

桜島の火山活動—2018年6月1日～2018年10月23日—*

Volcanic Activity of Sakurajima Volcano

—June 1, 2018 – October 23, 2018—

鹿児島地方気象台

Kagoshima Local Meteorological Office, JMA

福岡管区気象台地域火山監視・警報センター

Regional Volcanic Observation and Warning Center,

Fukuoka Regional Headquarters, JMA

- ・噴煙、噴火活動、降灰の状況（第1～3図、第4図-①～③⑤⑩、第5-1図-①～③⑤、第5-2図-⑨、第6図、第7図、第8図-①～③、第11図、第16図、第1表、第3～5表）

南岳山頂火口では、2018年3月下旬以降噴火が増加した。この期間の噴煙の最高は、6月16日07時19分の爆発的噴火による火口縁上4,700mであった。この日に実施した現地調査及び電話による聞き取り調査では、鹿児島市、日置市、南さつま市、南九州市及び枕崎市で降灰を確認した。7月16日15時38分の爆発的噴火では、噴煙は最高で4,600mまで上がり、大きな噴石が4合目（南岳山頂火口より1,300～1,700m）まで達した。噴火は6月35回、7月29回、8月64回、9月44回、10月4回（23日現在）発生した。このうち爆発的噴火は6月13回、7月16回、8月37回、9月22回発生した。爆発的噴火は9月23日以降発生しておらず、9月25日から10月22日までは、ごく小規模な噴火の発生に留まった。

噴火回数に占める爆発的噴火回数の割合は、6月から9月で約50%であり、前期間（2018年2月～2018年5月、約65%）に引き続いてやや多い状態である（南岳山頂火口が活発であった1982年から1985年頃は約75%、昭和火口が活発化した2009年から2013年頃は約80%）。爆発的噴火に伴う空振は、概ね50Pa以下で経過している。

同火口では、夜間に高感度の監視カメラで火映を時々観測したが、9月21日以降は観測されていない。

昭和火口の活動は極めて低調に経過した。4月4日以降、ごく小規模な噴火も観測されておらず、この期間の噴煙は白色で概ね火口縁上200m以下で推移した。

鹿児島地方気象台で観測した降灰は、6月803g/m²（降灰日数17日）、7月62g/m²（降灰日数17日）、8月79g/m²（降灰日数23日）、9月19g/m²（降灰日数10日）であった。

鹿児島県が実施している降灰の観測データから推定した桜島の火山灰月別噴出量は、5月約38万トン、6月約26万トン、7月約12万トン、8月約11万トンであった。南岳山頂火口の噴火活動が活発であった1980、1990年代と比べると十分の一以下で、かなり少ない（1985年9月：約350万トン、1991年8月：約320万トン）状態で推移している。

- ・地震や微動の発生状況（第4図-⑥～⑧、第5-2図-⑥～⑧、第8図-④⑤、第9図、第10図、第2表）

B型地震は6月には1日あたり50回を超えるなど一時的に増加したが、その後は少ない状態で経過した。B型地震の月回数数は6月：324回、7月：269回、8月：270回、9月：185回、10月：191回（23日現在）であった。

A型地震は8月：2回、9月：4回、10月：8回（23日現在）と少ない状態で経過した。震源は南岳直下の浅いところから深さ3km付近と桜島の南西側の深さ7～9km付近に分布した。

火山性微動は、時々発生し概ね多い状態で経過したが、8月中旬から9月中旬までは減少した。

- ・地殻変動の状況（第4図-⑨、第11～15図、第17～20図）

今期間は、顕著な山体膨張を示す変動は認められていないが、一部の噴火時には、噴火前のわずかな山体の隆起と噴火後のわずかな沈降が観測された。

GNSS連続観測では、始良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部の膨張を示す基線の伸びは2018

* 2018年12月3日受付

年3月頃から停滞しているが、長期的にわたり供給されたマグマが蓄積した状態である。桜島島内では、2017年11月頃からわずかな山体の収縮がみられていたが、12月頃から停滞している。

・火山ガス（二酸化硫黄）の状況（第4図-④、第5-1図-④）

火山ガス（二酸化硫黄）の1日あたりの放出量は、1,300～3,400トンと多い状態で推移したが、10月1日は400トンと一時的に減少した。

この資料は気象庁のほか、国土地理院、九州地方整備局大隅河川国道事務所、京都大学、鹿児島大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所及び鹿児島県のデータを利用して作成した。

第1表 桜島 最近1年間の月別噴火回数 (2017年10月～2018年9月)

Table 1. Monthly numbers of eruptions at Sakurajima volcano (October 2017–September 2018).

2017～2018年		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	合計
南岳山頂	噴火回数	1	5	0	12	7	44	66	96	35	29	64	44	403
	爆発的噴火	0	4	0	4	3	17	50	48	13	16	37	22	214
昭和	噴火回数	37	1	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	43
	爆発的噴火	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5

第2表 桜島 最近1年間の月別地震回数・微動時間 (2017年10月～2018年9月)

Table 2. Monthly numbers of volcanic earthquakes and duration of tremors (October 2017–September 2018).

2017～2018年	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	合計
地震回数	737	142	545	209	328	463	271	434	338	285	309	213	4,274
微動継続時間の合計(時)	19	4	1	3	0	74	132	266	57	100	28	25	709

微動時間は分単位切捨て。「0」は1時間未満の微動を観測したことを、「-」は微動を全く観測しなかったことを表す。

第3表 桜島 最近1年間の鹿児島地方気象台での月別降灰量と降灰日数 (2017年10月～2018年9月)

Table 3. Monthly amounts of volcanic ash fall and monthly numbers of ash fall days at Kagoshima Local Meteorological Office (October 2017–September 2018).

2017～2018年	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	合計
降灰量 (g/m ²)	55	2	0	3	0	20	39	173	803	62	79	19	1,255
降灰日数	19	8	1	3	3	8	17	15	17	17	23	10	141

降灰量は0.5g/m²未満切捨て。「0」は0.5g/m²未満のわずかな降灰を観測したことを、「-」は降灰を全く観測しなかったことを表す。

第4表 桜島 最近1年間の月別の火山灰の噴出量 (2017年9月～2018年8月)

Table 4. Weights of volcanic ash ejected from Sakurajima volcano (September 2017–August 2018).

2017～2018年	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	合計
降灰量 (万トン)	24	7	7	4	22	4	17	24	38	26	12	11	196

鹿児島県の降灰観測データをもとに鹿児島地方気象台で解析して作成。

降灰の観測データには、桜島で噴火がない時でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。

第5表 桜島 2018年6月～2018年9月までの主な噴火

火口縁上の噴煙の高さ3,000m以上、連続噴火時にやや多量の噴煙、火砕流のいずれかを観測した噴火リスト

Table 5. Major eruptions (June 1, 2018–September 30, 2018)

現象	火口	噴火発生時刻 (年月日時分)	色	量	火口縁上 の高さ(m)	流向	噴石 (合目)	火砕流 (m)	桜島島内最大空振(Pa)
噴火	山頂	6/10 11:35	灰白	やや多量	3500	直上	×	-	2.5(横山)
爆発	山頂	6/16 7:19	灰白	多量	4700	西	6	1300	24.0(横山)
爆発	山頂	7/16 15:38	灰白	多量	4600	西	4	-	29.3(横山)



第1-1図 桜島 6月16日07時19分の南岳山頂火口の爆発的噴火の状況（牛根監視カメラ）
噴煙が火口縁上4,700mまで上がった。

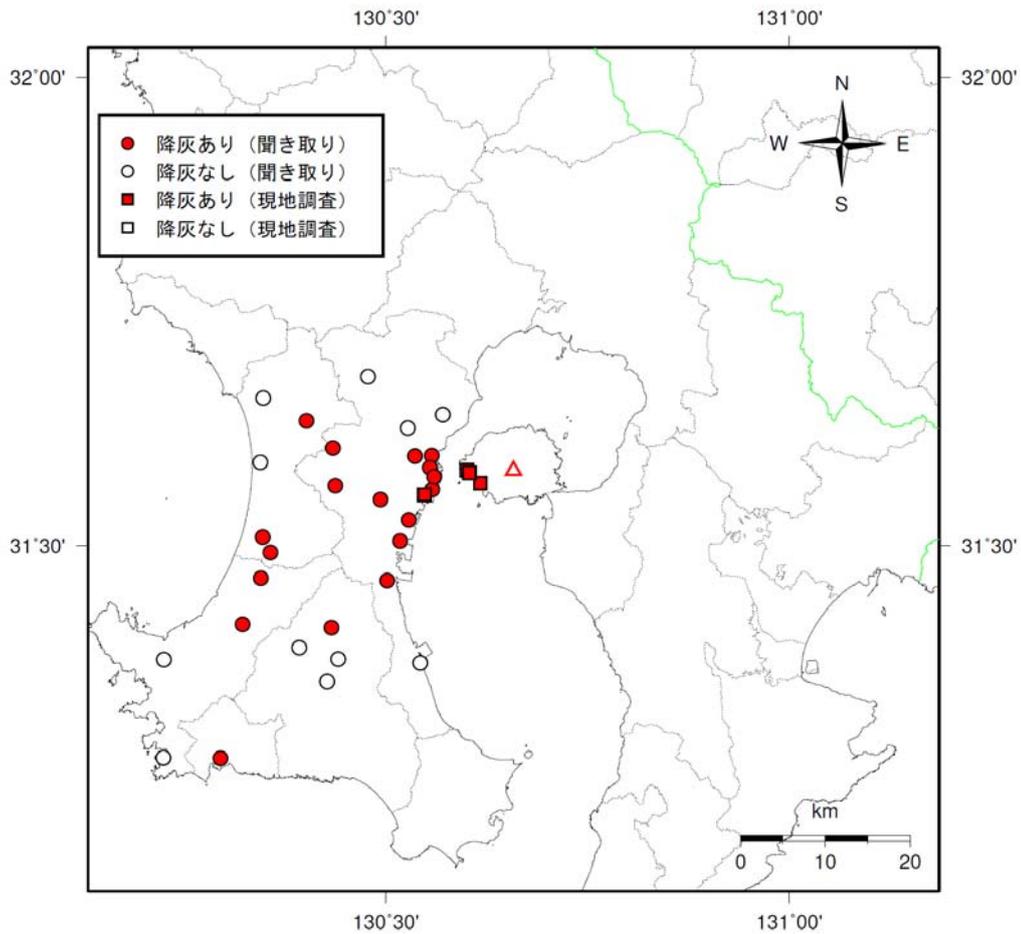
Fig. 1-1. Visible image of Minamidake summit crater on June 16, 2018.



第1-2図 桜島 6月16日07時19分の南岳山頂火口の爆発的噴火の状況
(海潟監視カメラ（大隅河川国道事務所設置）)

- ・火砕流（黄破線）が南西側へ1,300m流下した。
- ・弾道を描いて飛散する大きな噴石は、6合目（南岳山頂火口より800mから1,100m）まで達した。

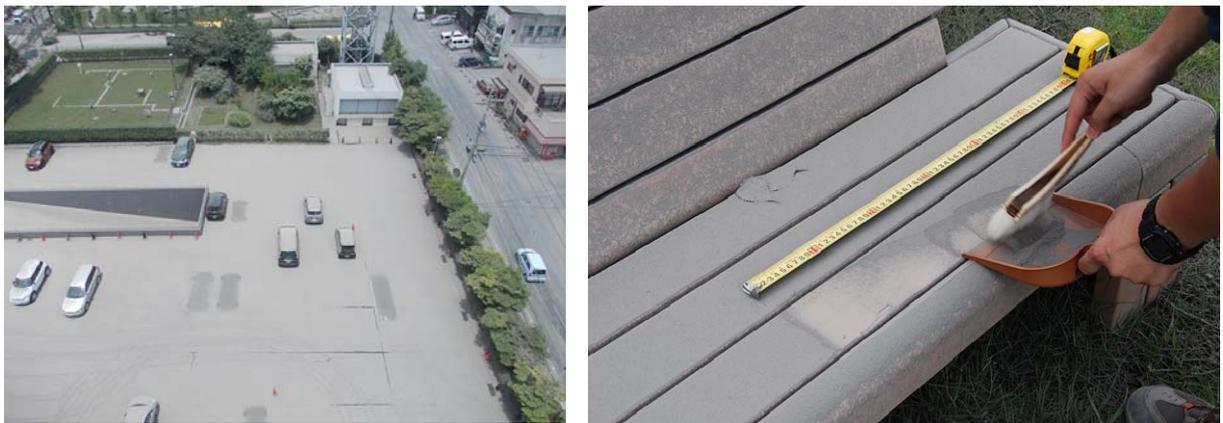
Fig. 1-2. Visible image of Minamidake summit crater on June 16, 2018.



第 1-3 図 桜島 6 月 16 日の降灰の状況

現地調査及び電話による聞き取り調査では、鹿児島市、日置市、南さつま市、南九州市及び枕崎市で降灰を確認した。

Fig. 1-3. Ash fall distribution accompanied by the eruption at Minamidake summit crater occurred on June 16, 2018.



第 1-4 図 桜島 6 月 16 日の降灰の状況

- ・鹿児島第 2 地方合同庁舎（鹿児島地方気象台）駐車場の状況（16 日 12 時 40 分頃、左図）
路面の白線が見えにくくなる程度のやや多量の降灰を確認した。
- ・現地調査の状況（16 日 12 時 30 分頃、右図）
桜島島内の桜島赤水町で採取した降灰は約 1 kg/m^2 であった。

Fig. 1-4. Ash fall accompanied by the eruption at Minamidake summit crater occurred on June 16, 2018.



第1-5図 桜島 7月16日15時38分の南岳山頂火口の爆発的噴火の状況
(左：東郡元監視カメラ 右：海潟監視カメラ(大隅河川国道事務所設置))

噴煙が火口縁上4,600mまで上がった。弾道を描いて飛散する大きな噴石は、4合目(南岳山頂火口より1,300mから1,700m)まで達した(赤破線)。

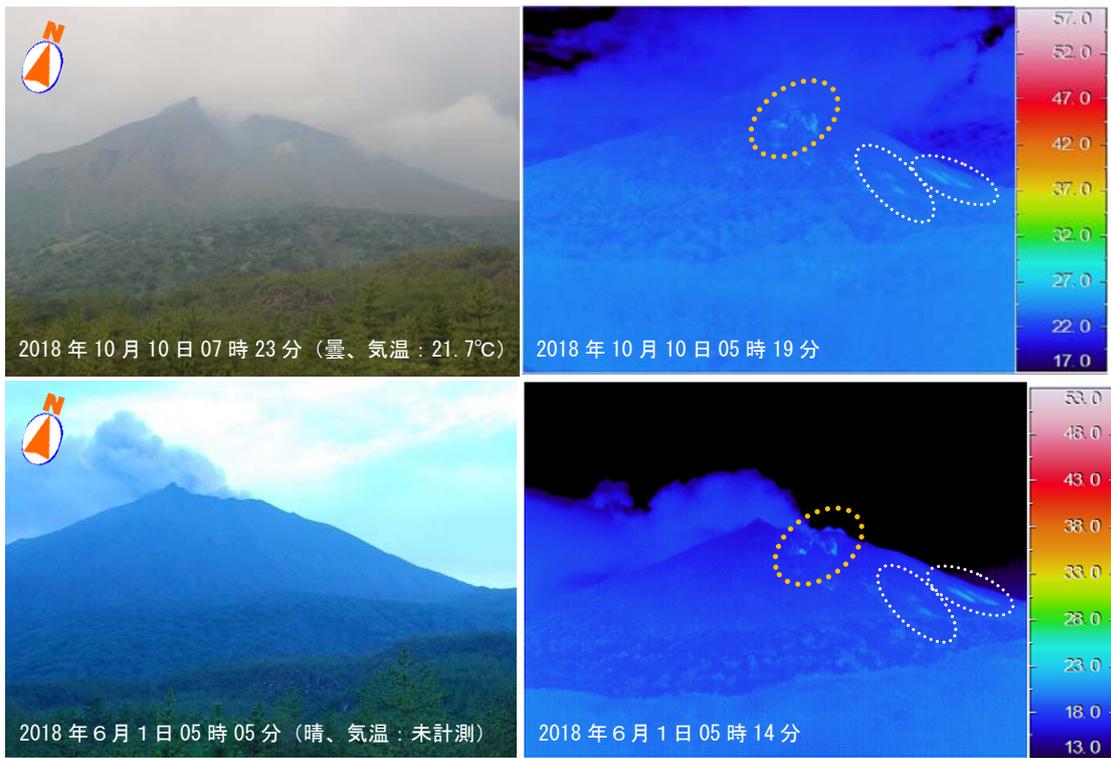
Fig. 1-5. Visible images of Sakurajima on July 16, 2018.



第1-6図 桜島 7月16日の鹿児島市街地の降灰の状況

- ・路面の白線が見えにくくなる程度のやや多量の降灰を確認した(16日16時40分頃、左図)。
- ・ボンネットを薄く覆う程度の降灰を確認した(16日16時43分頃、右図)。

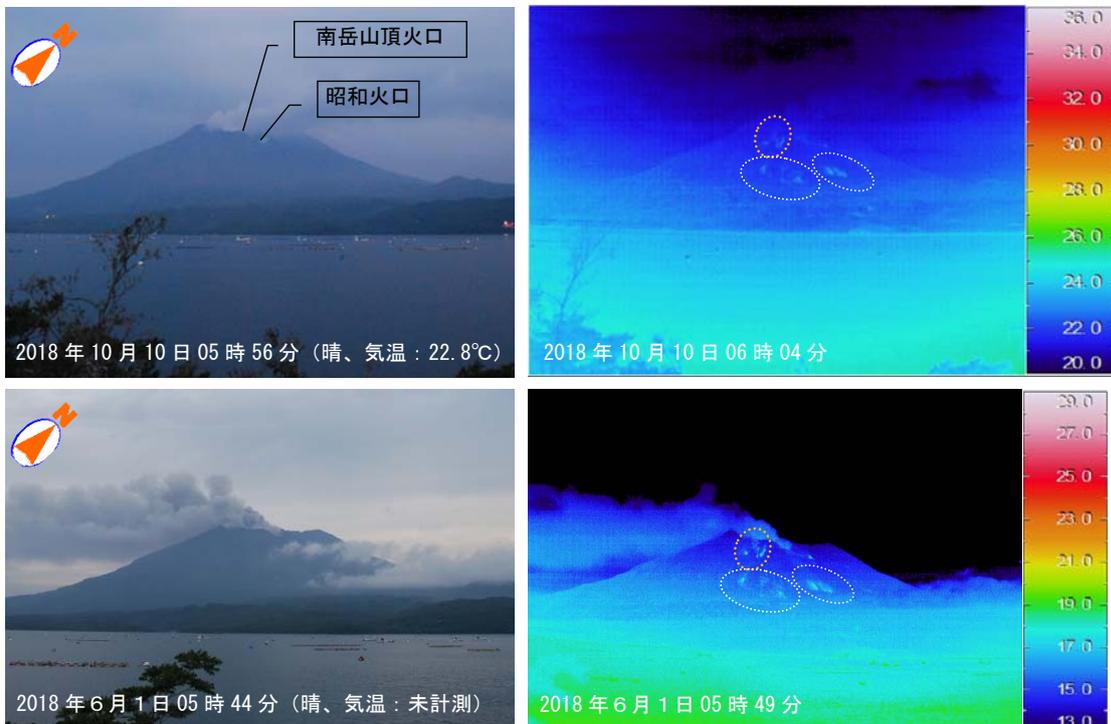
Fig. 1-6. Ash fall accompanied by the eruption at Minamidake summit crater occurred on July 16, 2018.



第 2-1 図 桜島 昭和火口近傍及び南岳南東側山腹の状況（鹿児島市有村町から観測）

昭和火口近傍（橙破線内）及び南岳南東側山腹（白破線内）では、これまでと同様に熱異常域が観測されたが、特段の変化は認められなかった。

Fig. 2-1. Visible and thermal images of Showa crater and Minamidake summit crater.



第 2-2 図 桜島 南岳南東側山腹の状況（海潟トンネル脇道から観測）

赤外熱映像装置による観測では、昭和火口近傍（橙破線内）及び南岳南東側山腹（白破線内）で、これまでと同様に熱異常域が観測された。

Fig. 2-2. Visible and thermal images of Showa crater and Minamidake summit crater.



第 2-3 図 桜島 第 2-1 図及び第 2-2 図の観測位置及び撮影方向

橙丸は観測位置を、矢印は撮影方向を示す。

Fig. 2-3. Observation points in Sakurajima. The orange circles indicate the position of the observation points. The black arrows indicate the shooting direction.



第 3-1 図 桜島 南岳山頂火口内の様子 (2018 年 10 月 22 日)

- ・ A 火口からは火口内に留まる程度の灰褐色の噴煙を確認した (黄破線内)。
- ・ B 火口からは青白色の噴煙が火口上 400m の高さまで上がっているのを確認した。

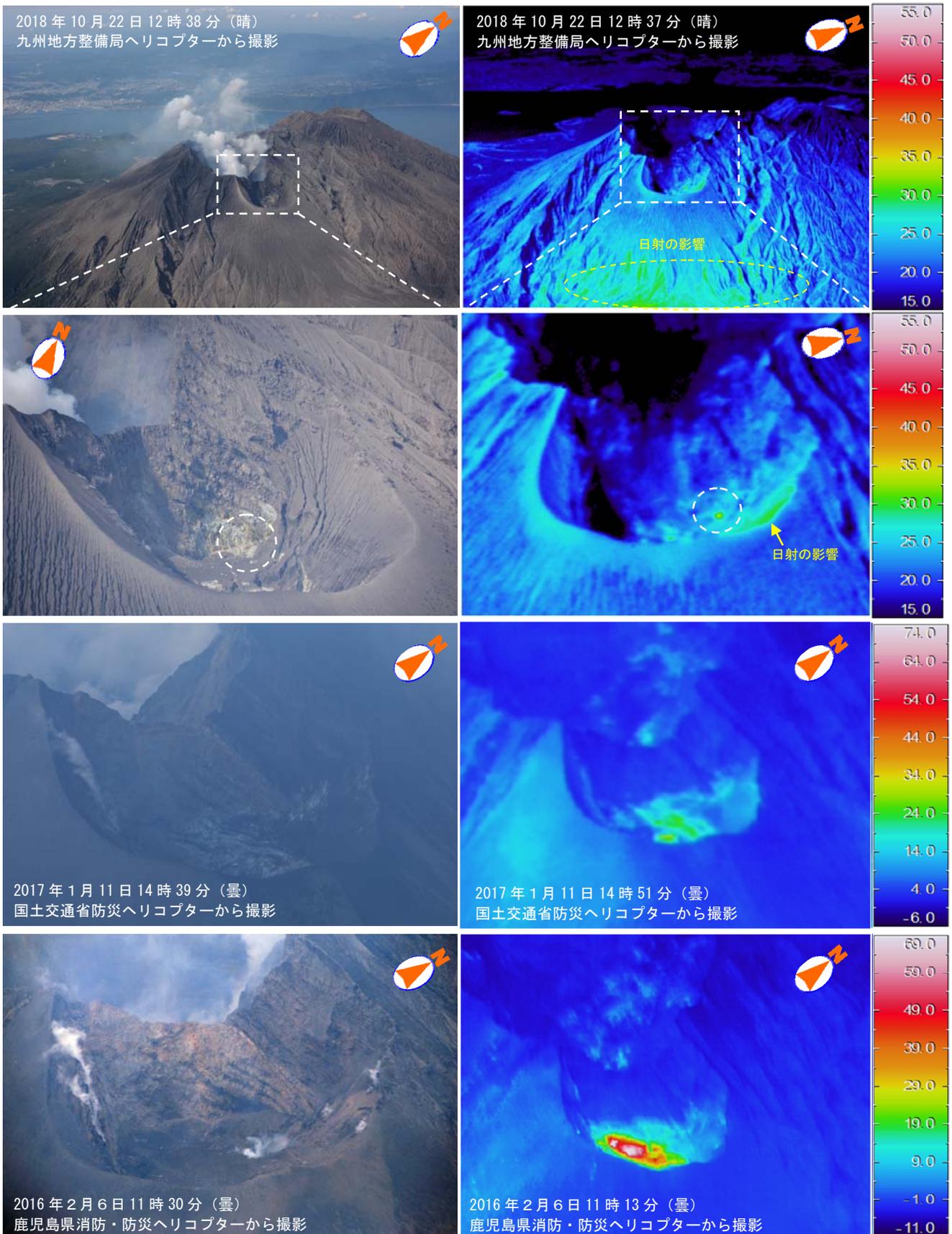
Fig. 3-1. Visible image of the Minamidake summit crater on October 22, 2018.



第 3-2 図 桜島 昭和火口内の様子

- ・昭和火口では、白色の噴煙が火口底からわずかに上がっているのを確認した。
- ・火口底は火山灰や噴石が堆積し、閉塞していた。

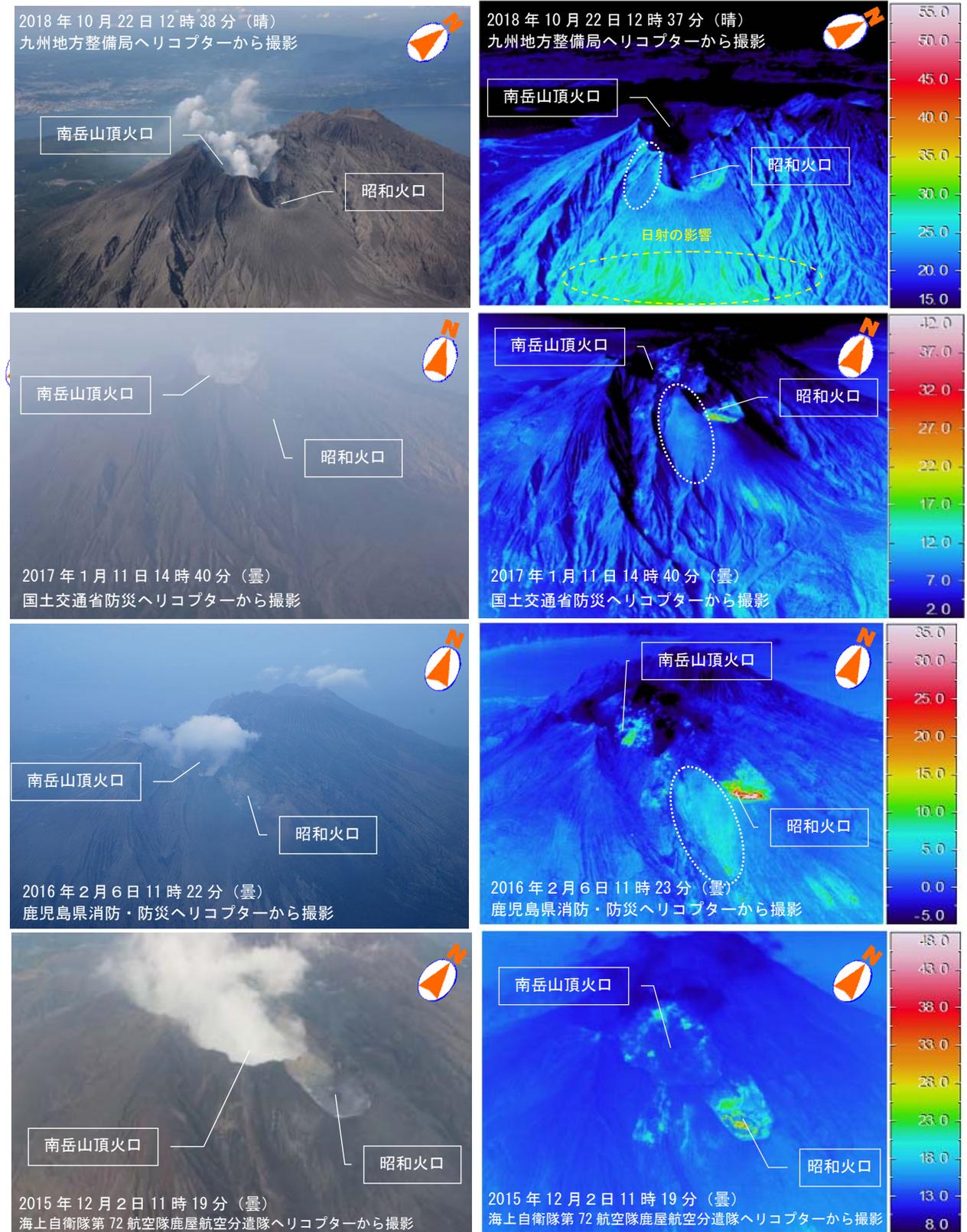
Fig. 3-2. Temporal changes of the Showa crater (visible images).



第3-3図 桜島 昭和火口の状況 可視画像：左図 地表面温度分布図：右図

- ・昭和火口内の火口底と北西壁の境界付近で前回観測に引き続き高温領域を確認した(白破線内)。
- ・火口内では、白色の噴煙が火口底からわずかに上がっているのを確認した。

Fig. 3-3. Temporal changes of the Showa crater (visible and thermal images).

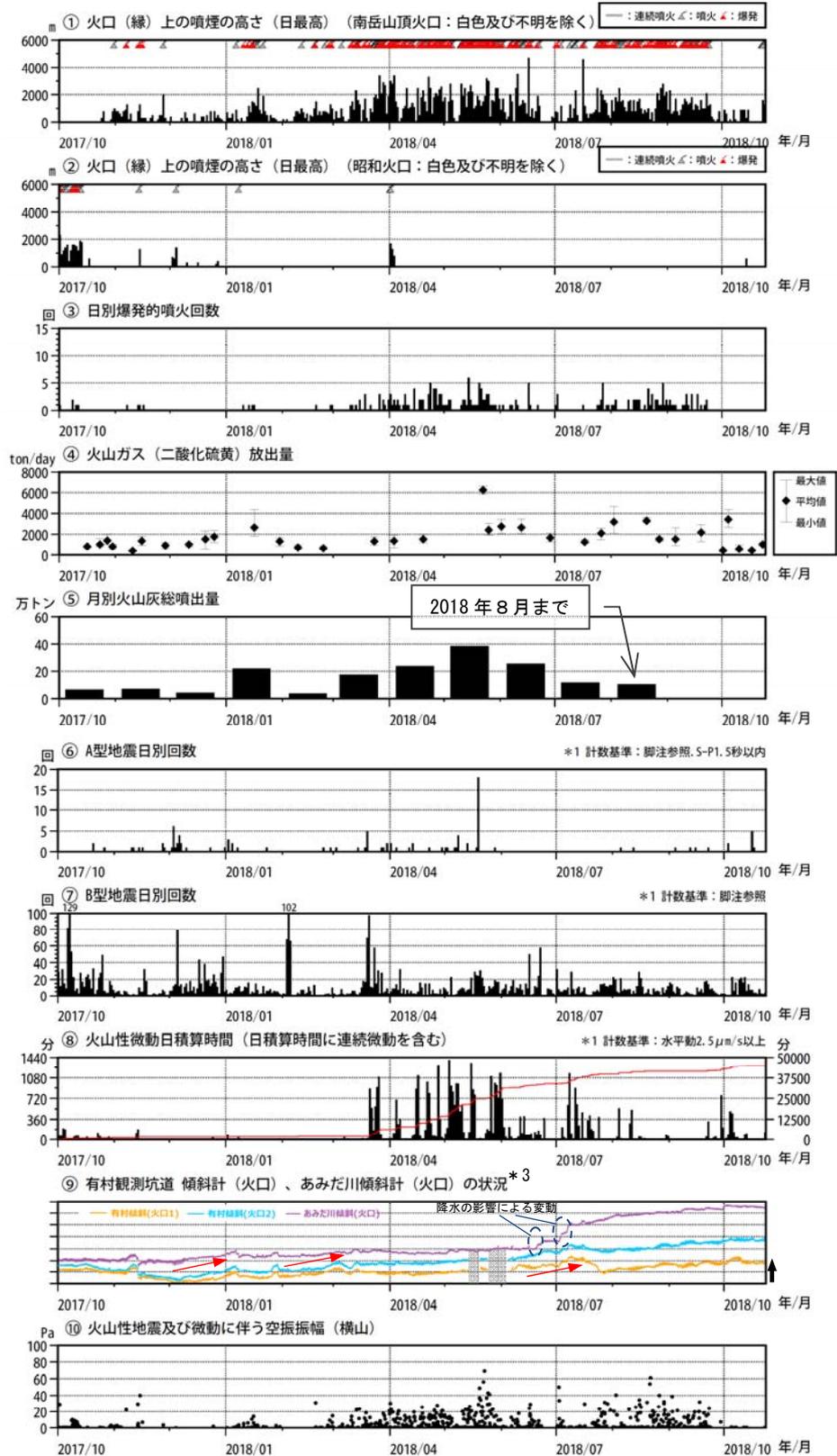


第 3-4 図 桜島 南岳山頂火口及び昭和火口の状況

可視画像：左図 地表面温度分布図：右図

- ・南岳山頂火口からは白色の噴煙が火口縁上 400m 上がっているのを確認した。火口内は噴煙が充満しており、火口内の高温領域は確認できなかった。
- ・前回観測でみられた昭和火口南側の高温領域（白破線内）は認められなかった。

Fig. 3-4 Temporal changes of the Minamidake summit crater and Showa crater (visible and thermal images).



第4図 桜島 最近1年間の活動状況（2017年10月～2018年10月23日）

※ 図の説明は次ページに掲載している。

第 4 図の説明

<2017 年 10 月～2018 年 10 月 23 日の状況>

- ・南岳山頂火口では、2018 年 3 月に噴火が増加して以降、9 月中旬まで活発な噴火活動が続いた。
- ・火山ガス（二酸化硫黄）の 1 日あたりの放出量は、1,300～3,400 トンと多い状態で推移したが、10 月 1 日は 400 トンと一時的に減少した。
- ・火山灰の月別噴出量は少ない状況で推移した。
- ・B 型地震は少ない状態で経過した。B 型地震の月回数は 6 月：324 回、7 月：269 回、8 月：270 回、9 月：185 回、10 月（23 日まで）：191 回であった。A 型地震は 8 月：2 回、9 月：4 回、10 月（23 日まで）：8 回と少ない状態で経過した。
- ・火山性微動は、7 月下旬までやや多い状態で経過した。
- ・桜島島内の傾斜計では、今期間は顕著な山体膨張を示す変動は認められておらず、数日～十日程度のわずかな隆起沈降が何度か認められる。また、より長期の一ヶ月程度のわずかな変動も認められ、概観としては南岳山頂火口の噴火活動が比較的低調な期間にわずかな隆起が認められ、比較的活発な時期に横ばい及び沈降が認められている。

*1 2014 年 5 月 23 日までは「赤生原（計数基準 水平動： $0.5 \mu\text{m/s}$ ）及び横山観測点」で計数していたが、24 日以降は赤生原周辺の工事ノイズ混入のため「あみだ川及び横山観測点」で計数（計数基準 あみだ川：水平動 $2.5 \mu\text{m/s}$ 横山：水平動 $1.0 \mu\text{m/s}$ ）している。

*2 第 4 図-⑤、第 5-1 図-⑤、第 8 図-③の火山灰の噴出量の算出は、中村（2002）による。

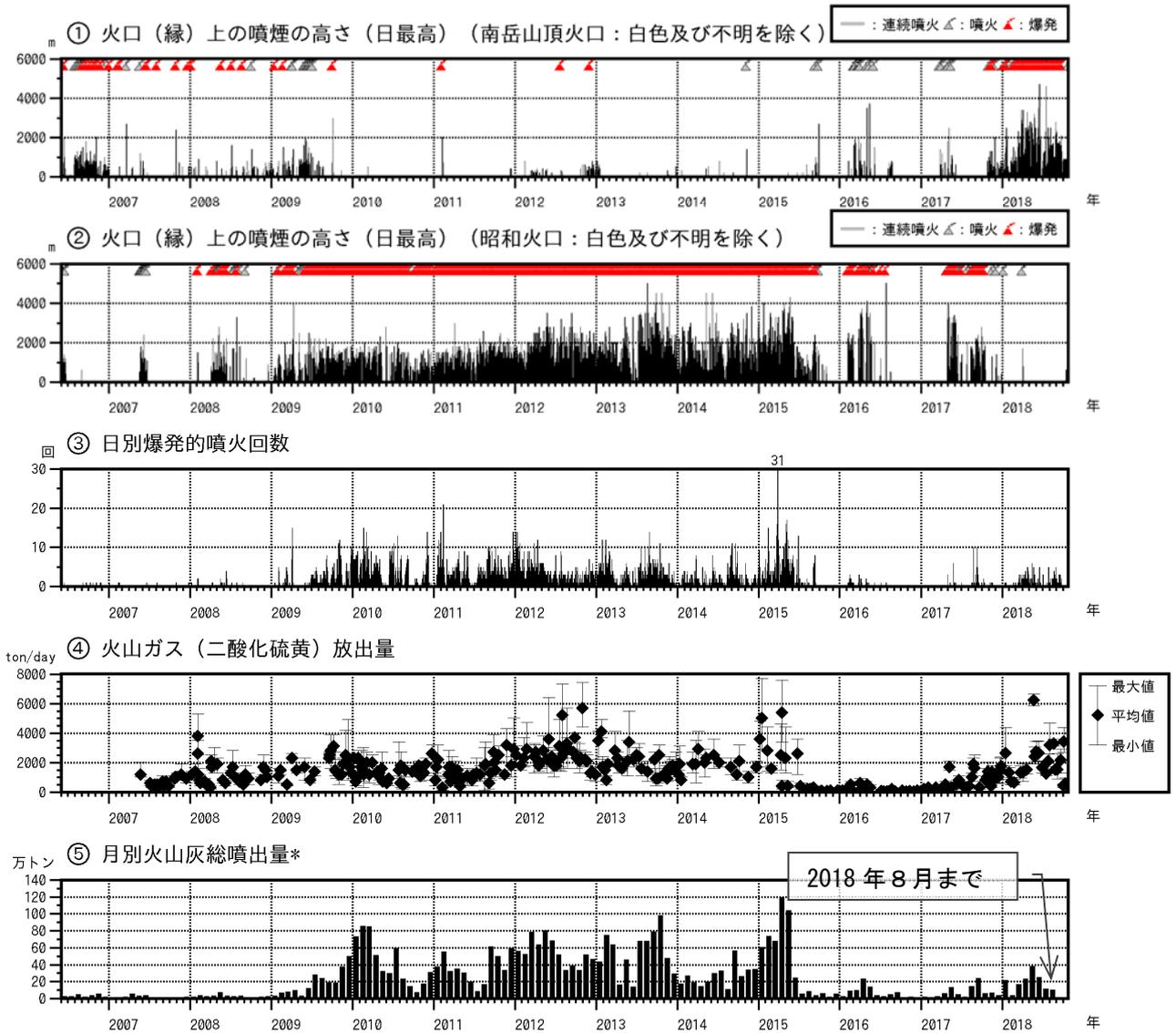
鹿児島県の降灰観測データをもとに鹿児島地方気象台で解析して作成。

鹿児島県の降灰観測データの解析は 2018 年 8 月までである。

降灰の観測データには、桜島で噴火がない場合でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。また、3 月から 6 月は新燃岳の降灰が含まれている可能性がある。

*3 第 4 図-⑨の傾斜変動は、火口直下の浅い領域の地殻変動に着目するため、有村観測坑道火口方向 1： $-1.3 \times 10^{-8} \text{rad/day}$ 、火口方向 2： $-1.0 \times 10^{-8} \text{rad/day}$ 、あみだ川火口方向 $1.0 \times 10^{-8} \text{rad/day}$ のトレンド補正を行っている。

Fig. 4. Temporal changes of volcanic plume height, the number of explosive eruptions, emitted gas weight, ejected ash weight, the number of volcanic earthquakes, the duration of tremors, tilt and strain records and amplitude of infrasonic waves at Sakurajima volcano (October 1, 2017–October 23, 2018).

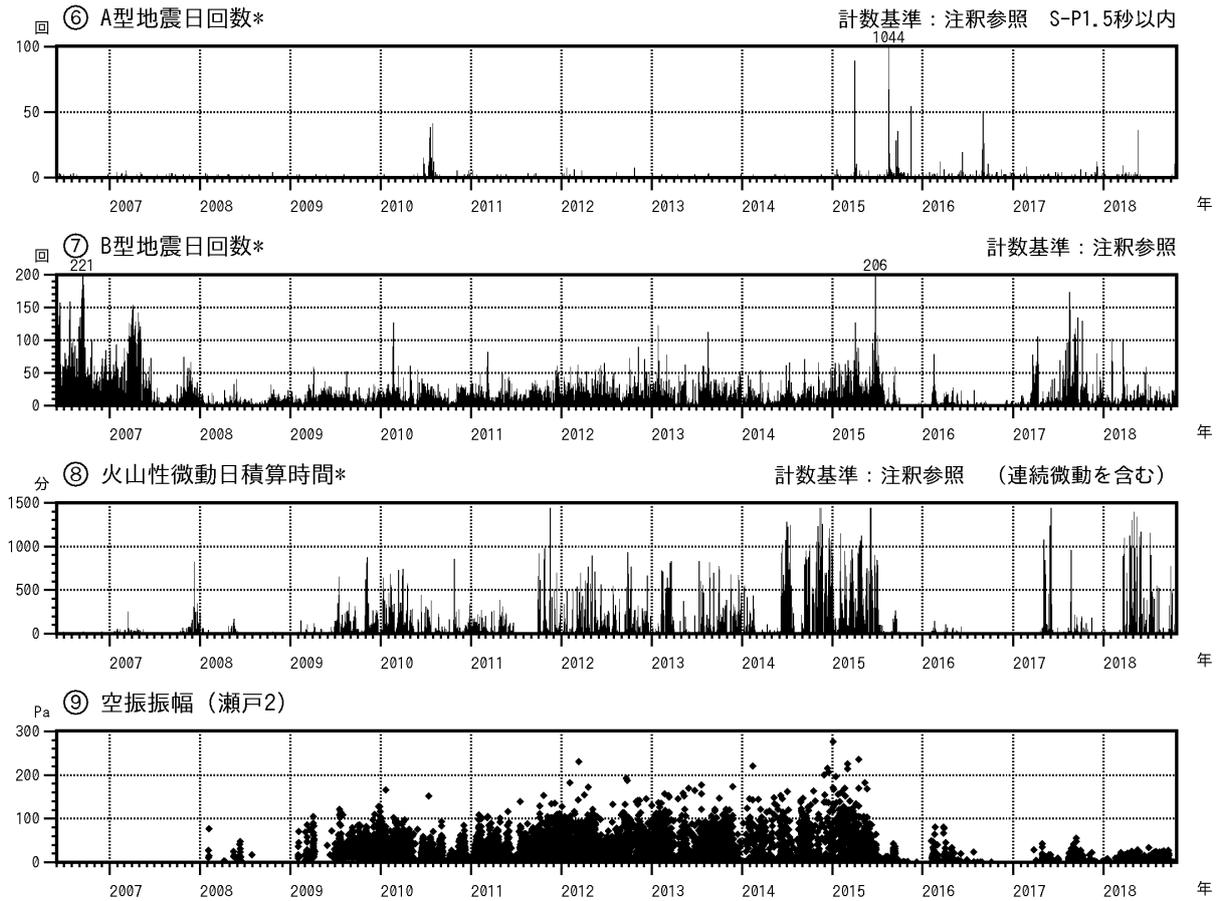


第 5-1 図 桜島 昭和火口噴火活動再開（2006 年 6 月）以降の噴煙、火山灰、火山ガスの状況
（2006 年 6 月～2018 年 10 月 23 日）

⑤の 2018 年 5 月から 8 月の火山灰の総噴出量は、約 87 万トン（前期間：約 67 万トン）と少ない状態で経過した。

* 降灰の観測データには、桜島で噴火がない場合でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。また、2018 年 3 月から 6 月は新燃岳の降灰が含まれている可能性がある。火山灰の噴出量の算出は、中村（2002）による。

Fig. 5-1. Volcanic plume heights per day, the number of explosive eruptions, ejected SO₂ gas weights, and ejected ash weights per month (June 1, 2006 – October 23, 2018).

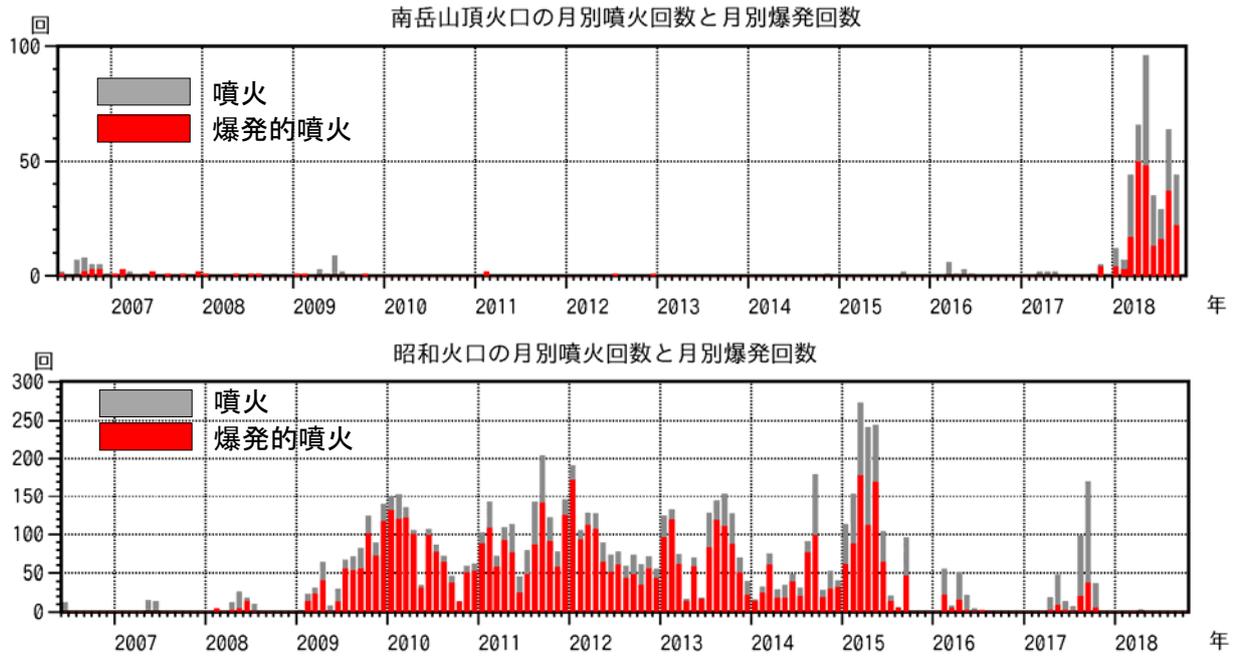


第5-2図 桜島 昭和火口噴火活動再開 (2006年6月)以降の地震、微動、空振の状況
(2006年6月～2018年10月23日)

⑨爆発的噴火に伴う空振は、概ね50Pa以下で経過している。昭和火口の活発時には200Pa以上の空振を時々観測していたことから、この活動期と比べれば現在の空振は未だ小さい。

*2014年5月23日までは「赤生原及び横山観測点」で計数(計数基準 赤生原：水平動 $0.5\mu\text{m/s}$ 横山：水平動 $1.0\mu\text{m/s}$)していたが、2012年7月19～26日、11月18～22日は赤生原障害のため、2014年5月24日以降は赤生原周辺の工事ノイズ混入のため「あみだ川及び横山観測点」で計数(計数基準 あみだ川：水平動 $2.5\mu\text{m/s}$ 横山：水平動 $1.0\mu\text{m/s}$)している。

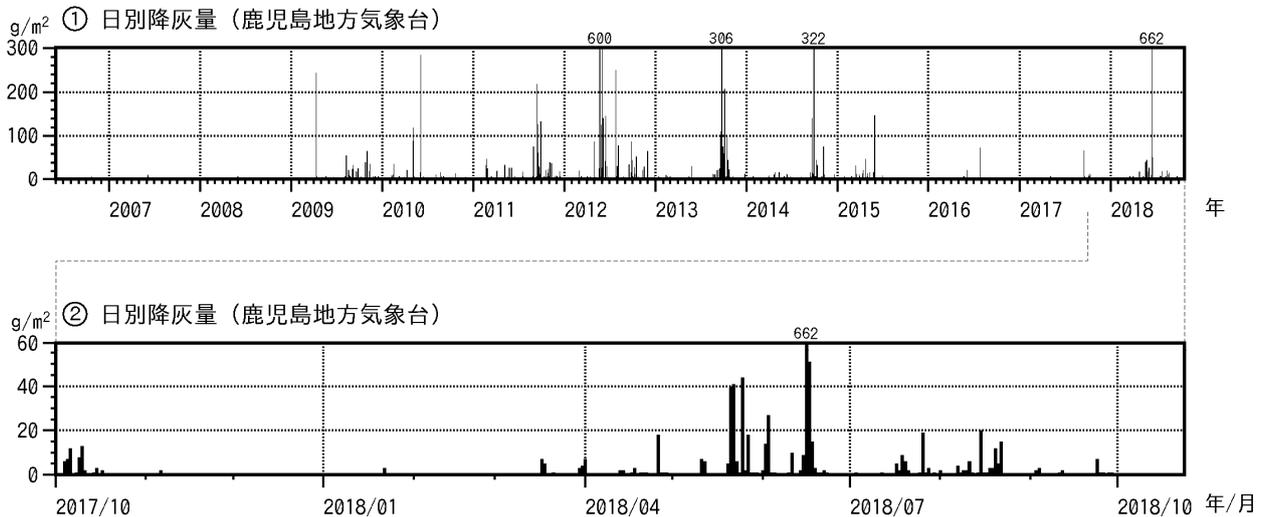
Fig. 5-2. Monthly numbers of volcanic earthquakes, monthly duration of tremors and amplitude of infrasonic waves (June 1, 2006 – October 23, 2018).



第6図 桜島 南岳山頂火口と昭和火口の月別爆発的噴火回数
(2006年6月～2018年10月23日)

- ・南岳山頂火口での噴火は、6月35回、7月29回、8月64回、9月44回発生した。このうち爆発的噴火は6月13回、7月16回、8月37回、9月22回発生した。
- ・昭和火口での噴火は観測されなかった。

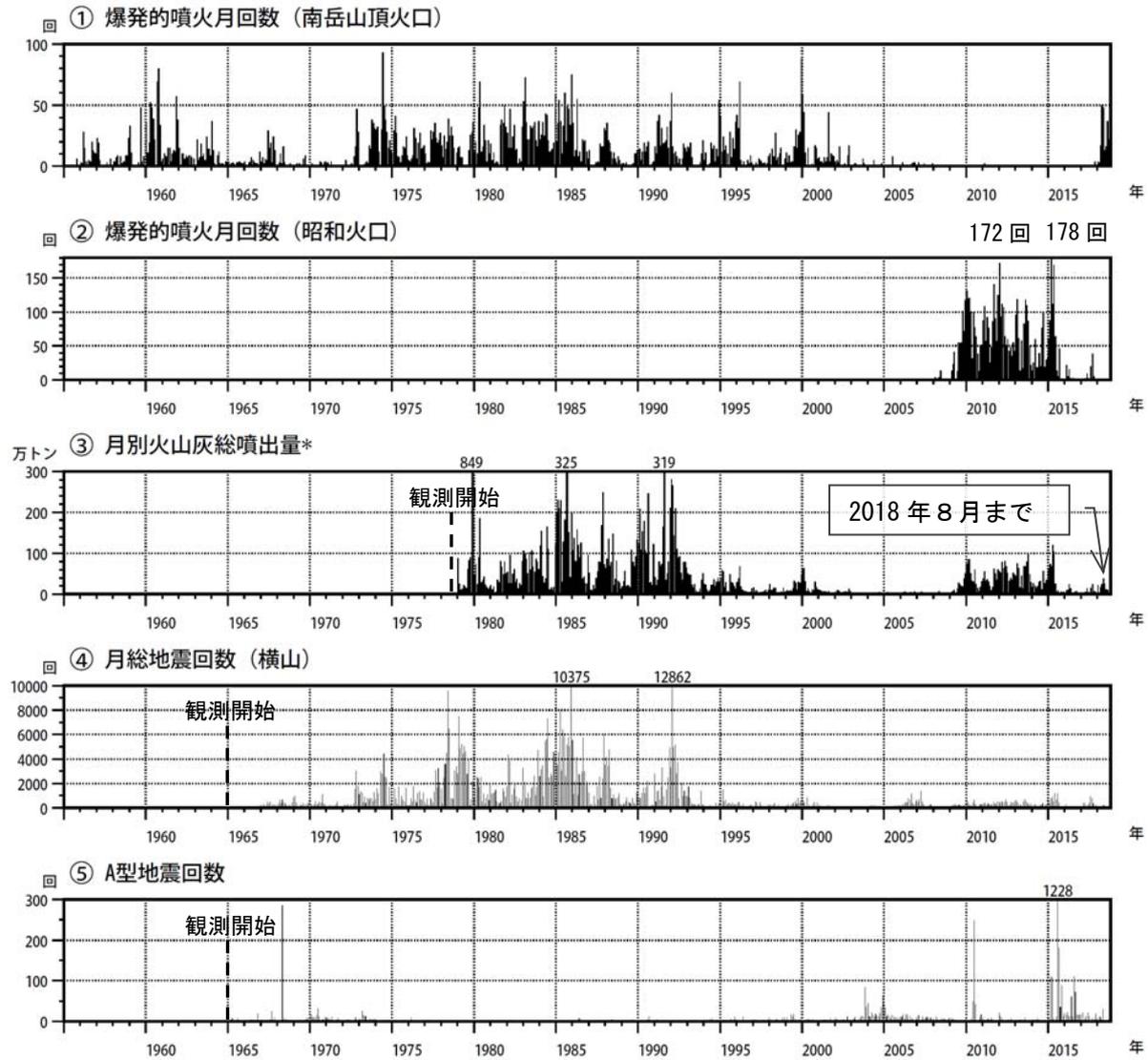
Fig. 6. Monthly numbers of the explosive eruptions at Minamidake summit crater and Showa crater (June 1, 2006 – October 23, 2018).



第7図 桜島 鹿児島地方気象台での降灰量 (2006年6月～2018年10月23日)

2018年6月に803g/m²、7月62g/m²、8月79g/m²、9月19g/m²の降灰を観測した。

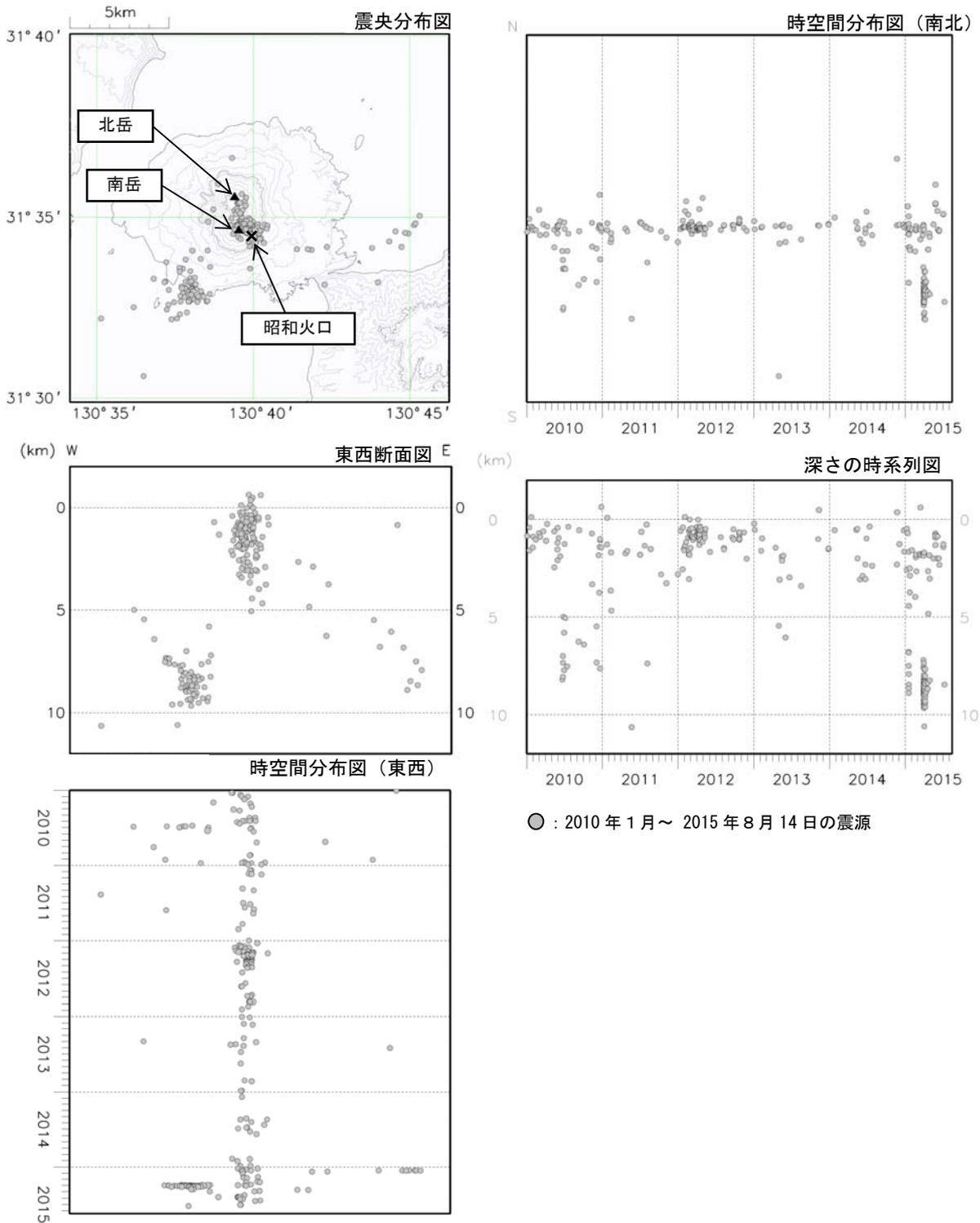
Fig. 7. Dairy weights of volcanic ash fall observed at Kagoshima Local Meteorological Office (June 1, 2006 – October 23, 2018).



第8図 桜島 長期の活動状況（1955年1月～2018年10月23日）

*降灰の観測データには、桜島で噴火がない場合でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。また、2018年3月から6月は新燃岳の降灰が含まれている可能性がある。火山灰の噴出量の算出は、中村（2002）による。

Fig. 8. Annual numbers of explosive eruptions and numbers of earthquakes at Sakurajima volcano (January 1, 1955 – October 23, 2018).

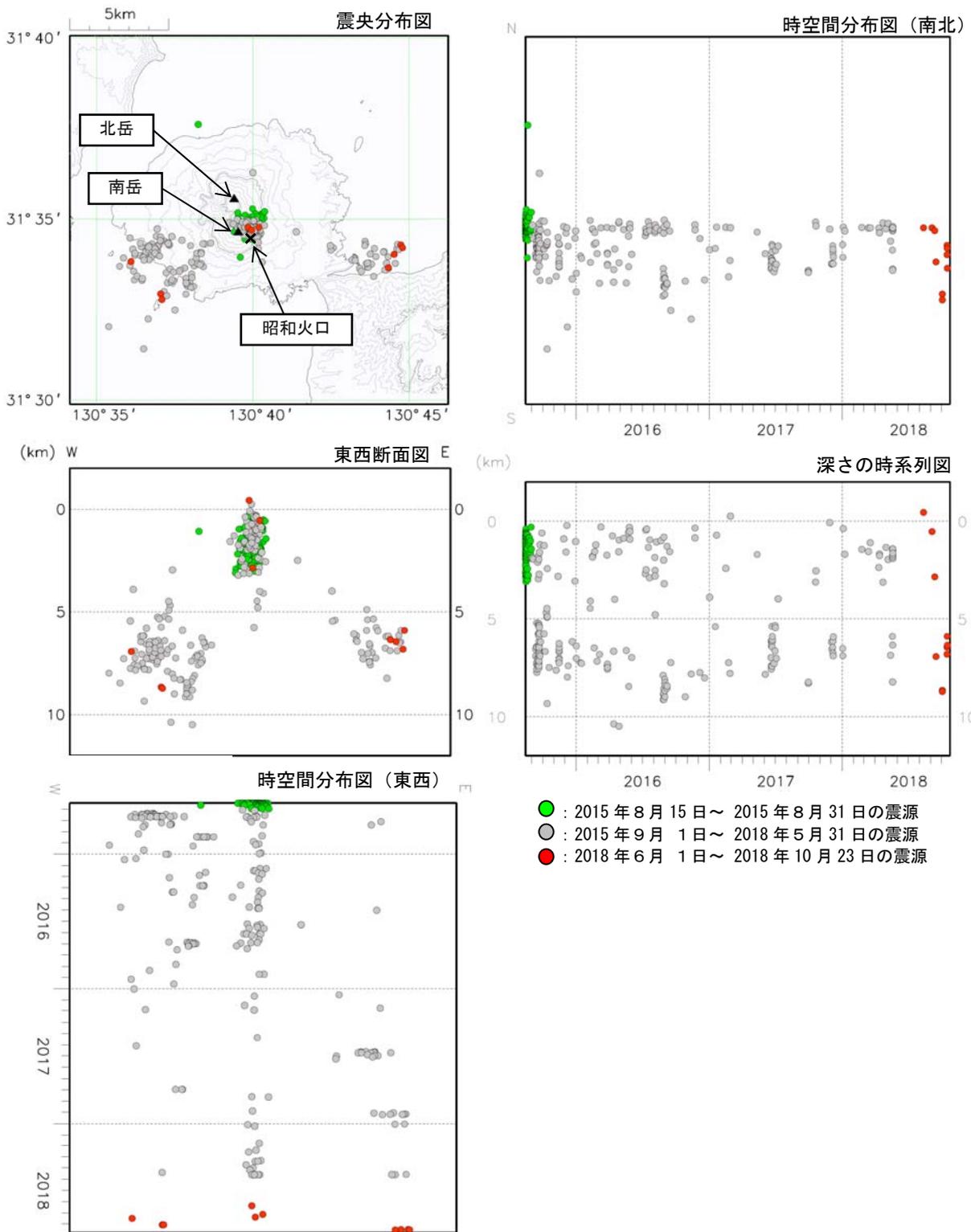


第 9-1 図 桜島 2015 年 8 月 15 日 (桜島浅部へのマグマ貫入イベント) 以前の震源分布図
(2010 年 1 月～2015 年 8 月 14 日)

* 決定された地震は全て A 型地震である。

* 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。

Fig. 9-1. Hypocenter distribution of volcanic earthquakes in and around Sakurajima island (January 1, 2010 – August 14, 2015).

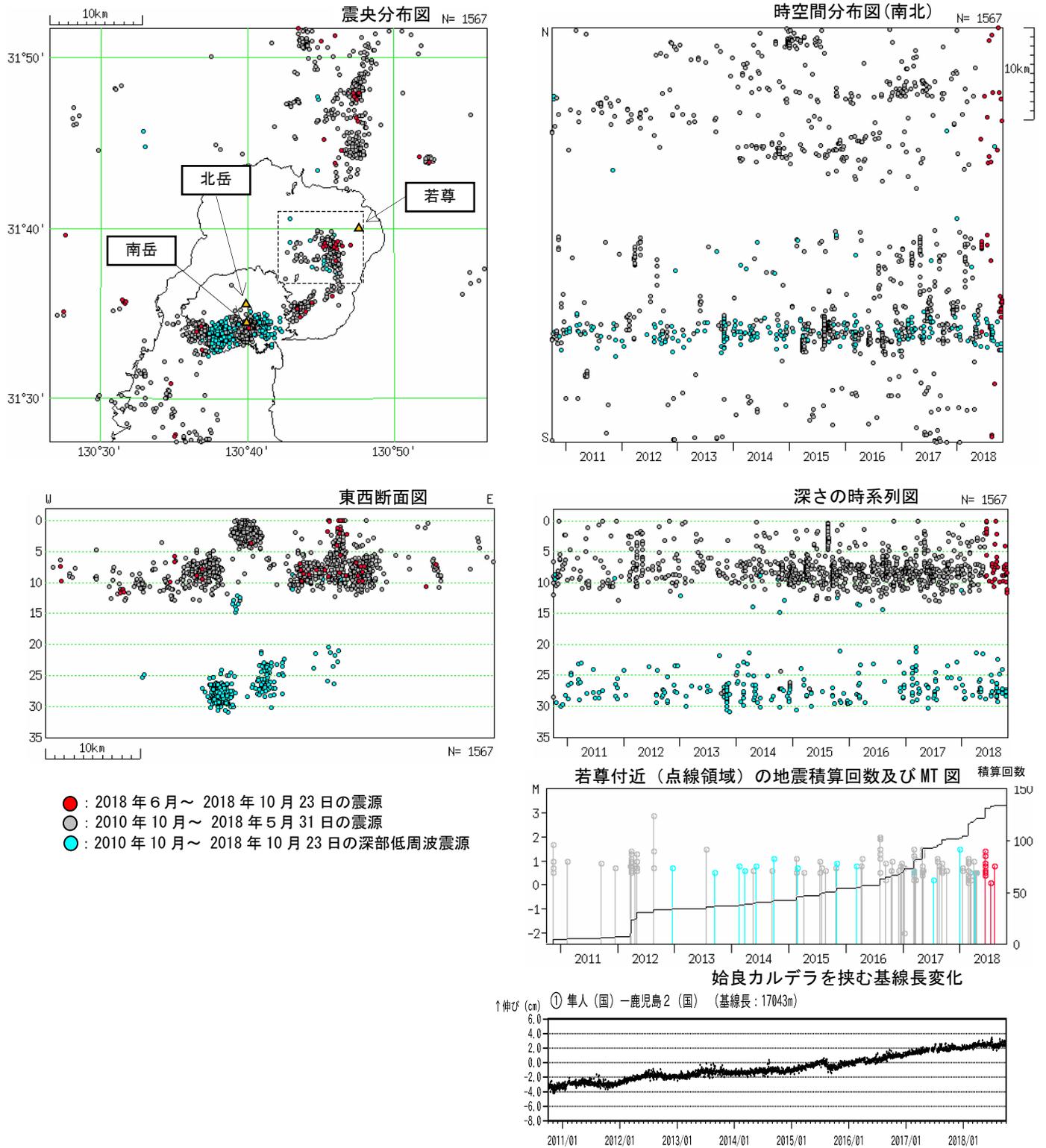


第 9-2 図 桜島 2015 年 8 月 15 日（桜島浅部へのマグマ貫入イベント）以降の震源分布図
 (2015 年 8 月 15 日～2018 年 10 月 23 日)

* 決定された地震は全て A 型地震である。

* 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。

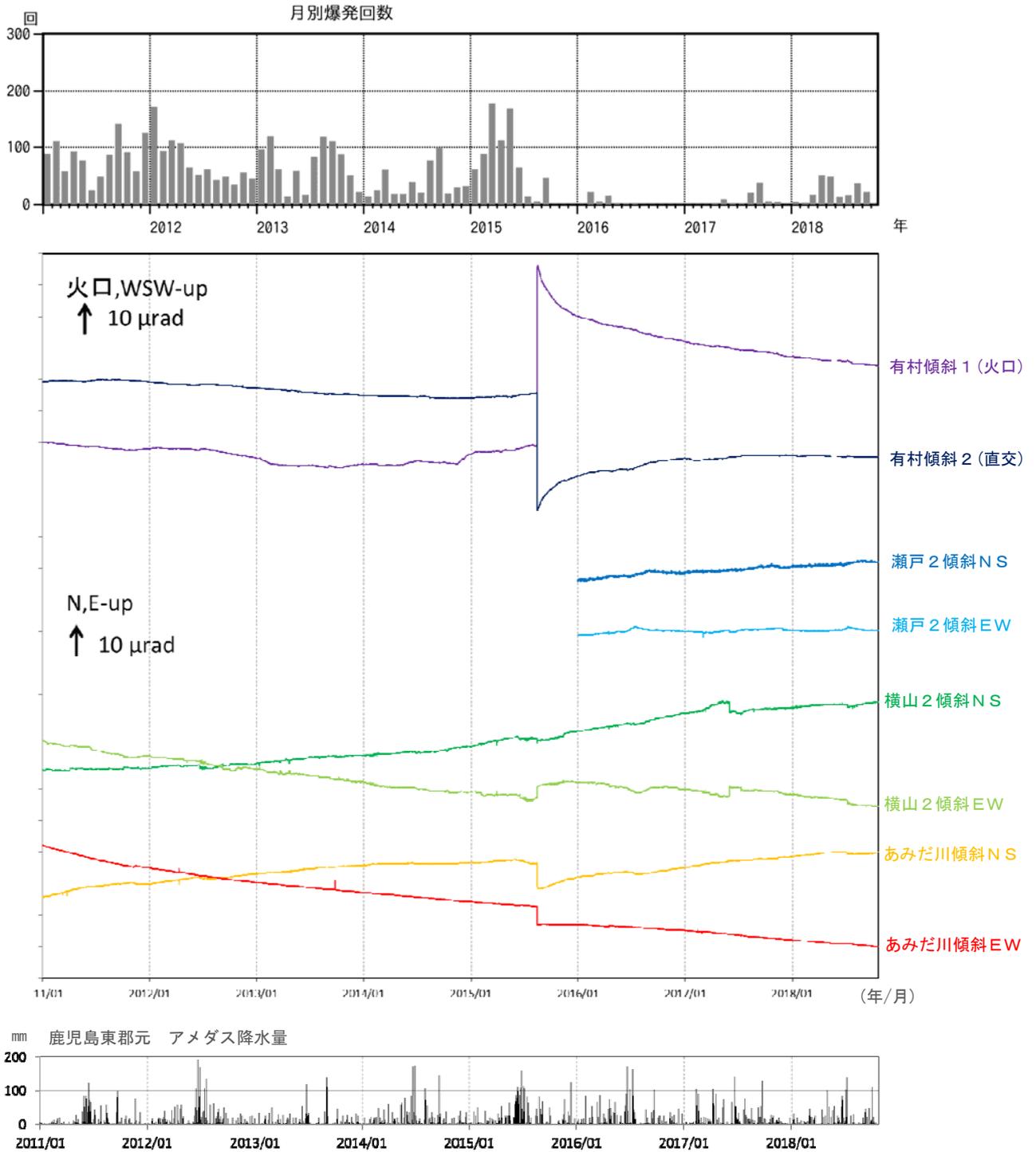
Fig. 9-2. Hypocenter distribution of volcanic earthquakes in and around Sakurajima island (August 15, 2015 – October 23, 2018).



第10図 桜島 一元化震源による広域の震源分布図 (2010年10月~2018年10月23日)

*表示している震源には、震源決定時の計算誤差の大きなものが表示されることがある。
 *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。

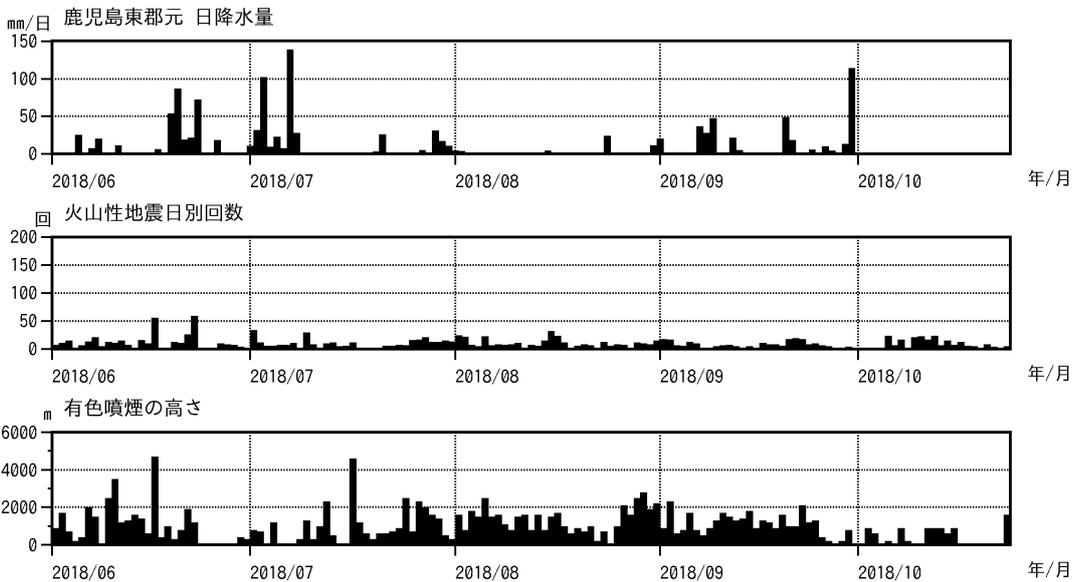
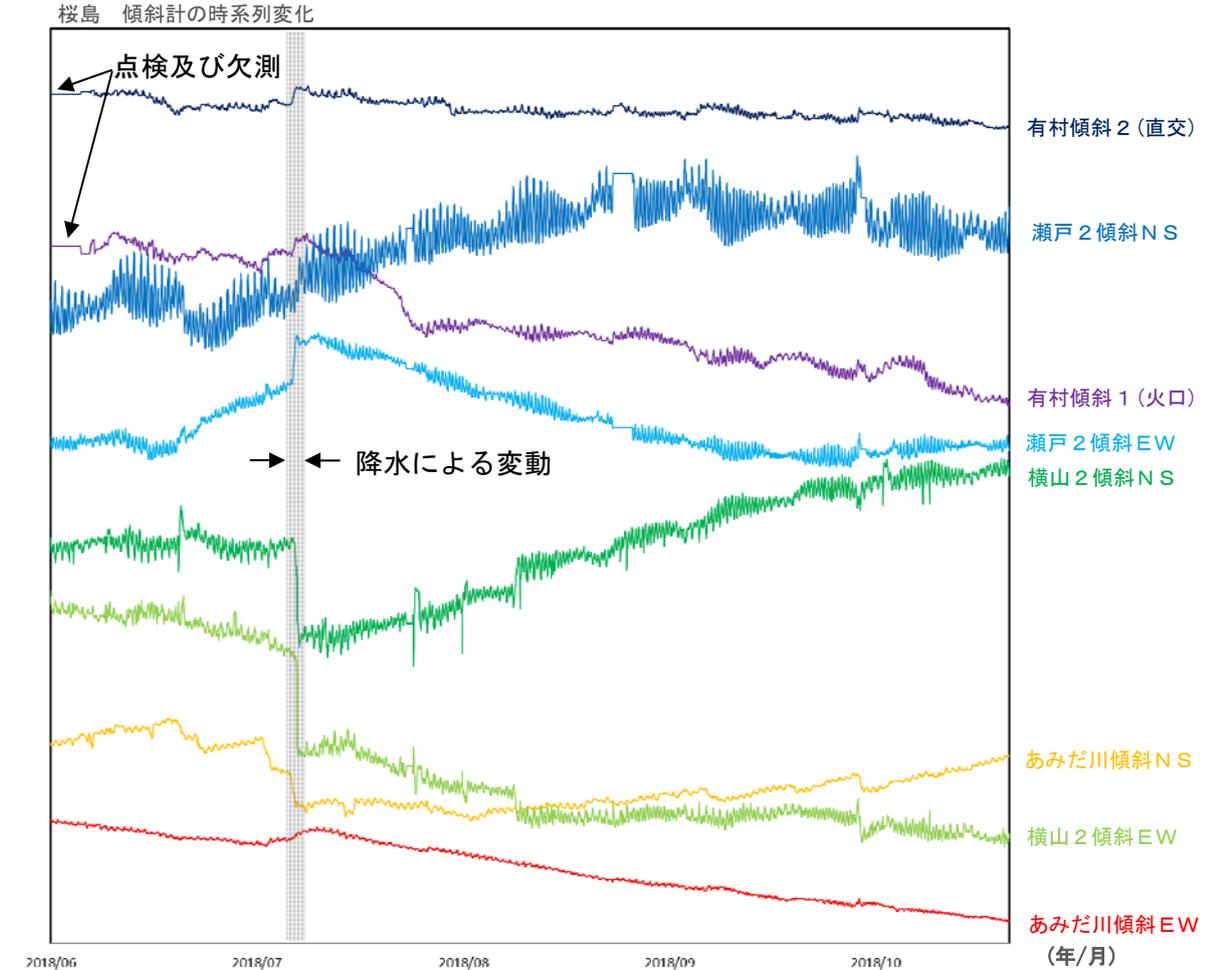
Fig. 10. Hypocenter distribution in Sakurajima (October 1, 2010 – October 23, 2018).



第11図 桜島 傾斜変動の状況 (2011年1月～2018年10月23日)

*瀬戸2は2015年3月26日にセンサー交換を行ったため、データが安定した2016年1月1日以降のデータを使用した。
 *グラフは時間値を使用し潮汐補正済み。

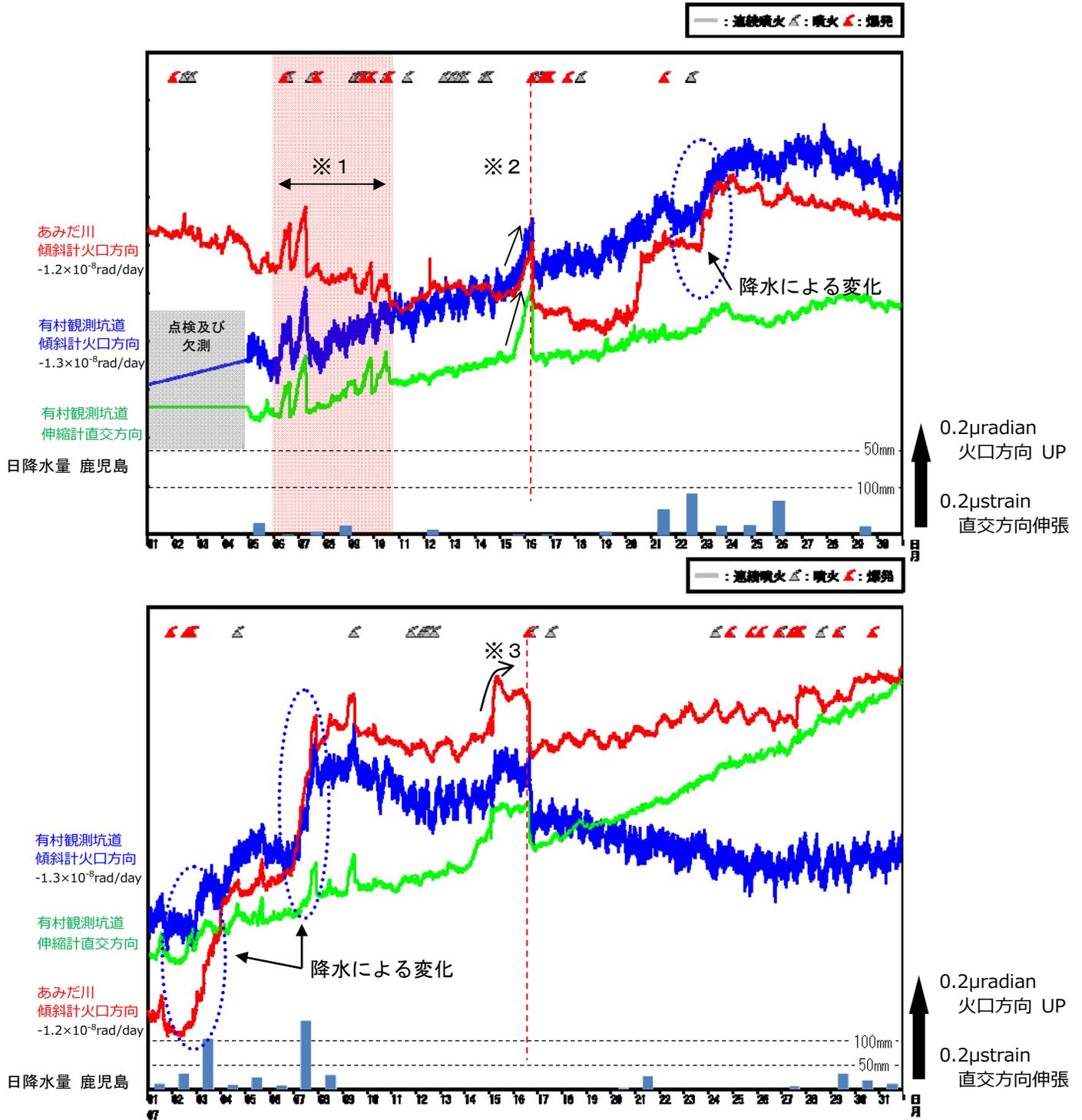
Fig. 11. Monthly numbers of the explosive eruptions and tilt records observed at Arimura station, Amidagawa station, Seto-2 station and Yokoyama-2 station (January 1, 2011 – October 23, 2018).



第 12 図 桜島 傾斜変動の状況 (2018 年 6 月～2018 年 10 月 23 日)

* 傾斜計のデータは時間値を使用し、潮汐補正済み。

Fig. 12. Numbers of earthquakes, ash plume heights and tilt records observed at Arimura station, Amidagawa station, Seto-2 and Yokoyama-2 station (June 1, 2018 – October 23, 2018).

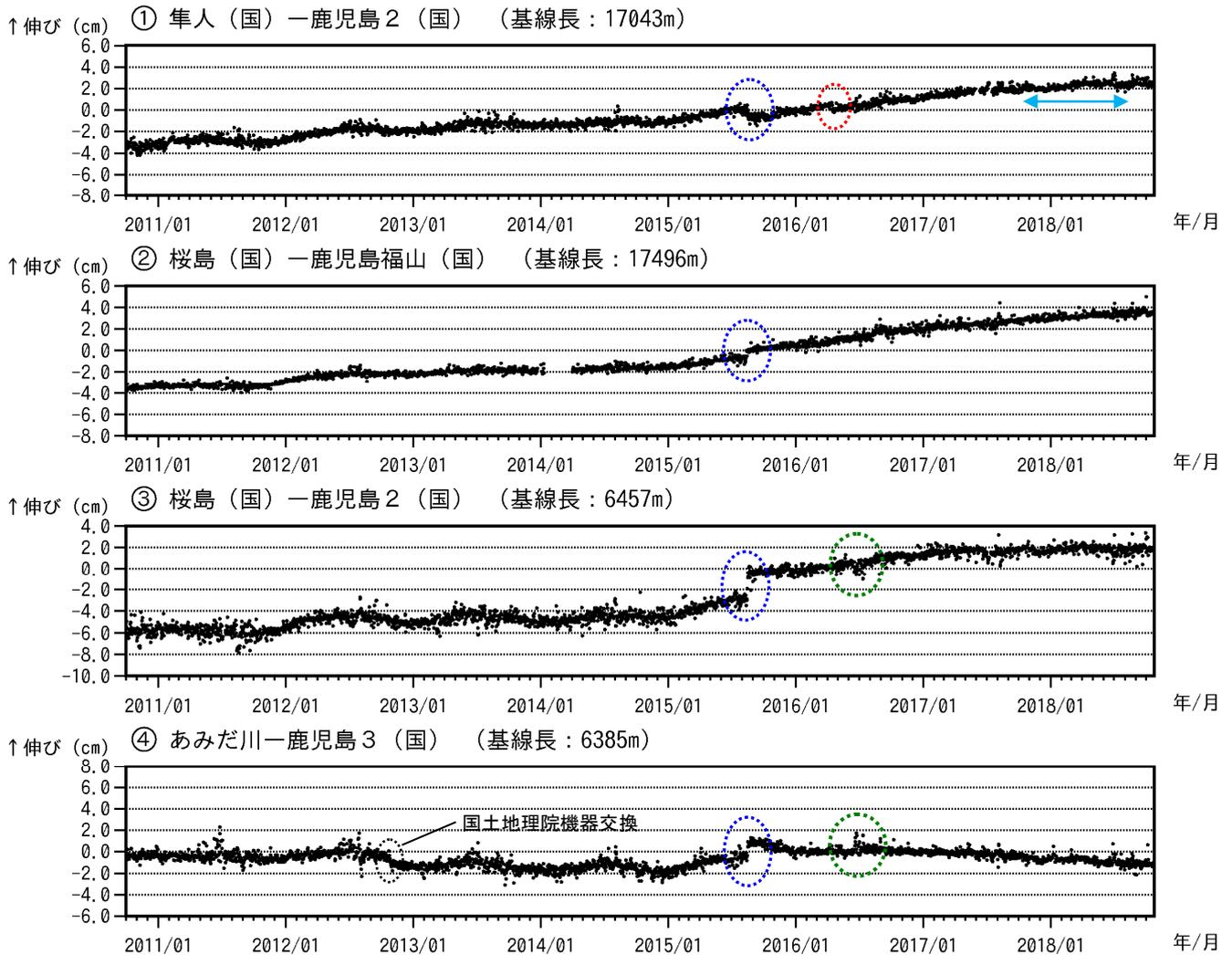


第13図 桜島 傾斜計による地殻変動の状況 (上図: 2018年6月 下図: 2018年7月)

- ※1: ごく小規模な噴火が連続して発生し、わずかな山体の伸び(隆起)と噴火後のわずかな縮み(沈降)が観測された。
- ※2: 6月15日から山体のわずかな伸び(隆起)が認められ、6月16日07時19分に発生した火砕流を伴う爆発的噴火とその後に続いたごく小規模な噴火により山体は収縮(沈降)した。
- ※3: 7月14日から山体のわずかな伸び(隆起)が認められ、7月16日15時38分に発生した爆発的噴火により山体は収縮(沈降)した。

※青色の破線内は降水の影響による変動と考えられる。

Fig. 13. Tilt and strain records (upper: June 1, 2018 – June 30, 2018; lower: July 1, 2018 – July 31, 2018).



第 14-1 図 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2018 年 10 月 23 日)

始良カルデラ (鹿児島湾奥部) の地下深部の膨張を示す基線の伸びは 2018 年 3 月頃から停滞している。

これらの基線は第 15 図の①～④に対応している。

基線の空白部分は欠測を示している。

解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。

2016 年 1 月以降のデータについては、解析方法を変更している。

基線①は霧島山の深い場所での膨張によるとみられる変動の影響を受けている可能性がある (水色矢印)。

基線②については、国土地理院の解析結果 (F3 解及び R3 解) を使用した。

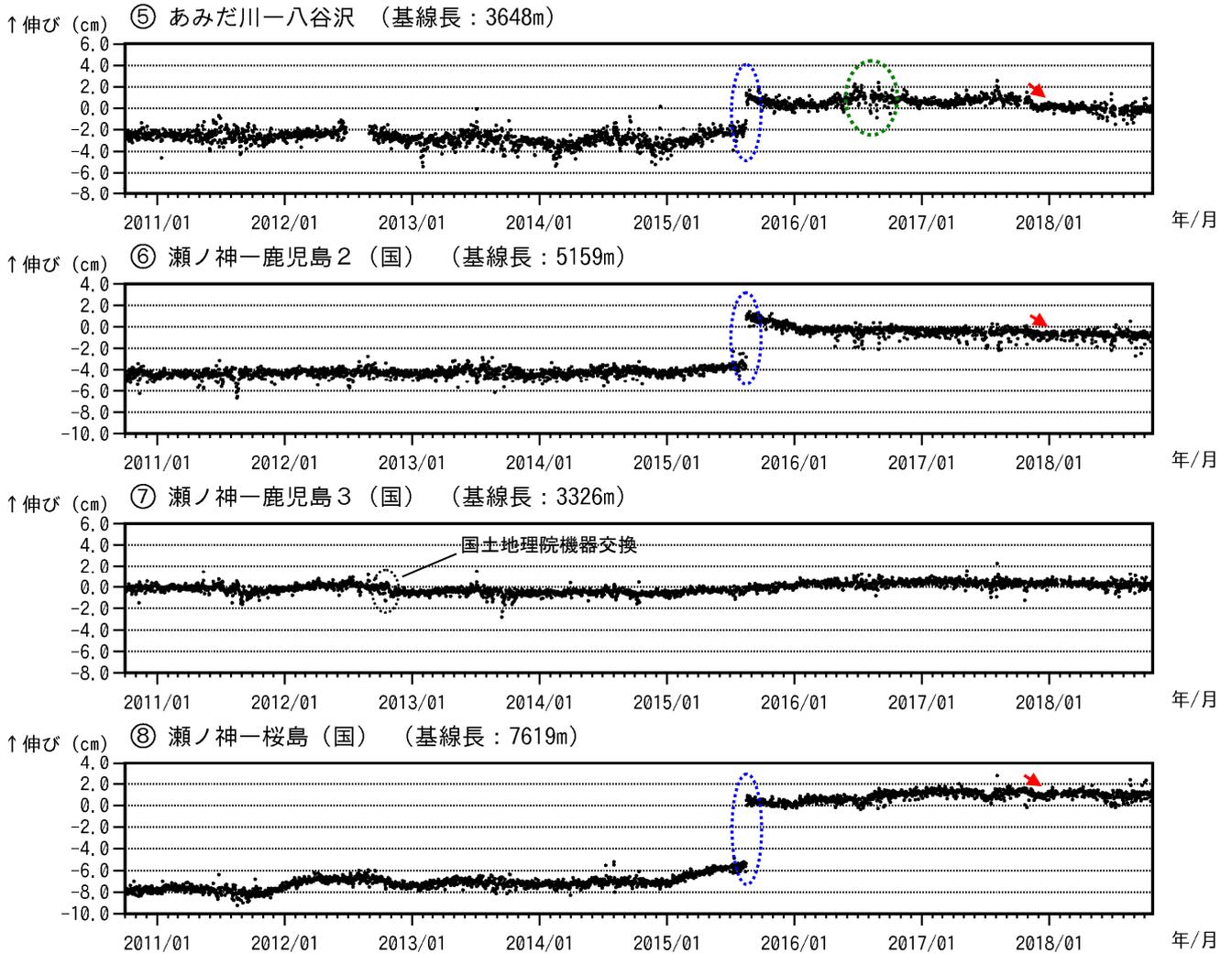
青色の破線内は 2015 年 8 月のマグマ貫入による変動を示す。

赤色の破線内は平成 28 年 (2016 年) 熊本地震の影響による変動である。

緑色の破線内は気象の影響による乱れとみられる。

(国) : 国土地理院

Fig. 14-1. Temporal change of the baseline distances measured by continuous GNSS observation in Sakurajima (October 1, 2010 – October 23, 2018).

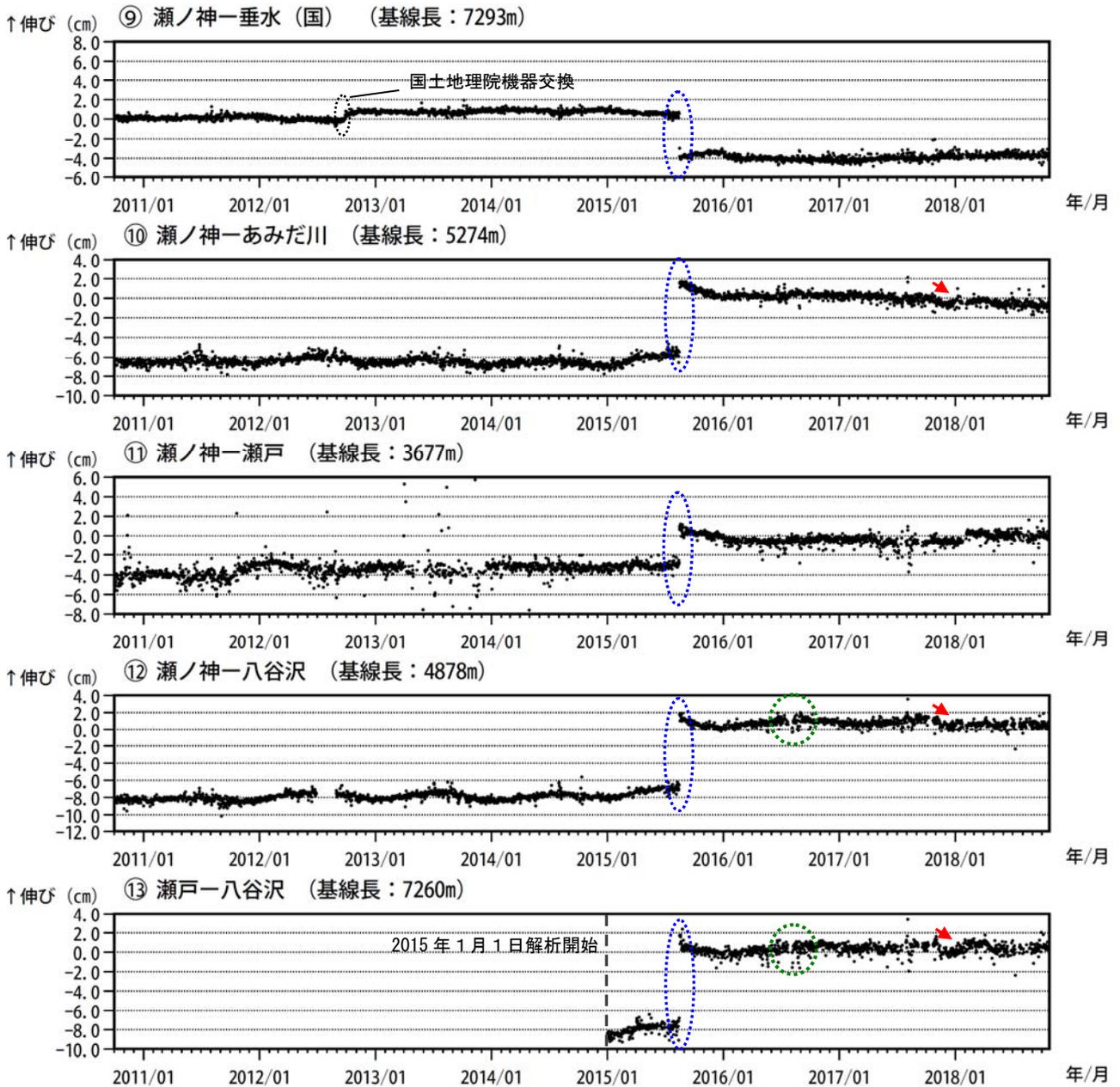


第 14-2 図 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2018 年 10 月 23 日)

桜島島内では、2017 年 11 月頃にわずかな山体の収縮 (赤矢印) がみられていたが、12 月頃から停滞している。

これらの基線は第 15 図の⑤～⑧に対応している。
 基線の空白部分は欠測を示している。
 解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。
 2016 年 1 月以降のデータについては、解析方法を変更している。
 青色の破線内は 2015 年 8 月のマグマ貫入による変動を示す。
 緑色の破線内は気象の影響による乱れとみられる。
 (国) : 国土地理院

Fig. 14-2. Temporal change of the baseline distances measured by continuous GNSS observation in Sakurajima (October 1, 2010 – October 23, 2018).



第 14-3 図 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2018 年 10 月 23 日)

桜島島内では、2017 年 11 月頃にわずかな山体の収縮 (赤矢印) がみられていたが、12 月頃から停滞している。

これらの基線は第 15 図の⑨～⑬に対応している。
 基線の空白部分は欠測を示している。
 解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。
 2016 年 1 月以降のデータについては、解析方法を変更している。
 青色の破線内は 2015 年 8 月のマグマ貫入による変動を示す。
 緑色の破線内は気象の影響による乱れとみられる。
 (国) : 国土地理院

Fig. 14-3. Temporal change of the baseline distances measured by continuous GNSS observation in Sakurajima (October 1, 2010 – October 23, 2018).

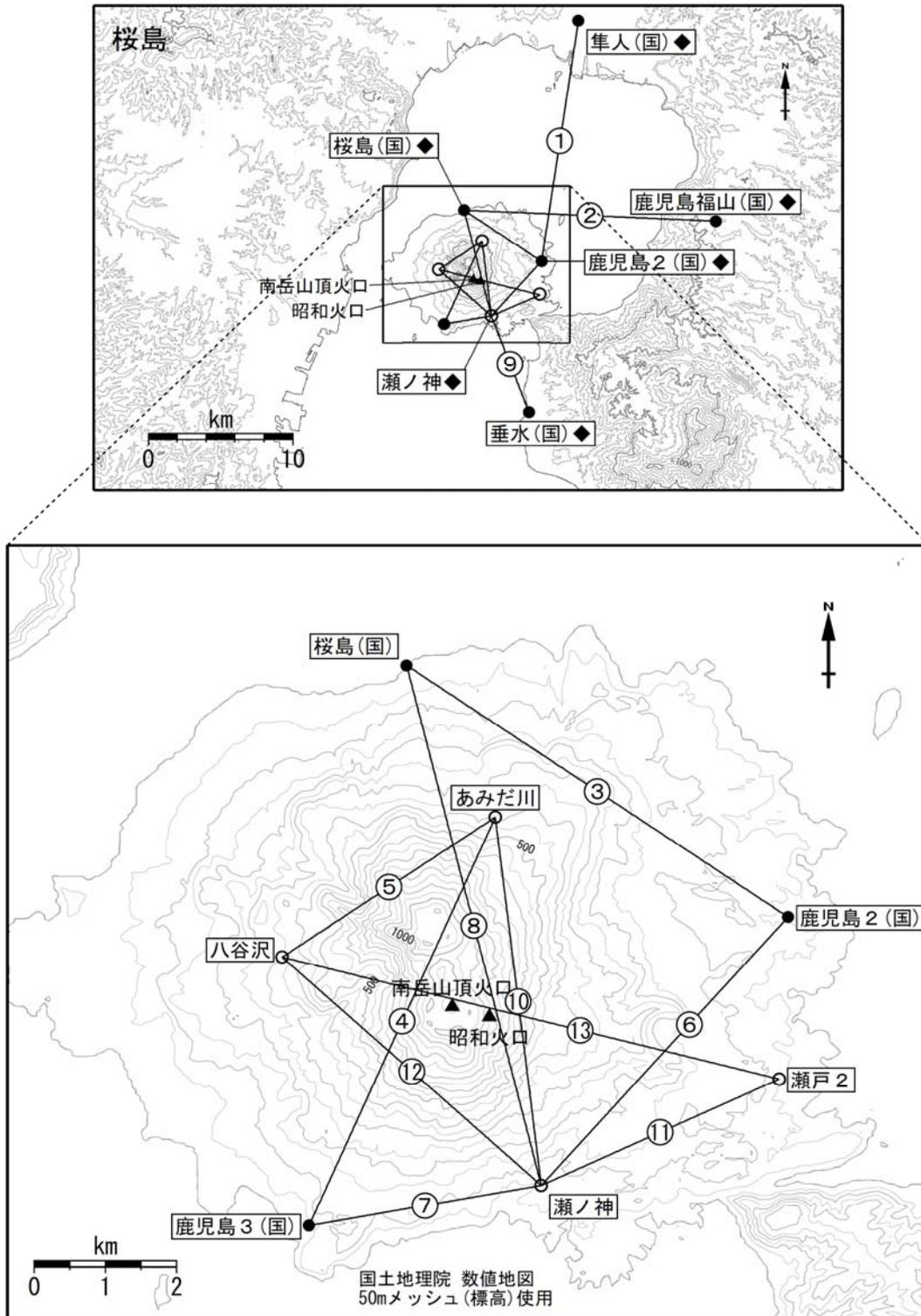
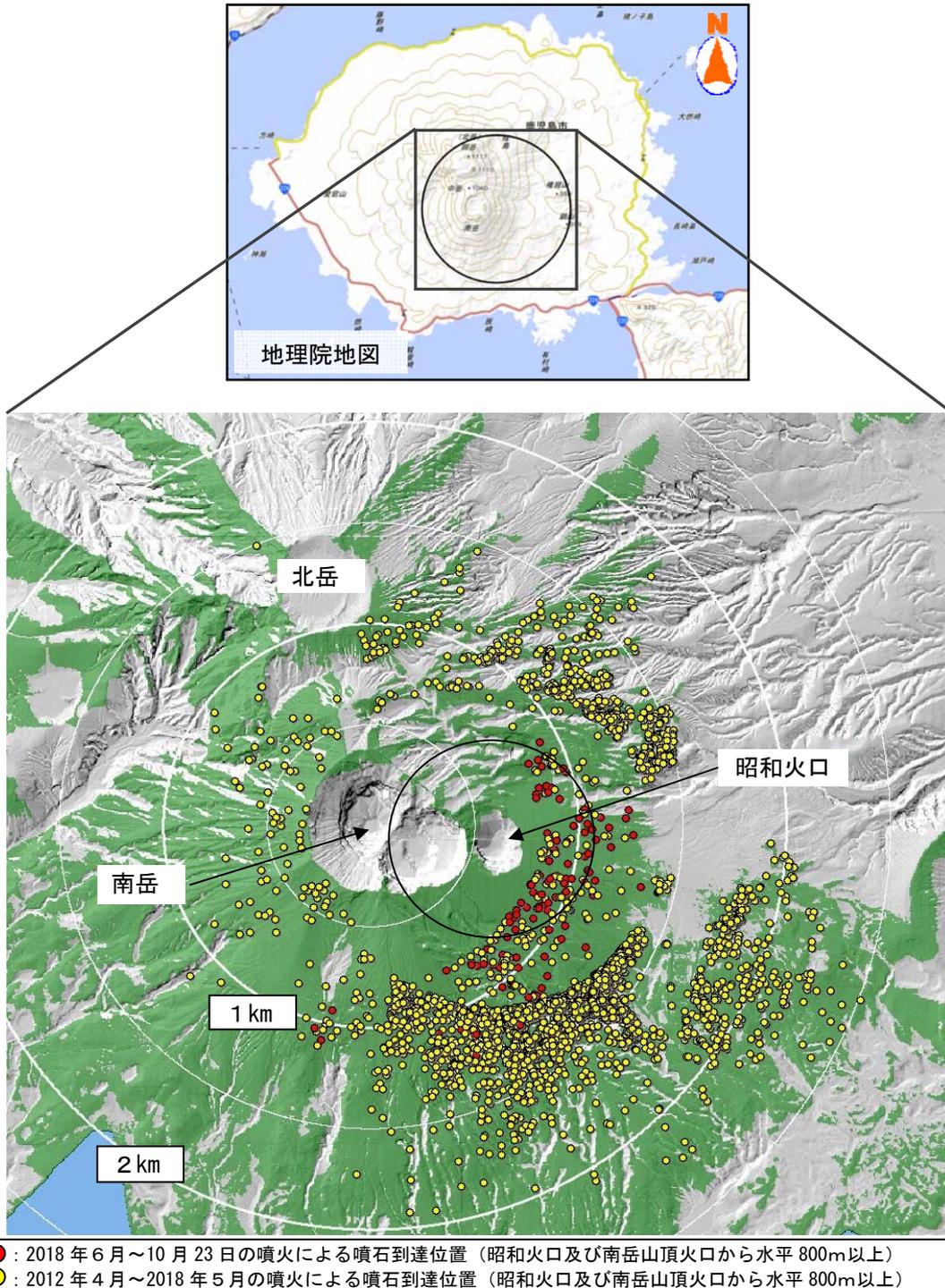


図15 桜島 GNSS連続観測基線図

桜島島内及び始良カルデラ周辺の気象庁・国土地理院の10観測点の基線による観測を行っている。小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示している。
 (国)：国土地理院
 地図の作成に当たっては、国土地理院発行の『数値地図50mメッシュ(標高)』を使用した。

Fig. 15. Baselines of the continuous GNSS observation in Sakurajima.



第 16 図 桜島 南岳山頂火口及び昭和火口から放出された大きな噴石の落下地点

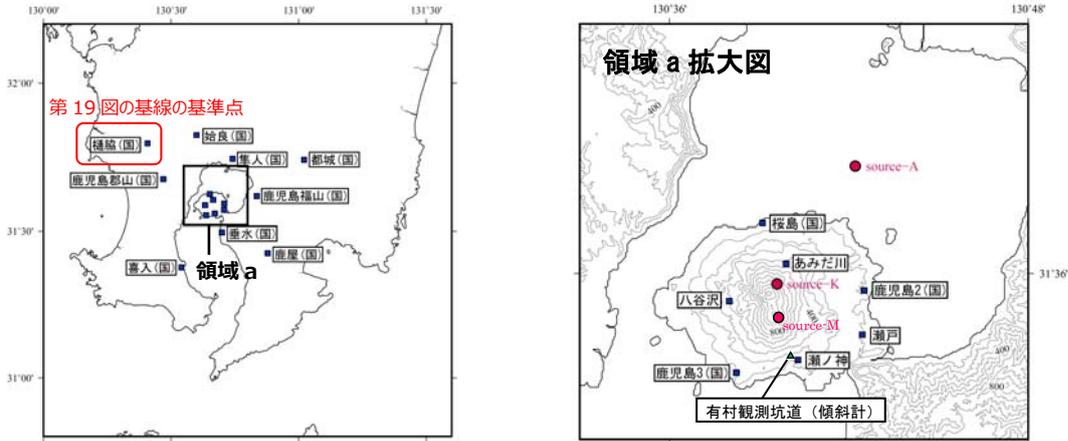
(2018年6月～10月23日)

2018年6月から10月23日までに発生した噴火の内、噴石が水平距離で800m以上（南岳山頂火口及び昭和火口からの距離）飛散した事例（計27例）について、監視カメラ映像から噴石の落下地点を計測しプロットした（図中赤点）。1回の噴火に対し複数の噴石の落下位置を算出している。同心円は南岳山頂火口中心からの距離を示す。

* 緑色の領域は、早崎監視カメラ（大隅河川国道事務所設置）、海淵監視カメラ（大隅河川国道事務所設置）及び東郡元監視カメラのいずれかで噴石の落下が確認可能な範囲を示す。領域はカシミール3Dで算出した。噴石の計測は海淵及び東郡元監視カメラで行った。

* 地図の作成にあたっては、大隅河川国道事務所提供の数値地図（5mメッシュ）を使用した。

Fig. 16. Landing points of ballistic rocks ejected from Minamidake summit crater and Showa crater observed by cameras (June 1, 2018 – October 23, 2018).



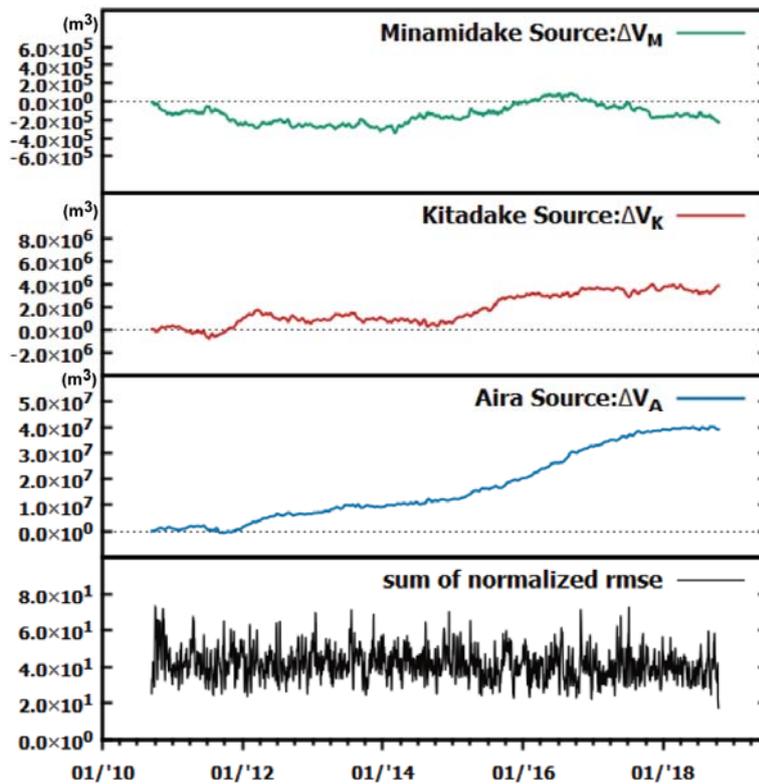
第 17 図 桜島 第 18~20 図の解析に用いた GNSS 観測点、傾斜計の位置及び固定した変動源の位置図

- ・変動源はいずれも茂木モデル（ポアソン比：0.25）を仮定した。また、モデルの中心位置は以下の場所に固定し、体積変化量のみを算出した。

（膨張源の位置） ソース A の位置：N31° 39′ 05.40″ E130° 42′ 13.00″ 深さ海拔下 11.0km
 ソース K の位置：N31° 35′ 42.00″ E130° 39′ 36.00″ 深さ海拔下 4.9km
 ソース M の位置：N31° 34′ 41.80″ E130° 39′ 36.00″ 深さ海拔下 1.5km

*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。

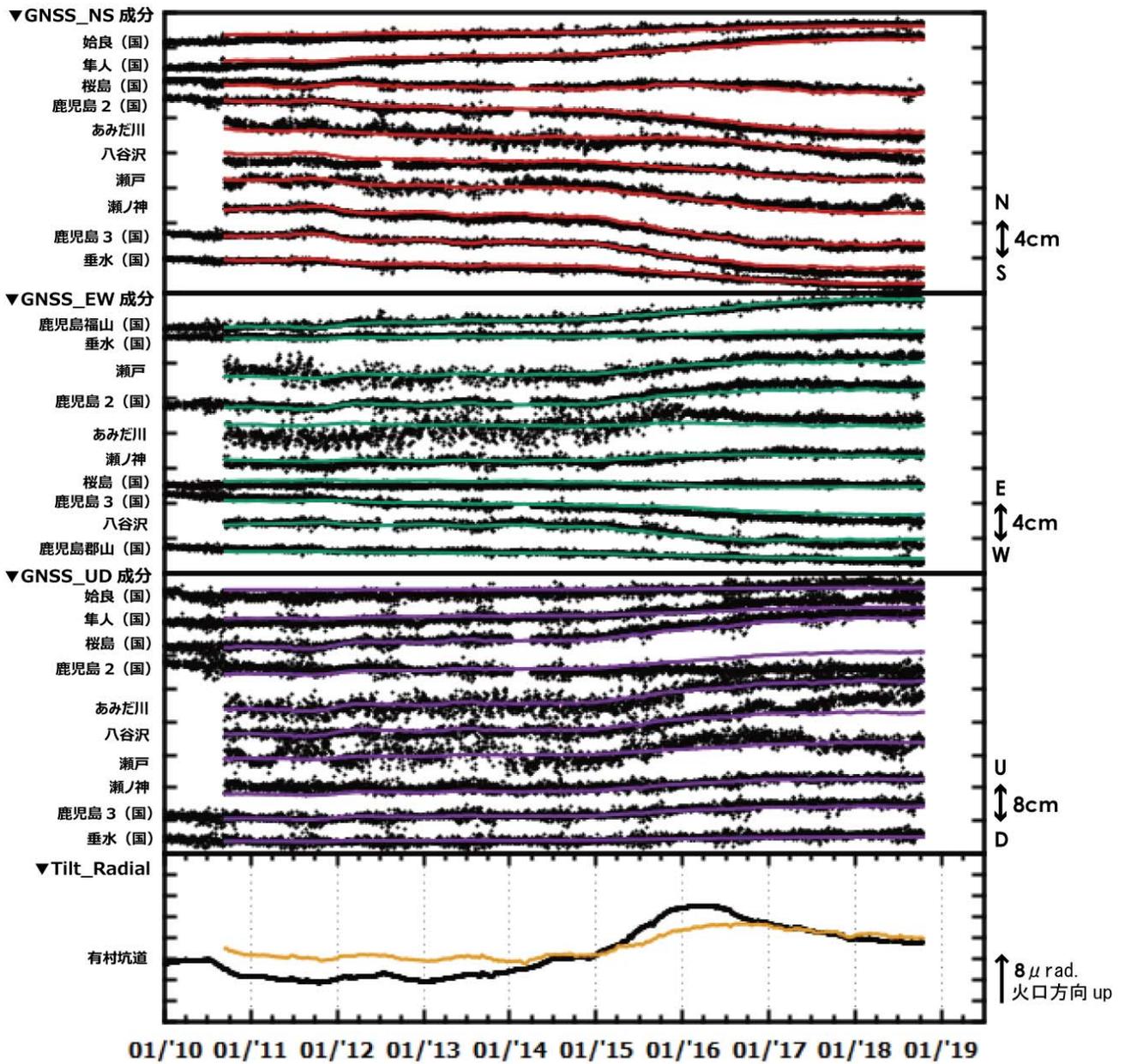
Fig. 17. Location of the fixed spherical sources, source-A, source-K, source-M, gnss sensor and tiltmeter that used to estimate volume change.



第 18 図 桜島 インバージョン解析により推定した膨張源の体積増加量
 （2010年9月～2018年10月15日）

- ・始良カルデラの膨張（Source-A）は、2018年初め頃からほぼ停滞している。
- ・島内の膨張（Source-K）は、2015年1月に膨張レートが増加した後、2016年10月頃からほぼ横ばいとなっており、その中のごく小規模な数度の膨張・収縮が認められる。
- ・火口付近（Source-M）は、2017年終わりころから特段の変化は認められない。

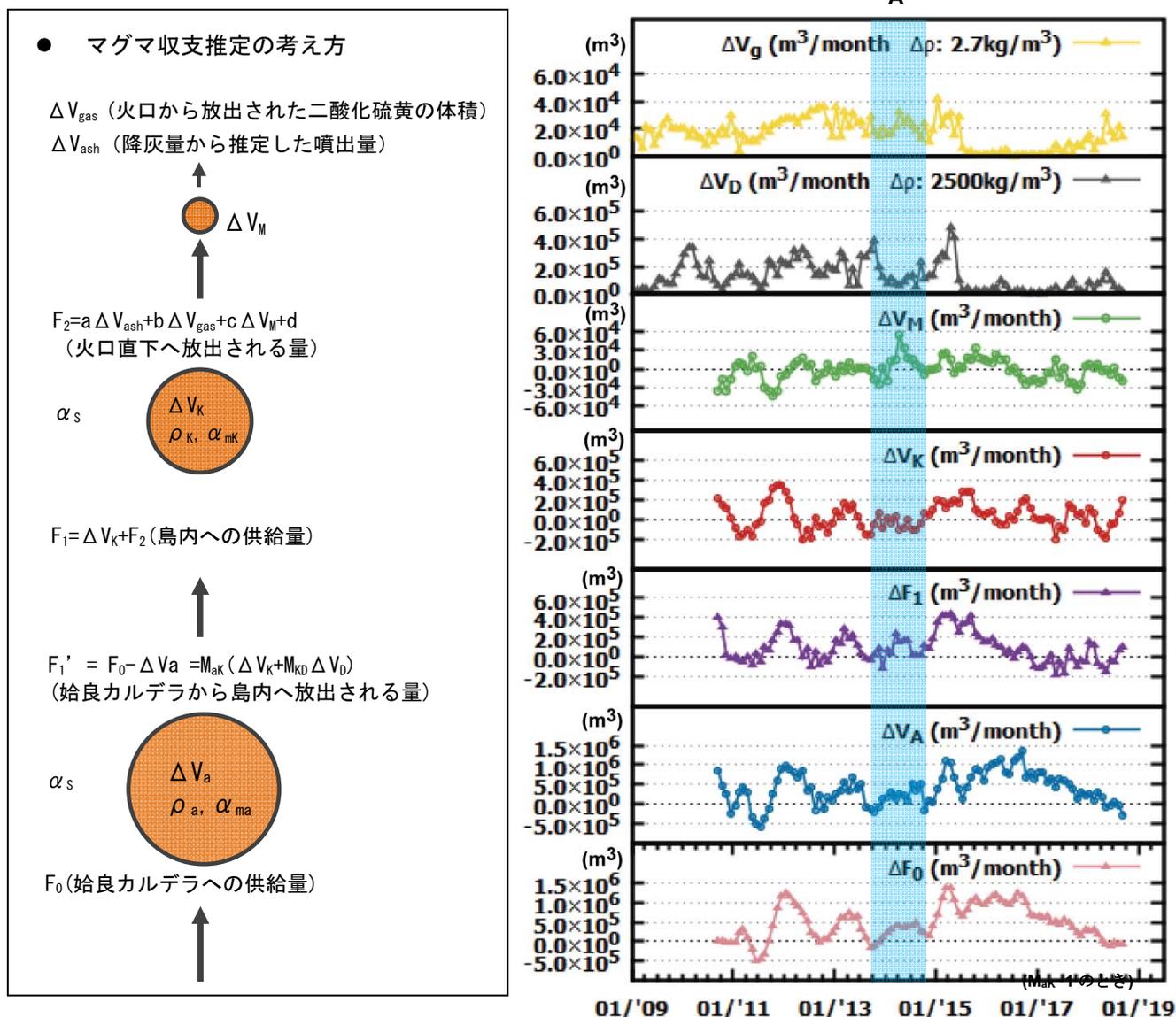
Fig. 18. Temporal changes of inflation and deflation volume that fixed spherical sources (September 1, 2010 – October 15, 2018).



第 19 図 桜島 地殻変動の時間推移推定に用いた GNSS 観測点の観測値とインバージョン推定値
 (○：観測値、赤線、緑線、紫線、橙線：インバージョンによる推定値)
 (2010年9月～2018年10月15日)

*テクトニックな広域変動の効果、2015年8月の島内へのマグマ貫入、2015年11月14日の薩摩半島西方沖の地震、2016年4月の熊本地震の非静的変動・余効変動、及び霧島山北西の深さ約10kmをソースとする火山性地殻変動の効果は補正量を推定し、除去している。

Fig. 19. Calculated and observed displacement and tilt change for each site (September 1, 2010 – October 15, 2018).

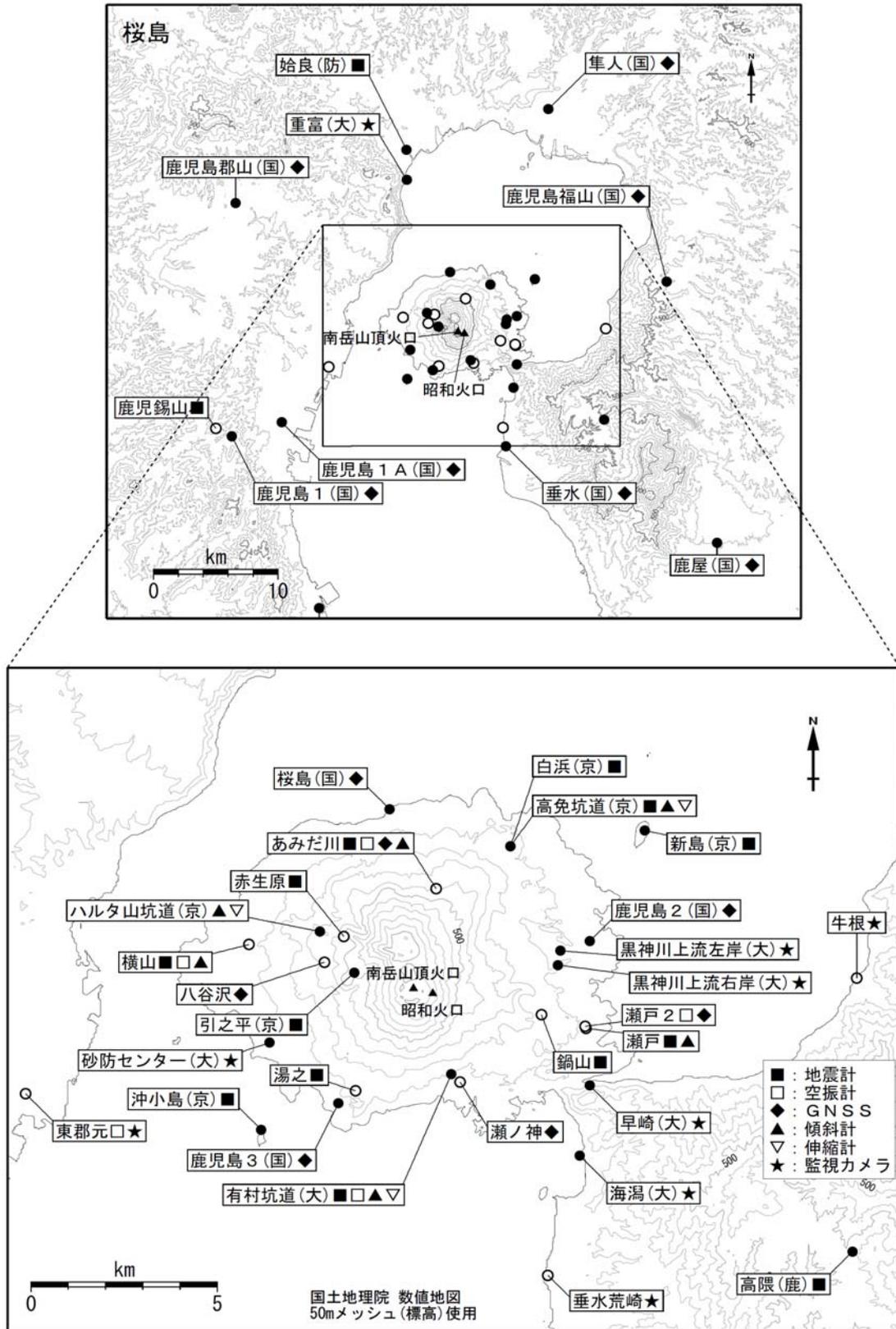


第20図 桜島 地殻変動推移によるマグマ収支の時間変化の推定 (2010年9月～2018年10月15日)

- * 2015年8月のマグマ貫入に関わる体積変化は議論に含まれていない。
- * 月別総降灰量(重量)から、放出したマグマ(密度 2500kg/m³ 仮定)の体積を推定した。
- * 降灰、SO₂ 放出量、ソース M の体積変化から、ソース K から供給されるマグマ量: F₂ を推定した。なお、マグマのガス等の混合比は時間変化が見込まれるため、F₂ を推定する係数も時間変化することが考えられるが、本資料では始良カルデラの地殻変動が安定している図中の期間 A を用いて係数を求め、それを利用した。
- * 始良カルデラソースからある質量のマグマが上昇して北岳ソースに共有された際、それぞれのソースの周囲での岩石の体積変動比 M_{aK} は、マグマの密度 ρ_a, ρ_K、マグマの圧縮率 α_{ma}, α_{mK}、周囲の岩石の圧縮率 α_s (共通と仮定)を用い、 $M_{aK} = \Delta V_a / \Delta V_D = (\rho_a / \rho_K) (1 + \gamma_a / 1 + \gamma_K)$ (ここで $\gamma_a = \alpha_{ma} / \alpha_s$, $\gamma_K = \alpha_{mK} / \alpha_s$) と考えられる。これは、発泡度、揮発性分量、圧力などによって変化するが、浅部へのマグマ供給系では (ρ_a/ρ_K) > 1、(1+γ_a/1+γ_K) < 1 が予想されるため、M_{aK} ~ 1 を仮定することで始良カルデラにおける換算体積 F₁' 及び始良カルデラへのマグマ供給量 F₀ を推定した。

- ・ 始良カルデラへのマグマ供給量 (F₀) は、2017 年以降減少し、2018 年 3 月頃からの数ヶ月はほぼなくなったと推定される。
- ・ 桜島島内へのマグマ供給量 (F₁) は 2016 年頃から減少し、2017 年以降はわずかな量となったと考えられ、その後は小規模な供給量の変化にとどまっている。
- ・ 2017 年 11 月頃からの南岳山頂火口の噴火活動は、マグマ供給量が乏しい状況下での供給と放出を何度か繰り返した過程を反映していると思われる。

Fig. 20. Temporal changes of estimated magma flux, the processes from accumulation in source-A to release by the eruption, by inflation and deflation volume of the fixed sources.



第21図 桜島 観測点配置図

小さな白丸 (○) は気象庁、小さな黒丸 (●) は気象庁以外の機関の観測点位置を示している。
 (大) : 大隅河川国道事務所、(国) : 国土地理院、(京) : 京都大学防災研究所
 (鹿) : 鹿児島大学、(防) 防災科学技術研究所
 地図の作成に当たっては、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

Fig. 21. Location map of permanent observation sites in and around Sakurajima.