

資料3-1

泊発電所3号炉

地震等に係る知見の確認について

令和6年7月19日
北海道電力株式会社

今回の説明内容

今回の説明内容

【経緯】

- 令和6年6月11日審査会合では、津波評価に係る最新知見として、岡村(2023)において、当社が評価しているF_B-2断層の北方に示されている断層について説明した。
- また、同審査会合の議論を踏まえて、当社から以下の方針で検討を進める旨を回答した。
 - 地震動評価及び津波評価では、「F_B-2断層」と「F_B-2断層の北方に示されている断層」が連動するものとして検討を行う。
 - 岡村(2023)の知見は、基準地震動及び基準津波への影響を確認し、準備ができ次第説明する。また、「F_B-2断層」と「F_B-2断層の北方に示されている断層」について、地質・地質構造も含めて説明する。

【今回の説明内容】

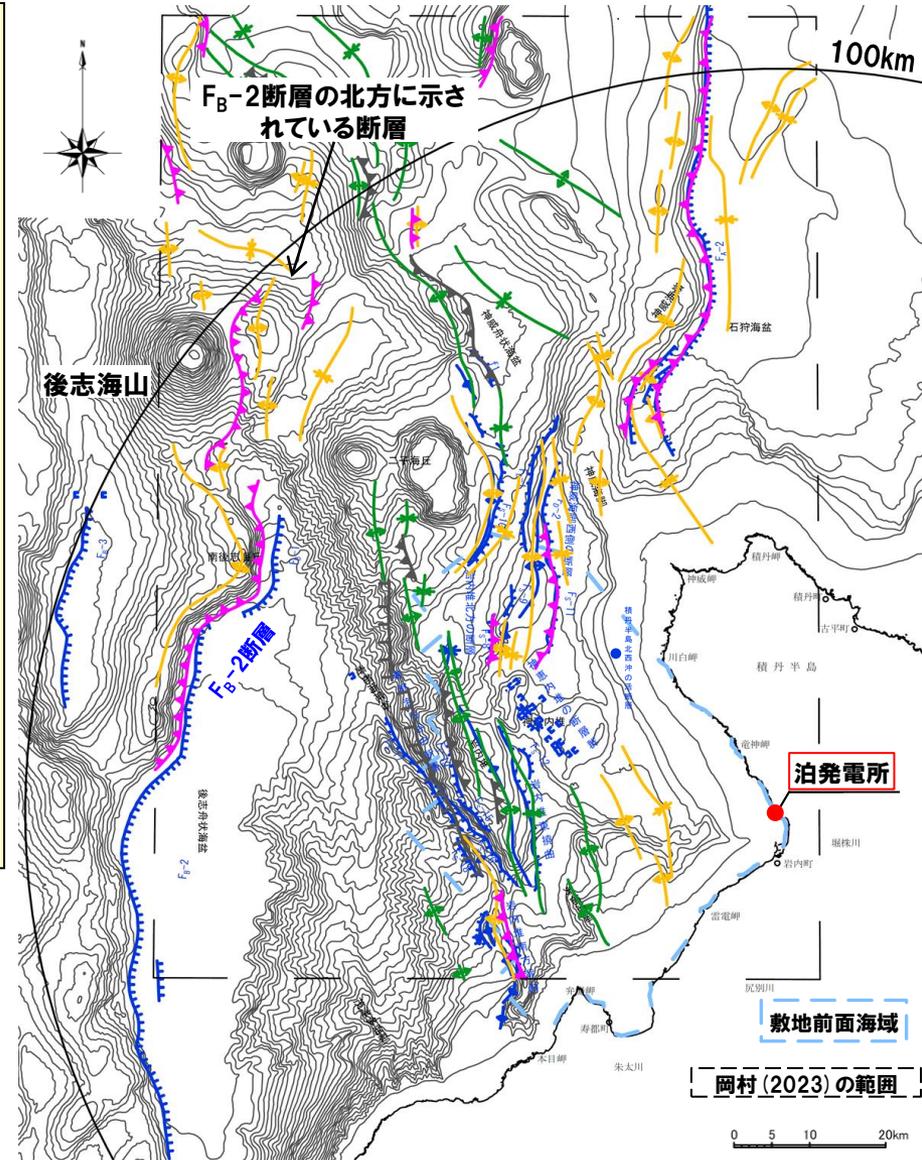
- 1章:F_B-2断層の北方に示されている断層について、敷地周辺海域の地質・地質構造としての評価及びF_B-2断層との連動に関する検討結果について説明する。
- 2章:上記断層の連動を考慮した地震動評価に関する評価方針について説明する。
- 3章:上記断層の連動を考慮した津波評価として、簡易予測式の推定津波高等から整理した影響について説明する。
- 4章:主要検討項目と対応スケジュールについて説明する。

当社評価の凡例

- 後期更新世以降の活動を考慮する断層 (矢の向きは、相対的落下方向を示す)
- 連続しない断層
- 背斜軸
- 向斜軸

岡村(2023)の凡例

- 正断層
- 逆断層(第四紀以降に活動)
- 逆断層(鮮新世以降に活動)
- 背斜軸(第四紀以降に活動)
- 向斜軸(第四紀以降に活動)
- 背斜軸(鮮新世以降に活動)
- 向斜軸(鮮新世以降に活動)



F_B-2断層及びF_B-2断層の北方に示されている断層位置図

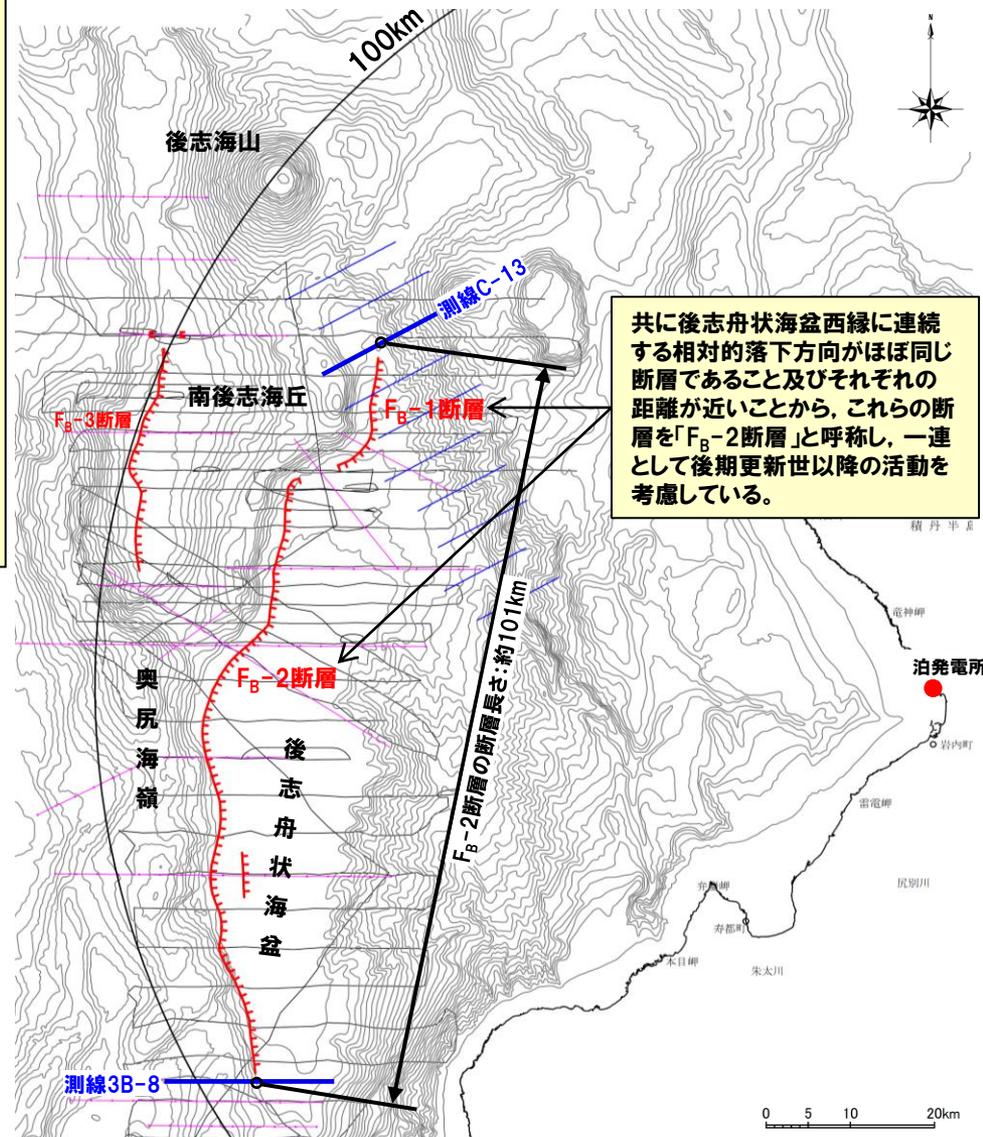
| | |
|--|----|
| 1. F _B -2断層の北方に示されている断層に関する検討 | 5 |
| 2. 地震動評価への影響について | 24 |
| 3. 津波評価への影響について | 54 |
| 4. 主要検討項目と対応スケジュール | 58 |
| 5. 参考資料 | 60 |

余白

余白

F_B-2断層の評価 (1/3)

- 南後志海丘及び奥尻海嶺の海底地形の高まりとその東側の後志舟状海盆の平坦部との地形変換点付近に西側隆起の2条の断層 (F_B-1断層及びF_B-2断層) が認められる。
- F_B-1断層は、I～II層 (中部更新統～完新統) に変位又は変形を与えていると判断される (次頁参照)。
- F_B-2断層は、I～II層に変位又は変形を与えていると判断される (P9参照)。
- F_B-1断層及びF_B-2断層は、共に後志舟状海盆西縁に連続する相対的落下方向がほぼ同じ断層であること及びそれぞれの距離が近いことから、これらの断層を「F_B-2断層」と呼称し、一連として後期更新世以降の活動を考慮している。
- 「F_B-2断層」の断層長さは、I～II層の変位及び変形が認められなくなる測線である測線C-13 (北端) から測線3B-8 (南端) までの約101kmと評価している。

F_B-2断層位置図

凡例

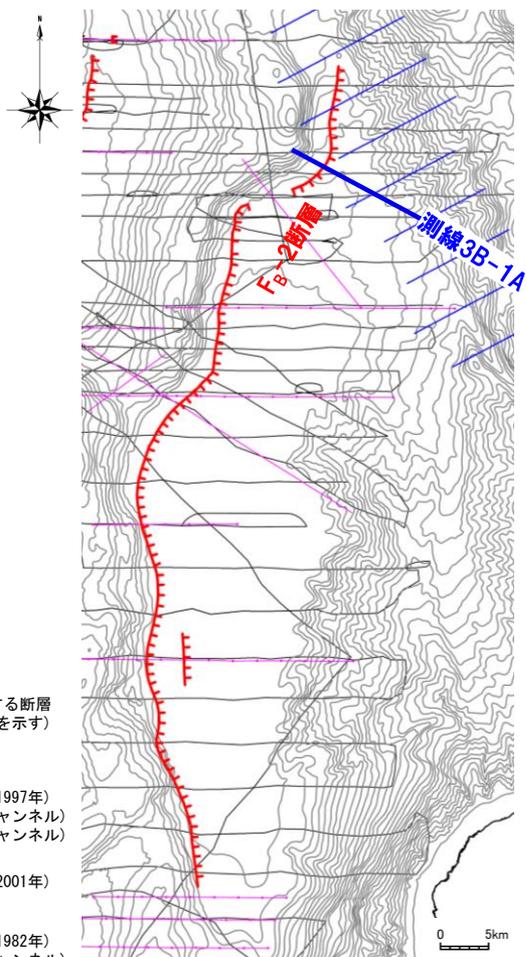
- 後期更新世以降の活動を考慮する断層 (矢の向きは、相対的落下方向を示す)
- 音波探査測線 (北海道電力㈱, 1997年) (エアガン (G1ガン), マルチチャンネル) (チャープソナー, シングルチャンネル)
- 音波探査測線 (北海道電力㈱, 2001年) (エアガン, マルチチャンネル)
- 音波探査測線 (北海道電力㈱, 1982年) (ウォーターガン, シングルチャンネル)

F_B-2断層の北方に示されている断層に関する検討

一部加筆修正 (H27.10.9審査会合資料)

F_B-2断層の評価【測線3B-1A】(2/3)

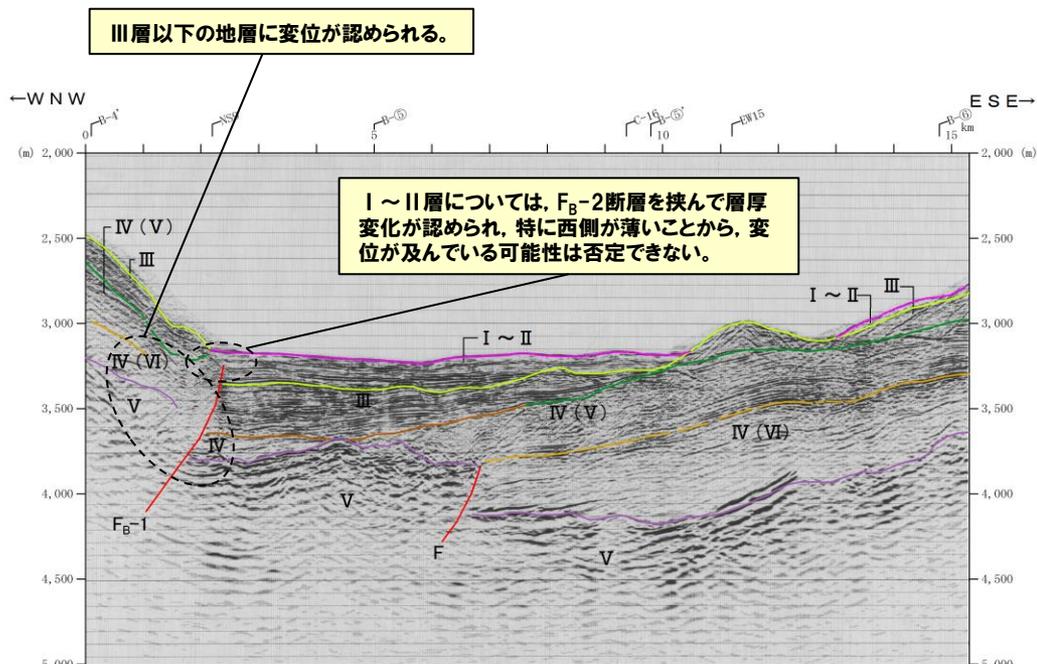
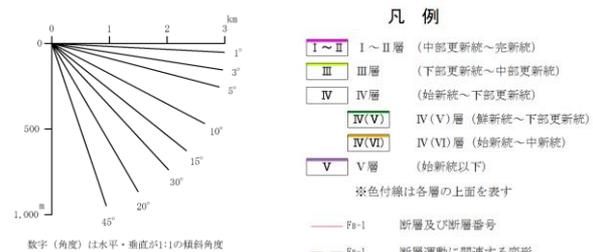
- F_B-2断層北部の音波探査記録を示す。
- III層以下の地層に変位が認められる。
- I～II層については、F_B-2断層を挟んで層厚変化が認められ、特に西側が薄いことから、変位が及んでいる可能性は否定できない。



凡例

- 後期更新世以降の活動を考慮する断層 (矢の向きは、相対的落下方向を示す)
- 音波探査測線 (北海道電力㈱, 1997年) (エアガン (G1ガン), マルチチャンネル) (チャープソナー, シングルチャンネル)
- 音波探査測線 (北海道電力㈱, 2001年) (エアガン, マルチチャンネル)
- 音波探査測線 (北海道電力㈱, 1982年) (ウォーターガン, シングルチャンネル)

位置図



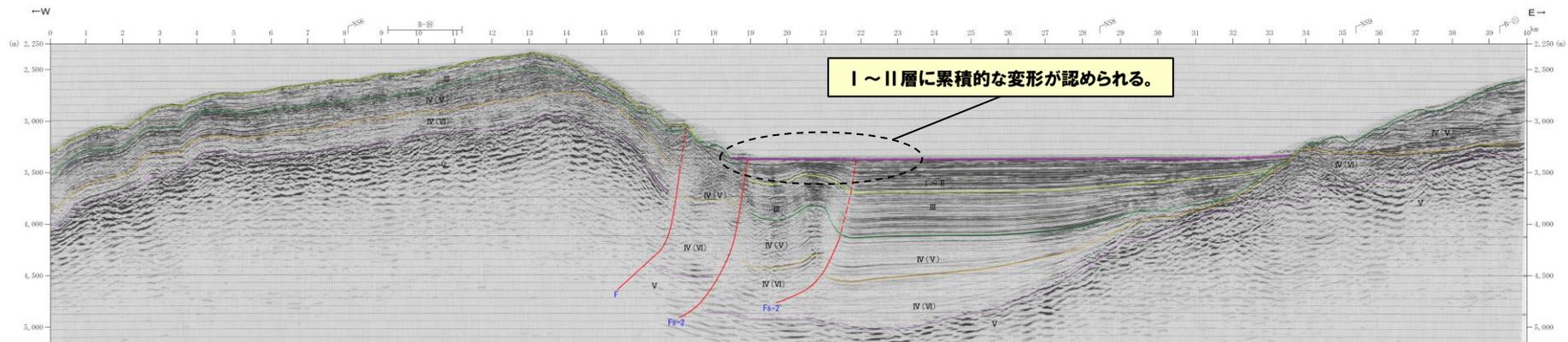
音波探査記録 (測線3B-1A)

F_B-2断層の北方に示されている断層に関する検討

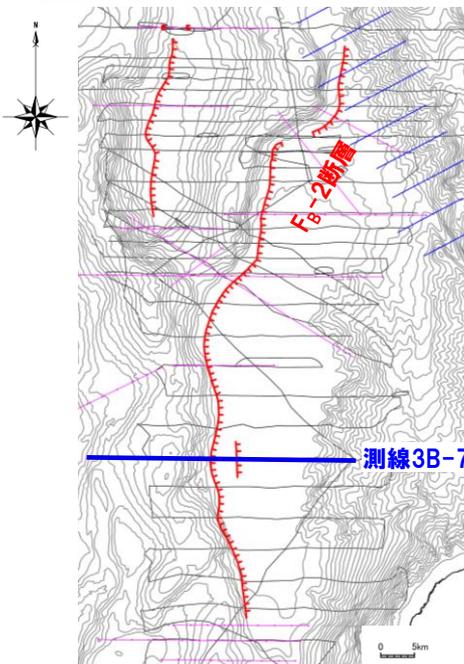
一部加筆修正 (H27.10.9審査会合資料)

F_B-2断層の評価【測線3B-7】(3/3)

○F_B-2断層南部の音波探査記録を示す。
 ○I～II層に累積的な変形が認められる。



音波探査記録(測線3B-7)



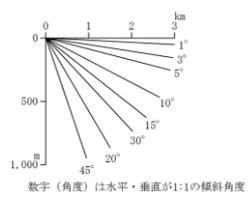
位置図

凡例

- 後期更新世以降の活動を考慮する断層 (矢の向きは、相対的落下方向を示す)
- 音波探査測線(北海道電力㈱, 1997年) (エアガン(GIガン), マルチチャンネル) (チャープソナー, シングルチャンネル)
- 音波探査測線(北海道電力㈱, 2001年) (エアガン, マルチチャンネル)
- 音波探査測線(北海道電力㈱, 1982年) (ウォーターガン, シングルチャンネル)

凡例

- I～II層 (中部更新統～完新統)
 - III層 (下部更新統～中部更新統)
 - IV層 (始新統～下部更新統)
 - IV(V)層 (鮮新統～下部更新統)
 - IV(VI)層 (始新統～中新統)
 - V層 (始新統以下)
- ※色付線は各層の上面を表す
- Fa-1 断層及び断層番号
 - Fa-1 断層運動に関連する変形



余白

後志海山東方の断層 (1/8)

【岡村 (2023) に基づく整理結果】

○F_B-2断層の北方に示されている断層は、後志海山の東側に位置する地形の高まりの周辺に示されている、2条の概ねN-S走向で東傾斜の逆断層である(右図参照、以降、両断層を合わせて「後志海山東方の断層」と呼称し、このうち地形の高まりの西側のものを「後志海山東方の断層1」、東側のものを「後志海山東方の断層2」とそれぞれ呼称する)。

(後志海山東方の断層1の北端及び南端)

- 後志海山東方の断層1の北端は、同文献が使用した測線である、後志海山の東側に位置する地形の高まりとその北方に位置する概ねEW走向の向斜が示されている低地との地形変換点付近を通る測線172-2や、更に北方の測線173までは示されていない(右図参照)。
- 後志海山東方の断層1の南端は、同文献が使用した測線である、南後志海丘の北側近傍を通る測線164や、更に南方の測線163までは示されていない(右図参照)。

(後志海山東方の断層2の北端及び南端)

- 後志海山東方の断層2の北端は、同文献が使用した測線である測線172-2や測線173までは示されていない(右図参照)。
- 後志海山東方の断層2の南端は、同文献が使用した測線169や測線168-1までは示されていない(右図参照)。

○なお、岡村 (2023) においては、後志海山東方の断層の南方の奥尻海嶺東縁に示されている断層について、以下の性状等が示されており、当該断層については、当社が震源として考慮する活断層と評価しているF_B-2断層に相当するものと判断している。

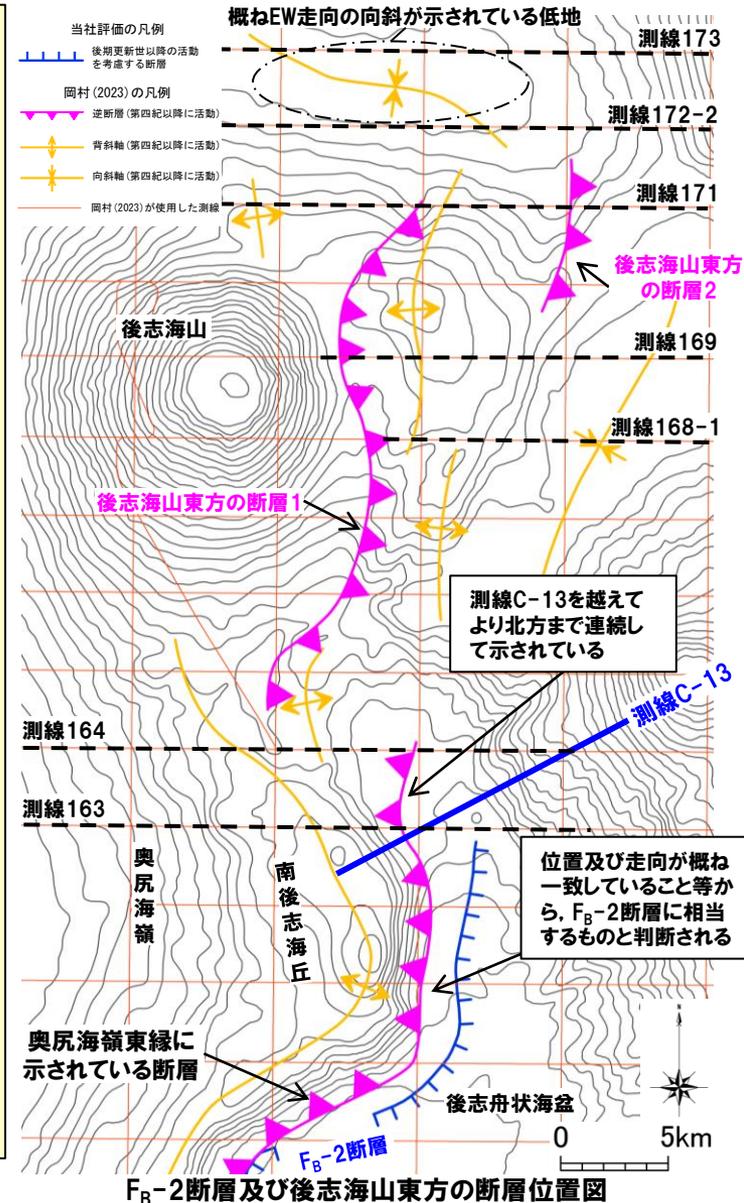
(岡村 (2023) における奥尻海嶺東縁に示されている断層の性状等)

- ・概ねN-S走向で西傾斜の逆断層
- ・当該断層と後志海山東方の断層との間では、南側から連続する西傾斜の逆断層によって形成された奥尻海嶺が不明瞭になり、その北側では東傾斜の逆断層が形成
- ・当該断層と、後志海山東方の断層1及び後志海山東方の断層2は、それぞれ別個の断層として示されている

(F_B-2断層との対比)

- ・当該断層は、位置及び走向が概ね一致していること等から、F_B-2断層に相当するものと判断(詳細はR6.6.11審査会合資料1-1参照)
- ・当該断層は、F_B-2断層の北端を評価している測線C-13を越えてより北方まで連続して示されている(右図参照)が、当社音波探査記録を確認した結果、当該範囲に後期更新世以降の活動を考慮する構造は認められない(P19参照)

(次頁へ続く)



後志海山東方の断層 (2/8)

(前頁からの続き)

【当社検討結果 (後志海山東方の断層1)】

- 後志海山東方の断層1を通る、岡村 (2023) が使用した測線169のマルチチャンネル方式による音波探査記録において、同断層が示されている箇所付近には、以下の状況が認められる (左下図参照) ことから、第四紀以降に活動した東傾斜の逆断層が存在するものと考えられる。
 - ・深部には、明瞭な反射パターンの不連続が認められる
 - ・同文献においてQ層とされている地層は、下位層に比べ強いコントラストの反射パターンとして示されており、当該層には、東上りの変形様の構造が認められる
- 後志海山東方の断層1の北方の測線172-2の音波探査記録を確認した結果、断層を示唆する構造は認められず、当該測線の北側に概ねEW走向の向斜が示されている低地が位置することも踏まえると、後志海山東方の断層1は当該測線まで連続していないと考えられる (P15参照)。
- 後志海山東方の断層1の南方の測線164の音波探査記録を確認した結果、断層を示唆する構造は認められず、当該測線の南側に南後志海丘が位置することも踏まえると、後志海山東方の断層1は当該測線まで連続していないと考えられる (P16参照)。
- 後志海山東方の断層1については、第四紀以降に活動したと考えられること及び当社は当該断層を評価するための音波探査記録を有しておらず、後期更新世以降の活動について評価できないことから、後志海山東方の断層1を、後期更新世以降の活動を考慮する断層と評価する。
- 断層長さ※は、北方の測線172-2から、南方の測線164までの約34kmと評価する。

(次頁へ続く)

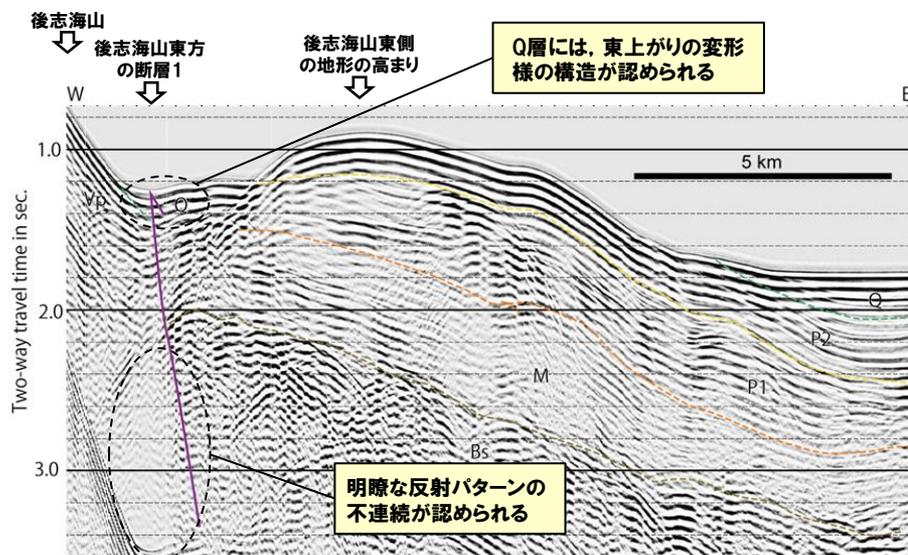
※断層長さの評価及び断層の図示については、従来の評価と同様、以下に基づき実施している。

(断層長さ評価)

断層長さ評価については、断層が認められなくなる測線までとしており、端部とする箇所については、地形も考慮した上で設定

(断層の図示)

断層の図示については、地形も考慮した上で、断層が認められる測線と認められなくなる測線との中点まで図示



音波探査記録 (測線169, 位置は右図参照) (岡村 (2023) のfig.13に加筆)

岡村 (2023) の地質層序

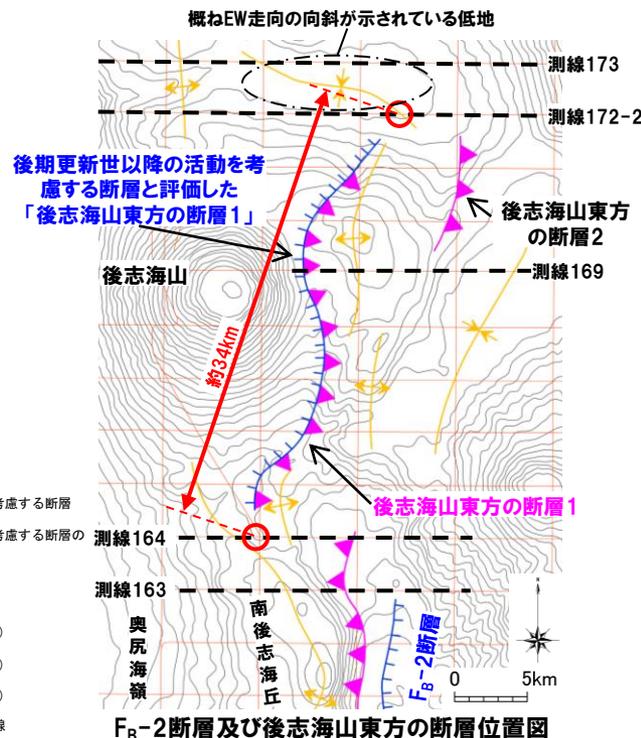
| | 堆積岩 | 火山岩 |
|-------|-----|-----|
| 第四紀 | Q | Vp |
| 後期更新世 | P2 | |
| 前期更新世 | P1 | |
| 中新世 | M | Vm |
| ～中新世 | Bs | Bs |

当社評価の凡例

- 後期更新世以降の活動を考慮する断層
- 後期更新世以降の活動を考慮する断層の長さ評価における端点

岡村 (2023) の凡例

- ▽ 逆断層 (第四紀以降に活動)
- ◇ 背斜軸 (第四紀以降に活動)
- ◇ 向斜軸 (第四紀以降に活動)
- 岡村 (2023) が使用した測線

F_B-2断層及び後志海山東方の断層位置図

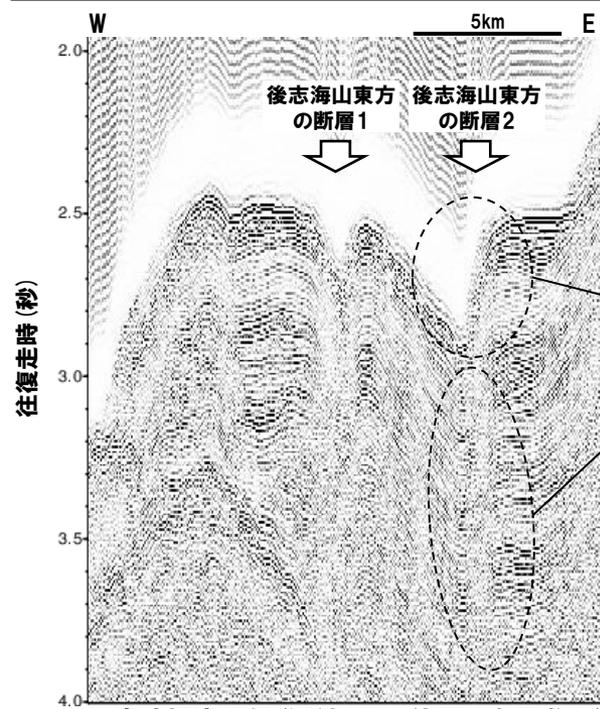
後志海山東方の断層 (3/8)

(前頁からの続き)

【当社検討結果(後志海山東方の断層2)】

- 後志海山東方の断層2を通る測線171において、同断層が示されている箇所付近には、後志海山東方の断層1に認められた様な(前頁参照)、深部の明瞭な反射パターンの不連続が認められる(左下図参照)。
- また、Q層と考えられる下位層に比べ強いコントラストの反射パターンには、東傾斜の逆断層の存在を示唆する、東上がりの変形様の構造が認められる(左下図参照)ことから、当該箇所には、第四紀以降に活動した東傾斜の逆断層が存在するものと考えられる。
- 後志海山東方の断層2の北方の測線172-2の音波探査記録を確認した結果、断層を示唆する構造は認められず、北側に概ねEW走向の向斜が示されている低地が位置することも踏まえると、後志海山東方の断層2は当該測線まで連続していないと考えられる(P15参照)。
- 後志海山東方の断層2の南方の測線169の音波探査記録を確認した結果、断層を示唆する構造が認められないことから、後志海山東方の断層2は当該測線まで連続していないと考えられる(P17参照)。
- 後志海山東方の断層2については、第四紀以降に活動したと考えられること及び当社は当該断層を評価するための音波探査記録を有しておらず、後期更新世以降の活動について評価できないことから、後志海山東方の断層2を、後期更新世以降の活動を考慮する断層と評価する。
- 断層長さ※は、北方の測線172-2から、南方の測線169までの約11kmと評価する。

(P18へ続く)



音波探査記録(測線171, 位置は右図参照)

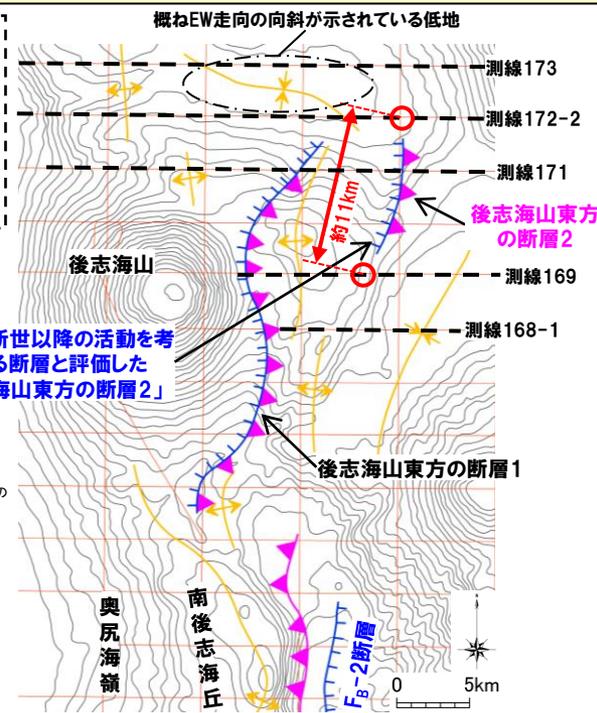
※断層長さの評価及び断層の図示については、従来の評価と同様、以下に基づき実施している。

(断層長さ評価)
断層長さ評価については、断層が認められなくなる測線までとしており、端部とする箇所については、地形も考慮した上で設定

(断層の図示)
断層の図示については、地形も考慮した上で、断層が認められる測線と認められなくなる測線との中点まで図示

東傾斜の逆断層の存在を示唆する、東上がりの変形様の構造が認められる

明瞭な反射パターンの不連続が認められる

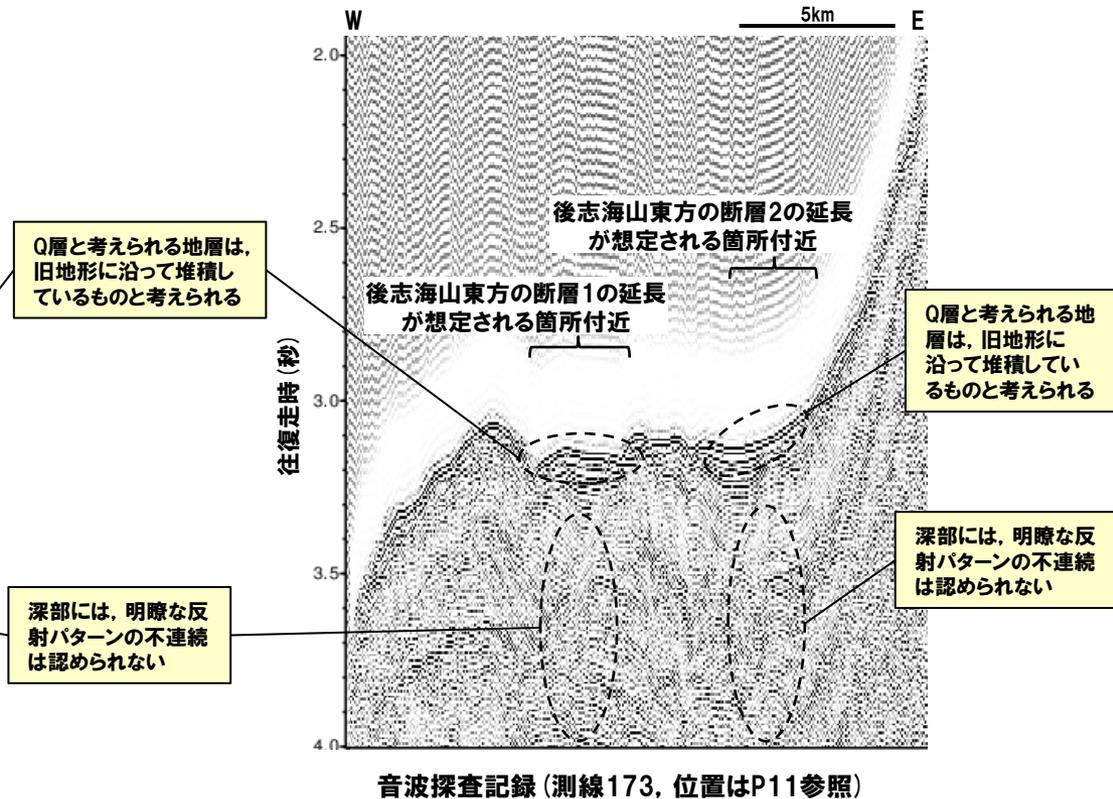
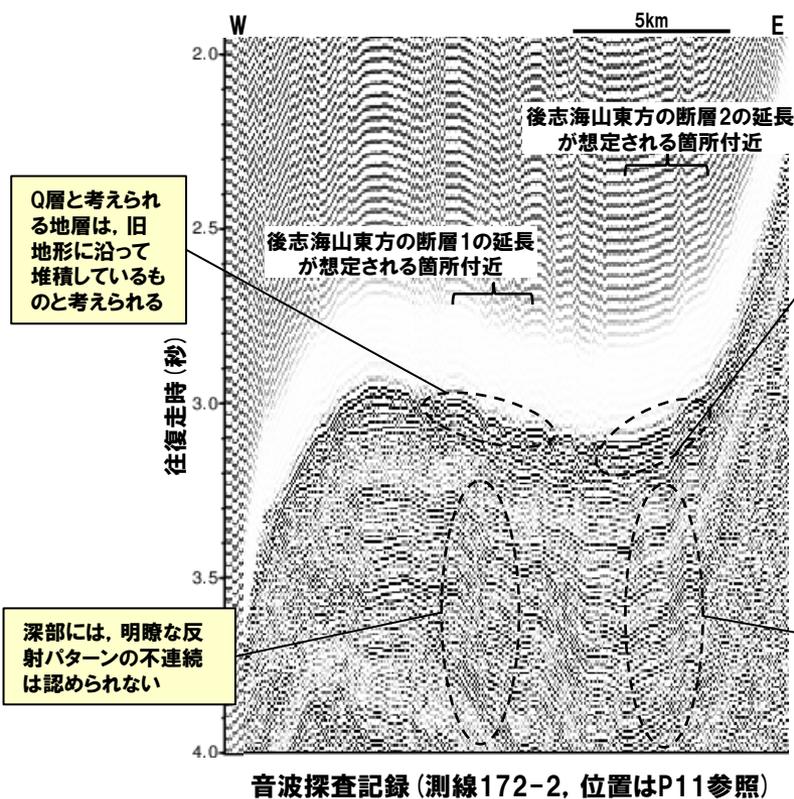


余白

後志海山東方の断層 (4/8)

【当社検討結果(後志海山東方の断層の北端)】

- 後志海山東方の断層1及び後志海山東方の断層2の北方の測線172-2(左下図)及び測線173(右下図)の音波探査記録を確認した。
- 確認の結果、当該断層の延長が想定される箇所付近において、深部には、断層の存在を示唆する明瞭な反射パターンの不連続は認められない。
- また、表層付近の、下位層に比べ強いコントラストの反射パターンを示すQ層と考えられる地層は、深部に断層を示唆する明瞭な反射パターンの不連続が認められないことを踏まえると、旧地形に沿って堆積しているものと考えられる。
- したがって、後志海山東方の断層1及び後志海山東方の断層2は、測線172-2の北側に概ねEW走向の向斜が示されている低地が位置することも踏まえると、測線172-2まで連続していないものと考えられる。

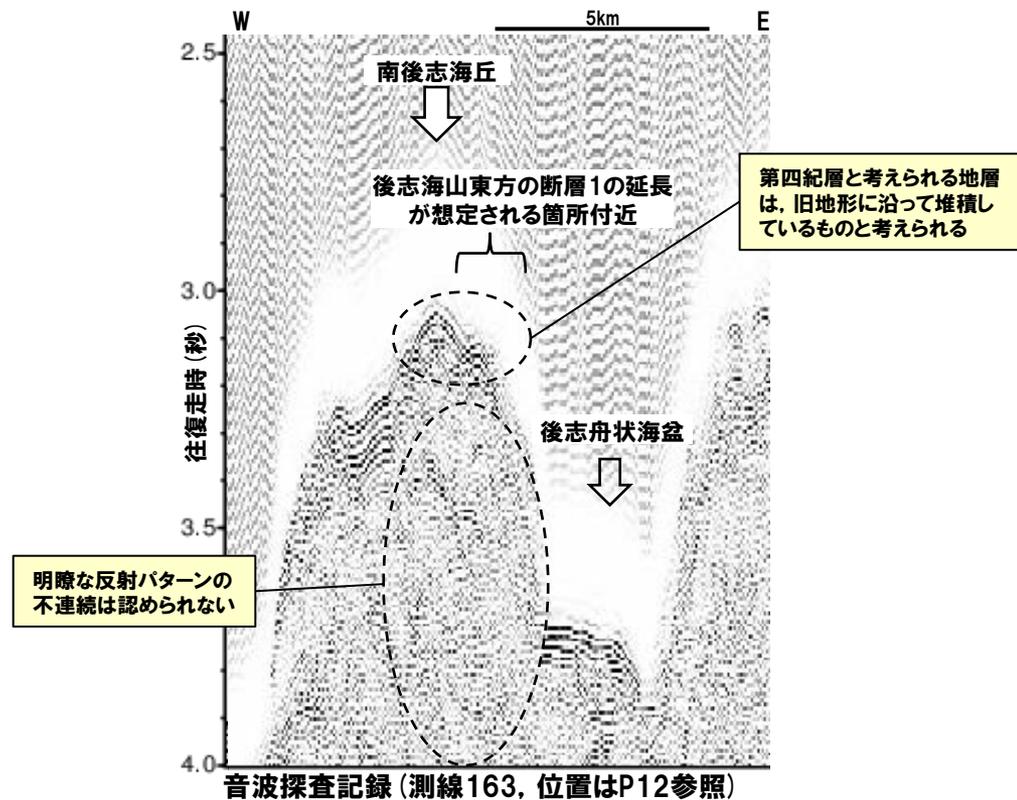
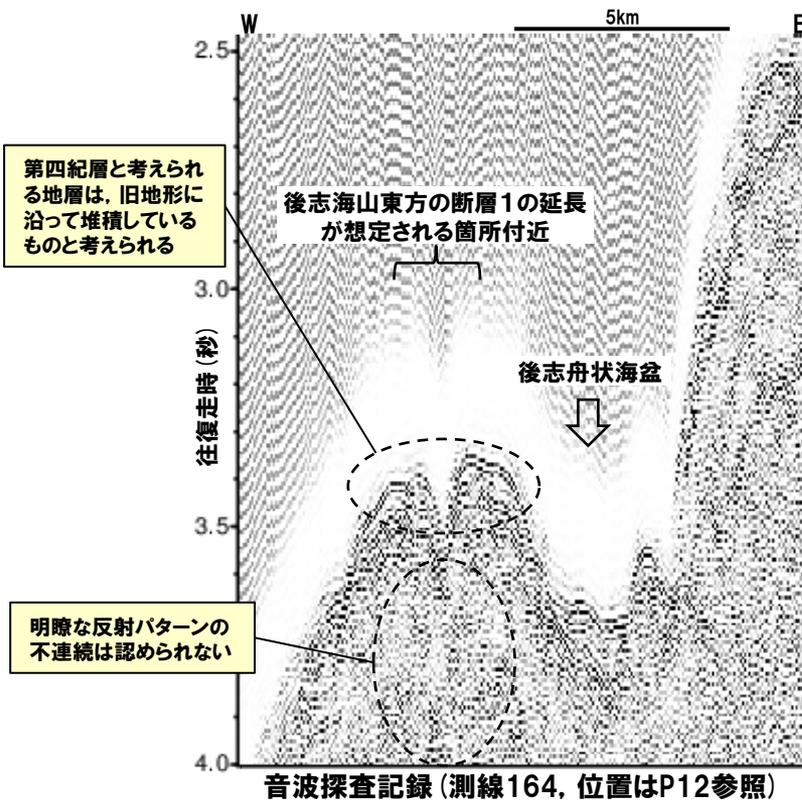


後志海山東方の断層 (5/8)

【当社検討結果(後志海山東方の断層1の南端)】

- 後志海山東方の断層1の南方の測線164(左下図)及び測線163(右下図)の音波探査記録を確認した。
- 確認の結果、当該断層の延長が想定される箇所付近において、深部には、断層の存在を示唆する明瞭な反射パターンの不連続は認められない。
- また、表層付近の、第四紀層と考えられる地層※は、深部に断層を示唆する明瞭な反射パターンの不連続が認められないことを踏まえると、旧地形に沿って堆積しているものと考えられる。
- したがって、後志海山東方の断層1は、測線164の南側に南後志海丘が位置することも踏まえると、測線164まで連続していないものと考えられる。

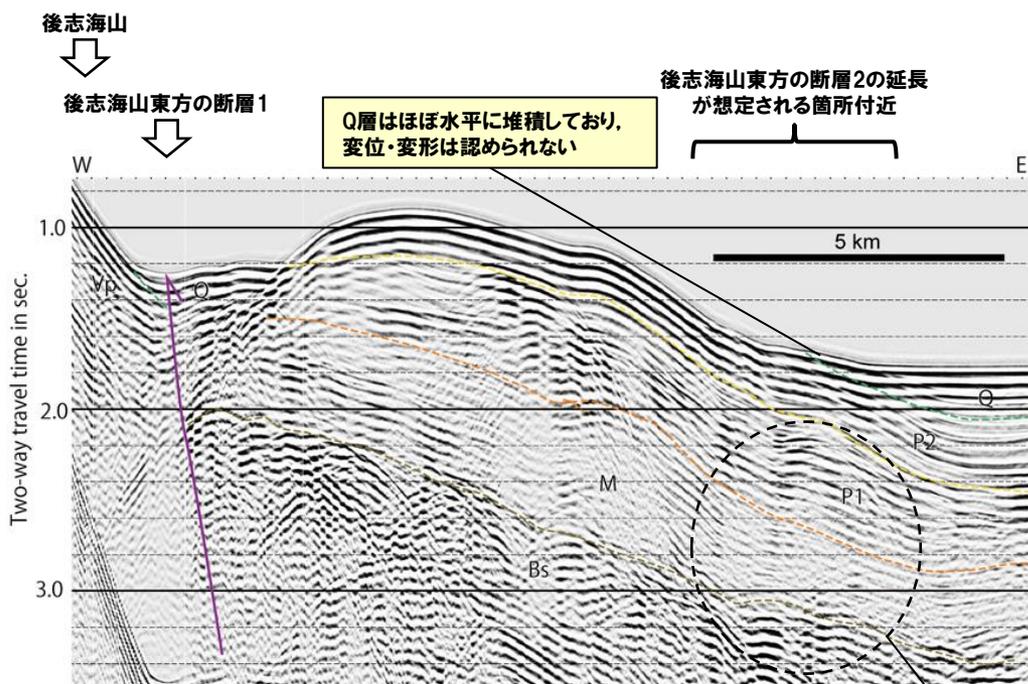
※岡村(2023)に示されている海底地質図においては、当該箇所付近にはQ層は示されていないが、当該箇所近傍の海域における、当社のマルチチャンネル方式による音波探査記録を用いた地層区分では、南後志海丘の東側の斜面にはIII層(下部~中部更新統)が認められると評価している(P19参照)ことから、当該箇所においても、第四紀層が堆積しているものと考えられる。



後志海山東方の断層 (6/8)

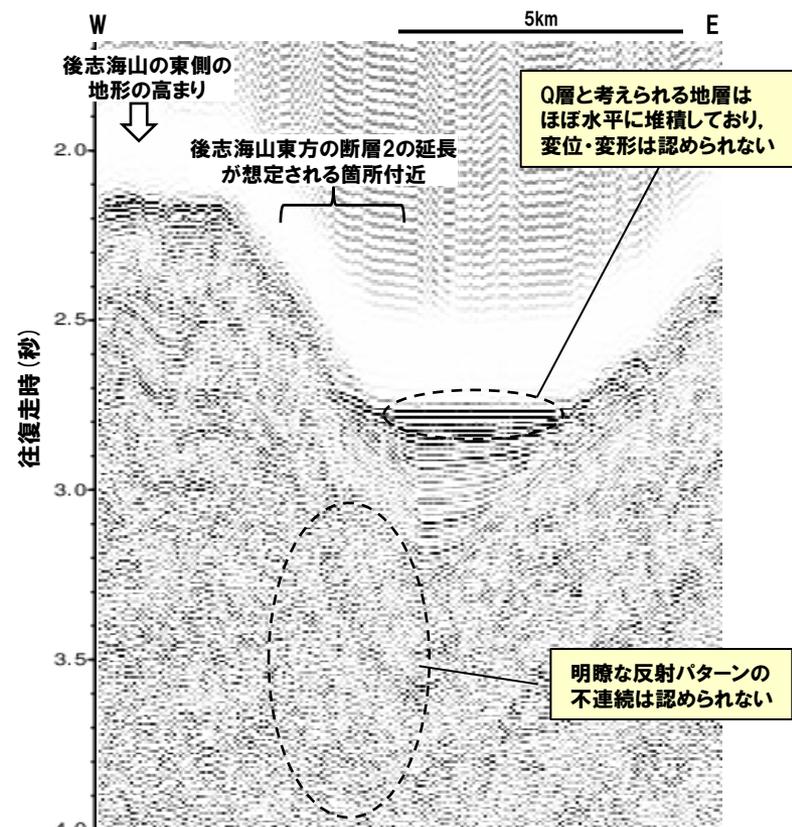
【当社検討結果(後志海山東方の断層2の南端)】

- 後志海山東方の断層2の南方の測線169のマルチチャンネル方式による音波探査記録(左下図)及び測線168-1の音波探査記録(右下図)を確認した。
- 確認の結果、当該断層の延長が想定される箇所付近において、深部には、断層の存在を示唆する明瞭な反射パターンの不連続は認められない。
- また、測線169において、後志海山東方の断層2が想定される箇所付近のQ層はほぼ水平に堆積しており、変位・変形は認められない。
- 測線168-1において、表層付近の、下位層に比べ強いコントラストの反射パターンを示すQ層と考えられる地層はほぼ水平に堆積しており、変位・変形は認められない。
- したがって、後志海山東方の断層2は、測線169まで連続していないものと考えられる。



音波探査記録(測線169, 位置はP13参照)
(岡村(2023)のfig.13に加筆)

明瞭な反射パターン
の不連続は認められない



音波探査記録(測線168-1, 位置はP13参照)

F_B-2断層の北方に示されている断層に関する検討

一部加筆修正 (R6.6.11 審査会合資料)

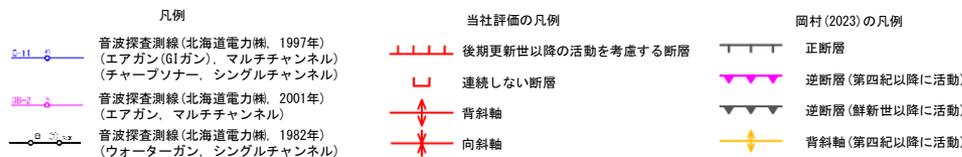
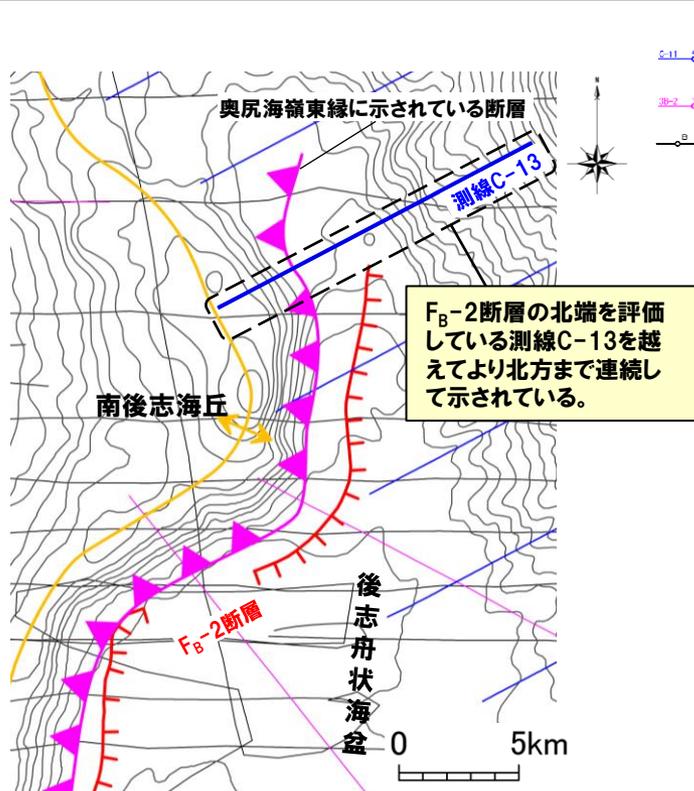
後志海山東方の断層 (8/8)

【(参考) F_B-2断層の北端に関する評価】

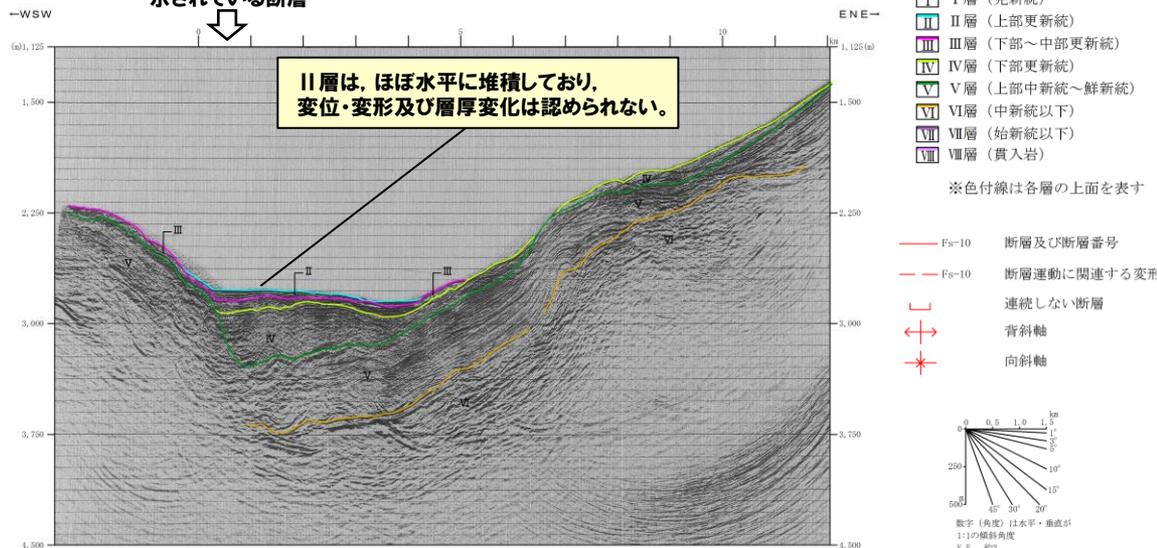
- 奥尻海嶺東縁に示されている断層は、F_B-2断層と概ね同じ位置に示されているが、当該断層の北端は、F_B-2断層の長さの北端を評価している測線C-13を越えてより北方まで連続して示されており(左下図参照)、F_B-2断層の断層長さが延長される可能性があることから、当社音波探査記録である測線C-13を確認し、当該範囲に後期更新世以降の活動を考慮する構造が認められるかを検討した。
- 当該測線の、奥尻海嶺東縁に示されている断層が示されている箇所付近について、II層は、ほぼ水平に堆積しており、変位・変形及び層厚変化は認められない(右下図参照)。



○F_B-2断層の断層長さの北端を評価している測線C-13において、後期更新世以降の活動を考慮する構造が認められないことから、F_B-2断層の断層長さ評価に影響しないものと判断される。



奥尻海嶺東縁に示されている断層



II層は、ほぼ水平に堆積しており、
変位・変形及び層厚変化は認められない。

音波探査記録(測線C-13※, 位置は左図参照)

※当該測線は、敷地前面海域と隣接するE海域の測線であり、E海域の地質は、敷地前面海域の地質と同様に区分している。

F_B-2断層及び奥尻海嶺東縁に示されている断層位置図

F_B-2断層の北方に示されている断層に関する検討

F_B-2断層と後志海山東方の断層の連動に関する検討(1/2)

○F_B-2断層及び後志海山東方の断層の特徴は、下表のとおり整理される。

各断層の整理結果

| | F _B -2断層 | 後志海山東方の断層 | |
|------------|--|------------------------|-------------------------------|
| | | 後志海山東方の断層1 | 後志海山東方の断層2 |
| 断層の走向 | 概ねN-S | 概ねN-S | |
| 断層の傾斜方向 | 西 | 東 | |
| 断層長さ | 約101km | 約34km | 約11km |
| 断層の位置する地形 | 奥尻海嶺の海底地形の高まりとその東側の後志舟状海盆の平坦部との地形変換点付近 | 後志海山の東側に位置する地形の高まりの西側 | 後志海山の東側に位置する地形の高まりの東側 |
| 重力異常との対応関係 | 上盤側が下盤側に比べ相対的に高重力異常域に対応 | 上盤が下盤側に比べ相対的に低重力異常域に対応 | 上盤側と下盤側で明瞭な重力異常の差が認められない箇所に対応 |

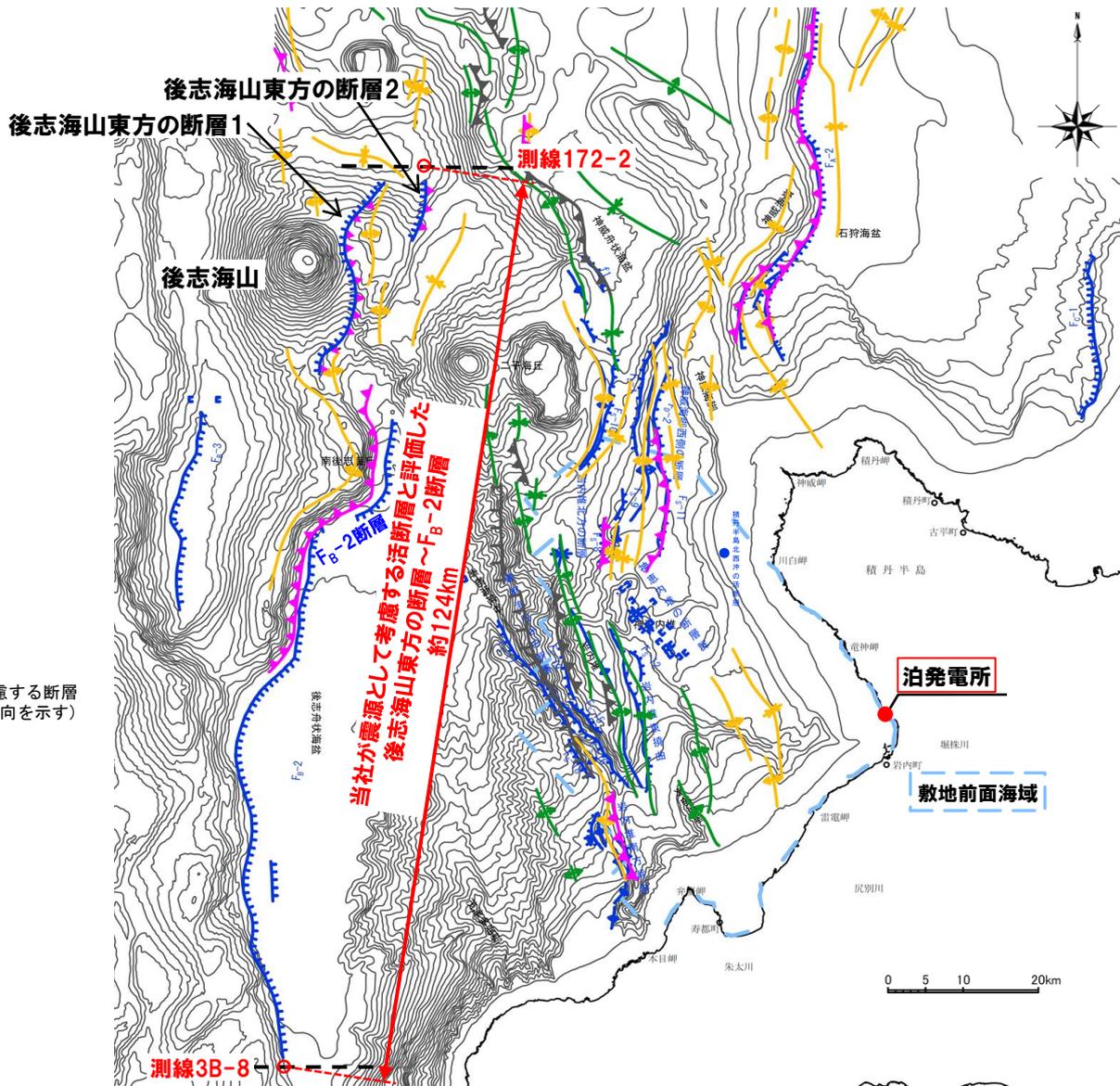
○整理・検討の結果、F_B-2断層と後志海山東方の断層には、以下の相違点等が認められるが、F_B-2断層と後志海山東方の断層は、いずれも走向が概ねN-S走向であることに加え、当社は、後志海山東方の断層を評価するための音波探査記録を有していないことを踏まえると、これらの断層の連動の可能性は否定できないことから、F_B-2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮し、「後志海山東方の断層～F_B-2断層の断層」を震源として考慮する活断層として評価する。

- ・岡村(2023)においては、奥尻海嶺東縁に示されている断層(F_B-2断層に相当)、後志海山東方の断層1及び後志海山東方の断層2は別個の断層として示されており、当社による検討結果においても同様に、別個の断層であると考えられる(P18参照)
- ・F_B-2断層と後志海山東方の断層は、断層の傾斜方向が異なる
- ・F_B-2断層、後志海山東方の断層1及び後志海山東方の断層2は、断層の位置する地形が異なる
- ・F_B-2断層、後志海山東方の断層1及び後志海山東方の断層2は、重力異常との対応関係が異なる

○「後志海山東方の断層～F_B-2断層」の断層長さは、後志海山東方の断層2の北方の測線172-2から、F_B-2断層南方の測線3B-8までの約124kmと評価する。

F_B-2断層の北方に示されている断層に関する検討

F_B-2断層と後志海山東方の断層の連動に関する検討 (2/2)



岡村 (2023) に示されている断層等及び当社が評価した後期更新世以降の活動を考慮する断層位置図

余白

| | |
|--|----|
| 1. F _B -2断層の北方に示されている断層に関する検討 | 5 |
| 2. 地震動評価への影響について | 24 |
| 3. 津波評価への影響について | 54 |
| 4. 主要検討項目と対応スケジュール | 58 |
| 5. 参考資料 | 60 |

地震動評価への影響について

地震動評価への反映について(1/2)

○内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の検討用地震として選定していた「 F_B -2断層による地震」については、 F_B -2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮し、「後志海山東方の断層～ F_B -2断層による地震」を震源として考慮する活断層として評価したことから、以下の基準地震動の策定に関する地震動評価フローに基づき「後志海山東方の断層～ F_B -2断層による地震」として地震動評価を実施する。

基準地震動の策定に関する地震動評価フロー

「後志海山東方の断層～ F_B -2断層による地震」の反映

【1. 敷地周辺の地震発生状況】

- 敷地周辺で過去に発生した被害地震の把握
- 敷地周辺の地震活動状況の把握



【2. 敷地周辺の活断層の分布】

- 文献調査等に基づき、敷地及び敷地周辺の活断層の分布を把握



【3. 敷地地盤の振動特性】

- PS検層結果等に基づき、解放基盤表面を設定
- 敷地内・敷地周辺の調査結果・地震観測記録及び他機関評価結果等に基づき、地震動評価に用いる地下構造モデルを設定
- 設定した地下構造モデルを用いて地震動評価を実施するにあたり、敷地内・敷地周辺で実施した調査結果も踏まえて、敷地地盤の振動特性に関する検討を実施



【4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動】

4.1 敷地に影響を及ぼす地震の選定

- 活断層による地震を地震発生様式毎に分類
- 地震の規模と震央距離の関係から、敷地周辺における揺れが震度5弱(震度V)程度以上のものを、敷地に影響を及ぼす地震として選定



・ F_B -2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮し、震源として考慮する活断層として評価した、「後志海山東方の断層～ F_B -2断層」を反映する。(P26)

- 連動を考慮したことに伴い、断層長さ及び震央距離を変更する。

・「後志海山東方の断層～ F_B -2断層による地震」の地震発生様式を分類する。(P26)

・地震の規模と震央距離の関係から、敷地周辺における揺れが震度5弱(震度V)程度以上の場合、敷地に影響を及ぼす地震として選定する。(P26)

地震動評価への影響について

地震動評価への反映について(2/2)

基準地震動の策定に関する地震動評価フロー(続き)

4.2 検討用地震の選定

- Noda et al.(2002)の手法を用いて応答スペクトルに基づく地震動評価を行い、敷地に大きな影響を及ぼす地震と考えられる地震を検討用地震として選定

「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」の反映

- Noda et al.(2002)による応答スペクトルの比較を実施し、敷地に大きな影響を及ぼす地震と考えられる地震を検討用地震として選定する。(P27)

4.3 検討用地震の地震動評価

- 「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の双方を実施

- 震源モデルを作成し、不確かさを考慮した上で、「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の双方を実施し、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として考慮する。(P28～P48)

- 連動を考慮したことに伴い、地震発生層及び応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模を再評価する。

- また、震源モデルの設定については、「F_B-2断層による地震」と同様の設定方針とするが、後志海山東方の断層のモデル化(断層の傾斜方向等)については各種知見に基づき新たに設定する。

【5. 震源を特定せず策定する地震動】

- 全国共通に考慮すべき地震動及び地域性を考慮する地震動について検討を実施

【6. 基準地震動の策定】

- 検討用地震の応答スペクトルに基づく地震動評価結果を上回るように基準地震動Ss1を設定
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果において、基準地震動Ss1を上回る周期で最大の応答スペクトルとなる地震動を、断層モデルを用いた手法による基準地震動として設定
- 震源を特定せず策定する地震動の評価結果において、基準地震動Ss1を上回る周期で最大の応答スペクトルとなる全ての地震動を、震源を特定せず策定する地震動による基準地震動として設定

- 検討用地震の応答スペクトルに基づく地震動評価結果を上回るように基準地震動Ss1を設定する。(P49, P50)

- 連動を考慮したことに伴い、模擬地震波の作成において参考としている諸元を「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」の諸元に変更する。

- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果が、基準地震動Ss1を上回る周期で最大の応答スペクトルとなる場合は、断層モデルを用いた手法による基準地震動として追加する。(P49, P50)

【7. 基準地震動の年超過確率の参照】

- 日本原子力学会(2015)に基づき、確率論的地震ハザード評価を実施し、基準地震動の応答スペクトルがどの程度の年超過確率に相当するかを確認

- 日本原子力学会(2015)に基づき、確率論的地震ハザード評価を実施し、基準地震動の年超過確率を確認する。(P51)

- 連動を考慮したことに伴い、特定震源モデル(検討用地震)の諸元を「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」の諸元に変更する。

敷地周辺の活断層の分布及び敷地に影響を及ぼす地震の選定

- 震源として考慮する活断層による地震について、「内陸地殻内地震」、「内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)※」、「海洋プレート内地震及びプレート間地震」、「火山性の地震」に分類する。
- 気象庁震度階級関連解説表によると、地震により建物等に被害が発生するのは震度5弱(1996年以前は、震度V)程度以上であることから、敷地に影響を及ぼす地震として、敷地周辺における揺れが震度5弱(震度V)程度以上のものを選定する。



※地震調査委員会(2003)における北海道北西沖から佐渡島北方沖にかかる領域の地震を対象とする。日本海東縁部で発生する地震は、防災科学技術研究所他によって行われたひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト及び染井ほか(2010)において、内陸地殻内地震と震源特性について類似性が指摘されていることから、内陸地殻内地震として分類し、1993年北海道南西沖地震の震源域等の知見を地震動評価において考慮することとして、内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)とする。

- 「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」を、「内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)」に分類する。
- また、「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」は、敷地において震度5弱(震度V)程度以上の揺れが推定されることから、敷地に影響を及ぼす地震として選定する。

敷地周辺の主な活断層

| 断層の名称※1 | 断層長さ (km) | マグニチュード M※2 | 震央距離Δ (km) |
|-------------------------------------|--------------|----------------|---------------|
| 神威海脚西側の断層 | 31.5 | 7.3 | 48 |
| F _D -1断層～岩内堆北方の断層 | 39 | 7.5 | 51 |
| F _S -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜 | 98 | 8.2 | 42 |
| F _S -12断層※3 | 6.7 | 6.2 | 34 |
| 寿都海底谷の断層 | 42 | 7.5 | 47 |
| 神恵内堆の断層群※3 | — | — | 34 |
| F _A -2断層 | 65 | 7.9 | 81 |
| 後志海山東方の断層～F _B -2断層※4 | 124 | 8.3 | 73 |
| F _B -3断層 | 45 | 7.6 | 99 |
| F _C -1断層 | 27 | 7.2 | 59 |
| 赤井川断層※3 | 5 | 6.0 | 23 |
| 尻別川断層※3 | 16 | 6.8 | 22 |
| 目名付近の断層※3 | 5 | 6.0 | 31 |
| 黒松内低地帯の断層 | 51 | 7.7 | 58 |
| 積丹半島北西沖の断層※3, ※5 | — | — | 30 |

※1:赤字は、敷地に震度V程度以上の影響を及ぼす活断層

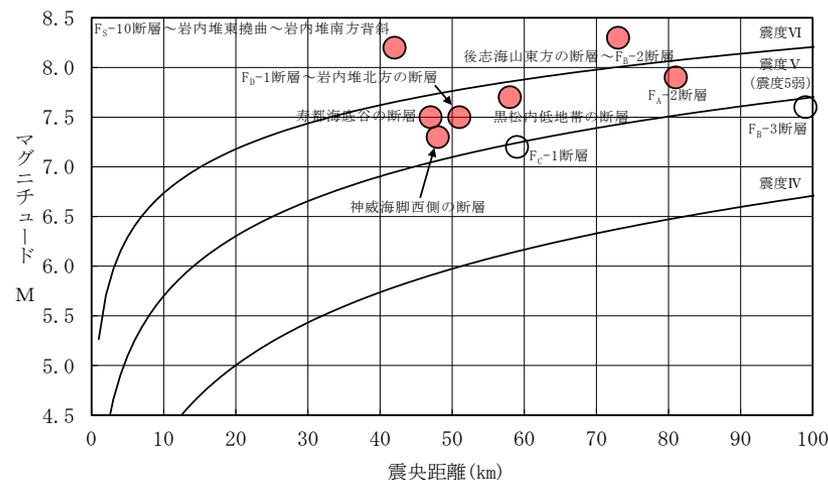
※2:マグニチュードは松田(1975)による断層長ささと地震のマグニチュードの関係式による

※3:孤立した短い活断層として評価する

※4:F_B-2断層と後志海山東方の断層の運動を考慮したことに伴い、F_B-2断層の断層長ささと震央距離から後志海山東方の断層～F_B-2断層の断層長ささと震央距離へ変更する。

※5:安全側の判断として、積丹半島北西沖に断層を仮定

活断層から想定される地震のマグニチュードー震央距離図



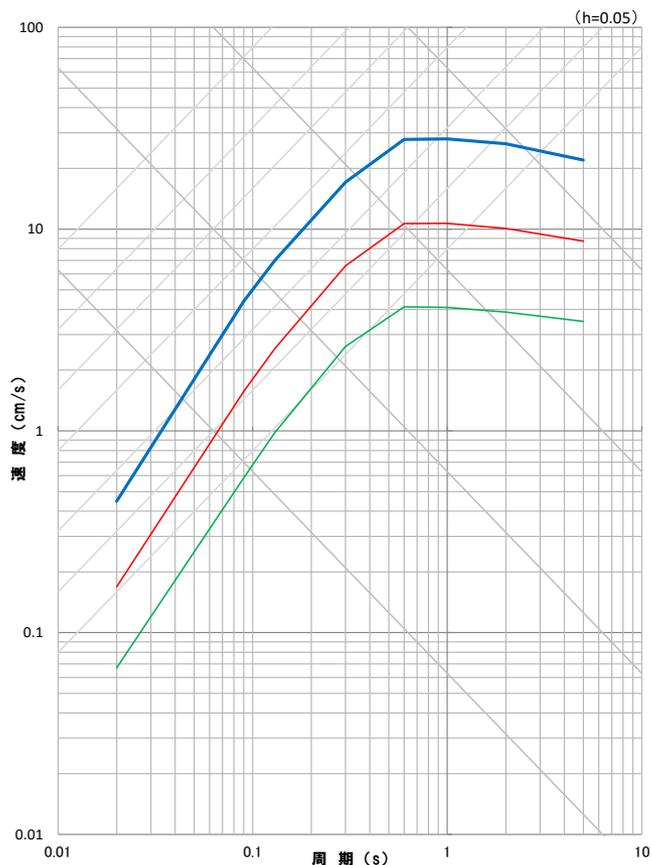
IV, V, VIは旧気象庁震度階級で、震度の境界線は村松(1969), 勝又ほか(1971)による

地震動評価への影響について

一部加筆修正 (R3.10.22審査会合資料)

検討用地震の選定(内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震))

- 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)のうち、敷地に影響を及ぼす地震として選定された3地震について、Noda et al.(2002)による応答スペクトルを比較し、検討用地震として選定する。
- 「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」の応答スペクトルが全周期帯で大きいことから、「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」を検討用地震として選定する。



| 断層名 | 断層長さ (km) | マグニチュード M | 傾斜方向※1 | 震央距離 (km) | 等価震源距離 (km)※2 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|---------------|
| 1940年神威岬沖の地震 | — | 7.5 | — | 158 | 159 |
| 1993年北海道南西沖地震 | — | 7.8 | — | 113 | 122 |
| 後志海山東方の断層～F _B -2断層による地震 | 124 | 8.3※3 | 東傾斜 ～西傾斜 | 73 | 94 |

※1: 地質調査結果及び各種知見より傾斜方向を推定

※2: 円形断層を仮定して算定

※3: 活断層によるマグニチュードは、松田(1975)による断層長さとの関係式による

— 1940年神威岬沖の地震
— 1993年北海道南西沖地震
— 後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震

※Noda et al.(2002)による応答スペクトルは、V_s=1.4km/sとして算定

地震発生層の設定方針(内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震))

○内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)については、日本海東縁部の地震に関する知見が得られており、内陸地殻内地震とは異なる傾向であることから、その知見や微小地震分布を踏まえて設定する。

○内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)

- 1993年北海道南西沖地震における断層モデル(Mendoza and Fukuyama(1996))
- 微小地震分布(後志海山東方の断層～F_B-2断層周辺におけるD10-D90評価)

地震発生層の設定(内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震))

○地震発生層の設定にあたっては、日本海東縁部の地震に関する知見及び微小地震分布を踏まえて設定する。

○1993年北海道南西沖地震における断層モデル(Mendoza and Fukuyama(1996))

地震発生層上端深さ : 5km

地震発生層下端深さ : 40km

○微小地震分布※(後志海山東方の断層～F_B-2断層周辺におけるD10-D90評価)

D10:7.5km, D90:33.0km



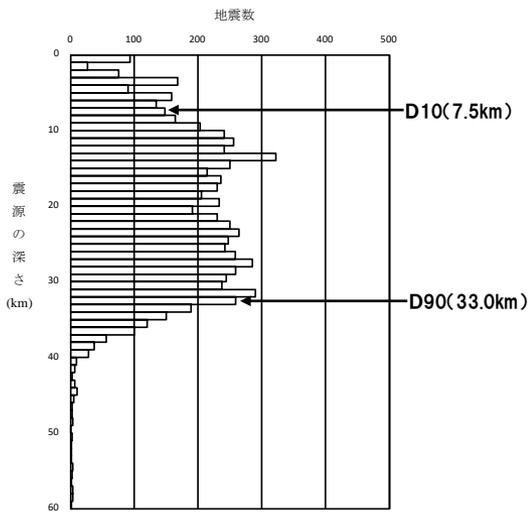
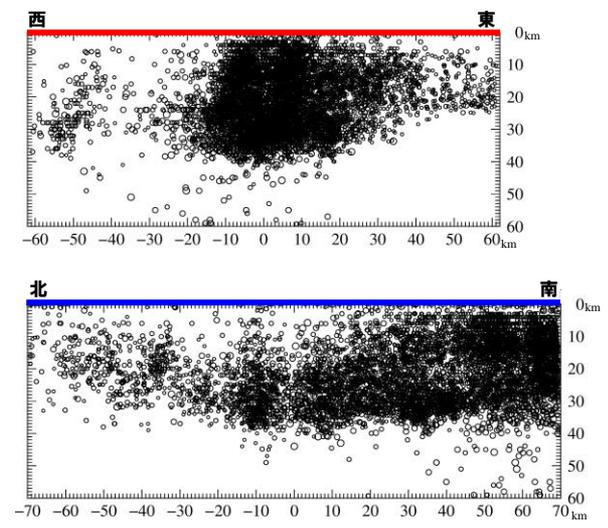
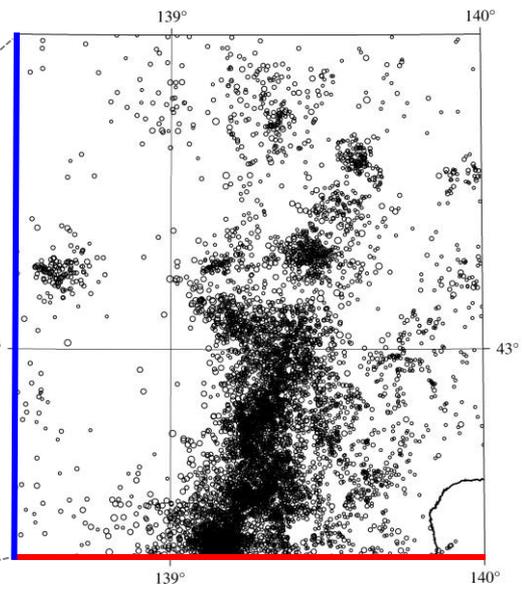
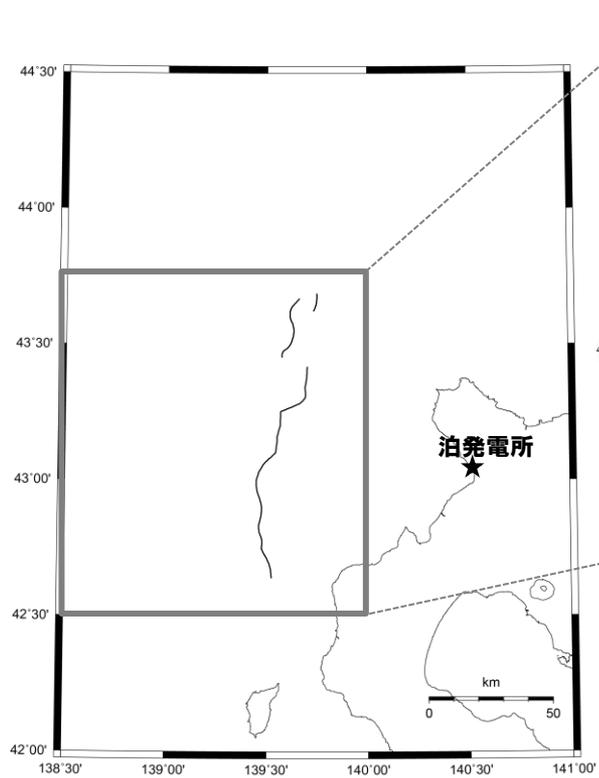
※F_B-2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮したことに伴い、微小地震分布の対象範囲を北側に拡大し、D10-D90を再評価する。

○地震動評価においては、上端深さ5km, 下端深さ40kmと設定
(地震発生層厚さ35km)

地震動評価への影響について

一部加筆修正 (R3.10.22審査会合資料)

後志海山東方の断層～F_B-2断層周辺におけるD10-D90評価



気象庁で観測された地震の震央分布及び震源鉛直分布
 (深さ60km以浅, M \geq 1)
 (1983年~2012年 気象庁地震カタログ)
 (2013年~2022年3月 気象庁ホームページ)

- 凡例
- 4.0 \leq M
 - 3.0 \leq M<4.0
 - 2.0 \leq M<3.0
 - 1.0 \leq M<2.0

D10 7.5km
D90 33.0km

検討用地震の地震動評価手法(内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震))

検討用地震の地震動評価は、「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の双方を実施する。

○応答スペクトルに基づく地震動評価手法について

- 解放基盤表面における水平及び鉛直方向の地震動評価ができること、震源の拡がりを考慮できること、地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)を考慮できることから、Noda et al.(2002)の方法を用いる。
- 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)については、日本海東縁部で発生した1993年北海道南西沖地震等の地震観測記録が得られていることから、観測記録を基にNoda et al.(2002)による応答スペクトルに対する比率を求め、日本海東縁部の地震の補正係数として用いる。
- 地震規模は、松田式により算定するが、異なる関係式により算定した結果も踏まえて評価する。

○断層モデルを用いた手法による地震動評価手法について

- 評価する断層の近傍で発生した地震で要素地震として適切な観測記録が得られていないことから※、短周期側を統計的グリーン関数法(Dan et al.(1989))、長周期側を理論的手法(波数積分法)を適用したハイブリッド合成法により評価する。
- PS検層結果、弾性波探査結果等を基に、敷地の地震観測記録に基づき設定した地下構造モデルを用いて評価する。
- なお、地震動評価においては、プラントノースを基準としたNS、EW方向として評価する。

※「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」については、後志海山東方の断層～F_B-2断層の位置する日本海東縁部で発生した1993年北海道南西沖地震及びその余震に関して、要素地震として適切な地震規模等の地震ではないものの、敷地で地震観測記録が得られていることから、この地震観測記録を要素地震とする経験的グリーン関数法を用いた地震動評価も実施する。

不確かさを考慮する断層パラメータ(内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震))

不確かさを考慮する断層パラメータの基本的な考え方

○不確かさを考慮したモデルにおける断層パラメータの設定については、基本震源モデルと同じ設定方法により設定する。

○不確かさを考慮するパラメータ

- | | | |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ① 断層傾斜角 ② 応力降下量 ③ 破壊伝播速度* | } | <p>認識論的不確かさに分類されるもので、 事前の詳細な調査や経験式等に基づき設定できるもの</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ④ アスペリティの位置 ⑤ 破壊開始点 | } | <p>偶然的な不確かさに分類されるもので、 事前の詳細な調査や経験式からは特定が困難なもの</p> |

※破壊伝播速度は、断層長さが長い断層の地震動評価において影響が大きいと考えられることから、「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」の地震動評価において、不確かさを考慮する。

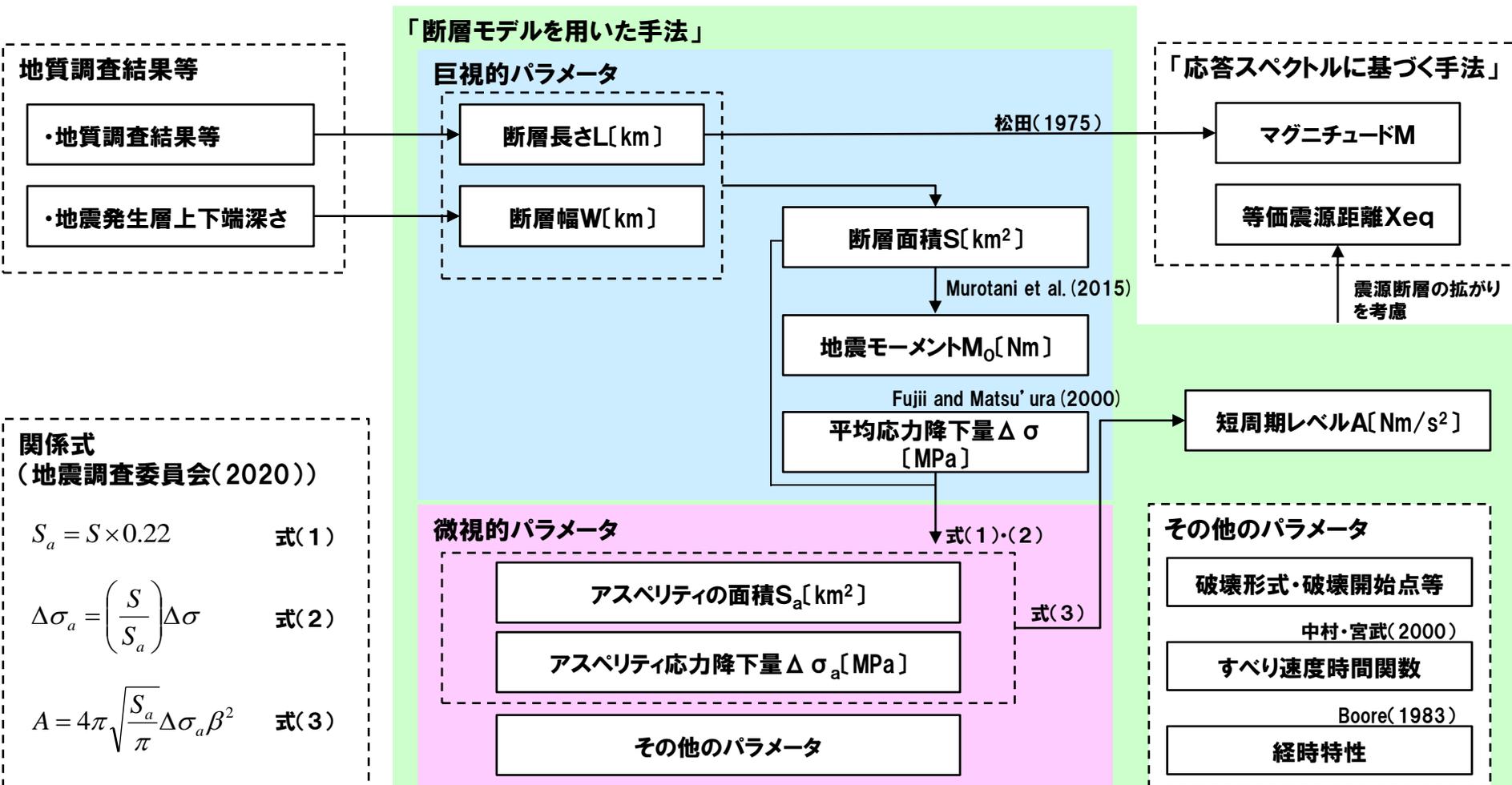


○不確かさの重畳について

- 「事前の詳細な調査や経験式等に基づき設定できるもの」については、それぞれ独立させて不確かさを考慮する。
- 「事前の詳細な調査や経験式からは特定が困難なもの」については、事前に把握することが困難であるため、「事前の詳細な調査や経験式等に基づき設定できるもの」と重畳させて考慮する。

「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」の地震動評価

- 「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」について、震源モデルを構築し、不確かさを考慮した地震動評価を行う。
- 断層パラメータは、地震調査委員会「レシピ」(2020)に基づき設定する。
- 地震モーメントはMurotani et al. (2015), 平均応力降下量はFujii and Matsu'ura (2000)に基づき設定する。また、アスペリティ面積をSomerville et al. (1999)に基づき、震源断層全体の面積の22%で設定する。



地震動評価への影響について

一部加筆修正 (R3.10.22審査会合資料)

「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」の不確かさを考慮するパラメータ

| | 基本震源モデル ^{*1} のパラメータ | 不確かさ考慮モデル ^{*1} のパラメータ |
|--------------|--|---|
| 断層の傾斜角 | <p>後志海山東方の断層は、文献に基づく検討結果を踏まえて東傾斜とし、傾斜角は断層周辺において発生した地震を参考に45°と設定。</p> <p>F_B-2断層は、地質調査結果から西傾斜とし、傾斜角は断層周辺において発生した地震を参考に45°と設定。</p> | <p>断層の傾斜角の不確かさを考慮し、1993年北海道南西沖地震における断層モデル等を参考に、念のため30°を考慮。</p> |
| アスペリティの応力降下量 | 地震調査委員会(2020)に基づき設定。 | <p>応力降下量について十分な知見が得られていないことから、2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、地震調査委員会(2020)による値の1.5倍の応力降下量を考慮。</p> |
| 破壊伝播速度 | 地震調査委員会(2020)に基づき設定。 Vr=0.72Vs | 宮腰ほか(2003)の知見を参考に設定。 Vr=0.87Vs |
| アスペリティの位置、数 | 地質調査結果等に基づき評価した活断層の範囲内で、敷地に近い位置の地表付近に3個設定 ^{*2} 。 | |
| 破壊開始点 | 不確かさをあらかじめ考慮することとし、破壊の進行方向が敷地へ向かうように複数の位置に設定 ^{*3} 。 | |

※1:F_B-2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮したことに伴い、震源モデルを再設定する。震源モデルの設定については、「F_B-2断層による地震」と同様の設定方針とするが、後志海山東方の断層のモデル化(断層の傾斜方向等)については各種知見に基づき新たに設定する。

※2:後志海山東方の断層について、短周期側の地震動評価結果が大きいと想定される不確かさ考慮モデル(応力降下量)は、断層の傾斜角を45°と設定していることから、アスペリティ位置を深さ方向へ変更しても、アスペリティから敷地までの距離が概ね同程度となる。また、長周期側の地震動評価結果が大きいと想定される不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)は、断層の傾斜方向が東傾斜であり、破壊の進行方向が敷地から遠ざかる方向となるため、アスペリティ位置によらず、長周期側の地震動評価結果に大きな影響を与えないと考えられる。以上を踏まえ、後志海山東方の断層についても、地質調査結果等に基づき評価した活断層の範囲内で、敷地に近い位置の地表付近にアスペリティを配置する。

※3:後志海山東方の断層の破壊開始点については、断層の傾斜方向が東傾斜であり、破壊の進行方向が敷地から遠ざかる方向となるが、地震調査委員会(2020)を参考にアスペリティ下端中央及び巨視的断層面下端中央に破壊開始点を設けている。

地震動評価への影響について

再掲 (R3.10.22審査会合資料)

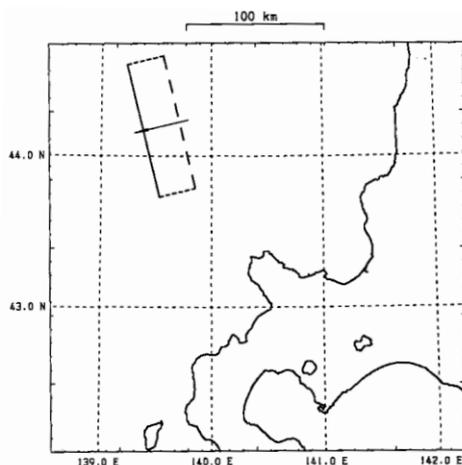
日本海東縁部の地震に関する知見

○日本海東縁部の地震に関する主な知見を以下に示す。

【Satake(1986)】

○1940年神威岬沖の地震について、津波数値実験により断層モデルを設定している。主要な断層パラメータ及び断層モデル図は、以下の通り。

| 主要な震源パラメータ | |
|----------------------------|----------------------|
| 断層長さ[km] | 100 |
| 断層幅[km] | 35 |
| 傾斜角[°] | 40 |
| 地震モーメント M_0 [N·m] | 2.4×10^{20} |
| 応力降下量 $\Delta\sigma$ [Mpa] | 3.3 |
| すべり量[cm] | 150 |

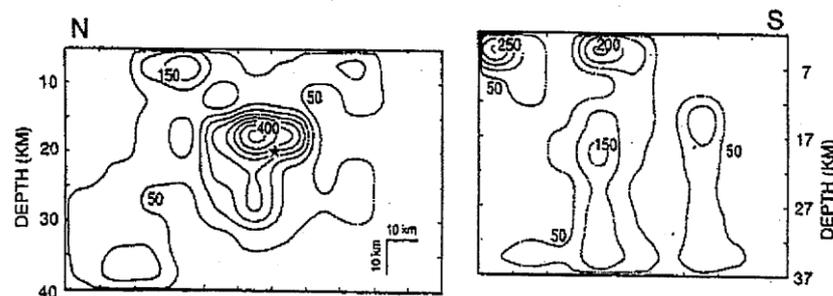


断層モデル図

【Mendoza and Fukuyama(1996)】

○1993年北海道南西沖地震について、地震観測記録のインバージョン解析を実施し、断層面とすべり量分布を求めている。主要な断層パラメータ及び断層モデル図は、以下の通り。

| 主要な震源パラメータ | 北側面 | 南側面 |
|---------------------|-----------------------|-----|
| 断層長さ[km] | 110 | 90 |
| 断層幅[km] | 70 | 70 |
| 傾斜角[°] | 30 | 30 |
| 地震モーメント M_0 [N·m] | 3.41×10^{20} | |

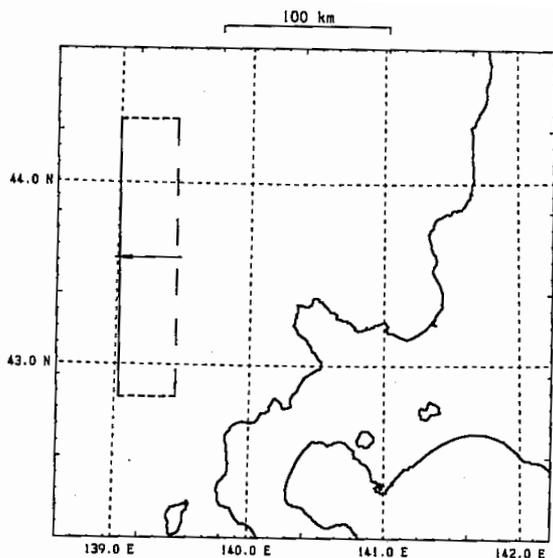


すべり量分布

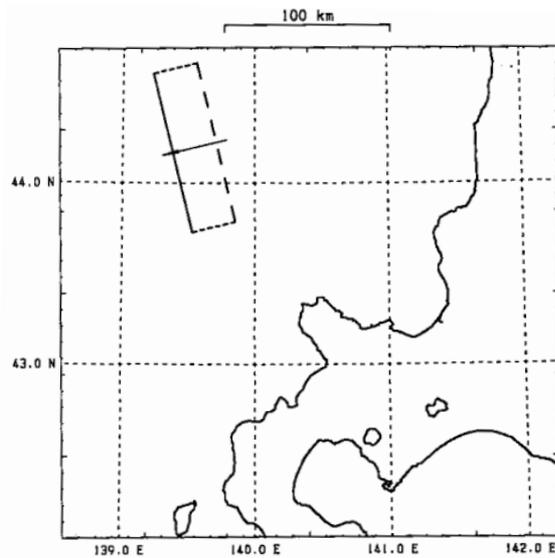
傾斜角の設定

○日本海東縁部の地震(後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震)の断層モデルにおける傾斜角は、断層周辺において発生した1940年神威岬沖の地震及び1993年北海道南西沖地震の断層モデルの検討結果における傾斜角が30°~55°となっていることから、基本震源モデルを45°とし、不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)を念のため30°として設定する。

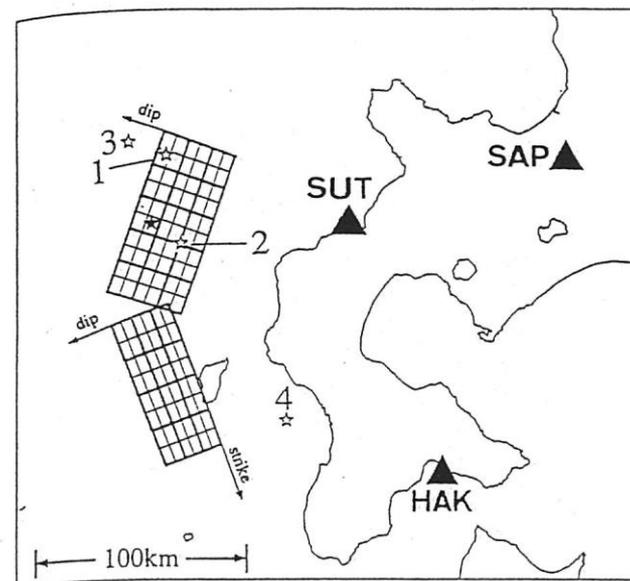
| | 1940年神威岬沖の地震 | | 1993年北海道南西沖地震 |
|-----|--------------------------|--------------|--------------------------|
| | Fukao and Furumoto(1975) | Satake(1986) | Kakehi and Irikura(1997) |
| 傾斜角 | 46° | 40° | 北断層30° 南断層55° |



Fukao and Furumoto(1975)



Satake(1986)



Kakehi and Irikura(1997)

地震動評価検討ケース

| 震源モデル | 断層長さ (km) | 断層幅 (km) | 断層の傾斜角 (°) | 応力降下量 | 破壊伝播速度 (km/s) | アスペリティ 位置 | 破壊開始点 | 備考 |
|-----------------------|--------------|-------------|----------------------------|---------------------------|------------------|----------------------|--|---|
| (地質調査結果等) | 124 | — | — | — | — | — | — | ○地質調査結果等により断層長さ124km ○地震動評価は基本震源モデルにて代表 |
| 基本震源モデル | 127.4 | 50 | 45 (西傾斜) 45 (東傾斜) | 地震調査委員会 (2020) | 0.72Vs | 敷地に近い 位置の地表 付近 | F _B -2断層(北断層):アスペリティ下端中央 F _B -2断層(南断層):アスペリティ下端中央 F _B -2断層(北断層):巨視的断層面下端中央 F _B -2断層(南断層):巨視的断層面下端中央 後志海山東方の断層:アスペリティ下端中央 後志海山東方の断層:巨視的断層面下端中央 | ○地質調査結果等を基に, 矩形断層面を設定したモデル ○M8.3, Xeq=93km* |
| 不確かさ考慮モデル (断層の傾斜角) | 129.4 | 70 | 30 (西傾斜) 30 (東傾斜) | 地震調査委員会 (2020) | 0.72Vs | 敷地に近い 位置の地表 付近 | F _B -2断層(北断層):アスペリティ下端中央 F _B -2断層(南断層):アスペリティ下端中央 F _B -2断層(北断層):巨視的断層面下端中央 F _B -2断層(南断層):巨視的断層面下端中央 後志海山東方の断層:アスペリティ下端中央 後志海山東方の断層:巨視的断層面下端中央 | ○不確かさを考慮し, 念のため30°を考慮 ○M8.3, Xeq=96km* |
| 不確かさ考慮モデル (応力降下量) | 127.4 | 50 | 45 (西傾斜) 45 (東傾斜) | 地震調査委員会 (2020) ×1.5 | 0.72Vs | 敷地に近い 位置の地表 付近 | F _B -2断層(北断層):アスペリティ下端中央 F _B -2断層(南断層):アスペリティ下端中央 F _B -2断層(北断層):巨視的断層面下端中央 F _B -2断層(南断層):巨視的断層面下端中央 後志海山東方の断層:アスペリティ下端中央 後志海山東方の断層:巨視的断層面下端中央 | ○基本震源モデルの応力降下量について, 不確かさを考慮してアスペリティと背景領域 の応力降下量をいずれも1.5倍したモデル |
| 不確かさ考慮モデル (破壊伝播速度) | 127.4 | 50 | 45 (西傾斜) 45 (東傾斜) | 地震調査委員会 (2020) | 0.87Vs | 敷地に近い 位置の地表 付近 | F _B -2断層(北断層):アスペリティ下端中央 F _B -2断層(南断層):アスペリティ下端中央 F _B -2断層(北断層):巨視的断層面下端中央 F _B -2断層(南断層):巨視的断層面下端中央 後志海山東方の断層:アスペリティ下端中央 後志海山東方の断層:巨視的断層面下端中央 | ○基本震源モデルの破壊伝播速度について, 不確かさを考慮して0.87Vsとしたモデル |

不確かさを考慮して設定するパラメータ (認識論的な不確かさ)

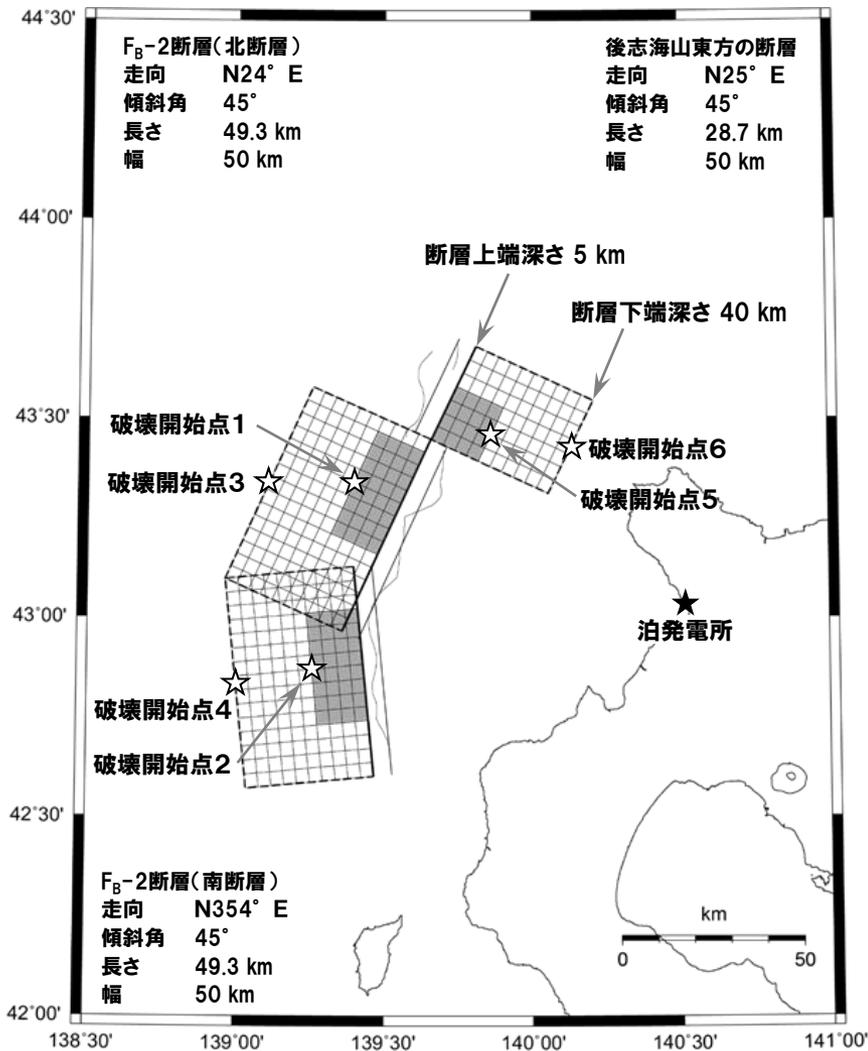
全てのケースにおいて共通的に考慮するパラメータ (偶発的な不確かさ)

※ 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる諸元

地震動評価への影響について

一部加筆修正 (R3.10.22審査会合資料)

震源モデル図, 断層パラメータ(基本震源モデル)



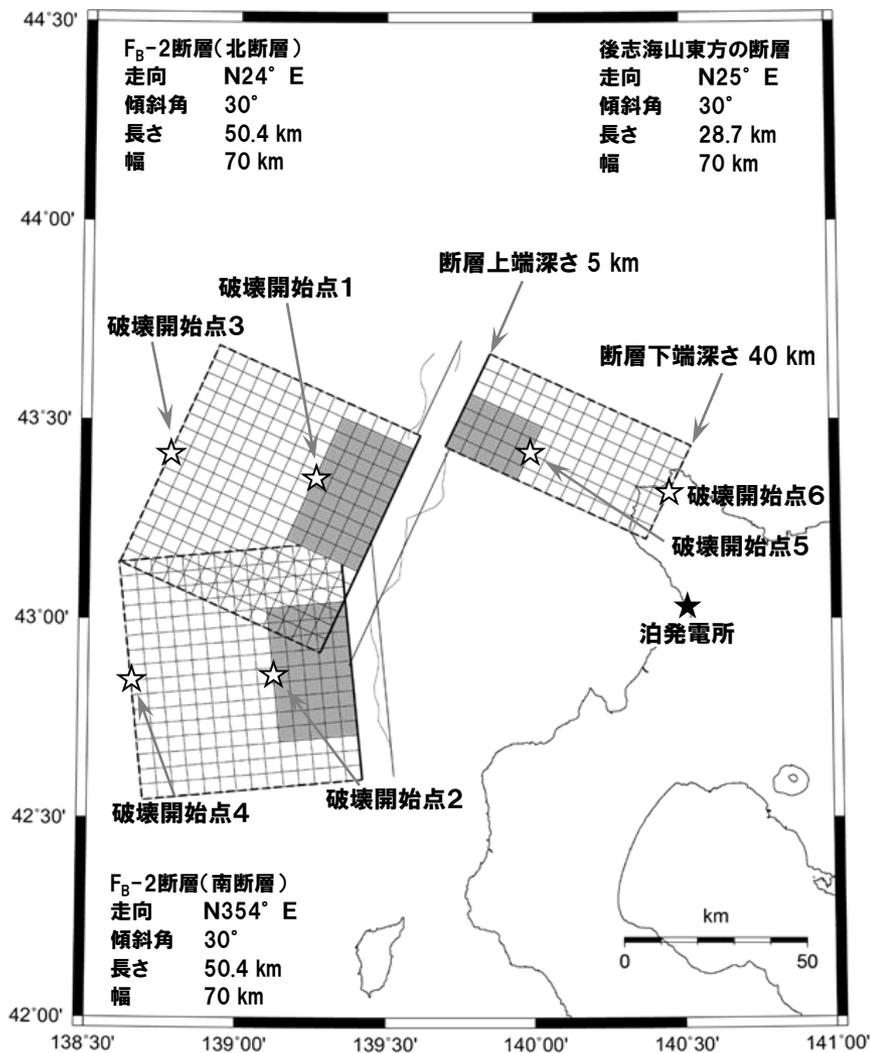
基本震源モデル ※モデル上のアスペリティ面積 1505.1km²

| 項目 | 設定値 | 設定方法 | |
|-------------------|--|--|--|
| 断層原点 (地表トレス原点) | 北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527° 北緯 43.467° 東経 139.604° | 地質調査結果による F _B -2 断層(北断層)南端 地質調査結果による F _B -2 断層(南断層)南端 文献に基づく検討結果による後志海山東方の断層南端 | |
| 走向 | F _B -2 断層(北断層): N 24° E F _B -2 断層(南断層): N354° E 後志海山東方の断層: N25° E | 地質調査結果による F _B -2 断層(北断層)の南端~北端 地質調査結果による F _B -2 断層(南断層)の南端~北端 文献に基づく検討結果による後志海山東方の断層の南端~北端 | |
| 傾斜角 | 45° | 傾斜角を 45° と設定 | |
| 断層長さ | 127.4km(49.3km×2+28.7km) | 地質調査結果等に基づき矩形断層として設定 | |
| 断層幅 | 50km | 断層上下端深さと傾斜角から設定 | |
| 拡張面積 | 473.7km ² | $\Delta S = W^2 \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$, $\Delta \theta = \theta_n - 360 + \theta_s$ | |
| 断層面積 | 6841.4km ² | $S = L \times W + \Delta S$ | |
| 断層上端深さ | 5km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 | |
| 断層下端深さ | 40km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 | |
| 地震モーメント | 6.84E+20N・m | $M_0 = S \times 10^{17}$ (Murotani et al.(2015)) | |
| モーメントマグニチュード | 7.8 | $\text{Log} M_0 (\text{N} \cdot \text{m}) = 1.5 \times M_w + 9.1$ | |
| 平均応力降下量 | 3.1MPa | Fuji amd Matsu'ura(2000) | |
| 剛性率 | 4.19E+10N/m ² | $\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9\text{g/cm}^3$; Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 | |
| 平均すべり量 | 238.7cm | $D = M_0 / (\mu \times S)$ | |
| S波速度 | 3.8km/s | $\beta = 3.8\text{km/s}$; Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 | |
| 破壊伝播速度 | 2.7km/s | $V_s = 0.72 \times \beta \text{ km/s}$ (Geller(1976)) | |
| 破壊伝播様式 | 破壊開始点から同心円状 | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| 破壊開始点 | F _B -2 断層(北断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) F _B -2 断層(南断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) F _B -2 断層(北断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) F _B -2 断層(南断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点4) 後志海山東方の断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点5) 後志海山東方の断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点6) | 破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定 | |
| 短周期レベル | 5.60E+19N・m/s ² | $A = 4 \times \pi \times (S_0 / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$ | |
| 高周波遮断特性 | 6Hz | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| Q値 | 110 ^{0.69} | $Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994)) | |
| アスペリティ | 位置 | 敷地に近い位置の地表付近 | |
| | 数 | 3 個 | F _B -2 断層(北断層), F _B -2 断層(南断層)及び後志海山東方の断層にそれぞれ 1 個設定 |
| | 総面積 | 1505.1km ² | $S_a = 0.22 \times S$ |
| | 平均すべり量 | 477.3cm | $D_a = \gamma_a \times D$ |
| | 地震モーメント | 3.01E+20N・m | $M_{0a} = \mu \times S_a \times D_a$ |
| 背景領域 | 応力降下量 | 14.1MPa | $\Delta \sigma_s = S_0 / S_a \times \Delta \sigma$ |
| | 地震モーメント | 3.83E+20N・m | $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$ |
| | 面積 | 5336.3km ² | $S_b = S - S_a$ |
| | 平均すべり量 | 171.3cm | $D_b = M_{0b} / (\mu \times S_b)$ |
| 実効応力 | 2.3MPa | $\sigma_s = (D_b / W_b) \times (\pi^{0.5} / D_a) \times r \times \Sigma \gamma_i^2 \times \sigma_a$ | |

地震動評価への影響について

一部加筆修正 (R3.10.22審査会合資料)

震源モデル図, 断層パラメータ(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角))



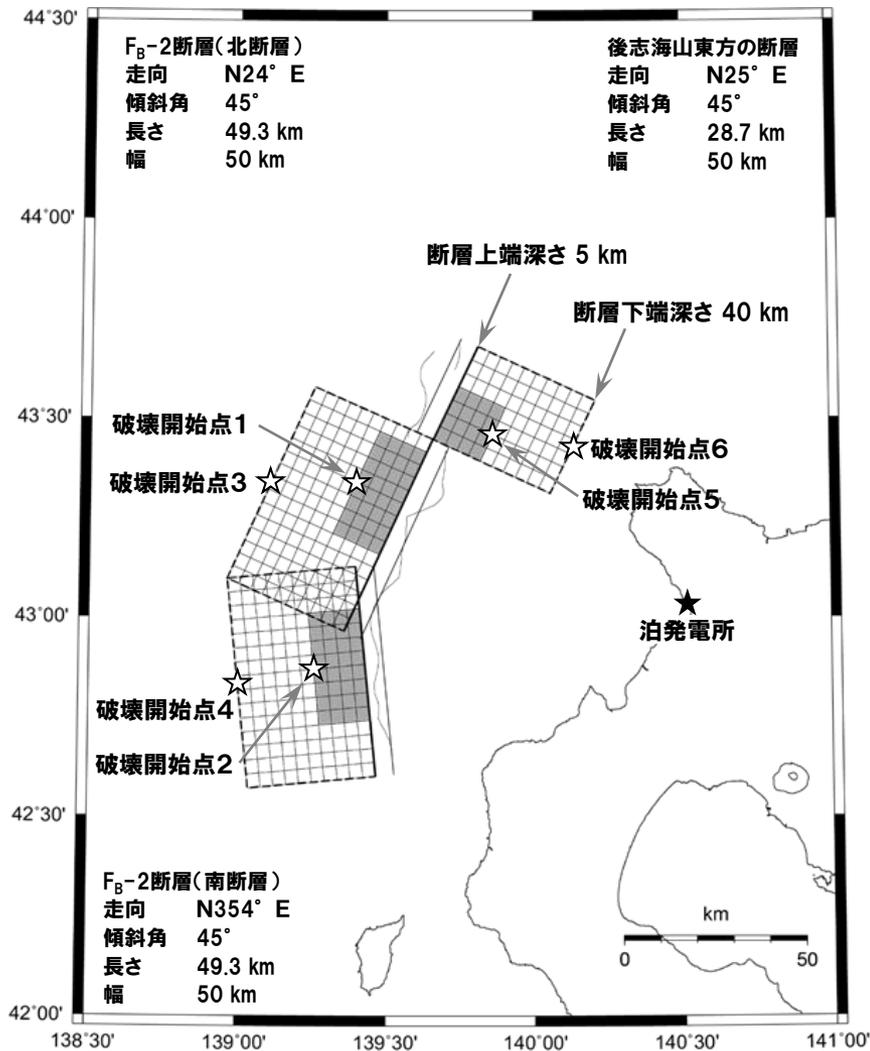
不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)
 ※モデル上のアスペリティ面積 2243.1km²

| 項目 | 設定値 | 設定方法 | |
|-------------------|--|--|--|
| 断層原点 (地表トレス原点) | 北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527° 北緯 43.467° 東経 139.604° | 地質調査結果による F _B -2 断層(北断層)南端 地質調査結果による F _B -2 断層(南断層)南端 文献に基づく検討結果による後志海山東方の断層南端 | |
| 走向 | F _B -2 断層(北断層): N 24° E F _B -2 断層(南断層): N354° E 後志海山東方の断層: N25° E | 地質調査結果による F _B -2 断層(北断層)の南端~北端 地質調査結果による F _B -2 断層(南断層)の南端~北端 文献に基づく検討結果による後志海山東方の断層の南端~北端 | |
| 傾斜角 | 30° | 不確かさを考慮し, 念のため 30° と設定 | |
| 断層長さ | 129.4km(50.4km×2+28.7km) | 地質調査結果等に基づき矩形断層として設定 | |
| 断層幅 | 70km | 断層上下端深さと傾斜角から設定 | |
| 拡張面積 | 1137.1km ² | $\Delta S = W^2 \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$, $\Delta \theta = \theta_n - 360 + \theta_s$ | |
| 断層面積 | 10195.9km ² | $S = L \times W + \Delta S$ | |
| 断層上端深さ | 5km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 | |
| 断層下端深さ | 40km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 | |
| 地震モーメント | 1.02E+21N・m | $M_0 = S \times 10^{17}$ (Murotani et al.(2015)) | |
| モーメントマグニチュード | 7.9 | $\text{Log} M_0 (N \cdot m) = 1.5 \times M_w + 9.1$ | |
| 平均応力降下量 | 3.1MPa | Fuji amd Matsu'ura(2000) | |
| 剛性率 | 4.19E+10N/m ² | $\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9g/cm^3$; Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 | |
| 平均すべり量 | 238.7cm | $D = M_0 / (\mu \times S)$ | |
| S波速度 | 3.8km/s | $\beta = 3.8km/s$; Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 | |
| 破壊伝播速度 | 2.7km/s | $V_n = 0.72 \times \beta km/s$ (Geller(1976)) | |
| 破壊伝播様式 | 破壊開始点から同心円状 | 地質調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| 破壊開始点 | F _B -2 断層(北断層)アスペリティ下端中央(破壊開始点1) F _B -2 断層(南断層)アスペリティ下端中央(破壊開始点2) F _B -2 断層(北断層)巨視的断層面下端中央(破壊開始点3) F _B -2 断層(南断層)巨視的断層面下端中央(破壊開始点4) 後志海山東方の断層アスペリティ下端中央(破壊開始点5) 後志海山東方の断層巨視的断層面下端中央(破壊開始点6) | 破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定 | |
| 短周期レベル | 6.83E+19N・m/s ² | $A = 4 \times \pi \times (S_0 / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$ | |
| 高周波遮断特性 | 6Hz | 地質調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| Q値 | 110 ^{0.69} | $Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994)) | |
| アスペリティ | 位置 | 敷地に近い位置の地表付近 | |
| | 数 | 3 個 | F _B -2 断層(北断層), F _B -2 断層(南断層)及び後志海山東方の断層にそれぞれ 1 個設定 |
| | 総面積 | 2243.1km ² | $S_a = 0.22 \times S$ |
| | 平均すべり量 | 477.3cm | $D_s = \gamma_s \times D$ |
| | 地震モーメント | 4.49E+20N・m | $M_{0s} = \mu \times S_a \times D_s$ |
| 背景領域 | 応力降下量 | 14.1MPa | $\Delta \sigma_s = S_0 / S_a \times \Delta \sigma$ |
| | 地震モーメント | 5.71E+20N・m | $M_{0s} = M_0 - M_{0a}$ |
| | 面積 | 7952.8km ² | $S_0 = S - S_a$ |
| | 平均すべり量 | 171.3cm | $D_s = M_{0s} / (\mu \times S_0)$ |
| 実効応力 | 2.0MPa | $\sigma_s = (D_s / W_s) \times (\pi^{0.5} / D_s) \times r \times \Sigma \gamma_i^2 \times \sigma_s$ | |

地震動評価への影響について

一部加筆修正 (R3.10.22審査会合資料)

震源モデル図, 断層パラメータ(不確かさ考慮モデル(応力降下量))



不確かさ考慮モデル (応力降下量)
 震源モデル図は基本震源モデルと同様

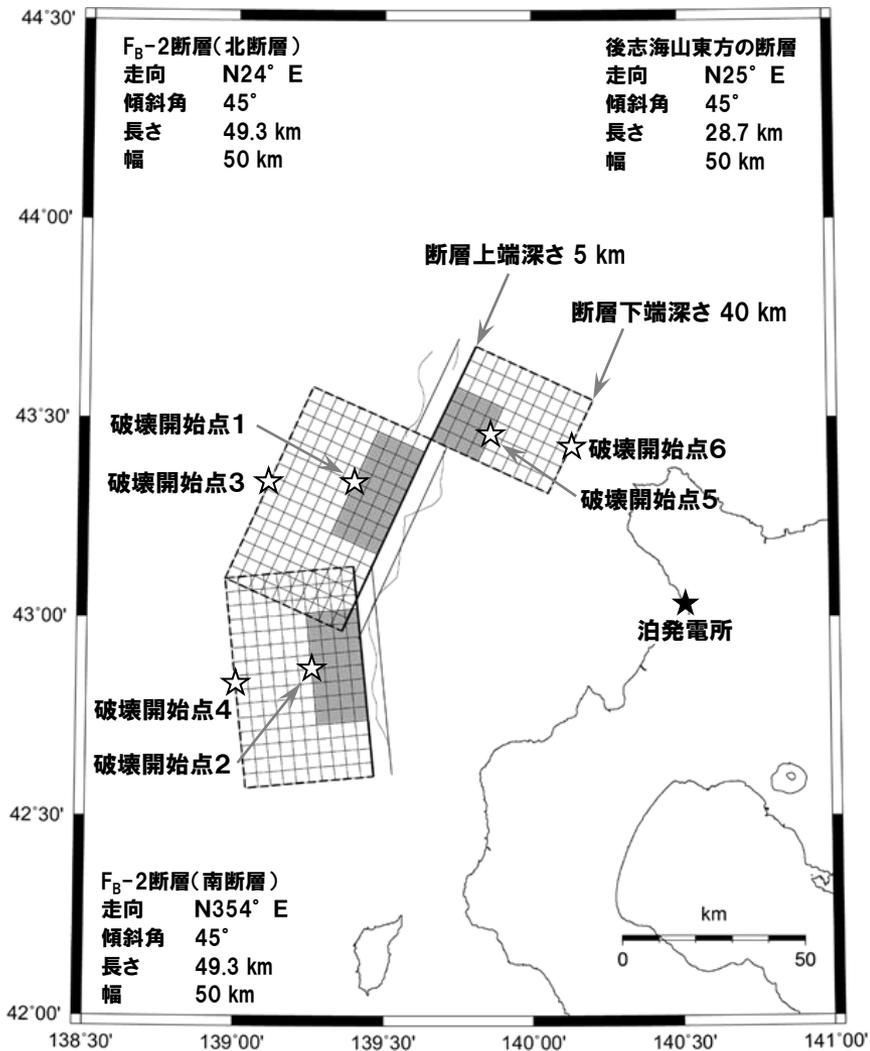
※モデル上のアスペリティ面積 1505.1km²

| 項目 | 設定値 | 設定方法 | |
|----------------|--|--|--|
| 断層原点 (地表トレス原点) | 北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527° 北緯 43.467° 東経 139.604° | 地質調査結果による F _B -2 断層(北断層)南端 地質調査結果による F _B -2 断層(南断層)南端 文献に基づく検討結果による後志海山東方の断層南端 | |
| 走向 | F _B -2 断層(北断層): N 24° E F _B -2 断層(南断層): N354° E 後志海山東方の断層: N25° E | 地質調査結果による F _B -2 断層(北断層)の南端~北端 地質調査結果による F _B -2 断層(南断層)の南端~北端 文献に基づく検討結果による後志海山東方の断層の南端~北端 | |
| 傾斜角 | 45° | 傾斜角を 45° と設定 | |
| 断層長さ | 127.4km(49.3km×2+28.7km) | 地質調査結果等に基づき矩形断層として設定 | |
| 断層幅 | 50km | 断層上下端深さと傾斜角から設定 | |
| 拡張面積 | 473.7km ² | $\Delta S = W^2 \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$, $\Delta \theta = \theta_n - 360 + \theta_s$ | |
| 断層面積 | 6841.4km ² | $S = L \times W + \Delta S$ | |
| 断層上端深さ | 5km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 | |
| 断層下端深さ | 40km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 | |
| 地震モーメント | 6.84E+20N・m | $M_0 = S \times 10^{17}$ (Murotani et al.(2015)) | |
| モーメントマグニチュード | 7.8 | $\text{Log} M_0 (\text{N} \cdot \text{m}) = 1.5 \times M_w + 9.1$ | |
| 平均応力降下量 | 3.1MPa | Fuji amd Matsu'ura(2000) | |
| 剛性率 | 4.19E+10N/m ² | $\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9\text{g/cm}^3$; Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 | |
| 平均すべり量 | 238.7cm | $D = M_0 / (\mu \times S)$ | |
| S波速度 | 3.8km/s | $\beta = 3.8\text{km/s}$; Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 | |
| 破壊伝播速度 | 2.7km/s | $V_s = 0.72 \times \beta \text{ km/s}$ (Geller(1976)) | |
| 破壊伝播様式 | 破壊開始点から同心円状 | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| 破壊開始点 | F _B -2 断層(北断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) F _B -2 断層(南断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) F _B -2 断層(北断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) F _B -2 断層(南断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点4) 後志海山東方の断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点5) 後志海山東方の断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点6) | 破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定 | |
| 短周期レベル | 8.39E+19N・m/s ² | $A = 4 \times \pi \times (S_0 / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$ | |
| 高周波遮断特性 | 6Hz | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| Q値 | 110 ^{0.69} | $Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994)) | |
| アスペリティ | 位置 | 敷地に近い位置の地表付近 | |
| | 数 | 3 個 | F _B -2 断層(北断層), F _B -2 断層(南断層)及び後志海山東方の断層にそれぞれ 1 個設定 |
| | 総面積 | 1505.1km ² | $S_a = 0.22 \times S$ |
| | 平均すべり量 | 477.3cm | $D_s = \gamma_s \times D$ |
| | 地震モーメント | 3.01E+20N・m | $M_{0s} = \mu \times S_a \times D_s$ |
| 背景領域 | 応力降下量 | 21.1MPa | $\Delta \sigma_s = S_0 / S_a \times \Delta \sigma \times 1.5$ |
| | 地震モーメント | 3.83E+20N・m | $M_{0s} = M_0 - M_{0a}$ |
| | 面積 | 5336.3km ² | $S_0 = S - S_a$ |
| | 平均すべり量 | 171.3cm | $D_s = M_{0s} / (\mu \times S_0)$ |
| 実効応力 | 3.5MPa | $\sigma_s = (D_s / W_s) \times (\pi^{0.5} / D_s) \times r \times \Sigma \gamma_i^2 \times \sigma_s$ | |

地震動評価への影響について

一部加筆修正 (R3.10.22審査会合資料)

震源モデル図, 断層パラメータ(不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度))



不確かさ考慮モデル
(破壊伝播速度)
震源モデル図は基本震源モデルと同様

※モデル上のアスペリティ面積
1505.1km²

| 項目 | 設定値 | 設定方法 |
|-------------------|--|--|
| 断層原点 (地表トレス原点) | 北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.806° 東経 139.527° 北緯 43.467° 東経 139.604° | 地質調査結果による F _B -2 断層(北断層)南端 地質調査結果による F _B -2 断層(南断層)南端 文献に基づく検討結果による後志海山東方の断層南端 |
| 走向 | F _B -2 断層(北断層): N 24° E F _B -2 断層(南断層): N354° E 後志海山東方の断層: N25° E | 地質調査結果による F _B -2 断層(北断層)の南端~北端 地質調査結果による F _B -2 断層(南断層)の南端~北端 文献に基づく検討結果による後志海山東方の断層の南端~北端 |
| 傾斜角 | 45° | 傾斜角を 45° と設定 |
| 断層長さ | 127.4km(49.3km×2+28.7km) | 地質調査結果等に基づき矩形断層として設定 |
| 断層幅 | 50km | 断層上下端深さと傾斜角から設定 |
| 拡張面積 | 473.7km ² | $\Delta S = W^2 \times \cos \theta \times \tan(\Delta \theta / 2)$, $\Delta \theta = \theta_n - 360 + \theta_s$ |
| 断層面積 | 6841.4.4km ² | $S = L \times W + \Delta S$ |
| 断層上端深さ | 5km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 |
| 断層下端深さ | 40km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 |
| 地震モーメント | 6.84E+20N・m | $M_0 = S \times 10^{17}$ (Murotani et al.(2015)) |
| モーメントマグニチュード | 7.8 | $\text{Log} M_0 (N \cdot m) = 1.5 \times M_w + 9.1$ |
| 平均応力降下量 | 3.1MPa | Fuji and Matsu'ura(2000) |
| 剛性率 | 4.19E+10N/m ² | $\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9g/cm^3$: Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 |
| 平均すべり量 | 238.7cm | $D = M_0 / (\mu \times S)$ |
| S波速度 | 3.8km/s | $\beta = 3.8km/s$: Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 |
| 破壊伝播速度 | 3.3km/s | $V_p = 0.87 \times \beta km/s$ |
| 破壊伝播様式 | 破壊開始点から同心円状 | 地質調査委員会(2020)に基づき設定 |
| 破壊開始点 | F _B -2 断層(北断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) F _B -2 断層(南断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) F _B -2 断層(北断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) F _B -2 断層(南断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点4) 後志海山東方の断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点5) 後志海山東方の断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点6) | 破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定 |
| 短周期レベル | 5.60E+19N・m/s ² | $A = 4 \times \pi \times (S_p / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$ |
| 高周波連断特性 | 6Hz | 地質調査委員会(2020)に基づき設定 |
| Q値 | 110 ^{0.69} | $Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994)) |
| アスペリティ | 位置 | 敷地に近い位置の地表付近 |
| | 数 | 3 個 |
| | 総面積 | 1505.1km ² |
| | 平均すべり量 | 477.3cm |
| | 地震モーメント | 3.01E+20N・m |
| 背景領域 | 応力降下量 | 14.1MPa |
| | 地震モーメント | 3.83E+20N・m |
| | 面積 | 5336.3km ² |
| | 平均すべり量 | 171.3cm |
| | 実効応力 | 2.3MPa |

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価

- 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模については、松田(1975)により算定するが、大竹ほか(2002)による日本海東縁部で発生した地震の断層長さLと地震規模Mの関係式により算定したケースや、武村(1990)により算定したケースと比較したうえで設定する。
- 基本震源モデルの地震規模は、松田式でM8.3、大竹式でM7.7、武村式でM8.6となっている。
- 後志海山東方の断層～F_B-2断層と同じ日本海東縁部のデータに基づく大竹ほか(2002)の断層長さLと地震規模Mの関係は、1983年日本海中部地震では、断層長さ120km、地震規模M7.7、1993年北海道南西沖地震では、断層長さ139km、地震規模M7.8であり、後志海山東方の断層～F_B-2断層で考慮している約120kmの断層では、松田式から算定される地震規模M8.3を採用することで十分安全側の設定となっている。
- 以上のことから、「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」については、基本震源モデル、不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)ともM8.3として評価※する。

※F_B-2断層と後志海山東方の断層の運動を考慮したことに伴い、応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模を再評価する。

後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震の諸元

| 地震動評価ケース | 地震規模M | | | X _{eq} (km) |
|-------------------|---------------|-------|-------|-------------------------|
| | 松田式※1 | 大竹式※2 | 武村式※3 | |
| 基本震源モデル | <u>8.3</u> ※4 | 7.7※4 | (8.6) | 93 |
| 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角) | <u>8.3</u> ※4 | 7.7※4 | (8.8) | 96 |

※1: 松田(1975)による断層長さLと地震規模Mの関係式により算定

※2: 大竹ほか(2002)による断層長さLと地震規模Mの関係式により算定

※3: 武村(1990)による地震モーメントと地震規模Mの関係式により算定

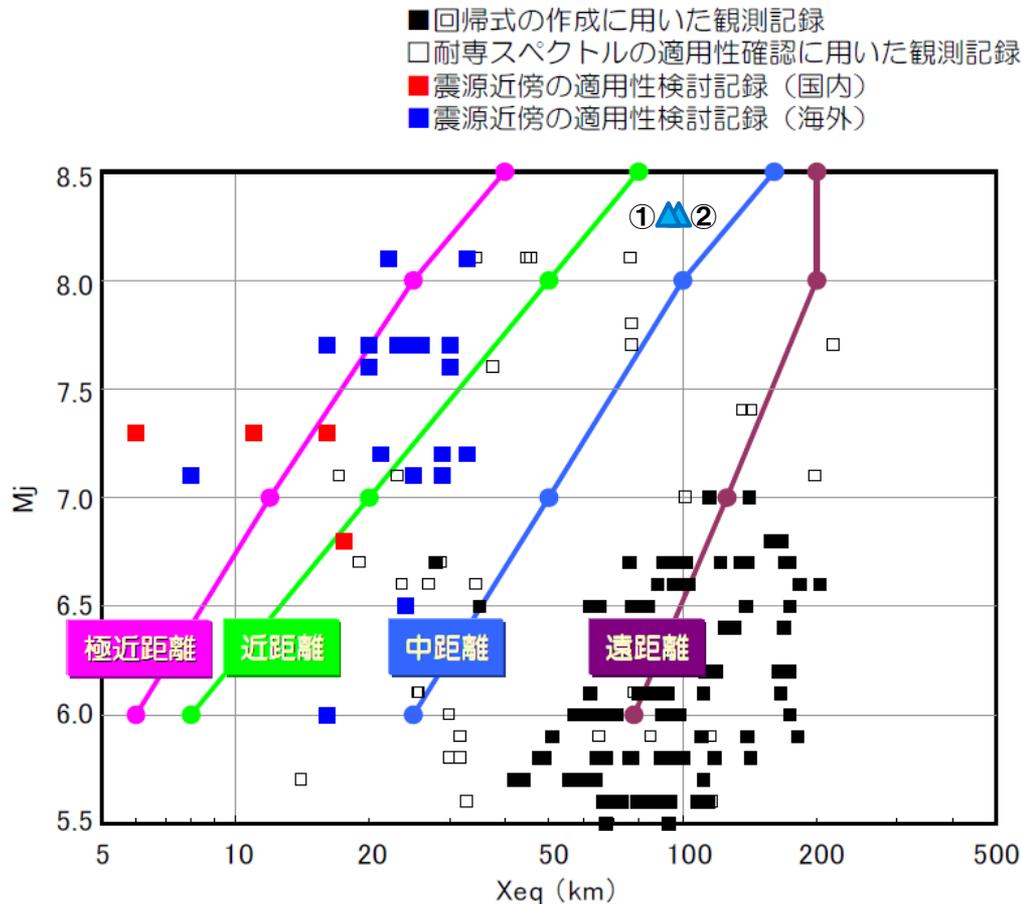
※4: 地質調査結果に基づく断層長さ124kmにより算定

地震動評価への影響について

一部加筆修正 (R3.10.22審査会合資料)

Noda et al.(2002)の適用性の検討

○「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」について、Noda et al.(2002)による方法の適用性を検討した結果、適用範囲内にあることを確認した。



▲ 後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震

- ① 後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震
(基本震源モデル(M8.3, X_{eq}=93km))
- ② 後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震
(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)
(M8.3, X_{eq}=96km))

Noda et al.(2002)による方法の適用性(東京電力(2009)に加筆)

地震動評価への影響について

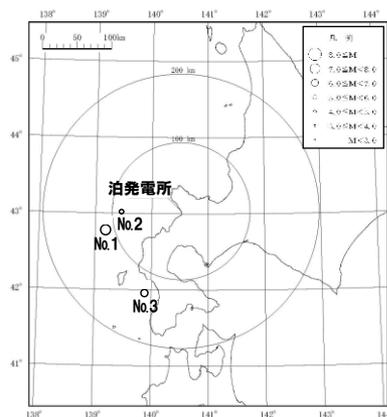
再掲 (R3.10.22審査会合資料)

応答スペクトルに基づく地震動評価(日本海東縁部の地震の補正係数)

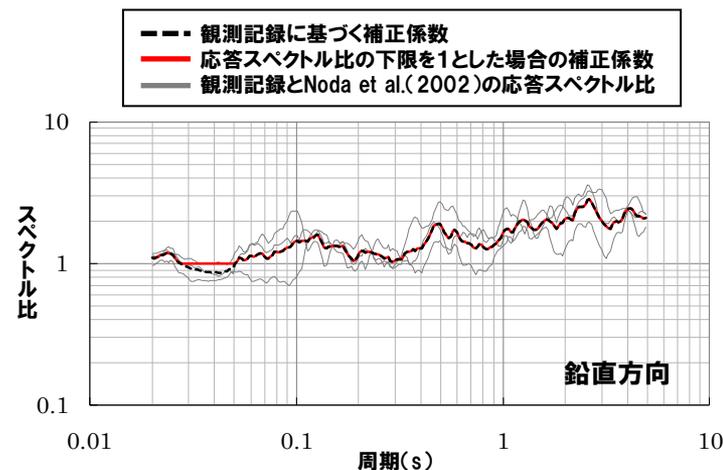
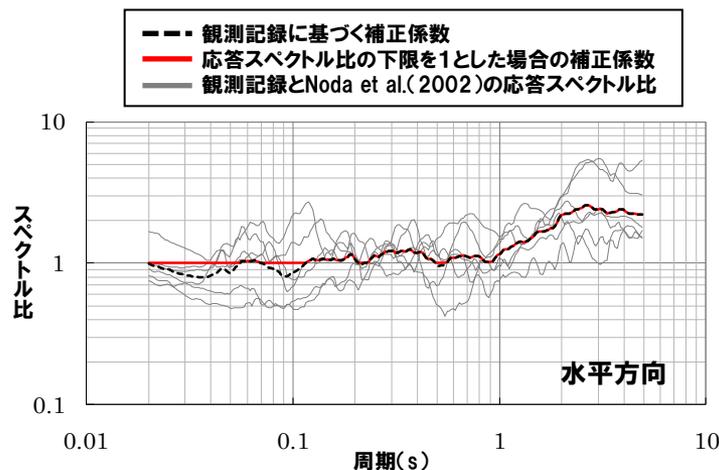
- 敷地で観測された代表的な観測記録である1993年北海道南西沖地震の観測記録を基に、Noda et al.(2002)による応答スペクトルに対する比率を求め、それらの平均値を日本海東縁部の地震の「応答スペクトルに基づく地震動評価」における補正係数とする。
- なお、一部の周期帯で補正係数が1を下回ることから、安全側の評価として補正係数の下限を1とする。
- 補正係数の評価に用いた観測記録の諸元、評価された補正係数を以下に示す。

| No | 発生年月日 | 震央位置 | | 深さ (km) | マグニ チュード M | 震央 距離 (km) | 地名 (地震名) |
|----|------------|----------|---------|------------|------------------|------------------|--------------------------------|
| | | 東経(°) | 北緯(°) | | | | |
| 1 | 1993. 7.12 | 139.180° | 42.782° | 35 | 7.8 | 113 | 北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震) |
| 2 | 1993. 7.12 | 139.457° | 43.022° | 35 | 5.4 | 86 | 北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・余震) |
| 3 | 1993. 8. 8 | 139.882° | 41.958° | 24 | 6.3 | 131 | 北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・最大余震) |

※地震の諸元は気象庁地震カタログ



震央分布図



日本海東縁部の地震の観測記録に基づく応答スペクトル比
(「応答スペクトルに基づく地震動評価」における補正係数)

余白

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価方針

○「後志海山東方の断層～ F_B -2断層による地震」の地震動評価
断層モデルを用いた手法による地震動評価においては、要素地震として適切な観測記録が得られていないことから、以下の手法に基づき地震動評価を実施している。

・ハイブリッド合成法

- ・短周期領域は統計的グリーン関数法
- ・長周期領域は理論的手法



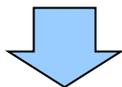
○後志海山東方の断層～ F_B -2断層の位置する日本海東縁部で発生した1993年北海道南西沖地震及びその余震に関して、要素地震として適切な地震規模等の地震ではないものの、敷地で地震観測記録が得られていることから、地震規模等を再度確認した上で、この地震観測記録を要素地震とする、「後志海山東方の断層～ F_B -2断層による地震」の経験的グリーン関数法を用いた地震動評価も実施する。

地震動評価への影響について

一部加筆修正 (R3.10.22審査会合資料)

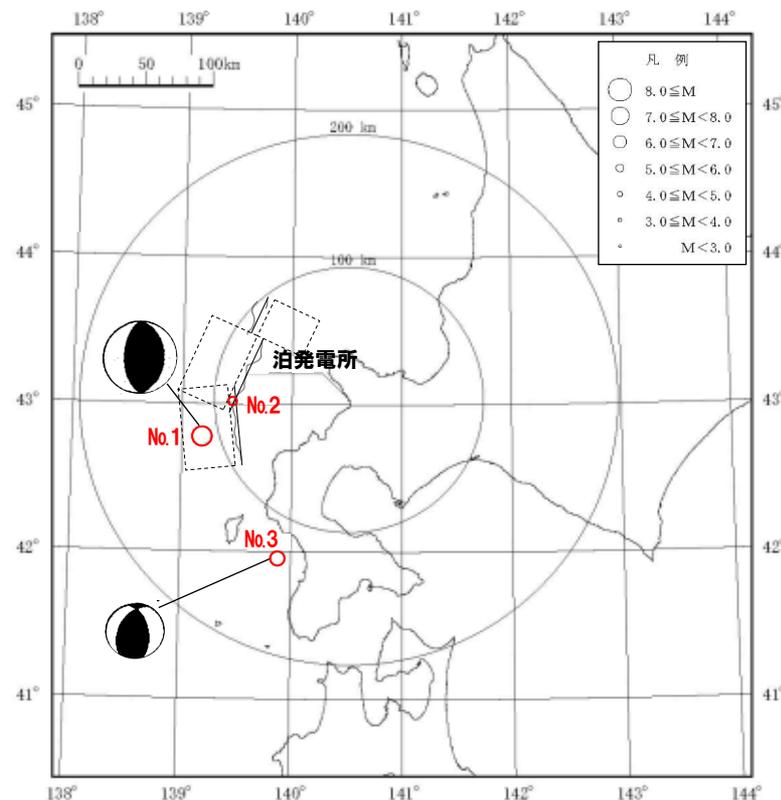
要素地震の選定

- 敷地で観測された、1993年北海道南西沖地震及びその余震を用いて、経験的グリーン関数法を用いた地震動評価を実施する。
- 要素地震は、適切な規模の地震であること、後志海山東方の断層～ F_B -2断層の近傍で発生した地震であることを考慮して選定する。



- ・ No.1 : 「後志海山東方の断層～ F_B -2断層による地震」と規模が同等であることから、要素地震として選定しない。
- ・ No.2 : 要素地震としては規模がやや小さく適切ではないと考えられるものの、この地震を要素地震とする経験的グリーン関数法を用いた地震動評価を実施する。
- ・ No.3 : 震央位置が「後志海山東方の断層～ F_B -2断層による地震」の断层面から離れていることから、要素地震として選定しない。

敷地における地震観測記録



※メカニズム解: No.1は、ハーバード大学、No.3は、岩田ほか(1994)による。
 なお、No.2は、メカニズム解に関する知見はない。

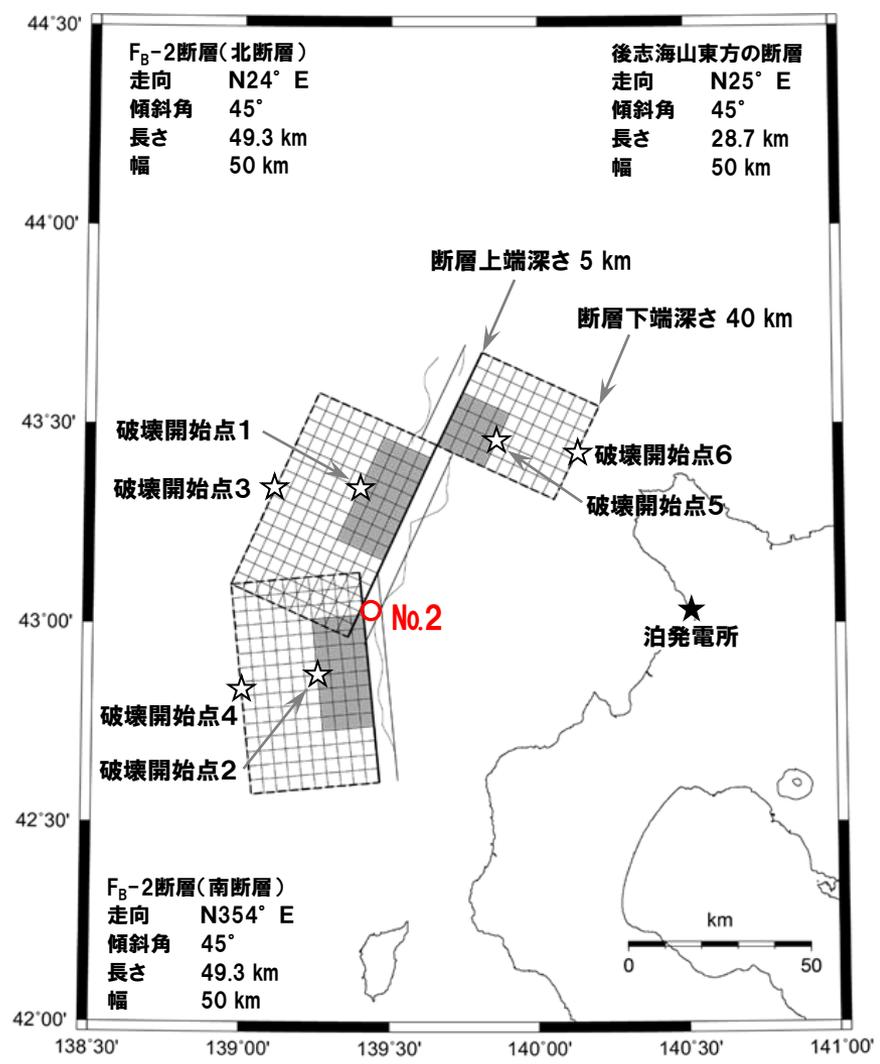
| No. | 年月日 | 震央位置 | | 深さ (km) | マグニ チュード M | 震央 距離 (km) | 地名 (地震名) |
|-----|------------|----------|---------|------------|------------------|------------------|--------------------------------|
| | | 東経(°) | 北緯(°) | | | | |
| 1 | 1993. 7.12 | 139.180° | 42.782° | 35 | 7.8 | 113 | 北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震) |
| 2 | 1993. 7.12 | 139.457° | 43.022° | 35 | 5.4 | 86 | 北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・余震) |
| 3 | 1993. 8. 8 | 139.882° | 41.958° | 24 | 6.3 | 131 | 北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・最大余震) |

※地震の諸元は気象庁地震カタログ

地震動評価への影響について

一部加筆修正 (R3.10.22審査会合資料)

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価(震源モデル, 断層パラメータ)



| 項目 | 設定値 | 設定方法 |
|-------------------|--|--|
| 断層原点 (地表トレス原点) | 北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527° 北緯 43.467° 東経 139.604° | 地質調査結果による F _B -2 断層(北断層)南端 地質調査結果による F _B -2 断層(南断層)南端 文献に基づく検討結果による後志海山東方の断層南端 |
| 走向 | F _B -2 断層(北断層): N 24° E F _B -2 断層(南断層): N354° E 後志海山東方の断層: N25° E | 地質調査結果による F _B -2 断層(北断層)の南端~北端 地質調査結果による F _B -2 断層(南断層)の南端~北端 文献に基づく検討結果による後志海山東方の断層の南端~北端 |
| 傾斜角 | 45° | 傾斜角を 45° と設定 |
| 断層長さ | 127.4km(49.3km×2+28.7km) | 地質調査結果等に基づき矩形断層として設定 |
| 断層幅 | 50km | 断層上下端深さと傾斜角から設定 |
| 拡張面積 | 473.7km ² | $\Delta S = W^2 \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$, $\Delta \theta = \theta_n - 360 + \theta_s$ |
| 断層面積 | 6841.4km ² | $S = L \times W + \Delta S$ |
| 断層上端深さ | 5km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 |
| 断層下端深さ | 40km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 |
| 地震モーメント | 6.84E+20N・m | $M_0 = S \times 10^{17}$ (Murotani et al.(2015)) |
| モーメントマグニチュード | 7.8 | $\text{Log} M_0 (N \cdot m) = 1.5 \times M_w + 9.1$ |
| 平均応力降下量 | 3.1MPa | Fuji amd Matsu'ura(2000) |
| 剛性率 | 4.19E+10N/m ² | $\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9g/cm^3$; Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 |
| 平均すべり量 | 238.7cm | $D = M_0 / (\mu \times S)$ |
| S波速度 | 3.8km/s | $\beta = 3.8km/s$; Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 |
| 破壊伝播速度 | 2.7km/s | $V_s = 0.72 \times \beta km/s$ (Geller(1976)) |
| 破壊伝播様式 | 破壊開始点から同心円状 | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 |
| 破壊開始点 | F _B -2 断層(北断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) F _B -2 断層(南断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) F _B -2 断層(北断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) F _B -2 断層(南断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点4) 後志海山東方の断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点5) 後志海山東方の断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点6) | 破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定 |
| 短周期レベル | 5.60E+19N・m/s ² | $A = 4 \times \pi \times (S_0 / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$ |
| 高周波遮断特性 | 6Hz | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 |
| Q値 | 110 ^{0.69} | $Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994)) |
| アスペリティ | 位置 | 敷地に近い位置の地表付近 |
| | 数 | 3 個 |
| | 総面積 | 1505.1km ² |
| | 平均すべり量 | 477.3cm |
| | 地震モーメント | 3.01E+20N・m |
| 背景領域 | 応力降下量 | 14.1MPa |
| | 地震モーメント | 3.83E+20N・m |
| | 面積 | 5336.3km ² |
| | 平均すべり量 | 171.3cm |
| | 実効応力 | 2.3MPa |

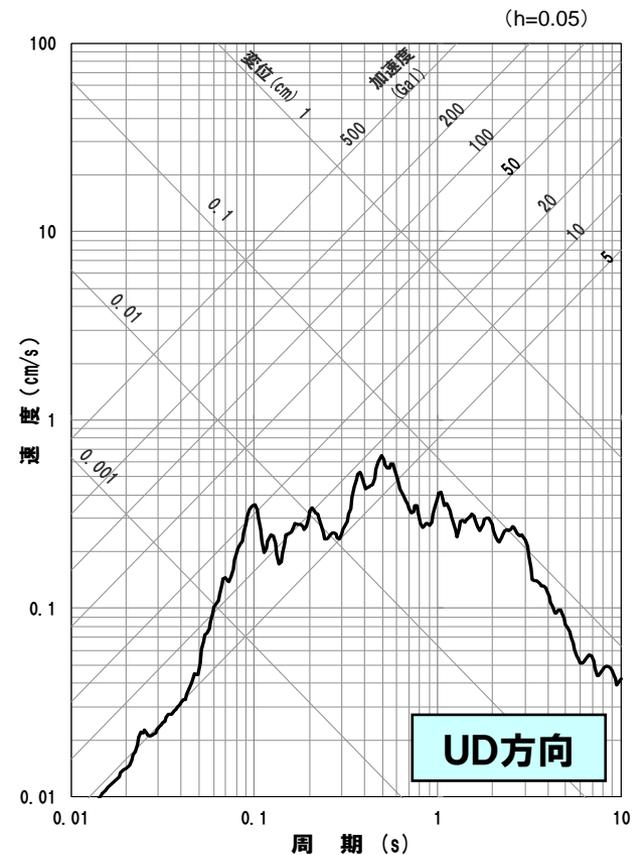
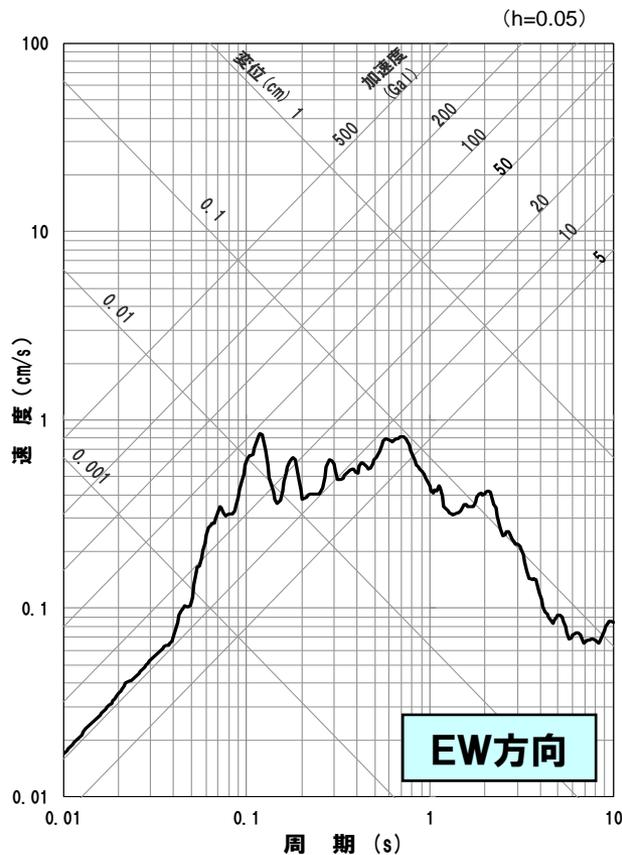
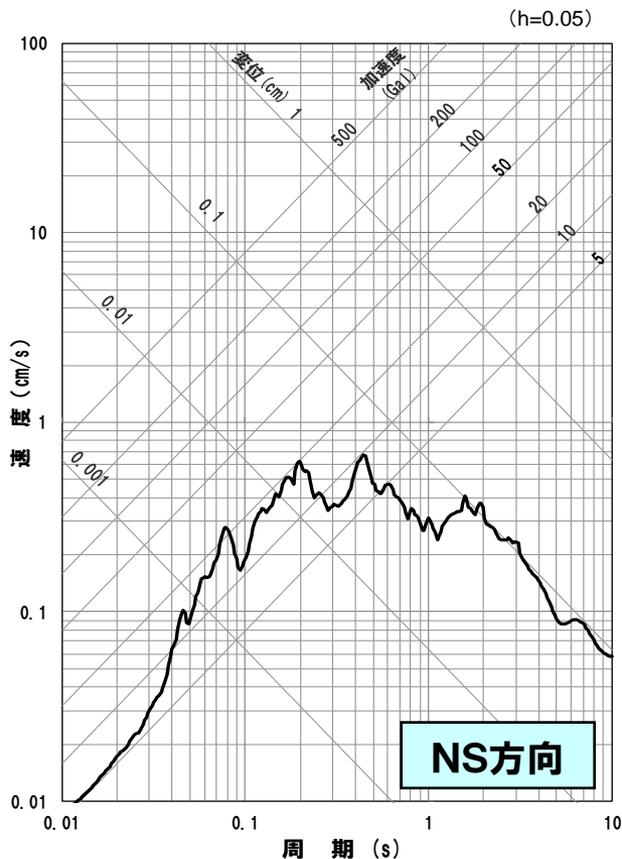
※震源モデル及び断層パラメータは、ハイブリッド合成法に用いたものと同様。

地震動評価への影響について

再掲 (R3.10.22審査会合資料)

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価(要素地震の応答スペクトル)

○1993年北海道南西沖地震の余震(M5.4, $\Delta = 86\text{km}$)の地震観測記録のはざとり波(標高 $\pm 0\text{m}$ より上部の地盤の影響を取り除いた波)を要素地震とする。



※1 標高 $\pm 0\text{m}$ より上部の地盤の影響を取り除いた応答スペクトル

基準地震動の策定

■基準地震動策定の基本的な考え方

「実用発電所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」

- 基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定すること。

「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」

- 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動は、検討用地震ごとに評価した応答スペクトルを下回らないように作成する必要がある、その際の振幅包絡線は、地震動の継続時間に留意して設定されていることを確認する。
- 断層モデルを用いた手法による基準地震動は、施設に与える影響の観点から地震動の諸特性(周波数特性、継続時間、位相特性等)を考慮して、別途評価した応答スペクトルとの関係を踏まえつつ複数の地震動評価結果から策定されていることを確認する。なお、応答スペクトルに基づく基準地震動が全周期帯にわたって断層モデルを用いた基準地震動を有意に上回る場合には、応答スペクトルに基づく基準地震動で代表させることができる。
- 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動は、設定された応答スペクトル(地震動レベル)に対して、地震動の継続時間及び振幅包絡線の経時的変化等の特性が適切に考慮されていることを確認する。また、設定された応答スペクトルに基づいて模擬地震動を作成する場合には、複数の方法(例えば、正弦波の重ね合わせによる位相を用いる方法、実観測記録の位相を用いる方法等)により検討が行われていることを確認する。



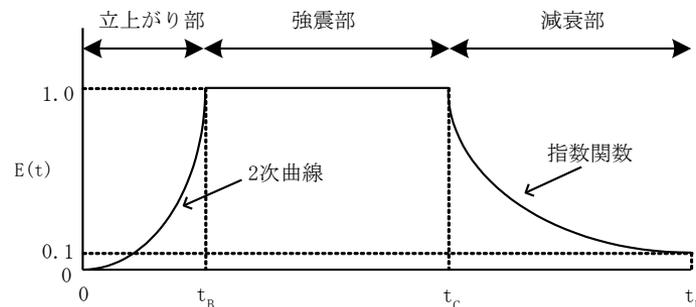
【泊発電所の基準地震動策定にあたっての基本的な考え方】

- 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動は、検討用地震ごとに評価した応答スペクトルを上回るように基準地震動Ss1として設定する。
- 断層モデルを用いた手法による基準地震動及び震源を特定せず策定する地震動による基準地震動は、施設に与える影響を考慮して、基準地震動Ss1を上回るものを個別波として考慮することを基本とする。
- 断層モデルを用いた手法による基準地震動の設定にあたっては、地震動レベルが大きいケースが施設に大きい影響を与えられることから、基準地震動Ss1を上回る周期で最大の応答スペクトルとなる地震動を基準地震動として設定する。

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動

- 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のうち応答スペクトルに基づく手法による基準地震動として、検討用地震の応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果を上回るように基準地震動Ss1の設計用応答スペクトルを設定する。
- 基準地震動Ss1の設計用応答スペクトルに適合する模擬地震波は、一様乱数の位相をもつ正弦波の重ね合わせによって作成する。
- 振幅包絡線の経時的变化については、Noda et al.(2002)に基づき、検討用地震のうち、継続時間が長くなるように「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」の諸元(地震規模M8.3, 等価震源距離X_{eq}=96km)を参考に設定*する。なお、t_D(継続時間)は、算定結果(t_D=123.6s)よりも安全側に長く(t_D=130.0s)設定する。

*F_B-2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮したことに伴い、振幅包絡線の経時的变化の設定において参考としている諸元を、「F_B-2断層による地震」の諸元から「後志海山東方の断層～F_B-2断層による地震」の諸元に変更する。



$$t_B = 10^{0.5M-2.93}$$

$$t_C - t_B = 10^{0.3M-1.0}$$

$$t_D - t_C = 10^{0.17M+0.54\log(X_{eq})-0.6}$$

$$E(t) = \begin{cases} (t/t_B)^2 & 0 \leq t \leq t_B \\ 1 & t_B \leq t \leq t_C \\ e^{\frac{\ln(0.1)}{t_D-t_C}(t-t_C)} & t_C \leq t \leq t_D \end{cases}$$

| 設計用 模擬地震波 | 継続時間 (s) | 振幅包絡線の経時的变化(s) | | |
|--------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| | | t _B | t _C | t _D |
| Ss1-H | 130.0 | 16.60 | 47.50 | 130.0 |
| Ss1-V | 130.0 | 16.60 | 47.50 | 130.0 |

断層モデルを用いた手法による基準地震動

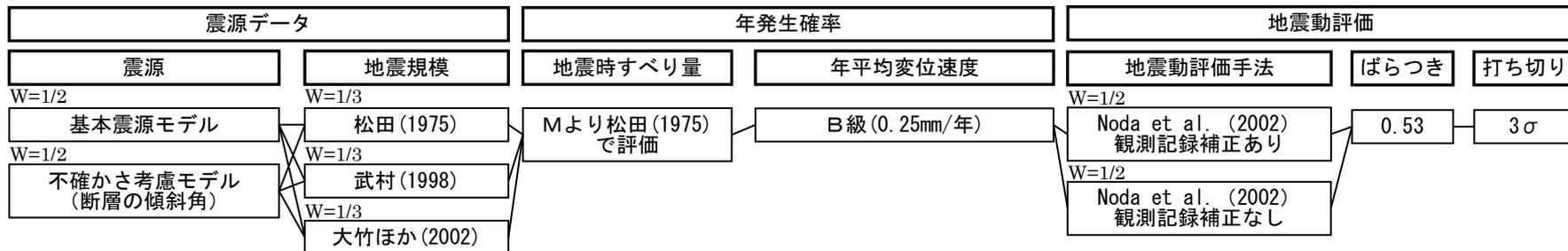
- 検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果が、基準地震動Ss1を上回る周期で最大の応答スペクトルとなる地震動になる場合は、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動のうち断層モデルを用いた手法による基準地震動として追加する。

基準地震動の年超過確率の参照

○ F_B -2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮し、「後志海山東方の断層～ F_B -2断層による地震」を検討用地震として選定したことから、日本原子力学会(2015)に基づき、確率論的地震ハザード評価*を実施し、基準地震動の応答スペクトルがどの程度の年超過確率に相当するかを確認する。

* F_B -2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮したことに伴い、特定震源モデル(検討用地震)の諸元を「 F_B -2断層による地震」から「後志海山東方の断層～ F_B -2断層による地震」に変更する。

特定震源 (後志海山東方の断層～ F_B -2断層による地震)



余白

| | |
|--|-----------|
| 1. F _B -2断層の北方に示されている断層に関する検討 | 5 |
| 2. 地震動評価への影響について | 24 |
| 3. 津波評価への影響について | 54 |
| 4. 主要検討項目と対応スケジュール | 58 |
| 5. 参考資料 | 60 |

津波評価への影響について

検討方針・検討方法

【検討方針】

○「 F_B-2 断層」について、 F_B-2 断層と後志海山東方の断層との連動を考慮することとしたことから、「地震に伴う津波」として、「後志海山東方の断層～ F_B-2 断層」を検討対象に追加する。

○「地震に伴う津波」と「地震以外の要因に伴う津波」の最大ケースとして、

- 地震に伴う津波：日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
- 地震以外の要因に伴う津波：陸上地すべり（川白）

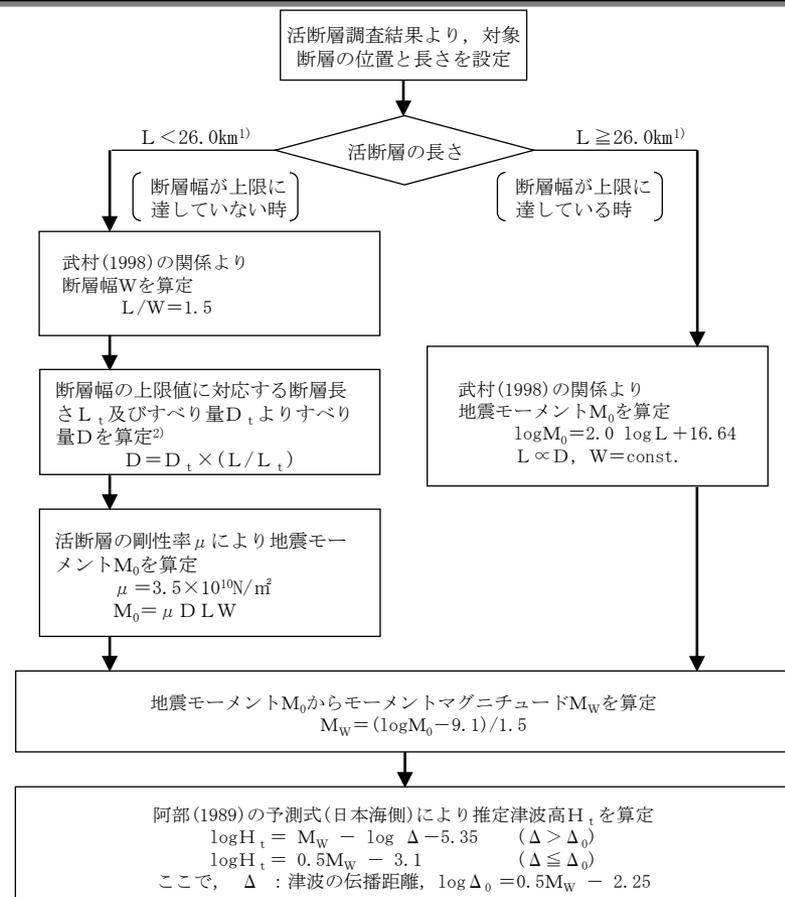
を組合せ対象としている*ことから、「地震に伴う津波」の最大ケースの選定に対する「後志海山東方の断層～ F_B-2 断層」の影響を確認する。

*泊発電所では、「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」と「陸上地すべり（川白）」とが重なることで、組合せ後の津波が高くなるという津波の特徴がある。この特徴を踏まえ、組合せ対象を選定している。

【検討方法】

○「後志海山東方の断層～ F_B-2 断層」と「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（地震に伴う津波の最大ケース）」を対象に、以下の検討を実施する。

- ①阿部（1989）の簡易予測式により推定津波高を算出し（算出方法は右記のフローを参照）、推定津波高による比較を実施する。
- ②波源位置及び津波のパラメータによる比較を実施する。



1) 断層幅の上限 W_t は、地震発生層の厚さ H_e を 15 km とし、傾斜角 δ を 60° ($30 \sim 60^\circ$ のうち M_W が最大となる値) とした際には、 $W_t = H_e / \sin \delta = 17.3 \text{ km}$ となる。また、断層幅の上限に対応する断層長さ L_t は、 $L_t = 1.5 W_t = 26.0 \text{ km}$ となる。

2) 断層幅の上限に対応するすべり量 D_t は、モーメントマグニチュードを $M_{W_t} = (\log L_t + 3.77) / 0.75 = 6.91$ 、地震モーメントを $M_{0_t} = 10^{(1.5 M_{W_t} + 9.1)} = 2.95 \times 10^{19} \text{ Nm}$ 、剛性率を $\mu = 3.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ とした際には、 $D_t = M_{0_t} / (\mu L_t W_t) = 1.87 \text{ m}$ となる。

*日本海東縁部に想定される地震に伴う津波は、基準断層モデルより $M_w = 8.2$ に設定し、推定津波高を算定。

津波評価への影響について

検討結果

「①阿部(1989)の簡易予測式による推定津波高の比較結果」

○「後志海山東方の断層～ F_B -2断層」の推定津波高は、「 F_B -2断層」よりも高くなるものの、「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」と対比して十分に低い。

「②波源位置及び津波のパラメータによる比較結果」

○「後志海山東方の断層～ F_B -2断層」の波源位置は、「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」に包絡され、かつ、津波評価への影響が大きいパラメータである最大すべり量は「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」と対比して十分に小さい。

【阿部(1989)の簡易予測式による推定津波高の比較】

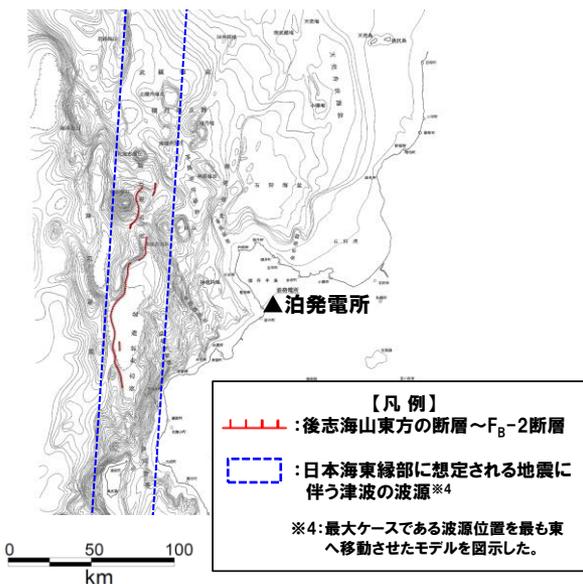
| 名称 | | 断層長さ L (km) | 断層幅 W ※1 (km) | すべり量 D (m) | モーメント マグニチュード M_w ※2 | 津波の 伝播距離 Δ (km) | 推定津波高 H_t (m) |
|------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|
| 海域活断層に想定される地震に伴う津波 | 後志海山東方の断層～ F_B -2断層 | 124 | 17.3 | 8.83 | 7.8 | 73 | 4.0 |
| | 参考: F_B -2断層 | 101 | 17.3 | 7.19 | 7.7 | 85 | 2.6 |
| 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(地震に伴う津波の最大ケース) | | 320 | 40.0 | 最大:12.00 平均:6.00※3 | 8.2 | 71 | 10.2 |

※1:津波評価への影響が大きいパラメータであるすべり量が大きくなるように、保守的に断層幅 W を設定した (P66参照)。

※2:推定津波高さの算出には、「 M_w 」の小数第2位までの値を使用して算出した。

※3:「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」の推定津波高さの算出には、平均すべり量6.00mを使用して算出した。

【波源位置の比較】



○上記の「①阿部(1989)の簡易予測式による推定津波高の比較結果」及び「②波源位置及び津波のパラメータによる比較結果」より、組合せ評価に用いる「地震に伴う津波」の選定結果への影響はない※5。

※5:過去の審査では、波源位置の水深や海岸地形等の影響を考慮するために「 F_B -2断層」の詳細評価を実施していたことを鑑みて、「後志海山東方の断層～ F_B -2断層」も同様に詳細評価を実施する。今後、参考資料(P66～69)に示す「 F_B -2断層」の詳細評価について、「後志海山東方の断層～ F_B -2断層」に変更し、津波高さの確認を別途行う。

余白

| | |
|--|-----------|
| 1. F _B -2断層の北方に示されている断層に関する検討 | 5 |
| 2. 地震動評価への影響について | 24 |
| 3. 津波評価への影響について | 54 |
| 4. 主要検討項目と対応スケジュール | 58 |
| 5. 参考資料 | 60 |

主要検討項目と対応スケジュール

主要検討項目と対応スケジュール

| | 2024年 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|---|----|----|----|--|
| | 7月 | | | | | 8月 | | | | 9月 | | | | | 10月 | | | | 11月 | | | | 12月 | | | | | |
| | 1 | 8 | 16 | 22 | 29 | 5 | 13 | 19 | 26 | 2 | 9 | 17 | 24 | 30 | 7 | 15 | 21 | 28 | 5 | 11 | 18 | 25 | 2 | 9 | 16 | 23 | 30 | |
| 1. 「F _B -2断層」と「後志海山東方の断層」との連動 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 【審査工程】 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 地質・地質構造 | | ▽ | ☆ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 地震動 | | ▽ | ☆ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 津波 | | ▽ | ☆ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 【検討工程】 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (1) 地震動 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・地震動評価 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・基準地震動Ss1の模擬地震波の作成 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・地震ハザード評価 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (2) 地盤・斜面の安定性 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (3) 津波 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・簡易予測式による地震に伴う津波評価 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・詳細津波評価 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・津波ハザード評価 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. 基準津波の策定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 基準津波の策定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 砂移動 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 津波ハザード | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

【凡例】

- ▽ : 資料提出
- ☆ : 審査会合希望時期
- (blue) : 審査期間
- (orange) : 検討期間
- (green) : 資料提出
- (red) : 次工程への引継ぎ

| | |
|--|-----------|
| 1. F _B -2断層の北方に示されている断層に関する検討 | 5 |
| 2. 地震動評価への影響について | 24 |
| 3. 津波評価への影響について | 54 |
| 4. 主要検討項目と対応スケジュール | 58 |
| 5. 参考資料 | 60 |

参考資料(地震動評価(F_B -2断層による地震))

再掲 (R3.10.22審査会合資料)

不確かさを考慮するパラメータ

| | 基本震源モデルのパラメータ | 不確かさ考慮モデルのパラメータ |
|--------------|---|--|
| 断層の傾斜角 | 断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に 45° と設定。 | 断層の傾斜角の不確かさを考慮し、1993年北海道南西沖地震における断層モデル等を参考に、念のため 30° を考慮。 |
| アスペリティの応力降下量 | 地震調査委員会(2020)に基づき設定。 | 応力降下量について十分な知見が得られていないことから、2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、地震調査委員会(2020)による値の1.5倍の応力降下量を考慮。 |
| 破壊伝播速度 | 地震調査委員会(2020)に基づき設定。 $V_r=0.72V_s$ | 宮腰ほか(2003)の知見を参考に設定。 $V_r=0.87V_s$ |
| アスペリティの位置、数 | 地質調査結果等に基づき評価した活断層の範囲内で、敷地に近い位置の地表付近に2個設定。 | |
| 破壊開始点 | 不確かさをあらかじめ考慮することとし、破壊の進行方向が敷地へ向かうように複数の位置に設定。 | |

参考資料(地震動評価(F_B -2断層による地震))

再掲 (R3.10.22審査会合資料)

地震動評価検討ケース

| 震源モデル | 断層長さ (km) | 断層幅 (km) | 断層の傾斜角 (°) | 応力降下量 | 破壊伝播速度 (km/s) | アスベリティ位置 | 破壊開始点 | 備考 |
|--------------------|-----------|----------|------------|---------------------|---------------|--------------|----------------|---|
| (地質調査結果) | 101 | - | - | - | - | - | - | ○地質調査結果により断層長さ101km ○地震動評価は基本震源モデルにて代表 |
| 基本震源モデル | 98.7 | 50 | 45 | 地震調査委員会 (2020) | 0.72Vs | 敷地に近い位置の地表付近 | 北断層:アスベリティ下端中央 | ○地質調査結果を基に、矩形断層面を設定し、断層長さ98.7kmを考慮したモデル ○M8.2(L=101km), $X_{eq}=98\text{km}^*$ |
| | | | | | | | 南断層:アスベリティ下端中央 | |
| | | | | | | | 北断層:巨視的断層面下端中央 | |
| | | | | | | | 南断層:巨視的断層面下端中央 | |
| 不確かさ考慮モデル (断層の傾斜角) | 100.7 | 70 | 30 | 地震調査委員会 (2020) | 0.72Vs | 敷地に近い位置の地表付近 | 北断層:アスベリティ下端中央 | ○基本震源モデルの傾斜角について、不確かさを考慮して30°としたモデル ○M8.2(L=101km), $X_{eq}=107\text{km}^*$ |
| | | | | | | | 南断層:アスベリティ下端中央 | |
| | | | | | | | 北断層:巨視的断層面下端中央 | |
| | | | | | | | 南断層:巨視的断層面下端中央 | |
| 不確かさ考慮モデル (応力降下量) | 98.7 | 50 | 45 | 地震調査委員会 (2020) ×1.5 | 0.72Vs | 敷地に近い位置の地表付近 | 北断層:アスベリティ下端中央 | ○基本震源モデルの応力降下量について、不確かさを考慮してアスベリティと背景領域の応力降下量をいずれも1.5倍したモデル |
| | | | | | | | 南断層:アスベリティ下端中央 | |
| | | | | | | | 北断層:巨視的断層面下端中央 | |
| | | | | | | | 南断層:巨視的断層面下端中央 | |
| 不確かさ考慮モデル (破壊伝播速度) | 98.7 | 50 | 45 | 地震調査委員会 (2020) | 0.87Vs | 敷地に近い位置の地表付近 | 北断層:アスベリティ下端中央 | ○基本震源モデルの破壊伝播速度について、不確かさを考慮して0.87Vsとしたモデル |
| | | | | | | | 南断層:アスベリティ下端中央 | |
| | | | | | | | 北断層:巨視的断層面下端中央 | |
| | | | | | | | 南断層:巨視的断層面下端中央 | |

☐: 不確かさを考慮して設定するパラメータ (認識論的な不確かさ)

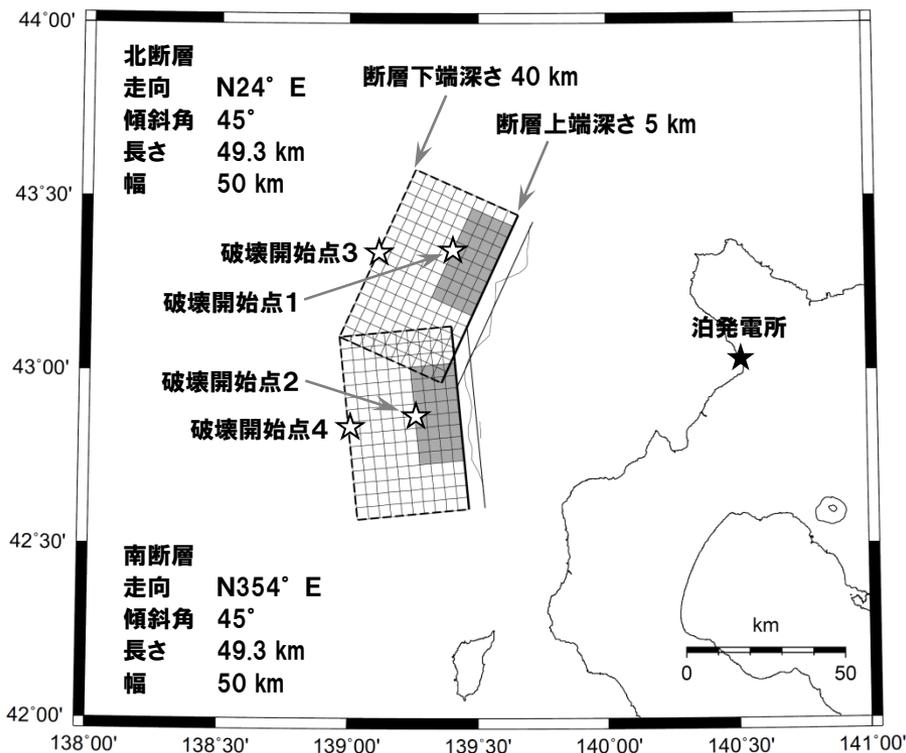
☐: 全てのケースにおいて共通的に考慮するパラメータ (偶発的な不確かさ)

※ 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる諸元

参考資料(地震動評価(F_B-2断層による地震))

再掲 (R3.10.22審査会合資料)

震源モデル図, 断層パラメータ(基本震源モデル)



基本震源モデル

※モデル上のアスペリティ面積
1254.4km²

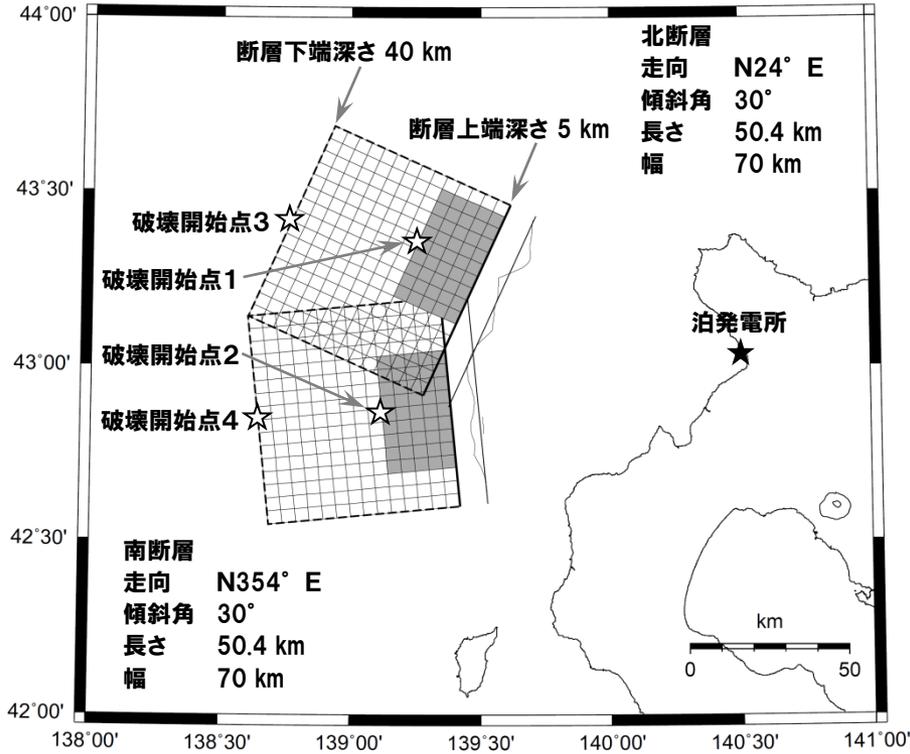
| 項目 | 設定値 | 設定方法 | |
|-------------------|--|--|--|
| 断層原点 (地表トレス原点) | 北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527° | 地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端 | |
| 走向 | 北断層: N 24° E 南断層: N354° E | 地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端 | |
| 傾斜角 | 45° | 断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に 45° と設定 | |
| 断層長さ | 98.7km(49.3km×2)* | 地質調査結果に基づき矩形断層として設定 | |
| 断層幅 | 50km | 断層上下端深さと傾斜角から設定 | |
| 拡張面積 | 473.7 km ² | $\Delta S = W \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$, $\Delta \theta = \theta_N - 360 + \theta_S$ | |
| 断層面積 | 5406.4km ² | $S = L \times W + \Delta S$ | |
| 断層上端深さ | 5km | Mendoza and Fukuyama (1996)等を参考に設定 | |
| 断層下端深さ | 40km | Mendoza and Fukuyama (1996)等を参考に設定 | |
| 地震モーメント | 5.41E+20N・m | $M_0 = S \times 10^{17}$ (Murotani et al.(2015)) | |
| モーメントマグニチュード | 7.8 | $\text{Log}M_0 (\text{N} \cdot \text{m}) = 1.5 \times M_w + 9.1$ | |
| 平均応力降下量 | 3.1MPa | Fujii and Matsu'ura(2000) | |
| 剛性率 | 4.19E+10N/m ² | $\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9\text{g/cm}^3$:Mendoza and Fukuyama (1996)に基づき設定 | |
| 平均すべり量 | 238.7cm | $D = M_0 / (\mu \times S)$ | |
| S波速度 | 3.8km/s | $\beta = 3.8\text{km/s}$:Mendoza and Fukuyama (1996)に基づき設定 | |
| 破壊伝播速度 | 2.7km/s | $V_R = 0.72 \times \beta \text{ km/s}$ (Geller(1976)) | |
| 破壊伝播様式 | 破壊開始点から同心円状 | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| 破壊開始点 | 北断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) 南断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) 北断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) 南断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点4) | 破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定 | |
| 短周期レベル | 4.98E+19N・m/s ² | $A = 4 \times \pi \times (S_a / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$ | |
| 高周波遮断特性 | 6Hz | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| Q値 | 110 ^{0.69} | $Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994)) | |
| アスペリティ | 位置 | 敷地に近い位置の地表付近 | 地質調査結果を踏まえた上で、敷地に近い位置の地表付近に設定 |
| | 数 | 2個 | 北断層及び南断層にそれぞれ1個設定 |
| | 総面積 | 1189.4km ² | $S_a = 0.22 \times S$ |
| | 平均すべり量 | 477.3cm | $D_a = \gamma_a \times D$ |
| | 地震モーメント | 2.38E+20N・m | $M_{0a} = \mu \times S_a \times D_a$ |
| 背景領域 | 応力降下量 | 14.1MPa | $\Delta \sigma_s = S / S_a \times \Delta \sigma$ |
| | 地震モーメント | 3.03E+20N・m | $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$ |
| | 面積 | 4217.0km ² | $S_b = S - S_a$ |
| | 平均すべり量 | 171.3cm | $D_b = M_{0b} / (\mu \times S_b)$ |
| 実効応力 | 2.5MPa | $\sigma_b = (D_b / W_b) \times (\pi^{0.5} / D_b) \times r \times \Sigma \gamma_i^2 \times \sigma_s$ | |

※応答スペクトルに基づく手法による地震動評価においては、地質調査結果による断層長さ101kmから松田(1975)による断層長さとの関係式により、M8.2を用いる。

参考資料(地震動評価(F_B-2断層による地震))

再掲 (R3.10.22審査会合資料)

震源モデル図, 断層パラメータ(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角))



**不確かさ考慮モデル
 (断層の傾斜角)**

※モデル上のアスペリティ面積
 1873.1km²

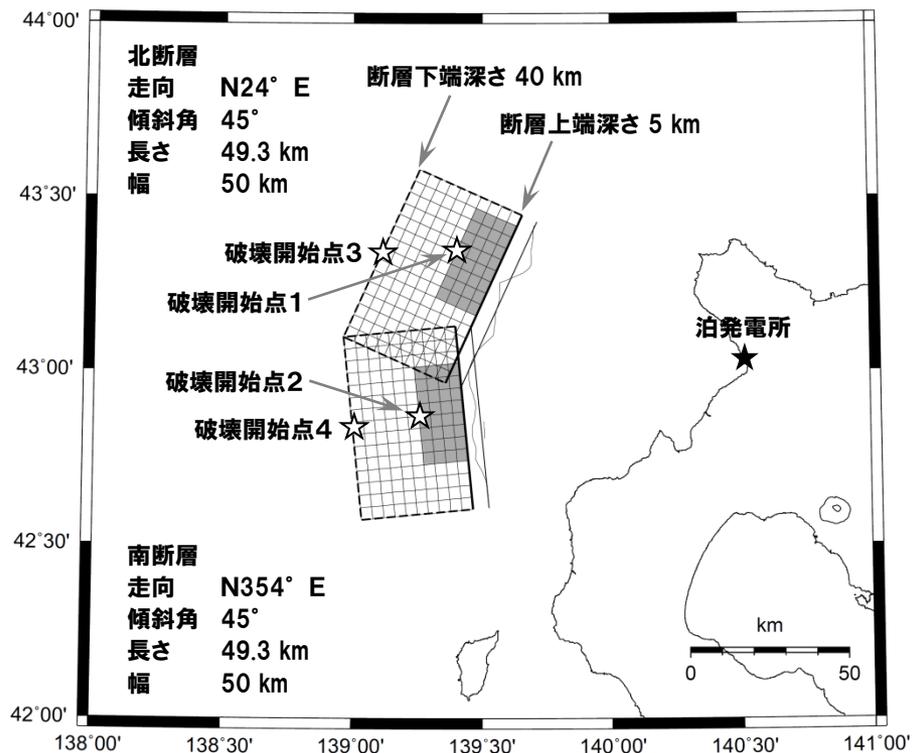
| 項目 | 設定値 | 設定方法 | |
|-------------------|--|--|---|
| 断層原点 (地表トレス原点) | 北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527° | 地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端 | |
| 走向 | 北断層: N 24° E 南断層: N354° E | 地質調査結果による北断層の南端~北端 地質調査結果による南断層の南端~北端 | |
| 傾斜角 | 30° | 不確かさを考慮し, 念のため 30° と設定 | |
| 断層長さ | 100.7km(50.4km×2)* | 地質調査結果に基づき矩形断層として設定 | |
| 断層幅 | 70km | 断層上下端深さと傾斜角から設定 | |
| 拡張面積 | 1137.1 km ² | $\Delta S = W \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$, $\Delta \theta = \theta_N - 360 + \theta_S$ | |
| 断層面積 | 8186.9km ² | $S = L \times W + \Delta S$ | |
| 断層上端深さ | 5km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 | |
| 断層下端深さ | 40km | Mendoza and Fukuyama(1996)等を参考に設定 | |
| 地震モーメント | 8.19E+20N・m | $M_0 = S \times 10^{17}$ (Murotani et al.(2015)) | |
| モーメントマグニチュード | 7.9 | $\text{Log} M_0 (\text{N} \cdot \text{m}) = 1.5 \times M_w + 9.1$ | |
| 平均応力降下量 | 3.1MPa | Fujii and Matsu'ura(2000) | |
| 剛性率 | 4.19E+10N/m ² | $\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9 \text{g/cm}^3$; Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 | |
| 平均すべり量 | 238.7cm | $D = M_0 / (\mu \times S)$ | |
| S波速度 | 3.8km/s | $\beta = 3.8 \text{km/s}$; Mendoza and Fukuyama(1996)に基づき設定 | |
| 破壊伝播速度 | 2.7km/s | $V_R = 0.72 \times \beta \text{ km/s}$ (Geller(1976)) | |
| 破壊伝播様式 | 破壊開始点から同心円状 | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| 破壊開始点 | 北断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) | 破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定 | |
| | 南断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) | | |
| | 北断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) | | |
| | 南断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点4) | | |
| 短周期レベル | 6.12E+19N・m/s ² | $A = 4 \times \pi \times (S_a / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$ | |
| 高周波遮断特性 | 6Hz | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| Q値 | 110 ^{0.69} | $Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994)) | |
| アスペリティ | 位置 | 敷地に近い位置の地表付近 | 地質調査結果を踏まえた上で, 敷地に近い位置の地表付近に設定 |
| | 数 | 2個 | 北断層及び南断層にそれぞれ1個設定 |
| | 総面積 | 1801.1km ² | $S_a = 0.22 \times S$ |
| | 平均すべり量 | 477.3cm | $D_a = \gamma_0 \times D$ |
| | 地震モーメント | 3.60E+20N・m | $M_{0a} = \mu \times S_a \times D_a$ |
| 背景領域 | 応力降下量 | 14.1MPa | $\Delta \sigma_s = S / S_a \times \Delta \sigma$ |
| | 地震モーメント | 4.58E+20N・m | $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$ |
| | 面積 | 6385.8km ² | $S_b = S - S_a$ |
| | 平均すべり量 | 171.3cm | $D_b = M_{0b} / (\mu \times S_b)$ |
| | 実効応力 | 2.2MPa | $\sigma_b = (D_b / W_b) \times (\pi^{0.5} / D_b) \times r \times \sum \gamma_i^2 \times \sigma_s$ |

※応答スペクトルに基づく手法による地震動評価においては, 地質調査結果による断層長さ101kmから松田(1975)による断層長さ地震のマグニチュードの関係式により, M8.2を用いる。

参考資料(地震動評価(F_B-2断層による地震))

再掲 (R3.10.22審査会合資料)

震源モデル図, 断層パラメータ(不確かさ考慮モデル(応力降下量))



不確かさ考慮モデル
(応力降下量)
震源モデル図は基本震源モデルと同様

※モデル上のアスペリティ面積
1254.4km²

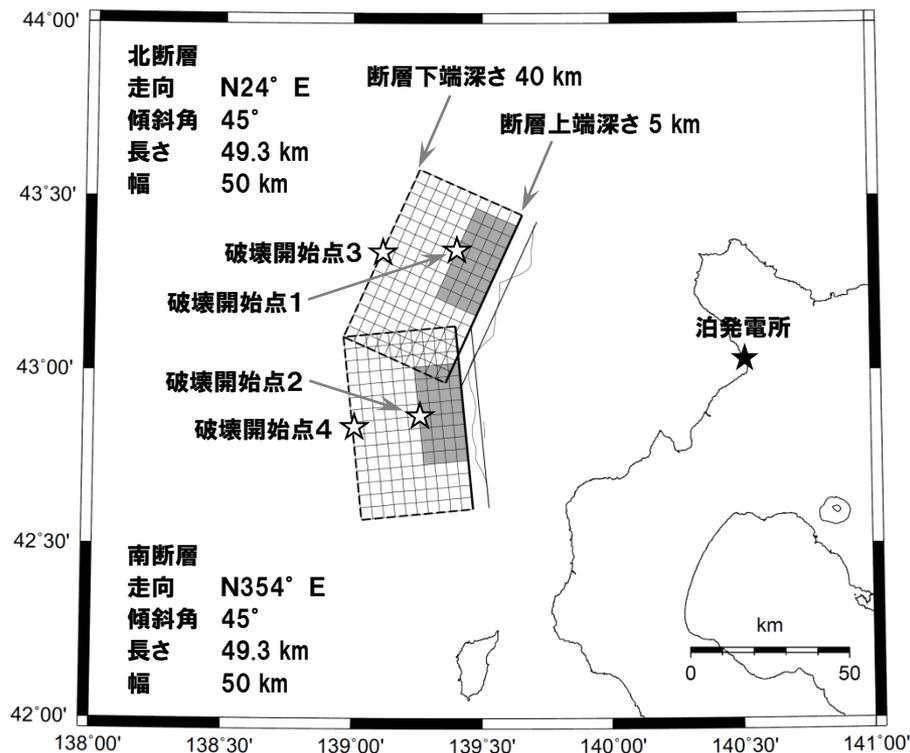
| 項目 | 設定値 | 設定方法 | |
|-------------------|--|--|---|
| 断層原点 (地表トレス原点) | 北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527° | 地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端 | |
| 走向 | 北断層: N 24° E 南断層: N354° E | 地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端 | |
| 傾斜角 | 45° | 断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に 45° と設定 | |
| 断層長さ | 98.7km(49.3km×2)* | 地質調査結果に基づき矩形断層として設定 | |
| 断層幅 | 50km | 断層上下端深さと傾斜角から設定 | |
| 拡張面積 | 473.7 km ² | $\Delta S = W \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$, $\Delta \theta = \theta_N - 360 + \theta_S$ | |
| 断層面積 | 5406.4km ² | $S = L \times W + \Delta S$ | |
| 断層上端深さ | 5km | Mendoza and Fukuyama (1996)等を参考に設定 | |
| 断層下端深さ | 40km | Mendoza and Fukuyama (1996)等を参考に設定 | |
| 地震モーメント | 5.41E+20N・m | $M_0 = S \times 10^{17}$ (Murotani et al.(2015)) | |
| モーメントマグニチュード | 7.8 | $\text{Log} M_0 (\text{N} \cdot \text{m}) = 1.5 \times M_w + 9.1$ | |
| 平均応力降下量 | 3.1MPa | Fujii and Matsu'ura (2000) | |
| 剛性率 | 4.19E+10N/m ² | $\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9 \text{g/cm}^3$; Mendoza and Fukuyama (1996)に基づき設定 | |
| 平均すべり量 | 238.7cm | $D = M_0 / (\mu \times S)$ | |
| S波速度 | 3.8km/s | $\beta = 3.8 \text{km/s}$; Mendoza and Fukuyama (1996)に基づき設定 | |
| 破壊伝播速度 | 2.7km/s | $V_R = 0.72 \times \beta \text{km/s}$ (Geller(1976)) | |
| 破壊伝播様式 | 破壊開始点から同心円状 | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| 破壊開始点 | 北断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) 南断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) 北断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) 南断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点4) | 破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定 | |
| 短周期レベル | 7.46E+19N・m/s ² | $A = 4 \times \pi \times (S_a / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma \times \beta^2$ | |
| 高周波遮断特性 | 6Hz | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| Q値 | 110 ^{0.69} | $Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994)) | |
| アスペリティ | 位置 | 敷地に近い位置の地表付近 | 地質調査結果を踏まえた上で、敷地に近い位置の地表付近に設定 |
| | 数 | 2個 | 北断層及び南断層にそれぞれ1個設定 |
| | 総面積 | 1189.4km ² | $S_a = 0.22 \times S$ |
| | 平均すべり量 | 477.3cm | $D_a = \gamma_D \times D$ |
| 背景領域 | 地震モーメント | 2.38E+20N・m | $M_{0a} = \mu \times S_a \times D_a$ |
| | 応力降下量 | 21.1MPa | $\Delta \sigma_a = 1.5 \times S / S_a \times \Delta \sigma$ |
| | 地震モーメント | 3.03E+20N・m | $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$ |
| | 面積 | 4217.0km ² | $S_b = S - S_a$ |
| | 平均すべり量 | 171.3cm | $D_b = M_{0b} / (\mu \times S_b)$ |
| 実効応力 | 3.7MPa | $\sigma_b = (D_b / W_b) \times (\pi^{0.5} / D_b) \times r \times \sum \gamma_i^2 \times \sigma_a$ | |

※応答スペクトルに基づく手法による地震動評価においては、地質調査結果による断層長さ101kmから松田(1975)による断層長さ地震のマグニチュードの関係式により、M8.2を用いる。

参考資料(地震動評価(F_B-2断層による地震))

再掲 (R3.10.22審査会合資料)

震源モデル図, 断層パラメータ(不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度))



不確かさ考慮モデル
 (破壊伝播速度)
 震源モデル図は基本震源モデルと同様

※モデル上のアスペリティ面積
 1254.4km²

| 項目 | 設定値 | 設定方法 | |
|--------------------|--|--|--|
| 断層原点 (地表トレース原点) | 北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527° | 地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端 | |
| 走向 | 北断層: N 24° E 南断層: N354° E | 地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端 | |
| 傾斜角 | 45° | 断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に 45° と設定 | |
| 断層長さ | 98.7km(49.3km×2)* | 地質調査結果に基づき矩形断層として設定 | |
| 断層幅 | 50km | 断層上下端深さと傾斜角から設定 | |
| 拡張面積 | 473.7 km ² | $\Delta S = W \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$, $\Delta \theta = \theta_N - 360 + \theta_s$ | |
| 断層面積 | 5406.4km ² | $S = L \times W + \Delta S$ | |
| 断層上端深さ | 5km | Mendoza and Fukuyama (1996)等を参考に設定 | |
| 断層下端深さ | 40km | Mendoza and Fukuyama (1996)等を参考に設定 | |
| 地震モーメント | 5.41E+20N・m | $M_0 = S \times 10^{17}$ (Murotani et al.(2015)) | |
| モーメントマグニチュード | 7.8 | $\text{Log} M_0 (\text{N} \cdot \text{m}) = 1.5 \times M_w + 9.1$ | |
| 平均応力降下量 | 3.1MPa | Fujii and Matsu'ura(2000) | |
| 剛性率 | 4.19E+10N/m ² | $\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9 \text{g/cm}^3$; Mendoza and Fukuyama (1996)に基づき設定 | |
| 平均すべり量 | 238.7cm | $D = M_0 / (\mu \times S)$ | |
| S波速度 | 3.8km/s | $\beta = 3.8 \text{km/s}$; Mendoza and Fukuyama (1996)に基づき設定 | |
| 破壊伝播速度 | 3.3km/s | $V_R = 0.87 \times \beta \text{ km/s}$ | |
| 破壊伝播様式 | 破壊開始点から同心円状 | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| 破壊開始点 | 北断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) 南断層アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) 北断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) 南断層巨視的断層面下端中央 (破壊開始点4) | 破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定 | |
| 短周期レベル | 4.98E+19N・m/s ² | $A = 4 \times \pi \times (S_a / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$ | |
| 高周波連断特性 | 6Hz | 地震調査委員会(2020)に基づき設定 | |
| Q値 | 110 ^{0.69} | $Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994)) | |
| アスペリティ | 位置 | 敷地に近い位置の地表付近 | 地質調査結果を踏まえた上で、敷地に近い位置の地表付近に設定 |
| | 数 | 2個 | 北断層及び南断層にそれぞれ1個設定 |
| | 総面積 | 1189.4km ² | $S_a = 0.22 \times S$ |
| | 平均すべり量 | 477.3cm | $D_a = \gamma_D \times D$ |
| 背景領域 | 地震モーメント | 2.38E+20N・m | $M_{0a} = \mu \times S_a \times D_a$ |
| | 応力降下量 | 14.1MPa | $\Delta \sigma_s = S / S_a \times \Delta \sigma$ |
| | 地震モーメント | 3.03E+20N・m | $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$ |
| | 面積 | 4217.0km ² | $S_b = S - S_a$ |
| | 平均すべり量 | 171.3cm | $D_b = M_{0b} / (\mu \times S_b)$ |
| 実効応力 | 2.5MPa | $\sigma_b = (D_b / W_b) \times (\pi^{0.5} / D_b) \times r \times \Sigma \gamma^2 \times \sigma_s$ | |

※応答スペクトルに基づく手法による地震動評価においては、地質調査結果による断層長さ101kmから松田(1975)による断層長さ地震のマグニチュードの関係式により、M8.2を用いる。

参考資料(津波評価)

「F_B-2断層」の詳細評価(1/4)

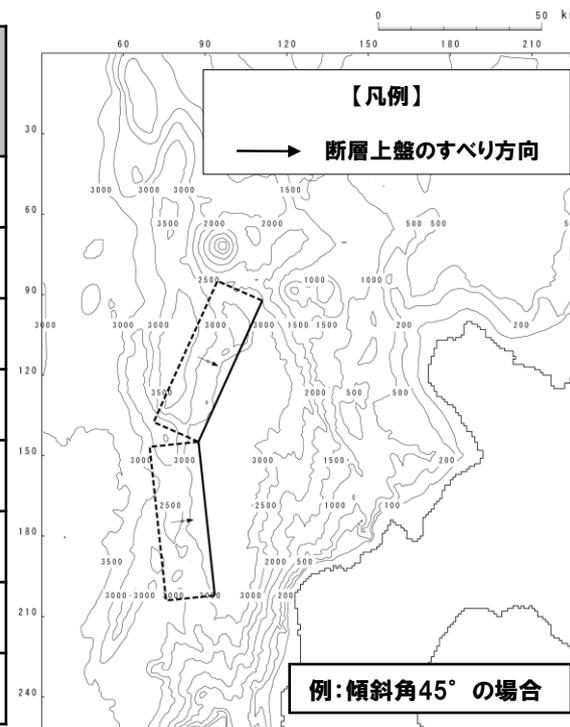
【基準断層モデルの設定】

- 津波の詳細評価(数値シミュレーション)に用いる「F_B-2断層」の基準断層モデルは、地震動評価で設定した断層長さL及び走向θ(傾斜方向含む)を用いて設定した。
- 上記以外の断層パラメータは、土木学会(2016)等に基づき、設定した。

【基準断層モデルの諸元】

| 断層パラメータ | F _B -2断層 | | | 断層パラメータの設定根拠 |
|------------------------------|--------------------------------|--------|---------------------|--|
| モーメントマグニチュード' M _W | 7.7 | | | 武村(1998)に基づくスケーリング則により設定 |
| 断層長さ L | 96km (48km×2) ^{※2} | | | 地震動評価で設定した断層パラメータより設定 |
| 傾斜角 δ | 30° | 45° | 60° | 日本海東縁部の傾斜角30~60°より設定 |
| 断層幅 W ^{※1} | 30.0km | 21.2km | 17.3km | 地震発生層の厚さ(15km) ^{※3} と傾斜角により設定 |
| すべり量 D ^{※1} | 4.00m | 5.65m | 6.92m ^{※2} | M _W , L, Wにより設定 |
| 断層面上縁深さ d | 0km | | | 土木学会(2016)により設定 |
| 走向 θ | 北断層 204° 南断層 174° | | | 地震動評価で設定した西傾斜の断層パラメータより設定 |
| すべり角 λ | 90° | | | 土木学会(2016)により設定 |

【基準断層モデル図】



※1:「断層幅 W」及び「すべり量 D」は、後述する傾斜角のパラメータスタディ(30°, 60°)により変化する(傾斜角45°の場合を基準断層モデルとする)。

※2:「断層長さ L」、「すべり量 D」の値について、詳細評価(数値シミュレーション)では矩形によりモデル化するため、阿部(1989)の簡易予測式で用いた値(P55参照)と異なる。

※3:地震発生層厚さは、土木学会(2016)より、15~20kmであると考えられる。

ここで、地震発生層厚さを最小値の15kmとした場合に、津波評価への影響が大きいパラメータであるすべり量が最大となり、保守的な評価になると考えられることから最小値の15kmに設定した。

参考資料(津波評価)

「F_B-2断層」の詳細評価(2/4)

【パラメータスタディの方法】

○土木学会(2016)に基づき、断層パラメータの不確かさを考慮したパラメータスタディを、以下のとおり実施する。

《概略パラメータスタディ》

- 傾斜角(30°, 45°, 60°)とすべり角(75°, 90°, 105°)を組合せた9ケースのパラメータスタディを実施し、各評価項目※1の最大ケースを詳細パラメータスタディの検討対象として選定する。

《詳細パラメータスタディ》

- 概略パラメータスタディの最大ケースを対象に、断層面上縁深さ(0km, 2.5km, 5km)を変動させたパラメータスタディを実施し、各評価項目※1の最大ケースを選定する。

※1:「防潮堤前面(水位上昇)」、「3号炉取水口(水位上昇)」、「1号及び2号炉取水口(水位上昇)」、「放水口(水位上昇)」、「3号炉取水口(水位下降)」並びに「貯留堰を下回る時間」



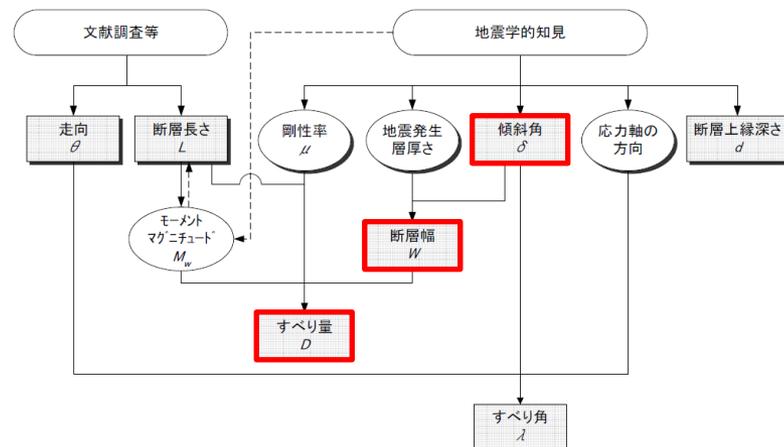
「F_B-2断層」の詳細評価 (3/4)

【傾斜角のパラメータスタディに伴う断層諸元の変更】

○「F_B-2断層」の断層パラメータは、右記の土木学会(2016)の設定フローより設定している。

- 傾斜角 δ に応じて、断層幅 W が決定し、すべり量 D が設定される。
- ここで、傾斜角 δ のパラメータスタディ(30°、45°、60°)を実施する際には、傾斜角 δ に応じた断層幅 W 及びすべり量 D を設定した。

※なお、「すべり角 λ 」、「断層面上縁深さ d 」のパラメータスタディも実施しているが、これらのパラメータスタディに伴い、他のパラメータの変動は生じない。



海域活断層に想定される地震に伴う津波の断層パラメータの設定フロー
(土木学会(2016)に一部加筆)



○傾斜角 δ に応じた断層幅 W 及びすべり量 D の設定は、以下のとおりである。

| 断層パラメータ | F _B -2断層 | | |
|--------------|---------------------|--------|---------|
| 傾斜角 δ | 30° | 45° | 60° |
| 断層幅 W ※1 | 30.0km | 21.2km | 17.3km |
| すべり量 D ※1 | 4.00m | 5.65m | 6.92m※2 |

※1:「断層幅 W 」及び「すべり量 D 」は、傾斜角のパラメータスタディ(30°、60°)により変化する(傾斜角45°の場合を基準断層モデルとする)。

※2:「断層長さ L 」、「すべり量 D 」の値について、詳細評価(数値シミュレーション)では矩形によりモデル化するため、阿部(1989)の簡易予測式で用いた値(P55参照)と異なる。

「F_B-2断層」の詳細評価(4/4)

【詳細評価(数値シミュレーション)結果】

○「F_B-2断層」と「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」の詳細評価(数値シミュレーション)結果は、下表のとおりである。

【詳細評価(数値シミュレーション)結果 (健全地形モデル)】

| 評価項目 | 海域活断層に想定される地震に伴う津波 | | 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 |
|------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|
| | F _B -2断層 | | |
| | 評価値 | 断層パラメータの概要 | |
| 防潮堤前面 (上昇側) | 5.16m | 傾斜角:45° すべり角:90° 断層面上縁深さ:5km | 10.20m |
| 3号炉取水口 (上昇側) | 3.76m | 傾斜角:60° すべり角:90° 断層面上縁深さ:5km | 8.50m |
| 1号及び2号炉取水口 (上昇側) | 3.61m | 傾斜角:60° すべり角:90° 断層面上縁深さ:5km | 8.63m |
| 放水口 (上昇側) | 3.62m | 傾斜角:60° すべり角:90° 断層面上縁深さ:0km | 9.20m |
| 3号炉取水口 (水位降水量)(参考値) | 3.37m | 傾斜角:45° すべり角:90° 断層面上縁深さ:2.5km | 9.11m |
| 「貯留堰を下回る時間」 | 0s | — (貯留堰を下回らない) | 706s |

朱書きは「地震に伴う津波」の最大ケースである。