

⑤-1 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)

- 新しい火口の開口及びそれに伴う地殻変動が発生し、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。
- 下鶴ほか編(2008)によれば、火山性地震のうち低周波が卓越する地震(低周波地震)について、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。
- したがって、評価に当たっては、以下の状況を確認する。
 - ・敷地付近における地震活動の状況
 - ・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」)

【地震活動】

- 敷地付近には低周波地震が認められない。
- イワオヌプリを中心とするニセコ・雷電火山群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。

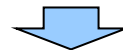
【地殻変動】

- 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。

※R3.10.14審査会合資料においては、敷地からニセコ・雷電火山群までの距離について、中野ほか編(2013)において代表点として示されているニセコアンヌプリまでの距離21.5km(約22km)を記載していたが、現在の活動中心であるイワオヌプリまでの距離19.7km(約20km)へ修正した。



- 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。
 - ・敷地付近にマグマや熱水活動を示唆する低周波地震が認められない
 - ・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

余白

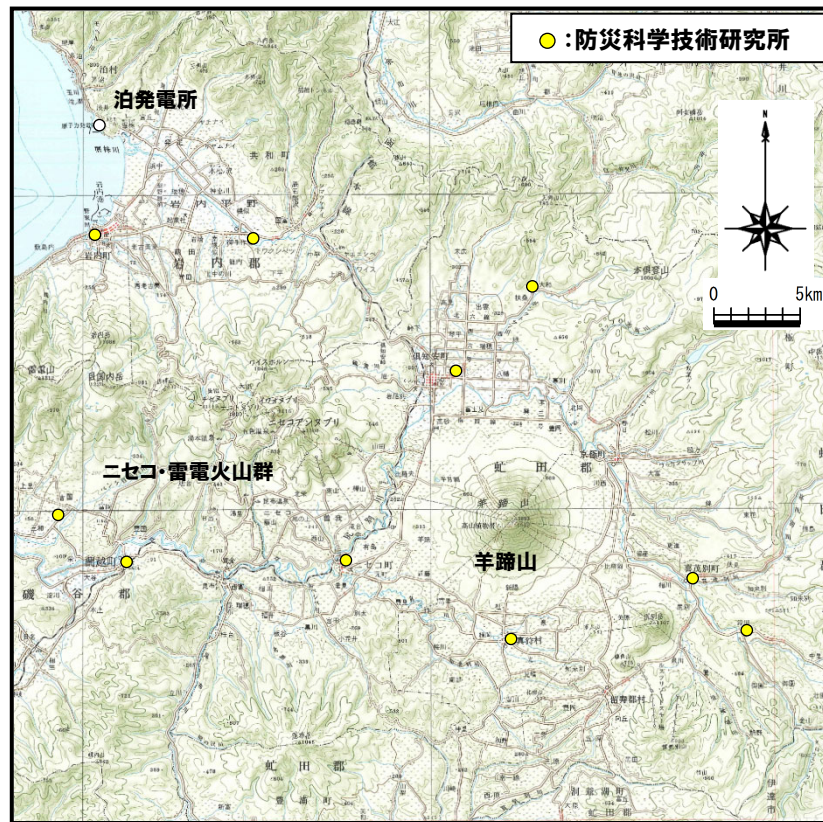
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-2 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) (1/4)

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。
- 浅部の地震活動は、イワオヌプリ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。
- 深部低周波地震活動は、イワオヌプリ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。
- 浅部の地震活動及び深部低周波地震活動は、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)

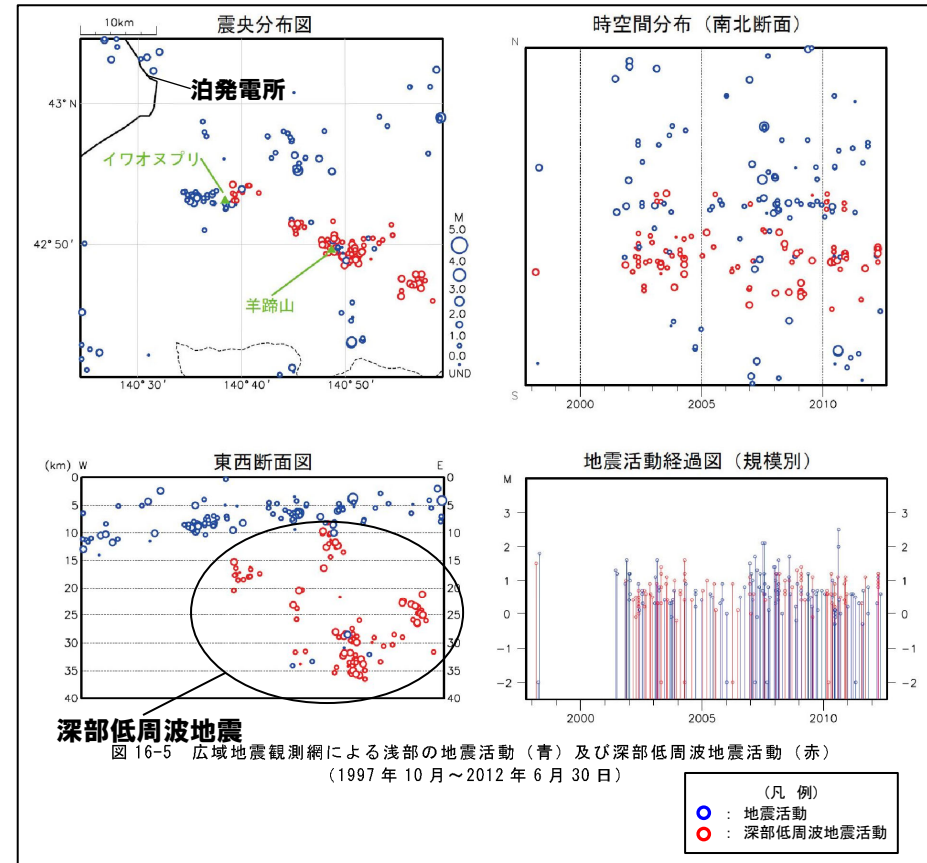


図 16-5 広域地震観測網による浅部の地震活動 (青) 及び深部低周波地震活動 (赤)
(1997年10月~2012年6月30日)

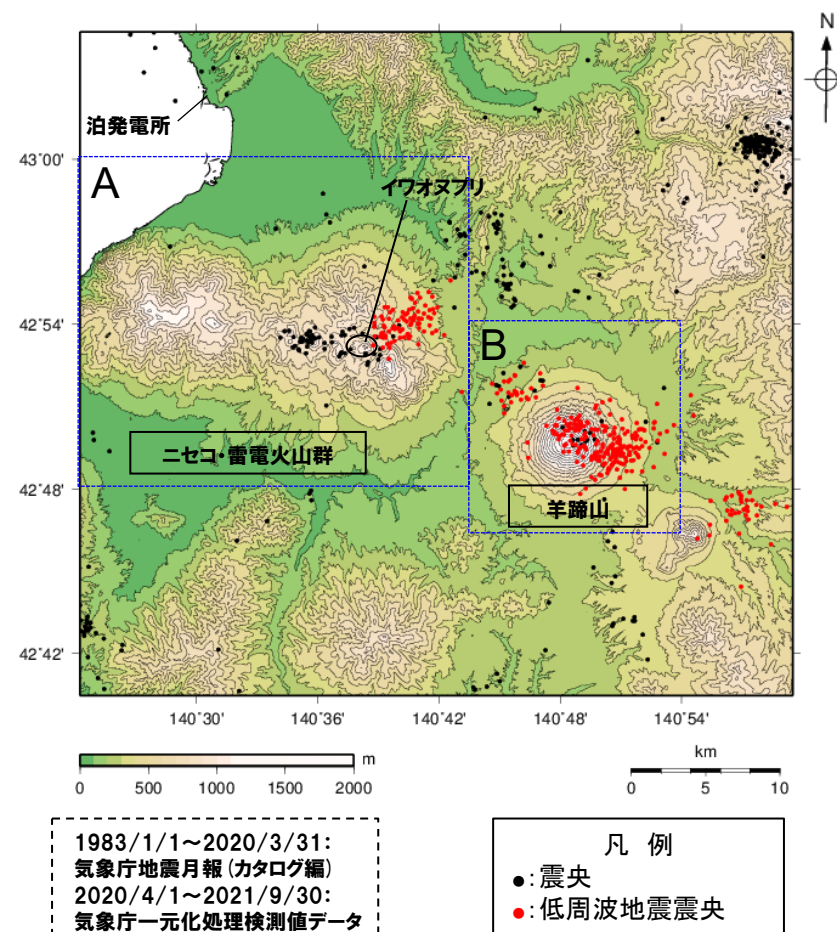
ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地震活動
(1997年10月~2012年6月30日, 「日本活火山総覧 (第4版)」に加筆)

⑤-2 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) (2/4)

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、イワオヌプリ周辺及び羊蹄山周辺に、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、イワオヌプリ周辺及び羊蹄山周辺に、散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。



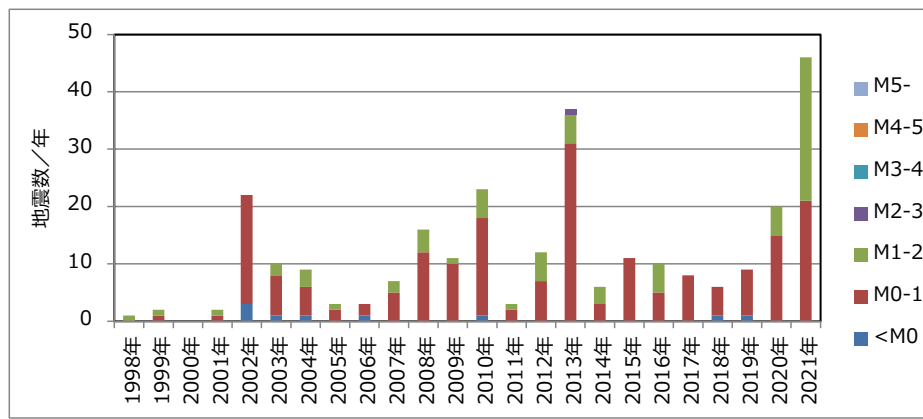
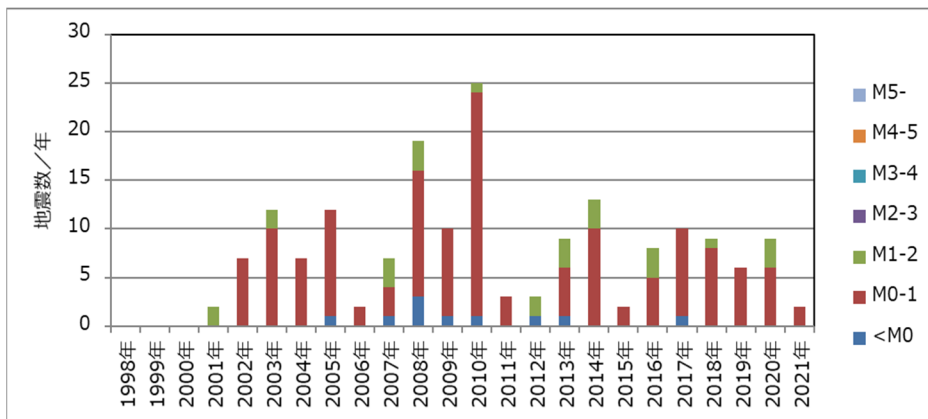
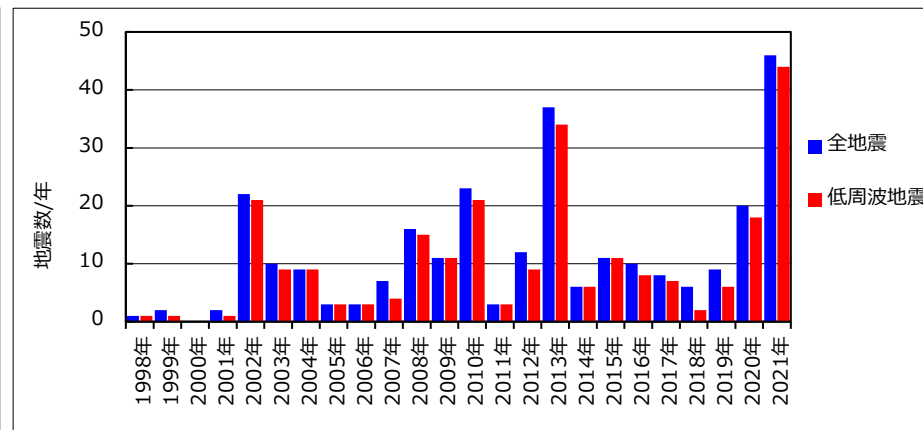
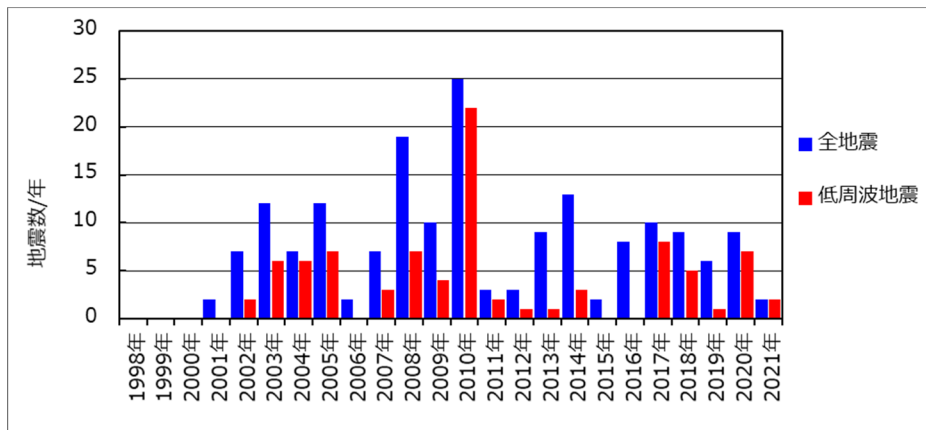
ニセコ・雷電火山群, 羊蹄山周辺の震央分布図※
(1983年1月1日～2021年9月30日の記録, 深さ40km以浅)

※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。

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-2 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)(3/4)

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。

⑤-2 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)(4/4)

一部修正(H25/12/18審査会合)

【地震活動まとめ】

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地震活動について文献調査を行った。
- 公的機関の観測結果を取りまとめた「日本活火山総覧(第4版)」並びに気象庁地震月報(カタログ編)(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)について検討した。
- 調査・検討の結果は以下のとおり。
 - ・浅部の地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺において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。
 - ・深部低周波地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺において散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。
 - ・浅部の地震活動及び深部低周波地震活動は、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。



- 敷地付近には低周波地震が認められない。
- イワオヌプリを中心とするニセコ・雷電火山群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。

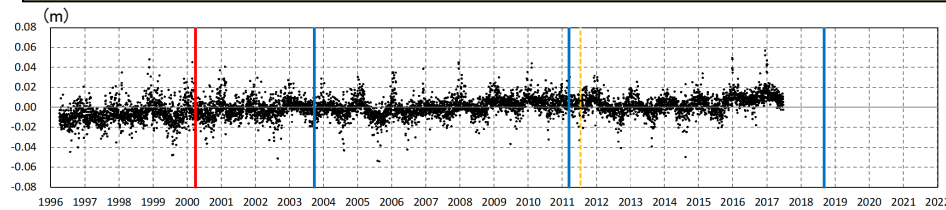
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 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)

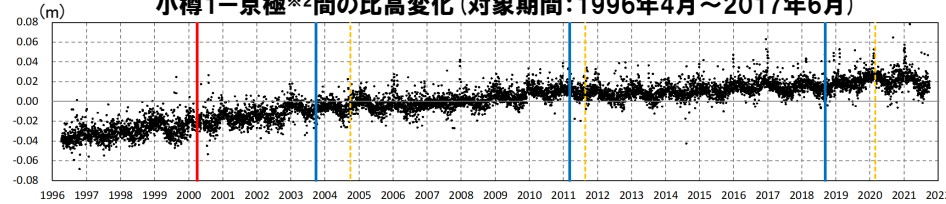
一部修正(H25/11/13審査会合)

【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(P208~P213参照)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~P279に示す。



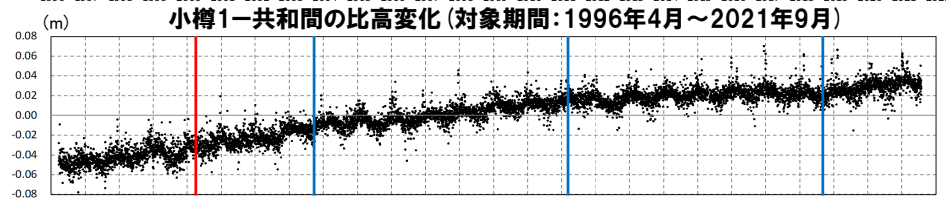
小樽1-京極※2間の比高変化(対象期間:1996年4月~2017年6月)



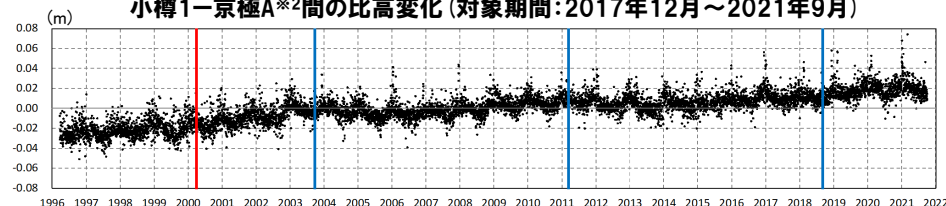
※1 ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の4基準点(京極※2, 共和, 寿都及び蘭越)の位置は次頁参照。
 ※2 電子基準点「京極」については2017年6月に運用を停止し, 同年12月からは「京極A」が運用を開始していることから, 2017年12月以降は「京極A」のデータを用いる。
 ※3 例えば, 1993年北海道南西沖地震, 2003年十勝沖地震, 2011年東北地方太平洋沖地震等がある。



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



小樽1-共和間の比高変化(対象期間:1996年3月~2021年9月)



小樽1-蘭越間の比高変化(対象期間:1996年3月~2021年9月)

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



年間上下変動量のグラフ

	年間上下変動量 (cm)											
	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

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 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)

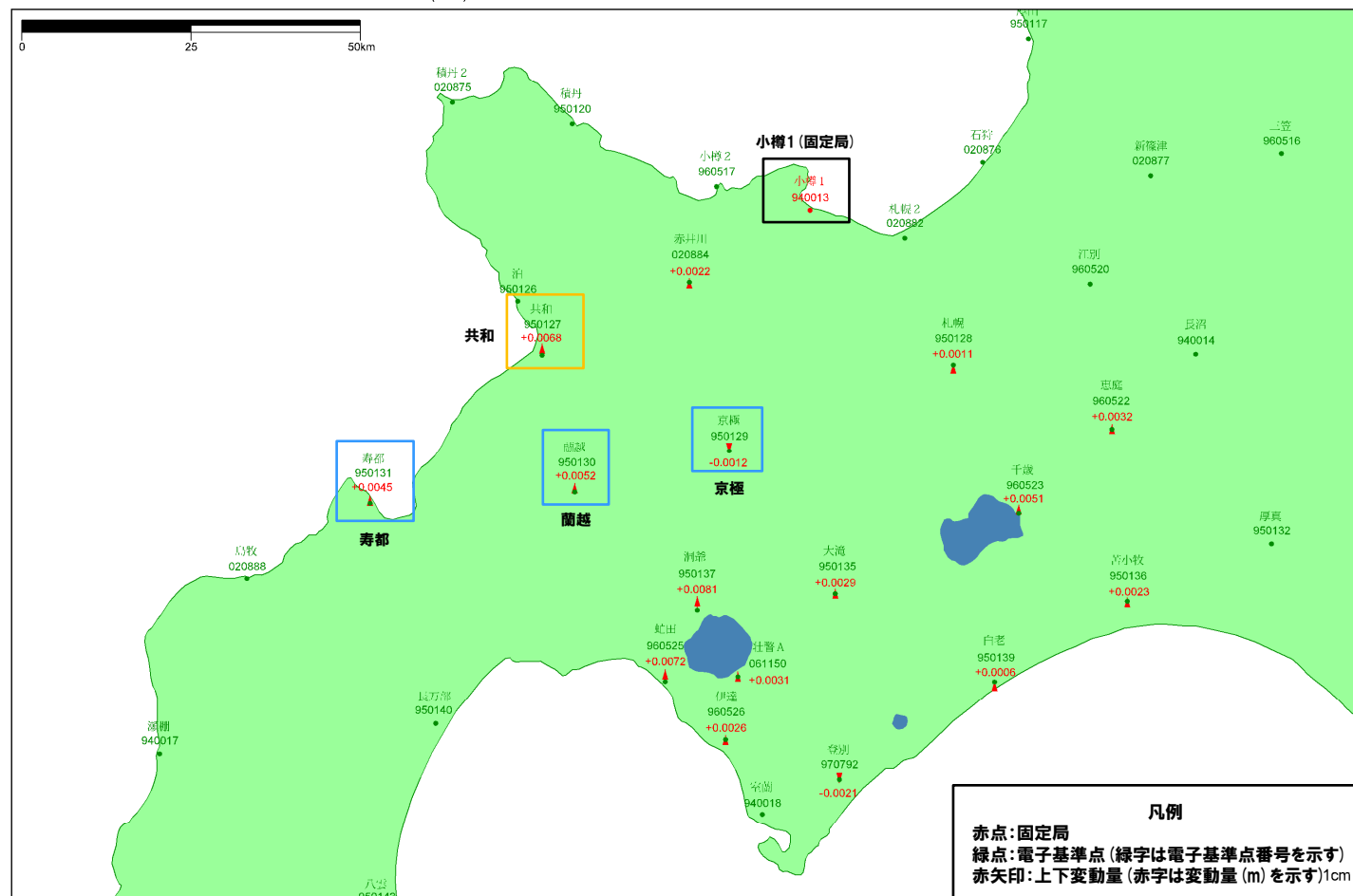
一部修正(H25/11/13審査会合)

- 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22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)

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 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)

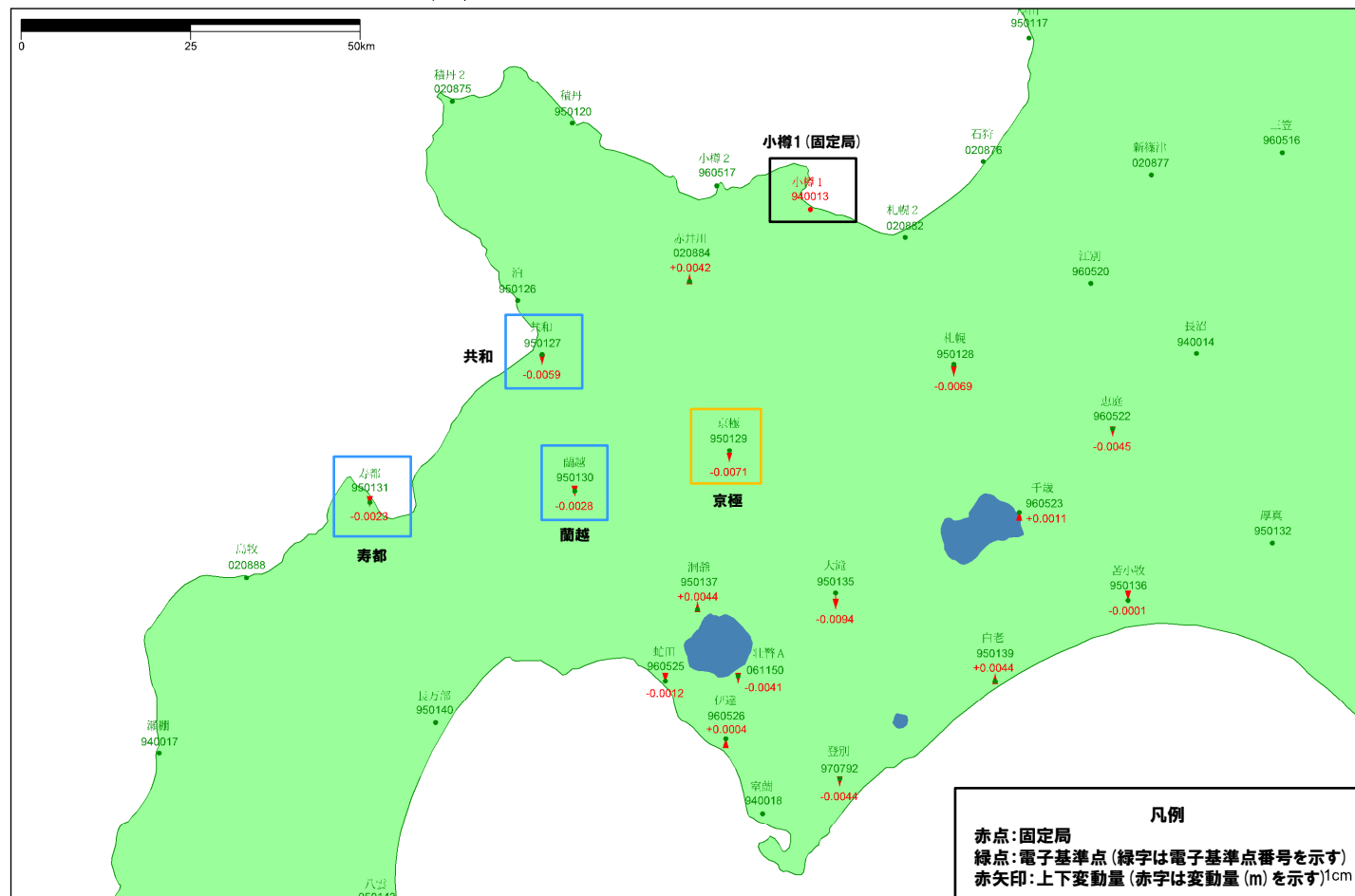
一部修正(H25/11/13審査会合)

- 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



赤: Bernese F3 [IGS]

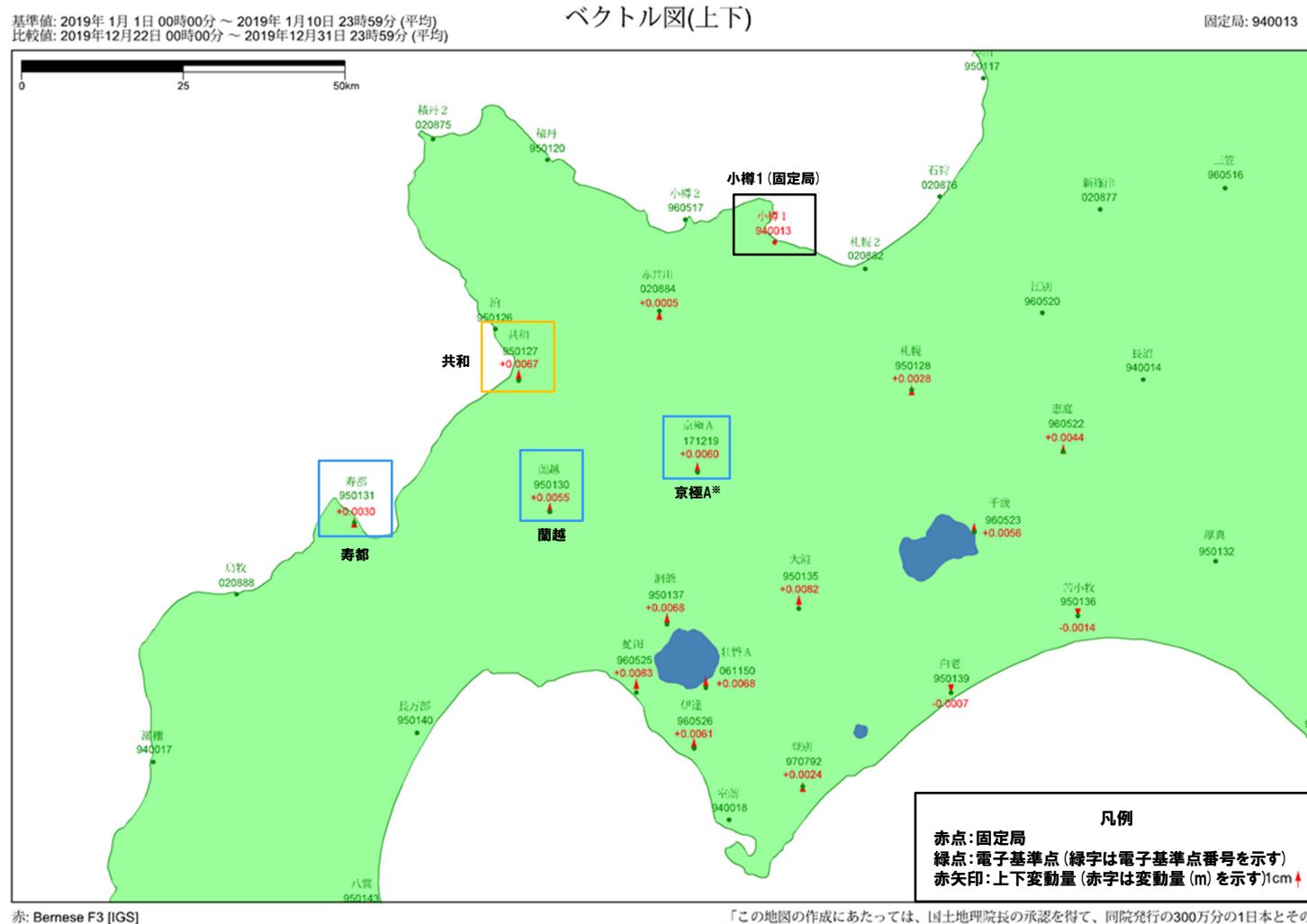
「この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。(承認番号 平20業使、第226号)」

電子基準点の変動ベクトル図(上下)(対象期間:2012年1月～2012年12月)

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 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)

- 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「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。

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)

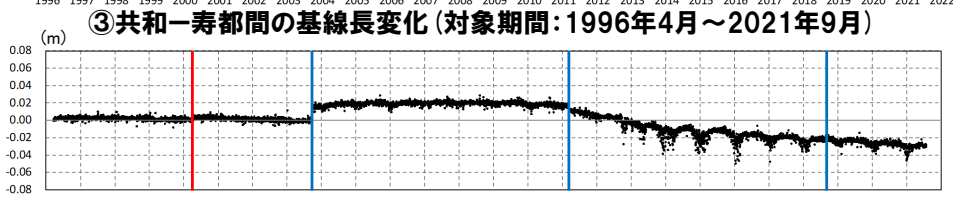
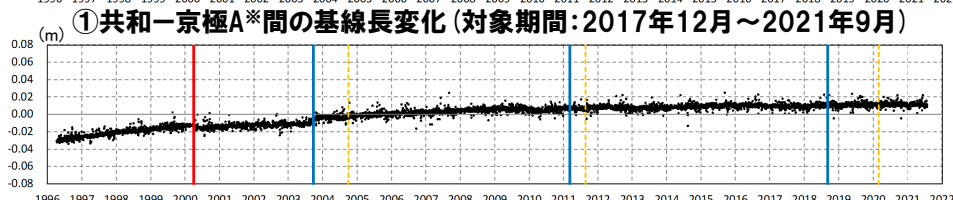
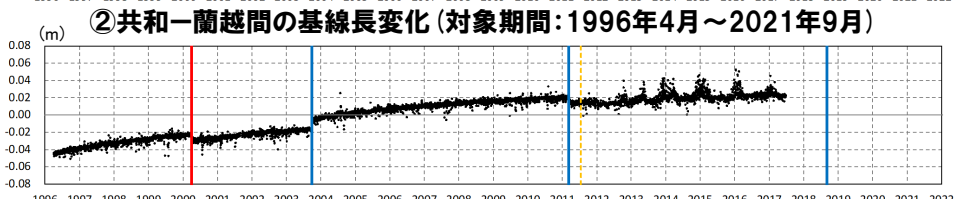
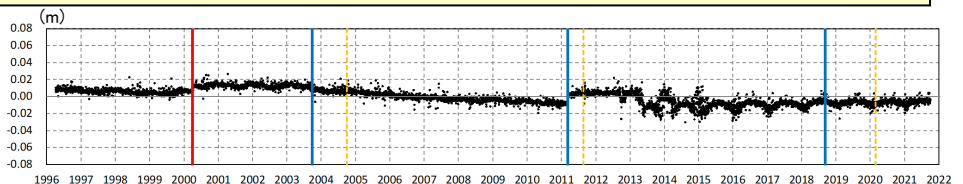
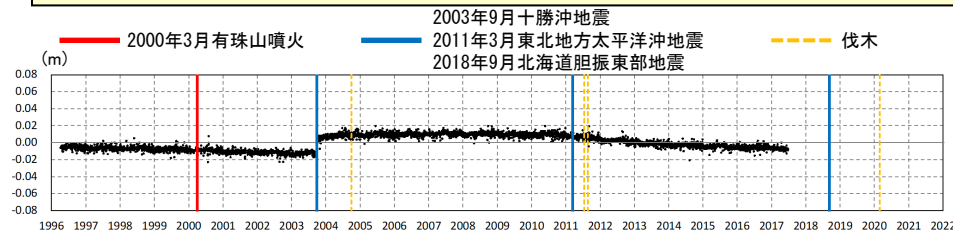
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 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)

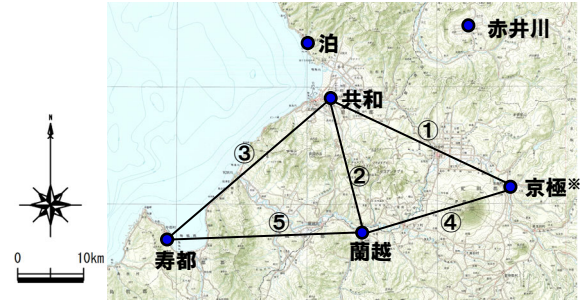
【基線長変化】

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の4基準点(京極※, 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。



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

⑤蘭越-寿都間の基線長変化 (対象期間: 1996年3月~2021年9月)



※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。

ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近電子基準点位置図

余白

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

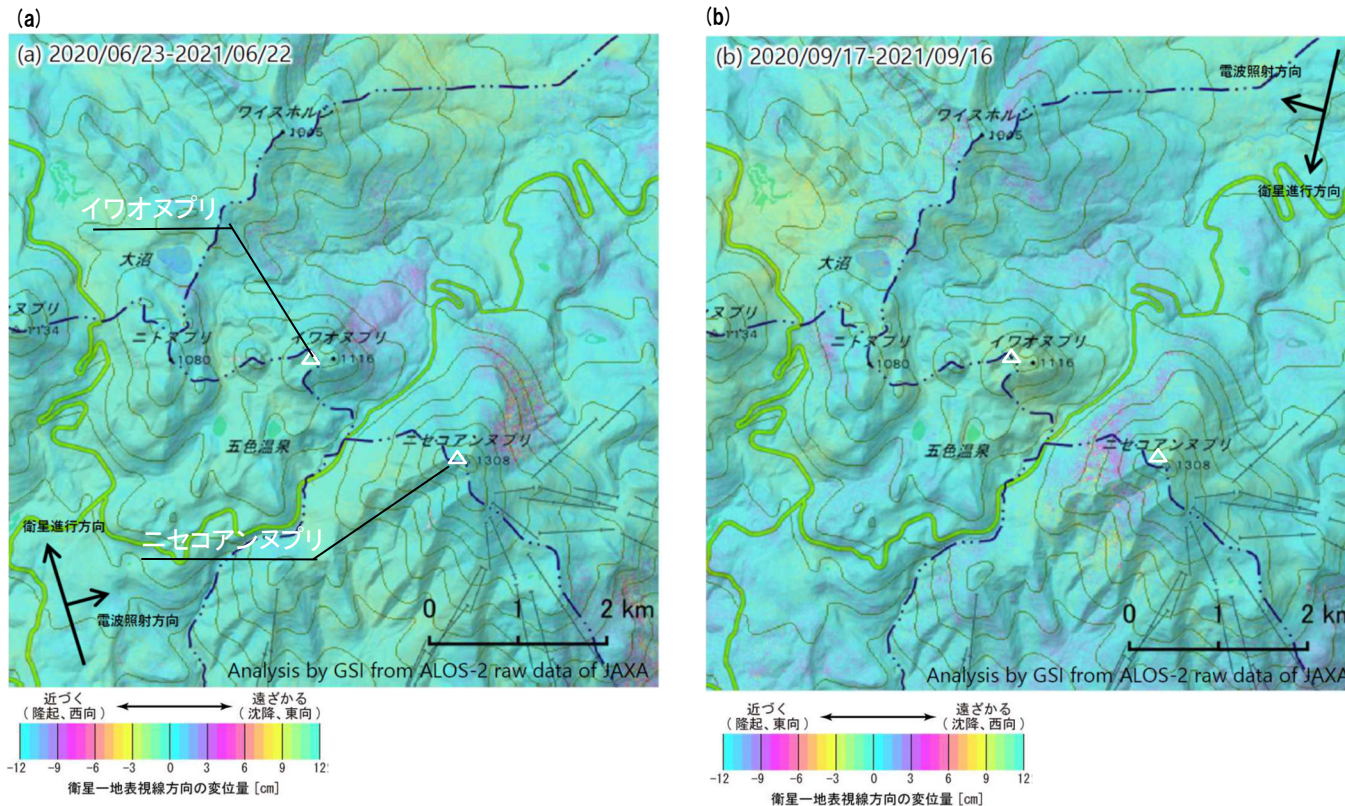
⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価 (地殻変動) (7/12)

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149回火山噴火予知連絡会資料 (ニセコ) (気象庁, 2021)

○ニセコ・雷電火山群周辺における“2020年6月～2021年6月 (左図)”及び“2020年9月～2021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	2020/06/23 2021/06/22 23:33頃 (364日間)	2020/09/17 2021/09/16 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*	U-U	U-U
入射角	42.4°	42.8°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-83m	-17m

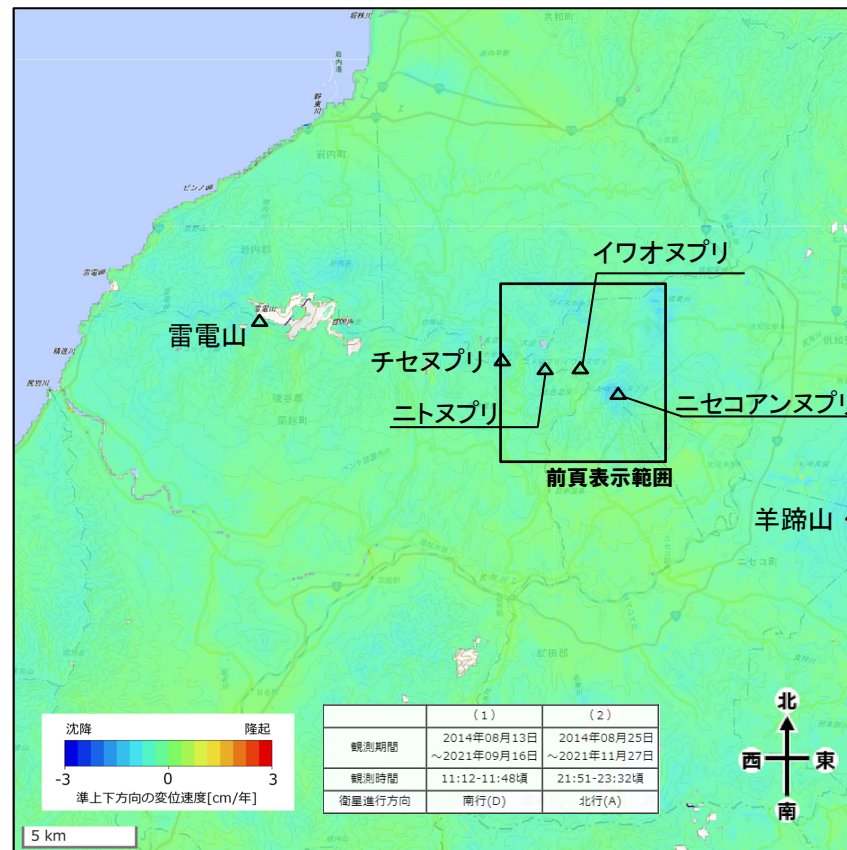
* U : 高分解能(3m)モード

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 (2021) に加筆)

⑤-3 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)

【干渉SAR時系列解析(最新版)】

○2014年8月から2021年11月を対象とした干渉SAR時系列解析(国土地理院, 2022)※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。



※国土地理院(2022)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, 全国を対象とした地表変動の監視を行っている。2022年6月に北海道地域の干渉SAR時系列解析結果をHP上で先行公開し, 2022年度中に全国の解析結果を公表するとされている。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。

羊蹄山及びニセコ・雷電火山群周辺における2014-2021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(2022)に加筆)

○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。

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

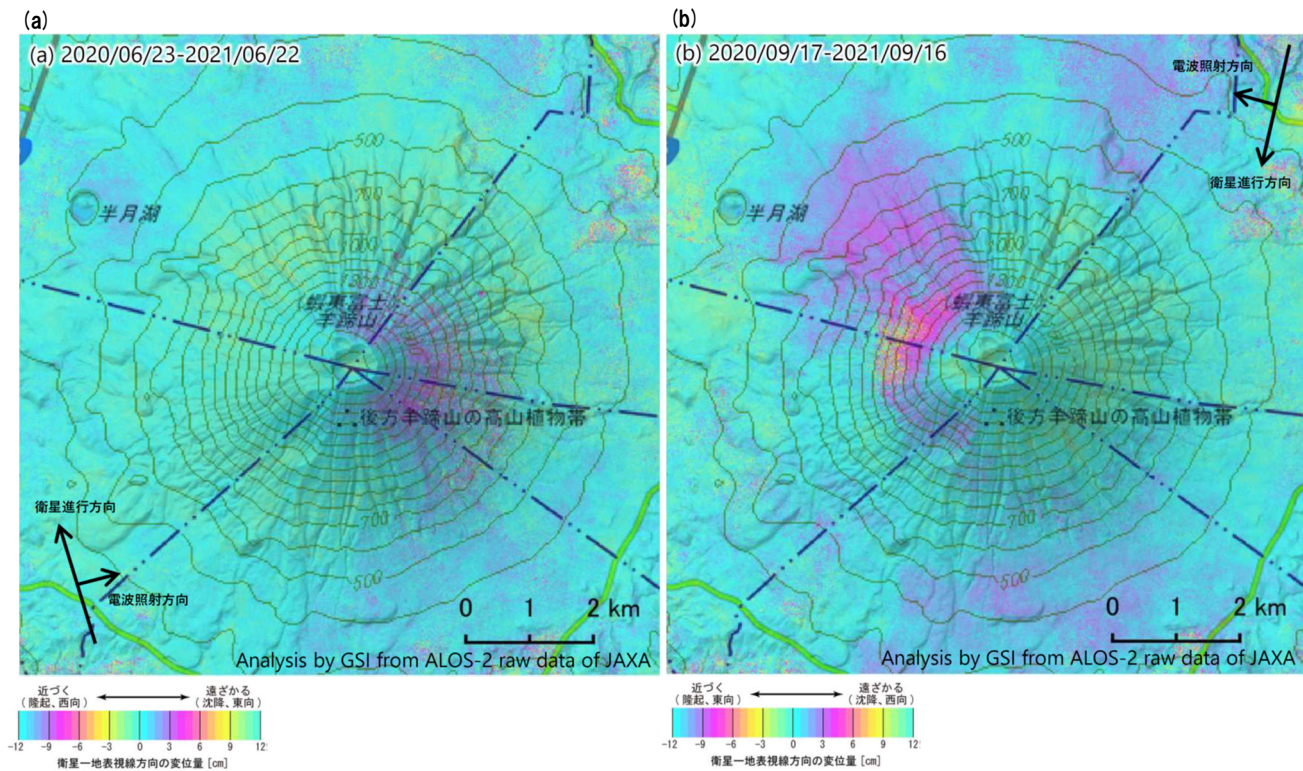
⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価 (地殻変動) (9/12)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

【羊蹄山周辺の干渉SAR】

第149回火山噴火予知連絡会資料 (羊蹄山) (気象庁, 2021)

○羊蹄山周辺における“2020年6月～2021年6月 (左図)”及び“2020年9月～2021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	2020/06/23 2021/06/22 23:33頃 (364日間)	2020/09/17 2021/09/16 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*	U-U	U-U
入射角	43.2°	41.9°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-83m	-17m

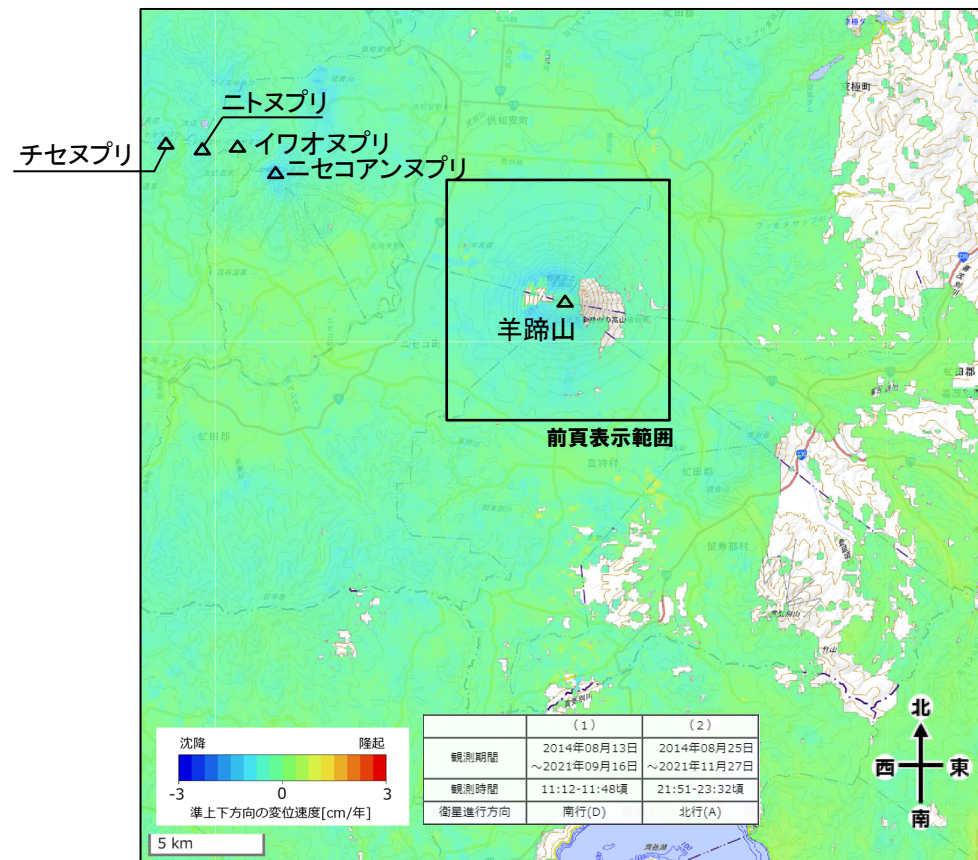
* U: 高分解能(3m)モード

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

⑤-3 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）

【干渉SAR時系列解析（最新版）】

○2014年8月から2021年11月を対象とした干渉SAR時系列解析（国土地理院，2022）※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（2022）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，全国を対象とした地表変動の監視を行っている。2022年6月に北海道地域の干渉SAR時系列解析結果をHP上で先行公開し，2022年度中に全国の解析結果を公表するとされている。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。

羊蹄山及びニセコ・雷伝火山群周辺における2014-2021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（2022）に加筆）

○羊蹄山規模の顕著な地殻変動は認められない。

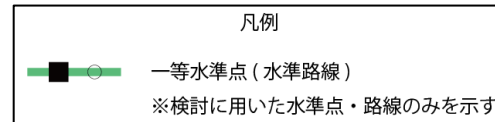
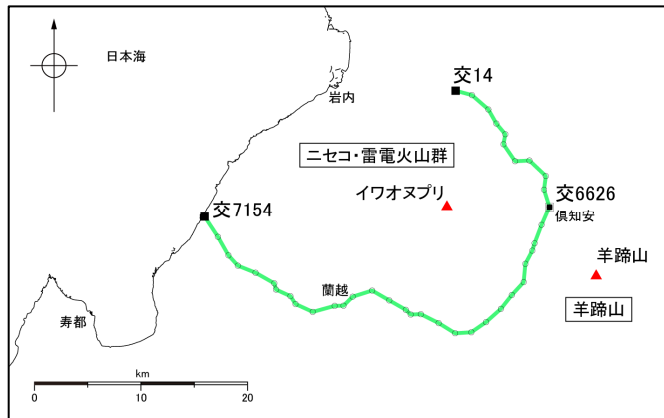
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 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)

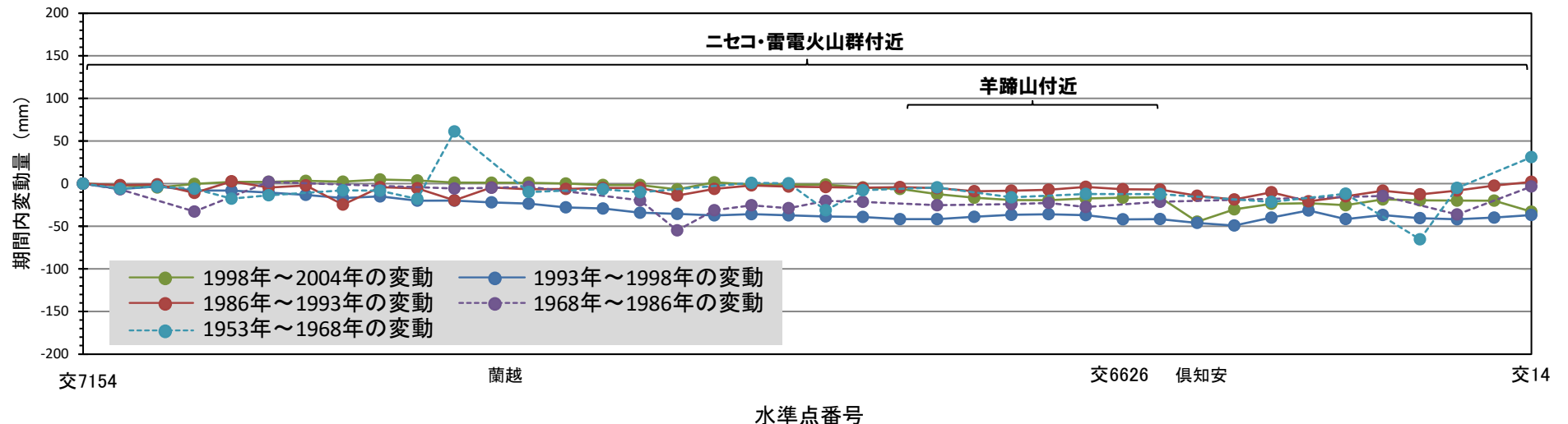
再掲 (R3/10/14審査会合)

【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・雷電火山群及び羊蹄山付近では、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)

⑤-3 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（上下変動及び基線長変化）】

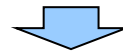
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の上下変動は、各電子基準点設置以降、0～2cm/年程度の隆起傾向が概ね継続している。
- 文献を踏まえると、北海道南部（東北日本弧延長部）はプレート間の固着効果、周辺で発生した地震の余効変動等の様々な効果により総じて隆起傾向であり、ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の隆起傾向は、小樽1地点との上下変動量の相対的な差異を捉えているものと考えられる。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の基線長変化は、2003年十勝沖地震、2011年東北地方太平洋沖地震等の前後に不連続が認められるが、継続的な膨張又は収縮傾向は認められない。
- 2000年有珠山噴火の影響による不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

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-4 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)

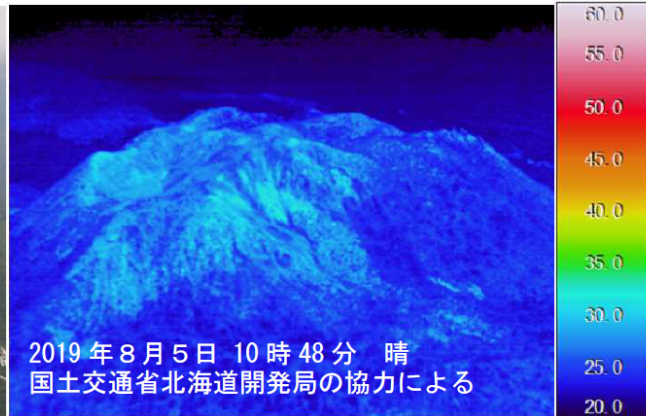
一部修正 (H25/12/18審査会合)

【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。



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)



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. 1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、噴火に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、噴火に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	

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-4 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)

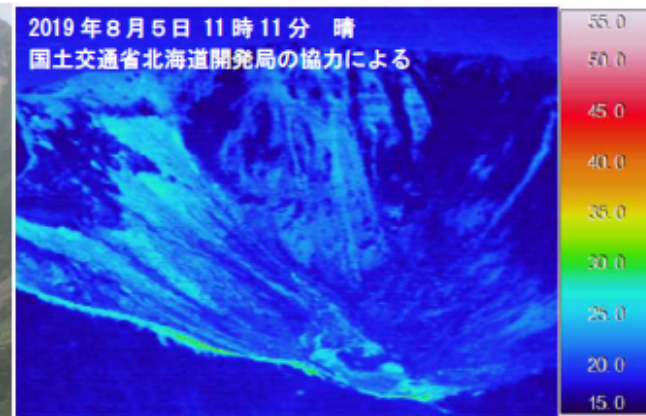
一部修正 (H25/12/18審査会合)

【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	

1. 火山影響評価の概要	P. 9
2. 立地評価	P. 14
2. 1 文献調査	P. 17
2. 2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 27
2. 3 運用期間中の火山の活動可能性評価	P. 35
2. 3. 1 過去に巨大噴火が発生した火山	P. 39
2. 3. 2 巨大噴火の可能性評価方法	P. 89
2. 3. 3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P.103
2. 3. 4 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P.143
2. 3. 5 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P.185
2. 4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価	P.227
2. 5 立地評価まとめ	P.291
3. 影響評価	
3. 1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
3. 2 降下火砕物の影響評価	
3. 2. 1 降下火砕物の層厚評価の概要	
3. 2. 2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
3. 2. 3 降下火砕物シミュレーション	
3. 2. 4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
3. 2. 5 降下火砕物の密度・粒径	
3. 3 影響評価まとめ	
4. モニタリング	
4. 1 監視対象火山の抽出	
4. 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	
参考資料	P.296
参考文献	P.309

2.5 立地評価まとめ

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ

2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

○敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山

35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・徳舜誓, 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
22火山

13火山

2.3 運用期間中の火山の活動可能性評価

2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

○「噴出物体積が20km³以上」であり、「火砕流堆積物が広範囲に分布」する噴火が発生した火山を過去に巨大噴火が発生した火山として抽出。
【過去に巨大噴火が発生した火山】 支笏カルデラ, 洞爺カルデラ
【過去に巨大噴火が発生した可能性が否定できない火山】 倶多楽・登別火山群

※洞爺火砕流に関する検討
(詳細は補足説明資料)

補足4章 積丹半島西岸における洞爺火砕流堆積物の有無に関する検討

○積丹半島西岸においては、洞爺火砕流堆積物は認められない。

補足7章 洞爺火砕流が敷地に到達した可能性に関する検討

○洞爺火砕流が、敷地のうち、Mm1段丘より低標高部である海側に到達した可能性を否定できない※。

2.3.2 巨大噴火の可能性評価方法

○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する。

2.3.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

○運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さい。

2.3.4 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)

2.3.5 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

13火山(巨大噴火以外)

※本検討結果を踏まえたモニタリング対象火山の抽出については、「4. モニタリング」で今後説明予定。

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

○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)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。

立地評価

2.1 文献調査

- 敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山に関する文献調査については、これまで、活動年代、火山の型式・構造、主な岩石、噴出物体積等が網羅的に整理されているカタログ等及びその引用文献を用いていた。
- また、これらに加え、評価に関連すると思われる文献を個別に収集していた。
- R3.10.14審査会合以降、以下のとおり、網羅的な文献調査を追加で実施した。
 - ・カタログ等のうち、中野ほか編(2013)に基づくweb版のデータベース及び西来ほか編(2012)については、web上で更新がなされていることから、2022年7月時点のものを改めて確認するとともに、同年7月15日に公開された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」(最新更新日は、2022.7.29)についても、引用文献を含め確認した。
 - ・論文データベース等を用いて、敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山に関する論文等を検索した。
- 検索の結果等を踏まえ、R3.10.14審査会合以降、評価に関連するものとして新たに46の文献を抽出し、「立地評価」への反映を実施した。

2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

- 敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山として、35火山がある。
- このうち、**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】
支笏カルデラ(後カルデラ火山含む)、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ(後カルデラ火山含む)、羊蹄山
ニセコ・雷電火山群、北海道駒ヶ岳、恵山
 - 【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】
ホロホロ・徳舜瞥、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝潤山、横津岳

2.5 立地評価まとめ

2.3 運用期間中の火山の活動可能性評価

2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

- 火山影響評価ガイドを踏まえ、「噴出物体積が 20km^3 以上」であり、「火砕流堆積物が広範囲に分布」する噴火が発生した火山を過去に巨大噴火が発生した火山として抽出した。
- 13火山のうち、過去に巨大噴火が発生した火山は、支笏カルデラ及び洞爺カルデラであり、過去に巨大噴火が発生した可能性が否定できない火山は倶多楽・登別火山群である。

2.3.2 巨大噴火の可能性評価方法

- 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、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した。

2.3.3 巨大噴火の可能性評価（支笏カルデラ）

- 支笏カルデラにおいて約4万年前にSp-1（支笏第1降下軽石（Spfa-1）及び支笏火砕流（Spfl））を噴出した噴火は、噴出物体積が 80km^3 （火砕流、DRE）及び $40\sim 48\text{km}^3$ （降下軽石、DRE）とされ、火砕流堆積物が広範囲に分布することから、巨大噴火に該当する。
- 活動履歴及び地球物理学的調査の結果から、支笏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。

2.3.4 巨大噴火の可能性評価（倶多楽・登別火山群）

- 倶多楽・登別火山群起源のKt-7は、確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められ、約9万年前にKt-7を噴出した噴火は、噴出規模が「VEI7 class」とされていることから、巨大噴火であった可能性が否定できない。
- 活動履歴及び地球物理学的調査の結果から、倶多楽・登別火山群の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価でき、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。

2.3.5 巨大噴火の可能性評価（洞爺カルデラ）

- 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、噴出物体積が約 170km^3 （DRE）とされ、火砕流堆積物が広範囲に分布することから、巨大噴火に該当する。
- 活動履歴及び地球物理学的調査の結果から、洞爺カルデラの現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態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。

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

- 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した。
- 13火山のうち、支笏カルデラ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、Sp-1及びTpを噴出した噴火以降の後カルデラ期における最大の噴火規模の噴火について評価した。
- また、倶多楽・登別火山群は、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、Kt-7を噴出した噴火以降の最大の噴火規模の噴火について評価した。
- 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評価した。
- 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

參考資料

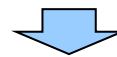
1. 火山影響評価の概要	P. 9
2. 立地評価	P. 14
2. 1 文献調査	P. 17
2. 2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 27
2. 3 運用期間中の火山の活動可能性評価	P. 35
2. 3. 1 過去に巨大噴火が発生した火山	P. 39
2. 3. 2 巨大噴火の可能性評価方法	P. 89
2. 3. 3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P.103
2. 3. 4 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P.143
2. 3. 5 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P.185
2. 4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価	P.227
2. 5 立地評価まとめ	P.291
3. 影響評価	
3. 1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
3. 2 降下火砕物の影響評価	
3. 2. 1 降下火砕物の層厚評価の概要	
3. 2. 2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
3. 2. 3 降下火砕物シミュレーション	
3. 2. 4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
3. 2. 5 降下火砕物の密度・粒径	
3. 3 影響評価まとめ	
4. モニタリング	
4. 1 監視対象火山の抽出	
4. 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	
参考資料	P.296
参考文献	P.309

① 鳴子カルデラ及び支笏カルデラの地下構造 (1/5)

- 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 (P118~P121参照) 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 (P96~P97参照) に位置する鳴子カルデラを参考とした。

【中島 (2017)】

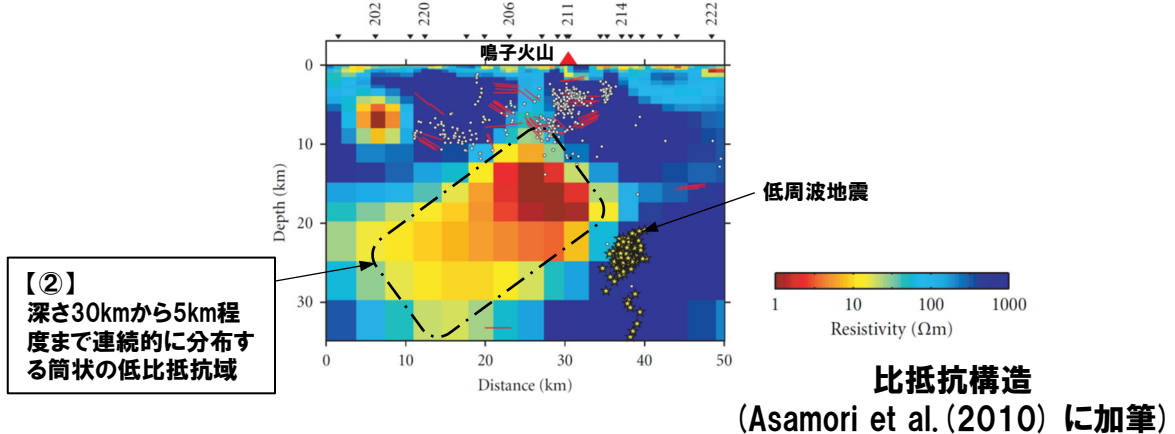
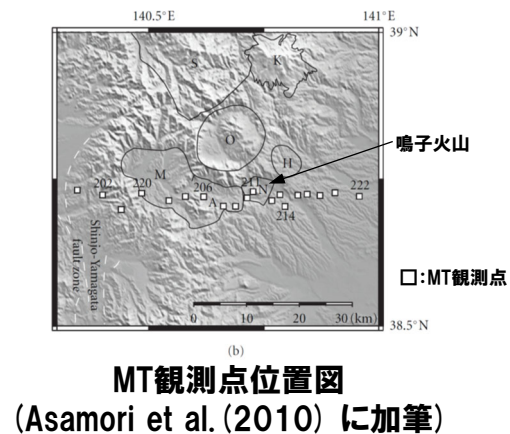
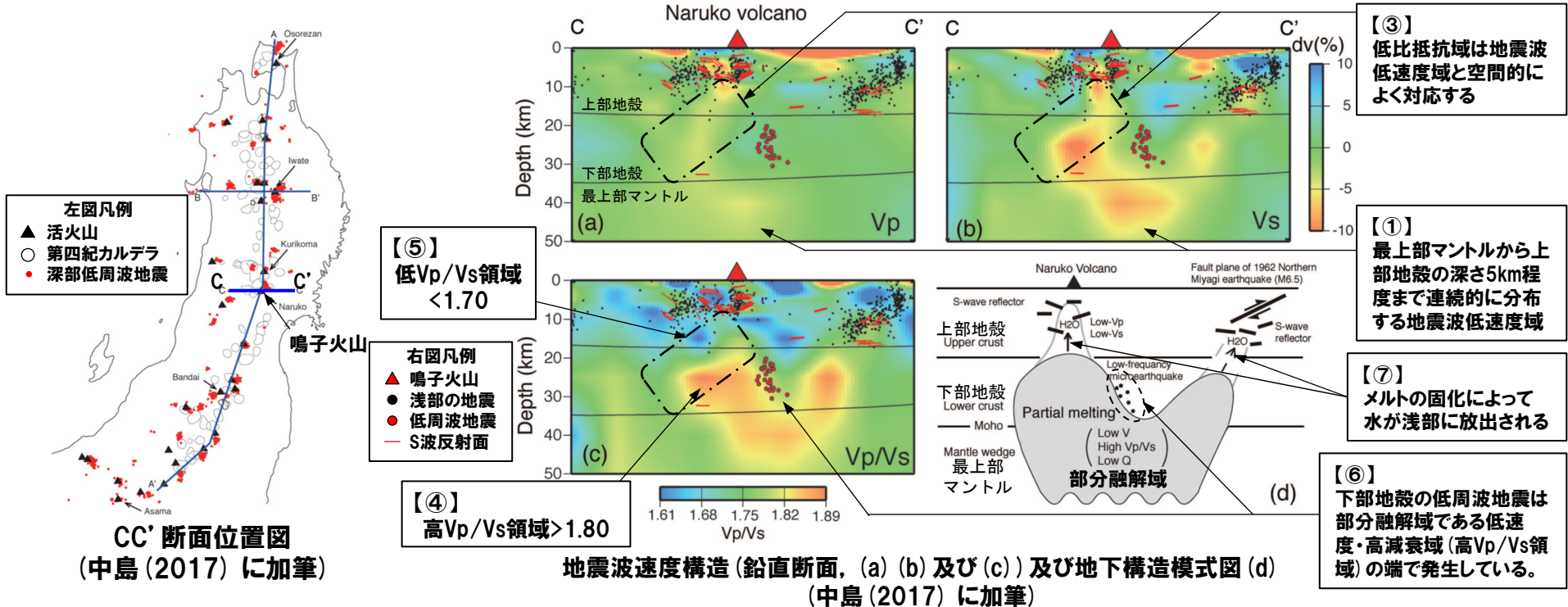
- 鳴子カルデラの地下構造について整理している中島 (2017) をレビューした。
 - ・中島 (2017) によれば、鳴子火山直下には最上部マントルから上部地殻の深さ5km程度まで連続的に分布する地震波低速度域が確認できるとされている (次頁①)。
 - ・この地域では詳細な比抵抗構造も推定されており (Asamori et al., 2010)、鳴子火山の西側には、深さ30kmから5km程度まで連続的に分布する筒状の低比抵抗域が存在する (次頁②)。この低比抵抗域は地震波低速度域と空間的によく対応するとされている (次頁③)。
 - ・この低速度域は最上部マントルと下部地殻ではVp/Vs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

① 鳴子カルデラ及び支笏カルデラの地下構造 (2/5)



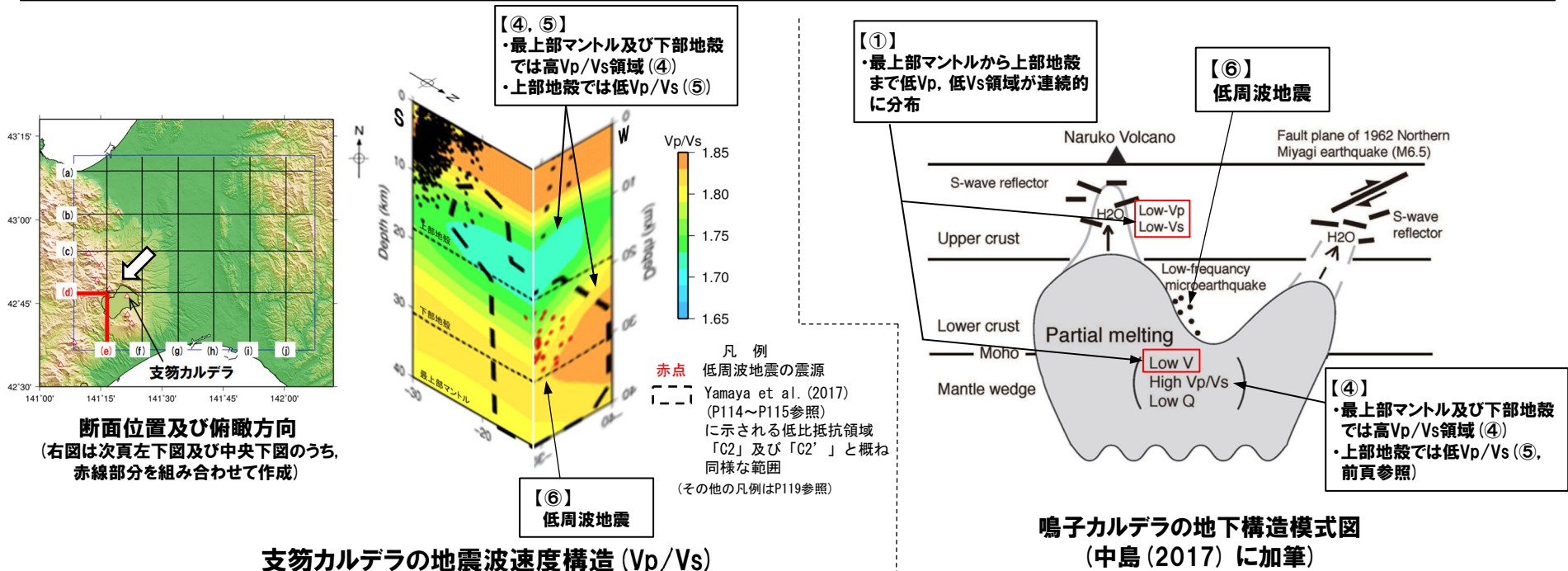
(参考)支笏カルデラの地下構造に関する検討

① 鳴子カルデラ及び支笏カルデラの地下構造 (3/5)

- 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~P303参照)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P303参照), 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。

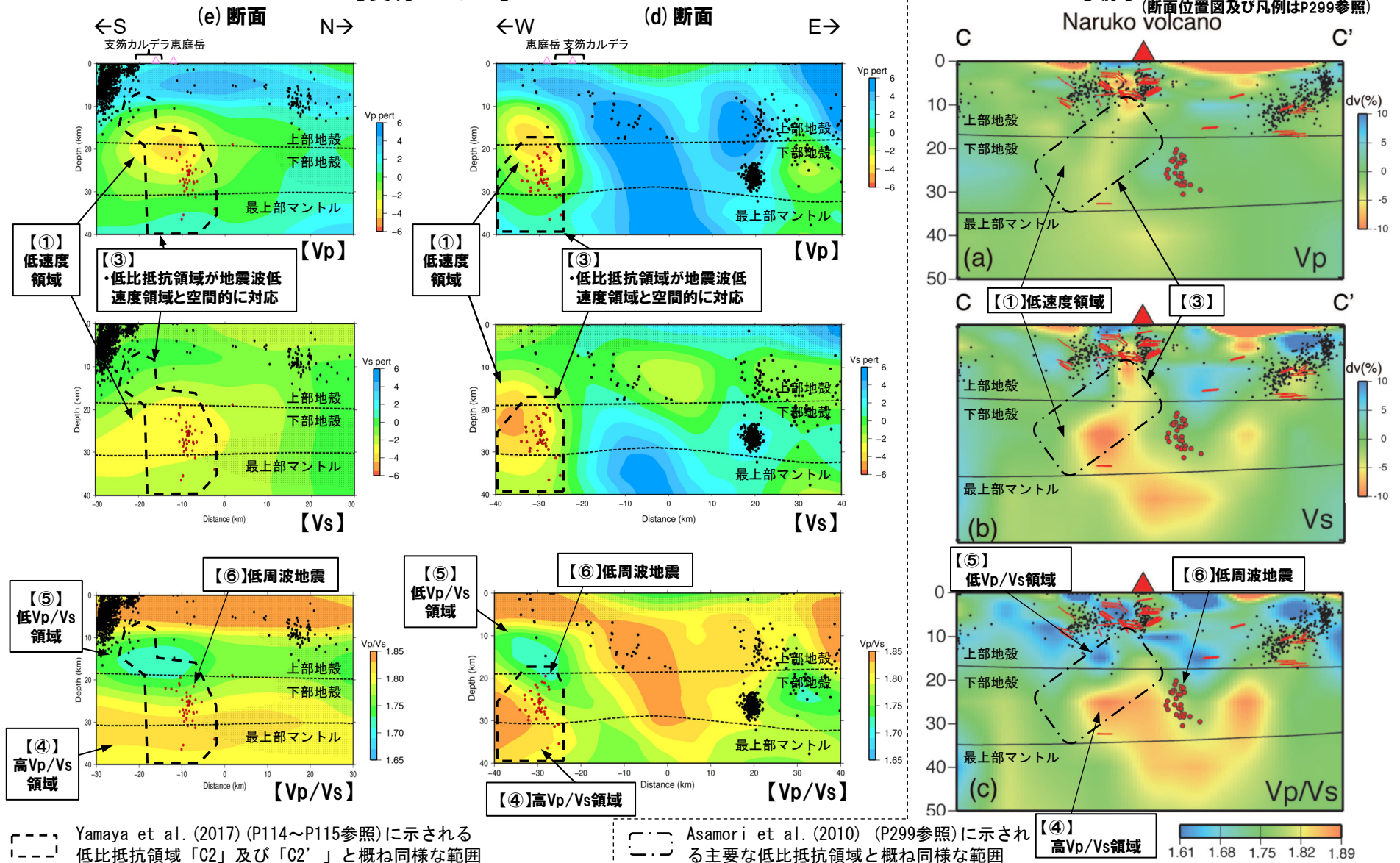


(参考)支笏カルデラの地下構造に関する検討

① 鳴子カルデラ及び支笏カルデラの地下構造 (4/5)

【支笏カルデラ】(断面位置図及び凡例はP300参照)

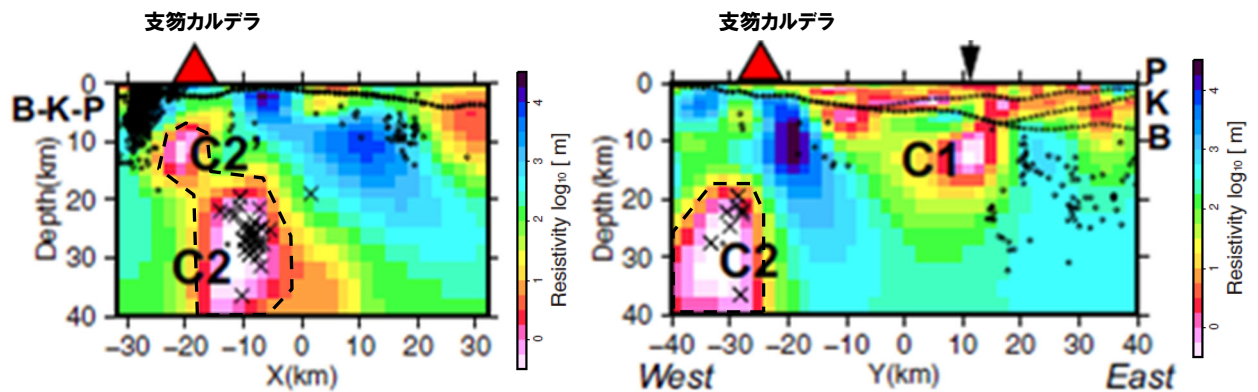
【鳴子カルデラ】(断面位置図及び凡例はP299参照)



余白

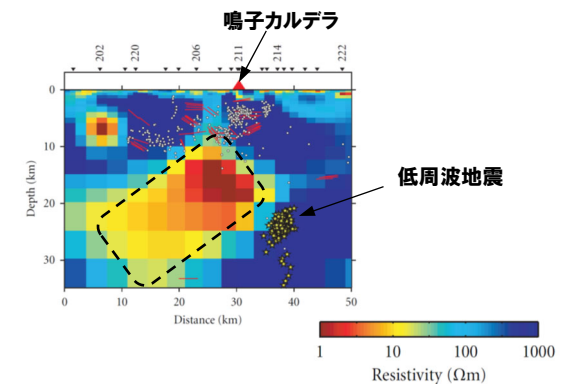
① 鳴子カルデラ及び支笏カルデラの地下構造 (5/5)

【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P300参照)

【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(P238参照)、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、「2.3.2 巨大噴火の可能性評価方法」において整理した考え方(P90～P101参照)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 V_p かつ高 V_p/V_s 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)

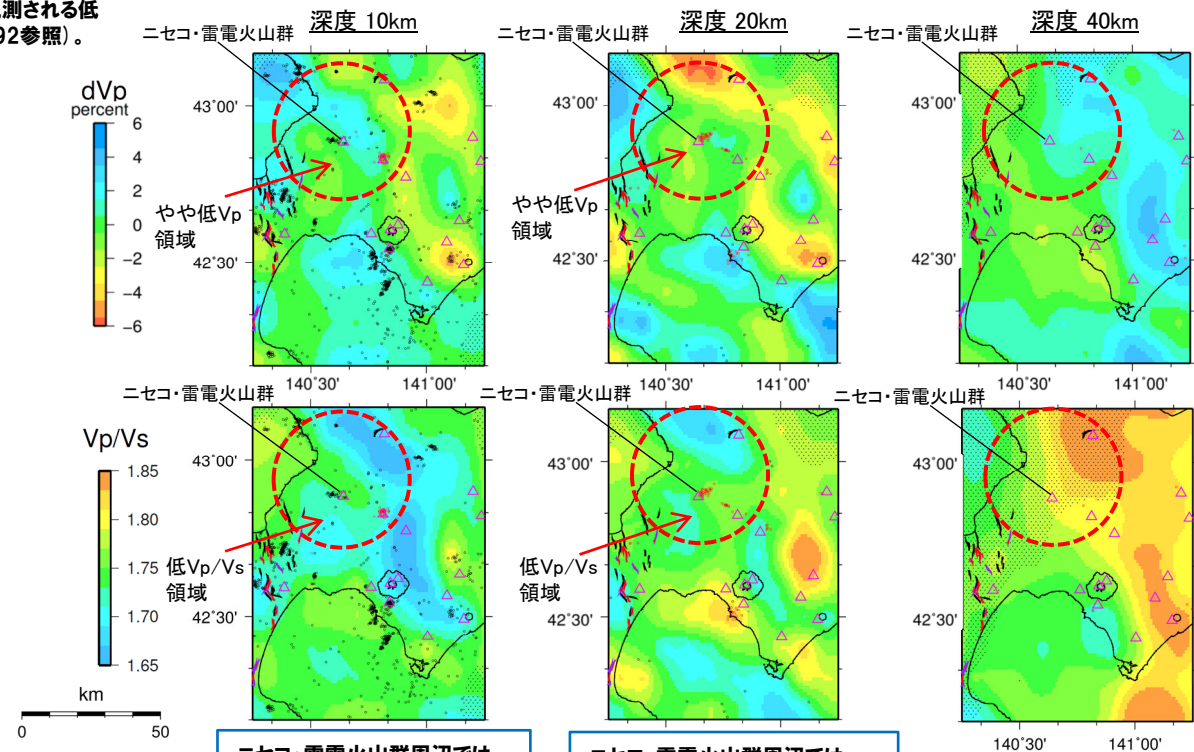
- 防災科学技術研究所HP上では、「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」として、Hi-net、F-net及びS-netの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している(解析手法等の詳細はMatsubara et al. (2019)に記載)。その公開データを用いて、当社がニセコ・雷電火山群周辺における水平・鉛直断面図を作成した。
- 防災科学技術研究所HP上の公開データを基に作図した地震波トモグラフィ解析結果からは、ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内(約20km以浅)には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs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)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(P92参照)。

- 【当社におけるマグマ溜まりの状況の検討方法(P90~P101参照)】
- 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 \geq 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)※2
- 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。

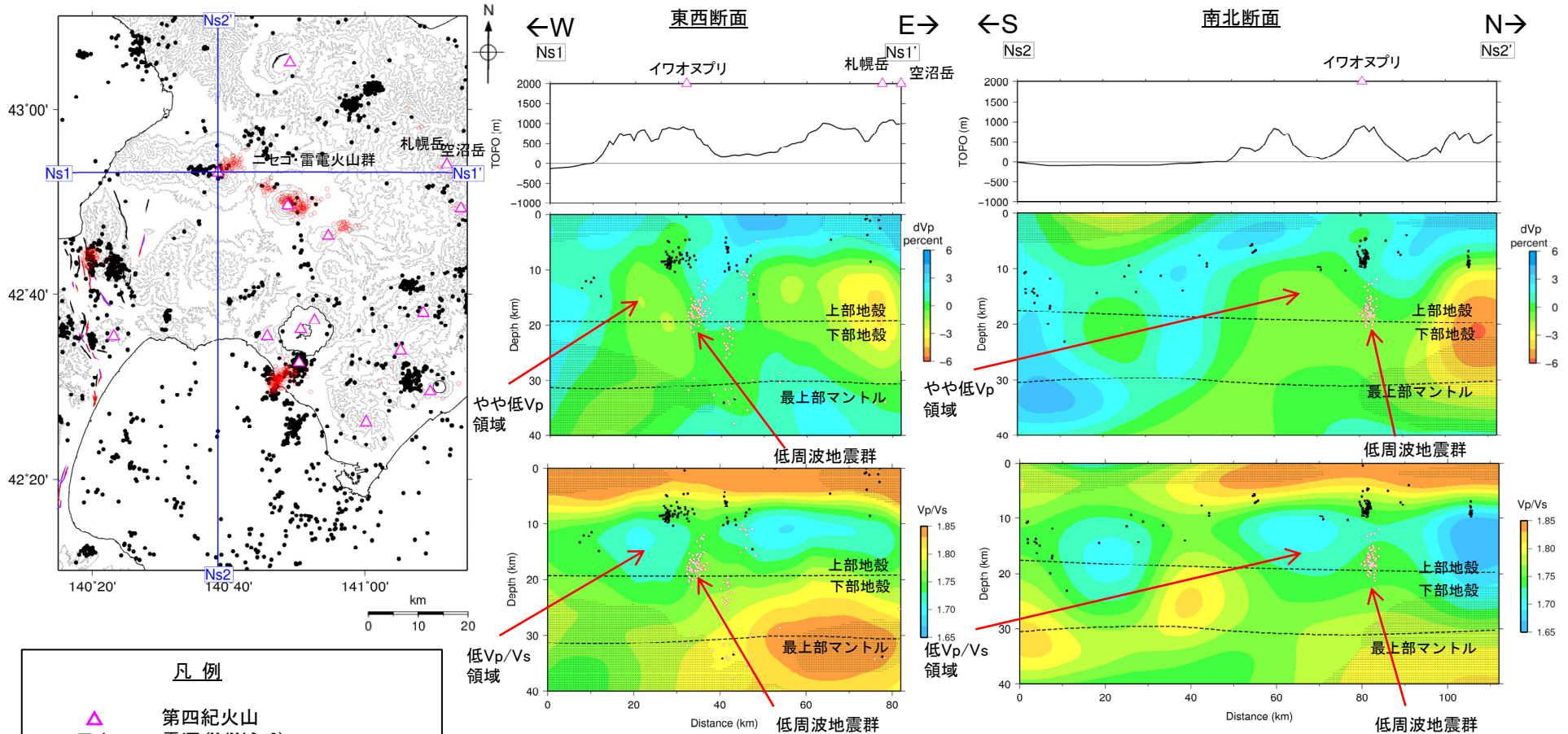
ニセコ・雷電火山群周辺では、南方～西方に、やや低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

※2 R3.10.14審査会合資料では、地震の震央について2000年10月1日～2015年12月31日のものを図示していた。一方、防災科学技術研究所「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」は、上記期間に加えて2016年4月1日～2018年6月30日のデータも解析に使用されていることから、震央についても同期間のデータを図示することが適切であり、今回不足期間のデータを追加した。

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。

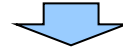
※R3.10.14審査会合資料では、地震の震央について2000年10月1日~2015年12月31日のものを図示していた。一方、防災科学技術研究所「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」は、上記期間に加えて2016年4月1日~2018年6月30日のデータも解析に使用されていることから、震央についても同期間のデータを図示することが適切であり、今回不足期間のデータを追加した。

③ まとめ

再掲 (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 (P306~P307参照)】

- 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) 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.
- (4) 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.
- (5) 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.
- (6) 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.
- (7) 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.
- (8) 気象庁編(2013):日本活火山総覧(第4版).
- (9) 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.
- (10) 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.
- (11) 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.
- (12) Amma-Miyasaka, M., Miura, D., Nakagawa, M., Uesawa, S., Furukawa, R (2020): Stratigraphy and chronology of silicic tephras in the Shikotsu-Toya Volcanic Field, Japan: Evidence of a Late Pleistocene ignimbrite flare-up in SW Hokkaido. *Quaternary International*.
- (13) 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.
- (14) 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」.
- (15) 山元孝広(2016):支笏カルデラ形成噴火のマグマ体積, 地質調査総合センター研究資料集, No.632, 産総研地質調査総合センター.
- (16) 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.
- (17) 山縣耕太郎(1994):支笏およびクツタラ火山のテフロクロロジー, 地学雑誌, 第103巻, 第3号, pp.268-285.
- (18) 森泉美穂子(1998):クツタラ火山群の火山発達史, 火山, 第43巻, 第3号, pp.95-111.
- (19) 後藤芳彦・佐々木央岳・鳥口能誠・畠山 信(2013):北海道クツタラ(登別)火山の噴火史, 日本火山学会講演予稿集, p.129.
- (20) 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.
- (21) 産業技術総合研究所(2021):令和2年度原子力規制庁委託成果報告書 巨大噴火プロセス等の知見整備に係る研究.
- (22) 産業技術総合研究所(2018):平成29年度原子力規制庁委託成果報告書 火山影響評価に係る技術知見の整備.

- (23) 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.
- (24) 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.
- (25) 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.
- (26) Marsden, R.C., Daniš í k, M., Ito, H., Kirkland, C.L., Evans, N.J., Miura, D., Friedrichs, B., Schmitt, A.K., Uesawa, S., Daggitt, M.L. (2021) : Considerations for double-dating zircon in secular disequilibrium with protracted crystallization histories., *Chemical Geology*, 581, 120408.
- (27) 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.
- (28) 藤根 久・遠藤邦彦・鈴木正章・吉本充宏・鈴木 茂・中村賢太郎・伊藤 茂・山形秀樹・Lomtadze Zaur・横田彰宏・千葉達朗・小杉 康 (2016) : 有珠山善光寺岩屑なだれの発生年代の再検討-有珠南麓の過去2万年間の環境変遷との関連で-, *第四紀研究*, 第55巻, 第6号, pp.253-270.
- (29) Goto, Y., Danhara, T., Tomiya, A. (2019) : Catastrophic sector collapse at Usu volcano, Hokkaido, Japan: failure of a young edifice built on soft substratum., *Bull Volcanol*, 81: 37.
- (30) 中川光弘 (2021) : 令和2年度北海道受託研究: 有珠山, 北海道防災会議地震火山対策部会 火山専門委員会資料.
- (31) 三條竜平・須貝俊彦 (2022) : 北海道赤井川カルデラにおける後カルデラ期の地形発達, *日本地球惑星科学連合2022年大会講演要旨*, HQR04-01.
- (32) 宮坂瑞穂・中川光弘 (2021) : 蘭越町および共和町のボーリングコアに産出する洞爺カルデラ形成噴火噴出物について, *北海道大学地球物理学研究報告*, No.84, March 2021, pp.1-10.
- (33) 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.
- (34) 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.
- (35) 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.
- (36) 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.
- (37) 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.
- (38) 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.
- (39) 東宮昭彦 (2016) : マグマ溜まり: 噴火準備過程と噴火開始条件, *火山*, 第61巻, 第2号, pp.281-294.
- (40) Zhao, D., Yamada, T., Hasegawa, A., Umeno, N. and Wei, W. (2012) : Imaging the subducting slabs and mantle upwelling under the Japan Islands., *Geophysical Journal International*, *Geophys. J. Int.*, 190, pp.816-828.

- (41) 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.
- (42) 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*.
- (43) 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.
- (44) 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.
- (45) Zhao, D., Horiuchi, S., Hasegawa, A. (1992) :Seismic velocity structure of the crust beneath the Japan Islands. *Tectonophysics*, 212, pp.289-301.
- (46) 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.
- (47) 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.
- (48) 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 Iwate earthquake (Mw 6.6), *Earth, Planets and Space* (2019) pp.71-100.
- (49) 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.
- (50) 気象庁 (2020) :第147回 火山噴火予知連絡会資料.
- (51) 国土地理院 (2022) :先行公開! 衛星画像から一目でわかる大地の動き, 2022年報道発表資料.
- (52) 気象庁 (2021) :第149回 火山噴火予知連絡会資料.
- (53) Goto, Y. and Johmori, A. (2015) :Internal Structure of Kuttara Caldera, Hokkaido, Japan, *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, Vol.60, No.1, pp.35-46.
- (54) 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.
- (55) 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.
- (56) 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.

- (57) 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.
- (58) In-Woo Lee (1996) : Formation of Toya Caldera, Southwest Hokkaido, Japan, 神戸大学博士論文.
- (59) 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.
- (60) 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.
- (61) 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.
- (62) 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.
- (63) 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.
- (64) 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.
- (65) 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.
- (66) 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.
- (67) 気象庁 (2021) : 第148回 火山噴火予知連絡会資料.
- (68) 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.
- (69) 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.
- (70) 新エネルギー総合開発機構 (1987) (1) : 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.
- (71) 新エネルギー総合開発機構 (1987) (2) : 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 ニセコ地域火山地質図1:50,000, ニセコ地域地熱地質編図1:100,000 説明書.
- (72) 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.

- (73) 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.
- (74) 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.
- (75) 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.
- (76) 小疇尚・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.
- (77) 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.
- (78) 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.
- (79) 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.
- (80) 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.
- (81) 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.
- (82) 石田正夫・三村弘二 (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.
- (83) 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.
- (84) Asamori, K., K. Umeda, Y. Ogawa and 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)

- (85) 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/>
- (86) 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/>
- (87) 防災科学技術研究所:https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/
- (88) 気象庁地震月報 (カタログ編) :<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/index.html>
- (89) 気象庁一元化処理検測値データ:<https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/>
- (90) 気象庁 火山活動解説資料:https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact.php