

目次

- 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. 42
- 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 地理的領域
 - 5.2 降下火砕物
 - 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 監視対象
 - 6.2 モニタリング
- 7. 火山影響評価
- 参考資料.....
- 参考文献.....

<p>・本章の説明内容</p> <p>【評価】</p> <p>①-1 溶岩流に関する個別評価</p> <p>①-2 溶岩流に関する個別評価結果(ニセコ・雷電火山群)</p> <p>①-3 溶岩流に関する個別評価(羊蹄山)</p> <p>①-4 溶岩流に関する個別評価(尻別岳)</p> <p>② 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊に関する個別評価</p>		<p>③-1 火砕物密度流に関する個別評価</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>③-4 火砕物密度流に関する個別評価(倶多楽・登別火山群)</p> <p>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)</p> <p>③-6 火砕物密度流に関する個別評価(尻別岳)</p> <p>③-7 火砕物密度流に関する個別評価(羊蹄山)</p> <p>③-8 火砕物密度流に関する個別評価(ニセコ・雷電火山群)</p> <p>③-9 火砕物密度流に関する個別評価(狩場山及び勝淵山)</p> <p>③-10 火砕物密度流に関する個別評価(北海道駒ヶ岳)</p> <p>③-11 火砕物密度流に関する個別評価(横津岳)</p> <p>③-12 火砕物密度流に関する個別評価(恵山)</p> <p>④-1 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>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」)</p>
---	--	---

「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

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

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。

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（各種調査結果は、補足説明資料1参照）。

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。

【評価】(1/2)

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)、以下に示す過去に発生した巨大噴火以降の最大規模の噴火^{※1}を含む火山事象について確認する。
 - ・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を含む火山事象について確認する^{※2}。

※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(P241参照)、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P315～P318参照。

【評価】(2/2)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

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)	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	(対象外) ^{※3}	(対象外) ^{※3}		以下のことから、敷地に影響を与える可能性は、十分小さいと評価される。 ・敷地から十分な距離がある	
C12 恵庭岳	68.6					
C13 風不死岳	77.7					
C14 樽前山	80.2					
C15 ホロホロ・徳舜誓	68.0					
C16 オロフレ・来馬	70.2					
C17 倶多楽・登別火山群	80.5					
C20 洞爺カルデラ	54.8					
C21 洞爺中島	55.1					
C22 有珠山	60.7					
C23 尻別岳	43.6	以下のことから、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。 ・敷地まで到達していない ・敷地との間に地形的障害物が存在する	以下のことから、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。 ・敷地まで到達していない ・敷地との間に地形的障害物が存在する	以下のことから、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。 ・敷地まで到達していない	以下のことから、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。 ・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	
C24 羊蹄山	33.8	以下のことから、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。 ・敷地まで到達していない ・敷地との間に地形的障害物が存在する ・溶岩流シミュレーションにおいて敷地方向には流下しない	以下のことから、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。 ・敷地まで到達していない ・敷地との間に地形的障害物が存在する	以下のことから、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。 ・敷地まで到達していない		
C25 ニセコ・雷電火山群	19.7	以下のことから、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。 ・敷地まで到達していない ・溶岩流シミュレーションにおいて敷地方向には流下しない	以下のことから、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。 ・敷地まで到達していない	以下のことから、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。 ・敷地まで到達していない		
C27 狩場山	66.1	(対象外) ^{※3}	(対象外) ^{※3}		以下のことから、敷地に影響を与える可能性は、十分小さいと評価される。 ・敷地から十分な距離がある	
C29 勝淵山	126.4					
C34 北海道駒ヶ岳	109.0					
C35 横津岳	123.7					
C38 恵山	146.9					

※3 原子力発電所の火山影響評価ガイドにおいて、設計対応不可能な火山事象については、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の噴出中心と原子力発電所間の距離が火山影響評価ガイドに記載されている距離より大きい場合、その火山事象を評価の対象外とすることができるとされている。

○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。

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】

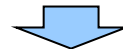
- ・ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は、敷地まで到達していない(P234～P237及びP241参照)。
- ・ニセコ・雷電火山群の現在の活動中心はイワオヌプリであると考えられる(P242～P243参照)。
- ・また、現在の活動中心であるイワオヌプリの溶岩流を含む火山噴出物の最大到達距離は、約4kmであり、敷地からニセコ・雷電火山群までの距離約20kmよりも小さい(P234～P237参照)。
- ・溶岩流シミュレーションにおいて、イワオヌプリ山頂から噴出した溶岩は、ワイスホルン、ニトヌプリ及びニセコアンヌプリに規制され、主に北東及び南西方向に流下し、敷地方向には流下しない結果となっ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

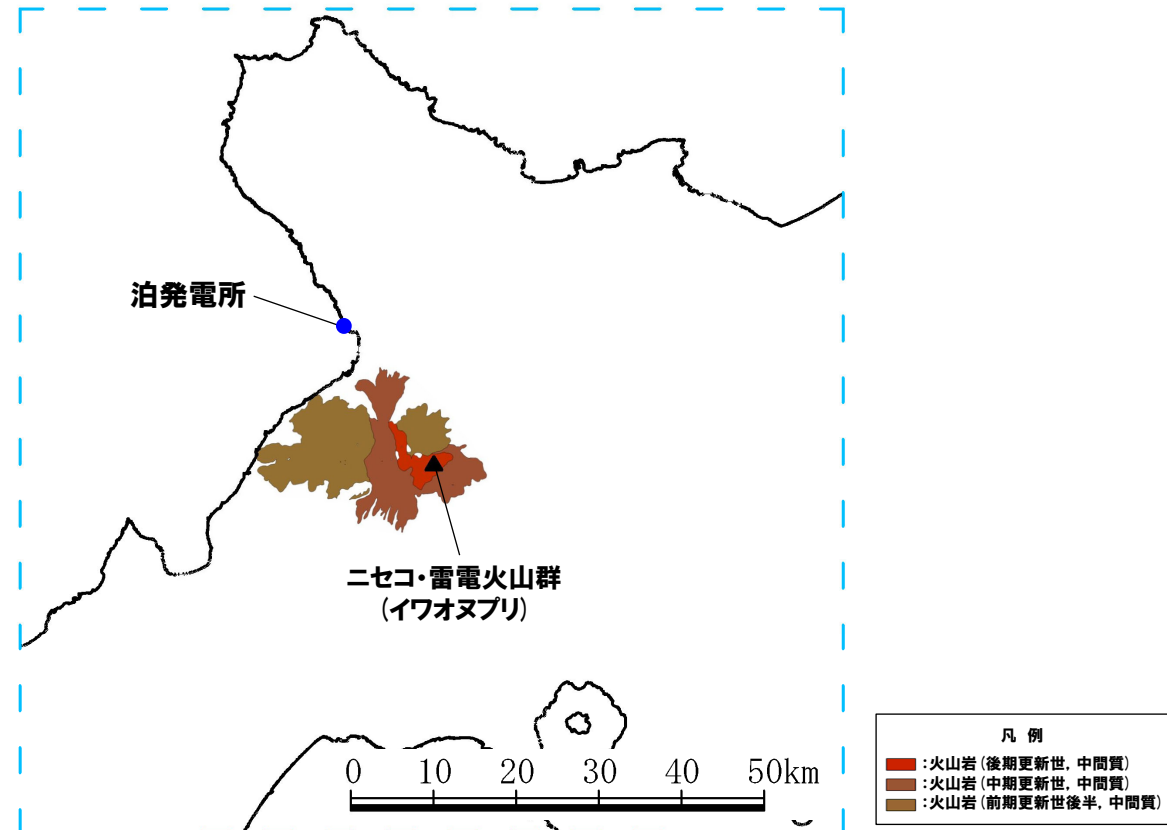
	大場(1960)	NEDO(1986)	日本地質学会編(2010)	Oka et al.(2023)
イワオヌプリ	最新期ニセコ火山群	第3期 (0.3-0.01Ma)	新期火山群 (0.3-<0.2Ma)	newer volcanoes (<0.1Ma-<10ka)
チセヌプリ				
ニトヌプリ	新期ニセコ火山群	第2期 (1.1-0.1Ma)	中期火山群 (0.8-0.25Ma)	(0.5-0.1Ma)
白樺山				
シャクナゲ岳				
ニセコアンヌプリ				
目国内岳				—
岩内岳	旧期ニセコ火山群	第1期 (1.6-1.0Ma)	古期火山群 (2.03-0.5Ma)	early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

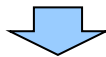
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

①-2 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)。

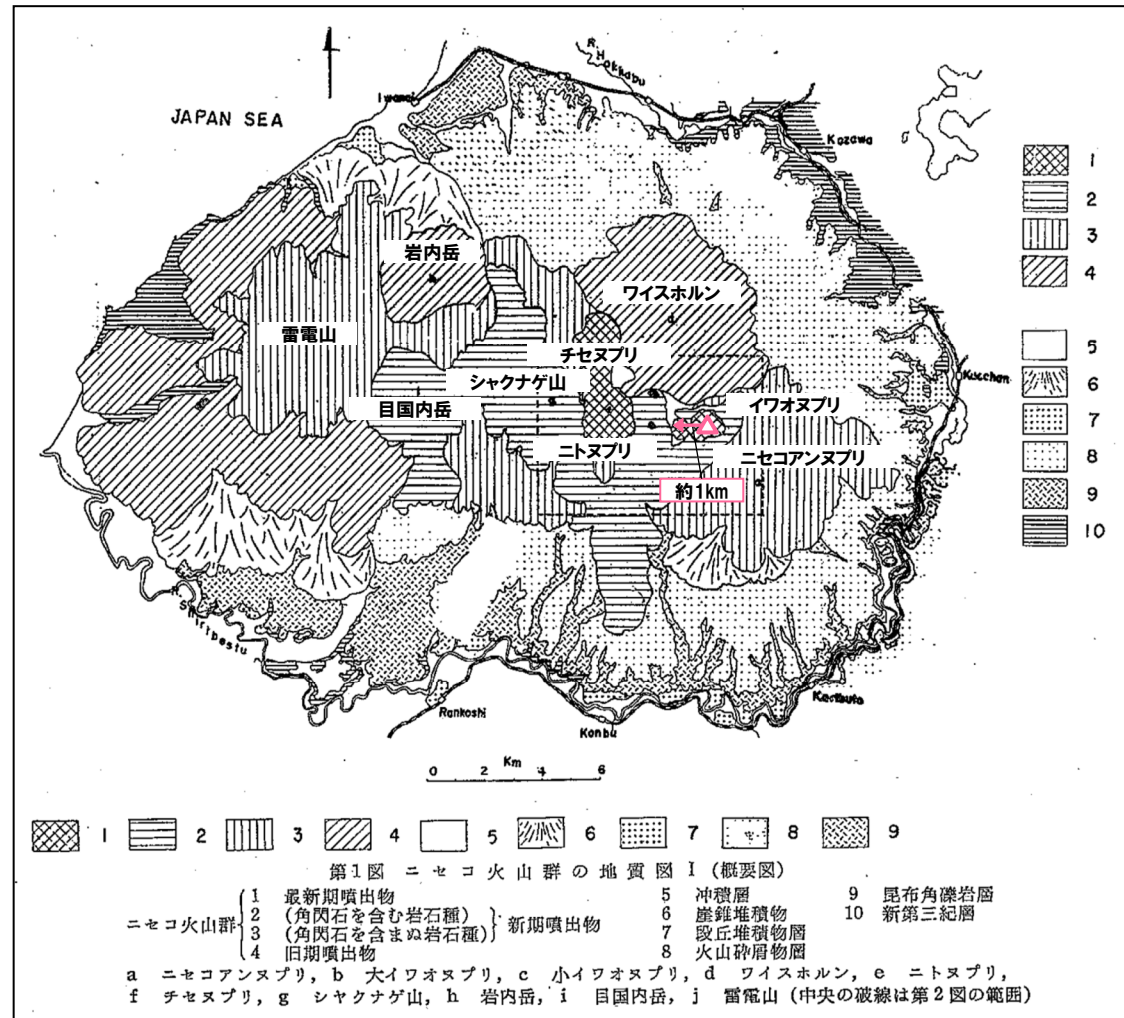


- 大場 (1960) に基づくと、ニセコ・雷電火山群の火山噴出物は、敷地まで到達していない。
- 現在の活動中心であるイワオヌプリ (P242~P243参照) の火山噴出物の最大到達距離は約 1km である。

地質層序表 (大場 (1960) に加筆)

第1表 地質層序

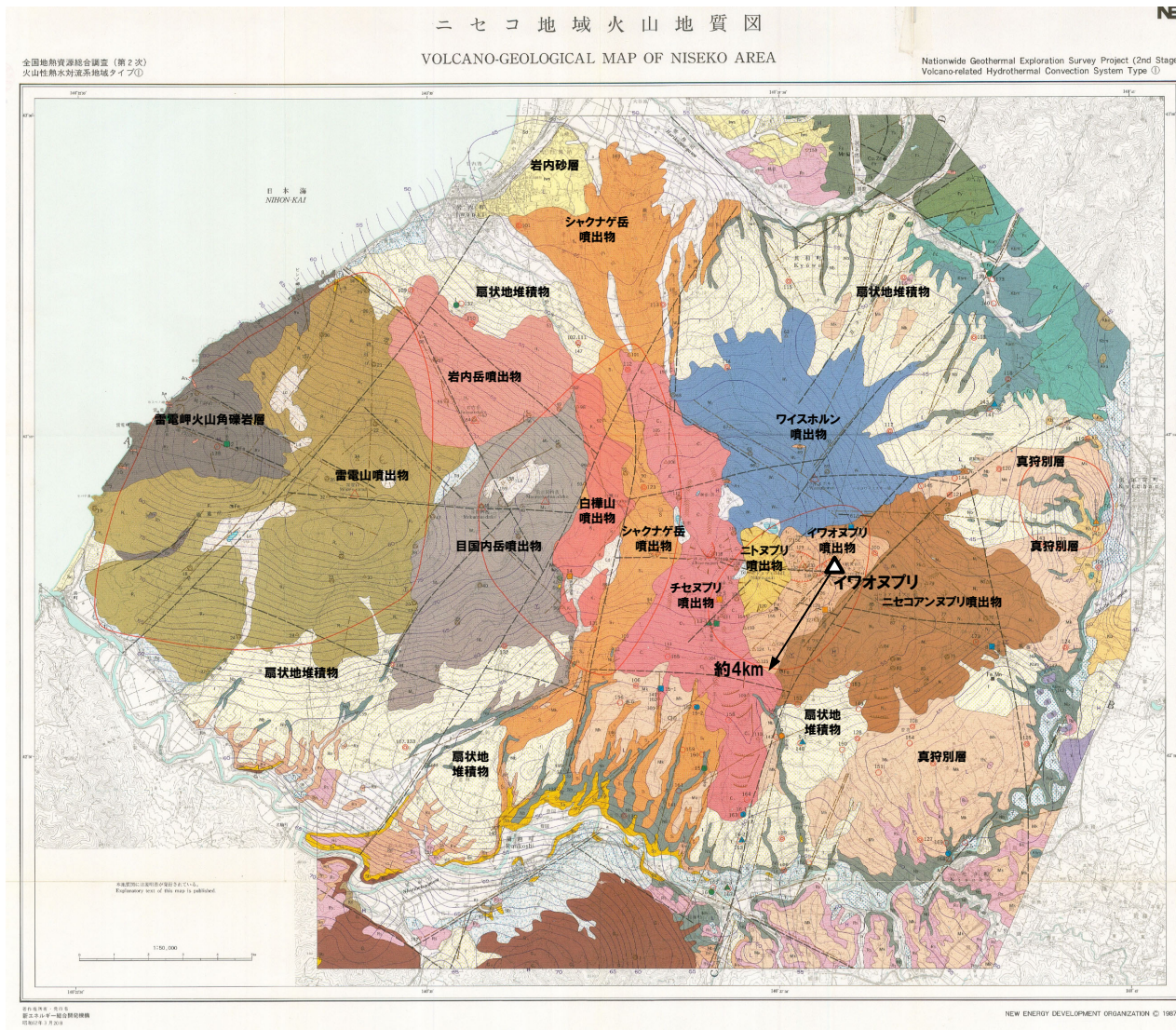
時代	層	序	火山活動	
第 四 紀	沖積世	河床堆積物	大イワオヌプリ	最新期ニセコ火山群
		湖水堆積物	小イワオヌプリ	
	洪積世	扇状地堆積物	チセヌプリ	
			ニトヌプリ	
第 三 紀	新第三紀層	火山砕屑物	シャクナゲヌプリ	新期ニセコ火山群
		段丘堆積物	ニセコアンヌプリ	
			雷電岳 (上部)	目国内岳
鮮新世	新第三紀層		雷電岳 (下部)	
			岩内岳	
第三紀			ワイスホルン	



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。



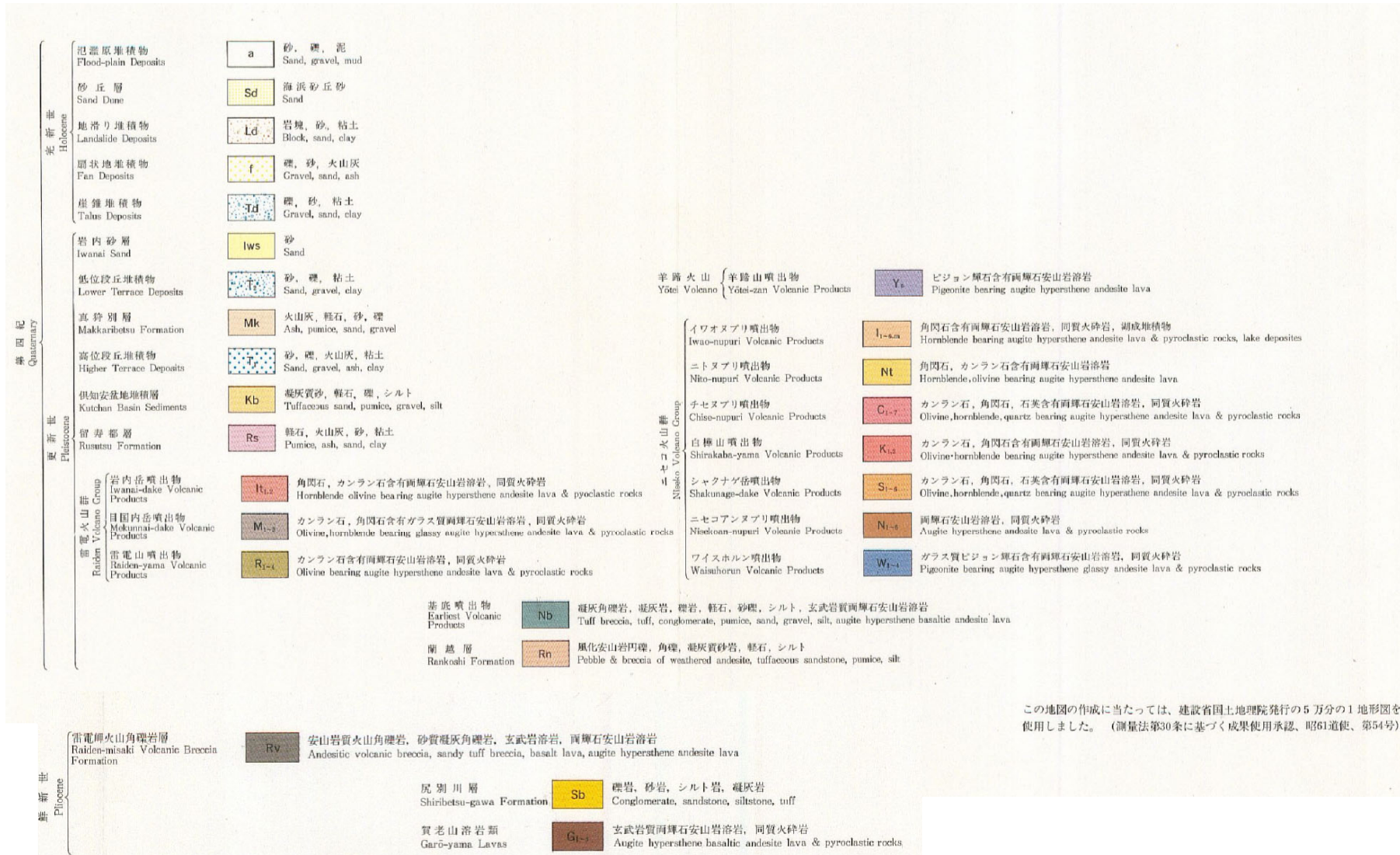
○新エネルギー総合開発機構(1986, 1987a)に基づくと、ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は、敷地まで到達していない。

○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)

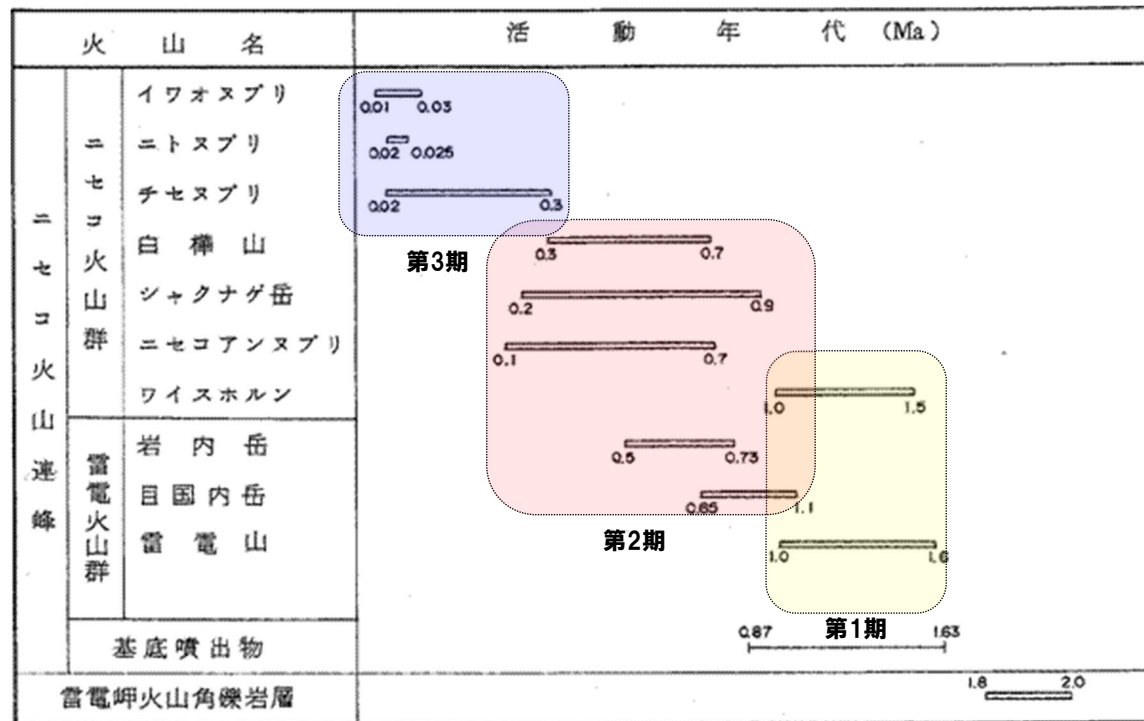
○ニセコ・雷電火山群の活動時期については、「第1期」、「第2期」及び「第3期」に分類されている。

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

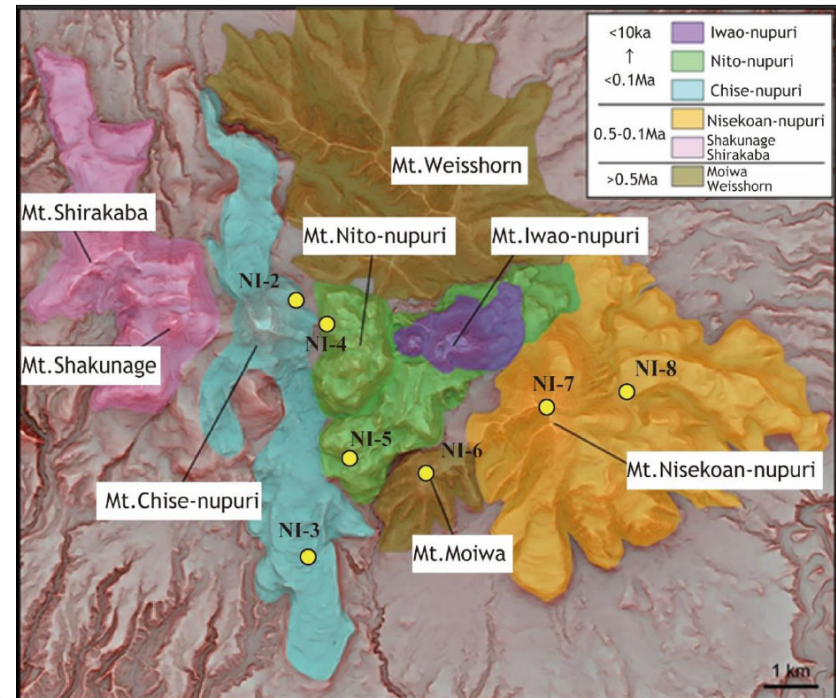
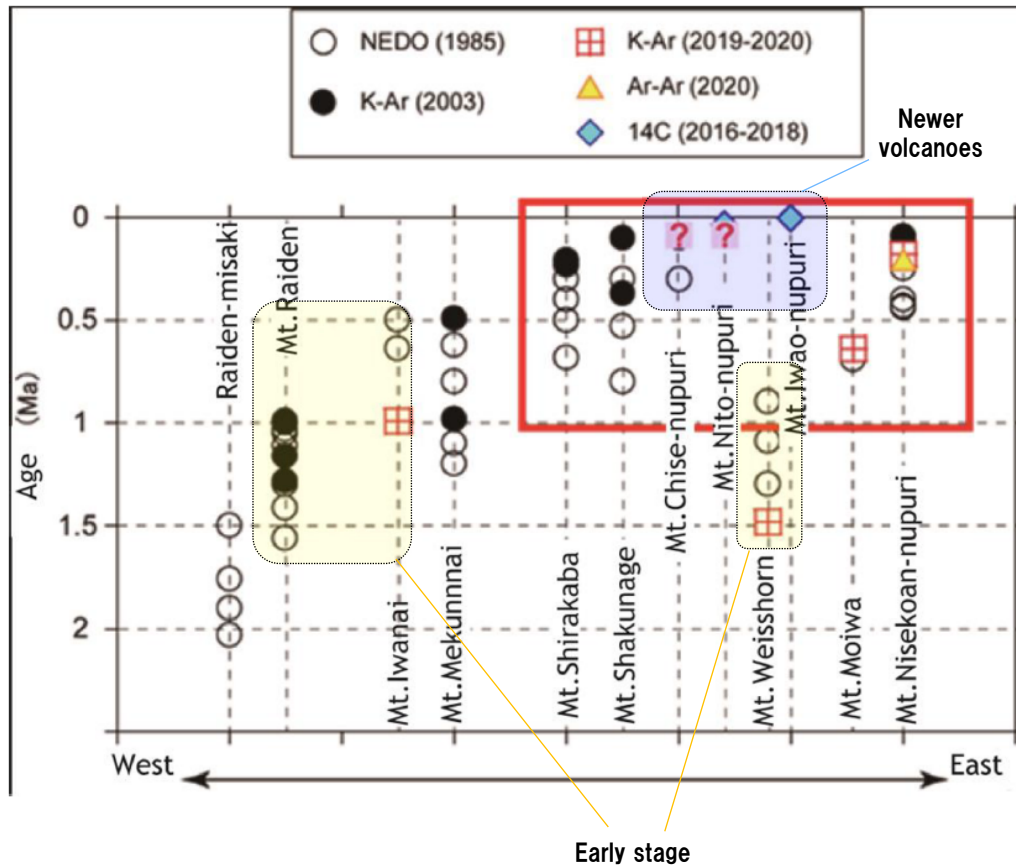
火山群	火山体	活動時期
古期火山群	雷電火山	2.03±0.28Ma-0.99±0.12Ma
	目国内岳火山	1.2±0.2Ma-0.62±0.06Ma
	岩内岳火山	0.64±0.13Ma-0.5±0.2Ma
	ワイスホルン火山	1.3±0.4Ma-0.9±0.3Ma
中期火山群	白樺岳火山	0.68±0.04Ma-0.3±0.2Ma
	シャクナゲ岳火山	0.8±0.05Ma-0.30±0.03Ma
	ニセコアンヌプリ火山	0.69±0.35Ma-0.25±0.13Ma
新期火山群	チセヌプリ火山	0.3±0.2Ma-<0.2Ma
	ニトヌプリ火山	<0.2Ma
	イワオヌプリ火山	<0.2Ma

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)

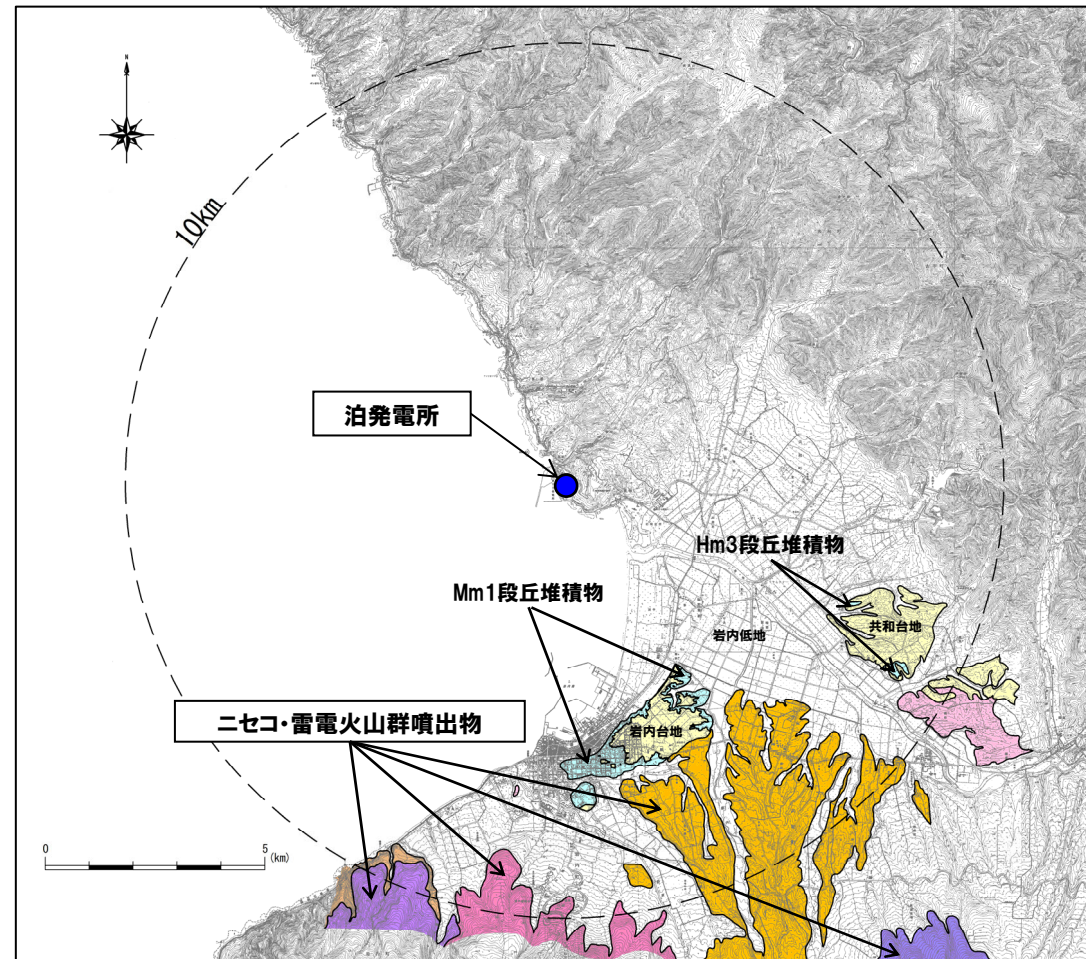
一部修正 (H25/11/13審査会合)

【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



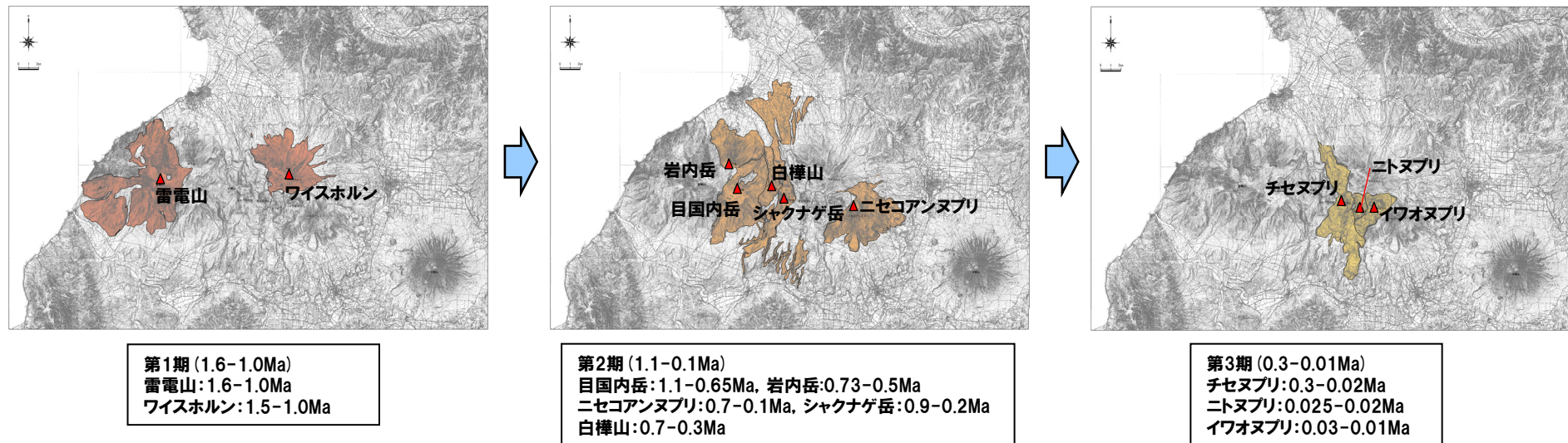
敷地から半径10km以内の第四紀火山地質図

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)

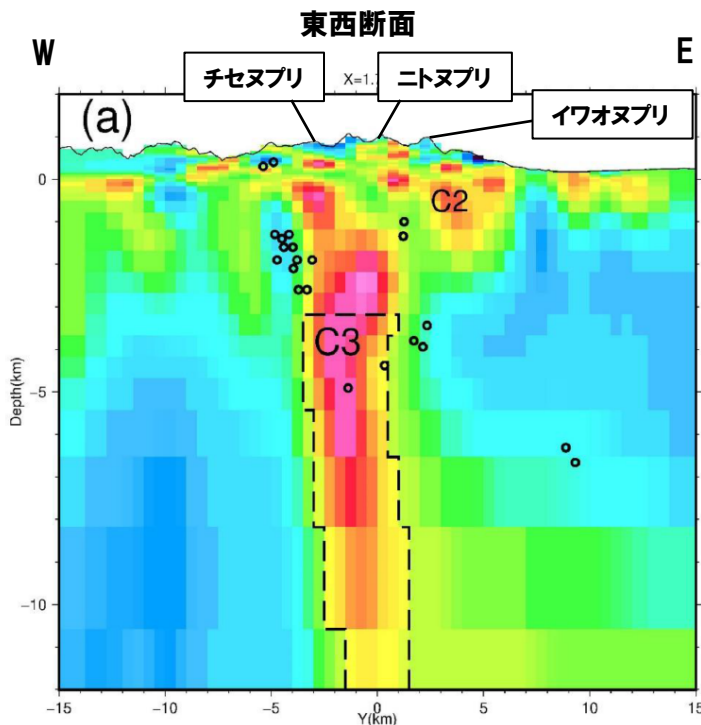
①-2 溶岩流に関する個別評価結果 (ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (11/14)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

(前頁からの続き)

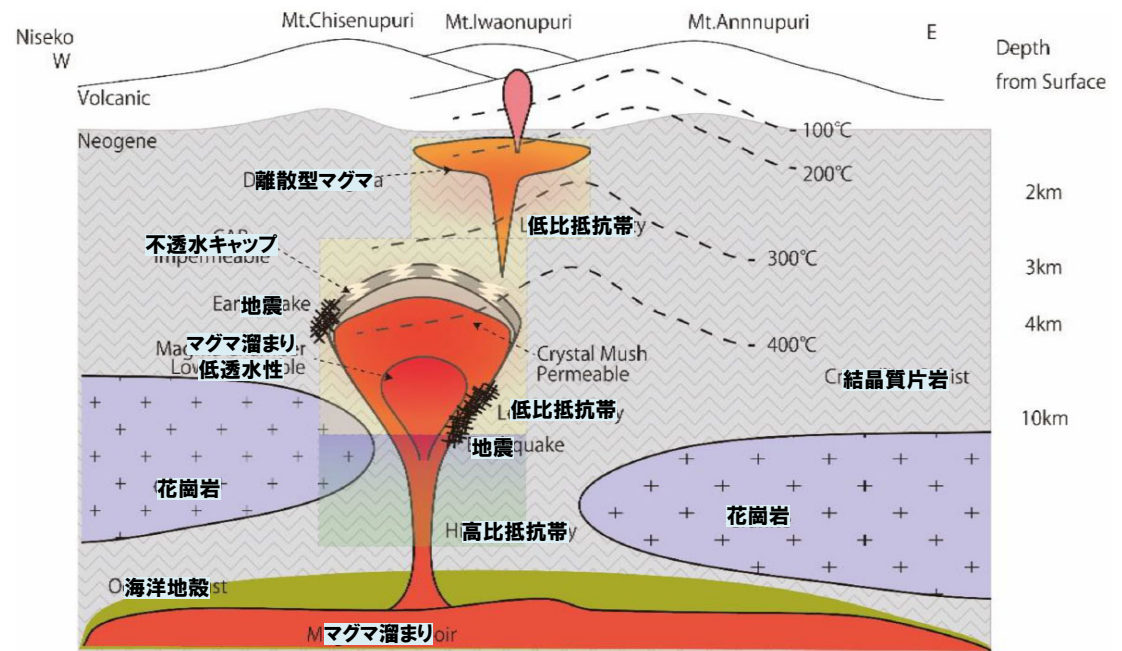
【現在の地下構造】

- 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 0.72km^3 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

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
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】

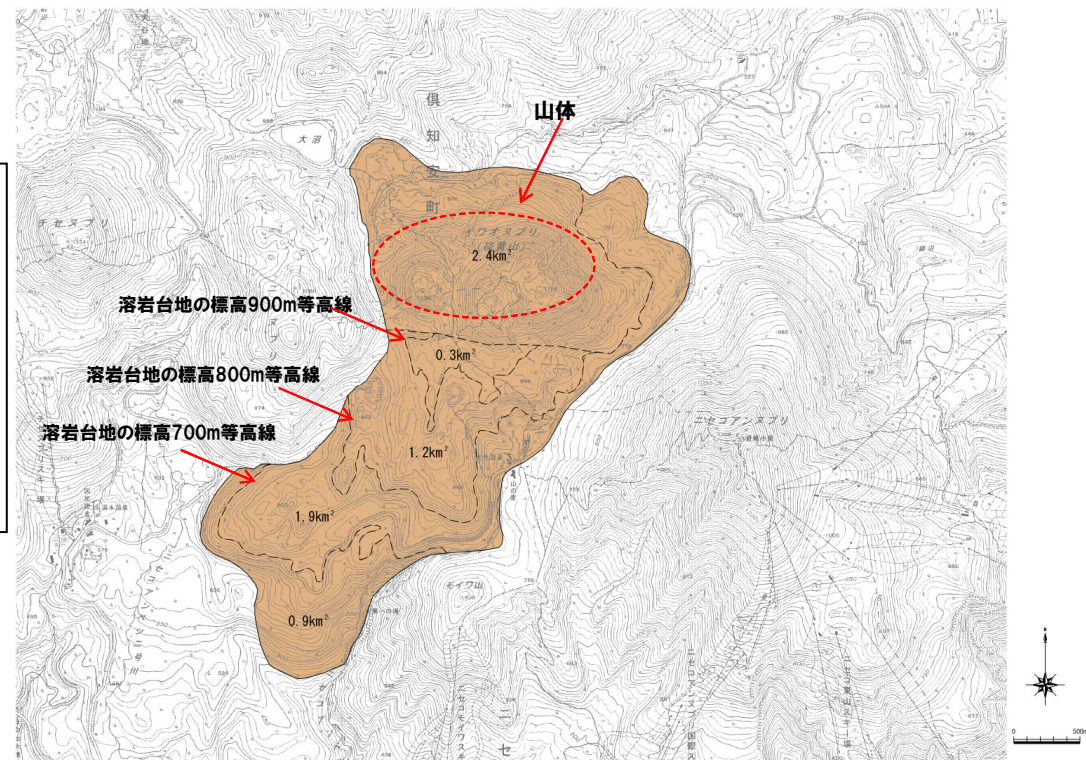
○溶岩流噴出量は、現在の活動中心であるイワオヌプリを対象として、新エネルギー総合開発機構(1987a)の噴出物の分布範囲及び当該範囲の高度差から溶岩台地の体積を算出し、 0.72km^3 と設定した。

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



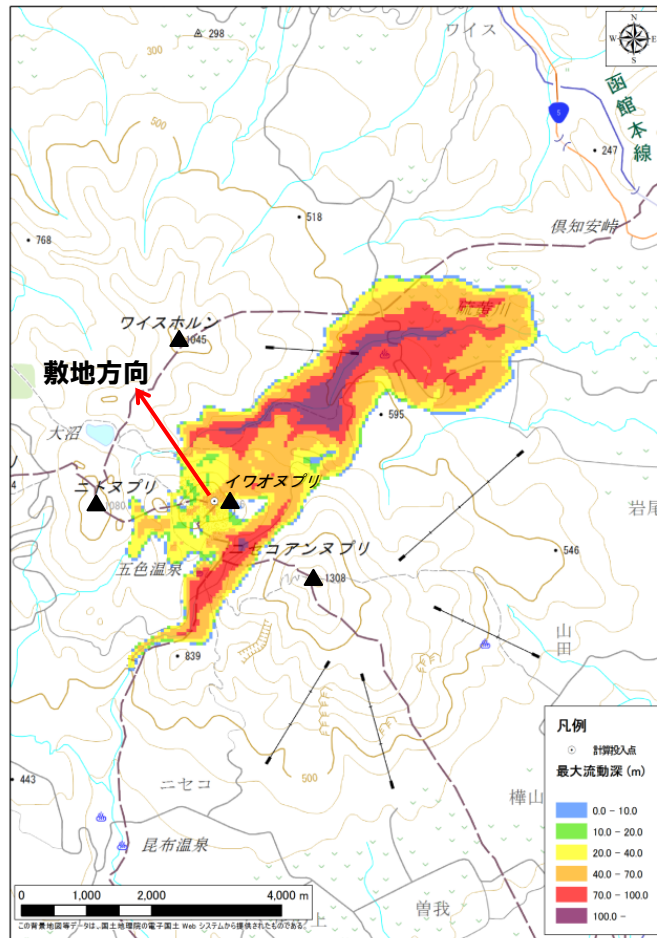
イワオヌプリ噴出物の分布

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)

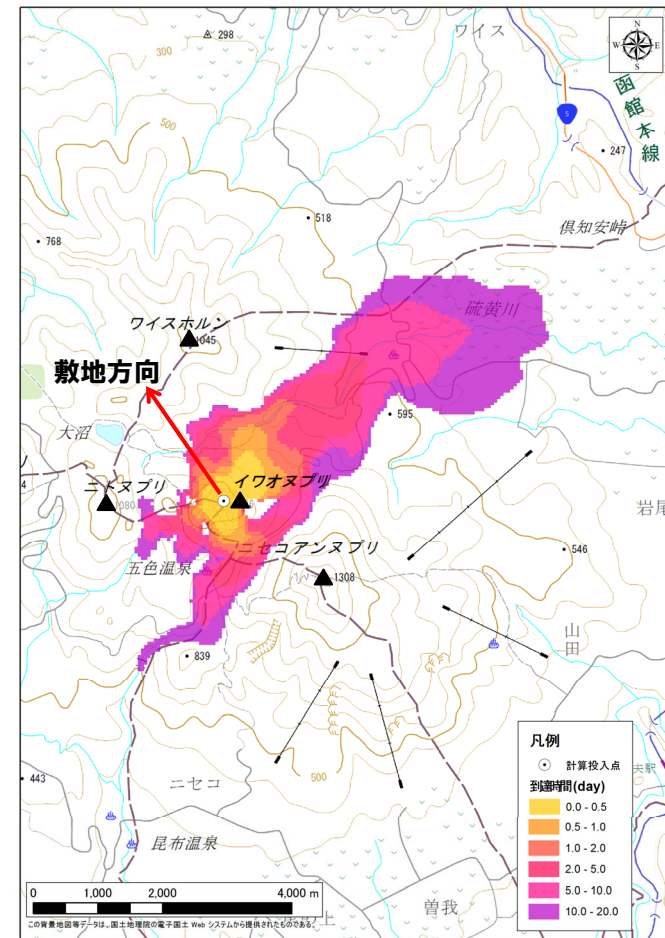
一部修正(H25/12/18審査会合)

【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)

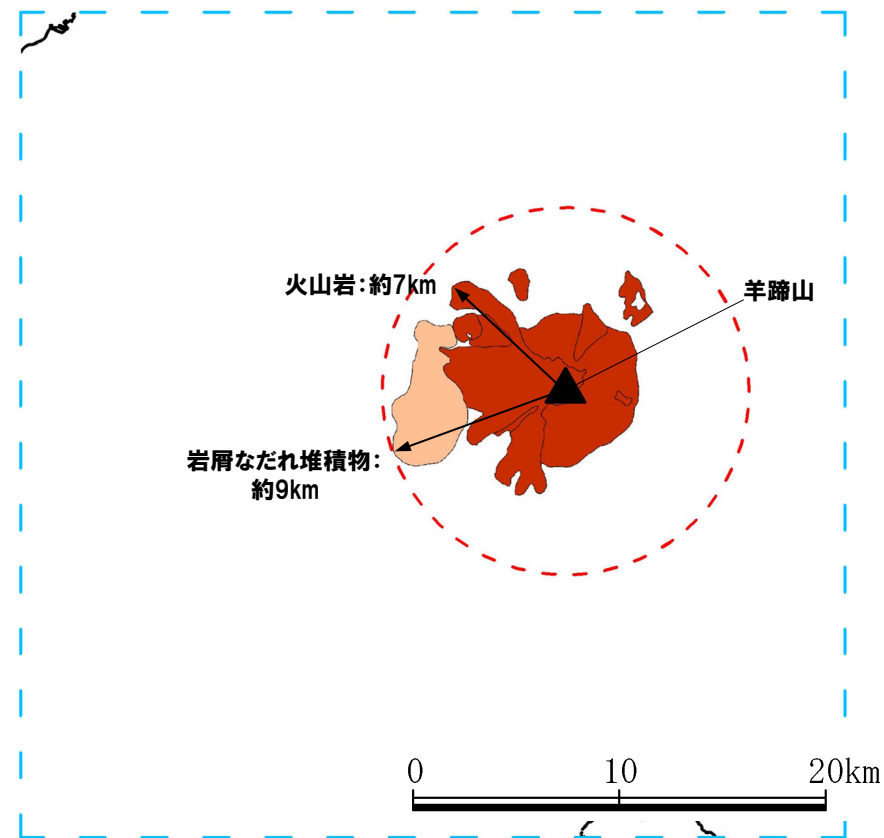
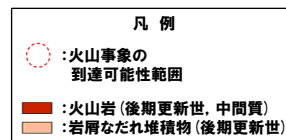
再掲 (R5/1/20審査会合)

【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)

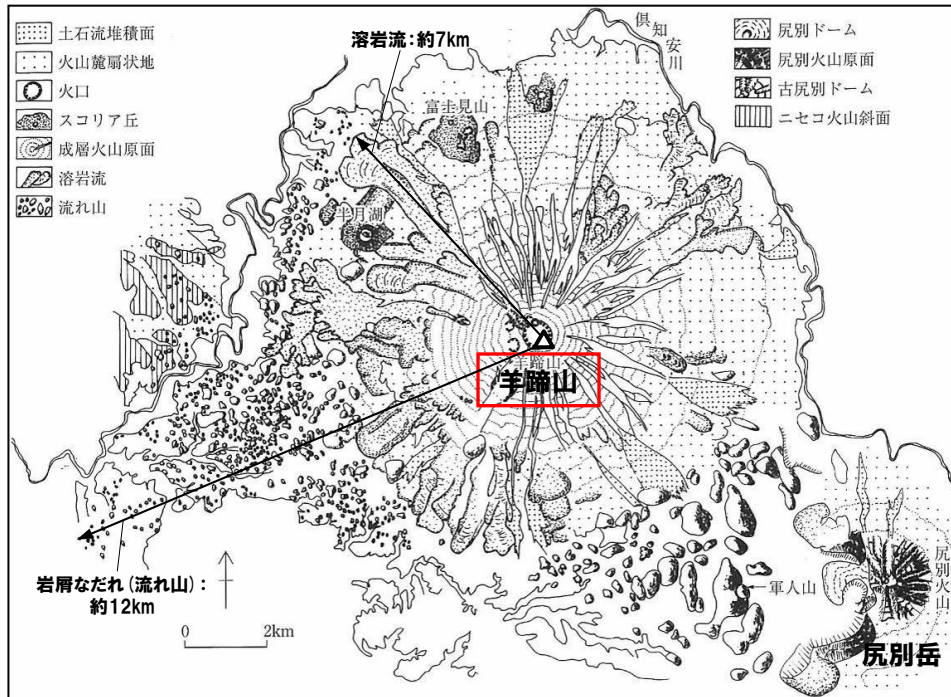
一部修正 (H25/11/13審査会合)

【小嶋ほか編(2003)】

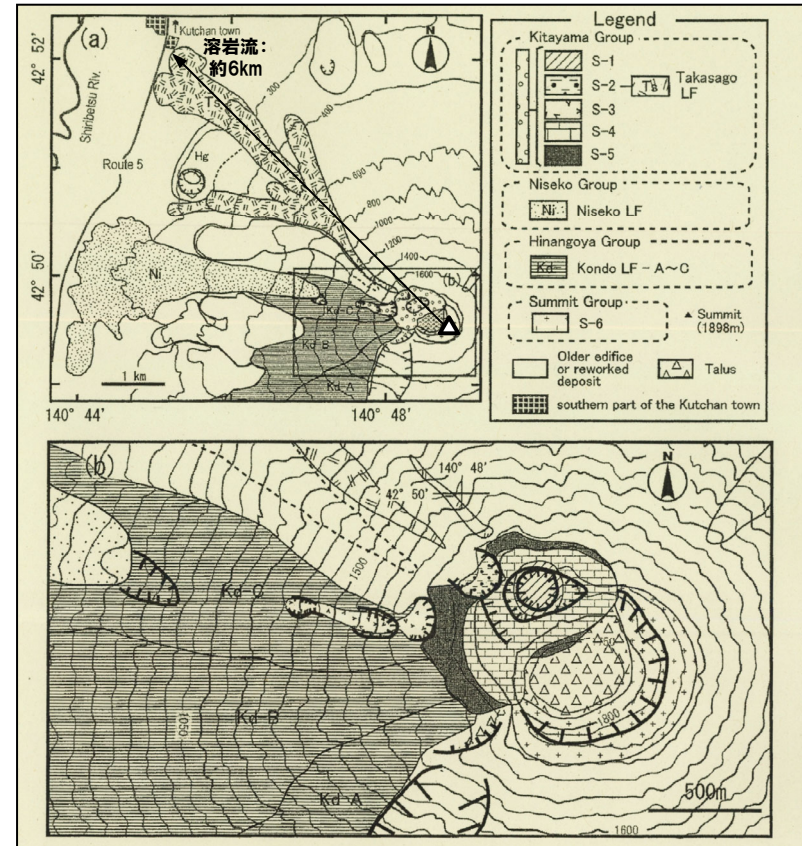
○羊蹄山の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約7km, 岩屑なだれ(流れ山)の最大到達距離は約12kmであり, 敷地まで到達していない。

【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)

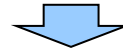


完新世における羊蹄山山頂周辺の火口からの噴出物の分布(上澤ほか(2011)に加筆)

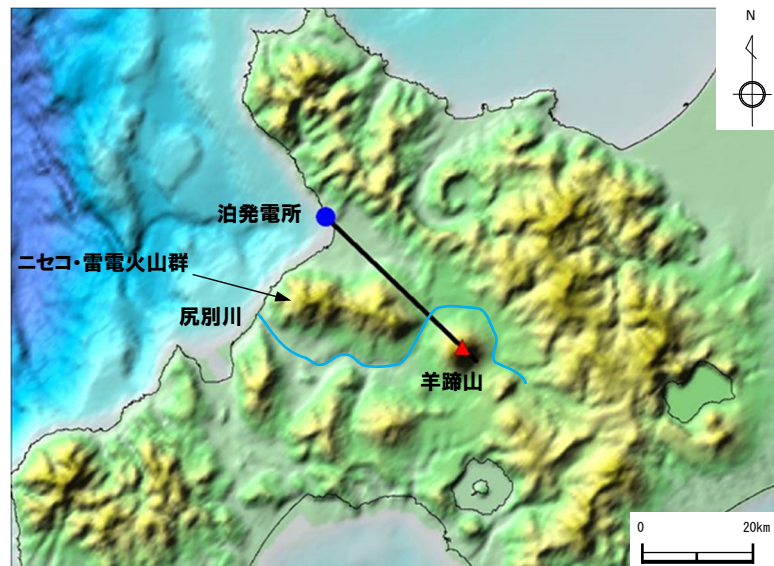
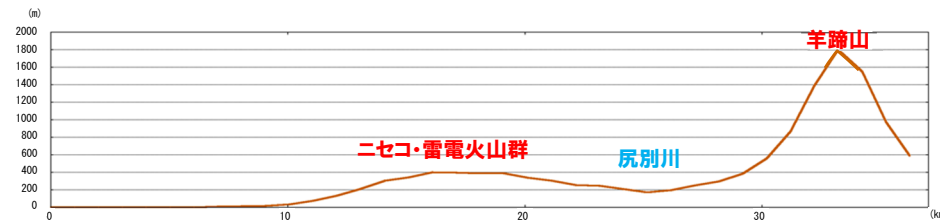
①-3 溶岩流に関する個別評価(羊蹄山-地形状況-) (3/6)

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
温度一粘性関数	poise (=0.1Pa・S)	3.0×10 ⁹	大原ほか(1990)、家田ほか(2009)
温度一降伏応力関数	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】

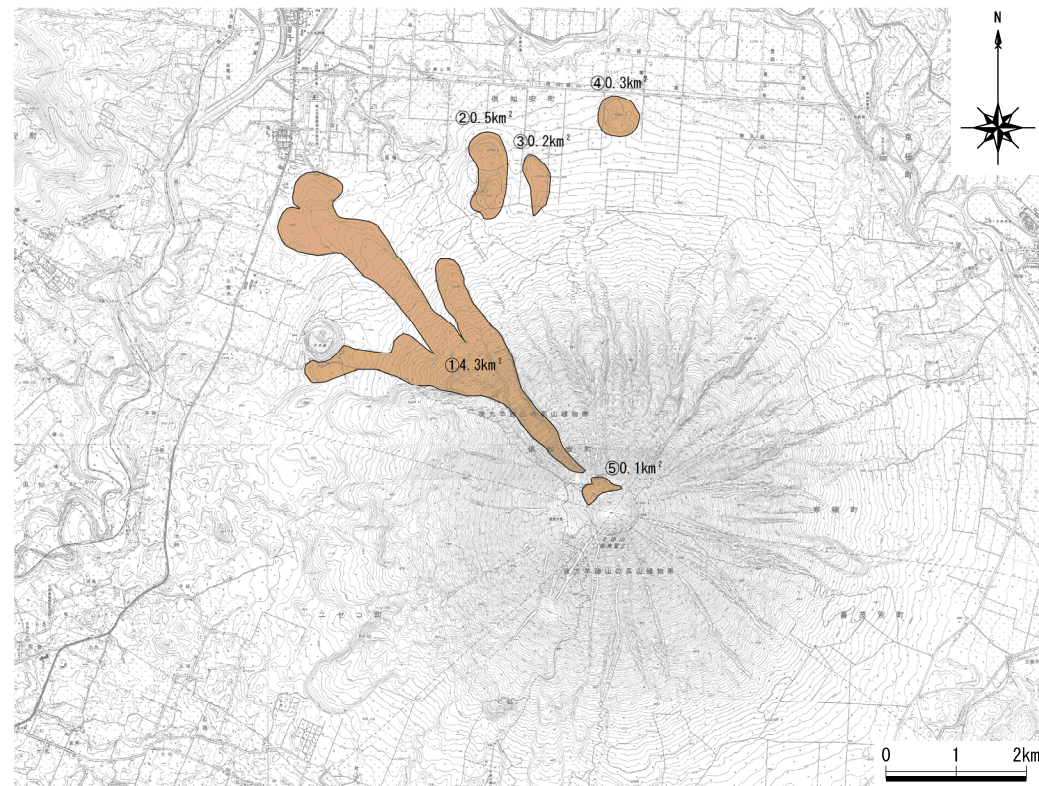
○溶岩流噴出量は、勝井ほか(2007)及び上澤ほか(2011)に基づき、以下の理由から、保守的に北山期(約1万年前以降)の総噴出物を対象とし、 0.18km^3 と設定した。

- ・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



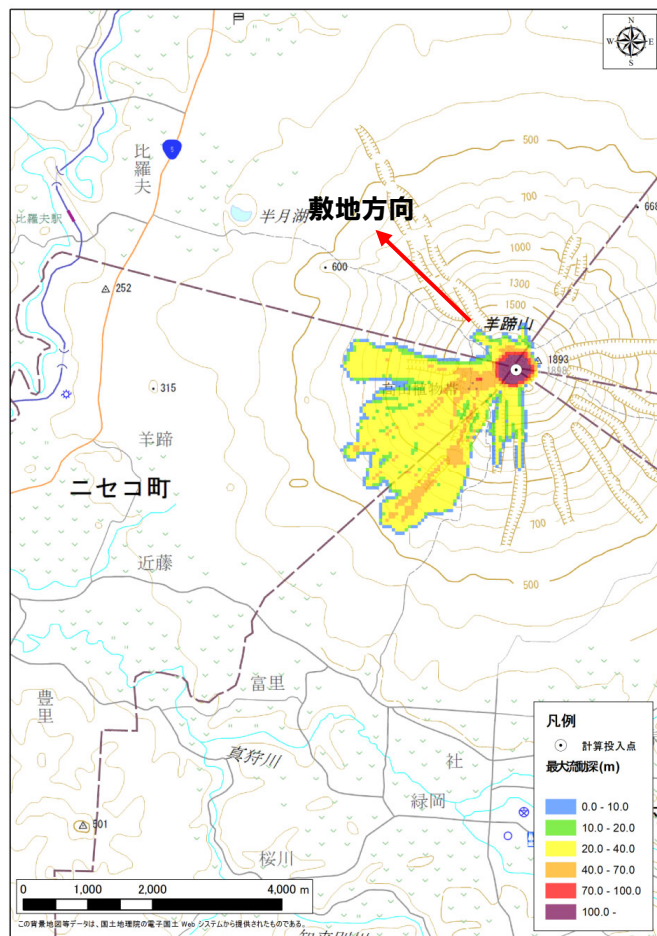
勝井ほか(2007)に基づく羊蹄山噴出物(北山期)の分布

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)

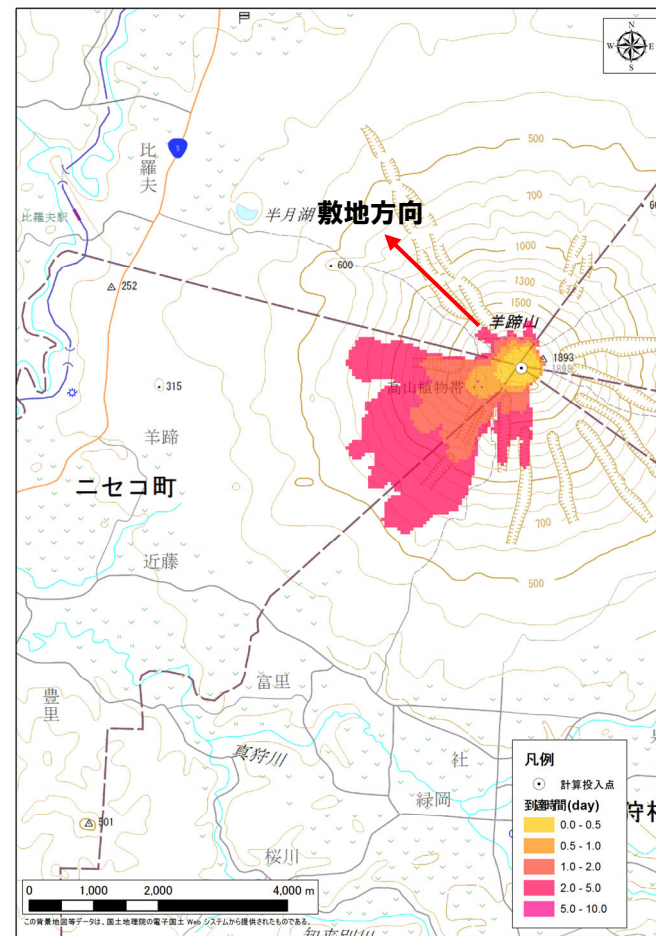
一部修正 (H25/12/18審査会合)

【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



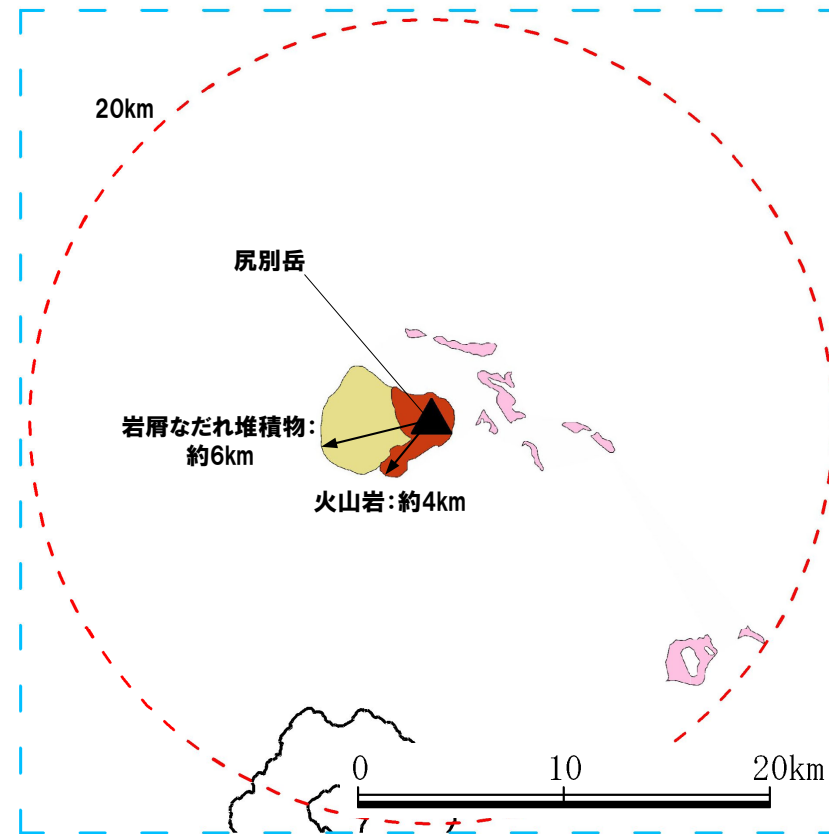
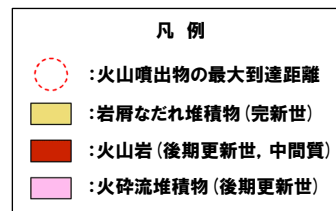
溶岩流到達時間

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。



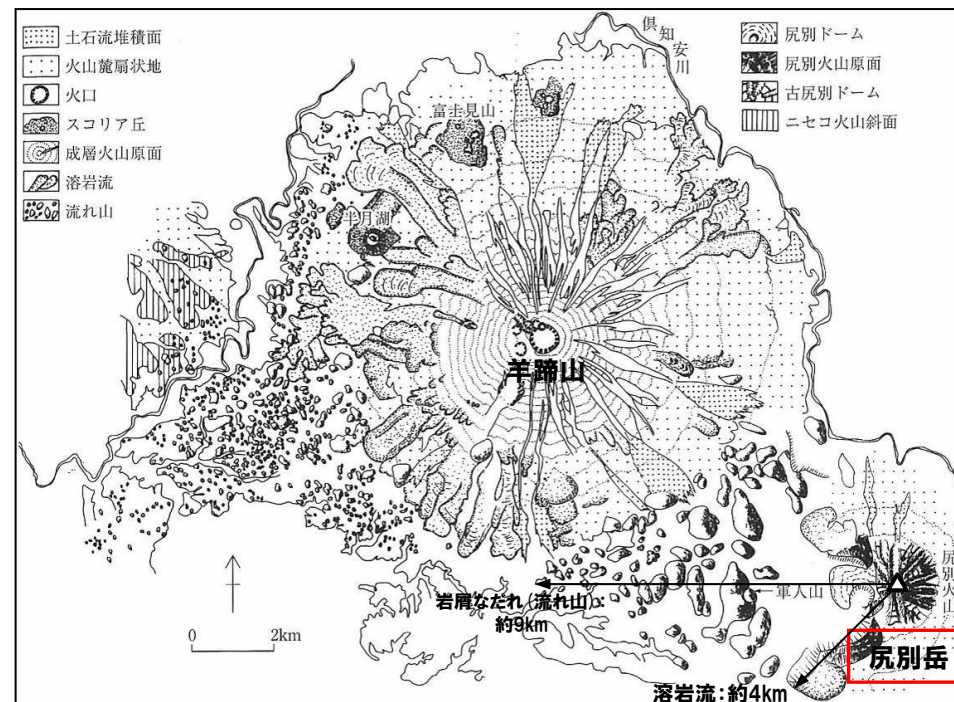
尻別岳の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)より作成)

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)

【小嶋ほか編(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。

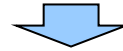


尻別岳の地形分類図(小嶋ほか編(2003)に加筆)

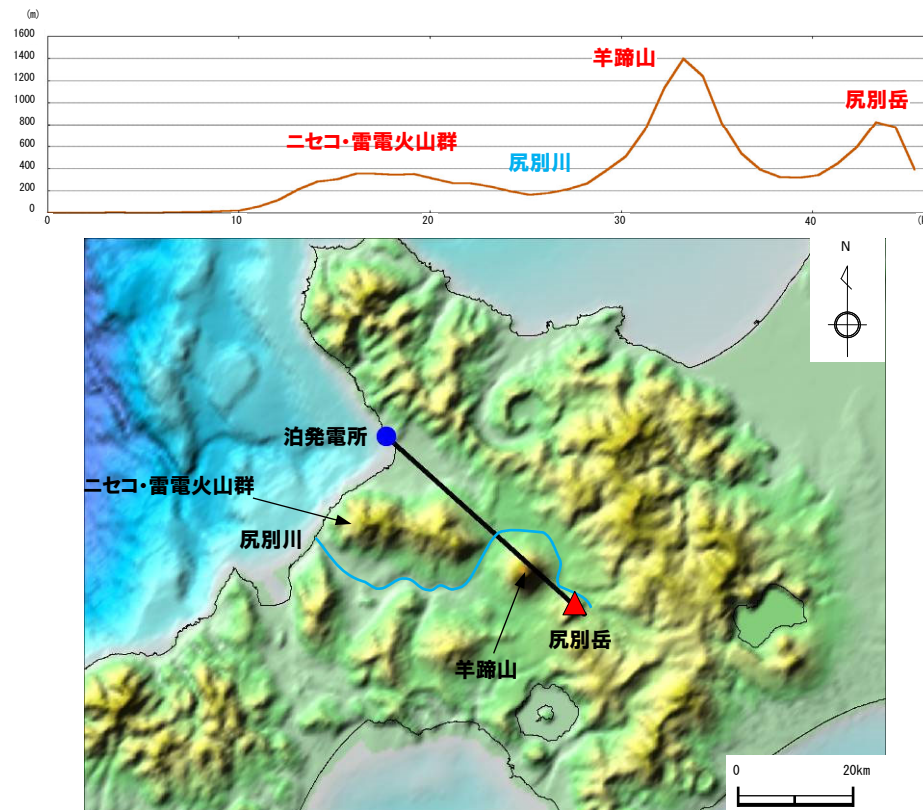
①-4 溶岩流に関する個別評価(尻別岳-地形状況-) (3/3)

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】

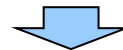
- ・ニセコ・雷電火山群の火山噴出物は、敷地まで到達していない (P241参照)。
- ・現在の活動中心であるイワオヌプリの火山噴出物の最大到達距離は、約4kmであり、敷地からニセコ・雷電火山群までの距離約20kmよりも小さい (P235～P237参照)。

【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)。

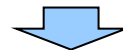


- 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

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

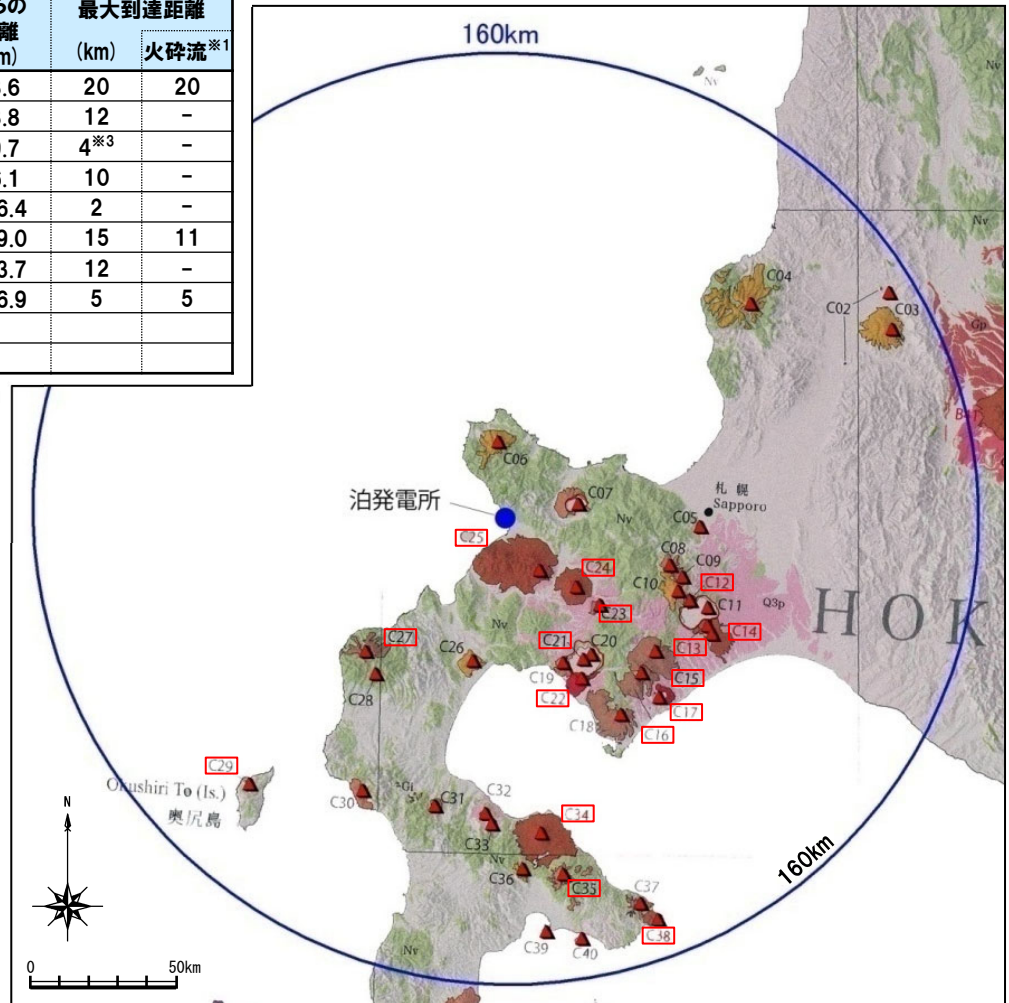
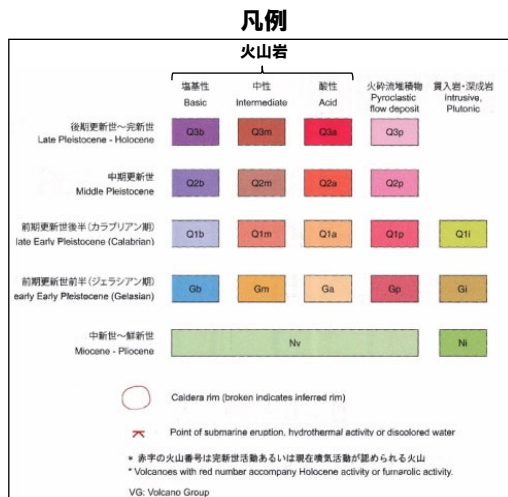
③-1 火砕物密度流に関する個別評価 (2/2)

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}				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)。

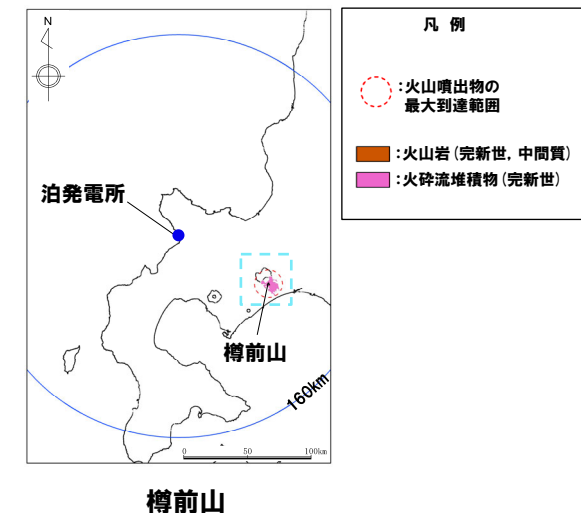
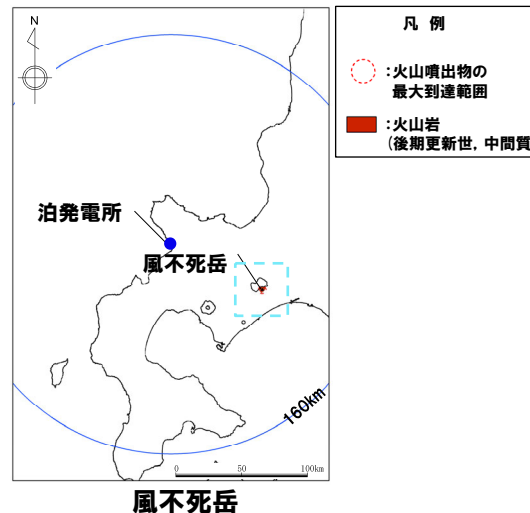
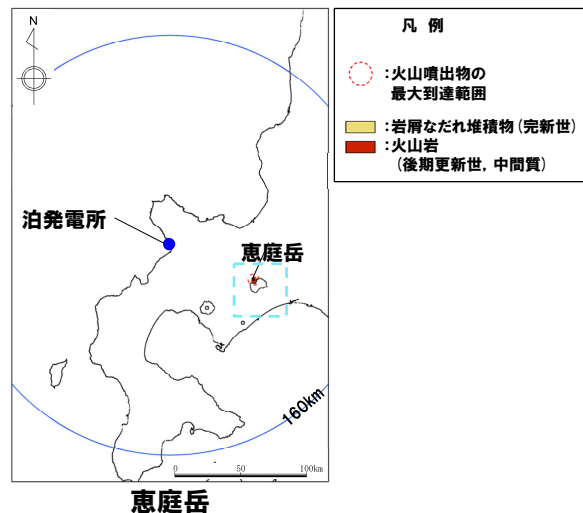
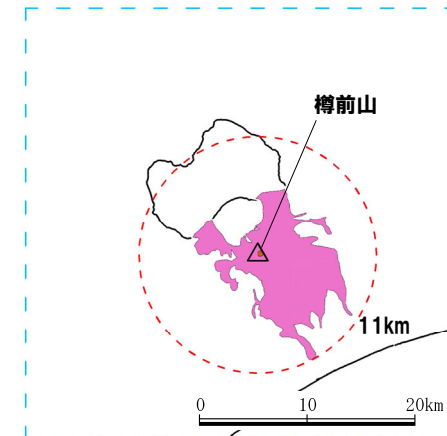
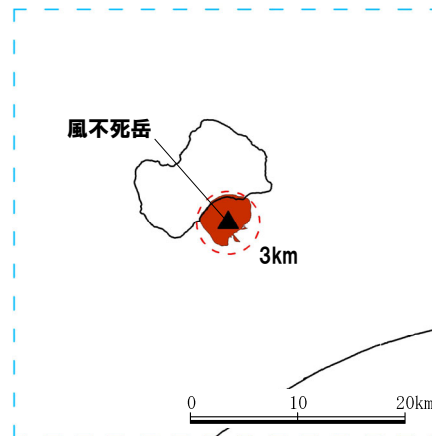
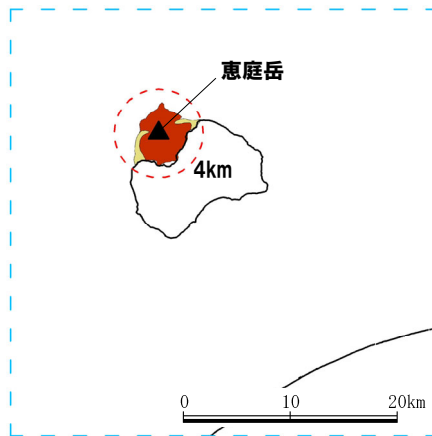


火山地質図
(中野ほか編 (2013) に加筆)

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。

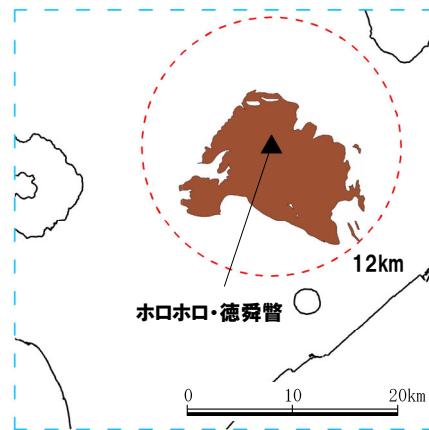


恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

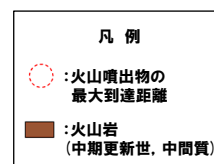
③-3 火砕物密度流に関する個別評価 (ホロホロ・徳舜瞥及びオロフレ・来馬)

再掲 (R5/1/20審査会合)

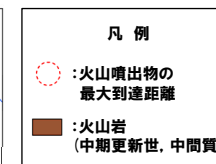
- ホロホロ・徳舜瞥の火山噴出物の最大到達距離は約12kmであり、敷地からの距離約68kmよりも小さく、敷地まで到達していない。
- オロフレ・来馬の火山噴出物の最大到達距離は約9kmであり、敷地からの距離約70kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



ホロホロ・徳舜瞥



オロフレ・来馬

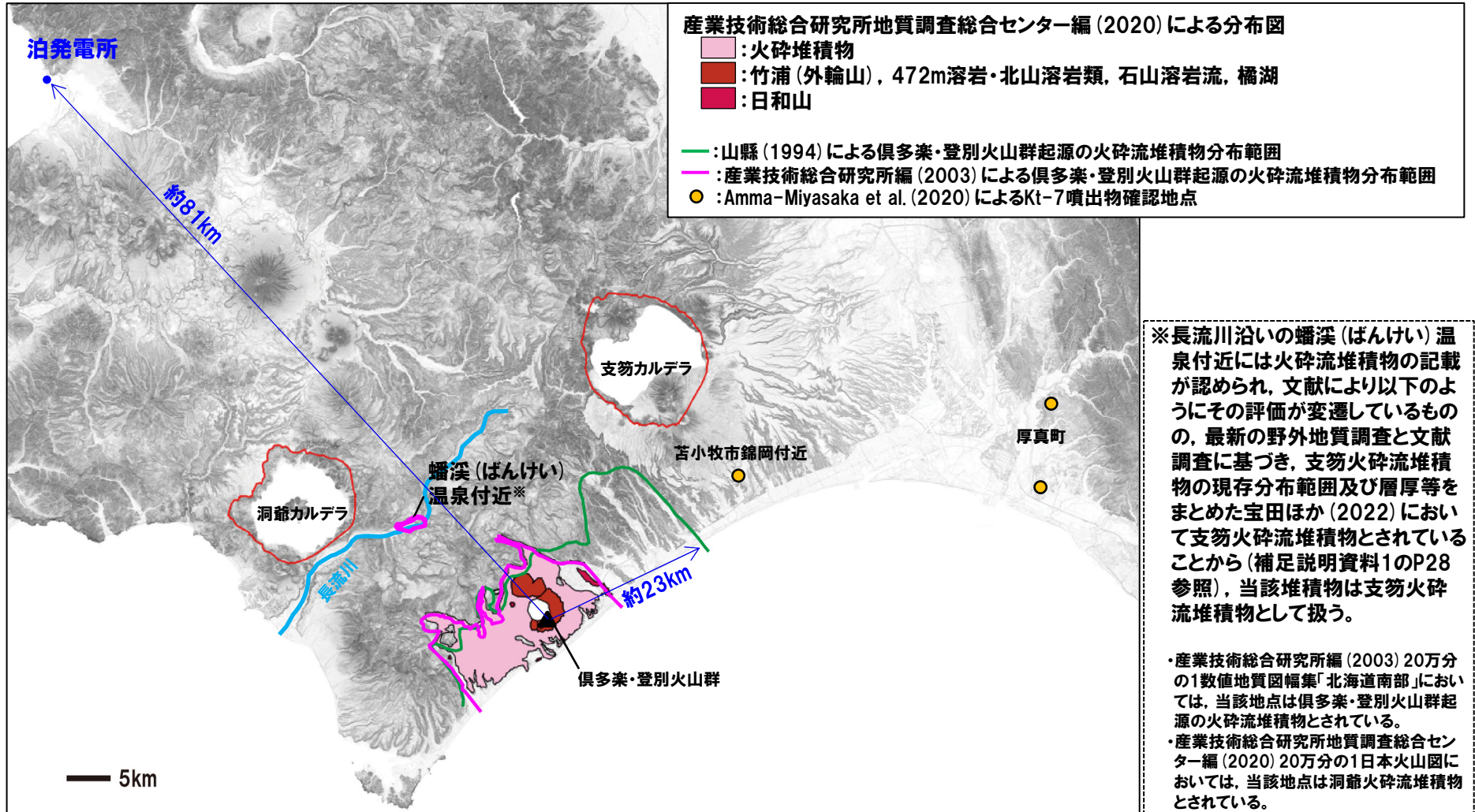


ホロホロ・徳舜瞥及びオロフレ・来馬の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

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。

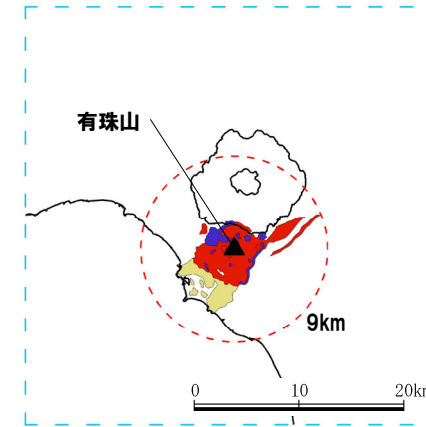
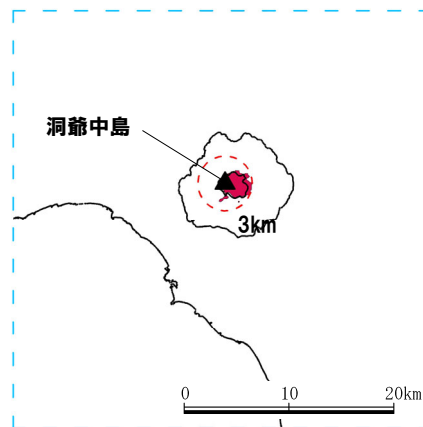


倶多楽・登別火山群の火山噴出物の分布範囲 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) を基に作成)

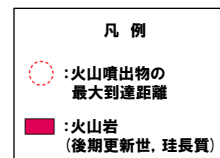
③-5 火砕物密度流に関する個別評価（洞爺カルデラの後カルデラ火山）

再掲 (R5/1/20審査会合)

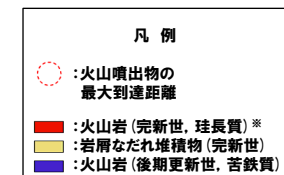
○洞爺カルデラの後カルデラ火山（洞爺中島及び有珠山）の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は有珠山の約9kmであり、敷地から有珠山までの距離約61kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



洞爺中島



有珠山

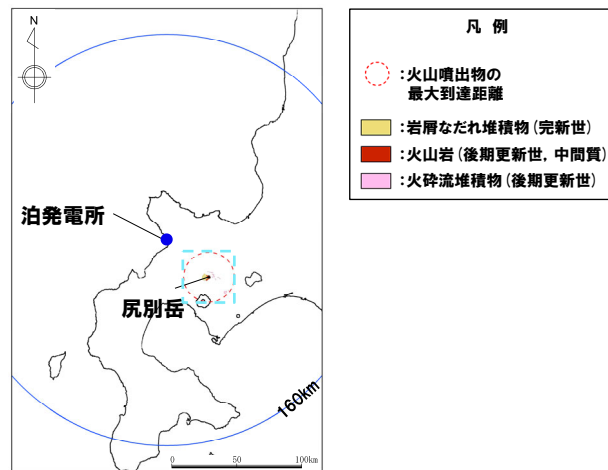
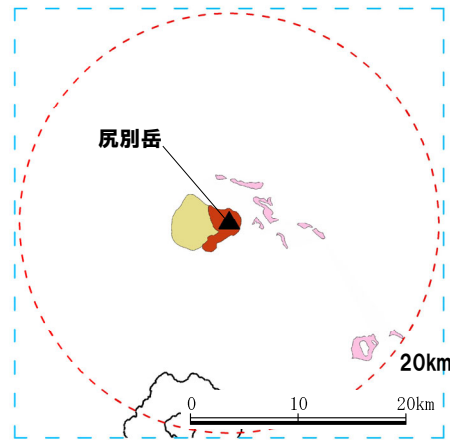


*「1663年-1978年火砕流堆積物及び降下堆積物」を含む

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。



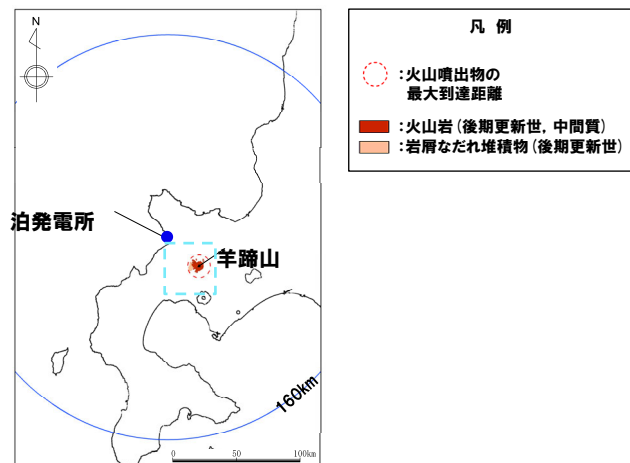
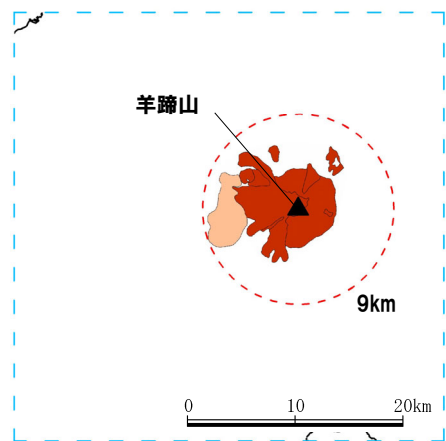
尻別岳の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)より作成)

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)

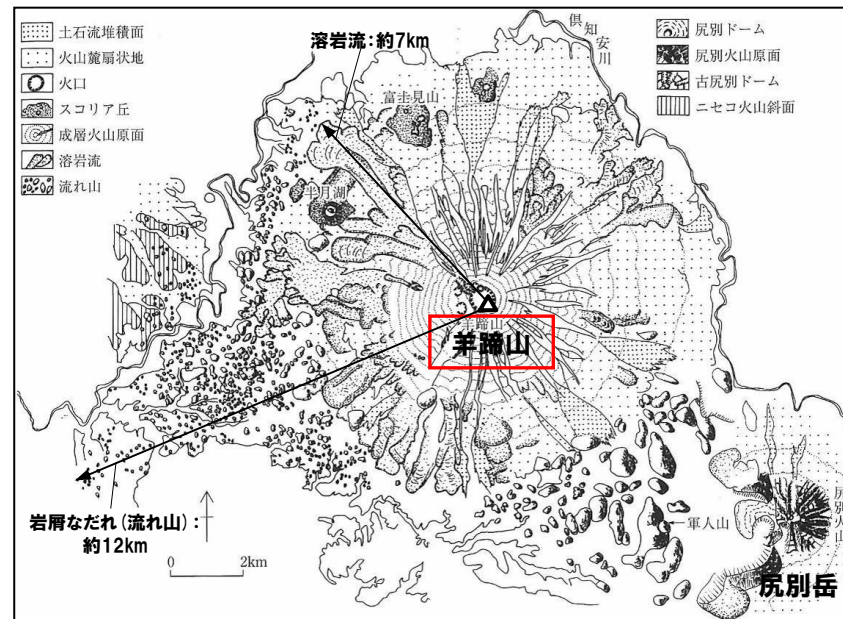
再掲 (R5/1/20審査会合)

○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)

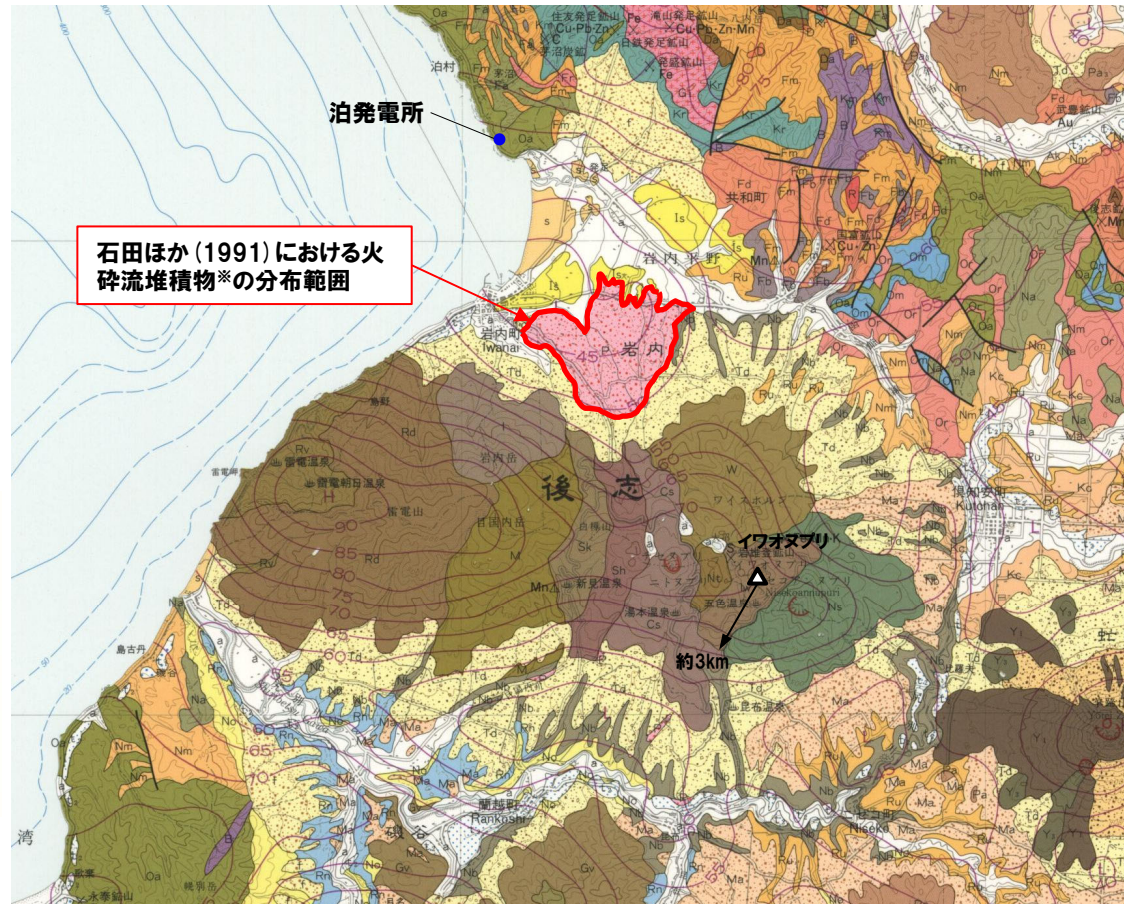


羊蹄山の地形分類図

(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) (2/3)

再掲 (R5/1/20審査会合)



凡例 (一部抜粋)

イワオヌプリ火山 Iwaonupuri 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
ニトヌプリ火山 Nitonupuri Volcano	Nt	輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock
チセヌプリ火山 Chisenupuri Volcano	Cs	輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock
ニセコアヌプリ火山 Nisekoannupuri 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)

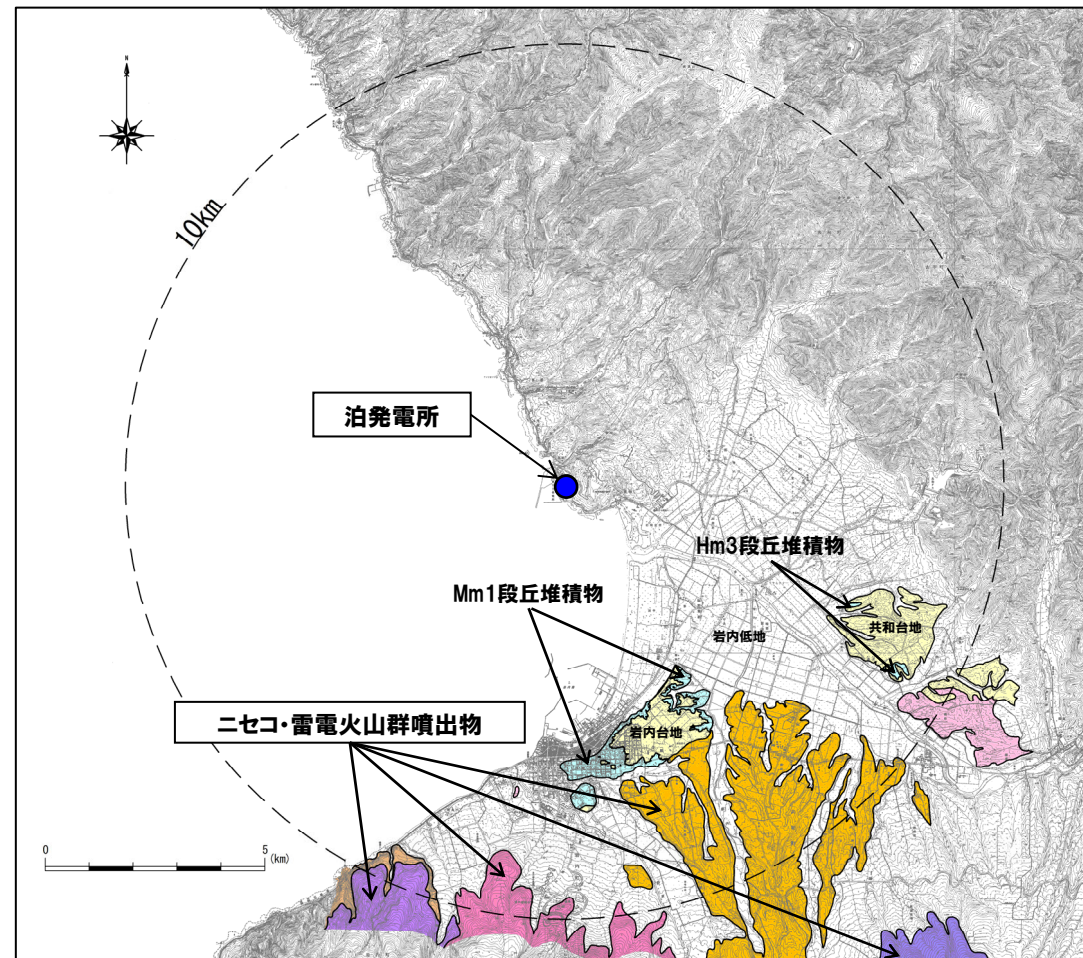
③-8 火砕物密度流に関する個別評価(ニセコ・雷電火山群)(3/3)

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

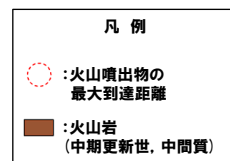
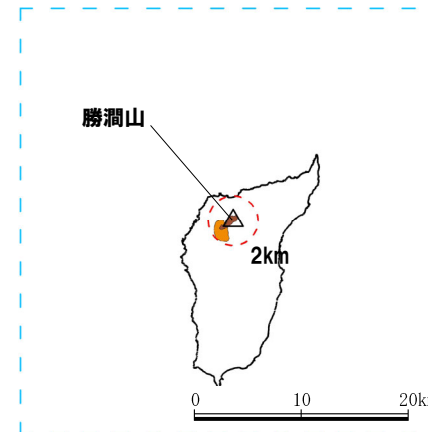
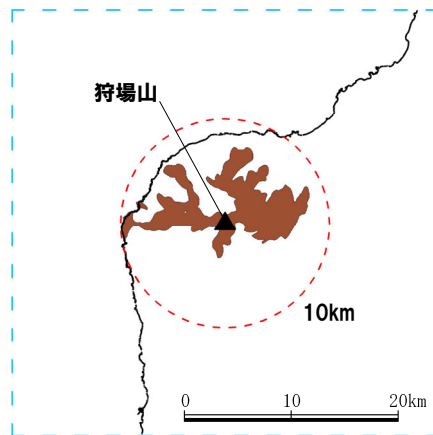


敷地から半径10km以内の第四紀火山地質図

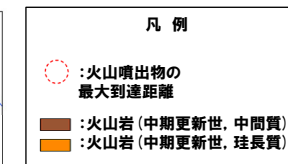
③-9 火砕物密度流に関する個別評価 (狩場山及び勝澗山)

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



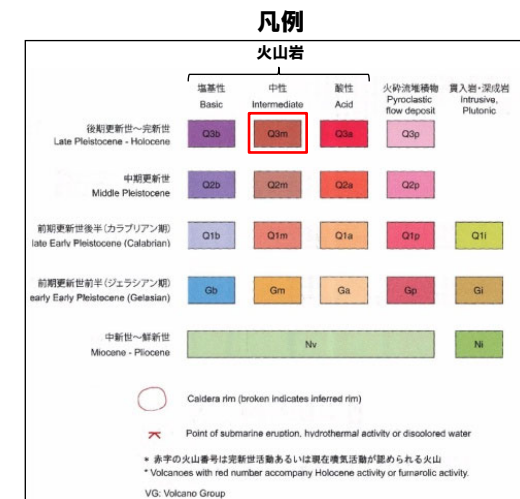
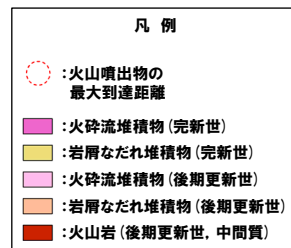
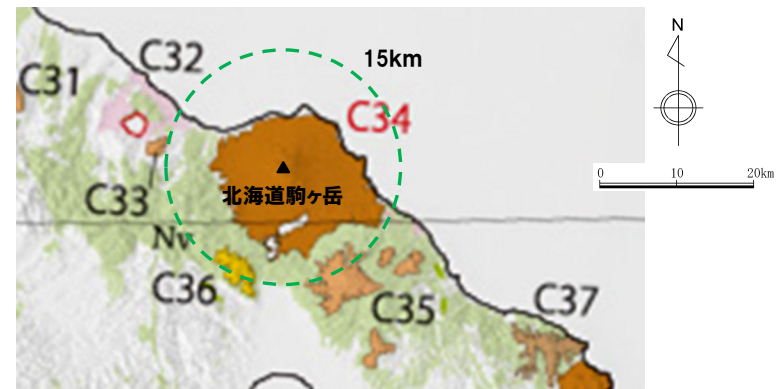
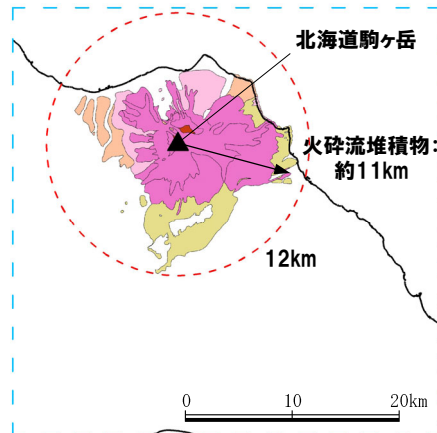
勝澗山

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)

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。



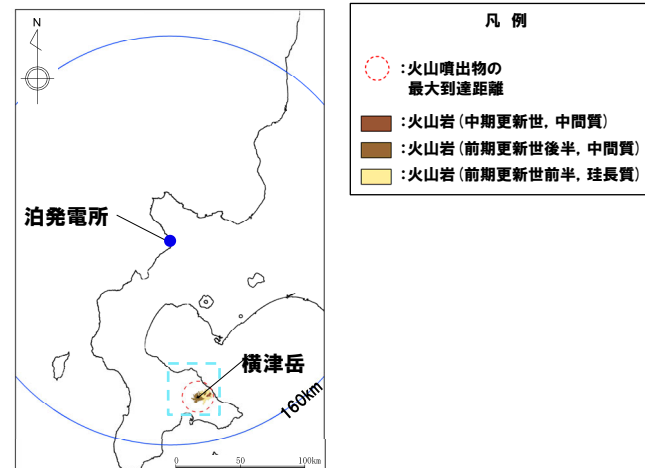
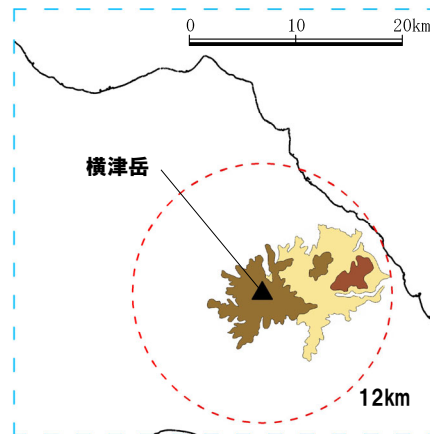
北海道駒ヶ岳の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

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

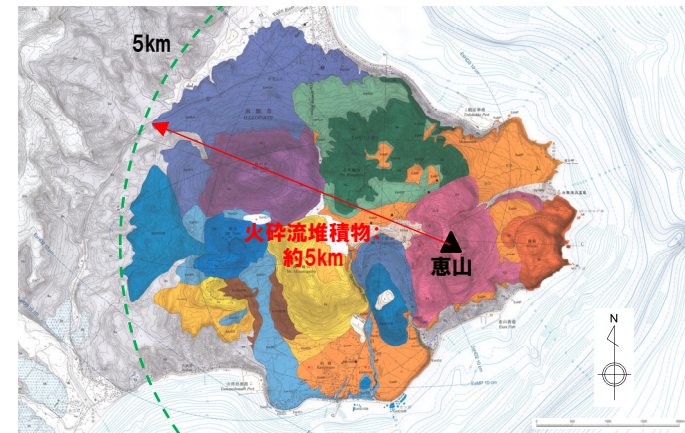
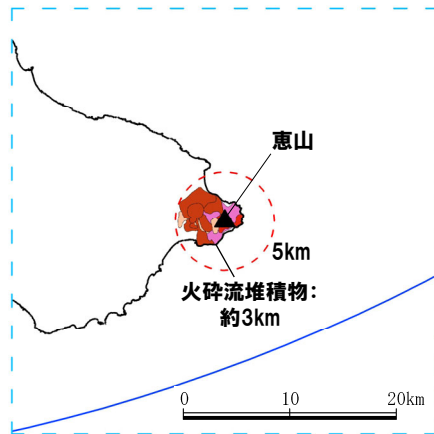
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)より作成)

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		

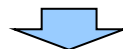
※三浦ほか (2022) によれば、当該堆積物については、火砕流堆積物を含むとされている。

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

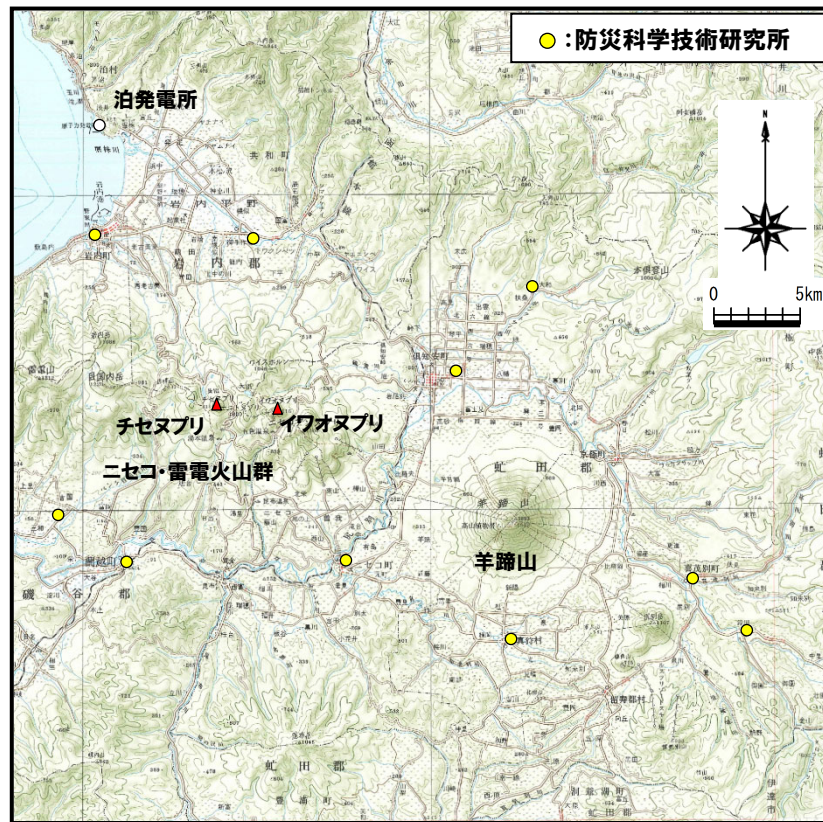
余白

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) (1/5)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

【気象庁編 (2013)】

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺には、公的機関の地震計が設置されている。
- 「日本活火山総覧 (第4版)」(気象庁編, 2013)に地震活動及び深部低周波地震活動の時空間分布が取りまとめられている。
- 地震活動は、チセヌプリからイワオヌプリにかけて及び羊蹄山周辺の浅部に散発的に認められるものの、敷地付近にはほとんど認められない。
- 低周波地震活動は、イワオヌプリ北東部及び羊蹄山周辺に散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。
- 地震活動及び低周波地震活動は、規模及び位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。



ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地震計位置図
(「日本活火山総覧 (第4版)」に基づき作成)

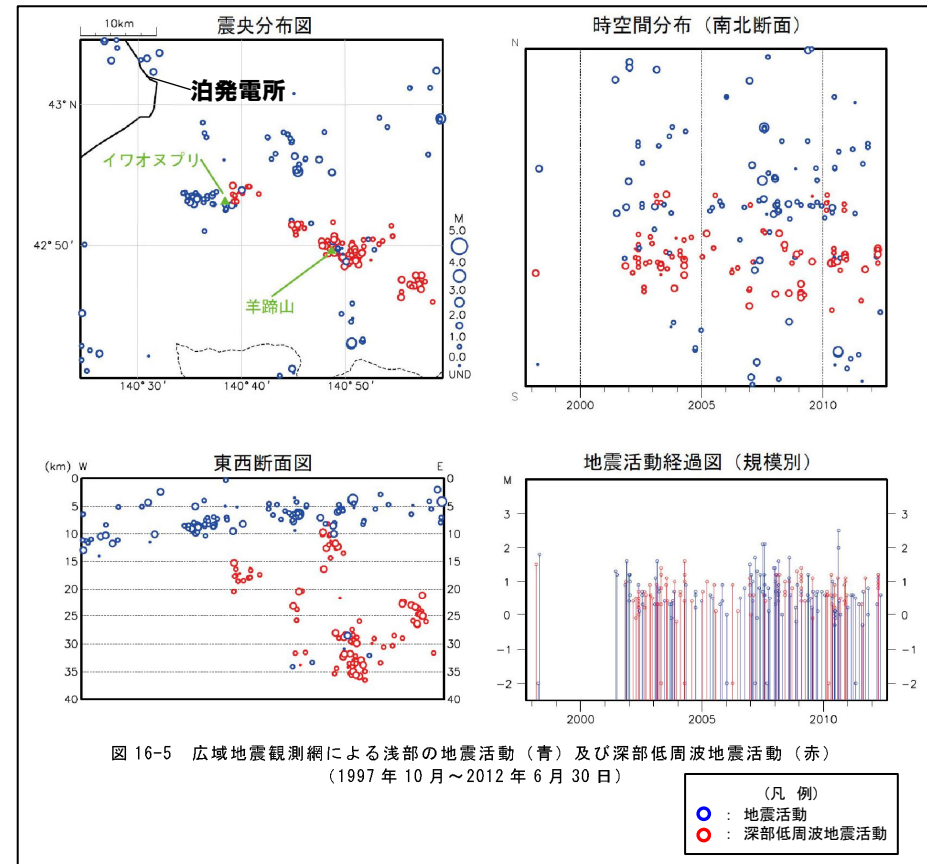


図 16-5 広域地震観測網による浅部の地震活動 (青) 及び深部低周波地震活動 (赤)
(1997年10月~2012年6月30日)

(凡例)
 ● : 地震活動
 ○ : 深部低周波地震活動

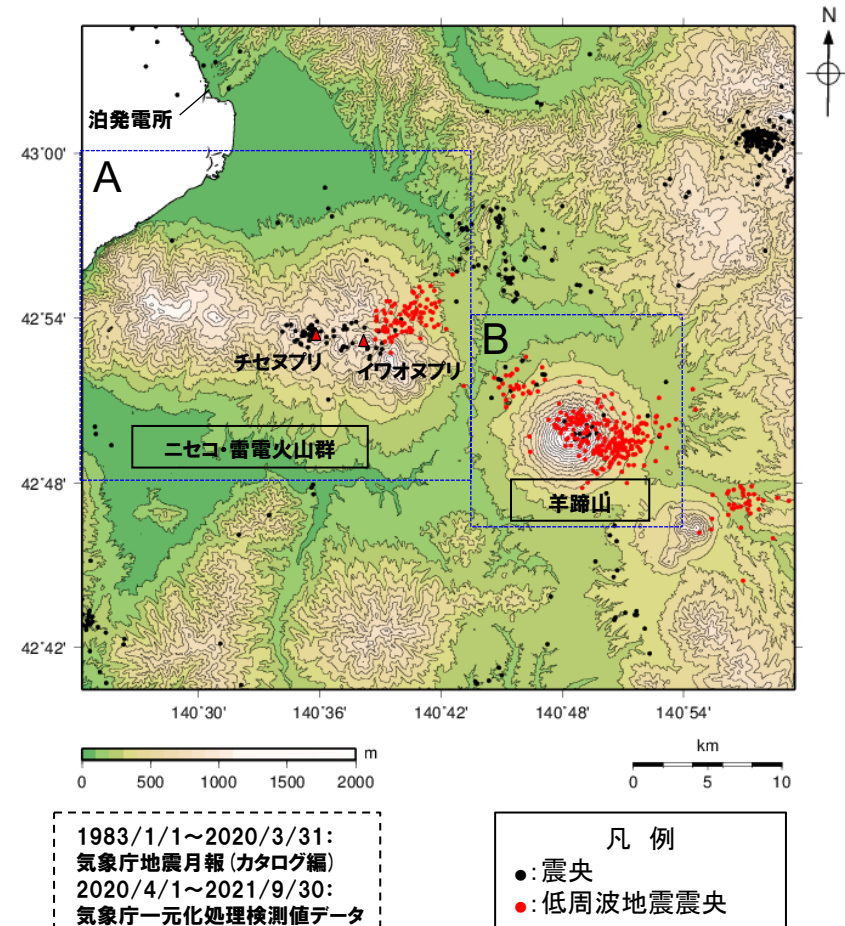
ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地震活動
(1997年10月~2012年6月30日, 「日本活火山総覧 (第4版)」に加筆)

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）（2/5）

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年間におけるニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の深さ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。
- 震央の分布は、チセヌプリからイワオヌプリにかけて及び羊蹄山周辺に、散発的に認められるものの、敷地付近にはほとんど認められない。
- 低周波地震震央の分布は、イワオヌプリ北東部及び羊蹄山周辺に、散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。



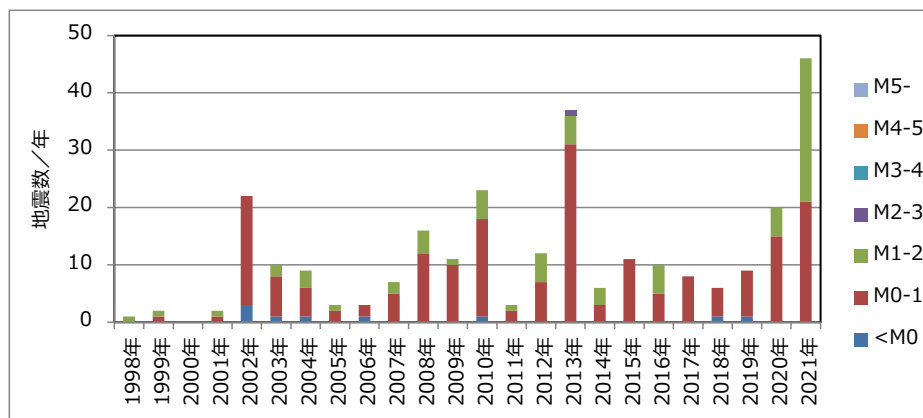
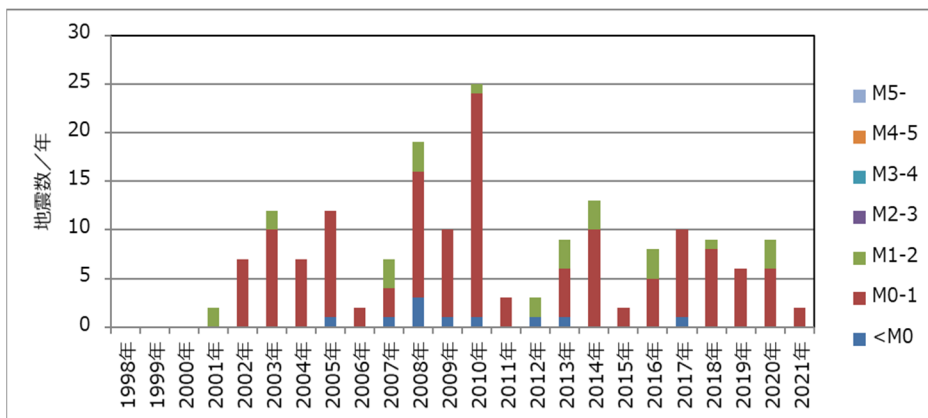
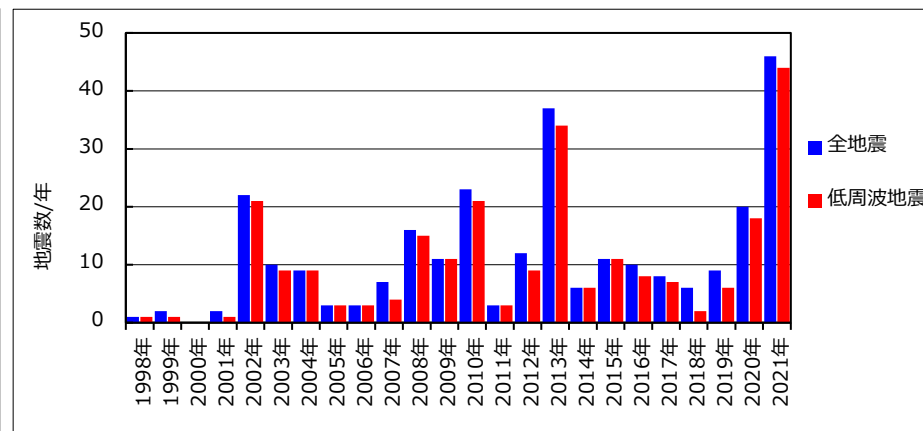
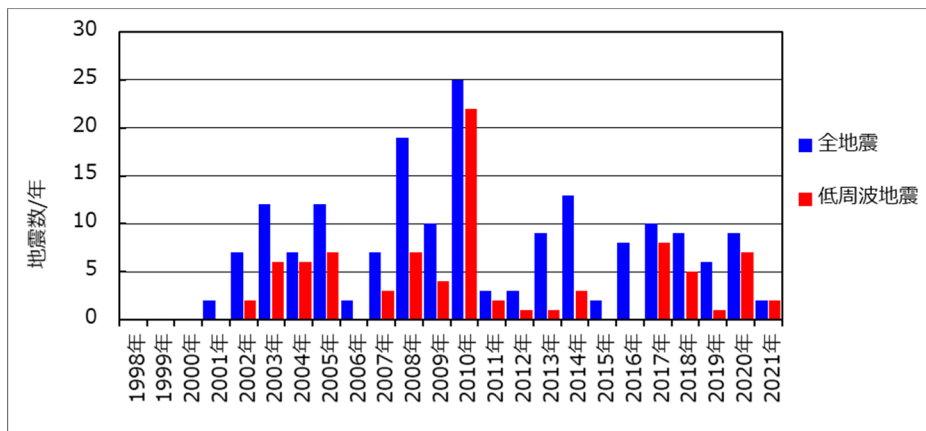
ニセコ・雷電火山群，羊蹄山周辺の震央分布図※
（1983年1月1日～2021年9月30日の記録，深さ40km以浅）

※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。

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

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)(3/5)

一部修正(H25/11/13審査会合)



領域A (ニセコ・雷電火山群周辺)における地震発生数の年別時間変化^{※1, 2}
(1998～2021年, 深さ40km以浅)

領域B (羊蹄山周辺)における地震発生数の年別時間変化^{※1, 2}
(1998～2021年, 深さ40km以浅)

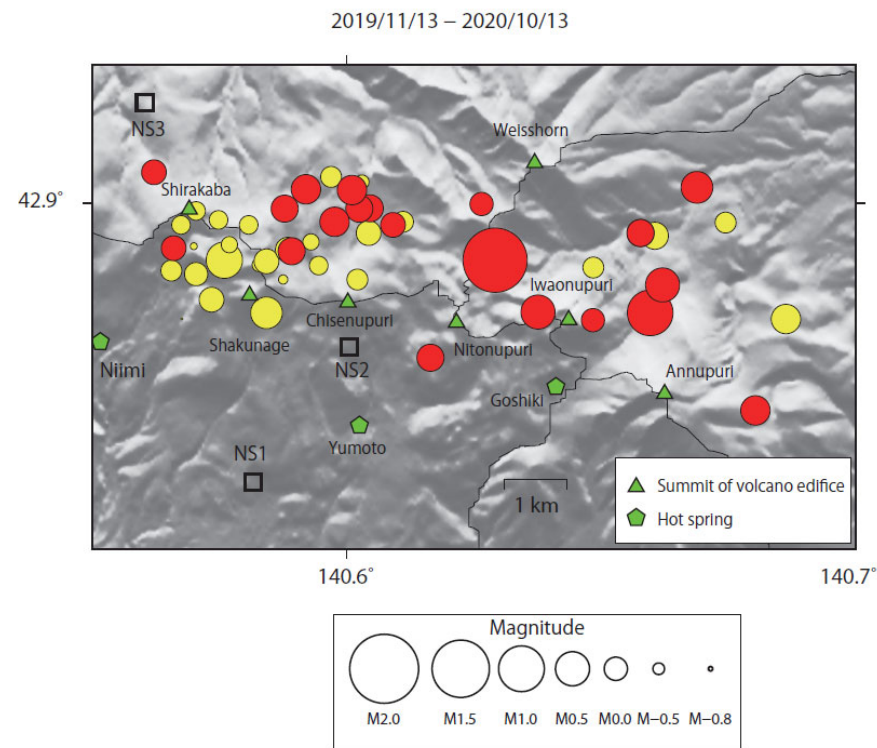
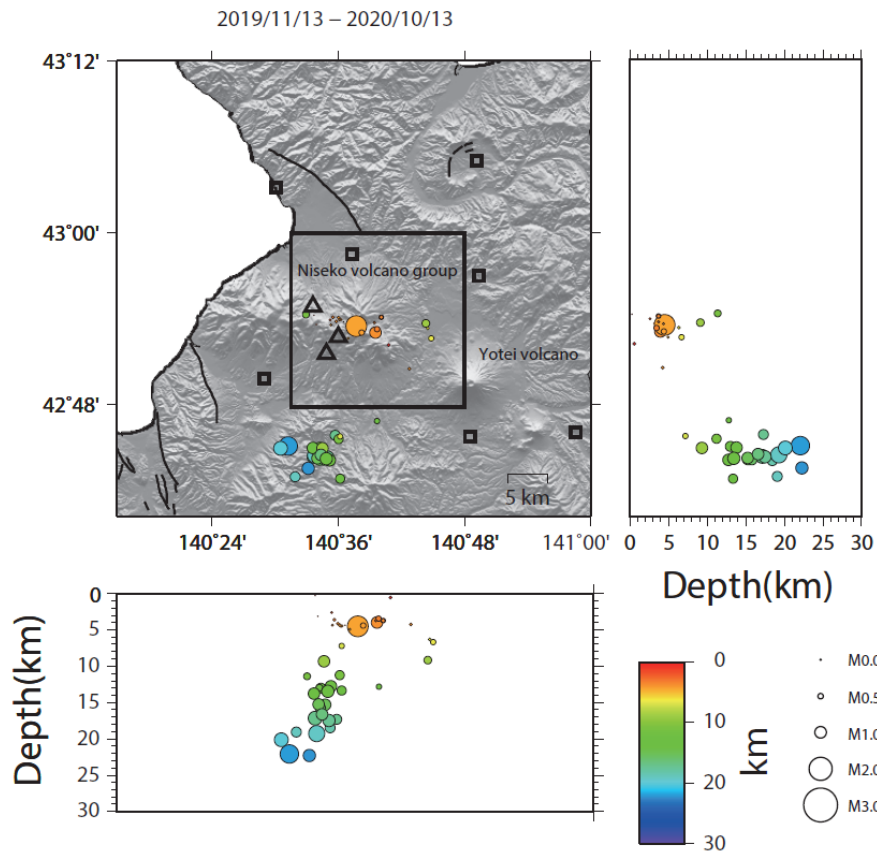
※1 北海道ではHi-netの観測データ使用開始が2001年10月であることから, 2001年10月前後でデータ精度が異なる。
 ※2 2021年は1月1日～9月30日のデータを掲載。

④-2 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) (4/5)

再掲 (R5/1/20審査会合)

【一柳ほか(2021)】

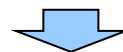
○一柳ほか(2021)によれば、2019年11月～2020年10月間の臨時地震観測を基に、ニセコ火山群の山体と平行な東西方向に震源が分布するとされている。また、マグニチュード1以上の相対的に大きな地震はニトヌプリ・イワオヌプリ周辺で発生し、相対的にマグニチュードの小さい地震は白樺岳・シャクナゲ岳・チセヌプリ付近で発生しているとされている。



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)(5/5)

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、敷地を含むニセコ・雷電火山群及び羊蹄山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)」, 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)並びに一柳ほか(2021)による臨時地震観測データを用いた。
- 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、チセヌプリからイワオヌプリにかけて及び羊蹄山周辺の浅部に散発的に認められるものの、敷地付近にはほとんど認められない。
 - ・低周波地震活動は、イワオヌプリ北東部及び羊蹄山周辺に散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。
 - ・地震活動及び低周波地震活動は、規模及び位置の時空間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)
- ・震央の分布は、チセヌプリからイワオヌプリにかけて及び羊蹄山周辺に、散発的に認められるものの、敷地付近にはほとんど認められない。
 - ・低周波地震震央の分布は、イワオヌプリ北東部及び羊蹄山周辺に、散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。
- (一柳ほか, 2021)
- ・一柳ほか(2021)によれば、2019年11月～2020年10月間の臨時地震観測を基に、ニセコ火山群の山体と平行な東西方向に震源が分布するとされている。また、マグニチュード1以上の相対的に大きな地震はニセコ・イワオヌプリ周辺で発生し、相対的にマグニチュードの小さい地震は白樺岳・シャクナゲ岳・チセヌプリ付近で発生しているとされている。



- 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。

余白

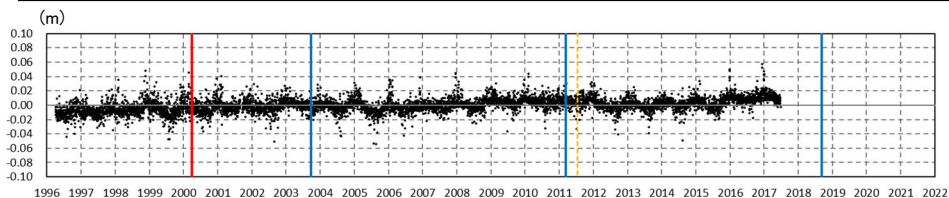
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

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)(1/12)

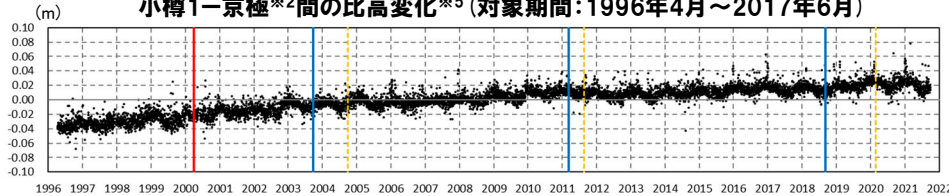
一部修正(H25/11/13審査会合)

【上下変動】

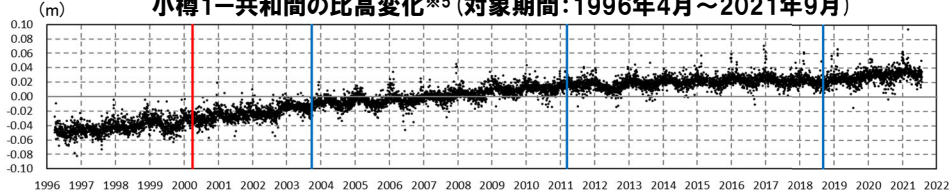
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の4基準点※1(京極※2, 共和, 寿都及び蘭越)について, 各電子基準点設置以降から2020年までの年間上下変動量を示す。
- 固定局は, ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山と同様に東北日本弧延長部に位置し, 第四紀火山から離隔があること等を踏まえ, 小樽1地点とした。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の上下変動は, 各電子基準点設置以降, 0~2cm/年程度の隆起傾向が概ね継続している。
- 文献(P210~P215参照)を踏まえると, 北海道南部(東北日本弧延長部)はプレート間の固着効果, 周辺で発生した地震※3の余効変動等の様々な効果により総じて隆起傾向であり, ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の隆起傾向は, 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。
- 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)を一例として次頁~P285に示す。



小樽1-京極※2間の比高変化※5(対象期間:1996年4月~2017年6月)



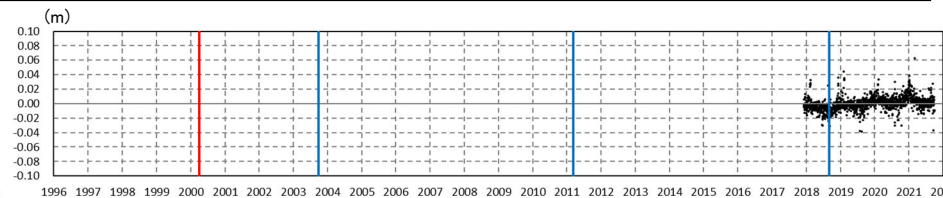
小樽1-共和間の比高変化※5(対象期間:1996年4月~2021年9月)



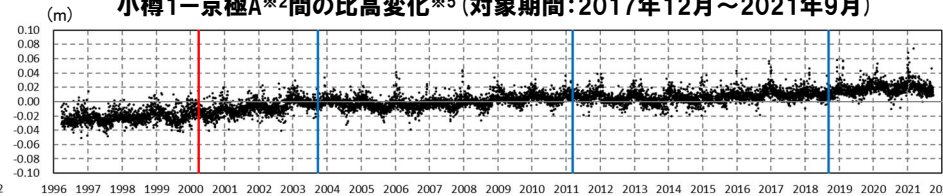
小樽1-寿都間の比高変化※5(対象期間:1996年3月~2021年7月※4)



年間上下変動量のグラフ



小樽1-京極A※2間の比高変化※5(対象期間:2017年12月~2021年9月)



小樽1-蘭越間の比高変化※5(対象期間:1996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
京極※2	-0.09	+0.30	+0.87	-0.10	-0.71	+1.30	+0.15	-0.04	-0.70	-1.15	-0.09	+0.73
京極A※2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
共和	+0.04	+0.44	+0.11	+0.23	-0.56	+2.07	-0.08	+0.18	-0.38	-1.29	+0.32	+0.90
寿都	+0.20	+0.24	+1.16	+0.22	+0.37	+0.64	+0.97	+0.13	-0.40	-0.88	+0.22	+0.93
蘭越	-0.03	+0.17	+0.11	-0.11	+0.12	+1.45	-0.04	-0.54	-0.26	-1.11	-0.00	+1.02
	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
京極※2	+0.76	-0.12	+0.54	-0.71	-0.67	+0.34	+1.72	+1.32	-	-	-	-
京極A※2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0.55	+0.60	+0.71
共和	+1.26	+0.68	+0.16	-0.59	-0.02	+0.86	+1.05	+1.53	-0.65	+0.39	+0.67	+0.59
寿都	+0.67	+0.45	+0.21	-0.23	-0.05	+0.37	+1.12	+1.23	-0.39	+0.24	+0.30	+0.79
蘭越	+0.98	+0.52	-0.22	-0.28	-0.22	+0.10	+1.32	+1.66	-0.82	+1.25	+0.55	+0.54

↑ 東北地方太平洋沖地震発生前

↑ 北海道胆振東部地震発生前

- ※1 ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の4基準点(京極※2, 共和, 寿都及び蘭越)の位置は次頁参照。
- ※2 電子基準点「京極」については2017年6月に運用を停止し, 同年12月からは「京極A」が運用を開始していることから, 2017年12月以降は「京極A」のデータを用いる。
- ※3 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。
- ※4 R5.1.20審査会合資料においては, 対象期間を2021年9月までと記載していたが, 電子基準点「寿都」の運用期間は2021年7月に終了しており, 誤記であったことから, 今回修正を実施した。

- ※5 R5.1.20審査会合資料においては, 比高変化のグラフについて, 縦軸の範囲を-0.08~0.08mとしていたが, その範囲外にも以下に示すデータが認められ, 表示範囲が適切ではなかったことから, 今回, 範囲を-0.10~0.10mに修正した。

「小樽1-寿都間」
 ・-0.0820m(1996年11月15日)
 ・0.0939m(2021年3月2日)

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

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)(2/12)

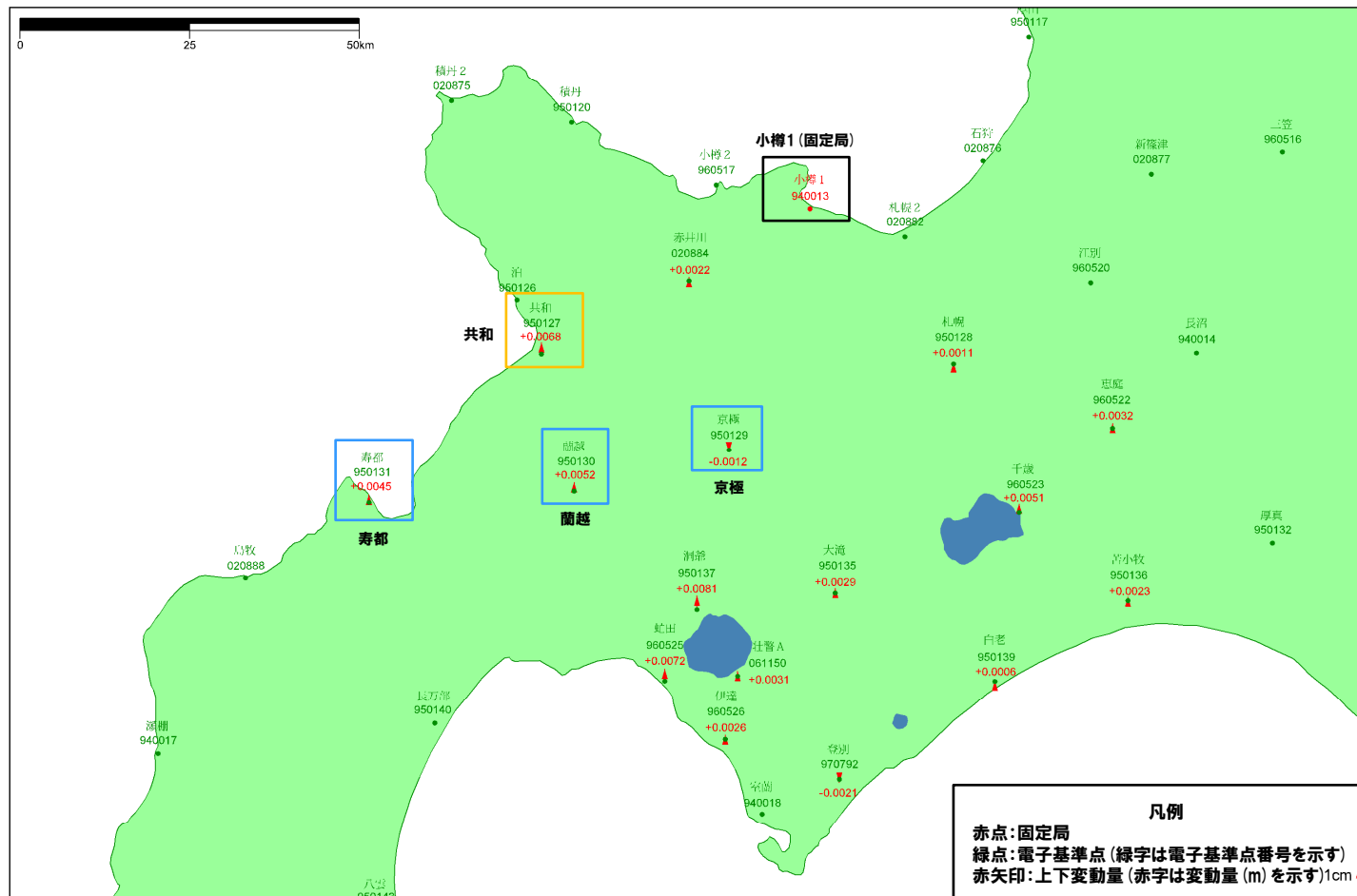
一部修正(H25/11/13審査会合)

- 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。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近における当該期間の最大変動量は, 小樽1-共和間の+6.8mmである。

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

ベクトル図(上下)

固定局: 940013



赤: Bernese F3 [IGS]

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

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

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

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) (3/12)

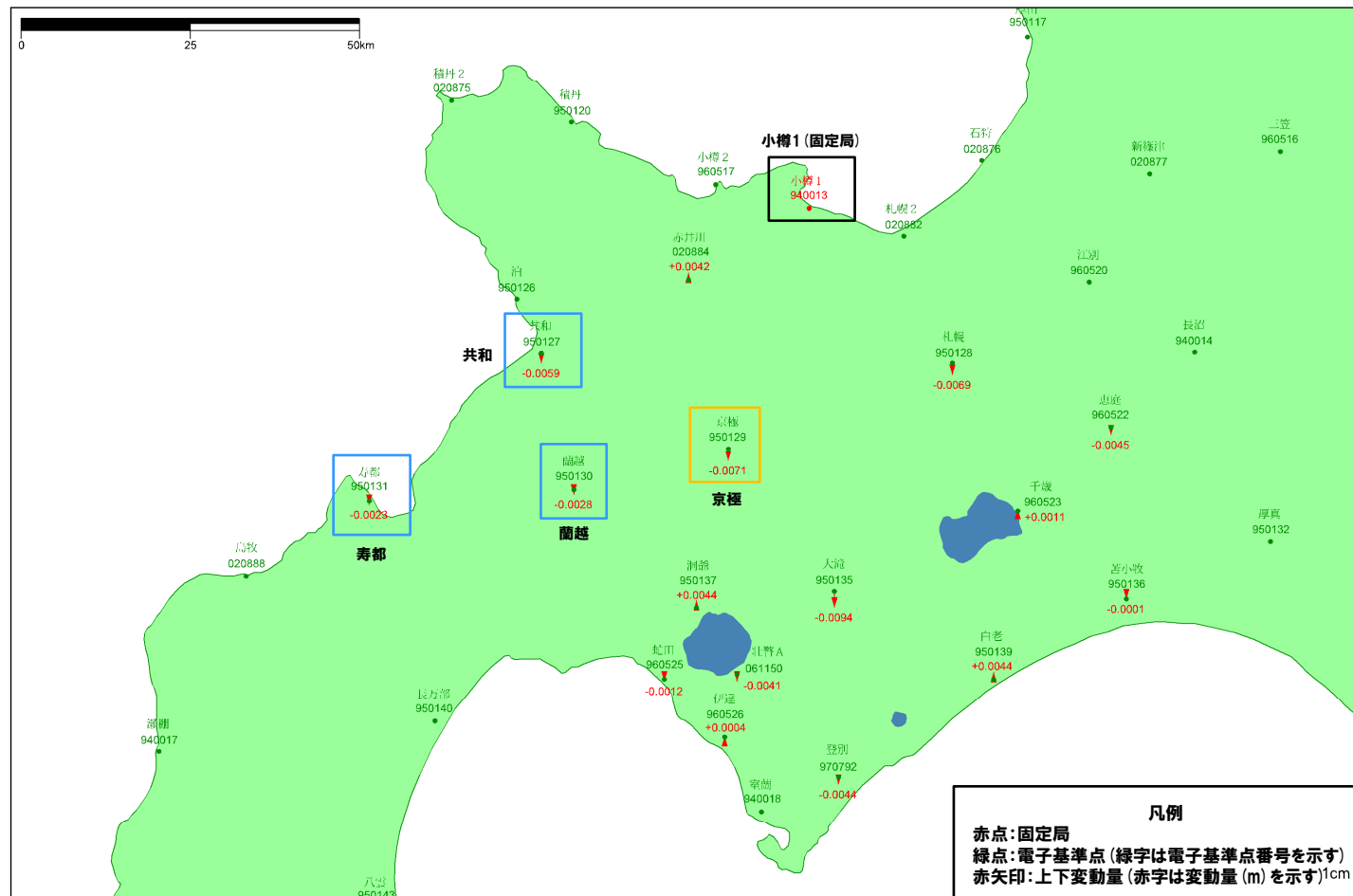
一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 東北地方太平洋沖地震発生後、2012年1年間の変動ベクトル図(上下)を示す。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近における当該期間の最大変動量は、小樽1-京極間の-7.1mmである。

基準値: 2012年1月1日00時00分～2012年1月10日23時59分(平均)
 比較値: 2012年12月22日00時00分～2012年12月31日23時59分(平均)

ベクトル図(上下)

固定局: 940013

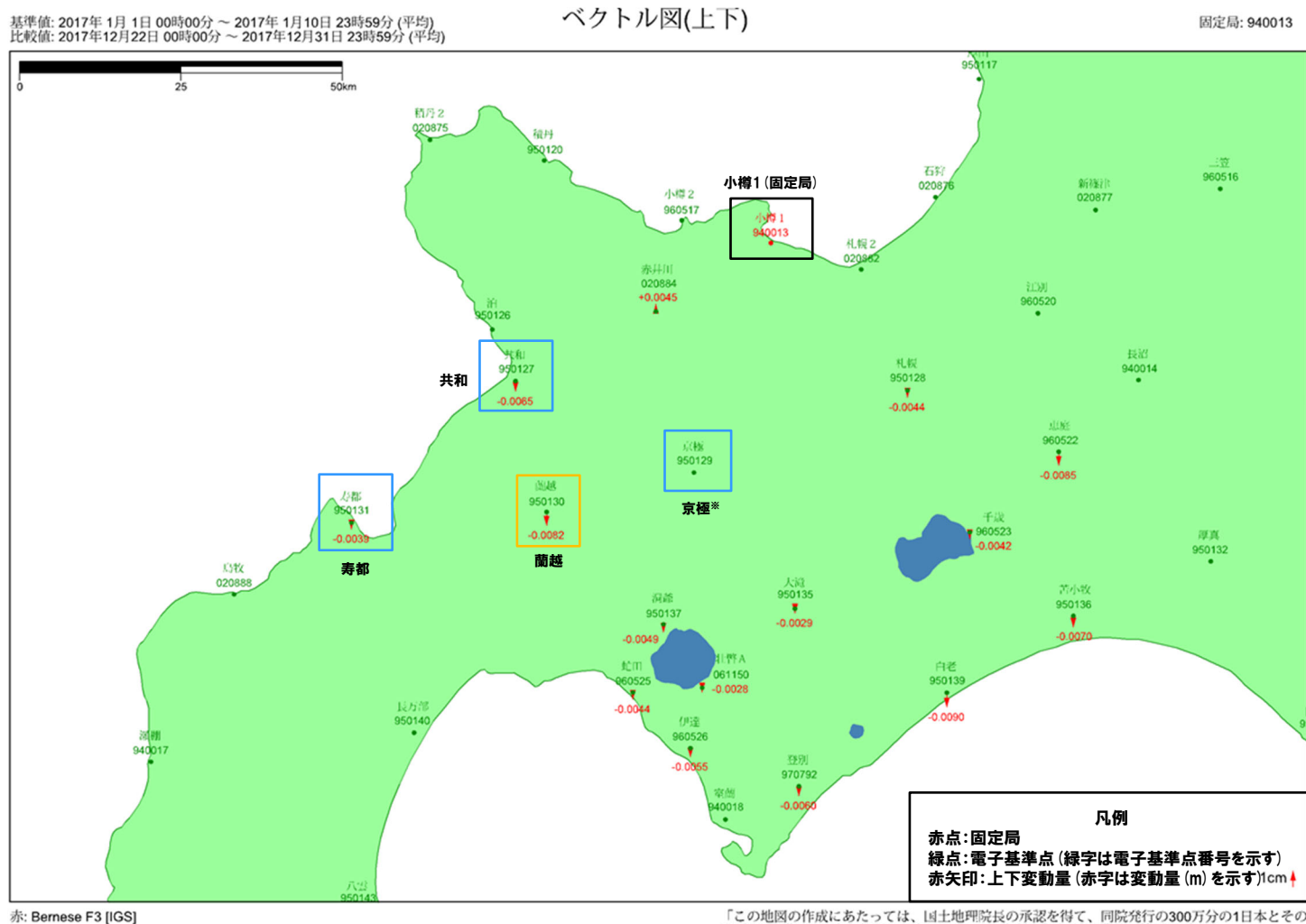


4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

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)(4/12)

一部修正(H25/11/13審査会合)

- 北海道胆振東部地震発生前, 2017年1年間の変動ベクトル図(上下)を示す。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近における当該期間の最大変動量は, 小樽1-蘭越間の-8.2mmである。



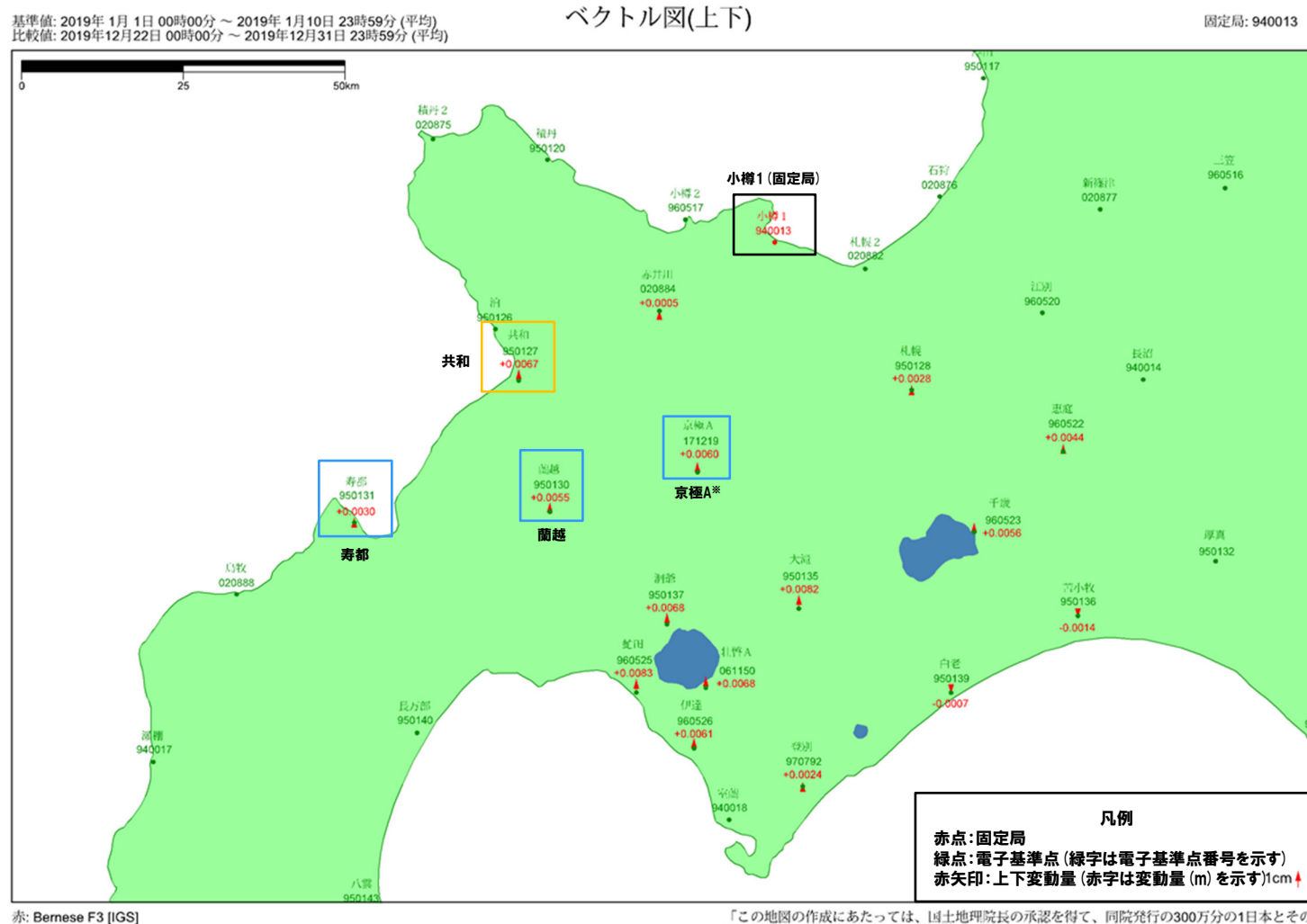
電子基準点の変動ベクトル図(上下)(対象期間:2017年1月~2017年12月)

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

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)(5/12)

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。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近における当該期間の最大変動量は、小樽1-共和間の+6.7mmである。



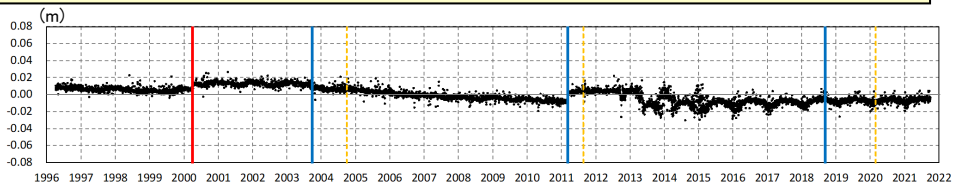
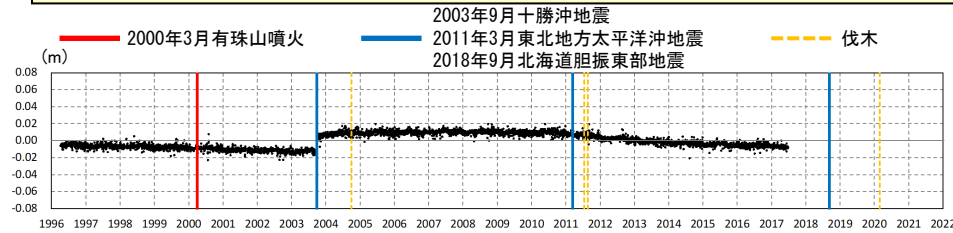
電子基準点の変動ベクトル図(上下) (対象期間:2019年1月～2019年12月)

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) (6/12)

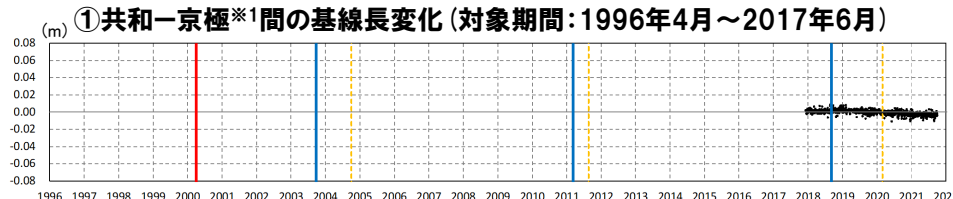
一部修正 (H25/11/13審査会合)

【基線長変化】

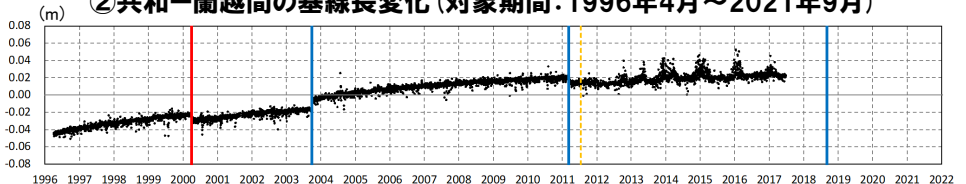
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の4基準点(京極※1, 共和, 寿都及び蘭越)を結んだ5基線について, 各電子基準点設置以降から2021年9月までの基線長変化を示す。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の基線長変化は, 2003年十勝沖地震, 2011年東北地方太平洋沖地震等の前後に不連続が認められるが, 継続的な膨張又は収縮傾向は認められない。
- 2000年有珠山噴火の影響による不連続が一部の基線で認められる。



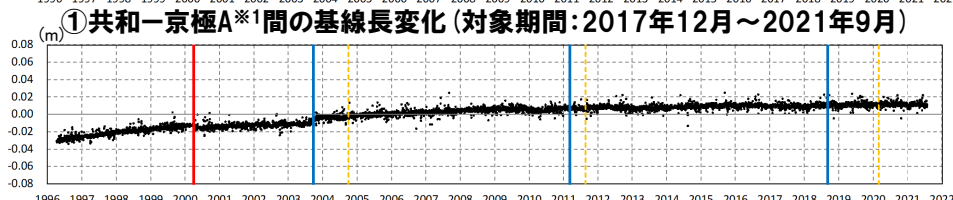
② 共和一蘭越間の基線長変化 (対象期間: 1996年4月~2021年9月)



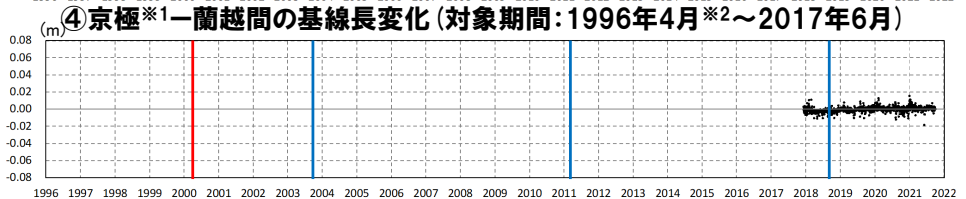
① 共和一京極※1間の基線長変化 (対象期間: 1996年4月~2017年6月)



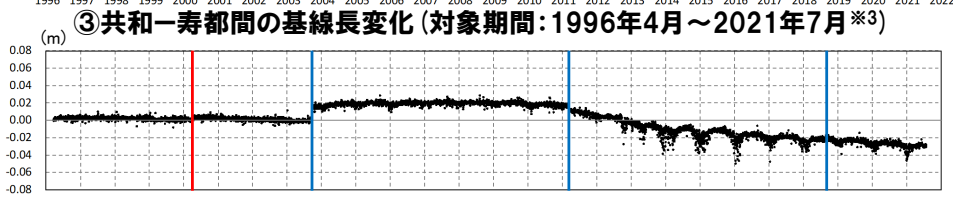
④ 京極※1一蘭越間の基線長変化 (対象期間: 1996年4月※2~2017年6月)



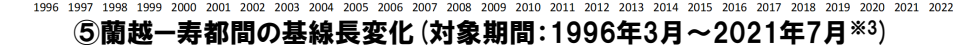
① 共和一京極A※1間の基線長変化 (対象期間: 2017年12月~2021年9月)



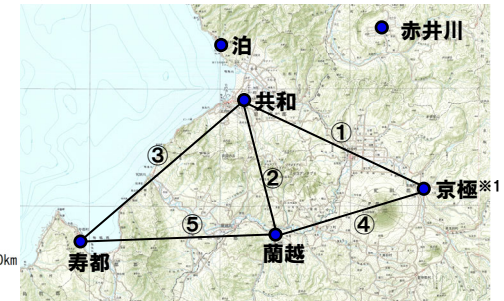
④ 京極A※1一蘭越間の基線長変化 (対象期間: 2017年12月~2021年9月)



③ 共和一寿都間の基線長変化 (対象期間: 1996年4月~2021年7月※3)



⑤ 蘭越一寿都間の基線長変化 (対象期間: 1996年3月~2021年7月※3)



ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近電子基準点位置図

※1 電子基準点「京極」については2017年6月に運用を停止し, 同年12月からは「京極A」が運用を開始していることから, 2017年12月以降は「京極A」のデータを用いる。
 ※2 R5.1.20審査会合資料においては, 対象期間を1996年3月から記載していたが, 電子基準点「京極」の運用期間は1996年4月から開始しており, 誤記であったことから, 今回修正を実施した。
 ※3 R5.1.20審査会合資料においては, 対象期間を2021年9月までと記載していたが, 電子基準点「寿都」の運用期間は2021年7月に終了しており, 誤記であったことから, 今回修正を実施した。

余白

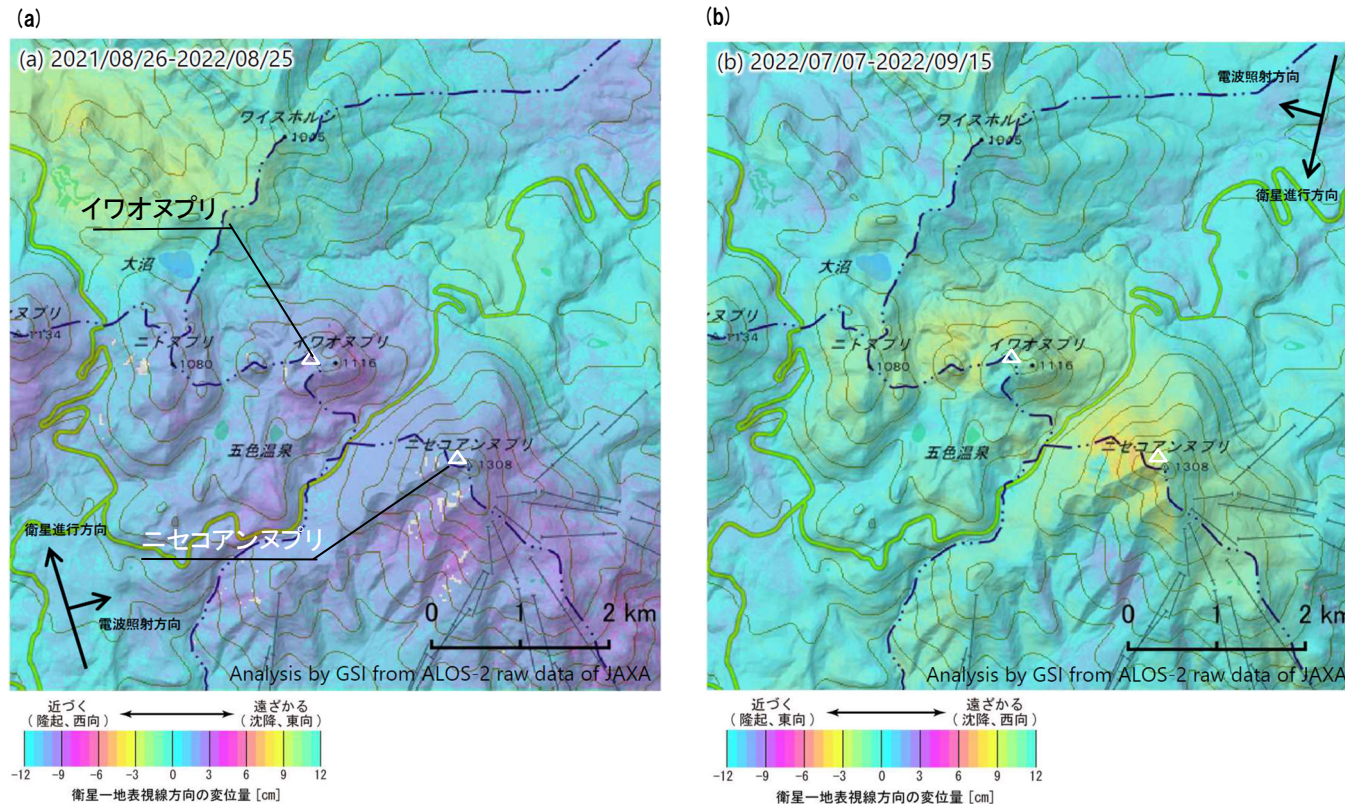
④-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価(地殻変動) (7/12)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

【ニセコ・雷電火山群周辺の干渉SAR】

第151回火山噴火予知連絡会資料(ニセコ)(気象庁, 2022)

○ニセコ・雷電火山群周辺における“2021年8月～2022年8月(左図)”及び“2022年7月～2022年9月(右図)”の干渉SAR解析結果について、「ノイズレベルを超える変動は見られません」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 (364日間)	2022/07/07 11:41頃 (70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	33.1°	42.8°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-205m	-61m

* U: 高分解能(3m)モード
H: 高分解能(6m)モード

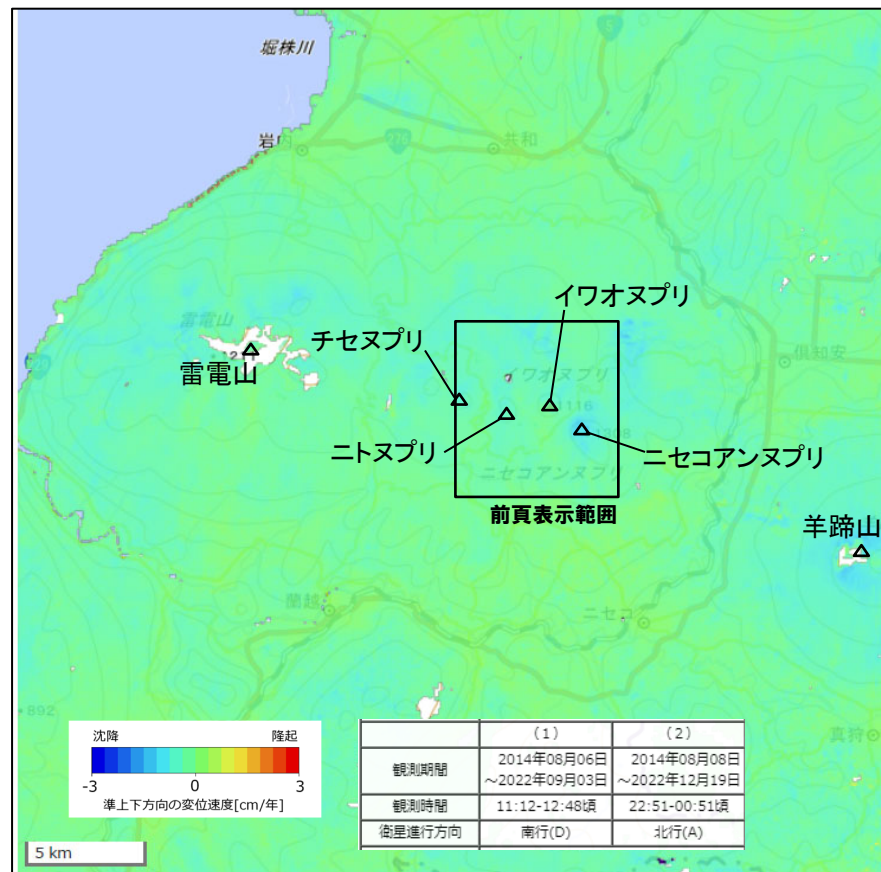
ニセコ・雷電火山群周辺における干渉SAR解析結果(国土地理院)
(気象庁(2022)に加筆)

④-3 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)(8/12)

再掲(R5/1/20審査会合)

【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, ニセコ・雷電火山群規模の顕著な地殻変動は認められない。



ニセコ・雷電火山群周辺における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)

※ 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。

○ニセコ・雷電火山群規模の顕著な地殻変動は認められない。

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

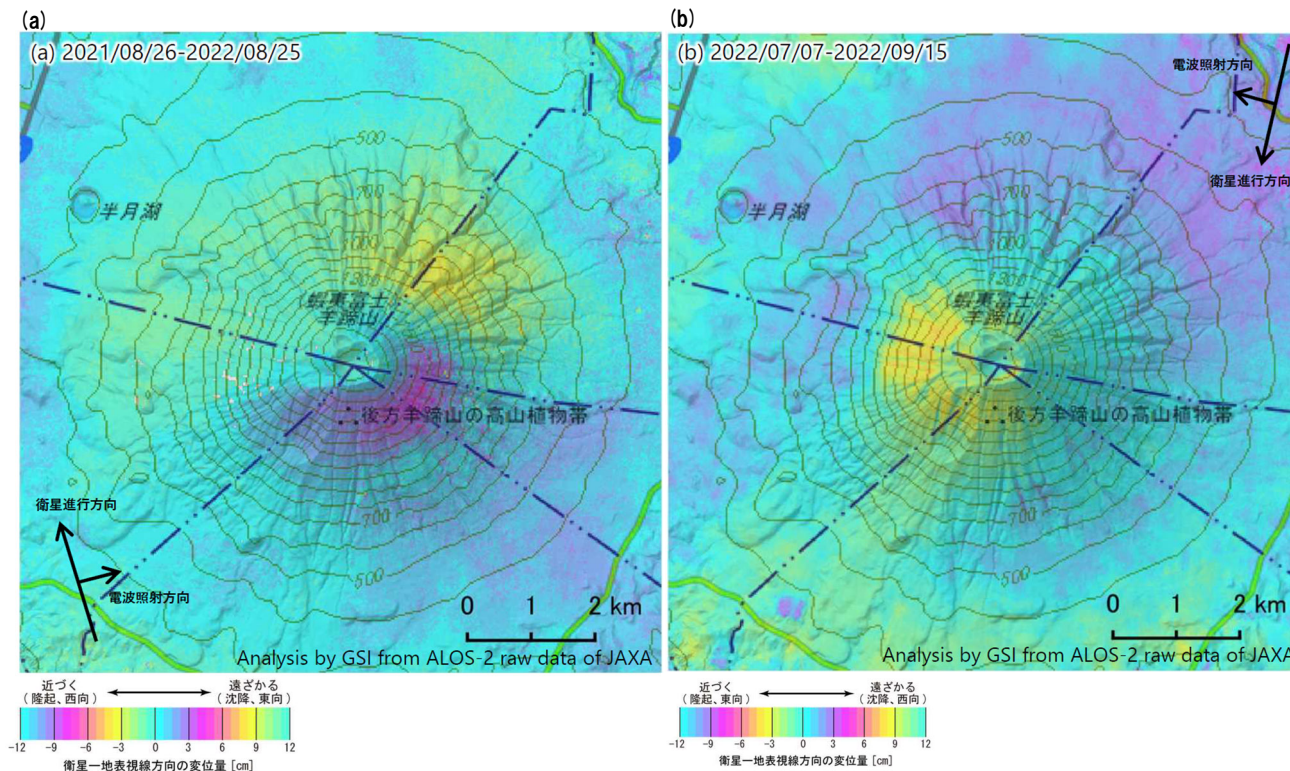
④-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価(地殻変動) (9/12)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

【羊蹄山周辺の干渉SAR】

第151回火山噴火予知連絡会資料(羊蹄山)(気象庁, 2022)

○羊蹄山周辺における“2021年8月～2022年8月(左図)”及び“2022年7月～2022年9月(右図)”の干渉SAR解析結果について、「ノイズレベルを超える変動は見られません」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)	2022/07/07 2022/09/15 11:41頃 (70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	34.0°	41.9°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-205m	-61m

* U: 高分解能(3m)モード
H: 高分解能(6m)モード

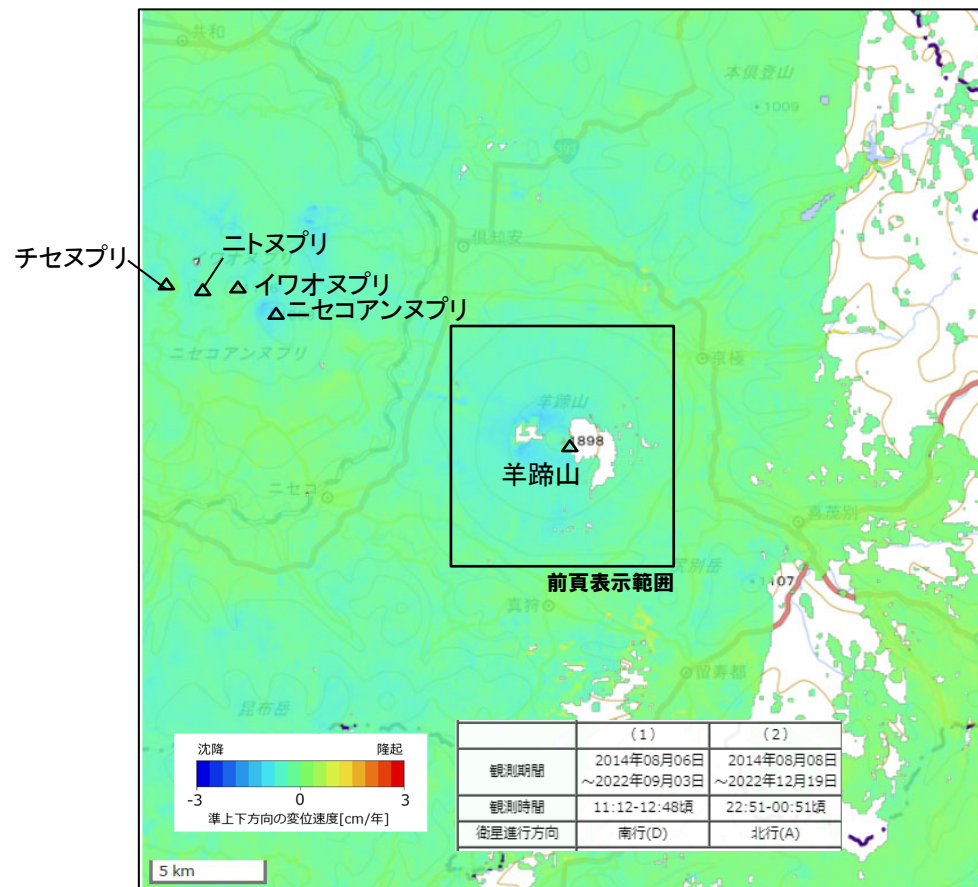
羊蹄山周辺における干渉SAR解析結果(国土地理院)
(気象庁(2022)に加筆)

④-3 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）（10/12）

再掲（R5/1/20審査会合）

【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，羊蹄山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。

羊蹄山周辺における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）

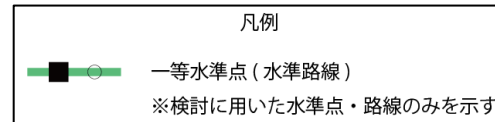
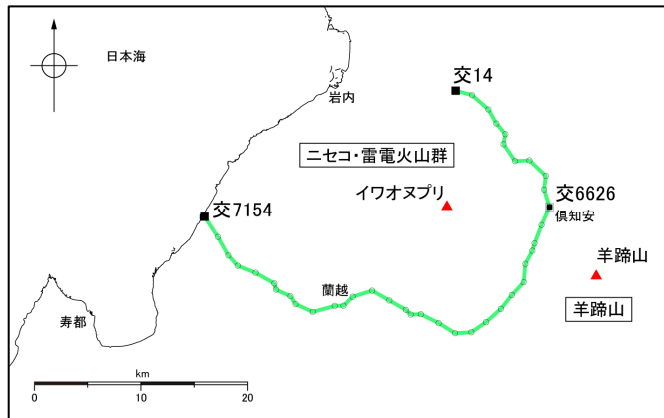
○羊蹄山規模の顕著な地殻変動は認められない。

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) (11/12)

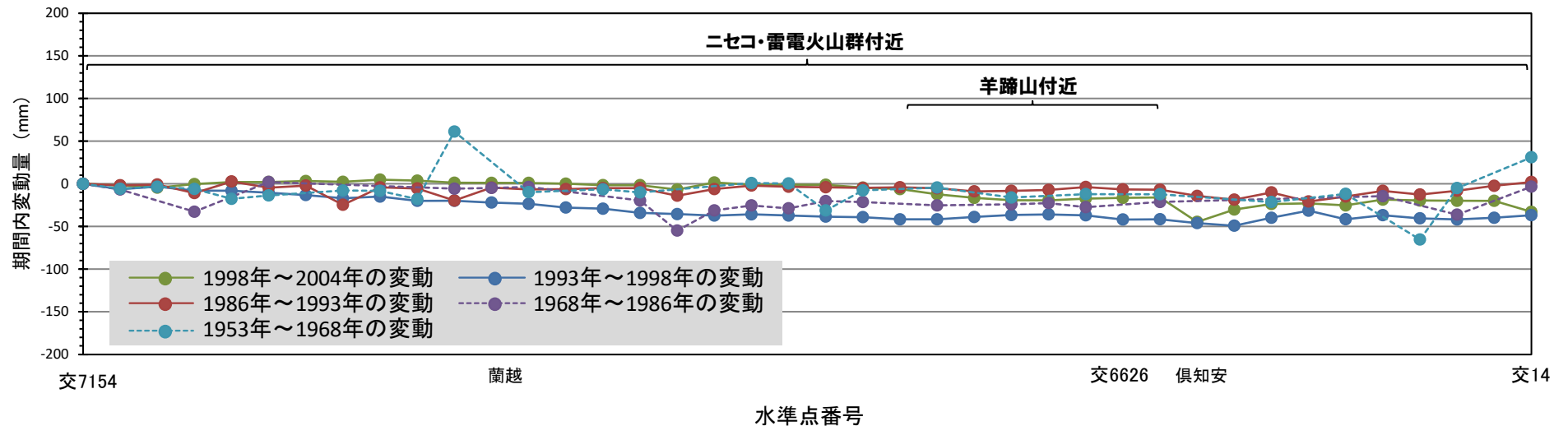
再掲 (R3/10/14審査会合)

【水準測量】

- 過去約50年間におけるニセコ・雷電火山群及び羊蹄山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。
- 当該検測成果集録においては、ニセコ・雷電火山群規模及び羊蹄山規模の顕著な隆起又は沈降は認められない。



水準路線



水準路線 (水準点番号: 交7154-交14) 沿いの期間内変動量 (固定点: 交7154)

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）（12/12）

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、ニセコ・雷電火山群規模又は羊蹄山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）】

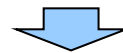
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の上下変動は、各電子基準点設置以降、0～2cm/年程度の隆起傾向が概ね継続している。
- 文献を踏まえると、北海道南部（東北日本弧延長部）はプレート間の固着効果、周辺で発生した地震の余効変動等の様々な効果により総じて隆起傾向であり、ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の隆起傾向は、小樽1地点との上下変動量の相対的な差異を捉えているものと考えられる。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の基線長変化は、2003年十勝沖地震、2011年東北地方太平洋沖地震等の前後に不連続が認められるが、継続的な膨張又は収縮傾向は認められない。
- 2000年有珠山噴火の影響による不連続が一部の基線で認められる。

【地殻変動（干渉SAR）】

- 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。

【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、ニセコ・雷電火山群規模及び羊蹄山規模の顕著な隆起又は沈降は認められない。



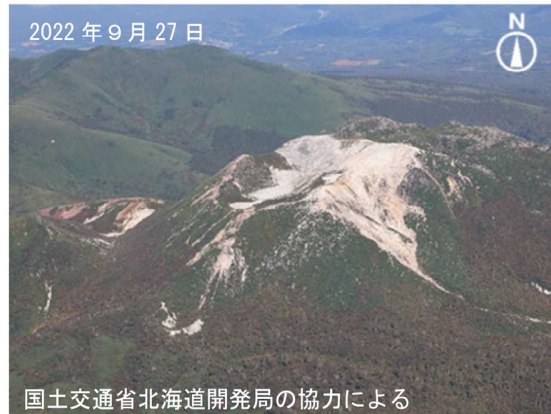
○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、より広域の北海道南部（東北日本弧延長部）規模の隆起傾向は認められるが、ニセコ・雷電火山群規模又は羊蹄山規模の顕著な地殻変動は認められない。

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」) (1/2)

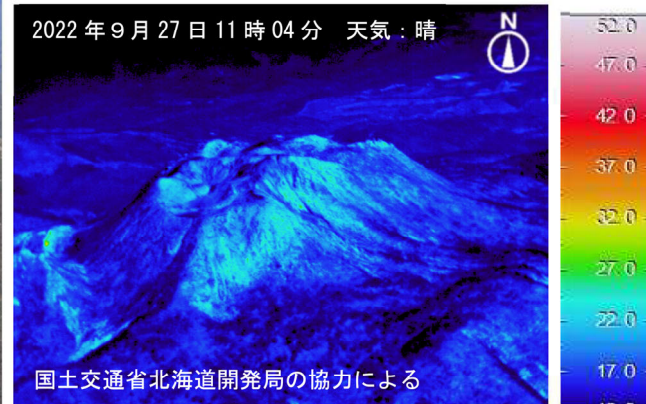
一部修正 (H25/12/18審査会合)

【ニセコ・雷電火山群】

- 気象庁では、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。
- 調査項目は、山体の上空からの観測及び赤外熱映像装置による観測である。
- 近年では、イワオヌプリには「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。



2022年9月27日
国土交通省北海道開発局の協力による
イワオヌプリに噴気は認められない
(上空から撮影, 気象庁HPより)



2022年9月27日 11時04分 天気:晴
国土交通省北海道開発局の協力による
イワオヌプリに地熱域は認められない
(赤外熱映像装置による地表面温度分布, 気象庁HPより)

イワオヌプリに関する火山活動解説資料 (気象庁HP) を整理した表

年	月	気象庁の見解 (火山活動)	調査項目	備考
H16	5	噴気は認められない。	上空からの観測	
H18	7	噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H19	5	噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H20	3	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	H19. 12. 11に噴火予報 (正常) を発表
	6	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H23	7	噴気や日射の影響を上回る地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H24	3	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H26	9	噴気は認められない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測	
H27	7	噴気は認められない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測	
H28	8	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H29	8	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
R1	8	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
R4	9	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	

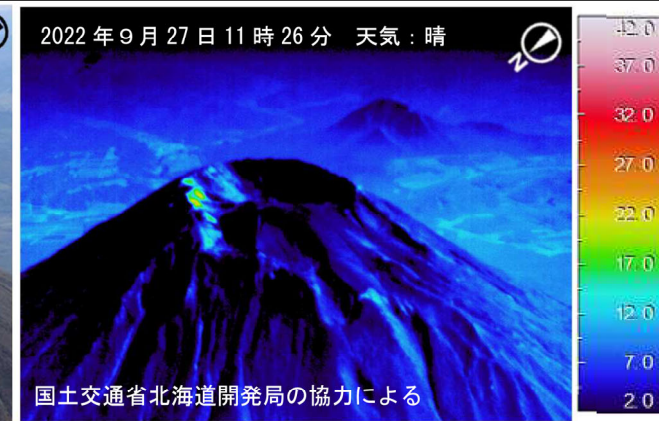
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

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」)(2/2)

一部修正(H25/12/18審査会合)

【羊蹄山】

- 気象庁では、羊蹄山について、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。
- 調査項目は、山体の上空からの観測及び赤外熱映像装置による観測である。
- 近年では、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。



羊蹄山に噴気は認められない
(上空から撮影, 気象庁HPより)

羊蹄山に地熱域は認められない
(赤外熱映像装置による地表面温度分布, 気象庁HPより)

羊蹄山に関する火山活動解説資料(気象庁HP)を整理した表

年	月	気象庁の見解(火山活動)	調査項目	備考
H16	5	噴気は認められない。	上空からの観測	
H18	7	噴気は認められず、火山活動は静穏な状況。前回観測時と比べて、火口の地形等の状況に変化はなし。	上空からの観測	
H19	5	噴気や地熱域は認められず、火山活動は静穏な状況。前回観測時と比べて、火口の地形等の状況に変化はなし。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H20	6	噴気, 地熱域, 地形変化は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	H19. 12. 1に噴火予報(正常)を発表
H23	7	噴気や日射の影響を上回る地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H24	3	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測	
H27	7	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測	
H28	8	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H29	8	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
R1	8	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
R4	9	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	

7. 火山影響評価のまとめ

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. 42
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. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	
5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要	
5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
5.2.3 降下火砕物シミュレーション	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 306
参考文献	P. 319

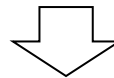
① 立地評価のまとめ (1/2)

【原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出】

- 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)」及び産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」等から32火山を抽出した。
- 上記32火山のうち、**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。
 - ・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・徳舜誓, オロフレ・来馬, 尻別岳, 狩場山, 勝瀨山, 横津岳

【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】

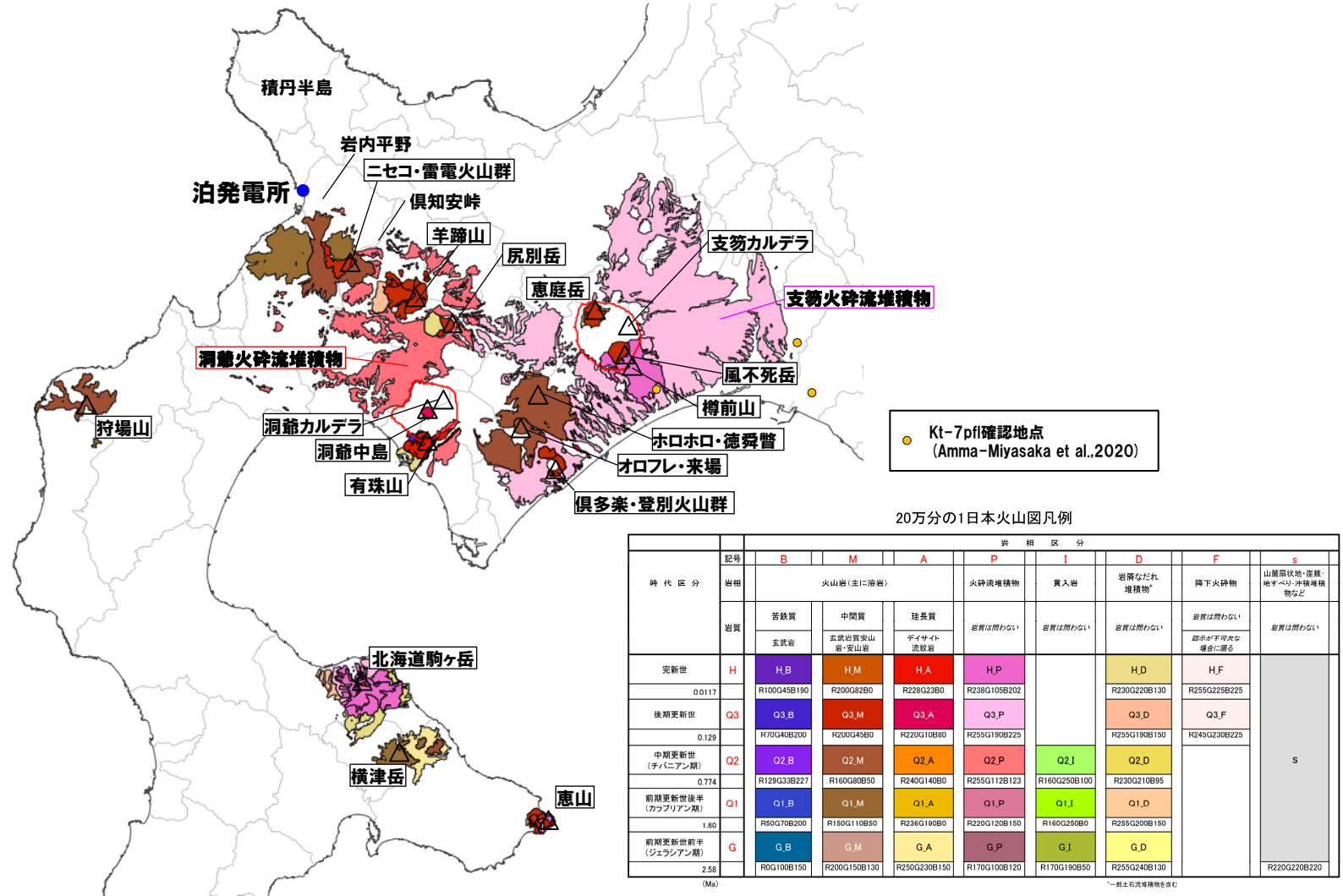
- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13火山は、各火山の活動履歴を踏まえると、完新世に活動があった火山(7火山)及び完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山(6火山)であることから、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
- なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの現在の活動状況は、巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価でき、運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていないことから、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価される。
- 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(巨大噴火以外)について、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。



- 「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」を実施する。
- また、13火山(巨大噴火含む)について、「火山活動のモニタリング」の要否を検討する。
- なお、立地評価結果を踏まえた上で実施しているこれらの検討及び評価の見通しをP300～P305に示す(検討の詳細については、今後説明予定)。

7. 火山影響評価のまとめ

① 立地評価のまとめ (2/2)



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)

10km



7. 火山影響評価のまとめ

(参考) 影響評価及びモニタリングの検討・評価の見通し(1/5)

- 立地評価結果を踏まえた上で実施している「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「火山活動のモニタリング」の検討及び評価の見通しを本頁～P305に示す。
- なお、これらの検討の詳細については、今後説明予定。

【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】

○立地評価において、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の安全性に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した13火山(巨大噴火以外)について、原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象の影響評価を実施している。

【降下火砕物を除く火山事象の影響評価(地理的領域内の火山)】

○以下に示す、降下火砕物を除く、地理的領域内の火山による火山事象※1は、下表のとおり、いずれも敷地への影響はないと評価することで考えている。

降下火砕物を除く火山事象の影響評価結果

火山	敷地からの距離(km)	土石流、火山泥流及び洪水 0~120km	火山ガス 0~160km	火山から発生する飛来物(噴石) 0~10km	大気事象	火山性地震	熱水系及び地下水の異常
C11 支笏カルデラ	74.8	以下のことから、敷地への影響はないと評価される。 ・降下火砕物を除く火山噴出物の分布は山体近傍に限定され、敷地に到達していない ・敷地との間に地形的障害物が存在する	敷地から十分な距離があり、高濃度火山ガスが敷地に到達することは考え難いこと及び敷地が海に面して開放された土地に立地し、火山ガスが滞留するような地形ではないことから、火山ガスによる敷地への影響はないと評価される。	(対象外)※2	敷地から十分な距離があることから、大気事象による敷地への影響はないと評価される。	敷地から十分な距離があることから、火山性地震による敷地への影響はないと評価される。	敷地から十分な距離があり、敷地において第四系への熱水による影響等は認められないことから、熱水系及び地下水の異常による敷地への影響はないと評価される。
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						
C16 オロフレ・来馬	70.2						
C17 倶多楽・登別火山群	80.5						
C20 洞爺カルデラ	54.8						
C21 洞爺中島	55.1						
C22 有珠山	60.7						
C23 尻別岳	43.6	以下のことから、敷地への影響はないと評価される。 ・降下火砕物を除く火山噴出物の分布は山体近傍に限定され、敷地に到達していない ・敷地との間に地形的障害物が存在する					
C24 羊蹄山	33.8						
C25 ニセコ・雷電火山群	19.7						
C27 狩場山	66.1	以下のことから、敷地への影響はないと評価される。 ・降下火砕物を除く火山噴出物の分布は山体近傍に限定され、敷地に到達していない ・敷地との間に地形的障害物が存在する					
C29 勝淵山	126.4	(対象外)※2					
C34 北海道駒ヶ岳	109.0	以下のことから、敷地への影響はないと評価される。 ・降下火砕物を除く火山噴出物の分布は山体近傍に限定され、敷地に到達していない ・敷地との間に地形的障害物が存在する					
C35 横津岳	123.7	(対象外)※2					
C38 恵山	146.9	(対象外)※2					

(次頁へ続く)

※1 「津波及び静振」については、津波の影響評価において評価する。

※2 原子力発電所の火山影響評価ガイドにおいて、噴出中心と原子力発電所との距離が火山影響評価ガイドに記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとされていることから、敷地からの距離が火山影響評価ガイドに記載の距離より大きい場合は評価の対象外とした。

7. 火山影響評価のまとめ

(参考) 影響評価及びモニタリングの検討・評価の見通し(2/5)

(前頁からの続き)

[降下火砕物の影響評価(地理的領域外の火山も含む)]

○以下に示す文献調査、地形・地質調査、火山学的調査及び降下火砕物シミュレーションの結果、敷地における降下火砕物の層厚は、En-a(支笏カルデラの後カルデラ火山である恵庭岳)のシミュレーション結果による層厚が最も厚いことから、この結果を踏まえ、20cmと評価することで考えている。

・文献調査の結果、敷地に到達した可能性のある降下火砕物のうち、運用期間中における同規模の噴火の可能性のある降下火砕物として、白頭山苦小牧火山灰(B-Tm)及び有珠2000年噴火に伴う降下火砕物を抽出しており、これらの降下火砕物の分布主軸は概ね敷地方向を向いていることから、分布主軸上における給源～敷地と同程度の距離の地点の層厚を踏まえ、敷地における層厚はいずれも10cm以下(等層厚線図は次頁参照)と判断。

・地形・地質調査及び火山学的調査の結果、敷地及び敷地近傍においては、降下火砕物(洞爺火山灰(Toya)^{※3}及び阿蘇4火山灰(Aso-4)(敷地及び敷地近傍の地質調査結果はP303参照)の分布が認められるが、これらの降下火砕物を噴出した火山については、運用期間中における同規模の噴火の可能性は十分小さいと評価。

なお、敷地及び敷地近傍におけるボーリング柱状図等に取り扱いが不明確となっている“軽石”、“火山灰質”等の記載があることから、火山噴出物の分布状況に関する検討を実施した結果、降下火砕物に関しては以下の状況が認められており、洞爺火山灰(Toya)^{※3}及び阿蘇4火山灰(Aso-4)の他は、降下火砕物の影響評価の対象となるものは認められない(補足説明資料2の1章参照)。

✓ 老古美周辺の岩内台地及び岩内平野西部の梨野舞納露頭においては、洞爺火山灰(Toya)^{※3}の純層又は二次堆積物が認められる。

✓ 積丹半島西岸においては、洞爺火山灰(Toya)^{※3}及び阿蘇4火山灰(Aso-4)の純層又は二次堆積物が認められる。

✓ 敷地においては、支笏第1降下軽石(Spfa-1)、洞爺火山灰(Toya)及び対象火山灰^{※4}に対比される火山ガラスが混在する堆積物が認められるが、主に火山砕屑物からなる堆積物若しくは軽石又はスコリアを含む堆積物は認められない。

なお、中位段丘よりも高標高側に位置する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は、断層調査の結果、高位段丘堆積物等(MIS7以前)^{※5}の上位には、明瞭な火山灰を含む地層は認められず、支笏第1降下軽石(Spfa-1)、洞爺火山灰(Toya)及び対象火山灰^{※4}に対比される火山ガラスが混在する堆積物が認められることを踏まえると、これらと同様、火山ガラスが混在する堆積物であると推定される。

また、積丹半島西岸及び岩内平野において、中位段丘堆積物(MIS5e)^{※6}の上位ではあるが、洞爺火山灰(Toya)^{※3}又は阿蘇4火山灰(Aso-4)の純層又は二次堆積物が認められることを踏まえると、それらに対比される可能性も考えられる。

・文献調査、地形・地質調査及び火山学的調査により抽出した降下火砕物以外で、13火山から噴出した降下火砕物のうち、敷地との位置関係、噴出規模等から、Yo-1(羊蹄山)及びEn-a(恵庭岳)を対象としてTephra2を用いた降下火砕物シミュレーションを実施した結果、敷地における最大層厚は16cm(En-a(恵庭岳))と判断。なお、降下火砕物シミュレーションについては、以下のとおり実施している。

✓ 噴煙柱高度及び拡散係数についてパラメータスタディを実施し、文献の等層厚線を再現できるパラメータを決定。

✓ 上記のとおり決定したパラメータを用いて、最も敷地に影響のある月の風を選定した上で、敷地方向への仮想風を作成し、解析を実施。

(P305へ続く)

※3 洞爺火山灰(Toya)の火山ガラスを多く含む堆積物は、降下火砕物由来として示しているが、火砕サージ由来か降下火砕物由来かを厳密に区分することは難しいと評価している(詳細は補足説明資料2の1章参照)。

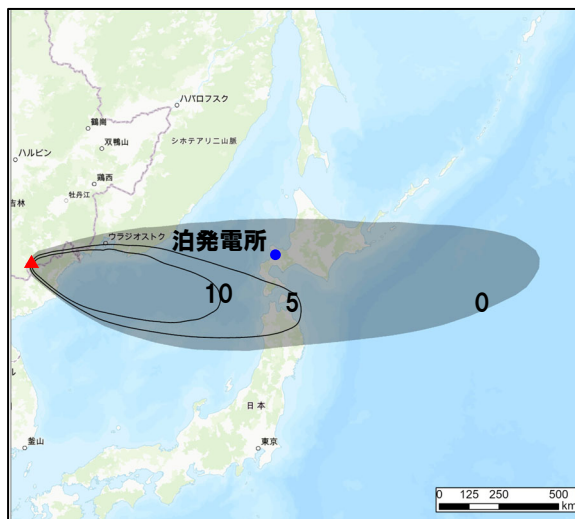
※4 ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)に対比される火山灰を「対象火山灰」と呼称している。

※5 Hm3段丘堆積物、Hm2段丘堆積物及びHm2段丘堆積物相当層。

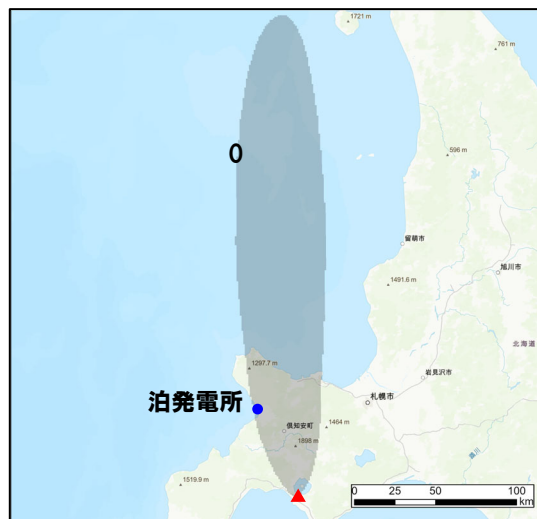
※6 Mm1段丘堆積物。

7. 火山影響評価のまとめ

(参考) 影響評価及びモニタリングの検討・評価の見通し (3/5)



白頭山苦小牧火山灰 (B-Tm)

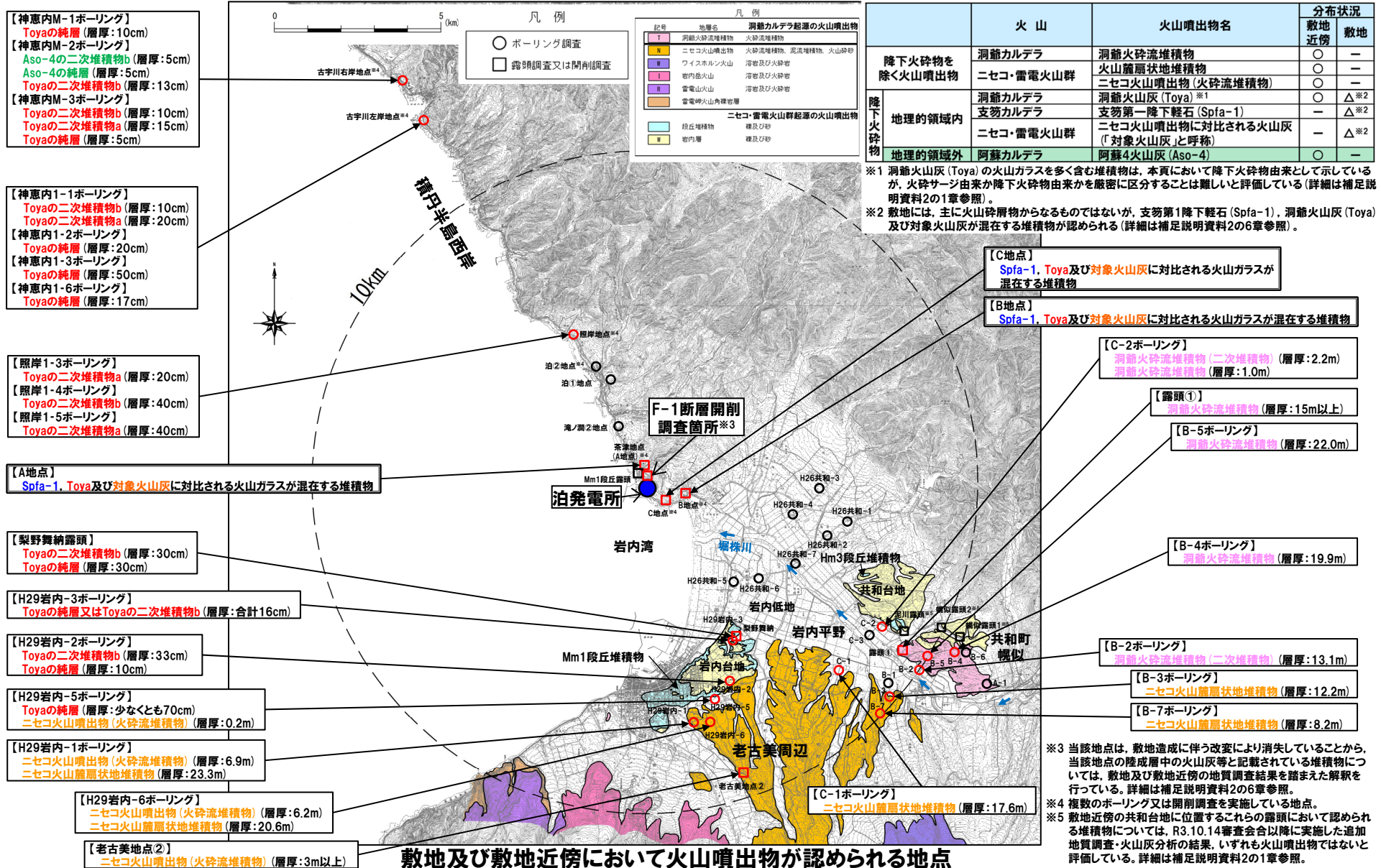


有珠山2000年噴火(4月4日)に伴い噴出した降下火砕物の

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

7. 火山影響評価のまとめ

(参考) 影響評価及びモニタリングの検討・評価の見通し (4/5)



余白

(参考) 影響評価及びモニタリングの検討・評価の見通し (5/5)

(P301からの続き)

【火山活動のモニタリング】

- 原子力発電所の運用期間中において設計対応が不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価した13火山(巨大噴火含む)のうち、第四紀に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洞爺カルデラ(補足説明資料1のP160～P168参照)については、原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づき監視対象火山とし、当該評価の根拠が維持されていることの確認を目的とした火山活動のモニタリングを実施することで考えている。
- なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群については、以下の状況であることを踏まえると、第四紀に設計対応不可能な火山事象(支笏火砕流(Spfl)及びKt-7(pf))が敷地に到達した可能性はないものと判断されることから、原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づき、監視対象火山としないことで考えている。
 - ・支笏火砕流堆積物(Spfl)は、給源から敷地までの距離(74.8km)と比較し最大到達距離(伊達市館山町付近:約52km)が小さく、敷地方向においては、当該方向の最大到達距離(羊蹄山北側地点:約48km、敷地から当該地点までの距離約28km)よりも遠方に地形的障害である倶知安峠も存在し、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(補足説明資料1のP152～P155参照)。
 - ・Kt-7(pf)は、給源から敷地までの距離(80.5km)と比較し最大到達距離(厚真町付近:約63km)が小さく、敷地方向においては地形的障害であるオロフレ山及びホロホロ山も存在し、これら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(補足説明資料1のP156～P159参照)。
- 洞爺カルデラのモニタリングにおいては、原子炉安全専門審査会原子炉火山部会資料等を踏まえ、下表に示す監視項目により、活動状況の変化を総合的に評価することで考えている。

洞爺カルデラにおける火山活動のモニタリング項目

モニタリング項目		主に用いるデータ名	備考	
主な 監視項目	地震活動	・気象庁「一元化処理震源データ」 ・気象庁「地震月報(カタログ編)」	公的機関の公開データを用いた当社検討	
	地殻変動	GNSS	・国土地理院「電子基準点データ提供サービス」	公的機関の公開データを用いた当社検討
		水準測量	・当社洞爺カルデラ周辺の水準測量	当社測量成果を用いた当社検討
		衛星観測	・気象庁「火山噴火予知連資料」 ・国土地理院「地理院地図(時系列SAR)」	公的機関の評価
	傾斜計・伸縮計	・気象庁「火山噴火予知連資料」	公的機関の評価	
火山ガス・表面熱活動	・気象庁「火山噴火予知連資料」 ・気象庁「火山活動解説資料」	公的機関の評価		
その他の 監視項目	噴出場所及び噴出物	・気象庁「火山活動解説資料」	公的機関の評価	
	噴火様式	・気象庁「火山活動解説資料」	公的機関の評価	
	地下構造	・防災科研「日本列島下の三次元地震波速度構造」	公的機関の評価	
	その他	・文献、学会発表、報道発表等	公的機関の評価等	

參考資料

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. 42
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. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	
5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要	
5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
5.2.3 降下火砕物シミュレーション	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 306
参考文献	P. 319

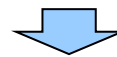
【鳴子カルデラ及び支笏カルデラの地下構造】(1/5)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 文献 (Yamaya et al., 2017; Ichihara et al., 2019) に基づくと、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。
- 当社が作成した地震波速度構造断面 (P146~P147参照) によれば、当該低比抵抗領域付近における地震波速度構造は、低Vpかつ低Vp/Vs領域であり、水に富む領域と考えられることから、当該領域が水に富む要因を検討した。
- 検討においては、北海道南部とマグマ供給システムが同様である東北日本 (P84~P91参照) に位置する鳴子カルデラを参考とした。

【中島 (2017)】

- 鳴子カルデラの地下構造について整理している中島 (2017) をレビューした。
 - ・中島 (2017) によれば、鳴子火山直下には最上部マントルから上部地殻の深さ5km程度まで連続的に分布する地震波低速度域が確認できるとされている (次頁①)。
 - ・この地域では詳細な比抵抗構造も推定されており (Asamori et al., 2010)、鳴子火山の西側には、深さ30kmから5km程度まで連続的に分布する筒状の低比抵抗域が存在する (次頁②)。この低比抵抗域は地震波低速度域と空間的によく対応するとされている (次頁③)。
 - ・この低速度域は最上部マントルと下部地殻ではVp/Vsが大きい (>1.80) (次頁④) が、上部地殻では小さい (<1.70) (次頁⑤) とされている。
 - ・鳴子火山下の中部~下部地殻 (深さ15km以深) では、地殻物質が~1vol%部分融解しており、上部地殻にはその部分融解域から放出された水が1-5vol%分布していると考えられているとされている。
 - ・下部地殻の低周波地震は部分融解域である低速度・高減衰域の端で発生しているという特徴があり (次頁⑥)、そこではメルトの固化によって水が浅部に放出されると考えられている (次頁⑦) とされている。

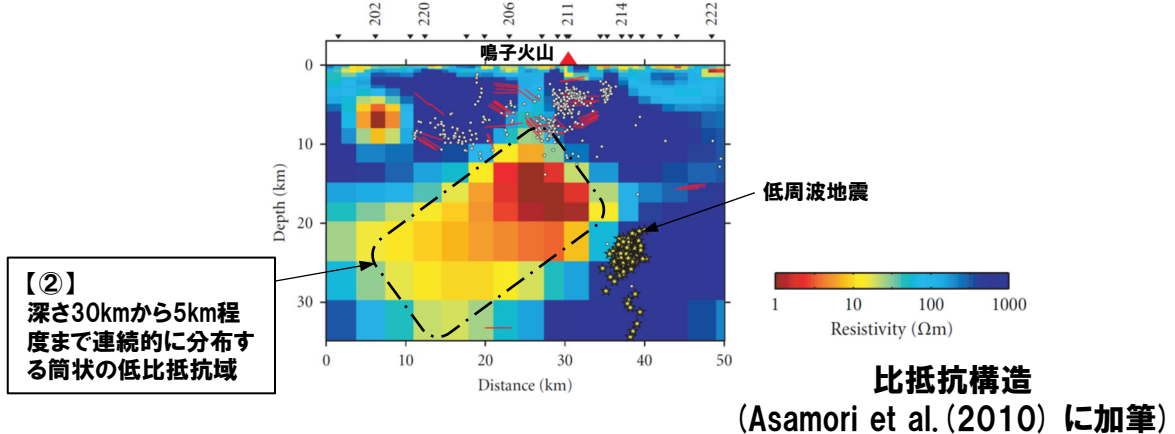
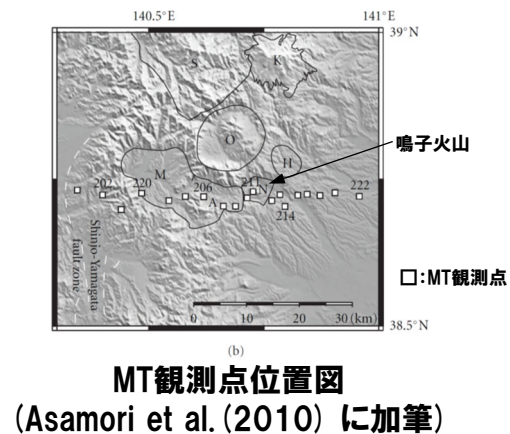
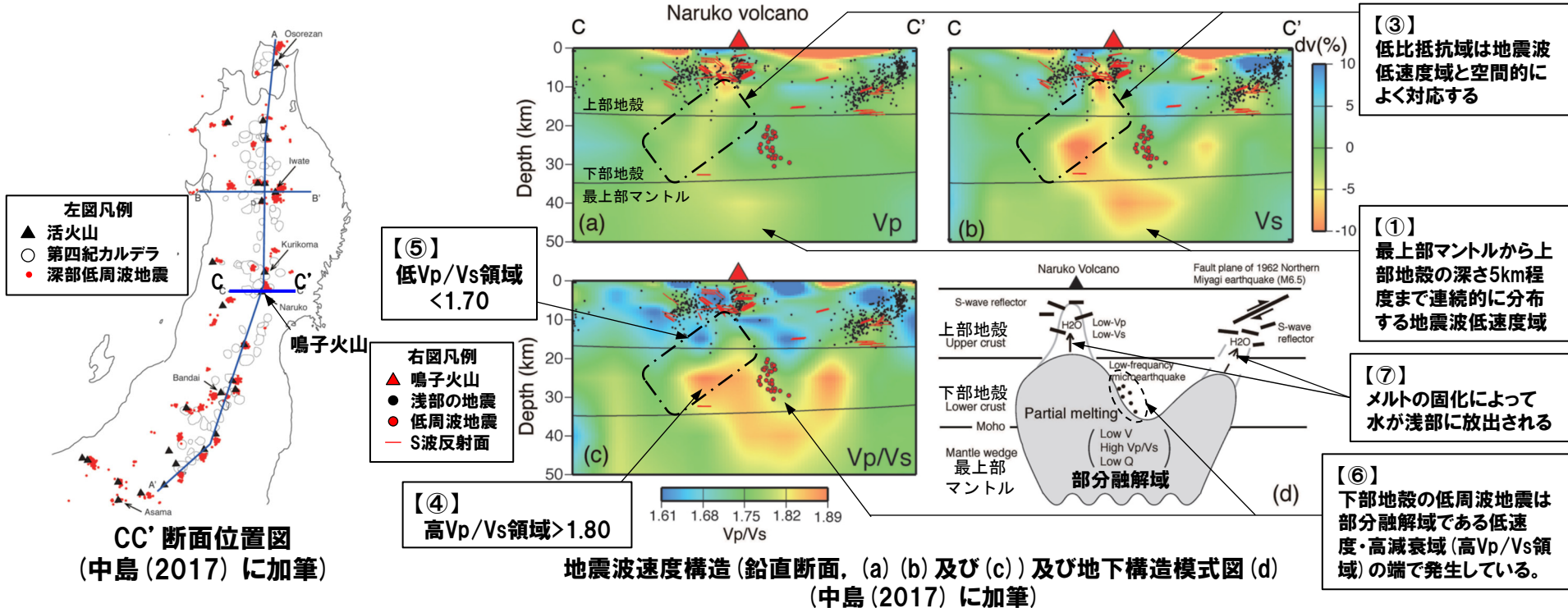


- 中島 (2017) に基づくと、鳴子カルデラ直下の地下構造は以下の状況が認められる。
 - ・地震波速度構造では、最上部マントルから上部地殻まで低Vp、低Vs領域が連続的に分布する。
 - ・比抵抗構造では、下部地殻から上部地殻まで低比抵抗領域が連続的に分布し、当該地震波低速度領域と空間的に対応している。
 - ・当該地震波低速度領域におけるVp/Vsは、最上部マントル及び下部地殻では高Vp/Vsであるのに対し、上部地殻では低Vp/Vsである。
 - ・下部地殻の高Vp/Vs領域の端で低周波地震が発生している。
- このため、上部地殻に分布する低Vp、低Vs、低Vp/Vs領域かつ低比抵抗領域は、下部地殻中のメルトが固化し、低周波地震を伴いながら水が浅部へ放出されることにより、水が供給されている領域と推定されている。

(参考)支笏カルデラの地下構造に関する検討

【鳴子カルデラ及び支笏カルデラの地下構造】(2/5)

再掲 (R5/1/20審査会合)



(参考)支笏カルデラの地下構造に関する検討

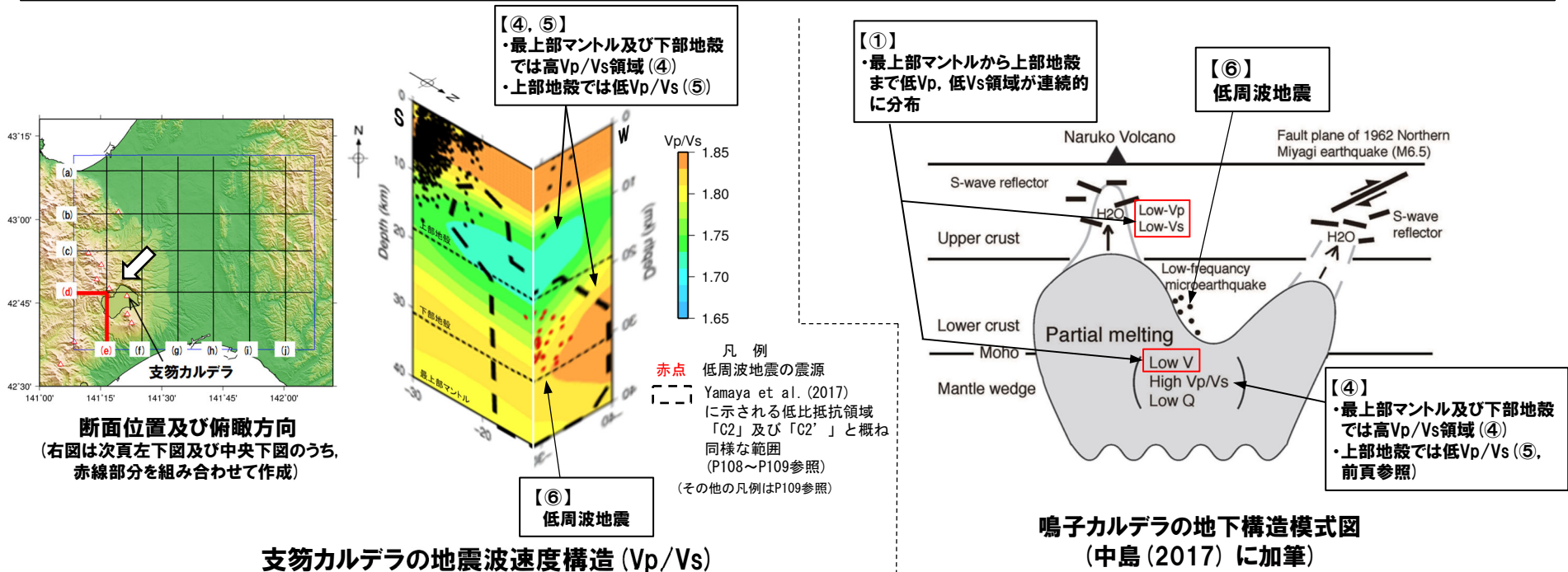
【鳴子カルデラ及び支笏カルデラの地下構造】(3/5)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 支笏カルデラ及び鳴子カルデラの地下構造について比較した。
- 支笏カルデラ直下の地震波速度構造及び比抵抗構造(下図及び次頁~P313参照)は、鳴子カルデラと概ね同様な状況となっている。
 - ・地震波速度構造では、最上部マントルから上部地殻まで低Vp, 低Vs領域が連続的に分布する(下図①及び次頁①)。
 - ・比抵抗構造では、下部地殻から上部地殻まで低比抵抗領域が連続的に分布し(下図破線囲み, 次頁破線及び一点鎖線囲み並びにP313参照), 当該地震波低速度領域と空間的に対応している(次頁③)。
 - ・当該地震波低速度領域におけるVp/Vsは、最上部マントル及び下部地殻では高Vp/Vsである(下図④及び次頁④)のに対し、上部地殻では低Vp/Vsである(下図⑤及び次頁⑤)。
 - ・下部地殻の高Vp/Vs領域の端で低周波地震が発生している(下図⑥及び次頁⑥)。



- 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域付近が水に富む領域となる要因としては、支笏カルデラ直下の地下構造が鳴子カルデラと概ね同様な状況となっていることから、支笏カルデラにおいても、下部地殻中のメルトが固化し、低周波地震を伴いながら水が浅部へ放出されることにより、水が供給されている可能性が考えられる。



(参考)支笏カルデラの地下構造に関する検討

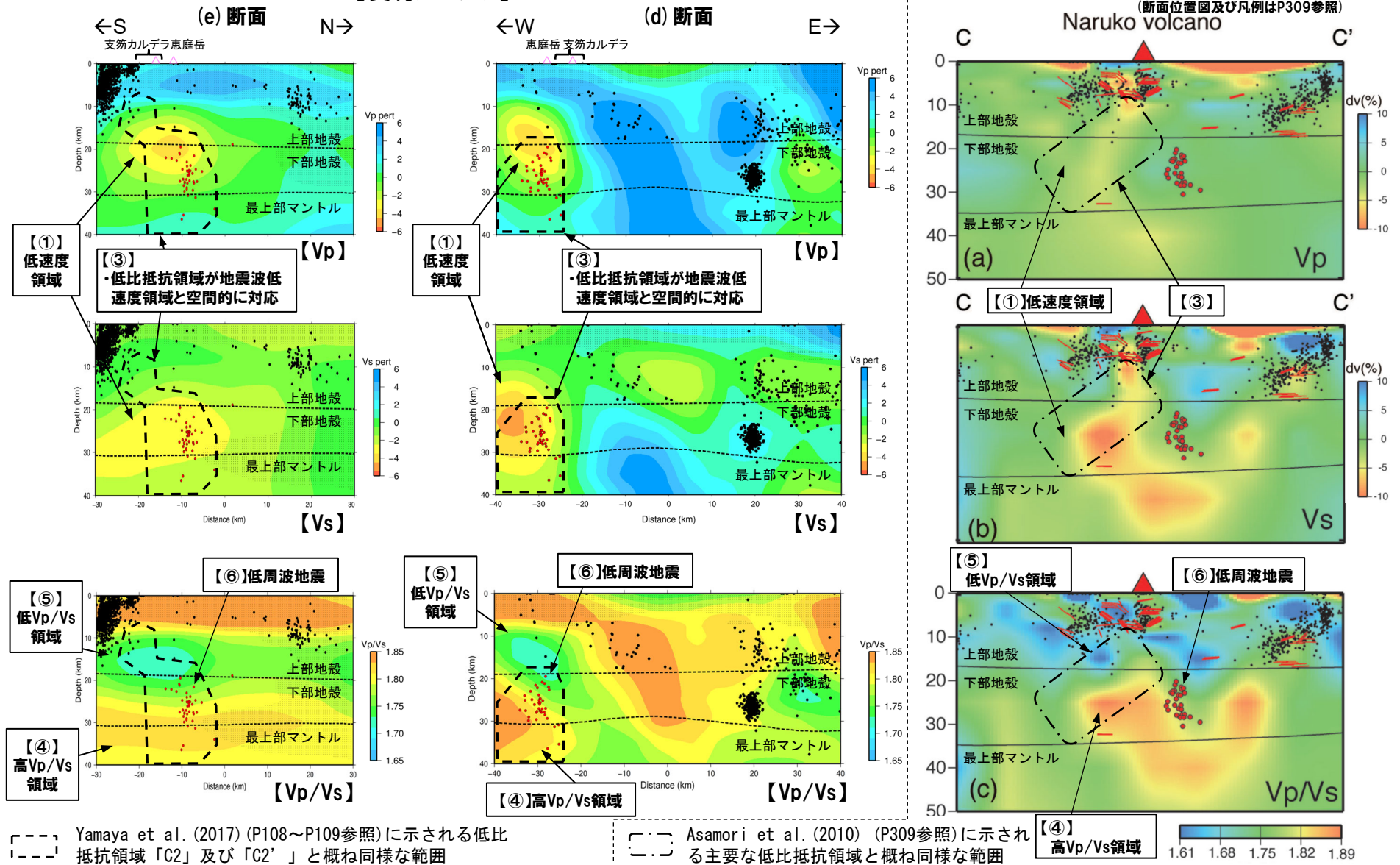
【鳴子カルデラ及び支笏カルデラの地下構造】(4/5)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【支笏カルデラ】(断面位置図はP112, 凡例はP113参照)

【鳴子カルデラ】

(断面位置図及び凡例はP309参照)

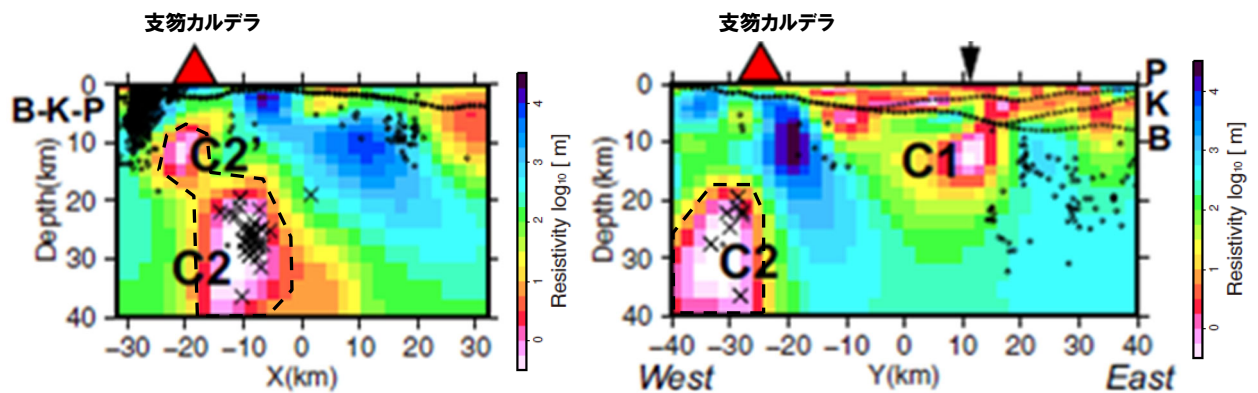


余白

【鳴子カルデラ及び支笏カルデラの地下構造】(5/5)

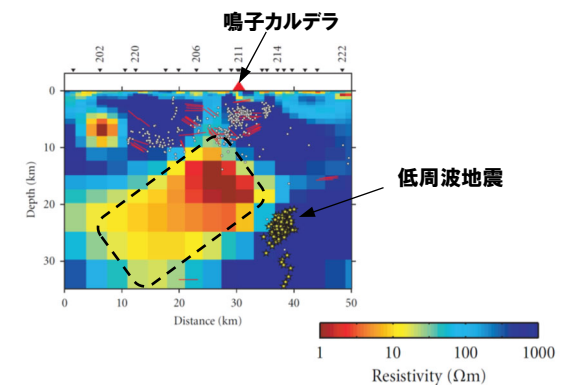
一部修正 (R5/1/20審査会合)

【支笏カルデラ】



支笏カルデラの比抵抗構造(鉛直断面) (Yamaya et al. (2017) に加筆, 凡例及び断面位置はP109参照)

【鳴子カルデラ】

鳴子カルデラの比抵抗構造
(Asamori et al. (2010) に加筆)

余白

① 検討目的及び方法

一部修正 (R3/10/14審査会合)

- 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(P268参照)、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することとした。
- 検討は、「4.1.2 巨大噴火の可能性評価方法」において整理した考え方(P81～P93参照)を踏襲し、ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内に、「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」を以って行う。

② 検討結果 (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、当社がニセコ・雷電火山群周辺における水平・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、ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内(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。
- ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内に認められる低周波地震群は、やや低Vpかつ低Vp/Vs領域の縁辺部に認められるため、水の移動に関連する可能性があると考えられる※1。

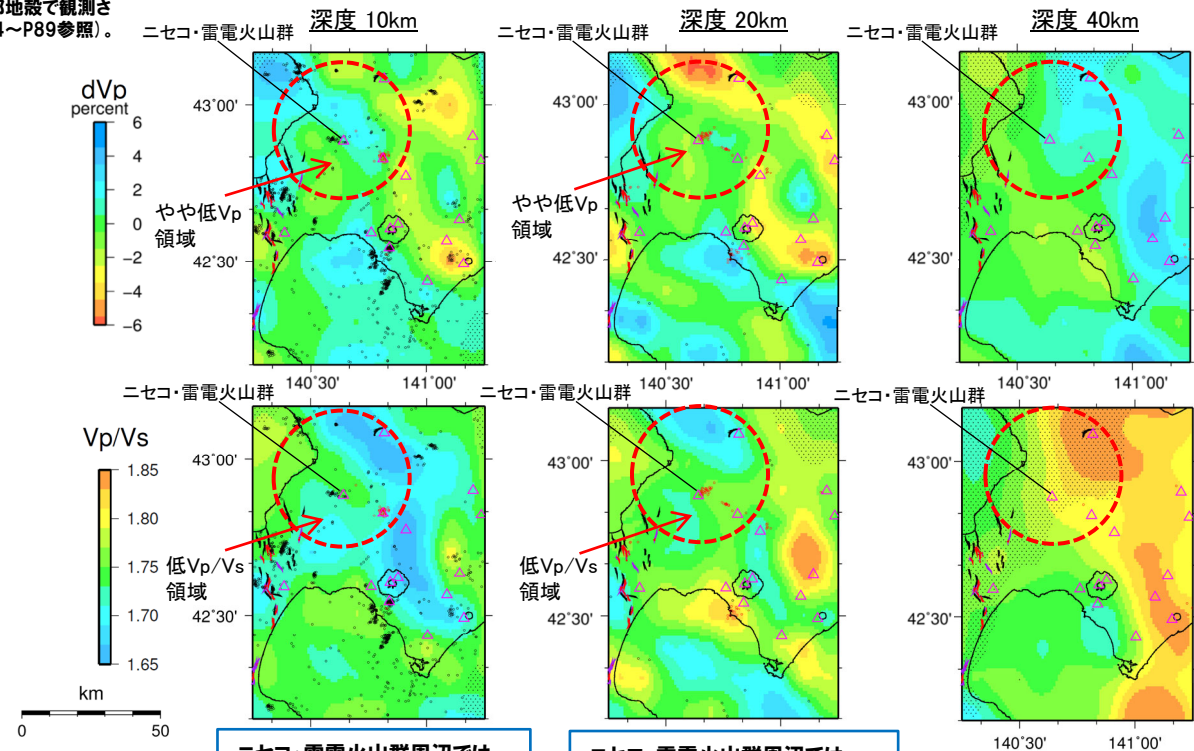
※1 Nakajima et al. (2001) 及び中道 (2022) に基づくと、活火山直下の上部地殻で観測される低Vp、低Vs、低Vp/Vsは、水の存在を示唆していると考えられる(P84~P89参照)。

【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
- 黒点 震源 (MJMA ≥ 0)
- 赤点 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
- ニセコ・雷電火山群を中心とした、半径25kmの範囲



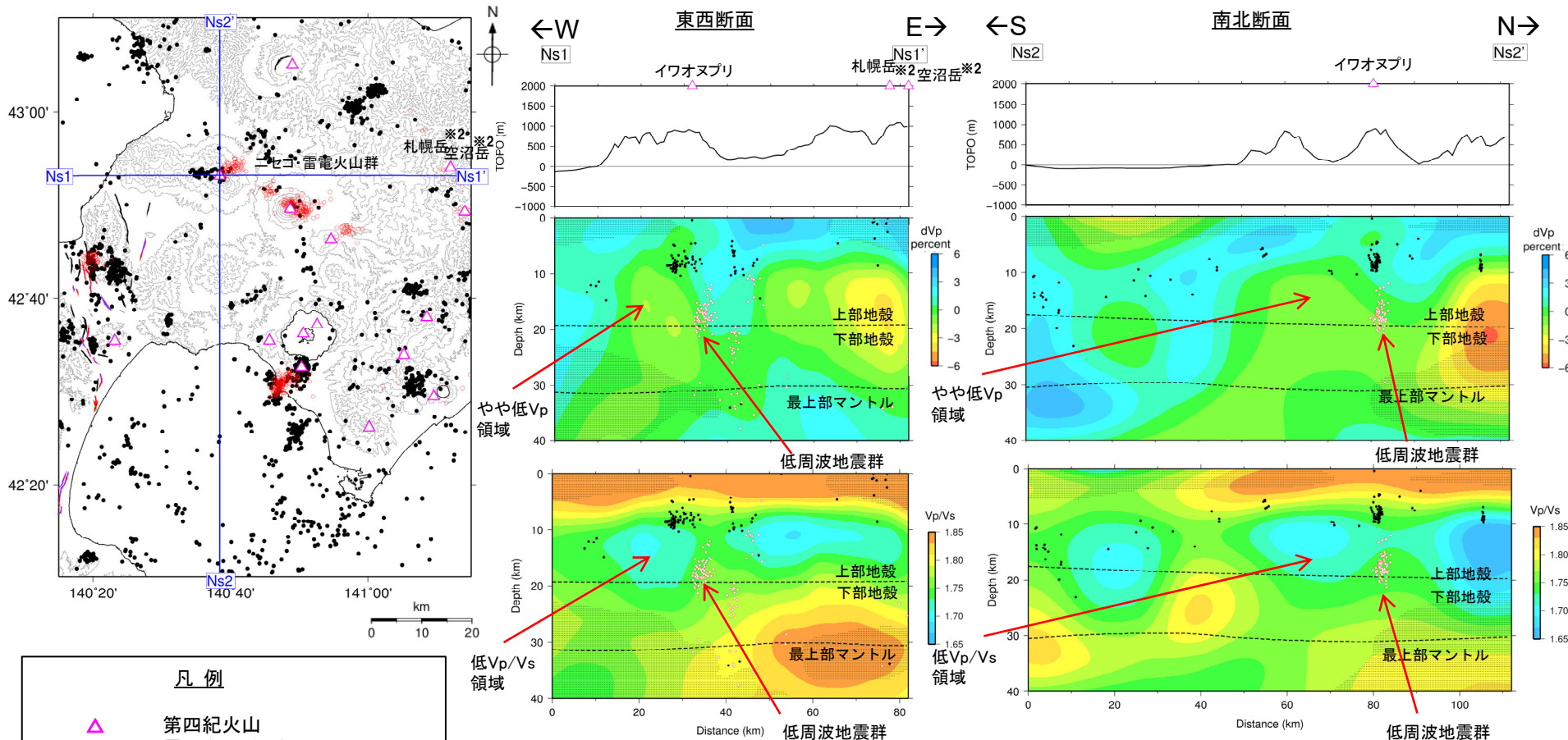
ニセコ・雷電火山群周辺では、南方~西方に、やや低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

ニセコ・雷電火山群周辺では、南方~西方に、やや低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)

② 検討結果 (2/2)

一部修正 (R3/10/14審査会合)



凡例

- △ 第四紀火山
- 震源 (M_{JMA} ≥ 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

ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内 (約20km以浅) には、イワオヌプリの南方~西方の深度10km~20km程度にやや低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められ、その北東縁付近に低周波地震群が認められるが、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 (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、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の範囲の地震をプロットした。

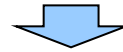
※2「2013.7泊発電所発電用原子炉設置変更許可申請」時点では、地理的領域にある第四紀火山は、札幌岳、空沼岳及び漁岳を含めた34火山としていた。この3火山については、中川ほか(2013)により、いずれもその活動は鮮新世とされたことを踏まえ、「日本の火山(DB)」においても第四紀火山から除外されていることから、当社も第四紀火山の抽出において除外することとした。

【まとめ】

一部修正 (R3/10/14審査会合)

【ニセコ・雷電火山群における地震波速度構造 (P315~P317参照)】

- 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、ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内(約20km以浅)には、メルトの存在を示唆する顕著な低 V_p かつ高 V_p/V_s 領域は認められない。
- ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内に認められる低周波地震群は、低 V_p かつ低 V_p/V_s 領域の縁辺部に認められるため、水の移動に関連する可能性があると考えられる。



- ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内には、現状、過去の最大規模以上の噴火に関わるようなマグマ溜まりを示唆する地震波速度構造及び低周波地震群は認められない。

- (1) 中野俊・西来邦章・宝田晋治・星住英夫・石塚吉浩・伊藤順一・川辺禎久・及川輝樹・古川竜太・下司信夫・石塚治・山元孝広・岸本清行編 (2013) : 日本の火山 (第3版), 200 万の1地質編集図, No.11, 産業技術総合研究所 地質調査総合センター.
- (2) 西来邦章・伊藤順一・上野龍之編 (2012, 2015) : 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース.
- (3) 中川光弘・松本亜希子・島谷太郎・小杉安由美 (2013) : 東北日本弧北端の第四紀火山活動の時空変遷: 活動年代の再検討とマグマ組成, 日本地質学会第120年学術大会講演要旨, R3-0-3, p.44.
- (4) Amma-Miyasaka, M., Miura, D., Nakagawa, M., Uesawa, S., Furukawa, R. (2020) : Stratigraphy and chronology of silicic tephra in the Shikotsu-Toya Volcanic Field, Japan: Evidence of a Late Pleistocene ignimbrite flare-up in SW Hokkaido, *Quaternary International*, 562, pp.58-75.
- (5) 中川光弘・後藤芳彦・新井計雄・和田恵治・板谷徹丸 (1993) : 中部北海道, 滝川地域の中新世-鮮新世玄武岩のK-Ar年代と主成分化学組成: 東北日本弧-千島弧, 島弧会合部の玄武岩単成火山群, 岩鉱, 第88巻, 第8号, pp.390-401.
- (6) 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, 産総研地質調査総合センター.
- (7) 第四紀火山カタログ委員会編 (1999) : 日本の第四紀火山カタログ, 日本火山学会.
- (8) 第四紀火山カタログ委員会編 (2000) : 日本の第四紀火山カタログ, 日本火山学会.
- (9) 山元孝広 (2014) : 日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図, 地質調査総合センター研究資料集, No.613, 産総研地質調査総合センター.
- (10) 町田洋・新井房夫 (2011) : 新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺], 東京大学出版会.
- (11) 産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2021) : 1万年噴火イベントデータ集 (ver.2.5), 産総研地質調査総合センター.
- (12) 気象庁編 (2013) : 日本活火山総覧 (第4版).
- (13) 下司信夫 (2016) : 大規模火砕噴火と陥没カルデラ: その噴火準備と噴火過程, 火山, 第61巻, 第1号, pp.101-118.
- (14) Nakajima, J., Matsuzawa, T. and Hasegawa, A. (2001) : Three-dimensional structure of Vp, Vs and Vp/Vs beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids, *Journal of geophysical research*, Vol.106, No.B10, pp.21843-21857.
- (15) 中道 治久: 火山における 3次元地震波速度トモグラフィ実践法, 火山, 第67巻, 第2号, pp.207-220.
- (16) Yasuo Takei (2002) : Effect of pore geometry on Vp/Vs: From equilibrium geometry to crack, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, Volume 107, Issue B2, ECV 1-1-ETG 3-20.
- (17) Kita, S., Nakajima, J., Hasegawa, A., Okada, T., Katsumata, K., Asano, Y. and Kimura, T. (2014) : Detailed seismic attenuation structure beneath Hokkaido, northeastern Japan: Arc-arc collision process, arc magmatism, and seismotectonics, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, pp.6486-6511.
- (18) 下鶴大輔・荒牧重雄・井田喜明・中田節也編 (2008) : 火山の辞典 (第2版), 朝倉書店.
- (19) 後藤忠徳・三ヶ田均 (2008) : 電磁気法探査 (EM 法探査) 技術の現状と展望-地震探査との統合型解析に向けて-, 地学雑誌, 第117巻, 第6号, pp.997-1010.
- (20) 青木陽介 (2016) : 火山における地殻変動研究の最近の発展, 火山, 第61巻, 第2号, pp.311-344.

- (21) 中島淳一 (2017) :東北地方の火山周辺の地震波速度・減衰構造:地殻構造と低周波地震・S波反射面との関係, 地震研究所彙報, Vol.92, pp.49-62.
- (22) Hata, M., Matsushima, N., Takakura, S., Utsugi, M., Hashimoto, T., & Uyeshima, M. (2018) :Three-dimensional electrical resistivity modeling to elucidate the crustal magma supply system beneath Aso caldera, Japan. Journal of Geophysical Research: Solid Earth.
- (23) 金田泰明・後藤義瑛・西野佑紀・宝田晋治・下司信夫 (2020) :支笏・洞爺・濁川・大山火山の大規模噴火の前駆活動と噴火推移, 産総研地質調査総合センター研究資料集, No. 699, 産総研地質調査総合センター, 75p.
- (24) 宝田晋治・中川光弘・宮坂瑞穂・山元孝広・山崎 雅・金田泰明・下司信夫 (2022) :支笏カルデラ支笏火砕流堆積物分布図, 大規模火砕流分布図, no. 2, 産総研地質調査総合センター, 34p.
- (25) Matsubara, M., Sato, H., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., Suzuki K. and Kamiya, S. (2019) :Seismic Velocity Structure in and around the Japanese Island Arc Derived from Seismic Tomography Including NIED MOWLAS Hi net and S net Data, Seismic Waves Probing Earth System, IntechOpen, pp.1-19.
- (26) 今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高 (2018) :活断層詳細デジタルマップ [新編], 東京大学出版会.
- (27) Zhao, D., Horiuchi, S., Hasegawa, A. (1992) :Seismic velocity structure of the crust beneath the Japan Islands, Tectonophysics, 212, pp.289-301.
- (28) Matsubara M., H. Sato, T. Ishiyama, and Horne, A.V. (2017) :Configuration of the Moho discontinuity beneath the Japanese Islands derived from three-dimensional seismic tomography, Tectonophysics, 710-711, pp.97-107.
- (29) Yamaya, Y., Mogi, T., Honda, R., Hase, H., Hashimoto, T. and Uyeshima, M. (2017) :Three-dimensional resistivity structure in Ishikari Lowland, Hokkaido, northeastern Japan-Implications to strain concentration mechanism, Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 18 (2), pp.735-754.
- (30) Ichihara, H., Mogi, T., Satoh, H. and Yamaya, Y. (2019) :Electrical resistivity modeling around the Hidaka collision zone, northern Japan: regional structural background of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (Mw 6.6), Earth, Planets and Space (2019) pp.71-100.
- (31) Yokoyama, I. and Aota, M. (1965) :Geophysical Studies on Sikotu Caldera, Hokkaido, Japan, Journal of Faculty of Science, Hokkaido University, Series 7, Geophysics, 2 (2), 103-122.
- (32) 気象庁 (2020) :第147回 火山噴火予知連絡会資料.
- (33) 気象庁 (2022) :第151回 火山噴火予知連絡会資料.
- (34) 気象庁 (2021) :第149回 火山噴火予知連絡会資料.
- (35) 国土地理院 (2023) :宇宙から国土をくまなくスキャンします! 一だいち2号による全国の変動分布図が完成一, 2023年報道発表資料.
- (36) Miura, D., Yoshinaka, K., Takeuchi, S., Uesawa, S. 2022) :Proximal deposits of the Kuttara-Hayakita tephra at Kuttara caldera volcano, northern Japan: A record of precursor volcanism, Bull. Volcanol. Soc. Japan, 67 (3), 273-294.

- (37) 山縣耕太郎 (1994) : 支笏およびクッタラ火山のテフロクロノロジー, 地学雑誌, 第103巻, 第3号, pp.268-285.
- (38) 森泉美穂子 (1998) : クッタラ火山群の火山発達史, 火山, 第43巻, 第3号, pp.95-111.
- (39) 後藤芳彦・佐々木央岳・鳥口能誠・畠山 信 (2013) : 北海道クッタラ(登別)火山の噴火史, 日本火山学会講演予稿集, p.129.
- (40) Goto, Y., Toriguchi, Y., Sasaki, H. and Hatakeyama, A. (2015) : Multiple Vent-forming Phreatic Eruptions after AD 1663 in the Noboribetsu Geothermal Field, Kuttara Volcano, Hokkaido, Japan, Bull. Volcanol. Soc. Japan, Vol. 60, No. 2, pp. 241-249.
- (41) Goto, Y. and Johmori, A. (2015) : Internal Structure of Kuttara Caldera, Hokkaido, Japan, Bull. Volcanol. Soc. Japan, Vol.60, No.1, pp.35-46.
- (42) Hashimoto, T., Kanda, W., Morita, Y., Hayakawa, M., Tanaka, R., Aoyama, H. and Uyeshima, M. (2019) : Significance of Electromagnetic Surveys at Active Volcanoes : Toward Evaluating the Imminence of Wet Eruptions, Journal of Disaster Research Vol.14 No.4, 2019, pp.580-591.
- (43) 畠山信・佐々木央岳・鳥口能誠・後藤芳彦 (2005) : 北海道南西部クッタラカルデラの周囲を取り巻く環状構造: 先クッタラカルデラ?, 日本火山学会講演予稿集, p.108.
- (44) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (1990) : 地熱開発促進調査報告書 No.22, 登別地域.
- (45) 李仁雨 (1993) : 洞爺カルデラ火砕噴火の噴出物: 全岩化学組成の特徴, 日本火山学会講演予稿集, p.87.
- (46) Lee, IW. (1996) : Formation of Toya Caldera, Southwest Hokkaido, Japan, 神戸大学博士論文.
- (47) 鷹澤好博・臼井理沙・田中瞳・東剛 (2007) : SAR法による洞爺火砕流堆積物の赤色熱ルミネセンス年代測定, 地質学雑誌, 第113, pp.470-478.
- (48) Goto, Y., Suzuki, K., Shinya, T., Yamauchi, A., Miyoshi, M., Danhara, T., Tomiya, A. (2018) : Stratigraphy and lithofacies of the Toya ignimbrite in southwestern Hokkaido, Japan: Insights into the caldera-forming eruption at Toya caldera, Journal of Geography, 127 (2), 191-227.
- (49) 後藤芳彦・孫入匠・檀原徹・東宮昭彦 (2021) : 北海道洞爺カルデラ地域における先カルデラ期の火砕流堆積物の発見: 立香火砕流堆積物, 日本火山学会講演予稿集, p.49.
- (50) 東宮明彦・宮城磯治 (2020) : 洞爺噴火の年代値, 火山, 第65巻, 第1号, pp.13-18.
- (51) Miyabuchi, Y., Okuno, M., Torii, M., Yoshimoto, M., Kobayashi, T. (2014) : Tephrostratigraphy and eruptive history of post-caldera stage of Toya Volcano, Hokkaido, northern Japan, J. Volcanol. Geotherm. Res., 281, 34-52.
- (52) 曾屋龍典・勝井義雄・新井田清信・堺幾久子・東宮昭彦 (2007) : 有珠火山地質図 (第2版), 地質調査総合センター.
- (53) Nakagawa, M., Matsumoto, A., Yoshizawa, M. (2022) : Re-investigation of the sector collapse timing of Usu volcano, Japan, inferred from reworked ash deposits caused by debris avalanche, Front. Earth Sci., 10: 967043.
- (54) Goto, Y., and Danhara, T. (2018) : Subsurface Structure of Toya Caldera, Hokkaido, Japan, as Inferred from CSAMT Resistivity Survey, Journal of Geography, 127(2), pp.139-156.
- (55) Matsushima, N., Oshima, H., Ogawa, Y., Takakura, S., Satoh, H., Utsugi, M., Nishid, Y. (2001) : Magma prospecting in Usu volcano, Hokkaido, Japan, using magnetotelluric soundings, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 109 (2001), 263-277.

- (56) 小森省吾・高倉伸一・光畑裕司・横田俊之・内田 利弘・牧野雅彦・加藤洋介・山本 和哉 (2022) : 北海道洞爺カルデラ周辺における陸-海-湖域接合の広帯域MT法調査, 日本地球惑星科学連合2022年大会講演要旨, SEM14-08.
- (57) Hata, M, Takakura, S., Matsushima, N., Hashimoto, T., and Utsugi, M. (2016) : Crustal magma pathway beneath Aso caldera inferred from three-dimensional electrical resistivity structure, Geophysical Research Letters.
- (58) 和田信彦・八幡正弘・大島弘光・横山英二・鈴木豊重 (1988) : 西胆振地域の地質と地質と地熱資源, 地下資源調査所調査研究報告第19号, 北海道立地下資源調査所.
- (59) Suito, H. (2018) : Current Status of Postseismic Deformation Following the 2011 Tohoku-Oki Earthquake, Journal of Disaster Research Vol.13 No.3, 2018, pp.503-510.
- (60) Ueda, H., Ohtake, M., and Sato, H. (2003) : Postseismic crustal deformation following the 1993 Hokkaido Nanseioki earthquake, northern Japan: Evidence for a low-viscosity zone in the uppermost mantle, Journal of geophysical research, Vol.108, No.B3, 2151.
- (61) 大場与志男 (1960) : ニセコ火山群の岩石について, 地質学雑誌, 第66巻, 第783号, pp.788-799.
- (62) 新エネルギー総合開発機構 (1986) : 昭和60年度全国地熱資源総合調査(第2次) 火山性熱水対流系地域タイプ①(ニセコ地域) 調査 火山岩分布年代調査報告書 要旨.
- (63) 新エネルギー総合開発機構 (1987a) : 昭和61年度全国地熱資源総合調査(第2次) 火山性熱水対流系地域タイプ①(ニセコ地域) 地熱調査成果図集.
- (64) 日本地質学会編 (2010) : 日本地方地質誌1 北海道地方, 朝倉書店.
- (65) Oka, D., Tamura, M., Mogi, T., Nakagawa, M., Takahashi, H., Ohzono, M., and Ichyanagi, M. (2023) : Conceptual model of supercritical geothermal system in Shiribeshi Region, Hokkaido, Japan, Geothermics, 108, 102617.
- (66) 児玉浩・宇井忠英・中川光弘 (1998) : ニセコ火山群の火山活動史, 日本岩石鉱物鉱床学会 平成9年度学術講演会予稿集, p.8.
- (67) 勝井義雄・岡田弘・中川光弘 (2007) : 北海道の活火山, 北海道新聞社.
- (68) 松尾良子・中川光弘 (2017) : 北海道南西部ニセコ火山群, イワオヌプリ火山の形成史と活動年代, 日本地球惑星科学連合2017年大会講演要旨, SVC50-P13.
- (69) Tamura, M., Oka, D., Okazaki, N., Suzuki, K., Hashimoto, T., Mogi, T. (2022) : Magnetotelluric survey and three-dimensional resistivity structure in and around the Niseko area, southwestern Hokkaido, Geothermics, 105, 102496.
- (70) 小嶋尚・野上道男・小野有五・平川一臣編 (2003) : 日本の地形2 北海道, 東京大学出版会.
- (71) 大原正則・宮本邦明・桑野修司・矢澤昭夫・山下伸太郎 (1990) : 桜島の溶岩流, 平成2年度砂防学会研究発表会概要集, pp.296-299.
- (72) 家田泰弘・大坪隆三・山下伸太郎・安養寺信夫・酒井敦章 (2009) : 桜島における昭和噴火時の溶岩流の数値シミュレーションによる再現, 平成21年度砂防学会研究発表会概要集, p.240.
- (73) 内閣府(防災担当)・消防庁・国土交通省水管理・国土保全局砂防部・気象庁 (2013) : 火山防災マップ作成指針, pp.59-62.
- (74) 上澤真平・中川光弘・江草匡倫 (2011) : 南西北海道, 羊蹄火山の完新世噴火史の再検討, 火山, 第56巻, 第2・3合併号, pp.51-63.

- (75) 江草匡倫・中川光弘・藤田豪平 (2003) : 西南北海道, 羊蹄火山の活動史: 埋積された古羊蹄火山の発見と噴出率の時間変化, 日本火山学会講演予稿集, p.57.
- (76) 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」.
- (77) 石田正夫・三村弘二・広島俊男 (1991) : 20万分の1地質図幅「岩内」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (78) 三浦大助・古川竜太・荒井健一 (2022) : 恵山火山地質図, 地質調査総合センター.
- (79) 一柳昌義・高橋浩晃・大園真子 (2021) : 臨時観測によるニセコ火山群の地震活動, 北海道大学地球物理学研究報告, 84, pp.21-28.
- (80) Asamori, K., K. Umeda, Y. Ogawa, T. Oikawa (2010) : Electrical resistivity structure and helium isotopes around Naruko volcano, northeastern Japan and its implication for the distribution of crustal magma, International Journal of Geophysics, Volume 2010, 738139.
- (Web)
- (81) 産業技術総合研究所 日本の火山データベース: <https://gbank.gsj.jp/volcano/>
- (82) 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 (ver. 1.0d), 産総研地質調査総合センター: <https://gbank.gsj.jp/volcano/vmap/>
- (83) 防災科学技術研究所: https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/
- (84) 気象庁地震月報 (カタログ編) : <https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/index.html>
- (85) 気象庁一元化処理検測値データ: <https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/>
- (86) 気象庁 火山活動解説資料: https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_vact_doc/monthly_vact.php