

第 146 回 火山噴火予知連絡会資料

(その1の1)

草津白根山

令和2年6月 24 日～30 日

火山噴火予知連絡会資料(その1の1)

目次

草津白根山

部会提出資料

気象庁	3-41
気象研	42
地磁気	43-47
東工大	48-65
防災科研	66-70
地理院	71-76
東海大	77-79

草 津 白 根 山 (2020 年 6 月 10 日現在)

白根山 (湯釜付近)

2018 年 9 月下旬から高まった状態が継続していた湯釜付近浅部の火山活動は、低下傾向にあると考えられる。

湯釜火口から概ね 1 km の範囲では、噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石に警戒が必要である。また、噴火時には、風下側では火山灰だけでなく小さな噴石が風に流されて降るため注意が必要である。

○ 概況 (2019 年 12 月～2020 年 5 月)

・地震活動 (図 1-1、図 2-②③、図 3-②～⑧、図 4～7)

2018 年 9 月下旬から活発化がみられていた湯釜付近を震源とする火山性地震は増減を繰り返しながら活動が継続し、2019 年 9 月中旬以降、BT 型・BP 型を中心にやや多い状態が継続した。

2020 年 3 月 28 日から 29 日に、A 型・BH 型を主とした地震が一時的に増加した。地震増加時は海拔 1 km 以深の震源も認められ、この傾向は 2018 年 4 月及び 9 月の地震増加時に類似している。また、振幅の小さな火山性微動を観測した。

2020 年 4 月 30 日および 5 月 31 日にも一時的に地震が増加するなど、地震の増減を繰り返しているものの、2020 年 4 月以降はやや少ない状態で推移した。

・地殻変動 (図 1、図 2-④、図 6～8)

2019 年 9 月上旬頃から観測されている湯釜付近の浅部の膨張を示す傾斜変動は、2020 年 5 月頃から鈍化もしくは停滞している可能性がある。

GNSS 連続観測において、2014～2015 年に観測された草津白根山の北西もしくは西側の深部の膨張を示唆する変化は今期間みられていない。

・噴煙など表面現象の状況 (図 2-①、図 3-①、図 10、図 11)

奥山田監視カメラ (湯釜の北約 1.5 km) による観測では、湯釜北側噴気地帯の噴気は 100 m 以下で経過した。

2020 年 4 月から 5 月に実施した 4 度の現地調査では、湯釜火口内の地熱域の分布に活動の高まりを示すような変化は認められなかった。また、2019 年 12 月 16 日に陸上自衛隊の協力により実施した上空からの観測でも、湯釜火口内の壁面、水釜火口北側及び北東側斜面の地熱域の分布に大きな変化は認められなかった。

・噴気地帯のガス成分、及び湯釜湖水中の高温の火山ガス由来の成分濃度の状況 (図 9)

湯釜北側噴気地帯で実施している多成分火山ガス観測装置 (Multi-GAS) による連続観測では、2019 年 9 月以降の地震活動および地殻変動に対応した CO₂/H₂S 比の明瞭な変化は認められなかった。

湯釜湖水の成分分析では、火山活動の高まった 2018 年 9 月前後と比較すると、湯釜湖水中の高温の火山ガス由来の成分濃度に低下傾向が認められる。

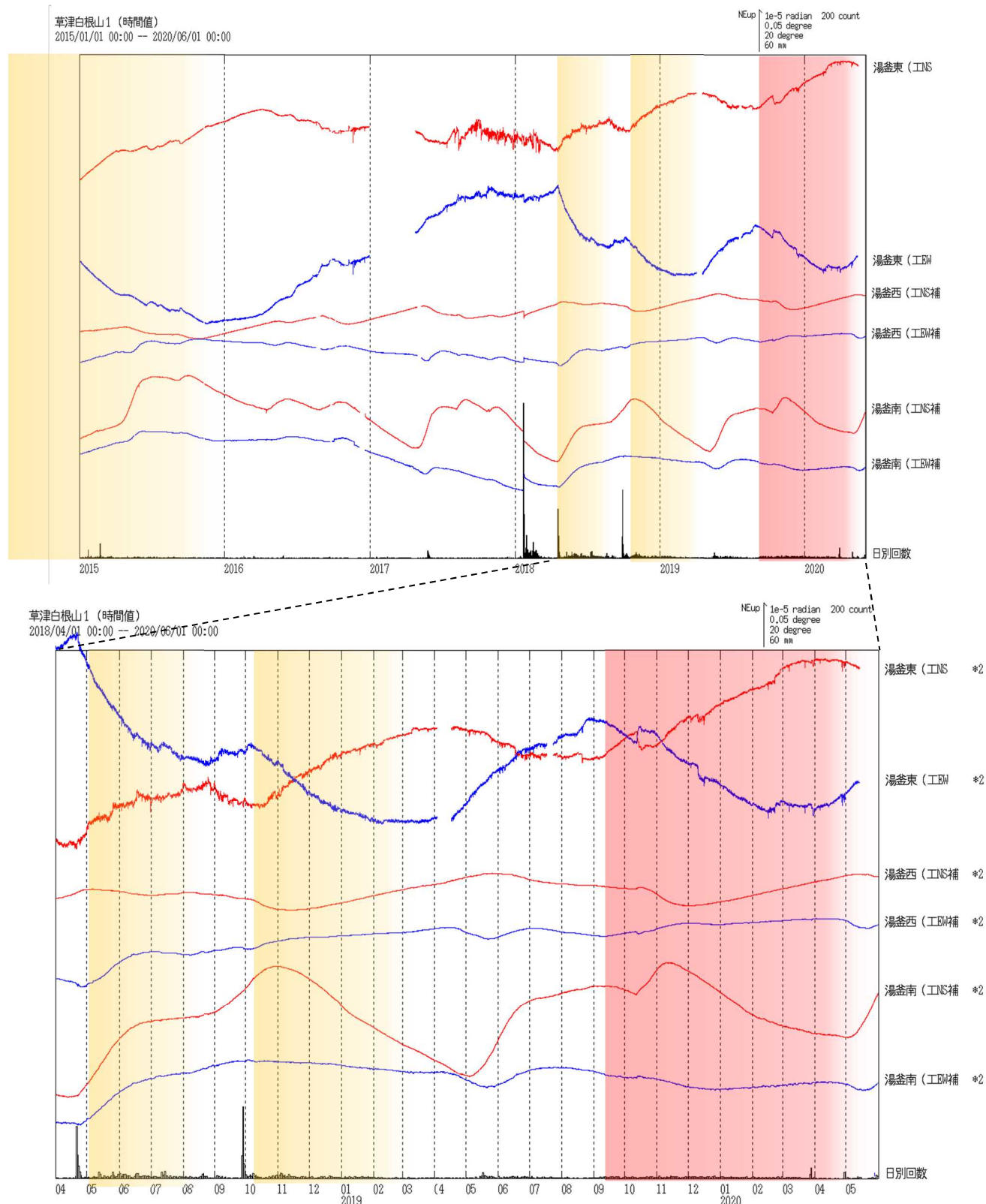


図 1-1 草津白根山（白根山（湯釜付近））傾斜変動記録と日別地震回数

（上図：2015 年 1 月 1 日～2020 年 5 月 31 日、下図：2018 年 4 月 1 日～2020 年 5 月 31 日）

（工）：東京工業大学

※データは時間平均値を使用している。湯釜東（工）観測点では、2019 年 4 月上旬及び 7 月下旬頃に機器障害によるデータの乱れがあったため、その期間のデータを欠測としている。地殻変動が観測された期間を、色付きでマスクしている。

- ・ 2019 年 9 月上旬頃から湯釜浅部の膨張を示す傾斜変動が観測されている（赤マスク部分）。
- ・ 火山活動が低調に推移した 2016 年、2017 年と比較すると、2020 年 5 月頃より変化傾向は季節変動に近いものとなり、2019 年 9 月上旬から続く変動は鈍化していると考えられる（図 1-2～3 もあわせて参照）。

草津白根山

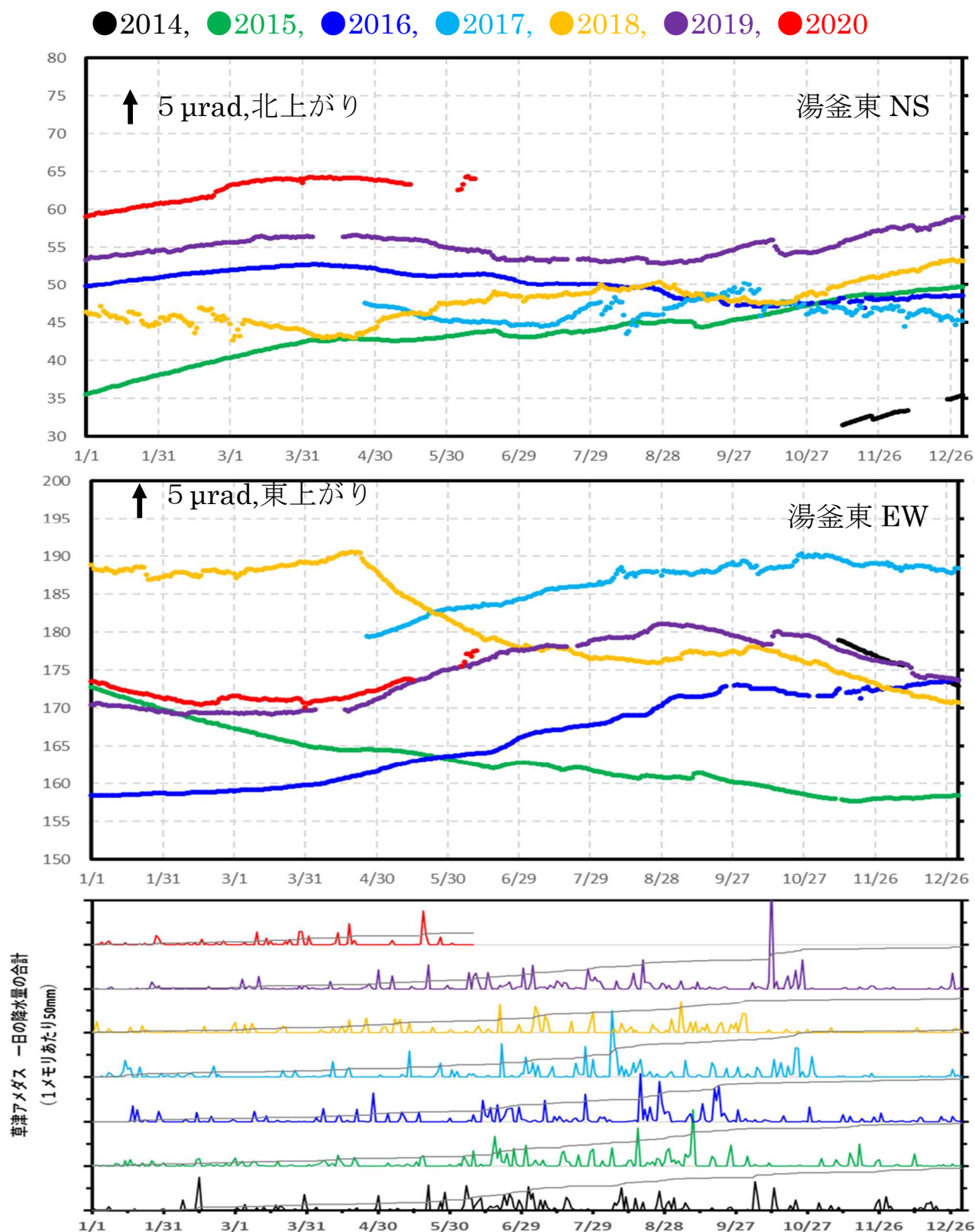


図 1-2 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 各年の湯釜東（東工大）の傾斜変動記録

（2014 年 11 月～2020 年 6 月 1 日。上段：南北成分、中段：東西成分、下段：降水量。年毎に表示色を変えている。）

※データは時間平均値を使用している。湯釜東（工）観測点では、2019 年 4 月上旬、7 月下旬頃、及び 2020 年 5 月から 6 月にかけて機器障害によるデータの乱れがあったため、その期間のデータを欠測としている。

- ・2019 年 9 月上旬頃から湯釜浅部の膨張を示す傾斜変動が観測されています。
- ・火山活動が低調に推移した 2016 年、2017 年と比較すると、2020 年 5 月頃より変化傾向は季節変動に近いものとなり、2019 年 9 月上旬から続く変動は鈍化していると考えられる。

草津白根山

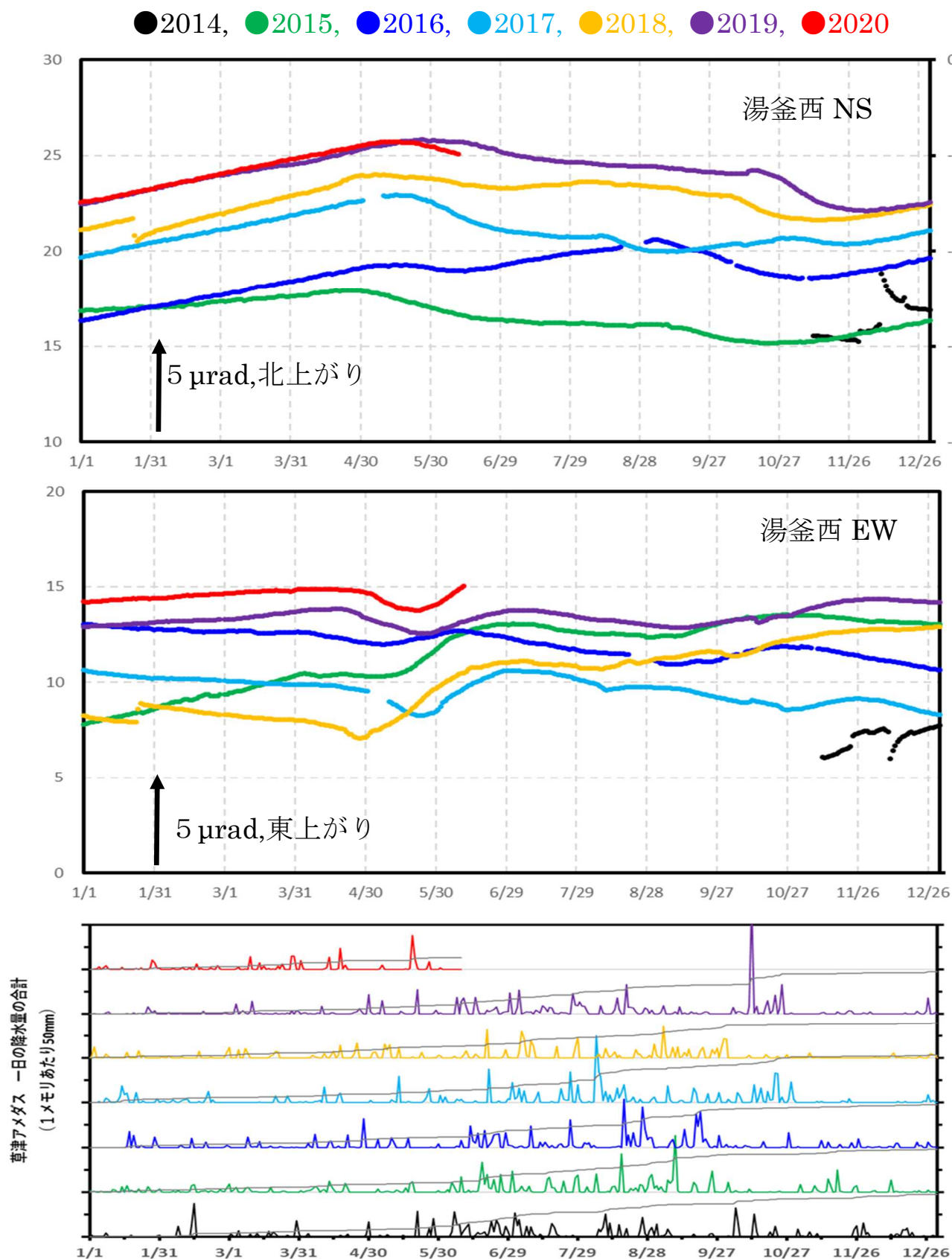


図 1-3 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 各年の湯釜西（東工大）の傾斜変動記録
（2014 年 11 月～2020 年 5 月 31 日。上段：南北成分、中段：東西成分、下段：降水量。年毎に表示色を変えている。）

- ・ 2019 年 9 月上旬頃から湯釜浅部の膨張を示す傾斜変動が観測されている。
- ・ 火山活動が低調に推移した 2016 年、2017 年と比較すると、2020 年 5 月頃より変化傾向は季節変動に近いものとなり、2019 年 9 月上旬から続く変動は鈍化していると考えられる。

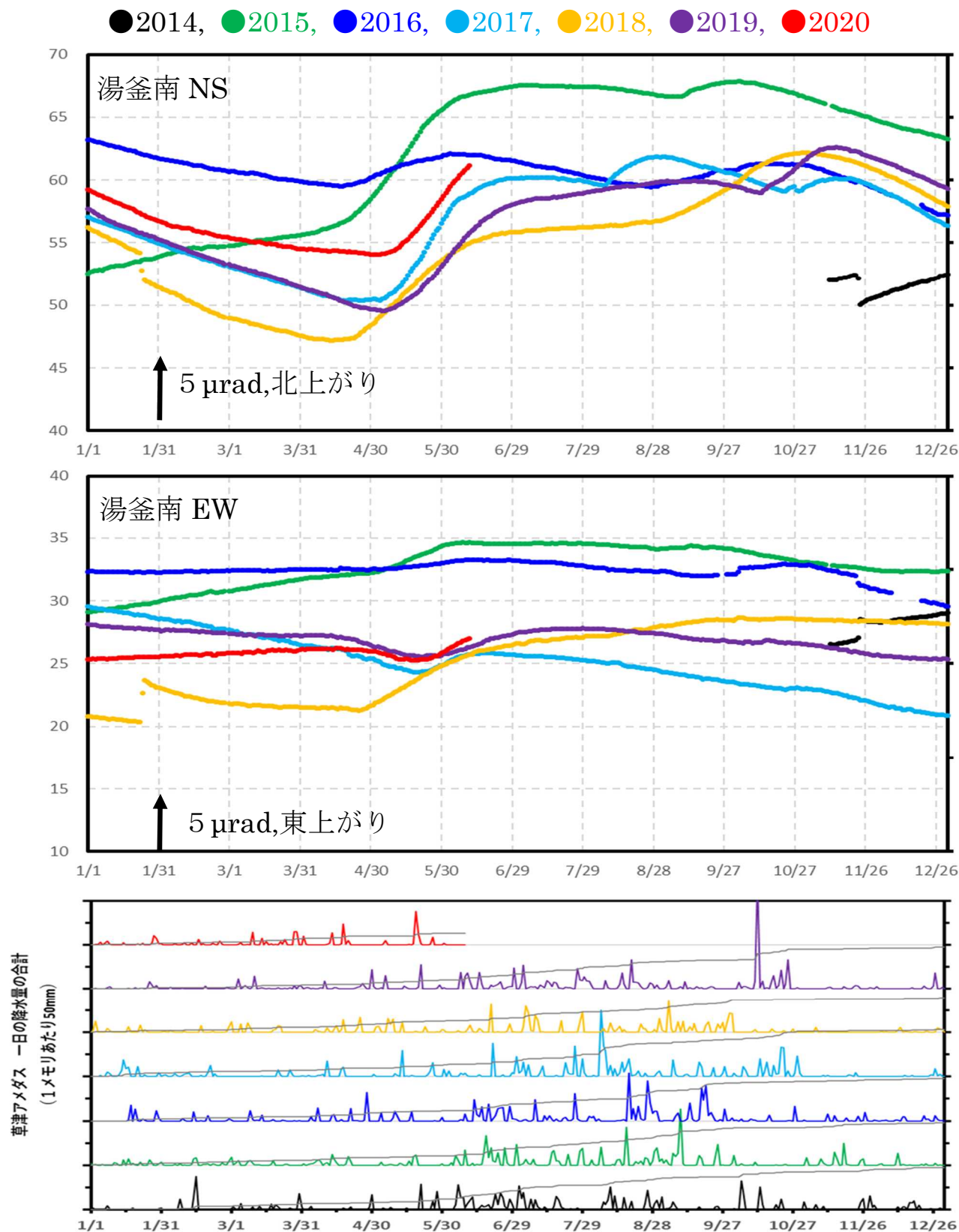


図 1-4 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 各年の湯釜南（東工大）の傾斜変動記録
（2014 年 11 月～2020 年 5 月 31 日。上段：南北成分、中段：東西成分、下段：降水量。年毎に表示色を変えている。）

・2020 年 5 月頃からの変化傾向は火山活動が低調に推移した 2016 年、2017 年と概ね同じ変化傾向であり、火山性の変動よりも季節変動の寄与が大きいと考えられる。

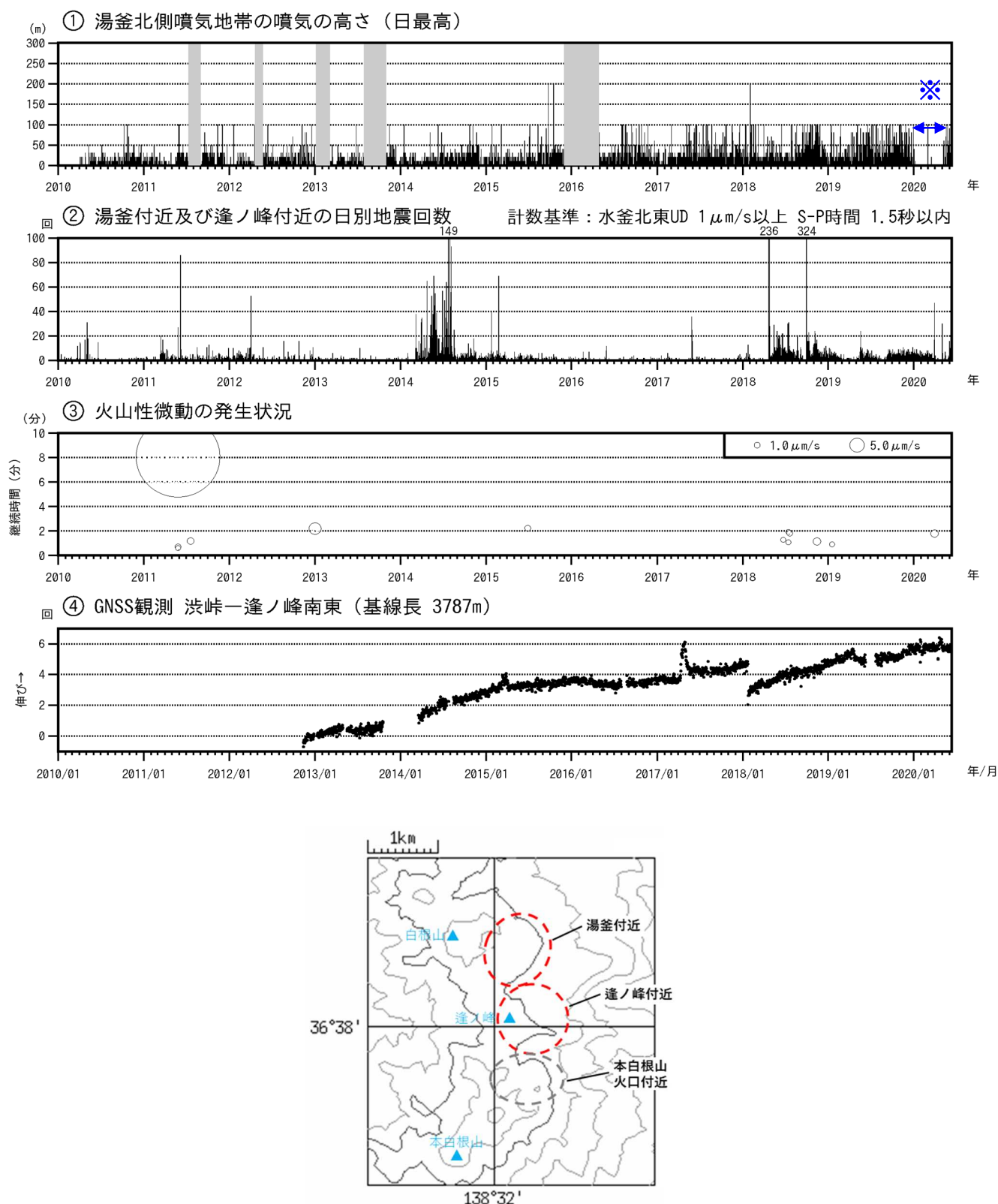


図 2 草津白根山（白根山（湯釜付近））火山活動経過図（2010 年 1 月 1 日～2020 年 6 月 10 日）
 ※①の青矢印期間（2020 年 1 月以降）、一部の観測機器で障害が発生しているため、100m未満の噴気については観測できていない期間がある。

①の灰色部分及び④の空白部分は欠測を示す。

最下段の震源分布図は、②の地震の震源の概ねの位置を示している。

- ・ 2018 年 1 月以降、④の基線では本白根山噴火後の余効変動が見られていた。2020 年 1 月以降、基線長の伸びは停滞している。
- ・ GNSS 連続観測では、火山活動によるとみられる変動は認められない。

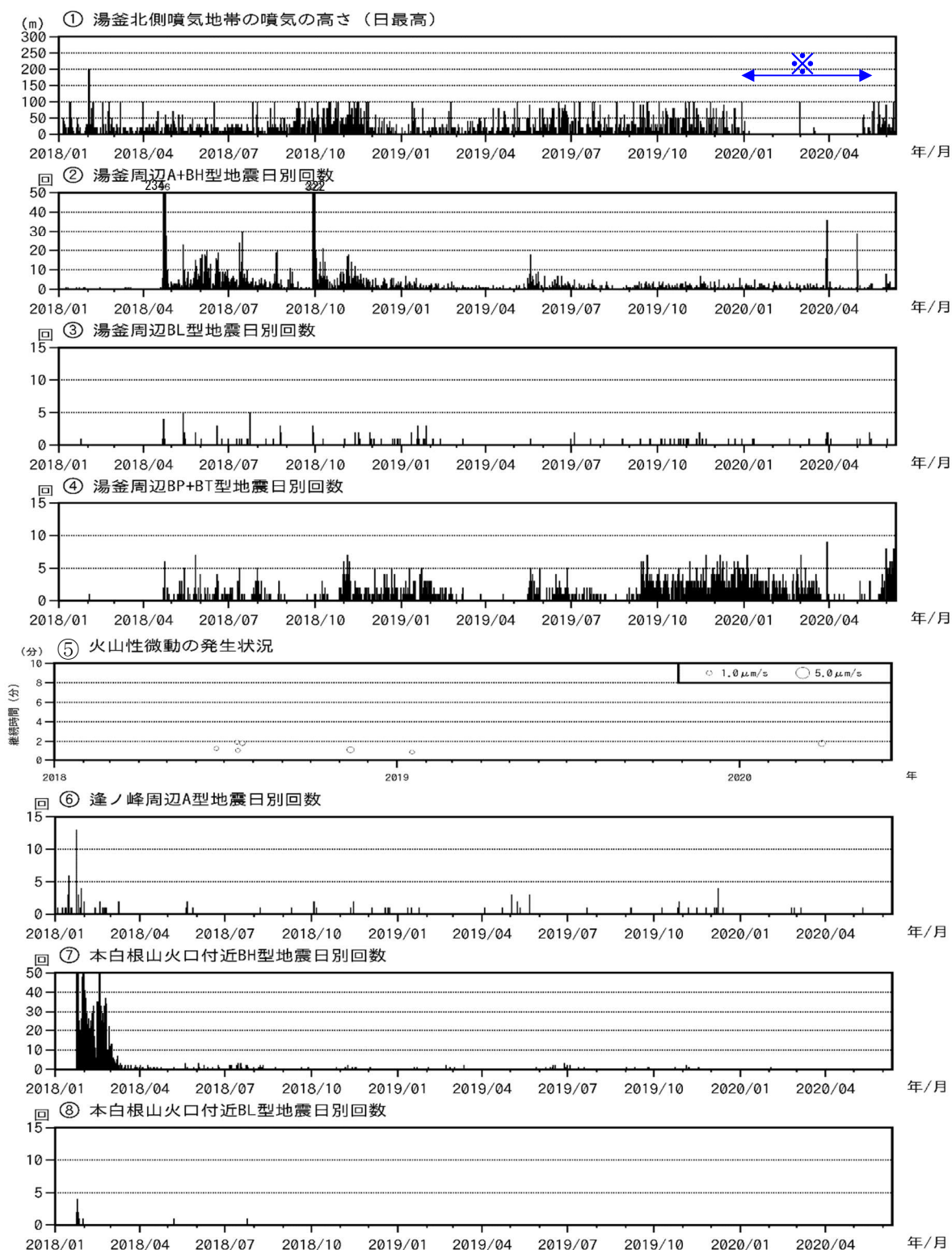


図 3 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 地震日別回数（2018 年 1 月 1 日～2020 年 6 月 10 日）

※①の青矢印期間（2020 年 1 月以降）、一部の観測機器で障害が発生しているため、100m未満の噴気については観測できていない期間がある。

- ・ 2018 年 9 月下旬から活発化がみられていた湯釜付近を震源とする地震活動は消長を繰り返し、2019 年 9 月上旬から BT 型および BP 型を中心にやや活発な状態となって推移した。
- ・ 2020 年 3 月 28 日から 29 日にかけて、A 型・BH 型地震を主とした地震が一時的に増加し、地震増加前に振幅の小さな火山性微動も観測された。
- ・ 4 月 30 日および 5 月 31 日にも一時的な地震増加が繰り返されたが 4 月以降はやや少ない状態で推移した。
- ・ 5 月下旬頃から、BT 型および BP 型を中心に推移している。
- ・ 逢ノ峰付近を震源とする火山性地震は、時々発生している。
- ・ 本白根山火口付近を震源とする火山性地震は、2018 年 12 月以降少ない状態で経過している。

草津白根山

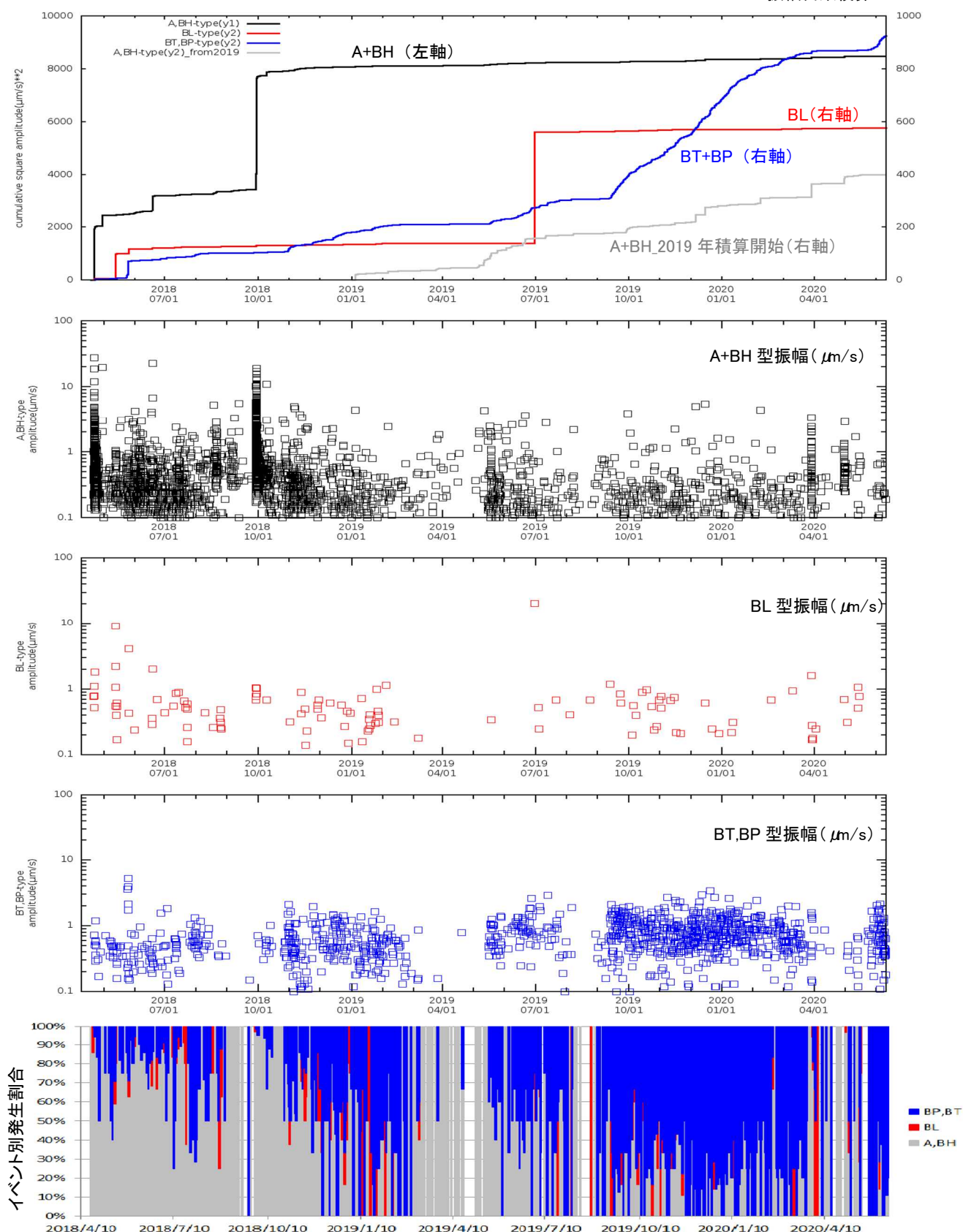


図4 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 湯釜付近の火山性地震のタイプ別振幅自乗積算、振幅、発生割合（2018年4月10日～2020年6月10日）（振幅は青葉山西観測点のUD成分を使用）

- ・2019年9月頃よりやや活発な状態となった地震活動は、BT+BP型が大半を占める。
- ・一時的な地震増加がみられた3月28日から29日、4月30日はA+BH型の占める割合が多い。その後、5月下旬頃から、BT型およびBP型を中心に推移している。
- ・2018年4月、2018年9月、2019年5月の活動では、A+BH型の振幅自乗積算が増加後にBT+BP型の振幅自乗積算が増加しているが、2019年9月頃からのBT+BPの振幅自乗積算増加の際には、先行してA+BH型地震の活動が活発化した様子がみられない。

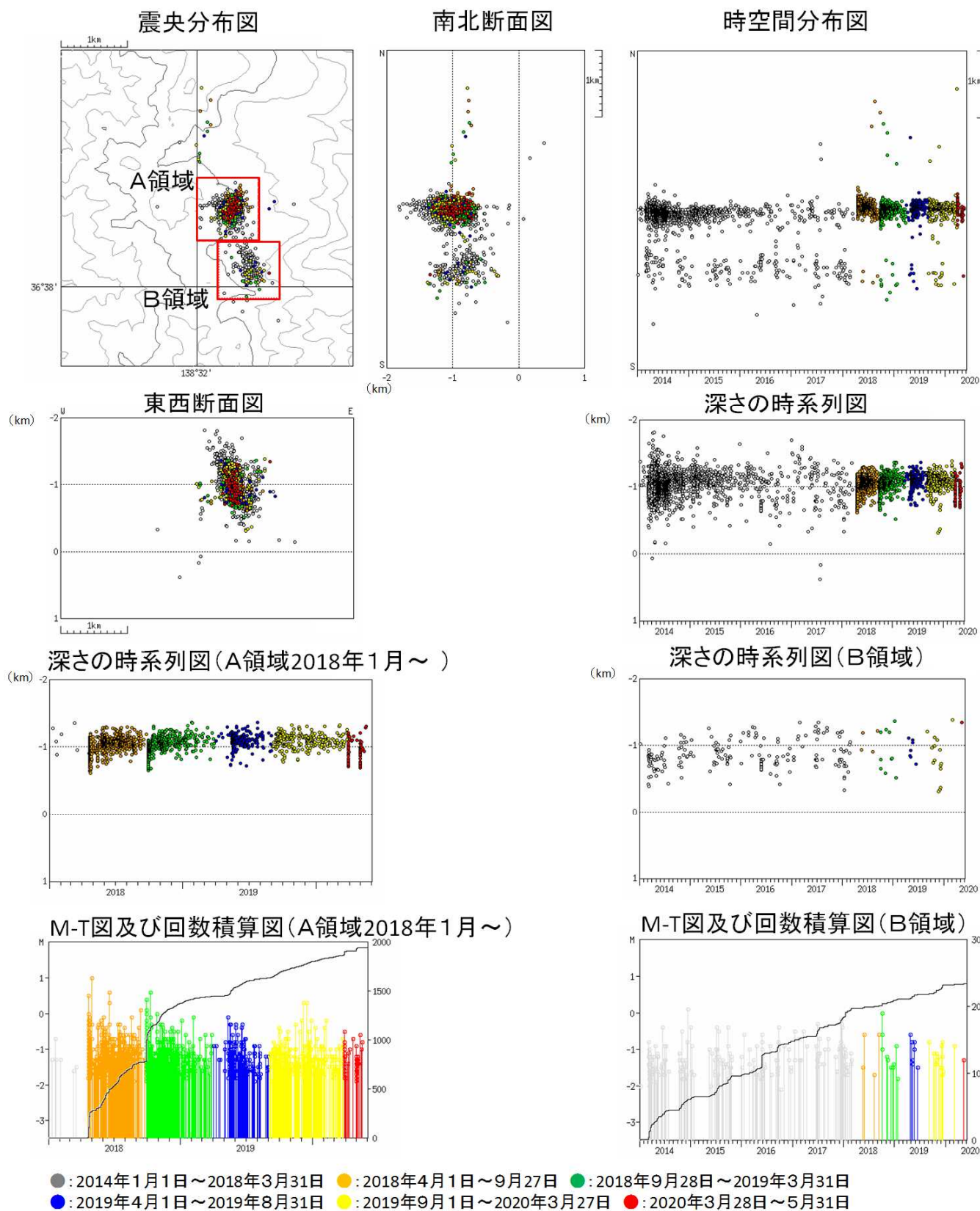


図5 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 震源分布図（2014年1月1日～2020年5月31日）

図中のマグニチュードは渡辺（1971）の式を用いている。

- ・湯釜付近の地震活動（A領域）は消長を繰り返しながら推移し、2019年9月初旬頃から概ね海拔1 km以浅を震源としてやや増加した。
- ・2020年3月28日から29日および4月30日の一時的な地震増加時には、震源の深さが海拔1 km以深のものも確認され、この傾向は2018年4月、9月などの地震増加時と類似している。
- ・逢ノ峰付近（B領域）では、間欠的に地震が発生している。

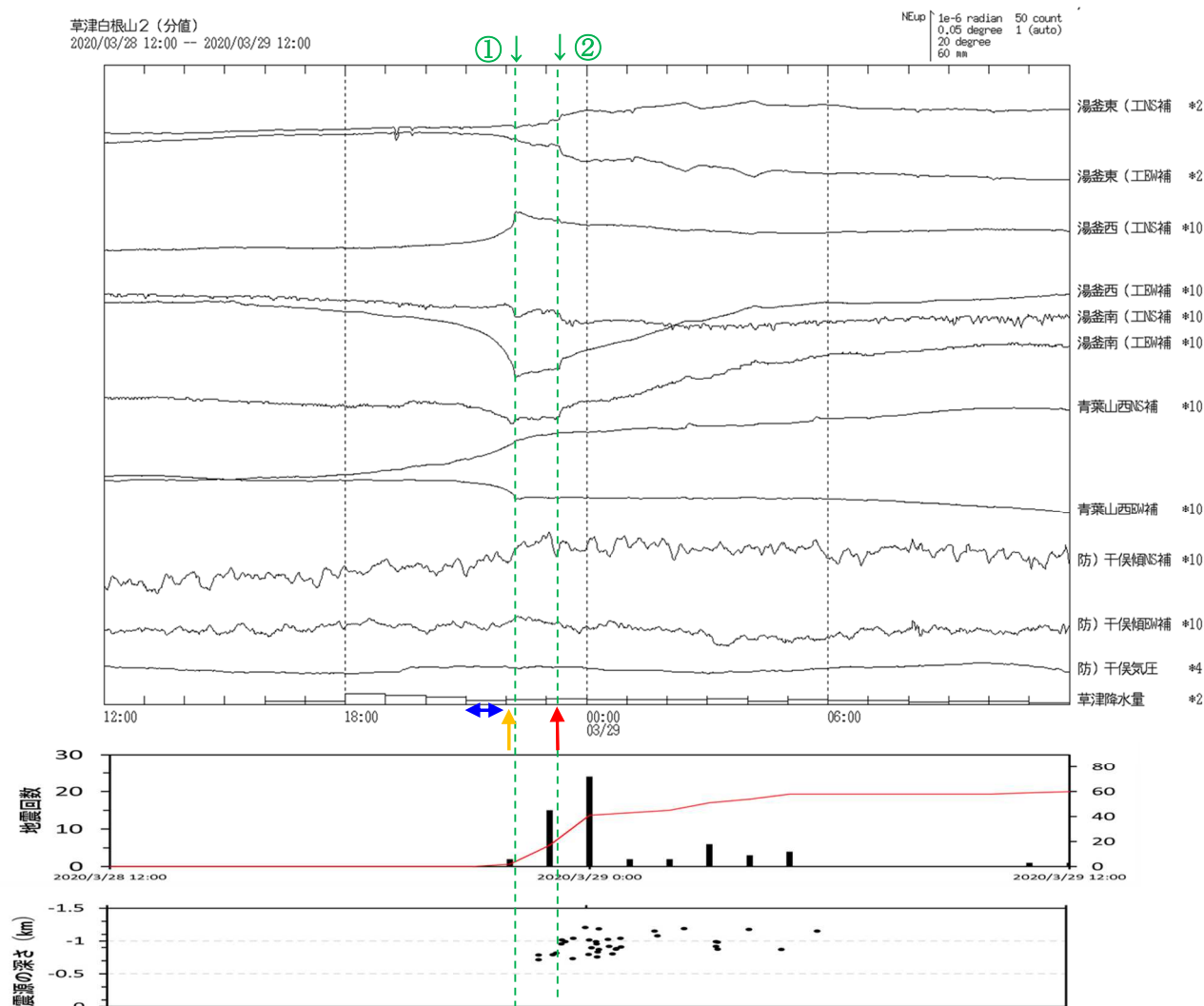


図 6-1 草津白根山 (白根山 (湯釜付近))

2020 年 3 月 28 日に観測された傾斜変動記録と時別地震回数および震源の深さ
(図中の赤矢印、黄色矢印、青矢印は、図 6-2 の傾斜変動の期間にそれぞれ対応している)

- ・ 2020 年 3 月 28 日から 29 日にかけて一時的に火山性地震が増加した。
- ・ 湯釜周辺に設置した傾斜計で、地震増加前から傾斜変動が見られ、変動傾向が変化 (図中①、22 時 14 分頃) した後に地震が増加した。その後、火山性微動が観測される前に再び傾斜計の変動傾向が変化 (図中②、23 時 19 分頃) した。
- ・ 地震が増加していく過程では、震源の深さは海拔 1 km 以深のものが多く、減少した後は海拔 1 km 以浅のものが見られる。

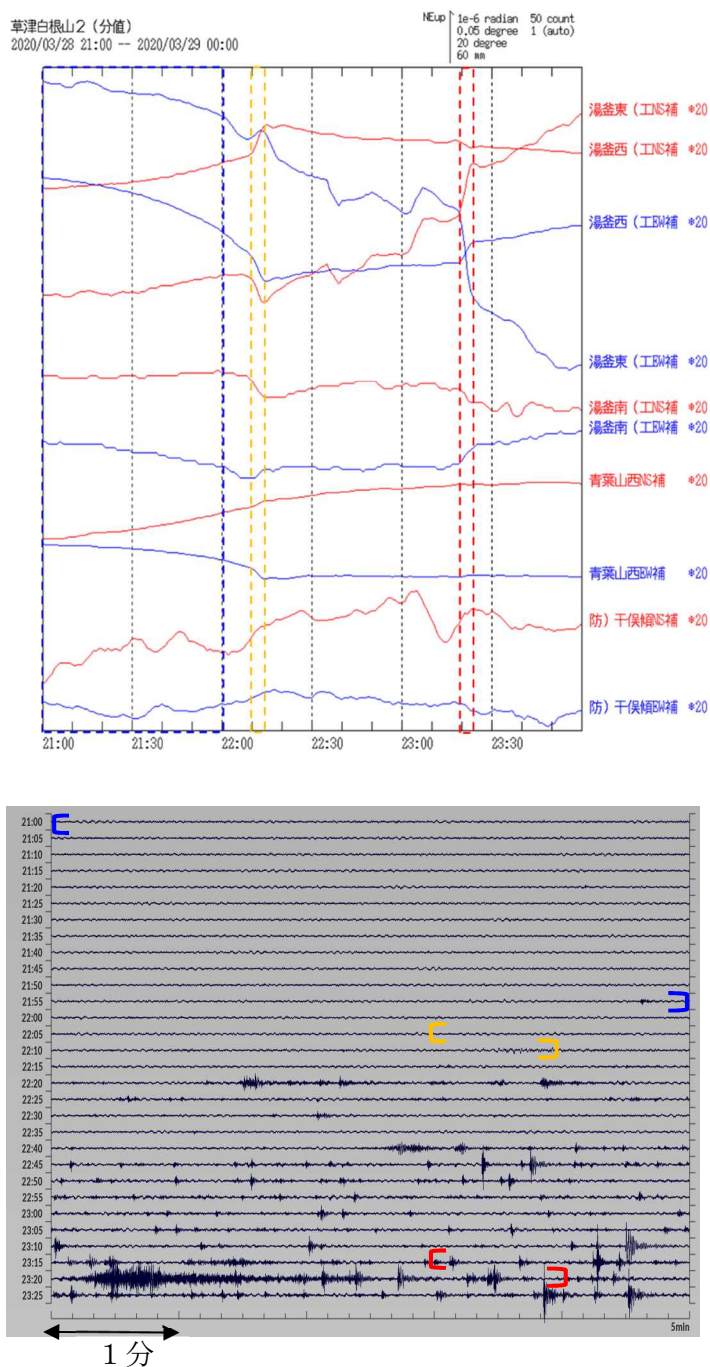
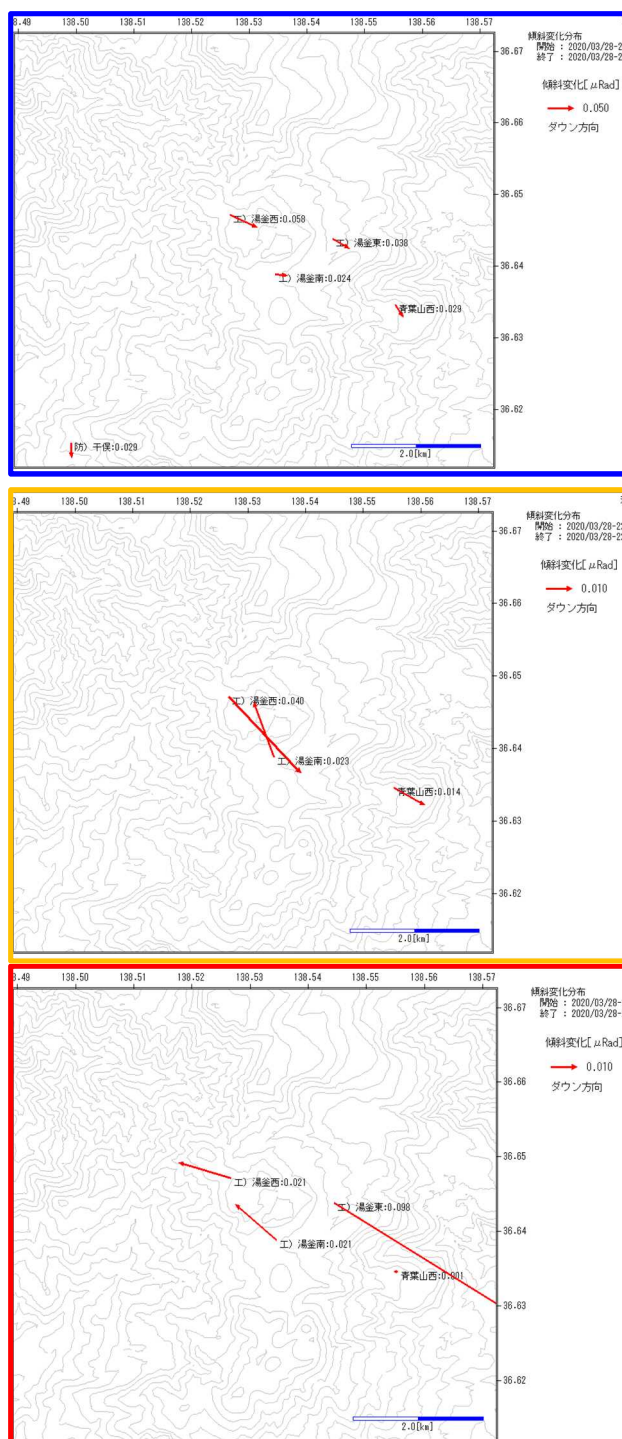


図6-2 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 2020年3月28日の一時的な地震増加時の傾斜変動方向と傾斜変動記録（左図の枠色と、右図の破線枠の色、および振動波形図中のカッコの色が対応）

左上段（青）：地震増加前の傾斜変動（21時00分から22時00分）
 左中段（黄）：地震増加直前の傾斜変動（22時08分から22時14分）
 左下段（赤）：火山性微動発生時間帯の傾斜変動（23時18分から23時24分）
 右上段：傾斜変動記録（3月28日21時00分から3月29日00時00分）
 右下段：湯釜西地震計（東工大）の上下動成分の振動記録（3月28日21時00分から23時30分）

・地震が増加する直前に湯釜から見て北西側が上がる変動がみられた（左中段）。この変動は、2018年4月や9月の地震増加時にもみられている。

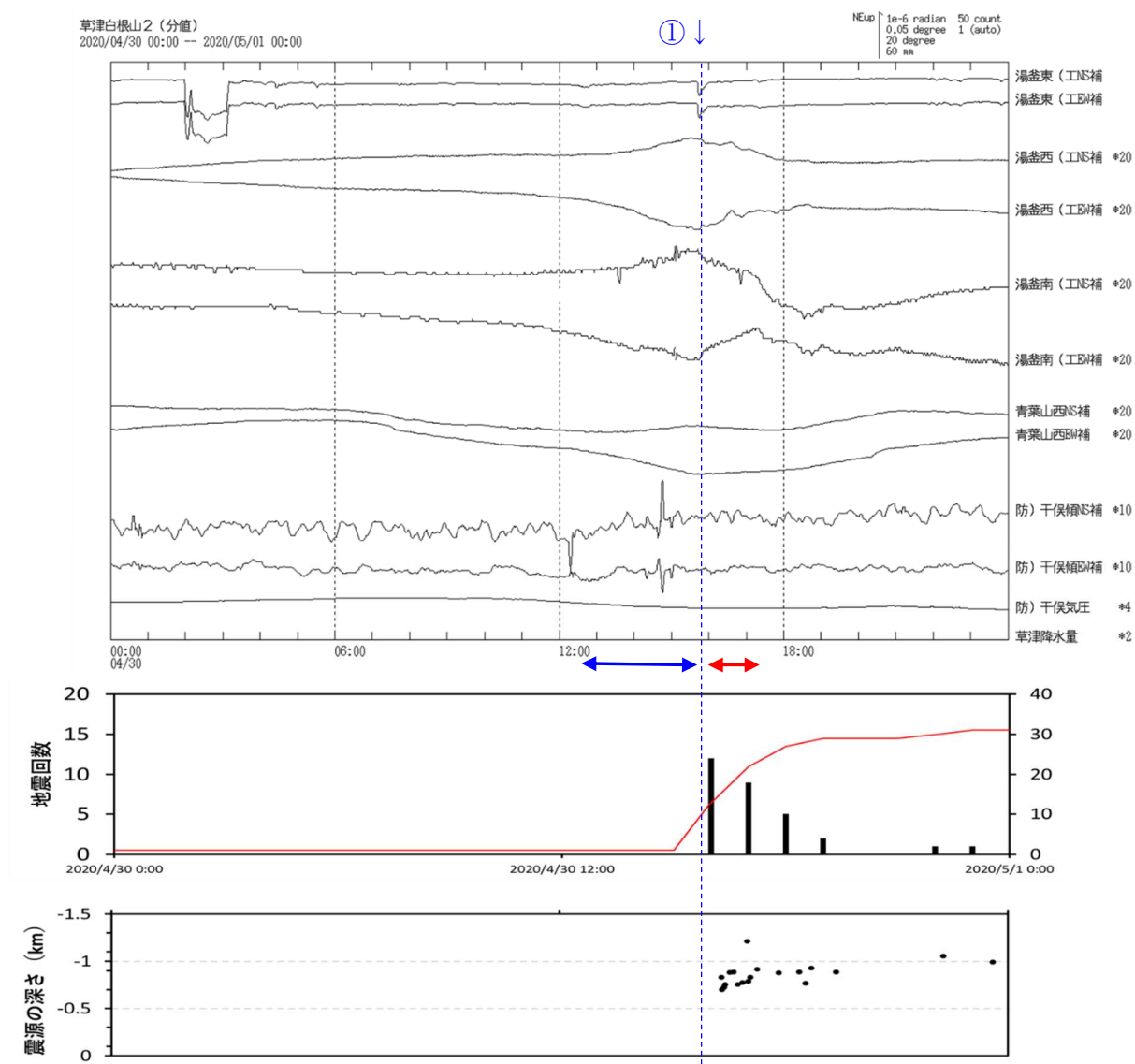
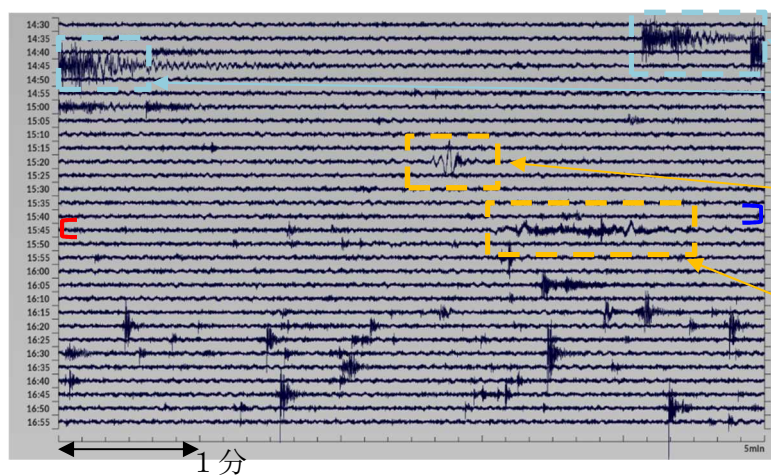
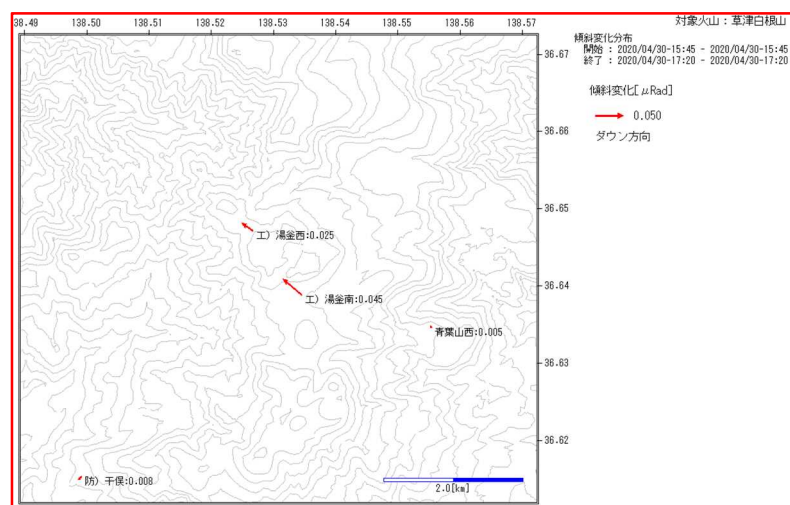
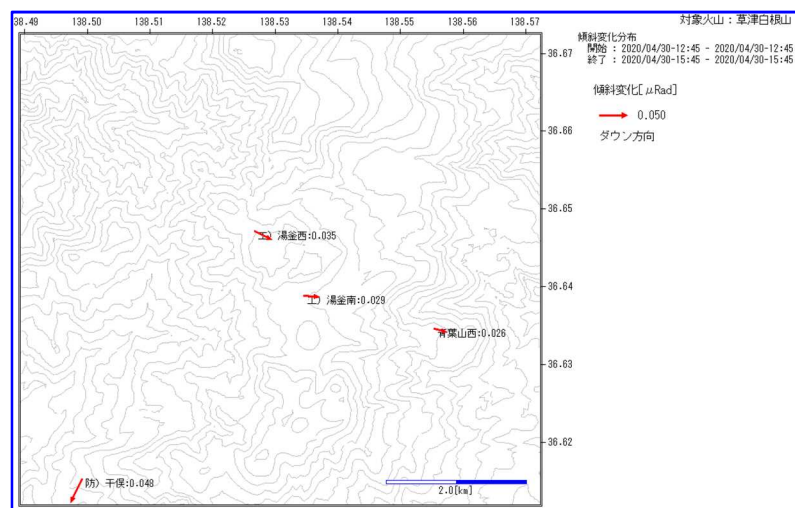


図 7-1 草津白根山 (白根山 (湯釜付近)) 2020 年 4 月 30 日に観測された傾斜変動記録と日別地震回数、深さの時系列図

図中の赤矢印、青矢印は、図 7-2 の傾斜変動の期間に対応している。

- ・ 4 月 30 日に一時的に火山性地震が増加した。
- ・ 湯釜周辺に設置した傾斜計で傾斜変動が見られ、変動傾向が変化 (図中①) した後に地震が増加した。
- ・ 地震が増加していく過程では、震源の深さは海拔 1 km 以深のものが多く、減少した後は海拔 1 km 以浅のものがみられる。



遠地地震

図7-3、図7-4で
示す長周期地震動振幅の小さな火山性微動
(計数基準未満)

図7-2 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 2020年4月30日の一時的な地震増加時の傾斜変動方向（上段および中段の枠色と下段の振動波形図中のカッコの色が対応）

上段（青）：傾斜計の変動傾向が反転する前（12時45分から15時45分）

中段（赤）：傾斜計の変動傾向が反転、地震活動が活発化している期間（15時45分から17時20分）

下段：湯釜南西地震計の上下動成分の振動記録（4月30日14時30分から17時00分）

・湯釜から見て北西側が上がる変動が地震増加前にみられ（上段）、2018年4月や9月の地震増加時や2020年3月28日の変動に類似している。

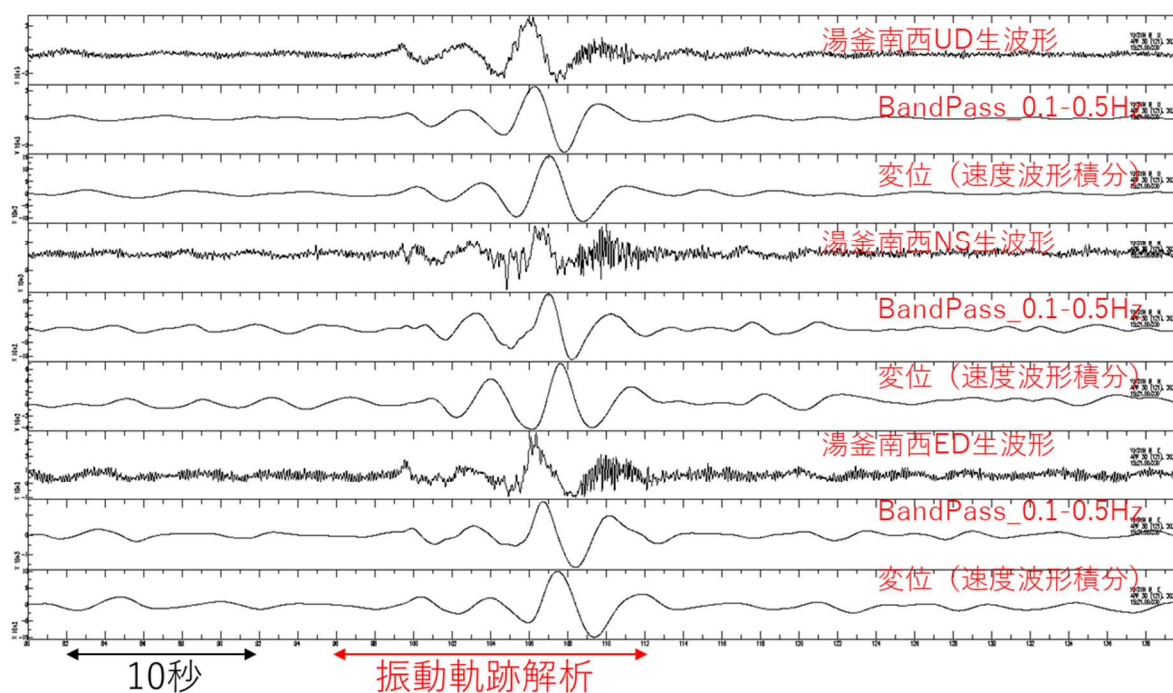


図 7-3 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 湯釜南西広帯域地震計に記録された 4 月 30 日 15 時 22 分頃の長周期地震

上段：生波形 中段：0.1-0.5Hz のバンドパスフィルター波形

下段：0.1-0.5Hz のバンドパスフィルター波形を積分した変位波形

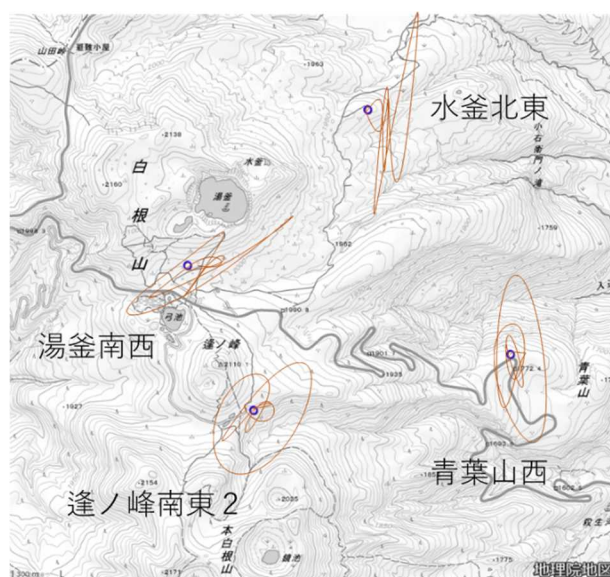


図 7-4 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 4 月 30 日 15 時 22 分頃の長周期地震の振動軌跡解析
速度波形に 0.1-0.5Hz のバンドパスフィルターをかけたものを積分して変位波形にしている。青葉山西、水釜北東観測点の短周期地震計の速度波形は、30 秒計相当に波形変換（Maeda et al., 2011）したものを積分して変位波形にしている。

- ・ 4 月 30 日の一時的な地震増加前に、周期約 4 ～ 5 秒の長周期イベントが観測された。

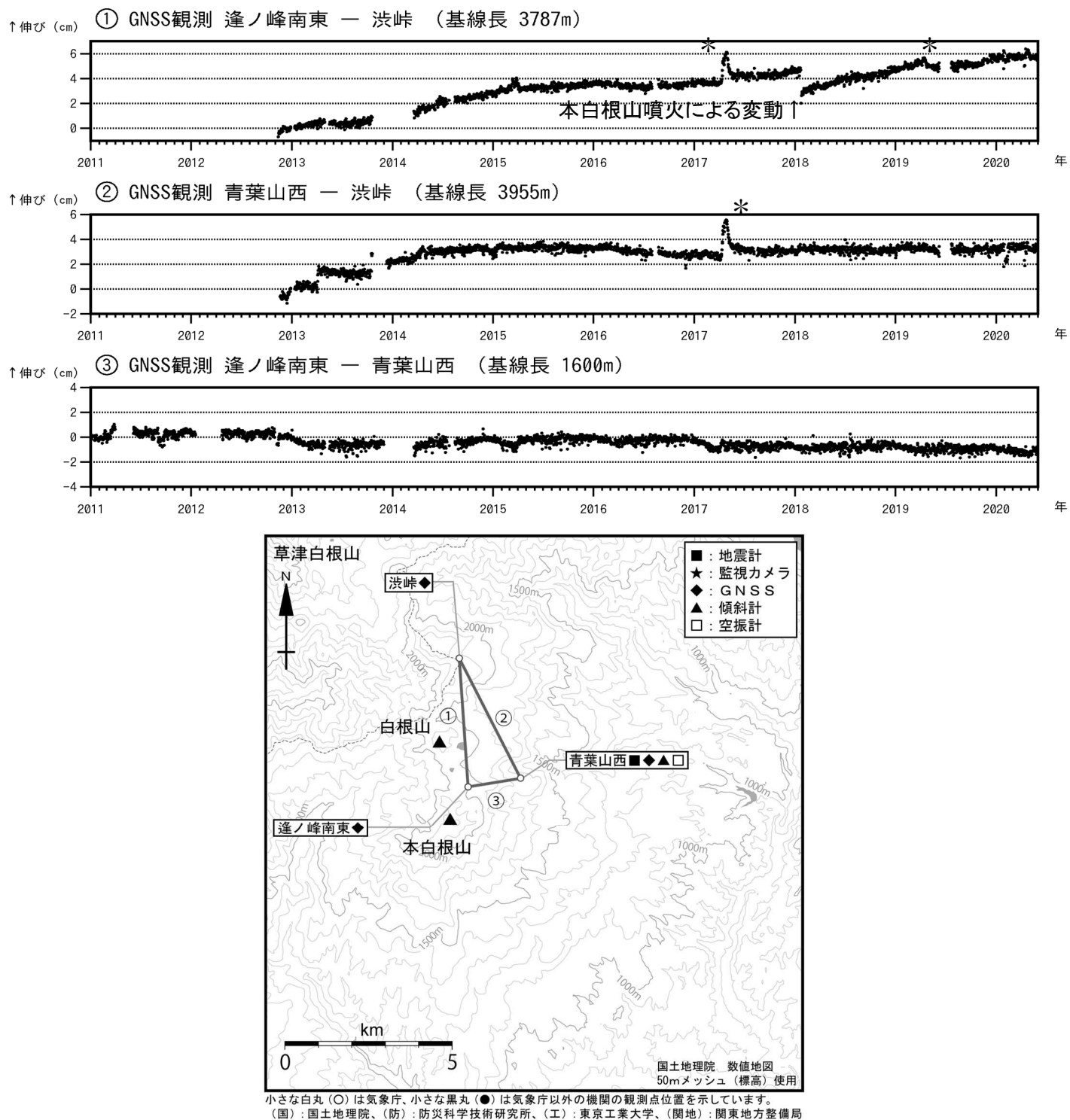


図8 草津白根山 GNSS連続観測による基線長変化 (2011年1月1日～2020年5月31日)

2016年1月以降のデータについては、解析方法を改良している。

- ・①の基線で2018年1月以降にみられている変化は、本白根山の噴火後の収縮によるものと考えられる。
2020年1月以降、基線長の伸びは停滞している。
- ・*の変動は、火山活動に起因するものではないと考えられる。
- ・GNSS連続観測によると、火山活動によるとみられる変動は認められない。

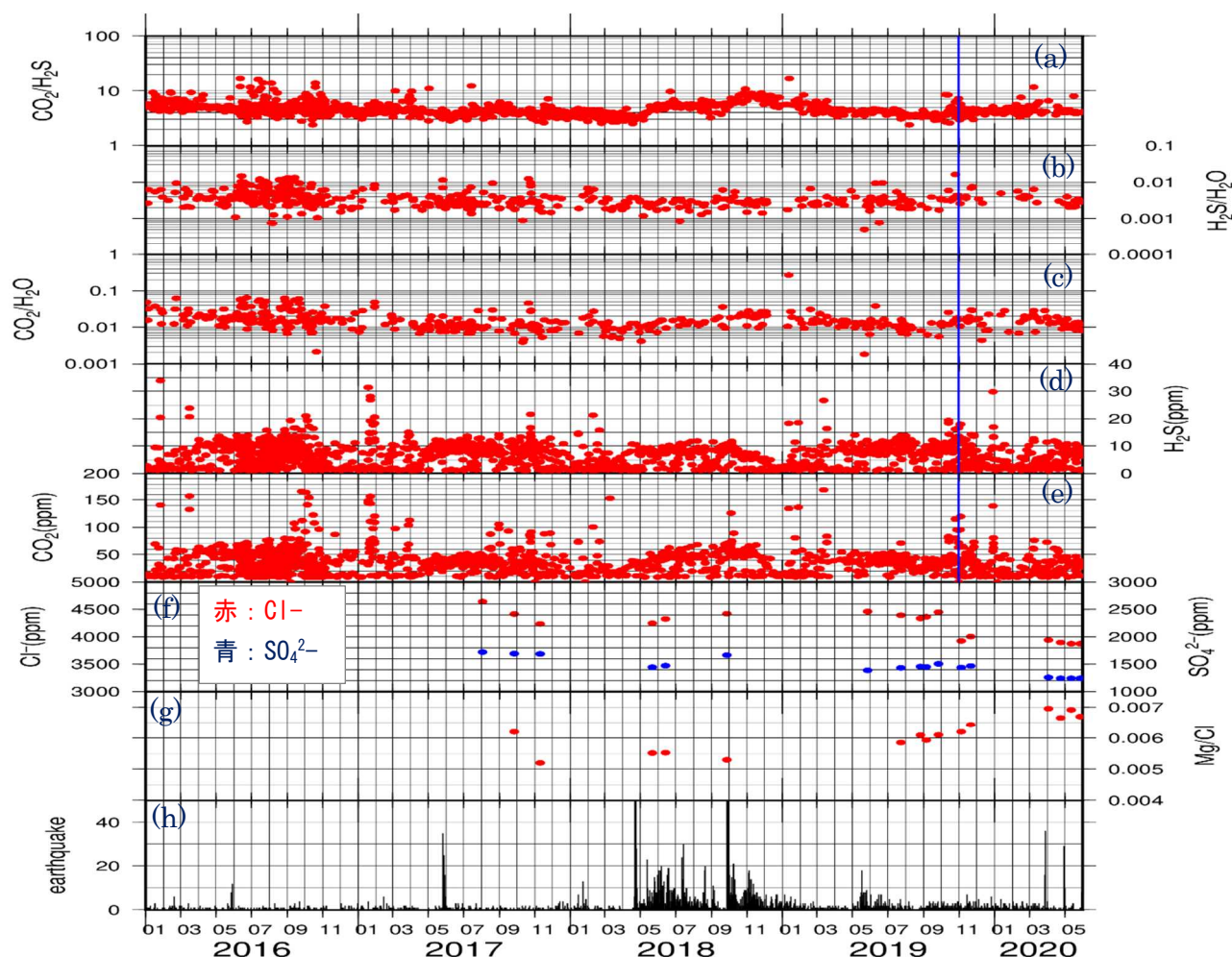


図 9-1 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 水釜北東噴気地帯のマルチガス観測結果および湯釜湖水分析結果（2016 年 1 月～2020 年 5 月）

(a) $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比 (b) $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2\text{O}$ 比 (c) $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比 (d) H_2S 濃度 (e) CO_2 濃度 (f) 湯釜湖水の Cl^- 濃度および SO_4^{2-} 濃度 (g) 湯釜湖水の Mg/Cl 比 (h) 白根山（湯釜付近）日別地震回数

- ・ (a)～(e) の各濃度比は Multi-GAS による観測結果で、噴気孔 E の濃度比を反映しているものと考えられる。大気中の湿度変化等による変動が大きいので、 H_2O を含む組成比データは $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比より少ない。
- ・ 湯釜湖水の分析は、 $0.45\mu\text{m}$ シリンジフィルターで湖水をろ過後、 Cl^- は 500 倍、 Mg^{2+} は 50 倍に超純水で希釈したのちイオンクロマトグラフィーで分析を行った。
- ・ 青縦線は最後のセンサー交換を示し、それ以降のデータは感度補正を行っていない。青線以前のデータは感度補正済。

【水釜北東噴気地帯のマルチガス観測結果】

- ・ 2018 年 12 月頃から減少傾向が継続していた $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は、地震がやや増加した 2019 年 5 月に停滞傾向に変化し、2019 年 9 月頃までほぼ一定で推移した。
- ・ 2019 年 10 月頃にわずかながら $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の高まりが認められたが、その後はほぼ一定の値で推移した。
- ・ 2018 年 4 月および 9 月には、地震活動や地殻変動に連動した増加が認められたが、2019 年 9 月以降の地震活動および地殻変動に対応する明瞭な変化は認められない。

【湯釜湖水分析結果】

- ・ 2020 年 4 月以降、 Mg/Cl 比、 Cl^- 濃度および SO_4^{2-} 濃度概ね横ばいで推移している。
- ・ 火山活動の高まった 2018 年 9 月前後と比較すると、 Cl^- 濃度および SO_4^{2-} 濃度に低下傾向が認められる。 Mg/Cl 比はわずかながら増加傾向が認められるが、過去に噴火・噴出現象があった際にみられたような急激な変化は認められない。

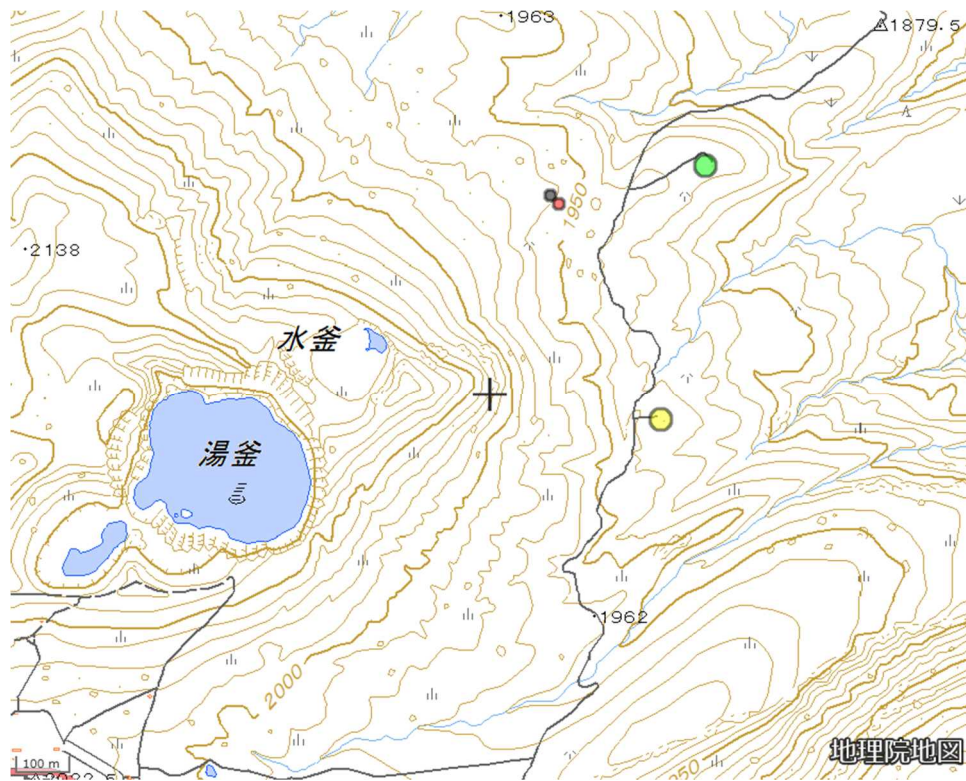


図 9 - 2 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 水釜北東噴気地帯のマルチガス観測点と噴気孔の位置
・青丸は Multi-GAS、赤丸は噴気孔 E、緑丸は水釜北東観測点、黄色丸は湯釜東観測点（東工大、傾斜計）。

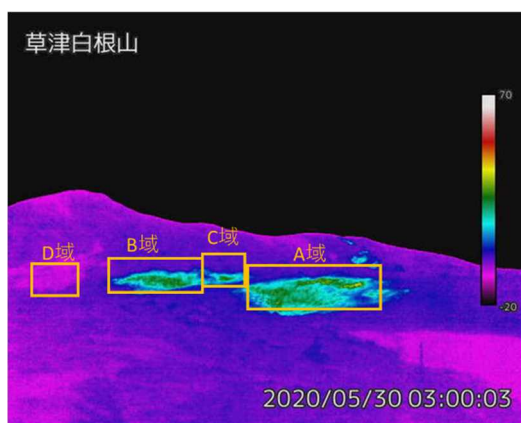
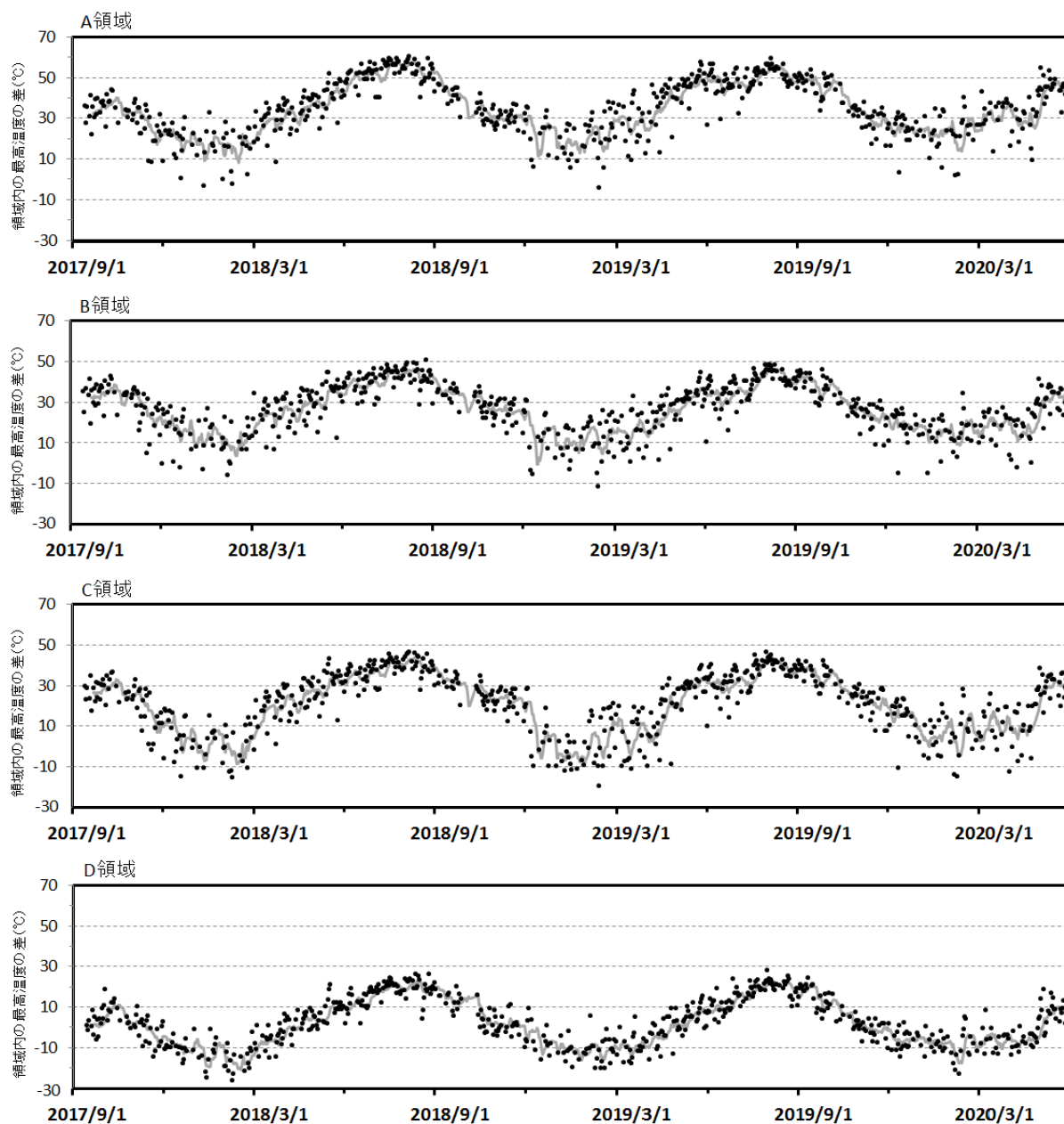


図 10 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 赤外熱映像カメラによる水釜北東噴気地帯のそれぞれの領域（A～D 領域）の最高温度（2017 年 9 月 1 日～2020 年 5 月 31 日）

天候不良時のデータは除去し、日射の影響のない毎 03 時のデータを使用している。

実線は前 10 日間の移動平均を示す。

- ・ 2018 年以降の地震活動と対応するような温度変化は認められない。



図 11-1 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 図 11-3 ~ 4 の湯釜火口内の撮影位置

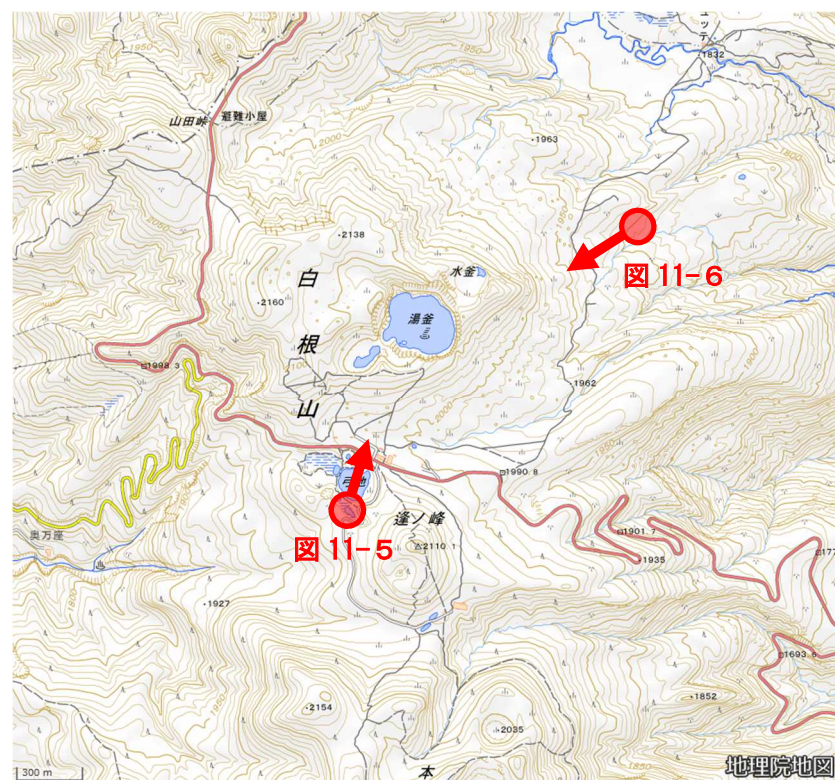
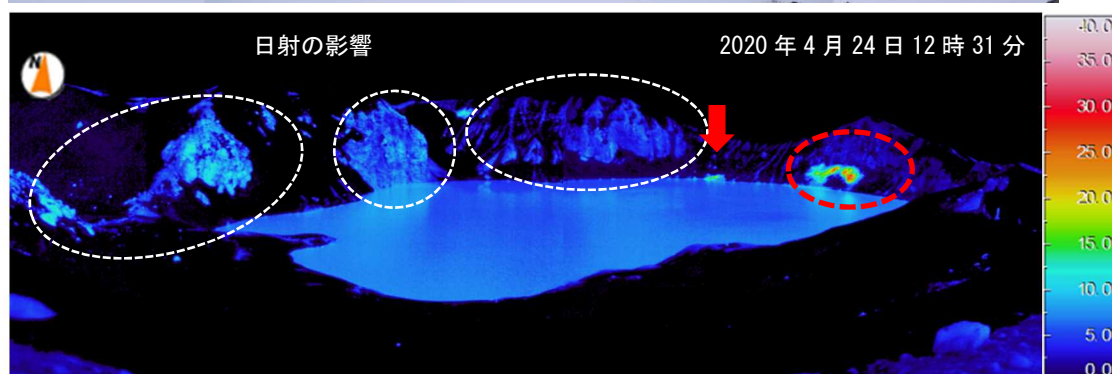
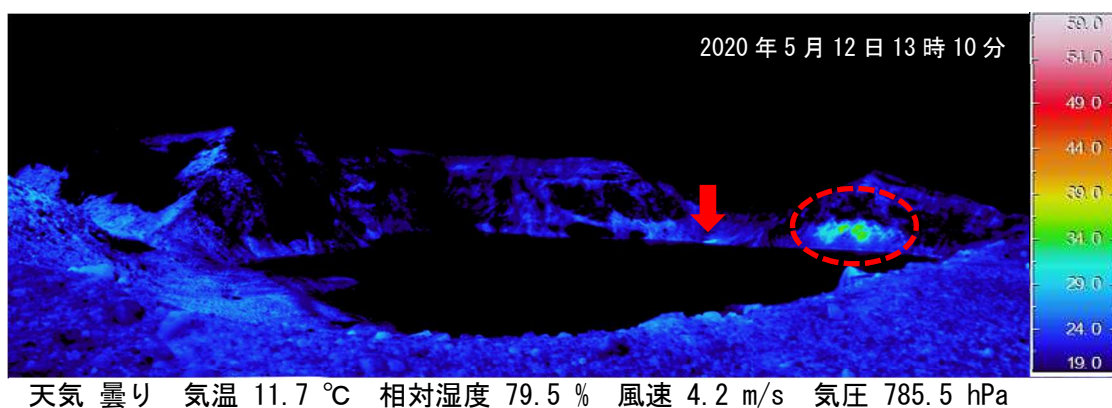


図 11-2 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 図 11-5、図 11-6 の撮影位置と撮影方向



天気 曇り 気温 3.0 °C 相対湿度 41.5 % 風速 1.4 m/s 気圧 787.1 hPa

図 11-3 草津白根山 湯釜火口内の状況（上：2020 年 5 月 12 日、下：2020 年 4 月 24 日）

- ・熱映像装置による観測では、湯釜火口内北東側火口壁の地熱域（赤破線丸）、湯釜火口内北東部の地熱域（赤矢印）が引き続き認められた。
- ・4 月 24 日の現地調査では、湯釜火口内北東部の地熱域（赤矢印）で、弱い噴気を観測した。同場所では過去に、2008 年 7 月に実施した上空からの観測（群馬県の協力による）および同年 7 月の東京工業大学草津白根火山観測所と共同の現地調査などで、弱い噴気が確認されたことがある。

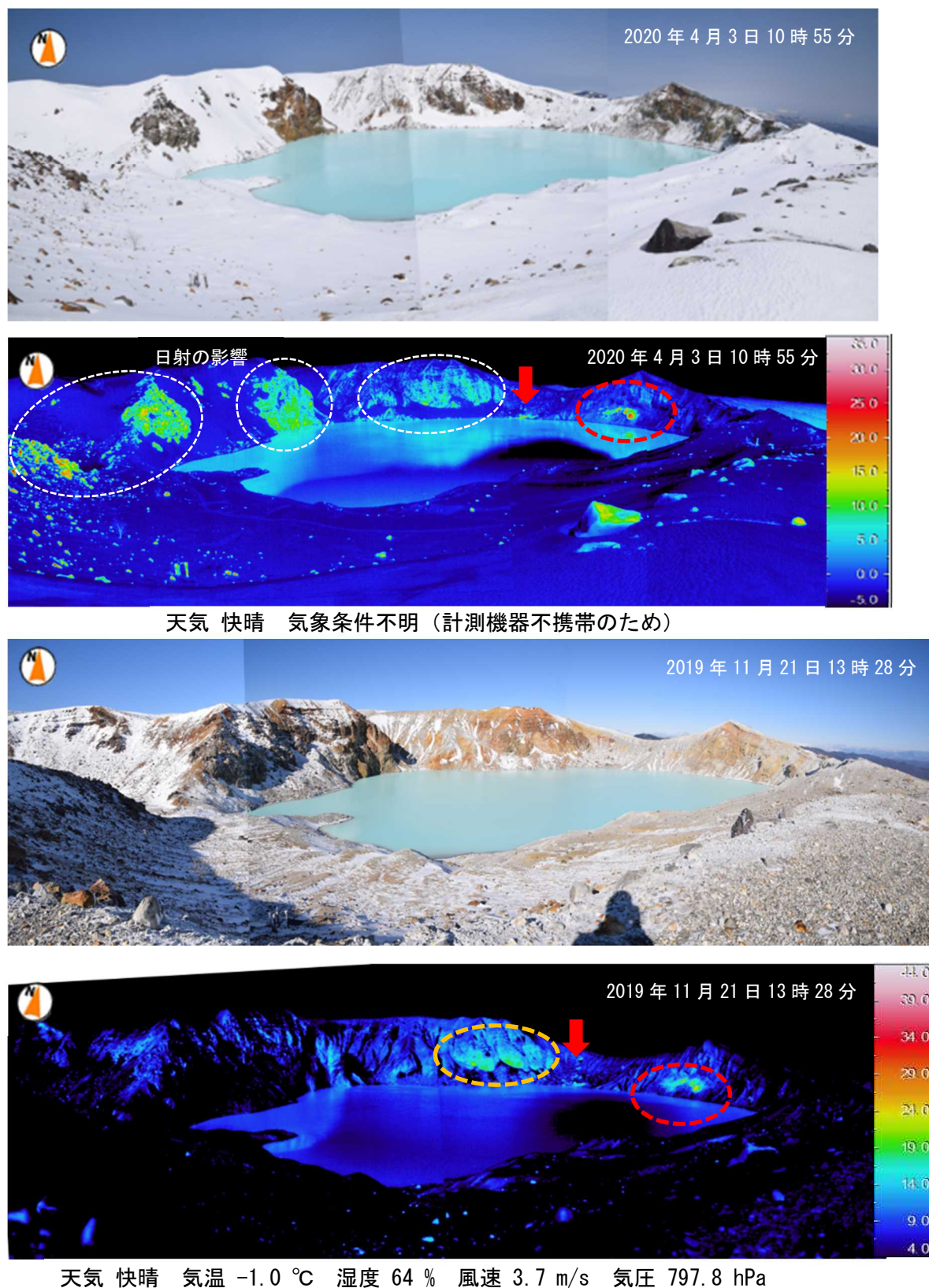
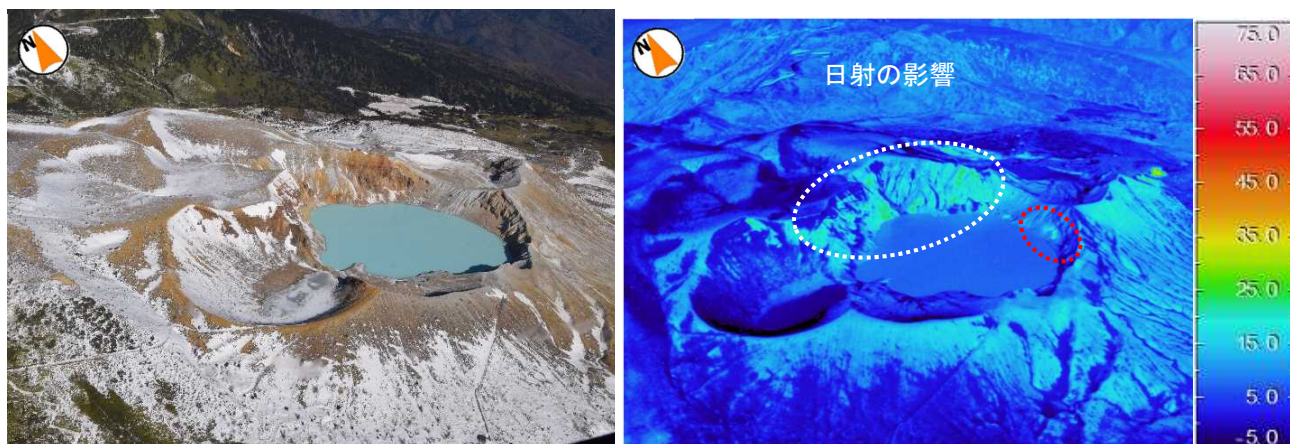
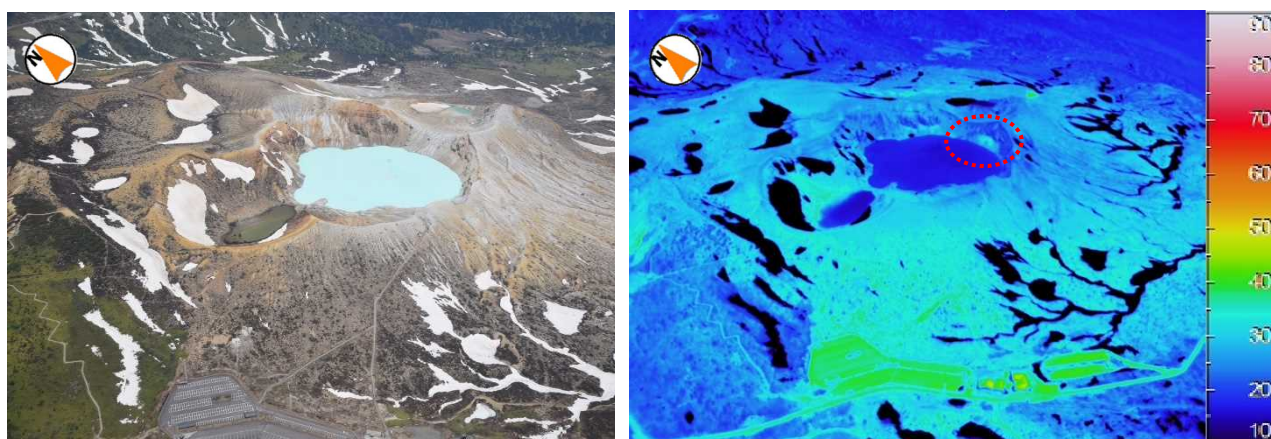


図 11-4 草津白根山 湯釜火口内の状況 (上 : 2020 年 4 月 3 日、下 : 2019 年 11 月 21 日)

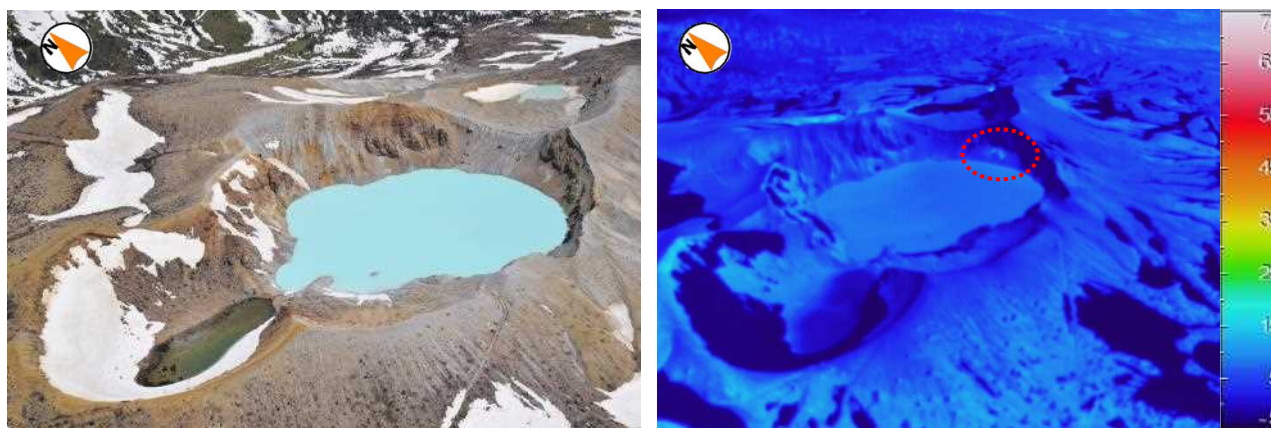
- ・熱映像装置による観測では、湯釜火口内北東側火口壁の地熱域 (赤破線丸)、湯釜火口内北東部の地熱域 (赤矢印) が引き続き認められた。
- ・2019 年 11 月 21 日の現地調査では、湯釜火口内北東側火口壁の地熱域の他、北側の火口壁にも地熱域 (橙色破線) が認められた。北側の火口壁で地熱域が確認されたのは、2015 年 9 月以来。



2019 年 12 月 16 日 11 時 19 分 湯釜火口の南西 高度約 2,500m から撮影 天気：晴れ



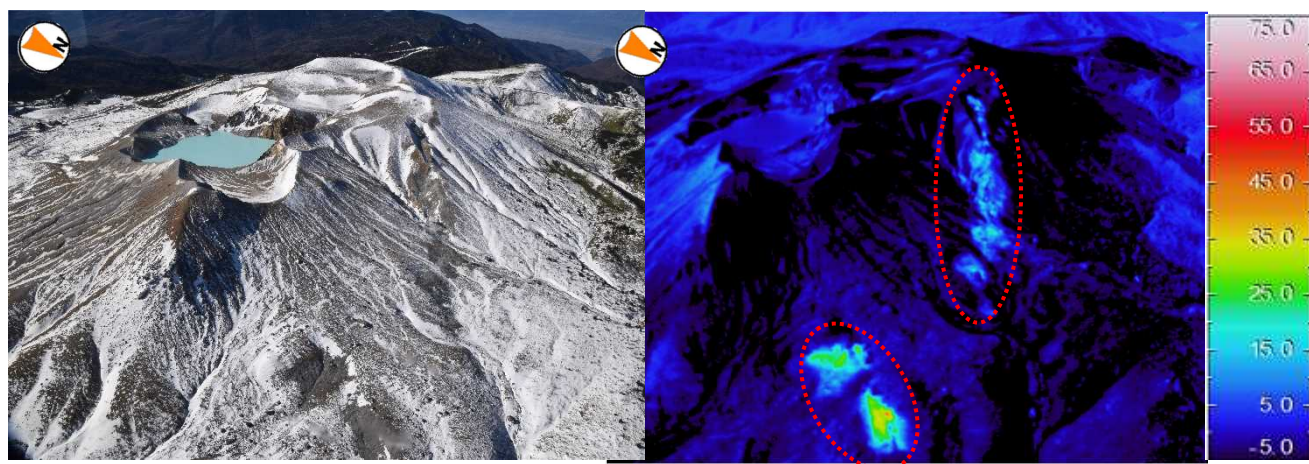
2019 年 5 月 27 日 11 時 13 分 湯釜火口の南西 高度約 2,600m から撮影 天気：晴れ



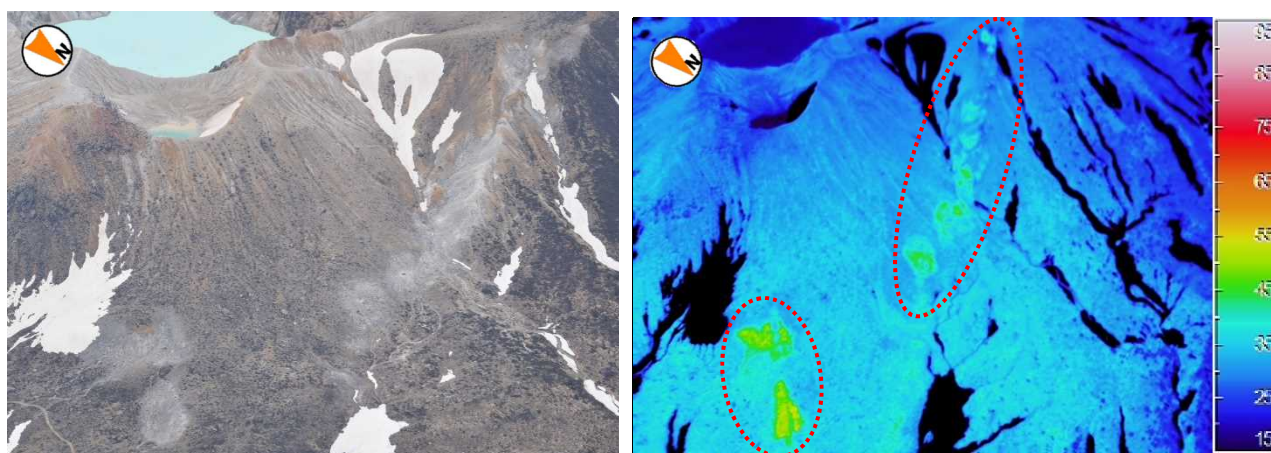
2018 年 4 月 26 日 10 時 10 分 湯釜火口の南西 高度約 2,500m から撮影 天気：晴れ

図 11-5 草津白根山（白根山（湯釜付近））湯釜周辺の状況及び地表面温度分布

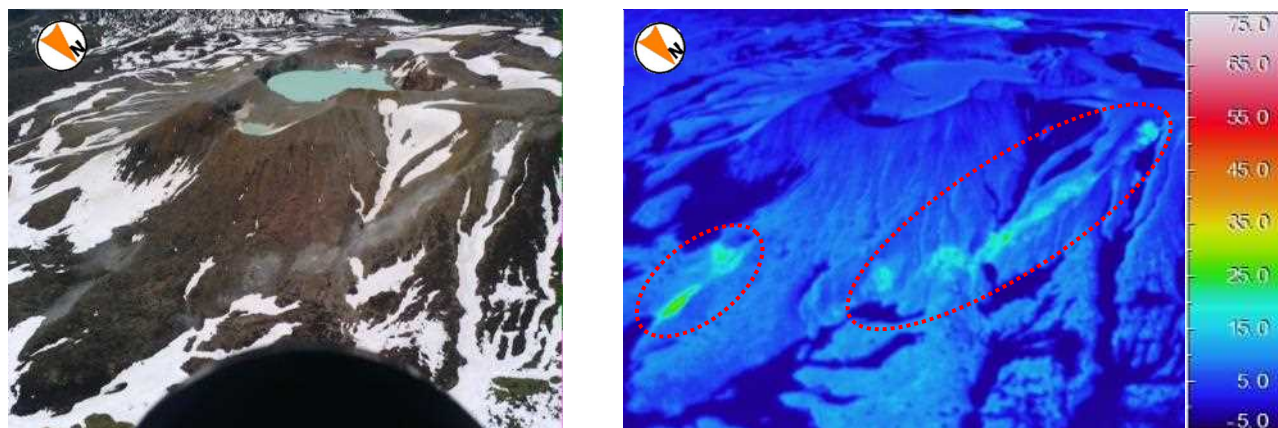
- ・ 2019 年 12 月 16 日に陸上自衛隊の協力により実施した上空からの観測では、湯釜火口内の北東側壁面に引き続き地熱域を確認した。
- ・ 地熱域の分布は、前回の観測（2019 年 5 月 27 日）と比較して大きな変化は認められなかった（赤破線）。



2019 年 12 月 16 日 11 時 22 分 湯釜火口の北東 高度約 2,500m から撮影 天気：晴れ



2019 年 5 月 27 日 11 時 12 分 湯釜火口の北東 高度約 2,600m から撮影 天気：晴れ



2018 年 4 月 26 日 10 時 15 分 湯釜火口の北東 高度約 2,500m から撮影 天気：晴れ

図 11-6 草津白根山（白根山（湯釜付近））水釜火口北側及び北東側斜面の状況及び地表面温度分布
・2019 年 12 月 16 日に陸上自衛隊の協力により実施した上空からの観測では、前回の観測（2019 年 5 月 27 日）と比較して、水釜火口北側及び北東側斜面の地熱域の分布（赤破線）に特段の変化は認められなかった。

本白根山

鏡池北火口付近のごく浅部を震源とするごく微小な地震は徐々に減少し、2018 年 12 月以降少ない状態で経過している。鏡池北火口の北側の火口列からの噴気は観測されていない。

火山活動は、現在のところ静穏な状態だが、逢ノ峰付近では時々地震が発生しており、引き続き、火山活動の推移に注意する必要がある。

○概況（2019 年 12 月～2020 年 5 月）

・地震活動（図 12、図 13）

本白根山火口付近及び逢ノ峰付近を震源とする地震は、少ない状態で経過した。
火山性微動は観測されていない。

・地殻変動（図 14）

GNSS 連続観測では、火山活動によるとみられる変動は認められません。

・噴気等の表面現象の状況（図 15）

2018 年 2 月 23 日以降、噴気は観測されていない。

2019 年 12 月 16 日に実施した現地調査では、鏡池北火口北側及び西側の火口周辺には地熱域は認められず、噴気は確認されなかった。

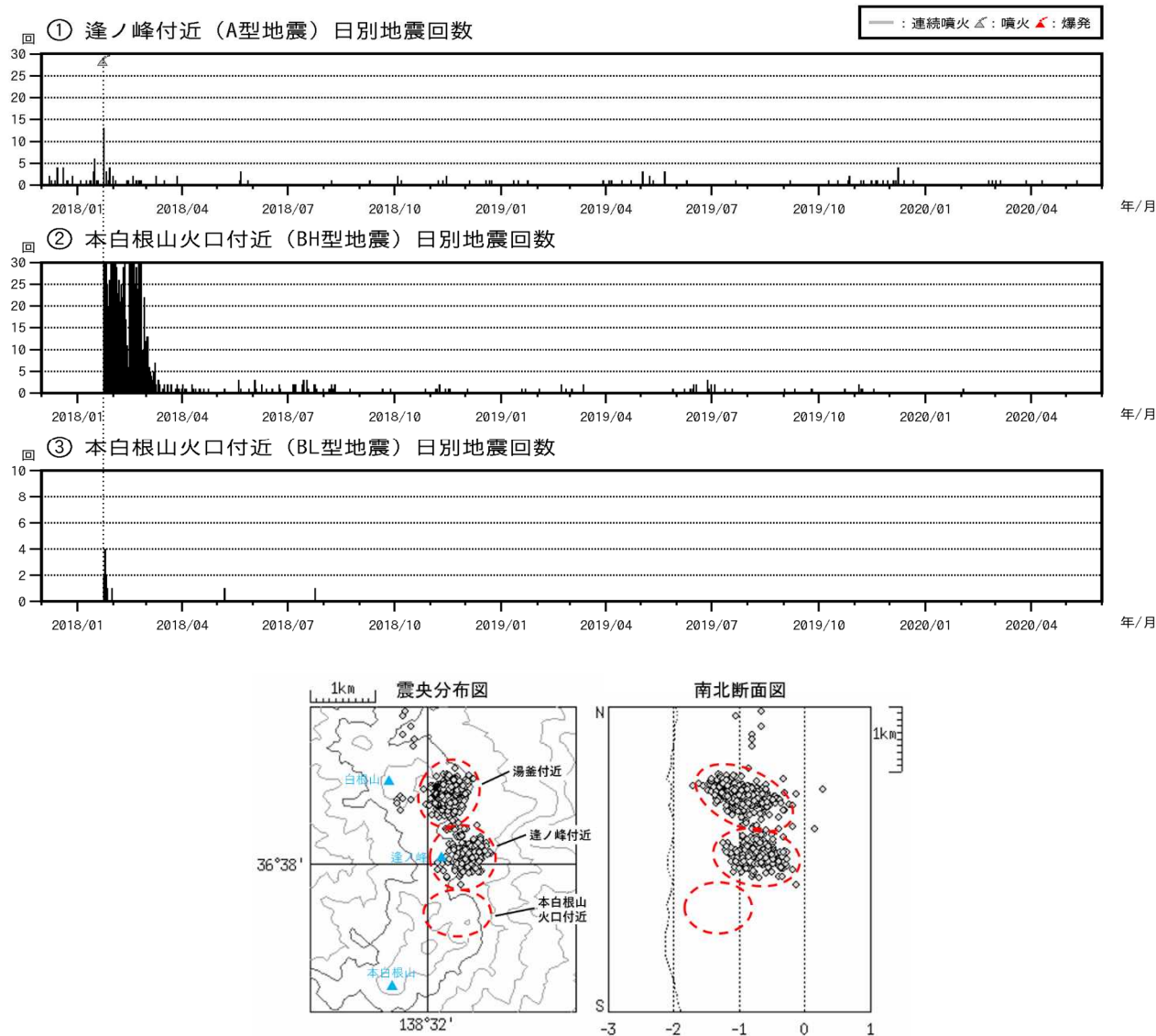


図 12 草津白根山（本白根山） 火山性地震の活動経過（2017 年 12 月 1 日～2020 年 5 月 31 日）

- ・逢ノ峰付近を震源とする火山性地震は、回数は少ないものの継続的に発生している。
- ・本白根山火口付近を震源とする火山性地震は、少ない状態で経過した。

↓ 逢ノ峰南東 2 観測点設置

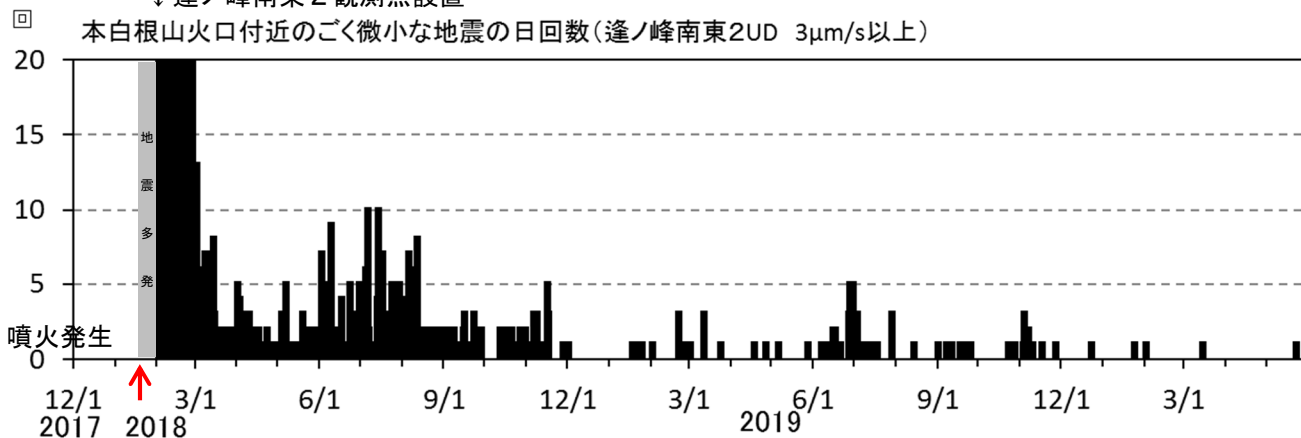


図 13 草津白根山（本白根山） 本白根山火口付近のごく微小な地震活動

（2018 年 2 月 2 日～2020 年 5 月 31 日）

- ・ごく微小な火山性地震が時々発生している。

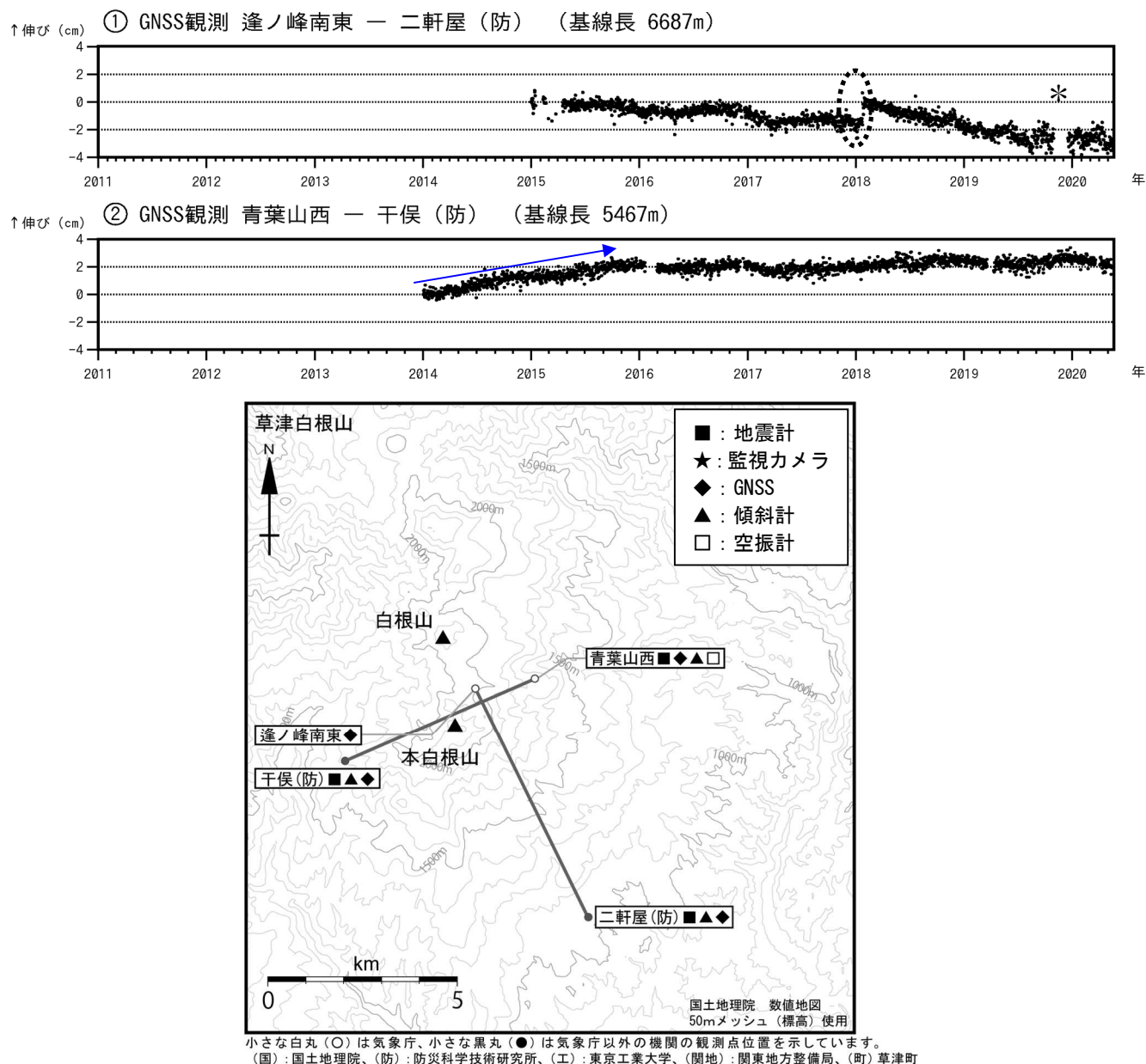
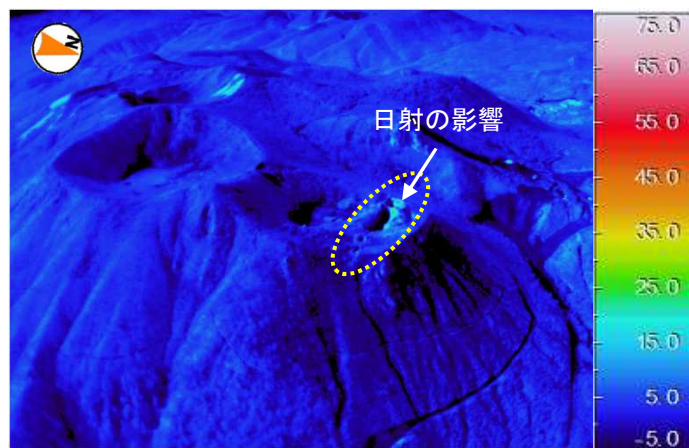
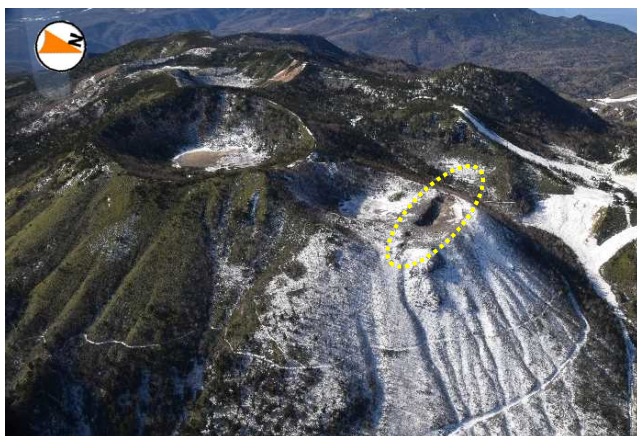


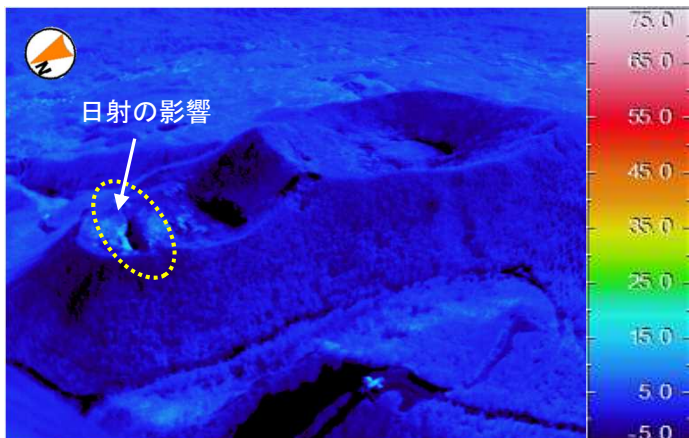
図 14 草津白根山（本白根山） GNSS 連続観測による基線長変化

(2011 年 1 月 1 日～2020 年 5 月 31 日)

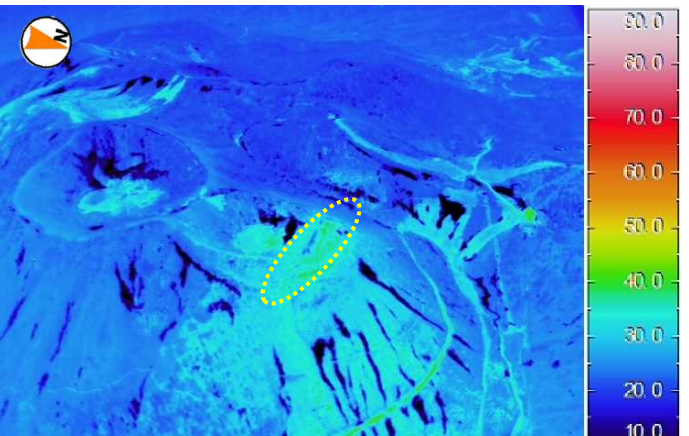
- ・①の基線で 2018 年 1 月の噴火に伴う変化（黒破線）が認められる。
- ・①の基線で、2018 年 1 月以降にみられている変化は、本白根山の噴火後の収縮によるものと考えられる。
- ・逢ノ峰南東-二軒屋 (防) の基線では、2019 年 4 月頃よりみられている変化（※印）は、二軒屋 (防) 観測点の挙動（図 19-2 参照）によるもので、火山活動による変動ではないと考えられる。
- ・青葉山西-干俣 (防) の基線では、2014 年に深部の膨張によると考えられる変動（青矢印）がみられていたが、今期間は停滞している。



① 2019 年 12 月 16 日 11 時 05 分 鏡池北火口北側 高度約 2,500m から撮影 天気：晴れ



② 2019 年 12 月 16 日 11 時 08 分 鏡池北火口北側 高度約 2,500m から撮影 天気：晴れ



③ 2019 年 5 月 27 日 11 時 43 分 鏡池北火口北側 高度約 2,600m から撮影 天気：晴れ

図 15-1 草津白根山（本白根山） 本白根山周辺の状況及び地表面温度分布

・鏡池北火口北側及び西側の火口周辺（黄破線）には地熱域は認められず、噴気は確認されなかった。

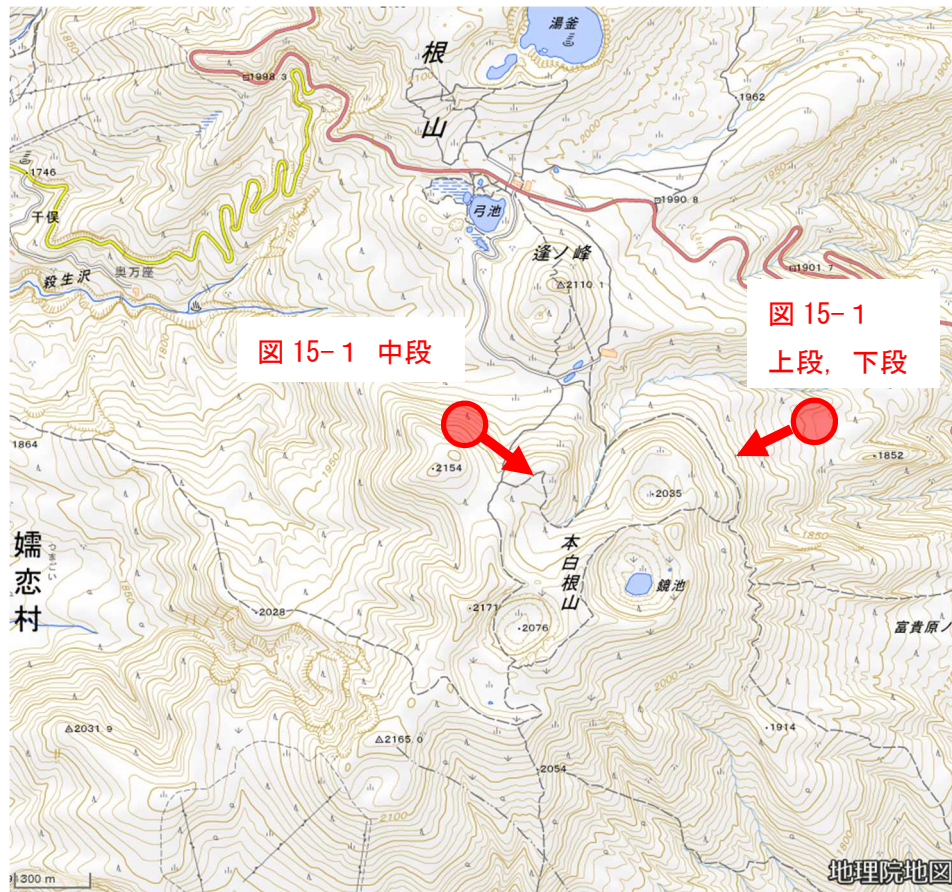


図 15-2 草津白根山（白根山（湯釜付近））図 15-1 の撮影位置と撮影方向

草津白根山

1982年から1983年にかけて小規模な水蒸気噴火を繰り返した湯釜付近の地震活動は1993年以降低調だったが、2002年頃から徐々に高まっており、地震多発に先行して北側噴気地帯のガス組成の変化がたびたびみられている。また、湯釜湖水の化学組成にも、高温の火山ガス由来の成分の増加がみられている。

2014年及び2018年以降には、湯釜付近の浅部へ火山性流体が急激に注入されることによると考えられる火山性地震の多発などがみられ、GNSS連続観測でも、草津白根山の北西～西側の深部の膨張を示唆する変化が繰り返し観測され、それらは収縮に転じていない。また、本白根山では、2018年に水蒸気噴火が発生した。

以上のように、草津白根山の火山活動は、中長期的にみると活発な状態になっており、今後、更に高まっていく可能性がある。草津白根山浅部の活動だけでなく、草津白根山の北西もしくは西側の地殻変動や周辺の地震活動にも注意していく必要がある。

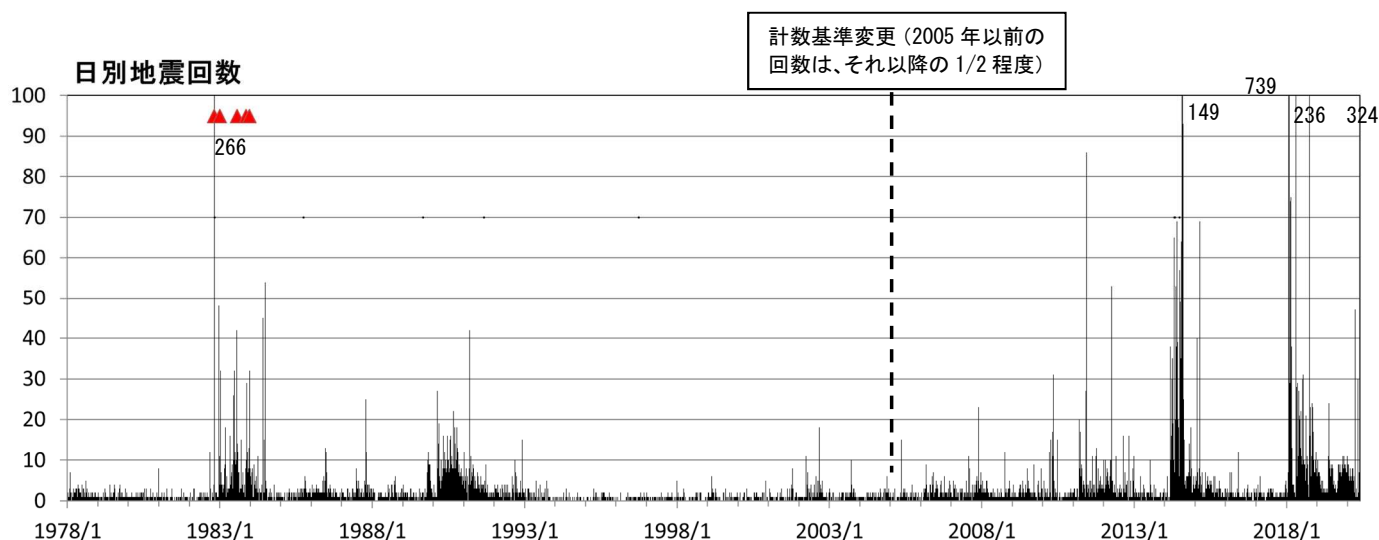


図 16 草津白根山 日別地震回数 (1978 年 1 月 1 日～2020 年 5 月 31 日)

・地震活動は、2002 年頃から徐々に高まっており、2011 年以降は増減を繰り返している。

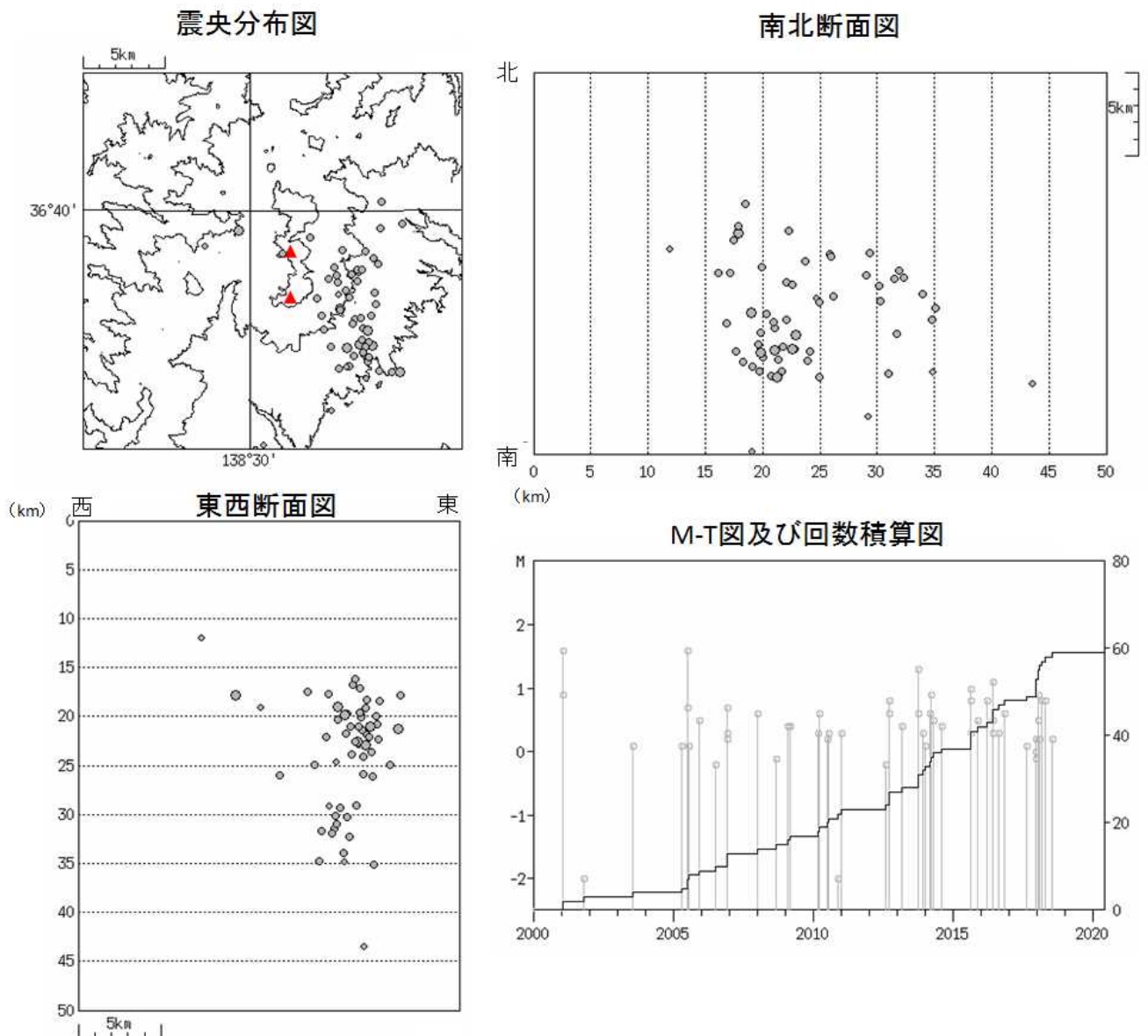


図 17 草津白根山 一元化震源による深部低周波地震活動（2000 年 1 月 1 日～2020 年 5 月 31 日）

- ・ 深部低周波地震は、主に草津白根山の南東側に分布している。
- ・ 最近では、2010 年、2014 年、2016 年、2018 年にまとまって発生している。

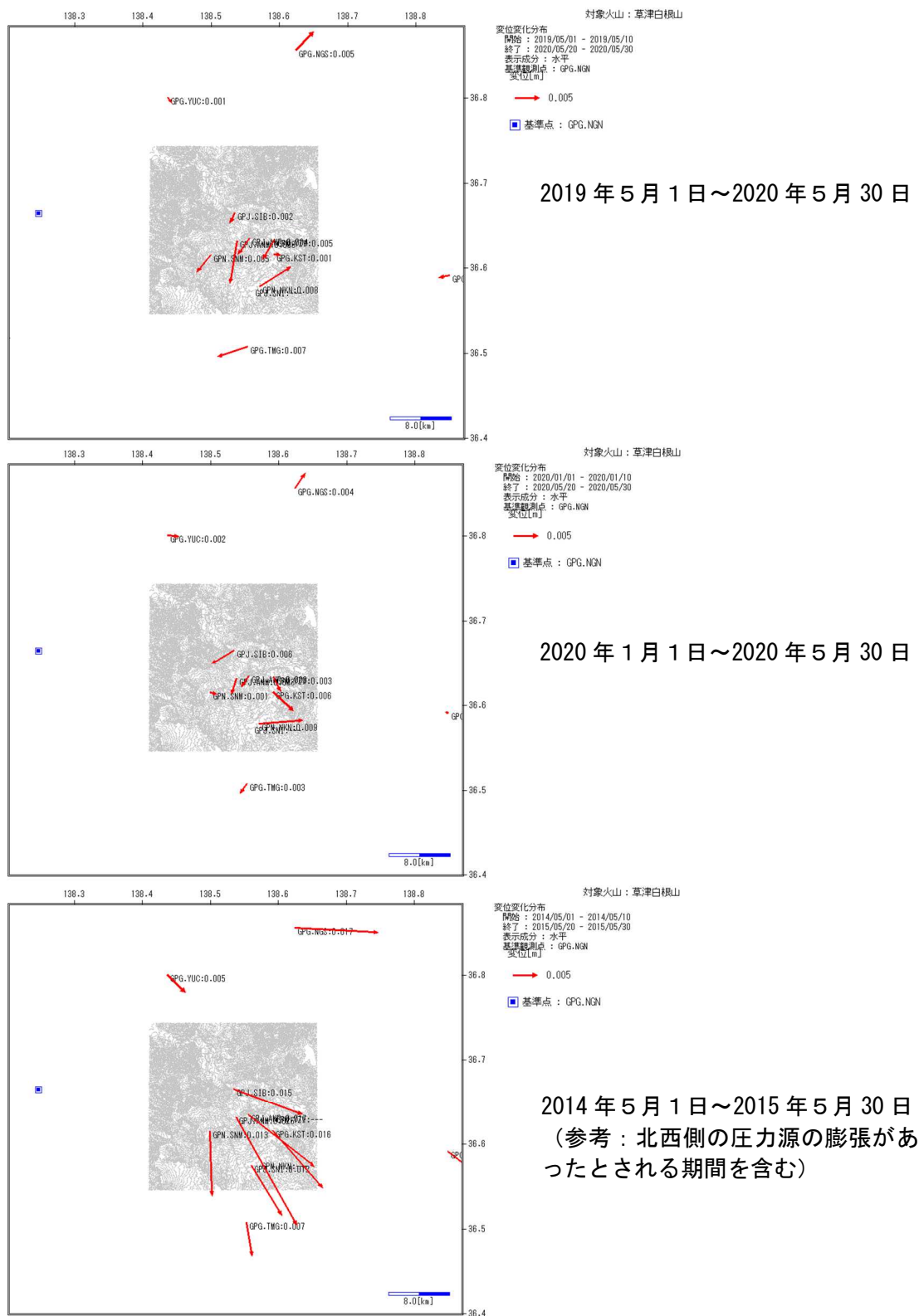


図 18 草津白根山 国)長野固定による広域の GNSS 連続観測結果

- ・ 2014 年から 2015 年にかけて、湯釜北西側の圧力源の膨張と考えられる変動が認められた。
- ・ 2019 年 5 月から 2020 年 5 月までの GNSS 連続観測では、2014 年から 2015 年にかけて観測されたような明瞭な変動は認められない。

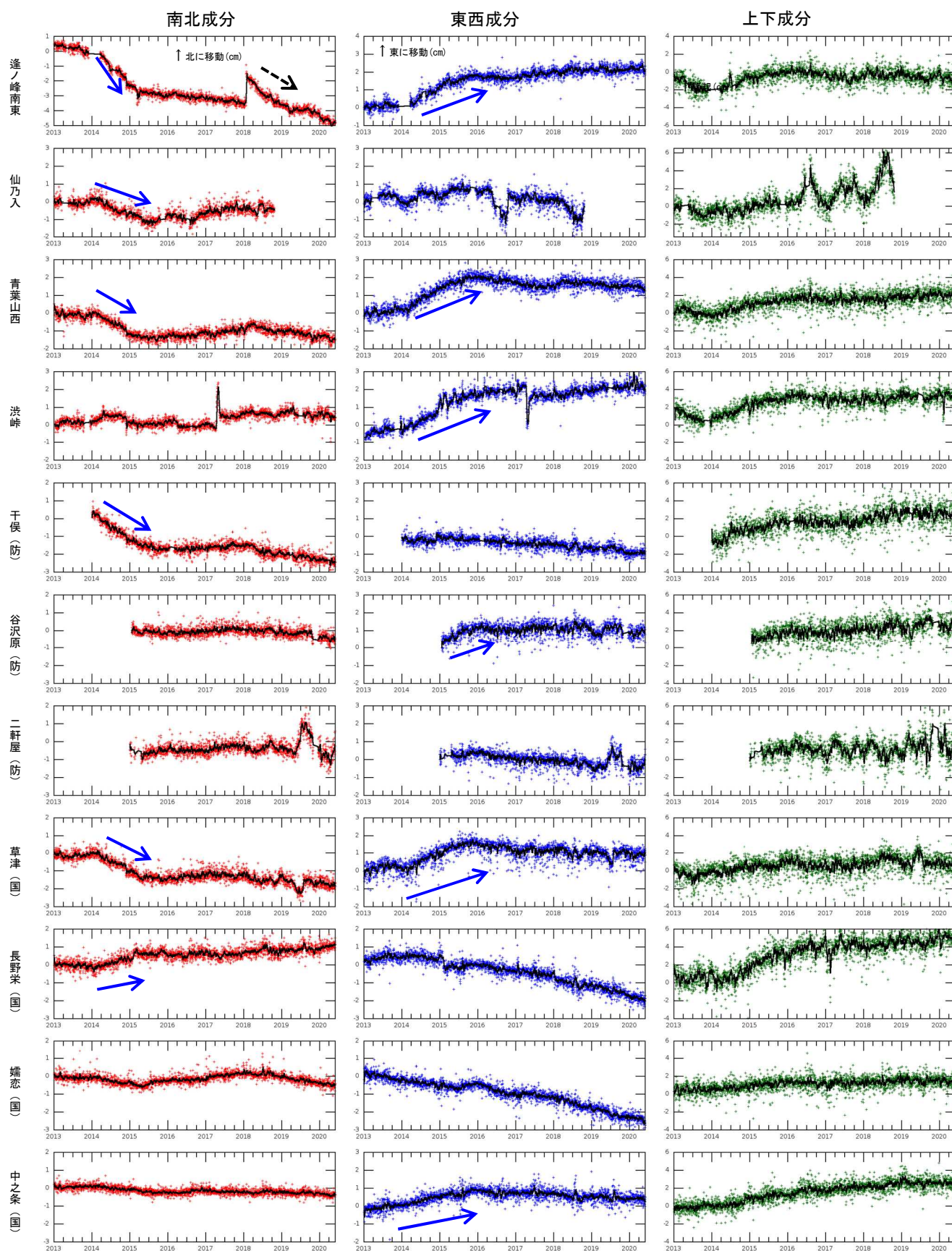


図 19- 1 草津白根山 GNSS 各観測点の変動 (2013 年 1 月 1 日～2020 年 5 月 31 日) (長野 (国) 固定)

(国) 国土地理院 (防) 防災科学技術研究所 黒線は 10 日間の移動平均
地震やアンテナ交換等によるステップ, 季節変動, 長野栄(国)のトレンドを除去した。
嬬恋(国)は、浅間山の膨張性地殻変動の影響を受けている。

逢ノ峰南東観測点では、2018 年 1 月以降、本白根山噴火後の余効変動が含まれていると考えられる (黒破線)。

- ・2014 年から 2015 年にかけて、草津白根山の北西～西側の深部の膨張を示唆する変化が観測された (図中の青矢印) が、今期間、類似した明瞭な変化は認められない。

草津白根山

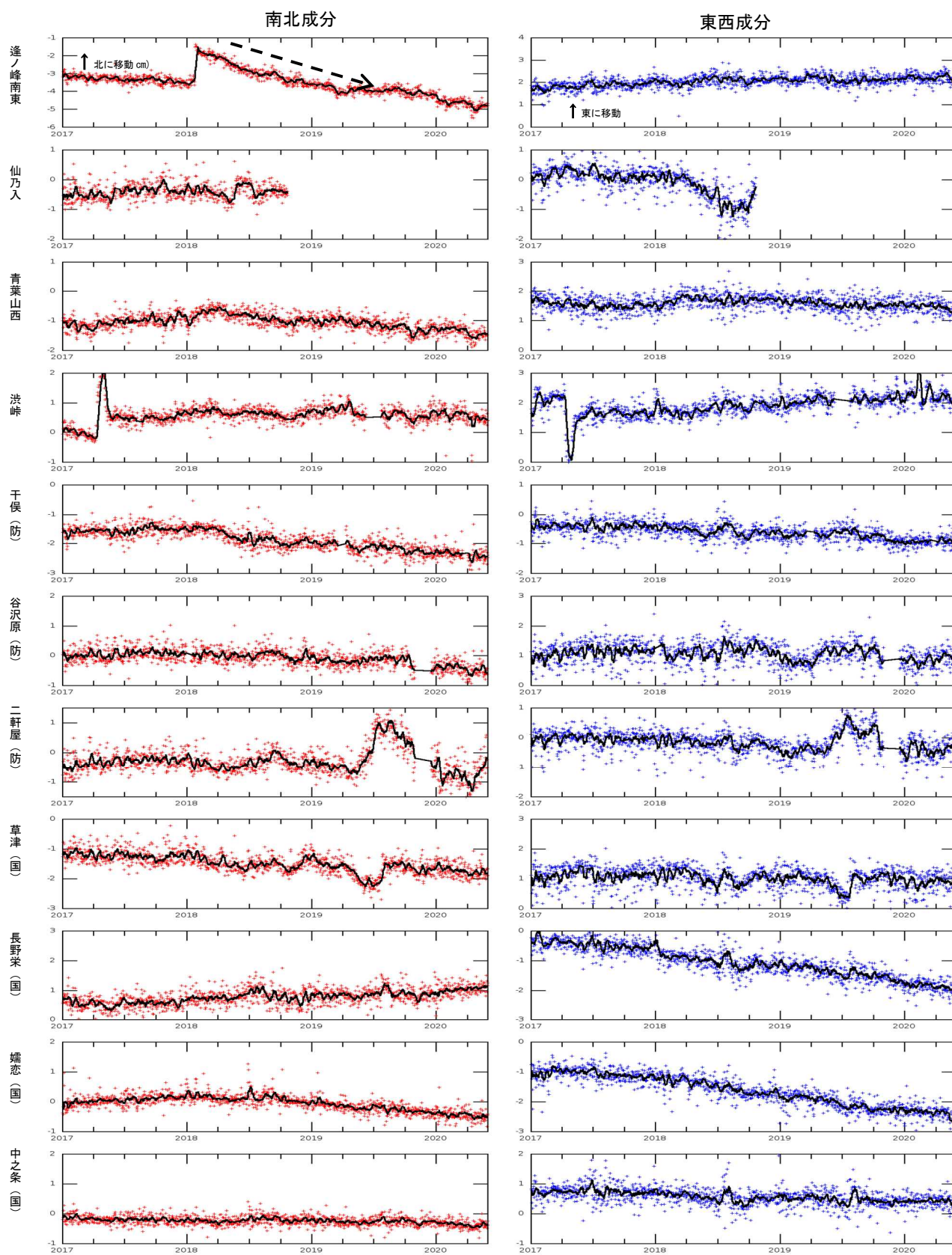


図 19-2 草津白根山 GNSS 観測による各観測点の変動 (2017 年 1 月 1 日～2020 年 5 月 31 日)
(図 19-1 の時間軸を拡大したもの)

逢ノ峰南東観測点では、2018 年 1 月以降、本白根山噴火後の余効変動が含まれていると考えられる (黒破線)。

- ・2014 年から 2015 年にかけて、草津白根山の北西～西側の深部の膨張を示唆する変化が観測された (図中の青矢印) が、今期間、類似した明瞭な変化は認められない。

草津白根山

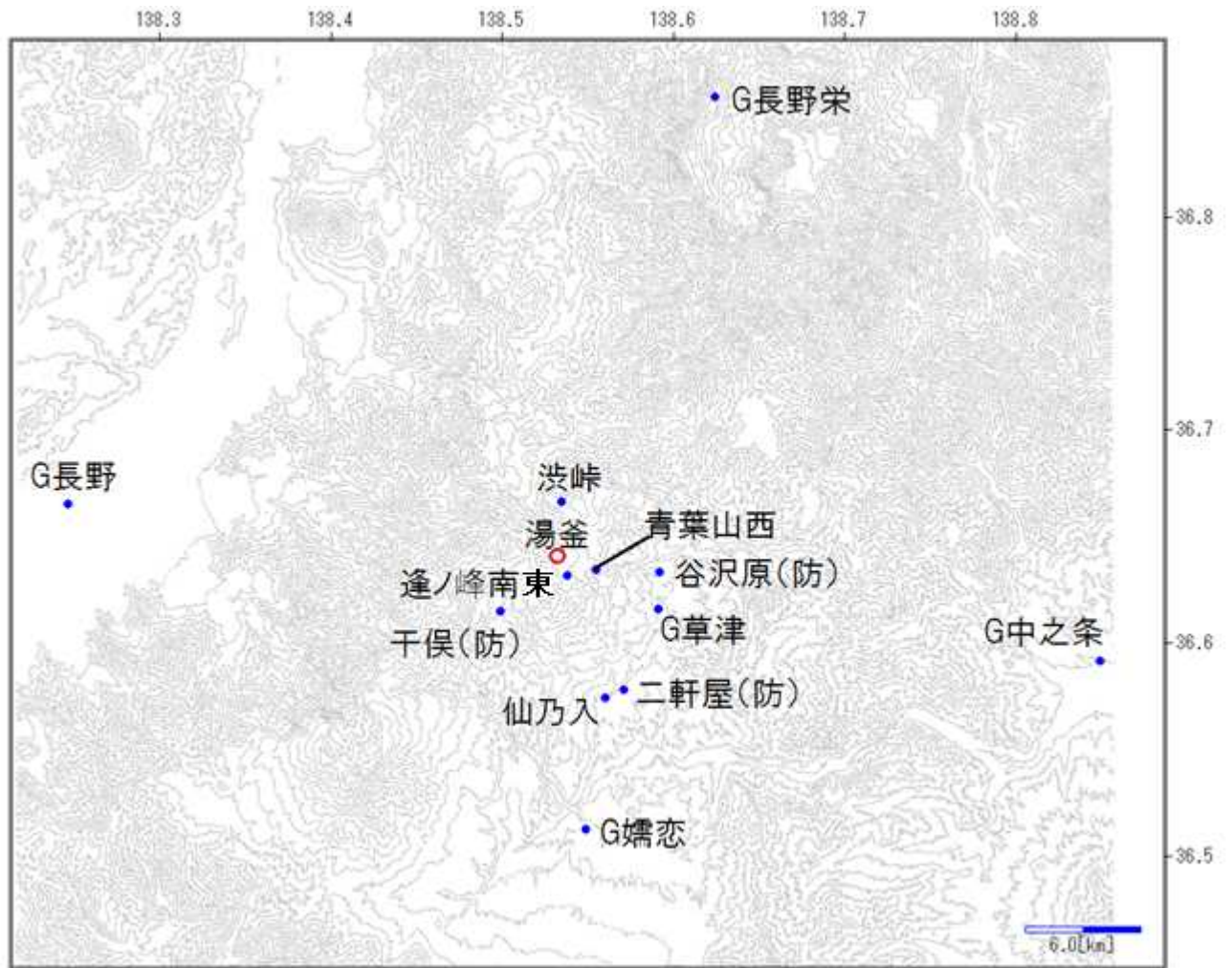


図 20 草津白根山 GNSS 観測点

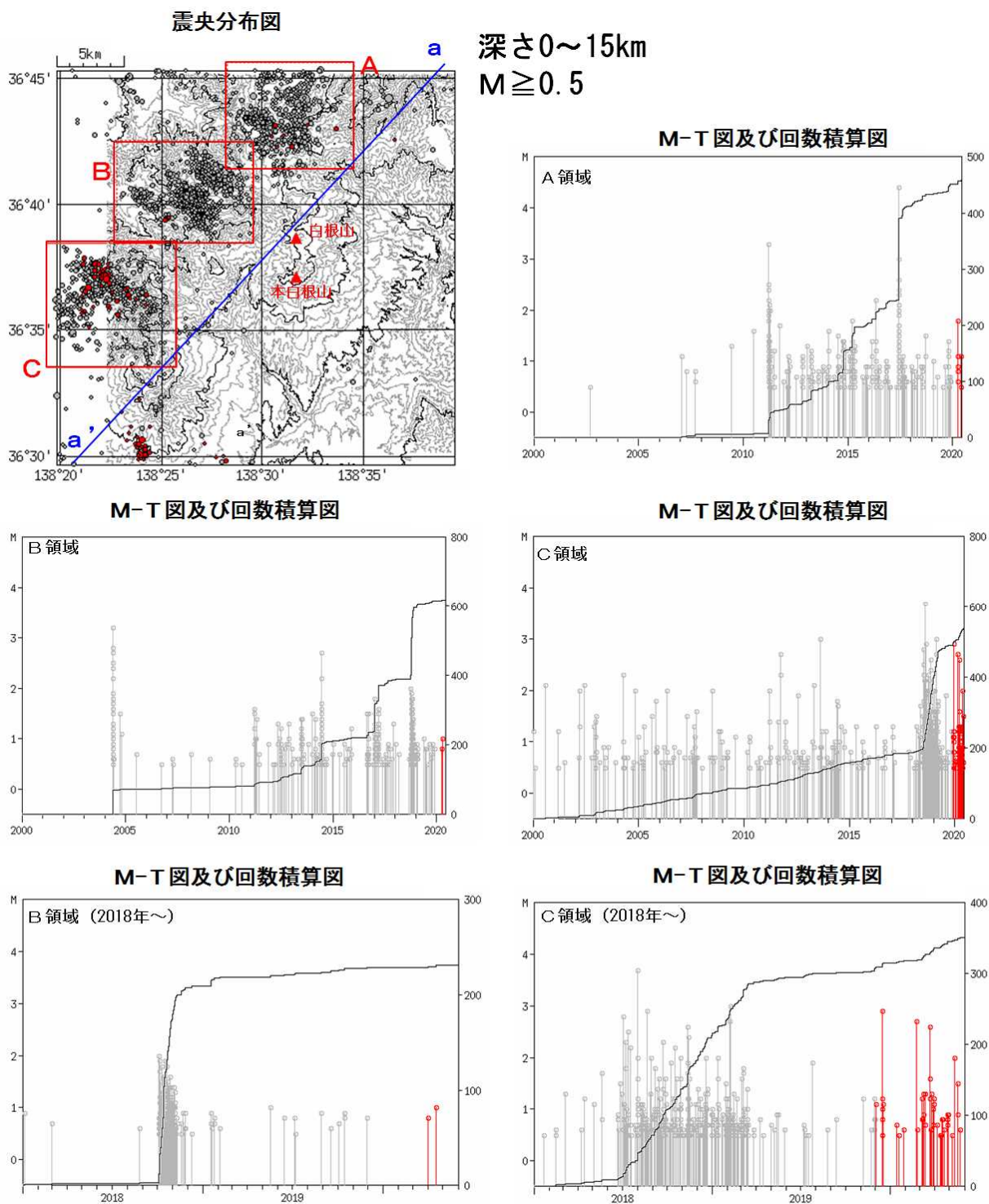


図 21 草津白根山 一元化震源による周辺の地震活動 (2000 年 1 月 1 日~2020 年 5 月 31 日)

a-a' は図 22 の断面方向を示す

- ・ A 領域では、平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震後地震活動が活発化している。
- ・ B 領域では、2018 年 10 月頃から地震活動が高まったが、2018 年 12 月以降、静穏に経過している。
- ・ C 領域では、2018 年 6 月頃から 2019 年 3 月頃まで地震活動が高まった後、低調に経過していたが、2020 年 3 月頃以降、2018 年 6 月以前と比べて多い状態で推移している。

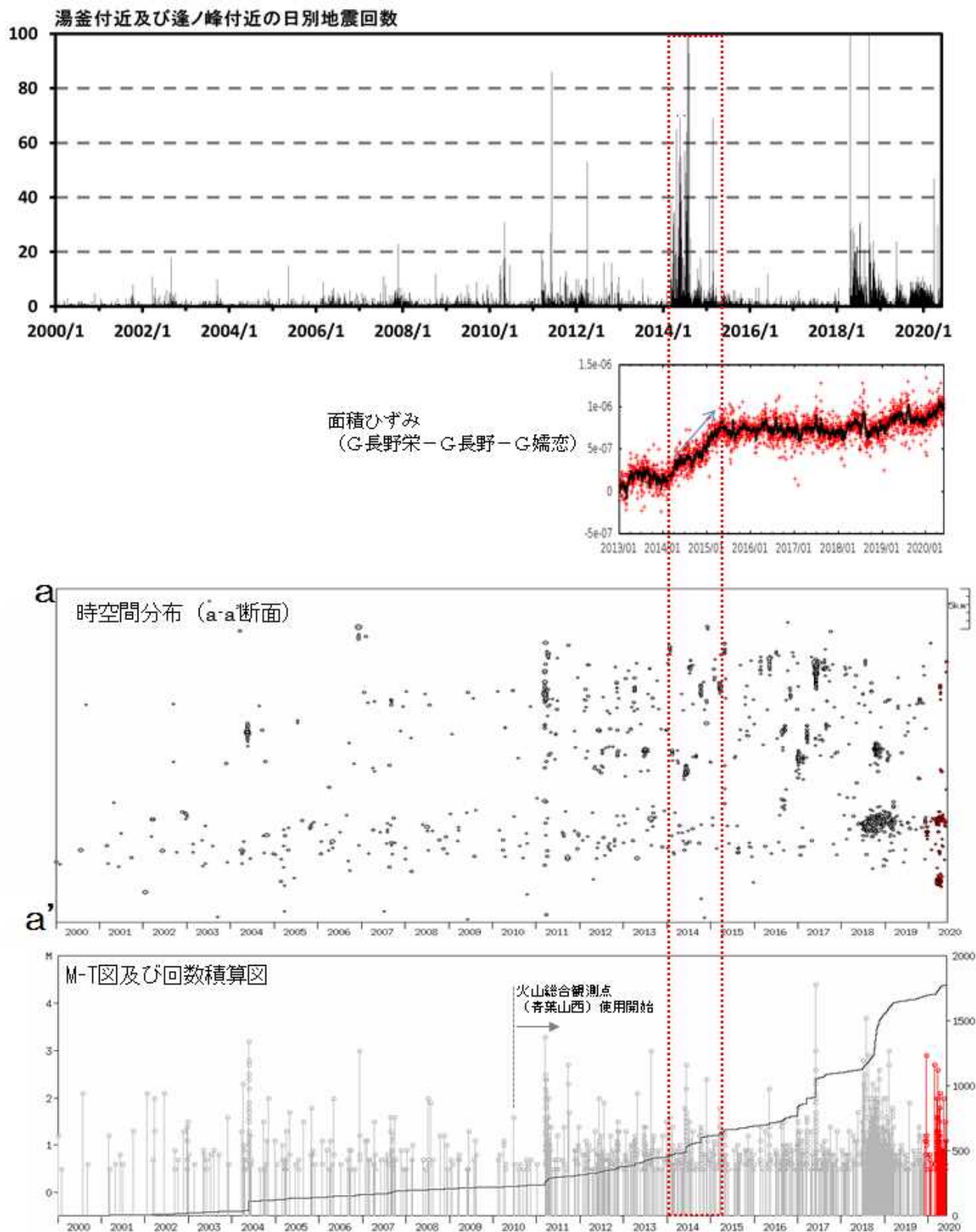
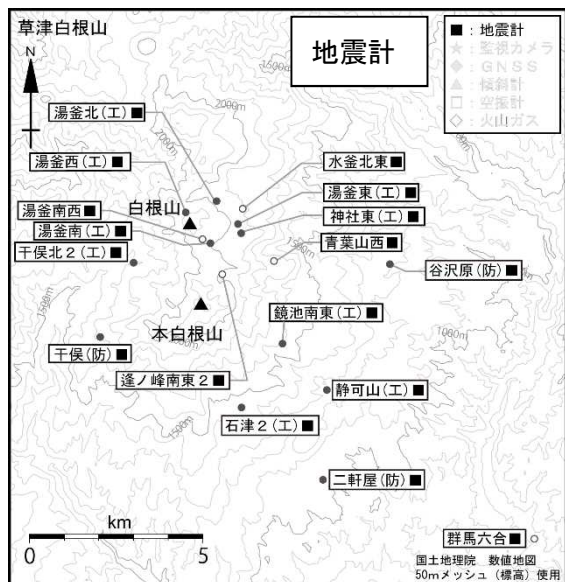
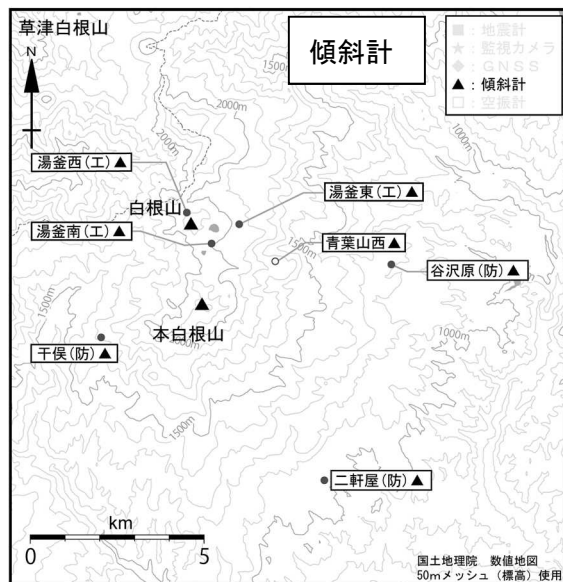


図 22 草津白根山 一元化震源による周辺の地震活動 (2000 年 1 月 1 日～2020 年 5 月 31 日)

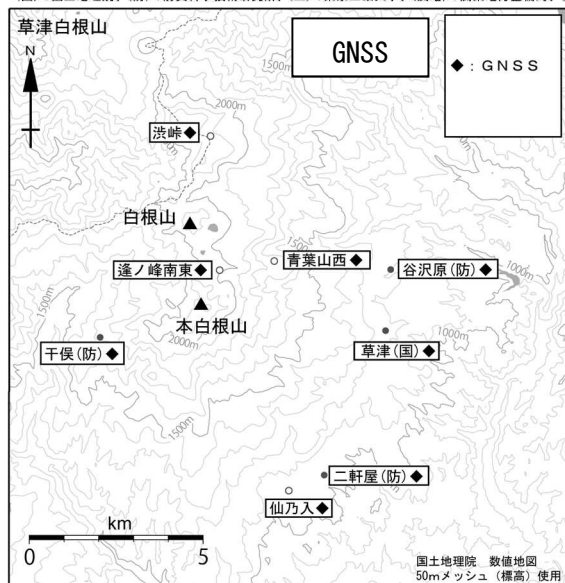
- ・平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震後、草津白根山の北西から北にかけての地震活動が活発化した。
- ・2014 年、2017 年、2018 年に北西側の地震活動の活発化がみられている。
- ・2014～2015 年に草津白根山の北西～西側の深部の膨張を示唆する地殻変動 (図中青矢印) が観測された。その後、2014～2015 年の変動と類似した明瞭な変動は、認められない。



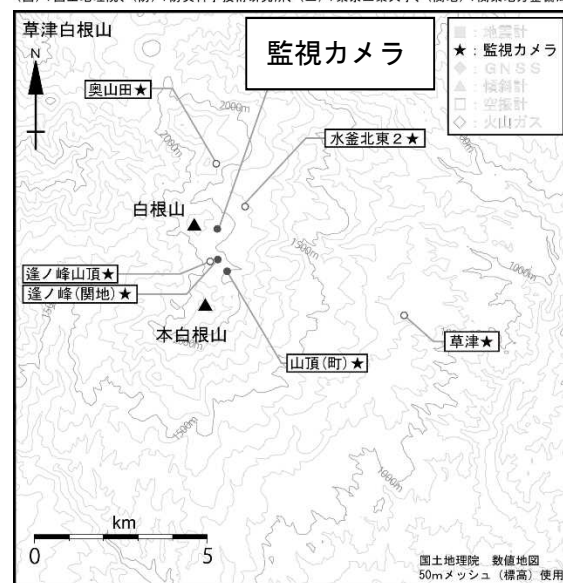
小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
(国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局、(町)：草津町



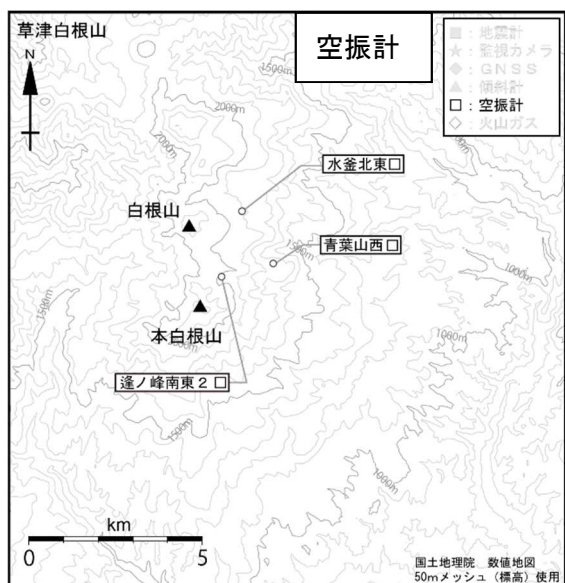
小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
(国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局



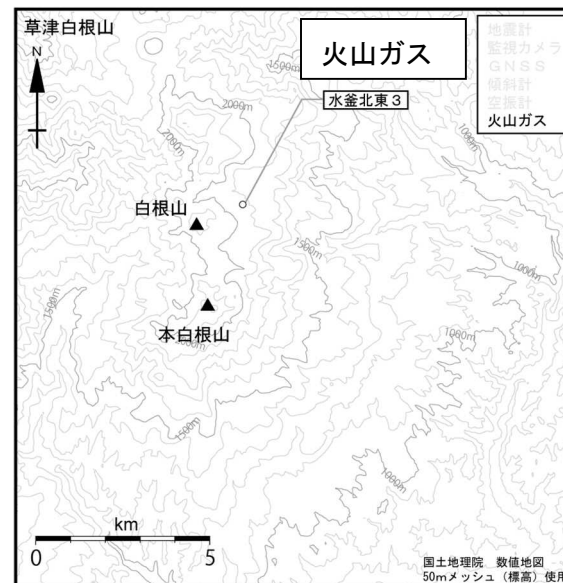
小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
(国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局



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ます。
(国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局、(町)：草津町



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ます。
(国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局、(町)：草津町



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ます。
(国)：国土地理院、(防)：防災科学技術研究所、(工)：東京工業大学、(関地)：関東地方整備局、(町)：草津町

図23 草津白根山 観測点配置図

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000 (行政界・海岸線)』及び『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 草津白根山における SAR 干渉解析結果

ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

1. はじめに

ALOS-2/PALSAR-2 で撮像された草津白根山周辺のデータについて干渉処理を行ったので報告する。

2. 解析データ

解析に使用したデータを第 1 表に示す。

第 1 表 干渉解析に使用したデータ

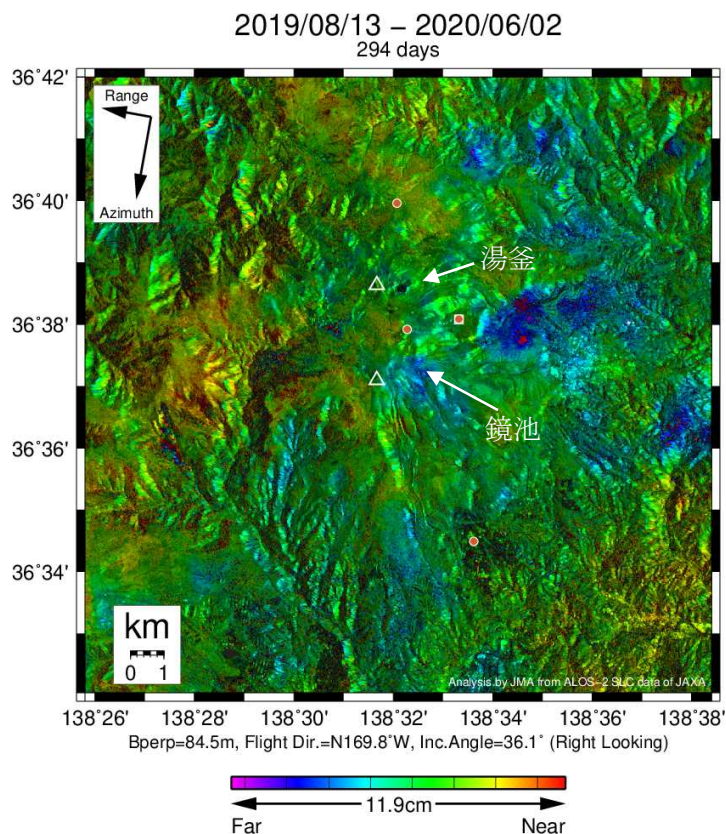
Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
19-2880(SM1_U2_7)	南行	右	36.1°	2019.08.13	2020.06.02	第 1 図
125-720(SM1_U2_6)	北行	右	32.4°	2019.05.19	2020.05.17	第 2 図

3. 解析結果

南行軌道と北行軌道の長期ペアについて解析を行った。いずれもノイズレベルを超えるような位相変化は認められなかった。

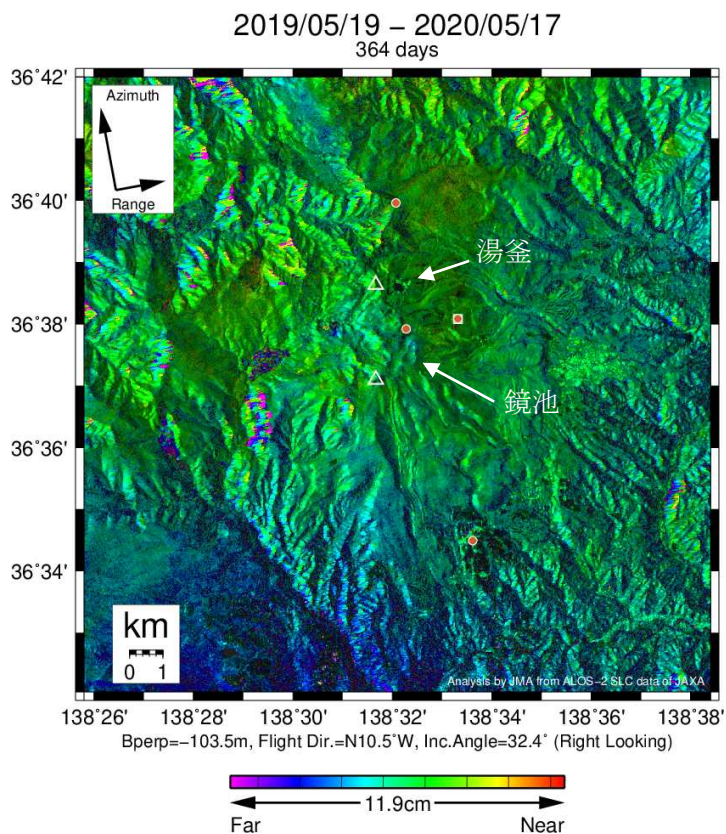
謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて、宇宙航空研究開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである。また、一部のデータは、PIXEL で共有しているものであり、JAXA と東京大学地震研究所の共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された RINC を使用した。また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ（標高）を元にした DEHM を、地形の描画には数値地図 25000（行政界・海岸線）のデータを使用した。ここに記して御礼申し上げます。



第 1 図 パス 19 (SM1_U2_7) による草津白根山及び周辺の干渉解析結果

図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点、四角印は傾斜観測点を示す。
ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。



第 2 図 パス 125 (SM1_U2_6) による草津白根山及び周辺の干渉解析結果

凡例は第 1 図と同じ。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

湯釜湖水の化学組成 (2020 年 6 月 2 日観測)

2020 年 6 月 2 日に草津白根山の湯釜火口湖の南西岸(図 1; U1)で採取した湖水の化学組成を分析した(表 1)。

湖水の Mg/Cl 比は湯釜火口で複数回の噴火が発生した 1982-83 年活動期, および湯釜火口内での突出が発生した 1996 年の前後などで顕著に上昇したことが知られている(Ohba et al.[1], 図 2)。同比は 2020 年 6 月 2 日時点で 0.0084 程度と 1982-83 年および 1996 年前後に上昇した値に比べて小さいが, 2019 年の夏頃から増減を繰り返している(図 2)。



図 1. 湖水の採取位置(U1)

(背景地図に地理院地図を使用した)

表 1. 湯釜火口湖水の化学組成 (抜粋)

Date	WT °C	pH	EC S/m	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	Mg mg/L	Mg/Cl
2019/8/26	26.0	1.06	4.21	4100	1460	31.8	0.0078
2019/10/1	25.0	1.06	4.24	4160	1550	33.4	0.0080
2019/10/16	ND	1.11	3.86	3800	1460	30.8	0.0081
2019/11/9	15.4	1.07	3.90	3850	1470	32.7	0.0085
2019/12/3	ND	1.09	4.03	3920	1500	31.7	0.0081
2020/4/3	8.3	1.13	3.77	3790	1310	32.2	0.0085
2020/4/30	14.3	1.16	3.41	3170	1100	28.0	0.0088
2020/5/8*	ND	1.13	3.67	3900	1330	31.3	0.0080
2020/5/8**	ND	1.13	3.67	3890	1330	31.1	0.0080
2020/6/2	20.8	1.11	3.70	3830	1320	32.4	0.0084

*U1地点の沖合約10m地点で採水。 **U1地点の沖合約100m地点で採水。

分析値は今後変更する場合があります。pH, ECの測定にはガラス電極および白金-白金黒電極 (HORIBA, D-74), Cl, SO₄の分析にはイオンクロマトグラフ法(Thermo, Integrion), Mg, の分析にはマイクロプラズマ原子発光分析装置(Agilent, 4210 MP-AES)を使用した。

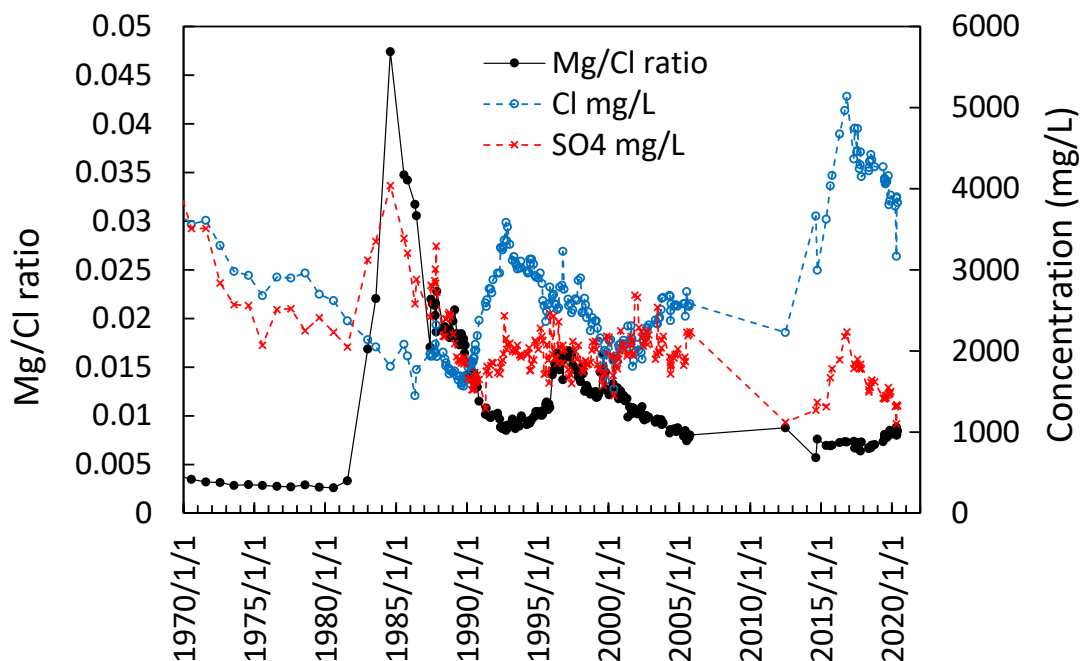


図 2. 湯釜湖水の Cl, SO₄ 濃度, および Mg/Cl 比の変化*

* 2005 年以前は Ohba et al. [1], それ以降は東海大学, 東京工業大学, 気象研究所による観測。

参考資料 [1] T. Ohba, J. Hirabayashi and K. Nogami (2008) JVGR, 178, 131-144.

草津白根山（湯釜付近）における地磁気全磁力変化

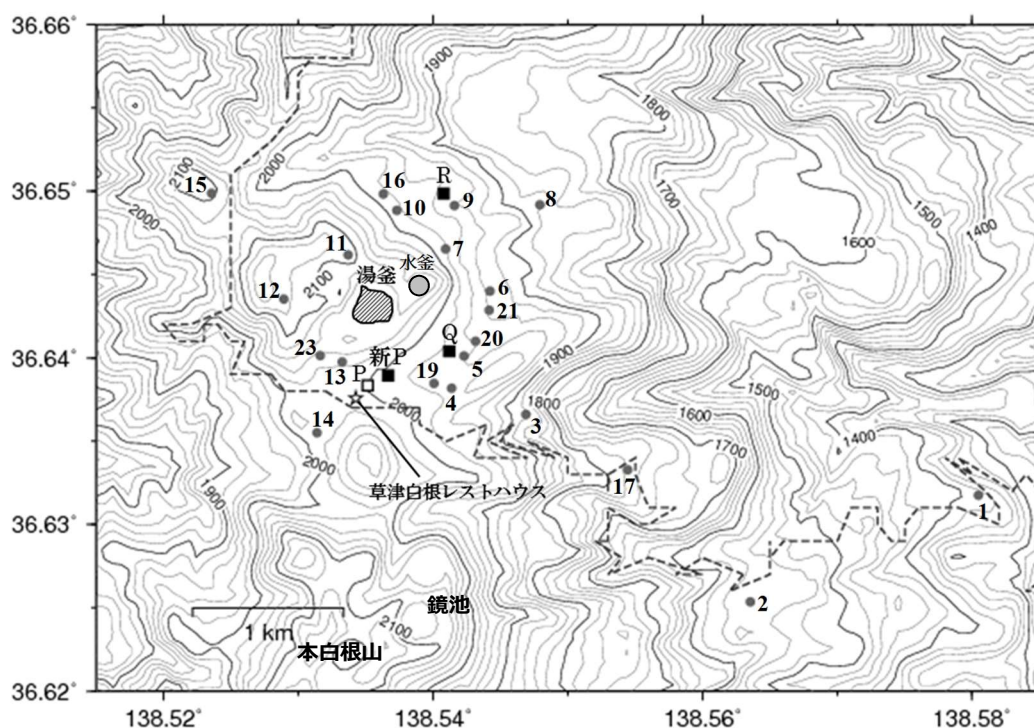
地磁気全磁力連続観測では、2018 年 4 月から 7 月にかけて水釜付近地下の熱消磁を示唆する全磁力変化が観測されたが、2018 年 8 月以降は明瞭な変化は認められていない。

草津白根山(湯釜付近)における 2018 年から 2020 年 5 月までの地磁気全磁力変化について報告する。

全磁力連続観測では、2018 年 4 月から 7 月にかけて、新 P 点および Q 点で減少、R 点で増加が観測された(第 3 図、第 4 図)。これら 3 点の変化量のみを用いて等価磁気双極子モデルにより試行的に解析した結果、水釜付近地下での熱消磁が示唆された(第 5 図)。しかし、それ以降、これら 3 観測点では、熱消磁を示すと言い切れるような明瞭な全磁力変化は認められていない。なお、Q 点における 2019 年 4 月中旬から 5 月上旬および 2020 年 5 月 3 日の変化(第 4 図)は原因不明で、現在調査中である。

2019 年 10 月に実施した湯釜周辺における全磁力繰返し観測では、前回(2018 年 10 月)の観測結果と比較して湯釜の東から南東側で全磁力の減少が観測され、等価磁気双極子モデルによる解析の結果、水釜付近の地表下約 800m に熱消磁源が推定された(第 145 回火山噴火予知連絡会資料)。ただし、連続観測点(新 P 点、Q 点および R 点)にはモデルから期待される全磁力変化量は明瞭に認められなかった。

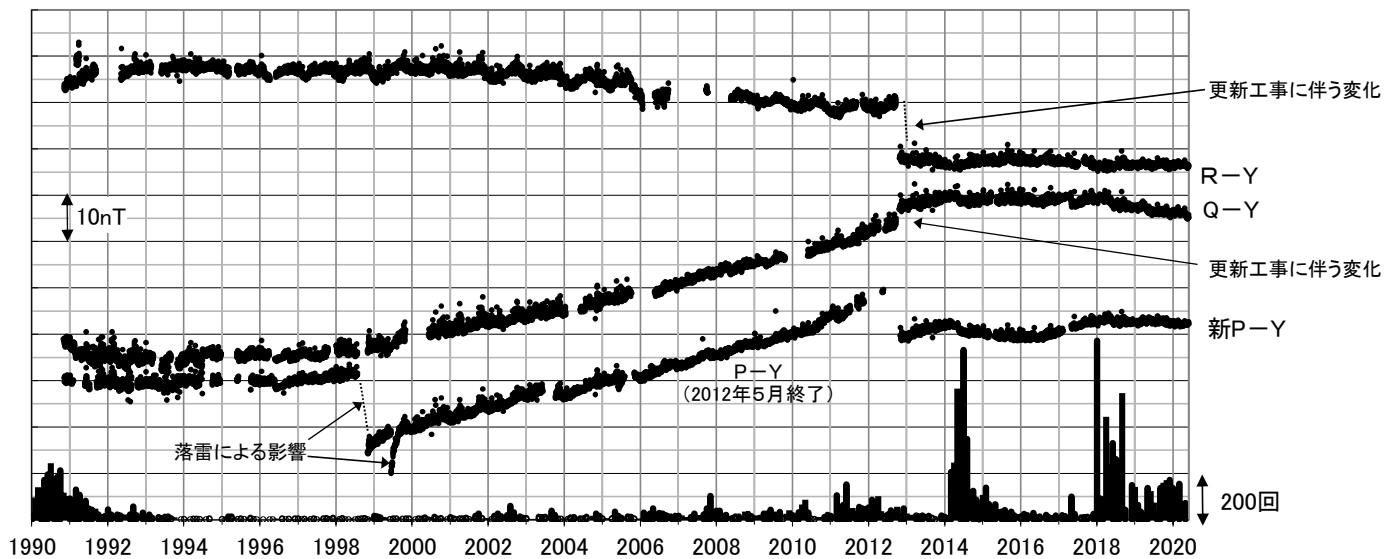
湯釜付近の今後の熱活動の推移を把握するためには、引き続き全磁力変化を注視する必要がある。



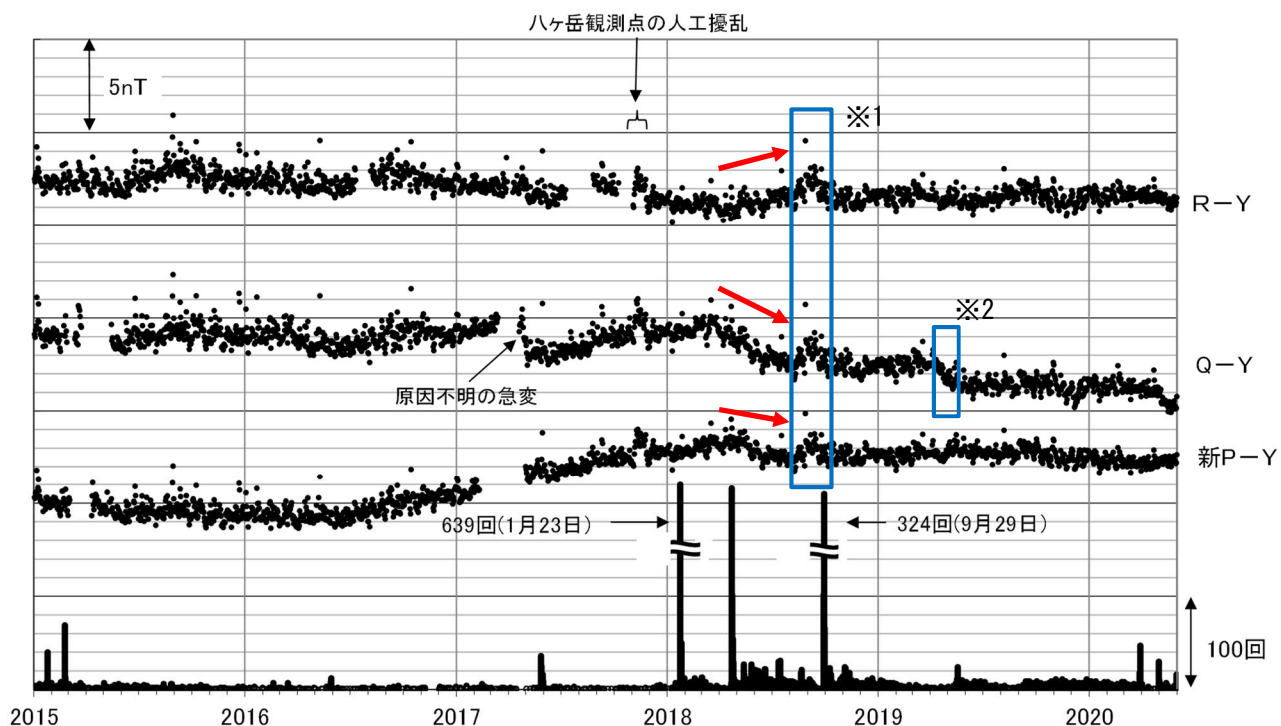
第 1 図 草津白根山の全磁力観測点配置図

- : 連続観測点 (新 P, Q, R) □ : 連続観測点 (P: 2012 年 5 月観測終了)
- : 繰返し観測点 (数字は観測点番号。本白根山の繰返し観測点は除く)

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 50m メッシュ (標高)」を使用した (承認番号 平 29 情使、第 798 号)。また、道路 (破線) の記載には「国土数値情報 (道路データ) 国土交通省」を使用した。



第 2 図 全磁力連続観測点における全磁力変化及び月別地震回数（1990 年～2020 年 5 月 31 日）

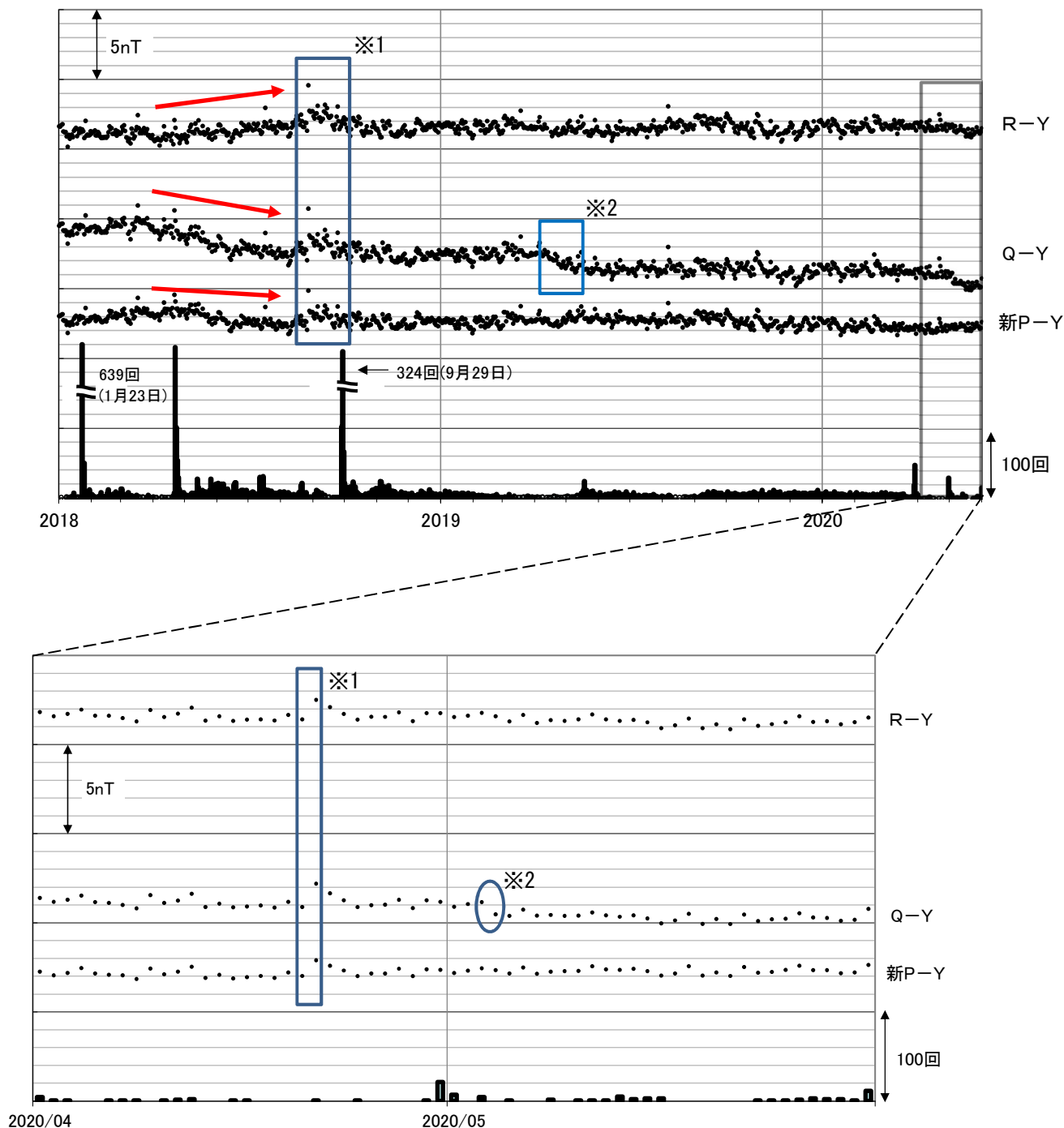


第 3 図 全磁力連続観測点における全磁力変化及び日別地震回数（2015 年 1 月～2020 年 5 月 31 日）

（赤矢印は 2018 年 4 月～7 月に観測された全磁力変化を示す）

（※1）2018 年 8 月～9 月に発生した磁気嵐によると考えられる変化

（※2）2019 年 4 月中旬～5 月上旬および 2020 年 5 月 3 日の Q 点での変化は原因不明（調査中）

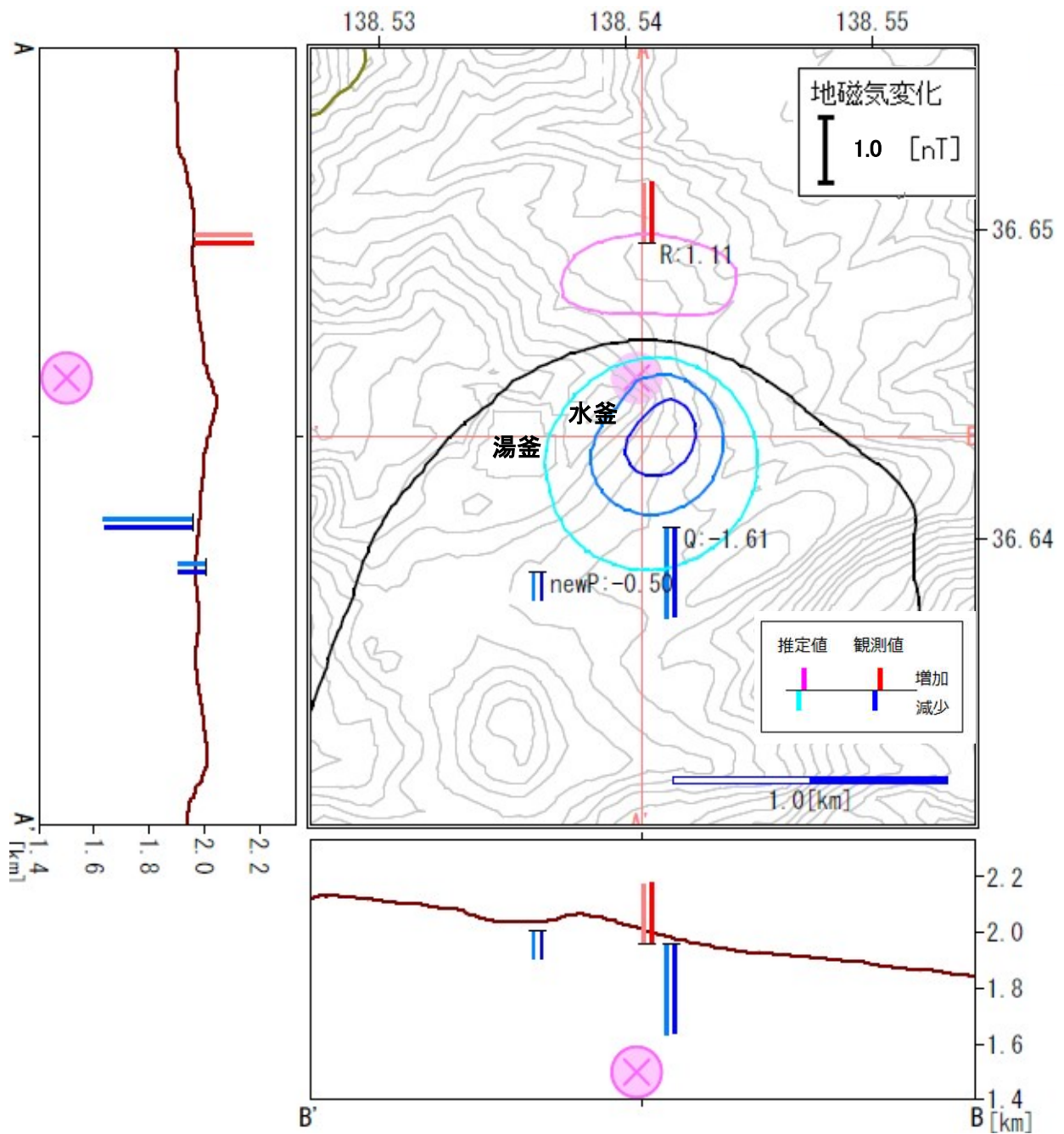


第 4 図 全磁力連続観測点における全磁力変化及び日別地震回数（2018 年 1 月～2020 年 5 月 31 日）とその拡大図（2020 年 4 月～2020 年 5 月 31 日）。赤矢印は 2018 年 4 月～7 月に観測された全磁力変化を示す。

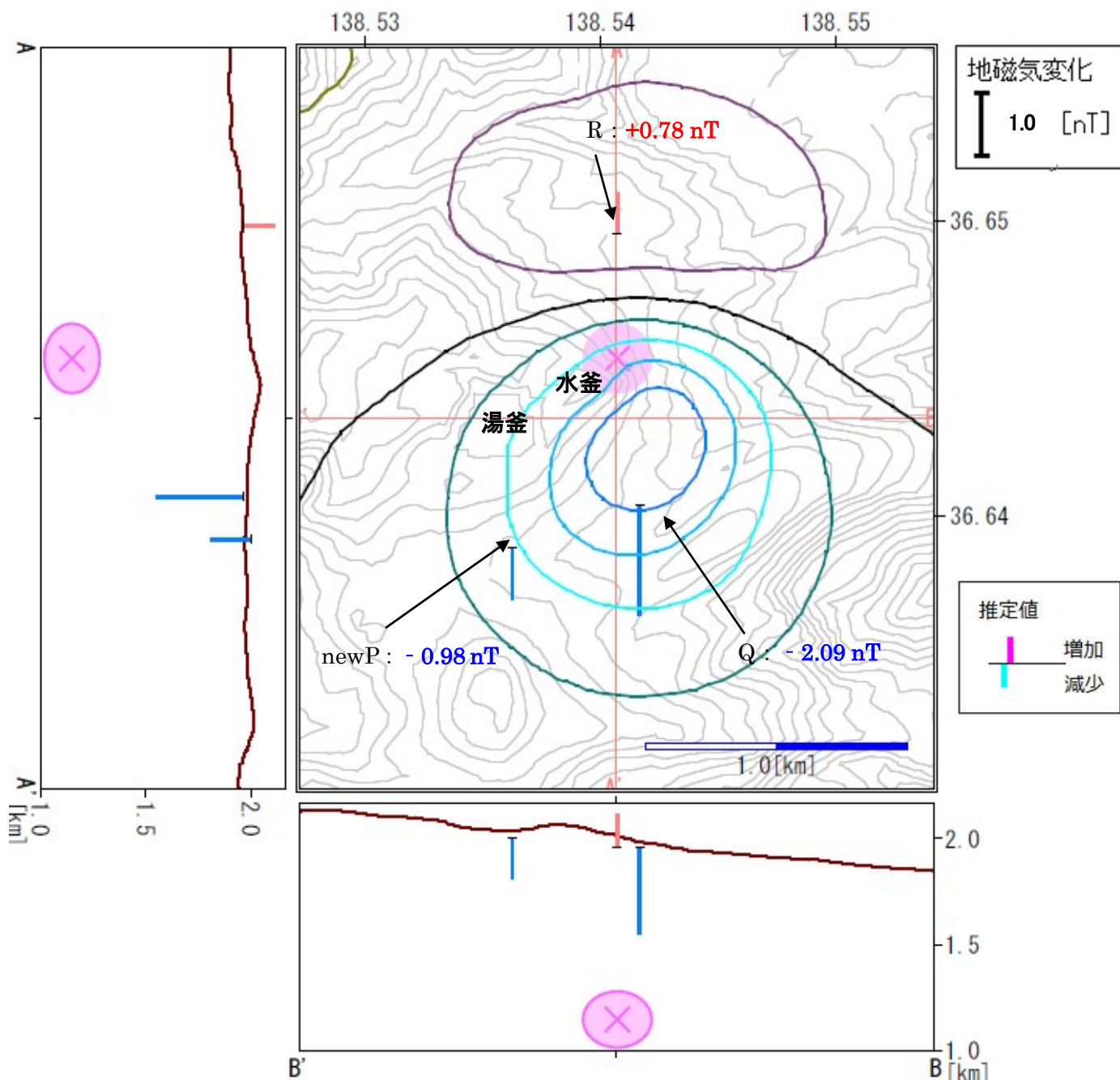
第 2～4 図とも、全磁力連続観測点（P または 新 P、Q および R）の全磁力値とハヶ岳地球電磁気観測所（東京大学地震研究所）（Y）の全磁力値の夜間平均値（00:00～02:59（JST））の単純差を日値としてプロットしている。最下段のヒストグラムは火山性地震回数の月別地震回数（第 2 図）および日別地震回数（第 3、4 図）を示す。

（※1）2018 年 8 月～9 月と 2020 年 4 月 20 日に発生した磁気嵐による変化と考えられる

（※2）2019 年 4 月中旬～5 月上旬および 2020 年 5 月 3 日の Q 点での変化は原因不明（調査中）



第 5 図 2018 年 4 月～7 月に全磁力連続観測点 3 点で観測された全磁力変化量のみにより試行的に推定した熱消磁源（磁気双極子モーメントの大きさ約 $3.3 \times 10^6 \text{ Am}^2$ 、深さ約 500m）とモデルから期待される地表上の全磁力変化推定値分布（コンター間隔は 1nT）。



第 6 図 全磁力繰返し観測結果（2018 年 10 月～2019 年 10 月）により推定した熱消磁源モデル（磁気双極子モーメントの大きさ約 $1.0 \times 10^7 \text{ Am}^2$ 、深さ約 800m）から期待される地表上の全磁力変化分布（コンター間隔は 0.5nT）。図中の新 P 点、Q 点、R 点に付した数値はモデルから期待される推定値である。

草津白根火山・湯釜周辺の地殻変動

2020 年以降、湯釜周辺直下の増圧に対応すると思われる傾斜変動は停滞傾向にある。傾斜変動を 2014-2016 年、および 2018-2020 年の 2 期に分けて考えると、どちらも大局的には水釜直下の海拔 1000 m 前後における緩やかな圧力増加の進行と理解できる。ただし、2018 年以降の変動は複雑であり、より短期的な非等方的な圧力変動の強弱や、あるいは複数の力源の存在が示唆される。

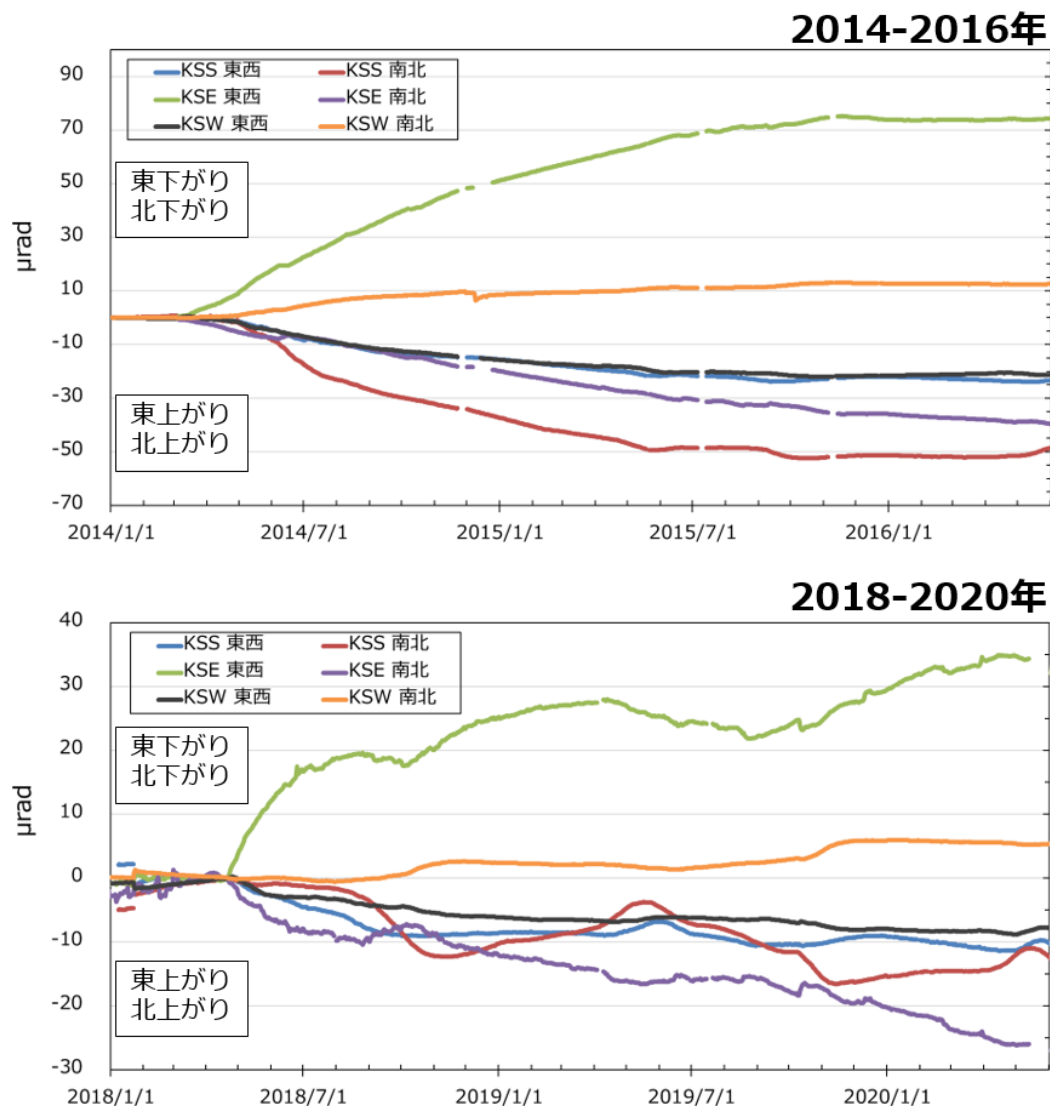


図 1. 東工大ボアホール型傾斜計 3 点の変動 (季節変動・気圧応答・地震や機器障害によるステップ・潮汐を補正したもの)。 (上) 2014 年 1 月 1 日~2016 年 5 月 30 日, (下) 2018 年 1 月 1 日~2020 年 5 月 30 日。両者とも 2 年 5 か月分を表示しているが、縦軸の幅が異なることに注意。2018 年以降の KSS 南北成分は複雑に変動しており、これは水釜直下における単一の等方圧力源では説明できない。ただし、長期的に見れば、2014 年に観測された水釜直下における緩やかな圧力増加が、規模を小さくして 2018 年以降も進行したものと考えられる。2018 年以降の変動は更に 3 期に分割でき (例えば KSE 東西成分を参照), 変動速度は徐々に緩やかになっている。

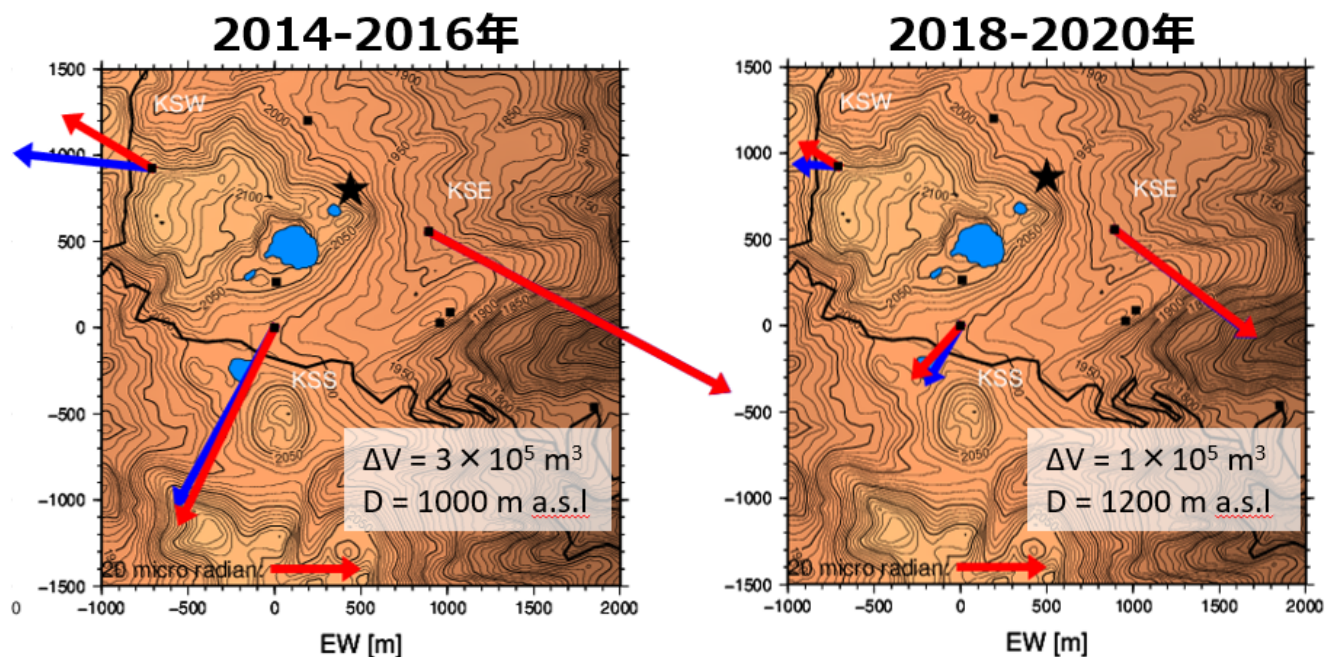


図 2. 等方力源を仮定した場合の力源モデル. 位置および膨張体積をグリッドサーチで求めた. (左) 図 1 の 2014-2016 年, (右) 2018-2020 年. ここで ΔV は膨張体積, D は力源も深さ.

図 1 における変動開始日を基準とした期間最終日までの相対傾斜変化量を説明する等方力源モデルを図 2 に示す. 両期のどちらも, 水釜火口周辺直下 1000 m 付近に力源を置くことで概ね傾斜変動を説明できる. 2018-2020 年の体積増加量は, 2014-2016 年の約 1/3 である.

2018 年以降, 2014 年とよく似た流体蓄積が, 2 年間の休止期をおき規模を小さくして繰り返されたと考えられる. ただし, 2018 年以降の傾斜変動は単調ではなく, これに対応して地震活動に消長が認められる点で 2014 年とは異なる. また, 2018 年以降に観測されている湯釜南 KSS の傾斜変化は複雑である. 力源の非等方性が時間的に変動しているとか, あるいは水釜直下の緩慢膨張とは別の圧力源が存在するのかも知れない.

草津白根火山・湯釜周辺の震源分布

湯釜南側と、湯釜水釜境界付近の2つの震源クラスタが認められ、2019年9月以降は後者で発生する地震が多い。2020年に入ってから、湯釜水釜境界付近における地震活動が継続している。震源の深さは海拔1100m（地表下900m）付近が大半である。ただし、より浅く、想定キャップロック上面に決まるイベントが数個あった（2020年4月以降の地震活動は未解析）。

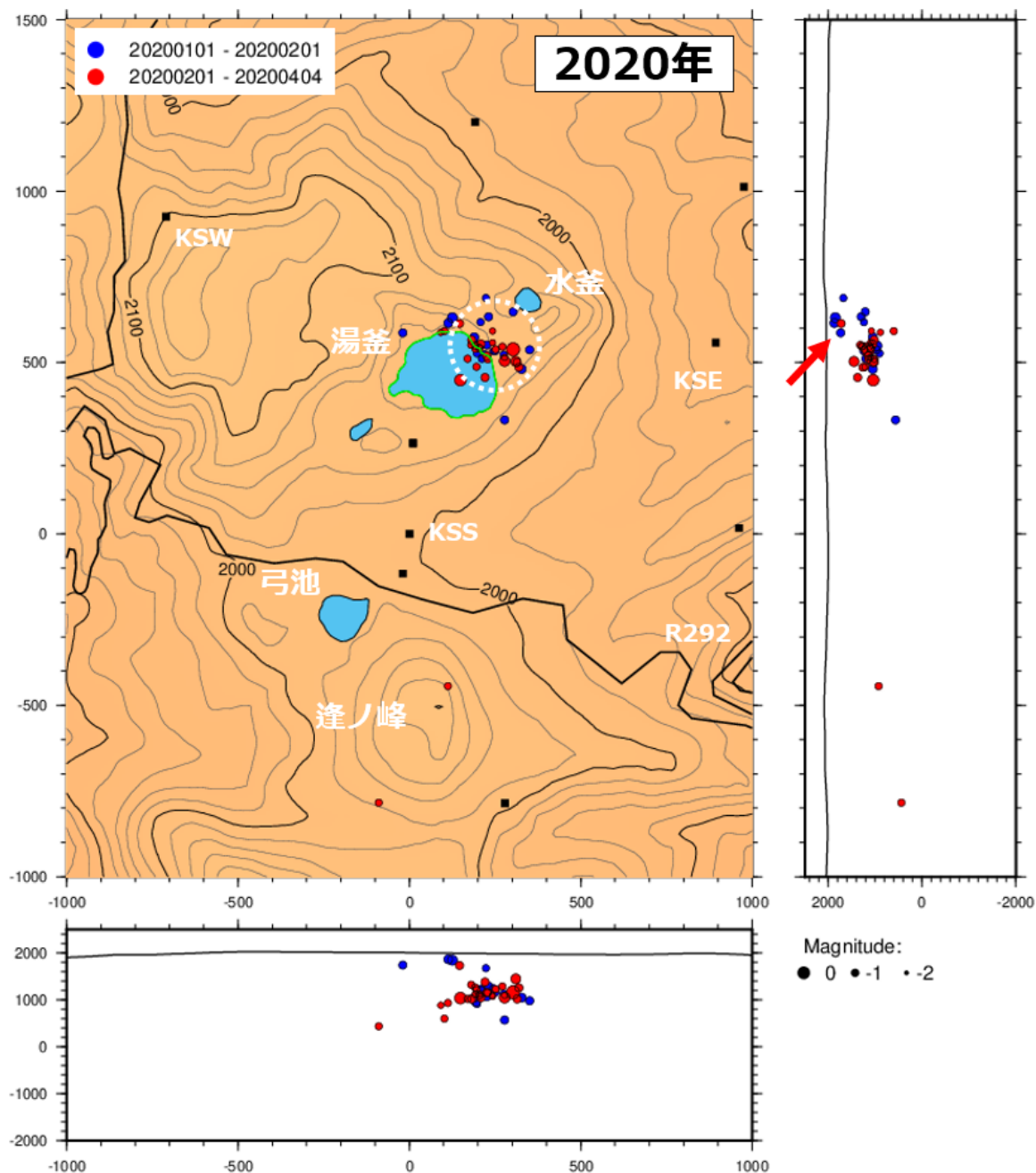


図3. 2020年1月～4月3日における震源分布。マグニチュードは1.6以上のみ表示。速度構造は桑原（2017）の水平層構造を仮定。東工大観測点においてP波4か所、S波2か所以上で検測できたもの。

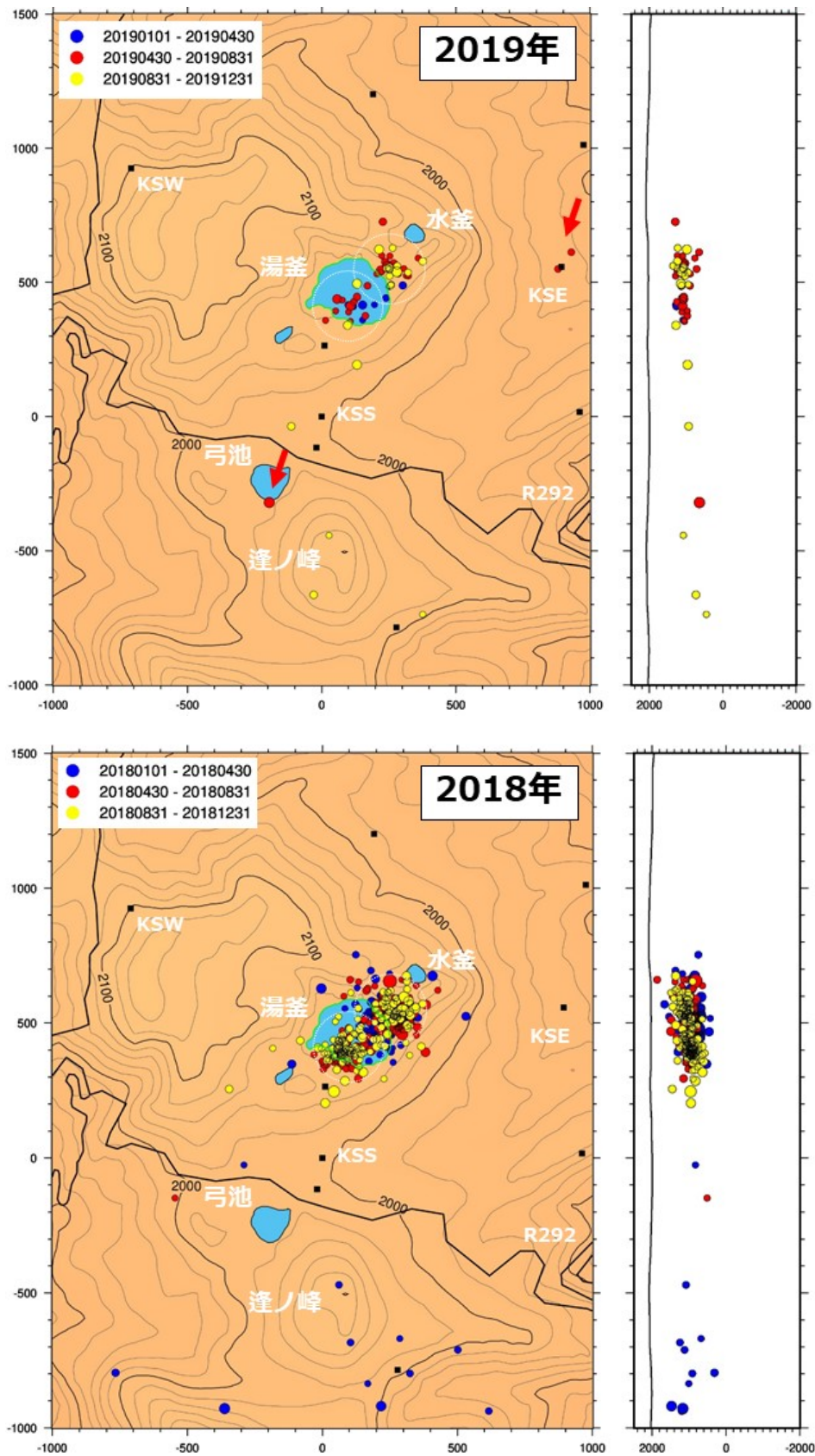


図4. (上) 2018年, および (下) 2018年の震源分布 (前回第145回資料の再掲). 定常的な活動が認められない弓池付近で2019/5/11に $M=0.2$, 2019/5/6には湯釜東KSE観測点直下で $M=-0.8$ の地震が2回発生した (2019年震源分布図の赤矢印).

草津白根山

湯釜火口湖の熱活動

2014-2016年の浅部膨張期に認められた水温上昇，すなわち湖底熱活動の活発化は，2017年以降は検出されていない。2017年以降，湯釜火口湖水温および湖放熱量は平年値付近で推移している。

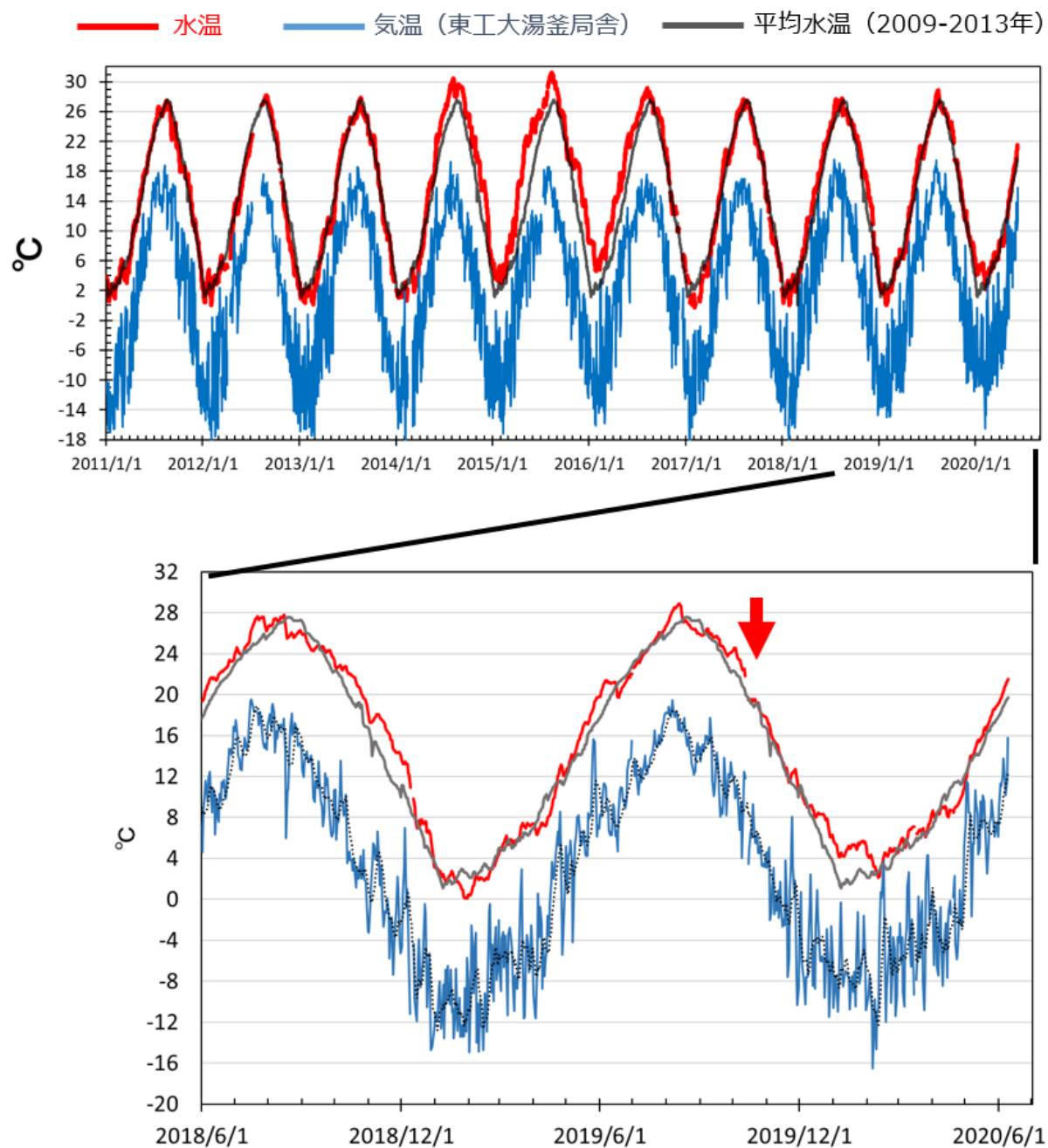


図5. 湯釜火口湖の水温。赤線：実際に観測された水温，灰色線：2009～13年に測定された毎年同一日の水温を平均し，各日付について表示したもの。青色：湯釜局舎で測定された気温。従来の水温計は台風1919号通過時（赤矢印）に障害が発生した。2019年10月15日以降は，2016年にはほぼ同一場所に設置した水温計を参照している。新センサの出力値は，旧センサと比べて平均0.3℃低い（2017年1月1日から2019年10月12日までの日平均値に基づく）。

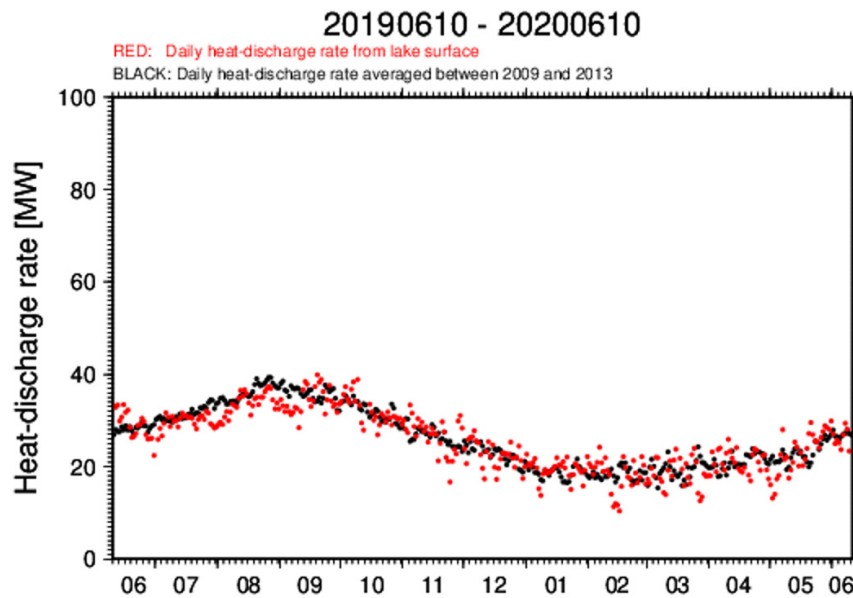


図 6. 湖面放熱量. 黒が平年値, 赤が観測に基づく計算値. 解析に使用したのは, 湯釜局舎付近の気温と湯釜南岸での水温である. 湿度, 気圧, 風速は代表的な一定値を仮定している.

2014 年 5 月以降, 湯釜水温は平年よりも数℃高い状態であったが, 2016 年 8 月以降は平年値付近で推移してきた. 放熱量も平年値前後で推移し, 2014 年～2016 年にかけて認められた放熱量の増加 (通常の 1.5 倍) は認められない.

湯釜火口湖の空撮

火山性微動もしくは低周波地震等の発生に続いて湖面が一時的に黒灰色へ変色する様子が、2018年6月下旬から7月9日前後と、2019年6月30日から7月2日にかけて観察された。その後、2020年にも同様の地震活動が発生しているが、黒灰色変色は認められなかった。

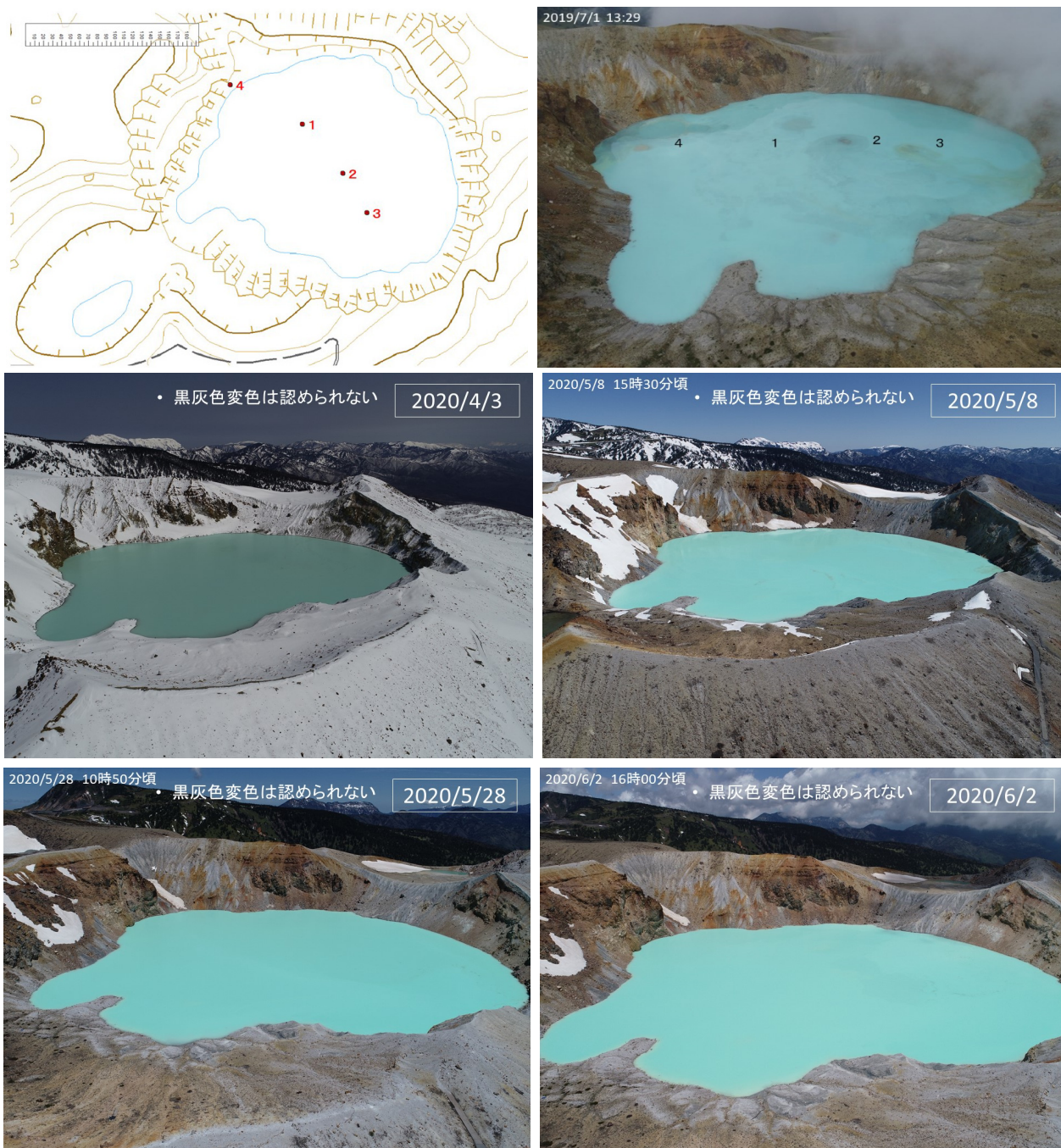
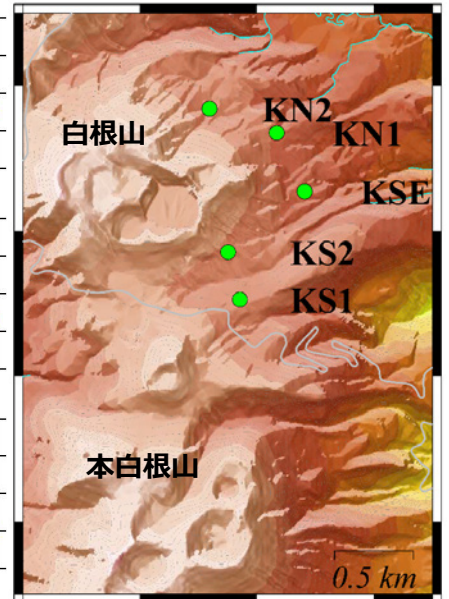
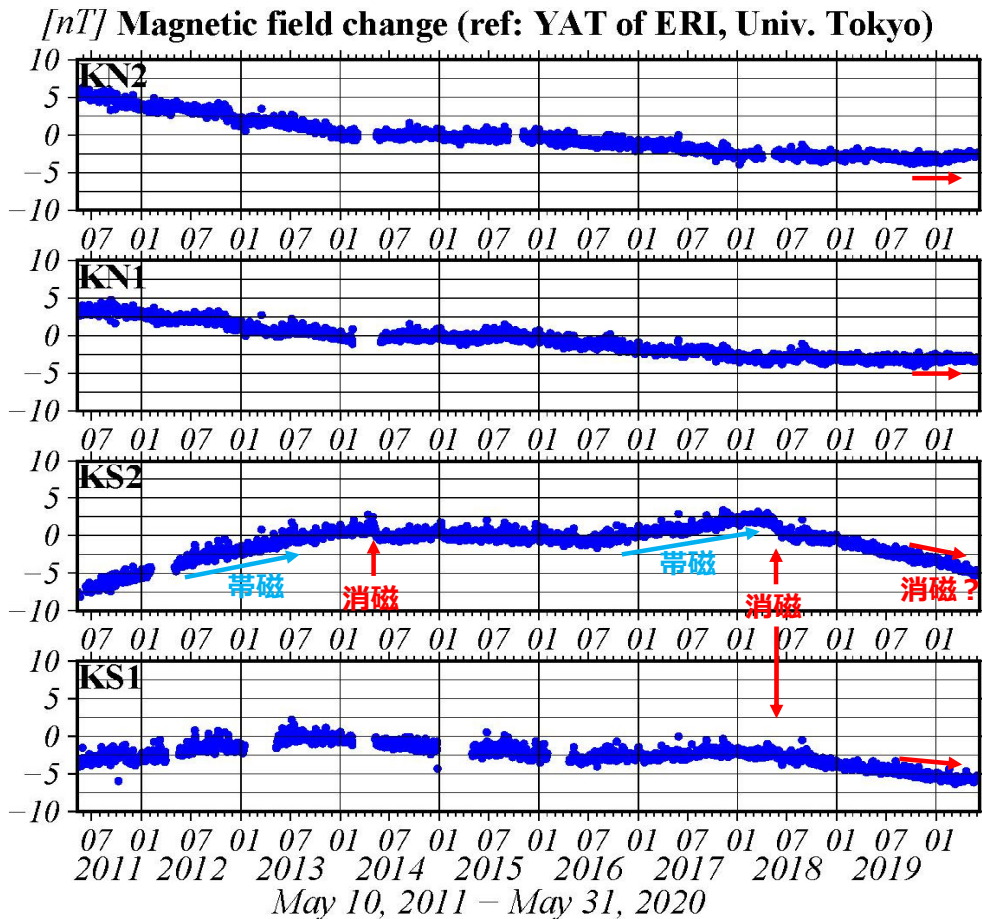


図7. ドローンから撮影した2020年の湯釜火口湖面.

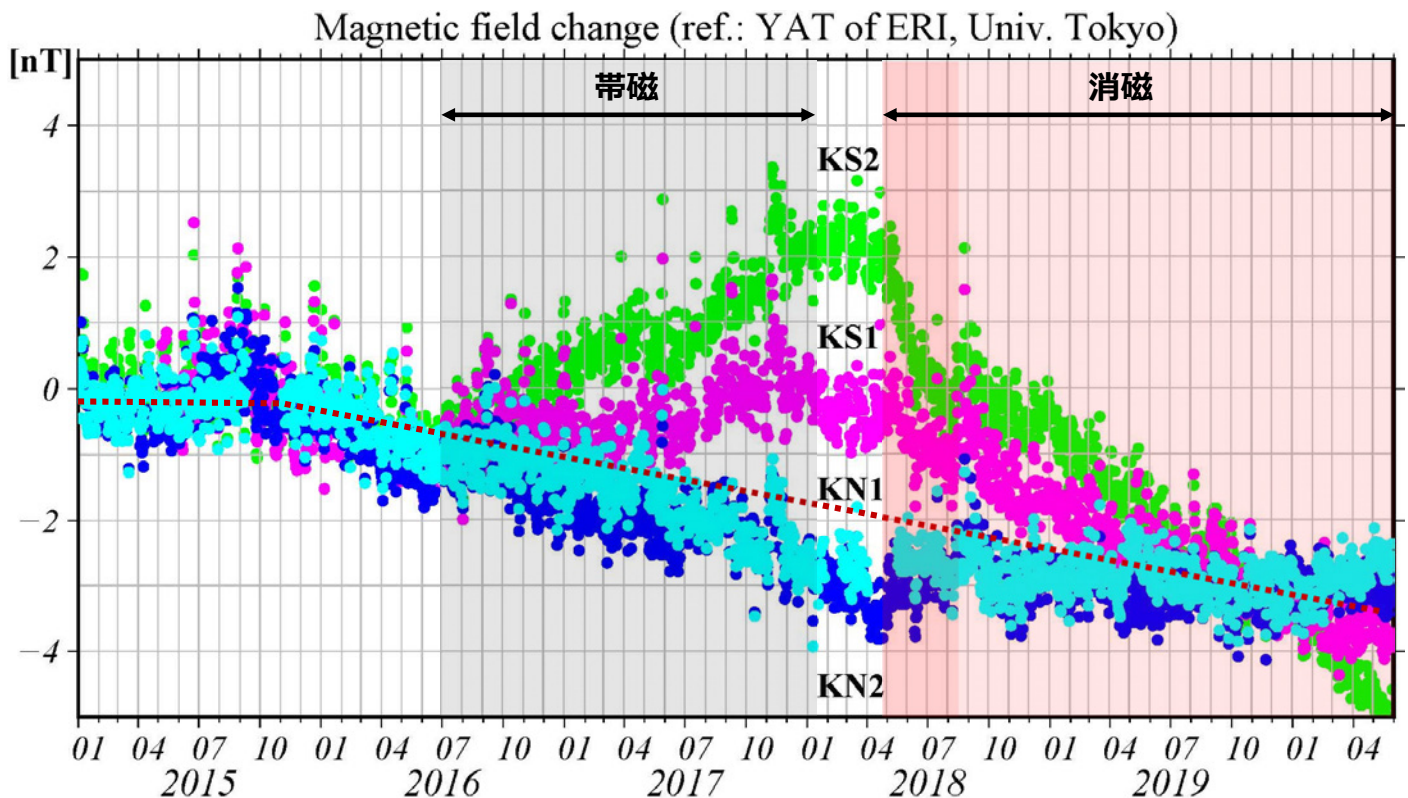
(謝辞) 撮影に用いたドローンは文部科学省次世代火山研究推進事業により整備されました。飛行は白根レストハウス周辺・等から目視内にて行い、国有林野における通年飛行について林野庁吾妻森林管理署へ届出た。

八ヶ岳に対する草津白根山周辺の地磁気変化（2011年5月～2020年4月30日）



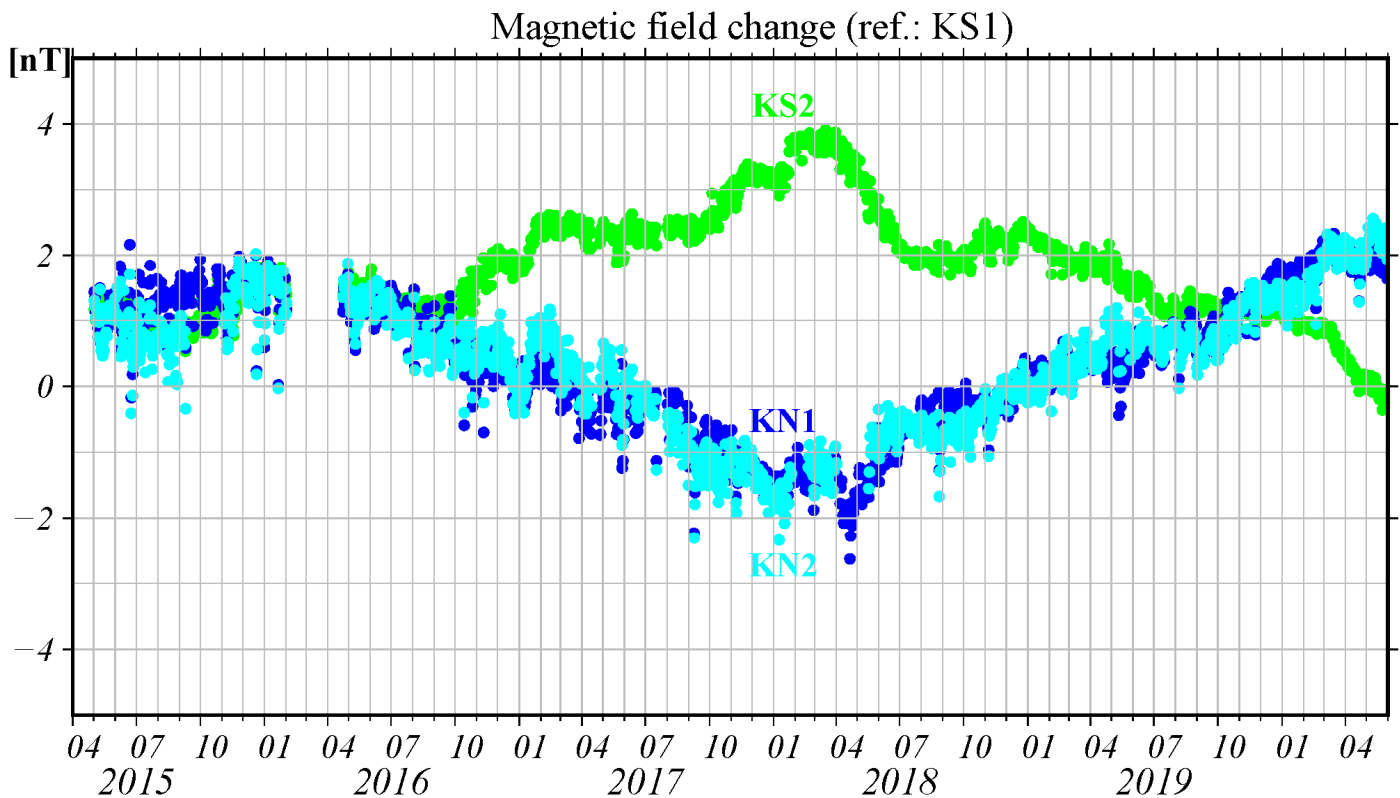
2019年1月前後から南側の観測点で減少傾向が続いている。熱消磁の際に見られる変化と同じ傾向である。

八ヶ岳に対する草津白根山周辺の地磁気変化（2015年1月～2020年5月31日）



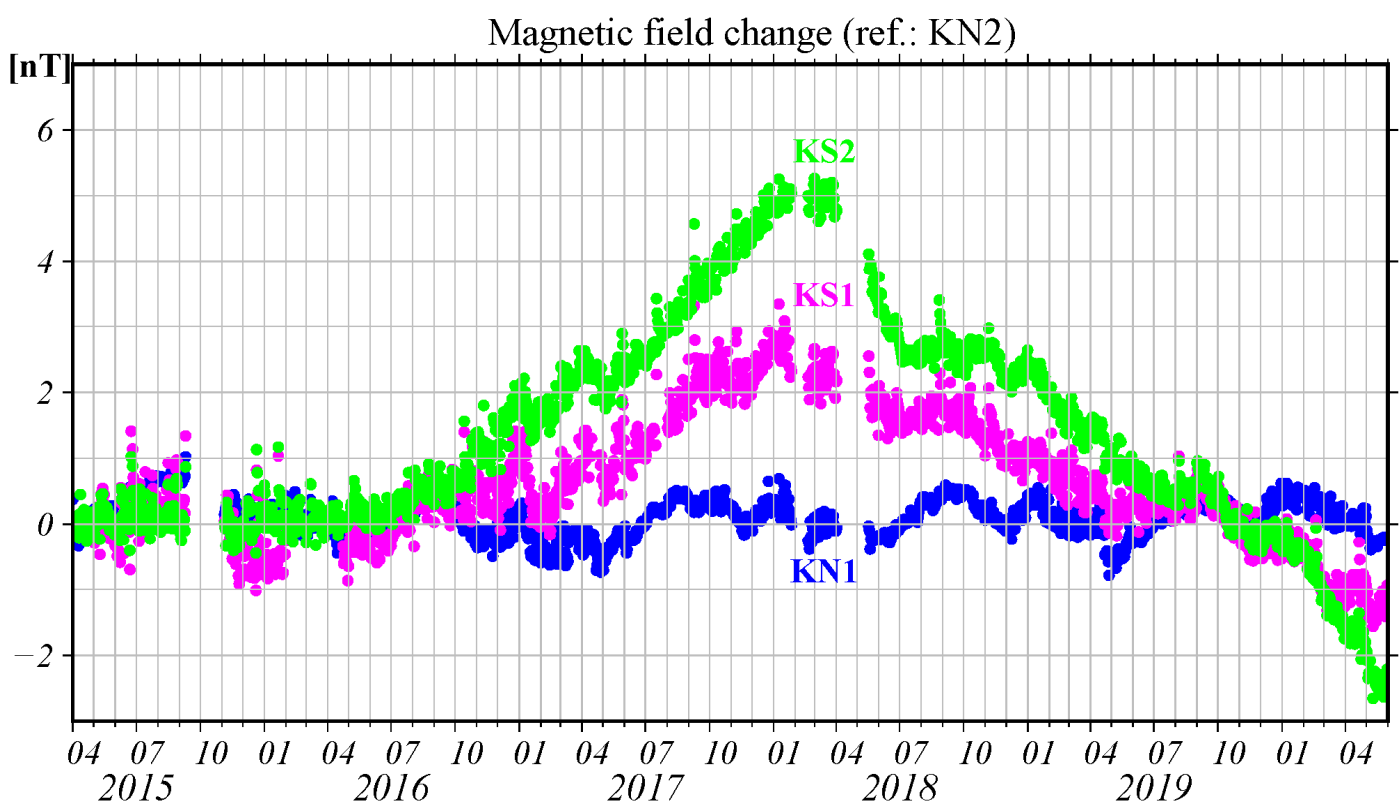
2015年秋頃から全観測点で八ヶ岳との全磁力差は減少トレンドにあり、火山起源の変動が重なっているように見える。全磁力の単純差による見掛けの変化ではなく、2018年4月以降の消磁傾向が現在も続いていると考えられる。

KS1に対する他3観測点の地磁気変化（2015年1月～2020年5月31日）



一番南にあるKS1を基準にした変動を見ると、同じ南側のKS2と北側2点の変動は2018年4月ごろを境に逆の動きをしている。KS2は2020年3月から変動速度が大きくなった。

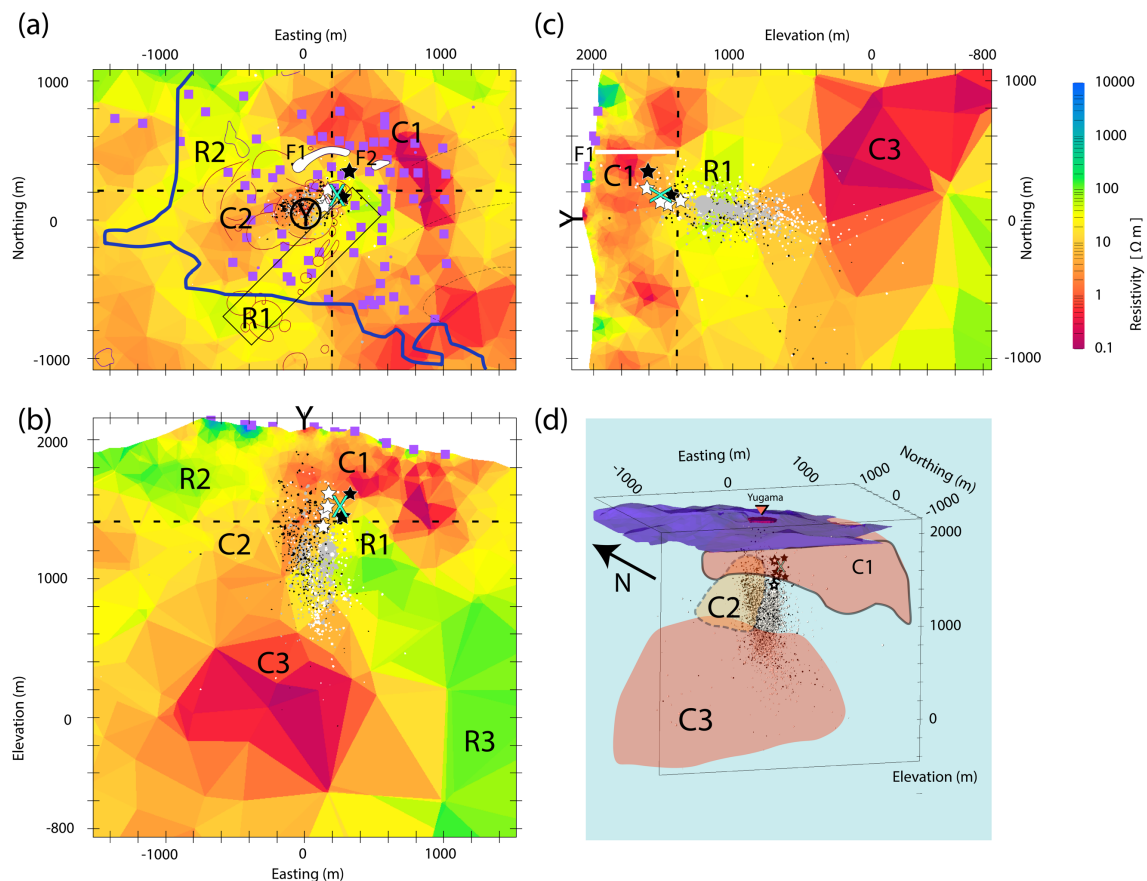
KN2に対する他3観測点の地磁気変化（2015年1月～2020年5月31日）



一番北にあるKN2を基準にした変動を見ると、南側の2点の変動は帯磁から消磁への明瞭な変化が見て取れるが、北側のKN1では、 $156 \mu\text{T}$ 以下の年周変動以外はほぼ変化していない。

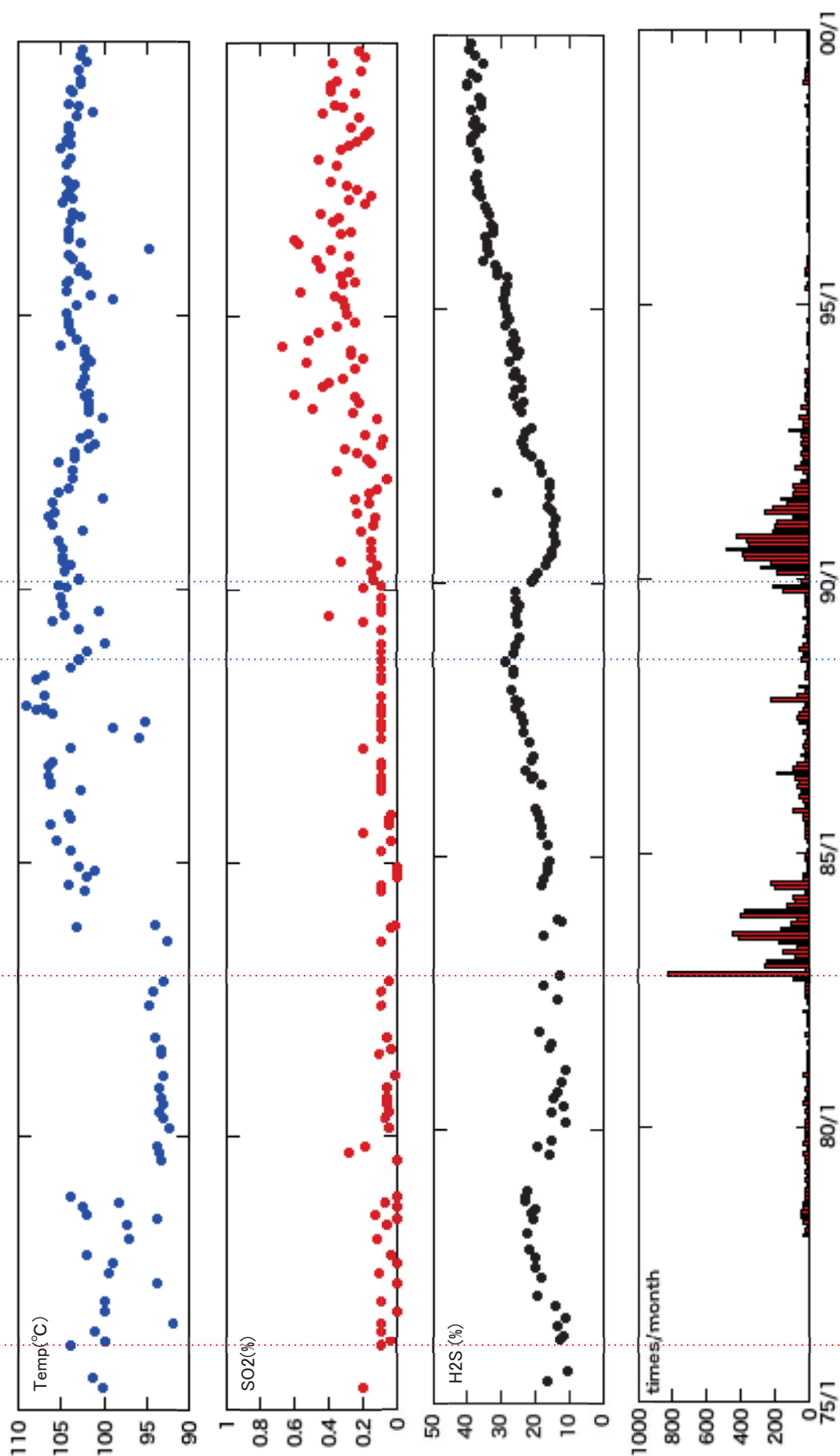
草津白根火山・湯釜付近の3次元比抵抗構造解析

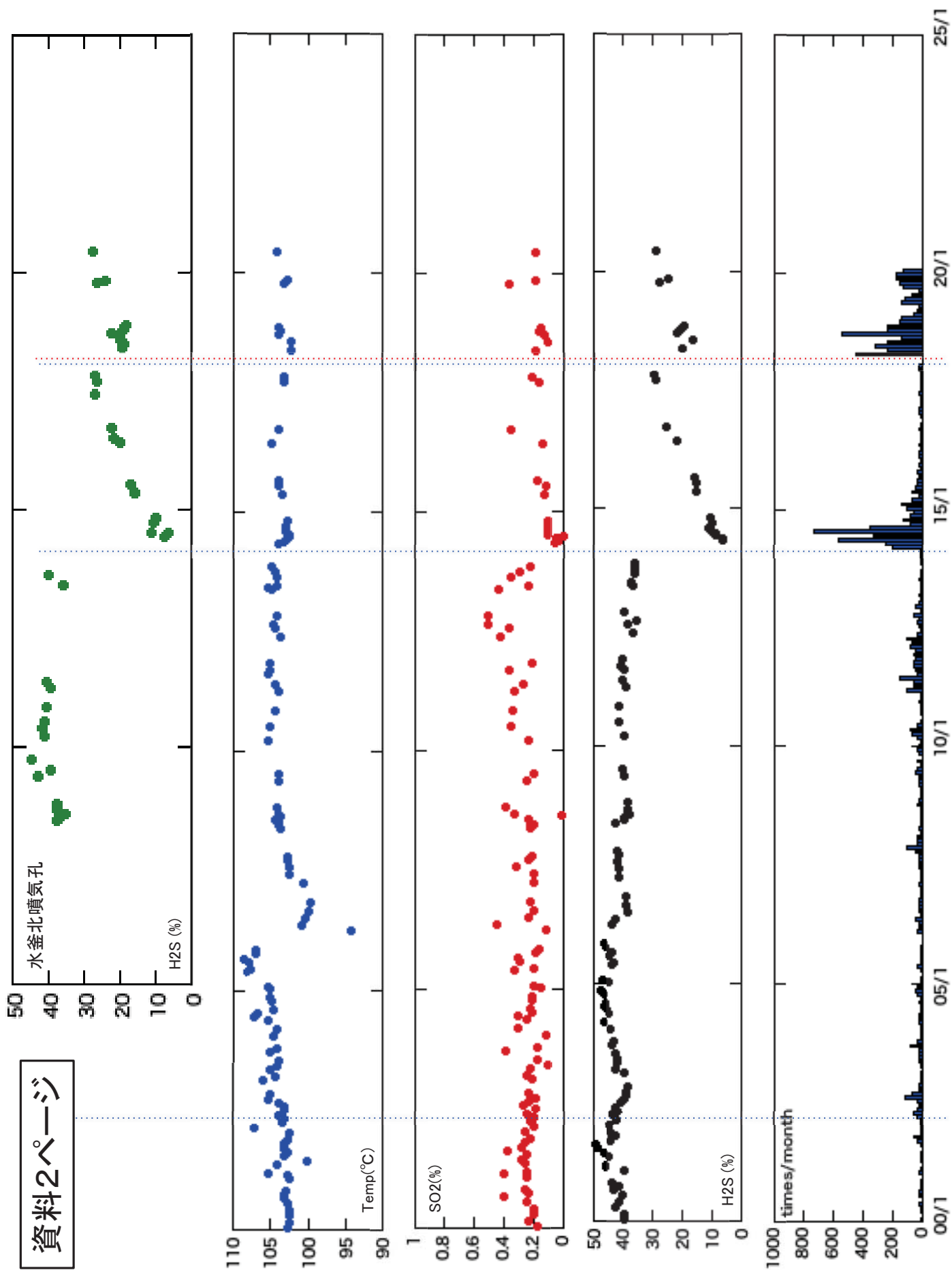
草津白根火山湯釜周辺のマグネトテルリックデータを3次元解析し以下を解明した。(1) 湯釜を中心とする粘土鉱物からなる釣鐘状の低比抵抗分布(C1)が標高1400mまで分布し、熱水系のキャップとなっている構造、(2) 湯釜西方標高1000m~1400mにある鉛直状の流体の経路を示す低比抵抗体(C2)(3)標高1400mより深部に湯釜直下から北西に分布する超臨界高塩濃度水による低比抵抗分布(C3)を明らかにした。C3からepisodicに放出される高温流体が火山性地震を誘発し、粘土キャップ(C1)の直下に上昇することによって地殻変動や地磁気変動の原因となると考えられる。

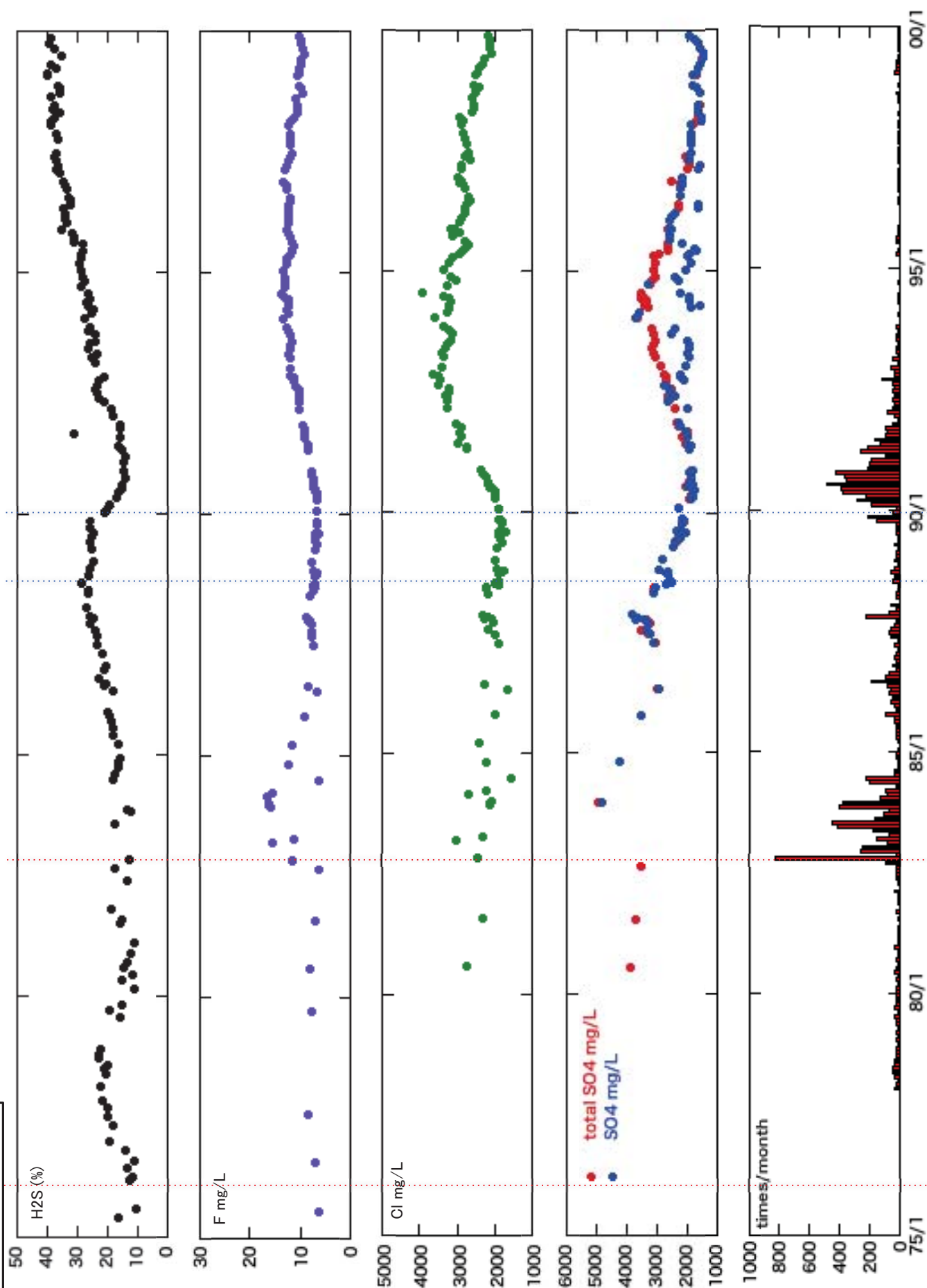


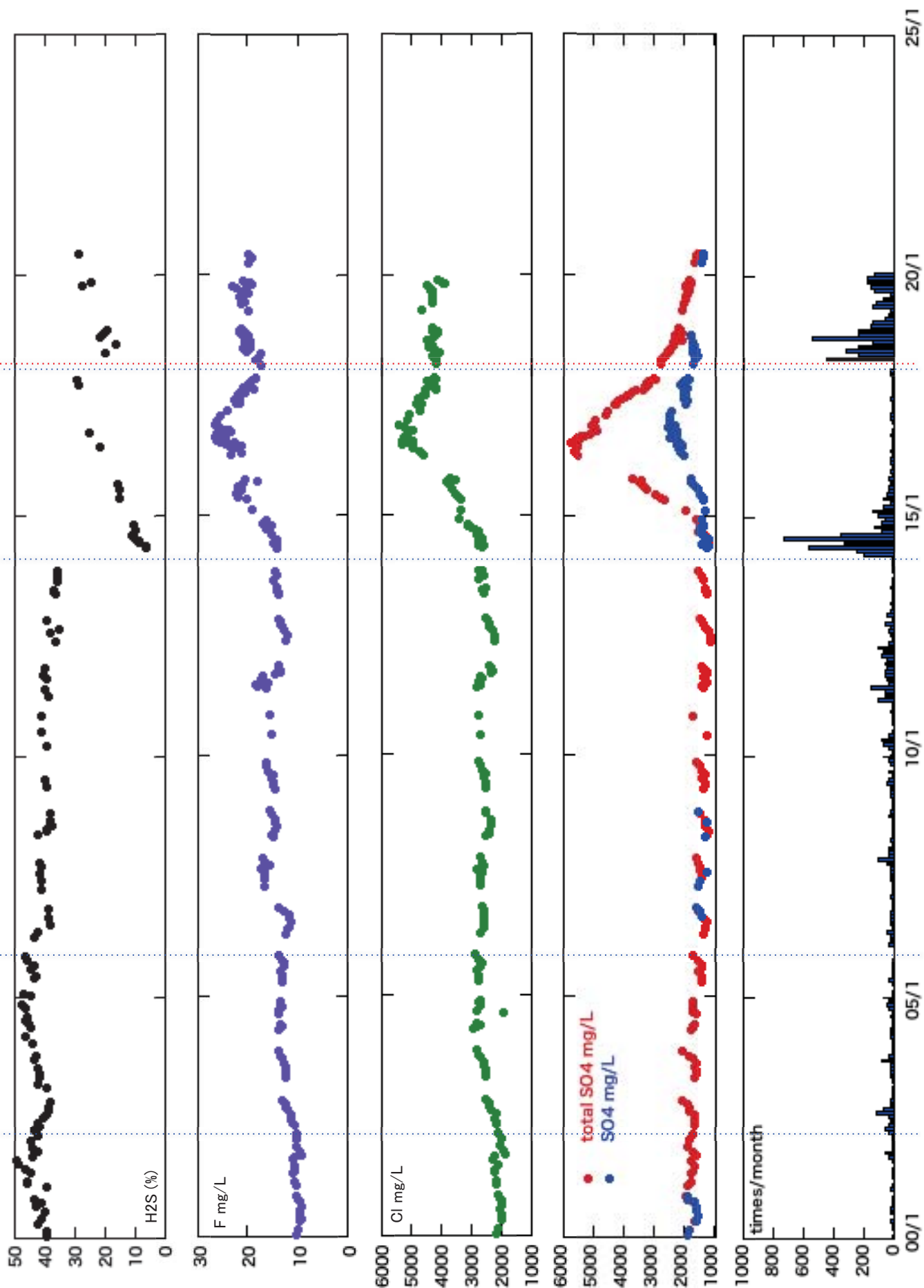
標高1400mの比抵抗断面(a)。湯釜の東西(b)南北(c)断面。3次元表示(d)。点は震源(灰2001年11月-2014年2月:黒2014年3月-5月:白2014年6月-2019年2月)。Xは2014年の膨張圧力源。白星黒星は帯磁・消磁ダイポール位置(Takahashi & Fujii, 2014)

資料1 ページ



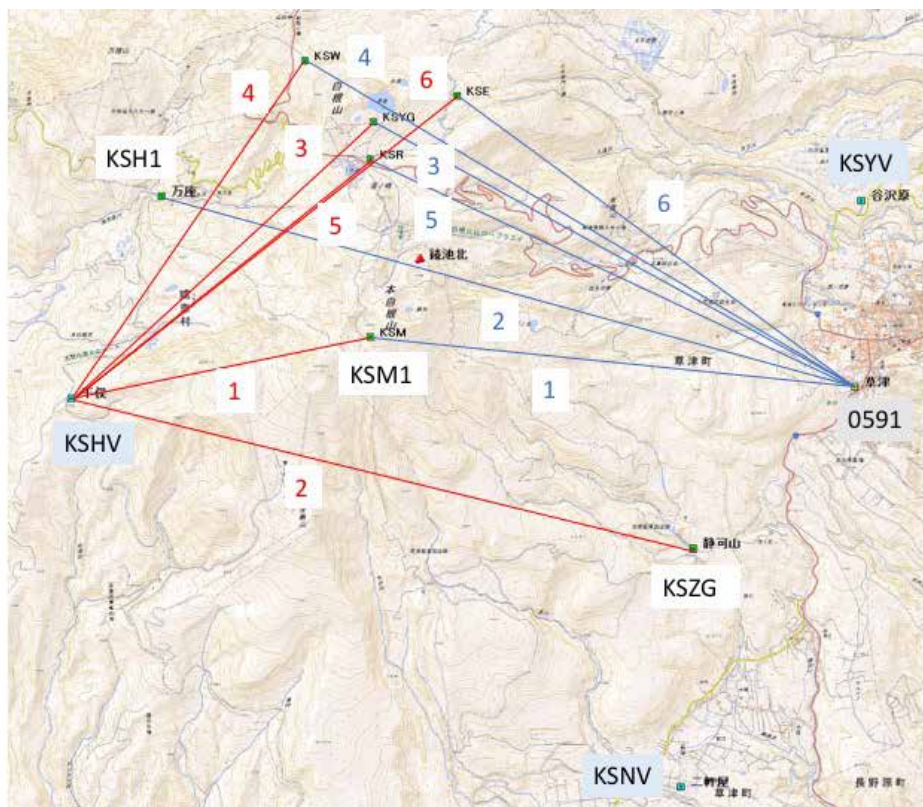






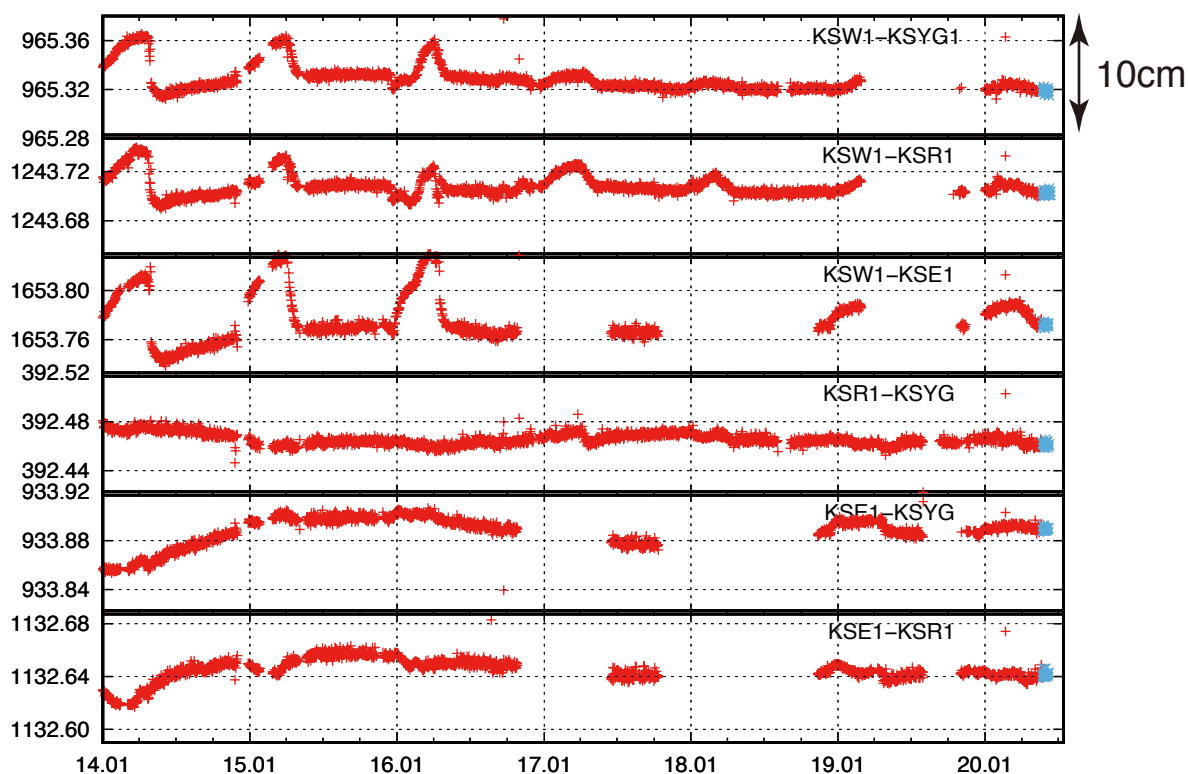
草津白根山および周辺域におけるGNSS観測

本期間、火山活動にともなう地殻変動は検出されていない

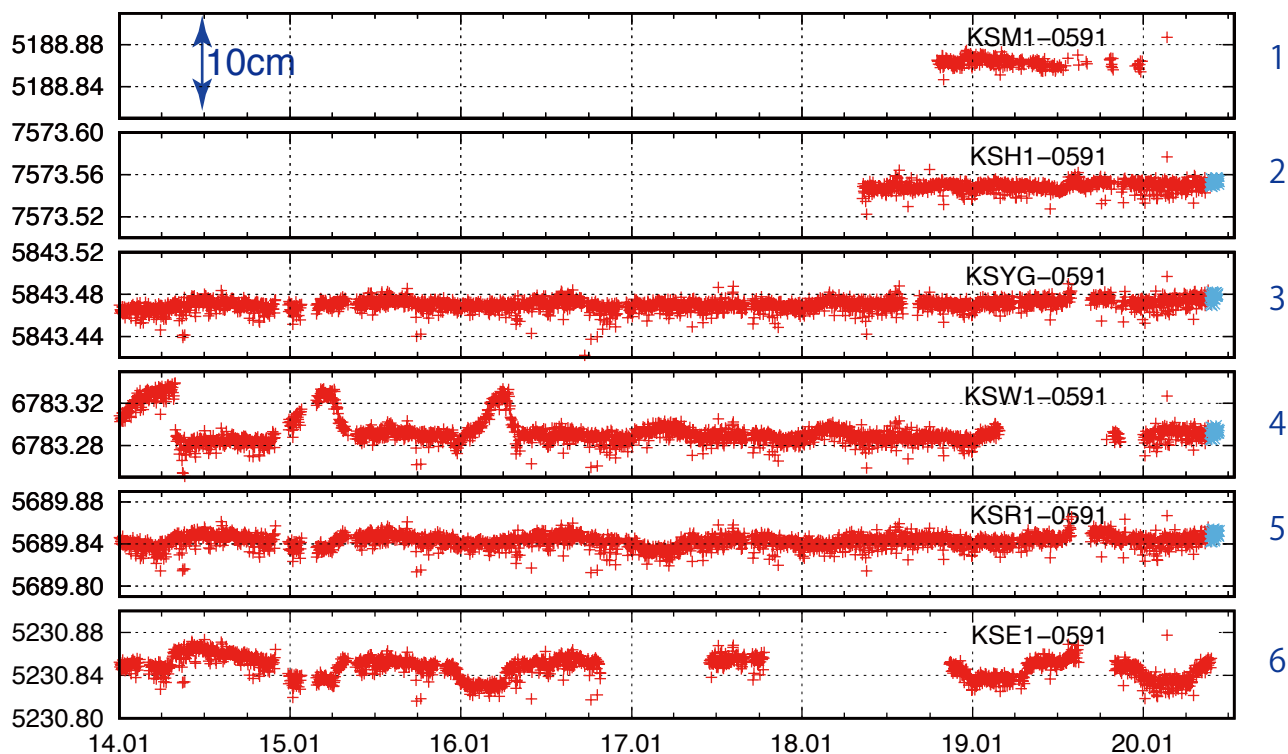


GNSS 連続観測点、基線の分布

国土地理院地形図およびカシミール3Dを用いて作図

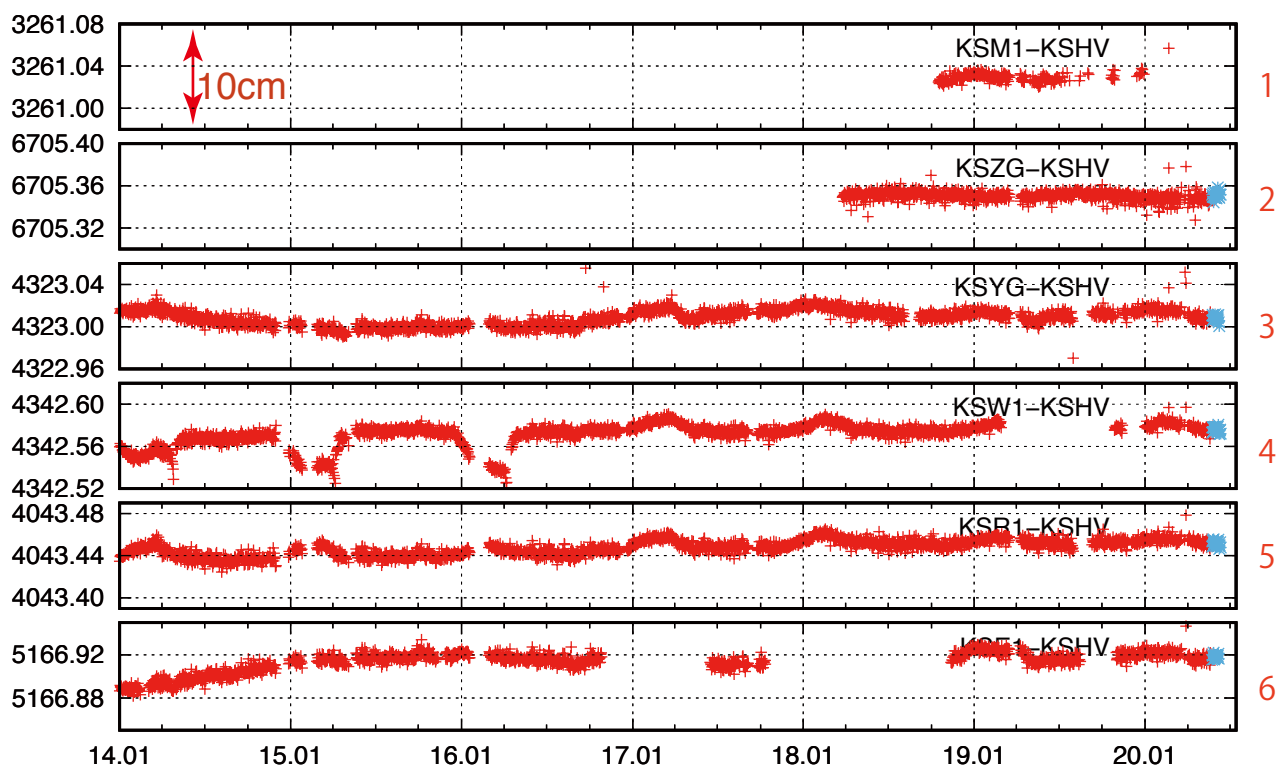


湯釜近傍観測点間の基線長変化 (2014.1.1~2020.6.12)



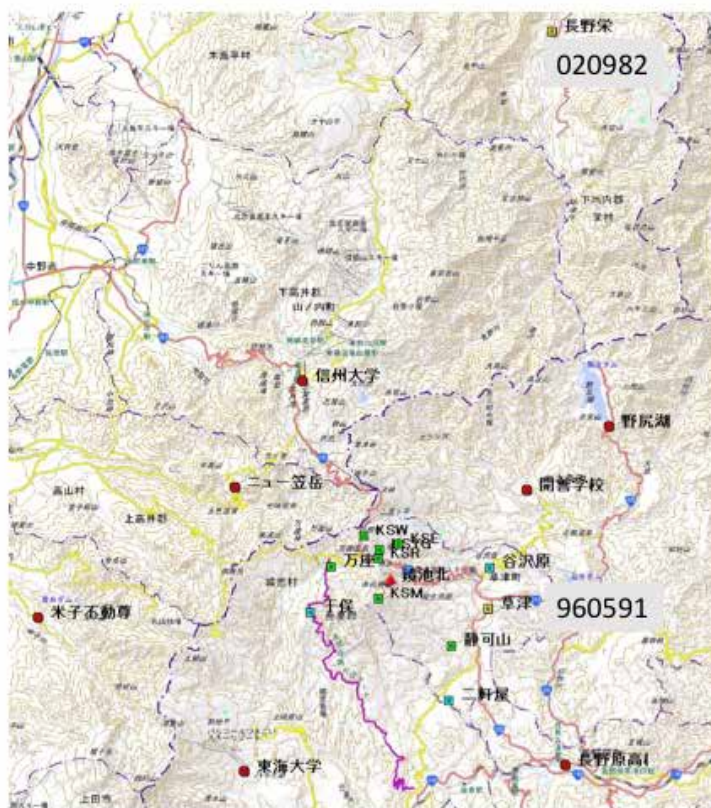
国土地理院・草津 (960591) に対する基線長変化 (2014.1.1~2020.6.12)

GEONET データを利用した

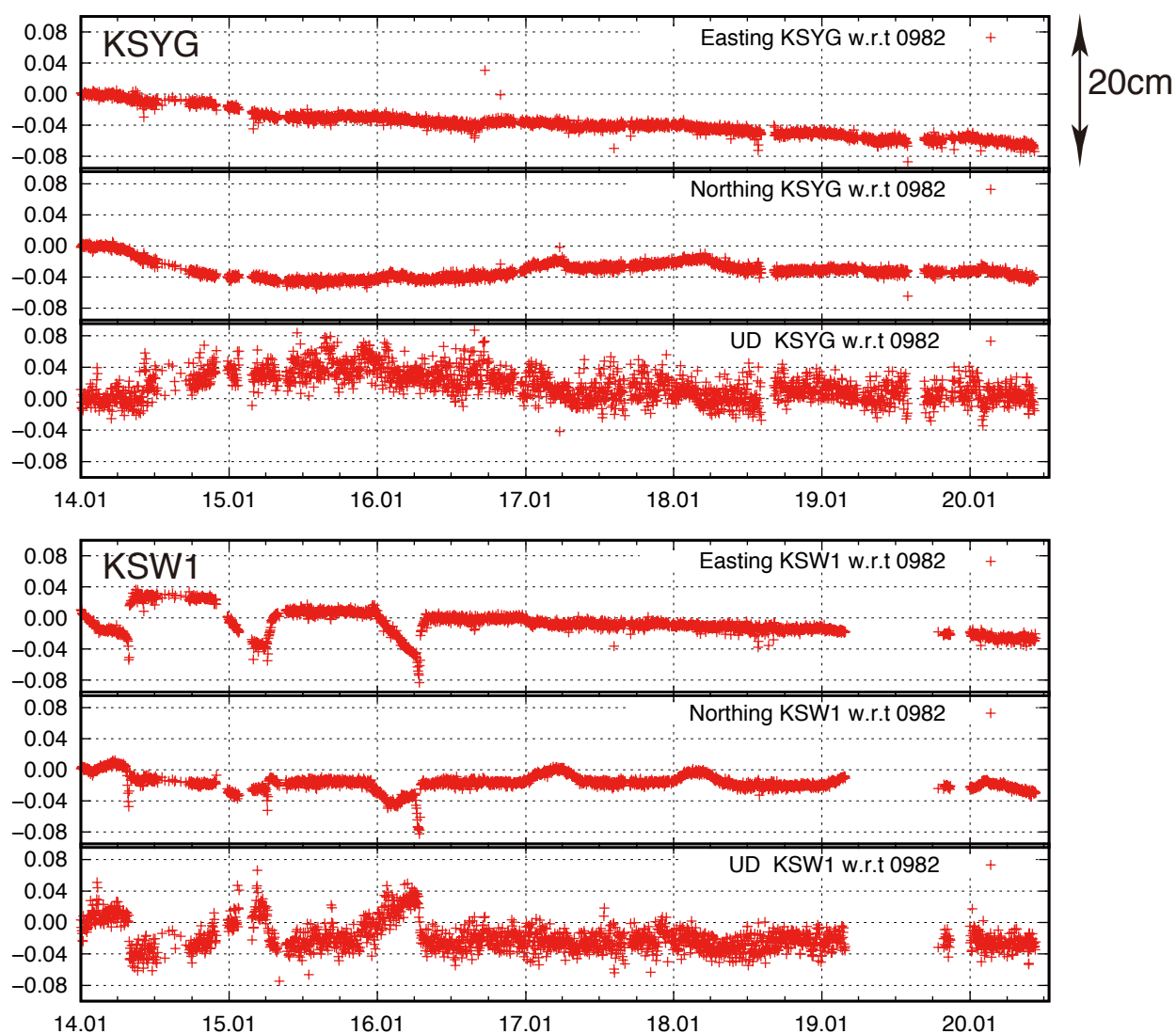


防災科技研・干俣 (KSHV) に対する基線長変化 (2014.1.1~2020.6.12)

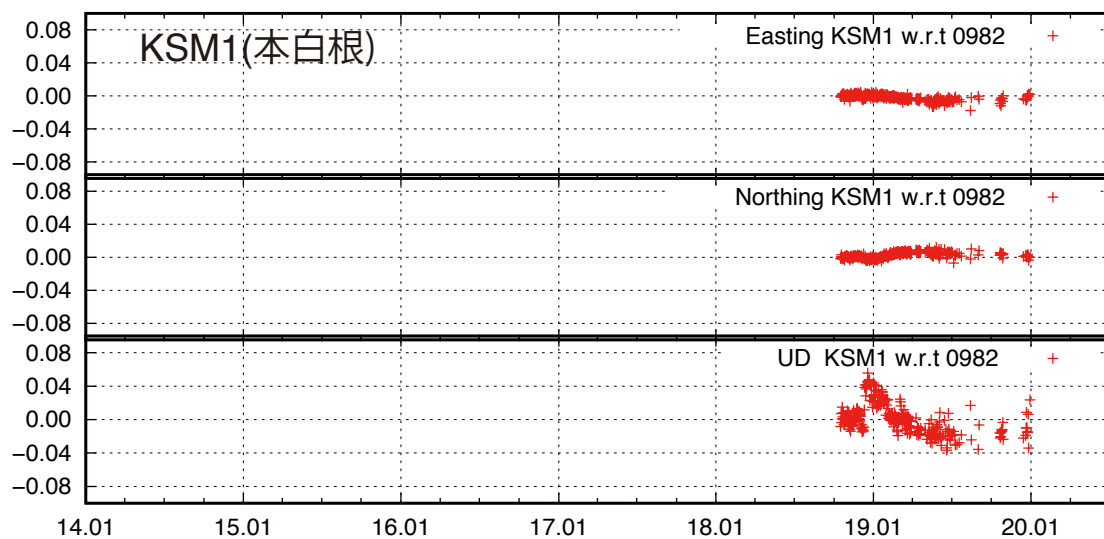
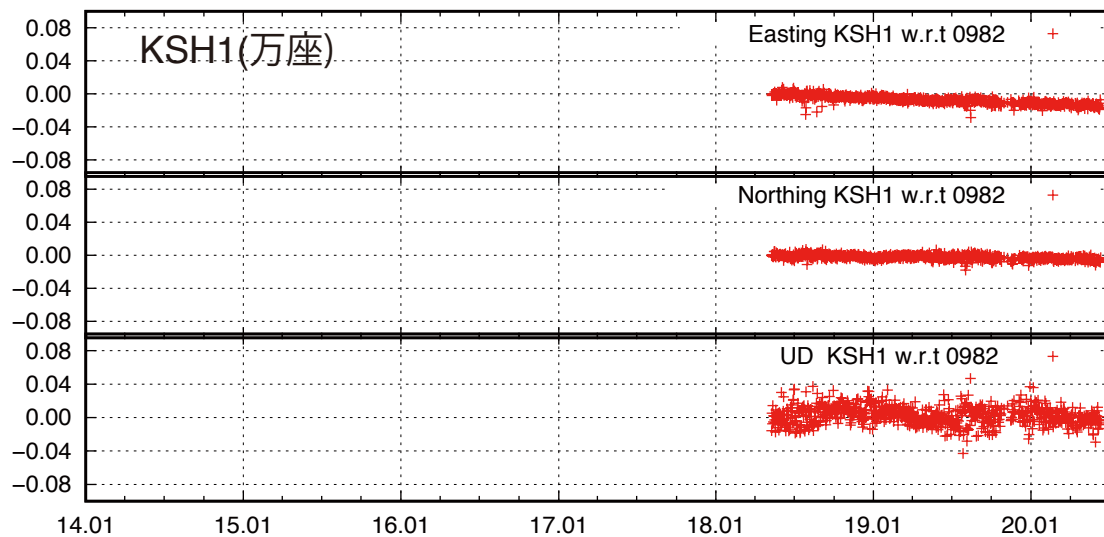
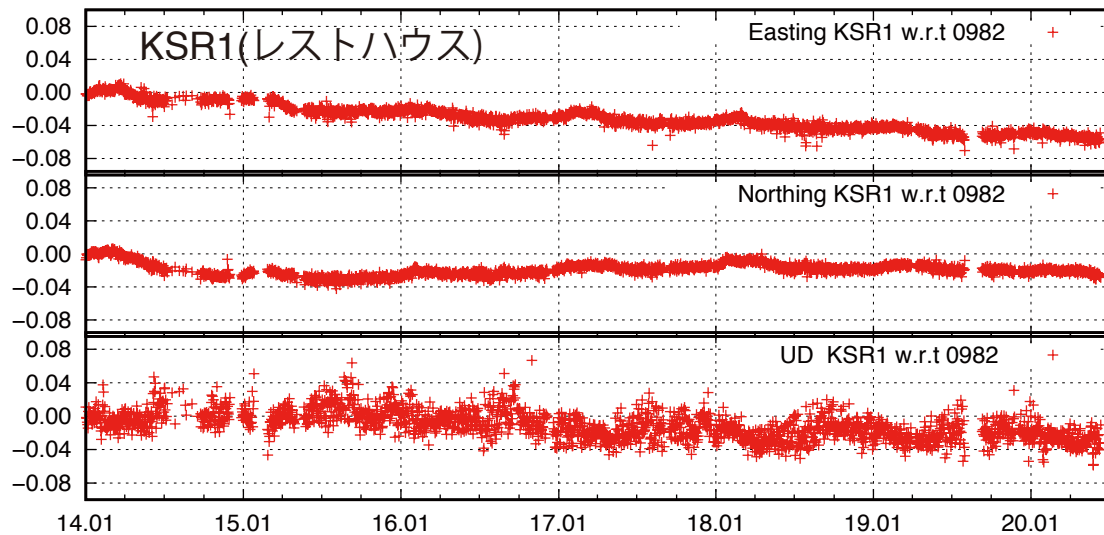
V-NET データを利用した



国土地理院地形図およびカシミール3Dを用いて作図

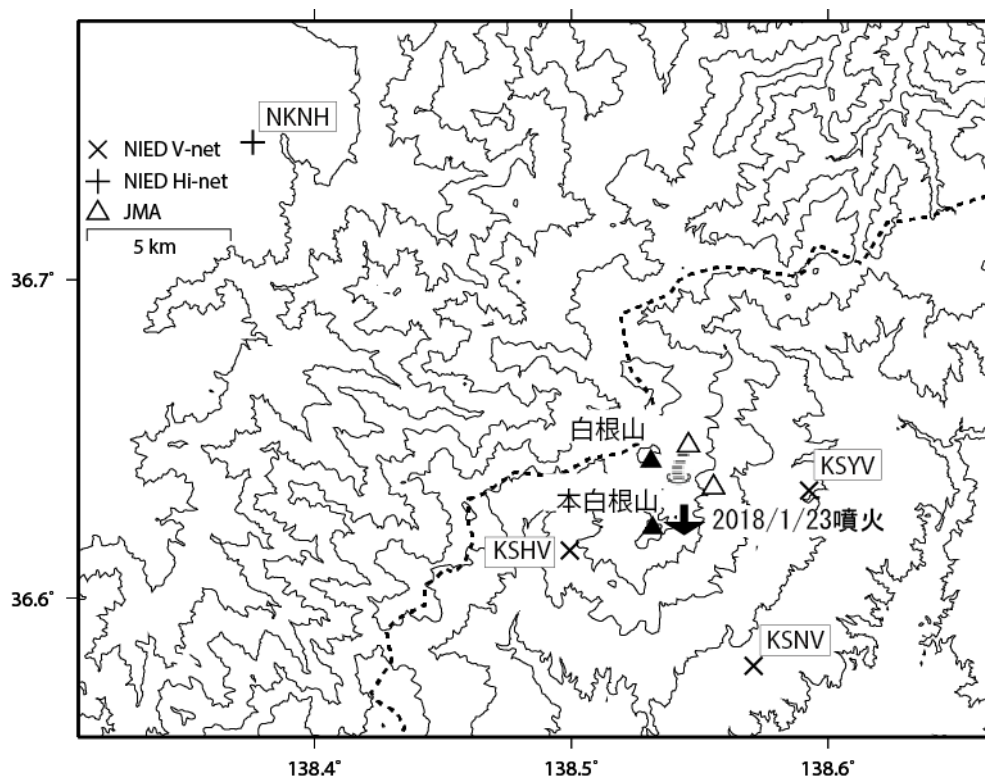


草津白根山



国土地理院・長野栄 (020982) を基準とした相対変位
(2014.1.1~2020.5.26) GEONET データを利用した

草津白根山の火山活動について



この地図の作成にあたっては、国土地理院発行の
数値地図 50mメッシュ（標高）を使用した。

KSHV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS

KSNV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS

KSYV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS

資料概要

○ 地殻変動

図1は傾斜計設置以降の変動記録、図2はGNSSの解析結果である。KSHVに2017年ごろから西下がりの傾斜変動がみられるが、火山活動との関連は不明である。

草津白根山の傾斜変動 (2012/4/1~2020/5/15)

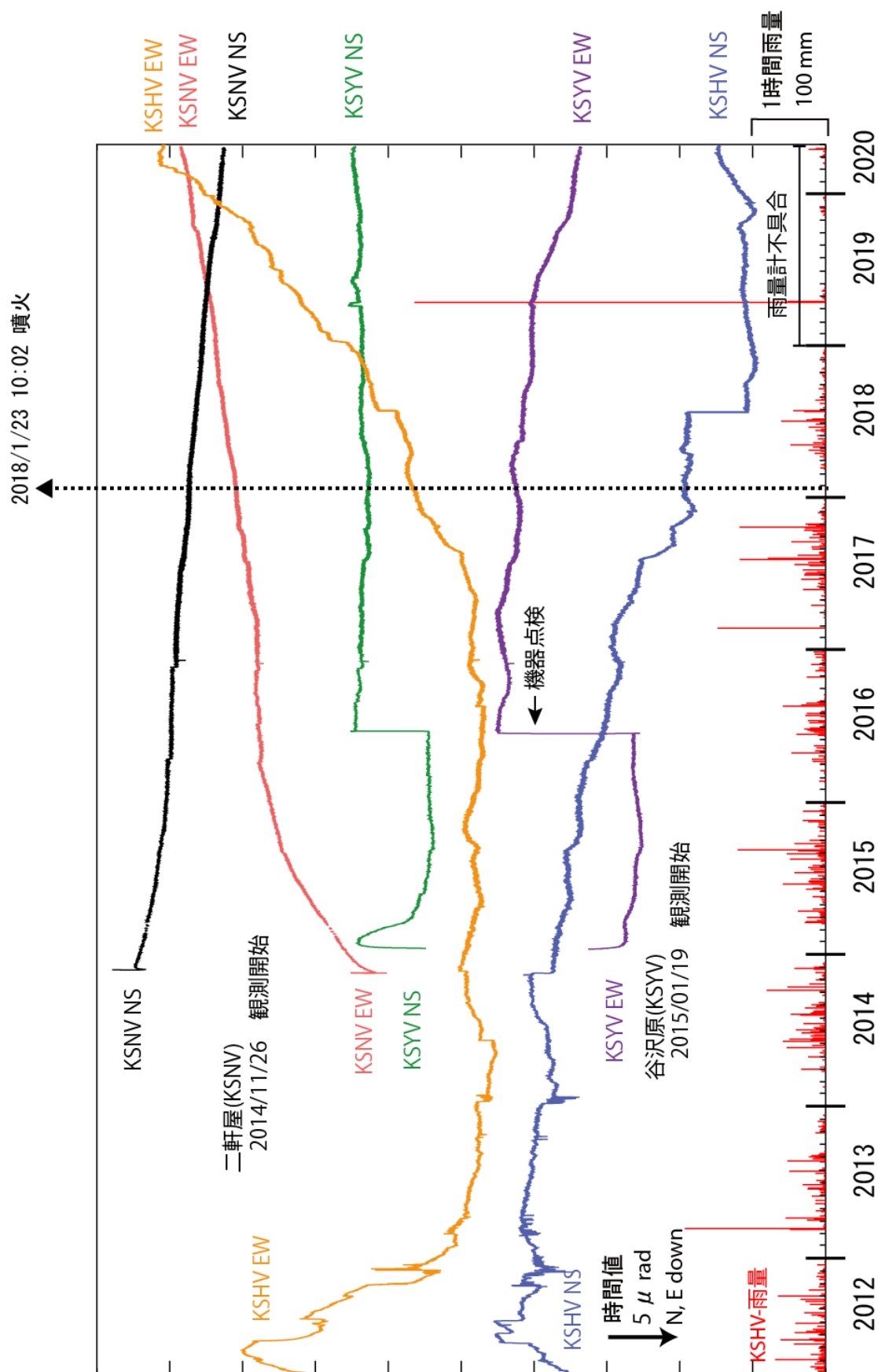


図1 草津白根山の傾斜変動

草津白根山

防災科学技術研究所 GNSS 観測点及び国土地理院 GEONET で得られた、
2019 年 5 月 1 日－2020 年 4 月 30 日の地殻変動【長野栄(0982)固定】

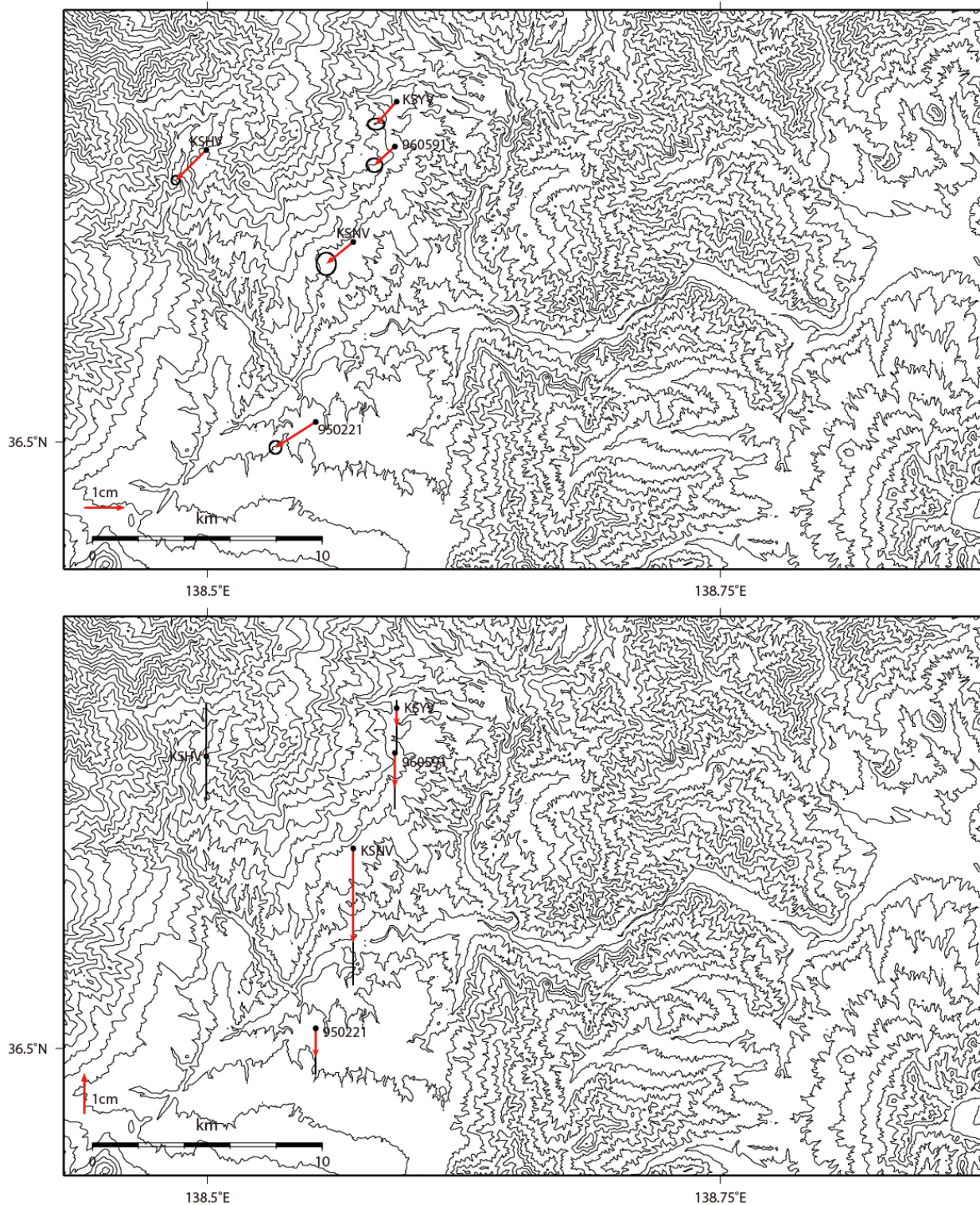


図2 草津白根山周辺 V-net 及び国土地理院 GEONET 観測点における GNSS 解析結果
(上段：水平成分、下段：上下成分)

2018/1/23 10:02 噴火

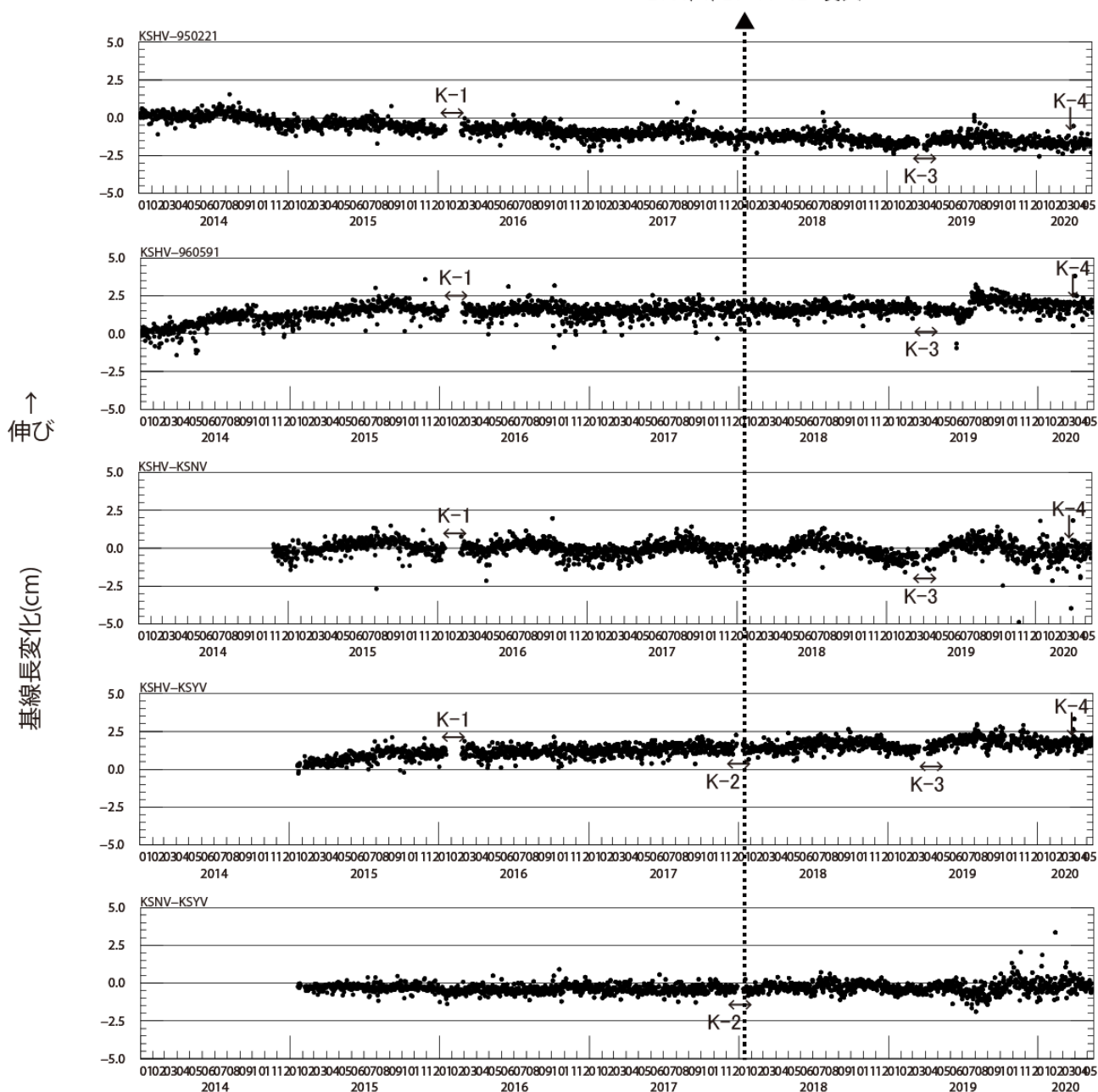


図3 防災科研3観測点と、KSHV-GEONET草津観測点(0591)、KSHV-GEONET孺恋観測点(0221)の基線長変化(2014/1/1~2020/5/15)

表1 GNSS観測履歴

観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容
	草津白根山干俣 (KSHV)		2012/3/26	2周波観測開始
		K-1	2016/1/20~2/13	機器異常による欠測
		K-3	2019/3/20-4/7	機器異常による欠測
		K-4	2020/03/20-3/25	サーバ更新に伴う欠測
	草津白根山二軒屋 (KSNV)		2014/11/25	2周波観測開始
			2015/1/15~ 2015/4/17	通信回線不調
	草津白根山谷沢原 (KSYV)		2015/1/19	2周波観測開始
		K-2	2017/12/29~ 2018/1/12	機器異常による欠測

草津白根山周辺の地殻変動 Crustal Deformations around Kusatsu-Shiranesan Volcano

国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

第1図から第4図は、草津白根山周辺のGNSS観測結果である。

第1図上段に基線の配置を、下段に各観測点の保守履歴を示した。

第2図は、第1図に示した基線の基線長変化グラフであり、左列は最近約5年間（2015年5月～2020年6月）の時系列、右列は最近約1年間（2019年5月～2020年6月）の時系列である。第3図は、第2図と同じ基線、期間の比高変化グラフである。

第4図は、草津白根山周辺の電子基準点、気象庁のGNSS観測点の統合解析から得られた水平変動ベクトル図であり、「中之条」を固定局としている。第4図上段に最近3か月間（2020年2月～2020年5月）を、下段に最近1年間（2019年5月～2020年5月）を示した。

GNSS観測結果からは、顕著な地殻変動は観測されていない。

第5図は、「だいち2号」のSAR干渉解析結果である。ノイズレベルを超える変動は見られない。

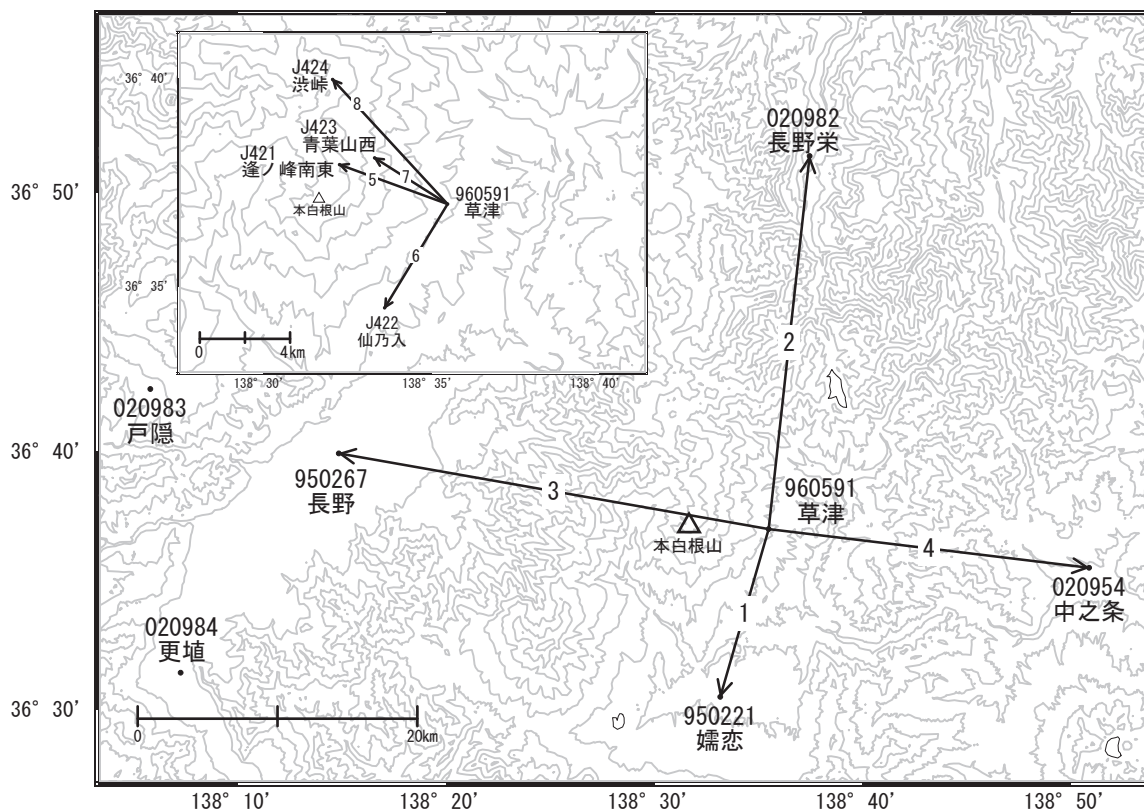
謝辞

ここで使用した「だいち2号」の原初データの所有権は、JAXAにあります。これらのデータは、「だいち2号」に関する国土地理院とJAXAの間の協定に基づき提供されました。

草津白根山

顕著な地殻変動は観測されていません。

草津白根山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



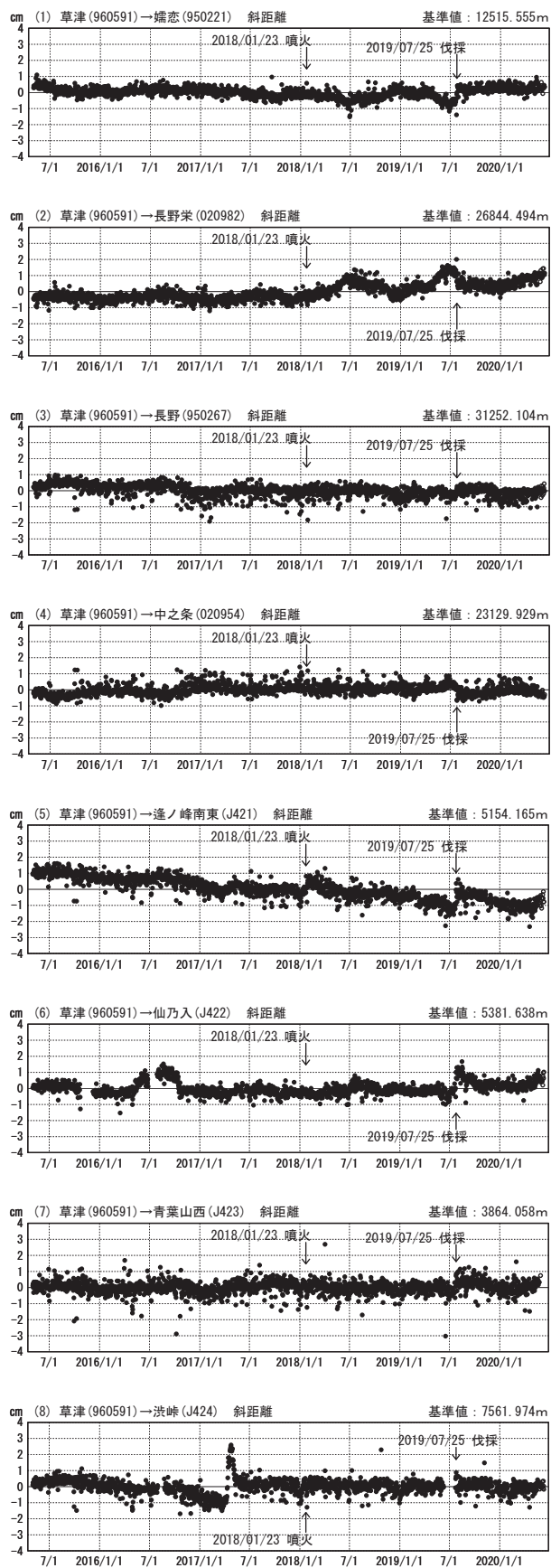
草津白根山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
960591	草津	20150617	受信機交換
		20190725	伐採
020982	長野栄	20191018	受信機交換
950221	嬬恋	20191025	受信機交換

第1図 草津白根山周辺のGNSS連続観測基線図（上段）と観測局の保守履歴（下段）

基線変化グラフ（長期）

期間：2015/05/01～2020/06/09 JST

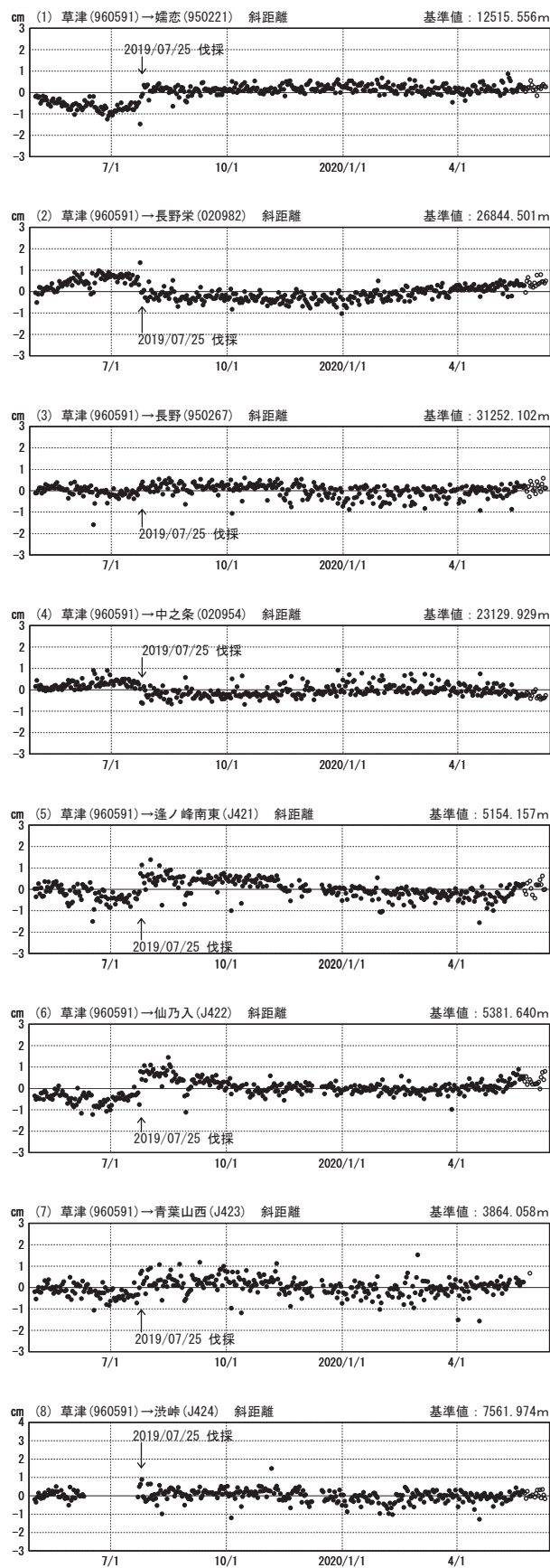


●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

※[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

基線変化グラフ（短期）

期間：2019/05/01～2020/06/09 JST



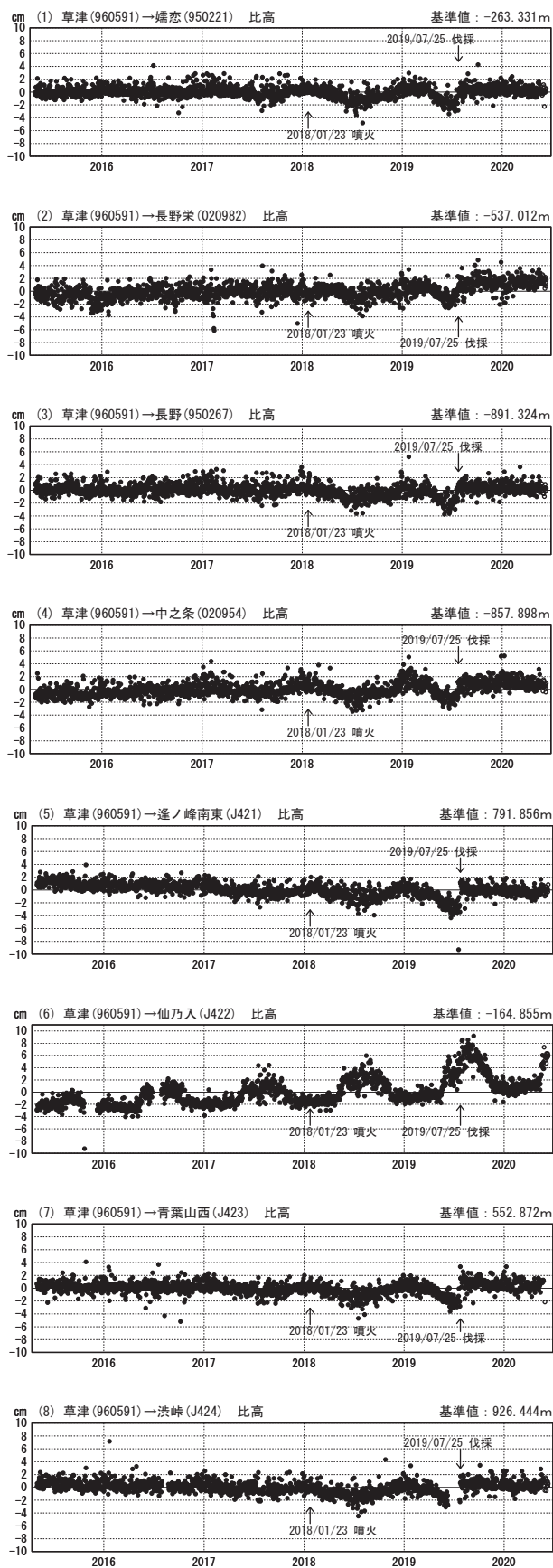
国土地理院・気象庁

第2図 草津白根山周辺のGNSS連続観測による基線長変化グラフ
(左列：2015年5月～2020年6月、右列：2019年5月～2020年6月)

草津白根山

比高変化グラフ（長期）

期間：2015/05/01～2020/06/09 JST

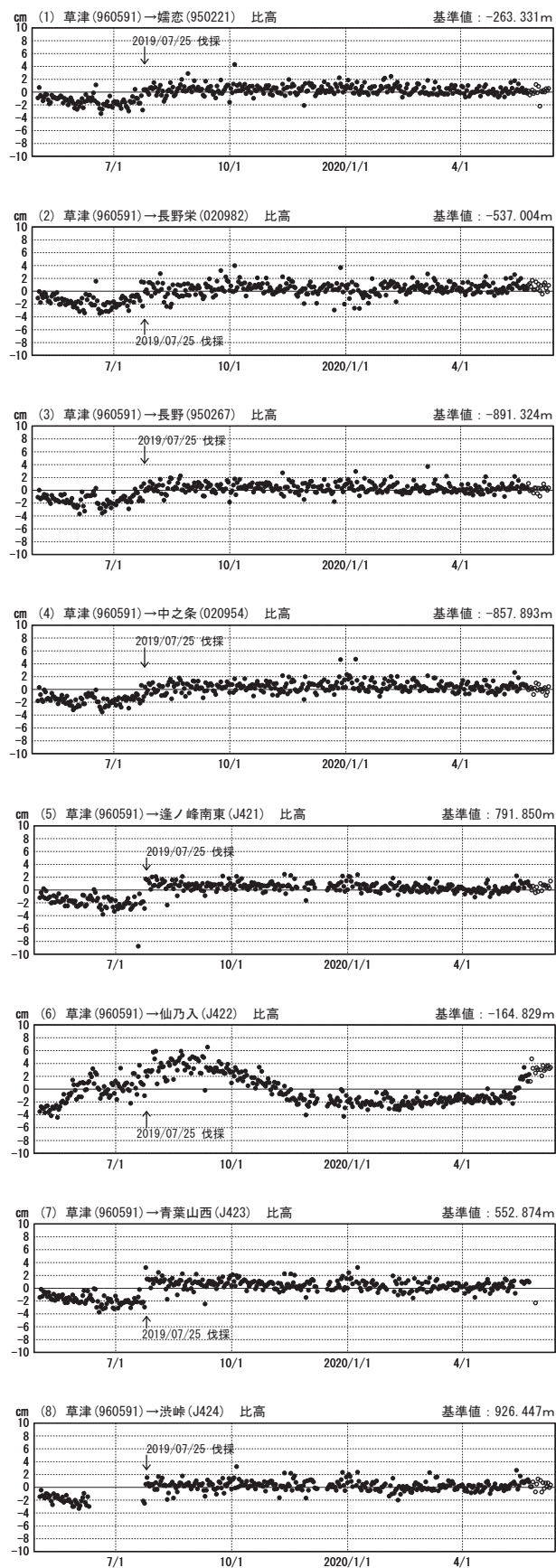


●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

※[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

比高変化グラフ（短期）

期間：2019/05/01～2020/06/09 JST



国土地理院・気象庁

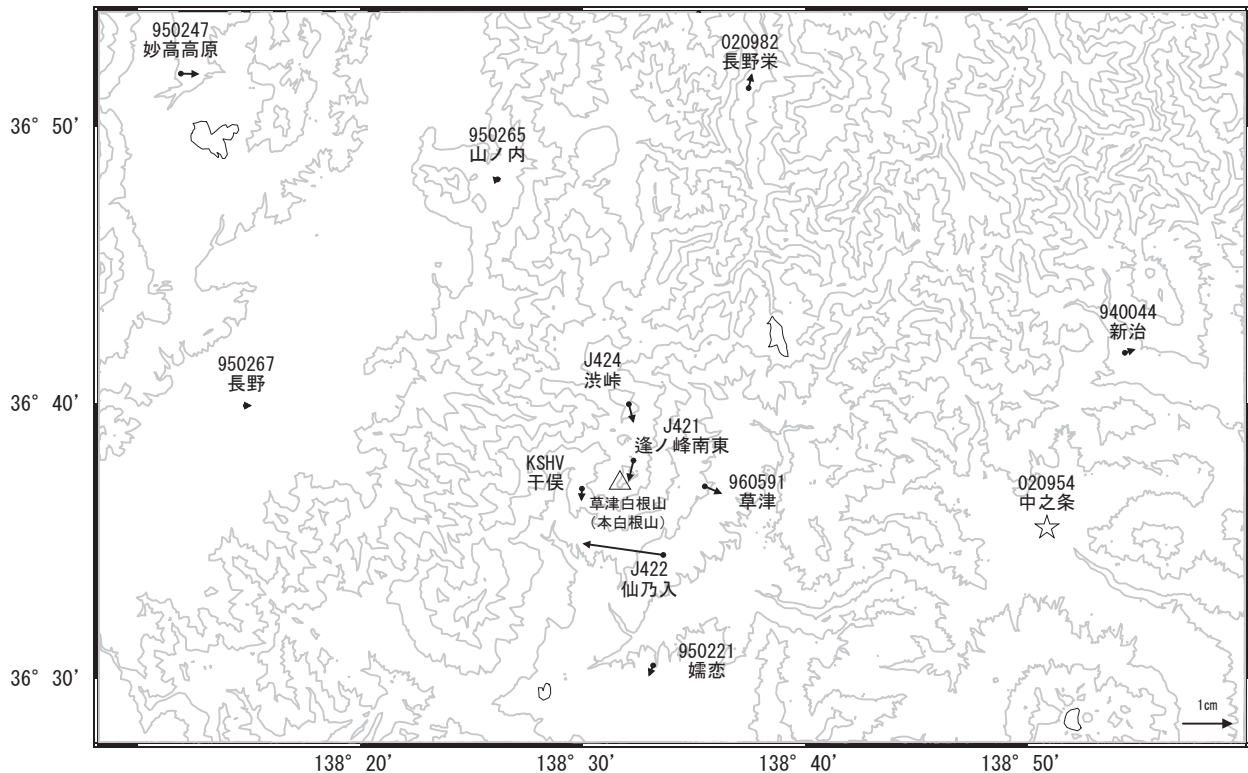
第 3 図 草津白根山周辺のGNSS連続観測による比高変化グラフ

(左列：2015年5月～2020年6月、右列：2019年5月～2020年6月)

草津白根山

草津白根山周辺の地殻変動(水平:3か月)

基準期間:2020/02/29~2020/03/09[F3:最終解]
比較期間:2020/05/31~2020/06/09[R3:速報解]

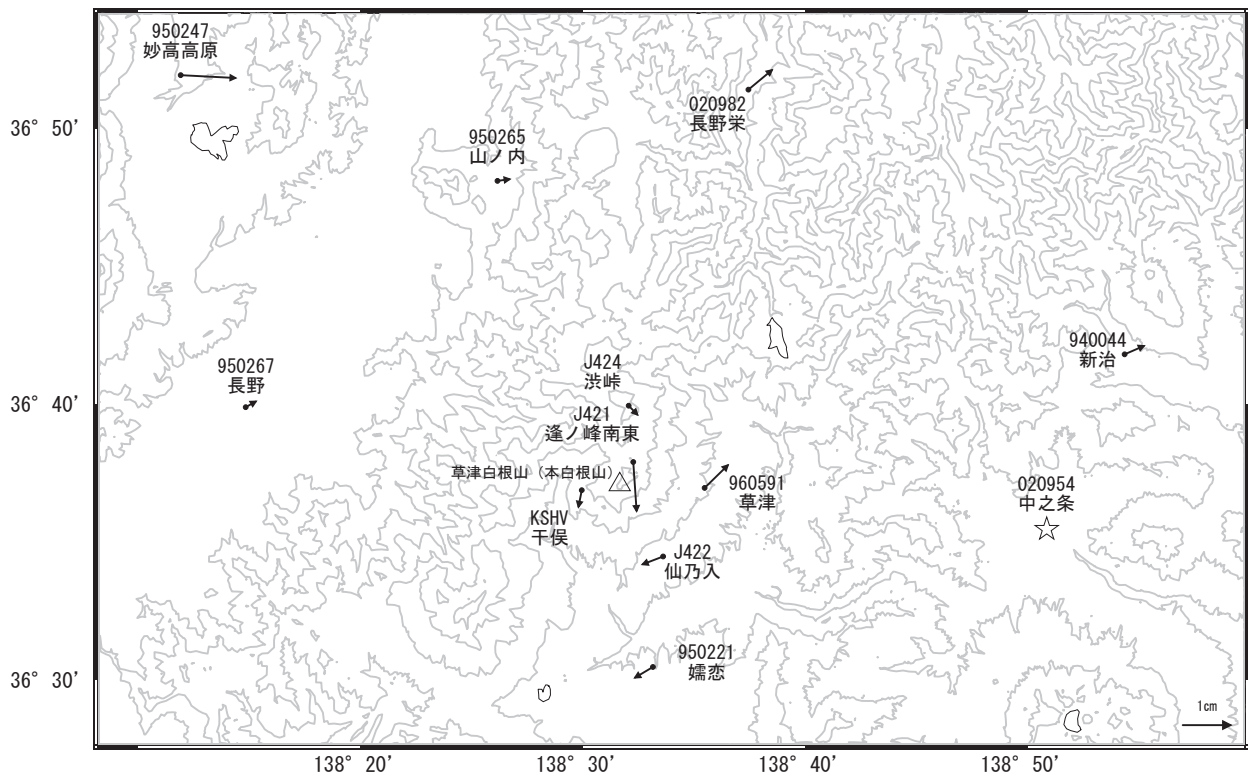


☆ 固定局:中之条(020954)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

草津白根山周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2019/05/31~2019/06/09[F3:最終解]
比較期間:2020/05/31~2020/06/09[R3:速報解]



☆ 固定局:中之条(020954)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

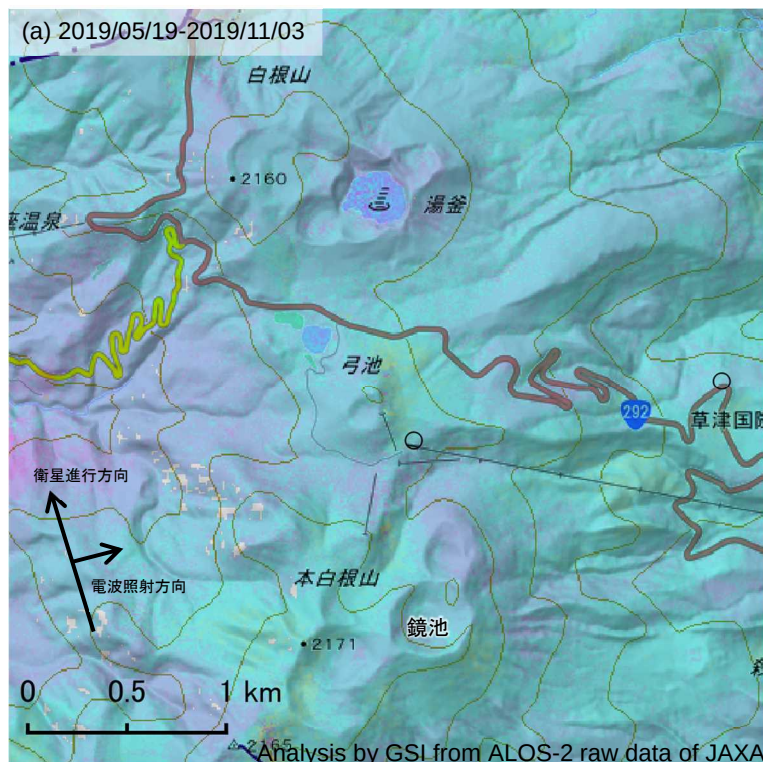
第4図 草津白根山周辺の電子基準点・気象庁GNSS観測点の統合解析による
水平変動ベクトル図

(上段:2020年2月~2020年6月、下段:2019年5月~2020年6月)

草津白根山

草津白根山の SAR 干渉解析結果について

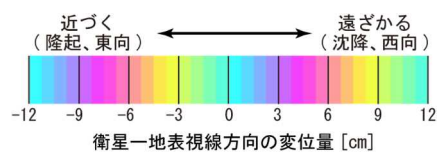
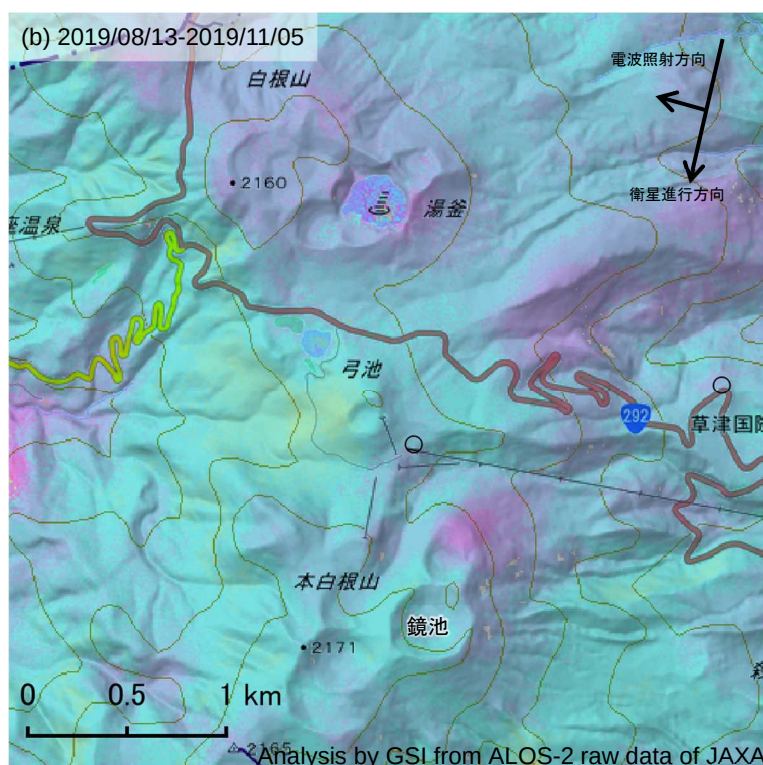
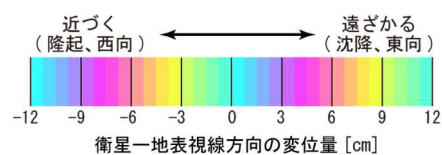
判読) ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/05/19 2019/11/03 23:38 頃 (168 日間)	2019/08/13 2019/11/05 11:50 頃 (84 日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右	右
観測モード*	U-U	U-U
入射角	32.3°	37.5°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 50 m	+ 24 m

*U: 高分解能(3m)モード

○ 国土地理院以外の GNSS 観測点



背景: 地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

第5図 「だいち2号」 PALSAR-2による草津白根山周辺地域の解析結果

草津白根山

草津白根山噴気の化学組成（2014 年 7 月～2020 年 6 月）

Chemical composition of the fumarolic gases sampled at Kusatsu-Shirane volcano, Japan (July 2014 to June 2020)

1. 概要

2014 年 7 月から 2020 年 6 月にかけて、草津白根山で繰り返し噴気を採取・分析した。白根山山頂北側の地熱地帯で採取された 3 つの噴気で、 $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比は 2019 年 5 月から 10 月にかけて上昇した。この変化は、2019 年 9 月から活発化した地震活動に対応していると考えられる。 $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比は 2020 年 6 月には、2019 年 5 月の値付近まで低下し、2020 年 4 月以降の地震活動沈静化と調和している。

2. 噴気の採取・分析

草津白根山の湯釜火口の北山麓に広がる地熱地帯において、図 1 に示す 3 つの噴気孔 W, C', E で噴気を採取した。また東山麓の殺生河原 (S) と西山麓の万座干保 (M) でも噴気を採取分析した。これらの噴気を採取するために、金属チタン管を噴気孔に差し込み、管と孔の隙間を砂などで注意深く塞いだ。次にチタン管にゴム管を接続し、ゴム管の出口を真空ガラス瓶のコックに接続した。真空ガラス瓶にはあらかじめ高濃度のアルカリ性水溶液 (KOH) 20ml を封入しておいた。コックを慎重に開けることにより火山ガスをアルカリ性水溶液に吸収させた。安定同位体比の測定のために噴気を水冷したガラス二重管に通し、凝縮水を採取した。噴気の化学分析は主に、小沢の方法[1]に従った。

3. 結果・考察

噴気 W, C, E について、 H_2O を除いた噴気成分 (=ドライガス) 中の H_2S 濃度は、2014 年 7 月に 10% 前後であったが、その後、2017 年 11 月に 20% を超える極大値に達した (図 2)。2018 年 5 月には全ての噴気で H_2S 濃度は 18~19% に低下し 10 月まで低い値を維持したが 2020 年 6 月に向けて再び上昇した。既存の研究[2]によると、草津白根山では、ドライガスの H_2S 濃度が 10% 程度に低下すると火山活動が活発化し、噴火の可能性が高まる。図 2 に示される変化は、現時点で火山活動は低下傾向にあることを示唆している。

図 3 に $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比の変化を示す。2019 年 5 月から 10 月にかけて上昇し、2019 年 9 月から始まった地震活動の活発化に対応していると考えられる。 $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比は 2020 年 6 月には、2019 年 5 月の値付近まで低下し、2020 年 4 月以降の地震活動沈静化と調和している。 He はマグマに由来する成分、 H_2S は熱水系に由来する成分であり、図 3 の変動は、2019 年 5 月以降に、湯釜直下に存在する熱水溜りに対し、マグマ成分の流量が増大したが、2020 年 6 月までにその傾向は解消したことを意味している。

図 4 に $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の変化を示す。2018 年 10 月から 2020 年 6 月にかけて、なだらかに低下した。 $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比に見られたような、2019 年 5 月～10 月の期間における上昇傾向は観測されなかった。 CO_2 はマグマに由来する成分に加えて、熱水系に由来する成分も含んでおり、2019 年 5 月以降の期間で、後者の影響が強かったと解釈される。

5. 文献

[1] 小沢竹二郎 (1968) 地球化学におけるガス分析法 (I). 分析化学, 17, 395-405.

[2]. J. Ohsaka 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.

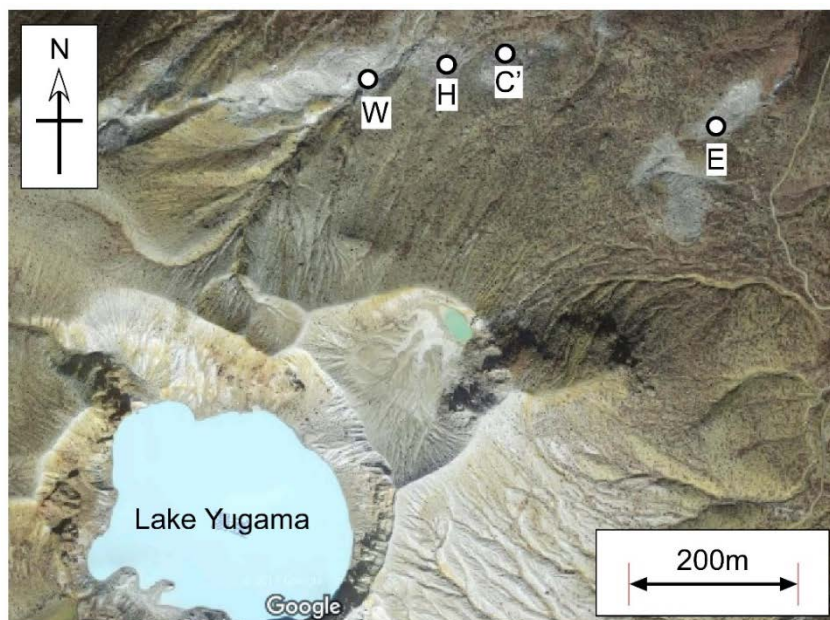


図 1. 草津白根山山頂北側山麓噴気 W, C', E の位置. H は新たに生じた陥没孔 (背景図として, GoogleMap を使用した)

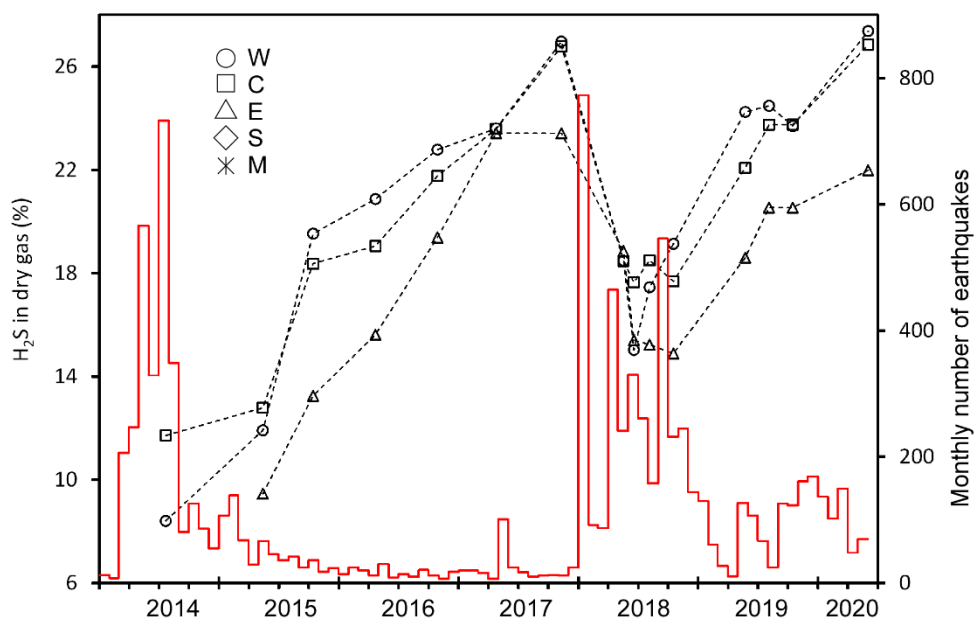


図 2. H_2O を除いた成分 (Dry gas) 中における H_2S 濃度の変化. 月別地震回数 (白根山近傍) は気象庁の観測に基づく. 2018 年 1 月の地震は主に本白根山で発生した.

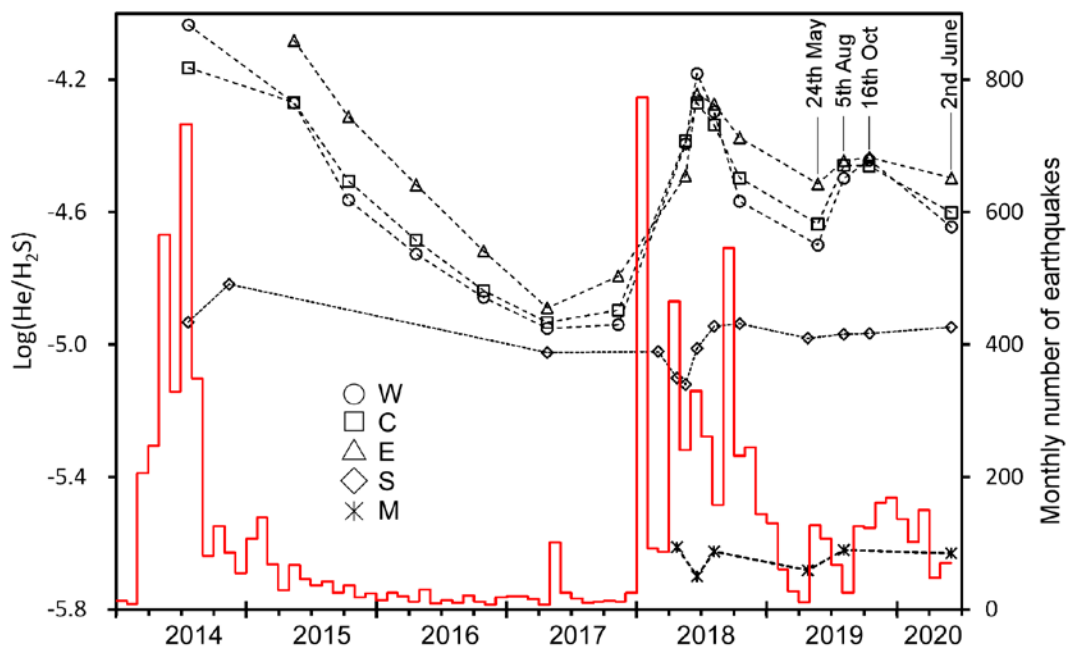


図 3. $\text{He}/\text{H}_2\text{S}$ 比の時間変化. 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.

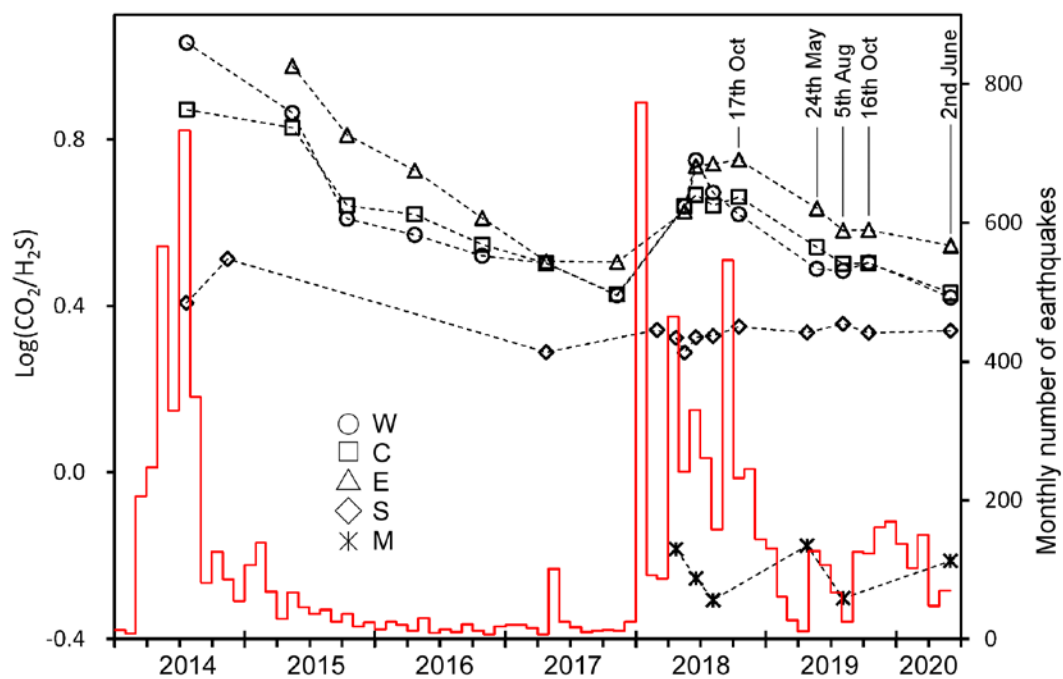


図 4. $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の時間変化. 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.