

大間原子力発電所審査資料	
資料番号	OM1-CA199-R00
提出年月日	2023年9月25日

大間原子力発電所

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち内陸地殻内地震について

(コメント回答 その3)

(大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価方針)

2023年9月

電源開発株式会社

大間原子力発電所

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち

内陸地殻内地震について

(コメント回答その3)

(大間付近の隆起域を考慮した

仮想的な断層による地震の地震動評価方針)

2023年9月25日

電源開発株式会社

○「第615回審査会合」及び「第646回審査会合」での資料の誤りに関わる対応を踏まえ、本資料にて過去の審査会合資料を引用する際の注記を下記のとおりとする。

・右上の注記

再掲：過去の審査会合資料を、そのまま引用する場合

一部修正：過去の審査会合資料の内容を、一部修正する場合

誤りを修正：過去の審査会合資料の誤りを、正しい記載とする場合


・左下の注記

修正した誤りの内容を記載（誤りの修正がある場合）

○「大間原子力発電所 設置変更許可申請書添付書類六「5. 地震」における記載の誤りの原因と再発防止対策について（第983回審査会合 資料2-1）」にて説明した誤りに該当する記載がある場合、該当ページの左下に、該当する誤りの項目①～⑤を注記する。

指摘事項

- 本資料では、内陸地殻内地震のうち、大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の評価に係る下表の指摘事項について回答する。

 本資料でご説明

No.	項目	指摘時期	コメント内容	該当箇所	
				概要	本編・補足
S4-9	大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震	第1013回会合 (2021.11.5)	隆起再現断層の隆起域再現性評価の地殻変動計算に、Okada(1992)の方法を用いているが、Mansinha and Smylie等の知見を用いた事例もある。手法の違いによる地殻変動量の差異の有無、及び地震に伴う地殻変動を説明するために行われた数値シミュレーションの事例を説明すること。	次回以降ご説明	
S4-10	大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震	第1013回会合 (2021.11.5)	隆起再現断層の震源モデルの設定について、地質的に設定した地表トレース3条、補間的に設定した地表トレース2条に対して、例えば断層位置、傾斜角、アスペリティ位置といったパラメータが隆起再現性に及ぼす影響度や傾向を分析して図示するなど、隆起が説明できる領域について、代表性・網羅性の観点から妥当性を説明すること。	P.(2), P.(3), P.(5)~P.(12)	本編資料 P.8, P.9, P.12, P.14, P.15, P.17~P.21, P.24
S4-11	大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震	第1013回会合 (2021.11.5)	隆起再現断層の隆起域再現性の評価基準に関して、「規模・配置の再現性」の評価基準1と、「隆起速度分布の再現性」の評価基準2に対する重み付けの考え方、評価基準の閾値の考え方を説明すること。	次回以降ご説明	
S4-12	大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震	第1013回会合 (2021.11.5)	今回提示された隆起再現断層の地震動評価結果に関して、西部断層のアスペリティと東部断層のアスペリティの敷地における地震動評価に対する寄与率を提示すること。	次回以降ご説明	



I. 第1013回審査会合からの主な変更点(1/2)

大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震に係る主な変更点(1/2)

【地震動評価の実施手順の変更】

第1013回審査会合(2021.11.5)の地震動評価の実施手順	今回ご説明の地震動評価の実施手順
<p>〈本編〉</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.1 隆起再現断層の想定領域の設定</div> <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.2 地震発生層の設定</div> <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.3 地形発達過程の再現性に基づく隆起再現断層の選定</div> <ul style="list-style-type: none"> ・ 基本となる地表トレースの設定 ・ 補間的な地表トレースの設定 ・ 断層諸元の設定 ・ 隆起シミュレーションによる「大間付近の隆起域」の再現性の評価 ・ 隆起再現断層の選定 <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.4 地震動評価の震源モデルの設定</div> <ul style="list-style-type: none"> ・ 敷地に及ぼす影響が大きい震源モデルの選定 ・ 基本ケースの震源モデルの設定 ・ 考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定 ・ 断層パラメータの設定 <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.5 地震動評価手法</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">5.6 地震動評価結果</div>	<p>〈本編〉</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.1 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域</div> <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.2 地震発生層の設定</div> <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.3 震源モデルの設定</div> <ul style="list-style-type: none"> ・ 古い地質構造に基づく地表トレースの設定 ・ 各地表トレースに対する震源モデルの設定 ・ 地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析 ・ 敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースの選定 ・ 基本ケースの震源モデルの設定 ・ 考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定 <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">次回以降ご説明</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.4 地震動評価手法</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.5 地震動評価結果</div> <p>〈補足〉</p> <p>大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の隆起シミュレーションによる地形発達過程の再現性</p> </div>

第1013回審査会合と今回ご説明の地震動評価の実施手順の比較

I. 第1013回審査会合からの主な変更点(2/2)

大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震に係る主な変更点(2/2)

○第1013回審査会合(2021年11月5日)

コメントNo.S4-10

- 地震動評価の実施手順として、地形発達過程の再現性を判定した上で、基本ケースの震源モデルを選定した。
 - 審査ガイドに示される地形発達過程の検討として、「隆起再現断層の想定領域」に、その設定根拠とした後期更新世以降の活動が認められない地形・地質構造等(以下「古い地質構造」という。)を考慮した複数(基本トレース3条, 補間トレース2条)の震源モデル候補を想定し、地形発達過程の再現性を確保することを目的に、これらの震源モデル候補に隆起シミュレーションを実施した。
 - 基本ケースの震源モデルは、隆起シミュレーション結果に基づき、想定した隆起域(大間付近の隆起域)における「地形発達過程の再現性あり」と評価する震源モデル候補から選定することとした。
 - 上記の震源モデル候補のうち、敷地の地震動レベルが最大となるものを選定し、「基本ケースの震源モデル」とした。
- 地形発達過程の再現性を重視していたことから、検討用地震の名称を「隆起再現断層による地震」とした。

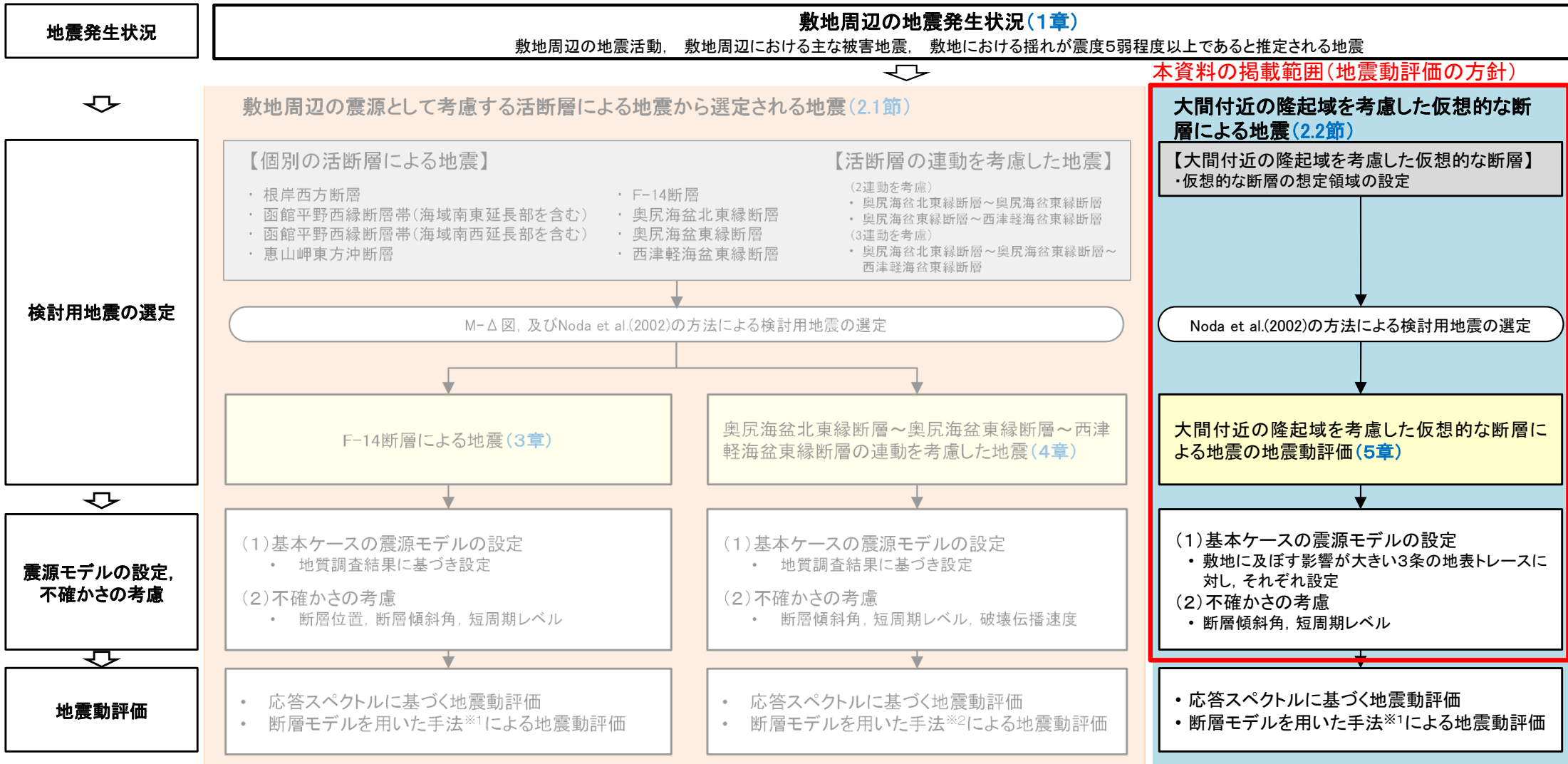
○今回ご説明

- 地形発達過程の再現性に係る判定基準を明確に示すことは困難と判断し、以下の手順で基本ケースの震源モデルを設定する。
 - 基本ケースの震源モデルは、「大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域」に、その設定根拠とした古い地質構造を考慮した複数(基本トレース3条, 補間トレース5条)の震源モデル候補を想定し、地震動の敷地に及ぼす影響を検討のうえ、選定する。
- 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域内に、古い地質構造に基づく地表トレースにより震源モデルを検討していることから、検討用地震の名称を「大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震」とする。

II. 検討概要(1/9)

検討用地震の選定及び地震動評価の流れ

- 内陸地殻内地震の地震動評価フローを示す。
- 検討用地震として、敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震に加え、大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層(以下「仮想的な断層」という。)による地震を設定する。



※1: 統計的グリーン関数法と理論的手法のハイブリッド合成法による。統計的グリーン関数法の波形合成は、入倉ほか(1997)、理論的手法はHisada(1994)を用いる。
 ※2: 経験的グリーン関数法による。波形合成は入倉ほか(1997)を用いる。

第922回までの敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造に係る審査会において審議済みであり、地震動の審査に引き継ぐ事項。



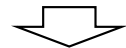
II. 検討概要(2/9)

仮想的な断層による地震: 検討用地震の選定

- 検討用地震として、仮想的な断層による地震を選定する。

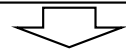
① 仮想的な断層の基本的な考え方

大間付近の隆起域が敷地に近いため、地震動評価上の保守性の観点から設定した仮想的な断層の想定領域に地表トレースを複数設定し、検討用地震の候補とする。



② 古い地質構造に基づく地表トレースの設定と震源モデルの設定

仮想的な断層の想定領域内に、古い地質構造に基づき北限屈曲、中央屈曲及び南限屈曲の3条の地表トレースを設定し、各地表トレースに対して震源モデルを設定する。

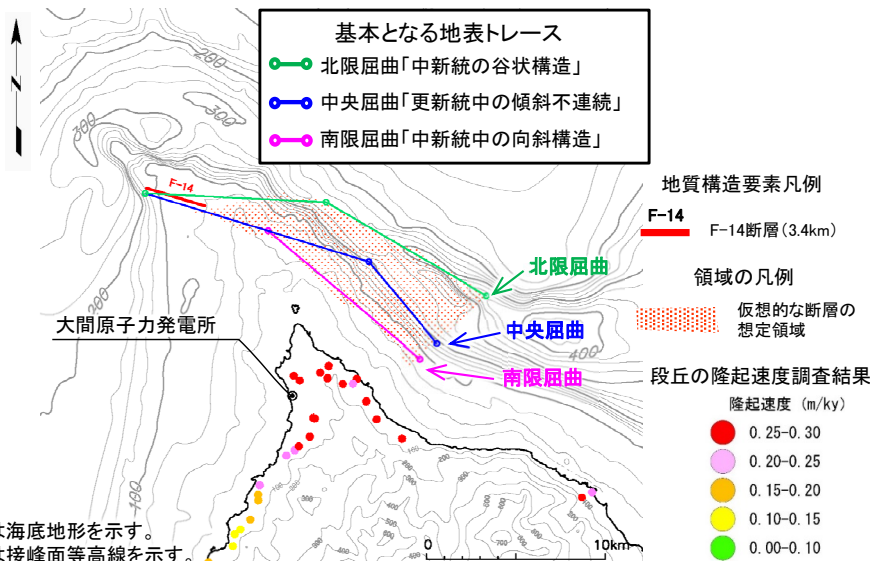


③ 検討用地震の選定

3条の地表トレースのうち、地震規模が大きく、等価震源距離が小さい南限屈曲に対して、Noda et al.(2002)の方法により、応答スペクトルの評価を行う。

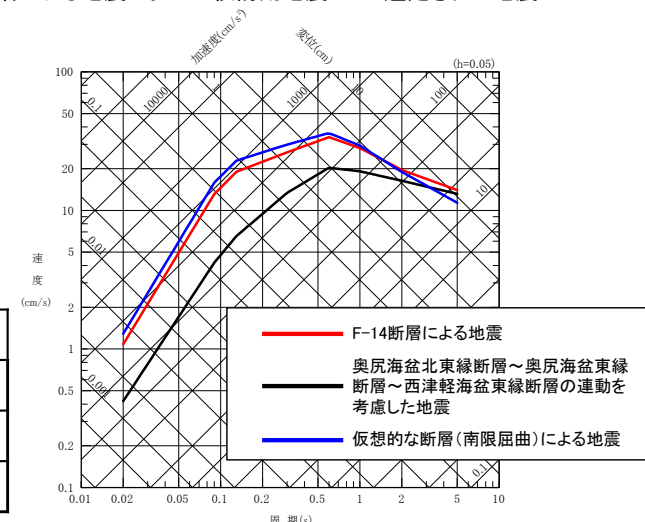
地震動評価の保守性の観点から考慮した仮想的な断層による地震が敷地に与える影響は、短周期側でF-14断層による地震※を上回ることから、この地震も検討用地震として考慮する。

※: 敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震において検討用地震として選定された地震



仮想的な断層による地震の諸元

地震名	地震規模 M	等価震源距離 (km)
仮想的な断層(北限屈曲)による地震	6.7	11
仮想的な断層(中央屈曲)による地震	6.6	11
仮想的な断層(南限屈曲)による地震	6.7	10



検討用地震の候補となる地震の応答スペクトルの比較

仮想的な断層の想定領域と地表トレースの設定

Ⅱ. 検討概要(3/9)

仮想的な断層による地震:基本方針

- 基本方針は以下のとおりである。

仮想的な断層による地震は、地質調査からは下北半島西部の広域的な地殻変動をもたらすような活断層や活断層を示唆する地下深部の段差構造等が認められないものの、相対的に隆起速度の速い領域(大間付近の隆起域)が敷地に近いため、地震動評価上の保守性の観点から、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の検討用地震として選定し、地震動評価を行う。

<仮想的な断層の設定方針>

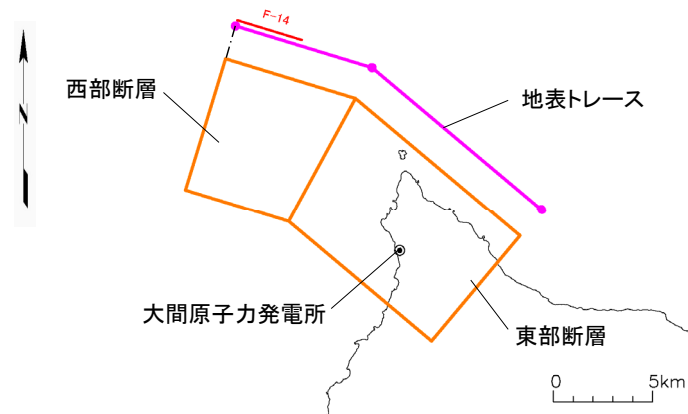
【断層形状】

- 仮想的な断層は、その西部と東部では、根拠とする古い地質構造が、形成メカニズム及び形成時期において明らかに異なっていることから、西部断層と東部断層の2断層で構成される屈曲した断層形状とする。

【地表トレース】

- 仮想的な断層による地震の地震動を「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」として扱うため、大間付近の隆起域に唯一存在するF-14断層を起点として設定した仮想的な断層の想定領域内に地表トレースを設定する。
- 仮想的な断層の地表トレースは想定領域内に複数設定できるため、古い地質構造に基づき複数の地表トレースを設定して、地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向を分析のうえ、敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースを選定する。

なお、仮想的な断層による地震の規模は、海域及び陸域の地質構造調査結果では地表痕跡が認められなかったため、地表地震断層が生じない規模とする。



断層形状及び地表トレースの例



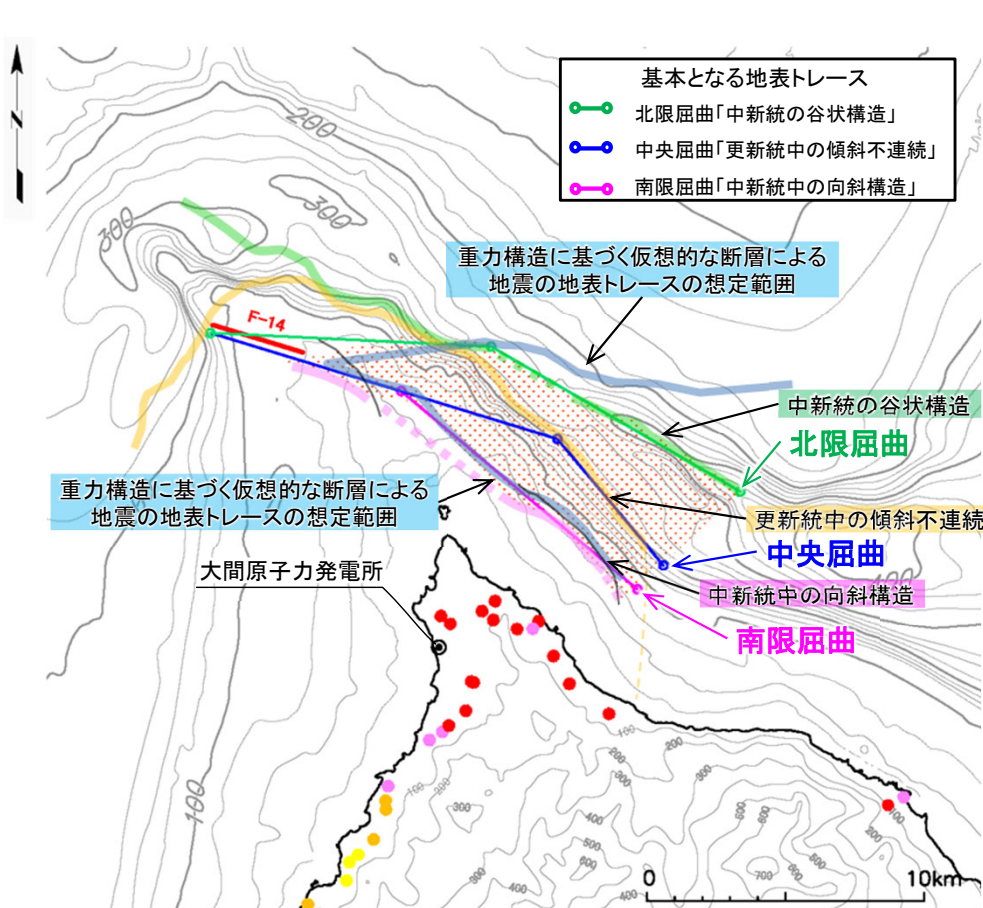
II. 検討概要(4/9)

仮想的な断層による地震:敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースの選定(1/5)

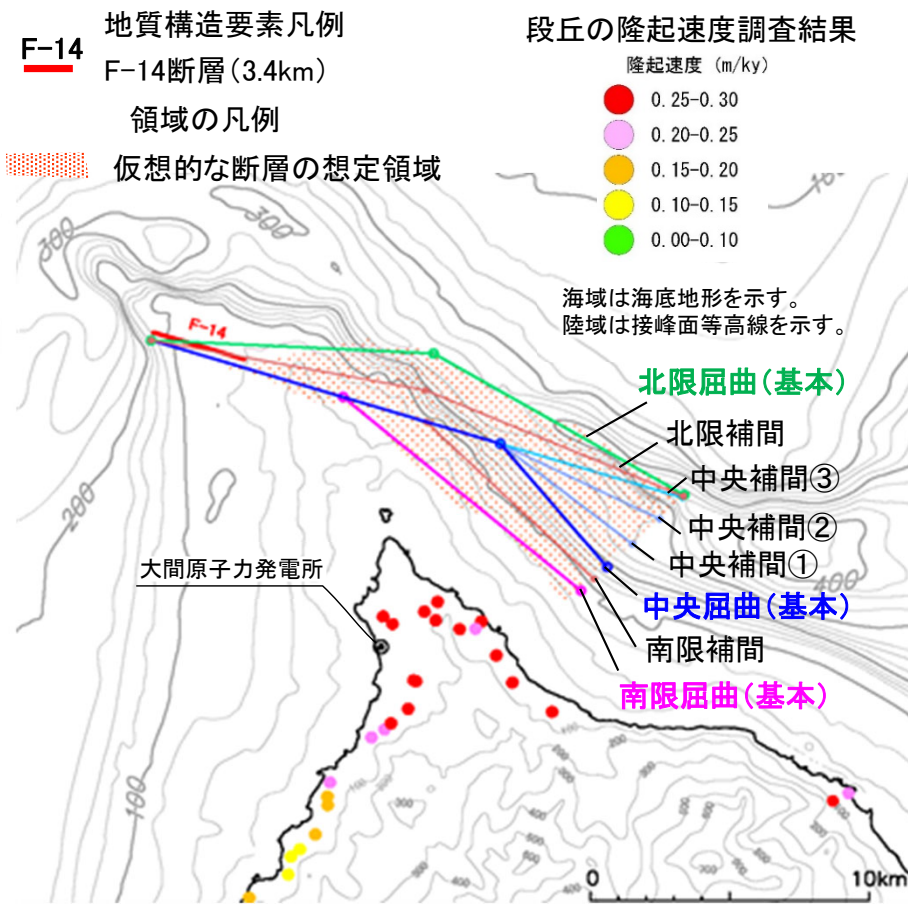
- 仮想的な断層の地表トレースは、想定領域内に複数設定できる。このため、基本ケースの設定に先立ち、仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造に基づき基本となる地表トレース(3条)を設定し、さらに、これらを補間する地表トレースを想定領域内に複数(5条)設定する。また、設定した地表トレースに対して震源モデルを設定する。
- 設定した8条の地表トレース(基本:3条, 補間:5条)に対する震源モデルを用いて、地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向を分析し、敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースを選定する。

①古い地質構造に基づく地表トレースの設定

- 仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造に基づき地表トレースを複数設定する。



【古い地質構造に基づく基本となる地表トレース】



【基本となる地表トレース及び補間する地表トレース】

Ⅱ. 検討概要(5/9)



仮想的な断層による地震: 敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースの選定(2/5)

- 設定した地表トレースに対する震源モデルを設定する。
- 震源モデルの主な断層パラメータのうち、断層傾斜角とアスペリティ位置は以下のとおり設定する。

②各地表トレースに対する震源モデルの設定

【断層傾斜角】

- 大間付近に隆起域を生じるように、南傾斜の逆断層として扱う。
- 上記隆起域付近に分布する逆断層は、高角が卓越するため、高角な逆断層として設定する。
- 断層傾斜角は、強震動予測レシピ※では高角な逆断層の場合 60° 以上としていることから、敷地に近づくように 60° として設定する。

【アスペリティ】

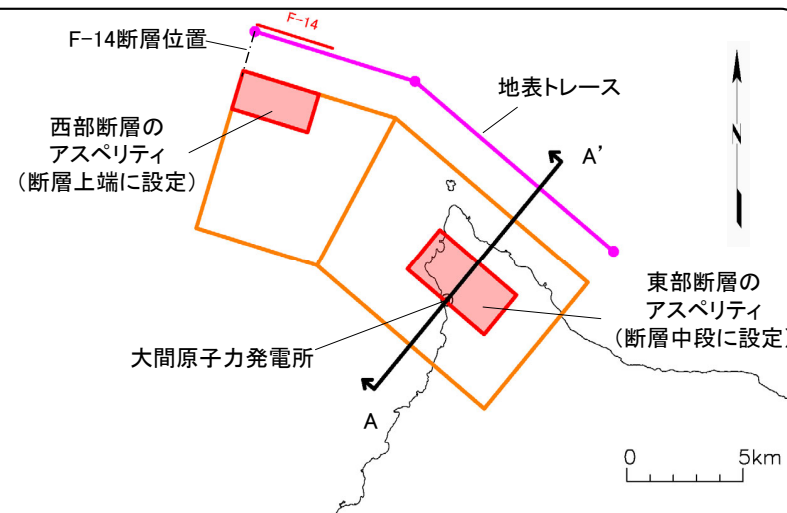
- 強震動予測レシピに従い、西部断層と東部断層にそれぞれ1つずつ配置し、それぞれのアスペリティ面積を設定する。

＜西部断層のアスペリティの位置＞

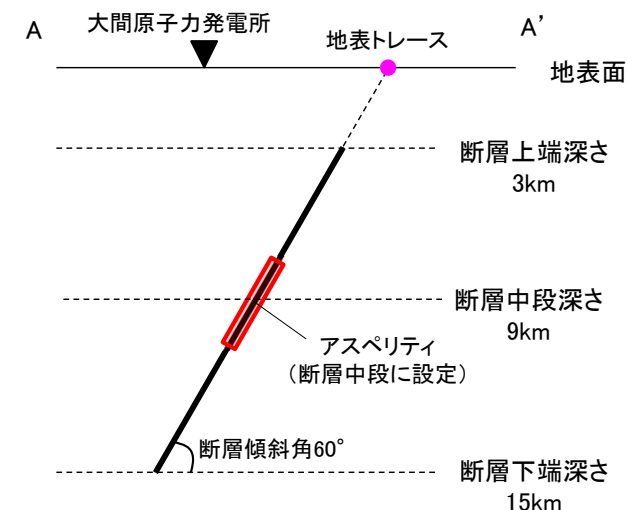
- 杉山ほか(2002)の知見を踏まえ、大間付近の隆起域に唯一認められる活断層であるF-14断層の位置をすべり量の大きい領域と仮定し、アスペリティはF-14断層位置に設定し、深さ方向は浅部、すなわち敷地に最も近づくように断層上端に設定する。

＜東部断層のアスペリティの位置＞

- 東部には活断層が認められず、アスペリティ位置を特定する痕跡はない。
- 地表に痕跡が認められないことから、杉山ほか(2002)の知見を踏まえ、深さ方向は10km以深にアスペリティを設定することが考えられるが、保守的に断層中段深さ(アスペリティ中心深さ9km)とし、敷地に近づくように設定する。また、水平方向は設定した断層深さに対し、敷地に最も近づくように設定する。



(a)震源モデル図



(b)A-A'断層模式図

※:地震調査研究推進本部(2020)による震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)(以下「強震動予測レシピ」という。)



Ⅱ. 検討概要(6/9)

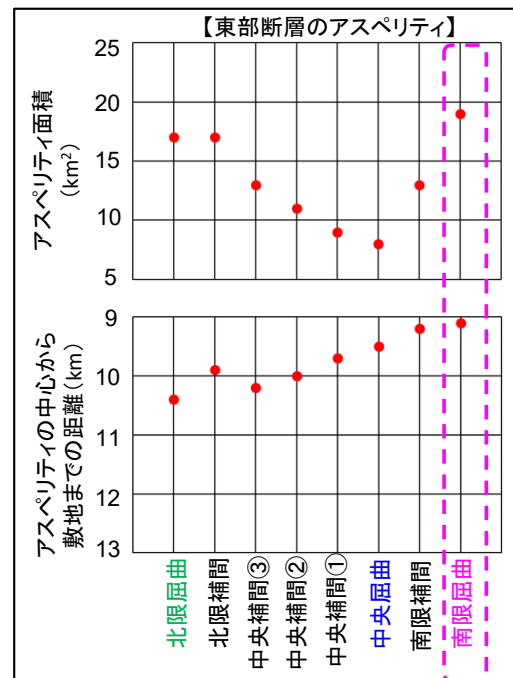
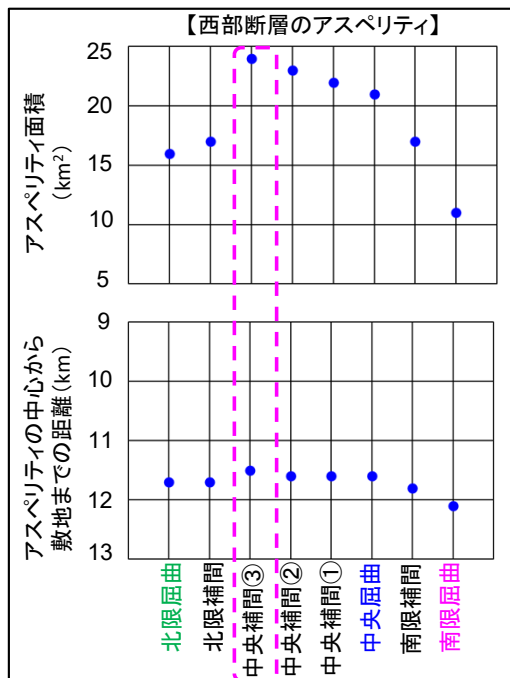
仮想的な断層による地震: 敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースの選定(3/5)

- 基本ケースとなる地表トレースは、敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースを選定する。このため、設定した8条の地表トレースに対する震源モデルを用いて、短周期地震動への影響が大きいアスペリティに着目し地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析を行う。
- アスペリティは西部断層と東部断層に1つずつ配置しており、それぞれ敷地に及ぼす影響が大きいと考えられることから、【個々のアスペリティの敷地に及ぼす影響】として、西部断層と東部断層それぞれのアスペリティに着目した傾向分析を以下に示す。

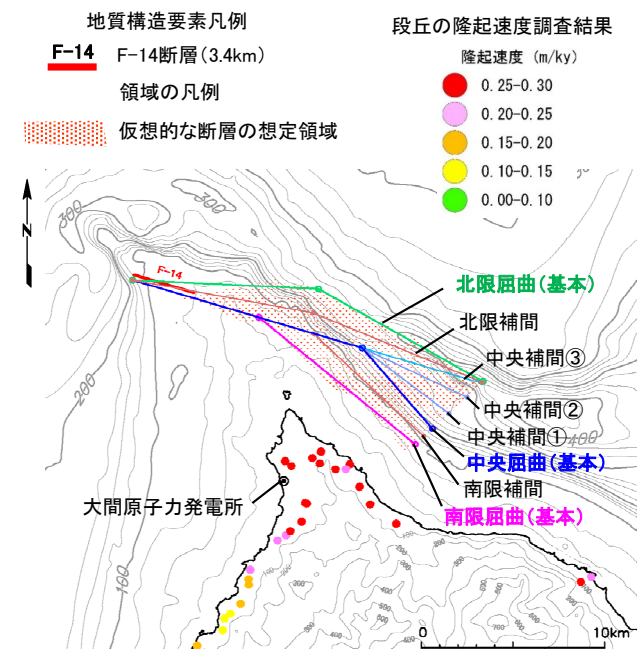
③地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析(1/2)

【個々のアスペリティの敷地に及ぼす影響の傾向分析】

- 西部断層と東部断層のそれぞれのアスペリティ面積及びアスペリティの中心から敷地までの距離の関係より、敷地に及ぼす影響の傾向分析を実施した。
- **【西部断層】**地表トレースが中央補間③から離れるほど、アスペリティ面積が顕著に小さく、アスペリティの中心から敷地までの距離が若干大きくなる傾向にある。中央補間③がアスペリティ面積が最も大きく、距離が最も小さい。
→西部断層のアスペリティに着目すると、中央補間③は敷地に及ぼす影響が大きい。
- **【東部断層】**地表トレースが中央屈曲から離れるほど、アスペリティ面積が顕著に大きく、地表トレースが南側にあるほど、アスペリティの中心から敷地までの距離が小さい傾向にある。南限屈曲がアスペリティ面積が最も大きく、距離が最も小さい。
→東部断層のアスペリティに着目すると、南限屈曲は敷地に及ぼす影響が大きい。



【各震源モデルの西部・東部断層それぞれのアスペリティ面積とアスペリティの中心から敷地までの距離の比較】



【基本となる地表トレース及び補間する地表トレース】

Ⅱ. 検討概要(7/9)



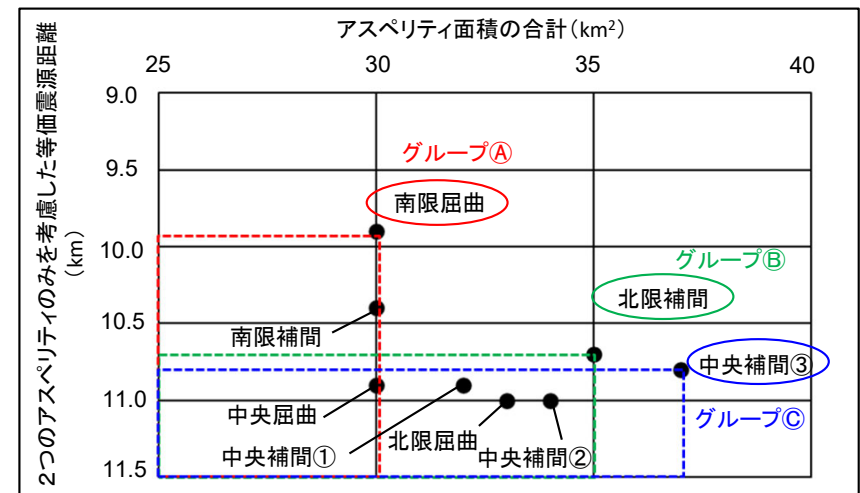
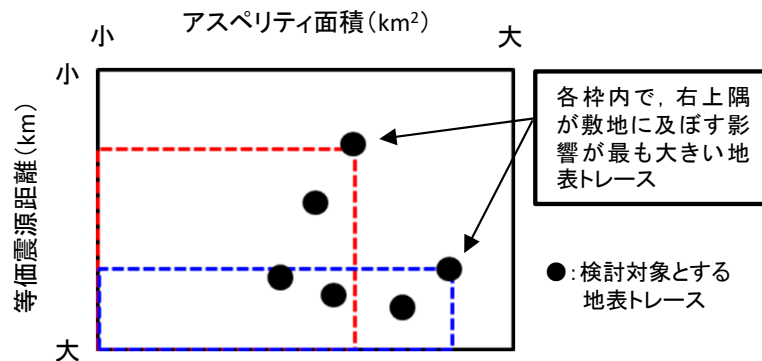
仮想的な断層による地震: 敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースの選定(4/5)

- 更なる傾向の分析として、2つのアスペリティからの地震波の主要動部が敷地において重なって到達する可能性もあることから、【2つのアスペリティの敷地に及ぼす影響】として、西部断層と東部断層の両アスペリティを考慮した傾向分析を以下に示す。

③地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析(2/2)

【2つのアスペリティの敷地に及ぼす影響の傾向分析】

- 2つのアスペリティを考慮した敷地に及ぼす影響について、地表トレースの相違による傾向を分析するため、西部断層と東部断層の2つのアスペリティ面積の合計とアスペリティの等価震源距離の関係を右下図に示す。
 - 左下図に示すように、アスペリティ面積が大きく、かつ、等価震源距離が小さいほど敷地への影響は大きくなるため、検討対象とする地表トレースを包含する矩形を考慮した場合、右上隅の地表トレースが敷地への影響が最も大きくなるものと判断できる。
 - 上記の考え方にに基づき、右上隅に地表トレースが位置するような矩形のグループを複数設定し、各グループにおいて、敷地への影響が最も大きくなる地表トレースを選定する。各グループの傾向分析結果は、以下のとおり。
 - 赤枠内で示すグループAでは、南限屈曲がアスペリティ面積が大きく、等価震源距離が小さい。
 - 緑枠内で示すグループBでは、北限補間がアスペリティ面積が大きく、等価震源距離が小さい。
 - 青枠内で示すグループCでは、中央補間③がアスペリティ面積が大きく、等価震源距離が小さい。
- ⇒【個々のアスペリティの敷地に及ぼす影響の傾向分析】では、南限屈曲、中央補間③が敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースであったが、【2つのアスペリティの敷地に及ぼす影響の傾向分析】では上記に加え、北限補間も敷地に及ぼす影響が大きい。



【西部断層と東部断層のアスペリティ面積の合計と2つのアスペリティのみを考慮した等価震源距離の関係】

Ⅱ. 検討概要(8/9)



仮想的な断層による地震: 敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースの選定(5/5)

- 地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析結果より、敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースの選定結果を以下に示す。

④敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースの選定

【個々のアスペリティの敷地に及ぼす影響の傾向分析】

西部断層のアスペリティに着目すると、中央補間③は敷地に及ぼす影響が大きい。

東部断層のアスペリティに着目すると、南限屈曲は敷地に及ぼす影響が大きい。

【2つのアスペリティを考慮した敷地に及ぼす影響の傾向分析】

2つのアスペリティを考慮すると、南限屈曲、中央補間③に加え、北限補間も敷地に及ぼす影響が大きい。

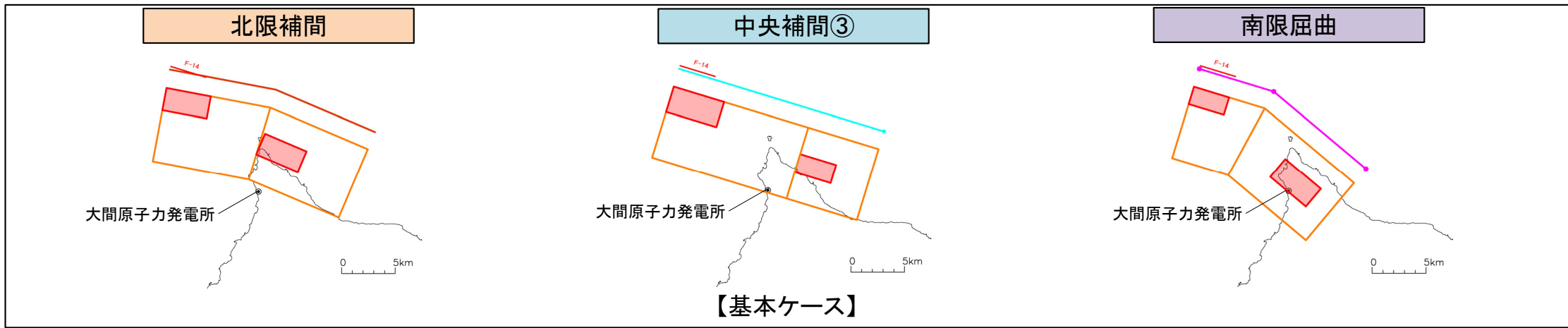
- 以上より、設定した8つの震源モデルのうち、敷地に及ぼす影響が大きい北限補間、中央補間③及び南限屈曲の3つの地表トレースを、基本ケースの地表トレースとして選定する。



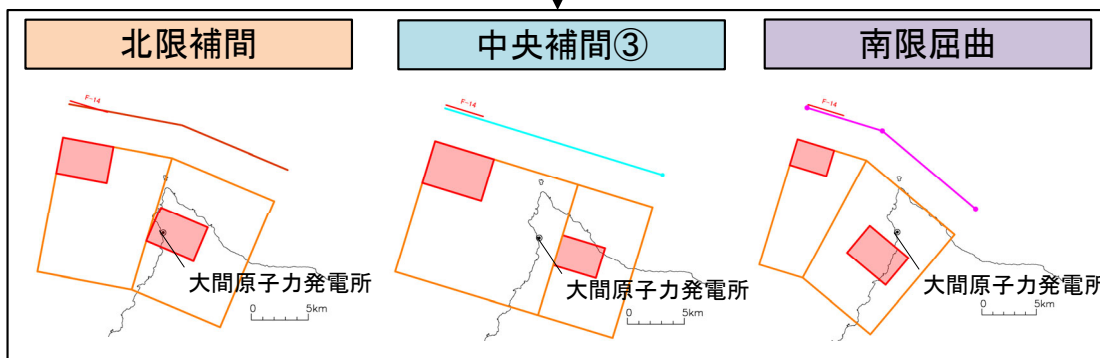
Ⅱ. 検討概要(9/9)

仮想的な断層による地震:震源モデルの設定,不確かさの考慮

- 地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析により敷地に及ぼす影響が大きい北限補間, 中央補間③, 南限屈曲の3つの地表トレースに対し, それぞれ基本ケースとなる震源モデルを設定する。
- 設定したそれぞれの基本ケースに対して, 断層傾斜角の不確かさケース(断層傾斜角 45°), 及び短周期レベルの不確かさケース(強震動予測レシピの1.5倍)を設定する。

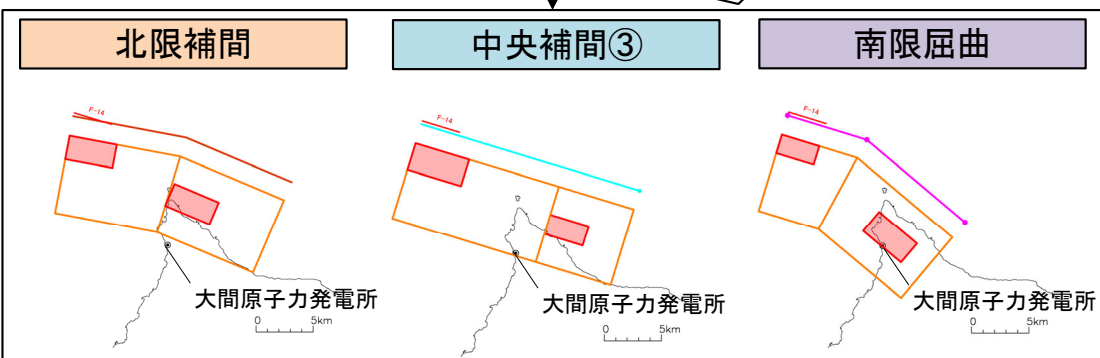


震源モデルの形状・配置は基本ケースと同一



- 強震動予測レシピを踏まえ, より低角な 45° を考慮

【不確かさケース(断層傾斜角の不確かさ)】



- 新潟県中越沖地震の知見を踏まえ, 強震動予測レシピの1.5倍を考慮

【不確かさケース(短周期レベルの不確かさ)】

1. 敷地周辺の地震発生状況	
2. 検討用地震の選定	
2.1 敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震	
2.2 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震	P.3
2.3 検討用地震の選定のまとめ	P.6
3. F-14断層による地震の地震動評価	
3.1 地震発生層の設定	
3.2 震源モデルの設定	
3.3 地震動評価手法	
3.4 地震動評価結果	
4. 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動評価	
4.1 地震発生層の設定	
4.2 震源モデルの設定	
4.3 地震動評価手法	
4.4 地震動評価結果	
5. 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価	P.8
5.1 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域	P.10
5.2 地震発生層の設定	P.11
5.3 震源モデルの設定	P.12
5.4 地震動評価手法	
5.5 地震動評価結果	
6. 地震動評価のまとめ	
<補足説明資料>	
[大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価]	
(補足1)大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造	P.29
(補足2)大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の傾斜について	P.33
(補足3)各地表トレースにおける震源モデルの断層諸元	P.35
(補足4)等価震源距離の算定方法	P.37
(補足5)大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の隆起シミュレーションによる地形発達過程の再現性	

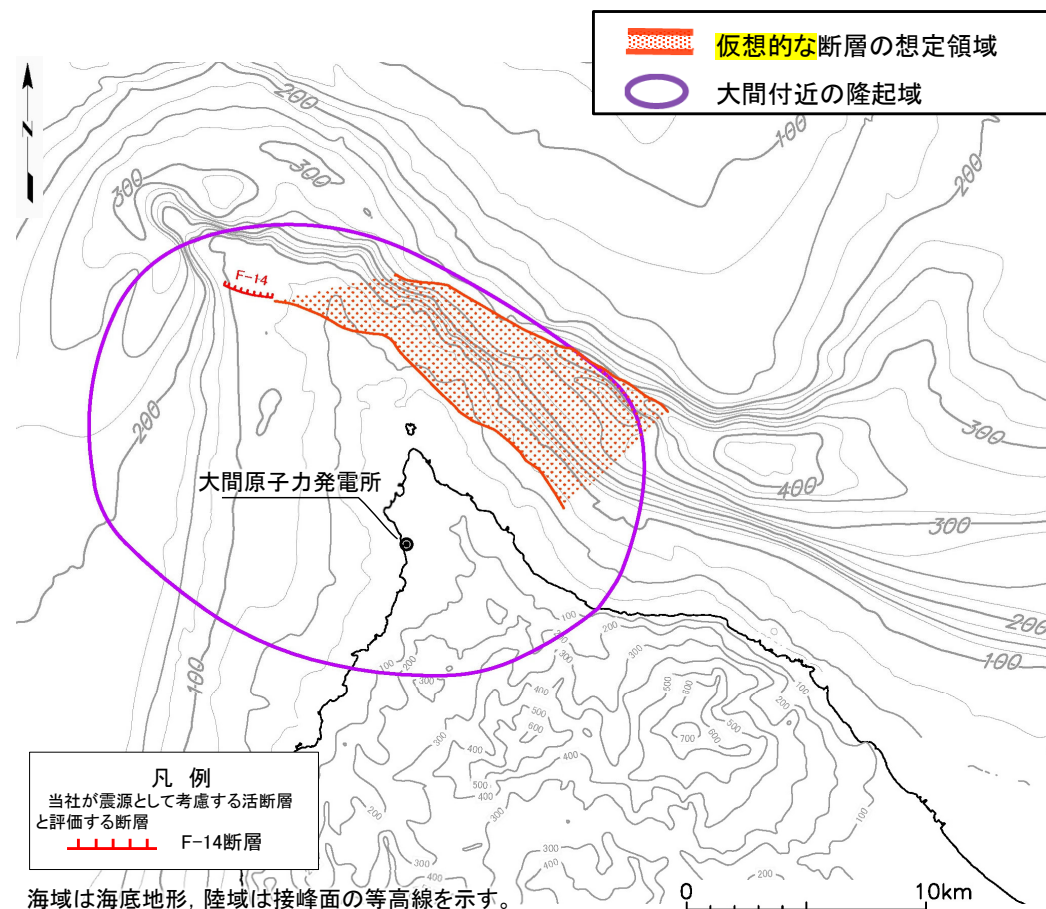
1. 敷地周辺の地震発生状況
2. 検討用地震の選定
 - 2.1 敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震
 - 2.2 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震
 - 2.3 検討用地震の選定のまとめ
3. F-14断層による地震の地震動評価
 - 3.1 地震発生層の設定
 - 3.2 震源モデルの設定
 - 3.3 地震動評価手法
 - 3.4 地震動評価結果
4. 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動評価
 - 4.1 地震発生層の設定
 - 4.2 震源モデルの設定
 - 4.3 地震動評価手法
 - 4.4 地震動評価結果
5. 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価
 - 5.1 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域
 - 5.2 地震発生層の設定
 - 5.3 震源モデルの設定
 - 5.4 地震動評価手法
 - 5.5 地震動評価結果
6. 地震動評価のまとめ

2.2 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震(1/3)



①大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の基本的な考え方

- 敷地周辺及び敷地近傍における海上音波探査や重力異常等の調査では、大間崎付近における相対的に隆起速度の速い領域(以下「大間付近の隆起域」という。)※1をもたらしような活断層は認められない。
- しかし、大間付近の隆起域が敷地に近いため、地震動評価上の保守性の観点から設定した「大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層(以下「仮想的な断層」という。)」の想定領域※2に地表トレースを複数設定し、検討用地震の候補とする。



※1：詳細は、第983回審査会合資料2-4-1 P.8-23を参照。

※2：詳細は、第983回審査会合資料2-4-1 P.9-4を参照。

大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域

及び大間付近の隆起域

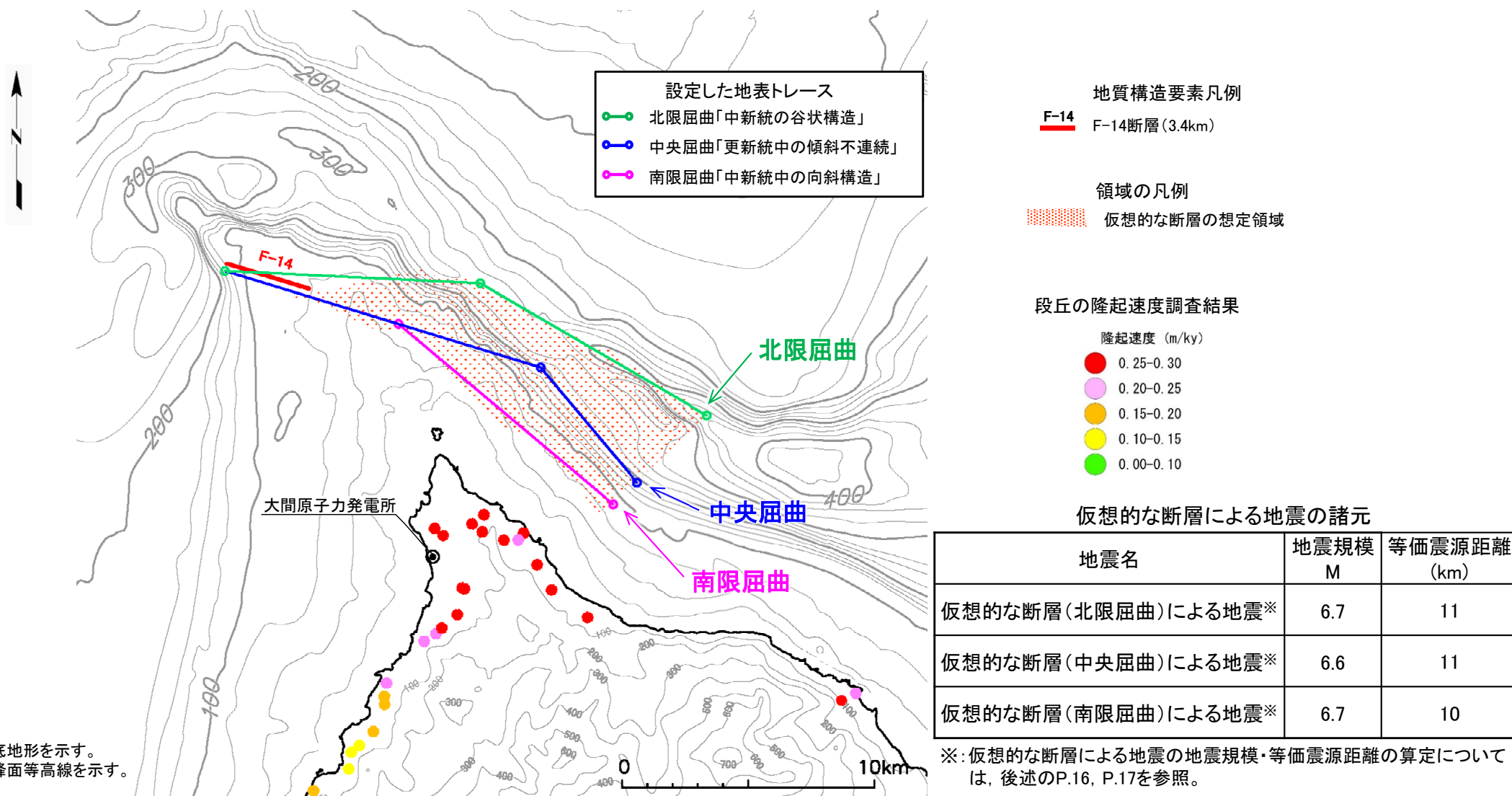
(第983回審査会合 資料2-4-1 P.9-4を参照。)

2.2 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震(2/3)



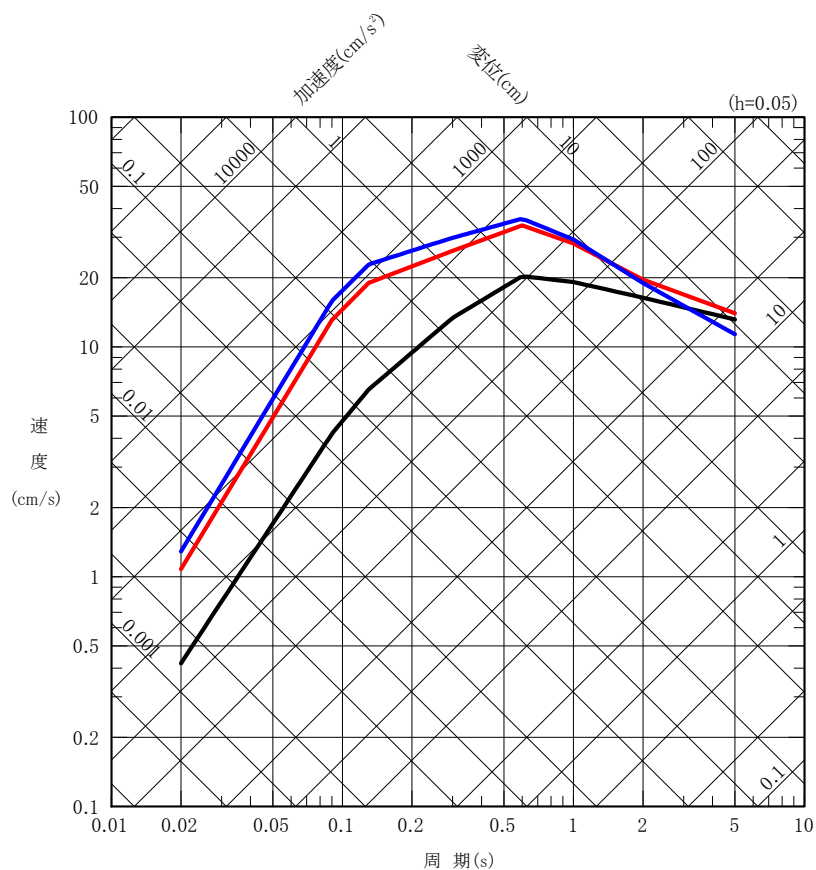
②古い地質構造に基づく地表トレースの設定と震源モデルの設定

- 検討用地震の選定にあたり、仮想的な断層の想定領域内に、後期更新世以降の活動が認められない地形・地質構造等(以下「古い地質構造」という。)に基づき北限屈曲、中央屈曲及び南限屈曲の3条の地表トレースを設定し、各地表トレースに対して震源モデルを設定する。(地表トレースの設定方法については、後述のP.14, P.15を参照。また、震源モデルの設定方法については、後述のP.16を参照。)
- 設定した震源モデルを比較すると、南限屈曲は地震規模が大きく、等価震源距離が小さい。



③ 検討用地震の選定

- 仮想的な断層による地震について、古い地質構造に基づき設定した北限屈曲、中央屈曲及び南限屈曲の3条の地表トレースのうち、地震規模が大きく、等価震源距離が小さい南限屈曲に対して、Noda et al.(2002)の方法により、応答スペクトルの評価を行った。
- 下図に示すとおり、地震動評価の保守性の観点から考慮した仮想的な断層による地震が敷地に与える影響は、短周期側でF-14断層による地震を上回ることから、この地震も検討用地震として考慮する。



— F-14断層による地震
— 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震
— 仮想的な断層(南限屈曲)による地震

選定対象となる地震の諸元

地震名	地震規模 M	等価震源距離 (km)
F-14断層による地震	7.0	15
奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震	8.1	84
仮想的な断層(南限屈曲)による地震※	6.7	10

※: 仮想的な断層による地震の地震規模・等価震源距離の算定については、後述のP.16, P.17を参照。

2.3 検討用地震の選定のまとめ



内陸地殻内地震の検討用地震として、以下の地震を選定する。

敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震

- 敷地に及ぼす影響が大きいと考えられる地震として、以下の地震を選定する。
 - F-14断層による地震
 - 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震

大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震

- 仮想的な断層の想定領域内に地表トレースを設定した地震は、敷地に及ぼす影響が大きいと考えられることから、検討用地震として選定する。
 - 仮想的な断層による地震

1. 敷地周辺の地震発生状況
2. 検討用地震の選定
 - 2.1 敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震
 - 2.2 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震
 - 2.3 検討用地震の選定のまとめ
3. F-14断層による地震の地震動評価
 - 3.1 地震発生層の設定
 - 3.2 震源モデルの設定
 - 3.3 地震動評価手法
 - 3.4 地震動評価結果
4. 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動評価
 - 4.1 地震発生層の設定
 - 4.2 震源モデルの設定
 - 4.3 地震動評価手法
 - 4.4 地震動評価結果
5. 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価
 - 5.1 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域
 - 5.2 地震発生層の設定
 - 5.3 震源モデルの設定
 - 5.4 地震動評価手法
 - 5.5 地震動評価結果
6. 地震動評価のまとめ

5. 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価

基本方針

仮想的な断層による地震は、地質調査からは下北半島西部の広域的な地殻変動をもたらすような活断層や活断層を示唆する地下深部の段差構造等が認められないものの、相対的に隆起速度の速い領域(大間付近の隆起域)が敷地に近いため、地震動評価上の保守性の観点から、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の検討用地震として選定し、地震動評価を行う。

<仮想的な断層の設定方針>

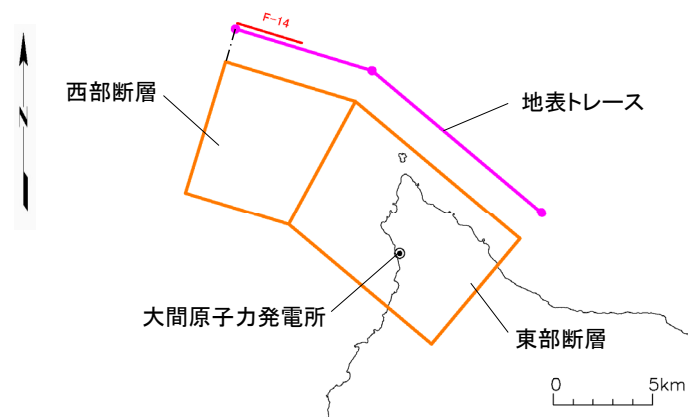
【断層形状】

- 仮想的な断層は、その西部と東部では、根拠とする古い地質構造が、形成メカニズム及び形成時期において明らかに異なっていることから、西部断層と東部断層の2断層で構成される屈曲した断層形状とする。

【地表トレース】

- 仮想的な断層による地震の地震動を「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」として扱うため、大間付近の隆起域に唯一存在するF-14断層を起点として設定した仮想的な断層の想定領域内に地表トレースを設定する。
- 仮想的な断層の地表トレースは想定領域内に複数設定できるため、古い地質構造に基づき複数の地表トレースを設定して、地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向を分析のうえ、敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースを選定する。

なお、仮想的な断層による地震の規模は、海域及び陸域の地質構造調査結果では地表痕跡が認められなかったため、地表地震断層が生じない規模とする。



断層形状及び地表トレースの例

5. 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価



仮想的な断層による地震の地震動評価の実施手順

- 以下の実施手順により、**仮想的な断層**による地震の地震動を評価する。

実施手順

5.1 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域

- 仮想的な断層の想定領域について整理する。（第983回審査会合 資料2-4-1 8章参照）

5.2 地震発生層の設定

- 「3. F-14断層による地震の地震動評価」と同じ地震発生層を設定する。

5.3 震源モデルの設定

- 古い地質構造に基づく地表トレースの設定
- 各地表トレースに対する震源モデルの設定
- 地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析
- 敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースの選定
- 基本ケースの震源モデルの設定
- 考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定

- 仮想的な断層の地表トレースは、想定領域内に複数設定できるため、基本ケースの設定に先立ち、仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造に基づき地表トレースを設定し、さらに、これらを補間する地表トレースを想定領域内に複数設定する。
- 設定した各地表トレースに対して震源モデルを設定する。
- 古い地質構造に基づき設定した複数の震源モデルを用いて、地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向を分析する。
- 傾向分析の結果を踏まえ、敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースを選定する。
- 選定した地表トレースに対し、基本ケースの震源モデルを設定する。
- 基本ケースの設定の考え方を踏まえ、考慮する不確かさを整理し、考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースを設定する。

次回以降ご説明

- 5.4 地震動評価手法
- 5.5 地震動評価結果

5.1 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域



仮想的な断層の想定領域

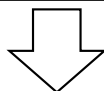
- 大間付近の隆起域と仮想的な断層の想定領域について下記のとおり整理する。

- 下北半島西部には、陸域から海域にわたる広域的な地殻変動が認められるが、その地殻変動をもたらすような活断層や活断層を示唆する地下深部の段差構造等は認められない。

- 下北半島西部の広域的な地殻変動のうち、大間付近の隆起域(相対的に隆起速度が速い領域)が敷地に近いため、この領域が仮想的な断層による地震によって生じているものと仮定し、「仮想的な断層の想定領域」を設定する。

【大間付近の隆起域】

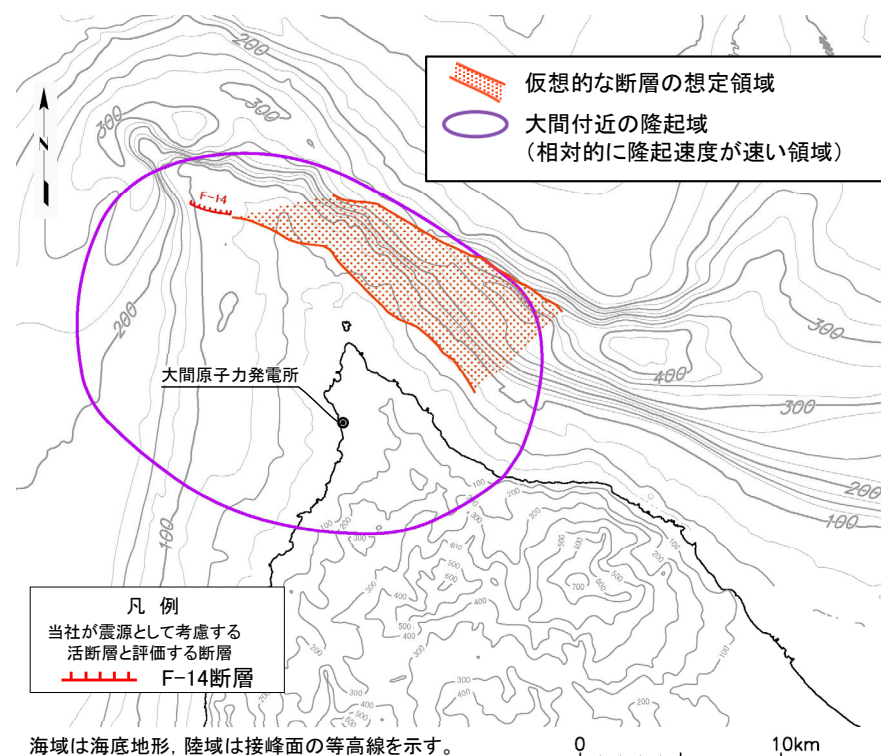
- 下北半島西部の広域的な地殻変動のうち、相対的に隆起速度が速い領域を「大間付近の隆起域」として設定する。
(第983回審査会合 資料2-4-1 P.8-23参照)



【仮想的な断層の想定領域】

- 「大間付近の隆起域」に分布する唯一の震源として考慮する活断層であるF-14断層を起点とした領域を「仮想的な断層の想定領域」と設定し、その領域において地表トレースを設定する。
- 「仮想的な断層の想定領域」は下記を踏まえ、設定する。
 - 「大間付近の隆起域」に唯一分布するF-14断層を起点とする。
 - 後期更新世以降の活動が認められない古い地形・地質構造及び重力異常に基づき領域を設定する。

(第983回審査会合 資料2-4-1 P.8-45参照)



(第983回審査会合 資料2-4-1 P.8-48参照)

5.2 地震発生層の設定



地震発生層の設定

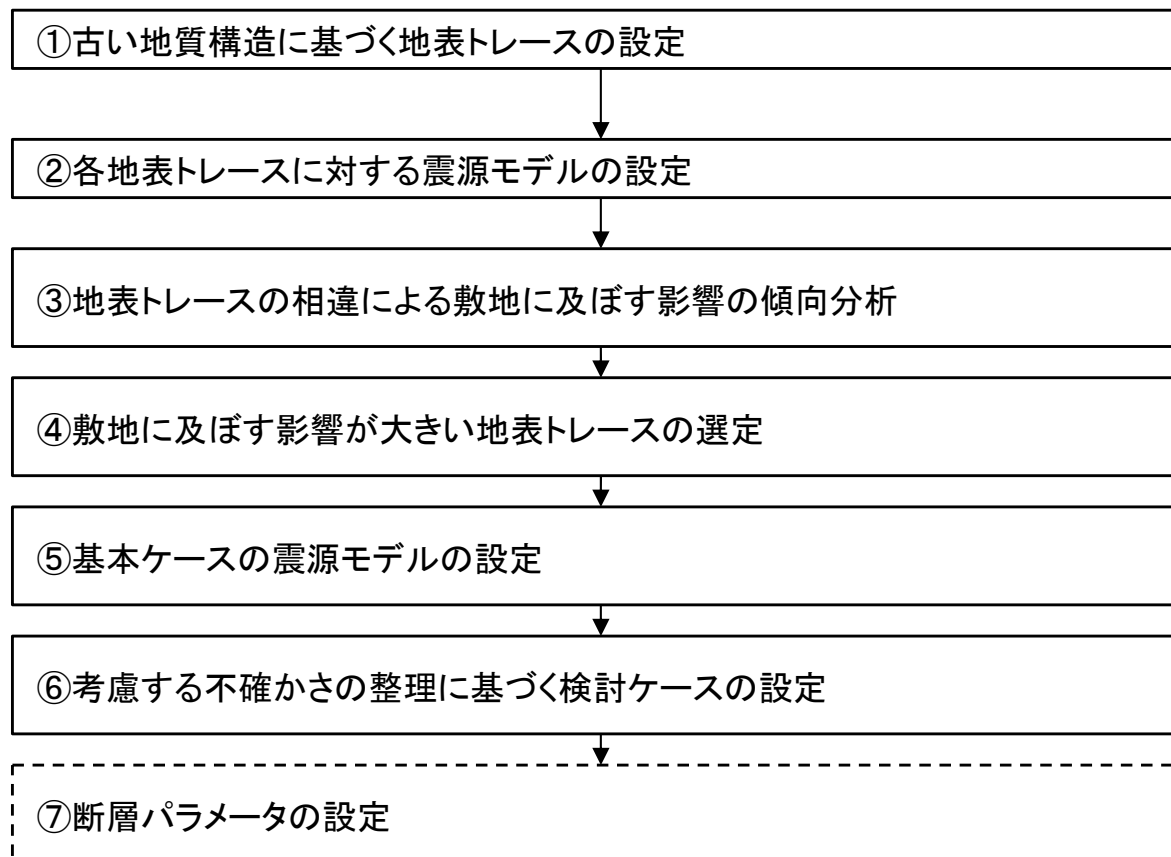
- 仮想的な断層による地震の地震発生層は、おおむね同位置に想定しているF-14断層による地震の地震発生層と同じく、上限深さを3km、下限深さを15kmに設定する。

5.3 震源モデルの設定(1/16)



震源モデルの設定手順

- 仮想的な断層の地表トレースは、想定領域内に複数設定できる。
- このため、基本ケースの設定に先立ち、仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造に基づき基本となる地表トレースを設定し、さらに、これらを補間する地表トレースを想定領域内に複数設定する。また、設定した各地表トレースに対して震源モデルを設定する。
- 設定した複数の震源モデルを用いて、地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向を分析し、敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースを選定する。
- 選定した地表トレースに対し、基本ケースの震源モデルを設定する。
- さらに、基本ケースに対して、地震動評価上考慮する不確かさを整理した上で、検討する不確かさケースを設定する。



震源モデルの設定フロー

- 基本ケースの設定に先立ち、仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造に基づき地表トレースを複数設定する。
- 設定した複数の地表トレースに対してそれぞれ震源モデルを設定する。
- 設定した複数の震源モデルを用いて、地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析を実施する。
- 「③地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析」に基づき、敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースを選定する。
- 「④敷地に及ぼす影響の大きい地表トレースの選定」で選定した地表トレースに対する震源モデルを基本ケースの震源モデルとして設定する。
- 基本ケースに対して、地震動評価上考慮する不確かさを整理し、検討する不確かさケースを設定する。
- 次回以降ご説明

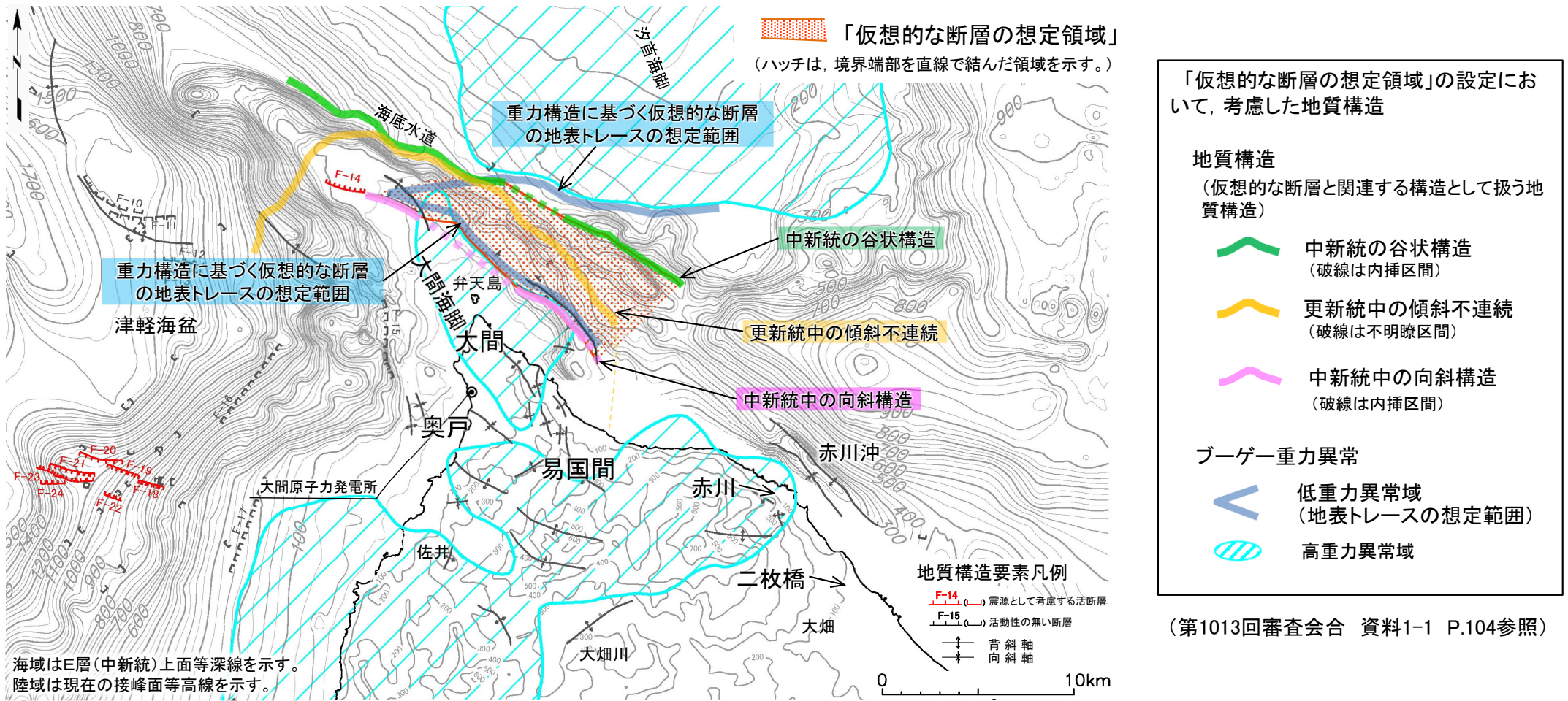
5.3 震源モデルの設定(2/16)

①古い地質構造に基づく地表トレースの設定(1/3): 想定領域の設定根拠とした古い地質構造

仮想的な断層の想定領域には、地表の痕跡が存在しないため、仮想的な断層は下記を踏まえて3条の屈曲した地表トレースとして設定する。

- 重力構造と震源断層の分布とを整合させるため、F-14断層と連続する低重力異常域を地表トレースの想定範囲として設定する。
- 大間付近の隆起域付近(P.10参照)では、隆起域の西端にF-14断層が分布するため、これを領域西側の地表トレースの起点として設定する。
- 隆起域の東側には断層が分布せず、後期更新世以降の活動がある断層以外の地質構造も認められないため、古い地質構造※である「中新統の谷状構造」「更新統中の傾斜不連続」「中新統中の向斜構造」を仮想的な断層に関連する地質構造とみなし、ここに地表トレースを設定する。

※: 仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造については、巻末の(補足1)を参照。

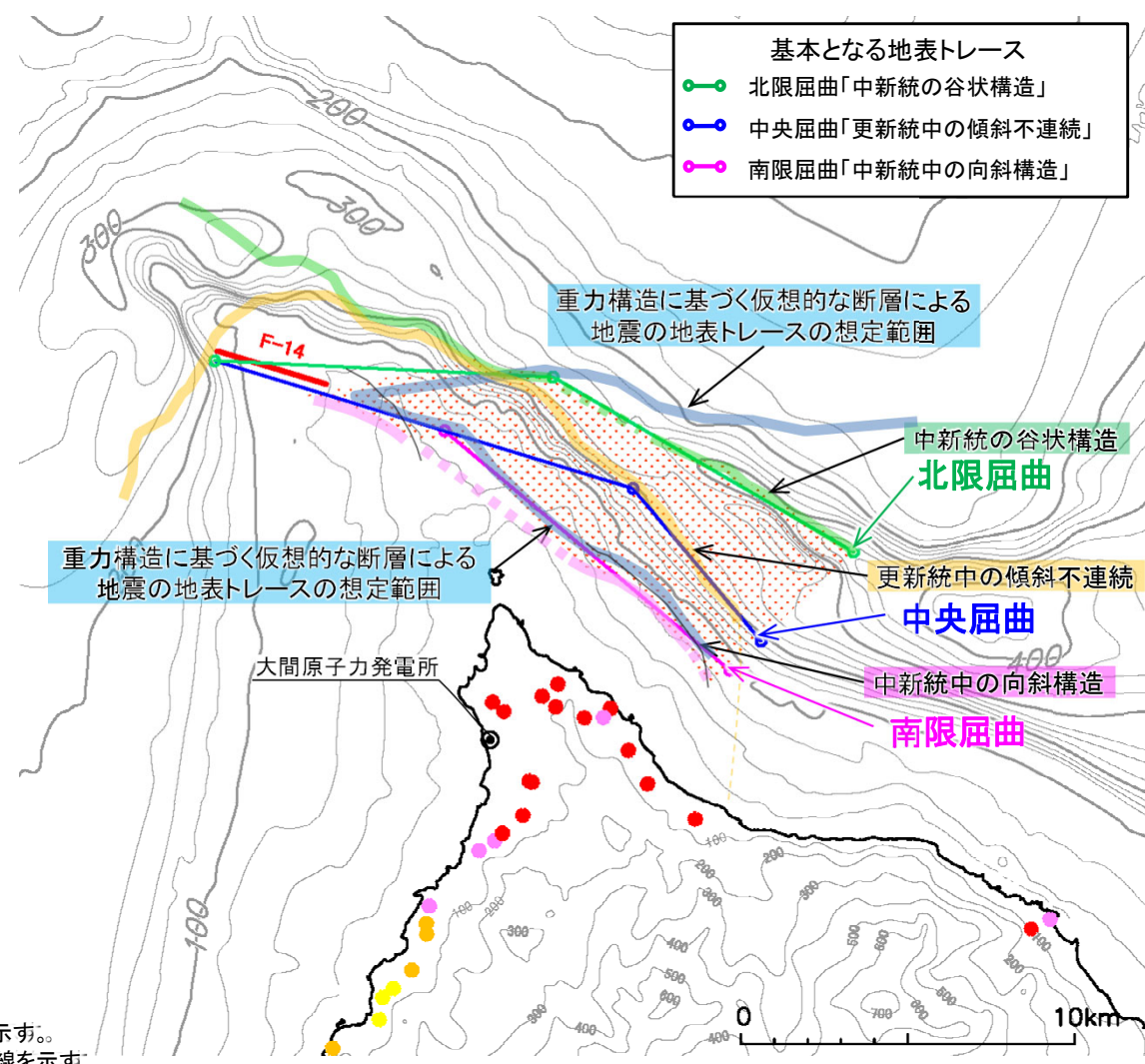




5. 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価

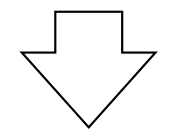
5.3 震源モデルの設定 (3/16)

①古い地質構造に基づく地表トレースの設定 (2/3): 基本となる地表トレースの設定



- 基本となる地表トレース
- 北限屈曲「中新統の谷状構造」
 - 中央屈曲「更新統中の傾斜不連続」
 - 南限屈曲「中新統中の向斜構造」

- 仮想的な断層の地表トレースは、「大間付近の隆起域」の西部に位置するF-14断層の西端を、西側の起点として扱う。
- 東部には断層が分布しないため、古い地質構造である「中新統の谷状構造」、「更新統中の傾斜不連続」及び「中新統中の向斜構造」を仮想的な断層に関連する地質構造とみなし、これらの東部に活動が生じるものとして地表トレースを設定する。
- 仮想的な断層は、大間付近の隆起域を生じるように、大間付近が上盤側となる南傾斜の逆断層とし、現在のE-W圧縮応力場との整合性※は考慮せずに設定する。



- **北限屈曲**←「中新統の谷状構造」
 - 西部は、F-14断層の西端を起点とし、「重力構造に基づく仮想的な断層の地表トレースの想定範囲」と「中新統の谷状構造」の交点に向かって地表トレースを設定する。
 - 東部は、「中新統の谷状構造」が断層を示唆するものと仮定し、東部に活動が生じるものとして地表トレースを設定する。
- **中央屈曲**←「更新統中の傾斜不連続」
 - 西部は、F-14断層を延長して地表トレースを設定する。
 - 東部は、「更新統中の傾斜不連続」が断層を示唆するものと仮定し、東部に活動が生じるものとして地表トレースを設定する。
- **南限屈曲**←「中新統中の向斜構造」
 - 西部は、F-14断層を延長して地表トレースを設定する。
 - 東部は、「中新統中の向斜構造」が断層を示唆するものと仮定し、東部に活動が生じるものとして地表トレースを設定する。

海域は海底地形を示す。
陸域は接峰面等高線を示す。

<p>地質構造要素凡例</p> <p>F-14 F-14断層(3.4km)</p>		<p>領域の凡例</p> <p>假想的な断層の想定領域</p>		<p>段丘の隆起速度調査結果</p> <p>隆起速度 (m/ky)</p> <ul style="list-style-type: none"> 0.25-0.30 0.20-0.25 0.15-0.20 0.10-0.15 0.00-0.10 	
---	--	---------------------------------	--	---	--

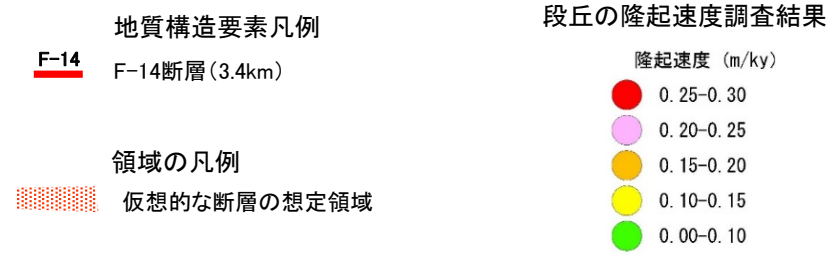
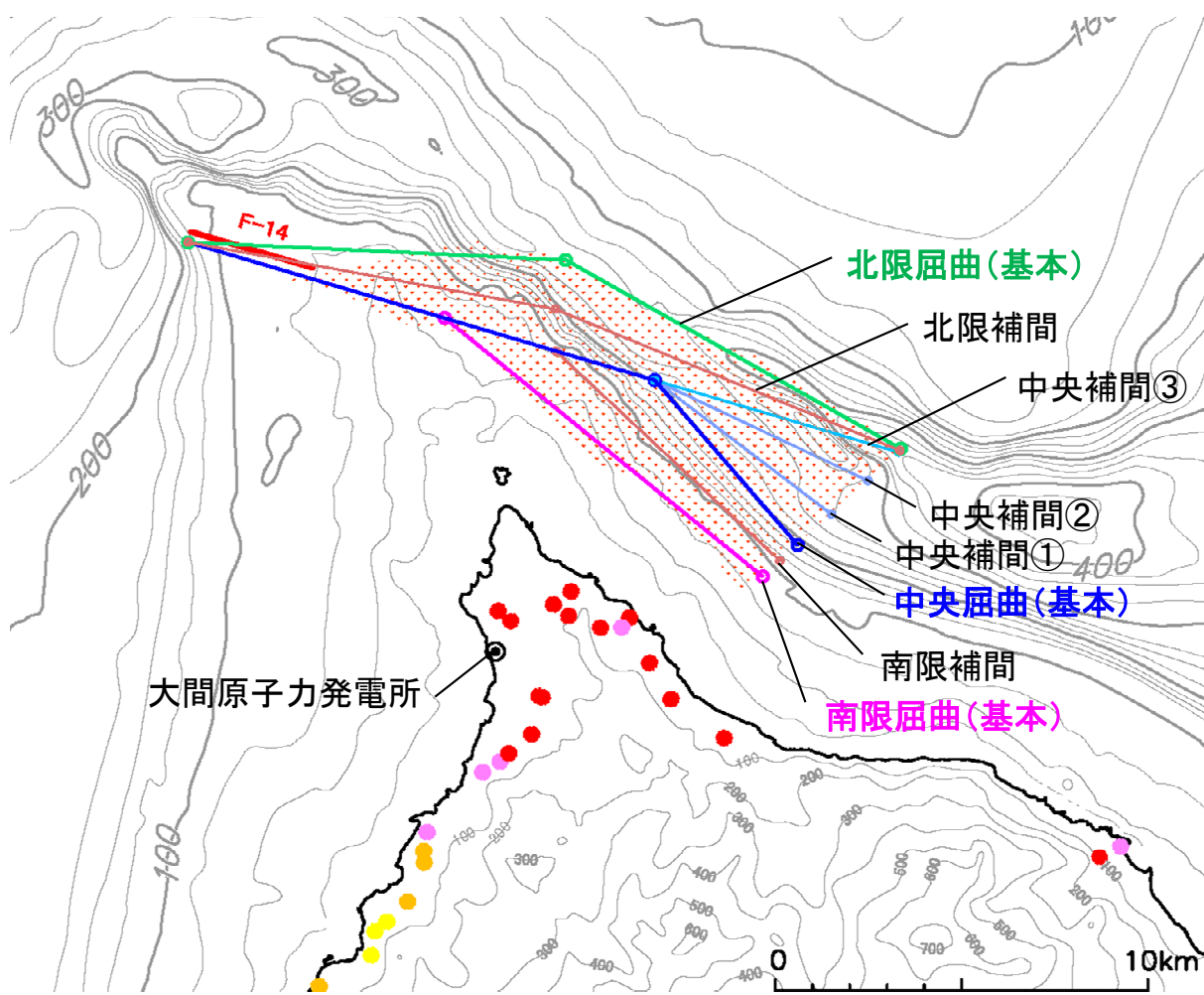
※: 広域応力場と整合する適切な地形・地質構造が認められないため、「仮想的な断層の想定領域」の評価において広域応力場は考慮しない。(第983回審査会合資料2-4-1 P.8-33を参照。)



5.3 震源モデルの設定(4/16)

①古い地質構造に基づく地表トレースの設定(3/3):補間する地表トレースの設定

- 仮想的な断層の想定領域における網羅性の観点から、古い地質構造に基づき設定した基本となる3条の地表トレースを補間する地表トレースを複数(5条)設定する。設定の考え方及び設定方法は、以下のとおり。
- 検討用地震の候補となる地震の地表トレースとして設定した8条の地表トレース(基本:3条, 補間:5条)を下図に示す。



補間する地表トレース(5条)の設定の考え方

- 地表トレース位置の移動に伴う敷地に及ぼす影響の変化を評価するため、走向で10°程度、離隔距離で1km程度となるように、補間する地表トレースを設定する。
- 地表トレースは、西側の起点とするF-14断層のみが断層として認められていることから、西側の断層位置を重視して、補間する地表トレースを設定する。

補間する地表トレース(5条)の設定方法

- 最初に、西側が支配的となる「中央屈曲」に対し、東部の走向の変化の影響を評価するため、「中央屈曲」の屈曲点を中心に北限屈曲の東端付近まで東部の地表トレースを10°程度で変化させ、3条の補間する地表トレースを設定する。(中央補間①~③)
- 次に、東部が支配的となる「南限屈曲」に対し、東部の比率を変化させた影響を評価するため、東部の地表トレースを南限屈曲と中央屈曲の中間位置とした補間トレースを設定する。(南限補間)
- 最後に、「北限屈曲」に対し、走向の変化の影響を評価するため、地表トレースの両端を中心に西部と東部の地表トレースを南側へ10°程度回転させた補間トレースを設定する。(北限補間)

5.3 震源モデルの設定(5/16)

②各地表トレースに対する震源モデルの設定(1/2): 主な断層パラメータの設定

- ・ 設定した地表トレースに対する震源モデルを設定する。
- ・ 震源モデルの主な断層パラメータのうち、断層傾斜角とアスペリティ位置は以下のとおり設定する。

【断層傾斜角】

- ・ 大間付近に隆起域が生じるように、大間付近が上盤側となる南傾斜の逆断層として扱う。
- ・ 上記隆起域付近に分布する逆断層は、高角が卓越する(巻末の(補足2)を参照)ため、高角な逆断層として設定する。
- ・ 断層傾斜角は、強震動予測レシピ※では高角な逆断層の場合 60° 以上とされていることから、敷地に近づくように 60° として設定する。

【アスペリティ】

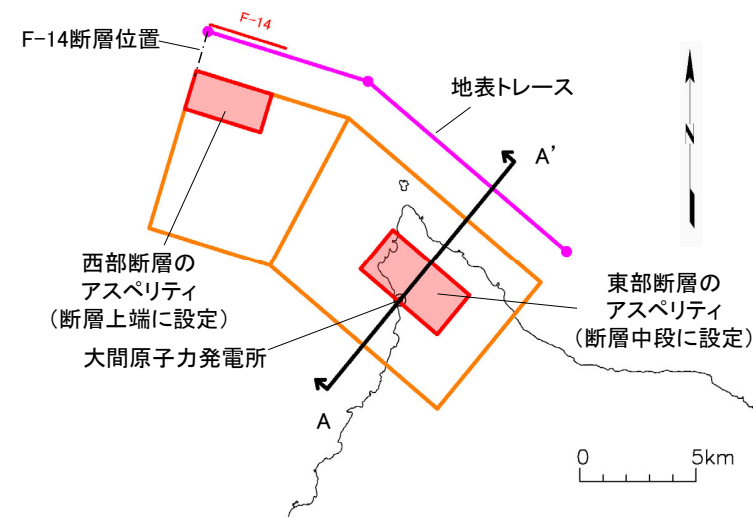
- ・ 強震動予測レシピに従い、西部断層と東部断層にそれぞれ1つずつ配置し、それぞれのアスペリティ面積を設定する。

<西部断層のアスペリティの位置>

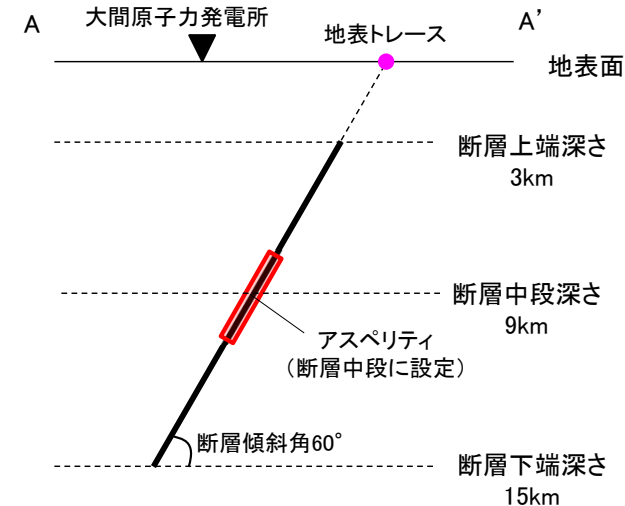
- ・ 杉山ほか(2002)は、地表地震断層の変位量分布は、震源断層浅部のすべり量分布とおおむね良い相関を示すとされている。
- ・ 杉山ほか(2002)の知見を踏まえ、大間付近の隆起域に唯一認められる活断層であるF-14断層の位置をすべり量の大きい領域と仮定し、アスペリティはF-14断層位置に設定し、深さ方向は浅部、すなわち敷地に最も近づくように断層上端に設定する。

<東部断層のアスペリティの位置>

- ・ 東部には活断層が認められず、アスペリティ位置を特定する痕跡はない。
- ・ 杉山ほか(2002)は、地表地震断層の変位量分布は、震源断層の深部にいくにつれて、すべり量分布と地表における変位量分布との相関は低下し、およそ10km以深では相関があるとはいえなくなるとされている。
- ・ 地表に痕跡が認められないことから、杉山ほか(2002)の知見を踏まえ、深さ方向は10km以深にアスペリティを設定することが考えられるが、保守的に断層中段深さ(アスペリティ中心深さ9km)とし、敷地に近づくように設定する。また、水平方向は設定した断層深さに対し、敷地に最も近づくように設定する。



(a)震源モデル図



(b)A-A'断層模式図

※: 地震調査研究推進本部(2020)による震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)(以下「強震動予測レシピ」という。)



5. 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価

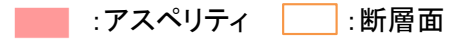
5.3 震源モデルの設定(6/16)

②各地表トレースに対する震源モデルの設定(2/2): 震源モデルの一覧

・ 設定した震源モデルの一覧を以下に示す。設定した8つの震源モデルの地震規模・等価震源距離は同程度であるが、個々のアスペリティと比較すると、特にアスペリティ面積については地表トレースによる違いが明瞭である※1。地震規模は、いずれもMw6.5未満であり地表地震断層が生じない規模となっている。

北限屈曲		北限補間		中央補間③		中央補間②	
<p>大間原子力発電所</p> <p>断層面積: S=251km² 等価震源距離: X_{eq}=11.2km 地震規模: Mw6.3 M6.7※2</p>		<p>大間原子力発電所</p> <p>断層面積: S=262km² 等価震源距離: X_{eq}=11.0km 地震規模: Mw6.3 M6.7※2</p>		<p>大間原子力発電所</p> <p>断層面積: S=277km² 等価震源距離: X_{eq}=10.9km 地震規模: Mw6.4 M6.8※2</p>		<p>大間原子力発電所</p> <p>断層面積: S=260km² 等価震源距離: X_{eq}=10.8km 地震規模: Mw6.3 M6.7※2</p>	
アスペリティ面積	西部: S _{asp} =16km ² 東部: S _{asp} =17km ²	アスペリティ面積	西部: S _{asp} =17km ² 東部: S _{asp} =17km ²	アスペリティ面積	西部: S _{asp} =24km ² 東部: S _{asp} =13km ²	アスペリティ面積	西部: S _{asp} =23km ² 東部: S _{asp} =11km ²
アスペリティ距離※3	西部: X _{asp} =11.7km 東部: X _{asp} =10.4km	アスペリティ距離※3	西部: X _{asp} =11.7km 東部: X _{asp} =9.9km	アスペリティ距離※3	西部: X _{asp} =11.5km 東部: X _{asp} =10.2km	アスペリティ距離※3	西部: X _{asp} =11.6km 東部: X _{asp} =9.7km
中央補間①		中央屈曲		南限補間		南限屈曲	
<p>大間原子力発電所</p> <p>断層面積: S=239km² 等価震源距離: X_{eq}=10.6km 地震規模: Mw6.3 M6.7※2</p>		<p>大間原子力発電所</p> <p>断層面積: S=223km² 等価震源距離: X_{eq}=10.4km 地震規模: Mw6.3 M6.6※2</p>		<p>大間原子力発電所</p> <p>断層面積: S=225km² 等価震源距離: X_{eq}=10.1km 地震規模: Mw6.3 M6.7※2</p>		<p>大間原子力発電所</p> <p>断層面積: S=226km² 等価震源距離: X_{eq}=9.7km 地震規模: Mw6.3 M6.7※2</p>	
アスペリティ面積	西部: S _{asp} =22km ² 東部: S _{asp} =9km ²	アスペリティ面積	西部: S _{asp} =21km ² 東部: S _{asp} =8km ²	アスペリティ面積	西部: S _{asp} =17km ² 東部: S _{asp} =13km ²	アスペリティ面積	西部: S _{asp} =11km ² 東部: S _{asp} =19km ²
アスペリティ距離※3	西部: X _{asp} =11.6km 東部: X _{asp} =9.7km	アスペリティ距離※3	西部: X _{asp} =11.6km 東部: X _{asp} =9.5km	アスペリティ距離※3	西部: X _{asp} =11.8km 東部: X _{asp} =9.2km	アスペリティ距離※3	西部: X _{asp} =12.0km 東部: X _{asp} =9.1km

※1: 各地表トレースにおける震源モデルの断層諸元は、巻末の(補足3)を参照
 ※2: 地震規模は、Somerville et al.(1999)による地震モーメントM₀及び武村(1990)のM₀とMの関係から算定 ※3: アスペリティの中心から敷地までの距離



5.3 震源モデルの設定(7/16)



③地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析(1/3): 検討内容

- 古い地質構造に基づき設定した8つの震源モデルを比較すると、西部断層と東部断層の個々のアスペリティ面積については地表トレースによる違いが明瞭である。このため、基本ケースの震源モデルの設定に先立ち、短周期地震動への影響が大きいアスペリティに着目し、地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向を分析し、敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースを選定する。
- アスペリティは西部断層と東部断層に1つずつ配置しており、それぞれ敷地に及ぼす影響が大きいと考えられることから、地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析では、まず、【個々のアスペリティの敷地に及ぼす影響】として、西部断層と東部断層それぞれのアスペリティについて、地表トレースの相違による傾向分析を実施する。
- さらに、2つのアスペリティからの地震波の主要動部が敷地において重なって到達する可能性もあることから、【2つのアスペリティの敷地に及ぼす影響】として、西部断層と東部断層の両アスペリティを考慮した敷地に及ぼす影響についても、地表トレースの相違による傾向分析を実施する。
- 傾向分析に当たっては、敷地への影響を表すパラメータとして、震源の短周期レベルと相関するアスペリティ面積及び地震動の減衰特性の指標となるアスペリティから敷地までの距離を採用する。

基本ケースの震源モデル選定までの流れ

①古い地質構造に基づく地表トレースの設定



③地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析

[検討内容]

【個々のアスペリティの敷地に及ぼす影響】

- 西部断層のアスペリティのみが敷地に及ぼす影響の傾向分析
- 東部断層のアスペリティのみが敷地に及ぼす影響の傾向分析

【2つのアスペリティの敷地に及ぼす影響】

- 西部断層と東部断層の両アスペリティを考慮した敷地に及ぼす影響の傾向分析

④敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースの選定

⑤基本ケースの震源モデルの設定

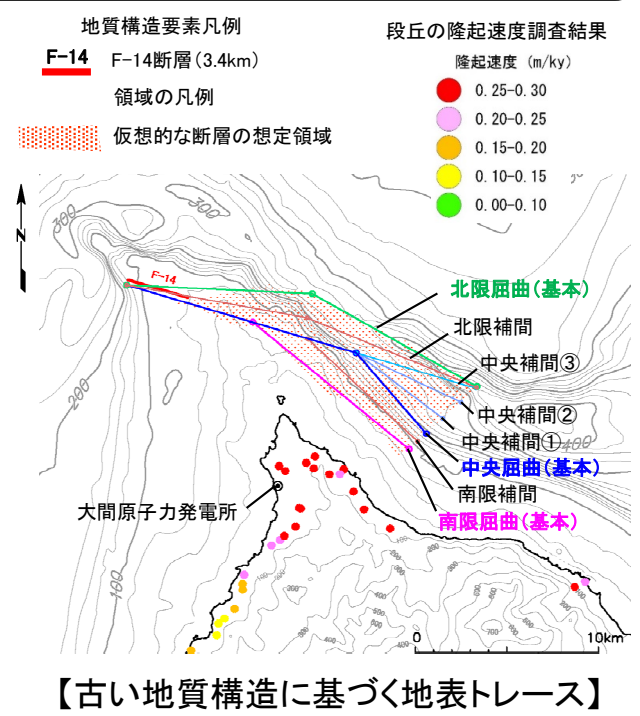
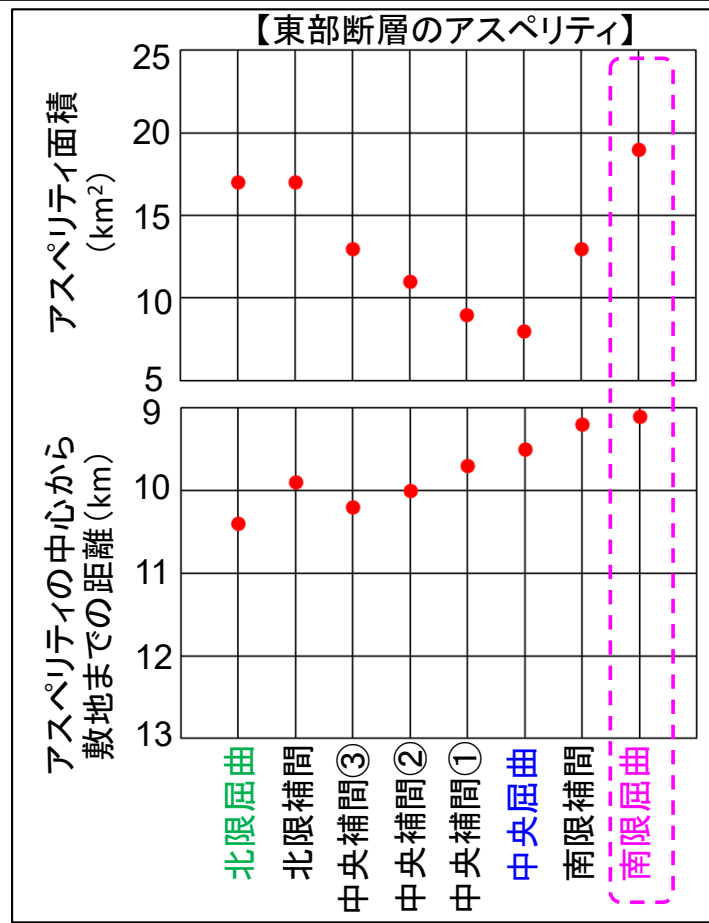
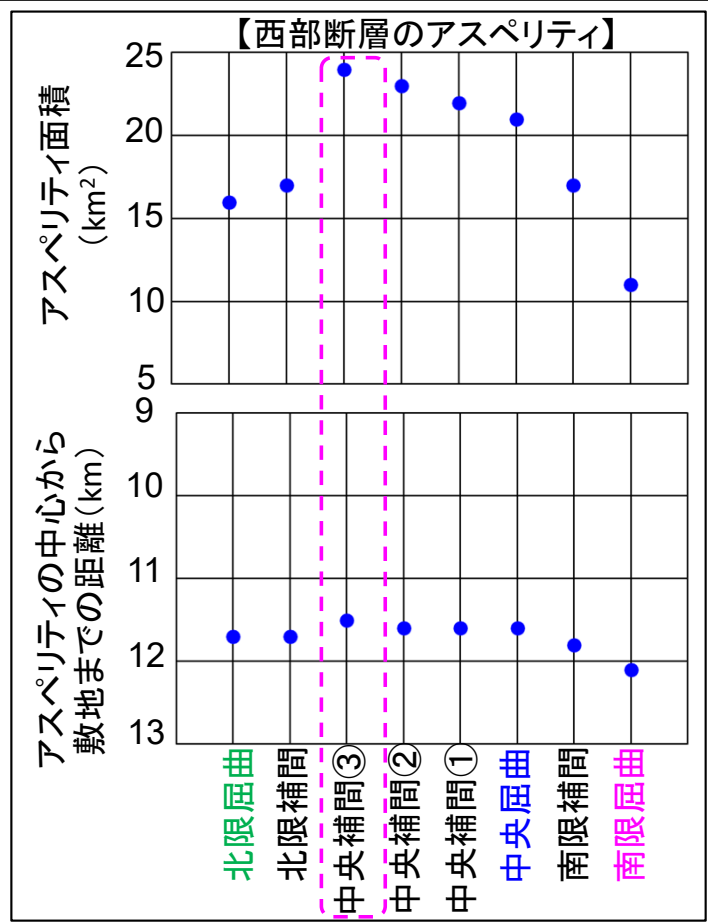


5. 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価

5.3 震源モデルの設定(8/16)

③地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析(2/3): 個々のアスペリティの敷地に及ぼす影響

- 個々のアスペリティの敷地に及ぼす影響について、地表トレースの相違による傾向を分析するに当たり、アスペリティ面積と距離の関係に着目した。西部断層及び東部断層のそれぞれのアスペリティ面積とアスペリティの中心から敷地までの距離との関係を下図に示す。
- 西部断層と東部断層それぞれのアスペリティの敷地に及ぼす影響の傾向分析を実施した結果は、以下のとおり。
 - 【西部断層】地表トレースが中央補間③から離れるほど、アスペリティ面積が顕著に小さく、アスペリティの中心から敷地までの距離が若干大きくなる傾向にある。中央補間③がアスペリティ面積が最も大きく、距離が最も小さい。⇒西部断層のアスペリティに着目すると、中央補間③は敷地に及ぼす影響が大きい。
 - 【東部断層】地表トレースが中央屈曲から離れるほど、アスペリティ面積が顕著に大きく、地表トレースが南側にあるほど、アスペリティの中心から敷地までの距離が小さい傾向にある。南限屈曲がアスペリティ面積が最も大きく、距離が最も小さい。⇒東部断層のアスペリティに着目すると、南限屈曲は敷地に及ぼす影響が大きい。



※: 左図の縦軸は、上側が敷地に及ぼす影響が大きくなるように表記

【各震源モデルの西部・東部断層それぞれのアスペリティ面積とアスペリティの中心から敷地までの距離の比較※】

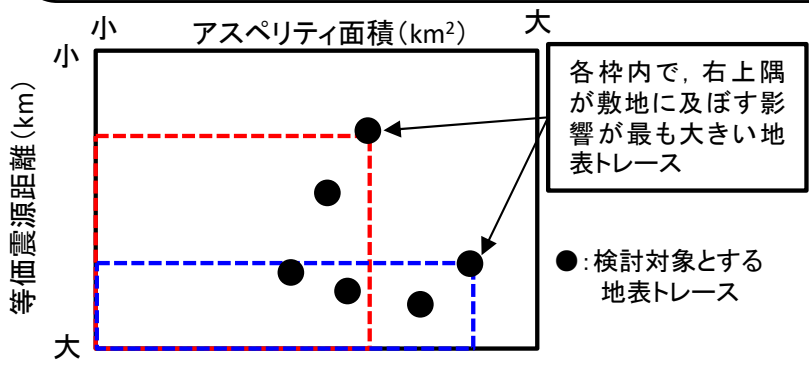


5. 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価

5.3 震源モデルの設定(9/16)

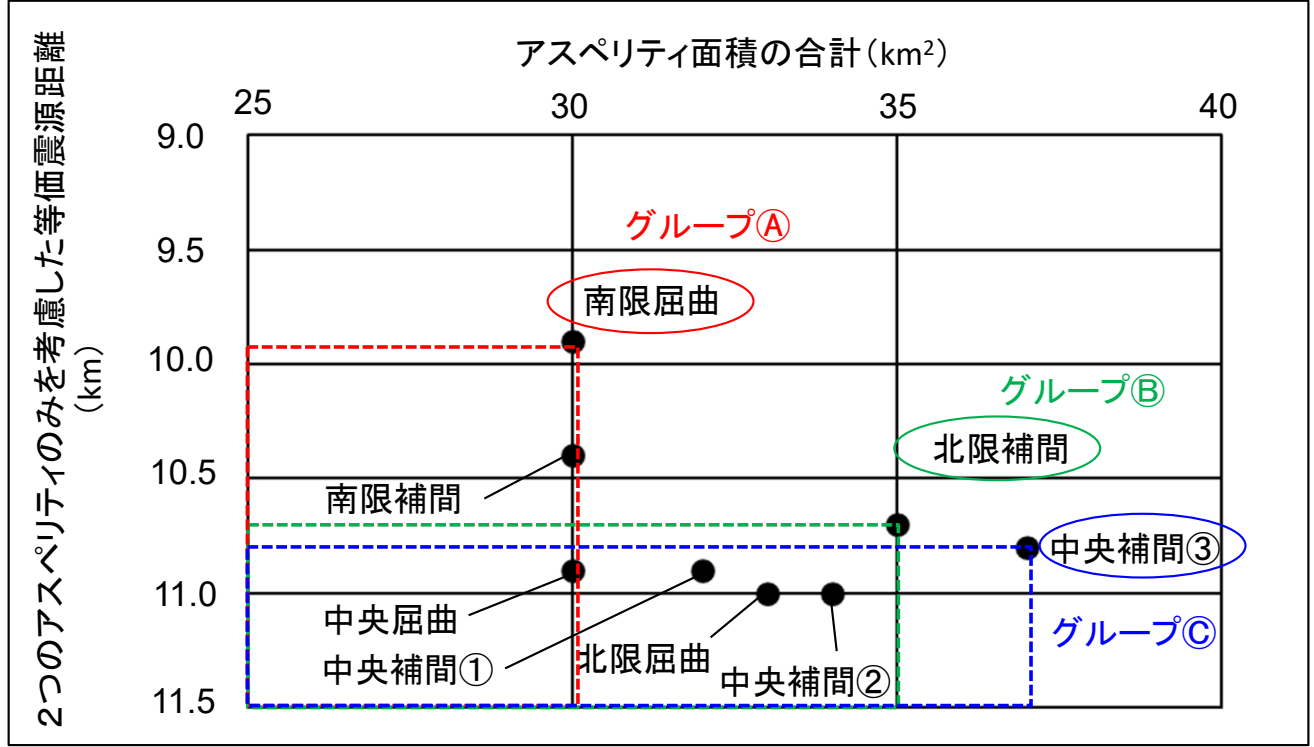
③地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析(3/3) : 2つのアスペリティの敷地に及ぼす影響

- 更なる傾向分析として、2つのアスペリティを考慮した敷地に及ぼす影響について、地表トレースの相違による傾向を分析するため、西部断層と東部断層の2つのアスペリティ面積の合計とアスペリティの等価震源距離※の関係を示す。
- 左下図に示すように、アスペリティ面積が大きく、かつ、等価震源距離が小さいほど敷地への影響は大きくなるため、検討対象とする地表トレースを包含する矩形を考慮した場合、右上隅の地表トレースが敷地への影響が最も大きくなるものと判断できる。
- 上記の考えに基づき、右上隅に地表トレースが位置するような矩形のグループを複数設定し、各グループにおいて、敷地への影響が最も大きくなる地表トレースを選定する。各グループの傾向分析結果は、以下のとおり。
 - 赤枠内を示す**グループA**では、**南限屈曲**がアスペリティ面積が大きく、等価震源距離が小さい。
 - 緑枠内を示す**グループB**では、**北限補間**がアスペリティ面積が大きく、等価震源距離が小さい。
 - 青枠内を示す**グループC**では、**中央補間③**がアスペリティ面積が大きく、等価震源距離が小さい。
- 【個々のアスペリティの敷地に及ぼす影響の傾向分析】では、南限屈曲、中央補間③が敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースであったが、【2つのアスペリティの敷地に及ぼす影響の傾向分析】では、上記に加え、北限補間も敷地に及ぼす影響が大きい。



※:震源モデルのうち、西部断層と東部断層の2つのアスペリティのみを考慮し、背景領域を除いた断層面から算定した等価震源距離(詳細は、巻末の(補足4)を参照。)

	等価震源距離 (km)	アスペリティ面積の合計 (km ²)
北限屈曲	11.0	33
北限補間	10.7	35
中央補間③	10.8	37
中央補間②	11.0	34
中央補間①	10.9	32
中央屈曲	10.9	30
南限補間	10.4	30
南限屈曲	9.9	30



【西部断層と東部断層の2つのアスペリティ面積の合計と2つのアスペリティのみを考慮した等価震源距離の関係】(縦軸は、上側が敷地に及ぼす影響が大きくなるように表記)

5.3 震源モデルの設定(10/16)



④敷地に及ぼす影響が大きい地表トレースの選定

- 地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析を実施した結果は以下のとおりである。

【個々のアスペリティの敷地に及ぼす影響の傾向分析】

西部断層のアスペリティに着目すると、中央補間③は敷地に及ぼす影響が大きい。

東部断層のアスペリティに着目すると、南限屈曲は敷地に及ぼす影響が大きい。

【2つのアスペリティを考慮した敷地に及ぼす影響の傾向分析】

2つのアスペリティを考慮すると、南限屈曲、中央補間③に加え、北限補間も敷地に及ぼす影響が大きい。

- 以上より、設定した8つの震源モデルのうち、敷地に及ぼす影響が大きい北限補間、中央補間③及び南限屈曲の3つの地表トレースを、基本ケースの地表トレースとして選定する。

5.3 震源モデルの設定(11/16)



⑤基本ケースの震源モデルの設定(1/3):巨視的パラメータの設定

- ・ 仮想的な断層による地震の基本ケースの震源モデルについて、巨視的パラメータの設定に関する考え方を以下に示す。

基本ケースの震源モデルの巨視的パラメータの考え方

パラメータ		調査等に基づく震源パラメータの評価		基本ケースの震源モデルの設定
		設定根拠	調査等に基づく評価	
巨視的 パラメータ	断層位置 (地表トレース)	地質調査結果	調査結果からは、活断層は認められない。	仮想的な断層の想定領域内に設定した複数の地表トレースのうち、傾向分析の結果、敷地に及ぼす影響が大きい3つの地表トレースとする。
	断層傾斜角	地質調査結果	仮想的な断層の想定領域の南側に大間付近の隆起域が広がっている。	大間付近の隆起域を考慮し、南傾斜の逆断層を設定する。 上記隆起域付近に分布する逆断層は、高角が卓越する(巻末の(補足2)を参照)ため、高角な逆断層として設定する。 断層傾斜角は、強震動予測レシピでは高角な逆断層の場合60°以上としていることから、敷地に近づくように60°として設定する。
	断層長さ	地質調査結果	調査結果からは、断層長さを特定できない。	地震動評価上の保守性を考慮し、仮想的な断層の想定領域の範囲内でそれぞれの地表トレースの長さが最大となるように設定する。
	断層上端深さ, 断層下端深さ	微小地震分布, 速度構造データ等	微小地震分布, 速度構造データ等に基づく地震発生層は、上限深さ3km, 下限深さ15kmである。	仮想的な断層による地震は、地表地震断層が生じない規模の地震であり、断層幅は地震発生層を飽和する断層幅未満に設定することが考えられるが、保守的に、断層傾斜角60°とした場合の地震発生層を飽和する断層幅13.9kmに設定する。(上端深さ3km, 下端深さ15km)

:あらかじめ不確かさを考慮するパラメータ


5.3 震源モデルの設定(12/16)

⑤基本ケースの震源モデルの設定(2/3): 微視的パラメータの設定

- 仮想的な断層による地震の基本ケースの震源モデルについて、微視的パラメータの設定に関する考え方を以下に示す。

基本ケースの震源モデルの微視的パラメータの考え方

パラメータ		調査等に基づく震源パラメータの評価		基本ケースの震源モデルの設定
		設定根拠	調査等に基づく評価	
微視的 パラメータ	アスペリティ	位置	地質調査結果 【西部】 大間付近の隆起域に唯一認められる活断層であるF-14断層の位置に設定する。 【東部】 東部には活断層が認められず、位置を特定する痕跡はない。	【西部断層】 <ul style="list-style-type: none"> 杉山ほか(2002)は、地表地震断層の変位量分布は、震源断層浅部のすべり量分布とおおむね良い相関を示すとされている。 杉山ほか(2002)の知見を踏まえ、大間付近の隆起域に唯一認められる活断層であるF-14断層の位置をすべり量の大きい領域と仮定し、アスペリティはF-14断層位置に設定し、深さ方向は浅部、すなわち敷地に最も近づくように断層上端に設定する。 【東部断層】 <ul style="list-style-type: none"> 東部には活断層が認められず、アスペリティ位置を特定する痕跡はない。 杉山ほか(2002)は、地表地震断層の変位量分布は、震源断層の深部にいくにつれて、すべり量分布と地表における変位量分布との相関は低下し、およそ10km以深では相関があるとはいえなくなるとされている。 地表に痕跡が認められないことから、杉山ほか(2002)の知見を踏まえ、深さ方向は10km以深にアスペリティを設定することが考えられるが、保守的に断層中段深さ(アスペリティ中心深さ9km)とし、敷地に近づくように設定する。また、水平方向は設定した断層深さに対し、敷地に最も近づくように設定する。
	短周期レベル (応力降下量)	—	敷地周辺の内陸地殻内地震の短周期レベル(応力降下量)に関する知見は得られていない。	強震動予測レシピに基づき設定する。
その他の パラメータ	破壊開始点	—	敷地周辺の内陸地殻内地震の破壊開始点に関する知見は得られていない。	敷地に及ぼす影響が大きくなるように、敷地に破壊が向かう破壊開始点を複数設定する。

 : あらかじめ不確かさを考慮するパラメータ

5.3 震源モデルの設定(13/16)



⑤基本ケースの震源モデルの設定(3/3): 基本ケースの震源モデル

- 地表トレースの相違による敷地に及ぼす影響の傾向分析により敷地に及ぼす影響が大きい北限補間, 中央補間③及び南限屈曲の3つの地表トレースに対し, それぞれ基本ケースとなる震源モデルを設定する。
- 北限補間(基本ケース), 中央補間③(基本ケース)及び南限屈曲(基本ケース)の震源モデルを以下に示す。

震源モデル一覧

項目	北限補間(基本ケース)	中央補間③(基本ケース)	南限屈曲(基本ケース)
震源モデル図			
A-A' 断面模式図			

■ :アスペリティ □ :断層面

5.3 震源モデルの設定(14/16)



⑥考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(1/3):不確かさケースの整理

- ・ 仮想的な断層による地震の地震動評価にあたり、基本ケースの震源モデル、及び不確かさの考慮について、下表のとおり整理する。
- ・ 基本ケースに対する不確かさとして、断層傾斜角及び短周期レベルを考慮する。

震源モデルの設定の考え方と不確かさの整理

不確かさの種類	パラメータ	基本ケースの震源モデルの設定	不確かさの考慮
認識論的不確かさ	断層傾斜角	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大間付近に隆起域が生じるように、南傾斜の逆断層を設定する。 ・ 上記隆起域付近に分布する逆断層は、高角が卓越する(巻末の(補足2)を参照)ため、高角な逆断層として設定する。 ・ 断層傾斜角は、強震動予測レシピでは高角な逆断層の場合60°以上としていることから、敷地に近づくように60°として設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 強震動予測レシピを踏まえ、より低角な45°を考慮する。
	断層長さ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地震動評価上の保守性を考慮し、想定領域の範囲内でそれぞれの地表トレースの長さが最大となるように設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基本ケースで最大長さをあらかじめ考慮している。
	アスペリティの短周期レベル(応力降下量)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 強震動予測レシピに基づき設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、強震動予測レシピの1.5倍を考慮する。
偶然的な不確かさ	アスペリティ位置	<p>【西部断層】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 杉山ほか(2002)の知見を踏まえ、大間付近の隆起域に唯一認められる活断層であるF-14断層の位置をすべり量の大きい領域と仮定し、アスペリティはF-14断層位置に設定し、深さ方向は敷地に最も近づくように断層上端に設定する。 <p>【東部断層】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 東部には活断層が認められず西部のようにアスペリティ位置を特定する痕跡はない。 ・ 地表に痕跡が認められないことから、杉山ほか(2002)の知見を踏まえ、10km以深にアスペリティを設定することが考えられるが、保守的に断層中段深さ(アスペリティ中心深さ9km)とし、敷地に近づくように設定する。また、水平方向は設定した断層深さに対し、敷地に最も近づくように設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基本ケースの震源モデルの段階であらかじめ、敷地に及ぼす影響が大きくなるようにアスペリティを配置している。
	破壊開始点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 敷地に及ぼす影響が大きくなるように、敷地に破壊が向かう破壊開始点を複数設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基本ケースの震源モデルの段階で、複数の破壊開始点をあらかじめ考慮している。

:基本ケースの震源モデルにあらかじめ不確かさを考慮するパラメータ

:基本ケースの震源モデルに対して不確かさを考慮するパラメータ

5.3 震源モデルの設定(15/16)



⑥考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(2/3): 検討ケースの設定(1/2)

- 仮想的な断層による地震の地震動評価における検討ケースを以下に示す。

仮想的な断層による地震の検討ケース一覧

断層位置 (地表トレース)	検討ケース	地震規模	断層傾斜角	アスペリティの 短周期レベル (応力降下量)	アスペリティ位置	破壊開始点
北限補間	基本ケース	M6.7 ($M_0=4.0 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)	60°	強震動予測レシピ	【西部断層】 F-14断層の西端にアスペリティの 西端を合わせて敷地に寄せて設定 し、深さ方向は敷地に最も近くよ うに断層上端に設定 【東部断層】 深さ方向は断層中段深さ(アスペリ ティ中心深さ9km)に設定のうえ、敷 地に最も近い位置に設定	複数設定
	断層傾斜角の不確かさ	M6.8 ($M_0=5.1 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)	45°	強震動予測レシピ		
	短周期レベルの不確かさ	M6.7 ($M_0=4.0 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)	60°	強震動予測レシピ × 1.5倍		
中央補間③	基本ケース	M6.8 ($M_0=4.4 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)	60°	強震動予測レシピ		
	断層傾斜角の不確かさ	M6.9 ($M_0=5.9 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)	45°	強震動予測レシピ		
	短周期レベルの不確かさ	M6.8 ($M_0=4.4 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)	60°	強震動予測レシピ × 1.5倍		
南限屈曲	基本ケース	M6.7 ($M_0=3.2 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)	60°	強震動予測レシピ		
	断層傾斜角の不確かさ	M6.7 ($M_0=3.8 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)	45°	強震動予測レシピ		
	短周期レベルの不確かさ	M6.7 ($M_0=3.2 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)	60°	強震動予測レシピ × 1.5倍		

: 基本ケースの震源モデルにあらかじめ不確かさを考慮するパラメータ

: 基本ケースの震源モデルに対して不確かさを考慮するパラメータ

5.3 震源モデルの設定(16/16)



⑥考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(3/3): 検討ケースの設定(2/2)

- 仮想的な断層による地震の断層傾斜角の不確かさケースについて、震源モデルを以下に示す。
- 短周期レベルの不確かさケースの震源モデルの形状・配置はP.24に示す基本ケースと同一である。

震源モデル一覧

項目	北限補間 (断層傾斜角の不確かさケース)	中央補間③ (断層傾斜角の不確かさケース)	南限屈曲 (断層傾斜角の不確かさケース)
震源モデル図			
A-A' 断面 模式図			

■ :アスペリティ □ :断層面

<補足説明資料>

[大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価]

(補足1)大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造

(補足2)大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の傾斜について

(補足3)各地表トレースにおける震源モデルの断層諸元

(補足4)等価震源距離の算定方法

(余白)

大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域の
設定根拠とした古い地質構造

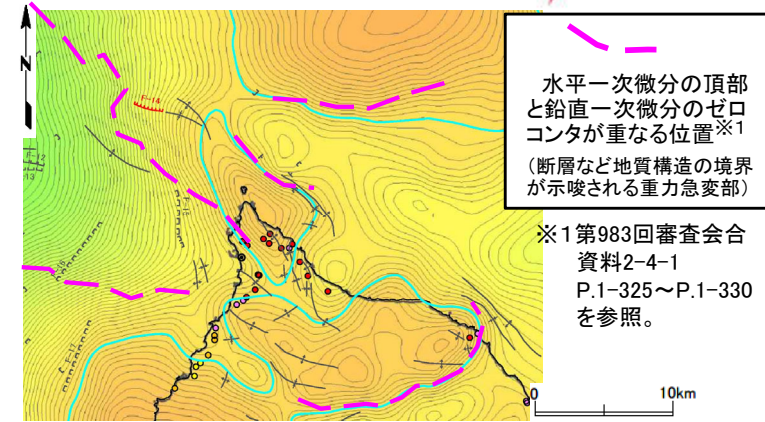
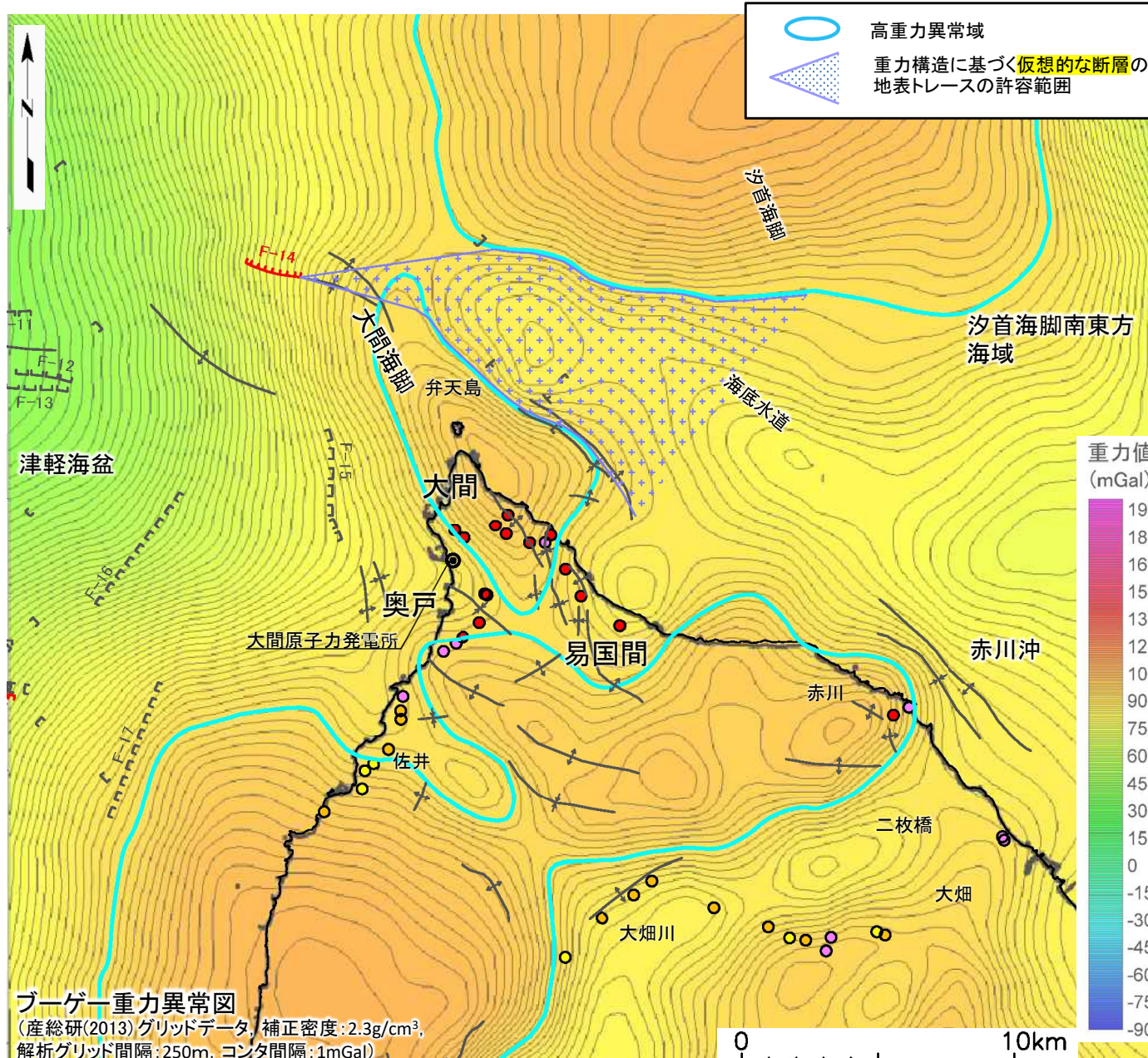
〔5.3節の補足説明資料〕

- 仮想的な断層の基本となる地表トレースは、仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造に基づき設定している。
- これら古い地質構造を選定した考え方を示す。

(補足1)大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造(2/4)



東部断層の根拠(1/3):ブーゲー重力異常



地質構造要素凡例

F-31 (U) 断層 (伏在断層)
F-25 (L) 連続性のない断層
震源として考慮する活断層
背斜軸
向斜軸

段丘の隆起速度調査結果
隆起速度 (m/ky)

- 0.25-0.30
- 0.20-0.25
- 0.15-0.20
- 0.10-0.15
- 0.00-0.10

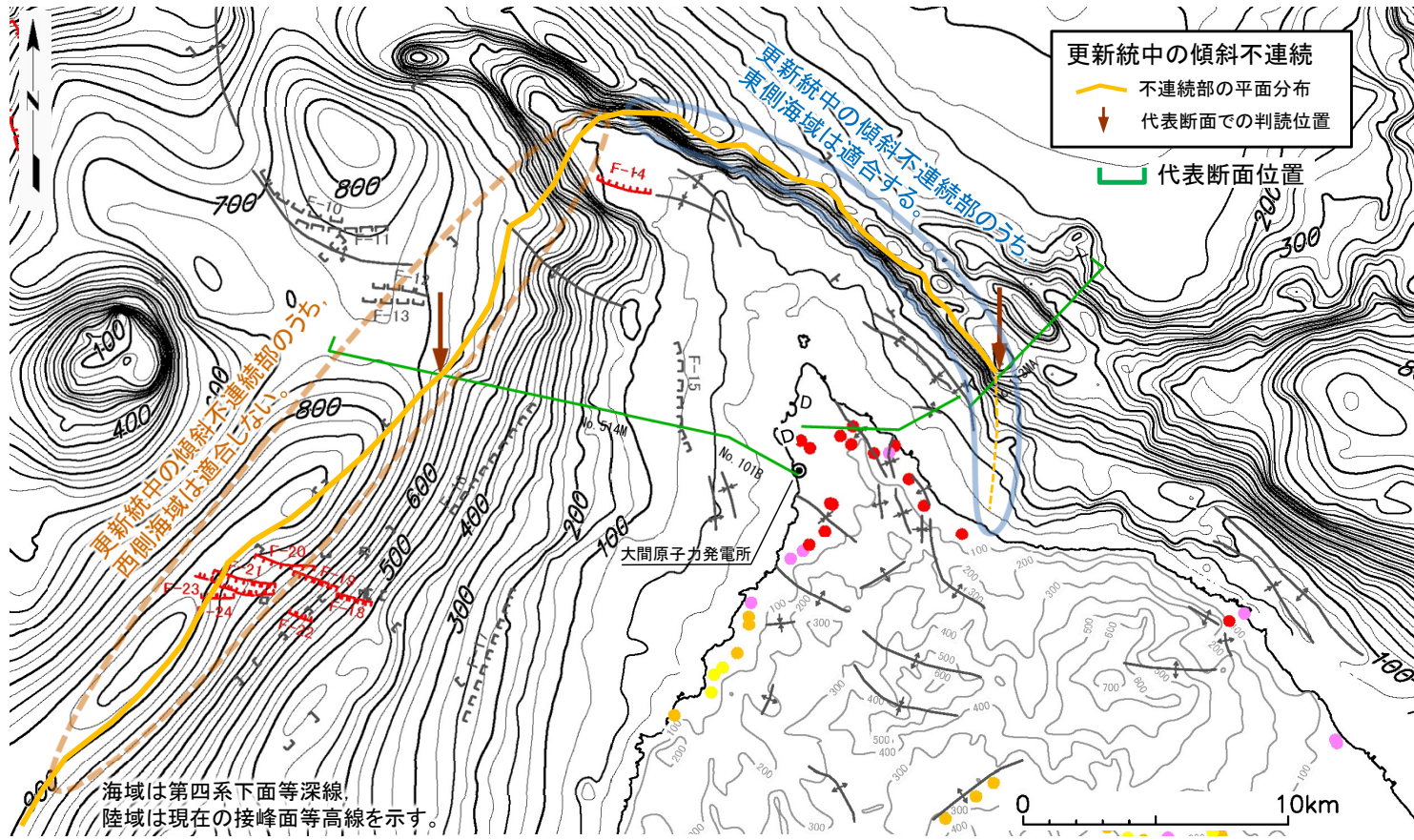
- 大間から赤川, 二枚橋にかけて複雑に入り組んだ重力構造が認められ, 連続性の良い直線状の重力急変部は認められず, 断層は想定できない。
- なお, 大間海脚の高重力異常域は浅部の地層の変形を示唆し, 地震発生層での断層を示唆するものではない※1。

- 高重力異常域を全て基盤の隆起域と仮定し, 直線状の重力急変部を挟んだ低重力異常域を, **仮想的な断層**の地表トレースが連続する許容範囲と仮定する。
- F-14断層の東方延長が, 大間海脚の高重力異常域と汐首海脚の高重力異常域とに挟まれる低重力異常域に連続することから, この低重力異常域を, **仮想的な断層**の許容範囲として設定する。



(補足1)大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造(3/4)

東部断層の根拠(2/3):更新統中の断層類似事象の評価(海域)



地質構造要素凡例 段丘の隆起速度調査結果

隆起速度 (m/ky)

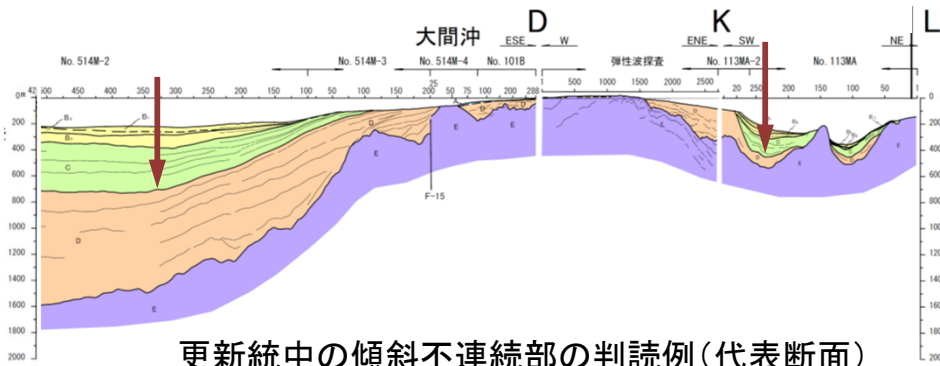
F-31 (伏在断層)	0.25-0.30
連続性のない断層	0.20-0.25
F-25 (震源として考慮する活断層)	0.15-0.20
背斜軸	0.10-0.15
向斜軸	0.00-0.10

海域における更新世の活動を示唆する、「更新統中の傾斜不連続部」の分布範囲について、F-14断層と関連する構造として扱う地形・地質構造としての適合性を評価する。



- 西側海域での傾斜不連続部の走向は、F-14断層と90°以上ずれており、F-14断層の雁行を考慮しても一連の構造とはならない。
- 東側海域での傾斜不連続部は、F-14断層の位置・走向と調和的であり、F-14断層を起点とした**仮想的な断層**に適合する。
- 更新統中の傾斜不連続部のうち東側海域を、F-14断層と関連する地質構造として扱う。

更新統中の傾斜不連続部の平面分布



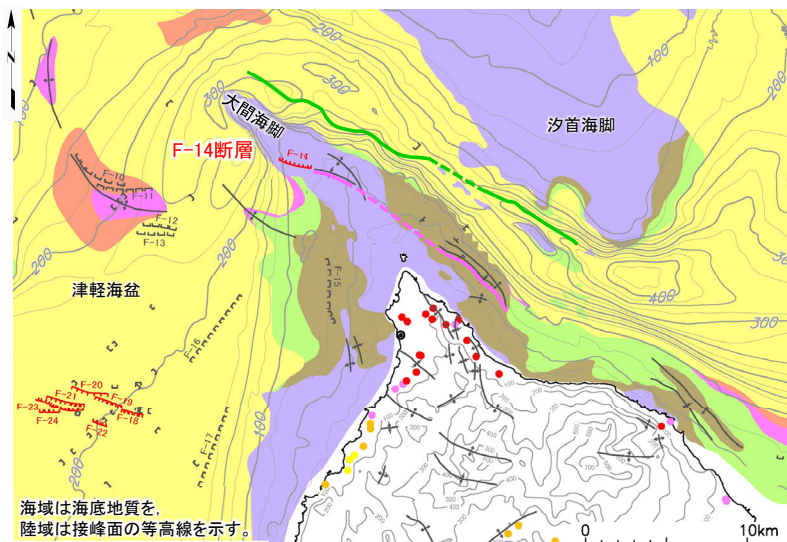
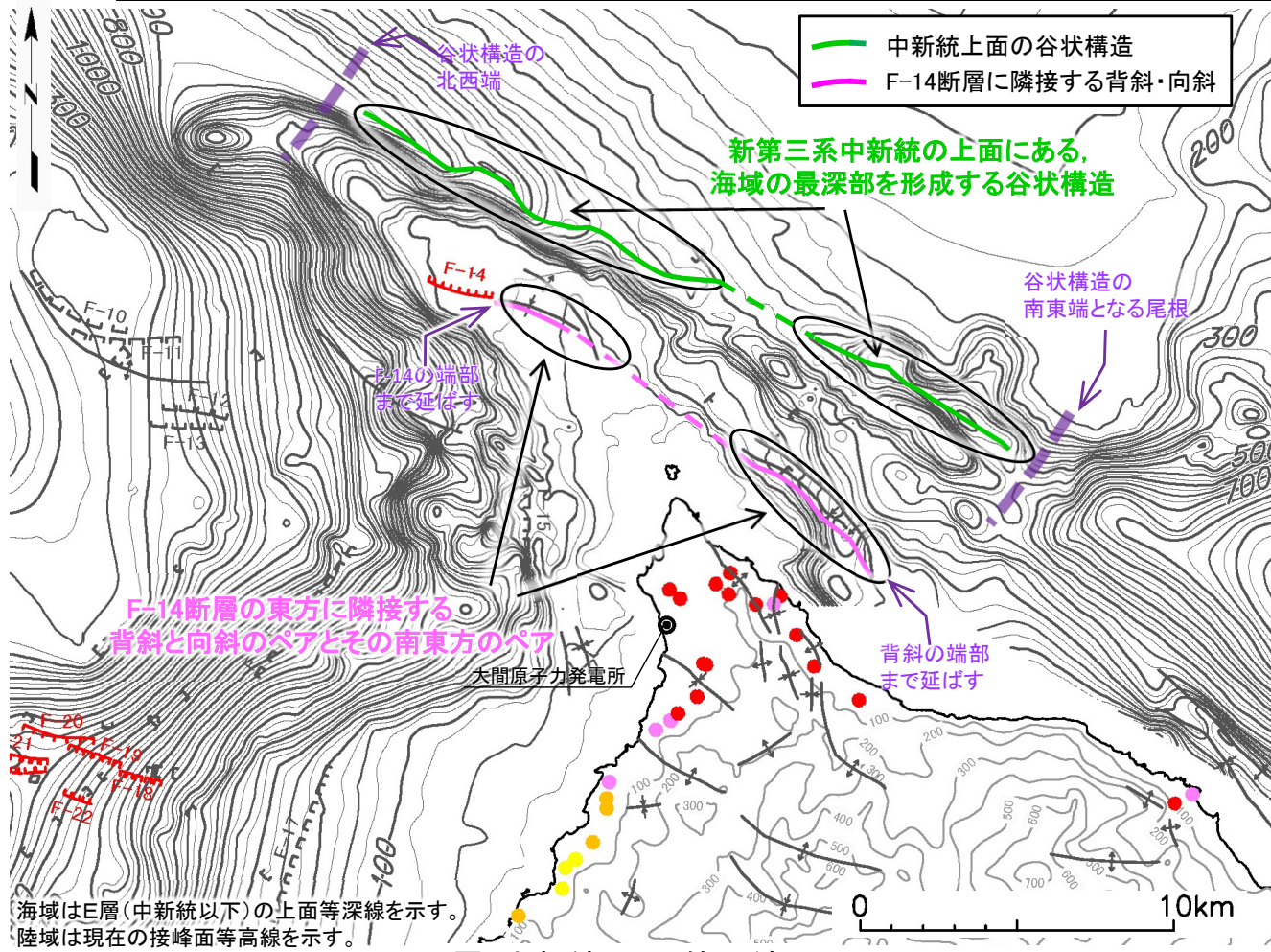
海域地質凡例

地質時代	敷地前面海域
更新世	A層
第四紀	後期 B ₁ 層
	中期 B ₂ 層
	前期 B ₃ 層
鮮新世	C層
中新世	D層
先新第三紀	E層



(補足1)大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の想定領域の設定根拠とした古い地質構造(4/4)

東部断層の根拠(3/3):中新統中の断層類似事象(海域)



海域は海底地質を、陸域は接峰面の等高線を示す。

地質平面図

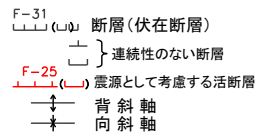
段丘の隆起速度調査結果



海域地質凡例

地質時代	数地前海面
第四紀	完新世 A層
	後期 B層
	中期 B ₂ 層
更新世	前期 C層
	鮮新世 D層
中新世	E層
	先新第三紀

地質構造要素凡例



海域はE層(中新統以下)の上面等深線を示す。陸域は現在の接峰面等高線を示す。

E層(中新統)上面等深線図

海域の中新統中に認められる、
 1) 中新統上面の谷状構造
 2) F-14断層に隣接する背斜・向斜
 について、F-14断層と関連する構造として扱う地形・地質構造としての適合性を評価する。



- 1) 中新統上面等深線図には海域の最深部を形成する谷状構造が認められる。F-14断層の東方延長部よりもやや北寄りに認められるものの、隆起域の縁辺に位置し、F-14断層の走向と調和的である。
- 2) F-14断層に隣接して背斜と向斜の対が分布しており、さらに南東延長部にも背斜と向斜の対が分布している。これら向斜・背斜は陸棚上にあり隆起域の縁辺からやや離れているものの、F-14断層の走向と調和的である。



中新統中の谷状構造及び背斜・向斜の対を、F-14断層と関連する地質構造として扱う。

大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の傾斜について
〔5.3節の補足説明資料〕

- 仮想的な断層の傾斜を考慮するにあたり、下北半島西部付近には逆断層センスの活断層が分布しないことから、下北半島東部で評価された逆断層センスの活断層の傾斜を参照する。

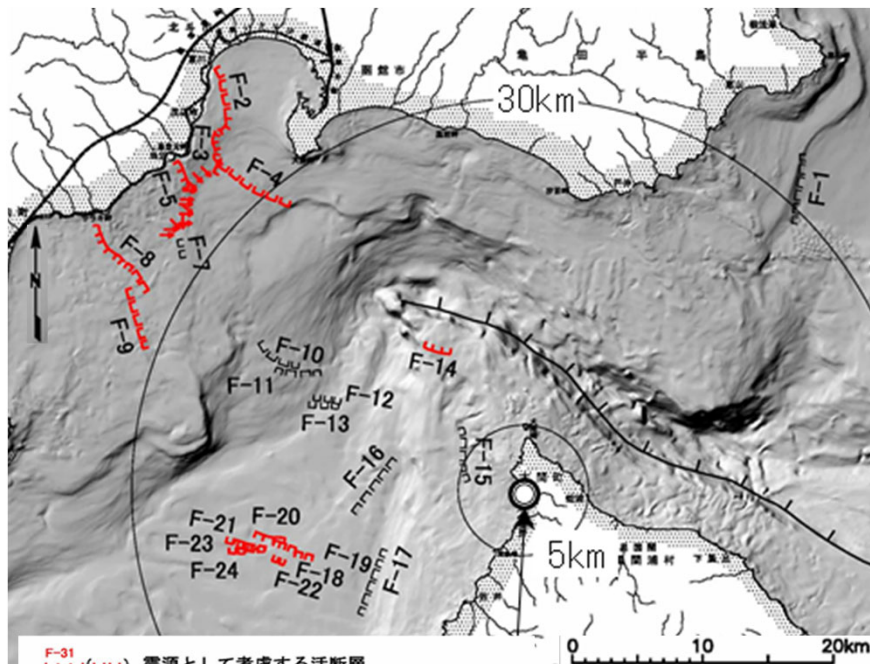
(補足2) 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層の傾斜について(2/2)

- 仮想的な断層の根拠とする地形・地質構造からは震源断層の傾斜を設定することができないため、仮想的な断層の想定領域付近に分布する逆断層の傾斜を参照することとする。
 - 上記想定領域付近で東西走向成分を持つ活断層のうち、逆断層としてF-4断層が分布しており、反射断面図から高角と判断される。なお、逆断層とは評価されないが、F-5断層、F-8断層、F-9断層及びF-14断層も高角で判読される。
 - そこで、仮想的な断層の想定領域付近に分布する逆断層は高角が卓越するものとして、仮想的な断層の傾斜を検討することとする。
- ✓ 仮想的な断層は、大間付近に分布する唯一の活断層であるF-14断層を起点として、後期更新世以降の活動が認められない古い地形・地質構造及び重力構造によって走向を設定している※¹。これら古い地形・地質構造は、白亜紀に形成された構造線(黒松内-釜石沖構造線※²)及び中新世から鮮新世にかけて形成された大間付近の褶曲帯※³の痕跡や組織地形と判断され、重力構造はこれら隆起及び地形・地質構造とおおむね整合している。
 - ✓ F-14断層及び黒松内-釜石沖構造線はどちらも横ずれ断層であり、逆断層として設定する仮想的な断層の傾斜の参考とはならない。
 - ✓ 中新世から鮮新世の褶曲帯には全体が撓曲構造を示す等の伏在断層の兆候は認められず、仮想的な断層の傾斜の参考とはならない。
 - ✓ 上記のとおり、仮想的な断層の根拠とする地形・地質構造からは震源断層の傾斜を設定することができないため、仮想的な断層の想定領域付近に分布する逆断層の傾斜を参照することとする。

※1: 本編資料P.14を参照。

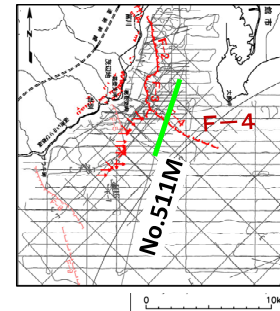
※2: 第983回審査会合資料2-4-2「1.4文献による黒松内-釜石沖構造線」を参照。

※3: 第983回審査会合資料2-4-2「1.8海域の背斜状・向斜状構造」を参照。



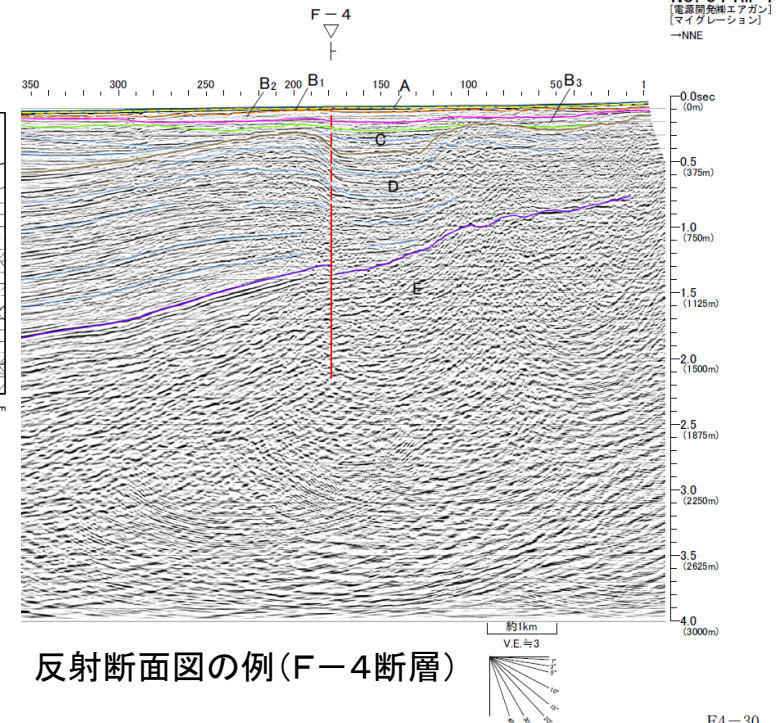
F-31 (赤線) 震源として考慮する活断層

F-1 (黒線) 震源として考慮する活断層に該当しない断層



仮想的な断層の想定領域付近で東西走向成分を持つ活断層

- 逆断層: F-4
- 正断層: F-9
- 横ずれ断層: F-14
- 不明: F-5, F-8



反射断面図の例(F-4断層)

No. 511M-1
[電源地震エーガン]
[マイクレーション]
-NNE

(補足3)各地表トレースにおける震源モデルの断層諸元(1/2)

各地表トレースにおける震源モデルの断層諸元
〔5.3節の補足説明資料〕

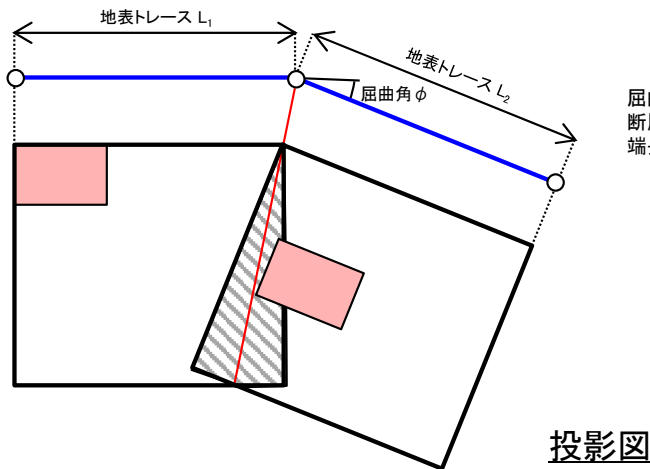
- P.17に示す各地表トレースに対する震源モデルの主な断層諸元を示す。

(補足3)各地表トレースにおける震源モデルの断層諸元(2/2)

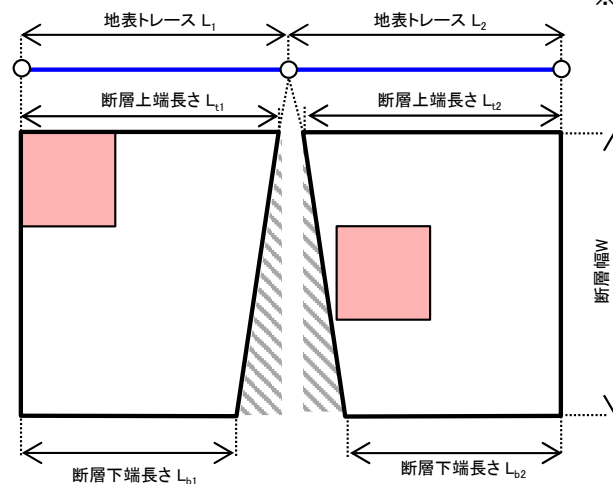
- 各地表トレースにおける震源モデルの断層諸元を下表に示す。
- 西部断層と東部断層の同時破壊を考慮し、断層面の交差部が切欠かれた震源モデルを設定しているため、地表トレースの長さが同じ場合でも屈曲角が小さく直線に近い方が断層面積やアスペリティ面積が大きい傾向となる。

各地表トレースにおける震源モデルの断層諸元

	記号(単位)	北限屈曲		北限補間		中央補間③		中央補間②		中央補間①		中央屈曲		南限補間		南限屈曲		設定根拠	
		西側	東側	西側	東側	西側	東側	西側	東側	西側	東側	西側	東側	西側	東側	西側	東側		
断層全体	地表トレース長さ	(全体) $L_i(\text{km})$	20.6		20.0		19.9		19.5		19.1		19.1		18.7		18.4		L_i : 地表トレースに基づき設定 $i=1$: 西側, 2 : 東側
		(各部) $L_i(\text{km})$	10.2	10.4	10.0	10.0	13.1	6.8	13.1	6.4	13.1	6.0	13.1	6.0	10.3	8.4	7.2	11.2	
	走向	$\theta_i(^{\circ})$	N93° E	N120° E	N101° E	N113° E	N107° E	N107° E	N107° E	N116° E	N107° E	N128° E	N107° E	N140° E	N107° E	N134° E	N107° E	N130° E	地表トレースに基づき設定
	屈曲角	$\phi(^{\circ})$	27		12		0		9		21		33		27		23		$\phi = \theta_2 - \theta_1$ $i=1$: 西側, 2 : 東側
	断層上端長さ	$L_{t1}(\text{km})$	9.8	10.0	9.8	9.8	13.1	6.8	13.0	6.3	12.8	5.7	12.6	5.5	9.9	8.0	6.8	10.8	地表トレース長さ, 走向等に基づき設定
	断層下端長さ	$L_{b1}(\text{km})$	8.1	8.3	9.1	9.1	13.1	6.8	12.4	5.7	11.5	4.4	10.5	3.4	8.2	6.3	5.4	9.4	地表トレース長さ, 走向等に基づき設定
	断層面積*	(全体) $S(\text{km}^2)$	251		262		277		260		239		223		225		226		$S = 0.5 \times (L_{t1} + L_{b1})W$, $W = 13.9\text{km}$ $i=1$: 西側, 2 : 東側 $S = \sum s_i$
		(各部) $S_i(\text{km}^2)$	124	127	131	131	182	95	176	83	169	70	161	62	126	99	85	141	
地震モーメント	$M_0(\text{N}\cdot\text{m})$	3.8E+18		4.0E+18		4.4E+18		4.0E+18		3.5E+18		3.2E+18		3.2E+18		3.2E+18		$M_0 = (S / (2.23 \times 10^{-15}))^{3/2} / 10^7$ (Somerville et al.(1999))	
アスペリティ面積*	(全体) $S_a(\text{km}^2)$	33		35		37		34		32		30		30		30		$S_a = \pi r^2$, $r = (7\pi M_0 V_s^2) / (4AR)$, $R = (S/\pi)^{0.5}$, $A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (増ほか(2001)), $V_s = 3.4\text{km/s}$ (地震本部(2009))	
	(各部) $S_{a1}(\text{km}^2)$	16	17	17	17	24	13	23	11	22	9	21	8	17	13	11	19		$S_{a1}: S_{a2} = S_1: S_2$



屈曲角が大きくなるほど、断層上端長さ及び断層下端長さは短くなる。



※: 断層面積及びアスペリティ面積は、小数点第一位で四捨五入し、整数表記としているため、西部と東部の各部面積の合計は全体面積に一致しないものがある。

■ : アスペリティ
▨ : 切り欠き部

(補足4) 等価震源距離の算定方法(1/2)

等価震源距離の算定方法

[5.3節の補足説明資料]

- 震源モデルのうち、西部断層と東部断層の2つのアスペリティの敷地に及ぼす影響の傾向分析に用いた、アスペリティのみを考慮した等価震源距離の算定方法について補足する。

(補足4) 等価震源距離の算定方法(2/2)

- 等価震源距離※は、震源距離に震源断層面の拡がりの効果を考慮したものであり、下式で与えられる。
- 断層全体の等価震源距離は断層面上の各微小領域から放出される地震波エネルギーの分布をもとに算定する。
- アスペリティのみを考慮した等価震源距離の算定は、背景領域の e_m を0として背景領域を除いて算定する。

※: 等価震源距離の算定方法は、日本電気協会(2021)による

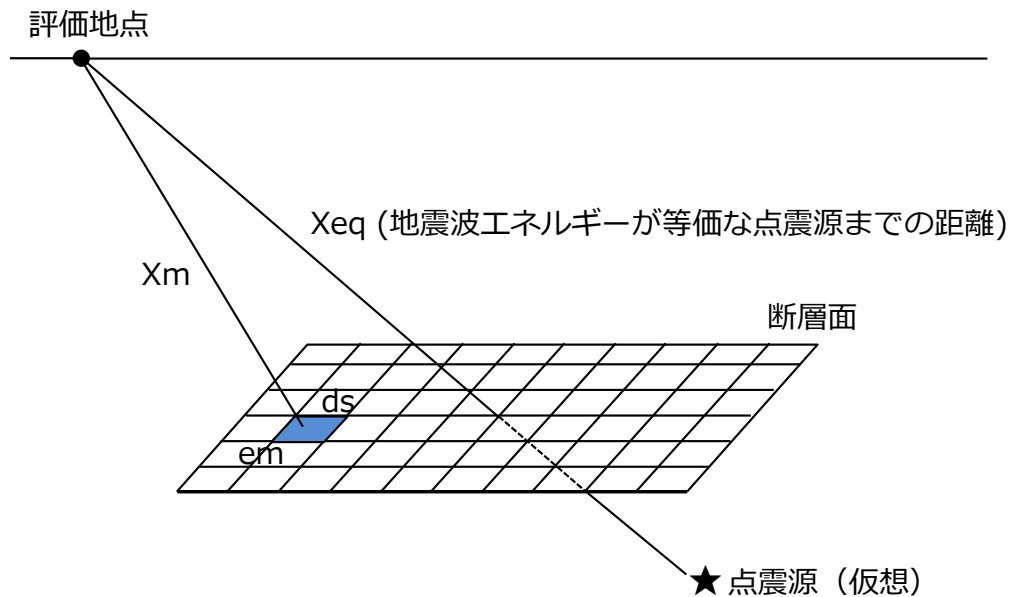
等価震源距離 X_{eq} (km)

$$X_{eq}^{-2} = \frac{\int e_m X_m^{-2} ds}{\int e_m ds}$$

ただし、 X_m : 観測点から断層面の各微小領域 m への距離(km)

e_m : 断層面上の各微小領域 m からの地震波エネルギーの相対的放出分布
(ここではすべり量の2乗と定義)

d_s : 断層面の微小領域 m の面積(km²)



概念図

参考文献

検討概要

- Hisada, Y.(1994) : An Efficient Method for Computing Green's Functions for a Layered Half-Space with Sources and Receivers at Close Depths, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.84, No.5
- Noda, S., K.Yashiro, K.Takahashi, M.Takemura, S.Ohno, M.Tohdo and T.Watanabe(2002) : Response Spectra for Design Purpose of Stiff Structures on Rock Sites, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis, Oct. 16-18, Istanbul
- 入倉孝次郎・香川敬生・関口春子(1997) : 経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良, 日本地震学会講演予稿集, No.2, B25
- 地震調査研究推進本部(2020) : 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」), 令和2年(2020年)3月, <https://www.jishin.go.jp/main/chousa/17_yosokuchizu/recipe.pdf>
- 杉山雄一・関口春子・粟田泰夫・伏島祐一郎・下川浩一(2002) : 活断層情報と不均質震源特性との関係, 平成13年度科学振興調整費「地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究」研究成果報告書

5. 大間付近の隆起域を考慮した仮想的な断層による地震の地震動評価

- Somerville, P. G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada (1999), Characterizing Crustal Earthquake slip Models for the prediction of strong ground motion, Seismological Research Letters, Volume 70
- 武村雅之(1990) : 日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係, 地震第2輯, 第43巻

補足説明資料

- 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013) : 数値地質図P-2 日本重力データベース DVD版, 独立行政法人産業技術総合研究所
- 地震調査研究推進本部(2009) : 全国地震動予測地図, 平成21年7月
- 壇一男・渡辺基史・佐藤俊明・石井透(2001) : 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 第545号
- 日本電気協会(2021) : 原子力発電所耐震設計技術指針, JEAG4601-2021