

泊 発 電 所

敷地ごとに震源を特定して策定する 地震動について

平成27年12月25日
北海道電力株式会社

1. 敷地周辺の地震発生状況	6
2. 敷地周辺の活断層の分布	10
3. 敷地地盤の振動特性	12
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	31

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価における既往評価からの変更点について

●これまでのヒアリング等での指摘事項を踏まえ、既往の評価(泊発電所発電用原子炉設置変更許可申請書平成25年7月8日申請)からより安全側の評価となるよう、以下を変更した。

- 地震動評価上、より安全側の評価となる地震発生層の設定に変更
⇒ 上端深さを2.2kmから2.0km(内陸地殻内地震)
- 地震動評価における「断層の傾斜角」を変更
⇒ 「尻別川断層の傾斜角」を60° から45° に変更
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価において、「破壊伝播速度」に関する不確かさケースを考慮
⇒ 「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」の地震動評価において、不確かさとして考慮
- その他、断層モデルを用いた手法による地震動評価における一部の断層パラメータの設定を変更
⇒ 破壊開始点及びアスペリティ面積比等
- 「F_B-2断層による地震」の地震動評価において、統計的グリーン関数法、理論的手法(波数積分法)を用いたハイブリッド合成法による評価に加え、経験的グリーン関数法を用いた地震動評価も実施

【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及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, 敷地及び敷地周辺の活断層の分布を把握



【3. 敷地地盤の振動特性】

- 地下構造に関する調査結果
 - 敷地周辺の地震基盤が標高-2200m程度で大局的に平坦であること, 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となっていること, 速度構造に極端なコントラストのある部分が存在しないことを確認
- 地震観測記録を用いた検討
 - 泊発電所で観測した地震記録を分析し, 到来方向や地盤構造による特異な増幅がないことを確認
- 地質構造を考慮した解析的検討
 - 地質構造を考慮した地盤モデルを作成し, 解析的な検討から地質構造の特徴, 入射方向等による振動特性への影響を検討し, 特異な増幅がないことを確認
- 深部凹構造による振動特性に関する検討
 - 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



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。

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】

● 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、敷地に大きな影響を及ぼすと考えられる地震を選定する。

【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

【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

【尻別川断層による地震】

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長さとする。

【 F_S-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震】

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と設定する。

【 F_B-2 断層による地震】

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96kmと設定する。



● 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)

【尻別川断層による地震】

- ・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】

- ・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_B-2 断層による地震】

- ・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

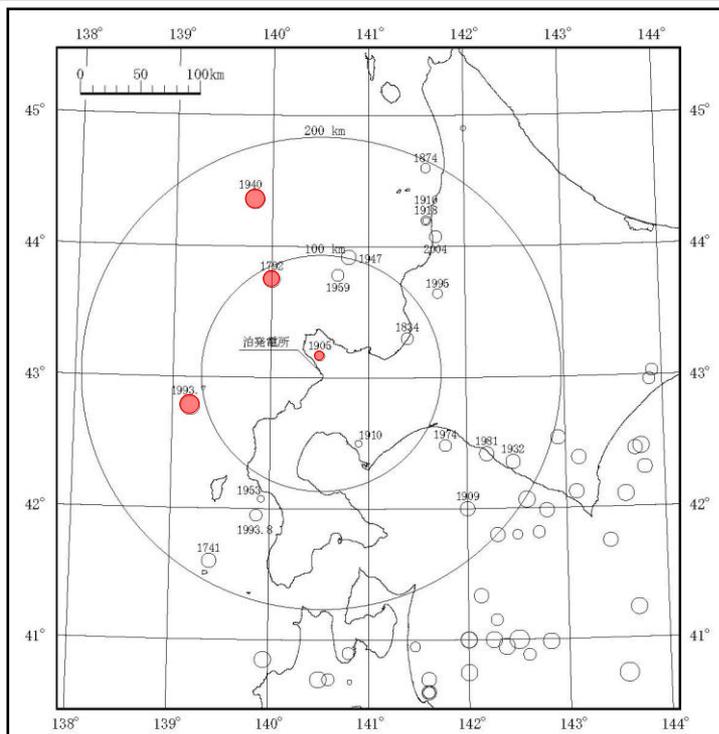
1. 敷地周辺の地震発生状況

1.1 敷地周辺の被害地震

一部加筆修正 (H25.9.11審査会合資料)

被害地震

敷地周辺の被害地震の震央分布

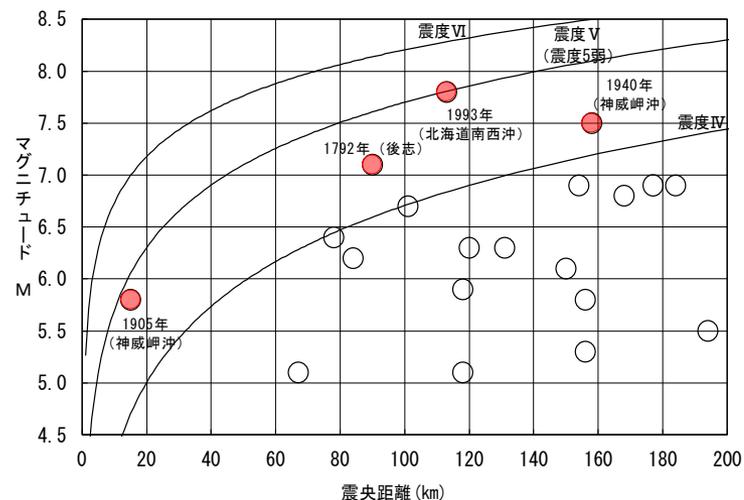


※敷地から200km程度以内の被害地震

1884年以前 宇佐美ほか(2013)
1885年～1922年 赤野・宇津カテログ(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ー震央距離図



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

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

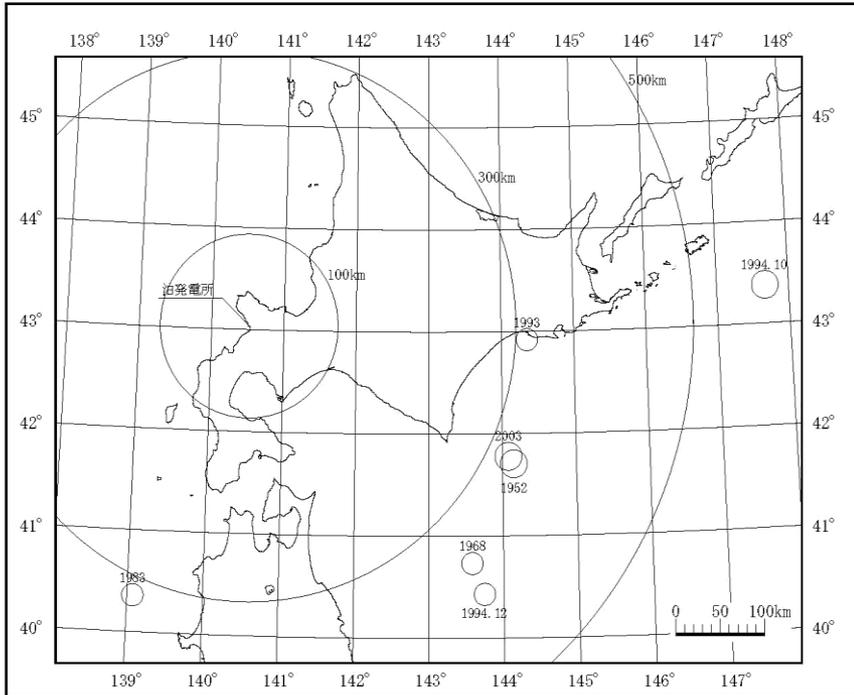
※上記の震央位置は、左記の震央分布図に赤丸として示す。

1.1 敷地周辺の被害地震

一部加筆修正 (H25.9.11審査会合資料)

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以遠のM7.5以上の主な被害地震

1884年以前 宇佐美ほか(2013)
 1885年～1922年 茅野・宇津カタログ(2001)
 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

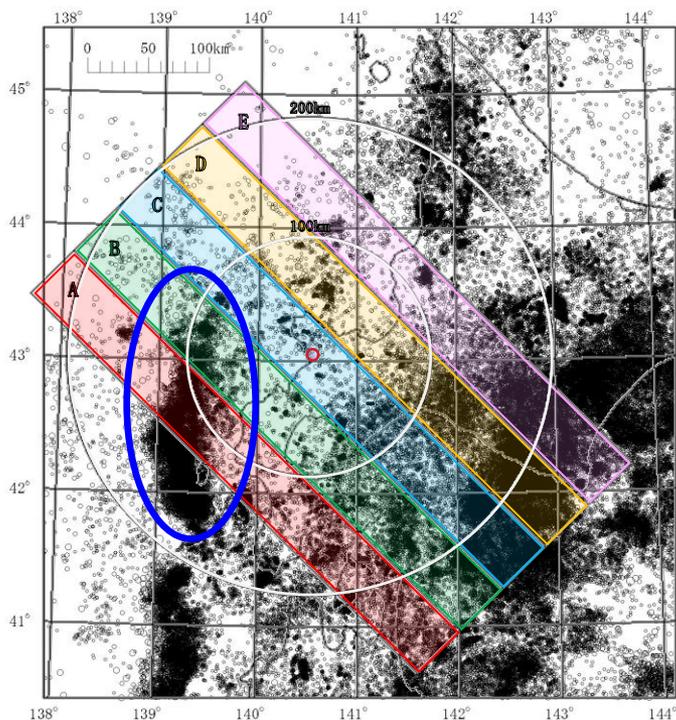
●敷地から300km以上離れているが、北海道周辺で以下のようなM7.5以上の地震が発生している。

- ・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。

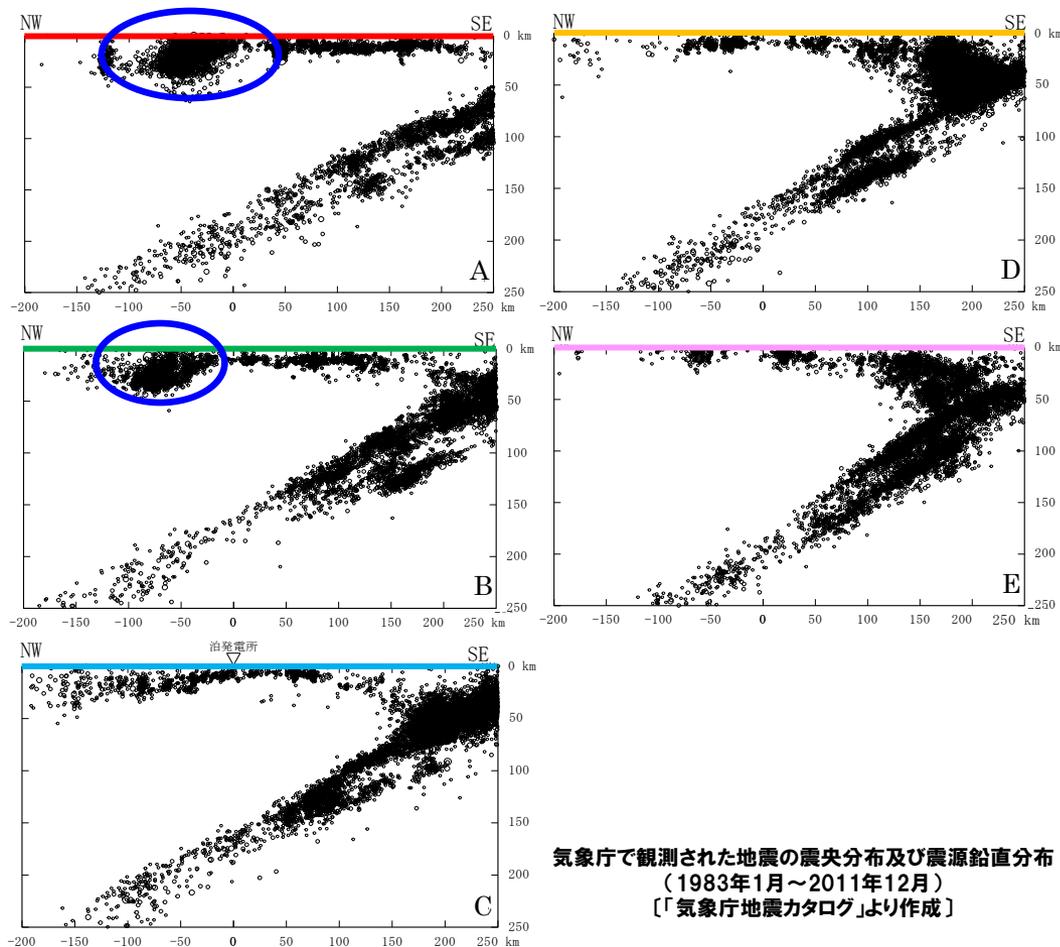
1.2 敷地周辺の地震活動

一部加筆修正 (H25.9.11審査会合資料)

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
○ : 泊発電所



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。

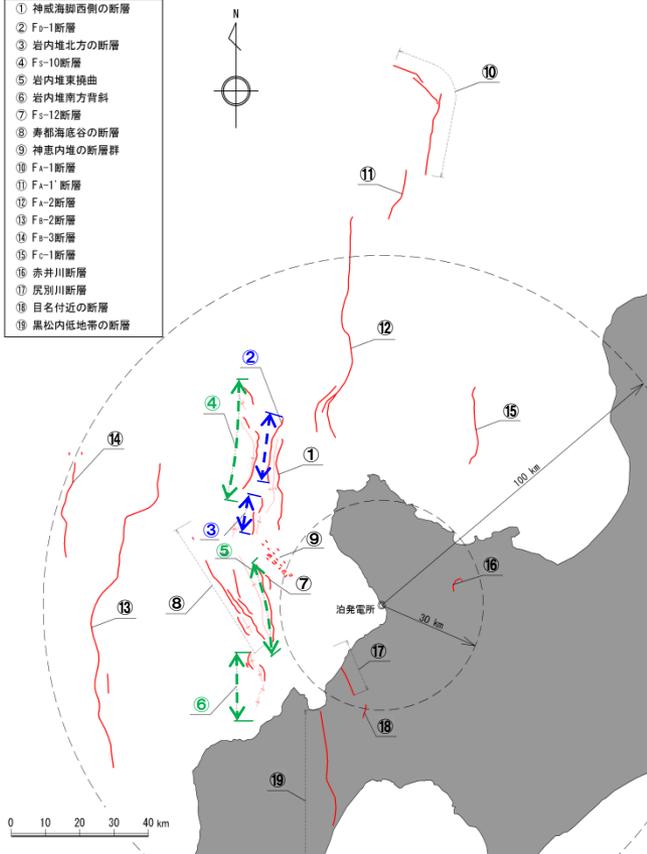
2. 敷地周辺の活断層の分布

2. 敷地周辺の活断層の分布

一部加筆修正 (H25.9.11審査会合資料)

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



●F_D-1断層及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、岩内堆東撓曲及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断層及び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

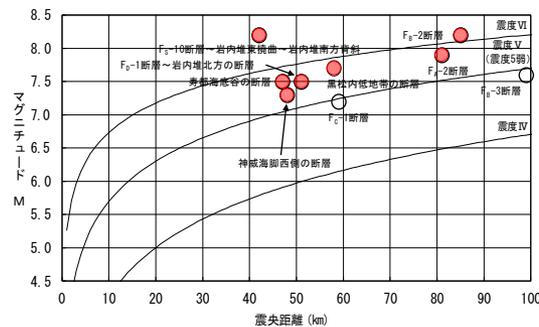
断層の名称	断層長さ (km)	マグニチュード ^{※1} M	震央距離 Δ(km)
①神威海脚西側の断層	31.5	7.3	48
②F _D -1断層～③岩内堆北方の断層	39	7.5	51
④F _S -10断層～⑤岩内堆東撓曲～⑥岩内堆南方背斜	98	8.2	42
⑦F _S -12断層 ^{※2}	6.7	6.2	34
⑧寿都海底谷の断層	42	7.5	47
⑨神恵内堆の断層群 ^{※2}	—	—	34
⑫F _A -2断層	65	7.9	81
⑬F _B -2断層	101	8.2	85
⑭F _B -3断層	45	7.6	99
⑮F _C -1断層	27	7.2	59
⑯赤井川断層 ^{※2}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

※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

※: 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

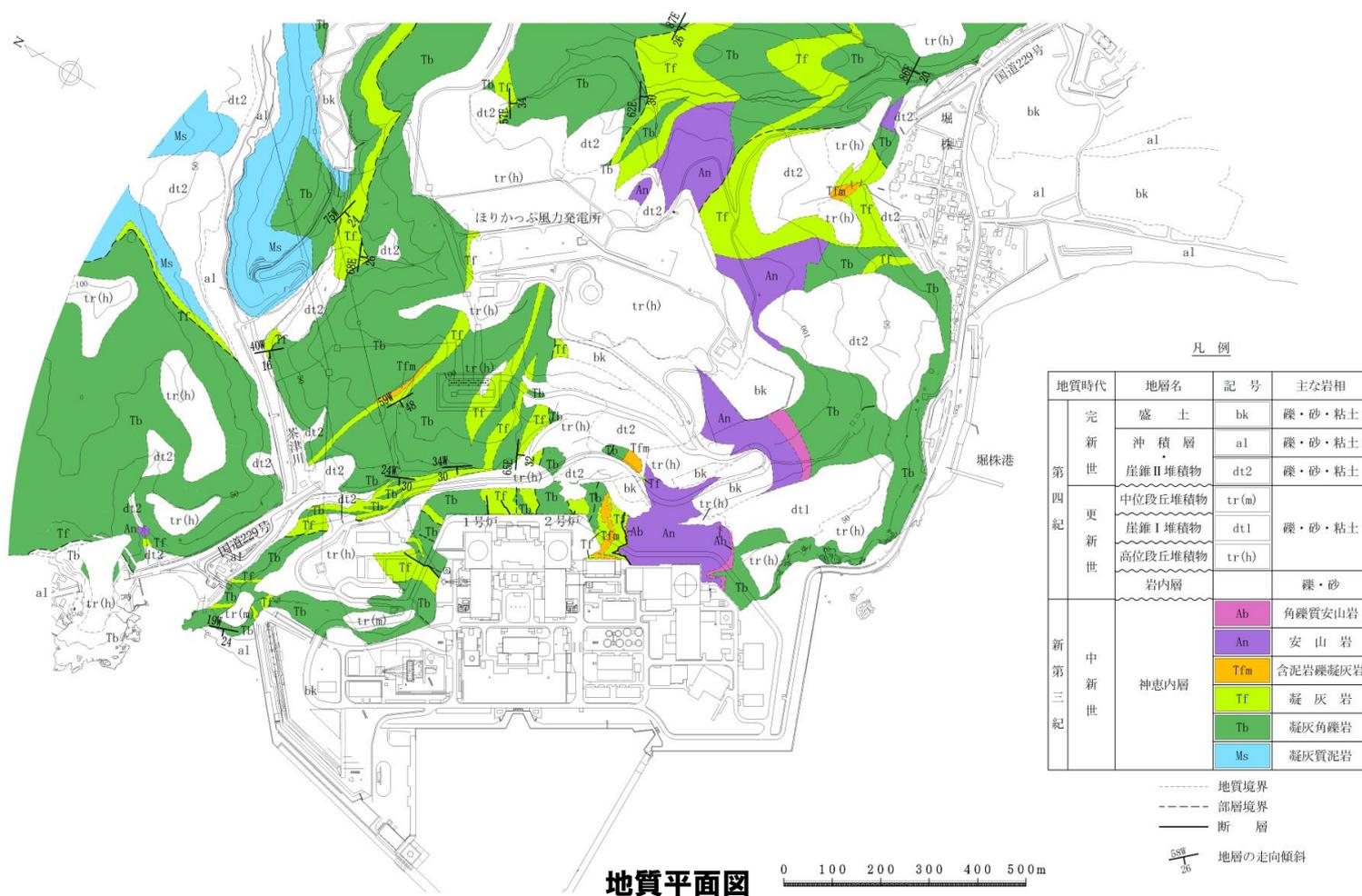
●敷地に震度V程度以上の影響を及ぼすおそれのある活断層による地震として神威海脚西側の断層、F_D-1断層～岩内堆北方の断層、F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜、寿都海底谷の断層、F_A-2断層、F_B-2断層及び黒松内低地帯の断層による地震がある。

3. 敷地地盤の振動特性

3.1 解放基盤表面の設定

解放基盤表面の設定

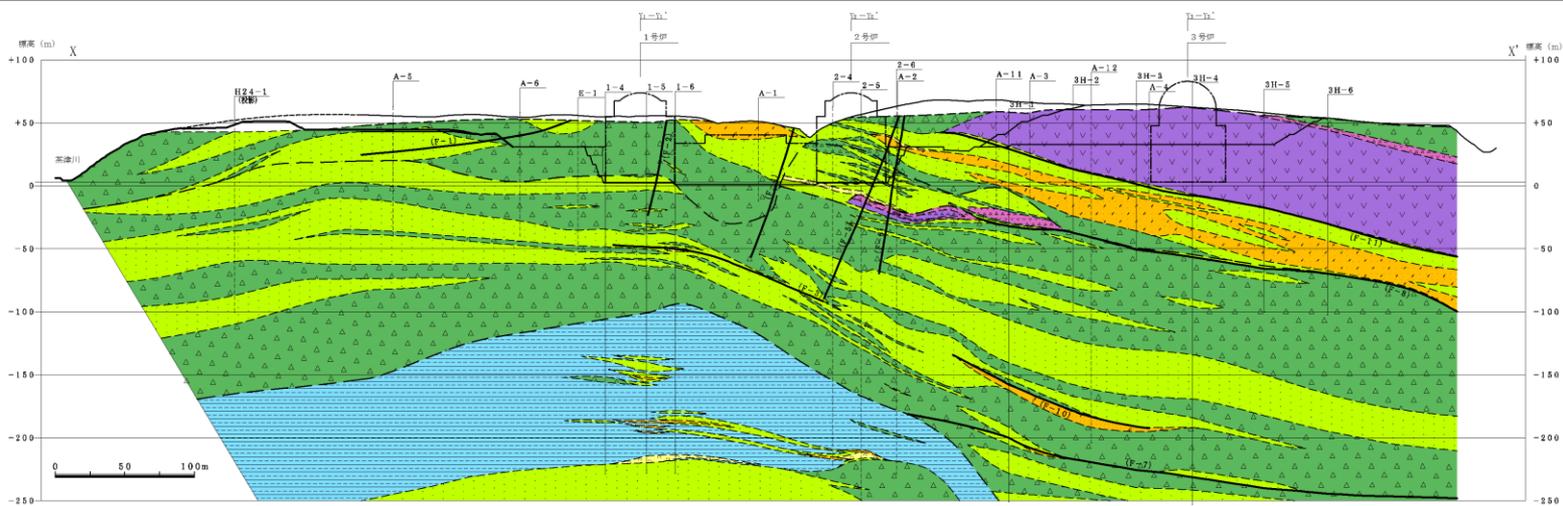
- 敷地に広く分布する神恵内層は、ボーリング孔で実施したPS検層結果等により、S波速度が0.7km/s以上であることから、この神恵内層(原子炉建屋基礎底面付近)を解放基盤表面として設定する。
- 1・2号原子炉建屋基礎底面位置(標高+2.3m)のS波速度は、1.4km/s程度、3号原子炉建屋基礎底面位置(標高+2.8m)のS波速度は、1.8km/s程度である。



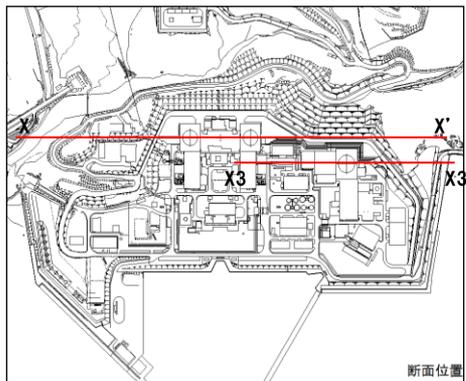
3. 敷地地盤の振動特性

3.1 解放基盤表面の設定

地質断面図

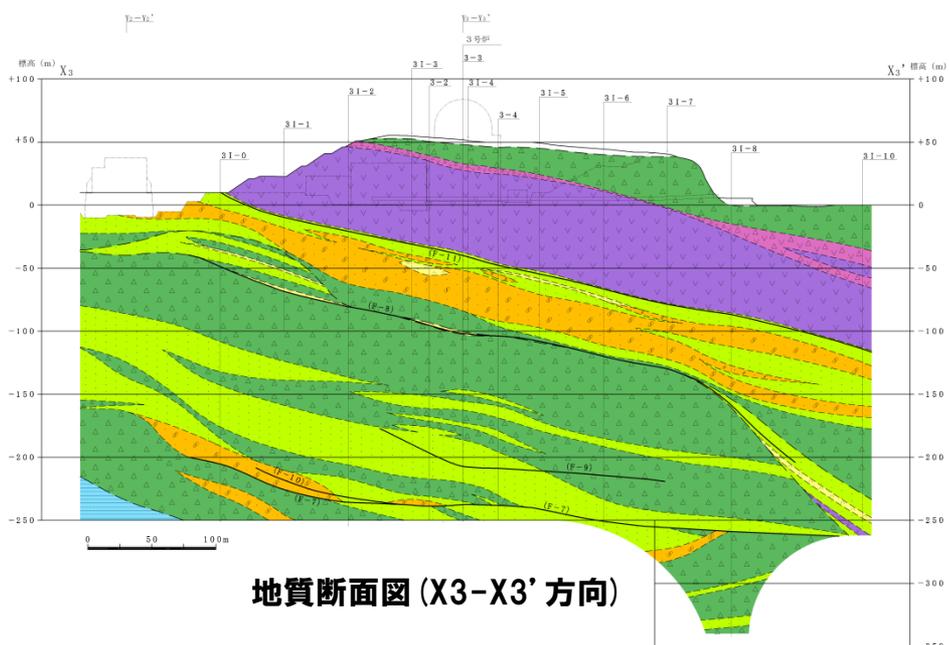
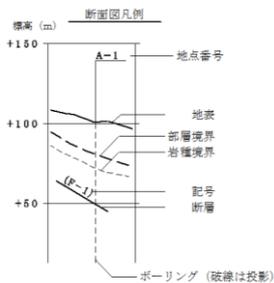


地質断面図 (X-X' 方向)



岩種区分凡例

地層名	岩種区分
段丘堆積物、崖線堆積物の岩内層等	礫・砂・粘土
神恵内層	角礫質安山岩
	安山岩
	含泥岩礫質凝灰岩
	軽石凝灰岩
	凝灰岩
	凝灰角礫岩
	凝灰質泥岩

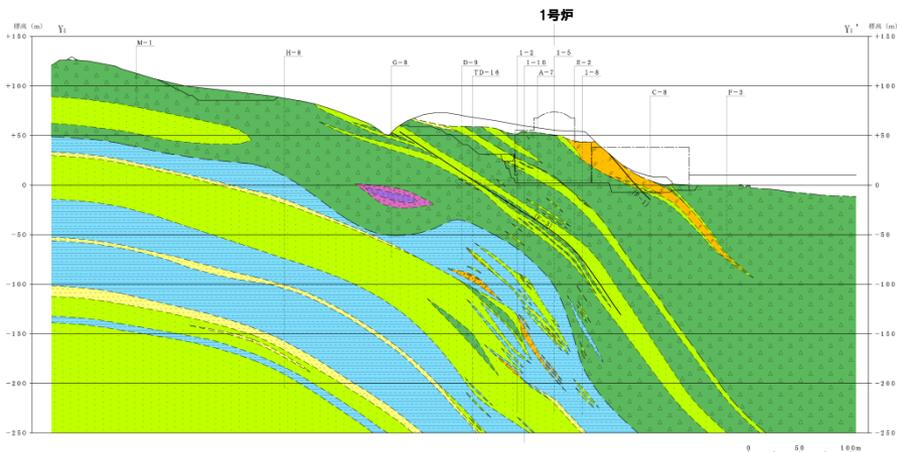


地質断面図 (X3-X3' 方向)

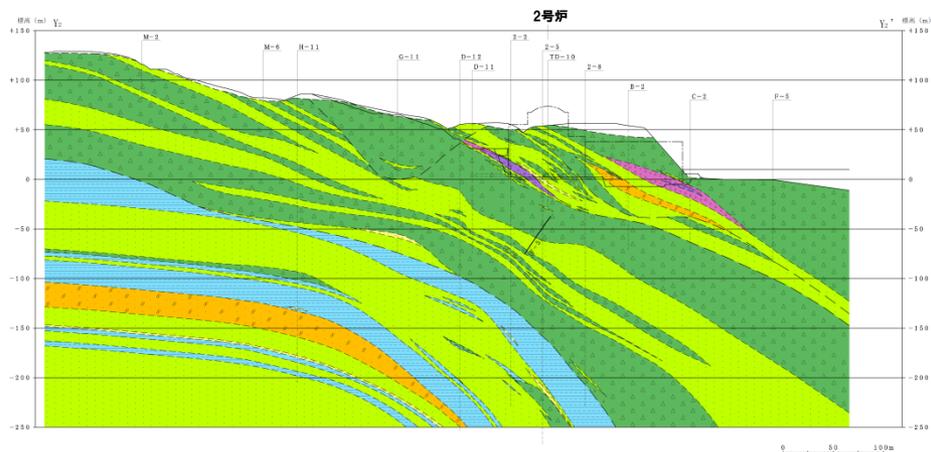
3. 敷地地盤の振動特性

3.1 解放基盤表面の設定

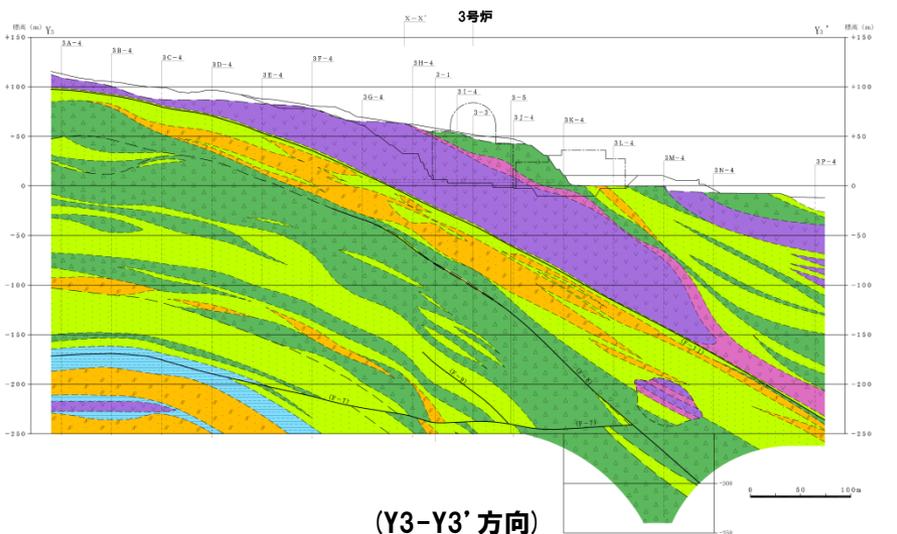
地質断面図



(Y1-Y1' 方向)



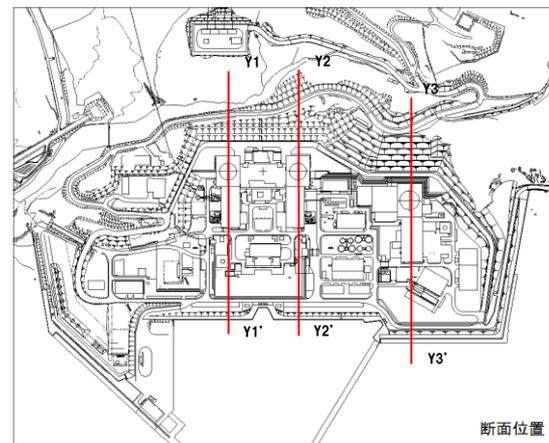
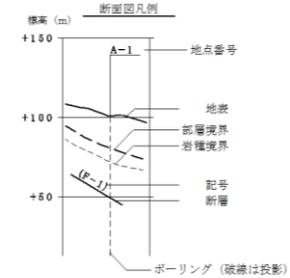
(Y2-Y2' 方向)



(Y3-Y3' 方向)

岩種区分凡例

地層名	岩種区分
設庄堆積物、崖線堆積物 岩内層等	種・砂・粘土
神恵内層	角礫質安山岩
	安山岩
	含泥岩礫凝灰岩
	礫岩
	凝灰角礫岩
	凝灰質泥岩

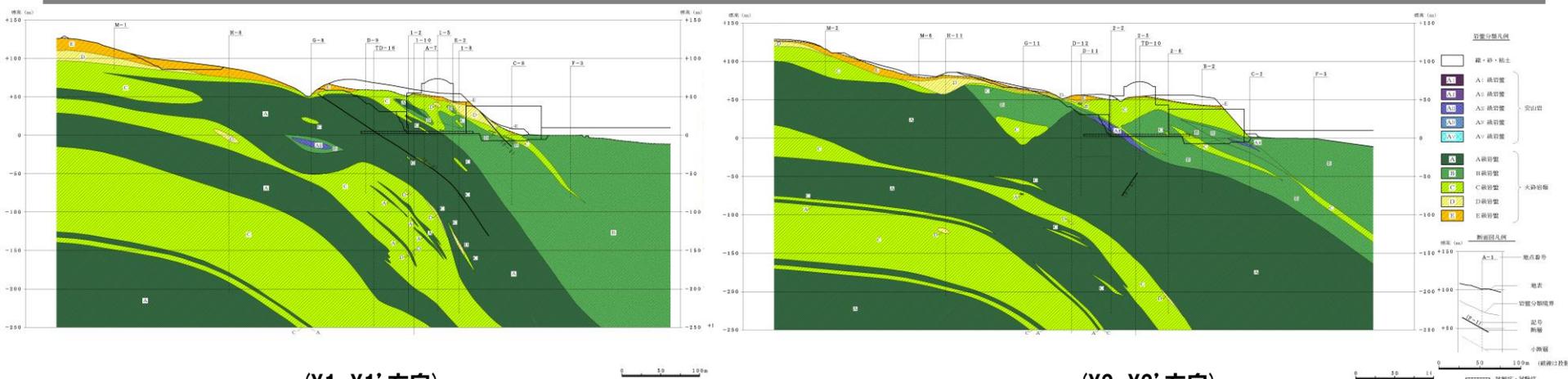


断面位置

地質断面図 (Y-Y' 方向)

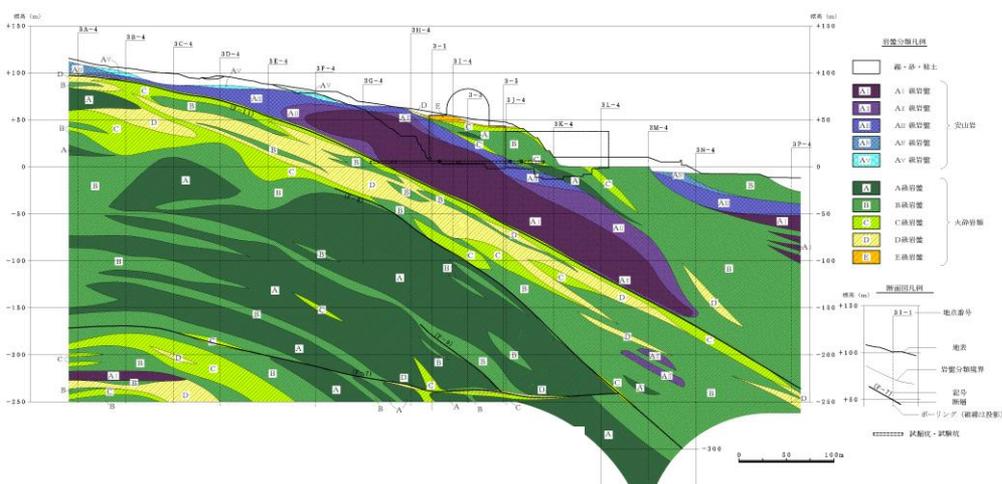
3.1 解放基盤表面の設定

岩盤分類図

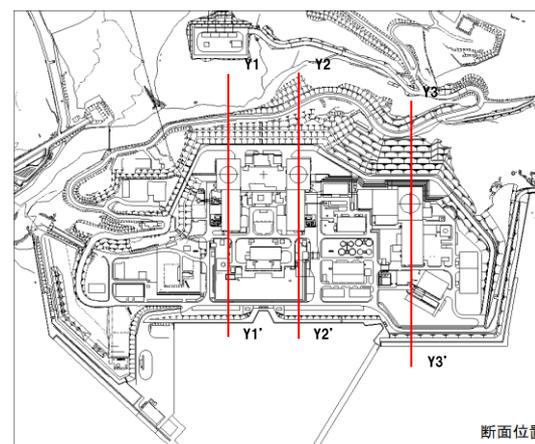


(Y1-Y1' 方向)

(Y2-Y2' 方向)



(Y3-Y3' 方向)



断面位置

- 1・2号炉付近については、標高-250m程度までのボーリング孔を利用したPS検層結果から、主体となる岩盤(岩級A~C)のS波速度は、A級1.5km/s、B級1.3km/s、C級1.1km/s程度である。
- 3号炉付近については、3号炉側の地盤上部に分布する安山岩(岩級AⅠ~AⅢ)のS波速度は、AⅠ級1.8km/s、AⅡ級1.7km/s、AⅢ級1.4km/s、火砕岩類(岩級A~D)のS波速度は、A級1.4km/s、B級1.3km/s、C級1.2km/s、D級1.1km/sである。

3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

一部加筆修正 (H25.9.11審査会合資料)

地下構造モデルの設定方法(統計的グリーン関数法)

●敷地内・敷地周辺の調査結果・地震観測記録を活用して設定

●調査結果等がない場合、他機関の地下構造モデル等に基づき設定

- ①標高 0m～ -250m : 地震観測点におけるボーリング調査・地震観測記録による同定解析
 ②標高 -250m～ -990m : 1号機原子炉建屋位置におけるボーリング調査
 ③標高 -990m～-2000m : 弾性波探査・文献
 ④標高-2000m～ : 他機関の地下構造モデル

標高 (m)	層厚 (m)		密度 ρ (g/cm ³)	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0～ -56	56	地震観測点 PS 検層結果	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果 (初期値はPS 検層結果)		地震観測記録による 同定解析結果を基に 安全側に設定
-56～ -250	194					
-250～ -430	180	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS 検層結果		標高-250m 以浅 の設定値を用いる
-430～ -990	560					
-990～ -2000	1010	弾性波 探査結果	$\rho = 0.31Vp^{1/4}$ 物理探査 ハンドブック (1999)	Vp と Vs の関係式 により設定 太田ほか(1985)	弾性波 探査結果	
-2000 ～	—	—	防災科学技術研究所(2005)			

3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

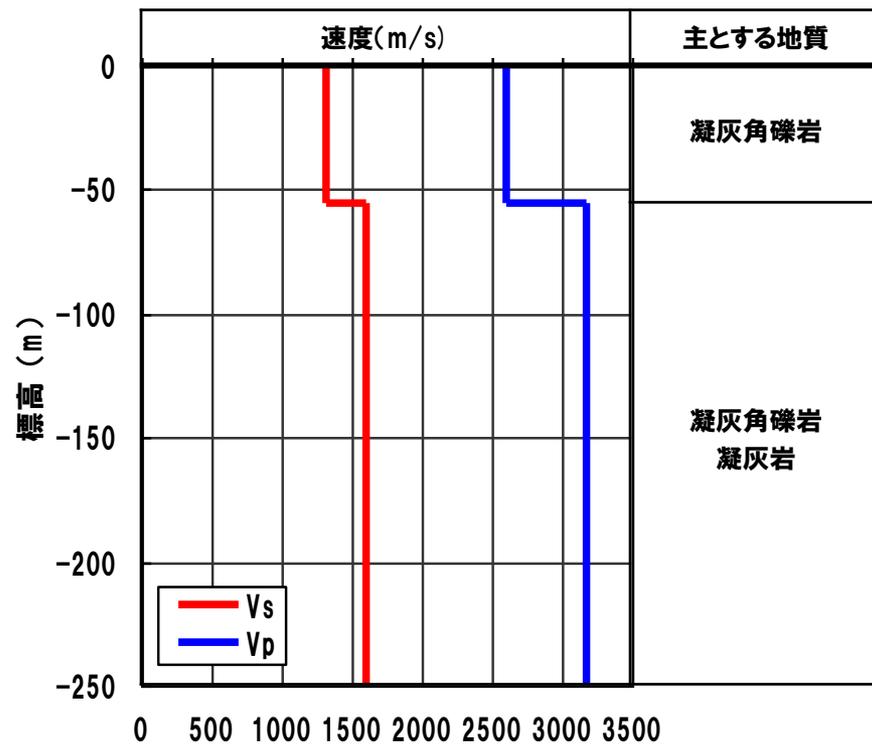
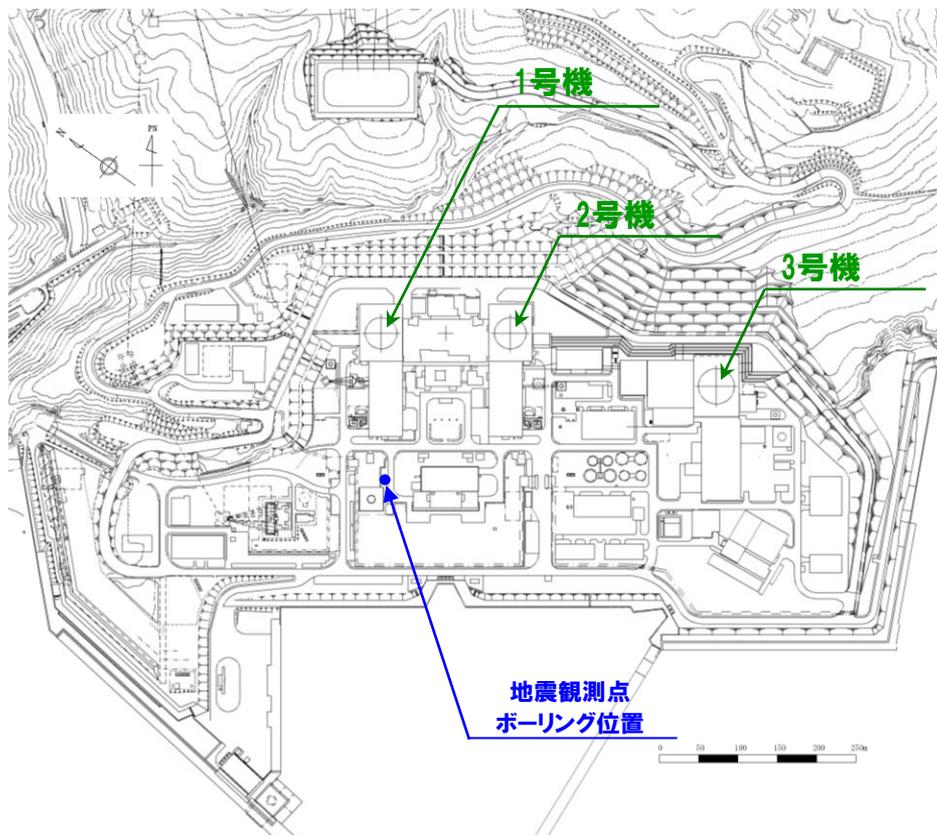
地下構造モデルの設定(標高0m～標高-250m)

●標高0m～-250mについては、以下の赤枠に示した方法により地盤モデルの諸元を設定している。次頁以降に設定に用いた検討結果を示す。

標高 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0～ -56	56	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果 (初期値は PS 検層結果)		地震観測記録による 同定解析結果を基に 安全側に設定
-56～ -250	194				
-250～ -430	180	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS 検層結果		標高-250m 以浅 の設定値を用いる
-430～ -990	560				
-990～ -2000	1010	$\rho = 0.31V_p^{1/4}$ 物理探査 ハンドブック (1999)	Vp と Vs の関係式 により設定 太田ほか(1985)	弾性波 探査結果	
-2000 ～	—	—	防災科学技術研究所(2005)		

3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

地震観測点PS検層結果



地震観測点PS検層結果

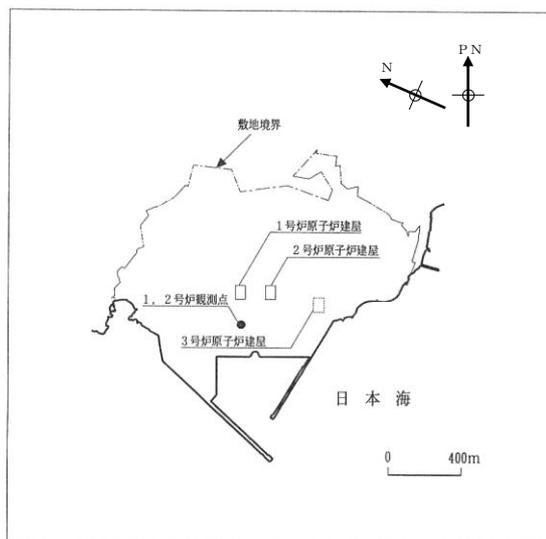
3. 敷地地盤の振動特性

3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

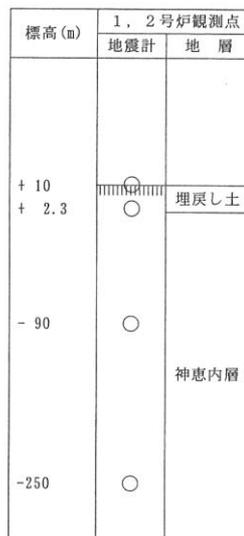
地震観測記録を用いた地盤の同定解析

● 標高0m~-250mは地震観測記録を用いた同定解析により地下構造モデル(P波速度, S波速度)を設定[初期値はPS検層結果]

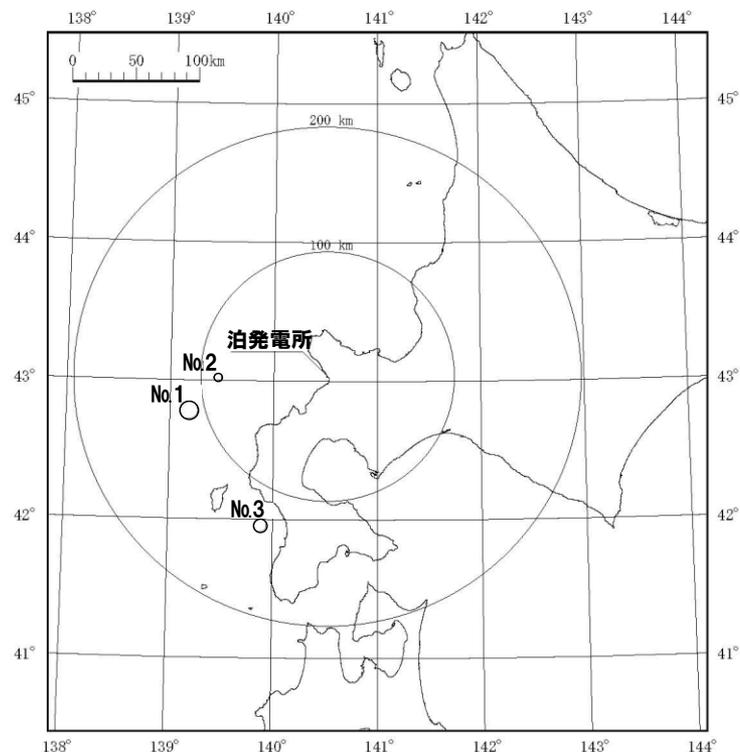
同定解析に用いた地震観測記録



配置図



地震計の設置レベル



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)

※ 1, 2号炉観測点で観測

※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ

3. 敷地地盤の振動特性

3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

地震観測記録を用いた地盤の同定解析

- 標高0m~-250mのP波速度, S波速度及び減衰定数について, 地震観測記録の観測点間のフーリエ振幅スペクトル比に適合するように同定
- 解析手法は, 佐藤他(1994)による
- 密度はボーリングデータ, 層厚及び層数はPS検層結果に基づき設定
- P波速度及びS波速度の初期値はPS検層結果に基づき設定
- 減衰定数は周波数依存型減衰

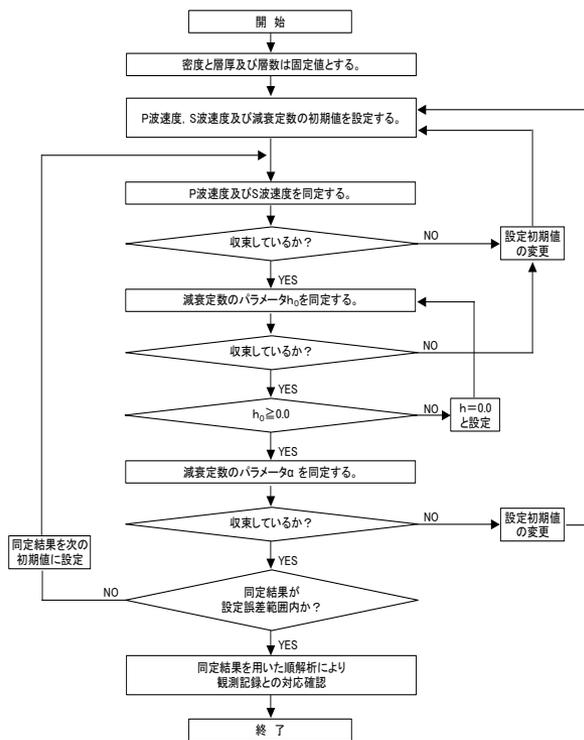
$$h(f) = h_0 \times f^{-\alpha}$$

f : 周波数

h_0 : 1Hzにおける減衰定数

α : 周波数依存の度合い

標高(m)	層厚(m)	S波速度(m/s)	P波速度(m/s)	密度(g/cm ³)	観測点
+ 10					○ 標高+10m
+ 2.3	10	480	1250	1.8	○ 標高+ 2.3m
± 0.0					
	56	1320	2600	2.1	
- 56					
					○ 標高- 90m
- 90					
	194	1600	3170	2.2	
-250					○ 標高-250m



標高(m)	層厚(m)	S波速度(m/s)	P波速度(m/s)	密度(g/cm ³)	観測点
+ 10					○ 標高+10m
+ 2.3	10	480	1250	1.8	○ 標高+ 2.3m
± 0.0					
	56	1175	2660	2.1	
- 56					
					○ 標高- 90m
- 90					
	194	1935	3230	2.2	
-250					○ 標高-250m

同定解析に用いた地盤モデル[初期値]

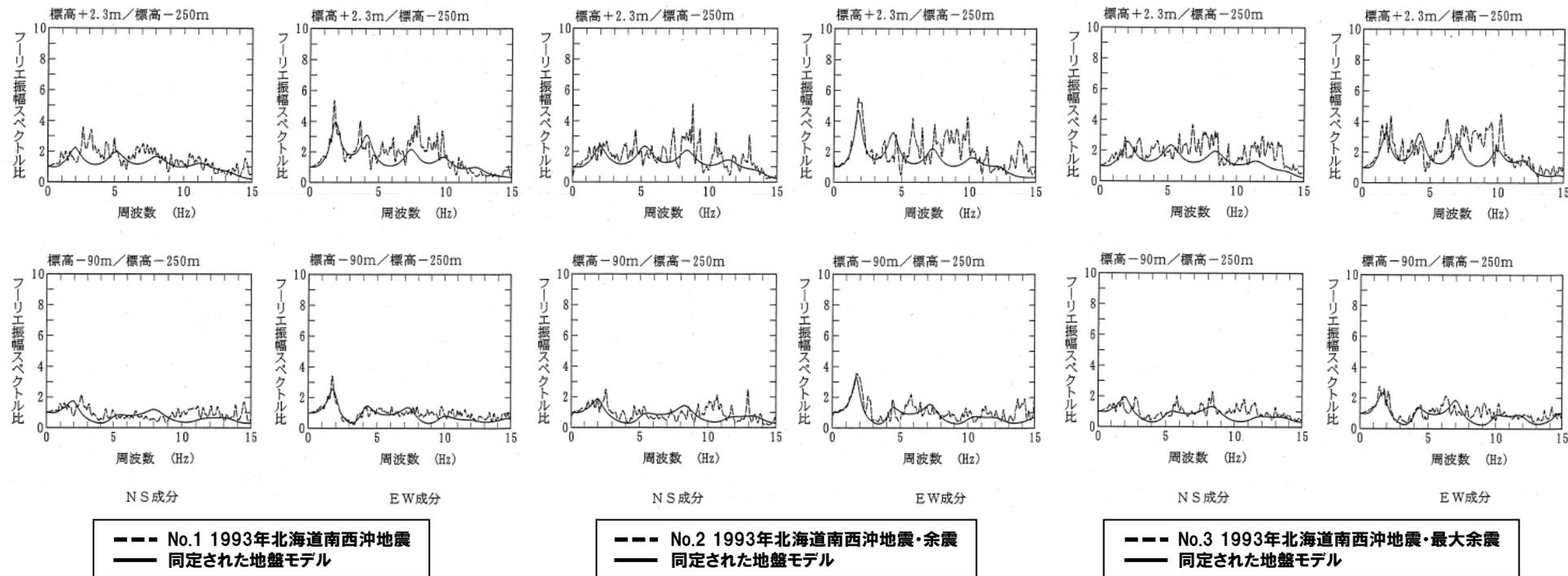
P波速度, S波速度及び減衰定数の同定解析手順

同定解析結果による地盤モデル

3. 敷地地盤の振動特性

3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

地震観測記録を用いた地盤の同定解析(フーリエ振幅スペクトル比)



同定結果(No.1 1993年北海道南西沖地震)

同定結果(No.2 1993年北海道南西沖地震・余震)

同定結果(No.3 1993年北海道南西沖地震・最大余震)

●3地震について成分毎に同定された地盤モデルによるフーリエ振幅スペクトル比は、観測記録のフーリエ振幅比と傾向は対応している。

3. 敷地地盤の振動特性

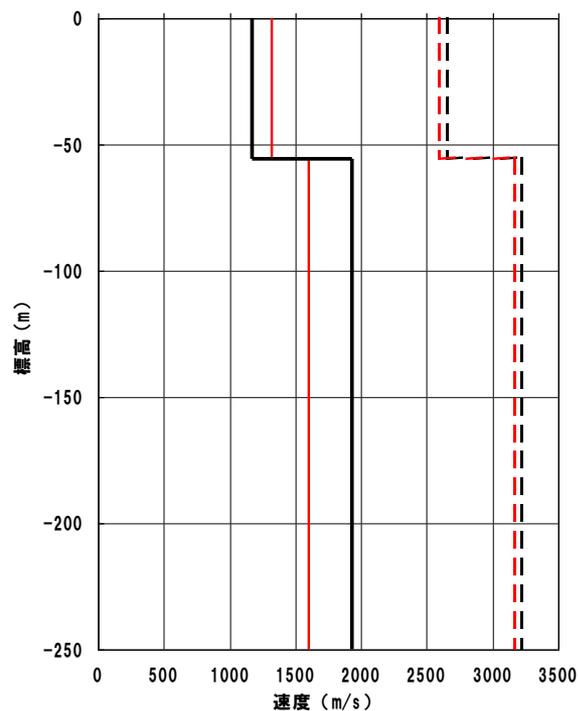
3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

地震観測記録を用いた地盤の同定解析

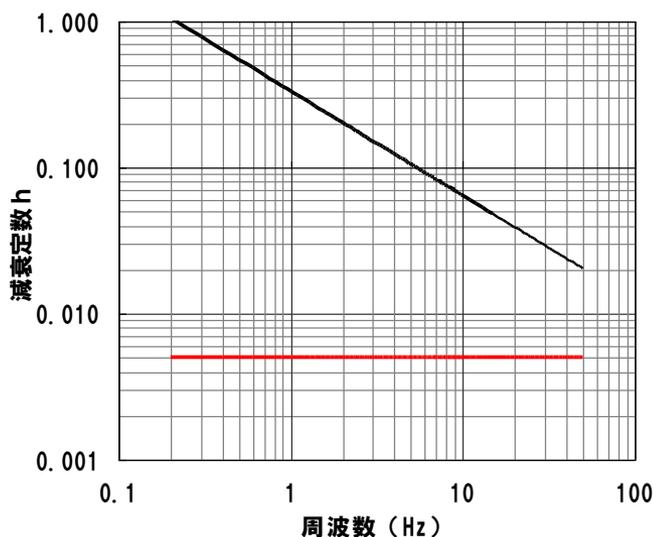
P波速度, S波速度

減衰定数h(水平)

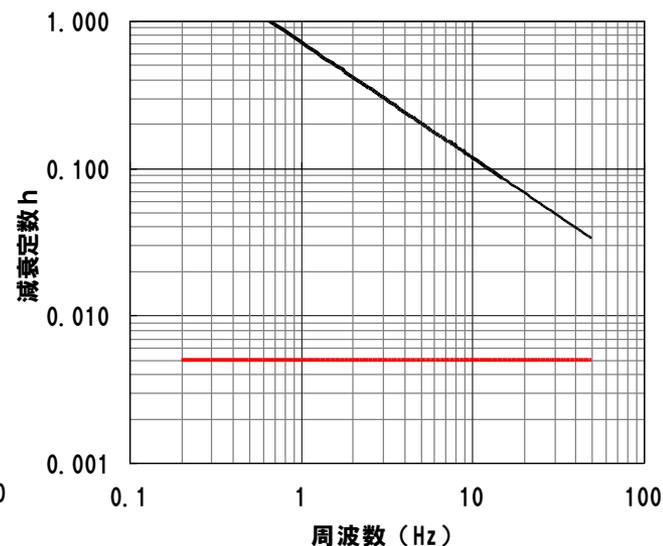
減衰定数h(鉛直)



— 同定解析結果(S波速度)
 - - 同定解析結果(P波速度)
 — PS検層結果(S波速度)
 - - PS検層結果(P波速度)



— 同定解析結果($h(f)=0.33 \times f^{-0.71}$)
 — Q値100($h=0.005$)



— 同定解析結果($h(f)=0.72 \times f^{-0.79}$)
 — Q値100($h=0.005$)

- 同定解析によるP波速度・S波速度の傾向は、PS検層結果と概ね整合
- 同定解析によるP波速度・S波速度を用いて、標高-250m以浅の地下構造モデルを設定

- 同定解析により得られた減衰定数は大きめの値となっている
- 地下構造モデルの設定では、同定解析により得られた減衰定数を基に、地震動評価上安全側にQ値=100(減衰定数 $h=0.005$)としている

3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

地下構造モデルの設定方法(標高-250m~標高-990m)

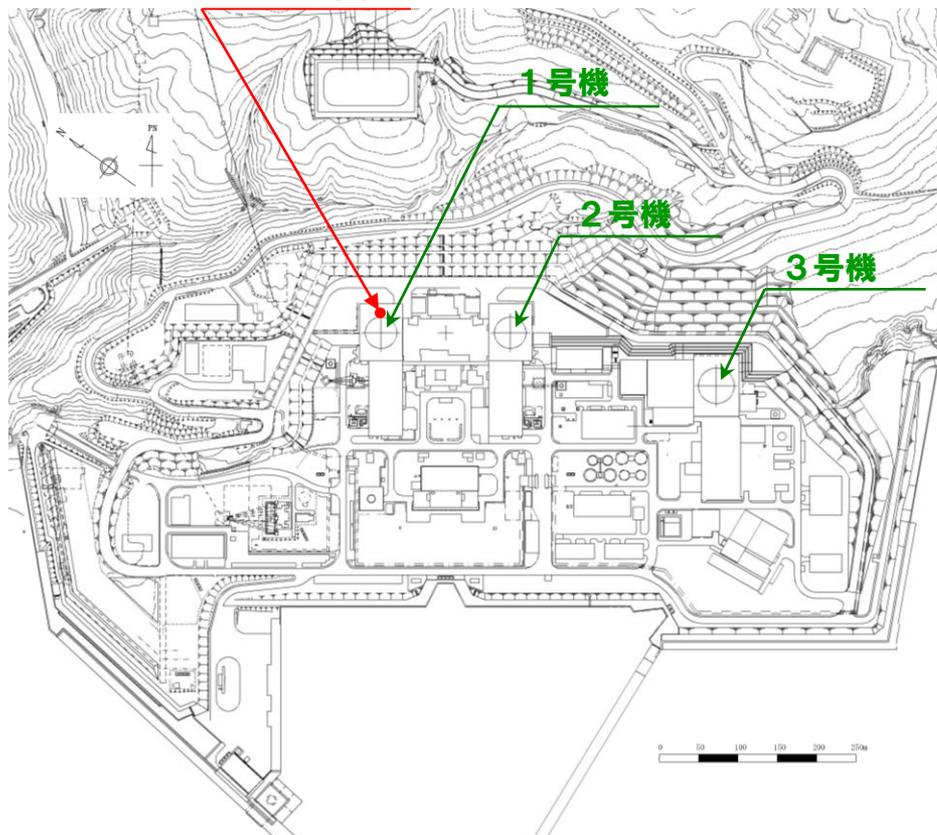
●標高-250m~-990mについては、以下の赤枠に示した方法により地盤モデルの諸元を設定している。次頁以降に設定に用いた検討結果を示す。

標高 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値	
0~ -56	56	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果 (初期値はPS検層結果)	地震観測記録による同定解析結果 (初期値はPS検層結果)	地震観測記録による 同定解析結果を基に 安全側に設定	
-56~ -250	194					
-250~ -430	180	1号機原子炉建屋 PS検層結果	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	標高-250m 以浅 の設定値を用いる	
-430~ -990	560					
-990~ -2000	1010	弾性波 探査結果	$\rho = 0.31V_p^{1/4}$ 物理探査 ハンドブック (1999)	Vp と Vs の関係式 により設定 太田ほか(1985)	弾性波 探査結果	標高-250m 以浅 の設定値を用いる
-2000 ~	-	-	防災科学技術研究所(2005)			

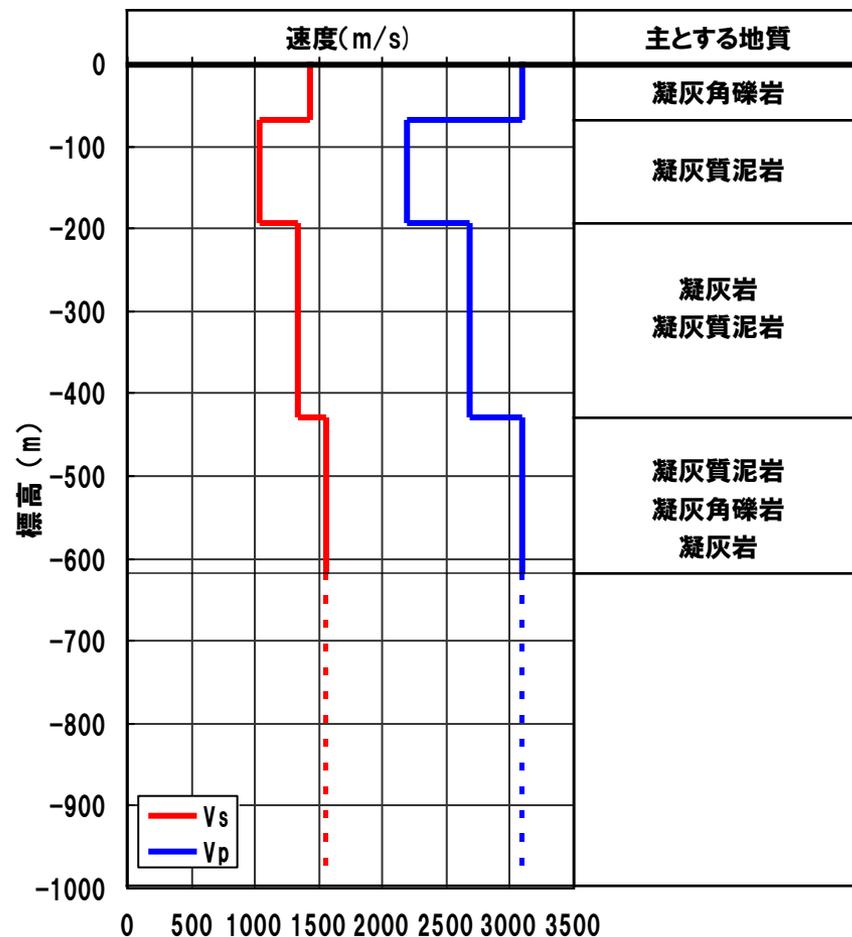
3. 敷地地盤の振動特性

3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

1号機原子炉建屋PS検層結果

1号機原子炉建屋
ボーリング位置

ボーリング位置図



1号機原子炉建屋PS検層結果

●地下構造モデルの設定においては、PS検層結果の最下層(標高-430m~-620m)のP波速度3100m/sが弾性波探査によるP波速度3000m/s層(~標高-990m)と整合していることを確認し、標高-990mまで続くものとして設定している。

3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

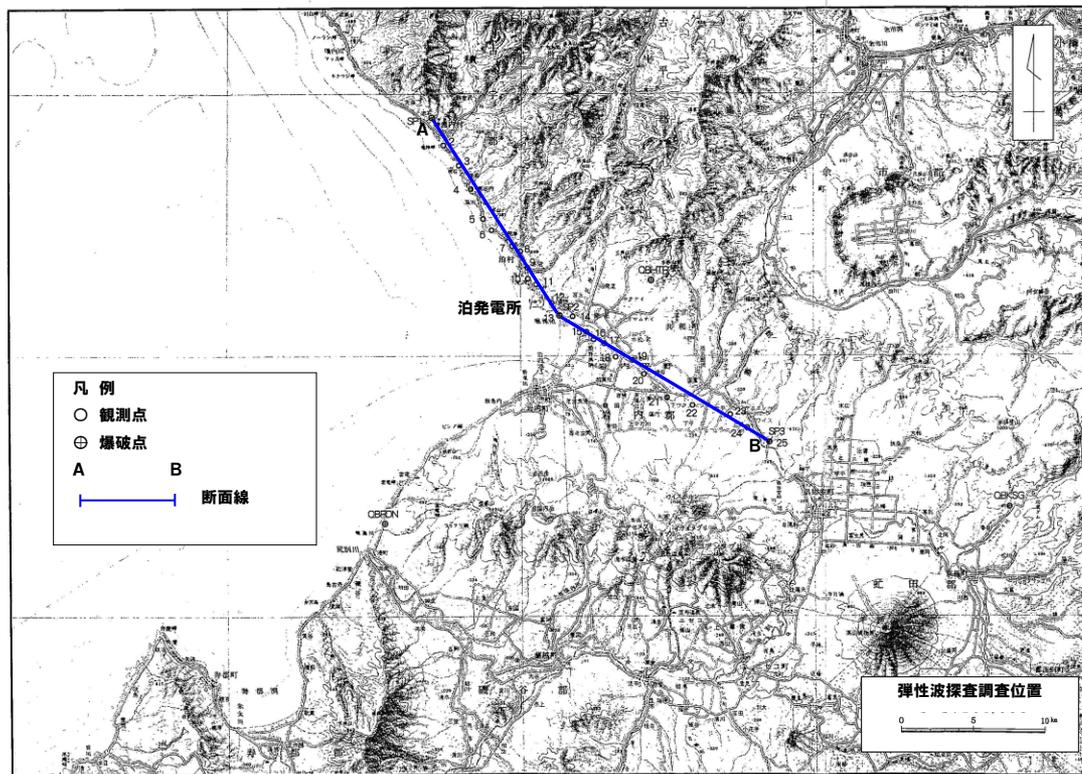
地下構造モデルの設定方法(標高-990m~標高-2000m)

●標高-990m~-2000mについては、以下の赤枠に示した方法により地盤モデルの諸元を設定している。次頁以降に設定に用いた検討結果を示す。

標高 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値	
0~ -56	56	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果 (初期値は PS 検層結果)	地震観測記録による同定解析結果 (初期値は PS 検層結果)	地震観測記録による 同定解析結果を基に 安全側に設定	
-56~ -250	194					
-250~ -430	180	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	標高-250m 以浅 の設定を用いる	
-430~ -990	560					
-990~ -2000	1010	弾性波 探査結果	$\rho = 0.31Vp^{1/4}$ 物理探査 ハンドブック (1999)	Vp と Vs の関係式 により設定 太田ほか(1985)	弾性波 探査結果	標高-250m 以浅 の設定を用いる
-2000 ~	-	-	防災科学技術研究所(2005)			

3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

敷地周辺で実施した弾性波探査結果

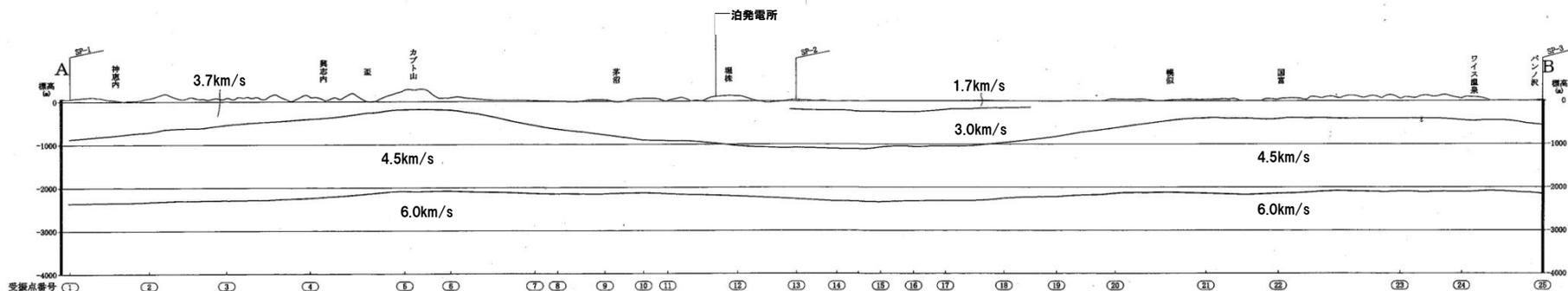


測線長 : 約33km

観測点数 : 25点

観測点間隔 : 中央部約1km, 周辺部約2km

● 標高-2200mで地震基盤とみなせるP波速度6.0km/sの層がみられるものの、後段で示す地震発生層の検討結果を踏まえて、標高-2000mを地震基盤と設定する。



3.2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

一部加筆修正 (H25.9.11審査会合資料)

統計的グリーン関数法に用いた地下構造モデル

●PS検層結果、弾性波探査結果などを基に、敷地の地震観測記録に基づき設定

標高 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm^3)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	Q値	
0~-56	56	2.1	1175	2660	100	◁ 解放基盤表面相当
-56~-250	194	2.2	1935	3230	100	
-250~-430	180	1.9	1350	2700	100	
-430~-990	560	1.9	1560	3100	100	
-990~-2000	1010	2.5	2400	4500	100	
-2000~	-	2.8*	3500*	6400*	150*	◁ 地震基盤相当

※ -2000m以深の物性値については(独)防災科学技術研究所(2005)による

理論的手法(波数積分法)に用いた地下構造モデル

- 標高-2000m以浅については、統計的グリーン関数法に用いる地下構造モデルと同様
- 内陸地殻内地震の評価に用いる地下構造モデルの標高-2000m以深については、(独)防災科学技術研究所(2005)による強震動評価において作成された地下構造モデルを参考に設定
- 日本海東縁部の地震の評価に用いる地下構造モデルの標高-2000m以深については、(独)防災科学技術研究所(2005)による強震動評価において作成された地下構造モデル及び1993年北海道南西沖地震の知見であるMendoza and Fukuyama(1996)を参考に設定

内陸地殻内地震

標高 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm^3)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	Q値	
0~-56	56	2.1	1175	2660	100	◁ 解放基盤表面相当
-56~-250	194	2.2	1935	3230	100	
-250~-430	180	1.9	1350	2700	100	
-430~-990	560	1.9	1560	3100	100	
-990~-2000	1010	2.5	2400	4500	100	
-2000~-20000	18000	2.8*	3500*	6400*	150*	◁ 地震基盤相当
-20000*~-30000	10000	3.0*	3800*	6900*	150*	
-30000*~	-	3.4*	4500*	8000*	600*	

※(独)防災科学技術研究所(2005)による

日本海東縁部の地震

標高 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm^3)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	Q値	
0~-56	56	2.1	1175	2660	100	◁ 解放基盤表面相当
-56~-250	194	2.2	1935	3230	100	
-250~-430	180	1.9	1350	2700	100	
-430~-990	560	1.9	1560	3100	100	
-990~-2000	1010	2.5	2400	4500	100	
-2000~-5000	3000	2.8* ¹	3500* ¹	6400* ¹	150* ¹	◁ 地震基盤相当
-5000* ² ~-40000	35000	2.9* ²	3800* ²	6900* ¹	150* ¹	
-40000* ² ~	-	3.4* ¹	4500* ¹	8000* ¹	600* ¹	

※1(独)防災科学技術研究所(2005)による

※2 Mendoza and Fukuyama(1996)による

3.3 敷地地盤の振動特性に関する検討

一部加筆修正 (H26.3.12審査会合資料)

- 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、凝灰角礫岩及び凝灰岩等を主体(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】

【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

【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

【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

【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】

【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

【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を確認

【深部凹構造による振動特性に関する検討】

【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を確認

3. 敷地地盤の振動特性

3.4 地震動評価に用いる地下構造モデルの検討

敷地地盤の振動特性に関する検討 まとめ

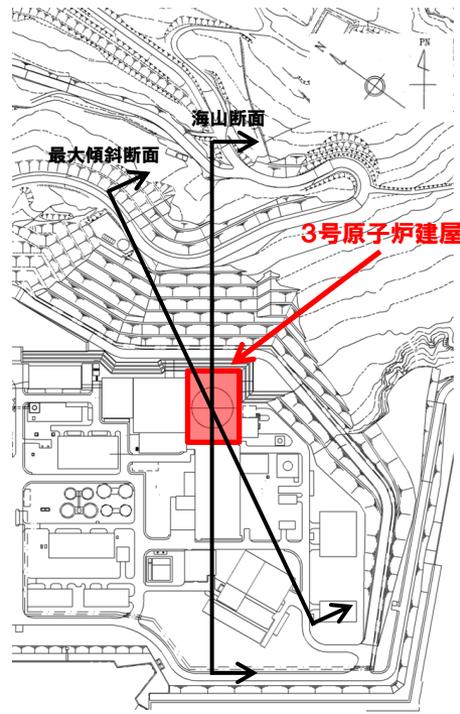
- 地震動評価に用いる地下構造モデルとして、敷地全体に分布する火砕岩類に基づいた1次元モデルを設定した。
- しかしながら、敷地全体に傾斜構造がみられること、3号炉地盤に安山岩及びD級岩盤が局所的に存在することから、観測記録を用いた振動特性に関する検討、及び、2次元FEMにより敷地地盤をモデル化し、振動特性に関する検討を実施した。
- 敷地地盤の構造の特徴(傾斜構造、安山岩等の分布)を踏まえ、振動特性評価を実施した結果、地質構造の特徴、入射方向等による振動特性への影響はみられるものの、特異な増幅はみられないことを確認した。
- 特に安山岩により短周期側の応答が低減されることを確認した。

地震動評価モデルへの展開

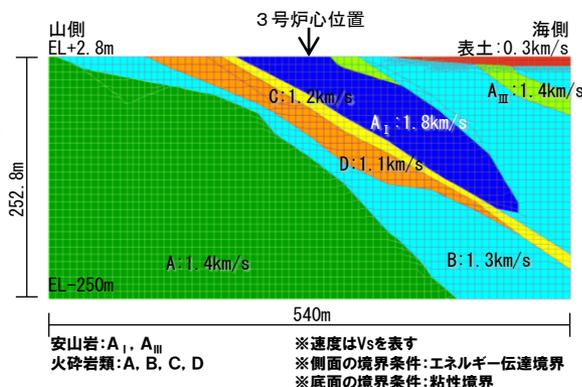
- 地震動評価に用いる地盤モデルは、安全側の配慮として、「3号炉地盤に局所的に存在する安山岩による応答の低減効果」を考慮しない。



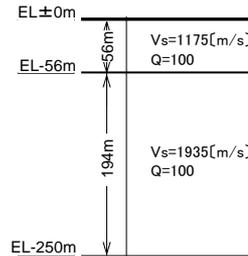
- 2次元FEMにより敷地地盤をモデル化した最大傾斜断面モデルの伝達関数は、1次元モデル(敷地全体モデル)の伝達関数と比較して、概ね同程度以下となっている。
- 敷地全体に分布する火砕岩類に基づいた1次元モデル(敷地全体モデル)を安全側のモデルとして採用する。



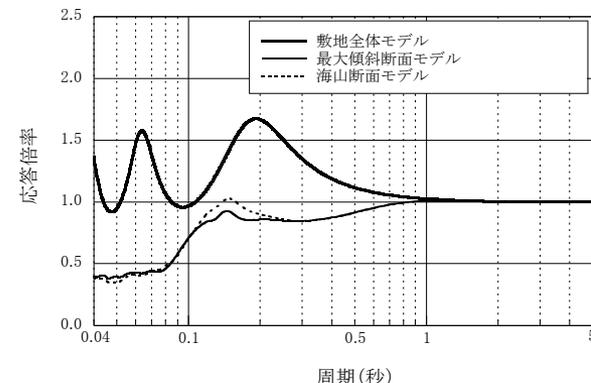
3号炉地盤モデル(断面位置)



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

一部加筆修正 (H25.9.11審査会合資料)

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以下の地震発生様式毎に分類し、敷地に大きな影響を及ぼす地震を選定

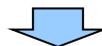
内陸地殻内地震

海洋プレート内地震

プレート間地震

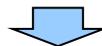
日本海東縁部の地震

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

4.1 検討用地震の選定

敷地に大きな影響を及ぼす地震の選定

●地震の分類

「1. 敷地周辺の地震発生状況」及び「2. 敷地周辺の活断層の分布」で整理した被害地震及び活断層を「内陸地殻内地震」、「海洋プレート内地震及びプレート間地震」、「日本海東縁部の地震」、「火山性の地震」に分類する。

●敷地に大きな影響を及ぼす地震の選定

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、敷地に大きな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。

●木造建物(住宅)の状況

震度階級	木造建物(住宅)	
	耐震性が高い	耐震性が低い
5弱	—	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。
5強	—	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。
6弱	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。 壁などに大きなひび割れ・亀裂が入ることがある。 瓦が落下したり、建物が傾いたりすることがある。倒れるものもある。
6強	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などに大きなひび割れ・亀裂が入るものが多くなる。 傾くものや、倒れるものが多くなる。
7	壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。 まれに傾くことがある。	傾くものや、倒れるものがさらに多くなる。

(注1) 木造建物(住宅)の耐震性により2つに区分けた。耐震性は、建築年代の新しいものほど高い傾向があり、概ね昭和56年(1981年)以前は耐震性が低く、昭和57年(1982年)以降には耐震性が高い傾向がある。しかし、構法の違いや壁の配置などにより耐震性に幅があるため、必ずしも建築年代が古いというだけで耐震性の高低が決まるものではない。既存建築物の耐震性は、耐震診断により把握することができる。

(注2) この表における木造の壁のひび割れ、亀裂、損壊は、土壁(割り竹下地)、モルタル仕上げ(ラス、金網下地を含む)を想定している。下地の弱い壁は、建物の変形が少ない状況でも、モルタル等が剥離し、落下しやすくなる。

(注3) 木造建物の被害は、地震の際の地震動の周期や継続時間によって異なる。平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震のように、震度に比べ建物被害が少ない事例もある。

●鉄筋コンクリート造建物の状況

震度階級	鉄筋コンクリート造建物	
	耐震性が高い	耐震性が低い
5強	—	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。
6弱	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。
6強	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、斜めやX状のひび割れ・亀裂がみられることがある。 1階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものがある。
7	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂がさらに多くなる。 1階あるいは中間階が変形し、まれに傾くものがある。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、斜めやX状のひび割れ・亀裂が多くなる。 1階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものが多くなる。

(注1) 鉄筋コンクリート造建物では、建築年代の新しいものほど耐震性が高い傾向があり、概ね昭和56年(1981年)以前は耐震性が低く、昭和57年(1982年)以降は耐震性が高い傾向がある。しかし、構造形式や平面的、立面的な耐震壁の配置により耐震性に幅があるため、必ずしも建築年代が古いというだけで耐震性の高低が決まるものではない。既存建築物の耐震性は、耐震診断により把握することができる。

(注2) 鉄筋コンクリート造建物は、建物の主体構造に影響を受けていない場合でも、軽微なひび割れがみられることがある。

気象庁震度階級関連解説表
気象庁、消防庁(2009)より抜粋

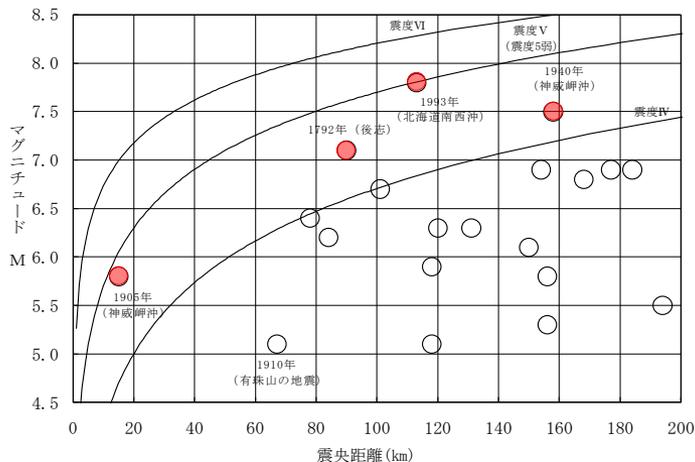
4.1 検討用地震の選定

一部加筆修正 (H25.9.11審査会合資料)

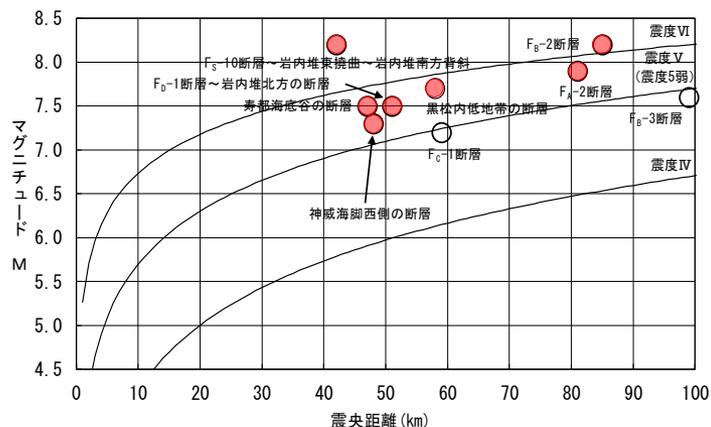
地震の分類

●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。



敷地周辺の被害地震のマグニチュード-震央距離図



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

●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

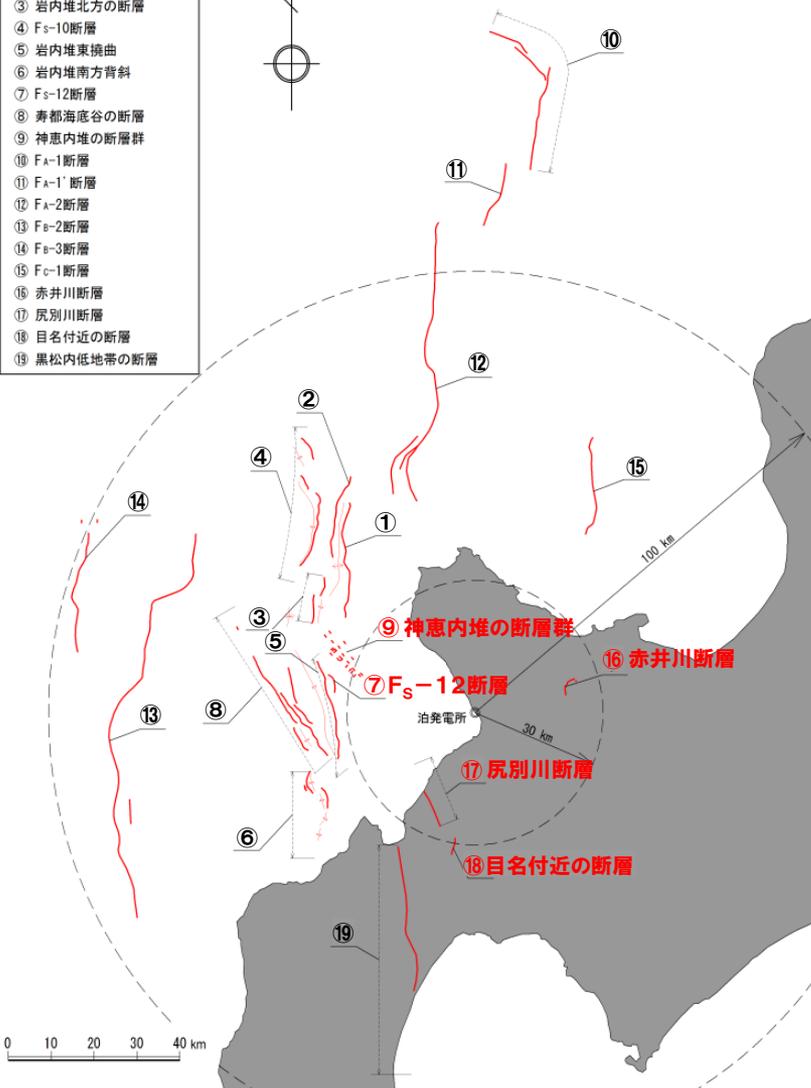
被害地震については、敷地周辺で過去に有珠山の噴火に関連すると想定されている1910年有珠山の地震が発生しているが、マグニチュード5.1、震央距離67kmの地震であり、敷地において震度IV未満の地震と推定されることから、敷地に影響を及ぼすような地震ではない。

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

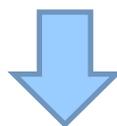
孤立した短い活断層の取り扱い

- ① 神威海脚西側の断層
- ② F_b-1断層
- ③ 岩内堆北方の断層
- ④ F_s-10断層
- ⑤ 岩内堆東拗曲
- 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_a-2断層
- ⑭ F_a-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



【敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド】

● 孤立した短い活断層については、地表で認められる活断層長さが震源断層の長さを示さないことから、対象地域での地震発生層の厚さ、重力異常や地質断層を参考とした地下構造、地質構造を十分に考慮して、断層長さが設定される必要がある。



※ 地震発生層の上端深さを2km、下端深さを18km、その厚さを16kmとし、断層傾斜角45°を仮定した場合、地震発生層を飽和した震源断層の断層幅は、22.6kmとなる。したがって、ここでは、断層長さが22.6km以下の活断層を『孤立した短い活断層』として整理する。

● 審査ガイドを踏まえて、ここでは、断層長さが22.6km以下の活断層を『孤立した短い活断層』として整理する。

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)
⑦ F _s -12断層	6.7	6.2	34
⑨ 神恵内堆の断層群	—	—	34
⑯ 赤井川断層	5	6.0	23
⑰ 尻別川断層	16	6.8	22
⑱ 目名付近の断層	5	6.0	31

※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

※: 左図赤字は、孤立した短い活断層として整理する活断層

4.1 検討用地震の選定

一部加筆修正 (H25.9.11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、更に「孤立した短い活断層」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及び日本海東縁部の地震の諸元

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)	
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 ※2	48	53	
	F _D -1断層～岩内堆北方の断層による地震※3	39	—	7.5 ※2	51	57	
	寿都海底谷の断層による地震	42	概ね東傾斜	7.5 ※2	47	54	
	黒松内低地帯の断層による地震	51	西傾斜	7.7 ※2	58	66	
	F _A -2断層による地震	65	西傾斜	7.9 ※2	81	90	
	F _S -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震※3	98	西傾斜	8.2 ※2	42	67	
	孤立した短い活断層	赤井川断層による地震	22.6 (5) ※4	—	7.1 ※2	23	29
		目名付近の断層による地震	22.6 (5) ※4	西傾斜	7.1 ※2	31	36
		F _S -12断層による地震	22.6 (6.7) ※4	西傾斜	7.1 ※2	34	38
		尻別川断層による地震	22.6 (16) ※4	西傾斜	7.1 ※2	22	28
		神恵内堆の断層群による地震	22.6 (—) ※4	—	7.1 ※2	34	38
の東日本海縁部地震	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 _B -2断層による地震	101	西傾斜	8.2※2	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 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

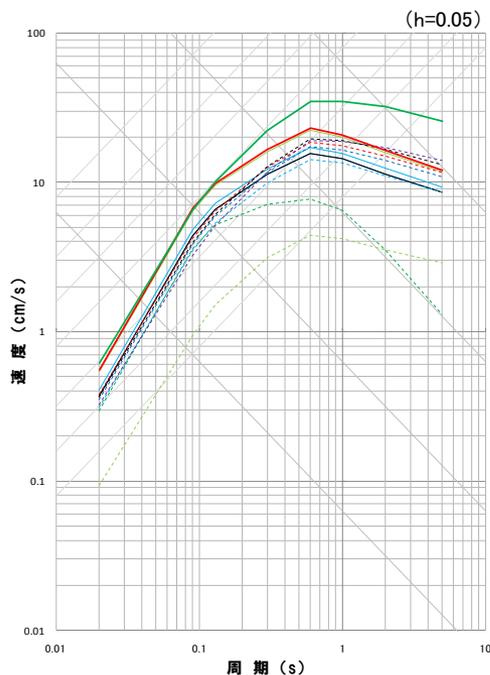
※3 一括もしくは連動の対象として評価

※4 ()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

一部加筆修正 (H25.9.11審査会合資料)

内陸地殻内地震の応答スペクトルの比較

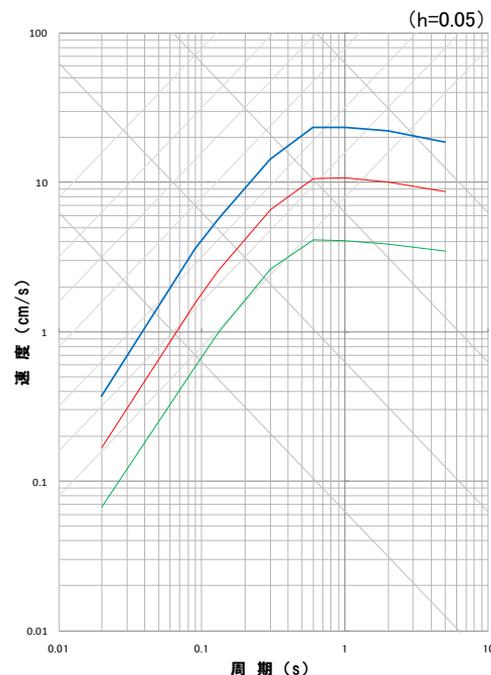


「**尻別川断層による地震**」
及び「**F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震**」の応答スペクトルが全周期帯で他の評価結果を包絡していることから、上記の2地震を検討用地震として選定する。

- 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

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

日本海東縁部の地震の応答スペクトルの比較



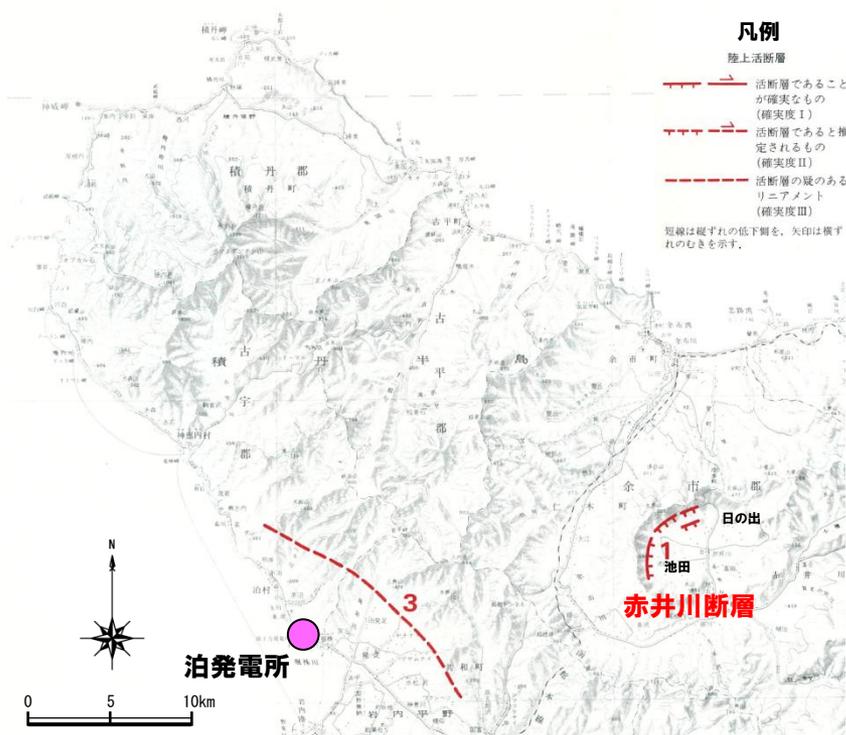
「**F_B-2断層による地震**」の応答スペクトルが全周期帯で他の評価結果を包絡していることから、上記の地震を検討用地震として選定する。

- 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=1.4km/sとして算定

赤井川断層の評価 (-1/2-)

- 活断層研究会編(1991)では、赤井川村日の出西方から赤井川村池田の西方に至るNE-SW方向～N-S方向の長さ約4kmとこれに並走する長さ約1kmを、「赤井川断層」と呼称している(隆起側は北西)。
- 赤井川断層は、赤井川カルデラ内の盆地の周辺に沿って、円弧状に分布する断層である。
- 中田・今泉編(2002)も、活断層研究会編(1991)とほぼ同じ位置に北西側隆起の推定活断層を示している。
- なお、これらの文献における活断層は、主に空中写真判読結果に基づき記載されている。
- 当社では、当該範囲において地形調査及び地表地質踏査を実施し、赤井川断層の評価を行った。



活断層分布図(活断層研究会編, 1991に加筆)

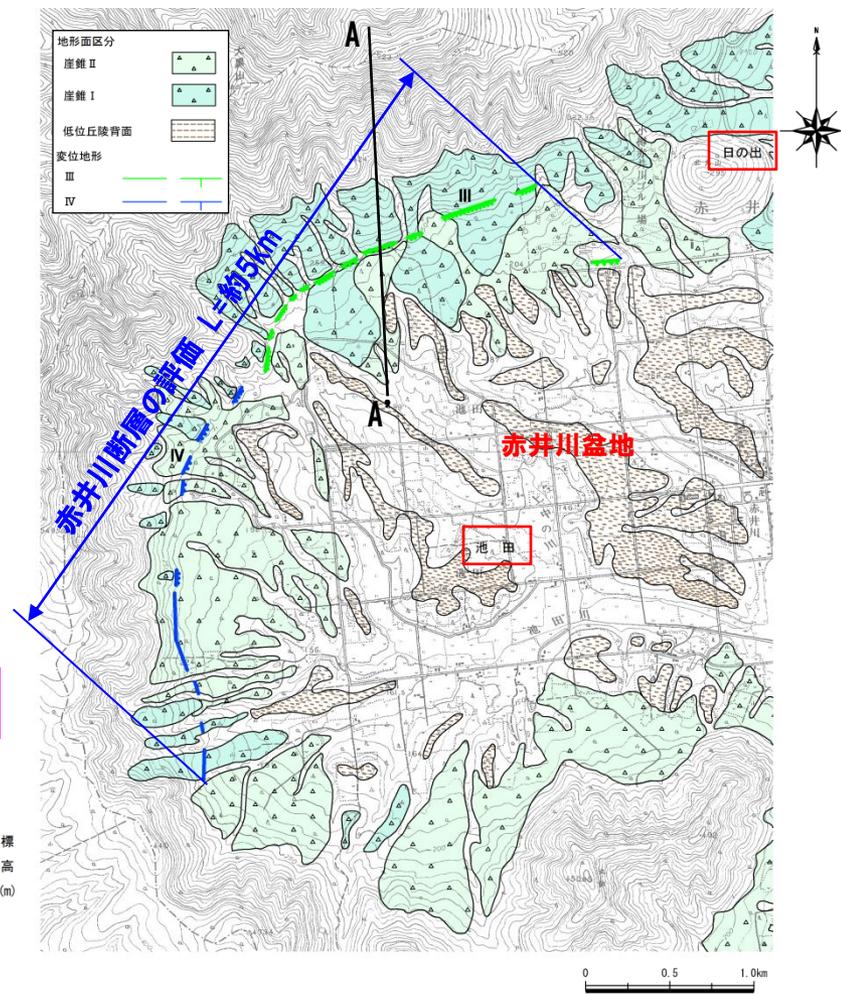


活断層分布図(中田・今泉編, 2002に加筆)

赤井川断層の評価 (-2/2-)

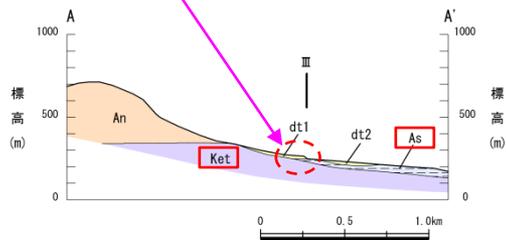
【当社における赤井川断層の評価】

- 赤井川断層周辺で認められる変位地形は、カルデラ状の盆地の形状に平行な円弧状に分布している。
- 変位地形が認められる位置は、地表地質踏査より確認された俱知安層群と赤井川粘土層の境界にほぼ一致しているものと推定されることから、断層変位によるものではなく、カルデラ形成により生じたカルデラ湖に堆積した赤井川粘土層と基盤の俱知安層群の地質境界である可能性がある。
- しかし、崖錐の上及び末端部の崖が連続することから、崖錐形成時以降に活動した断層が存在する可能性は否定できず、また、後期更新世以降の活動性が明確ではない。
- これらのことより、赤井川断層については、後期更新世以降の活動を考慮するものとし、断層長さは、変位地形の判読される約5kmと評価する。



地層名	記号	
氾濫原堆積物	al	
赤井川粘土層	As	
赤井川火山岩類	安山岩溶岩	An
	安山岩質火砕岩 (安山岩質凝灰角礫岩)	Tb
俱知安層群	安山岩質火砕岩 (安山岩質凝灰角礫岩)	Ket
低位丘陵背面堆積物	sp-1	
崖錐Ⅱ堆積物	dt2	
崖錐Ⅰ堆積物	dt1	

○変位地形が認められる位置は、俱知安層群と赤井川粘土層の境界にほぼ一致していると推定される。



地質断面図 (A-A' 断面)

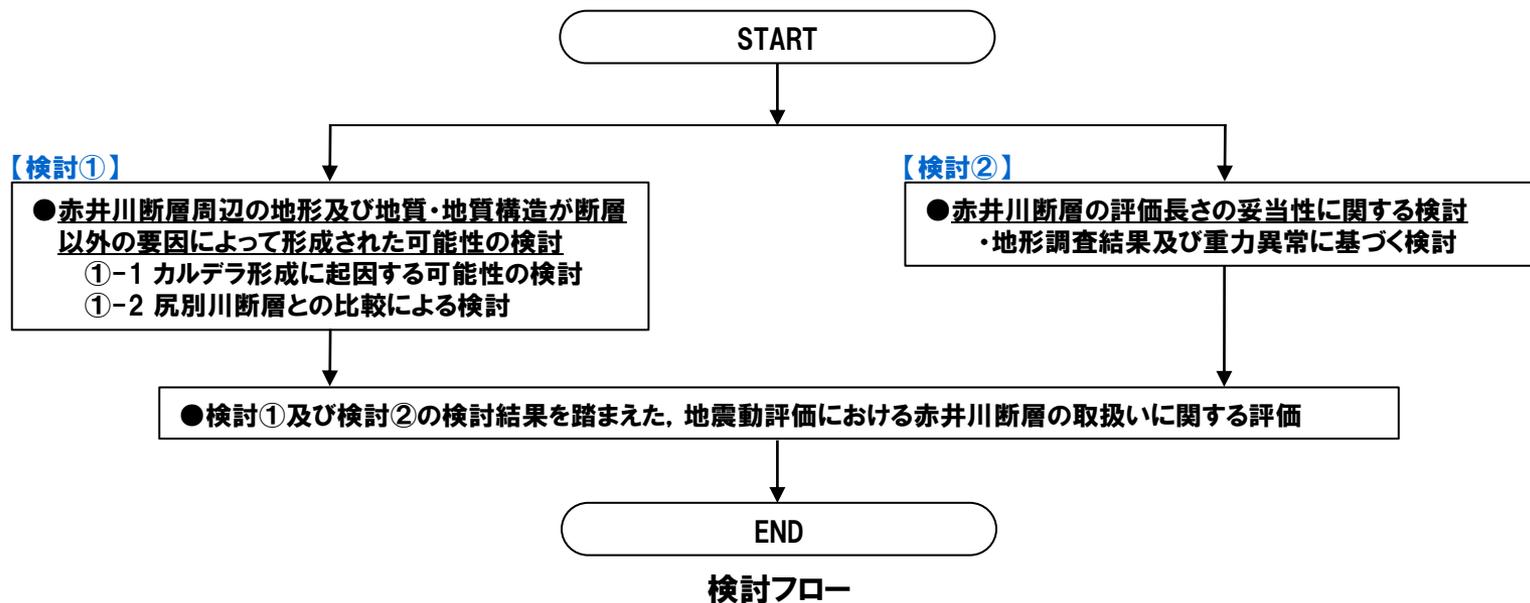
赤井川断層周辺の地形分類図

地震動評価における赤井川断層の取扱いについて

- 赤井川断層周辺で認められる変位地形は円弧状に分布していることに加え、当社地表地質踏査の結果を勘案すると、当該地形はカルデラ形成に起因する可能性が推定される。
- しかし、赤井川断層は崖錐の上及び末端部の崖が連続することから、崖錐形成時以降に活動した断層が存在する可能性は否定できず、また、後期更新世以降の活動性が明確ではないことから、後期更新世以降の活動を考慮し、断層長さは約5kmと評価している。
- また、赤井川断層は、Noda et al. (2002) の手法を用いた応答スペクトルに基づく地震動評価を行った結果、尻別川断層による地震及び F_s-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震の評価結果に包絡されることを確認している。



- このような状況であることから、地震動評価における赤井川断層の取扱い（検討用地震の選定）については、以下のフローに基づき追加検討を行うことにより整理した。



検討①-1:カルデラ形成に起因する可能性の検討 (文献レビュー, 赤井川カルデラの形成)

- 横山ほか (2003) によれば, 赤井川カルデラは, 約1.6Maにドーム状に隆起した周縁部から流紋岩質火砕流の噴出, 引き続く環状断裂に沿った外輪山溶岩の流出, その後の環状陥没によって形成されたとされている。
- これらの噴出物は, カルデラ凹地を囲むように環状配列し, 重力異常図から推定される陥没構造の輪郭とほぼ一致しており, これらの噴出物をもたらした環状断裂の伏在が示唆されるとしている。
- 陥没構造は, 環状断裂に伴い地下深部から流出したマグマの体積空間を補償する形で生じたと推定されるとしている。



- 伏在が推定される環状断裂は, 変位地形が認められる位置 (山地と盆地の境界部) と概ね一致する。
- カルデラ特有の陥没構造は, 環状断裂に沿って生じていることから, 環状断裂を境とした正断層様の地質構造が推定される。

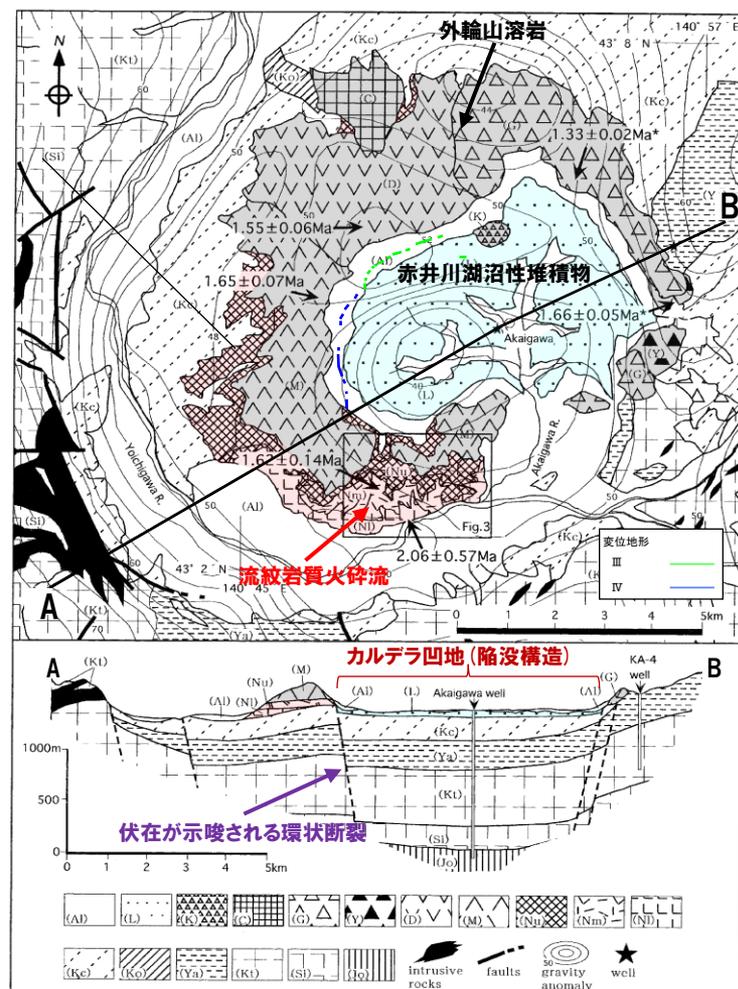


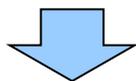
Fig. 2. Geological map and cross section of the Akaigawa Caldera, compiled from Hasegawa and Osanai (1978), Yahata (1988) and this study.

Al, Alluvium; L, Akaigawa Lacustrine Deposit; K-NI, Akaigawa Caldera Volcanics (K, Kitamaruyama Lava; C, Chohakusan Lava; G, Genpukuyama Lava; Y, Yamanashi Lava; D, Daikokuyama Lava; M, Maruyama Lava; Nu, Nagasawa Volcanics (Upper Member); Nm, Nagasawa Volcanics (Middle Member); NI, Nagasawa Volcanics (Lower Member)); Kc, Kuchan Group; Ko-Si, Furubira Group (Ko, Kozawa Formation; Ya, Yamato Formation; Kt, Kunitomi Formation; Si, Shikaribetsugawa Formation); Jo, Jyozankei Group. Radiometric ages are also shown. * data from NEDO (1995).

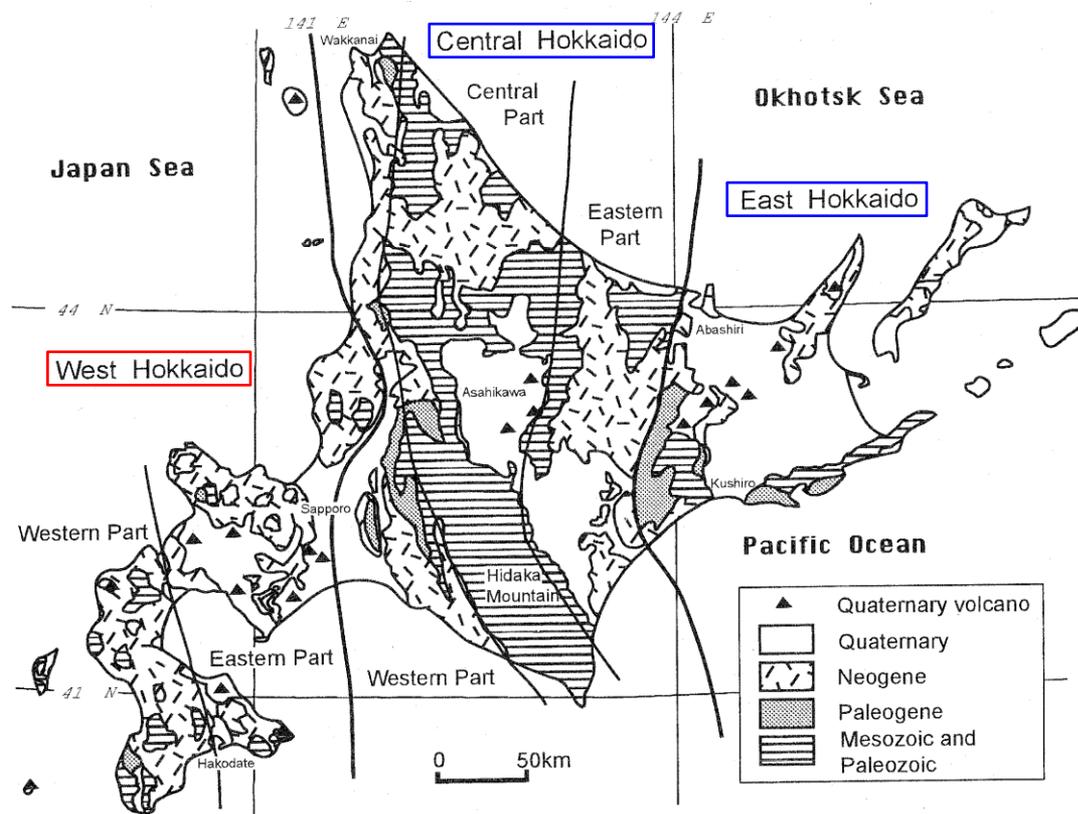
【参考】赤井川断層について

検討①-1:カルデラ形成に起因する可能性の検討(文献レビュー, 応力場)

- 八幡(2002)によれば, 赤井川断層が位置する西北海道は, 広域的な沈降運動が8Ma頃まで続き, その後, 広範囲にわたり隆起運動が徐々に進行したとされている。
- 杉山ほか(2011)によれば, 赤井川断層が位置する北海道南西部は, 太平洋プレートの沈み込みにより東西圧縮の応力場にあるため, そこに分布する活断層はほぼ南北の走向をもつ逆断層が多いとされている。



- 赤井川カルデラが形成された前期更新世以降における当該地域の応力場は「圧縮」であり, ほぼ南北走向の逆断層が卓越するものと考えられる。



北海道の地質概略図(八幡, 2002に加筆)

【参考】赤井川断層について

検討①-1:カルデラ形成に起因する可能性の検討(まとめ)

○文献レビューによる検討結果を以下に示す。

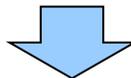
【赤井川カルデラの形成】

○伏在が推定される環状断裂は、変位地形が認められる位置(山地と盆地の境界部)と概ね一致する。

○カルデラ特有の陥没構造は、環状断裂に沿って生じていることから、環状断裂を境とした正断層様の地質構造が推定される。

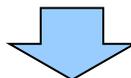
【応力場】

○赤井川カルデラが形成された前期更新世以降における当該地域の応力場は「圧縮」であり、ほぼ南北走向の逆断層が卓越するものと考えられる。



○文献及び当社で認定した変位地形は、円弧状に分布していること及びその位置(山地と盆地の境界部)から、カルデラ特有の環状断裂に沿って生じた陥没構造の影響による可能性が考えられる。

○当該地域における活断層は南北走向の逆断層センスが想定されるが、変位地形は円弧状に分布しており、また、その地下構造は、正断層様の構造が推定されている。



○赤井川断層は、赤井川カルデラの形成、地質構造等に関する文献レビューの結果、認められる変位地形はカルデラ形成に起因する可能性が高いものと考えられる。

【参考】赤井川断層について

検討①-2: 尻別川断層との比較による検討

○赤井川断層付近の地形及び地質・地質構造が活断層以外の要因によって形成された可能性について、尻別川断層との比較による検討を下表のとおり行った。

項目	尻別川断層	赤井川断層	比較検討結果
文献	<p>【活断層研究会編(1991)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○確実度: III ○活動度: C ○長さ: 約12km(西側隆起) <p>【中田・今泉編(2002)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○尻別川左岸に推定活断層 ○長さ: 約10km(西側隆起) 	<p>【活断層研究会編(1991)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○確実度: I ○活動度: B ○長さ: 約4km及びこれに並走する約1km(北西側隆起) <p>【中田・今泉編(2002)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○活断層研究会編(1991)とほぼ同じ位置に推定活断層 ○長さ: 約4km(北西側隆起) 	<p>○活断層研究会編(1991)によれば、確実度、活動度ともに赤井川断層の方が高いが、横山ほか(2003)、八幡(2002)等の文献レビューの結果、文献及び当社で認定した変位地形は、円弧状に分布していること及びその位置から、カルデラ特有の環状断裂に沿って生じた陥没構造の影響による可能性が考えられる。また、当該地域における活断層は南北走向の逆断層センスが想定されるが、変位地形は円弧状に分布しており、その地下構造は、正断層様の構造が推定されている。</p>
地形	<ul style="list-style-type: none"> ○磯谷山地と尻別川低地の境界付近にNNW-SSE方向の遷緩線とその南方の小規模な丘陵の基部に低崖が認められる。 ○磯谷山地内の逆向き崖及び鞍部が断続的に認められる。 ○NNW-SSE方向にMf1段丘面上の低崖及び遷緩線が認められる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○崖錐上又は末端部において盆地内に流入する小河川と直交する方向に低崖が認められる。 ○崖錐上に低崖とそれに連続する遷緩線が認められる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○いずれも崖地形及び遷緩線が認められるが、赤井川断層は崖錐上に当該地形が認められることに対し、尻別川断層は河成段丘面上に当該地形が認められる。 ○崖錐は急斜面から落下した岩屑が崖の麓に堆積して形成する急斜面(30°~40°)であり、豪雨等の影響で斜面崩壊を引き起こしやすいことから、断層変位以外の要因によって生じた地形の可能性も比較的高いと考えられる。
地質・地質構造	<ul style="list-style-type: none"> ○地質構造は、尻別川左岸の磯谷牧場から茅沼川付近にかけては、新第三系上部中新統の磯谷層及び新第三系鮮新統~第四系下部更新統の尻別川層との地質境界付近の急傾斜帯で特徴づけられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○変位地形が認められる位置は、地表地質踏査より確認された俱知安層群と赤井川粘土層の境界にほぼ一致しているものと推定される。 ○両地層には、急傾斜を示すような堆積構造は確認されない。 	<ul style="list-style-type: none"> ○尻別川断層周辺には、活構造を示唆する基盤岩の急傾斜構造が認められるが、赤井川断層周辺には確認されない。
評価長さ	<ul style="list-style-type: none"> ○約16km(直線状) 	<ul style="list-style-type: none"> ○約5km(円弧状) 	<ul style="list-style-type: none"> ○評価長さは尻別川断層の方が長く、また、変位地形の分布等から推定される形状は直線状かつNNW-SSE方向であることから、当該地域に卓越するとされる断層センスと調和的である。



○赤井川断層は、尻別川断層との比較検討の結果、断層付近の地形及び地質・地質構造が活断層以外の要因によって形成された可能性がより高いものと考えられる。

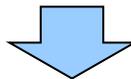
検討①のまとめ

【検討①-1】

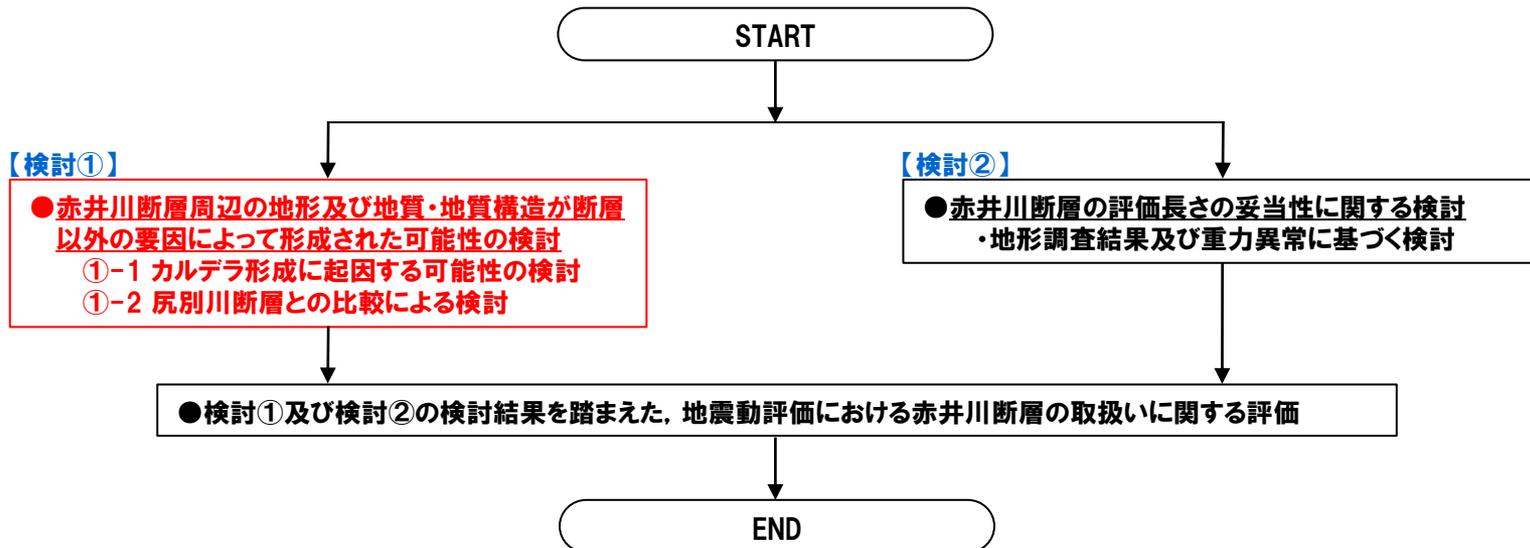
○赤井川断層は、赤井川カルデラの形成、地質構造等に関する文献レビューの結果、認められる変位地形はカルデラ形成に起因する可能性が高いものと考えられる。

【検討①-2】

○赤井川断層は、尻別川断層との比較の結果、断層付近の地形及び地質・地質構造が活断層以外の要因によって形成された可能性がより高いものと考えられる。



○赤井川断層については、認められる変位地形がカルデラ形成に起因する可能性が高く、尻別川断層と比較した場合、断層付近の地形及び地質・地質構造が活断層以外の要因によって形成された可能性がより高いものと考えられる。



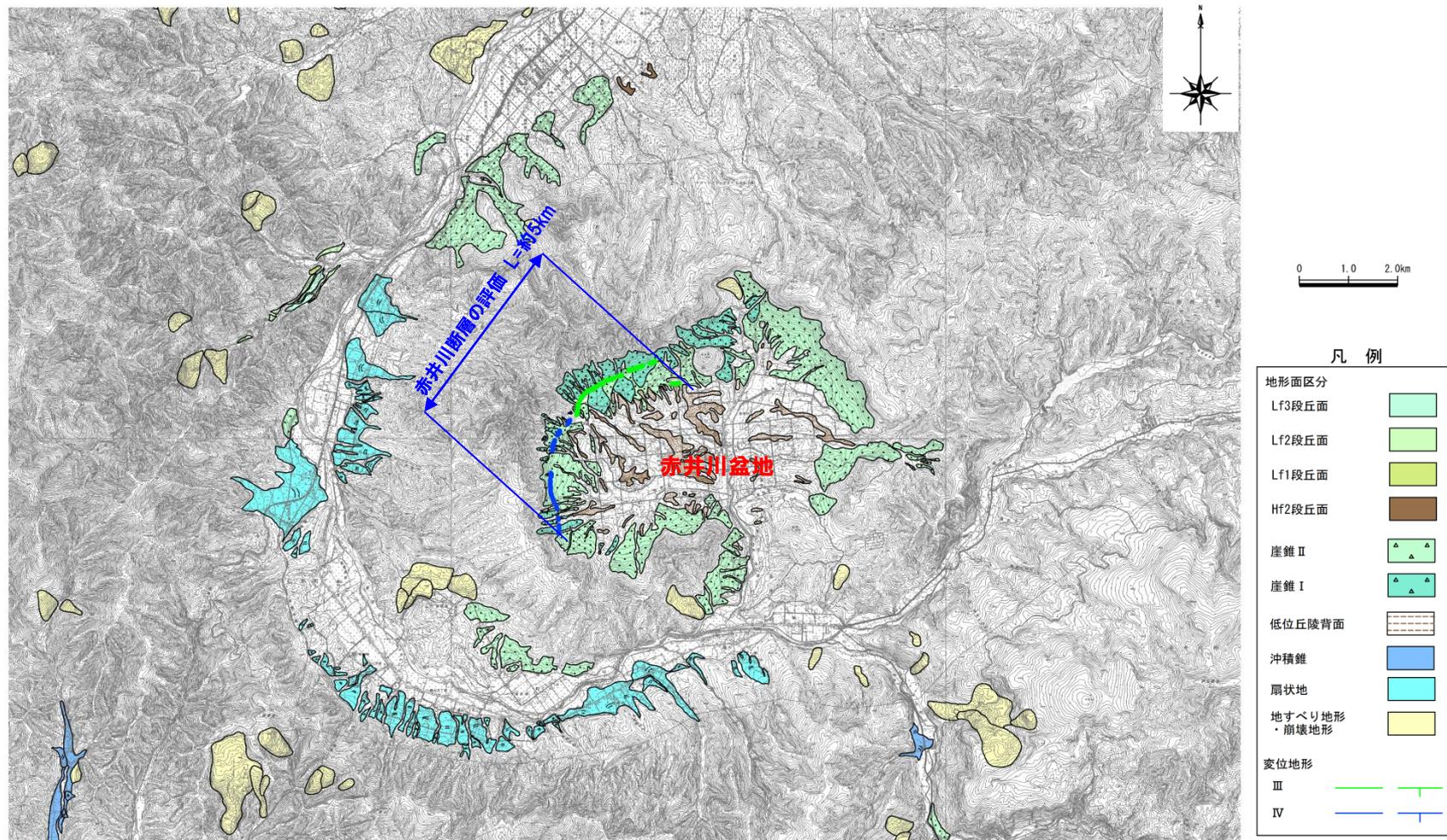
検討フロー (朱書きは検討実施箇所)

【参考】赤井川断層について**検討②：赤井川断層の評価長さの妥当性に関する検討**

- 赤井川断層の長さは、変位地形の判読される約5kmと評価しているが、その周囲に連続するような活構造を示唆する特徴の有無を確認し、評価長さの妥当性に関する検討を行った。
- 検討に当っては、当社地形調査結果及び産業技術総合研究所(2013)の重力異常図を用いた。

検討②：赤井川断層の評価長さの妥当性に関する検討（地形調査結果）

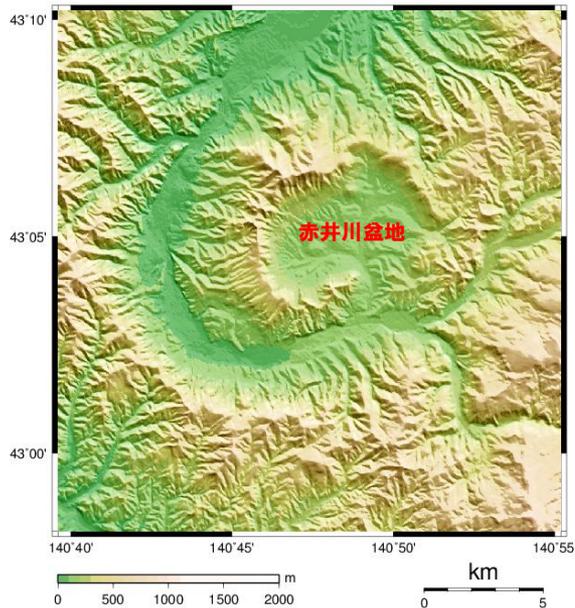
- 当社地形調査の結果、赤井川断層が位置する赤井川カルデラ周辺には、カルデラの密集や大規模地すべり等は認められないことから、地形的特徴の把握が困難な状況ではない。
- 当社で認定している変位地形に連続するようなリニアメントは認められない。



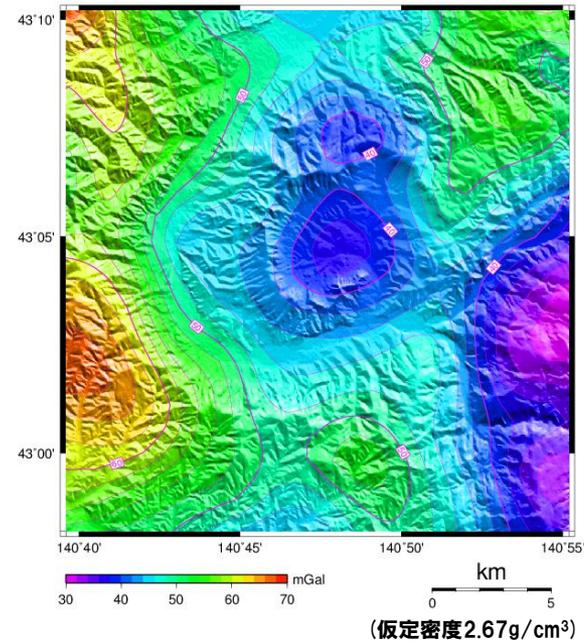
赤井川断層周辺の地形分類図

検討②：赤井川断層の評価長さの妥当性に関する検討（重力異常）

- 重力異常については、産業技術総合研究所（2013）をもとに検討を行った。
- 産業技術総合研究所（2013）によれば、赤井川断層周辺はカルデラ特有の環状の陥没構造を示唆する低重力域が認められ、活構造を示唆する重力の急変域等は認められない。



赤井川カルデラ周辺の地形図



赤井川カルデラ周辺の重力異常図（ブーゲー異常図）

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

【参考】赤井川断層について

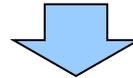
検討②のまとめ

【地形調査結果】

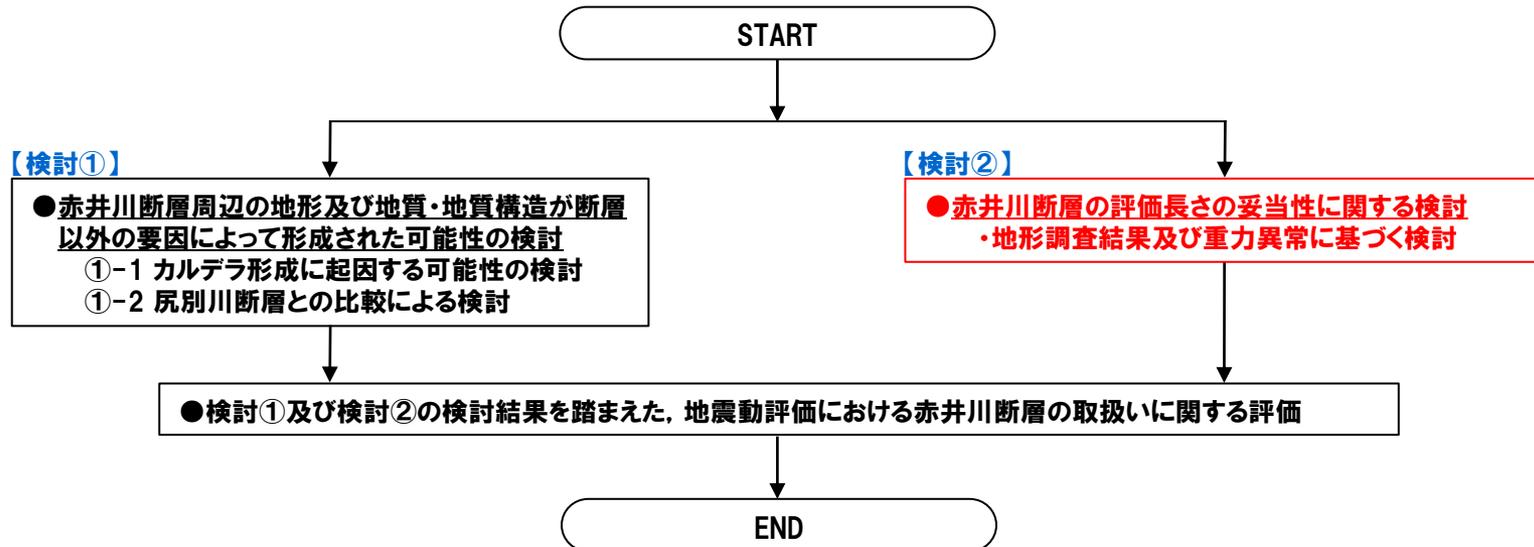
- 当社地形調査の結果、赤井川断層が位置する赤井川カルデラ周辺には、カルデラの密集や大規模地すべり等は認められないことから、地形的特徴の把握が困難な状況ではない。
- 当社で認定している変位地形に連続するようなリニアメントは認められない。

【重力異常】

- 産業技術総合研究所(2013)によれば、赤井川断層周辺はカルデラ特有の環状の陥没構造を示唆する低重力域が認められ、活構造を示唆する重力の急変域等は認められない。



- 当社で認定している変位地形に連続するようなリニアメント又は活構造を示唆する重力の急変域等は認められないことから、評価長さを約5kmとすることは妥当であると考えられる。
- なお、活断層研究会編(1991)及び中田・今泉編(2002)においても赤井川断層の評価長さは、当社の評価長さと同程度である。



検討フロー (朱書きは検討実施箇所)

地震動評価における赤井川断層の取扱いに関する評価

【検討①のまとめ】

○赤井川断層については、認められる変位地形がカルデラ形成に起因する可能性が高く、尻別川断層と比較した場合、断層付近の地形及び地質・地質構造が活断層以外の要因によって形成された可能性がより高いものと考えられる。

【検討②のまとめ】

○当社で認定している変位地形に連続するようなりニアメント又は活構造を示唆する重力の急変域等は認められないことから、評価長さを約5kmとすることは妥当であると考えられる。

○なお、活断層研究会編(1991)及び中田・今泉編(2002)においても赤井川断層の評価長さは、当社の評価長さと同程度である。



- 検討①及び検討②の結果に基づけば、赤井川断層周辺の地形及び地質・地質構造はカルデラ形成に起因する可能性が高く、尻別川断層と比較した場合、活構造が存在する可能性は小さいものと考えられるが、活構造として評価するに当たっては、評価長さ約5kmが妥当であると考えられる。
- なお、孤立した短い活断層として地震動を評価する場合、長さ22.6kmの断層モデルを設定することとなるが、評価長さの延長方向が山地と盆地の境界部(円弧状)となることから、現実的な断層モデルの設定は難しい。
- これらの状況を鑑みると、地震動評価における赤井川断層の取扱いについては、活構造が存在する可能性及び評価長さがいずれも大きい尻別川断層を検討用地震とすることで代表できるものと判断される。

