

第 138 回 火山噴火予知連絡会資料

(その 8)

追加資料

平成 29 年 6 月 20 日

火山噴火予知連絡会資料（その８）

目次

霧島山.....	3
京大阿蘇 3-7	
御嶽山.....	8
気象庁 8-9	
雌阿寒岳.....	10
気象庁（地磁気含む） 10-21	
箱根山.....	22
地理院 22-24	

霧島火山群えびの高原の地中温度および温泉・湧水の調査結果

えびの高原において図 1 に示す EBI8、EBI9 の 2 点で地中温度（約 1m）の連続測定を、硫黄山北東、硫黄山西および足湯において温泉・湧水の電気伝導度と化学分析を繰り返し行っている。



図 1 測定点位置

地中温度の測定結果を図 2 に示す。EBI09 は今回データ回収に失敗している。

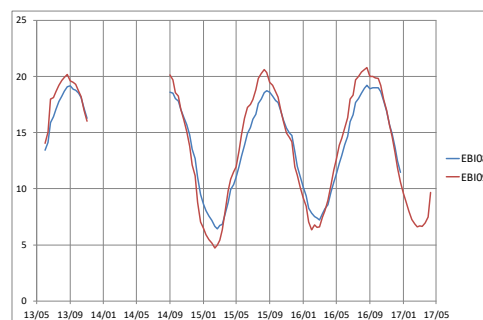


図 2

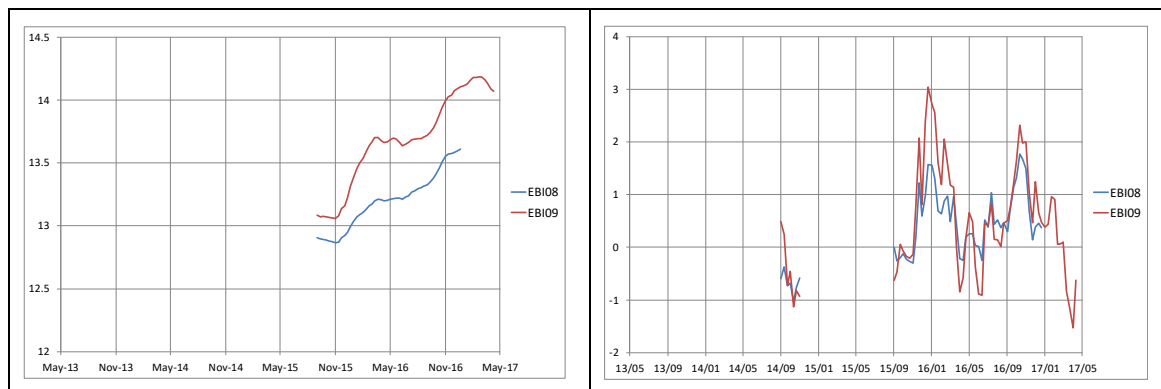


図 3 左は、過去 1 年間にさかのぼった地中温度の年移動平均を示している。2015 年 10 月頃から温度が上昇し、2016 年 2 月頃にいったん上昇が停滞した後、2016 年 8 月頃より再び上昇している（前回報告）。この温度上昇は、2017 年 3 月初旬まで続き、3 月中旬以降は収まっている。図 3 右に、1 年前との温度差を計算した結果を示す。この結果を見ると、2014 年 9 月頃や 2015 年 9 月頃には異常が出ていない、2015 年 10 月頃か 2016 年 2 月頃までと 2016 年 9 月頃から 2017 年 2 月頃までにかけて温度が上昇する傾向が見える。特に温度上昇がみられる時期は、微動の発生や、硫黄山山頂での噴気の出現、高濃度の硫化水素放出の時期と整合的である。

10cm 深地中温度分布

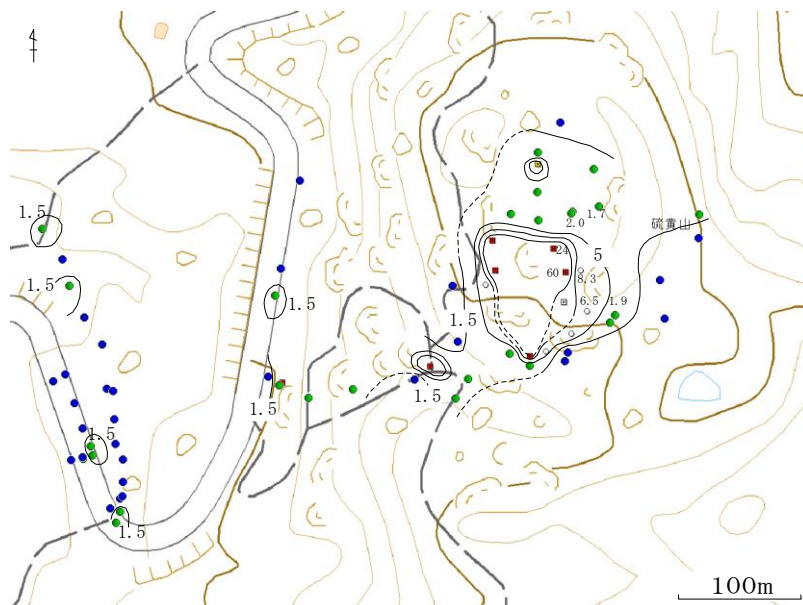


図 4 2017 年 6 月測定

硫黄山山頂の南部に温度異常が広がっている。これらの異常域は 1970 年代に 150℃以上の噴気が見られた場所である。温度異常が硫黄山西斜面や北東側に広がる傾向がある。県道沿いにもわずかな異常が生じており、硫化水素の噴出も見られているが、1980 年代の温度異常に比較するとまだ低い。

昭和61年10月における10センチメートル深地中温度分布図
数字は温度の異常値、コンターは1.0℃



東大霧島火山観測所 霧山恒臣作図

図 5 1986 年測定の 10cm 深地中温度分布

温泉・湧水の電気伝導度および化学成分分析の結果

硫黄山西および北東麓の湧水、雨による希釈の影響を受けるが、2014 年 8 月の微動発生以降、塩素イオンの濃度は、その変動を上回る増加を示している（図 6）。

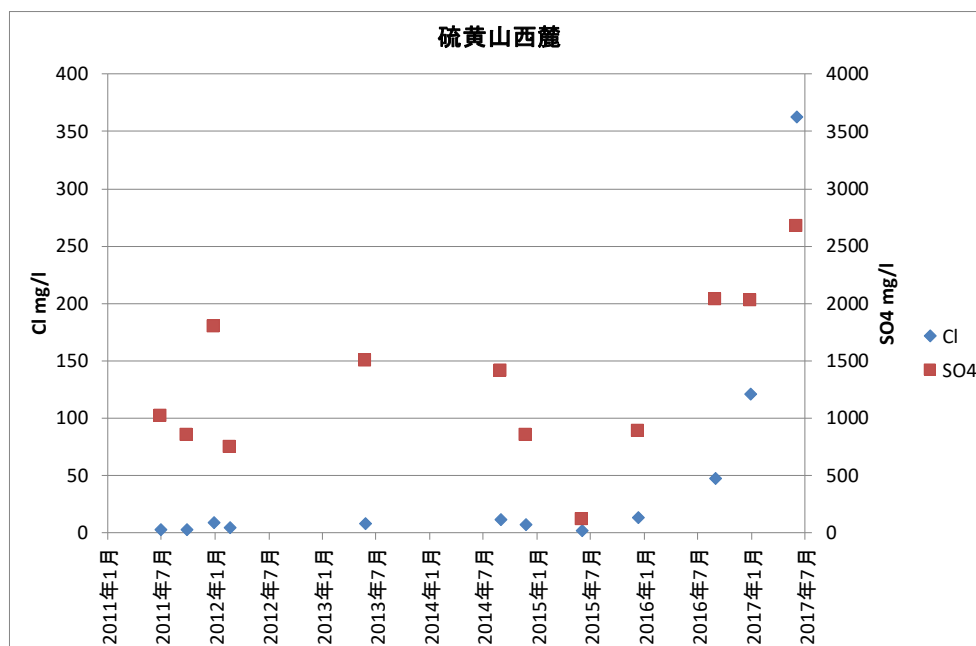


図 6

図 7 に、塩素イオンと硫酸イオンの濃度比および化学平衡温度を示す。2014 年 8 月の微動発生以降、塩素／硫酸イオン比の増大が続いている。化学平衡温度は、2015 年 12 月の噴気出現以降上昇したが、現在は横ばいである。

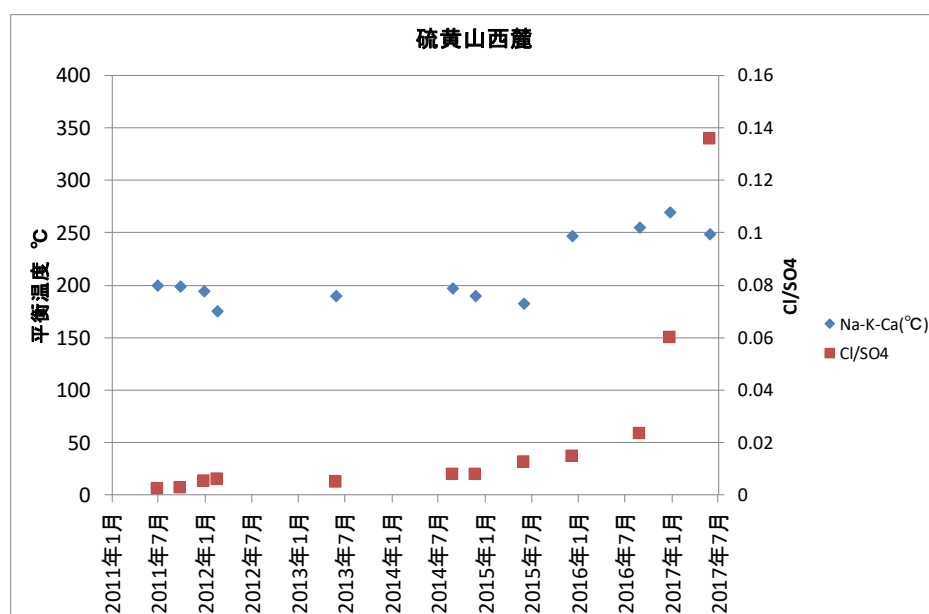


図 7

硫黄山北東麓は、これまで明瞭な変化は認められなかったが、塩素イオン濃度が急激に増大した。10cm 深地中温度分布で、北東側に温度異常が出ていることから、地熱活動が北東へも拡大しているためと思われる。

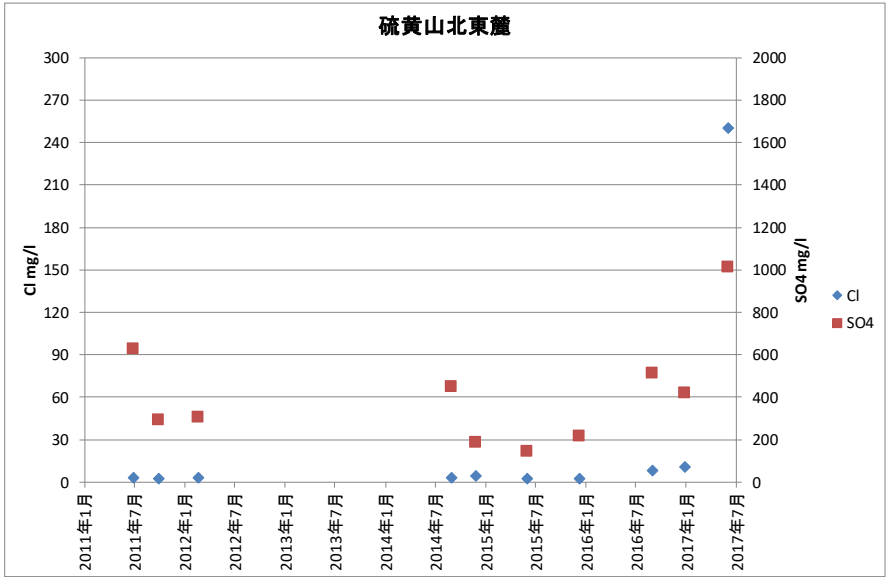


図 8

塩素イオン／硫酸イオン比が急激に大きくなっている。化学平衡温度は 200℃程度で変化していない。

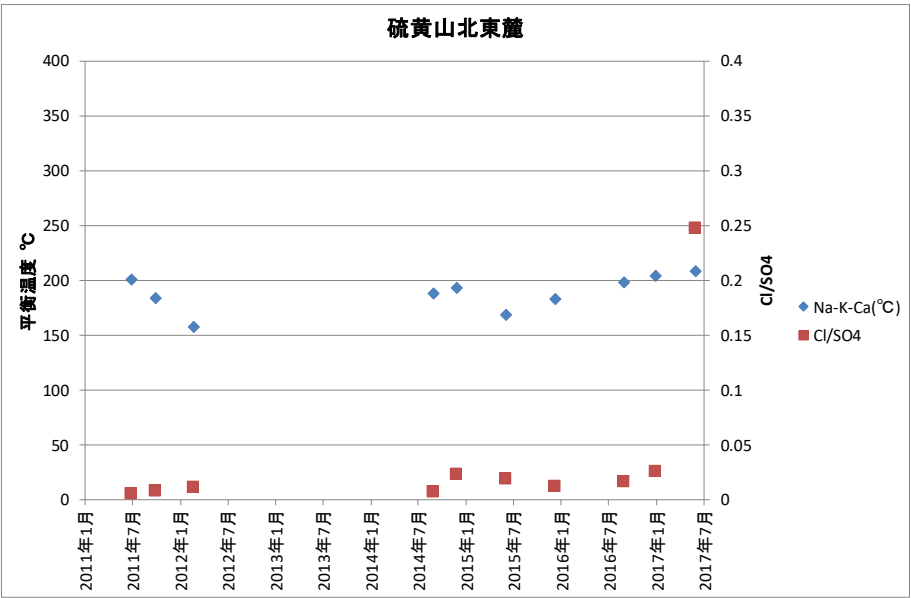


図 9

えびの高原足湯は雨の影響をあまり受けていない。図 1 0 に塩素および硫酸イオンの濃度を示す。塩素イオンの減少と硫酸イオンの増大が進んでいる。また、図 1 1 に化学平衡温度と塩素／硫酸イオンを示す。平衡温度はあまり変化していないがわずかに上昇している。また、イオン比は低下している。

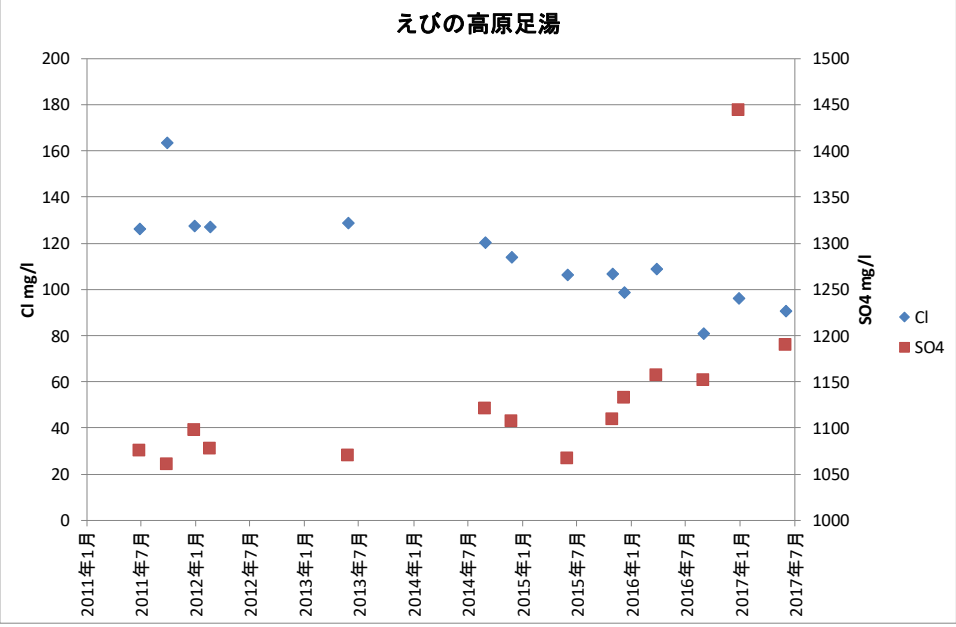


図 1 0

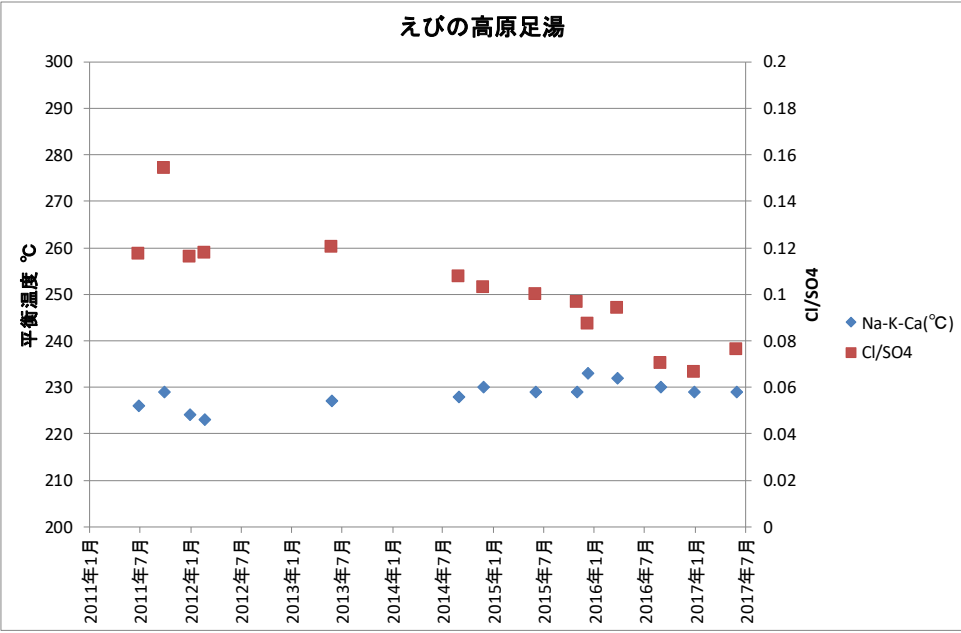


図 1 1

御嶽山 火山ガス観測装置による観測結果 (2017/1/1 ~ 5/31)

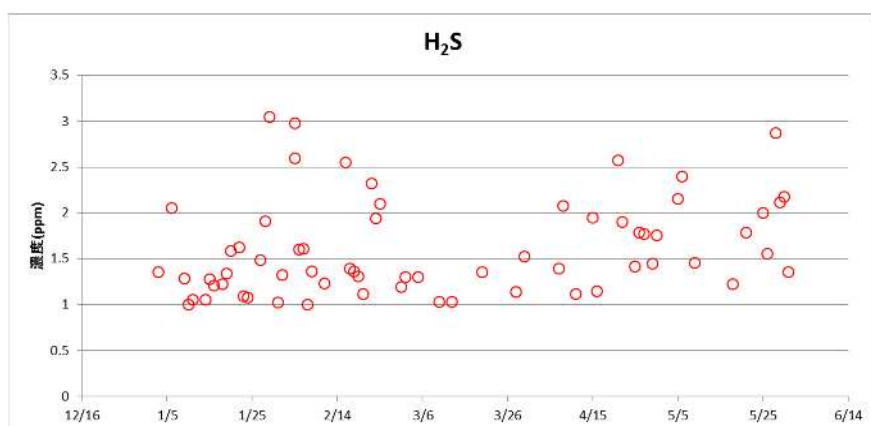


図 1. H_2S 濃度 (1 観測における最大濃度と最小濃度の差分)
センサーのゼロ点ドリフトが除去されている。

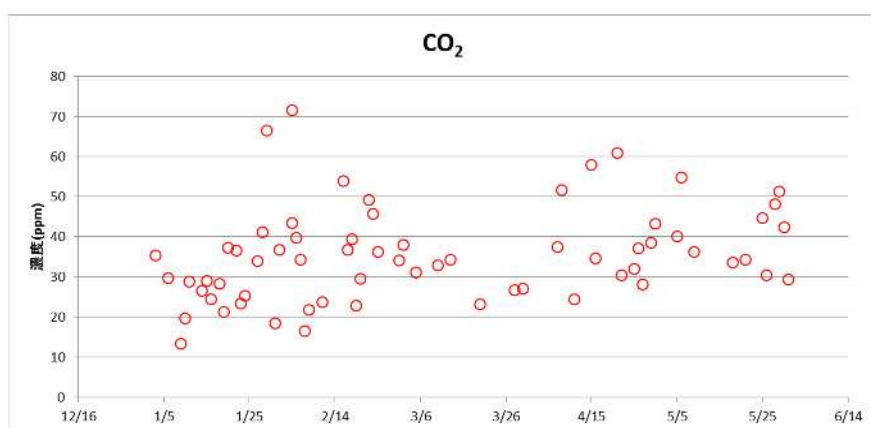


図 2. CO_2 濃度 (1 観測における最大濃度と最小濃度の差分)
センサーのゼロ点ドリフトと、大気バックグラウンドが除去されている。

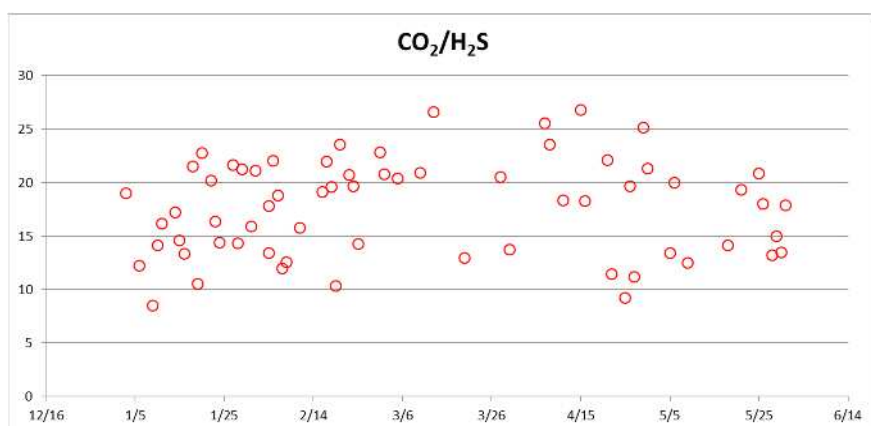


図 3. $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比 (連続データの回帰直線から算出したもの)

観測の概要

- ・ 毎日 13 時から 1 時間の観測を行う（1 秒サンプリング）。また H_2S が濃度 2ppm 以上を検出した場合にも随時の観測を行う。1 日の観測回数は合わせて最大 4 回。

データ処理

- ・ 1 秒サンプリングの生データの変動から、電圧変動の影響の除去とセンサーのゼロ点ドリフトの補正が必要なため、利用可能なデータを選別して最大値と最小値の差をとり、1 回の観測における濃度としている。これにより CO_2 の大気バックグラウンドも除去されている。
- ・ $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ は 1 回の観測ごとに、1 秒サンプリングの CO_2 と H_2S の相関係数が 0.6 以上かつ H_2S 最大値が 1ppm 以上のデータについて、回帰直線の傾きから算出している。

3 月は観測された H_2S 濃度が低い日が多く、データ抽出条件からはずれたためにデータ数が少ないが、濃度が低くなった原因は不明である。

H_2 センサーについては、ベースドリフトが大きいため濃度を求めることは出来なかった。

SO_2 について、同形式のセンサーを使用している吾妻山では、御嶽山同様のベースドリフトがあるが 0.2ppm 程度の濃度があれば検出できていることから、設置点付近ではこの期間中 0.2ppm を超える SO_2 ガスを検出することはなかったと考えられる。

今後評価に用いていくためには、現地で採取したガスとの比較、及び更なるデータの蓄積と検討が必要である。

* データ処理方法、品質管理方法について検討中のため、値は暫定値である。今後、その検討結果により値が変更される可能性がある。



図 4 . 火山ガス観測装置設置位置図（赤枠及び黄枠は国土地理院による推定火口）

○ 調査観測速報

・ 表面活動（図 1 ～ 3）

2017年6月5日から10日に現地調査を実施した。前々回（2016年6月）の観測で弱まっていたポンマチネシリ96-1火口の噴煙の勢いは引き続き弱かった。また、前回（2016年9月）の観測で消散していたポンマチネシリ第3火口及び第4火口の地熱域は消散したままだった。これらのことからポンマチネシリ火口の熱活動は低い状態が続いているとみられる。赤沼火口は、噴気の勢いや地熱域に変化はみられなかったが、前回の観測で2015年11月以前の状態に戻っていた西方噴気孔の最高温度は、前々回観測した温度ほどまで上昇がみられた。なお、中マチネシリ火口には特段の変化は認められなかった。

・ 地殻変動（図 4、5）

GNSS繰り返し観測では、2015年後半に観測されていた山体浅部の膨張と考えられる基線の伸びは2016年5月頃から縮みに転じており、現在もその動きが継続している。浅部の膨張は収縮に転じている可能性がある。

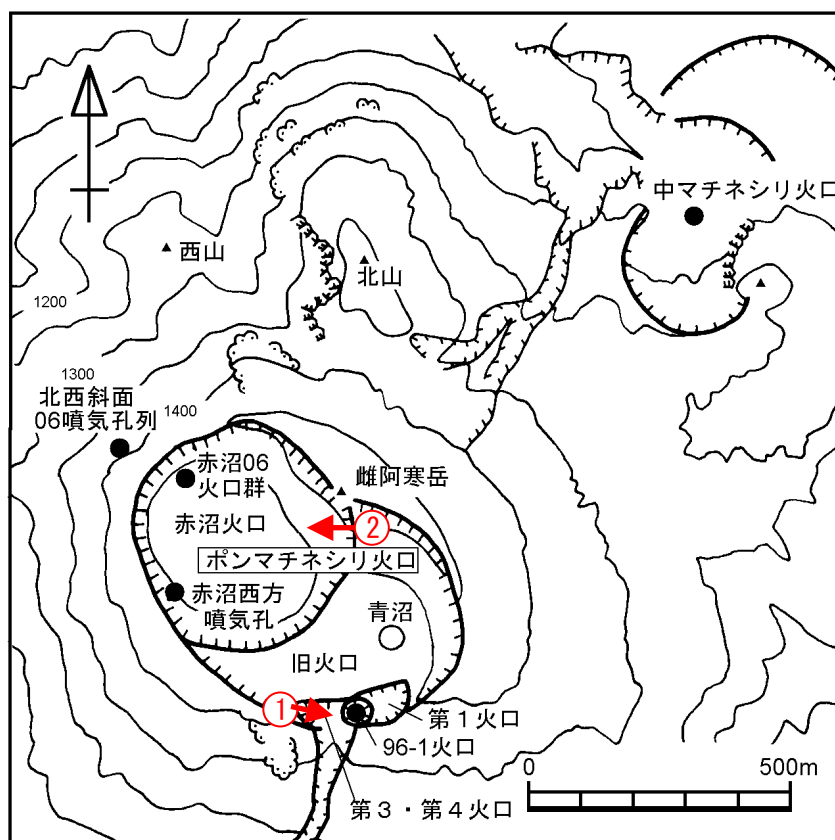


図 1 雌阿寒岳 写真及び赤外熱映像の撮影方向（矢印）

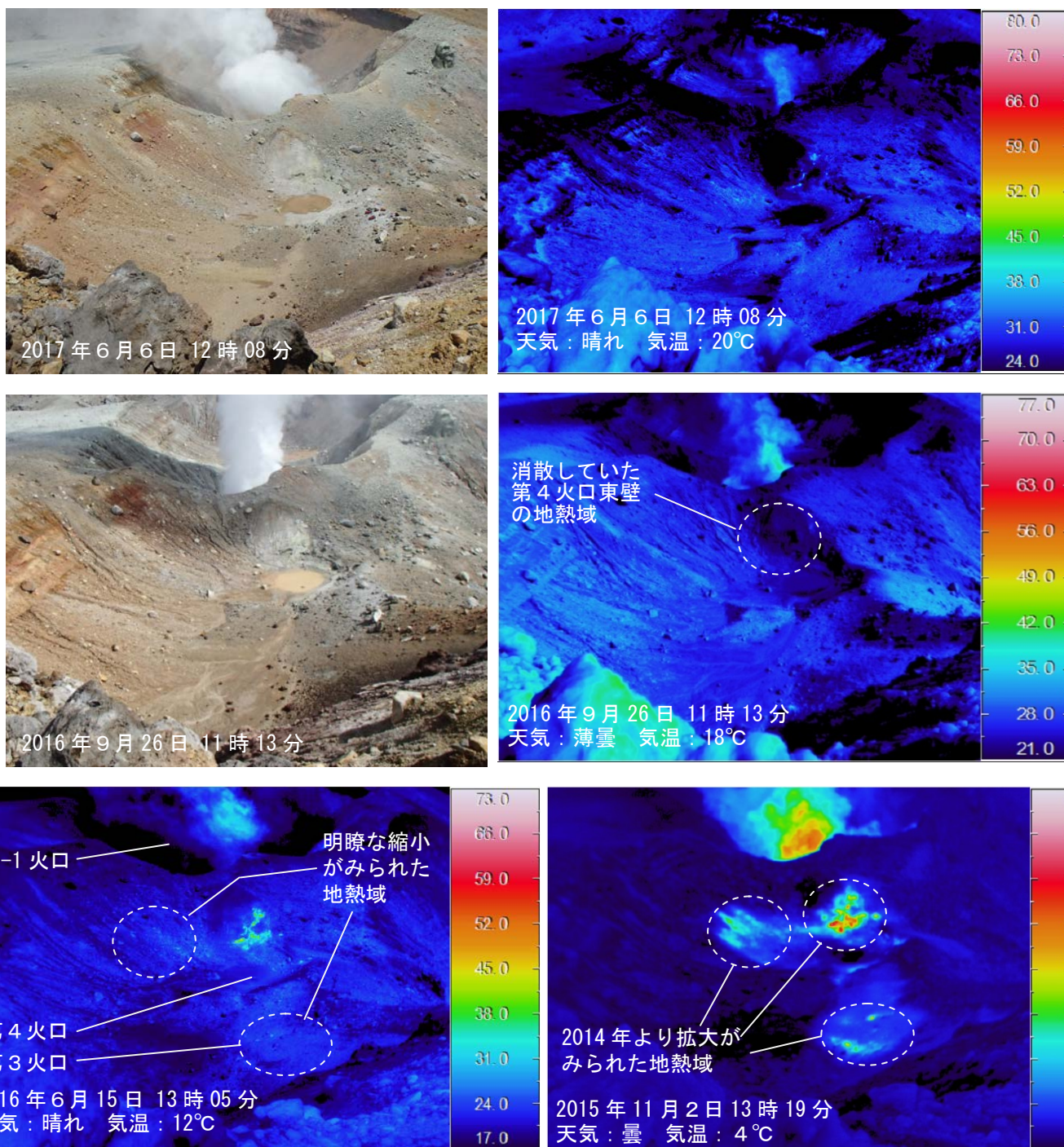


図2 雌阿寒岳 赤外熱映像装置によるポンマチネシリ第3火口及び第4火口の
地表面温度分布（図1中の①から撮影）

- ・前回（2016年9月）の観測と比較して、ポンマチネシリ第3火口及び第4火口の地熱域は消散状態が続いている

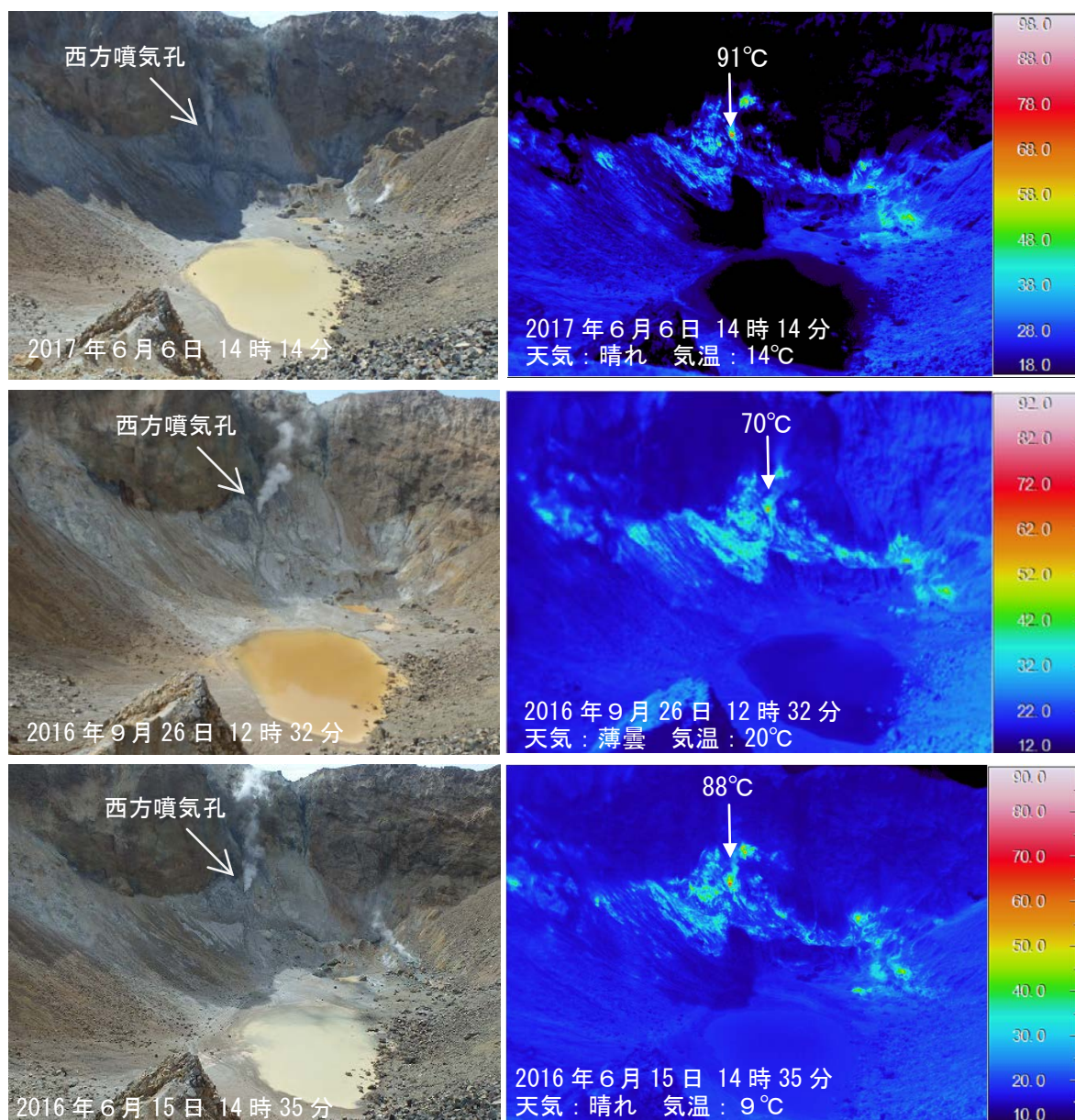


図3 雌阿寒岳 赤外熱映像装置による赤沼火口の地表面温度分布
(図1中の②から撮影)

- ・前回(2016年9月)の観測と比較して、噴気の勢いや地熱域に変化はなかった
- ・2015年11月以前の状態(70°C前後)に戻っていた西方噴気孔の最高温度は、前々回(2016年6月)ほどまで上昇がみられた

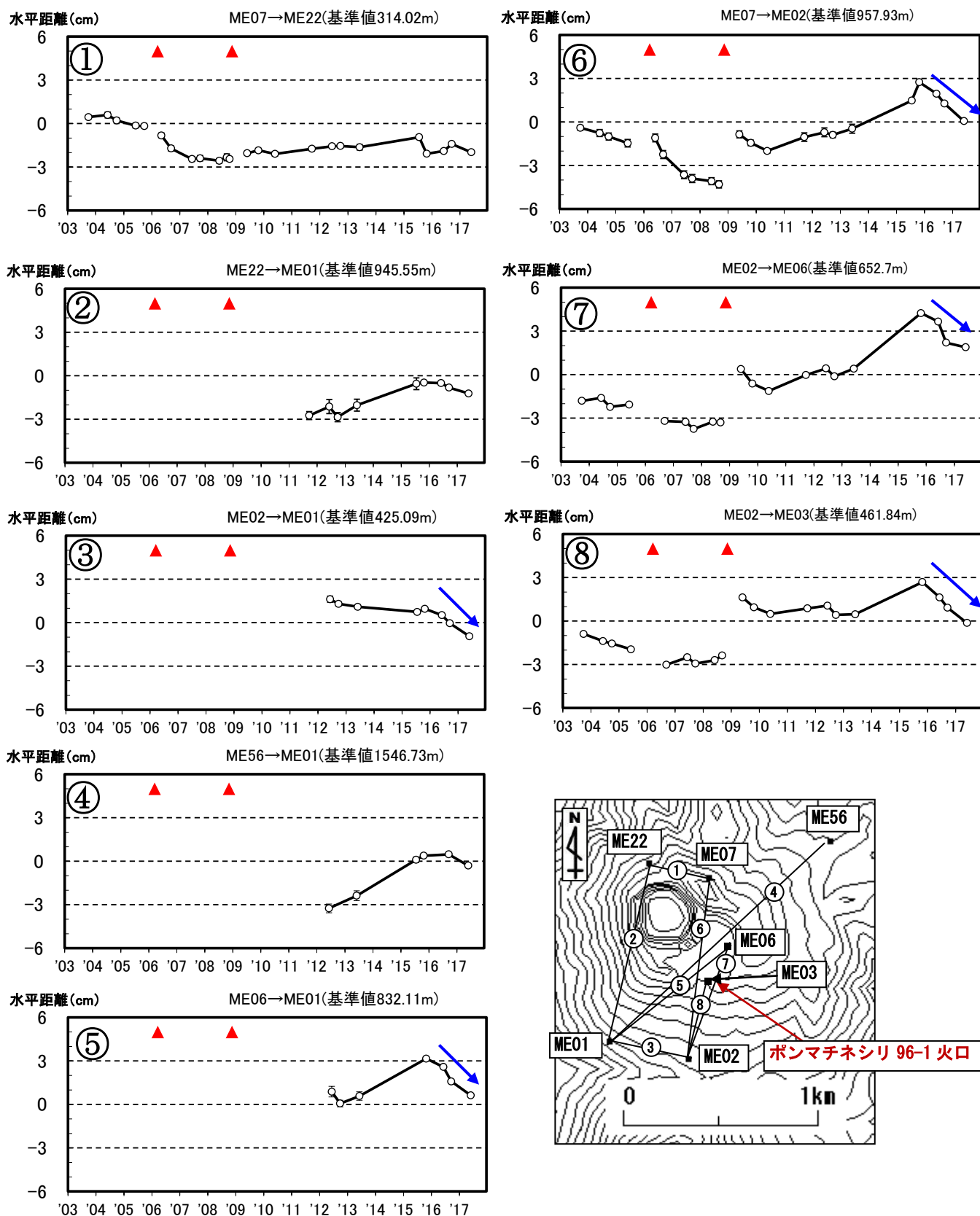


図 4 雌阿寒岳 GNSS 繰り返し観測によるポンマチネシリ火口付近の基線長変化
(2003 年 7 月～2017 年 6 月)

- ・ 図中の▲は2006年3月及び2008年11月の噴火を示す
 - ・ 基線①～⑧は地図の GNSS 基線①～⑧に対応している
 - ・ 96-1 火口の南側を挟む基線 (基線⑤～⑧) で観測されていた伸びは縮みに転じている (青矢印)
- この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図 50mメッシュ (標高)」を使用した

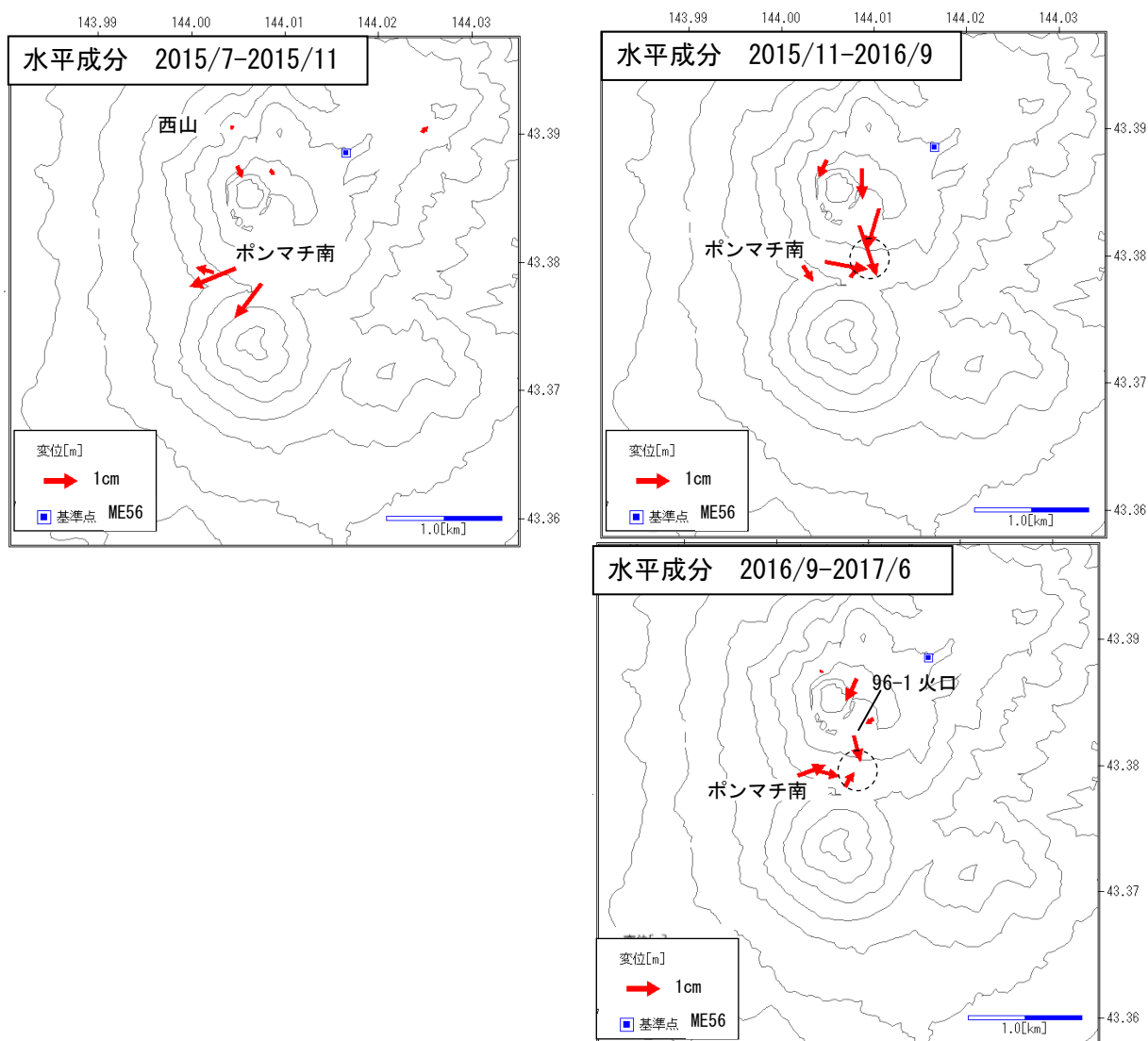


図5 雌阿寒岳 GNSS 繰り返し観測及び連続観測による水平成分変動量分布
 (左上: 2015 年 7 月～2015 年 11 月、右上: 2015 年 11 月～2016 年 9 月、
 右下: 2016 年 9 月～2017 年 6 月)
 ・2015 年 11 月以降の観測では、ポンマチネシリ火口南側(点線部)を中心とした、収縮傾
 向の動きがみられており、現在も継続している
 この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図 50mメッシュ(標高)」を使用した。

○ 今回観測されている地殻変動と観測体制の強化

・ 今回観測されている地殻変動の変動源推定（試行）

2016年10月～2017年5月のGNSS連続観測データを用いて、気象研究所の推定（膨張源の深さは5 km前後）を参考にした球状圧力源仮定のモデル計算を行った（図 6 A）。得られた結果は、山里 (2013) が行った膨張源の深度と膨張率をもとにした地殻変動の分類では「深部のゆっくりした膨張」に該当する。

また、浅部熱水系に由来する変動である可能性を踏まえ、北海道大学第113回火山噴火予知連絡会資料の推定を参考にしたモデル計算も行った（図 6 B：2つの開口断層を仮定、図 6 C：2つの球状圧力源を仮定）。

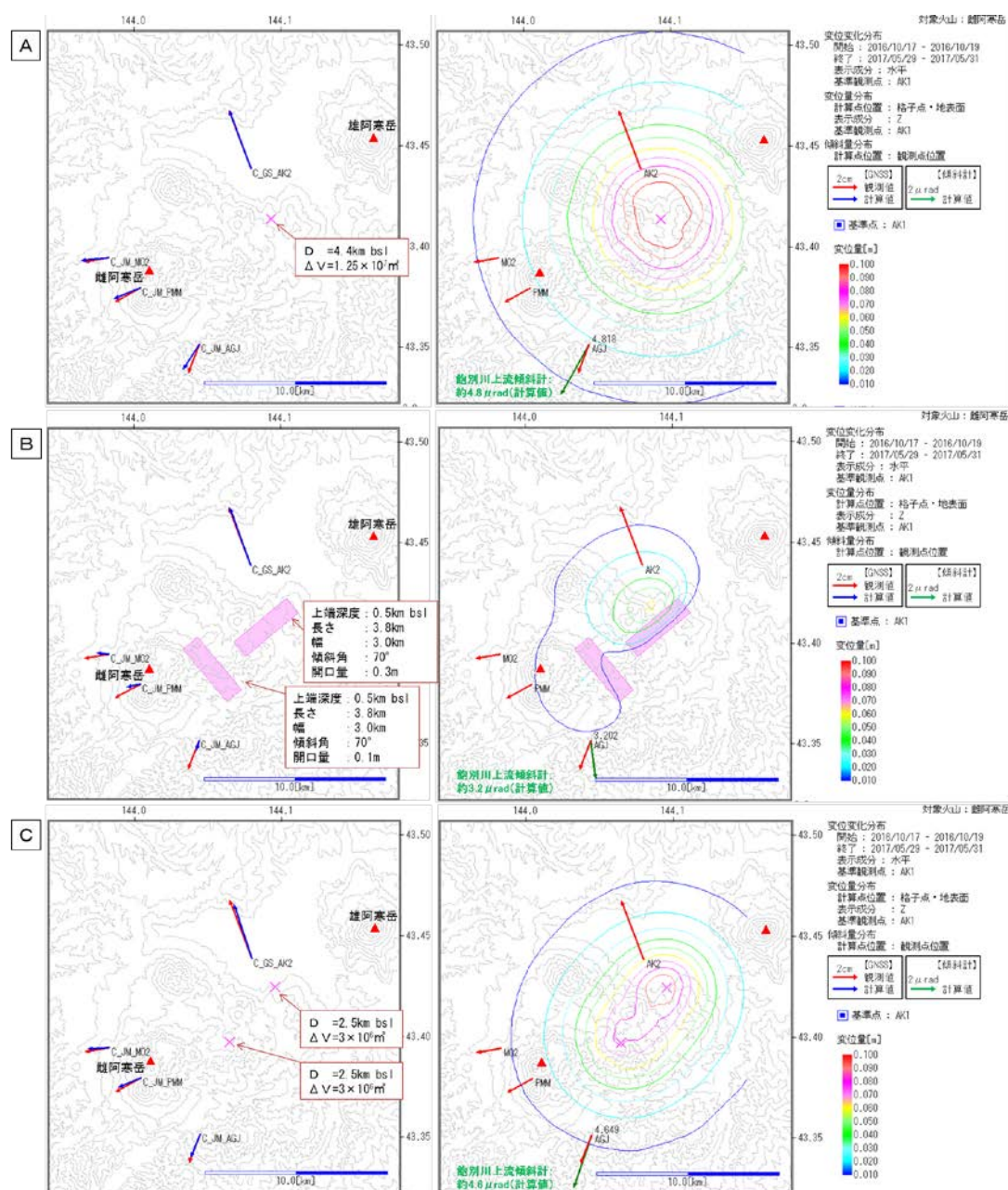


図 6 GNSS データを用いた変動源の推定 (MAGCAP-V を使用)

A：球状圧力源 1 つを仮定、B：開口断層 2 つを仮定、C：球状圧力源 2 つを仮定
左：観測値と計算値（ベクトル）の比較、右：観測値と計算値（等値線図）の比較

・参考：火山地域の地殻変動と活動の推移～アトサヌプリと霧島山(新燃岳)の例～

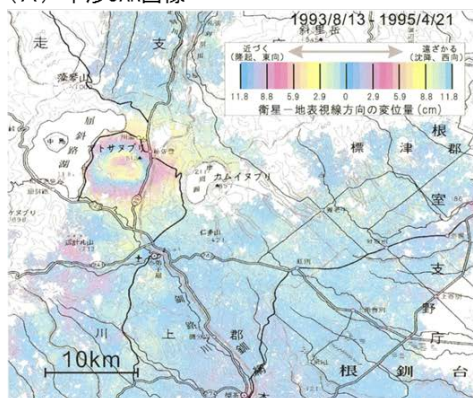
これまでも火山地域において火山活動に関連すると考えられる地殻変動が報告されているが、ここでは、アトサヌプリ周辺で観測された1994年をピークとする地殻変動及び2011年霧島山(新燃岳)噴火前に観測された2009年12月頃からの地殻変動に関して、その他の観測事実とともにまとめる。

【アトサヌプリ】

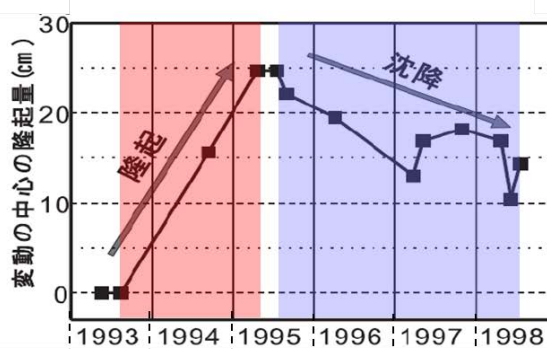
アトサヌプリ周辺では、1993年から1998年にかけて、干渉SAR解析により地殻変動(アトサヌプリ周辺を中心とした約25cmの隆起)が確認された。1994年付近で一気に隆起し、その後は1998年にかけて緩やかに最初の隆起量の約半分まで沈降したことが明らかとなっている。この変動は、深さ6 km付近のシル状の膨張モデルが示されており、膨張量は約 $2 \times 10^7 \text{ m}^3$ と推定されている(以上、国土地理院, 2006)。

膨張期に対応するようにアトサヌプリ周辺で深さ数kmを震源とする地震活動があったが、収縮期には地震活動は比較的低調に推移した。この事例では、活動が浅部まで至ることはなかった(噴火には至らず)。

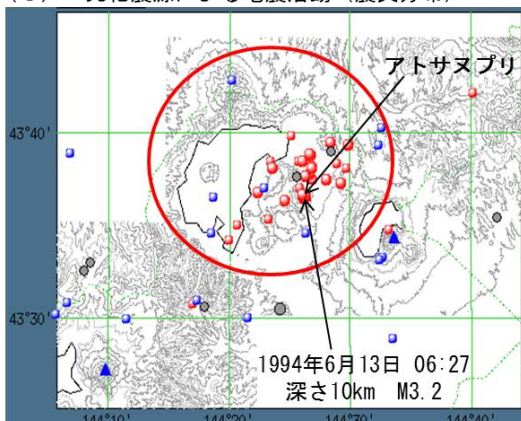
(A) 干渉SAR画像※



(B) 干渉SAR画像で捉えられた地殻変動の変位の中心における隆起量の変化※



(C) 一元化震源による地震活動(震央分布)



(D) M-T図(図Cの赤楕円内)

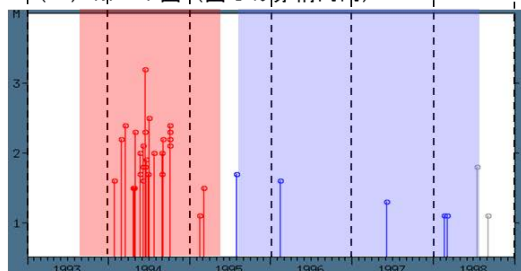


図7 1993年から1998年にかけてのアトサヌプリ周辺の地殻変動と地震活動

※：国土地理院(2006)をもとに作成

【霧島山(新燃岳)】

霧島山では、2009年12月頃から、GNSS連続観測等により地殻変動が確認された。2009年12月から新燃岳のマグマ噴火が発生した2011年1月までの変動をもとに、新燃岳北西数km付近（深さ7.5km）及び新燃岳直下（深さ3.4km）に球状圧力源が推定され、膨張量は合計 $1.5 \sim 1.6 \times 10^7 \text{ m}^3$ 程度と見積もられている（国土地理院, 2012）。なお、この膨張は2011年1月のマグマ噴火を契機に収縮に転じた。

2011年1月の新燃岳噴火は本格的なマグマ噴火であり、準プリニー式噴火の後、新燃岳火口を溶岩が埋め、ブルカノ式噴火を繰り返す活動が続いた。本格的なマグマ噴火前の2008年や2010年以降、小規模な水蒸気噴火が複数回発生していた。

福岡管区气象台・鹿児島地方气象台(2013)は、膨張性の地殻変動が始まった2009年12月頃から、新燃岳直下浅部を震源とする火山性地震のごくわずかな増加や、韓国岳西方、新燃岳北東の小林市付近や大浪池付近の地震活動がわずかながら活発化している傾向を指摘している。（新燃岳周辺の火山性地震のうち、B型地震がやや増加したとの傾向も認められる）しかし、2011年1月26日の準プリニー式噴火では、噴火発生前に新燃岳直下へのマグマ貫入を示すわずかな傾斜変動が観測されたが、顕著な地震増加などはみられなかった。なお、2011年1月19日噴火の火山灰からは、2010年までの噴火では見られなかった新鮮なマグマ物質が含まれていることが分かっている。

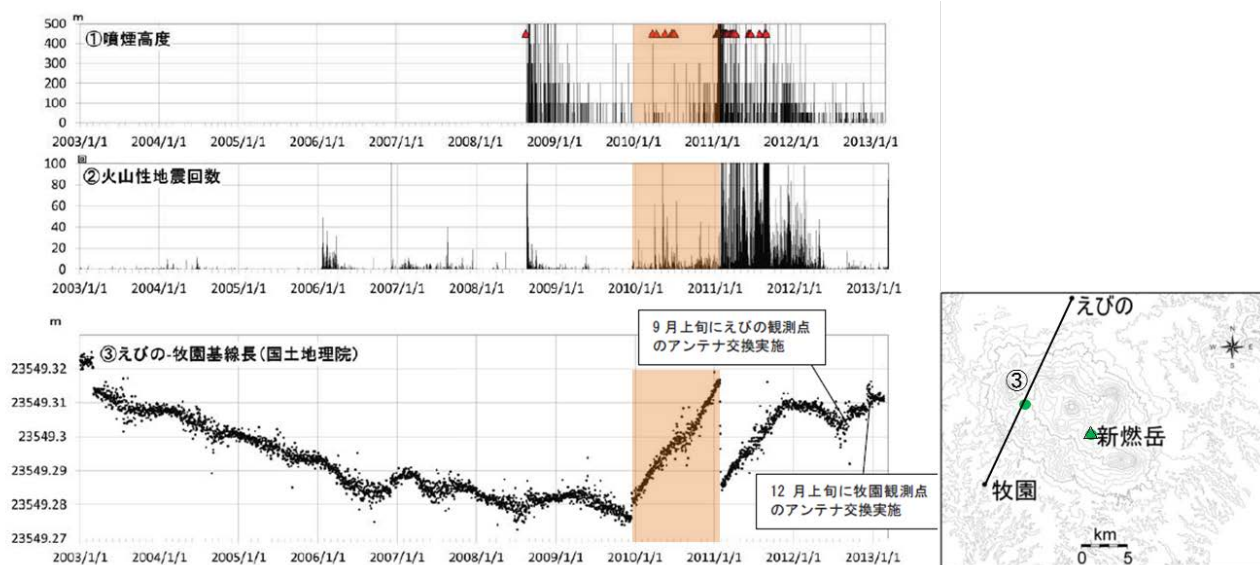


図 8 霧島山(新燃岳) 長期の活動経過 (2003 年 1 月 1 日～2013 年 3 月 10 日)

①～③：第 125 回火山噴火予知連絡会気象庁資料をもとに作成

地図上の●は、国土地理院(2012)により推定された圧力源（新燃岳北東数 km 付近の変動源が主要な変動源と考えられている）

これら 2 事例は、山里(2013)による「深部のゆっくりした膨張」に分類される。深部のゆっくりとした膨張が噴火に至るケースも、噴火には至らないケースも、いずれもありうる。

・雌阿寒岳周辺の火山観測体制とその強化

雌阿寒岳の既存の火山観測体制に加えて、現在観測されている雌阿寒岳東方の地殻変動を踏まえて関係機関が臨時に設置した観測点をまとめる（図 9；※印の観測点が今般臨時に設置のもの）。

2016年10月下旬から、雌阿寒岳の山体内及び東山麓の観測点で伸びの変化が観測されている。2016年12月頃からは、中マチネシリ火口付近及び東山腹の地震がやや増加している。このことから、気象庁では、5月末に「阿寒湖畔スキー場にGNSS及び地震計」を設置した。

【設置目的】

GNSS：設置場所は干渉SAR解析結果から推定される変動の中心に比較的近く、概ね北東側から地殻変動を観測することとなる。周辺のGNSS観測点のデータとともに解析を行うことで、地殻変動の推移を連続的に把握する。

地震計：雌阿寒岳の東山腹などには関係機関を含めて地震計が設置されていないことから、GNSSと同じ阿寒湖畔スキー場に設置し、広域観測網と合わせた震源精度の向上を図る。

【今後の観測強化】

5月に追加の現地調査（雌阿寒岳東方の林道、阿寒湖北部～雄阿寒岳東側等）を実施しており、今後の活動の推移に応じて必要な観測強化を行う予定である。

また、活動の長期化を見据え、観測点の越冬対策についても検討を進めている。

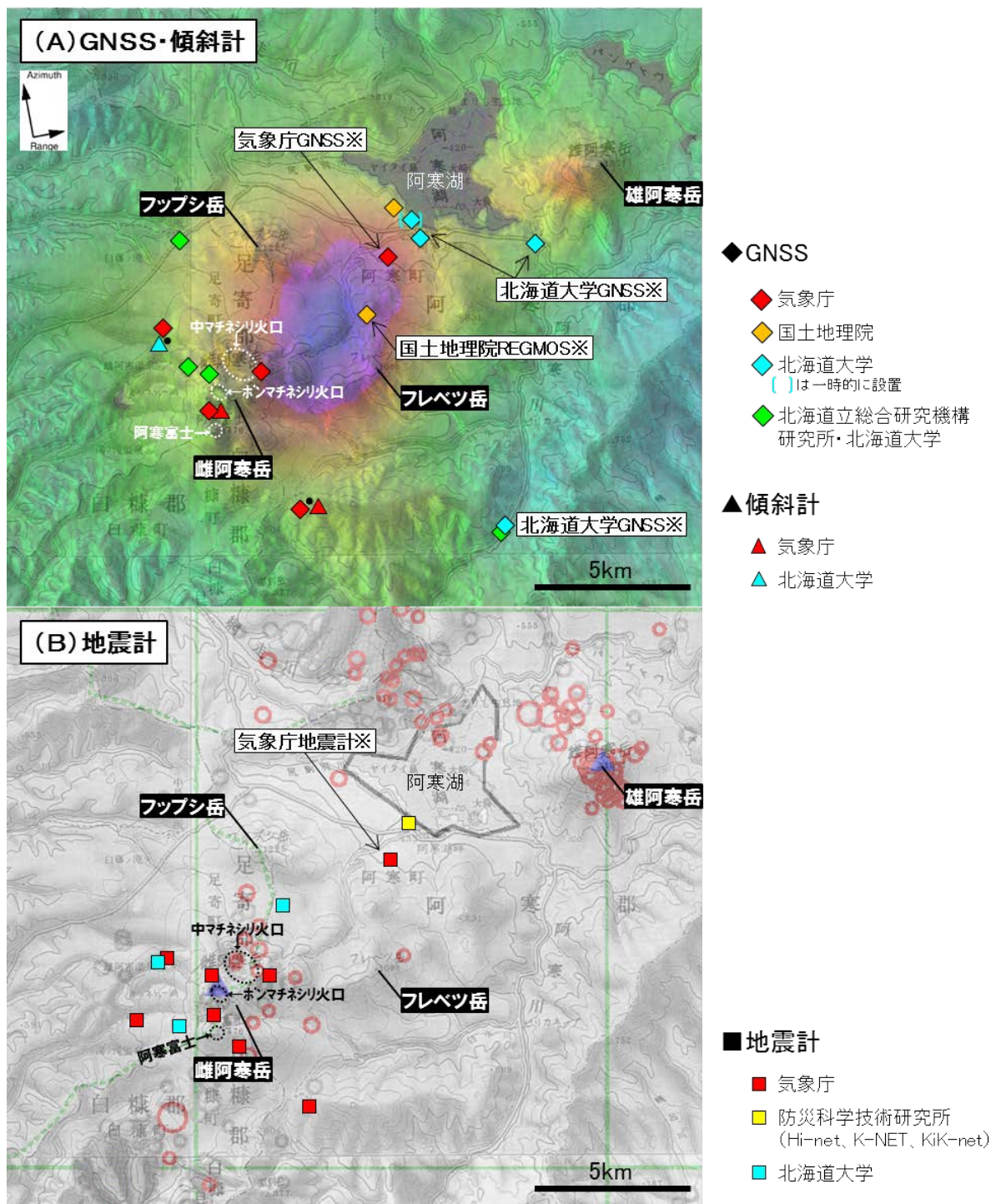


図 9 雌阿寒岳周辺の火山観測体制

※印の観測点：今般臨時に設置の観測点

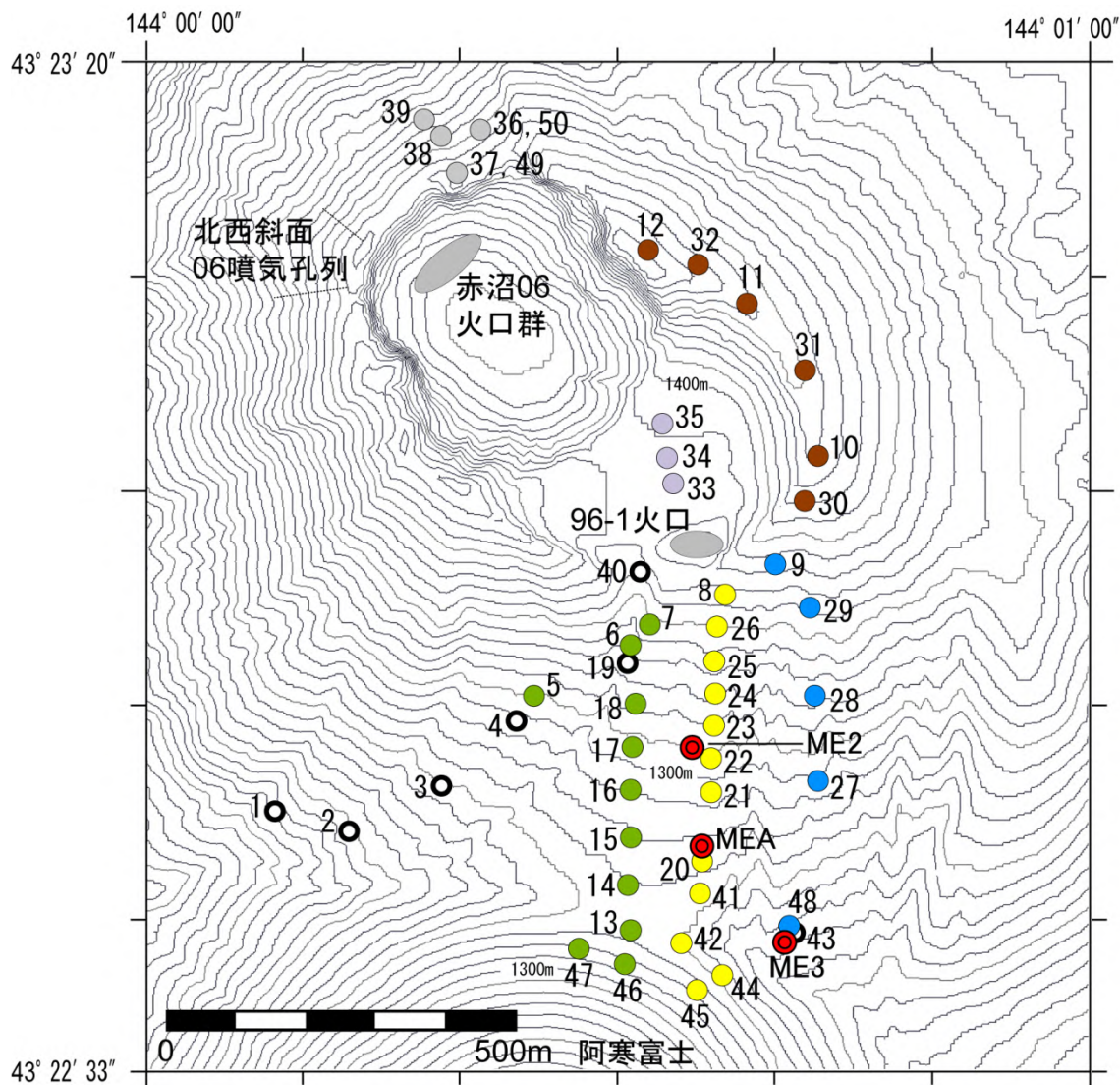
A：GNSS・傾斜計（20 万分の 1 地勢図及び気象研究所による干渉 SAR 解析結果*¹上に表示）*¹ パス 121-860、2016 年 10 月 31 日～2017 年 5 月 29 日の干渉画像B：地震計（20 万分の 1 地勢図及び一元化震源分布（雌阿寒岳本資料図 10 右上）*²上に表示）*² 2012 年 1 月 1 日～2017 年 5 月 31 日、M $\geq$ 0.5、深さ 15km 以浅の地震。

○：2012 年 1 月 1 日～、○：2016 年 10 月 1 日～

雌阿寒岳における地磁気全磁力変化（速報）

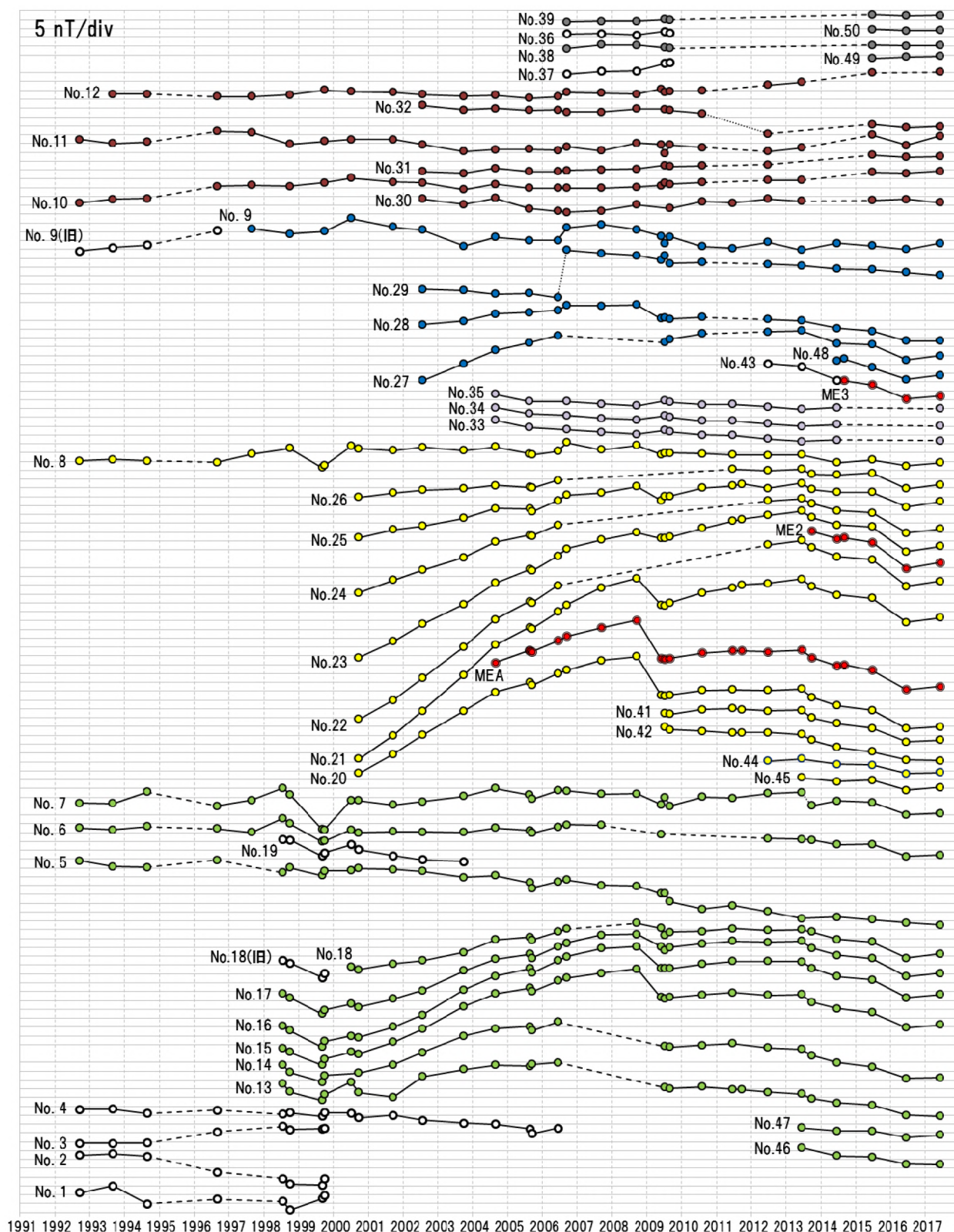
2017年6月6日、7日に全磁力繰り返し観測を実施したので、資料を追加する。

2017年6月に実施した全磁力繰り返し観測によると、2016年6月から2017年6月の間に、96-1火口南側斜面で全磁力の増加が見られる。



第1図 全磁力観測点配置図

は全磁力連続観測点を示す。○は繰り返し観測点を示し、●は観測を終了した観測点を示す（観測点の色は第2図と対応）。等高線は10m間隔。ポンマチ南東（MEA）は2006年10月16日に、ポンマチ南東2（ME2）は2013年9月28日に、ポンマチ南東3（ME3）は2014年9月3日に観測を開始した。この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の『数値地図10mメッシュ（火山標高）』を使用したものである。（承認番号 平26情使、第578号）



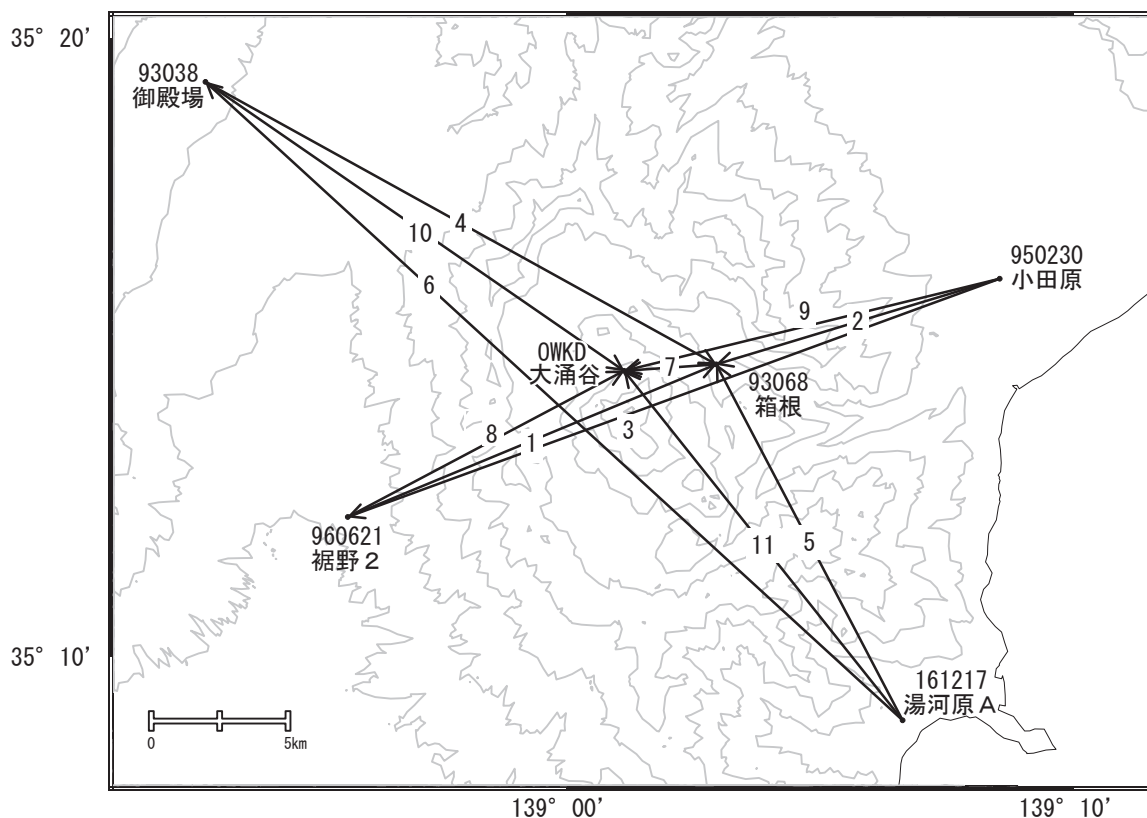
第2図 繰り返し観測点とMMBの全磁力値差（1992年9月～2017年6月）

印は地形変化や観測点の位置変更の影響があると思われる変化を示す（No.7, 29, 32）。

箱根山

2017年4月以降、箱根山全体を挟む基線や、大涌谷近くの基線でわずかな伸びが見られます。

箱根山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

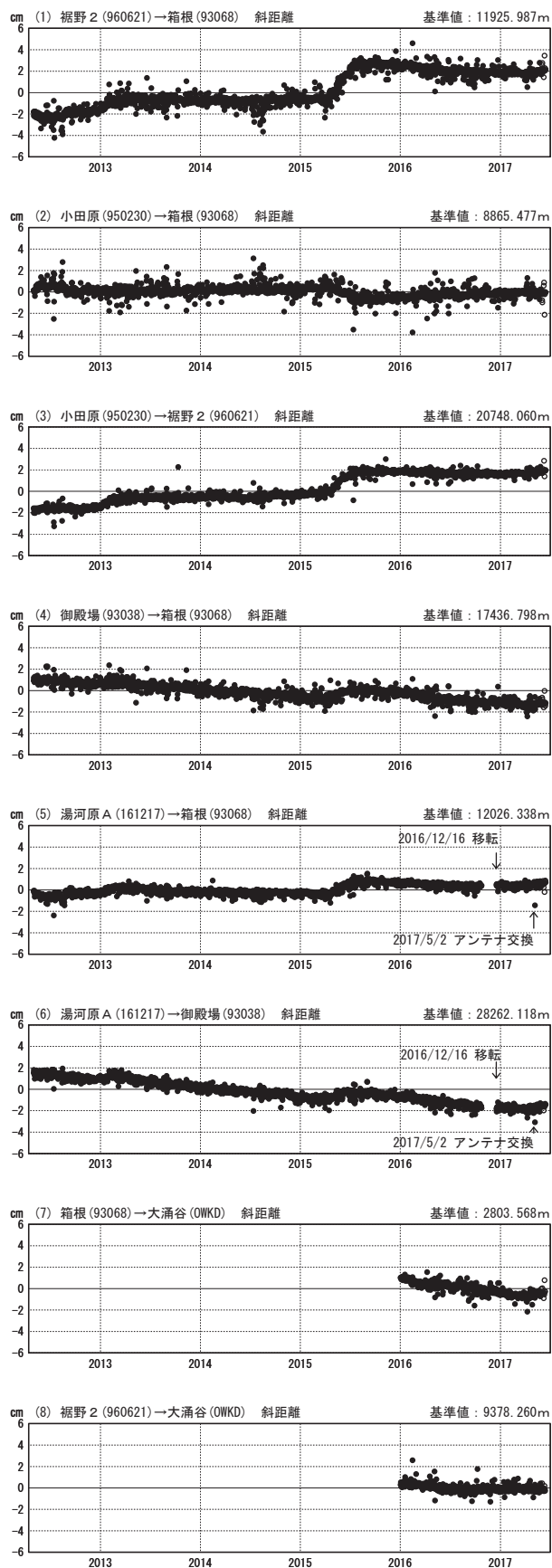


箱根山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
93038	御殿場	20121112	アンテナ・受信機交換
93068	箱根	20120825	伐採
		20121211	アンテナ・受信機交換
		20140926	受信機交換
950230	小田原	20121011	アンテナ交換
		20140403	アンテナ・受信機交換
		20140605	受信機交換
960621	裾野2	20121011	アンテナ交換
		20150302	受信機交換
		20150530	受信機交換
		20150807	受信機交換
161217	湯河原A	20121211	アンテナ・受信機交換
		20161216	移転(湯河原→湯河原A)
		20170502	アンテナ交換

基線変化グラフ

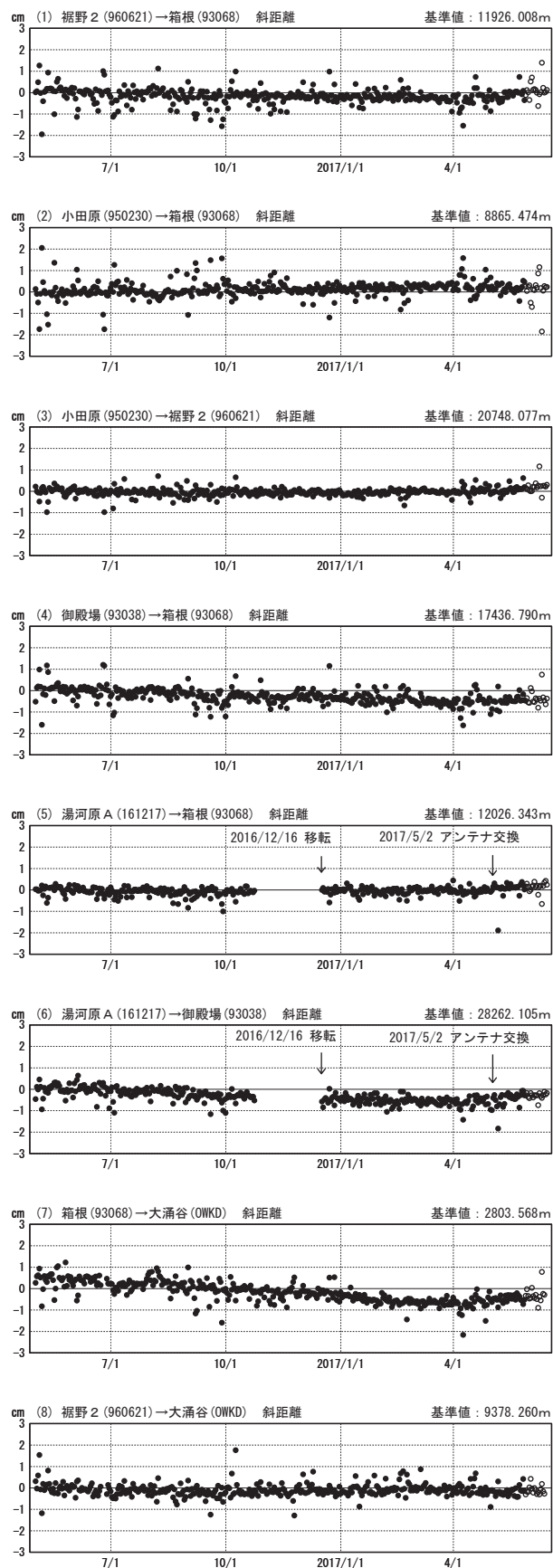
期間：2012/05/01～2017/06/14 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2016/05/01～2017/06/14 JST



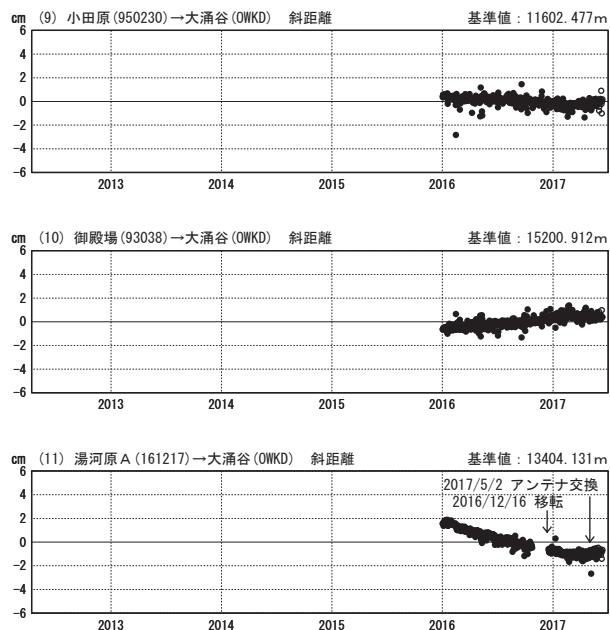
国土地理院

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

箱根山

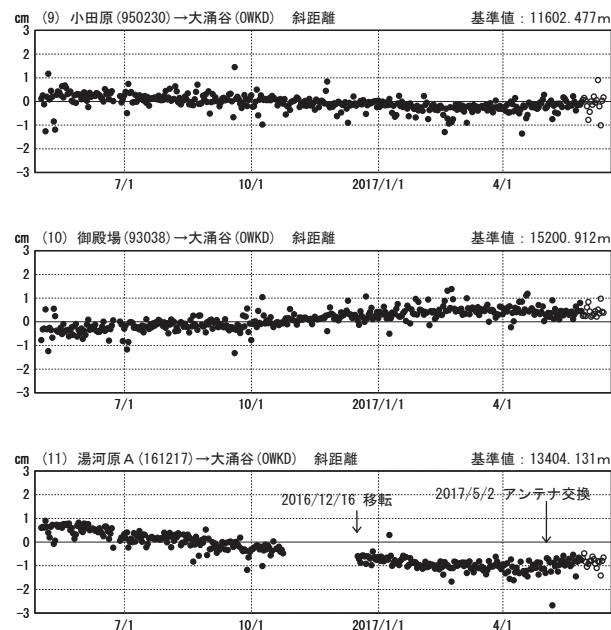
基線変化グラフ

期間：2012/05/01～2017/06/14 JST



基線変化グラフ

期間：2016/05/01～2017/06/14 JST

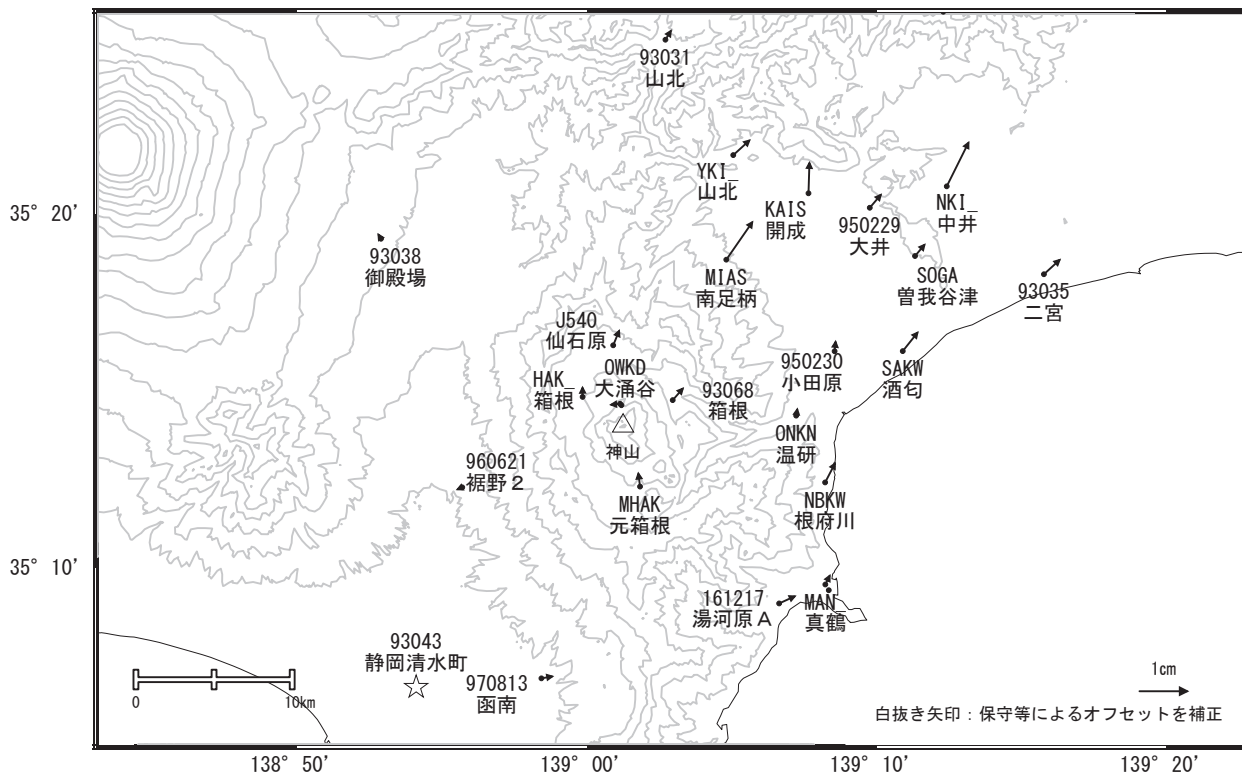


国土地理院

箱根山周辺の地殻変動(水平:1年) 一次トレンド除去

基準期間：2017/03/01～2017/03/15 [F3:最終解]
 比較期間：2017/06/01～2017/06/15 [R3:速報解]

計算期間：2015/10/01～2016/10/01



国土地理院・気象庁・温泉地学研究所

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

箱根山