

大間原子力発電所審査資料	
資料番号	OM1-CA215-R00
提出年月日	2024年2月8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)

(大間崎付近に想定する地震の地震動評価方針)

2024年2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)

(大間崎付近に想定する地震の

地震動評価方針)

2024年2月8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

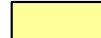
・左下の注記

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、大間崎付近に想定す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	大間崎付近に想定する地震	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。	地震動評価方針の変更により回答不要	
S4-10	大間崎付近に想定する地震	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.(6)~P.(8)	本編資料 P.10, P.12~P.28
S4-11	大間崎付近に想定する地震	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。	地震動評価方針の変更により回答不要	
S4-12	大間崎付近に想定する地震	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)

大間崎付近に想定す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

<p>・ 第1013回審査会合(2021.11.5)の地震動評価の実施手順</p>	<p>・ 今回ご説明の地震動評価の実施手順</p>
<p>〈本編 5章 隆起再現断層による地震の地震動評価〉</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 5章 大間崎付近に想定する地震の地震動評価〉</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.1 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;">5.2 震源モデルの設定</div> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「震源を特定する領域」において地震動評価の対象となる震源モデル ・ 地表痕跡がある場合の震源断層長さの考慮 ・ 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 (次回以降ご説明) <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5.3 地震動評価手法 (次回以降ご説明)</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">5.4 地震動評価結果 (次回以降ご説明)</div>

I. 第1013回審査会合からの主な変更点(2/2)

大間崎付近に想定する地震に係る主な変更点(2/2): 基本的な考え方について

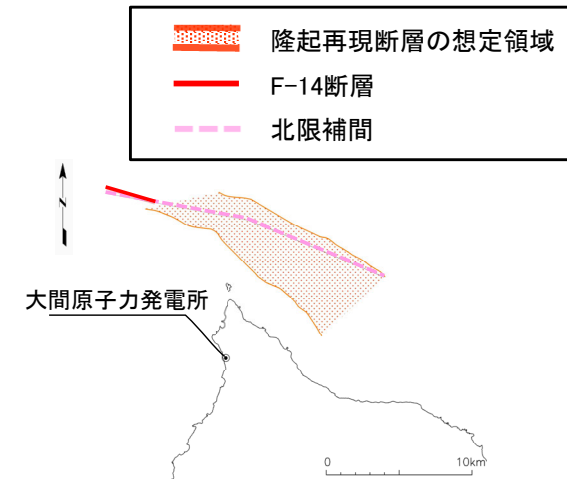
コメントNo.S4-10

○第1013回審査会合(2021年11月5日)

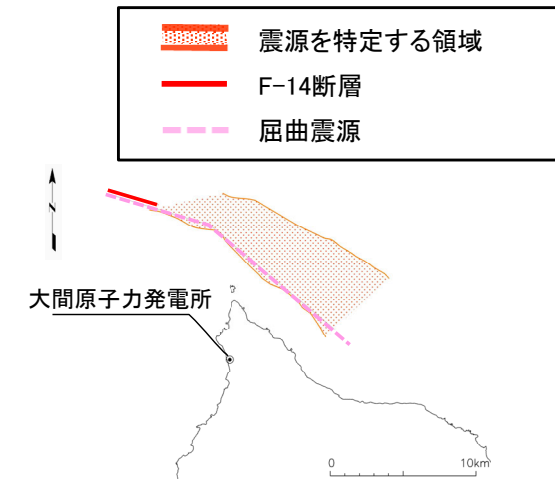
- 後期更新世以降の活動が認められない地形・地質構造等(以下「古い地質構造」という。)に基づき設定した「地表トレースを想定し得る領域」に、不確かさも考慮した複数の震源モデルを想定した。
地震動評価の対象とする震源モデルは、上記モデルのうち隆起シミュレーションにより地形発達過程の再現性ありと評価した震源モデルを選定した。
- このため、地震名称を「隆起再現断層による地震」、想定領域を「隆起再現断層の想定領域」と呼称した。
- 基本ケースの震源モデルは、再現性ありと評価した震源モデルのうち、敷地に及ぼす影響が最も大きいモデル(北限補間)とした。
- 走向(位置)、断層傾斜角、及びアスペリティ位置の不確かさをそれぞれ考慮した複数の震源モデルより、基本ケースの震源モデルを選定したことから、不確かさケースは短周期レベルの不確かさのみを考慮した。

○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、隆起シミュレーションを取り止め、地震動評価の対象とする震源モデルは、敷地に及ぼす影響の大きさの観点で選定する。
- 上記方針変更に伴い、地震名称を「大間崎付近に想定する地震」、想定領域は当該地震の位置を特定するために用いることから、「震源を特定する領域」と呼称する。
- 基本ケースの震源モデルは、敷地に最も近く、地表に孤立した短い活断層があるとした場合に、否定できないとされる震源断層長さ20kmを考慮したモデル(屈曲震源)とする。
- 不確かさケースは、断層傾斜角、地震規模及び短周期レベルの不確かさを考慮する。



基本ケース(第1013回審査会合)

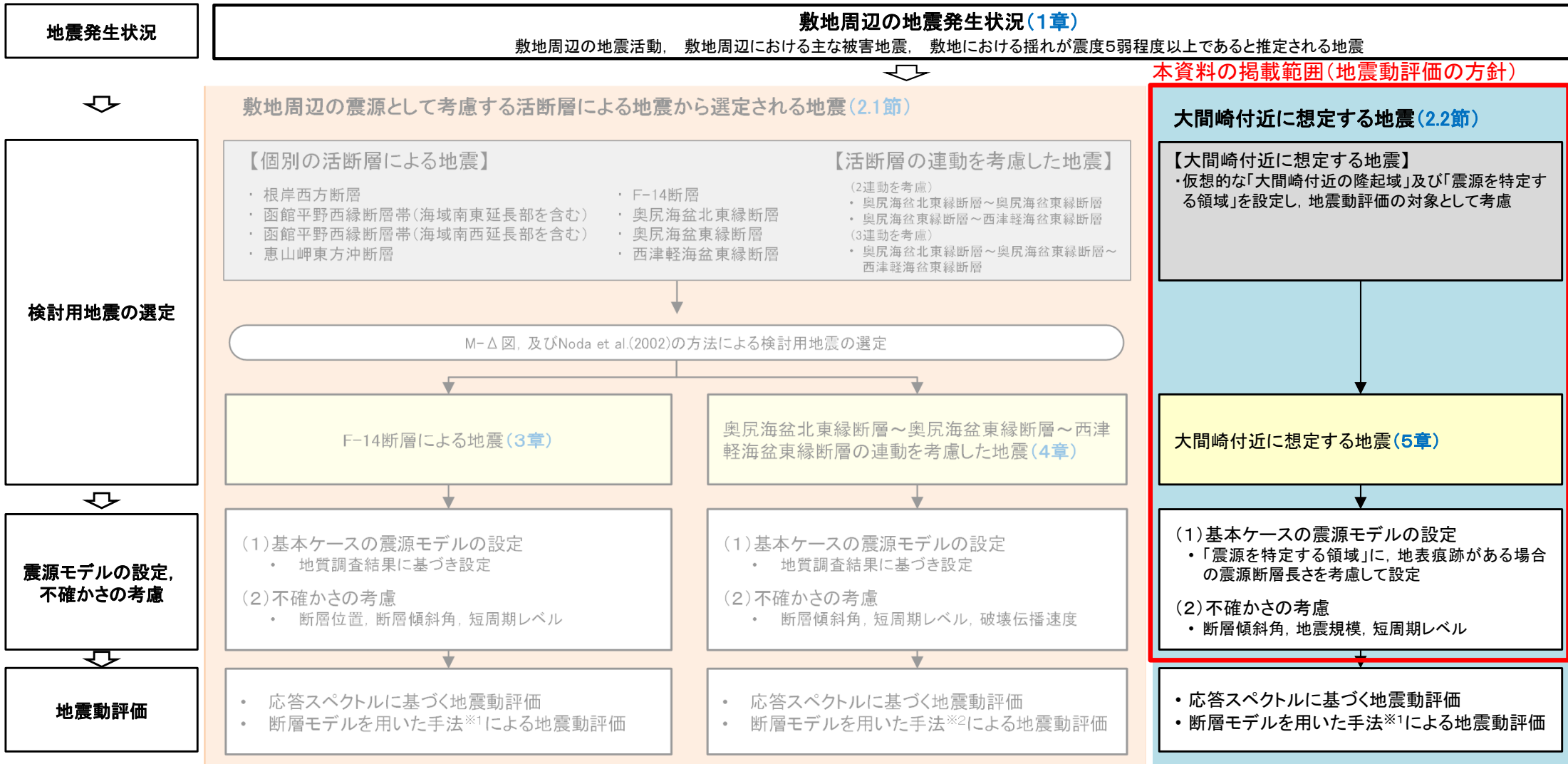


基本ケース(今回ご説明)

II. 検討概要(1/5)

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、大間崎付近に想定する地震を選定する。



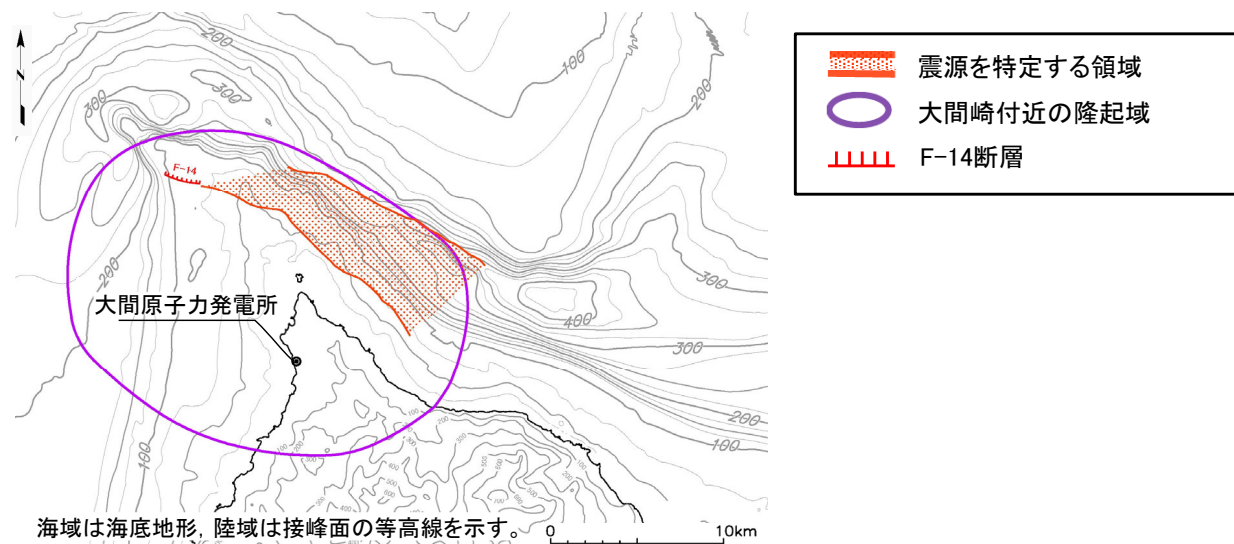
※1：統計的グリーン関数法と理論的手法のハイブリッド合成法による。統計的グリーン関数法の波形合成は、入倉ほか(1997)、理論的手法はHisada(1994)を用いる。
 ※2：経験的グリーン関数法による。波形合成は入倉ほか(1997)を用いる。

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(2/5)

大間崎付近に想定する地震の想定

- 下北半島西部は全域が隆起傾向にあり、そのうち相対的に隆起速度が速く、かつ敷地に近い大間崎付近に仮想的な隆起域を設定する。この隆起域が地震(以下「大間崎付近に想定する地震」という。)により生じたものと仮定して、大間崎付近に想定する地震を「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地震動を評価する。
- 地質調査結果によれば、大間崎付近の隆起域には隆起を生じさせる活断層は認められないため、大間崎付近の隆起域に唯一認められるF-14断層とその延長にある中新統中の向斜構造及び中新統上面の谷状構造に囲まれる範囲(以下「震源を特定する領域」という。)に、地震に関連する構造が存在するものと想定する。(P.5参照)
- 上記を踏まえ、地震動評価に当たっては、震源を特定する領域にF-14断層を地表痕跡とする震源断層を想定して評価する。



大間崎付近に想定する地震の震源を特定する領域
及び大間崎付近の隆起域

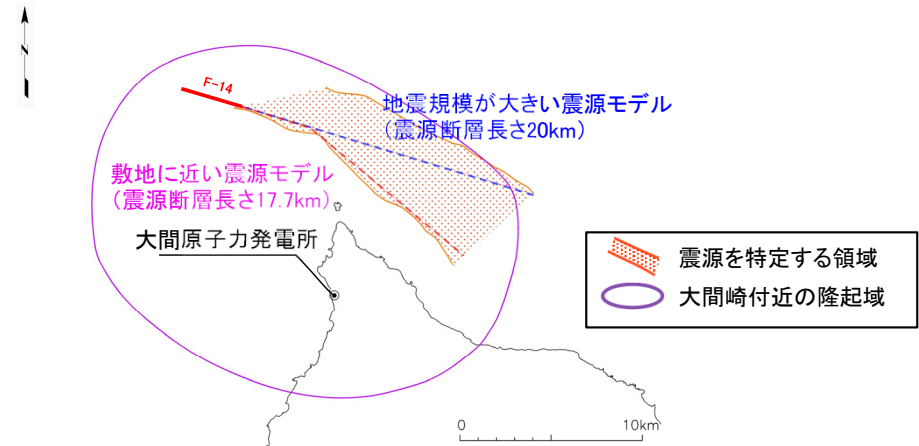
Ⅱ. 検討概要(3/5)

基本ケースの震源モデルの設定: 巨視的パラメータ

- 基本ケースの震源モデルは、「震源を特定する領域」に敷地に及ぼす影響が大きい2つの震源モデルを設定し、地震動評価の保守性の観点でF-14断層を地表痕跡とする場合の震源断層長さを考慮して、敷地に及ぼす影響が最も大きいものを選定する。

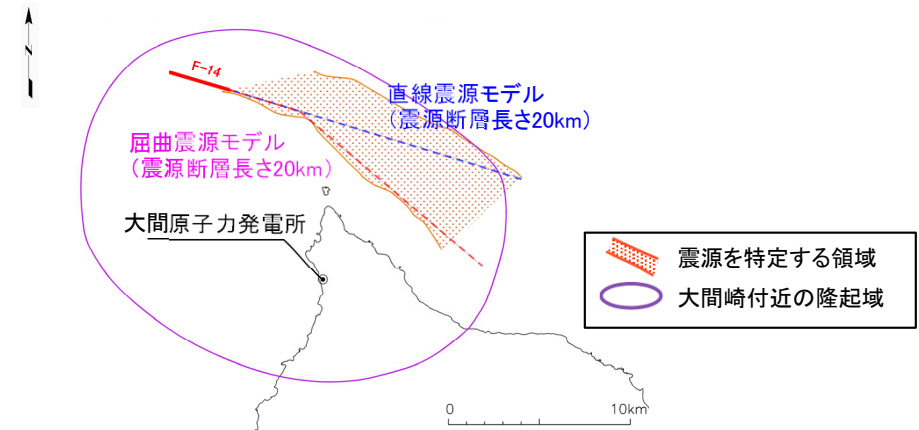
①「震源を特定する領域」に想定する震源モデル

- 「震源を特定する領域」は、大間崎付近の隆起域に認められるF-14断層とこれに関連する古い地質構造に基づき設定している。このため、F-14断層は大間崎付近に想定する地震に関連する地表痕跡として扱う。
- 「震源を特定する領域」には複数の震源断層を想定し得るため、敷地に及ぼす影響の観点から、地震規模が大きい震源モデル及び震源断層が敷地に近い震源モデルを考慮する。



②地表痕跡がある場合の震源断層長さの考慮

- F-14断層を大間崎付近に想定する地震の地表痕跡として扱うことから、地震動評価の保守性の観点より、地表に孤立した短い活断層があるとした場合に、否定できないとされる震源断層長さを考慮する。
- 地表に数km程度の孤立した短い活断層がある場合、Stirling et al.(2002)及び入倉(2007)によれば、地下に長さ20km程度の震源断層が存在する可能性が否定できないとされている。
- これを踏まえ、地下深部に長さ20kmの震源断層が存在するものとして、地震規模が大きい震源モデルを「直線震源モデル」、敷地に最も近い震源モデルを「**屈曲震源モデル**」として設定する。



③検討用地震の基本ケースの震源モデルの設定

- 敷地からの距離が小さく、敷地に及ぼす影響が大きい「**屈曲震源モデル**」を基本ケースの震源モデルとして選定する。

Ⅱ. 検討概要(4/5)

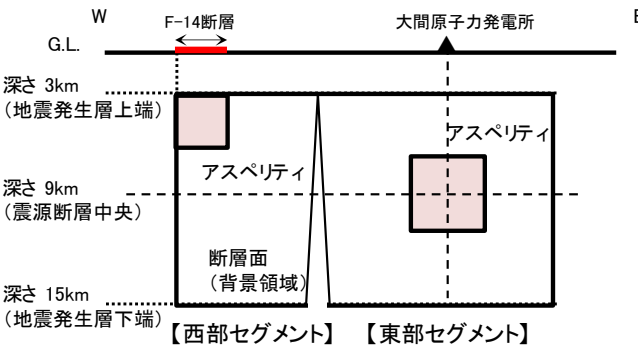
基本ケースの震源モデルの設定: 微視的パラメータ(アスペリティ)

- 基本ケースの震源モデルのアスペリティは、強震動予測レシピ※を踏まえた上で、地質調査結果及び知見を考慮して設定する。

※: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。)

アスペリティの個数

- 強震動予測レシピを参照するとともに、大間崎付近の隆起域の分布を踏まえて設定する。
- 震源断層は、東部と西部の2つのセグメントで構成されることから、強震動予測レシピに従い、各セグメントに1個ずつ設定する。
- 個々のアスペリティの面積は、強震動予測レシピに従い、各セグメントの面積比にて配分する。



基本ケースの震源モデル

アスペリティの位置

- 強震動予測レシピでは、活断層調査から得られた1回の地震イベントによる変位量分布もしくは平均変位速度の分布より設定し、これらの情報に基づき設定できない場合には、震源断層中央付近に設定するとされている。
- 強震動予測レシピを踏まえ、東部及び西部の各セグメントのアスペリティは以下のとおり設定する。

【東部セグメント】

- 地質調査結果及び知見
 - 地質調査結果より、東部には地表痕跡は存在しない。
 - 杉山ほか(2003)によれば、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言えなくなる。
- アスペリティの位置の設定
 - 長さ(走向)方向:地表痕跡は存在せず、東部セグメントにおいて地表の変位量の大きい箇所は特定できない。ここでは、強震動予測レシピにおける活断層の変位量分布等の情報が得られていない場合と同様に扱い、敷地に最も近い位置となる震源断層中央付近に設定する。
 - 深さ(断層幅)方向:地表痕跡が存在しないことから、アスペリティ深さは震源断層の深部(10km程度以深)が適切である。ここでは、保守的に、強震動予測レシピにおける活断層の変位量分布等の情報が得られていない場合と同様に扱い、震源断層中央(アスペリティ中心深さ9km, アスペリティ上端深さ7km)に設定する。

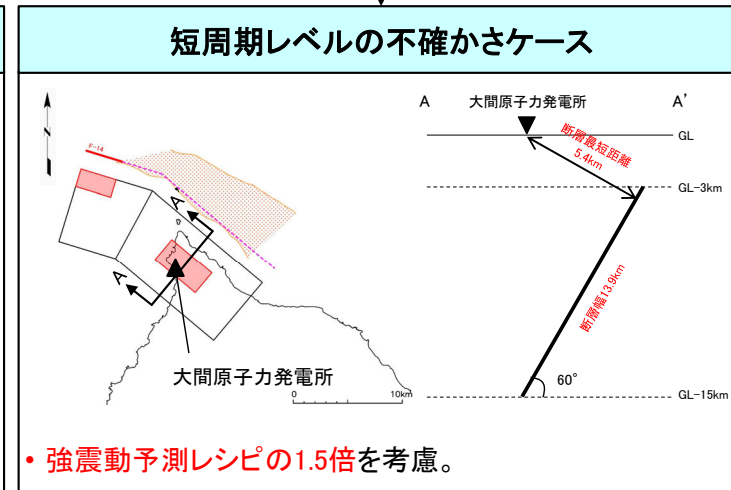
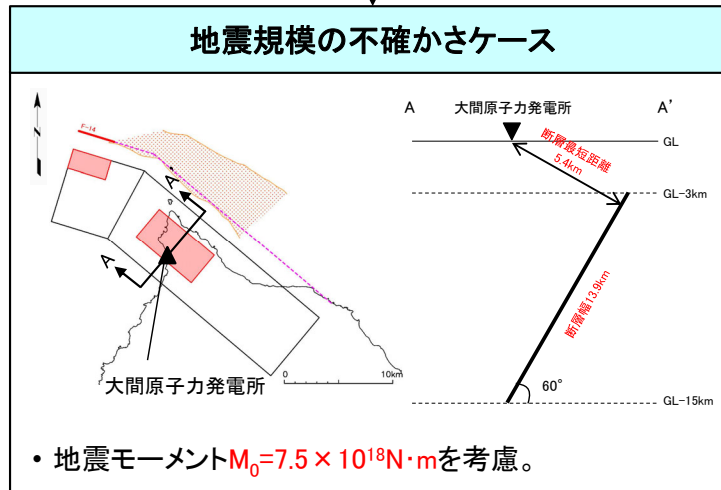
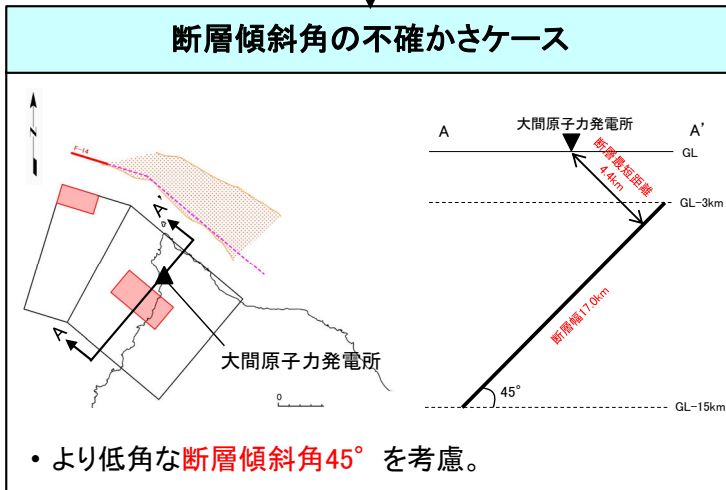
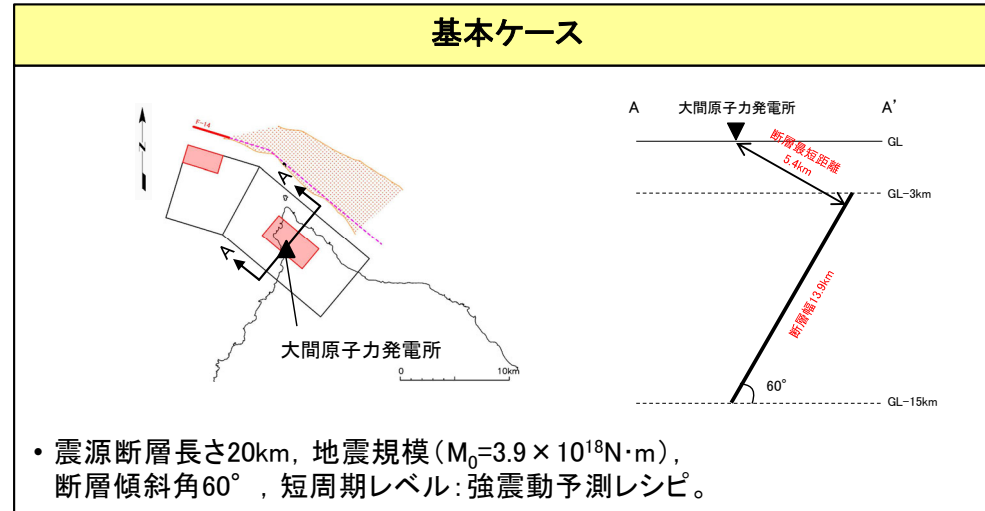
【西部セグメント】

- 地質調査結果及び知見
 - 地質調査結果より、大間崎付近の隆起域に地表痕跡として扱うF-14断層が存在する。
 - 杉山ほか(2002, 2003)によれば、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よく対応し、活断層の変位量分布が地震イベントの繰り返しの中で再現されている。
- アスペリティの位置の設定
 - 長さ(走向)方向:地表の変位量の大きい箇所として、地表痕跡として扱うF-14断層が唯一認められることから、強震動予測レシピに従い、F-14断層位置に設定する。
 - 深さ(断層幅)方向:杉山ほか(2002)の知見を踏まえ、敷地に近い震源断層上端に設定する。

II. 検討概要(5/5)

大間崎付近に想定する地震の検討ケース

- 大間崎付近に想定する地震の検討ケースの一覧を以下に示す。
- 設定した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°)、地震規模の不確かさケース(地震モーメント $M_0=7.5 \times 10^{18}N \cdot m$)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。



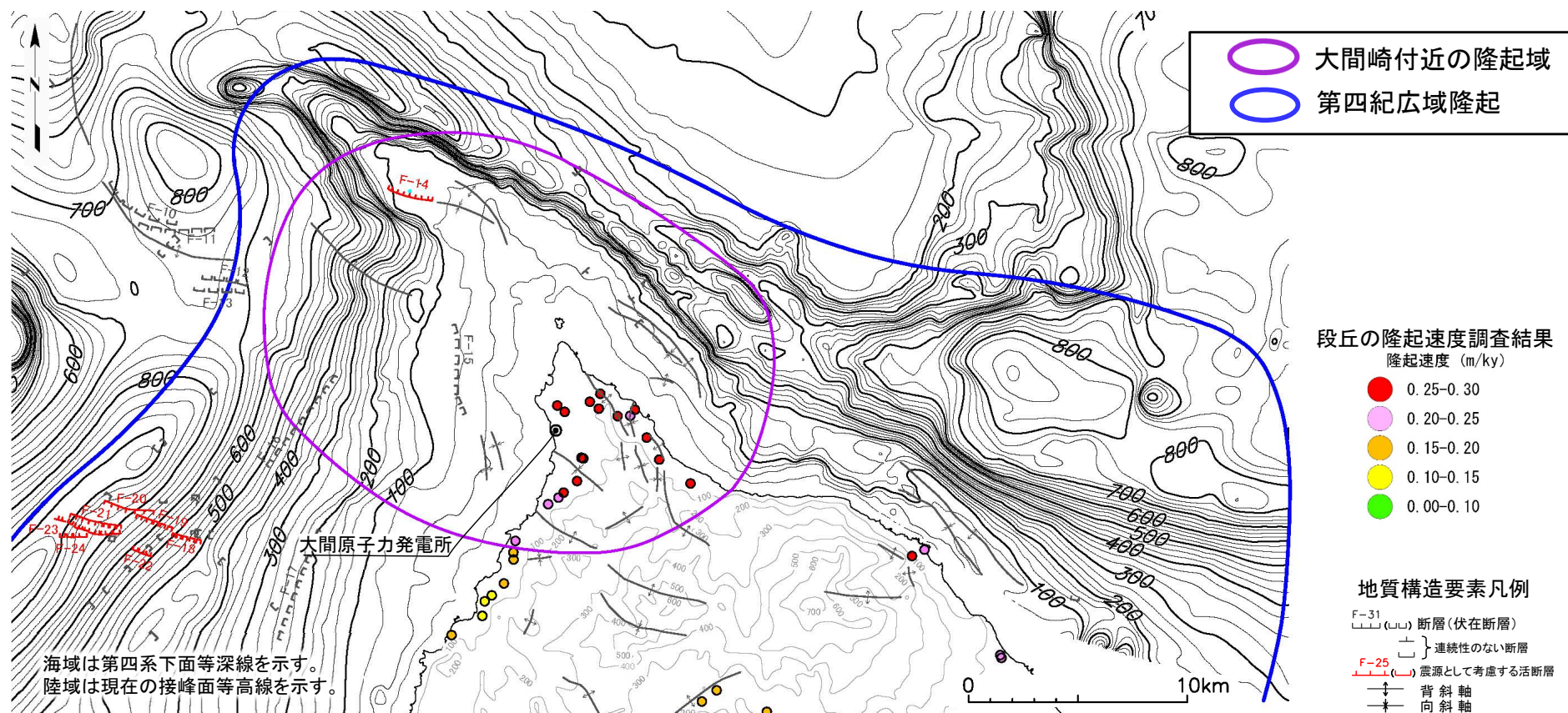
1. 敷地周辺の地震発生状況	
2. 検討用地震の選定	
2.1 敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震	
2.2 大間崎付近に想定する地震	P.3
2.3 検討用地震の選定のまとめ	P.8
3. F-14断層による地震の地震動評価	
3.1 地震発生層の設定	
3.2 震源モデルの設定	
3.3 地震動評価手法	
3.4 地震動評価結果	
4. 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動評価	
4.1 地震発生層の設定	
4.2 震源モデルの設定	
4.3 地震動評価手法	
4.4 地震動評価結果	
5. 大間崎付近に想定する地震の地震動評価	P.9
5.1 地震発生層の設定	P.11
5.2 震源モデルの設定	P.12
5.3 地震動評価手法	
5.4 地震動評価結果	
6. 地震動評価のまとめ	
<補足説明資料>	
[大間崎付近に想定する地震の地震動評価]	
(補足1)震源断層の形状が敷地に及ぼす影響について	P.30
(補足2)大間崎付近に想定する地震の震源断層の傾斜について	P.32
(補足3)検討用地震の検討ケースにおける地震モーメント	P.34

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 大間崎付近に想定する地震
 - 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. 大間崎付近に想定する地震の地震動評価
 - 5.1 地震発生層の設定
 - 5.2 震源モデルの設定
 - 5.3 地震動評価手法
 - 5.4 地震動評価結果
6. 地震動評価のまとめ

2.2 大間崎付近に想定する地震(1/5)

地質調査結果(1/3):大間崎付近の隆起域の設定

- 地質調査結果によれば, 下北半島西部において認められる広域的な地殻変動のうち, 相対的に隆起速度の速い領域が敷地に近い大間崎付近の陸域と海域に認められる。
- 敷地に近い大間崎付近の陸域と海域を仮想的な隆起域とし, 以下「大間崎付近の隆起域」と呼称する。



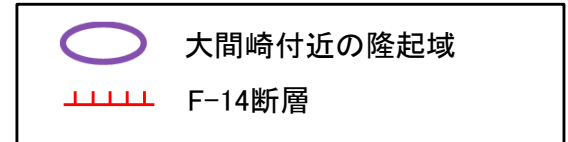
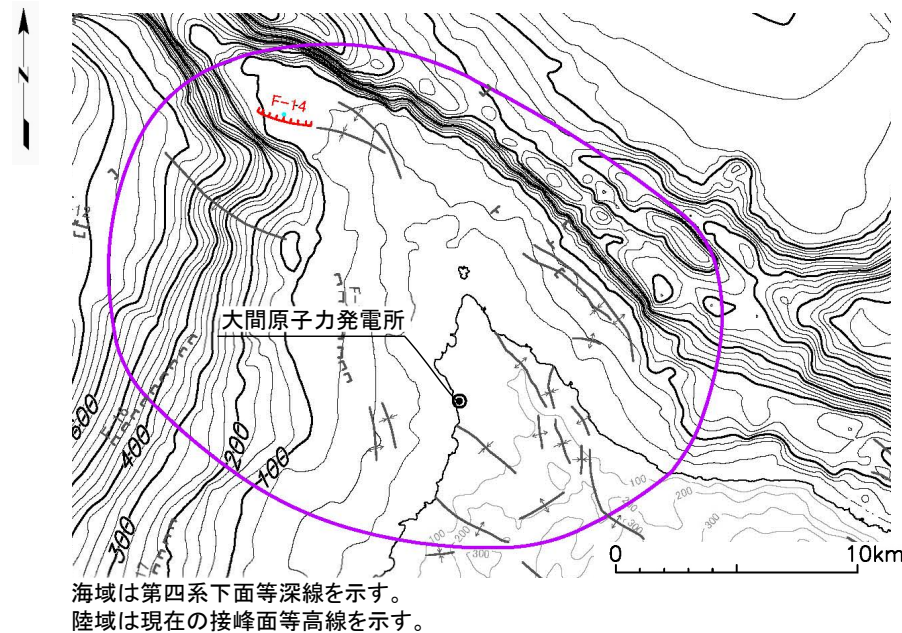
2.2 大間崎付近に想定する地震(2/5)



地質調査結果(2/3):大間崎付近の隆起域における活断層

- 地質調査結果によれば、大間崎付近の隆起域には、隆起を生じさせる活断層は認められない。
- 大間崎付近の隆起域に存在する活断層はF-14断層のみであり、走向、傾斜と応力場の関係から横ずれ断層と考えられる。
- 大間崎付近の隆起域には、F-14断層以外の活断層は認められないものの、F-14断層の東方延長に古い地質構造等※が認められる。(P.5参照)
- 大間崎付近の隆起域が地震により生じたものと仮定するに当たり、F-14断層と古い地質構造を関連付けて考慮する。

※:後期更新世以降の活動が認められない地形・地質構造等



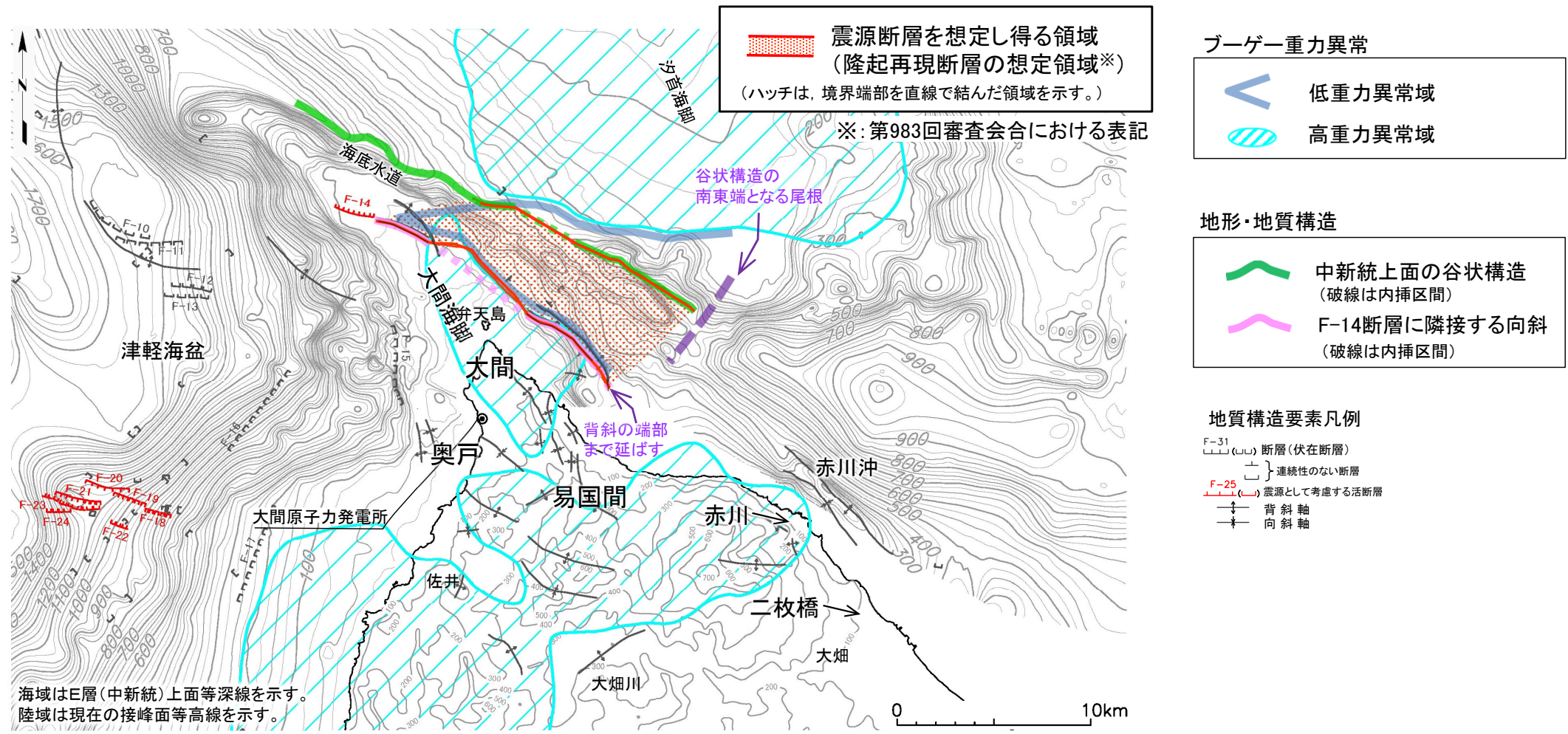
F-14断層及び大間崎付近の隆起域

2. 検討用地震の選定

2.2 大間崎付近に想定する地震(3/5)

地質調査結果(3/3): 震源断層を想定し得る領域

- F-14断層と関連付ける古い地質構造としては、中新統上面の谷状構造、背斜・向斜構造及びブーゲー重力異常を考慮し、地下深部に伏在する震源断層を想定し得る領域を設定した。
- ただし、震源断層を想定し得る領域は、震源断層面の延長上の地表面位置として設定した。



2.2 大間崎付近に想定する地震(4/5)

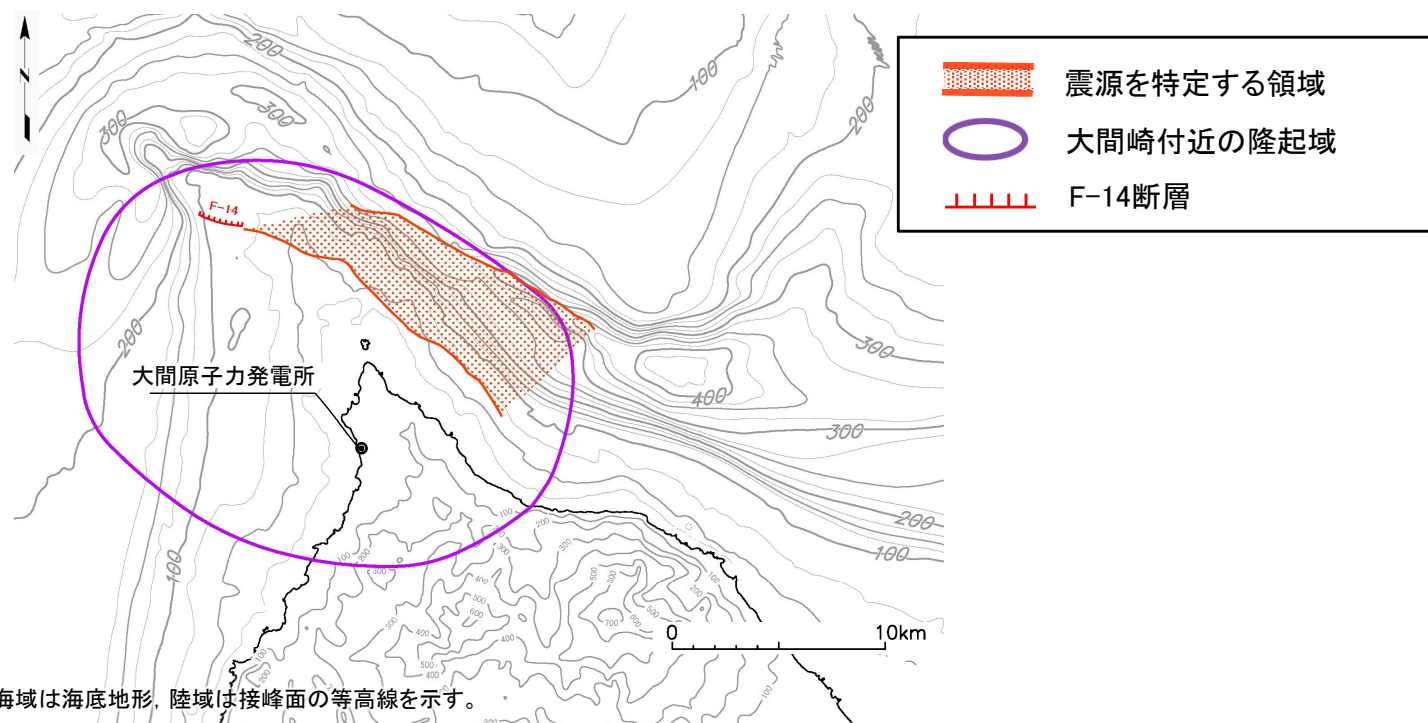
検討用地震の選定

- 地質調査結果によれば、敷地に近い大間崎付近の陸域と海域には、相対的に隆起速度が速い領域が認められることから、仮想的な「大間崎付近の隆起域」を設定した。
- この隆起域が地震により生じたものと仮定し、「大間崎付近に想定する地震」として、地震動評価の対象とする。
- この地震を「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の検討用地震に選定する。

2.2 大間崎付近に想定する地震(5/5)

[参考]検討用地震等の名称について

- 地質調査結果に基づき設定した震源断層を想定し得る領域は、地震動評価において、その地下深部に震源を特定するために用いることから、当該領域を「震源を特定する領域」と呼称する。
- また、大間崎付近の隆起が地震により生じたものと仮定して地震動評価を行うことから、この地震を「大間崎付近に想定する地震」と呼称する。



大間崎付近に想定する地震の震源を特定する領域及び大間崎付近の隆起域
(第983回審査会合 資料2-4-1 P.9-4を参照。)

2.3 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、以下の地震について地震動評価を行う。

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

大間崎付近に想定する地震

・F-14断層と関連付けて古い地質構造に基づき設定した「震源を特定する領域」において、以下の地震を選定する。

- 大間崎付近に想定する地震

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 大間崎付近に想定する地震
 - 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. 大間崎付近に想定する地震の地震動評価
 - 5.1 地震発生層の設定
 - 5.2 震源モデルの設定
 - 5.3 地震動評価手法
 - 5.4 地震動評価結果
6. 地震動評価のまとめ

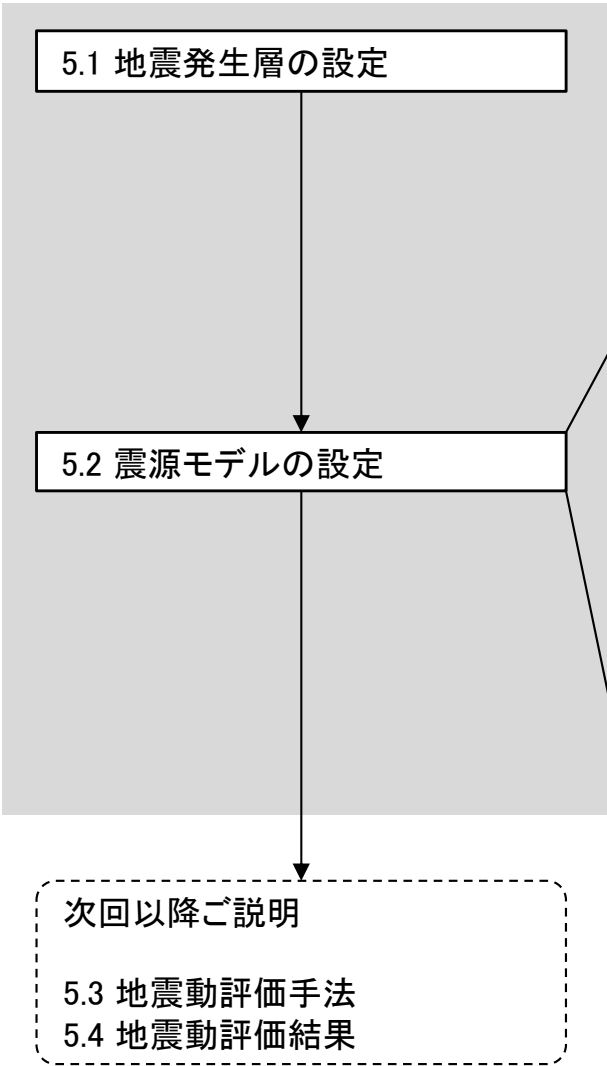


5. 大間崎付近に想定する地震の地震動評価

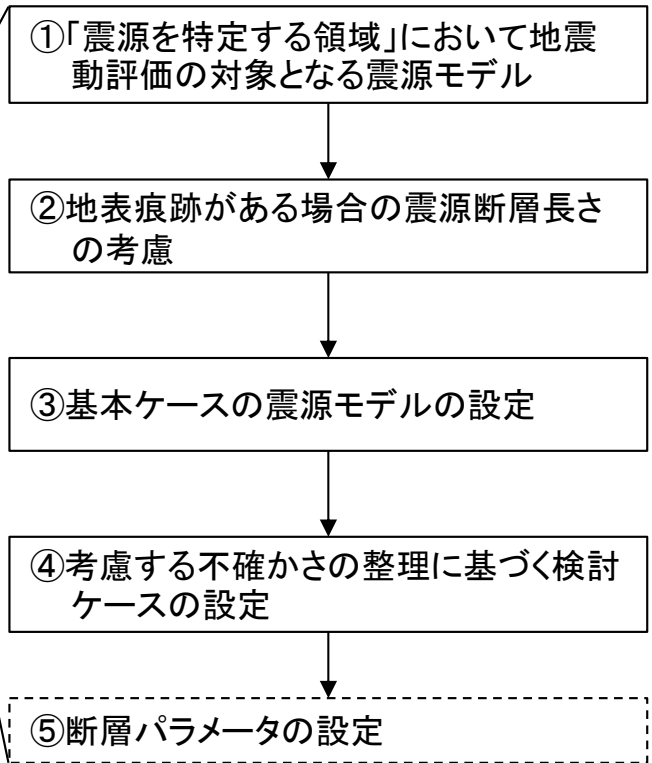
大間崎付近に想定する地震の地震動評価の実施手順

以下の実施手順により、大間崎付近に想定する地震の地震動を評価する。

実施手順



「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。



「震源を特定する領域」に想定される震源モデルのうち、敷地に及ぼす影響が大きい2つの震源モデルを地震動評価の対象として選定する。(P.14)

F-14断層を地表痕跡として扱うことから、地表に孤立した短い活断層があるとした場合に、否定できないとされる震源断層長さ20kmを考慮して震源モデルを設定する。(P.15)

敷地に及ぼす影響がより大きいモデルを基本ケースの震源モデルとして設定する。(P.16～P.22)

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、検討ケースを設定する。(P.23～P.28)

次回以降ご説明

5.1 地震発生層の設定



地震発生層の設定

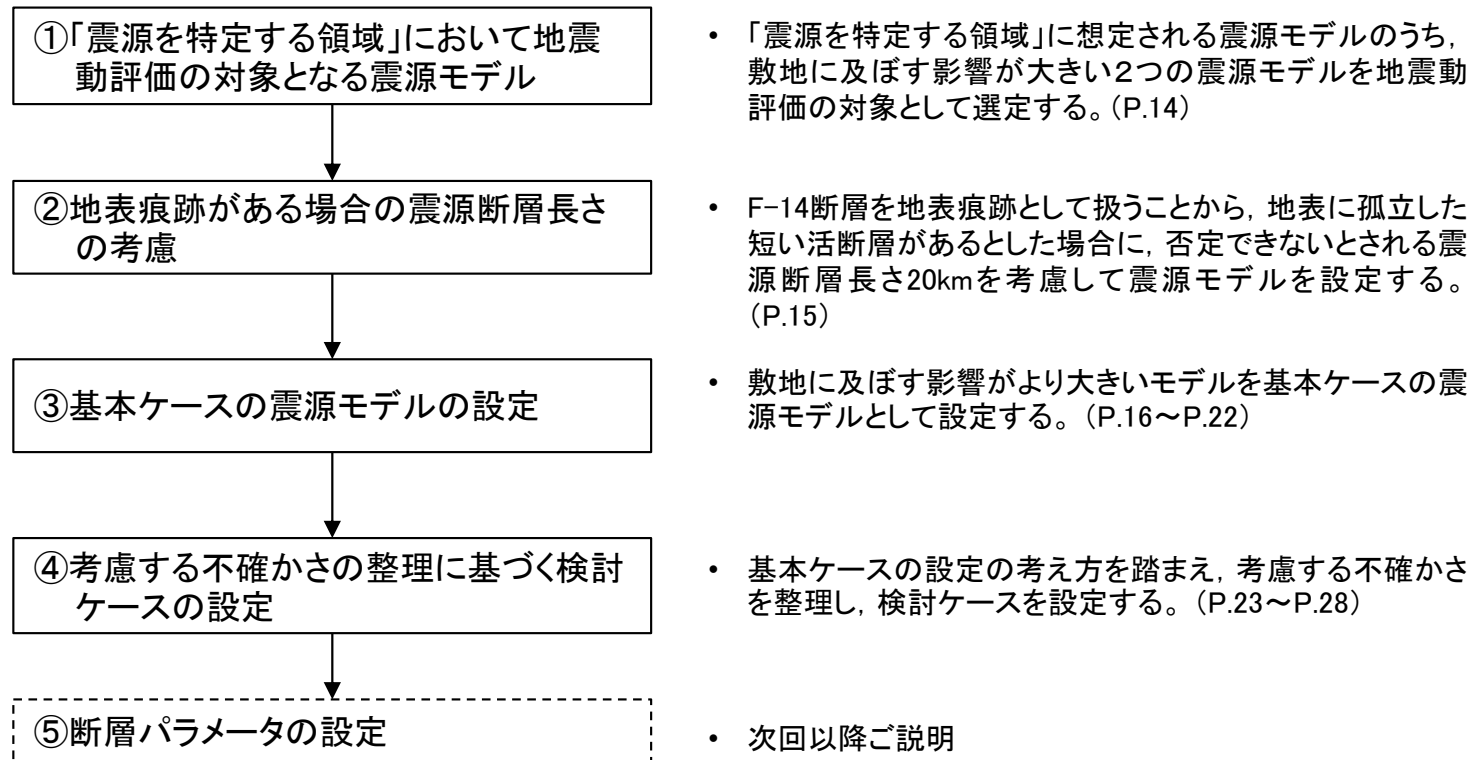
- 大間崎付近に想定する地震の地震発生層は、おおむね同位置に想定しているF-14断層による地震の地震発生層と同じく、上限深さを3km, 下限深さを15kmに設定する。

地震動評価の基本方針

- 「大間崎付近の隆起域」は地震により生じたものと仮定して地震動評価の対象とし、「大間崎付近に想定する地震」を「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地震動を評価する。
- 基本的な考え方を以下に示す。
 - 震源断層は、「震源を特定する領域」に基づいて設定する。
 - 震源断層は、当該領域に存在する唯一の活断層で横ずれ断層であるF-14断層を地表痕跡として扱う。
 - 地震規模は、地表に痕跡がないため規模の小さい地震と想定されるものの、F-14断層を地表痕跡として扱い、地震動評価の保守性の観点から、地表に孤立した短い活断層があるとした場合に、否定できないとされる震源断層長さを考慮する。

震源モデルの設定手順

- 大間崎付近に想定する地震の地震動評価にあたり、震源モデルの設定フローを示す。



震源モデルの設定フロー

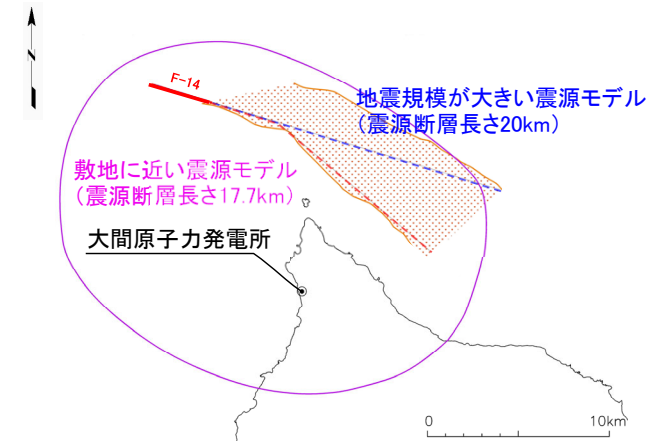
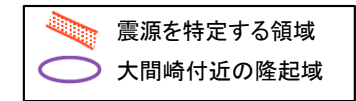
5.2 震源モデルの設定(3/17)

①「震源を特定する領域」に想定する震源モデル

【考慮する震源モデルの考え方】

- 「震源を特定する領域」には複数の震源断層を想定し得るため、敷地に及ぼす影響の観点から、地震規模が大きい震源モデル及び震源断層が敷地に最も近い震源モデルを考慮する。
- 地震規模が大きい震源モデル
「震源を特定する領域」の西端から東端に及ぶ震源断層長さを有する震源断層を考慮する。領域の屈曲に合わせた形状とする場合は、断層面に切り欠きが生じることにより震源断層が小さくなるため※、西端と東端を直線で結ぶ、長さ20kmを有する震源断層が対象となる。
- 敷地に近い震源モデル
「震源を特定する領域」の南縁に沿う形状とし、長さ17.7kmの屈曲した震源断層が対象となる。

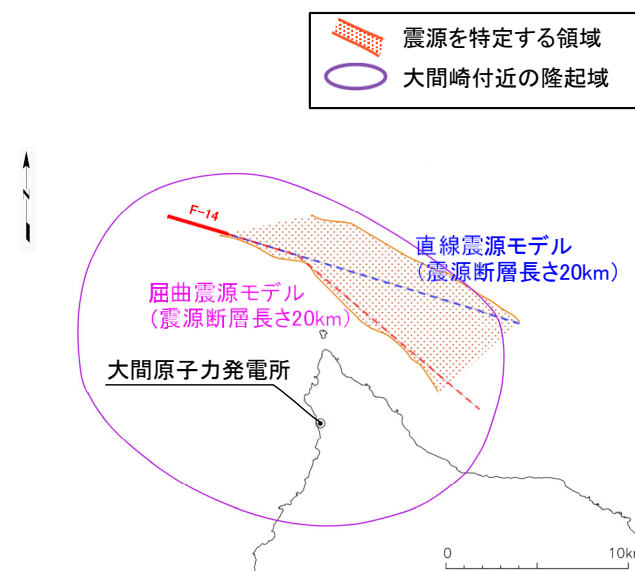
※:震源断層の形状が敷地に及ぼす影響については、巻末の(補足1)を参照



②地表痕跡がある場合の震源断層長さの考慮

【孤立した短い活断層を考慮した震源モデル】

- 大間崎付近に想定する地震は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の対象として、F-14断層を地表痕跡として扱うことから、地震動評価の保守性の観点より、地表に孤立した短い活断層があるとした場合に、否定できないとされる震源断層長さを考慮する。
 - 地表に数km程度の孤立した短い活断層がある場合、Stirling et al.(2002)及び入倉(2007)によれば、地下に長さ20km程度の震源断層が存在する可能性が否定できないとされている。
- 地震規模が大きい震源モデル
既に震源断層長さ20kmを満足していることから、これを「**直線震源モデル**」として設定する。
- 敷地に近い震源モデル
上記知見を踏まえ、震源断層長さを20kmとし、「**屈曲震源モデル**」として設定する。
「震源を特定する領域」の西側には、F-14断層と関連するとみなせる地質構造が存在しないことから、F-14断層を起点として震源を特定する領域の東側に震源断層を延長することとする。



③基本ケースの震源モデルの設定(1/6):震源モデルの選定

- 屈曲震源モデルと直線震源モデルについて、敷地に及ぼす影響の大きい方を基本ケースとして選定する。
- 震源モデルの主な諸元を下表に示す。
 - 地震動の短周期成分を支配するパラメータである短周期レベルは、ほぼ同程度である。
 - 敷地までの断層最短距離は、屈曲震源モデルは5.4kmであり、直線震源モデル7.3kmに対して3割程度敷地に近いことから、距離減衰の観点より敷地に及ぼす影響がより大きい。
- 以上より、敷地に及ぼす影響が最も大きいモデルは屈曲震源モデルであり、これを基本ケースの震源モデルとして選定する。

震源モデルの主な諸元の比較

項目	断層面積※ ¹ (km ²)	地震モーメント※ ² (N・m)	短周期レベル (N・m/s ²)	断層最短距離 (km)
屈曲震源モデル	258	3.9×10^{18}	8.4×10^{18}	5.4
直線震源モデル	278	4.4×10^{18}	8.7×10^{18}	7.3

※1:断層面積は、断層傾斜角60°とする震源モデルより算定。

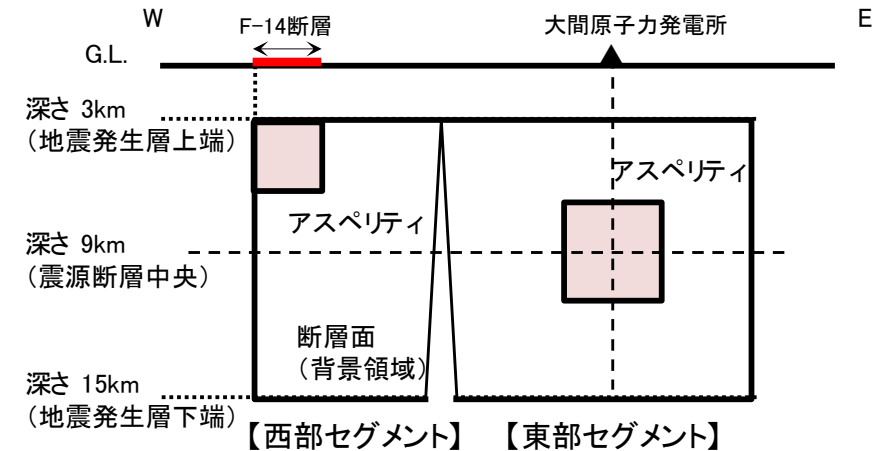
※2:地震モーメントは、断層面積に基づいて算定。

③基本ケースの震源モデルの設定(2/6):アスペリティの設定(1/2)

- アスペリティの個数・位置は、強震動予測レシピ※を踏まえた上で、地質調査結果及び知見を考慮して以下のとおり設定する。

アスペリティの個数

- 強震動予測レシピを参照するとともに、大間崎付近の隆起域の分布を踏まえて設定する。
- 震源断層は、東部と西部の2つのセグメントで構成されることから、強震動予測レシピに従い、各セグメントに1個ずつ設定する。
- 個々のアスペリティの面積は、強震動予測レシピに従い、各セグメントの面積比にて配分する。



アスペリティの位置

- 強震動予測レシピでは、活断層調査から得られた1回の地震イベントによる変位量分布もしくは平均変位速度の分布より設定し、これらの情報に基づき設定できない場合には、震源断層中央付近に設定するとされている。
- 強震動予測レシピを踏まえ、東部及び西部の各セグメントのアスペリティは以下のとおり設定する。

【東部セグメント】

- 地質調査結果及び知見
 - ▶地質調査結果より、東部には地表痕跡は存在しない。
 - ▶杉山ほか(2003)によれば、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言えなくなる。
- アスペリティの位置の設定(P.19参照)
 - ▶長さ(走向)方向:地表痕跡は存在せず、東部セグメントにおいて地表の変位量の大きい箇所は特定できない。ここでは、強震動予測レシピにおける活断層の変位量分布等の情報が得られていない場合と同様に扱い、敷地に最も近い位置となる震源断層中央付近に設定する。
 - ▶深さ(断層幅)方向:地表痕跡が存在しないことから、アスペリティ深さは震源断層の深部(10km程度以深)が適切である。ここでは、保守的に、強震動予測レシピにおける活断層の変位量分布等の情報が得られていない場合と同様に扱い、震源断層中央(アスペリティ中心深さ9km, アスペリティ上端深さ7km)に設定する。

※: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。)

③基本ケースの震源モデルの設定(3/6):アスペリティの設定(2/2)

【西部セグメント】

• 地質調査結果及び知見

- 地質調査結果より、大間崎付近の隆起域に地表痕跡として扱うF-14断層が存在する。
- 杉山ほか(2002, 2003)によれば、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よく対応し、活断層の変位量分布が地震イベントの繰り返しの途中で再現されている。
- 地震規模が比較的小さくても、地表地震断層が現れた地震がいくつか確認されている(遠田・石村(2019), 廣内ほか(2014))。そのうち2014年長野県北部の地震は逆断層であり、地震モーメントはやや小さく $2.76 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$ であるが、少なくとも約9kmに及ぶ地表地震断層が現れている(廣内ほか(2014))。
この地震は、震源断層の上端付近に大きなすべり域が認められる(池田ほか(2016))ことから、地震規模が小さくても震源断層上端にアスペリティがある場合は、地表地震断層が現れるものと考えられる。

• アスペリティの位置の設定

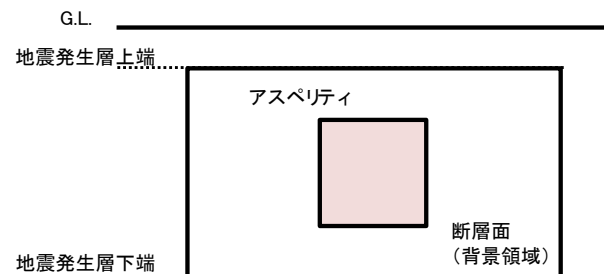
- 長さ(走向)方向: 地表の変位量の大きい箇所として、地表痕跡として扱うF-14断層が唯一認められることから、強震動予測レシピに従い、F-14断層位置に設定する。
- 深さ(断層幅)方向: 上記の地質調査結果及び杉山ほか(2002)等の知見を踏まえ、敷地に近い震源断層上端に設定する。

[参考] 地表痕跡が認められない場合のアスペリティの設定について

- 大間崎付近の隆起域は地震により生じたものと仮定することから、隆起域の分布を踏まえて、その中心付近にアスペリティを設定する。この場合、東部セグメントには活断層が存在しないため、以下を踏まえてアスペリティを設定する。
 - 大間崎付近に想定する地震は、2つのセグメントからなり、西部セグメントにはF-14断層が存在するが、東部セグメントには活断層が存在しない。
 - 強震動予測レシピでは、活断層がない場合に対する適用は想定されていないが、以下の記載を踏まえ、アスペリティの位置を設定する情報が無い場合の考え方を参考として、東部セグメントには震源断層中央にアスペリティを想定することが考えられる。

【強震動予測レシピの記載】

- アスペリティの位置については、平均的な地震動を推定することを目的とする場合で平均変位速度の分布などの情報に基づき設定できない場合には、やや簡便化したパラメータ設定として、アスペリティが1個の場合には中央付近、アスペリティが複数ある場合にはバランス良く配分し、設定するケースを基本ケースとする。




平均変位速度の分布などの情報が得られていない場合のアスペリティ位置の一例

③基本ケースの震源モデルの設定(4/6) : 巨視的パラメータ

- 大間崎付近に想定す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	地質調査結果	調査結果からは、活断層は認められない。	震源を特定する領域のうち、敷地までの距離が最短となる位置に設定する。
	断層傾斜角	地質調査結果	震源を特定する領域の南側に大間崎付近の隆起域が広がっている。	大間崎付近に隆起が生じるように、南傾斜の逆断層を設定する。 震源を特定する領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、敷地により近づくように60°として設定する。
	地震規模 (断層長さ)	地質調査結果	調査結果からは、地震規模(断層長さ)は特定できない。	F-14断層を地表痕跡として扱うことから、地表に孤立した短い活断層があるとした場合に、否定できないとされる震源断層長さ20kmを考慮して設定する。
	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。	大間崎付近に想定する地震は、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、敷地に及ぼす影響が大きくなるように、断層傾斜角60°で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)

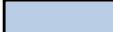
 : あらかじめ不確かさを考慮するパラメータ

③基本ケースの震源モデルの設定(5/6)：微視的パラメータ等

- 大間崎付近に想定する地震の基本ケースの震源モデルについて、微視的パラメータ等の設定に関する考え方を以下に示す。

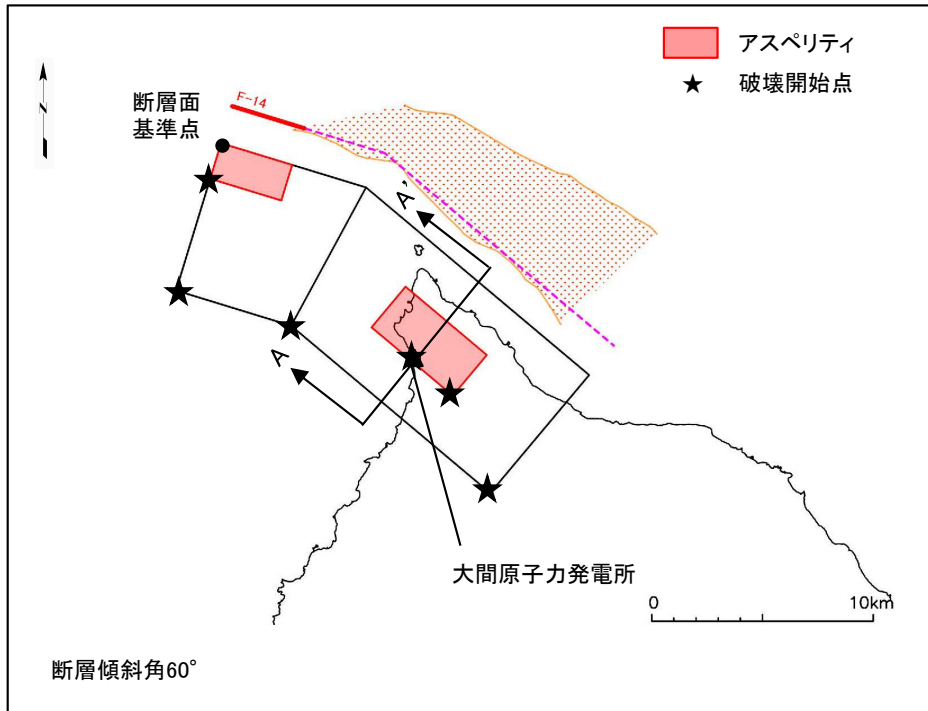
基本ケースの震源モデルの微視的パラメータ等の考え方

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	地質調査結果	<ul style="list-style-type: none"> 隆起を生じさせる活断層は認められない。 大間崎付近の隆起域には、横ずれ断層であるF-14断層が唯一認められる。 	<p>強震動レシピを踏まえた上で、地質調査結果及びアスペリティに関する知見を考慮して以下のとおり設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 東部のアスペリティの深さは、震源断層の深部(10km程度以深)に設定することが適切であるが、保守的に、強震動予測レシピにおける活断層の変位量分布等の情報が得られていない場合と同様に扱い、震源断層中央深さ(アスペリティ中心深さ9km、アスペリティ上端深さ7km)の敷地下方に設定する。また、長さ(走向)方向は、敷地に最も近づくように設定する。 西部のアスペリティは、F-14断層を地表痕跡として扱うことから、強震動予測レシピにおける活断層の変位量分布等の情報が得られている場合と同様に、F-14断層直下の震源断層上端に設定する。 各アスペリティの面積比は、東部と西部のセグメントの面積に比例して配分する。
	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

③基本ケースの震源モデルの設定(6/6)

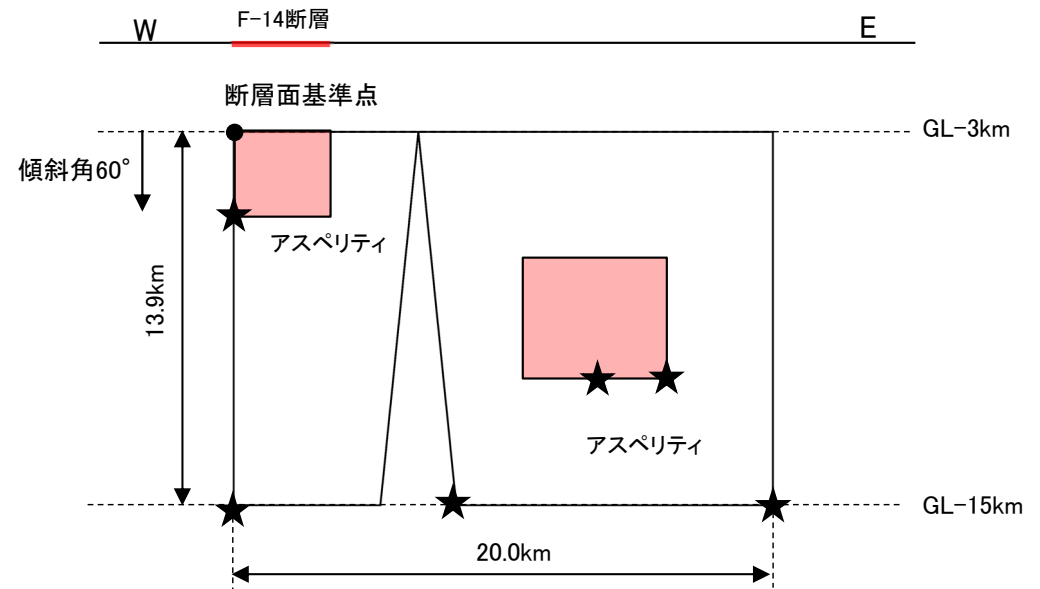
・ 大間崎付近に想定する地震の基本ケースの震源モデルを以下に示す。



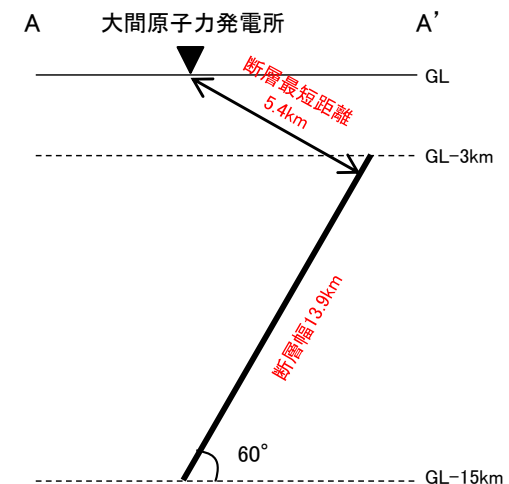
(a) 地表面投影図

地震規模	等価震源距離	断層最短距離
M6.7	9.6km	5.4km

震源モデル(基本ケース)



(b) 展開図



(c) A-A' 断面模式図

④考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(1/6)

地震動評価における不確かさの考慮について、基本的な考え方を以下に示す。

- 不確かさについて、「**認識論的不確かさ**」と「**偶然的不確かさ**」に分類する。
- 事前の調査や経験則等から設定できる「**認識論的不確かさ**」について、それぞれ独立して不確かさを考慮する。
- 事前の調査や経験則等から設定が困難な「**偶然的不確かさ**」は、「**認識論的不確かさ**」とともに考慮する。

不確かさを考慮するパラメータ

- 断層傾斜角
- 地震規模
- 短周期レベル

認識論的不確かさに分類されるもの
(事前の調査や経験則等から設定できるもの)

- アスペリティ
- 破壊開始点

偶然的不確かさに分類されるもの
(事前の調査や経験則等から設定が困難なもの)

④考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(2/6): 不確かさケースの整理

- 大間崎付近に想定す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、地震規模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	断層位置	震源を特定する領域のうち、敷地までの距離が最短となる位置に設定する。	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位置を考慮している。
	断層傾斜角	大間崎付近に隆起域が生じるように、南傾斜の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。	強震動予測レシピを踏まえ、敷地側に近づく低角な断層傾斜角として45°を考慮する。
	地震規模(断層長さ)	F-14断層を地表痕跡として扱うことから、地表に孤立した短い活断層があるとした場合に、否定できないとされる震源断層長さ20kmを考慮して設定する。	強震動予測レシピにおいて震源のスケールリング則が変わるとされる地震モーメント $M_0=7.5 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$ (震源断層長さ28km)を考慮する。
	短周期レベル(応力降下量)	強震動予測レシピに基づき設定する。	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。
偶発的不確かさ	アスペリティ	東部のアスペリティは、震源断層の深部に設定することが適切であるが、敷地に及ぼす影響が大きくなるように、震源断層中央深さに設定する。また、長さ(走向)方向は、敷地に最も近づくように設定する。西部のアスペリティは、F-14断層直下の震源断層上端に設定する。	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位置を考慮している。
	破壊開始点	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。	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

④考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(3/6)



- 大間崎付近に想定する地震の地震動評価における検討ケースを以下に示す。

大間崎付近に想定する地震の検討ケース一覧

検討ケース	断層位置	地震規模	断層傾斜角	短周期レベル (応力降下量)	アスペリティ※ ²	破壊開始点
基本ケース	敷地に最も近い位置	M6.7 ($M_0=3.9 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}^{\ast 1}$)	60°	強震動予測レシピア	敷地下方 及びF-14断層位置	複数設定
断層傾斜角の不確かさ	敷地に最も近い位置	M6.8 ($M_0=5.0 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}^{\ast 1}$)	45°	強震動予測レシピア	敷地下方 及びF-14断層位置	
地震規模の不確かさ	敷地に最も近い位置	M7.0 ($M_0=7.5 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)	60°	強震動予測レシピア	敷地下方 及びF-14断層位置	
短周期レベルの不確かさ	敷地に最も近い位置	M6.7 ($M_0=3.9 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}^{\ast 1}$)	60°	強震動予測レシピア × 1.5倍	敷地下方 及びF-14断層位置	

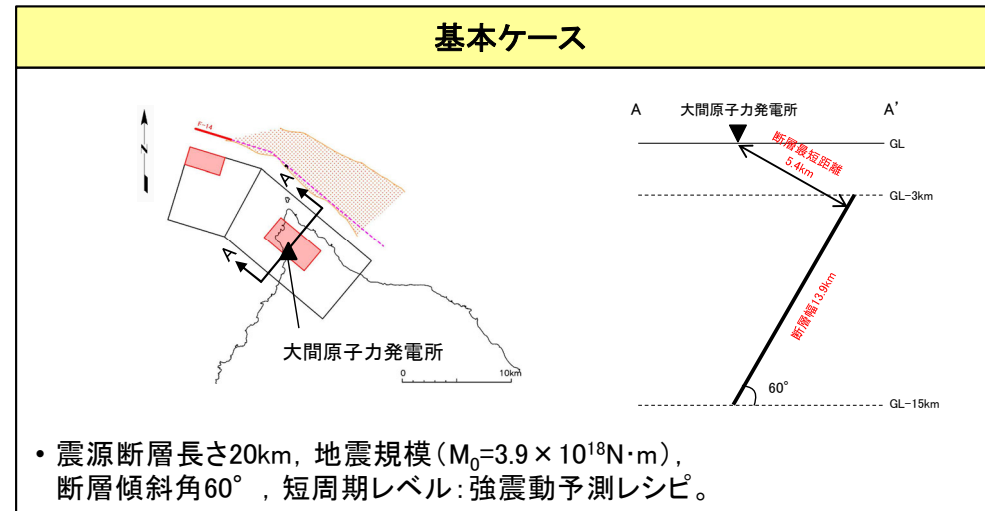
※1:地震モーメント M_0 は、地震発生層を飽和する断層幅に設定していることから、強震動予測レシピアに準じ、入倉・三宅(2001)に基づき算定することが考えられるが、地震動評価上の保守性の観点から入倉・三宅(2001)とSomerville et al.(1999)に基づき算定した値を比較し、大きい値とする。(巻末の(補足3)を参照)

※2:深さ(断層幅)方向について、敷地下方は震源断層中央、F-14断層位置は震源断層上端に設定する。

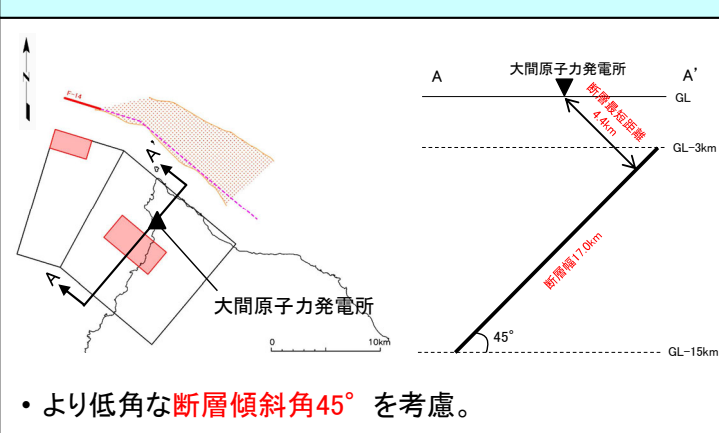
-  : 基本ケースの震源モデルにあらかじめ不確かさを考慮するパラメータ
-  : 基本ケースの震源モデルに対して不確かさを考慮するパラメータ

④考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(4/6)

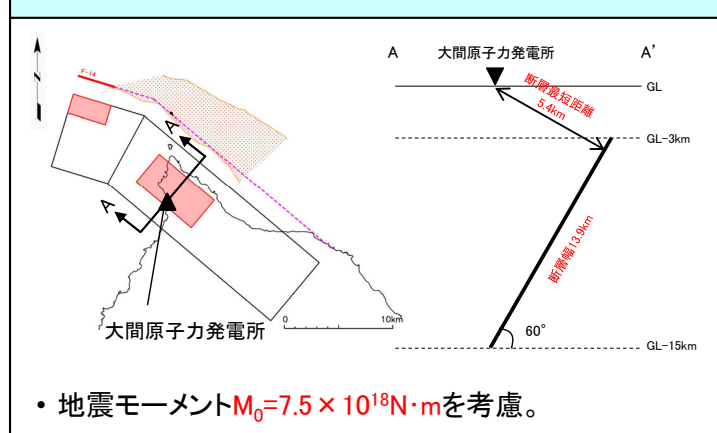
- 大間崎付近に想定する地震の基本ケースと不確かさを考慮した震源モデルの一覧を以下に示す。



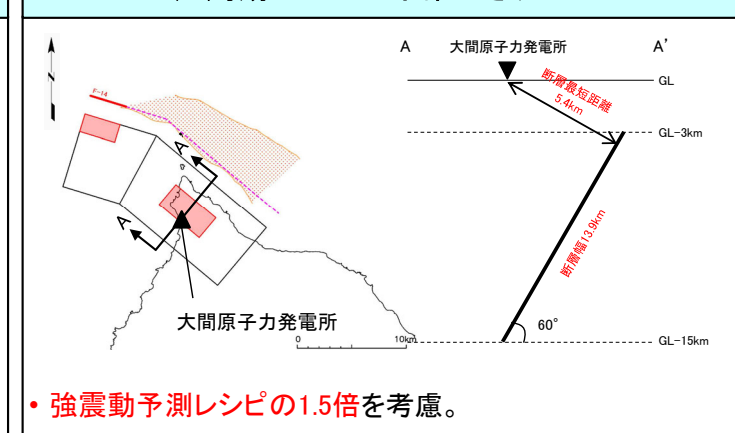
断層傾斜角の不確かさケース



地震規模の不確かさケース

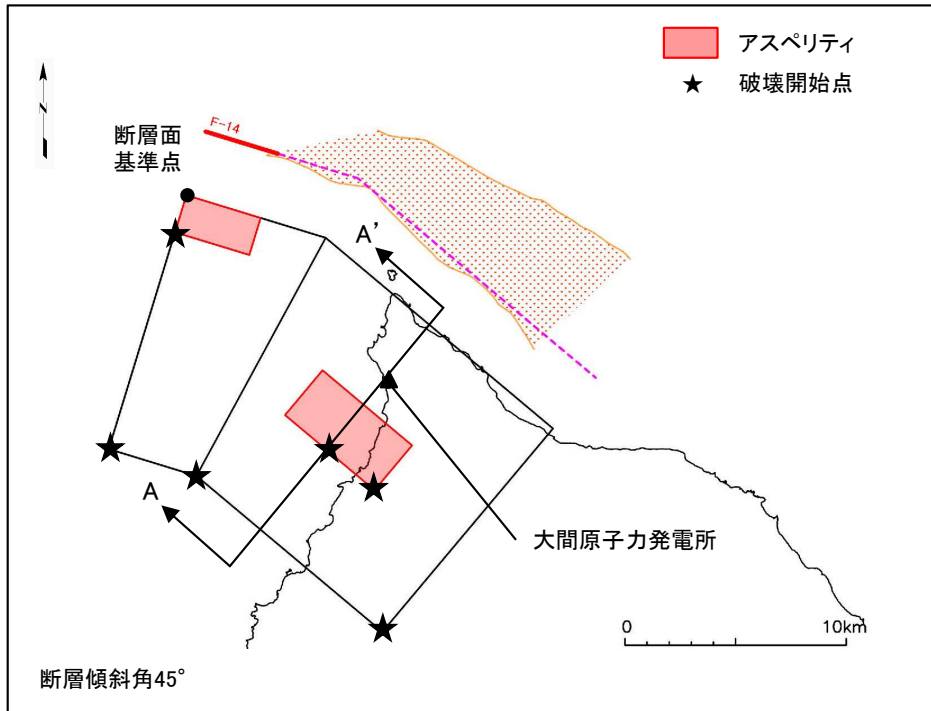


短周期レベルの不確かさケース



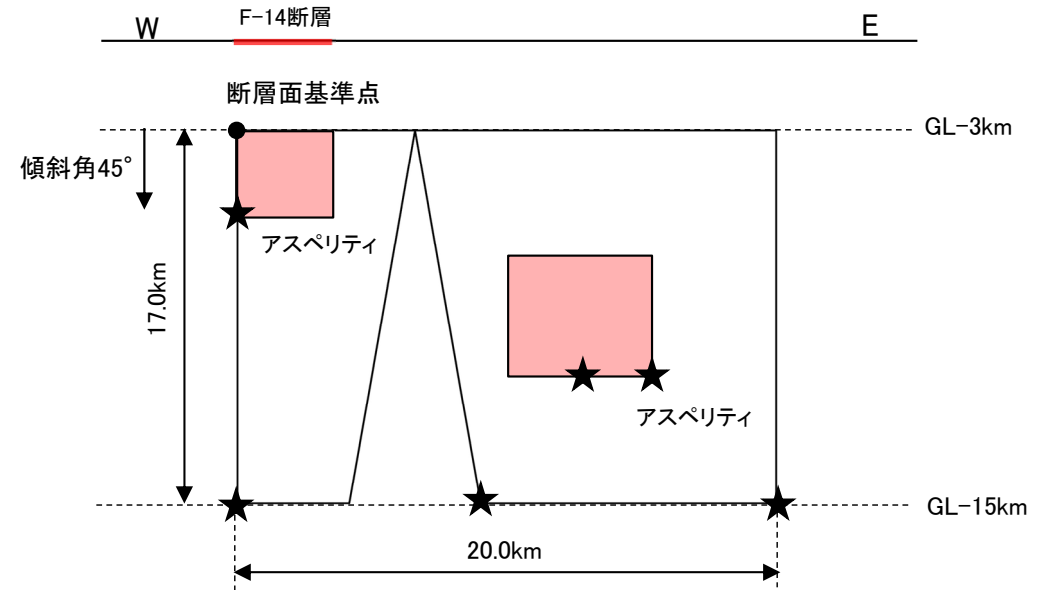
④考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(5/6)

・ 大間崎付近に想定する地震の断層傾斜角の不確かさケースの震源モデルを以下に示す。

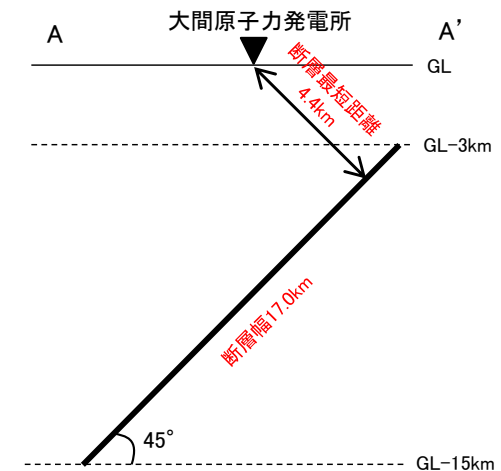


(a) 地表面投影図

地震規模	等価震源距離	断層最短距離
M6.8	9.3km	4.4km



(b) 展開図

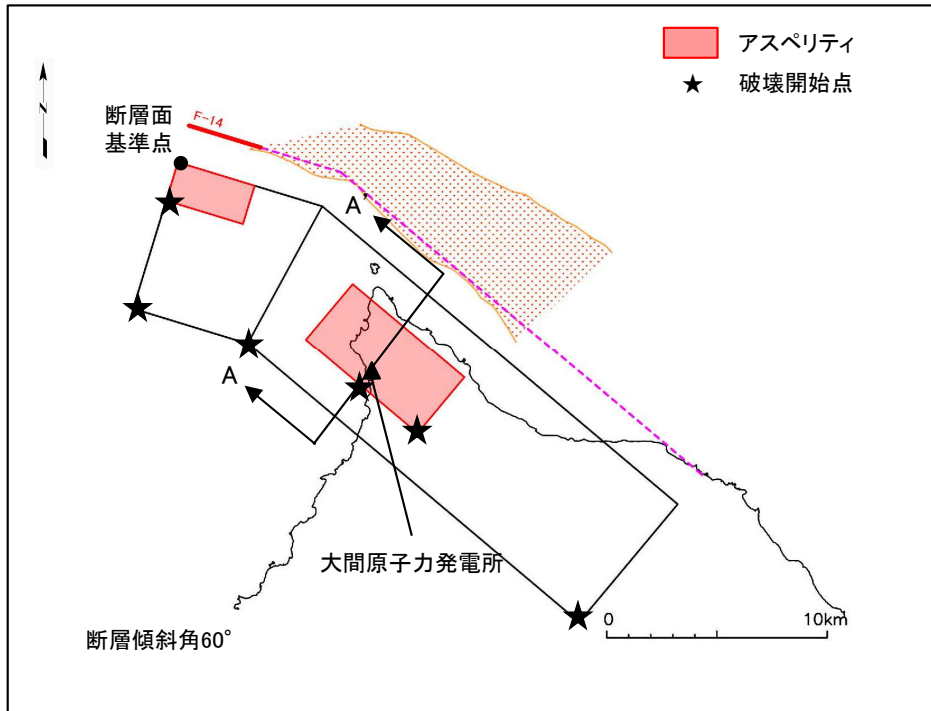


(c) A-A' 断面模式図

震源モデル(断層傾斜角の不確かさ)

④考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(6/6)

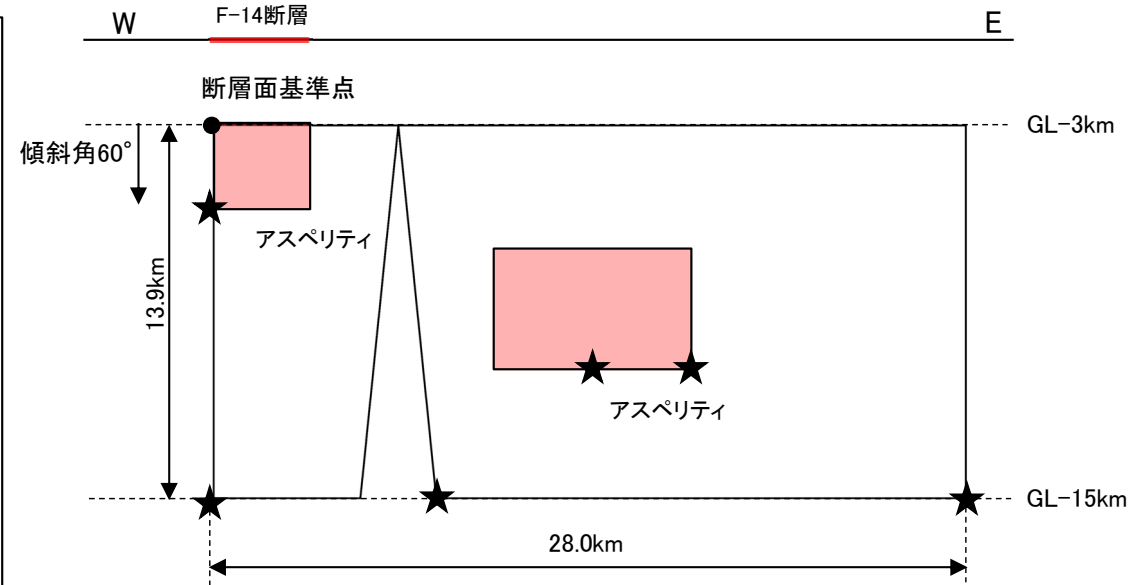
- 大間崎付近に想定する地震の地震規模の不確かさケースの震源モデルを以下に示す。



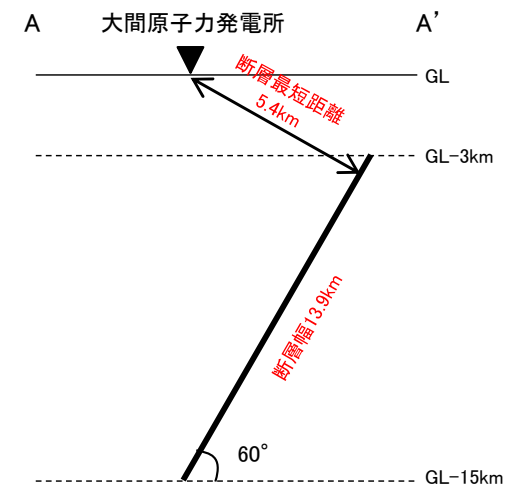
(a) 地表面投影図

地震規模	等価震源距離	断層最短距離
M7.0	9.9km	5.4km

震源モデル(地震規模の不確かさ)



(b) 展開図



(c) A-A' 断面模式図

<補足説明資料>

[大間崎付近に想定する地震の地震動評価]

(補足1)震源断層の形状が敷地に及ぼす影響について

(補足2)大間崎付近に想定する地震の震源断層の傾斜について

(補足3)検討用地震の検討ケースにおける地震モーメント

(補足1)震源断層の形状が敷地に及ぼす影響について(1/2)

震源断層の形状が敷地に及ぼす影響について 〔5.2節の補足説明資料〕

- 震源断層を屈曲した形状とする場合、震源断層面に切り欠きを生じるため地震規模が小さくなることを説明する。

(補足1) 震源断層の形状が敷地に及ぼす影響について(2/2)

- 屈曲する形状の震源断層は、同位置に両端点を持つ直線状の震源断層よりも、震源断層面の延長上の地表における長さは長くなる。(図1)
- 一方で、震源断層が傾斜する場合、屈曲する形状の震源断層は、屈曲部の震源断層面が切り欠かれるため、同位置に両端点を持つ直線状の震源断層よりも断層面積は小さくなる。(図2)
- 以上より、同位置に両端点を持つ屈曲する形状と直線状の震源断層を比較すると、直線状の震源断層は断層面積が大きく、屈曲する形状よりも地震規模が大きくなる。
- 直線震源モデル(P.15参照)は、震源を特定する領域の西端から東端を結ぶ直線状の震源断層であり、震源を特定する領域に想定し得る最大の断層面積となる。(表1)

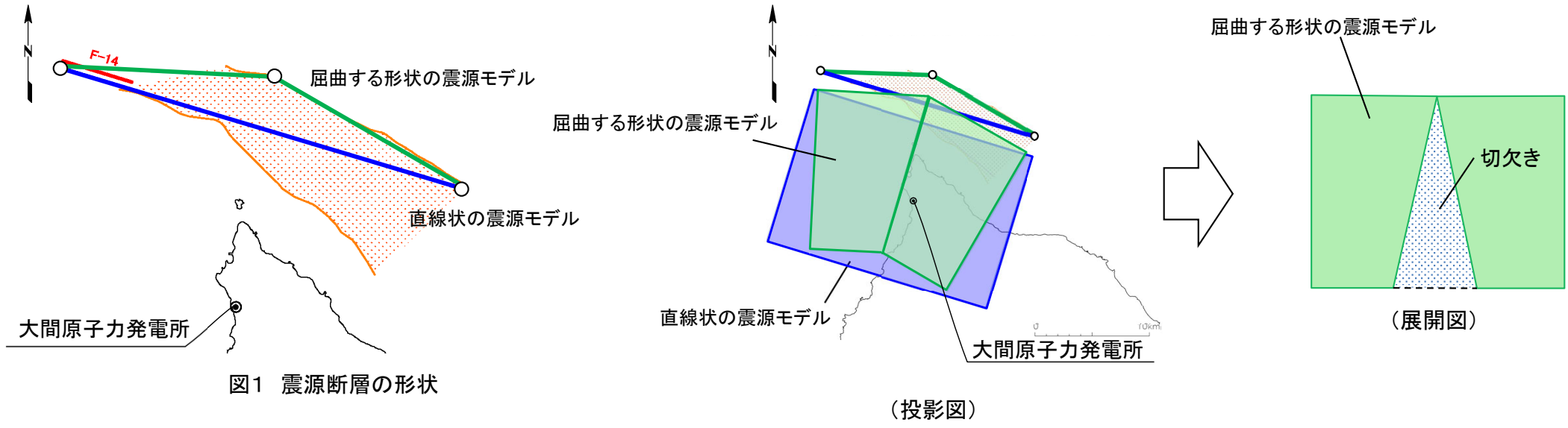


図1 震源断層の形状

(投影図)

図2 震源モデルの切り欠きの例

表1 震源モデルの諸元

震源断層の形状	震源断層面の延長上の地表における長さ (km)	断層面積 (km ²)	地震モーメント (× 10 ¹⁸ N・m)	短周期レベル (× 10 ¹⁸ N・m/s ²)
直線状の震源モデル	20	278	4.4	8.7
屈曲する形状の震源モデル	21	251	3.8	8.3

「屈曲する形状の震源モデル」の震源断層面の延長上の地表における長さは21kmであり、想定領域内で最も長いですが、震源断層面が切り欠かれるため、断層面積は「直線状の震源モデル」の方が大きくなる。

(補足2)大間崎付近に想定する地震の震源断層の傾斜について(1/2)

大間崎付近に想定する地震の震源断層の傾斜について 〔5.2節の補足説明資料〕

- 大間崎付近に想定する地震の震源断層の傾斜を考慮するに当たり、震源を特定する領域付近に分布する逆断層センスの活断層の傾斜を示す。

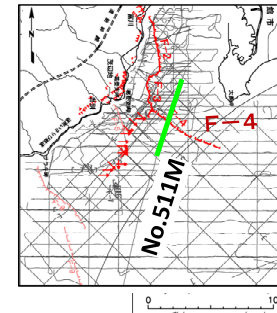
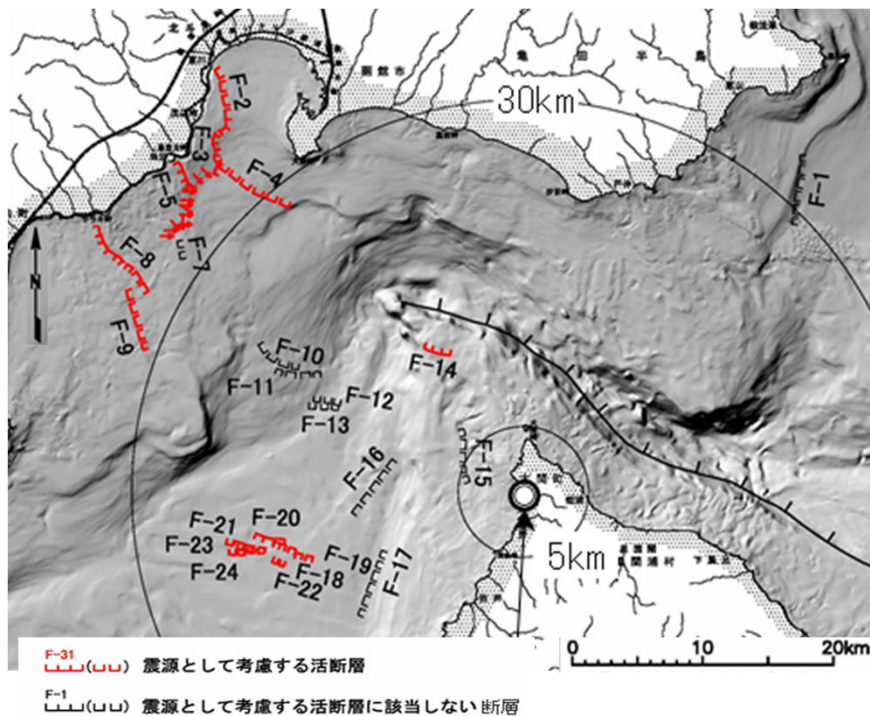
(補足2) 大間崎付近に想定する地震の震源断層の傾斜について(2/2)

- 震源を特定する領域の根拠とする地形・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、付近に分布する逆断層の傾斜を参照することとする。
 - 上記想定領域でE-W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、E-W走向成分を持つF-5断層、F-8断層、F-9断層及びF-14断層も高角を示す。
 - そこで、震源を特定する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、震源断層の傾斜を検討することとする。
- 震源を特定する領域は、大間崎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領域を設定している※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崎付近の褶曲帯※3の痕跡や組織地形と判断される。
 - F-14断層、黒松内-釜石沖構造線、大間崎付近の褶曲帯は、いずれも逆断層として想定されない。そこで、震源を特定する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。
 - なお、東北日本の地質構造発達史及び現在のE-W圧縮応力場とを考慮すると、E-W走向～NW-SE走向の活断層は、初生的には横ずれ断層(一般に高角)として発生していると判断される。そのため、E-W走向成分を持つ逆断層は、初生的な横ずれ断層が逆断層として活動しているものと解釈することとする。

※1: 第983回審査会合資料2-4-1「8.3隆起再現断層の想定領域の評価」を参照。

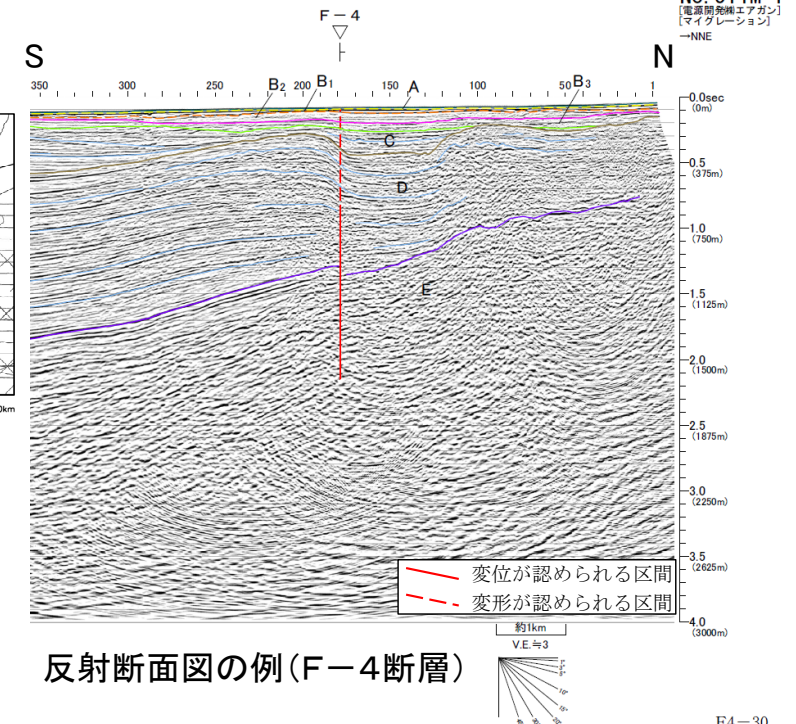
※2: 第983回審査会合資料2-4-2「1.4文献による黒松内-釜石沖構造線」を参照。

※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。



東西走向成分を持つ
活断層の変位センス

逆断層: F-3, 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)

検討用地震の検討ケースにおける地震モーメント
〔5.2節の補足説明資料〕


- 検討用地震の検討ケースの地震モーメントについて、その算定根拠を説明する。

(補足3) 検討用地震の検討ケースにおける地震モーメント(2/2)

- 地震モーメント M_0 は、地震発生層を飽和する断層幅に設定していることから、強震動予測レシピに準じ、入倉・三宅(2001)に基づき算定することが考えられるが、地震動評価上の保守性の観点から入倉・三宅(2001)とSomerville et al.(1999)に基づき算定した値を比較し、大きい値とする。
- 入倉・三宅(2001)とSomerville et al.(1999)に基づき算定した値を下表に示す。

検討用地震の地震モーメント算定における入倉・三宅(2001)とSomerville et al.(1999)の比較

検討ケース	震源断層長さ (km)	地震発生層 厚さ (km)	断層 傾斜角 (°)	断層幅 (km)	断層面積 (km ²)	地震モーメント(N・m)	
						入倉・三宅 (2001)	Somerville et al.(1999)
基本ケース	20.0	12.0	60	13.9	258	3.7×10^{18}	3.9×10^{18}
断層傾斜角の不確かさ	20.0	12.0	45	17.0	299	5.0×10^{18}	4.9×10^{18}
短周期レベルの不確かさ	20.0	12.0	60	13.9	258	3.7×10^{18}	3.9×10^{18}

 : 入倉・三宅(2001)とSomerville et al.(1999)に基づき算定した値を比較し、大きい値を示す。

$$M_0 = \left(\frac{S}{4.24} \times 10^{11} \right)^2 \times 10^{-7} \quad \dots\dots\dots \text{入倉・三宅(2001)}$$

$$M_0 = \left(\frac{S}{2.23} \times 10^{15} \right)^{3/2} \times 10^{-7} \quad \dots\dots\dots \text{Somerville et al.(1999)}$$

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
- 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
- Stirling, M.,David Rhoaes, and Kelvin Berryman(2002):Comparison of Earthquake Scaling Relations Derived from Data of the Instrumental and Preinstrumental Era, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.92, No.2
- 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
- 入倉孝次郎・三宅弘恵(2001) : シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, 110
- 入倉孝次郎(2007) : 原子力発電所の耐震設計のための基準地震動, 日本地震工学会誌, No.5, Jan.2007
- 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・栗田泰夫・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
- 杉山雄一・関口春子・石山達也・伏島祐一郎(2003) : 活断層情報と不均質震源特性との関係, 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, 第2回シンポジウム論文集

5. 大間崎付近に想定する地震の地震動評価

- 池田隆明・小長井一男・釜江克宏・佐藤京・高瀬裕也(2016) : 2014年長野県北部の地震の被害調査と震源のモデル化, 土木学会論文集A1, Vol.72, No.4
- 遠田晋次・石村大輔(2019) : 熊本地震など内陸大地震で見いだされた誘発性地表地震断層と短い活断層の評価, 第四紀研究, 58巻, 2号
- 廣内大助・杉戸信彦・清水龍来(2014) : 2014年11月22日長野県北部の地震(長野県神城断層地震)に伴う地表変位と活断層, 活断層研究 41号