

茨城県原子力安全対策委員会
東海第二発電所
安全性検討ワーキングチーム(第4回)
ご説明資料

(新規制基準適合性確認審査の状況について 地震・津波関連)

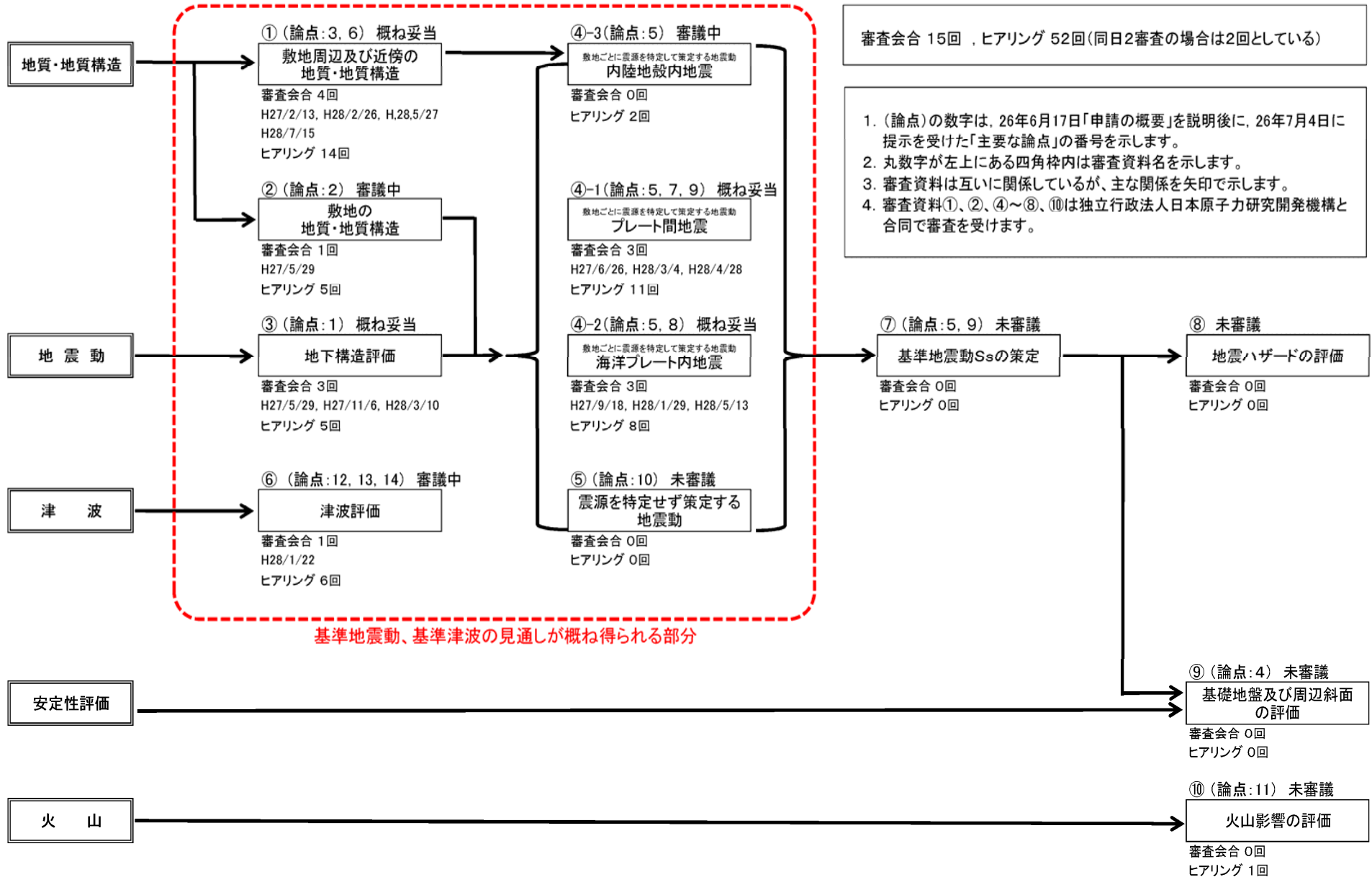
平成28年8月3日
日本原子力発電株式会社

目次

- ・ 地震津波関連 審査の状況について…………… 3
- ・ 敷地周辺及び近傍の地質・地質構造(断層評価)…………… 9
- ・ 地下構造評価…………… 19
- ・ 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち…………… 27
プレート間地震
- ・ 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち…………… 39
海洋プレート内地震

地震津波関連 審査の状況について

東海第二発電所 地震・津波関連 審査の状況(28年7月末現在)



東海第二発電所 26年7月4日に規制委員会より提示を受けた「主要な論点」(地震・津波関連)

No.	区分	主要な論点	資料番号及び 会合説明日など
1	地盤地震	敷地の地下構造を把握するのに実施した調査・分析について、特異な傾向の有無を確認するため、全ての評価結果を提示すること。	③概ね妥当
2	地盤地震	敷地内破碎帯について、その活動性の評価に係る詳細な調査結果を提示すること。	②27/5/29
3	地盤地震	敷地周辺陸域の断層の評価において、破碎帯の固結のみで活動性否定の根拠としている場合は、異なる手法による活動性否定の根拠も示すこと。	①概ね妥当
4	地盤地震	原子炉建屋等の耐震重要施設に加え、重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に関わる検討内容を示すこと。	⑨今後予定
5	地盤地震	基準地震動 S_s-D については、具体的な設定根拠を示すこと。	④-1, 2, 3 27/6/26
6	地盤地震	F1断層と北方領域の断層の同時活動性を考慮するに当たり、2011年東北地方太平洋沖地震の影響を踏まえたF1断層の再評価の内容及び断層両端の止めに関する評価結果を提示すること。	①概ね妥当
7	地盤地震	プレート間地震について、地震規模、震源領域等の設定に関わる検討内容を示すこと。	④-1概ね妥当
8	地盤地震	プレート内地震について、ディレクティブティ効果等を考慮した不確かさに関する検討内容を示すこと。	④-2概ね妥当
9	地盤地震	2011年東北地方太平洋沖地震による敷地におけるはざとり波の応答スペクトルは、一部の周期帯で基準地震動を上回ったことを踏まえ、基準地震動や耐震設計の策定にあたり、どのような考慮がなされたか示すこと。	④-1概ね妥当
10	地盤地震	「震源を特定せず策定する地震動」に関して、基準地震動評価ガイドにある地震観測記録収集対象事例の16地震について、観測記録等の分析・評価を実施すること。	⑤今後予定
11	火山	敷地への降下火砕物等の堆積量に関して、詳細な評価結果を提示すること。	⑩今後予定
12	津波	津波の評価について、波源の位置、波源の特性等の設定に関わる検討内容を示すこと。	⑥28/1/22
13	津波	2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、施設が大きな損傷を受けたことを踏まえ、基準津波や耐津波設計の策定に当たり、どのような考慮がなされたか示すこと。	⑥28/1/22
14	津波	プレート間地震の波源として、2011年東北地方太平洋沖地震によって、宮城沖～福島沖の領域を含めないこととした検討内容を詳細に説明すること。	⑥28/1/22

地質・地質構造①②、地震動③～⑤、津波⑥の審査状況(28年7月末現在)

項目	説明内容	状況
① 敷地周辺及び近傍の 地質・地質構造	敷地周辺および近傍の11断層を、安全評価上、耐震設計において考慮することを説明。	原子力規制委員会にて、概ね妥当な評価であることを確認いただいた。 (28年2月26日, 5月27日, 7月15日)
② 敷地の 地質・地質構造	敷地を中心とする半径5kmの範囲において、「活断層と認定される断層」は無いことを説明。	敷地には「将来活動する可能性のある断層等」が存在しないことを明確に示すため、岩盤中の水平に連続した地層について、より詳細な説明をする。
③ 地下構造評価	敷地及び敷地周辺の地下構造が水平成層構造(地層内での層状が水平)と見なせることを説明。	原子力規制委員会にて、概ね妥当な評価であることを確認いただいた。 (28年3月10日)
④-1 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	2011年東北地方太平洋沖地震の本震を検討用地震に選定した地震動を説明。	原子力規制委員会にて、概ね妥当な評価であることを確認いただいた。 (28年4月28日)
④-2 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち海洋プレート内地震	各種知見及び敷地周辺の地震発生状況等を踏まえ、フィリピン海プレート内の地震である茨城県南部の地震(中央防災会議)を検討用地震に選定した地震動を説明。	原子力規制委員会にて、概ね妥当な評価であることを確認いただいた。 (28年5月13日)

地質・地質構造①②、地震動③～⑤、津波⑥の審査状況(28年7月末現在)

項目	説明内容	状況
④-3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち内陸地殻内地震	①の審査(断層の長さ)を踏まえ、条件を確定(28年7月15日)。	28年7月末より審議開始。
⑤ 震源を特定せず策定する地震動 (留萌の地震ほか)	(今後予定)	先行プラントの審査を踏まえ、説明。
⑥ 津波評価	地震に起因する津波(プレート間地震、海洋プレート内地震、海域の活断層による地殻内地震)及び地震以外に起因する津波(陸上及び海底での地すべり・斜面崩壊、火山現象)の評価結果を踏まえ、発電所に与える影響が最も大きい津波は、茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震であることを説明。 また、これを基準津波とすることを説明。	<ul style="list-style-type: none"> ・今年1月の審査会合において「発電所に与える影響が大きい津波はMw8.7プレート間地震であること考え方は理解できた」とあった。 ・次回会合にて前回会合のコメント回答を予定している。

余白

敷地周辺及び近傍の地質・地質構造(断層評価)

敷地周辺及び近傍の地質・地質構造について 評価フロー

調査は、敷地周辺(敷地を中心とする半径約30kmの範囲)及びその周辺について実施した。

1) 震源として考慮する活断層が存在する可能性のある範囲を抽出

- 文献調査
- 変動地形学的調査
(空中写真判読, 航空レーザー測量)
- 地球物理学的調査
(海上音波探査)



2) 断層の有無, 性状, 最新活動時期等の調査

- 地質調査
(地表地質調査, ボーリング調査, トレンチ調査等)
- 地球物理学的調査
(陸域: 反射法地震探査, 海域: 海上音波探査)



3) 活動性の評価

- 各断層の活動性の評価
- 近接する断層の性状, 位置関係等から同時活動の可能性を検討

2011年東北地方太平洋沖地震に伴い、「地殻変動による顕著なひずみの変化」及び「地震発生状況の顕著な変化」が認められた。



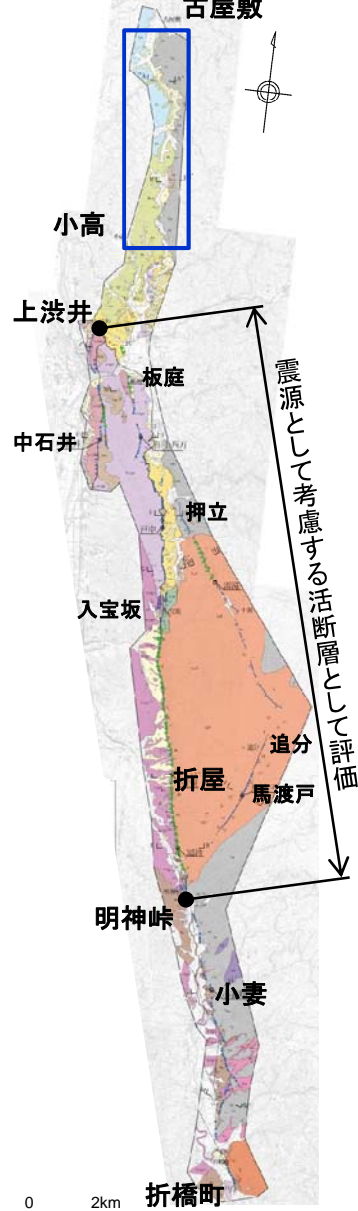
下記の断層について、震源として考慮する活断層として取り扱うこととした。

- 2011年東北地方太平洋沖地震に関連して活動した状況は認められないが、断層破碎部の性状(断層面の平面性, 破碎部の固結度等)に関するデータのみしか得られておらず、上載地層法で明確に後期更新世以降の活動が否定できない断層
- 2011年東北地方太平洋沖地震以降、当該断層近傍で地震が集中して発生しており、活動した可能性が否定できない断層

棚倉破砕帯の東縁付近の推定活断層及び西縁断層(の一部)について

棚倉破砕帯東縁付近の北端及び棚倉破砕帯西縁断層(の一部)の南端について追加の調査・検討を行い、申請時の評価が妥当であることを確認した。

棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層



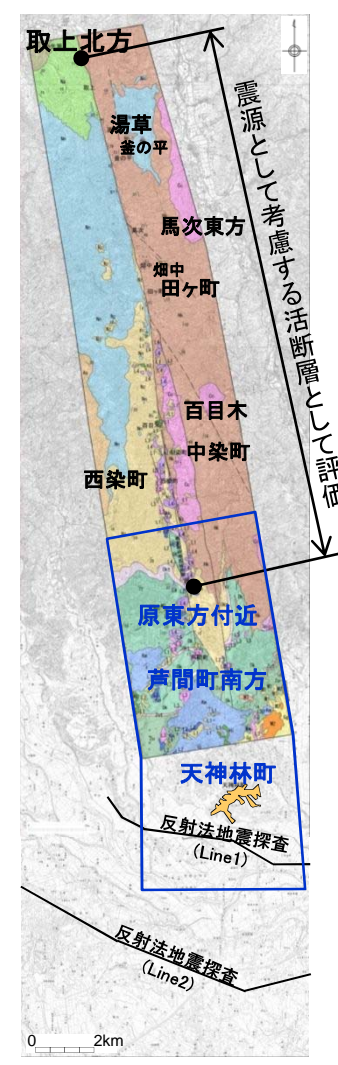
古屋敷～小高の追加調査・検討項目
<p>文献調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新編 日本の活断層(1991) ・活断層詳細デジタルマップ(2002) ・活断層データベース(2015) ・20万分の1地質図幅「白河」(2007) ・大槻(1975) ・島本ほか(1998) ・50万分の1活構造図「新潟」(1984)
<p>空中写真及び航空レーザーDEM(1mメッシュ及び10mメッシュ)による変動地形学的調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鳥瞰図 ・段彩陰影図 ・アナグリフ
<p>地表地質調査</p>

古屋敷～小高については、いずれの調査結果からも、活構造を示唆する状況は得られなかった。

- ・活構造の可能性は指摘されておらず、リニアメントも判読されない。
- ・「新編 日本の活断層」のリニアメント位置付近には断層は認められず、先新第三系及び新第三系が不整合関係で接していること、層理面の傾斜が緩く断層の存在を示唆する急傾斜構造が認められないことを確認した。

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。
(承認番号 平28情復 第124号)
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院の長の承認を得なければならない。

棚倉破砕帯西縁断層(の一部)



原東方以南の追加調査・検討項目
<p>文献調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新編 日本の活断層(1991) ・活断層詳細デジタルマップ(2002) ・活断層データベース(2015) ・50万分の1活構造図「新潟」(1984) ・関東地域の活断層の長期評価(2015) ・20万分の1地質図幅「水戸」(2001) ・大槻(1975)
<p>空中写真及び航空レーザーDEM(1mメッシュ及び10mメッシュ)による変動地形学的調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鳥瞰図 ・段彩陰影図 ・アナグリフ
<p>地表地質調査 反射法地震探査</p>

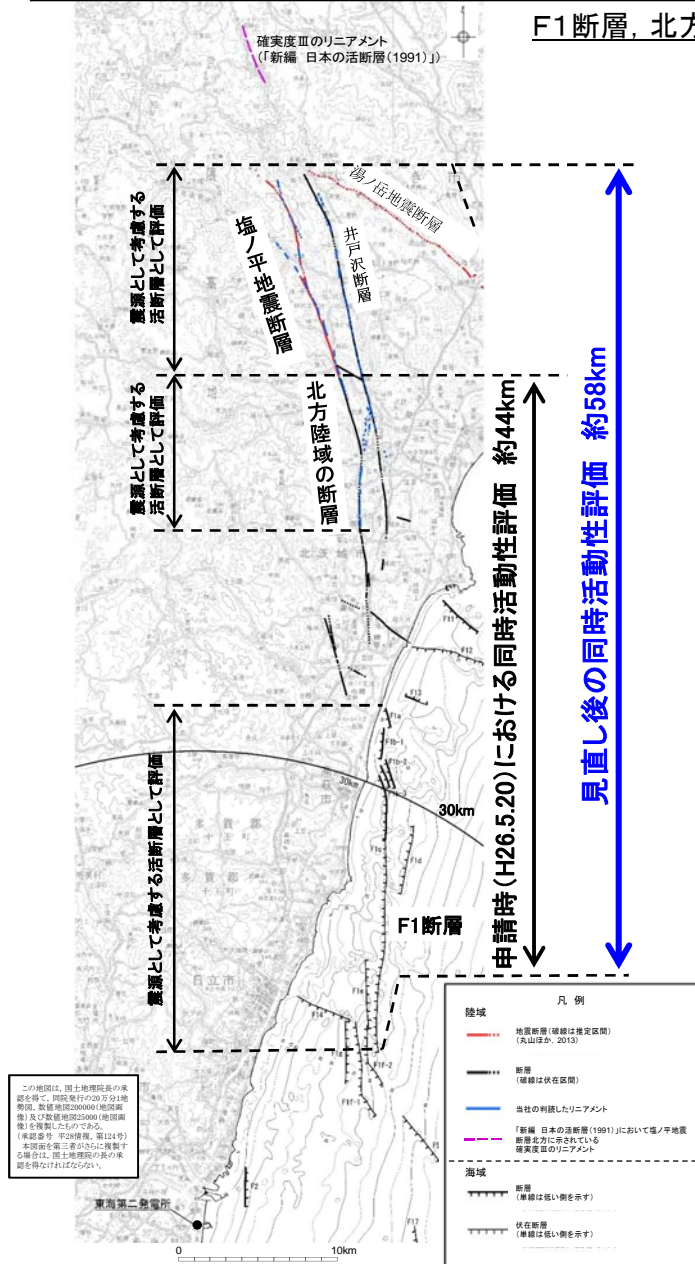
原東方以南については、いずれの調査結果からも、活構造を示唆する状況は得られなかった。

- ・活構造の可能性は指摘されておらず、リニアメントも判読されない。
- ・原東方付近において、変動地形の可能性のある地形がないこと、L1段丘面に変位・変形がないことを確認した。
- ・芦間町南方において、棚倉破砕帯西縁断層(の一部)と同方向(N-S走向)の断層が確認されたが、断層面は連続性が悪く雁行状をなし、粘土状破砕部は認められず、断層面では剥離しない。
- ・芦間町南方において、NW-SE走向の断層はないことを確認した。
- ・天神林町において、反射法地震探査の結果から、棚倉破砕帯西縁断層(の一部)はM1段丘面の直下に位置し、同段丘面に変位・変形がないことを確認した。

F1断層，北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性について

塩ノ平地震断層(その北方を含む)とF1断層及び北方陸域の断層の同時活動性に関する追加調査・検討を行い，同時活動性評価範囲を見直しを行った。

F1断層，北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価



塩ノ平地震断層とF1断層及び北方陸域の断層の同時活動性に関する追加調査・検討項目	
文献調査(活動履歴及び単位変位量の調査・検討を含む)	
<ul style="list-style-type: none"> ・新編 日本の活断層(1991) ・活断層データベース(2015) ・5万分の1地質図幅 竹貫(1973) ・50万分の1活構造図「新潟」(1984) ・丸山ほか(2013) ・国土地理院HP「平成23年(2011年)4月11日福島県浜通りの地震(M7.0)に伴う地殻変動」 ・Kato et al.(2013) ・芝・野口(2012) ・黒澤ほか(2012) ・堤・遠田(2012) 	<ul style="list-style-type: none"> ・活断層詳細デジタルマップ(2002) ・Toda and Tsutsumi(2013) ・20万分の1地質図幅「白河」(2007) ・地震調査委員会「主要活断層の長期評価」 ・石山ほか(2012) ・引間(2012) ・Tanaka et al.(2014) ・丸山ほか(2012) ・丹生ほか(2013)
空中写真及び航空レーザーDEM(5mメッシュ)による変動地形的調査	
<ul style="list-style-type: none"> ・鳥瞰図 	<ul style="list-style-type: none"> ・段彩陰影図
地表地質調査	
地震本部の手法による塩ノ平断層の地震発生確率の算定	

塩ノ平地震断層とF1断層及び北方陸域の断層について，同時活動性を考慮する。

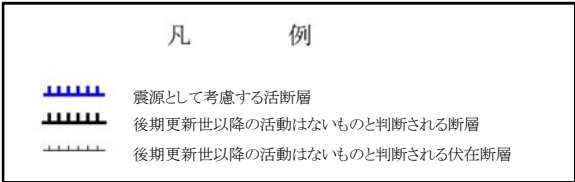
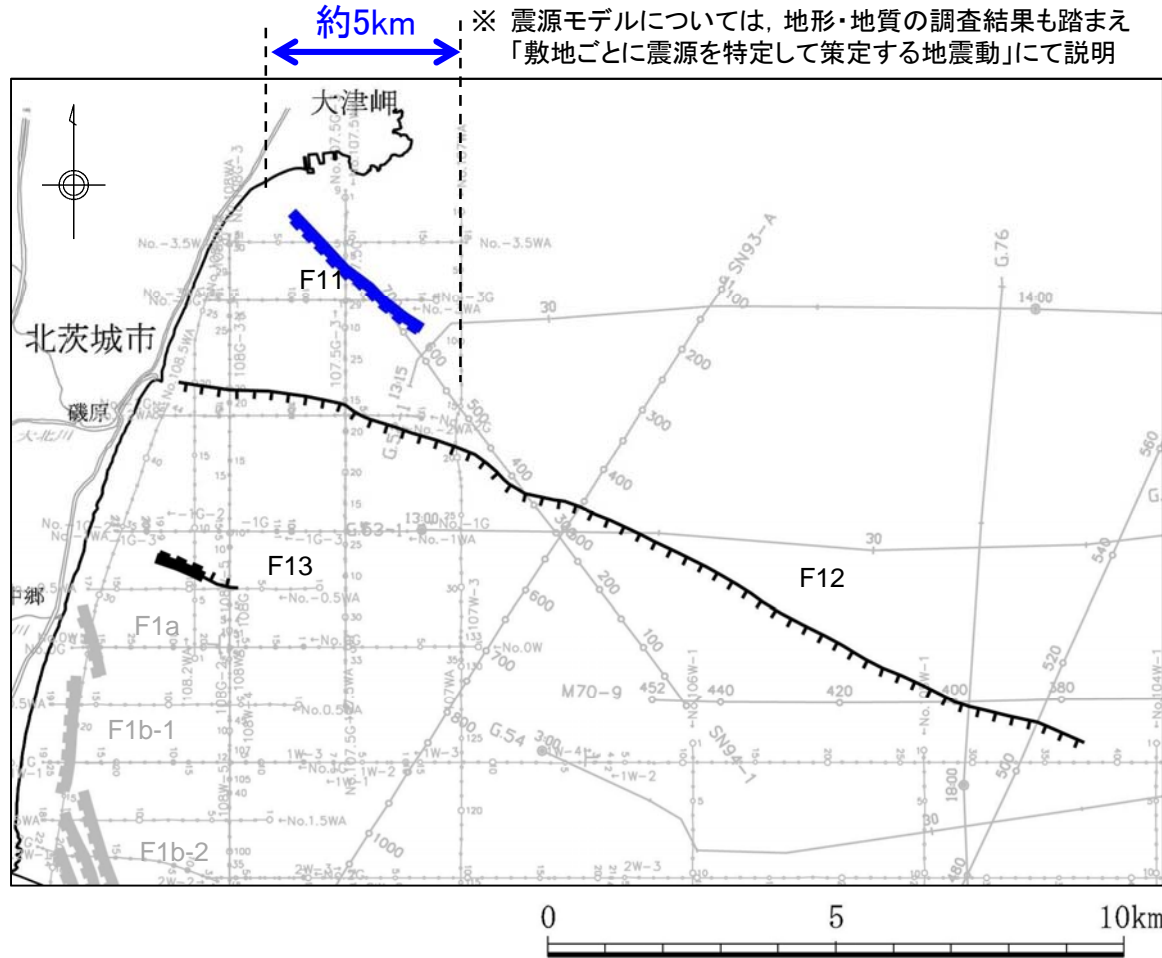
- ・他機関の調査結果も含め，後期更新世以降に「塩ノ平断層」が「F1断層」や「北方陸域の断層」と同時活動した事実はない。
- ・このため，これらの断層の同時活動の評価にあたっては，「塩ノ平断層」の「活動履歴」や「単位変位量」の情報から，地震本部の評価手法も参考に検討した。その結果，「塩ノ平断層自体の今後50年間における地震発生確率はほぼ0%」であり，また「塩ノ平断層とF1断層及び北方陸域の断層が今後50年間で同時活動する場合の地震発生確率は更に小さい」と評価される。
*約10⁻⁸⁴⁸パーセント
- ・しかしながら，断層の走向・傾斜の類似性等も勘案し，これらの断層の同時活動を考慮する。
- ・震源として考慮する活断層の北端については，地震断層，リニアメント及び文献が示す活構造のうち，断層長さが最長となる地震断層(丸山ほか，2013及び粟田ほか，2011)の北端とする。なお，2011年4月11日の地震の地殻変動，余震分布及び震源過程解析によるすべり分布は，地震断層の範囲と対応している。

(参考)「新編 日本の活断層(1991)」が塩ノ平地震断層の北方に示す確実度Ⅲのリニアメントについて

- ・文献調査の結果，「新編 日本の活断層(1991)」が塩ノ平地震断層の北方に示す確実度Ⅲのリニアメントについて活構造であることを指摘する見解はない。
- ・変動地形的調査の結果，「新編 日本の活断層(1991)」が示すリニアメント付近にリニアメントは判読されない。
- ・地表地質調査の結果，「新編 日本の活断層(1991)」が示すリニアメントに対応して認められた断層の最新活動面は右横ずれを伴う逆断層センスであるのに対し，塩ノ平地震断層の過去数万年間の活動はいずれも正断層センスである。
- ・以上のことから，「新編 日本の活断層(1991)」が示すリニアメントについて活構造を示唆する状況はなく，塩ノ平地震断層との同時活動を考慮する必要はないと判断する。

海域F11断層について

震源として考慮する活断層として評価する。



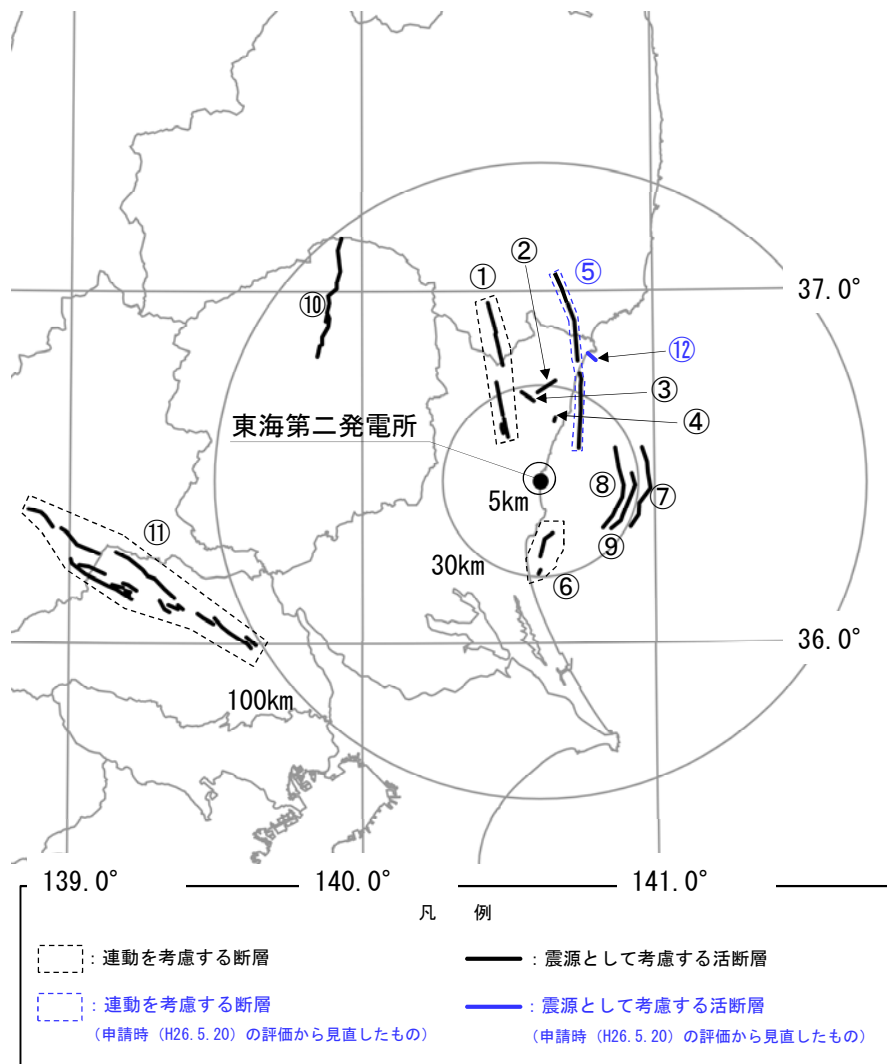
【F11断層】
 上載地層で後期更新世以降の活動が否定できない。
 ▶ F12断層と同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。
 ▶ しかしながら、後期更新世の地層との関係を直接確認できないことから、活動性を評価することとする。

【F12断層】
 少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。
 ▶ C2層(鮮新統)上部に変位・変形を与えていない。

【F13断層】
 少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。
 ▶ 西部では上載地層が分布しておらず、上載地層法による判断ができないものの、東部ではD1層(中新統)上部には変位・変形が認められず、F12断層とも同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。

【陸域の延長部】
 F11, F12, F13断層の西方陸域には、F11, F12, F13断層と調和的な活構造を指摘する文献はなく、またリニアメントも判読されない。

東海第二発電所 断層評価結果



断層名	長さ(km)
① 棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層, 棚倉破砕帯西縁断層(の一部)*の連動 * 中染付近・西染付近のリニアメントを含む。	42
② 関口-米平リニアメント	6
③ 縦破山リニアメント	4
④ 宮田町リニアメント	1
⑤ F1断層, 北方陸域の断層の連動 ↓	44 ↓
⑤ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動	58
⑥ F3断層, F4断層の連動	16
⑦ F8断層	26
⑧ F16断層	26
⑨ A-1背斜	20
⑩ 関谷断層	40
⑪ 関東平野北西縁断層帯	82
⑫ F11断層	5

※ 変動地形の可能性のある地形を「リニアメント」という。
断層の同時活動を考慮した場合は「連動」と記す。

- 敷地周辺の地質・地質構造に関する調査の結果, 上記の断層を震源として考慮する活断層として評価する。
- 敷地近傍(敷地を中心とする半径約5kmの範囲)において, 震源として考慮する活断層は認められない。

28年2月26日第334回(棚倉破砕帯), 28年5月27日第364回(F1断層,北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性), 28年7月15日第381回審査会合(これまでのまとめ)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。

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27年 2月13日	第194回 審査会合	地震活動について、震源分布と以下のリニアメント及び地質構造との関係について整理し、その評価について丁寧に説明すること。 ・棚倉破砕帯東縁断層付近の推定活断層の北方 ・海域断層(F10断層, F8断層)付近	2011年東北地方太平洋沖地震以降の地震発生状況と断層の関係を整理した。 【棚倉破砕帯付近】 同破砕帯に関連する地震活動はないものと考えられる。 このため、同破砕帯の活動性や規模については、地質調査結果から判断。 【海域断層付近】 地震の発生が集中して見られるF8断層及びそれに関連するF16断層及びA-1背斜について、念のため活動性を考慮。 【銚子沖付近】 同海域の活構造と地震活動との関連は明確ではない。 なお、地震が集中している範囲に対応する活構造を仮に想定しても、発電所に及ぼす影響は小さい。
2	平成27年 2月13日	第194回 審査会合	棚倉破砕帯西縁断層(の一部)及び棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層端部について、変動地形的調査結果、地表地質調査結果をより詳細に示し、地質断層との関係も含めて、丁寧に説明すること。	【棚倉破砕帯西縁断層】 評価の南端とした原東方よりも南方について、既存の調査結果の再整理及び追加の検討を実施した。 ・活構造を指摘する文献はない。 ・リニアメントは判読されない。 ・原東方付近L1段丘面に変位・変形は認められない。 ・芦間南方露頭の断層は、連続性に乏しく、粘土状破砕部も認められない。 ・芦間町南方以南のM1段丘面に変位・変形は認められない。
3	平成27年 2月13日	第194回 審査会合	芦間町南方露頭の断層の活動性の評価について、丁寧に説明すること。	【棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層】 評価の北端とした上渋井以北について、既存の調査結果の再整理及び追加の検討を実施した。
4	平成27年 2月13日	第194回 審査会合	芦間町南方以南において、地球物理学的調査記録、地形の詳細情報等を用いて、棚倉破砕帯の伏在する位置及び地形との関係を丁寧に説明すること。	・「新編 日本の活断層」を除き、活構造を指摘する文献はない。 ・リニアメントは判読されない。 ・「新編 日本の活断層」のリニアメント付近には断層は認められない。
5	平成27年 2月13日	第194回 審査会合	鹿島台地・行方台地周辺の活傾動について、M1段丘堆積物の堆積状況や近傍のM2, M3段丘面の分布状況を説明すること。	・変動地形的調査の結果、文献が示す活傾動付近のM2段丘面及びM3段丘面には、文献が示す活傾動に対応する高度差は認められない。 ・地表地質調査の結果においても、文献が示す活傾動位置のM1段丘堆積物の基底は水平に連続しており、文献が示す活傾動に対応する高度差は認められない。

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
6	平成27年 2月13日	第194回 審査会合	海上音波探査記録のうち、測線No.18Wにみられる伏在的な背斜構造の活動性について、近傍の測線No.16Wで認められている断層との関係を含めて説明すること。	海上音波探査の結果によれば、No.18W測線で認められる背斜構造については、C ₁ 層まで認められるが、B ₃ 層以上の地層には認められない。 また、No.18W測線とNo.16W測線には同様の構造は認められない。
7	平成27年 2月13日	第194回 審査会合	海域断層におけるAグループの評価について説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・F11断層、F12断層及びF13断層は、近接して分布する走向等が類似した断層群であることから、活動時期も類似していると判断され、Aグループとして活動性を評価した。 ・F11断層付近には、後期更新世以前の地層が分布していない。 ・F12断層は、鮮新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。 ・F13断層の西部は後期更新世以前の地層が分布していないが、東部では後期中新世の地層に変位・変形を与えていない。 ・Aグループの断層群の西方陸域には、Aグループの断層群と調和的な活構造を指摘する文献はなく、またリニアメントも判読されない。 ・以上のことから、Aグループの断層群は、震源として考慮する活断層ではないと判断される。
8	平成27年 2月13日	第194回 審査会合	F1断層と北方陸域の断層の同時活動性を考慮するに当たり、2011年東北地方太平洋沖地震の影響を踏まえたF1断層の再評価の内容及び断層両端の止めに関する評価結果を提示すること。(主要な論点No.6) F1断層と北方陸域の断層は応力解放だけで同時活動性を否定することの是非について、塩ノ平断層の情報を踏まえて、次回以降に議論する。	<ul style="list-style-type: none"> ・他機関の調査結果も含め、後期更新世以降に、塩ノ平断層とF1断層及び北方陸域の断層が同時活動した状況は認められない。 ・しかしながら、これらの同時活動の可能性について、更に検討をすることとし、これまでに得られている塩ノ平断層の活動履歴や単位変位量に基づき、地震本部の評価手法も参考に検討を行った。 ・その結果、これらの断層が今後50年間に同時活動する確率は極めて小さく、その発生はほぼゼロと見なせるものと評価された。
9	平成28年 2月26日	第334回 審査会合	赤城水沼9,10テフラの降灰年代について、東茨城台地の地質層序との整合性も踏まえて、説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・文献調査結果によれば、赤城水沼9, 10(MzP-9・10)は、テフラ分析の結果等から、箱根吉沢下部6~8(K_pP-6~8)とほぼ同時期の降灰とされている。K_pP-6及びK_pP-8の降灰年代はフィッシュン・トラック年代測定結果から約13万年前と評価されている。 ・K_pP-6~8は、東京・横浜地域で下末吉段丘堆積物の上位に堆積した風成ローム層下部に確認されていることから、MIS5eのピーク(最新の知見では約12.3万前)直後の海退期(約12万年前)に降灰したものと判断される。 ・一方、MzP-9・10についても、M1段丘堆積物の海成層の上位の堆積物(海退期の堆積物)中に確認されていることから、K_pP-6~8と同時期に降灰したものと評価することは、層序的にも矛盾はない。

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
10	平成28年 2月26日	第334回 審査会合	東茨城台地周辺の段丘堆積物の形成年代等の検討にあたっては、山元(2013)等の最新の知見も踏まえて、説明すること。	山元(2013)は、東茨城台地に分布する更新統の層序について、海水準変動に関連付けた地層区分及びテフラの対比により検討を行った。これらについて、当社の段丘面区分の年代対比との間に矛盾はない。
11	平成28年 2月26日	第334回 審査会合	5万分の1図幅「磯浜」「那珂湊」に記載のある大谷川沿いの非構造性の小断層について説明すると共に、その地域の地質断層についても説明すること。	地質図幅に記載されている涸沼周辺の非構造性の表層滑落については、追加の地表地質調査も実施し、いずれも非構造性の表層滑落であることを確認した。 ・涸沼周辺の段丘崖に認められる断層は、正断層センスであり、走向はいずれも段丘崖の方向と調和的である。 ・断層の延長方向に分布するM1段丘面にリニアメントは判読されない。 「5万分の1地質図幅「那珂湊」(1972)」に示されている断層については、活構造であることを指摘している文献はなく、また当社の地形判読結果からも当該付近には変動地形が認められないことから、当該断層は活構造ではないと判断される。 なお、敷地近傍及び周辺の地質・地質構造の評価にあたっては、刊行されている5万分の1地質図幅や20万分の1地質図幅等の資料については全て文献調査の対象としている。
12	平成28年 2月26日	第334回 審査会合	海域断層のグループ化について、その必要性を踏まえて再検討すること。	敷地周辺海域の断層等については、位置、走向、落下方向、形態等の性状が類似するものをグループ化した上で評価をしていたが、断層の活動時期の評価にあたっては、必ずしもグループ化を行う必要はないことから、各断層毎に活動時期等の評価を記載することとした。 なお、F11断層については、F12断層と同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。しかしながら、後期更新世の地層との関係を直接確認できないことから、安全側に活動性を評価することとする。
13	平成28年 2月26日	第334回 審査会合	F1断層と北方陸域断層の同時活動性における塩ノ平地震断層の取り扱いについて検討すること。	F1断層と北方陸域の断層に加え、塩ノ平地震断層も含めた同時活動性については、塩ノ平地震断層が既に応力解放されているため、これらの断層が同時活動する可能性は極めて低いものと判断される。 しかしながら、断層の走向・傾斜の類似性等も勘案し、安全側に評価する方針とし、これらの断層の同時活動を考慮することとした。
14	平成28年 2月26日	第334回 審査会合	「5万分の1地質図幅「竹貫」(1973)」に記載されている馬場平断層について説明すること。	「新編 日本の活断層(1991)」において、井戸沢断層の北方約9km(塩ノ平地震断層の北方約6km)に長さ約4kmの確実度Ⅲのリニアメントが指摘されているが、活動性や性状の記載はない。また「新編 日本の活断層(1991)」以外に活構造を指摘する文献はない。 「5万分の1地質図幅「竹貫」(1973)」では、当該リニアメント位置に馬場平断層が記載されており本断層の南方延長は「大風断層で一たん切られて西に転移する」とされている。大風断層については、活構造を指摘する文献はない。 「20万分の1地質図幅「白河」(2007)」及び「50万分の1活構造図「新潟」(1984)」では馬場平断層は記載されていない。

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
15	平成28年 5月27日	第364回 審査会合	F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動の北端の設定根拠については、塩ノ平地震断層北方に指摘されているリニアメントも含め、これまでの調査結果を整理した上で明記すること。	震源として考慮する活断層の北端については、地震断層、リニアメント及び文献が示す活構造のうち、断層長さが最長となる地震断層(丸山ほか、2013及び栗田ほか、2011)の北端とする。なお、2011年4月11日の地震の地殻変動、余震分布及び震源過程解析によるすべり分布は、地震断層の範囲と対応している。 「新編 日本の活断層(1991)」が塩ノ平地震断層の北方に示す確実度Ⅲのリニアメントについて、活構造を示唆する状況はなく、塩ノ平地震断層との同時活動を考慮する必要はないと判断する。 <ul style="list-style-type: none"> • 文献調査の結果、「新編 日本の活断層(1991)」が塩ノ平地震断層の北方に示す確実度Ⅲのリニアメントについて活構造であることを指摘する見解はない。 • 変動地形学的調査の結果、「新編 日本の活断層(1991)」が示すリニアメント付近にリニアメントは判読されない。 • 地表地質調査の結果、「新編 日本の活断層(1991)」が示すリニアメントに対応して認められた断層の最新活動面は右横ずれを伴う逆断層センスであるのに対し、塩ノ平地震断層の過去数万年間の活動はいずれも正断層センスである。
16	平成28年 5月27日	第364回 審査会合	F11断層については、地形地質の状況を踏まえて、地震動評価において説明すること。	F11断層の震源モデルについては、地形・地質の調査結果も踏まえ「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」にて検討を行う。

地下構造評価

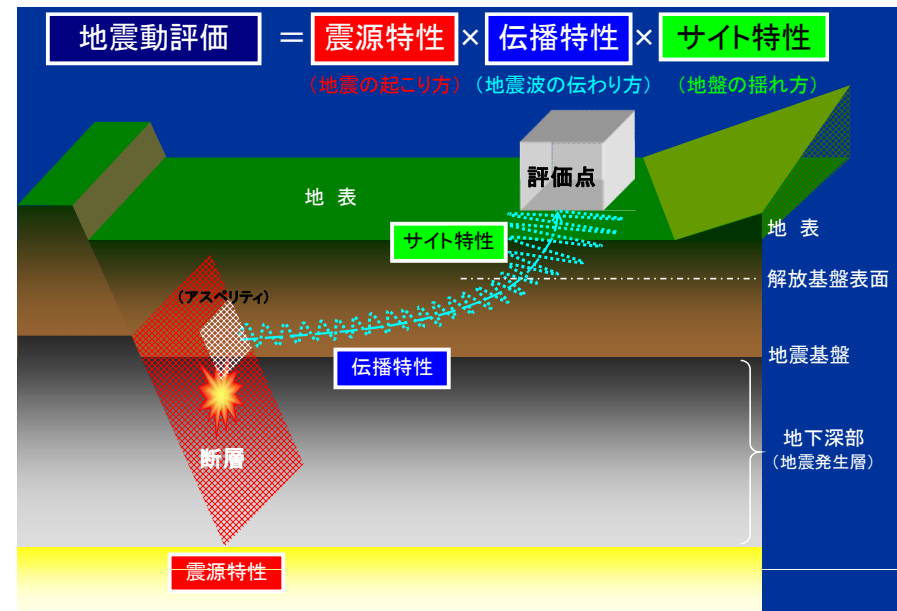
1. 地下構造評価に関する申請内容

地下構造評価では、地震動評価に必要な特性のうち、「伝播特性」と「サイト特性」の妥当性について評価する。

広域地下構造調査(概査)により、地震発生層を含む地下深部から解放基盤までの「伝播特性」を確認する。

敷地近傍地下構造調査(精査)により、地下深部から地表面までの「サイト特性」を確認する。

地下構造評価に関する申請内容を以下に示す。



・解放基盤表面の設定

敷地・敷地周辺の地盤調査によると、敷地周辺では新第三紀の久米層がほぼ水平で相当な拡がりをもつて分布している。敷地内のボーリング孔で実施したPS検層結果によると、E.L.−370m以深ではS波速度が0.7km/s以上となっていることから、E.L.−370mの位置に解放基盤表面を設定する。なお、地震動評価のうち応答スペクトルに基づく手法において、解放基盤表面での地盤の弾性波速度値については、敷地の地盤調査より、P波速度を2.0km/s、S波速度を0.7km/sと設定する。

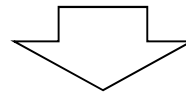
・敷地周辺の地盤構造

重力異常分布によると、敷地の北西部には重力の急変部が、敷地西側には船底状の構造が見られる。これらは、敷地周辺の地盤調査で明らかのように、基盤が深さ4km程度に達する不整形地盤が存在するためであるが、地震観測記録の分析結果及び反射法探査、屈折法探査及び微動アレイ探査による速度構造を用いた解析的検討の結果から、これらが敷地における地震動評価に与える影響は小さい。

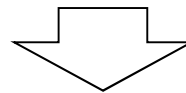
1. 1 解放基盤表面設定

「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」
(原子力規制委員会, 平成26年7月9日改正)

基準地震動を策定するために、基盤面上の表層及び構造物が無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をいう。ここでいう上記の「基盤」とは、おおむねせん断波速度 $V_s=700\text{m/s}$ 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とする。



- 東海第二発電所の基礎地盤の特徴
 - 新第三系鮮新統の砂質泥岩である久米層が広く分布する。
 - 久米層の速度構造はおおむね水平である。
 - E.L.-370m程度で $V_s=700\text{m/s}$ 以上となる。
 - 久米層は新鮮であり、著しい風化は見られない。



解放基盤表面の位置はE.L.-370mとする。

1.2 敷地周辺の地盤構造(1)

東海第二発電所の地下構造が水平成層かつ均質であることを確認するため、地震観測記録と地球物理学的調査を組合せ、地震基盤の位置や形状、地震波速度構造等の調査・解析を実施した。

● 地震観測記録による地下構造評価

解放基盤表面における検討

- ・地震観測記録の到来方向による検討により、解放基盤表面より深部の地下構造が水平成層かつ均質とみなして評価できることを確認

浅部地下構造の検討

- ・解放基盤表面以浅の地震観測記録を用いて、敷地地盤の地下構造が水平成層かつ均質とみなして評価できることを確認

● 地球物理学的調査による地下構造評価

地球物理学的調査 敷地周辺

- ・屈折法地震探査
- ・微動アレイ探査
- ・重力異常分布(文献)

敷地内

- ・単点微動測定
- ・微動アレイ探査

3次元地下構造モデル

作成

確認

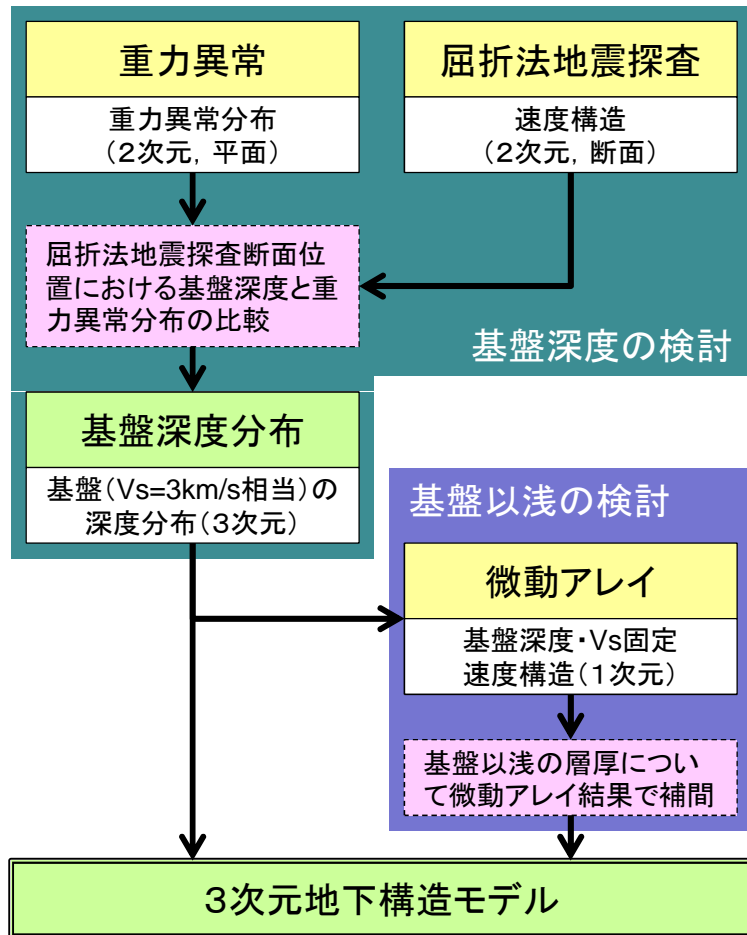
解析による検討

- ・2次元FEMモデル
→ 東西断面, 南北断面
- ・敷地の西側及び南側に見られる深い基盤形状による影響を検討
- ・敷地地盤の地下構造は水平成層かつ均質とみなして評価できることを確認

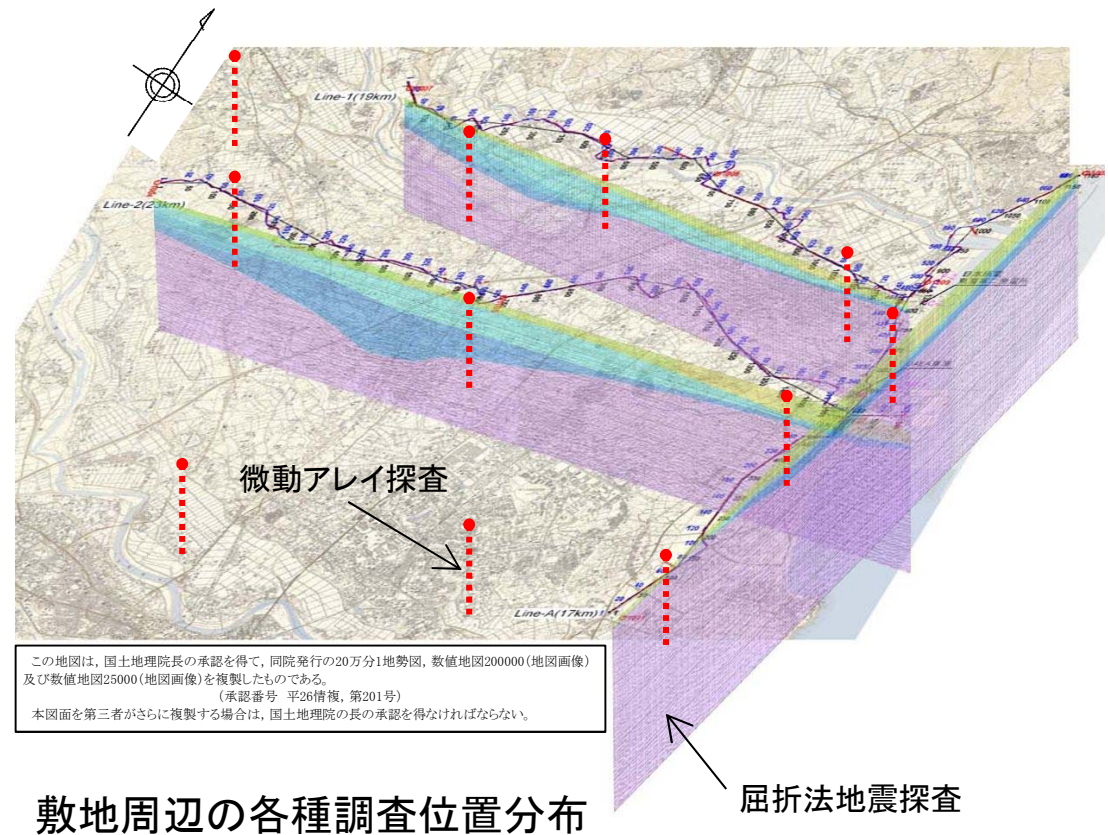
なお、東海第二発電所の地震動評価においては、地震観測記録を用いた経験的グリーン関数法を用いている。

1. 2 敷地周辺の地盤構造(2)

- 敷地周辺における重力異常分布, 屈折法地震探査結果及び微動アレイ探査結果を基に, 3次元の地下構造を把握する。

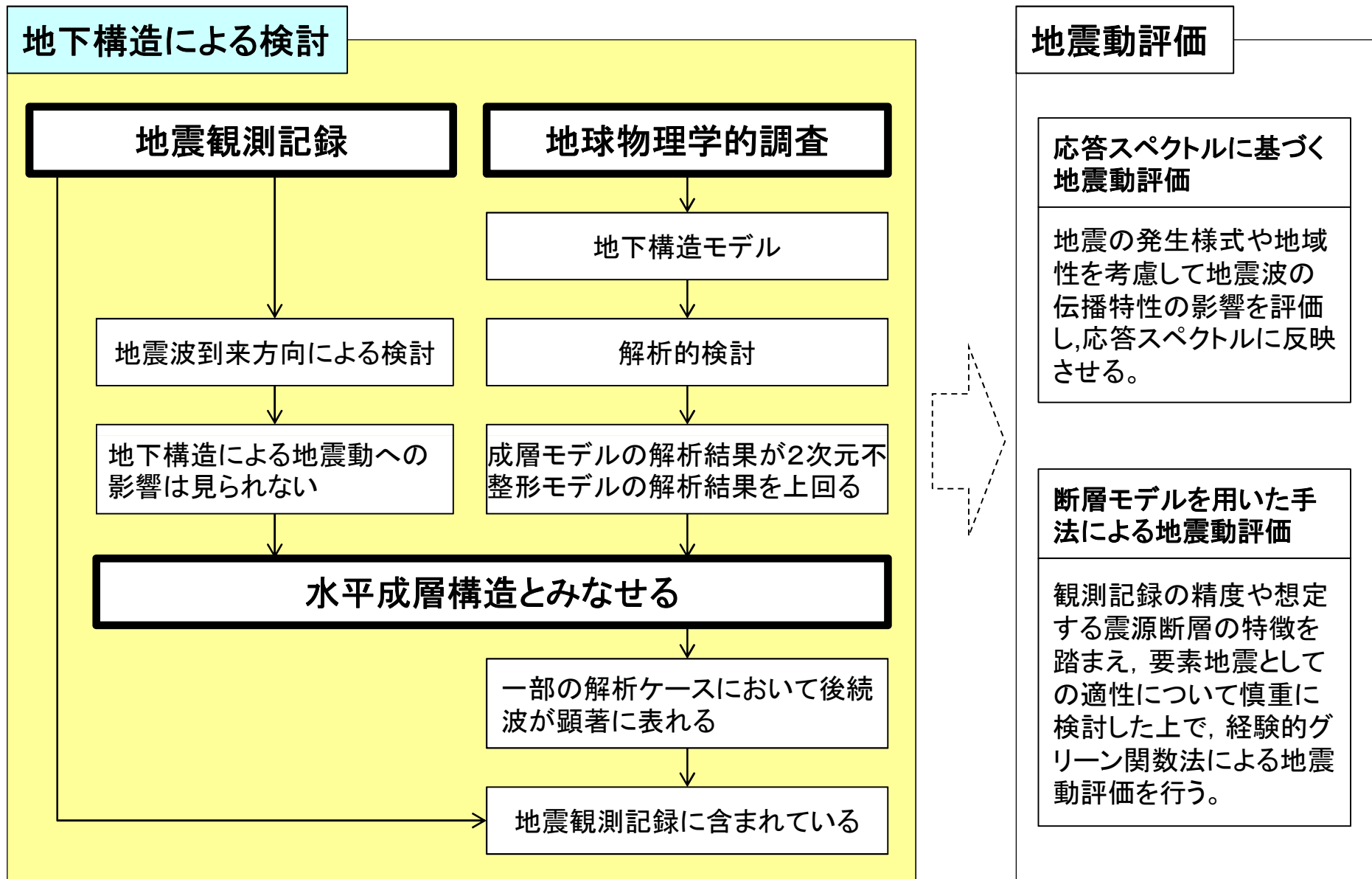


3次元地下構造モデル作成手順



敷地周辺の各種調査位置分布

1.2 敷地周辺の地盤構造(3)



2. 審査会合における主なコメント

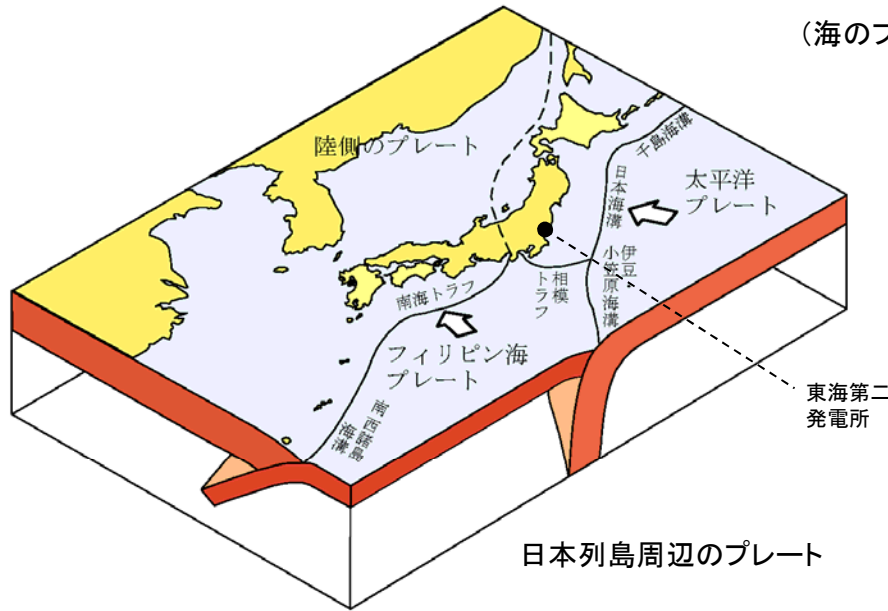
No.	回答日付	回答回次	コメント内容	検討内容・結果
1	平成28年 3月10日	第338回 審査会合	解析的検討において、二次元FEMモデルの要素サイズを細かくするとともに、表層の影響も含めて敷地内の地下構造が水平成層とみなせることを説明すること。	敷地の詳細な地盤モデルを用いて、解放基盤表面における地震動に大きな差異がないことを確認するとともに、発電所直下の地下構造は、水平成層構造とみなすことができることを確認した。
2	平成27年11 月6日	第291回 審査会合	発電所直下の地盤モデルについて説明すること。	2次元不整形モデルにおける発電所直下の地盤モデル(S波速度, 密度, 層厚)を資料中に明記した。
3	平成27年11 月6日	第291回 審査会合	吉田ほか(2005)を参考に、浅部の地盤構造による解放基盤表面での地震動への影響について検討すること。	G.L.-1000mから建屋基礎底面深さに相当するG.L.-25mまでを一体解析する「全体モデル」と、「全体モデル」の解放基盤表面に相当する深さで分割した「分割モデル」による地震動への影響は少ないことを確認した。
4	平成28年 3月10日	第338回 審査会合	屈折法地震探査による速度構造と重力異常の関係性について説明すること。	屈折法地震探査による速度構造を基にした密度構造により重力異常分布を求め、測定による重力異常分布と比較し、相違ないことを確認した。

平成28年3月10日 第338回審査会合において、
原子力規制委員会から「概ね妥当である」と評価された。

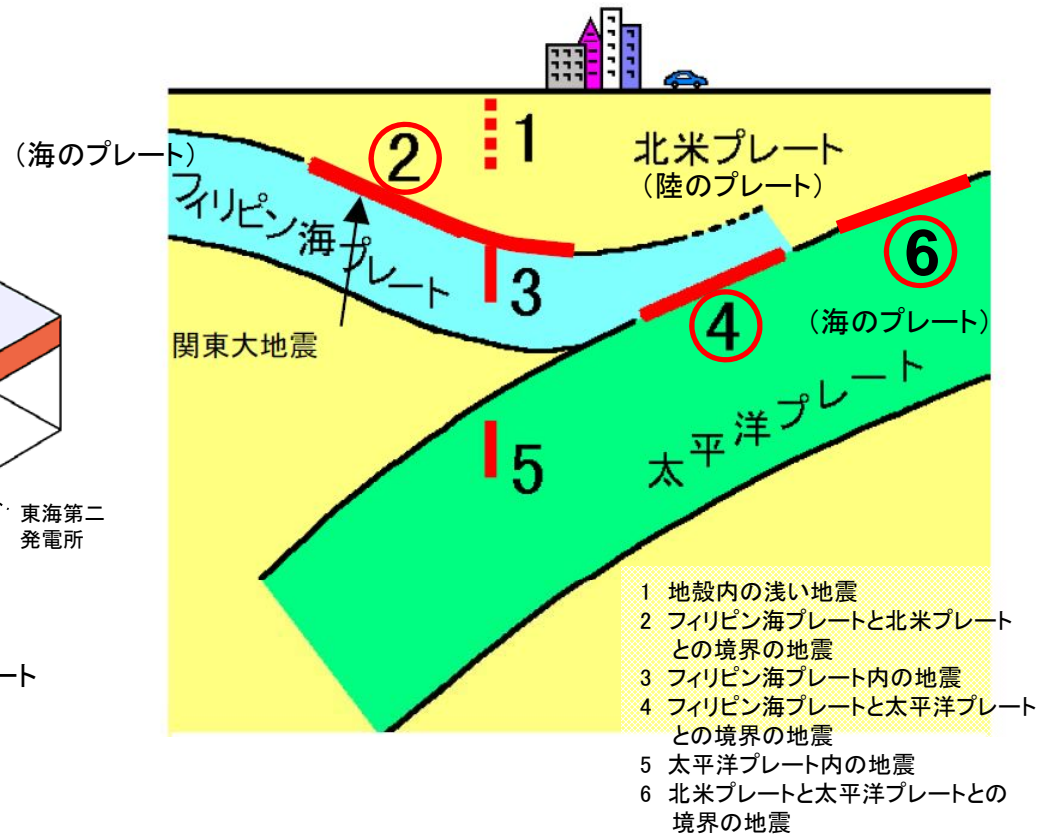
余白

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

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)



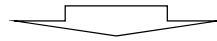
南関東地域で発生する地震のタイプ
(中央防災会議に一部加筆)

- 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。

審査状況の概要

■主な申請内容

- 検討用地震(敷地に最も大きな影響を与える地震)として東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)を選定
- 地震動評価ケース
 - ・基本ケース
 - ・不確かさケース1 強震動生成域の位置(敷地最短位置に設定)
 - ・不確かさケース2 短周期レベル(基本ケースに対して1.5倍) → 基準地震動Ss-2(901gal)に選定



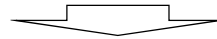
■主な議論

- 応力降下量など, 重要な断層パラメータの妥当性
- 不確かさ考慮の妥当性



■主なコメント反映事項

- 地震動評価ケースについて, 不確かさの重畳ケースを追加(青字)
- ・基本ケース
 - ・不確かさケース1 強震動生成域の位置(敷地最短位置に設定)
 - ・不確かさケース2 短周期レベル(基本ケースに対して1.5倍) → 基準地震動Ss-2(901gal)に選定
 - ・不確かさケース3 強震動生成域と短周期レベルの不確かさを重畳(1009gal)



■審査結果

平成28年4月28日 第358回審査会合において, 原子力規制委員会から「概ね妥当な評価である」との評価を得た。

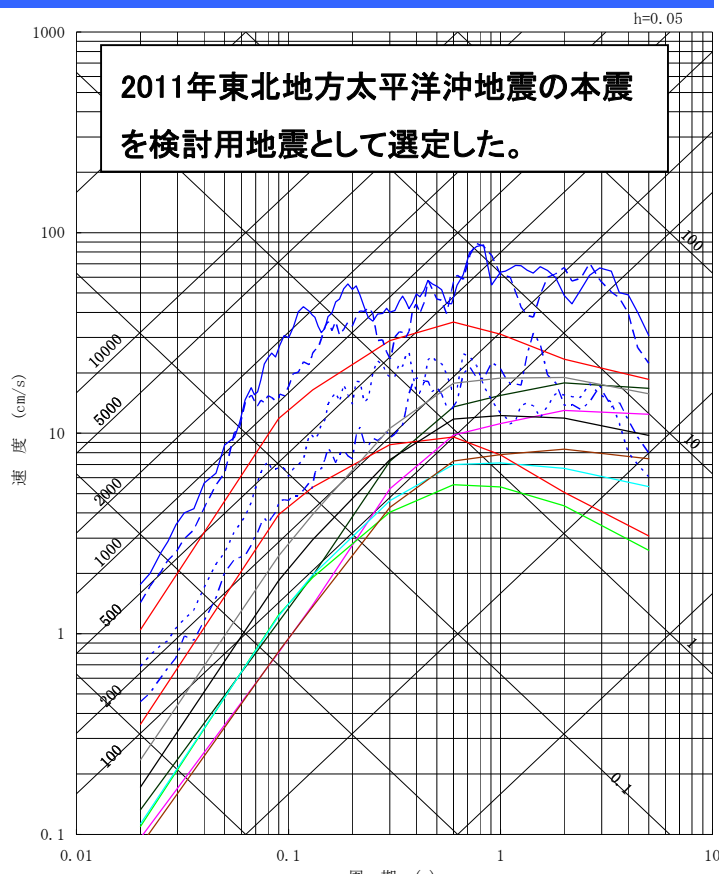
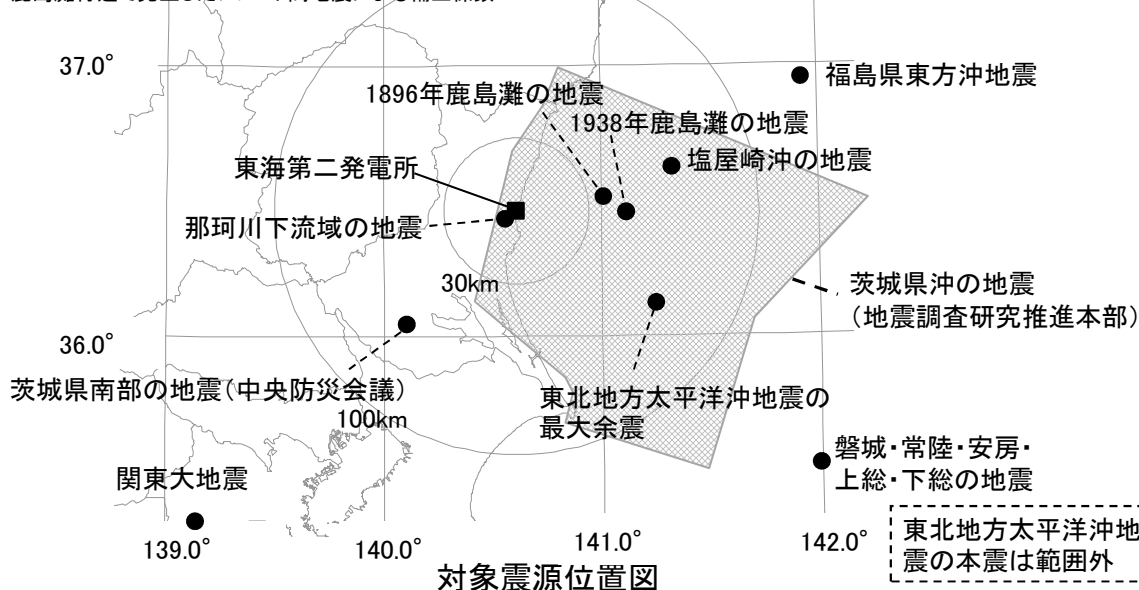
1. 申請概要

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



- 磐城・常陸・安房・上総・下総の地震, M8.0, Xeq=169km
- 1896年鹿島灘の地震, M7.3, Xeq=60km
- 関東大地震, M7.9, Xeq=187km
- 那珂川下流域の地震, M6.5, Xeq=55km
- 塩屋崎沖の地震, M7.0, Xeq=75km
- 1938年鹿島灘の地震, M6.5, Xeq=63km
- 福島県東方沖地震, M7.5, Xeq=136km
- 2011年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波 NS
- 2011年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波 EW
- 2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震の解放基盤波 NS
- 2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震の解放基盤波 EW
- 茨城県南部の地震(中央防災会議), M7.3, Xeq=77km
- 茨城県沖の地震(地震調査研究推進本部), M7.6, Xeq=84km

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】

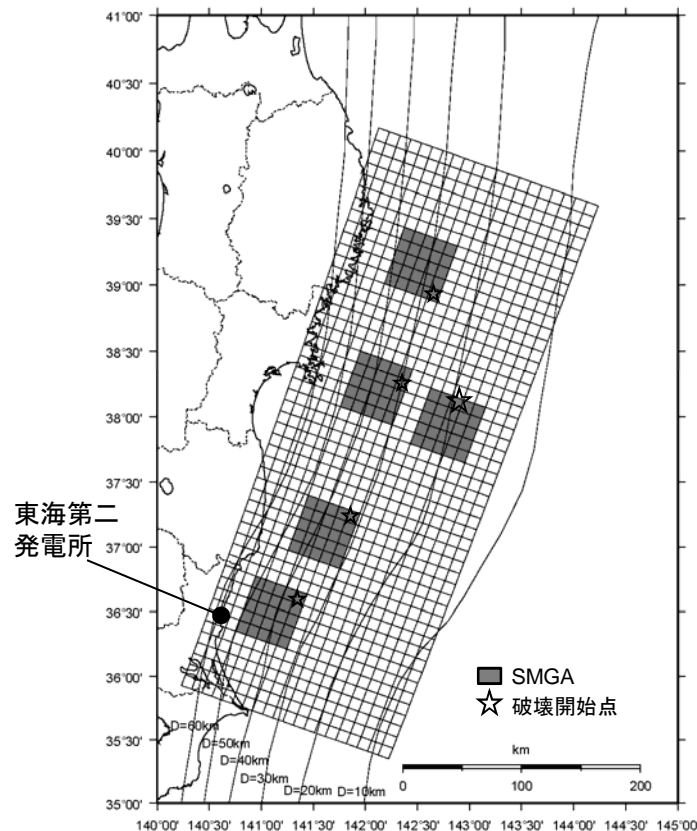
- ・長さ, 幅は, 東北地方太平洋沖地震の震源域を参考にそれぞれ500km, 200kmとする。
- ・走向は, 東北地方太平洋沖地震に関する防災科学技術研究所F-netのCMT解を用いる。深さは, 太平洋プレートの上面に沿ってモデル化する。

【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。



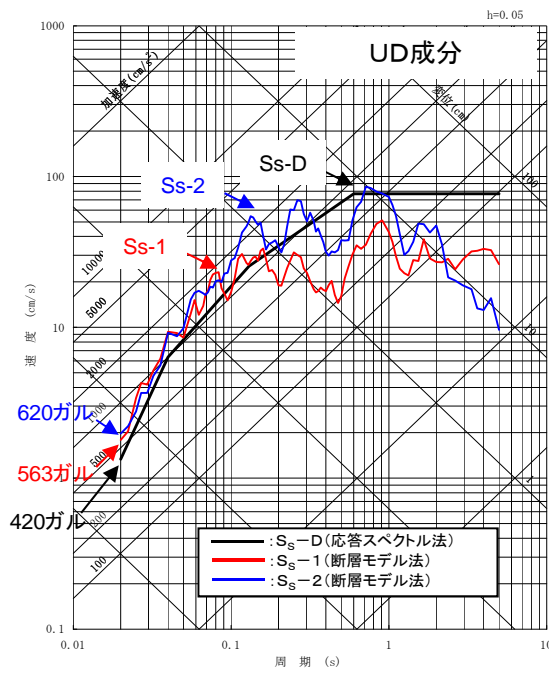
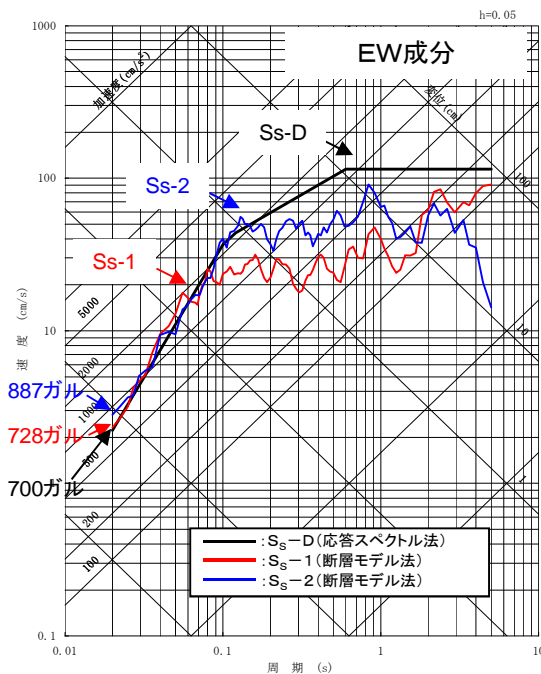
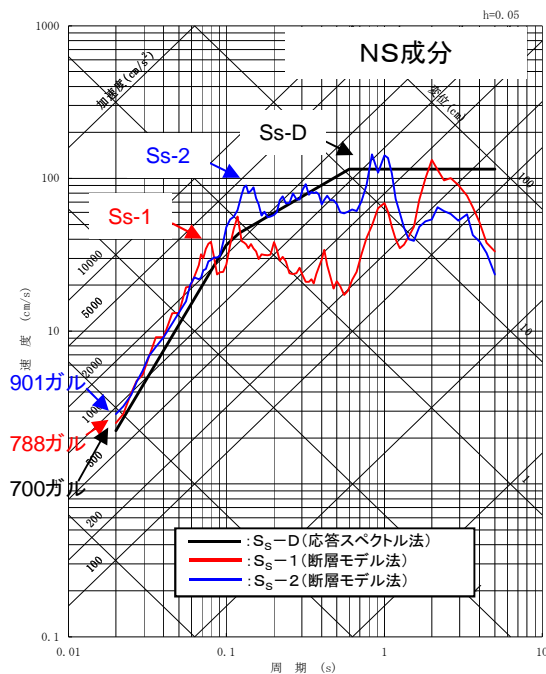
基本震源モデル

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

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	$S_s-D_H(700ガル)$ $S_s-D_V(420ガル)$	$S_s-1_{NS}(788ガル)$ $S_s-1_{EW}(728ガル)$ $S_s-1_{UD}(563ガル)$
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)	$S_s-2_{NS}(901ガル)$ $S_s-2_{EW}(887ガル)$ $S_s-2_{UD}(620ガル)$
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。

※ 青枠については、次ページで詳細説明

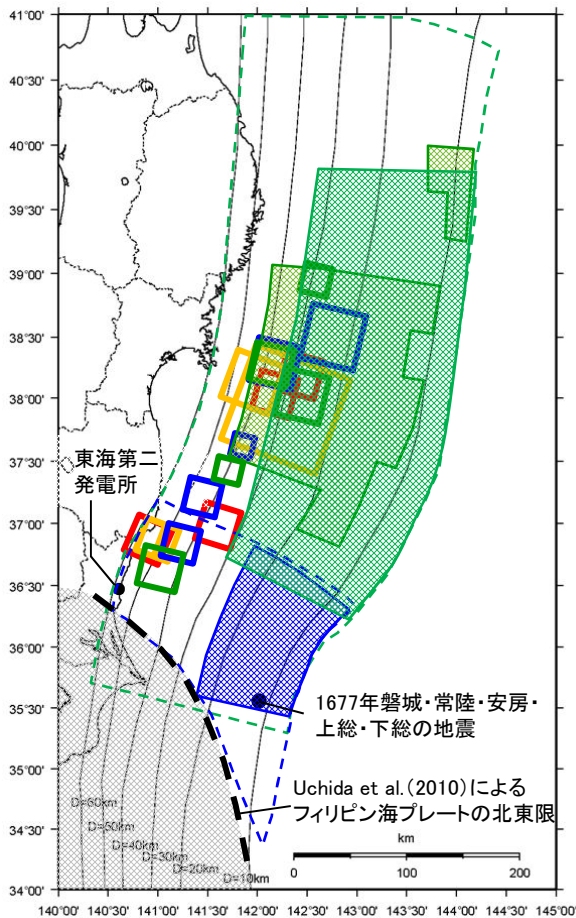
3. 主なコメント対応状況

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	<ul style="list-style-type: none"> ・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)	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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。すべり遅れの無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。

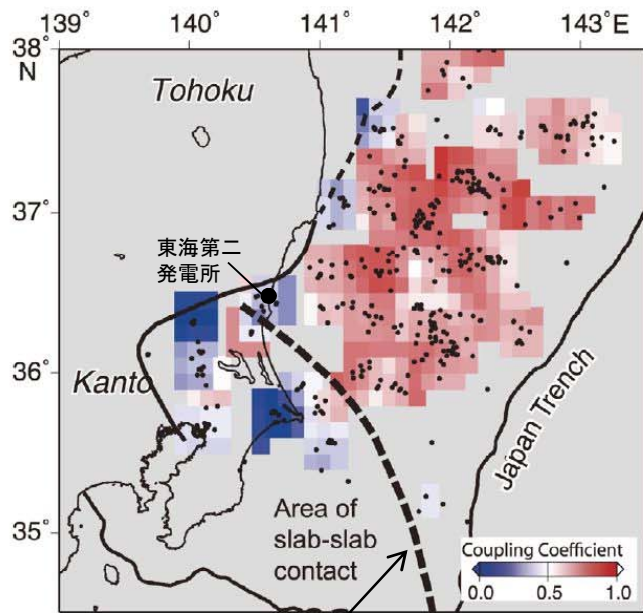


図4 繰り返し小地震のすべり量の積算から推定されたプレート間結合度の分布 (Uchida et al., 2009). 各領域で推定されたカプリング係数をカラースケールで示す。黒点は推定に用いた繰り返し小地震の各グループの位置を示す。太破線はフィリピン海プレートの北東端。

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

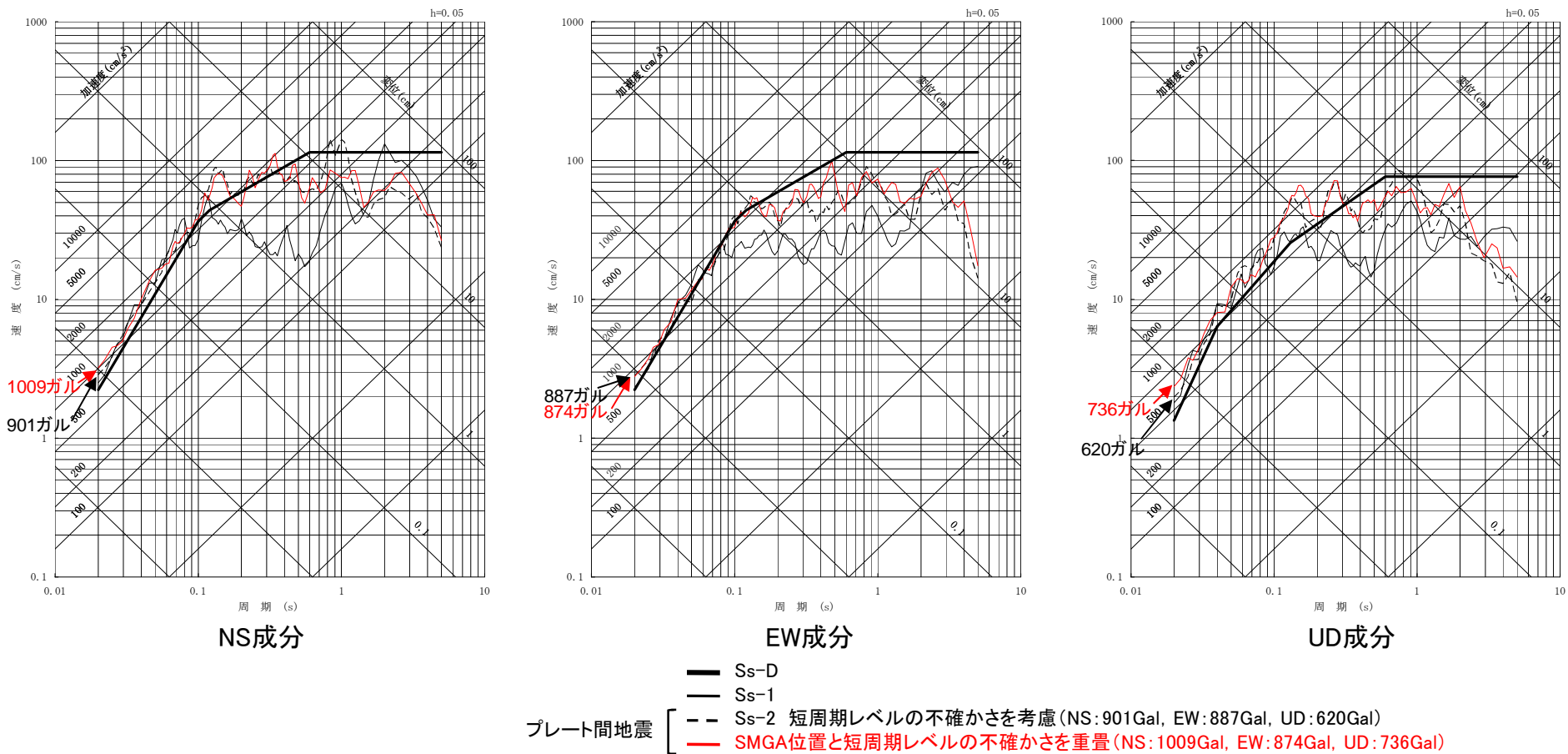
※1 茨城県沖で発生する地震に対しては大きめの設定となっている。

※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。

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。

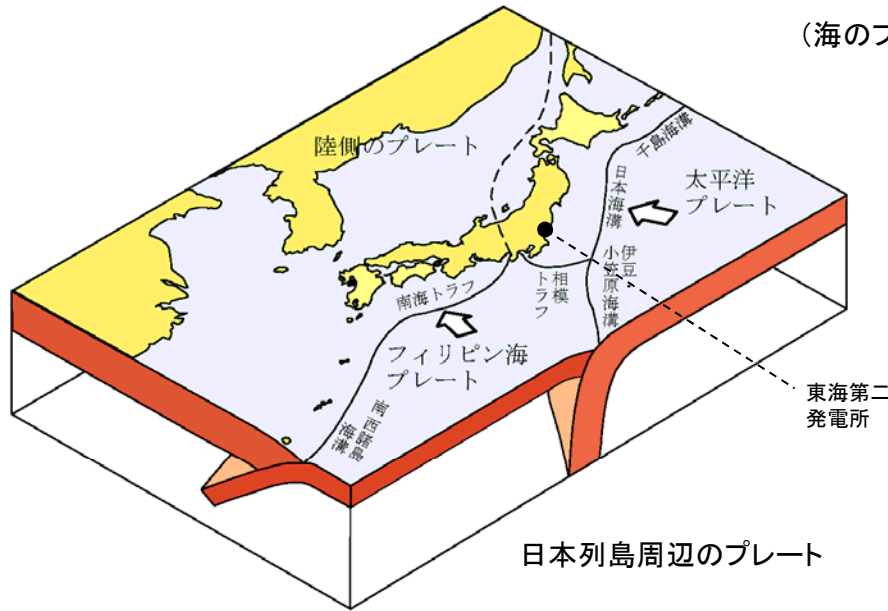


平成28年4月28日第358回審査会合において、原子力規制委員会から「概ね妥当である」と評価された。

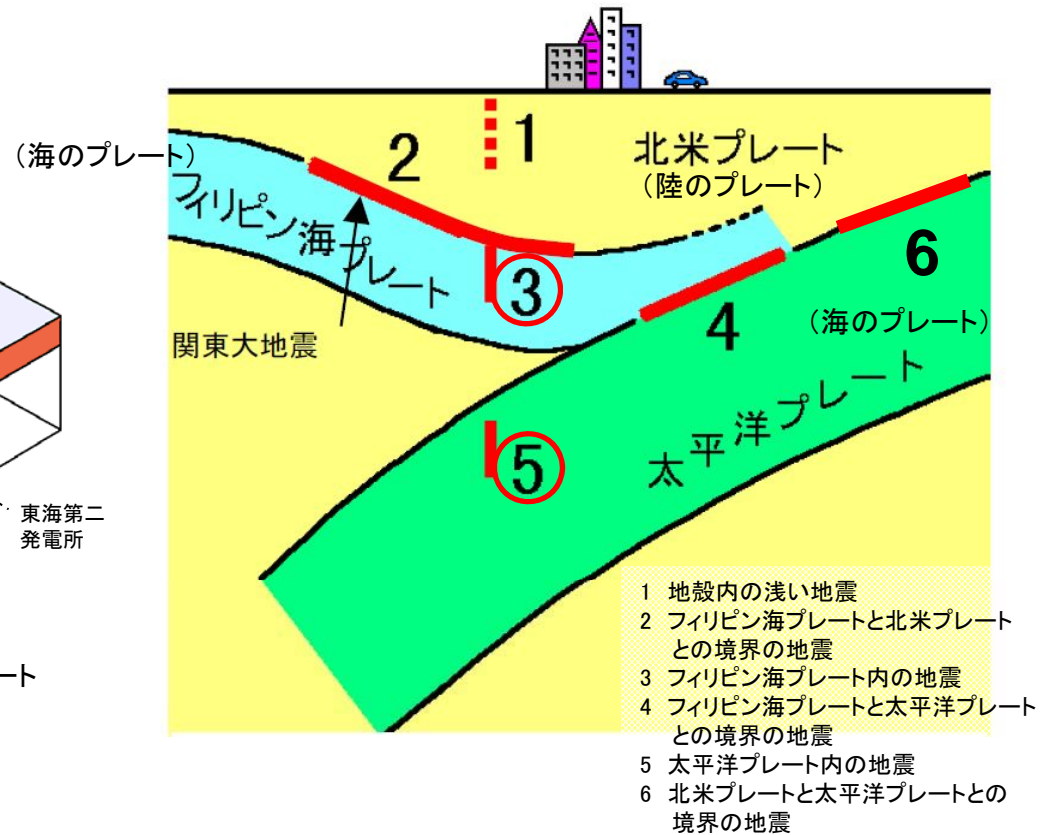
余白

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち
海洋プレート内地震

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)



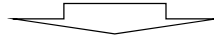
南関東地域で発生する地震のタイプ
(中央防災会議に一部加筆)

- 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。

審査状況の概要

■主な申請内容

- 検討用地震(敷地に最も大きな影響を与える地震)として、中央防災会議(2004)に基づいた茨城県南部の地震(M7.3)を選定
- 地震動評価ケース
 - ・基本ケース
 - ・不確かさケース 強震動生成域の位置(敷地最短位置に設定)



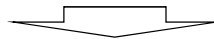
■主な議論

- 応力降下量など、重要な断層パラメータの妥当性
- 不確かさ考慮の妥当性



■主なコメント反映事項

- 検討用地震の候補として下記を追加
 - ・太平洋プレート内地震としてM7.3を茨城県沖に設定(地震調査研究推進本部)
 - ・太平洋プレート内地震としてM8.2を海溝寄りに設定(地震調査研究推進本部)
- 検討用地震の地震動評価において中央防災会議(2013)の知見反映(応力降下量が21MPa→62MPaに増大)
- 地震動評価ケースの追加(青字)
 - ・基本ケース
 - ・不確かさケース1 断層傾斜角(基本ケース90度→断層破壊が敷地に向かうよう傾斜)
 - ・不確かさケース2 強震動生成域の位置(敷地最短位置に設定)
 - ・不確かさケース3 応力降下量(基本ケース62MPa→78MPa)
 - ・不確かさケース4 地震規模(基本ケースM7.3→M7.4)



■審査結果

平成28年5月13日 第360回審査会合において、原子力規制委員会から「概ね妥当な評価である」との評価を得た。

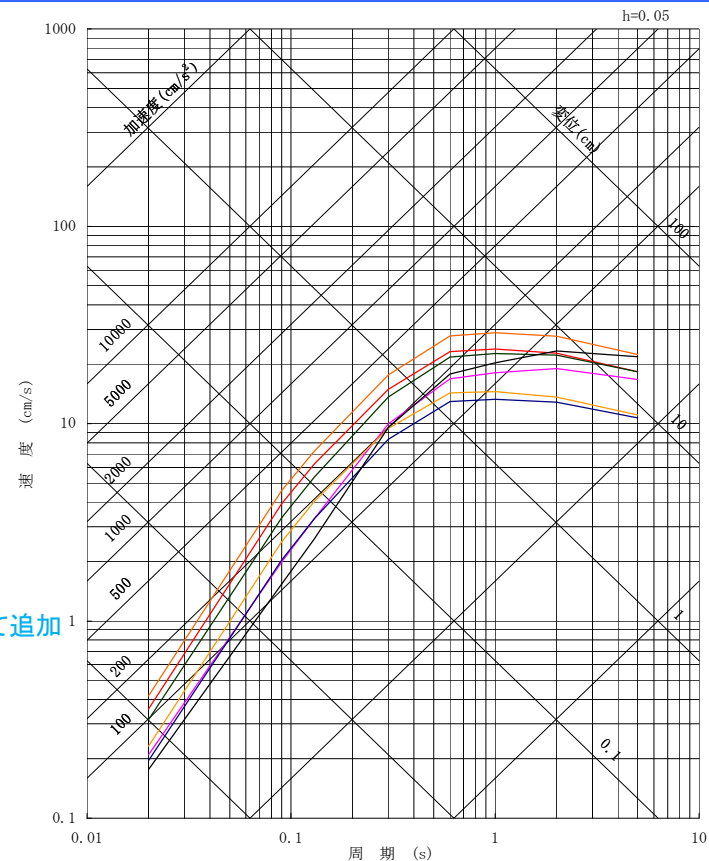
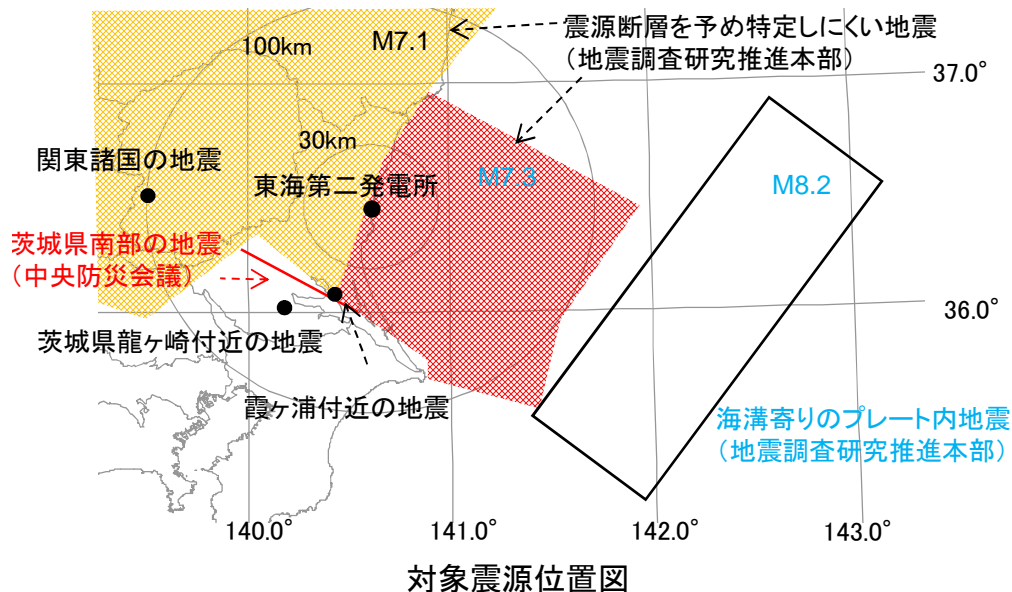
1. 申請概要

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) ^{※1}	プレート	補正係数 ^{※4}
818.-.-	関東諸国の地震	7.5	123	フィリピン海	考慮
1895.1.18	霞ヶ浦付近の地震	7.2	69	フィリピン海	考慮
1921.12.8	茨城県龍ヶ崎付近の地震	7.0	74	フィリピン海	考慮
-	茨城県南部の地震(中央防災会議)	7.3	69	フィリピン海	考慮
-	震源断層を予め特定しにくい地震(陸域) (地震調査研究推進本部)	7.1	89 ^{※2}	太平洋	考慮
-	震源断層を予め特定しにくい地震(海域) (地震調査研究推進本部)	7.3	81 ^{※3}	太平洋	考慮
-	海溝寄りのプレート内地震 (地震調査研究推進本部)	8.2	164	太平洋	

- ※1 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
- ※2 敷地直下のプレート境界から30km下方に震源を想定して算出
- ※3 敷地からプレート境界最短となる線上でプレート境界から30km下方に震源を想定して算出
- ※4 陸域寄りの場所で発生した海洋プレート内地震による補正係数

審査コメントを踏まえて追加¹



- 関東諸国の地震, M7.5, Xeq=123km
- 霞ヶ浦付近の地震, M7.2, Xeq=69km
- 茨城県龍ヶ崎付近の地震, M7.0, Xeq=74km
- 茨城県南部の地震(中央防災会議), M7.3, Xeq=69km
- 震源断層を予め特定しにくい地震(地震調査研究推進本部, 陸域), M7.1, Xeq=89km
- 震源断層を予め特定しにくい地震(地震調査研究推進本部, 海域), M7.3, Xeq=81km
- 海溝寄りのプレート内地震(地震調査研究推進本部), M8.2, Xeq=164km

検討用地震としてフィリピン海プレート内地震である茨城県南部の地震(M7.3, 中央防災会議)を選定した。

中央防災会議(2004)茨城県南部の地震の震源モデル

■基本震源モデルの設定

中央防災会議(2004)「首都直下地震対策専門調査会」(第12回)地震ワーキンググループ報告書で想定されている茨城県南部のフィリピン海プレート内地震を参考に設定する。

地震規模

同報告書に基づき、Mj7.3とする。

断層面の位置・形状

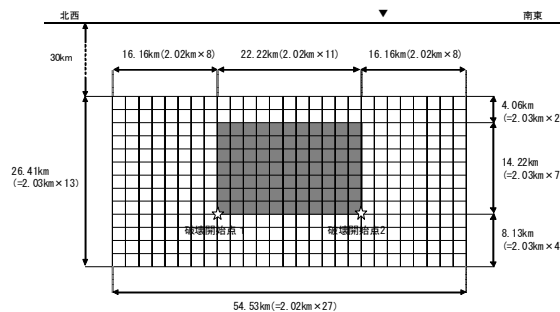
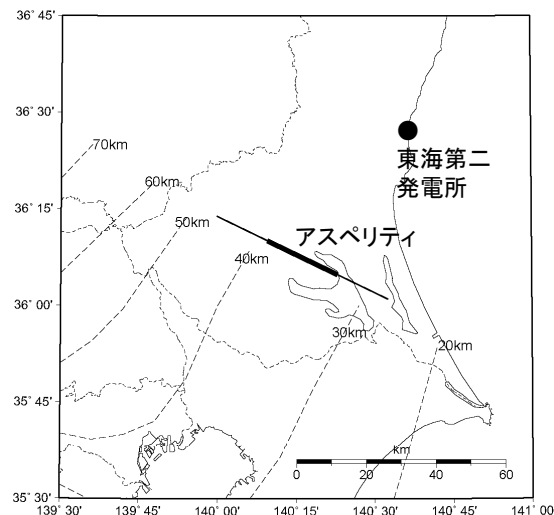
- ・断層位置は、同報告書の茨城県南部のプレート境界地震の断層面の北端(フィリピン海プレートの敷地に最も近い位置)とした。
- ・断層傾斜角は同報告書を基に90度とした。

断層面の深さ

同報告書(図表集)によるフィリピン海プレートの上端位置となる深さ30kmに設定する。

アスペリティの位置

同報告書(図表集)による東京湾北部直下のプレート内地震のモデルを参考に、断層の中央に設定する。



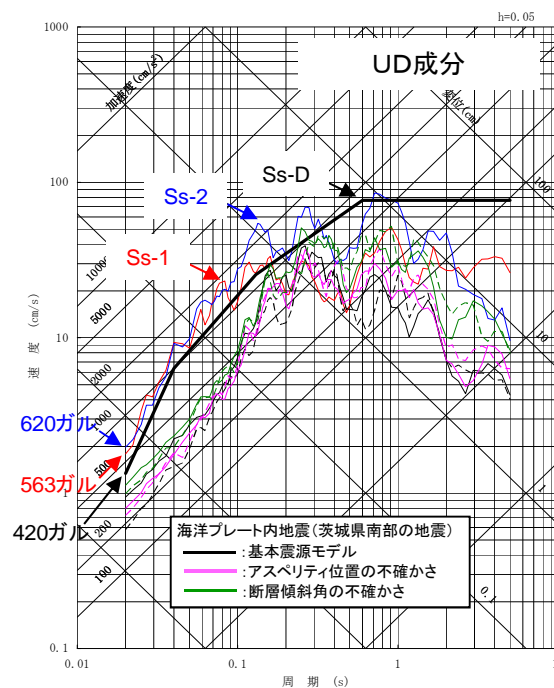
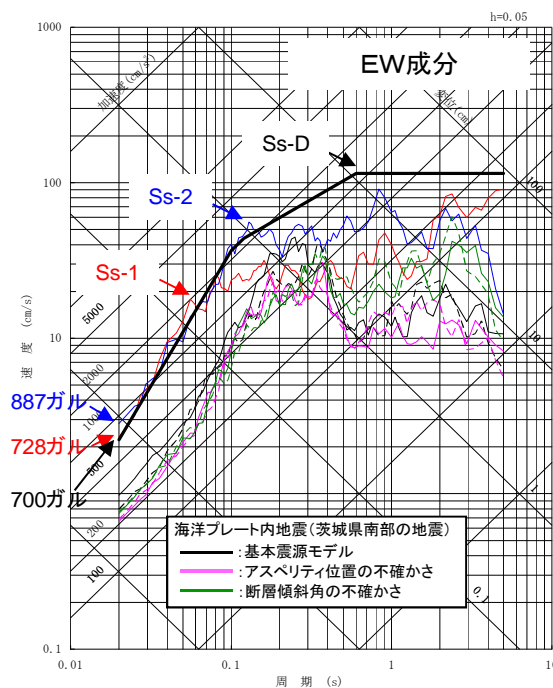
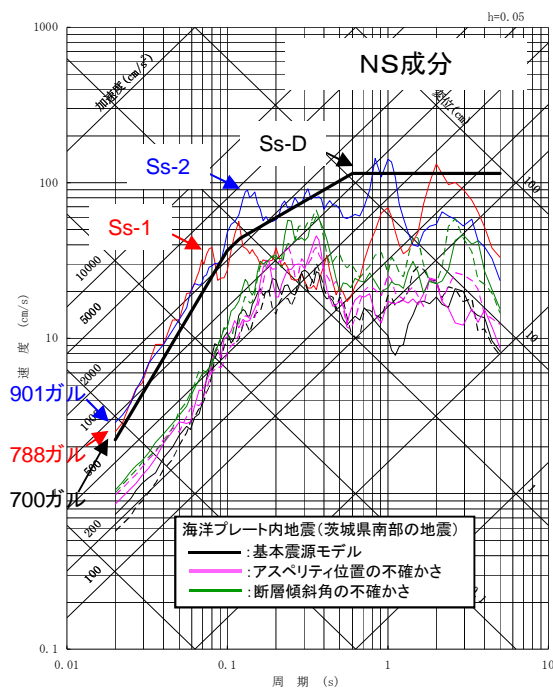
基本震源モデル

中央防災会議(2004): 中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」(第12回)地震ワーキンググループ報告書, 平成16年11月
 中央防災会議(2004): 中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」(第12回)地震ワーキンググループ報告書(図表集), 平成16年11月

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ガル) S_s-D_V (420ガル) (すべての検討用地震を包絡させて設定)	S_s-1_{NS} (788ガル) S_s-1_{EW} (728ガル) S_s-1_{UD} (563ガル)
プレート間地震	2011年東北地方太平洋沖地震	Mw9.0		S_s-2_{NS} (901ガル) S_s-2_{EW} (887ガル) S_s-2_{UD} (620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

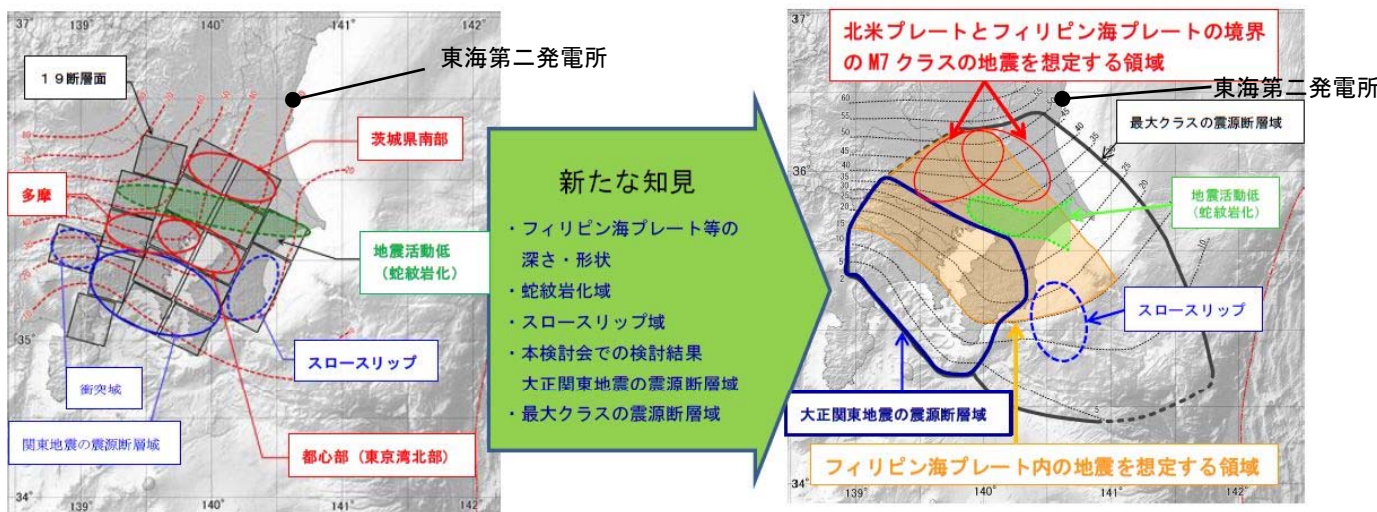
審査会合におけるコメント内容及び検討内容・結果

No.	回答日	回次	コメント内容	検討内容・結果
1	平成28年 1月29日	第324回 審査会合	応答スペクトルに基づく手法に用いる補正係数について、詳細に記載すること。	補正係数の算出について記載を充実させた。
2	平成28年 1月29日	第324回 審査会合	検討用地震の選定プロセスについて詳細に説明すること。	検討用地震の選定のプロセスについて記載を充実させた。
3	平成28年 1月29日	第324回 審査会合	基本震源モデルを中央防災会議(2004)に基づき設定しているが、中央防災会議(2004)以降の知見も考慮し、断層パラメータの検討を行うこと。	中央防災会議(2013)の知見を取り入れ、評価を実施した。
4	平成28年 1月29日	第324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。	断層パラメータの設定について詳細に説明した。
5	平成28年 1月29日	第324回 審査会合	要素地震の応力降下量の見積りについて、説明資料を充実させること。	要素地震の応力降下量の設定根拠を説明した。
6	平成28年 1月29日	第324回 審査会合	経験的グリーン関数法の妥当性の確認のため、断層モデルを用いた手法については、統計的グリーン関数法を実施すること。	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。
7	平成28年 5月13日	第360回 審査会合	中央防災会議(2013)を採用した根拠を明記するとともに、震源モデルのずれの方向を横ずれとしていることについてさらに説明性を向上すること。	中央防災会議2013年版と従来の2004年版を比較し、2013年版を採用する根拠を説明した。
8	平成28年 5月13日	第360回 審査会合	アスペリティを移動させ等価震源距離を併記することで、断層設定位置が適切な位置となっていることを示すこと。	アスペリティ位置を変更させた場合の等価震源距離を計算した。
9	平成28年 5月13日	第360回 審査会合	断層傾斜角やアスペリティ位置等、海洋プレート内地震として考慮すべき不確かさ項目について想定の妥当性を踏まえて整理すること。	アスペリティ位置及び地震規模について不確かさを追加し、評価を実施した。
10	平成28年 5月13日	第360回 審査会合	基本震源モデルの規模M7.3の妥当性をより詳細に説明すること。	過去の地震の規模を調査し、基本震源モデルの規模の根拠を説明した。

※ 青枠については、次ページで詳細説明

コメントNo.3: 中央防災会議(2013)について

■中央防災会議(2013)「首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書」では、中央防災会議(2004)以降の新たな知見を考慮し、フィリピン海プレートの深さ・形状の見直しや各震源の見直しがされている。



大正関東地震の震源断層域の拡大 ⇒ プレート境界地震の東京湾北部地震、多摩地震を対象外
 ⇒ 首都直下のM7クラスの地震としてフィリピン海プレート内地震を想定※
 ※前回検討では、フィリピン海プレート内地震は、その震度分布はプレート境界の地震に震度分布が包含されるとして検討対象外としていた)。
 蛇紋岩化の領域の縮小 ⇒ プレート境界型の地震として茨城・埼玉県境地震を追加

中央防災会議(2013)で新たに考慮された知見

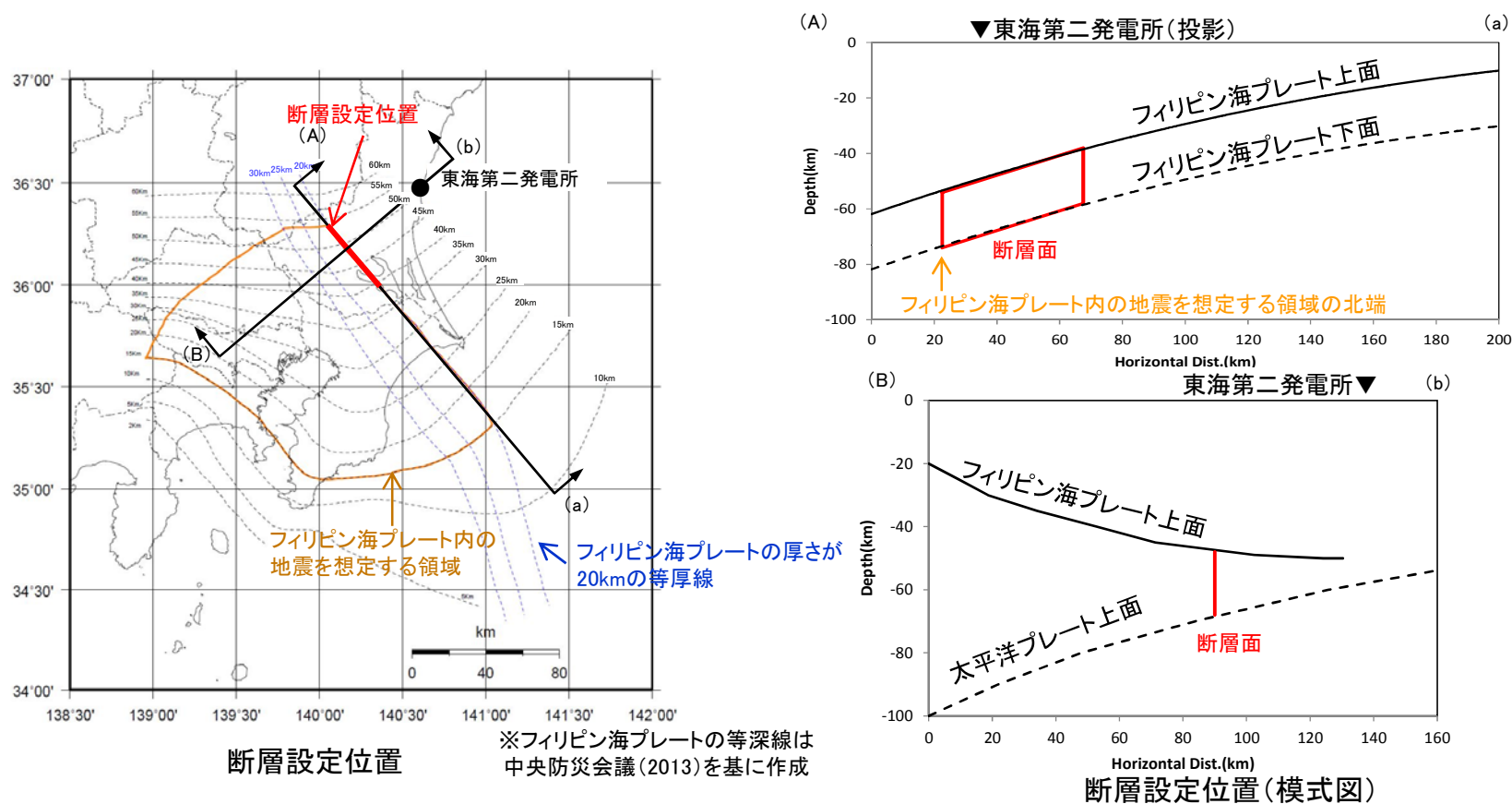
中央防災会議(2013)に一部加筆

中央防災会議(2013):首都直下地震モデル検討会「首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書」,平成25年12月

コメントNo.3: 中央防災会議(2013)を踏まえた震源モデルの設定について

■基本震源モデルの断層面位置・形状

- ・海洋プレート内地震の発生位置については事前情報が乏しいので、断層中心と敷地の投影位置が概ね一致するように配置することを基本とする。
- ・中央防災会議(2013)では、フィリピン海プレート内の地震はプレートの厚さが20km以上となる左図の「フィリピン海プレート内の地震を想定する領域」で発生するとしているため、その範囲に断層面を設定する。
- ・上記に従い、プレートの厚さが20kmの等厚線に沿って断層幅と断層長さの比を概ね1:2とし、傾斜角90度として設定する。
- ・断層位置・形状の設定に際しては、次頁以降に示す長谷川ほか(2013)の知見も参考とする。




コメントNo.3, 9: 不確かさの考慮について


■ 不確かさの検討の要否を踏まえ、基本震源モデルに対し、地震動評価の観点から影響が大きいと考えられるパラメータに対し不確かさを考慮する。認識論的不確かさについては単独で考慮し、偶然的不確かさについては重畳させて考慮する。

評価ケース	認識論的不確かさ			偶然的不確かさ		
	地震規模	断層傾斜角	応力降下量	アスペリティ位置	震源位置※2	破壊開始点
基本震源モデル	中央防災会議(2013)で想定されている最大規模であるMw7.3※1	中央防災会議(2013)に基づき90度に設定	中央防災会議(2013)に基づき62MPa※1に設定	海洋性マンタルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地から十分近い位置	アスペリティ下端に複数設定
断層傾斜角の不確かさ	中央防災会議(2013)で想定されている最大規模であるMw7.3※1	敷地へ向く傾斜角37度に設定	中央防災会議(2013)に基づき62MPa※1に設定	海洋性マンタルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地から十分近い位置	アスペリティ下端に複数設定
アスペリティ位置の不確かさ	中央防災会議(2013)で想定されている最大規模であるMw7.3※1	中央防災会議(2013)に基づき90度に設定	中央防災会議(2013)に基づき62MPa※1に設定	断層上端に設定	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地から十分近い位置	アスペリティ下端に複数設定
応力降下量の不確かさ (笹谷ほか(2006)に基づく)	中央防災会議(2013)で想定されている最大規模であるMw7.3※1	中央防災会議(2013)に基づき90度に設定	77.59MPaに設定	海洋性マンタルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地から十分近い位置	アスペリティ下端に複数設定
地震規模の不確かさ	2004年紀伊半島南東沖地震を参考にMw7.4	中央防災会議(2013)に基づき90度に設定	中央防災会議(2013)に基づき62MPa※1に設定	海洋性マンタルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地から十分近い位置	アスペリティ下端に複数設定

※1 地震規模、アスペリティの応力降下量については、1855年安政江戸地震の最大震度を再現する強震断層モデル(それぞれMw7.2, 52MPa)に2割程度の大きな地震を想定し、それぞれMw7.3, 62MPaとしている。

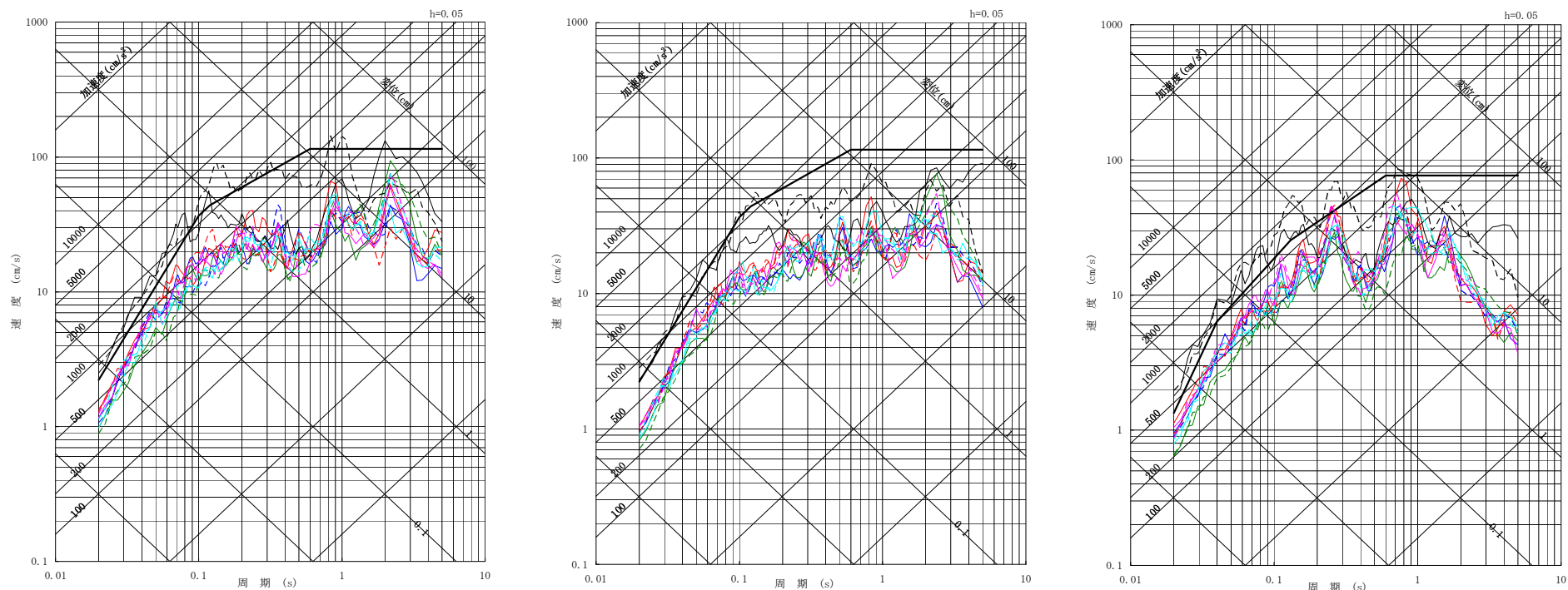
※2 震源位置を敷地に十分近く設定することにより、予め不確かさを考慮した。また、震源域付近のフィリピン海プレートの厚さを考慮し、断層上端をプレート上面に合わせて設定した。

 基本震源モデルの設定の段階で
予め不確かさを考慮するパラメータ

 不確かさを考慮して設定するパラメータ

まとめ

■茨城県南部の地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価は、審査におけるコメントを反映しても、申請した基準地震動 S_s に包絡される結果となった。



NS成分

EW成分

UD成分

- 基本震源モデル
- 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース
- アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース
- 応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 地震規模の不確かさを考慮したケース

〔実線:破壊開始点1
破線:破壊開始点2〕

- S_s -D(応答スペクトルに基づく手法による各評価結果を包絡し策定)
- S_s -1(F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震(短周期レベルの不確かさを考慮))
- S_s -2(2011年東北地方太平洋沖地震(短周期レベルの不確かさを考慮))

※基準地震動 S_s は設置変更許可申請時のものを記載している。

平成28年5月13日第360回審査会合において、
原子力規制委員会から「概ね妥当である」と評価された。