

# 泊発電所3号機 基準地震動について 【概要版】

令和6年1月23日  
北海道電力株式会社

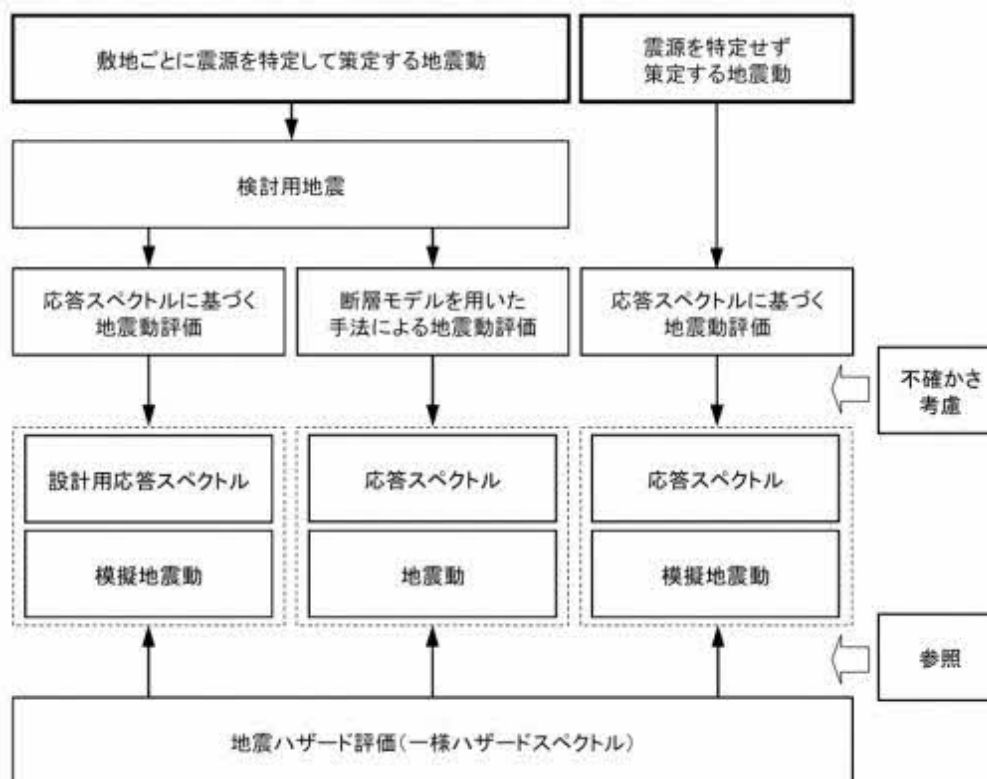
I. 基準地震動 審査の概要 .....	4
II. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 .....	12
III. 震源を特定せず策定する地震動 .....	54
IV. 基準地震動の策定 .....	124
V. 基準地震動の年超過確率の参照 .....	146

余白

# Ⅰ. 基準地震動 審査の概要

# 基準地震動 審査の概要(1/7)

- 「基準地震動」は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切なものとし、次の方針により策定する。
- 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。
- 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、敷地に大きな影響を与えると予想される地震(以下「検討用地震」という。)を複数選定し、選定した検討用地震ごとに不確かさを考慮して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により、それぞれ解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して策定する。
- 「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に各種の不確かさを考慮して、敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定する。



【要求事項】(実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第4条、第39条)

- 解放基盤表面は、著しい高低差がなく、せん断波(S波)速度がおおむね700m/s以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていない地盤に設定する。
- 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、地震波の伝播特性を反映して策定する。

### 解放基盤表面の設定

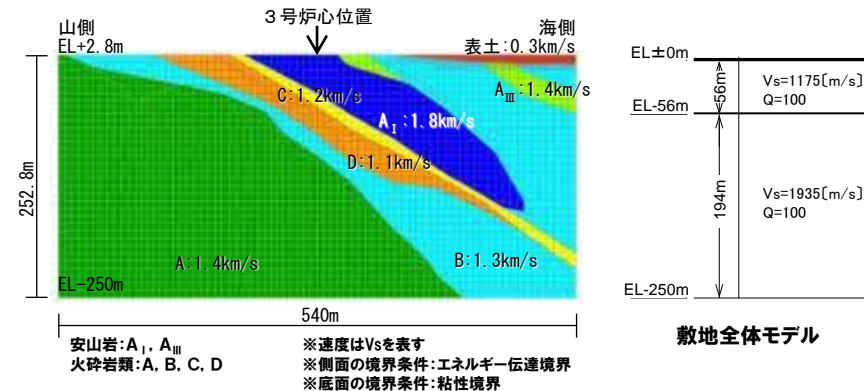
- 敷地に広く分布する神恵内層は、ボーリング孔で実施したPS検層結果等により、S波速度が0.7km/s以上であることから、この神恵内層(原子炉建屋基礎底面付近)の標高0mを解放基盤表面として設定する。
- 1・2号原子炉建屋基礎底面位置(標高+2.3m)のS波速度は、1.4km/s程度、3号原子炉建屋基礎底面位置(標高+2.8m)のS波速度は、1.8km/s程度である。

### 地震波の伝播特性の評価

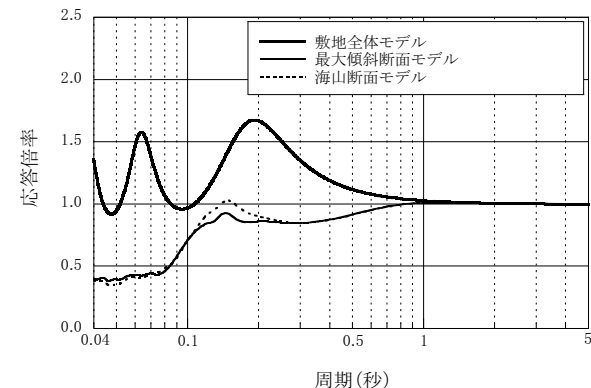
- 地震動評価に用いる地下構造モデルとして、敷地全体に分布する火砕岩類に基づいた1次元モデルを設定した。
- 敷地全体に傾斜構造がみられること、3号炉地盤に安山岩およびD級岩盤が局所的に存在することから、観測記録を用いた振動特性に関する検討、および、2次元FEMにより敷地地盤をモデル化し、振動特性に関する検討を実施した。
- 敷地地盤の構造の特徴(傾斜構造、安山岩等の分布)を踏まえ、振動特性評価を実施した結果、地質構造の特徴、入射方向等による振動特性への影響はみられるものの、特異な増幅はみられないことを確認した。



- 2次元FEMにより敷地地盤をモデル化した最大傾斜断面モデルの伝達関数は、1次元モデル(敷地全体モデル)の伝達関数と比較して、概ね同程度以下となっている。
- 敷地全体に分布する火砕岩類に基づいた1次元モデル(敷地全体モデル)を安全側のモデルとして採用する。



3号炉地盤モデル(最大傾斜断面)



各地盤モデルによる伝達関数

## 【要求事項】

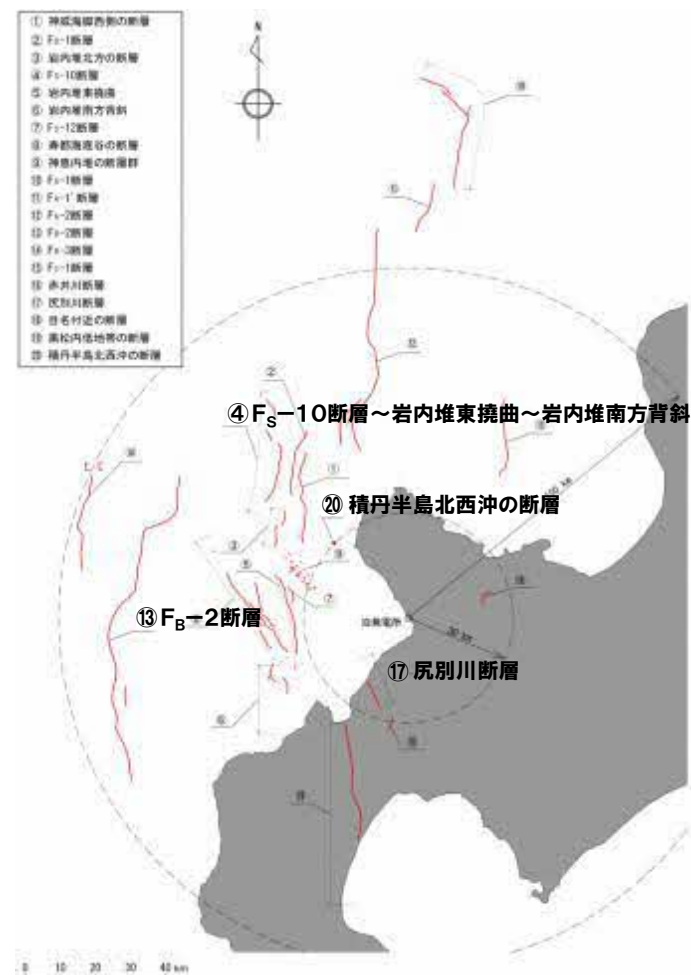
- 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」では、内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、検討用地震を複数選定し、不確かさを考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を行う。

## 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価

- 地質調査結果等に基づき、敷地に大きな影響を与えると予想される地震(検討用地震)として、以下の4地震を選定。

- ⑰ 尻別川断層による地震
- ④  $F_S-10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震
- ⑳ 積丹半島北西沖の断層による地震
- ⑬  $F_B-2$ 断層による地震

- 地震動評価において、基本震源モデルに加え、断層の傾斜角、応力降下量等の不確かさを考慮した地震動評価を実施。



**【要求事項】**

- 「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定する。
- 「震源を特定せず策定する地震動」の策定に当たっては、「全国共通に考慮すべき地震動」および「地域性を考慮する地震動」の2種類を検討対象とする。
- 「全国共通に考慮すべき地震動」は、震源近傍における観測記録を基に得られた次の知見をすべて用いる。
  - ✓ 2004年北海道留萌支庁南部の地震において、防災科学技術研究所が運用する全国強震観測網の港町観測点における観測記録から推定した基盤地震動
  - ✓ 震源近傍の多数の地震動記録に基づいて策定した地震基盤相当面(地震基盤からの地盤増幅率が小さく地震動としては地震基盤面と同等とみなすことができる地盤の解放面で、せん断波速度 $V_s=2200\text{m/s}$ 以上の地層をいう。)における標準的な応答スペクトル(以下「標準応答スペクトル」という。)

**震源を特定せず策定する地震動の評価**

- 「全国共通に考慮すべき地震動」として、北海道留萌支庁南部地震による地震動および標準応答スペクトルを考慮した地震動を採用。
- 「地域性を考慮する地震動」として、震源近傍の観測記録に基づき岩手・宮城内陸地震の3地点(栗駒ダム、金ヶ崎及び一関東)の地震動を採用。



## 【要求事項】

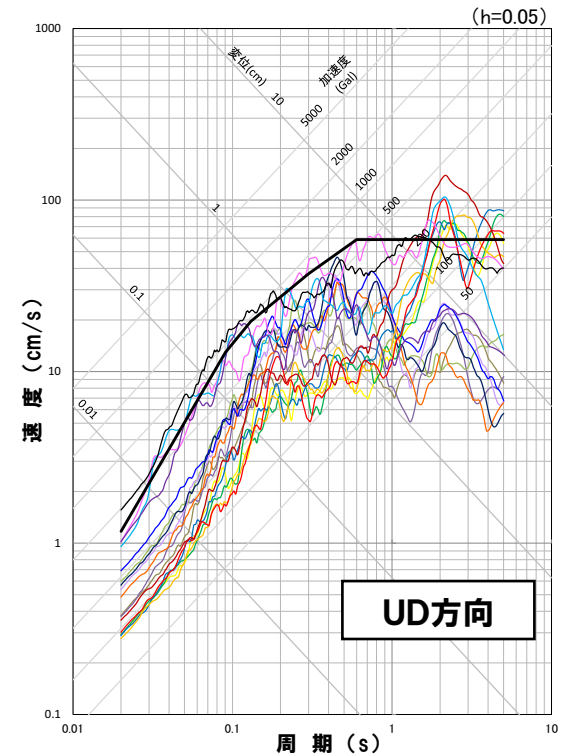
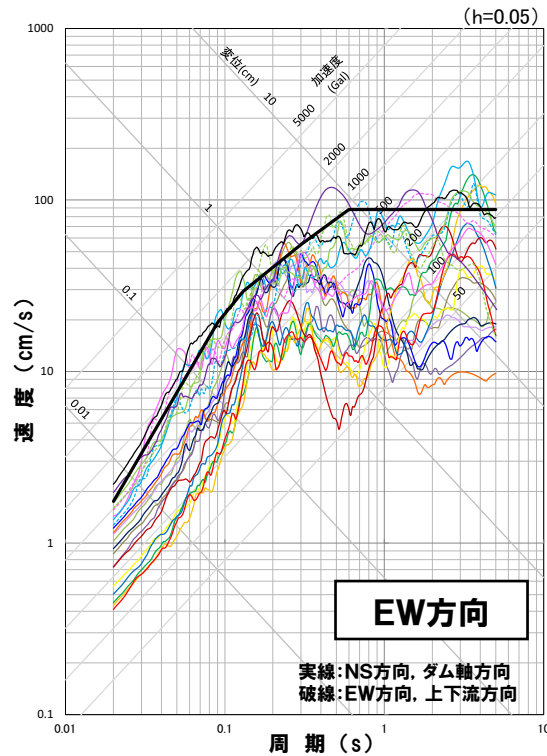
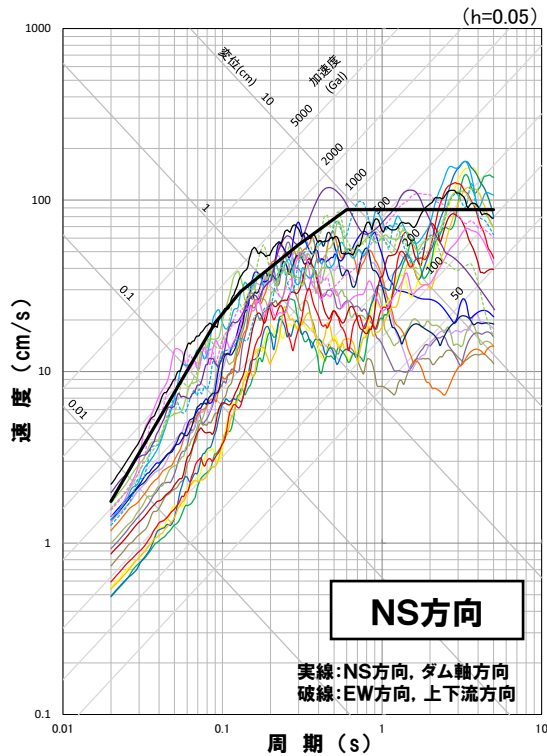
- 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定すること。

## 基準地震動の設定

- 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。
- 断層モデルを用いた手法による基準地震動および震源を特定せず策定する地震動による基準地震動は、基準地震動Ss1を上回るものから施設に与える影響を考慮して個別波として設定。

基準地震動		最大加速度 (Gal)		
		NS方向 (ダム軸方向)	EW方向 (上下流方向)	UD方向 (鉛直方向)
Ss1	設計用模擬地震波	550		368
Ss2-1	尻別川断層(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点4)	272	228	112
Ss2-2	F <sub>S</sub> -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点1)	187	129	95
Ss2-3	F <sub>S</sub> -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点4)	170	136	87
Ss2-4	F <sub>S</sub> -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度), 破壊開始点1)	154	158	91
Ss2-5	F <sub>S</sub> -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度), 破壊開始点5)	153	141	92
Ss2-6	F <sub>S</sub> -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度), 破壊開始点6)	173	176	92
Ss2-7	積丹半島北西沖の断層 走向0°ケース(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点1)	429	291	178
Ss2-8	積丹半島北西沖の断層 走向0°ケース(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点2)	448	384	216
Ss2-9	積丹半島北西沖の断層 走向0°ケース(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点3)	371	361	152
Ss2-10	積丹半島北西沖の断層 走向0°ケース(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点4)	414	353	169
Ss2-11	積丹半島北西沖の断層 走向20°ケース(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点4)	314	322	187
Ss2-12	積丹半島北西沖の断層 走向20°ケース(不確かさ考慮モデル(応力降下量), 破壊開始点2)	292	227	117
Ss2-13	積丹半島北西沖の断層 走向40°ケース(不確かさ考慮モデル(応力降下量), 破壊開始点2)	232	273	119
Ss3-1	2008年岩手・宮城内陸地震(栗駒ダム[右岸地山])	450	490	320
Ss3-2	2008年岩手・宮城内陸地震(KiK-net金ヶ崎)	430	400	300
Ss3-3	2008年岩手・宮城内陸地震(KiK-net-関東)	540	500	—
Ss3-4	2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)	620		320
Ss3-5	標準応答スペクトルを考慮した地震動	693		490

## 基準地震動の応答スペクトル



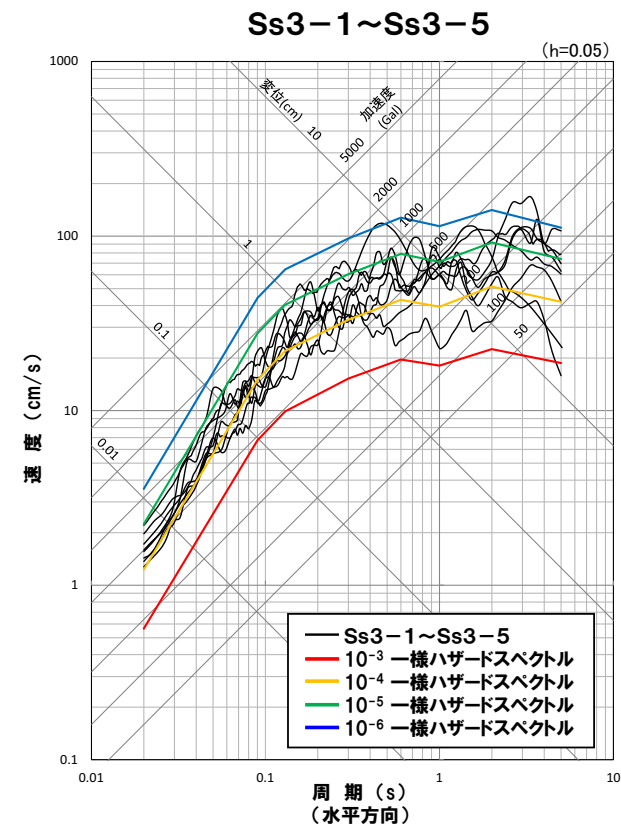
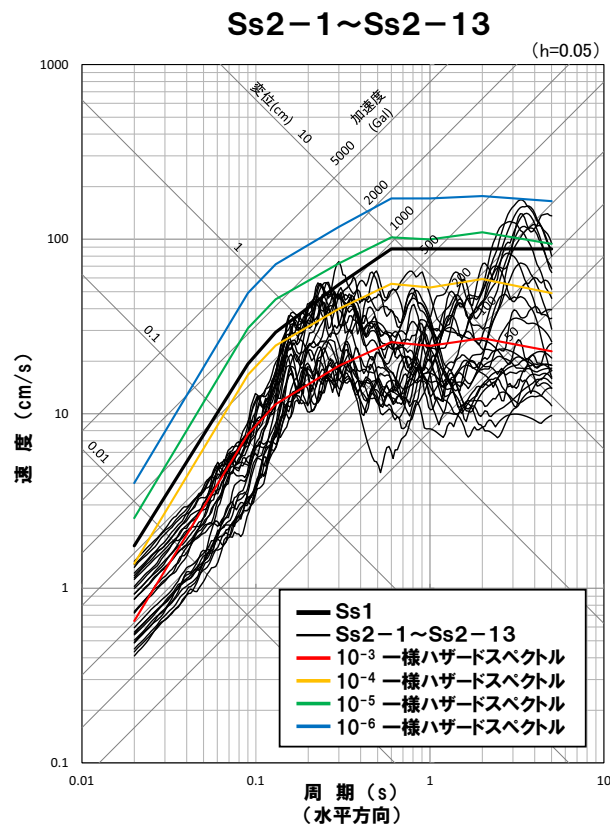
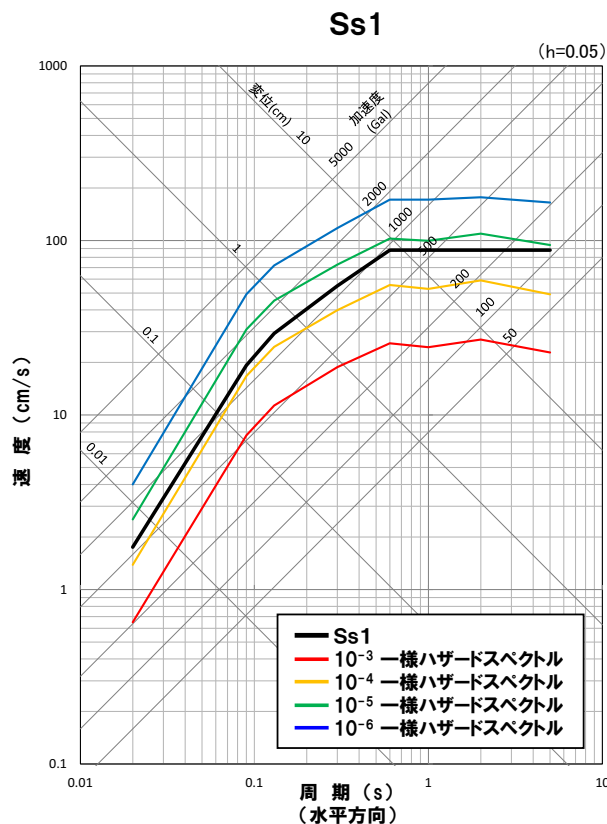
- |  |   |
|--|---|
| — 基準地震動Ss1   | — 基準地震動Ss2-8 積丹半島北西沖の断層 走向0° ケース (断層の傾斜角, 破壊開始点2)   |
| — 基準地震動Ss2-1 尻別川断層(断層の傾斜角, 破壊開始点4)                               | — 基準地震動Ss2-9 積丹半島北西沖の断層 走向0° ケース (断層の傾斜角, 破壊開始点3)   |
| — 基準地震動Ss2-2 F <sub>S</sub> -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(断層の傾斜角, 破壊開始点1) | — 基準地震動Ss2-10 積丹半島北西沖の断層 走向0° ケース (断層の傾斜角, 破壊開始点4)  |
| — 基準地震動Ss2-3 F <sub>S</sub> -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(断層の傾斜角, 破壊開始点4) | — 基準地震動Ss2-11 積丹半島北西沖の断層 走向20° ケース (断層の傾斜角, 破壊開始点4) |
| — 基準地震動Ss2-4 F <sub>S</sub> -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(破壊伝播速度, 破壊開始点1) | — 基準地震動Ss2-12 積丹半島北西沖の断層 走向20° ケース (応力降下量, 破壊開始点2)  |
| — 基準地震動Ss2-5 F <sub>S</sub> -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(破壊伝播速度, 破壊開始点5) | — 基準地震動Ss2-13 積丹半島北西沖の断層 走向40° ケース (応力降下量, 破壊開始点2)  |
| — 基準地震動Ss2-6 F <sub>S</sub> -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(破壊伝播速度, 破壊開始点6) |   |
| — 基準地震動Ss2-7 積丹半島北西沖の断層 走向0° ケース (断層の傾斜角, 破壊開始点1)                |   |
| — 基準地震動Ss3-1 2008年岩手・宮城内陸地震(栗駒ダム[右岸地山])                          | — 基準地震動Ss3-4 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)              |
| — 基準地震動Ss3-2 2008年岩手・宮城内陸地震(KiK-net金ヶ崎)                          | — 基準地震動Ss3-5 標準応答スペクトルを考慮した地震動                      |
| — 基準地震動Ss3-3 2008年岩手・宮城内陸地震(KiK-net一関東)                          |   |

## 【要求事項】

- 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」および「震源を特定せず策定する地震動」については、それぞれが対応する超過確率を参照し、それぞれ策定された地震動の応答スペクトルがどの程度の超過確率に相当するかを把握する。

## 基準地震動の年超過確率の参照

- 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」に基づき、確率論的地震ハザード評価を実施。
- 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した。



## II. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討概要 .....	14
1. 敷地周辺の地震発生状況 .....	18
2. 敷地周辺の活断層の分布 .....	20
3. 敷地地盤の振動特性 .....	22
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 .....	25
(1) 尻別川断層による地震 .....	30
(2) 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 .....	33
(3) 積丹半島北西沖の断層による地震 .....	36
(4) F <sub>B</sub> -2断層による地震 .....	48

## 【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

- 敷地での震度がV程度以上と推定される地震: 1993年北海道南西沖地震
- 震度Vに準ずる地震(震度IVの領域): 1792年後志の地震, 1905年神威岬沖の地震, 1940年神威岬沖の地震

### ○敷地周辺の地震活動

- 気象庁で観測された地震の震央分布および震源鉛直分布から敷地周辺の地震活動状況を整理



## 【2. 敷地周辺の活断層の分布】

### ○敷地周辺の活断層の分布

- 文献調査等に基づき, 敷地および敷地周辺の活断層の分布を把握
- 敷地に震度V程度以上の影響を及ぼすおそれのある活断層による地震: 神威海脚西側の断層,  $F_D-1$ 断層~岩内堆北方の断層,  $F_S-10$ 断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜, 寿都海底谷の断層,  $F_A-2$ 断層,  $F_B-2$ 断層および黒松内低地帯の断層



1章・2章の整理を踏まえ, 4章の「検討用地震の選定」において, 地震動評価に用いる検討用地震を選定する。



### 【3. 敷地地盤の振動特性】

#### ○解放基盤表面の設定

➢ボーリング孔で実施したPS検層結果等から、敷地に広く分布する神恵内層を解放基盤表面として設定

#### ○地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

➢敷地内・敷地周辺の調査結果・地震観測記録および他機関評価結果等に基づき地下構造モデルを設定

#### ○敷地地盤の振動特性に関する検討

➢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

#### 【地震観測記録を用いた検討】

泊発電所の地震観測記録を分析し、地震の到来方向や敷地地盤の傾斜構造等による特異な増幅がないことを確認

#### 【解析による検討】

敷地の傾斜構造や地震波の入射角・入射方向等による振動特性への影響を地下構造を考慮した地盤モデルを用いて検討し、敷地地盤の特異な増幅がないことを確認

また、泊発電所を含む敷地周辺の深部地下構造をモデル化した2次元FEM解析により、特異な増幅がないことを確認

#### ○地震動評価に用いる地下構造モデルの検討

➢敷地全体モデルを地震動評価に用いる地下構造モデルとして採用

4章の「地震動評価」では、3章の検討結果を反映した地下構造モデルを用いる。



## 【4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動】(1/2)

## ○検討用地震の選定

「1. 敷地周辺の地震発生状況」、「2. 敷地周辺の活断層の分布」を踏まえ、敷地に特に大きな影響を及ぼすと考えられる地震を選定

## 【内陸地殻内地震】

- 尻別川断層による地震
- $F_S-10$ 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

## 【内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)】

- $F_B-2$ 断層による地震



## ○基本震源モデルの設定

## ➢内陸地殻内地震

## 【尻別川断層による地震】(4.3(1))

震源断層が地震発生層の上端から下端まで広がっており、断層幅と同じ断層長さを持つと仮定し、長さ22.6kmを基本震源モデルの断層長さとして設定

【 $F_S-10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震】(4.3(2))

地質調査結果を踏まえ、基本震源モデルの断層長さとして100.4kmと設定

## 【積丹半島北西沖の断層による地震】(4.3(3))

震源断層が地震発生層の上端から下端まで広がっており、断層幅と同じ断層長さを持つと仮定し、長さ22.6kmを基本震源モデルの断層長さとして設定

## ➢内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)

【 $F_B-2$ 断層による地震】(4.3(4))

地質調査結果を踏まえ、基本震源モデルの断層長さとして98.7kmと設定





## 【4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動】(2/2)

○地震動評価(審査ガイドに従い、種々の不確かさを考慮して評価)

## ➤内陸地殻内地震

## 【尻別川断層による地震】(4.3(1))

・応答スペクトルに基づく評価  
Noda et al. (2002) により評価を実施

・断層モデルを用いた手法による評価  
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(波数積分法)を用いて評価し、それぞれを組み合わせることによって評価するハイブリッド合成法を用いて実施

【 $F_S-10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震】(4.3(2))

・応答スペクトルに基づく評価  
Noda et al. (2002) により評価を実施

・断層モデルを用いた手法による評価  
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(波数積分法)を用いて評価し、それぞれを組み合わせることによって評価するハイブリッド合成法を用いて実施

## 【積丹半島北西沖の断層による地震】(4.3(3))

・応答スペクトルに基づく評価  
Noda et al. (2002) により評価を実施

・断層モデルを用いた手法による評価  
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(波数積分法)を用いて評価し、それぞれを組み合わせることによって評価するハイブリッド合成法を用いて実施

## ➤内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)

【 $F_B-2$ 断層による地震】(4.3(4))

・応答スペクトルに基づく評価  
Noda et al. (2002) により評価を実施

・断層モデルを用いた手法による評価  
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(波数積分法)を用いて評価し、それぞれを組み合わせることによって評価するハイブリッド合成法を用いて実施  
また、経験的グリーン関数法による評価も実施

# 1. 敷地周辺の地震発生状況

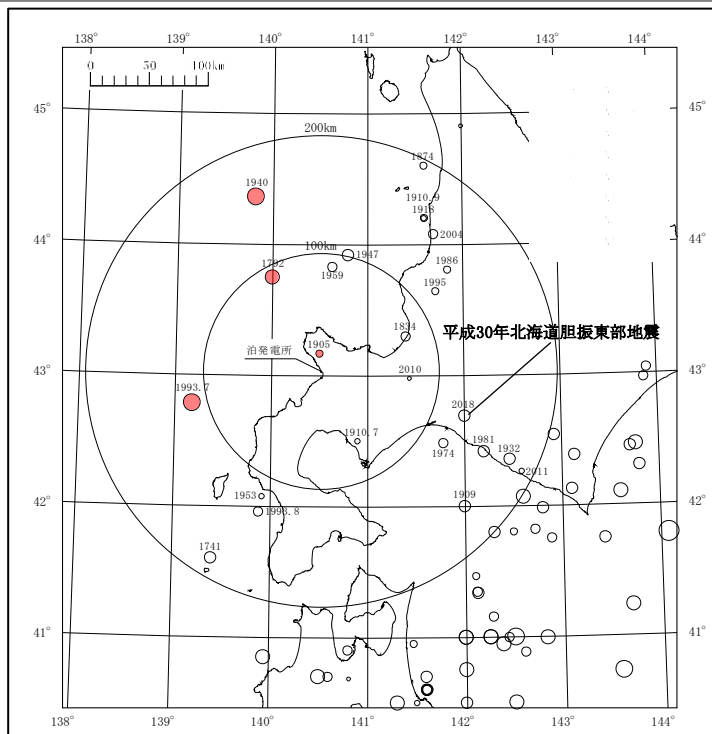
# 1. 敷地周辺の地震発生状況

## 1.1 敷地周辺の被害地震

R3.10.22審査会合資料

### 被害地震

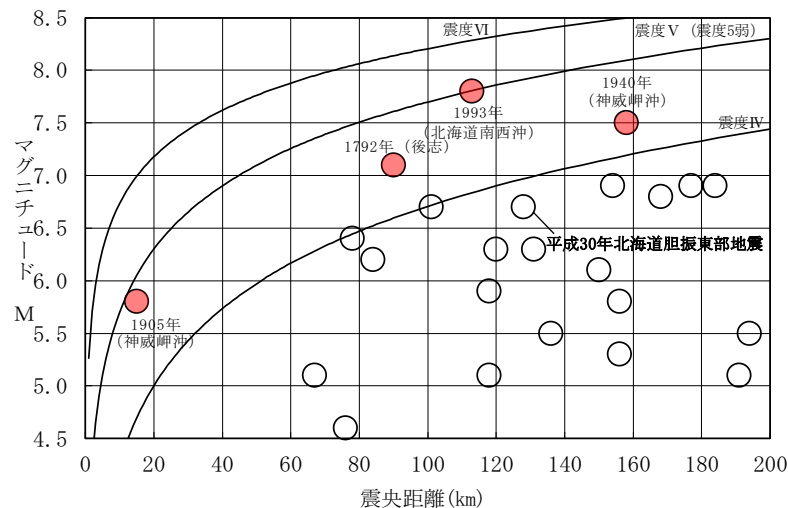
敷地周辺の被害地震の震央分布



※敷地から200km程度以内の被害地震

1884年以前 宇佐美ほか(2013)  
 1885年～1922年 茅野・宇津カタログ(2001)  
 ただし、1905年神威岬沖の地震については、「日本附近におけるおもな地震の規模表」による  
 1923年以降 気象庁地震カタログ  
 ただし、平成30年北海道胆振東部地震については、気象庁ホームページによる

敷地周辺の被害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

### 敷地に影響を及ぼす地震

地震の名称	マグニチュードM	震央距離Δ (km)
1792年後志	7.1	90
1905年神威岬沖	5.8	15
1940年神威岬沖	7.5	158
1993年北海道南西沖地震	7.8	113

※上記の震央位置は、左記の震央分布図に赤丸として示す。

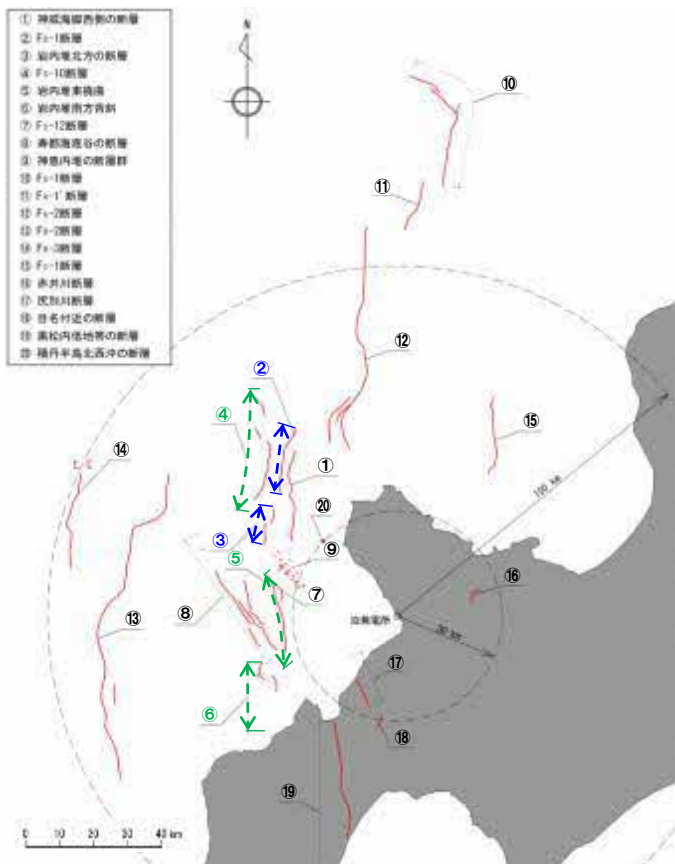
- 敷地での震度がV程度以上と推定される地震として、1993年北海道南西沖地震がある。また、震度IVの領域にあって震度Vに準ずる地震として、1792年後志の地震、1905年神威岬沖の地震および1940年神威岬沖の地震がある。
- 平成30年北海道胆振東部地震については、マグニチュード－震央距離図の関係から、敷地に影響を及ぼす地震ではない。

## 2. 敷地周辺の活断層の分布

## 2. 敷地周辺の活断層の分布

R3.10.22審査会合資料

### 敷地周辺の活断層分布



○ $F_D-1$ 断層および岩内堆北方の断層については、調査結果に基づき、「 $F_D-1$ 断層～岩内堆北方の断層」を一括して評価する。また、 $F_S-10$ 断層、岩内堆東撓曲および岩内堆南方背斜については、調査結果に基づき、「 $F_S-10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜」までを連動の対象として評価する。

○なお、 $F_A-1$ 断層および $F_A-1'$ 断層については、調査結果に基づき一括して評価するものの、敷地から100km以遠にあり、断層長さ48km、マグニチュード7.6であることから敷地に大きな影響を及ぼすものではない。

### 敷地周辺の主な活断層

断層の名称	断層長さ (km)	マグニチュード <sup>※1</sup> M	震央距離 Δ(km)
①神威海脚西側の断層	31.5	7.3	48
② $F_D-1$ 断層～③岩内堆北方の断層	39	7.5	51
④ $F_S-10$ 断層～⑤岩内堆東撓曲～⑥岩内堆南方背斜	98	8.2	42
⑦ $F_S-12$ 断層 <sup>※2</sup>	6.7	6.2	34
⑧寿都海底谷の断層	42	7.5	47
⑨神恵内堆の断層群 <sup>※2</sup>	—	—	34
⑫ $F_A-2$ 断層	65	7.9	81
⑬ $F_B-2$ 断層	101	8.2	85
⑭ $F_B-3$ 断層	45	7.6	99
⑮ $F_C-1$ 断層	27	7.2	59
⑯赤井川断層 <sup>※2</sup>	5	6.0	23
⑰尻別川断層 <sup>※2</sup>	16	6.8	22
⑱目名付近の断層 <sup>※2</sup>	5	6.0	31
⑲黒松内低地帯の断層	51	7.7	58
⑳積丹半島北西沖の断層 <sup>※2, ※3</sup>	—	—	30

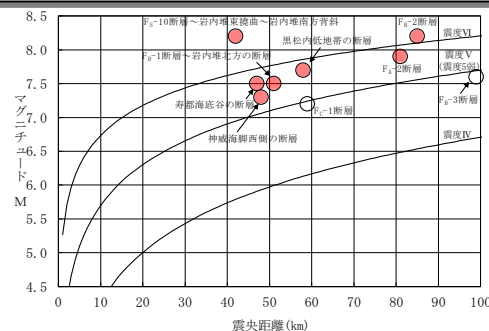
※1: マグニチュードは松田(1975)による断層長さと地震のマグニチュードの関係式による

※2: 孤立した短い活断層として評価する

※3: 安全側の判断として、積丹半島北西沖に断層を仮定

※: 赤字は、敷地に震度V程度以上の影響を及ぼすおそれのある活断層

### 敷地周辺の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

○敷地に震度V程度以上の影響を及ぼすおそれのある活断層による地震として神威海脚西側の断層、 $F_D-1$ 断層～岩内堆北方の断層、 $F_S-10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜、寿都海底谷の断層、 $F_A-2$ 断層、 $F_B-2$ 断層および黒松内低地帯の断層による地震がある。

### 3. 敷地地盤の振動特性

### 3. 敷地地盤の振動特性

## 3.3 敷地地盤の振動特性に関する検討

R3.10.22審査会合資料(一部修正)

- 敷地内・敷地周辺の調査結果・地震観測記録等を活用して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、敷地地盤の振動特性を以下の検討フローに基づき検討した。

#### 【地下構造に関する調査結果】

- 地震基盤とみなせるP波速度6.0km/sの層は、敷地周辺では標高-2200m程度で大局的には平坦
- 敷地は、凝灰角礫岩および凝灰岩等を主体(3号炉側に一部安山岩が分布)とした地質構造であり、ほぼ海岸線に平行する走向で、海山方向へ傾斜する傾斜構造
- 敷地地盤は硬質で、速度構造に極端なコントラストのある部分が存在していない

#### 【地震観測記録を用いた検討】

##### 【① Noda et al. (2002) による応答スペクトルとの比較検討】

- ・観測された地震の特異な増幅特性の有無を確認
- ・深部地盤を含めた敷地における増幅特性の有無を確認

##### 【② 地震の到来方向による影響検討】

- ・地震の到来方向による特異な増幅特性の有無を確認することで、敷地地盤の傾斜構造による特異な増幅特性の有無を確認

##### 【③ 安山岩等による影響検討】

- ・3号炉側に分布する安山岩等を含む観測点間のフーリエスペクトル比を評価し、安山岩等による特異な増幅特性の有無を確認

##### 【④ 1号炉観測点と3号炉観測点との比較】

- ・号機間の増幅特性の差異を確認

#### 【解析による検討】

##### 【地質構造を考慮した解析による検討】

##### 【⑤ 傾斜構造、入射角、入射方位角による影響検討】

- ・傾斜構造、入射角、入射方位角が伝達関数へ与える影響を確認

##### 【⑥ 観測記録と解析による検討の比較】

- ・2次元地盤モデルにより解析的に評価した伝達関数の妥当性確認

##### 【深部凹構造による振動特性に関する検討】

##### 【⑦ フォーカシングに関する検討】

- ・泊発電所敷地を含む領域のレンズ状の凹構造による特異な増幅特性の有無を確認

#### 【地震動評価に用いる地下構造モデルの検討】

##### 【地震動評価に用いる地下構造モデルの検討】

- ・敷地地盤の地質構造による特性を踏まえた地震動評価モデルを設定
- ・地震動評価に用いる地下構造モデルの妥当性確認

※平成30年北海道胆振東部地震については、敷地において観測記録が得られており、敷地地盤の振動特性に関する検討結果(平成26年3月12日審査会合)に影響を与えるものではないことを確認している。

## 3.4 地震動評価に用いる地下構造モデルの検討

R3.10.22審査会合資料

## 敷地地盤の振動特性に関する検討 まとめ

- 地震動評価に用いる地下構造モデルとして、敷地全体に分布する火砕岩類に基づいた1次元モデルを設定した。
- しかしながら、敷地全体に傾斜構造がみられること、3号炉地盤に安山岩およびD級岩盤が局所的に存在することから、観測記録を用いた振動特性に関する検討、および、2次元FEMにより敷地地盤をモデル化し、振動特性に関する検討を実施した。

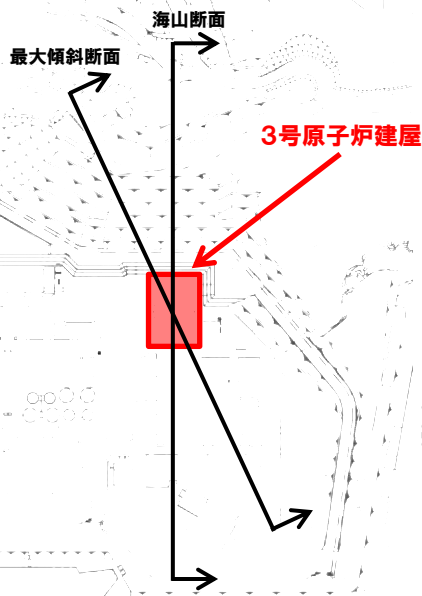
- 敷地地盤の構造の特徴(傾斜構造、安山岩等の分布)を踏まえ、振動特性評価を実施した結果、地質構造の特徴、入射方向等による振動特性への影響はみられるものの、特異な増幅はみられないことを確認した。
- 特に安山岩により短周期側の応答が低減されることを確認した。

## 地震動評価モデルへの展開

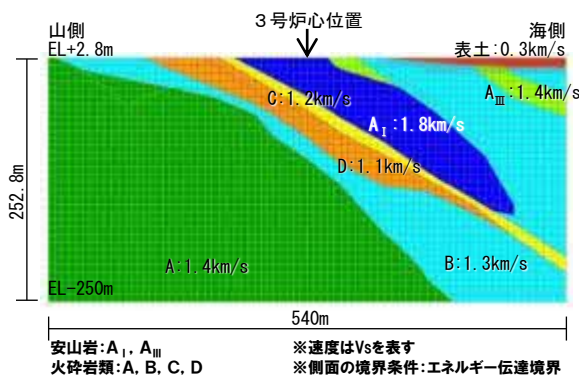
- 地震動評価に用いる地盤モデルは、安全側の配慮として、「3号炉地盤に局所的に存在する安山岩による応答の低減効果」を考慮しない。



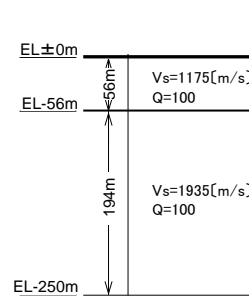
- 2次元FEMにより敷地地盤をモデル化した最大傾斜断面モデルの伝達関数は、1次元モデル(敷地全体モデル)の伝達関数と比較して、概ね同程度以下となっている。
- 敷地全体に分布する火砕岩類に基づいた1次元モデル(敷地全体モデル)を安全側のモデルとして採用する。



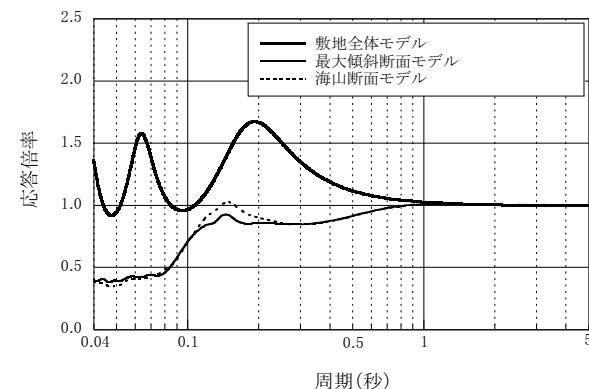
3号炉地盤モデル(断面位置)



3号炉地盤モデル(最大傾斜断面)



敷地全体モデル



各地盤モデルによる伝達関数



## 4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## 4.1 検討用地震の選定

R3.10.22審査会合資料

## 検討用地震の選定

- 敷地に影響を及ぼす地震の発生様式は、内陸地殻内地震であり、逆断層を想定している。
- 地震の規模と震央距離との関係から選定された内陸地殻内地震(「孤立した短い活断層」を含む。)および内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)について、Noda et al. (2002)の手法を用い、応答スペクトルに基づく地震動評価を行い、敷地に特に大きな影響を及ぼすと考えられる地震を検討用地震として選定する。
- なお、評価にあたっては、Noda et al. (2002)による内陸地殻内地震の補正係数は、考慮しない。

## 検討用地震選定のための内陸地殻内地震の諸元

名称		断層長さ (km)	傾斜方向※1	マグニチュードM	震央距離 Δ (km)	等価震源距離 (km) ※2	
内陸地殻内地震	1905年神威岬沖の地震	—	—	5.8	15	16	
	1792年後志の地震	—	—	7.1	90	92	
	神威海脚西側の断層による地震	31.5	西傾斜	7.3 ※3	48	53	
	F <sub>D</sub> -1断層～岩内堆北方の断層による地震※4	39	—	7.5 ※3	51	57	
	寿都海底谷の断層による地震	42	概ね東傾斜	7.5 ※3	47	54	
	黒松内低地帯の断層による地震	51	西傾斜	7.7 ※3	58	66	
	F <sub>A</sub> -2断層による地震	65	西傾斜	7.9 ※3	81	90	
	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※4	98	西傾斜	8.2 ※3	42	67	
	孤立した短い活断層	赤井川断層による地震	22.6 ( 5 ) ※5	—	7.1 ※3	23	29
		目名付近の断層による地震	22.6 ( 5 ) ※5	西傾斜	7.1 ※3	31	36
		F <sub>S</sub> -12断層による地震	22.6 (6.7) ※5	西傾斜	7.1 ※3	34	38
		尻別川断層による地震	22.6 (16) ※5	西傾斜	7.1 ※3	22	28
		神恵内堆の断層群による地震	22.6 ( — ) ※5	—	7.1 ※3	34	38
		積丹半島北西沖の断層による地震	22.6 ( — ) ※5	東傾斜	7.1 ※3	30	35
	の東縁部 日本海	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	
F <sub>B</sub> -2断層による地震		101	西傾斜	8.2 ※3	85	100	

※1 地質調査結果およ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

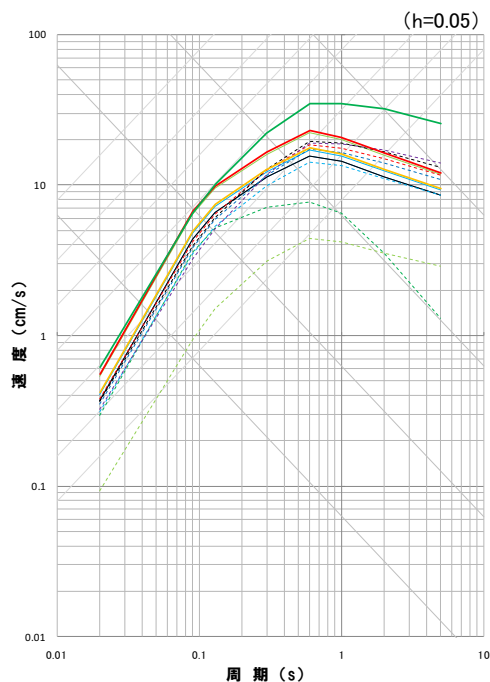
※3 活断層による地震のマグニチュードは、松田(1975)による断層長さとの関係式による

※4 一括もしくは連動の対象として評価

※5 ( )内は、地質調査結果に基づく断層長さ

## 4.1 検討用地震の選定

## 内陸地殻内地震の応答スペクトルの比較



## 「尻別川断層による地震」

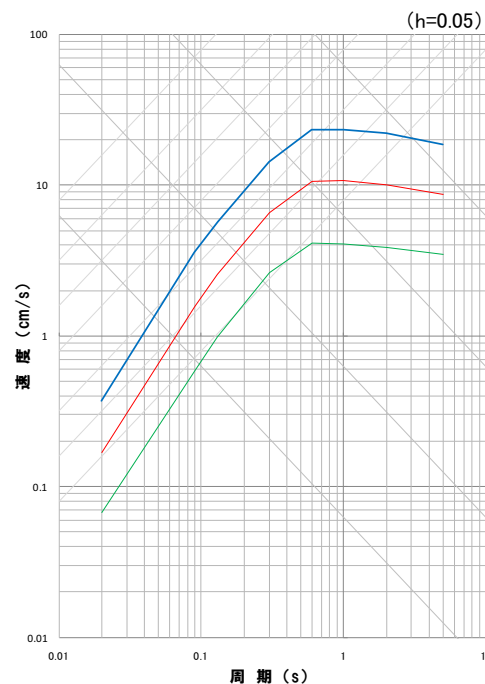
および「 $F_S-10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」の応答スペクトルが全周期帯で他の評価結果を包絡していることから、上記の2地震を検討用地震として選定する。

また、「積丹半島北西沖の断層による地震」の応答スペクトルが比較的大きく、断層の傾斜方向が敷地側であることから、この地震についても、上記の2地震に加えて検討用地震として選定する。

- 1905年神威岬沖の地震
- 1792年後志の地震
- 神威海脚西側の断層による地震
- $F_D-1$ 断層～岩内堆北方の断層による地震
- 寿都海底谷の断層による地震
- 黒松内低地帯の断層による地震
- $F_A-2$ 断層による地震
- $F_S-10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震
- 赤井川断層による地震
- 目名付近の断層による地震
- $F_S-12$ 断層による地震
- 尻別川断層による地震
- 神恵内堆の断層群による地震
- 積丹半島北西沖の断層による地震

※ 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

## 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の応答スペクトルの比較



「 $F_B-2$ 断層による地震」の応答スペクトルが全周期帯で他の評価結果を包絡していることから、上記の地震を検討用地震として選定する。

- 1940年神威岬沖の地震
- 1993年北海道南西沖地震
- $F_B-2$ 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

## 4.3 検討用地震の地震動評価

## 検討用地震の地震動評価手法

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」および「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

○基本震源モデルの設定にあたっては、複数の方法により断層パラメータを評価し、主要な断層パラメータの比較から、地震動評価に与える影響が大きいと考えられる方法を採用する。

## ○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およ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。
- 内陸地殻内地震については、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、Noda et al.(2002)の方法に従って求めた地盤増幅率を用いて応答スペクトルを補正する。なお、内陸地殻内地震の補正係数は安全側に考慮しない。
- 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。

※「尻別川断層による地震」、「 $F_S-10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」および「積丹半島北西沖の断層による地震」については、断層近傍で発生した地震が観測されていない。また、「 $F_B-2$ 断層による地震」については、 $F_B-2$ 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およ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、審査会合での指摘事項を踏まえ、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経験的グリーン関数法を用いた地震動評価も実施する。

## 4.3 検討用地震の地震動評価

## 不確かさを考慮する断層パラメータ

## 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"> <li>① 断層傾斜角</li> <li>② 応力降下量</li> <li>③ 破壊伝播速度*</li> </ul> | } | <p>認識論的不確かさに分類されるもので、<br/>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"> <li>④ アスペリティの位置</li> <li>⑤ 破壊開始点</li> </ul>                | } | <p>偶然的な不確かさに分類されるもので、<br/>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、「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」、「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。

## (1) 尻別川断層による地震

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	当社および他機関の地質調査結果を踏まえた黒松内低地断層帯の傾斜角から60°程度と想定されるが、地震調査委員会(2009, 2020)を踏まえて45°と設定。	地震規模(地震モーメント)が大きくなるように基本震源モデルより低角の傾斜角を考慮することとし、周辺の断層において低角という知見がないことから、地震調査委員会(2009, 2020)を踏まえて30°と設定。
アスペリティの応力降下量	地震調査委員会(2009, 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(2009, 2020)による値の1.5倍の応力降下量を考慮。
アスペリティの位置, 数	地質調査結果に基づき評価した断層長さ16kmの中央位置が基本と考えているが、安全側の評価として、地質調査結果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1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。	

## 4.3 検討用地震の地震動評価

### (1) 尻別川断層による地震

#### 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	アスペリティ 位置	破壊開始点	備考
(地質調査結果)	16	—	—	—	—	—	○地質調査結果により断層長さ16km ○地震動評価は基本震源モデルにて代表
基本震源モデル	22.6	22.6	45	地震調査委員会 (2009, 2020)	敷地に近い 位置の地 表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央	○地震調査委員会(2009, 2020)等を 参考に、震源断層が地震発生層の上端から 下端まで拡がっており、断層幅と同じ断層 長さをもつ断層面を仮定し、断層長さ22.6km を考慮したモデル ○M7.2, Xeq=28km <sup>※2</sup>
						アスペリティ下端端部	
						巨視的断層面下端中央	
						巨視的断層面下端端部	
不確かさ考慮モデル (断層の傾斜角)	32.0	32.0	30	地震調査委員会 (2009, 2020)	敷地に近い 位置の地 表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央	○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 ○M7.3, Xeq=34km <sup>※2</sup>
						アスペリティ下端端部	
						巨視的断層面下端中央	
						巨視的断層面下端端部	
不確かさ考慮モデル (応力降下量)	22.6	22.6	45	地震調査委員会 (2009, 2020) ×1.5	敷地に近い 位置の地 表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央	○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
						アスペリティ下端端部	
						巨視的断層面下端中央	
						巨視的断層面下端端部	

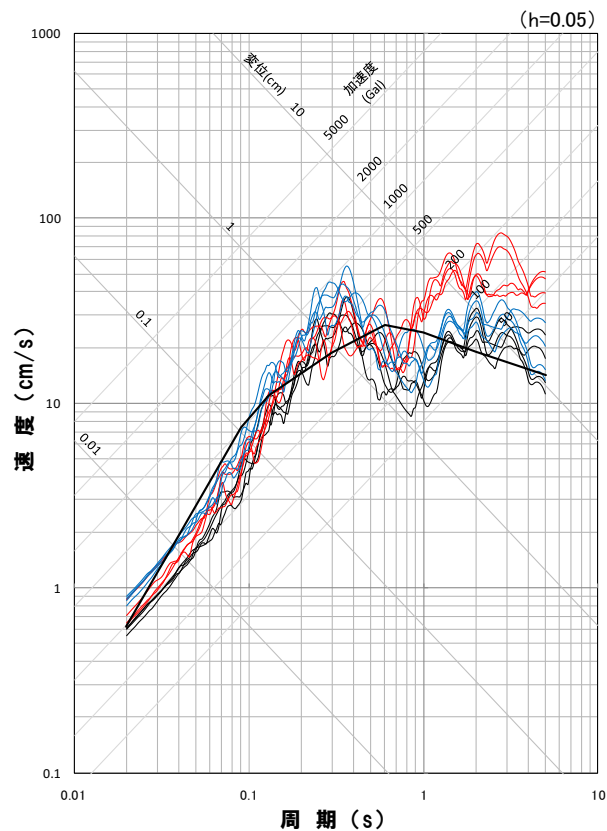
□ : 不確かさを考慮して設定するパラメータ (認識論的な不確かさ)

□ : 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)

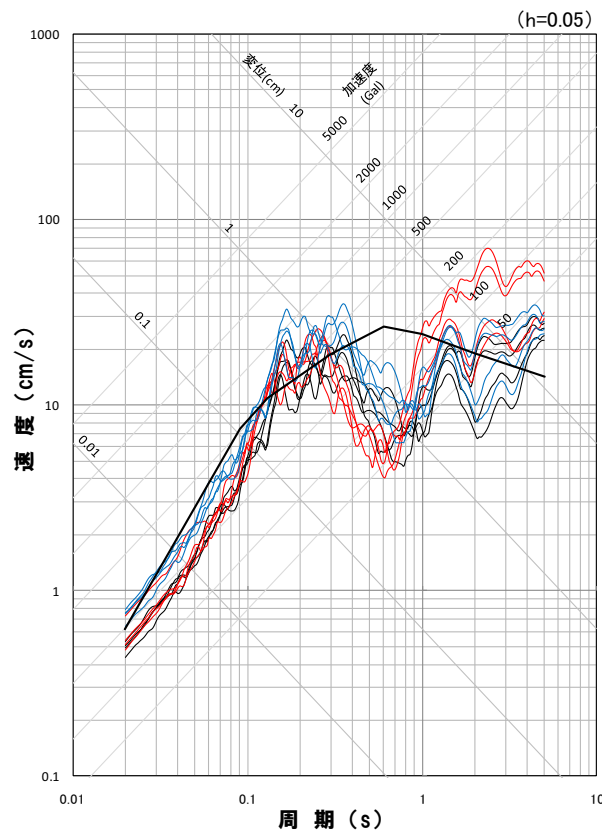
※1 地質調査結果に基づき評価した断層長さ16kmの中央位置が基本と考えているが、安全側の評価として、  
地質調査結果に基づき評価した活断層の範囲内で、敷地に近い位置の地表付近に1個設定

※2 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる諸元

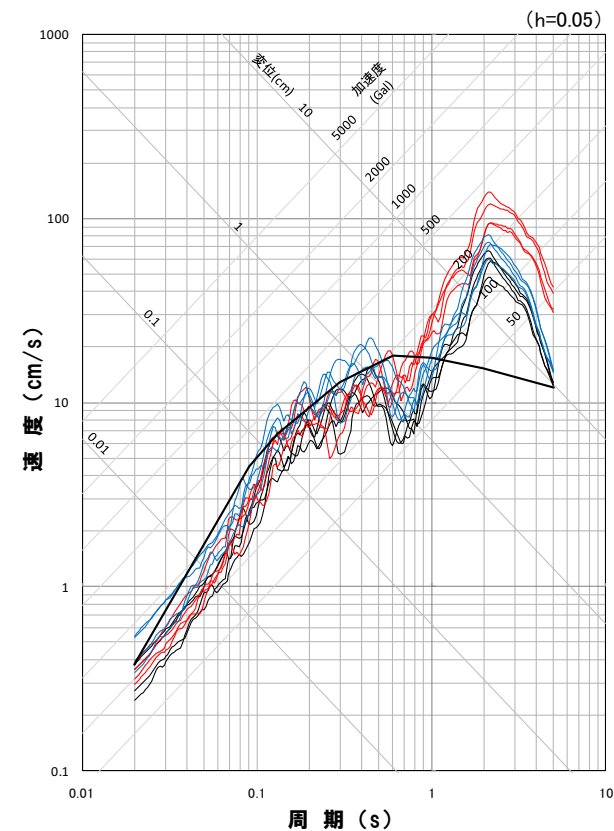
### 地震動評価結果



応答スペクトル図(NS方向)



応答スペクトル図(EW方向)



応答スペクトル図(UD方向)

#### 地震動評価結果

- 基本震源モデル
- 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)
- 不確かさ考慮モデル(応力降下量)

※太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果



(2)  $F_S-10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

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	当社の地質調査結果から傾斜角を $60^\circ$ と設定。	地震規模(地震モーメント)が大きくなるように基本震源モデルより低角の傾斜角を考慮することとし、地震調査委員会(2009)を踏まえて $45^\circ$ と設定。
アスペリティの応力降下量	地震調査委員会(2009)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(2009)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(2009)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4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。	

(2)  $F_S-10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

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)	アスペリティ 位置	破壊開始点	備考
(地質調査結果)	98	—	—	—	—	—	—	○地質調査結果により断層長さ98km ○地震動評価は基本震源モデルにて代表
基本震源モデル	100.4	18.5	60	地震調査委員会 (2009)	0.72Vs	敷地に近い 位置の地 表付近	北断層:アスペリティ下端中央	○地質調査結果を基に、矩形断層面を設定し、断層長さ100.4kmを考慮したモデル ○M8.2(L=100.4km), $X_{eq}=46\text{km}^*$
							南断層:アスペリティ下端中央	
							北断層:アスペリティ下端端部	
							南断層:アスペリティ下端端部	
							北断層:巨視的断層面下端端部	
南断層:巨視的断層面下端端部								
不確かさ考慮モデル (断層の傾斜角)	100.0	22.6	45	地震調査委員会 (2009)	0.72Vs	敷地に近い 位置の地 表付近	北断層:アスペリティ下端中央	○基本震源モデルの傾斜角について、不確かさを考慮して45°としたモデル ○M8.3(L=100.0km), $X_{eq}=49\text{km}^*$
							南断層:アスペリティ下端中央	
							北断層:アスペリティ下端端部	
							南断層:アスペリティ下端端部	
							北断層:巨視的断層面下端端部	
南断層:巨視的断層面下端端部								
不確かさ考慮モデル (応力降下量)	100.4	18.5	60	地震調査委員会 (2009) ×1.5	0.72Vs	敷地に近い 位置の地 表付近	北断層:アスペリティ下端中央	○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
							南断層:アスペリティ下端中央	
							北断層:アスペリティ下端端部	
							南断層:アスペリティ下端端部	
							北断層:巨視的断層面下端端部	
南断層:巨視的断層面下端端部								
不確かさ考慮モデル (破壊伝播速度)	100.4	18.5	60	地震調査委員会 (2009)	0.87Vs	敷地に近い 位置の地 表付近	北断層:アスペリティ下端中央	○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:アスペリティ下端中央	
							北断層:アスペリティ下端端部	
							南断層:アスペリティ下端端部	
							北断層:巨視的断層面下端端部	
南断層:巨視的断層面下端端部								

□: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)

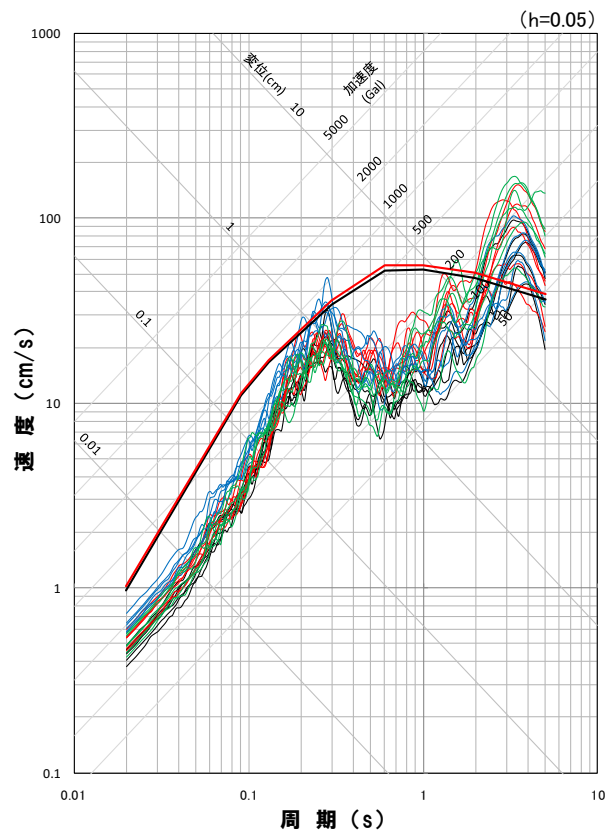
□:全てのケースにおいて共通的に考慮するパラメータ (偶然的な不確かさ)

※ 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる諸元

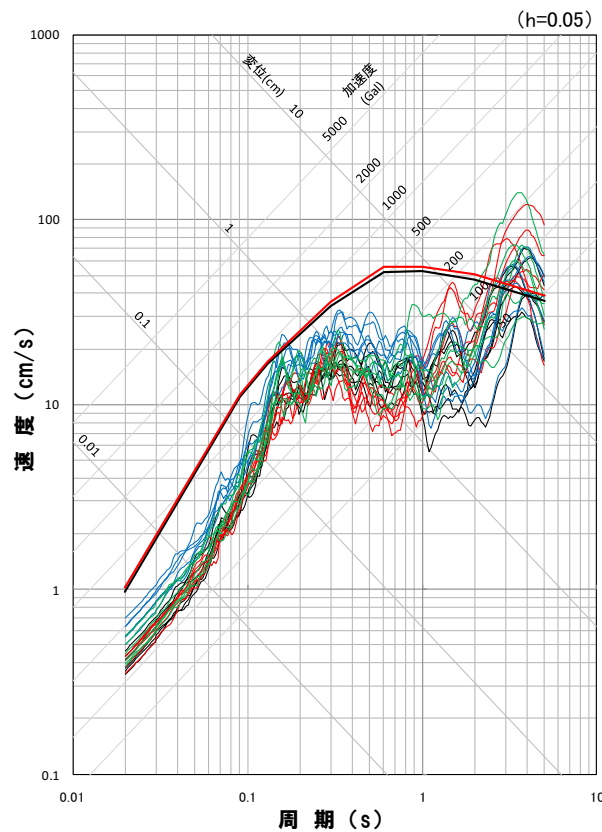
(2)  $F_S-10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

R3.10.22審査会合資料

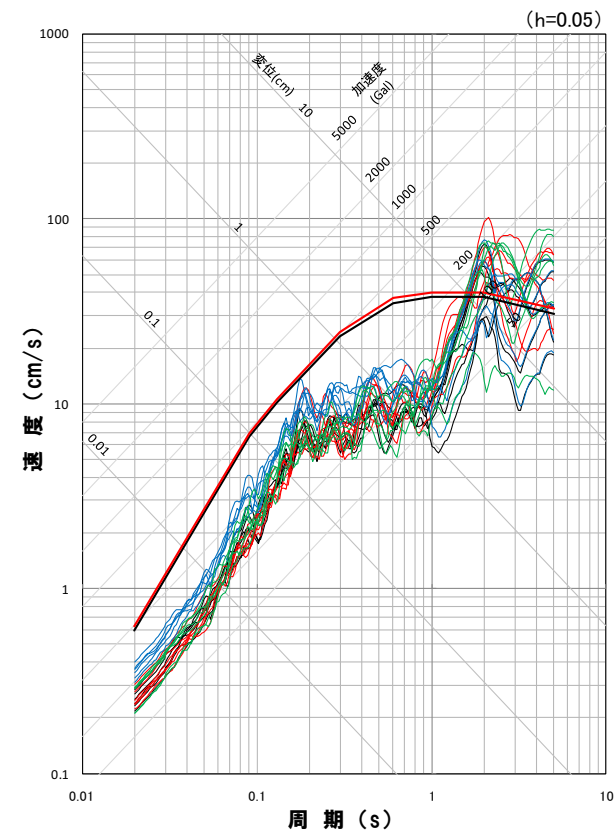
## 地震動評価結果



応答スペクトル図(NS方向)



応答スペクトル図(EW方向)



応答スペクトル図(UD方向)

## 地震動評価結果

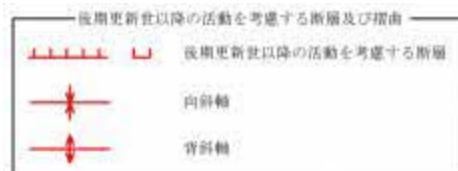
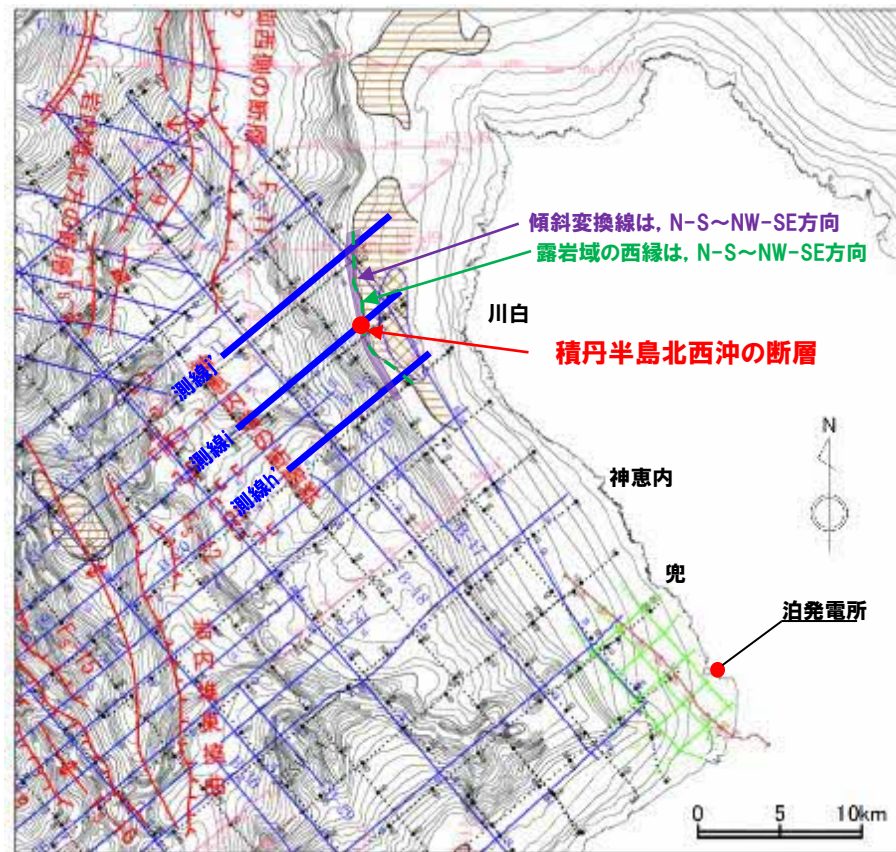
- 基本震源モデル
- 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)
- 不確かさ考慮モデル(応力降下量)
- 不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度)

※太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果

(3) 積丹半島北西沖の断層による地震

積丹半島西岸の地形および地質・地質構造の評価結果

- 敷地および敷地近傍を含む積丹半島西岸には、活構造を示唆する特徴は認められないことから、活構造が存在する可能性は十分小さいと考えられるものの、安全側の判断として、測線iにおいて下に凸状の海底面形状が認められる位置に規模の小さい断層を仮定し(隣接する測線j, h'には連続しない), 当該断層による地震動を想定
- 走向はN-S~NW-SE
  - ・測線i付近の露岩域の西縁はN-S~NW-SE方向
  - ・測線i付近の大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換線はN-S~NW-SE方向
- 傾斜方向は東傾斜
  - ・約8Ma以降, 積丹半島周辺の応力場は「東西圧縮」
  - ・測線iにおいて認められる下に凸状の海底面形状は, 相対的に陸側が高く, 露岩域の西縁に位置



- 音波探査測線 (北海道電力社, 1980年) (全中放電, シングルチャンネル)
- B-1 音波探査測線 (北海道電力社, 1995年) (エアガン (E1ガン), マルチチャンネル)
- 音波探査測線 (北海道電力社, 1997年) (エアガン, マルチチャンネル)
- 音波探査測線 (北海道電力社, 2012年) (エアガン, マルチチャンネル)
- 音波探査測線及び沿岸浅地帯探査測線 (北海道電力社, 2013年) (マルチチャンネル及びウォーターガン, マルチチャンネル)

- 露岩域
- 音響的層相I-1分布域

位置図

### (3) 積丹半島北西沖の断層による地震

R3.10.22審査会合資料

#### 地震動評価方針

##### 【断層面の設定】

###### ○断層を仮定

・敷地および敷地近傍を含む積丹半島西岸には、活構造を示唆する特徴は認められないことから、活構造が存在する可能性は十分小さいと考えられるものの、安全側の判断として、測線iにおいて下に凸状の海底面形状が認められる位置に断層を仮定し、当該断層による地震動を想定することとする。

###### ○「孤立した短い活断層」として設定

・積丹半島西岸の地形および地質・地質構造に関する評価を踏まえ、安全側に「孤立した短い活断層」として地震動を評価する。

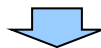
⇒地震動評価における基本震源モデルとしては、内陸地殻内地震の地震発生層として設定している上端深さ2km、下端深さ18km、その厚さ16kmおよび断層傾斜角45°を考慮し、震源断層が地震発生層を飽和する断層幅と同じ断層長さをもつ断層面を仮定して、断層長さ22.6kmと設定する。

###### ○断層位置を安全側に設定

・断層の位置については、測線iの情報のみであり、断層の位置を設定するための十分な情報が得られていないことから、測線iを含む範囲の中で、断層位置が敷地に近く安全側となるよう、測線iから敷地側に断層面を設定する。

###### ○以上を踏まえ、断層の走向については比較検討により代表を選定

・測線i以外の隣接する測線には活構造を仮定しうる状況は認められず、1点のみの情報から拡張して設定した断層であり、断層の設定自体が不確かさを考慮した十分安全側なものとなっていることを踏まえ、断層の走向については、得られている情報に基づく比較検討により影響の大きいものを選定する。



##### 【地震動評価】

○断層パラメータは、地震調査委員会「レシピ」に基づき設定する。

○地震動評価における不確かさも考慮することとし、検討ケースを設定する。

## (3) 積丹半島北西沖の断層による地震

R3.10.22審査会合資料

## 地質・地質構造に関する評価を踏まえた断層の位置の設定

○測線iにおいて下に凸状の海底面形状が認められる位置に積丹半島北西沖に断層を仮定し、当該断層による地震動を想定する。

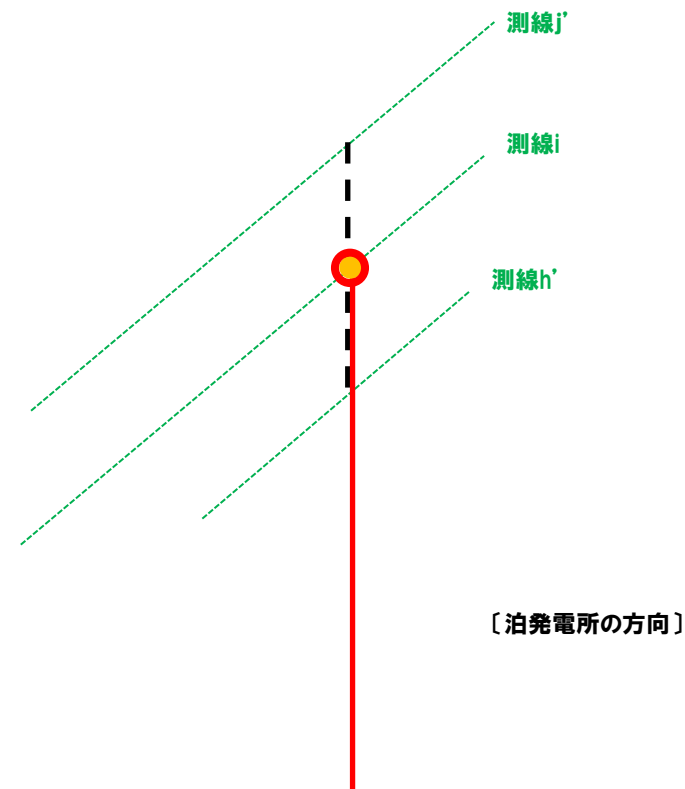
## 【断層の位置】

○測線iにおいて下に凸状の海底面形状(●)が認められるものの、隣接する測線j', h'には連続しないことから、測線j'～測線h'間において、断層を仮定する。(黒破線)

○ただし、その位置については、測線i(●)の情報のみであり、断層の位置を設定するための十分な情報が得られていないことから、測線iを含む範囲の中で、断層位置が敷地に近く安全側となるよう、測線i(○)から敷地側に断層面を設定する。(赤線)

## 【アスペリティの位置】

○アスペリティの位置は、測線iにおいて下に凸状の海底面形状が認められることを踏まえ、測線iを含む範囲の中で敷地に近く安全側となるよう測線iから敷地側に設定する。



断層位置のイメージ

## (3) 積丹半島北西沖の断層による地震

R3.10.22審査会合資料

## 震源モデルの設定根拠

	震源モデルの設定根拠
断層長さ	地質調査結果により「孤立した短い活断層」として地震動を評価する。地震動評価における震源モデルとしては、震源断層が地震発生層の上端から下端まで広がっており、断層幅と同じ断層長さをもつ断層面を仮定して、断層長さ22.6kmと設定。
断層幅	地震発生層上下端深さおよび断層の傾斜角に基づき、断層幅22.6kmと設定。
断層の傾斜角	当社の調査結果を踏まえた敷地前面海域にあるFs-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜が比較的高角であることから高角の断層を想定することが適切と考えられるが、地震調査委員会(2009, 2020)を踏まえて45°と設定。
アスペリティの応力降下量	地震調査委員会(2009, 2020)に基づき設定。
アスペリティの位置, 数	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから、安全側の評価として測線iから敷地側に配置することとし、地表付近に1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、複数の位置に設定。

### (3) 積丹半島北西沖の断層による地震

R3.10.22審査会合資料

#### 震源モデルの走向の設定①

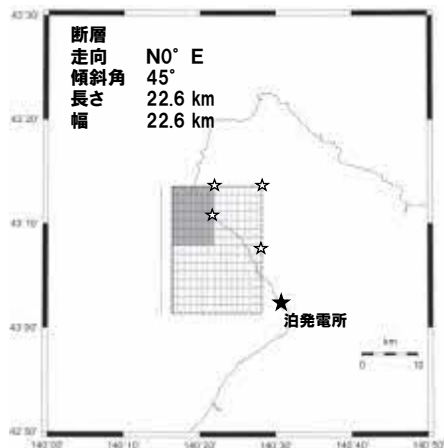
- 震源モデルの走向は、地質調査結果より、露岩域の西縁がN-S(約 $0^{\circ}$ )～NW-SE(約 $40^{\circ}$ )を呈していること、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換線がN-S(約 $0^{\circ}$ )～NW-SE(約 $40^{\circ}$ )を呈していることから、N-S( $0^{\circ}$ )～NW-SE( $40^{\circ}$ )と考えられる。
- N-S方向からNW-SE方向の震源モデルを用いて、断層と敷地との距離および地震動を比較して、基本震源モデルの走向を設定する。
- 検討に用いる震源モデルは、地質調査結果を踏まえた走向 $0^{\circ}$ 、走向 $40^{\circ}$  および中間の走向 $20^{\circ}$  を考慮し、さらにその中間の走向 $10^{\circ}$  および走向 $30^{\circ}$  の5ケースとした。



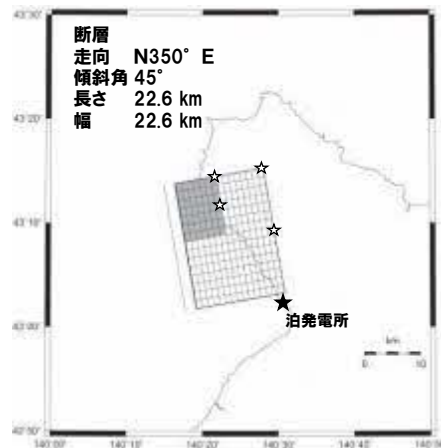
## (3) 積丹半島北西沖の断層による地震

R3.10.22審査会合資料

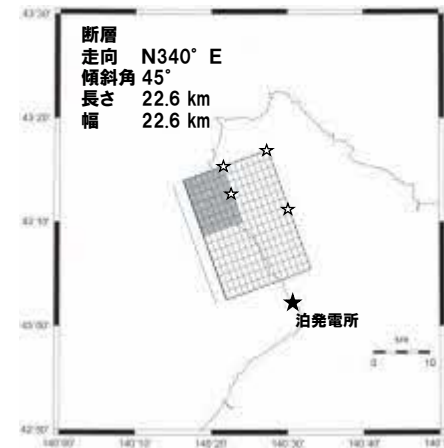
## 震源モデルの走向の設定②



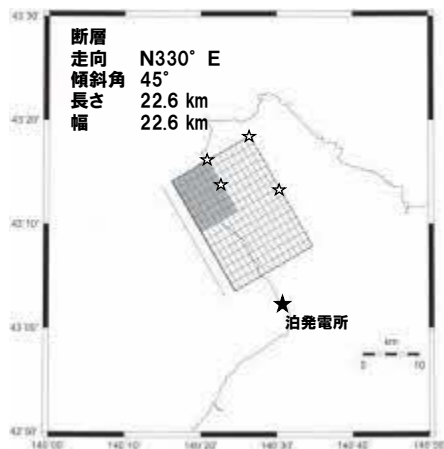
N-S(N0° E(走向0°))



N350° E(走向10°)



N340° E(走向20°)



N330° E(走向30°)



N320° E(走向40°)

震源モデル図

震源モデル	等価震源距離 Xeq(km)	断層最短距離 (km)	アスペリティ最短距離 (km)
走向0°	21 (21.3)	15 (15.3)	19 (18.6)
走向10°	21 (20.8)	13 (12.6)	19 (18.6)
走向20°	21 (20.8)	10 (10.3)	19 (19.0)
走向30°	21 (21.3)	9 (8.6)	19 (19.3)
走向40°	23 (22.5)	8 (7.7)	20 (19.5)

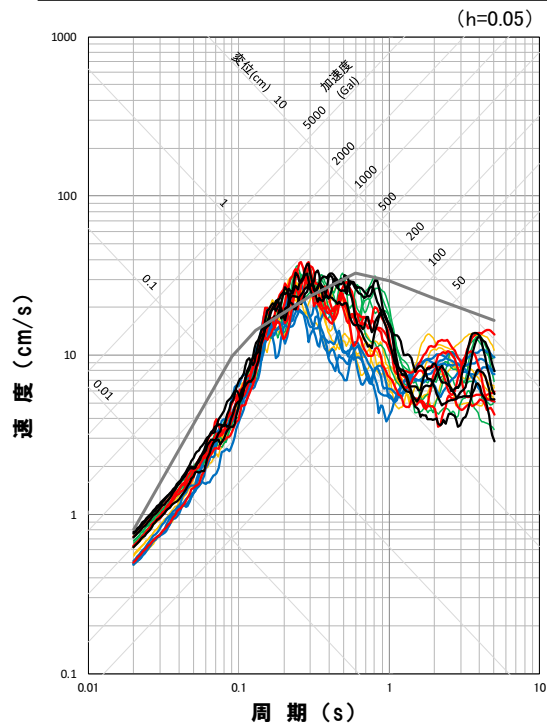
- 等価震源距離は走向0° から30° で同程度、走向40° で若干大きくなっている。アスペリティ最短距離は等価震源距離と同様の傾向であるのに対し、断層最短距離は走向0° から40° になるにつれて小さくなっている。
- 断層と敷地との距離による地震動への影響は、評価する距離により傾向が異なることから明確ではない。

## (3) 積丹半島北西沖の断層による地震

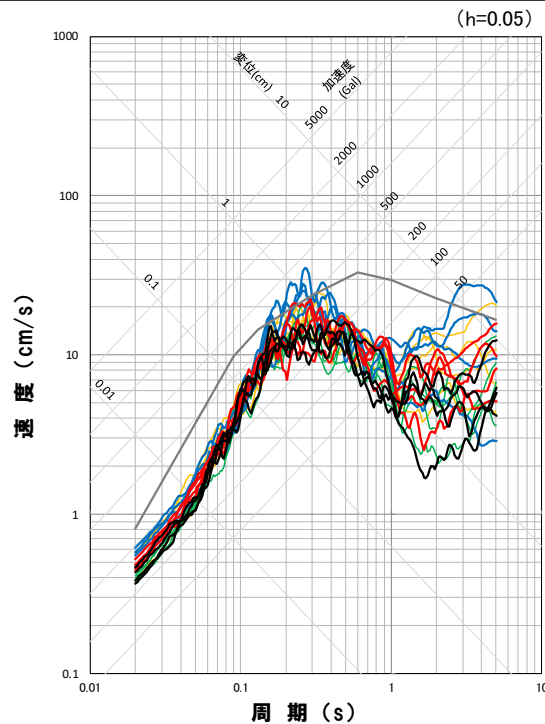
R3.10.22審査会合資料

## 震源モデルの走向の設定③

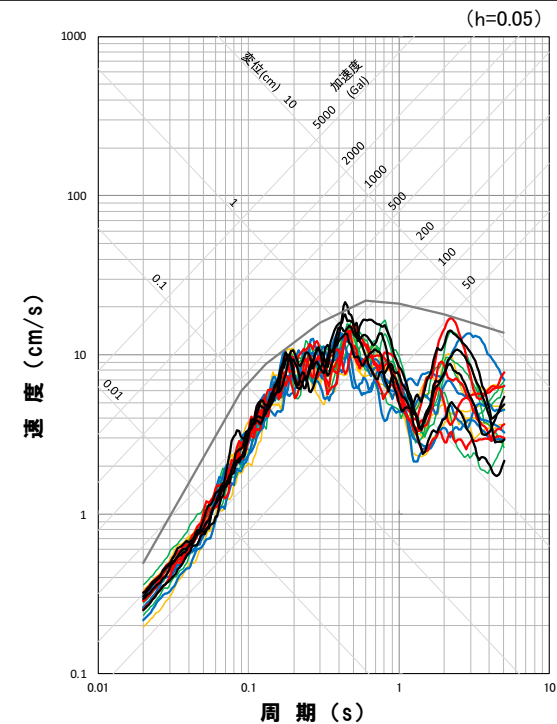
- N-S方向からNW-SE方向に震源モデルを設定した場合の断層モデルを用いた手法による地震動を比較した結果、水平方向ではNS方向が大きい傾向であり、NS方向、鉛直方向とも走向 $0^{\circ}$ の地震動が他の地震動と同等以上の傾向となっている。
- 断層モデルを用いた手法による地震動とNoda et al. (2002)による応答スペクトルを比較した結果、水平方向の周期0.1~0.5秒を除き、Noda et al. (2002)による応答スペクトルが断層モデルを用いた手法による地震動を概ね上回っていることを踏まえ、断層モデルを用いた手法による地震動がNoda et al. (2002)による応答スペクトルを上回る水平方向の周期0.1~0.5秒に着目すると、NS方向では、走向 $0^{\circ}$ の地震動が他の地震動と同等以上の傾向となっている。
- NS方向の周期0.2~0.3秒の一部において、走向 $20^{\circ}$ の地震動が大きくなっている。
- EW方向の周期0.1秒~0.5秒において、走向 $40^{\circ}$ の地震動が大きくなっている。



応答スペクトル図(NS方向)



応答スペクトル図(EW方向)



応答スペクトル図(UD方向)

## 地震動評価結果

— N-S(走向 $0^{\circ}$ ) — 走向 $10^{\circ}$  — 走向 $20^{\circ}$  — 走向 $30^{\circ}$  — 走向 $40^{\circ}$

※灰太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果 (M7.1, Xeq=21km)

## (3) 積丹半島北西沖の断層による地震

R3.10.22審査会合資料

## 震源モデルの走向の設定④

- N-S方向からNW-SE方向に震源モデルを設定した場合の断層モデルを用いた手法による地震動を用いて、応答スペクトル強さ(SI)を比較した結果、水平方向、鉛直方向とも走向0°が大きい。
- 水平方向において断層モデルを用いた手法による地震動がNoda et al. (2002)による応答スペクトルを上回る周期0.1~0.5秒の応答スペクトルを用いて、応答スペクトル強さ(SI)と同様の手法により評価した結果においても、水平方向、鉛直方向とも走向0°が大きい。
- 水平方向のうちEW方向では、応答スペクトル強さ(SI)は走向40°が大きい。

SI (周期0.1~2.5秒)

震源モデル	SI (cm)		
	水平方向		鉛直方向
	NS	EW	
走向0°	22.1	11.3	11.6
走向10°	22.0	11.2	10.8
走向20°	20.5	15.4	10.9
走向30°	16.8	17.8	10.5
走向40°	16.1	21.1	10.0

SI (周期0.1~0.5秒)

震源モデル	SI (cm)		
	水平方向		鉛直方向
	NS	EW	
走向0°	5.3	2.7	2.3
走向10°	5.1	2.7	2.0
走向20°	4.9	3.1	2.0
走向30°	4.1	3.3	2.0
走向40°	3.3	4.2	1.9

- 断層モデルを用いた手法による地震動および応答スペクトル強さ(SI)を比較した結果から、断層モデルを用いた手法による地震動および応答スペクトル強さ(SI)が水平方向、鉛直方向ともに大きい走向0°を考慮する。
- 断層モデルを用いた手法による地震動の一部周期帯で走向20°が大きいことから、走向20°についても考慮する。
- EW方向において、断層モデルを用いた手法による地震動および応答スペクトル強さ(SI)が大きい走向40°についても考慮する。



- 積丹半島北西沖の断層の地震動評価においては、走向0°、走向20°および走向40°を考慮することとし、それぞれ「走向0°ケース」、「走向20°ケース」、「走向40°ケース」とする。

## (3) 積丹半島北西沖の断層による地震

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	当社の調査結果を踏まえた敷地前面海域にあるFs-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜が比較的高角であることから高角の断層を想定することが適切と考えられるが、地震調査委員会(2009, 2020)を踏まえて45°と設定。	地震規模(地震モーメント)が大きくなるように基本震源モデルより低角の傾斜角を考慮することとし、周辺の断層において低角という知見がないことから、地震調査委員会(2009, 2020)を踏まえて30°と設定。
アスペリティの応力降下量	地震調査委員会(2009, 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(2009, 2020)による値の1.5倍の応力降下量を考慮。
アスペリティの位置, 数	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから、安全側の評価として測線iから敷地側に配置することとし、地表付近に1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、複数の位置に設定。	

※走向0° ケース, 走向20° ケースと走向40° ケースのパラメータは同様に設定する。

## (3) 積丹半島北西沖の断層による地震

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	アスペリティ 位置	破壊開始点	備考
(地質調査結果)		-	-	-	-	-	-	○地震動評価は基本震源モデルにて代表
走向0° ケース	基本震源モデル	22.6	22.6	45	地震調査委員会 (2009, 2020)	敷地に近い位置 の地表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○地震調査委員会(2009, 2020)等を参考に、震源断層が 地震発生層の上端から下端まで拡がっており、断層幅と同じ 断層長さをもつ断層面を仮定し、断層長さ22.6kmを考慮したモデル ○M7.2, Xeq=21km <sup>※2</sup>
	不確かさ考慮モデル (断層の傾斜角)	32.0	32.0	30	地震調査委員会 (2009, 2020)	敷地に近い位置 の地表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○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 ○M7.3, Xeq=17km <sup>※2</sup>
	不確かさ考慮モデル (応力降下量)	22.6	22.6	45	地震調査委員会 (2009, 2020) ×1.5	敷地に近い位置 の地表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○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
走向20° ケース	基本震源モデル	22.6	22.6	45	地震調査委員会 (2009, 2020)	敷地に近い位置 の地表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○地震調査委員会(2009, 2020)等を参考に、震源断層が 地震発生層の上端から下端まで拡がっており、断層幅と同じ 断層長さをもつ断層面を仮定し、断層長さ22.6kmを考慮したモデル ○M7.2, Xeq=21km <sup>※2</sup>
	不確かさ考慮モデル (断層の傾斜角)	32.0	32.0	30	地震調査委員会 (2009, 2020)	敷地に近い位置 の地表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○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 ○M7.3, Xeq=17km <sup>※2</sup>
	不確かさ考慮モデル (応力降下量)	22.6	22.6	45	地震調査委員会 (2009, 2020) ×1.5	敷地に近い位置 の地表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○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
走向40° ケース	基本震源モデル	22.6	22.6	45	地震調査委員会 (2009, 2020)	敷地に近い位置 の地表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○地震調査委員会(2009, 2020)等を参考に、震源断層が 地震発生層の上端から下端まで拡がっており、断層幅と同じ 断層長さをもつ断層面を仮定し、断層長さ22.6kmを考慮したモデル ○M7.2, Xeq=23km <sup>※2</sup>
	不確かさ考慮モデル (断層の傾斜角)	32.0	32.0	30	地震調査委員会 (2009, 2020)	敷地に近い位置 の地表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○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 ○M7.3, Xeq=20km <sup>※2</sup>
	不確かさ考慮モデル (応力降下量)	22.6	22.6	45	地震調査委員会 (2009, 2020) ×1.5	敷地に近い位置 の地表付近 <sup>※1</sup>	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○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)

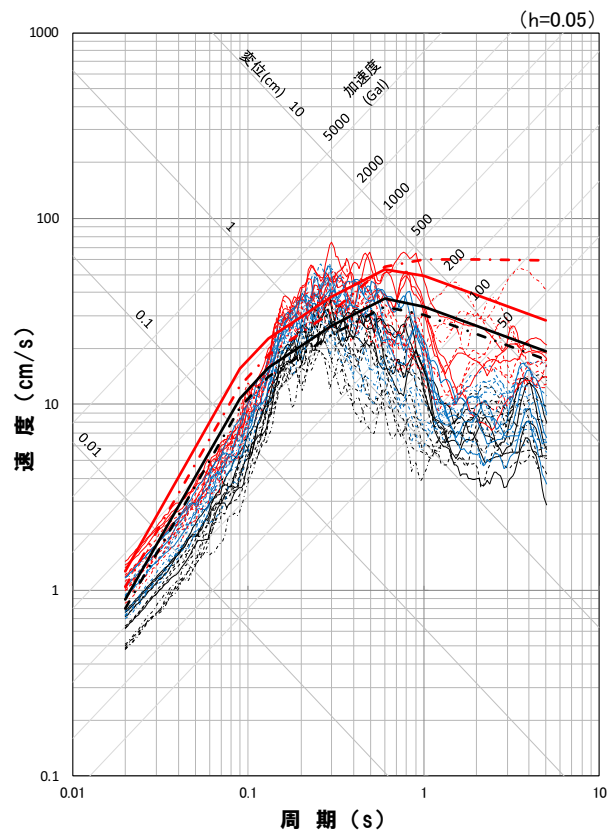
※1 地質調査結果より十分な情報が得られていないことから、安全側の評価として測線iから敷地側に配置することとし、地表付近に1個設定

※2 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる諸元(走向0°ケースと走向20°ケースは同一)

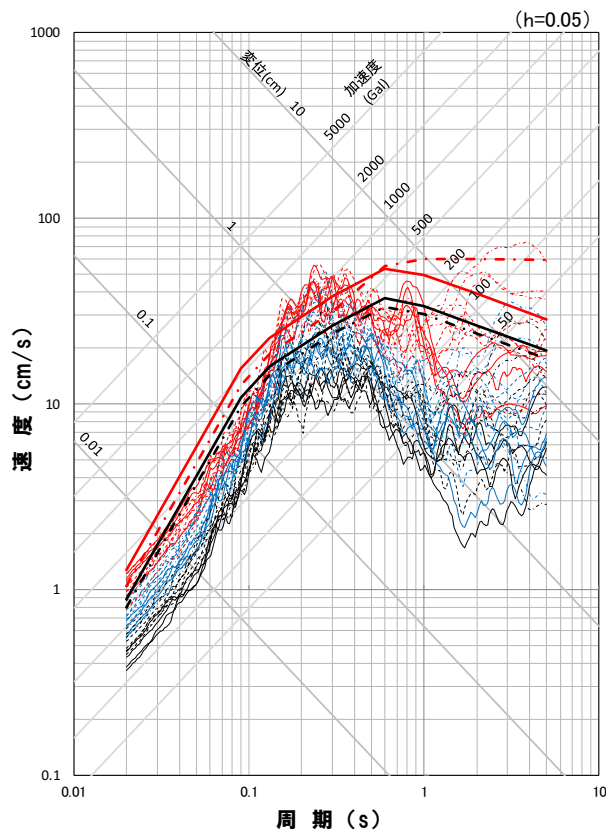
## (3) 積丹半島北西沖の断層による地震

R3.10.22審査会合資料

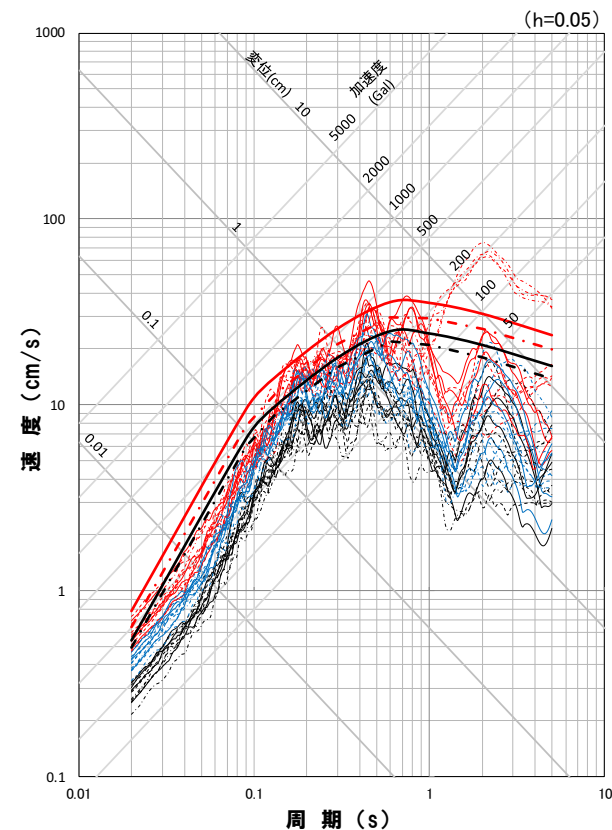
## 地震動評価結果



応答スペクトル図(NS方向)



応答スペクトル図(EW方向)



応答スペクトル図(UD方向)

## 地震動評価結果

基本震源モデル

不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)

不確かさ考慮モデル(応力降下量)

—— 走向0° ケース

—— 走向0° ケース

—— 走向0° ケース

---- 走向20° ケース

---- 走向20° ケース

---- 走向20° ケース

- - - - 走向40° ケース

- - - - 走向40° ケース

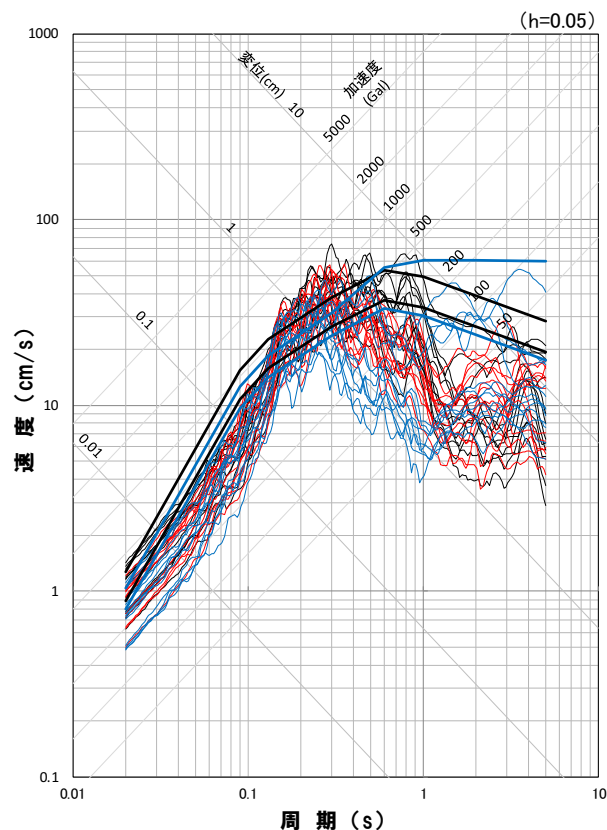
- - - - 走向40° ケース

※太線は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は走向0° ケースと走向20° ケースで同一

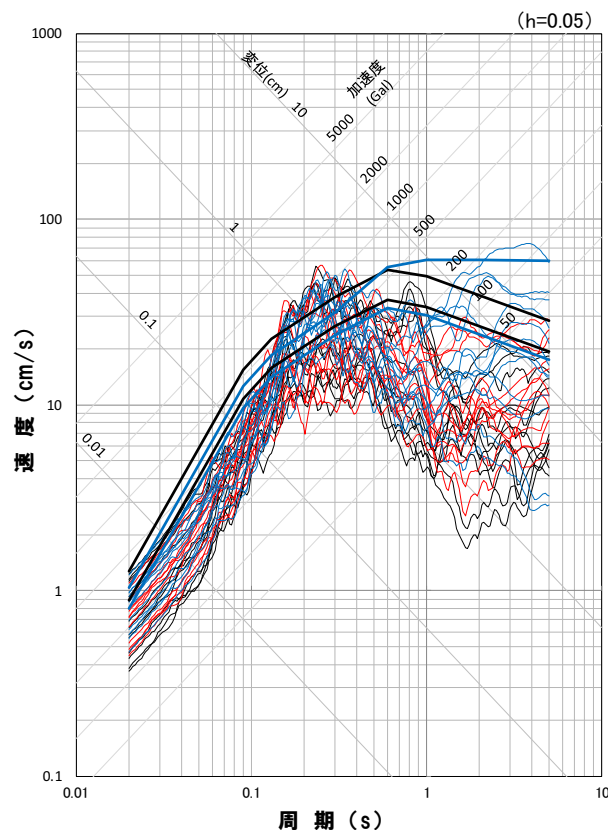
## (3) 積丹半島北西沖の断層による地震

R3.10.22審査会合資料

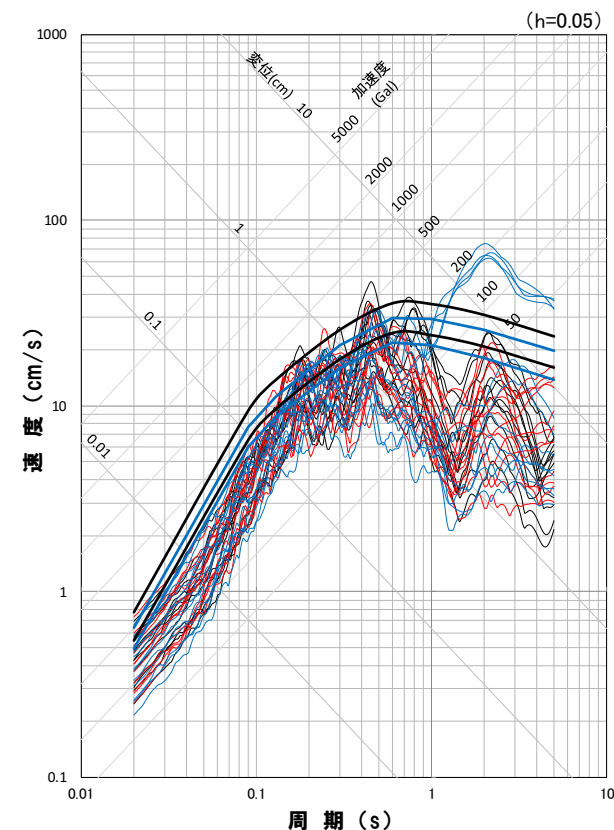
## 地震動評価結果(走向による地震動評価結果の比較)



応答スペクトル図(NS方向)



応答スペクトル図(EW方向)



応答スペクトル図(UD方向)

## 地震動評価結果

- 走向0° ケース (基本震源モデル, 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 不確かさ考慮モデル(応力降下量))
- 走向20° ケース (基本震源モデル, 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 不確かさ考慮モデル(応力降下量))
- 走向40° ケース (基本震源モデル, 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 不確かさ考慮モデル(応力降下量))

※太線は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は走向0° ケースと走向20° ケースで同一

#### 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 $45^\circ$ 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 $30^\circ$ 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。	



## 4.3 検討用地震の地震動評価 (4) $F_B-2$ 断層による地震

R3.10.22審査会合資料

### 地震動評価検討ケース

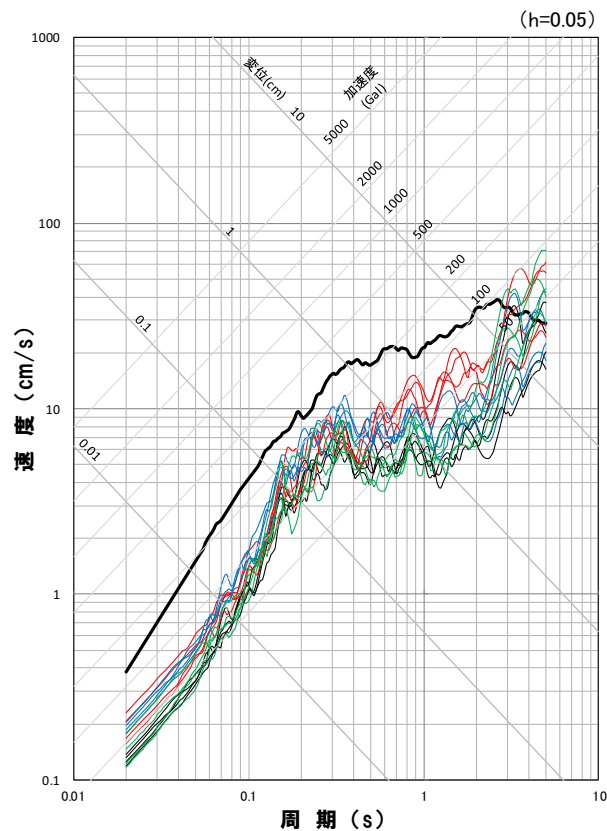
震源モデル	断層長さ (km)	断層幅 (km)	断層の傾斜角 (°)	応力降下量	破壊伝播速度 (km/s)	アスベリティ 位置	破壊開始点	備考
(地質調査結果)	101	—	—	—	—	—	—	○地質調査結果により断層長さ101km ○地震動評価は基本震源モデルにて代表
基本震源モデル	98.7	50	45	地震調査委員会 (2020)	0.72Vs	敷地に近い 位置の地 表付近	北断層:アスベリティ下端中央 南断層:アスベリティ下端中央 北断層:巨視的断層面下端中央 南断層:巨視的断層面下端中央	○地質調査結果を基に、矩形断層面を設定し、断層長さ98.7kmを考慮したモデル ○M8.2(L=101km), $X_{eq}=98\text{km}^*$
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 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	○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), $X_{eq}=107\text{km}^*$
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 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	○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
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 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	○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)

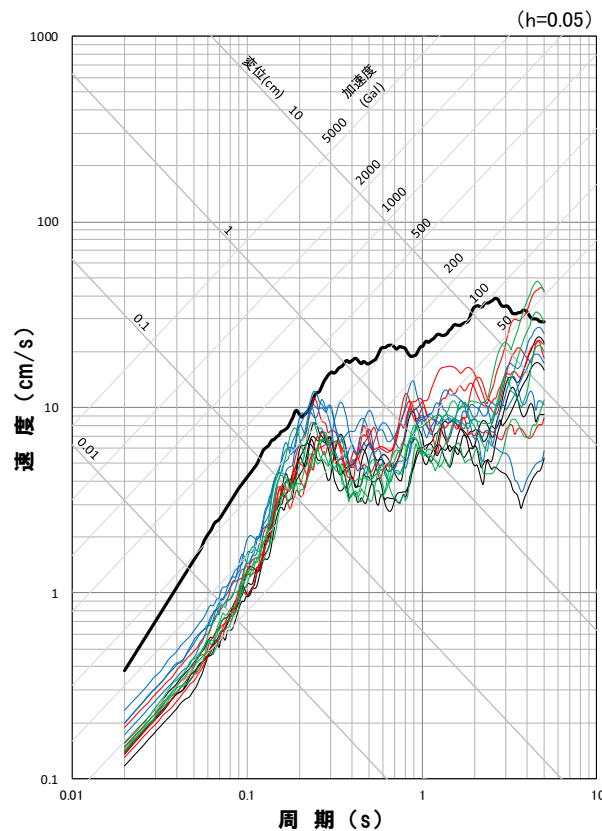
     : 全てのケースにおいて共通的に考慮するパラメータ (偶発的な不確かさ)

※ 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる諸元

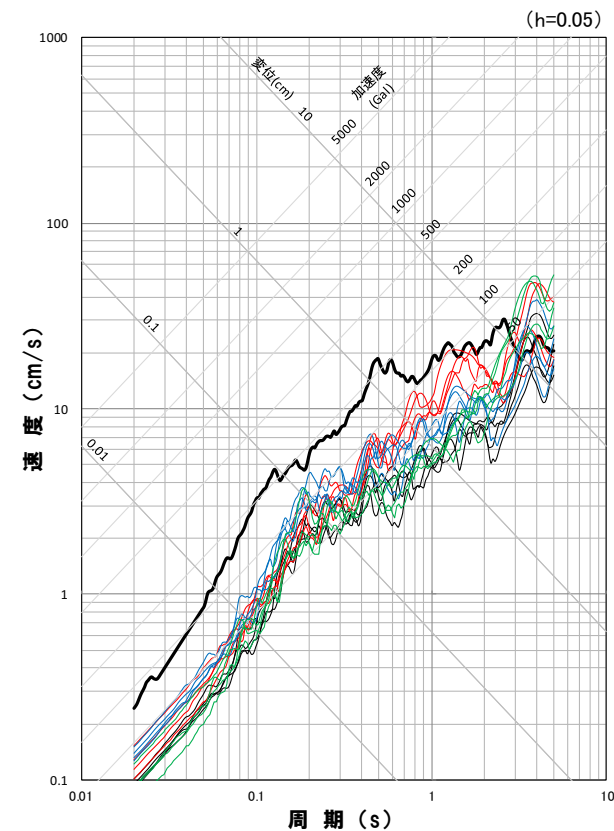
### 地震動評価結果



応答スペクトル図(NS方向)



応答スペクトル図(EW方向)



応答スペクトル図(UD方向)

#### 地震動評価結果

- 基本震源モデル
- 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)
- 不確かさ考慮モデル(応力降下量)
- 不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度)

※太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果