

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

【評価結果】洞爺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)

- 洞爺カルデラにおいて約11万年前にTp(洞爺火山灰(Toya)及び洞爺火砕流)を噴出し、現在の洞爺カルデラを形成した噴火は、火砕流堆積物が広範囲に分布し、噴出物体積が354km³となることから、巨大噴火に該当する。
- 洞爺カルデラの活動状況は、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。
 - ・洞爺カルデラの巨大噴火は約11万年前の1回であり、現状では巨大噴火が発生したカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる。
 - ・地下構造の状況から、カルデラ直下の上部地殻には、現状、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。
 - ・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・上昇等の活動を示す兆候は認められない。
- また、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、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十分に小さいと評価される。

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

【評価結果】洞爺カルデラの巨大噴火の可能性評価(2/2)

一部修正(R5/1/20審査会合)

検討項目		検討結果	該当頁
	①活動履歴	○洞爺カルデラの巨大噴火は1回であり、巨大噴火が発生したカルデラ形成期と現在の活動期である後カルデラ期は、噴火の頻度及び噴出物体積が異なることから、現状ではカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる。	次頁～ P191
地球物理学的調査	②地下構造	○洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、現状、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する構造は認められない。 【地震波速度構造】 ・地震波トモグラフィ解析結果からは、洞爺カルデラ直下の上部地殻内には、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。 ・洞爺カルデラ直下の上部地殻内には、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。 【比抵抗構造】 ・洞爺カルデラ直下の上部地殻内には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する低比抵抗領域は認められない。 【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。	P192～ P193 P194～ P199 P200
	③火山性地震	○火山性地震のうち、低周波地震活動は、有珠山周辺の下部地殻に認められるが、上部地殻にはほとんど認められない。	P202～ P208
	④地殻変動	○地殻変動は、有珠山周辺の局所的な沈降傾向及びより広域の北海道南部(東北日本弧延長部)規模の隆起傾向は認められるが、洞爺カルデラ規模の顕著な変位の累積は認められない。	P209～ P226
		○洞爺カルデラ直下の上部地殻内には、現状、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。	

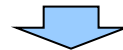
(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

① 活動履歴(1/4)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 活動履歴から、洞爺カルデラの現在の活動状況について検討を実施した。
- 洞爺カルデラ、洞爺中島及び有珠山の活動履歴を次頁～P191に示すとおり整理し、その概要を以下に示す。
- なお、活動履歴の整理は、R3.10.14審査会合以降に実施した網羅的な文献調査結果(2章参照)も踏まえ実施している。
 - ・約11万年前にTp(洞爺火山灰(Toya)及び洞爺火砕流)を噴出した噴火により、現在の洞爺カルデラが形成され、その後、洞爺中島及び有珠山が形成された。
 - ・約11万年前にTpを噴出した噴火以降の、洞爺中島の活動から現在までの活動期は後カルデラ期であり、最新の活動は2000年の有珠山の噴火である。
 - ・約11万年前にTp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 354km^3 ※(マグマ体積: 170km^3 (DRE))となることから(P191参照)、巨大噴火に該当する。
 - ・約11万年前にTp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1のP49参照)、いずれの噴火も巨大噴火に該当しない。
 - ・なお、各後カルデラ火山における最大の噴出物体積は、洞爺中島が 14km^3 (中島-東山ドーム)、有珠山が 2.5km^3 ※(1663年噴火Us-b, マグマ体積: 1.5km^3 (DRE))である。
- また、町田・新井(2011)によれば、Tp(洞爺火山灰(Toya)及び洞爺火砕流)を噴出した噴火によって現在の姿が形成されたといえるが、この噴火が優れて水蒸気マグマ噴火の性質をもっていること及びこのデフラより古い火砕流堆積物が数枚カルデラの周りに存在することなどから、この噴火以前にもカルデラ様の低地ないし水域の存在が推定されるとされている。
- 当該カルデラ様の低地ないし水域は、噴火によって形成された可能性が考えられるものの、現況の知見においては、その噴火に伴う噴出物、噴火規模等は不明である。

※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。



- 洞爺カルデラの巨大噴火は1回であり、巨大噴火が発生したカルデラ形成期と現在の活動期である後カルデラ期は、噴火の頻度及び噴出物体積が異なることから、現状ではカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる。

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

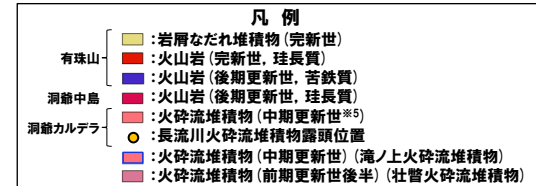
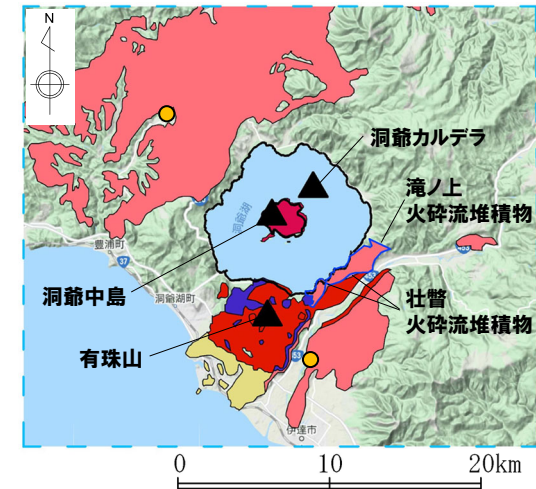
① 活動履歴 (2/4)

再掲 (R5/1/20 審査会合)

洞爺カルデラの概要

火山名※1	C20 洞爺カルデラ (後カルデラ火山含む) C21 洞爺中島 C22 有珠山
敷地からの距離	54.8km (洞爺中島:55.1km, 有珠山:60.7km)
火山の形式	洞爺カルデラ:火砕流台地-カルデラ※2 洞爺中島:溶岩ドーム※1, ※2 有珠山:成層火山, 溶岩ドーム※2
活動年代※3	洞爺カルデラ:約11万年前にカルデラ形成※4 洞爺中島:約5-3万年前 有珠山:約3万年前に活動開始
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3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3月確認。
 ※3 次頁～P237に示す洞爺カルデラ, 洞爺中島及び有珠山の活動履歴に基づく。



※5 産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) においては, 洞爺火砕流堆積物の噴出年代は中期更新世に分類されているが, 注釈4に示す理由から, 約11万年前 (後期更新世) と考えられる。

洞爺カルデラ, 洞爺中島及び有珠山の噴出物分布図
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) 及びGoto et al. (2018) より作成)

※4 洞爺カルデラの形成時期について, 産業技術総合研究所「日本の火山 (DB)」及び西来ほか編 (2012)「第四紀火山岩体・噴火岩体データベース」では, 「約14万年前にカルデラ形成」とされている。これは, 以下に示す理由によると考えられる。

- ・李 (1993) においては, 洞爺カルデラ起源の大規模な珧長質マグマによる噴出物は, 火砕流堆積物の間に顕著な風化程度の差が認められることから2回のカルデラ形成期 (Toya-1及びToya-2) があつたと判断されている。
- ・同一著者によるその後の文献であるLee (1996) においては, 従来, 4つの異なるフェーズからなるひと続きの噴火であると考えられていた洞爺カルデラでの大規模火砕流噴火について, 3回の別個の噴火であり, FT法年代測定結果から, その噴火年代は14万年前, 10万年前, そして8万年前とされ, 2回目の噴火が現在見られる洞爺カルデラを作った最も主要な噴火とされている。
- ・一方, 鷹澤ほか (2007) においては, 洞爺火砕流を下位より, TpfI / II, TpfIII及びTpfIVユニットに区分しているが, これらのユニット間に堆積間隙を示す堆積物の根拠は見出されず, これらのユニットを対象に実施したSAR法による平均Red TL年代は, TpfI / IIで132ka, TpfIII及びTpfIVで113-114kaであり, 後者は町田・新井 (2003) が地形, テフラ対比から総合的に推定したToyaの年代 (110~115ka) と良く一致しているとされている。この年代値の差については, 今回の実験では多粒子 (40~70粒子) を用いているので, 年代の古い石英粒子の混入も否定できないとされている。
- ・また, Goto et al. (2018) は, 洞爺カルデラ形成噴火噴出物 (Tp) を大きく6つのユニットに区分しているが, 李 (1993) におけるToya-1及びToya-2は, それぞれGoto et al. (2018) におけるUnit2及びUnit3~Unit6に対比されている。
- ・これらのことから, 洞爺カルデラ形成噴火について, Lee (1996) では3回の別個の噴火とされたが (上記下線箇所), 以降の文献 (鷹澤ほか (2007) 等) では別個の噴火ではなく, 1輪廻の噴火として扱われており, この噴火年代として, 「日本の火山 (DB)」等のデータベースにおいては, Lee (1996) で示された年代値のうち, 最も古い14万年前が採用されたものと考えられる。

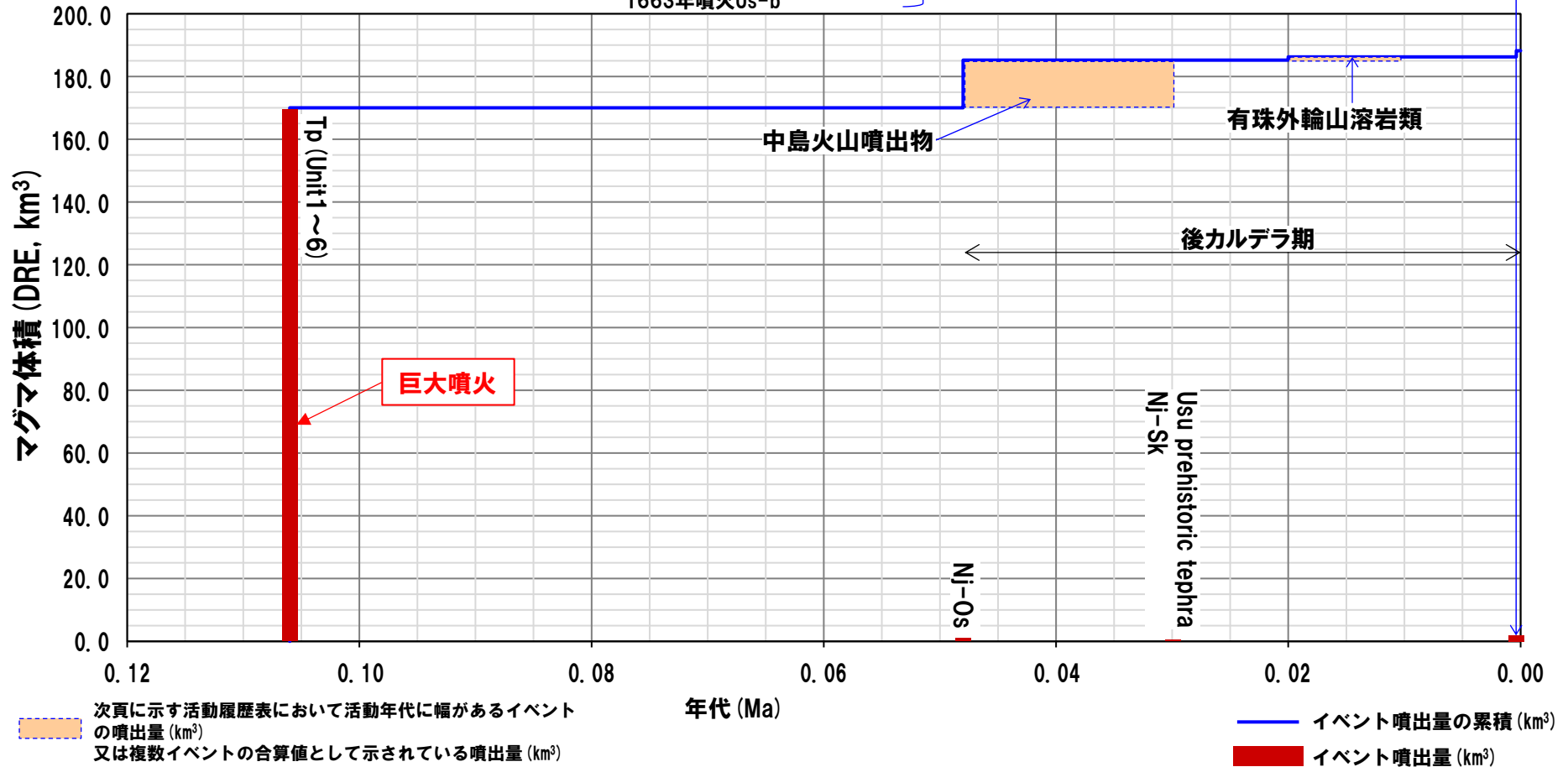
このため, 「約14万年前にカルデラ形成」は, 現行では, 次頁に示す洞爺カルデラの活動履歴のとおり, 約11万年前にTpを噴出し, 現在の洞爺カルデラを形成した噴火に対応するものと考えられる。

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

① 活動履歴 (3/4)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 2000年噴火
- 1977-1978年噴火
- 1943-1945年噴火
- 1910年噴火Us-IIa
- 1853年噴火Us-IIIa, 嘉永火砕流
- 1822年噴火Us-IVa, 文政火砕流
- 1769年噴火Us-Va, 明和火砕流
- 先明和噴火
- 1663年噴火Us-b



噴出量-年代階段ダイアグラム

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

① 活動履歴(4/4)

一部修正(H28/2/5審査会合)

洞爺カルデラ活動履歴

洞爺中島活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世			
	更新世			
	106ka ^{*1}	Tp (Unit1~6) :afa,pfl	170	Goto et al. (2018) Amma-Miyasaka et al. (2020)
	122.5ka	Osr:pfa,afa,pfl ^{*2}	不明	金田ほか(2020)
	0.90±0.15Ma	滝ノ上火砕流堆積物	不明	産業技術総合研究所(2021)
1.59±0.33Ma	壮瞥火砕流堆積物	不明	後藤ほか(2021)	
不明	立香火砕流堆積物	不明		

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世			
	更新世			第四紀火山カタログ委員会編(2000) 山元(2014)
	ca.30ka	Nj-Sk ^{*3} :pumice-fall deposit	0.01	Miyabuchi et al. (2014)
	48-30ka	中島火山噴出物 (溶岩ドーム群: 中島-東山ドーム等)	15.09 ^{*4}	産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2022)
ca.48ka	Nj-Os :pumice-fall deposit	0.11		

※1 東宮・宮城(2020)においては、洞爺噴火の年代値については、MIS5dのピークより後の約106kaである可能性も含め、109±ca.3kaと考えておくのが妥当であろうとされている。

※2 Osrは、金田ほか(2020)における長流川火砕流堆積物に対応する。同文献においては、洞爺カルデラの南縁付近に、いずれも給源不明の壮瞥火砕流堆積物(熱ルミネッセンス年代測定値:1.59±0.33Ma)とそれを覆う滝ノ上火砕流堆積物(熱ルミネッセンス年代測定値:0.90±0.15Ma)が露出しており、これらの上位には、長流川火砕流堆積物が堆積しているとされている。

長流川火砕流堆積物は、土壌を挟むものの、洞爺火砕流堆積物の直下に存在し、その年代も、カルデラ形成よりも約1万年前であることから、Tp噴火前の重要な長期的前駆活動とみなすことができるかとされている。

しかし、長期的前駆活動については以下の様な知見もあることから、これらの火砕流堆積物(Osr, 滝ノ上火砕流堆積物, 壮瞥火砕流堆積物及び立香火砕流堆積物)を噴出した噴火のいずれもを、洞爺カルデラの活動履歴に示すこととした。

・産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2022)では、壮瞥火砕流堆積物, 滝ノ上火砕流堆積物及び長流川火砕流堆積物を噴出した噴火は、いずれもTp噴火の長期的前駆活動とされている。

・後藤ほか(2021)では、洞爺カルデラ地域において新たに発見した立香火砕流堆積物は、壮瞥火砕流堆積物の下位に位置することから、洞爺火砕流堆積物の先カルデラ期の火砕流堆積物の層序は、下位から立香火砕流堆積物, 壮瞥火砕流堆積物, 滝ノ上火砕流堆積物, 長流川火砕流堆積物とされている。

※3 Miyabuchi et al. (2014)によれば、Nj-Skの上位に、洞爺カルデラ内の水蒸気噴火に由来する火山豆石を含む褐色から灰色の微細な降灰層の互層が認められ、当該堆積物の総体積は0.077km³と推定されている。

※4 産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2022)によれば、中島火山噴出物のうちマグマ体積が最大のものは中島-東山ドームの14km³(DRE)とされている。

有珠山活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世			
	A.D.2000	有珠:2000年噴火	0.0006	
	A.D.1977-1978	有珠:1977-1978年噴火	0.05	
	A.D.1943-1945	有珠:1943-1945年噴火	0.006	
	A.D.1910	有珠:1910年噴火Us-IIa	0.002	
	A.D.1853	有珠:1853年噴火Us-IIIa, 嘉永火砕流	0.21	
	A.D.1822	有珠:1822年噴火Us-IVa, 文政火砕流	0.17	有珠山: 2.5
	A.D.1769	有珠:1769年噴火Us-Va, 明和火砕流	0.07	昭和新山:0.5
	17世紀末	有珠:先明和噴火	0.0006	未滿
	A.D.1663	有珠:1663年噴火Us-b	1.50	
	ca. 8ka	外輪山:善光寺岩屑なだれ	不明	
	約1~2万年前	外輪山:ドンコロ山スコリア	不明	
	ca.30ka	外輪山:有珠外輪山溶岩類	1 ^{*5, *6}	
	Usu prehistoric tephra :ash-fall deposits	0.02		

※5 1663年噴火以降の活動によって形成された溶岩ドーム(有珠溶岩ドーム)のマグマ体積も一括計上されている。

※6 Miyabuchi et al. (2014)によれば、有珠外輪山溶岩のマグマ体積は、0.5km³(DRE)とされている。

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-1 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造)(1/2)

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(海域拡大2019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. (2019)に記載)。その公開データを用いて、当社が洞爺カルデラ周辺における水平・鉛直断面図を作成した。

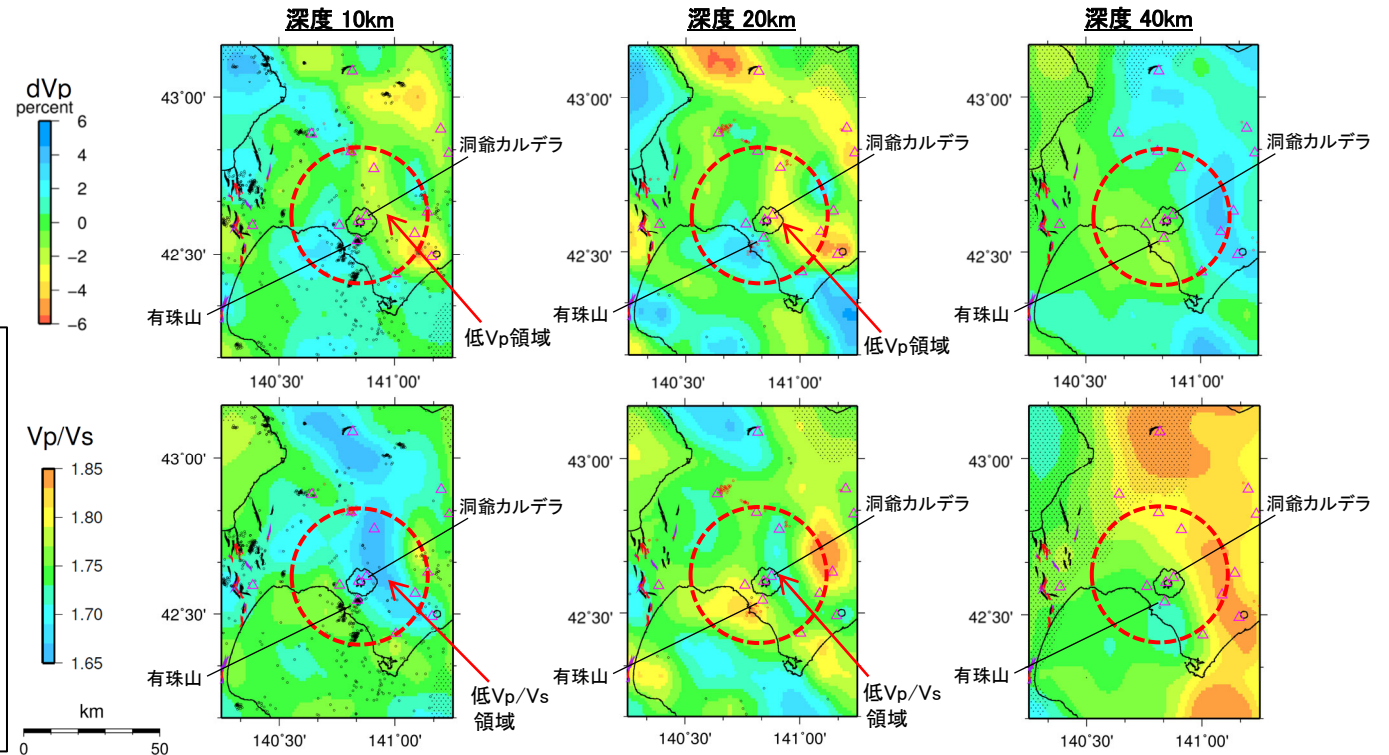
○防災科学技術研究所HP上の公開データを基に作図した地震波トモグラフィ解析結果からは、洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

○洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)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。

【当社におけるマグマ溜まりの状況の検討方法(P81~P93参照)】

- 地震波速度構造については、「メルトの存在を示唆する顕著な低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、カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)における低周波地震の分布状況についても考慮する。

- 凡例
- △ 第四紀火山
 - 震源 (MJMA ≥ 0)
 - 低周波地震の震源 (期間: 2000/10/1-2015/12/31, 2016/4/1-2018/6/30)
 - 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 } 今泉ほか編(2018)をトレース
 - 推定活断層
 - 洞爺カルデラを中心とした、半径25kmの範囲



洞爺カルデラ周辺では、カルデラの北方-東方に、低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

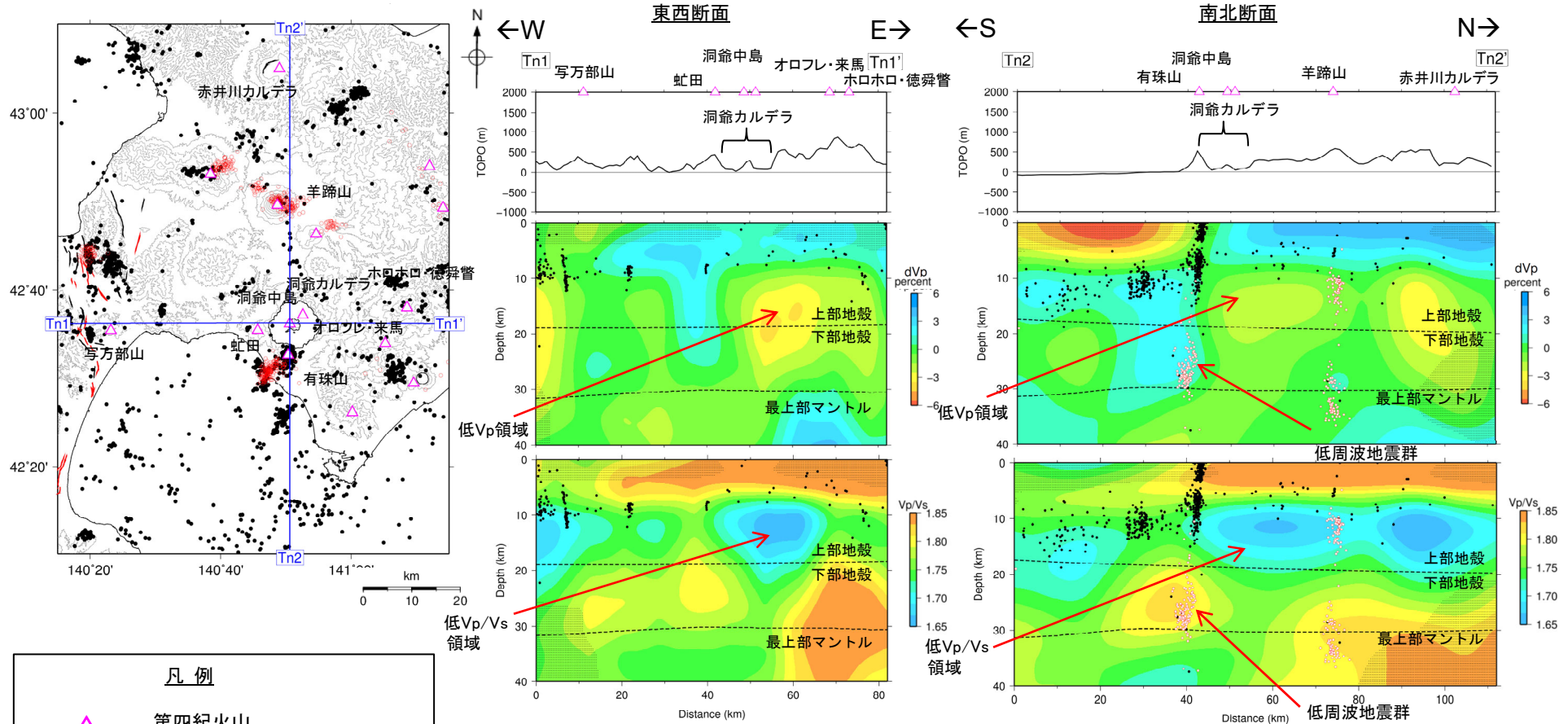
洞爺カルデラ周辺では、カルデラの北方-東方に、低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

地震波速度構造(水平断面)

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-1 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造) (2/2)

一部修正 (R3/10/14審査会合)



- 凡例**
- ▲ 第四紀火山
 - 震源 (MJMA \geq 0)
 - 低周波地震の震源 (期間: 2000/10/1-2015/12/31, 2016/4/1-2018/6/30)
 - 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

洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、カルデラの北方~東方の深度10km~20km程度に低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
 洞爺カルデラ直下の下部地殻内(約20~30km)には、低周波地震群が認められるが、上部地殻内には認められない。

地震波速度構造(鉛直断面)

鉛直断面に記載している火山は、断面位置を中心に ± 5 km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 ± 5 kmの範囲の地震をプロットした。

(4) 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(地下構造:比抵抗構造)(1/6)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

○洞爺カルデラの比抵抗構造について検討するため、電磁気探査(MT法)を実施した。

【当社電磁気探査(次頁~P197参照)】

- 洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)に、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する低比抵抗領域(数 Ω m程度の領域)は認められない。
- 洞爺中島直下の表層から深度2km程度及び有珠山直下の表層から深度3km程度の範囲には、低比抵抗領域(数 Ω m程度の領域)が認められる(P196~P197参照)。

○当社電磁気探査において洞爺中島及び有珠山直下の浅部に認められる低比抵抗領域(数 Ω m程度の領域)について、文献レビューを実施した。

【Goto and Danhara (2018) (P198参照)】

○洞爺カルデラにおいて、深度1.5km程度までのCSAMT法による電磁気探査を行っているGoto and Danhara (2018)をレビューした。

- ・Goto and Danhara (2018)によれば、洞爺中島とその周囲の隆起域の地下には低比抵抗領域(幅4500m, 厚さ1000m)が存在するとされている。
- ・この低比抵抗領域は、熱水鉱物に富む熱水変質帯である可能性があり、また洞爺中島の地表面において温泉等の地熱域を示すものが認められないことから、高温帯である可能性は低いとされている。
- ・この低比抵抗領域は、洞爺中島とその周囲の隆起域の形成時に上昇した地下のマグマにより、カルデラフィル堆積物が加熱されて形成された熱水変質帯と考えられるとされている。

○Goto and Danhara (2018)において洞爺中島直下に示される低比抵抗領域は、当社電磁気探査において洞爺中島直下の表層から深度2km程度の範囲に認められる低比抵抗領域に相当し、当該低比抵抗領域はマグマではなく、熱水変質帯と考えられる。

【Matsushima et al. (2001) (P199参照)】

○洞爺カルデラの後カルデラ火山である有珠山において、深度7km程度までのMT法による電磁気探査を行っているMatsushima et al. (2001)をレビューした。

- ・Matsushima et al. (2001)によれば、有珠山の地下(標高:約-1km)には、数 Ω m程度の領域が存在するとされている。
- ・当該領域の大部分は、繰り返されるマグマの貫入による熱水変質により生成された粘土鉱物(スメクタイト)を大量に含む低比抵抗岩であるとされている。
- ・また、3kmを超えるような大きさのマグマ溜まりは存在しないと考えられるものの、小さなものについては検出が困難であるとされている。

○Matsushima et al. (2001)において有珠山直下に示される低比抵抗領域は、当社電磁気探査において有珠山直下の表層から深度3km程度の範囲に認められる低比抵抗領域に相当し、当該低比抵抗領域はマグマではなく、熱水変質帯と考えられる。

○有珠山直下の浅部には3kmを超えるような大きさのマグマ溜まりは存在しないと考えられる。



○当社探査結果及び文献(Goto and Danhara (2018)及びMatsushima et al. (2001))に基づくと、洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km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低比抵抗領域は認められない。

(4) 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(地下構造:比抵抗構造) (2/6)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【当社電磁気探査】

- 洞爺カルデラの地下構造を把握するため、電磁気探査(MT法)を行い、洞爺カルデラ周辺の比抵抗構造解析を実施した※1。
- 観測点は、洞爺湖、洞爺湖周辺の陸域及び内浦湾に配置した。
- 洞爺カルデラを中心とした東西20km程度及び南北20km程度の範囲に観測点を数多く配置することにより、洞爺カルデラ付近の比抵抗構造の信頼性を高めた。

※1 本電磁気探査の結果については、小森ほか(2022)として、地球惑星科学連合2022年大会で発表されている。

【当社電磁気探査(MT法)の概要】

- ・調査期間:2018年11月~2019年7月
- ・観測点:洞爺湖を中心として陸域92点、湖域9点、海域16点 計117点
- ・測定時間:陸域40時間以上、湖域及び海域60時間以上
- ・解析パラメータ
成分:12成分
周波数:10Hz~0.0003Hz※2

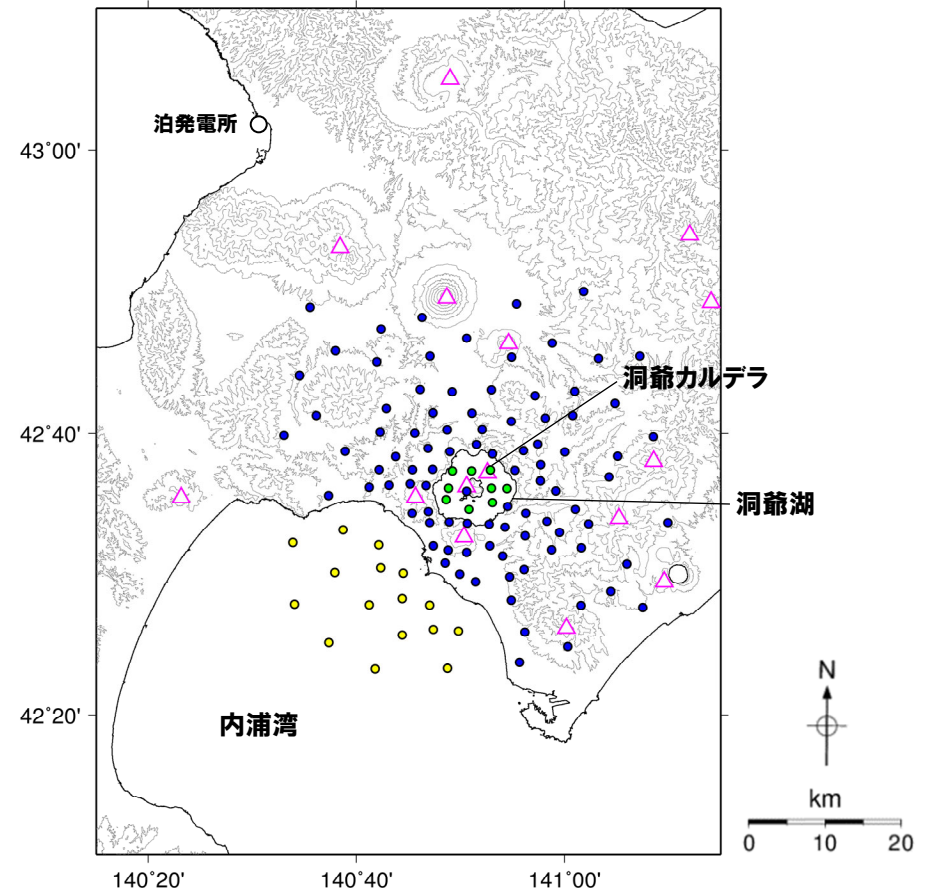
※2 Hata et al. (2016) を参考に設定。

【当社におけるマグマ溜まりの状況の検討方法(P81~P93参照)】

- 比抵抗構造については、「間隙水、マグマ及び湿潤状態の粘土鉱物を示唆する低比抵抗領域が存在するか否か」を確認する。

凡例

- :陸域観測点
- :湖域観測点
- :海域観測点
- △:第四紀火山

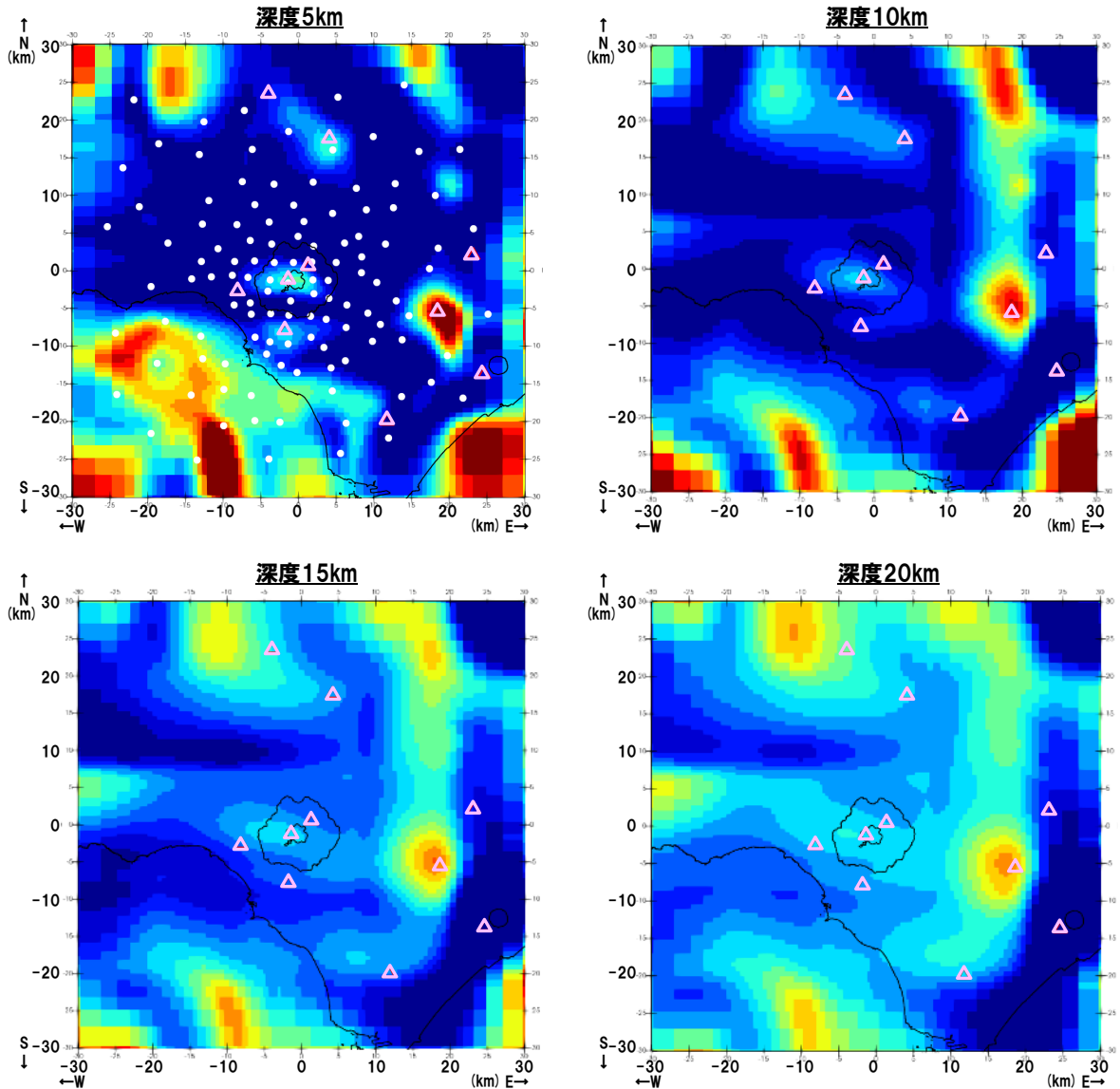


(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-2 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (3/6)

再掲 (R5/1/20審査会合)

- 観測データを用いて比抵抗構造解析を実施し、洞爺カルデラ周辺における比抵抗構造の水平・鉛直断面図を作成した。
- 洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)に、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する低比抵抗領域(数 Ω m程度の領域)は認められない。
- 洞爺中島直下の表層から深度2km程度及び有珠山直下の表層から深度3km程度の範囲には、低比抵抗領域(数 Ω m程度の領域)が認められる(次頁参照)。



凡例

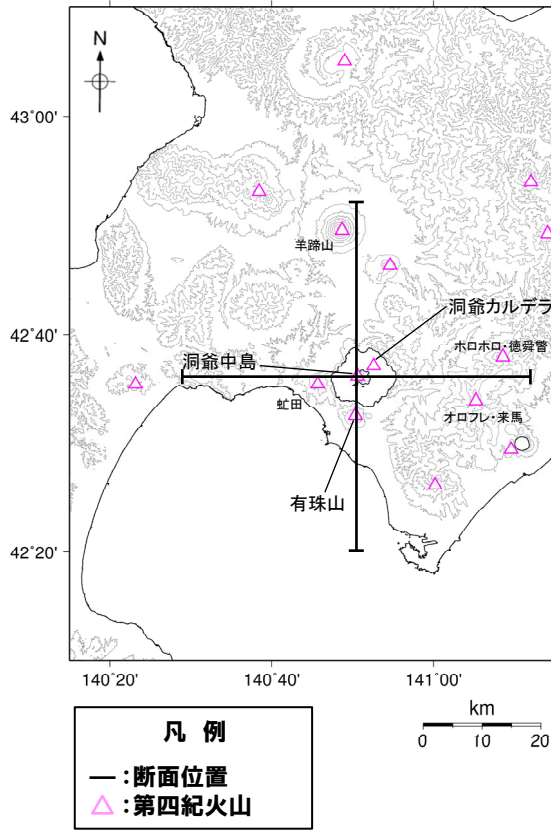
- △ 第四紀火山
- MT観測点 (深度5km断面のみ記載)

比抵抗構造(水平断面)

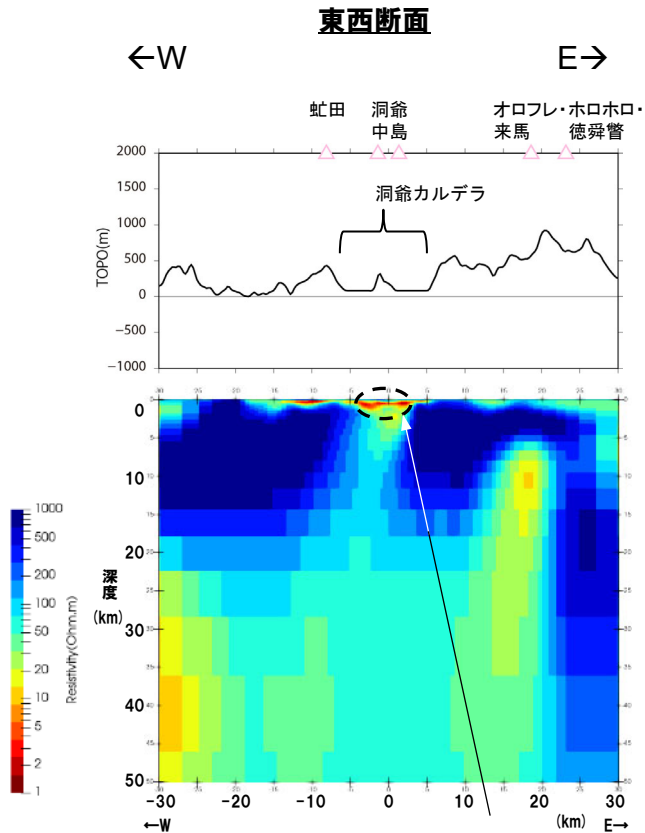
(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-2 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (4/6)

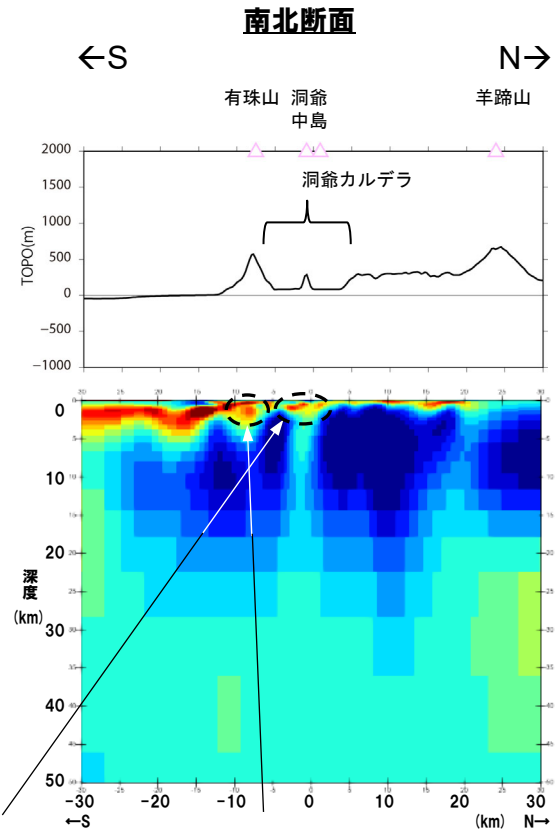
再掲 (R5/1/20審査会合)



比抵抗構造断面位置図



洞爺中島直下の表層から深度2km程度には低比抵抗領域が認められる。



有珠山直下の表層から深度3km程度には低比抵抗領域が認められる。

比抵抗構造(鉛直断面)

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、感度テストの結果から、洞爺カルデラ直下の深度10~14km程度においては、水平及び鉛直方向に約4.8km程度、また深度18~28km程度においては水平及び鉛直方向に10km程度の空間分解能を持つと考えられる。

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

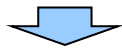
②-2 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (5/6)

再掲 (R5/1/20審査会合)

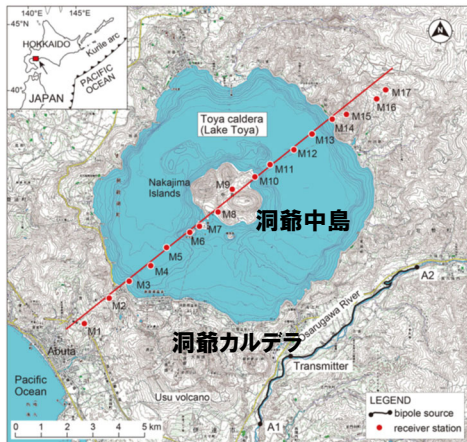
【Goto and Danhara (2018)】

○洞爺カルデラにおいて、深度1.5km程度までのCSAMT法による電磁気探査を行っているGoto and Danhara (2018)をレビューした。

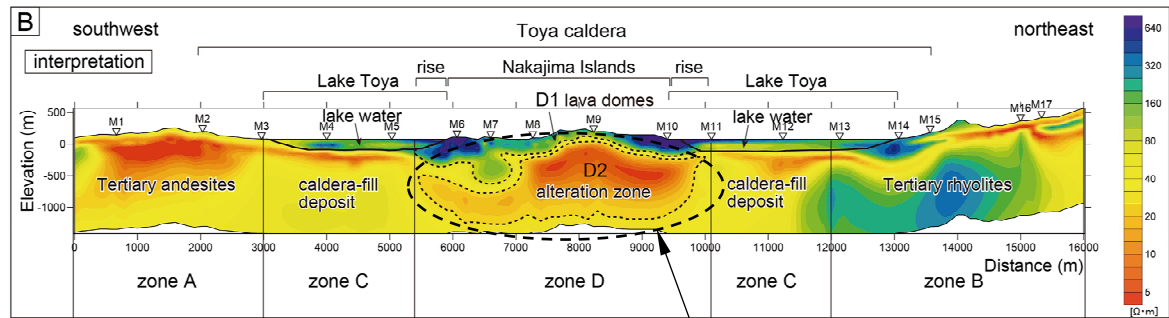
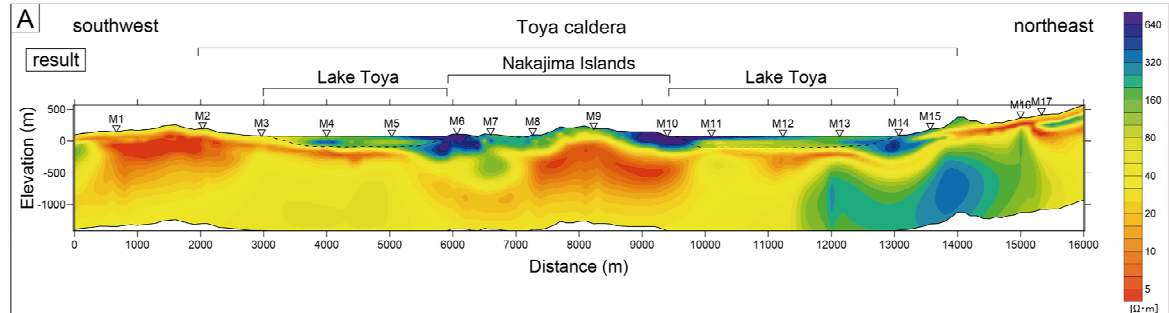
- ・Goto and Danhara (2018)によれば、洞爺中島とその周囲の隆起域の地下には低比抵抗領域(幅4500m, 厚さ1000m, 下図D2)が存在するとされている。
- ・この低比抵抗領域は、熱水鉱物に富む熱水変質帯である可能性があり、また洞爺中島の地表面において温泉等の地熱域を示すものが認められないことから、高温帯である可能性は低いとされている。
- ・この低比抵抗領域は、洞爺中島とその周囲の隆起域の形成時に上昇した地下のマグマにより、カルデラフィル堆積物が加熱されて形成された熱水変質帯と考えられるとされている。



○Goto and Danhara (2018)において洞爺中島直下に示される低比抵抗領域は、当社電磁気探査において洞爺中島直下の表層から深度2km程度の範囲に認められる低比抵抗領域(前頁参照)に相当し、当該低比抵抗領域はマグマではなく、熱水変質帯と考えられる。



探査測線位置図
(Goto and Danhara (2018) に加筆)



D2: 洞爺中島とその周囲の隆起域の地下の低比抵抗領域

比抵抗構造 (Goto and Danhara (2018) に加筆)

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

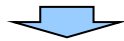
②-2 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (6/6)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

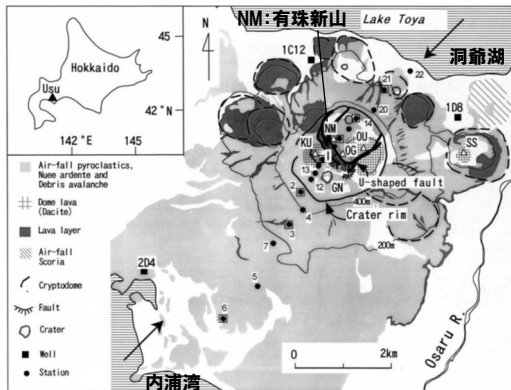
【Matsushima et al. (2001)】

○洞爺カルデラの後カルデラ火山である有珠山において、深度7km程度までのMT法による電磁気探査を行っているMatsushima et al. (2001) をレビューした。

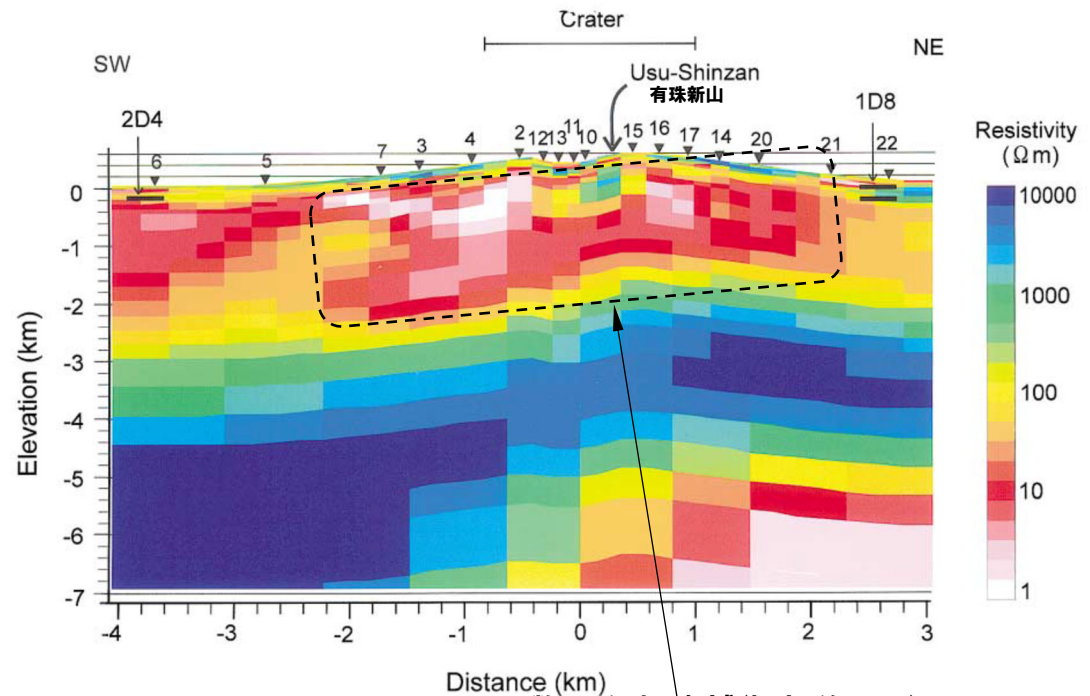
- Matsushima et al. (2001) によれば、有珠山の地下(標高:約-1km)には、数Ωm程度の領域が存在するとされている。
- 当該領域の大部分は、繰り返されるマグマの貫入の熱水変質により生成された粘土鉱物(スメクタイト)を大量に含む低比抵抗岩であるとされている。
- また、3kmを超えるような大きさのマグマ溜まりは存在しないと考えられるものの、小さなものについては検出が困難であるとされている。



- Matsushima et al. (2001) において有珠山直下に示される低比抵抗領域は、当社電磁気探査において有珠山直下の表層から深度3km程度の範囲に認められる低比抵抗領域(P197参照)に相当し、当該低比抵抗領域はマグマではなく、熱水変質帯と考えられる。
- 有珠山直下の浅部には3kmを超えるような大きさのマグマ溜まりは存在しないと考えられる。



探査測線位置図
(Matsushima et al. (2001) に加筆)



数Ωm程度の領域(標高:約-1km)
比抵抗構造 (Matsushima et al. (2001) に加筆)

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-3 地球物理学的調査(地下構造:重力異常)

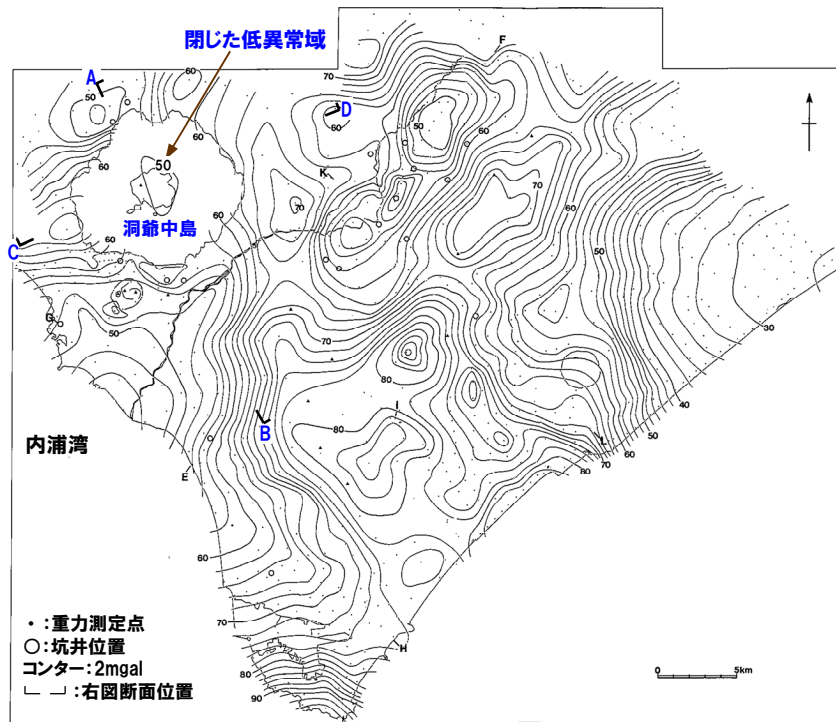
再掲 (R5/1/20審査会合)

【和田ほか(1988)】

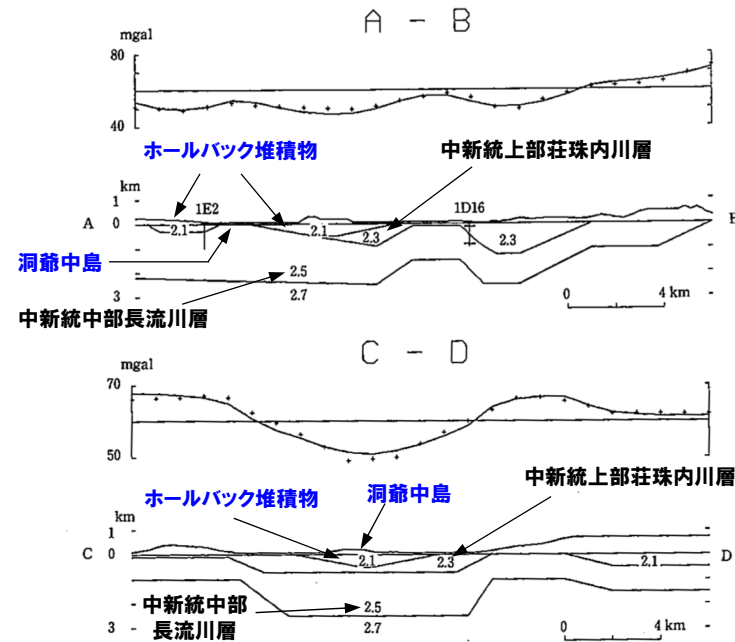
- 洞爺カルデラを含む北海道西胆振地域において、重力測定を行っている和田ほか(1988)をレビューした。
 - ・和田ほか(1988)によれば、低異常型カルデラを特徴づける閉じた低異常域が洞爺カルデラ中央部の中島を中心に分布しているとされている。
 - ・ボーリング調査結果による地質構造の推定に基づくと、上記の低重力異常は、新第三系の地質構造に逆円錐型のホールバック堆積物(最大層厚0.5km)が重畳した構造で説明できるとされている。



- 和田ほか(1988)に基づくと、洞爺カルデラにおいては、カルデラ中心部が最も厚い逆円錐型に堆積した密度の低い堆積物によるものと考えられる低異常域が認められる。
- 重力異常を踏まえたマグマ溜まりに関する考察はされていない。



西胆振地域における重力異常図(和田ほか(1988)に加筆)



重力解析断面図(A-B断面及びC-D断面)
各断面における上図は観測値及び計算値(+印は観測値を、実線は計算値を示す)
下図は地形と構造モデル(記載されている数値は各地層の密度(g/cm³)を示す)
(和田ほか(1988)に加筆)

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-4 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)

【地震波速度構造 (P192~P193参照)】

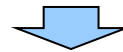
- 防災科学技術研究所HP上の公開データを基に作図した地震波トモグラフィ解析結果からは、洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
- 洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。

【比抵抗構造 (P194~P199参照)】

- 当社電磁気探査結果及び文献(Goto and Danhara, 2018; Matsushima et al., 2001)に基づくと、洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km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低比抵抗領域は認められない。

【重力異常(前頁参照)】

- 文献(和田ほか, 1988)に基づくと、洞爺カルデラにおいては、カルデラ中心部が最も厚い逆円錐型に堆積した密度の低い堆積物によるものと考えられる低異常域が認められる。
- 重力異常を踏まえたマグマ溜まりに関する考察はされていない。



- 地下構造に関する調査の結果、洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、現状、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する構造は認められない。

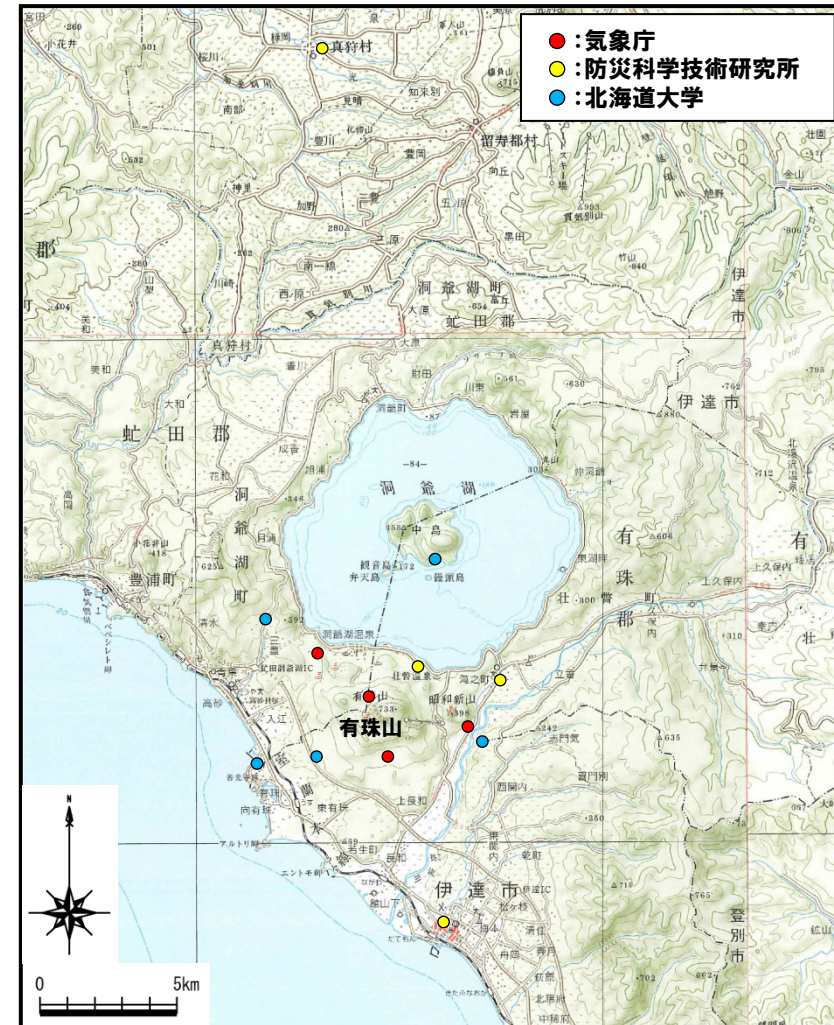
(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-5 地球物理学的調査(火山性地震)(1/6)

再掲(H25/11/13審査会合)

【気象庁編(2013)】

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



洞爺カルデラ周辺の地震計位置図
(気象庁編(2013)「日本活火山総覧(第4版)」に基づき作成)

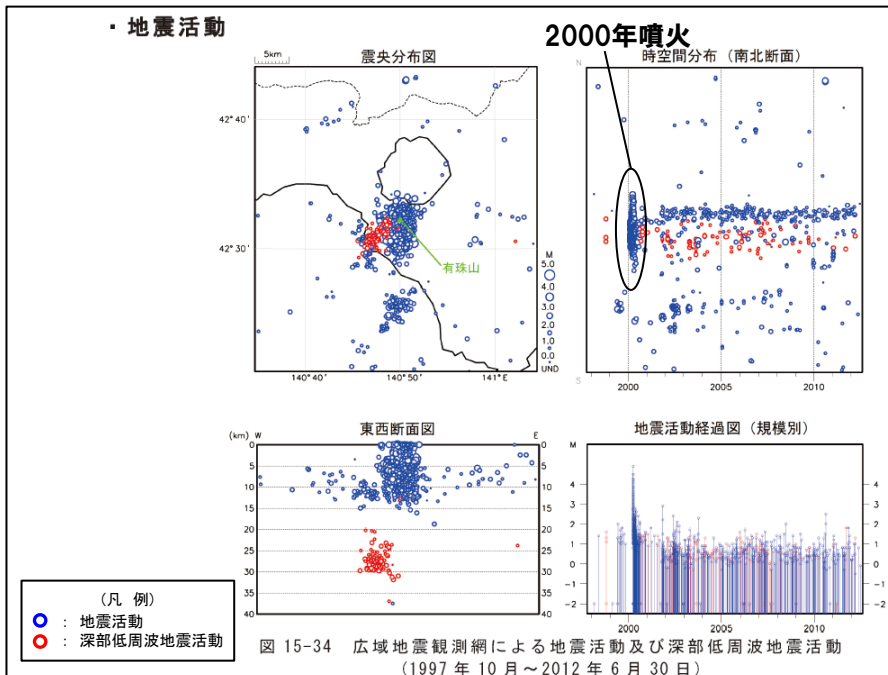
(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-5 地球物理学的調査(火山性地震)(2/6)

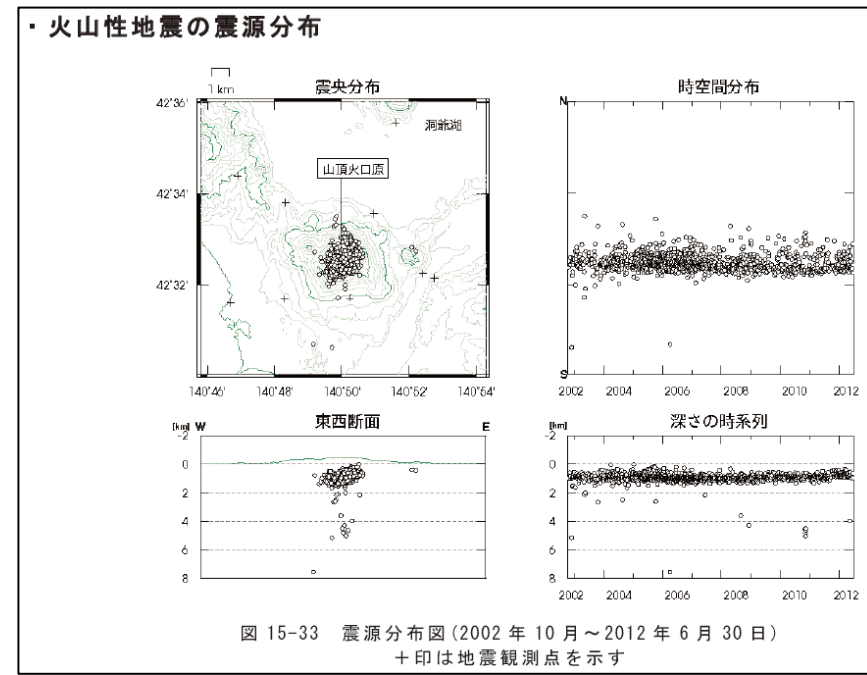
一部修正(H25/11/13審査会合)

【気象庁編(2013)】

- 洞爺カルデラ周辺の地震活動(1997年10月～2012年6月)及び有珠山の火山性地震の震源分布(2002年10月～2012年6月)を下図に示す。
- 洞爺カルデラ周辺においては、有珠山周辺に震央が集中している。
- 地震活動は、有珠山周辺の浅部に認められ、2000年の噴火時に頻度が最大となり、マグニチュード1～4の地震が多く認められる。
- 噴火後の地震活動は、有珠山の山頂火口原(深さ2km以浅)付近に集中しており、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
- 低周波地震活動は、有珠山の南西付近の深部(深さ20～35km)に認められ、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。



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



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

余白

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-5 地球物理学的調査(火山性地震) (3/6)

【気象庁(2020)】

- 「第147回火山噴火予知連絡会資料」(気象庁, 2020)では、洞爺カルデラ周辺の低周波地震活動(1997年10月~2020年11月)について、右図のとおり示されている*。
- 低周波地震活動は、有珠山の南西付近の深部(概ね深さ20~35km)に認められ、深さの時系列分布に変化の兆候は認められない。

※火山噴火予知連絡会資料のうち、有珠山の一元化震源による震央分布図等については、樽前山及び倶多楽とは異なり、低周波地震活動のみが示されている。

低周波地震活動は、有珠山の南西付近の深部(概ね深さ20~35km)に認められる。

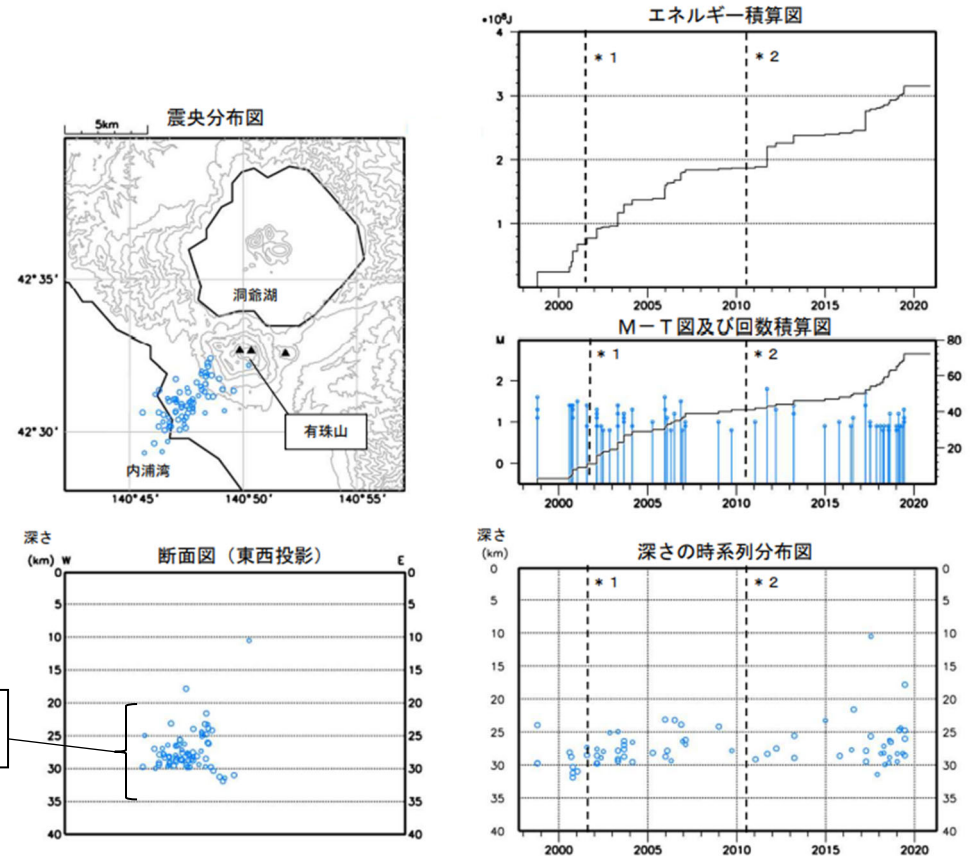


図6 有珠山 一元化震源による深部低周波地震活動

(1997年10月~2020年11月30日、M≥0.8、深さ40km以浅)

- * 1 : 2001年10月以降、Hi-netの追加に伴い検知能力が向上している。
 - * 2 : 2010年10月以降、火山観測点の追加に伴い検知能力が向上している。
- 2020年9月以降の震源は、地震観測点の標高を考慮する等した新手法で求められている。
 2020年4月18日から10月23日までの地震について、暫定的に震源精査の基準を変更しているため、その前後の期間と比較して微小な地震での震源決定数の変化(増減)が見られる。
 この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ(標高)」を使用した。

有珠山 一元化震源による深部低周波地震活動
(気象庁(2020)に加筆)

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

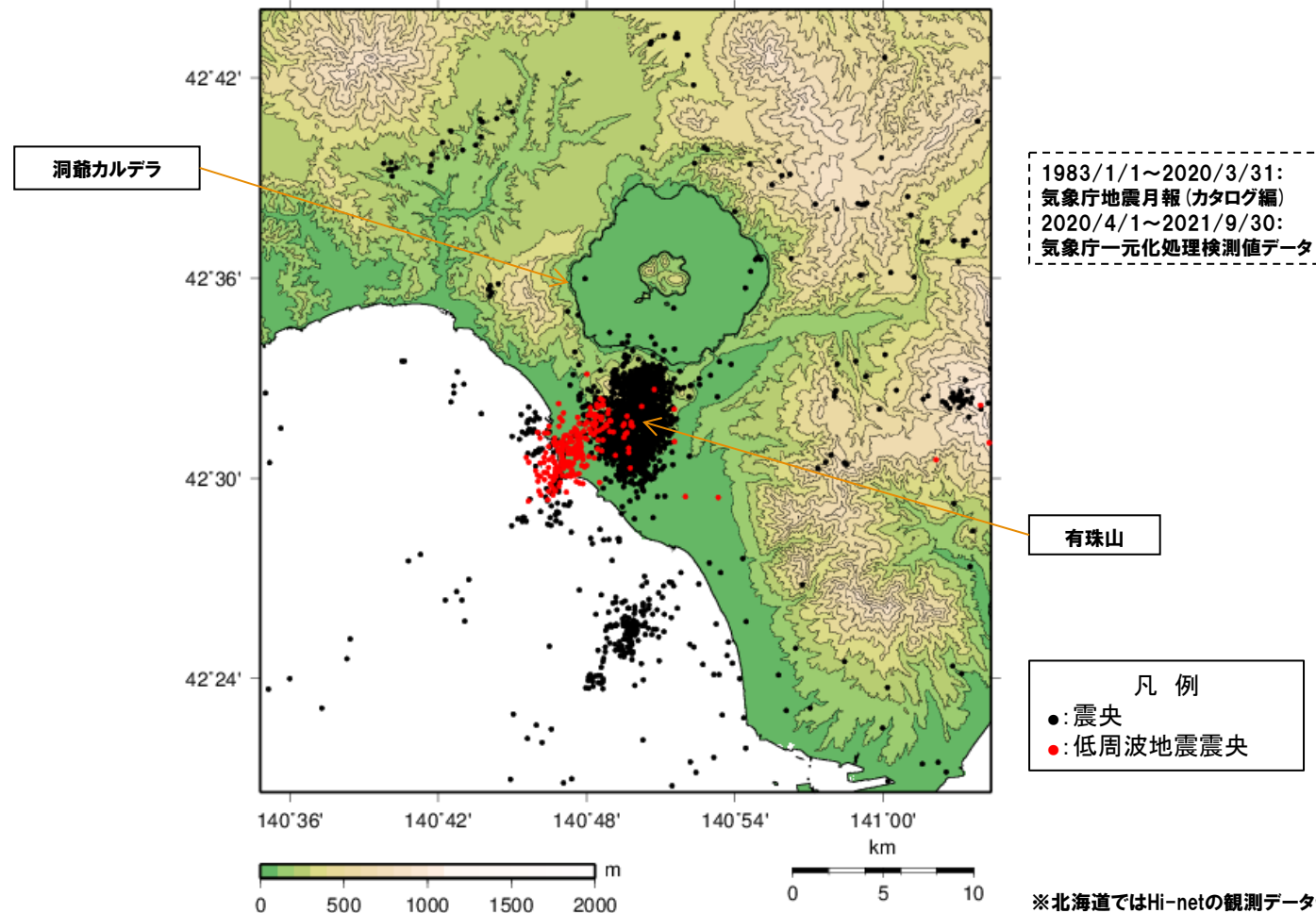
②-5 地球物理学的調査(火山性地震)(4/6)

一部修正(H25/11/13審査会合)

【気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データ】

○過去約40年間における洞爺カルデラ周辺の深さ40km以浅の地震活動の震央分布を示す。震央のデータは気象庁地震月報(カタログ編)(1983年1月～2020年3月)及び気象庁一元化処理検測値データ(2020年4月～2021年9月)を使用した。

○洞爺カルデラ周辺においては、有珠山周辺に普通地震及び低周波地震の震央が集中している。



洞爺カルデラ周辺の震央分布図※
(1983年1月1日～2021年9月30日の記録(深さ40km以浅))

※北海道ではHi-netの観測データ使用開始が2001年10月であることから、2001年10月前後でデータ精度が異なる。

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

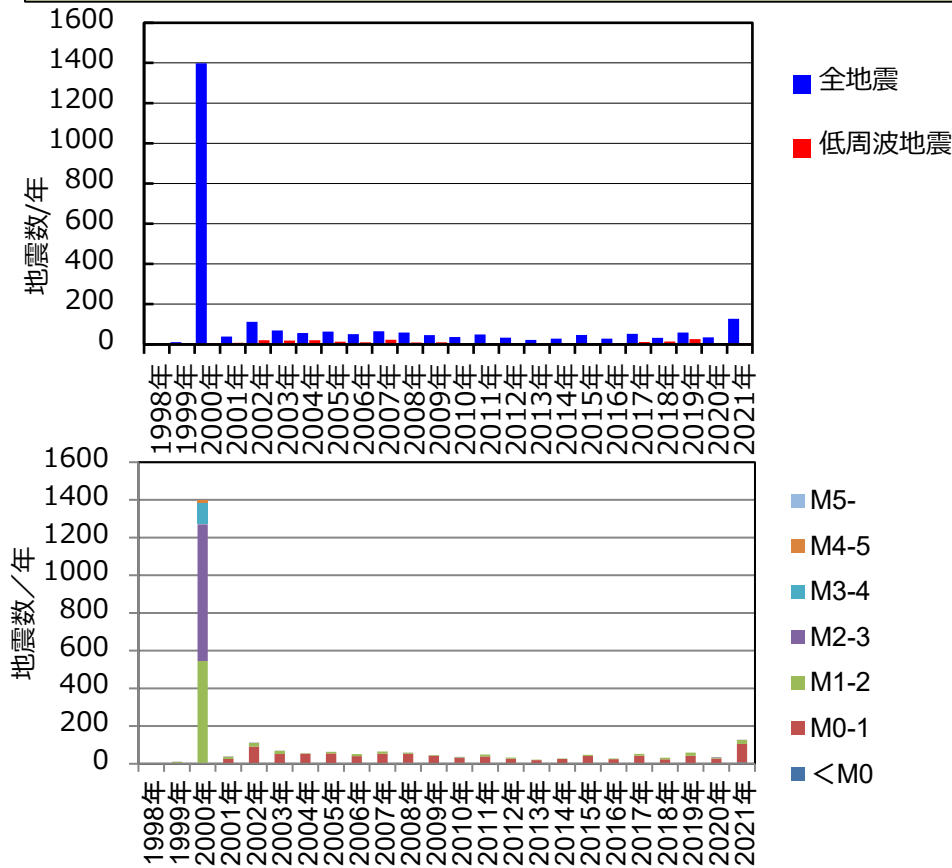
②-5 地球物理学的調査(火山性地震)(5/6)

一部修正(H25/11/13審査会合)

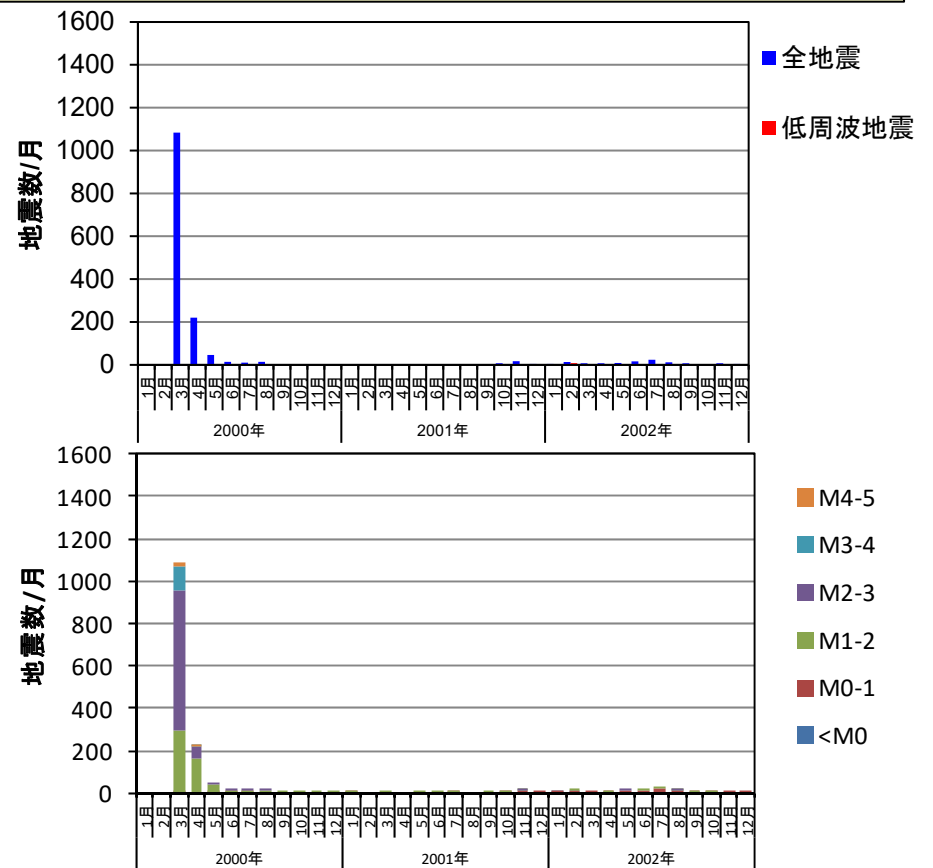
【気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データ】

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

- ・2000年の噴火時に頻度が最大となり、マグニチュード1～4の地震が多く認められる。
- ・地震発生数は、有珠山噴火時の2000年3月に最も多く、噴火後には発生頻度が低くなっている。
- ・マグニチュード1以上の地震は、噴火後の2001年以降はほとんど認められず、低調に経過しており、低周波地震も低調に経過している。



地震発生数の年別時間変化※1, 2
(1998～2021年 深さ40km以浅)



地震発生数の月別時間変化※1
(2000～2002年 深さ40km以浅)

※1 北海道ではHi-netの観測データ使用開始が2001年10月であることから、2001年10月前後でデータ精度が異なる。

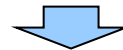
※2 2021年は1月1日～9月30日のデータを掲載。

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-5 地球物理学的調査(火山性地震-まとめ-) (6/6)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

- 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、低周波地震がマグマの移動・上昇等の活動を示す場合があると考えられることから、洞爺カルデラ周辺の低周波地震の時空間分布を確認した。
- ・確認に当たっては、公的機関の観測結果を取りまとめた気象庁編(2013)「日本活火山総覧(第4版)」,「第147回火山噴火予知連絡会資料」気象庁(2020)並びに気象庁地震月報(カタログ編)(1983年1月～2020年3月)及び気象庁一元化処理検測値データ(2020年4月～2021年9月)を用いた。
- 確認結果は以下のとおり(下線部は低周波地震に関する事項)。
- (気象庁, 2013)
- ・地震活動は、有珠山周辺の浅部に認められ、2000年の噴火時に頻度が最大となり、マグニチュード1～4の地震が多く認められる。
 - ・噴火後の地震活動は、有珠山の山頂火口原(深さ2km以浅)付近に集中しており、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
 - ・低周波地震活動は、有珠山の南西付近の深部(深さ20～35km)に認められ、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
- (気象庁, 2020)
- ・低周波地震活動は、有珠山の南西付近の深部(概ね深さ20～35km)に認められ、深さの時系列分布に変化の兆候は認められない。
- (気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データ)
- ・洞爺カルデラ周辺においては、有珠山周辺に普通地震及び低周波地震の震央が集中している。
 - ・2000年の噴火時に頻度が最大となり、マグニチュード1～4の地震が多く認められる。
 - ・地震発生数は、有珠山噴火時の2000年3月に最も多く、噴火後には発生頻度が低くなっている。
 - ・マグニチュード1以上の地震は、噴火後の2001年以降はほとんど認められず、低調に経過しており、低周波地震も低調に経過している。



- 洞爺カルデラ周辺の火山性地震のうち、低周波地震活動は、有珠山周辺の下部地殻(約20km以深)に認められるが、上部地殻にはほとんど認められない。

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(1/17)

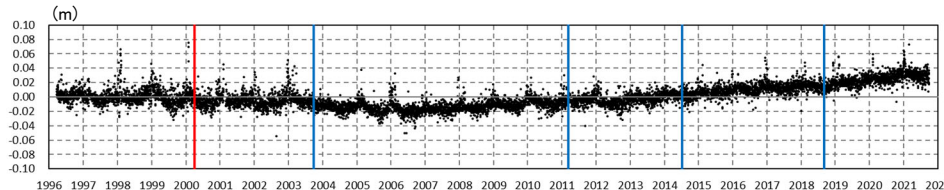
一部修正(H25/11/13審査会合)

【上下変動】

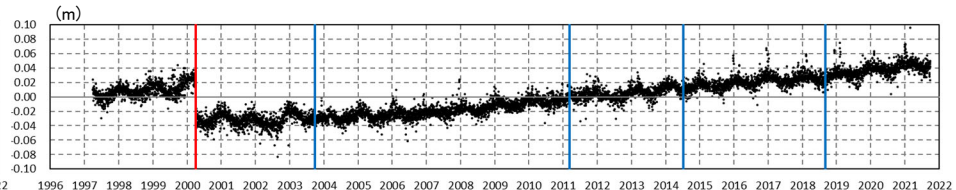
- 洞爺カルデラ付近の4基準点※1(大滝, 洞爺, 虻田及び伊達)について, 各電子基準点設置以降から2020年までの年間上下変動量を示す。
- 固定局は, 洞爺カルデラと同様に東北日本弧延長部に位置し, 第四紀火山から離隔があること等を踏まえ, 小樽1地点とした。
- 洞爺カルデラ付近の上下変動は, 各電子基準点設置以降, 0~2cm/年程度の隆起傾向が概ね継続している。
- 文献(次頁~P215参照)を踏まえると, 北海道南部(東北日本弧延長部)はプレート間の固着効果, 周辺で発生した地震※2の余効変動等の様々な効果により総じて隆起傾向であり, 洞爺カルデラ周辺の隆起傾向は, 小樽1地点との上下変動量の相対的な差異を捉えているものと考えられる。
- 2000年有珠山噴火の影響による不連続が一部の基線で認められる。
- なお, 年間上下変動量のうち, 東北地方太平洋沖地震発生前後(下表赤枠部)及び北海道胆振東部地震発生前後(下表青枠部)の年間変動ベクトル図(上下)を一例としてP216~P219に示す。

※1 洞爺カルデラ付近の4基準点(大滝, 洞爺, 虻田及び伊達)の位置はP216参照。

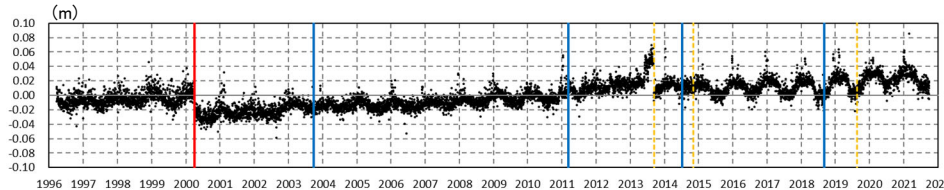
※2 例えば, 1993年北海道南西沖地震, 2003年十勝沖地震, 2011年東北地方太平洋沖地震等がある。



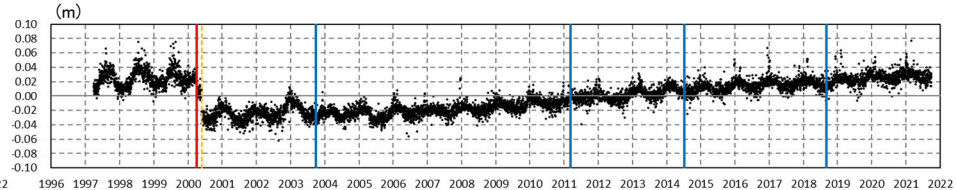
小樽1-大滝間の比高変化※3(対象期間:1996年3月~2021年9月)



小樽1-虻田間の比高変化※3(対象期間:1997年3月~2021年9月)



小樽1-洞爺間の比高変化※3(対象期間:1996年3月~2021年9月)



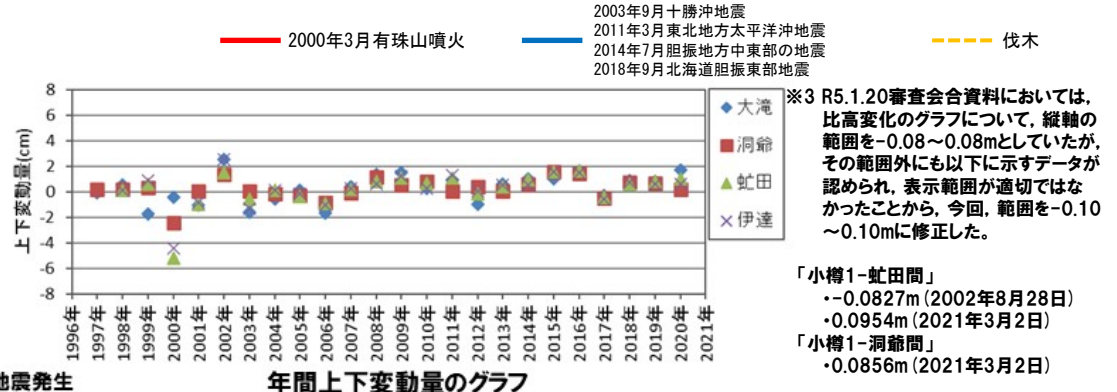
小樽1-伊達間の比高変化※3(対象期間:1997年3月~2021年9月)

年間上下変動量 (cm) (固定局:小樽1)

	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年
大滝	-0.08	+0.53	-1.74	-0.40	-1.05	+2.53	-1.56	-0.52	+0.11	-1.67	+0.40	+1.38
洞爺	+0.20	+0.23	+0.34	-2.45	+0.04	+1.38	+0.06	-0.13	-0.30	-0.85	-0.08	+1.15
虻田	-	+0.11	+0.62	-5.21	-0.96	+1.53	-0.53	+0.13	-0.35	-0.87	+0.22	+0.81
伊達	-	+0.15	+0.88	-4.45	-0.86	+2.55	-1.32	+0.11	-0.15	-1.06	+0.24	+0.64
	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
大滝	+1.50	+0.29	+0.99	-0.94	+0.62	+1.03	+1.04	+1.66	-0.29	+0.88	+0.82	+1.74
洞爺	+0.53	+0.81	+0.04	+0.44	+0.09	+0.60	+1.57	+1.45	-0.49	+0.77	+0.68	+0.20
虻田	+1.08	+0.72	+1.10	-0.12	+0.44	+0.99	+1.56	+1.66	-0.44	+0.65	+0.83	+1.07
伊達	+1.27	+0.26	+1.30	+0.04	+0.54	+0.57	+1.58	+1.54	-0.55	+0.75	+0.61	+0.63

↑東北地方太平洋沖地震発生

↑北海道胆振東部地震発生



年間上下変動量のグラフ

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(2/17)

一部修正(R5/1/20審査会合)

【Suito(2018)】

- GNSS連続観測システム(GEONET)及び海底地殻変動観測(SGO)を用いて2011年東北地方太平洋沖地震以降の地殻変動について整理されているSuito(2018)をレビューした。
 - ・Suito(2018)によれば、東北地方太平洋沖地震後の6.5年間において、内陸部と日本海沿岸部では10cm程度の累積沈下が、奥羽脊梁部ではかなり大きな沈下が、関東・中部・北海道南部では10cm程度の累積隆起が観測されたとされている(次頁参照)。
 - ・地震後の地殻変動を解釈するには、一般に余効すべり(afterslip)、粘弾性緩和(viscoelastic relaxation, P212参照)、間隙弾性反発(poroelastic rebound)の3つのメカニズムを考慮する必要があるとされている。
 - ・観測された地殻変動には、余効すべり効果やプレート間の固着効果等、様々な効果が含まれているとされている。
 - ・プレート間の固着効果は、東北地方全域で西方への変位、太平洋岸での沈下及び日本海側でのわずかな隆起をもたらすとされている(P213参照)。

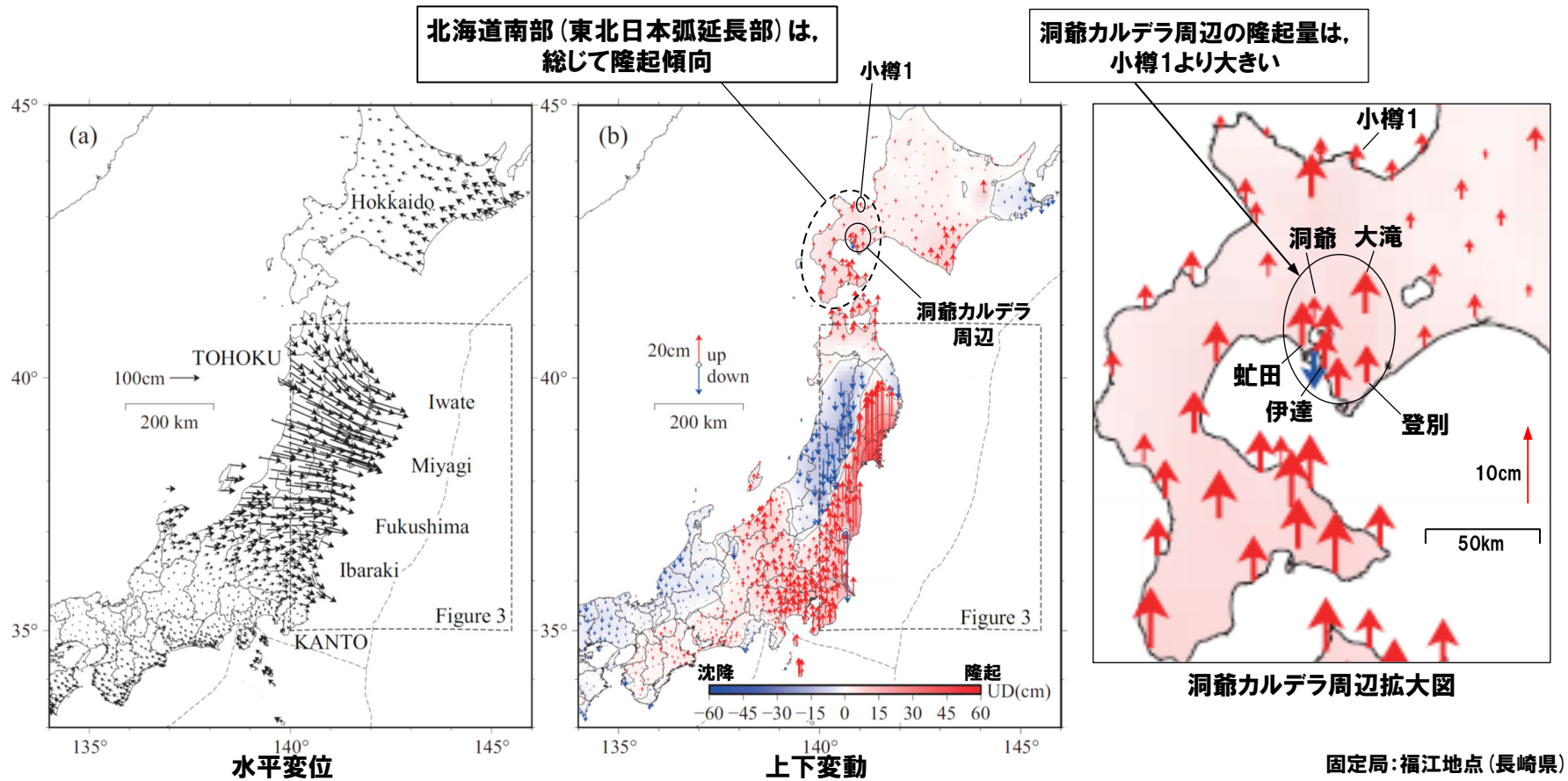


- Suito(2018)に基づくと、北海道南部(東北日本弧延長部)は、プレート間の固着効果、余効変動等様々な効果により総じて隆起傾向である。

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(3/17)

再掲(R5/1/20審査会合)

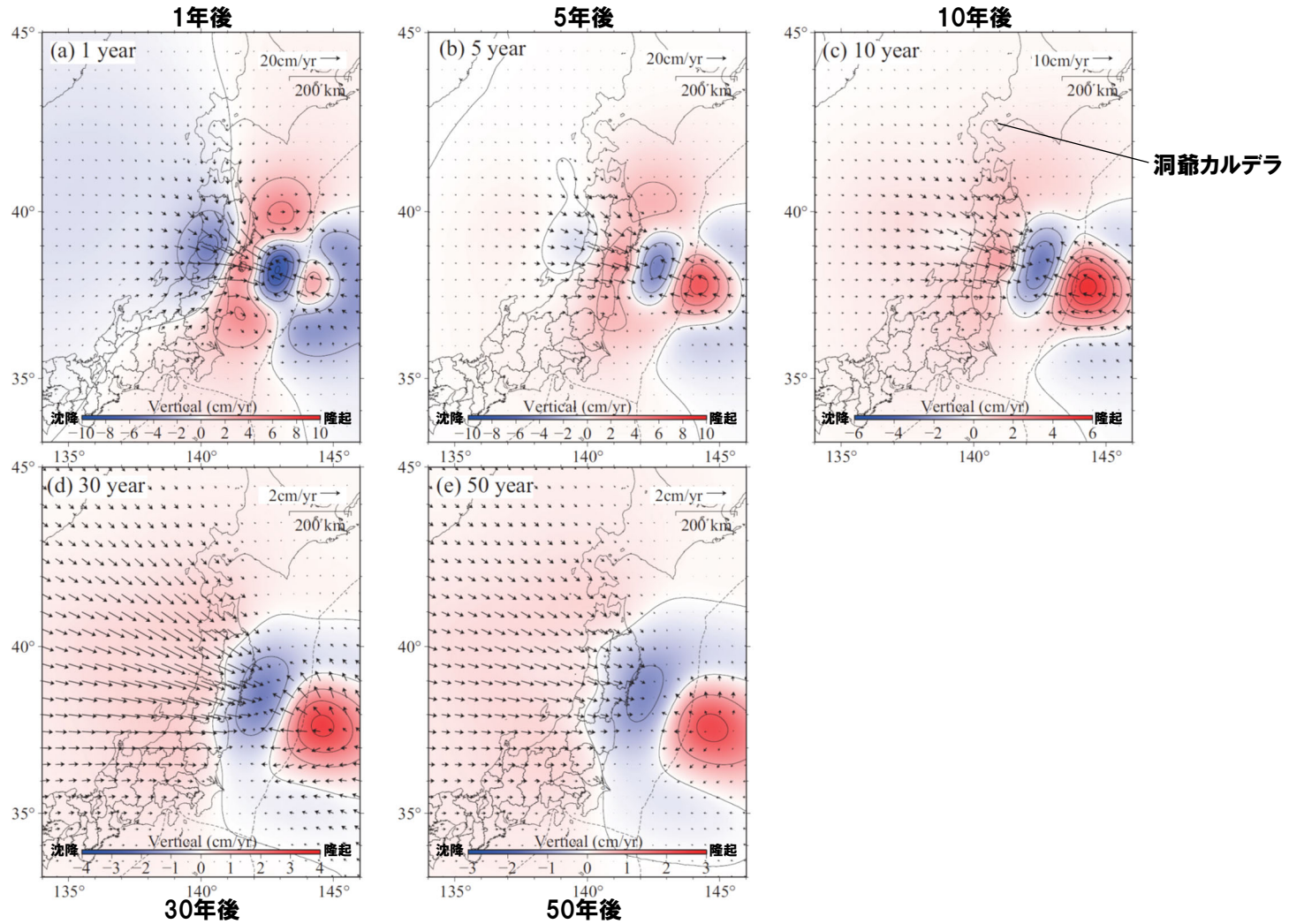


GEONETによる2011年3月東北地方太平洋沖地震以降6.5年間分の地殻変動
(Suito (2018) に加筆)

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(4/17)

再掲(R5/1/20審査会合)

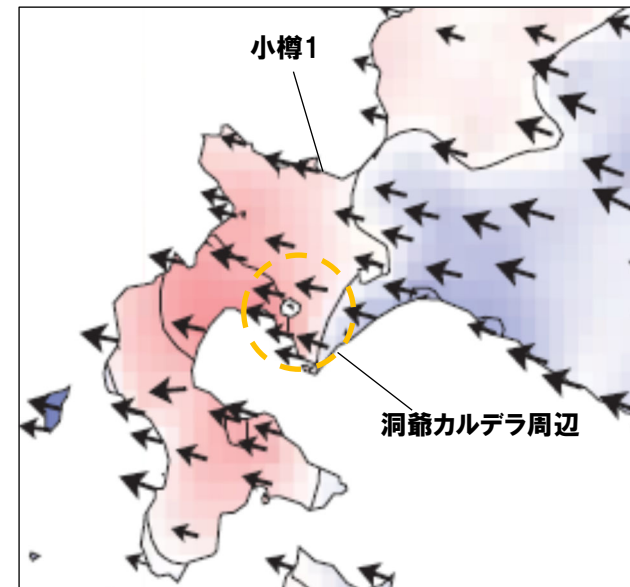
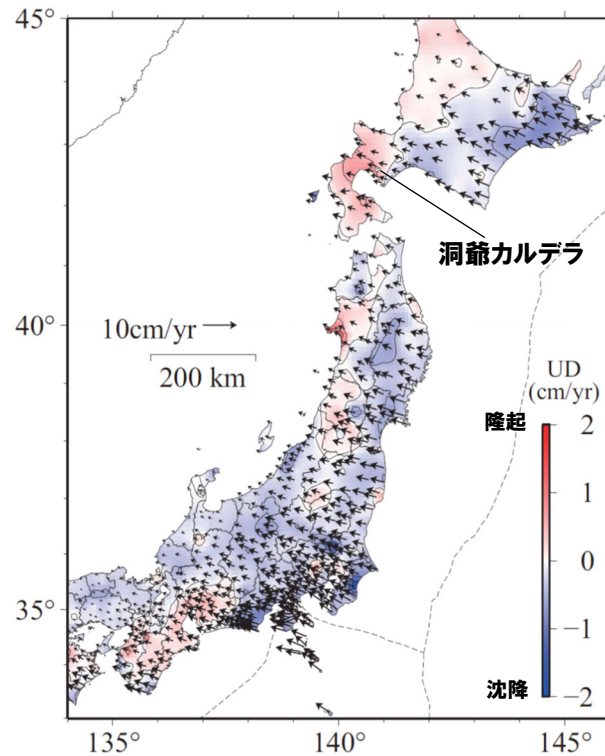


粘弾性緩和による推定変位速度
(Suito (2018) に加筆)

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(5/17)

再掲(R5/1/20審査会合)



北海道南部拡大図

固定局: 福江地点(長崎県)

Suito (2018) によれば、プレート間の固着効果は、東北地方全域で西方への変位、太平洋岸での沈下及び日本海側でのわずかな隆起をもたらすとされている。

GEONETによる1997年1月から2000年1月までの平均変位速度
(Suito (2018) に加筆)

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(6/17)

再掲(R5/1/20審査会合)

【Ueda et al. (2003)】

○1993年北海道南西沖地震の余効変動について整理されているUeda et al. (2003)をレビューした。

- Ueda et al. (2003)によれば、1993年北海道南西沖地震後の地殻変動は、北海道南西部の西進、奥尻島の沈下、渡島半島の隆起によって特徴づけられるとされている(鉛直変位については、次頁図中の黒矢印参照)。
- 一般に大地震後の地殻変動は、余効すべり(afterslip)と粘弾性緩和(viscoelastic relaxation)のどちらかが支配的と想定されるとされている。
- 北海道南西沖地震後の地殻変動は、単純な3層構造における地震時応力変化による粘弾性緩和で説明できることがわかったが、余効すべりでは、非現実的な仮定を採用しないと変形を説明することができないとされている。
- この結果は、地震後の変形のメカニズムとして、明らかに粘弾性緩和が支配的であったことを示しているとされている。
- 図中に見られるいくつかの差異(次頁図中の観測値(黒矢印)と計算値(白矢印)との差異)は、粘性の横方向の変化や太平洋プレートの沈み込み等、他の効果に起因している可能性があると考えられている。

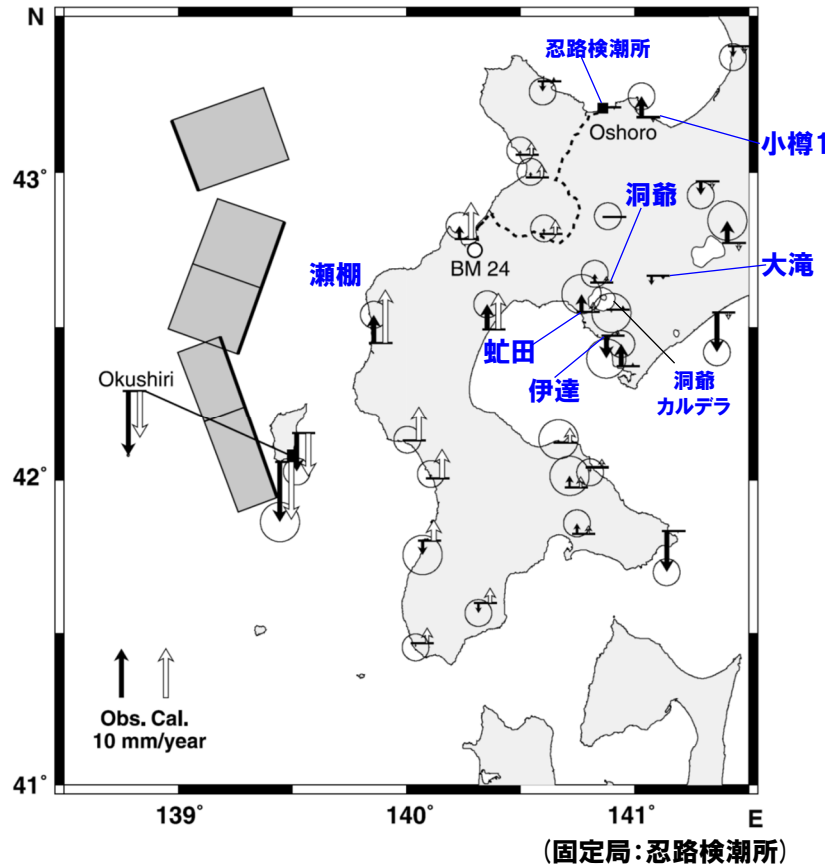


○Ueda et al. (2003)に基づくと、北海道南部(東北日本弧延長部)は、太平洋プレートの沈み込み、余効変動等様々な効果を受けていると考えられる。

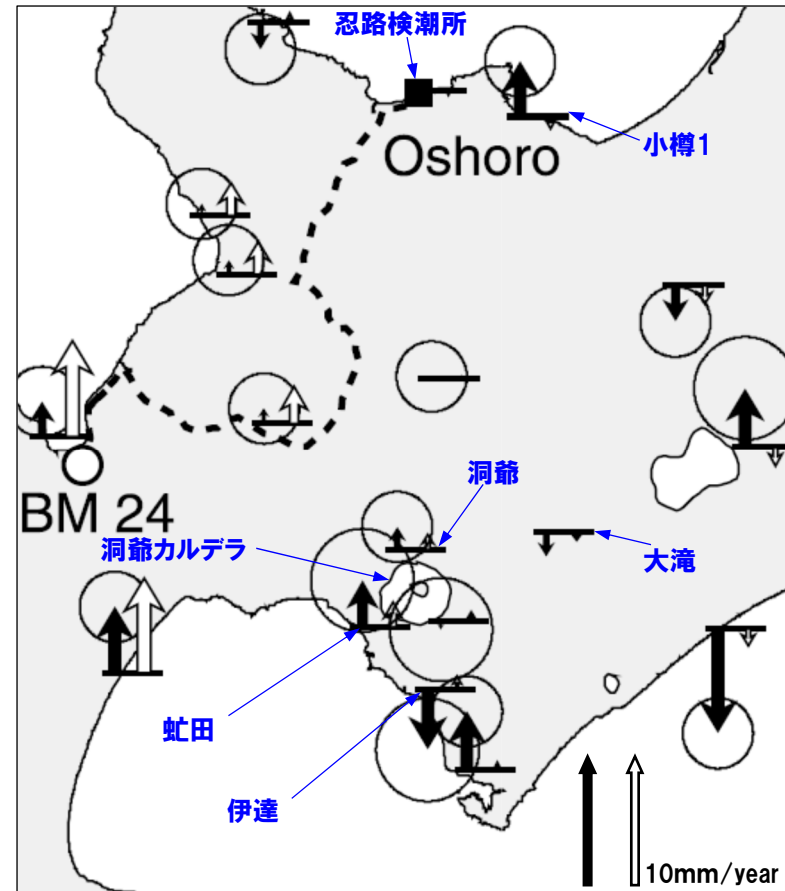
(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(7/17)

再掲(R5/1/20審査会合)



➡ : 観測値 (1995年1月から2000年9月)
 ⇨ : 粘弾性緩和モデルによる計算値



洞爺カルデラ周辺拡大図

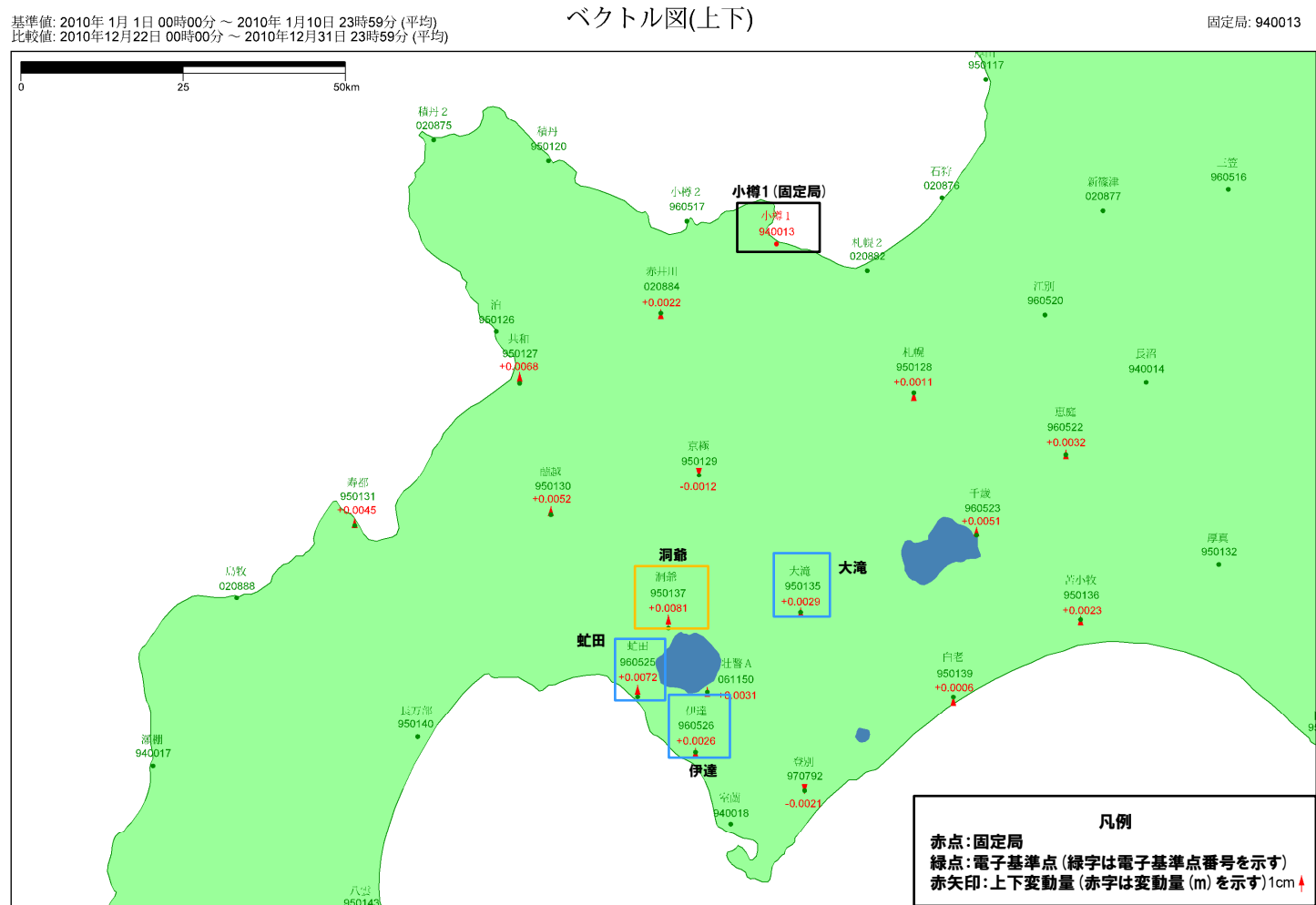
電子基準点及び奥尻検潮所の鉛直変位速度
 (Ueda et al. (2003) に加筆)

(4)巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(8/17)

一部修正(H25/11/13審査会合)

- 東北地方太平洋沖地震発生前, 2010年1年間の変動ベクトル図(上下)を示す。
- 洞爺カルデラ付近における当該期間の最大変動量は, 小樽1-洞爺間の+8.1mmである。



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

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

(4)巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(11/17)

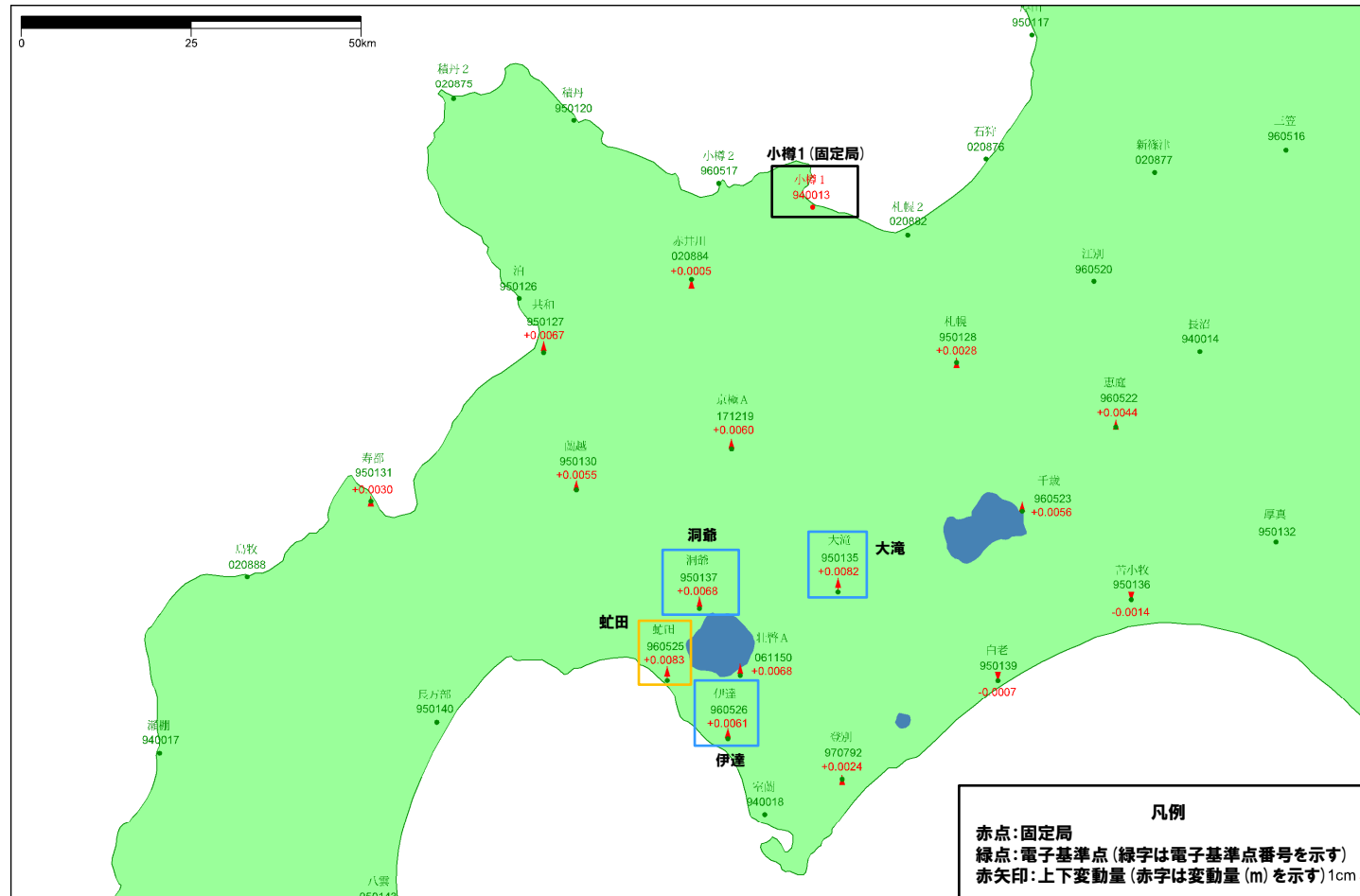
再掲(R5/1/20審査会合)

- 北海道胆振東部地震発生後、2019年1年間の変動ベクトル図(上下)を示す。
- 洞爺カルデラ付近における当該期間の最大変動量は、小樽1-虻田間の+8.3mmである。

基準値: 2019年1月1日00時00分～2019年1月10日23時59分(平均)
 比較値: 2019年12月22日00時00分～2019年12月31日23時59分(平均)

ベクトル図(上下)

固定局: 940013



赤: Bernese F3 [IGS]

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

電子基準点の変動ベクトル図(上下)
(対象期間:2019年1月～2019年12月)

余白

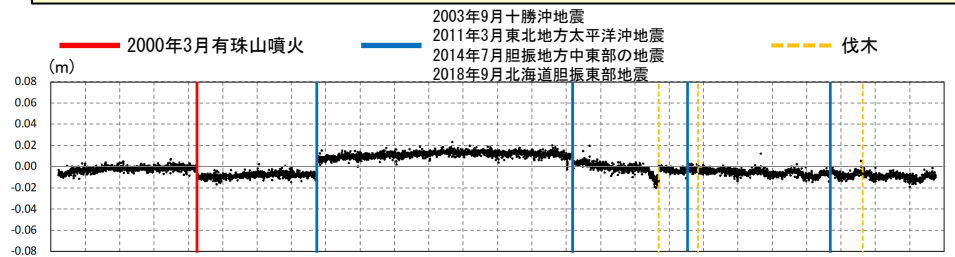
(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(12/17)

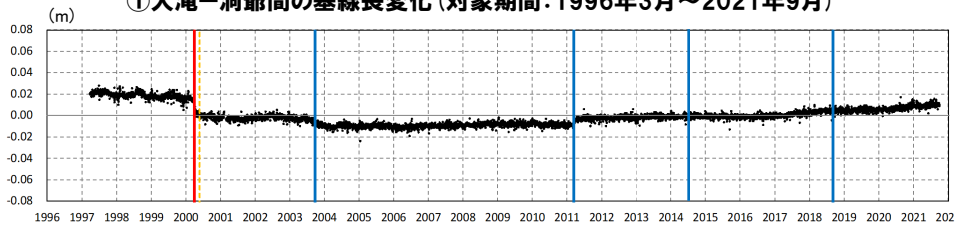
一部修正(H25/11/13審査会合)

【基線長変化】

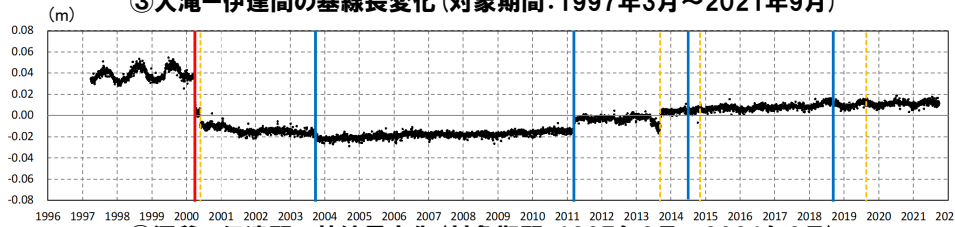
- 洞爺カルデラ付近の4基準点(大滝, 洞爺, 虻田及び伊達)を結んだ6基線について, 各電子基準点設置以降から2021年9月までの基線長変化を示す。
- 洞爺カルデラ付近の基線長変化は, 2003年十勝沖地震, 2011年東北地方太平洋沖地震等の前後に不連続が認められるが, 継続的な膨張又は収縮傾向は認められない。
- 2000年有珠山噴火の影響による不連続が認められる。



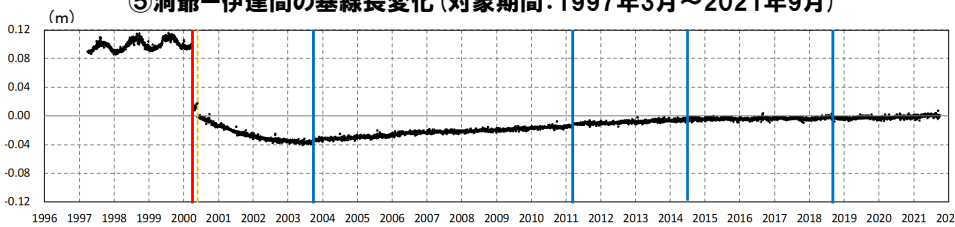
①大滝-洞爺間の基線長変化(対象期間:1996年3月~2021年9月)



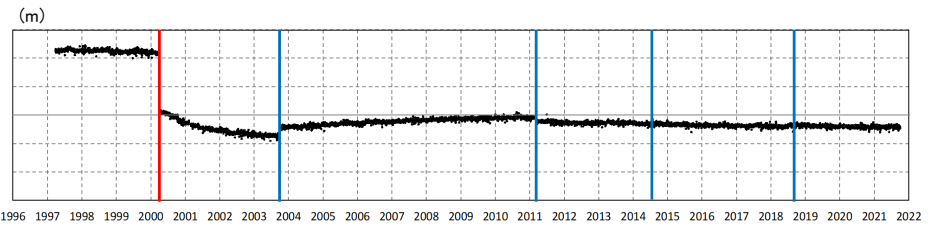
③大滝-伊達間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



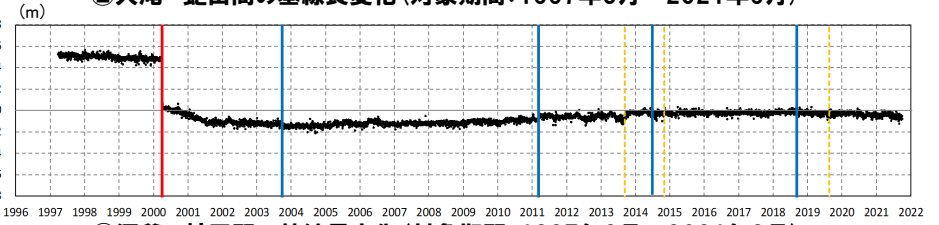
⑤洞爺-伊達間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



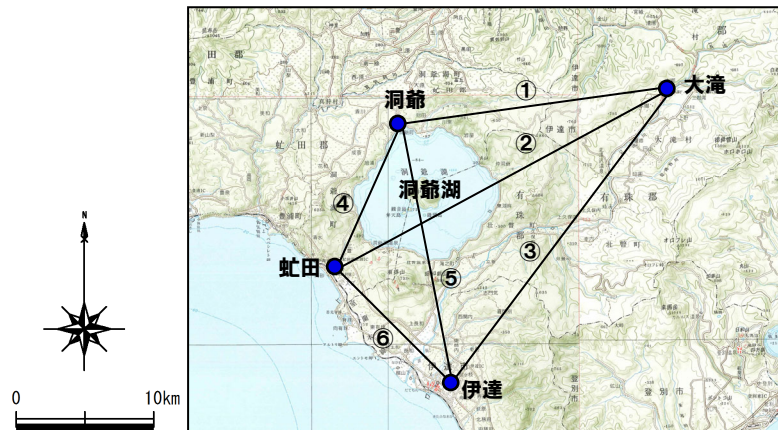
⑥虻田-伊達間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



②大滝-虻田間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



④洞爺-虻田間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



洞爺カルデラ付近電子基準点位置図

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

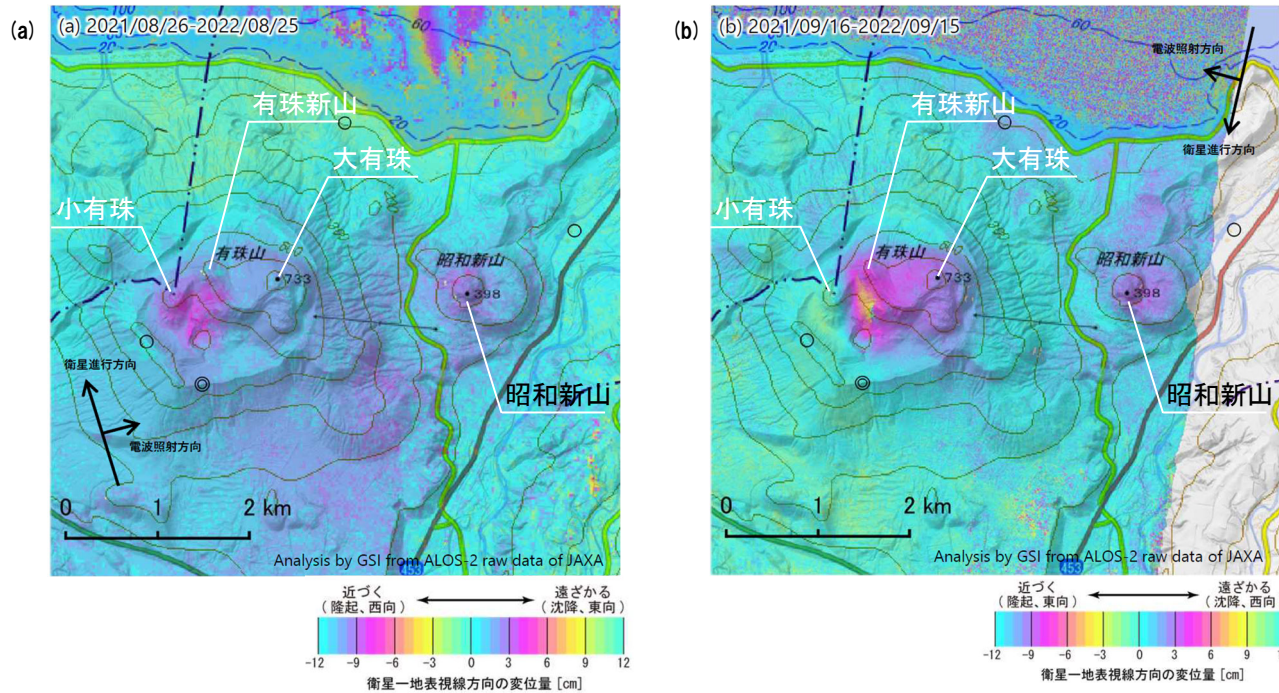
②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(13/17)

一部修正(R3/10/14審査会合)

【干渉SAR】

第151回火山噴火予知連絡会資料(有珠山)(気象庁, 2022)

○有珠山周辺における“2021年8月～2022年8月(左図)”及び“2021年9月～2022年9月(右図)”の干渉SAR解析結果について、「有珠山の小有珠付近及び昭和新山の山頂付近に収縮とみられる衛星から遠ざかる変動が見られます」とされている。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2021/08/26 2022/08/25 23:26頃 (364日間)	2021/09/16 2022/09/15 11:41頃 (364日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	H-H	U-U
入射角	33.7°	41.4°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 205 m	+ 12m

* U: 高分解能(3m)モード
 H: 高分解能(6m)モード

有珠山周辺における干渉SAR解析結果(国土地理院)
 (気象庁(2022)に加筆)

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(14/17)

再掲(R5/1/20審査会合)

【干渉SAR時系列解析】

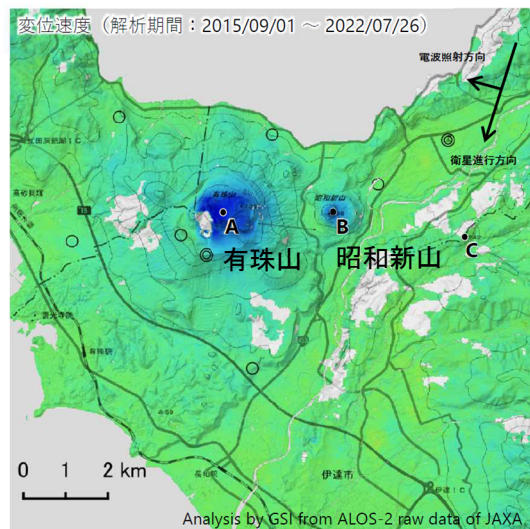
○第151回火山噴火予知連絡会資料(有珠山)(気象庁, 2022)によると、「有珠山の地点A及び昭和新山の地点B周辺に、衛星から遠ざかる変動が見られます」とされている。

【干渉SAR時系列解析(最新版)】

○2014年8月から2022年12月を対象とした干渉SAR時系列解析(国土地理院, 2023)※によれば、昭和新山を含む有珠山周辺に顕著な沈降傾向が認められるものの、洞爺カルデラ規模の顕著な地殻変動は認められない。

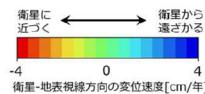
※ 国土地理院では、宇宙航空研究開発機構(JAXA)が運用する衛星「だいち2号(ALOS-2)」のSARデータを使用し、地表変動の監視を行っている。2023年3月に日本全域の干渉SAR時系列解析結果をHP上で公表した。ここで示す干渉SAR時系列解析結果は大規模な地震に伴う地殻・地盤変動及びプレート運動等に伴う広い範囲に生じる地殻変動は除去されている。

有珠山の地点A及び昭和新山の地点B周辺に、衛星から遠ざかる変動が見られます。

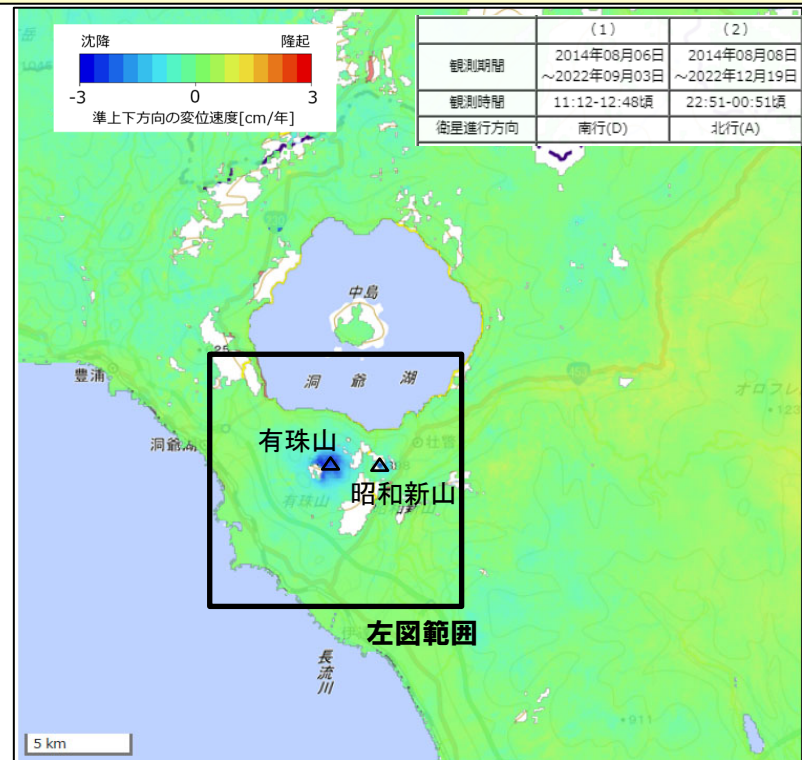


衛星名	ALOS-2
観測期間	2015/09/01 ~ 2022/07/26 (2520日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U
入射角	31.8°
偏波	HH
データ数	20
干渉ペア数	41

* U: 高分解能(3m)モード
 ◎ 国土地理院GNSS観測点
 ○ 国土地理院以外のGNSS観測点



有珠山周辺の干渉SAR時系列解析結果(衛星方向の変位速度, 南行)(気象庁(2022)に加筆)



洞爺カルデラ周辺における2014-2022年間の干渉SAR時系列解析結果(準上下成分の変位速度)(国土地理院(2023)に加筆)

○洞爺カルデラ周辺においては、昭和新山を含む有珠山周辺の局所的な沈降傾向が認められるものの、洞爺カルデラ規模の顕著な地殻変動は認められない。

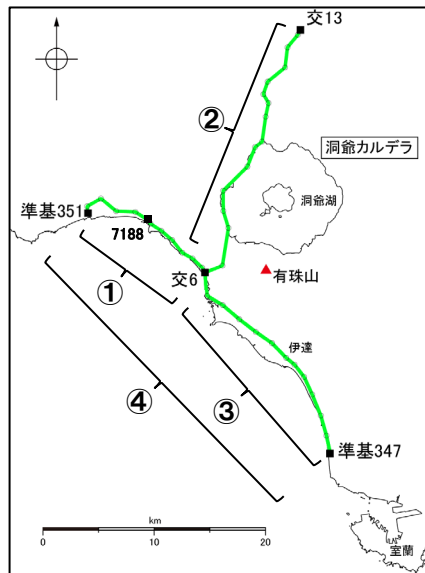
(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(15/17)

一部修正(R3/10/14審査会合)

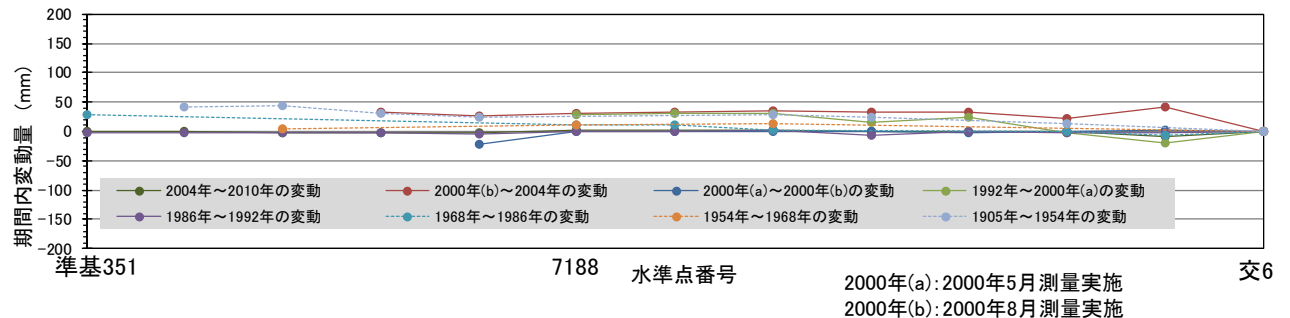
【水準測量】

- 過去約100年間における洞爺カルデラ周辺の水準点の上下変動を示す。水準測量のデータは国土地理院一等水準点検測成果集録を使用した。
- 洞爺カルデラ周辺のデータは「交6」を境に測量実施時期が異なるものが多いことから、左図に示す水準路線①、②及び③に分けて、データ数の多い「交6」又は「交13」を固定点とした変動量を示している。
- また、「交6」は有珠山に比較的近接し、有珠山の活動に伴う地殻変動の影響を受ける可能性があることから、データ数が少なくなるものの「交6」を越えて測量実施時期が同一なデータについて、有珠山から比較的離れた「7188」を固定点とした変動量をあわせて示した(次頁④参照)。
- 当該検測成果集録においては、2000年の有珠山噴火による有珠山周辺の局所的な変動が認められるものの、洞爺カルデラ規模の顕著な隆起又は沈降は認められない。

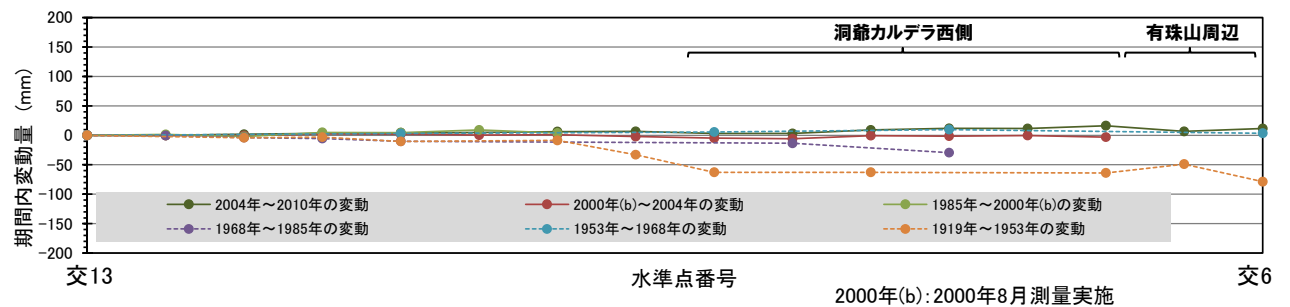


凡例
 ■ ○ 一等水準点(水準路線)
 ※検討に用いた水準点・路線のみを示す

水準路線



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

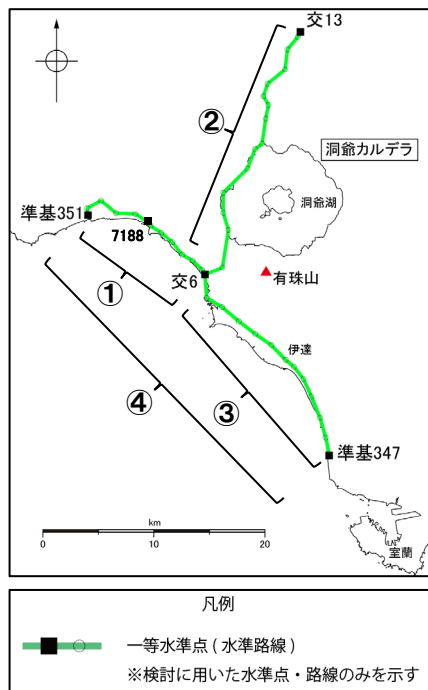


② 水準路線(水準点番号:交13-交6)沿いの期間内変動量(固定点:交13)

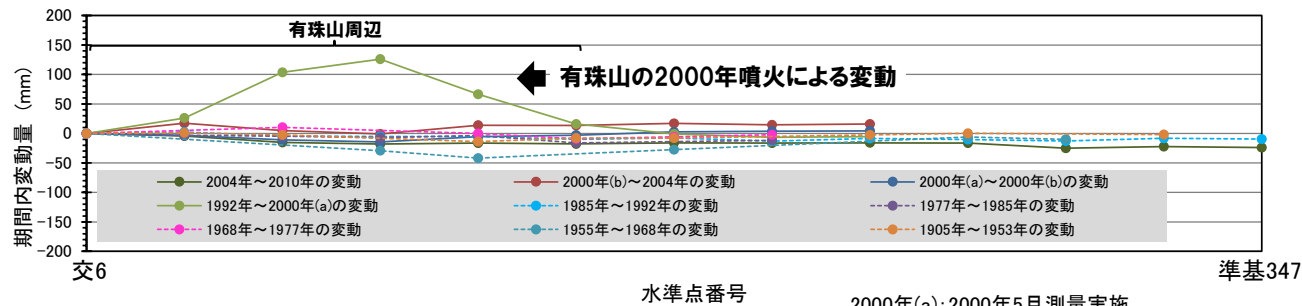
(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)(16/17)

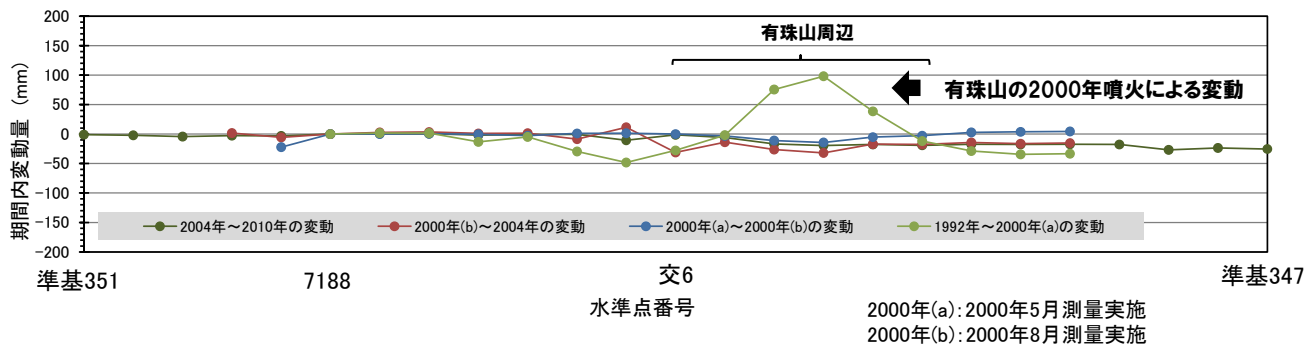
一部修正 (R3/10/14審査会合)



水準路線



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



④ 水準路線(水準点番号:準基351-7188-交6-準基347)沿いの期間内変動量(固定点:7188)

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動-まとめ-) (17/17)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○地殻変動については、青木(2016)によれば、マグマだまりにマグマが注入されると、マグマだまりが増圧し山体は膨張するとされている。このため、地殻変動がマグマの移動・上昇等の活動を示す場合があると考えられることから、洞爺カルデラ規模の地殻変動の状況を確認するため、電子基準点等のデータを整理した。

【地殻変動(上下変動及び基線長変化)】

○洞爺カルデラ付近の上下変動は、各電子基準点設置以降、0~2cm/年程度の隆起傾向が概ね継続している。

○文献を踏まえると、北海道南部(東北日本弧延長部)はプレート間の固着効果、周辺で発生した地震の余効変動等の様々な効果により総じて隆起傾向であり、洞爺カルデラ周辺の隆起傾向は、小樽1地点との上下変動量の相対的な差異を捉えているものと考えられる。

○洞爺カルデラ付近の基線長変化は、2003年十勝沖地震、2011年東北地方太平洋沖地震等の前後に不連続が認められるが、継続的な膨張又は収縮傾向は認められない。

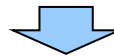
○2000年有珠山噴火の影響による不連続が一部の基線で認められる。

【地殻変動(干渉SAR)】

○洞爺カルデラ周辺においては、昭和新山を含む有珠山周辺の局所的な沈降傾向が認められるものの、洞爺カルデラ規模の顕著な地殻変動は認められない。

【地殻変動(水準測量)】

○国土地理院一等水準点検測成果集録においては、2000年の有珠山噴火による有珠山周辺の局所的な変動が認められるものの、洞爺カルデラ規模の顕著な隆起又は沈降は認められない。



○洞爺カルデラ周辺の地殻変動は、有珠山周辺の局所的な沈降傾向及びより広域の北海道南部(東北日本弧延長部)規模の隆起傾向は認められるが、洞爺カルデラ規模の顕著な変位の累積は認められない。

(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

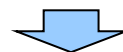
②-7 地球物理学的調査(まとめ)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

○洞爺カルデラ直下の上部地殻における巨大噴火*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・上昇等の活動の有無に着目して、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)を実施する。

洞爺カルデラにおける地球物理学的調査結果

【地下構造 (P192～P201参照)】			
地震波速度構造	比抵抗構造	重力異常	地下構造の解釈
<p>○防災科学技術研究所HP上の公開データを基に作図した地震波トモグラフィ解析結果からは、洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km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。</p> <p>○洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)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。</p>	<p>○当社電磁気探査結果及び文献(Goto and Danhara, 2018; Matsushima et al., 2001)に基づく、洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km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低比抵抗領域は認められない。</p>	<p>○文献(和田ほか, 1988)に基づく、洞爺カルデラにおいては、カルデラ中心部が最も厚い逆円錐型に堆積した密度の低い堆積物によるものと考えられる低異常域が認められる。</p> <p>○重力異常を踏まえたマグマ溜まりに関する考察はされていない。</p>	<p>○地下構造に関する調査の結果、洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、現状、巨大噴火*が可能な量のマグマ溜まりを示唆する構造は認められない。</p>
【火山性地震 (P202～P208参照)】		【地殻変動 (P209～P226参照)】	
<p>○火山性地震のうち、低周波地震活動は、有珠山周辺の下部地殻に認められるが、上部地殻にはほとんど認められない。</p>		<p>○洞爺カルデラ周辺の地殻変動は、有珠山周辺の局所的な沈降傾向及びより広域の北海道南部(東北日本弧延長部)規模の隆起傾向は認められるが、洞爺カルデラ規模の顕著な変位の累積は認められない。</p>	



○地球物理学的調査の結果、洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、現状、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。

※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。

1. 火山影響評価の概要 P. 10

2. 網羅的な文献調査の概要 P. 40

3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 P. 54

 3.1 地理的領域にある第四紀火山 P. 57

 3.2 将来の火山活動可能性の評価 P. 61

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. 68

 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. 71

 4.1.1 火山活動の可能性評価 P. 71

 4.1.2 巨大噴火の可能性評価 P. 79

 4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法 P. 81

 4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ) P. 98

 4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群) P. 140

 4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ) P. 186

 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. 229

5. 個別評価の結果

 5.1 地理的

 5.2 降下火

 5.2.1

 5.2.2

 5.2.3

 5.2.4

 5.2.5

6. 火山活動のモニタリング

 6.1 監視対応

 6.2 モニタリング

7. 火山影響評価

参考資料.....

参考文献.....

・本章の説明内容

【評価】

①-1 溶岩流に関する個別評価

 ①-2 溶岩流に関する個別評価結果(ニセコ・雷電火山群)

 ①-3 溶岩流に関する個別評価(羊蹄山)

 ①-4 溶岩流に関する個別評価(尻別岳)

② 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊に関する個別評価

 ③-1 火砕物密度流に関する個別評価

 ③-2 火砕物密度流に関する個別評価(支笏カルデラの後カルデラ火山)

 ③-3 火砕物密度流に関する個別評価(ホロホロ・徳舜管及びオロフレ・来馬)

 ③-4 火砕物密度流に関する個別評価(倶多楽・登別火山群)

 ③-5 火砕物密度流に関する個別評価(洞爺カルデラの後カルデラ火山)

 ③-6 火砕物密度流に関する個別評価(尻別岳)

 ③-7 火砕物密度流に関する個別評価(羊蹄山)

 ③-8 火砕物密度流に関する個別評価(ニセコ・雷電火山群)

 ③-9 火砕物密度流に関する個別評価(狩場山及び勝淵山)

 ③-10 火砕物密度流に関する個別評価(北海道駒ヶ岳)

 ③-11 火砕物密度流に関する個別評価(横津岳)

 ③-12 火砕物密度流に関する個別評価(恵山)

 ④-1 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価

 ④-2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価(地震活動)

 ④-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価(地殻変動)

 ④-4 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価(気象庁「火山活動解説資料」)

「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」については今後説明予定

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ

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、噴火規模及びその影響範囲等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施。

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・徳舜管、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。

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

【評価】

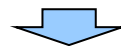
一部修正 (R3/10/14審査会合)

- 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13火山について、設計対応不可能な火山事象が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する。
- 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とから(4.1.2章参照)、以下に示すSp-1、Kt-7及びTpを噴出した噴火以降の最大規模の噴火^{※1}を含む火山噴出物の分布範囲について確認する。
 - ・支笏カルデラ：樽前山においてTa-aを噴出した噴火(P103参照)
 - ・倶多楽・登別火山群：Kt-3を噴出した噴火(P145参照)
 - ・洞爺カルデラ：洞爺中島において中島火山噴出物を噴出した噴火(P191参照)
- 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラ以外の10火山は、過去の最大規模の噴火について確認する^{※2}。

評価対象となる設計対応不可能な火山事象及び評価結果

火山	敷地からの距離(km)	設計対応不可能な火山事象が敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性				
		溶岩流 (P232~P255参照)	岩屑なだれ、 地滑り 及び斜面崩壊 (P257参照)	火砕物 密度流 (P258~P272参照)	新しい火口 の開口 (P273~P295参照)	地殻変動 (P273及び P281~P293 参照)
		0~50km	0~50km	0~160km		
C11 支笏カルデラ	74.8	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C12 恵庭岳	68.6					
C13 風不死岳	77.7					
C14 樽前山	80.2					
C15 ホロホロ・徳舜賢	68.0	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C16 オロフレ・来馬	70.2	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C17 倶多楽・登別火山群	80.5	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C20 洞爺カルデラ	54.8	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C21 洞爺中島	55.1					
C22 有珠山	60.7					
C23 尻別岳	43.6	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C24 羊蹄山	33.8	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C25 ニセコ・雷電火山群	19.7	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C27 狩場山	66.1	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C29 勝淵山	126.4	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C34 北海道駒ヶ岳	109.0	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C35 横津岳	123.7	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C38 恵山	146.9	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい

※1 R3.10.14審査会合以降に実施した網羅的な文献調査も踏まえ整理した各火山の活動履歴に基づき抽出している。
 ※2 ニセコ・雷電火山群については、敷地近く(半径10kmの範囲)に設計対応不可能な火山事象が到達していることから(P75参照)、参考として、過去の最大規模以上の噴火が運用期間中に発生する可能性について、地震波速度構造による検討を実施している。検討結果についてはP311~P314参照。



○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小さいと評価される。

余白

①-1 溶岩流に関する個別評価

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 敷地から半径50kmの範囲に位置するニセコ・雷電火山群、羊蹄山及び尻別岳について、溶岩流が敷地に到達する可能性を評価する。
- 評価においては、各火山について、地質分布、地形状況等を確認する。
- また、敷地から最も近い(約20km)ニセコ・雷電火山群及び隣接する羊蹄山については、溶岩流の流下方向の傾向を把握するため、溶岩流シミュレーションを実施する。

【ニセコ・雷電火山群】

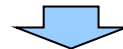
- ・ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は、敷地まで到達していない(P234～P237及びP241参照)。
- ・ニセコ・雷電火山群の現在の活動中心はイワオヌプリであると考えられる(P242～P243参照)。
- ・また、現在の活動中心であるイワオヌプリの溶岩流を含む火山噴出物の最大到達距離は、約4kmであり、敷地からニセコ・雷電火山群までの距離約20kmよりも小さい(P234～P237参照)。
- ・溶岩流シミュレーションにおいて、イワオヌプリ山頂から噴出した溶岩は、ワイスホルン、ニトヌプリ及びニセコアンヌプリに規制され、主に北東及び南西方向に流下し、敷地方向には流下しない結果となった(P244～P246参照)。

【羊蹄山】

- ・羊蹄山の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約7kmであり、敷地から羊蹄山までの距離約34kmよりも小さく、敷地まで到達していない(P247～P248参照)。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される(P249参照)。
- ・溶岩流シミュレーションにおいて、羊蹄山山頂から噴出した溶岩は、主に西～南方向に流下し、敷地方向には流下せず、その分布範囲は山体付近に限定される結果となった(P250～P252参照)。

【尻別岳】

- ・尻別岳の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約4kmであり、敷地から尻別岳までの距離約44kmよりも小さく、敷地まで到達していない(P253～P254参照)。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される(P255参照)。



- 溶岩流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (1/14)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

【まとめ】

- 産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020), 大場(1960)及び新エネルギー総合開発機構(1986,1987a)によれば, ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は, いずれも敷地まで到達していない(次頁~P237参照)。
- 敷地及び敷地近傍における当社地質調査の結果, ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は, 敷地まで到達していない(P241参照)。
- 現在の活動中心であるイワオヌプリ(P242~P243参照)の溶岩流を含む火山噴出物の最大到達距離は, 約4kmであり, 敷地からニセコ・雷電火山群までの距離約20kmよりも小さい(P235~P237参照)。
- 大場(1960), 新エネルギー総合開発機構(1986), 日本地質学会編(2010)及びOka et al.(2023)に示されているニセコ・雷電火山群の活動時期は, 概ね整合的である(下表及びP235~P240参照)。

文献記載のニセコ・雷電火山群の活動時期まとめ

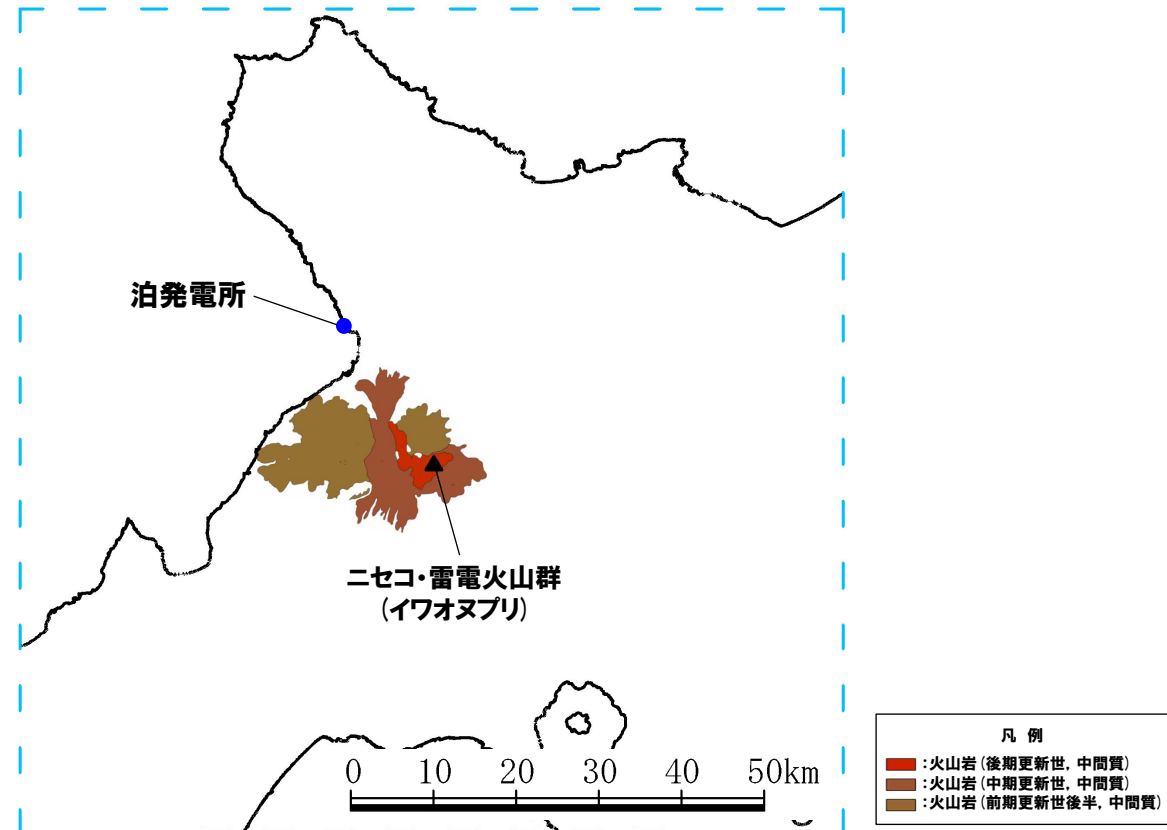
	大場(1960)	NEDO(1986)	日本地質学会編(2010)	Oka et al.(2023)
イワオヌプリ	最新期ニセコ火山群	第3期 (0.3-0.01Ma)	新期火山群 (0.3-<0.2Ma)	newer volcanoes (<0.1Ma-<10ka)
チセヌプリ				
ニトヌプリ	新期ニセコ火山群	第2期 (1.1-0.1Ma)	中期火山群 (0.8-0.25Ma)	(0.5-0.1Ma)
白樺山				
シャクナゲ岳				
ニセコアンヌプリ				
目国内岳				—
岩内岳	旧期ニセコ火山群	第1期 (1.6-1.0Ma)	古期火山群 (2.03-0.5Ma)	early stage (>0.5Ma)
ワイスホルン				
雷電山				

①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (2/14)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020)】

○ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は、敷地まで到達していない。



ニセコ・雷電火山群の火山噴出物の分布範囲※
 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

※ 当該図はニセコ・雷電火山群の火山噴出物全体を地質年代で区分している図であり、各給源からの距離を示すことはできないことから、現在の活動中心であるイワオズブリからの最大到達距離は示していない。

①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (3/14)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

【大場 (1960)】

- ニセコ・雷電火山群の地質分布について整理されている大場 (1960) をレビューした。
- ・大場 (1960) によれば、ニセコ火山群の地質図は右図の通りとされている。
- ・ニセコ火山群の活動は、その地形および噴出物の岩石学的特性を見て、3期にわけることができるとされている (下表参照)。

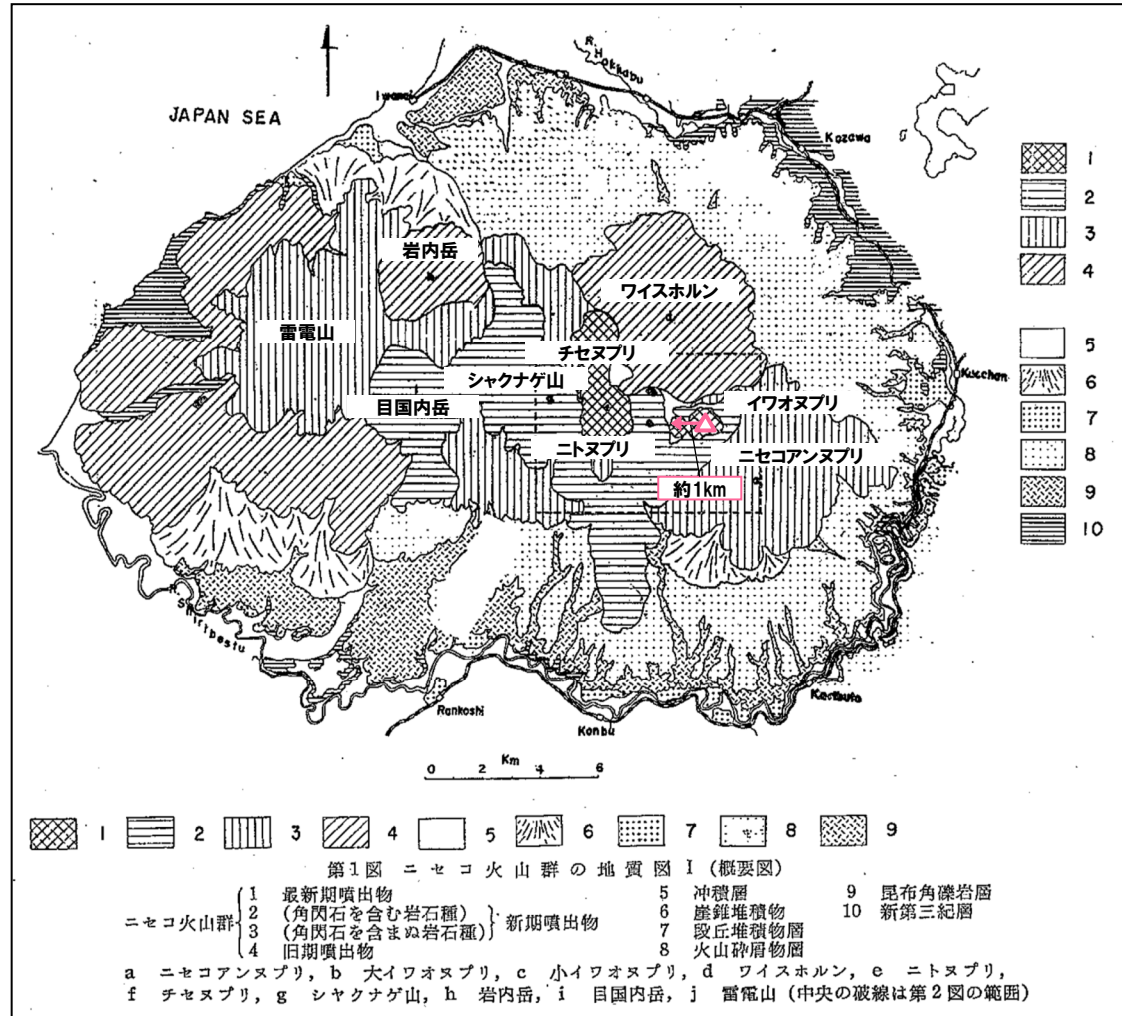


- 大場 (1960) に基づくと、ニセコ・雷電火山群の火山噴出物は、敷地まで到達していない。
- 現在の活動中心であるイワオヌプリ (P242~P243参照) の火山噴出物の最大到達距離は約 1km である。

地質層序表 (大場 (1960) に加筆)

第1表 地質層序

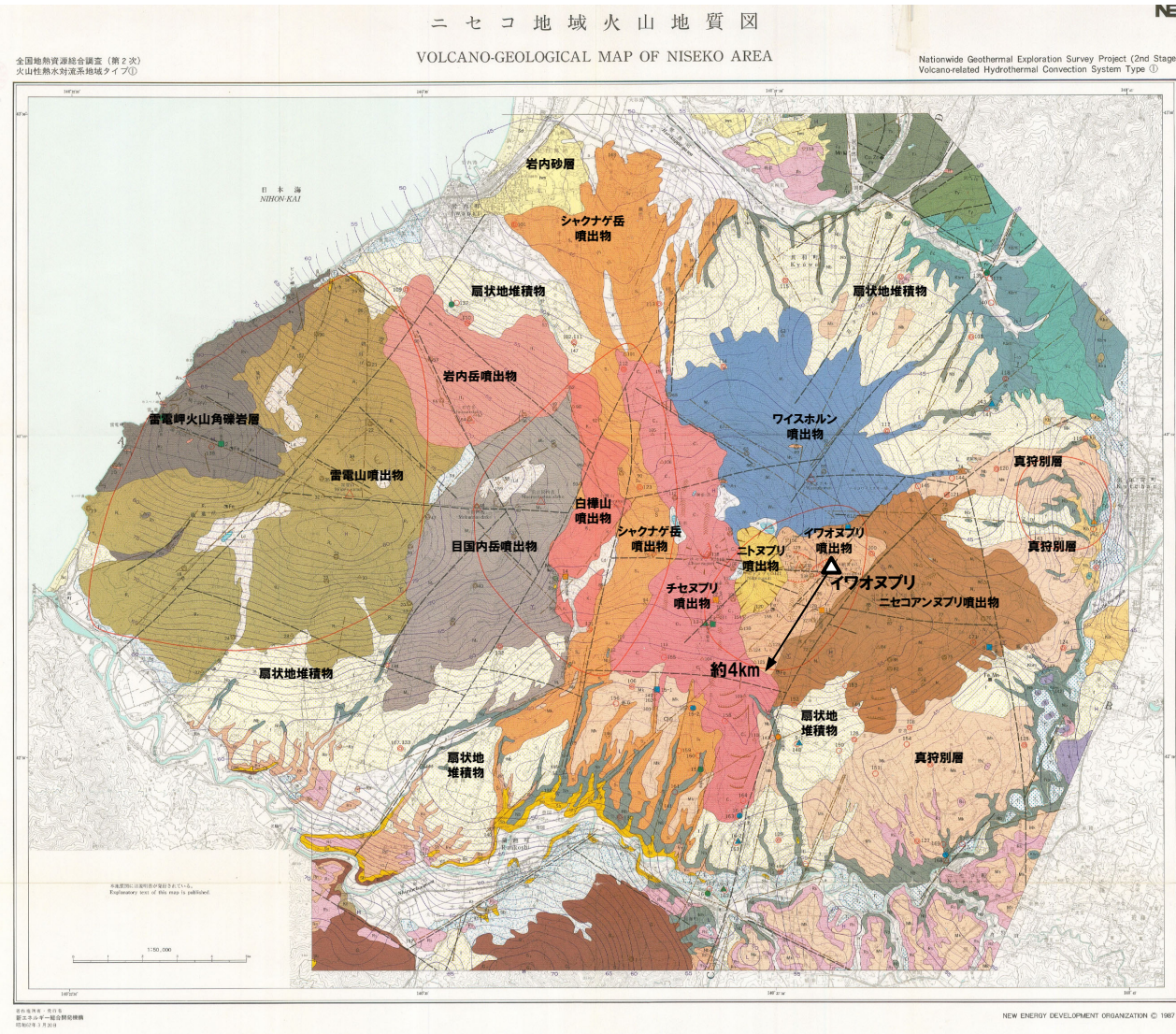
時代	層	序	火山活動	
第 四 紀	沖積世	河床堆積物	大イワオヌプリ	最新期ニセコ火山群
		湖水堆積物	小イワオヌプリ	
	洪積世	扇状地堆積物	チセヌプリ	
		火山砕屑物	ニトヌプリ	
鮮新世	段丘堆積物	シャクナゲヌプリ	旧期ニセコ火山群	
	昆布角礫岩層	ニセコアンヌプリ		
		雷電岳 (上部)		目国内岳
第三紀	新第三紀層	雷電岳 (下部)		
		岩内岳		
鮮新世		ワイスホルン		



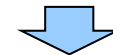
火山地質図 (大場 (1960) に加筆)

①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (4/14)

一部修正 (H25/12/18審査会合)



【新エネルギー総合開発機構(1986, 1987a)】
 (調査目的)
 「全国地熱資源総合調査」(旧 通商産業省からの補助金で実施)の一環として、1984年～1986年にニセコ地域(ニセコ・雷電火山群)における調査を実施している。
 (調査範囲(図幅範囲))
 火山地質図作成範囲は、ニセコ・雷電火山群の火山噴出物が分布する範囲。
 (調査内容)
 基盤の地質構造、火山地質構造(ニセコ・雷電火山群の地質構造)に関する
 ・空中写真判読
 ・地表地質踏査
 各火山噴出物のフローユニット単位での
 ・磁化方位測定
 ・年代測定
 ・化学組成分析
 等を実施している。

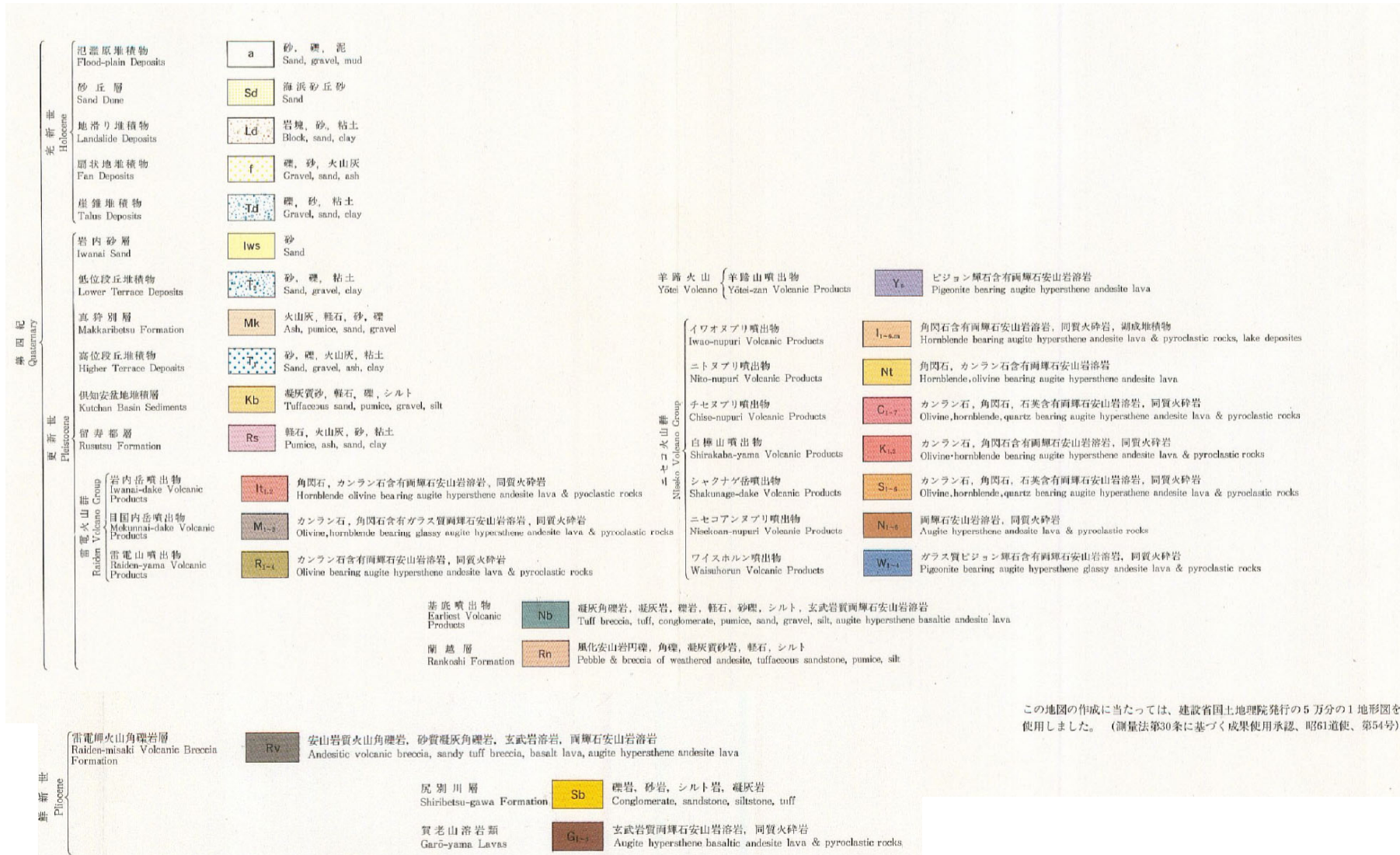


○新エネルギー総合開発機構(1986, 1987a)に基づくと、ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は、敷地まで到達していない。
 ○現在の活動中心であるイワオヌプリ(P242～P243参照)の溶岩流を含む火山噴出物の最大到達距離は約4kmである。

ニセコ地域火山地質図(新エネルギー総合開発機構(1987a)に加筆)

①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (5/14)

再掲 (H25/12/18審査会合)



ニセコ地域火山地質図(凡例)(新エネルギー総合開発機構(1987a)より抜粋)

①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (6/14)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

【新エネルギー総合開発機構 (1986)】
(活動年代)

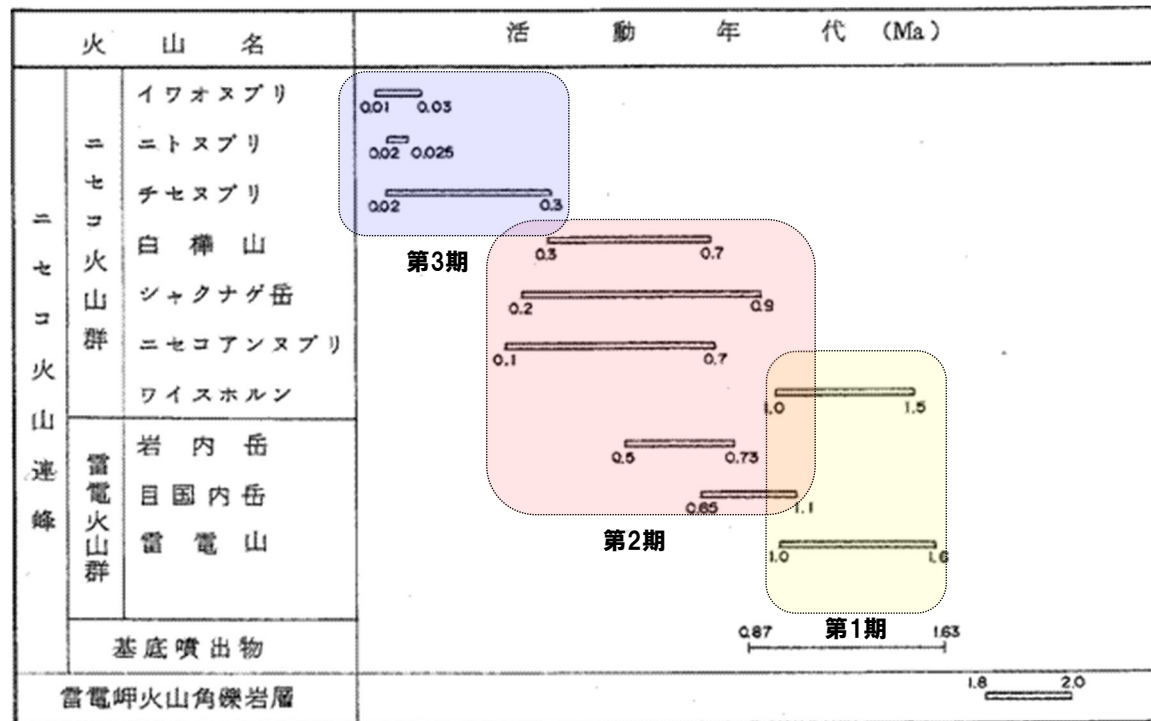
○ニセコ・雷電火山群の活動時期については、「第1期」、「第2期」及び「第3期」に分類されている。

第1期: 雷電山・ワイスホルン

第2期: 目国内岳・岩内岳・ニセコアンヌプリ・シャクナゲ岳・白樺山

第3期: チセヌプリ・ニトヌプリ・イワオヌプリ

ニセコ・雷電火山群の各火山の活動年代 (新エネルギー総合開発機構 (1986) に加筆)



①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (7/14)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

【日本地質学会編(2010)】

- ニセコ・雷電火山群の活動時期については、「古期火山群」、「中期火山群」及び「新期火山群」に分類されている。
- 各火山群を構成する火山体の活動時期は下表のように示されている。

各火山群を構成する火山体の活動時期

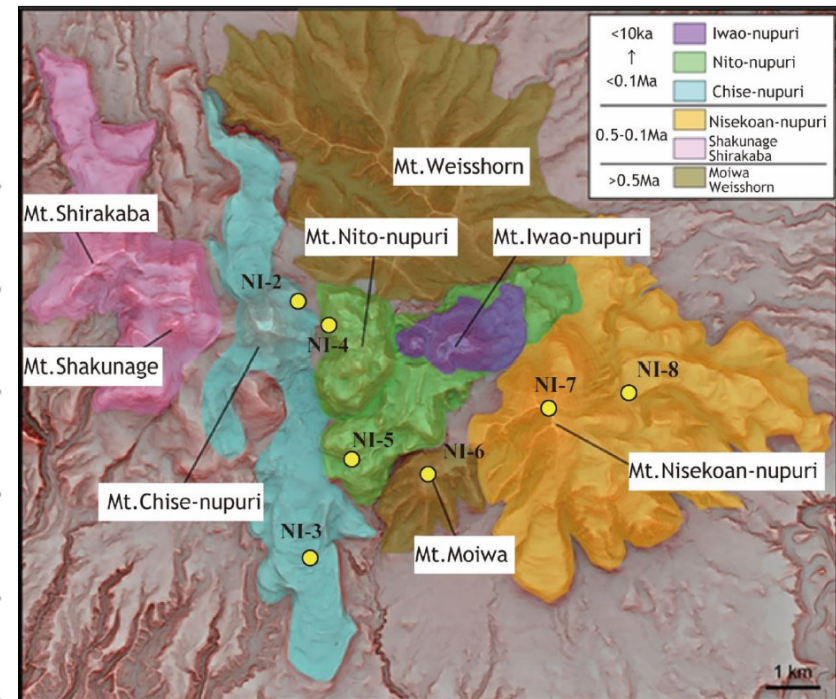
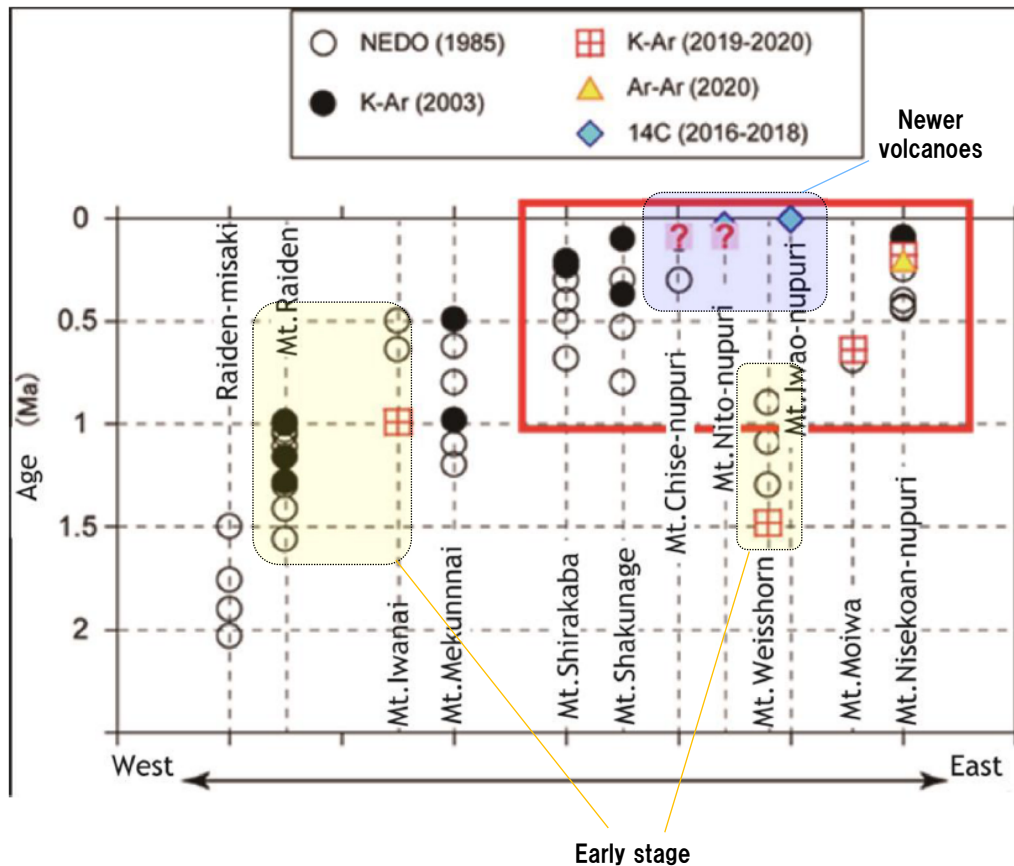
火山群	火山体	活動時期
古期火山群	雷電火山	2.03±0.28Ma-0.99±0.12Ma
	目国内岳火山	1.2±0.2Ma-0.62±0.06Ma
	岩内岳火山	0.64±0.13Ma-0.5±0.2Ma
	ワイスホルン火山	1.3±0.4Ma-0.9±0.3Ma
中期火山群	白樺岳火山	0.68±0.04Ma-0.3±0.2Ma
	シャクナゲ岳火山	0.8±0.05Ma-0.30±0.03Ma
	ニセコアンヌプリ火山	0.69±0.35Ma-0.25±0.13Ma
新期火山群	チセヌプリ火山	0.3±0.2Ma-<0.2Ma
	ニトヌプリ火山	<0.2Ma
	イワオヌプリ火山	<0.2Ma

①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (8/14)

【Oka et al. (2023)】

○ワイスホルン・岩内岳・モイワ山・チセヌプリ・ニトヌプリ・イワオヌプリの各火山については、新たに年代測定を実施している。

○活動年代を基に雷電山・ワイスホルン・岩内岳をearly stage, チセヌプリ・ニトヌプリ・イワオヌプリをnewer volcanoesと呼称している。



ニセコ火山群における過去1Maの火山活動分布 (Oka et al. (2023))

ニセコ・雷電火山群における火山活動の時間的・空間的变化 (Oka et al. (2023) に加筆)

①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (9/14)

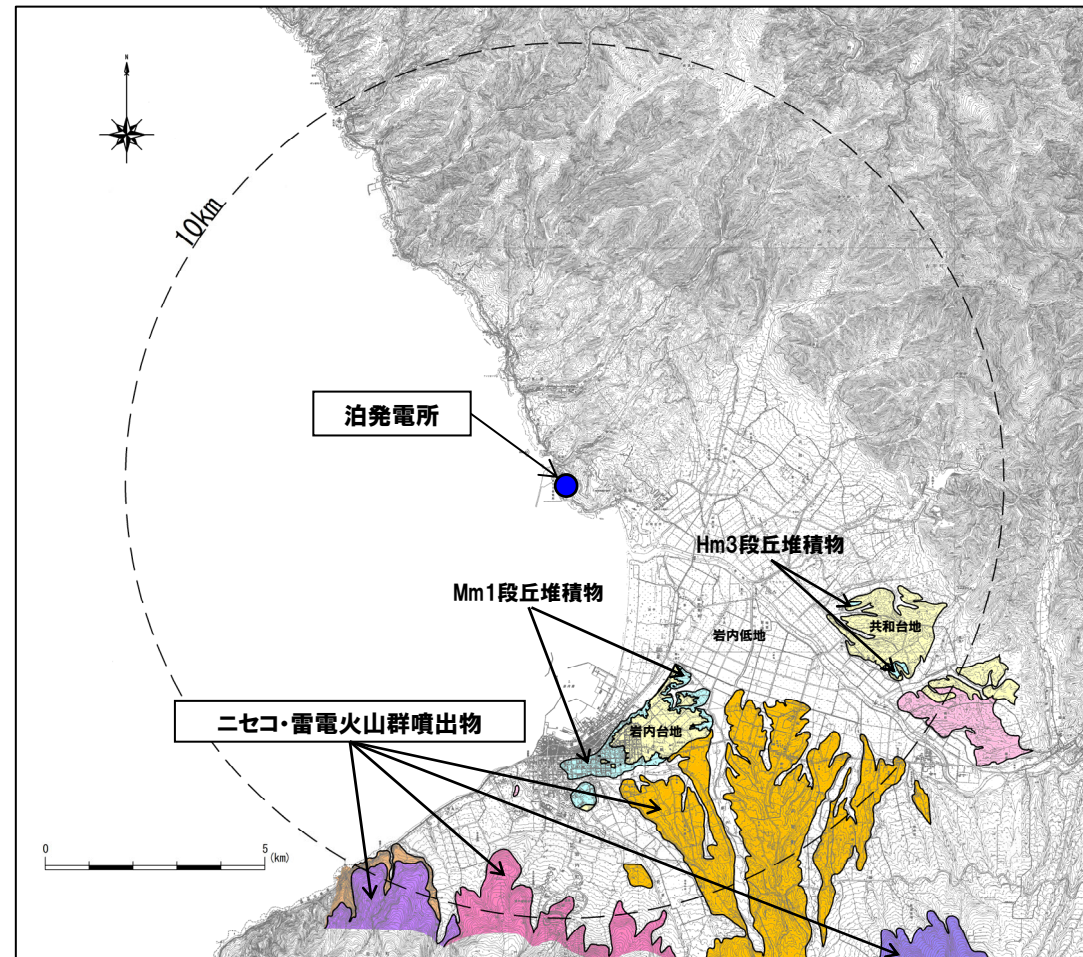
一部修正 (H25/11/13審査会合)

【敷地及び敷地近傍における当社地質調査】

○敷地及び敷地近傍における当社地質調査の結果、ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は、下図の範囲に認められ、敷地まで到達していない。

凡 例

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



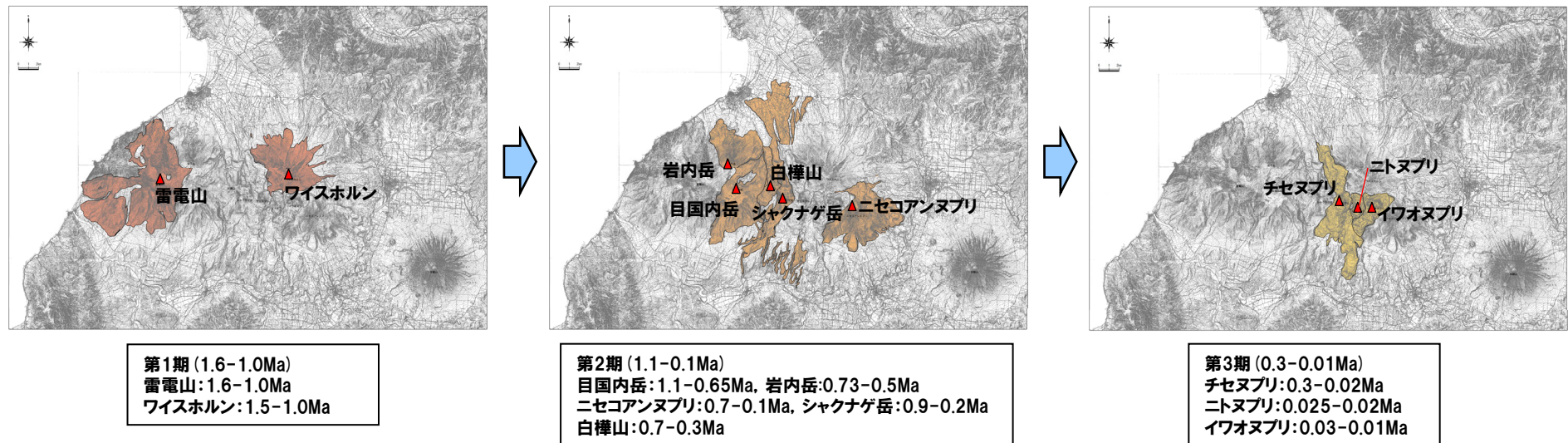
敷地から半径10km以内の第四紀火山地質図

①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (10/14)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

【活動の変遷】

- 児玉ほか (1998) によれば、ニセコ・雷電火山群の活動は全体として東部に移動しているとされている。
- 勝井ほか (2007) によれば、ニセコ火山の山体形成は、西側からしだいに東側へと波及してゆき、イワオヌプリの活動が最も新しいとされている。
- 松尾・中川 (2017) によれば、イワオヌプリは約9,500年前に活動を開始したとされている。
- 気象庁編 (2013) によれば、江戸時代後半や20世紀初頭にはイワオヌプリ山頂部で噴気活動があったとされている。
- 気象庁「火山活動解説資料」では、ニセコ・雷電火山群のうち最新の火山活動が起こっているイワオヌプリについて、平成16年から不定期に、火山活動解説資料を報告している。



ニセコ・雷電火山群の活動の変遷

(地質分布は新エネルギー総合開発機構 (1987a) を複写, 年代値は新エネルギー総合開発機構 (1986) による)

(次頁へ続く)

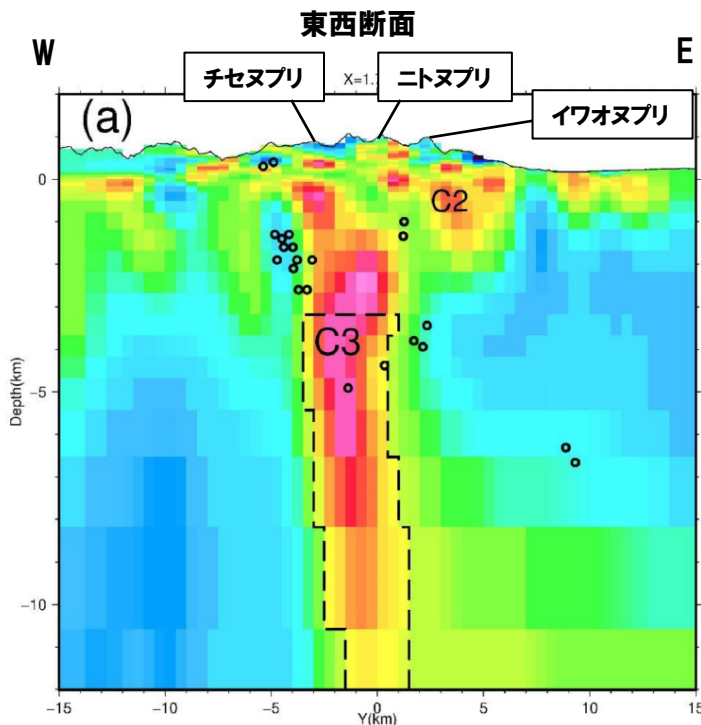
①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (11/14)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

(前頁からの続き)

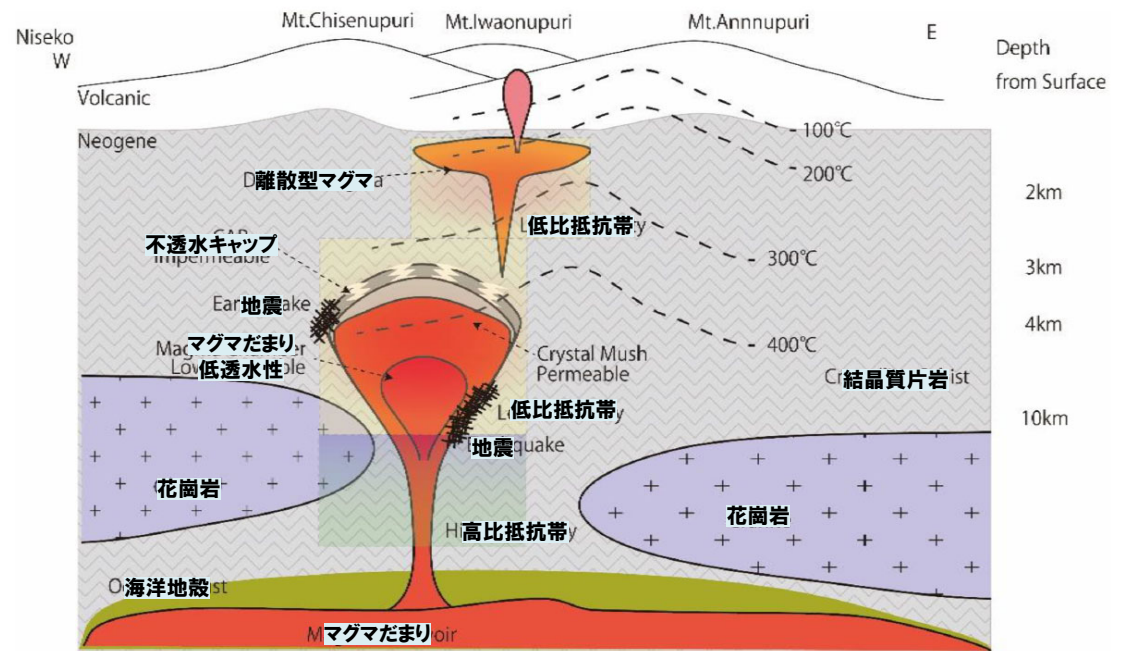
【現在の地下構造】

- Tamura et al. (2022) によれば、ニセコ火山群中央部 (チセヌプリ・ニトヌプリ・イワオヌプリ) の地下-2km以深に明瞭な鉛直低比抵抗領域が存在するとされている。
- Oka et al. (2023) によれば、超臨界地熱流体※の最も浅い部分は、イワオヌプリ及びチセヌプリの地下約-3kmに検出されるとされている。



ニセコ・雷電火山群の地下比抵抗構造 (Tamura et al. (2022) に加筆)

※火山地帯の地下深部 (深度約3~5km) にある超臨界状態 (温度374℃, 圧力22MPa以上) の地熱流体



ニセコ・雷電火山群における地質・熱構造の概念モデル (Oka et al. (2023) に加筆)



○ニセコ・雷電火山群の活動は、大局的に西から内陸部へ移動し、現在の活動中心はイワオヌプリであると考えられる。

①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-溶岩流シミュレーション-) (12/14)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

【溶岩流シミュレーション概要】

- ニセコ・雷電火山群は、安山岩の溶岩流を主体とする活動であり、その分布は山体近傍に限定される (小疇ほか編 (2003) 等)。
- ニセコ・雷電火山群について、溶岩流の流下方向の傾向を把握するため、現在の活動中心であるイワオヌプリを対象として、現在の地形を反映した溶岩流シミュレーションを実施した。
- 解析ソフトはJ-SAS※1を使用した。
- シミュレーションに当たっては、以下の事項を考慮した。
 - ・溶岩流噴出量については、地形図よりイワオヌプリ噴出物の分布を読み取り、保守的に0.72km³と設定した。
 - ・パラメータについては、当該火山は安山岩質であることから、比較的岩質が類似する火山である桜島の溶岩流シミュレーション実績 (大原ほか (1990), 家田ほか (2009) 等) を参考として設定した。

※1 J-SAS: (財) 砂防・地すべり技術センターによって開発された土石流・泥流の2次元汎用解析モデル

	玄武岩					安山岩										デイサイト					流紋岩							
SiO ₂ (wt.%) ※2	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
ニセコ・雷電火山群 (53.0-62.2)																												
浅間山 (53.5-74.0)																												
富士山 (49.0-52.0)																												
伊豆大島 (49.5-58.0)																												
桜島 (56.5-67.2)																												

※2 SiO₂の数値は日本活火山総覧 (第4版) (気象庁編, 2013) より

解析に使用したパラメータ

パラメータ	単位	値	設定根拠
溶岩流噴出量	km ³	0.72	新エネルギー総合開発機構 (1987a) に基づき設定
溶岩流ハイドログラフ	m ³ /s	500	内閣府 (防災担当) ほか (2013)
溶岩流温度	℃	1,000	大原ほか (1990), 家田ほか (2009)
溶岩密度	g/cm ³	2.5	他火山実績
重力加速度	m/s ²	9.8	一般値
温度-粘性関数	poise (=0.1Pa・S)	3.0×10 ⁹	大原ほか (1990), 家田ほか (2009)
温度-降伏応力関数	dyn/cm ²	9.6×10 ⁶	大原ほか (1990), 家田ほか (2009)

①-2 溶岩流に関する個別評価結果(ニセコ・雷電火山群-溶岩流シミュレーション-) (13/14)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

【噴出量の設定】

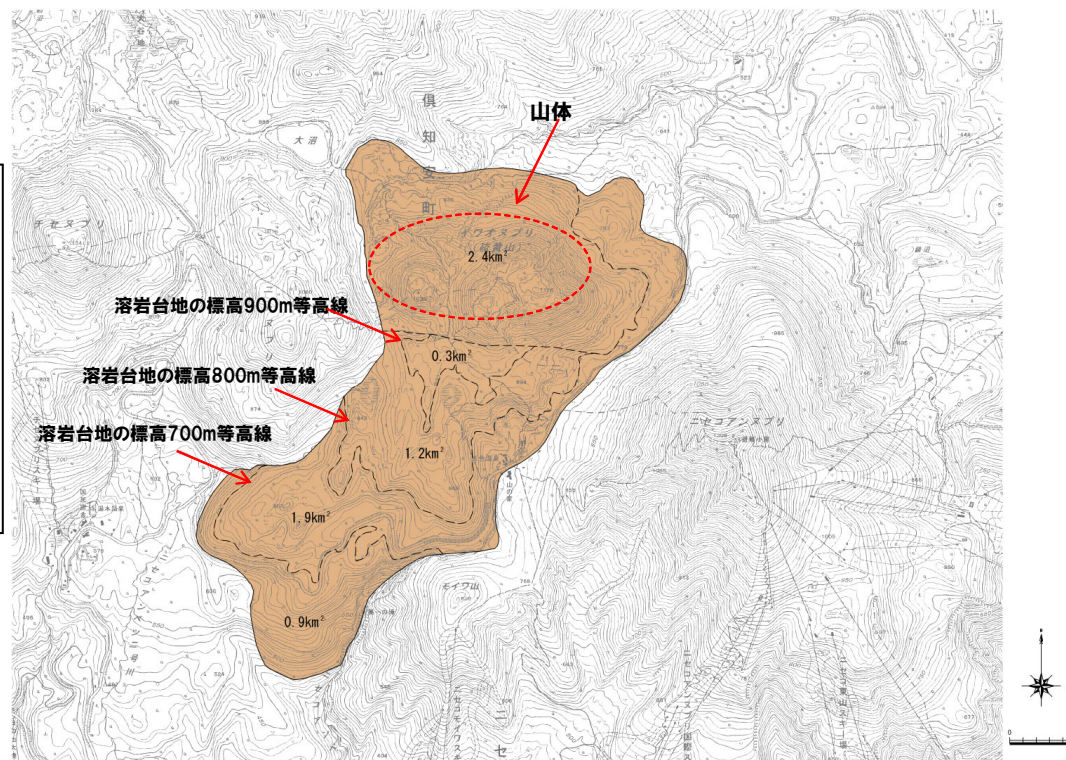
○溶岩流噴出量は、現在の活動中心であるイワオヌプリを対象として、新エネルギー総合開発機構(1987a)の噴出物の分布範囲及び当該範囲の高度差から溶岩台地の体積を算出し、 0.72km^3 と設定した。

新エネルギー総合開発機構(1987a)に基づく溶岩流噴出量

- ① 標高900~800m : $(0.3+1.5) / 2 \times 0.1 = 0.090\text{km}^3$
 ② 標高800~700m : $(1.5+3.4) / 2 \times 0.1 = 0.245\text{km}^3$
 ③ 標高700m~境界 : $(3.4+4.3) / 2 \times 0.1 = 0.385\text{km}^3$

合計 0.72km^3

※台地の体積 = (頂面の面積 + 底面の面積) / 2 × 高さより算出



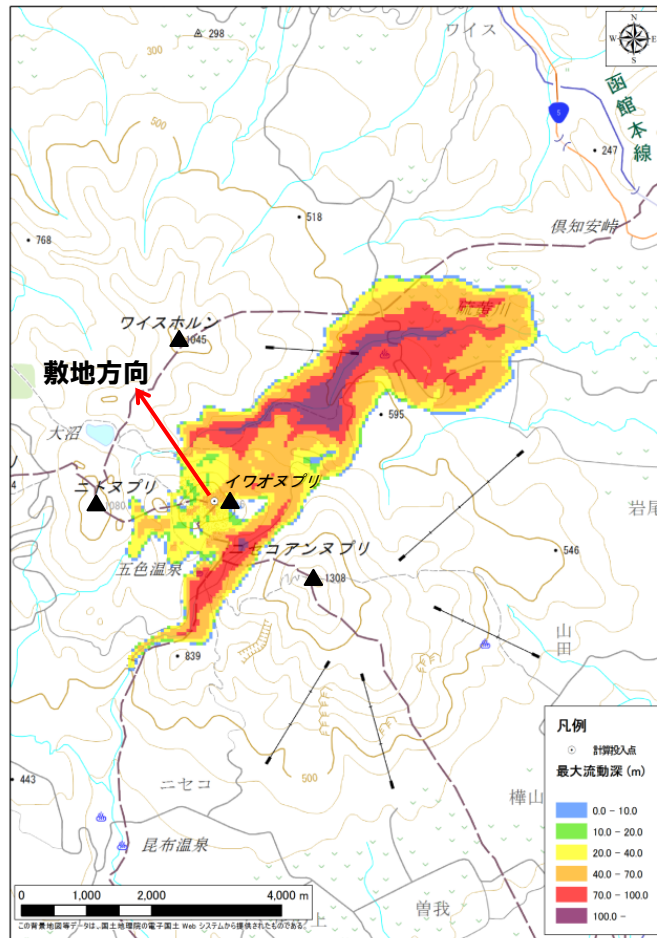
イワオヌプリ噴出物の分布

①-2 溶岩流に関する個別評価結果(ニセコ・雷電火山群-溶岩流シミュレーション-) (14/14)

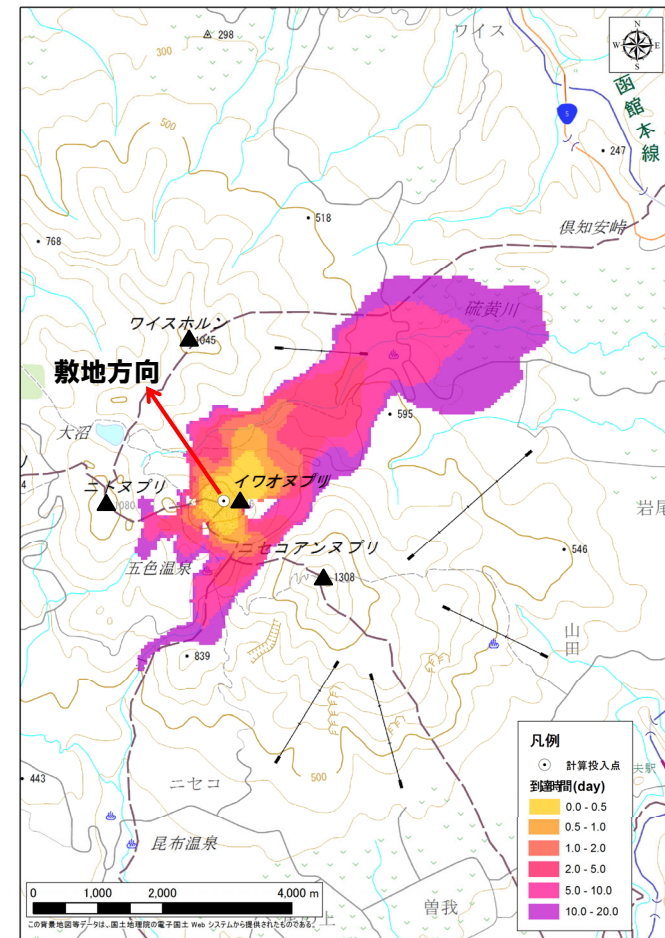
一部修正(H25/12/18審査会合)

【溶岩流シミュレーション結果】

○イワオヌプリ山頂から噴出した溶岩は、ワイスホルン、ニトヌプリ及びニセコアンヌプリに規制され、主に北東及び南西方向に流下し、敷地方向には流下しない結果となった。



溶岩流最大流動深



溶岩流到達時間

①-3 溶岩流に関する個別評価(羊蹄山-地質分布・地質層序-) (1/6)

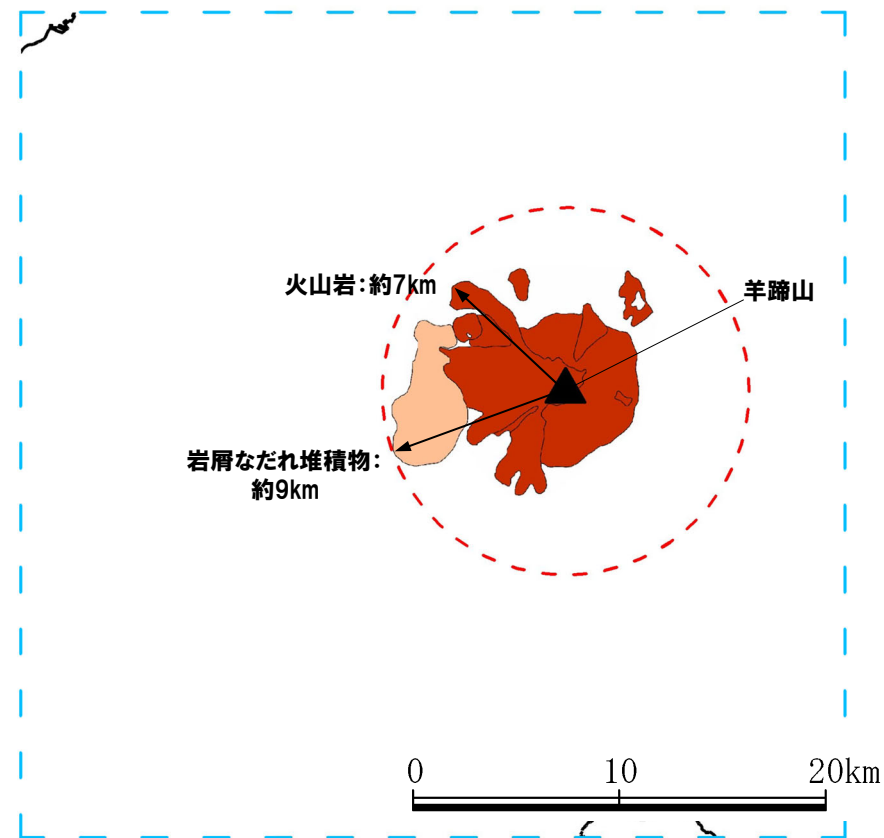
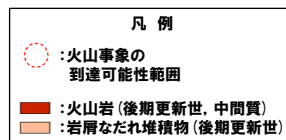
再掲 (R5/1/20審査会合)

【産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)】

○羊蹄山の火山噴出物のうち溶岩流(火山岩)の最大到達距離は約7km, 岩屑なだれ堆積物の最大到達距離は約9kmであり, 敷地まで到達していない。



羊蹄山



羊蹄山の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)より作成)

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

①-3 溶岩流に関する個別評価(羊蹄山-地質分布・地質層序-) (2/6)

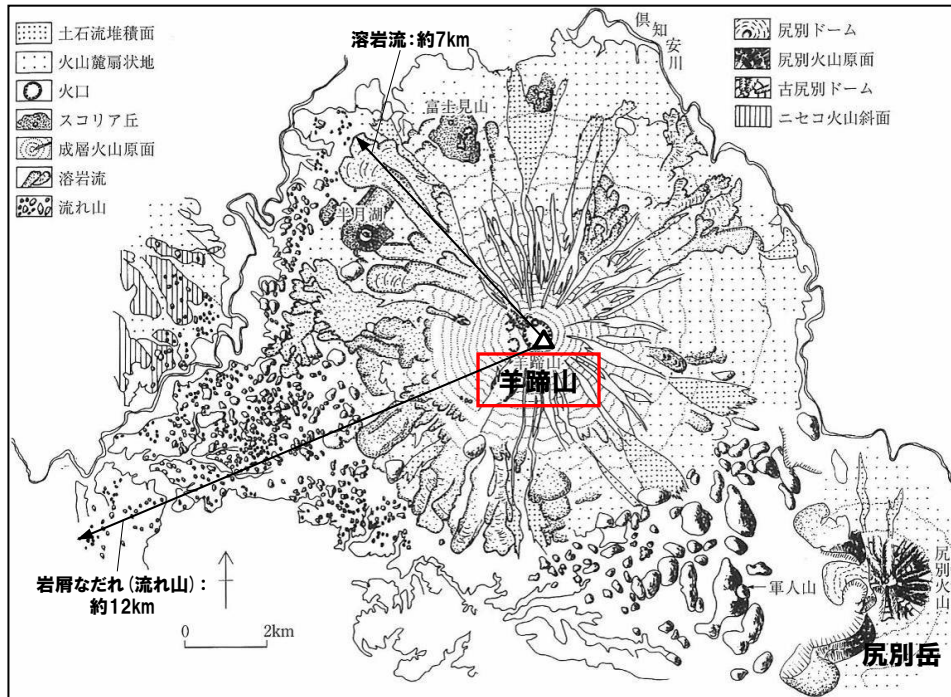
一部修正 (H25/11/13審査会合)

【小嶋ほか編(2003)】

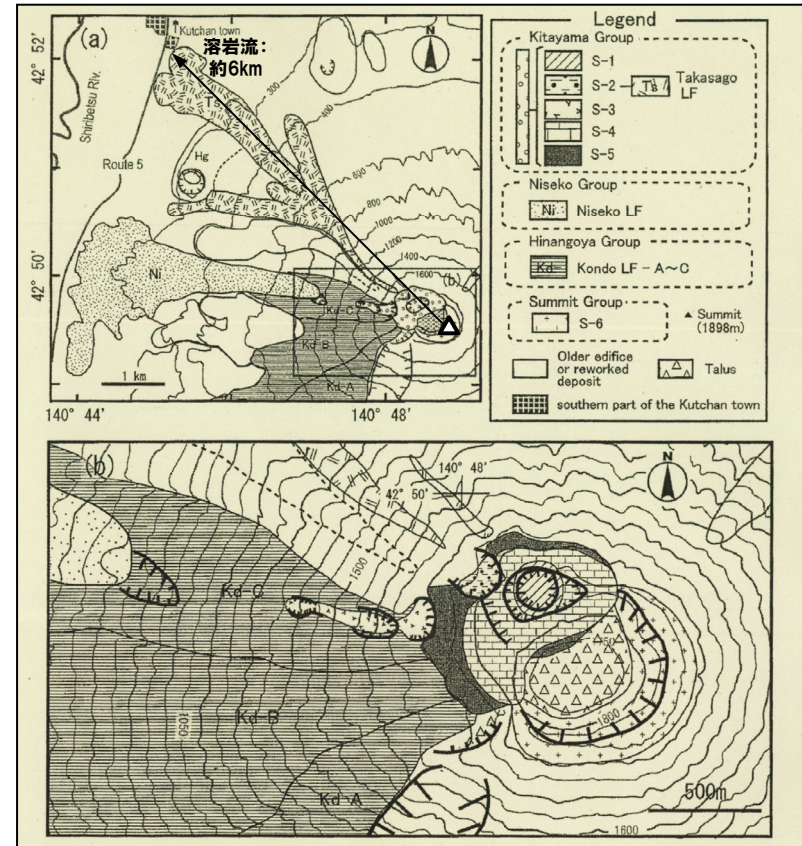
○羊蹄山の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約7km, 岩屑なだれ(流れ山)の最大到達距離は約12kmであり, 敷地まで到達していない。

【上澤ほか(2011)】

○羊蹄山の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約6kmであり, 敷地まで到達していない。



羊蹄山の地形分類図(小嶋ほか編(2003)に加筆)

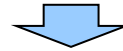


完新世における羊蹄山山頂周辺の火口からの噴出物の分布(上澤ほか(2011)に加筆)

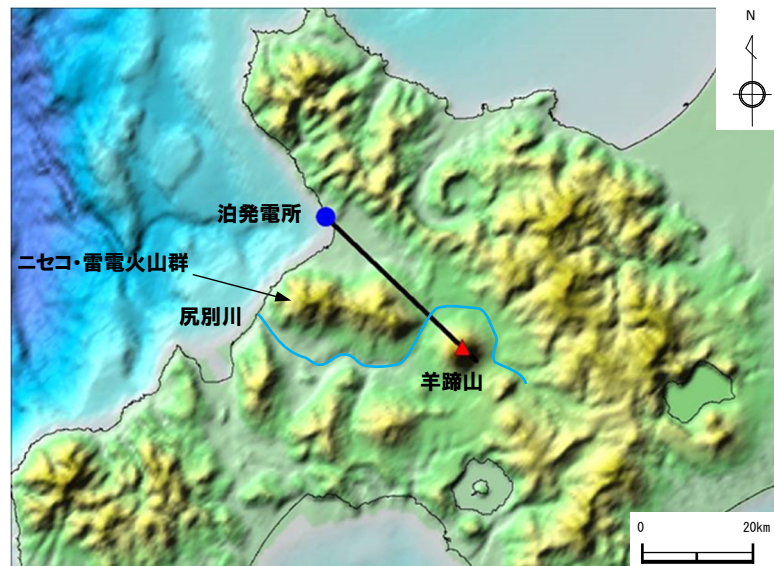
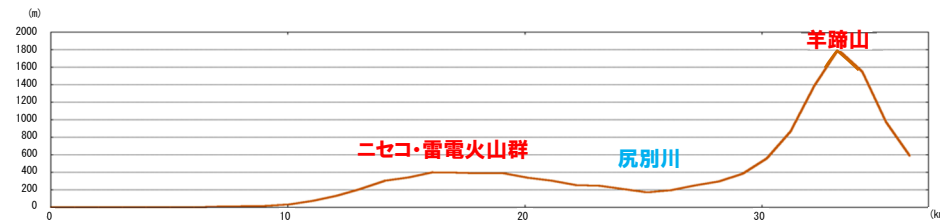
①-3 溶岩流に関する個別評価(羊蹄山-地形状況-) (3/6)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○羊蹄山と敷地の間には、尻別川及びニセコ・雷電火山群が位置している。



○地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される。



羊蹄山と敷地間の地形状況

①-3 溶岩流に関する個別評価 (羊蹄山-溶岩流シミュレーション-) (4/6)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

【溶岩流シミュレーション概要】

- 羊蹄山は、安山岩の溶岩流を主体とする活動であり、その分布は山体近傍に限定される (小疇ほか編 (2003) 等)。
- 羊蹄山について、溶岩流の流下方向の傾向を把握するため、北山期 (約1万年前以降) の総噴出物を対象とし、現在の地形を反映した溶岩流シミュレーションを実施した。
- 解析ソフトはJ-SAS※1を使用した。
- シミュレーションに当たっては、以下の事項を考慮した。
 - ・溶岩流噴出量については、文献に基づき、0.18km³と設定した。
 - ・パラメータについては、当該火山は安山岩質及びデイサイト質であることから、比較的岩質が類似する火山である桜島の溶岩流シミュレーション実績 (大原ほか (1990), 家田ほか (2009) 等) を参考として設定した。

※1 J-SAS: (財) 砂防・地すべり技術センターによって開発された土石流・泥流の2次元汎用解析モデル

SiO ₂ (wt.%) ^{※2}	玄武岩					安山岩										デイサイト					流紋岩							
	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
羊蹄山 (54.2-65.9)																												
浅間山 (53.5-74.0)																												
富士山 (49.0-52.0)																												
伊豆大島 (49.5-58.0)																												
桜島 (56.5-67.2)																												

※2 SiO₂の数値は日本活火山総覧 (第4版) (気象庁編, 2013) より

解析に使用したパラメータ

パラメータ	単位	値	設定根拠
溶岩流噴出量	km ³	0.18	上澤ほか (2011) に基づき設定
溶岩流ハイドログラフ	m ³ /s	500	内閣府 (防災担当) ほか (2013)
溶岩流温度	℃	1,000	大原ほか (1990), 家田ほか (2009)
溶岩密度	g/cm ³	2.5	他火山実績
重力加速度	m/s ²	9.8	一般値
温度-粘性関数	poise (=0.1Pa・S)	3.0×10 ⁹	大原ほか (1990), 家田ほか (2009)
温度-降伏応力関数	dyn/cm ²	9.6×10 ⁶	大原ほか (1990), 家田ほか (2009)

①-3 溶岩流に関する個別評価 (羊蹄山-溶岩流シミュレーション-) (5/6)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

【噴出量の設定】

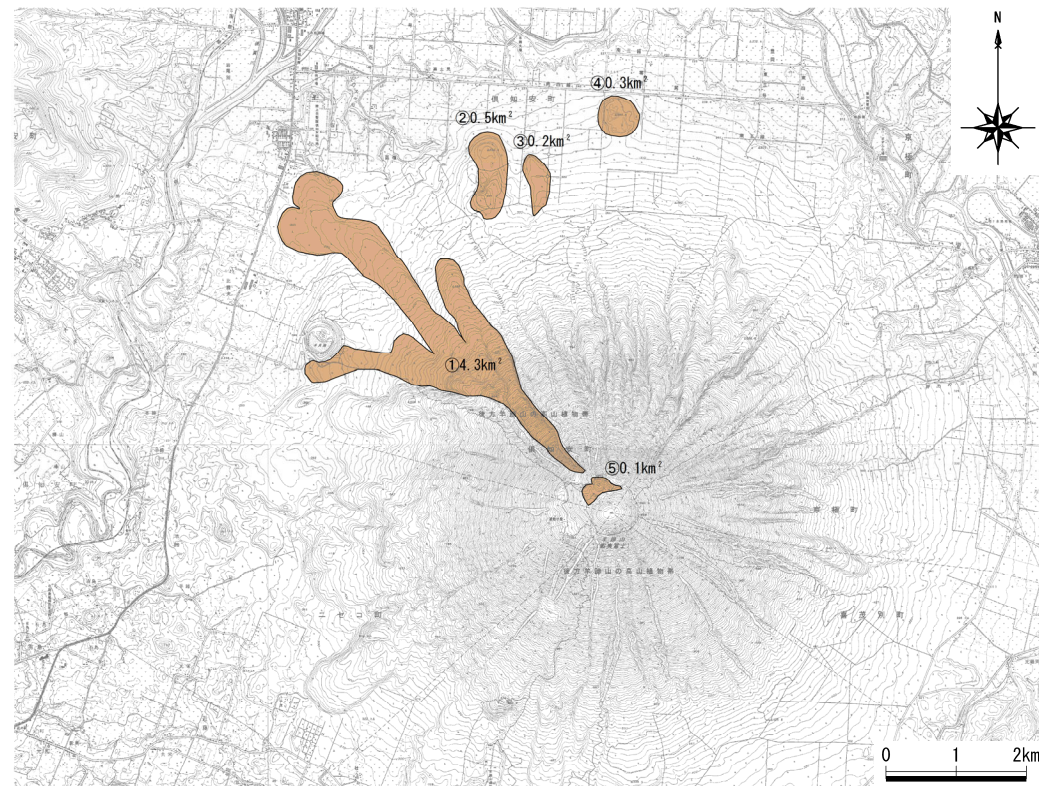
○溶岩流噴出量は、勝井ほか(2007)及び上澤ほか(2011)に基づき、以下の理由から、保守的に北山期(約1万年前以降)の総噴出物を対象とし、 0.18km^3 と設定した。

- ・勝井ほか(2007)では、新羊蹄火山の活動は旧期(約4.5~1.5万年前)、新期(約1.5~1万年前)及び北山期(約1万年前以降)の3期に分けられ、北山期では①~⑤の火山噴出物を噴出し、現在は活動休止期にあるとされている。
- ・江草ほか(2003)では、最近の約1万年間で、噴出率が低下しているとされている。

勝井ほか(2007)及び上澤ほか(2011)に基づく
溶岩流噴出量(北山期)

	面積(km ²)	層厚(km)	
①高砂溶岩流	4.3	0.03	=0.129km ³
②火山碎屑丘	0.5	0.05	=0.025km ³
③火山碎屑丘	0.2	0.02	=0.004km ³
④火山碎屑丘	0.3	0.04	=0.012km ³
⑤北山火口噴出物	0.1	0.10	=0.010km ³

合計 0.18km^3



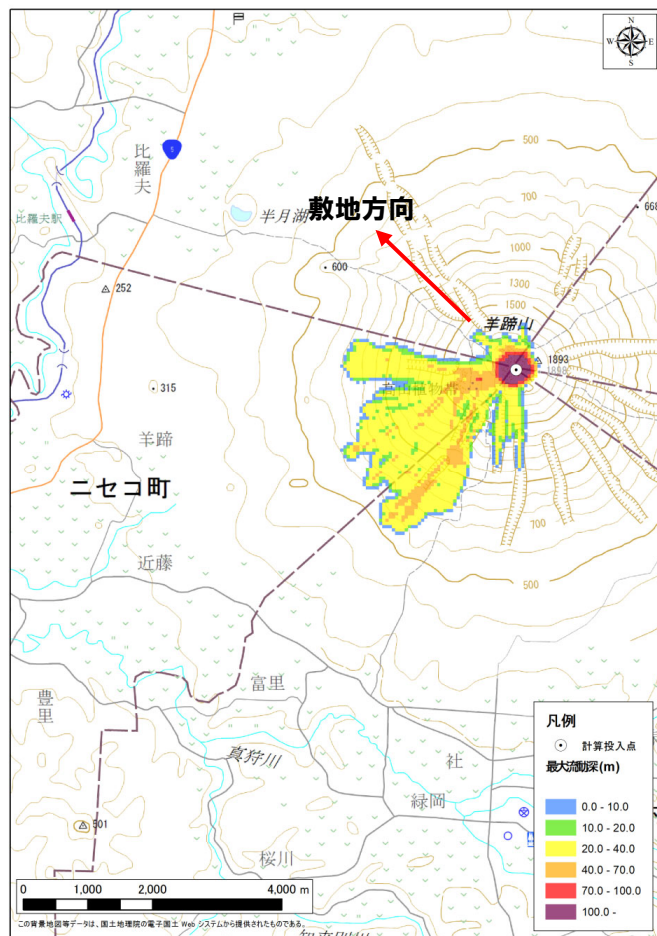
勝井ほか(2007)に基づく羊蹄山噴出物(北山期)の分布

①-3 溶岩流に関する個別評価(羊蹄山-溶岩流シミュレーション-) (6/6)

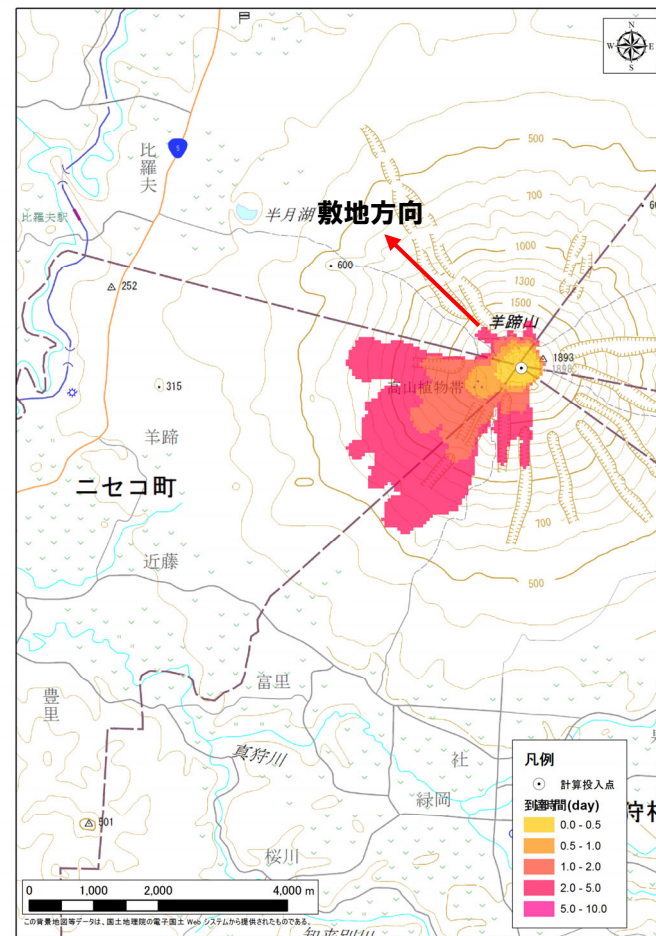
一部修正 (H25/12/18審査会合)

【溶岩流シミュレーション結果】

○羊蹄山山頂から噴出した溶岩は、主に西～南方向に流下し、敷地方向には流下せず、その分布範囲は山体付近に限定される結果となった。



溶岩流最大流動深



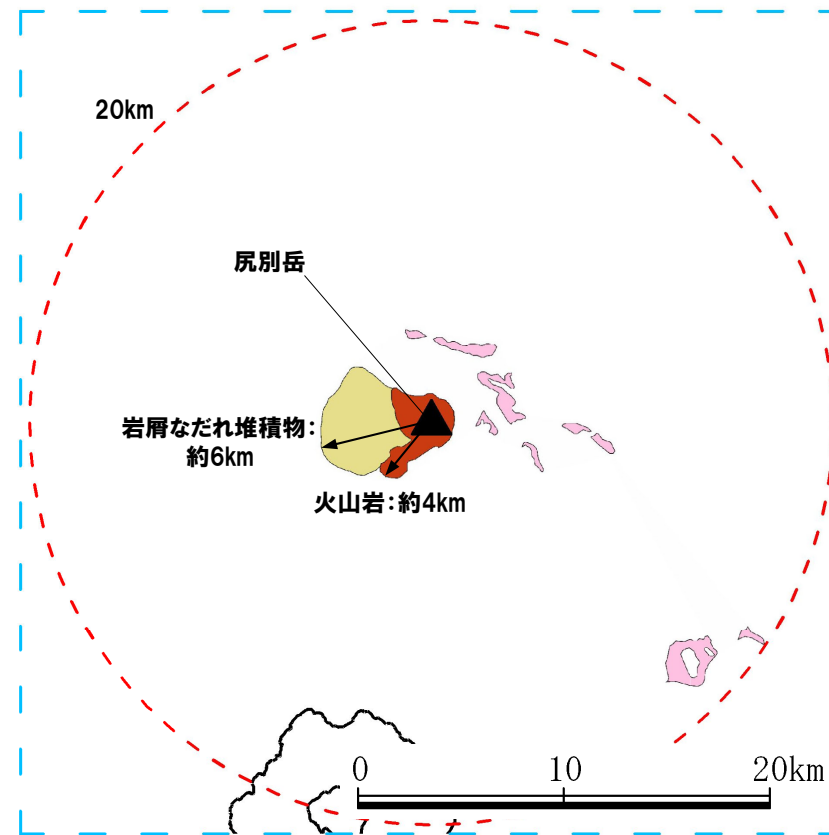
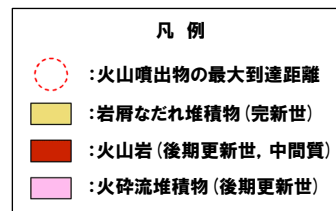
溶岩流到達時間

①-4 溶岩流に関する個別評価(尻別岳-地質分布・地質層序-) (1/3)

再掲 (R5/1/20審査会合)

【産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)】

○尻別岳の火山噴出物のうち溶岩流(火山岩)の最大到達距離は約4km, 岩屑なだれ堆積物の最大到達距離は約6kmであり, 敷地まで到達していない。



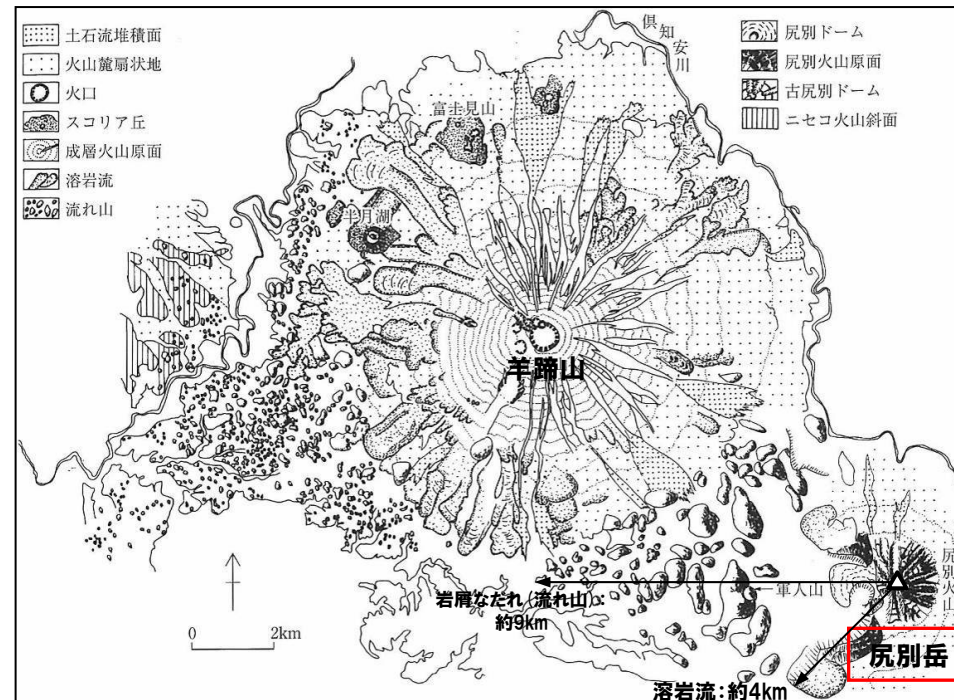
尻別岳の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)より作成)

①-4 溶岩流に関する個別評価(尻別岳-地質分布・地質層序-) (2/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

【小疇ほか編(2003)】

○尻別岳の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約4km, 岩屑なだれ(流れ山)の最大到達距離は約9kmであり, 敷地まで到達していない。

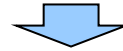


尻別岳の地形分類図(小疇ほか編(2003)に加筆)

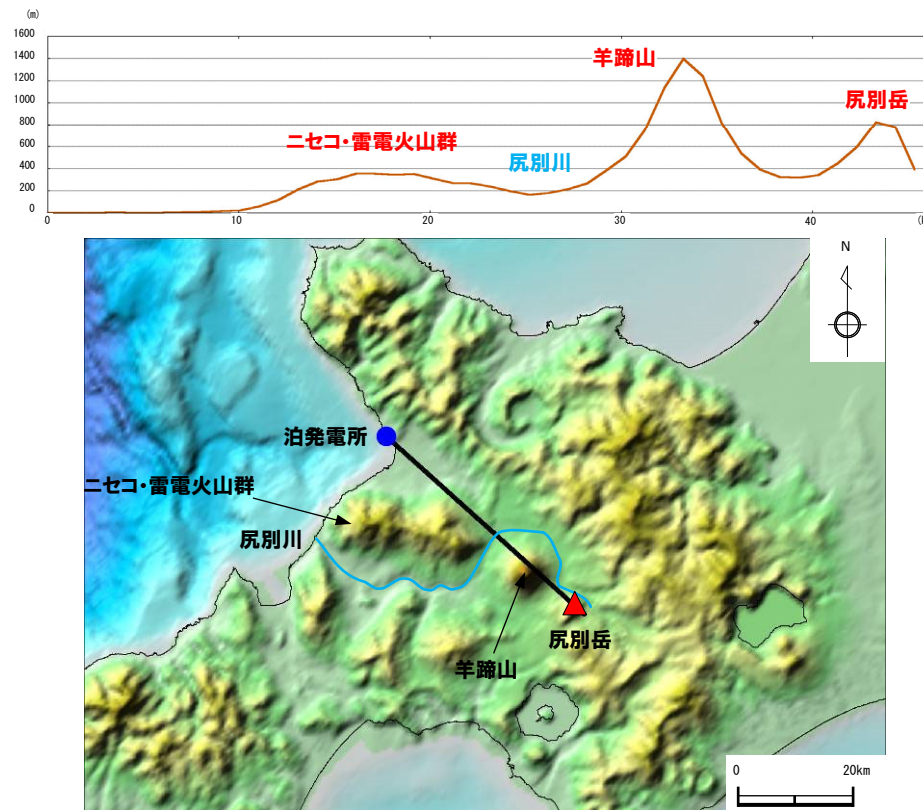
①-4 溶岩流に関する個別評価(尻別岳-地形状況-) (3/3)

再掲(R3/10/14審査会合)

○尻別岳と敷地の間には、尻別川、羊蹄山及びニセコ・雷電火山群が位置している。



○地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される。



尻別岳と敷地間の地形状況

余白

② 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊に関する個別評価

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 敷地から半径50kmの範囲に位置するニセコ・雷電火山群、羊蹄山及び尻別岳について、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊が敷地に到達する可能性を評価する。
- 評価においては、各火山について、地質分布、地形状況等を確認する。

【ニセコ・雷電火山群】

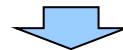
- ・ニセコ・雷電火山群の火山噴出物は、敷地まで到達していない (P241参照)。
- ・現在の活動中心であるイワオヌプリの火山噴出物の最大到達距離は、約4kmであり、敷地からニセコ・雷電火山群までの距離約20kmよりも小さい (P235～P237参照)。

【羊蹄山】

- ・羊蹄山の火山噴出物のうち岩屑なだれの最大到達距離は約12kmであり、敷地から羊蹄山までの距離約34kmよりも小さく、敷地まで到達していない (P247～P248参照)。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される (P249参照)。

【尻別岳】

- ・尻別岳の火山噴出物のうち岩屑なだれの最大到達距離は約9kmであり、敷地から尻別岳までの距離約44kmよりも小さく、敷地まで到達していない (P253～P254参照)。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される (P255参照)。

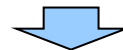


- 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

③-1 火砕物密度流に関する個別評価(1/2)

一部修正(H28/2/5審査会合)

- 敷地から半径160kmの範囲に位置する13火山について、火砕物密度流が敷地に到達する可能性を評価する。
 - 13火山のうち、過去に巨大噴火が発生した火山である支笏カルデラ、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(4.1.2章参照)、評価においては、Sp-1、Kt-7及びTp以降の火砕流を含む火山噴出物の分布を確認する。
 - 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラ以外の10火山については、当該火山の火砕流を含む火山噴出物の分布を確認する。
 - 火山噴出物の分布については、複数の地質図幅等がコンパイルされ、火山岩(主に溶岩)、火砕流堆積物等と岩相が区分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)を確認することを基本とし、より遠方に到達しているとされる文献がある場合はそれぞれも確認した。
- 【支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラ】
- 支笏カルデラの後カルデラ火山(恵庭岳、風不死岳及び樽前山)の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は樽前山の約11kmであり、敷地から樽前山までの距離約80kmよりも小さく、敷地まで到達していない(P260参照)。
 - 倶多楽・登別火山群の火山噴出物のうち、Kt-7以降の火砕流の最大到達距離は約23kmであり、敷地からの距離約81kmよりも小さく、敷地まで到達していない(P262参照)。
 - 洞爺カルデラの後カルデラ火山(洞爺中島及び有珠山)の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は有珠山の約9kmであり、敷地から有珠山までの距離約61kmよりも小さく、敷地まで到達していない(P263参照)。
- 【支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラ以外の10火山】
- いずれの火山においても、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(P261及びP264～P272参照)。



- 火砕物密度流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

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

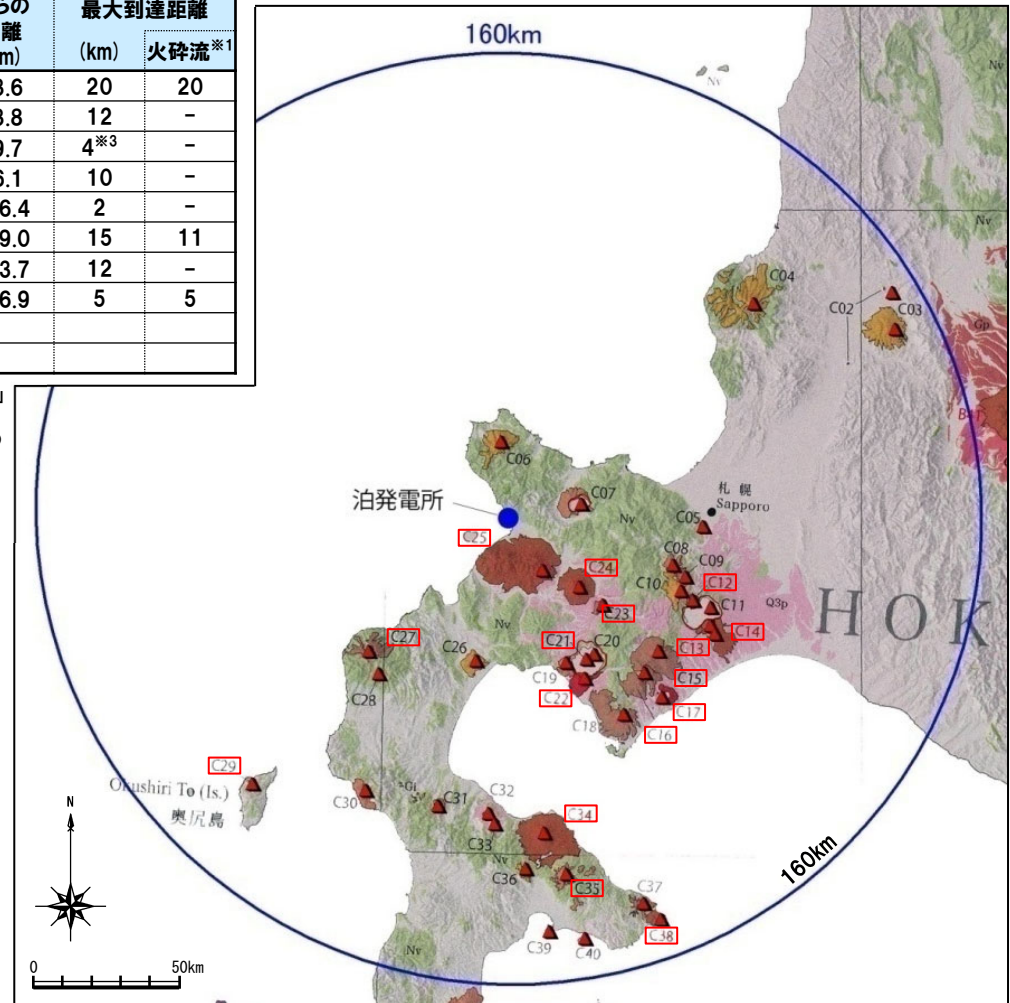
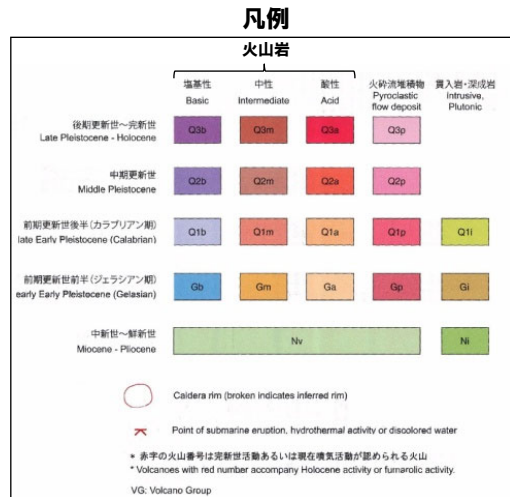
③-1 火砕物密度流に関する個別評価 (2/2)

一部修正 (H25/9/25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火山の火山噴出物の到達距離

番号	火山名	敷地からの距離 (km)	火山噴出物の最大到達距離 (km)		番号	火山名	敷地からの距離 (km)	火山噴出物の最大到達距離 (km)	
			火砕流 ^{※1}					火砕流 ^{※1}	
C11	支笏カルデラ ^{※2}	74.8			C23	尻別岳	43.6	20	20
	C12 恵庭岳	68.6	4	-	C24	羊蹄山	33.8	12	-
	C13 風不死岳	77.7	3	-	C25	ニセコ・雷電火山群	19.7	4 ^{※3}	-
	C14 樽前山	80.2	11	11	C27	狩場山	66.1	10	-
C15	ホロホロ・徳舜誓	68.0	12	-	C29	勝淵山	126.4	2	-
C16	オロフレ・来馬	70.2	9	-	C34	北海道駒ヶ岳	109.0	15	11
C17	倶多楽・登別火山群 ^{※2}	80.5	23	23	C35	横津岳	123.7	12	-
C20	洞爺カルデラ ^{※2}	54.8			C38	恵山	146.9	5	5
	C21 洞爺中島	55.1	3	-					
	C22 有珠山	60.7	9	9					

- ※1 産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) において、火砕流堆積物が示されていない火山は「-」とした。
- ※2 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、Sp-1、Kt-7及びTpを噴出した噴火以降の最大の噴火規模の噴火による到達範囲を確認した。
- ※3 現在の活動中心であるイワオヌプリにおける最大到達距離を示す。なお、ニセコ・雷電火山群の火砕流を含む火山噴出物はいずれも敷地まで到達していない (P234~P237参照)。

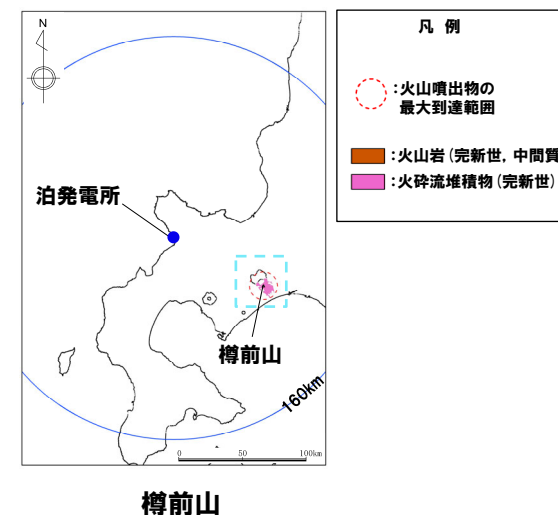
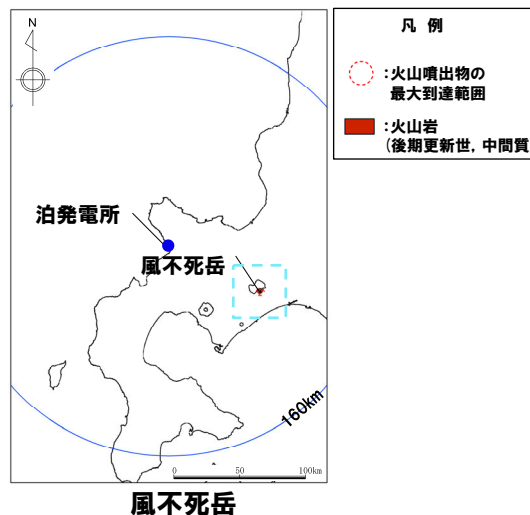
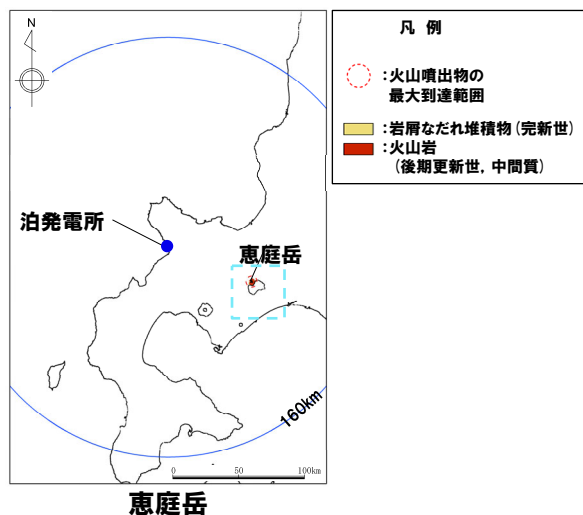
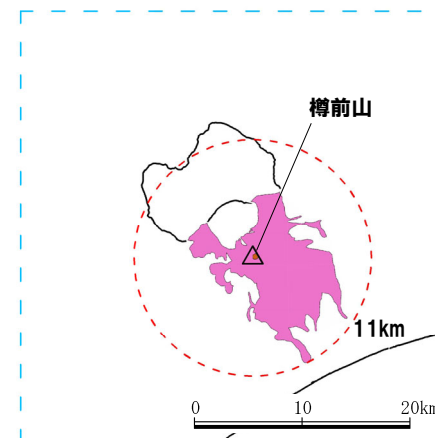
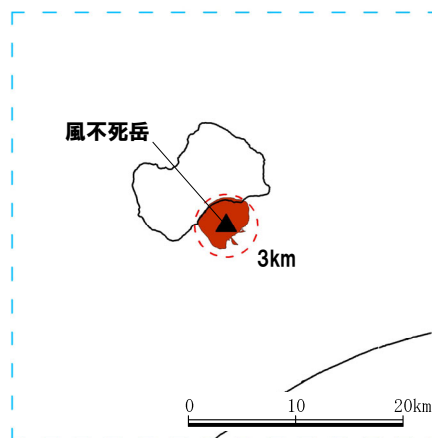
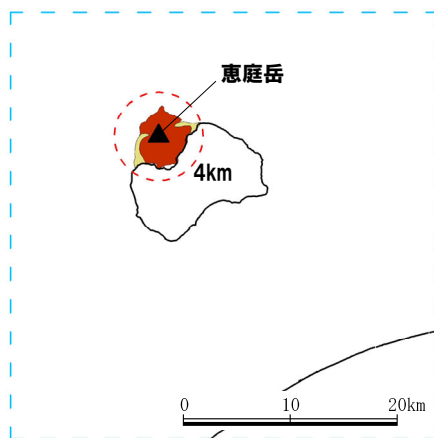


火山地質図
(中野ほか編 (2013) に加筆)

③-2 火砕物密度流に関する個別評価 (支笏カルデラの後カルデラ火山)

再掲 (R5/1/20審査会合)

○支笏カルデラの後カルデラ火山 (恵庭岳, 風不死岳及び樽前山) の火山噴出物のうち, 火砕流の最大到達距離は樽前山の約11kmであり, 敷地から樽前山までの距離約80kmよりも小さく, 敷地まで到達していない。

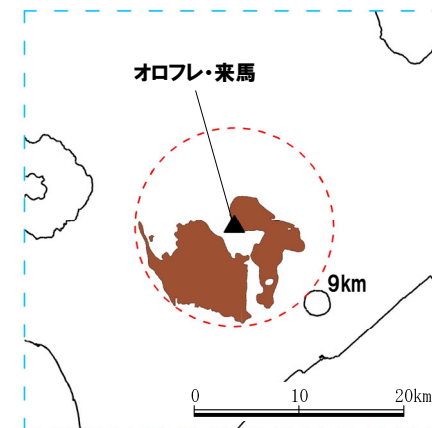
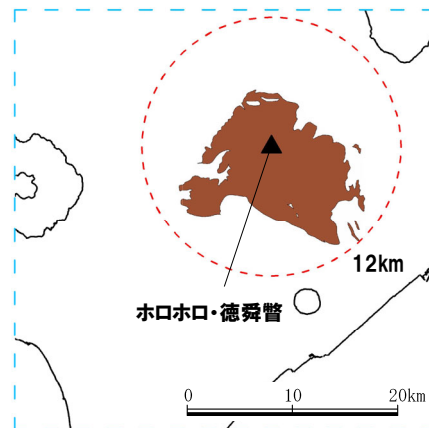


恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の火山噴出物の分布範囲
 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

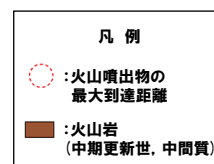
③-3 火砕物密度流に関する個別評価 (ホロホロ・徳舜瞥及びオロフレ・来馬)

再掲 (R5/1/20審査会合)

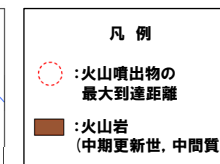
- ホロホロ・徳舜瞥の火山噴出物の最大到達距離は約12kmであり、敷地からの距離約68kmよりも小さく、敷地まで到達していない。
- オロフレ・来馬の火山噴出物の最大到達距離は約9kmであり、敷地からの距離約70kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



ホロホロ・徳舜瞥



オロフレ・来馬

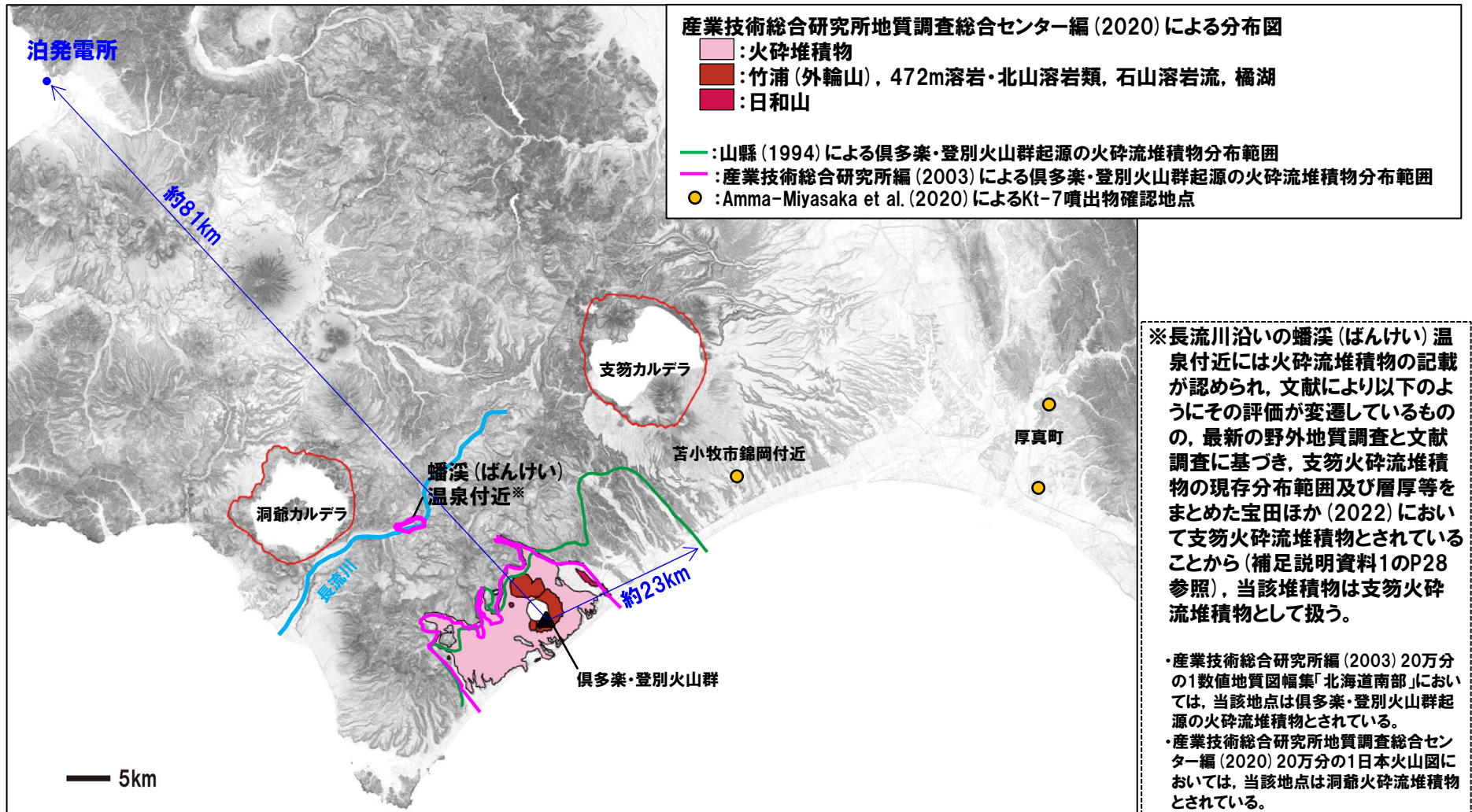


ホロホロ・徳舜瞥及びオロフレ・来馬の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

③-4 火砕物密度流に関する個別評価 (倶多楽・登別火山群)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

○倶多楽・登別火山群の火山噴出物のうち、Kt-7以降の火砕流の最大到達距離は約23kmであり、敷地からの距離約81kmよりも小さく、敷地まで到達していない。

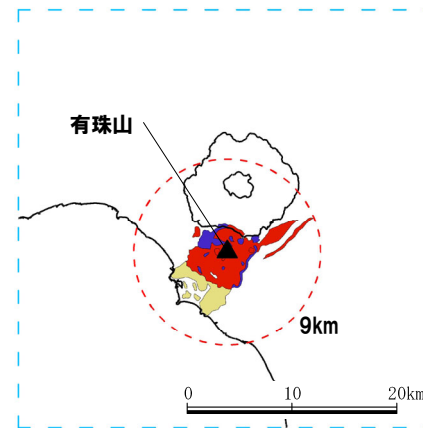
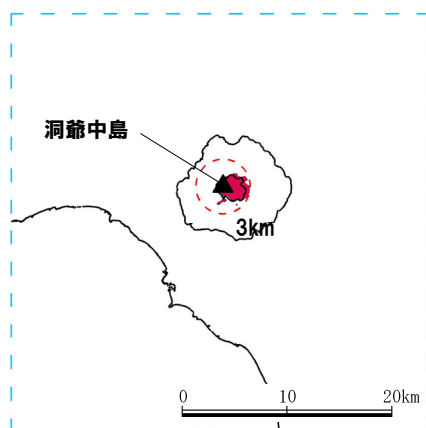


倶多楽・登別火山群の火山噴出物の分布範囲 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) を基に作成)

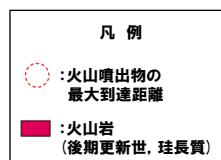
③-5 火砕物密度流に関する個別評価（洞爺カルデラの後カルデラ火山）

再掲 (R5/1/20審査会合)

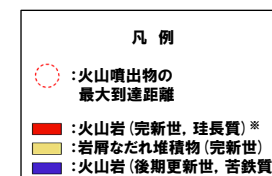
○洞爺カルデラの後カルデラ火山（洞爺中島及び有珠山）の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は有珠山の約9kmであり、敷地から有珠山までの距離約61kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



洞爺中島



有珠山

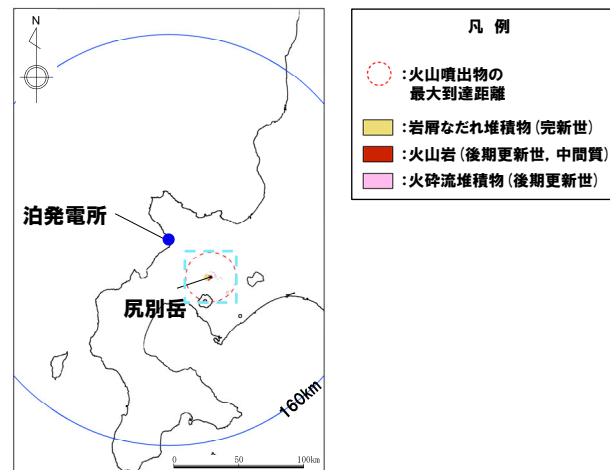
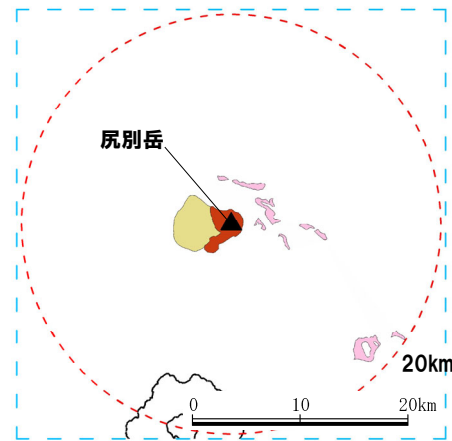


*「1663年-1978年火砕流堆積物及び降下堆積物」を含む

洞爺中島及び有珠山の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

③-6 火砕物密度流に関する個別評価 (尻別岳)

○尻別岳の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は約20kmであり、敷地から尻別岳の距離約44kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



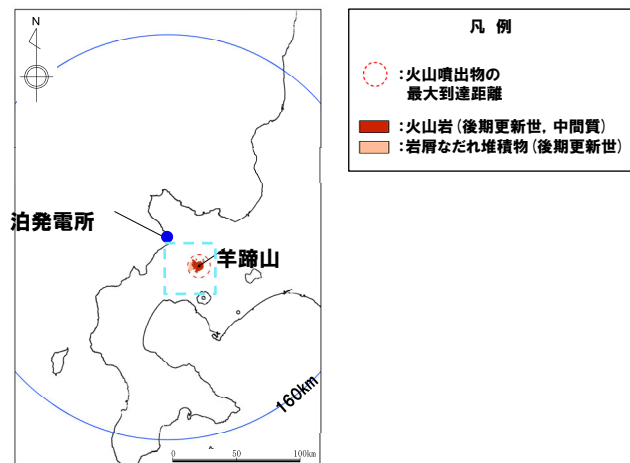
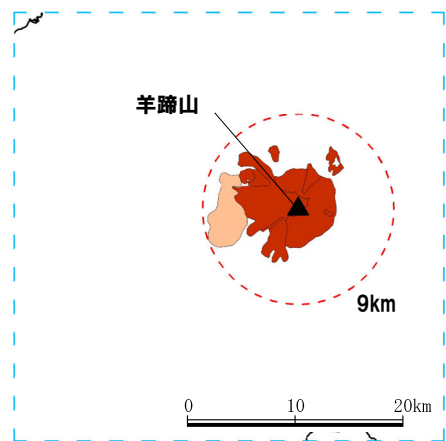
尻別岳の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)より作成)

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

③-7 火砕物密度流に関する個別評価 (羊蹄山)

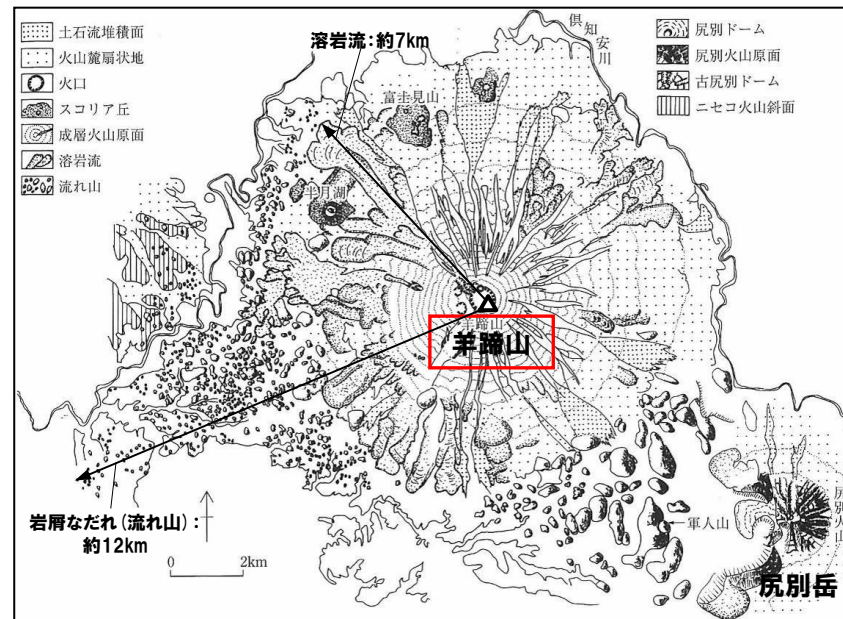
再掲 (R5/1/20審査会合)

○羊蹄山の火山噴出物の最大到達距離は約12kmであり、敷地からの距離約34kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



羊蹄山の火山噴出物の分布範囲

(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)



羊蹄山の地形分類図

(小嶋ほか編 (2003) に加筆)

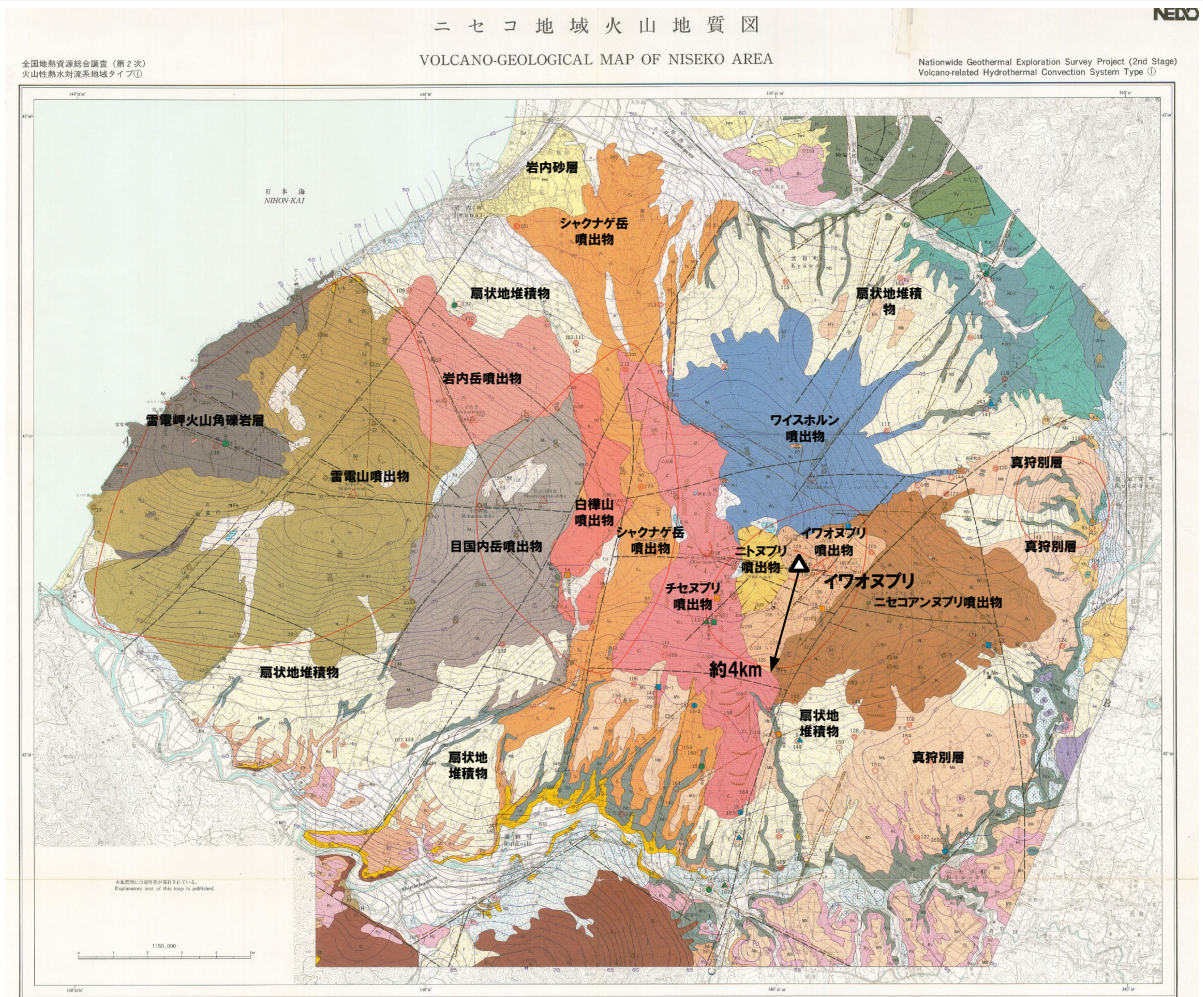
③-8 火砕物密度流に関する個別評価 (ニセコ・雷電火山群) (1/3)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

- ニセコ・雷電火山群の火砕流を含む火山噴出物は、いずれも敷地まで到達していない。
- 現在の活動中心であるイワオヌプリの火山噴出物の最大到達距離は約4kmであり、敷地からの距離約20kmより小さく、敷地まで到達していない。



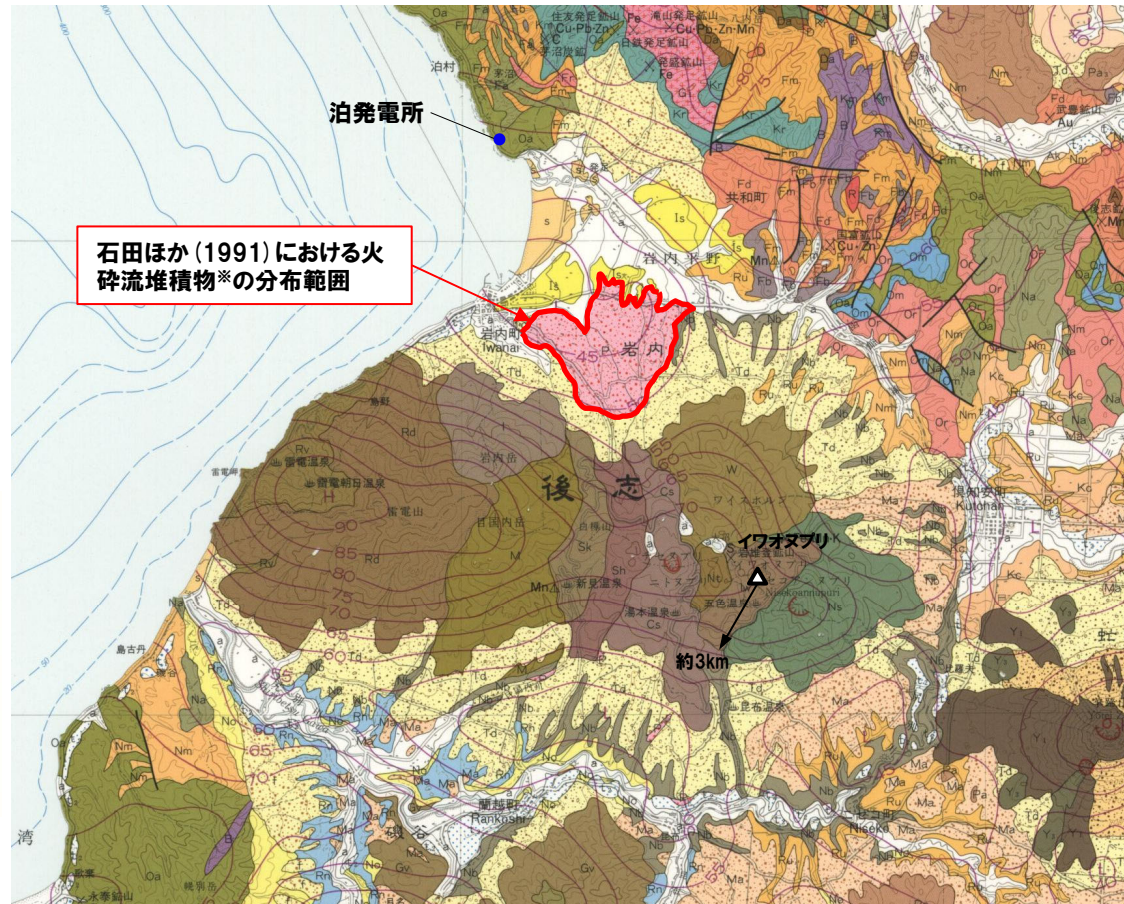
- 凡例
- : 火山岩 (後期更新世, 中間質)
 - : 火山岩 (中期更新世, 中間質)
 - : 火山岩 (前期更新世後半, 中間質)



ニセコ・雷電火山群の火山噴出物の分布範囲 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成) ニセコ・雷電火山群の火山噴出物の分布範囲 (新エネルギー総合開発機構 (1987a) に加筆, 凡例はP237参照)

③-8 火砕物密度流に関する個別評価 (ニセコ・雷電火山群) (2/3)

再掲 (R5/1/20 審査会合)



凡例 (一部抜粋)

イワナプリ火山 Iwanapuri Volcano	Iw	輝石安山岩溶岩及び火砕岩、湖成堆積物を伴う Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock, with lake deposit
ニトナプリ火山 Nitonapuri Volcano	Nt	輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock
チセナプリ火山 Chisenapuri Volcano	Cs	輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock
ニセコアナプリ火山 Nisekoanapuri Volcano	Ns	輝石安山岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock
シャクナゲ岳火山 Shakunagedake Volcano	Sh	輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock
白樺山火山 Shirakabayama Volcano	Sk	輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock
ワイスホルン火山 Waissuhorn Volcano	W	輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock
火砕流堆積物 Pyroclastic flow deposits	p	輝石安山岩軽石・スコリア及び火山灰 Pyroxene andesite pumice, scoria and volcanic ash

※当社が「ニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物)」と呼称しているものに該当する。当社地質調査の結果、ニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物) は、石田ほか (1991) 「20万分の1地質図幅『岩内』」における火砕流堆積物の分布範囲の末端部付近では層厚が約20cmであり、それよりも北側の調査地点においては確認されない。ニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物) の詳細については、補足説明資料2の3章参照。

ニセコ・雷電火山群周辺の地質図 (石田ほか (1991) に加筆)

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

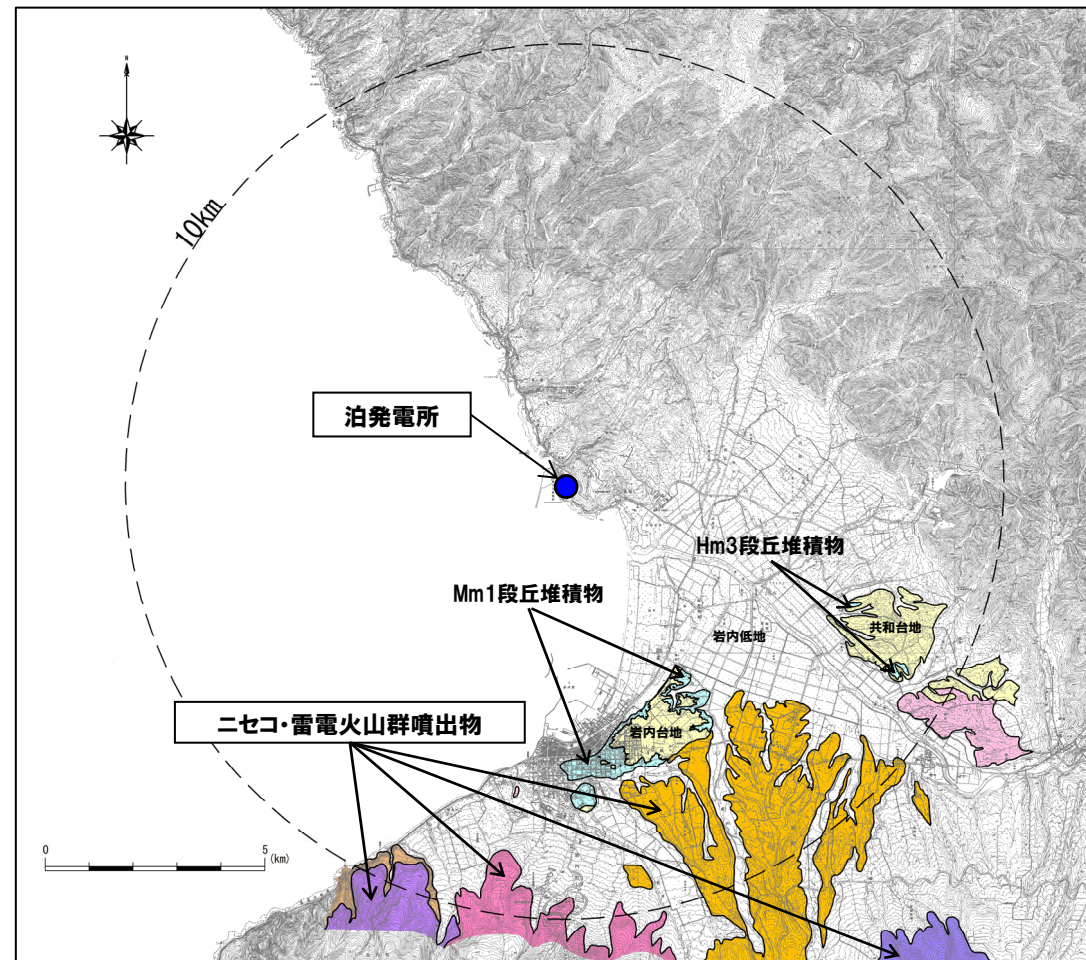
③-8 火砕物密度流に関する個別評価(ニセコ・雷電火山群)(3/3)

一部修正(H25/11/13審査会合)

○敷地及び敷地近傍における当社地質調査の結果、ニセコ・雷電火山群の火砕流を含む火山噴出物は、下図の範囲に認められ、敷地まで到達していない。

凡例

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

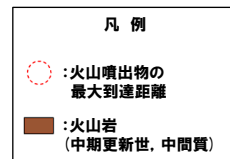
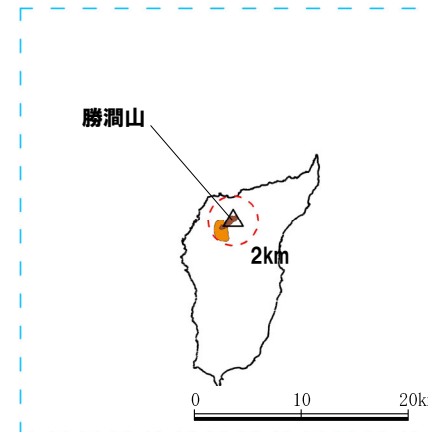
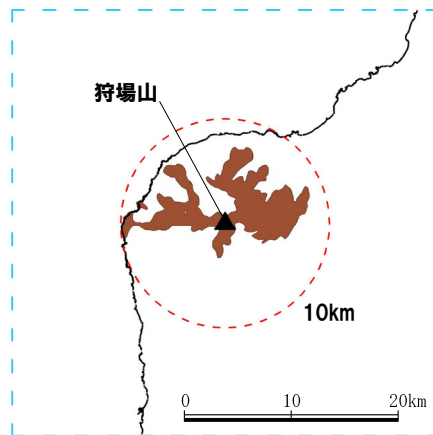


敷地から半径10km以内の第四紀火山地質図

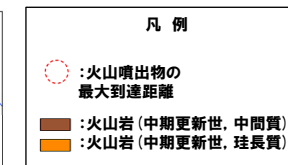
③-9 火砕物密度流に関する個別評価 (狩場山及び勝澗山)

再掲 (R5/1/20審査会合)

- 狩場山の火山噴出物の最大到達距離は約10kmであり、敷地からの距離約66kmよりも小さく、敷地まで到達していない。
- 勝澗山の火山噴出物の最大到達距離は約2kmであり、敷地からの距離約126kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



狩場山



勝澗山

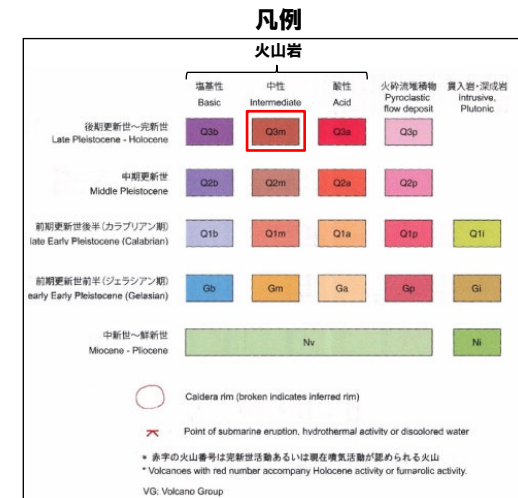
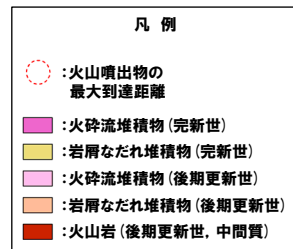
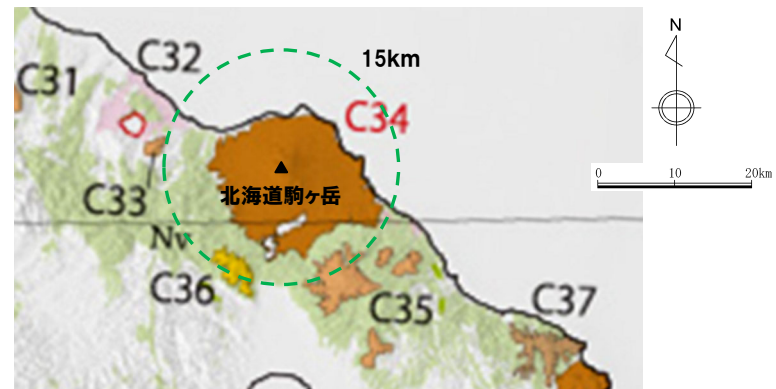
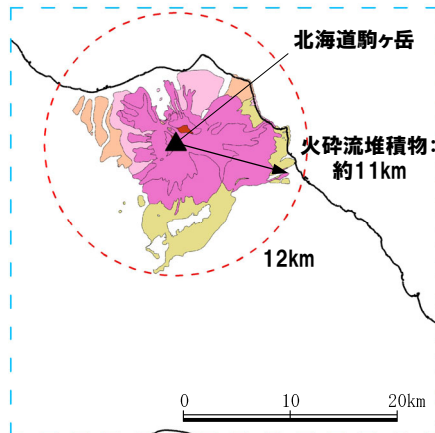
狩場山及び勝澗山の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

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

③-10 火砕物密度流に関する個別評価 (北海道駒ヶ岳)

再掲 (R5/1/20審査会合)

○北海道駒ヶ岳の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は約11km、火砕流以外の火山噴出物の最大到達距離は約15kmであり、敷地からの距離約109kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



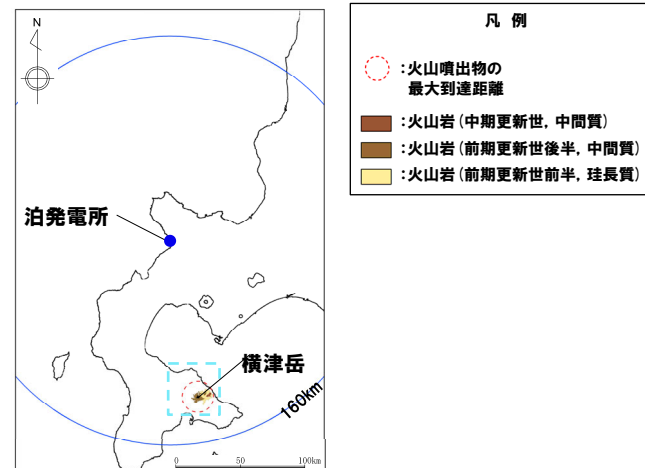
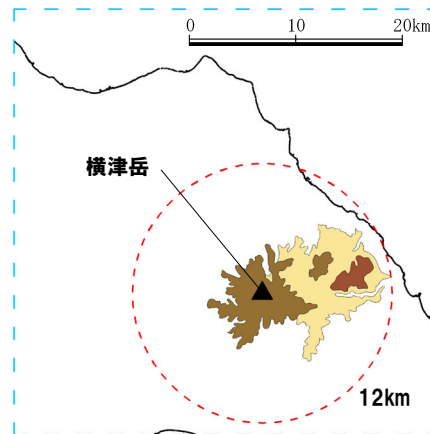
北海道駒ヶ岳の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

北海道駒ヶ岳の火山噴出物の分布範囲
(中野ほか編 (2013) に加筆)

③-11 火砕物密度流に関する個別評価(横津岳)

再掲 (R5/1/20審査会合)

○横津岳の火山噴出物の最大到達距離は約12kmであり、敷地からの距離約124kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



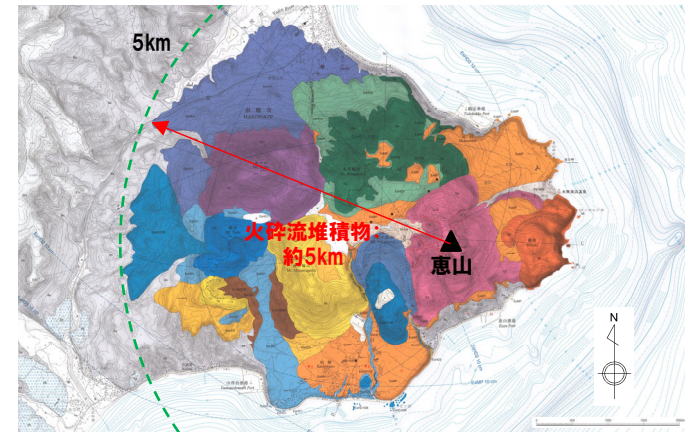
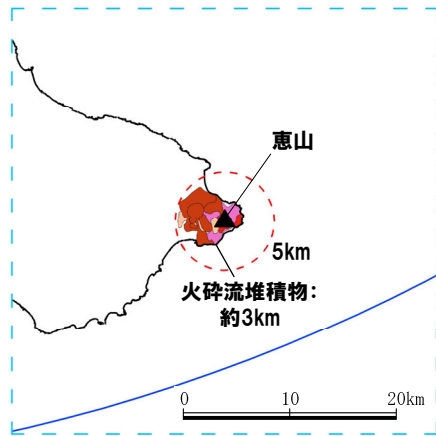
横津岳の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

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

③-12 火砕物密度流に関する個別評価 (恵山)

再掲 (R5/1/20審査会合)

○恵山の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は約5km、火砕流以外の火山噴出物の最大到達距離は約5kmであり、敷地からの距離約147kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



- 凡例**
- : 火山噴出物の最大到達距離
 - : 火山岩 (完新世, 珪長質)
 - : 火砕流堆積物 (完新世)
 - : 火山岩 (後期更新世, 中間質)
 - : 岩屑なだれ堆積物 (後期更新世)

恵山の火山噴出物の分布範囲 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

凡例

Es-1846	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 Volcanic blocks, lapilli and ash	EsHD2	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト) Volcanic blocks, lapilli and ash (quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite to dacite)
Es-06	安山岩~デイサイト溶岩岩塊, 火山礫及び火山灰 Andesite to dacite blocks, lapilli and ash	EsHD2DB	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩) Volcanic blocks, lapilli and ash (quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite)
EsMP	安山岩~デイサイト火山岩塊 (軽石質のものを含む), 火山礫及び火山灰 (石英含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト) Volcanic blocks including pumiceous one, lapilli and ash (quartz-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite to dacite)	Sa	石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト溶岩 Quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite to dacite lava
Mi	石英含有単斜輝石直方輝石デイサイト溶岩 Quartz-bearing clinopyroxene-orthopyroxene dacite lava	EsHD3	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト) Volcanic blocks, lapilli and ash (quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite to dacite)
Ed	石英含有単斜輝石直方輝石デイサイト溶岩 Quartz-bearing clinopyroxene-orthopyroxene dacite lava	Na	石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト溶岩 Quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite to dacite lava
EsHD1	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト) Volcanic blocks, lapilli and ash (quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite to dacite)	EsHD4	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩) Volcanic blocks, lapilli and ash (hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite)
EsHD1DB	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩) Volcanic blocks, lapilli and ash (quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite)	Ka	角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩溶岩 Hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite lava
Sk	石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩溶岩 Quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite lava		
Td	石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩溶岩 Quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite lava		

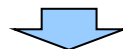
※三浦ほか (2022) によれば、当該堆積物については、火砕流堆積物を含むとされている。

恵山の火山噴出物の分布範囲 (三浦ほか (2022) に加筆)

④-1 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 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13火山について、新しい火口の開口及び地殻変動が敷地に影響を与える可能性を評価する。
- 原子力発電所の火山影響評価ガイドによれば、新たな火口が開口した過去の事例では、ほとんどの火山では新たな火口の開口は火山の噴出中心から半径20kmの範囲にとどまっているとされていることから、敷地から最も近いニセコ・雷電火山群（敷地からの距離約20km）及び隣接する羊蹄山（敷地からの距離約34km）について、新しい火口の開口が敷地に影響を与える可能性を評価する。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山以外の11火山については、敷地からの距離が最も近いものでも尻別岳の約44kmであり、敷地から十分な距離があることから、新しい火口の開口が敷地に影響を与える可能性は十分小さいと評価される。
- また、同ガイドによれば、設計基準を超える可能性のある地殻変動は、新しい火口の開口に伴って引き起こされるとされていることから、地殻変動も新しい火口の開口に伴うものとして、併せて評価する。
- 下鶴ほか編（2008）によれば、低周波地震は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おり、青木（2016）によれば、マグマだまりにマグマが注入されると、マグマだまりが増圧し山体は膨張（地殻変動）するとされている。
- このため、これら二つの火山事象の評価に当たっては、以下の状況を確認する。
 - ・ニセコ・雷電火山群及び隣接する羊蹄山における火山活動状況（地震活動、地殻変動及び気象庁「火山活動解説資料」）
 - ・敷地付近における地震活動の状況
- 【地震活動】
 - ニセコ・雷電火山群のうちイワオヌプリ北東部及び羊蹄山周辺に認められる低周波地震を含む地震活動が、敷地方向に移動する状況は認められない。
 - 敷地付近には低周波地震が認められない。
- 【地殻変動】
 - ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、より広域の北海道南部（東北日本弧延長部）規模の隆起傾向は認められるが、ニセコ・雷電火山群規模又は羊蹄山規模の顕著な地殻変動は認められない。
- 【気象庁「火山活動解説資料」】
 - 近年では、イワオヌプリ及び羊蹄山には「噴気や地熱域は認められず、噴火の兆候は認められない」とされている。



- 以下の状況から、新しい火口の開口及びそれに伴う地殻変動が運用期間中に発生し、敷地に影響を与える可能性は、十分小さいと評価される。
 - ・敷地に最も近いニセコ・雷電火山群及び羊蹄山における火山活動状況に変化が認められない
 - ・敷地付近には低周波地震が認められない
 - ・ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山以外の11火山は、敷地から十分な距離がある

余白