

**泊発電所3号炉
敷地ごとに震源を特定して策定する
地震動について
【概要版】**

**令和3年12月21日
北海道電力株式会社**

審査の概要

【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

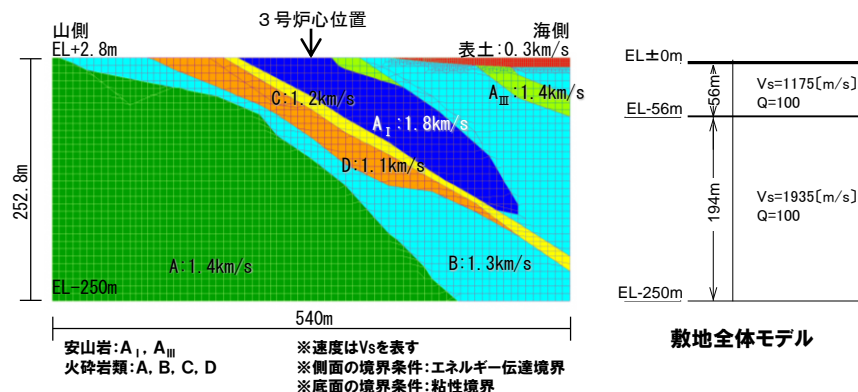
- 敷地に広く分布する神恵内層は、ボーリング孔で実施したPS検層結果等により、S波速度が0.7km/s以上であることから、この神恵内層(原子炉建屋基礎底面付近)の標高0mを解放基盤表面として設定する。
- 1・2号原子炉建屋基礎底面位置(標高+2.3m)のS波速度は、1.4km/s程度、3号原子炉建屋基礎底面位置(標高+2.8m)のS波速度は、1.8km/s程度である。

地震波の伝播特性の評価

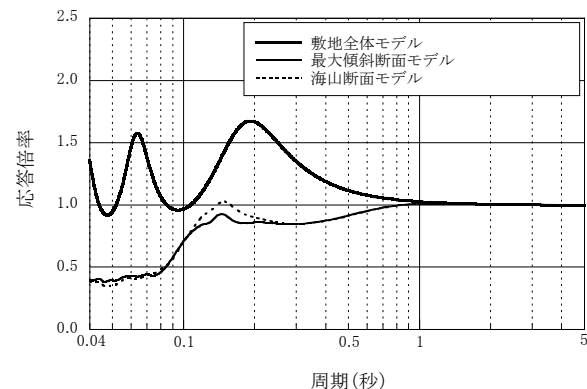
- 地震動評価に用いる地下構造モデルとして、敷地全体に分布する火砕岩類に基づいた1次元モデルを設定した。
- 敷地全体に傾斜構造がみられること、3号炉地盤に安山岩およびD級岩盤が局所的に存在することから、観測記録を用いた振動特性に関する検討、および、2次元FEMにより敷地地盤をモデル化し、振動特性に関する検討を実施した。
- 敷地地盤の構造の特徴(傾斜構造、安山岩等の分布)を踏まえ、振動特性評価を実施した結果、地質構造の特徴、入射方向等による振動特性への影響はみられるものの、特異な増幅はみられないことを確認した。



- 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。

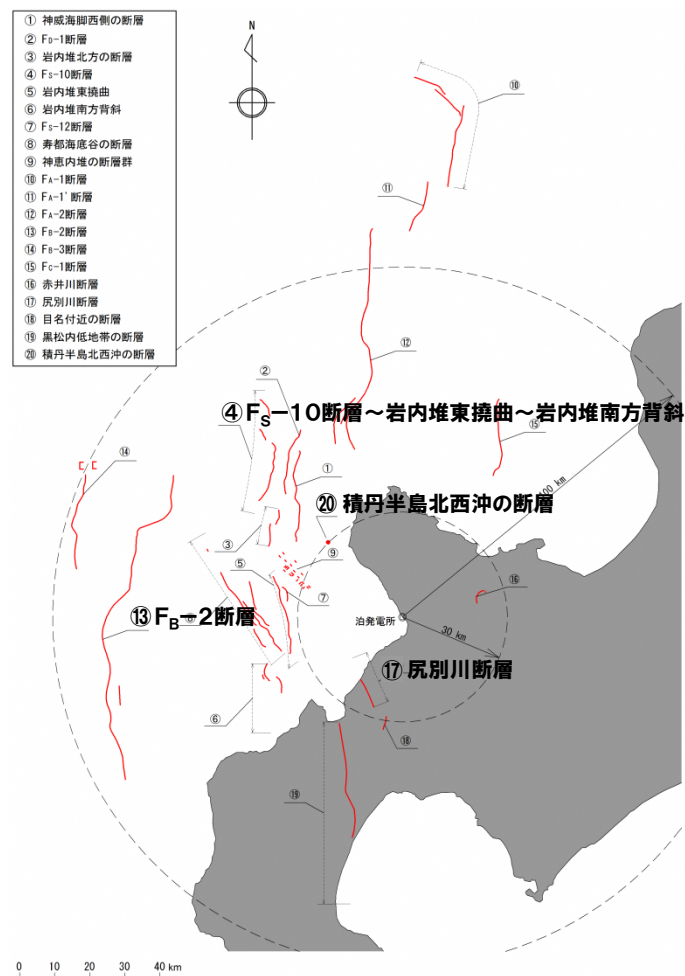
⑰ 尻別川断層による地震

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

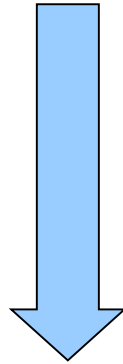
- 地震動評価において、基本震源モデルに加え、断層の傾斜角、応力降下量等の不確かさを考慮した地震動評価を実施。



1. 敷地周辺の地震発生状況	13
2. 敷地周辺の活断層の分布	15
3. 敷地地盤の振動特性	17
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	20
(1) 尻別川断層による地震	25
(2) F_S-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震	28
(3) 積丹半島北西沖の断層による地震	31
(4) F_B-2 断層による地震	43

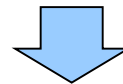
既往評価(平成27年12月25日審査会合)からの変更点について

- 平成27年12月25日の第314回審査会合において、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について説明を行っており、概ね妥当な検討がなされているとの評価をいただいた。
 - 「敷地周辺の地震発生状況」、「敷地周辺の活断層の分布」を踏まえ、敷地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
 - ・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
 - ・F_B-2断層による地震
 - 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」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

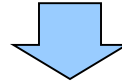


- 既往評価(平成27年12月25日審査会合)以降における審査会合での指摘事項や新たな知見、他社の審査実績
 - 平成29年7月28日審査会合において、積丹半島北西沖に断層を仮定し、地震動を想定することとした。これに対し、「より安全側の評価となるよう検討すること」との指摘
 - 平成29年7月28日審査会合における「検討用地震の地震動評価に用いているレシピを最新のものに対応させること」との指摘
 - 地震調査委員会「レシピ」の見直し
 - 平成30年北海道胆振東部地震の発生、他社の審査実績等

- 審査会合での指摘事項や新たな知見、他社の審査実績を踏まえ、既往評価から以下を変更している。
 - 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、積丹半島北西沖の断層による地震を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こととし、安全側の評価となるよう地震動評価を実施
 - 検討用地震について、地震調査委員会「レシピ」(2020)を考慮した断層パラメータが既往の地震動評価に与える影響について検討した上で、地震動評価を実施
 - 敷地周辺で発生した被害地震である平成30年北海道胆振東部地震を「敷地周辺の被害地震」において考慮する等、新たな知見を反映
 - 応答スペクトルに基づく地震動評価における地震規模の算定方法について整理する等、他社の審査実績を反映



既往評価(平成27年12月25日審査会合)からの変更点について



- 敷地に大きな影響を及ぼすと考えられる地震として、以下の4つの地震を検討用地震として選定している。
- 平成30年北海道胆振東部地震については、マグニチュードー震央距離図の関係等から、敷地に影響を及ぼす地震ではない。
- 選定している4つの検討用地震について、前頁を踏まえた整理結果を示す。

【尻別川断層による地震】

- 既往の地震動評価で用いている断層パラメータの設定方法と地震調査委員会「レシピ」(2020)による断層パラメータの設定方法は同じである。

【 F_S-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震】

- 既往の地震動評価で用いている断層パラメータの設定方法と地震調査委員会「レシピ」(2020)による断層パラメータの設定方法に差異が生じる。
- ただし、主要な断層パラメータを比較した結果、既往の地震動評価で用いている断層パラメータの方が、地震調査委員会「レシピ」(2020)による断層パラメータよりも地震動評価に与える影響が大きい。
- ⇒既往の設定方法を採用する。

【積丹半島北西沖の断層による地震】

- 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として考慮し、断層位置等を安全側に設定した上で、地震調査委員会「レシピ」(2020)により地震動評価を実施する。
- 平成29年7月28日審査会合における地震動評価と比較を行い、より安全側の評価となっていることを確認している。

【 F_B-2 断層による地震】

- 既往の地震動評価で用いている断層パラメータの設定方法と地震調査委員会「レシピ」(2020)による断層パラメータの設定方法に差異が生じる。
- 主要な断層パラメータを比較した結果、地震調査委員会「レシピ」(2020)による断層パラメータの方が、既往の地震動評価で用いている断層パラメータよりも地震動評価に与える影響が大きいと考えられる。
- ⇒地震調査委員会「レシピ」(2020)を採用し、地震動評価を実施する。
- 平成27年12月25日審査会合における地震動評価と比較を行い、安全側の評価となっていることを確認している。

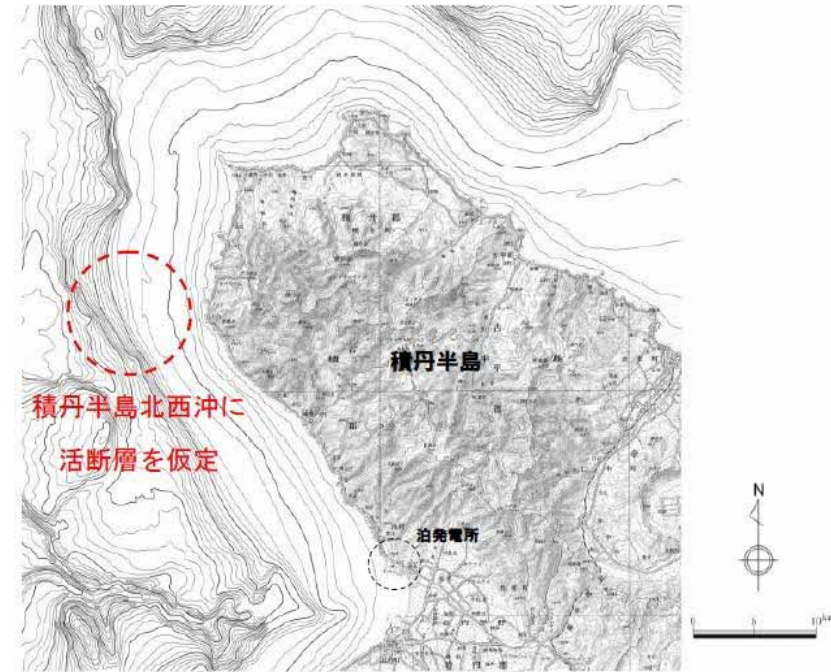
積丹半島北西沖の断層による地震の対応に関する概要

○既往の地震動評価(平成27年12月25日審査会合)では、各種調査・検討の結果、敷地および敷地近傍を含む積丹半島西岸には、活構造は認められないと判断されることから、積丹半島北西沖に断層を考慮していない。

○平成28年7月1日現地調査を踏まえて、主に積丹半島の海岸地形についての整理および追加の調査・検討を実施し、地震性隆起地域との特徴の差異について説明してきたが、平成29年3月10日審査会合において、積丹半島北西沖には、下に凸状の海底面形状等も認められることから地震性隆起の可能性は否定できないとの指摘を受けた。

○平成29年3月10日審査会合を踏まえて、平成29年7月28日審査会合において、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した。

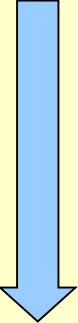
- 積丹半島北西沖に仮定した断層による地震は、敷地に大きな影響を及ぼすと考えられることから、検討用地震として選定する。
- 積丹半島西岸の地形および地質・地質構造に関する評価を踏まえ、「孤立した短い活断層」として地震動を評価する。
- 断層の位置については、敷地に近く安全側となるように断層面を設定する。
- 断層の設定自体が不確かさを考慮した十分安全側なものとなっていることを踏まえ、断層の走向については、得られている情報に基づく比較検討により影響の大きいものを選定する。
- 断層パラメータは、地震調査委員会「レシピ」に基づき設定する。
- 地震動評価における不確かさも考慮することとし、検討ケースを設定する。



活断層の仮定位置

当図は、国土地理院、20万分の1地勢図「岩内」を加工して作成

地震調査委員会レシピ(2020)の対応に関する概要

- 
- 既往の地震動評価(平成27年12月25日審査会合)では、地震調査委員会「レシピ」(2009)を用いて、検討用地震の地震動評価における断層パラメータを設定している。
 - 地震調査委員会「レシピ」は、2016年6月、2016年12月、2017年4月および2020年3月に順次見直しが行われている。
 - 地震調査委員会「レシピ」(2020)は、2016年6月、2016年12月、2017年4月の見直しも反映されている最新の地震動予測手法である。
 - 地震調査委員会「レシピ」(2020)は、地震調査委員会「レシピ」(2009)と比較して主に以下が変更されている。
 - 震源断層が80kmを超え断層幅と平均すべり量が飽和する断層にも対応できるように見直し
 - ・震源断層の面積と地震モーメントの関係について、入倉・三宅(2001)の適用範囲を変更、Murotani et al. (2015)を追加
 - その他、スラブ内地震のための手法を新たに追加、地下構造モデルの作成の変更
 - 平成29年7月28日審査会合における「検討用地震の地震動評価に用いているレシピを最新のものに対応させること」との指摘を踏まえて、地震調査委員会「レシピ」(2020)における震源断層の面積と地震モーメントの関係を地震動評価に考慮する。
 - 地震調査委員会「レシピ」(2020)を考慮した場合を含めた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。
 - ただし、尻別川断層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、地震調査委員会「レシピ」(2009)による断層パラメータの設定方法と地震調査委員会「レシピ」(2020)による断層パラメータの設定方法は同じである。

【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

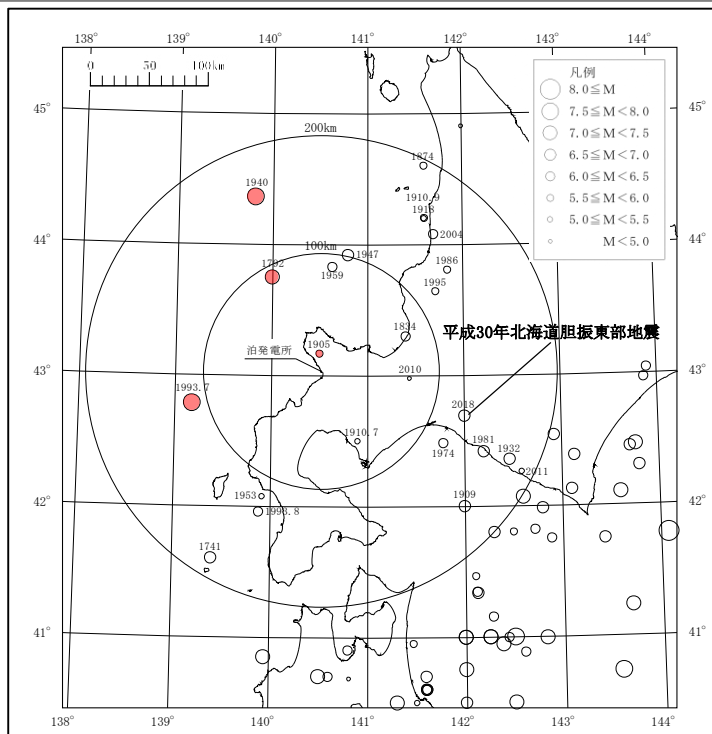
1. 敷地周辺の地震発生状況

1.1 敷地周辺の被害地震

R3.10.22審査会合資料

被害地震

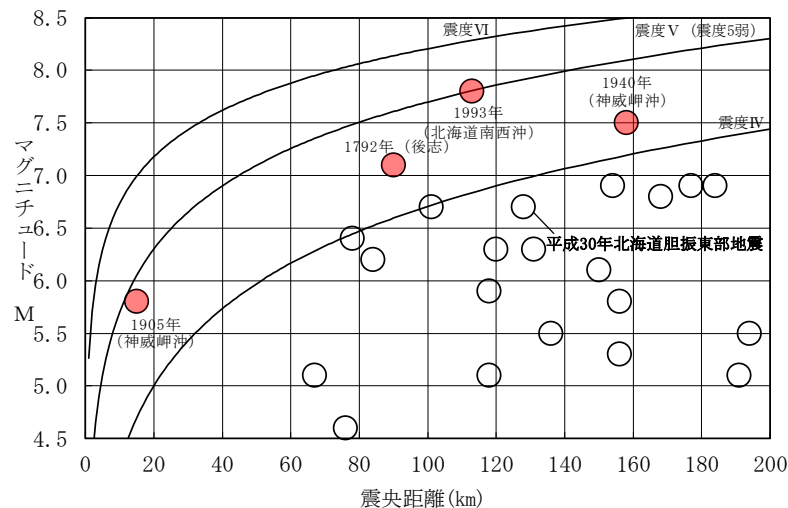
敷地周辺の被害地震の震央分布



※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 赤野・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