

泊発電所

火山影響評価のうち立地評価について

令和5年10月6日
北海道電力株式会社

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 62
3. 1 地理的領域にある第四紀火山	P. 65
3. 2 将来の火山活動可能性の評価	P. 69
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 76
4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 79
4. 1. 1 火山活動の可能性評価	P. 81
4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価	P. 91
4. 1. 2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 92
4. 1. 2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 100
4. 1. 2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 142
4. 1. 2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 184
4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 225
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 266
5. 1 降下火砕物の影響評価	P. 268
5. 1. 1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5. 1. 2 降下火砕物シミュレーション	P.
5. 1. 3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.
5. 2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P. 277
6. 火山活動のモニタリング	P. 278
6. 1 監視対象火山	P. 280
6. 2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	P. 281
7. 火山影響評価のまとめ	P. 282
参考文献	P. 288

余白

1. 指摘事項及び回答概要

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 62
3. 1 地理的領域にある第四紀火山	P. 65
3. 2 将来の火山活動可能性の評価	P. 69
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 76
4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 79
4. 1. 1 火山活動の可能性評価	P. 81
4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価	P. 91
4. 1. 2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 92
4. 1. 2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 100
4. 1. 2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 142
4. 1. 2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 184
4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 225
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 266
5. 1 降下火砕物の影響評価	P. 268
5. 1. 1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5. 1. 2 降下火砕物シミュレーション	P.
5. 1. 3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.
5. 2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P. 277
6. 火山活動のモニタリング	P. 278
6. 1 監視対象火山	P. 280
6. 2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	P. 281
7. 火山影響評価のまとめ	P. 282
参考文献	P. 288

「5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価」及び「6. 火山活動のモニタリング」の詳細については今後説明予定

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項 (1/3)

○令和3年10月14日審査会合、令和5年1月20日審査会合及び令和5年7月7日の指摘事項を本頁～P8に示す。

指摘時期	No	指摘事項
令和3年10月14日 審査会合	1	地理的領域内にある第四紀火山（34火山）の活動履歴に関する最新の知見について、網羅的に反映させること。 また、巨大噴火に関連する知見についても、網羅的に反映させること。
	2	原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出していない火山（21火山）の評価結果を本編資料に記載すること。
	3	敷地からニセコ・雷電火山群までの距離をニセコアンヌプリまでの距離としている考え方を示すこと。
	4	火山性地震及び地殻変動に関するデータについては、至近のデータを追加する等、適切な期間で整理すること。
	5	地下構造に関する調査は手法ごとに特長が異なることから、洞爺カルデラ及び支笏カルデラの地下構造については、地震波速度構造だけではなく、重力構造、比抵抗構造等の知見も踏まえて、総合的に評価すること。
	6	原子力発電所の運用期間中における活動可能性が十分小さいと判断できない火山（13火山）について、設計対応不可能な火山事象の到達距離及び分布範囲を個別に示すこと。
	7	ニセコ・雷電火山群の地震波速度構造に関する検討について、溶岩流に関する個別評価のみに用いているような記載となっているが、本検討を溶岩流に関する個別評価以外にも用いているのであれば、その位置付けが明確になるよう資料を適正化すること。
	8	「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に基づき、モニタリングの資料構成上の位置付けを適正化すること。

：R5.1.20審査会合又はR5.7.7審査会合で説明

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項 (2/3)

指摘時期	No	指摘事項
令和3年10月14日 審査会合	9	支笏カルデラ及びニセコ・雷電火山群の火砕流堆積物について、火口からの距離と層厚の関係を整理すること。また、洞爺カルデラについては、既に同趣旨の整理を行っているが、他に関連する文献がないか確認すること。
	10	敷地及び敷地周辺の降下火砕物について、文献及び地質調査結果を踏まえ、分布及び層厚を網羅的に示すこと。
	11	洞爺火砕流の末端部が共和町幌似付近であるとしているが、幌似付近より西側に洞爺火砕流が到達しているとされている文献もあることから、洞爺火砕流堆積物が削剥されている可能性についても検討の上、幌似付近が末端部であると評価されることの考え方を示すこと。
指摘時期	No	指摘事項
令和5年1月20日 審査会合	1	原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出において、網羅的な文献収集を追加で実施しているが、個別火山へのこれらの知見の反映にあたっての取捨選択の考え方が不明確であることから、個別火山の活動履歴等において収集した知見をどのように反映したか事業者の考え方を明確にし、説明すること。
	2	地質調査結果に基づく火山噴出物の分布(敷地及び敷地近傍)の評価について、以下の事項について再整理すること。 ・火砕流堆積物の認定については、軽石の含有の有無のみでの判断は困難であると考えられるため再考すること。 ・火山噴出物の分布については、降下火砕物(純層・二次堆積物)、火砕物密度流(火砕流・火砕サージ)の区分結果を示す際には、判断根拠を明確にした上で説明すること。 ・敷地及び敷地近傍の地質調査結果をまとめるにあたって、給源が不明なものも含めて火山噴出物の分布状況を明確にすること。
	3	文献調査、敷地及び敷地周辺の地形・地質調査並びに火山学的調査の結果を整理し、その評価結果に基づき発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を実施するといった資料構成とした上で、説明すること。

：R5.1.20審査会合又はR5.7.7審査会合で説明

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項 (3/3)

指摘時期	No.	指摘事項
令和5年7月7日 審査会合	立地評価	1 巨大噴火の評価対象のうち、倶多楽・登別火山群の評価に係る判断根拠が明確になっていない。 ・倶多楽・登別火山群のKt-7の噴出規模については、既往知見を精査した結果からの噴出規模をどのように解釈したか示した上で、巨大噴火として評価する判断に至る考え方を整理し説明すること。
		2 巨大噴火の可能性評価に係る各種データを用いた評価結果の説明が不十分。 ・活動履歴を含めて、「巨大噴火が差し迫った状態ではないこと」を判断した論理を火山影響評価ガイドの記載を踏まえ明確に整理し説明すること。 ・噴出物の組成（噴火イベント間の特徴や変化）について、既往知見を整理し、巨大噴火の可能性を判断するデータのの一つとして整理し説明すること。 ・地殻変動データについては、テクトニックな広域応力場の影響を受けていることも考慮した上で、将来の巨大噴火の可能性を判断できるデータとして扱うことができるのか説明すること。
		3 支笏カルデラの地下構造に関して、既往知見に照らしてマグマ溜まりの存在の可能性を否定する根拠が十分に整理されていない。 ・低比抵抗領域におけるメルトの存在の有無の評価については、地震波速度構造の精度の観点等からの説明が足りないと考えられる。現在の火山学に照らした調査を尽くし、総合的に判断できる根拠を揃えて説明すること。
	影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点	1 火山灰層厚の評価に当たって必要な整理 ・敷地周辺の地質調査については、より広い範囲における文献調査結果等も併せて示し、調査範囲が十分であることを示すことが必要。 ・敷地内のF1断層開削調査箇所において認められた火山灰については、火山灰層厚の評価における考慮の要否とその判断の根拠を整理した上で説明することが必要。 ・降下火砕物シミュレーションによる火山灰層厚の評価対象とする噴火の選定については、選定のプロセスと根拠を十分に説明することが必要。
		2 火山活動のモニタリング実施方針の説明に当たって必要な整理 ・支笏火砕流が敷地に到達した可能性の有無について、これまでの地質調査に基づく評価や既往知見と整合する説明を行うことが必要。

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R3.10.14審査会合における指摘事項-指摘事項No.10 (1/3) -)

【指摘事項No.10】

○敷地及び敷地周辺の降下火砕物について、文献及び地質調査結果を踏まえ、分布及び層厚を網羅的に示すこと。

○地理的領域にある第四紀火山(32火山)を給源に持つ降下火砕物の分布状況については、まず、以下の文献を確認した。

・町田・新井(2011) : 2003年時点における更新世の広域テフラの分布等を体系的に取りまとめた文献

・Uesawa et al. (2022) : 551の火山灰ユニットの等層厚線図を体系的に取りまとめた須藤ほか(2007)等に基づき、過去約15万年前以降の降下火砕物の分布をデータベース化した文献

○次に、上記2文献に分布が示されていない降下火砕物については、個別に文献を収集し、分布状況を確認した。

○また、敷地における降下火砕物の影響評価に用いるため、文献調査及び地質調査の結果から、敷地及び敷地近傍に認められる降下火砕物の分布及び層厚を整理した。

○文献調査及び地質調査の詳細は補足説明資料2.1章及び2.3章に示す。



○地理的領域にある第四紀火山(32火山)を給源に持つ降下火砕物の分布状況については、文献調査結果に基づき、「敷地から半径160km以内の範囲(地理的領域)にある第四紀火山カタログ」に整理した(補足説明資料1章参照)。

○地理的領域外に給源を持つ降下火砕物も含め、文献において敷地及び敷地近傍に分布が示されている降下火砕物(次頁参照)、地質調査において敷地及び敷地近傍に確認される降下火砕物(P11参照)は右表のとおりである。

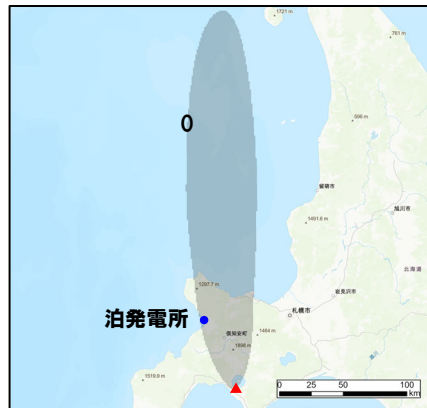
○なお、敷地のF-1断層開削調査箇所のスケッチに火山灰等と記載されている複数の堆積物のうち、火山灰(黄灰色A)及び火山灰(黄灰色B)については、噴出年代及び給源が不明な降下火砕物である可能性を否定できないと解釈している(詳細は補足説明資料の2.3.5章参照)。

文献において敷地及び敷地近傍に分布が示されている降下火砕物及び地質調査において敷地及び敷地近傍に確認される降下火砕物

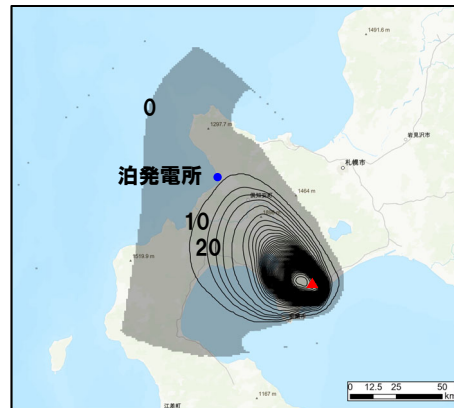
	降下火砕物名	給源	同規模の噴火の可能性	手法	最大層厚
地理的領域外	白頭山苦小牧(B-Tm)	白頭山	あり	文献調査	5~10cm
				地質調査	—
	始良Tn(AT)	始良カルデラ	なし	文献調査	0~5cm
				地質調査	—
	阿蘇4(Aso-4)	阿蘇カルデラ	なし	文献調査	15~20cm
地理的領域内				地質調査	5cm
	クッチャロ-羽幌(Kc-Hb)	屈斜路カルデラ	なし	文献調査	0~10cm
				地質調査	—
	支笏第1降下軽石(Spfa-1)	支笏カルデラ	なし	文献調査	<2cm
				地質調査	—
	クッタラ第2火山灰(Kt-2)	倶多楽・登別火山群	なし	文献調査	0~10cm
				地質調査	—
	洞爺火山灰(Toya)	洞爺カルデラ	なし	文献調査	30cm以上
				地質調査	70cm以上
	2000年有珠山噴火	有珠山	あり	文献調査	<0.01mm
給源不明				地質調査	—
	火山灰(黄灰色B)	不明	不明	文献調査	—
				地質調査	約23cm
	火山灰(黄灰色A)	不明	不明	文献調査	—
				地質調査	約18cm

1. 指摘事項及び回答概要

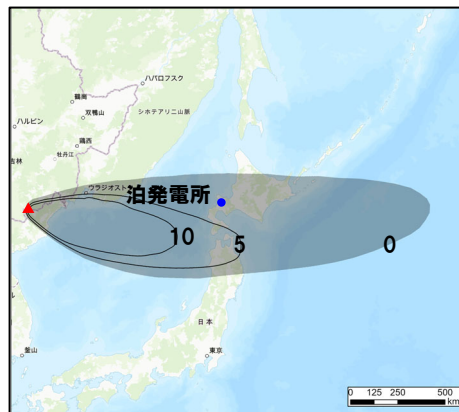
指摘事項に関する回答概要 (R3.10.14審査会合における指摘事項-指摘事項No.10 (2/3) -)



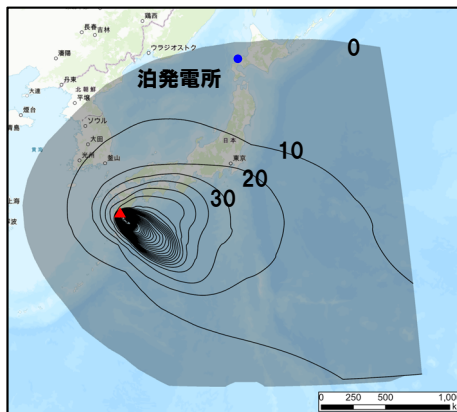
2000年有珠山噴火(4月4日)に伴い噴出した降下火砕物※1



クッタラ第2火山灰(Kt-2)



白頭山苦小牧火山灰(B-Tm)

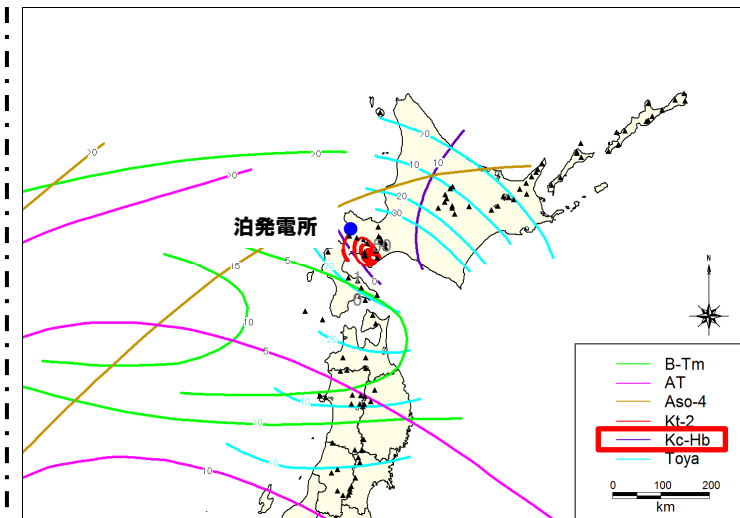


始良Tn火山灰(AT)

敷地及び敷地近傍に到達した可能性のある降下火砕物の層厚分布図※2
(Uesawa (2023) を基に当社が作成, 背景地図はESRI社提供の地形図を使用)

※1 敷地はごく微量の降灰(層厚<0.01mm)範囲に位置する。

※2 図中の数字の単位はcm。灰色のハッチング部は層厚>0cmの領域を表す。等層厚線の間隔は、B-Tm及びAso-4は5cm間隔、それ以外は10cm間隔で示す。分布範囲外縁部が直線的な箇所は、解析範囲外であることを示す。

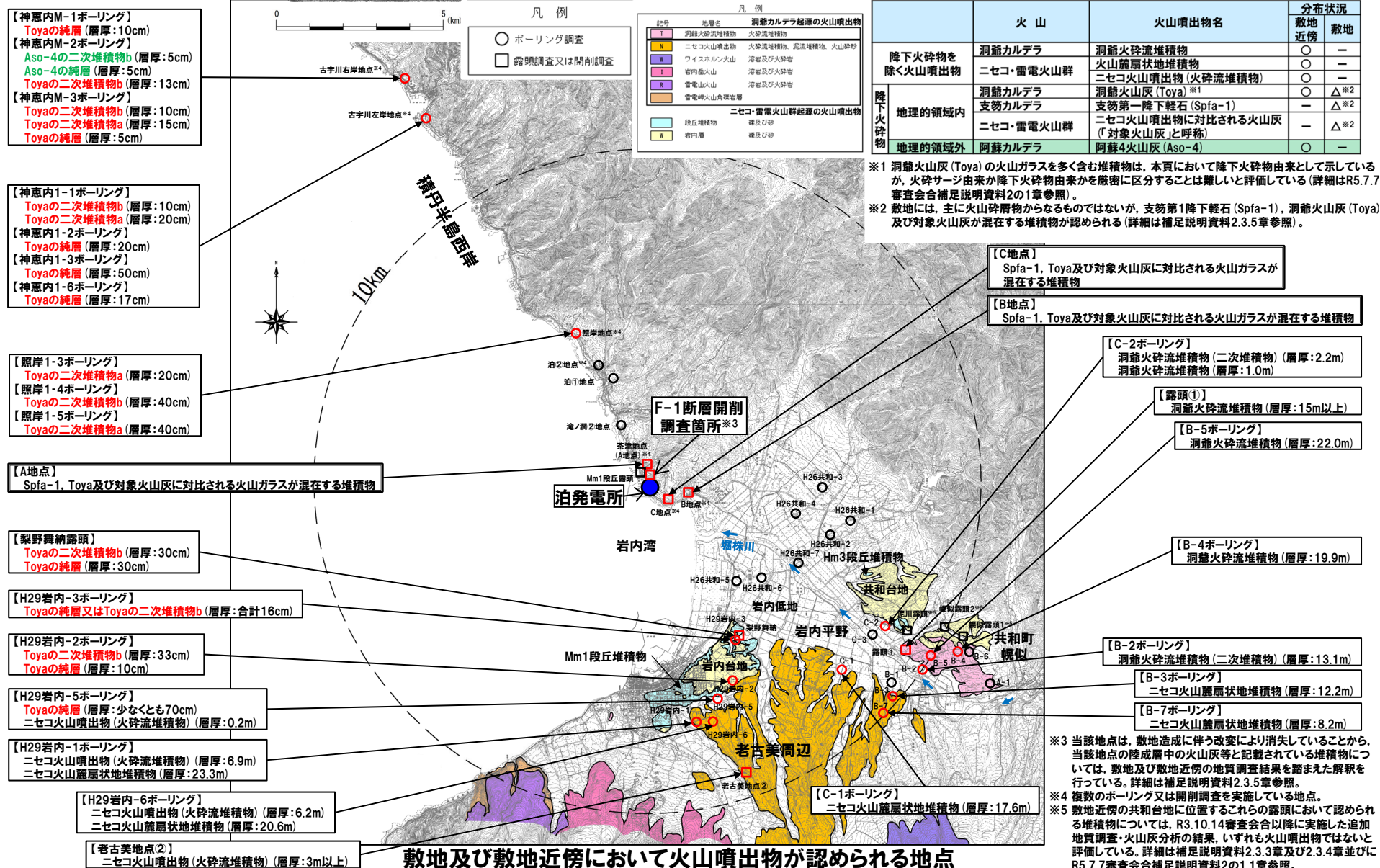


クツチャロ羽幌火山灰(Kc-Hb)

敷地及び敷地近傍に到達した可能性のある
降下火砕物の等層厚線図
(町田・新井(2011)より当社が作成)

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R3.10.14審査会合における指摘事項-指摘事項No.10 (3/3) -)



余白

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.1 (1/3) -)

【立地評価:指摘事項No.1】

- 巨大噴火の評価対象のうち、倶多楽・登別火山群の評価に係る判断根拠が明確になっていない。
 - ・倶多楽・登別火山群のKt-7の噴出規模については、既往知見を精査した結果からの噴出規模をどのように解釈したか示した上で、巨大噴火として評価する判断に至る考え方を整理し説明すること。
- 原子力発電所の火山影響評価ガイドにおいては、巨大噴火について、「地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流となるような噴火であり、その規模として噴出物の量が数10km³程度を超えるようなもの」とされている。
- このため、当社は、火山影響評価ガイドを踏まえ、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(1)の条件に該当する火山を抽出した上で、(2)の条件に合致する火山を過去に巨大噴火が発生した火山として抽出している。
 - (1) 火砕流を含む火山噴出物の分布が広範囲
 - (2) 噴出物体積が20km³以上
- このうち、倶多楽・登別火山群のKt-7 (pfa,pfl) を噴出した噴火については、確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められ、Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされていることから、巨大噴火に該当するものとして取り扱うこととしていた。
- しかし、Kt-7 (pfa,pfl) の噴出物体積については、Amma-Miyasaka et al. (2020) において、概算として「VEI7 class」とされ、具体的な数値が示されていないため、当社として当該噴出物体積を算出した上で、巨大噴火に該当するか否かについて改めて評価を行った。
- 噴出物体積の算出結果の詳細については次頁～P15に示す。



- 当社としてKt-7 (pfa,pfl) の噴出物体積を算出した結果、噴出物体積は60～90km³ (降下火砕物: 10～40km³ 及び火砕流堆積物: 50km³ の合計値) となり、最大値である90km³ は、Amma-Miyasaka et al. (2020) における「VEI7 class」と大きな矛盾はないものと考えられる。
- Amma-Miyasaka et al. (2020) において、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされていること及び当社で算出した噴出物体積が20km³以上となったことから、当該噴火を巨大噴火に該当するものとして取り扱う。

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価: 指摘事項No.1 (2/3) -)

【降下火砕物】

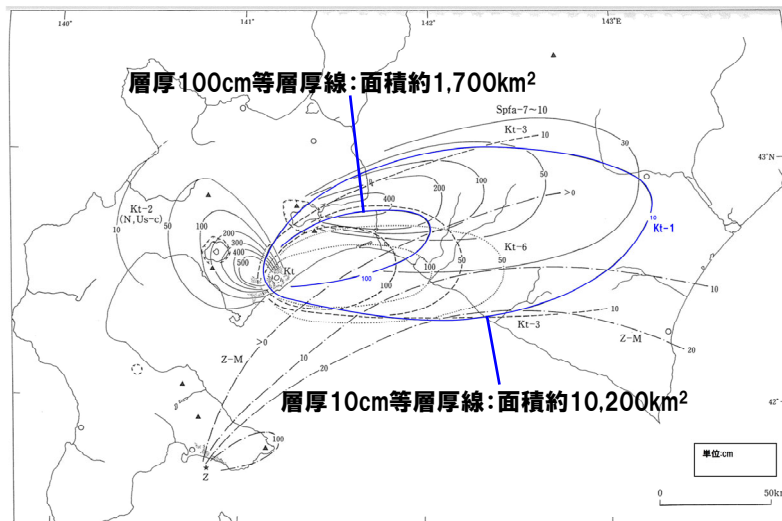
- Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば, Kt-7 (pfa) の噴出物体積を算出する際には, 同じく倶多楽・登別火山群を給源とし, 広範囲に確認されているKt-1 (pfa) の分布面積, 層厚及びHayakawa (1985) とLegros (2000) によってそれぞれ提案された計算式を用いたとされている。
- そこで, 当社算出においては, 町田・新井 (2011) において示されているKt-1 (pfa) の等層厚線から面積を測定し, 層厚は山縣 (1994) に示されている模式露頭にて計測された層厚 (Kt-1: 15cm, Kt-7: 26cm) の比から求めた。
- Hayakawa (1985) は, 1本の等層厚線が得られれば総体積を計算することができる以下の経験式を提案していることから, 噴出物体積の算出に用いた。

$$V = 12.2ST \quad (V: \text{体積}, S: \text{面積}, T: \text{層厚})$$

- また, Legros (2000) は, 複数の降下火砕物の等層厚線から得た噴出物体積をもとに, 1本の等層厚線から降下火砕物の最小噴出物体積を求める以下の式を提案していることから, 最小噴出物体積の算出に用いた。

$$V = 3.69ST \quad (V: \text{体積}, S: \text{面積}, T: \text{層厚})$$

- なお, 町田・新井 (2011) において, Kt-1の等層厚線が2本 (層厚10cm及び100cm) 示されていることから, それぞれの等層厚線に対して上記計算式を用いて, 噴出物体積の最小値及び最大値を算出した。
- 算出の結果, Kt-7 (pfa) の噴出物体積は10~40km³となった。



Kt-1 (pfa) の分布範囲 (町田・新井 (2011) に加筆)

Hayakawa (1985) 及びLegros (2000) における手法
によって算出されたKt-1 (pfa) の噴出物体積

	10cm等層厚線	100cm等層厚線
Kt-1分布面積 (km ²)	10,200	1,700
Kt-1体積 (Hayakawa式) (km ³)	12	21
Kt-1体積 (Legros式) (km ³)	4	6

山縣 (1994) に示されている層厚の比を用いて算出された
Kt-7 (pfa) 噴出物体積

	10cm等層厚線	100cm等層厚線
Kt-7体積 (Hayakawa式) (km ³)	21	36
Kt-7体積 (Legros式) (km ³)	7	10

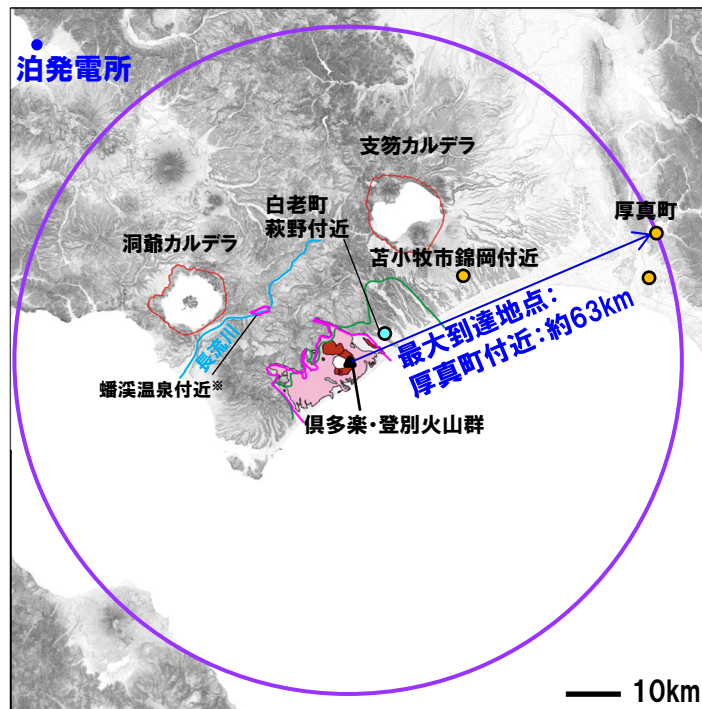
最大値: 36 ≒ 40km³
最小値: 7 ≒ 10km³

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価: 指摘事項No.1 (3/3) -)

【火砕流堆積物】

- Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば, Kt-7 (pfl) の噴出物体積を算出する際は, Kt-7 (pfl) の分布を同心円で近似したとされている。
- 文献調査及び当社地質調査の結果, Kt-7 (pfl) は以下のような分布状況であり, 給源から敷地方向 (北西方向) にはKt-7 (pfl) の分布は認められていない (補足説明資料2章参照) が, Amma-Miyasaka et al. (2020) に示される手法に基づき, 当社もKt-7 (pfl) の噴出物体積算出に当たっての分布範囲を半径63kmの円と仮定した。
 - ・Kt-7 (pfl) の最大到達距離は, 倶多楽・登別火山群から北東方向に位置する厚真町付近までの約63kmである。
 - ・倶多楽・登別火山群から敷地方向に向かって, Kt-7 (pfl) の分布を示した文献は認められない。
 - ・当社地質調査の結果, 敷地及び敷地近傍にKt-7 (pfl) は認められない。
- Kt-7 (pfl) の給源からの距離と層厚の関係については, 右下図に示す通り, 文献に示されているKt-7 (pfl) の層厚に基づき指数近似曲線を作成し, 噴出物体積を算出した。
- この結果, Kt-7 (pfl) の噴出物体積は 50km^3 となった。

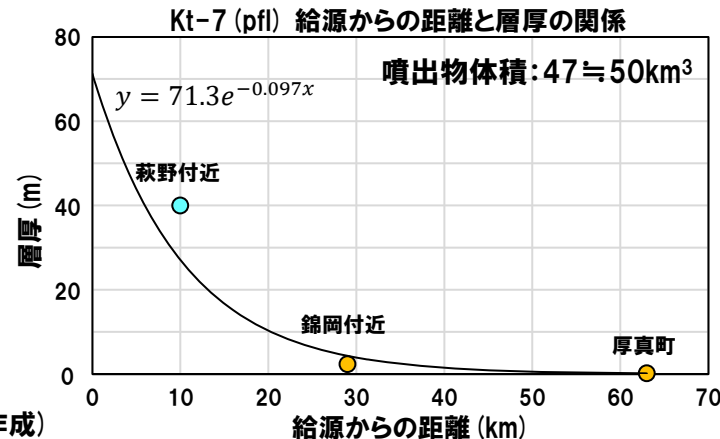


算出時に仮定したKt-7 (pfl) の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) を基に作成)

産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) による分布図

- : 火砕堆積物
- : 竹浦 (外輪山), 472m溶岩・北山溶岩類, 石山溶岩流, 橘湖
- : 日和山

- : 山縣 (1994) による倶多楽・登別火山群起源の火砕流堆積物分布範囲
- : 産業技術総合研究所編 (2003) による倶多楽・登別火山群起源の火砕流堆積物分布範囲
- : 胆振団体研究会 (1990) によるKt-7噴出物確認地点 (萩野付近において最大層厚40mに達すると報告されている)
- : Amma-Miyasaka et al. (2020) によるKt-7噴出物確認地点
- : 算出時に仮定したKt-7 (pfl) の分布範囲



※長流川沿いの蟠溪 (はんけい) 温泉付近には火砕流堆積物の記載が認められ, 文献により以下のようにその評価が変遷しているものの, 最新の野外地質調査と文献調査に基づき, 支笏火砕流堆積物の現存分布範囲及び層厚等をまとめた宝田ほか (2022) において支笏火砕流堆積物とされていることから (補足説明資料P28参照), 当該堆積物は支笏火砕流堆積物として扱う。

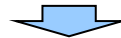
・産業技術総合研究所編 (2003) 20万分の1数値地質図幅集「北海道南部」においては, 当該地点は倶多楽・登別火山群起源の火砕流堆積物とされている
・産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) 20万分の1日本火山図においては, 当該地点は洞爺火砕流堆積物とされている

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項－立地評価：指摘事項No.2 (1) (1/5)－)

【立地評価：指摘事項No.2 (1)】

- 巨大噴火の可能性評価に係る各種データを用いた評価結果の説明が不十分。
 - ・活動履歴を含めて、「巨大噴火が差し迫った状態ではないこと」を判断した論理を火山影響評価ガイドの記載を踏まえ明確に整理し説明すること。
 - ・噴出物の組成（噴火イベント間の特徴や変化）について、既往知見を整理し、巨大噴火の可能性を判断するデータの一つとして整理し説明すること。
 - ・地殻変動データについては、テクトニックな広域応力場の影響を受けていることも考慮した上で、将来の巨大噴火の可能性を判断できるデータとして扱うことができるのか説明すること。
- 過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについては、活動履歴及び地球物理学的調査（地下構造（地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常）、火山性地震及び地殻変動）により、巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価している。
- 今回、活動履歴の検討に、噴出物の組成等に関する検討を加えた上で、巨大噴火が差し迫った状態であるか否かについて改めて評価を行った。
- 評価に当たっては、その論理構成を明確にした。
- 噴出物の組成に関する検討結果については、P18～P20に示す。



【支笏カルデラ】

（活動履歴）

- 支笏カルデラでは、約4万年前に、噴出物体積にして350～390km³の噴出物を噴出した巨大噴火が1回発生しているとされている。
- このため、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点において、判断することは難しい。
- しかし、巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山においては複数回の活動が認められ、噴出物体積の総和は最大でも15km³程度であることから、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。
- また、巨大噴火による噴出物（Sp-1）は珪長質であり、現在の支笏カルデラを形成した噴火以降に噴出した噴出物と組成が異なり、Sp-1噴出時のマグマ供給系のうち、斑晶に乏しい珪長質マグマが存在していた温度環境は、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される地温に比べ高い。
- したがって、巨大噴火（Sp-1噴出）時の状況と現在の状況は、噴出物の体積、噴出物の組成及び地温の観点において差異が認められることから、現状、Sp-1を噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される。

（地球物理学的調査）

- 支笏カルデラ直下の上部地殻内（約20km以浅）において、現状、深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動を示す兆候は認められないと判断される。

（評価）

- 支笏カルデラの現在の活動状況は、以上の検討結果を総合的に踏まえると、巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価される。

（次頁へ続く）

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.2 (1) (2/5) -)

(前頁からの続き)

[倶多楽・登別火山群]

(活動履歴)

- 倶多楽・登別火山群においては、巨大噴火が約9万年前に1回発生しており、その噴出規模は、Ammu-Miyasaka et al. (2020) において「VEI7 class」とされており、また、当社算出の噴出物体積が 20km^3 以上となった。
- 巨大噴火による噴出物 (Kt-7) を含め、先アヨロステージの噴出物について、全岩化学組成を示す知見は確認されない。
- このため、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点並びに噴出物の組成の観点において、判断することは難しい。
- しかし、倶多楽・登別火山群は、クッタラカルデラを形成したKt-1の噴火を最後に、現在に至る4万年間は登別ステージであるとされ、火山活動度が低下したままであり、複数回の活動が認められるが、噴出物体積は最大でも 0.04km^3 であり、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。
- したがって、巨大噴火 (Kt-7 噴出) 時の状況と現在の状況は、火山活動度及び噴出物の体積の観点において差異が認められることから、現状、Kt-7を噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される。

(地球物理学的調査)

- 倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内 (約 20km 以浅) において、現状、深度約 10km 程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動を示す兆候は認められないと判断される。

(評価)

- 倶多楽・登別火山群の現在の活動状況は、以上の検討結果を総合的に踏まえると、巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価される。

[洞爺カルデラ]

(活動履歴)

- 洞爺カルデラでは、約11万年前に、噴出物体積にして 354km^3 の噴出物を噴出した巨大噴火が1回発生しているとされている。
- このため、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点において、判断することは難しい。
- しかし、巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山においては複数回の活動が認められるが、噴出物体積は最大でも 14km^3 であり、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。
- また、巨大噴火による噴出物 (Tp) は、現在の洞爺カルデラを形成した噴火以降に噴出した噴出物と組成が異なる。
- したがって、巨大噴火 (Tp 噴出) 時の状況と現在の状況は、噴出物の体積及び噴出物の組成の観点において差異が認められることから、現状、Tpを噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される。

(地球物理学的調査)

- 洞爺カルデラ直下の上部地殻内 (約 20km 以浅) において、現状、深度約 10km 程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候も認められない。

(評価)

- 洞爺カルデラの活動状況は、以上の検討結果を総合的に踏まえると、巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価される。

○なお、上記評価の論理構成については、2章「火山影響評価の概要」のP49～P54に示す。

1. 指摘事項及び回答概要

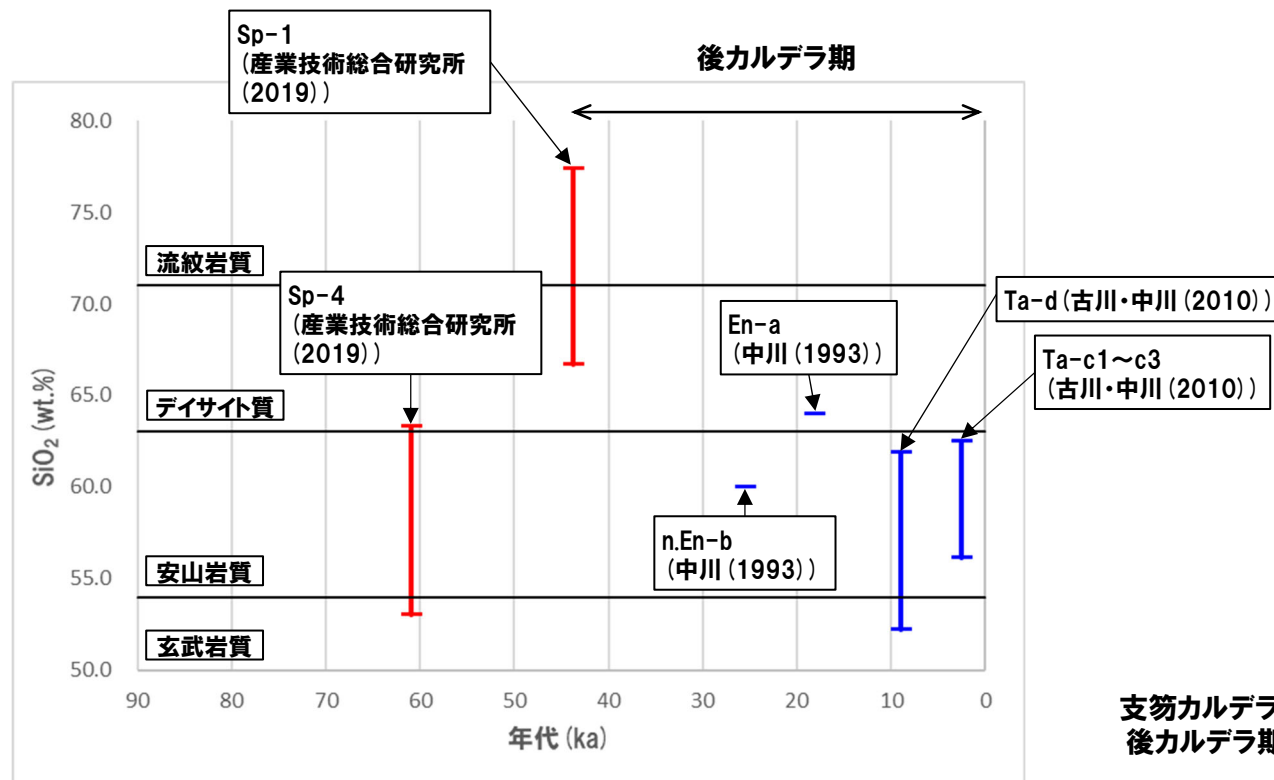
指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.2 (1) (3/5) -)

【支笏カルデラの噴出物の組成】

- 産業技術総合研究所 (2019) に基づくと、支笏カルデラにおける巨大噴火による噴出物であるSp-1の大半を占める斑晶に乏しい (CPタイプ) 軽石のSiO₂の重量比は、66.7～77.4wt.%であり、デイサイト～流紋岩組成である。
- 中川 (1993) 及び古川・中川 (2010) に基づくと、後カルデラ火山である恵庭岳、風不死岳及び樽前山の噴出物におけるSiO₂の重量比は、50～65wt.%であり、デイサイト～玄武岩組成である。



- 巨大噴火による噴出物 (Sp-1) は珪長質であり、現在の支笏カルデラを形成した噴火以降に噴出した噴出物と組成が異なる。



支笏カルデラのカルデラ形成期及び後カルデラ期噴出物のSiO₂重量比

1. 指摘事項及び回答概要

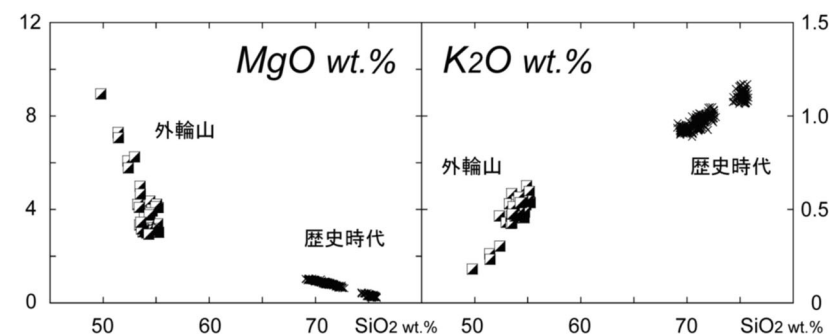
指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.2 (1) (4/5) -)

【洞爺カルデラの噴出物の組成】

- 産業技術総合研究所 (2022) によれば, Tpは, 全岩化学組成分析の結果, かんらん石斑晶を含む1試料が安山岩である以外は, すべて流紋岩であるとされている。
- 気象庁編 (2013) 及びGoto et al. (2015b) によれば, 各後カルデラ火山 (洞爺中島及び有珠山) の噴出物のうち, 有珠山歴史時代以外の噴出物はデイサイト～安山岩である (右上図及び右下表参照)。
- 有珠山歴史時代の珪長質な噴出物については, 全岩化学組成分析の結果, Tpの大半を占めている斑晶に乏しい (CPタイプ) 軽石と比較して, K_2O が低い (次頁図参照)。



- 巨大噴火による噴出物 (Tp) は, 現在の洞爺カルデラを形成した噴火以降に噴出した噴出物と組成が異なる。



有珠火山先史時代噴出物 (外輪山) 及び歴史時代噴出物の全岩化学組成ハーカー図 (気象庁編 (2013) に加筆)

洞爺中島 全岩主要元素化学組成 (Goto et al. (2015b) に加筆)

Table 3. Whole-rock major-element chemical compositions of volcanic rocks from the Nakajima Islands.

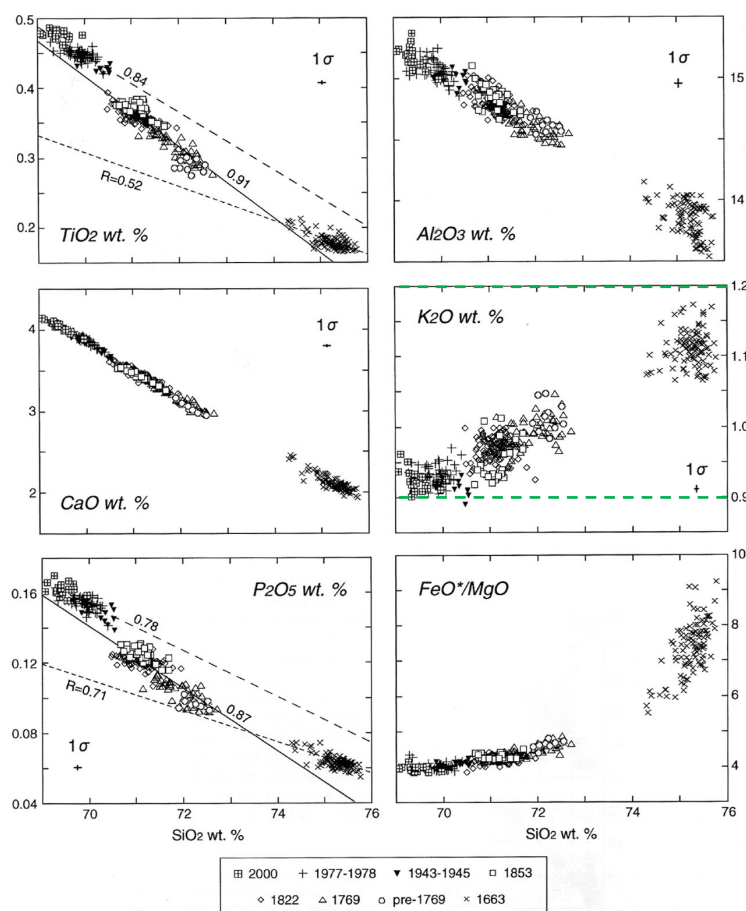
Name	Higashiyama pyroclastic cone	Higashiyama pyroclastic cone	Higashiyama dome	Higashiyama dome	Nishiyama dome	Hokusei dome
Sample No.	NJ-03-L2A	NJ-03-L2B	NJ-01	NJ-02	NJ-34	NJ-32
SiO ₂ (wt. %)	65.80	64.61	63.65	63.09	64.06	62.81
TiO ₂	0.52	0.55	0.64	0.64	0.61	0.67
Al ₂ O ₃	15.96	16.02	16.09	16.36	16.13	16.87
Fe ₂ O ₃ *	5.44	5.83	6.60	6.66	6.37	6.91
MnO	0.14	0.15	0.18	0.19	0.17	0.17
MgO	1.86	2.00	2.05	2.04	1.96	2.17
CaO	4.99	5.09	5.53	5.56	5.63	5.93
Na ₂ O	3.63	3.64	3.66	3.57	3.38	3.37
K ₂ O	1.34	1.36	1.00	0.99	0.92	0.84
P ₂ O ₅	0.11	0.11	0.14	0.14	0.14	0.15
Total	99.80	99.38	99.54	99.24	99.37	99.89
L.O.I.	1.14	1.25	-0.04	0.07	-0.06	0.15

Name	Kitayama dome	Hokutou-misaki dome	Nansei dome	Kannon-jima dome	Benten-jima dome	Manju-jima dome
Sample No.	NJ-31	NJ-80	NJ-37	KJ-03	BJ-02	MJ-03
SiO ₂ (wt. %)	64.61	64.44	65.90	60.23	64.00	59.01
TiO ₂	0.62	0.59	0.51	0.69	0.55	0.68
Al ₂ O ₃	16.25	16.06	16.12	16.66	16.12	17.32
Fe ₂ O ₃ *	6.56	6.36	5.56	8.34	6.22	7.34
MnO	0.15	0.15	0.13	0.18	0.15	0.16
MgO	2.07	1.98	1.92	2.78	2.24	4.13
CaO	5.53	5.46	5.09	6.45	5.55	7.23
Na ₂ O	3.28	3.26	3.32	3.23	3.36	3.01
K ₂ O	1.05	1.07	1.24	0.82	1.10	1.00
P ₂ O ₅	0.12	0.11	0.08	0.11	0.10	0.15
Total	100.24	99.48	99.87	99.49	99.39	100.04
L.O.I.	0.00	-0.04	0.63	0.04	0.14	1.22

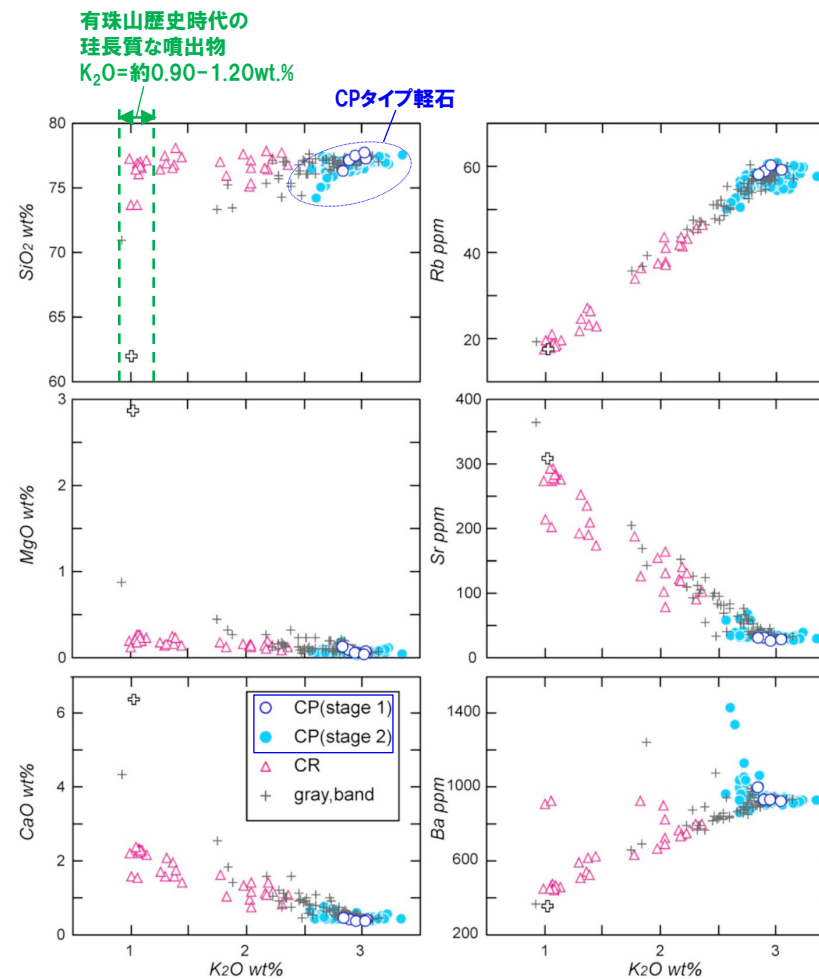
Compositions were determined by X-ray fluorescence (Rigaku RIX-2000) at Shimane University, Japan, following Kimura and Yamada (1996). Fe₂O₃*=total iron as Fe₂O₃. L. O. I.=loss on ignition.

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.2 (1) (5/5) -)



歴史時代噴出物の全岩化学組成ハーカー図
(気象庁編(2013)に加筆)



Tp噴出物の全岩組成分析 K_2O 主要・微量元素組成図
(産業技術総合研究所(2022)に加筆)

余白

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.2 (2) (1/6) -)

【立地評価:指摘事項No.2 (2)】

○巨大噴火の可能性評価に係る各種データを用いた評価結果の説明が不十分。

- ・活動履歴を含めて、「巨大噴火が差し迫った状態ではないこと」を判断した論理を火山影響評価ガイドの記載を踏まえ明確に整理し説明すること。
- ・噴出物の組成(噴火イベント間の特徴や変化)について、既往知見を整理し、巨大噴火の可能性を判断するデータの一つとして整理し説明すること。
- ・地殻変動データについては、テクトニックな広域応力場の影響を受けていることも考慮した上で、将来の巨大噴火の可能性を判断できるデータとして扱うことができるのか説明すること。

○これまで、上下変動及び基線長変化の検討に用いた電子基準点データは、1データ/1日示すこととしていたが、季節変化に伴うノイズや、噴火、地震、伐木イベント等に伴う不連続が認められることから、より巨大噴火の可能性評価に資するデータを示すため、ノイズ及び不連続の除去を行った。

○また、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラが位置する北海道南部の電子基準点データが影響を受けていると考えられる噴火、内陸地震、海溝型地震の余効変動等を考慮するため、追加の文献レビューを実施した。

○地殻変動に関する文献レビュー結果については、補足説明資料4.1章に示す。



○小樽1地点を固定局とした各基準点の上下変動について1年間の移動平均グラフを作成し、季節変化に伴うノイズを除去した。

○また、基線長変化について噴火、地震、伐木イベント等の前後7日間の平均値を基に不連続を除去した。

○支笏カルデラを例としたノイズ及び不連続除去の状況をP24～P27に示す。

○これらの作業を行い、より巨大噴火の可能性評価に資するデータとした上で、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの地殻変動(上下変動及び基線長変化)について、以下のとおり評価した。

【支笏カルデラ】(詳細はP134～P136参照)

- 支笏カルデラ付近の上下変動は、一部基線において、プレート間固着効果等に伴う定常的な沈降及び2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動に伴う隆起に由来する小樽1地点との相対的な差異を捉えているものと考えられ、これ以外に継続的かつ顕著な比高変化は認められない。
- 支笏カルデラ付近の基線長変化は、一部基線において、2003年十勝沖地震及び2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動に伴う基線の伸びが認められるが、これ以外に継続的かつ顕著な膨張又は収縮傾向は認められない。

(次頁へ続く)

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.2 (2) (2/6) -)

(前頁からの続き)

[倶多楽・登別火山群] (詳細はP172～P175参照)

- 全ての基線において、2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動に伴う基線の伸びが、一部基線において、プレート間固着効果等による定常的な沈降及び2000年有珠山噴火の余効変動に伴う基線の縮みが認められる。
- 倶多楽・登別火山群付近の上下変動は、上記の余効変動等に由来する小樽1地点との相対的な差異を捉えているものと考えられ、これ以外に継続的かつ顕著な比高変化は認められない。
- 倶多楽・登別火山群付近の基線長変化は、一部基線において、2000年有珠山噴火の余効変動に伴う基線の縮みが、一部基線において、2003年十勝沖地震及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う余効変動に伴う基線の伸びが認められる。
- また、一部基線において、2020年頃から現在にかけて基線の伸びが認められるが、これは、倶多楽湖の北西側(オロフレ山周辺)の隆起に伴うものと考えられる。
- これらの基線長変化以外に、継続的かつ顕著な膨張又は収縮傾向は認められない。

[洞爺カルデラ] (詳細はP215～P217参照)

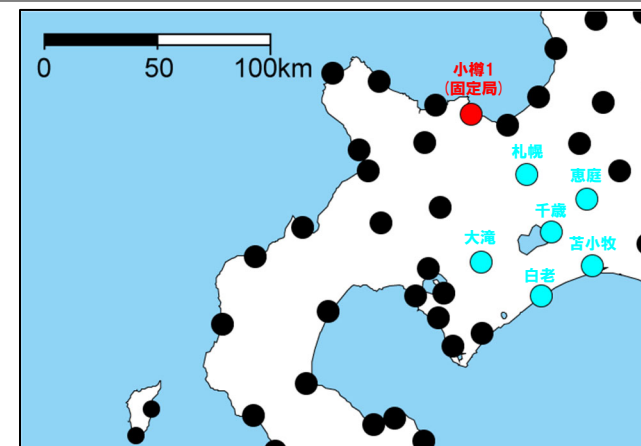
- 全ての基線において、2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動に伴う隆起が、一部の基線において、2000年有珠山噴火の余効変動に伴う沈降が認められる。
- 洞爺カルデラ付近の上下変動は、上記の余効変動等に由来する小樽1地点との相対的な差異を捉えているものと考えられ、これ以外に継続的かつ顕著な比高変化は認められない。
- 洞爺カルデラ付近の基線長変化は、一部基線において、2000年有珠山噴火の余効変動に伴う基線の縮みが、一部基線において2003年十勝沖地震の余効変動に伴う基線の伸びが認められる。
- これらの基線長変化以外に、継続的かつ顕著な膨張又は収縮傾向は認められない。

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.2 (2) (3/6) -)

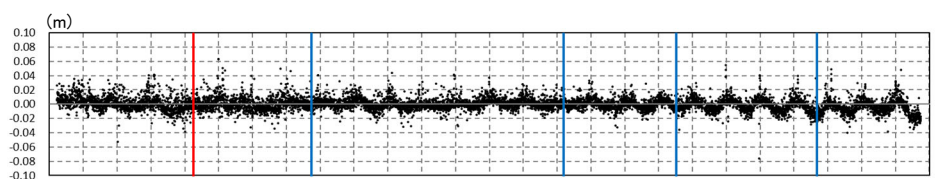
【上下変動(ノイズ除去前)】

- 支笏カルデラ付近の6基準点(札幌, 大滝, 恵庭, 白老, 苫小牧及び千歳)について, 各電子基準点設置以降から2021年9月までの上下変動を示す(本頁下図)。
- 固定局は, 支笏カルデラと同様に東北日本弧延長部に位置し, 第四紀火山から離隔があること等を踏まえ, 小樽1地点とした。
- 当該上下変動図は, 季節変化に伴う影響(気象条件に関するノイズ, 電子基準点周辺の樹木の生長等)がノイズとなり, 中長期的な傾向を掴みづらい状況となっているため, ノイズを除去する補正を行った(次頁参照)。

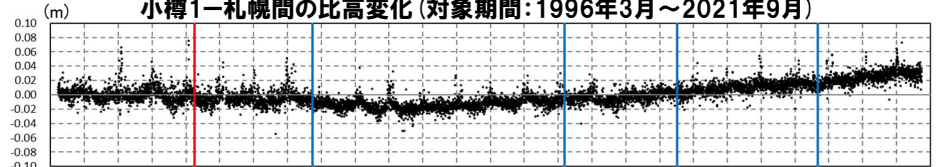


支笏カルデラ付近電子基準点位置図

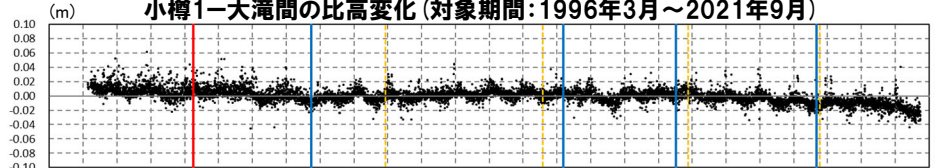
- 2000年3月有珠山噴火
- 2003年9月十勝沖地震
- 2011年3月東北地方太平洋沖地震
- 2014年7月胆振地方中東部の地震
- 2018年9月北海道胆振東部地震
- - - 伐木



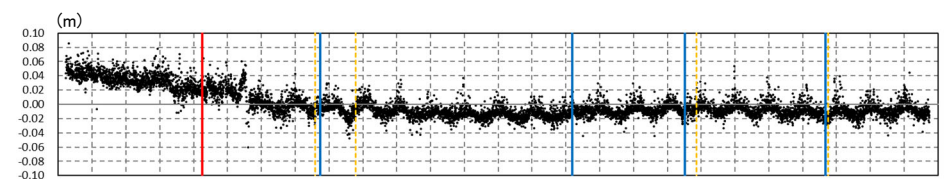
小樽1ー札幌間の比高変化 (対象期間:1996年3月～2021年9月)



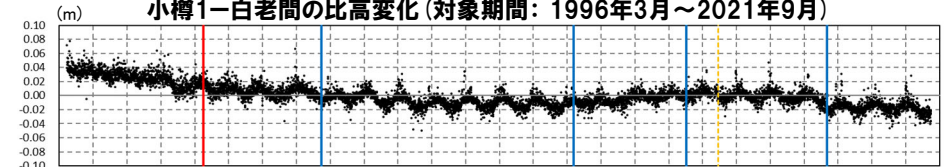
小樽1ー大滝間の比高変化 (対象期間:1996年3月～2021年9月)



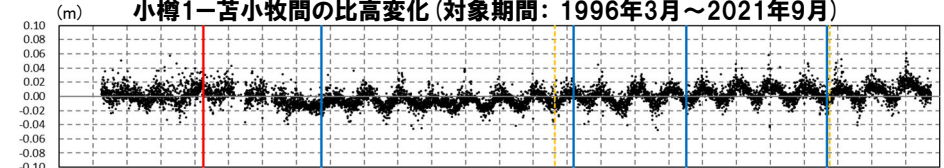
小樽1ー恵庭間の比高変化 (対象期間:1997年2月～2021年9月)



小樽1ー白老間の比高変化 (対象期間:1996年3月～2021年9月)



小樽1ー苫小牧間の比高変化 (対象期間:1996年3月～2021年9月)



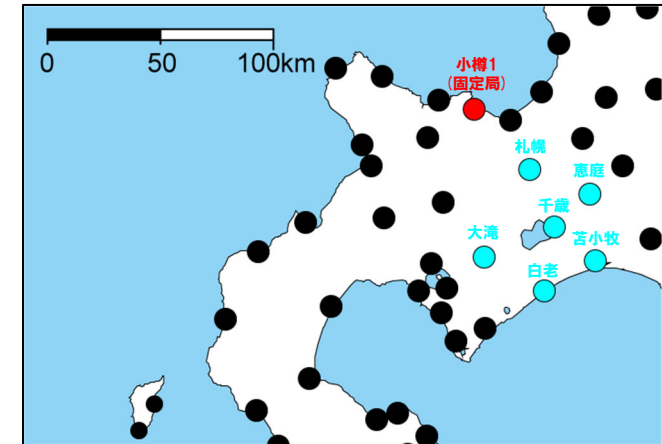
小樽1ー千歳間の比高変化 (対象期間:1997年3月～2021年9月)

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.2 (2) (4/6) -)

【上下変動(ノイズ除去後)】

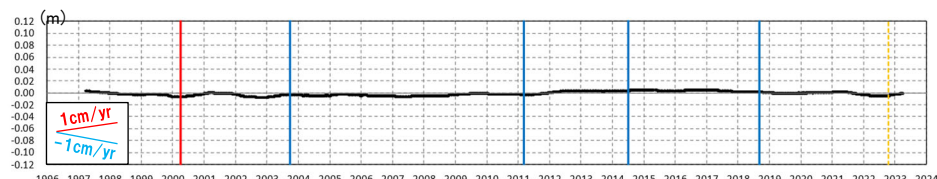
- 季節変化に伴う影響(気象条件に関するノイズ, 電子基準点周辺の樹木の生長等)を除去するために, 小樽1地点を固定局とした各基準点の上下変動について1年間の移動平均グラフを作成した。また, グラフの作成に当たっては, 使用するデータをF3解からF5解へ更新するとともに, 表示期間も2023年3月までとした。
- 支笏カルデラ付近の上下変動は, 一部基線において, プレート間固着効果等に伴う定常的な沈降及び2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動(補足説明資料4.1章参照)に伴う隆起に由来する小樽1地点との相対的な差異を捉えているものと考えられ, これ以外に継続的かつ顕著な比高変化は認められない。



支笏カルデラ付近電子基準点位置図

- 2000年3月有珠山噴火
- 2003年9月十勝沖地震
- 2011年3月東北地方太平洋沖地震
- 2014年7月胆振地方中東部の地震
- 2018年9月北海道胆振東部地震

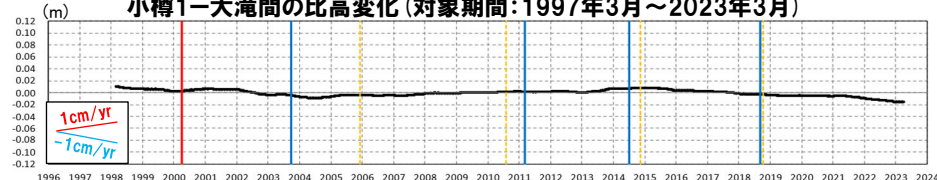
--- 伐木



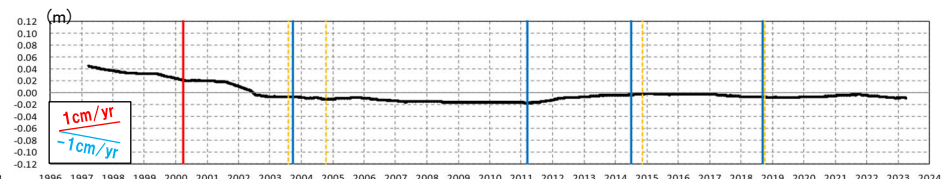
小樽1ー札幌間の比高変化(対象期間:1997年3月～2023年3月)



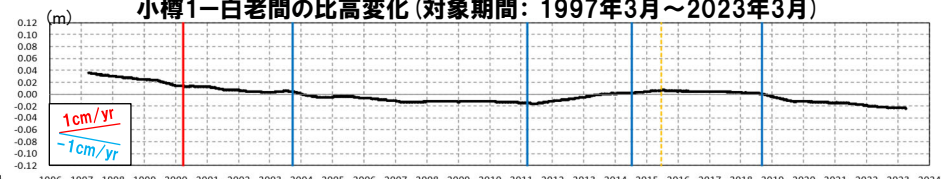
小樽1ー大滝間の比高変化(対象期間:1997年3月～2023年3月)



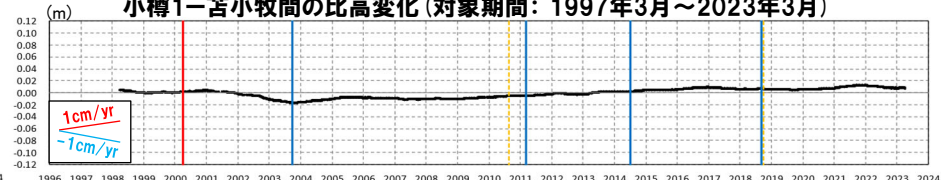
小樽1ー恵庭間の比高変化(対象期間:1998年2月～2023年3月)



小樽1ー白老間の比高変化(対象期間:1997年3月～2023年3月)



小樽1ー苫小牧間の比高変化(対象期間:1997年3月～2023年3月)



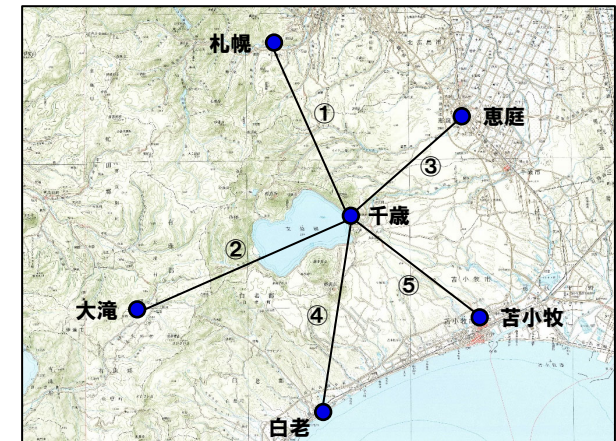
小樽1ー千歳間の比高変化(対象期間:1998年3月～2023年3月)

1. 指摘事項及び回答概要

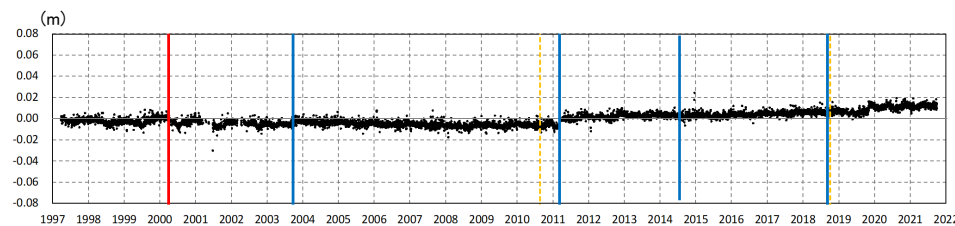
指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.2 (2) (5/6) -)

【基線長変化(不連続除去前)】

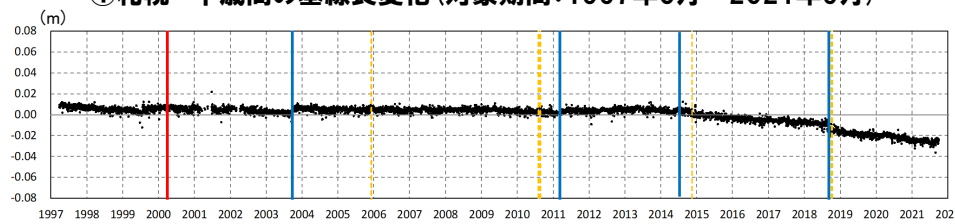
- 支笏カルデラ付近の6基準点(札幌, 大滝, 恵庭, 白老, 苫小牧及び千歳)を結んだ5基線について, 各電子基準点設置以降から2021年9月までの基線長変化を示す(本頁下図)。
- 当該基線長変化図は, 本頁左下に示す噴火, 地震イベント等により, 基線長に複数の不連続が生じ, 中長期的な傾向を掴みづらい状況となっているため, 不連続を除去する補正を行った(次頁参照)。



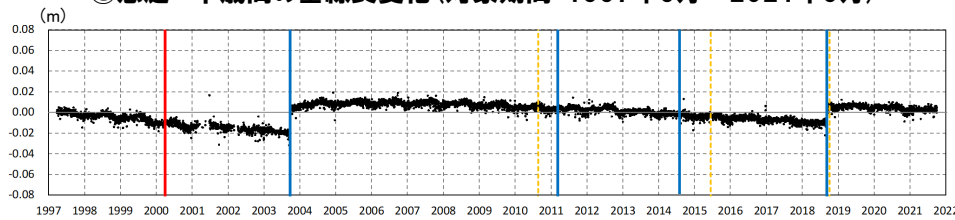
支笏カルデラ付近電子基準点位置図



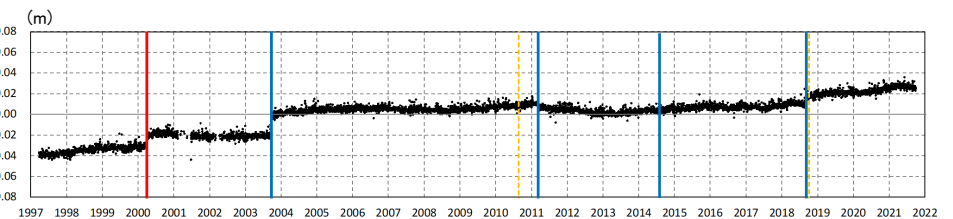
①札幌-千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



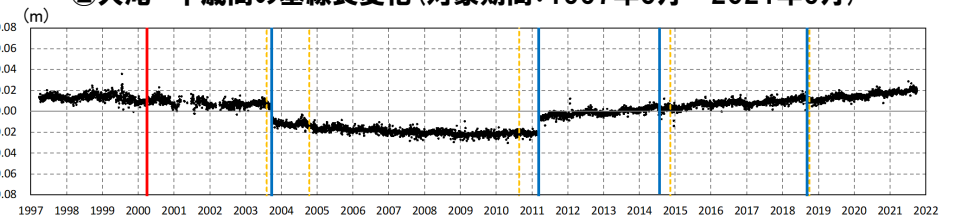
③恵庭-千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



⑤苫小牧-千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



②大滝-千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



④白老-千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)

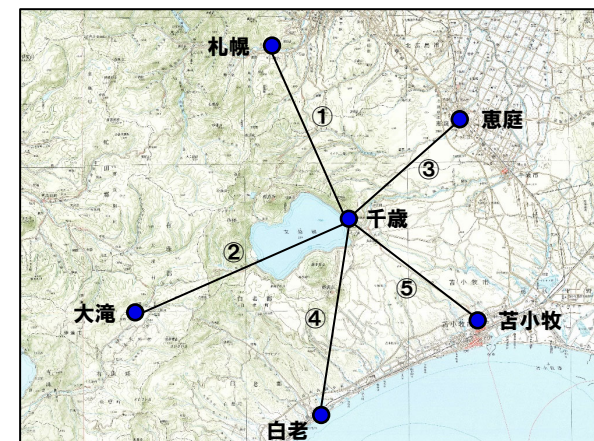
- 2000年3月有珠山噴火
- 2003年9月十勝沖地震
- 2011年3月東北地方太平洋沖地震
- 2014年7月胆振地方中東部の地震
- 2018年9月北海道胆振東部の地震
- 伐木

1. 指摘事項及び回答概要

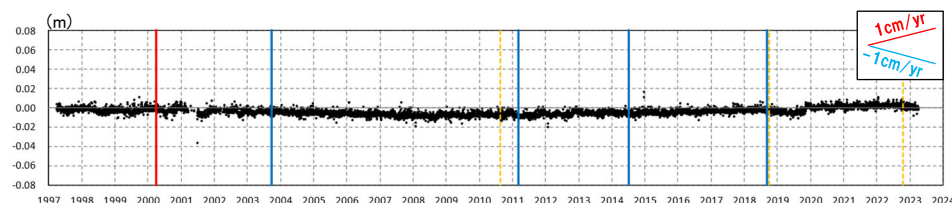
指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.2 (2) (6/6) -)

【基線長変化(不連続除去後)】

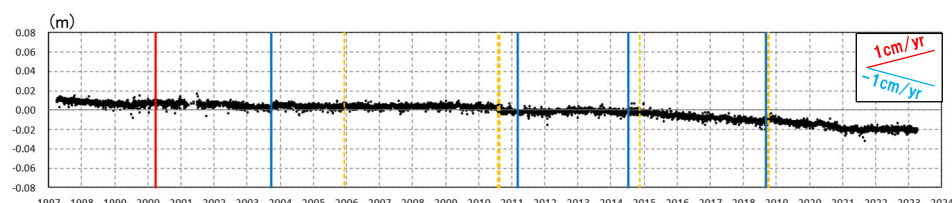
- 噴火、地震、伐木イベント等による不連続を除去するため、右下黒枠内に示すイベントについて、イベント前後7日間の平均値を基に不連続を除去する補正を実施した。また、補正の実施に当たっては、使用するデータをF3解からF5解へ更新するとともに、表示期間も2023年3月までとした。
- 支笏カルデラ付近の基線長変化は、一部基線において、2003年十勝沖地震及び2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動(補足説明資料4.1章参照)に伴う基線の伸びが認められるが、これ以外に継続的かつ顕著な膨張又は収縮傾向は認められない。



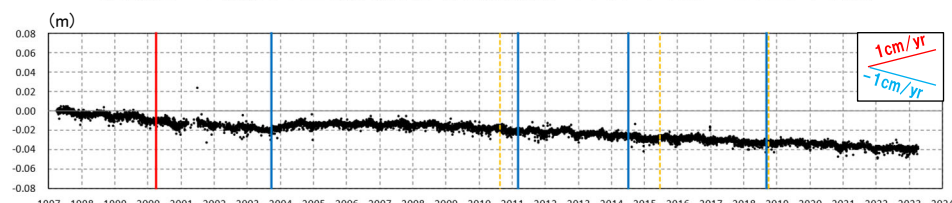
支笏カルデラ付近電子基準点位置図



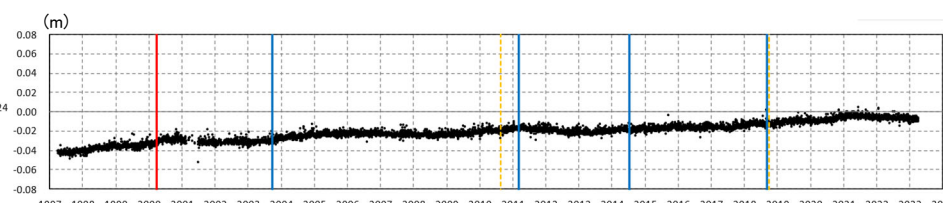
①札幌一千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2023年3月)



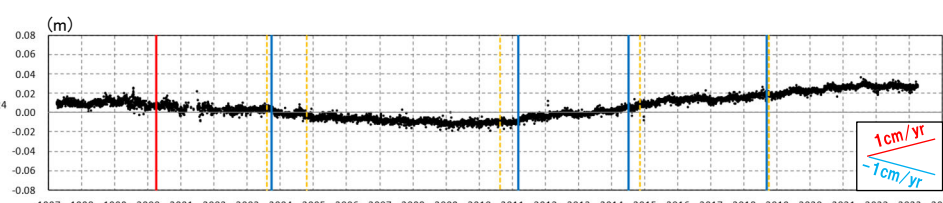
③恵庭一千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2023年3月)



⑤苫小牧一千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2023年3月)



②大滝一千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2023年3月)



④白老一千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2023年3月)

補正対象イベント

2000年3月有珠山噴火

2003年9月十勝沖地震

2011年3月東北地方太平洋沖地震

2014年7月胆振地方中東部の地震

2018年9月北海道胆振東部地震

伐木

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価:指摘事項No.3 (1/4) -)

【立地評価:指摘事項No.3】

- 支笏カルデラの地下構造に関して、既往知見に照らしてマグマ溜まりの存在の可能性を否定する根拠が十分に整理されていない。
 - ・低比抵抗領域におけるメルトの存在の有無の評価については、地震波速度構造の精度の観点等からの説明が足りないと考えられる。現在の火山学に照らした調査を尽くし、総合的に判断できる根拠を揃えて説明すること。
- 巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの存在を地震波速度構造の検討により把握することが可能かを整理した。
- また、網羅的な文献調査により支笏カルデラの地下構造に関する知見は反映しているが、今回、地震波速度構造の検討に使用するデータの最新化や、マグマ溜まりの定置条件に関する知見を追加し、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを確認する上で、着目すべき深度を検討した。



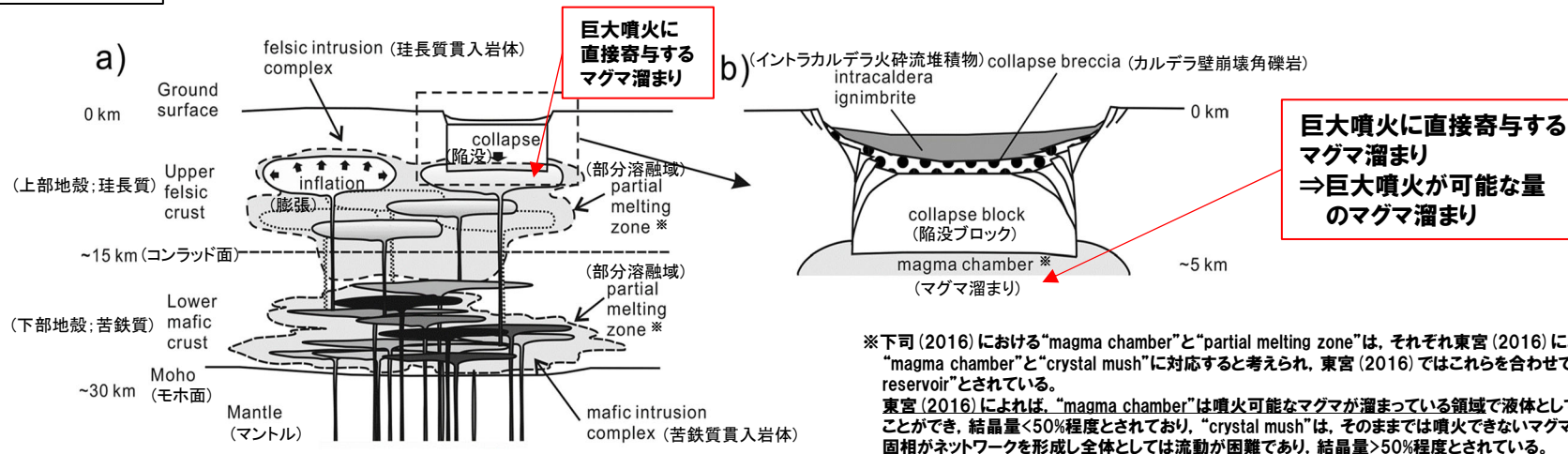
- 地震波速度構造の検討に使用するデータを、防災科学技術研究所HP「日本列島下の三次元地震波速度構造(2022年度版)」に更新した。
- 下司(2016)に加え、東宮(2016)を踏まえると、巨大噴火が可能な量の珪長質なマグマ溜まりについては、上部地殻内である深度約10km程度以浅に形成される必要があると判断した。
- 巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する場合、その周囲には部分熔融域が広がっているものと考えられ、これらは、カルデラを越える範囲に広がっている巨大なマグマシステムを構成する一部であることを踏まえると、水平分解能※が20km、鉛直分解能※が5km～10kmである地震波トモグラフィ解析において、十分に捉えられる規模と考えられる。
- また、仮にこの分解能を下回る規模であったとしても、マグマ溜まり及び部分熔融域が存在する範囲を地震波が通過する場合、不明瞭ながらも速度異常域として捉えられるものと考えられる。
- 文献(Yamaya et al.(2017)及びIchihara et al.(2019))において支笏カルデラ直下の上部地殻内における低比抵抗領域について、地震波速度構造と合わせて検討した結果、低比抵抗領域の下部は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆されるものの、上部は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- 低比抵抗領域の上部(P114～P125参照)の推定分布範囲は、震源分布の観点及び地温の観点から、それぞれにおいてメルトの存在を示唆する状況ではない。
- したがって、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)において、現状、深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さいと判断される。
- なお、本検討の詳細は、P92～P96及びP111～P125に示す。

※地震波トモグラフィ解析における分解能の詳細はP113参照。

1. 指摘事項及び回答概要

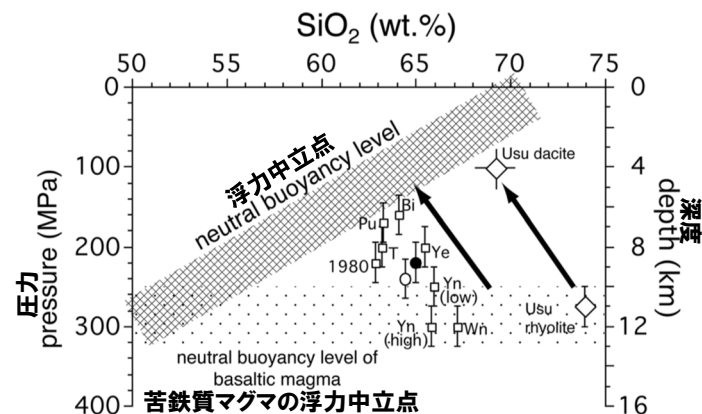
指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価: 指摘事項No.3 (2/4) -)

下司 (2016)



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)

東宮 (2016)



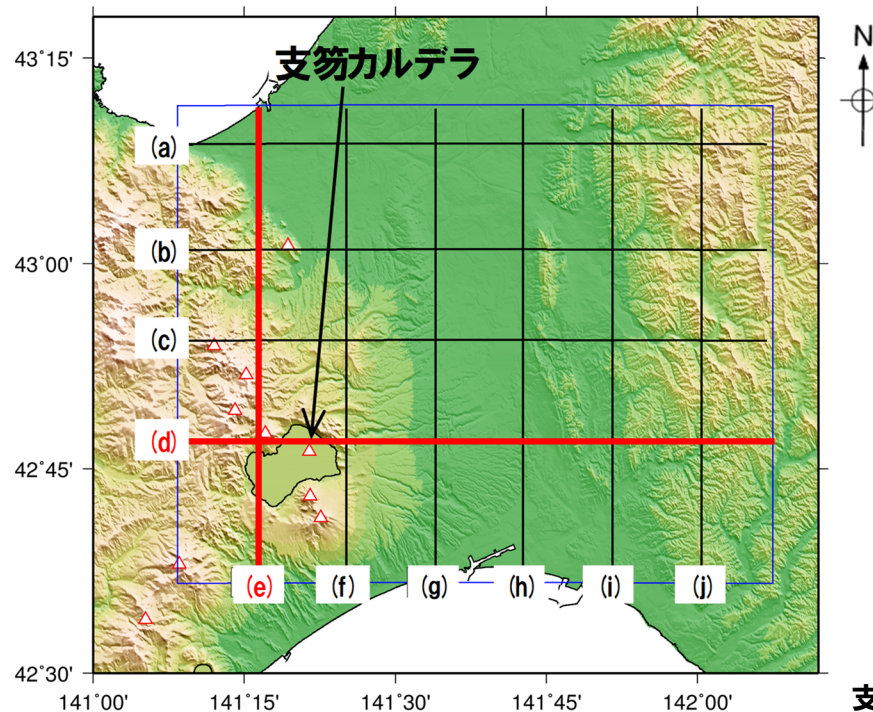
揮発性成分濃度から推定した珪長質マグマ溜まりの深度 (東宮 (2016) に加筆)

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価: 指摘事項No.3 (3/4) -)

【Yamaya et al. (2017) に認められる比抵抗構造に対応する地震波速度構造】

- 文献 (Yamaya et al., 2017; Ichihara et al., 2019) を踏まえると、支笏カルデラ直下の上部地殻内 (約20km以浅) には、低比抵抗領域が認められるが、メルトを含む部分熔融域かマグマ由来の水に富む領域か比抵抗構造だけでは判断できないことから、当該領域における比抵抗構造と地震波速度構造とを合わせた検討を実施する。
- Yamaya et al. (2017) に示される (d) 断面及び (e) 断面に合わせて作成した地震波速度構造断面において、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められる。また、上部地殻内 (約20km以浅) に位置する低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められず、低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。
- このため、Yamaya et al. (2017) を踏まえると、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、上部地殻内 (約20km以浅) に位置する低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。



鉛直断面位置図

(Yamaya et al. (2017) に示される断面のうち、支笏カルデラ付近で直交する (d) 断面及び (e) 断面を次頁に示す)

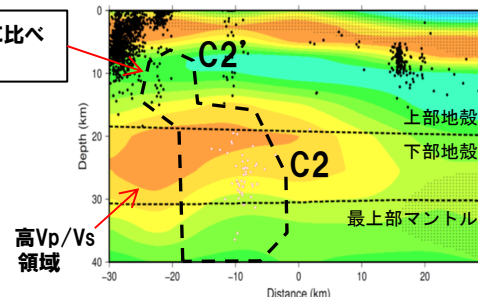
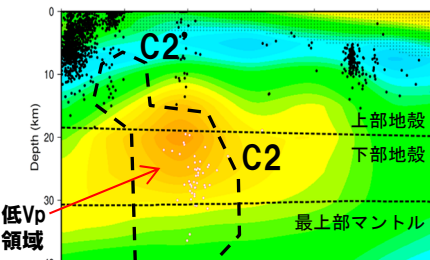
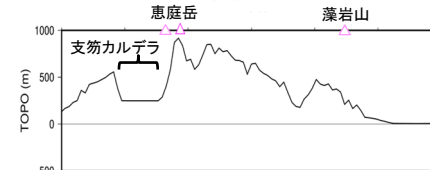
1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-立地評価: 指摘事項No.3 (4/4) -)

凡例 (地震波速度構造)

- △ 第四紀火山
- 黒点 震源 (MJMA ≥ 0)
- 赤点 低周波地震の震源
- (期間: 2000/10/1-2020/12/31)
- 半透明黒色部 チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
- (Yamaya et al. (2017) に示される低比抵抗領域「C2」及び「C2'」)

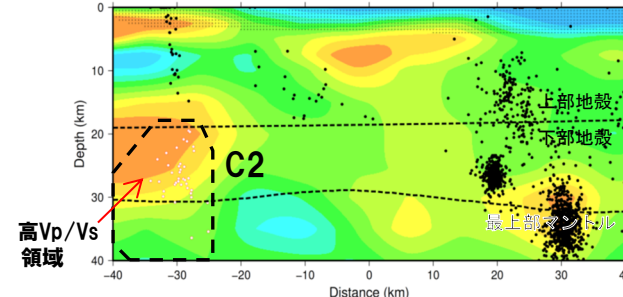
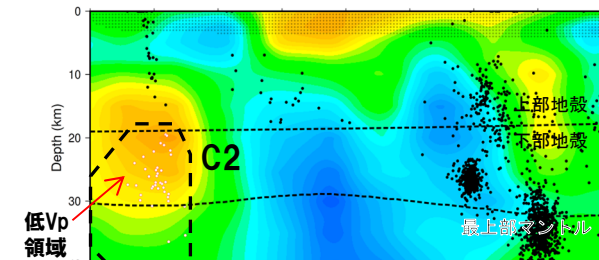
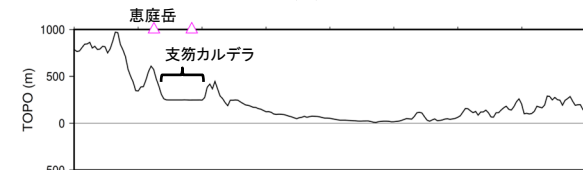
←S (e) 断面 N→



地震波速度構造 (鉛直断面)

「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。

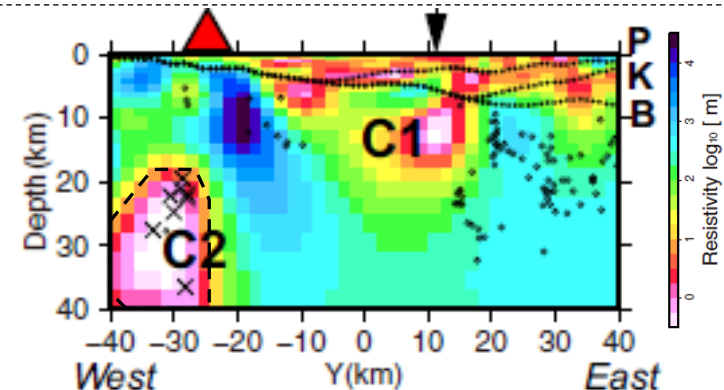
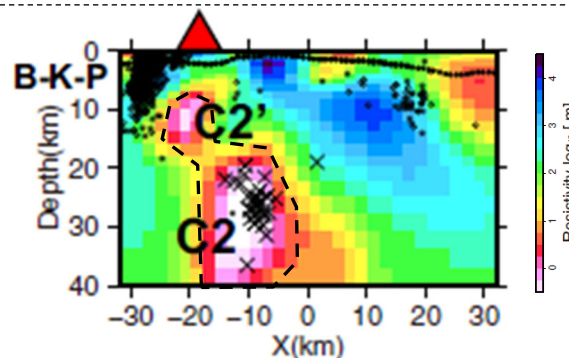
←W (d) 断面 E→



比抵抗構造 (鉛直断面)
(Yamaya et al. (2017) に加筆)

凡例 (比抵抗構造)

- C1 石狩低地東縁断層帯直下の低比抵抗領域
- C2 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域
- C2' 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域
- 普通地震の震源 (1997~2014年)
- × 深部低周波地震の震源 (1997~2014年)
- ▲ 支笏カルデラ
- P 古第三紀層の上面
- K 上部白亜紀層の上面
- B 基底層の上面
- ↓ 活断層の位置



1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.1 (1) (1/4) -)

【影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.1 (1)】

○火山灰層厚の評価に当たって必要な整理

- ・敷地周辺の地質調査については、より広い範囲における文献調査結果等も併せて示し、調査範囲が十分であることを示すことが必要。
- ・敷地内のF1断層開削調査箇所において認められた火山灰については、火山灰層厚の評価における考慮の要否とその判断の根拠を整理した上で説明することが必要。
- ・降下火砕物シミュレーションによる火山灰層厚の評価対象とする噴火の選定については、選定のプロセスと根拠を十分に説明することが必要。

- 地理的領域にある第四紀火山 (32火山) を給源に持つ火山噴出物の分布状況については、文献調査結果に基づき、「敷地から半径160km以内の範囲 (地理的領域) にある第四紀火山カタログ」に整理している (補足説明資料1章参照)。
- また、敷地及び敷地近傍に到達した可能性のある降下火砕物についても整理している (補足説明資料2.1章参照)。
- 地質調査の範囲が敷地及び敷地近傍 (敷地を中心とする半径5kmの範囲に加え、岩内平野及び積丹半島西岸を含む範囲) であることの十分性について、上記文献調査結果との比較により示した。



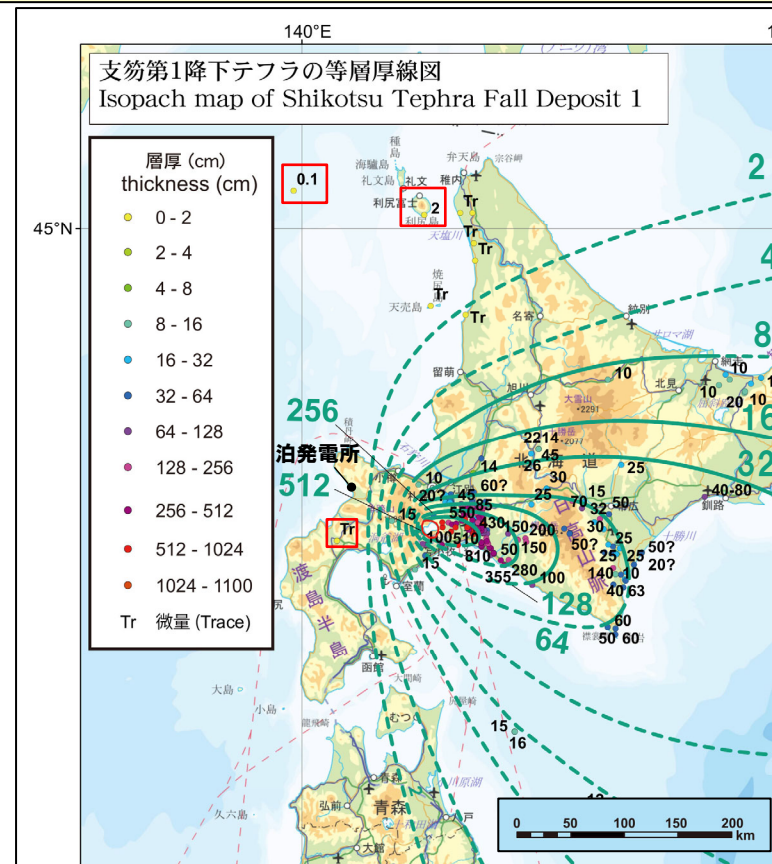
- 地質調査の結果、敷地近傍には洞爺火砕流堆積物、ニセコ・雷電火山群由来の火山噴出物、洞爺火山灰 (Toya) 及び阿蘇4火山灰 (Aso-4) が認められ、文献調査の結果、敷地近傍にこれらの火山噴出物の分布が示されていることと調和的である (次頁参照)。
- 文献調査において敷地及び敷地近傍に到達した可能性があるとした降下火砕物のうち、上記以外のものについては、以下のとおり評価しており、地質調査の結果と整合的である。
 - [2000年有珠山噴火に伴い噴出した降下火砕物、白頭山苦小牧火山灰 (B-Tm)、始良Tn火山灰 (AT) 及びクツチャロ羽幌火山灰 (Kc-Hb)]
 - ・これらの降下火砕物は、地質調査においては確認されないが、敷地はこれらの降下火砕物の等層厚線図の縁辺部付近 (10cm以下) に位置することから、敷地及び敷地近傍に到達していたとしても、その層厚は数cm程度であると推定され、侵食等により消失した可能性が考えられることから、地質調査結果を以て、これらの降下火砕物が敷地及び敷地近傍に到達したことを否定するものではない (P10参照)。
 - [支笏第1降下軽石 (Spfa-1)]
 - ・支笏第1降下軽石 (Spfa-1) は、地質調査においては確認されないが、宝田ほか (2022) (P34参照) を踏まえると、敷地及び敷地近傍に到達していたとしても、その層厚はわずかであると推定され、侵食等により消失した可能性が考えられることから、地質調査結果を以て、この降下火砕物が敷地及び敷地近傍に到達したことを否定するものではない。
 - [クツタラ第2火山灰 (Kt-2)]
 - ・クツタラ第2火山灰 (Kt-2) は、倶多楽・登別火山群から敷地を越えて約40km離れた敷地前面海域において当該火山ガラスを多く含む堆積物 (層厚5cm) が認められる (P35参照) ことから、クツタラ第2火山灰 (Kt-2) は、敷地及び敷地近傍に到達していたものと考えられる。
- 地質調査範囲は、地質調査結果と文献調査結果は整合的であり、加えて文献に示されていない火山噴出物は確認されない※ことから、十分であると判断される。
- なお、本検討の詳細については補足説明資料2章に示す。

※F-1断層開削調査箇所のスケッチに示された火山灰 (黄灰色A) 及び火山灰 (黄灰色B) について、噴出年代及び給源が不明な降下火砕物である可能性も否定できないとしている解釈は、周囲の地質調査結果による推定であり、地質調査によって、給源不明な降下火砕物を直接確認したものではない。

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7審査会合における指摘事項-影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.1 (1) (3/4) -)

- 町田・新井 (2011) 及び Uesawa et al. (2022) の確認では抽出されないものの、より最新の知見に基づき、敷地及び敷地近傍に到達した可能性のある降下火砕物として、以下の文献のとおり、支笏第1降下軽石 (Spfa-1) が抽出される。
- 最新の野外地質調査と既存文献調査に基づき支笏火砕流堆積物及び支笏第1降下軽石 (Spfa-1) の分布範囲及び層厚等をまとめた宝田ほか (2022) によれば、等層厚線図範囲内 (>2cm) に敷地は含まれていないものの、敷地の北方に位置する日本海 (層厚0.1cm) や利尻島 (層厚2cm)、敷地の南方に位置する長万部付近 (Tr:微量) において確認されていることを踏まえると、敷地及び敷地近傍に支笏第1降下軽石 (Spfa-1) が到達した (降灰した) 可能性が考えられる。

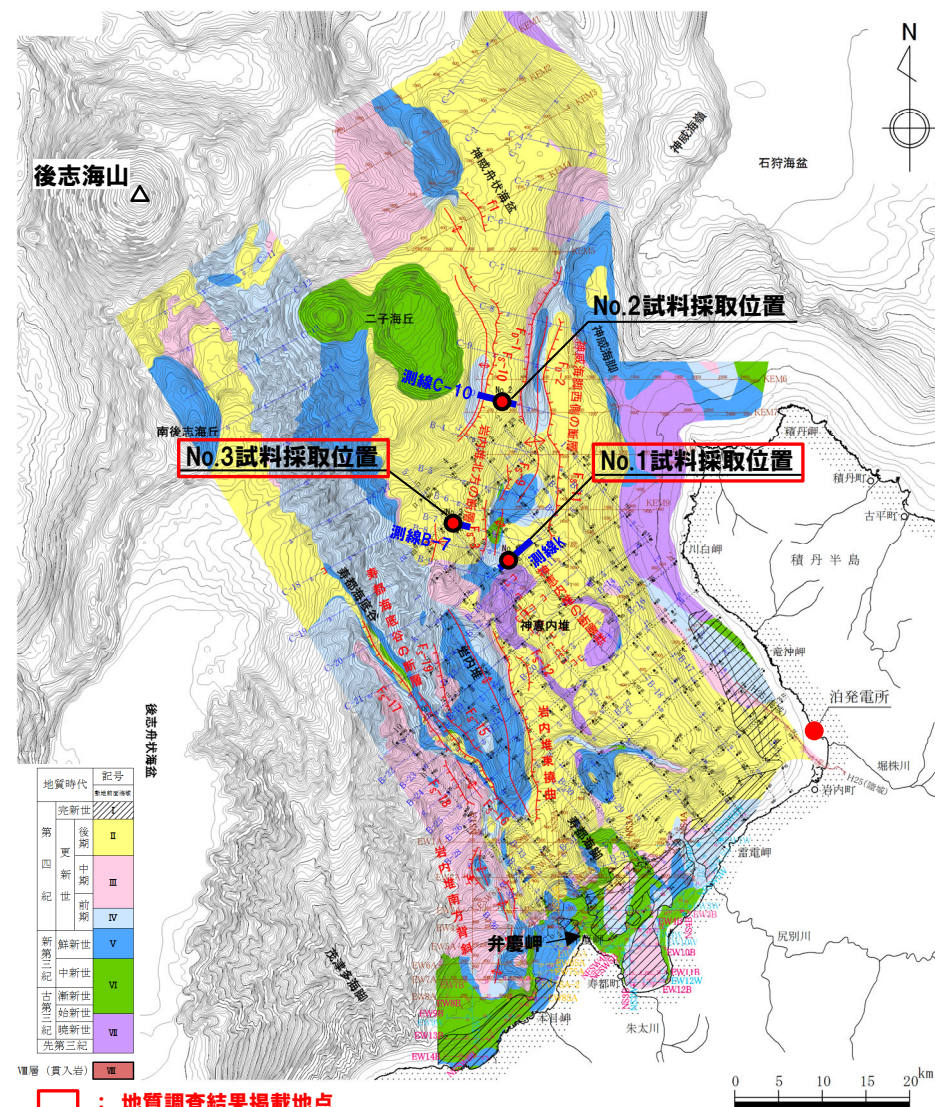
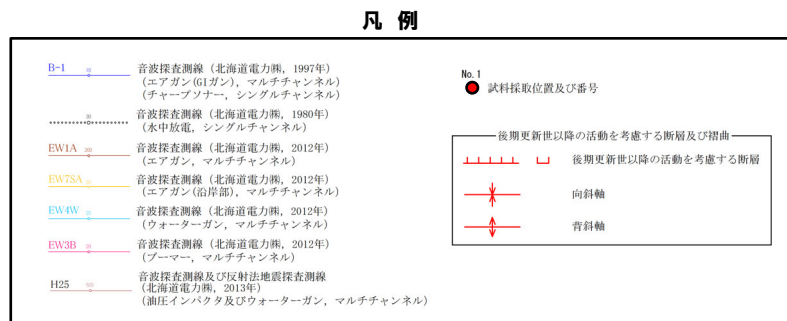


支笏第1降下軽石 (Spfa-1) の層厚分布図 (宝田ほか (2022) に加筆)

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.1 (1) (4/4) -)

- 敷地前面海域においては、右図に示す位置で地質調査（ピストンコアラー調査）を実施している。
 - なお、敷地前面海域は、敷地から汀線方向約50km、沖合方向約35kmの範囲の海域及び弁慶岬周辺の海域である。
- 【ピストンコアラー調査結果】
- No.1～No.3試料採取位置の調査結果は以下のとおり。
 - ・No.1試料採取位置で採取した柱状試料においては、¹⁴C法年代測定値51,080y.B.P.以前を示す有孔虫化石の直下部においてクツタラ第2火山灰（Kt-2）に対比される火山灰を確認している。
 - ・No.2試料採取位置で実施した柱状試料においては、主に火山碎屑物からなる堆積物は認められない。
 - ・No.3試料採取位置で採取した柱状試料においては、支笏第1降下軽石（Spfa-1）に対比される火山灰を確認している。

敷地前面海域における調査結果の詳細については、H28.8.26審査会合資料「泊発電所 敷地前面海域の地質層序（補足説明資料）」に記載。



敷地前面海域の海底地質図

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.1 (2) (1/2) -)

【影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.1 (2)】

○火山灰層厚の評価に当たって必要な整理

- ・敷地周辺の地質調査については、より広い範囲における文献調査結果等も併せて示し、調査範囲が十分であることを示すことが必要。
- ・敷地内のF1断層開削調査箇所において認められた火山灰については、火山灰層厚の評価における考慮の要否とその判断の根拠を整理した上で説明することが必要。
- ・降下火砕物シミュレーションによる火山灰層厚の評価対象とする噴火の選定については、選定のプロセスと根拠を十分に説明することが必要。

○F-1断層開削調査箇所のスケッチに火山灰等と記載されている複数の堆積物については、敷地及び敷地近傍における地質調査結果を踏まえると、「支笏第1降下軽石 (Spfa-1)、洞爺火山灰 (Toya) 及び対象火山灰に対比される火山ガラスが混在する堆積物」と推定され、「洞爺火山灰 (Toya) の火山ガラスを多く含む堆積物」若しくは「阿蘇4火山灰 (Aso-4) の純層又は二次堆積物」の可能性も考えられると解釈していた。

○今回、敷地及び敷地近傍における地質調査結果との対比や、スケッチに示された情報を踏まえ、各堆積物について別個に解釈を行い、層厚評価の検討対象となるか検討した。



○F-1断層開削調査箇所のスケッチ (1982年夏頃作成) に火山灰等と記載されている複数の堆積物のうち、表土直下に分布する火山灰 (灰白色) 及び火山灰質シルトは、以下のことから、火山ガラスが混在する堆積物であると推定される。

- ・火山灰 (灰白色) と火山灰質シルトは、旧地表面に沿って堆積しており、比較的新しい堆積物であると考えられる。
- ・3号炉調査時露頭 (b~d地点) 及び平成25年度造成工事時露頭 (e地点) において、前述の検討 (補足説明資料P230~P233参照) により、支笏第1降下軽石 (Spfa-1)、洞爺火山灰 (Toya) 及び対象火山灰に対比される火山ガラスが混在すると推定した堆積物は、旧地表面に沿って堆積していると推定される。
- ・F-1断層開削調査箇所と、3号炉調査時露頭及び平成25年度造成工事時露頭は、いずれも同程度の標高 (約50~60m) の斜面上に位置する。
- ・断層調査においては、高位段丘堆積物等 (MIS7以前) の上位において、火山ガラスが混在する堆積物が認められる。

○また、火山灰 (灰白色) は、スケッチにおいて陸成層下部を侵食しているように見えることから、火山灰 (灰白色) とその下位に位置する火山灰 (黄灰色) には時間間隙が存在するものと考えられるため、火山灰 (黄灰色A) 及び火山灰 (黄灰色B) については、積丹半島西岸及び岩内平野において、中位段丘堆積物 (MIS5e) の上位ではあるが、以下の堆積物が認められることを踏まえると、これらに対比される可能性が考えられる。

- ✓ 洞爺火山灰 (Toya) の火山ガラスを多く含む堆積物
- ✓ 阿蘇4火山灰 (Aso-4) の純層又は二次堆積物

○しかし、敷地及び敷地近傍には高位段丘堆積物等 (MIS7以前) の上位に火山灰 (黄灰色A) 及び火山灰 (黄灰色B) に対比される堆積物が認められないことを踏まえると、噴出年代及び給源が不明な降下火砕物である可能性を否定できないと評価した。

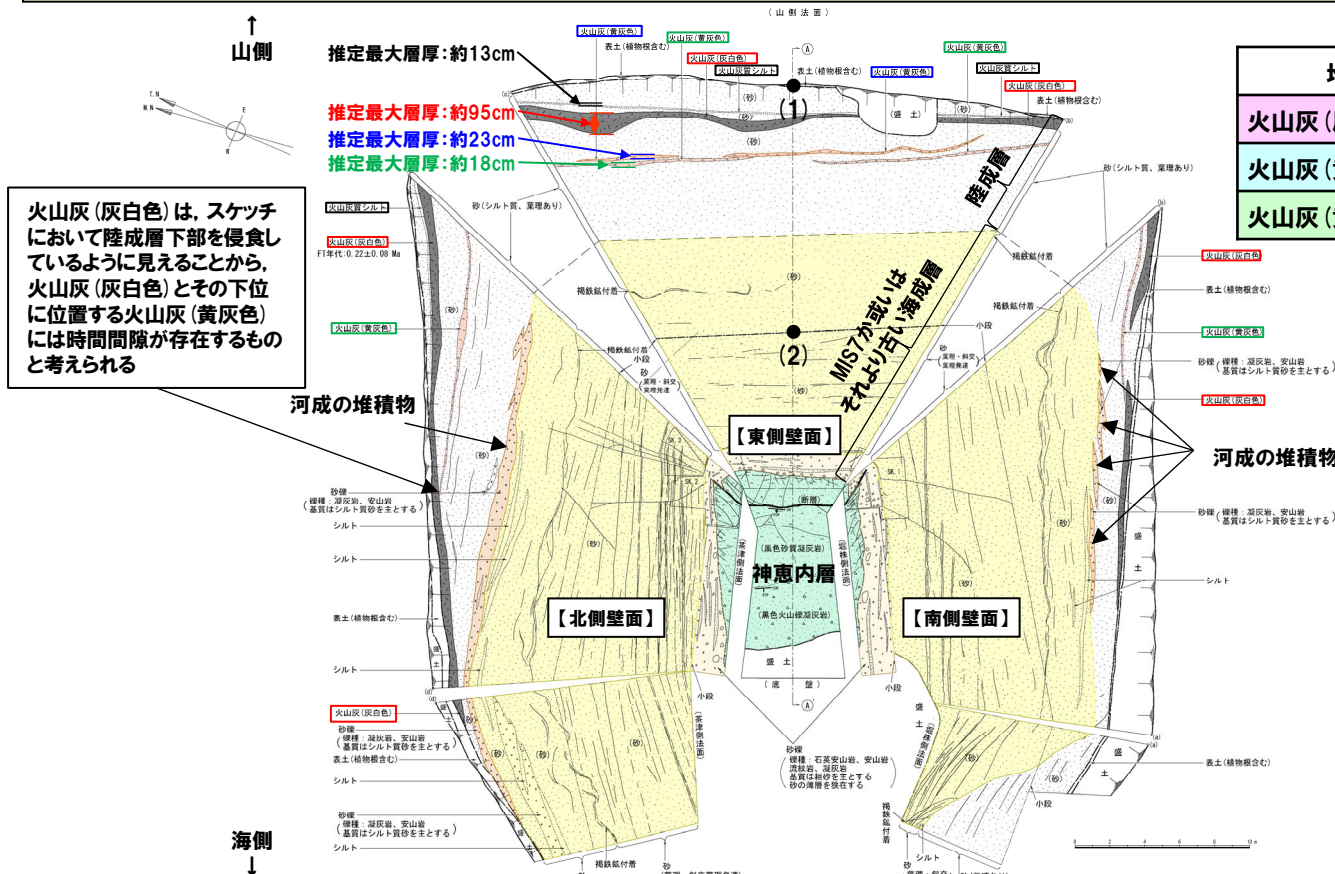
○このため、降下火砕物の層厚評価の検討対象として、火山灰 (黄灰色A) (最大層厚: 18cm) 及び火山灰 (黄灰色B) (最大層厚: 23cm) を抽出する。

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7審査会合における指摘事項-影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.1 (2) (2/2) -)

○F-1断層開削調査箇所のスケッチには、火山灰等と記載されている複数の堆積物(下位より、火山灰(黄灰色A)、火山灰(黄灰色B)、火山灰(灰白色)及び火山灰質シルト)が認められ、それぞれ以下のとおりと解釈している。

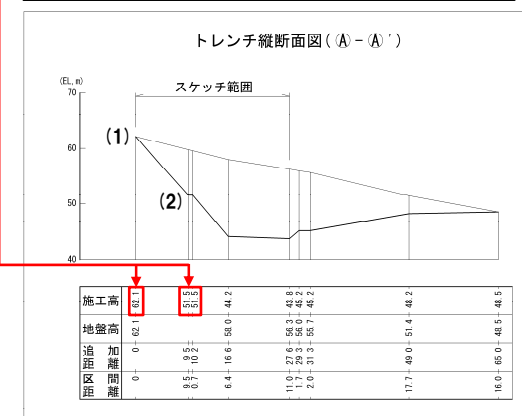
- 火山灰(黄灰色A): 「洞爺火山灰(Toya)の火山ガラスを多く含む堆積物」, 「阿蘇4火山灰(Aso-4)の純層又は二次堆積物」
若しくは「噴出年代及び給源が不明な降下火砕物」
- 火山灰(黄灰色B): 「洞爺火山灰(Toya)の火山ガラスを多く含む堆積物」, 「阿蘇4火山灰(Aso-4)の純層又は二次堆積物」
若しくは「噴出年代及び給源が不明な降下火砕物」
- 火山灰(灰白色): 「支笏第1降下軽石(Spfa-1)、洞爺火山灰(Toya)及び対象火山灰に対比される火山ガラスが混在する堆積物」
- 火山灰質シルト: 「支笏第1降下軽石(Spfa-1)、洞爺火山灰(Toya)及び対象火山灰に対比される火山ガラスが混在する堆積物」



推定最大層厚及び推定平均層厚

堆積物名	推定最大層厚	推定平均層厚
火山灰(灰白色)	約95cm	約40cm
火山灰(黄灰色B)	約23cm	約14cm
火山灰(黄灰色A)	約18cm	約14cm

- (1) 縦断面図に示された地表面標高: 62.1m
(2) 縦断面図に示された小段標高: 51.5m



F-1断層開削調査箇所(a地点) 露頭スケッチ(昭和57年夏頃作成)

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7審査会合における指摘事項-影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.1 (3) -)

【影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.1 (3)】

○火山灰層厚の評価に当たって必要な整理

- ・敷地周辺の地質調査については、より広い範囲における文献調査結果等も併せて示し、調査範囲が十分であることを示すことが必要。
- ・敷地内のF1断層開削調査箇所において認められた火山灰については、火山灰層厚の評価における考慮の要否とその判断の根拠を整理した上で説明することが必要。
- ・降下火砕物シミュレーションによる火山灰層厚の評価対象とする噴火の選定については、選定のプロセスと根拠を十分に説明することが必要。

○降下火砕物シミュレーションの対象となる降下火砕物については、その選定のプロセスと根拠を明確にした。



- 降下火砕物シミュレーションの対象となる降下火砕物については、文献調査及び地質調査の結果から敷地及び敷地近傍に到達した可能性のある降下火砕物を抽出し、これに加えて、「原子力発電所の運用期間中における活動可能性が十分に小さいと判断できない13火山」を給源とする降下火砕物のうち、分布状況が広がり有するものを抽出した。
- そのうち、現状において同規模の噴火の可能性のある降下火砕物から、等層厚線、噴出規模及び敷地までの距離を比較することで、En-a (恵庭岳) 及びYo-1 (羊蹄山) を抽出し、降下火砕物シミュレーション対象とした。
- 降下火砕物シミュレーションの対象となる降下火砕物の抽出結果や、抽出した降下火砕物の選定のプロセスと根拠については、フロー図等を用いて、5.1章P270～P272に整理している。

余白

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.2 (1/2) -)

【影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.2】

○火山活動のモニタリング実施方針の説明に当たって必要な整理

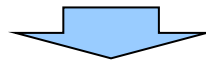
・支笏火砕流が敷地に到達した可能性の有無について、これまでの地質調査に基づく評価や既往知見と整合する説明を行うことが必要。

○支笏火砕流は、給源から敷地までの距離(約75km)と比較し、文献において堆積物を確認している地点のうち最大到達距離(給源から伊達市館山町まで約52km)及び敷地方向の最大到達距離(給源から真狩村付近まで約42km)が小さく、敷地方向においては、羊蹄山北側地点(給源から約48km、敷地から約28km)においてrework(再堆積物)が示されているが、当該地点よりも遠方に地形的障害である俱知安峠も存在し、この障害を越えて敷地までの間に当該火砕流堆積物が認められないことから、敷地には到達していないと判断していた。

○この評価は、以下の状況と整合しているが、今回、敷地方向において支笏火砕流が到達した可能性が否定できない、敷地に最も近い位置を推定した上で、敷地に到達した可能性について改めて評価した。

・俱知安峠を越えてから、敷地までの間には支笏火砕流堆積物(Spfl)又はその二次堆積物の分布を示した文献は認められない。

・当社地質調査の結果、敷地及び敷地近傍に支笏火砕流堆積物(Spfl)は認められない。



○支笏火砕流堆積物(Spfl)は、給源から敷地方向に層厚を減しながら尻別川沿いを流下したものと考えられ、羊蹄山北側地点(給源から約48km、敷地からの距離約28km)においては、古俱知安湖に直接又は間接的に流入した支笏火砕流が湖底に厚く堆積した再堆積層が認められる(次頁図参照)。

○羊蹄山北側地点を含む俱知安盆地については、検討の結果、盆地全体が支笏火砕流堆積物に覆われ、敷地に最も近い俱知安盆地北西端地点まで火砕流が到達していた可能性は否定できず、この場合、敷地方向における支笏火砕流の最大到達距離は約54km(敷地からの距離約22km)となる(次頁参照)。

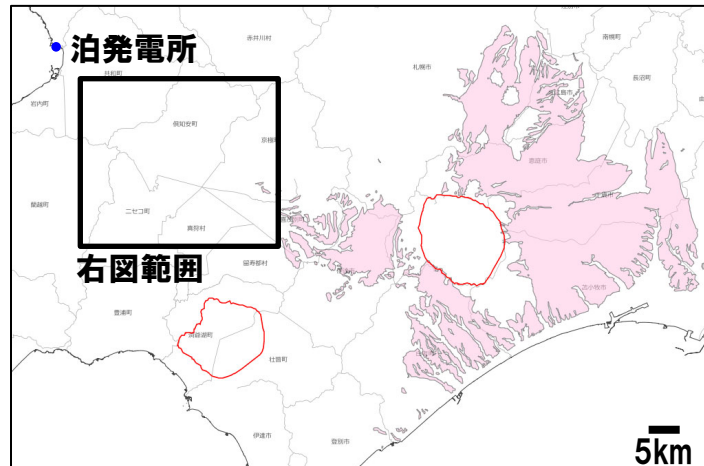
○俱知安盆地北西端地点よりもさらに敷地方向に位置する俱知安峠を越えてから、敷地までの間には支笏火砕流堆積物又はその二次堆積物の分布を示した文献等も認められないことから、敷地には到達していないと評価した(次頁表参照)。

○なお、支笏カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地には到達していないと評価しているが、洞爺カルデラと同様、火砕流堆積物が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布することを踏まえ、監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施する。

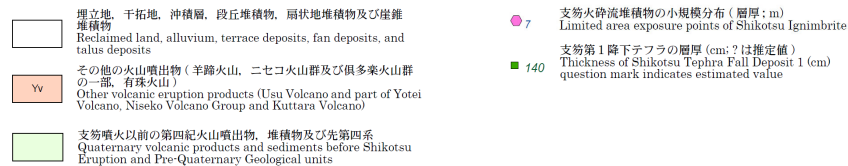
○本検討の詳細については補足説明資料3章に示す。

1. 指摘事項及び回答概要

指摘事項に関する回答概要 (R5.7.7 審査会合における指摘事項-影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点: 指摘事項No.2 (2/2) -)

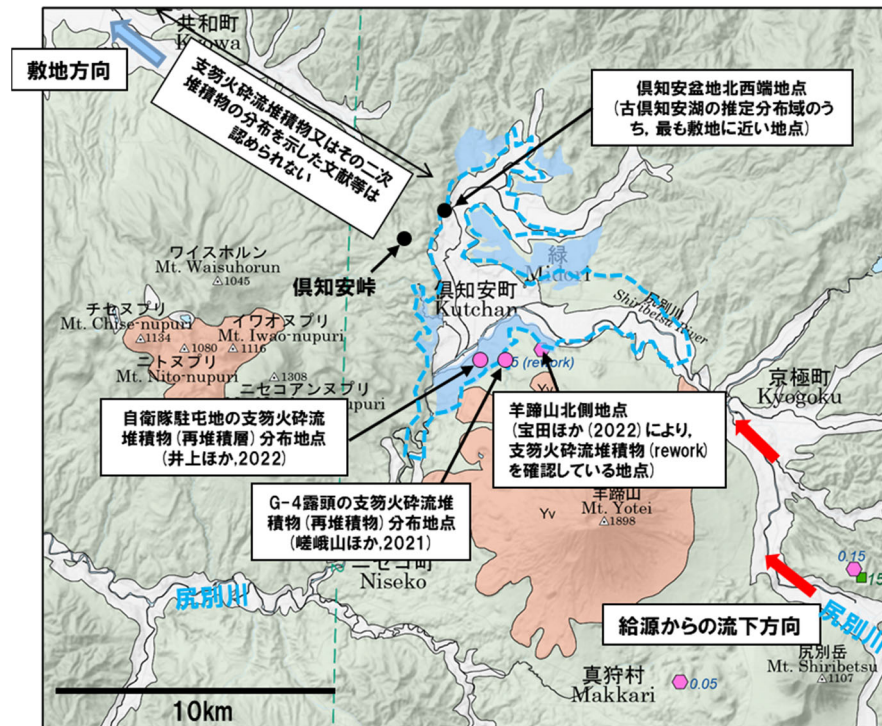


支笏火砕流堆積物の分布
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) に加筆)



石田ほか (1991) による倶知安盆地堆積物 (Kc) の分布範囲

尻別川沿いの標高200m以下のおおよその範囲 (支笏火砕流到達時の古倶知安湖の推定分布域)



羊蹄山周辺の支笏火砕流堆積物の分布 (宝田ほか (2022) に加筆)

設計対応不可能な火山事象である火砕流が敷地に到達した可能性に関する評価結果

火山	敷地からの距離	最大規模の噴出物	文献に基づく最大到達地点		敷地方向の最大到達地点			敷地方向の分布状況		評価結果
			給源からの方向	給源からの距離	給源からの方向	給源からの距離 (敷地からの距離)	特記事項	文献	地質調査	
支笏カルデラ	74.8km	Sp-1: 支笏火砕流堆積物 (Spfl), 支笏第1降下軽石 (Spfa-1))	伊達市館山町		羊蹄山北側地点			なし: 倶知安町 ~ 敷地	なし: 敷地近傍 ~ 敷地	○支笏火砕流堆積物 (Spfl) は、給源から敷地方向に層厚を減しながら尻別川沿いを流下したものと考えられ、羊蹄山北側地点においては、再堆積層が認められる。 ○羊蹄山北側地点を含む倶知安盆地については、盆地全体が支笏火砕流堆積物に覆われ、敷地に最も近い当該盆地北西端地点まで火砕流が到達していた可能性は否定できない。 ○しかし、当該盆地北西端地点よりもさらに敷地方向に位置する倶知安町を越えてから、敷地までの間には支笏火砕流堆積物又はその二次堆積物の分布を示した文献等も認められないことから、敷地には到達していないと判断される。
			南西	約52km	北西	約48km (約28km)	○古倶知安湖に直接又は間接的に流入した支笏火砕流が湖底に厚く堆積した再堆積層 ○当該地点を含む倶知安盆地のうち、敷地に最も近い倶知安盆地北西端地点の給源からの距離 約54km (敷地からの距離は約22km)			

2. 火山影響評価の概要

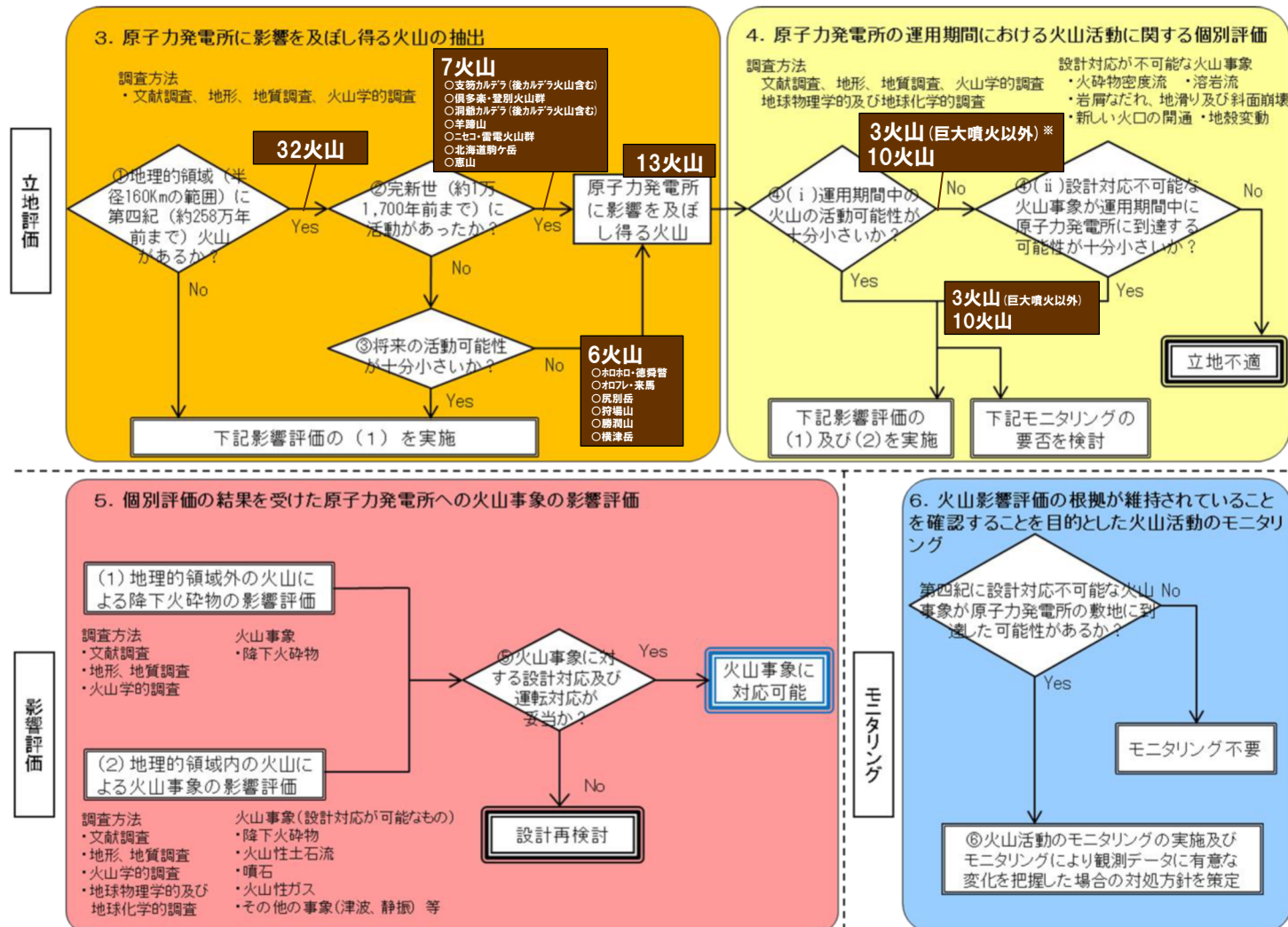
1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 62
3. 1 地理的領域にある第四紀火山	P. 65
3. 2 将来の火山活動可能性の評価	P. 69
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 76
4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 79
4. 1. 1 火山活動の可能性評価	P. 81
4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価	P. 91
4. 1. 2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 92
4. 1. 2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 100
4. 1. 2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 142
4. 1. 2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 184
4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 225
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 266
5. 1 降下火砕物の影響評価	P. 268
5. 1. 1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5. 1. 2 降下火砕物シミュレーション	P.
5. 1. 3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.
5. 2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P. 277
6. 火山活動のモニタリング	P. 278
6. 1 監視対象火山	P. 280
6. 2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	P. 281
7. 火山影響評価のまとめ	P. 282
参考文献	P. 288

「5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価」及び「6. 火山活動のモニタリング」の詳細については今後説明予定

2. 火山影響評価の概要

① 火山影響評価の基本フロー

一部修正 (R5/1/20審査会合)



火山影響評価フロー（「原子力発電所の火山影響評価ガイド」の基本フローに加筆）

※過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、俱多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの3火山については、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価される。このため、④(ii)においては、巨大噴火以降の最大規模の噴火に伴う火山事象を評価する。それ以外の10火山については、④(ii)において、過去の最大規模の噴火に伴う火山事象を評価する。

2. 火山影響評価の概要

② 泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ

一部修正 (R5/1/20審査会合)

3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

3.1 地理的領域にある第四紀火山

○地理的領域にある第四紀火山については、文献調査に基づき32火山を抽出。

32火山

図中で「Ⅰ」、「Ⅱ」、「Ⅲ」、「Ⅳ」及び「DB (データベース)」と付した各章における検討項目、当社検討結果及び検討方法については次頁～P61参照

活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施 (補足説明資料1章及び2章参照)。

DB

3.2 将来の火山活動可能性の評価

32火山

○完新世に活動があった火山

7火山

支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、羊蹄山、ニセコ・雷電火山群、北海道駒ヶ岳、恵山

○将来の活動可能性が否定できない火山

6火山

ホロホロ・徳舜營、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝洞山、横津岳

○将来の活動可能性が十分に小さい火山

19火山

13火山

4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

13火山

4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4.1.1 火山活動の可能性評価

- 13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
- 活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。

○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

4.1.2 巨大噴火の可能性評価

- 活動履歴及び地球物理学的調査 (地下構造 (地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)、火山性地震及び地殻変動) により、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。
- 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価。

13火山 (巨大噴火以外)

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

- 設計対応不可能な火山事象 (溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動) については、各火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について検討した結果、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性は十分に小さいと評価。

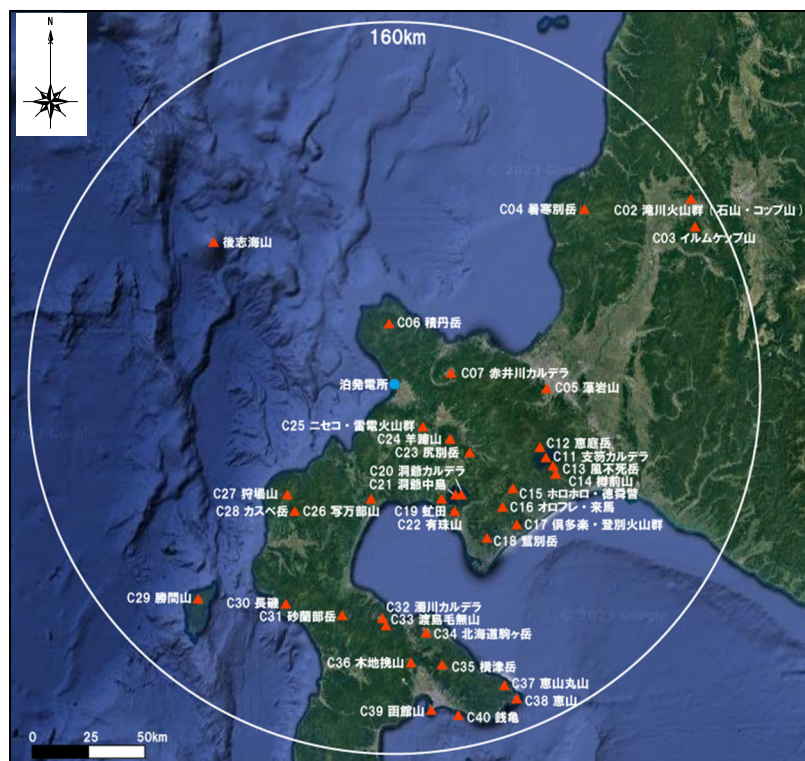
Ⅳ

2. 火山影響評価の概要

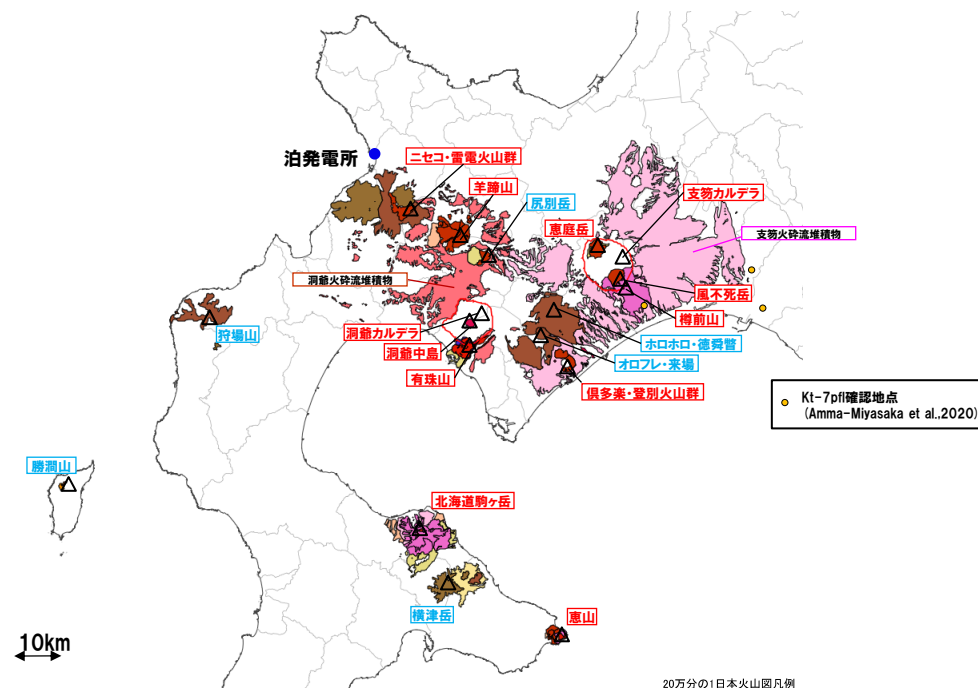
③ 立地評価の概要 (1/15)

検討項目		当社検討結果	検討方法
I	地理的領域にある第四紀火山を抽出	○火山影響評価を行うため、敷地から半径160km以内の範囲(地理的領域)にある第四紀火山を32火山抽出 - 産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」を用いて31火山を抽出 - 西来ほか編(2012)「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」を用いて後志海山を抽出 ○32火山の位置図は次頁左図参照	○産業技術総合研究所が提供し、都度更新がなされている「日本の火山(DB)」から第四紀火山を抽出 ○当該文献においては、活動的ではない海底火山は記載されていないことから、海底火山については、同じく産業技術総合研究所のデータベースである西来ほか編(2012)「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」から抽出
II	原子力発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出	○Iで抽出した地理的領域にある32火山について、原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価を行うため、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として、下記の13火山を抽出 ・完新世に活動を行った火山：7火山 支笏カルデラ(後カルデラ火山含む)、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ(後カルデラ火山含む)、羊蹄山、ニセコ・雷電火山群、北海道駒ヶ岳、恵山 ・将来の活動可能性が否定できない火山：6火山 ホロホロ・徳舜磐、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝淵山、横津岳 ○13火山の位置図及び火山噴出物(降下火砕物を除く)の分布は次頁右図参照	地理的領域にある第四紀火山(32火山)から ○完新世に活動を行った火山を抽出 ○将来の活動可能性を否定できない火山を以下の検討により抽出 ・最大休止期間よりも最新活動年代からの経過期間の方が長い？ ・全活動期間よりも最新活動年代からの経過期間の方が長い？ ・その他の理由(広域応力場の観点)により将来の活動可能性が否定できるか？

③ 立地評価の概要 (2/15)



敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山の位置図
(第四紀火山の位置は産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」に基づく。
地質図Navi(ver.1.2.1,20230302)を基に作成)



20万分の1日本火山図凡例									
		記 号				記 号 区 分			
	記号	B	M	A	P	活 動 性	F	Z	S
活 動 性	評価	火山群(予備)に属する			非活動性噴火		暫定火口	過去に活動した	山頂噴火(噴火)の 中心に 噴火口
	評価	至微量	中間量	至微量		過去に活動した	過去に活動した	過去に活動した	過去に活動した
		至微量	至微量(至微量)	至微量(至微量)		過去に活動した	過去に活動した	過去に活動した	過去に活動した
活動性	H	H	M	A	P		H		
	0.0117	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1		Q1		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q2	Q2	Q2	Q2	Q2		Q2		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q3	Q3	Q3	Q3	Q3		Q3		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q4	Q4	Q4	Q4	Q4		Q4		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q5	Q5	Q5	Q5	Q5		Q5		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q6	Q6	Q6	Q6	Q6		Q6		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q7	Q7	Q7	Q7	Q7		Q7		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q8	Q8	Q8	Q8	Q8		Q8		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q9	Q9	Q9	Q9	Q9		Q9		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q10	Q10	Q10	Q10	Q10		Q10		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q11	Q11	Q11	Q11	Q11		Q11		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q12	Q12	Q12	Q12	Q12		Q12		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q13	Q13	Q13	Q13	Q13		Q13		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q14	Q14	Q14	Q14	Q14		Q14		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q15	Q15	Q15	Q15	Q15		Q15		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q16	Q16	Q16	Q16	Q16		Q16		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q17	Q17	Q17	Q17	Q17		Q17		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q18	Q18	Q18	Q18	Q18		Q18		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q19	Q19	Q19	Q19	Q19		Q19		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q20	Q20	Q20	Q20	Q20		Q20		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q21	Q21	Q21	Q21	Q21		Q21		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q22	Q22	Q22	Q22	Q22		Q22		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q23	Q23	Q23	Q23	Q23		Q23		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q24	Q24	Q24	Q24	Q24		Q24		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q25	Q25	Q25	Q25	Q25		Q25		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q26	Q26	Q26	Q26	Q26		Q26		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q27	Q27	Q27	Q27	Q27		Q27		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q28	Q28	Q28	Q28	Q28		Q28		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q29	Q29	Q29	Q29	Q29		Q29		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q30	Q30	Q30	Q30	Q30		Q30		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q31	Q31	Q31	Q31	Q31		Q31		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q32	Q32	Q32	Q32	Q32		Q32		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q33	Q33	Q33	Q33	Q33		Q33		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q34	Q34	Q34	Q34	Q34		Q34		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q35	Q35	Q35	Q35	Q35		Q35		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q36	Q36	Q36	Q36	Q36		Q36		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q37	Q37	Q37	Q37	Q37		Q37		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q38	Q38	Q38	Q38	Q38		Q38		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q39	Q39	Q39	Q39	Q39		Q39		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q40	Q40	Q40	Q40	Q40		Q40		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q41	Q41	Q41	Q41	Q41		Q41		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q42	Q42	Q42	Q42	Q42		Q42		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q43	Q43	Q43	Q43	Q43		Q43		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q44	Q44	Q44	Q44	Q44		Q44		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q45	Q45	Q45	Q45	Q45		Q45		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q46	Q46	Q46	Q46	Q46		Q46		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q47	Q47	Q47	Q47	Q47		Q47		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q48	Q48	Q48	Q48	Q48		Q48		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q49	Q49	Q49	Q49	Q49		Q49		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q50	Q50	Q50	Q50	Q50		Q50		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q51	Q51	Q51	Q51	Q51		Q51		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q52	Q52	Q52	Q52	Q52		Q52		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q53	Q53	Q53	Q53	Q53		Q53		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q54	Q54	Q54	Q54	Q54		Q54		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q55	Q55	Q55	Q55	Q55		Q55		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q56	Q56	Q56	Q56	Q56		Q56		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q57	Q57	Q57	Q57	Q57		Q57		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q58	Q58	Q58	Q58	Q58		Q58		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q59	Q59	Q59	Q59	Q59		Q59		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q60	Q60	Q60	Q60	Q60		Q60		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q61	Q61	Q61	Q61	Q61		Q61		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q62	Q62	Q62	Q62	Q62		Q62		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q63	Q63	Q63	Q63	Q63		Q63		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q64	Q64	Q64	Q64	Q64		Q64		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q65	Q65	Q65	Q65	Q65		Q65		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q66	Q66	Q66	Q66	Q66		Q66		
	0.129	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001		0.00000001		
活動性(予備)	Q67	Q67	Q67	Q67	Q67		Q67		
	0.129	0.00000001							

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火山の火山噴出物の分布
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)「20万分の1日本火山図」を基に作成)

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要 (3/15)

検討項目		当社検討結果	検討方法															
III	原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価	○IIで抽出した13火山について、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に原子力発電所に影響を及ぼす可能性を評価するため、運用期間中における活動可能性を評価 ○13火山のうち、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの3火山においては、巨大噴火を除き原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない(巨大噴火の可能性評価については後述) ○その他の10火山においては、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない	○原子力発電所に影響を及ぼし得る火山(13火山)から ・完新世に活動を行った火山 ・将来の活動可能性を否定できない火山 (IIの検討方法と同様) を原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない火山として抽出															
	巨大噴火の可能性評価	○運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施するため、過去に巨大噴火が発生した火山として支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの3火山を下表の通り抽出 <table border="1"> <thead> <tr> <th>火 山</th><th>最大規模の噴出物</th><th>噴出物体積 (km³)</th><th>確認結果</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>支笏カルデラ</td><td>Sp-1 (支笏火砕流堆積物及び 支笏第1降下軽石)</td><td>150 (火砕流) 200~240 (降下軽石)</td><td>火砕流堆積物が広範囲に分布し、 噴出物体積が20km³以上とされる ことから、巨大噴火に該当する</td></tr> <tr> <td>倶多楽・ 登別火山群</td><td>Kt-7:pfa,pfl</td><td>10~40 (pfa) 50 (pfl)</td><td>確認地点は少ないものの北東方向 に60km程度の地点で火砕流堆積 物が認められ、噴出規模が概算とし て「VEI7 class」とされていること及 び当社で算出した噴出物体積が 20km³以上となったことから、巨大 噴火に該当するものとして取り扱う</td></tr> <tr> <td>洞爺カルデラ</td><td>Tp (洞爺火山灰 及び洞爺火砕流)</td><td>354</td><td>火砕流堆積物が広範囲に分布し、 噴出物体積が20km³以上とされる ことから、巨大噴火に該当する</td></tr> </tbody> </table> ○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについて、運用期間中における巨大噴火の可能性が十分小さいことを評価するため、以下を実施 ・巨大噴火が差し迫った状態ではないことを総合的に評価するため、活動履歴及び地球物理学的調査に関する検討を実施<検討(A)> ・運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていないことを確認するため、網羅的な文献調査を実施<検討(B)> (次頁へ続く)	火 山	最大規模の噴出物	噴出物体積 (km ³)	確認結果	支笏カルデラ	Sp-1 (支笏火砕流堆積物及び 支笏第1降下軽石)	150 (火砕流) 200~240 (降下軽石)	火砕流堆積物が広範囲に分布し、 噴出物体積が20km ³ 以上とされる ことから、巨大噴火に該当する	倶多楽・ 登別火山群	Kt-7:pfa,pfl	10~40 (pfa) 50 (pfl)	確認地点は少ないものの北東方向 に60km程度の地点で火砕流堆積 物が認められ、噴出規模が概算とし て「VEI7 class」とされていること及 び当社で算出した噴出物体積が 20km ³ 以上となったことから、巨大 噴火に該当するものとして取り扱う	洞爺カルデラ	Tp (洞爺火山灰 及び洞爺火砕流)	354	火砕流堆積物が広範囲に分布し、 噴出物体積が20km ³ 以上とされる ことから、巨大噴火に該当する
火 山	最大規模の噴出物	噴出物体積 (km ³)	確認結果															
支笏カルデラ	Sp-1 (支笏火砕流堆積物及び 支笏第1降下軽石)	150 (火砕流) 200~240 (降下軽石)	火砕流堆積物が広範囲に分布し、 噴出物体積が20km ³ 以上とされる ことから、巨大噴火に該当する															
倶多楽・ 登別火山群	Kt-7:pfa,pfl	10~40 (pfa) 50 (pfl)	確認地点は少ないものの北東方向 に60km程度の地点で火砕流堆積 物が認められ、噴出規模が概算とし て「VEI7 class」とされていること及 び当社で算出した噴出物体積が 20km ³ 以上となったことから、巨大 噴火に該当するものとして取り扱う															
洞爺カルデラ	Tp (洞爺火山灰 及び洞爺火砕流)	354	火砕流堆積物が広範囲に分布し、 噴出物体積が20km ³ 以上とされる ことから、巨大噴火に該当する															

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要 (4/15)

検討項目			当社検討結果	検討方法
			(前頁からの続き)	(前頁からの続き)
III	原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価	巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)(1/2)	【支笏カルデラにおける巨大噴火の可能性評価】 <検討①> (活動履歴) ○巨大噴火時の状況と現在の状況との差異について、支笏カルデラにおける巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積、噴出物の組成等の観点から検討 - 支笏カルデラにおいては、巨大噴火が約4万年前に1回のみ発生していることから、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点において判断することは難しい - 巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山の噴出物体積の総和は最大でも15km³程度であることから、巨大噴火の噴出物体積と異なっている - 巨大噴火による噴出物(Sp-1)は珪長質であり、現在の支笏カルデラを形成した噴火以降に噴出した噴出物と組成が異なっている - Sp-1噴出時のマグマ供給系のうち、斑晶に乏しい珪長質マグマが存在していた温度環境は、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される地温に比べ高い ○したがって、巨大噴火(Sp-1噴出)時の状況と現在の状況は、噴出物の体積、噴出物の組成及び地温の観点において差異が認められることから、現状、Sp-1を噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される (次頁へ続く)	○網羅的な文献調査を踏まえ、巨大噴火が差し迫った状態ではないと総合的に評価する方法を以下の通り整理 活動履歴： 巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積、噴出物の組成等から、現在の活動状況を検討 (次頁へ続く)

R5.7.7 立地評価 指摘事項No.2(1)
【当社評価への影響】

巨大噴火が差し迫った状態ではないとの評価に変更はないが、以下の点で説明性の向上に寄与

- 評価の論理構成(目的、方法、結果等)の明確化

□ : R5.7.7 審査会における指摘事項-立地評価 指摘事項No.2のコメント回答該当箇所

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要 (5/15)

検討項目		当社検討結果 (前頁からの続き)	検討方法 (前頁からの続き)
III	原子力 発電所 の運用 期間中 における活動 可能性 を評価	(地球物理学的調査) ○マグマ溜まりの位置、規模等を把握するため、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)を実施 - 深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない - 上部地殻内には、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない - 通常地震が深度15km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる - Yamaya et al.(2017)に基づく、カルデラ直下には、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域及び上部地殻内に位置する低比抵抗領域が認められ、当該文献によれば、比抵抗構造だけでは判断できないとされているが、メルトを含む部分熔融域又はマグマ由来の水に富む領域と解釈されている - 当該文献に示される断面に対応する地震波速度構造断面においては以下の状況が認められる ✓ 下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域の分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められる ✓ 上部地殻内に位置する低比抵抗領域の分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められず、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域の分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す - このため、当該文献を踏まえると、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、上部地殻内に位置する低比抵抗領域は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される - また、上部地殻内に位置する低比抵抗領域については、震源分布及び地温の観点から、以下の状況を確認した ✓ 上部地殻内に位置する低比抵抗領域の分布範囲には、通常地震が認められることから、脆性的な破壊が生じており、当該範囲が硬質な領域であることを示唆している ✓ 大久保ほか(1988)において、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度は、深度10km深では600-700°C程度であるとされており、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される深度10kmの地温は約500°Cであり、低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲は、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度に達していない - このため当該範囲は、震源分布の観点及び地温の観点から、それぞれにおいてメルトの存在を示唆する状況ではない。 - したがって支笏カルデラ直下の深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する状況は認められないと判断される - 重力異常を踏まえマグマ溜まりに関して考察された文献は認められない ○したがって、上部地殻内においては、現状、深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さいと判断される (次頁へ続く)	(前頁からの続き) ・地球物理学的調査： - 巨大噴火を発生させるためには、巨大噴火が可能な量の珪長質なマグマ溜まりが、深度約10km程度以浅に形成されることが必要であり、また、そのマグマ溜まりの周囲には部分熔融域が広がっているものと考えられる。 - さらにマグマ溜まり及びその周囲に分布する部分熔融域は、巨大なマグマシステムを構成する一部であり、巨大なマグマシステムはカルデラを超える範囲に広がっているものと考えられる。 - このため、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの有無及び大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動の有無に着目 ✓ メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域の有無を確認 ✓ 低比抵抗領域の有無を確認 ✓ 重力異常を踏まえた地下構造に関して考察している文献について確認
R5.7.7 立地評価 指摘事項No.2(1) 【当社評価への影響】 巨大噴火が差し迫った状態ではないとの評価に変更はないが、以下の点で説明性の向上に寄与 評価の論理構成(目的、方法、結果等)の明確化			
R5.7.7 立地評価 指摘事項No.3 【当社評価への影響】 地下構造の評価に変更はないが、以下の点で説明性の向上に寄与 - 地震波速度構造で捉えることができるマグマ溜まり及び部分熔融域の規模の整理に関する考察の追加 - 地震波速度構造の検討に使用するデータの最新化 - 巨大噴火が可能な量の珪長質なマグマ溜まりの定置深度の明確化 - 震源分布の観点及び地温の観点からの考察を追加			
			○:R5.7.7審査会合における指摘事項-立地評価 指摘事項No.2のコメント回答該当箇所 □:R5.7.7審査会合における指摘事項-立地評価 指摘事項No.3のコメント回答該当箇所
			(次頁へ続く)

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要 (6/15)

検討項目			当社検討結果	検討方法
		巨大噴火の可能性評価 (支笏カルデラ) (3/3)	(前頁からの続き) ○マグマの移動・上昇、集積等の活動の有無を把握するため、火山性地震及び地殻変動の観点から検討を実施 ・上部地殻には低周波地震は認められない ・周辺の地震による余効変動等以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない ○したがって、火山性地震及び地殻変動の状況からは、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動を示す兆候は認められないと判断される ○活動履歴及び地球物理学的調査に関する検討から、総合的に判断すると、支笏カルデラの現在の活動状況は、 <u>巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価される</u> ＜検討⑧＞ ○支笏カルデラについては、網羅的な文献調査の結果、現状、巨大噴火が起こる可能性があるとする知見は認められないことから、 <u>運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠は得られていない</u> ○検討①及び検討⑧から、支笏カルデラの運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価される	(前頁からの続き) ✓低周波地震の時空間分布を確認した上で、低周波地震群の有無を確認 ✓継続的かつ顕著な変位の累積等の地殻変動の有無を確認
R5.7.7 立地評価 指摘事項No.2(1)、(2) 【当社評価への影響】 巨大噴火が差し迫った状態ではないとの評価に変更はないが、以下の点で説明性の向上に寄与 ・評価の論理構成(目的、方法、結果等)の明確化 ・GNSSデータについて、より評価に資するデータとした上で、地殻変動を評価				
III	原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価	巨大噴火の可能性評価 (倶多楽・登別火山群) (1/2)	【倶多楽・登別火山群における巨大噴火の可能性評価】 ＜検討①＞ (活動履歴) ○巨大噴火時の状況と現在の状況との差異について、倶多楽・登別火山群における巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積、噴出物の組成等の観点から検討 ・倶多楽・登別火山群においては、巨大噴火が約9万年前に1回のみ発生していること及び巨大噴火による噴出物(Kt-7)を含め先アヨロステージの噴出物について、全岩化学組成を示す知見は確認されないことから、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点並びに噴出物の組成の観点において判断することは難しい ・倶多楽・登別火山群は、クッタラカルデラを形成したKt-1の噴火を最後に、現在に至る4万年間は登別ステージであるとされ、火山活動度が低下したままであり、複数回の活動が認められるが、噴出物体積は最大でも0.04km ³ であり、巨大噴火の噴出物体積と異なっている ○したがって、巨大噴火(Kt-7噴出)時の状況と現在の状況は、火山活動度及び噴出物の体積の観点において差異が認められることから、現状、Kt-7を噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される	○網羅的な文献調査を踏まえ、巨大噴火が差し迫った状態ではないと総合的に評価する方法を以下の通り整理 ・活動履歴： 巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積、噴出物の組成等から、現在の活動状況を検討
R5.7.7 立地評価 指摘事項No.2(1) 【当社評価への影響】 巨大噴火が差し迫った状態ではないとの評価に変更はないが、以下の点で説明性の向上に寄与 ・評価の論理構成(目的、方法、結果等)の明確化			(次頁へ続く)	(次頁へ続く)

□:R5.7.7審査会合における指摘事項-立地評価 指摘事項No.2のコメント回答該当箇所

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要 (7/15)

検討項目			当社検討結果	検討方法
			(前頁からの続き)	(前頁からの続き)
III	原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価	巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)(2/2)	(地球物理学的調査) ○マグマ溜まりの位置、規模等を把握するため、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)を実施 ・深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない ・上部地殻内には、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない ・通常の地震が深度10km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる ・浅部(4km以浅)には熱水、高温及び熱水変質帯によると考えられる低比抵抗領域が部分的に認められるが、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの存在を示唆する低比抵抗領域は認められない ・重力異常を踏まえマグマ溜まりに関して考察された文献は認められない ○したがって、上部地殻内においては、現状、深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さいと判断される ○マグマの移動・上昇、集積等の活動の有無を把握するため、火山性地震及び地殻変動の観点から検討を実施 ・低周波地震はほとんど認められない ・周辺の地震による余効変動等以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない ○したがって、火山性地震及び地殻変動の状況からは、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動を示す兆候は認められないと判断される ○活動履歴及び地球物理学的調査に関する検討から、総合的に判断すると、倶多楽・登別火山群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と評価される	(地球物理学的調査： ・巨大噴火を発生させるためには、巨大噴火が可能な量の珪長質なマグマ溜まりが、深度約10km程度以浅に形成されることが必要であり、また、そのマグマ溜まりの周囲には部分熔融域が広がっているものと考えられる。 ・さらにマグマ溜まり及びその周囲に分布する部分熔融域は、巨大なマグマシステムを構成する一部であり、巨大なマグマシステムはカルデラを超える範囲に広がっているものと考えられる。 ・このため、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの有無及び大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動の有無に着目 ✓メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域の有無を確認 ✓低比抵抗領域の有無を確認 ✓重力異常を踏まえた地下構造に関して考察している文献について確認 ✓低周波地震の時空間分布を確認した上で、低周波地震群の有無を確認 ✓継続的かつ顕著な変位の累積等の地殻変動の有無を確認
			<検討⑧> ○倶多楽・登別火山群については、網羅的な文献調査の結果、現状、巨大噴火が起こる可能性があるとする知見は認められないことから、<u>運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠は得られていない</u> ○検討①及び検討⑧から、倶多楽・登別火山群の運用期間中における巨大噴火の可能性は<u>十分に小さい</u>と評価される (次頁へ続く)	(次頁へ続く)

R5.7.7 立地評価
指摘事項No.2(1), (2)
【当社評価への影響】

巨大噴火が差し迫った状態ではないとの評価に変更はないが、以下の点で説明性の向上に寄与

- ・評価の論理構成(目的、方法、結果等)の明確化
- ・GNSSデータについて、より評価に資するデータとした上で、地殻変動を評価

□:R5.7.7審査会合における指摘事項-立地評価 指摘事項No.2のコメント回答該当箇所

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要 (8/15)

検討項目			当社検討結果	検討方法
			(前頁からの続き)	(前頁からの続き)
III	原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価	巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)(1/2)	【洞爺カルデラにおける巨大噴火の可能性評価】 <検討①> (活動履歴) ○巨大噴火時の状況と現在の状況との差異について、洞爺カルデラにおける巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積及び噴出物の組成の観点から検討 - 洞爺カルデラにおいては、巨大噴火が約11万年前に1回のみ発生していることから、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点において判断することは難しい - 巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山の噴出物体積は最大でも14km³であることから、巨大噴火の噴出物体積と異なっている - 巨大噴火による噴出物(Tp)は、現在の洞爺カルデラを形成した噴火以降に噴出した噴出物と組成が異なる ○したがって、巨大噴火(Tp噴出)時の状況と現在の状況は、噴出物の体積及び噴出物の組成の観点において差異が認められることから、現状、Tpを噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される (次頁へ続く)	○網羅的な文献調査を踏まえ、巨大噴火が差し迫った状態ではないと総合的に評価する方法を以下の通り整理 活動履歴： 巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積及び噴出物の組成から、現在の活動状況を検討 (次頁へ続く)

R5.7.7 立地評価 指摘事項No.2(1)
【当社評価への影響】

巨大噴火が差し迫った状態ではないとの評価に変更はないが、以下の点で説明性の向上に寄与

- 評価の論理構成(目的、方法、結果等)の明確化
- 活動履歴の検討における論拠として噴出物の組成に関する知見の追加

□ :R5.7.7審査会合における指摘事項-立地評価 指摘事項No.2のコメント回答該当箇所

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要 (9/15)

検討項目			当社検討結果	検討方法
			(前頁からの続き)	(前頁からの続き)
III	原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価	巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)(2/2)	(地球物理学的調査) ○マグマ溜まりの位置、規模等を把握するため、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)を実施 ・深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない ・上部地殻内には、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。 ・通常、地震が深度15km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる ・巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの存在を示唆する低比抵抗領域は認められない ・重力異常を踏まえマグマ溜まりに関して考察された文献は認められない ○したがって、上部地殻内においては、現状、深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さいと判断される ○マグマの移動・上昇、集積等の活動の有無を把握するため、火山性地震及び地殻変動の観点から検討を実施 ・上部地殻には低周波地震はほとんど認められない ・周辺の地震及び2000年有珠山噴火による余効変動等以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない ○したがって、火山性地震及び地殻変動の状況からは、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動を示す兆候は認められないと判断される ○活動履歴及び地球物理学的調査に関する検討から、総合的に判断すると、洞爺カルデラの現在の活動状況は<u>巨大噴火が差し迫った状態ではない</u>と評価される	・地球物理学的調査： ・巨大噴火を発生させるためには、巨大噴火が可能な量の珪長質なマグマ溜まりが、深度約10km程度以浅に形成されることが必要であり、また、そのマグマ溜まりの周囲には部分熔融域が広がっているものと考えられる。 ・さらにマグマ溜まり及びその周囲に分布する部分熔融域は、巨大なマグマシステムを構成する一部であり、巨大なマグマシステムはカルデラを超える範囲に広がっているものと考えられる。 ・このため、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの有無及び大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動の有無に着目 ✓メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域の有無を確認 ✓低比抵抗領域の有無を確認 ✓重力異常を踏まえた地下構造に関して考察している文献について確認 ✓低周波地震の時空間分布を確認した上で、低周波地震群の有無を確認 ✓継続的かつ顕著な変位の累積等の地殻変動の有無を確認
R5.7.7 立地評価 指摘事項No.2(1)。(2) 【当社評価への影響】 巨大噴火が差し迫った状態ではないとの評価に変更はないが、以下の点で説明性の向上に寄与 ・評価の論理構成(目的、方法、結果等)の明確化 ・GNSSデータについて、より評価に資するデータとした上で、地殻変動を評価			<検討⑧> ○洞爺カルデラについては、網羅的な文献調査の結果、現状、巨大噴火が起こる可能性があると知見は認められないことから、<u>運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠は得られていない</u> ○検討①及び検討⑧から、洞爺カルデラの運用期間中における巨大噴火の可能性は<u>十分に小さい</u>と評価される	

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要 (10/15)

検討項目	当社検討結果	検討方法
IV 運用期間中における設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達する可能性又は影響を与える可能性を評価	○IIIで抽出した原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない13火山について、設計対応不可能な火山事象(火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口及び地殻変動)が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性を評価 【50km以内の火山】 ・尻別岳 溶岩流の最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達しておらず、敷地との間に地形的障害物が存在する 岩屑なだれの最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達しておらず、敷地との間に地形的障害物が存在する 火砕流の最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達していない <u>新しい火口の開口及び地殻変動</u>に対して、敷地から十分な距離がある ・羊蹄山 溶岩流の最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達しておらず、敷地との間に地形的障害物が存在する 岩屑なだれの最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達しておらず、敷地との間に地形的障害物が存在する 火砕流を含む火山噴出物の最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達していない <u>新しい火口の開口及び地殻変動</u>に関する検討の結果、羊蹄山の火山活動状況(地震活動、地殻変動等)に変化が認められず、敷地付近には低周波地震が認められない ・ニセコ・雷電火山群 溶岩流を含む火山噴出物の最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達していない 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊による堆積物を含む火山噴出物の最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達していない 火砕流を含む火山噴出物の最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達していない <u>新しい火口の開口及び地殻変動</u>に関する検討の結果、ニセコ・雷電火山群の火山活動状況(地震活動、地殻変動等)に変化が認められず、敷地付近には低周波地震が認められない 【50km以遠の火山】 ・尻別岳、羊蹄山、ニセコ・雷電火山群以外の10火山 火砕流を含む火山噴出物の最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達していない <u>新しい火口の開口及び地殻変動</u>に対して、敷地から十分な距離がある ○以上のことから、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性は十分小さいと評価 ○なお、ニセコ・雷電火山群については、火山噴出物(降下火砕物を除く)が敷地近傍に認められることから、地下構造についても確認したところ、最新の活動中心はイワオヌプリであるとされていることと調和的な状況にある	○網羅的な文献調査、地質調査及び地球物理学的調査を実施 ○検討対象火山の噴火の規模を推定できないことから、過去最大の噴火規模を対象とするものの、文献において過去最大の噴火規模が明確にされていないものや、過去最大の規模の噴火による分布範囲が明確に区分されていないものもあるため、すべての火山噴出物(降下火砕物を除く)を対象に火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について確認 ○13火山のうち、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価されることから、過去に発生した巨大噴火以降のすべての火山噴出物(降下火砕物を除く)を対象に火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について確認

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要 (11/15)

検討項目	当社検討結果	検討方法
R3.10.14 指摘事項No.10 【当社評価への影響】 地理的領域にある第四紀火山を給源 に持つ降下火砕物の分布状況につい て、火山カタログ中に体系的に整理 抽出した第四紀火山の ・活動履歴 ・噴火規模 ・影響範囲等 を把握 (以降の評価に用いる データベースの作成) R5.7.7 影響評価 モニタリング 指摘事項No.1(1) 【当社評価への影響】 地質調査結果と文献調査結果の比較 から調査範囲の十分性を説明	○Iで抽出した地理的領域にある第四紀火山(32火山)について、活動履歴、噴火規模、火山噴出物の岩種及び火山噴出物の分布を把握し、立地評価、影響評価及び火山活動のモニタリングに関する検討に用いるデータベースを作成するため、網羅的な文献調査を実施し、火山毎に整理したものを「敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山カタログ」として補足説明資料1章に掲載 ○その上で、「32火山の火山噴出物の分布状況」及び「敷地及び敷地近傍における火山噴出物の分布状況」を確認するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施し、その結果を補足説明資料2章に掲載 【火山噴出物(降下火砕物を除く)の分布】 (32火山の火山噴出物の分布) ・支笏カルデラ起源の火砕流堆積物は給源から敷地方向の数十kmの範囲を含め広範囲に分布 ・洞爺カルデラ起源の火砕流堆積物は給源から敷地方向の数十kmの範囲を含め広範囲に分布(敷地方向では、敷地近傍まで分布) ・倶多楽・登別火山群起源の火砕流堆積物は、確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点に認められるが、給源から敷地方向には認められない ・その他29火山の火山噴出物の分布は、山体近傍に限定される (敷地及び敷地近傍における火山噴出物の分布) ・敷地近傍においては、洞爺カルデラの火砕流堆積物及びニセコ・雷電火山群の火砕流堆積物を確認(敷地及び敷地近傍における地質調査結果についてはP58参照) ✓敷地の南東方向の幌似付近において洞爺カルデラの火砕流堆積物を確認(敷地からの最短距離約8km) ✓敷地には洞爺カルデラの火砕流堆積物は認められない ✓敷地の南方向の老古美周辺においてニセコ・雷電火山群の火砕流堆積物を確認 ✓敷地にはニセコ・雷電火山群の火砕流堆積物は認められない ・洞爺火砕流堆積物については、幌似付近から敷地方向において沖積層が分布すること等から、堆積後に削剥された可能性を否定できない - このため、敷地へ到達した可能性を否定できない(洞爺火砕流堆積物の推定分布範囲についてはP59参照) ○敷地から半径30km以内の範囲の火山噴出物(降下火砕物を除く)の分布並びに敷地方向において支笏火砕流が到達していた可能性を否定できない範囲及び洞爺火砕流堆積物の推定分布範囲をP61に示す。 (次頁へ続く)	○網羅的な文献調査を実施 ・産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」, 西来ほか編(2012)及び産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2022)「大規模噴火データベース」について確認 ・地理的領域にある第四紀火山に関する論文を確認 ○上記の文献調査を実施 ○上記の文献調査を実施 ○敷地から半径30km以内の陸域及び海域における火山に関連する地形を把握するため、地形調査を実施 ○敷地及び敷地近傍における火山噴出物の分布状況を地質調査(ボーリング調査及び露頭観察)によって把握 ○火山学的調査として、地質調査において確認した各火山噴出物を対象に、各堆積物の分布及び層厚を整理し推定分布図を作成 (次頁へ続く)

□ :R3.10.14審査会合における指摘事項
No.10のコメント回答該当箇所
□ :R5.7.7審査会合における指摘事項-影響評価
及びモニタリングに係る今後の主要な論点
指摘事項No.1のコメント回答該当箇所

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要 (12/15)

検討項目		当社検討結果						検討方法			
		(前頁からの続き)						(前頁からの続き)			
R3.10.14 指摘事項No.10 【当社評価への影響】		【降下火砕物の分布】 ・敷地及び敷地近傍においては、下表に示す降下火砕物を確認								○網羅的な文献調査を実施 ・産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」，西来ほか編(2012)及び産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2022)「大規模噴火データベース」について確認 ・地理的領域にある第四紀火山に関する論文を確認 ○敷地及び敷地近傍における降下火砕物の分布状況を地質調査(ボーリング調査及び露頭観察)によって把握 ○火山学的調査として、地質調査において確認した各火山噴出物を対象に、各堆積物の分布及び層厚を整理し推定分布図を作成	
地理的領域外に給源を持つ降下火砕物も含め、敷地及び敷地近傍に認められる降下火砕物の分布及び層厚を整理		地理的領域外	降下火砕物名	給 源	同規模の噴火の可能性	手 法	最大層厚	備 考			
DB 抽出した第四紀火山の ・活動履歴 ・噴火規模 ・影響範囲等を把握 (以降の評価に用いるデータベースの作成)			白頭山苔小牧(B-Tm)	白頭山	あり	文献調査	5～10cm	最大層厚は等層厚線図の敷地位置における読取り			
								地質調査	—		
			始良Tn(AT)	始良カルデラ	なし	文献調査	0～5cm	最大層厚は等層厚線図の敷地位置における読取り			
								地質調査	—		
			阿蘇4(Aso-4)	阿蘇カルデラ	なし	文献調査	15～20cm	最大層厚は等層厚線図の敷地位置における読取り			
								地質調査	5cm 最大層厚は敷地近傍において確認		
			クツチャロ-羽根(Kc-Hb)	屈斜路カルデラ	なし	文献調査	0～10cm	最大層厚は等層厚線図の敷地位置における読取り			
								地質調査	—		
			支笏第1降下軽石(Spfa-1)	支笏カルデラ	なし	文献調査	<2cm	最大層厚は等層厚線図の敷地位置における読取り			
							地質調査	—			
R5.7.7 影響評価 モニタリング 指摘事項No.1(1), (2) 【当社評価への影響】 地質調査結果と文献調査結果の比較から調査範囲の十分性を説明 F-1断層開削調査箇所のスケッチに火山灰等と記載されている複数の堆積物について、別個に解釈を行い、火山灰A及び火山灰Bについては降下火砕物の層厚評価の対象として抽出することに変更		地理的領域内	クッタラ第2火山灰(Kt-2)	倶多楽・登別火山群	なし	文献調査	0～10cm	最大層厚は等層厚線図の敷地位置における読取り			
								地質調査	—		
			洞爺火山灰(Toya)	洞爺カルデラ	なし	文献調査	30cm以上				
								地質調査	70cm以上 最大層厚は敷地近傍において確認		
			2000年有珠山噴火	有珠山	あり	文献調査	<0.01mm	最大層厚は等層厚線図の敷地位置における読取り			
								地質調査	—		
			火山灰(黄灰色B)	不明	不明	文献調査	—				
								地質調査	約23cm 最大層厚は敷地の露頭スケッチから推定		
			火山灰(黄灰色A)	不明	不明	文献調査	—				
								地質調査	約18cm 最大層厚は敷地の露頭スケッチから推定		
		○Ⅲで過去に巨大噴火が発生した火山として抽出した支笏カルデラ，倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについて，巨大噴火に伴う火砕流が敷地に到達した可能性評価を実施し，その結果を補足説明資料3章に掲載								○上記の文献調査を実施 ○敷地及び敷地近傍における火山噴出物の分布状況を地質調査(ボーリング調査及び露頭観察)によって把握	

□:R3.10.14審査会合における指摘事項 No.10のコメント回答該当箇所

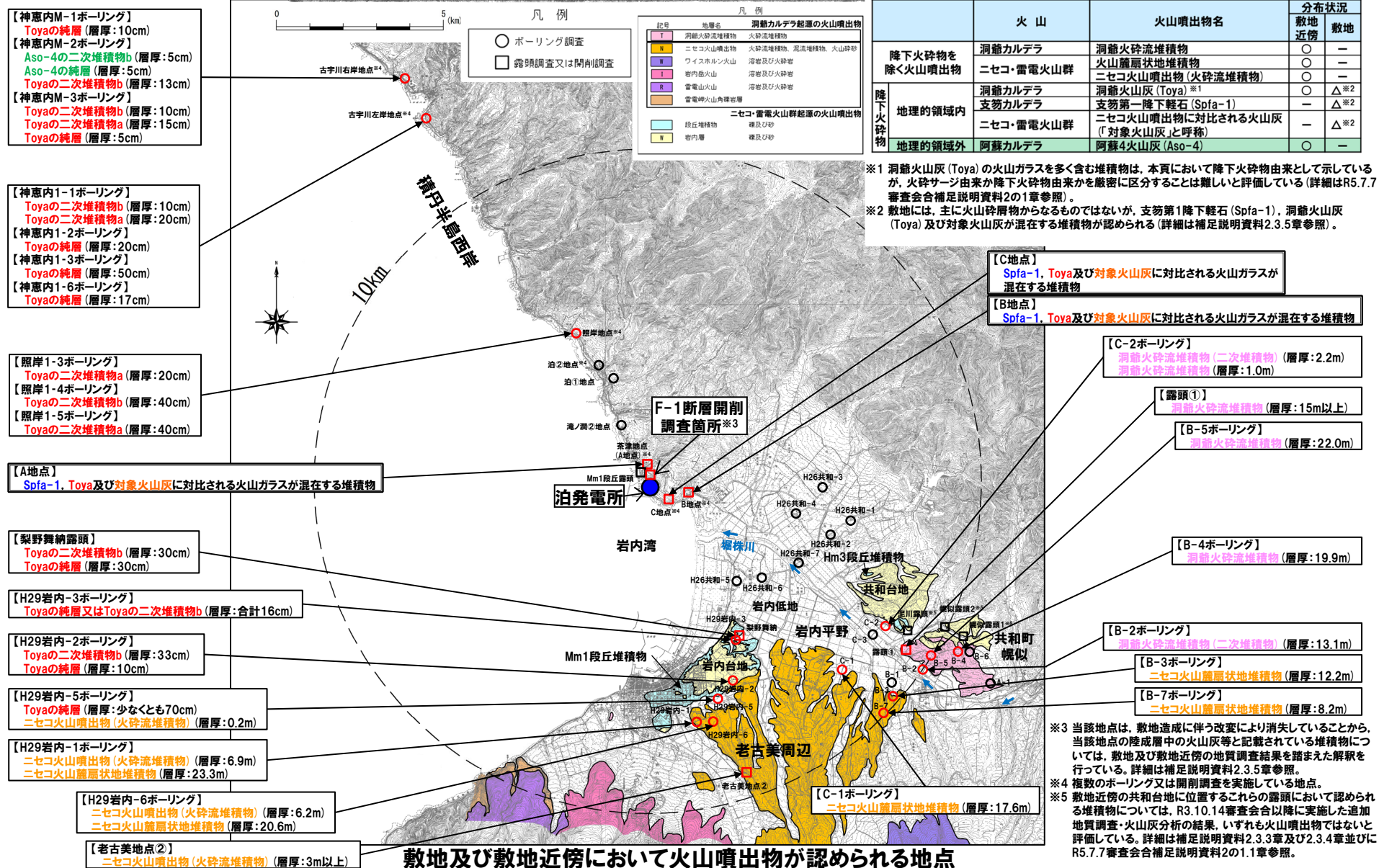
□:R5.7.7審査会合における指摘事項-影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点 指摘事項No.1のコメント回答該当箇所

□:R5.7.7審査会合における指摘事項-影響評価及びモニタリングに係る今後の主要な論点 指摘事項No.2のコメント回答該当箇所

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要（敷地及び敷地近傍における地質調査地点及び地質調査結果）（13/15）

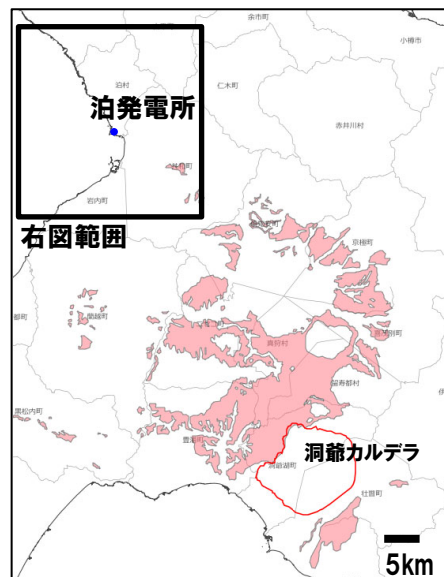
一部修正（R5/7/7審査会合）



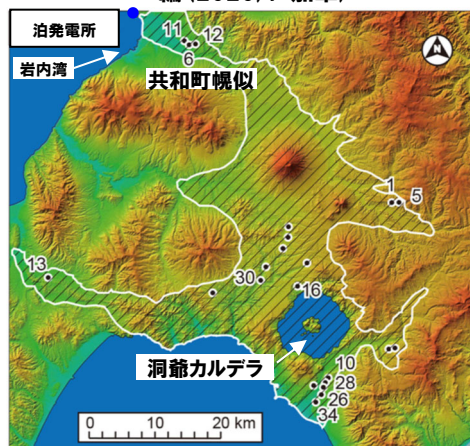
59

③ 立地評価の概要（洞爺火砕流の推定分布）（14/15）

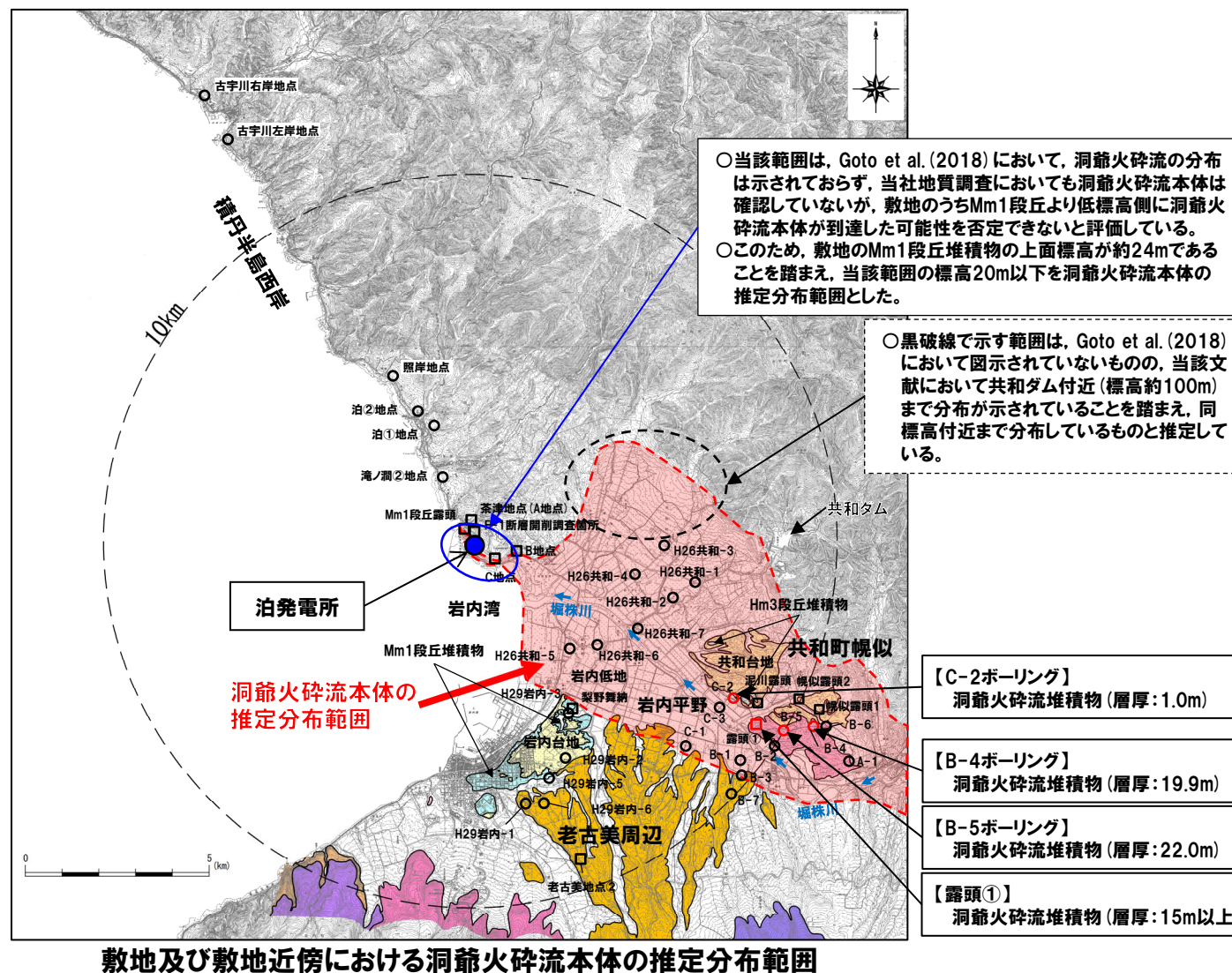
一部修正 (R5/7/7審査会合)



洞爺火砕流堆積物の分布
(産業技術総合研究所地質調査総合センター
編(2020)に加筆)



文献調査における洞爺火砕の分布と層厚
(Goto et al. (2018) に加筆)※
(図中の数字は層厚を示す。単位:m)

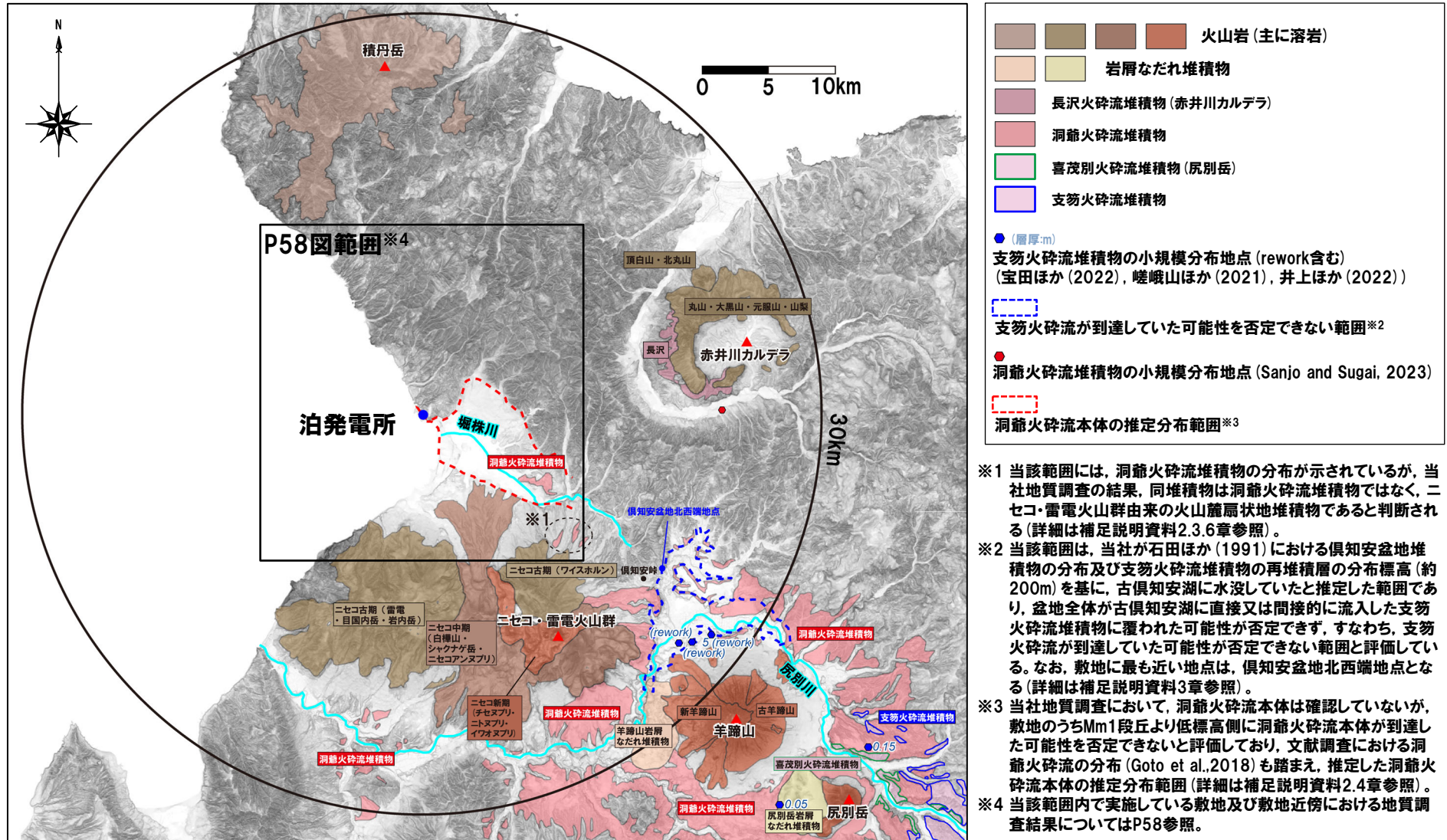


※Goto et al. (2018) においては、共和町幌付付近以西において洞爺火砕流堆積物は確認されていないものの、推定に基づき、幌付付近を越えて岩内湾まで分布が示されている。

余白

2. 火山影響評価の概要

③ 立地評価の概要（敷地から30km以内の火山噴出物（降下火砕物を除く）の分布）（15/15）



敷地から30km以内の第四紀火山による火山噴出物の分布図

（産業技術総合研究所地質調査総合センター編（2020）を基に作成、図中の各火山噴出物のユニット名も同文献に基づく）

3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 62
3. 1 地理的領域にある第四紀火山	P. 65
3. 2 将来の火山活動可能性の評価	P. 69
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 76
4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 79
4. 1. 1 火山活動の可能性評価	P. 81
4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価	P. 91
4. 1. 2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 92
4. 1. 2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 100
4. 1. 2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 142
4. 1. 2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 184
4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 225
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 266
5. 1 降下火砕物の影響評価	P. 268
5. 1. 1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5. 1. 2 降下火砕物シミュレーション	P.
5. 1. 3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.
5. 2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P. 277
6. 火山活動のモニタリング	P. 278
6. 1 監視対象火山	P. 280
6. 2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	P. 281
7. 火山影響評価のまとめ	P. 282
参考文献	P. 288

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 62
3. 1 地理的領域にある第四紀火山	P. 65
3. 2 将来の火山活動可能性の評価	P. 69
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 76
4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 79
4. 1. 1 火山活動の可能性評価	P. 81
4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価	P. 91
4. 1. 2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 92
4. 1. 2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 100
4. 1. 2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 142
4. 1. 2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 184
4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 225
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 266
5. 1 降下火砕物の影響評価	5.1章の概要版を掲載 P. 268
5. 1. 1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5. 1. 2 降下火砕物シミュレーション	P.
5. 1. 3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.
5. 2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	5.2章の概要版を掲載 P. 277
6. 火山活動のモニタリング	P. 278
6. 1 監視対象火山	6.1章の概要版を掲載 P. 280
6. 2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	6.2章の概要版を掲載 P. 281
7. 火山影響評価のまとめ	P. 282
参考文献	P. 288

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ

一部修正 (R5/1/20審査会合)

3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

3. 1 地理的領域にある第四紀火山

○地理的領域にある第四紀火山については、文献調査に基づき32火山を抽出。

活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施（補足説明資料1章及び2章参照）。

32火山

3. 2 将来の火山活動可能性の評価

○完新世に活動があった火山

7火山

支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、羊蹄山、ニセコ・雷電火山群、北海道駒ヶ岳、恵山

○将来の活動可能性が否定できない火山

6火山

ホロホロ・徳舜磐、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝洞山、横津岳

○将来の活動可能性が十分に小さい火山

19火山

13火山

4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

13火山

4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4. 1. 1 火山活動の可能性評価

- 13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
- 活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。

○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価

- 活動履歴及び地球物理学的調査（地下構造（地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常）、火山性地震及び地殻変動）により、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。
- 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価。

13火山（巨大噴火以外）

4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象（溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動）については、各火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について検討した結果、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性は十分に小さいと評価。

3. 1 地理的領域にある第四紀火山

【抽出結果】(1/2)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

- 火山影響評価を行うため、地理的領域にある第四紀火山については、中野ほか編(2013)「日本の火山(第3版)」及び中野ほか編(2013)に基づくweb版のデータベース(以降、産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」と呼ぶ)に示された第四紀火山から31火山を抽出した。
- 中野ほか編(2013)においては、年代測定により第四紀であることが判明している海底火山も多数あるが、活動的ではないものは表現していないとされている。
- このため、西来ほか編(2012)に示された後志海山を抽出し、地理的領域にある第四紀火山については、後志海山を加えた32火山とした(次頁左図及び次頁右表参照)。
- 抽出した32火山について、活動履歴、噴火規模、火山噴出物の岩種及び火山噴出物の分布を把握し、立地評価、影響評価及び火山活動のモニタリングに関する検討に用いるデータベースを作成するため、網羅的な文献調査を実施し、火山毎に整理したものを「敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山カタログ」として補足説明資料1章に掲載している。
- その上で、「32火山の火山噴出物の分布状況」及び「敷地及び敷地近傍における火山噴出物の分布状況」を確認するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施し、その結果を補足説明資料2章に掲載している。

番号	火山名	敷地からの距離 (km)	活動年代
C02	滝川(たきかわ)火山群 (石山(いしやま)、コップ山(こっぷやま))	石山:128.2 コップ山:151.3	約1000-170万年前 (石山:約200万年前、コップ山:約170万年前)
C03	イルムケツ山(いるむけつやま)	146.1	約250万年前
C04	暑寒別岳(しょかんべつだけ)	111.5	約400-200万年前
C05	藻岩山(もいわやま)	66.0	約260-240万年前
C06	積丹岳(しゃこたんだけ)	26.5	約250-200万年前
C07	赤井川(あかいがわ)カルデラ	25.3	約210-130万年前
C11	支笏(こつ)カルデラ(後カルデラ火山含む)	74.8	約4万年前にカルデラ形成
	C12 恵庭岳(えにわだけ)	68.6	約1万8000年前以前に活動開始
	C13 風不死岳(ふうふしだけ)	77.7	約4万年前以降
	C14 樽前山(たるまいさん)	80.2	約9000年前に活動開始
C15	ホロホロ・徳舜管(とくしゅんべつ)	68.0	約170-160万ないし約60万年前
C16	オロフレ・来馬(らいば)	70.2	来馬岳:約60-50万年前 オロフレ山:活動年代は不明
C17	倶多楽(くつたら)・登別(のぼりべつ)火山群	80.5	約11万年前以降
C18	鷺別岳(わしべつだけ)	77.8	約190万年前
C19	虻田(あぶた)	53.4	約180万年前
C20	洞爺(とうや)カルデラ(後カルデラ火山含む)	54.8	約11万年前にカルデラ形成
	C21 洞爺中島(とうやなかじま)	55.1	約5-3万年前
	C22 有珠山(うずさん)	60.7	約3万年前に活動開始
C23	尻別岳(しりべつだけ)	43.6	約70-5万年前
C24	羊蹄山(ようていざん)	33.8	10万ないし数万年前以降
C25	ニセコ・雷電(らいでん)火山群	19.7	雷電火山群:約160-50万年前 ニセコ火山群:約150万年前以降
C26	写万部山(しゃまんべやま)	50.5	約260-250万年前
C27	狩場山(かりばやま)	66.1	約80-25万年前
C28	カスベ岳(かすべだけ)	69.4	前期更新世
C29	標洞山(かつまやま)	126.4	約70-20万年前
C30	長嶺(ながいそ)	105.7	約220-140万年前
C31	砂蘭部岳(さらんべだけ)	102.2	約180万年前
C32	濁川(にごりがわ)カルデラ	101.9	約2万-1万3000年前
C33	渡島毛無山(おしまけなしやま)	105.3	ジェラシアン-カラブリアン(前期更新世前半-前期更新世後半)
C34	北海道駒ヶ岳(ほっかいどうこまがたけ)	109.0	約4万年前以前に活動開始
C35	横津岳(よこつだけ)	123.7	約170-14万年前
C36	木地挽山(きじびきやま)	120.6	約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
C38	恵山(えさん)	146.9	約5万年前以降
C39	函館山(はこだてやま)	142.7	約120-90万年前
C40	鉢亀(げにかめ)	146.7	4万5000-3万3000年前の間
—	後志海山(しりべしかいざん)	101.2	約90万年前後(古くとも130万年)

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 62
3. 1 地理的領域にある第四紀火山	P. 65
3. 2 将来の火山活動可能性の評価	P. 69
4. 原子力発電所の運用と火山活動との関係	P. 76
4. 1 設計対応不可能な火山事象の抽出	P. 79
4. 1. 1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 81
4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価	P. 91
4. 1. 2(1) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 92
4. 1. 2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 100
4. 1. 2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 142
4. 1. 2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 184
4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 225
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 266
5. 1 降下火砕物の影響評価	P. 268
5. 1. 1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P. 268
5. 1. 2 降下火砕物シミュレーション	P. 268
5. 1. 3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P. 268
5. 2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P. 277
6. 火山活動のモニタリング	P. 278
6. 1 監視対象火山	P. 280
6. 2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	P. 281
7. 火山影響評価のまとめ	P. 282
参考文献	P. 288

・本章の説明内容

【抽出結果】

① 抽出フロー

② 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出における判断根拠

5.1章の概要版を掲載

5.2章の概要版を掲載

6.1章の概要版を掲載

6.2章の概要版を掲載

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ

一部修正 (R5/1/20審査会合)

3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

3. 1 地理的領域にある第四紀火山

○地理的領域にある第四紀火山については、文献調査に基づき32火山を抽出。

32火山

活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施（補足説明資料1章及び2章参照）。

3. 2 将来の火山活動可能性の評価

32火山

○完新世に活動があった火山

7火山

支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、羊蹄山、ニセコ・雷電火山群、北海道駒ヶ岳、恵山

○将来の活動可能性が否定できない火山

6火山

ホロホロ・徳舜磐、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝洞山、横津岳

○将来の活動可能性が十分に小さい火山

19火山

13火山

4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

13火山

4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4. 1. 1 火山活動の可能性評価

- 13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
- 活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。

○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価

- 活動履歴及び地球物理学的調査（地下構造（地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常）、火山性地震及び地殻変動）により、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。
- 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価。

13火山（巨大噴火以外）

4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

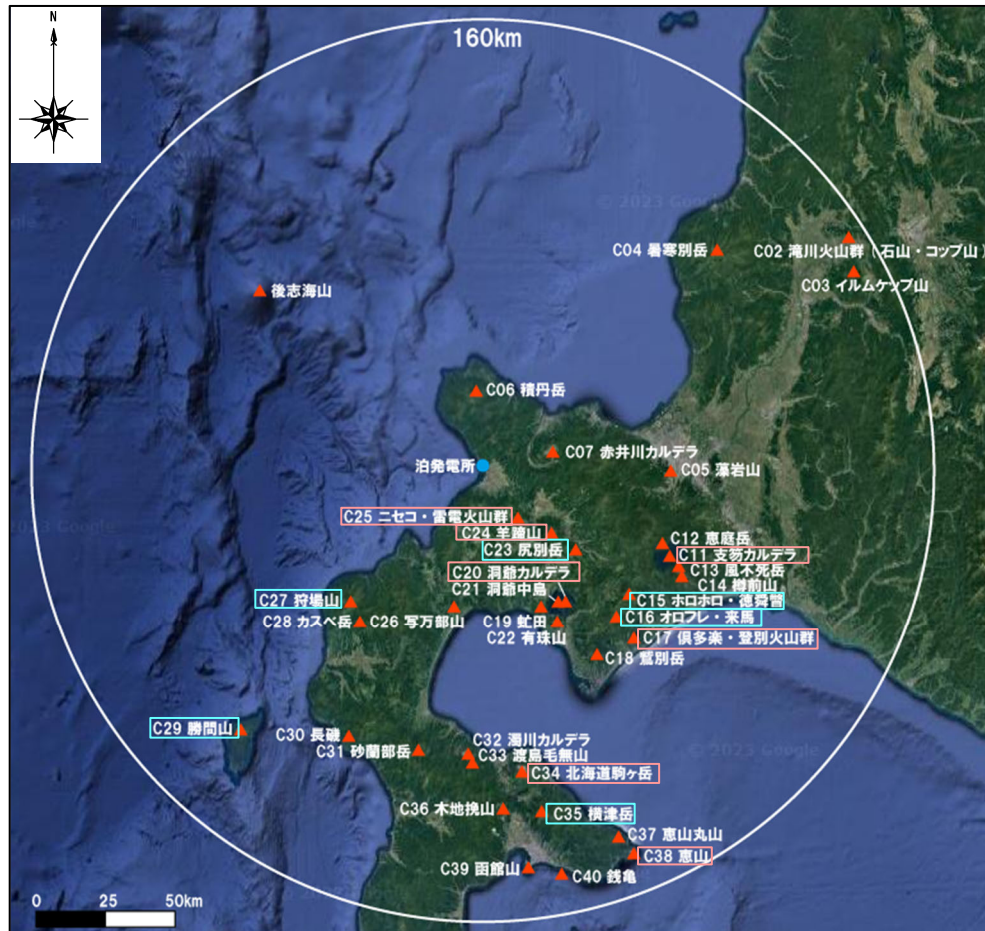
○設計対応不可能な火山事象（溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動）については、各火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について検討した結果、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性は十分に小さいと評価。

3. 2 将来の火山活動可能性の評価

【抽出結果】

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○地理的領域にある第四紀火山32火山(右表参照)について、原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価を行うため、**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、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した(抽出フローは次頁参照、抽出における判断根拠は、P72～P74参照)。



敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山の位置図
(第四紀火山の位置は産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」に基づく。
地質図Navi(ver.1.2.1.20230302)を基に作成)

敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山

番号	火山名	敷地からの距離(km)	活動年代
C02	滝川(たきかわ)火山群 (石山(いしやま)、コップ山(こっぷやま))	石山: 128.2 コップ山: 151.3	約1000-170万年前 (石山: 約200万年前、コップ山: 約170万年前)
C03	イルムケツ山(いるむけつやま)	146.1	約250万年前
C04	暑寒別岳(しょかんべつだけ)	111.5	約400-200万年前
C05	藻岩山(もいわやま)	66.0	約260-240万年前
C06	横丹岳(よこたんだけ)	26.5	約250-200万年前
C07	赤井川(あかいがわ)カルデラ	25.3	約210-130万年前
C11	支笏(しこつ)カルデラ(後カルデラ火山含む)	74.8	約4万年前にカルデラ形成
	C12 恵庭岳(えにわだけ)	68.6	約1万8000年前以前に活動開始
	C13 風不死岳(ふうふしだけ)	77.7	約4万年前以降
	C14 榊前山(たけまいさん)	80.2	約9000年前に活動開始
C15	ホロホロ・徳島(とくしゅんべつ)	68.0	約170-160万年前、約60万年前
C16	オロフレ・来馬(らいば)	70.2	来馬岳: 約60-50万年前 オロフレ山: 活動年代は不明
C17	倶多楽(くたらく)・登別(のぼりべつ)火山群	80.5	約11万年前以降
C18	葛別岳(わくべつだけ)	77.8	約190万年前
C19	虹田(あぶた)	53.4	約180万年前
C20	洞爺(とうや)カルデラ(後カルデラ火山含む)	54.8	約11万年前にカルデラ形成
	C21 洞爺中島(とうやなかじま)	55.1	約5-3万年前
	C22 有珠山(うずさん)	60.7	約3万年前に活動開始
C23	尻別岳(しりべつだけ)	43.6	約70-5万年前
C24	羊蹄山(ようていざん)	33.8	10万ないし数万年前以降
C25	ニセコ・雷電(らいでん)火山群	19.7	雷電火山群: 約160-50万年前 ニセコ火山群: 約150万年前以降
C26	写万部山(しゃまんべやま)	50.5	約260-250万年前
C27	狩場山(かりばやま)	66.1	約80-25万年前
C28	カスベ岳(かすべだけ)	69.4	前期更新世
C29	勝淵山(かつまやま)	126.4	約70-20万年前
C30	長磯(ながいそ)	105.7	約220-140万年前
C31	砂蘭部岳(さんらべだけ)	102.2	約180万年前
C32	濁川(にごりがわ)カルデラ	101.9	約2万-1万3000年前
C33	渡島毛無山(おしまけなしやま)	105.3	ジェラシアン-カラブリアン(前期更新世前半-前期更新世後半)
C34	北海道駒ヶ岳(ほっかいどうこまがたけ)	109.0	約4万年前以前に活動開始
C35	横津岳(よこつだけ)	123.7	約170-14万年前
C36	木地挽山(きじびきやま)	120.6	約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
C38	恵山(えさん)	146.9	約5万年前以降
C39	函館山(はこだてやま)	142.7	約120-90万年前
C40	銭亀(ぜにかめ)	146.7	4万5000-3万3000年前の間
—	後志海山(しりべしかいざん)	101.2	約90万年前前後(古くても130万年)

完新世に活動があった火山

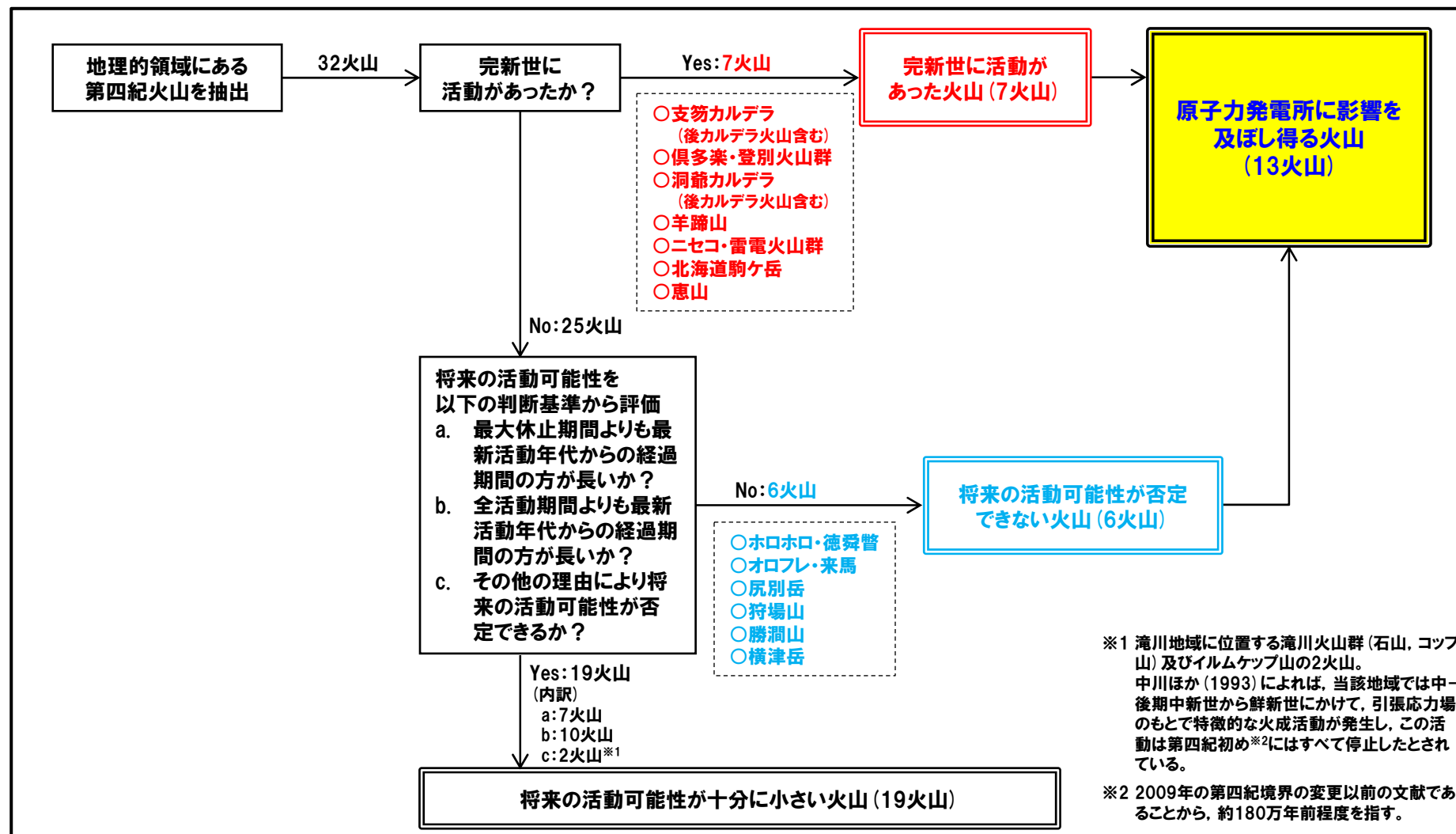
完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山

3. 2 将来の火山活動可能性の評価

① 抽出フロー

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○原子力発電所の火山影響評価ガイドを踏まえ、地理的領域にある第四紀火山について、以下の抽出フローに従い、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出した（抽出における判断根拠は、次頁～P74参照）。



原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出フロー

3. 2 将来の火山活動可能性の評価

② 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出における判断根拠 (1/3)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 地理的領域にある第四紀火山について、**完新世に活動があったかどうか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かどうか**を判断した根拠を本頁～P74に示す。
- なお、各火山の活動履歴の詳細については、補足説明資料1章において、火山毎に整理し示している。

■ : 完新世に活動があった火山
■ : 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
■ : 活動期間
■ : イベント時期 (完新世に活動があった火山は省略)

番号	火山名	敷地からの距離 (km)	活動時期										判断根拠
			約258万年前	100万年前	10万年前	約1万1,700年前	1,000年前	【更新世】	【完新世】	1,000年前	1,000年前	1,000年前	
C02	滝川火山群 (石山, コップ山)	石山: 128.2 コップ山: 151.3	最新活動 (石山): 約200万年前 最新活動 (コップ山): 約170万年前 滝川火山群の活動期間										その他の理由による※1
C03	イルムケツ山	146.1	最新活動: 約250万年前										その他の理由による※1
C04	暑寒別岳	111.5	最大休止期間: 約105万年 最新活動: 約200万年前										最大休止期間約105万年<経過期間約200万年
C05	藻岩山	66.0	最大休止期間: 約26万年 最新活動: 約240万年前										最大休止期間約26万年<経過期間約240万年
C06	積丹岳	26.5	最大休止期間: 約51万年 最新活動: 約200万年前										最大休止期間約51万年<経過期間約200万年
C07	赤井川カルデラ	25.3	最大休止期間: 約44万年 最新活動: 約130万年前										最大休止期間約44万年<経過期間約130万年
C11	支笏カルデラ (後カルデラ火山含む)	74.8											完新世に活動 (恵庭岳, 風不死岳, 樽前山)
	C12 恵庭岳	68.6											
	C13 風不死岳	77.7											
	C14 樽前山	80.2											

※1 中川ほか (1993) によれば、滝川地域では中-後期中新世から鮮新世にかけて、引張応力場のもとで特徴的な火成活動が発生し、この活動は第四紀初め※2にはすべて停止したとされていることから、将来の活動可能性が十分小さいと評価される。

※2 2009年の第四紀境界の変更以前の文献であることから、約180万年前程度を指す。

3. 2 将来の火山活動可能性の評価

② 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出における判断根拠 (2/3)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

■ : 完新世に活動があった火山
■ : 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
■ : 活動期間
| : イベント時期 (完新世に活動があった火山は省略)

番号	火山名	敷地からの距離 (km)	活動時期					判断根拠	
			約258万年前	【更新世】		約1万1,700年前	【完新世】		1,000年前
				100万年前	10万年前		1万年前		
C15	ホロホロ・徳舜誓	68.0	最大休止期間: 約98万年 最新活動: 約60万年前 (来馬岳) 最大休止期間: 約9万年 (来馬岳) 最新活動: 約50万年前					最大休止期間約98万年>経過期間約60万年	
C16	オロフレ・来馬	70.2						オロフレ山の活動年代は不明※1	
C17	倶多楽・登別火山群	80.5						完新世に活動	
C18	鷺別岳	77.8	最新活動: 約190万年前					全活動期間<経過期間約190万年※2	
C19	虻田	53.4	最新活動: 180万年前					全活動期間<経過期間約180万年※2	
C20	洞爺カルデラ (後カルデラ火山含む)	54.8						完新世に活動 (有珠山)	
	C21 洞爺中島	55.1							
	C22 有珠山	60.7							
C23	尻別岳	43.6	最大休止期間: 約57万年 最新活動: 約5万年前					最大休止期間約57万年>経過期間約5万年	
C24	羊蹄山	33.8						完新世に活動	
C25	ニセコ・雷電火山群	19.7						完新世に活動	
C26	写万部山	50.5	全活動期間: 約10万年 最新活動: 約250万年前					全活動期間約10万年<経過期間約250万年	
C27	狩場山	66.1	最大休止期間: 約28万年 最新活動: 約25万年前					最大休止期間約28万年>経過期間約25万年	
C28	カスベ岳	69.4	最新活動: 約80万年前					全活動期間<経過期間約80万年※2	

※1 オロフレ山については活動年代が不明であることから、保守的に、将来の活動の可能性が否定できない火山として抽出する。

※2 文献を踏まえると、十分に長い活動期間は有さないと考えられ、全活動期間よりも最新活動年代からの経過期間が長いことから、将来の活動可能性が十分小さいと評価される。

3. 2 将来の火山活動可能性の評価

② 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出における判断根拠 (3/3)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

■ : 完新世に活動があった火山
■ : 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
■ : 活動期間
| : イベント時期 (完新世に活動があった火山は省略)

番号	火山名	敷地からの距離 (km)	活動時期										判断根拠
			約258万年前	100万年前	10万年前	約1万1,700年前	1万年前	1,000年前	【更新世】	【完新世】			
C29	勝淵山	126.4			最大休止期間: 約40万年 最新活動: 約20万年前								最大休止期間約40万年 > 経過期間約20万年
C30	長磯	105.7		最大休止期間: 約35万年 最新活動: 約140万年前									最大休止期間約35万年 < 経過期間約140万年
C31	砂蘭部岳	102.2		最新活動: 約180万年前									全活動期間 < 経過期間約180万年※
C32	濁川カルデラ	101.9				最大休止期間: 約0.6万年 最新活動: 約1.3万年前							最大休止期間約0.6万年 < 経過期間約1.3万年
C33	渡島毛無山	105.3		最新活動: 約80万年前									全活動期間 < 経過期間約80万年※
C34	北海道駒ヶ岳	109.0											完新世に活動
C35	横津岳	123.7		最大休止期間: 約93万年 最新活動: 約14万年前									最大休止期間約93万年 > 経過期間約14万年
C36	木地挽山	120.6		最新活動: 約190万年前									全活動期間 < 経過期間約190万年※
C37	恵山丸山	139.9			最新活動: 約20万年前								全活動期間 < 経過期間約20万年※
C38	恵山	146.9											完新世に活動
C39	函館山	142.7		最大休止期間: 約20万年 最新活動: 約90万年前									最大休止期間約20万年 < 経過期間約90万年
C40	銭亀	146.7				全活動期間: 約1.2万年 最新活動: 約3.3万年前							全活動期間約1.2万年 < 経過期間約3.3万年
—	後志海山	101.2		最新活動: 約90万年前									全活動期間 < 経過期間約90万年※

※文献を踏まえると、十分に長い活動期間は有さないものと考えられ、全活動期間よりも最新活動年代からの経過期間が長いことから、将来の活動可能性が十分小さいと評価される。

余白

4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 62
3. 1 地理的領域にある第四紀火山	P. 65
3. 2 将来の火山活動可能性の評価	P. 69
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 76
4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 79
4. 1. 1 火山活動の可能性評価	P. 81
4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価	P. 91
4. 1. 2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 92
4. 1. 2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 100
4. 1. 2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 142
4. 1. 2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 184
4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 225
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 266
5. 1 降下火砕物の影響評価	P. 268
5. 1. 1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5. 1. 2 降下火砕物シミュレーション	P.
5. 1. 3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.
5. 2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P. 277
6. 火山活動のモニタリング	P. 278
6. 1 監視対象火山	P. 280
6. 2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	P. 281
7. 火山影響評価のまとめ	P. 282
参考文献	P. 288

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 62
3. 1 地理的領域にある第四紀火山	P. 65
3. 2 将来の火山活動可能性の評価	P. 69
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 76
4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 79
4. 1. 1 火山活動の可能性評価	P. 81
4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価	P. 91
4. 1. 2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 92
4. 1. 2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 100
4. 1. 2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 142
4. 1. 2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 184
4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 225
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 266
5. 1 降下火砕物の影響評価	P. 268
5. 1. 1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5. 1. 2 降下火砕物シミュレーション	P.
5. 1. 3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.
5. 2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P. 277
6. 火山活動のモニタリング	P. 278
6. 1 監視対象火山	P. 280
6. 2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	P. 281
7. 火山影響評価のまとめ	P. 282
参考文献	P. 288

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ

一部修正 (R5/1/20審査会合)

3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

3.1 地理的領域にある第四紀火山

○地理的領域にある第四紀火山については、文献調査に基づき32火山を抽出。

32火山

活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施（補足説明資料1章及び2章参照）。

3.2 将来の火山活動可能性の評価

○完新世に活動があった火山

7火山

支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、羊蹄山、ニセコ・雷電火山群、北海道駒ヶ岳、恵山

○将来の活動可能性が否定できない火山

6火山

ホロホロ・徳舜磐、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝洞山、横津岳

○将来の活動可能性が十分に小さい火山

19火山

13火山

4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

13火山

4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4.1.1 火山活動の可能性評価

- 13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
- 活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

- 13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
- なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価。

4.1.2 巨大噴火の可能性評価

- 活動履歴及び地球物理学的調査（地下構造（地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常）、火山性地震及び地殻変動）により、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。
- 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

13火山（巨大噴火以外）

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

- 設計対応不可能な火山事象（溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動）については、各火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について検討した結果、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性は十分に小さいと評価。

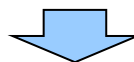
余白

4. 1. 1 火山活動の可能性評価

【評価結果】

一部修正 (R3/10/14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、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に原子力発電所に影響を及ぼす可能性を評価するため、運用期間中における活動の可能性を評価する。
- 火山活動の可能性については、3章で整理した各火山の活動履歴から評価する。
- なお、活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し（次頁～P84参照）、過去に巨大噴火が発生した火山については、4.1.2章において、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価する。



- 13火山は、3章で整理した各火山の活動履歴を踏まえると、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）であることから、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
- なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び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ではないと評価でき、運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていないことから、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価される。

4. 1. 1 火山活動の可能性評価

【過去に巨大噴火が発生した火山の抽出】(1/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

○原子力発電所の火山影響評価ガイドにおいては、巨大噴火について、「地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流となるような噴火であり、その規模として噴出物の量が数10km³程度を超えるようなもの」とされている。

○このため、火山影響評価ガイドを踏まえ、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(1)の条件に該当する火山を抽出した上で、(2)の条件に合致する火山を過去に巨大噴火が発生した火山として抽出する。

(1) 火砕流を含む火山噴出物の分布が広範囲

(2) 噴出物体積が20km³以上

○なお、条件(1)の「火山噴出物の分布」は、降下火砕物を除いたものを指す。

(1) 火砕流を含む火山噴出物の分布

○火砕流を含む火山噴出物の分布範囲についての確認結果を右表に示す。

○また、13火山全体の火山噴出物の分布範囲を次頁に示す。

○支笏カルデラ及び洞爺カルデラは、火砕流堆積物が広範囲に分布し、倶多楽・登別火山群の火山噴出物は、確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められる。

○その他の10火山については、火砕流を含む火山噴出物の分布は山体近傍に限定される。

○したがって、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについて、噴出物体積を確認する。

(P84へ続く)

(1) 火砕流を含む火山噴出物の分布 確認結果

火 山	火砕流を含む火山噴出物の分布	確認結果
C11 支笏カルデラ	火砕流を含む火山噴出物 (Sp-1等) が広範囲に認められる	火砕流堆積物が広範囲に分布する
C12 恵庭岳	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C13 風不死岳	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C14 樽前山	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C15 ホロホロ・徳舜誓	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C16 オロフレ・来馬	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C17 倶多楽・登別火山群	火砕流を含む火山噴出物 (Kt-7) が北東方向に60km程度の地点に認められる	確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められる
C20 洞爺カルデラ	火砕流を含む火山噴出物 (Tp) が広範囲に認められる	火砕流堆積物が広範囲に分布する
C21 洞爺中島	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C22 有珠山	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C23 尻別岳	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C24 羊蹄山	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C25 ニセコ・雷電火山群	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C27 狩場山	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C29 勝淵山	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C34 北海道駒ヶ岳	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C35 横津岳	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C38 恵山	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない

4. 1. 1 火山活動の可能性評価

【過去に巨大噴火が発生した火山の抽出】(3/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)



(P82からの続き)

(2) 噴出物体積

- 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの広範囲に分布する火山噴出物のうち、最大規模のものについて、噴出物体積の確認結果を下表に示す。
- 支笏カルデラのSp-1及び洞爺カルデラのTpを噴出した噴火は、噴出物体積が20km³以上とされることから、巨大噴火に該当する。
- 倶多楽・登別火山群のKt-7を噴出した噴火は、Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされているが、具体的な数値が示されていないことから、Amma-Miyasaka et al. (2020) を含む複数の文献を参考に、当社で噴出物体積を算出した。
- その結果、Kt-7の噴出物体積は60～90km³ (降下火砕物: 10～40km³ 及び火砕流堆積物: 50km³ の合計値) となり、最大値である90km³ は、Amma-Miyasaka et al. (2020) における「VEI7 class」と大きな矛盾はないものと考えられる。
- Amma-Miyasaka et al. (2020) において、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされていること及び当社で算出した噴出物体積が20km³ 以上となったことから、当該噴火を巨大噴火に該当するものとして取り扱う。

(2) 噴出物体積 確認結果

火 山	最大規模の噴出物	噴出物体積 (km ³)	確認結果
C11 支笏カルデラ	Sp-1 (支笏火砕流堆積物 (Spfl) 及び 支笏第1降下軽石 (Spfa-1))	150 (火砕流) 200～240 (降下軽石)	火砕流堆積物が広範囲に分布し、噴出物体積が20km ³ 以上とされることから、巨大噴火に該当する
C17 倶多楽・ 登別火山群	Kt-7: pfa, pfl	10～40 (pfa) 50 (pfl)	確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められ、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされていること及び当社で算出した噴出物体積が20km ³ 以上となったことから、巨大噴火に該当するものとして取り扱う
C20 洞爺カルデラ	Tp (洞爺火山灰 (Toya) 及び洞爺火砕流)	354※	火砕流堆積物が広範囲に分布し、噴出物体積が20km ³ 以上とされることから、巨大噴火に該当する

※産業技術総合研究所 (2021) においては、Tp噴火のマグマ体積 (DRE) は170km³とされているが、洞爺火山灰 (Toya) と洞爺火砕流の割合は示されていないことから、すべて洞爺火砕流として、噴出物体積 (見かけ体積) へ当社で換算した値。換算においては、山元 (2014) に基づき、火砕流: 1.2g/cm³、溶岩: 2.5g/cm³とした。



○13火山のうち、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについて、運用期間中における巨大噴火の可能性評価を行う。

4. 1. 1 火山活動の可能性評価

設計対応不可能な火山事象である火砕流が敷地に到達した可能性評価

一部修正 (R5/7/7審査会合)

- 地理的領域にある32火山のうち、過去に巨大噴火が発生した火山は、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラである。
- 上記3火山の最大規模の噴出物は、それぞれSp-1 (支笏火砕流堆積物 (Spfl) 及び支笏第1降下軽石 (Spfa-1))、Kt-7 (pfa及びpfl) 及びTp (洞爺火山灰 (Toya) 及び洞爺火砕流) である。
- Sp-1及びTpのうち、設計対応不可能な火山事象である火砕流堆積物は広範囲に分布する (P83参照)。
- また、Kt-7のうち、火砕流堆積物については、確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で認められる (P83参照)。
- これらの火砕流堆積物については、敷地に到達した可能性について下表のとおり評価を行った。
- また、敷地方向における支笏火砕流及び洞爺火砕流の推定分布を次頁～P87に示し、敷地及び敷地近傍における地質調査結果をP88に示す。
- なお、本検討の詳細については補足説明資料3章に示す。

設計対応不可能な火山事象である火砕流が敷地に到達した可能性に関する評価結果

火山	敷地からの距離	最大規模の噴出物	文献に基づく最大到達地点		敷地方向の最大到達地点			敷地方向の分布状況		評価結果
			給源からの方角	給源からの距離	給源からの方角	給源からの距離 (敷地からの距離)	特記事項	文献	地質調査	
支笏カルデラ	74.8km	Sp-1: 支笏火砕流堆積物 (Spfl), 支笏第1降下軽石 (Spfa-1))	伊達市館山町		羊蹄山北側地点			なし: 倶知安峠 ～敷地	なし: 敷地近傍 ～敷地	○支笏火砕流堆積物 (Spfl) は、給源から敷地方向に層厚を減じながら尻別川沿いを流下したものと考えられ、羊蹄山北側地点においては、再堆積層が認められる。 ○羊蹄山北側地点を含む倶知安盆地については、盆地全体が支笏火砕流堆積物に覆われ、敷地に最も近い倶知安盆地北西端地点まで火砕流が到達していた可能性は否定できない。 ○しかし、当該地点よりもさらに敷地方向に位置する倶知安峠を越えてから、敷地までの間には支笏火砕流堆積物又はその二次堆積物の分布を示した文献等も認められないことから、敷地には到達していないと判断される。
			南西	約52km	北西	約48km (約28km)	○古倶知安湖に直接又は間接的に流入した支笏火砕流が湖底に厚く堆積した再堆積層 ○当該地点を含む倶知安盆地のうち、敷地に最も近い倶知安盆地北西端地点の給源からの距離 約54km (敷地からの距離は約22km)			
倶多楽・登別火山群	80.5km	Kt-7: pfa, pfl	厚真町		—※			なし: 給源～敷地	なし: 敷地近傍 ～敷地	○Kt-7 (pfl) は、給源と敷地の間にはオロフレ山-ホロホロ山が認められ、敷地までの間にはKt-7 (pfl) の分布を示した文献等も認められないことから、敷地には到達していないと判断される。
			南西	約63km						
洞爺カルデラ	54.8km	Tp: 洞爺火山灰 (Toya), 洞爺火砕流	安平町追分春日		敷地近傍のうち共和町幌似付近 C-2ボーリング地点			あり: 敷地近傍 (共和町幌似付近)	あり: 敷地近傍 (共和町幌似付近)	○洞爺火砕流堆積物は、敷地方向に向かって堀株川沿いを流下し敷地のうちMm1段丘より低標高側に洞爺火砕流本体が、Mm1段丘より高標高側については火砕サージが到達した可能性を否定できないものと評価した。
			東	約85km	北～北西	約48km (約8km)	—			

※倶多楽・登別火山群と敷地との間にKt-7 (pfl) の分布を示した文献が認められず、当社地質調査の結果、敷地及び敷地近傍にKt-7 (pfl) は認められないことから、敷地方向の最大到達距離は示していない。

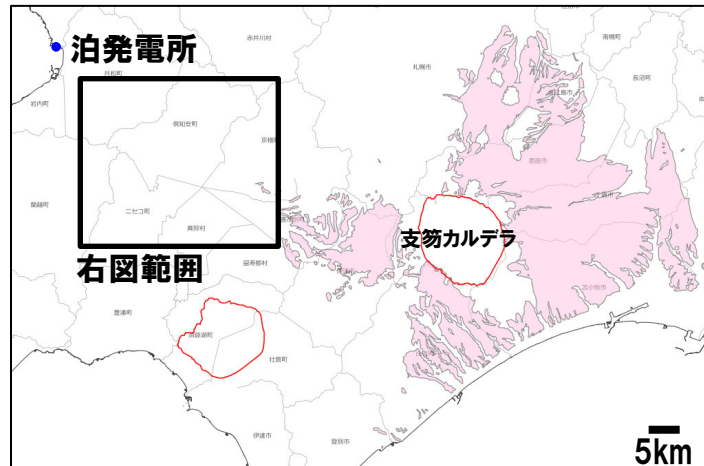


- 支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群は、最大規模の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性はないものと判断される。
- 洞爺カルデラは、最大規模の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性を否定できない。

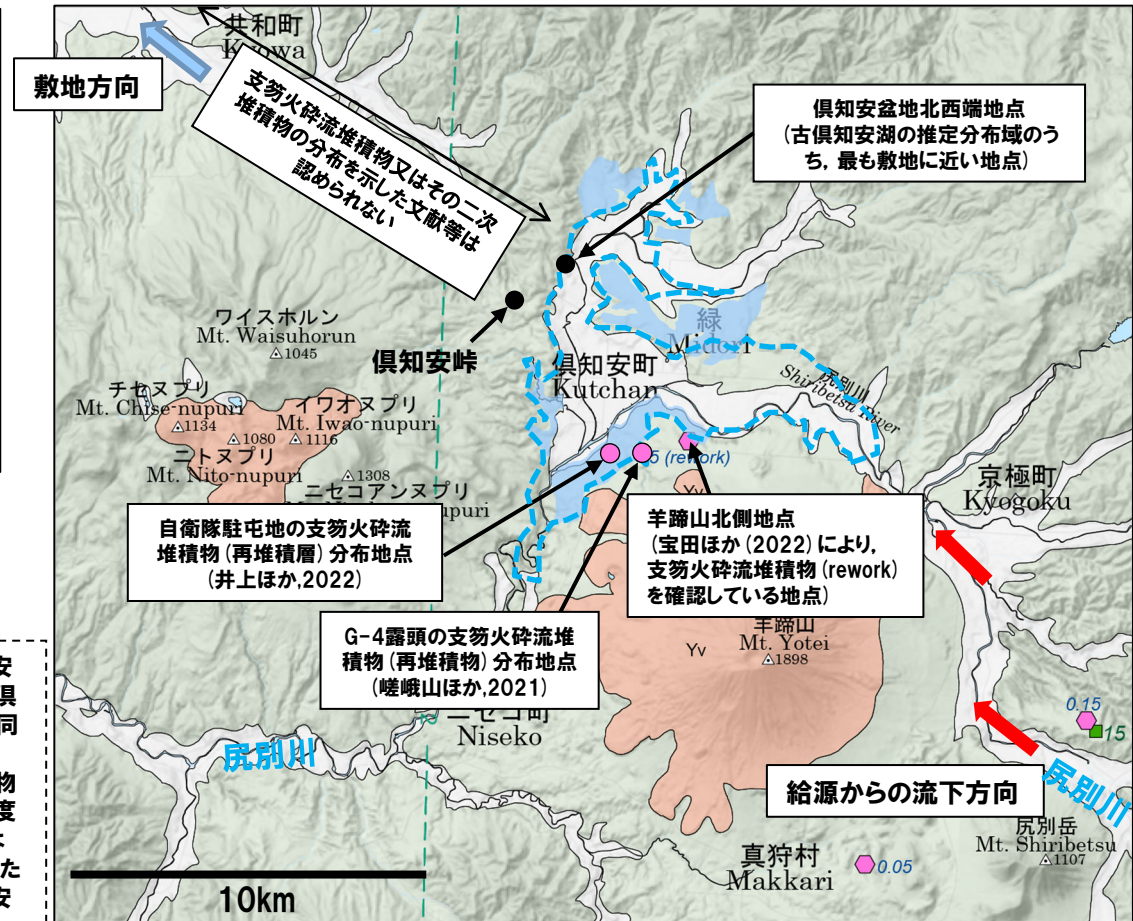
4. 1. 1 火山活動の可能性評価

設計対応不可能な火山事象である火砕流が敷地に到達した可能性評価 (支笏火砕流の推定分布)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

支笏火砕流堆積物の分布
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) に加筆)

- ・20万分の1地質図幅「岩内(第2版)」(石田ほか, 1991)によれば、倶知安盆地堆積物(Kc)と呼ばれる凝灰質砂、軽石、礫及びシルト層が、現在の倶知安市街地を取り囲むように、標高180~210m程度に分布するとされ、同範囲に広がっていた古倶知安湖に堆積したものと考えられる。
- ・支笏火砕流堆積物の再堆積層が認められる各地点は、倶知安盆地堆積物の分布範囲上に位置しており、各地点の標高が以下の通り概ね200m程度であることを踏まえると、少なくとも倶知安盆地の標高約200m程度までは古倶知安湖に水没していたと考えられ、盆地全体が古倶知安湖に直接または間接的に流入した支笏火砕流堆積物に覆われ、敷地に最も近い倶知安盆地北西端地点まで火砕流が到達していた可能性は否定できない。
- ・羊蹄山北側地点(宝田ほか, 2022): 露頭の具体的な標高は当該文献中に記されていないものの、地形図から読み取った露頭基部の標高は約198mと推定される。
- ・G-4露頭地点(嵯峨山ほか, 2021): 当該文献によると、作業場面(露頭基部)の標高は199mとされている。
- ・自衛隊駐屯地地点(井上ほか, 2022): 当該文献によると、支笏火砕流堆積物の再堆積層が認められる法面の標高は、181.88~188.88mとされている。
- ・この場合、敷地方向における支笏火砕流の最大到達距離は約54km(敷地からの距離約22km)となる。



羊蹄山周辺の支笏火砕流堆積物の分布 (宝田ほか (2022) に加筆)

- 埋立地、干拓地、沖積層、段丘堆積物、扇状地堆積物及び崖堆積物
Reclaimed land, alluvium, terrace deposits, fan deposits, and talus deposits
- その他の火山噴出物(羊蹄火山、ニセコ火山群及び倶知安火山群の一部、有珠火山)
Other volcanic eruption products (Yotei Volcano, Niseko Volcano Group and Kuttara Volcano)
- 支笏火砕流以前の第四紀火山噴出物、堆積物及び先第四系
Quaternary volcanic products and sediments before Shikotsu Eruption and Pre-Quaternary Geological units

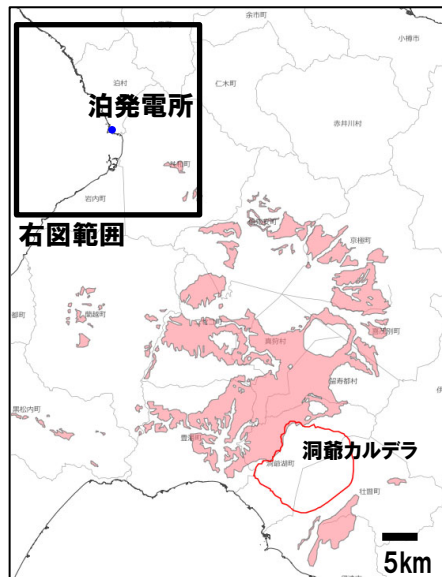
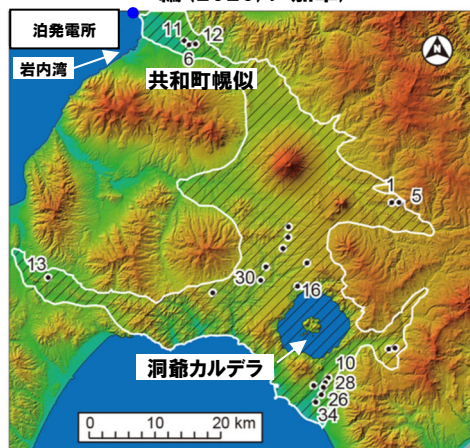
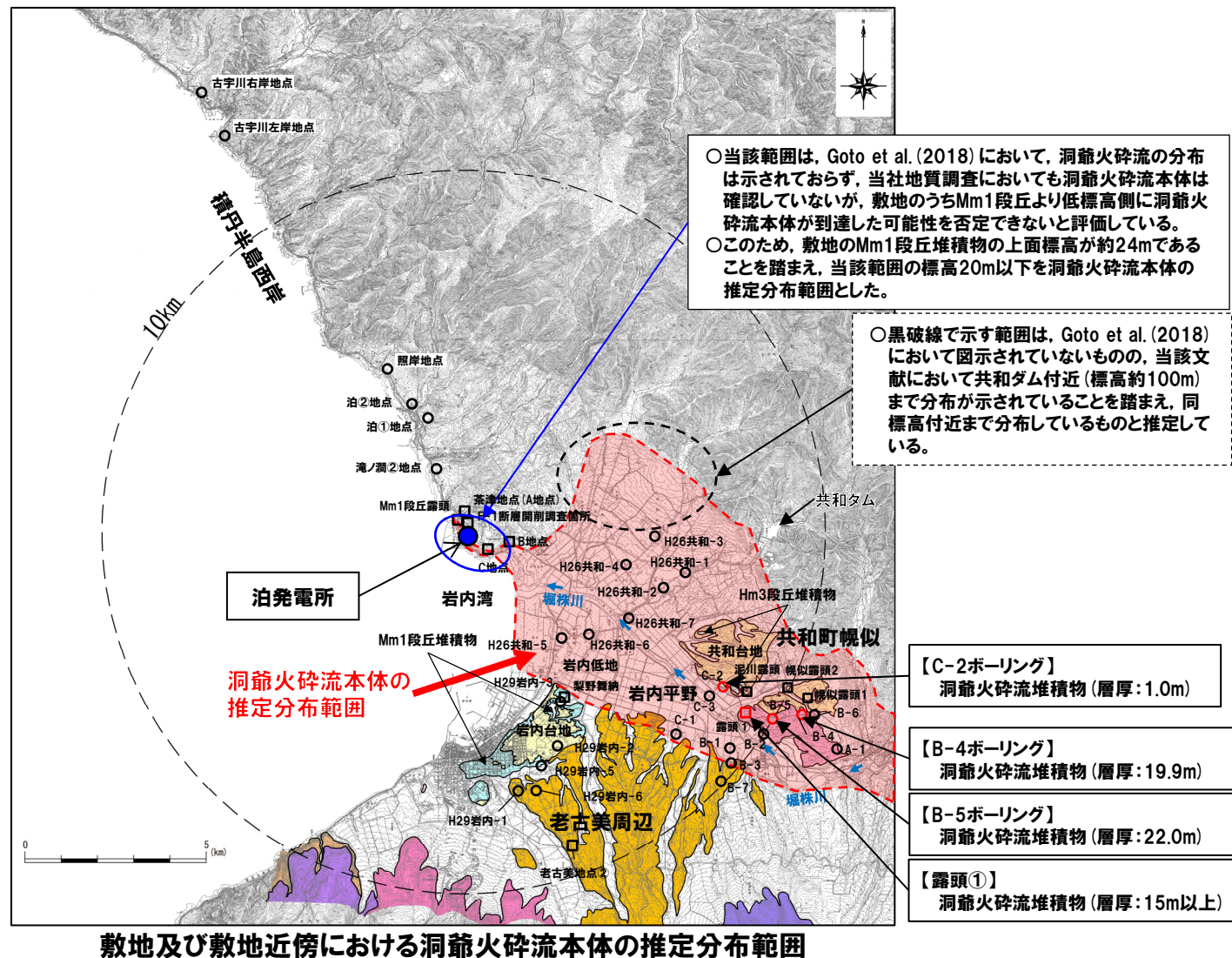
- 支笏火砕流堆積物の小規模分布(層厚: m)
Limited area exposure points of Shikotsu Ignimbrite
- 支笏第1降下テフラの層厚(cm; ?は推定値)
Thickness of Shikotsu Tephra Fall Deposit 1 (cm)
question mark indicates estimated value

- 石田ほか(1991)による倶知安盆地堆積物(Kc)の分布範囲
- 尻別川沿いの標高200m以下のおおよその範囲(支笏火砕流到達時の古倶知安湖の推定分布域)

4. 1. 1 火山活動の可能性評価

設計対応不可能な火山事象である火砕流が敷地に到達した可能性評価 (洞爺火砕流の推定分布)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

洞爺火砕流堆積物の分布
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)に加筆)文献調査における洞爺火砕の分布と層厚
(Goto et al. (2018) に加筆) ※
(図中の数字は層厚を示す, 単位:m)

敷地及び敷地近傍における洞爺火砕流本体の推定分布範囲

※Goto et al. (2018) においては, 共和町幌似付近以西において洞爺火砕流堆積物は確認されていないものの, 推定に基づき, 幌似付近を越えて岩内湾まで分布が示されている。

余白

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 62
3. 1 地理的領域にある第四紀火山	P. 65
3. 2 将来の火山活動可能性の評価	P. 69
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 76
4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 79
4. 1. 1 火山活動の可能性評価	P. 81
4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価	P. 91
4. 1. 2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 92
4. 1. 2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 100
4. 1. 2(3) 巨大噴火の可能性評価(阿蘇カルデラ)	P. 100
4. 1. 2(4) 巨大噴火の可能性評価(御嶽山)	P. 100
4. 2 火山活動の規模と設計対応	P. 100
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 268
5. 1 降下火砕物の影響評価	P. 268
5. 1. 1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P. 268
5. 1. 2 降下火砕物シミュレーション	P. 268
5. 1. 3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P. 268
5. 2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P. 277
6. 火山活動のモニタリング	P. 278
6. 1 監視対象火山	P. 280
6. 2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	P. 281
7. 火山影響評価のまとめ	P. 282
参考文献	P. 288

・本章の説明内容

【評価方法】

文献(巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ:下司(2016)及び東宮(2016))

5.1章の概要版を掲載

5.2章の概要版を掲載

6.1章の概要版を掲載

6.2章の概要版を掲載

4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ

一部修正 (R5/1/20審査会合)

立地評価

3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

3. 1 地理的領域にある第四紀火山

○地理的領域にある第四紀火山については、文献調査に基づき32火山を抽出。

32火山

活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施（補足説明資料1参照）。

3. 2 将来の火山活動可能性の評価

○完新世に活動があった火山

7火山

支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、羊蹄山、ニセコ・雷電火山群、北海道駒ヶ岳、恵山

○将来の活動可能性が否定できない火山

6火山

ホロホロ・徳舜磐、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝洞山、横津岳

○将来の活動可能性が十分に小さい火山

19火山

13火山

4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

13火山

4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4. 1. 1 火山活動の可能性評価

○13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。

○活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。

○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価

○活動履歴及び地球物理学的調査（地下構造（地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常）、火山性地震及び地殻変動）により、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価。

13火山（巨大噴火以外）

4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象（溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動）については、各火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について検討した結果、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性は十分に小さいと評価。

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

【評価方法】(1/2)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

- 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについて、運用期間中における巨大噴火※の可能性が十分小さいことを評価するため、以下を実施する。
 - ・巨大噴火が差し迫った状態ではないことを総合的に評価するための活動履歴及び地球物理学的調査に関する検討
 - ・運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていないことを確認するための網羅的な文献調査
- このうち、巨大噴火が差し迫った状態ではないことの評価に用いる活動履歴及び地球物理学的調査については、下記に示す観点から検討を実施する。

【活動履歴】

- 巨大噴火時の状況と現在の状況との差異について、巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積、噴出物の組成等の観点から検討を実施する。

【地球物理学的調査】

- マグマ溜まりの位置、規模等を把握するため、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)を実施する。
- マグマの移動・上昇、集積等の活動の有無を把握するため、火山性地震及び地殻変動の観点から検討を実施する。

- これらの検討を実施するに当たり、まず、下司(2016)及び東宮(2016)をレビューすることで、以下の通り対象とするマグマ溜まりの規模、深度等を明確にした(P94～P96参照)。
- 巨大噴火を発生させるためには、巨大噴火が可能な量の珪長質なマグマ溜まりが、上部地殻内(約20km以浅)のうち、深度約10km程度以浅に形成されることが必要であり、また、そのマグマ溜まりの周囲には部分熔融域が広がっているものと考えられる。
- さらにマグマ溜まり及びその周囲に分布する部分熔融域は、部分熔融によるメルトの生成、発生したメルトの分離・上昇、集積等といった地殻全体に広がる巨大なマグマシステムを構成する一部であり、巨大なマグマシステムはカルデラを超える範囲に広がっているものと考えられる。
- このため、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの有無及び大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動の有無に着目する。

(次頁へ続く)

※原子力発電所の火山影響評価ガイドにおいては、巨大噴火について、「地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流となるような噴火であり、その規模として噴出物の量が数10km³程度を超えるようなもの」とされており、当社は巨大噴火における噴出物体積を20km³以上としている。

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

【評価方法】(2/2)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

(前頁からの続き)

- 地球物理学的調査のうち、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)については、下司(2016)及び東宮(2016)のレビュー結果を踏まえ、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの有無に着目し、以下を確認する。
- ・地震波速度構造については、Nakajima et al. (2001) 及び中道(2022)を踏まえると(詳細は補足説明資料4.1章参照)、活火山直下の上部地殻で観測される低Vp、低Vsかつ高Vp/Vs領域は、メルトによるものとする方が適当であることから、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域の有無を確認する。
また、あわせて低周波地震及び通常の地震の分布状況についても考慮する。
 - ・比抵抗構造については、後藤・三ヶ田(2008)によれば、比抵抗は岩石中の伝導性物質の量に依存し、間隙水、マグマ及び湿潤状態の粘土鉱物は高い導電性(低比抵抗)を示すとされている。このため、低比抵抗領域の有無を確認する。
 - ・重力異常については、下鶴ほか編(2008)によれば、重力異常から地下密度構造を求めることができ、周辺の地殻に比べて火山の下に何らかの質量欠損があるか、過剰があるかは火山の地下構造を論ずるうえで重要であるとされていることから、重力異常を踏まえた地下構造に関して考察している文献について確認する。
- 地球物理学的調査のうち、火山性地震(低周波地震)及び地殻変動については、下司(2016)及び東宮(2016)のレビュー結果を踏まえ、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動の有無に着目し、以下を確認する。
- ・火山性地震のうち低周波地震については、下鶴ほか編(2008)によれば、マグマや熱水などの流体が関与して発生していると考えられているものが多いとされている。このため、低周波地震の時空間分布を確認した上で、低周波地震群の有無を確認する。
 - ・地殻変動については、青木(2016)によれば、マグマ溜まりにマグマが注入されると、マグマ溜まりが増圧し山体は膨張するとされている。このことから、電子基準点等のデータを整理した上で、継続的かつ顕著な変位の累積等の地殻変動の有無を確認する。

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献 (巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ: 下司 (2016) 及び東宮 (2016) (1/3))

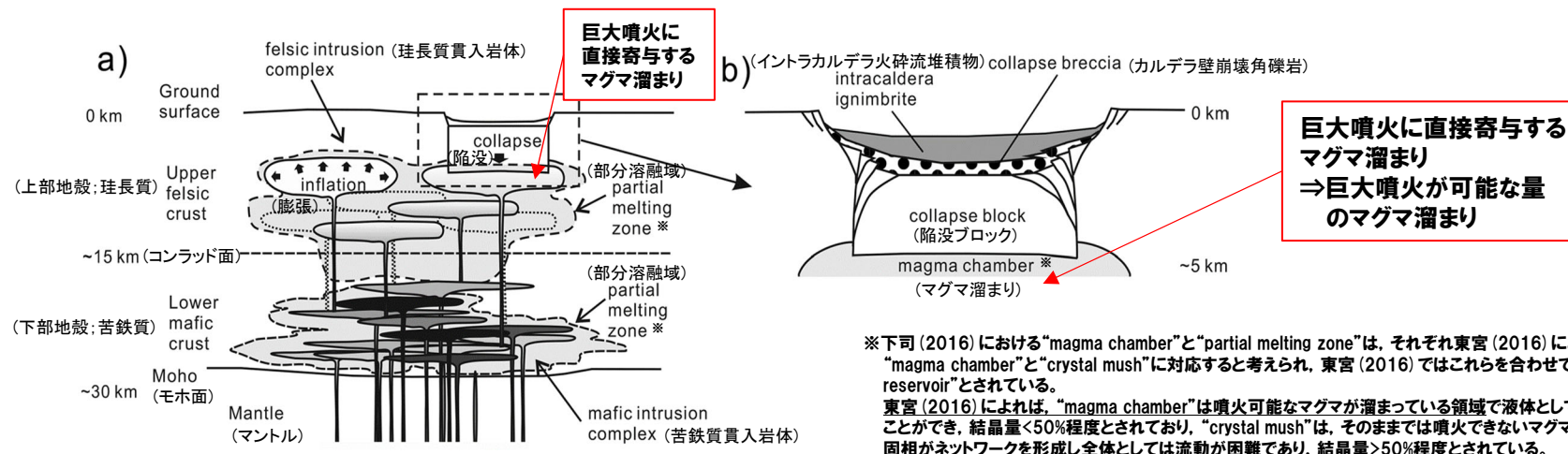
一部修正 (R3/10/14 審査会合)

【下司 (2016)】

○ 巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージについて整理されている下司 (2016) をレビューした。

- ・ 下司 (2016) によれば、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溶融状態で貯留する、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とされている。
- ・ 珧長質マグマの移動・集積に要するタイムスケールを考えると、数 $10\sim 100\text{km}^3$ の珧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とされている。
- ・ 大規模噴火を引き起こすマグマシステムの全体像は、マンツルの部分溶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溶融による珧長質メルトの生成、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とされている。
- ・ 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、このような部分溶融した貫入岩体の複合体を見ていると考えられるとされている。
- ・ 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とされている。
- ・ 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とされている。

(次頁へ続く)



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

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

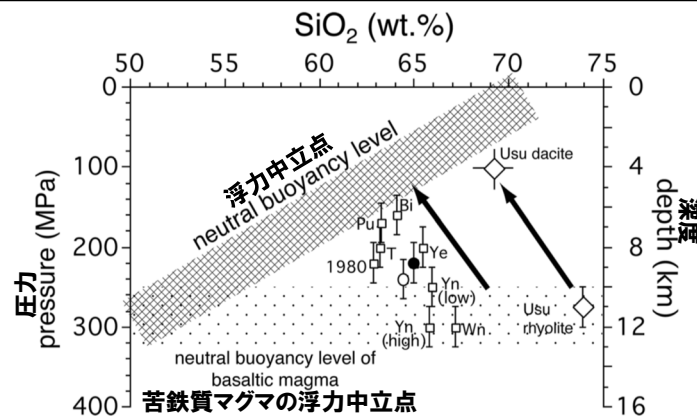
文献 (巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ: 下司 (2016) 及び東宮 (2016) (2/3))

(前頁からの続き)

【東宮 (2016)】

○マグマ溜まりの定置条件について記載された文献を整理している東宮 (2016) をレビューした。

- ・マグマ溜まりがどのくらいの温度・圧力 (深さ) であるかについては、多くの実験岩石学的研究があるとされている。
- ・また、メルト包有物の揮発性成分濃度と溶解度から飽和圧力を求めて推定した例も多い。鉱物組成の圧力依存性を利用した地質圧力計もあり、角閃石中のAlを使ったものが有名であるとされている。
- ・上記のような岩石学的手法で求まるのは、基本的に噴火直前にマグマが溜まっていた条件 (pre-eruptive conditions) であるとされている。
- ・島弧火山の場合、100~300MPa前後、深さにして4~12km程度に求まっていることが多い。ただし、300MPa以上のデータがあまりないのは、300~1,000MPa (中部~下部地殻条件) の実験ができるガス圧装置が少ないことによるバイアスである可能性もあるとされている。
- ・マグマ溜まりがなぜその深さに存在するかについては、浮力中立で説明されることが従来多かった。つまり、マグマの密度と周辺地殻の密度が釣り合うような深さでマグマが定置する、というものである。しかし、実際にはそう単純でないとされている。
- ・たとえば有珠火山の場合、1663年流紋岩の高温高压融解相平衡実験に基づき、主マグマ溜まりの圧力は250MPa、深さにして約10kmと求められた。この深さは、流紋岩マグマの浮力中立点としては深過ぎるもので、むしろ1663年噴火直前に流紋岩マグマ溜まりへと注入した苦鉄質マグマの浮力中立点に相当するものであるとされている。
- ・このことから、深さ10kmは苦鉄質マグマ溜まりの浮力中立点であり、流紋岩マグマはこの場で生成し、ある期間そこに留まっていたのだと考えられたとされている。
- ・一方、有珠火山で1663年より後に噴出したデイサイトマグマの圧力は100MPa、深さにして4~5kmと求まり、浮力中立点として矛盾しない。つまり、密度の小さい珪長質マグマが、深部で生成したあと、(苦鉄質マグマの注入などにより組成をやや苦鉄質に変化させながら) 浮力中立となる浅部に移動したことになるとされている。



揮発性成分濃度から推定した
珪長質マグマ溜まりの深度
(東宮 (2016) に追記)

↓ (次頁へ続く)

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ: 下司(2016) 及び東宮(2016) (3/3))

一部修正(R3/10/14審査会合)

(前頁からの続き)



- 巨大噴火※を発生させるためには、巨大噴火が可能な量の珪長質なマグマ溜まりが、上部地殻内(約20km以浅)のうち、深度約10km程度以浅に形成されることが必要であり、また、そのマグマ溜まりの周囲には部分熔融域が広がっているものと考えられる。
- さらにマグマ溜まり及びその周囲に分布する部分熔融域は、部分熔融によるメルトの生成、発生したメルトの分離・上昇、集積等といった地殻全体に広がる巨大なマグマシステムを構成する一部であり、巨大なマグマシステムはカルデラを超える範囲に広がっているものと考えられる。
- このため、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの有無及び大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動の有無に着目する。
- なお、上部地殻と下部地殻の境界面(コンラッド面)の深度は、下司(2016)において、15km以浅として示されているが、Zhao(1992)においては、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラ周辺におけるコンラッド面は、深度約20kmとして示されていることから、上部地殻を約20km以浅として取り扱う。

※原子力発電所の火山影響評価ガイドにおいては、巨大噴火について、「地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流となるような噴火であり、その規模として噴出物の量が数10km³程度を超えるようなもの」とされており、当社は巨大噴火における噴出物体積を20km³以上としている。

余白

1. 火山影響評価の概要	P. 4
2. 網羅的な文献調査の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 62
3. 1 地理的領域にある第四紀火山	P. 65
3. 2 将来の火山活動可能性の評価	P. 69
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 76
4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 79
4. 1. 1 火山活動の可能性評価	P. 81
4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価	P. 91
4. 1. 2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 92
4. 1. 2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 100
4. 1. 2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 142
4. 1. 2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 184
4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 225
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 266
5. 1 降下火砕物の影響評価	P. 268
5. 1. 1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物の影響評価	P. 268
5. 1. 2 降下火砕物シミュレーション	P. 277
5. 1. 3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P. 278
5. 2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P. 280
6. 火山活動のモニタリング	P. 281
6. 1 監視対象火山	P. 282
6. 2 モニタリングの実施方法及び火山の状態	P. 288
7. 火山影響評価のまとめ	
参考文献	

・本章の説明内容

【評価結果】支笏カルデラの巨大噴火の可能性評価

① 活動履歴

②-1 地球物理学的調査(地下構造:まとめ)

②-2 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造)

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造)

②-4 地球物理学的調査(地下構造:重力異常)

②-5 地球物理学的調査(火山性地震及び地殻変動:まとめ)

②-6 地球物理学的調査(火山性地震)

②-7 地球物理学的調査(地殻変動)

(参考) 樽前山火山防災協議会(2022)

余白

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

【評価結果】支笏カルデラの巨大噴火の可能性評価(1/2)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

- 支笏カルデラの現在の活動状況は、以下の検討結果(詳細は次頁表参照)を総合的に踏まえると、巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価される。
- ・活動履歴を踏まえると、巨大噴火(Sp-1噴出)時の状況と現在の状況は、噴出物の体積、噴出物の組成及び地温の観点において差異が認められることから、現状、Sp-1を噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される。
 - ・地球物理学的調査のうち、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)を踏まえると、上部地殻内において、現状、深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さいと判断される。
 - ・地球物理学的調査のうち、火山性地震(低周波地震)及び地殻変動を踏まえると、現状、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動を示す兆候は認められないと判断される。
- また、網羅的な文献調査の結果、現状、巨大噴火が起こる可能性があるとする知見は認められない※ことから、運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠は得られていない。
- これらのことから、支笏カルデラの運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価される。

※現状想定されている噴火規模について、参考としてP139に示す。

検討項目		検討結果	該当頁
地球物理学的調査	①活動履歴	○支笏カルデラでは、約4万年前に、噴出物体積にして350～390km ³ の噴出物を噴出した巨大噴火が1回発生しているとされている。 ○このため、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点において、判断することは難しい。 ○しかし、巨大噴火以降に活動した後カルデラ火山においては複数回の活動が認められ、噴出物体積の総和は最大でも15km ³ 程度であることから、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。 ○また、巨大噴火による噴出物（Sp-1）は珪長質であり、現在の支笏カルデラを形成した噴火以降に噴出した噴出物と組成が異なり、Sp-1噴出時のマグマ供給系のうち、斑晶に乏しい珪長質マグマが存在していた温度環境は、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される地温に比べ高い。	次頁～P109
	○巨大噴火（Sp-1噴出）時の状況と現在の状況は、噴出物の体積、噴出物の組成及び地温の観点において差異が認められることから、現状、Sp-1を噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される。		
	②地下構造	【地震波速度構造】 ○支笏カルデラ直下の上部地殻（約20km以浅）を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。 ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が支笏カルデラ直下の浅所まで連続する状況は認められない。 ・深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。 ・支笏カルデラ直下の下部地殻内（約20～30km）には、散発的な低周波地震が認められるものの、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。 ・通常の地震が深度15km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。 【比抵抗構造】 ○文献（Yamaya et al., 2017; Ichihara et al., 2019）を踏まえると、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」及び上部地殻内（約20km以浅）に位置する低比抵抗領域「C2'」並びにこれらと同様な位置及び深度に低比抵抗領域「C-3」が認められる。 （地震波速度構造と比抵抗構造との比較（P120～P125参照）） ○比抵抗構造だけでは、これらの領域がメルトを含む部分熔融域かマグマ由来の水に富む領域か判断できないことから、当該領域における比抵抗構造と地震波速度構造とを合わせた検討を実施した。 ・下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められる。また、上部地殻内（約20km以浅）に位置する低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められず、低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。 ・低比抵抗領域「C-3」の推定分布範囲の下部では、下部地殻に中心部が位置する低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められるものの、上部では、下部に比べ低いVp/Vsを示す。 ○低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。 ○また、低比抵抗領域「C-3」の下部は、低比抵抗領域「C2」と同様に、メルトを含む部分熔融域であることが示唆されるものの、上部は、低比抵抗領域「C2'」と同様、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。 ○低比抵抗領域「C2'」については、震源分布及び地温の観点から、以下の状況を確認した。 ・低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、通常の地震が認められることから、当該範囲では、脆性的な破壊が生じており、当該範囲が硬質な領域であることを示唆している。 ・大久保ほか（1998）において、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度は、深度10km深では600～700℃程度であるとされており、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される深度10kmの地温は約500℃であり、低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度に達していない。 ○低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、震源分布の観点及び地温の観点から、それぞれにおいてメルトの存在を示唆する状況ではない。 ○このため、支笏カルデラ直下の深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの存在を示唆する状況は認められないと判断される。 【重力異常】 ○重力異常を踏まえマグマ溜まりに関して考察されている文献は認められない。	P111～P113 <

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴(1/7)

【目的】

○巨大噴火時の状況と現在の状況との差異について、支笏カルデラにおける巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積、噴出物の組成等の観点から検討を実施する。



○支笏カルデラ、恵庭岳、風不死岳及び樽前山の活動履歴、噴出量-年代階段ダイアグラム等をP105～P109に示し、支笏カルデラの活動の概要は以下のとおり。

- ・長期的前駆活動として約9万年前にSp-5を噴出した噴火、約6万年前にSp-4 (Ssfa及びSsfl) を噴出した噴火等が発生した。
- ・約4万年前にSp-1 (支笏火砕流堆積物 (Spfl) 及び支笏第1降下軽石 (Spfa-1)) を噴出した噴火により、現在の支笏カルデラが形成され、その後、後カルデラ火山である風不死岳、恵庭岳及び樽前山が形成された。
- ・約4万年前にSp-1を噴出した噴火以降から現在までの活動期は後カルデラ期である。

【検討結果】

(巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積) (P105～P107参照)

- 約4万年前にSp-1を噴出した噴火は、火砕流堆積物が広範囲に分布し、噴出物体積が $350\sim 390\text{km}^3$ (火砕流 150km^3 (マグマ体積: 80km^3 (DRE)), 降下軽石 $200\sim 240\text{km}^3$ (マグマ体積: $40\sim 48\text{km}^3$ (DRE)))とされることから(P106～P107参照)、巨大噴火に該当する。
- 約4万年前にSp-1を噴出した噴火以降の後カルデラ期においては、いずれの後カルデラ火山に関しても、火砕流を含む火山噴出物の分布は山体近傍に限定されることから(補足説明資料P19参照)、いずれの噴火も巨大噴火に該当しない。
- 各後カルデラ火山の噴出物体積は、風不死岳の総和が 10.2km^3 ※ (マグマ体積: 8.4km^3 (DRE)), 恵庭岳の総和が 14.6km^3 ※ (マグマ体積: 11.1km^3 (DRE)), 樽前山の最大のものが 6.28km^3 (溶岩ドーム)である。
- なお、約6万年前の噴火により噴出したSp-4 (Ssfa及びSsfl) は、現況の知見において広範囲に分布する状況は認められないことから、巨大噴火に該当しない。

(噴出物の組成) (P108参照)

- 巨大噴火による噴出物 (Sp-1) は珪長質であり、現在の支笏カルデラを形成した噴火以降に噴出した噴出物と組成が異なる。

(地温) (P109参照)

- Sp-1噴出時のマグマ供給系のうち、斑晶に乏しい珪長質マグマが存在していた温度環境は、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される地温に比べ高い。

※マグマ体積を山元(2014)に基づき、当社が噴出物体積へ換算した値。



(次頁へ続く)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴(2/7)

(前頁からの続き)



- 支笏カルデラでは、約4万年前に、噴出物体積にして350～390km³の噴出物を噴出した巨大噴火が1回発生しているとされている。
- このため、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点において、判断することは難しい。
- しかし、巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山においては複数回の活動が認められ、噴出物体積の総和は最大でも15km³程度であることから、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。
- また、巨大噴火による噴出物(Sp-1)は珪長質であり、現在の支笏カルデラを形成した噴火以降に噴出した噴出物と組成が異なり、Sp-1噴出時のマグマ供給系のうち、斑晶に乏しい珪長質マグマが存在していた温度環境は、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される地温に比べ高い。
- したがって、巨大噴火(Sp-1噴出)時の状況と現在の状況は、噴出物の体積、噴出物の組成及び地温の観点において差異が認められることから、現状、Sp-1を噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される。

余白

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴(3/7)

一部修正(R5/1/20審査会合)

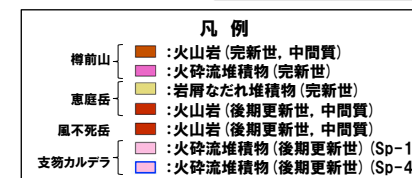
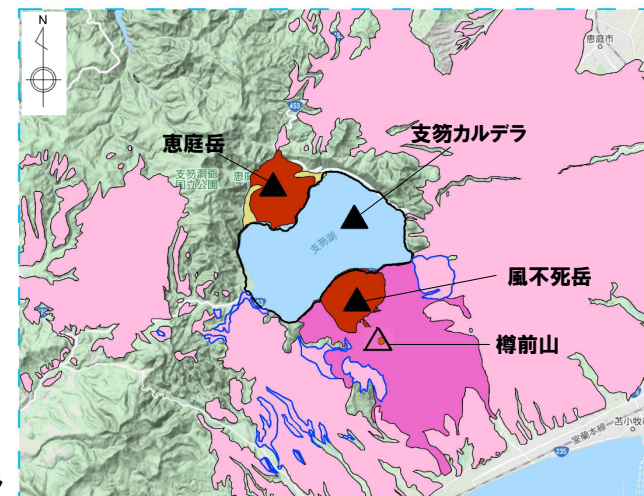
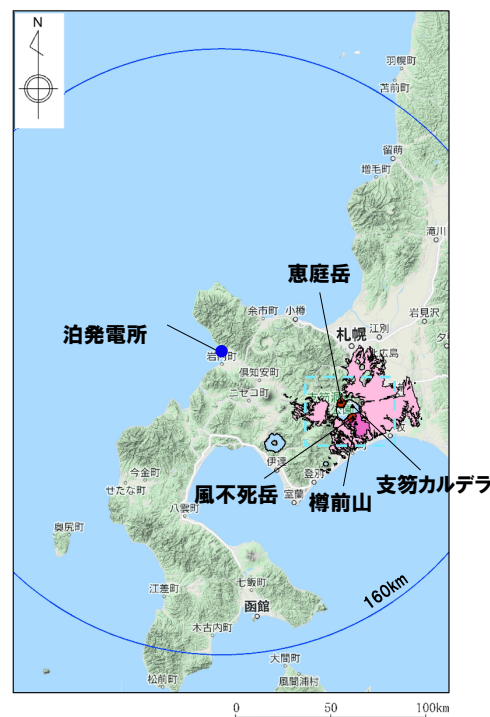
支笏カルデラの概要

火山名※1	C11 支笏カルデラ(後カルデラ火山含む) C12 恵庭岳 C13 風不死岳 C14 樽前山
敷地からの距離	74.8km (恵庭岳:68.6km, 風不死岳:77.7km, 樽前山:80.2km)
火山の形式※2	支笏カルデラ:火砕流台地-カルデラ 恵庭岳:成層火山, 火砕丘, 溶岩ドーム 風不死岳:成層火山, 溶岩ドーム 樽前山:火砕丘, 溶岩ドーム
活動年代※3	支笏カルデラ:約4万年前にカルデラ形成 恵庭岳:約1万8000年前以前に活動開始 風不死岳:約4万年前以降 樽前山:約9000年前に活動開始
評価	約1万年前以降に活動しており, 完新世に活動した火山として抽出する。

※1 産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」2023年8月確認。

※2 西来ほか編(2012)「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」2023年8月確認。

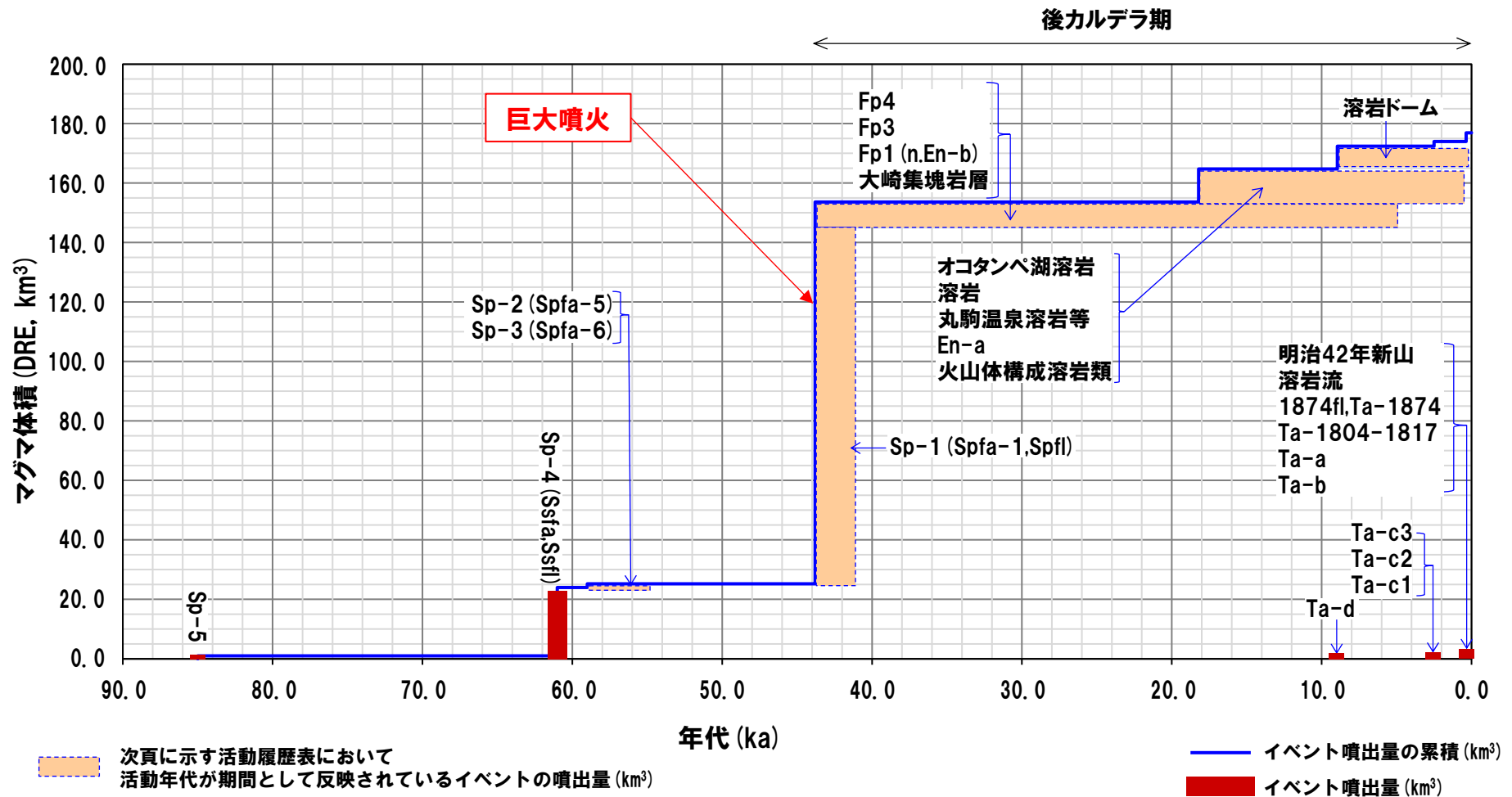
※3 P107に示す支笏カルデラ, 恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の活動履歴に基づく。

支笏カルデラ, 恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の噴出物分布図
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)より作成)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴(4/7)

一部修正(H28/2/5審査会合)



噴出量-年代階段ダイアグラム

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴(5/7)

一部修正(H28/2/5審査会合)

支笏カルデラ活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体積 (km ³)	参考文献
完新世				山元(2014)
更新世		40~48 (降下軽石) 80 (火砕流)		金田ほか(2020) Amma-Miyasaka et al.(2020)
カルデラ 形成噴火	43.8- 41.4ka	Sp-1 (Spfa-1, Spfl) : ps, pfa, pfl		
↑				
ca.55ka	Sp-2 (Spfa-5) : pfa	1.2	—	産業技術総合研 究所地質調査総 合センター編 (2022)
ca.59ka	Sp-3 (Spfa-6) : pfa			
ca.61ka	Sp-4 (Ssfa, Ssfl) : pfa, afa, sfa, sfl	16~23 ^{*1}		宝田ほか(2022)
↓				
ca.85ka	Sp-5 : pfa, afa	[smaller than VEI5 class ^{*2}]		
長期の 前駆活動				

※1 宝田ほか(2022)によれば、Sp-4のマグマ体積は、16~23km³(DRE)とされていることから、噴出量-年代階段ダイアグラムにおいては、23km³として図示している。

※2 Amma-Miyasaka et al.(2020)によれば、Sp-5の噴出規模は、概算として「smaller than VEI5 class」とされていることから、噴出量-年代階段ダイアグラムにおいては、マグマ体積(DRE)を1km³として図示している。

風不死岳活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体積 (km ³)	参考文献
完新世	4.475ka 8.465ka 不明	Fp4 Fp3 Fp2		第四紀火山 カタログ委員 会編(2000)
更新世	25.5ka 不明 不明 不明 不明	Fp1 (n.En-b) 第3期溶岩 落煙の沢溶結凝灰岩 第2期溶岩 第1期溶岩	8.4	山元(2014) Amma- Miyasaka et al.(2020)
43.8-41.4ka以降	金次郎沢集塊岩層 大崎集塊岩層			

恵庭岳活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体積 (km ³)	参考文献
完新世	水蒸気爆発 0.254-0.505ka オコタン岩屑流 2.04ka ポロピナイ岩屑流 9.52ka オコタンベ湖溶岩 溶岩	11.1	5.7	第四紀火山 カタログ委員 会編(2000) 山元(2014)
更新世	15.62ka 丸駒温泉溶岩等 18.21ka En-a 18.21ka以前 火山体構成溶岩類			

樽前山活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体積 (km ³)	参考文献
完新世	19世紀以降 A.D.1909 明治42年新山 A.D.1883 溶岩流 A.D.1874 1874fl, Ta-1874 A.D.1867 溶岩ドーム A.D.1804-1817 Ta-1804-1817 A.D.1739 Ta-a A.D.1667 Ta-b 2.0ka Ta-c3 2.5ka Ta-c2 2.5ka Ta-c1 8.950ka Ta-d (d1,d2) 8.95-0.146ka 溶岩ドーム	(水蒸気爆発) 0.02 0.00001 0.20 (6.28に包含) 0.03 1.60 1.10 0.03 1.40 0.14 1.40 6.28	4 (火砕丘) 1.8 (火砕流噴出物)	第四紀火山カ タログ委員会 編(2000) 山元(2014)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

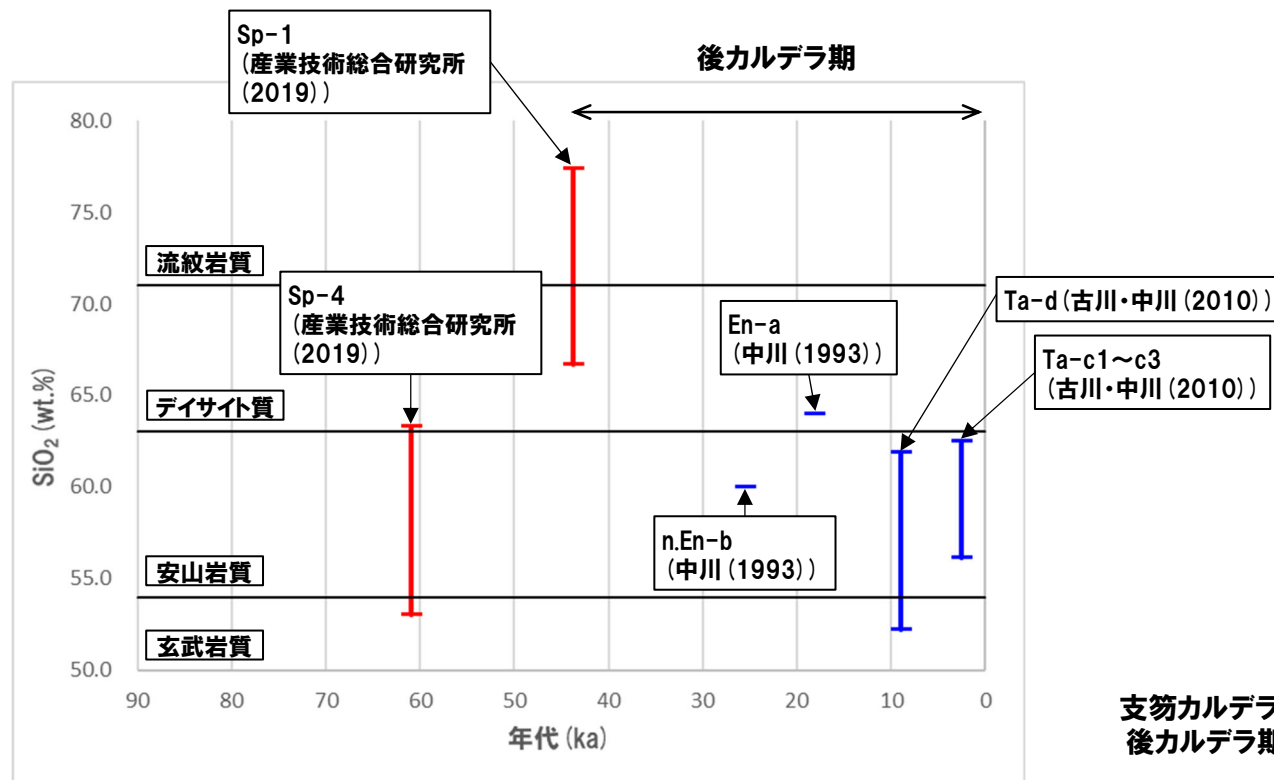
① 活動履歴 (6/7)

【噴出物の組成】

- 産業技術総合研究所(2019)に基づく、Sp-1の大半を占める斑晶に乏しい(CPタイプ)軽石の SiO_2 の重量比は、66.7~77.4wt.%であり、デイサイト~流紋岩組成である。
- 中川(1993)及び古川・中川(2010)に基づく、恵庭岳、風不死岳及び樽前山の噴出物における SiO_2 の重量比は、50~65wt.%であり、デイサイト~玄武岩組成である。



- 巨大噴火による噴出物(Sp-1)は珪長質であり、現在の支笏カルデラを形成した噴火以降に噴出した噴出物と組成が異なる。



支笏カルデラのカルデラ形成期及び
後カルデラ期噴出物の SiO_2 重量比

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

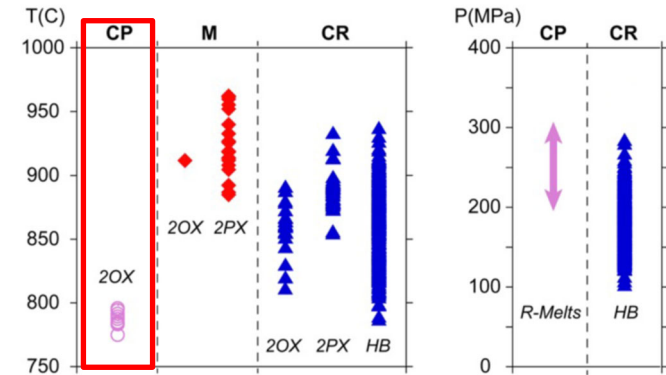
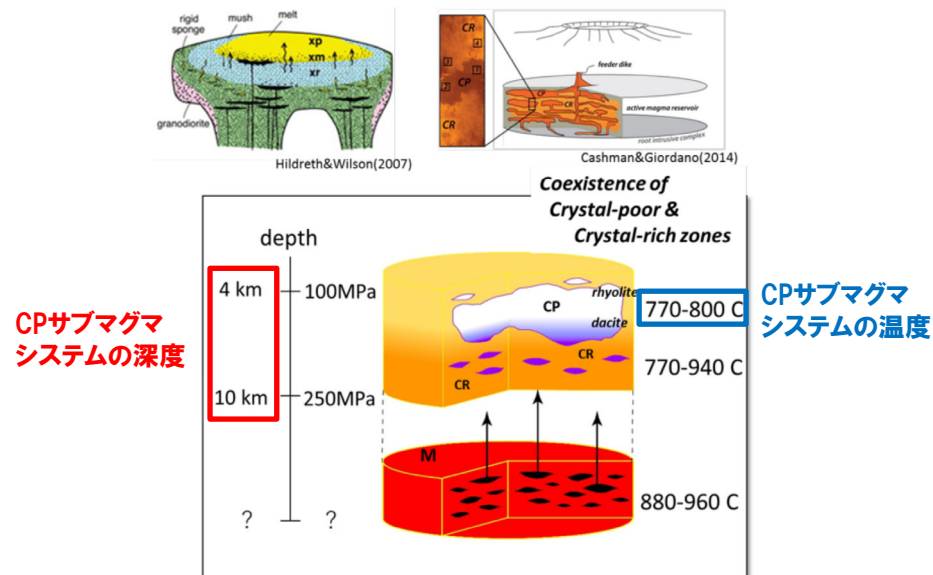
① 活動履歴(7/7)

【地温】

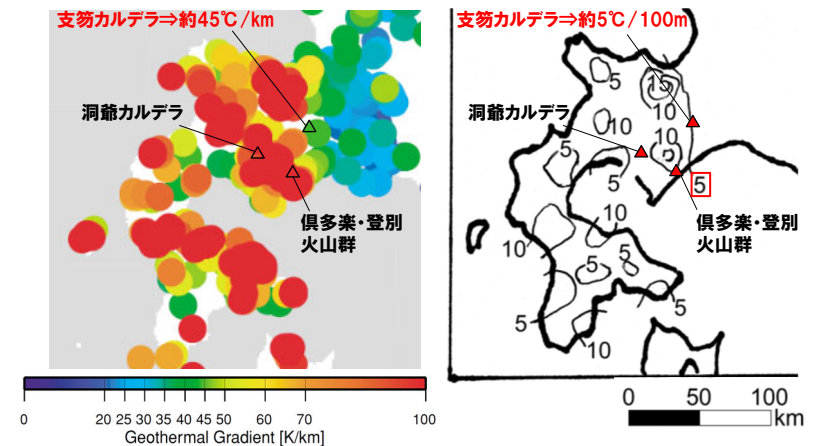
- 産業技術総合研究所(2019)によれば, Sp-1噴出時のマグマ供給系のうち, 斑晶に乏しい珪長質マグマ(CPサブマグマシステム)は, 深度約4~10km, 温度770~800℃の環境で存在していたとされている。
- Tanaka et al. (2004) 及び西田・橋本(2007) に示される支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される深度4~10kmの地温は, 約180~500℃である。



- Sp-1噴出時のマグマ供給系のうち, 斑晶に乏しい珪長質マグマが存在していた温度環境は, 現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される地温に比べ高い。



地質温度圧力計および熱力学モデルより推定された各サブマグマシステムの温度圧力条件(産業技術総合研究所(2019)に加筆)



北海道南西部の地温勾配

(右: 西田・橋本(2007)に加筆。単位は℃/100m)
(左: Tanaka et al. (2004)に加筆。単位はK/km)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-1 地球物理学的調査(地下構造:まとめ)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【目的】

○マグマ溜まりの位置、規模等を把握するため、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)を実施する。



【各項目における検討結果】

(地震波速度構造)(次頁～P113参照)

- 支笏カルデラ直下の上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。
 - ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が支笏カルデラ直下の浅所まで連続する状況は認められない。
 - ・深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
- 支笏カルデラ直下の下部地殻内(約20～30km)には、散発的な低周波地震が認められるものの、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。
- 通常の地震が深度15km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。

(比抵抗構造)(P114～P125参照)

- 比抵抗構造だけでは、これらの領域がメルトを含む部分熔融域かマグマ由来の水に富む領域か判断できないことから、当該領域における比抵抗構造と地震波速度構造とを合わせた検討を実施した。
 - ・下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められる。また、上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められず、低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。
 - ・低比抵抗領域「C-3」の推定分布範囲の下部では、下部地殻に中心部が位置する低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められるものの、上部では、下部に比べ低いVp/Vsを示す。
- 低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- また、低比抵抗領域「C-3」の下部は、低比抵抗領域「C2」と同様に、メルトを含む部分熔融域であることが示唆されるものの、上部は、低比抵抗領域「C2'」と同様、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- 低比抵抗領域「C2'」については、震源分布及び地温の観点から、以下の状況を確認した。
 - ・低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、通常の地震が認められることから、当該範囲では、脆性的な破壊が生じており、当該範囲が硬質な領域であることを示唆している。
 - ・大久保ほか(1998)において、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度は、深度10km深では600～700℃程度であるとされており、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される深度10kmの地温は約500℃であり、低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度に達していない。
- 低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、震源分布の観点及び地温の観点から、それぞれにおいてメルトの存在を示唆する状況ではない。
- このため、支笏カルデラ直下の深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの存在を示唆する状況は認められないと判断される。

(重力異常)(P126参照)

- 重力異常を踏まえたマグマ溜まりに関して考察されている文献は認められない。



○支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)において、現状、深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さいと判断される。

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-2 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造-まとめ-) (1/3)

【目的】

- Nakajima et al. (2001) 及び中道 (2022) によると、活火山直下の上部地殻で観測される低Vp、低Vsかつ低Vp/Vs領域は水の存在でしか説明できないとされていることから、同領域は水の存在を示唆するものと判断される。
- また、最上部マントルから下部地殻で観測される低Vp、低Vsかつ高Vp/Vs領域は、メルトによるものとする方が適当であるとされていることから、本検討(地震波速度構造の観点からの地下構造の確認)においては、同領域はメルトの存在を示唆するものとして扱う。
- このことから、地震波速度構造においては、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域の有無を確認する。
- また、あわせて低周波地震及び通常の地震の分布状況についても考慮する。



- 防災科学技術研究所HP上では、「日本列島下の三次元地震波速度構造(2022年度版)」として、Hi-net、F-net及びS-netの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している。その公開データを用いて、当社が支笏カルデラ周辺における水平・鉛直断面図を作成した。
- 巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する場合、その周囲には部分熔融域が広がっているものと考えられ、これらは、カルデラを越える範囲に広がっている巨大なマグマシステムを構成する一部であることを踏まえると、水平分解能が20km、鉛直分解能が5km～10kmである地震波トモグラフィ解析において、十分に捉えられる規模と考えられる。
- また、仮にこの分解能を下回る規模であったとしても、マグマ溜まり及び部分熔融域が存在する範囲を地震波が通過する場合、不明瞭ながらも速度異常域として捉えられるものと考えられる。

【検討結果(次頁～P113参照)】

- 支笏カルデラ直下の上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。
 - ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が支笏カルデラ直下の浅所まで連続する状況は認められない。
 - ・深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
- 支笏カルデラ直下の下部地殻内(約20～30km)には、散発的な低周波地震が認められるものの、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。
- 通常の地震が深度15km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-2 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造) (2/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

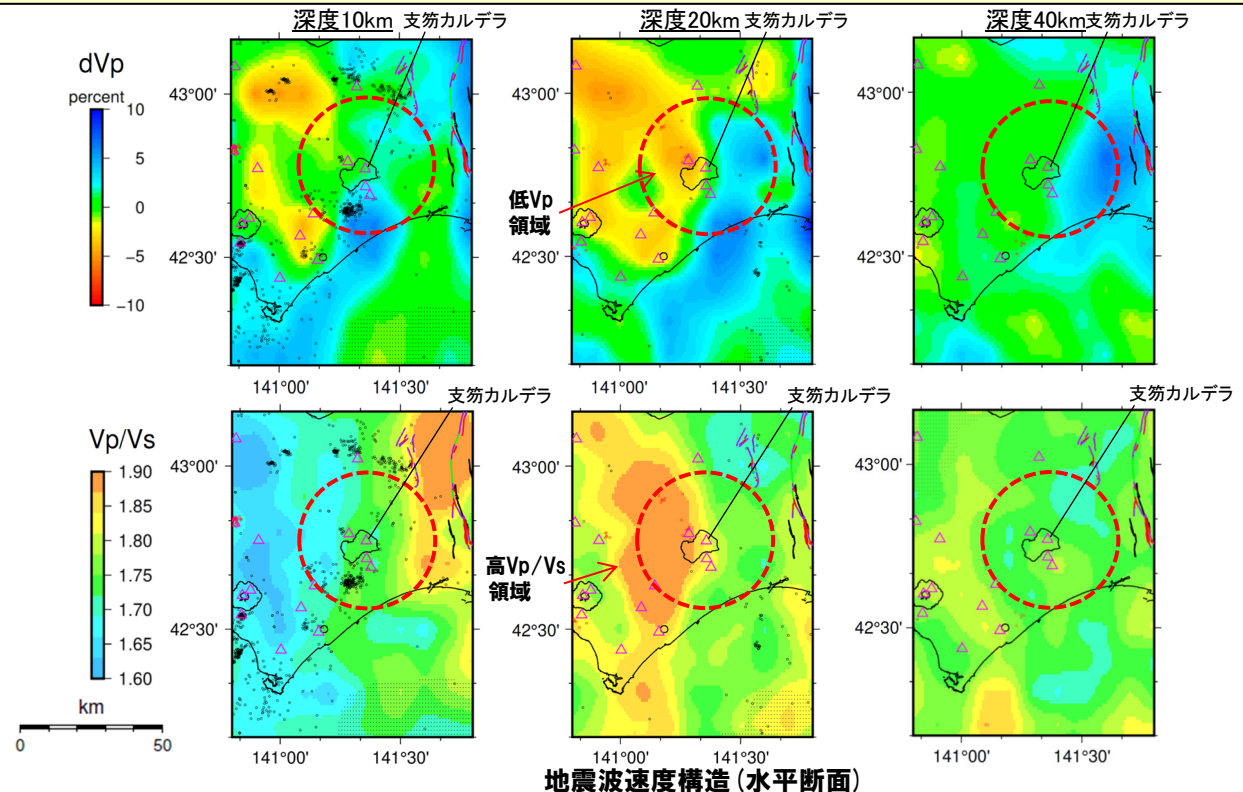
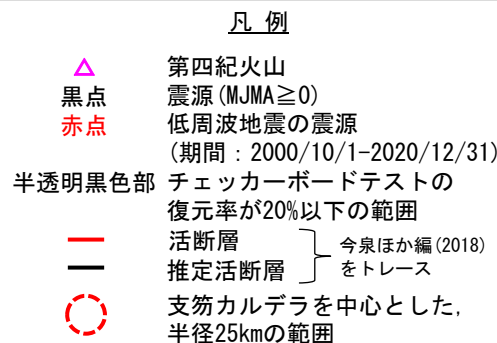
○防災科学技術研究所HP上では、「日本列島下の三次元地震波速度構造(2022年度版)」として、Hi-net、F-net及びS-netの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している(解析手法等の詳細はMatsubara et al. (2022)に記載)。その公開データを用いて、当社が支笏カルデラ周辺における水平・鉛直断面図を作成した。



- 支笏カルデラ直下の上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。
 - ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が支笏カルデラ直下の浅所まで連続する状況は認められない
 - ・深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない
- 支笏カルデラ直下の下部地殻内(約20～30km)には、散発的な低周波地震が認められるものの、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。
- 通常の地震が深度15km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。

【当社におけるマグマ溜まりの状況の検討方法(P92～P96参照)】

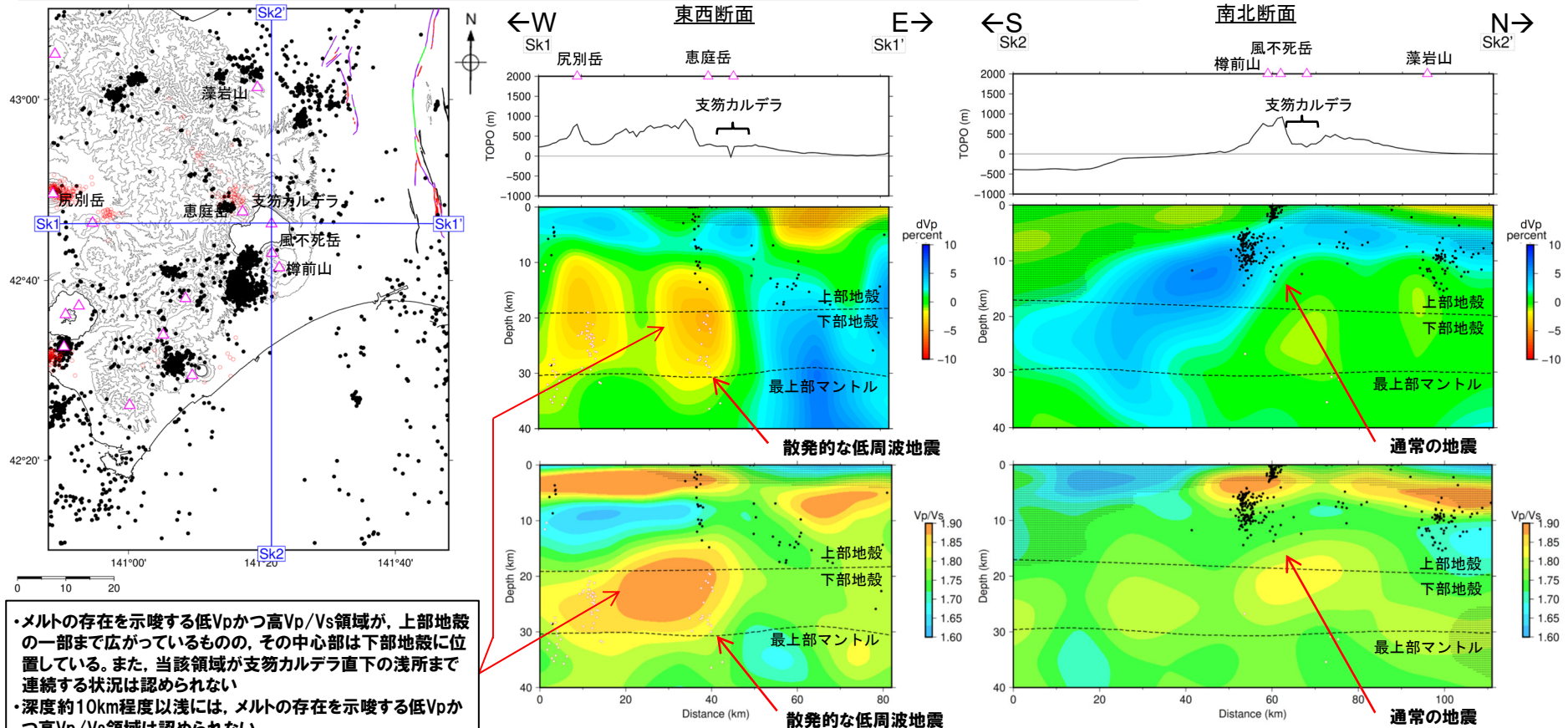
- 地球物理学的調査のうち、地下構造については、上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認することとする。
- 地震波速度構造については、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が存在するか否かを確認する。
- 地震波速度構造について確認する際は、低周波地震及び通常の地震の分布状況についても考慮する。



(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-2 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造) (3/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)



凡例

- △ 第四紀火山
 - 黒点 震源 (M_{JMA} ≥ 0)
 - 赤点 低周波地震の震源 (期間: 2000/10/1-2020/12/31)
 - 半透明黒色部 チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
 - 活断層
 - 推定活断層
- 今泉ほか編(2018)をトレース

鉛直断面に記載している火山は、断面位置を中心に±5km内の火山を投影した。なお、水平方向の分解能は約20km。鉛直方向の分解能は深さごとに異なるが、深さ0km~10kmでは分解能約5km、深さ10km~40kmでは分解能約10kmである。上部地殻と下部地殻の境界(コンラッド面)はZhao et al. (1992)、下部地殻と最上部マントルの境界(モホ面)はMatsubara et al. (2017)をトレースした。また、断面から±5kmの範囲の震源をプロットした。

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造)(1/10)

一部修正(R5/1/20審査会合)

【目的】

- 後藤・三ヶ田(2008)によれば、比抵抗は岩石中の伝導性物質の量に依存し、間隙水、マグマ及び湿潤状態の粘土鉱物は高い導電性(低比抵抗)を示すとされている。
- このことから、比抵抗構造においては、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)における低比抵抗領域の有無を確認する。



【検討結果(P116~P125参照)】

- 文献(Yamaya et al., 2017; Ichihara et al., 2019)を踏まえると、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、低比抵抗領域が認められるが、メルトを含む部分熔融域がマグマ由来の水に富む領域か比抵抗構造だけでは判断できないことから、当該領域における比抵抗構造と地震波速度構造とを合わせた検討を実施する。

(Yamaya et al. (2017) 及び Ichihara et al. (2019) に認められる比抵抗構造に対応する地震波速度構造(P120~P125参照))

- Yamaya et al. (2017) に示される(d)断面及び(e)断面に合わせて作成した地震波速度構造断面において、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められる。また、上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められず、低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。
- このため、Yamaya et al. (2017)を踏まえると、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- Ichihara et al. (2019)においては、Yamaya et al. (2017)に示される低比抵抗領域「C2」及び「C2'」と同様な位置及び深度に低比抵抗領域「C-3」が認められる。
- Ichihara et al. (2019)に示される断面に合わせて作成した地震波速度構造断面においては、低比抵抗領域「C-3」の推定分布範囲の下部では、下部地殻に中心部が位置する低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められるものの、上部では、下部に比べ低いVp/Vsを示す。
- 低比抵抗領域「C-3」は、以下の状況から、下部はメルトを含む部分熔融域であることが示唆され、上部はマグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
 - ・低比抵抗領域「C-3」は、Yamaya et al. (2017)に示される低比抵抗領域「C2」及び「C2'」と同様な位置及び深度に認められる。
 - ・低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- また、低比抵抗領域「C2'」については、震源分布及び地温の観点から、以下の状況を確認した。
 - ・低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、通常地震が認められることから、当該範囲では、脆性的な破壊が生じており、当該範囲が硬質な領域であることを示唆している。
 - ・大久保ほか(1998)において、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度は、深度10km深では600-700℃程度であるとされており、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される深度10kmの地温は約500℃であり、低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度に達していない。



(次頁へ続く)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造)(2/10)

一部修正(R5/1/20審査会合)

(前頁からの続き)



- 支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」及び上部地殻内(約20km以浅)に位置する「C2'」並びにこれらと同様な位置及び深度に低比抵抗領域「C-3」が認められる。
- 地震波速度構造と比抵抗構造との比較の結果、低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- また、低比抵抗領域「C-3」の下部は、低比抵抗領域「C2」と同様に、メルトを含む部分熔融域であることが示唆されるものの、上部は、低比抵抗領域「C2'」と同様、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- 更に、低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、震源分布の観点及び地温の観点から、それぞれにおいてメルトの存在を示唆する状況ではない。
- このため、支笏カルデラ直下の深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの存在を示唆する状況は認められないと判断される。

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (3/10)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

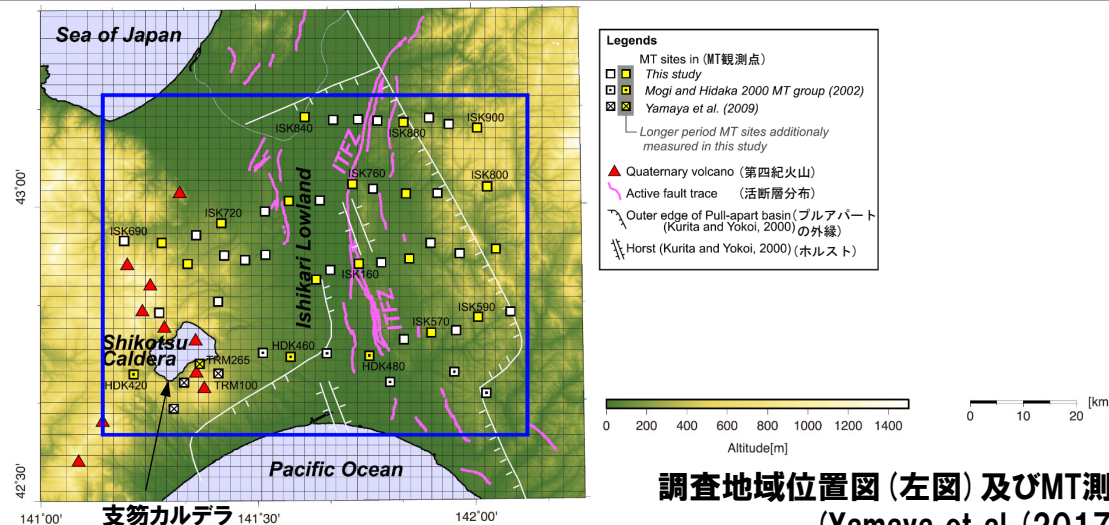
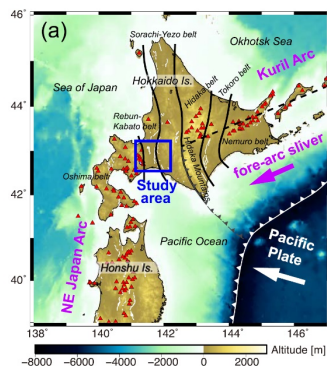
【Yamaya et al. (2017)】

○支笏カルデラを含む石狩低地帯周辺において、MT法による電磁気探査を実施しているYamaya et al. (2017) をレビューした。

- ・Yamaya et al. (2017) によれば、支笏カルデラ直下においては、比抵抗値が $30\ \Omega\text{m}$ 以下及び $10\ \Omega\text{m}$ 以下の低比抵抗領域が深度5～40km以深に認められるとされている(次頁図中の「C2」及び「C2'」)。
- ・火山地域の深部低周波地震は、マグマの移動に関連している可能性があり、C2が部分熔融域を示していると仮定すると、C2の上端に認められる深部低周波地震(次頁参照)は、地殻内へのマグマの移動に伴うものである可能性があるとされている。
- ・また、深部低周波地震は、メルトから脱水された水の移動に伴うものである可能性もあるとされている。
- ・比抵抗構造だけでは、判断できないが、支笏カルデラ直下において5kmから40km以深へ続く低比抵抗領域は、メルト (partial melts) 又はマグマ由来の水 (aqueous fluids) を示しており、C2及びC2' はそれぞれこれらの上昇経路、貯留域と解釈されるとされている。
- ・地表付近に認められる低比抵抗領域は、その底部が上部白亜系の上面に対比されることから、古第三紀より新しい堆積岩であるとされている。
- ・白亜系の基盤岩中においても低比抵抗領域「C1」が認められるものの、低い地温勾配を示す非火山地帯における上部から中部地殻に部分熔融域が存在することは考えにくいことから、水に富む領域であるとされている。



- Yamaya et al. (2017) に基づくと、支笏カルデラ直下には、メルト又はマグマ由来の水が深部から上部地殻(約20km以浅)へ上昇する経路及び貯留域の存在を示唆する低比抵抗領域「C2」及び「C2'」が認められる。
- 上記に加え、地表付近に認められる低比抵抗領域は、古第三紀より新しい堆積岩であり、白亜系の基盤岩中に認められる比抵抗領域「C1」は、水に富む領域であるとされている。

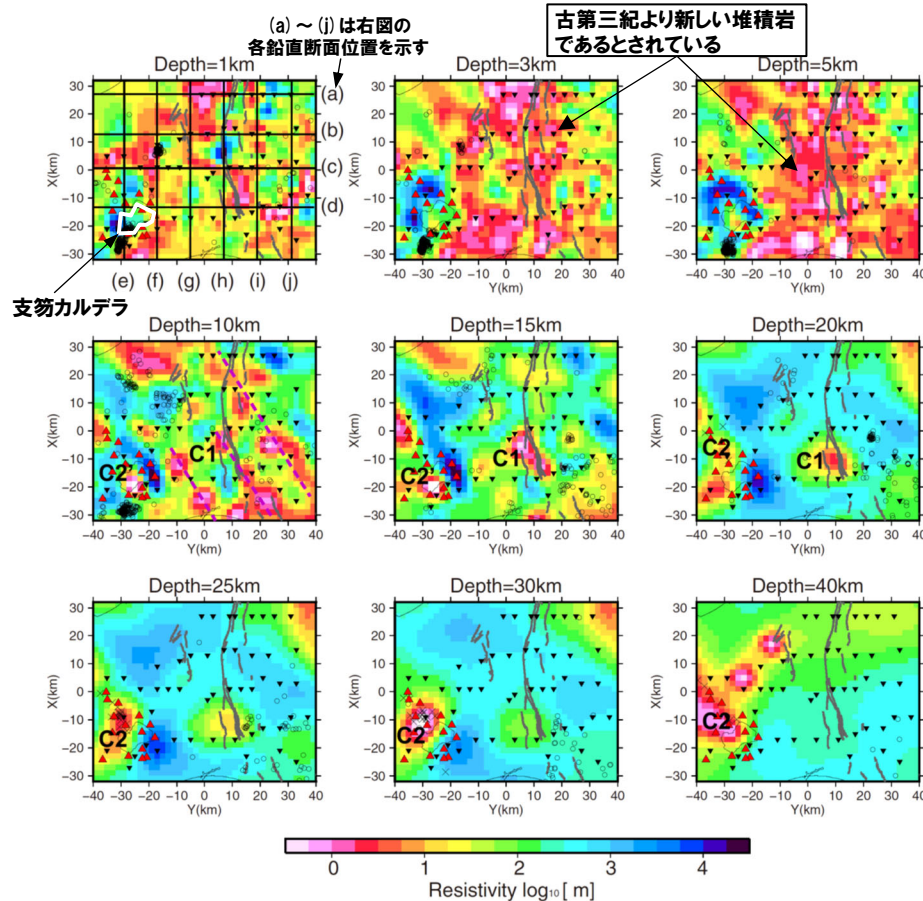


調査地域位置図(左図)及びMT測定地点位置図(右図)
(Yamaya et al. (2017) に加筆)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (4/10)

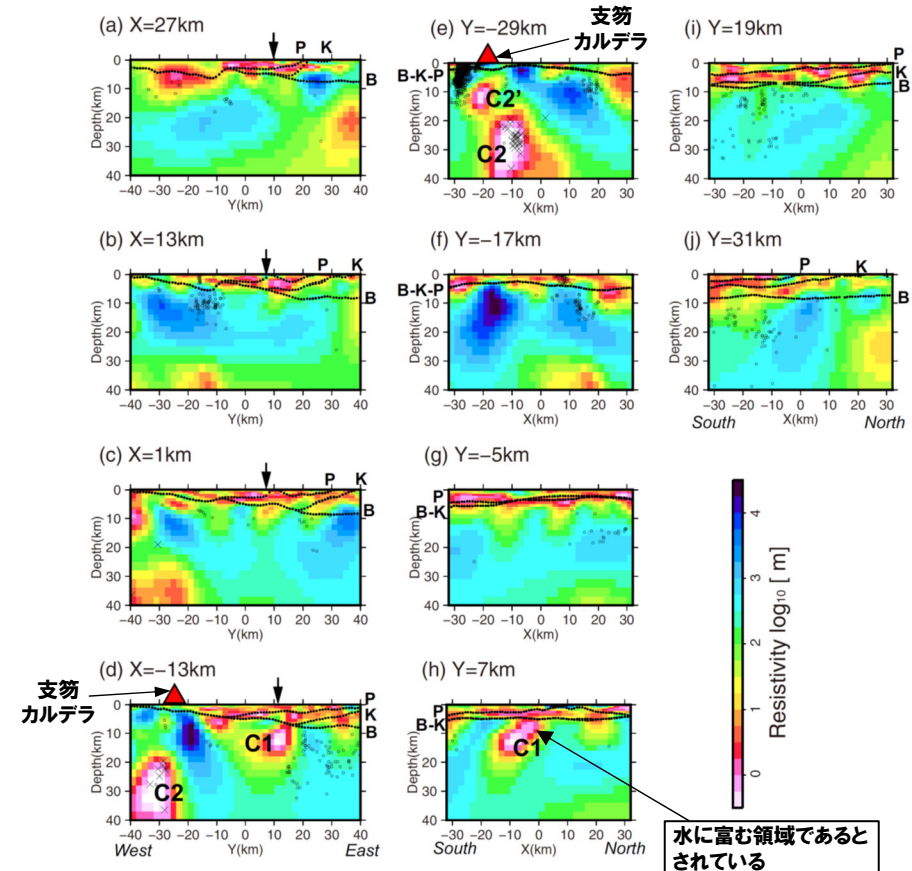
一部修正 (R5/1/20審査会合)



凡例

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| C1 石狩低地東縁断層帯直下の低比抵抗領域 | ▲ 第四紀火山 |
| C2 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域 | ▼ MT観測点 |
| C2' 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域 | ○ 普通地震の震源 (1997~2014年) |
| | × 深部低周波地震の震源 (1997~2014年) |
| | — 活断層 |

石狩低地における比抵抗構造(水平断面) (Yamaya et al. (2017) に加筆)



凡例

- | | |
|---------------------------|-------------|
| C1 石狩低地東縁断層帯直下の低比抵抗領域 | ▲ 支笏カルデラ |
| C2 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域 | P 古第三紀層の上面 |
| C2' 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域 | K 上部白亜紀層の上面 |
| ○ 普通地震の震源 (1997~2014年) | B 基底層の上面 |
| × 深部低周波地震の震源 (1997~2014年) | ↓ 活断層の位置 |

石狩低地における比抵抗構造(鉛直断面) (Yamaya et al. (2017) に加筆)

余白

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (5/10)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【Ichihara et al. (2019)】

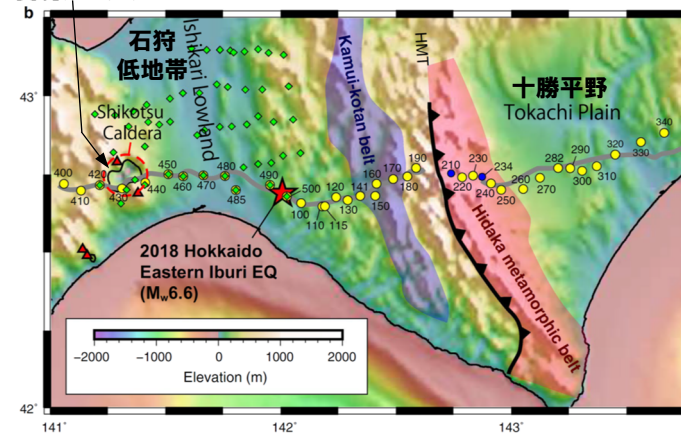
○支笏カルデラを含む石狩低地帯周辺から十勝平野にかけて、MT法による電磁気探査を実施しているIchihara et al. (2019) をレビューした。

- ・Ichihara et al. (2019) によれば、支笏カルデラ直下の(右下図中の「C-3」)において、低比抵抗構造が認められるとされている。
- ・本研究においては、Yamaya et al. (2017) (P116～P117参照) と異なるデータセットを使用しており、当該低比抵抗領域が認められたことは、Yamaya et al. (2017) において支笏カルデラ直下に低比抵抗領域が認められたことを支持するとされている。
- ・当該低比抵抗領域は、Yamaya et al. (2017) において考察されているように、支笏カルデラ直下のメルト又はマグマ由来の水を表している可能性があると考えられている。
- ・また、深度0-6kmに認められる厚く地表に近い低比抵抗領域は、Yamaya et al. (2017) などに認められる堆積岩であるとされている。



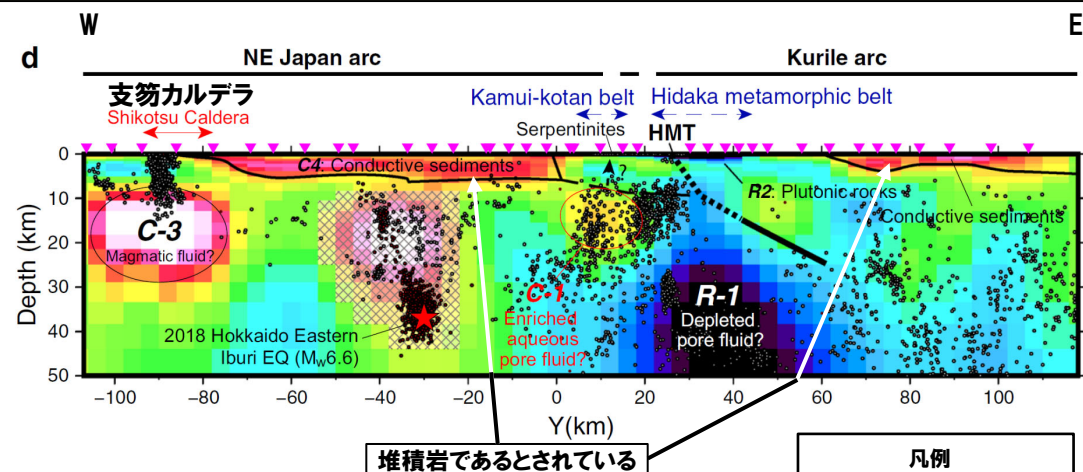
- Ichihara et al. (2019) に基づくと、支笏カルデラ直下には、Yamaya et al. (2017) に示される低比抵抗領域「C2」及び「C2'」と同様な位置及び深度に、メルト又はマグマ由来の水の存在を示唆する低比抵抗領域が認められる。
- 上記に加え、深度0-6kmに認められる厚く地表に近い低比抵抗領域は、Yamaya et al. (2017) などに認められる堆積岩であるとされている。

支笏カルデラ



凡例

- ▲ 活火山
- MT観測点
- ◆ Yamaya et al. (2017) のMT観測点



比抵抗構造(鉛直断面) (Ichihara et al. (2019) に加筆)

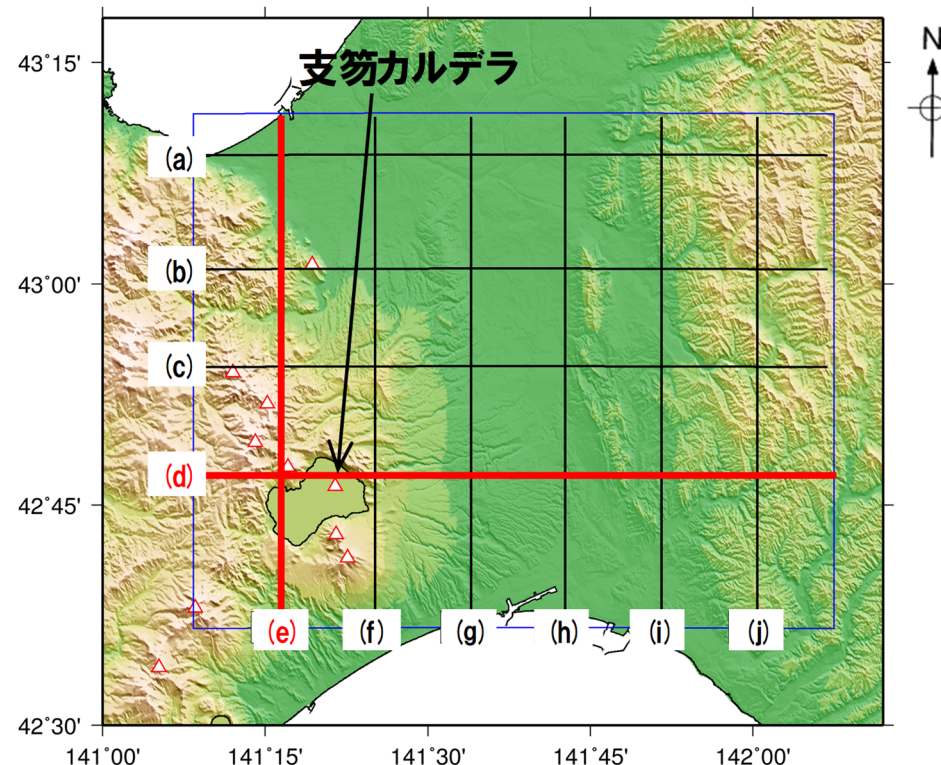
(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造-地震波速度構造と比抵抗構造との比較-) (6/10)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【Yamaya et al. (2017) に認められる比抵抗構造に対応する地震波速度構造】

- Yamaya et al. (2017) に示される (d) 断面及び (e) 断面に合わせて作成した地震波速度構造断面において、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められる。また、上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められず、低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。
- このため、Yamaya et al. (2017) を踏まえると、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。



鉛直断面位置図

(Yamaya et al. (2017) に示される断面のうち、
支笏カルデラ付近で直交する (d) 断面及び (e) 断面を次頁に示す)

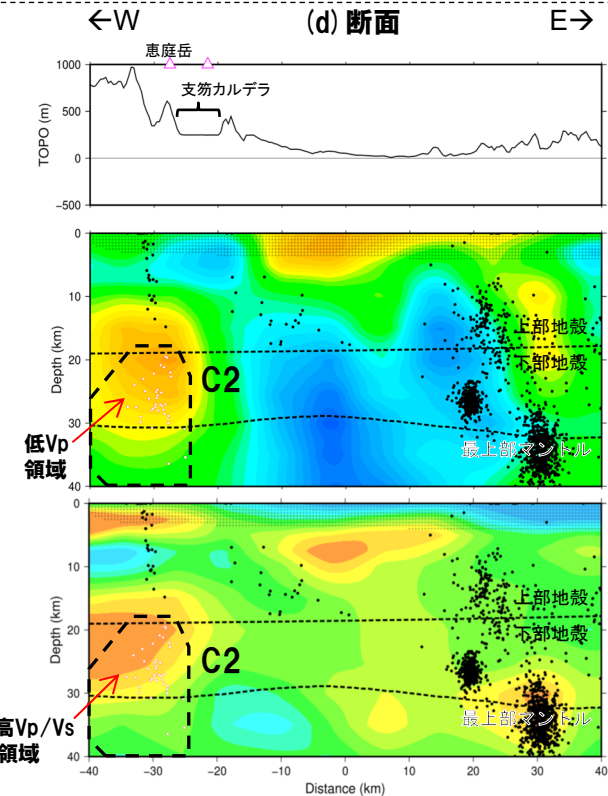
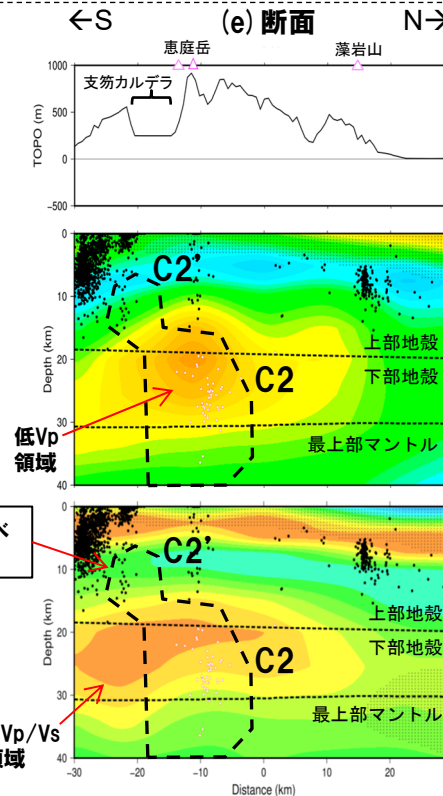
(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造-地震波速度構造と比抵抗構造との比較-) (7/10)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

凡例(地震波速度構造)

- ▲ 第四紀火山
- 震源 (MJMA ≥ 0)
- 低周波地震の震源
- (期間: 2000/10/1-2020/12/31)
- 半透明黒色部 チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
- Yamaya et al. (2017) に示される低比抵抗領域「C2」及び「C2'」

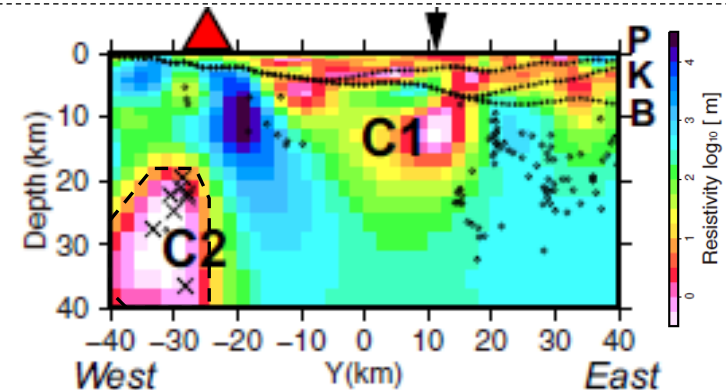
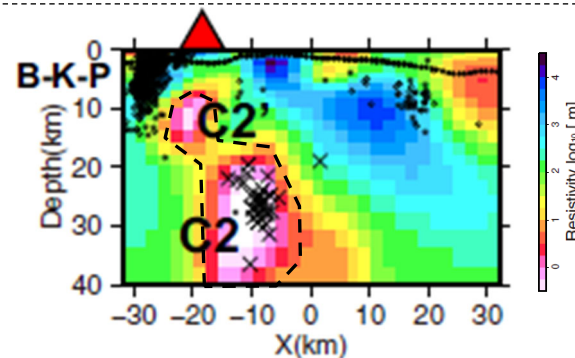


「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。

地震波速度構造(鉛直断面)

凡例(比抵抗構造)

- C1 石狩低地東縁断層帯直下の低比抵抗領域 ▲ 支笏カルデラ
- C2 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域 P 古第三紀層の上面
- C2' 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域 K 上部白亜紀層の上面
- 普通地震の震源 (1997~2014年) B 基底層の上面
- × 深部低周波地震の震源 (1997~2014年) ↓ 活断層の位置

比抵抗構造(鉛直断面)
(Yamaya et al. (2017) に加筆)

余白