
東海第二発電所

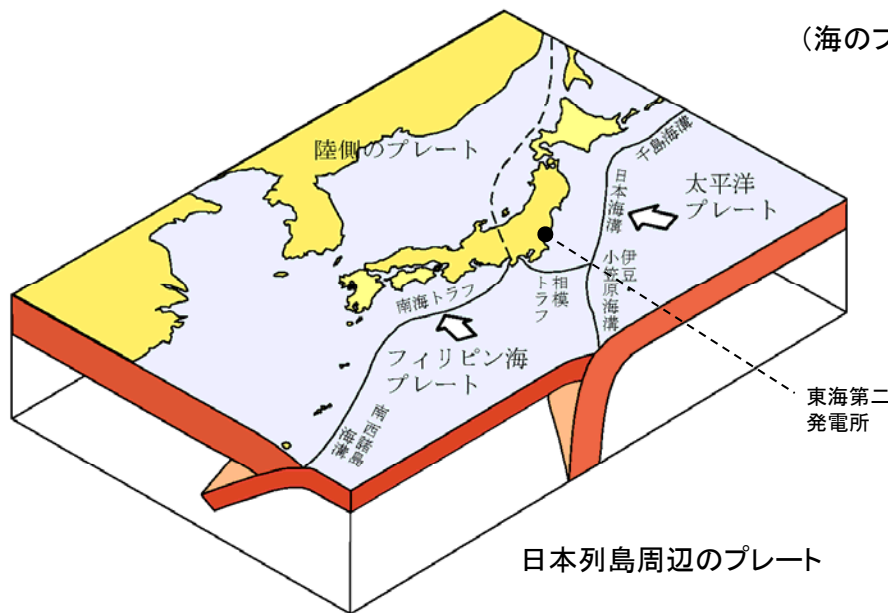
敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち
プレート間地震の審査状況について

平成28年5月26日

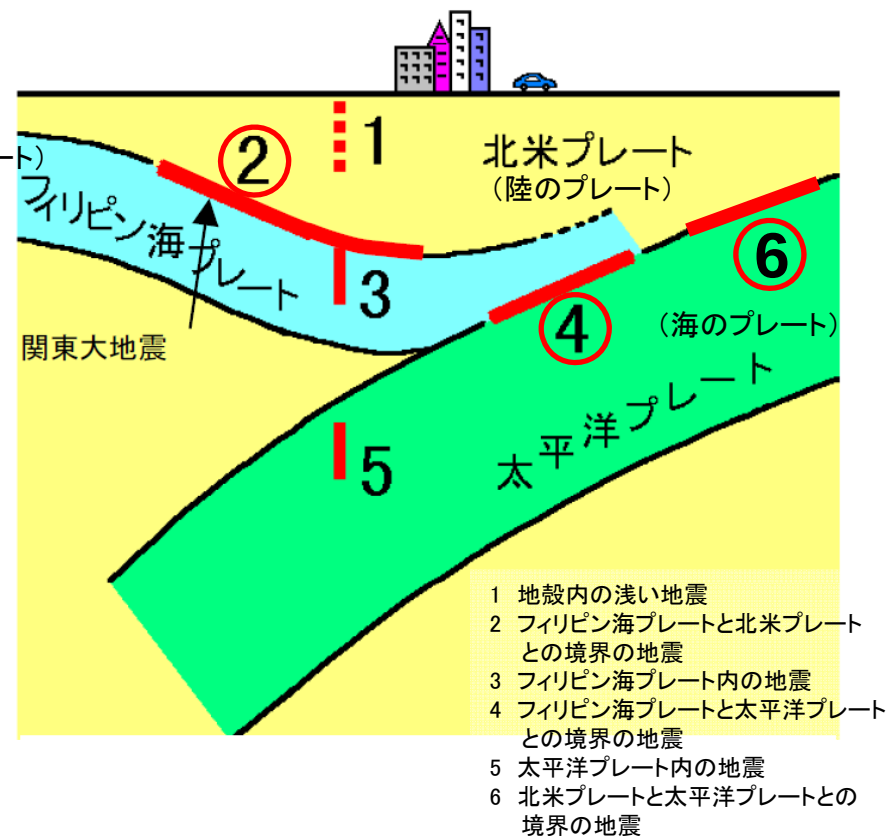
日本原子力発電株式会社

1. 申請概要

敷地周辺のプレートテクトニクス



日本のプレートテクトニクスモデル概念図
(防災科学技術研究所)



南関東地域で発生する地震のタイプ
(中央防災会議に一部加筆)

- 内陸地殻内地震は陸のプレートの内部で発生する地震で、図の1のタイプである。
- プレート間地震は異なるプレートの境界で発生する地震で、図の2、4、6のタイプである。
- 海洋プレート内地震は海のプレートの内部で発生する地震で、図の3、5のタイプである。

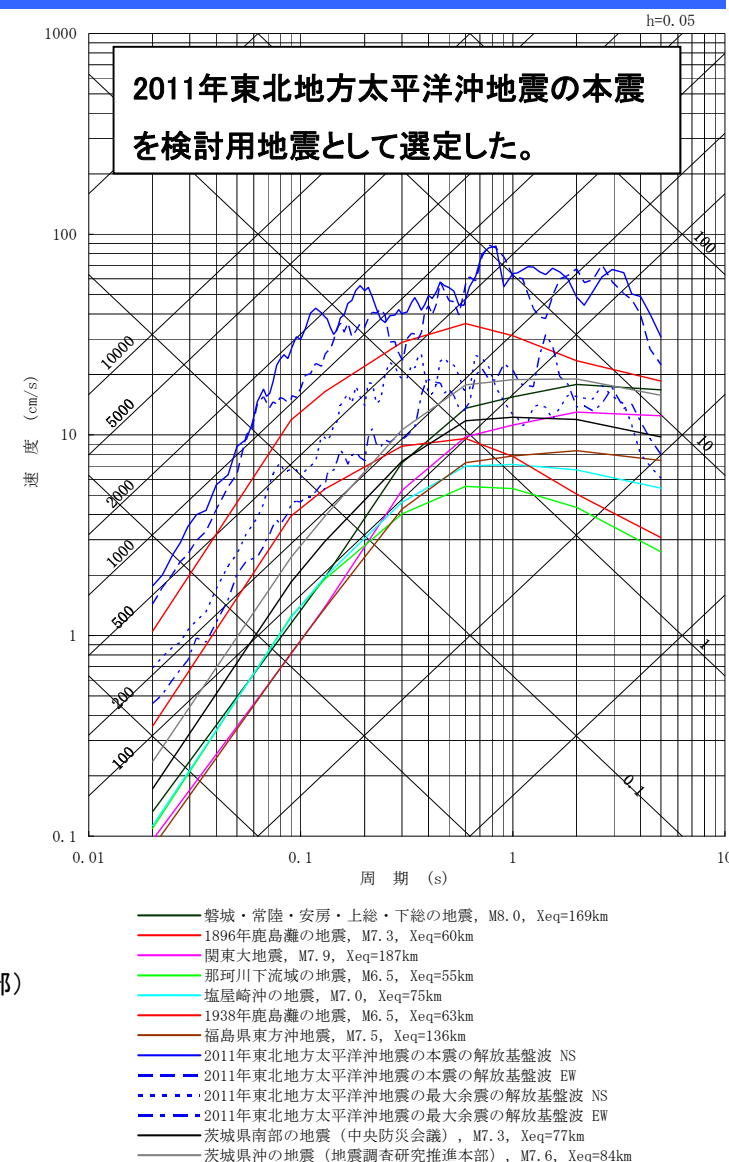
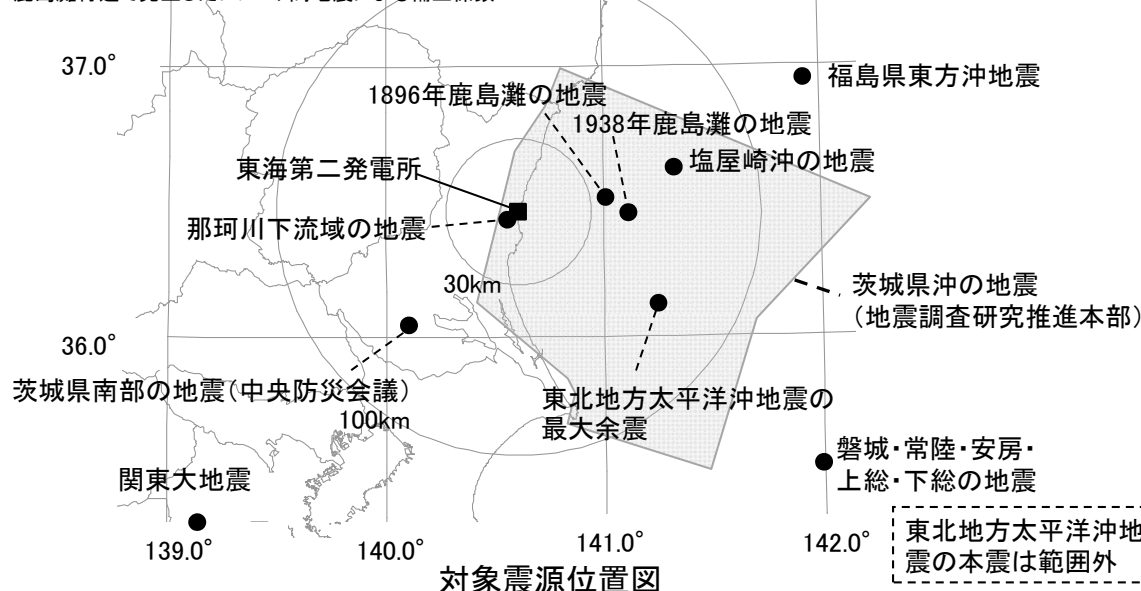
1. 申請概要

検討用地震の選定

年月日	地名(地震名)	地震規模 M	等価震源距離 (km) ^{※2}	補正係数 ^{※3}
1677.11.4	磐城・常陸・安房・上総・下総の地震	8.0	169	
1896.1.9	鹿島灘の地震	7.3	60	考慮
1923.9.1	関東大地震	7.9	187	
1930.6.1	那珂川下流域の地震	6.5	55	
1938.5.23	塩屋崎沖の地震	7.0	75	
1938.9.22	鹿島灘の地震	6.5	63	考慮
1938.11.5	福島県東方沖地震	7.5	136	
2011.3.11	2011年東北地方太平洋沖地震の本震 ^{※1}	Mw9.0	—	
2011.3.11	2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震 ^{※1}	7.6	—	
—	茨城県南部の地震(中央防災会議)	7.3	77	
—	茨城県沖の地震(地震調査研究推進本部)	7.6	84	

※1 解放基盤波を用いる。 ※2 地震カタログによる位置情報やプレート境界等深線等に基づいて算出

※3 鹿島灘付近で発生したプレート間地震による補正係数



プレート間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)

2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデル

■断層形状, SMGA位置等については下記の通り設定する。

【断層形状】

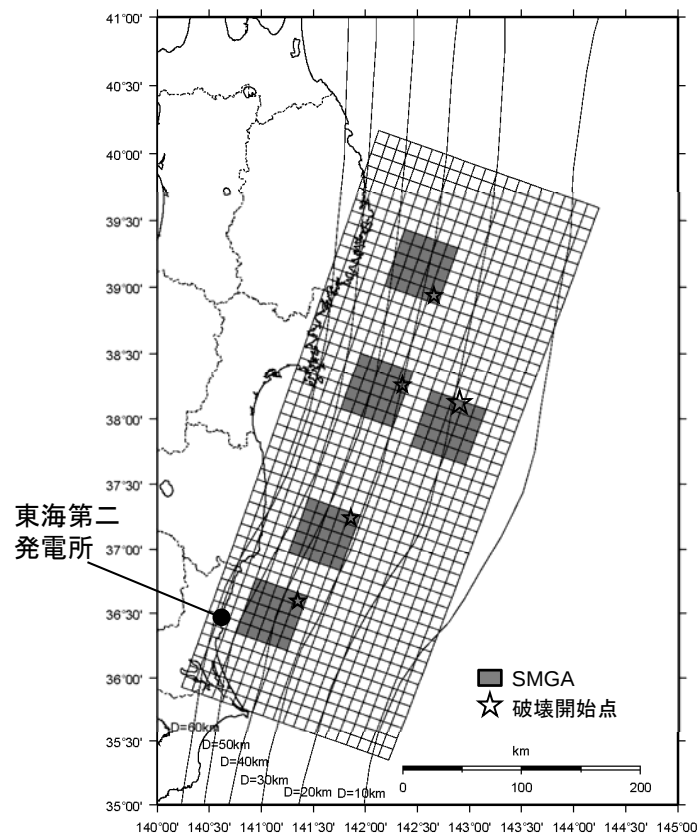
- ・長さ, 幅は, 東北地方太平洋沖地震の震源域を参考にそれぞれ500km, 200kmとする。
- ・走向は, 東北地方太平洋沖地震に関する防災科学技術研究所F-netのCMT解を用いる。深さは, 太平洋プレートの上面に沿ってモデル化する。

【SMGAの位置】

- ・地震調査研究推進本部の領域区分に基づき5個のSMGAを設定し, 東北地方太平洋沖地震のSMGAや, それぞれの領域で過去に発生したM7～M8クラスの地震の震源域を参考に配置する。
- ・茨城県沖のSMGA位置は, 東北地方太平洋沖地震の敷地での観測記録を再現できる位置としており, 各文献で示された東北地方太平洋沖地震のSMGAの中では敷地に最も近い位置である。
- ・この位置は, 過去に発生したM7クラスの地震の中では最も敷地に近い1938年塩屋崎沖の地震(M7.0)や1896年鹿島灘の地震(M7.3)の震央位置と対応していることを確認している。

【破壊開始点】

東北地方太平洋沖地震の震源位置に設定する。



基本震源モデル

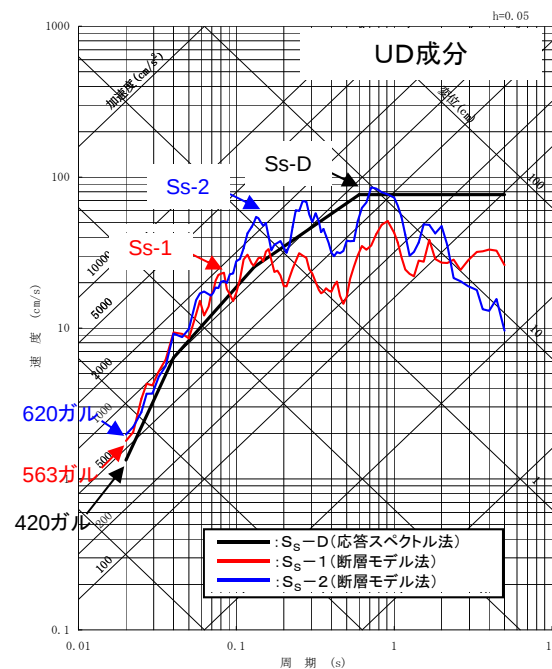
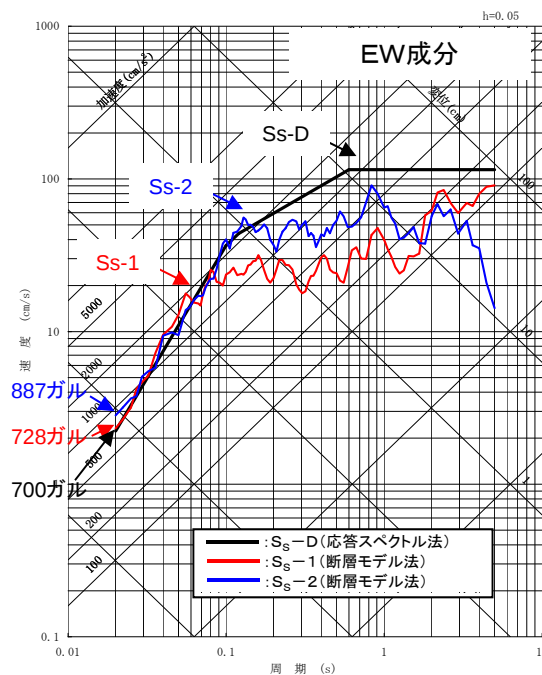
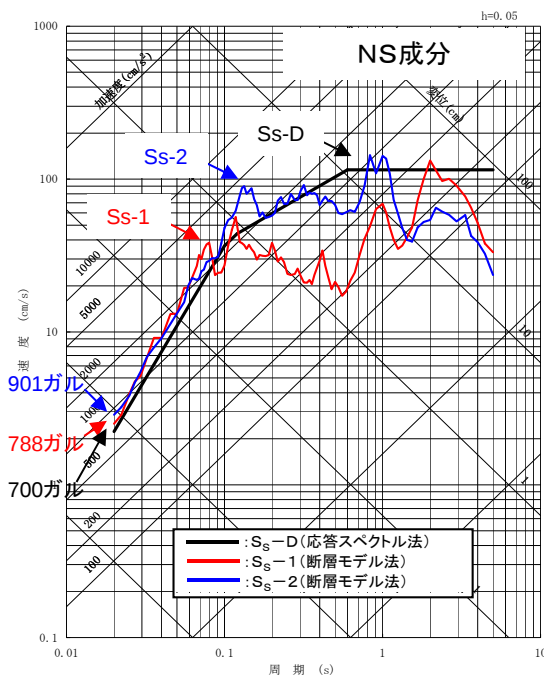
SMGA: Strong Motion Generation Areas (強震動生成域)

1. 申請概要

基準地震動

■敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 S_s

地震発生様式	検討用地震	地震規模	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動	断層モデルを用いた手法による基準地震動
内陸地殻内地震	F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震	M7.6	$S_s-D_H(700\text{ガル})$ $S_s-D_V(420\text{ガル})$	$S_s-1_{NS}(788\text{ガル})$ $S_s-1_{EW}(728\text{ガル})$ $S_s-1_{UD}(563\text{ガル})$
プレート間地震	2011年東北地方太平洋沖地震	Mw9.0	(すべての検討用地震を包絡させて設定)	$S_s-2_{NS}(901\text{ガル})$ $S_s-2_{EW}(887\text{ガル})$ $S_s-2_{UD}(620\text{ガル})$
海洋プレート内地震	茨城県南部の地震	M7.3		他の基準地震動に包絡されるため設定していない。



2. 審査状況

審査会合におけるコメント内容及び検討内容・結果

No.	回答日	回次	コメント内容	検討内容・結果
1	平成28年 3月4日	第336回 審査会合	東北地方太平洋沖地震による敷地での揺れを再現する断層パラメータを基本ケースとすることの妥当性を説明すること。また、基本ケースの設定と関連して、考慮した不確かさの妥当性についても説明すること。	東北地方太平洋沖地震に関する知見を整理し、パラメータの妥当性を説明した。
2	平成28年 3月4日	第336回 審査会合	断層モデルの巨視的面等について、設定の妥当性を説明すること。	
3	平成28年 3月4日	第336回 審査会合	断層モデルのSMGA面積比、応力降下量等の設定の妥当性を説明すること。	
4	平成28年 3月4日	第336回 審査会合	要素地震の選定のプロセスを記載し、説明資料を充実させること。	要素地震の選定の根拠を記載した。
5	平成28年 3月4日	第336回 審査会合	断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について、SMGA毎の寄与度について示すこと。	地震動に対するSMGA毎の寄与度について記載した。
6	平成28年 3月4日	第336回 審査会合	複数の破壊開始点について検討し、影響の度合いを検討すること。	破壊開始点毎の評価を行い、その影響は小さいことを説明した。
7	平成28年 4月28日	第358回 審査会合	地震動評価では東北地方太平洋沖地震を検討用地震に選定している一方で、津波評価では、これとは異なる茨城沖～房総沖の一部の領域による津波を検討対象に選定していることを踏まえ、検討用地震の選定の考え方について、津波地震との指摘もある1677年磐城・常陸・安房・上総・下総の地震の扱いも含めて整理して説明すること。	地震動評価と津波評価の特徴を整理し、結果的に異なる震源が選定されたことを説明した。
8	平成28年 4月28日	第358回 審査会合	統計的グリーン関数法による評価について、最新の地盤モデルを用い評価すること。	最新地盤モデルによる統計的グリーン関数法の評価を実施した。
9	平成28年 4月28日	第358回 審査会合	諸井ほか(2013)に示されているSMGA面積比0.08とした場合の、断層パラメータの設定結果を示すこと。	SMGA面積比を変更した際の断層パラメータの比較を説明した。
10	平成28年 4月28日	第358回 審査会合	応答スペクトルに基づく評価では、東北地方太平洋沖地震における敷地での解放基盤波(観測記録)を評価結果として採用しているが、一部周期帯で断層モデル手法による評価結果を上回っていることを踏まえ、不確かさの考慮について検討すること。	解放基盤波を包絡するスペクトルを設定した。
11	平成28年 4月28日	第358回 審査会合	断層モデルによる手法において、強震動生成域の位置の不確かさと短周期レベルの不確かさの重畳について考慮が必要か検討すること。	不確かさの重畳を考慮した評価を実施した。
12	平成28年 4月28日	第358回 審査会合	フィリピン海プレートが陸のプレートと太平洋プレートの境界で発生する地震に対して破壊進展のバリアになることについて説明性を向上させること。	フィリピン海プレートの知見を調査し、記載を充実させた。

※ 網掛けについては、次ページで詳細説明

3. 主なコメント対応状況

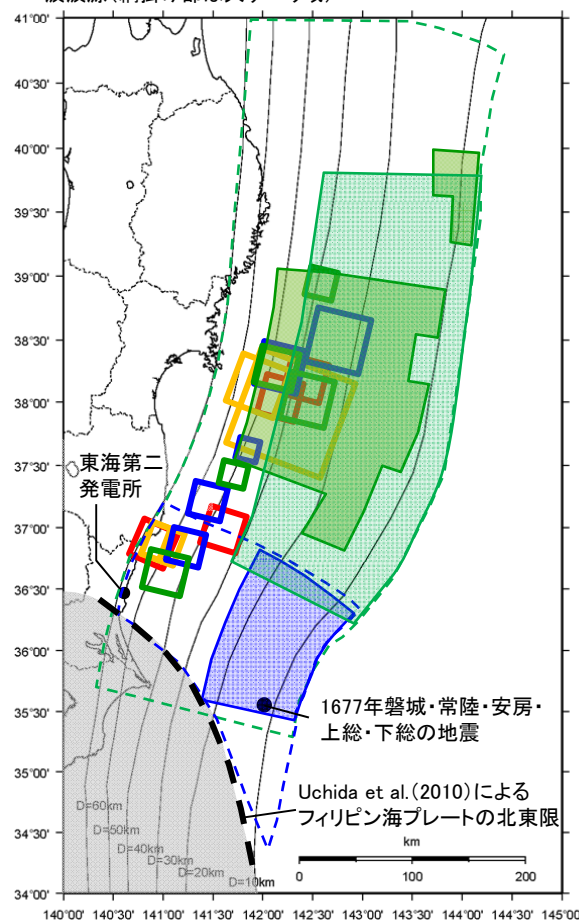
コメントNo.7: 津波評価で考慮している波源

■津波評価で考慮している主な波源と地震動評価で考慮している震源との関係について整理し、敷地への影響を検討する。

- 東北地方太平洋沖地震に関する内閣府(2012)等、津波インバージョン解析によるすべり量の大きな領域
- 当社の津波評価で考慮している東北地方太平洋沖型の津波波源(網掛け部は大すべり域)
- 当社の津波評価で考慮している茨城県沖に想定する津波波源(網掛け部は大すべり域)

東北地方太平洋沖地震
の強震動生成域

- Asano and Iwata(2012)
- Kurahashi and Irikura(2013)
- 川辺・釜江(2013)
- 佐藤(2012)



津波評価及び地震動評価で考慮している主な波源、震源

■津波評価、地震動評価の基本方針

過去に発生した地震や、今後発生が想定される地震等の中から敷地に与える影響の大きいものを選定し、詳細評価を行う。

■津波評価と地震動評価の着目点

- ・Mw9.0程度の規模の大きい地震では、大すべり域と強震動生成域が空間的に分離し、また分布の範囲も異なる。
- ・津波評価では大すべり域を海溝軸付近に配置する場合に影響が大きく、一方、地震動評価では強震動生成域を敷地に近い場所に配置するほど影響が大きい。

地震	津波評価での扱い	地震動評価での扱い
1677年磐城・常陸・安房・上総・下総の地震(延宝の地震)(M8.0)	敷地に影響を及ぼした既往津波として評価	・中央防災会議(2013)等によれば、大きな揺れの被害はなく、津波地震の可能性が高いとされている。 ・しかしながら宇佐美ほか(2013)の諸元に基づきM-Δ図で評価すると震度5程度以上となるため、地震動評価を実施
2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)	・敷地に影響を及ぼした既往津波として評価 ・今後発生が想定される津波として評価を実施	敷地で震度5程度以上であり、また敷地に最も大きな影響を与えた地震として地震動評価を実施
茨城県沖に想定する津波波源(Mw8.5)	過去に発生していないが、今後発生が想定される津波として評価を実施	・東北地方太平洋沖地震の強震動生成域は、大すべり域と異なり茨城県沖にも存在し、敷地での揺れは茨城県沖の強震動生成域の影響が大きい。 ・従って、茨城県沖に想定する津波波源による地震動は東北地方太平洋沖地震の地震動で代表させることとする。

表中の網掛け: 敷地に与える影響が最も大きい波源または震源

コメントNo.12: フィリピン海プレートの影響 プレート間結合度

■プレート間結合度の分布について

- Uchida et al.(2009)は、繰り返し小地震のすべり量から推定したプレート間結合度の分布を検討し、フィリピン海プレート端部を境にして、その境より南ではプレート間結合度が低くなっているとしている。
- また、長谷川ほか(2013)では、Uchida et al.(2009)等の分析結果を踏まえ、東北地方太平洋沖地震について、「北から伝播してきた破壊が、上盤側がフィリピン海プレートに変わり、プレート間結合度が小さく、すべり遅れがほとんどない領域に入ると、そこで破壊がとまったということになる。すべり遅れの少ない領域には破壊が広がっていかないはずであり、すべり域の南限はそれで規定されたと考えられる。」としている。

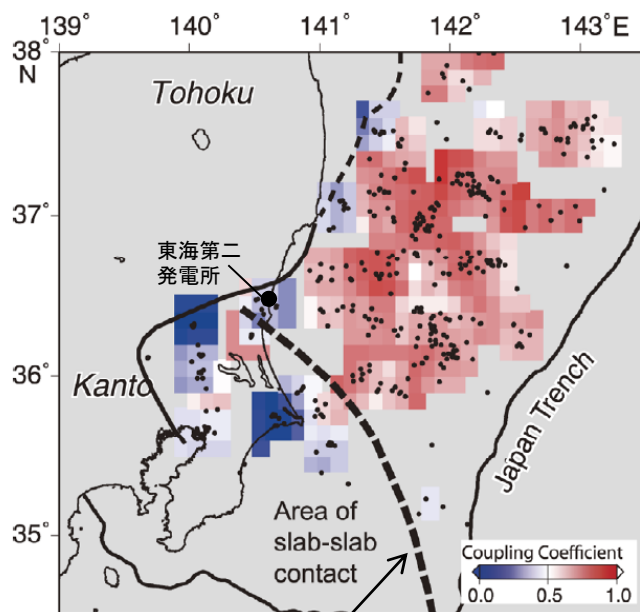


図 4 繰り返し小地震のすべり量の積算から推定されたプレート間結合度の分布 (Uchida *et al.*, 2009). 各領域で推定されたカプリング係数をカラースケールで示す. 黒点は推定に用いた繰り返し小地震の各グループの位置を示す. 太破線はフィリピン海プレートの北東端.

Fig. 4 Spatial distribution of interplate coupling (color) estimated from cumulative slip of repeating earthquakes sequences (Uchida *et al.*, 2009). Black dots and thick broken curve denote locations of repeating earthquake sequences and northeastern edge of PHS plate, respectively.

フィリピン海プレート北東端

長谷川ほか(2013)に一部加筆

プレート間結合度の分布

長谷川昭・中島淳一・内田直希・海野徳仁(2013): 東京直下に沈み込む2枚のプレートと首都圏下の特異な地震活動, 地学雑誌, 122(3)398-417, 2013, doi:10.5026/jgeography.122.398

3. 主なコメント対応状況

コメントNo.11: 不確かさ重畳について

■主要な断層パラメータについて、敷地周辺のプレート間地震に関する知見等を踏まえて認識論的不確かさと偶然的不確かさに分類し、敷地での地震動に大きな影響を与えるパラメータを不確かさとして考慮する。

【認識論的不確かさ】：事前の詳細な調査や経験式などに基づき設定できるもの ⇒ それぞれ独立させて考慮することを基本とする。

【偶然的不確かさ】：事前の詳細な調査や経験式からは設定が困難なもの ⇒ 重畳させて考慮する。

■コメントを踏まえSMGA位置の不確かさについては下記のとおり扱うこととし、SMGA位置の不確かさと短周期レベルの不確かさを重畳させることとした。

【申請時】：SMGA位置の不確かさは認識論的不確かさとして扱う

【コメント反映】：SMGA位置の不確かさは認識論的不確かさと偶然的不確かさが混在した不確かさとして扱う

評価ケース	認識論的不確かさ			偶然的不確かさ	
	断層設定位置	地震規模	短周期レベル	SMGA位置	破壊開始点
基本ケース	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	宮城県沖、福島県沖、茨城県沖で発生する地震の平均※1	東北地方太平洋沖地震のSMGAや、それぞれの領域で過去に発生したM7～M8クラスの地震の震源域を参考に配置	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3
SMGA位置の不確かさ	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	宮城県沖、福島県沖、茨城県沖で発生する地震の平均※1	基本震源モデルのSMGA位置に対し、茨城県沖のSMGAを敷地に最も近い位置に移動	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3
短周期レベルの不確かさ	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	基本震源モデルの1.5倍※2	東北地方太平洋沖地震のSMGAや、それぞれの領域で過去に発生したM7～M8クラスの地震の震源域を参考に配置	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3
SMGA位置の不確かさと短周期レベルの不確かさの重畳	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	基本震源モデルの1.5倍※2	基本震源モデルのSMGA位置に対し、茨城県沖のSMGAを敷地に最も近い位置に移動	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3

■ 不確かさを考慮して設定するパラメータ

□ コメント反映し、追加したケース

※1 茨城県沖で発生する地震に対しては大きめの設定となっている。

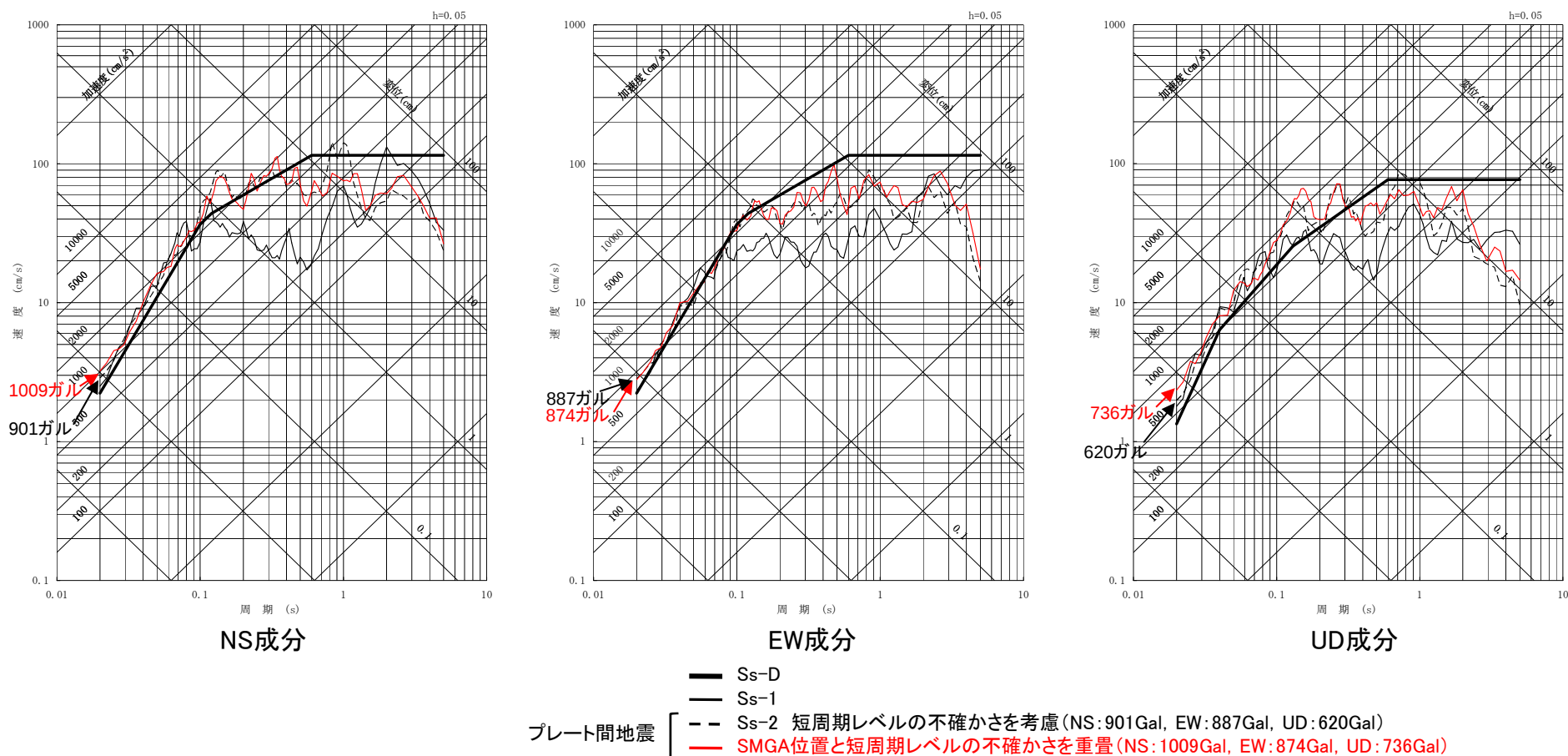
※2 すべてのSMGAの短周期レベルを1.5倍している。

※3 破壊が敷地に向かう位置に設定されている。

4. コメント反映結果

まとめ

■SMGA位置と短周期レベルの不確かさを重畳させたケースは、NS成分で1009Galの地震動評価結果となり、短周期レベルの不確かさを考慮したケース(申請時Ss-2, NS成分で901Gal)を上回った。



新規制基準適合性に係る審査会合(平成28年4月28日第358回)において原子力規制委員会から「概ね妥当である」と評価された。