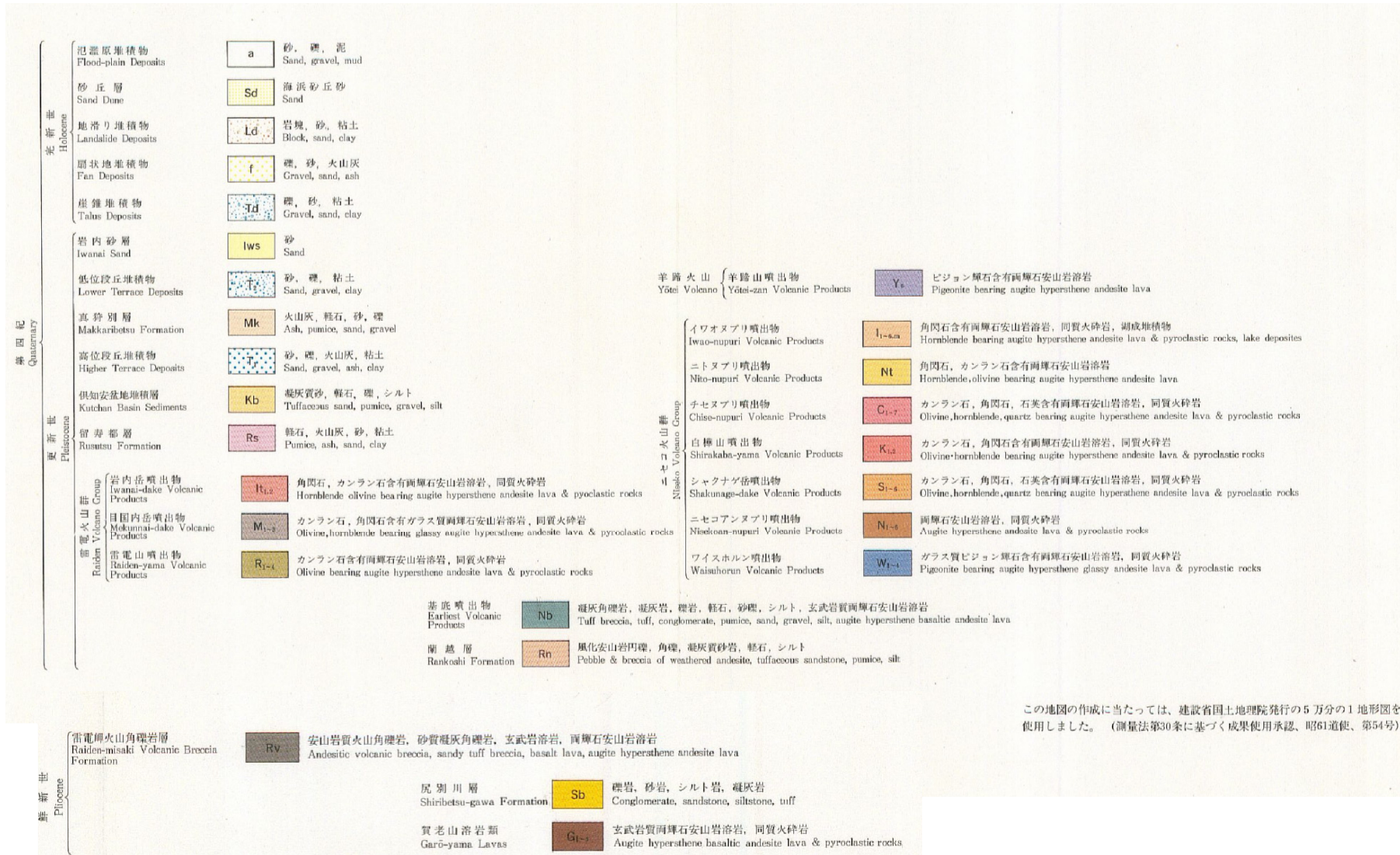


②-2 地質分布・地質層序 (NEDO, 1986, 1987) (2/3)

再掲 (H25/12/18審査会合)



この地図の作成に当たっては、建設省国土地理院発行の5万分の1地形図を使用しました。(測量法第30条に基づく成果使用承認、昭61道使、第54号)

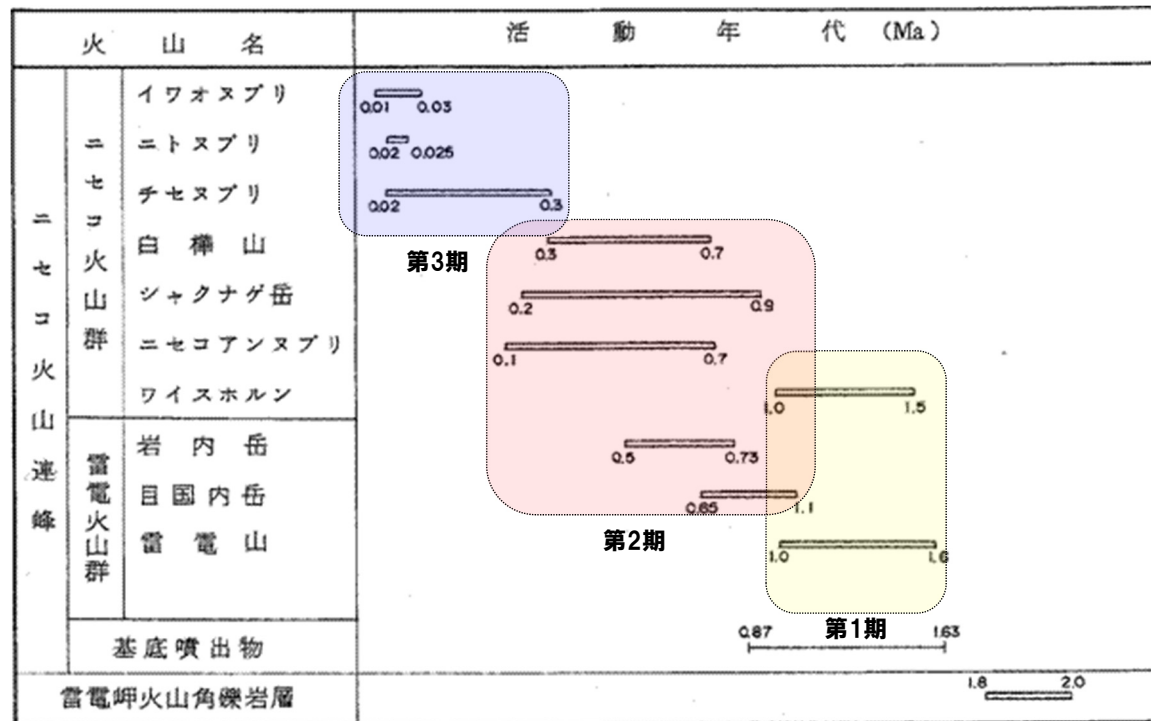
ニセコ地域火山地質図(凡例) (NEDO (1987) より抜粋)

②-2 地質分布・地質層序 (NEDO, 1986, 1987) (3/3)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

- ニセコ・雷電火山群による火砕流, 溶岩流等の設計対応不可能な火山事象は, 敷地まで到達していない。
- 活動時期を, 「第1期」, 「第2期」及び「第3期」に分類している。
 - 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 (NEDO (1986) に加筆)



②-3 地質分布・地質層序(日本地質学会編, 2010)

一部修正(H25/11/13審査会合)

- 活動時期から、「古期火山群」、「中期火山群」及び「新期火山群」に分類している。
- 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	$2.03 \pm 0.28\text{Ma} - 0.99 \pm 0.12\text{Ma}$
	目国内岳火山	$1.2 \pm 0.2\text{Ma} - 0.62 \pm 0.06\text{Ma}$
	岩内岳火山	$0.64 \pm 0.13\text{Ma} - 0.5 \pm 0.2\text{Ma}$
	ワイスホルン火山	$1.3 \pm 0.4\text{Ma} - 0.9 \pm 0.3\text{Ma}$
中期火山群	白樺岳火山	$0.68 \pm 0.04\text{Ma} - 0.3 \pm 0.2\text{Ma}$
	シャクナゲ岳火山	$0.8 \pm 0.05\text{Ma} - 0.30 \pm 0.03\text{Ma}$
	ニセコアンヌプリ火山	$0.69 \pm 0.35\text{Ma} - 0.25 \pm 0.13\text{Ma}$
新期火山群	チセヌプリ火山	$0.3 \pm 0.2\text{Ma} - <0.2\text{Ma}$
	ニトヌプリ火山	$<0.2\text{Ma}$
	イワオヌプリ火山	$<0.2\text{Ma}$

2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

②-4 地質分布・地質層序 (中野ほか編, 2013)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

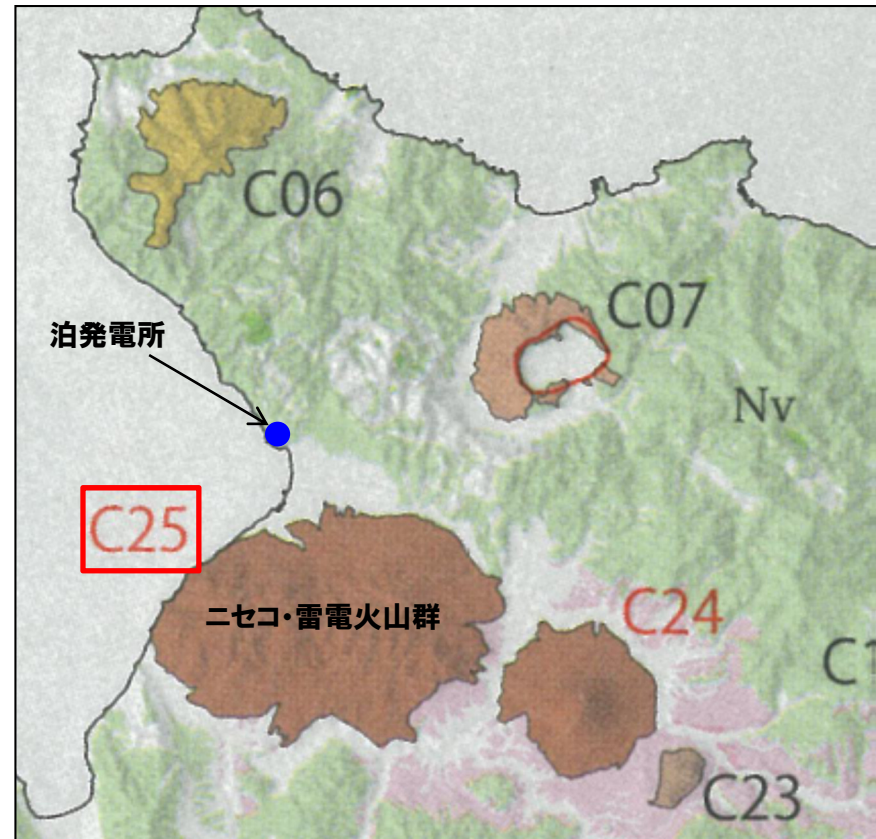
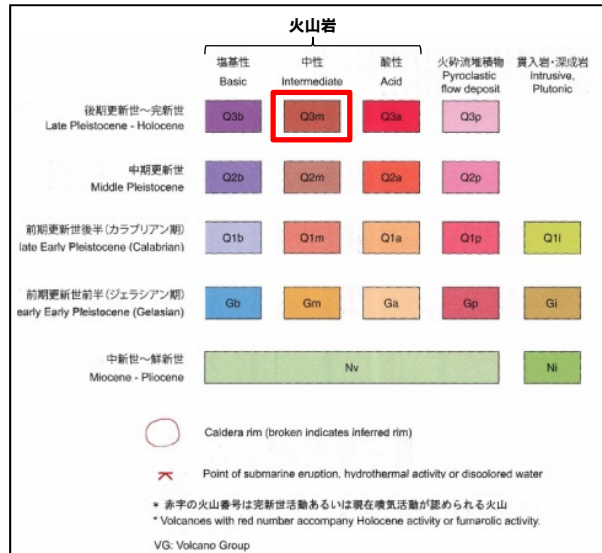
- 活動時期は、前期更新世前半～完新世とされている。
- 火山岩の代表的な岩種は中性の安山岩であるとされ、敷地まで到達していない(右下図参照)。
- ニセコ・雷電火山群による溶岩流等の設計対応不可能な火山事象は、敷地まで到達していない。

ニセコ・雷電火山群の火山データ
(中野ほか編, 2013)

凡例記号	Q3m	火山の形式	複合または複成火山 溶岩ドーム
活動期間*	前期更新世前半 -完新世	卓越する岩質	中性
活動期間 最近の活動	2.0 Ma 最新噴火:6,000年前	構成岩石	安山岩

※図上では該当する時代区分のうち、最も新しい「後期更新世～完新世」として表示されている

凡例



ニセコ・雷電火山群の火山地質図
(中野ほか編(2013)に加筆)

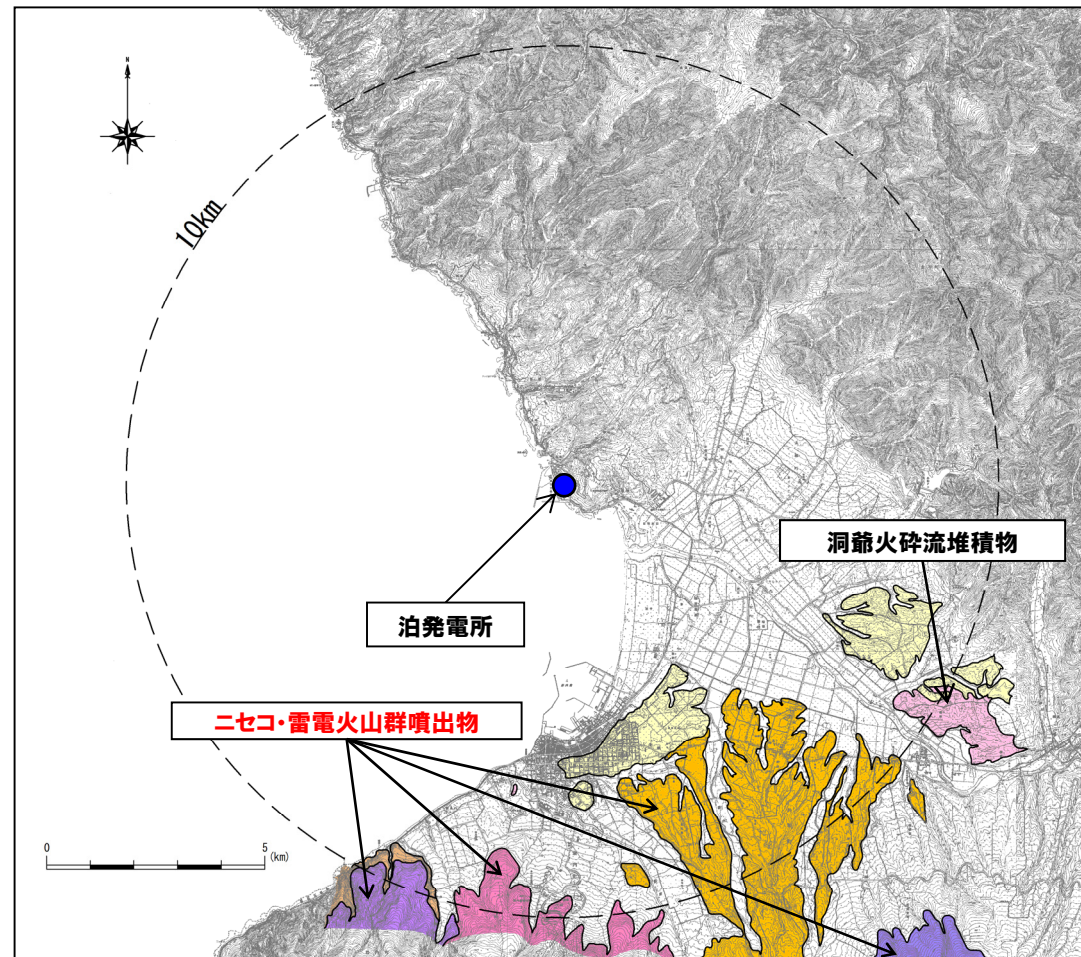
②-5 地質分布・地質層序(地形調査, 地表地質踏査)

一部修正(H25/11/13審査会合)

○敷地周辺及び敷地における地形調査, 地表地質踏査等の結果, ニセコ・雷電火山群の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	岩内層	礫及び砂
W	ワイスホルン火山	溶岩及び火砕岩
I	岩内岳火山	溶岩及び火砕岩
R	雷電山火山	溶岩及び火砕岩
	雷電岬火山角礫岩層	



敷地から半径10km以内の第四紀火山地質図

②-6 地質分布・地質層序(まとめ)

一部修正(H25/11/13審査会合)

- 大場(1960), NEDO(1986,1987)及び中野ほか編(2013)によれば, いずれも火砕流, 溶岩流等の設計対応不可能な火山事象は, 敷地まで到達していない。
- また, 敷地近傍における地形調査, 地表地質踏査等の結果においても, 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。
- 大場(1960), NEDO(1986,1987)及び日本地質学会編(2010)に示されている活動時期は, 概ね整合的である。

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(1986,1987)	日本地質学会編(2010)
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)
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)
白樺山			
シャクナゲ岳			
ニセコアンヌプリ			
目国内岳	旧期ニセコ火山群	第1期 (1.6-1.0Ma)	古期火山群 (2.03-0.5Ma)
岩内岳			
ワイスホルン			
雷電山			

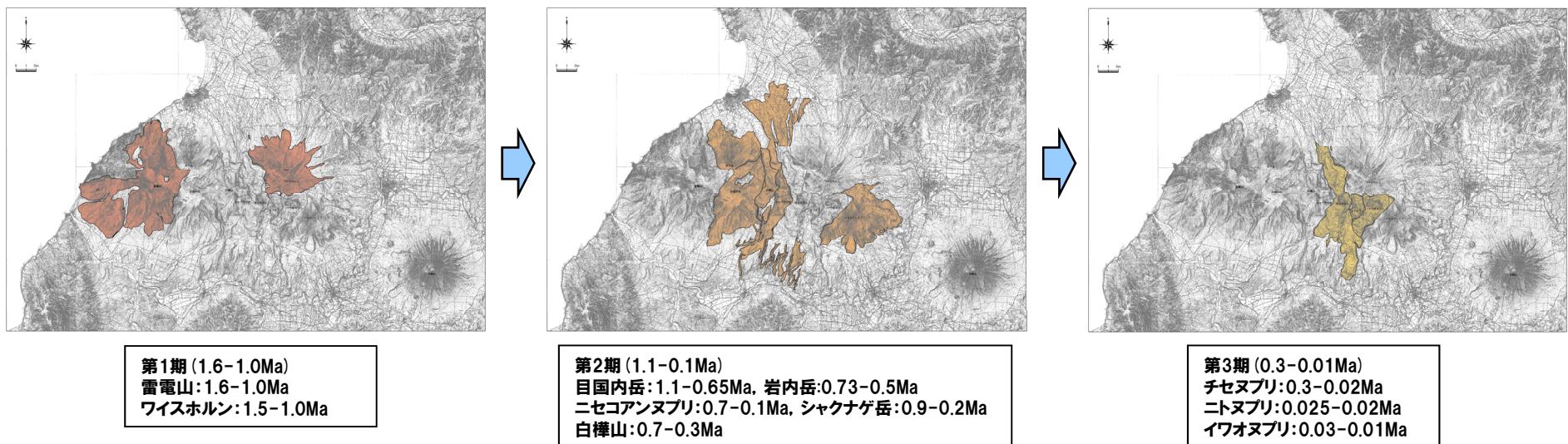
③ 活動の変遷

一部修正 (H25/12/18審査会合)

- 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。
- 気象庁編(2013)では、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。
- 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。



○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、最新の活動はイワオヌプリであると考えられる。



ニセコ・雷電火山群の活動の変遷 (地質分布はNEDO (1987) を複写, 年代値はNEDO (1986) による)

2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

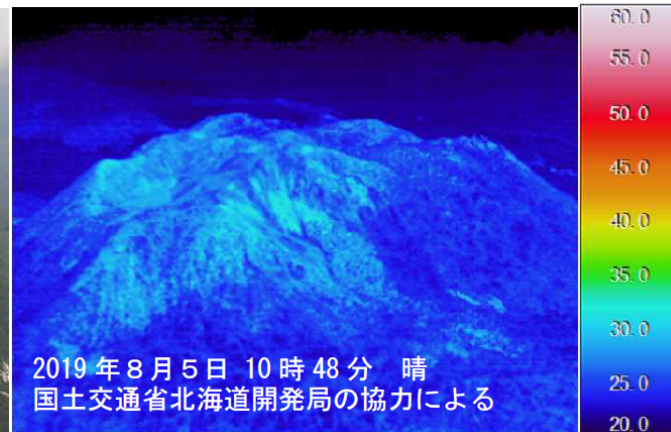
④ イワオヌプリの活動状況(気象庁 火山活動解説資料)

一部修正(H25/12/18審査会合)

- 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

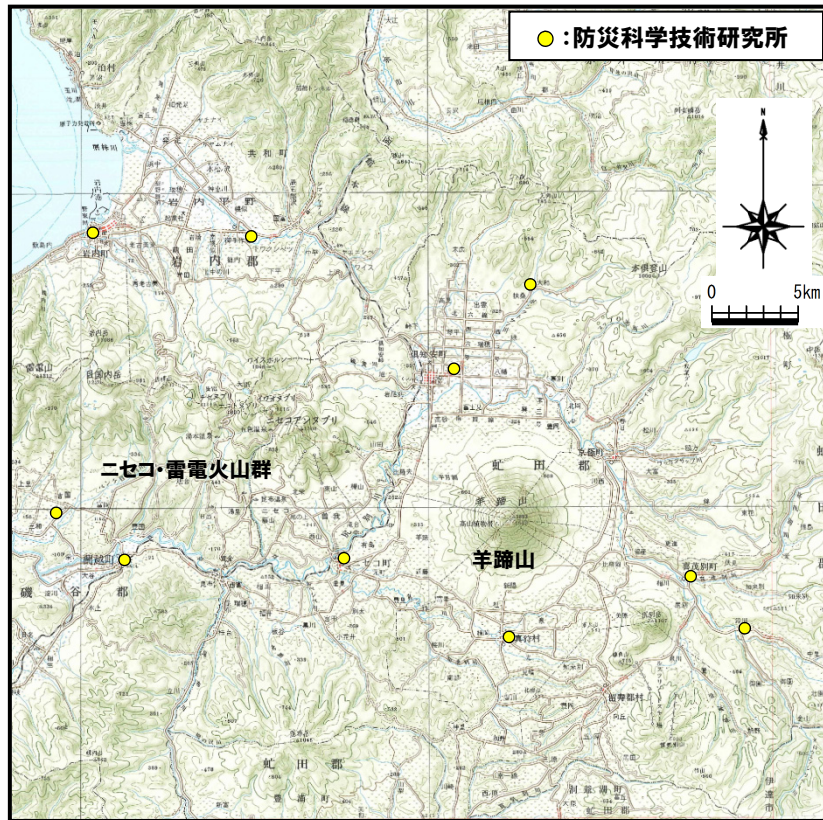
年	月	気象庁の見解(火山活動)	調査項目	備考
H16	5	噴気は認められない。	上空からの観測	
H18	7	噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H19	5	噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H20	3	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	H19. 12. 1に噴火予報(正常)を発表
	6	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺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	

余白

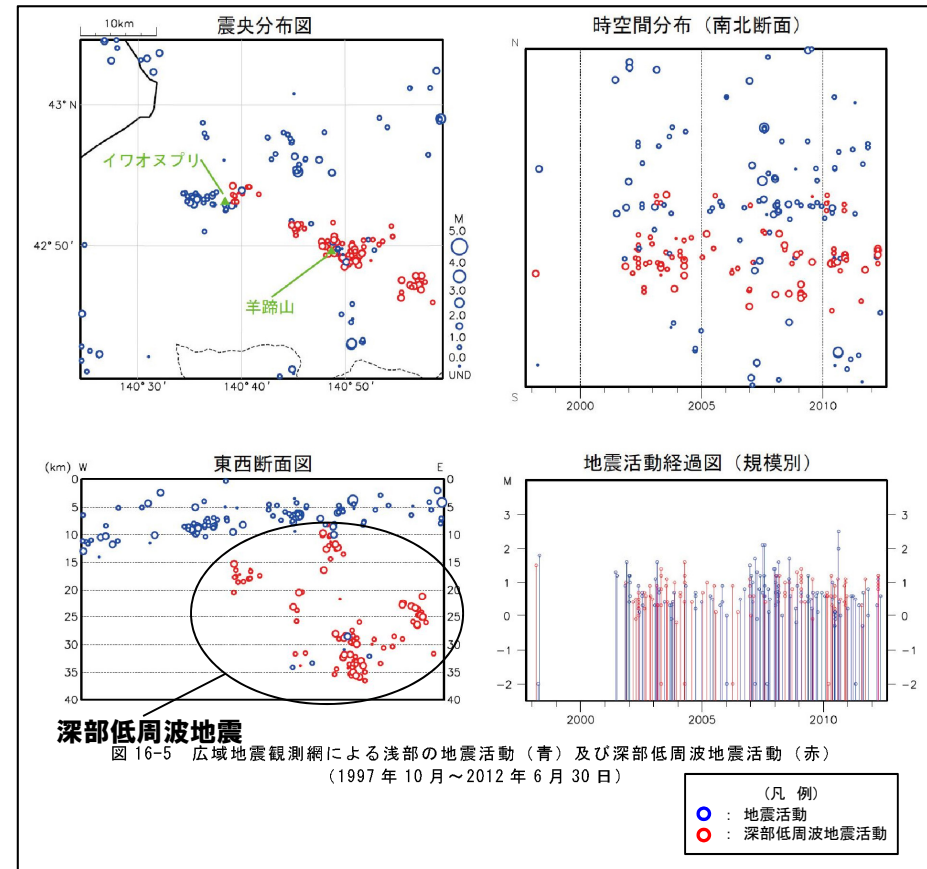
⑤-1 火山性地震 (気象庁編, 2013)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 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。
- イワオヌプリ及び羊蹄山周辺においては、散発的に震央の分布が認められる。
- 浅部の地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺に認められるが、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
- 深部低周波地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺に認められるが、規模・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)



深部低周波地震
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)

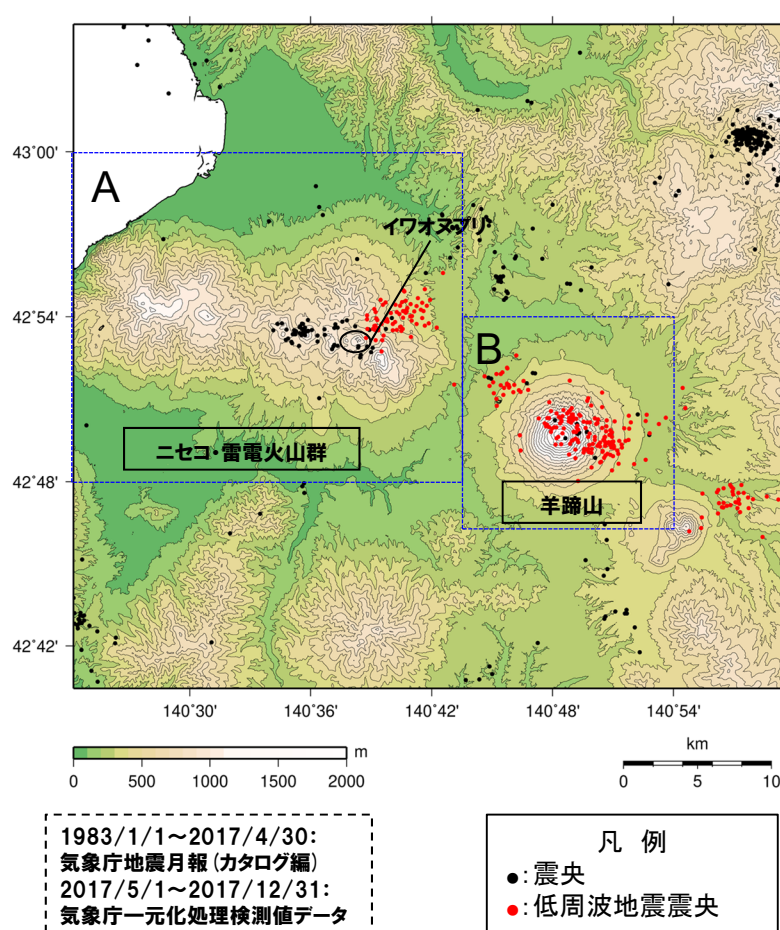
ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地震活動
(1997年10月～2012年6月30日, 「日本活火山総覧(第4版)」に加筆)

2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

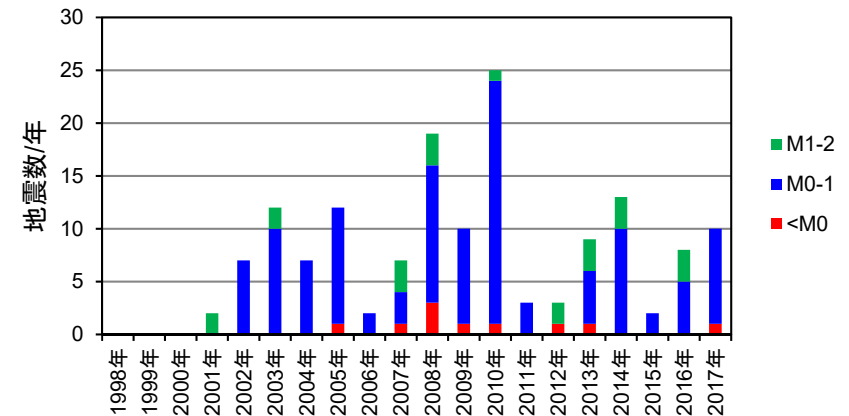
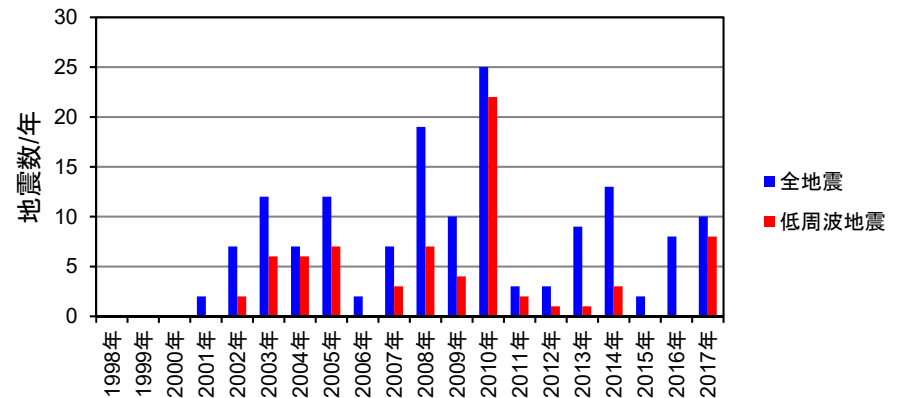
⑤-2 火山性地震 (気象庁地震月報 (カタログ編) 及び気象庁一元化処理検測値データ)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 過去約30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) 及び気象庁一元化処理検測値データを使用した。
- ニセコ・雷電火山群周辺においては、イワオヌプリ周辺に散発的に震央の分布が認められる。
- マグニチュード1以上の地震の発生は少なく、火山性地震及び低周波地震が増加しているような傾向は認められない。



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~2017年12月31日の記録, 深さ40km以浅)

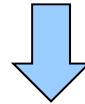


領域A (ニセコ・雷電火山群周辺) における地震発生数の年別時間変化 (1998~2017年, 深さ40km以浅)

⑤-3 火山性地震(まとめ)

一部修正(H25/12/18審査会合)

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の火山性地震について文献調査を行った。
- 公的機関の観測結果を取りまとめた「日本活火山総覧(第4版)」並びに気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値のデータについて検討した。
- 調査・検討の結果は以下のとおり。
 - ・イワオヌプリ及び羊蹄山周辺においては、散発的に震央の分布が認められる。
 - ・浅部の地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺に認められるが、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
 - ・深部低周波地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺に認められるが、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。



- 地震活動は散発的であり、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気象庁の報告と調和的である。

2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

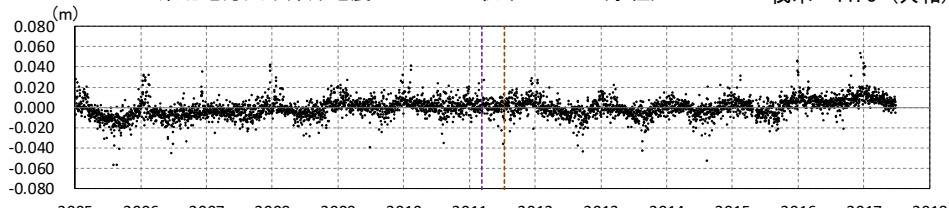
⑥-1 地殻変動(上下変動)(1/3)

一部修正(H25/11/13審査会合)

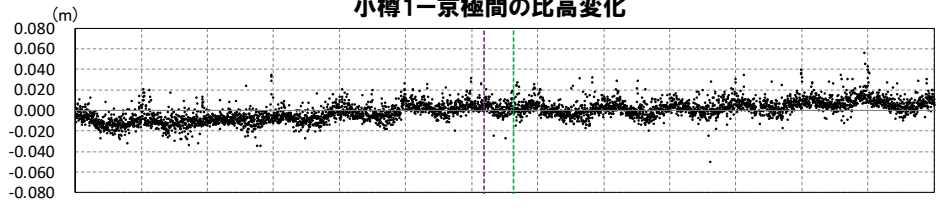
- 国土地理院の電子基準点データを用いて、ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地殻変動について解析を行った(対象期間:2005年1月~2017年12月)。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の4基準点^{※1}(京極, 共和, 寿都及び蘭越)の年間上下変動量を示す。
- 各基準点とも、年間上下変動量に大きな変動はなく、顕著な隆起や沈降の傾向は認められない。
- 次頁~P145に、東北地方太平洋沖地震発生前後(下表赤枠部)の年間変動ベクトル図(上下)を示す。

--- 東北地方太平洋沖地震 - - - 伐木 '11.7 (京極) - - - 伐木 '11.8 (共和)

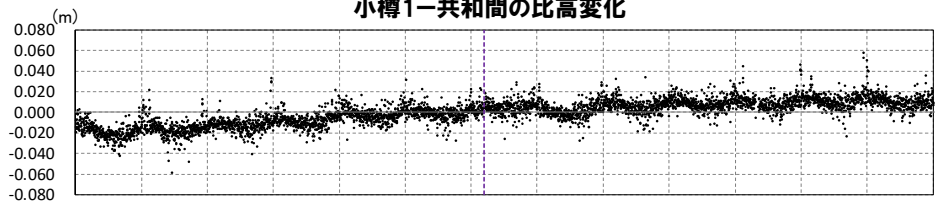
※1 ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の4基準点(京極, 共和, 寿都及び蘭越)の位置は次頁参照。



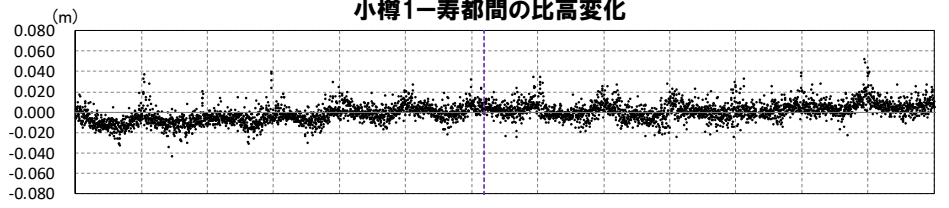
小樽1-京極間の比高変化



小樽1-共和間の比高変化



小樽1-寿都間の比高変化



小樽1-蘭越間の比高変化

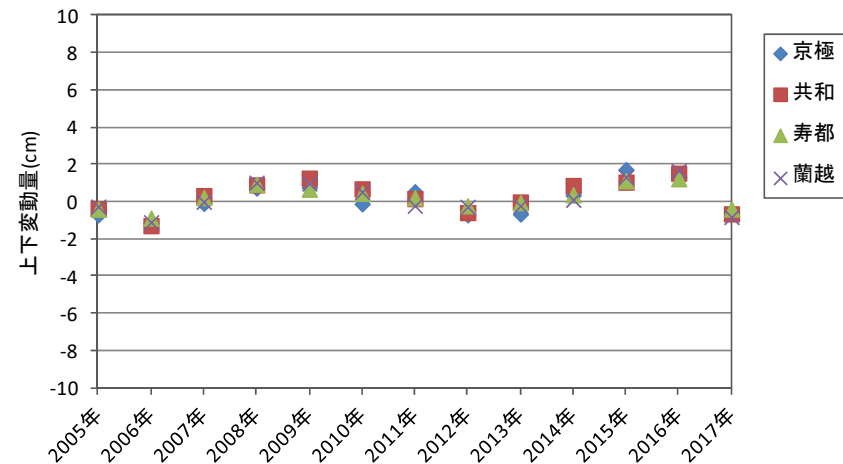
年間上下変動量 (cm)

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
京極 ^{※2}	-0.70	-1.15	-0.09	+0.73	+0.76	-0.12	+0.54	-0.71	-0.67	+0.34	+1.72	+1.32	
共和	-0.38	-1.29	+0.32	+0.90	+1.26	+0.68	+0.16	-0.59	-0.02	+0.86	+1.05	+1.53	-0.65
寿都	-0.40	-0.88	+0.22	+0.93	+0.67	+0.45	+0.21	-0.23	-0.05	+0.37	+1.12	+1.23	-0.39
蘭越	-0.26	-1.11	0.00	+1.02	+0.98	+0.52	-0.22	-0.28	-0.22	+0.10	+1.32	+1.66	-0.82

↑東北地方太平洋沖地震発生年

(固定局:小樽1)

※2 電子基準点移設に伴い2017年6月に運用停止したため、2017年の年間上下変動量は算出していない。



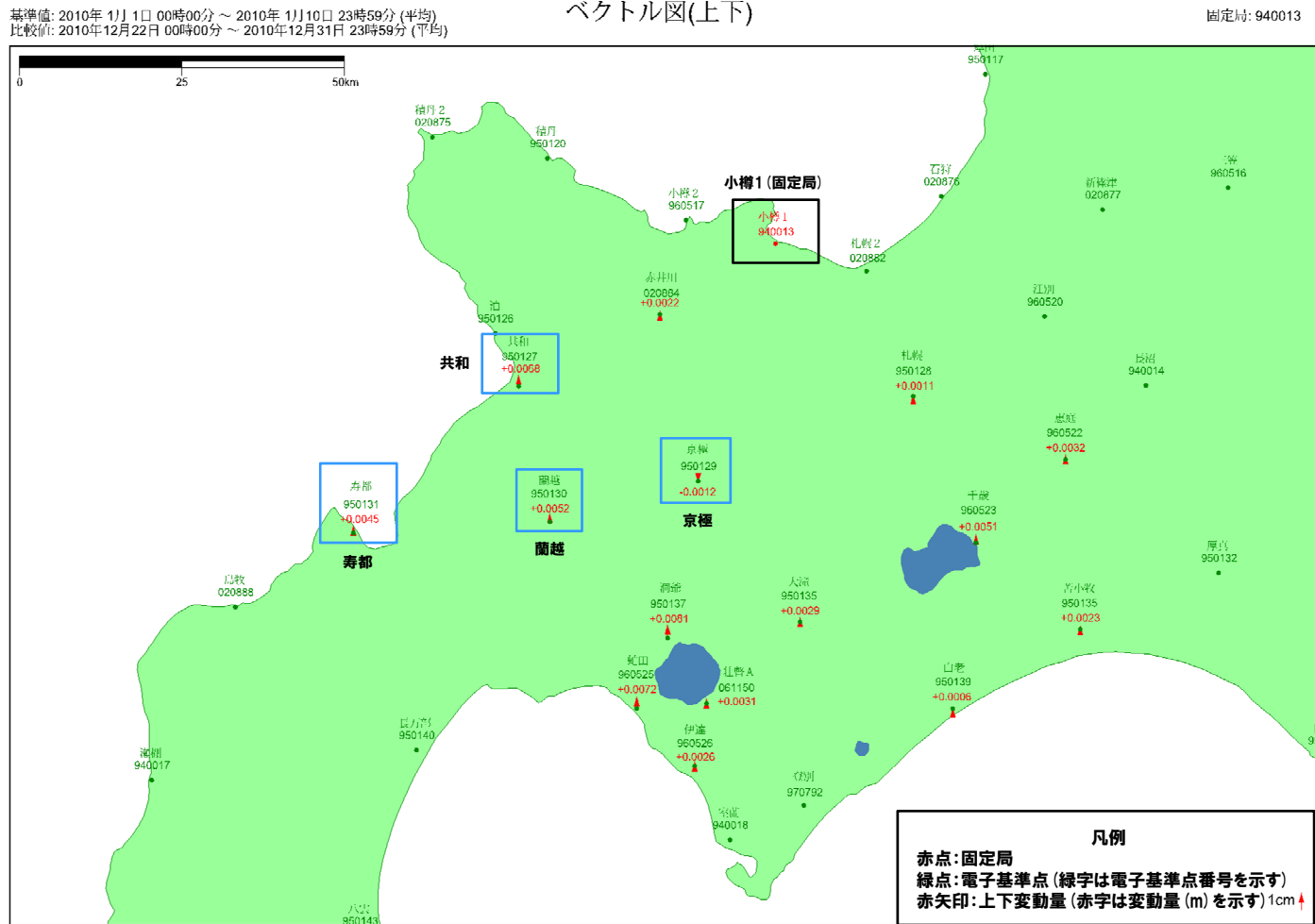
年間上下変動量のグラフ

2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

⑥-1 地殻変動(上下変動) (2/3)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 東北地方太平洋沖地震発生前, 2010年の変動ベクトル図(上下)を示す。
- 周囲の基準点と比較しても, ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では, 顕著な隆起や沈降は認められない。



赤: Bernese F3 [IGS]

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

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

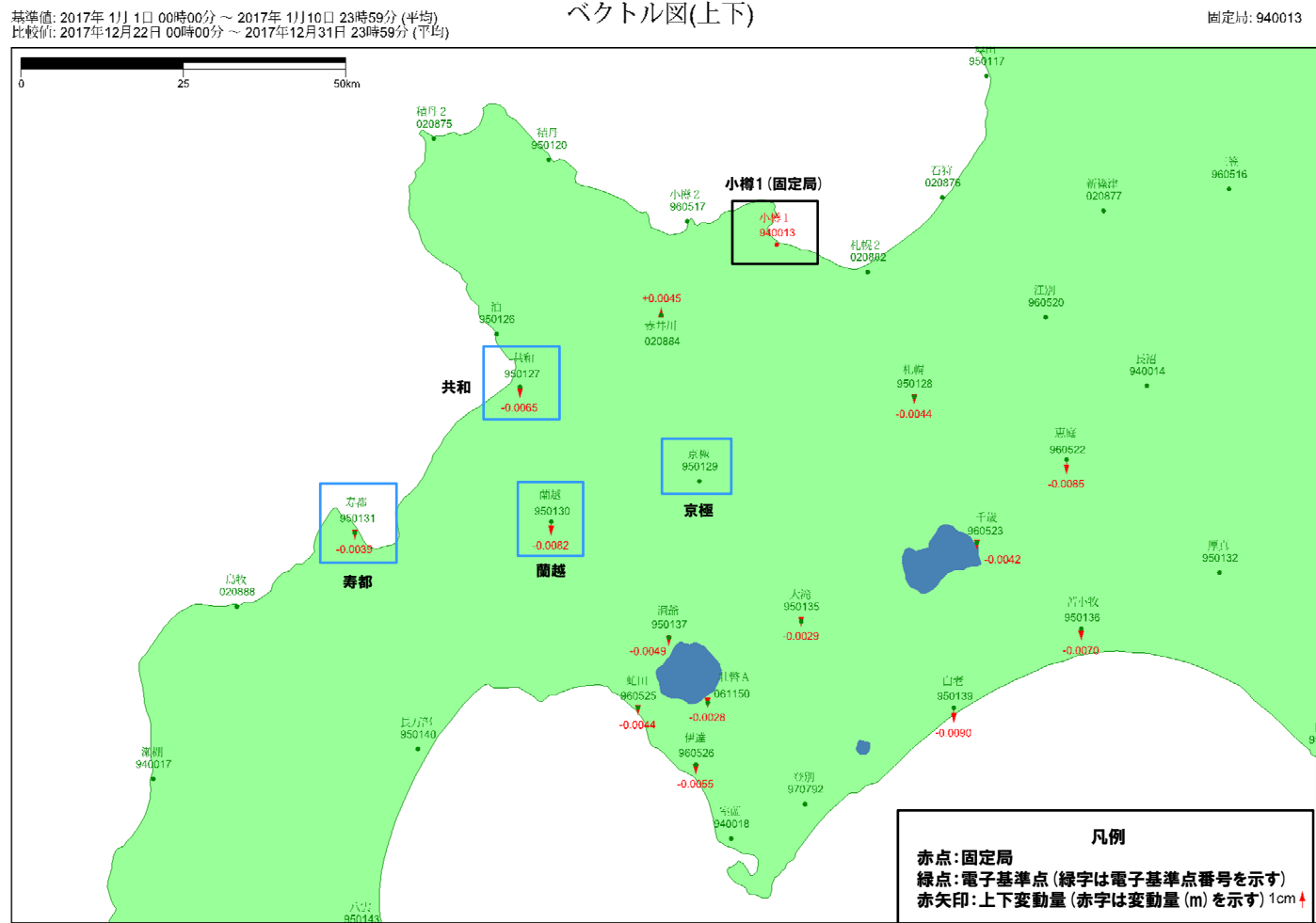
補正有り(F3180626.dat)

2. 5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

⑥-1 地殻変動(上下変動) (3/3)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 東北地方太平洋沖地震発生後、2017年の変動ベクトル図(上下)を示す。
- 周囲の基準点と比較しても、ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、顕著な隆起や沈降は認められない。



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

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

補正有り(F3180626.dat)

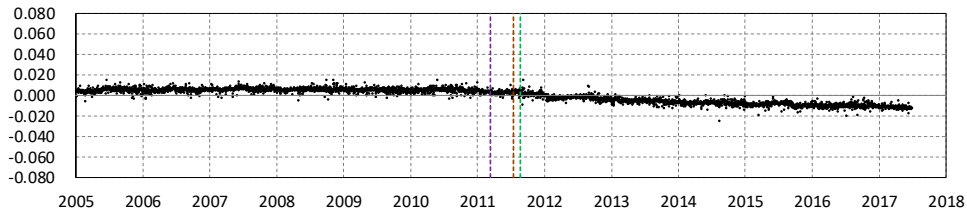
2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

⑥-2 地殻変動(基線長変化)

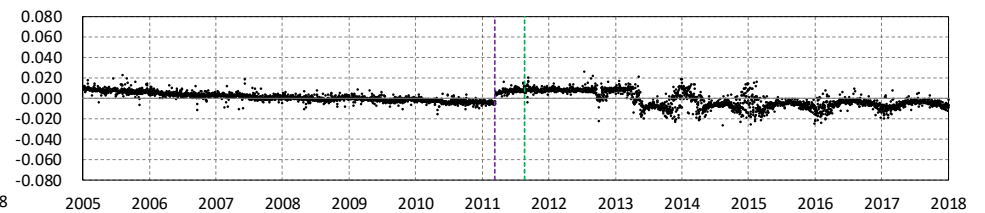
一部修正 (H25/11/13審査会合)

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の4観測点(京極, 共和, 寿都及び蘭越)を結んだ5基線の基線長変化を示す(対象期間:2005年1月~2017年12月)。
- 各基線ともに, 東北地方太平洋沖地震発生前後で不連続が認められるものの, 対象期間において変化は緩やかであり, 顕著な膨張や収縮は認められない。

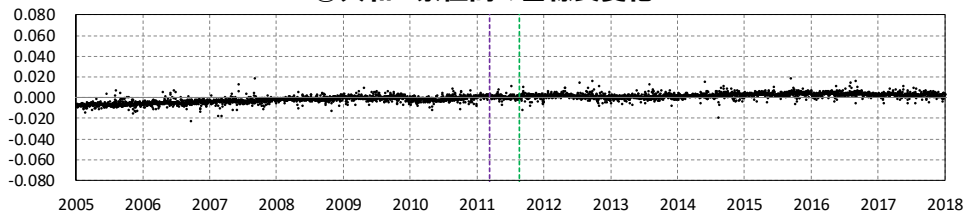
--- 東北地方太平洋沖地震 - - - 伐木 '11.7 (京極) - - - 伐木 '11.8 (共和)



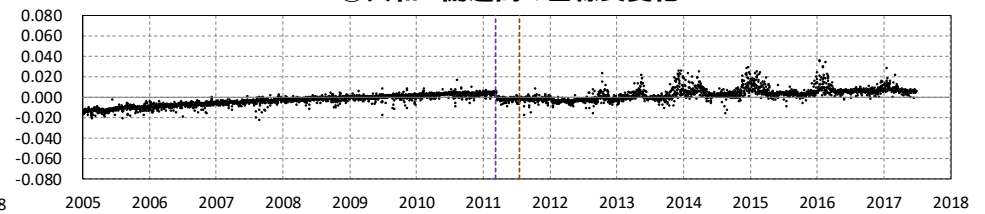
① 共和-京極間の基線長変化



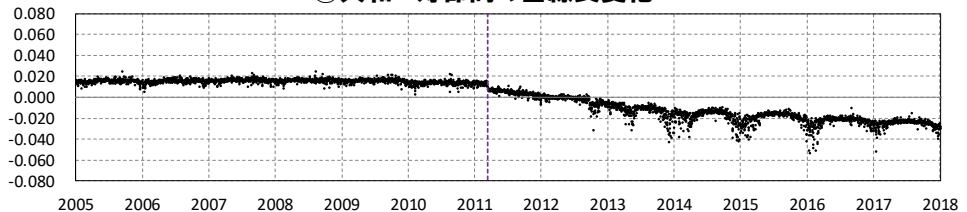
② 共和-蘭越間の基線長変化



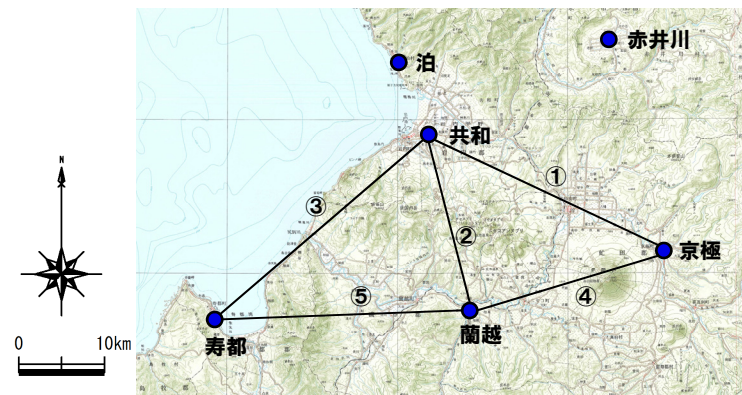
③ 共和-寿都間の基線長変化



④ 京極-蘭越間の基線長変化



⑤ 蘭越-寿都間の基線長変化



ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺観測点位置図

2. 5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

⑥-3 地殻変動(干渉SAR)

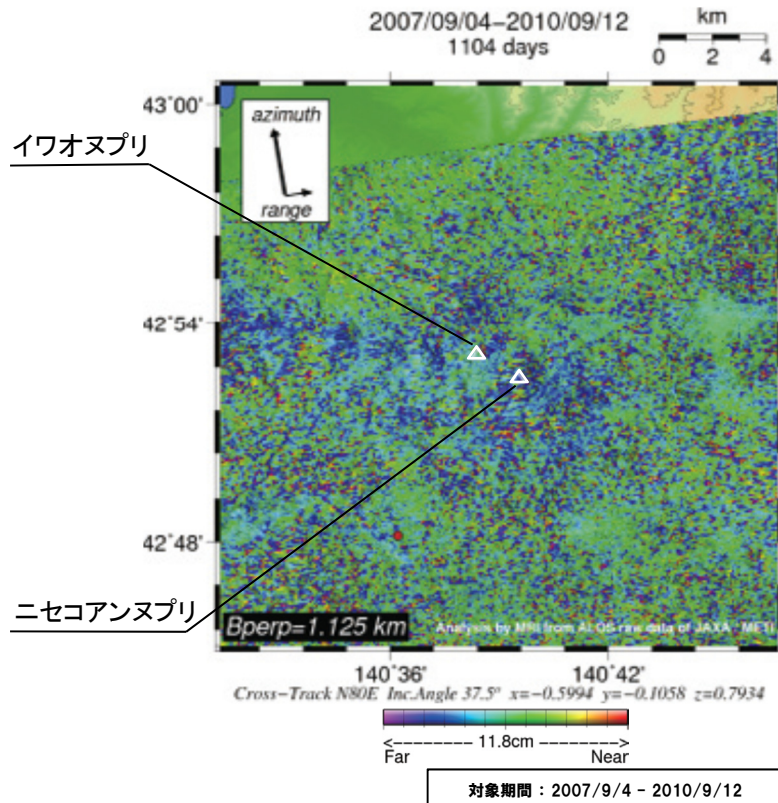
【気象研究所技術報告第69号(安藤, 2013)※】

○ニセコ・雷電火山群周辺における干渉SAR解析結果が示されているものの, その特徴についての記載はない。

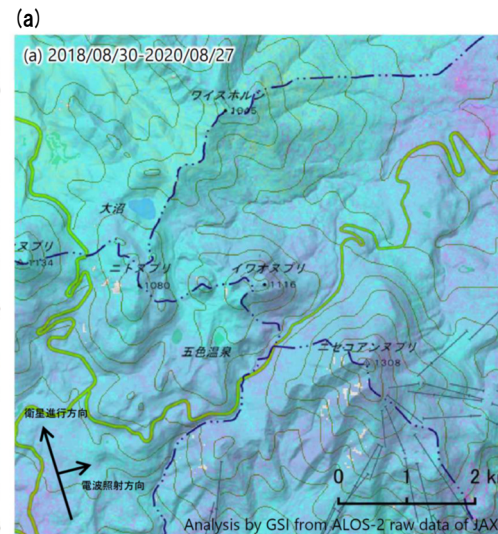
【第147回火山噴火予知連絡会資料(気象庁, 2020)】

○ニセコ・雷電火山群周辺における干渉SAR解析結果について, 「ノイズレベルを超える変動は見られません」とされている。

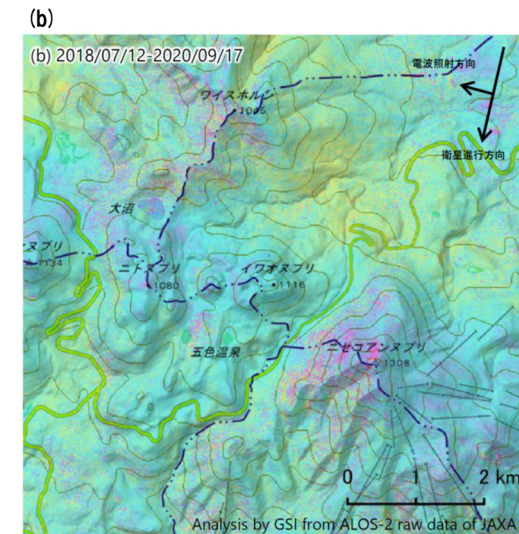
※安藤(2013)では, 国内の活火山周辺における干渉SAR解析結果が示されており, 火山活動に伴う位相変化が認められる火山について, その特徴を記載している。



ニセコ・雷電火山群周辺における干渉SAR解析結果
(安藤(2013)に加筆)



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(2020)に加筆)



衛星名	(a)	(b)
観測日時	2018/08/30 2020/08/27 23:26頃 (728日間)	2018/07/12 2020/09/17 11:41頃 (798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
垂直基準線長	+18m	-179m

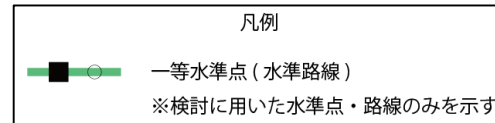
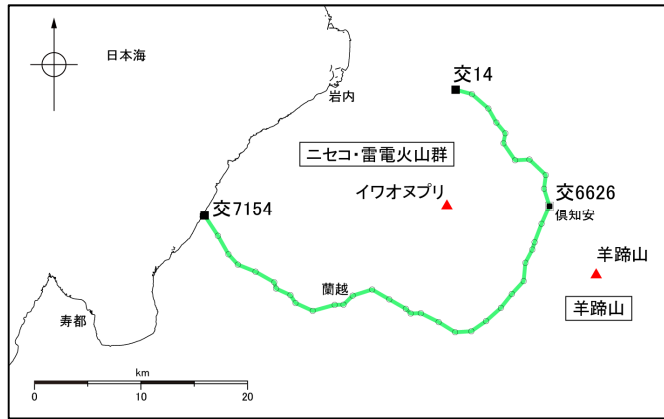
* U: 高分解能(3m)モード
H: 高分解能(6m)モード

○ニセコ・雷電火山群周辺では, 顕著な膨張や収縮は認められない。

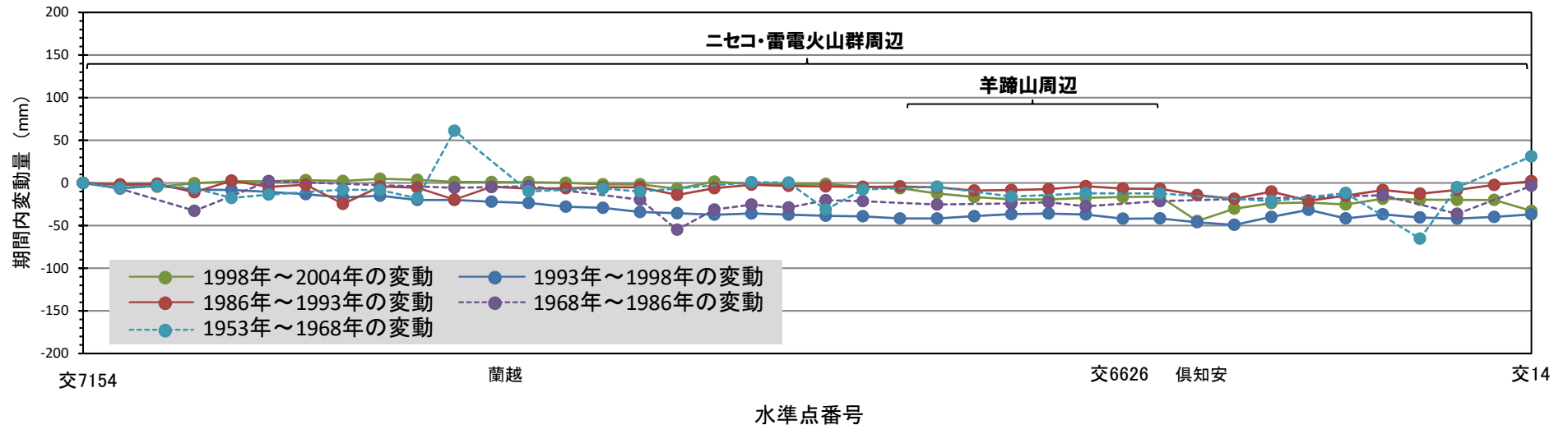
2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

⑥-4 地殻変動(水準測量)

- 過去約50年間におけるニセコ・雷電火山群周辺(羊蹄山周辺含む)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。
- ニセコ・雷電火山群周辺では、顕著な隆起や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)

⑥-5 地殻変動(まとめ)

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)】

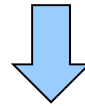
○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、顕著な隆起や沈降、膨張や収縮は認められない。

【地殻変動(干渉SAR)】

○ニセコ・雷電火山群周辺での顕著な膨張や収縮は認められない。

【地殻変動(水準測量)】

○ニセコ・雷電火山群周辺での顕著な隆起や沈降は認められない。



○ニセコ・雷電火山群周辺では、地殻変動がほとんど認められず、イワオヌブリ及び羊蹄山に噴火の兆候は認められないとされている気象庁の報告と調和的である。

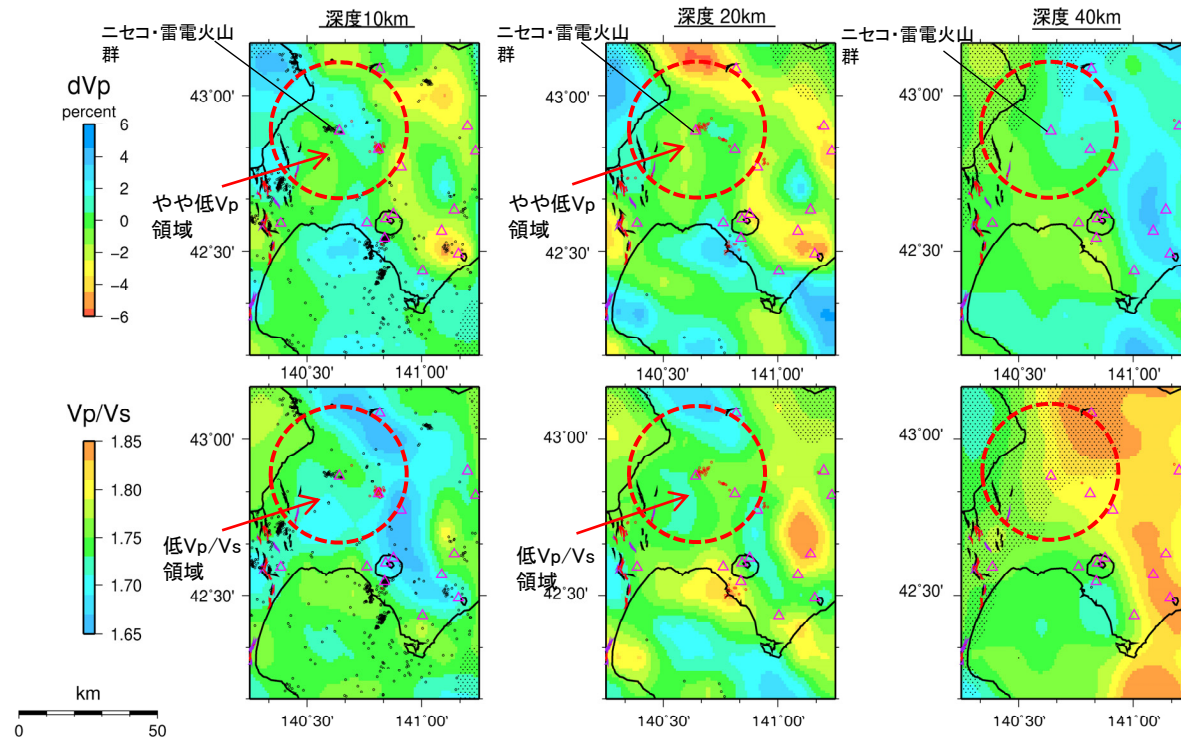
2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

⑦-1 地震波速度構造 (1/2)

- 防災科学技術研究所HP上において、「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。

ニセコ・雷電火山群については、過去に巨大噴火(数十km³程度を超えるような噴火)は発生していないものの、敷地近く(半径10kmの範囲)に設計対応不可能な火山事象が到達していることから、念のため、地震波速度構造に係る検討により、既往最大の噴火規模以上の巨大噴火が発生する可能性について評価する。

- 凡例
- △ 第四紀火山
 - 黒点 震央 (MJMA ≥ 0)
 - 赤点 低周波地震の震央 (期間: 2000/10/1-2015/12/31)
 - 半透明黒色部 チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
 - 活断層 } 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

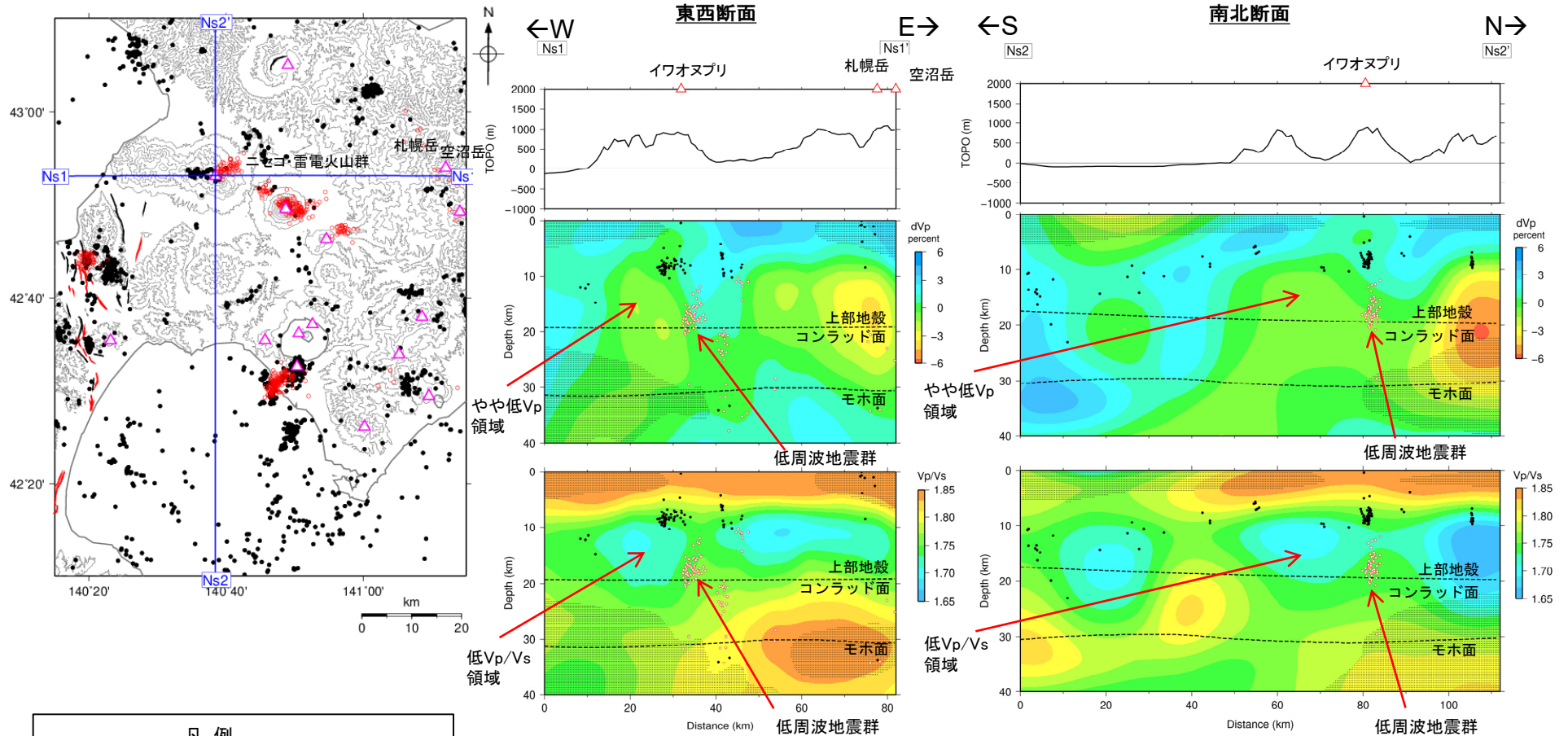


ニセコ・雷電火山群周辺では、南方～西方に、やや低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

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)

⑦-1 地震波速度構造 (2/2)



- 凡例**
- △ 第四紀火山
 - 黒点 震央 (MJMA ≥ 0)
 - 赤点 低周波地震の震央 (期間: 2000/10/1-2015/12/31)
 - 半透明黒色部 チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
 - 活断層
 - 推定活断層
- 今泉ほか編 (2018) をトレース

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。コンラッド面はZhao et al. (1992)、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。

⑦-2 地震波速度構造 (まとめ)**【ニセコ・雷電火山群周辺における地震波速度分布確認結果】**

- 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、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。



- ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内には、現状、既往最大の噴火規模以上の巨大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。

2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

⑧-1 溶岩流シミュレーション(概要)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

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

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

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	NEDO(1987)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)

⑧-2 溶岩流シミュレーション(噴出量の設定)

一部修正(H25/12/18審査会合)

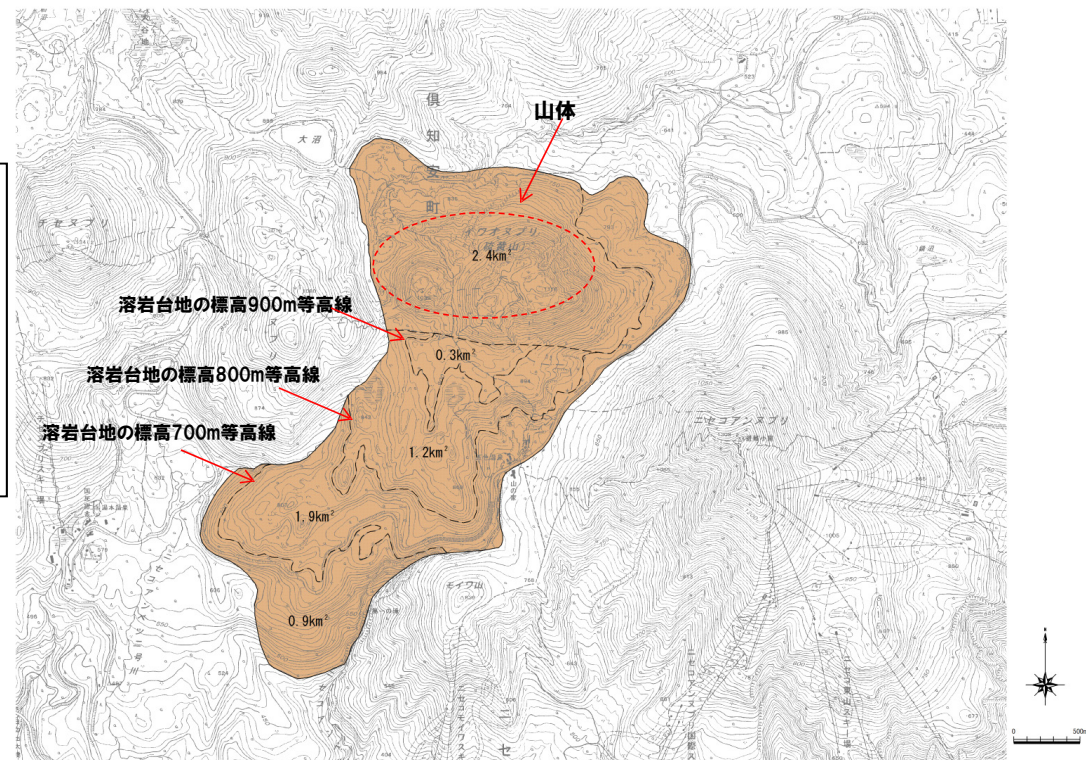
○溶岩流噴出量は、現在の活動中心であるイワオヌプリを対象として、NEDO(1987)の噴出物の分布範囲及び当該範囲の高度差から溶岩台地の体積を算出し、 0.72km^3 と設定した。

NEDO(1987)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

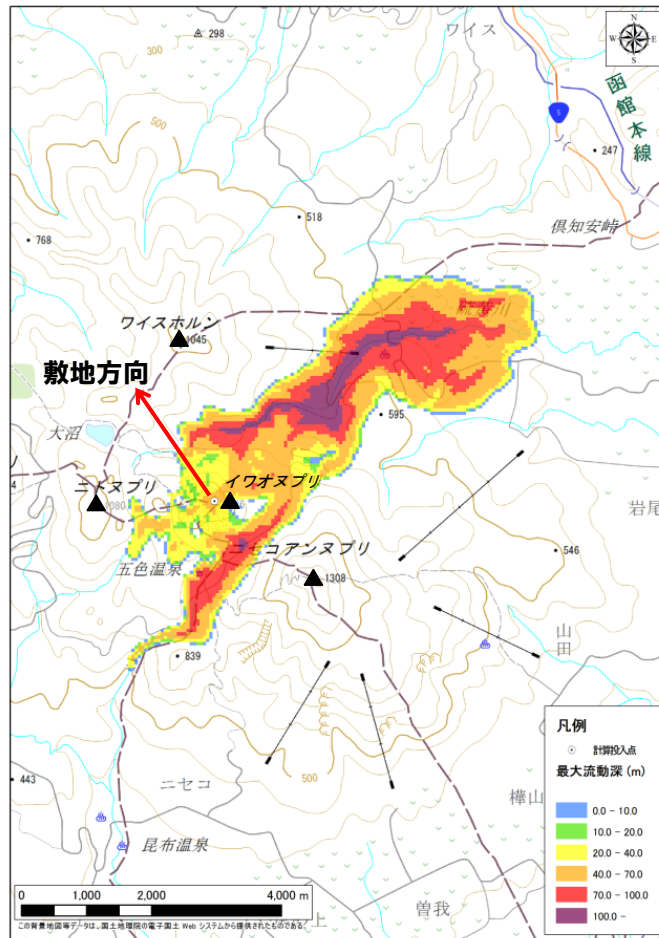


イワオヌプリ噴出物の分布

⑧-3 溶岩流シミュレーション(結果)

一部修正(H25/12/18審査会合)

○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

⑨ 評価(ニセコ・雷電火山群)

一部修正(H25/12/18審査会合)

【火山噴出物の分布】

- 大場(1960), NEDO(1986,1987)及び中野ほか編(2013)によれば, いずれも火砕流, 溶岩流等の設計対応不可能な火山事象は, 敷地まで到達していない。
- また, 敷地近傍における地形調査, 地表地質踏査等の結果においても, 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。
- 大場(1960), NEDO(1986,1987)及び日本地質学会編(2010)に示されている活動時期は, 概ね整合的である。

【活動性評価】

- 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, 最新の活動はイワオヌプリであると考えられる。
- 気象庁によれば, 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。

【地球物理学的調査】

(火山性地震)

- 地震活動は散発的であり, 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気象庁の報告と調和的である。

(地殻変動)

- ニセコ・雷電火山群周辺では, 地殻変動がほとんど認められず, イワオヌプリ及び羊蹄山に噴火の兆候は認められないとされている気象庁の報告と調和的である。

(地震波速度構造)

- ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内には, 現状, 既往最大の噴火規模以上の巨大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。

【その他】

- 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, 敷地方向に流下しない結果となった。



- ニセコ・雷電火山群の現在の活動中心はイワオヌプリと考えられる。
- ニセコ・雷電火山群について, 設計対応不可能な火山事象は, 敷地まで到達していないことから, 運用期間中に影響を及ぼす可能性は十分小さいものと評価される。
- しかし, 敷地から近いことを考慮し, 念のため, 運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいものと評価した根拠が維持されていることを確認することを目的として, 原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づき, 運用期間中のモニタリングを行う。

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

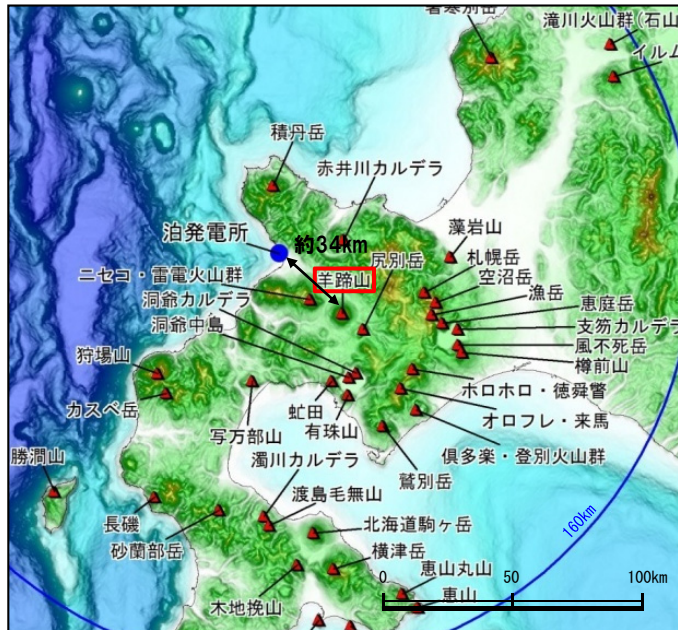
2.6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価

① 火山概要 (1/2)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

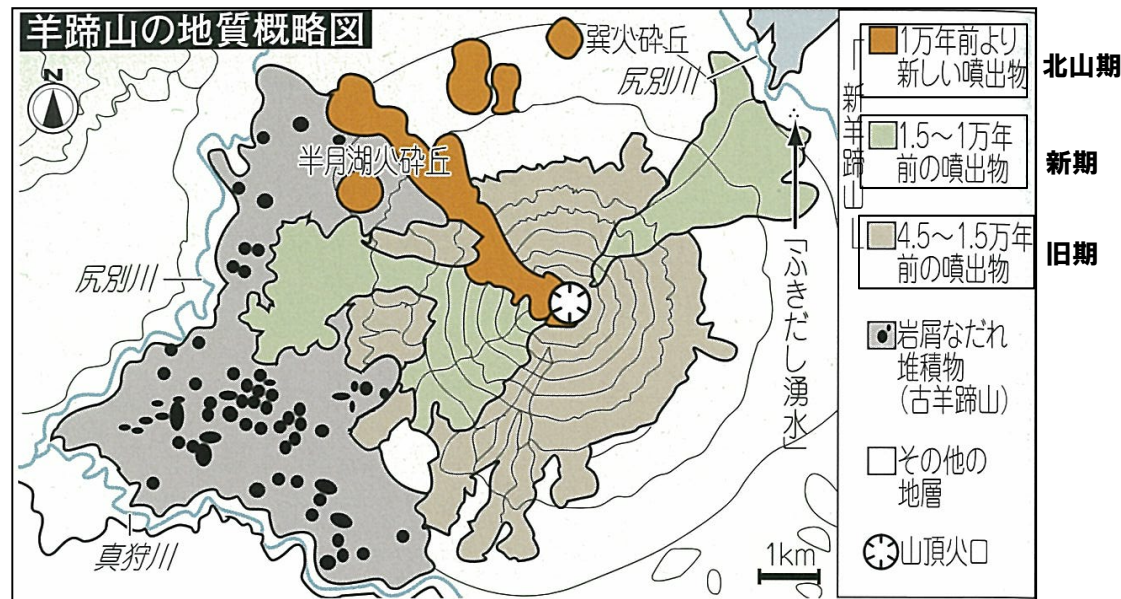
- 位置：敷地の南東方約34km
- 構成：古羊蹄火山を完全に覆って新羊蹄火山が分布する。
- 活動：約6～7万年前に古羊蹄火山が活動を開始し、約4万5千年前に西側斜面が崩壊した。その後、新羊蹄火山の活動は、「旧期」、「新期」及び「北山期」に分類される。最新の活動は、山頂近傍の「北山火口群」における約2500年前の小規模な噴火(北山期)とされており、現在、活動休止期にあるとされている(勝井ほか, 2007)。
- 火山噴出物の分布：
溶岩流や岩屑なだれ等は山体周辺に分布する。町田・新井(2011)によれば、降下火砕物は羊蹄第1火山灰(Yo-1)及び羊蹄第3火山灰(Yo-3)があり、羊蹄山の東方に堆積している。
- 噴出規模：既往最大の噴火は約5万年前の古羊蹄火山の噴火であり、その総噴出量は約5.0km³*とされている(江草ほか, 2003)。最新の活動と考えられる北山火口群の噴火による総噴出量は約0.13km³*とされている(上澤ほか, 2011)。

※マグマ噴出量DRE



羊蹄山の位置図

中野ほか編(2013)に基づき作成



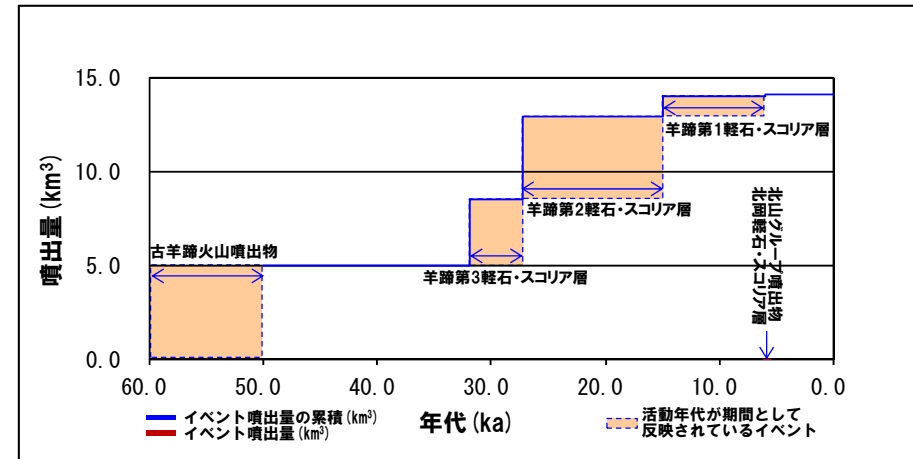
羊蹄山の地質概略図(勝井ほか, 2007)

① 火山概要 (2/2)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

羊蹄山活動履歴

年代	噴出物名	体積 DRE (km ³)	参考文献
第四紀	完新世 4.01-2.50ka 5.93ka	0.13	上澤ほか (2011) 佐々木ほか (1971)
	北山グループ噴出物 北岡軽石・スコリア層 (K-Ps)		
	更新世 15.00-13.10ka	1.1*	柏原 (1970) 藤山・田沼 (1972)
	羊蹄第1軽石・スコリア層 (Yo.Ps-1)		
	27.28-25.27ka	4.4*	大貫ほか (1977) 大貫ほか (1977)
羊蹄第2軽石・スコリア層 (Yo.Ps-2)			
31.90-30.40ka	3.5*	佐藤 (1969) 熊野 (1970)	
羊蹄第3軽石・スコリア層 (Yo.Ps-3)			
>50ka	5.0	江草ほか (2003) ※江草ほか (2003)	
古羊蹄火山噴出物			



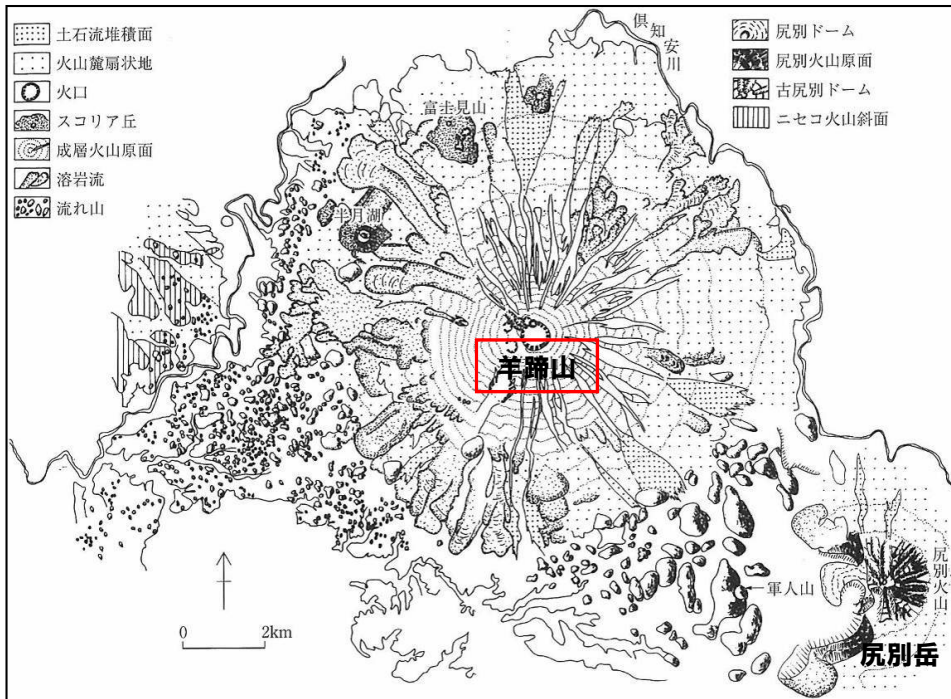
噴出量-年代階段ダイアグラム 山元 (2014) に基づき作成

2. 6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価

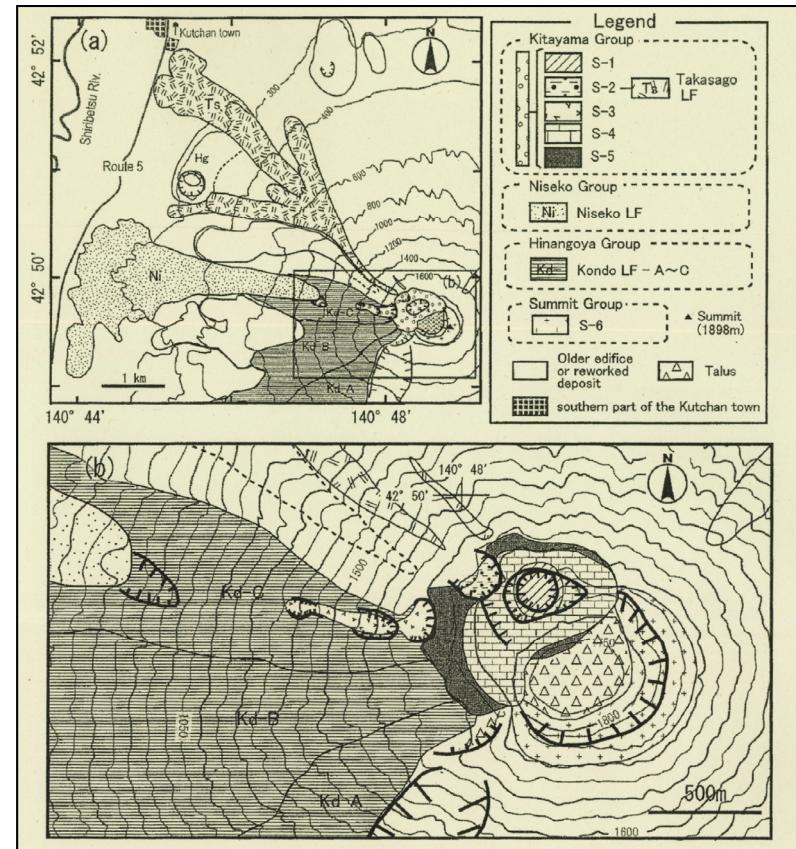
②-1 地質分布 (小疇ほか編 (2003) 及び上澤ほか (2011))

一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 羊蹄山から噴出した溶岩流や岩屑なだれ等は山体周辺に分布する。
- 最新の活動は、山頂近傍の「北山火口群」における約2,500年前の小規模なものとされている。



羊蹄山の地形分類図 (小疇ほか編 (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)

2. 6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価

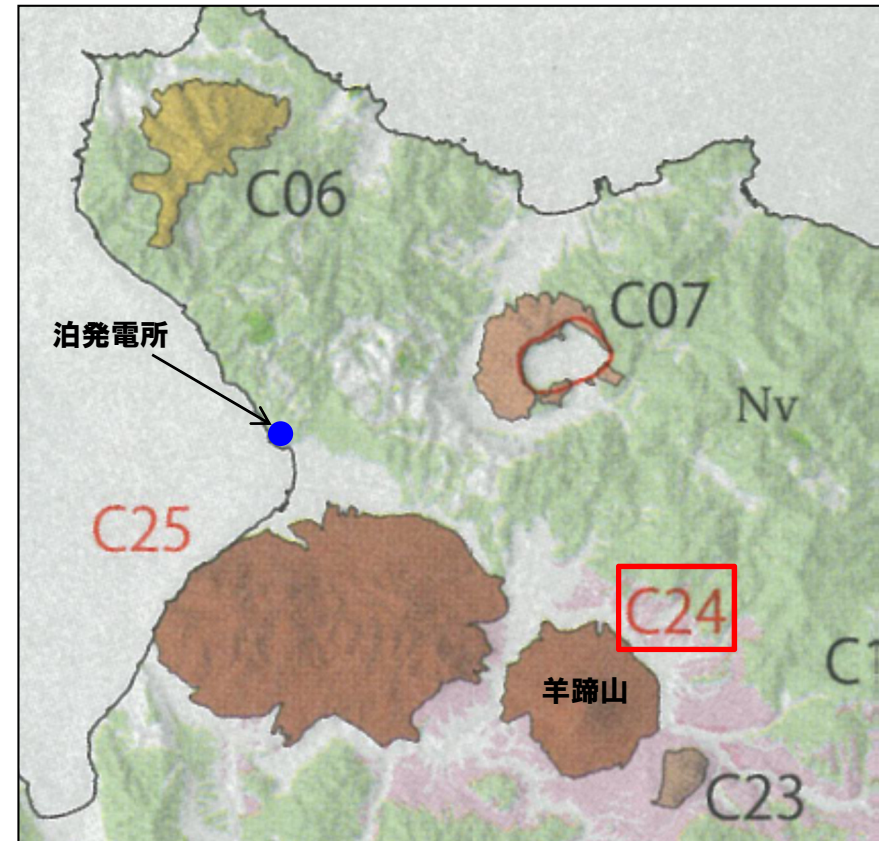
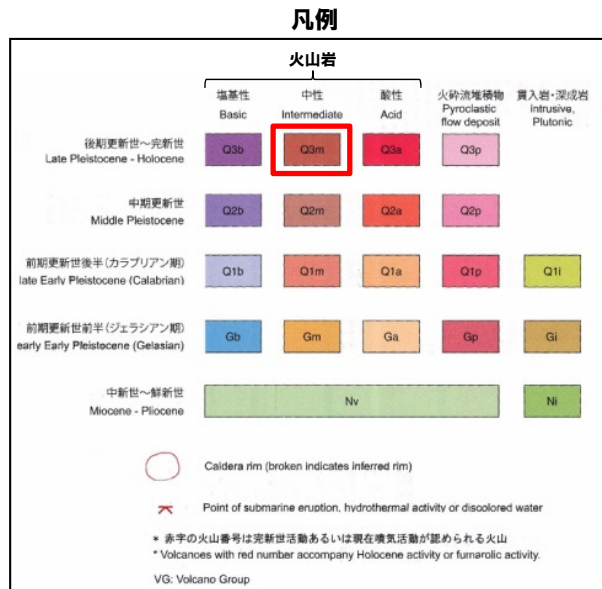
②-2 地質分布 (中野ほか編, 2013)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 活動時期は、後期更新世～完新世とされている。
- 火山岩の代表的な岩種は中性の安山岩及びデイサイトであるとされ、山体周辺に分布する(右下図参照)。
- 羊蹄山による溶岩流等の設計対応不可能な火山事象は、敷地まで到達していない。

羊蹄山の火山データ
(中野ほか編, 2013)

凡例記号	Q3m	火山の形式	複合または複成火山, 火砕丘, 溶岩ドーム
活動期間	後期更新世-完新世	卓越する岩質	中性
活動期間 最近の活動	5万年前またはそれ以前 最新噴火:2,500年前	構成岩石	安山岩, デイサイト



羊蹄山の火山地質図
(中野ほか編 (2013) に加筆)

2.6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価

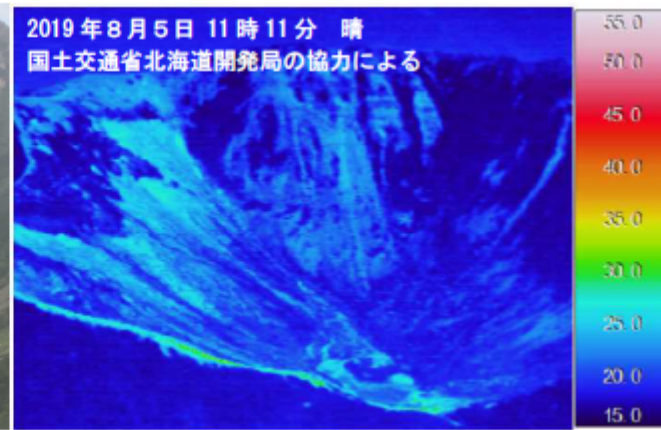
③ 羊蹄山の活動状況(気象庁 火山活動解説資料)

一部修正(H25/12/18審査会合)

- 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している。



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	

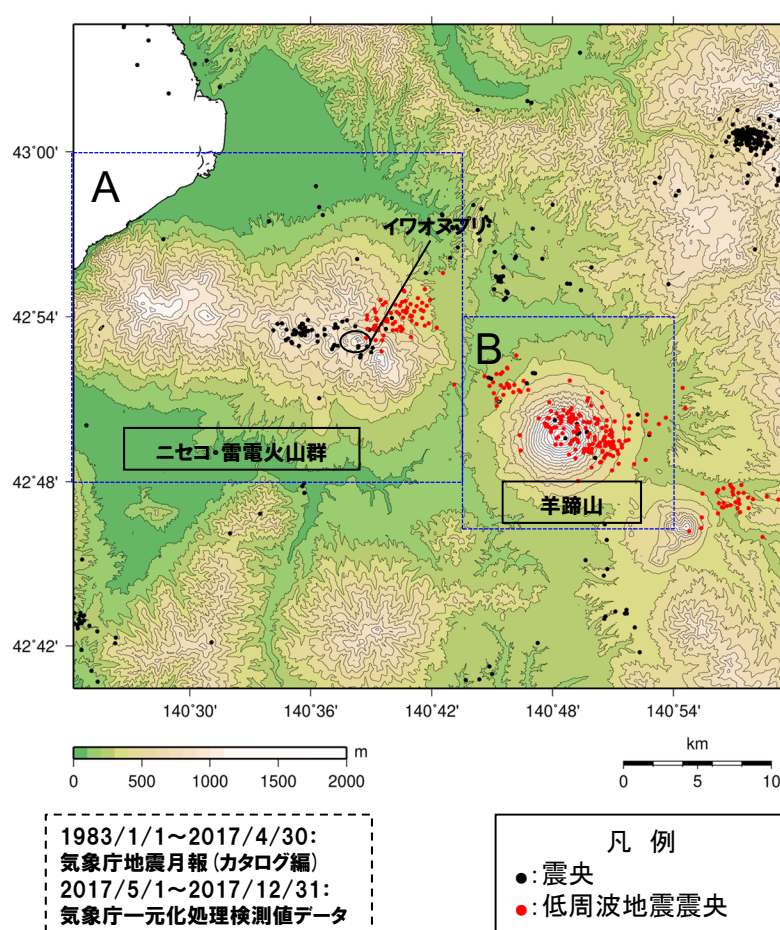
余白

2.6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価

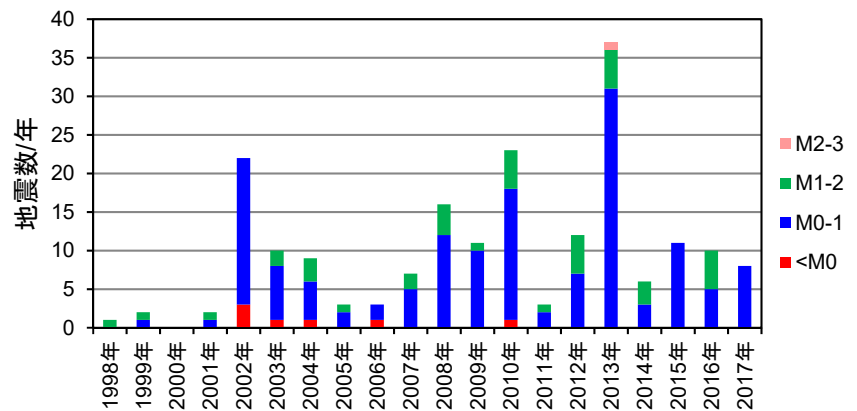
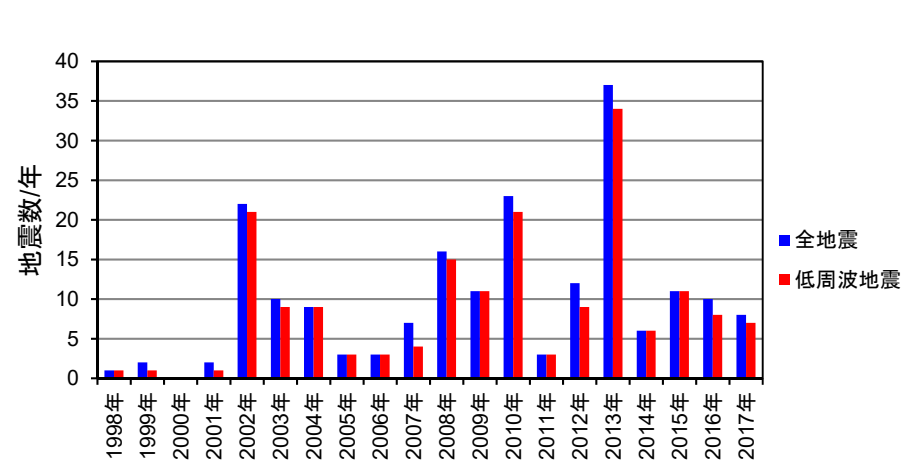
④-1 火山性地震(気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データ)

一部修正(H25/11/13審査会合)

- 過去約30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)及び気象庁一元化処理検測値データを使用した。
- 羊蹄山周辺においては、山体周辺に散発的に震央の分布が認められる。
- マグニチュード1以上の地震の発生は少なく、火山性地震及び低周波地震が増加しているような傾向は認められない。



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~2017年12月31日の記録, 深さ40km以浅)(P141再掲)

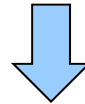


領域B(羊蹄山周辺)における
地震発生数の年別時間変化(1998~2017年, 深さ40km以浅)

④-2 火山性地震(まとめ)

一部修正(H25/12/18審査会合)

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の火山性地震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)」(P140参照)並びに気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値のデータについて検討した。
- 調査・検討の結果は以下のとおり。
 - ・イワオヌプリ及び羊蹄山周辺に散発的に震央の分布が認められる。
 - ・浅部の地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺に認められるが、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
 - ・深部低周波地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺に認められるが、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。



- 地震活動は散発的であり、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気象庁の報告と調和的である。

2. 6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価

⑤-1 地殻変動(干渉SAR)

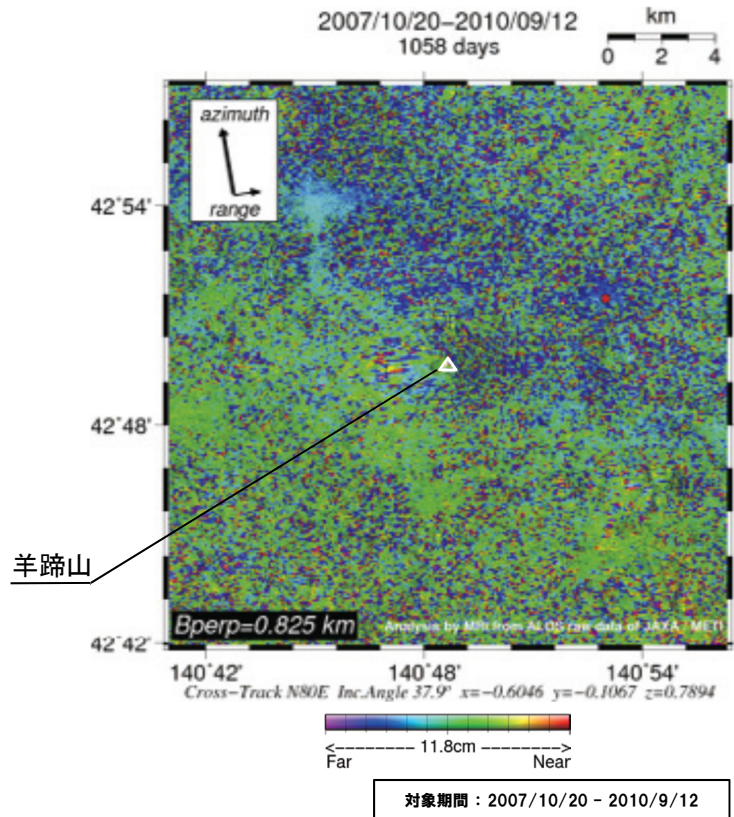
【気象研究所技術報告第69号(安藤, 2013)※】

○羊蹄山周辺における干渉SAR解析結果が示されているものの, その特徴についての記載はない。

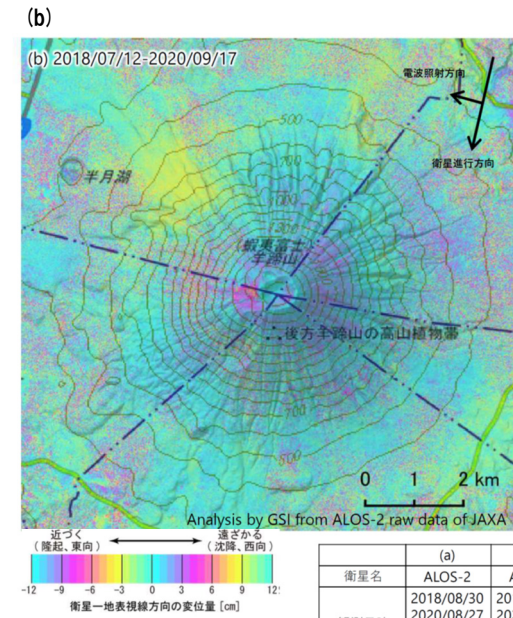
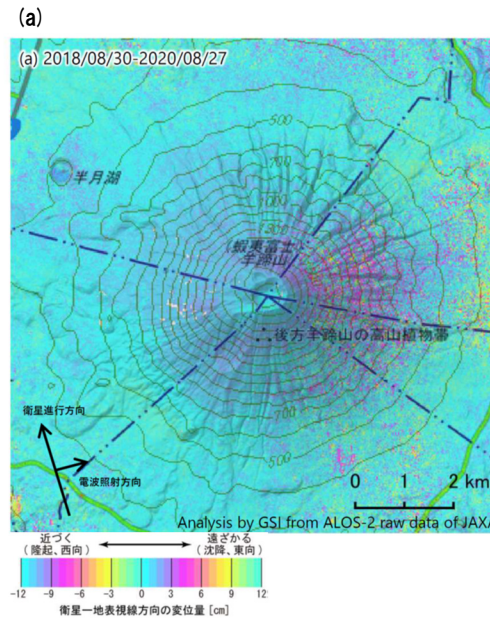
【第147回火山噴火予知連絡会資料(気象庁, 2020)】

○羊蹄山周辺における干渉SAR解析結果について, 「ノイズレベルを超える変動は見られません」とされている。

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



羊蹄山周辺における干渉SAR解析結果(安藤(2013)に加筆)



羊蹄山周辺における干渉SAR解析結果(国土地理院(気象庁(2020)に加筆)

	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2018/08/30 2020/08/27 23:26頃 (728日間)	2020/09/17 11:41頃 (798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	+ 18m	- 179m

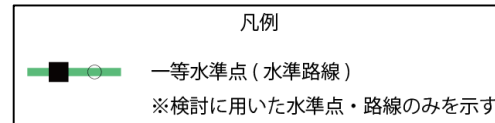
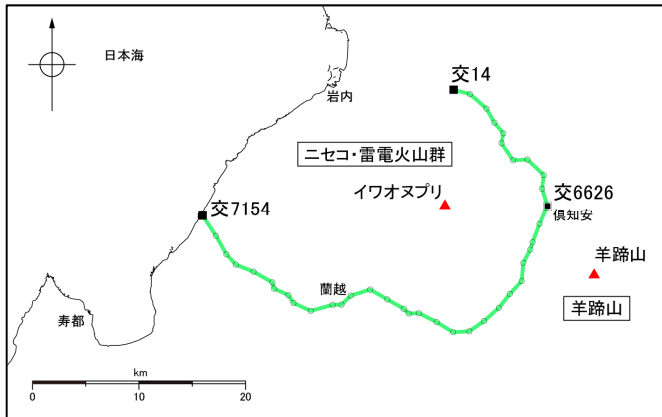
* U: 高分解能(3m)モード
H: 高分解能(6m)モード

○羊蹄山周辺では, 顕著な膨張や収縮は認められない。

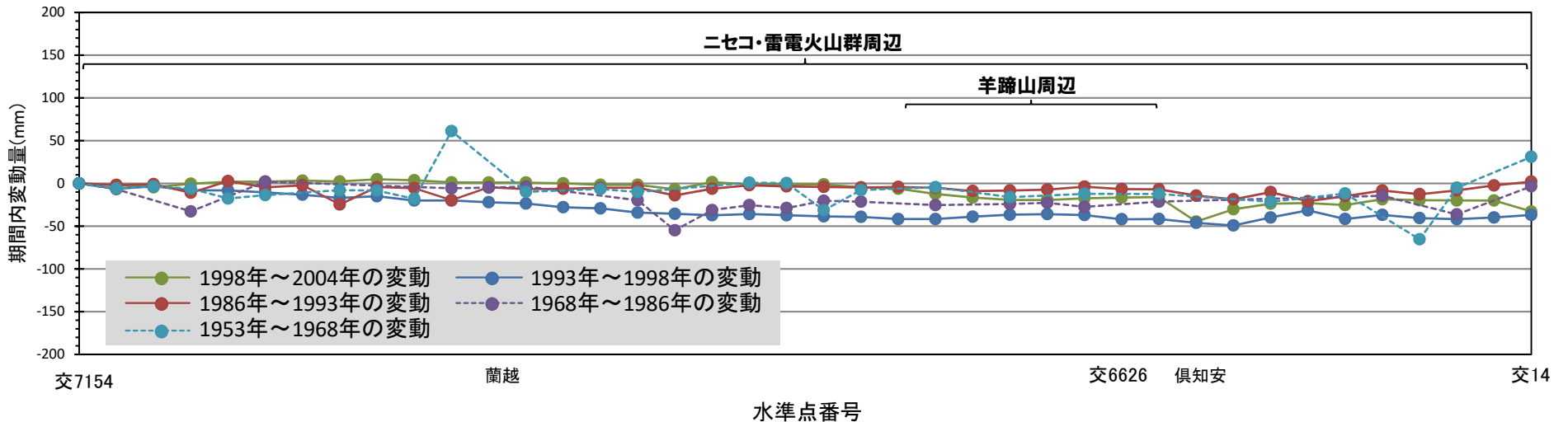
2. 6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価

⑤-2 地殻変動(水準測量)

- 過去約50年間におけるニセコ・雷電火山群周辺(羊蹄山周辺含む)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。
- 羊蹄山周辺では、顕著な隆起や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 地殻変動(まとめ)

【地殻変動(上下変動及び基線長変化)】

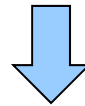
○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺での顕著な隆起や沈降, 膨張や収縮は認められない(P143~P146参照)。

【地殻変動(干渉SAR)】

○羊蹄山周辺では, 顕著な膨張や収縮は認められない。

【地殻変動(水準測量)】

○羊蹄山周辺では, 顕著な隆起や沈降は認められない。



○羊蹄山周辺では, 地殻変動等がほとんど認められず, イワオヌプリ及び羊蹄山に噴火の兆候は認められないとされている気象庁の報告と調和的である。

2.6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価

⑥-1 溶岩流シミュレーション(概要)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

- 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、溶岩流の流れの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)

⑥-2 溶岩流シミュレーション(噴出量の設定)

再掲(H25/12/18審査会合)

○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。

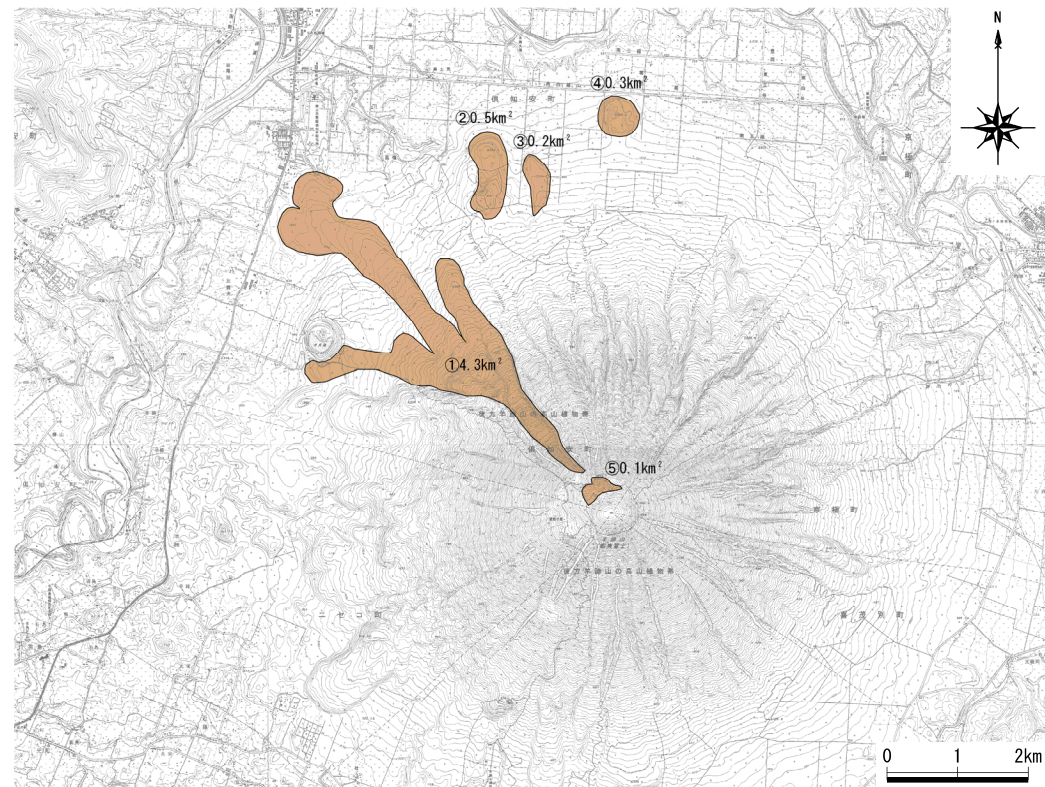
- ・勝井ほか(2007)では、新羊蹄火山の活動は旧期(約4.5~1.5万年前)、新期(約1.5~1万年前)及び北山期(約1万年前以降)の3期に分けられ、北山期では①~⑤の火山噴出物を噴出し、現在は活動休止期にあるとされている。
- ・江草ほか(2003)では、最近の約1万年間で、噴出率が低下しているとされている。
- ・上澤ほか(2011)では、最新の活動は、山頂近傍の北山火口群(⑤)における約2,500年前の小規模な噴火(約 0.0003km^3)とされている。

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

※最新の活動とされる約2,500年前の噴火は⑤に含まれる。



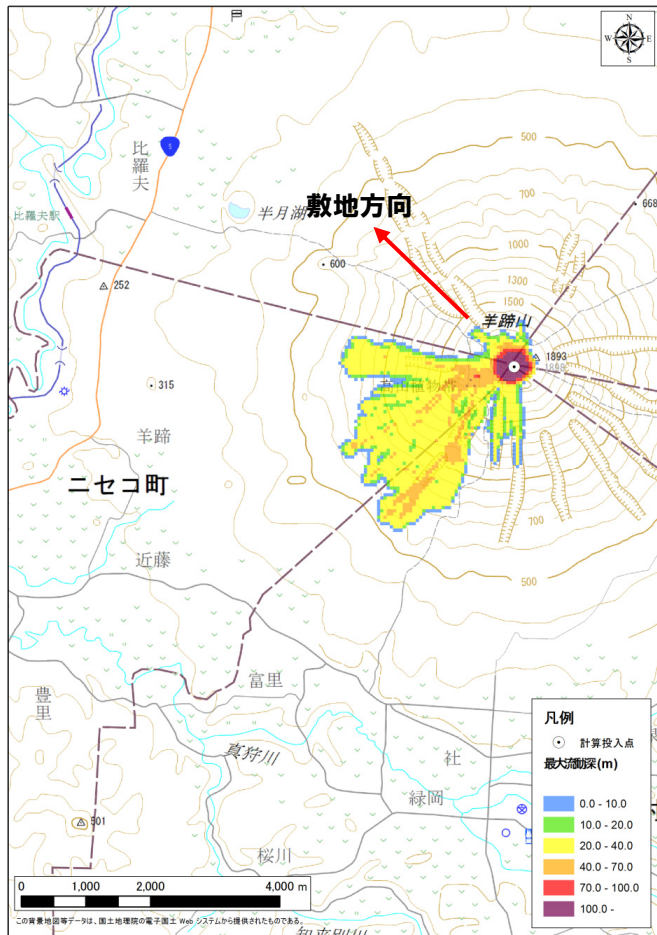
勝井ほか(2007)に基づく羊蹄山噴出物(北山期)の分布

2. 6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価

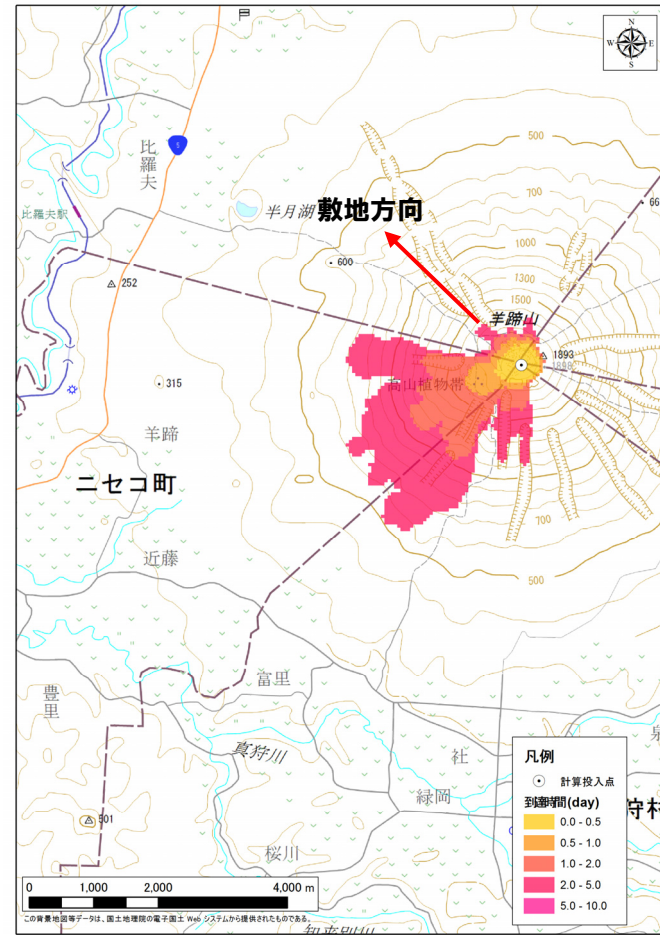
⑥-3 溶岩流シミュレーション(結果)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○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

⑦ 評価(羊蹄山)

一部修正(H25/12/18審査会合)

【火山噴出物の分布】

- 羊蹄山から噴出した溶岩流や岩屑なだれ等は山体周辺に分布する。
- 最新の活動は、山頂近傍の「北山火口群」における約2,500年前の小規模なものとされている。
- 火山岩の代表的な岩種は中性の安山岩及びデイサイトであるとされ、山体周辺に分布する。
- 羊蹄山による溶岩流等の設計対応不可能な火山事象は、敷地まで到達していない。

【活動性評価】

- 気象庁によれば、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している。

【地球物理学的調査】

(火山性地震)

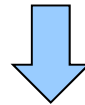
- 地震活動は散発的であり、イワオヌプリ及び羊蹄山には噴気や地熱域は認められず、噴火の兆候は認められないとされている気象庁の報告と調和的である。

(地殻変動)

- 羊蹄山周辺では、地殻変動がほとんど認められず、イワオヌプリ及び羊蹄山に噴火の兆候は認められないとされている気象庁の報告と調和的である。

【その他】

- 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。



- 羊蹄山について、設計対応不可能な火山事象は、敷地まで到達していないことから、運用期間中に影響を及ぼす可能性は十分小さいものと評価される。

余白

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

① モニタリング概要

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山(34火山)については、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価される。
- 洞爺カルデラ及びニセコ・雷電火山群については、既往最大の噴火を考慮しても、発電所に影響を及ぼさないと判断されるが、敷地近くに設計対応不可能な火山事象が到達していること等を考慮し、念のため、評価の根拠が維持されていることを確認することを目的として、原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づき、運用期間中のモニタリングを行う。
- また、ニセコ・雷電火山群の南東側に隣接し、敷地から比較的近い羊蹄山についても、ニセコ・雷電火山群に含めたモニタリングを行うこととする。

【モニタリング方法】

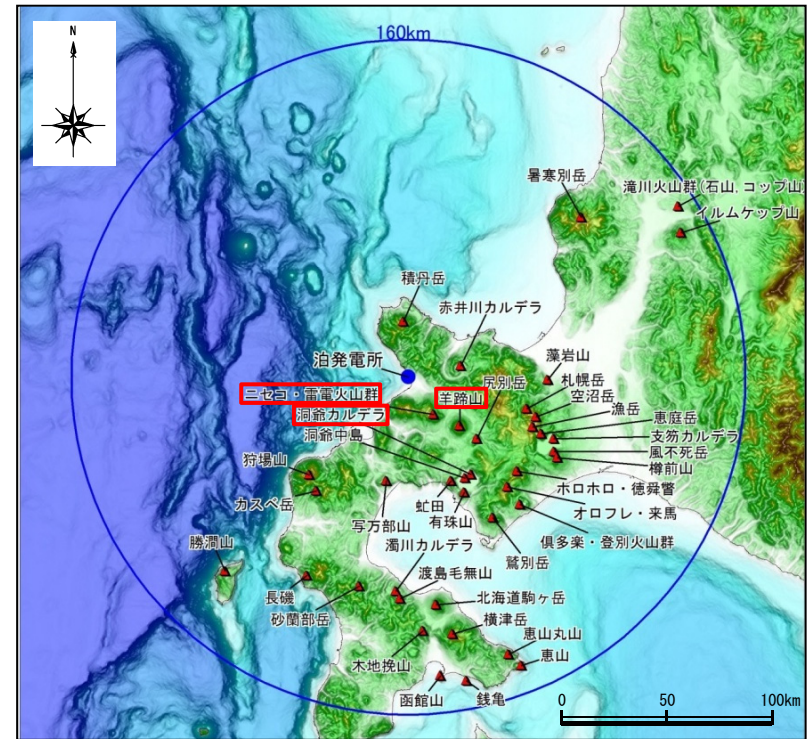
- モニタリング項目は、公的機関(国土地理院、気象庁等)の観測網によるデータを用いた地殻変動及び地震観測とする。
- その他、公的機関による発表情報等を収集・分析し、活動状況に変化がないことを定期的を確認する。

【モニタリング体制】

- モニタリングにより火山活動の兆候を把握するための判断基準を設定するとともに、兆候を把握した場合の対処方針を定める。
- 当社のモニタリング評価結果について、複数の外部専門家による助言を定期的にいただくこととする。
- 火山活動の兆候に関する知見を収集し、専門家等の助言も得ながら、判断基準の高度化を継続的に行う。

モニタリング対象火山

対象火山	対象とした理由
洞爺カルデラ	・敷地近く(共和町幌似)に設計対応不可能な火山事象が到達している
ニセコ・雷電火山群(羊蹄山含む)	・敷地から近い(約22km) ・羊蹄山はニセコ・雷電火山群の南東側に隣接し、敷地から比較的近い(約34km)ことから対象火山に含む



モニタリング対象火山の位置図

中野ほか編(2013)に基づき作成

① モニタリング概要（評価に用いる公的データ等）

○公的機関による評価等の発表情報について収集を行う。

発行機関	更新頻度	情報
国土地理院	1回/月	火山周辺地域における地殻変動観測の概況 (http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html)
気象庁※1	3回/年	火山噴火予知連絡会資料 (https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE.html)
	1回/月	火山活動解説資料（北海道） (https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact_vol.php?id=100)
その他	適宜	学会誌等

※1 H28.2.5審査会合資料においては、気象庁の公表資料として「週間火山概況（1回/週）」を記載していたが、H30.7.6をもって公表が終了となっていることから、今回削除した。

○公的機関により発表されている観測データ等を収集・分析し、評価を行う。

発行機関	更新頻度	情報
国土地理院	1回/2週※2 程度	火山周辺地域における地殻変動観測の概況 (http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html)
気象庁	随時	火山噴火予知連絡会資料 (https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE.html)

※2 国土地理院の最終解は、IGSから、観測した週の2週間後に提供される最終暦を用いて計算しているため。

② モニタリング手法に対する検討方針

【洞爺カルデラ】

- H28.2.5審査会合において、マグマ供給率による監視レベルの移行判断基準をまとめており(P178～P179参照)、以下の指摘を受けた。
 ・モニタリングは、現在の状況から有意な傾向の変化がないことを確認する目的であることを踏まえ、モニタリングの考え方について、再度検討すること。



- 洞爺カルデラについて、モニタリングの目的が、巨大噴火の可能性が十分に小さいと評価した根拠が維持されていることを確認することを踏まえ、近年の地殻変動、地震活動及び気象庁噴火警戒レベルに基づき、平常時から注意時への移行判断基準(案)を策定する。
 ○また、上記移行判断基準(案)を含むモニタリングの判断フローを策定する。
 ○なお、洞爺カルデラについては、設計対応不可能な火山事象が敷地近くに到達する可能性があるのは、VEI7相当の規模の噴火発生時と想定されることから、マグマ供給率の観点についても確認を行う。

【ニセコ・雷電火山群(羊蹄山含む)】

- H28.2.5審査会合において、監視レベルの移行判断基準をまとめており(P180参照)、以下の指摘を受けた。
 ・モニタリングは、現在の状況から有意な傾向の変化がないことを確認する目的であることを踏まえ、モニタリングの考え方について、再度検討すること。
 ・ニセコ・雷電火山群(羊蹄山含む)におけるモニタリングの監視レベルの移行判断基準(案)のうち、平常時から注意時への監視レベルの移行は、気象庁噴火警戒レベルのみに依拠しているように見えるため、観測データ等の収集・分析も踏まえたものであることがわかるよう、記載を適正化すること。



- ニセコ・雷電火山群(羊蹄山含む)について、モニタリングの目的が、運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいものと評価した根拠が維持されていることを確認することを踏まえ、近年の地殻変動、地震活動及び気象庁噴火警戒レベルに基づき、平常時から注意時への移行判断基準(案)を策定する。
 ○また、上記移行判断基準(案)を含むモニタリングの判断フローを策定する。

(参考) H28.2.5審査会合における説明【洞爺カルデラ】(1/2)

再掲 (H28/2/5審査会合)

- 文献 (Gualda et al. (2012) 及びDruitt et al. (2012)) から、カルデラの巨大噴火に係るマグマ溜まり再蓄積は、数十年～数千年の時間スケールであると推定される。
- また、Druitt et al. (2012) によれば、噴火の直前に、100年程度の時間スケールでマグマが急激に充填されるとしており、マグマ供給率は $0.05\text{km}^3/\text{年}$ 以上としている。



- カルデラの巨大噴火に係るマグマ溜まりの再蓄積に対し警戒する必要があるため、マグマ供給率による監視レベルの移行判断基準を以下のようにまとめた。
- なお、マグマ供給率は国土地理院の電子基準点データから算出した地殻変動の変動率 (cm/年) を用いて算出する。

監視レベルの移行判断基準 (案)

監視レベル	移行判断基準 (マグマ供給率)	当社の対応
平常時	・ $0.01\text{km}^3/\text{年}$ 未満	<ul style="list-style-type: none"> ・観測データ等の収集・分析 (既存観測網による地殻変動及び地震観測, 公的機関による発表情報等) ・火山活動の兆候についての評価 (1回/月以上)
注意時	・ $0.01\text{km}^3/\text{年}$ 以上～ $0.05\text{km}^3/\text{年}$ 未満	<ul style="list-style-type: none"> ・変化の原因等の検討 (データの収集・分析頻度の増強) ・変化が異常レベルであるかの評価 ・今後の進展予測
警戒時	・ $0.05\text{km}^3/\text{年}$ 以上～ $0.10\text{km}^3/\text{年}$ 未満	<ul style="list-style-type: none"> ・異常の原因等の検討 (必要に応じて観測点の増強) ・設計対応不可能な火山事象への発展可能性の評価 (マグマ溜りの状態を総合的に評価)
緊急時	<ul style="list-style-type: none"> ・$0.05\text{km}^3/\text{年}$以上～$0.10\text{km}^3/\text{年}$未満かつカルデラの活動と判断される場合 又は ・$0.10\text{km}^3/\text{年}$以上 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料体等の対処に関する準備 (輸送容器, 輸送手段等の確保) ・設計対応不可能な火山事象への発展可能性の評価 ・原子炉の停止, 燃料体等の搬出等の実施

2.7 モニタリング

(参考) H28.2.5審査会合における説明【洞爺カルデラ】(2/2)

再掲 (H28/2/5審査会合)

- マグマ供給率による監視レベルの移行判断基準に対応する地殻変動の変動率は、以下のように算出される。
- 注意時から警戒時への地殻変動の変動率による移行判断基準は、7cm/年となる。

【算出方法】

- ・下鶴ほか編 (2008) では、マグマ溜まりの体積変化による地殻変動の理解には、半無限弾性体中の圧力源の圧力変化が引き起こす弾性変形についての理論 (Mogiモデル (Mogi, 1958)) が有効であるとされている。
- ・Kozono et al. (2013) では、Mogiモデルから、下記の式を導き、弾性体中の圧力源の体積変化を算出している。
- ・Kozono et al. (2013) の式から、マグマ供給率 (圧力源の体積変動率) ΔV_G ($\text{km}^3/\text{年}$) が移行判断基準となる各測線の地殻変動の変動率 (年間水平変位量) u_r ($\text{cm}/\text{年}$) を逆算する。

Kozono et al. (2013) の式

$$\Delta V_G = \frac{\pi}{1-\nu} \frac{(r^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}{r} u_r$$

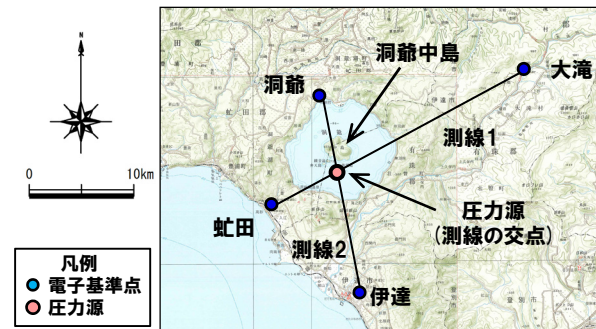
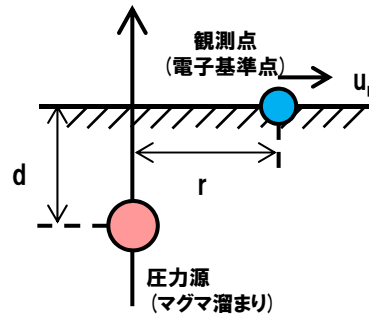
ΔV_G : 圧力源の体積変化 (km^3)

ν : ポアソン比

r : 圧力源から観測点までの水平投影距離 (km)

d : 圧力源の深さ (km)

u_r : 観測点の水平変位 (km)



洞爺カルデラ周辺の測線位置図

監視レベルの移行判断基準 (注意時→警戒時) (案)

項目	単位	測線1		測線2		備考	
		大滝	虹田	洞爺	伊達		
入力値	ΔV_G 体積変化 (マグマ供給率)	$\text{km}^3/\text{年}$	0.05	0.05	0.05	0.05	Druitt et al. (2012) を参照し0.05 (注意時→警戒時)
	ν ポアソン比	-	0.25	0.25	0.25	0.25	下鶴ほか編 (2008) 等を参照し0.25
	r 圧力源から観測点までの水平投影距離	km	21.2	7.14	7.44	12.15	各測線の交点を圧力源と仮定
	d 圧力源の深さ	km	10	10	10	10	文献等を考慮し深さ10kmと想定
出力値	u_r 地殻変動の変動率 (圧力源～各観測点)	$\text{cm}/\text{年}$	1.96	4.59	4.59	3.72	単位をkmからcmに変換
	- 地殻変動の変動率 (各測線)	$\text{cm}/\text{年}$	6.55		8.31		2基準点の計
	- 地殻変動の変動率 (平均値)	$\text{cm}/\text{年}$	7.45 (≒7が移行判断基準 (案))				平常時→注意時: 1.4cm/年 警戒時→緊急時: 14cm/年

(参考) H28.2.5 審査会合における説明【ニセコ・雷電火山群(羊蹄山含む)】

再掲(H28/2/5審査会合)

- ニセコ・雷電火山群(羊蹄山含む)は、現在、噴気や地熱域等の噴火の兆候が認められない状況である。
- また、過去の活動においては、設計対応不可能な火山事象は山体付近に限定されており、過去の噴火と同程度の噴火規模であれば、敷地への影響は十分小さいと考えられる。



- 過去最大規模を超える噴火に対し警戒する必要があるため、気象庁の噴火警報及び地震活動の観測結果等に基づき、監視レベルの移行判断基準を以下のようにまとめた。

監視レベルの移行判断基準(案)

監視レベル	移行判断基準 (気象庁噴火警報等)	当社の対応
平常時	・気象庁により「噴火警報(居住地域)」が発表されていない状態	・観測データ等の収集・分析 (既存観測網による地殻変動及び地震観測, 公的機関による発表情報等) ・火山活動の兆候についての評価(1回/月以上)
注意時	・気象庁により「噴火警報(居住地域)」が発表された場合	・変化の原因等の検討(データの収集・分析頻度の増強) ・変化が異常レベルであるかの評価 ・今後の進展予測
警戒時	・上記に加え、地震活動やGNSS観測結果の顕著な変化が認められた場合	・異常の原因等の検討(必要に応じて観測点の増強) ・設計対応不可能な火山事象への発展可能性の評価 (マグマ溜りの状態を総合的に評価)
緊急時	・上記に加え、マグマ溜まりの状態を総合的に評価し、過去の噴火規模を大幅に上回る噴火が予想され、設計対応不可能な火山事象が敷地に到達する可能性がある判断される場合	・燃料体等の対処に関する準備(輸送容器, 輸送手段等の確保) ・設計対応不可能な火山事象への発展可能性の評価 ・原子炉の停止, 燃料体等の搬出等の実施

2.7 モニタリング

③ 公的機関の観測網と評価に用いる観測点等 (地殻変動)

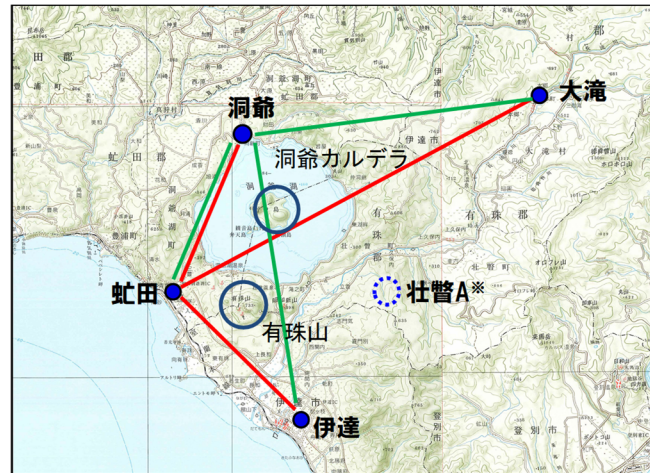
- 国土地理院の電子基準点を用いて、地殻変動(比高及び基線長)について解析を行った。
- 対象とする火山周辺の観測点を結んだ基線の比高及び基線長の変化に関する、管理基準を検討した。

- 洞爺カルデラ周辺においては、洞爺を基準とした3基線、また、有珠山周辺においては、虻田を基準とした3基線について、比高及び基線長の変化に関する管理基準を検討した。

※昭和新山近傍に「壮瞥A」が設置されているが、2007年1月より計測が開始されたものであり、2000年の有珠山噴火時の傾向が捉えられていないことから、移行判断基準の検討においては、対象外とした。

凡例

- 評価に用いた電子基準点
- 洞爺カルデラ周辺の基線
- 有珠山周辺の基線

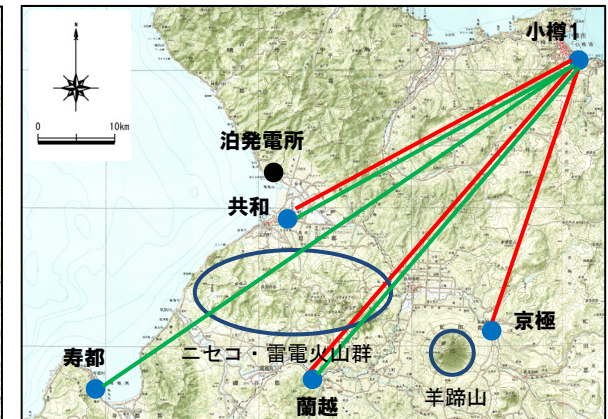
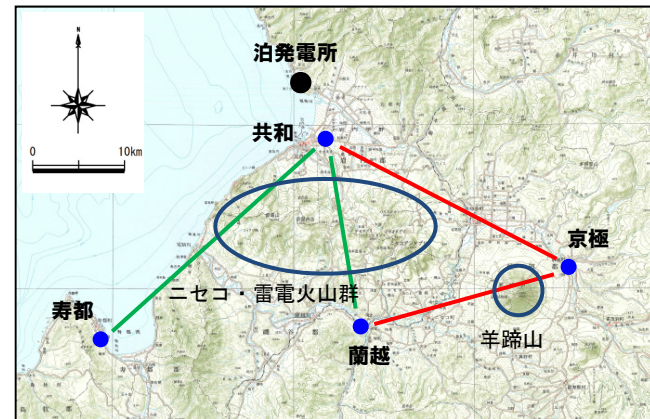


電子基準点位置図(洞爺カルデラ周辺)

- ニセコ・雷電火山群周辺においては、基線長は共和を基準とした2基線、比高は小樽1を基準とした3基線について、変化に関する管理基準を検討した。
- 羊蹄山周辺においては、基線長は京極を基準とした2基線、比高は小樽1を基準とした3基線について、変化に関する管理基準を検討した。

凡例

- 評価に用いた電子基準点
- ニセコ・雷電火山群周辺の基線
- 羊蹄山周辺の基線

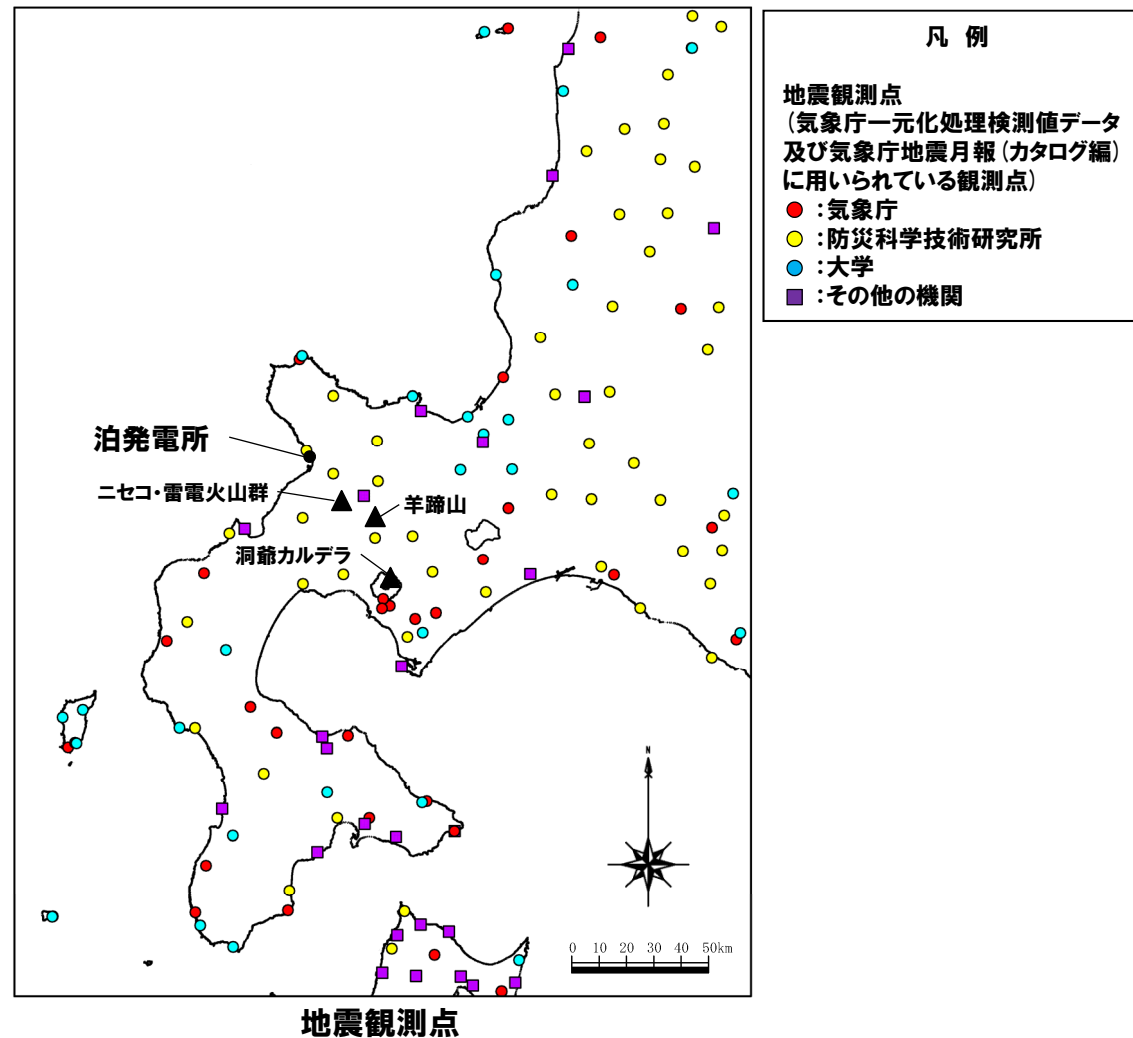


電子基準点位置図(ニセコ・雷電火山群(羊蹄山含む)周辺)
(左:基線長, 右:比高)

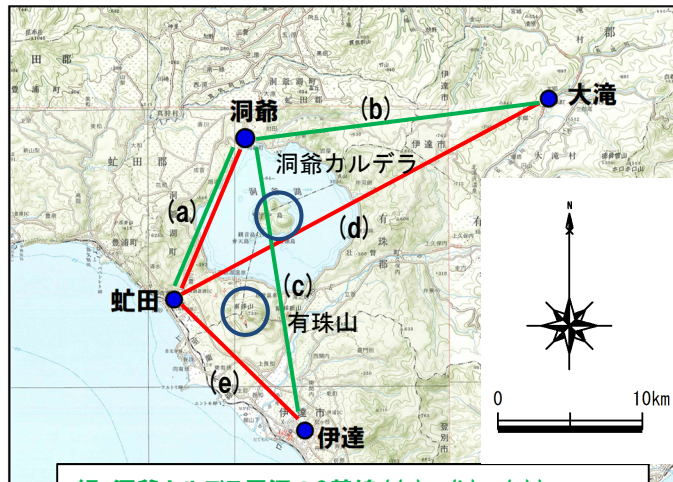
2.7 モニタリング

③ 公的機関の観測網と評価に用いる観測点等（地震観測）

○公的機関の地震計により観測された地震波について、「気象庁一元化処理検測値データ」及び「気象庁地震月報（カタログ編）」を用いて地震発生傾向に関する管理基準を検討する。



④-1 洞爺カルデラの管理基準 (地殻変動に関する管理基準 (比高))

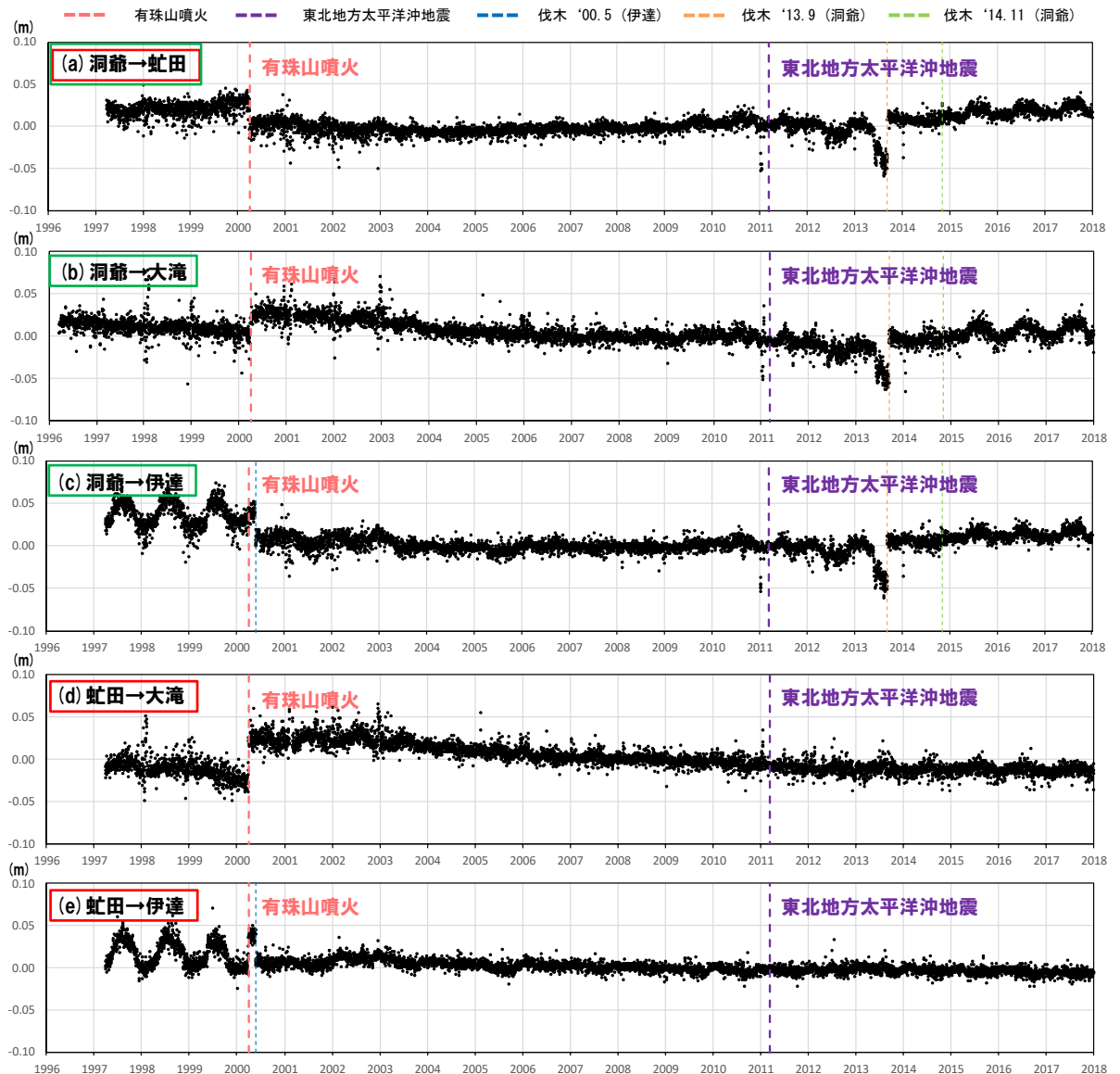


緑:洞爺カルデラ周辺の3基線((a),(b),(c))
赤:有珠山周辺の3基線((a),(d),(e))

○洞爺カルデラ周辺及び有珠山周辺の基線について、比高の日々のデータを示す。

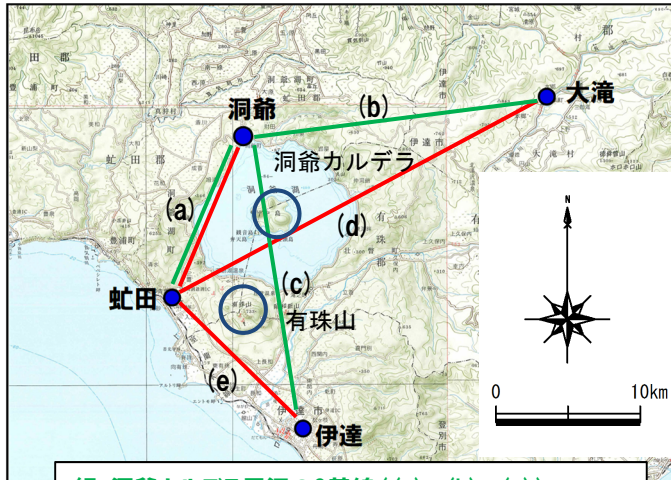


○日々のデータはバラつきが大きく、火山活動に係る変動が把握しづらい。



洞爺カルデラ及び有珠山周辺の比高の変化 (データ補正無し)

④-2 洞爺カルデラの管理基準 (地殻変動に関する管理基準 (比高))

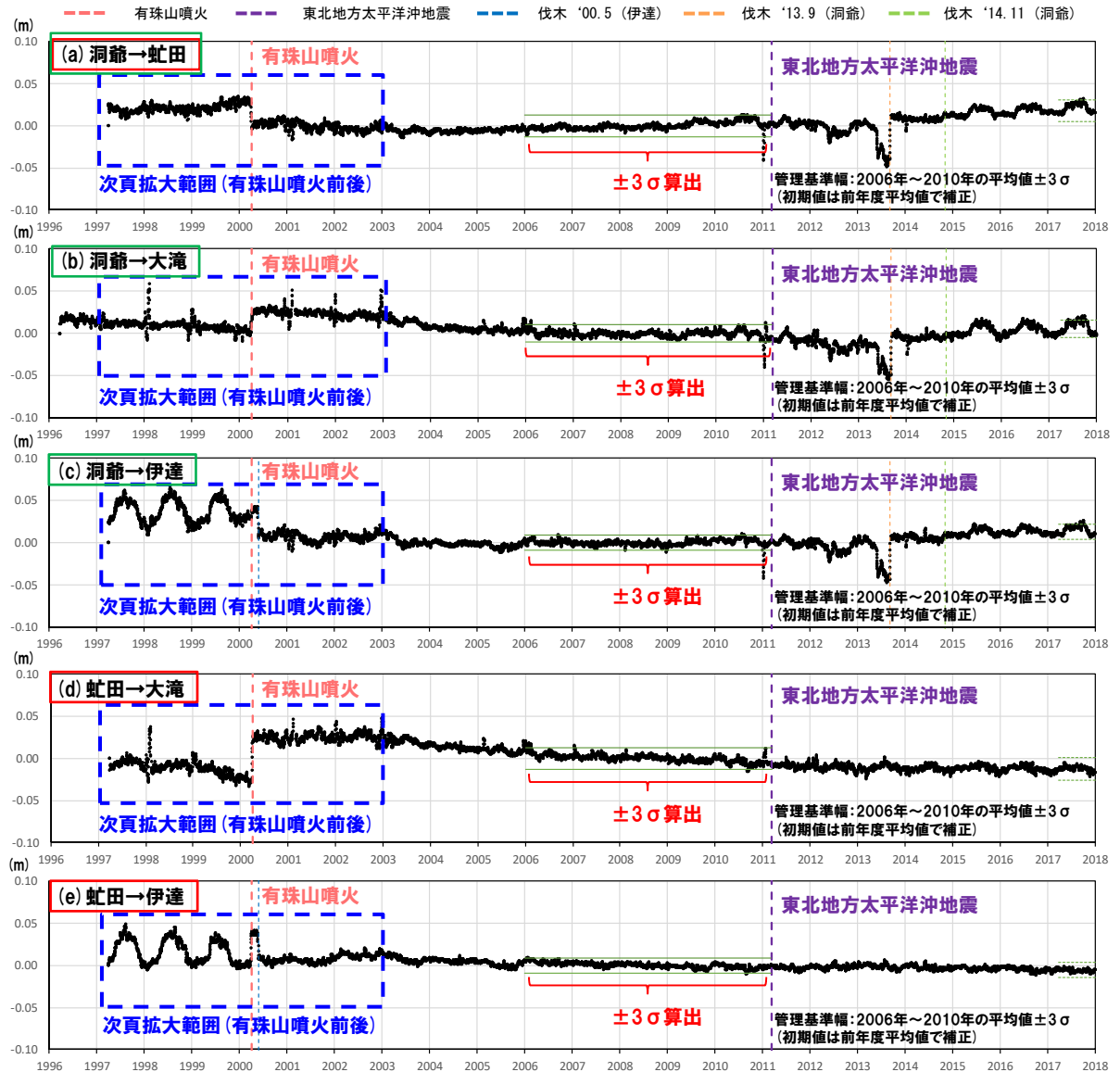


緑: 洞爺カルデラ周辺の3基線 ((a), (b), (c))
 赤: 有珠山周辺の3基線 ((a), (d), (e))

- 観測データの日々のバラツキを考慮して、7日間移動平均値を算出した。
- 有珠山噴火の前後で比高が大きく変化している。
- 東北地方太平洋沖地震前の5ヵ年においては、大きな比高の変化は認められない。
- 測地学において誤差範囲の設定に「 $\pm 3\sigma$ 」が用いられている。



- 平常時の管理基準として、データが安定している東北地方太平洋沖地震前の5年間 (2006~2010年) のデータを使用し、7日間移動平均値を用いて $\pm 3\sigma$ を算出した。

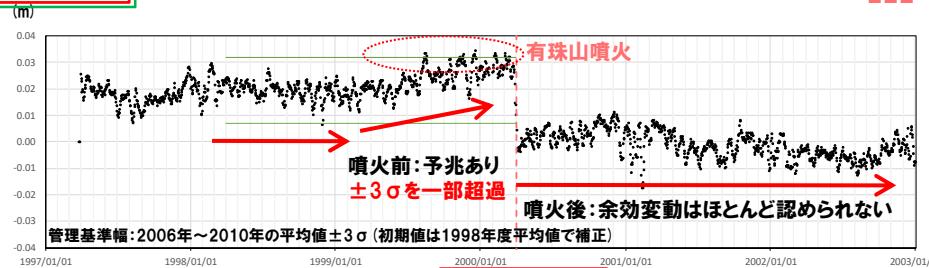


洞爺カルデラ及び有珠山周辺の比高の変化 (7日間移動平均値)

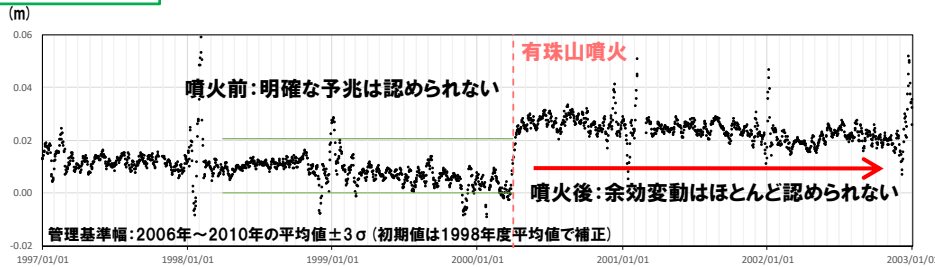
2.7 モニタリング

④-3 洞爺カルデラの管理基準（地殻変動に関する管理基準（比高））の過去の噴火への適用

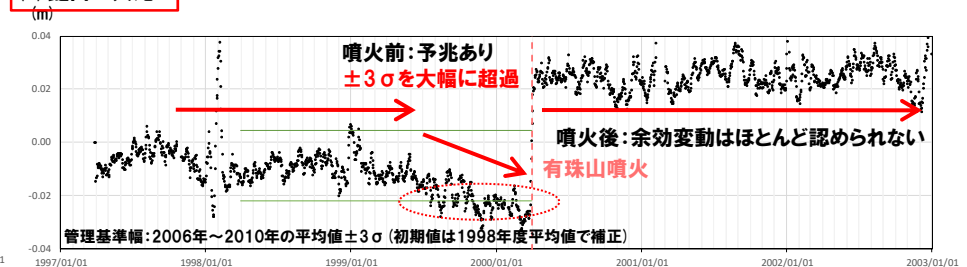
(a) 洞爺→虹田



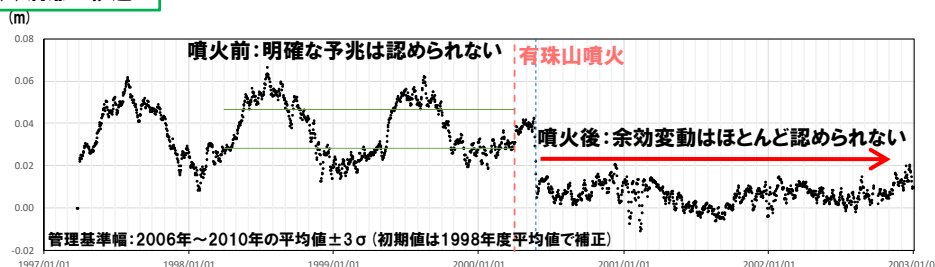
(b) 洞爺→大滝



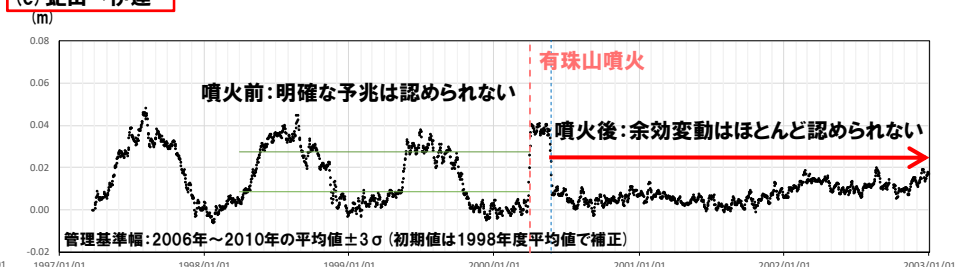
(d) 虹田→大滝



(c) 洞爺→伊達



(e) 虹田→伊達



2000年有珠山噴火時の比高の変化

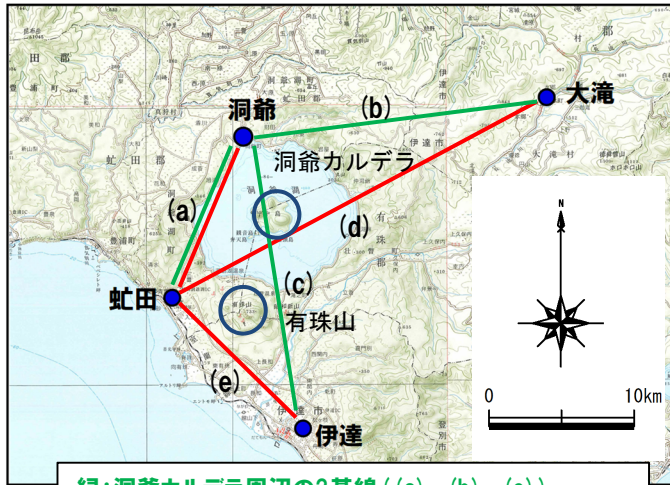
- 「虹田」を基準とした基線（洞爺-虹田及び虹田-大滝）において、噴火1年前頃から比高が管理基準 $\pm 3\sigma$ を超過している。
- 「洞爺」を基準とした基線（洞爺-大滝及び洞爺-伊達）においては、明確な噴火の予兆は認められない。



- 「虹田」を基準とした3基線（洞爺-虹田、虹田-大滝及び虹田-伊達）のうち2基線以上における比高が、7日間移動平均値の管理基準 $\pm 3\sigma$ を7日間以上連続で超過しないことを確認する。

2.7 モニタリング

④-4 洞爺カルデラの管理基準 (地殻変動に関する管理基準 (基線長))

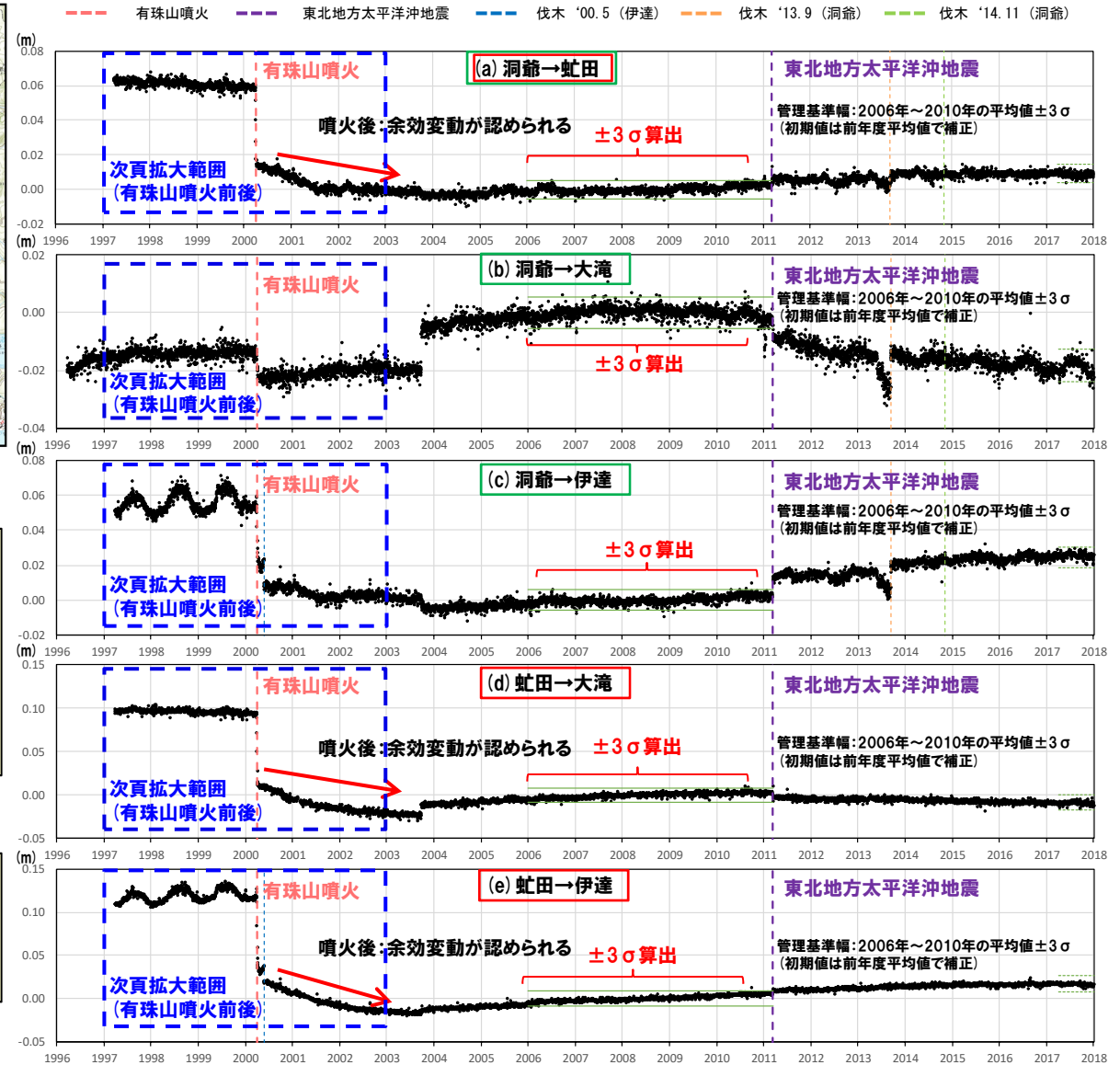


緑: 洞爺カルデラ周辺の3基線 ((a), (b), (c))
赤: 有珠山周辺の3基線 ((d), (e))

- 有珠山噴火 (2000.3.31) 後、基線長が大きく変化し、「虹田」を基準とした基線では2003年まで余効変動が認められる。
- 東北地方太平洋沖地震前の5ヵ年においては、大きな基線長の変化は認められない。
- 測地学において誤差範囲の設定に「 $\pm 3\sigma$ 」が用いられている。



- 平常時の管理基準として、データが安定している東北地方太平洋沖地震前の5年間 (2006~2010年) のデータを使用し、管理基準 ($\pm 3\sigma$) を算出した。



洞爺カルデラ及び有珠山周辺の基線長の変化