

第 141 回 火山噴火予知連絡会資料

(その 7)

追加資料

平成 30 年 6 月 20 日

火山噴火予知連絡会資料（その7）

目次

霧島山.....	3
九大 3-4	
防災科研 5-17	
草津白根山.....	18
気象庁 18-20	
東海大 21-22	
桜島.....	23
京大桜島 23-33	
十勝岳.....	34
気象庁 34-53	
北大有珠 54	

精密水準測量で検出された霧島・硫黄山の地盤上下変動

(2015 年 6 月～2018 年 6 月)

硫黄山周辺では 2017 年 10 月以降に隆起傾向に反転し、2018 年 3 月には最大 15.1 mm の隆起が記録されていたが、5 月以降はほぼ横ばい傾向となっている。これは地表から多量の水蒸気や熱泥水の噴出量と、深部からの熱水供給が均衡しているためと推測される。

九大を中心とした大学合同水準測量班は、2015 年 6 月にえびの高原周辺に水準路線を増設した(図 1)。その後、硫黄山では火山性地震の群発や傾斜変動をとともなう火山性微動がたびたび発生し、2015 年 12 月中旬には地表に新たな噴気帯が生じ、2017 年 5 月には火山泥の噴出が確認されている。その後噴気活動は一時沈降傾向になったが、2018 年 2 月には火山性地震が増加し、噴気現象も再度活発になってきた。2018 年 3 月 6 日の水準測量結果では硫黄山山頂部を中心に最大 15.1mm の隆起が観測され、4 月上旬から硫黄山の南側に沿って東西に新たな噴気孔列が生じ、一部で小噴火を発生させている。しかし 5 月 6 月の測量では、ほぼ横ばい傾向になっていることがわかった。

最近 4 回的水準測量結果を図 2 に示す。また主な水準点における隆起量の時間変化を図 3 に示す。いずれも 2015 年 6 月および、測線の西端の BM1120 を基準としている。

2018 年 4 月 20 日に硫黄山西麓 500m に強い噴気孔が出現したが、この地点は BM3040 から数 m 離れた地点であった。3 月と 6 月の測量結果を比較すると、BM3040 は 102.6 mm の隆起となった。この隆起量は干渉 SAR 解析による噴気孔周辺の隆起量とほぼ一致している。

水準測量から得られた隆起量は、地表での火山活動と相関しているが、3～6 ヶ月先行して発生している。2017 年春以降は硫黄山周辺を中心に沈降現象が見られていたが、10 月～2018 年 3 月に反転し、地表においても 2018 年 4 月以降に噴気活動が活発となった。しかし 5 月、6 月の測量ではほぼ横ばい傾向となっていることから、地表から多量の水蒸気や熱泥水の噴出量と、深部からの熱水供給がほぼ均衡していると推定される。



図 1 えびの高原～硫黄山区間の水準路線。2018 年 4 月から活発化した噴気領域や、これまでの水準測量から推定された圧力源の水平位置も同時に示す。国土地理院電子地形図(タイル)を使用した

霧島山

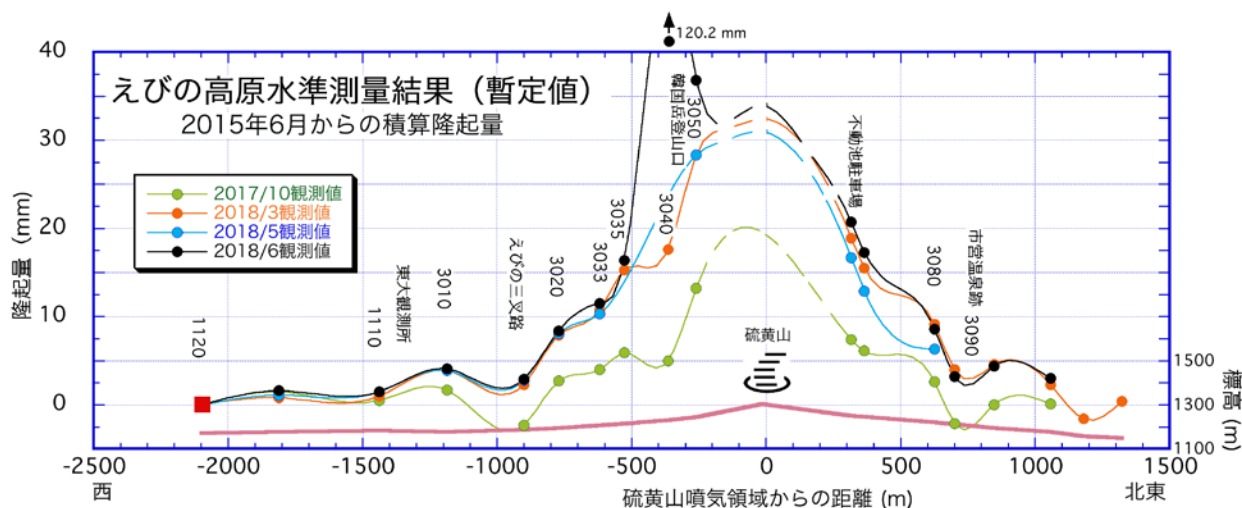


図2 最近4回の水準測量結果. 西側噴気孔が形成された3040付近の隆起が著しい.

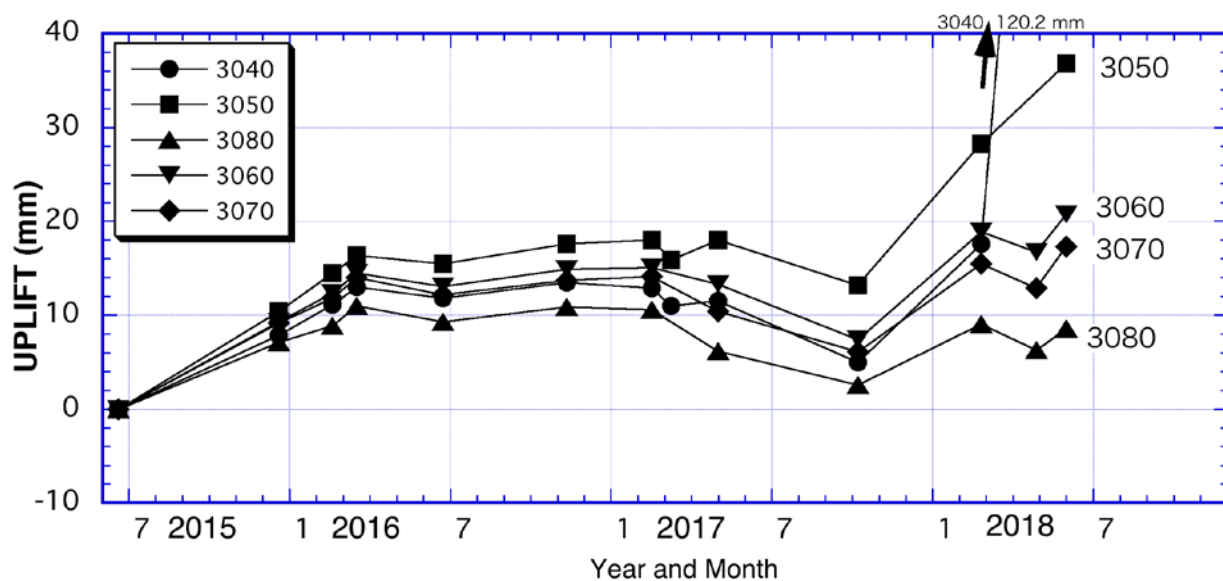


図3 主な水準点の標高の時間変化. 2017年2月以降に沈降傾向がみられていたが, 10月～2018年3月は一転して隆起しており, 地下の圧力源の急膨張が推定されていた. 2018年4月の新噴気孔の生成・熱泥水の噴出に伴い, 現在は膨張傾向がほぼ横ばいになっている. 4月20日に出現した西側噴気孔の影響を受けたBM3040は隆起が著しく, BM3050もその影響を受けている

*2018年3月 測量作業 手操佳子・森田花織・塚本果織・清水 洋・気象庁福岡/鹿児島

2018年5月 測量作業 松島 健・清水 洋・千葉慶太

2018年6月 測量作業 内田和也・松島 健・古賀勇輝・磯田謙心・気象庁福岡/鹿児島

霧島山えびの高原(硫黄山)2018年4月の噴火後の

火口周辺の状況と噴出物の分布

1. 概要

2018年4月19日に噴火を開始した霧島山硫黄山について、2018年4月20日に機上観察、4月20日～23日に火口周辺調査および山麓の降灰調査を行った。その後6月4日に再度火口周辺の調査を行った。

その結果、硫黄山の南山腹では最近活動が認められていた噴気孔を含む8ヶ所の噴出孔が確認された。そのうち南西側の3か所では湯だまりとなっており砂礫を含む泥水をジェット状に噴き上げていた。6月の調査時には2か所の拡大した火口地形内で熱水の噴き上げや活発な噴煙活動が続いていた。噴出物は砂礫混じりの泥質火山灰で噴出孔縁では最大で1m程の厚さがあった。硫黄山西山腹に4月20日に開口した噴出孔群では、周囲に一部が湿った状態の堆積物が確認された。噴出孔縁での噴出物の厚さは最大で30cmであった。

噴出物の分布から推定された降下火砕物の噴出量は南山腹から約1500t程度、西山腹から470t程度であった。

2. 噴出孔周辺の状況

(a) 硫黄山南噴出孔群

4月21日の観察では噴煙が南西に流れていたため主に北方～東方から観察を行なった。硫黄山の南東山腹では少なくとも8ヶ所の噴出孔が活動しており、その多くは19日の噴火開始時に新期に形成されたものと考えられる。ここでは噴出孔群を硫黄山南噴出孔群とし、北東側から順にS1～S8と仮称する(図1)。このうちS5は2018年2月以降熱異常や噴気が確認されていた地点(熱異常域S:第140回予知連地震研提出資料)、S8は2018年4月上旬から噴気や湯だまりの確認されていた地点(4月9日発表気象庁火山活動解説資料)にあたる。北東側のS1からS5は主に白色噴煙を噴出しており、南西側の標高の低い位置にあるS6～S8は湯だまりを形成し断続的に泥水を噴き上げる活動を行っていた(図2a, 2b)。少量の火山灰の降下も伴っていた可能性が高いが、風上側から観察した限りでは目視では確認できなかった。なお、気象庁硫黄山南カメラの映像では4月19日の噴火開始時にはS5付近だけでなく熱異常域Sの南側(図1のSs付近)からも噴煙が上がっていたが、それに対応するような噴出孔は確認できなかった。

S1～S5は谷状地形に沿って開口しているため内部の様子は不明であったが、泥水の噴出も起きておりS5の傍の谷から灰色の泥水が流下していた(図2a, 2g)。S2は20日午前空撮時には開口していなかった(図2d)。これらの噴出孔縁付近では灰色の砂礫混じりの泥質火山灰からなる噴出物が厚く堆積していた(図2e)。S6はやや褐色を帯びた泥水を5m程度の高さまで吹きあげており、傍らの湯だまりからは泥水が西側の低地にそって流れ出していた(図2a, 2g)。S7(図2b, 2d)は機上観察等で5～10m程度まで泥水を噴き上げている大きめの噴出孔として確認できたが、近接できず、また周囲は常に噴煙に覆われていることから詳細は不明であった。S8は噴煙活動が比較的弱く、褐色を帯びた泥水を1～2m程度の高さまで吹き上げていた(図2b, 2h)。

6月の調査時には、S1～S3は大きな湯だまりY3を持つひとつの火口となっており、黄色味がかった熱水を5m程度噴き上げていた(図1, 図3r)。S4～S7は二つの火口状地形が接合したような凹地となっており、ひとつの湯だまりY2となっていた(図1, 図3o)。S6・S7の位置での熱水噴き上げは終了し、S5のあ

った位置のやや北方で黄色味がかかった熱水を 5m 程度噴き上げていた(図 3o, 3p)。S8 は噴気が認められない浅いくぼみとなっていた(図 3q)。

これらの噴出孔群から流出した泥水は合流してえびの高原の長江川へと続く沢を流下していた(図 2b, 2h)。泥水の流れ込んだ沢では、4 月 20 日午後の調査時には水面から 10 cm 程度の高さにベンチマークがあり川岸に沿って堆積物を残しており(図 2m, 2n)、調査時よりも流量が多かった時期があったとみられる。6 月の調査時でも熱水が流出していたが、水量は減っており、懸濁による濁りも薄くなっていた。

(b) 硫黄山西噴出孔群

4 月 20 日の午後以降に開口したえびの高原の県道一号線沿いの噴出孔をここでは硫黄山西噴出孔群とし、北側から順に W1～W6 と仮称する(図 1)。今回の調査では主に北方から観察していて近接しなかったが、W2～W4 が白色の噴煙を勢いよく上げていたこと、周囲に灰色の火山灰が薄く堆積していたこと、堆積物の一部は湿っていたこと、等が確認できた(図 2i)。6 月 4 日の調査時には近接して観察できたが、詳細は地震研提出資料(霧島硫黄山西 2018 年 4 月噴火による地形変化・噴出物および噴火後の噴気活動)に記述しているのでここでは割愛する。

3. 噴出物の分布

噴出物が確認できた地点では層厚計測あるいは堆積量の定面積測定を行い、堆積密度は 1000kg/m^3 として層厚と堆積量を互いに換算した。噴出孔縁等の直接計測できない地点では写真等による層厚判定、空撮写真の降灰被覆状況から降灰量推定によって踏査を補い噴出物の分布を推定した(図 5)。なお以下では降下火砕物の大部分は噴火初期に噴出していると考え、調査時期の違いによる各地点の堆積量の変化はほぼ無視できるものとした。

南噴出孔群の S1～S5 周辺では 5～50 cm 程度の層厚を有し、火砕丘状の地形をもつ S-3 噴出孔付近では 1m 程度の層厚があると推定される(図 2e, 図 3s)。噴出物は砂礫混じりの灰色泥質で、既存の岩塊等の表面に付着するように堆積している(図 2f)。堆積後の流動や噴出した泥水による浸食がおきていた可能性があり(図 2f)、層厚が部分的に変わっていることが十分考えられるが、概ね噴出孔縁から 20m 程度離れた場所で 10 cm 以下、50m 程度では 1cm 以下の厚さがあった。多くの地点で噴出物には逆級化構造があり、下部が泥質、上部が砂質・砂礫質な場合が多く認められる(図 4v～4x)。S4・S5 の東側ではその下位に砂礫質の層が認められる(図 4u) が、これは硫黄山西カメラの映像で噴火初期に S4～S6 付近から噴出し東に流れた噴煙から降下した堆積物に対応する可能性がある。噴石(火山礫・岩塊)の飛散範囲は明確になってないが、少なくとも南東側では火山礫が火口群から約 80m 離れた場所まで確認された(図 3t)。

S6～S8 噴出孔では観察が不十分であるが、S6 の噴出孔縁では褐色の岩塊の間に低木が立木として残存していて噴出物の堆積が明瞭に確認できない(図 2g, 図 3p)ことから、噴出物の大部分は泥流として流れ去り、粗粒な砂礫を少量残した可能性がある。南噴出孔群西側の泥流流路沿いには土砂が数 10 cm 以上の厚さで堆積しているとみられる(図 1, 図 2b, 2h, 図 3q)が、その表面には流水で運ばれたと思われる火山礫が多く分布する(図 4x)。

西噴出孔群では降下火山灰や噴泥、泥流の堆積物、噴石等が確認されている(地震研提出資料)。噴出孔付近では最大で 30 cm の層厚があり、沢の中を流れた形跡を示す厚い泥流堆積物を除くと噴出孔群から周囲にむけて薄くなるような分布をしていた(図 5)。

噴出孔群から 100m 以上離れた場所では凝集火山灰が堆積していた(図 2j, 2k, 2l)。遠望観察で降灰の痕跡が顕著な範囲(堆積量が 100g/m^2 程度以上に相当)は南噴出孔群では北東側 250m 程度、南西側 500m 程度、西噴出孔群では北東側 50m 程度、南西側 150m 程度であった(図 5)。山腹～山麓での降灰調査の結

果では、噴出孔から 8km 程度までの約 34km² の範囲に降灰したと推定される（図 6）。頻繁に風向が変化したことを反映し東北東、西南西、南南西の降灰軸が存在したと推定される。

以上の特徴から噴出物は泥水流路沿いの堆積物を除く大部分が湿った噴煙に由来する降下火砕物と判断される。

4. 噴出物の推定

図 5 および図 6 を利用し降下火砕物の噴出量の推定を Fierstein and Nathenson (1992) の方法で行った。その結果南噴出孔群では噴出量は約 1500t となった。泥流堆積物や熱水の懸濁物として流出した固体物質は考慮に含まれていないため、この値は総噴出量としては少なめに見積もった概略値であると考えられる。西噴出孔群についても、噴出孔周辺に面的に存在する泥流状の堆積物も降下火砕物（噴泥）の可能性が高いとして同様に計算を試みた結果、約 470t となった。

謝辞

えびの市と宮崎県には規制区域での調査の際し便宜を図っていただいた。以上の方々にお礼申し上げる。

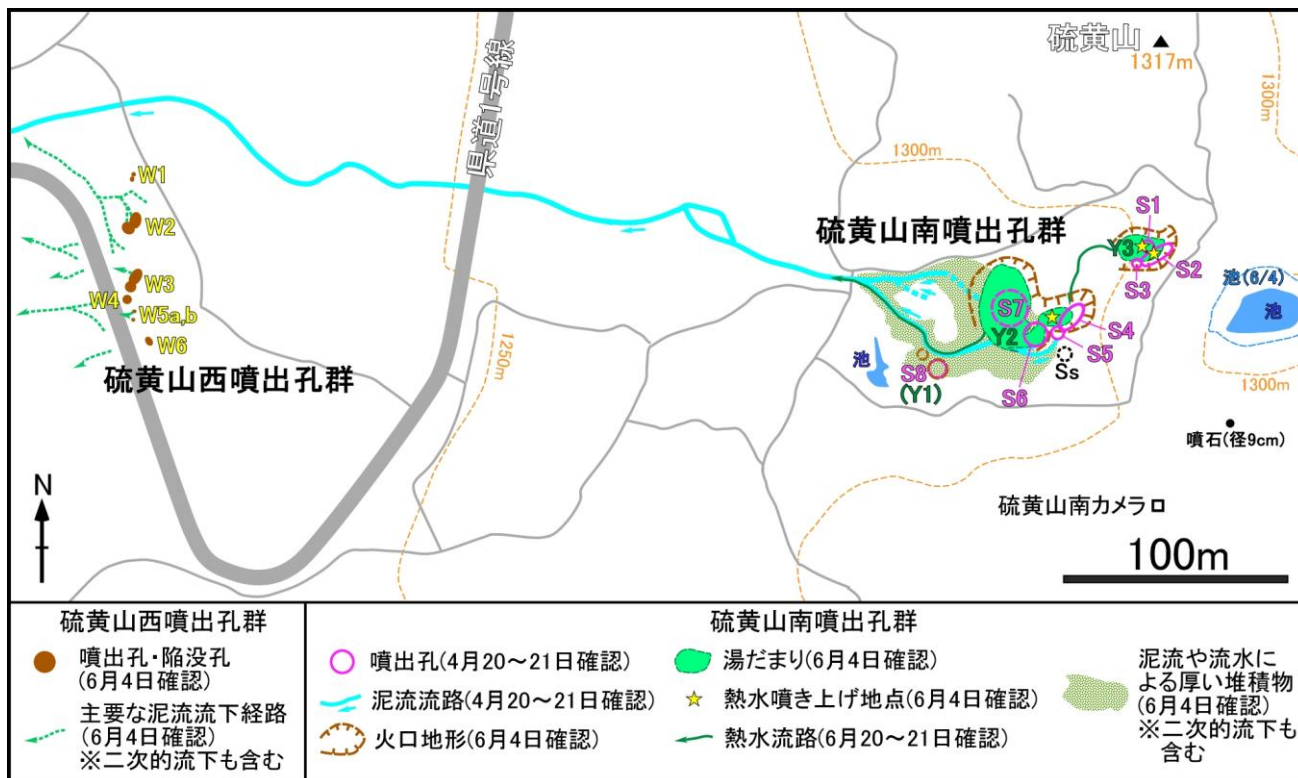


図 1. 新噴出孔の位置と本報告での名称。作成には地表踏査資料に加えてチャーター機及び地震研ドローンを利用した空撮写真も使用した。噴出孔等の位置や形状等は暫定的に概略を示しており、今後の精査により修正されることがある。

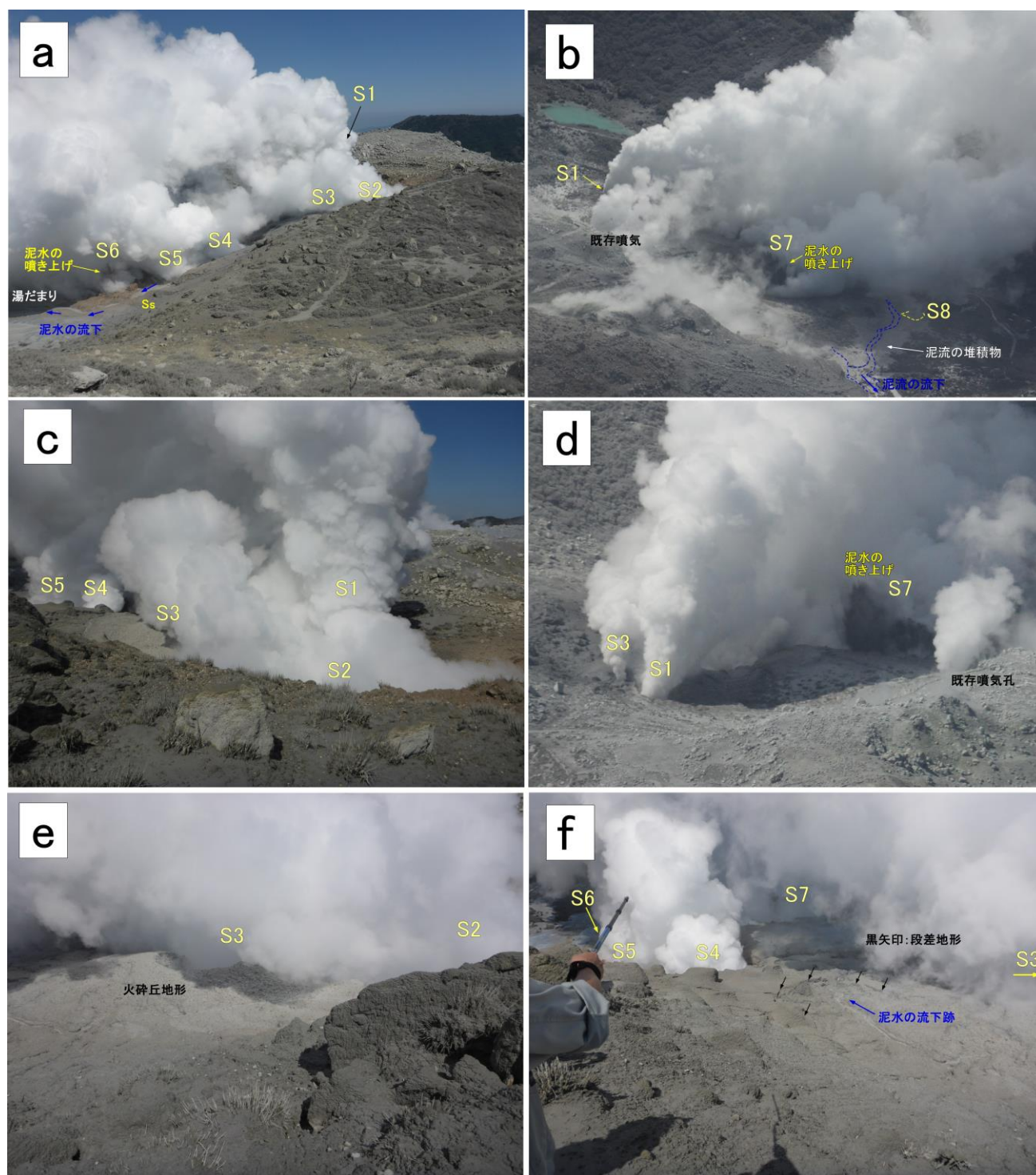


図 2. 4 月の調査写真。特に記述のない写真は 4 月 21 日午前の踏査時に撮影。(a)硫黄山南噴出孔群 S1~S6 の噴煙。南方より撮影。(b) 硫黄山南噴出孔群の噴煙。西方上空より 20 日午前撮影。(c) S1~S3 噴出孔。S2 近傍の噴出物表面はやや褐色を帯びている。(d) 硫黄山南噴出孔群の噴煙。S2 はまだ開口していない様に見える。北方上空より 20 日午前撮影。(e) S-3 の火砕丘状地形。(f) S3 と S4 の間の堆積物。流水による浸食跡や流動によると思われる階段状の微地形が生じている。

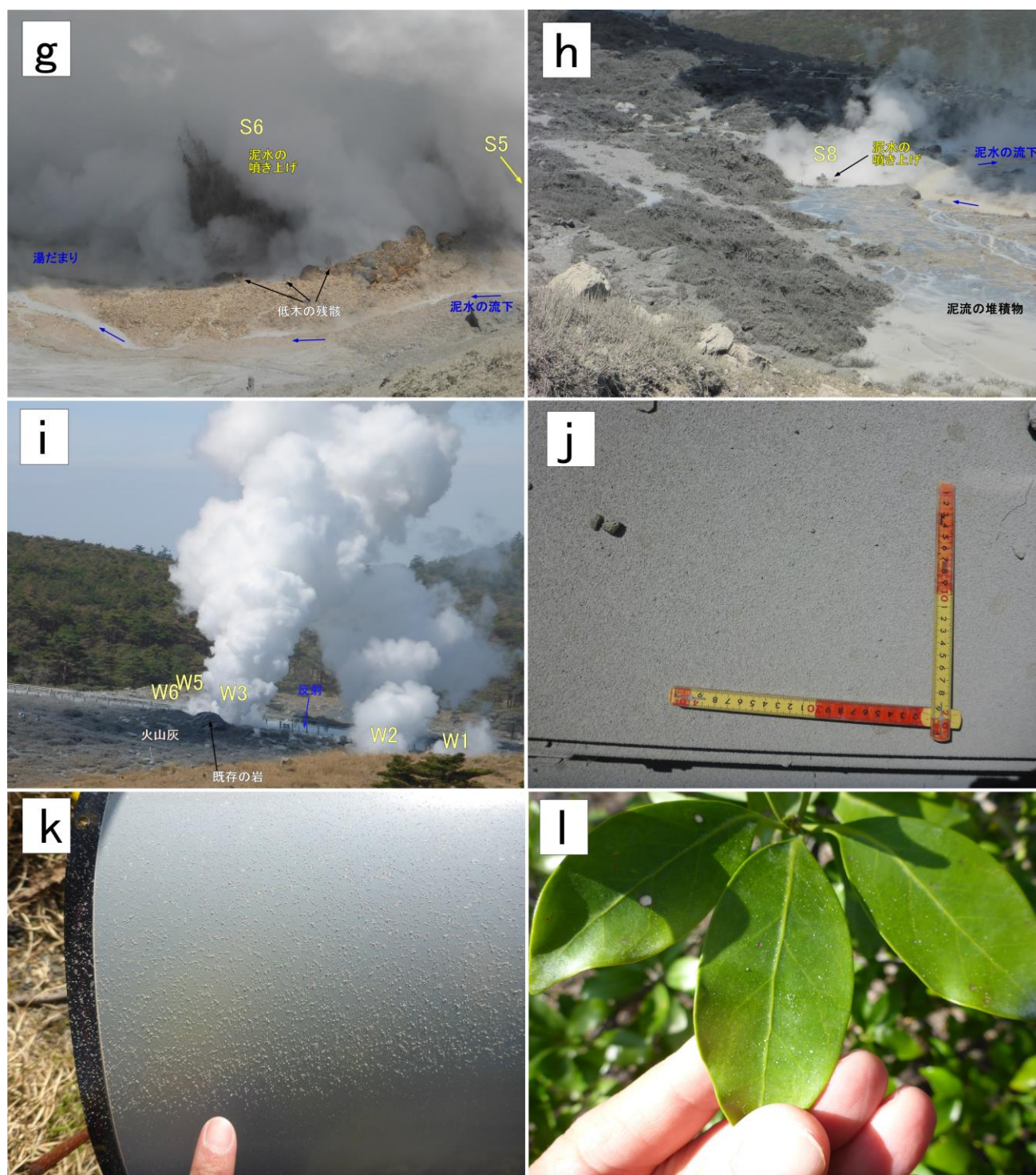


図 2. 4 月の調査写真(続き)。(g) S6 噴出孔。低木が火口縁に存在することから堆積物の厚さはごく薄いと考えられる。(h) S8 噴出孔の泥水の噴き上げ。(i) 北方不動池からみた硫黄山西噴出孔群。灰色の噴出物が周辺を覆っている。路面の反射から堆積物が湿っていることが確認できる。(j) 硫黄山南カメラ近くの人工物上の堆積物(S4 噴出孔の南約 90m)。厚さは約 1mm。写っている礫は噴火以前から存在していた可能性がある。(k) 不動池傍の堆積物(硫黄山南噴出孔群の北西約 400m)。凝集状火山灰が付着している。(m) 大浪池西方新床展望台(硫黄山南噴出孔群の南西約 2.7km)の樹木に付着した火山灰。4 月 20 日午後撮影。

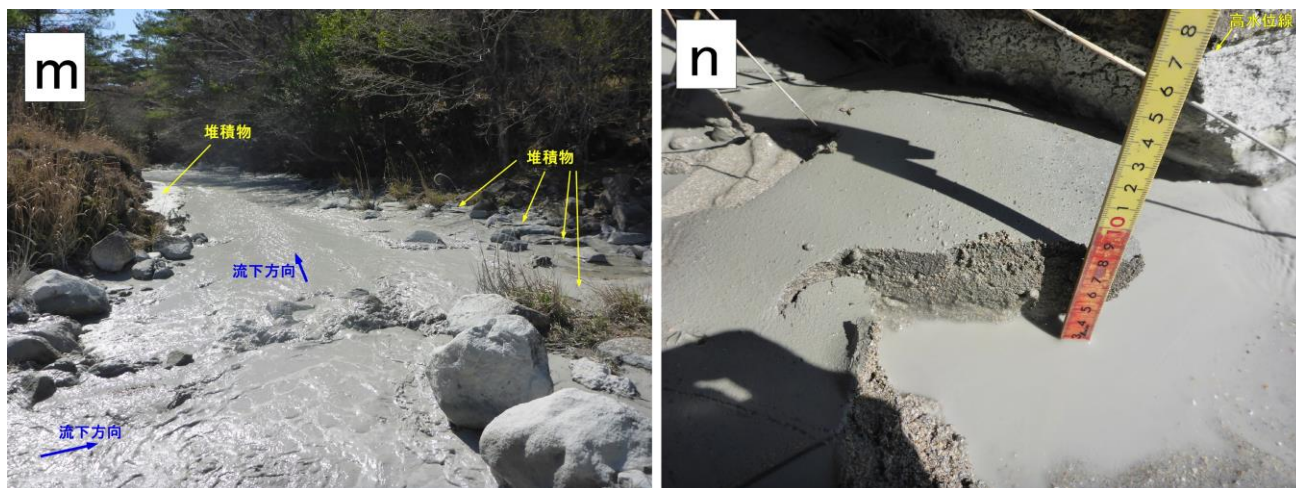


図 2. 4 月の調査写真(続き)。(m) えびの高原の沢を流下する泥水。川岸には砂質の堆積物が堆積している。20 日 15 時撮影。(n)堆積物の断面。砂質の堆積物が水面より 5cm 程度の高さまで堆積している。高水位の痕跡は水面より約 10cm の高さまでである。4 月 20 日 15 時撮影。

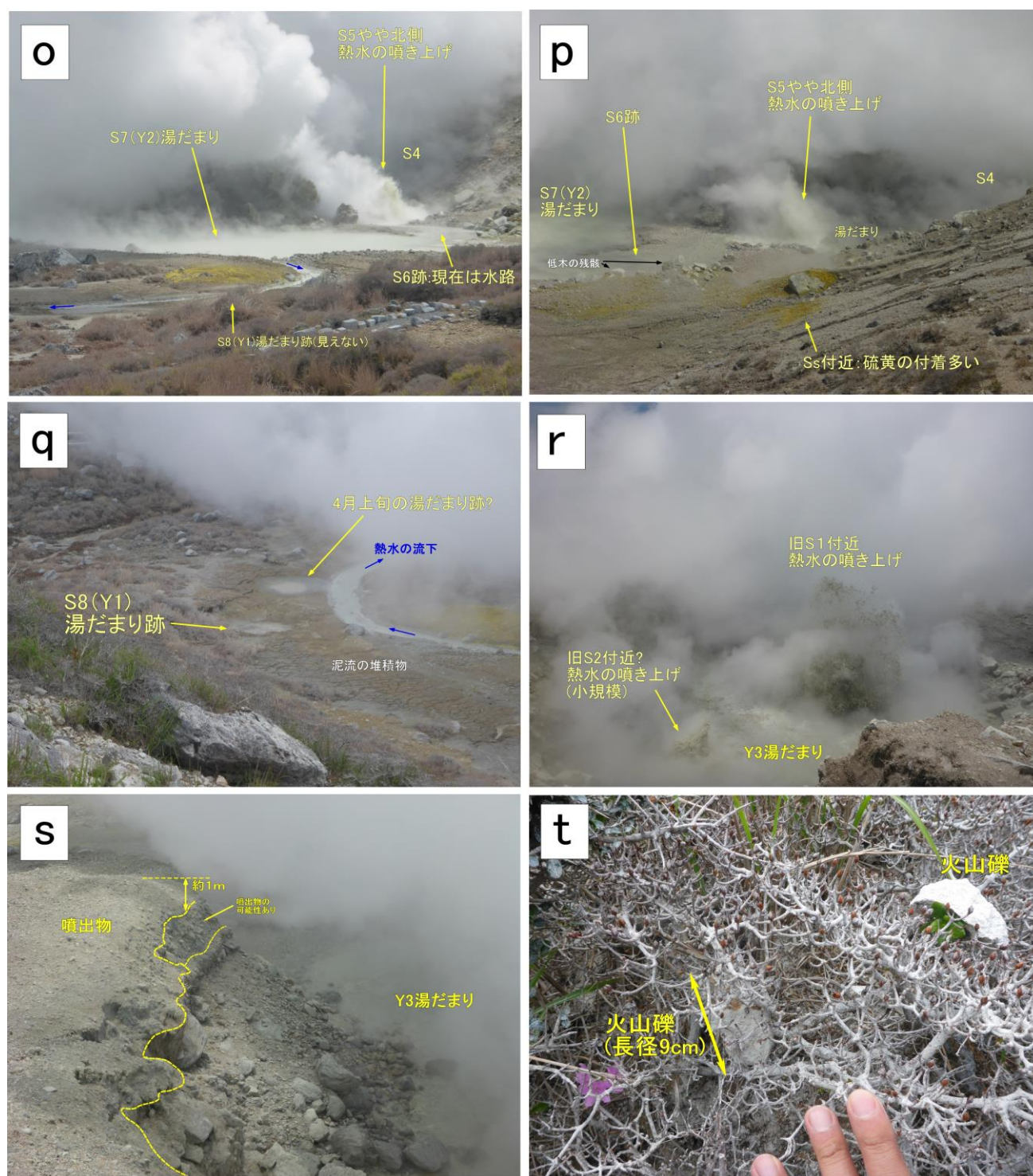


図 3. 6 月 4 日の調査写真。(o)西から見た S4~S7(Y2 湯だまり)付近。S6,S7 は熱水の噴き上げを停止している。(p) S5, S6 付近。S5,S6 は噴出を停止し、S5 の北側に活発な熱水噴き上げ地点がある。南方より撮影。(q) S8 噴出孔(Y1)は熱水の噴き上げを停止している。(r) S1~S3 の位置にできた Y3 湯だまり。熱水の噴き上げが続いている。(s) Y3 南側火口壁(S3 付近)。今回の噴出物は1m程度の厚さがあると判定される。(t) 噴出孔群南側で確認された火山礫(噴石)。落下した際に樹木の枝の間に引っかかったものと考えられる。S4 の南東約 80m。

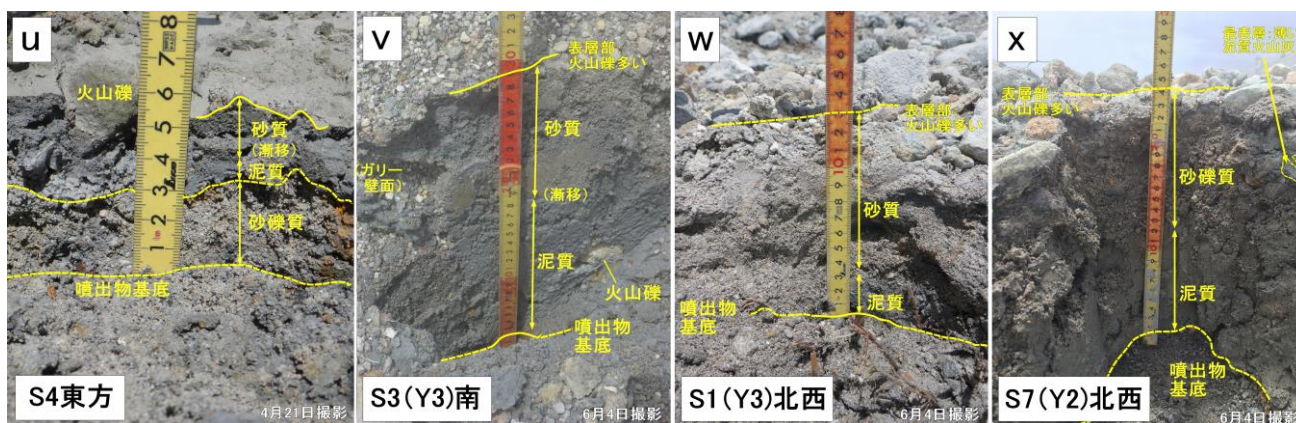


図4. 南噴出孔群の堆積物断面。(u) S4 から東に約 25m。泥質部分の下位に砂礫層がある。(v) S3 から南西に約 15m。(w) S1 から北西に約 15m。(x) S7(Y2)湯だまりの北西縁。表層部の砂礫は流水による再堆積物の可能性がある。

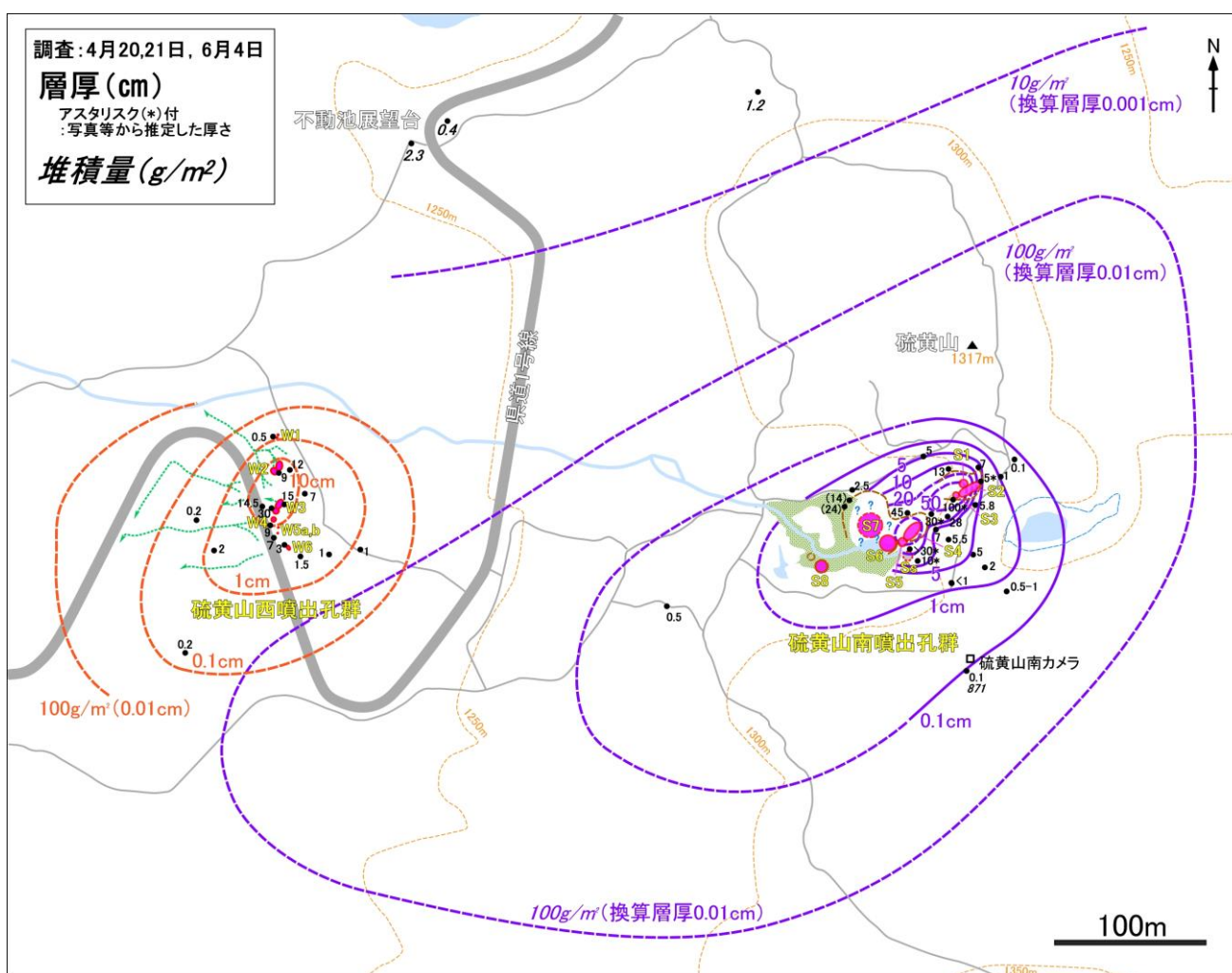


図5. 火口周辺地域での噴出物の分布。南火口群の噴出物については4月21日の調査以降の降灰の寄与は少ないとして、6月4日の調査結果も合わせて等層厚線を作図した。西噴出孔群の等層厚線は6月4日の調査結果による。チャンネル状の流路を流下した産状を示す泥流堆積物を除いて作成している。また、 $100\text{g}/\text{m}^2$ (0.01cm厚相当) 等値線範囲の推定には空撮写真(4月20日防災科研チャーター機より撮影及び4月21日発表気象庁火山活動解説資料掲載のもの)を参考にした。

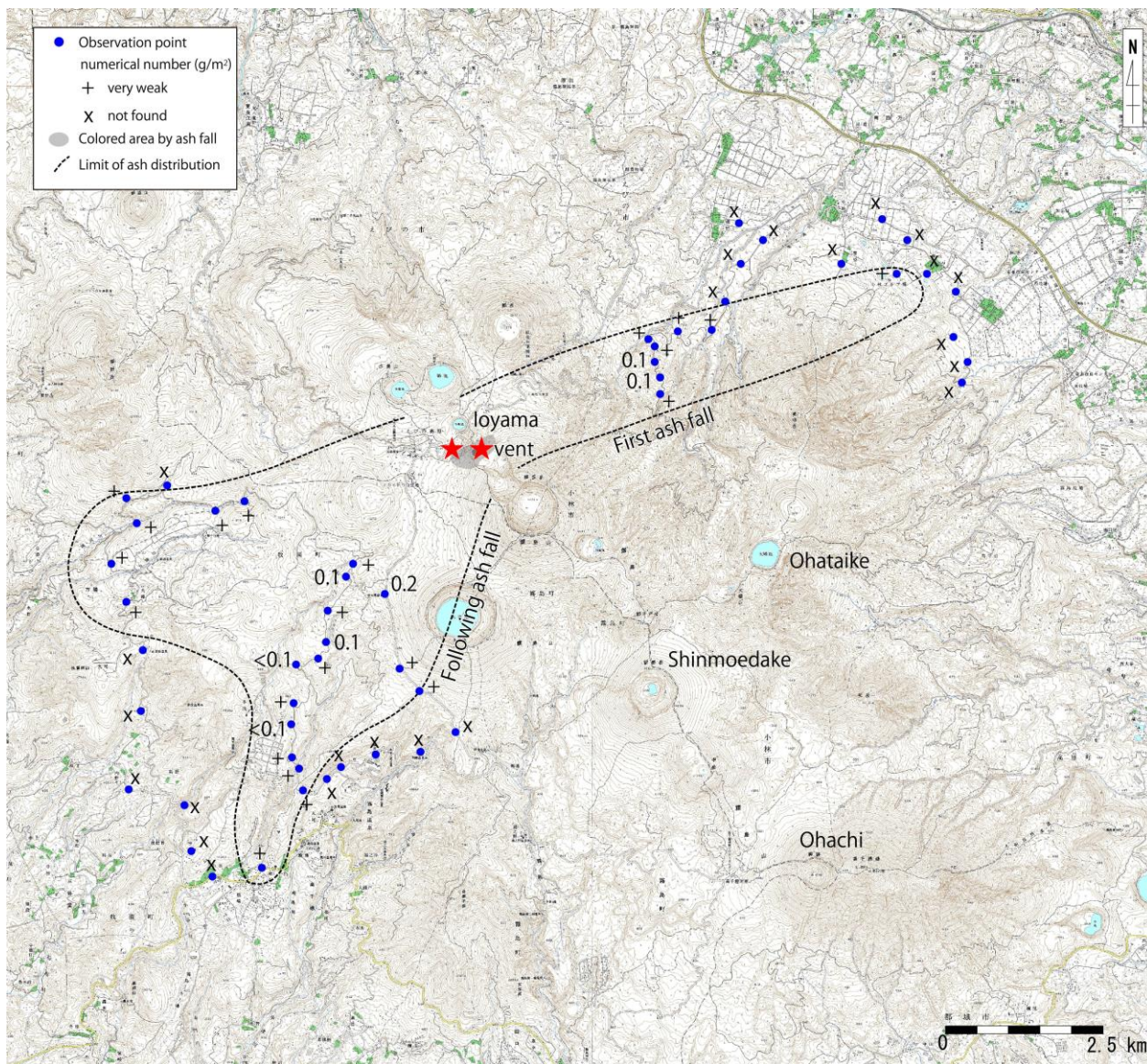


図 6. 山腹～山麓地域での噴出物の分布(4月23日までの資料。日本工営の調査による)。

霧島山新燃岳 2018 年 3 月 1 日～7 日噴火の火山灰に含まれる粘土鉱物

霧島山新燃岳から 2018 年 3 月 1 日～7 日に噴出し山腹に降下した火山灰について、粘土分を構成する鉱物を明らかにするため、粉末 X 線回折 (XRD) 実験を行なった。

実験の結果、酸性～中性の熱水変質帯に由来するとみられる鉱物のピークが検出された (図 2)。粘土鉱物ではスメクタイトが主でカオリン鉱物、パイロフィライト、イライトが少量含まれると考えられる。

新燃岳 2017 年 10 月の噴火でみられたような粘土鉱物種の構成割合の顕著な経時変化は確認できなかった。また、粘土鉱物等の熱水変質鉱物のピークは次第に不明瞭になり、3 月 7 日の試料では細粒成分の定方位分析においてもほとんど検出できなくなっている。これは熱水系が関与する水蒸気 (マグマ) 噴火から溶岩流出に伴う灰噴火へ噴火様式が変化していったことを表しているようにみえる。

謝辞: 3 月 5 日噴火の火山灰試料は霧島ネイチャーガイドクラブの古園俊男氏に提供して頂いた。

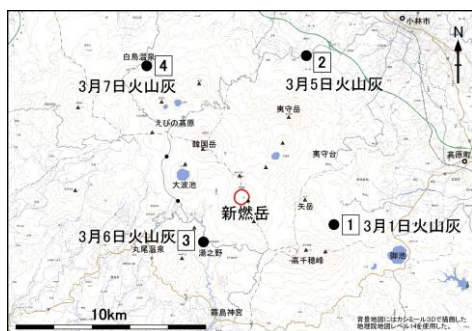


図 1. 試料採集地点。

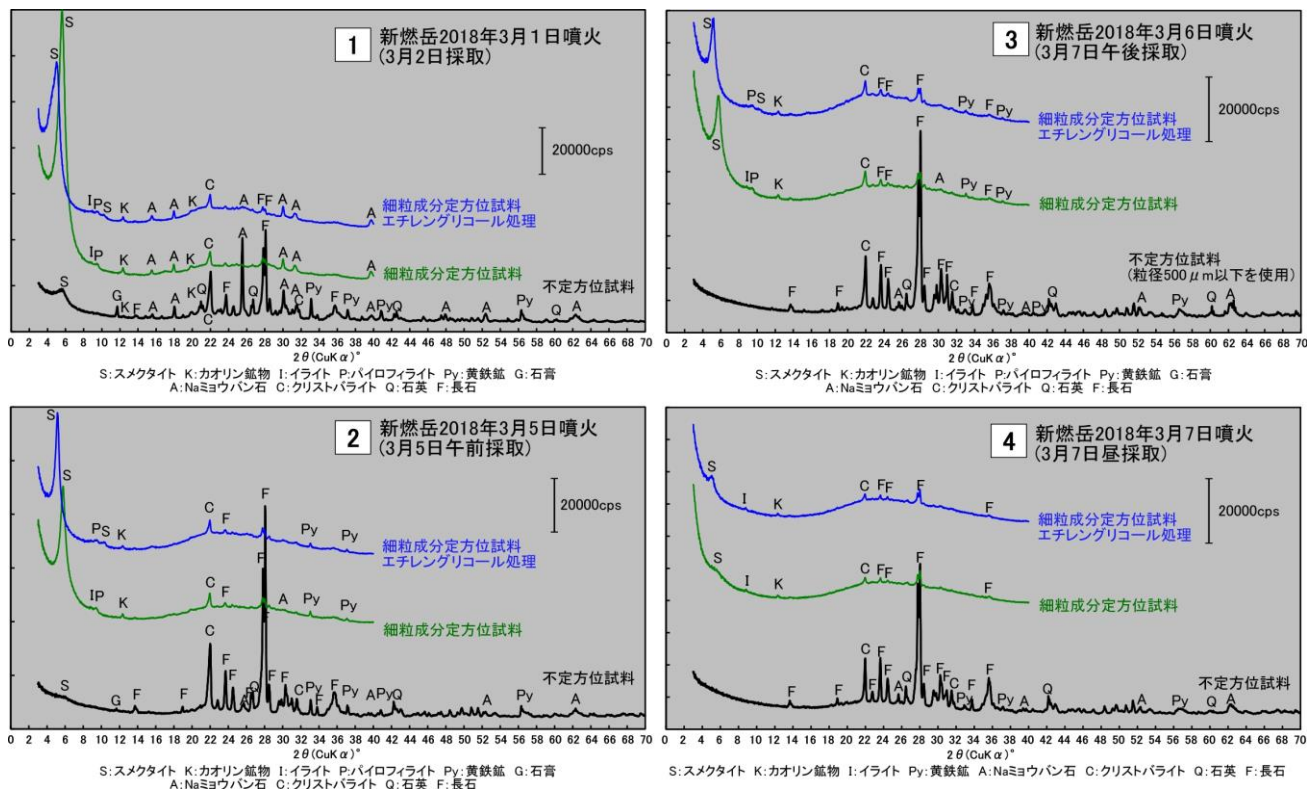


図 2. X 線回折実験結果。 回折ピークの鉱物同定は暫定結果であり、今後修正されることがある。

霧島山えびの高原(硫黄山)2018 年 4 月の噴火の噴出物の特徴

概要

霧島山硫黄山から 2018 年 4 月に噴出した火山灰は比較的細粒であり、粘土分を多く含んでいたため、構成粒子の顕微鏡観察と粉末 X 線回折(XRD) 実験を行なった。その結果、熱水変質帯由来の鉱物が多く検出され、確認されたガラス質粒子も様々な程度に変質を受けていたことから、今回の噴火はマグマの直接関与がない水蒸気噴火と考えられる。

分析試料

使用した試料は 4 月 7 日から 10 日までの間に南山腹の噴出孔 (S8) から流出・堆積した泥流堆積物(4 月 10 日採取 : No. 1)、4 月 19 日から 21 日午前にかけて硫黄山南山腹の噴出孔群から噴出した降下火山灰(21 日採取 : No. 2)、4 月 20 日午後に南山腹の噴出孔群から流出してえびの高原の沢を流下していた泥流の懸濁物 (No. 3)、西山腹の噴出孔群から 4 月 20~21 日頃に噴出したとみられる噴泥堆積物(6 月 4 日採取 ; No. 4)の計 4 点である(図 1)。

火山灰粒子の実体顕微鏡観察

水で洗浄した構成粒子について実体顕微鏡を用いて観察した結果、以下のような粒子に大別される(図 2)。

褐色ガラス質岩片：褐色～淡褐色のガラス質石基を持つ火山岩片で、発泡度は低いものが多い。多くの粒子でガラスが失透したり細粒の変質鉱物が生成したりしている。少量含まれる新鮮な粒子も変質程度以外に変質した粒子と共通した特徴を持つので同じ起源であると考えられる。

白色岩片：光沢をもつ白色～灰白色の岩石片で、火山岩の組織が確認できる粒子や比較的粗粒な結晶の集合体などの総称。部分的に細粒の変質鉱物が生成・付着している場合が多い。弱く変質した比較的珪長質な火山岩の破片が多いと思われるが、二次的に生成した石英の集合体なども含まれている可能性がある。

灰色岩片：灰色～黒灰色の色調を持つ火山岩片。部分的に細粒の変質鉱物が生成・付着している場合が多い。

変質岩片：主に白色～灰白色の細粒な変質鉱物からなる強変質岩片。少量含まれる黄鉄鉱と考えられる金色の不透明鉱物主体の粒子や黄色～黄褐色の火山昇華物とみられる粒子もここに含めた。

結晶片：斜長石が多く、その他に少量の輝石などが含まれる。

構成割合は南・西噴出孔群それぞれの代表的試料について 250-500 μm の粒子で求めた(表 1)。どちらも褐色ガラス質岩片を 1 割強程度含むが、南山腹の試料(No. 2)では白色岩片が多く灰色岩片が少なく、西山腹(No. 4)では変質岩片が多い結果となった。

X線回折実験

上記の 4 試料について乾燥した試料粉末の不定方位法および水簸した細粒分の定方位法の X 線回折実験を行なった(図 3)。南噴出孔群の 4 月 19 日以降の試料 (No. 2, 3) では、熱水変質鉱物として石英、クリストバライト、黄鉄鉱、ナトリウムミョウバン石、石膏および半水石膏、岩塩が検出された。粘土鉱物としてはカオリン鉱物、スメクタイトが主体で、さらに少量のパイロフィライトとイライトが検出された。

これらの鉱物組み合わせはやや多岐にわたっているが、低温～やや高温の酸性～中性の熱水変質帯由来の物質で構成されていることを示していると考えられる。4 月 10 日に採取された泥流堆積物 (No. 1) も水溶性成分(石膏、岩塩)が検出されていない点を除けばほぼ同様である。

西噴出孔群の試料(No. 4)では鉱物組み合わせがやや異なり、パイロフィライトやイライトは検出されなかった(図 3)。こちらは比較的低温の酸性の熱水変質帯を由来の物質で構成されていることを示していると考えられる。水溶性の成分も検出されなかったが、これは採取時期が遅かったため降雨等によって洗い流されている可能性がある。

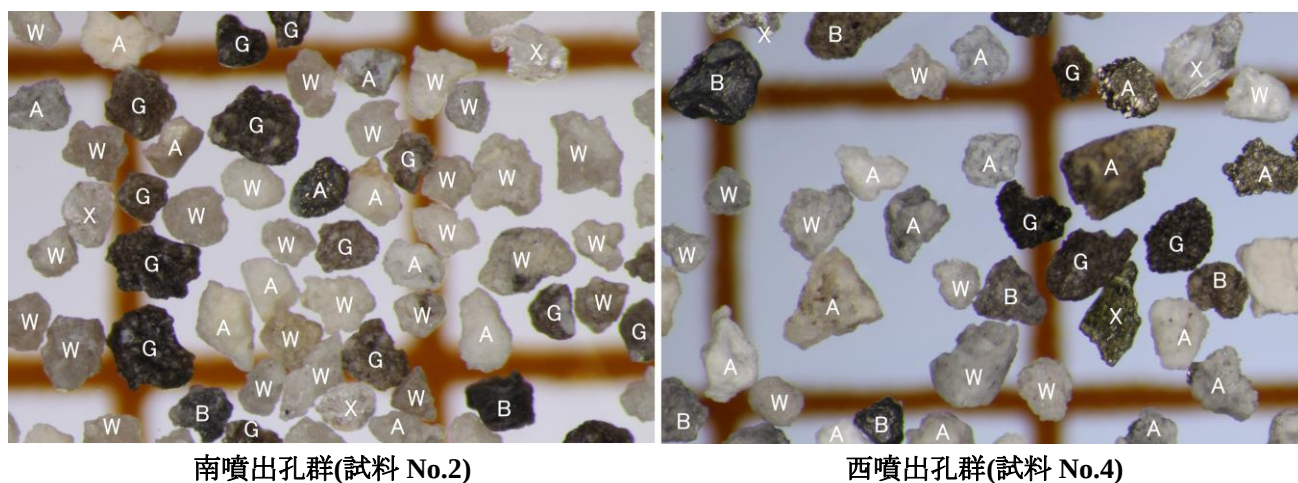
まとめ

以上の特徴から今回の噴火は熱水系周辺の様々な程度に変質した岩石を吹き飛ばした水蒸気噴火と考えられる。含まれる火山ガラス質岩片も同様に変質作用を受けた既存物質が混入したものであり、マグマ由来の新鮮な物質は含まれていなかった可能性が高い。二つの噴出孔群では噴出物の性質が多少異なることから、地下の熱水系・熱水変質帯の状態に差異がある可能性がある。

謝辞：えびの市と宮崎県には規制区域での調査の際し便宜を図っていただいた。以上の方々にお礼申し上げる。



図 1. 顕微鏡観察・XRD 分析試料採取地点。



W:白色岩片 B:灰色岩片 A:変質岩片 G:褐色ガラス質岩片 X:結晶片

図 2. 硫黄山噴出物に含まれる構成粒子(直径約 250~500 μ m)の顕微鏡写真。背景の格子の幅は 2mm。

表1. 構成粒子の割合(個数%)

	褐色ガラス質岩片	白色岩片	灰色岩片	変質岩片	結晶片	合計
南噴出孔群(No.2)	15.3	57.8	0.7	22.8	3.4	100
西噴出孔群(No.4)	11.5	10.8	5.8	64.5	7.5	100

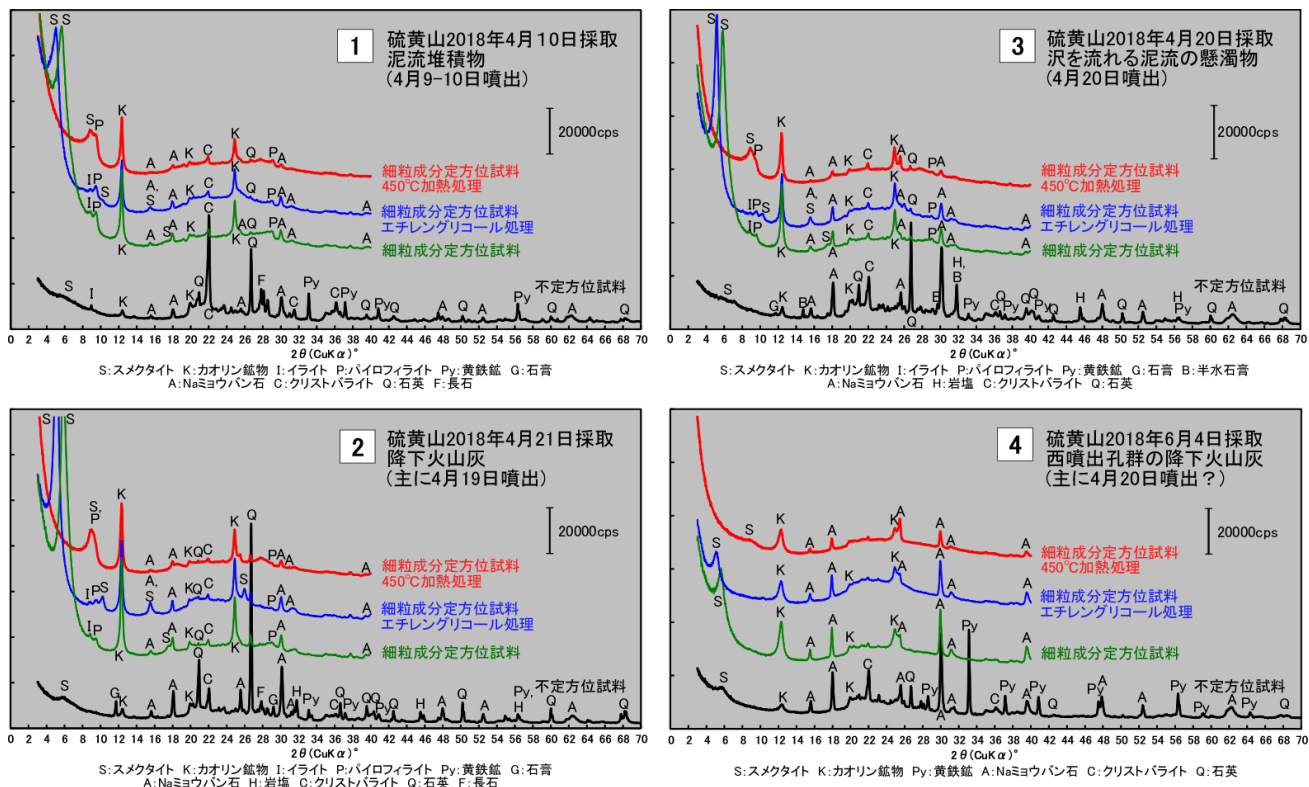


図 3. X 線回析実験の結果。

2014 年から 2015 年にかけて発生した 膨張性地殻変動源の推定

国土地理院による GNSS 解析（F3 解）及び気象庁による GNSS 解析によって、2014 年から 2015 年にかけて、湯釜の西北西約 2km、海面下 4km の場所に体積膨張量 $5.6 \times 10^6 \text{m}^3$ の膨張性地殻変動源が推定された。

1. はじめに

GNSS 連続観測で湯釜を挟む基線（逢ノ峰南東－渋峠や、青葉山西－渋峠）では 2014 年 4 月頃から 2015 年 11 月頃にかけてわずかな伸びの変化があった。また、GNSS 繰り返し観測では 2014 年から 2015 年にかけて湯釜北部の浅部の膨張と 2016 年以降に同じ場所での収縮の変化があった。この湯釜北部の浅部の膨張に関して、東京工業大学(2016)では湯釜周辺の傾斜計データを用いてシル状の変動源（地表面の下約 700m、体積膨張量 $1.2 \times 10^5 \text{m}^3$ ）、気象庁（2017）でも GNSS 繰り返し観測データを用いて同様にシル状の変動源（地表面の下約 500m、体積膨張量 $9.8 \times 10^4 \text{m}^3$ ）を推定した。但し、気象庁（2017）は湯釜北部の浅部の膨張では GNSS 連続観測で観測された変動量を説明できず、深部に圧力源がある可能性を指摘していた。

2. 広域の GNSS 観測点（国土地理院 GEONET）の変動量の算出

国土地理院が解析している日々の座標値（F3 解）から、2014 年から 2015 年にかけての草津白根山の深部膨張源による変動量の算出を行った。変動量の算出に際しては以下の手順で F3 解のデータを加工している。加工したデータの時系列グラフを第 2 図に示す。

- A. 草津白根山から約 50km 以内にある国土地理院 GEONET 観測点のうち、草津、長野栄、山ノ内、長野、嬬恋、中之条をグループ 1、その他の観測点をグループ 2 とする。
- B. 全ての観測点について、国土地理院による F3 解のオフセット補正量及び地震によるステップ量を除去。
- C. 全ての観測点の水平変位について、2004 年 1 月 1 日～2010 年 12 月 31 日の 7 年間のデータからトレンドを算出して除去。
- D. グループ 2 について、Tobita(2016)によるダブル対数＋指数モデルを用いて 2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の余効変動パラメータを推定して除去。
- E. グループ 2 の共通変動成分を算出し、グループ 1 のデータから除去。
- F. 草津、長野栄の 2 観測点の季節変動を除去。
- G. グループ 1 について、D と同様に 2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の余効変動パラメータを推定して除去。（余効変動パラメータの評価に 2014～2015 年のデータを用いない。また、長野と山ノ内は 2016 年、嬬恋は 2017 年も余効変動パラメータの評価に用いない。）
- H. 山之内を除くグループ 1 のデータから 2014 年 1 月から 2015 年 12 月にかけての水平変動量を読み取った。上下変動量は草津のみ長野－草津の比高から読み取り、その他の観測点は 0.0cm とした。

3. 変動源の推定

仙乃入、青葉山西、渋峠、防災科学技術研究所の干俣の各観測点について、気象庁による GNSS 解析結果で国土地理院の草津を固定点として 2014 年 1 月から 2015 年 12 月にかけての変動量を読み取り、前節の国土地理院の草津の変動量を加えた。変動源の推定に用いた各観測点の変動量を表 1 に示す。

標高補正茂木モデルを用いて変動源を推定した結果、第 1 図に示す湯釜の西北西約 2km、海面下 4km の場所に体積膨張量 $5.6 \times 10^6 \text{m}^3$ の変動源が推定された。

謝辞

FTP で公開されている国土地理院の GNSS データ（観測データ及び F3 解）を使用した。また、防災科学技術研究所の GNSS データも使用した。

参考文献

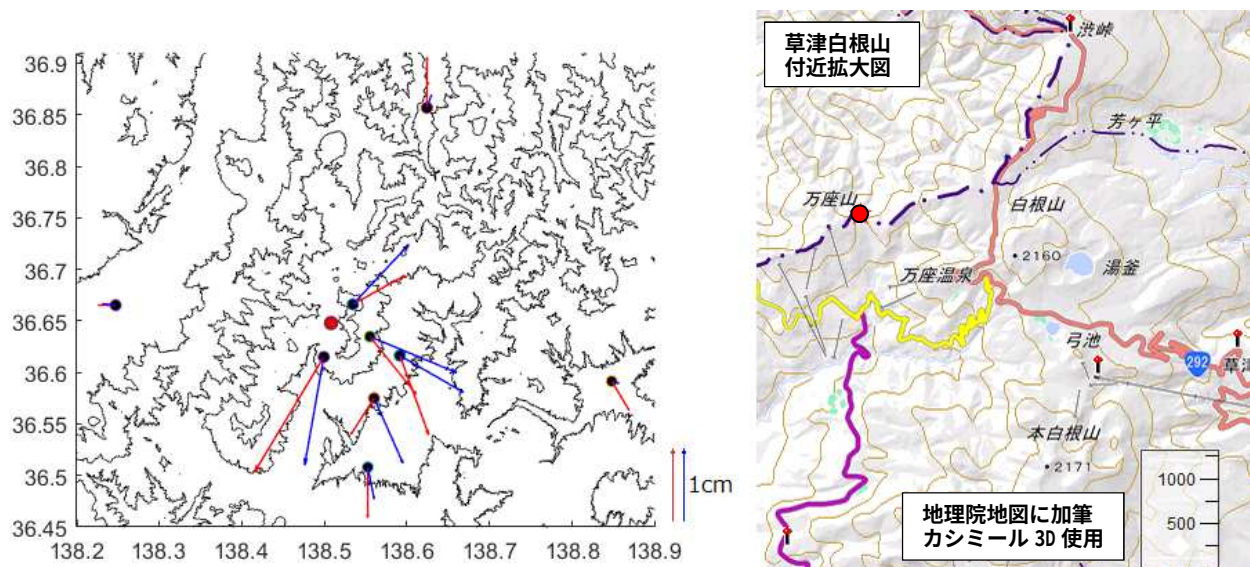
東京工業大学（2016）：第 136 回火山噴火予知連絡会資料（その 2 の 1），70-73.

気象庁（2017）：第 138 回火山噴火予知連絡会資料（その 6），15-17.

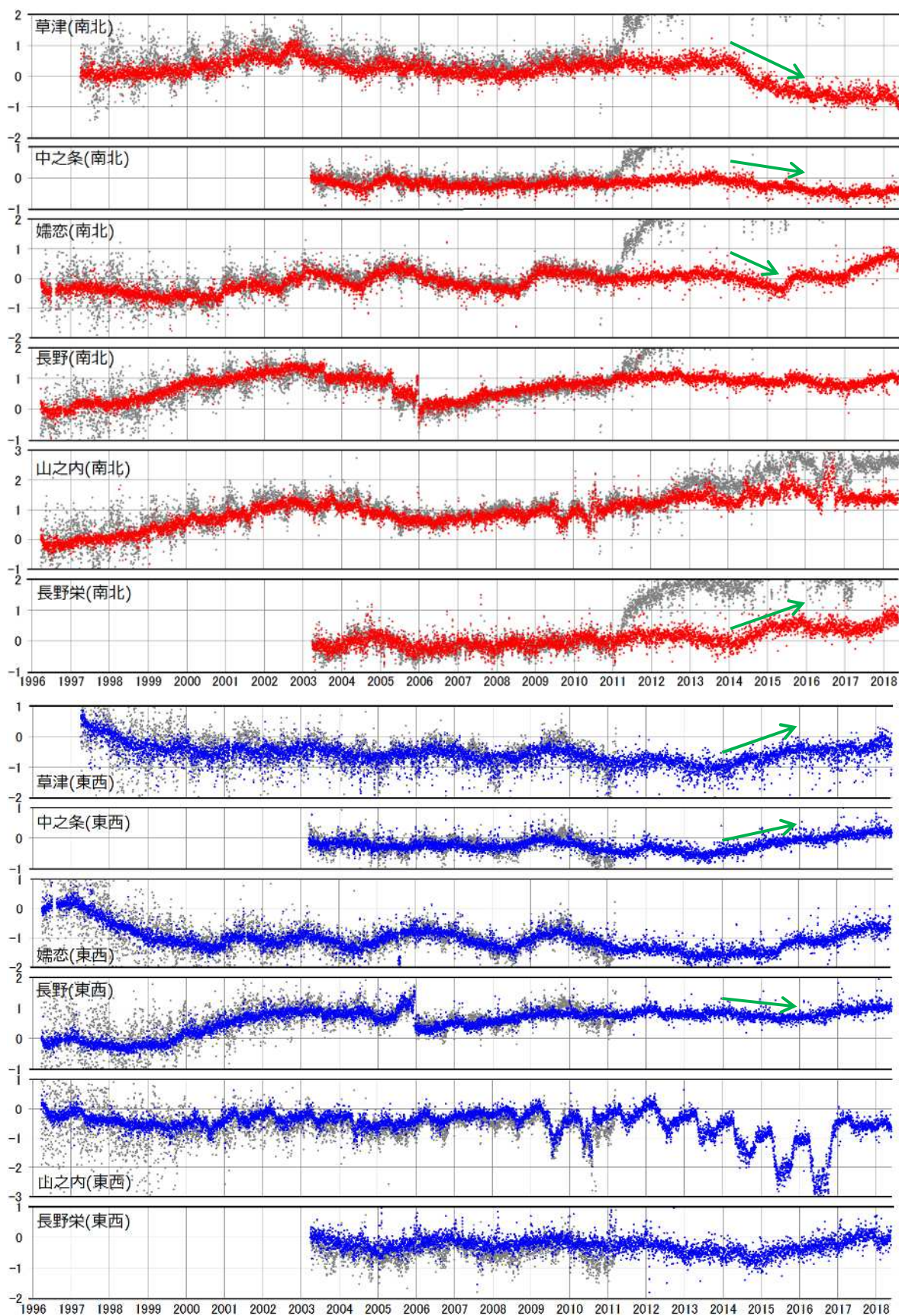
Tobita M(2016): Combined Logarithmic and Exponential Function Model for Fitting Postseismic GNSS Time Series after 2011 Tohoku-Oki Earthquake, Earth Planets Space, 68, 41.

表 1 変動源推定に用いた変動量（単位：cm）

	南北	東西	上下		南北	東西	上下
(国)草津	-1.1	0.5	1.2	仙乃入	-0.5	-0.4	0.8
(国)中之条	-0.4	0.3	0.0	青葉山西	-0.8	0.8	1.8
(国)嬭恋	-0.7	0.0	0.0	渋峠	0.4	0.9	2.1
(国)長野	0.0	-0.3	0.0	(防)干俣	1.6	-1.2	2.1
(国)長野栄	0.7	0.0	0.0				



第 1 図 推定された変動源の中心位置及び水平変動ベクトル
（赤丸：変動源の推定位置、赤線：観測値、青線：計算値）



第 2 図 草津白根山周辺の国土地理院 GEONET 日座標値 (F3 解) の水平変位 (単位: cm)

※ 灰色は地震等によるステップ及びトレンド除去を行ったデータ、赤丸及び青丸は各種処理（地震によるステップ、トレンド、季節変動、2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の余効変動、共通成分の除去）を行ったデータを示す。南北成分は北向き、東西成分は東向きの変位を正とする。

2018 年 6 月 19 日に実施した草津白根山噴気調査について

1. 概要

2018 年 6 月 19 日に草津白根山湯釜火口北部地熱地帯の三か所で、噴気を採取し同時に検知管による現場分析を行った。三か所全てで $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は 2018 年 5 月 18 日の値に比較して上昇した。この一か月の $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の変化は大きく、熱水系に対するマグマ起源ガスの流量が増加していると推定される。

2. 噴気の採取・現場分析

草津白根山湯釜火口北方の山麓に広がる地熱地帯の 3 つの噴気孔 W, C', E (図 1) で噴気を採取した。同時に検知管により $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比を現場分析した。具体的には、噴気をガラス二重管から成る凝縮器で冷却して水蒸気を除去し、残ったガス (=ドライガス) をプラスチック製テドラバックに一旦、捕集した。テドラバックにガステック検知管 (2HH, 4HH) を接続し、 CO_2 と H_2S 濃度を測定し、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比を得た。

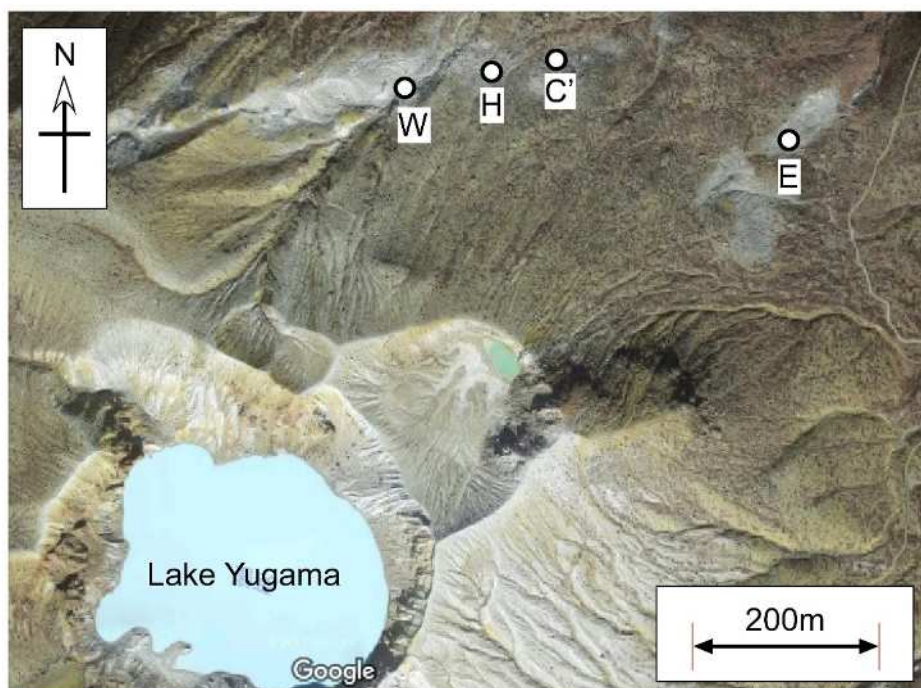


図 1. 草津白根山山頂北側山麓噴気 W, C', E の位置。

3. 結果・考察

観測者の臭覚によると採取を行った噴気周辺で SO_2 臭は感じられなかった。噴気孔 W, C', E の出口温度は、それぞれ、94.8, 94.0, 94.0°Cであった。検知管で測定した $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は、それぞれ、7.09, 5.95, 6.25であった。これらの値は、2018 年 5 月 18 日の値、5.00, 5.30, 5.04 に比較して明確に上昇している。図 2 に示すように、2018 年 5 月から 6 月の期間で $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ の上昇速度は大きい。

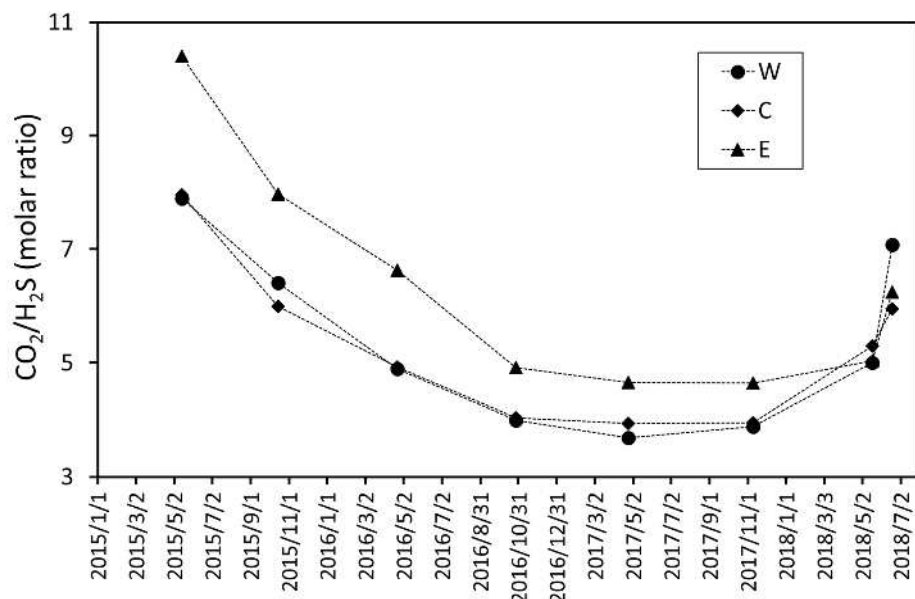


図 2. 噴気 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の時間変化 (検知管による現場測定値)

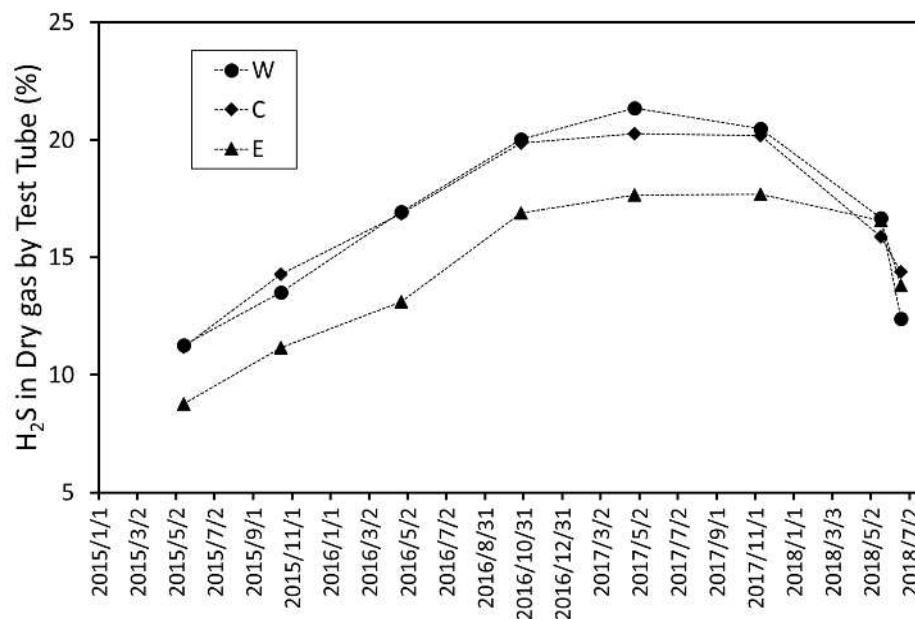


図 3. ドライガス (H_2O を除いた噴気成分) における H_2S 濃度の時間変化

図 3 には、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比から計算したドライガス中の H_2S 濃度 (%) の時間変化を示す。ドライガス中の H_2S 濃度の計算において、 CO_2 と H_2S 以外の成分は無視した。草津白根山では、1976, 1982, 1983 年の噴火の時期にドライガス中の H_2S 濃度が 10%程度まで低下したことが知られている[1]。最近の値は、そのレベルに急速に接近しつつあり、注意深く観測を継続する必要がある。

[1]. J.Ossaka et al.(1980) Variation of chemical compositions in volcanic gases and waters at Kusatsu-Shirane volcano and its activity in 1976. Bull. Volcanol., 43, 207-216.

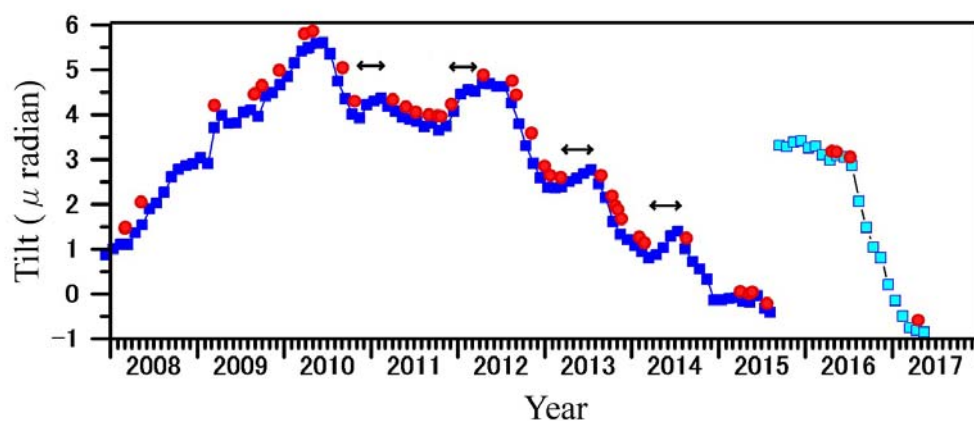


図 1. 桜島の長期地盤変動(有村傾斜計)と火砕流の発生の関係. 火口側隆起が見られるマグマの貫入量増加期には少なく, 沈降が見られる放出量増加期に火砕流が多い.

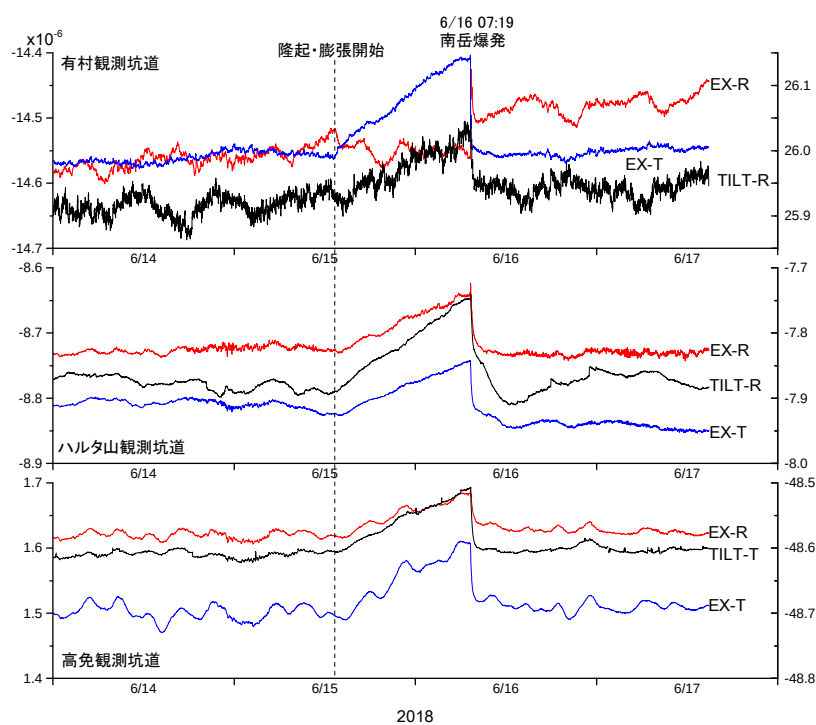


図 2. 2018 年 6 月 16 日 7 時 19 分の爆発に前後する地盤変動. 3 観測坑道における傾斜及びひずみ変化を示す. 爆発発生前の 18 時間前から地盤変動が検出された.

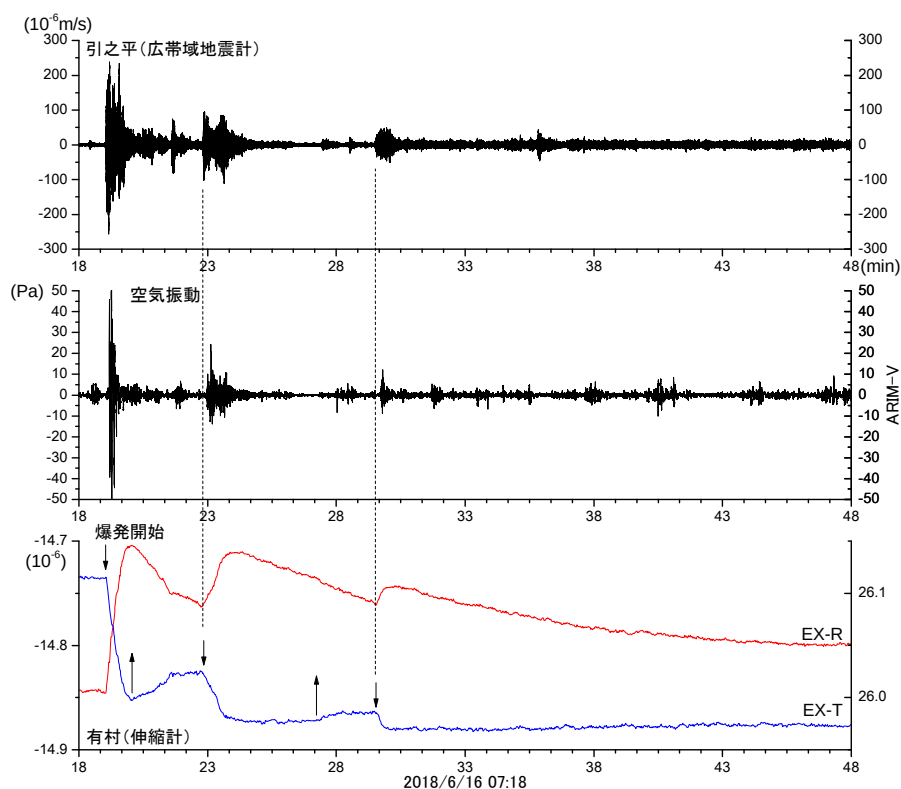


図 3. 2018 年 6 月 16 日 7 時 19 分の爆発に伴う地震動，空気振動，地盤変動． 3 回の波状
的なパルスが見られる．火砕流は 2 番目と 3 番目で顕著．

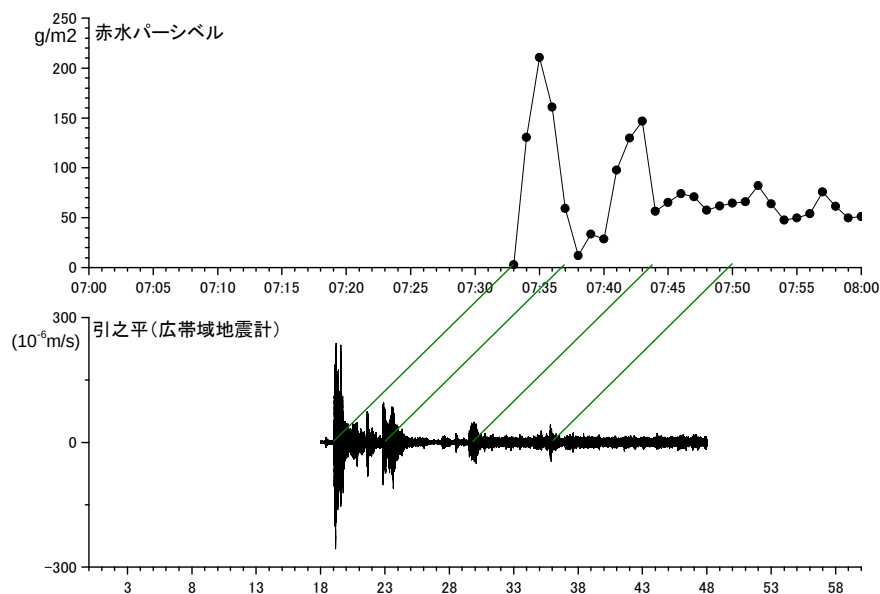


図 4. 2018 年 6 月 16 日 7 時 19 分の爆発に伴う降灰量の推移．南岳から西南西 4.6km の距
離に設置したパーシベルによる観測から推定．1 分値．

桜 島

X バンドレーダーによる 2018 年 6 月 16 日桜島南岳噴火の観測結果

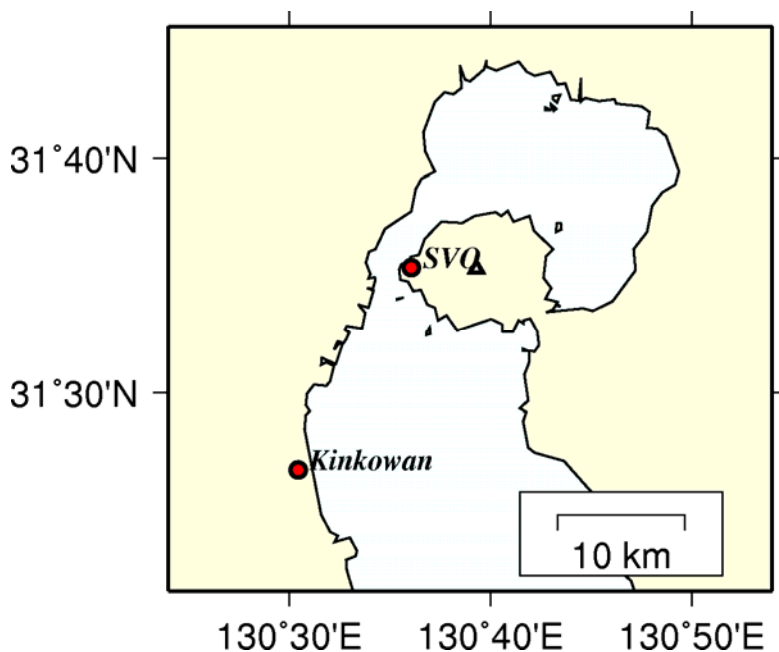


図 5. 桜島近辺の京都大学が設置した X バンド偏波レーダーの位置（赤丸）と南岳山頂（白三角）

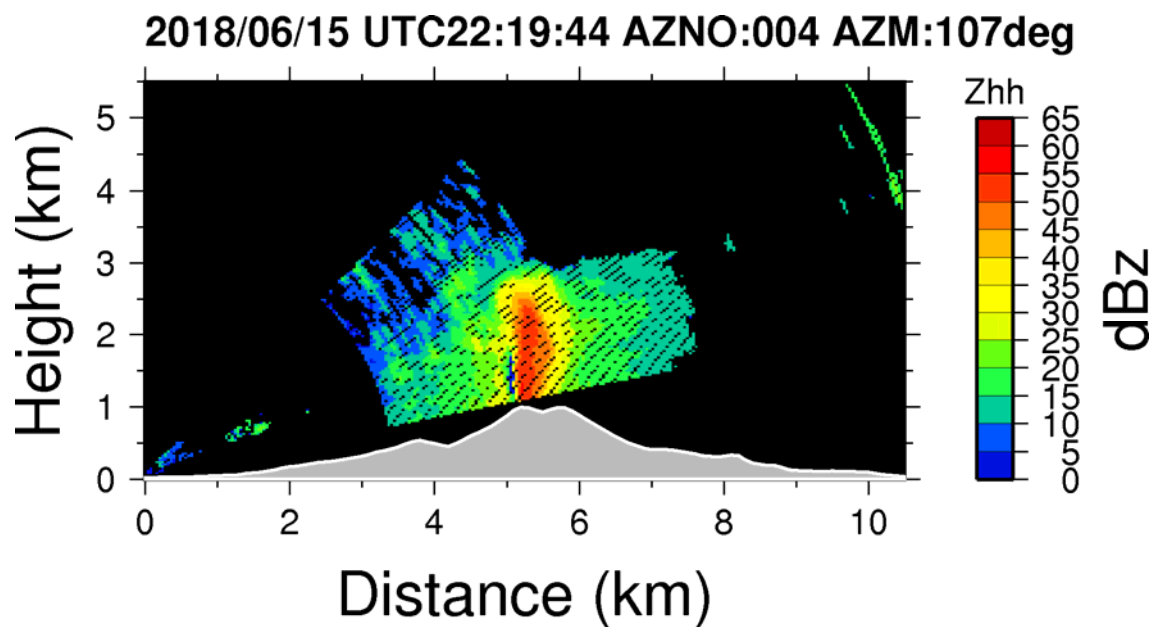


図 6. 2018 年 6 月 16 日 7:19:44s（噴火開始直後）のレーダー反射強度分布. 距離 0 は SV0 レーダーの位置で、高さは海拔値. 方位角は N107° E. 噴火直後で噴煙は高度 2800m まで達している.

桜 島

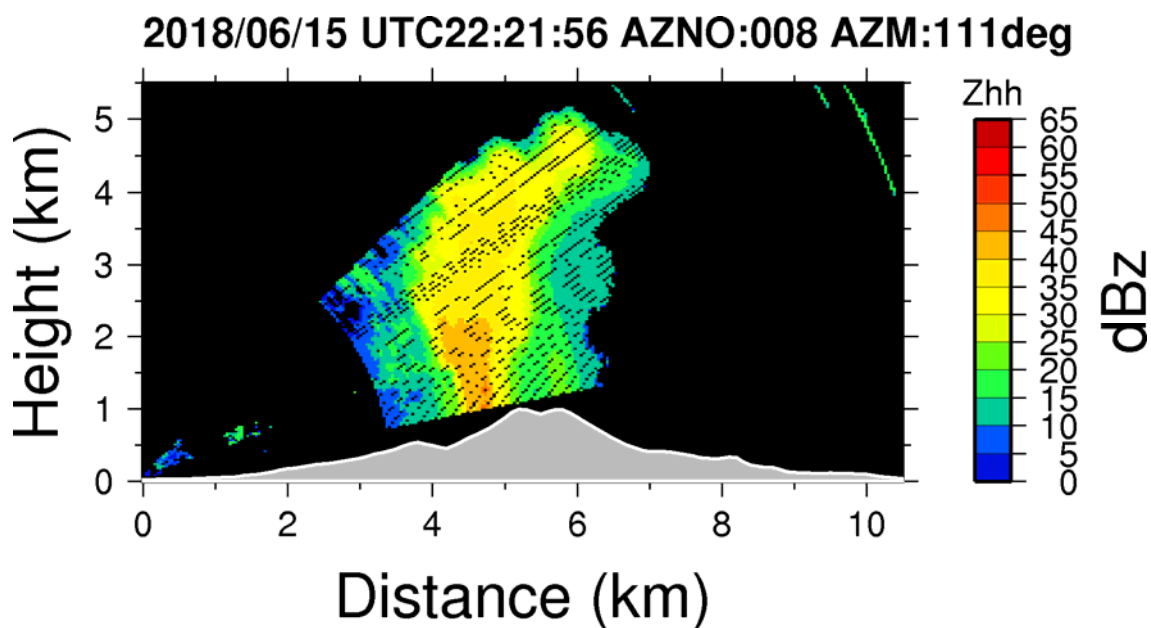


図 7. 2018 年 6 月 16 日 7:21:56s のレーダー反射強度分布. 方位角は N111° E. 噴煙高度 5000m と推定される. また, 海拔 3000m 程度より下では風の影響で西 (つまり距離が近づく方向) に噴煙は流されている.

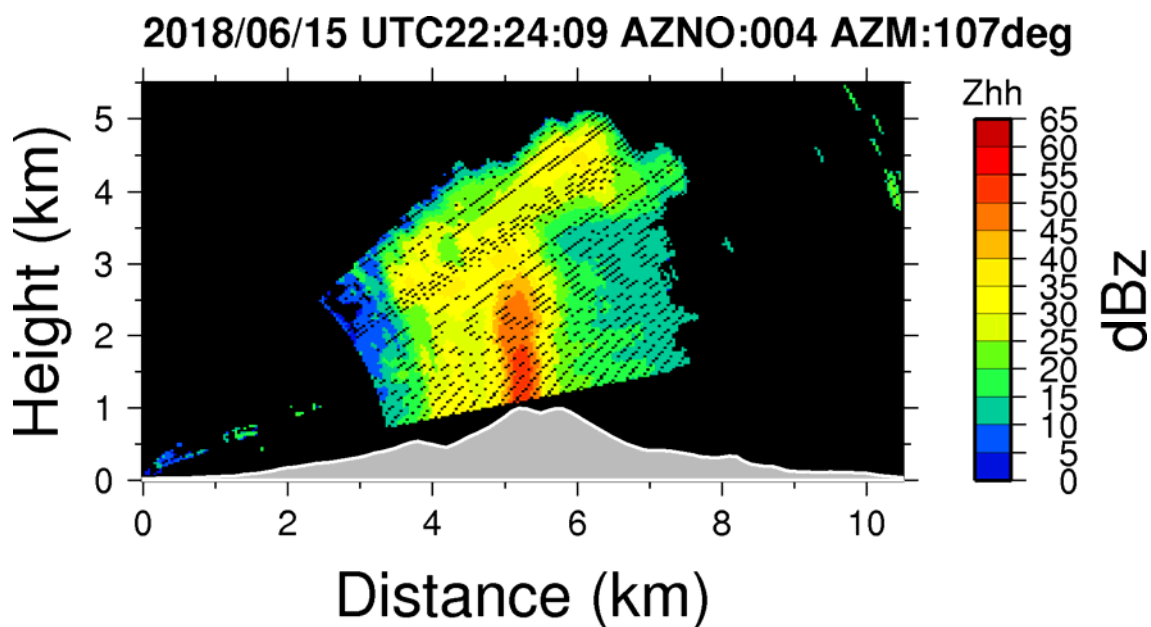


図 8. 2018 年 6 月 16 日 7:24:09s のレーダー反射強度分布. 方位角は N107° E. 2 回目の噴火に対応する明瞭な反射強度が火口上の高度 3000m までに見られる.

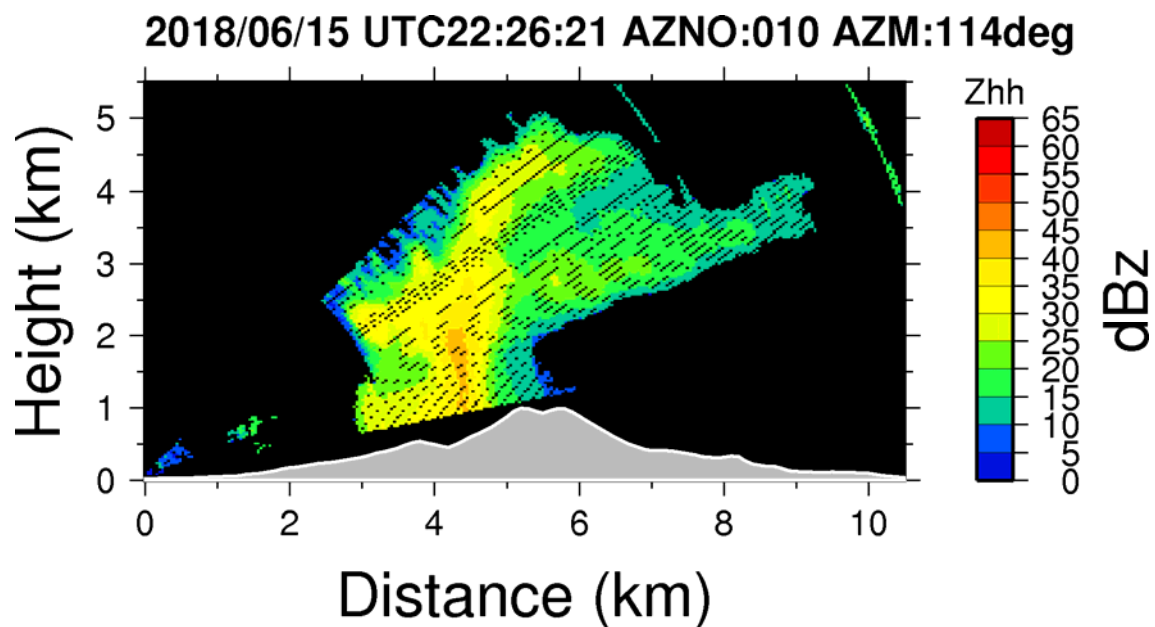


図 9. 2018 年 6 月 16 日 7:26:21s のレーダー反射強度分布. 方位角は N114° E. 高度 2500m より下では西（近づく方向）に噴煙が流されている. 一方, 高度 2500m より上では東（遠ざかる方向）に噴煙が流されている. これは桜島にて上層と下層で風向きが違うことを反映している.

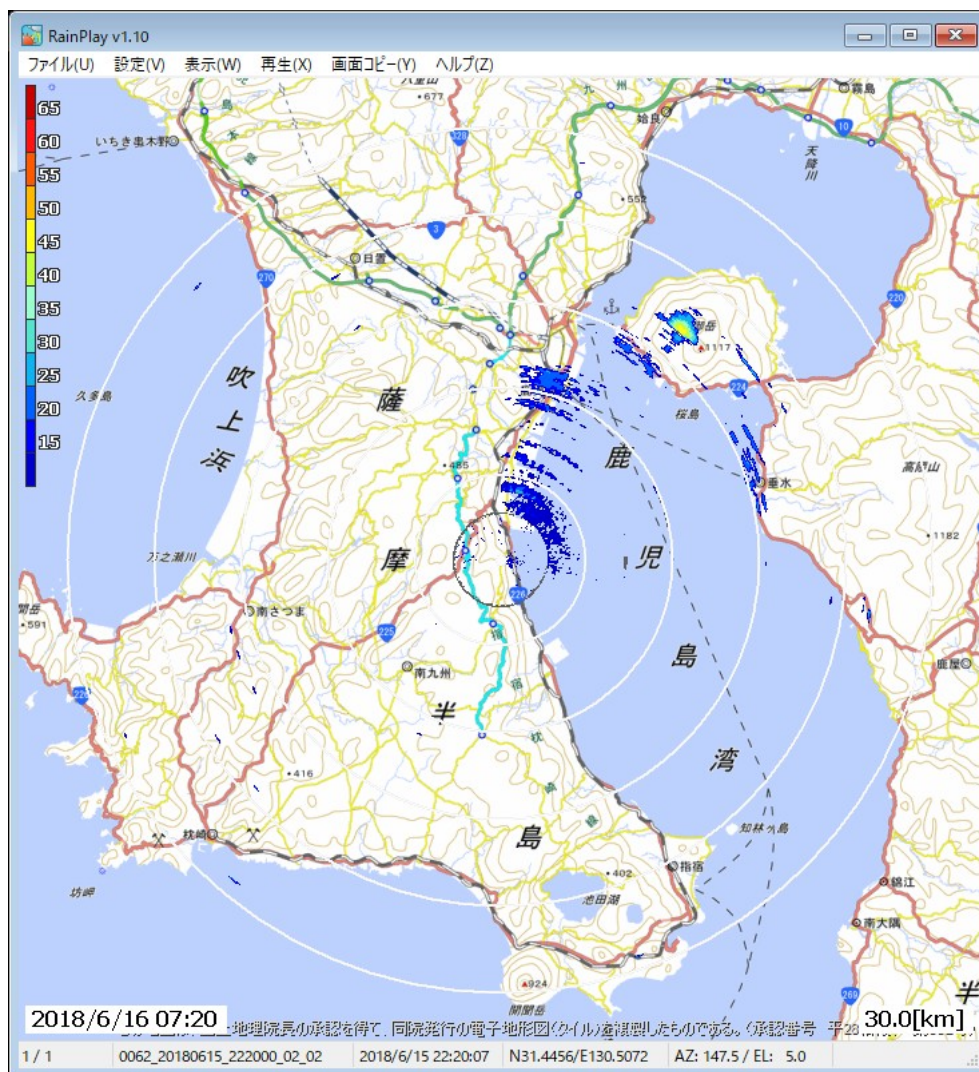


図 10. 2018 年 6 月 16 日 7:20 (噴火開始直後) のレーダー反射強度分布. 錦江湾高校レーダーによる. 南岳北西側に噴煙に対応する反射強度エコーが見られる. スキャンの仰角は 5 度. エコーが見られる場所は海拔 1850m に対応する.

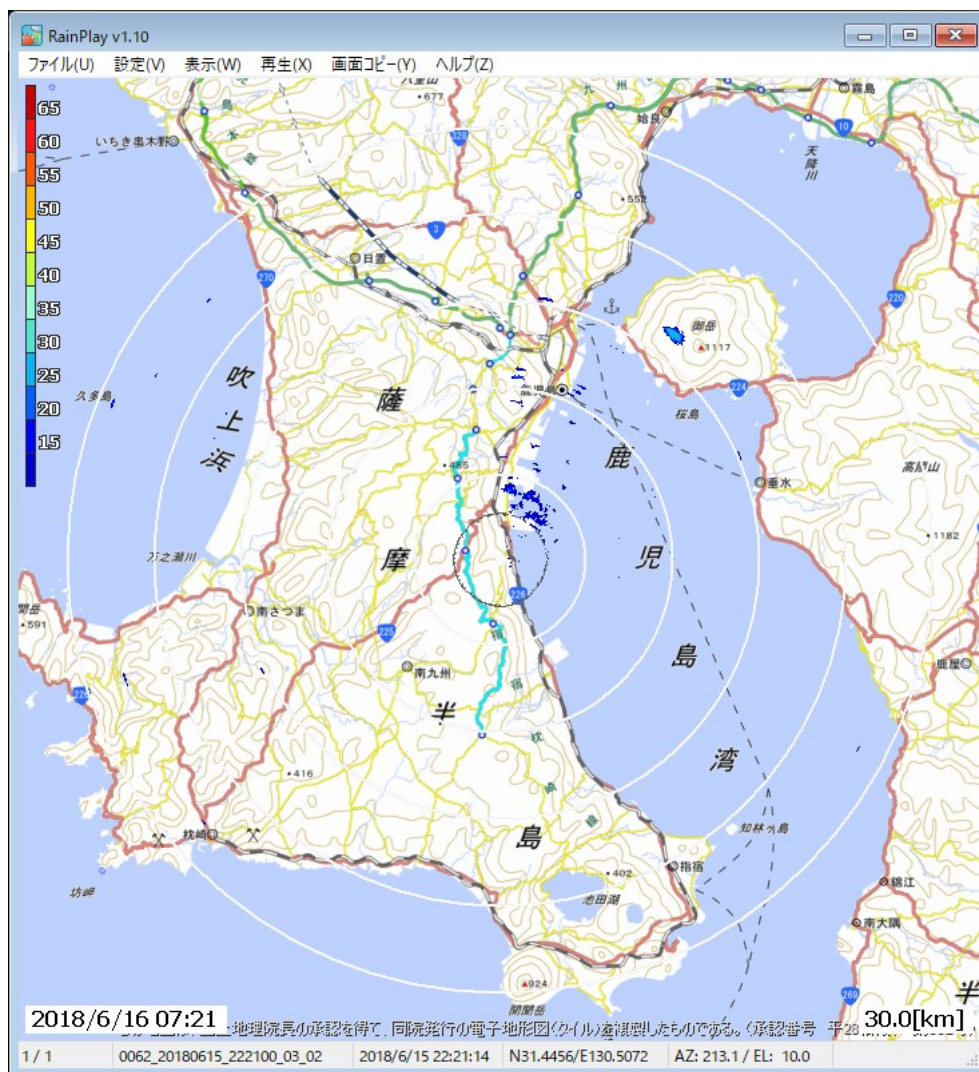


図 11. 2018 年 6 月 16 日 7:21 のレーダー反射強度分布. 錦江湾高校レーダーによる. 南岳北西側に噴煙に対応する反射強度エコーが見られる. スキャンの仰角は 10 度. エコーが見られる場所は海拔 3640m に対応する.

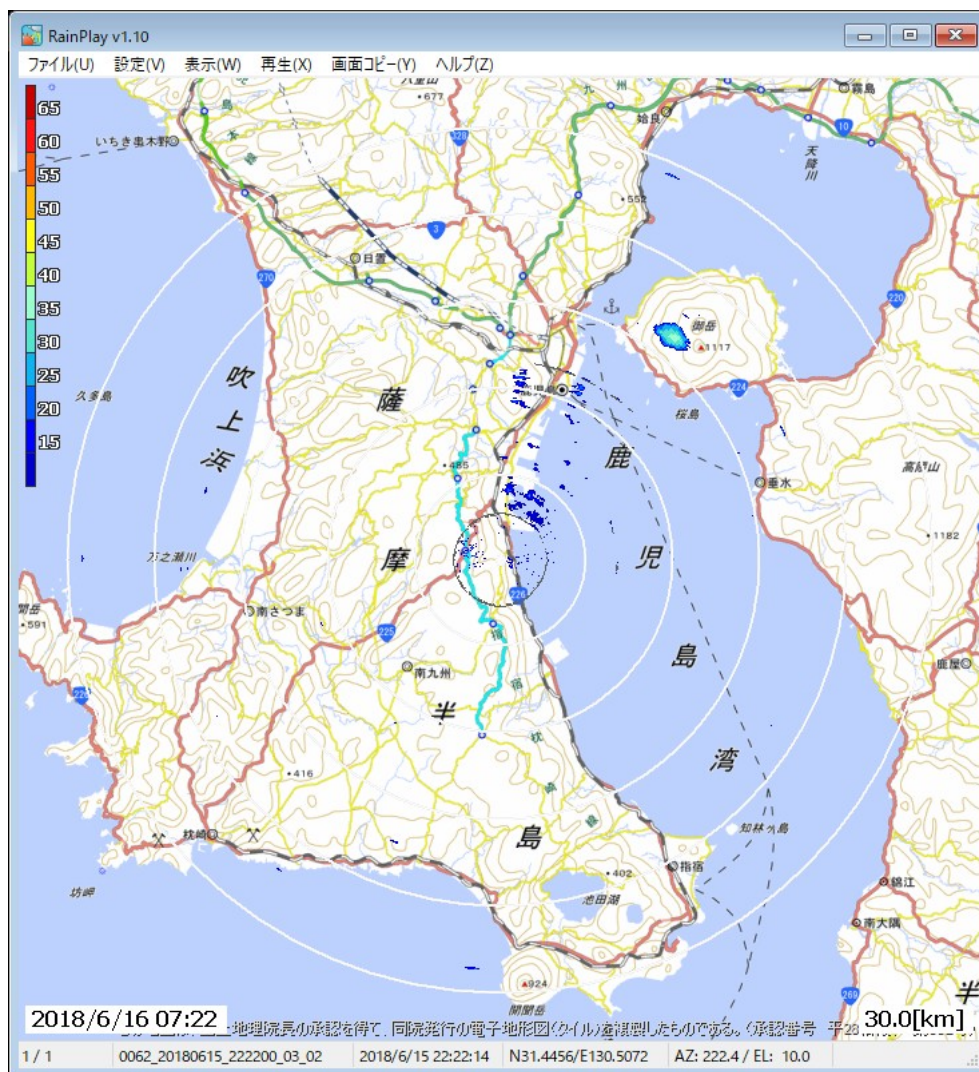


図 12. 2018 年 6 月 16 日 7:22 のレーダー反射強度分布. 錦江湾高校レーダーによる. 南岳北西側に噴煙に対応する反射強度エコーが見られる. スキャンの仰角は 10 度. エコーが見られる場所は海拔 3640m に対応する.

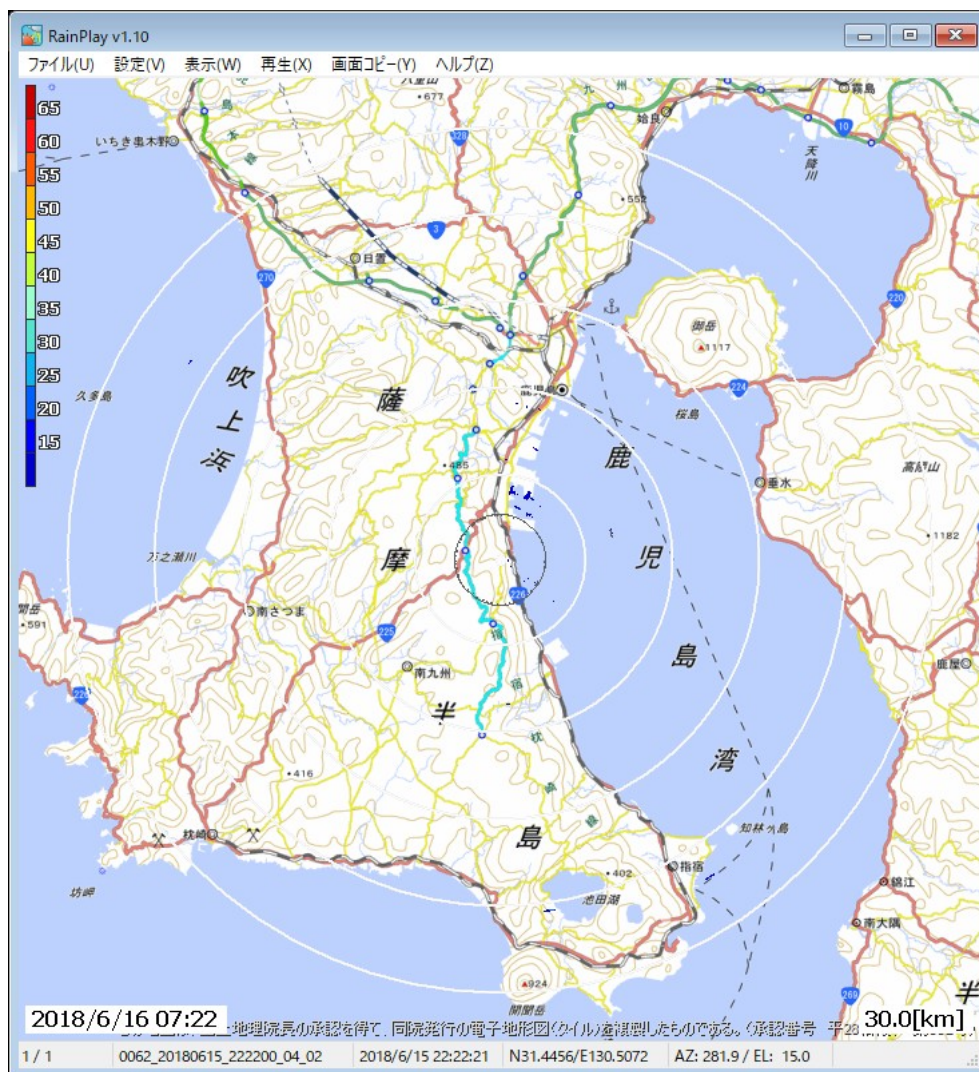


図 13. 2018 年 6 月 16 日 7:22 のレーダー反射強度分布. 錦江湾高校レーダーによる. 噴煙に対応する反射強度エコーは見られない. スキャンの仰角は 15 度. 南岳上空の海拔 5470m に対応する.

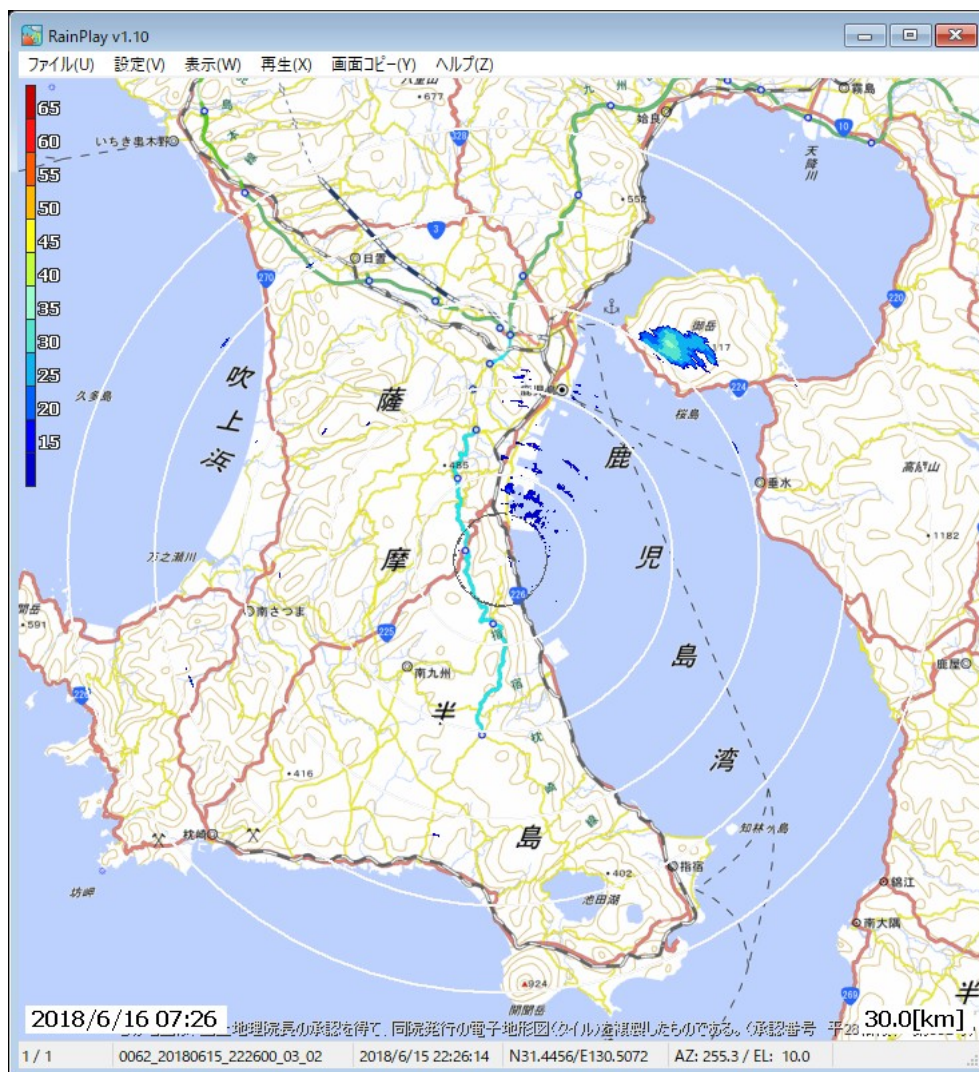


図 14. 2018 年 6 月 16 日 7:26 のレーダー反射強度分布. 錦江湾高校レーダーによる. 南岳西側に噴煙に対応する反射強度エコーが見られる. スキャンの仰角は 10 度. エコーが見られる場所は海拔 3640m に対応する.

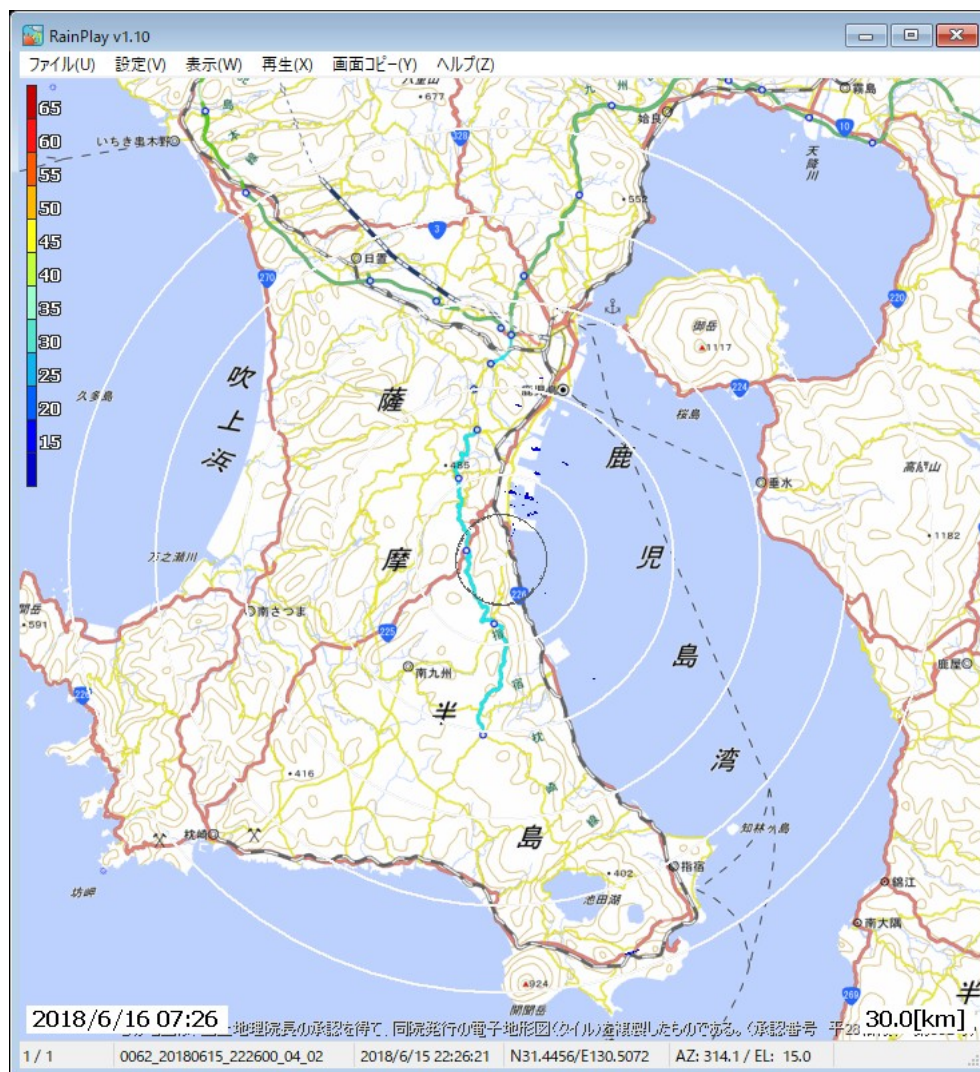


図 15. 2018 年 6 月 16 日 7:26 のレーダー反射強度分布. 錦江湾高校レーダーによる. 噴煙に対応する反射強度エコーは見られない. スキャンの仰角は 15 度. 南岳上空の海拔 5470m に対応する.

まとめ

噴煙は、海拔 5000m に達したが 5500m には達していないと推測される. 噴火直後の噴煙は南岳北西に流れ、その後西に流れた. 一方、高さ 3000m 以上では東もしくは南東方向に噴煙は流されている. これは桜島上空の風向きが高度によって異なるためである.

桜 島

○ 十勝岳：2018 年 5 月 29 日以降に観測された一時的な火山性地震増加及び火山性微動

・地震活動（図13～19）

5月29日（18時台～19時台）及び6月8日（23時台）に、火山性地震が一時的に増加した。また、6月5日から6月10日にかけて、継続時間の短い火山性微動を5回観測した。微動の前後で、地震活動に変化はなかった。

これらの火山性地震及び火山性微動は、62-2火口付近のごく浅い所で発生したと考えられる。

・地殻変動（図 19～24）

5月29日以降の火山性地震の一時的な増加や火山性微動の発生時に、山頂付近に設置した傾斜計（摺鉢火口3；2016年12月1日観測開始）等で、火口方向下がりのごくわずかな変化が観測された。

GNSS連続観測では、2006年以降、62-2火口直下浅部の膨張を示すと考えられる変動が観測されている。この変動は、これまでもレートを変化させながら継続してきたが、2018年4月頃から停滞している可能性がある（過去にも短期的に停滞したことがある）。

・表面現象等（図 17、図 25～31）

監視カメラによる観測では、5月29日以降の火山性地震の一時的な増加や火山性微動の発生前後で、62-2火口や振子沢噴気孔群の噴煙・噴気の状態及び空振計データに、変化は認められなかった。

6月6日～7日及び15日～16日に現地調査を実施した。62-2火口では、活発な噴煙活動が継続していたが、地熱域の拡がりに特段の変化は認められなかった。62-2火口底では、6月6日には2017年6月の観測時と同様に熱泥水が湧出していたが、6月15日の現地調査では熱泥水は認められず、熱泥水がみられた場所からは白色の噴気が噴出していた。62-2火口底ではこれまでもたびたび熱泥水の湧出が確認されている。また、62-2火口内は、2017年9月の観測時と比較して、硫黄の付着が火口内全体に広がっていた。

振子沢噴気孔群では、6月6日～7日の現地調査で、2017年9月～10月の観測時と比べて、噴気量の増加が認められた。東側の噴気孔では明瞭な噴気がみられたが、この場所では2017年9月の観測時に弱いながら噴気が認められており、既存の噴気孔が活発化したものと考えられる。

また、大正火口東壁では、6月6日の現地調査では特段の変化は認められなかった。

・今回の活動について（図 32）

5月29日以降の一時的な地震増加及び火山性微動は、図32の②に該当する現象と考えられる（図32②の赤枠）。一連の活動は2週間程度の間には発生しているが、引き続き同様の現象が繰返し発生していく可能性（図32-a）がある。また、火口近傍のみに影響するごく小規模な噴火に至る可能性（図32-b）も考えられるが、その場合には、噴火に先立ち浅部のB型地震回数の増加等が想定される。現時点で、現地有感地震を含むやや深部のA型地震の増加や地殻変動は観測されておらず、直ちにマグマ噴火の可能性（図32-c）を論じる段階には達していないものと思われる。

なお、今回の一時的な地震増加や火山性微動と同期して、山頂付近に設置した傾斜計で火口方向下がりのごくわずかな変化が観測された。また、前十勝GNSS連続観測点の変化が停滞しており、浅部の圧力源の膨張が停滞している可能性がある。いずれも、これまでに同様の現象が観測されているが、浅部の圧力源の収縮過程への移行に対応する可能性があり、どのような推移をたどるか注視している。

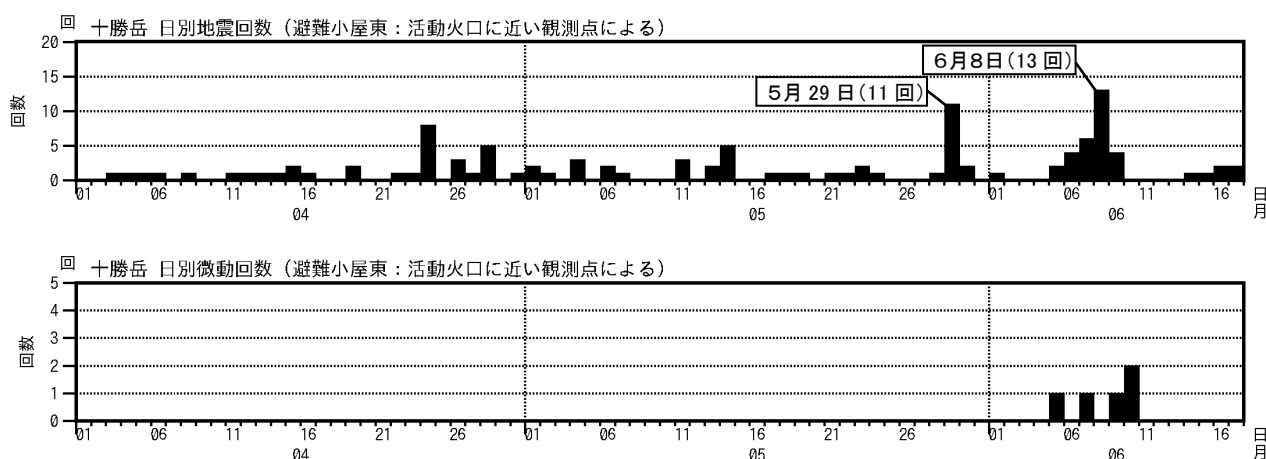


図 13 十勝岳 火山性地震及び火山性微動の日別回数 (2018 年 4 月 1 日～6 月 17 日)

- ・火山性地震は、5 月 29 日と 6 月 8 日に一時的に増加した。
- ・火山性微動は、6 月 5 日から 10 日にかけて、5 回観測された。

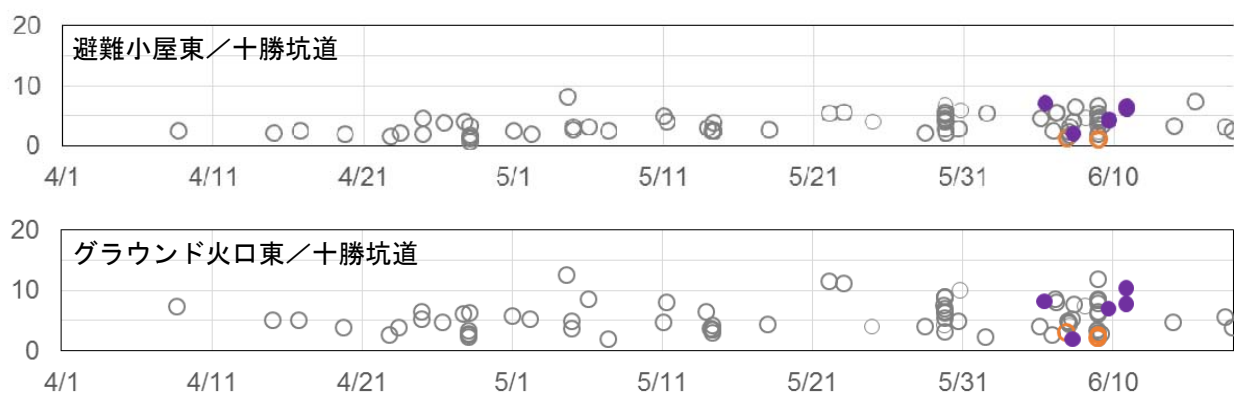


図 14 十勝岳 火山性地震及び火山性微動の振幅比 (2018 年 4 月 1 日～6 月 17 日)

○ : BH型地震、○ : BL型地震、● : 火山性微動

- ・5 月 29 日以降の火山性地震や火山性微動は、それ以前の 62-2 火口付近のごく浅い所を震源とする火山性地震 (BH型地震) の振幅比と同様であり、これまでと同様に 62-2 火口のごく浅い所で発生していると考えられる。

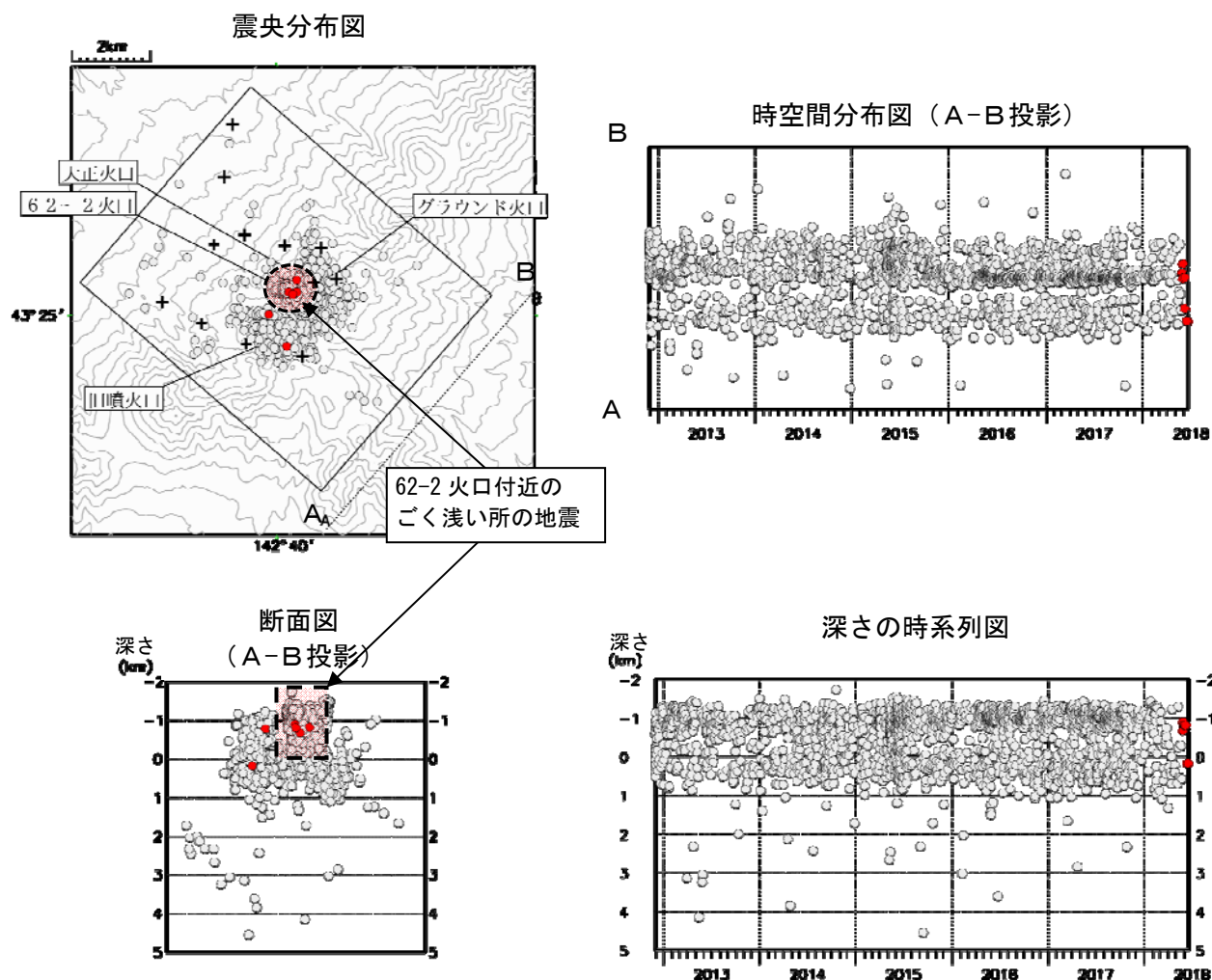


図 15 十勝岳 震源分布図 (2012 年 12 月～2018 年 6 月 17 日)

○ : 2012 年 12 月 1 日～2018 年 5 月 28 日の震源

● : 2018 年 5 月 29 日～2018 年 6 月 17 日の震源

一部観測点の欠測のため震源決定数や震源精度は一定ではない。

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。

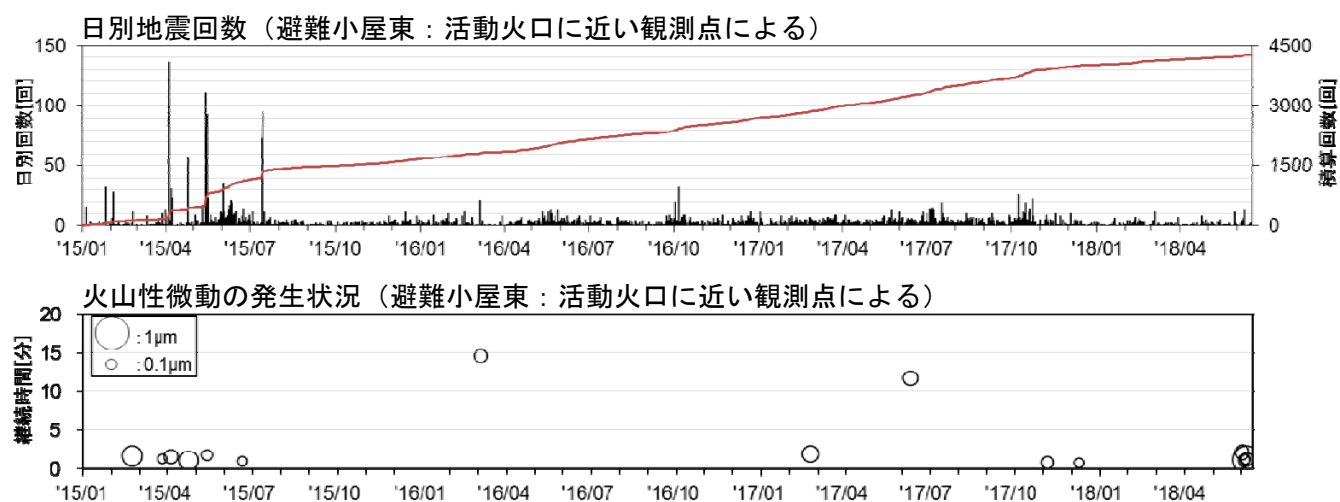
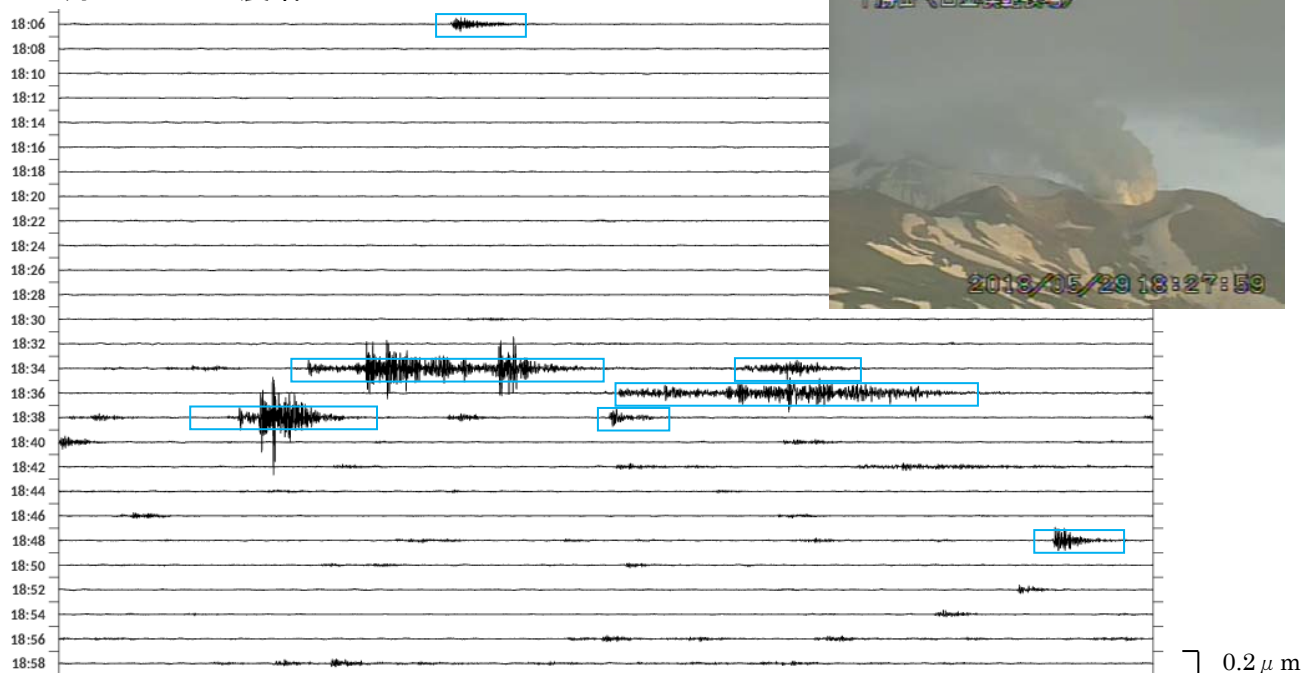


図 16 十勝岳 日別地震回数及び火山性微動の発生状況 (振幅・継続時間) の推移 (2015 年 1 月～2018 年 6 月 17 日)

・ 5 月 29 日の地震増加



・ 6 月 5 日の火山性微動

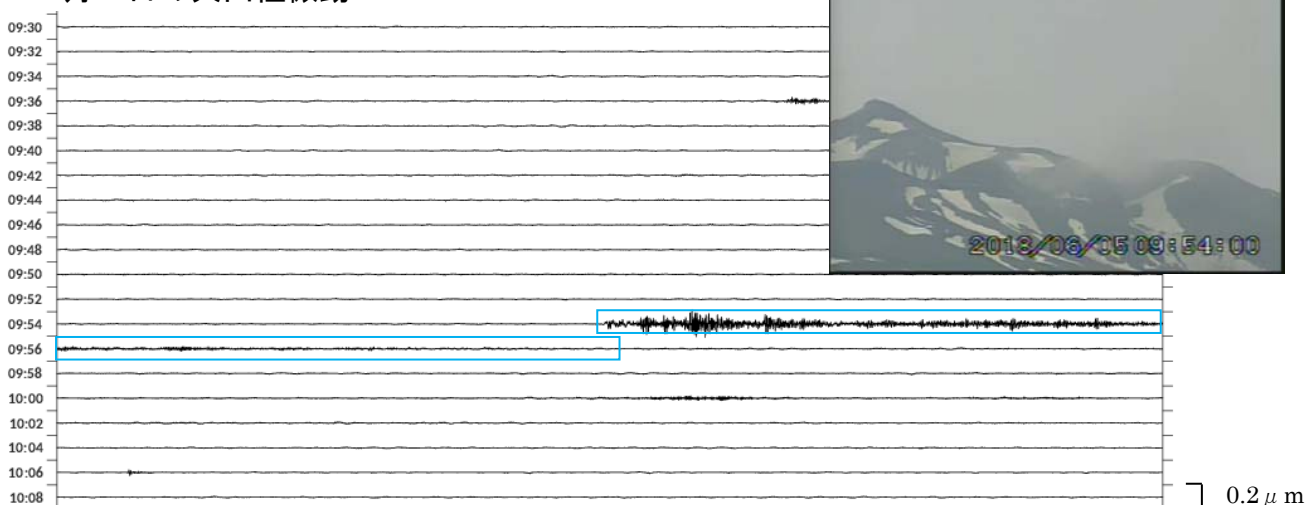
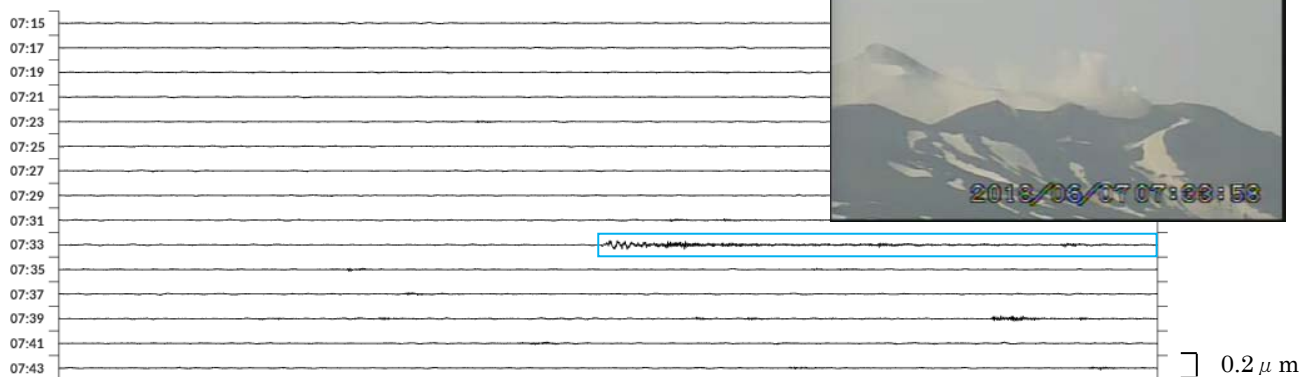


図 17 十勝岳 火山性地震及び火山性微動の発生状況（避難小屋東観測点、変位波形東西成分）及び噴煙等の状況

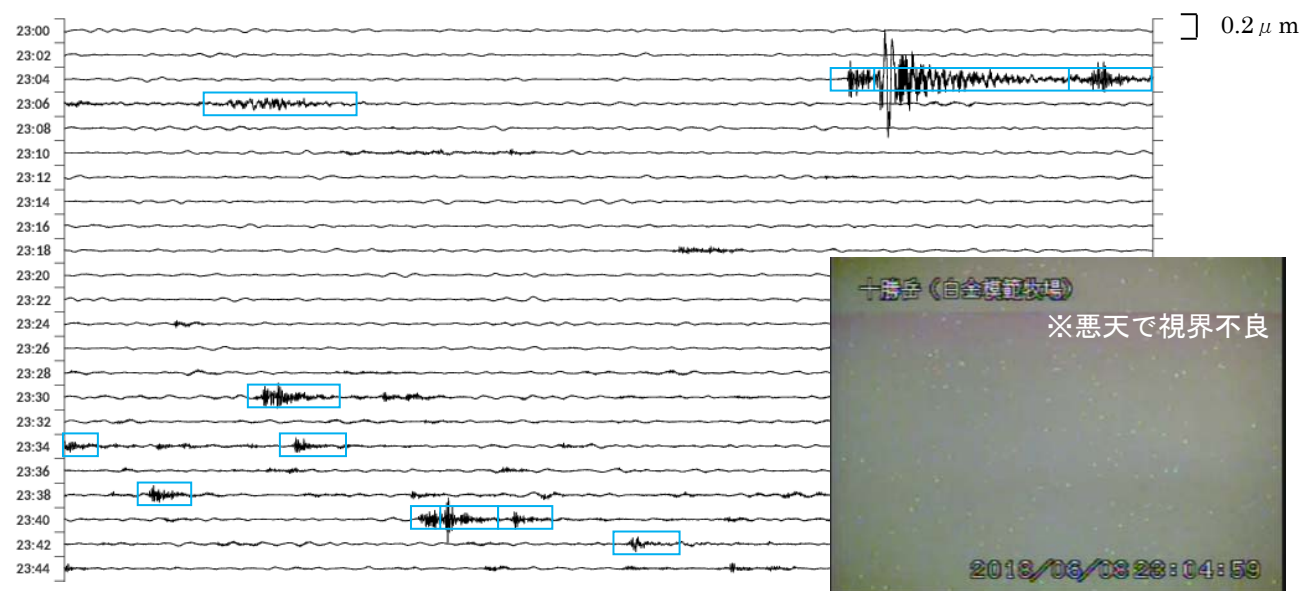
□：計数基準以上の地震及び微動（地震の計数基準：避難小屋東の変位最大振幅 0.1 μ m、微動の計数基準：避難小屋東の変位最大振幅 0.08 μ m）

- ・ 監視カメラによる観測によると、山体を視認できた5月29日、6月5日、7日及び10日の事例では、地震増加・微動発生に対応する前後の時間帯の噴煙・噴気の状態に変化はなかった。
- ・ 6月5日、7日、9日及び10日の火山性微動の前後で、地震活動に変化はなかった。

・ 6 月 7 日の火山性微動



・ 6 月 8 日の地震増加



・ 6 月 9 日の火山性微動

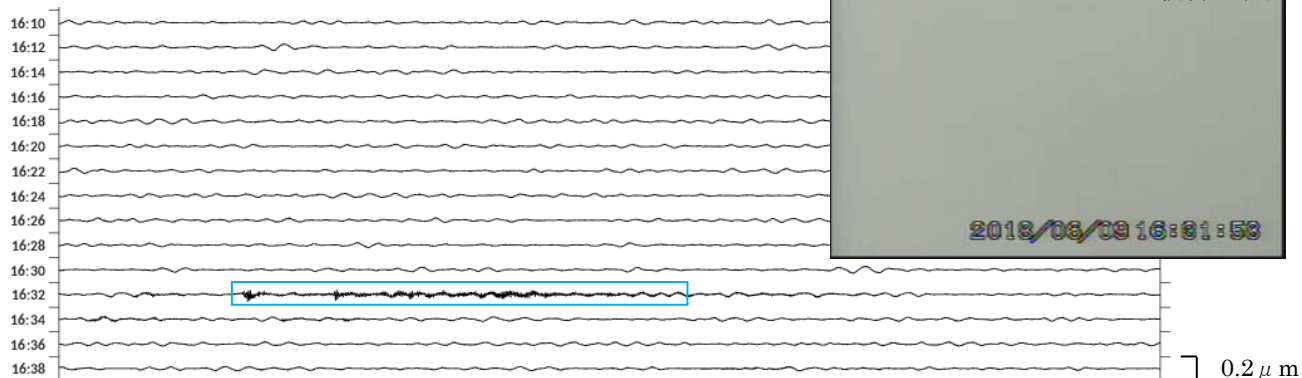


図 17 (つづき)

・ 6 月 10 日の火山性微動

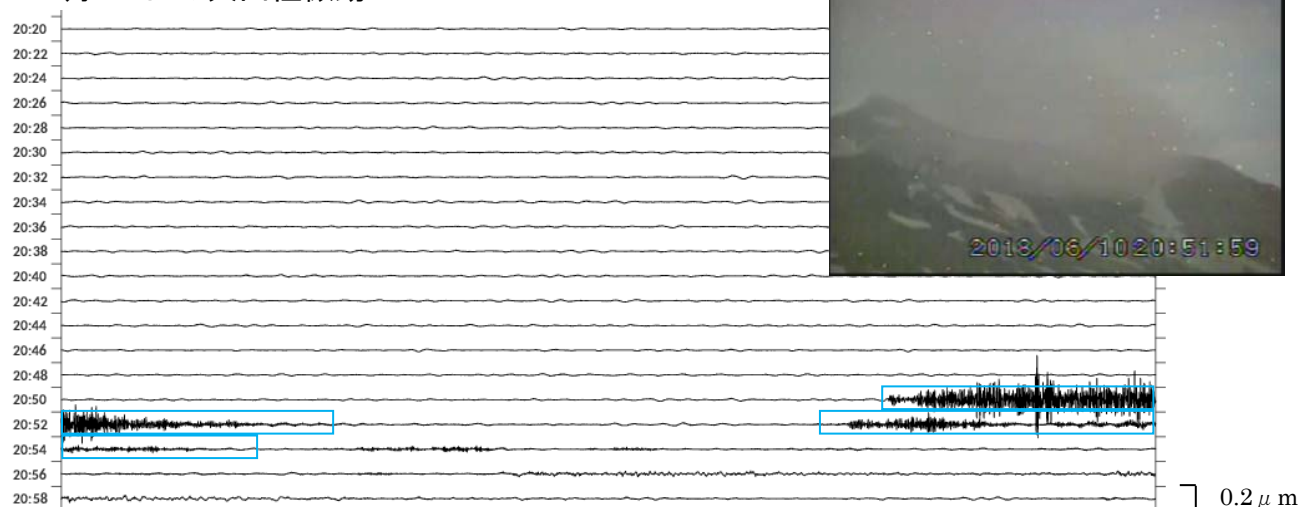


図 17 (つづき)

・ 6 月 8 日 23 時 05 分の火山性地震

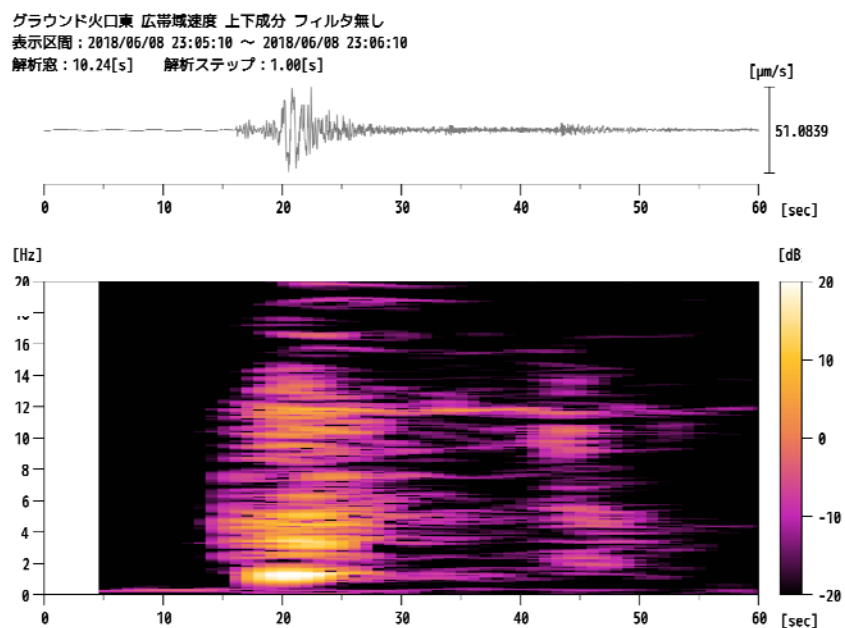
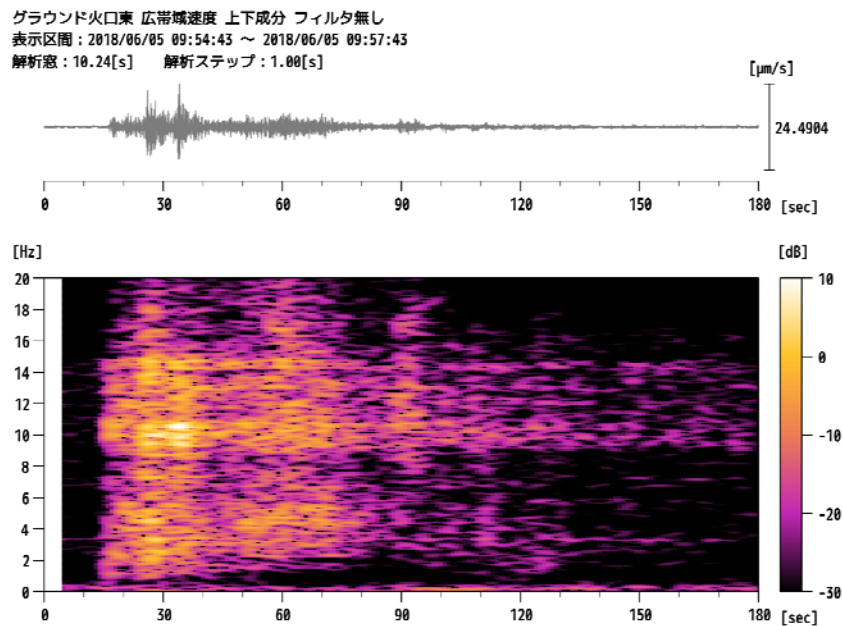


図 18 十勝岳 B L 型地震のランニングスペクトル (グラウンド火口東観測点の広帯域地震計データ)

・ 6 月 5 日の火山性微動



・ 6 月 7 日の火山性微動

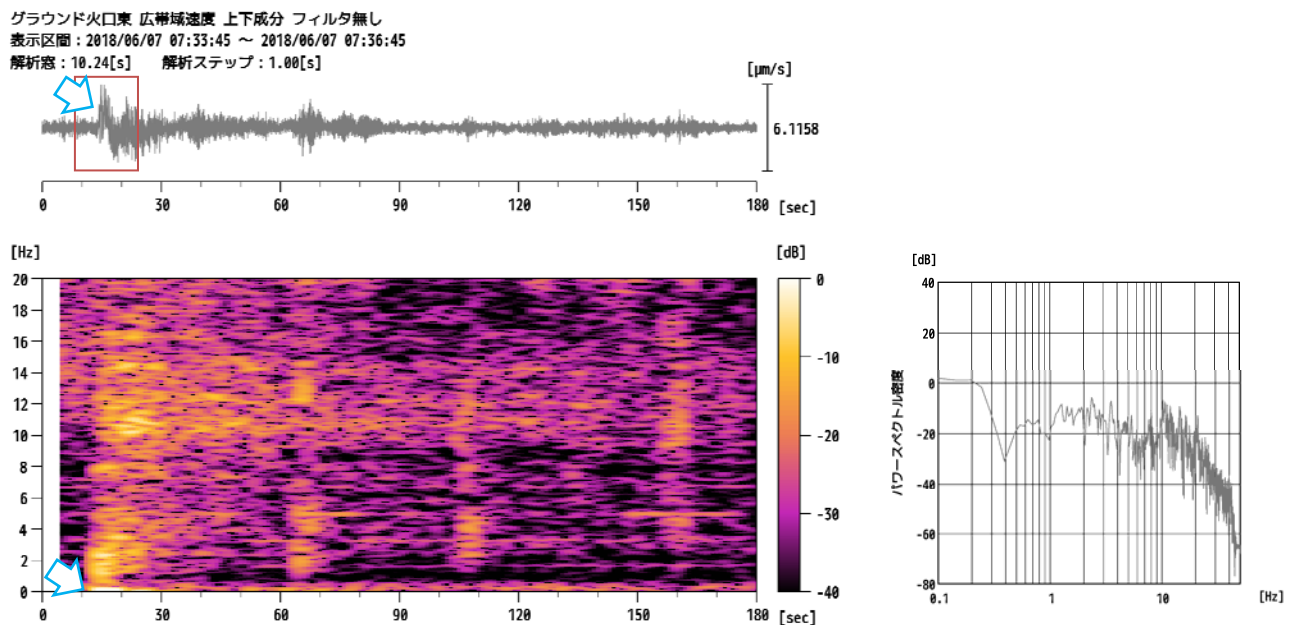
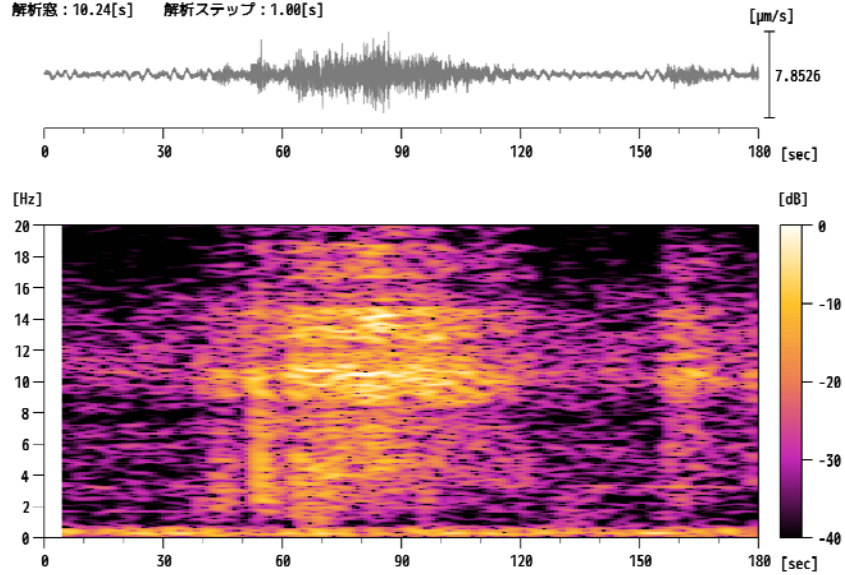


図 18 十勝岳 火山性微動のランニングスペクトル（グラウンド火口東観測点の広帯域地震計データ）

- ・ 6 月 5 日、9 日及び 10 日の火山性微動は、高周波成分が主体の波形である。
- ・ 6 月 7 日の微動は、先頭に 0.1~0.2Hz 前後の低周波成分が卓越している（青矢印）。赤枠内のパワースペクトルを右図に示した。このような微動は、これまでも時折観測されている。

・ 6 月 9 日の火山性微動

グラウンド火口東 広帯域速度 上下成分 フィルタ無し
表示区間：2018/06/09 16:31:26 ～ 2018/06/09 16:34:26
解析窓：10.24[s] 解析ステップ：1.00[s]



・ 6 月 10 日 20 時 51 分の火山性微動

グラウンド火口東 広帯域速度 上下成分 フィルタ無し
表示区間：2018/06/10 20:51:00 ～ 2018/06/10 20:54:00
解析窓：10.24[s] 解析ステップ：1.00[s]

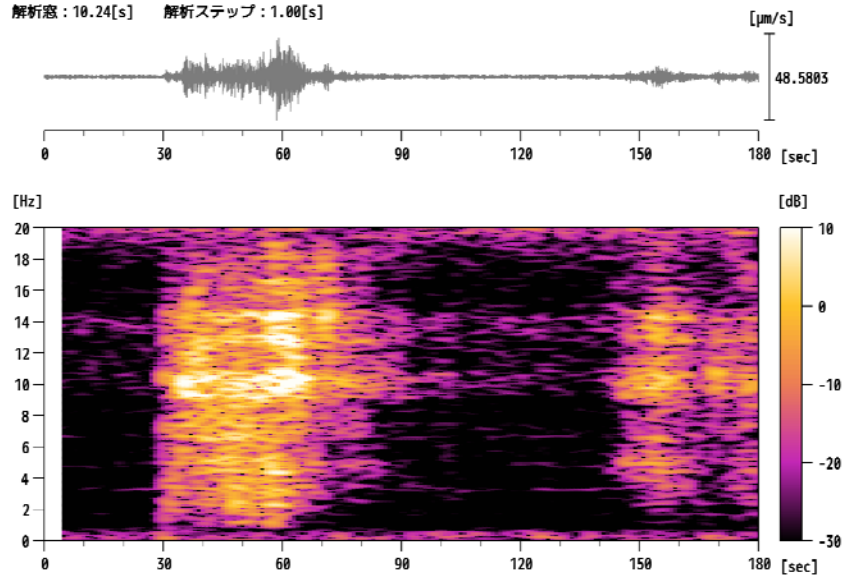


図 18 (つづき)

・ 6 月 10 日 20 時 53 分の火山性微動

グラウンド火口東 広帯域速度 上下成分 フィルタ無し
表示区間 : 2018/06/10 20:53:00 ~ 2018/06/10 20:56:00
解析窓 : 10.24[s] 解析ステップ : 1.00[s]

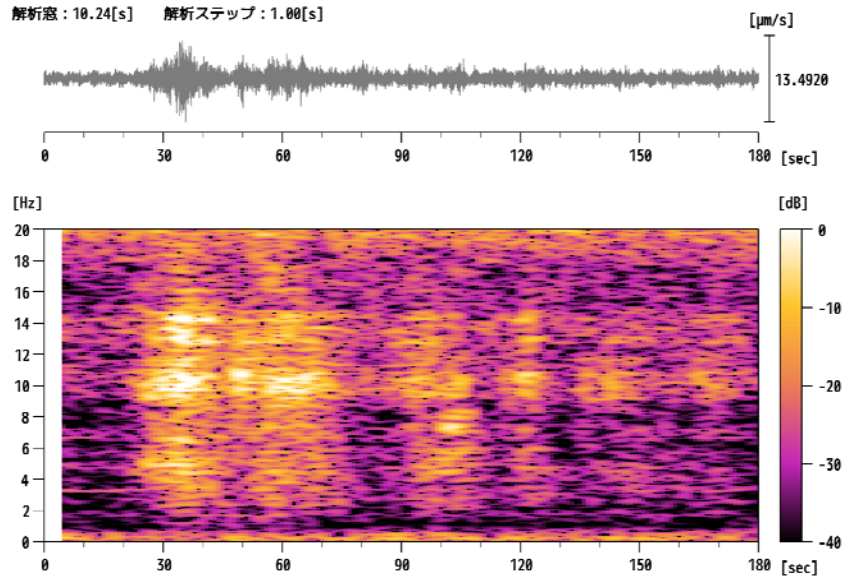
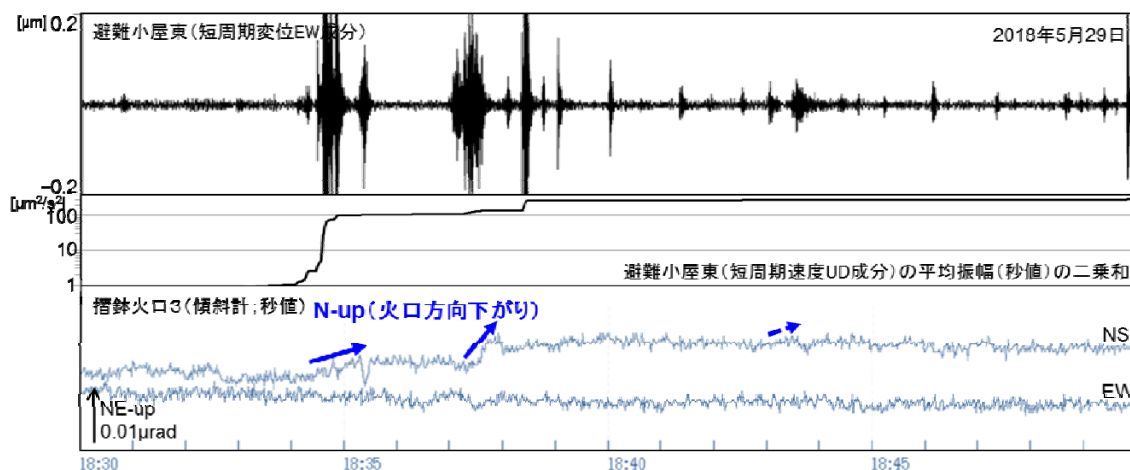
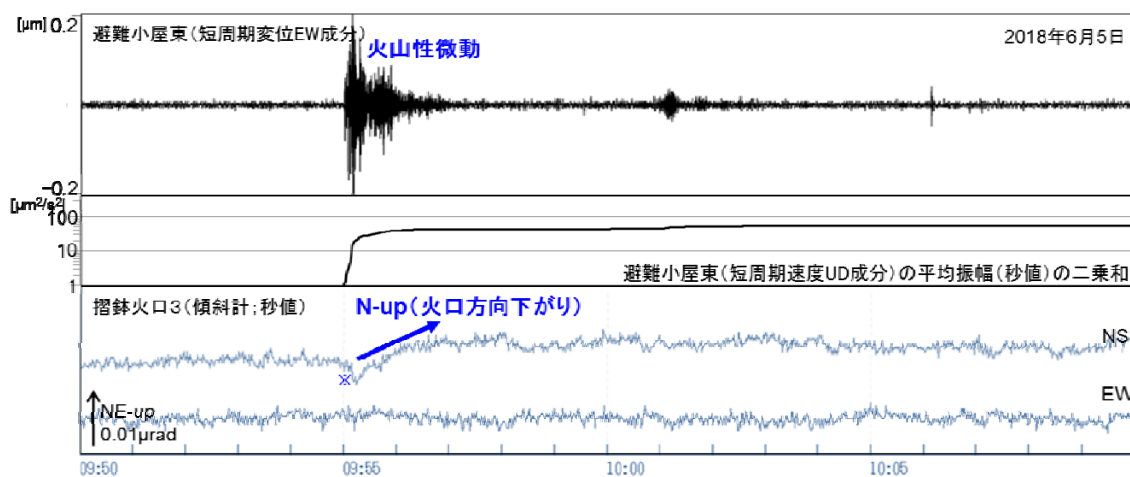


図 18 (つづき)

・ 5 月 29 日の地震増加



・ 6 月 5 日の火山性微動



・ 6 月 7 日の火山性微動

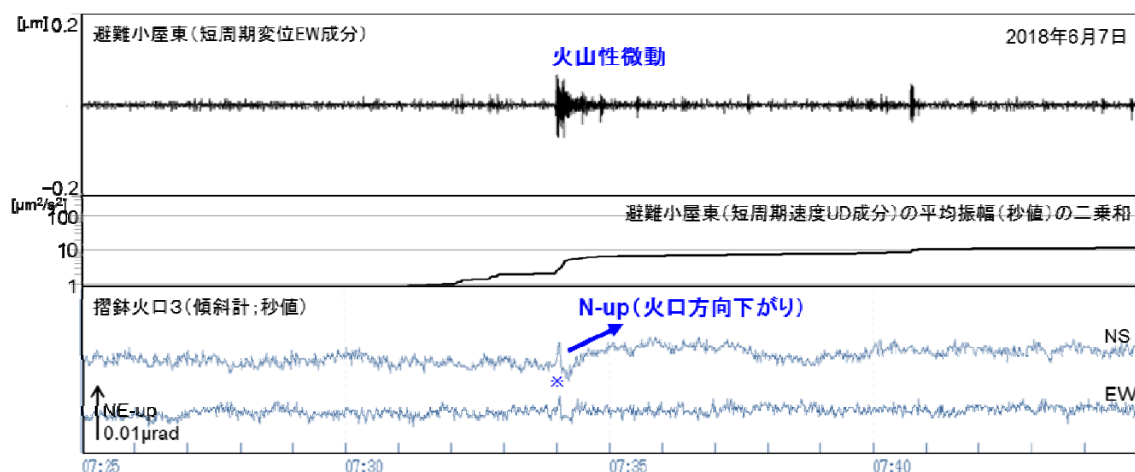
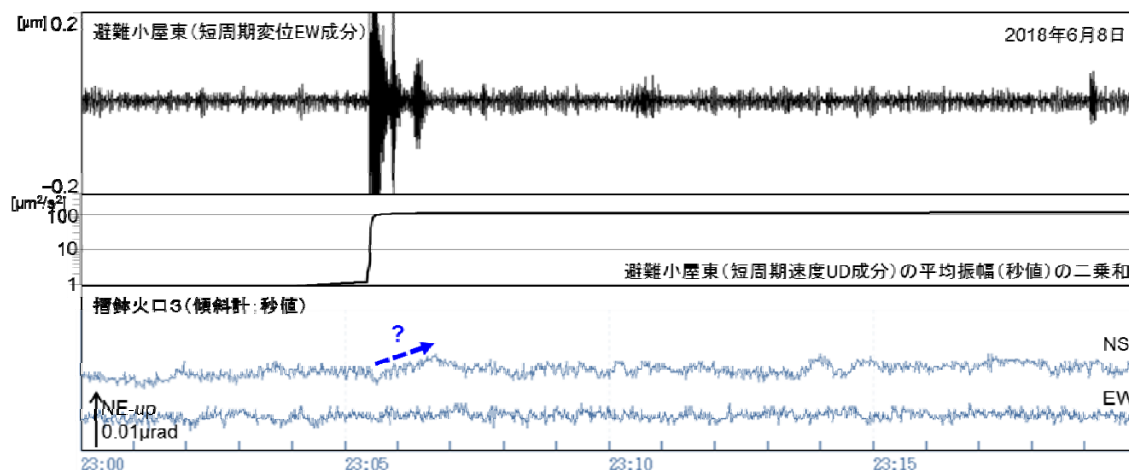


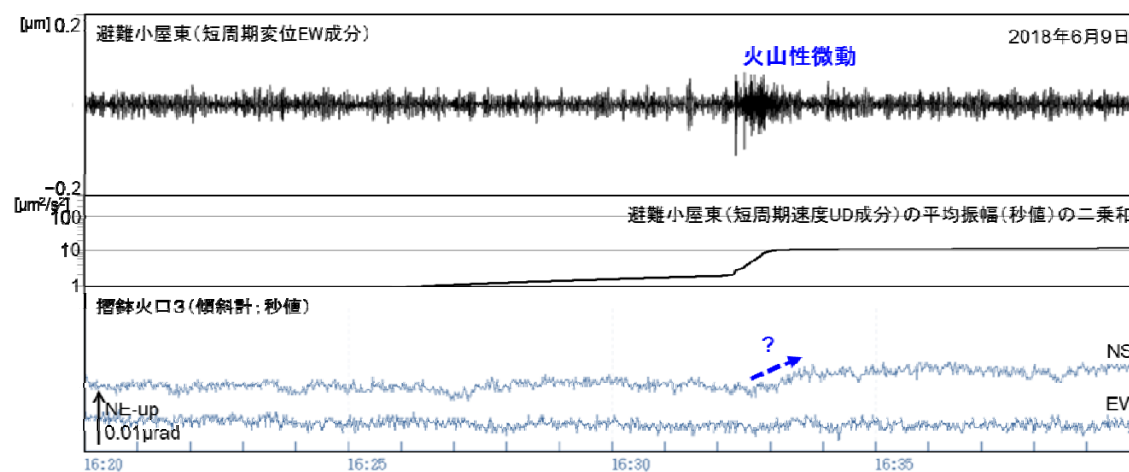
図 19 十勝岳 地震増加時・火山性微動発生時の避難小屋東観測点の変位振幅及び速度波形平均振幅二乗和と、摺鉢火口 3 傾斜計の変化

- ・ 火口近傍に設置した傾斜計（摺鉢火口 3；2016 年 12 月 1 日観測開始）で、ごくわずかな火口方向下がりの変化が観測された。
- ・ 6 月 5 日及び 7 日の火口方向下がりの傾斜変化直前の N-down の動き（※印）は、傾斜計の短周期側の特性による並進を記録している可能性がある。

・ 6 月 8 日の地震増加



・ 6 月 9 日の火山性微動



・ 6 月 10 日の火山性微動

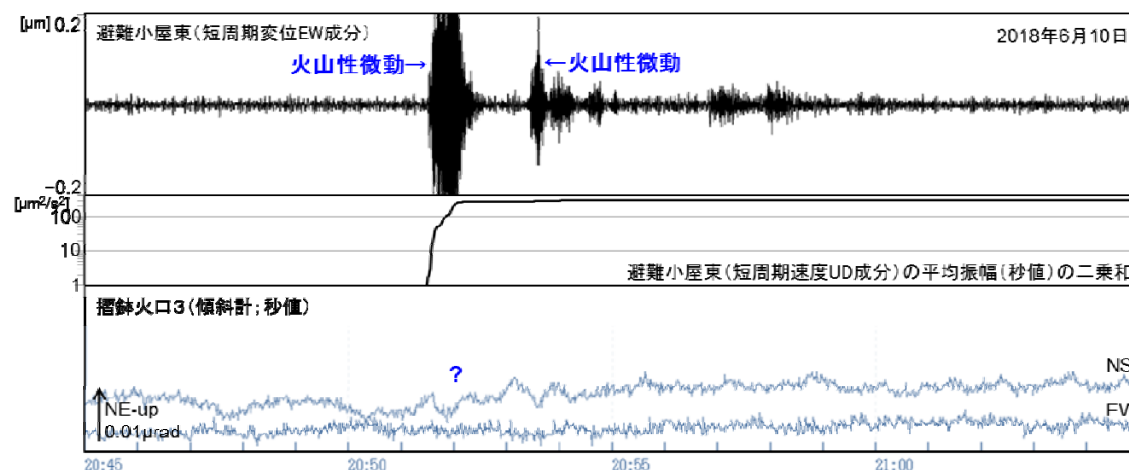


図 19 (つづき)

- ・ 6 月 8 日及び 9 日の変化は、5 月 29 日、6 月 5 日及び 7 日に観測された変化量と比べても小さい。
- ・ 6 月 10 日の変化は、前後の変化と区別がつかない。



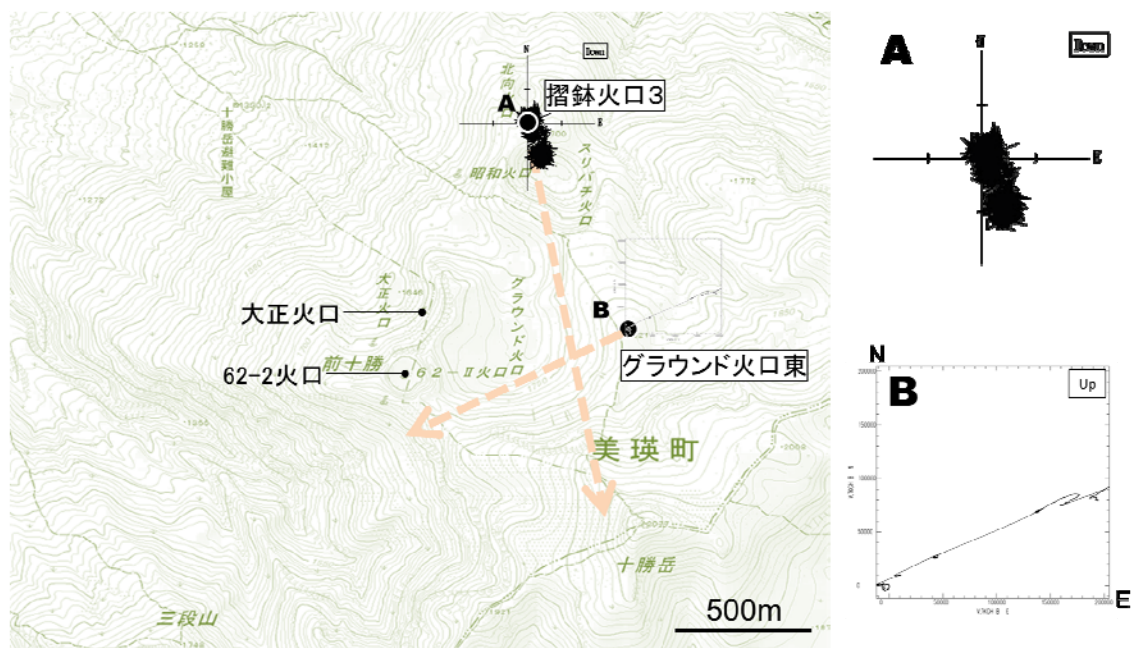


図 20 十勝岳 5月29日の地震増加時の（A）摺鉢火口3の傾斜変化及び（B）グラウンド火口東の広帯域地震計速度水平成分の積分値の軌跡図（5月29日 18:25～18:50）

- ・火口方向下がりと考えられる変化が観測された。

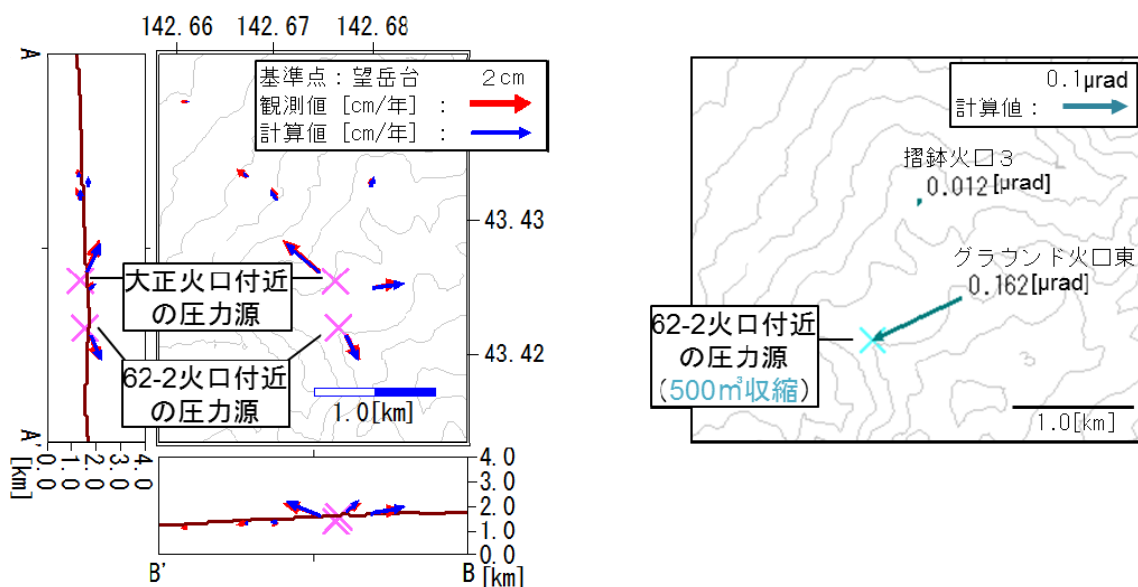
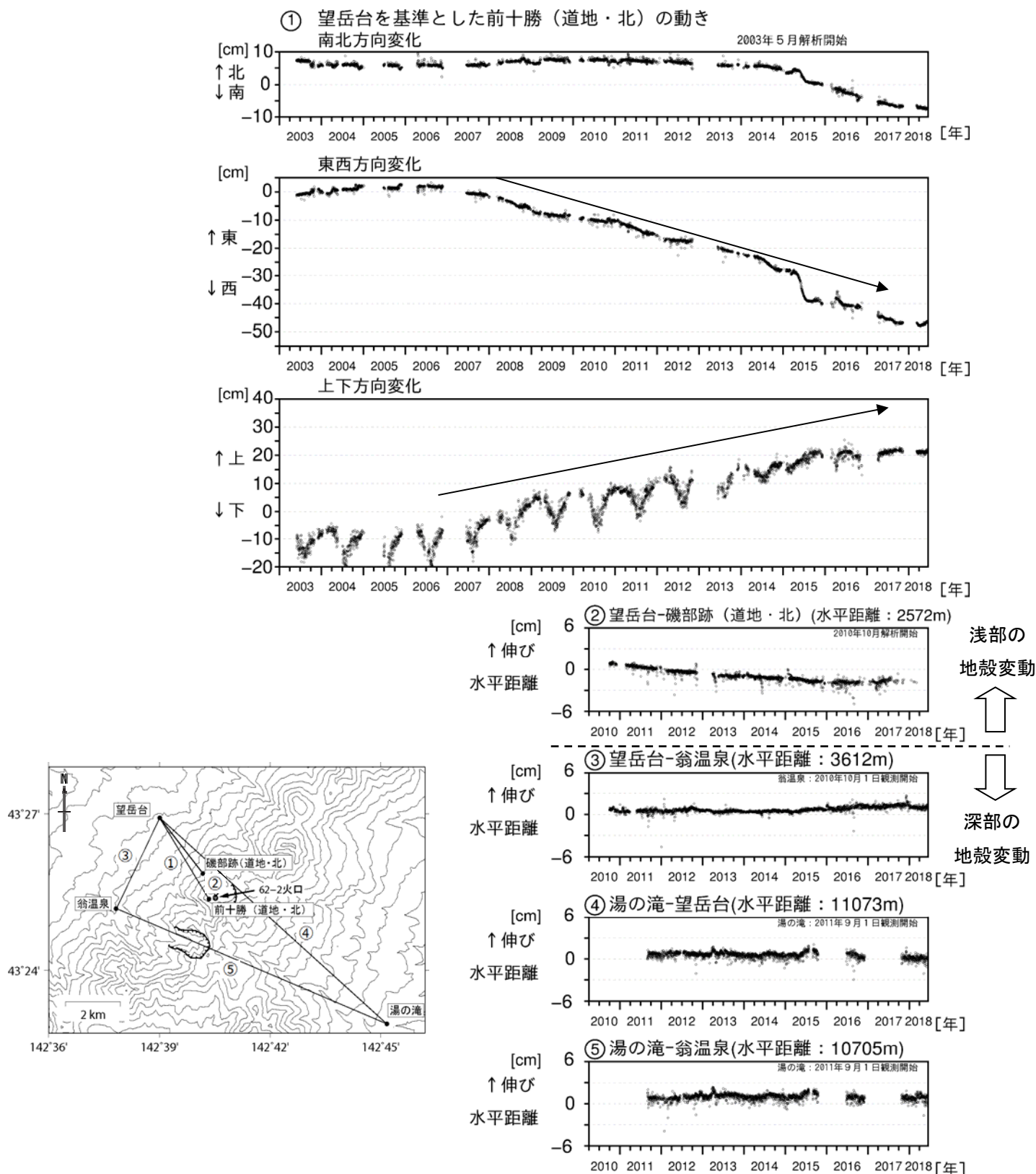


図 21 十勝岳 2005年～2014年のGNSS連続・繰返し観測データをもとに推定した2つの圧力源（左：第140回火山噴火予知連絡会気象庁資料より抜粋）と「62-2火口付近の圧力源」の収縮を仮定した場合の山頂部の傾斜変化の計算値（右）

- ・「摺鉢火口3」傾斜計の $0.01 \mu\text{rad}$ の火口方向下がりの変化が、「62-2火口付近の圧力源（標高1600m、62-2火口底からの深さ約100m）」の収縮（茂木モデル）で説明できると仮定すると、収縮量は 10^2 m^3 オーダーである。



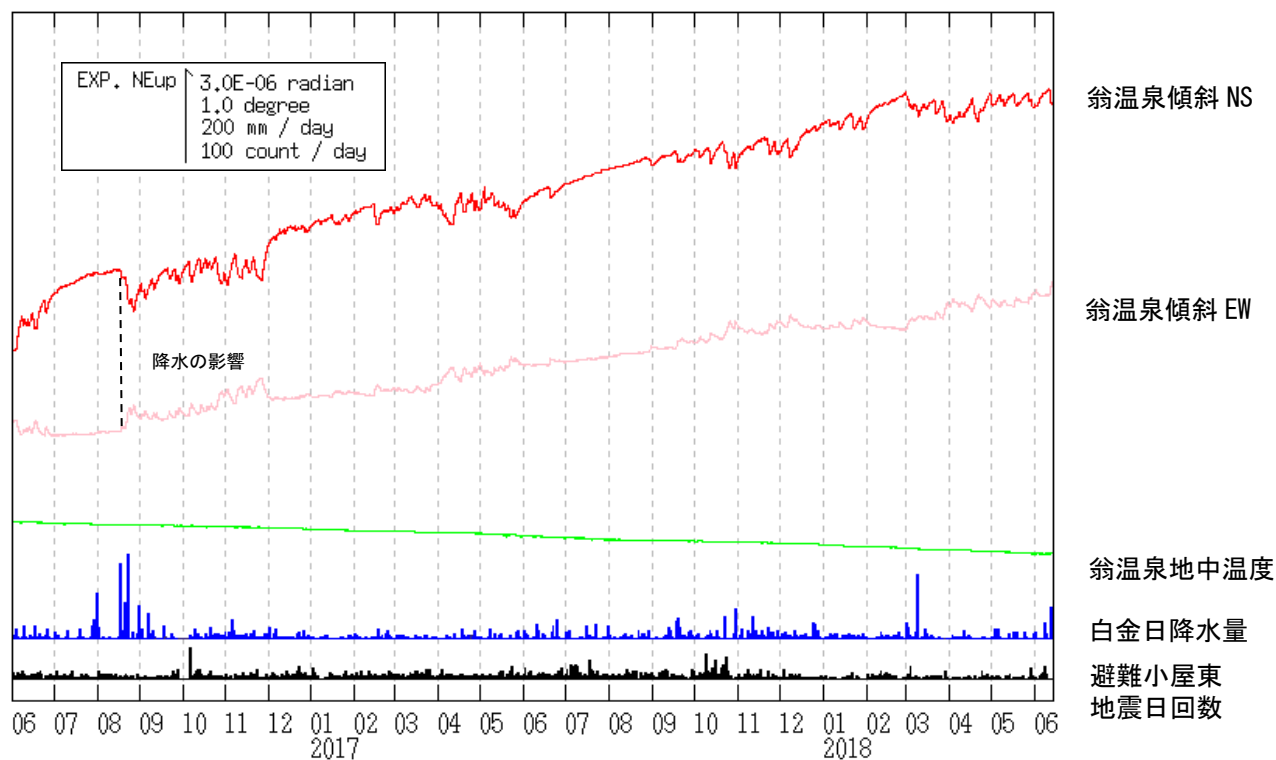


図 23 十勝岳 翁温泉観測点における傾斜変動
(2016 年 6 月 1 日～2018 年 6 月 13 日、時間値、潮汐補正済み)
・火山活動によるとみられる傾斜変動は認められない。

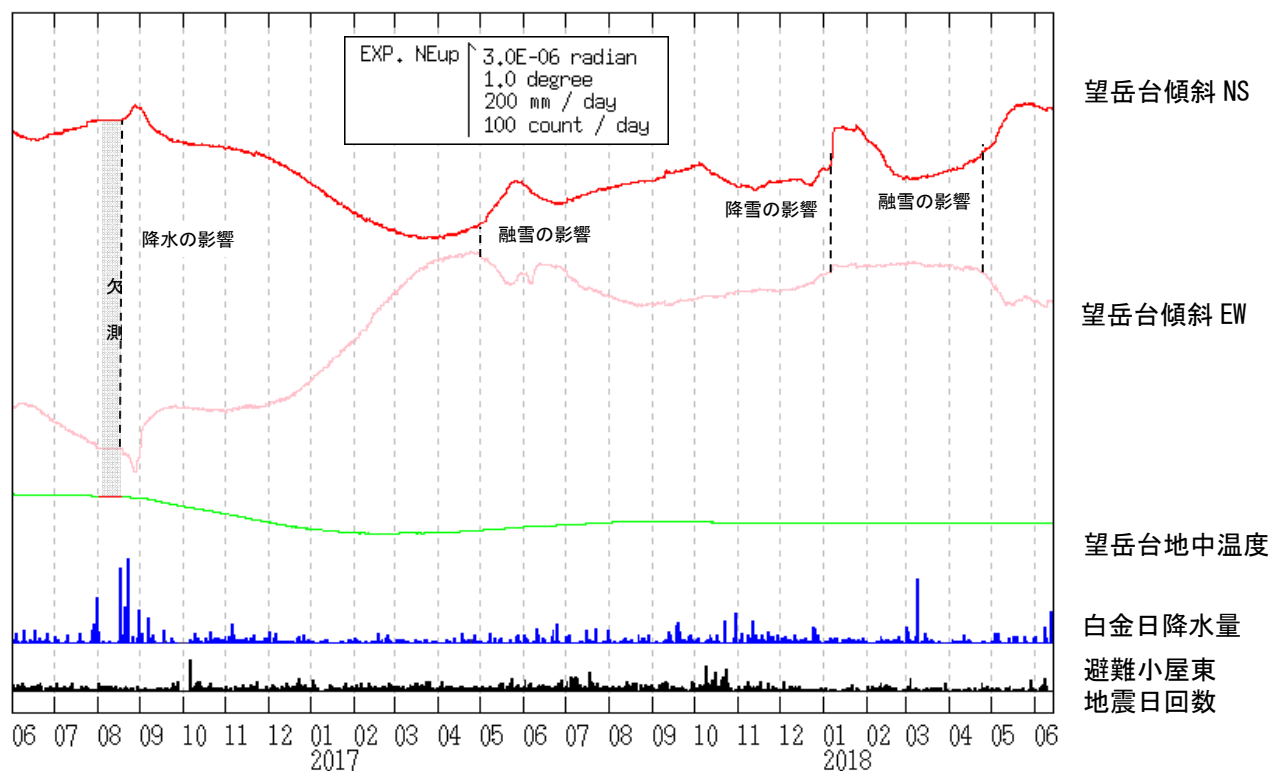


図 24 十勝岳 望岳台観測点における傾斜変動
(2016 年 6 月 1 日～2018 年 6 月 13 日、時間値、潮汐補正済み)
・火山活動によるとみられる傾斜変動は認められない。



図 25 十勝岳 火口周辺図と写真及び
可視画像・赤外熱映像の撮影方向（矢印）



図 26 十勝岳 62-2 火口内の状況 南東側（図 25 の①）から撮影
・ 6 月 6 日に熱泥水の湧出を確認したが、15 日には熱泥水は認められず、熱泥水のみられた場所からは白色の噴気が噴出していた（赤色破線）。

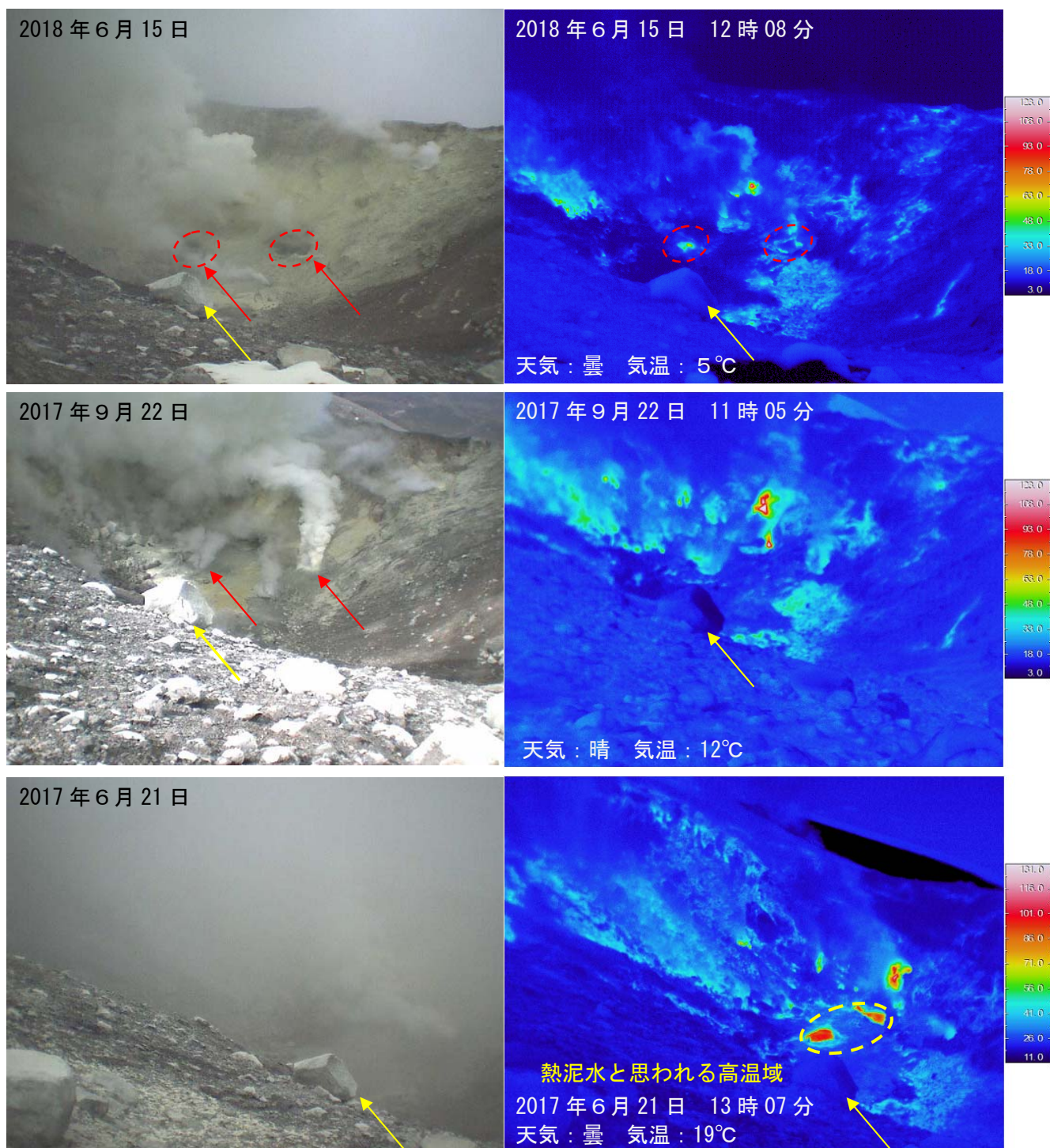


図 27 十勝岳 赤外熱映像装置による 62-2 火口内の地表面温度分布の比較
南東側（図 25 の①）から撮影

黄色矢印は同じ岩を示す。赤色矢印は同じ場所を示す。

- ・ 62-2 火口の地熱域の拡がりに特段の変化は認められなかった。
- ・ 62-2 火口は北西側内壁を中心に活発な噴煙活動が継続していた。
- ・ 62-2 火口内は昨年秋と比較して、硫黄の付着が火口内全体に広がっていた。
- ・ 62-2 火口底では、6 日に熱泥水を確認したが 15 日には熱泥水は認められず、熱泥水があった場所（赤色破線部）からは白色の噴気が出ていた。62-2 火口底では過去にも熱泥水が確認されている（黄色破線部）。

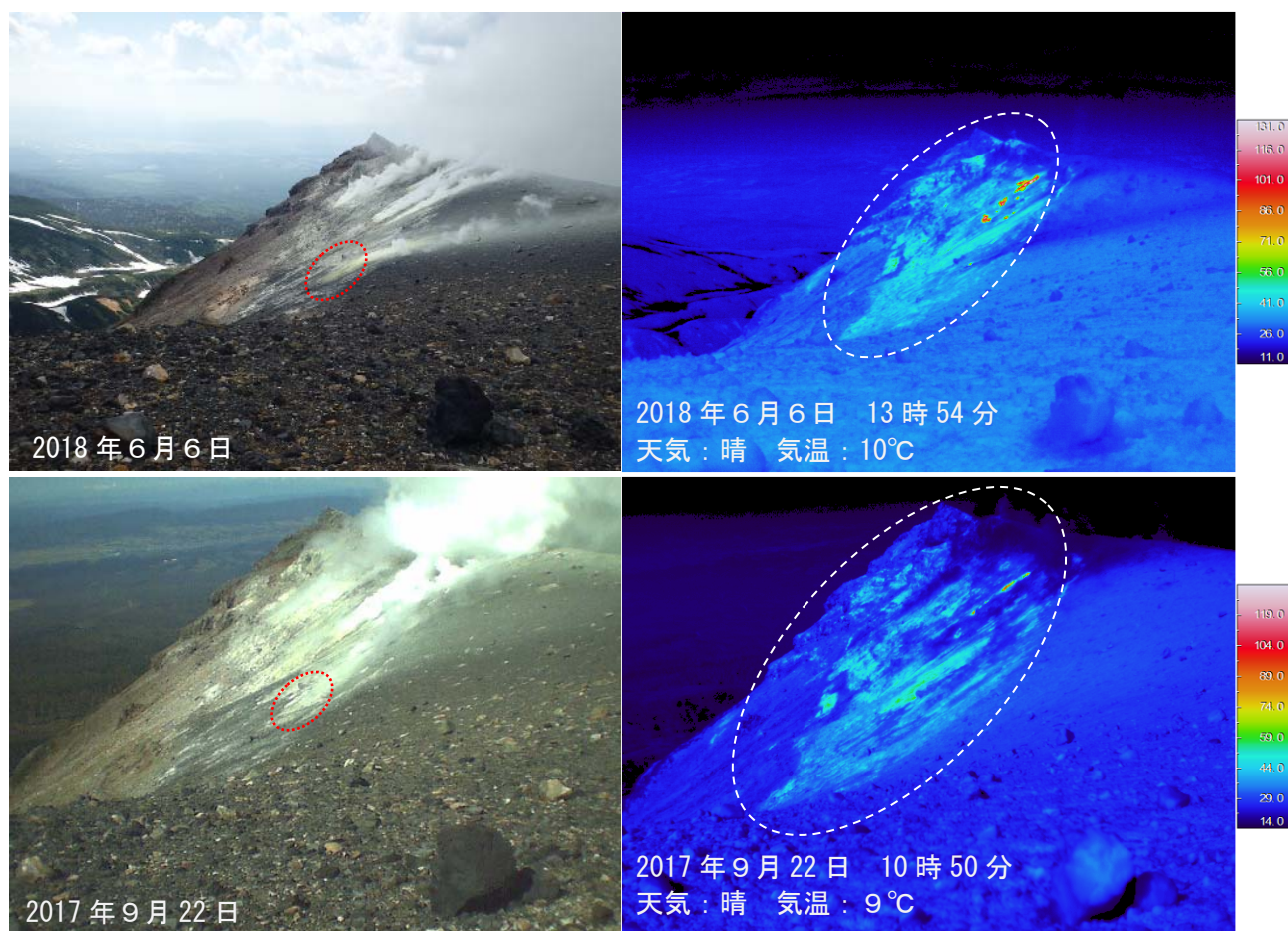


図 28 十勝岳 赤外熱映像装置による振子沢噴気孔群の地表面温度分布の比較
南東側（図 25 の②）から撮影

- ・ 2015 年 6 月に確認された振子沢噴気孔群の地熱域（白色破線）の拡大した状態は継続していた。
- ・ 振子沢噴気孔群では、6 日の観測で東側に明瞭な噴気（可視画像の赤色破線）が確認された。この場所には 2017 年 9 月は弱いながら噴気が認められており、既存の噴気孔が活発化したと考えられる。



図 29 十勝岳 振子沢噴気孔群東側の明瞭な噴気（図 28 の可視画像赤色破線部で撮影）

- ・ 噴気孔の周囲には、硫黄が析出していた。

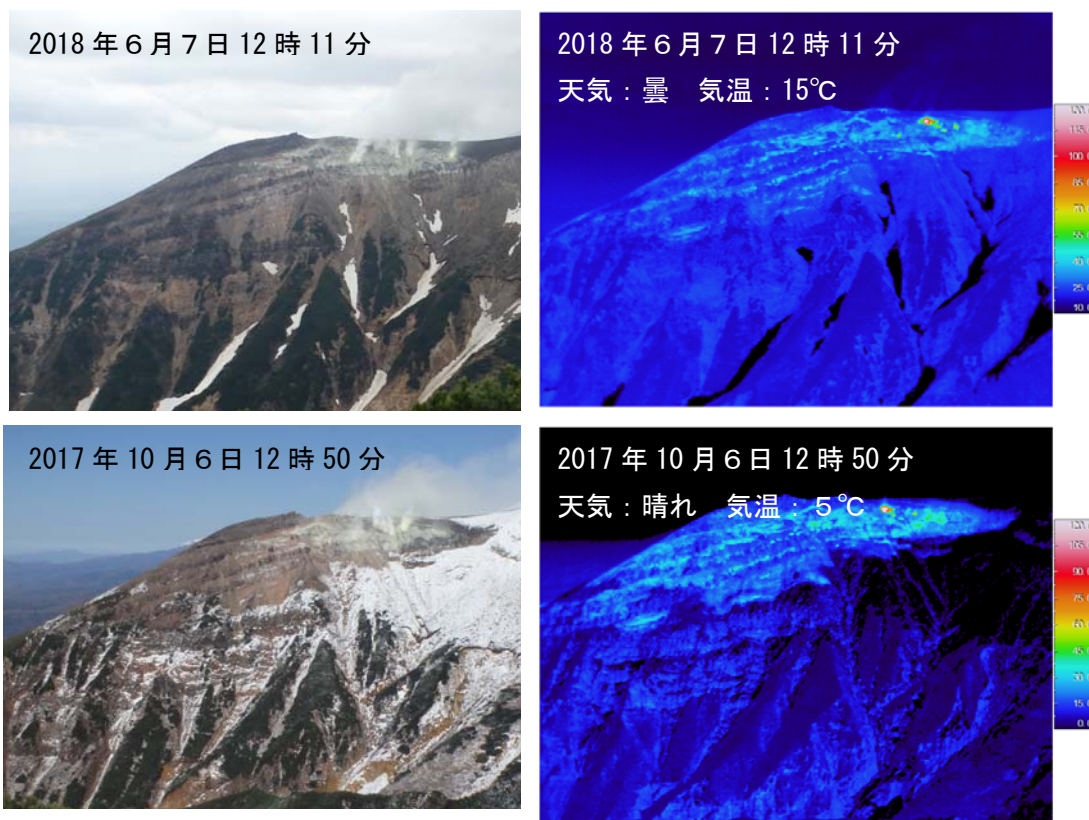


図 30 十勝岳 三段山から見た振子沢噴気孔群の地表面温度分布の比較
南東方向（図 25 の③）から撮影

上段：2018 年 6 月 7 日 下段：2017 年 10 月 6 日

・地表面温度分布に大きな変化は認められなかった。

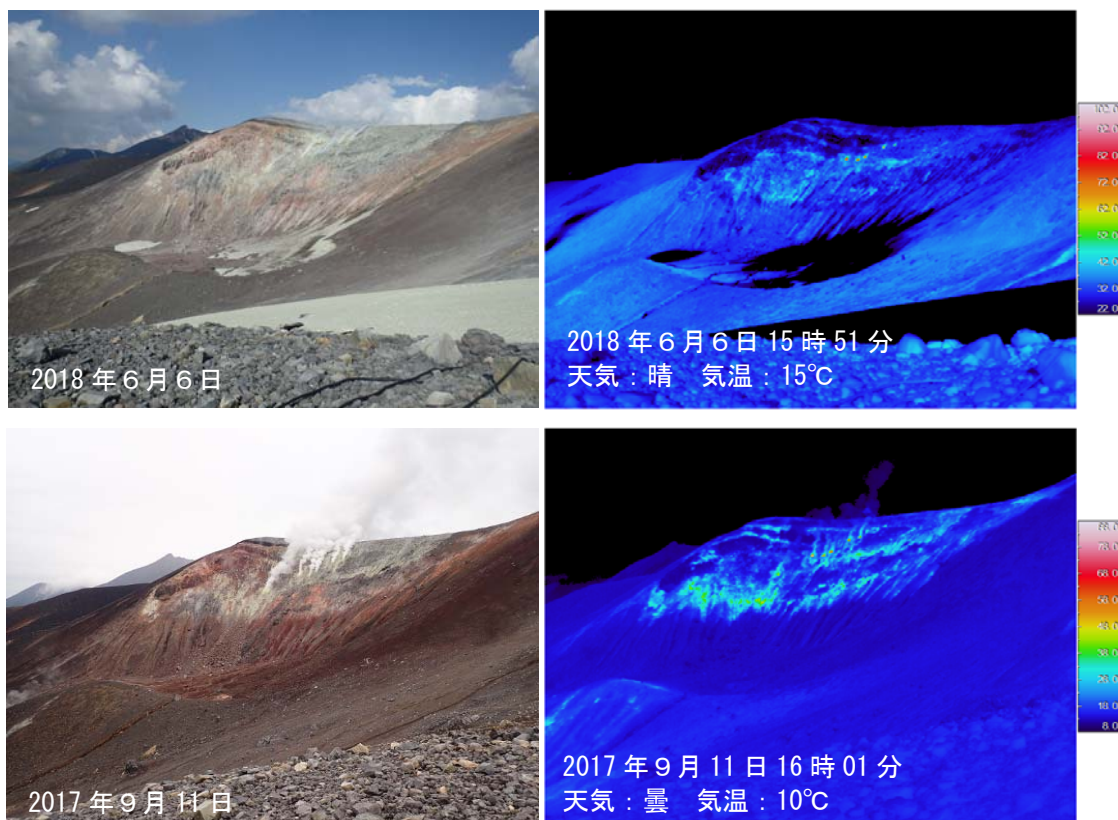


図 31 十勝岳 赤外熱映像装置による大正火口東壁の地表面温度分布の比較
南西側（図 25 の④）から撮影

・大正火口東壁では特段の変化は認められなかった。

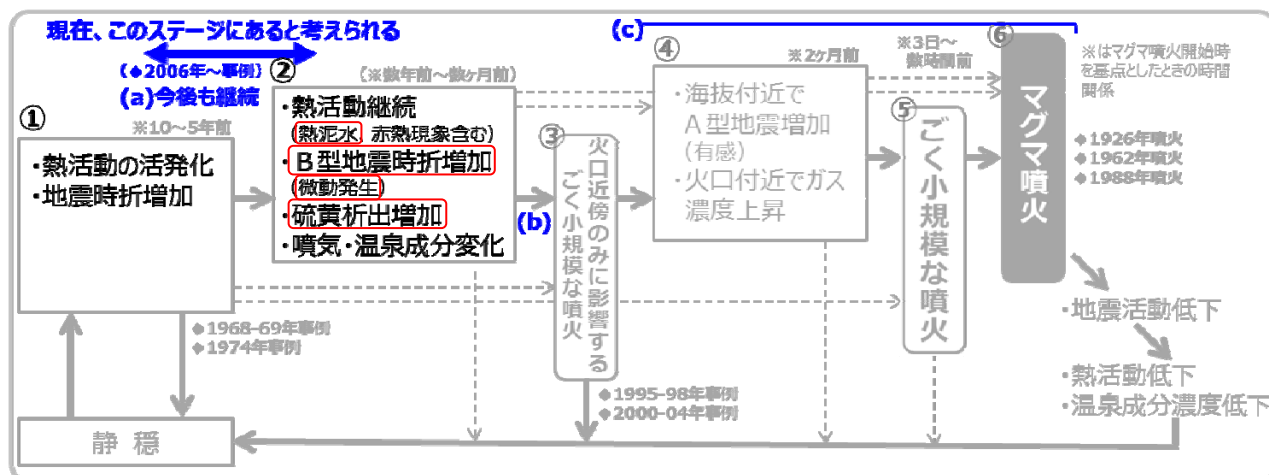


図 32 十勝岳 現在の状況と今後の火山活動について（第 140 回火山噴火予知連絡会気象庁資料図 27 に加筆）

□：2018 年 5 月 29 日以降に観測された火山性地震の一時的な増加・火山性微動、現地調査で確認された事象

- (a) 今後も 2006 年以降と同様のレートで活動火口浅部の圧力源への物質の供給が継続するならば、これまでと同様に、山体膨張を示唆する地殻変動、一時的な地震増加、火口が明るく見える現象、噴煙・地熱活動の上昇などの現象発生が継続する可能性がある。
- (b) このような推移の中で、浅部圧力源の膨張継続により、地下浅部～表層の圧力が許容量を超えるような場合には、火口近傍のみに影響を及ぼす噴火に至る可能性もあると考えられる。
- (c) また、今後、20 世紀に発生したマグマ噴火の前に観測されたような、現地有感地震を含むやや深部の A 型地震の増加や火口付近での顕著な火山ガス濃度上昇等が確認されれば、その後のマグマ噴火への発展も考慮に入れる必要がある。

表 2 十勝岳 最近 3 回のマグマ噴火の前に見られた現象の時間変化と最近の火山活動

黒字：熱活動
赤字：震動現象
青字：地殻変動

活動 ステージ	1926年の噴火		1962年の噴火		1989年～1989年の噴火		最近の火山活動経過	
	年月日	現象	年月日	現象	年月日	現象	年月日	現象
熱活動 + 地震活動 + 活発化	1923. 6	湯沼で溶融硫黄増加、丸谷温泉泉温上昇	1952. 8	昭和火口形成	1983. 2	火山性地震増加	2006. ～	62-2火口浅部直下膨張を示す地殻変動を継続
	1923. 8	湯沼で溶融硫黄噴出	1954. 9	昭和火口小爆発	1983. 5	火山性地震増加	2008. 7	火山性震動
	1925. 12	中央火口丘に大噴火口形成	1954～	大正火口噴気活発化、溶融硫黄流出	1983. 9	火山性地震増加	2010. 6	大正火口東壁に新噴気孔形成を確認、噴気量増加
	1926. 2	大噴火口から砂礫噴出	1956. 6	昭和火口小爆発	1984. 6	62-1火口亀裂出現、地中温度上昇	2011. 8	火山性震動
	1926. 4	大噴火口から硫黄自然発火	1957. 2	昭和火口新噴気孔形成	1984. 9	62-1火口地中温度上昇	2012. 6.30	大正火口で明るく見える現象（一時的な高温ガス噴出）
	1926. 5. 4	噴動	1958. 10	昭和火口小噴火、新噴気孔形成	1985. 5	62-1火口地中温度上昇	2012. 7	大正火口東壁に新噴気孔形成、噴気量増加
	1926. 5. 7	小爆発、新火口形成、火口付近に噴石降灰	1959. 8	昭和火口小爆発	1985. 6.19	62-1火口地中温度上昇	2012. 12.2	吹上温泉のCl/SO4比がわずかに上昇
			1959. 10	火山性震動	1985. 6.20	62-1火口地中温度上昇	2014. 9	山麓有感2回 (白金温泉・十勝岳温泉で震度1程度)
			1959. 11	大正火口硫黄自然発火	1985. 7	62-1火口硫黄自然発火	2014. 9	火山性震動
			1961. 6～7	大正火口硫黄自然発火		62-1火口硫黄自然発火	2015. 4	火山性地震増加、火山性震動
熱活動 + 地震活動 + 活発化	1962. 3		1962. 3	大正火口噴気活発化・高温化	1986. 6	吹上温泉のCl/SO4比が上昇	2015. 5	火山性地震増加、火山性震動
	1962. 4		1962. 4	大正火口高温化	1986. 10	山麓有感(白金温泉で震度1)	2015. 6	火山性震動
					1986. 12	62-1火口地中温度上昇	2015. 8～	火山性震動
					1987. 2～3	山麓有感(白金温泉で震度1)、火山性震動	2015. 9～	湯子沢で噴気増加、地熱域拡大
					1987. 7	火山性震動	2015. 7	62-2火口と湯子沢の間で亀裂出現
					1987. 9～10	62-1、62-2火口で一時的に噴煙減少	2017. 6	62-2火口熱泥水噴出
					1988. 2	湯子沢で噴気増加	2017. 7	山麓有感1回 (十勝岳温泉で震度1程度)
					1988. 2	山麓有感(十勝岳温泉で震度1～2)	2017. 9	十勝岳本峰付近で地震
					1988. 6	山麓有感(十勝岳温泉等で震度2)	2018. 5～	湯子沢で温度500℃超(地質研による現地観測)
					1988. 9	下司から火山性地震次第に増加		火山性地震の一時的増加、継続時間の短い火山性震動
マグマ噴火	1926. 5.13	噴煙活発、山麓で有感地震・噴動	1962. 5末～	火山性地震増加※5月22日以前は不明	1988. 10	山麓有感2回(吹上温泉・白金温泉で震度1)		
	1926. 5.22	山麓で噴動、大噴火口から噴石	1962. 5.31	山麓有感5回(白金温泉震度2)	1988. 11	山麓有感4回(白金温泉等で最大震度3)		
			1962. 5.31	山麓有感2回(白金温泉震度1)				
			1962. 6. 4	山麓有感2回(白金温泉震度1)				
			1962. 6. 9	山麓有感2回(白金温泉震度1)				
			1962. 6.10	火口付近有感(震度1)				
			1962. 6.13	大正火口硫黄自然発火				
			1962. 6.14	大正火口噴煙増加				
			1962. 6.27	大正火口硫黄増加				
			1962. 6.28	山麓有感2回(白金温泉震度2)				
マグマ噴火	1926. 5.24	午前中 大噴火口から噴石	1962. 6.29	午前、前十勝尾根で亀裂発見	1988. 12. 5	噴煙活発化(雪面に降灰)		
		12時11分 爆発、泥流	1962. 6.30	22時40分 噴火(水蒸気爆発)	1988. 12.10	62-2火口から灰色噴煙		
		14時頃 小規模な噴動、噴火		02時45分 噴火(準プリニー式噴火)	1988. 12.11	62-2火口から灰色噴煙、火山性震動		
		16時17分過ぎ 大爆発、大正火口形成、大		噴煙12000m、62-0～62-3火口形成～1962	1988. 12.13	62-2火口周囲に降灰(62-2火口に新しい穴)		
		泥流～1928年12月4日まで噴火を繰り返す		年7月5日まで火柱を伴う噴火が続いた				
				(弱い噴火は7月末まで)				
					1988. 12.16	05時24分 62-2火口から噴火		
						～1989年3月5日まで爆発的噴火を繰り返す		

十勝岳

○ 5月29日18時～20時にかけて発生した一連の火山性地震・微動活動に伴う傾斜変動

- ・2018年5月29日18時から20時にかけて、微動・火山性地震がまとまって発生した。
- ・活動初期には、継続時間が1分弱の微動ないし火山性地震の連発に伴い2回の大きな傾斜変化と、これに続く小さな変化が観測された(図2)。
- ・いずれも62火口周辺を沈降中心とした傾斜変化を示す(図1)。

注) 避難小屋の傾斜ベクトル(図1赤)は、広帯域地震計の見かけ変位に基づく傾斜ベクトル(図1緑)と異なるが、この不一致はこれまでも観測されており、広帯域地震計による傾斜ベクトルが妥当と判断される。

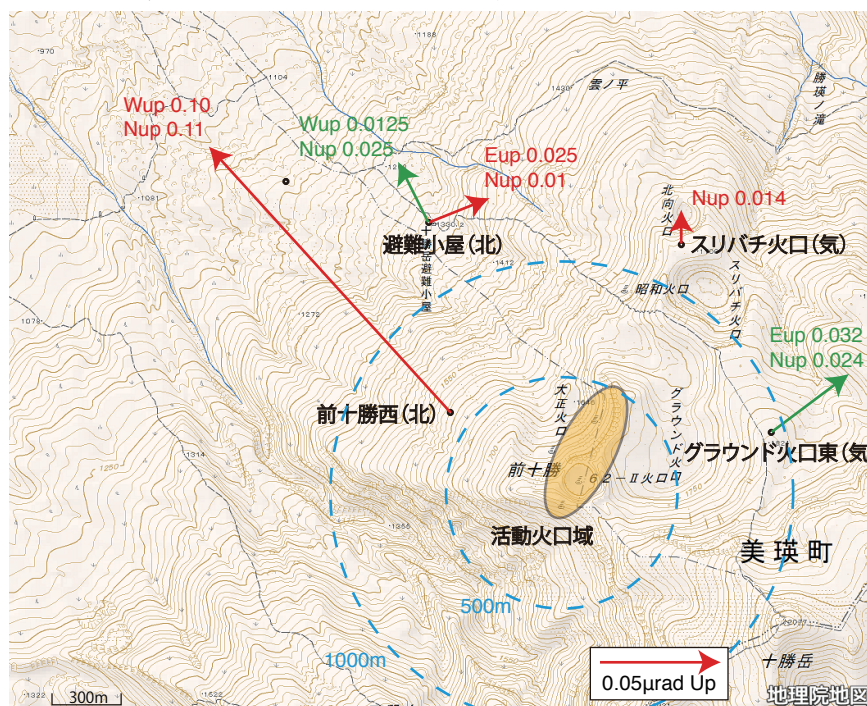


図1. 傾斜観測点および一連の活動に伴う傾斜変動ベクトル。赤線は傾斜計による傾斜ベクトル、緑線は広帯域地震計の見かけ変位に基づく傾斜ベクトル。

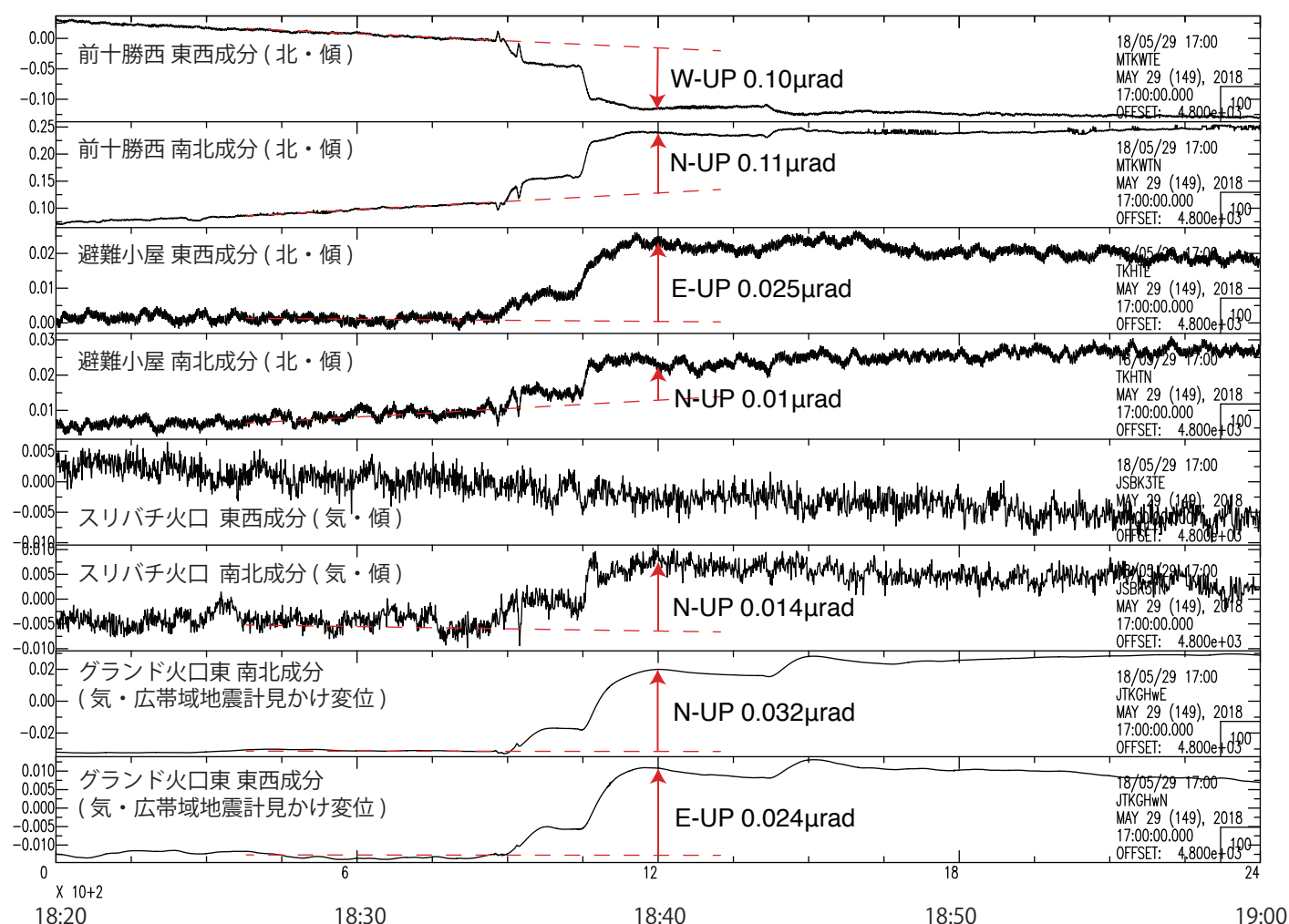


図2. 2018年5月29日18時から20時にかけて発生した一連の微動・地震活動に伴う傾斜変化。