、変形を起こしやすい構造を柔構造という。

(注13) 固有周期

建物・構築物及び機器・配管系は固有に揺れやすい周期をもっており、この周期を固有周期という。これらは、地震等の外力を受けたときにその固有周期の違いによってそれぞれ異なった揺れ方をする。

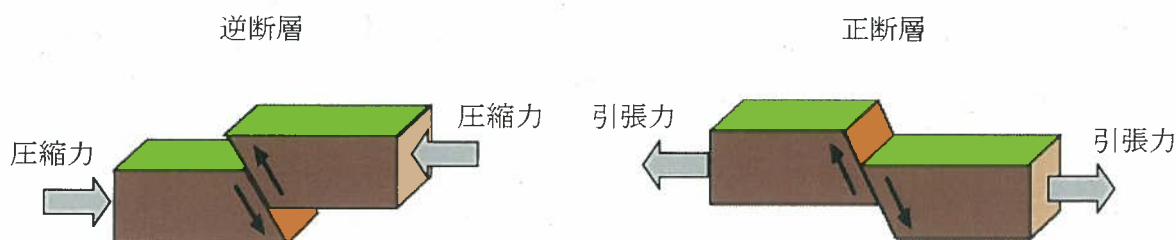
(注14) 短周期レベル

短周期レベルとは、震源特性（「震源特性」参照）のうち強震動に直接影響を与える短周期領域における加速度震源スペクトルのレベルを表す値（ $N \cdot m / s^2$ ）をいう。なお、 N はニュートン、 m はメートル、 s は秒である。

実際に発生した地震の短周期レベルは、地震観測記録から、伝播経路特性（「伝播経路特性」参照）及び地盤増幅特性（「地盤増幅特性」参照）の影響を取り除き、震源特性（「震源特性」参照）の加速度震源スペクトルを求めることで知ることができる。

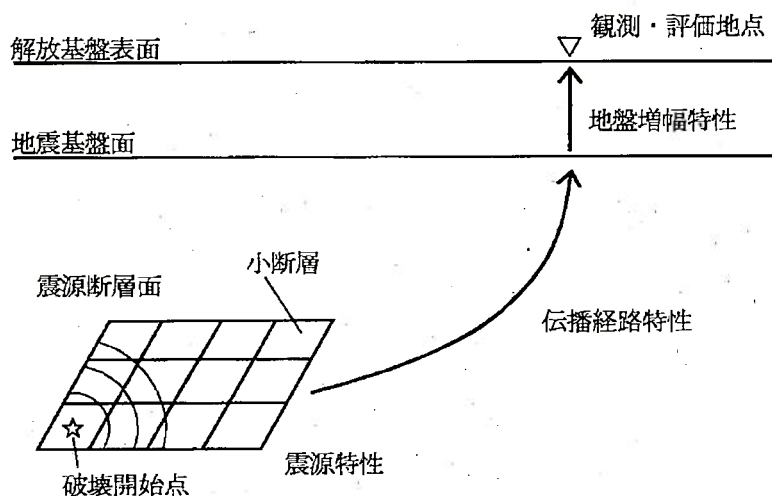
(注15) 逆断層

逆断層とは、断層の上側の地盤が断層面上をのし上がる形となる断層をいい、圧縮力の働く場で形成される。一方、正断層とは、断層の上側の地盤が断層面上をすべり落ちる形となる断層をいい、引張力の働く場で形成される。



(注16) 震源特性, 伝播経路特性, 地盤増幅特性

地震動は, 震源特性, 伝播経路特性及び地盤増幅特性の3つの特性で表される。



震源特性とは, 震源断層においてどのような破壊 (断層運動) が生じて, どのような地震波が放出されたかに係る特性をいう。

伝播経路特性とは, 震源から観測・評価地点下方の地震基盤面までの地震波の伝播に係る特性をいう。震源から放出された地震波は, 地震基盤面に至るまでの伝播経路において, 震源から遠ざかるにつれて波動エネルギーの拡散等により地震波の振幅を減衰させながら伝わる。

地盤増幅特性とは, 震源から放出された地震波が地震基盤以浅の地盤を伝播する際に, 観測・評価地点の地下の速度構造に応じて地震波の振幅がどのように増大するかに係る特性をいう。

語句注索引

M (マグニチュード)	(注 8)
M _w (モーメント・マグニチュード)	(注 8)
(お)	
応答スペクトル	(注 11)
(か)	
解放基盤表面	(注 7)
(き)	
逆断層	(注 15)
(こ)	
剛構造	(注 12)
固有周期	(注 13)
(し)	
地震発生様式	(注 6)
地盤増幅特性	(注 16)
震央距離	(注 9)
震源距離	(注 9)
震源特性	(注 16)
震源深さ	(注 9)

- (せ)
静的地震力 (注1)
- (た)
短周期レベル (注14)
- (ち)
地球物理学的調査 (注5)
地表地質調査 (注4)
- (て)
伝播経路特性 (注16)
- (な)
内陸地殻内地震 (注6)
- (は)
はざとり波 (注10)
- (ふ)
プレート間地震 (注6)
文献調査 (注2)
- (へ)
変動地形学的調査 (注3)

図表目次

- 図 1 : 宮城県沖地震の際の女川原子力発電所におけるはぎとり波と基準地震動の設計用応答スペクトル
- 図 2 : 耐震バックチェック時の女川原子力発電所の基準地震動 $S_s - D$ の設計用応答スペクトル
- 図 3 : 能登半島地震の際の志賀原子力発電所におけるはぎとり波と基準地震動の設計用応答スペクトルとの比較
- 図 4 : 能登半島地震の震源モデル
- 図 5 : 図 4 の震源モデルを用いた能登半島地震の断層モデルによるシミュレーション解析結果（南北方向）
- 図 6 : 図 4 の震源モデルを用いた能登半島地震の断層モデルによるシミュレーション解析結果（東西方向）
- 図 7 : 能登半島地震のシミュレーション解析結果と強震動予測レシピとの比較（地震モーメントと短周期レベルの関係式）
- 図 8 : 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録
- 図 9 : 柏崎刈羽原子力発電所の 1 ないし 4 号機側と 5 ないし 7 号機側とで揺れが異なることに関する検討に用いた観測記録
- 図 10 : 図 9 の海域から到来する地震と陸域から到来する地震の平均的な比（はぎとり波と Noda et al. (2002) による応答スペクトルとの比）の比較
- 図 11 : 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因（概念図）
- 図 12 : 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因 その 1

- 図 1 3 : 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因 その 2
- 図 1 4 : 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因 その 3
- 図 1 5 : 柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動 S_s
- 図 1 6 : 東北地方太平洋沖地震の際の福島第一原子力発電所におけるはざとり波と基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルとの比較
- 図 1 7 : 東北地方太平洋沖地震の際の福島第二原子力発電所におけるはざとり波と基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルとの比較
- 図 1 8 : 東北地方太平洋沖地震の際の女川原子力発電所におけるはざとり波と基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルの比較
- 図 1 9 : 東北地方太平洋沖地震の短周期レベル

図1 宮城県沖地震の際の女川原子力発電所におけるはぎとり波と基準地震動の設計用応答スペクトル

出典：平成17年11月29日開催の総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会耐震・構造設計小委員会（第1回）資料から抜粋

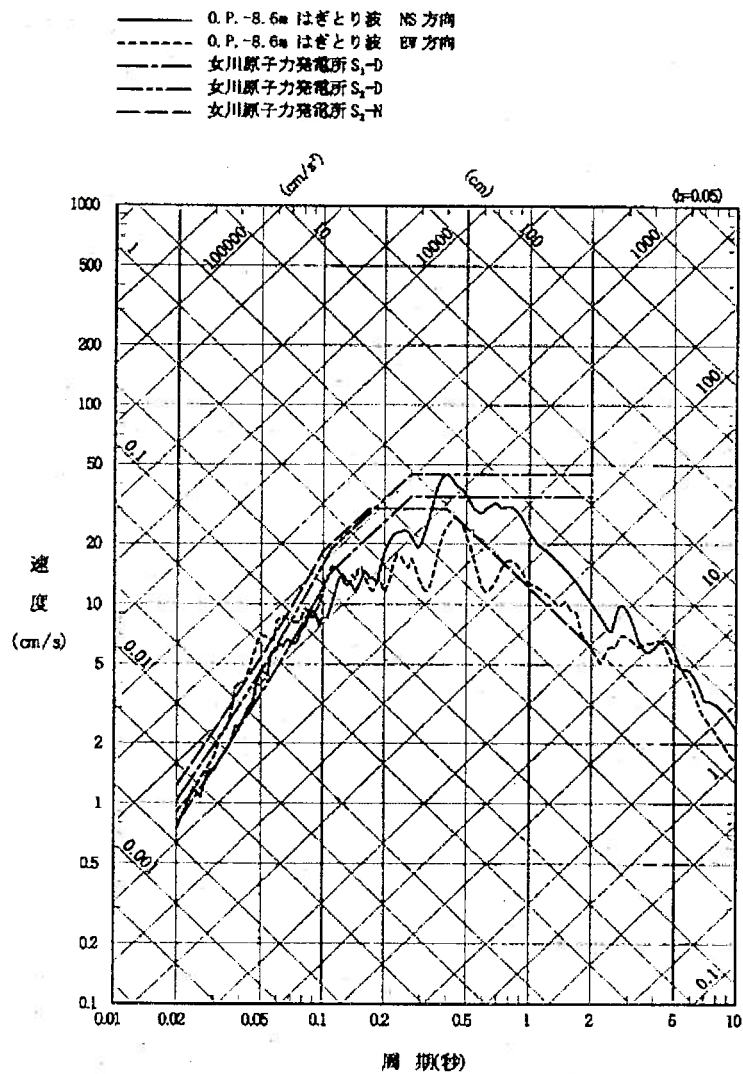


図1 今回の地震で観測された観測波の岩盤表面の応答スペクトルと基準地震動の応答スペクトルの比較

図2 耐震バックチェック時の女川原子力発電所の
基準地震動 S_s-D の設計用応答スペクトル

[出典：平成20年3月28日東北電力株式会社 報道発表資料から抜粋]

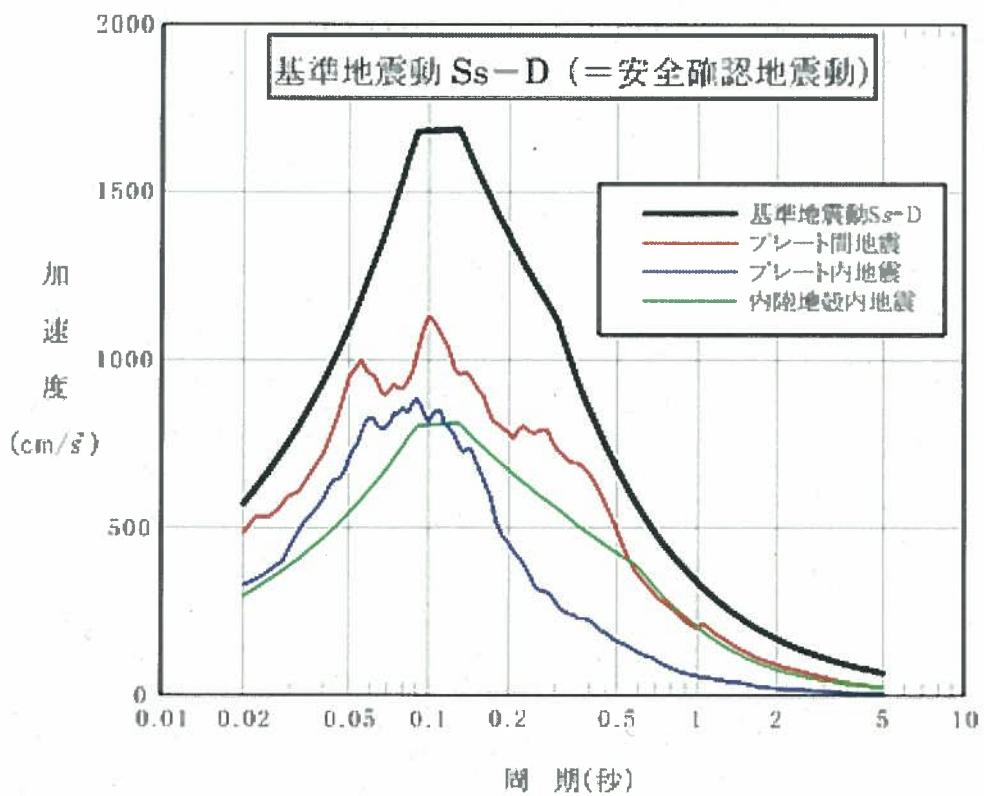
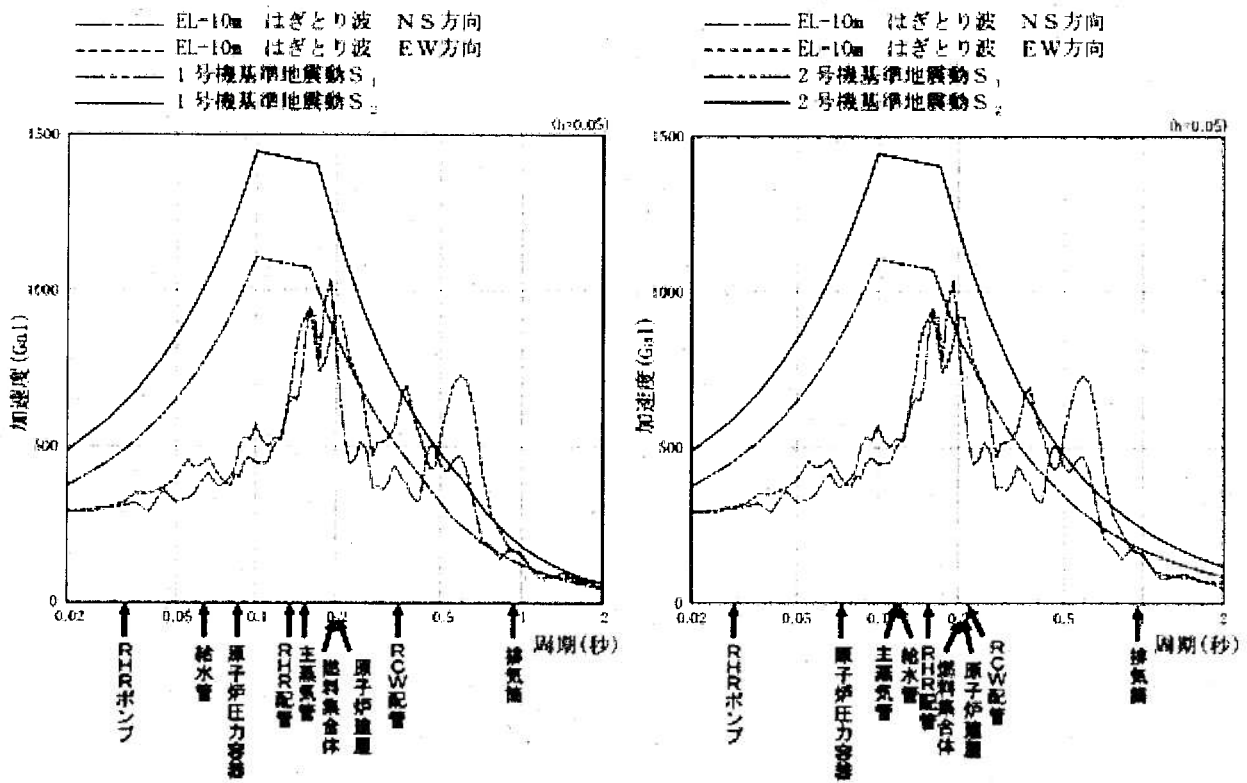


図3 能登半島地震の際の志賀原子力発電所における
はぎとり波と基準地震動の設計用応答スペクトル
との比較

〔出典：平成19年4月19日北陸電力株式会社 報道発表資料から抜粋〕



注：↑ は主な施設の固有周期を示す。(表4.2.1, 表4.2.2および表4.2.3参照)

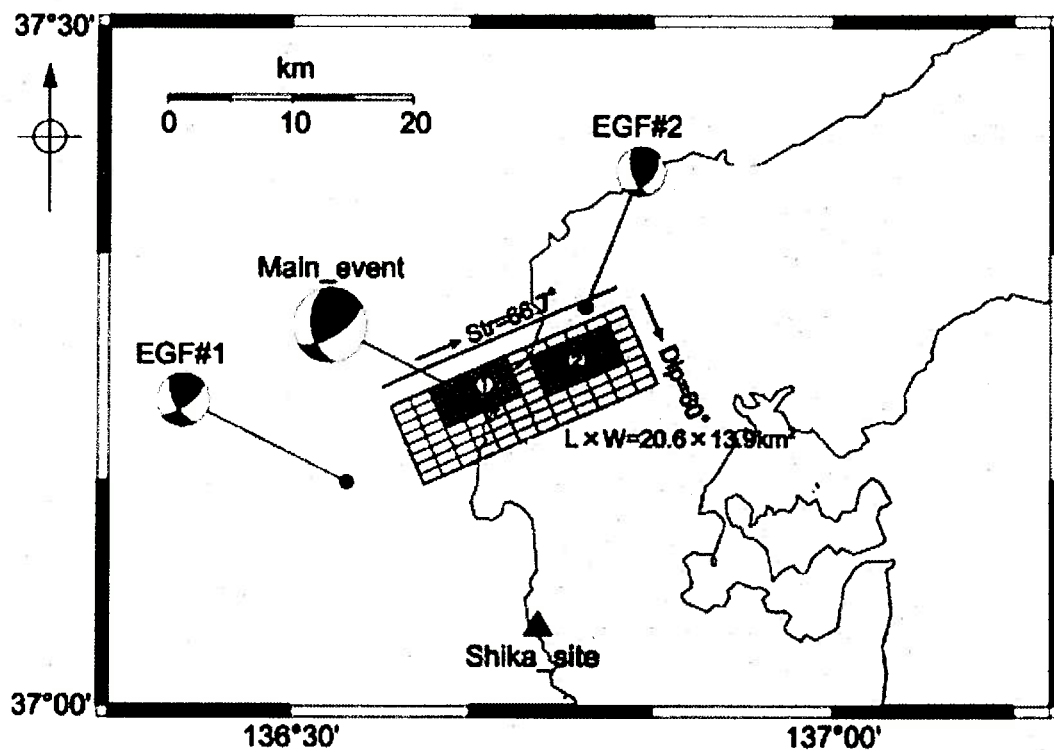
1号機基準地震動との比較

2号機基準地震動との比較

EL-10m はぎとり波の加速度応答スペクトル

図4 能登半島地震の震源モデル

出典：平成21年1月15日開催の地震・地震動評価委員会及び施設健全性評価委員会第5回ワーキング・グループ2の資料から抜粋



(メカニズム解は(独)防災科学技術研究所広帯域地震観測網(F-net)による)

図5 図4の震源モデルを用いた能登半島地震の断層モデルによるシミュレーション解析結果（南北方向）

〔出典：平成21年1月15日開催の地震・地震動評価委員会及び施設健全性評価委員会第5回ワーキング・グループ2の資料から抜粋〕

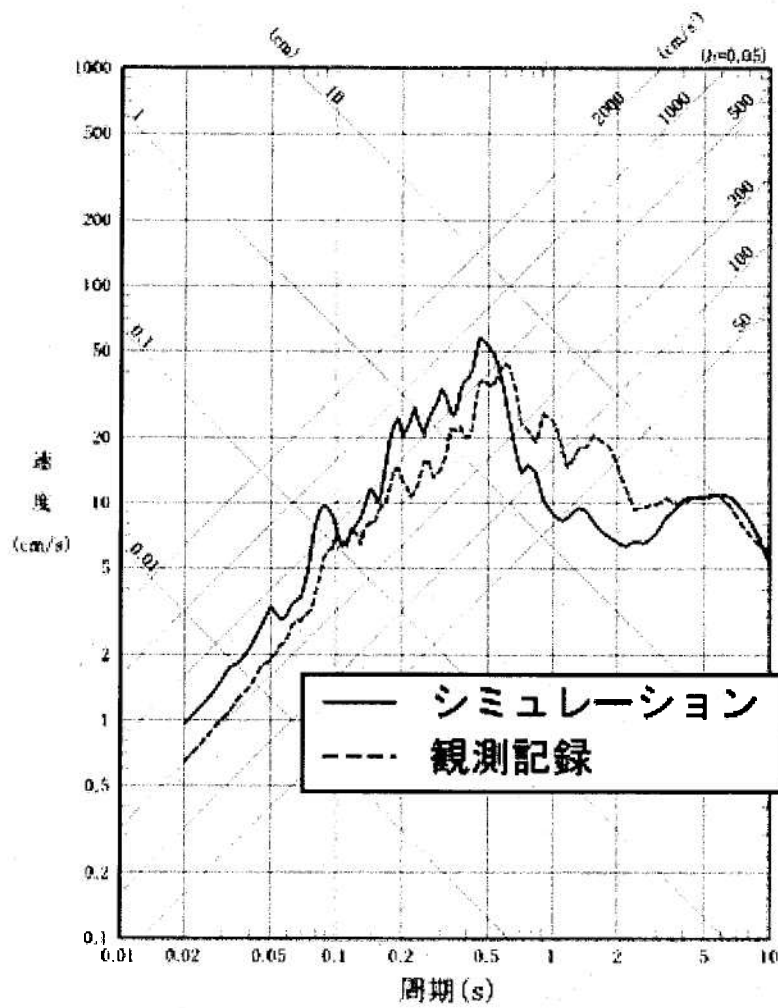


図6 図4の震源モデルを用いた能登半島地震の断層モデルによるシミュレーション解析結果（東西方向）

出典：平成21年1月15日開催の地震・地震動評価委員会及び施設健全性評価委員会第5回ワーキング・グループ2の資料から抜粋

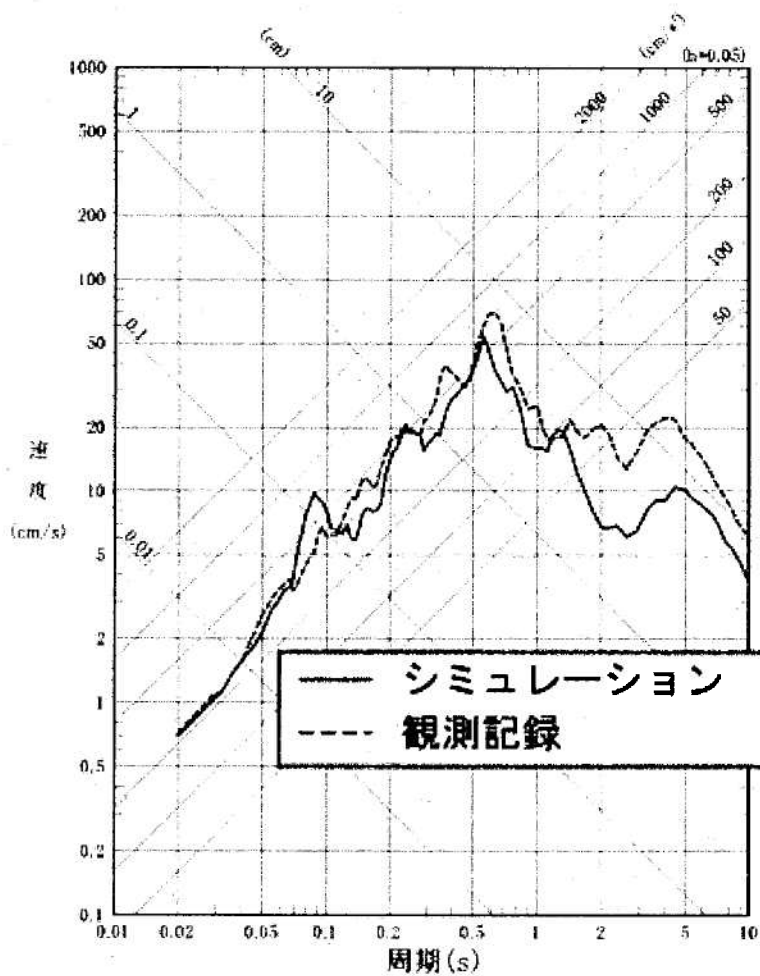


図7 能登半島地震のシミュレーション解析結果と
強震動予測レシピとの比較（地震モーメントと
短周期レベルの関係式）

〔出典：平成21年1月15日開催の地震・地震動評価委員会及び施設健全性
評価委員会第5回ワーキング・グループ2の資料から抜粋〕

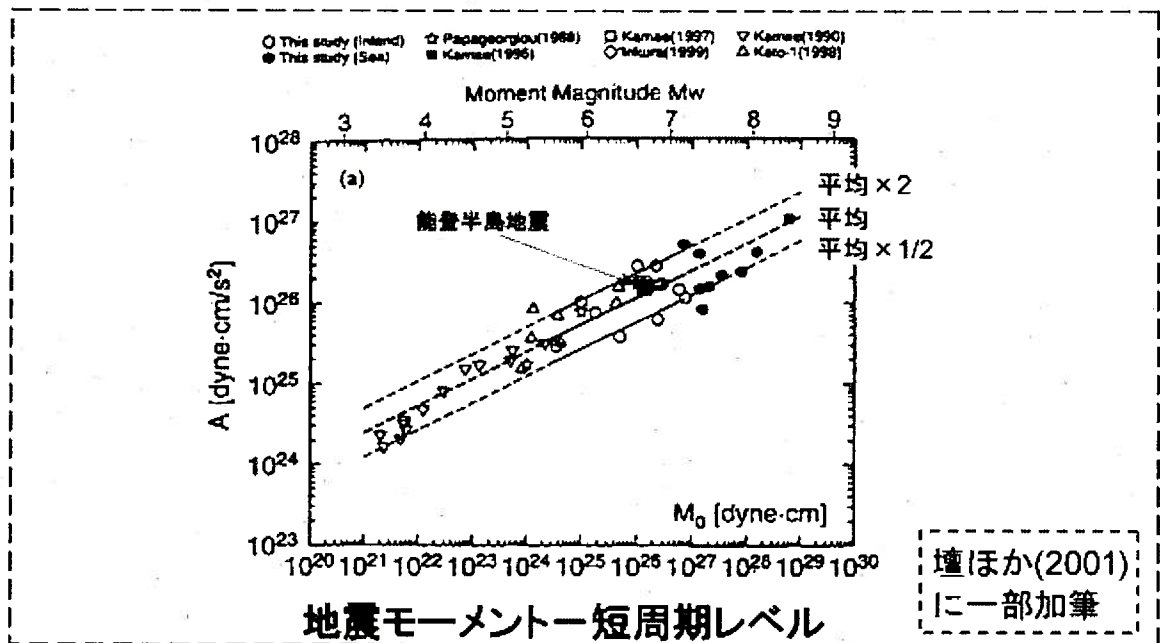
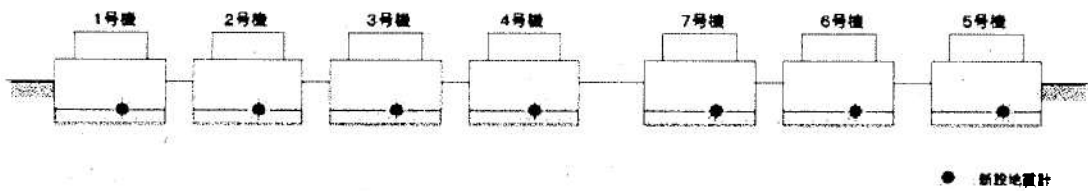


図8 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録

〔出典：平成19年7月19日東京電力株式会社 報道発表資料から抜粋〕



観測された最大加速度 (単位:ガル)				設計時の加速度応答値 (単位:ガル)					
	観測値	南北方向	東西方向	上下方向	設計値	南北方向	東西方向	上下方向	
○	1号機 最下階(B5F)	311	680	408	1号機 最下階(B5F)	274	273	(235)	
	2号機 最下階(B5F)	304	606	282	2号機 最下階(B5F)	167	167	(235)	
	3号機 最下階(B5F)	308	384	311	3号機 最下階(B5F)	192	193	(235)	
	4号機 最下階(B5F)	310	492	337	4号機 最下階(B5F)	193	194	(235)	
○	5号機 最下階(B4F)	277	442	205	○	5号機 最下階(B4F)	249	254	(235)
○	6号機 最下階(B3F)	271	322	488	○	6号機 最下階(B3F)	263	263	(235)
	7号機 最下階(B3F)	287	356	355	7号機 最下階(B3F)	263	263	(235)	

○ 7月16日お知らせ済み(新設地震計による観測記録)

*上下方向については、()内の値を静的設計で用いています。

【スクラム設定値】水平方向120ガル、上下方向100ガル

新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録

図9 柏崎刈羽原子力発電所の1ないし4号機側と
5ないし7号機側とで揺れが異なることに関する
検討に用いた観測記録

〔出典：平成20年9月24日開催の耐震・構造設計小委員会地震・津波、
地質・地盤合同ワーキンググループ（第18回）の資料から抜粋〕

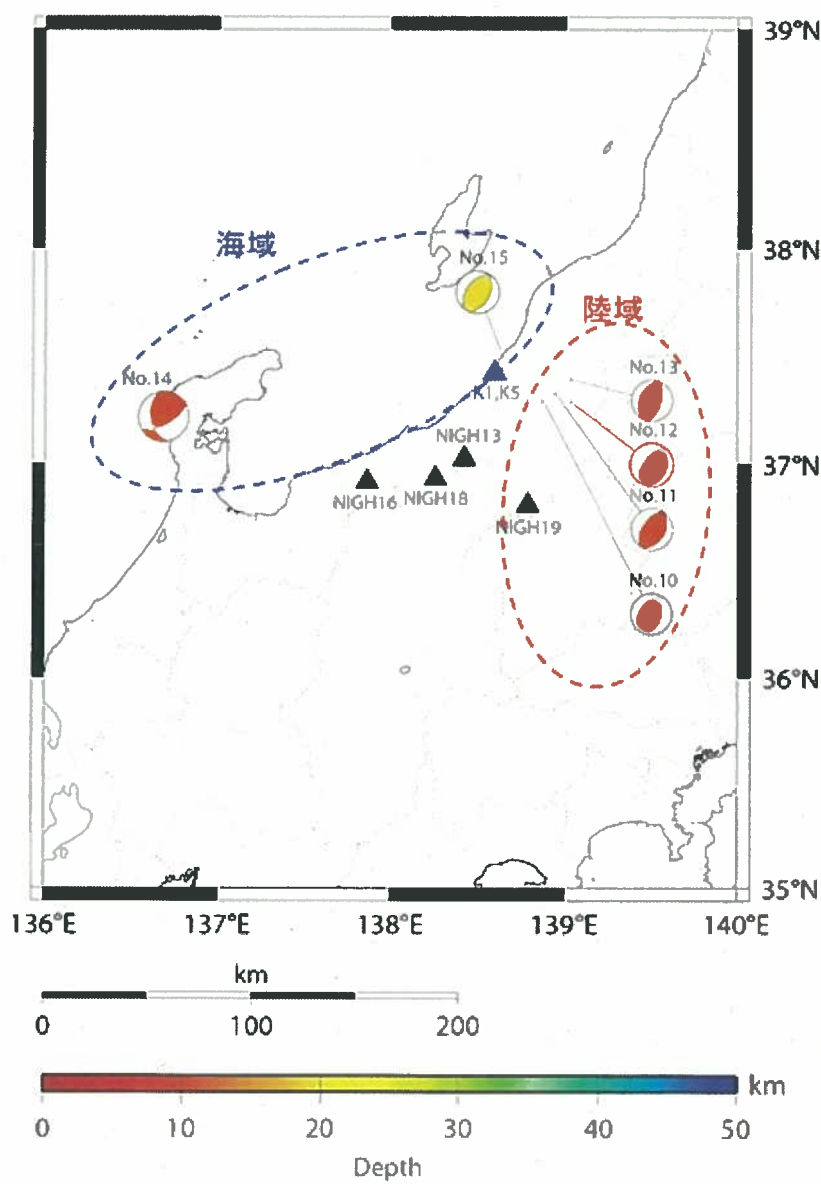


図 5.1-60 検討対象とした地震の分布図

図10 図9の海域から到来する地震と陸域から到来する地震の平均的な比（はぎとり波とNoda et al. (2002)による応答スペクトルとの比)の比較

〔出典：平成20年9月24日開催の耐震・構造設計小委員会地震・津波、地質・地盤合同ワーキンググループ（第18回）の資料から抜粋〕

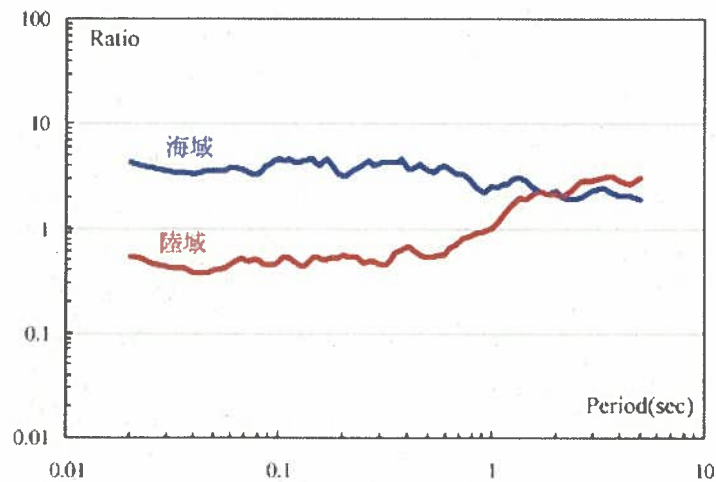


図 5.1-62 (1) 海域と陸域の平均的な比の比較
(敷地 荒浜側)

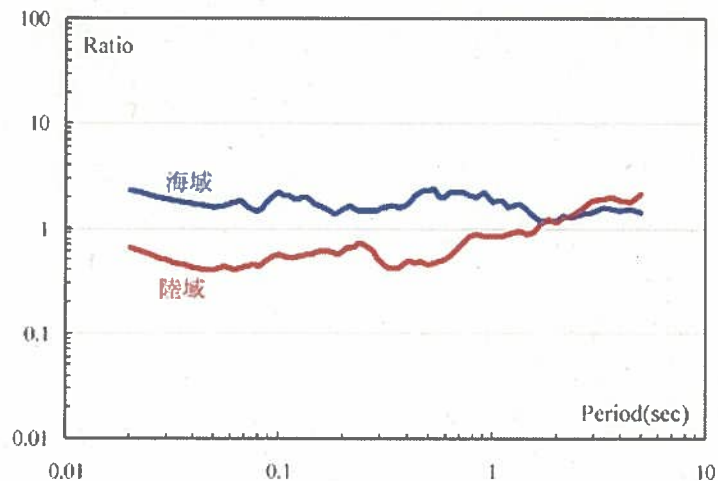
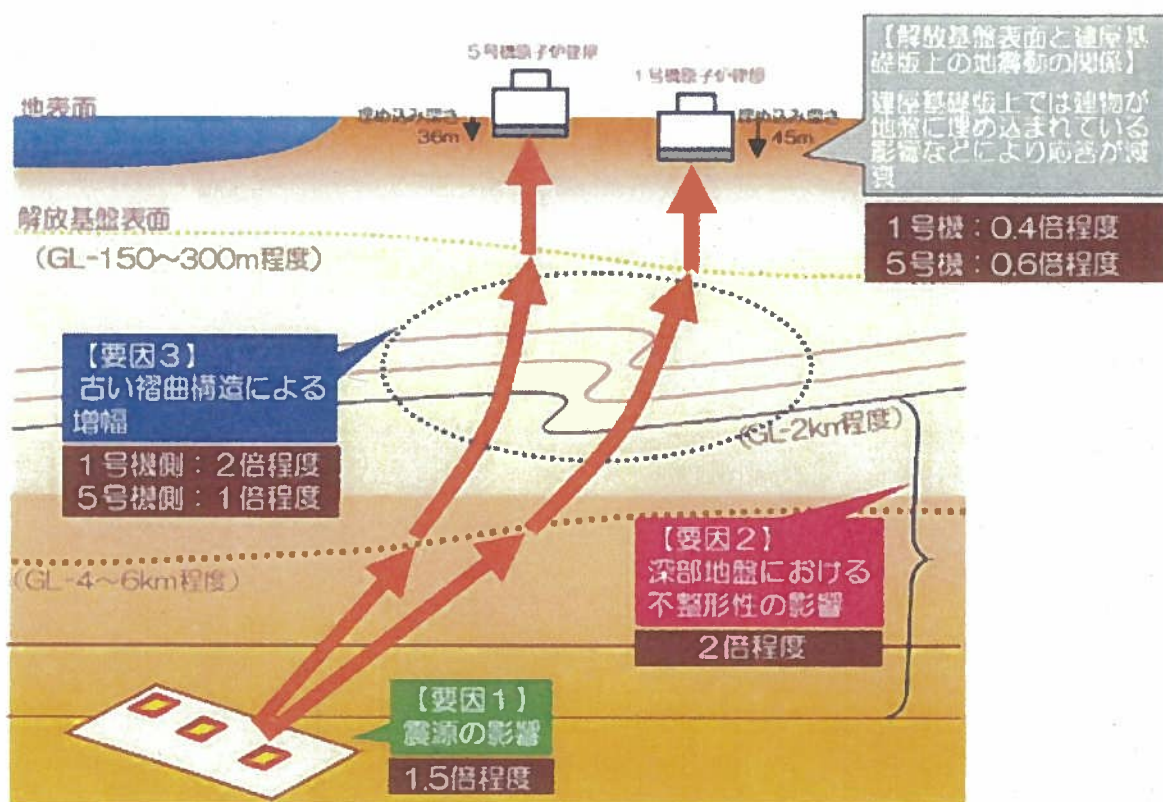


図 5.1-62 (2) 海域と陸域の平均的な比の比較
(敷地 大湊側)

図 1 1 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因（概念図）

〔出典：平成20年5月22日東京電力株式会社 報道発表資料から抜粋〕



地震動が大きくなった要因の概念図

図 1 2 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因 その 1

〔出典：平成20年5月22日東京電力株式会社 報道発表資料から抜粋〕

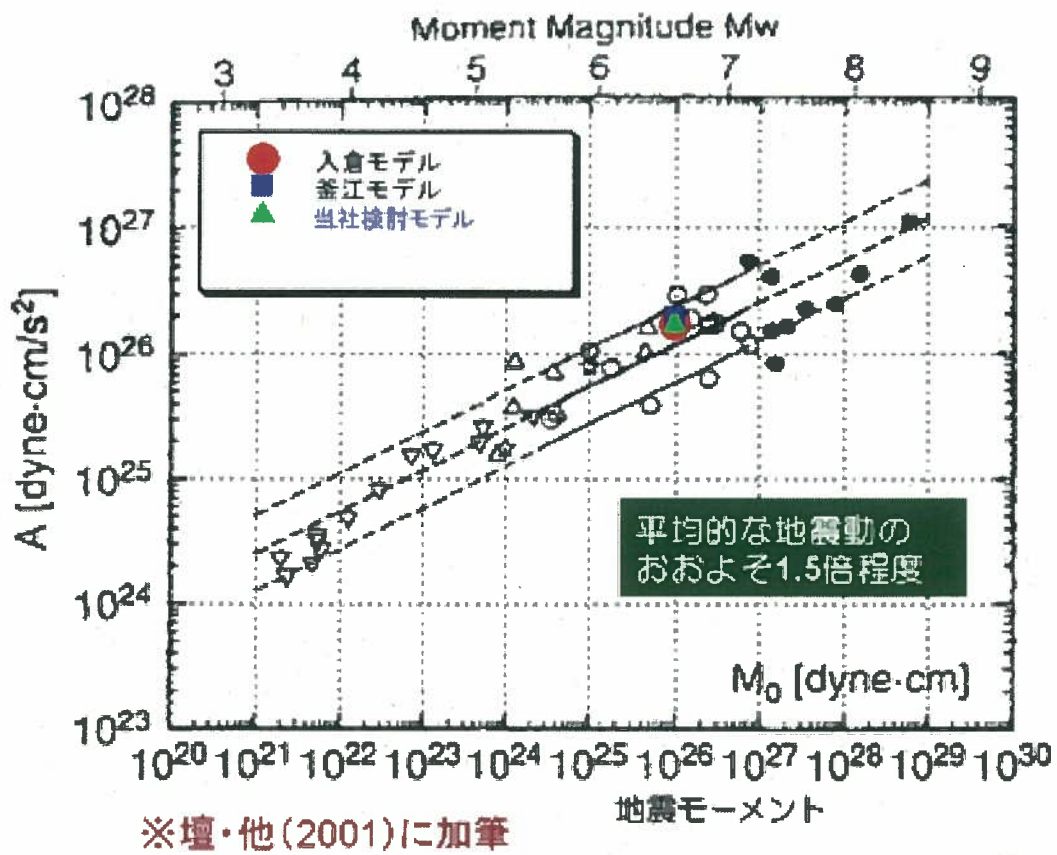


図 1 3 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因 その 2

〔出典：平成20年5月22日東京電力株式会社 報道発表資料から抜粋〕

6-2. 【増幅の要因2】深部地盤における不整形性の影響

- 震源から解放基盤表面までの深部地盤の地震波の伝わり方を評価した。
- 深部地盤の不整形性を反映した3次元地盤モデルを用いて地盤応答解析を実施したところ、地震波が屈折して集まる効果により、柏崎刈羽原子力発電所では増幅傾向が認められた(観測に基づく推定値:2倍程度、解析結果から得られた値:1.5倍程度)。

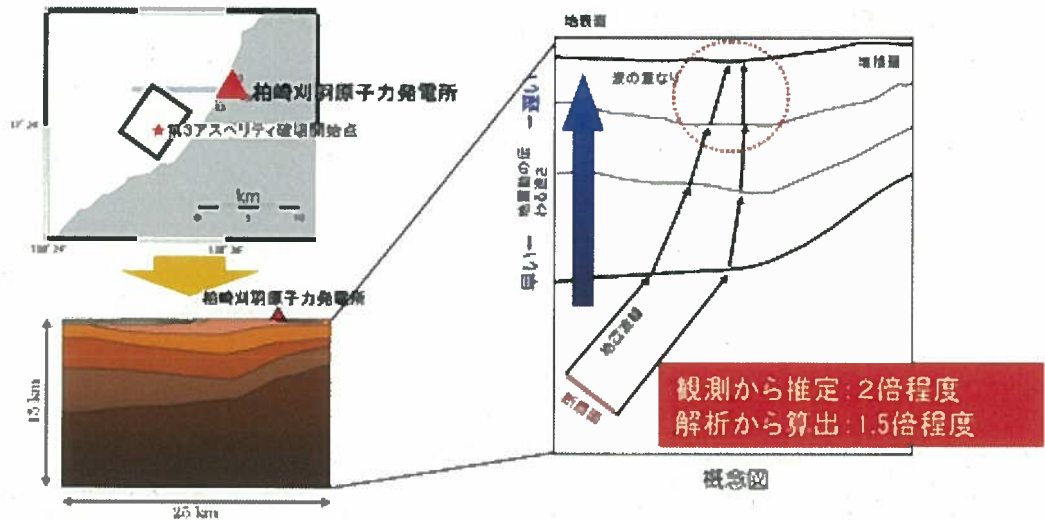


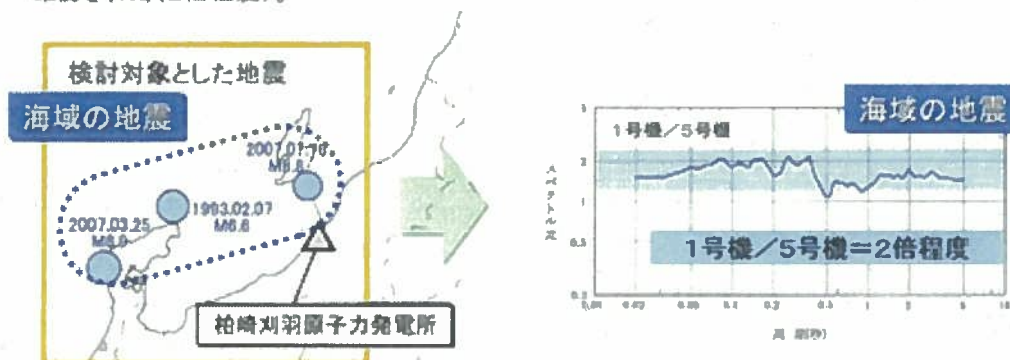
図 1 4 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録の増幅の要因 その 3

〔出典：平成20年5月22日東京電力株式会社 報道発表資料から抜粋〕

6-3. 【増幅の要因3】古い褶曲構造による増幅

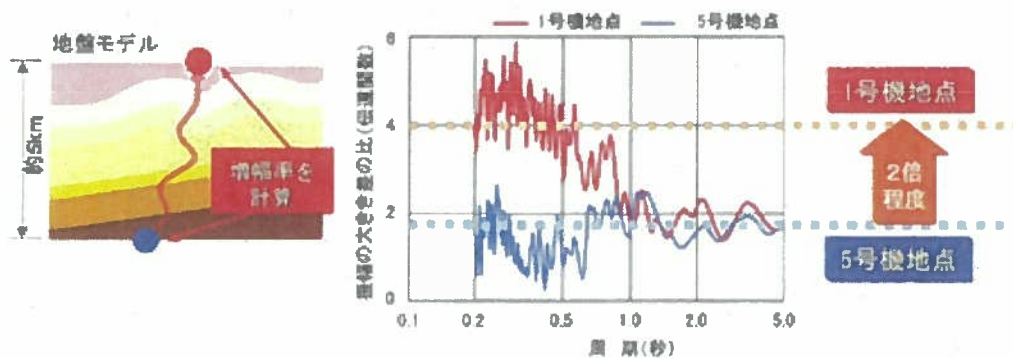
その1: 観測記録の分析

- 新潟県中越沖地震の観測記録から推定した1号機と5号機の解放基盤表面での地震動を比較すると1号機の方が5号機より大きくなる事が確認された(1号機/5号機=2倍程度)。
- 新潟県中越沖地震を契機に、これまで得られている地震の発生場所を分類して敷地での観測記録を比較したところ、海域で発生した地震の場合、1号機の方が5号機より大きくなる事が確認された(2倍程度)。



その2: 解析的検討

- 観測記録の分析により判明した増幅特性について、発電所敷地下の古い褶曲構造を反映した地盤モデルを用いて地盤応答解析を実施したところ、1号機側が5号機側に比べて増幅することを確認した(2倍程度)。



【地盤モデル底部から解放基盤表面までの増幅率】

図15 柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動 S_s

〔出典：平成20年5月22日東京電力株式会社 報道発表資料から抜粋〕

数値は水平(南北、東西)のうち大きい値(単位:Gal)

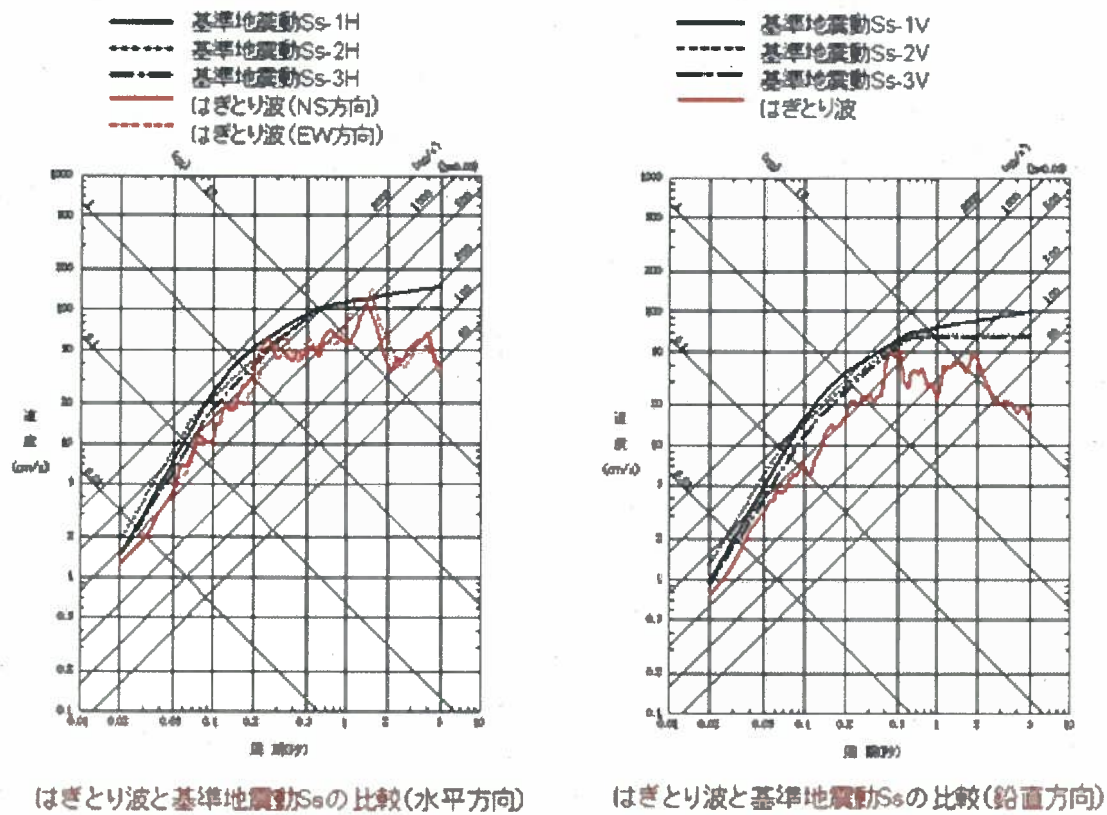
対象とする地震動	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
新潟県中越沖地震 (観測値)	680	606	384	492	442	322	356
基準地震動 S_s による応答 (原子炉建屋基礎版上)	829	739	663	699	543	656	642
基準地震動 S_s の最大値 (解放基盤表面)	2,280				1,156		

各号機における地震動評価結果(水平)

図16 東北地方太平洋沖地震の際の福島第一原子力発電所におけるはぎとり波と基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルとの比較

出典：平成24年2月6日開催の地震・津波に関する意見聴取会（第11回）
の資料から抜粋

自由地盤系北地点 はぎとり波の推定(擬似速度応答スペクトル)

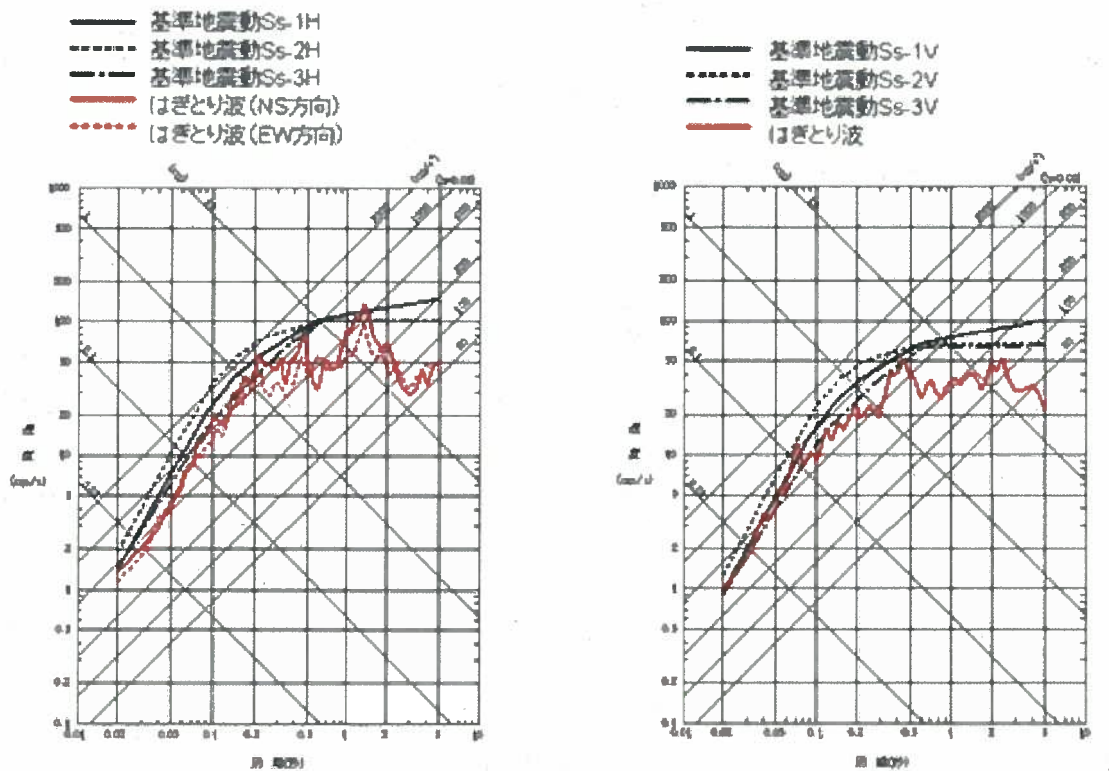


図IV.1-10 自由地盤系北地点 はぎとり波の推定(福島第一)

図17 東北地方太平洋沖地震の際の福島第二原子力発電所におけるはぎとり波と基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルとの比較

出典：平成24年2月6日開催の地震・津波に関する意見聴取会（第11回）
の資料から抜粋

自由地盤系 はぎとり波の推定(擬似速度応答スペクトル)



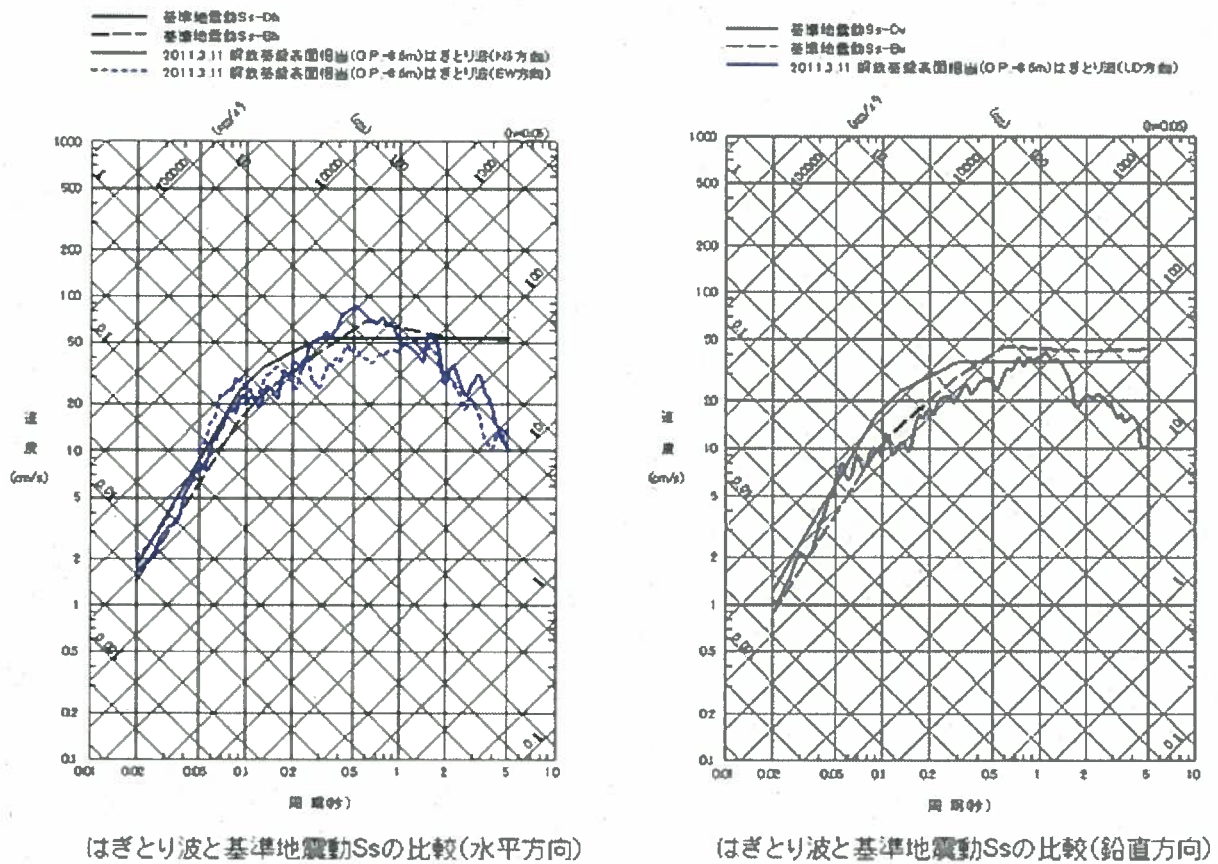
はぎとり波と基準地震動 S_s の比較(水平方向)

はぎとり波と基準地震動 S_s の比較(鉛直方向)

図IV.1-11 自由地盤系 はぎとり波の推定(福島第二)

図 1 8 東北地方太平洋沖地震の際の女川原子力発電所におけるはぎとり波と基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルとの比較

出典：平成24年2月6日開催の地震・津波に関する意見聴取会（第11回）
の資料から抜粋



図IV.2-48 3. 11地震のはぎとり解析結果 (応答スペクトル)

図19 東北地方太平洋沖地震の短周期レベル
 [出典：佐藤 (2012) から抜粋]

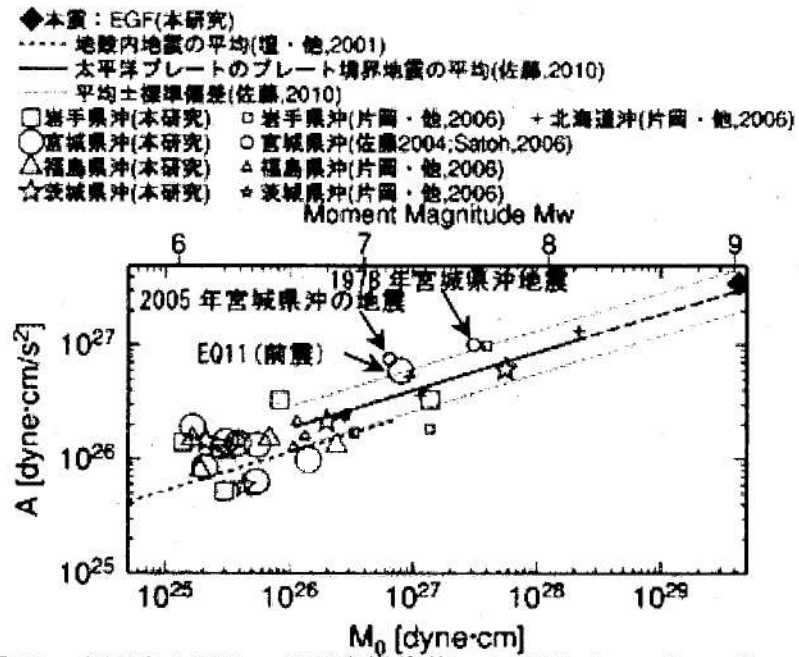


図11 本研究と既往の研究^{9),42),43),44)}の太平洋プレートのプレート境界地震の M_0 - A 関係と地殻内地震の M_0 - A 関係⁸⁾の比較