

## 資料2

# 泊発電所3号炉

## 基準地震動の策定及び年超過確率の参照 (地震等に係る知見の反映について)

令和6年8月30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。
- 令和6年7月19日審査会合では、令和6年6月11日審査会合での指摘事項を踏まえ、 $F_B$ -2断層の北方に示されている断層(以下、「後志海山東方の断層」という。)について、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並びに連動を考慮した地震動評価に関する評価方針及び津波評価への影響について説明した。

### 【今回の説明内容】

#### ①指摘事項に対する検討結果

- 令和6年7月19日審査会合における「地震動評価に用いる断層モデルのアスペリティ位置については、敷地への影響が大きくなるように、敷地に近い位置へ配置すること。」との指摘事項を踏まえ、「後志海山東方の断層～ $F_B$ -2断層による地震」の地震動評価に用いる断層モデルのアスペリティ位置について、敷地への影響が大きくなるように、敷地までの距離が最短となる位置に変更した。

#### ② $F_B$ -2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮した地震動評価結果

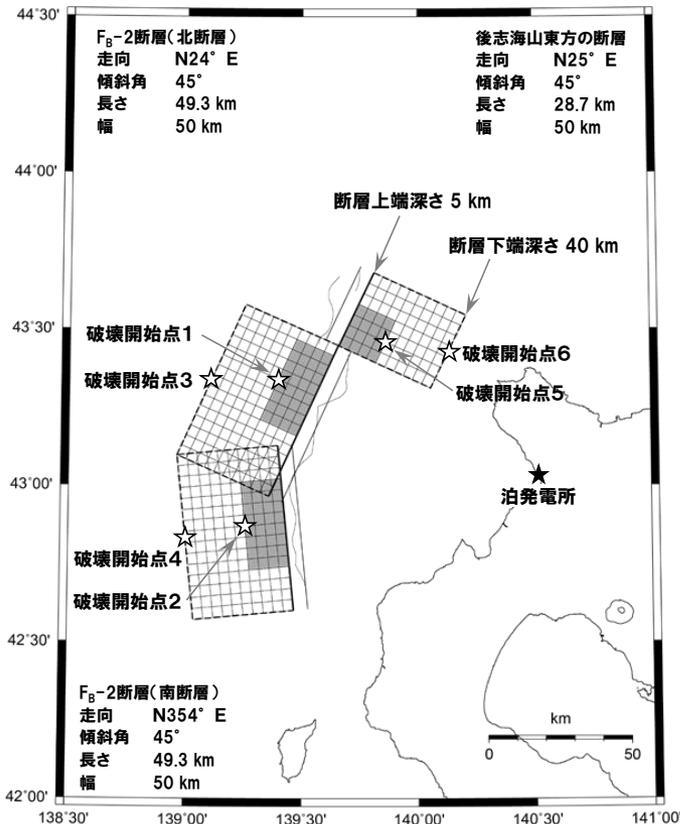
- 「後志海山東方の断層～ $F_B$ -2断層による地震」の応答スペクトルに基づく地震動評価結果は、令和5年6月9日審査会合において説明した応答スペクトルに基づく手法による基準地震動(基準地震動 $Ss1$ )の設計用応答スペクトルに包絡されていることから、基準地震動 $Ss1$ の設計用応答スペクトルに変更はない。
- 基準地震動 $Ss1$ の模擬地震波は、令和6年7月19日審査会合において説明した振幅包絡線を用いて作成した。
- $F_B$ -2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮した確率的地震ハザード評価を実施した。
- なお、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果については、今後ご説明する。

指摘事項に対する検討結果 .....	4
F <sub>B</sub> -2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮した地震動評価結果概要 .....	7
1. 地震動評価への反映について .....	12
2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 .....	14
2.1 敷地に影響を及ぼす地震の選定 .....	14
2.2 検討用地震の選定 .....	15
2.3 検討用地震の地震動評価 .....	16
3. 基準地震動の策定 .....	39
4. 基準地震動の年超過確率の参照 .....	45
参考資料 .....	69

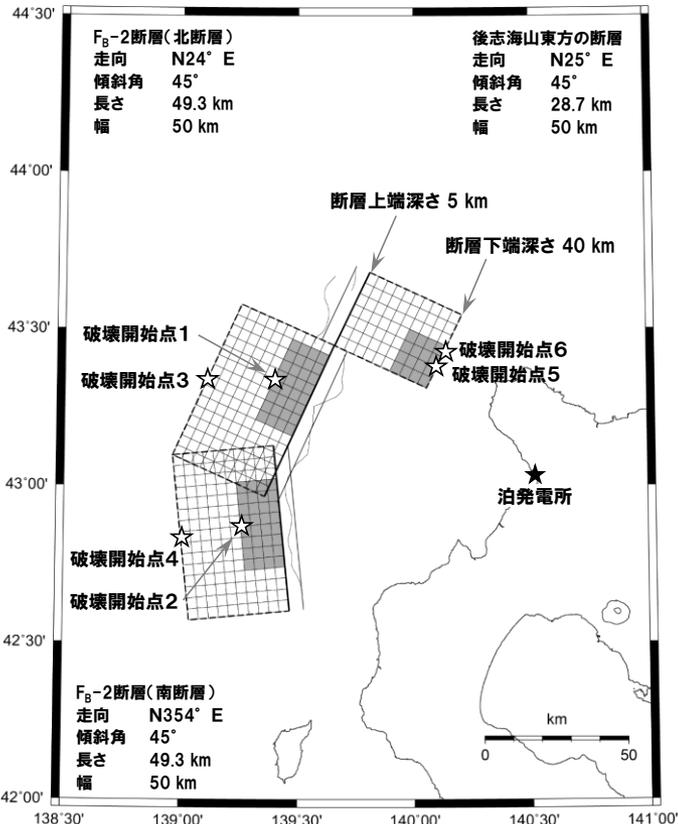
# 指摘事項に対する検討結果

## 震源モデル図(アスペリティ位置の変更)

○令和6年7月19日審査会合での指摘事項を踏まえ、「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」の地震動評価に用いる断層モデルのアスペリティ位置について、敷地への影響が大きくなるように、敷地までの距離が最短となる位置に変更している。



令和6年7月19日審査会合  
 (アスペリティ位置変更前)  
 基本震源モデル

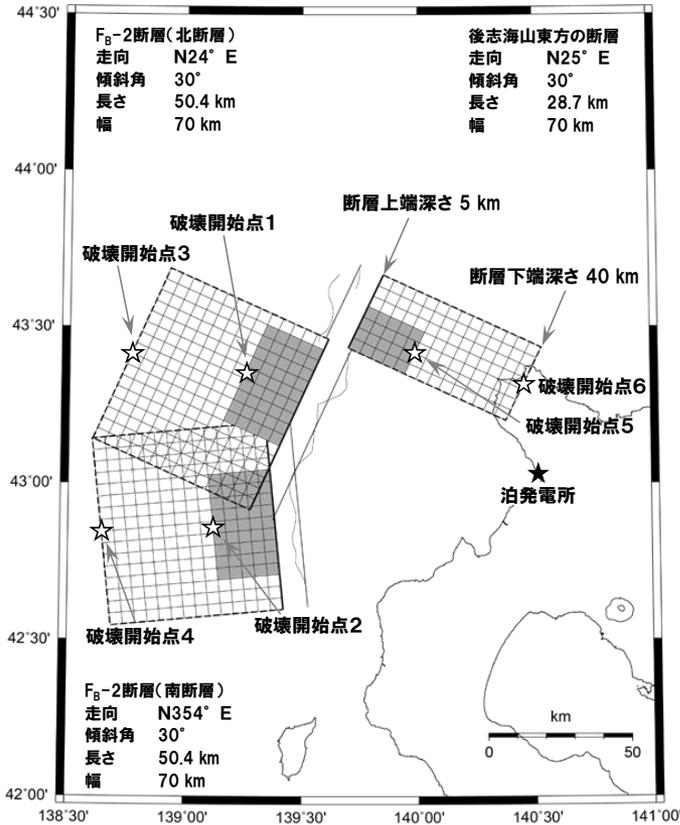


今回検討結果  
 (アスペリティ位置変更後)  
 基本震源モデル

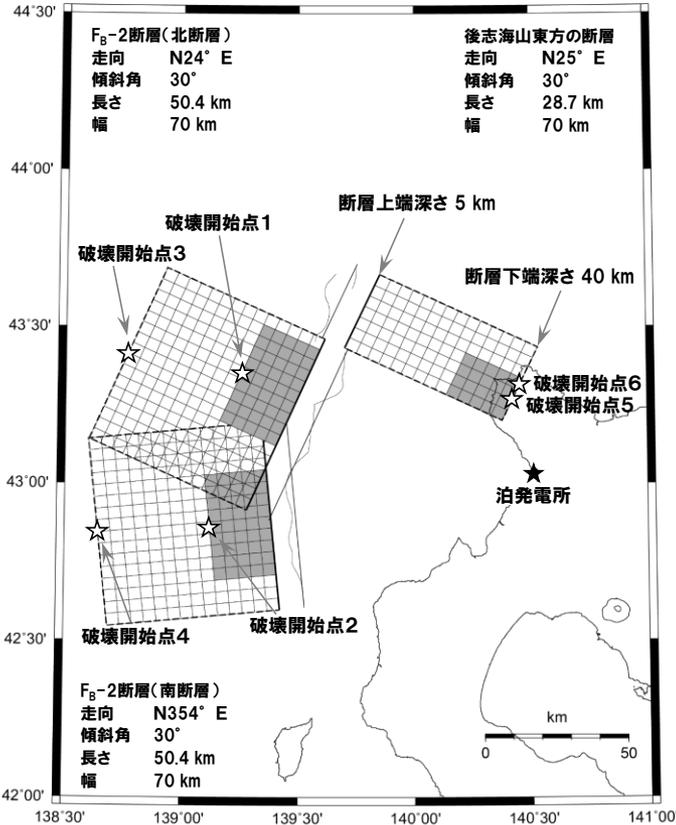
震源モデル	アスペリティ最短距離 (km)
令和6年7月19日審査会合 (アスペリティ位置変更前)	71.6
今回検討結果 (アスペリティ位置変更後)	62.9

# 指摘事項に対する検討結果

## 震源モデル図(アスペリティ位置の変更)



令和6年7月19日審査会合  
 (アスペリティ位置変更前)  
 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)



今回検討結果  
 (アスペリティ位置変更後)  
 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)

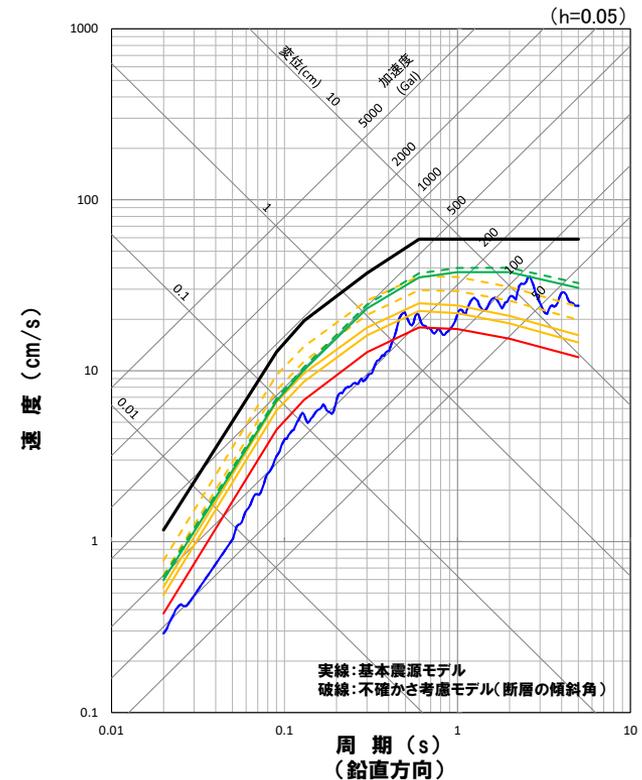
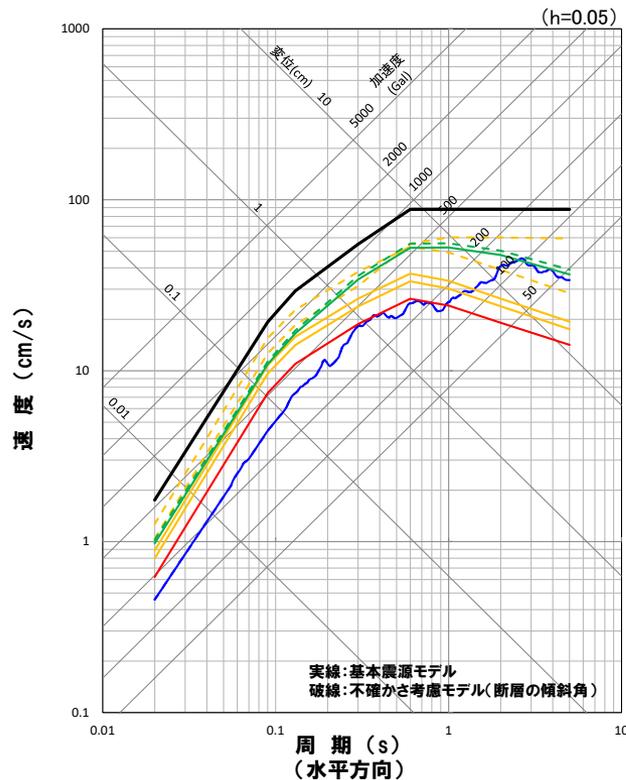
震源モデル	アスペリティ最短距離 (km)
令和6年7月19日審査会合 (アスペリティ位置変更前)	60.6
今回検討結果 (アスペリティ位置変更後)	45.1

指摘事項に対する検討結果 .....	4
<b>F<sub>B</sub>-2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮した地震動評価結果概要 .....</b>	<b>7</b>
1. 地震動評価への反映について .....	12
2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 .....	14
2.1 敷地に影響を及ぼす地震の選定 .....	14
2.2 検討用地震の選定 .....	15
2.3 検討用地震の地震動評価 .....	16
3. 基準地震動の策定 .....	39
4. 基準地震動の年超過確率の参照 .....	45
参考資料 .....	69

# 地震動評価結果概要

## 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動

○「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」の応答スペクトルに基づく地震動評価結果は、令和5年6月9日審査会合において説明した応答スペクトルに基づく手法による基準地震動(基準地震動Ss1)の設計用応答スペクトルに包絡されていることから、基準地震動Ss1の設計用応答スペクトルに変更はない。



- 基準地震動Ss1
- 尻別川断層による地震
- F<sub>S</sub>-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震
- 積丹半島北西沖の断層による地震
- 後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震

※「尻別川断層による地震」および「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」は、基本震源モデルの評価結果が不確かさ考慮モデルの評価結果を包絡していることから、基本震源モデルの評価結果で代表させている。

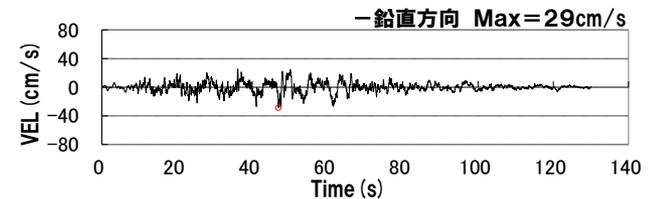
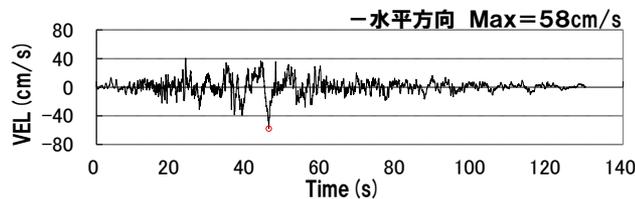
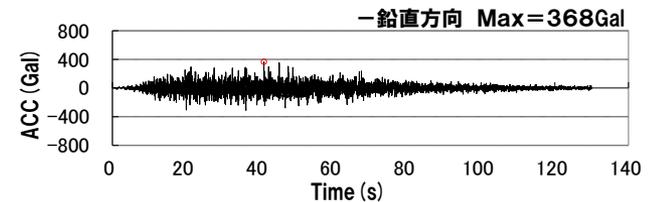
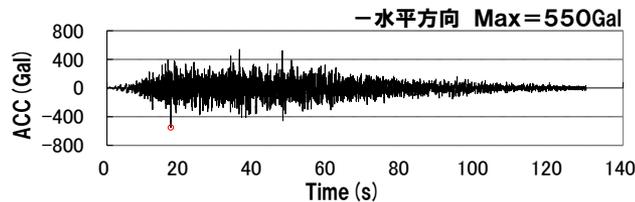
# 地震動評価結果概要

## 基準地震動Ss1の模擬地震波

- 令和6年7月19日審査会合において説明した「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震(M8.3, Xeq=92km)」の諸元を参考に設定した振幅包絡線を用いて、以下に示す基準地震動Ss1の模擬地震波を作成した。
- 作成した模擬地震波は、日本電気協会(2021)に記載された適合度を満足していることを確認している。
- また、令和5年6月9日審査会合において説明した模擬地震波も併せて示す。
- 基準地震動Ss1の模擬地震波は、振幅包絡線の設定において参考としている諸元を、「F<sub>B</sub>-2断層による地震(M8.2, Xeq=107km)」から「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震(M8.3, Xeq=92km)」に変更したことにより、継続時間が長く設定されている。

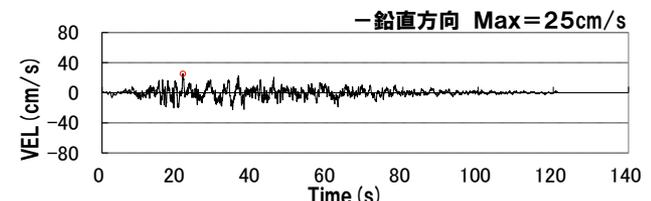
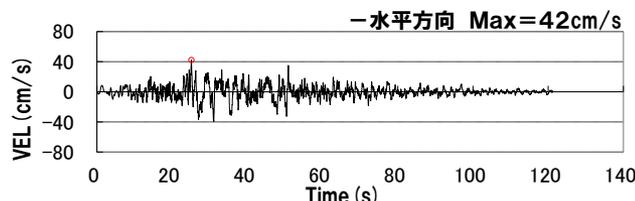
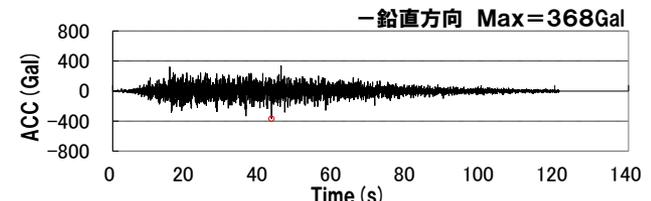
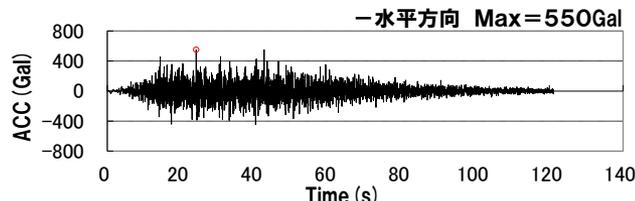
### 今回検討結果

模擬地震波	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的変化 (s)		
		t <sub>B</sub>	t <sub>C</sub>	t <sub>D</sub>
Ss1-H	130.0	16.60	47.50	130.0
Ss1-V	130.0	16.60	47.50	130.0



### 令和5年6月9日審査会合

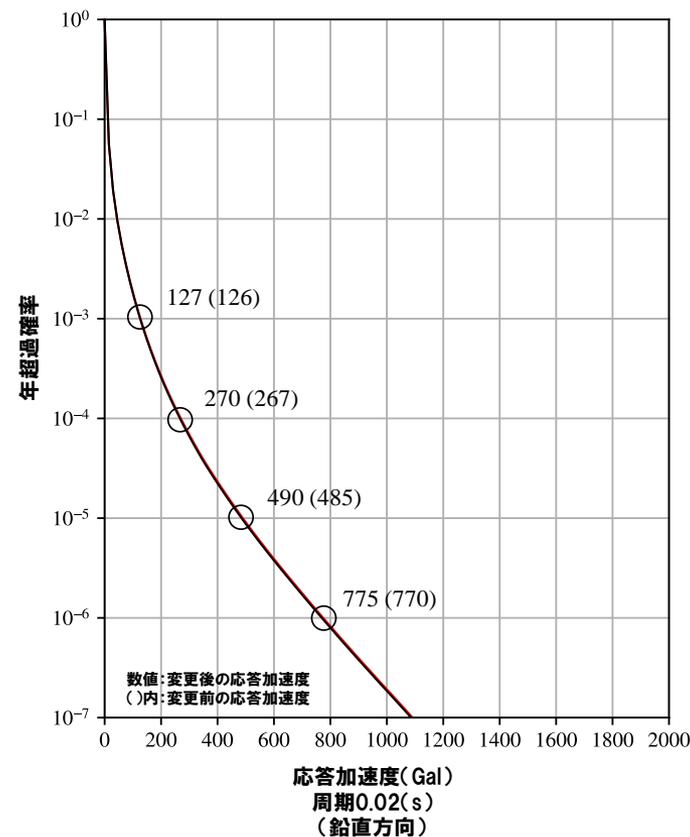
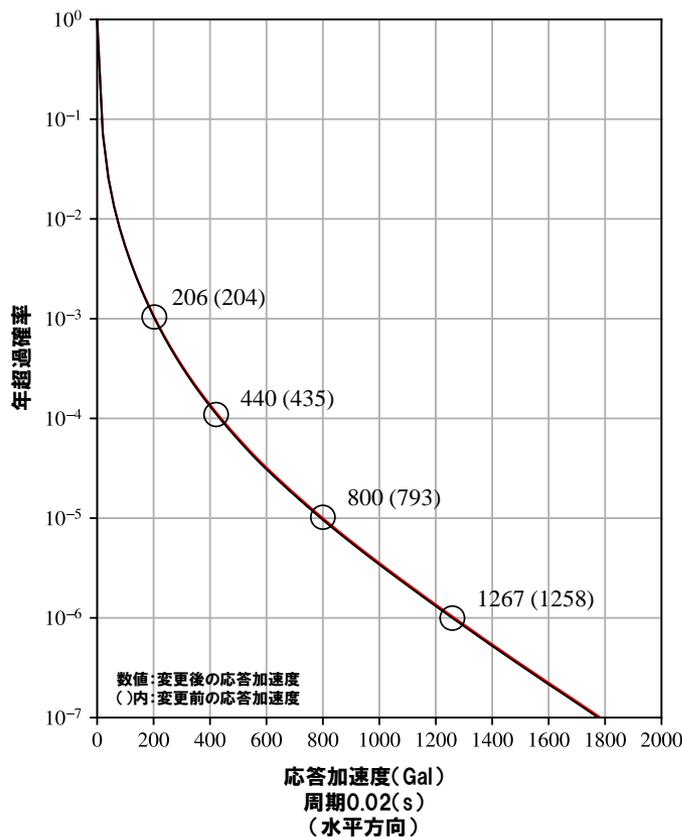
模擬地震波	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的変化 (s)		
		t <sub>B</sub>	t <sub>C</sub>	t <sub>D</sub>
Ss1-H	121.2	14.79	43.63	121.2
Ss1-V	121.2	14.79	43.63	121.2



# 地震動評価結果概要

## 確率論的地震ハザード評価結果(平均ハザード曲線)

- 「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した平均ハザード曲線を以下に示す。
- また、「F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した平均ハザード曲線(令和5年11月17日審査会合)も併せて示す。
- 「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した平均ハザード曲線は、「F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した平均ハザード曲線とほぼ一致する。

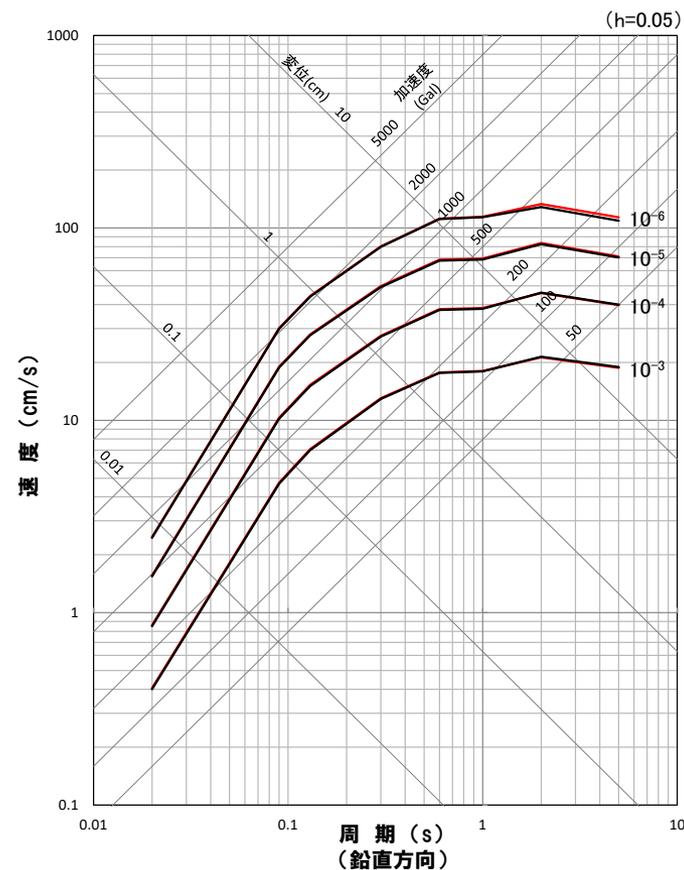
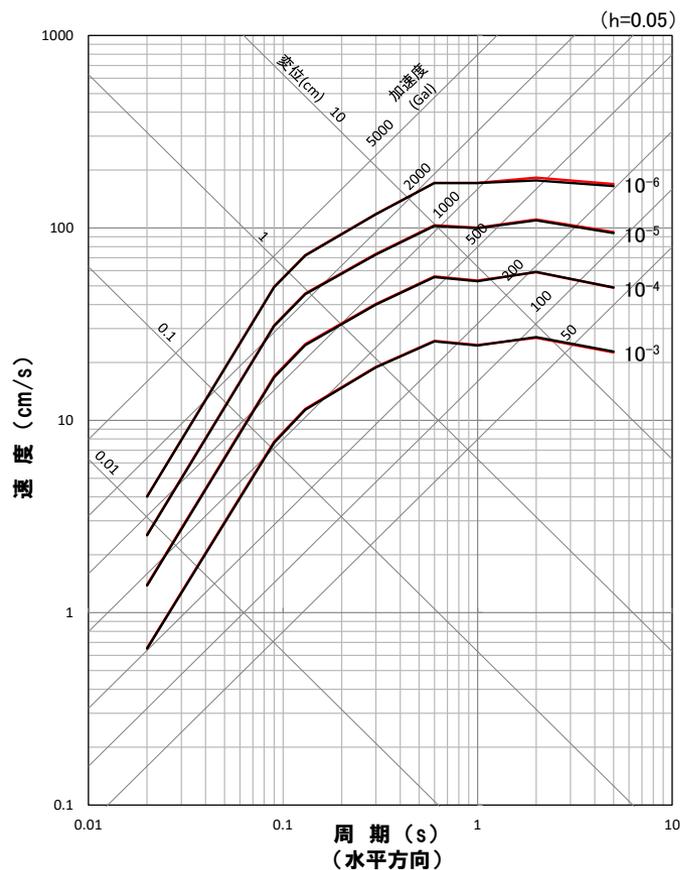


— 「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した平均ハザード曲線  
— 「F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した平均ハザード曲線

# 地震動評価結果概要

## 確率論的地震ハザード評価結果(一様ハザードスペクトル)

- 「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトルを以下に示す。
- また、「F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトル(令和5年11月17日審査会合)も併せて示す。
- 「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトルは、「F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトルとほぼ一致する。



— 「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトル  
 — 「F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトル

指摘事項に対する検討結果 .....	4
F <sub>B</sub> -2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮した地震動評価結果概要 .....	7
1. 地震動評価への反映について .....	12
2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 .....	14
2.1 敷地に影響を及ぼす地震の選定 .....	14
2.2 検討用地震の選定 .....	15
2.3 検討用地震の地震動評価 .....	16
3. 基準地震動の策定 .....	39
4. 基準地震動の年超過確率の参照 .....	45
参考資料 .....	69

# 1. 地震動評価への反映について

一部加筆修正 (R6.7.19審査会合資料)

## 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

#### 【凡例】

赤色: 今回の説明内容

灰色: 令和6年7月19日審査会合の説明内容

黒色: 今後の説明内容

#### 【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

・ $F_B$ -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。(P14)

- 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。

#### 【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

・「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。(P14)

・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。(P14)

# 1. 地震動評価への反映について

一部加筆修正 (R6.7.19審査会合資料)

## 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。(P15)

#### 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

- 震源モデルを作成する。(P16～P28)
- 「**応答スペクトルに基づく地震動評価**」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。**(P29～P32)
- 「**断層モデルを用いた手法による地震動評価**」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。**(P33～P38)
  - 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。**(P39～P43)
  - 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。**(P39, P44)

#### 【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する。**(P45～P64)
- **基準地震動の年超過確率を確認する。**(P65～P67)
  - 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。

## 2.1 敷地に影響を及ぼす地震の選定

一部加筆修正 (R6.7.19審査会合資料)

## 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<sub>B</sub>-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<sub>B</sub>-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 <sub>D</sub> -1断層～岩内堆北方の断層	39	7.5	51
F <sub>S</sub> -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜	98	8.2	42
F <sub>S</sub> -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 <sub>A</sub> -2断層	65	7.9	81
後志海山東方の断層～F <sub>B</sub> -2断層※4	124	8.3	73
F <sub>B</sub> -3断層	45	7.6	99
F <sub>C</sub> -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

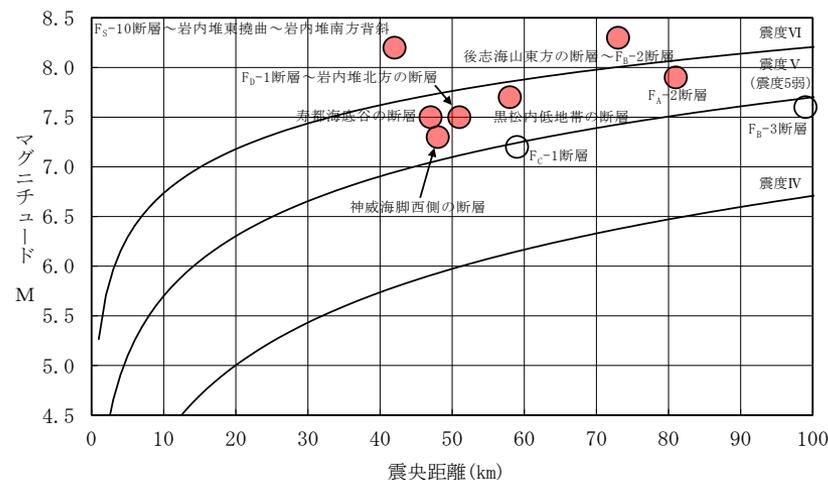
※2:マグニチュードは松田(1975)による断層長ささと地震のマグニチュードの関係式による

※3:孤立した短い活断層として評価する

※4:F<sub>B</sub>-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<sub>B</sub>-2断層の断層長さ(マグニチュード)と震央距離から後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層の断層長さ(マグニチュード)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—震央距離図



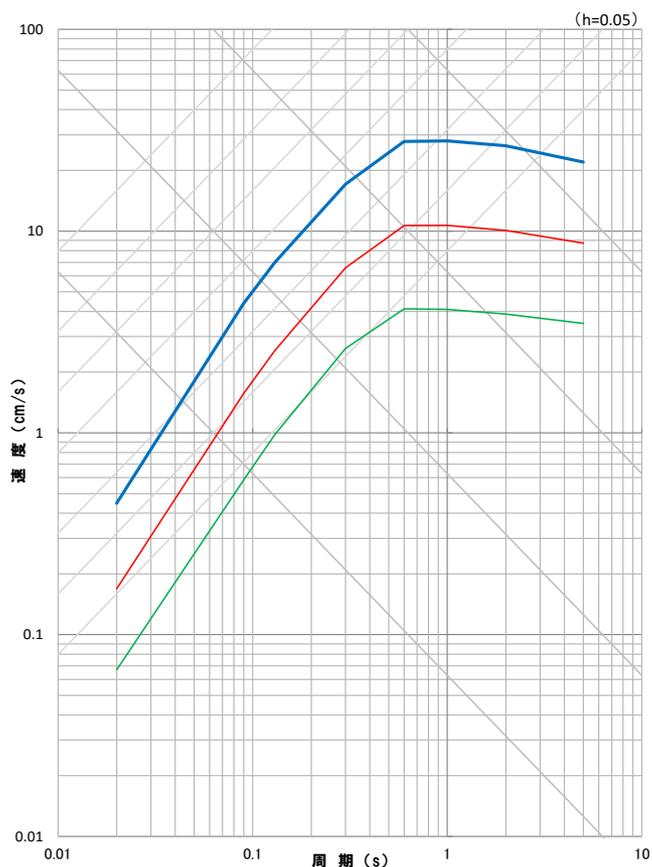
IV, V, VIは旧気象庁震度階級で、震度の境界線は村松(1969), 勝又ほか(1971)による

## 2.2 検討用地震の選定

再掲 (R6.7.19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、 $V_s=1.4\text{km/s}$ として算定

## 2.3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (R6.7.19審査会合資料)

## 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

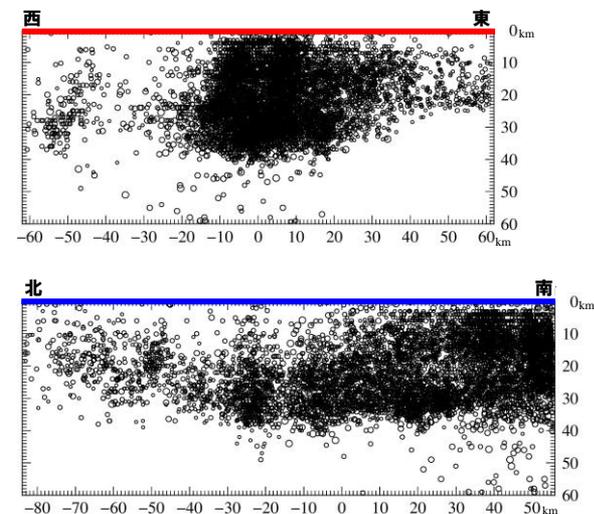
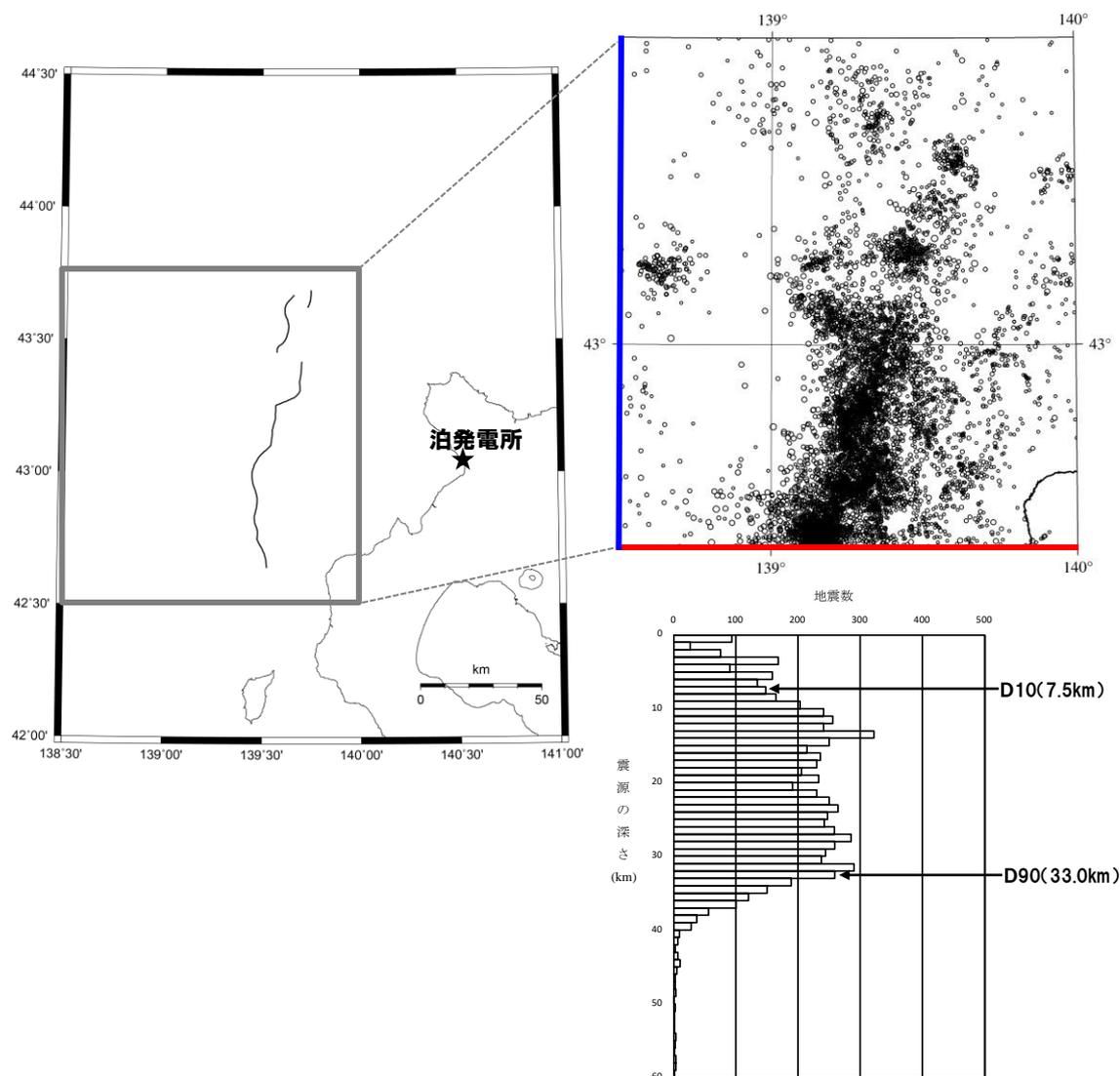


※ $F_B$ -2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮したことに伴い、微小地震分布の対象範囲を北側に拡大するとともに評価に用いている気象庁の地震データを更新して、D10-D90を再評価する。  
なお、地震発生層の設定(内陸地殻内地震)に用いている微小地震分布(敷地周辺におけるD10-D90評価)についても気象庁の地震データを更新する。

○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)

## 2.3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (R6.7.19審査会合資料)

後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-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)

D10 7.5km  
 D90 33.0km

## 2.3 検討用地震の地震動評価

再掲 (R6.7.19審査会合資料)

## 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<sub>B</sub>-2断層による地震」については、後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-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。

## 2.3 検討用地震の地震動評価

再掲 (R6.7.19審査会合資料)

## 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

- ① 断層傾斜角
- ② 応力降下量
- ③ 破壊伝播速度\*

} 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

- ④ アスペリティの位置
- ⑤ 破壊開始点

} 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

※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<sub>B</sub>-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

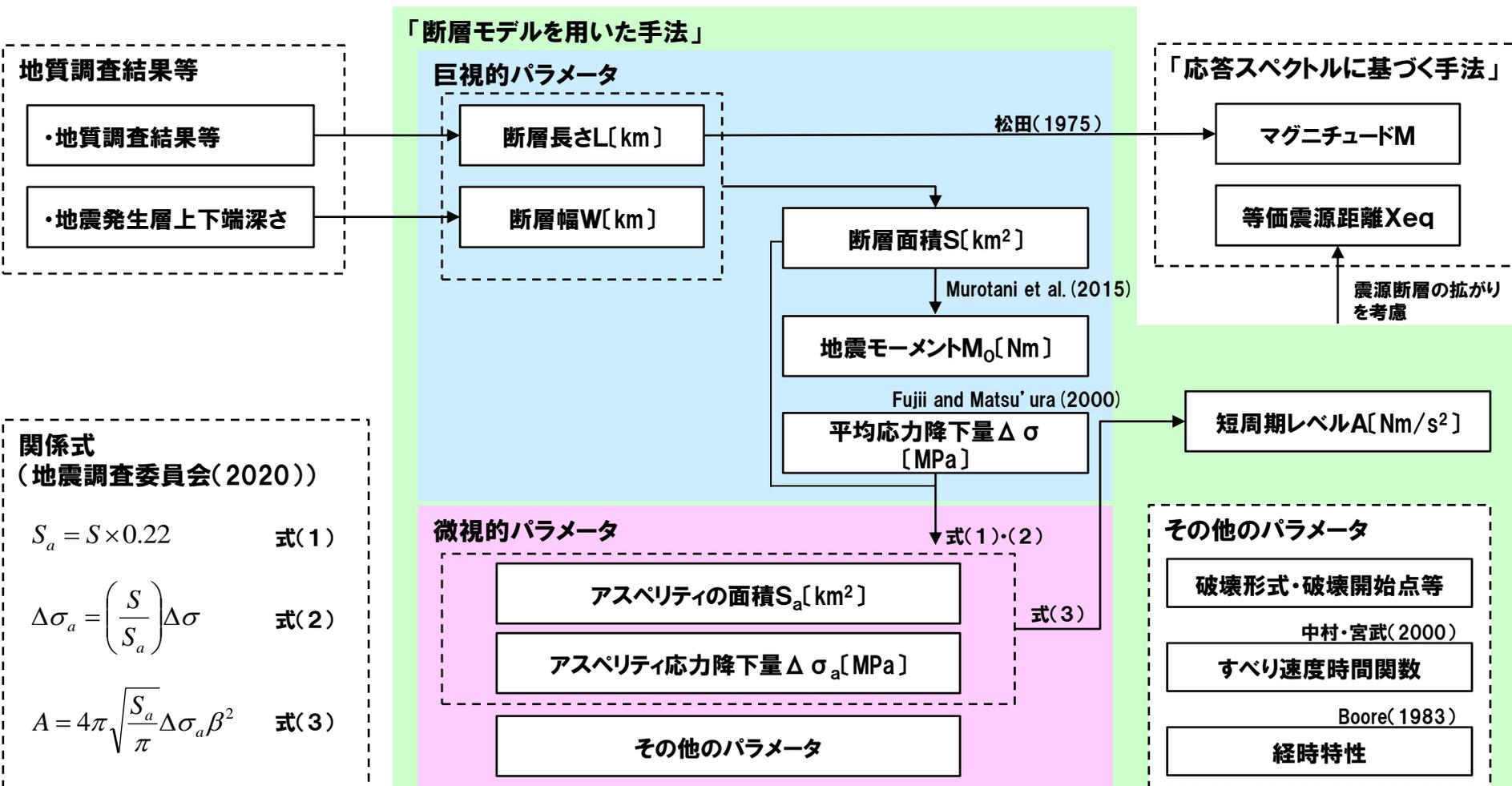
- 「事前の詳細な調査や経験式等に基づき設定できるもの」については、それぞれ独立させて不確かさを考慮する。
- 「事前の詳細な調査や経験式からは特定が困難なもの」については、事前に把握することが困難であるため、「事前の詳細な調査や経験式等に基づき設定できるもの」と重畳させて考慮する。

## 2.3 検討用地震の地震動評価

再掲 (R6.7.19審査会合資料)

「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」の地震動評価

- 「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-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。



## 2.3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (R6.7.19審査会合資料)

「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-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 <sup>※1</sup> のパラメータ	不確かさ考慮モデル <sup>※1</sup> 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<sub>B</sub>-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	<p>地震調査委員会(2020)に基づき設定。</p>	<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	<p>地震調査委員会(2020)に基づき設定。 V<sub>r</sub>=0.72V<sub>s</sub></p>	<p>宮腰ほか(2003)の知見を参考に設定。 V<sub>r</sub>=0.87V<sub>s</sub></p>
アスペリティの位置, 数	<p>地質調査結果等に基づき評価した活断層の範囲内で、敷地に近い位置に3個設定。</p>	
破壊開始点	<p>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<sup>※2</sup>。</p>	

※1:F<sub>B</sub>-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<sub>B</sub>-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。

## 2.3 検討用地震の地震動評価

再掲 (R3.10.22審査会合資料)

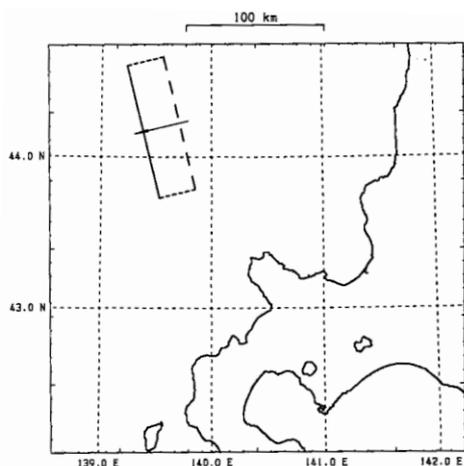
## 日本海東縁部の地震に関する知見

○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]	$2.4 \times 10^{20}$
応力降下量 $\Delta \sigma$ [Mpa]	3.3
すべり量[cm]	150

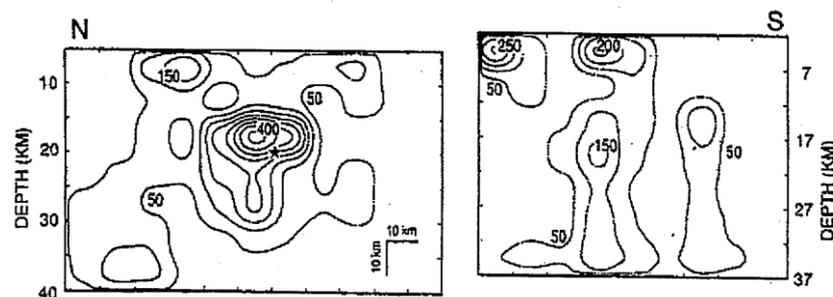


断層モデル図

## 【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]	$3.41 \times 10^{20}$	



すべり量分布

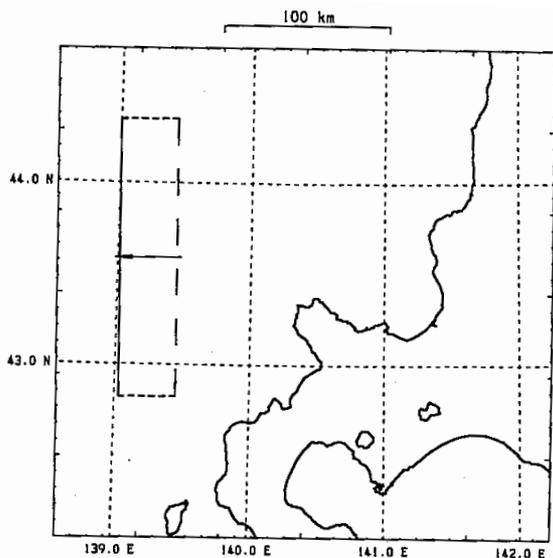
## 2.3 検討用地震の地震動評価

再掲 (R6.7.19審査会合資料)

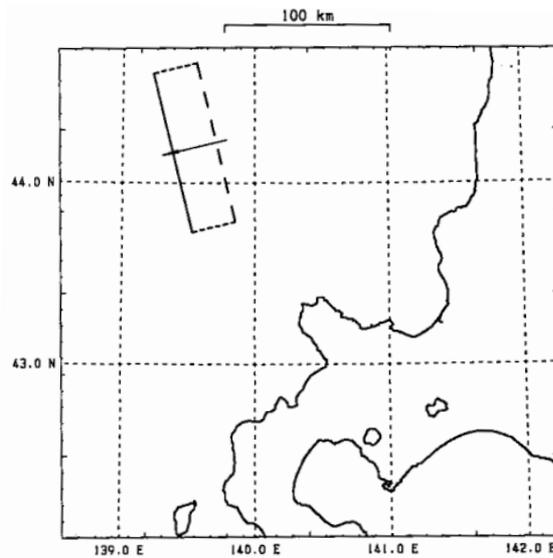
## 傾斜角の設定

○日本海東縁部の地震(後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-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。

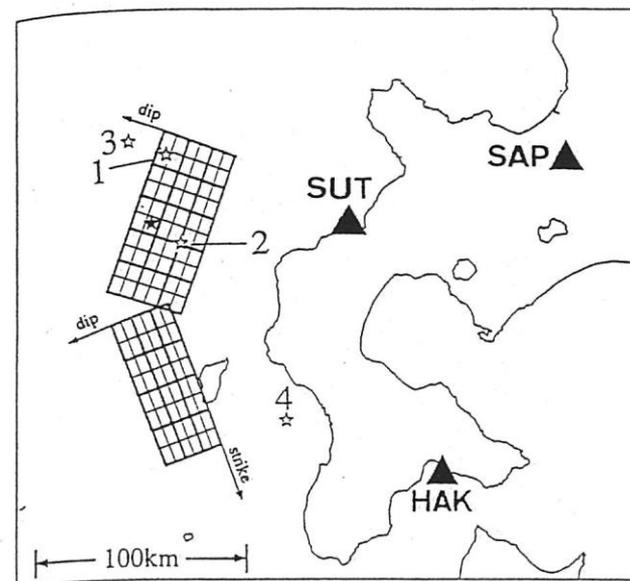
	1940年神威岬沖の地震		1993年北海道南西沖地震
	Fukao and Furumoto(1975)	Satake(1986)	Kakehi and Irikura(1997)
傾斜角	46°	40°	北断層30° 南断層55°



Fukao and Furumoto(1975)



Satake(1986)



Kakehi and Irikura(1997)

## 2.3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (R6.7.19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	F <sub>B</sub> -2断層(北断層):アスペリティ下端中央 F <sub>B</sub> -2断層(南断層):アスペリティ下端中央 F <sub>B</sub> -2断層(北断層):巨視的断層面下端中央 F <sub>B</sub> -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, X <sub>eq</sub> =92km*
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	F <sub>B</sub> -2断層(北断層):アスペリティ下端中央 F <sub>B</sub> -2断層(南断層):アスペリティ下端中央 F <sub>B</sub> -2断層(北断層):巨視的断層面下端中央 F <sub>B</sub> -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, X <sub>eq</sub> =92km*
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	F <sub>B</sub> -2断層(北断層):アスペリティ下端中央 F <sub>B</sub> -2断層(南断層):アスペリティ下端中央 F <sub>B</sub> -2断層(北断層):巨視的断層面下端中央 F <sub>B</sub> -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	F <sub>B</sub> -2断層(北断層):アスペリティ下端中央 F <sub>B</sub> -2断層(南断層):アスペリティ下端中央 F <sub>B</sub> -2断層(北断層):巨視的断層面下端中央 F <sub>B</sub> -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)

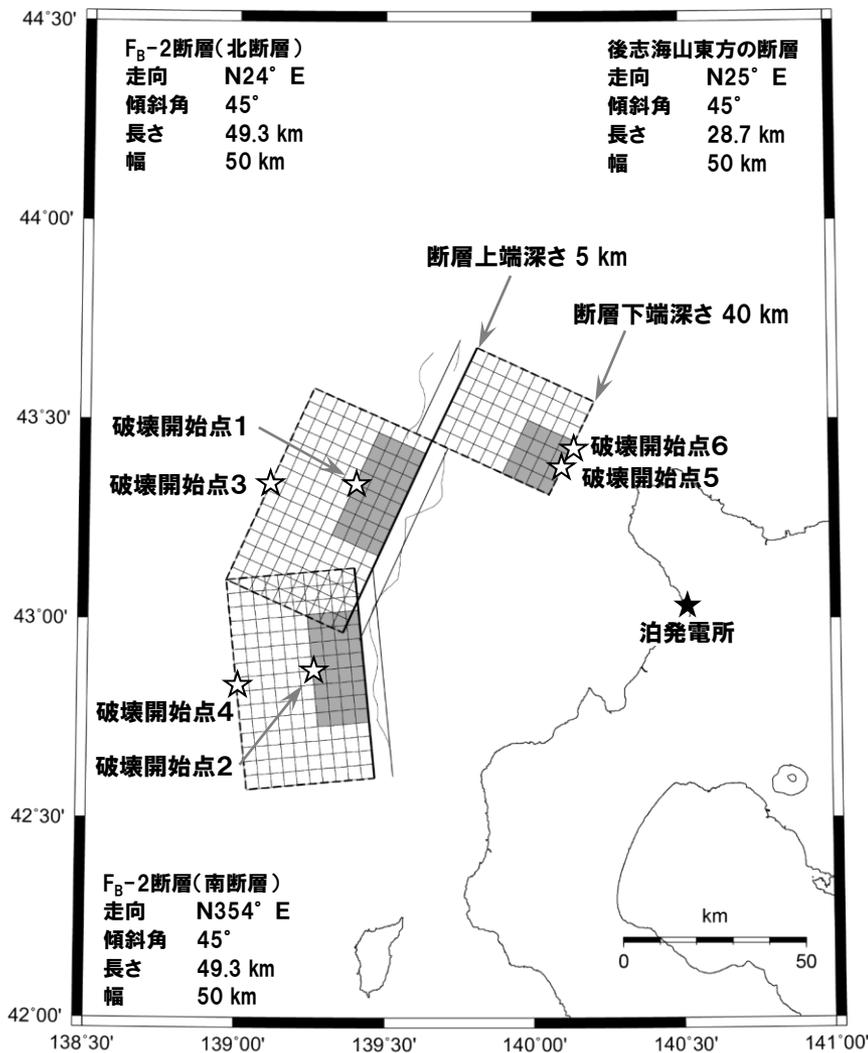
※ 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる諸元

# 2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## 2.3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (R6.7.19 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)



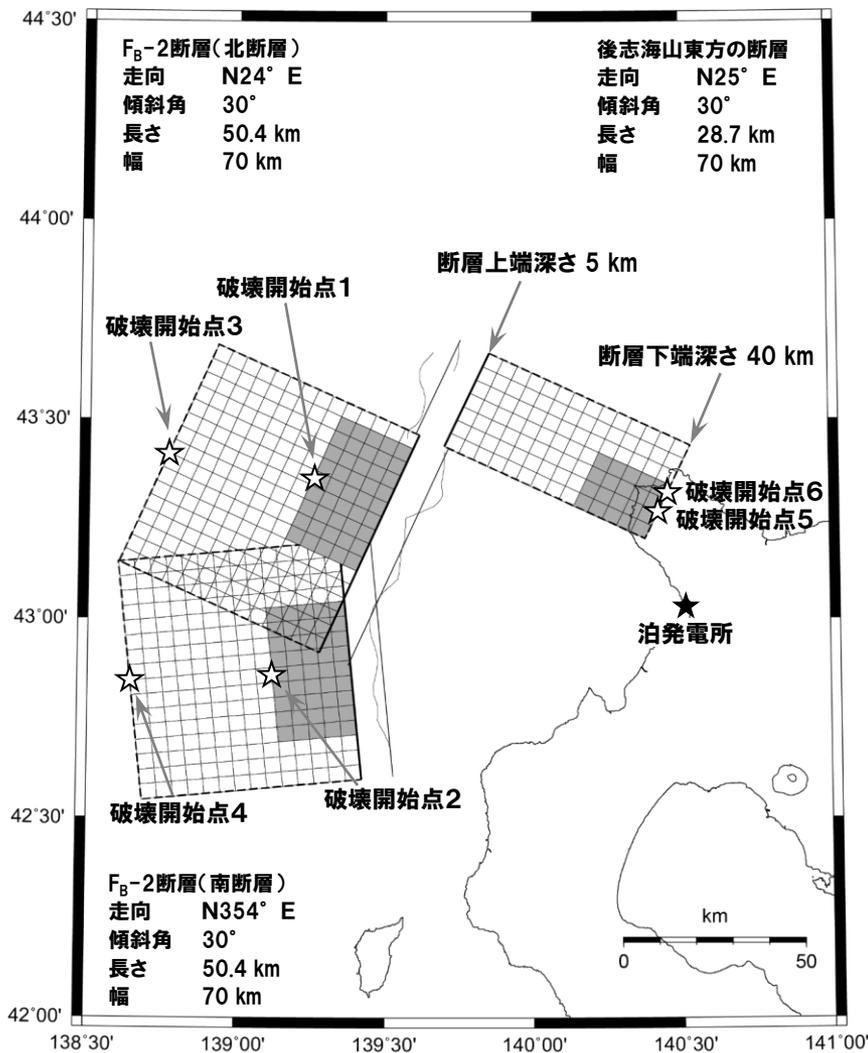
基本震源モデル  
 ※モデル上のアスペリティ面積 1505.1km<sup>2</sup>

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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層)南端 地質調査結果による F <sub>B</sub> -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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層): N 24° E F <sub>B</sub> -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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層)の南端~北端 地質調査結果による F <sub>B</sub> -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 <sup>2</sup>	$\Delta S = W^2 \times \cos \theta \times \tan(\Delta \theta / 2)$ , $\Delta \theta = \theta_n - 360 + \theta_s$
断層面積	6841.4km <sup>2</sup>	$S = L \times W + \Delta S$
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	Fujii and Matsu'ura(2000)
剛性率	4.19E+10N/m <sup>2</sup>	$\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9\text{g/cm}^3$ :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	$V_k = 0.72 \times \beta \text{ km/s}$ (Geller(1976))
破壊伝播様式	破壊開始点から同心円状	地質調査委員会(2020)に基づき設定
破壊開始点	F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) F <sub>B</sub> -2 断層(南断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) F <sub>B</sub> -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 <sup>2</sup>	$A = 4 \times \pi \times (S_0 / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$
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 <sup>0.69</sup>	$Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994))
アスペリティ	位置	敷地に近い位置
	数	3 個
	総面積	1505.1km <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>
	平均すべり量	171.3cm
実効応力	2.3MPa	$\sigma_s = (D_0 / W_0) \times (\pi^{0.5} / D_0) \times r \times \Sigma \gamma_i^2 \times \sigma_s$

2.3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (R6.7.19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))



※モデル上のアスペリティ面積 2243.1km<sup>2</sup>  
 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)

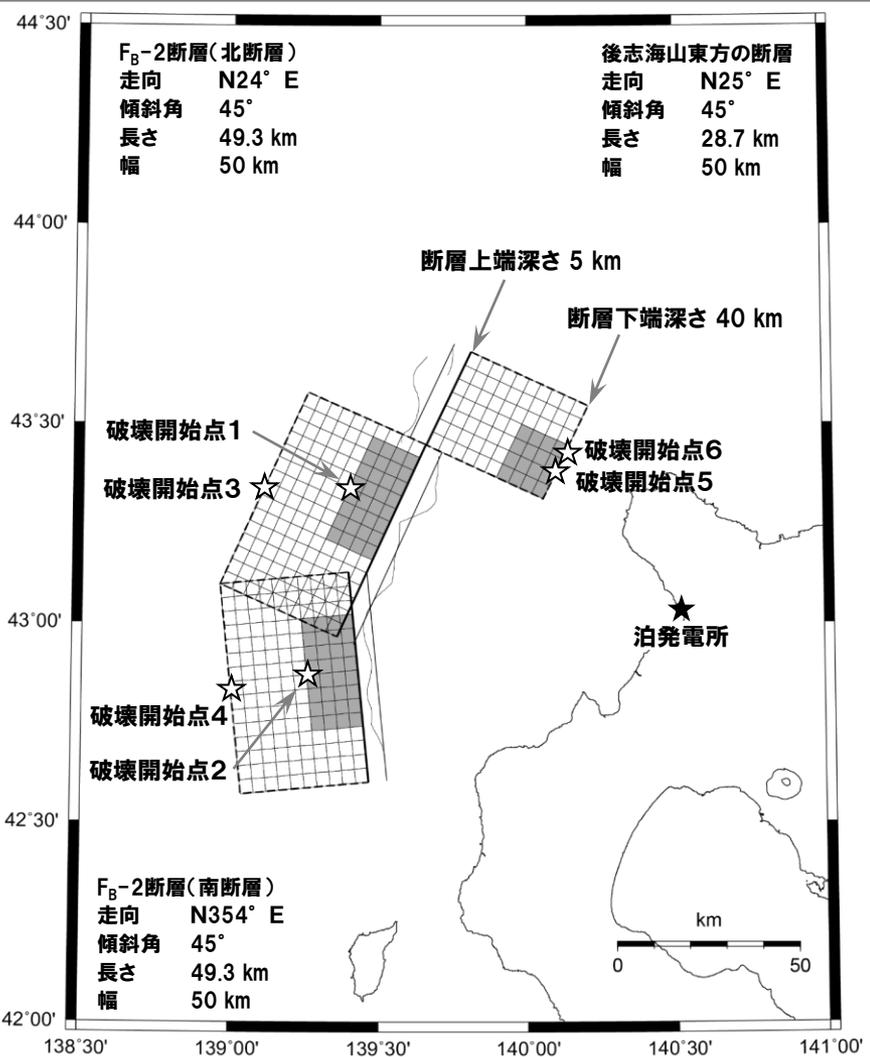
項目	設定値	設定方法
断層原点 (地表トレス原点)	北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.806° 東経 139.527° 北緯 43.467° 東経 139.604°	地質調査結果による F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)南端 地質調査結果による F <sub>B</sub> -2 断層(南断層)南端 文献に基づく検討結果による後志海山東方の断層南端
走向	F <sub>B</sub> -2 断層(北断層): N 24° E F <sub>B</sub> -2 断層(南断層): N354° E 後志海山東方の断層: N25° E	地質調査結果による F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)の南端~北端 地質調査結果による F <sub>B</sub> -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 <sup>2</sup>	$\Delta S = W^2 \times \cos \theta \times \tan(\Delta \theta / 2)$ , $\Delta \theta = \theta_N - 360 + \theta_S$
断層面積	10195.9km <sup>2</sup>	$S = L \times W + \Delta S$
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	$\text{Log} M_0 (\text{N} \cdot \text{m}) = 1.5 \times M_w + 9.1$
平均応力降下量	3.1MPa	Fuji and Matsu'ura(2000)
剛性率	4.19E+10N/m <sup>2</sup>	$\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9\text{g/cm}^3$ : 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	地質調査委員会(2020)に基づき設定
破壊開始点	F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)アスペリティ下端中央(破壊開始点1) F <sub>B</sub> -2 断層(南断層)アスペリティ下端中央(破壊開始点2) F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)巨視的断層面下端中央(破壊開始点3) F <sub>B</sub> -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 <sup>2</sup>	$A = 4 \times \pi \times (S_0 / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$
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 <sup>0.69</sup>	$Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994))
アスペリティ	位置	敷地に近い位置
	数	3 個
	総面積	2243.1km <sup>2</sup>
	平均すべり量	477.3cm
	地震モーメント	4.49E+20N・m
背景領域	応力降下量	14.1MPa
	地震モーメント	5.71E+20N・m
	面積	7952.8km <sup>2</sup>
	平均すべり量	171.3cm
	実効応力	2.0MPa

# 2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## 2.3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (R6.7.19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

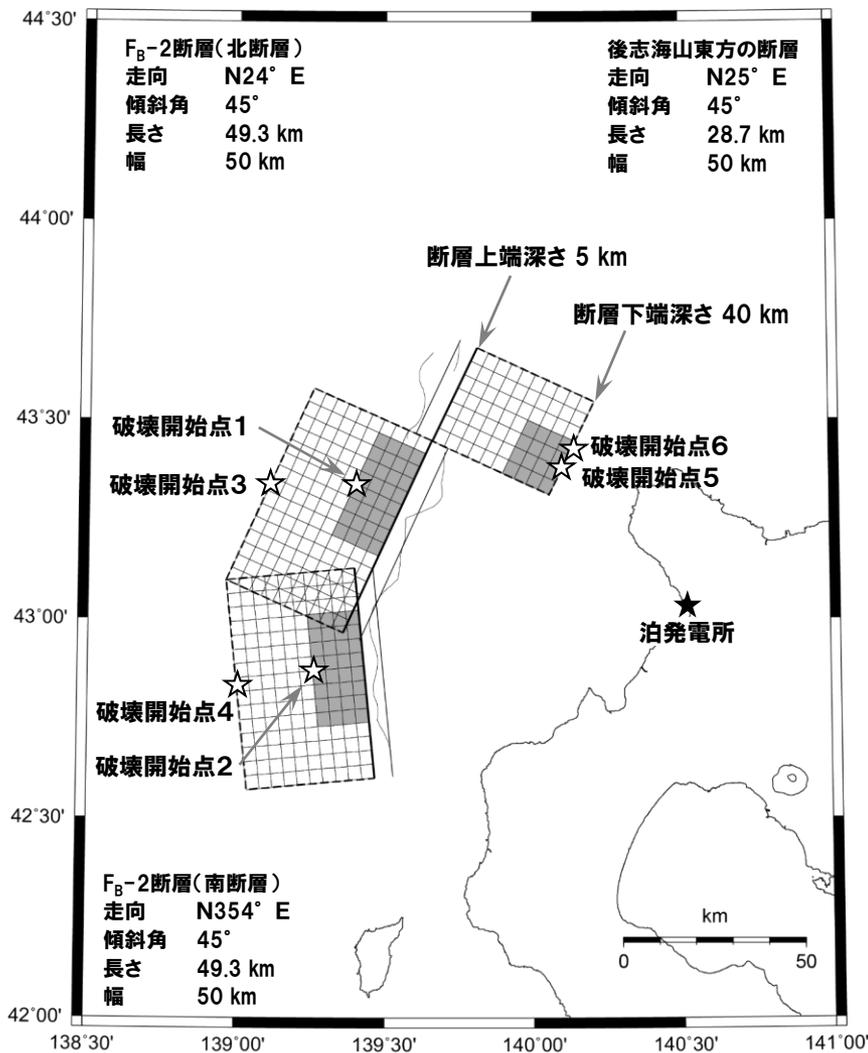
※モデル上のアスペリティ面積  
1505.1km<sup>2</sup>

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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層)南端 地質調査結果による F <sub>B</sub> -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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層): N 24° E F <sub>B</sub> -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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層)の南端~北端 地質調査結果による F <sub>B</sub> -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 <sup>2</sup>	$\Delta S = W^2 \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$ , $\Delta \theta = \theta_n - 360 + \theta_s$
断層面積	6841.4km <sup>2</sup>	$S = L \times W + \Delta S$
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	$M_0 = S \times 10^{11}$ (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 and Matsu'ura(2000)
剛性率	4.19E+10N/m <sup>2</sup>	$\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9 \text{g/cm}^3$ ; 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	F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) F <sub>B</sub> -2 断層(南断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) F <sub>B</sub> -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 <sup>2</sup>	$A = 4 \times \pi \times (S_0 / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$
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 <sup>f/69</sup>	$Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994))
アスペリティ	位置	敷地に近い位置
	数	3 個
	総面積	1505.1km <sup>2</sup>
	平均すべり量	477.3cm
	地震モーメント	3.01E+20N・m
背景領域	位置	敷地に近い位置
	面積	5336.3km <sup>2</sup>
	平均すべり量	171.3cm
	実効応力	3.5MPa

2.3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (R6.7.19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  
1505.1km<sup>2</sup>

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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層)南端 地質調査結果による F <sub>B</sub> -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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層): N 24° E F <sub>B</sub> -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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層)の南端~北端 地質調査結果による F <sub>B</sub> -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 <sup>2</sup>	$\Delta S = W^2 \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$ , $\Delta \theta = \theta_n - 360 + \theta_s$
断層面積	6841.4.4km <sup>2</sup>	$S = L \times W + \Delta S$
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	$M_0 = S \times 10^{17}$ (Murtani 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 <sup>2</sup>	$\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9\text{g}/\text{cm}^3$ : 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	$\beta = 3.8\text{km}/\text{s}$ : Mendoza and Fukuyama (1996)に基づき設定
破壊伝播速度	3.3km/s	$V_b = 0.87 \times \beta \text{ km}/\text{s}$
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	F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) F <sub>B</sub> -2 断層(南断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) F <sub>B</sub> -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 <sup>2</sup>	$A = 4 \times \pi \times (S_b / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$
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 <sup>0.69</sup>	$Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994))
アスペリティ	位置	敷地に近い位置
	数	3 個
	総面積	1505.1km <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>
	平均すべり量	171.3cm
実効応力	2.3MPa	$\sigma_s = (D_b / W_b) \times (\pi^{0.5} / D_s) \times r \times \Sigma \gamma_i^2 \times \sigma_a$

## 2.3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (R6.7.19審査会合資料)

## 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<sub>B</sub>-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<sub>B</sub>-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<sub>B</sub>-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<sub>B</sub>-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<sub>B</sub>-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 <sub>eq</sub> (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)	92
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)	92

※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

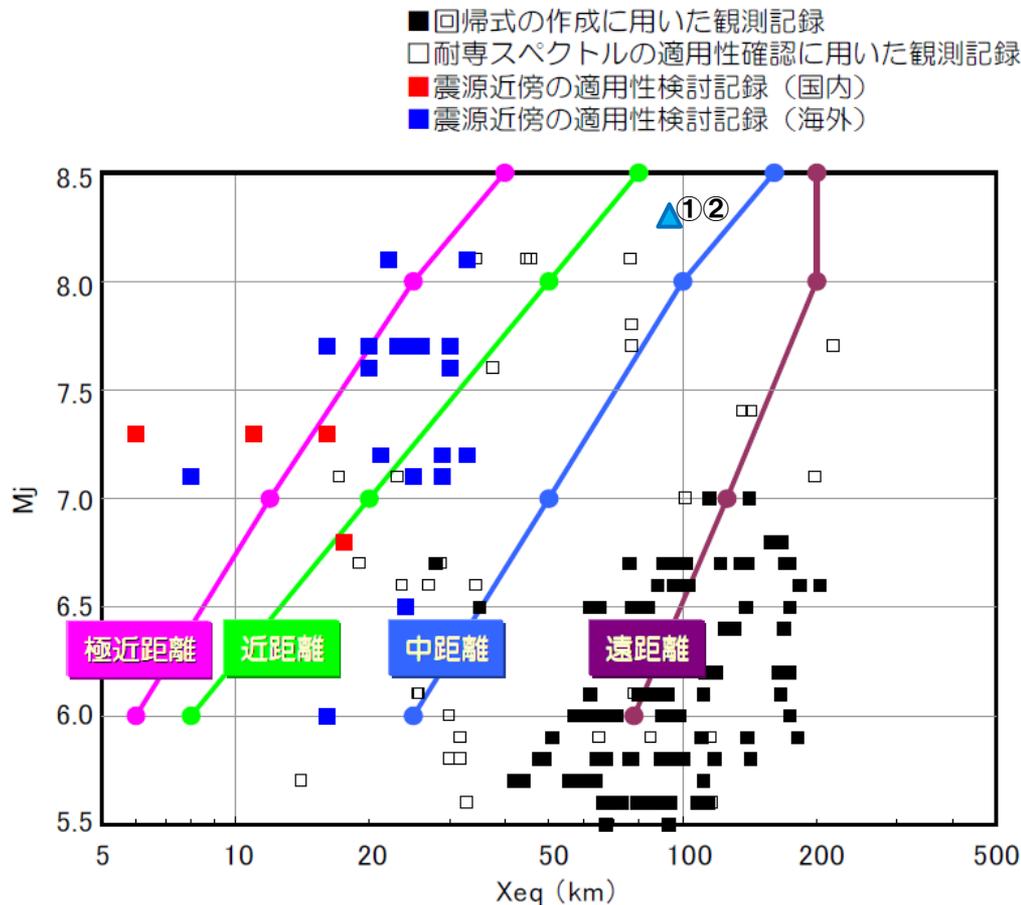
※2: 大竹ほか(2002)による断層長さLと地震規模Mの関係式により算定

※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

#### Noda et al.(2002)の適用性の検討

○「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-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<sub>B</sub>-2断層による地震

- ① 後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震  
(基本震源モデル(M8.3, X<sub>eq</sub>=92km))
- ② 後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-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<sub>eq</sub>=92km))

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

## 2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 2.3 検討用地震の地震動評価

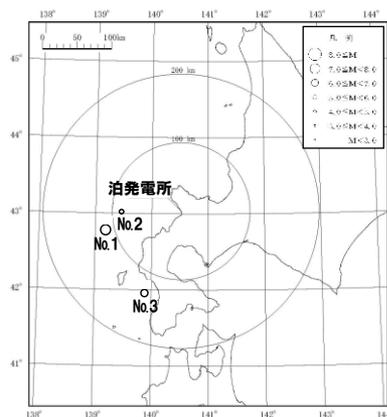
再掲 (R3.10.22審査会合資料)

#### 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)

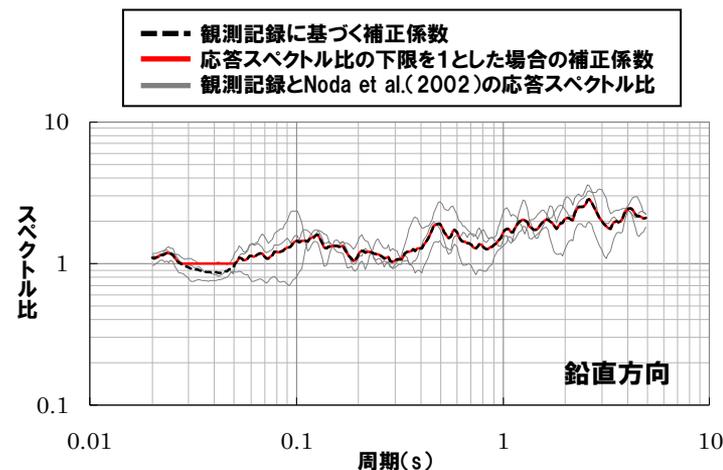
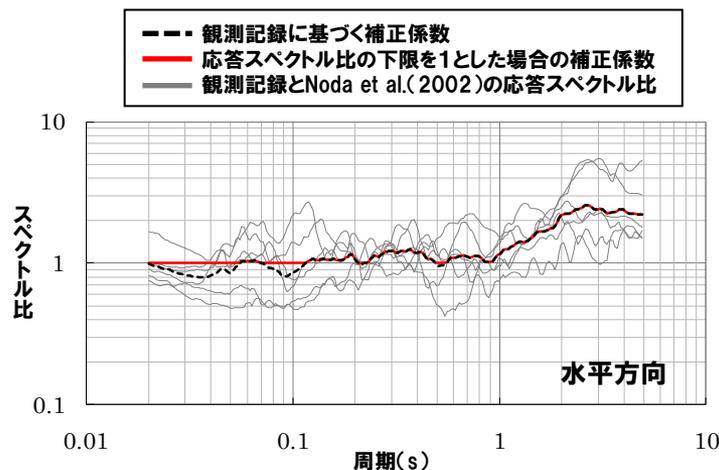
- 敷地で観測された代表的な観測記録である1993年北海道南西沖地震の観測記録を基に、Noda et al.(2002)による応答スペクトルに対する比率を求め、それらの平均値を日本海東縁部の地震の「応答スペクトルに基づく地震動評価」における補正係数とする。
- なお、一部の周期帯で補正係数が1を下回ることから、安全側の評価として補正係数の下限を1とする。
- 補正係数の評価に用いた観測記録の諸元、評価された補正係数を以下に示す。

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

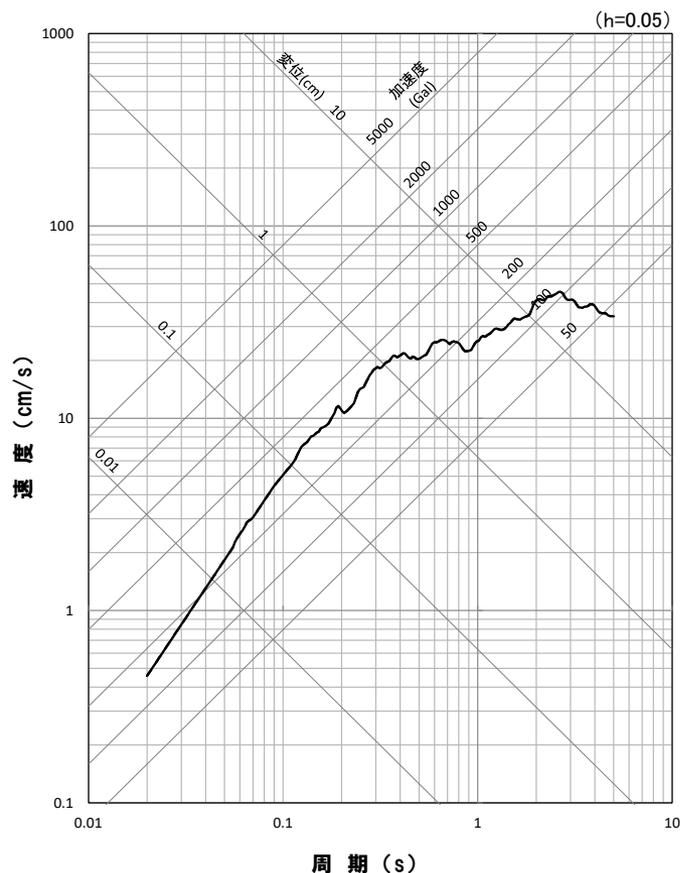


日本海東縁部の地震の観測記録に基づく応答スペクトル比  
(「応答スペクトルに基づく地震動評価」における補正係数)

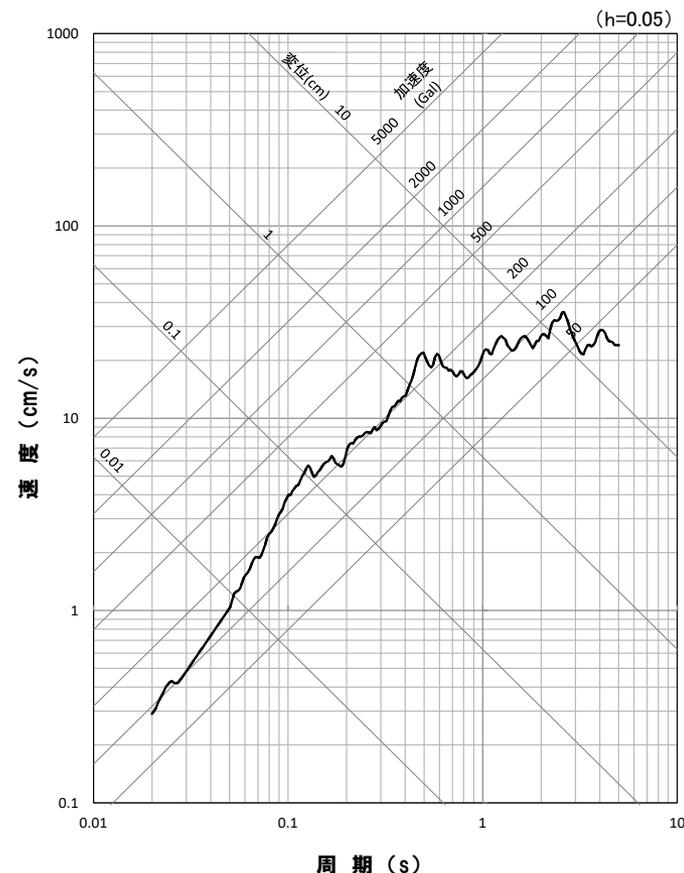
## 2.3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (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結果



応答スペクトル図(水平方向)



応答スペクトル図(鉛直方向)

— 基本震源モデル, 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)

※ 基本モデル(M8.3,  $X_{eq}=92\text{km}$ )の評価結果は、不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)(M8.3,  $X_{eq}=92\text{km}$ )の評価結果と等しいことから、基本モデルの評価結果で代表させる。

## 2.3 検討用地震の地震動評価

### 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果

○断層モデルを用いた手法による地震動評価結果については、今後ご説明する。

## 2.3 検討用地震の地震動評価

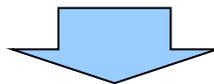
再掲 (R6.7.19審査会合資料)

## 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。

## 2.3 検討用地震の地震動評価

再掲 (R6.7.19審査会合資料)

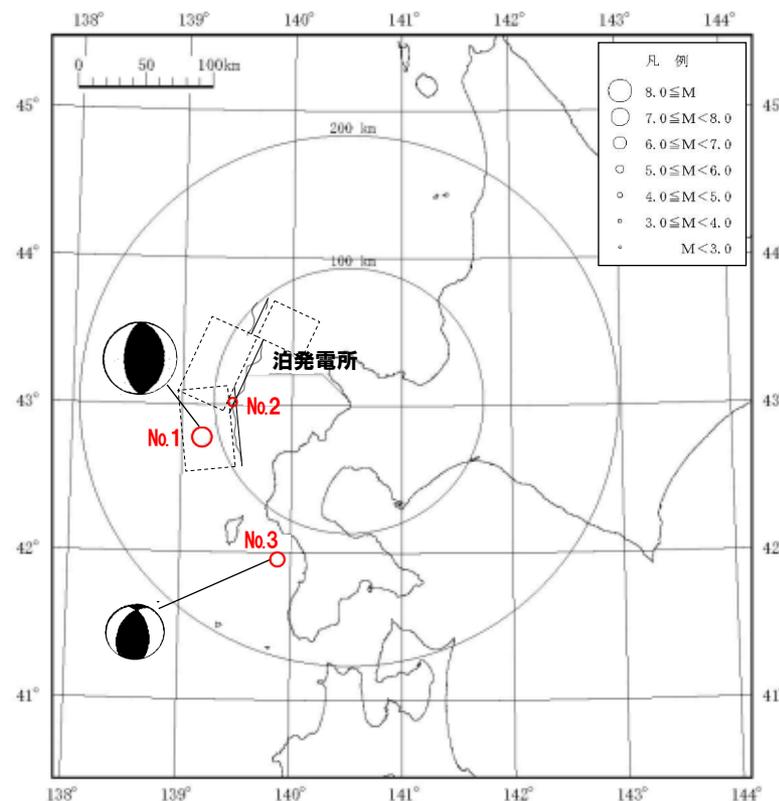
## 要素地震の選定

- 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<sub>B</sub>-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<sub>B</sub>-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<sub>B</sub>-2断層による地震」の断層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。

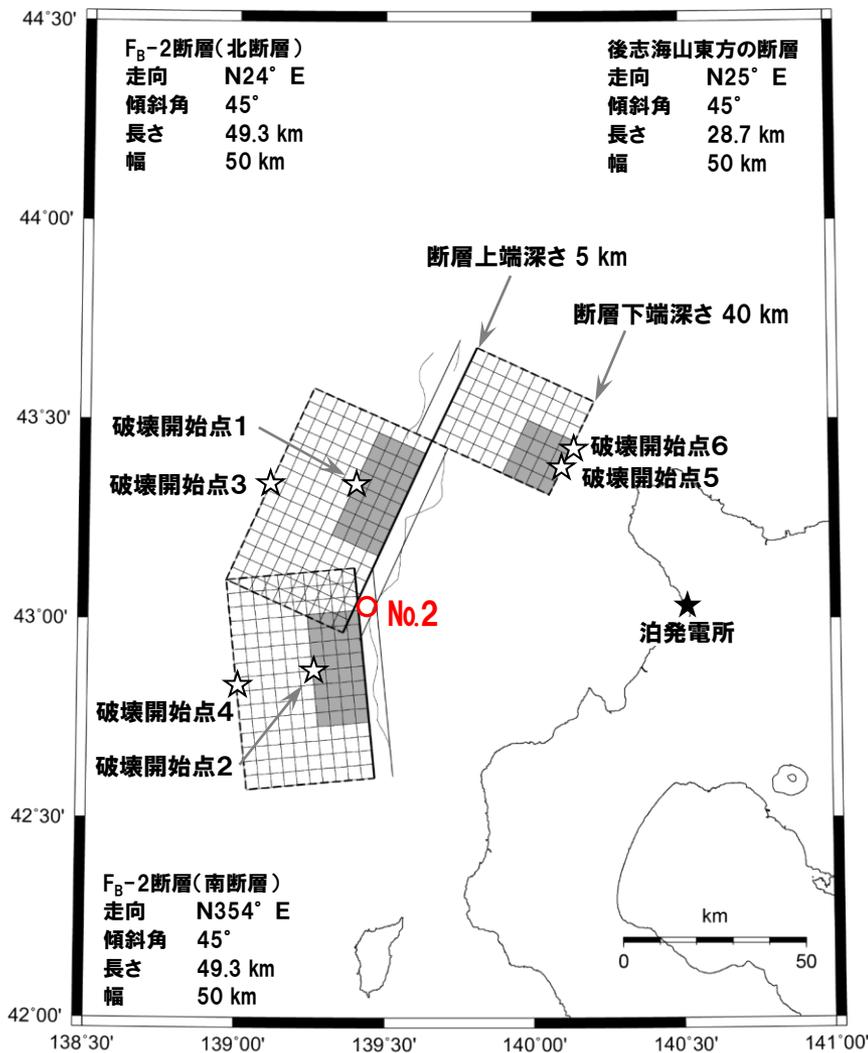
No.	年月日	震央位置		深さ (km)	マグニ チュード M	震央 距離 (km)	地名 (地震名)
		東経(°)	北緯(°)				
1	1993. 7.12	139.180°	42.782°	35	7.8	113	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震)
2	1993. 7.12	139.457°	43.022°	35	5.4	86	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・余震)
3	1993. 8. 8	139.882°	41.958°	24	6.3	131	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・最大余震)

※地震の諸元は気象庁地震カタログ

2.3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (R6.7.19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)



基本震源モデル ※モデル上のアスペリティ面積 1505.1km<sup>2</sup>

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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層)南端 地質調査結果による F <sub>B</sub> -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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層): N 24° E F <sub>B</sub> -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 <sub>B</sub> -2 断層(北断層)の南端~北端 地質調査結果による F <sub>B</sub> -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 <sup>2</sup>	$\Delta S = W^2 \times \cos \theta \times \tan(\Delta \theta / 2)$ , $\Delta \theta = \theta_n - 360 + \theta_s$
断層面積	6841.4km <sup>2</sup>	$S = L \times W + \Delta S$
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	Fujii and Matsu'ura(2000)
剛性率	4.19E+10N/m <sup>2</sup>	$\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9\text{g/cm}^3$ ; 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	$V_k = 0.72 \times \beta \text{ km/s}$ (Geller(1976))
破壊伝播様式	破壊開始点から同心円状	地質調査委員会(2020)に基づき設定
破壊開始点	F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点1) F <sub>B</sub> -2 断層(南断層)アスペリティ下端中央 (破壊開始点2) F <sub>B</sub> -2 断層(北断層)巨視的断層面下端中央 (破壊開始点3) F <sub>B</sub> -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 <sup>2</sup>	$A = 4 \times \pi \times (S_p / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$
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 <sup>0.69</sup>	$Q = 110 \times f^{0.69}$ (佐藤ほか(1994))
アスペリティ	位置	敷地に近い位置
	数	3 個
	総面積	1505.1km <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>
	平均すべり量	171.3cm
	実効応力	2.3MPa

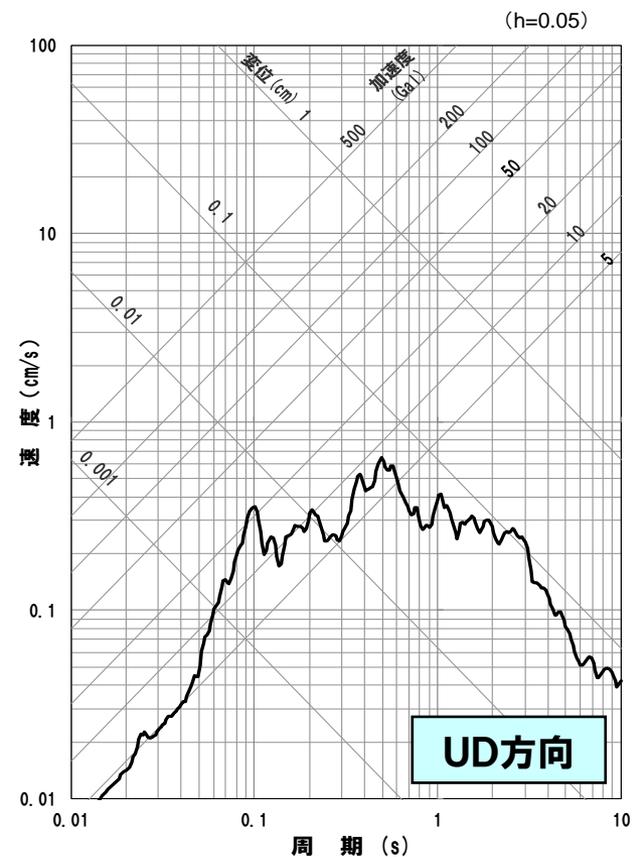
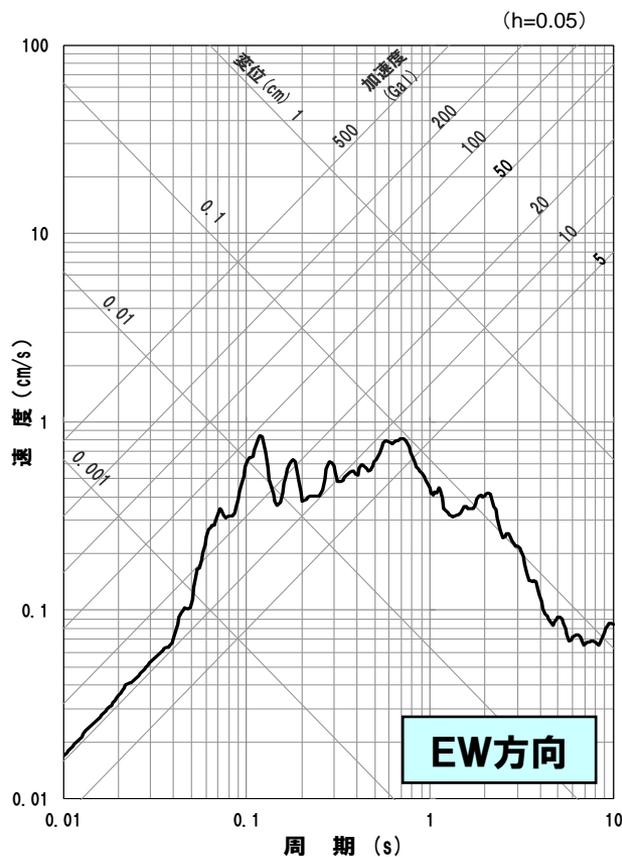
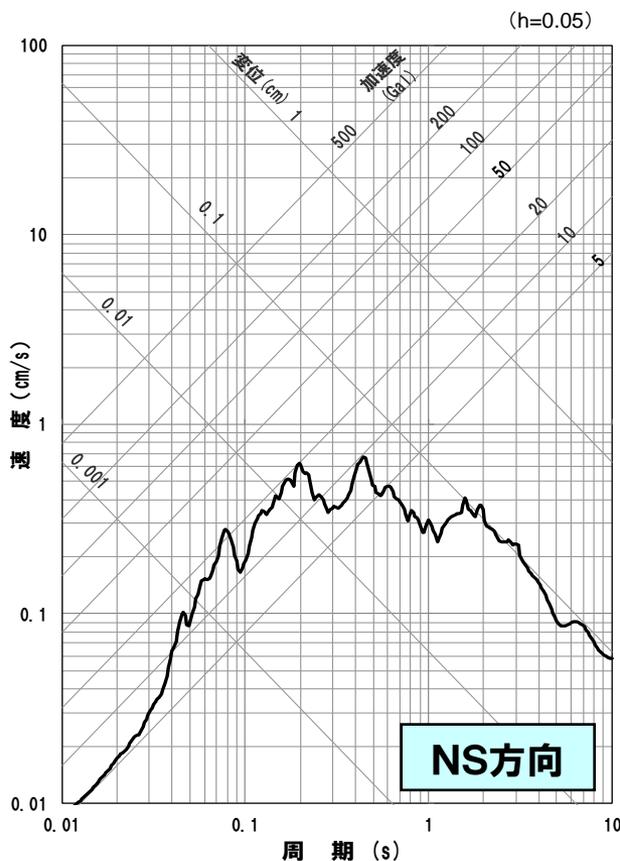
※震源モデル及び断層パラメータは、ハイブリッド合成法に用いたものと同様。

## 2.3 検討用地震の地震動評価

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

## 2.3 検討用地震の地震動評価

### 経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果

○経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果については、今後ご説明する。

## 3. 基準地震動の策定

一部加筆修正 (R5.6.9審査会合資料)

### 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。

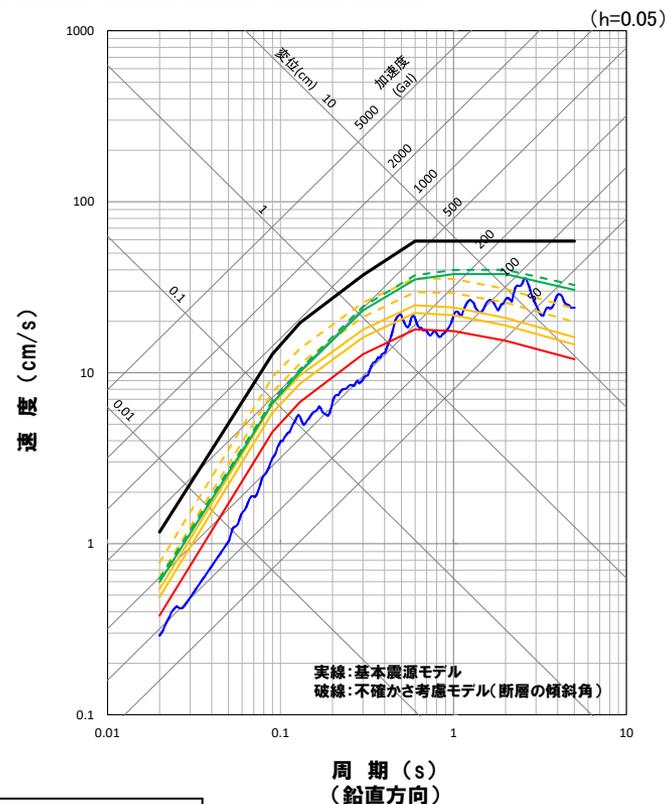
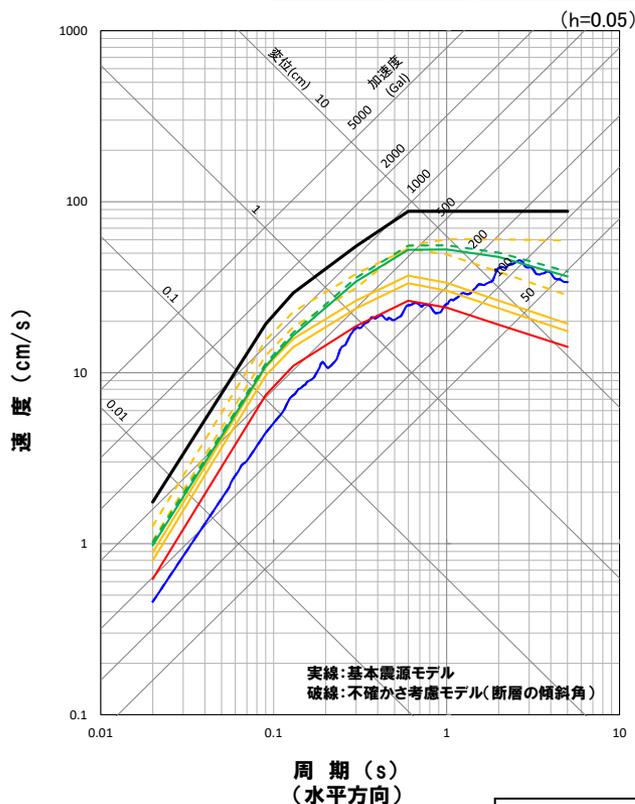
# 3. 基準地震動の策定

一部加筆修正 (R5.6.9審査会合資料)

## 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。

Ss1 コントロール ポイント	周期 (s)		0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00
	Ss1-H	速度 (cm/s)	1.75	19.3	29.3	55.0	88.0	88.0	88.0	88.0
Ss1-V	速度 (cm/s)	1.17	12.9	19.6	37.2	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8



- 基準地震動Ss1
- 尻別川断層による地震
- F<sub>3</sub>-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震
- 積丹半島北西沖の断層による地震
- 後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震

※「尻別川断層による地震」および「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」は、基本震源モデルの評価結果が不確かさ考慮モデルの評価結果を包絡していることから、基本震源モデルの評価結果で代表させている。

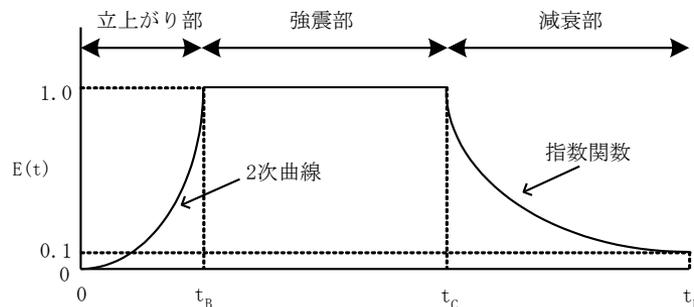
### 3. 基準地震動の策定

一部加筆修正 (R5.6.9審査会合資料)

#### 基準地震動Ss1の模擬地震波

- 基準地震動Ss1の模擬地震波は、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<sub>B</sub>-2断層による地震」の諸元(地震規模M8.3, 等価震源距離X<sub>eq</sub>=92km)を参考に設定※する。なお、t<sub>D</sub>(継続時間)は、算定結果(t<sub>D</sub>=121.9s)よりも安全側に長く(t<sub>D</sub>=130.0s)設定する。

※F<sub>B</sub>-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、振幅包絡線の設定において参考としている諸元を、「F<sub>B</sub>-2断層による地震」の諸元から「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」の諸元に変更する。



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

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

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

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

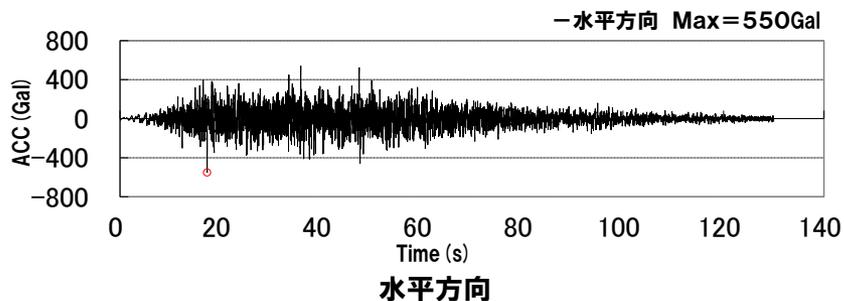
模擬地震波	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的变化(s)		
		t <sub>B</sub>	t <sub>C</sub>	t <sub>D</sub>
Ss1-H	130.0	16.60	47.50	130.0
Ss1-V	130.0	16.60	47.50	130.0

### 3. 基準地震動の策定

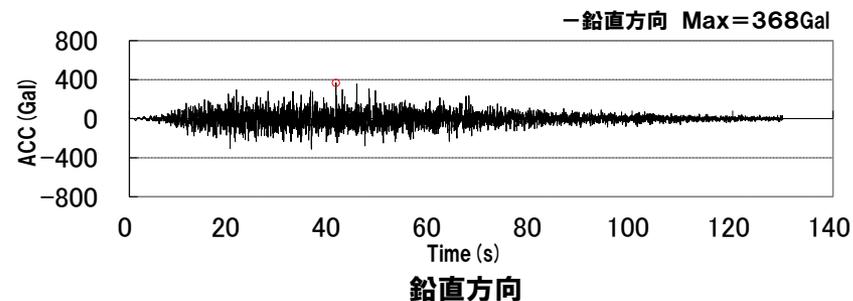
一部加筆修正 (R5.6.9審査会合資料)

#### 基準地震動Ss1の模擬地震波

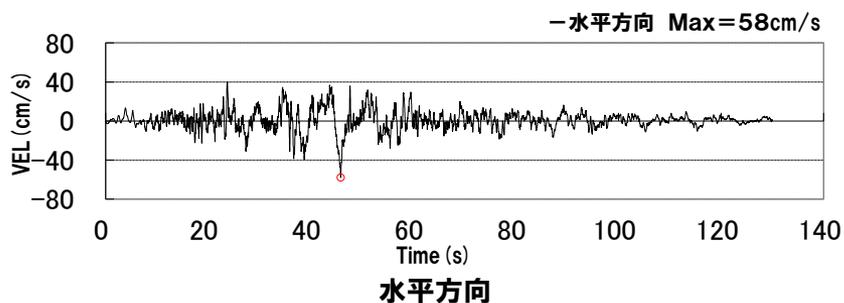
##### 基準地震動Ss1の加速度時刻歴波形(Ss1-H)



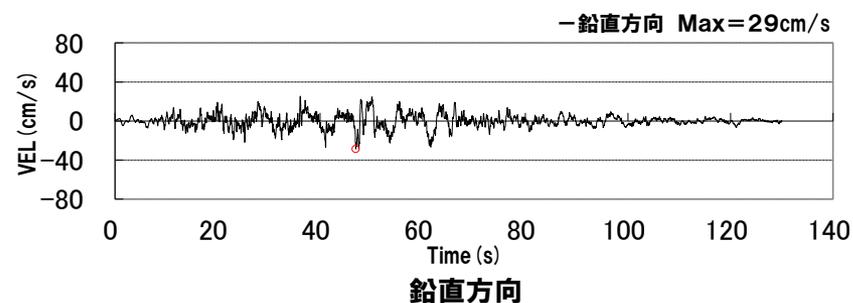
##### 基準地震動Ss1の加速度時刻歴波形(Ss1-V)



##### 基準地震動Ss1の速度時刻歴波形(Ss1-H)



##### 基準地震動Ss1の速度時刻歴波形(Ss1-V)



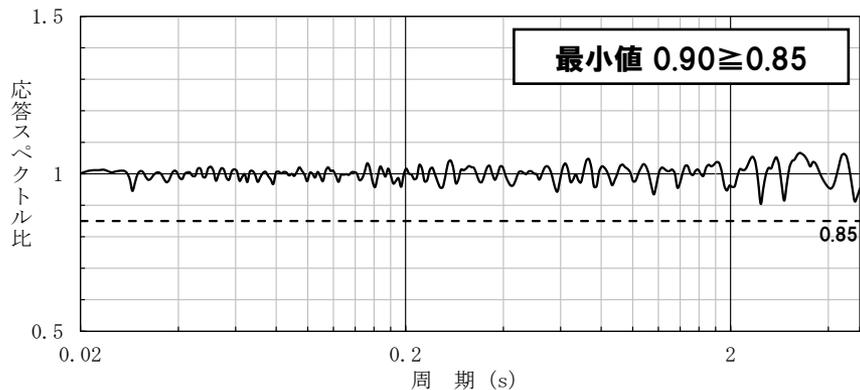
### 3. 基準地震動の策定

一部加筆修正 (R5.6.9審査会合資料)

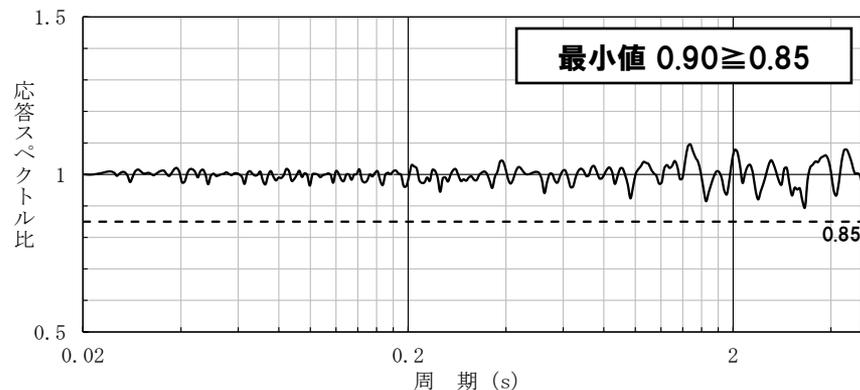
○作成した模擬地震波は、日本電気協会(2021)に記載された以下の適合度を満足していることを確認した。

- ・目標とする応答スペクトル値に対する模擬地震波の応答スペクトル値の比が0.85以上
- ・応答スペクトル強さの比(SI比)が1.0以上

#### 基準地震動Ss1の設計用応答スペクトルに対する模擬地震波の応答スペクトル値の比



応答スペクトル比(Ss1-H)



応答スペクトル比(Ss1-V)

#### 応答スペクトル強さの比(SI比)

$$SI\text{比} = \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_V(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_V(T) dt} \geq 1.0$$

ここで、

$SI$  : 応答スペクトル強さ

$S_V$  : 模擬地震波の応答スペクトル(cm/s)

$\bar{S}_V$  : 目標とする設計用応答スペクトル(cm/s)

$T$  : 固有周期(s)

応答スペクトル	SI比
Ss1-H	1.00
Ss1-V	1.00

### 3. 基準地震動の策定

#### 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。
- 断層モデルを用いた手法による基準地震動については、今後ご説明する。

## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

### 確率論的地震ハザード評価

- $F_B$ -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、令和5年11月17日審査会合において説明した確率論的地震ハザード評価から、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」の諸元に変更して地震ハザード評価を実施する。
- なお、領域震源モデルにおけるマグニチュード分布の評価等に用いている気象庁の地震データを更新する。

### 確率論的地震ハザードの評価方針

#### 【基本方針】

- 一般社団法人日本原子力学会「原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2015<sup>※1</sup>」に基づき、専門家活用水準1<sup>※2</sup>として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。

※1 審査ガイドにおいて、地震ハザード評価に関する知見の代表例として2007年版が示されているが、日本原子力学会(2015)において、サイト周辺の深部地下構造のモデル化の影響を考慮することや巨大地震(海溝型地震)に伴う大きな余震および誘発地震を考慮すること等の改定がなされていることから、最新の日本原子力学会(2015)を用いる。なお、泊発電所の地震ハザード評価において、改定内容のうちサイト周辺の深部地下構造の影響については、特異な増幅がないことを把握した上で考慮せず、また、敷地に影響を及ぼす海溝型地震については存在しないことから考慮していない。

※2 地震ハザードの不確かさへの影響が比較的小さい水準を想定し、TI(Technical Integrator, ロジックツリーの技術的な纏め役)が文献レビューおよび自らの経験に基づきコミュニティ分布(科学的集団が総合的に評価するその時点での不確かさの客観的分布)を評価し、ロジックツリーを作成する。

## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

### 確率論的地震ハザードの評価方針

○確率論的地震ハザード評価に用いる震源モデル、地震動伝播モデル等は、日本原子力学会(2015)を踏まえて以下のとおり設定する。

#### 【震源モデルの設定】

○震源モデルは、特定震源モデルおよび領域震源モデルを設定し、基準地震動の策定と同様に、内陸地殻内地震および内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)を考慮する。なお、内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)は、地震調査委員会(2003)に示される日本海東縁部の領域で発生する地震を対象とする。

○モデルの設定においては、地質調査結果および各種知見を参考にする。

- ・基準地震動の策定において選定した検討用地震および敷地周辺にある主要活断層の断層長さは、地質調査結果を用いる。
- ・地質調査の対象としていない敷地周辺にある主要活断層以外の断層の断層長さは、「[新編]日本の活断層」を用いる。なお、一部の活断層は地震調査委員会において評価されているが、いずれの断層も敷地までの距離が100km程度と遠く地震ハザード評価への影響が小さいと考えられることから、「[新編]日本の活断層」の断層長さで代表させる。

震源		モデルの設定	
特定震源	検討用地震	尻別川断層による地震	地質調査結果、「[新編]日本の活断層」、今泉ほか(2018)に基づき設定
		F <sub>S</sub> -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震 積丹半島北西沖の断層による地震 後志海山東方の断層～F <sub>B</sub> -2断層による地震	地質調査結果に基づき設定
		検討用地震以外	地質調査結果、「[新編]日本の活断層」、地震調査委員会(2005)に基づき設定
	敷地周辺にある主要活断層以外	「[新編]日本の活断層」に基づき設定	
領域震源	領域区分	萩原(1991)、垣見ほか(2003)に基づき設定	
	最大地震規模	領域区分内で発生した過去最大	
	年発生頻度	気象庁の地震データに基づきG-R式により設定	

#### 【地震動伝播モデルの設定】

○距離減衰式は、解放基盤表面における水平および鉛直方向の地震動評価ができること、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)を用いる。

○Noda et al.(2002)による内陸地殻内地震の評価においては、Noda et al.(2002)の手法に基づいた補正(以下、「内陸補正」という。)、または観測記録を用いた補正(以下、「観測記録補正」という。)を用いることができることから、対象地震ごとに以下の補正を考慮する。

- ・内陸地殻内地震については、内陸補正を用いることとし、補正のあり・なしをロジックツリーの分岐として考慮する。なお、敷地において内陸地殻内で発生した適切な地震観測記録が得られていないことから、観測記録補正は行わない。
- ・内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)については、敷地において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、観測記録補正を用いることとし、補正のあり・なしをロジックツリーの分岐として考慮する。

#### 【ロジックツリーの作成】

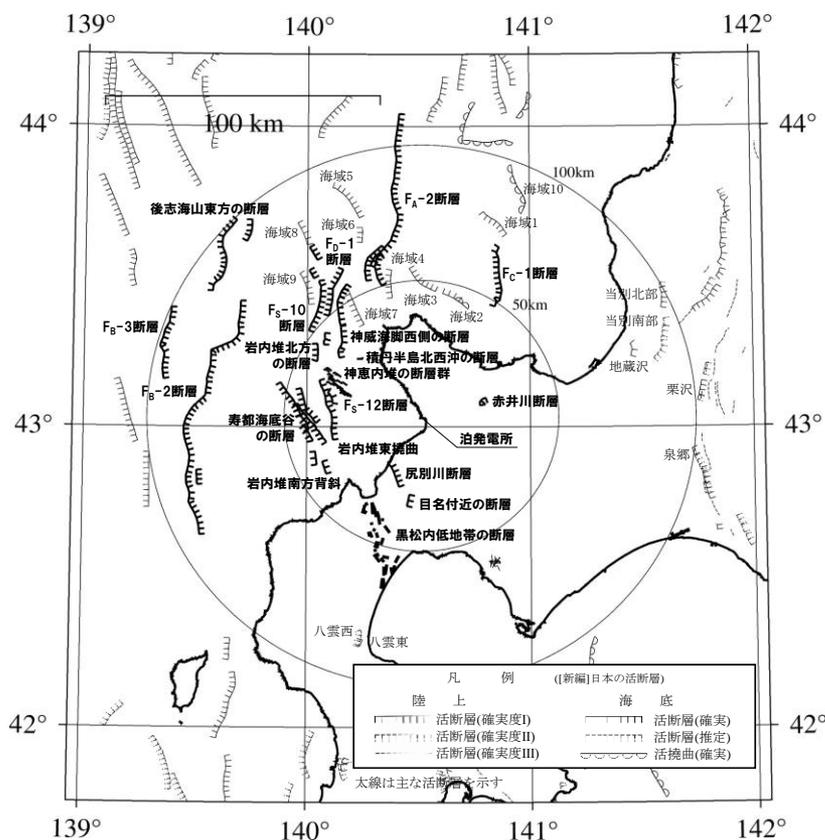
○震源モデルおよび地震動伝播モデルにおいて、地震ハザード評価に大きな影響を及ぼす認識論的不確かさとして特定震源モデル(検討用地震)における断層の傾斜角の設定、領域震源モデルにおける地震地体構造区分等を選定し、ロジックツリーを作成する。

# 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

## 特定震源モデル(対象活断層)

- 検討用地震として選定した「尻別川断層による地震」、「F<sub>S</sub>-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」、「積丹半島北西沖の断層による地震」および「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を対象とする。
- 検討用地震以外の活断層は、敷地から100km程度以内にある地質調査結果に基づく活断層および「[新編]日本の活断層」に記載されている活断層を対象とする。なお、「[新編]日本の活断層」に記載されている活断層のうち、陸域では確実度ⅠおよびⅡの活断層を対象とする。



敷地周辺の活断層分布(「[新編]日本の活断層」に一部加筆)

## 敷地周辺にある活断層

断層名		断層長さ(km)
検討用地震 (地質調査結果に基づく活断層)	尻別川断層	16
	F <sub>S</sub> -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜	98
	積丹半島北西沖の断層	-
敷地周辺にある主要活断層 (地質調査結果に基づく活断層)	後志海山東方の断層～F <sub>B</sub> -2断層※1	124
	神威海脚西側の断層	31.5
	F <sub>B</sub> -1断層～岩内堆北方の断層	39
	F <sub>S</sub> -12断層	6.7
	寿都海底谷の断層	42
	神恵内堆の断層群	-
	F <sub>A</sub> -2断層	65
	F <sub>B</sub> -3断層※1	45
	F <sub>C</sub> -1断層	27
	赤井川断層	5
	黒松内低地帯の断層	51
	目名付近の断層	5
	検討用地震以外  敷地周辺にある主要活断層以外 (「[新編]日本の活断層」に記載されている活断層)	当別北部※2
当別南部※2		15
粟沢※2		9
泉郷※2		9
地蔵沢		4.3
八雲西		5
八雲東		2
海城1		11.9
海城2		9.4
海城3		13.1
海城4	10.4	
海城5	15.1	
海城6	5.5	
海城7	14.4	
海城8	8.7	
海城9	12.0	
海城10	16.5	

※1 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の対象。

※2 当別北部・当別南部は地震調査委員会において当別断層として、粟沢・泉郷は地震調査委員会において石狩低地東縁断層帯として、それぞれ評価されているが、いずれの断層も敷地までの距離が100km程度と検討用地震および敷地周辺にある主要活断層より遠く地震ハザード評価への影響が小さいと考えられることから、「[新編]日本の活断層」の断層長さで代表させる。

## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

### 特定震源モデル(検討用地震)

○特定震源モデル(検討用地震)の諸元は、以下のように設定する。

- 特定震源モデル(検討用地震)の震源は、基準地震動の策定において設定した基本震源モデルおよび不確かさ考慮モデルを用い、これらをロジックツリーの分岐として考慮する。
- 不確かさ考慮モデルは、認識論的不確かさとして考慮している断層パラメータ(断層の傾斜角、応力降下量および破壊伝播速度)のうち、Noda et al.(2002)の算定に影響を与えるパラメータである断層の傾斜角の不確かさを考慮したモデルを用いる。
- 地震規模は、基準地震動の策定において用いている地震規模評価式(松田(1975)、地震規模の比較に用いた入倉・三宅(2001)・武村(1990)および大竹ほか(2002))に加えて、武村(1998)を用いて評価することとし、これらをロジックツリーの分岐として考慮する。

①松田(1975)	$\log L = 0.6M - 2.9$	$M$ : マグニチュード
②武村(1998)	$\log L = 0.6M - 2.97$	$L$ : 断層長さ(km)
③入倉・三宅(2001) 武村(1990)	$\left\{ \begin{array}{l} S = 4.24 \times 10^{-11} \times M_0^{1/2} \\ \log M_0 = 1.17M + 17.72 \end{array} \right.$	$S$ : 断層面積(km <sup>2</sup> ) $M_0$ : 地震モーメント(dyne・cm)
④大竹ほか(2002)	$\log L = 0.67M - 3.07$	

○地震の年発生確率は、日本原子力学会(2015)に基づき、次式およびポアソン過程を用いて算定する。

$$v = S/D$$

$v$  : 年平均発生頻度(回/年)  
 $S$  : 活断層の年平均変位速度(m/年)  
 $D$  : 地震時のすべり量(m)

- ・活断層の年平均変位速度は、海域では地質調査結果、陸域では「[新編]日本の活断層」を参考に断層の活動度(A~C)を決定した後、奥村・石川(1998)により活動度に応じた値を設定する。なお、地質調査結果や知見がない場合は、周辺にある活断層の活動度を参考にB級またはC級に仮定する。また、上記に加えて、知見に基づき年平均変位速度を評価できる場合は、これらをロジックツリーの分岐として考慮する。
- ・地震時のすべり量は、地震規模より松田(1975)を用いて評価する。

# 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

## 特定震源モデル(検討用地震)

○特定震源モデル(検討用地震)の諸元は、以下のとおり。

断層位置	断層名	断層長さ(km)	地震規模M				Xeq(km)	活動度*1	年発生確率*2				
			松田(1975)	武村(1998)	入倉・三宅(2001)武村(1990)	大竹ほか(2002)*3							
陸域	尻別川断層	基本震源モデル	22.6	7.1	7.2	7.2	-	28	C	2.58E-05			
		不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	32.0	7.3	7.5	-*4	-	34		1.96E-05			
海域	F <sub>8</sub> -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜	基本震源モデル	100.4	8.2	8.3	8.2	-	46	B	3.01E-05			
		不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	100.0	8.2	8.3	8.3	-	49		3.01E-05			
	積丹半島北西沖の断層	走向0° ケース 基本震源モデル	22.6	7.1	7.2	7.2	-	21	(B)	1.37E-04			
		走向0° ケース 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	32.0	7.3	7.5	-*4		17		1.04E-04			
		走向20° ケース 基本震源モデル	22.6	7.1	7.2	7.2		21		1.37E-04			
		走向20° ケース 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	32.0	7.3	7.5	-*4		17		1.04E-04			
		走向40° ケース 基本震源モデル	22.6	7.1	7.2	7.2		23		1.37E-04			
		走向40° ケース 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	32.0	7.3	7.5	-*4		20		1.04E-04			
		後志海山東方の断層～F <sub>B</sub> -2断層*5	基本震源モデル	124	8.3	8.4		-*6		7.7	92	(B)	2.62E-05
			不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	124	8.3	8.4		-*6		7.7	92		2.62E-05

※1 ( )付は、参考のできる地質調査結果や知見がないため、周辺にある活断層の活動度を参考に仮定した活動度。

※2 年発生確率は、各地震規模評価式による地震規模Mごとに算定した地震時のすべり量D(m)[ $\log_{10}D=0.6M-4.0$ ]および奥村・石川(1998)に記載の平均変位速度S(mm/年)[B級:0.25, C級:0.047]から算出する。ここでは、松田(1975)による地震規模Mに対する年発生確率を記載。

※3 大竹ほか(2002)は、日本海東縁部のデータに基づく地震規模評価式であるため、内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)に適用する。

※4 入倉・三宅(2001)および武村(1990)による地震規模M7.7が、孤立した短い活断層としての地震規模から大きく乖離しており、適切に求められないことから、基準地震動の策定と同様に、地震ハザード評価では入倉・三宅(2001)および武村(1990)の地震規模を用いていない。

※5 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の対象。

※6 入倉・三宅(2001)および武村(1990)による地震規模(基本震源モデルM8.6, 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)M8.8)が、日本海東縁部の断層長さ地震規模の関係(1983年日本海中部地震(断層長さ120km, 地震規模M7.7), 1993年北海道南西沖地震(断層長さ139km, 地震規模M7.8))から大きく乖離しているため、基準地震動の策定と同様に、地震ハザード評価では入倉・三宅(2001)および武村(1990)の地震規模を用いていない。

## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

再掲 (R5.11.17審査会合資料)

### 特定震源モデル(検討用地震以外)

○特定震源モデル(検討用地震以外)の諸元は、以下のように設定する。

- 地震規模について、対象とする活断層は、後段に示す「特定震源における震源ごとの影響度」によると地震ハザード評価への影響が小さいこと、基準地震動の策定において震源モデルを設定していないことを踏まえ、基準地震動の策定において用いている松田(1975)により設定する。
  - ・断層長さの短い活断層は、基準地震動の策定と同様に「孤立した短い活断層」として整理し、地震規模をM7.1と設定する。\*
- 地震の年発生確率は、検討用地震と同様に算定する。なお、敷地周辺にある主要活断層において知見に基づき地震発生の周期性を考慮できる場合は、更新過程を用いて地震の年発生確率を算定する。

※ 基準地震動の策定では、泊発電所の内陸地殻内地震の地震発生層として設定している上端深さ2km、下端深さ18km、その厚さ16kmおよび断層傾斜角45°を考慮し、震源断層が地震発生層を飽和する断層幅と同じ断層長さを仮定すると、断層長さは22.6kmとなることから、断層長さが22.6km以下の活断層を「孤立した短い活断層」の対象としている。また、「孤立した短い活断層」の地震規模は、断層長さ22.6kmとして松田(1975)により算出されるM7.1としている。

#### 敷地周辺にある主要活断層(地震発生の周期性を考慮できない場合)

断層位置	断層名	断層長さ(km)	地震規模M	Xeq <sup>*1</sup> (km)	活動度 <sup>*2</sup>	年発生確率 <sup>*3</sup>
海域	神威海脚西側の断層	31.5	7.3	53	B	1.04E-04
	F <sub>0</sub> -1断層~岩内堆北方の断層	39	7.5	57	B	7.91E-05
	F <sub>s</sub> -12断層	6.7	7.1	38	B	1.37E-04
	寿都海底谷の断層	42	7.5	54	B	7.91E-05
	神恵内堆の断層群	-	7.1	38	(B)	1.37E-04
	F <sub>A</sub> -2断層	65	7.9	90	B	4.55E-05
	F <sub>B</sub> -3断層 <sup>*4</sup>	45	7.6	103	B	6.89E-05
	F <sub>C</sub> -1断層	27	7.2	62	A	1.15E-03
	陸域	赤井川断層	5	7.1	29	B
目名付近の断層		5	7.1	36	(C)	2.58E-05

#### 敷地周辺にある主要活断層以外

断層位置	断層名	断層長さ(km)	地震規模M	Xeq <sup>*1</sup> (km)	活動度 <sup>*2</sup>	年発生確率 <sup>*3</sup>	
陸域	当別北部	9	7.1	99	B	1.37E-04	
	当別南部	15	7.1	93	(C)	2.58E-05	
	栗沢	9	7.1	103	C	2.58E-05	
	泉郷	9	7.1	103	C	2.58E-05	
	地藏沢	4.3	7.1	82	(C)	2.58E-05	
	八雲西	5	7.1	87	(C)	2.58E-05	
	八雲東	2	7.1	89	B	1.37E-04	
	海域	海域1	11.9	7.1	79	(B)	1.37E-04
		海域2	9.4	7.1	48	(B)	1.37E-04
海域3		13.1	7.1	53	(B)	1.37E-04	
海域4		10.4	7.1	54	(B)	1.37E-04	
海域5		15.1	7.1	87	(B)	1.37E-04	
海域6		5.5	7.1	72	(B)	1.37E-04	
海域7		14.4	7.1	49	(B)	1.37E-04	
海域8		8.7	7.1	83	(B)	1.37E-04	
海域9		12	7.1	65	(B)	1.37E-04	
海域10		16.5	7.1	93	(B)	1.37E-04	

#### 敷地周辺にある主要活断層(地震発生の周期性を考慮できる場合)

断層位置	断層名	断層長さ(km)	地震規模M	Xeq <sup>*1</sup> (km)	平均発生間隔 <sup>*5</sup>	最新活動時期 <sup>*5</sup>	年発生確率
陸域	黒松内低地帯の断層	51	7.7	66	3,600年	5,900年前	1.87E-03
					3,600年	4,900年前	1.62E-03
					5,000年	5,900年前	9.83E-04
					5,000年	4,900年前	7.02E-04

※1 円形断層を仮定して算定。

※2 ( )付は、参考にできる地質調査結果や知見がないため、周辺にある活断層の活動度を参考に仮定した活動度。

※3 松田(1975)に基づき断層長さから求めた地震規模Mを用いて算定した地震時のすべり量D(m)[ $\log_{10}D=0.6M-4.0$ ]および奥村・石川(1998)に記載の平均変位速度S(mm/年)[A級:2.4, B級:0.25, C級:0.047]から算出した年発生確率を記載。

※4 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の対象。

※5 地震調査委員会(2005)によると、黒松内低地帯断層帯の最新活動時期は約5,900年前~約4,900年前と推定され、平均発生間隔は3,600年~5,000年程度以上の可能性があることとされていることから、それぞれの値をロジックツリーの分岐として考慮する。

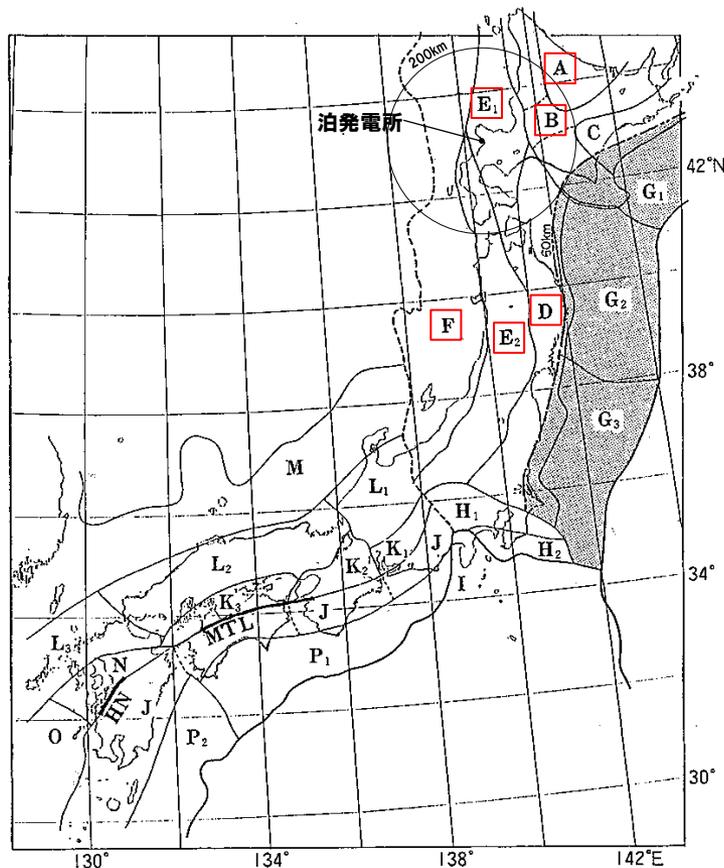
# 4. 基準地震動の年超過確率の参照

再掲 (R5.11.17審査会合資料)

## 領域震源モデル(対象領域)

○領域震源モデルは、萩原(1991)および垣見ほか(2003)の領域区分における敷地から200km程度以内の領域\*を対象とする。

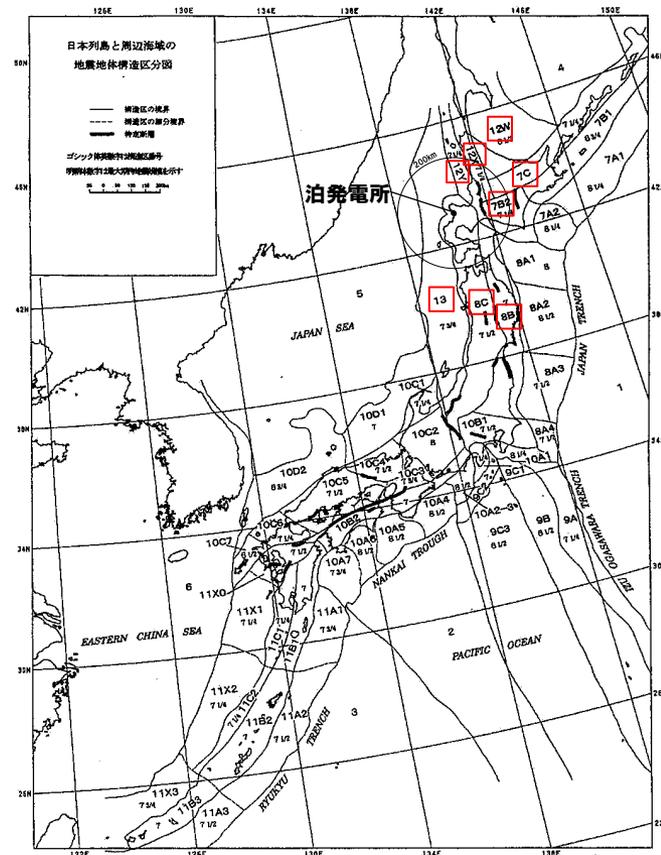
\* 泊発電所の地震ハザード評価は領域震源の影響が大きいことから、日本原子力学会(2015)において震源モデルの設定で対象領域として示されている「サイトから半径100km~150km程度」よりも広い、敷地から200km程度以内の領域を対象としている。



萩原(1991)による地震地体構造区分図

対象領域(内陸地殻内地震) : A, B, D, E1, E2

対象領域(内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)) : F



垣見ほか(2003)による地震地体構造区分図

対象領域(内陸地殻内地震) : 7B2, 7C, 8B, 8C, 12W, 12X, 12Y

対象領域(内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)) : 13

萩原(1991)および垣見ほか(2003)に一部加筆

## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

### 領域震源モデル

○領域震源モデルの諸元は、以下のように設定する。

- 領域震源モデルの諸元は、各領域における過去の地震データに基づき設定する。
- 対象地震は、内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震を含む)とする。
- 最大地震規模は、各領域で発生した地震のうち活断層と関連づけることが困難な地震の最大地震規模に基づいて設定する。
  - ・最大地震規模については、活断層と関連づけることが困難な地震の最大地震規模に加え、地震調査委員会(2013)の知見もあることから、両者を比較し、大きい方を用いる。
  - ・地震調査委員会(2013)において、最大地震規模がモデル1(M6.8)またはモデル2(M7.3)として示されていることから、それぞれの値をロジックツリーの分岐として考慮する。
- 地震規模別年発生頻度はG-R式とし、各領域でb値・年発生頻度を設定する。
- 地震動評価の等価震源距離の算定に用いる震源深さは、気象庁の地震データ\*に基づき設定することとし、敷地から100km以内では各領域における震源深さの頻度分布に応じて正規分布または一定、敷地から100km以遠では一定とする。

\* 地震ハザード評価にあたり、気象庁の地震データを更新している。

萩原(1991)による領域震源モデルの諸元

領域名	最大地震規模M		b値	年発生頻度 (回/年)	震源深さ (km)
	モデル1	モデル2			
A	6.8 (地震調査委員会(2013))	7.3 (地震調査委員会(2013))	1.00	0.0389	9.6 (一定)
B1	6.9 (1971年9月6日の地震)	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.95	0.291	10.2 (一定)
B2	6.8 (地震調査委員会(2013))	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.80	0.374	10.6 (一定)
B3	6.8 (1944年2月1日の地震)	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.85	0.270	16.8 (一定)
D	7.0 (1900年5月12日の地震)	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.83	0.821	12.1 (一定)
E1	6.8 (地震調査委員会(2013))	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.73	0.146	平均:6.5 σ:3.9 (正規分布)
E2	7.2 (2008年岩手・宮城内陸地震)	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.93	0.779	平均:8.0 σ:3.5 (正規分布)
F*	7.8 (1993年北海道南西沖地震)	7.8 (1993年北海道南西沖地震)	0.76	1.257	平均:19.0 σ:8.5 (正規分布)

\* 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の対象

垣見ほか(2003)による領域震源モデルの諸元

領域名	最大地震規模M		b値	年発生頻度 (回/年)	震源深さ (km)
	モデル1	モデル2			
7B2	6.8 (1944年2月1日の地震)	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.91	0.291	15.8 (一定)
7C	6.8 (地震調査委員会(2013))	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.85	0.343	10.7 (一定)
8B	7.5 (818年の地震)	7.5 (818年の地震)	0.86	0.530	11.0 (一定)
8C	7.2 (2008年岩手・宮城内陸地震)	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.91	0.873	平均:7.8 σ:3.6 (正規分布)
12W	6.8 (地震調査委員会(2013))	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.86	0.0332	12.0 (一定)
12X	6.8 (地震調査委員会(2013))	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.72	0.0707	12.2 (一定)
12Y	6.8 (地震調査委員会(2013))	7.3 (地震調査委員会(2013))	0.48	0.0556	5.5 (一定)
13*	7.8 (1993年北海道南西沖地震)	7.8 (1993年北海道南西沖地震)	0.75	1.362	平均:17.7 σ:8.9 (正規分布)

## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

### 地震動伝播モデル

○地震動伝播モデルの諸元は、以下のように設定する。

- 距離減衰式は、解放基盤表面における水平および鉛直方向の地震動評価ができること、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)を用いる。
- Noda et al.(2002)による内陸地殻内地震の評価においては、内陸補正または観測記録補正を用いることができることから、対象地震ごとに以下の補正を考慮する。
  - ・内陸地殻内地震については、内陸補正を用いる。なお、敷地において内陸地殻内で発生した適切な地震観測記録が得られていないことから、観測記録補正は行わない。
  - ・内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)については、敷地において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、観測記録補正を用いる。
- 内陸補正および観測記録補正は、日本原子力学会(2015)を踏まえて、補正のあり・なしをロジックツリーの分岐として考慮し、分岐の重み付けを以下のとおり設定する。
  - ・内陸補正は、敷地において内陸地殻内で発生した適切な地震観測記録が得られておらず、その適用性が明確ではないことから、内陸補正ありの重みを1/2、内陸補正なしの重みを1/2として設定する。
  - ・観測記録補正は、後段に示す評価※によると、観測記録補正の対象である内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の地震ハザード評価への影響が小さいことから、観測記録補正ありの重みを1/2、観測記録補正なしの重みを1/2として設定する。
- 地震動評価におけるばらつきは、日本原子力学会(2015)に示されるNoda et al.(2002)の対数標準偏差を用いることとし、ばらつきの打ち切り範囲は対数標準偏差の3倍とする。

※ 「特定震源における震源ごとの影響度」および「領域震源における領域区分ごとの影響度」

断層名			分岐を考慮する補正係数	ばらつき	ばらつきの打ち切り
特定震源	検討用地震	尻別川断層 F <sub>S</sub> -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜 積丹半島北西沖の断層	内陸補正	0.53	3σ
		後志海山東方の断層～F <sub>B</sub> -2断層※	観測記録補正		
	検討用地震以外	神威海脚西側の断層、F <sub>D</sub> -1断層～岩内堆北方の断層、F <sub>S</sub> -12断層 寿都海底谷の断層、神恵内堆の断層群、F <sub>A</sub> -2断層、F <sub>C</sub> -1断層 赤井川断層、黒松内低地帯の断層、目名付近の断層	内陸補正		
		F <sub>B</sub> -3断層※	観測記録補正		
領域震源	萩原(1991)	領域A, 領域B1, 領域B2, 領域B3, 領域D, 領域E1, 領域E2	内陸補正		
		領域F※	観測記録補正		
	垣見ほか(2003)	領域7B2, 領域7C, 領域8B, 領域8C, 領域12W, 領域12X, 領域12Y	内陸補正		
		領域13※	観測記録補正		

※ 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の対象

## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

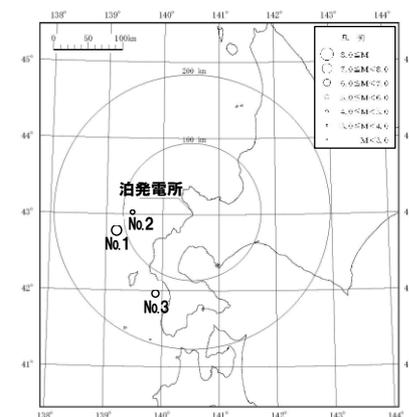
### 地震動伝播モデル(日本海東縁部の地震の補正係数)

○日本海東縁部の地震の補正係数は、以下のように設定する。

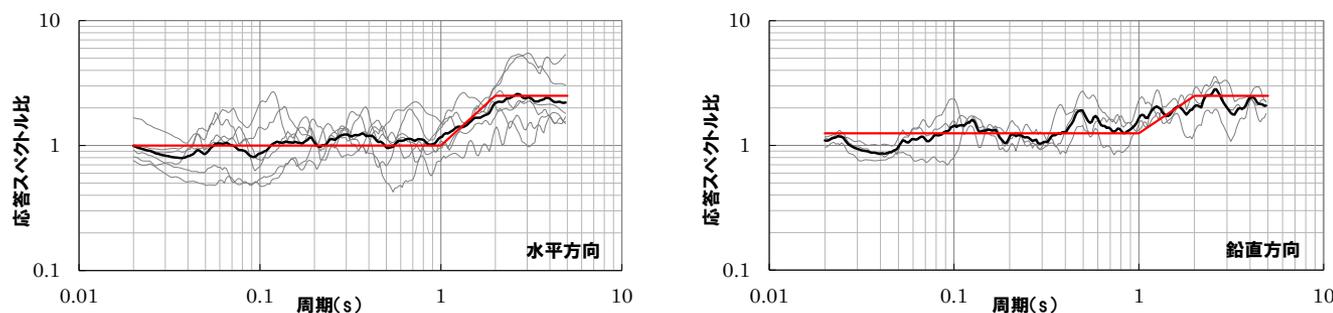
- 敷地で観測された代表的な観測記録である1993年北海道南西沖地震の観測記録を基に、Noda et al.(2002)による応答スペクトルに対する比率(応答スペクトル比)を求め、日本海東縁部の地震の補正係数を設定する。
- 補正係数は、距離減衰式にNoda et al.(2002)を用いることを踏まえ、応答スペクトル比(平均値)を基にNoda et al.(2002)のコントロールポイントの周期間を直線で近似した補正係数を用いる。なお、基準地震動の策定では、応答スペクトル比(平均値)の下限を1とした補正係数としている。
- 補正係数の評価に用いた観測記録の諸元、設定した補正係数を以下に示す。

No	発生日月	震央位置		深さ (km)	地震規模 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に用いる補正係数  
 — 観測記録とNoda et al.(2002)の応答スペクトル比(平均値)  
 — 観測記録とNoda et al.(2002)の応答スペクトル比

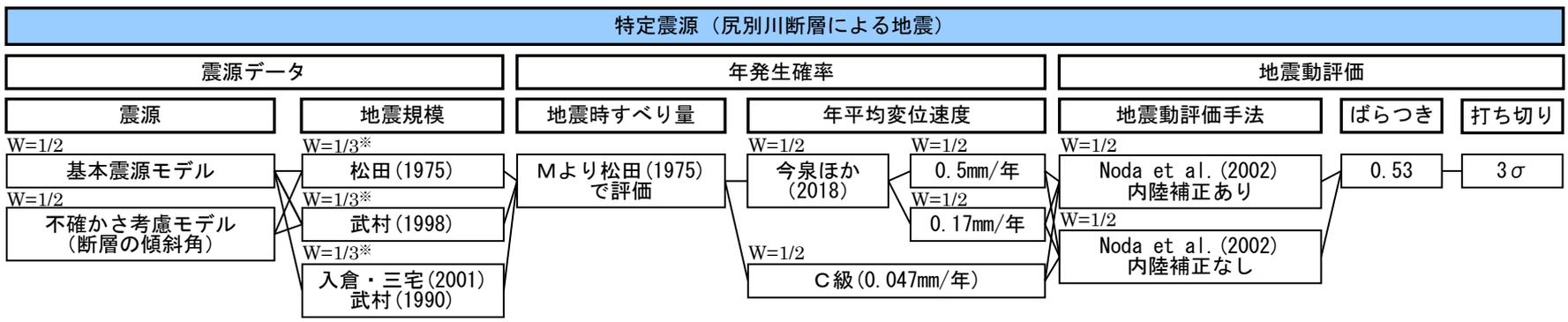
日本海東縁部の地震の観測記録に基づく応答スペクトル比(日本海東縁部の地震の補正係数)

# 4. 基準地震動の年超過確率の参照

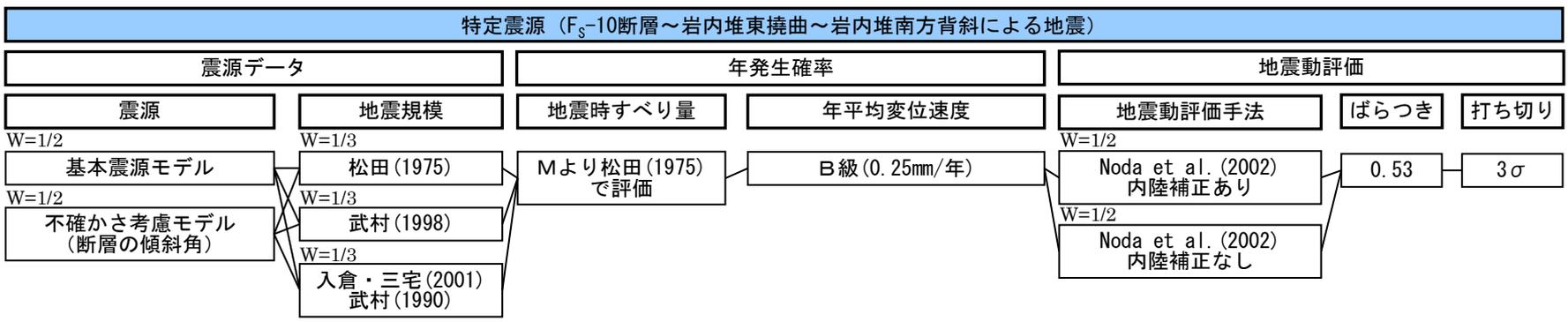
再掲 (R5.11.17審査会合資料)

## 特定震源モデル(検討用地震)のロジックツリー

○検討用地震のロジックツリーは、以下のとおり。



※ 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)については、入倉・三宅(2001)および武村(1990)の分岐がないため、重みは松田(1975)を1/2、武村(1998)を1/2とする。

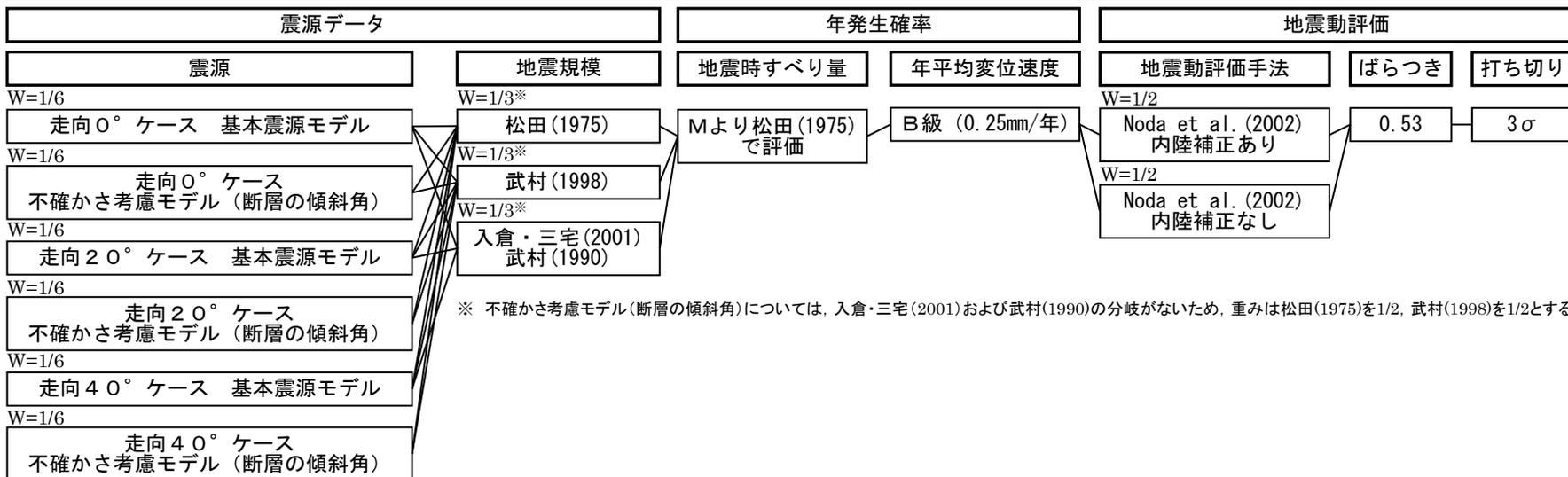


# 4. 基準地震動の年超過確率の参照

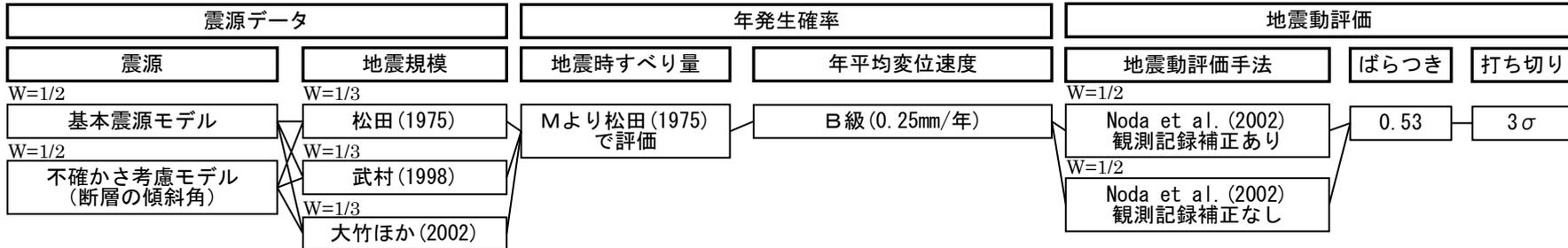
一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

## 特定震源モデル(検討用地震)のロジックツリー

特定震源 (積丹半島北西沖の断層による地震)



特定震源 (後志海山東方の断層~F<sub>B</sub>-2断層による地震)

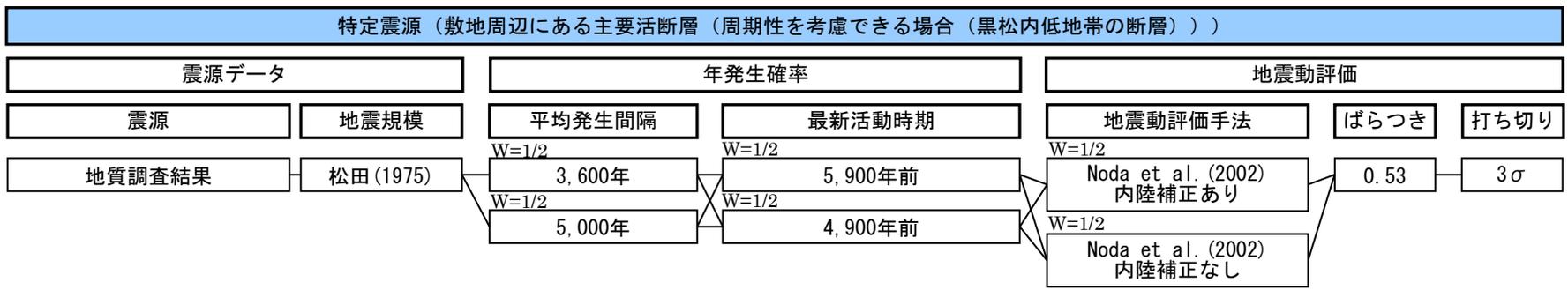
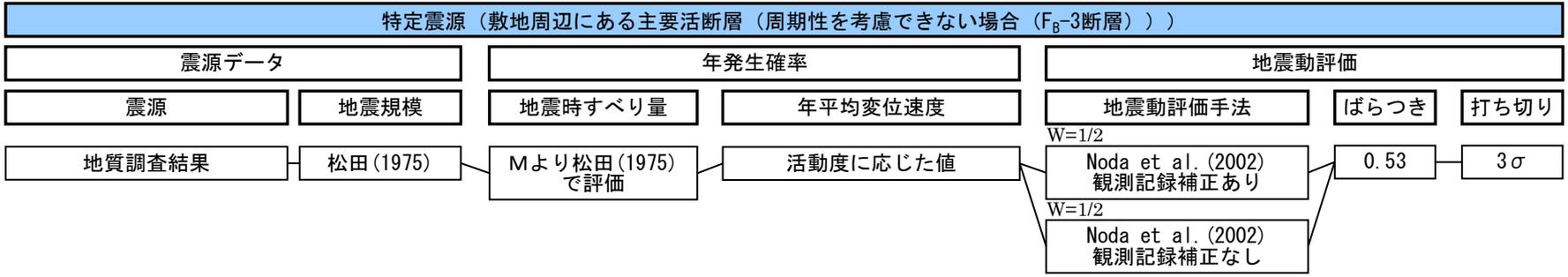
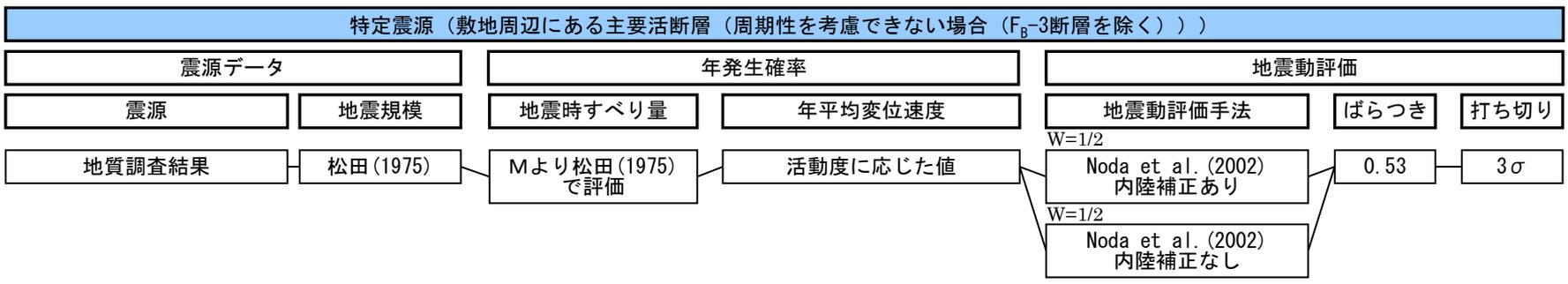


# 4. 基準地震動の年超過確率の参照

再掲 (R5.11.17審査会合資料)

## 特定震源モデル(敷地周辺にある主要活断層)のロジックツリー

○敷地周辺にある主要活断層のロジックツリーは、以下のとおり。

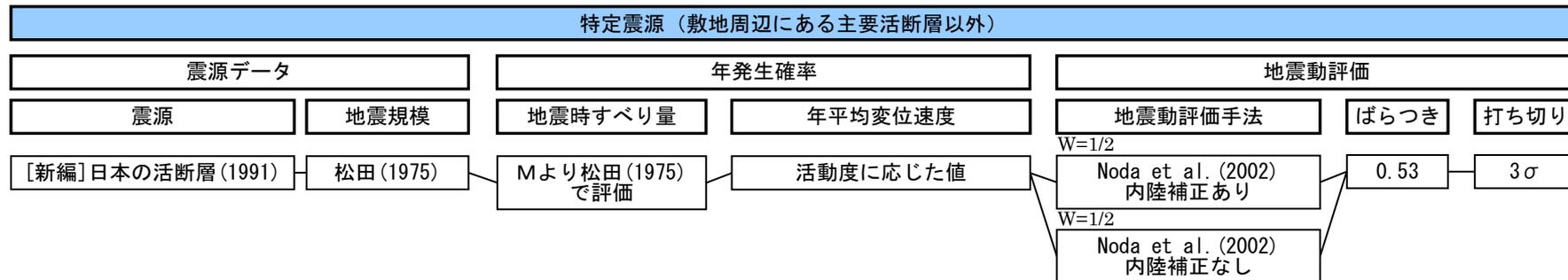


## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

再掲 (R5.11.17審査会合資料)

### 特定震源モデル(敷地周辺にある主要活断層以外)のロジックツリー

○敷地周辺にある主要活断層以外のロジックツリーは、以下のとおり。



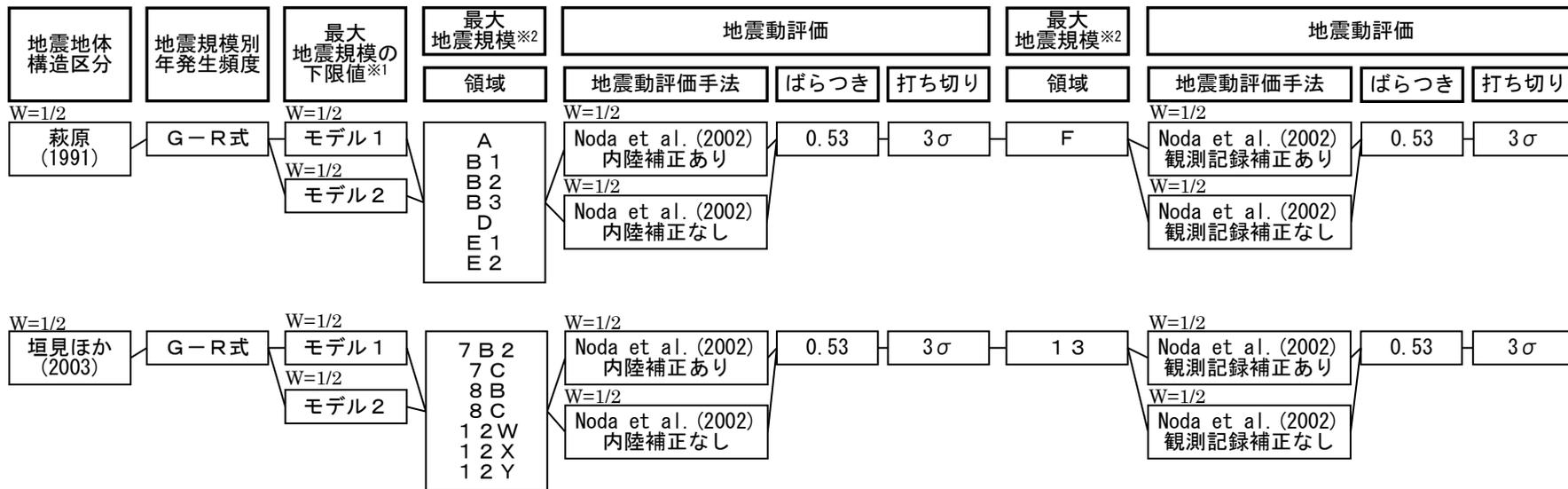
# 4. 基準地震動の年超過確率の参照

再掲 (R5.11.17審査会合資料)

## 領域震源モデルのロジックツリー

○領域震源モデルのロジックツリーは、以下のとおり。

領域震源（内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震を含む））



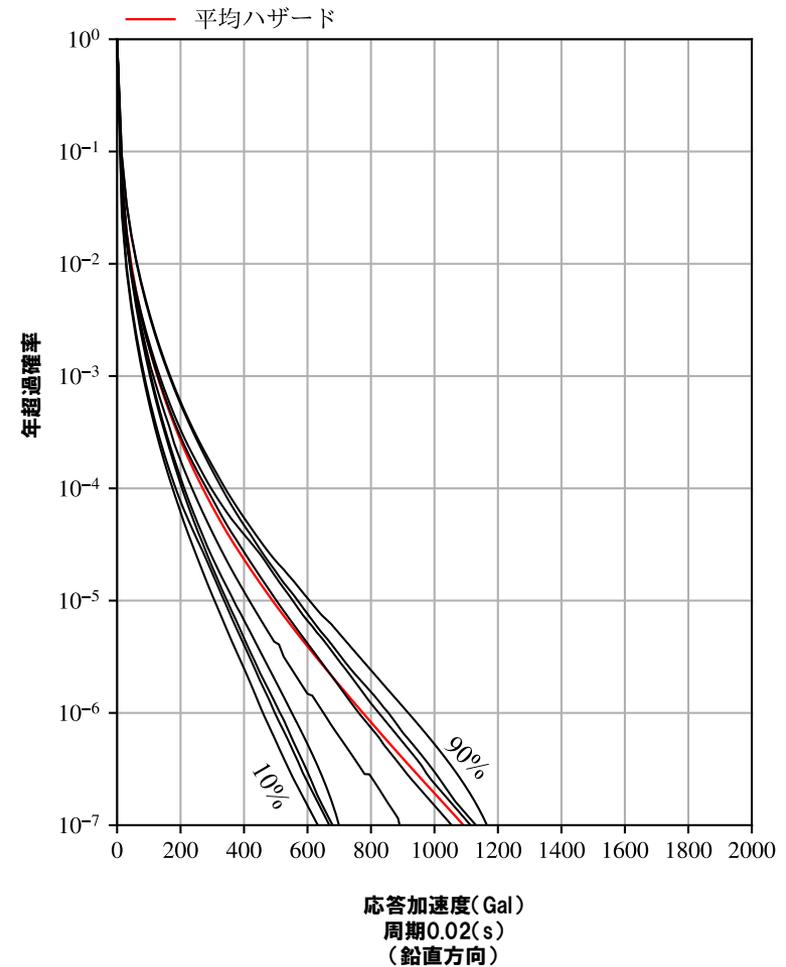
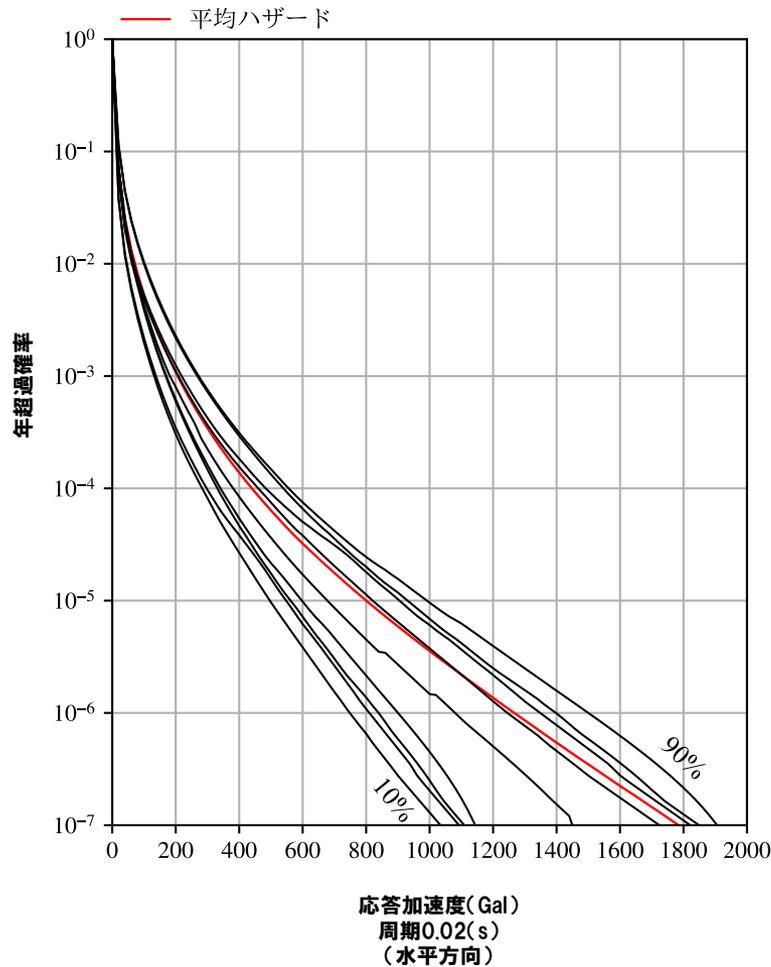
※1 最大地震規模の下限値として、地震調査委員会(2013)のモデル1(M6.8)およびモデル2(M7.3)の地震規模を参考に分岐を考慮する。  
 ※2 活断層と関連づけることが困難な地震の最大地震規模と下限値を比較し、大きい方を最大地震規模として設定する。

## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

### 信頼度別ハザード曲線と平均ハザード曲線

○ロジックツリーに基づき、信頼度別ハザード曲線および平均ハザード曲線を評価する。

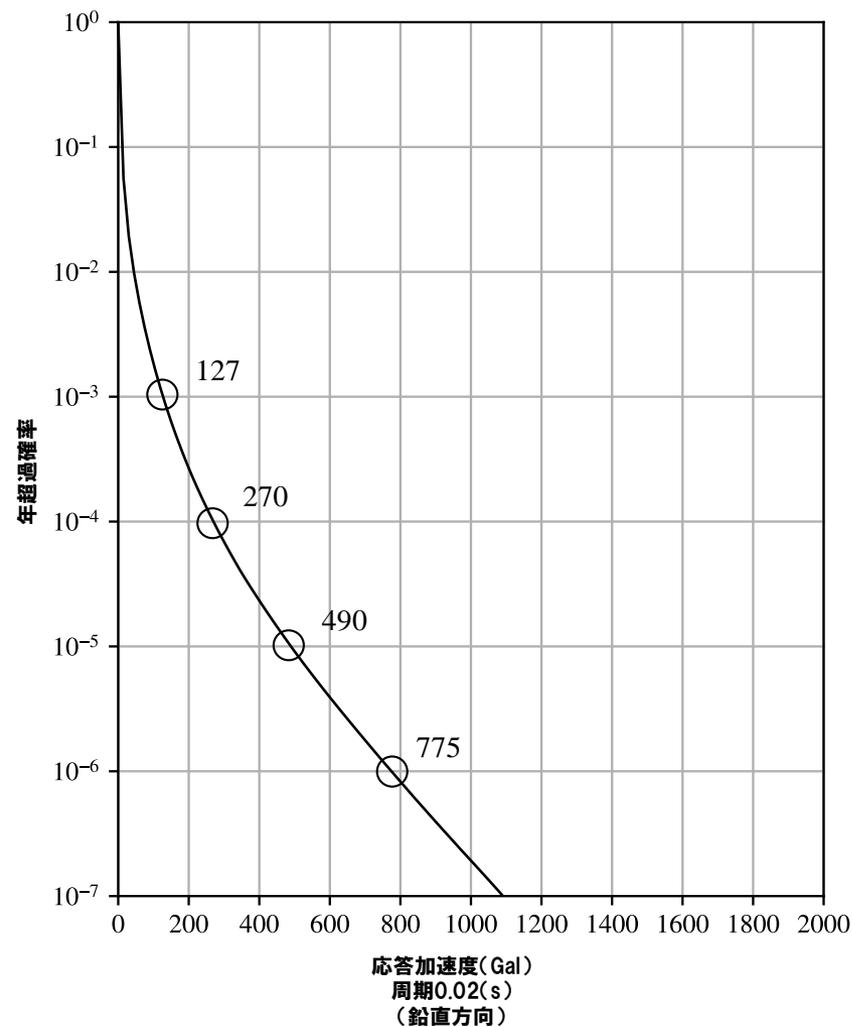
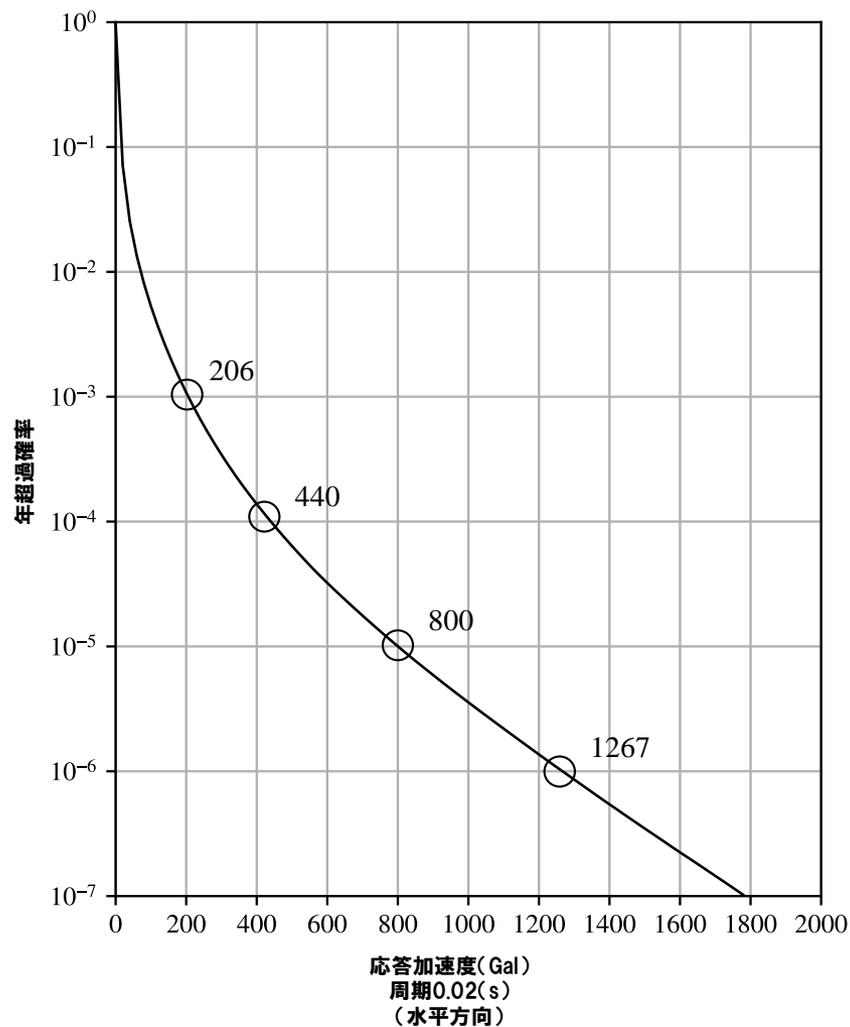


## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

### 平均ハザード曲線

○平均ハザード曲線における年超過確率 $10^{-3}$ ~ $10^{-6}$ に対する応答加速度を示す。



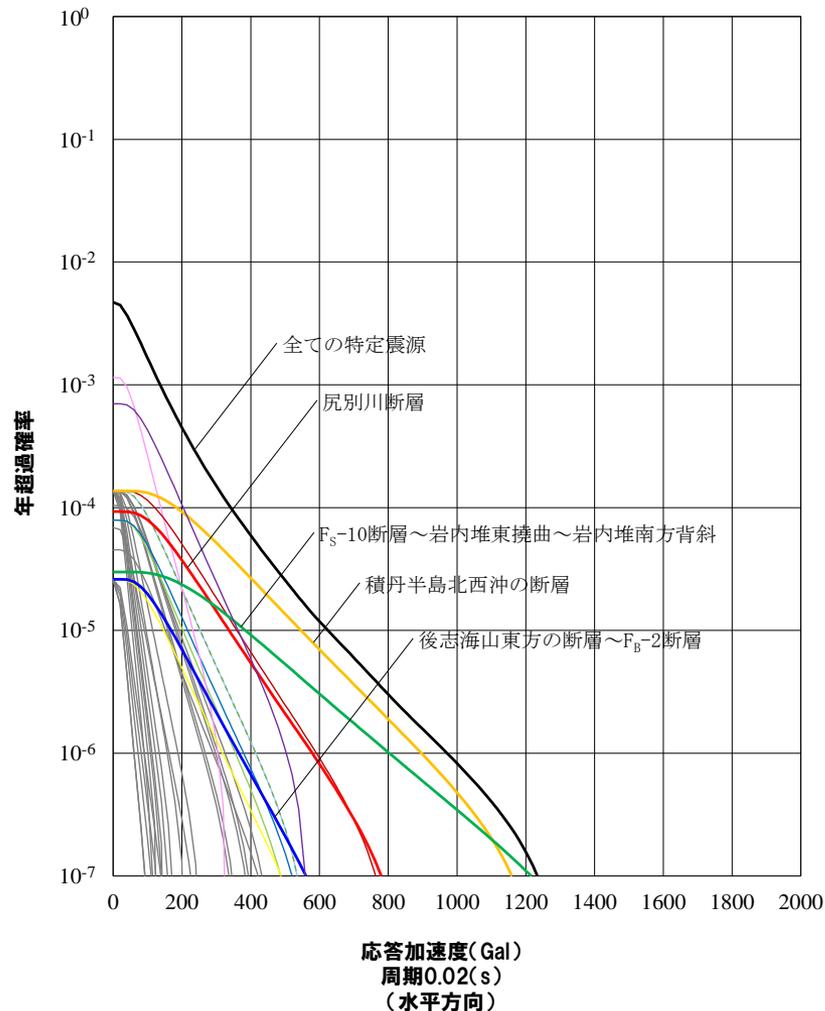
## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

### 特定震源における震源ごとの影響度※

○特定震源における震源ごとのハザード曲線を比較すると、積丹半島北西沖の断層による地震の影響が大きい。

※ 影響度の確認に用いるハザード曲線は、特定震源モデルのロジックツリーにおいて分岐を考慮している諸元について、検討用地震は基本震源モデル、地震規模は松田(1975)、地震動評価における補正は内陸補正なしおよび観測記録補正なしのみとし、分岐を設けないロジックツリーに基づき評価する。



- 全ての特定震源
- 尻別川断層
- F<sub>5</sub>-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜
- 積丹半島北西沖の断層
- 後志海山東方の断層～F<sub>0</sub>-2断層
- 神威海脚西側の断層
- F<sub>0</sub>-1断層～岩内堆北方の断層
- F<sub>5</sub>-12断層
- 寿都海底谷の断層
- 神恵内堆の断層群
- F<sub>0</sub>-1断層
- 赤井川断層
- 黒松内低地帯の断層
- 目名付近の断層
- その他の断層

# 4. 基準地震動の年超過確率の参照

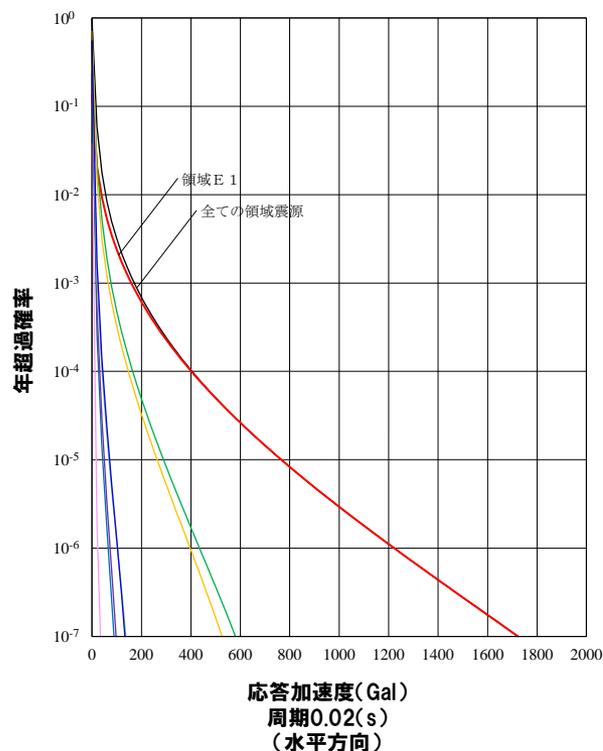
一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

## 領域震源における領域区分ごとの影響度※

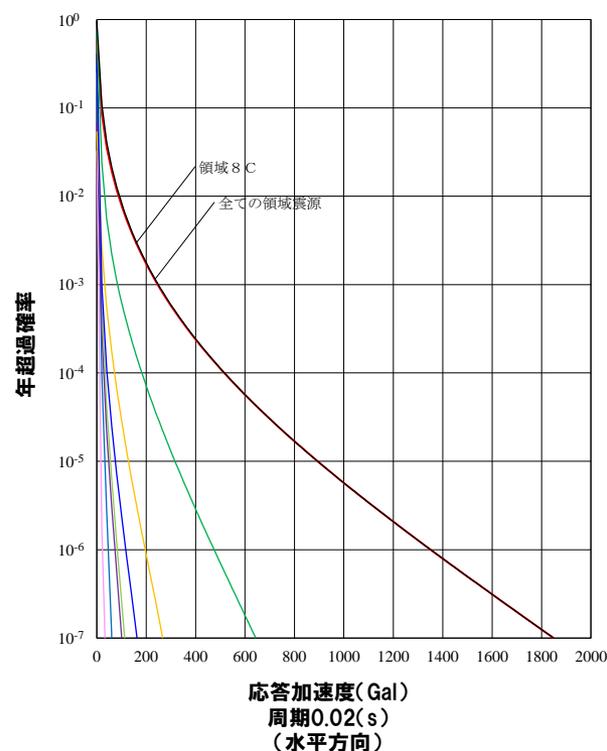
○領域震源における領域区分ごとのハザード曲線を比較すると、萩原(1991)および垣見ほか(2003)に基づく領域区分において、ともに泊発電所が位置する領域(E1および8C)の影響が大きい。

○萩原(1991)と垣見ほか(2003)の領域区分に基づくハザード曲線を比較すると、垣見ほか(2003)の影響がやや大きい。

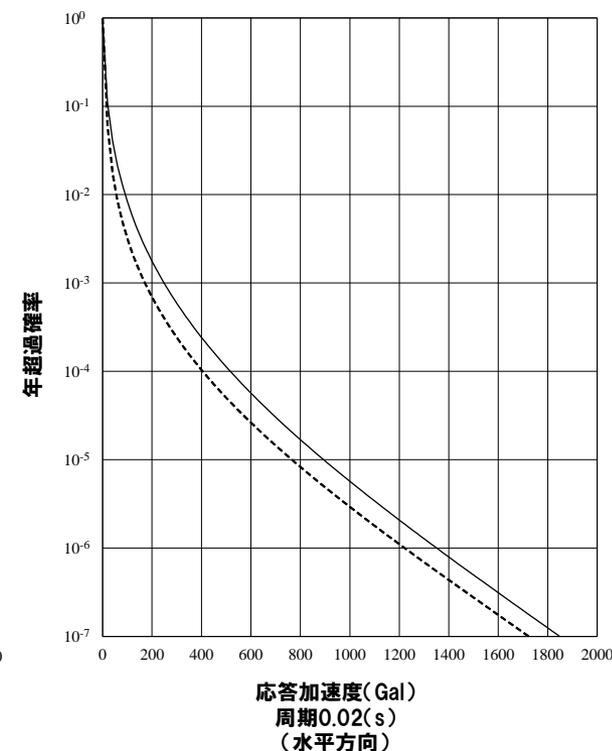
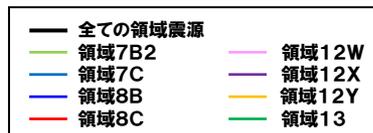
※ 影響度の確認に用いるハザード曲線は、領域震源モデルのロジックツリーにおいて分岐を考慮している諸元について、最大地震規模の下限値はモデル2、地震動評価における補正は内陸補正なしおよび観測記録補正なしのみとし、分岐を設けないロジックツリーに基づき評価する。



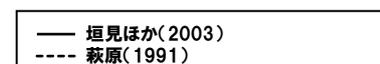
萩原(1991)の内訳



垣見ほか(2003)の内訳



萩原(1991)と垣見ほか(2003)の比較



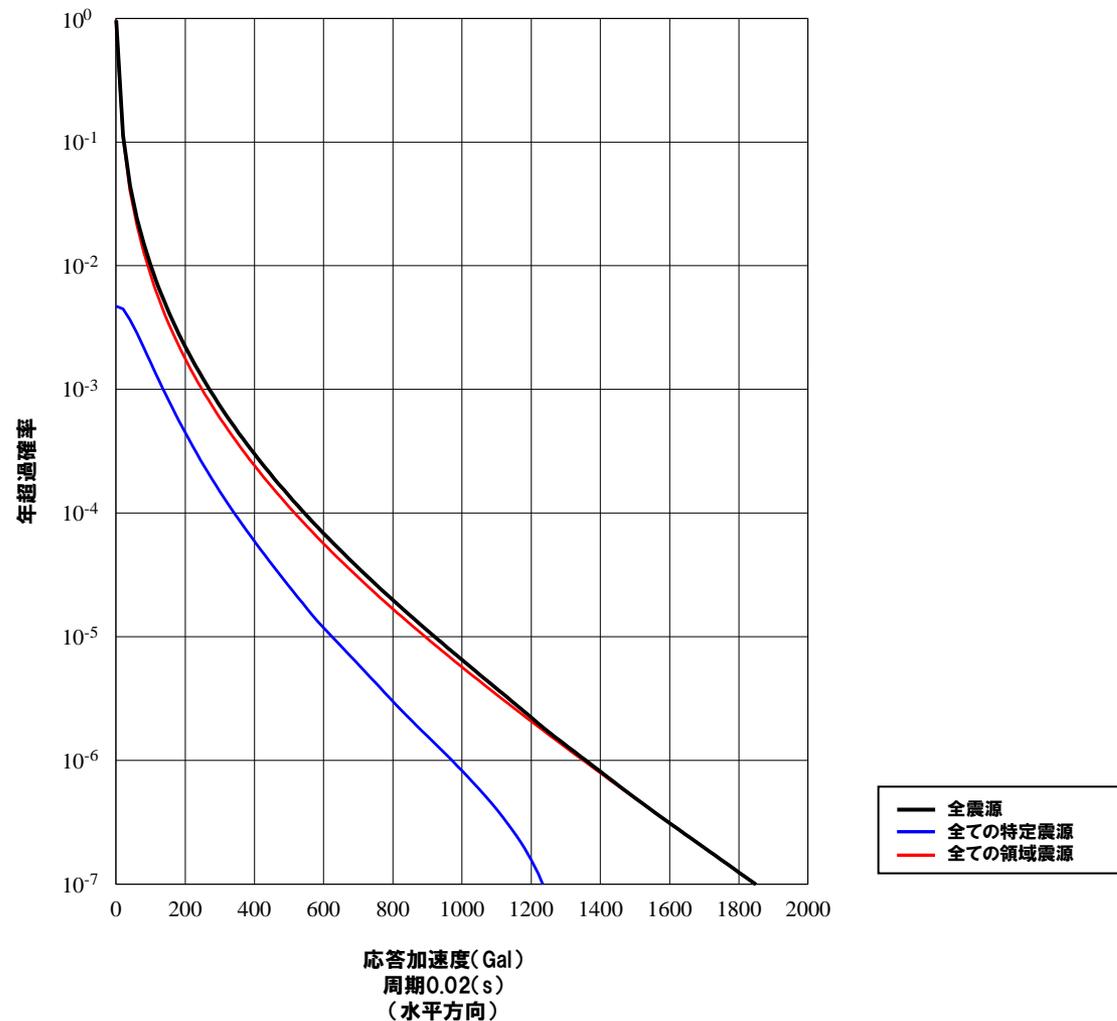
## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

### 全震源に対する特定震源および領域震源の影響度\*

○全震源に対する特定震源および領域震源のハザード曲線を比較すると、領域震源の影響が大きい。

\* 影響度の確認に用いるハザード曲線は、「特定震源における震源ごとの影響度」および「領域震源における領域区分ごとの影響度」における諸元を用いて評価する。



# 4. 基準地震動の年超過確率の参照

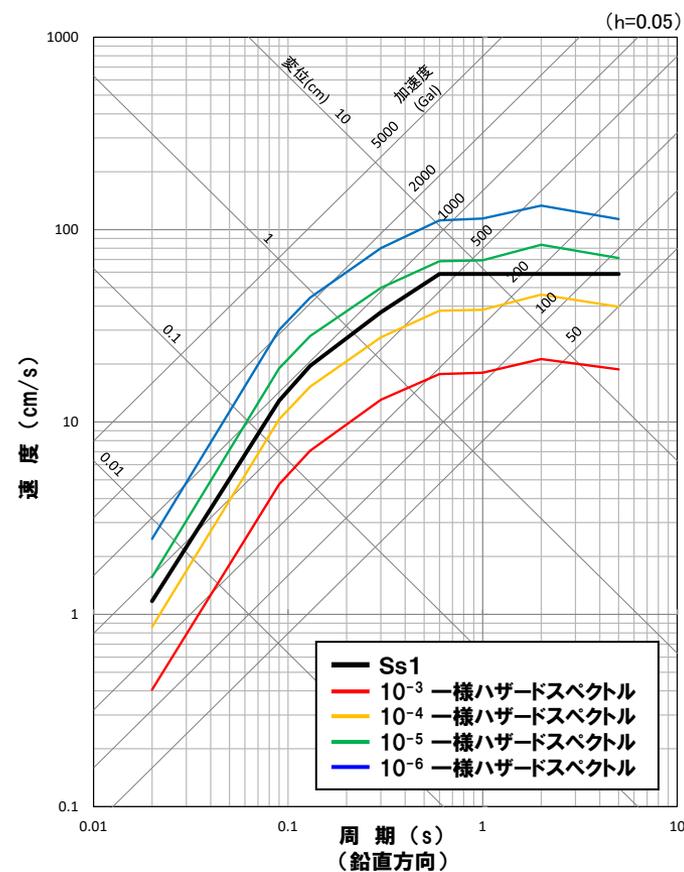
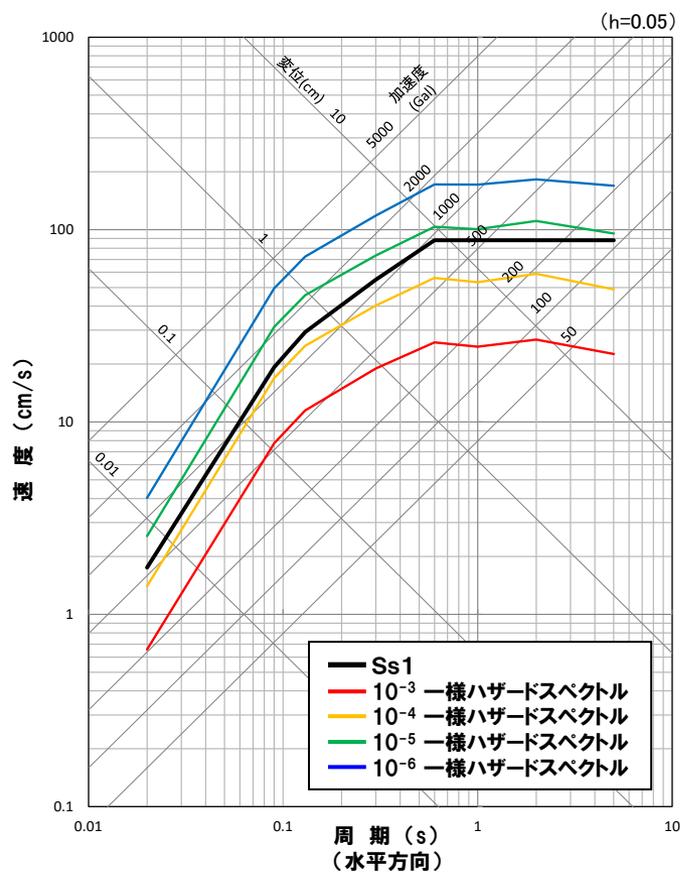
一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

## 基準地震動の年超過確率の参照

○一様ハザードスペクトルと基準地震動の応答スペクトルを比較し、年超過確率を確認する。

## 一様ハザードスペクトルと基準地震動Ss1の比較

○基準地震動Ss1の年超過確率は、 $10^{-4}$ ~ $10^{-5}$ 程度である。

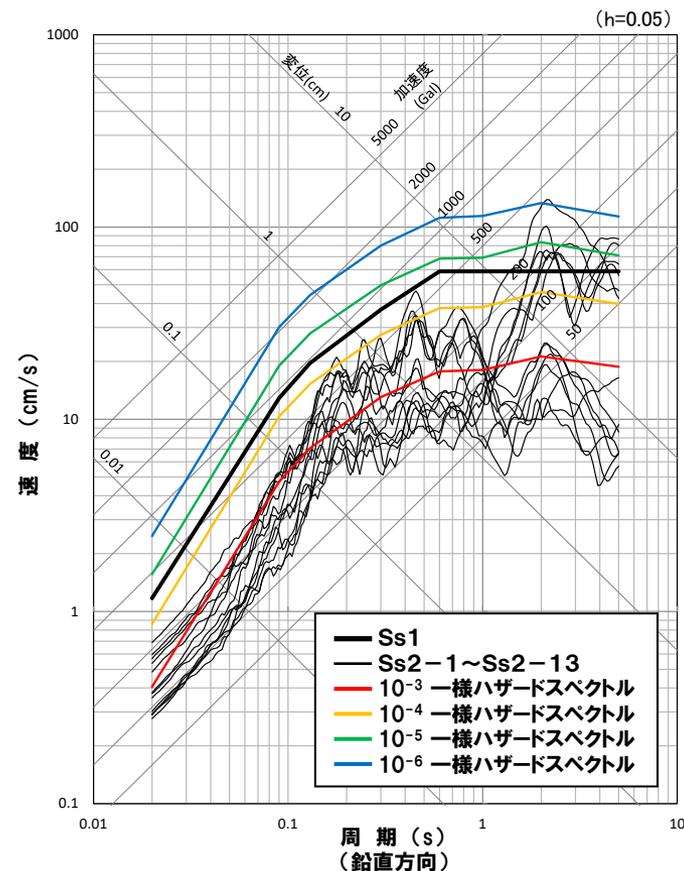
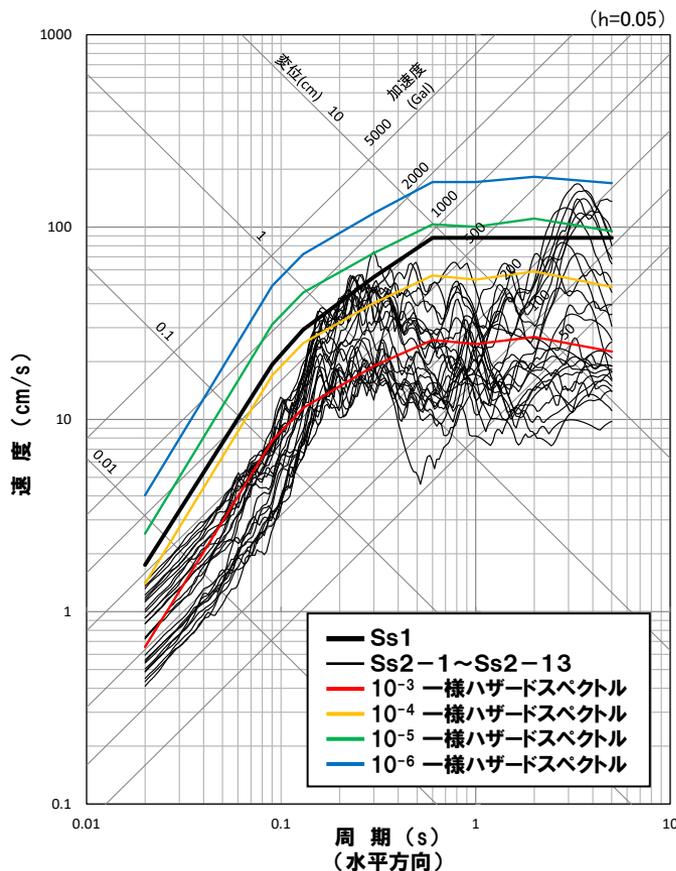


## 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

### 一様ハザードスペクトルと基準地震動Ss2-1~Ss2-13の比較

- 基準地震動Ss2-1~Ss2-13の年超過確率は、 $10^{-3}$ ~ $10^{-6}$ 程度であり、基準地震動Ss1を上回る周期では $10^{-4}$ ~ $10^{-6}$ 程度である。
- なお、「後志海山東方の断層~F<sub>B</sub>-2断層による地震」の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を踏まえ、基準地震動が追加となった場合は、改めて年超過確率を確認する。

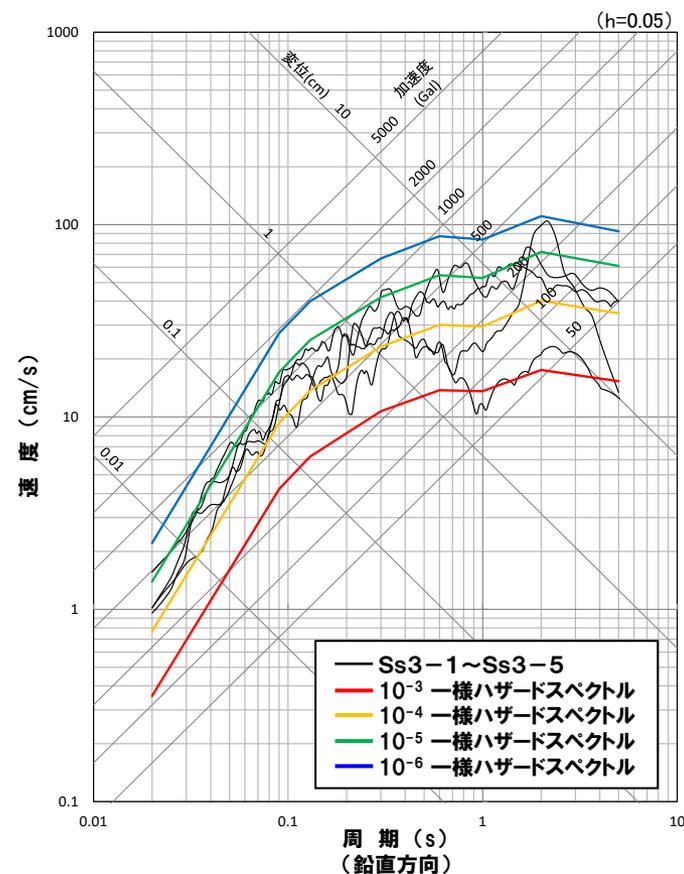
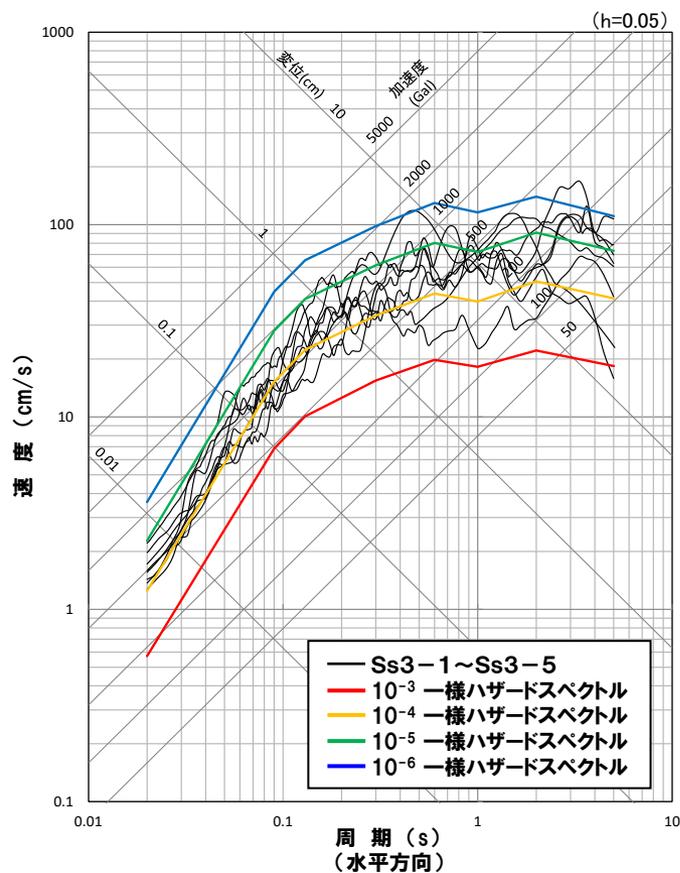


# 4. 基準地震動の年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.11.17審査会合資料)

## 一様ハザードスペクトルと基準地震動Ss3-1~Ss3-5の比較

○領域震源のみの一様ハザードスペクトルと震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss3-1~Ss3-5の比較より、基準地震動Ss3-1~Ss3-5の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度である。

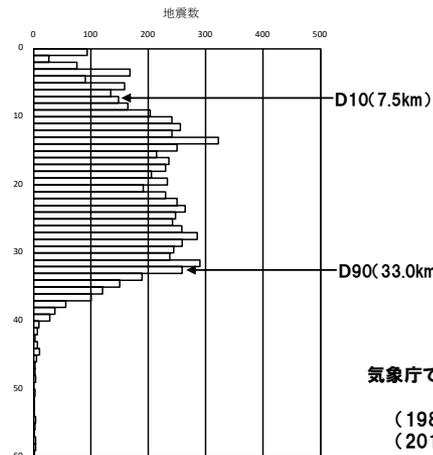
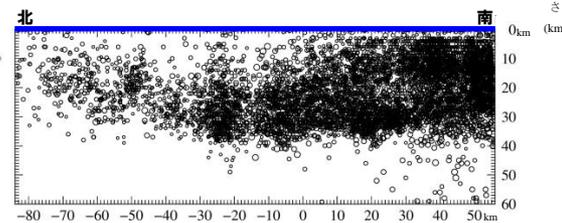
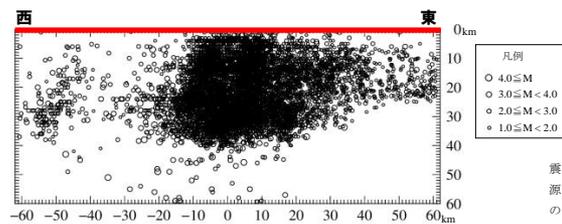
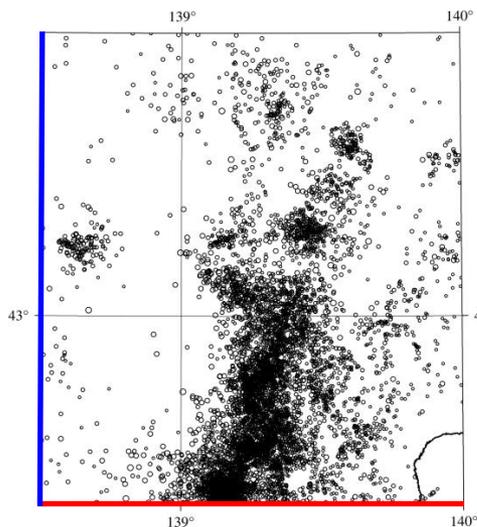


指摘事項に対する検討結果 .....	4
F <sub>B</sub> -2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮した地震動評価結果概要 .....	7
1. 地震動評価への反映について .....	12
2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 .....	14
2.1 敷地に影響を及ぼす地震の選定 .....	14
2.2 検討用地震の選定 .....	15
2.3 検討用地震の地震動評価 .....	16
3. 基準地震動の策定 .....	39
4. 基準地震動の年超過確率の参照 .....	45
参考資料 .....	69

# 参考資料(微小地震分布)

## 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の微小地震分布(D10-D90評価)

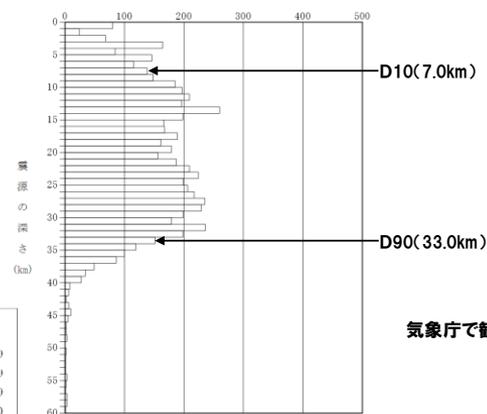
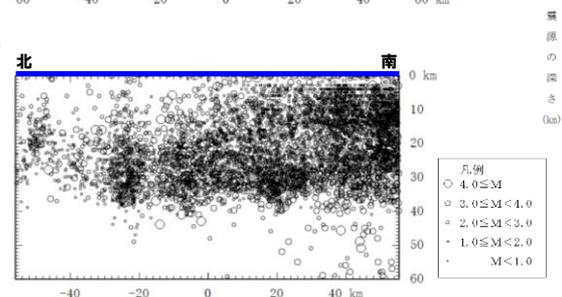
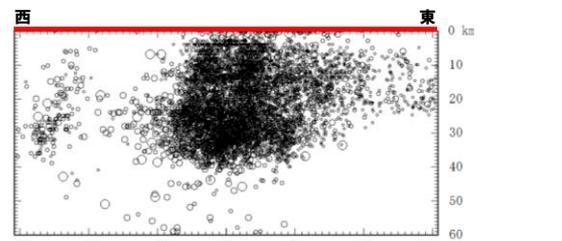
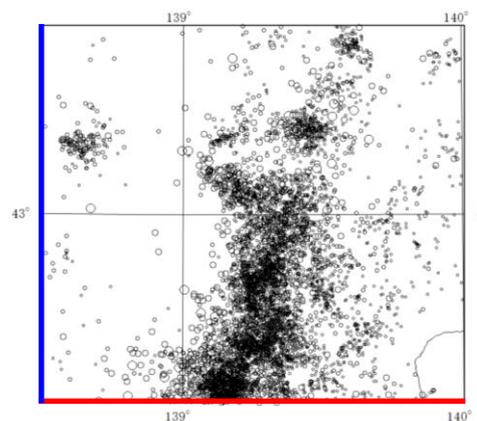
### 今回検討結果



D10 7.5km  
D90 33.0km

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 ≥ 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)

### 令和3年10月22日審査会合



D10 7.0km  
D90 33.0km

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 ≥ 1)  
 (1983年1月~2012年12月)  
 [「気象庁地震カタログ」より作成]

# 参考資料(F<sub>B</sub>-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(F<sub>B</sub>-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), Xeq=98km*
							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), Xeq=107km*
							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)

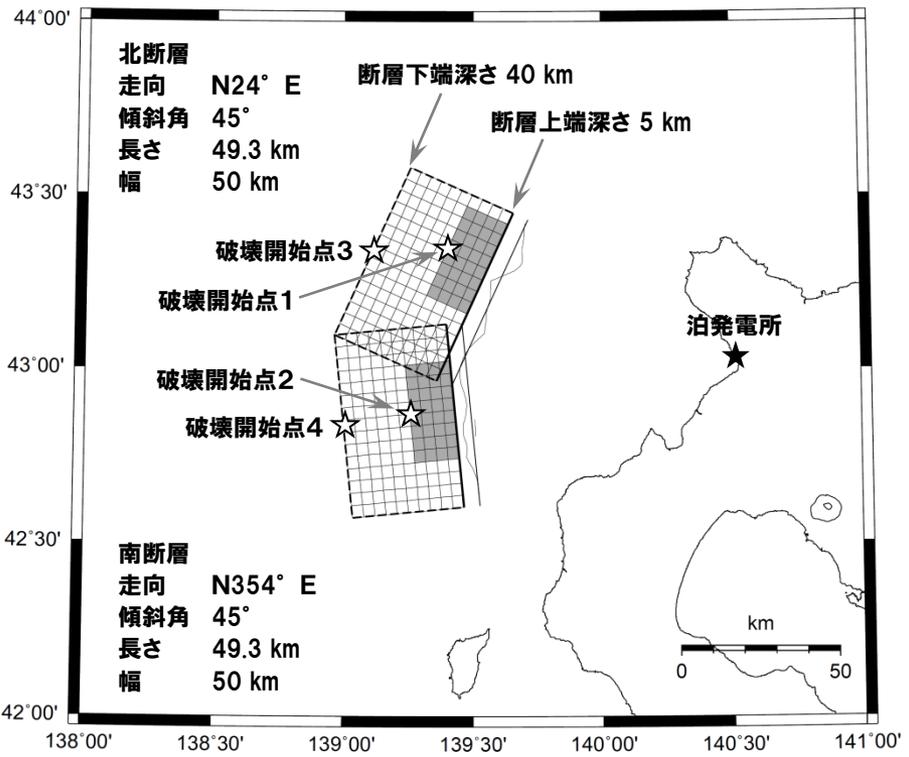
■ : 全てのケースにおいて共通的に考慮するパラメータ (偶然的な不確かさ)

※ 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(F<sub>B</sub>-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 1254.4km<sup>2</sup>

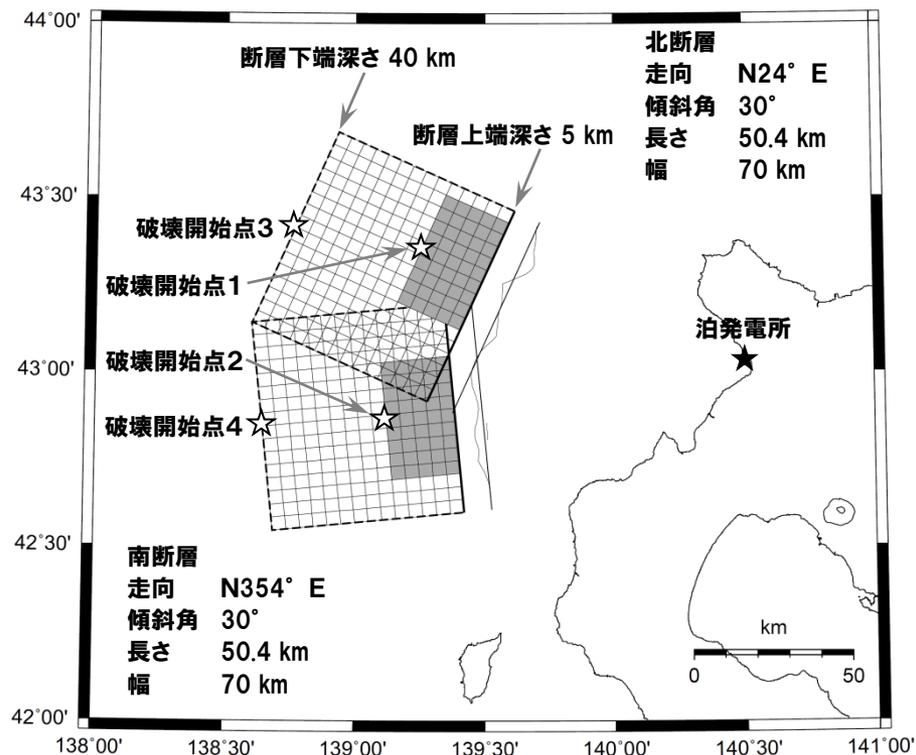
項目	設定値	設定方法	
断層原点 (地表トレス原点)	北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端	
走向	北断層: N 24° E 南断層: N354° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端	
傾斜角	45°	断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に 45° と設定	
断層長さ	98.7km(49.3km×2)*	地質調査結果に基づき矩形断層として設定	
断層幅	50km	断層上下端深さと傾斜角から設定	
拡張面積	473.7 km <sup>2</sup>	$\Delta S = W \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$ , $\Delta \theta = \theta_N - 360 + \theta_S$	
断層面積	5406.4km <sup>2</sup>	$S = L \times W + \Delta S$	
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 <sup>2</sup>	$\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9\text{g/cm}^3$ :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 <sup>2</sup>	$A = 4 \times \pi \times (S_a / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$	
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 <sup>0.69</sup>	$Q = 110 \times f^{0.69}$ (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 <sup>2</sup>	$S_a = 0.22 \times S$
	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 <sup>2</sup>	$S_b = S - S_a$
	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(F<sub>B</sub>-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  
1873.1km<sup>2</sup>

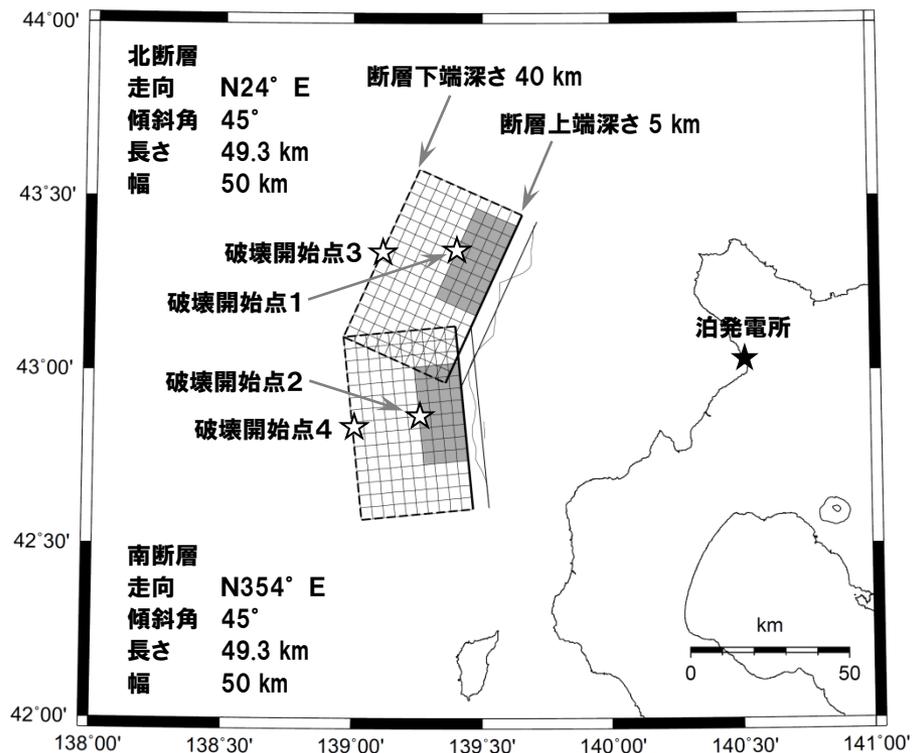
項目	設定値	設定方法	
断層原点 (地表トレス原点)	北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端	
走向	北断層: N 24° E 南断層: N354° E	地質調査結果による北断層の南端~北端 地質調査結果による南断層の南端~北端	
傾斜角	30°	不確かさを考慮し, 念のため 30° と設定	
断層長さ	100.7km(50.4km×2) <sup>*</sup>	地質調査結果に基づき矩形断層として設定	
断層幅	70km	断層上下端深さと傾斜角から設定	
拡張面積	1137.1 km <sup>2</sup>	$\Delta S = W \times \cos \theta \times \tan(\Delta \theta / 2)$ , $\Delta \theta = \theta_N - 360 + \theta_S$	
断層面積	8186.9km <sup>2</sup>	$S = L \times W + \Delta S$	
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 <sup>2</sup>	$\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9\text{g/cm}^3$ ; 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	6.12E+19N・m/s <sup>2</sup>	$A = 4 \times \pi \times (S_a / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$	
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 <sup>0.69</sup>	$Q = 110 \times f^{0.69}$ (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 <sup>2</sup>	$S_a = 0.22 \times S$
	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	$\Delta \sigma_b = S / S_a \times \Delta \sigma$
	地震モーメント	4.58E+20N・m	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	面積	6385.8km <sup>2</sup>	$S_b = S - S_a$
	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(F<sub>B</sub>-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  
 1254.4km<sup>2</sup>

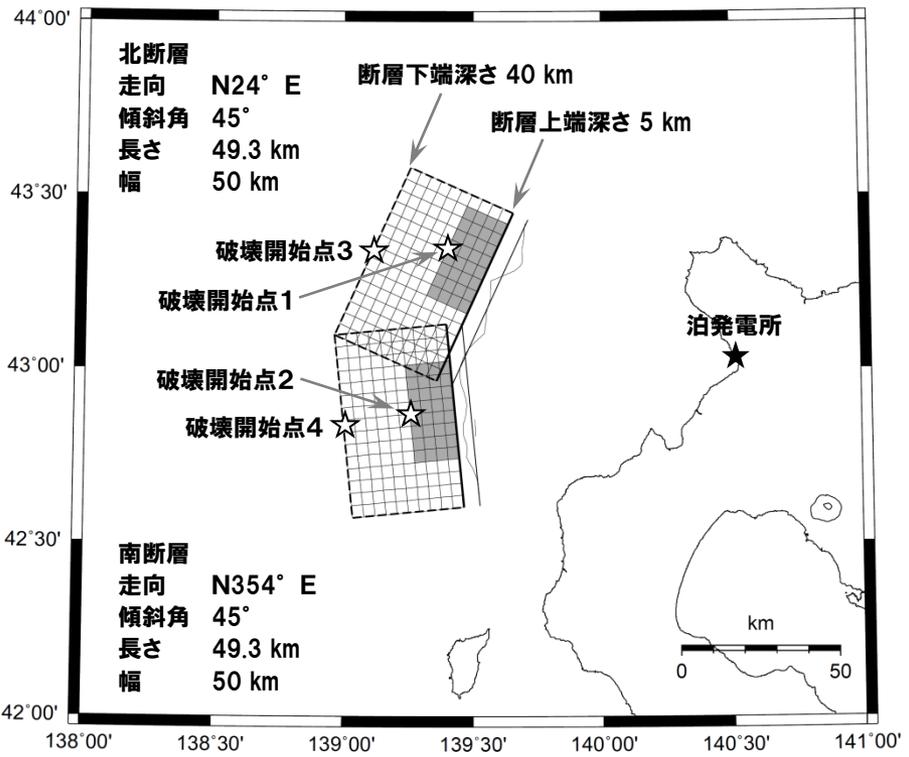
項目	設定値	設定方法	
断層原点 (地表トレス原点)	北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端	
走向	北断層: N 24° E 南断層: N354° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端	
傾斜角	45°	断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に 45° と設定	
断層長さ	98.7km(49.3km×2)*	地質調査結果に基づき矩形断層として設定	
断層幅	50km	断層上下端深さと傾斜角から設定	
拡張面積	473.7 km <sup>2</sup>	$\Delta S = W \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$ , $\Delta \theta = \theta_N - 360 + \theta_s$	
断層面積	5406.4km <sup>2</sup>	$S = L \times W + \Delta S$	
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 <sup>2</sup>	$\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9 \text{g/cm}^3$ : 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 <sup>2</sup>	$A = 4 \times \pi \times (S_a / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma \times \beta^2$	
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 <sup>0.69</sup>	$Q = 110 \times f^{0.69}$ (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 <sup>2</sup>	$S_a = 0.22 \times S$
	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 <sup>2</sup>	$S_b = S - S_a$
	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)による断層長さど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(F<sub>B</sub>-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  
 1254.4km<sup>2</sup>

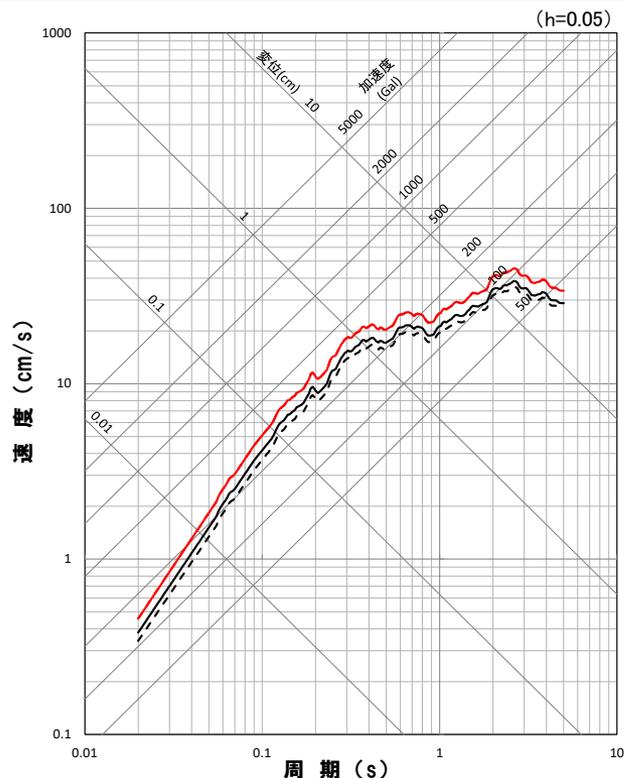
項目	設定値	設定方法	
断層原点 (地表トレース原点)	北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端	
走向	北断層: N 24° E 南断層: N354° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端	
傾斜角	45°	断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に 45° と設定	
断層長さ	98.7km(49.3km×2)*	地質調査結果に基づき矩形断層として設定	
断層幅	50km	断層上下端深さと傾斜角から設定	
拡張面積	473.7 km <sup>2</sup>	$\Delta S = W \times \cos \delta \times \tan(\Delta \theta / 2)$ , $\Delta \theta = \theta_N - 360 + \theta_s$	
断層面積	5406.4km <sup>2</sup>	$S = L \times W + \Delta S$	
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 <sup>2</sup>	$\mu = \rho \times \beta^2$ $\rho = 2.9 \text{g/cm}^3$ ; 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 <sup>2</sup>	$A = 4 \times \pi \times (S_a / \pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_s \times \beta^2$	
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 <sup>0.69</sup>	$Q = 110 \times f^{0.69}$ (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 <sup>2</sup>	$S_a = 0.22 \times S$
	平均すべり量	477.3cm	$D_a = \gamma_D \times D$
	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	$\Delta \sigma_s = S / S_0 \times \Delta \sigma$
	地震モーメント	3.03E+20N・m	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	面積	4217.0km <sup>2</sup>	$S_b = S - S_a$
	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。

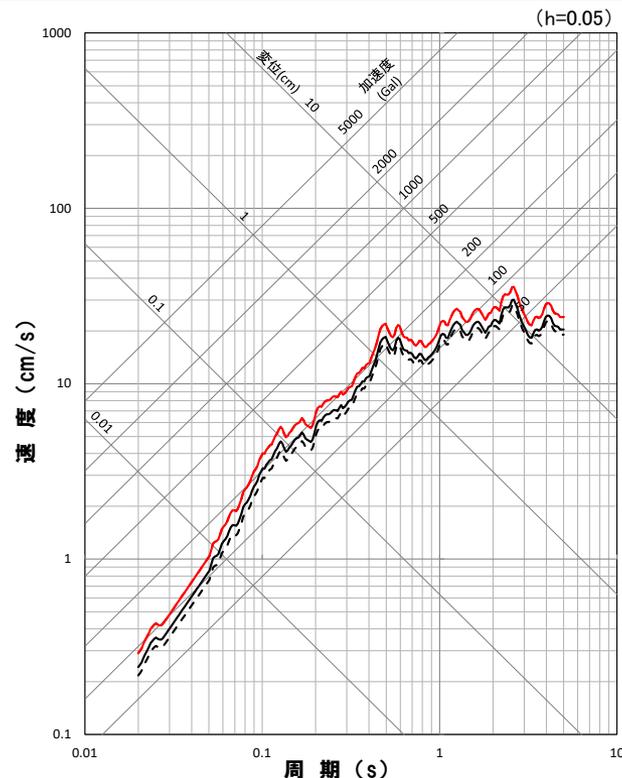
# 参考資料(応答スペクトルに基づく地震動評価結果)

## 応答スペクトルに基づく地震動評価結果

- 「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」の応答スペクトルに基づく地震動評価結果を以下に示す。
- また、「F<sub>B</sub>-2断層による地震」の応答スペクトルに基づく地震動評価結果(令和3年10月22日審査会合)も併せて示す。
- F<sub>B</sub>-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、地震規模が大きくなったこと及び等価震源距離が近くなったことから、「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」の地震動評価結果が全周期帯で大きくなっている。



応答スペクトル図(水平方向)



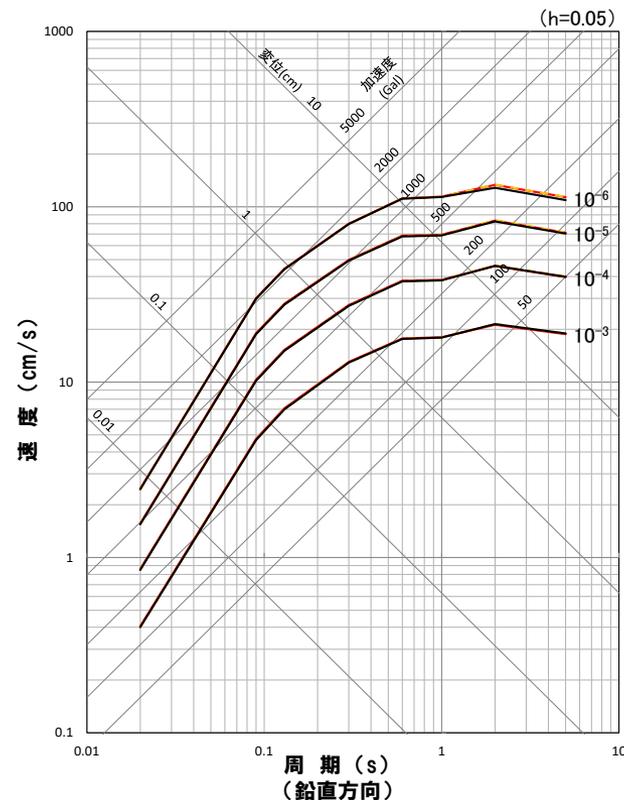
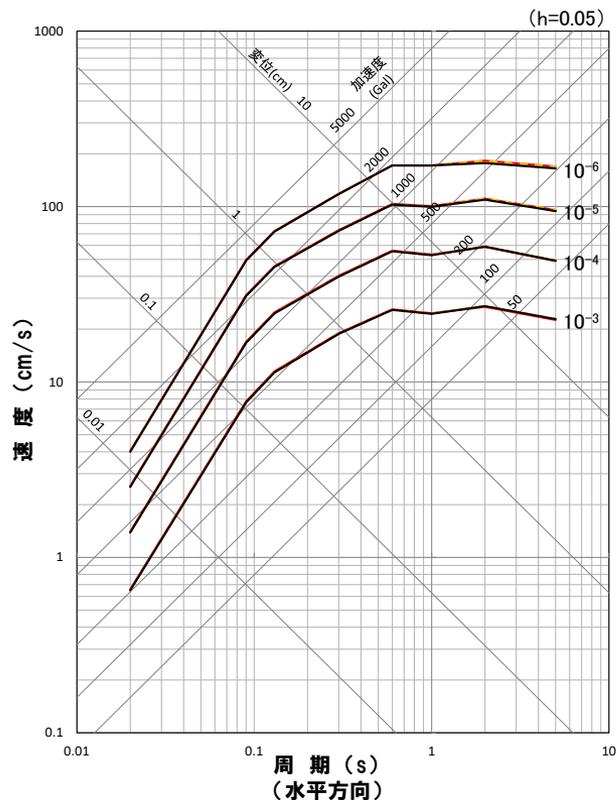
応答スペクトル図(鉛直方向)

- 後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震(基本震源モデル, 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角))(M8.3, X<sub>eq</sub>=92km)
- F<sub>B</sub>-2断層による地震(基本震源モデル)(M8.2, X<sub>eq</sub>=98km)
- - - F<sub>B</sub>-2断層による地震(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角))(M8.2, X<sub>eq</sub>=107km)

# 参考資料(確率論的地震ハザード評価結果)

## 確率論的地震ハザード評価結果(一様ハザードスペクトル)

- 「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトルについて、F<sub>B</sub>-2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮したことによる影響及び気象庁の地震データを更新したことによる影響を確認する。
- 「F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトル(令和5年11月17日審査会合)と「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトル(地震データの更新なし)を比較すると、低確率( $10^{-5}$ 及び $10^{-6}$ )の長周期側が若干大きくなるものの、その程度は小さく、F<sub>B</sub>-2断層と後志海山東方の断層の連動を考慮しても、一様ハザードスペクトルはほとんど変わらない。
- また、「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトルについて、地震データの更新あり・なしを比較すると、一様ハザードスペクトルはほぼ一致することから、気象庁の地震データを更新しても、一様ハザードスペクトルはほとんど変わらない。



- 「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトル(地震データの更新あり)
- - 「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトル(地震データの更新なし)
- 「F<sub>B</sub>-2断層による地震」を考慮した一様ハザードスペクトル