

泊発電所 敷地周辺の活断層による 地震動について

平成25年9月11日
北海道電力株式会社

目 次

1. 敷地周辺の地震発生状況	P2
2. 活断層の分布状況	P6
3. 検討用地震の選定	P8
4. 震源として考慮する活断層	P14
5. 敷地前面海域の断層の概要	P17
6. 敷地前面海域の断層の連動評価	P24
7. 尻別川断層の評価	P76
8. 検討用地震の地震動評価モデル	P89
参考資料	P109

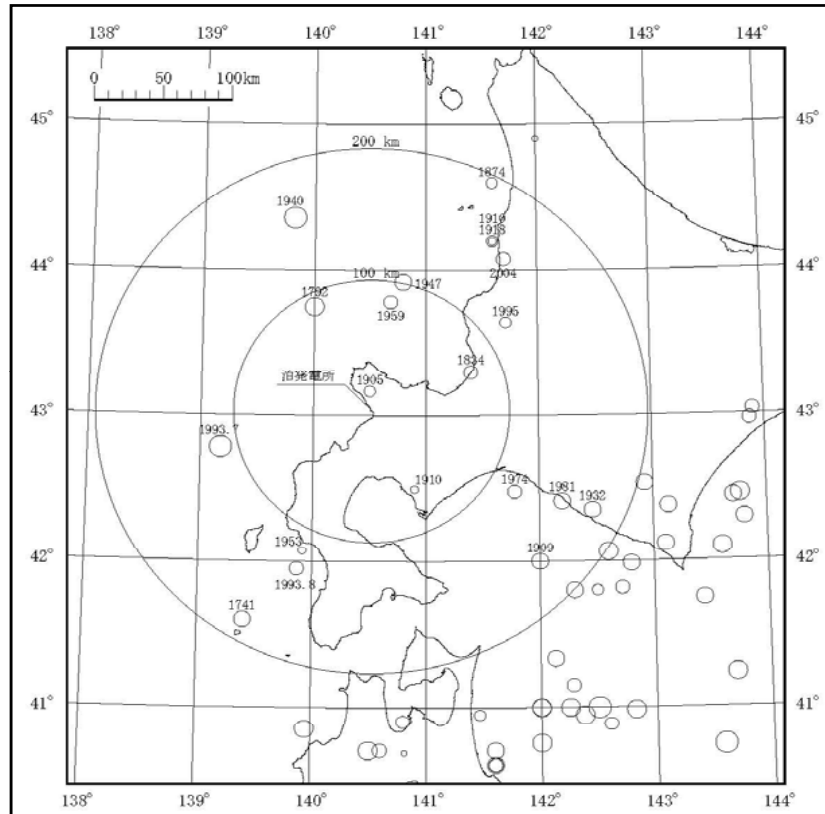


1. 敷地周辺の地震発生状況

1. 敷地周辺の地震発生状況

被害地震

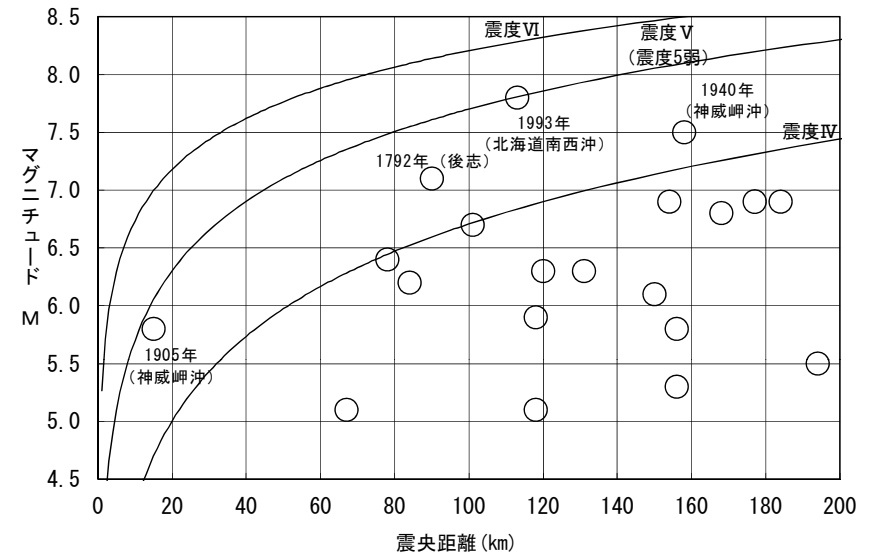
敷地周辺の被害地震の震央分布



1884年以前 最新版 日本被害地震総覧
 1885年～1922年 茅野・宇津カタログ(2001)
 1923年以降 気象庁地震カタログ

●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年神威岬沖の地震及び1940年神威岬沖の地震がある。

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

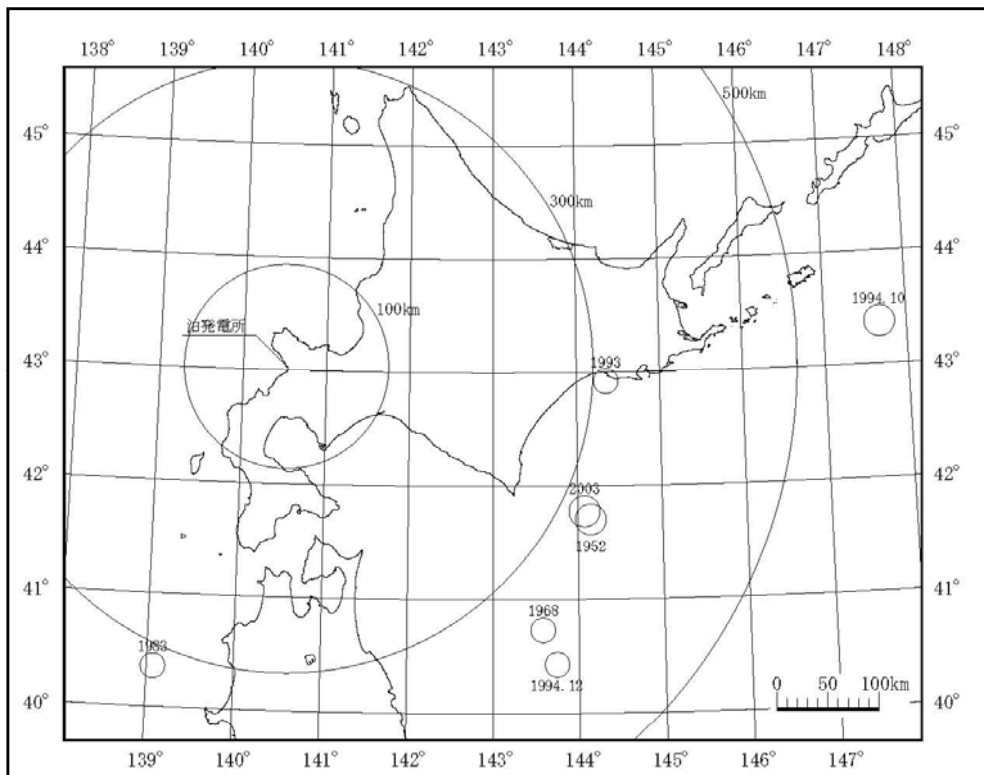
敷地に影響を及ぼす地震

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

1. 敷地周辺の地震発生状況

被害地震

北海道周辺の主な被害地震の震央分布



※敷地から200km以上のM7.5以上の主な被害地震

1884年以前 最新版 日本被害地震総覧
 1885年～1922年 茅野・宇津カタログ(2001)
 1923年以降 気象庁地震カタログ

北海道周辺の主な被害地震

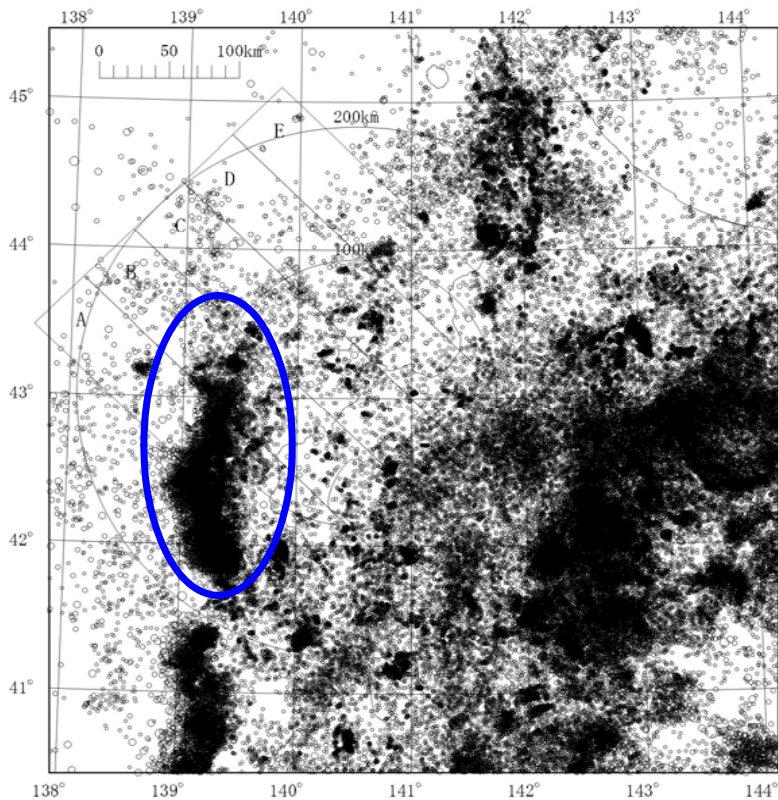
地震の名称	マグニチュードM	震央距離Δ(km)
1952年十勝沖地震	8.2	334
1968年十勝沖地震	7.9	361
1983年日本海中部地震	7.7	320
1993年釧路沖地震	7.5	313
1994年北海道東方沖地震	8.2	583
1994年三陸はるか沖地震	7.6	395
2003年十勝沖地震	8.0	325

●敷地から300km以上離れているが、北海道周辺で以下のようなM7.5以上の地震が発生している。

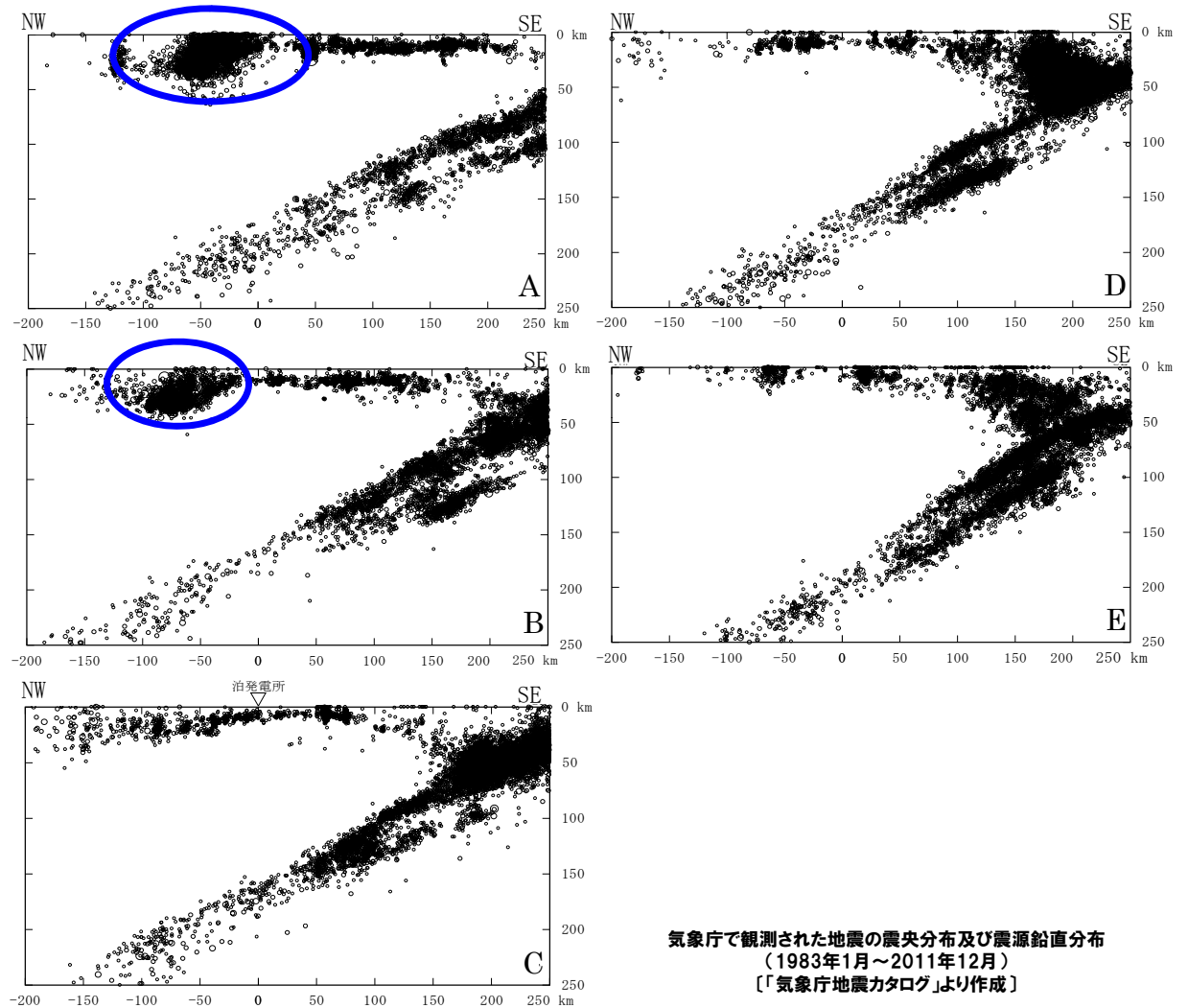
- ・日本海海域
日本海東縁部の地震である1983年日本海中部地震が発生している。
- ・太平洋海域
プレート間地震である1952年十勝沖地震、1968年十勝沖地震、1994年三陸はるか沖地震及び2003年十勝沖地震並びに海洋プレート内地震である1993年釧路沖地震及び1994年北海道東方沖地震が発生している。

1. 敷地周辺の地震発生状況

敷地周辺の地震活動



 : 1993年北海道南西沖地震の本震及び余震



気象庁で観測された地震の震央分布及び震源鉛直分布
(1983年1月～2011年12月)
【「気象庁地震カタログ」より作成】

- 敷地周辺の内陸側は、地震の発生頻度が低い。
- 日本海側では、1993年北海道南西沖地震の本震及び余震がみられる。
- 太平洋側では、地震の発生頻度が高く、震源は太平洋プレートの沈み込みに沿って分布しており、陸に近づくにつれて深くなっている。
- 太平洋プレートの沈み込みに伴う地震は、敷地周辺では、約150km以深で発生している。

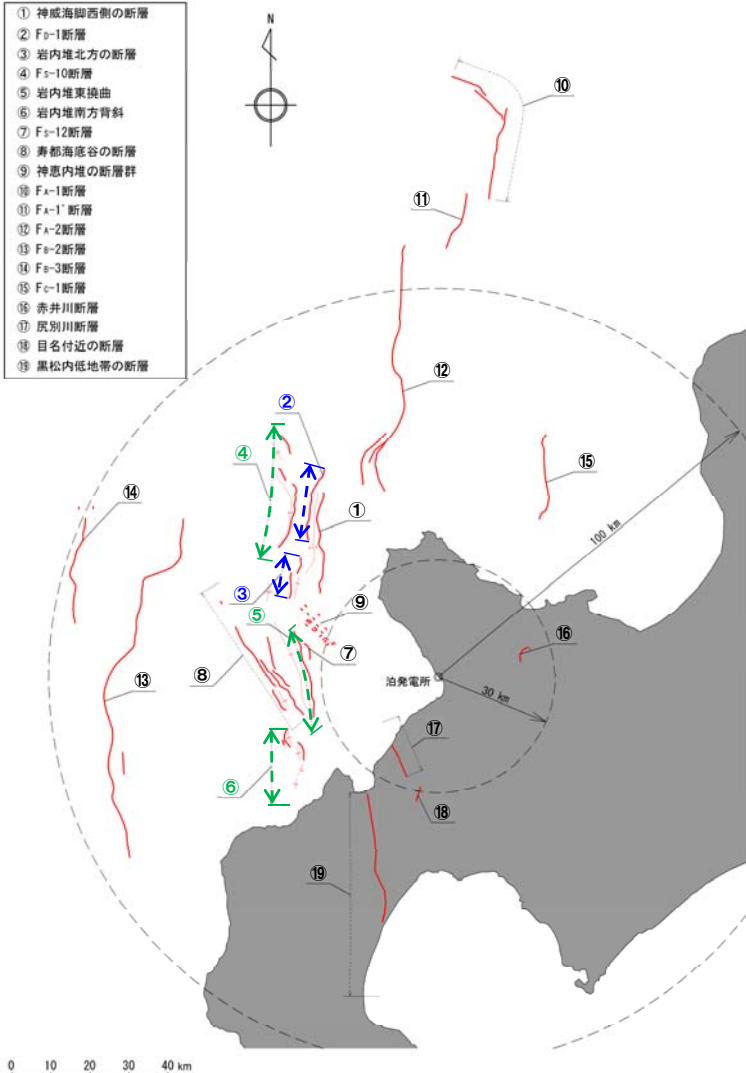


2. 活断層の分布状況

2. 活断層の分布状況

敷地周辺の活断層分布

- ① 神威海脚西側の断層
- ② F_D-1断層
- ③ 岩内堆北方の断層
- ④ F_S-10断層
- ⑤ 岩内堆東撓曲
- ⑥ 岩内堆南方背斜
- ⑦ F_S-12断層
- ⑧ 寿都海底谷の断層
- ⑨ 神恵内堆の断層群
- ⑩ F_A-1断層
- ⑪ F_A-1'断層
- ⑫ F_A-2断層
- ⑬ F_B-2断層
- ⑭ F_B-3断層
- ⑮ F_C-1断層
- ⑯ 赤井川断層
- ⑰ 尻別川断層
- ⑱ 目名付近の断層
- ⑲ 黒松内低地帯の断層



● 調査結果に基づき、F_D-1断層及び岩内堆北方の断層については、「F_D-1断層～岩内堆北方の断層」を一連の断層として評価する。また、F_S-10断層及び岩内堆東撓曲については、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」までが連動するとして評価する。

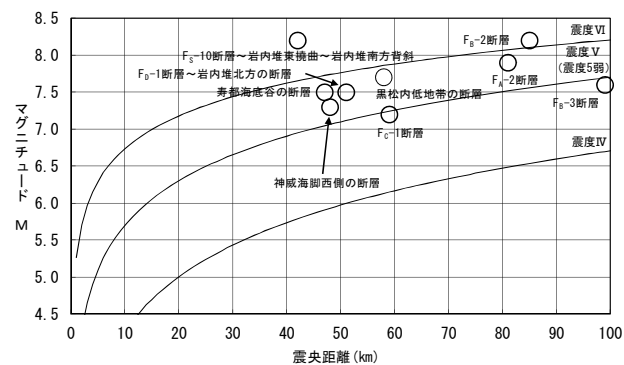
敷地周辺の主な活断層

断層の名称	断層長さ (km)	マグニチュード* ^{※1} M	震央距離 Δ(km)
⑮ F _C -1断層	27	7.2	59
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
⑧ 寿都海底谷の断層	42	7.5	47
⑭ F _B -3断層	45	7.6	99
⑲ 黒松内低地帯の断層	51	7.7	58
⑫ F _A -2断層	65	7.9	81
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
⑬ F _B -2断層	101	8.2	85
⑯ 赤井川断層* ^{※2}	5	6.0	23
⑱ 目名付近の断層* ^{※2}	5	6.0	31
⑦ F _S -12断層* ^{※2}	6.7	6.2	34
⑰ 尻別川断層* ^{※2}	16	6.8	22
⑨ 神恵内堆の断層群* ^{※2}	—	—	34

※1: 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

※2: 孤立した短い活断層として評価する

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F_B-2断層, F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜, 神威海脚西側の断層, 寿都海底谷の断層, 黒松内低地帯の断層, F_A-2断層及びF_D-1断層～岩内堆北方の断層による地震がある。



3. 検討用地震の選定

検討用地震の選定方針

< 敷地に大きな影響を及ぼす地震の選定 >

- 被害地震及び活断層による地震を地震発生様式毎に整理し、敷地に大きな影響を及ぼす地震を選定

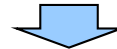
内陸地殻内地震

海洋プレート内地震

プレート間地震

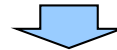
日本海東縁部の地震

火山性の地震



< 敷地に与える影響を比較 >

- 地震発生様式毎に距離減衰式を用いて、敷地で想定される地震動を比較
- 距離減衰式には、Noda et al. (2002) を使用



< 検討用地震の選定 >

- 地震発生様式を考慮して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

応答スペクトルに基づく地震動評価

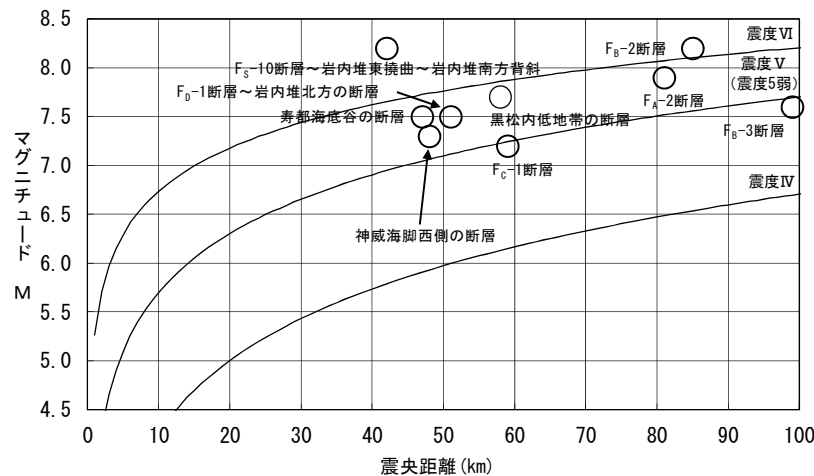
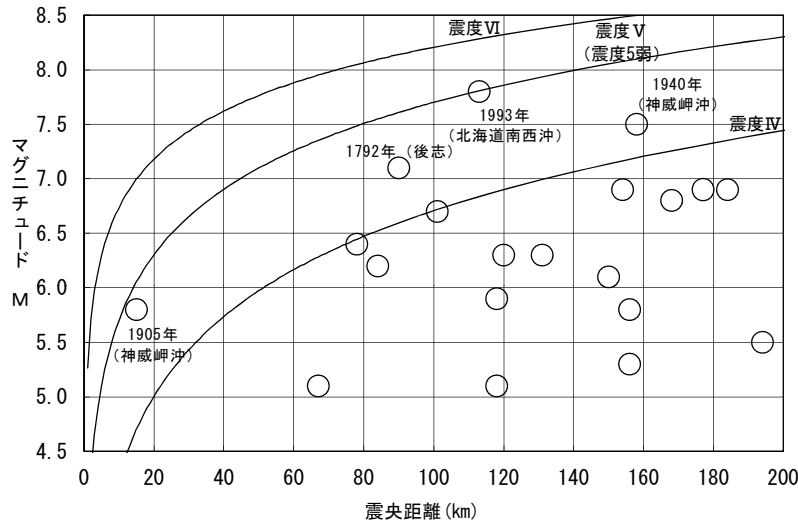
断層モデルを用いた手法による地震動評価

3. 検討用地震の選定

地震の分類

●敷地に大きな影響を及ぼす地震

気象庁震度階級関連解説表より震度5弱(1996年以前は、震度V)程度以上の地震を発生様式別に分類して選定する。



●内陸地殻内地震

被害地震については、地震の規模と震央距離との関係から敷地での震度がV程度以上と推定される内陸地殻内地震はみられないが、震度IVの領域にあって震度Vに準ずる地震として1792年後志の地震及び1905年神威岬沖の地震がある。

また、敷地に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、寿都海底谷の断層、黒松内低地帯の断層、F_A-2断層、F_S-10~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜及びF_D-1断層~岩内堆北方の断層による地震がある。

●プレート間地震及び海洋プレート内地震

敷地での震度がV程度以上と推定されるプレート間地震及び海洋プレート内地震はみられない。

なお、過去に2003年十勝沖地震のようなプレート間地震及び1993年釧路沖地震のような海洋プレート内の地震が発生しているが、敷地から300km以遠で発生した地震であり、敷地に影響を及ぼすような地震ではない。

また、太平洋プレートの沈み込みに伴う地震は、敷地周辺では約150km以深で発生している。

これらのことから、敷地周辺で発生するプレート間地震及び海洋プレート内地震は、敷地に及ぼす影響が内陸地殻内地震及び日本海東縁部の地震を上回るものではないと考えられる。

●日本海東縁部の地震

被害地震については、地震の規模と震央距離との関係から敷地での震度がV程度以上と推定される日本海東縁部の地震として、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1940年神威岬沖の地震がある。敷地に影響を及ぼすおそれのある活断層による地震としてF_B-2断層による地震がある。

●火山性の地震

敷地周辺では、過去に有珠山の噴火に関連すると想定されている1910年有珠山の地震が発生しているが、敷地に影響を及ぼすような地震ではない。

3. 検討用地震の選定

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、内陸地殻内地震及び日本海東縁部の地震である。
- 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及び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。

検討用地震選定のための内陸地殻内地震及び日本海東縁部の地震の諸元

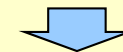
名称	マグニチュードM	震央距離Δ (km)	断層長さ (km)
1905年神威岬沖の地震	5.8	15	—
1792年後志の地震	7.1	90	—
神威海脚西側の断層による地震	7.3 ※1	48	31.5
F _D -1断層～岩内堆北方の断層による地震※2	7.5 ※1	51	39
寿都海底谷の断層による地震	7.5 ※1	47	42
黒松内低地帯の断層による地震	7.7 ※1	58	51
F _A -2断層による地震	7.9 ※1	81	65
F _S -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震※2	8.2 ※1	42	98
孤立した短い活断層	赤井川断層による地震	6.9 ※1	18.2 (5) ※3
	目名付近の断層による地震	6.9 ※1	18.2 (5) ※3
	F _S -12断層による地震	6.9 ※1	18.2 (6.7) ※3
	尻別川断層による地震	6.9 ※1	18.2 (16) ※3
	神恵内堆の断層群による地震	6.9 ※1	18.2 (—) ※3
日本海東縁部の地震	1940年神威岬沖の地震	7.5	—
	1993年北海道南西沖地震	7.8	—
	F _B -2断層による地震	8.2 ※1	85

孤立した短い活断層の取り扱い

<孤立した短い活断層の地震規模>
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設定

地震発生層厚さ15.8km
(上端2.2km, 下端18km)
断層傾斜角 60° ※

※ 地震調査委員会(2006)における黒松内低地帯の傾斜角を参考に設定



断層長さ及び断層幅 18.2km



地震規模 M6.9

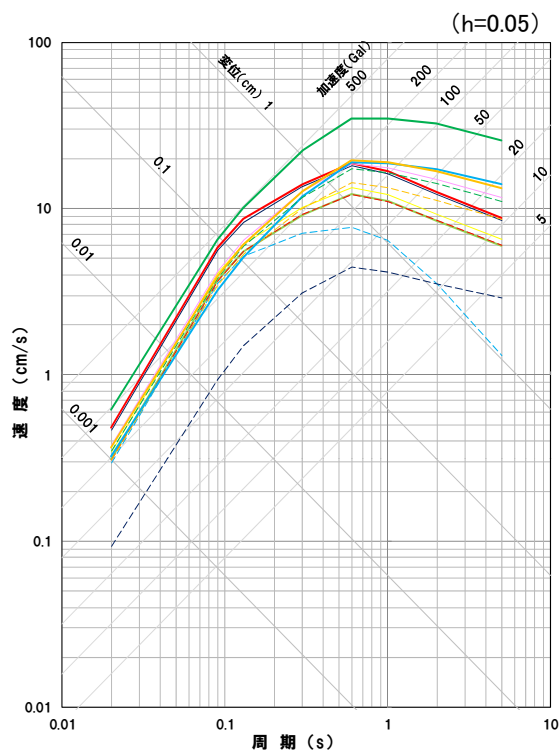
※1 活断層による地震のマグニチュードは、松田(1975)による断層長さとの関係式による

※2 一連の断層として評価

※3 ()内は、地質調査結果に基づく断層長さである

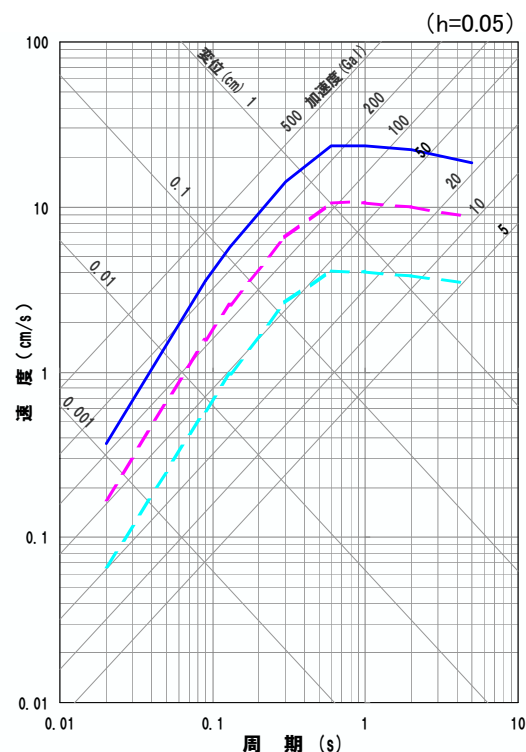
3. 検討用地震の選定

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**」,
「**黒松内低地帯の断層による地震**」,
「**FA-2断層による地震**」及び「**FS-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震**」を敷地に特に大きな影響を及ぼすと考えられる地震として選定

日本海東縁部の地震の応答スペクトルの比較



「**FB-2断層による地震**」を敷地に特に大きな影響を及ぼすと考えられる地震として選定

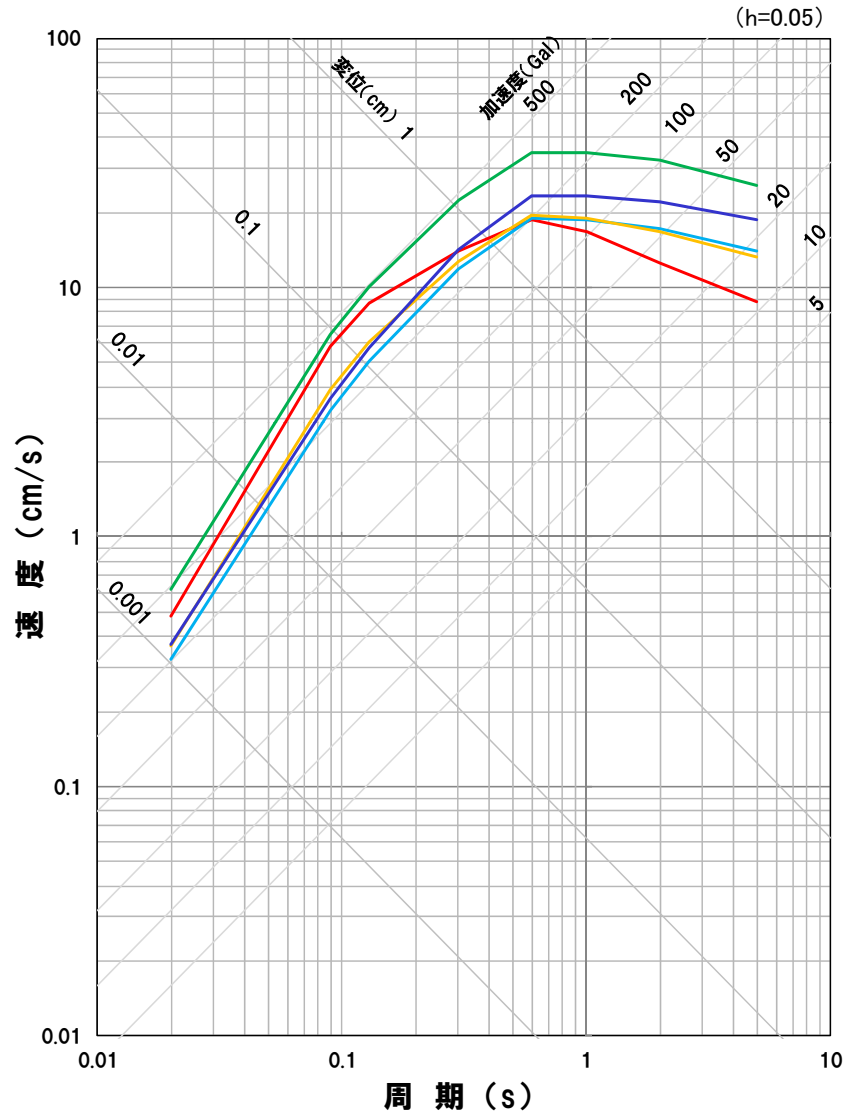
- 1905年神威岬沖の地震
- 赤井川断層による地震
- 目名付近の断層による地震
- FS-12断層による地震
- 尻別川断層による地震
- 神恵内堆の断層群による地震
- 1792年後志の地震
- 神威海脚西側の断層による地震
- 寿都海底谷の断層による地震
- FA-2断層による地震
- FO-1断層～岩内堆北方の断層による地震
- FS-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震
- 黒松内低地帯の断層による地震

- 1940年神威岬沖の地震
- 1993年北海道南西沖地震
- FB-2断層による地震

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

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

検討用地震の選定結果



※ 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
 - 尻別川断層による地震
 - F_A-2 断層による地震
 - 黒松内低地帯の断層による地震
 - F_S-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震
- 日本海東縁部の地震
 - F_B-2 断層による地震

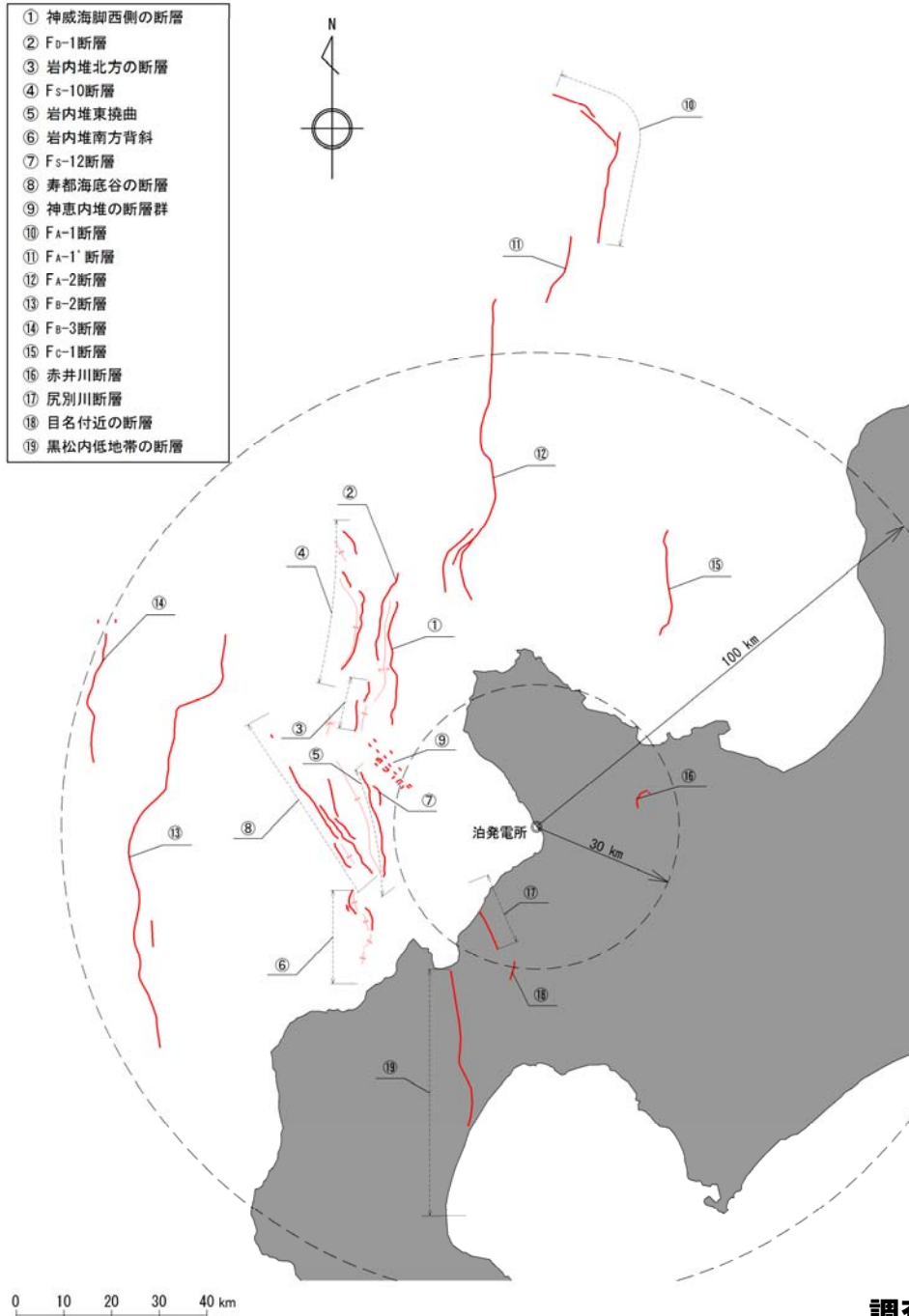
※ 「黒松内低地帯の断層による地震」及び「 F_A-2 断層による地震」は、「尻別川断層による地震」及び「 F_B-2 断層による地震」に包絡されている。

- 内陸地殻内地震から「尻別川断層による地震」を検討用地震として選定
- 日本海東縁部の地震から「 F_B-2 断層による地震」を検討用地震として選定
- 一連の断層として評価する「 F_S-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」についても検討用地震として選定



4. 震源として考慮する活断層

4. 震源として考慮する活断層



	断層名	評価	備考
敷地前面海域	①神威海脚西側の断層	約31.5km	
	②F _D -1断層	約39km	地形及び地質構造の連続性を考慮して一括評価
	③岩内堆北方の断層		
	④F _S -10断層		
	⑤岩内堆東撓曲	約98km	連動評価の対象として考慮 ^{※2}
	⑥岩内堆南方背斜		
	⑦F _S -12断層	約6.7km ^{※1}	
	⑧寿都海底谷の断層	約42km	
	⑨神恵内堆の断層群	— ^{※1}	
敷地周辺海域	⑩F _A -1断層	約48km	地形及び地質構造の連続性を考慮して一括評価
	⑪F _A -1'断層		
	⑫F _A -2断層	約65km	
	⑬F _B -2断層	約101km	
	⑭F _B -3断層	約45km	
⑮F _C -1断層	約27km		
敷地周辺陸域	⑯赤井川断層	約5km ^{※1}	
	⑰尻別川断層	約16km ^{※1}	
	⑱目名付近の断層	約5km ^{※1}	
	⑲黒松内低地帯の断層	約51km	

※1 孤立した短い活断層として評価

※2 敷地前面海域における震源として考慮する活断層については、原子力安全・保安院の意見聴取会において、連動を考慮した評価の実施が求められ、F_S-10断層と岩内堆東撓曲の連動について検討を行っている。その後、意見聴取会における指摘等を踏まえ、平成24年に追加調査を実施し、その結果を平成25年1月21日に報告している。(次頁参照)

※3 泊発電所「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価 中間報告書(平成20年3月)以降に実施した主な地質調査
 平成22年 積丹半島西岸
 平成24年 寿都湾、弁慶岬西方海域、神威海脚西方海域及び黒松内低地帯北部
 平成25年 敷地周辺沿岸部

調査結果(震源として考慮する活断層)

4. 震源として考慮する活断層

【敷地前面海域の連動の評価について】

平成23年11月～

原子力安全・保安院から、「平成23年東北地方太平洋沖地震の知見等を踏まえた原子力施設への地震動及び津波の影響に関する安全性評価の実施について(指示)」（平成23・11・02原院第4号）に関して、「泊発電所については、敷地前面の海域において、長さ10キロメートルから40キロメートル程度の複数の断層が雁行しており、当院は、平成23年東北地方太平洋沖地震において想定以上の地震セグメントの連動が発生したことを踏まえ、それらの断層の連動を考慮して地震動及び津波の評価を実施する必要がある」との指示を受け、Fs-10断層～岩内堆東撓曲の連動について、意見聴取会で説明。

平成24年2月

意見聴取会では、連動評価の南方延長部及び陸域の黒松内低地帯の北端部付近の地質データが不鮮明である、または、不足しているとの趣旨の指摘を受け、評価にあたっての当該地域の地質データの拡充が求められた。また、現時点で陸域への延長が否定できないのであれば、活断層長さを更に陸域まで延長して評価したもので地震動評価を行うことについても、課題として原子力安全・保安院から提示された。

平成24年3月

弁慶岬西側及び寿都湾周辺において地質調査を開始。

平成24年4月～7月

Fs-10断層、岩内堆東撓曲、岩内堆南方の褶曲から、更に陸域へ延長するものとして設定した、敷地前面海域の連動断層による地震動評価を実施した。また、念のため、前述の敷地前面海域の連動断層と、現時点で評価している黒松内低地帯の断層に、八雲断層を含めた黒松内低地帯-八雲断層が連動する場合の地震動評価を実施し、その結果について、意見聴取会で説明を実施。

敷地前面海域の連動断層と、現時点で評価している黒松内低地帯の断層に、八雲断層を含めた黒松内低地帯-八雲断層が連動する場合について、基準地震動 S_s の応答スペクトルを上回る箇所は、周期2秒程度以上の一部の周期帯であり、安全上重要な機能を有する主要な設備が影響を受ける周期帯は、周期1秒程度以下であることから、耐震安全性評価に影響は及ぼさないことを報告した。

平成25年1月

地質調査結果について原子力規制委員会に報告した。



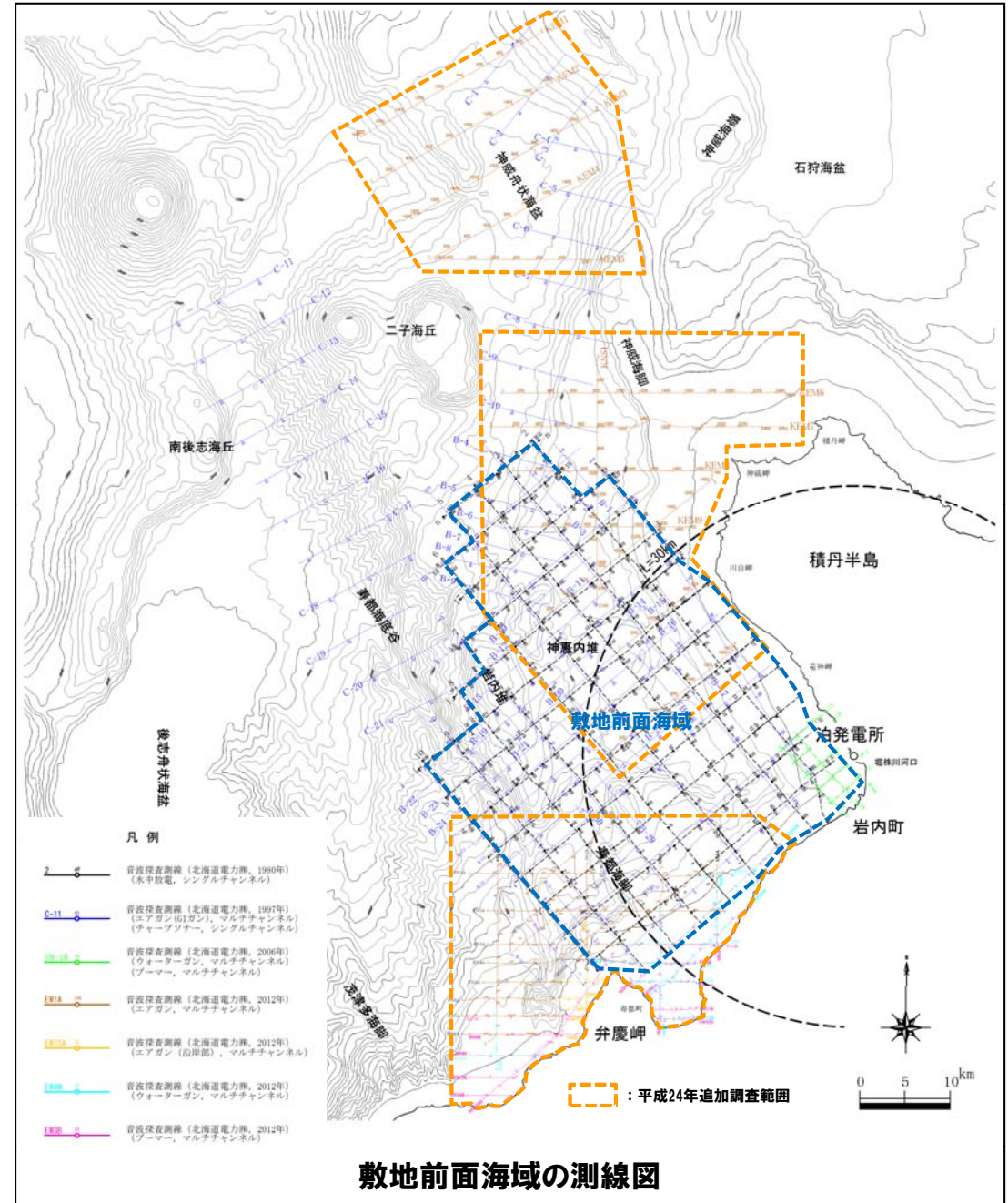
5. 敷地前面海域の断層の概要

5. 敷地前面海域の断層の概要

【敷地前面海域における調査内容】

敷地前面海域では、主に汀線方向約50km、沖合方向約35kmの範囲で、エアガンによるマルチチャンネル音波探査及びスパーカーによるシングルチャンネル音波探査を実施している。

平成24年は、敷地前面海域の南西方の弁慶岬周辺ほかで、エアガン、ウォーターガン、ブーマーによるマルチチャンネル音波探査を行っている。



※ 敷地前面海域の断層には、敷地前面海域外に連続する断層も含まれる。

5. 敷地前面海域の断層の概要

＜敷地前面海域の地形＞

敷地前面海域の沖合約3km～約12kmには、水深150m以浅の大陸棚が分布し、大陸棚の沖合は、大陸斜面沿いに海盆、堆、海底谷等があり、起伏に富む地形を呈している。

震源として考慮する活断層は、N-S方向に延びる高まりの縁辺部及び寿都海底谷に沿って分布する。

① 神威海脚西側の断層群

二子海丘と神威海脚の間に分布するN-S方向～NNE-SSW方向に延びる高まりの東側及び西側基部に認められる断層で、東側基部には、神威海脚西側の断層(F_D-2 断層及び F_S-11 断層)、西側基部には、 F_D-1 断層、岩内堆北方の断層(F_S-8 断層及び F_S-9 断層)が認められる。

② 二子海丘東側の断層群

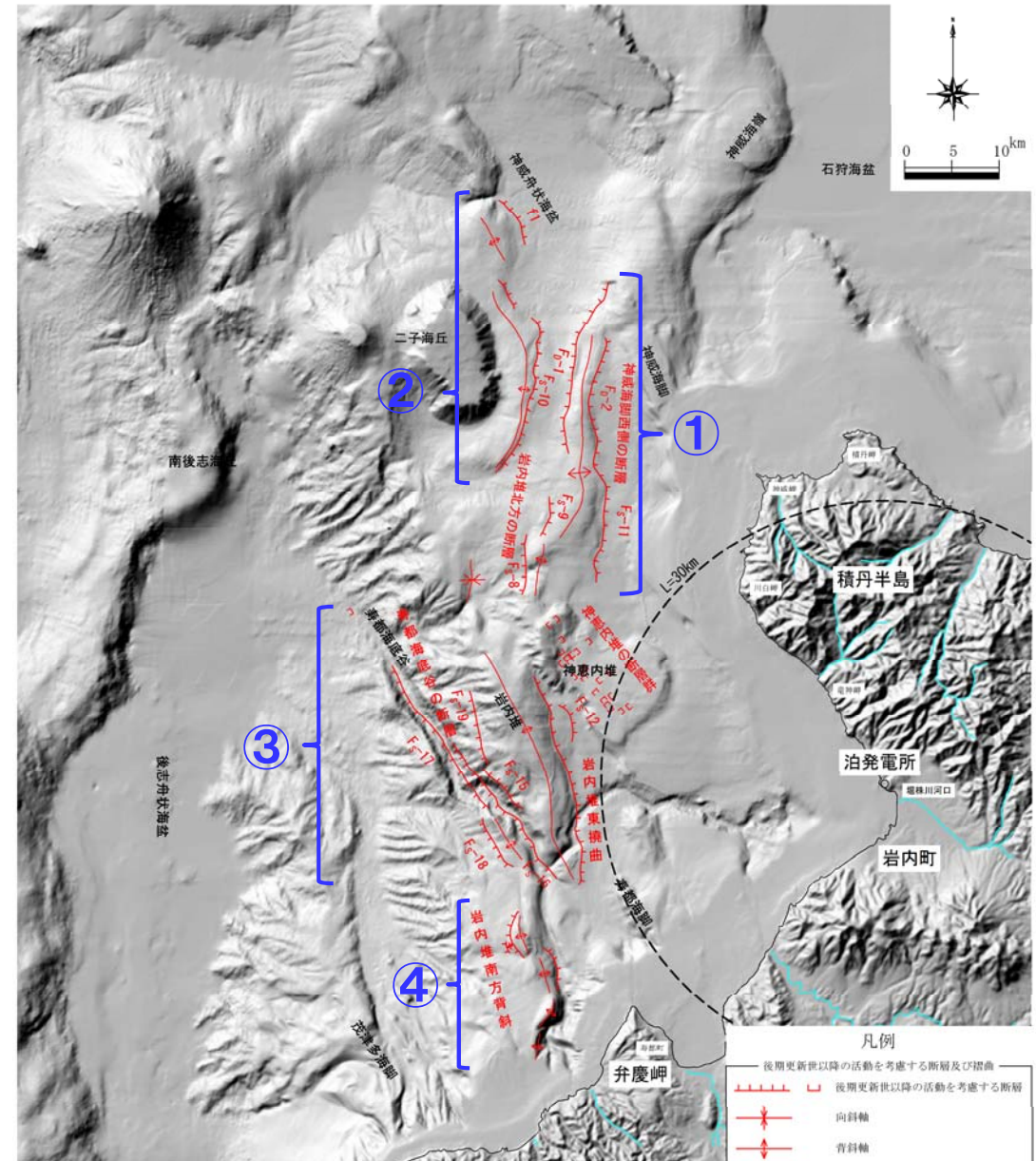
二子海丘東側のNNE-SSW方向～NW-SE方向に延びる比較的小規模な高まりの東側基部に認められる断層で、 F_S-10 断層($f1$ 断層を含む)が認められる。

③ 岩内堆周辺の断層群

岩内堆の東側基部及び岩内堆西側の寿都海底谷沿いに認められる断層からなる。岩内堆東側基部には岩内堆東撓曲及び F_S-12 断層が、寿都海底谷沿いには寿都海底谷の断層(F_S-15 断層～ F_S-19 断層)が認められる。

④ 岩内堆南方背斜

岩内堆南方の弁慶岬西側海域に、長さ5km程度のバルジ状の高まりがN-S方向に複数認められ、西傾斜の伏在断層が推定される。

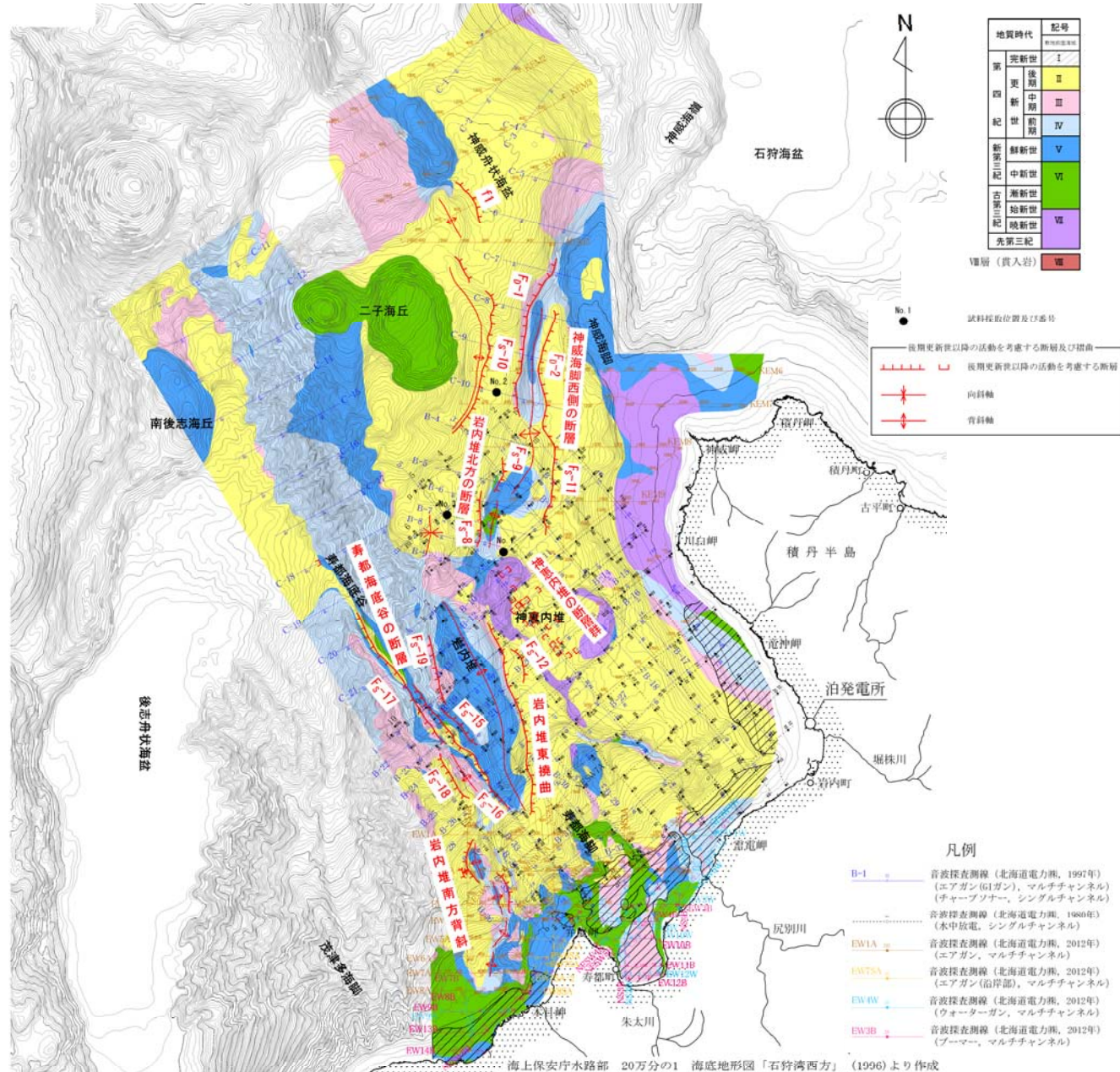


5. 敷地前面海域の断層の概要

【敷地前面海域の地質分布及び地質層序】

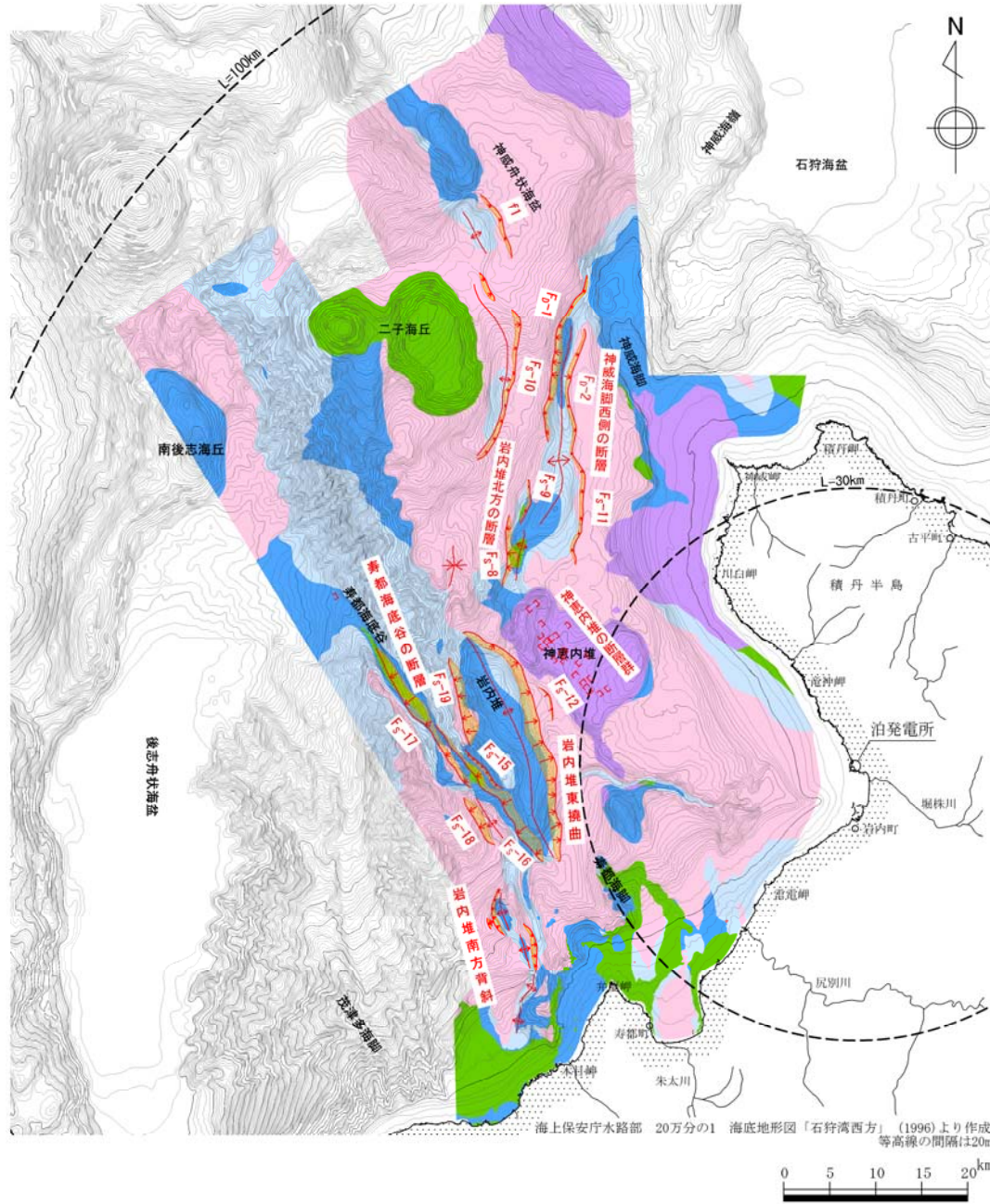
地質時代	陸域の地質			海域の地質	
	尻別川地域	黒松内低地帯地域	弁慶岬西方地域	敷地前面海域	
第四紀	完新世	沖積層	沖積層	沖積層	I
		低位段丘堆積物	低位段丘堆積物	低位段丘堆積物	II
	後期	中位段丘堆積物	中位段丘堆積物	中位段丘堆積物	III
		高位段丘堆積物	高位段丘堆積物	高位段丘堆積物	
	中期	三和層	知来川層		IV
		鮎川層	瀬棚層	歌島層	
	前期	雷電岬火山角礫砂層			V
		尻別川層	黒松内層	永豊層	
新第三紀	鮮新世	磯谷層	二股層	二股層	VI
		花岡岩類	八雲層	折川層	
	後期		訓縫層		VII
	中期				VIII
前期					
古第三紀	漸新世				
	始新世				
	暁新世				
白亜紀					
先白亜紀					
	貫入岩類	—	—	VIII	

敷地前面海域の地質層序



敷地前面海域の地質分布

5. 敷地前面海域の断層の概要



<敷地前面海域の地質構造の概要>
 敷地前面海域の地質構造は、弁慶岬から寿都海底谷に沿って北西に延びるNW-SE方向の地質構造及び弁慶岬沖より北方に延びるN-S方向ないしはNE-SW方向の地質構造によって特徴づけられる。

<地質分布との対比>
 敷地前面海域には、VII層及びVI層が分布する神恵内堆や二子海丘と、V層及びIV層が分布する海丘または海嶺状の地形が認められる。震源として考慮する活断層は、V層及びIV層が分布する海丘・海嶺状の地形に沿って分布する。
 また、V層及びIV層からなる地形の高まりや、それに関連する地質構造は、神恵内堆や二子海丘、積丹半島基部等の古い地層からなる地形に規制されて分布する。

凡例

地質時代	記号
第 四 紀	後新世 I
更 新 世	後期 II
新 世	中期 III
紀 世	前期 IV
新 世	鮮新世 V
紀 世	中新世 VI
古 第 三 紀	漸新世 VII
紀 世	始新世 VIII
	晩新世 IX
	先第三紀 X

III層以上に变形が推定される構造

- 換曲 (換曲の位置および幅はIV層基底を表示)
- 褶曲 (褶曲軸の位置はIV層基底を表示)
- 連続性のない断層

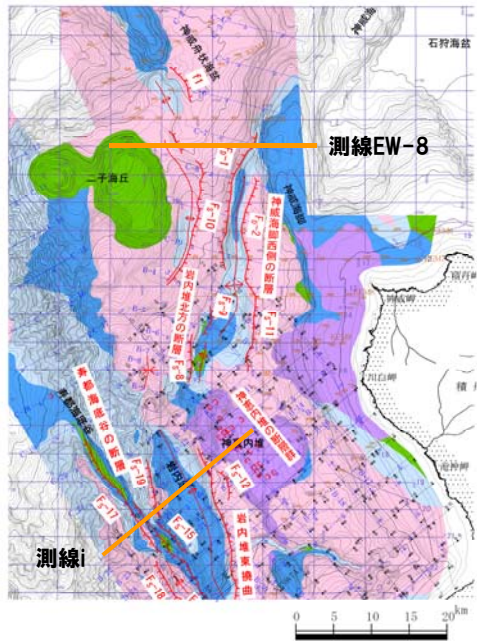
VIII層 (貫入岩)

[I, II層を除いた地質図]

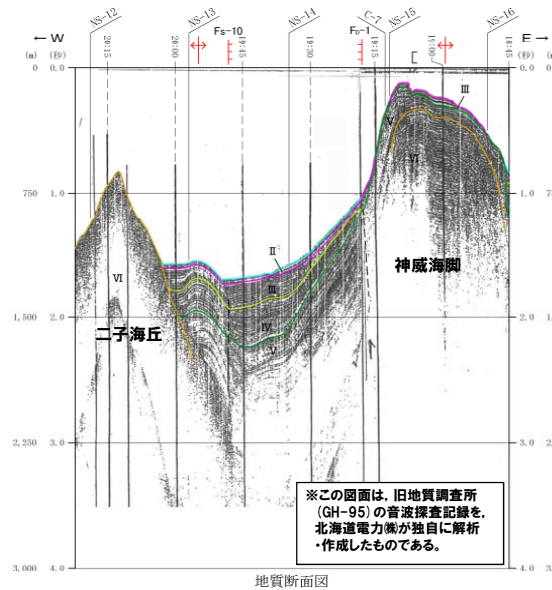
左図：表層に堆積する数十m程度の薄層(主にI, II層)を剥いだ地質分布図に地質構造を重ね合わせたもの

5. 敷地前面海域の断層の概要

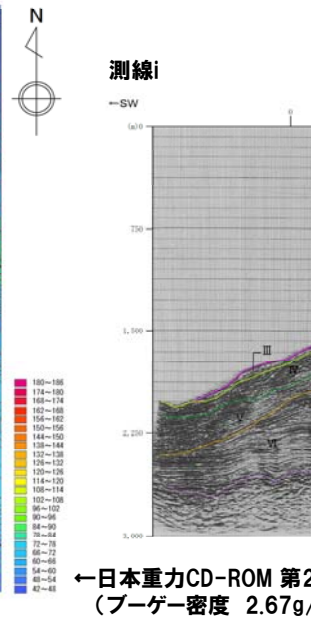
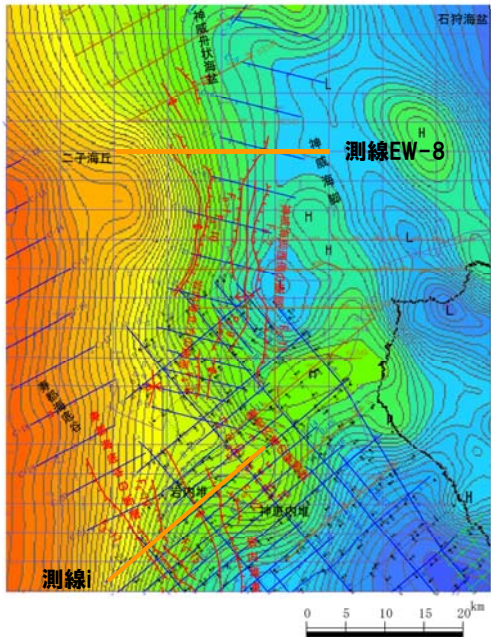
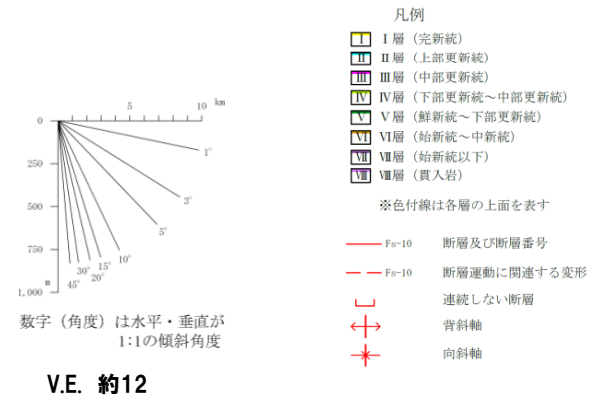
二子海丘周辺、積丹半島～神威海脚のN-S方向、神恵内堆付近のENE-WSW方向に高重力異常が認められ、地質分布及び海上音波探査記録から、当該範囲にVI層及びVII層の分布が推定される。震源として考慮する活断層は、これらに規制されて分布していると推定される。



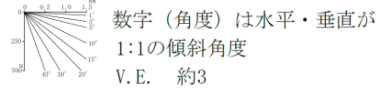
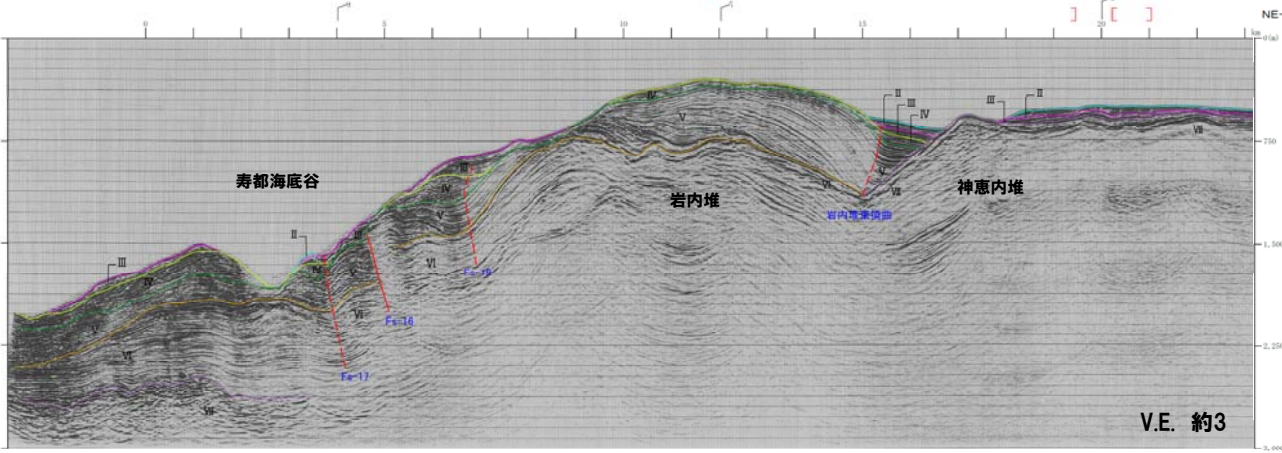
測線EW-8



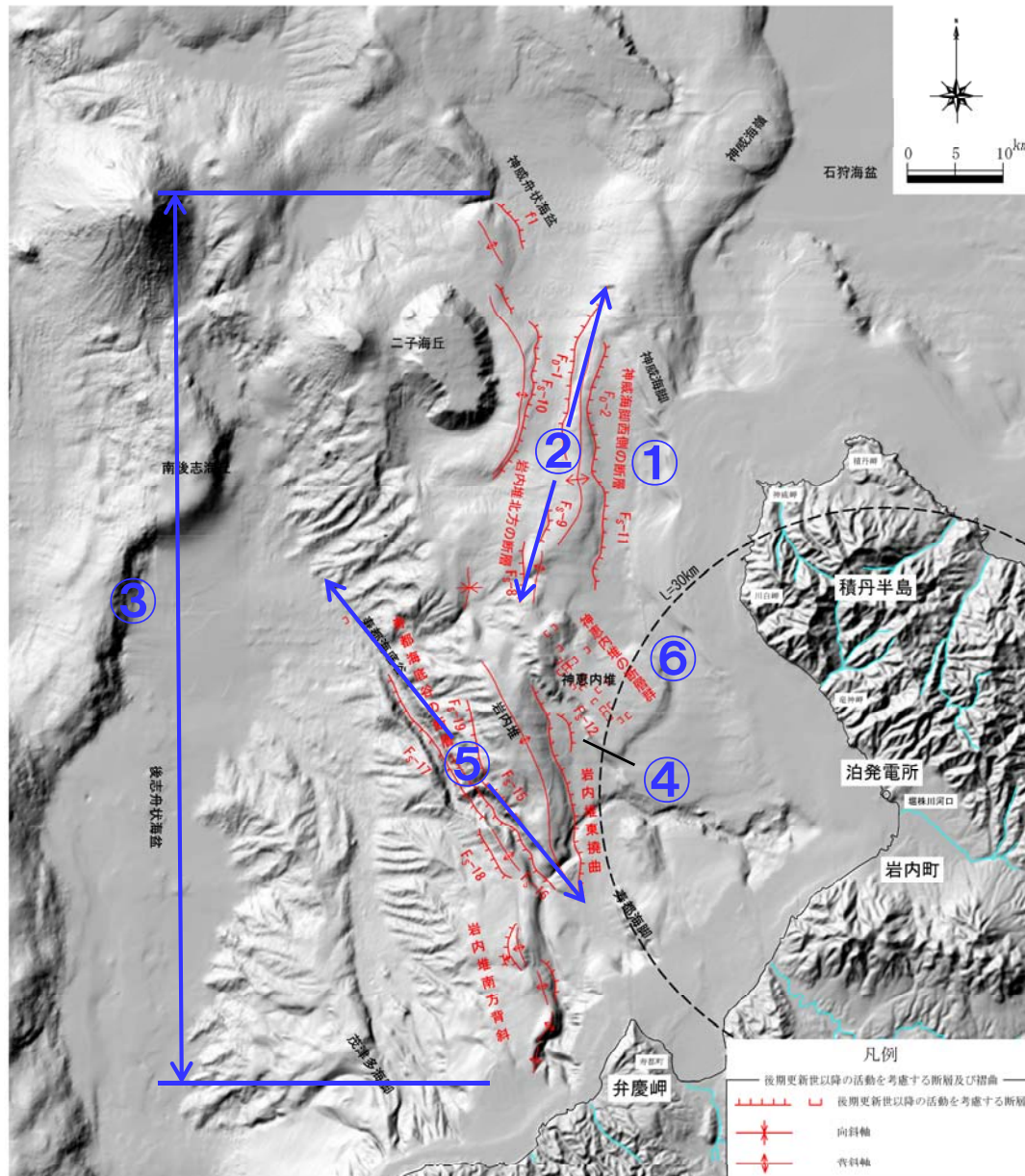
※この図面は、旧地質調査所 (GH-95) の音波探査記録を、北海道電力機が独自に解析・作成したものである。



測線i



5. 敷地前面海域の断層の概要



敷地前面海域の断層については、調査結果をもとに地形、地質分布、地質構造の連続性等を踏まえ評価している。

このうち、Fs-10断層、岩内堆東撓曲、岩内堆南方背斜については、連動の対象として評価した。

	断層名	評価	備考
①	神威海脚西側の断層 (F _D -2断層, Fs-11断層)	約31.5km	
②	F _D -1断層	約39km	地形及び地質構造の連続性を考慮して一括評価
	岩内堆北方の断層 (Fs-8断層, Fs-9断層)		
③	Fs-10断層 (Fs-10断層, f1断層)	約98km	連動の対象として評価
	岩内堆東撓曲		
	岩内堆南方背斜		
④	Fs-12断層	約6.7km*	岩内堆東撓曲の活動に伴い副次的に形成された断層と推定される
⑤	寿都海底谷の断層 (Fs-15断層～Fs-19断層)	約42km	
⑥	神恵内堆の断層群	—*	

*孤立した短い活断層として評価