

余白

# 2.3 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

## ⑤-3 地殻変動 (ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺) (5/8)

### 【ニセコ・雷電火山群周辺の干渉SAR】

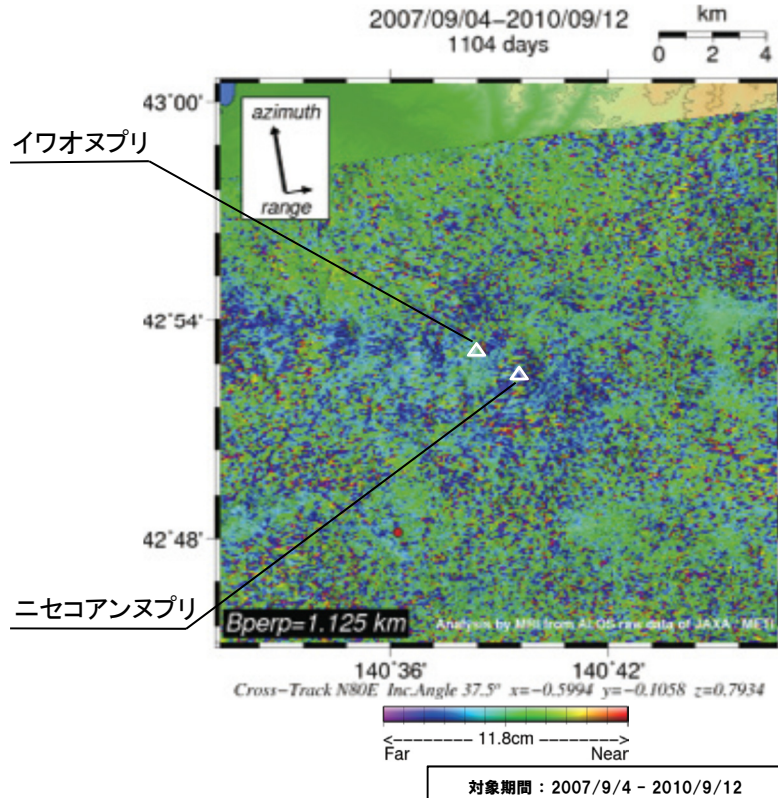
「気象研究所技術報告第69号」(安藤, 2013) ※

・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。

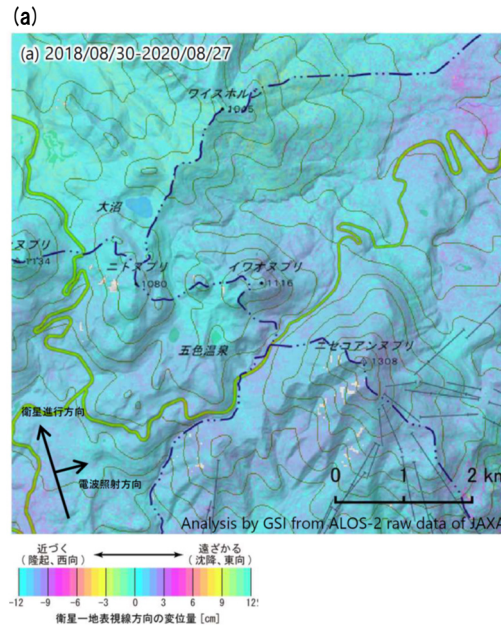
「第147回火山噴火予知連絡会資料」(気象庁, 2020)

・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。

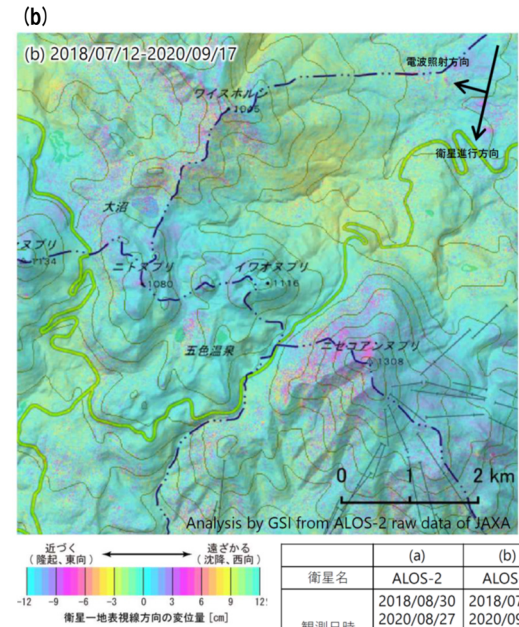
※安藤(2013)では, 国内の活火山周辺における干渉SAR解析結果が示されており, 火山活動に伴う位相変化が認められる火山について, その特徴を記載している。



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)



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2018/08/30 2020/08/27 728日間	2018/07/12 2020/09/17 798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。

# 2.3 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

## ⑤-3 地殻変動 (ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺) (6/8)

### 【羊蹄山周辺の干渉SAR】

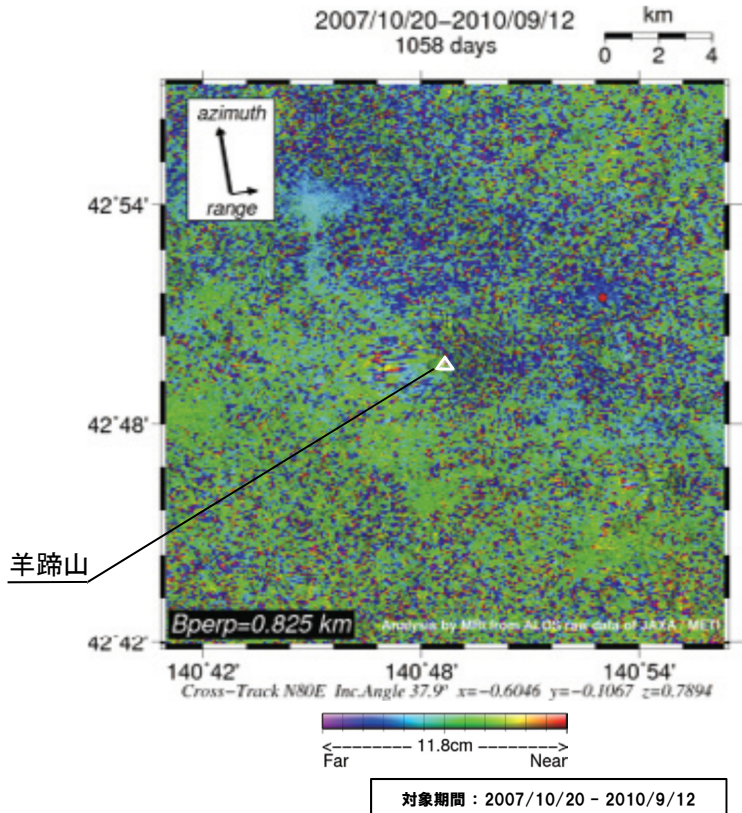
「気象研究所技術報告第69号」(安藤, 2013) ※

・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。

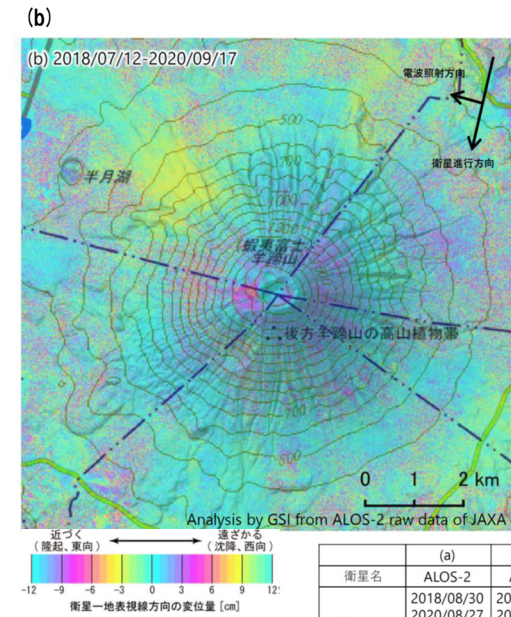
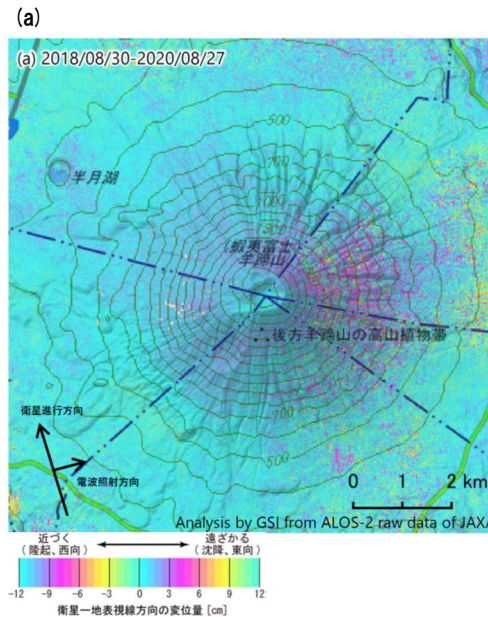
「第147回火山噴火予知連絡会資料」(気象庁, 2020)

・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)	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	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

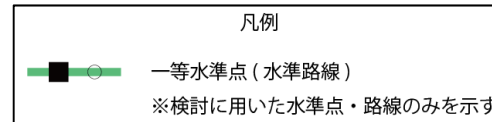
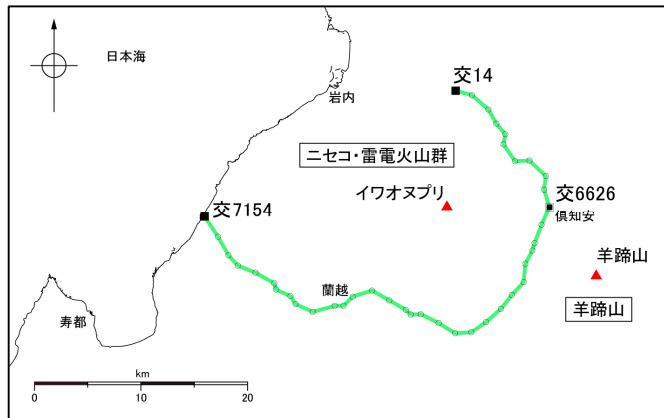
○羊蹄山周辺では, 顕著な膨張や収縮は認められない。

## 2.3 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

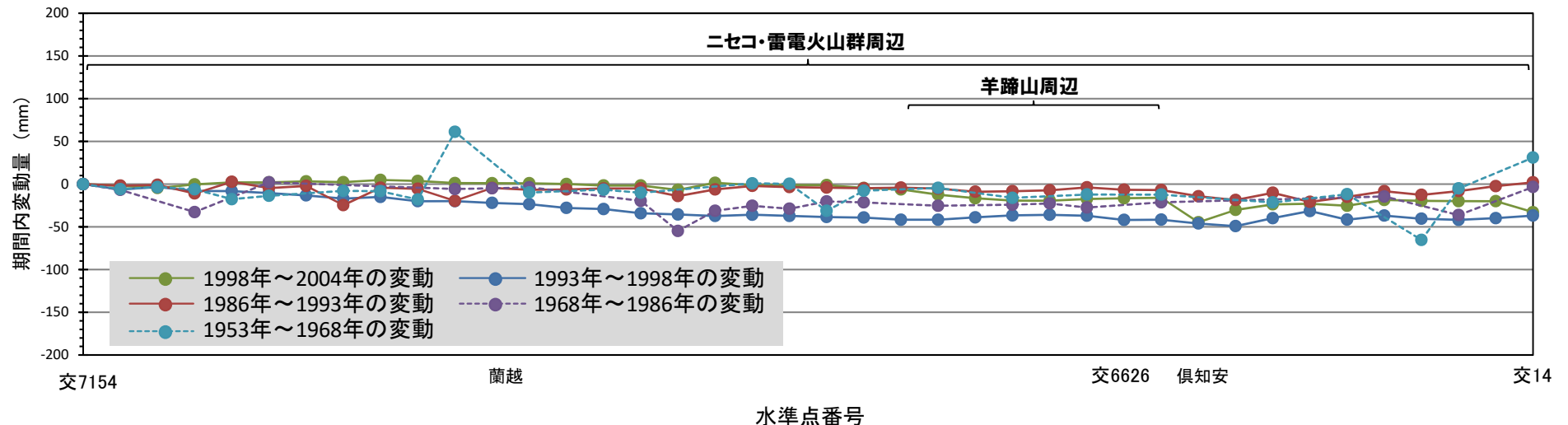
### ⑤-3 地殻変動(ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺)(7/8)

#### 【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。
- 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。



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(ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺)(8/8)

一部修正(H25/12/18審査会合)

## 【地殻変動まとめ】

(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。

(干渉SAR)

○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、顕著な膨張や収縮は認められない。

(水準測量)

○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。



○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、地殻変動はほとんど認められない。

## 2.3 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

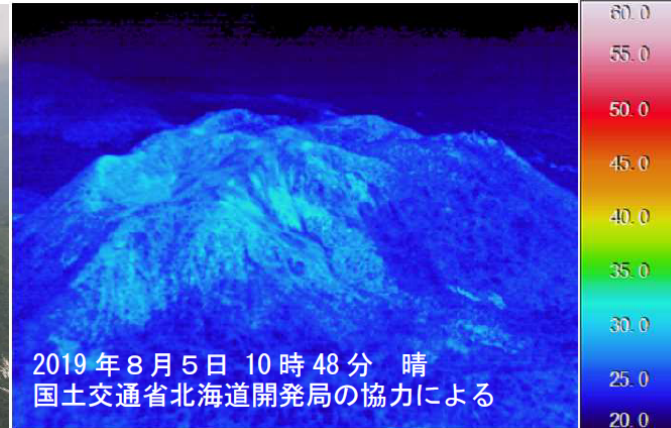
### ⑤-4 気象庁「火山活動解説資料」(ニセコ・雷電火山群)

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	

## 2.3 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

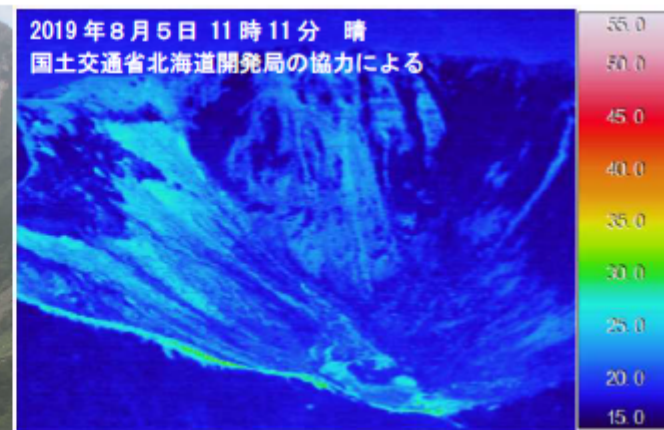
### ⑤-4 気象庁「火山活動解説資料」(羊蹄山)

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	

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
<b>2. 立地評価</b>	<b>P. 10</b>
2. 1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 13
2. 2 運用期間中の火山の活動可能性評価	P. 17
2. 2. 1 過去に巨大噴火が発生した火山	P. 20
2. 2. 2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 31
2. 2. 3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 91
2. 3 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価	P.115
<b>2. 4 モニタリング</b>	<b>P.171</b>
2. 5 立地評価まとめ	P.198
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	
参考文献	P.201



# 2.4 モニタリング

## 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

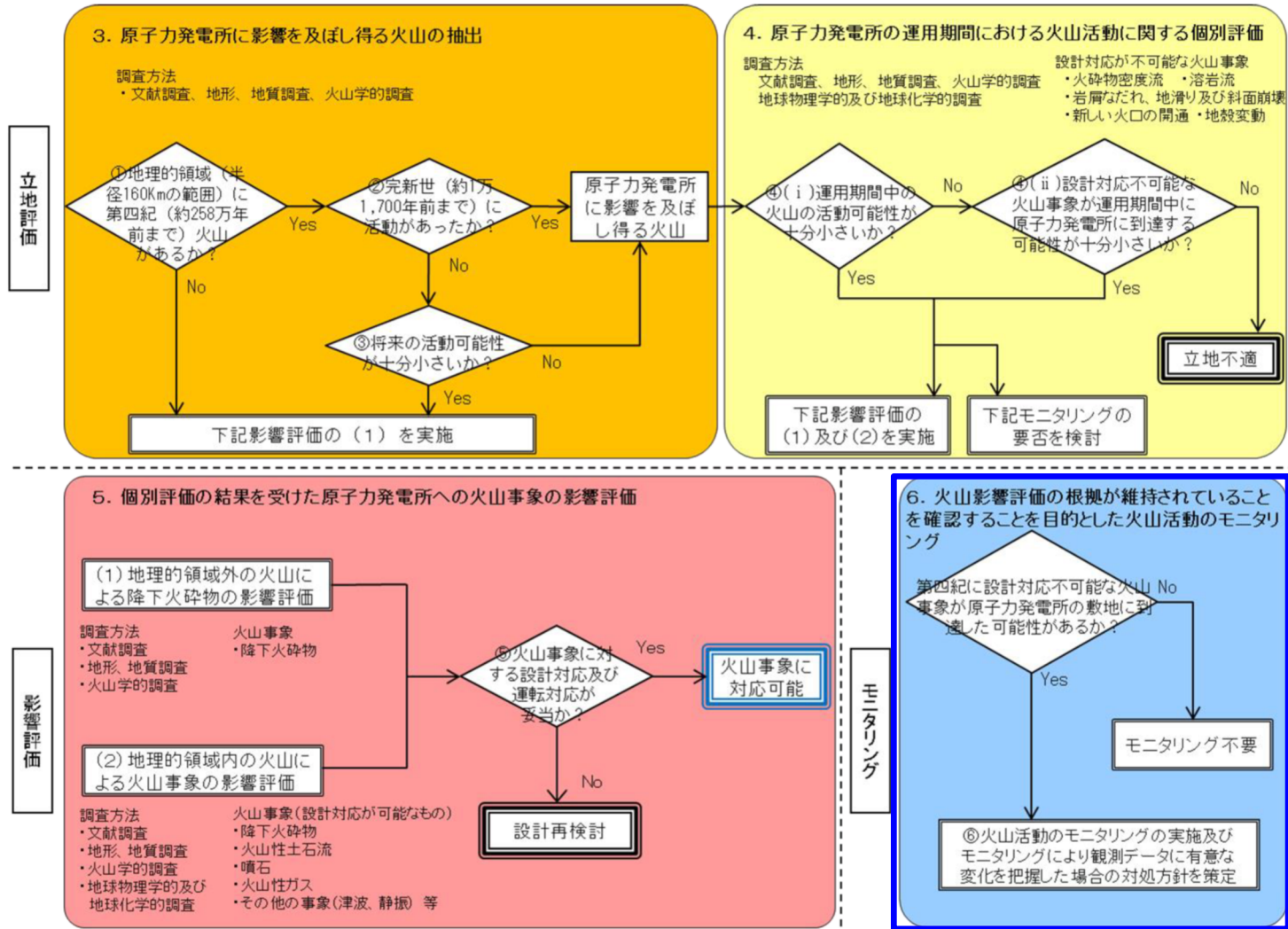


図1 本評価ガイドの基本フロー

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」原子力規制委員会（2019）

余白

## 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】

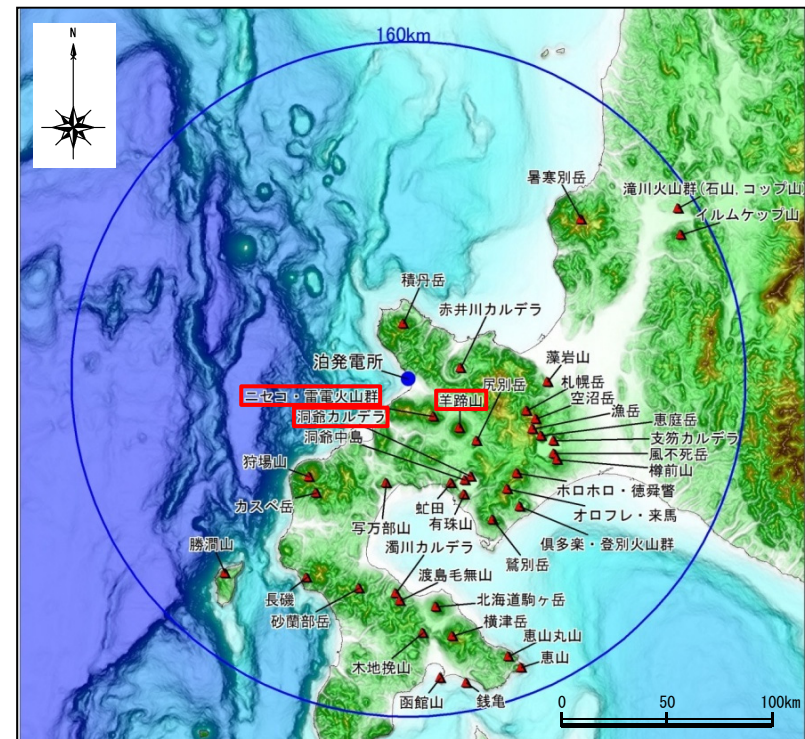
- モニタリング項目は、公的機関(国土地理院, 気象庁等)の観測網によるデータを用いた地殻変動及び地震観測とする。
- その他、公的機関による発表情報等を収集・分析し、活動状況に変化がないことを定期的を確認する。

### 【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 ( <a href="http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html">http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html</a> )
気象庁※1	3回/年	火山噴火予知連絡会資料 ( <a href="https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE.html">https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE.html</a> )
	1回/月	火山活動解説資料（北海道） ( <a href="https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact_vol.php?id=100">https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact_vol.php?id=100</a> )
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 ( <a href="http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html">http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html</a> )
気象庁	随時	火山噴火予知連絡会資料 ( <a href="https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE.html">https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE.html</a> )

※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(P176~P177参照)、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(P178参照)、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"> <li>・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)</li> <li>・火山活動の兆候についての評価 (1回/月以上)</li> </ul>
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"> <li>・変化の原因等の検討 (データの収集・分析頻度の増強)</li> <li>・変化が異常レベルであるかの評価</li> <li>・今後の進展予測</li> </ul>
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"> <li>・異常の原因等の検討 (必要に応じて観測点の増強)</li> <li>・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)</li> </ul>
緊急時	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<math>0.05\text{km}^3/\text{年}</math>以上～<math>0.10\text{km}^3/\text{年}</math>未満かつカルデラの活動と判断される場合</li> <li>又は</li> <li>・<math>0.10\text{km}^3/\text{年}</math>以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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)</li> <li>・設計対応不可能な火山事象への発展可能性の評価</li> <li>・原子炉の停止, 燃料体等の搬出等の実施</li> </ul>

# 2.4 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)  $\Delta V_G$  (km<sup>3</sup>/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)  $u_r$  (cm/年) を逆算する。

Kozono et al.(2013)の式

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

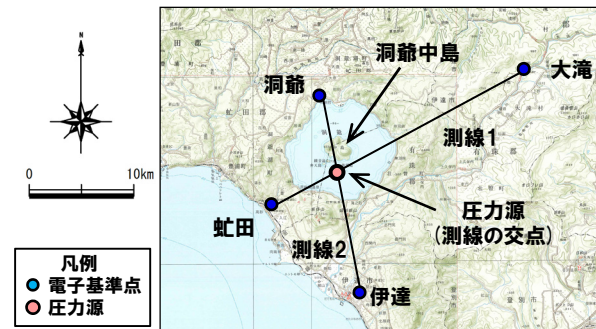
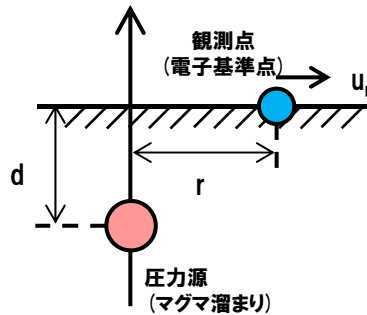
$\Delta V_G$ : 圧力源の体積変化(km<sup>3</sup>)

$\nu$ : 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	$\Delta V_G$ 体積変化 (マグマ供給率)	km <sup>3</sup> /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)
	$\nu$ 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)	cm/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)	cm/年	6.55		8.31		2基準点の計
	- 地殻変動の変動率(平均値)	cm/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場合と判断される場合	・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



## 2.4 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)

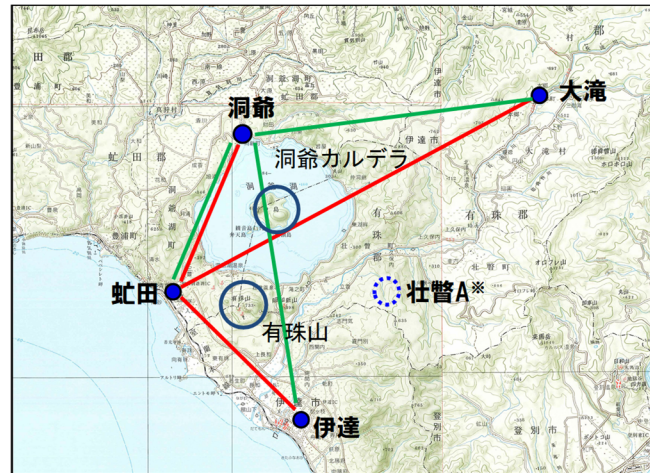
- 国土地理院の電子基準点を用いて、地殻変動(比高及び基線長)について解析を行った。
- 対象とする火山周辺の観測点を結んだ基線の比高及び基線長の変化に関する、管理基準を検討した。

- 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

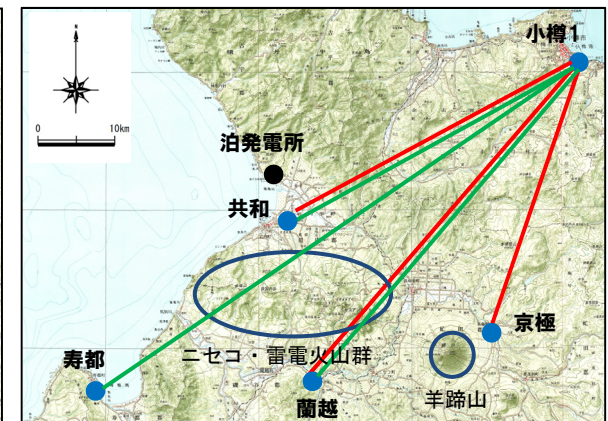
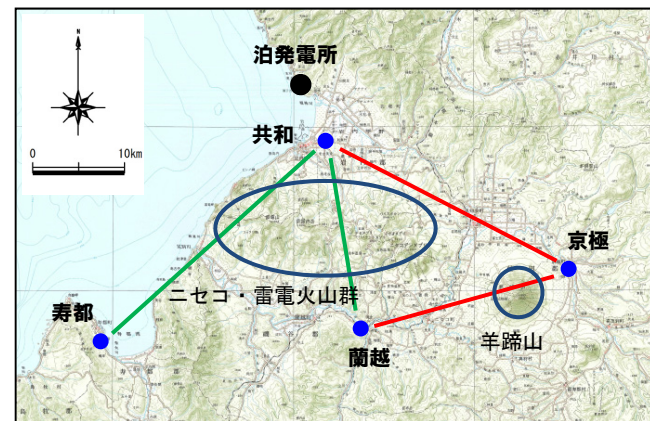


電子基準点位置図(洞爺カルデラ周辺)

- 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

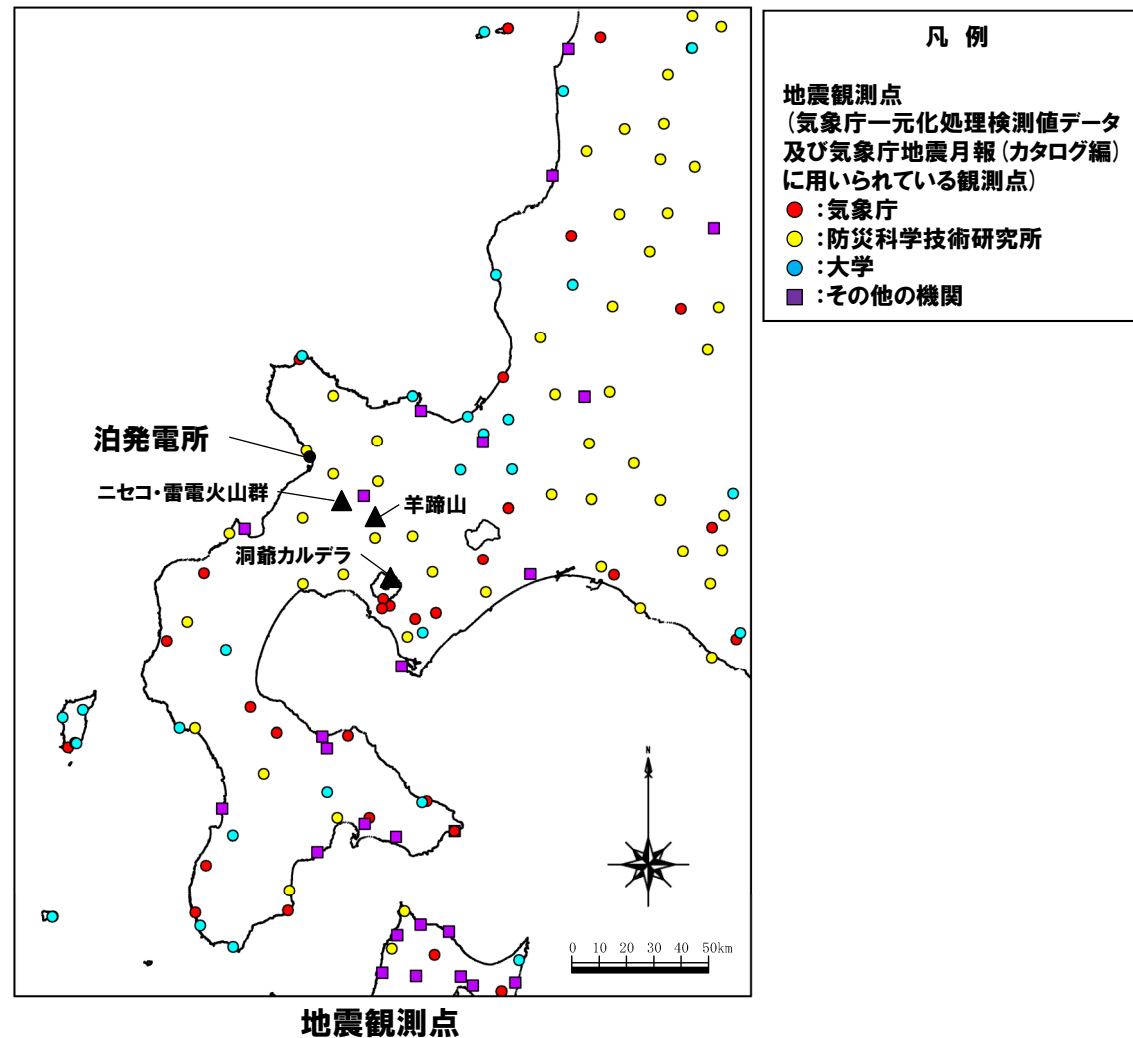
- 評価に用いた電子基準点
- ニセコ・雷電火山群周辺の基線
- 羊蹄山周辺の基線



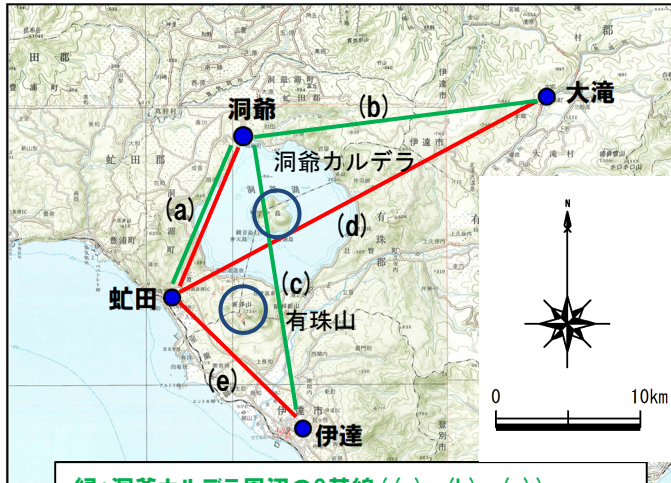
電子基準点位置図(ニセコ・雷電火山群(羊蹄山含む)周辺)  
(左:基線長, 右:比高)

### 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))

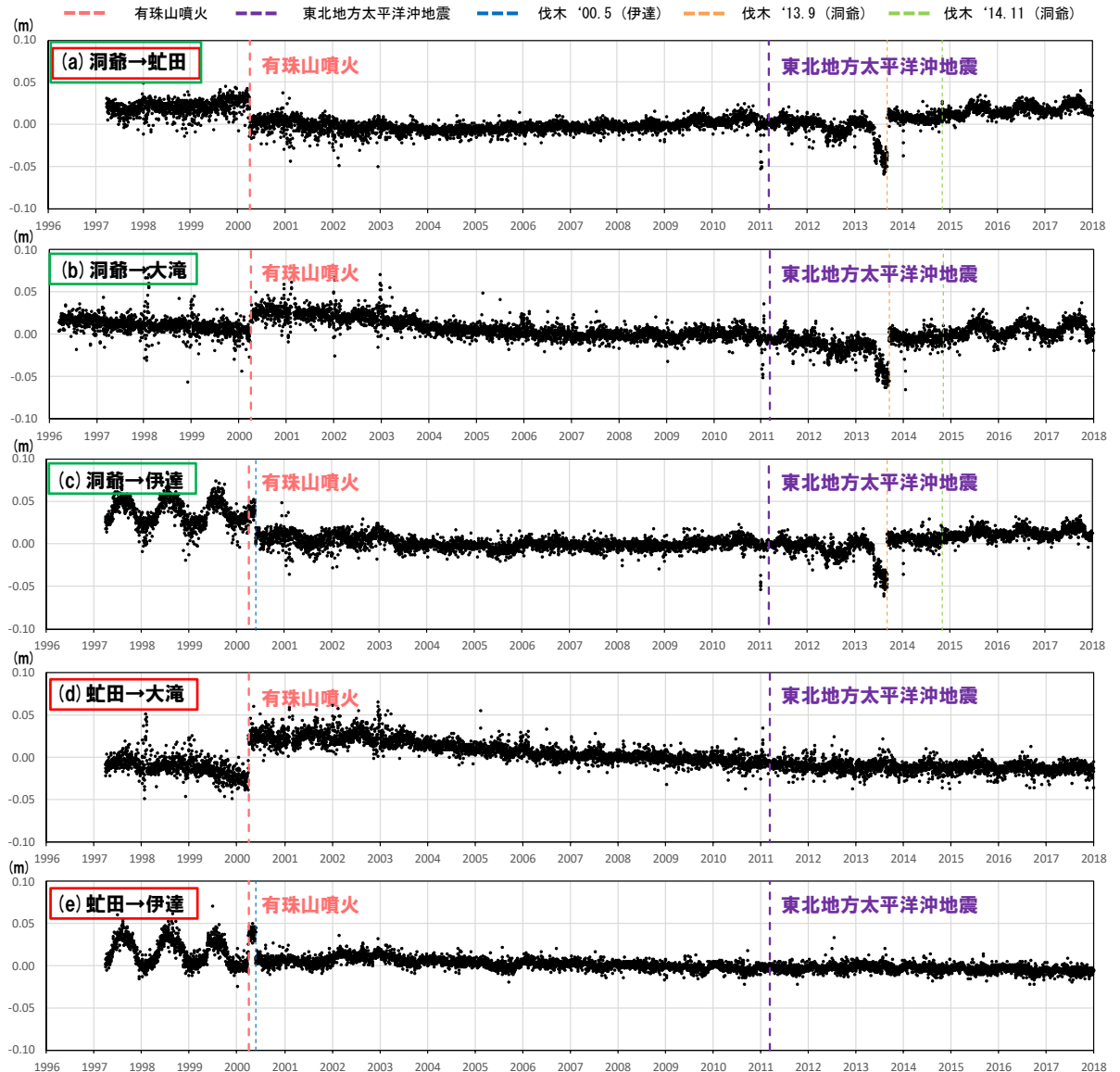


緑:洞爺カルデラ周辺の3基線((a),(b),(c))  
赤:有珠山周辺の3基線((a),(d),(e))

○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。

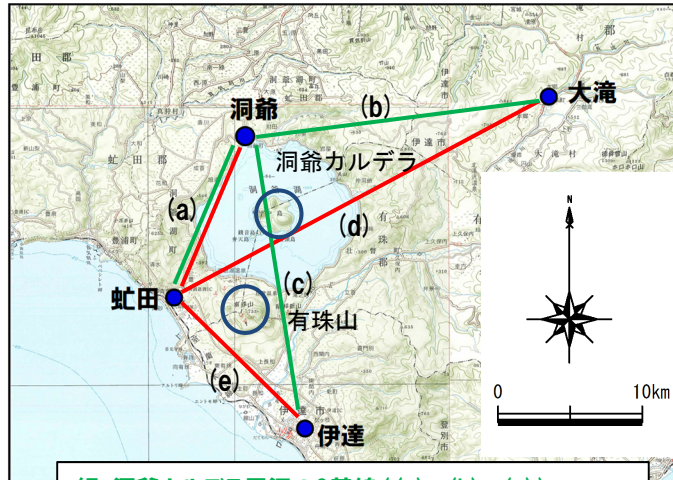


○日々のデータはバラつきが大きく、火山活動に係る変動が把握しづらい。



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))

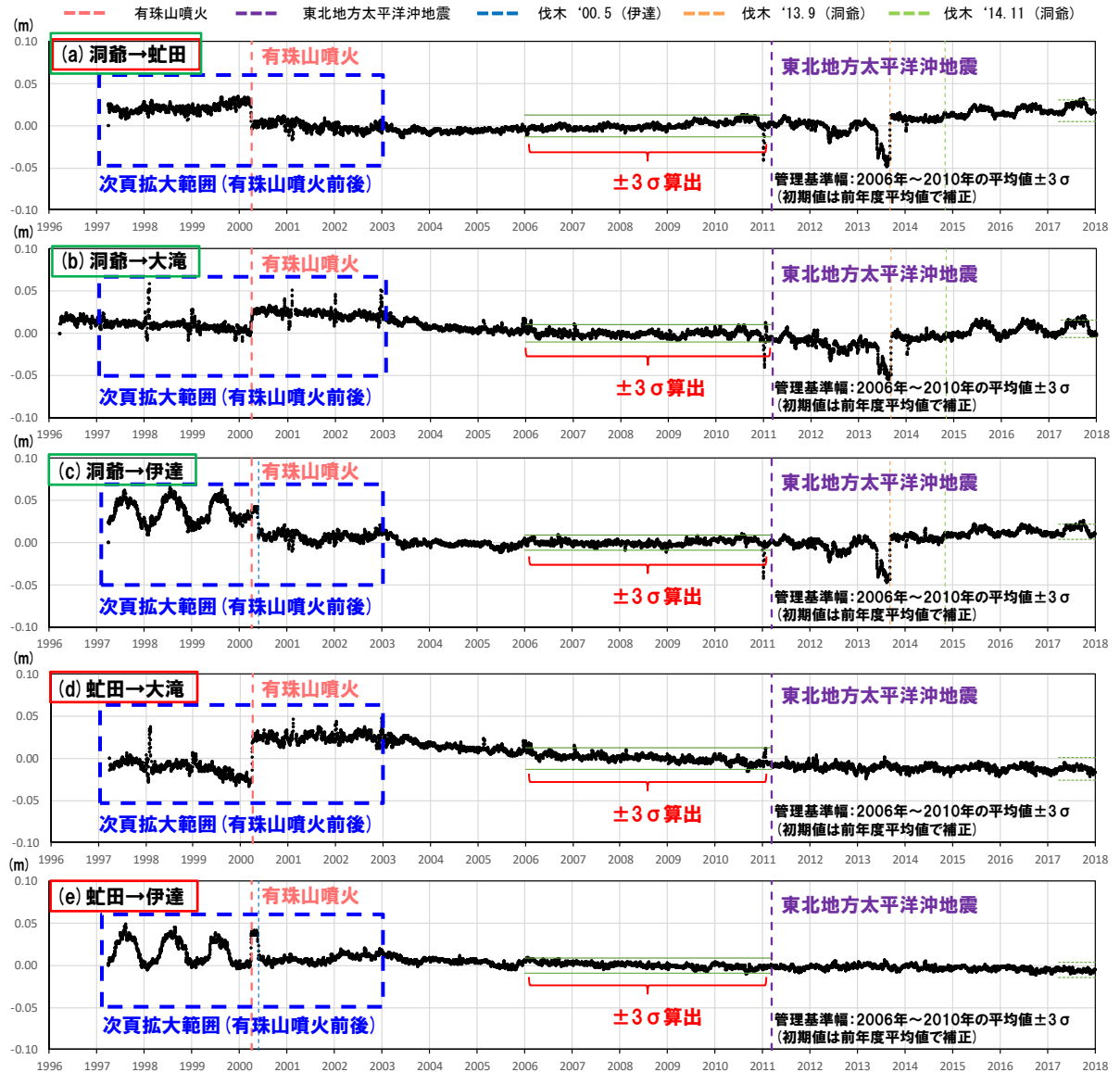


緑: 洞爺カルデラ周辺の3基線 ((a), (b), (c))  
 赤: 有珠山周辺の3基線 ((a), (d), (e))

- 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。

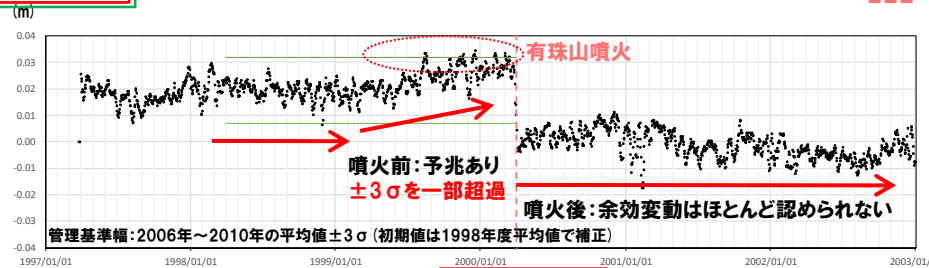


洞爺カルデラ及び有珠山周辺の比高の変化 (7日間移動平均値)

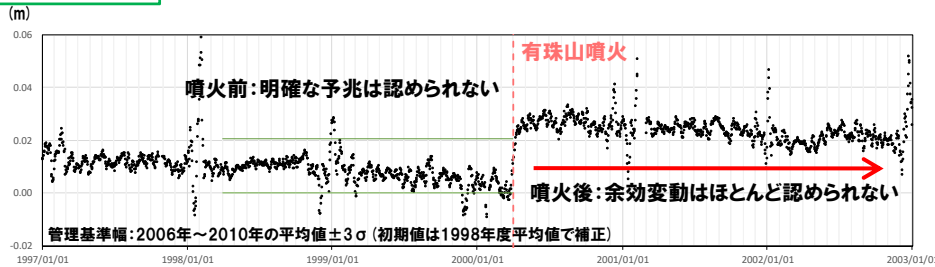
## 2.4 モニタリング

### 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

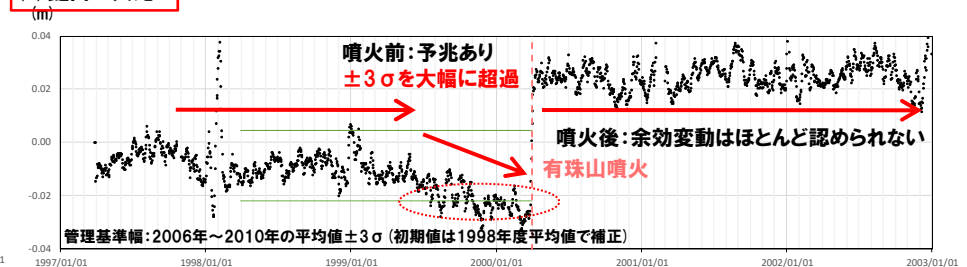
(a) 洞爺→虻田



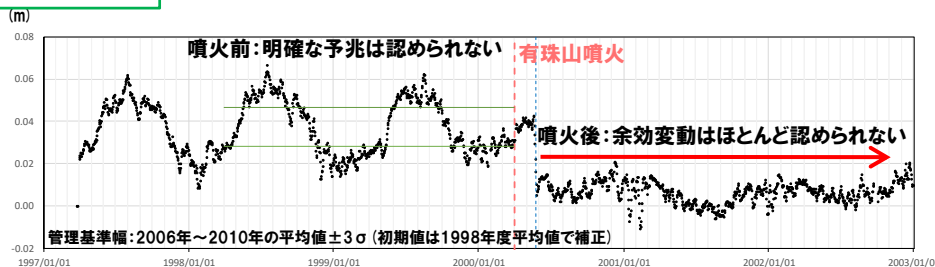
(b) 洞爺→大滝



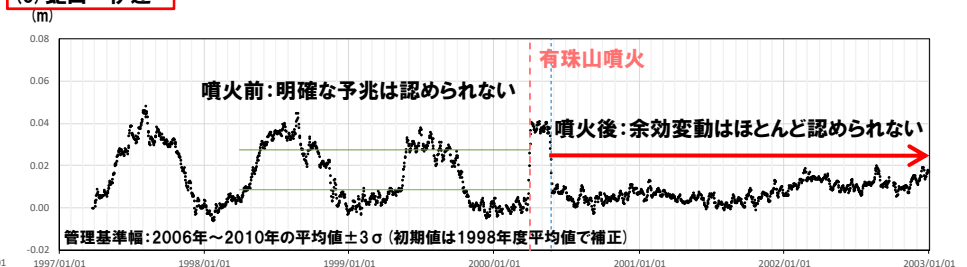
(d) 虻田→大滝



(c) 洞爺→伊達



(e) 虻田→伊達



#### 2000年有珠山噴火時の比高の変化

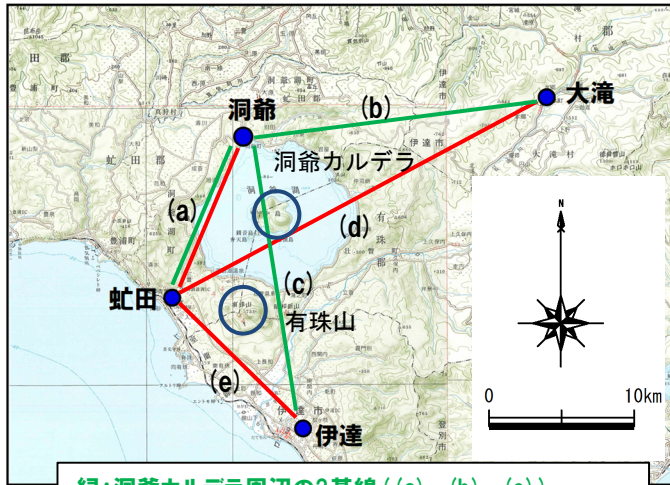
- 「虻田」を基準とした基線（洞爺-虻田及び虻田-大滝）において、噴火1年前頃から比高が管理基準 $\pm 3\sigma$ を超過している。
- 「洞爺」を基準とした基線（洞爺-大滝及び洞爺-伊達）においては、明確な噴火の予兆は認められない。



- 「虻田」を基準とした3基線（洞爺-虻田、虻田-大滝及び虻田-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。

# 2.4 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))

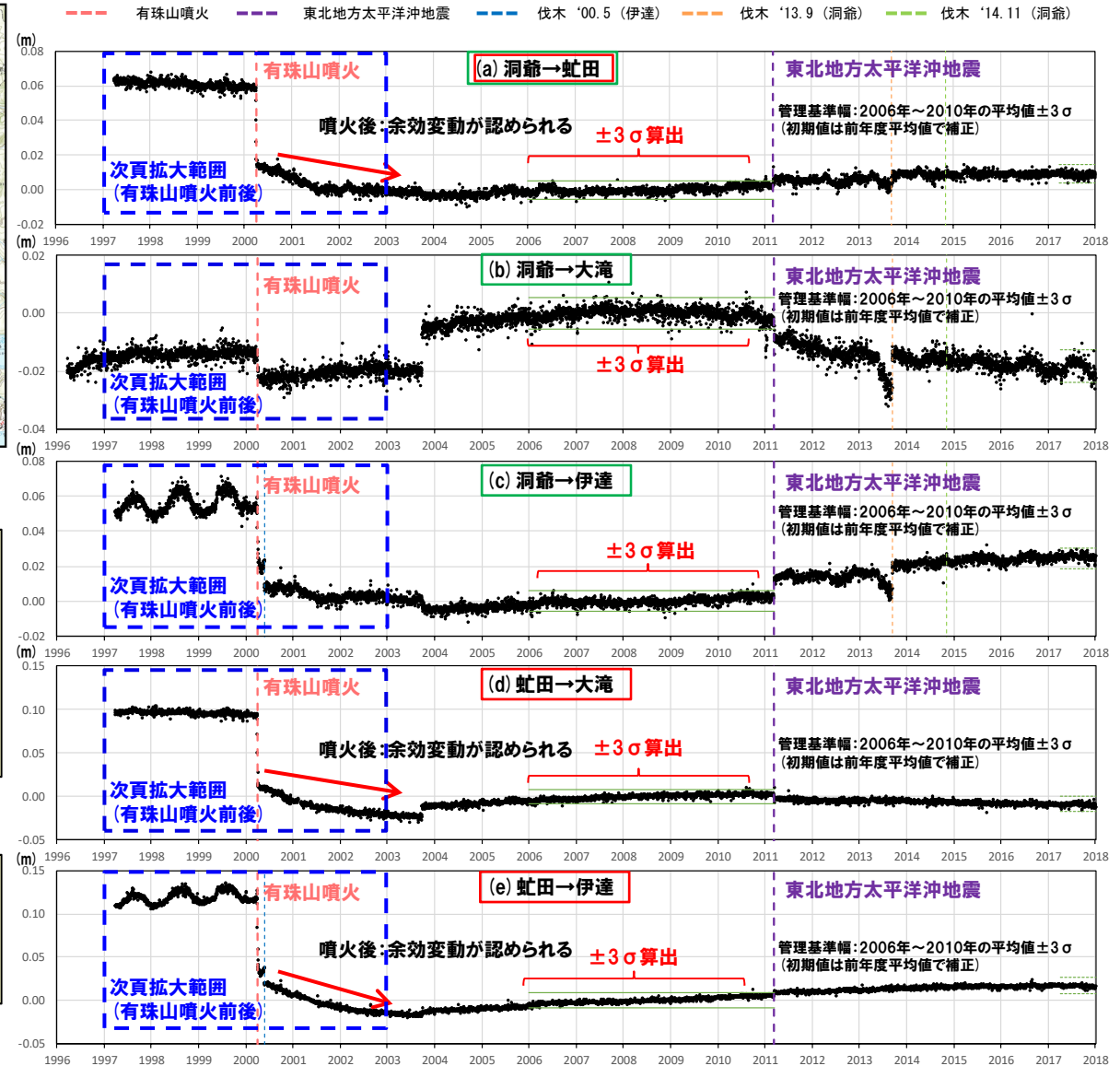


緑: 洞爺カルデラ周辺の3基線 ((a), (b), (c))  
赤: 有珠山周辺の3基線 ((a), (d), (e))

- 有珠山噴火 (2000.3.31) 後、基線長が大きく変化し、「虻田」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。

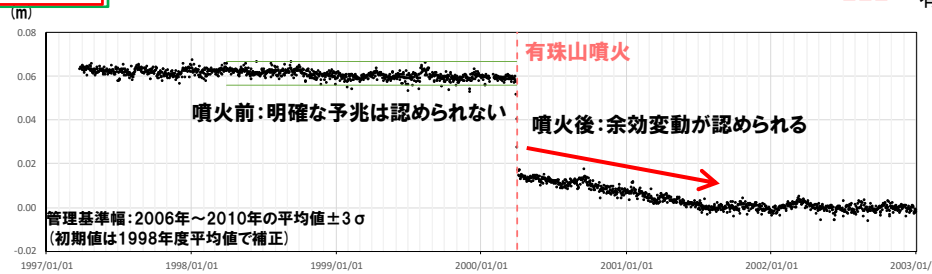


洞爺カルデラ及び有珠山周辺の基線長の変化

# 2.4 モニタリング

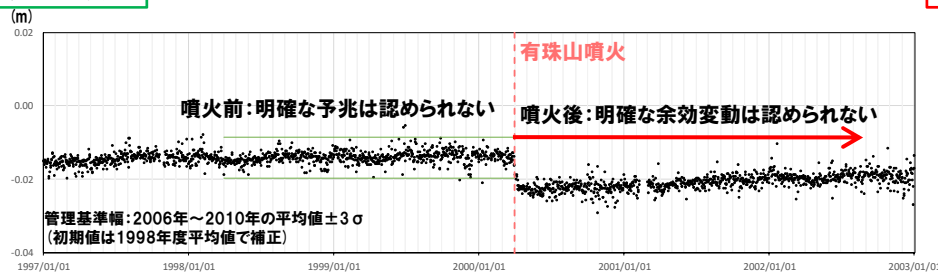
## ④-5 洞爺カルデラの管理基準（地殻変動に関する管理基準（基線長））の過去の噴火への適用

(a) 洞爺→虻田

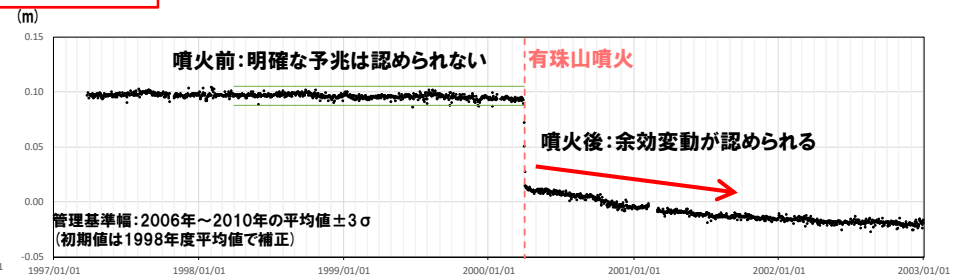


--- 有珠山噴火    - - - 伐木 '00.5 (伊達)

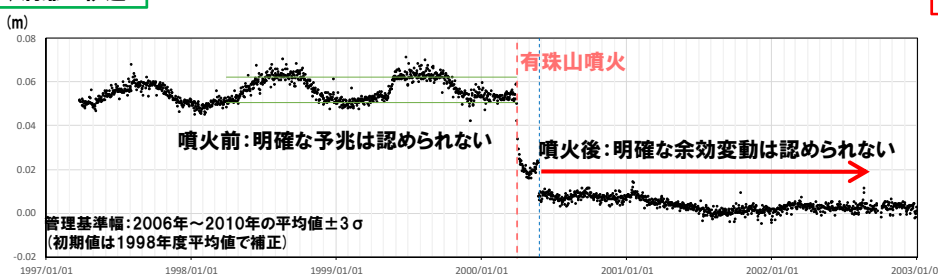
(b) 洞爺→大滝



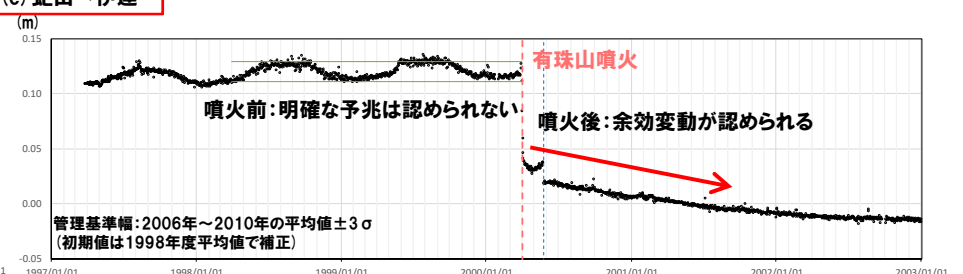
(d) 虻田→大滝



(c) 洞爺→伊達



(e) 虻田→伊達



2000年有珠山噴火時の基線長の変化

○各基線において、噴火前に明確な予兆は認められない。



○管理基準は設定せず、データの傾向管理を行う。

## 2.4 モニタリング

### ④-6 洞爺カルデラの管理基準 (地震活動に関する管理基準)

- 洞爺カルデラ周辺 (東西約40km, 南北約43km) を震源とする深さ40km以浅の地震及び低周波地震について, 至近12ヵ年分 (2006~2017年) を抽出した。
- 震央は有珠山周辺に集中している。
- 平常時の全地震回数 (低周波地震も含む) については, 過去12ヵ年で最大22回/月

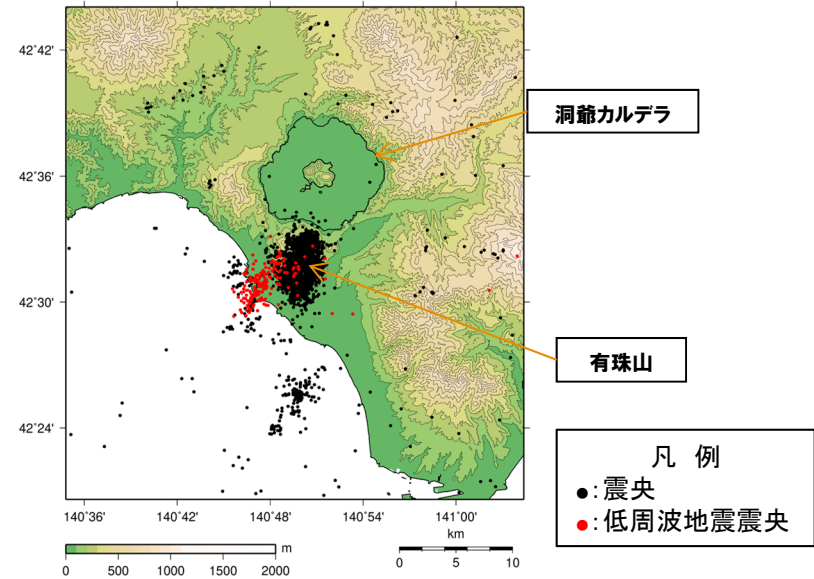


- 平常時の地震発生回数より1オーダー高い値を管理基準に設定する。

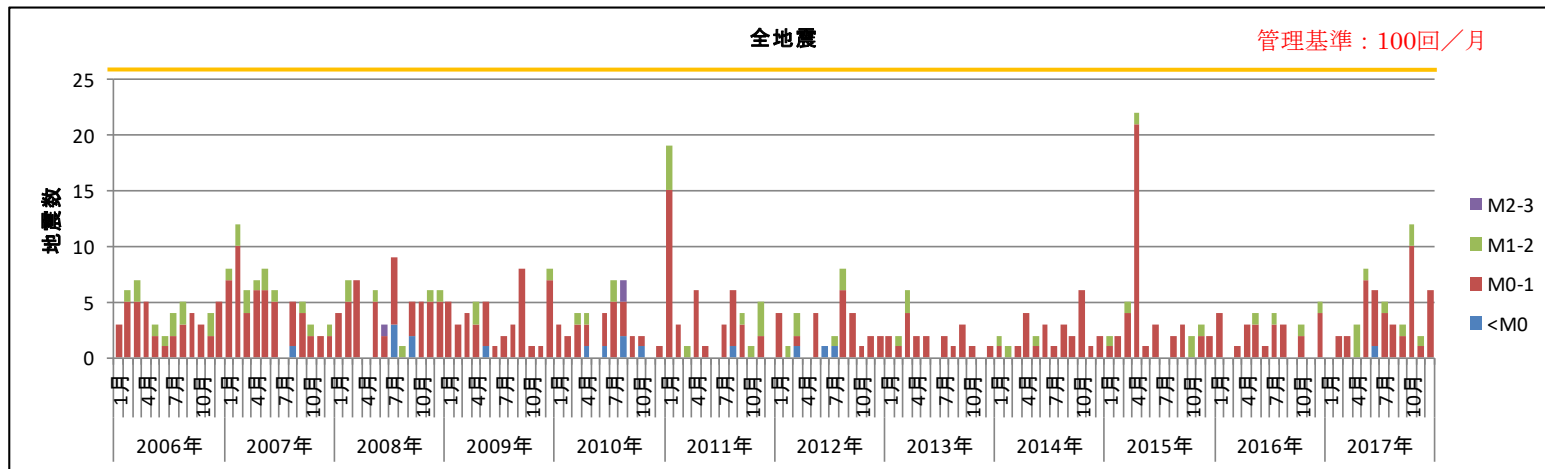


#### 【地震活動に関する管理基準】

- 100回/月 (気象庁一元化处理検測値データ)



洞爺カルデラ周辺の地震抽出範囲 (深さ40km以浅を抽出)



洞爺カルデラ周辺の地震発生回数



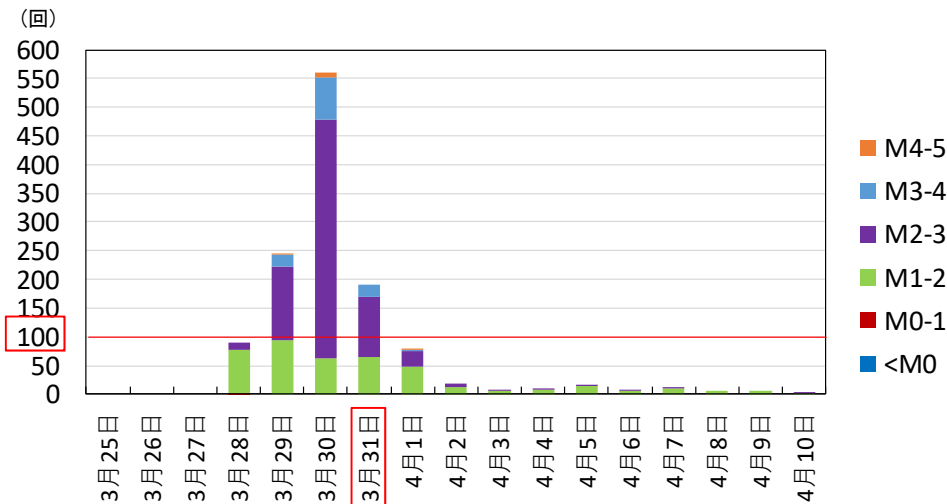
# 2.4 モニタリング

## ④-7 洞爺カルデラの管理基準 (気象庁噴火警戒レベルに関する管理基準)

- 有珠山噴火時 (2000.3.31) の地震の予兆について、噴火4日前から体には感じない火山性地震が増加し、100回/日を超える地震が観測されている。
- 平成20年6月9日より運用を開始した、気象庁による噴火警戒レベルにおいては、噴火4日前の地震活動の高まりは「噴火警報 (噴火警戒レベル2)」に相当するとされている。



- よりリアルタイムに噴火の兆候を捉えるため、地震に関する管理基準 (100回/月) に加え、「噴火警報 (噴火警戒レベル2)」の発令についても管理基準とする。



洞爺カルデラ周辺の地震発生回数 (2000.3.25~2000.4.10) (気象庁地震月報 (カタログ編))

平成20年6月9日運用開始  
令和2年3月9日改定

### 有珠山の噴火警戒レベル

種別	名称	対象範囲	レベル (キーワード)	火山活動の状況	住民等の行動及び登山者・入山者等への対応	想定される現象等
特別警報	噴火警報 (居住地域) 又は 噴火警報	居住地域及びそれより火口側	5 (避難)	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生し、あるいは切迫している状態にある。	●危険な居住地域からの避難等。	●噴火発生前に体を感じる地震が多発し、著しい地殻変動が目視でも確認される。 <b>過去事例</b> 2000年3月29日、1977年8月6日、1943年12月29日、1910年7月23日:体を感じる地震が多発 2000年3月31日、1977年8月7日:道路、山体等に亀裂・断層が発見 ●山頂から噴火が発生し、大きな噴石や火砕流・火砕サーージ、火山泥流が居住地域まで到達。顕著な地殻変動。 <b>過去事例</b> 2000年3月29日、1977年8月6日、1943年12月29日、1910年7月23日:体を感じる地震が多発 2000年3月31日、1977年8月7日:道路、山体等に亀裂・断層が発見 ●山頂から噴火が発生し、大きな噴石や火砕流・火砕サーージ、火山泥流が居住地域まで到達。顕著な地殻変動。 <b>過去事例</b> 1977年8月17日:山頂火口原からの噴火により、大きな噴石が火口から約2kmまで飛散、多数の軽石・火山灰が広範囲に堆積 1978年8月16日:山頂火口原からの噴火により火砕サーージが洞爺湖湖畔まで流下 ●山麓から噴火が発生し、大きな噴石や火砕サーージ、火山泥流が居住地域まで到達。顕著な地殻変動。 <b>過去事例</b> 2000年噴火、1943-45年噴火:火口から約1kmまで大きな噴石が飛散 1944年7月11日:火口から約2km先まで火砕サーージが到達 2000年噴火、1943-45年噴火、1910年噴火:火口からの火山泥流が発生
			4 (避難準備)	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される (可能性が高まっている)。	●警戒が必要な居住地域での避難準備等、要配慮者等の避難。  山体に近い地域で、何度も揺れを感じた場合には、避難するなど早めの行動を心がけてください。	●体を感じる地震の発生や、膨張性の地殻変動が検出される。 <b>過去事例</b> 2000年3月28日、1977年8月6日、1943年12月28日:体を感じる地震が発生
			3 (入山規制)	居住地域近くまで重大な影響を及ぼす (この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ) 噴火が発生することがある。	●入山規制等、危険な地域への立入規制等。 ●住民は今後の火山活動の推移に注意。  レベル3はレベル5から下がる段階で運用します。	●大きな噴石、火砕流・火砕サーージ及び火山泥流が居住地域の近傍に達する。 <b>過去事例</b> 2000年5月中旬頃~9月頃の活動:火口周辺から居住地近くまで噴出物が到達
警報	噴火警報 (火口周辺) 又は 火口周辺警報	火口周辺	2 (火口周辺規制)	<噴火発生前> 居住地域に重大な被害を及ぼすマグマ噴火に移行する可能性がある。  <噴火発生後> 噴出物の飛散が火口近傍に留まる程度のごく小規模な水蒸気噴火が発生することがある。	●山頂火口原及びその周辺、避難に時間を要する地域への立入規制等。 ●住民は今後の火山活動の推移に注意。 ●要配慮者等の避難準備等。  山体に近い地域で、揺れを感じた場合には、避難準備や要配慮者等の避難など早めの行動を心がけてください。  ●活動的な火口周辺への立入規制等。 ●住民は今後の火山活動の推移に注意。	●体を感じる微細な地震活動の高まりがみられる。 <b>過去事例</b> 2000年3月24日、1977年8月6日:体には感じない火山性地震が増加  ●噴火に至った後に火山活動が沈静化していく段階で、噴出物の飛散が火口周辺に留まる程度のごく小規模な水蒸気噴火が発生することがある。 <b>過去事例</b> 2000年9月頃~2001年10月頃の活動:噴出物の飛散が火口内に留まる水蒸気噴火が発生
			1 (活火山であることに留意)	火山活動は静穏。火山活動の状況によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる (この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)。	●山頂火口原及びその近傍等への立入規制等。	●火山活動は静穏。状況により、山頂火口原内及び近傍等に影響する程度の火山灰の噴出等の可能性がある。
予報	噴火予報	火口内等				

※レベル6において噴火発生後、火山活動が低下した場合は居住地域への影響を勘案し、警戒が必要な範囲を活動している火口等の周辺に限定したレベル6への切り替え、またはレベル3への引き下げを行います。  
※噴火活動の低下に伴ってレベルの引き下げを行う過程では、レベル4は運用しません。  
※最新の噴火警戒レベルは、気象庁HPでご覧いただけます。 → 右 QR コード

## ⑤-1 洞爺カルデラの監視レベル「平常時」からの移行判断基準(案)

監視レベル「平常時」からの移行判断基準【洞爺カルデラ】(案)

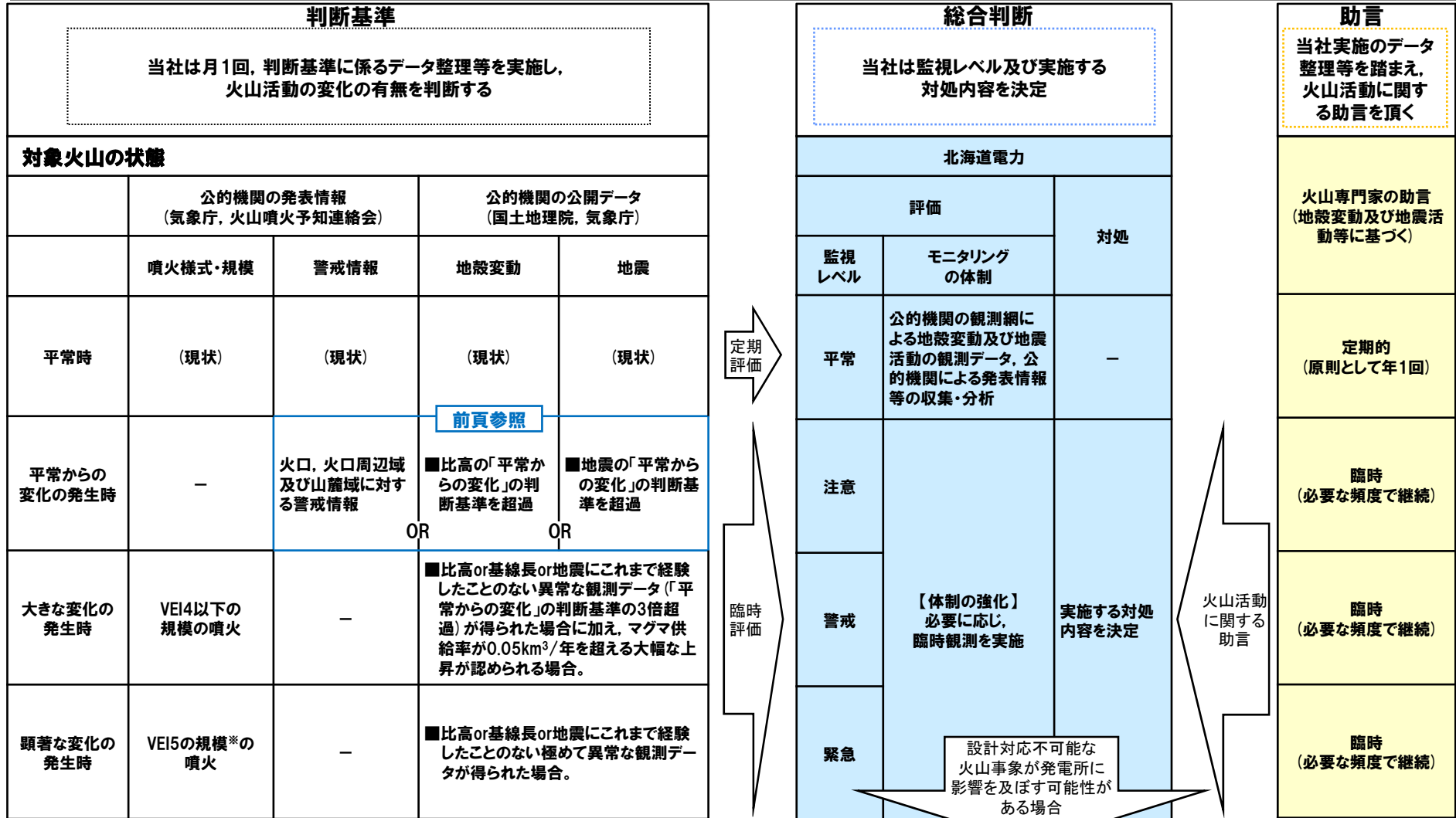
評価項目	評価手法	管理基準	判断基準	判断根拠
地殻変動	基線長	—(※1)	—(※1)	有珠山噴火(2000.3.31)前に基線長の変化はない
	比高	7日間移動平均値の±3σ	管理基準を2基線以上で7日間連続超過	有珠山噴火(2000.3.31)の1年前頃より2/3基線で±3σを超過(虻田基線)
地震活動	地震回数※2	地震回数: 100(回/月)	左記を超過	至近12ヵ年の最大地震発生回数(22回/月, 低周波地震も含む)より1オーダー高い値を設定
気象庁噴火警戒レベル		有珠山 噴火警戒レベル2	噴火警戒レベル2の発表	有珠山噴火(2000.3.31)の4日前以降の地震活動の高まりが該当

※1 基線長については管理基準を設定しない(噴火の予兆がないため設定できない)が、基線長のデータは取得し、傾向管理(基線長の変化の有無の確認)を行う。

※2 地震回数は、低周波地震も含めた全地震回数で評価(気象庁一元化処理検測値データ)。

## 2.4 モニタリング

### ⑤-2 洞爺カルデラのモニタリングの判断フロー（案）



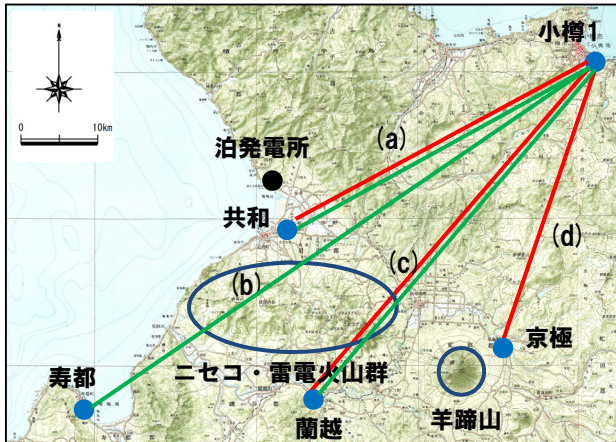
注) モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって、モニタリングの判断基準は適宜見直す。  
 ※ 洞爺カルデラの既往最大規模 (VEI7相当) の噴火による「洞爺火砕流堆積物」は、敷地から半径10kmの地点では確認されているが、敷地には到達していない。

原子炉の停止、燃料体等の搬出等の実施

洞爺カルデラのモニタリングについては、今後、干渉SARや水準測量も実施し、モニタリング精度の向上に努める。

# 2.4 モニタリング

## ⑥-1 ニセコ・雷電火山群（羊蹄山含む）の管理基準（地殻変動に関する管理基準（比高））



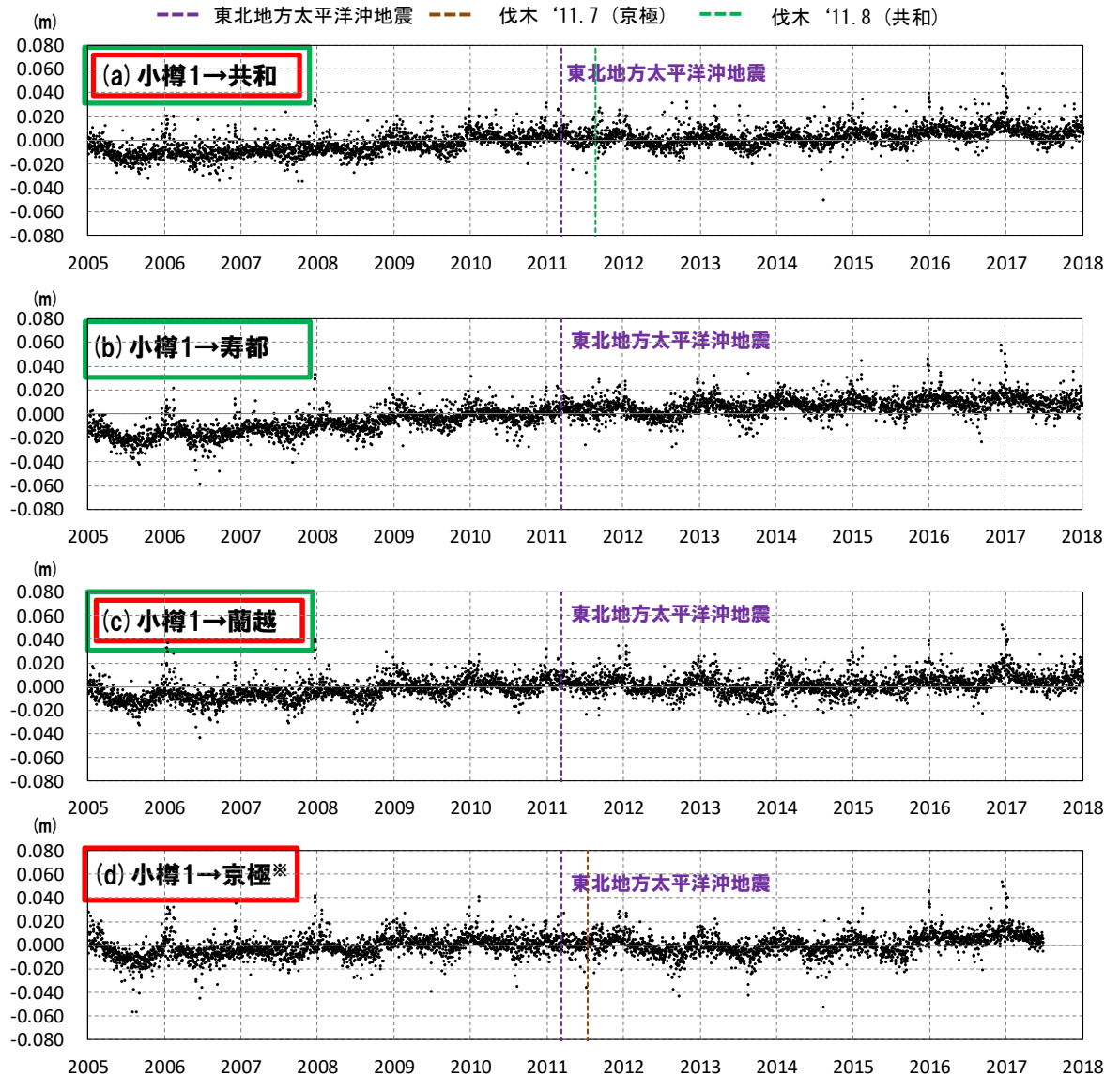
緑：ニセコ・雷電火山群周辺の3基線（(a), (b), (c)）  
赤：羊蹄山周辺の3基線（(a), (c), (d)）

○各基準点とも、対象期間において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。



○管理基準は設定せず、データの傾向管理を行う。

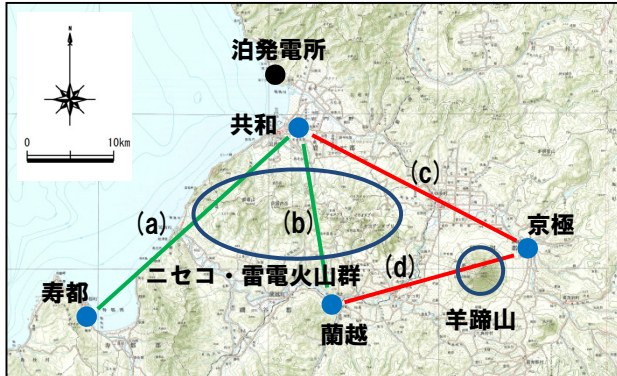
※電子基準点「京極」については2017年6月に運用を停止し、同年12月からは「京極A」が運用を開始していることから、2018年以降は「京極A」のデータを用いる。



ニセコ・雷電火山群（羊蹄山含む）の比高の変化

## 2.4 モニタリング

### ⑥-2 ニセコ・雷電火山群(羊蹄山含む)の管理基準(地殻変動に関する管理基準(基線長))



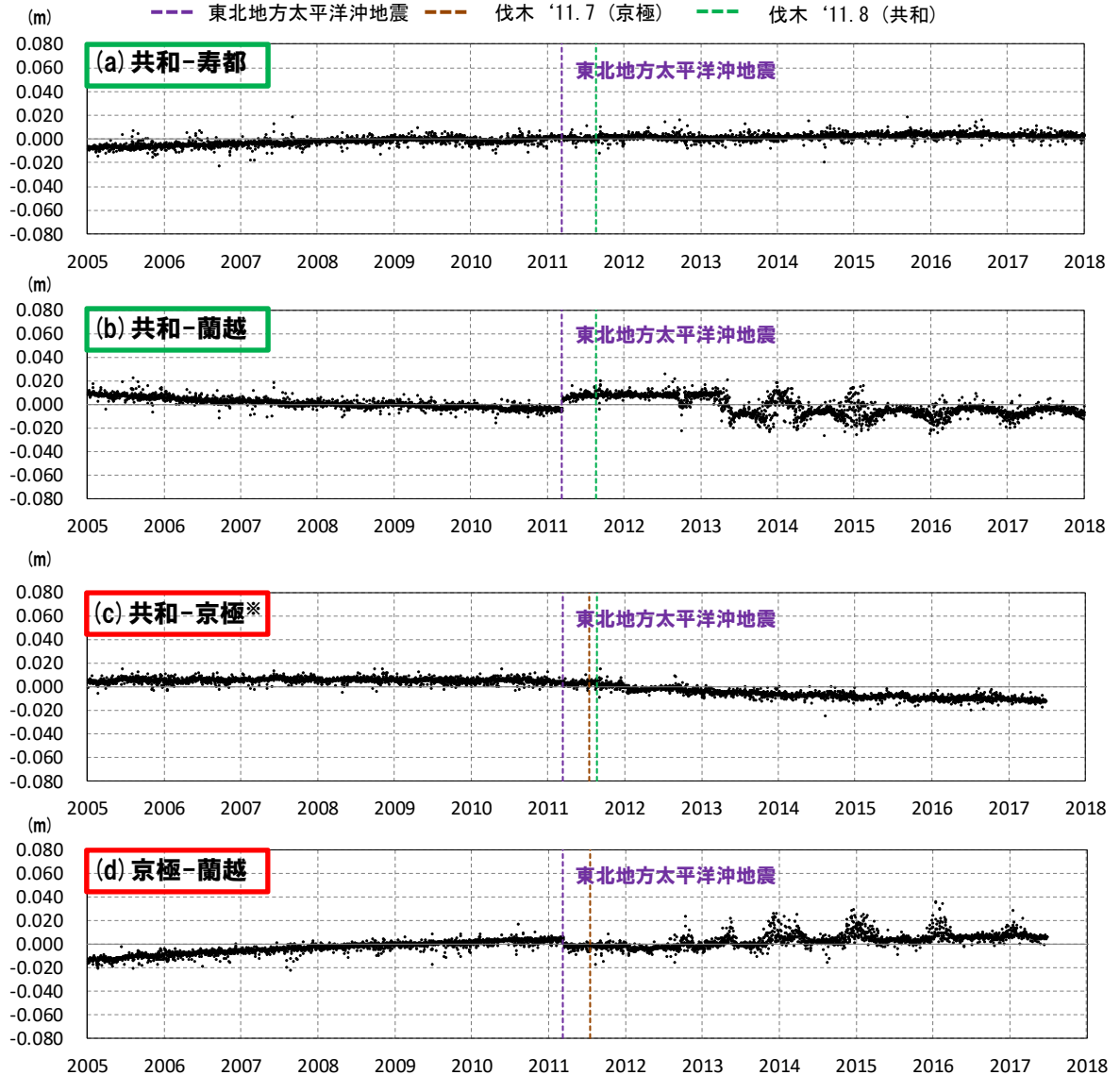
緑:ニセコ・雷電火山群周辺の2基線((a),(b))  
赤:羊蹄山周辺の2基線((c),(d))

○各測線ともに、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穏やかであり、顕著な膨張や収縮の兆候は認められない。



○管理基準は設定せず、データの傾向管理を行う。

※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、2018年以降は「京極A」のデータを用いる。



ニセコ・雷電火山群(羊蹄山含む)の基線長の変化

## 2.4 モニタリング

### ⑥-3 ニセコ・雷電火山群 (羊蹄山含む) の管理基準 (地震活動に関する管理基準)

- ニセコ・雷電火山群周辺 (東西約26km, 南北約22km) 及び羊蹄山周辺 (東西約14km, 南北約14km) を震源とする深さ40km以浅の地震及び低周波地震について、至近12ヵ年分 (2006~2017年) を抽出した。
- 震央はイワオヌプリ及び羊蹄山周辺に集中している。
- 平常時の全地震回数 (低周波地震も含む) については、過去12ヵ年でニセコ・雷電火山群は最大10回/月、羊蹄山は最大26回/月。

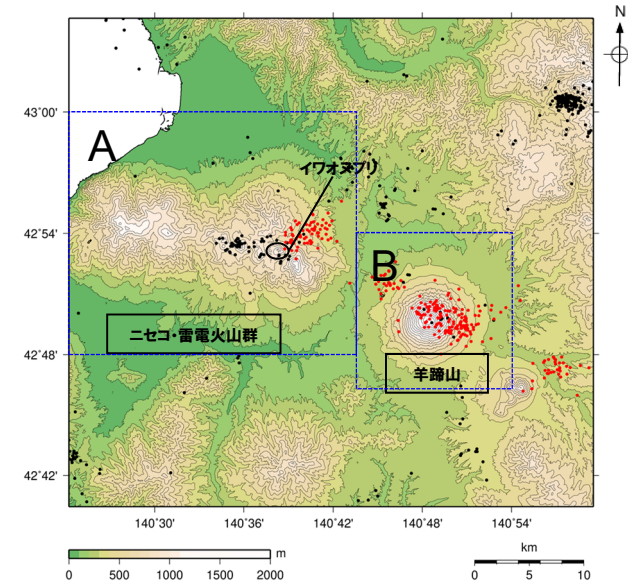


- 以下を管理基準に設定する。
- 【ニセコ・雷電火山群】
- 過去最大程度を超える回数の地震が観測された場合
- 震央分布に顕著な差異が認められた場合\*
- 【羊蹄山】
- 過去最大程度を超える回数の地震が観測された場合

※ニセコ・雷電火山群の活動は、西側から東側へ移動してきた経緯を考慮する。

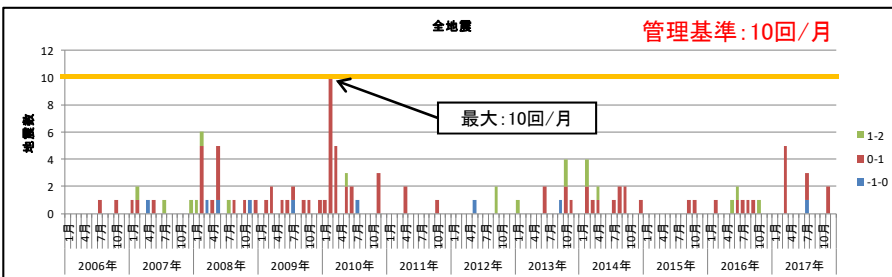


- 【ニセコ・雷電火山群における地震活動に関する管理基準】
- ニセコ・雷電火山群: 全地震10回/月 (気象庁一元化处理検測値データ)
- 震央分布に顕著な差異が認められる
- 【羊蹄山における地震活動に関する管理基準】
- 羊蹄山: 全地震30回/月 (気象庁一元化处理検測値データ)

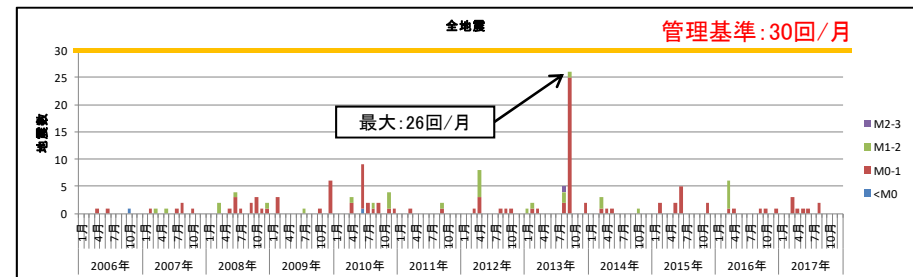


- 凡例
- : 震央
  - : 低周波地震震央

ニセコ・雷電火山群 (羊蹄山含む) 周辺の地震抽出範囲 (深さ40km以浅を抽出)



ニセコ・雷電火山群周辺の地震発生回数



羊蹄山周辺の地震発生回数

# 2.4 モニタリング

## ⑥-4 ニセコ・雷電火山群（羊蹄山含む）の管理基準（気象庁噴火警戒レベルに関する管理基準）

○ニセコ・雷電火山群（羊蹄山含む）には、噴火警戒レベルが運用されていないが、居住地域や火口周辺に危険を及ぼすような噴火の発生や拡大が予想された場合には「警戒が必要な範囲」（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）を明示して「噴火警報」が発表される。



○「噴火警報（火口周辺）」又は「火口周辺警報」※の発表を管理基準とする。

※有珠山の噴火警戒レベル2に相当。

噴火警戒レベルが運用されていない火山

種別	名称	対象範囲	警戒事項等（キーワード）	火山活動の状況
特別警報	噴火警報（居住地域） 又は 噴火警報	居住地域及びそれより火口側	居住地域及びそれより火口側における厳重な警戒 <b>居住地域厳重警戒</b>	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは発生すると予想される。
警報	噴火警報（火口周辺） 又は 火口周辺警報	火口から居住地域近くまでの広い範囲の火口周辺	火口から居住地域近くまでの広い範囲の火口周辺における警戒 <b>入山危険</b>	居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。
		火口から少し離れた所までの火口周辺	火口から少し離れた所までの火口周辺における警戒 <b>火口周辺危険</b>	火口周辺に影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。
予報	噴火予報	火口内等	活火山であることに留意	火山活動は静穏。火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。

噴火警報・予報の種類  
（噴火警戒レベルが運用されていない火山）  
（気象庁HPより抜粋し加筆）

種別	名称	対象範囲	レベル（↑下↑）	火山活動の状況	住民等の行動及び登山者・入山者等への対応	想定される現象等
特別警報	噴火警報（居住地域） 又は 噴火警報	居住地域及びそれより火口側	5（居住地域）	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは発生している状態にある。	●危険な居住地域からの避難等。	●噴火発生前に体に感じる地震が多発し、著しい地殻変動が目視でも確認される。 <b>【過去事例】</b> 2000年3月29日、1977年8月6日、1943年12月29日、1910年7月23日：体に感じる地震が多発 2000年3月31日、1977年8月7日：道路、山体等に亀裂・崩落が出現 ●山頂から噴火が発生し、大きな噴石や火砕流・火砕サージ、火山泥流が居住地域まで到達。 <b>【過去事例】</b> 1977年8月7日：山頂火口からの噴火により、大きな噴石が火口から約2kmまで飛散、多量の軽石・火山灰が広範囲に堆積 1978年8月18日：山頂火口からの噴火により火砕サージが洞窟跡まで流下 ●山麓から噴火が発生し、大きな噴石や火砕サージ、火山泥流が居住地域まで到達。 <b>【過去事例】</b> 2000年噴火、1943-45年噴火：火口から約1kmまで大きな噴石が飛散 1944年7月11日：火口から約2km先まで火砕サージが到達 2000年噴火、1943-45年噴火、1910年噴火：火口からの火山泥流が発生
				居住地域に重大な被害を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生する可能性がある（可能性が高まっている）。	●警戒が必要な居住地域での避難準備等、要配慮者等の避難。  山麓に近い地域で、何れも揺れを感じた場合には、避難するなど早めの行動を心がけてください。	●体に感じる地震の発生や、断続性の地殻変動が検出される。 <b>【過去事例】</b> 2000年3月28日、1977年8月6日、1943年12月28日：体に感じる地震が発生
警報	噴火警報（火口周辺） 又は 火口周辺警報	火口から近づくまで	4（火口周辺）	居住地域に重大な被害を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生することがある。	●入山規制等、危険な地域への立入規制等。 ●住民は今後の火山活動の推移に注意。	●大きな噴石、火砕流・火砕サージ及び火山泥流が居住地域の近傍に運ぶ。 <b>【過去事例】</b> 2000年8月～9月頃：中～9月頃の活動：火口周辺から居住地域まで噴出物が到達  レベル3はレベル5から下がる段階で運用します。
				居住地域近くまで重大な被害を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生することがある。	●山頂火口原及びその周辺、避難に時間を要する地域への立入規制等。 ●住民は今後の火山活動の推移に注意。 ●要配慮者等の避難準備等。  山麓に近い地域で、揺れを感じた場合には、避難準備や適切な避難等の避難など早めの行動を心がけてください。	●体に感じる微少な地震活動の高まりがみられる。 <b>【過去事例】</b> 2000年3月27日、1977年8月6日：体に感じない火山性地震が増加
予報	噴火予報	火口内等	1（火口内等）	火山活動は静穏。火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。	●山頂火口原及びその近傍等への立入規制等。	●噴火に至った後に火山活動が沈静化していく段階で、噴出物の飛散が火口周辺に留まる程度のごく小規模な水蒸気噴火が発生することがある。 <b>【過去事例】</b> 2000年9月頃～2001年10月頃の活動：噴出物の飛散が火口内に留まる水蒸気噴火が発生
				火山活動は静穏。火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。	●活動的な火口周辺への立入規制等。 ●住民は今後の火山活動の推移に注意。	●火山活動は静穏。状況により、山頂火口原内及び近傍等に影響する程度の火山灰の噴出等の可能性がある。

（参考）有珠山の噴火警戒レベル  
（気象庁HPより抜粋し加筆）

### ⑦-1 ニセコ・雷電火山群（羊蹄山含む）の監視レベル「平常時」からの移行判断基準（案）

監視レベル「平常時」からの移行判断基準【ニセコ・雷電火山群（羊蹄山含む）】（案）

評価項目	評価手法	管理基準	判断基準	判断根拠
地殻変動	基線長	－（※1）	－（※1）	－
	比高	－（※1）	－（※1）	－
地震活動	地震回数※2	M0以上の地震回数 ニセコ・雷電火山群：10（回/月） 羊蹄山：30（回/月）	左記を超過	地震回数の過去最大値 ニセコ・雷電火山群：10（回/月） 羊蹄山：26（回/月）
	震央分布 （ニセコ・雷電火山群）	震央分布 （ニセコ・雷電火山群）	震央分布に顕著な差異が認められた場合	ニセコ・雷電火山群の活動は西側から東側へ移動してきた経緯を考慮する
気象庁噴火警戒レベル		噴火警報（火口周辺） 又は 火口周辺警報	噴火警報の発表	有珠山の噴火警戒レベル2に相当するもの

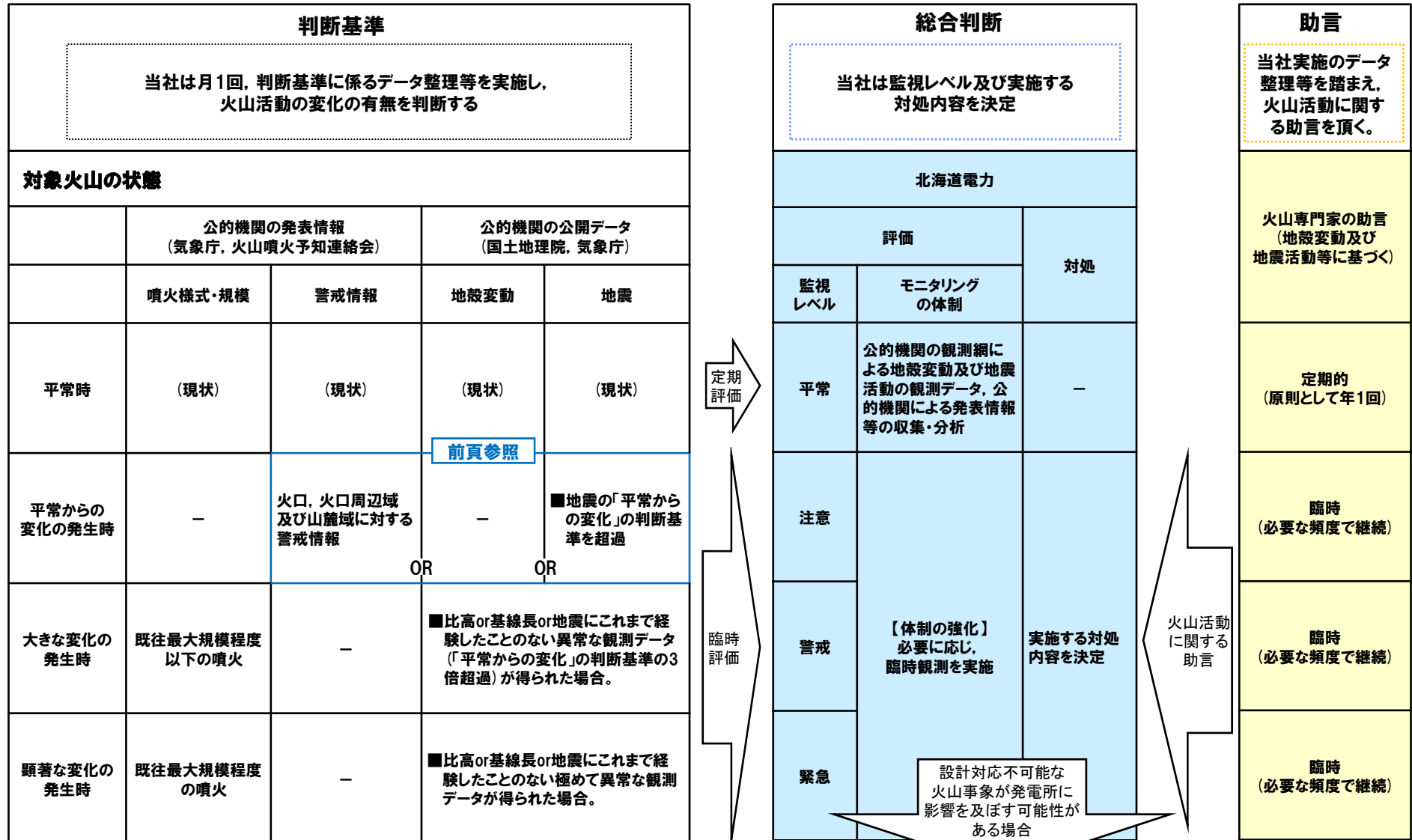
※1 基線長・比高については管理基準を設定しない（噴火の予兆がないため設定できない）が、データは取得し、傾向管理（基線長・比高の変化の有無の確認）を行う。

※2 地震回数は、低周波地震も含めた全地震回数で評価（気象庁一元化処理検測値データ）。



## 2.4 モニタリング

⑦-2 ニセコ・雷電火山群（羊蹄山含む）のモニタリングの判断フロー（案）



注) モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって、モニタリングの判断基準は適宜見直す。

原子炉の停止、燃料体等の搬出等の実施

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
<b>2. 立地評価</b>	<b>P. 10</b>
2. 1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 13
2. 2 運用期間中の火山の活動可能性評価	P. 17
2. 2. 1 過去に巨大噴火が発生した火山	P. 20
2. 2. 2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 31
2. 2. 3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 91
2. 3 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価	P.115
2. 4 モニタリング	P.171
<b>2. 5 立地評価まとめ</b>	<b>P.198</b>
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	
参考文献	P.201

## 立地評価結果 (1/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

## ○原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

## 【ガイドに基づく検討】

- 敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山(34火山)から、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として13火山を抽出した。
  - ・完新世に活動があった火山として、7火山を抽出した。  
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
  - ・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として、6火山を抽出した。  
ホロホロ・徳舜警、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝潤山、横津岳



## ○運用期間中の火山の活動可能性評価

- 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火山について、原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価した。
- また、13火山について過去に巨大噴火が発生したか否かを整理し、過去に巨大噴火が発生した火山については、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価した。



## 【原子力発電所の運用期間中における活動可能性評価】

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

## 【巨大噴火の可能性評価】

- 13火山のうち、過去に巨大噴火が発生した火山は、洞爺カルデラ及び支笏カルデラである。
- 地球物理学的調査の結果から、洞爺カルデラ及び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。



(次頁へ続く)

## 立地評価結果 (2/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

(前頁からの続き)



## ○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(溶岩流, 岩屑なだれ・地滑り・斜面崩壊, 火砕物密度流, 新しい火口の開口及び地殻変動)が敷地に到達する可能性を評価した。
- 13火山のうち, 洞爺カルデラ及び支笏カルデラは, 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, 最後の巨大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。
- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラ以外の11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敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。



(次頁へ続く)

## 立地評価結果 (3/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

(前頁からの続き)



## ○モニタリング

- 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、敷地まで到達していないものと考えられるが、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に確認する。

## 【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。



影響評価を実施

- (1) 兼岡一郎・井田喜明編(1997):火山とマグマ, 東京大学出版会.
- (2) 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.
- (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) 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.
- (5) 山縣耕太郎(2000):支笏火山40ka噴火の規模に関する検討, 上越教育大学研究紀要, 第19巻, 第2号, pp.445-460.
- (6) 許成基・山崎誠・佐高裕之・中川昌巳・秋山泰祐・平野令緒(2001):支笏火山噴出層年代の再検討, 地球科学, 55(3), pp.145-156.
- (7) 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.
- (8) 須藤茂・猪股隆行・佐々木寿・向山栄(2007):わが国の降下火山灰データベース作成, 地質調査研究報告, 第58巻, 第9/10号, pp.261-321.
- (9) 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」.
- (10) 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.
- (11) 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, Journal of Geography, 103(3), pp.268-285.
- (12) 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.
- (13) 国土地理院(2000):2万5千分1 火山土地条件図 有珠山.
- (14) 山縣耕太郎(1996):テフラ層序に基づく洞爺火山の噴火史, 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, 1996巻, p.710.
- (15) 西田泰典(1983):洞爺カルデラにおける磁気測量(日本火山学会1983年度春季大会講演要旨), 火山, 第2集, 28(2), p.176.
- (16) 青木かおり・町田洋(2006):日本に分布する第四紀後期広域テフラの主元素組成-K<sub>2</sub>O-TiO<sub>2</sub>図によるテフラの識別, 地質調査研究報告, 57(7/8), pp.239-258.
- (17) 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.
- (18) 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.
- (19) 気象庁編(2013):日本活火山総覧(第4版).
- (20) 森濟・井口正人・味喜大介・伊藤壮介・大島弘光・田村真・前川徳光(2000):2000年有珠山噴火に伴う地殻変動--洞爺カルデラと有珠山周辺の地殻変動--, 日本火山学会講演予稿集, 2, p.46.
- (21) Gualda, G.A.R., Pamukcu, A.S., Ghiorso, M.S., Anderson, A.T., Jr., Sutton, S.R. and Rivers, M.L. (2012): Timescales of Quartz Crystallization and the Longevity of the Bishop Giant Magma Body, PlosOne, Vol.7, Issue.5, e37492, pp.1-12.
- (22) Druitt, T.H., Costa, F., Deloule, E., Dungan, M. and Scaillet, B. (2012): Decadal to monthly timescales of magma transfer and reservoir growth at a caldera volcano, Nature, 482, 77-82. pp.1-13.

- (23) 安藤忍 (2013) : 気象研究所技術報告 第69号, マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究, 地震火山研究部, pp.65-88.
- (24) 気象庁 (2021) : 第148回 火山噴火予知連絡会資料.
- (25) 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, 61, pp.101-118.
- (26) 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.
- (27) 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.
- (28) 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.
- (29) 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, 92, pp.49-62.
- (30) 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.
- (31) Alanis, P.K., Miyamachi, H., Yakiwara, H., Goto, K., Kobayashi, R., Tameguri, T. and Iguchi, M. (2012) : Seismic velocity structure of the crust beneath the Aira Caldera in Southern Kyushu by tomography of travel times of local earthquake data, Bull. Volcanol. Soc. Japan, Vol.57 (4), pp.227-234.
- (32) Abe, Y., Ohkura, T., Shibutani, T., Hirahara, K. and Kato, M. (2010) : Crustal structure beneath Aso Caldera, Southwest Japan, as derived from receiver function analysis, Journal of Volcanology and Geothermal Research 195, pp.1-12.
- (33) 国土地理院 (2004) : 阿蘇山周辺の地殻変動, pp.106-110.
- (34) Sudo, Y. and Kong, L.S.L. (2001) : Three-dimensional seismic velocity structure beneath Aso Volcano, Kyushu, Japan., Bull Volcano, 63, pp.326-344.
- (35) 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.
- (36) 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.
- (37) Zhao, D., Horiuchi, S., Hasegawa, A. (1992) : Seismic velocity structure of the crust beneath the Japan Islands., Tectonophysics, 212, pp.289-301.
- (38) 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.



- (39) 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.
- (40) Sheridan, M.F. (1979) :Emplacement of pyroclastic flows: A review, Geological Society of America, Special Paper 180, 1979, pp.125-136.
- (41) Iverson, R.M. (1997) :THE PHYSICS OF DEBRIS FLOWS, Reviews of Geophysics, 35, 3, pp.245-296.
- (42) 富士山ハザードマップ検討委員会 (2004) :富士山火山防災マップ 防災業務用 (試作版), pp.22-24.
- (43) Anderson, J. and Flett, J. (1903) :Report on the Eruptions of the Soufriere in St. Vincent in 1902 and on a Visit to Montagne Pelee, in Martinique Part I.
- (44) Lacroix (1904) :La montagne Pelée et ses éruptions In: Annales de Géographie, t. 14, n° 74, 1905, pp.97-110.
- (45) Fisher, R.V., Smith, A.L. and Roobol, M.J. (1980) :Destruction of St. Pierre, Martinique, by ash -cloud surges, May 8 and 20,1902.
- (46) Perret (1937) :The Eruption of Mt. Pelée 1929-1932.
- (47) Taylor, G.A. (1958) :THE ERUPTION OF MOUNT LAMINGTON, PAPUA.
- (48) Murai, I. and Hosoya, Y. (1964) :The Eruptive Activity of Mt. Asama from 1958 to 1961 and the Associated Minor Pyroclastic Flows, Earthquake Research Institute.
- (49) Moore and Melson (1969) : Nuées Ardentes of the 1968 Eruption of Mayon Volcano, Philippines.
- (50) 荒牧重雄 (1973) :浅間火山1973年2~3月の噴火の際に発生した小型火砕流, 火山.第2集, 18 (2), pp.79-94.
- (51) Hoblitt, R.P. (1980) :Observations of the Eruptions of July 22 and August 7, 1980, at Mount St. Helens, Washington.
- (52) 横山泉・青田昌秋 (1963) :支笏湖およびその周辺における地磁気および重力の測定 (日本火山学会1983年度春季大会講演要旨), 火山.第2集, 8 (1), p.52.
- (53) 気象庁 (2020) :第147回 火山噴火予知連絡会資料.
- (54) 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, pp.788-799.
- (55) 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.
- (56) 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.
- (57) 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.
- (58) 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.
- (59) 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.
- (60) 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.
- (61) 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.

- (62) 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.
- (63) 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.
- (64) 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.
- (65) 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.
- (66) 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.
- (67) Mogi, K. (1958) : Relations between the Eruptions of Various Volcanoes and Deformations of the Ground Surfaces around them., BULLETIN OF THE EARTHQUAKE RESEARCH INSTITUTE, Vol.36, pp.99-134.
- (68) Kozono, T., Ueda H., Ozawa, T., Koyaguchi, T., Fujita, E., Tomiya, A. and Suzuki, Y. (2013) : Magma discharge variations during the 2011 eruptions of Shinmoe-dake volcano, Japan, revealed by geodetic and satellite observations. Bull Volcanol, 75, 695, pp.1-13.
- (WEB)
- (69) 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/>
- (70) 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/>
- (71) 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](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact.php)
- (72) 防災科学技術研究所:[https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo\\_kozo/](https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/)