

泊発電所

火山影響評価について

令和3年8月6日
北海道電力株式会社

H28.2.5審査会合以降の経緯及び主な変更点	P. 4
1. 原子力発電所の火山影響評価ガイドの概要	P. 8
2. 立地評価	P. 10
2. 1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 14
2. 2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価	P. 18
2. 3 過去に巨大噴火が発生した火山(洞爺カルデラ)の個別評価	P. 27
2. 3. 1 巨大噴火の可能性評価	P. 27
2. 3. 2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価	P. 88
2. 4 過去に巨大噴火が発生した火山(支笏カルデラ)の個別評価	P. 95
2. 4. 1 巨大噴火の可能性評価	P. 95
2. 4. 2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価	P.118
2. 5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価	P.126
2. 6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価	P.158
2. 7 モニタリング	P.175
2. 8 立地評価まとめ	P.200
3. 影響評価	P.204
3. 1 敷地において想定される火山事象	P.207
3. 2 降下火砕物(火山灰)の評価	P.220
3. 2. 1 降下火砕物の層厚評価の概要	P.220
3. 2. 2 敷地及び敷地近傍で確認される主な降下火砕物	P.221
3. 2. 3 降下火砕物シミュレーション	P.248
3. 2. 4 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.278
3. 2. 5 降下火砕物の密度・粒径	P.279
3. 3 影響評価まとめ	P.281
参考文献	P.282

余白

H28.2.5審査会合以降の経緯及び主な変更点

① H28.2.5審査会合以降の経緯

【H28.2.5審査会合における指摘事項】

- モニタリングは、現在の状況から有意な傾向の変化がないことを確認する目的であることを踏まえ、モニタリングの考え方について、再度検討すること。
- ニセコ・雷電火山群（羊蹄山含む）におけるモニタリングの監視レベルの移行判断基準（案）のうち、平常時から注意時への監視レベルの移行は、気象庁噴火警戒レベルのみに依拠しているように見えるため、観測データ等の収集・分析も踏まえたものであることがわかるよう、記載を適正化すること。

【H30.3.7原子力規制委員会及びR1.12.18「原子力発電所の火山影響評価ガイド」の改正】

- 原子力規制庁より、『原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける「設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に関する基本的な考え方について』（以下、「基本的な考え方」という。）が示された。
- 基本的な考え方では、「巨大噴火」について、「地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流によって広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすような噴火であり、噴火規模としては、数10km³程度を超えるような噴火を指している」とした上で、「過去に巨大噴火が発生した火山については、『巨大噴火の可能性評価』を行った上で、『巨大噴火以外の火山活動の評価』を行う」とされている。
- 巨大噴火の可能性の評価については、「現在の火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上で、火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないことが確認でき、かつ、運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根拠があるとはいえない場合は、少なくとも運用期間中は、『巨大噴火の可能性が十分小さい』と判断できる」とされている。
- また、上記基本的な考え方を取り入れ、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」が改正された（R1.12.18）。

【R1.5.15原子力規制委員会】

- 「適合性審査における主な課題と考え方」において、泊発電所の火山影響評価について、以下の通り課題が示された。
 - ・降下火砕物の層厚評価について、その根拠としている給源不明の火山灰層が、敷地内断層の活動性評価に係る追加調査の結果、敷地内で見つからなかったとしていることから、その結果を踏まえた層厚の再評価が必要。

② H28.2.5審査会合時からの主な変更点

○本資料は、H28.2.5審査会合時より、主に以下の3点を変更した。

①立地評価のうち、モニタリングについて、H28.2.5審査会合における指摘事項を踏まえ、以下を変更した。

モニタリングに係る監視レベルの移行判断基準(案)の策定

○モニタリング対象としている洞爺カルデラ及びニセコ・雷電火山群(羊蹄山含む)について、モニタリングの目的が、現在の状況から有意な傾向の変化がないことを確認するものであることを踏まえ、近年の地殻変動、地震活動及び気象庁噴火警戒レベルに基づき、平常時から注意時への移行判断基準(案)を策定した。

○また、上記移行判断基準(案)を含むモニタリングの判断フローを策定した。

②また、立地評価のうち、更なる個別評価対象の4火山について、前述の基本的な考え方も踏まえ、過去に巨大噴火が発生した2火山と過去に巨大噴火が発生していない2火山に分類し、以下の検討を実施した。

更なる個別評価

過去に巨大噴火が発生した火山(2火山)

洞爺カルデラ, 支笏カルデラ



巨大噴火の可能性評価

- 現在の活動状況をより科学的に把握する観点から、以下の地球物理学的調査について追加で実施。
- ・火山性地震及び地殻変動(電子基準点データ)に係る既往の検討について、近年のデータを追加。
 - ・地殻変動(干渉SAR)及び地殻変動(水準測量)に係る検討を新規で実施。
 - ・地震波速度構造に係る検討を新規で実施。



最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

過去に巨大噴火が発生していない火山(2火山)

ニセコ・雷電火山群, 羊蹄山




火山活動の評価

- 現在の活動状況をより科学的に把握する観点から、以下の地球物理学的調査について追加で実施。
- ・火山性地震及び地殻変動(電子基準点データ)に係る既往の検討について、近年のデータを追加。
 - ・地殻変動(干渉SAR)及び地殻変動(水準測量)に係る検討を新規で実施。
- ※ニセコ・雷電火山群については、過去に巨大噴火は発生していないものの、敷地近く(半径10kmの範囲)に設計対応不可能な火山事象が到達していることから、念のため、地震波速度構造に係る検討を新規で実施。

(次頁へ続く)

② H28.2.5審査会合時からの主な変更点

 (前頁からの続き)

③影響評価のうち、降下火砕物(火山灰)の層厚について、R1.5.15原子力規制委員会で示された課題を踏まえ、再評価を実施した。

(既往の評価)

- 既往の降下火砕物(火山灰)の層厚評価については、1,2号炉及び3号炉調査時の地質調査結果等を踏まえ、保守的に40cmと評価していた。
 - ・敷地において、明瞭な火山灰を含む地層(火山灰質シルトの状態)を確認した。
 - ・火山灰質シルトの層厚は、最大で約40cmである。

(再評価)

- 上記火山灰質シルトを確認した地点は、敷地造成に伴う地形改変により消失しており、至近の敷地における地質調査においても同様な火山灰質シルトが確認されていない。
- したがって、既往の文献調査及び地質調査の結果を整理することに加えて、降下火砕物シミュレーションを実施することにより、降下火砕物(火山灰)の層厚を20cmと再評価した。

1. 原子力発電所の火山影響評価ガイドの概要

1. 原子力発電所の火山影響評価ガイドの概要

原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

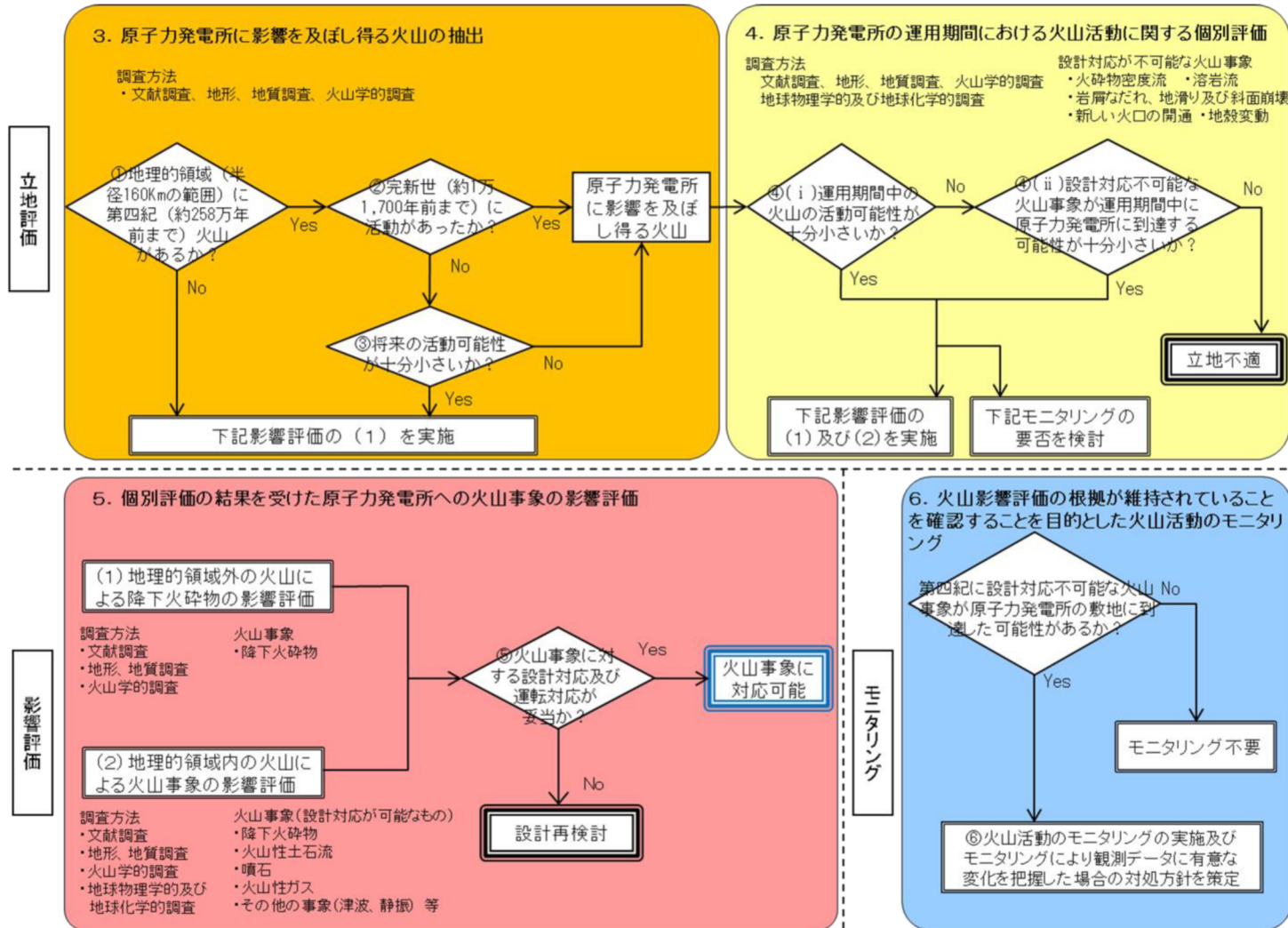


図1 本評価ガイドの基本フロー

2. 立地評価

H28.2.5審査会合以降の経緯及び主な変更点	P. 4
1. 原子力発電所の火山影響評価ガイドの概要	P. 8
2. 立地評価	P. 10
2. 1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 14
2. 2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価	P. 18
2. 3 過去に巨大噴火が発生した火山(洞爺カルデラ)の個別評価	P. 27
2. 3 .1 巨大噴火の可能性評価	P. 27
2. 3 .2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価	P. 88
2. 4 過去に巨大噴火が発生した火山(支笏カルデラ)の個別評価	P. 95
2. 4 .1 巨大噴火の可能性評価	P. 95
2. 4 .2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価	P.118
2. 5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価	P.126
2. 6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価	P.158
2. 7 モニタリング	P.175
2. 8 立地評価まとめ	P.200
3. 影響評価	P.204
3. 1 敷地において想定される火山事象	P.207
3. 2 降下火砕物(火山灰)の評価	P.220
3. 3 影響評価まとめ	P.281
参考文献	P.282

余白

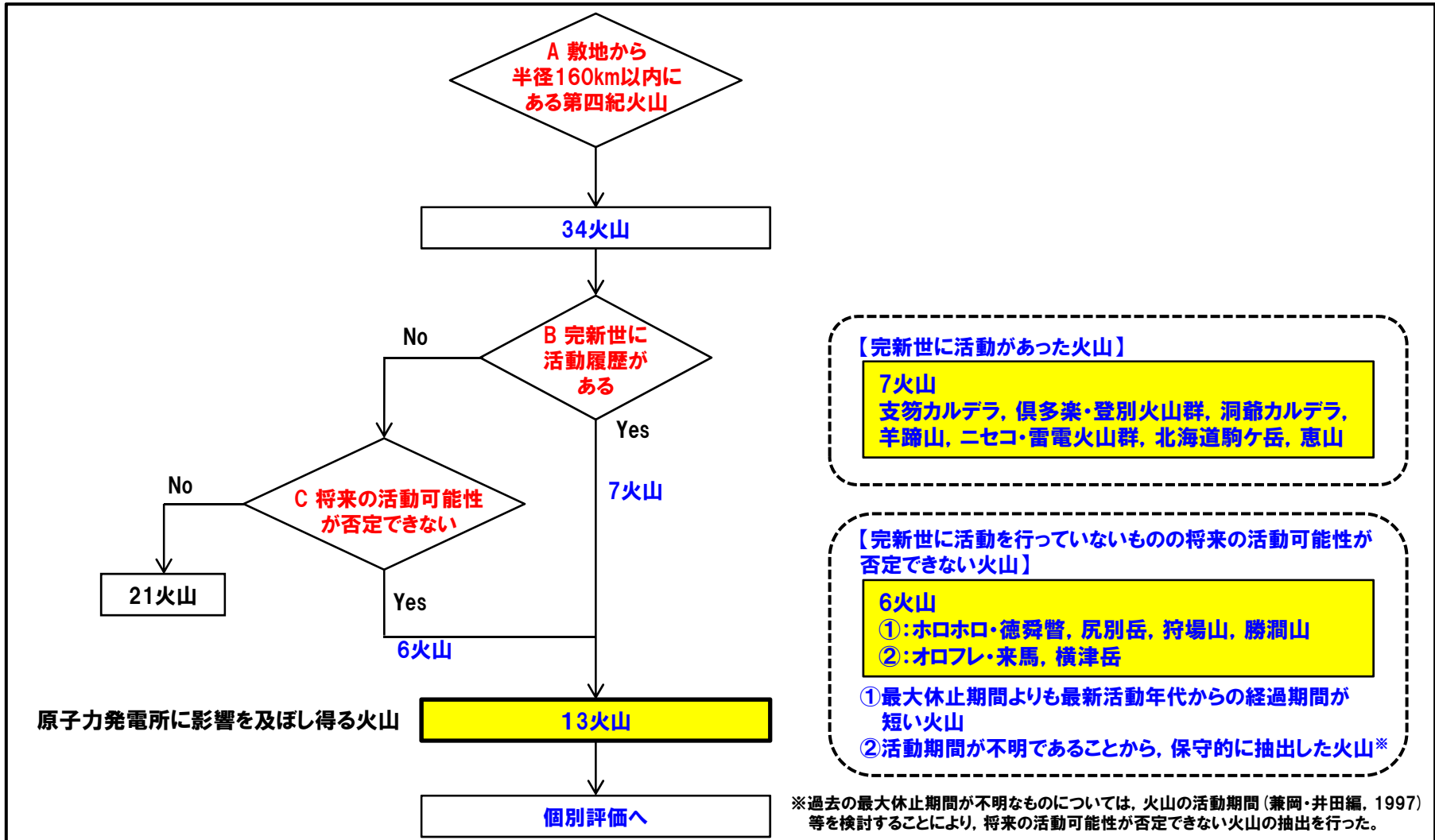
H28.2.5審査会合以降の経緯及び主な変更点	P. 4
1. 原子力発電所の火山影響評価ガイドの概要	P. 8
2. 立地評価	P. 10
2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 14
2.2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価	P. 18
2.3 過去に巨大噴火が発生した火山(洞爺カルデラ)の個別評価	P. 27
2.3.1 巨大噴火の可能性評価	P. 27
2.3.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価	P. 88
2.4 過去に巨大噴火が発生した火山(支笏カルデラ)の個別評価	P. 95
2.4.1 巨大噴火の可能性評価	P. 95
2.4.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価	P.118
2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価	P.126
2.6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価	P.158
2.7 モニタリング	P.175
2.8 立地評価まとめ	P.200
3. 影響評価	P.204
3.1 敷地において想定される火山事象	P.207
3.2 降下火砕物(火山灰)の評価	P.220
3.3 影響評価まとめ	P.281
参考文献	P.282

2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

①-1 検討フロー

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山について、以下のフローに従い、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出した。



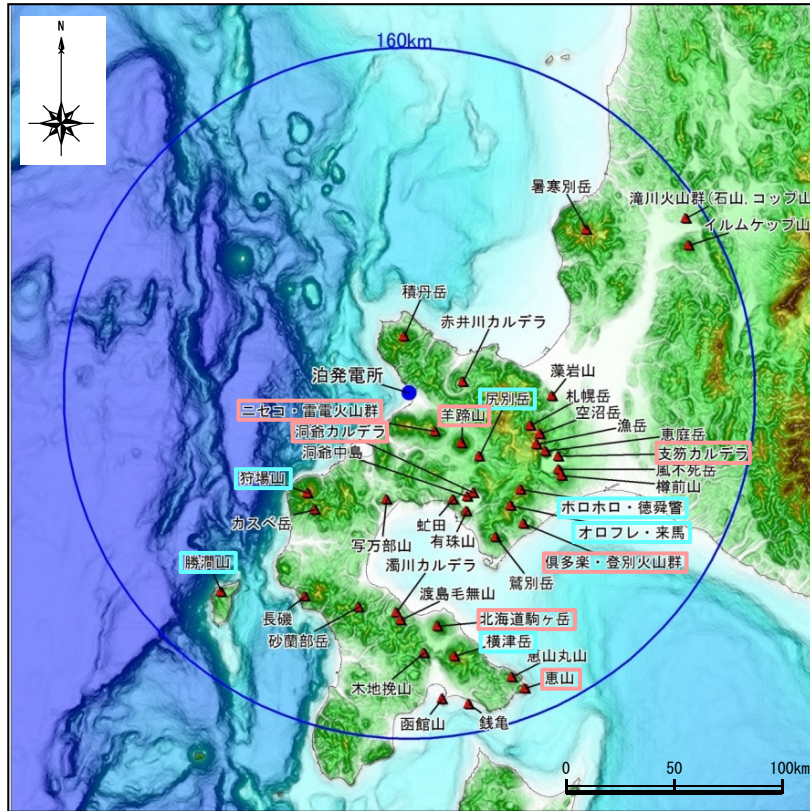
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出フロー

2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

①-2 検討結果

一部修正 (H25/12/18審査会合)

- 敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山として、34火山がある(右表参照)。
- このうち、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として、**完新世に活動があった火山(7火山)**及び**完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山(6火山)**の計13火山を抽出した。



中野ほか編(2013)に基づき作成

敷地から半径160km範囲の第四紀火山の位置図

※1 札幌岳及び空沼岳は、H25.7治発電所発電用原子炉設置変更許可申請においては、中野ほか編(2013)に基づき、それぞれの活動時期を前期更新世後半、中期更新世としていた。申請以降に発表された中川ほか(2013)によれば、札幌岳の活動は鮮新世とされ、空沼岳は札幌岳と同時期である可能性が高いとされているが、変わらず検討対象火山として扱うこととしている。

検討対象火山の活動時期と最新活動からの経過時間

番号	火山名	敷地からの距離(km)	活動時期	最新活動からの経過時間
C02	滝川(たきがわ)火山群(石山(いしやま), コップ山(こつぷやま))	151.3	約1000-170万年前	約1.7Ma
C03	イルムケップ山(いるむけつぷやま)	146.1	約250万年前	約2.5Ma
C04	霧寒別岳(しよかんべつだけ)	111.5	約400-200万年前	約2.0Ma
C05	藻岩山(もいわやま)	66.0	約260-240万年前	約2.4Ma
C06	積丹岳(しゃこたんだけ)	26.5	約250-200万年前	約2.0Ma
C07	赤井川(あかいがわ)カルデラ	25.3	約210-130万年前	約1.3Ma
C08	札幌岳(さっぽろだけ) ^{※1}	58.1	約310-280万年前	約2.8Ma
C09	空沼岳(そらぬまだけ) ^{※1}	63.2	約300万年前程度	約3.0Ma
C10	漁岳(いざりだけ) ^{※2}	63.6	約330-250万年前	約2.5Ma
C11	支笏(しこつ)カルデラ(後カルデラ火山含む)	74.8	5-4万年前にカルデラ形成	約40ka
	○12 恵庭岳(えにわだけ)	68.6	約1万5000年前にはある程度の山体が形成されていた	約0.3ka
	○13 風不死岳(ふうぶしだけ)	77.7	支笏カルデラ形成後に活動(4万年前以降) 大部分は恵庭火山より古い	約4.5ka
	○14 樽前山(たるまいさん)	80.2	約9000年前以降	A.D.1978
C15	ホロホロ・徳舜管(とくしゅんべつ)	68.0	ホロホロ山は約160万年前 徳舜管山は約170, 約60万年前	約0.6Ma
C16	オロフレ・来馬(らいば)	70.2	来馬岳は60万年前	-
C17	倶多楽(くつたら)・登別(のぼりべつ)火山群	80.5	約8万年前以降, カルデラ形成は約4万年前	約0.2ka
C18	鷹別岳(たけべつだけ)	77.8	約50万年前	約0.5Ma
C19	虻田(あぶた)	53.4	約180万年前	約1.8Ma
C20	洞爺(とうや)カルデラ(後カルデラ火山含む)	54.8	約14万年前にカルデラ形成	約0.11Ma
	○21 洞爺中島(とうやなかじま)	55.1	4-3万年前	約30ka
	○22 有珠山(うずさん)	60.7	2万ないし1.5万年前に活動開始	A.D.2000
C23	尻別岳(しりべつだけ)	43.6	数十万-5万2000年前	約52ka
C24	羊蹄山(ようていざん)	33.8	10万ないし数万年前以降 最新の噴火は2500年前	約2.5ka
C25	ニセコ・雷電(らいでん)火山群	21.5	雷電山は約140-80万年前, ニセコは約40万年前以降 最新の活動と考えられるイワノヌプリは約9500年前以降	約9.5ka>
C26	写万部山(しゃまんべやま)	50.5	約260-250万年前	約2.5Ma
C27	狩場山(かりばやま)	66.1	約80-25万年前	約0.25Ma
C28	カスベ岳(かすべだけ)	69.4	第四紀前期?	-
C29	勝淵山(かつまやま)	126.4	約70-20万年前	約0.2Ma
C30	長機(ながいそ)	105.7	約220-170万年前	約1.7Ma
C31	砂蘭部岳(さらんべだけ)	102.2	約180万年前	約1.8Ma
C32	滝川(たきがわ)カルデラ	101.9	約1万5000年前にカルデラ形成	約12ka
C33	渡島毛無山(おしまけなしやま)	105.3	鮮新世後期-第四紀前期?	-
C34	北海道駒ヶ岳(ほっかいどうこまがたけ)	109.0	3万年前以前(数万年前?)に活動開始	A.D.2000
C35	横津岳(よこつだけ)	123.7	横津岳の大部分は第四紀の初頭までに完成した可能性がある	約0.14Ma
C36	木地挽山(きじまきやま)	120.6	約190万年前もしくは190万年前以降	-
C37	恵山丸山(えさんまるやま)	139.9	約20万年前	約0.2Ma
C38	恵山(えさん)	146.9	約5万年前以降	A.D.1874
C39	函館山(はこだてやま)	142.7	約120-90万年前	約0.9Ma
C40	銭亀(ぜにかめ)	146.7	4万5000-3万3000年前の間	約33ka

※2 漁岳は、中川ほか(2013)及び中野ほか編(2013)も考慮し、今回、活動時期を「260-240万年前」(H28.2.審査会合資料)から「330-250万年前」に修正している。

余白

H28.2.5審査会合以降の経緯及び主な変更点	P. 4
1. 原子力発電所の火山影響評価ガイドの概要	P. 8
2. 立地評価	P. 10
2. 1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 14
2. 2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価	P. 18
2. 3 過去に巨大噴火が発生した火山(洞爺カルデラ)の個別評価	P. 27
2. 3 .1 巨大噴火の可能性評価	P. 27
2. 3 .2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価	P. 88
2. 4 過去に巨大噴火が発生した火山(支笏カルデラ)の個別評価	P. 95
2. 4 .1 巨大噴火の可能性評価	P. 95
2. 4 .2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価	P.118
2. 5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価	P.126
2. 6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価	P.158
2. 7 モニタリング	P.175
2. 8 立地評価まとめ	P.200
3. 影響評価	P.204
3. 1 敷地において想定される火山事象	P.207
3. 2 降下火砕物(火山灰)の評価	P.220
3. 3 影響評価まとめ	P.281
参考文献	P.282

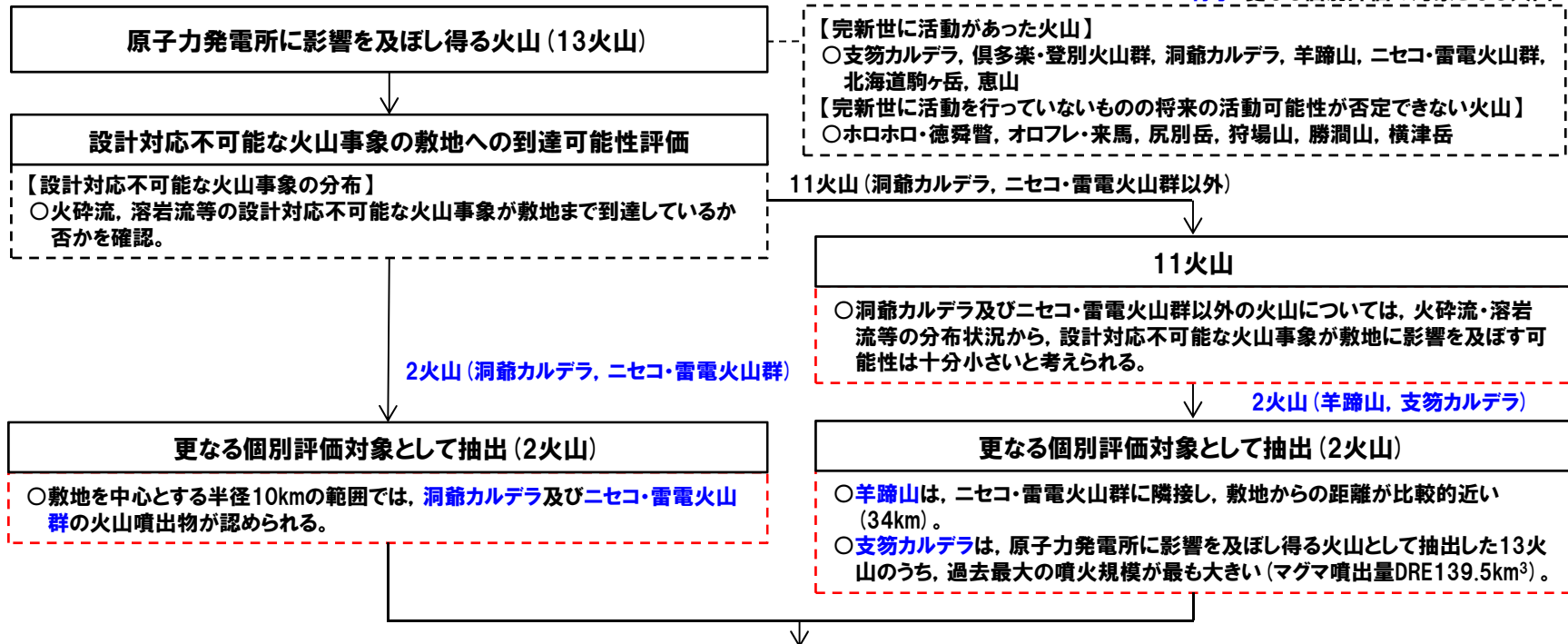
2.2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

① 個別評価の検討フロー

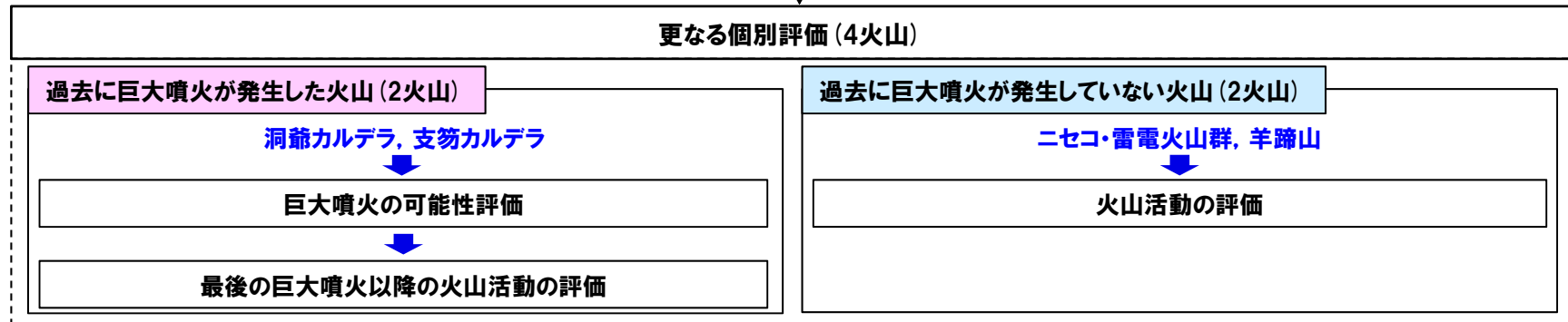
- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13火山について、以下のフローに従い、個別評価を実施した。
- なお、個別評価結果の概要についても赤破線内に併せて示す。

青字: 更なる個別評価の対象となる火山

2.2章
検討内容
(個別評価)



2.3~2.6章
検討内容
(更なる個別評価)



2.2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

② 個別評価結果

一部修正 (H28/2/5審査会合)

○原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13火山について、火砕流、溶岩流等の設計対応不可能な火山事象の分布(次頁～P24参照)を確認した。

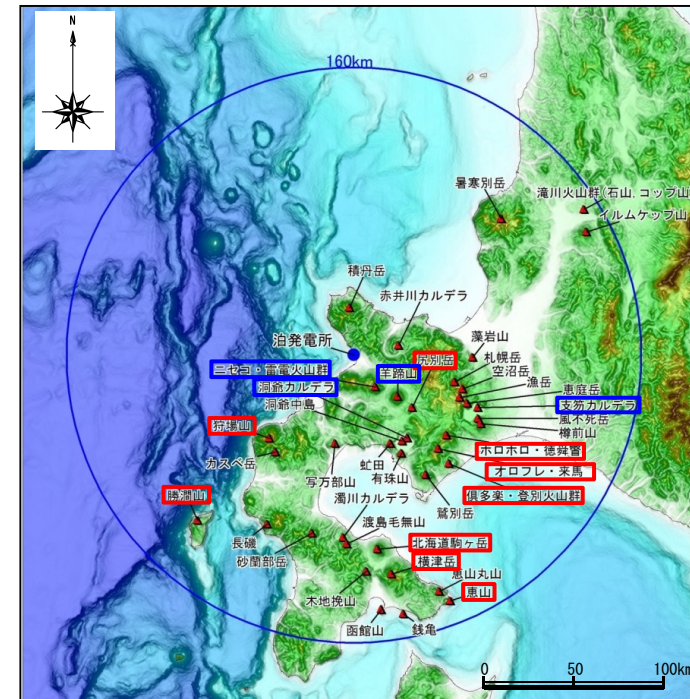


- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13火山のうち、敷地から半径160km以内の範囲において火山噴出物が広域に分布する火山は、支笏カルデラ及び洞爺カルデラである。
- 支笏カルデラ及び洞爺カルデラ以外の11火山の火山噴出物の分布は山体近傍に限定される。
- 支笏カルデラの火山噴出物(支笏火砕流堆積物)は、羊蹄山付近まで認められるが、敷地まで到達していない。
- 敷地周辺及び敷地における地形調査、地表地質踏査等の結果、敷地を中心とする半径10kmの範囲では、洞爺カルデラ及びニセコ・雷電火山群の火山噴出物が認められる。



【評価結果】

- 洞爺カルデラ及びニセコ・雷電火山群を除く11火山については、火砕流・溶岩流等の分布状況から、設計対応不可能な火山事象が敷地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと判断される。
- 洞爺カルデラ※及びニセコ・雷電火山群については、更なる個別評価を実施する。
- なお、支笏カルデラ※及び羊蹄山については、以下に示す理由により更なる個別評価を実施する。
 - ・支笏カルデラ:原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13火山のうち、過去最大の噴火規模が最も大きい(マグマ噴出量 DRE139.5km³)
 - ・羊蹄山:ニセコ・雷電火山群に隣接し、敷地からの距離が比較的近い(34km)



中野ほか編(2013)に基づき作成
 〇:個別評価対象火山(9火山)
 □:個別評価及び更なる個別評価対象火山(4火山)
 火山の位置図

※過去に巨大噴火が発生した洞爺カルデラ及び支笏カルデラについては、「巨大噴火の可能性評価」を実施した上で、「最後の巨大噴火以降の火山活動の評価」を実施する。

2. 2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

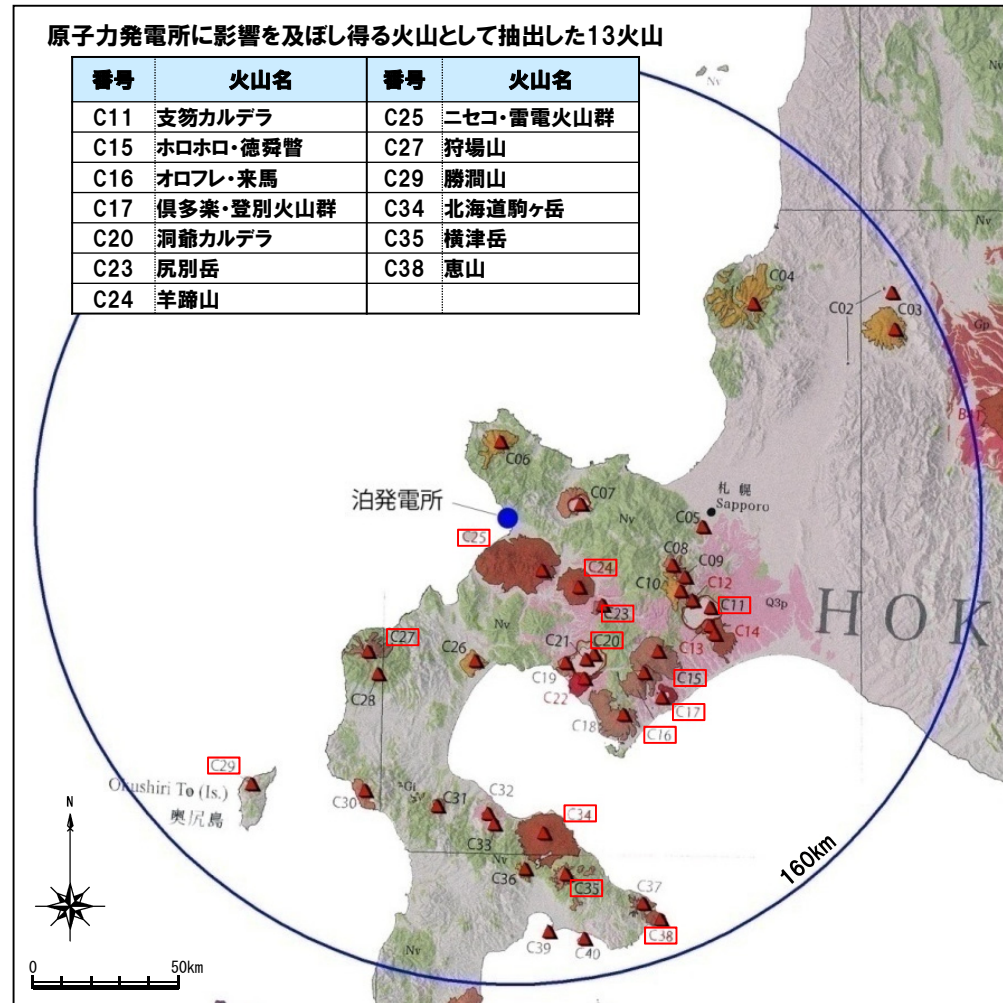
③-1 設計対応不可能な火山事象の分布 (敷地から半径160km) (1/4)

一部修正 (H25/9/25審査会合)

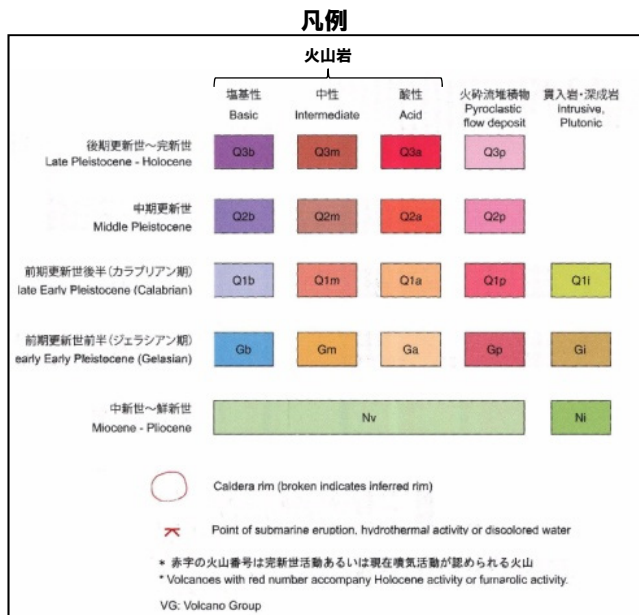
- 中野ほか編 (2013) によれば、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13火山のうち、広域的に火山噴出物の分布が確認される火山は、支笏カルデラ及び洞爺カルデラに限定される。
- その他の11火山については、過去に20km³程度の噴火を起こした倶多楽・登別火山群を含め、その火山噴出物の分布は山体近傍に限定される (倶多楽・登別火山群噴出物の分布状況はP23参照)。
- なお、火山噴出物の分布については、産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) においても概ね同様な状況である (次頁参照)。

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13火山

番号	火山名	番号	火山名
C11	支笏カルデラ	C25	ニセコ・雷電火山群
C15	ホロホロ・徳舜賢	C27	狩場山
C16	オロフレ・来馬	C29	勝潤山
C17	倶多楽・登別火山群	C34	北海道駒ヶ岳
C20	洞爺カルデラ	C35	横津岳
C23	尻別岳	C38	恵山
C24	羊蹄山		



火山地質図
(中野ほか編 (2013) に加筆)



2. 2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

③-1 設計対応不可能な火山事象の分布 (敷地から半径160km) (2/4)

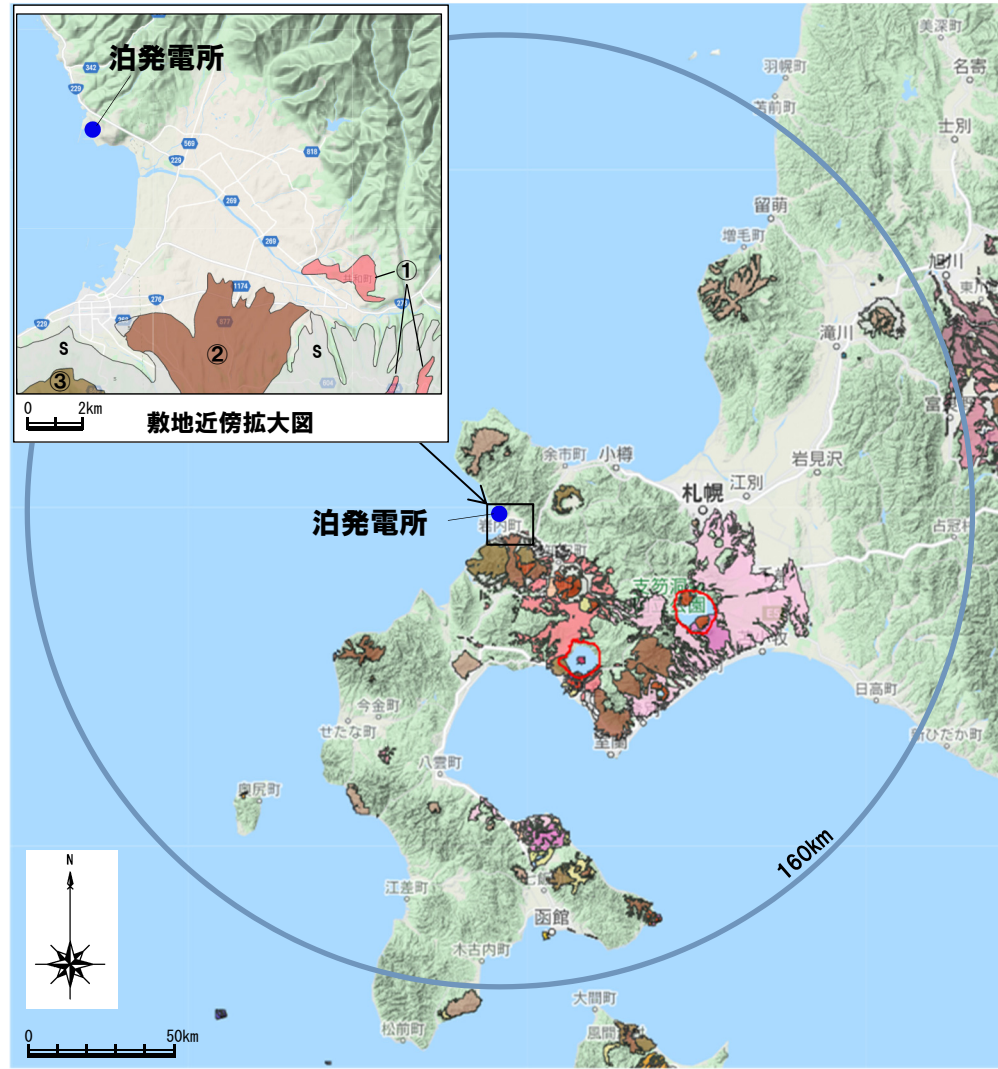
【「20万分の1日本火山図」産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020)】

- 当該文献は、火山噴出物について既往の文献をコンパイルし、20万分の1の分解能でインターネット上の地図に表示できるようにしたものである。
- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13火山の噴出物分布範囲は、中野ほか編 (2013) に示されるものと、概ね同様である。

- 凡例 (敷地近傍拡大図)
- ①: 洞爺カルデラ
 - ②: ニセコ・雷電火山群 (ニセコ中期)
 - ③: ニセコ・雷電火山群 (ニセコ古期)
 - s: 山麓扇状地・崖錐・地すべり・沖積堆積物など

20万分の1日本火山図凡例

時代区分	記号	岩 相 区 分														
		B			M			A		I		D		F		s
		火山岩 (土に溶岩)			火砕流堆積物		貫入岩		岩層なだれ堆積物*		降下火砕物		山麓扇状地・崖錐・地すべり・沖積堆積物など			
		青鉄質 玄武岩	中間質 玄武岩質安山岩・安山岩	珪長質 デイサイト 流紋岩	岩質は問わない	岩質は問わない	岩質は問わない	岩質は問わない	岩質は問わない	岩質は問わない	岩質は問わない	岩質は問わない	岩質は問わない			
完新世	H	H.B	H.M	H.A	H.P			H.D	H.F							
0.0117		R100G45B190	R200G82B0	R228Q23B0	R238G105B202			R230G220B130	R255Q225B225							
後期更新世	Q3	Q3.B	Q3.M	Q3.A	Q3.P			Q3.D	Q3.F							
0.129		R70G40B200	R200G45B0	R220G10B90	R255G190B225			R255G190B150	R245Q230B225							
中期更新世 (テハニアン期)	Q2	Q2.B	Q2.M	Q2.A	Q2.P	Q2.I		Q2.D						s		
0.774		R128G33B227	R160G80B50	R240G140B0	R255G112B123	R160Q250B100		R230Q210B95								
前期更新世後半 (カプリアン期)	Q1	Q1.B	Q1.M	Q1.A	Q1.P	Q1.I		Q1.D								
1.80		R80G70B200	R180G110B50	R238G190B0	R220G120B150	R160G230B0		R285G200B150								
前期更新世前半 (ジェラシアン期)	G	G.B	G.M	G.A	G.P	G.I		G.D								
2.58		R0G100B150	R250G150B130	R250G230B150	R170G100B120	R170G190B50		R285G240B130						R220Q220B220		



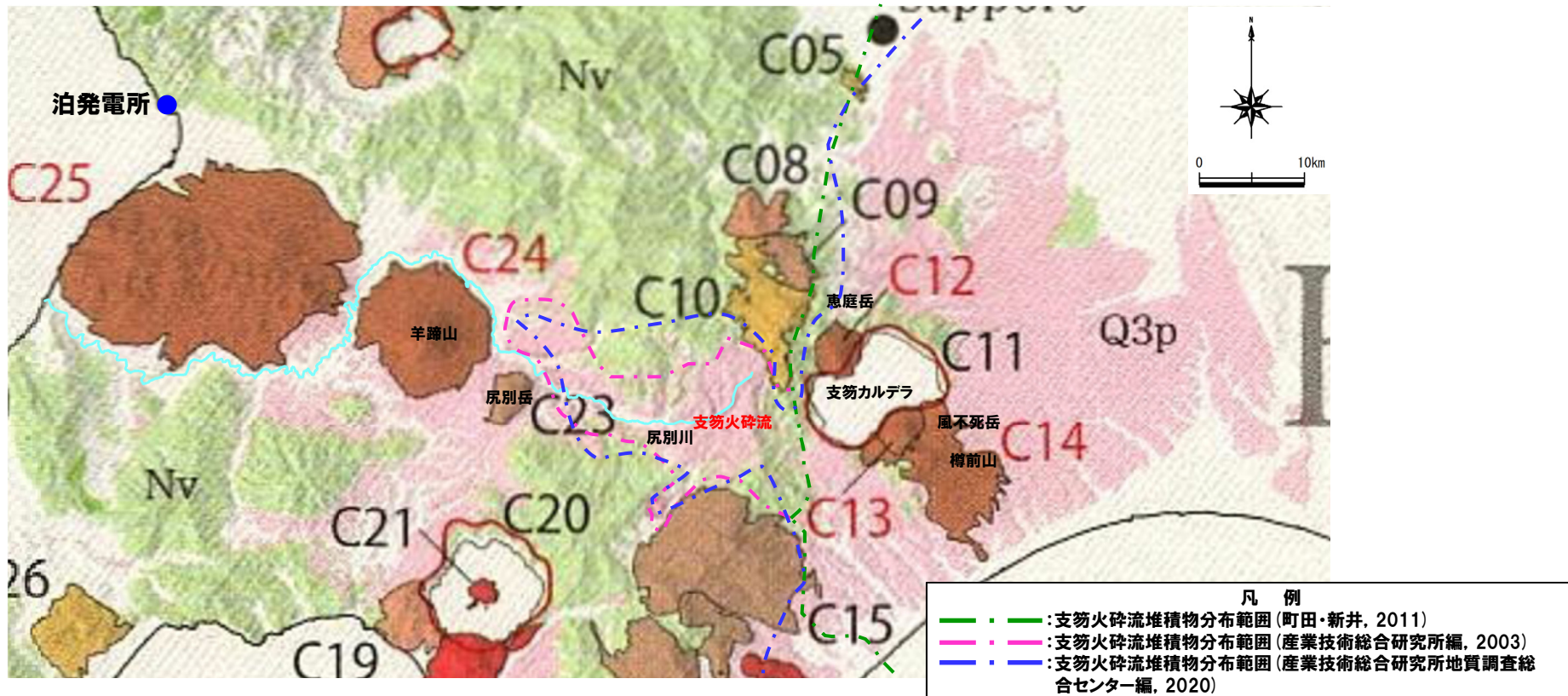
20万分の1日本火山図 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) に加筆)

2.2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

③-1 設計対応不可能な火山事象の分布（敷地から半径160km）（3/4）

一部修正（H25/12/18審査会合）

○町田・新井（2011），産業技術総合研究所編（2003）等によれば，支笏カルデラの火山噴出物（支笏火砕流堆積物）は，羊蹄山付近まで認められるが，敷地まで到達していない。

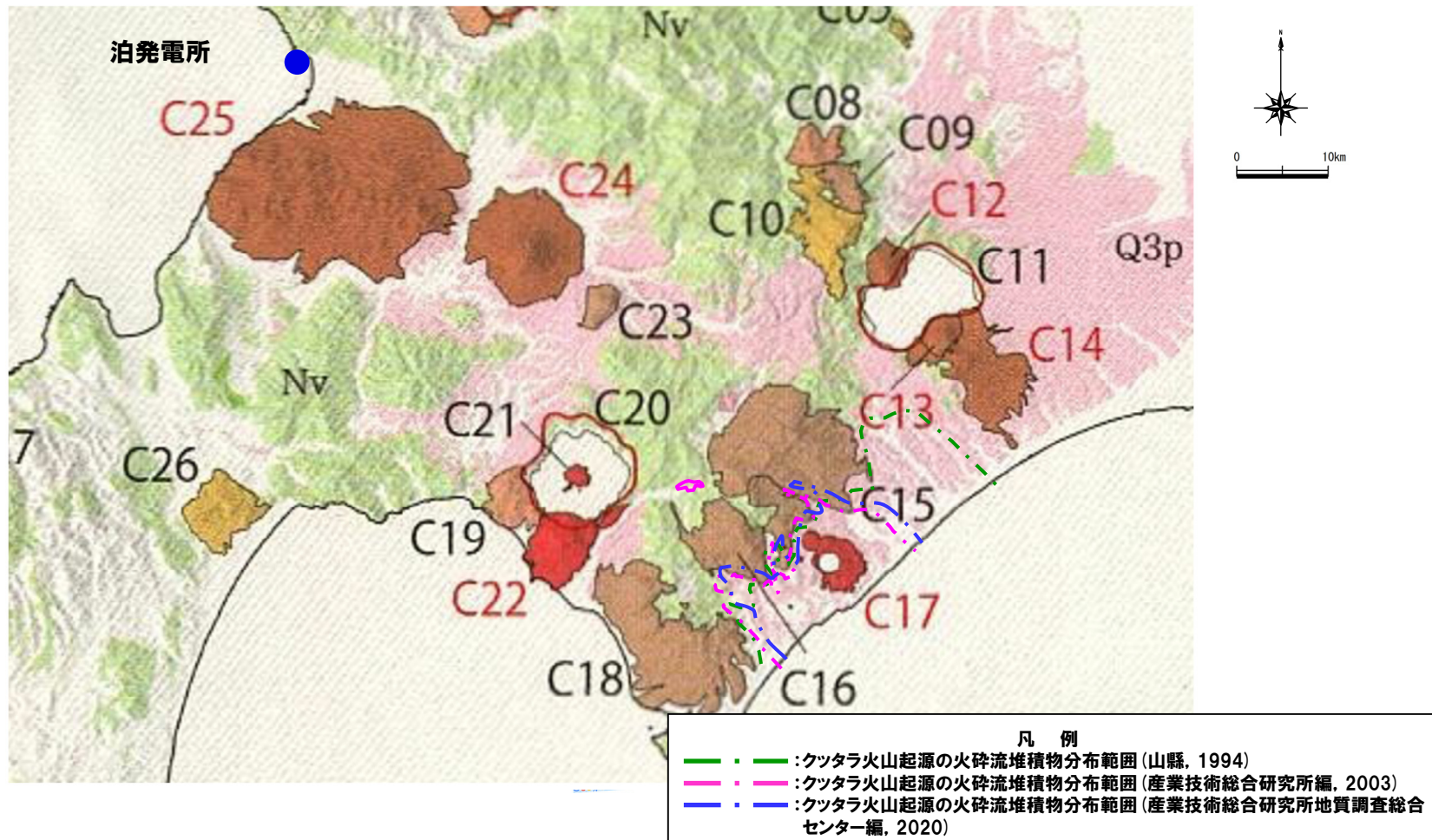


支笏カルデラ周辺の火山地質図（中野ほか編（2013）に加筆）

2.2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

③-1 設計対応不可能な火山事象の分布（敷地から半径160km）（4/4）

○山縣（1994），産業技術総合研究所編（2003）等によれば，倶多楽・登別火山群の火山噴出物（火砕流堆積物）は，火山山麓及び一部洞爺カルデラ付近まで認められるものの，敷地まで到達していない。



倶多楽・登別火山群周辺の火山地質図（中野ほか編（2013）に加筆）

2.2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

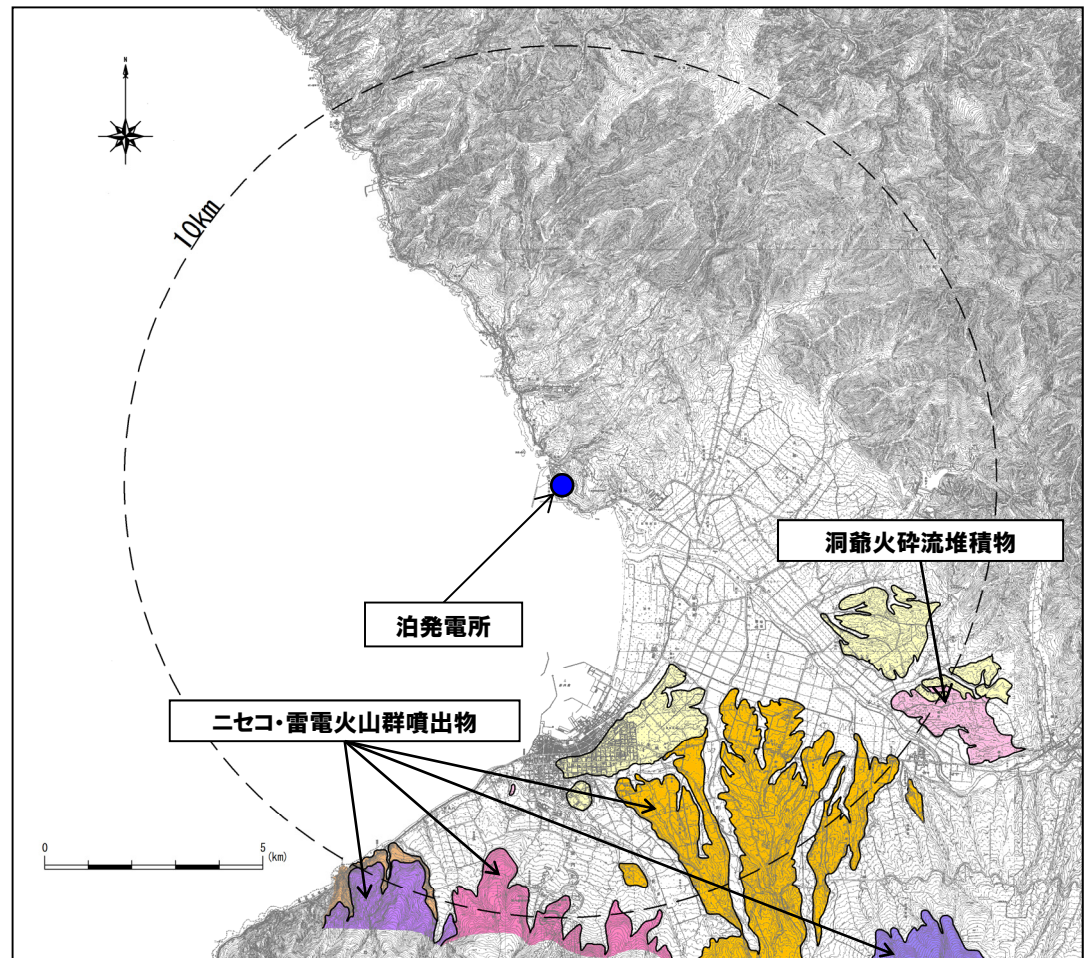
③-2 設計対応不可能な火山事象の分布（敷地から半径10km）

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○敷地周辺及び敷地における地形調査，地表地質踏査等の結果，敷地を中心とする半径10kmの範囲では，洞爺カルデラ及びニセコ・雷電火山群の火山噴出物が認められる。

凡 例

記号	地層名	
T	洞爺火砕流堆積物	火砕流堆積物
N	ニセコ火山噴出物	火砕流堆積物、泥流堆積物、火山砕砂
W	岩内層	礫及び砂
W	ワイスホルン火山	溶岩及び火砕岩
I	岩内岳火山	溶岩及び火砕岩
R	雷電山火山	溶岩及び火砕岩
	雷電岬火山角礫岩層	



敷地から半径10km以内の第四紀火山地質図

余白

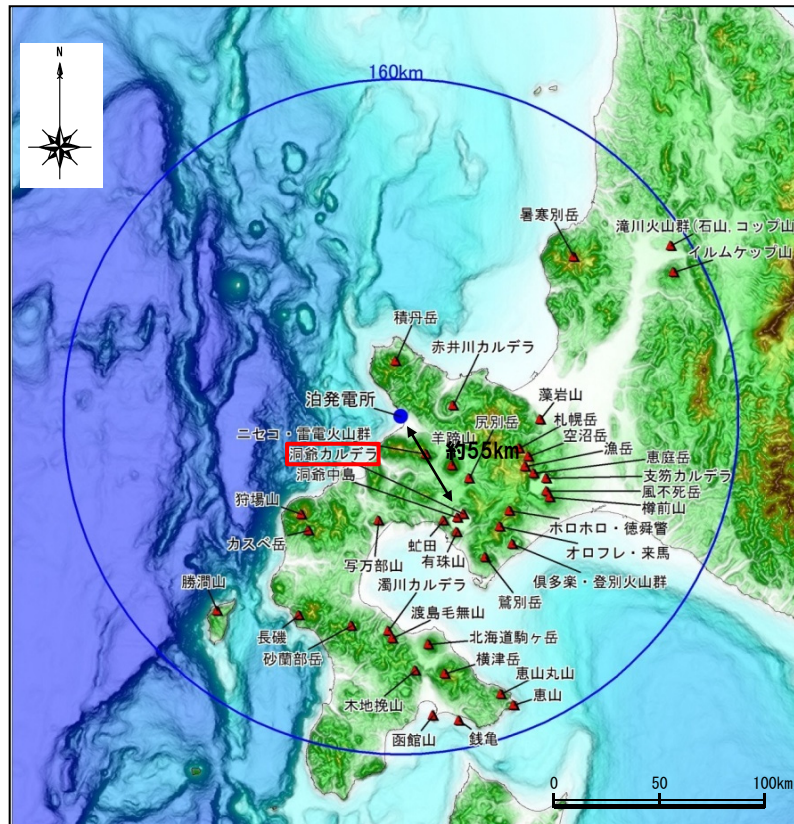
H28.2.5審査会合以降の経緯及び主な変更点	P. 4
1. 原子力発電所の火山影響評価ガイドの概要	P. 8
2. 立地評価	P. 10
2. 1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 14
2. 2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価	P. 18
2. 3 過去に巨大噴火が発生した火山(洞爺カルデラ)の個別評価	P. 27
2. 3 .1 巨大噴火の可能性評価	P. 27
2. 3 .2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価	P. 88
2. 4 過去に巨大噴火が発生した火山(支笏カルデラ)の個別評価	P. 95
2. 4 .1 巨大噴火の可能性評価	P. 95
2. 4 .2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価	P.118
2. 5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価	P.126
2. 6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価	P.158
2. 7 モニタリング	P.175
2. 8 立地評価まとめ	P.200
3. 影響評価	P.204
3. 1 敷地において想定される火山事象	P.207
3. 2 降下火砕物(火山灰)の評価	P.220
3. 3 影響評価まとめ	P.281
参考文献	P.282

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

① 火山概要

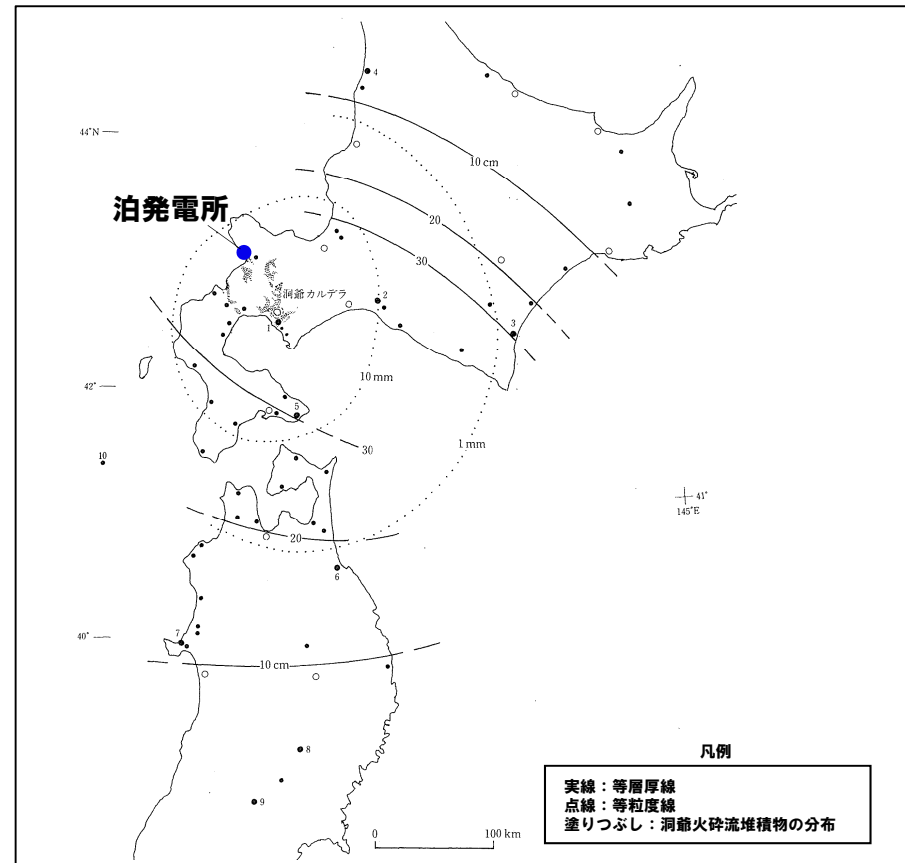
一部修正 (H25/12/18審査会合)

- 位置：敷地の南東方約55km
- 構成：洞爺カルデラ中央付近には、後カルデラ火山である洞爺中島、外輪山には有珠山が位置する。
- 活動：約14万年前にカルデラが形成され、約11万年前に大規模な噴火を起こした後、後カルデラ火山である洞爺中島、有珠山が形成された。最新の噴火は西暦2000年の有珠山。
- 火山噴出物の分布：右下図(町田・新井, 2011)に示すとおり。



洞爺カルデラの位置図

中野ほか編(2013)に基づき作成



洞爺火山灰 (Toya) の等層厚線図及び洞爺火砕流堆積物[Toya (pfl)]の分布
(町田・新井(2011)に加筆)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

② 噴火履歴 (1/2)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○文献に基づくと、洞爺カルデラの噴火履歴は以下のとおりとされている。

【文献調査】

- 洞爺カルデラは、約14万年前にカルデラが形成され、約11万年前に洞爺火砕流を噴出した大規模な噴火を起こしている(産業技術総合研究所 日本の火山(DB)及び山元(2014))。
- その噴火の規模は、火砕流が 20km^3 以上、総噴出量が 150km^3 を超え※1、現在のカルデラ湖が形成されている(国土地理院, 2000)。
- その後、休止期間を経て、約4~3万年前の噴火で現在の洞爺中島が形成された(産業技術総合研究所 日本の火山(DB))。
- 洞爺中島活動後は、約2~3万年前の休止期間の後、洞爺カルデラ南壁における約2~1.5万年前の小規模な噴火により有珠山が形成された(山縣(1996)及び産業技術総合研究所 日本の火山(DB))。
- 洞爺中島活動から現在までの活動期は、後カルデラ期であり、最新の活動は西暦2000年の有珠山の噴火である(産業技術総合研究所 日本の火山(DB)及び山元(2014))。
- 後カルデラ火山(洞爺中島及び有珠山)における噴火の最大噴出量は約 5.0km^3 ※2である(山元, 2014)。



※1 山元(2014)では、約11万年前の噴火の総噴出量について、マグマ噴出量DRE= 99.6km^3 としている。

※2 マグマ噴出量DRE

○洞爺カルデラにおいて、巨大噴火に該当する噴火は、約11万年前に洞爺火砕流を噴出した噴火である。

○この噴火を対象に巨大噴火の可能性評価を実施する。

○巨大噴火の可能性評価に当たっては、火砕流堆積物の分布・地形状況について確認した上で(P30~P48参照)、以下の地球物理学的調査の結果から、洞爺カルデラの現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか及び運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根拠があるかどうか検討する。

(地球物理学的調査)

- ・火山性地震(P50~P54参照)
 - ・地殻変動(P55~P65参照)
 - ・地震波速度構造(P67~P78参照)
- また、約11万年前の巨大噴火と同規模の噴火が発生した場合の敷地への影響を検討するため、火砕流シミュレーションを実施する(P79~P85参照)。

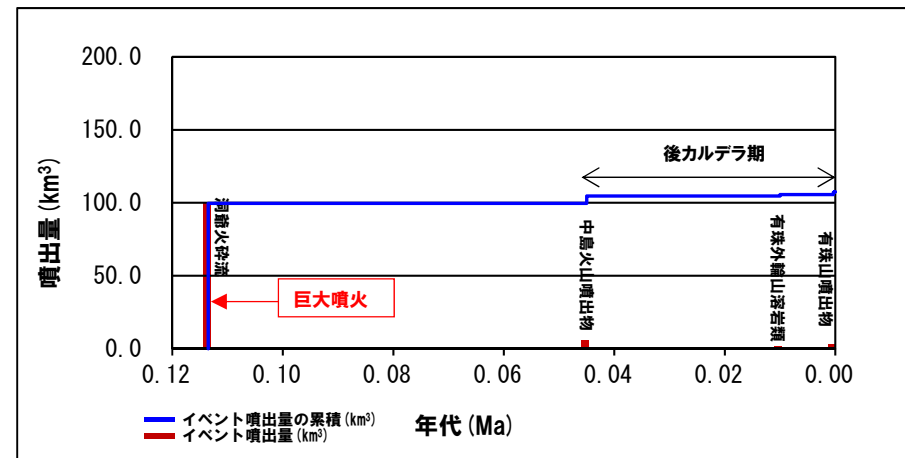
2.3.1 巨大噴火の可能性評価

② 噴火履歴 (2/2)

一部修正 (H25/12/18審査会合)



洞爺カルデラ位置



噴出量-年代階段ダイアグラム

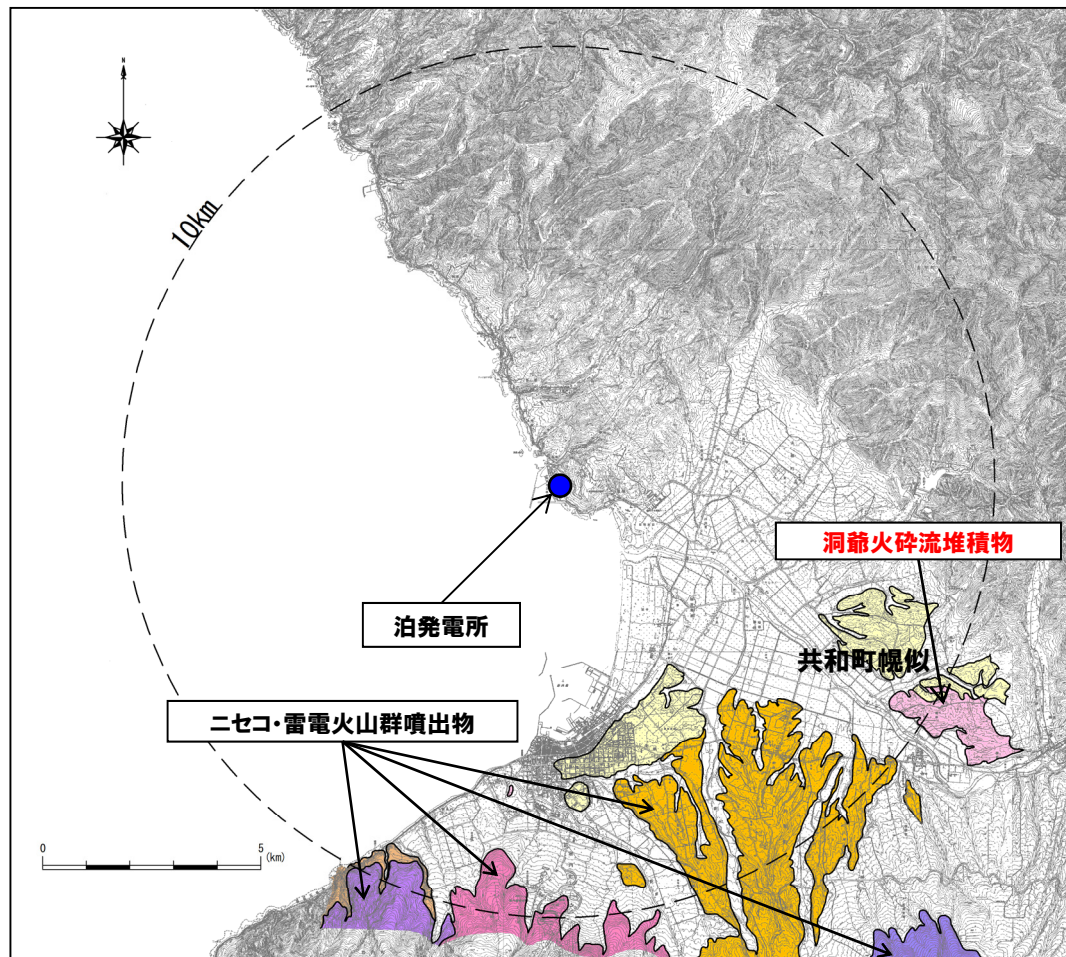
山元 (2014) に基づき作成

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-1 地質分布・地形状況(敷地周辺及び敷地近傍)(1/3)

一部修正(H25/12/18審査会合)

○敷地周辺及び敷地近傍における地形調査, 地表地質踏査等の結果, 敷地から南東側に敷地から10km程度離れた共和町幌似付近において, 洞爺火砕流堆積物が認められる。



敷地から半径10km以内の第四紀火山地質図

凡例

記号	地層名	
T	洞爺火砕流堆積物	火砕流堆積物
N	ニセコ火山噴出物	火砕流堆積物、泥流堆積物、火山砕砂
W	岩内層	礫及び砂
W	ワイスホルン火山	溶岩及び火砕岩
I	岩内岳火山	溶岩及び火砕岩
R	雷電山火山	溶岩及び火砕岩
	雷電岬火山角礫岩層	

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-1 地質分布・地形状況(敷地周辺及び敷地近傍)(2/3)

一部修正(H25/11/13審査会合)

【地表地質踏査】

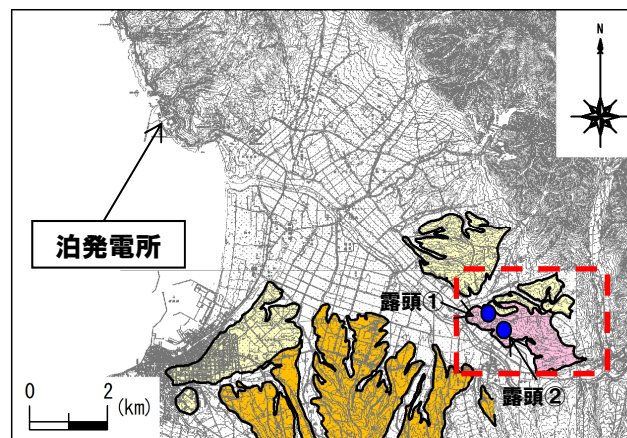
○地表地質踏査の結果、敷地近傍における洞爺火砕流堆積物の分布は共和町幌似付近に限定され、当該範囲以外では、洞爺火砕流堆積物は確認されない。



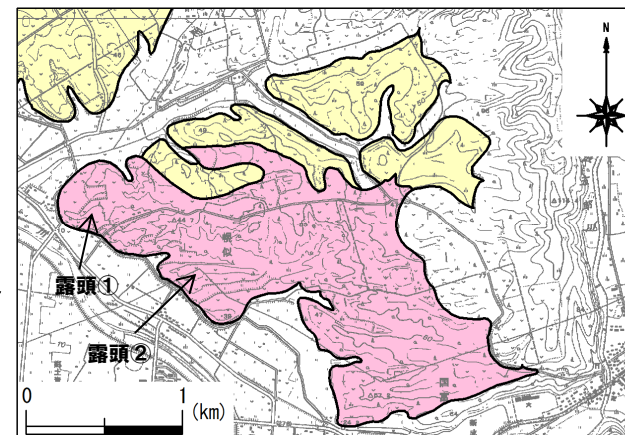
露頭①全景(火砕流堆積物層厚:13m程度, 上面標高:30m程度)



露頭②全景(火砕流堆積物層厚:8m程度, 上面標高:40m程度)



露頭位置



露頭位置(拡大)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-1 地質分布・地形状況(敷地周辺及び敷地近傍) (3/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

【地形調査】

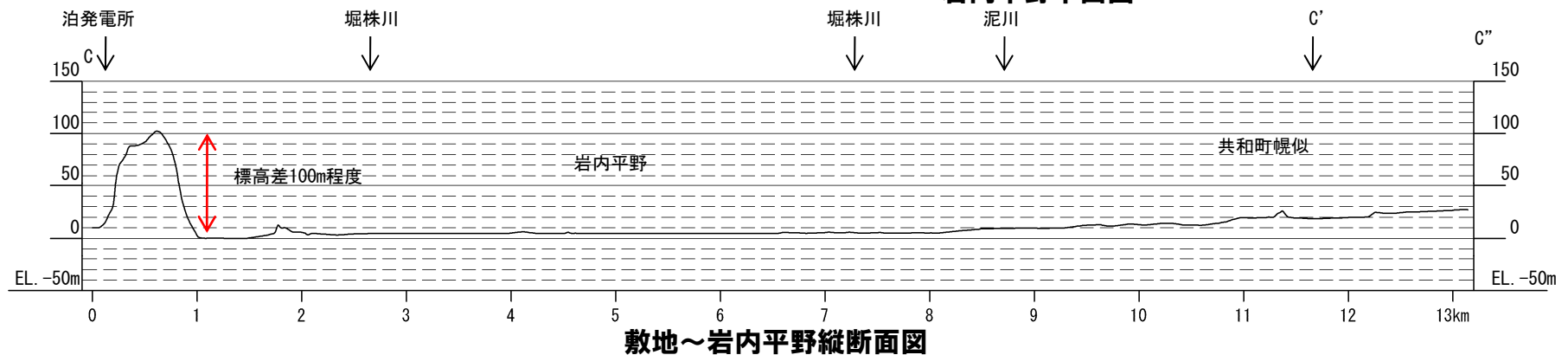
○洞爺火砕流堆積物が確認される共和町幌似付近と敷地との間には、標高差100m程度の丘陵地が存在する(当該丘陵地の地質調査結果は次頁～P43参照)。



凡例

記号	地層名	
T	洞爺火砕流堆積物	火砕流堆積物
N	ニセコ火山噴出物	火砕流堆積物、泥流堆積物、火山砕砂
W	岩内層	礫及び砂

岩内平野平面図



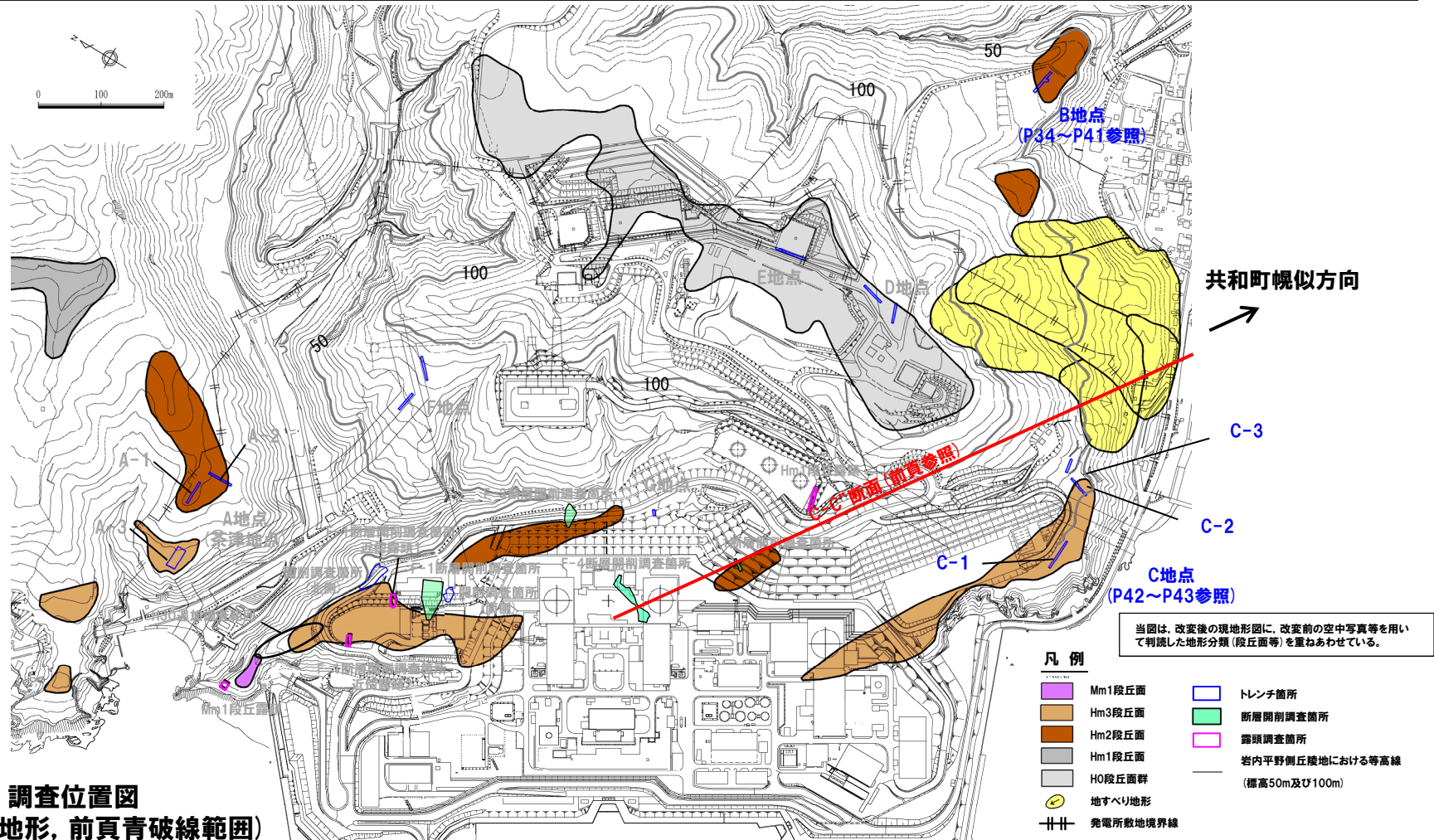
敷地～岩内平野縦断面図

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-2 地質分布・地形状況(敷地付近の丘陵地) (1/10)

一部修正 (H30/5/11審査会合)

- 敷地の南東側(共和町幌似方向)に存在する丘陵地におけるB地点及びC地点の地質調査の結果、洞爺火砕流堆積物及び明瞭な火山灰を含む地層は確認されない(次頁~P43参照)。
- なお、B地点、C地点等においては、火山ガラス分析において、洞爺火山灰(Toya)の降灰層準に相当する箇所は認められないものの、洞爺火山灰(Toya)に対比される火山ガラスの混在が認められる。



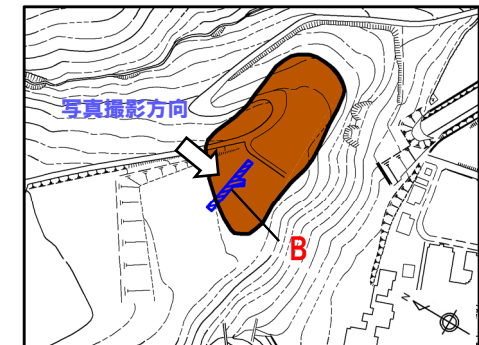
2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-2 地質分布・地形状況(敷地付近の丘陵地)(2/10)

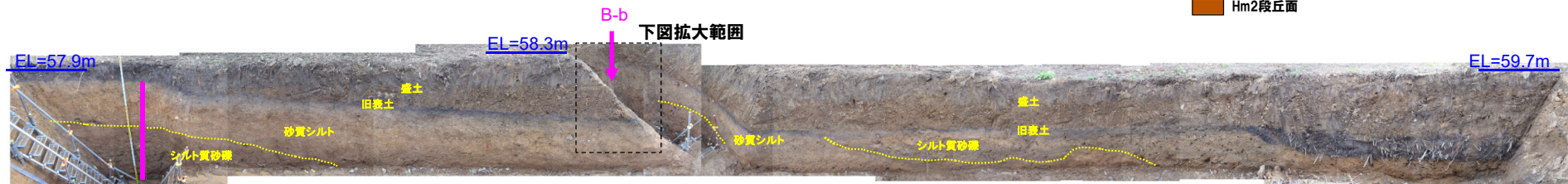
一部修正(H29/12/8審査会合)

【B地点】

- 下位から, シルト質砂礫層, 砂質シルト層及びシルト質砂礫層が認められる。
- 洞爺火砕流堆積物及び明瞭な火山灰を含む地層は認められない。
- 火山ガラスの屈折率測定及び主成分分析の結果, 砂質シルト層にSpfa-1及び洞爺火山灰(Toya)に対比される火山ガラスの混在が認められる。

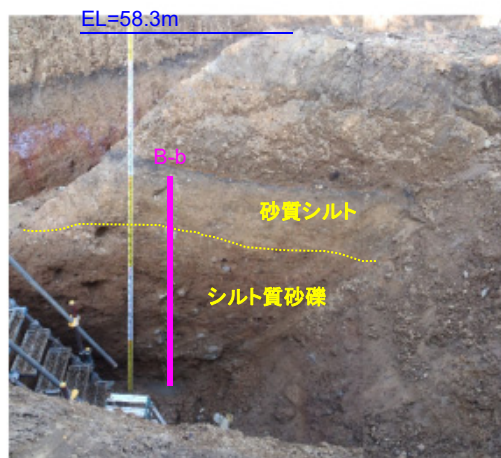


凡例
Hm2段丘面



B-a

トレンチ壁面写真(B地点)



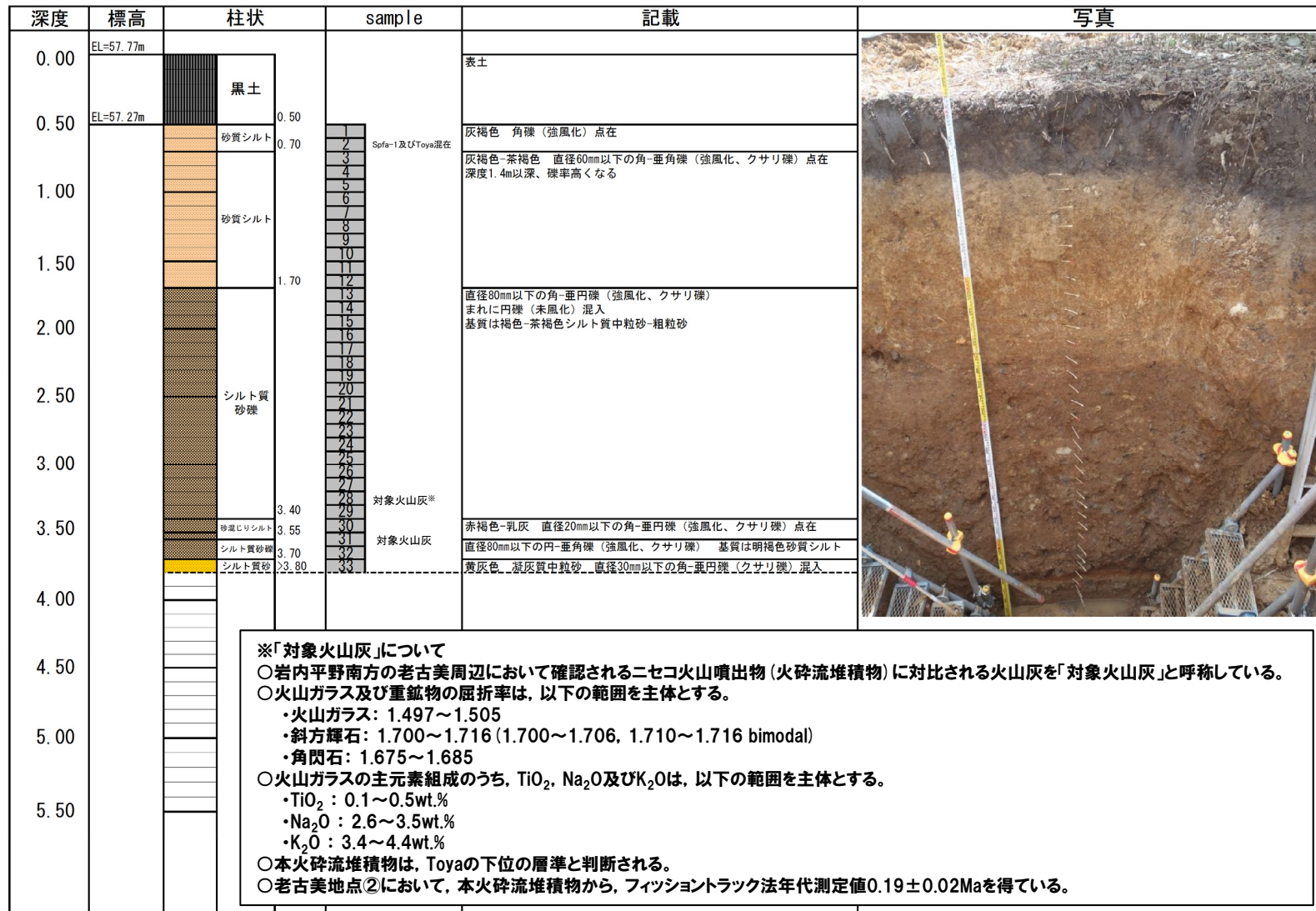
測線B-b付近拡大図

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-2 地質分布・地形状況(敷地付近の丘陵地)(3/10)

一部修正(H29/12/8審査会合)

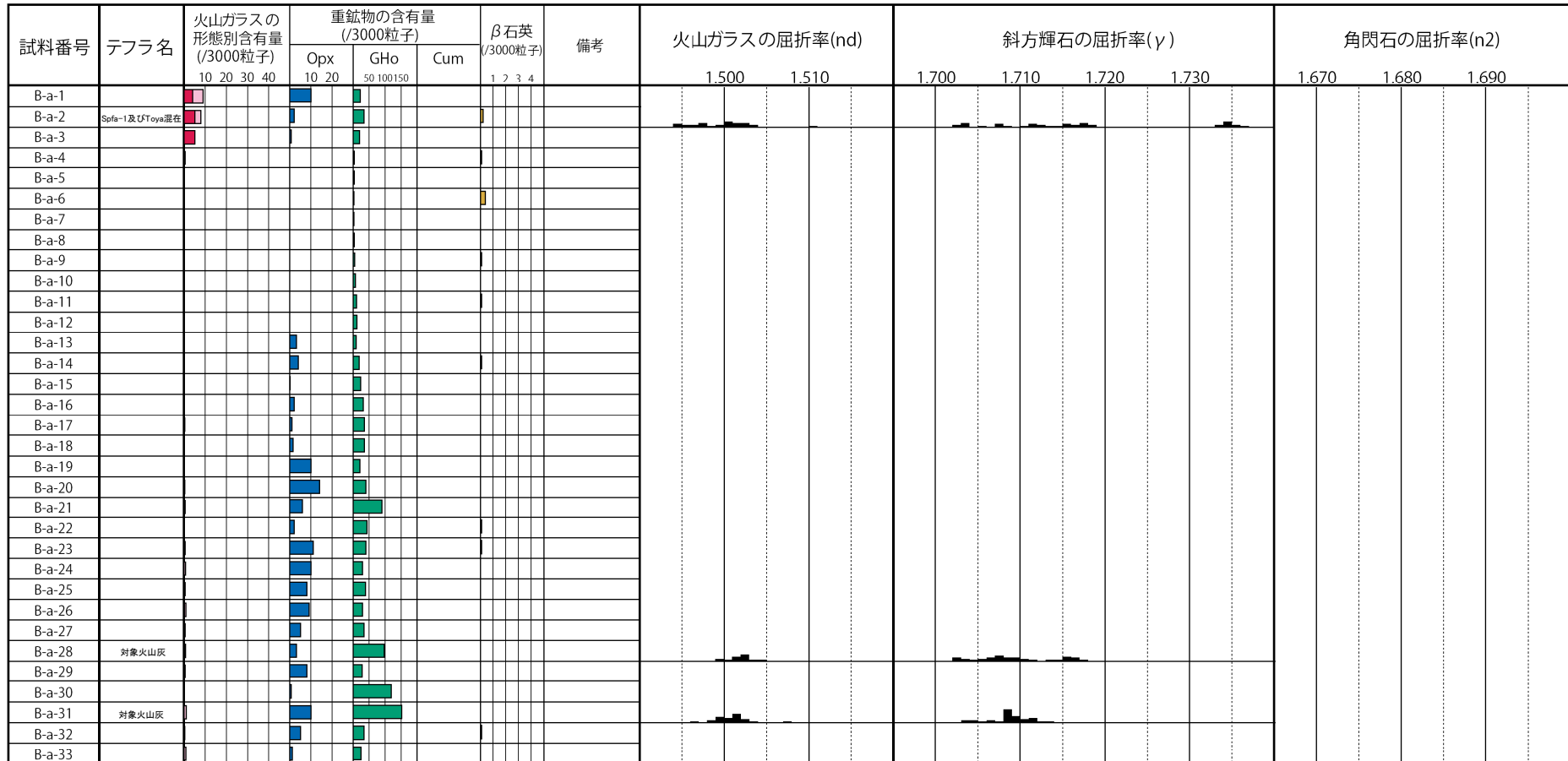
【露頭柱状図(B-a)】



2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-2 地質分布・地形状況(敷地付近の丘陵地)(4/10)

一部修正(H29/12/8審査会合)



■ バブルウォール(Bw)タイプ
■ パミス(Pm)タイプ
■ 低発砲(O)タイプ
■ Opx:斜方輝石
■ GHo:緑色普通角閃石
■ Cum:カミングトン閃石

「火山灰年代値の精度向上」を目的に、H29年に調査を実施したものであり、主に陸上堆積物を対象に、各単層中で火山ガラスが相対的に多く含まれる箇所又は単層の境界部において、屈折率測定及び主成分分析を実施している。

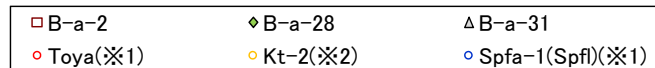
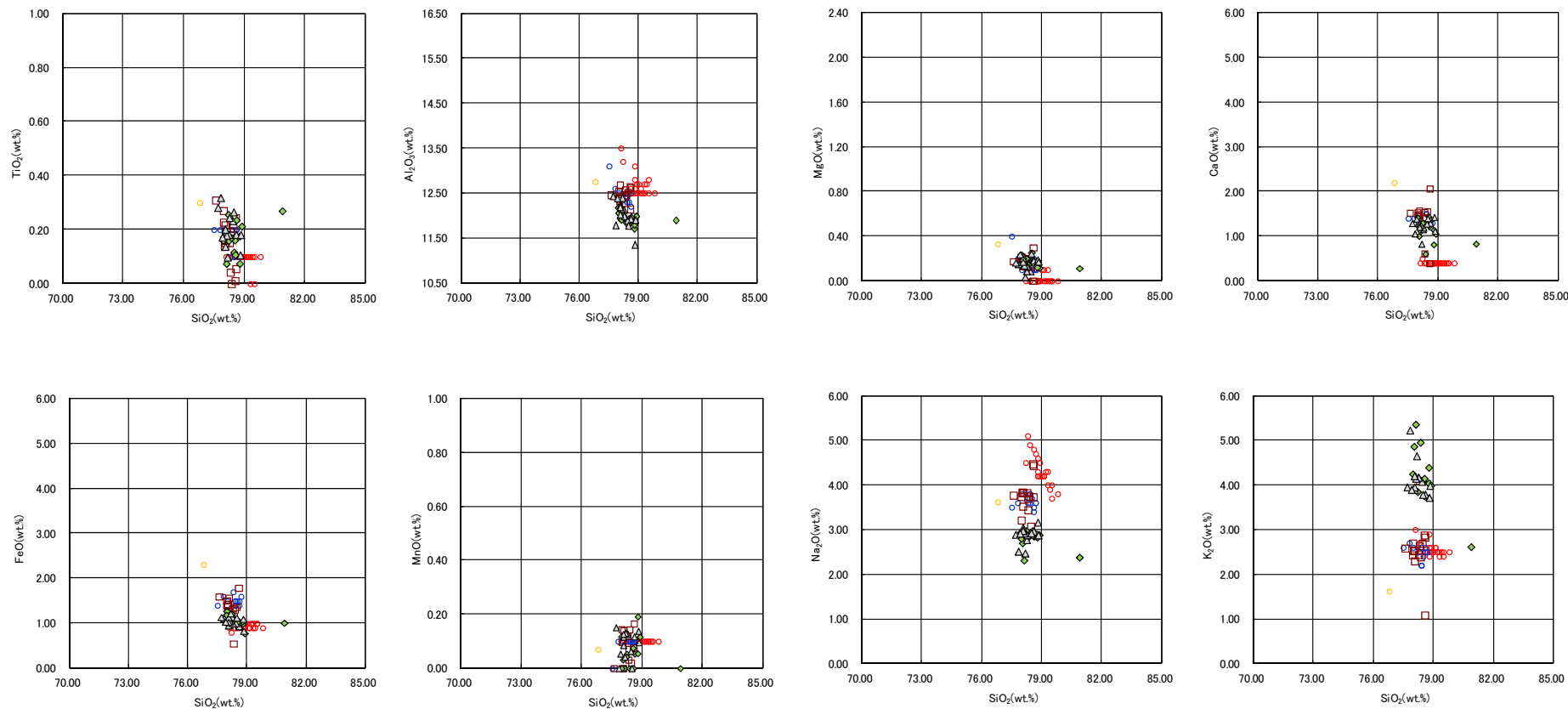
Count個数
20
0

B-a 火山ガラス及び重鉱物分析結果

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-2 地質分布・地形状況(敷地付近の丘陵地)(5/10)

一部修正(H29/12/8審査会合)



※1 町田・新井(2011), ※2 青木・町田(2006)

B-a 火山ガラスの主元素組成(ハーカー図)

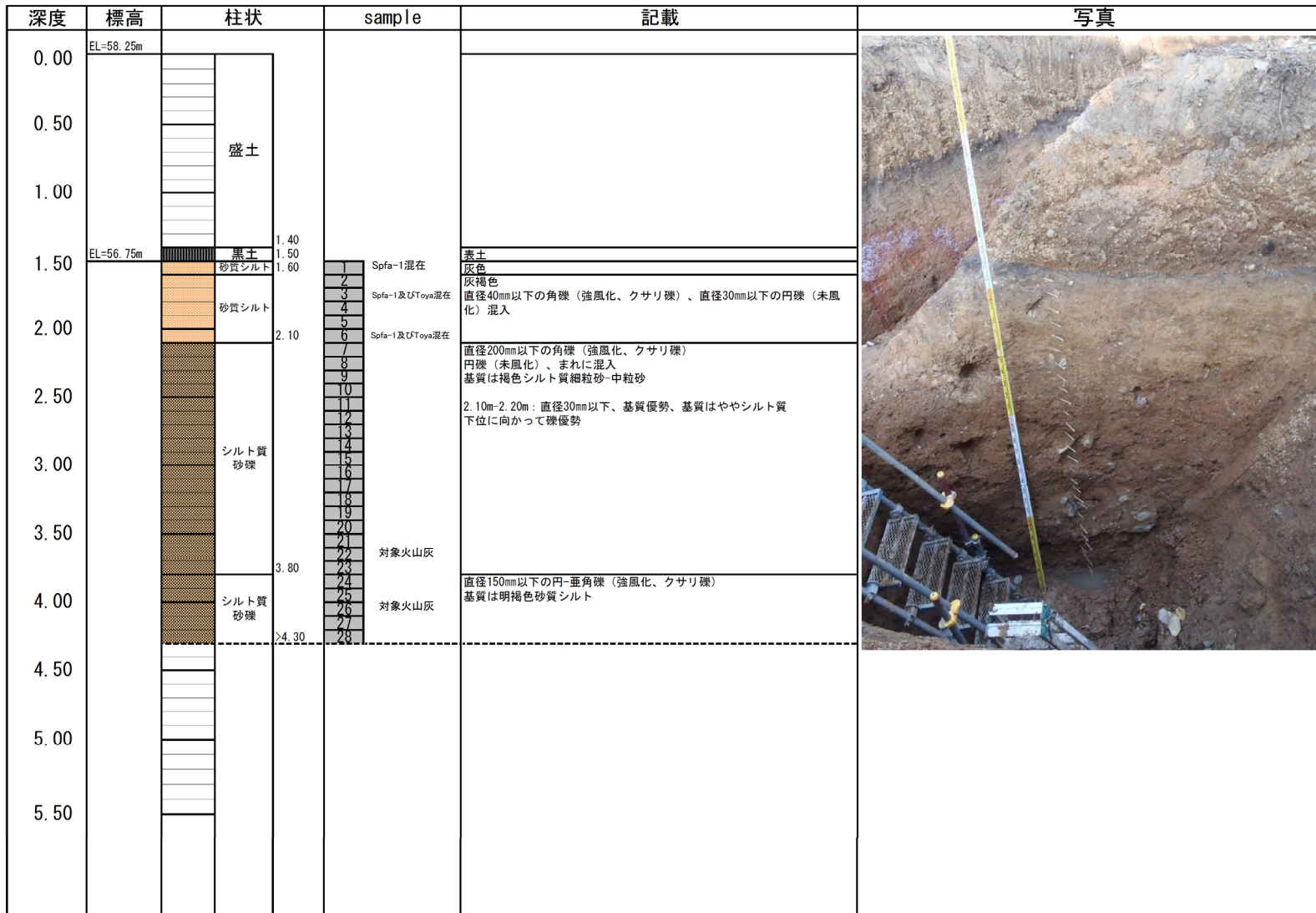
余白

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-2 地質分布・地形状況(敷地付近の丘陵地)(6/10)

一部修正(H29/12/8審査会合)

【露頭柱状図(B-b)】



2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-2 地質分布・地形状況(敷地付近の丘陵地)(7/10)

一部修正(H29/12/8審査会合)

試料番号	テフラ名	火山ガラスの形態別含有量(3000粒子)	重鉱物の含有量(/3000粒子)			β石英(/3000粒子)	備考	火山ガラスの屈折率(nd)			斜方輝石の屈折率(γ)				角閃石の屈折率(n2)			
			Opx	GHo	Cum			1.500	1.510	1.520	1.700	1.710	1.720	1.730	1.670	1.680	1.690	
B-b-1	Spfa-1混在																	
B-b-2																		
B-b-3	Spfa-1及びToya混在																	
B-b-4																		
B-b-5																		
B-b-6	Spfa-1及びToya混在																	
B-b-7																		
B-b-8																		
B-b-9																		
B-b-10																		
B-b-11																		
B-b-12																		
B-b-13																		
B-b-14																		
B-b-15																		
B-b-16																		
B-b-17																		
B-b-18																		
B-b-19																		
B-b-20																		
B-b-21																		
B-b-22	対象火山灰																	
B-b-23																		
B-b-24																		
B-b-25																		
B-b-26	対象火山灰																	
B-b-27																		
B-b-28																		

■ バブルウォール(Bw)タイプ
 ■ ハミス(Pm)タイプ
 ■ 低発砲(O)タイプ
 Opx:斜方輝石
 GHo:緑色普通角閃石
 Cum:カミングトン閃石

・「火山灰年代値の精度向上」を目的に、H29年に調査を実施したものであり、主に陸上堆積物を対象に、各単層中で火山ガラスが相対的に多く含まれる箇所又は単層の境界部において、屈折率測定及び主成分分析を実施している。

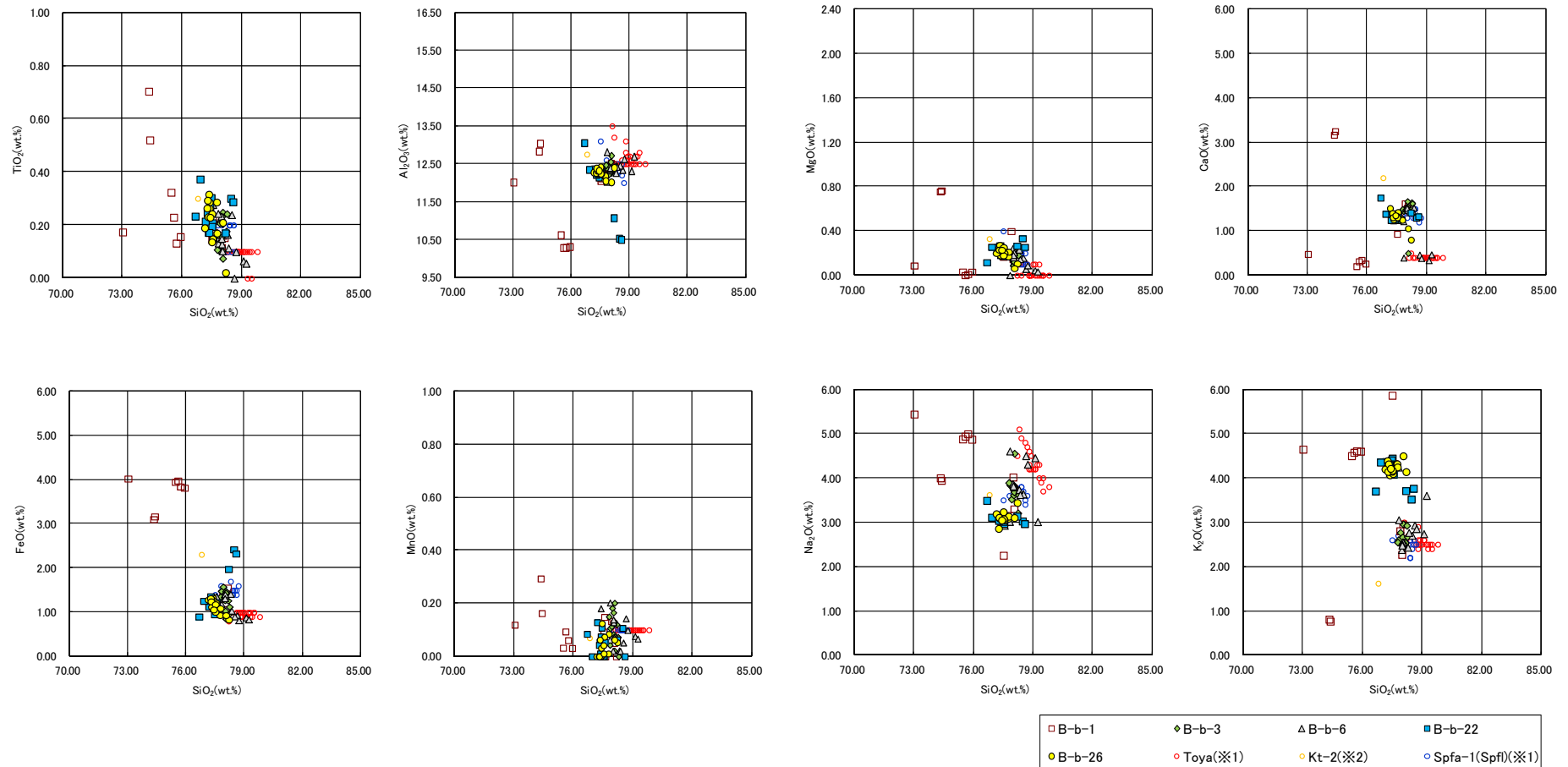
Count個数
 20
 0

B-b 火山ガラス及び重鉱物分析結果

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-2 地質分布・地形状況(敷地付近の丘陵地)(8/10)

一部修正(H29/12/8審査会合)



※1 町田・新井(2011), ※2 青木・町田(2006)

B-b 火山ガラスの主元素組成(ハーカー図)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-2 地質分布・地形状況(敷地付近の丘陵地)(9/10)

一部修正(H30/5/11審査会合)

【C-1トレンチ】

- 本調査箇所では、基盤岩の上位に、海成堆積物(円～亜角礫のクサリ礫が混じる砂礫層、淘汰の良い砂層)及び陸上堆積物(シルト混じり砂礫層、礫混じり砂質シルト層、シルト質砂層)が認められる。
- 本調査箇所はHm3段丘面が判読されることから、海成堆積物はHm3段丘堆積物に区分される。
- Hm3段丘堆積物の上位のシルト混じり砂礫層及び礫混じり砂質シルト層は、角礫が混じり、下位のHm3段丘堆積物を削り込んで堆積していることから、斜面Ⅱ堆積物に区分される。
- 本露頭では、洞爺火砕流堆積物及び明瞭な火山灰を含む地層は認められない。
- 火山ガラスの屈折率測定及び主成分分析の結果、斜面Ⅱ堆積物にはToya及びSpfa-1に対比される火山ガラスの混在が認められる。

【C-2トレンチ】

- 本調査箇所では、基盤岩の上位に海成堆積物(亜円礫主体で風化した礫がわずかに混じる砂礫層及び淘汰の良い砂層)及び陸上堆積物(角礫が混じるシルト質砂礫層、シルト質砂層)が認められる。
- 海成堆積物は、以下の理由から、Hm2段丘堆積物相当層に区分される。
 - ・海成堆積物及び本堆積物に覆われる範囲の基盤岩の上面標高は、積丹半島西岸における他地点のHm2段丘の上面標高と同程度である。
 - ・海成堆積物上部の砂層には水平な葉理が認められ、他地点における段丘堆積物と同様、水平に堆積している状況が確認される。
 - ・基盤岩は傾斜しており、段丘基盤(緩やかな平坦面)を有していない。
- Hm2段丘堆積物相当層を不整合で覆うシルト質砂礫層及びシルト質砂層は、角礫が混じる状況であることから、斜面Ⅱ堆積物に区分される。
- 本露頭では、洞爺火砕流堆積物及び明瞭な火山灰を含む地層は認められない。
- 火山ガラスの屈折率測定及び主成分分析の結果、斜面Ⅱ堆積物にはToya及びSpfa-1に対比される火山ガラスの混在が認められる。

【C-3トレンチ】

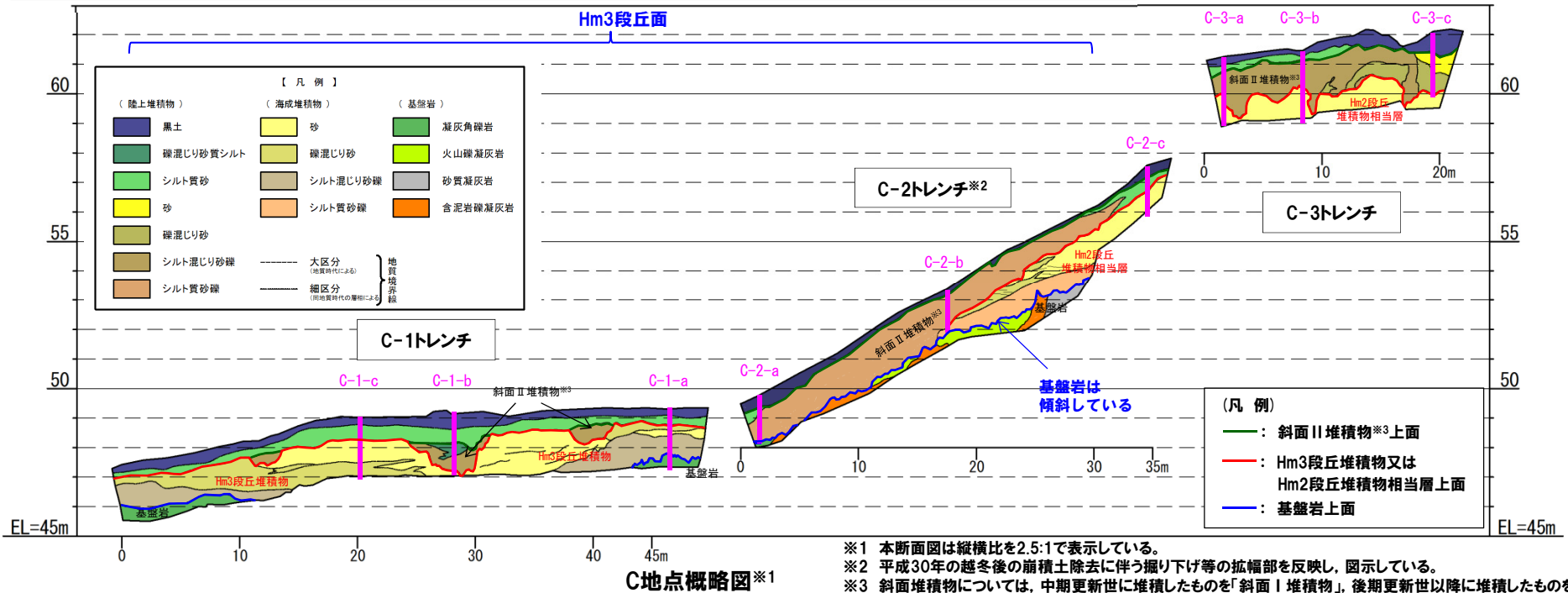
- 本調査箇所では、基盤岩は確認されないものの、下位から、海成堆積物(淘汰の良い砂層)及び陸上堆積物(角礫が混じるシルト混じり砂礫層、礫混じり砂層、シルト質砂層)が認められる。
- 海成堆積物は、C-2トレンチにおけるHm2段丘堆積物相当層と層相が調和的である。
- 本調査箇所はC-2トレンチ背後の段丘面が判読されない緩斜面に位置し、海成堆積物はC-2トレンチに連続しているものと判断されることから、Hm2段丘堆積物相当層に区分される。
- Hm2段丘堆積物相当層を不整合で覆うシルト混じり砂礫層及び礫混じり砂は、角礫が混じる状況であることから、斜面Ⅱ堆積物に区分される。
- 本露頭では、洞爺火砕流堆積物及び明瞭な火山灰を含む地層は認められない。
- 火山ガラスの屈折率測定及び主成分分析の結果、斜面Ⅱ堆積物にはToya及びSpfa-1に対比される火山ガラスの混在が認められる。

C-1トレンチ、C-2トレンチ及びC-3トレンチにおける地質調査結果の詳細は、R3.7.2審査会合資料「泊発電所3号炉 地盤(敷地の地質・地質構造)に関するコメント回答」及び同補足説明資料に記載。

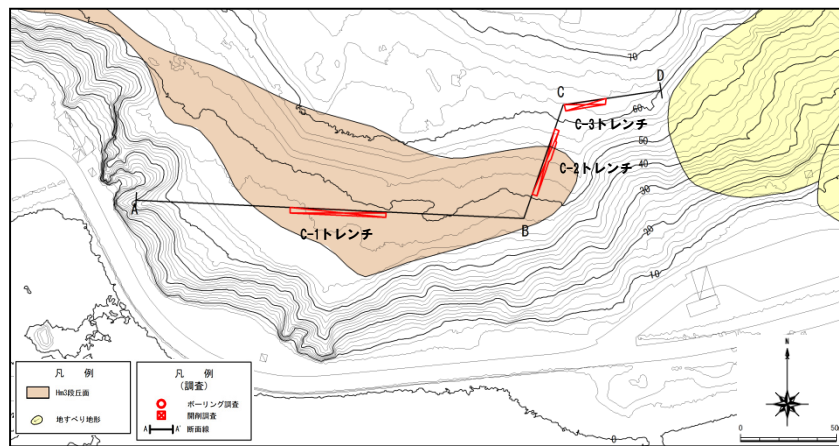
2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-2 地質分布・地形状況(敷地付近の丘陵地)(10/10)

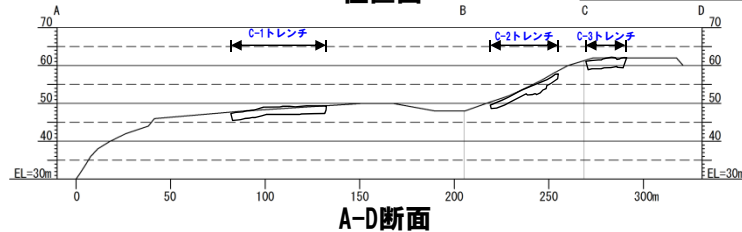
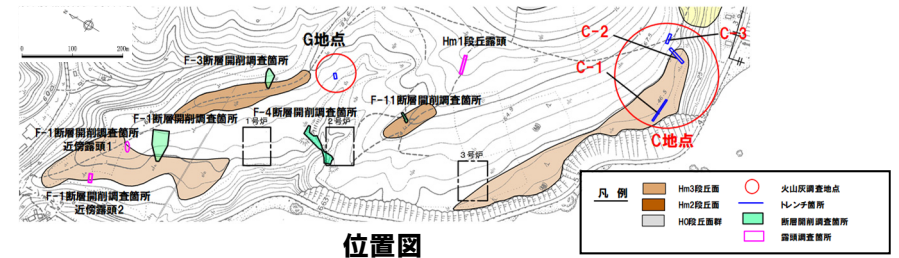
一部修正(H30/5/11審査会合)



C地点概略図※1



調査位置図



余白

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-3 地質分布・地形状況(敷地)

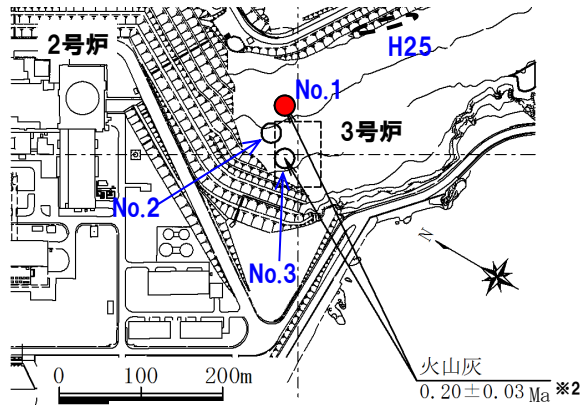
一部修正 (H25/12/18審査会合)

- 敷地における地表地質踏査, 開削調査等の結果, 火砕流堆積物は確認されない。
- また, 既往調査においては, 明瞭な火山灰を含む地層(火山灰質シルトの状態)を確認したものの※1, 火山灰分析の結果, 洞爺火山灰(Toya)の降灰層準には対比されない。



※1 当該火山灰質シルトを確認した地点は, 敷地造成に伴う地形改変により消失しており, 至近の敷地における地質調査においても同様な火山灰質シルトが確認されていない。

- 敷地において, 洞爺火砕流堆積物及び洞爺火山灰(Toya)の降灰層準に相当する箇所は確認されない。



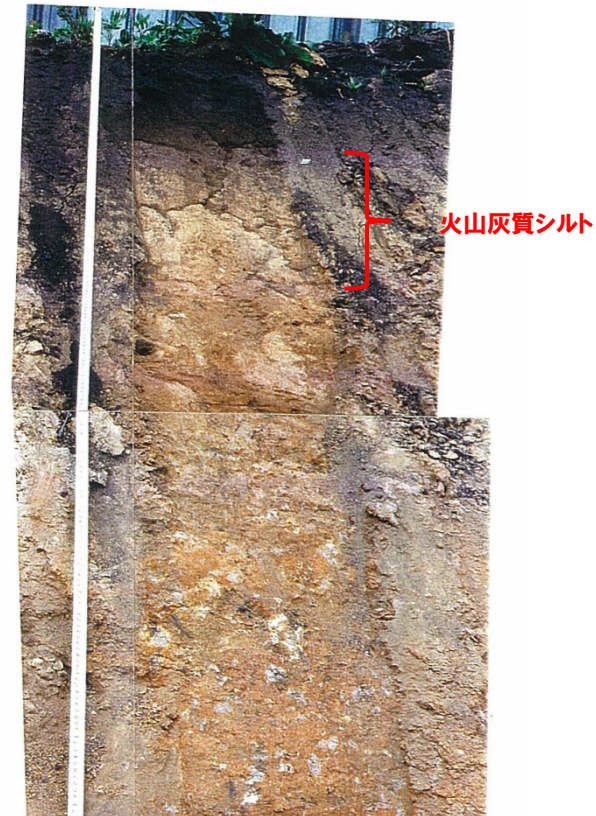
火山灰層確認位置

※2 当火山灰年代値については, 精度が十分ではないこと等から, 敷地に分布する地層の堆積年代に関する評価には用いていない。

火山灰分析結果(屈折率)

火山灰		屈折率		
		火山ガラス	斜方輝石	角閃石
3号炉 調査時	露頭No.1	1.497-1.505	1.700-1.717	1.673-1.689
	露頭No.3	1.497-1.502	1.701-1.717	1.674-1.685
(参考) Toya※3		1.494-1.498	1.711-1.761 (1.758-1.761, 1.712-1.729 bimodal)	1.674-1.684
(参考) Kt-2※3		1.505-1.515	1.712-1.718	1.678-1.684
(参考) Spfa-1※3		1.501-1.505	1.729-1.735	1.688-1.691

※3 町田・新井(2011)



露頭写真(No.1)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-4 地質分布・地形状況(ボーリング調査)(1/2)

一部修正(H28/2/5審査会合)

- 敷地近傍における洞爺火砕流堆積物の分布範囲について、さらなる確認を実施するため、洞爺火砕流堆積物の露頭が確認されている共和町幌似周辺においてボーリング調査を実施した*。
- 洞爺火砕流堆積物は堀株川右岸のB-4及びB-5地点で層厚20m程度、C-2地点で層厚1m程度が確認される。
- 洞爺火砕流堆積物の上端標高は、露頭確認箇所も含め標高50m程度以下である。
- B-4、B-5及びC-2地点における洞爺火砕流堆積物は、淘汰が悪く無層理な、軽石質火山灰からなる。
- B-2地点においても洞爺火砕流堆積物は確認されるが、淘汰がよく葉理が発達しているため、二次堆積物と考えられる。
- その他の地点では、洞爺火砕流堆積物は確認されない。
- また、岩内平野西部で実施した既往のボーリング調査(梨野舞納地点、H26共和-1～H26共和-7地点)においても、洞爺火砕流堆積物は認められない。



*ボーリング調査結果の詳細は、H28.2.5審査会合資料「火山影響評価について(資料集)」に記載。

- 泥川合流部付近(C-2地点付近)で洞爺火砕流堆積物の層厚が急減し、岩内平野西部では確認されない状況から、幌似付近が洞爺火砕流の末端部であると考えられる。

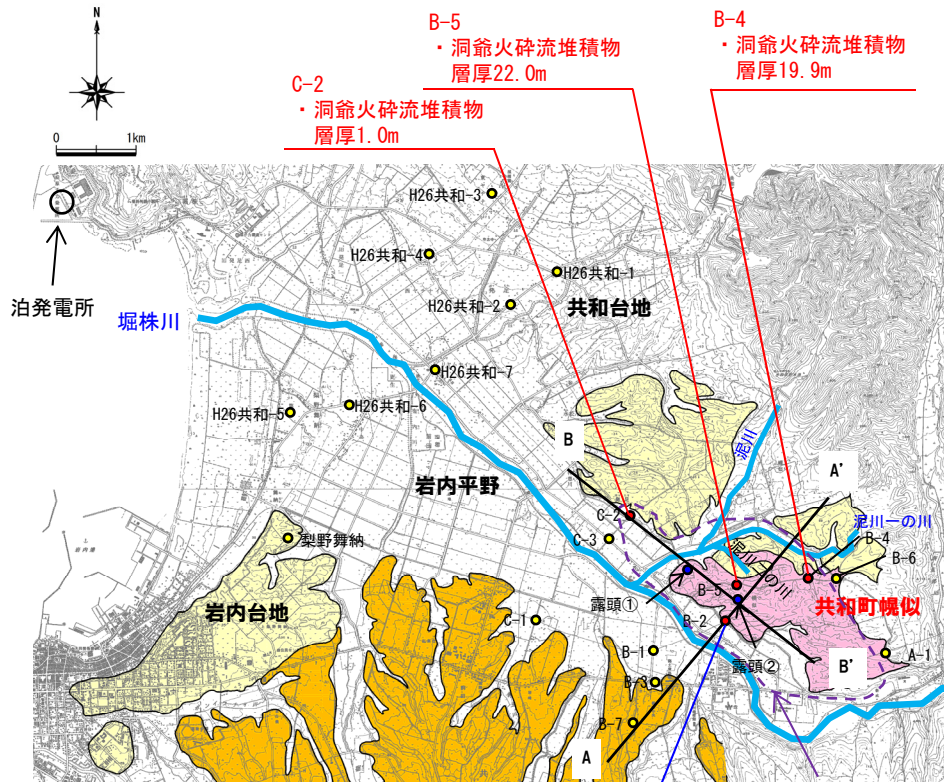
ボーリング調査結果

ボーリング 孔番	孔口標高 (m)	洞爺火砕流堆積物				備考
		有無	上端標高 (m)	層厚(m)	基底標高 (m)	
A-1	66.8	なし	—	—	—	
B-1	8.3	なし	—	—	—	
B-2	17.9	あり	17.2	13.1	4.1	二次堆積物
B-3	13.8	なし	—	—	—	
B-4	51.3	あり	51.2	19.9	31.3	
B-5	45.7	あり	45.5	22.0	23.5	
B-6	45.4	なし	—	—	—	
B-7	32.3	なし	—	—	—	
C-1	15.9	なし	—	—	—	
C-2	11.9	あり	5.2	1.0	4.2	
C-3	6.2	なし	—	—	—	

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-4 地質分布・地形状況(ボーリング調査) (2/2)

一部修正 (H28/2/5審査会合)



調査位置図

凡例 (調査位置図)

記号	地層名
T	洞爺火砕流堆積物 火砕流堆積物
N	ニセコ火山噴出物 火砕流堆積物、泥流堆積物、火山砕砂
W	岩内層 礫及び砂

凡例 (調査位置図)

●	洞爺火砕流堆積物確認箇所(ボーリング)
○	洞爺火砕流堆積物未確認箇所(ボーリング)
●	洞爺火砕流堆積物露頭確認箇所

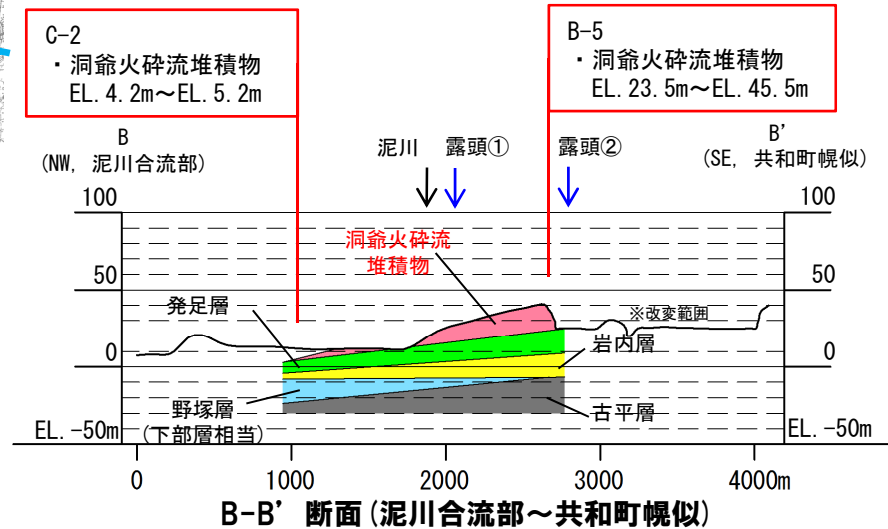
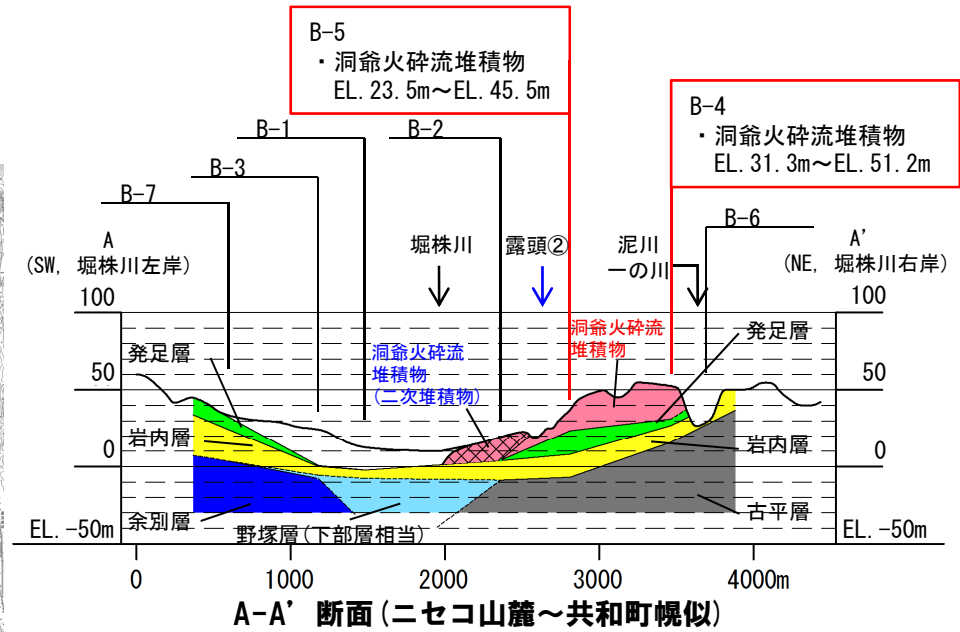
凡例 (断面図)

■	発足層	■	洞爺火砕流堆積物
■	岩内層	■	洞爺火砕流堆積物 (二次堆積物)
■	野塚層(下部層相当)		
■	余別層		
■	古平層		

※断面図に示す地質・地質構造は、ボーリング調査結果に基づく。

ボーリング調査結果に基づく
洞爺火砕流堆積物
(二次堆積物含む)
推定分布範囲

B-2
・洞爺火砕流堆積物
(二次堆積物) 層厚13.1m



2.3.1 巨大噴火の可能性評価

③-5 地質分布・地形状況(まとめ)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

【地形調査及び地質調査】

- 敷地周辺及び敷地近傍における地形調査, 地表地質踏査等の結果, 敷地から南東側に10km程度離れた共和町幌似付近において, 洞爺火砕流堆積物が認められる。
- 地表地質踏査の結果, 敷地近傍における洞爺火砕流堆積物の分布は共和町幌似付近に限定され, 当該範囲以外では, 洞爺火砕流堆積物は確認されない。
- 洞爺火砕流堆積物が確認される共和町幌似付近と敷地との間には, 標高差100m程度の丘陵地が存在する。
- 当該丘陵地におけるB地点及びC地点の地質調査の結果, 洞爺火砕流堆積物及び明瞭な火山灰を含む地層は確認されない。
- なお, B地点, C地点等においては, 火山ガラス分析において, 洞爺火山灰(Toya)の降灰層準に相当する箇所は認められないものの, 洞爺火山灰(Toya)に対比される火山ガラスの混在が認められる。
- 敷地において, 洞爺火砕流堆積物及び洞爺火山灰(Toya)の降灰層準に相当する箇所は確認されない。

【ボーリング調査】

- 泥川合流部付近(C-2地点付近)で洞爺火砕流堆積物の層厚が急減し, 岩内平野西部では確認されない状況から, 幌似付近が洞爺火砕流の末端部であると考えられる。



- 敷地から南東側に10km程度離れた共和町幌似付近において, 洞爺カルデラの火砕流堆積物が認められる。
- 地表地質踏査及びボーリング調査の結果, 洞爺火砕流の末端は, 共和町幌似付近であると考えられる。
- 共和町幌似付近と敷地との間には, 標高差100m程度の丘陵地が存在し, 当該丘陵地には, 洞爺火砕流堆積物及び明瞭な火山灰を含む地層は確認されない。

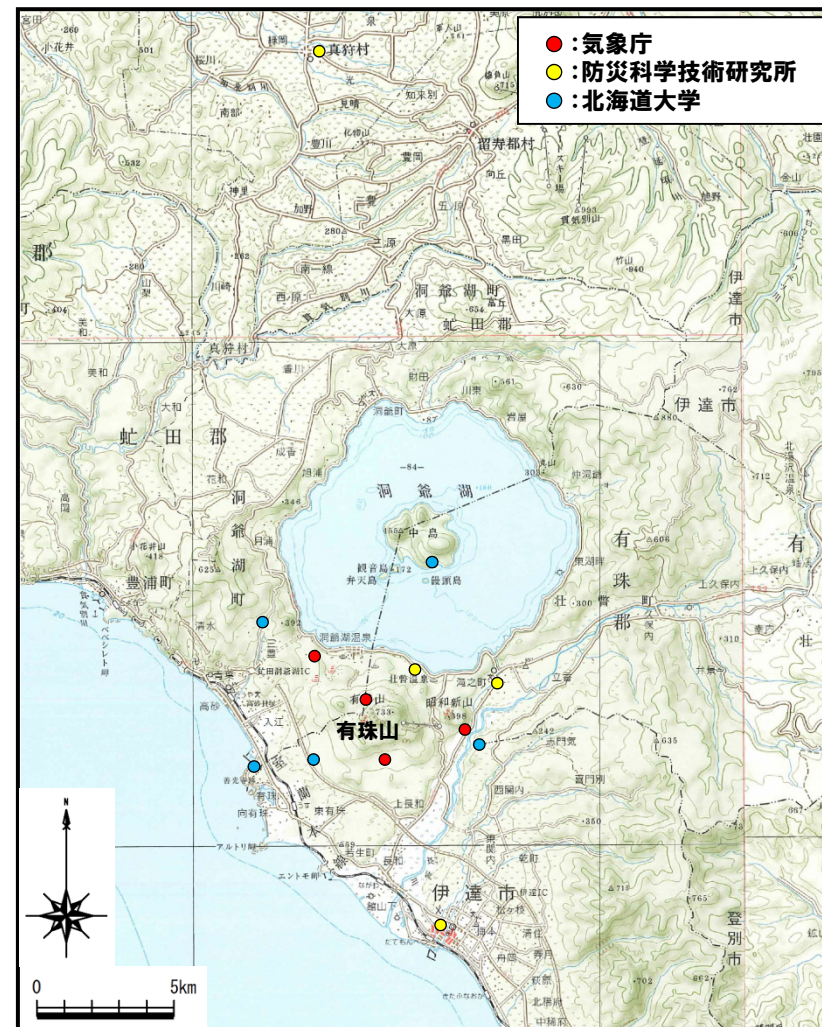
余白

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

④-1 火山性地震(気象庁編, 2013)(1/2)

再掲(H25/11/13審査会合)

- 洞爺カルデラ周辺には、公的機関の地震計が設置されている。
- 「日本活火山総覧(第4版)」(気象庁編, 2013)に地震活動及び深部低周波地震活動の時空間分布が取りまとめられている。



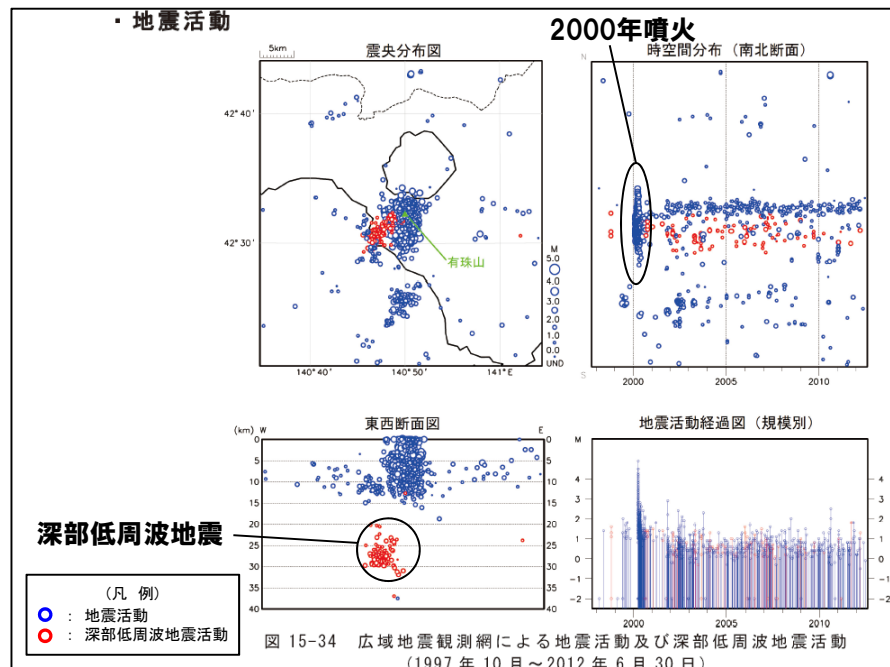
洞爺カルデラ周辺の地震計位置図
 (「日本活火山総覧(第4版)」に基づき作成)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

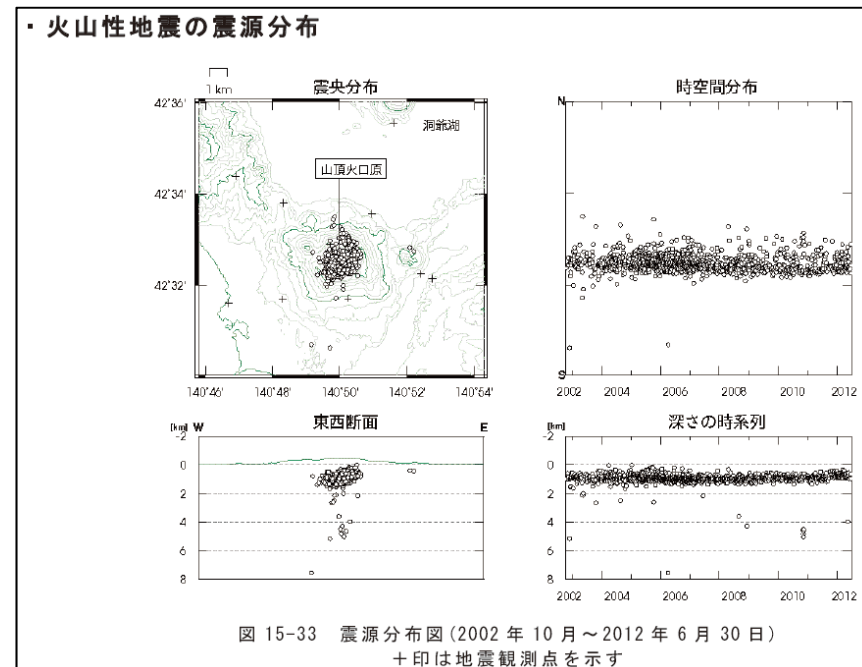
④-1 火山性地震(気象庁編, 2013)(2/2)

一部修正(H25/11/13審査会合)

- 洞爺カルデラ周辺においては、有珠山周辺に震央が集中している。
- 浅部の地震活動は、2000年の噴火時に最大となり、噴火後は横ばいで変化の兆候は認められない。
- 噴火後の火山性地震は、山頂火口原(深さ2km以浅)付近に集中しており、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
- 深部低周波地震活動は、有珠山の南西付近に認められるが、噴火を挟んで規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。



洞爺カルデラ周辺の地震活動
(1997年10月～2012年6月30日, 「日本活火山総覧(第4版)」に加筆)



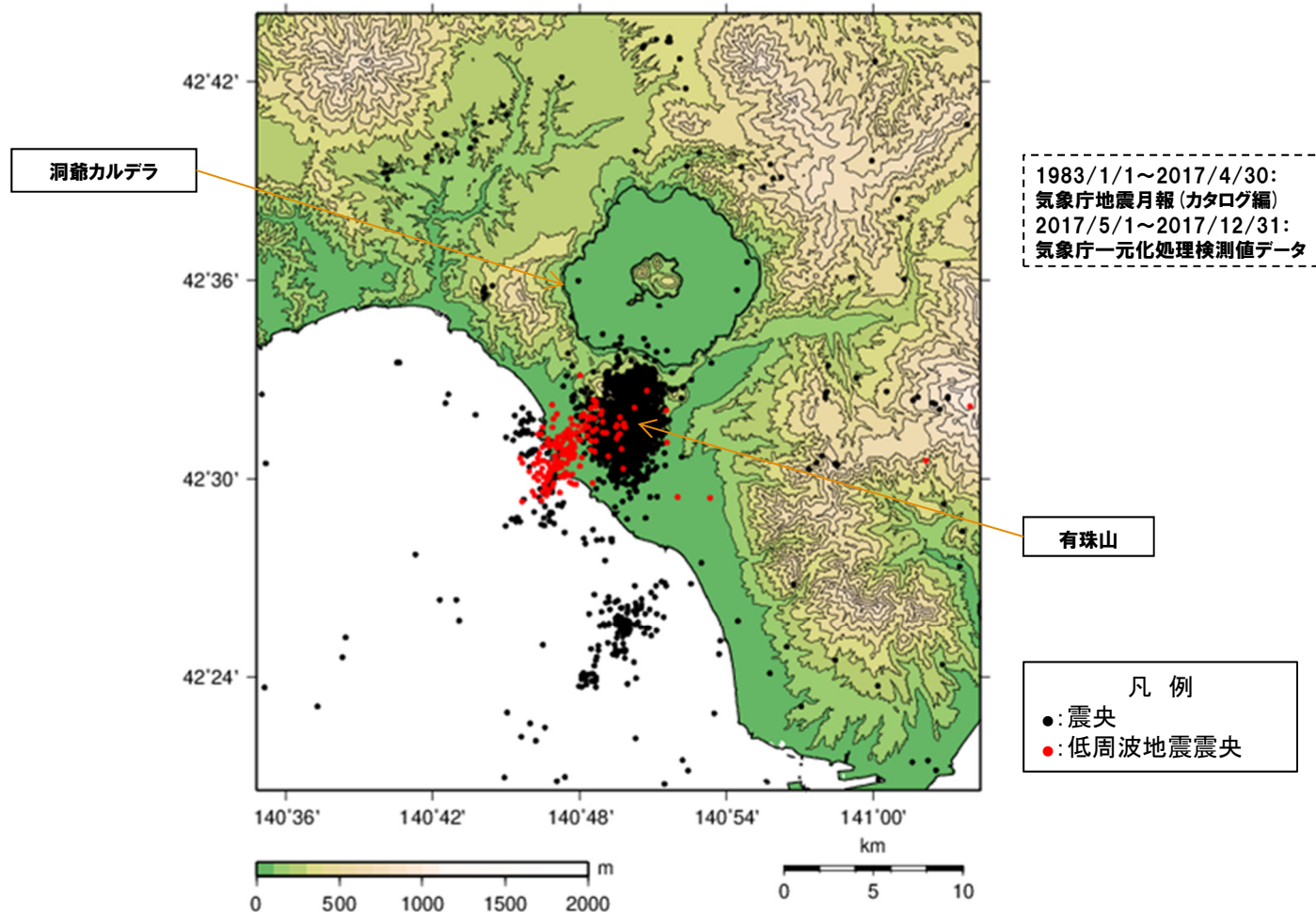
有珠山の火山性地震
(2002年10月～2012年6月30日, 「日本活火山総覧(第4版)」)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

④-2 火山性地震(気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データ)(1/2)

一部修正(H25/11/13審査会合)

- 過去約30年間における洞爺カルデラ周辺の深さ40km以浅の地震活動の震央分布を示す。震央のデータは気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データを使用した。
- 洞爺カルデラ周辺においては、有珠山周辺に震央が集中している。



洞爺カルデラ周辺の震央分布図
(1983年1月1日~2017年12月31日の記録(深さ40km以浅))

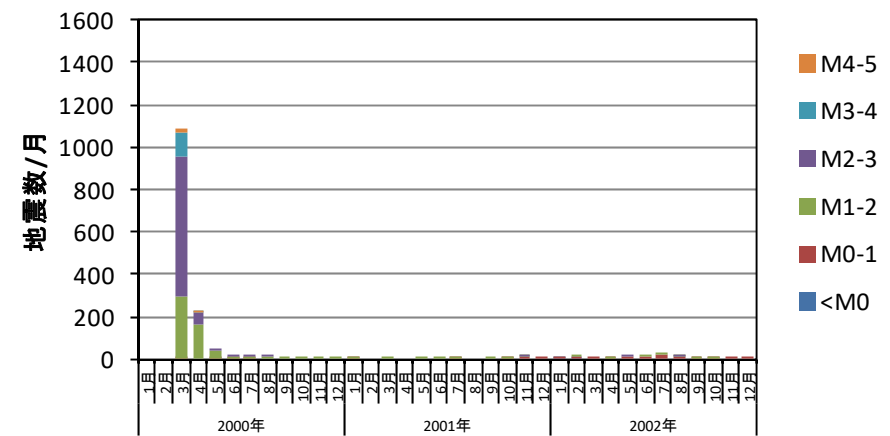
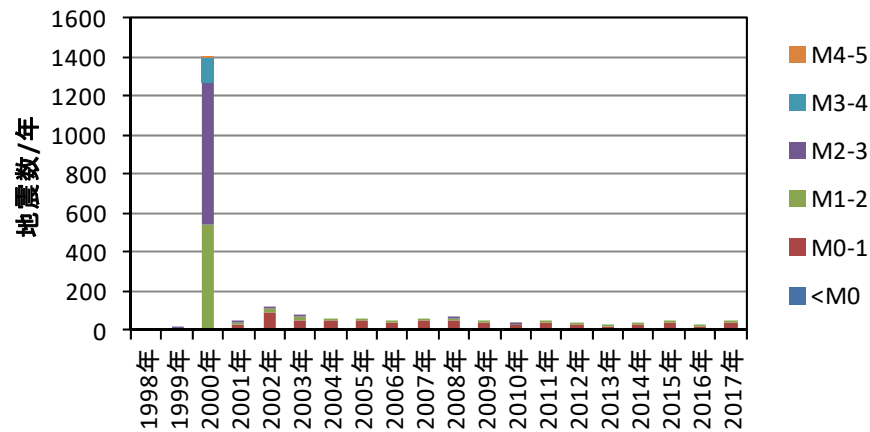
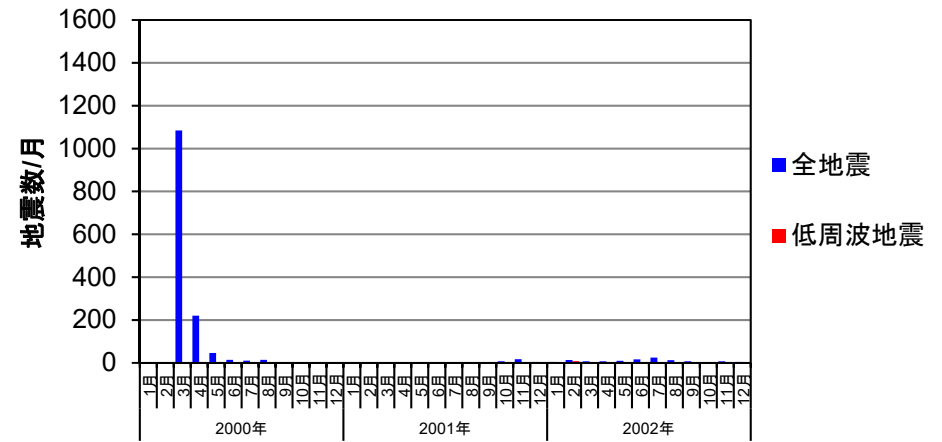
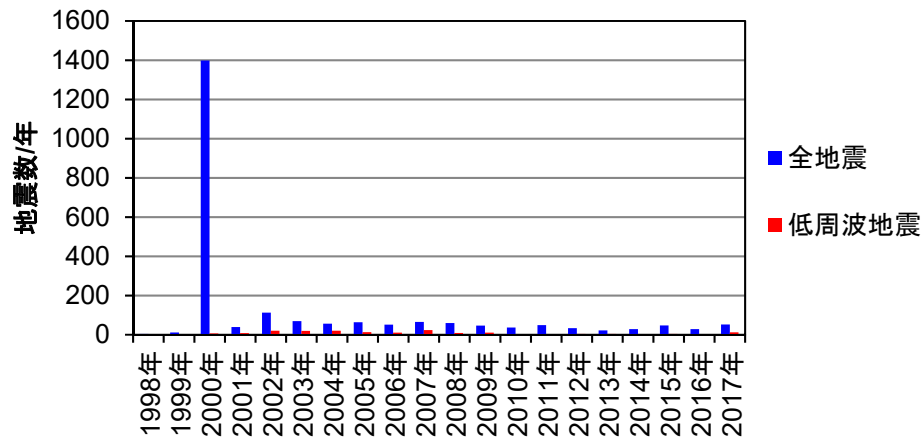
2.3.1 巨大噴火の可能性評価

④-2 火山性地震(気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データ)(2/2)

一部修正(H25/11/13審査会合)

○2000年噴火前後の有珠山周辺における年別及び月別の地震発生数を整理した結果、以下の特徴が認められる。

- ・2000年の噴火時に火山性地震と考えられる、マグニチュード1～4の地震が多く認められる。
- ・地震発生数は、有珠山噴火時の2000年3月に最も多く、噴火後には発生頻度が低くなっている。
- ・2001年以降、マグニチュード1以上の地震の発生はほとんど認められず、現在、地震活動は低調に経過している。



地震発生数の年別時間変化
(1998～2017年 深さ40km以浅)

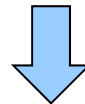
地震発生数の月別時間変化
(2000～2002年 深さ40km以浅)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

④-3 火山性地震(まとめ)

一部修正(H25/12/18審査会合)

- 洞爺カルデラ周辺の地震活動について文献調査を行った。
- 公的機関の観測結果を取りまとめた「日本活火山総覧(第4版)」並びに気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値のデータについて検討した。
- 調査・検討の結果は以下のとおり。
 - ・洞爺カルデラ周辺の地震活動は、有珠山周辺に集中している。
 - ・有珠山周辺の浅部の地震活動は、2000年の噴火時に頻度が最大となり、マグニチュード1~4の地震が多く認められる。
 - ・噴火後はマグニチュード1以上の地震の発生はほとんど認められず、マグニチュード0~1の地震が横ばいに続いており、変化の兆候は認められない。
 - ・噴火後の火山性地震は、山頂火口原付近に集中しており、時空間分布に変化の兆候は認められない。
 - ・深部低周波地震活動は、噴火を挟んで時空間分布に変化の兆候は認められない。



- 地震活動は洞爺カルデラ域での広域的なものではなく、活動中心は有珠山周辺に限定的であり、洞爺カルデラの現在の活動期が後カルデラ期であることと調和的である。

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-1 地殻変動(文献調査)(1/2)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

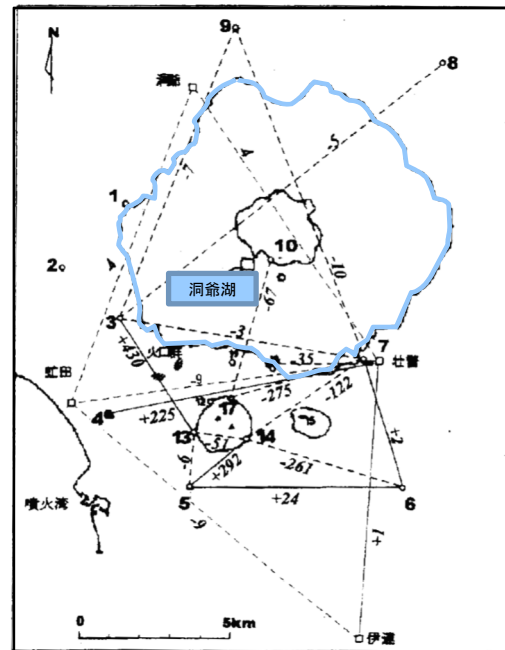
○洞爺カルデラ周辺の地殻変動に関する文献調査を実施した。

【西田(1983)】

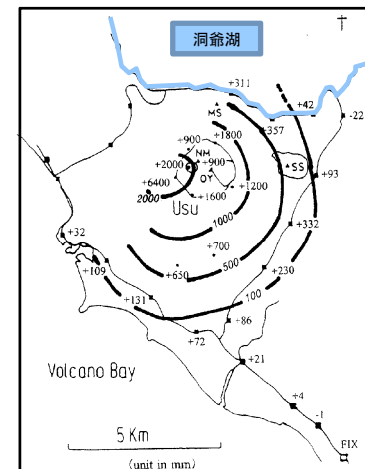
- プロトン磁力計を用いて洞爺湖上およびその周辺で磁気測量を行った。
- その結果、比較的浅い所に巨大なマグマ溜りが存在する証拠は得られなかった。

【森ほか(2000)】

- 洞爺カルデラ域を含めて広域での収縮が認められるのに対し、有珠山西部を中心とした、山体の著しい膨張が明らかである。



斜距離の変化
暫定値(単位:cm)



森ほか(2000)による測角・辺長測量結果(左図)・
水準測量結果(右図)(加筆)



○洞爺カルデラ周辺において、地下浅部にマグマ溜まり存在の兆候や広域的な地殻変動は認められない。

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-1 地殻変動(文献調査)(2/2)

一部修正(H25/11/13審査会合)

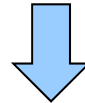
○カルデラ(巨大)噴火に関する文献調査を実施した。

【Gualda et al.(2012)】

○Long Valleyカルデラ形成時の噴出物中の石英粒子中のTi濃度拡散プロファイル分析等に基づき、マグマ中の石英結晶の滞留時間を検討した結果、マグマの蓄積にかかる時間は、500年～3,000年程度である。

【Druitt et al.(2012)】

○Santorini火山Minoan噴火の際の斜長石中のMgの分布と拡散モデルから、マグマ溜まりの再蓄積は約100年程度で発生した。



○カルデラの巨大噴火に係るマグマ溜まり再蓄積は、数十年～数千年の時間スケールであると推定される。

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

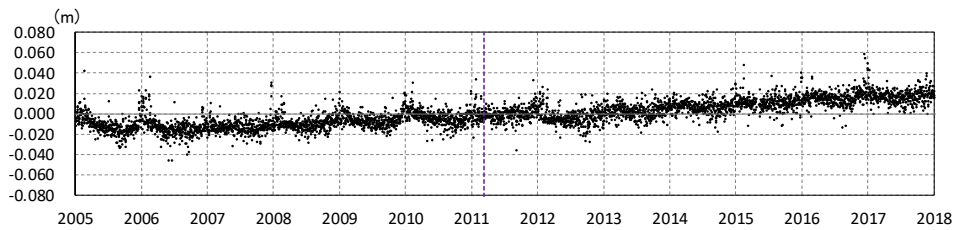
⑤-2 地殻変動(上下変動)(1/3)

一部修正(H25/11/13審査会合)

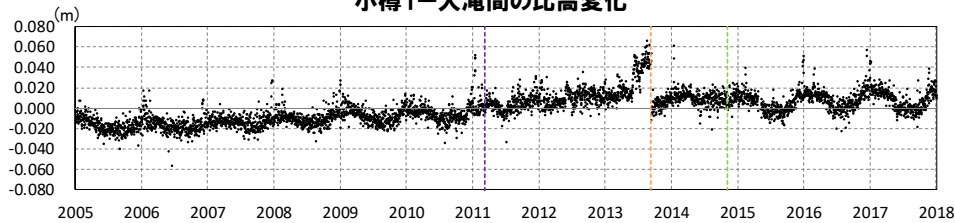
- 国土地理院の電子基準点データを用いて、洞爺カルデラ周辺の地殻変動について解析を行った(対象期間:2005年1月~2017年12月)。
- 洞爺カルデラ域の4基準点※(大滝, 洞爺, 虻田及び伊達)の年間上下変動量を示す。
- 各基準点とも、年間上下変動量に大きな変動はなく、顕著な隆起や沈降の傾向は認められない。
- 次頁~P59に、東北地方太平洋沖地震発生前後(下表赤枠部)の年間変動ベクトル図(上下)を示す。

※洞爺カルデラ域の4基準点(大滝, 洞爺, 虻田及び伊達)の位置は次頁参照。

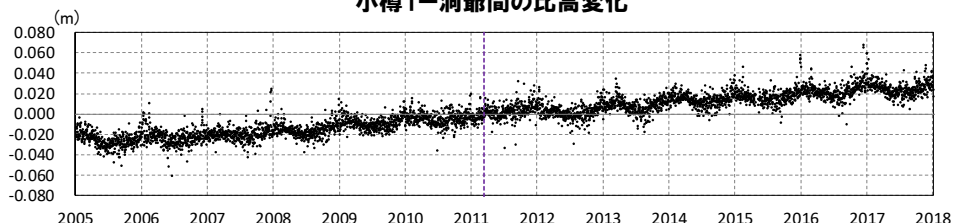
--- 東北地方太平洋沖地震 - - - 伐木 '13.9 (洞爺) - - - 伐木 '14.11 (洞爺)



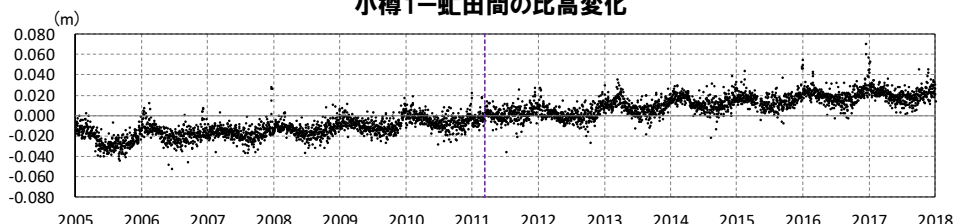
小樽1-大滝間の比高変化



小樽1-洞爺間の比高変化



小樽1-虻田間の比高変化

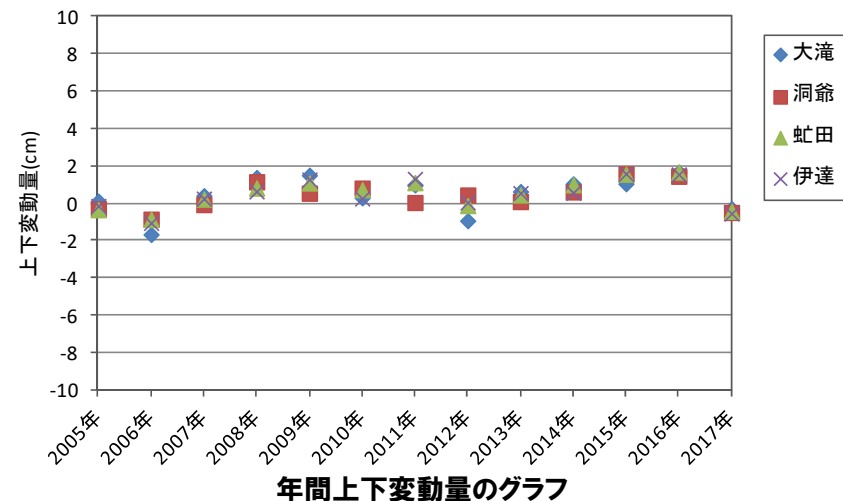


小樽1-伊達間の比高変化

年間上下変動量 (cm)

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
大滝	+0.11	-1.67	+0.40	+1.38	+1.50	+0.29	+0.99	-0.94	+0.62	+1.03	+1.04	+1.66	-0.29
洞爺	-0.30	-0.85	-0.08	+1.15	+0.53	+0.81	+0.04	+0.44	+0.09	+0.60	+1.57	+1.45	-0.49
虻田	-0.35	-0.87	+0.22	+0.81	+1.08	+0.72	+1.10	-0.12	+0.44	+0.99	+1.56	+1.66	-0.44
伊達	-0.15	-1.06	+0.24	+0.64	+1.27	+0.26	+1.30	+0.04	+0.54	+0.57	+1.58	+1.54	-0.55

↑ 東北地方太平洋沖地震発生前
(固定局:小樽1)



年間上下変動量のグラフ

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-2 地殻変動(上下変動)(2/3)

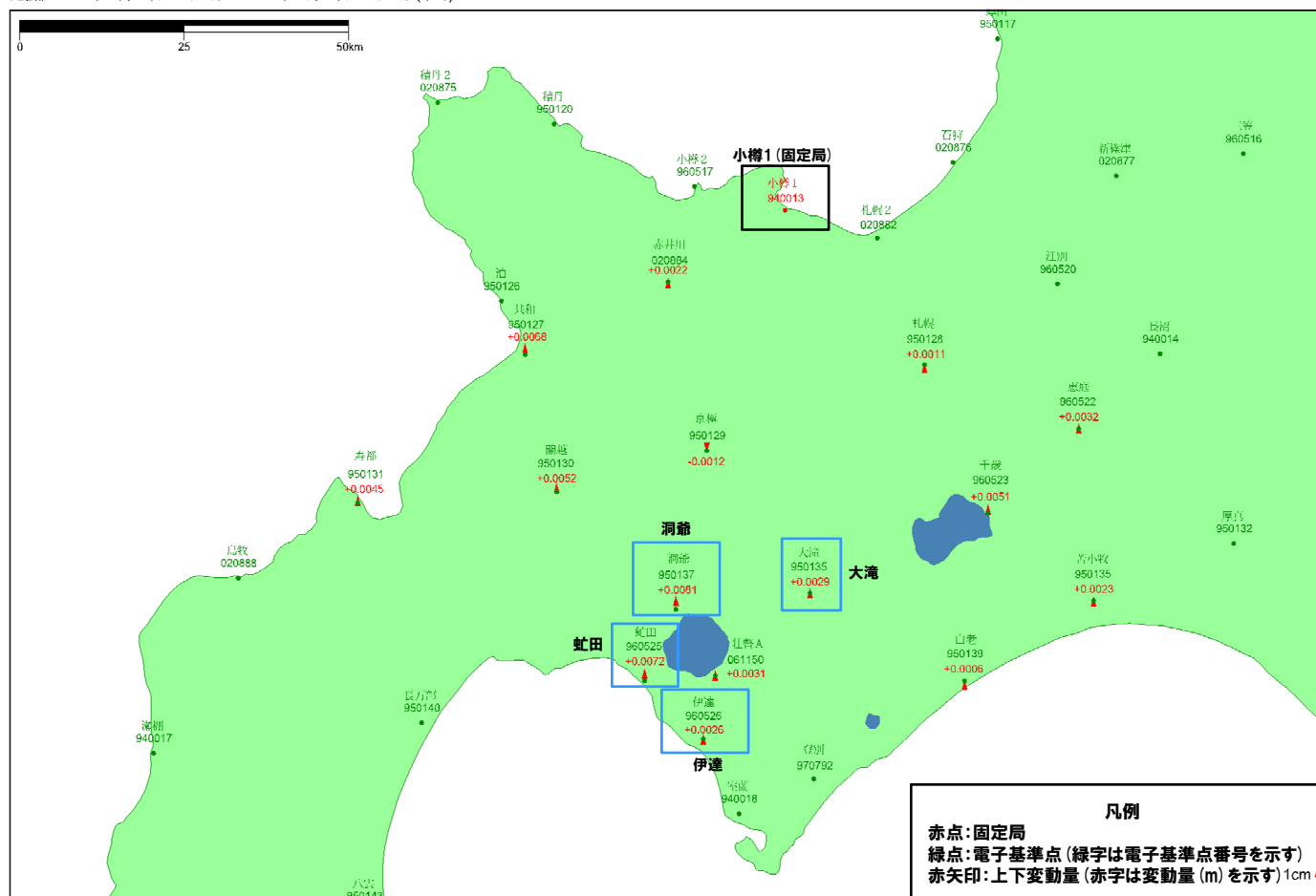
一部修正(H25/11/13審査会合)

- 東北地方太平洋沖地震発生前, 2010年の変動ベクトル図(上下)を示す。
- 周囲の基準点と比較しても, 洞爺カルデラ域での顕著な隆起や沈降は認められない。

基準値: 2010年1月1日00時00分 ~ 2010年1月10日23時59分(平均)
 比較値: 2010年12月22日00時00分 ~ 2010年12月31日23時59分(平均)

ベクトル図(上下)

固定局: 940013



赤: Bernese F3 [IGS]

この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。(承認番号 平20業使、第226号)

電子基準点の変動ベクトル図(上下)
 (対象期間:2010年1月~2010年12月)

補正有り(F3180626.dat)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-2 地殻変動(上下変動) (3/3)

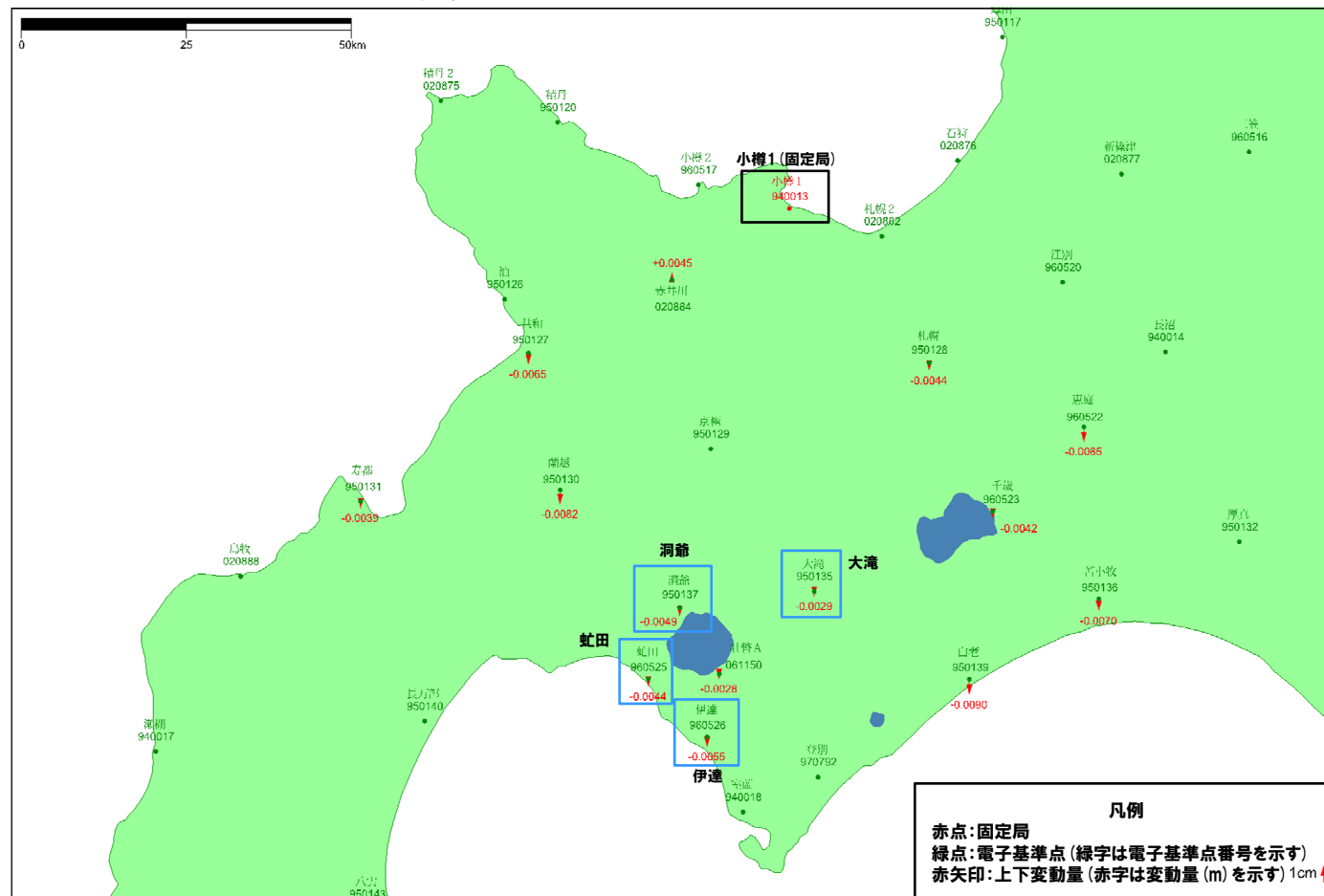
一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 東北地方太平洋沖地震発生後、2017年の変動ベクトル図(上下)を示す。
- 周囲の基準点と比較しても、洞爺カルデラ域での顕著な隆起や沈降は認められない。

基準値: 2017年1月1日 00時00分 ~ 2017年1月10日 23時59分 (平均)
 比較値: 2017年12月22日 00時00分 ~ 2017年12月31日 23時59分 (平均)

ベクトル図(上下)

固定局: 940013



赤: Bernese F3 [IGS]

この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。(承認番号 平20業促、第226号)

電子基準点の変動ベクトル図(上下)
 (対象期間: 2017年1月~2017年12月)

補正有り(F3180626.dat)

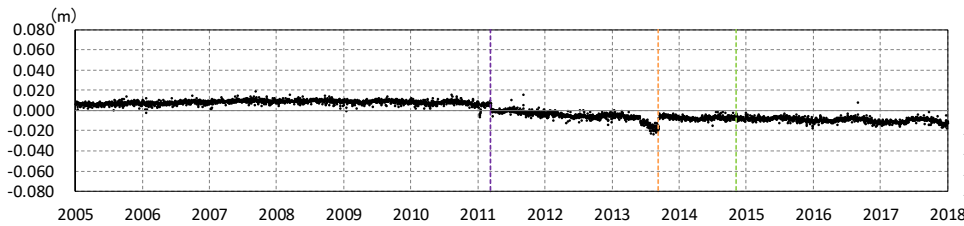
2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-3 地殻変動(基線長変化)

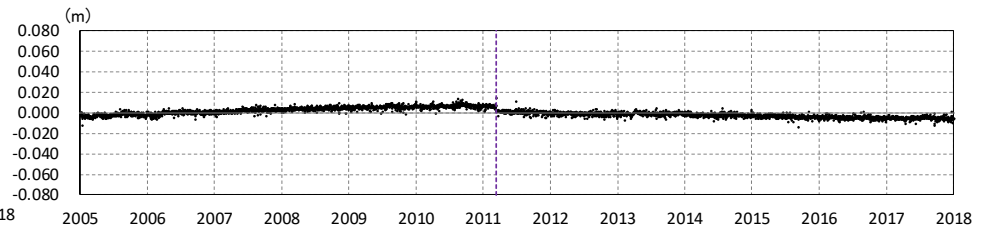
一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 洞爺カルデラ域の4観測点(大滝, 洞爺, 虻田及び伊達)を結んだ6基線の基線長変化を示す(対象期間:2005年1月~2017年12月)。
- 各基線ともに, 東北地方太平洋沖地震発生前後で不連続が認められるものの, 対象期間において変化は緩やかであり, 顕著な膨張や収縮は認められない。

--- 東北地方太平洋沖地震 - - - 伐木 '13.9 (洞爺) - - - 伐木 '14.11 (洞爺)



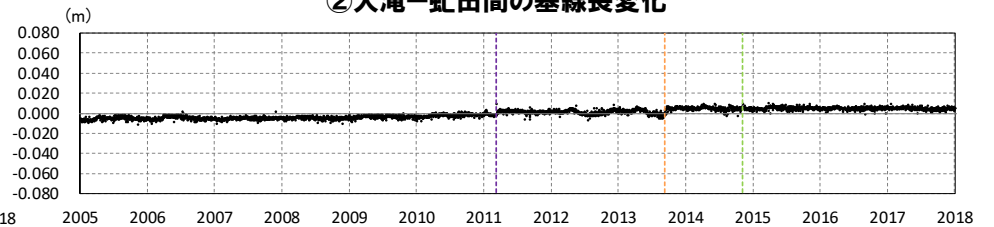
①大滝-洞爺間の基線長変化



②大滝-虻田間の基線長変化



③大滝-伊達間の基線長変化



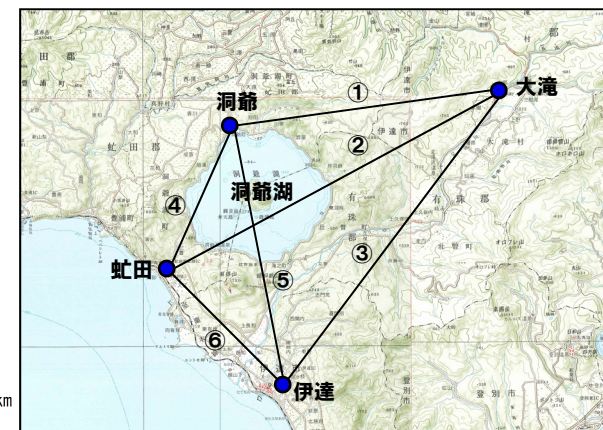
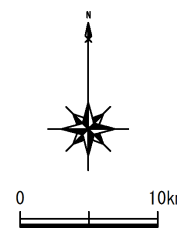
④洞爺-虻田間の基線長変化



⑤洞爺-伊達間の基線長変化



⑥虻田-伊達間の基線長変化



洞爺カルデラ域観測点位置図

余白

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-4 地殻変動(干渉SAR) (1/2)

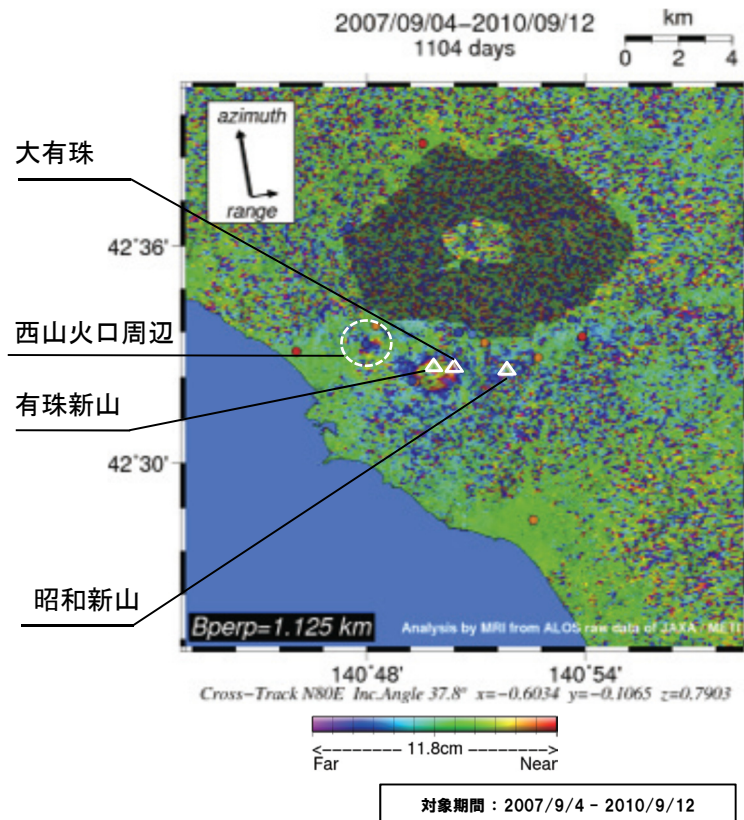
【気象研究所技術報告第69号(安藤, 2013)※】

○洞爺カルデラ周辺における干渉SAR解析結果が示されており, 有珠山について, 「大有珠や西山火口周辺において, 衛星から遠ざかる方向の位相差が認められた」とされている。

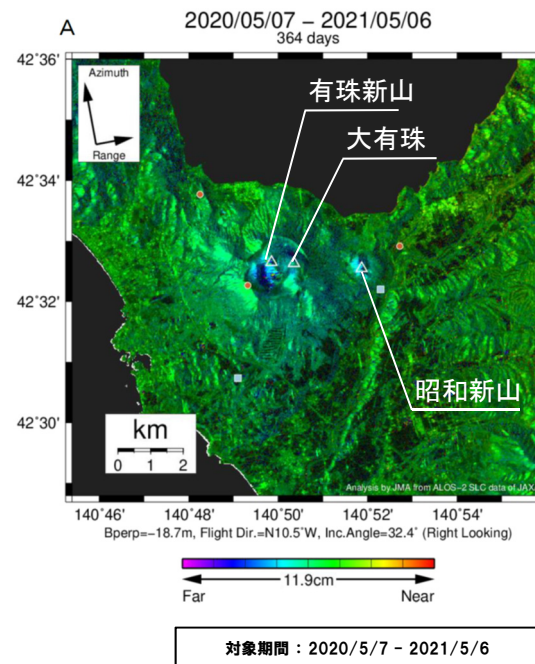
【第148回火山噴火予知連絡会資料(気象庁, 2021)】

○有珠山周辺における干渉SAR解析結果について, 「ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない」とされている。

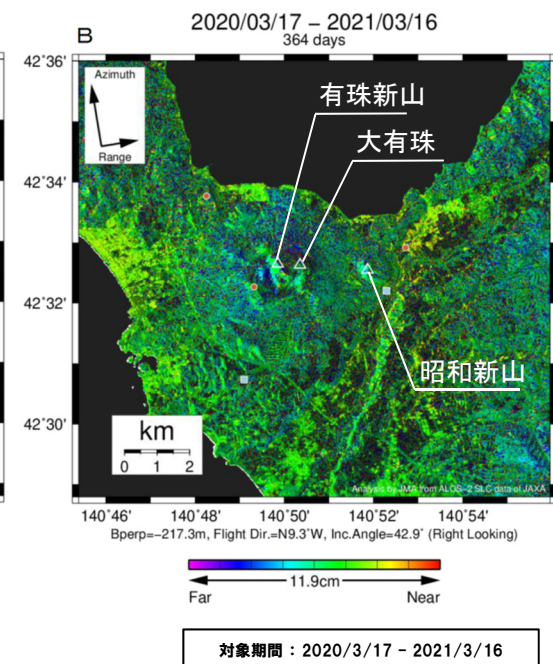
※安藤(2013)では, 国内の活火山周辺における干渉SAR解析結果が示されており, 火山活動に伴う位相変化が認められる火山について, その特徴を記載している。



洞爺カルデラ周辺における干渉SAR解析結果(安藤(2013)に加筆)



有珠山周辺における干渉SAR解析結果(気象庁)(気象庁(2021)に加筆)

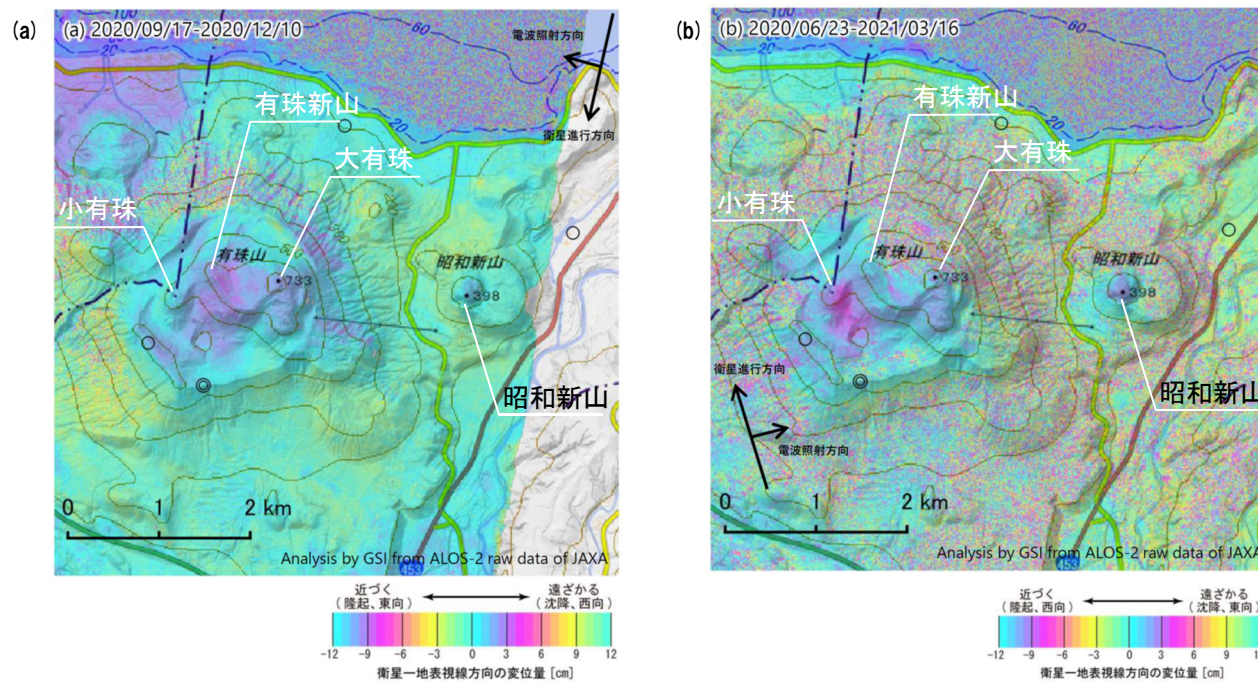


2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-4 地殻変動(干渉SAR) (2/2)

【第148回火山噴火予知連絡会資料(気象庁, 2021)】

○有珠山周辺における干渉SAR解析結果について、「(b)では、有珠山の小有珠及び昭和新山の山頂付近で収縮とみられる衛星から遠ざかる変動が見られます」とされている。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/09/17 2020/12/10 11:41頃 (84日間)	2020/06/23 2021/03/16 23:33頃 (266日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	41.4°	43.0°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 19 m	+9m

* U: 高分解能(3m)モード

有珠山周辺における干渉SAR解析結果(国土地理院)
(気象庁(2021)に加筆)

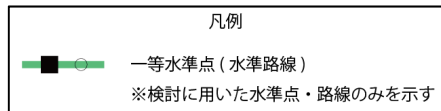
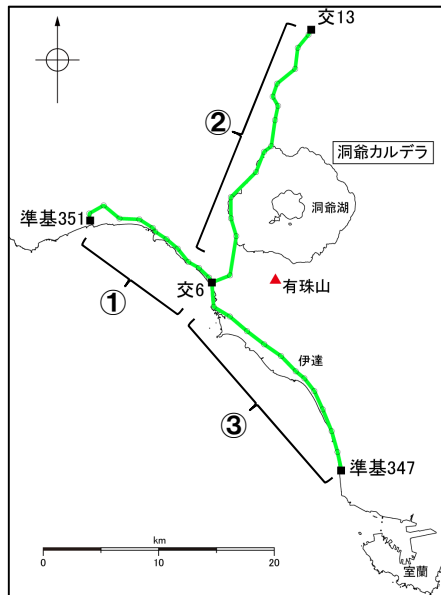


○洞爺カルデラ周辺では、有珠山周辺において局所的な地殻変動が認められるものの、洞爺カルデラ域での顕著な膨張や収縮は認められない。

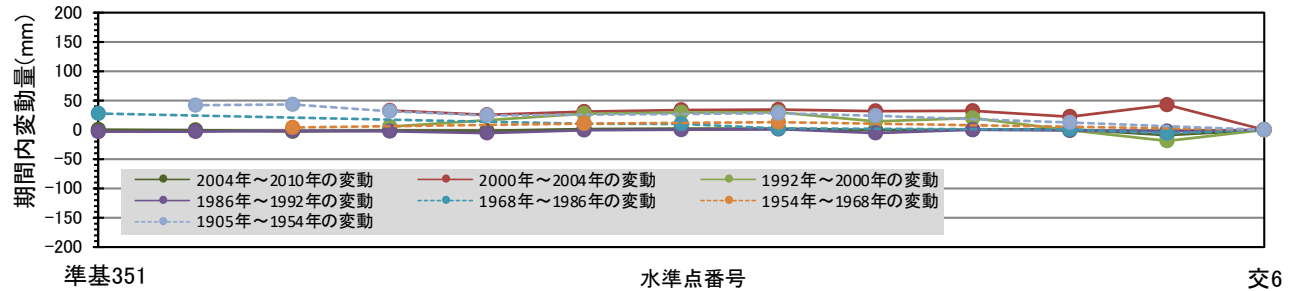
2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-5 地殻変動(水準測量)

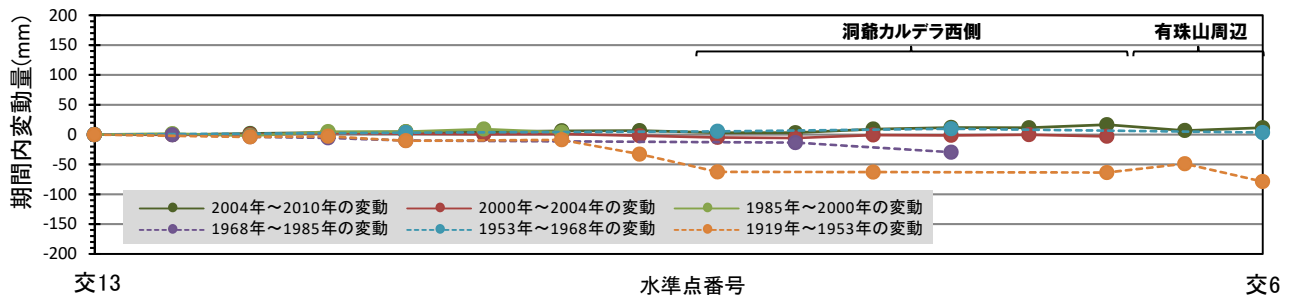
- 過去約100年間における洞爺カルデラ周辺の水準点の上下変動を示す。水準測量のデータは国土地理院一等水準点検測成果集録を使用した。
- 2000年の有珠山噴火による有珠山周辺の局所的な変動が認められるものの、洞爺カルデラ域での顕著な隆起や沈降は認められない。



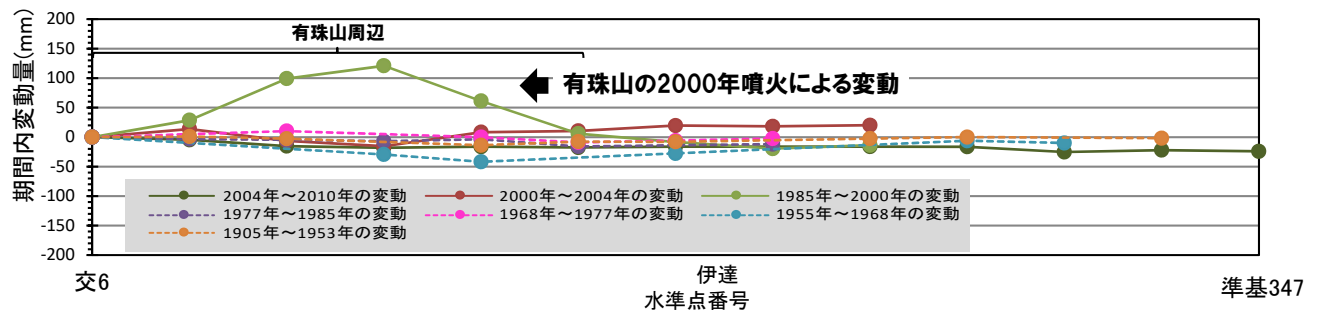
水準路線



① 水準路線(水準点番号:準基351-交6)沿いの期間内変動量(固定点:交6)



② 水準路線(水準点番号:交13-交6)沿いの期間内変動量(固定点:交13)



③ 水準路線(水準点番号:交6-準基347)沿いの期間内変動量(固定点:交6)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-6 地殻変動(まとめ)

一部修正(H25/12/18審査会合)

【地殻変動(文献調査)】

- 洞爺カルデラ周辺において、地下浅部にマグマ溜まり存在の兆候や広域的な地殻変動は認められない。
- カルデラの巨大噴火に係るマグマ溜まり再蓄積は、数十年～数千年の時間スケールであると推定される。

【地殻変動(上下変動及び基線長変化)】

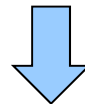
- 洞爺カルデラ域での顕著な隆起や沈降、膨張や収縮は認められない。

【地殻変動(干渉SAR)】

- 洞爺カルデラ周辺では、有珠山周辺において局所的な地殻変動が認められるものの、洞爺カルデラ域での顕著な膨張や収縮は認められない。

【地殻変動(水準測量)】

- 2000年の有珠山噴火による有珠山周辺の局所的な変動が認められるものの、洞爺カルデラ域での顕著な隆起や沈降は認められない。



- 地殻変動は洞爺カルデラ域での広域的なものではなく、有珠山周辺に限定的であり、洞爺カルデラの現在の活動期が後カルデラ期であることと調和的である。
- 洞爺カルデラにおいては、現状、巨大噴火に伴う大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示唆するような広域的な地殻変動は認められない。

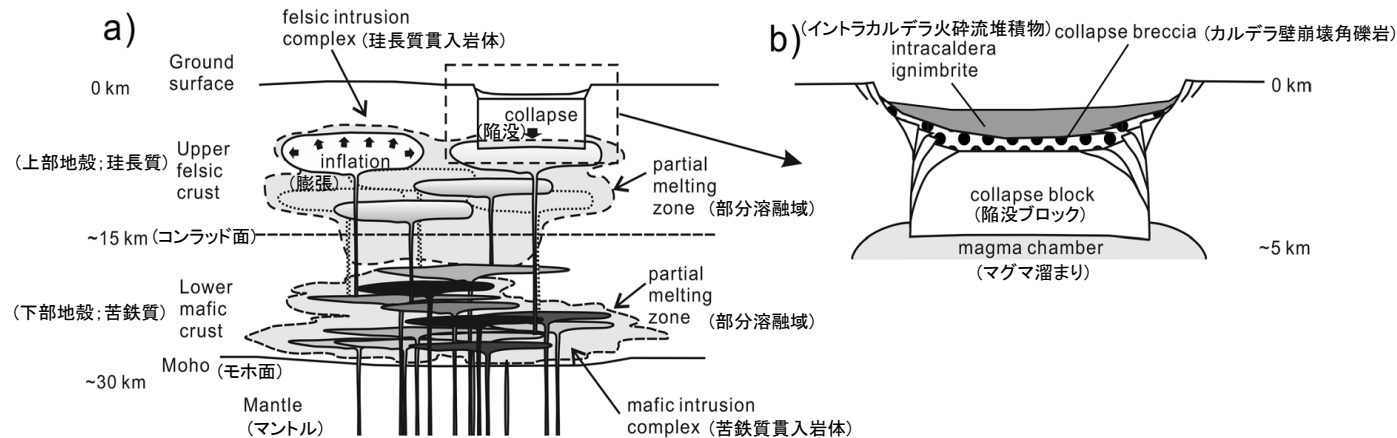
余白

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑥-1 地震波速度構造-大規模噴火のマグマ溜まりについて(下司, 2016) -

○下司(2016)では、大規模噴火のマグマ溜まりについて、以下のとおり整理している。

- ・大規模噴火を発生させるためには地殻内部に多量のマグマを熔融状態で貯留する、すなわち地殻内部に巨大なマグマ溜まりを形成する必要がある。珪長質マグマの移動・集積に要するタイムスケールを考えると、数 $10\sim 100\text{km}^3$ の珪長質マグマを噴火期間中に生成・集積させながら噴出させることは不可能である。したがって、大規模噴火が発生するためには、その火山のシステムにあらかじめマグマを蓄積させておくことが必要である。
- ・大規模噴火を引き起こすマグマシステムの全体像は、マンツルの部分熔融による苦鉄質マグマの生成、下部地殻に貫入した苦鉄質マグマの結晶分化作用や周辺の下部地殻物質の部分熔融による珪長質メルトの生成、発生したメルトの分離・上昇、上部地殻への集積、あるいは異なる組成のマグマの混合といった現象が起こる、地殻全体に広がる巨大で複雑なシステムであると考えられる。
- ・物理探査によってカルデラ火山の地下に検出されつつある低速度領域や低比抵抗領域は、このような部分熔融した貫入岩体の複合体を見ていると考えられる。
- ・大規模噴火の多くは流紋岩組成のマグマが噴出していることから、そのマグマ溜まりは深さ数km程度の浅所に貫入しているものと考えられる。
- ・陥没カルデラの構造は陥没ブロックがその中に沈降し得る広がりを持つだけの大きさを持つ単一のマグマ溜まりの存在を示唆する。



大規模噴火を引き起こすマグマシステムの全体像 ((a) 珪長質マグマ供給系 (b) 陥没カルデラの浅部構造) (下司(2016)に加筆)

- 大規模噴火のマグマ溜まりは、水平方向にはカルデラを超える範囲、鉛直方向にはマンツル上部から上部地殻の範囲で部分熔融域が広がっていると考えられる。
- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラについて、火山直下の上部地殻における大規模噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性及び大規模なマグマの移動・上昇等の活動に着目して、地震波速度構造に係る検討により、現在のマグマ溜まりの状況について評価する。
- なお、ニセコ・雷電火山群については、過去に巨大噴火(数十 km^3 程度を超えるような噴火)は発生していないものの、敷地近く(半径 10km の範囲)に設計対応不可能な火山事象が到達していることから、念のため、地震波速度構造に係る検討により、既往最大の噴火規模以上の巨大噴火が発生する可能性について評価する。

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑥-2 地震波速度構造-地震波速度構造におけるメルトの推定について(1/2) -

【Nakajima et al. (2001)】

○地震波速度構造では、活火山直下の低 V_p 、低 V_s 、高 V_p/V_s はメルトの存在を示唆し、低 V_p 、低 V_s 、低 V_p/V_s は、水の存在を示唆する。

(次頁参照)

- ・火山フロントに沿った最上部マントルの低 V_p 、低 V_s 、高 V_p/V_s は、大量のメルトの存在を示唆する。
- ・火山フロントに沿った下部地殻のうち、活火山直下の低 V_p 、低 V_s 、高 V_p/V_s は、メルトの存在を示唆する。
- ・火山フロントに沿った上部地殻のうち、活火山直下の低 V_p 、低 V_s 、低 V_p/V_s は、水の存在を示唆する。

【中島(2016)】

○一般に、100℃の高温異常に対する速度低下率は約1%であるが、メルトが数%存在する場合、速度は数~10数%も低下する。



○Nakajima et al. (2001) では、地震波速度構造により東北日本におけるメルトの存在を推定している(次頁参照)。

○北海道における地震波減衰構造を示したKita et al. (2014) について、Nakajima et al. (2001) 等を踏まえると、北海道は東北日本と同様、背弧下に低速度領域かつ高減衰域を示すマントルウェッジが存在し、その流体移動経路も同様であることから、北海道と東北日本のマグマ供給システムは同様であると考えられる(P70~P71参照)。

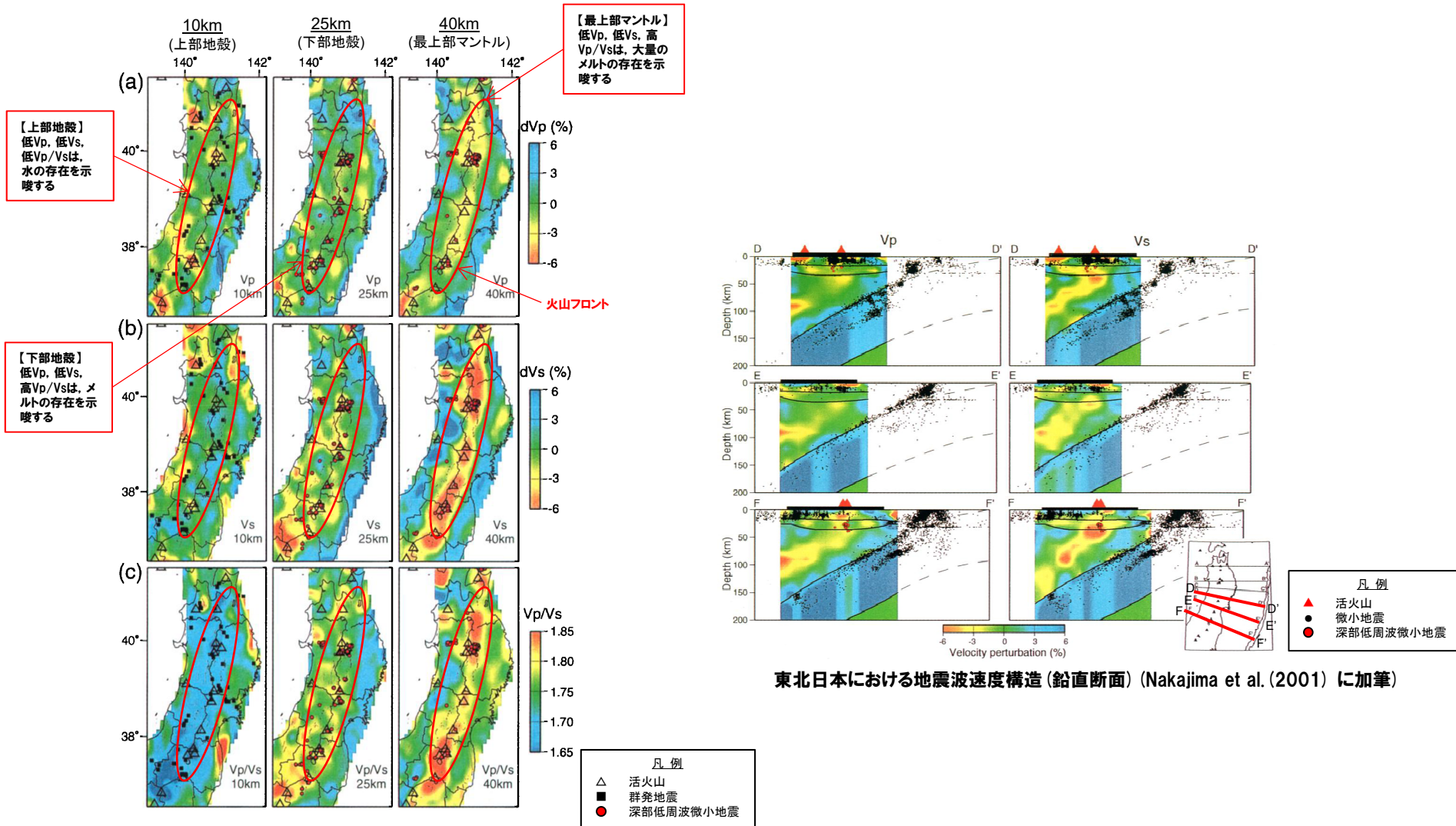


○洞爺カルデラ、支笏カルデラ及びニセコ・雷電火山群における地震波速度構造について、火山直下の低速度領域及び高 V_p/V_s 領域に着目し、上部地殻内のメルトの存在について考察を実施する。

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑥-2 地震波速度構造-地震波速度構造におけるメルトの推定について(2/2) -

○Nakajima et al. (2001) では、地震波速度構造により東北日本におけるメルトの存在を推定している。



東北日本における地震波速度構造(鉛直断面) (Nakajima et al. (2001) に加筆)

東北日本における地震波速度構造(水平断面) (Nakajima et al. (2001) に加筆)

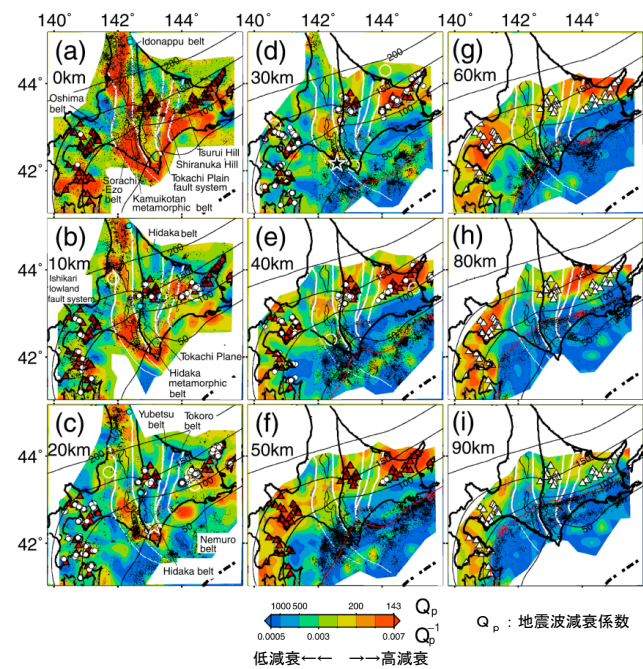
2.3.1 巨大噴火の可能性評価

(参考) 北海道の地震学的構造 (1/2)

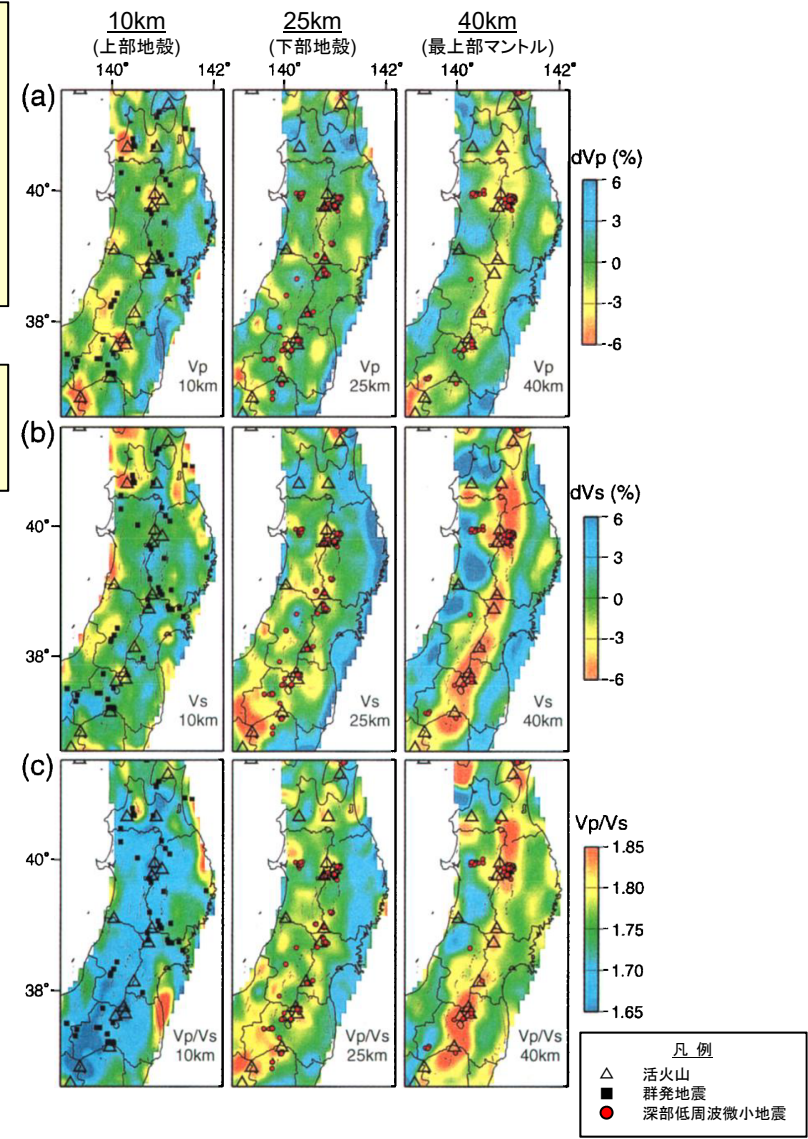
【北海道における地震波減衰構造 (Kita et al., 2014)】
 ○ Kita et al. (2014) では、北海道における地震波減衰構造を示しており、高減衰域が北海道東部および南部の背弧下のマントルウェッジ内に明瞭にイメージされるとしている。
 ○ マントルウェッジ内における高減衰域は、Zhao et al. (2012) で示された低速度領域と一致するとしている。
【東北日本における地震波速度構造 (Nakajima et al., 2001)】
 ○ Nakajima et al. (2001) では、東北日本における地震波速度構造を示しており、低速度領域が背弧下のマントルウェッジ内に明瞭にイメージされるとしている。



○ 北海道は、東北日本と同様、背弧下にマントルウェッジが存在している。
 ○ マントルウェッジ内は、低速度領域かつ高減衰域である。
 (次頁へ続く)



北海道における地震波減衰構造 (水平断面) (Kita et al. (2014) に加筆)



東北日本における地震波速度構造 (水平断面) (Nakajima et al. (2001) に加筆)

凡例
 ▲ 活火山, 第四紀火山
 ● 震源※
 ○ 深部低周波地震震源※
 - 太平洋プレート表面の等深線

※各深度断面から深度方向±5kmの範囲の地震をプロット