

令和5年（2023年）の吾妻山の火山活動

仙台管区气象台
地域火山監視・警報センター

2月頃から低周波地震が増減を繰り返しながら多い状態で、3月頃からは吾妻山深部の膨張や大穴火口浅部の緩やかな膨張を示す変化が継続しました。3月12日及び13日に火山性地震が増加し、5月11日には火山性微動の発生もみられました。大穴火口周辺の一部の地熱域のわずかな拡大や、地下の温度上昇を示唆する変化等もみられるなど、火山活動の高まりが認められていました。その後、吾妻山深部の膨張は7月頃から概ね停滞し、大穴火口浅部の緩やかな膨張を示す変化は9月下旬からは収縮に転じました。9月中旬以降、火山性地震は発生頻度が低い状態で推移し、低周波地震の発生頻度は低くなりました。大穴火口周辺では、やや活発な状態で推移していた浅部の熱水活動が低下した可能性があります。一方で、全磁力連続観測では、大穴火口周辺浅部の温度上昇を示唆する変化は鈍化しつつも継続し、火山ガスのSO₂とH₂Sの濃度比は2018～2019年の活動期並みの高い値で推移しています。

○ 噴火警報・予報及び噴火警戒レベルの状況、2023年の発表履歴

2023年中変更なし	噴火予報（噴火警戒レベル1、活火山であることに留意）
------------	----------------------------

○ 2023年の活動概況

・地震や微動の発生状況（図1-④⑤、図2～7）

低周波地震は2月頃から増減を繰り返しながら多い状態で、火山性地震が3月12日及び13日に2019年5月9日以来となる日別回数100回超えを観測しました。増加した火山性地震の震源の多くは大穴火口浅部の中でも下部と推定されます。5月11日には火山性微動も発生しましたが、これまで観測された火山性微動に比べると、継続時間は短く、振幅は大きなものではありませんでした。その後、大穴火口浅部の中でも上部で地震活動が継続し、低周波地震は増減を繰り返しながら多い状態で推移したほか、長周期地震^{※1}や調和型地震^{※2}（BP・BT型地震）の発生も継続しました。9月中旬以降、火山性地震は発生頻度が低い状態で推移し、低周波地震の発生頻度は低く、長周期地震の発生頻度は8月以降低下傾向となっています。

※1 周期が10秒程度と長い地震です。浅い領域の熱水や火山ガスが関与していると考えられます。波形例を図6に示します。

※2 調和的（基本周波数とその整数倍で構成される）な波形を特徴とする地震です。波形例を図7に示します。

・地殻変動の状況（図1-③⑥、図8～10）

吾妻山周辺の長いGNSS基線では、3月頃から吾妻山深部の膨張の可能性を示すわずかな伸びの変化が観測されていましたが、7月頃からは停滞しています。

浄土平観測点（大穴火口から東南東約1km）に設置している傾斜計及びGNSS連続観測の大穴火口周辺の短い基線では、3月上旬から大穴火口浅部の緩やかな膨張を示す変化が観測されていましたが、9月下旬からは収縮に転じました。

この火山活動解説資料は気象庁ホームページで閲覧することができます。

https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact.php

資料で用いる用語の解説については、「気象庁が噴火警報等で用いる用語集」を御覧ください。

<https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/kazanyougo/mokuji.html>

この資料は気象庁のほか、国土交通省東北地方整備局、国土地理院、東北大学及び国立研究開発法人防災科学技術研究所のデータも利用して作成しています。

本資料中の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）」及び「電子地形図（タイル）」を使用しています。

・噴気など表面現象の状況（図1-①、図11～19）

上野寺監視カメラによる観測では、大穴火口の噴気の高さは一時的に200mを観測しましたが、その他の期間は100m以下で経過し、大穴火口周辺の噴気の状態に変化は認められませんでした。浄土平3監視カメラの熱映像データの解析では、5月頃から6月頃にかけて大穴火口周辺の一部の地熱域で面積のわずかな拡大がみられましたが、熱活動全体としては大きな変化はみられませんでした。

2021年9月に確認された大穴火口内北側の陥没孔は、昨年引き続き埋積が進行しましたが、11月の現地調査時点で形状に大きな変化はなく、孔内では引き続き地熱及び白色の噴気を確認しました。

2月に陸上自衛隊東北方面隊の協力により実施した上空からの観測では、大穴火口周辺で熱活動が継続していることを確認しましたが、これまでの観測と比較して大きな変化は認められませんでした。

・火山ガスの状況（図1-②、図20）

大穴火口の北西に設置している火山ガス観測装置による観測では、SO₂（二酸化硫黄）とH₂S（硫化水素）の濃度比[※]は2023年2月下旬以降、2018～2019年の活動期並みの高い値を維持しています。

5月に実施した現地調査では、火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は1日あたり約80トン（前回2022年11月、約30トン）でした。

※噴気中の各種火山ガスは地下のマグマに由来するものであり、その濃度や成分毎の比率（濃度比）の変化は、火山の活動状態の指標のひとつと考えられています。

・全磁力変化の状況（図21～23）

大穴火口周辺に設置している全磁力連続観測装置による観測では、昨年から継続していた大穴火口周辺地下での温度上昇の可能性を示す全磁力値の変化は9月頃からは鈍化しています。10月に大穴火口周辺で実施した全磁力繰り返し観測でも、連続観測と概ね同様の結果が観測されています。

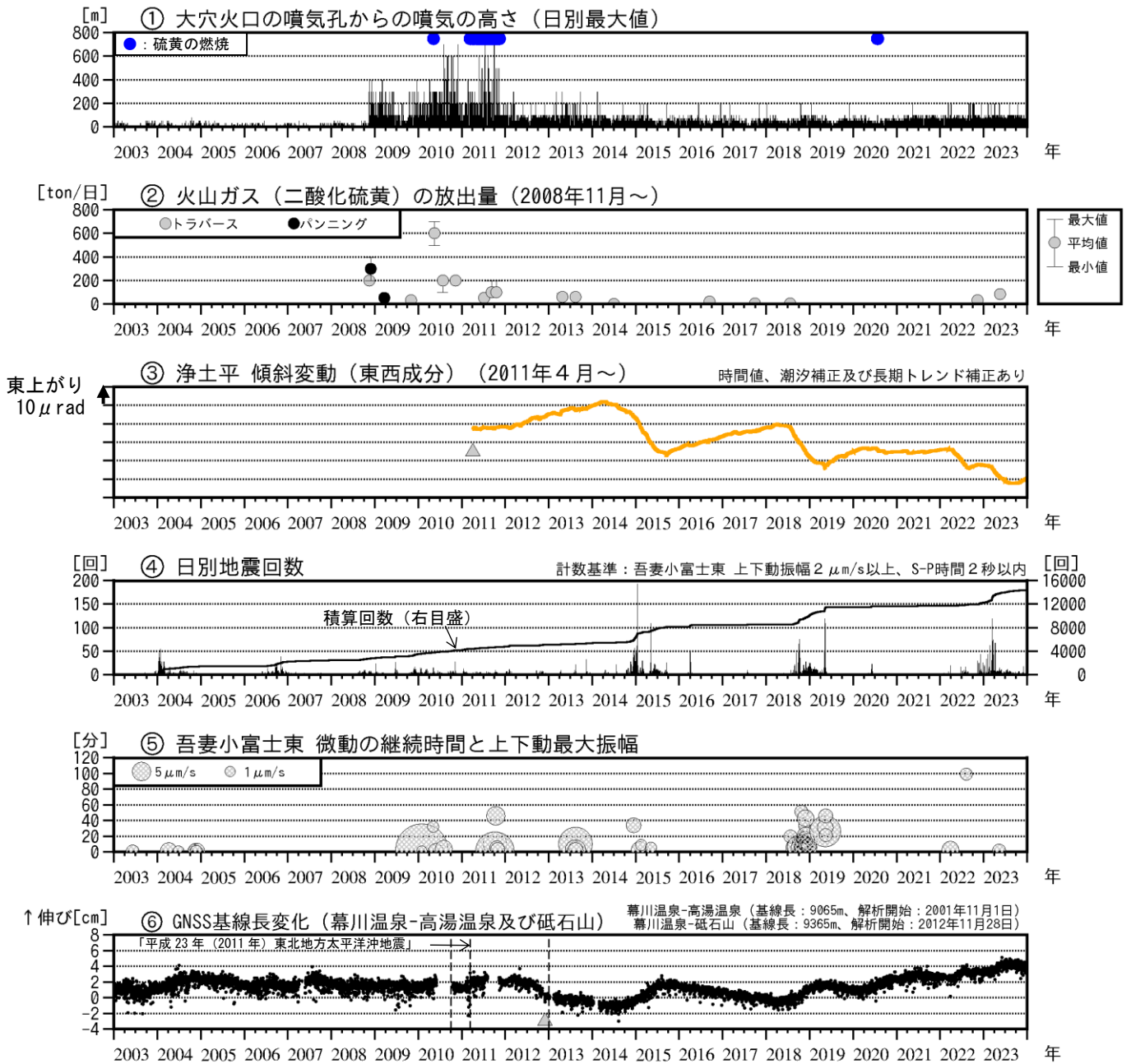


図1 吾妻山 中期的な火山活動の経過 (2003年1月～2023年12月)

- ・⑥は図8のGNSS基線③に対応しています。
- ・⑥「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」に伴うステップを補正しています。
- ・⑥高湯温泉観測点は約300m東に位置する砥石山観測点に移設しました。
- ・⑥GNSS基線長は2010年10月及び2013年1月に解析方法を変更しています。
- ▲：解析開始を示します。

2003年以降、吾妻山深部及び大穴火口浅部の膨張を示す地殻変動や地震活動の活発化を繰り返しています。

2008年から2011年にかけて、噴気・地熱活動が活発な状況でした。

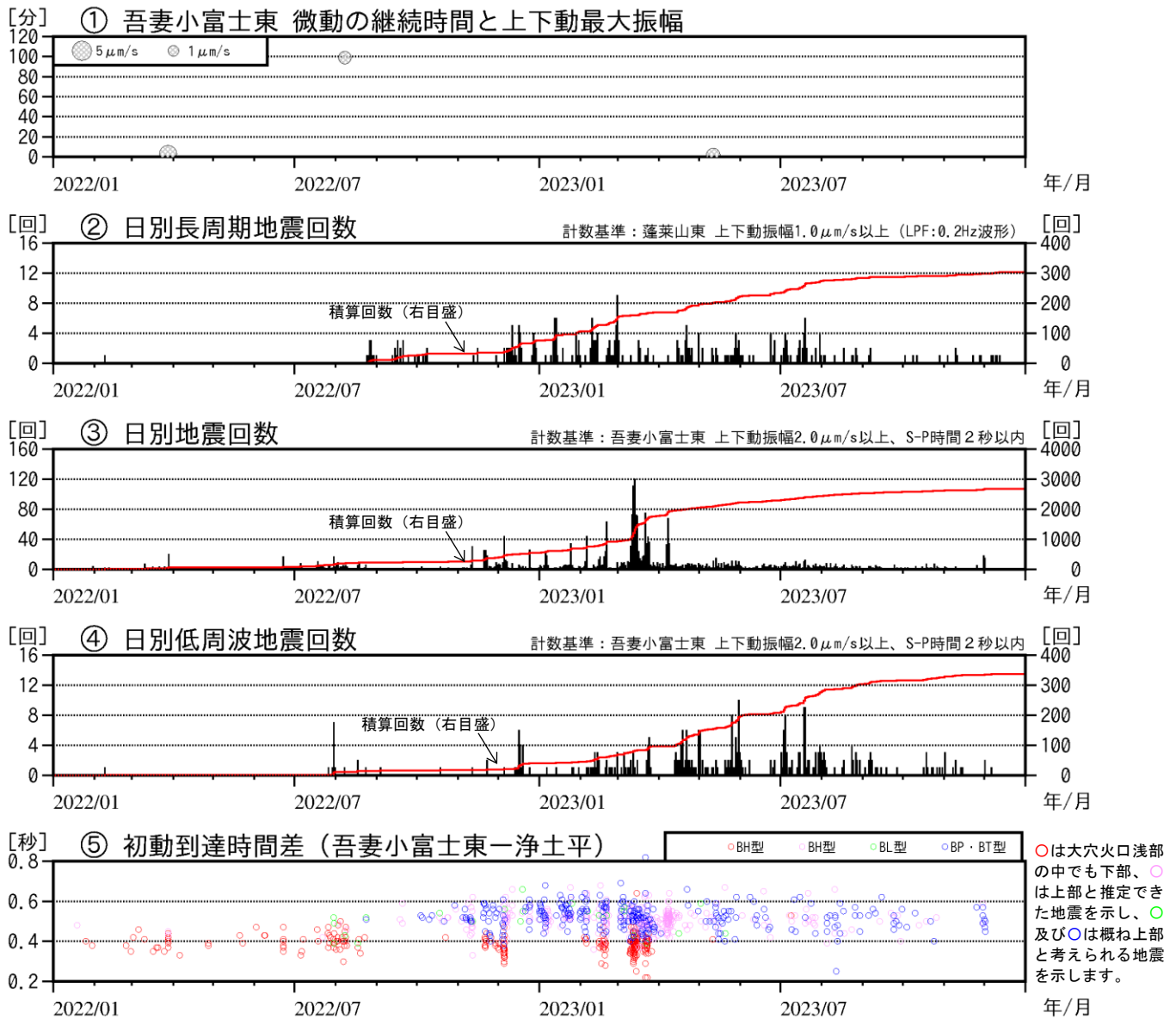


図2 吾妻山 地震活動経過図 (2022年1月～2023年12月)

・③日別地震回数に②長周期地震の回数は含まれていません。

低周波地震は2月頃から増減を繰り返しながら多い状態で、火山性地震が3月12日及び13日に2019年5月9日以来となる日別回数100回超えを観測しました。増加した火山性地震の震源の多くは大穴火口浅部の中でも下部と推定されます。5月11日には火山性微動が発生しましたが、発生した火山性微動はこれまで観測された火山性微動に比べると、継続時間は短く、振幅は大きなものではありませんでした。

その後、大穴火口浅部の中でも上部で地震活動が継続し、低周波地震は増減を繰り返しながら多い状態で推移したほか、長周期地震や調和型地震(BP・BT型地震)の発生も継続しました。

9月中旬以降、火山性地震は発生頻度が低い状態で推移し、低周波地震の発生頻度は低く、長周期地震の発生頻度は8月以降低下傾向となっています。

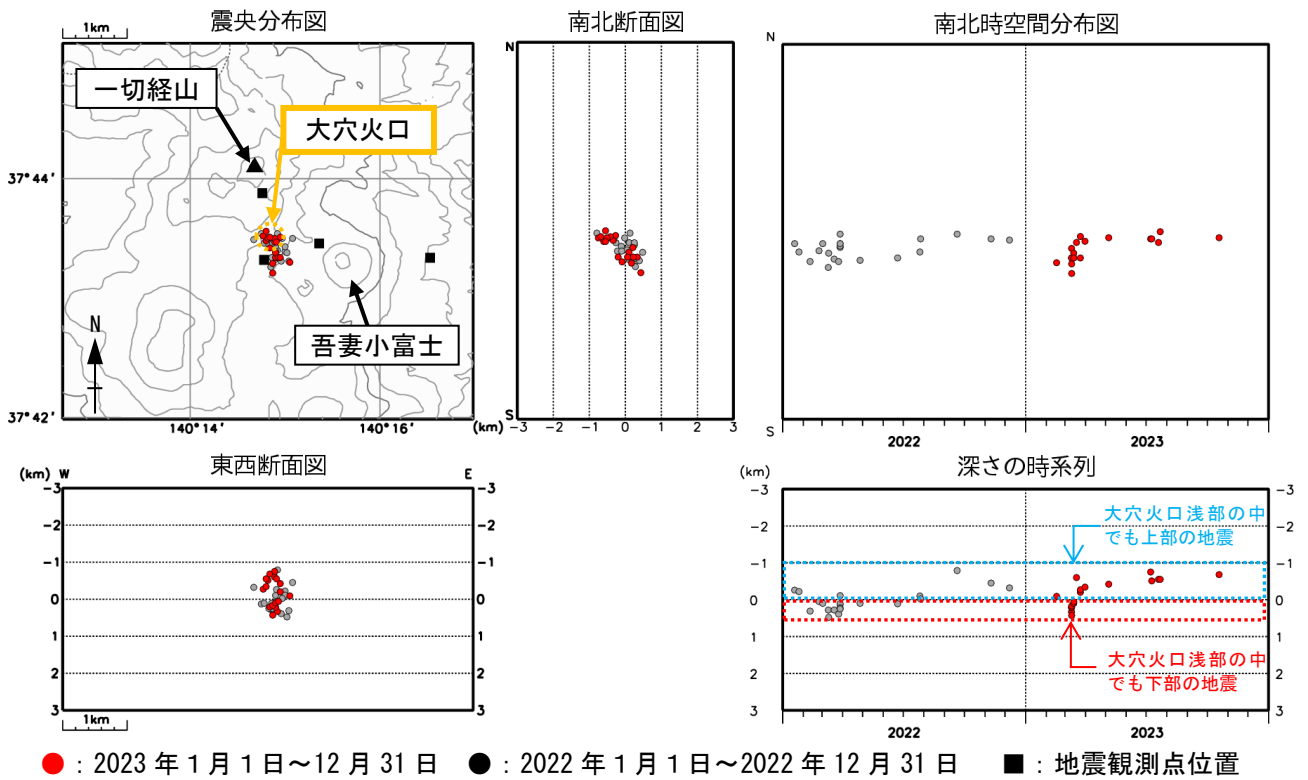


図3 吾妻山 地震活動 (2022年1月～2023年12月)

火山性地震は大穴火口浅部の上部及び下部で発生し、これまでの発生領域と大きな変化はありませんでした。

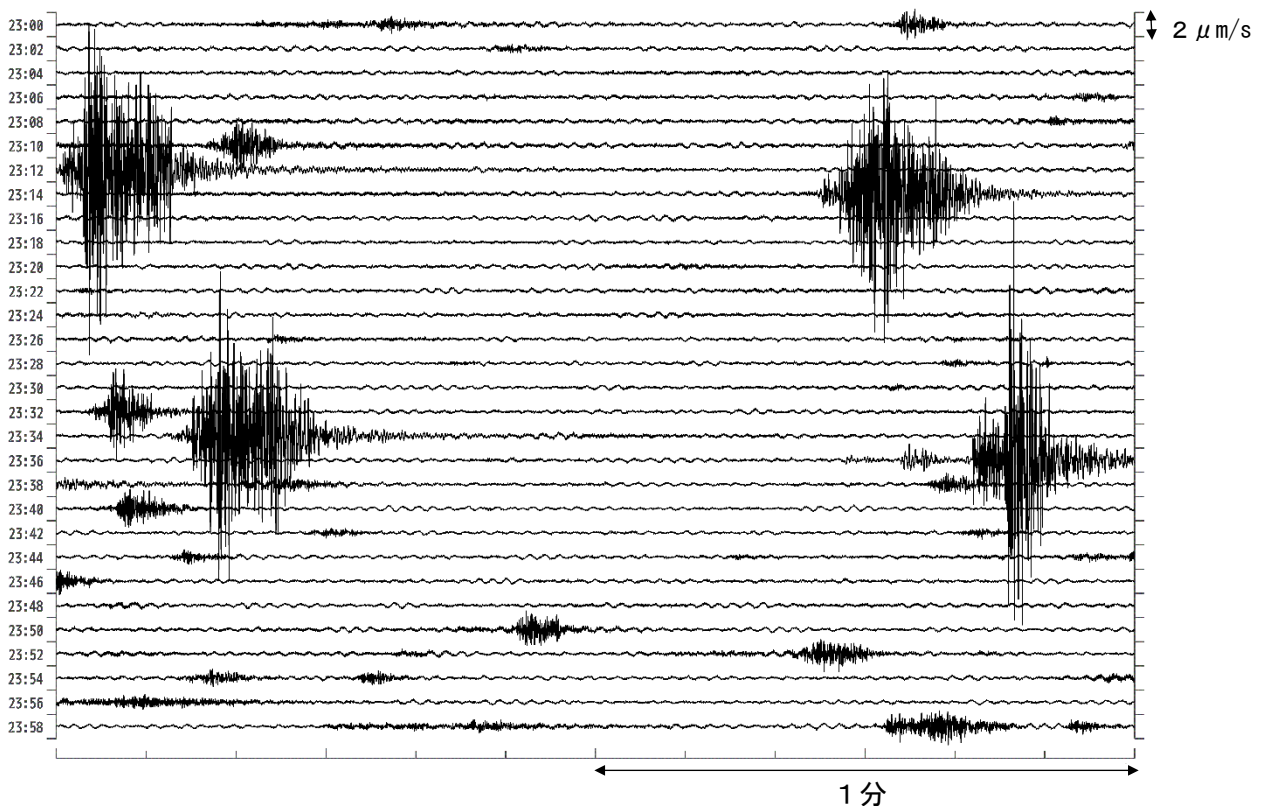


図4 吾妻山 吾妻小富士東観測点 (上下成分) での火山性地震の発生状況 (2023年3月12日23時00分～24時00分)

火山性地震が3月12日及び13日に2019年5月9日以来となる日別回数100回超えを観測しました。

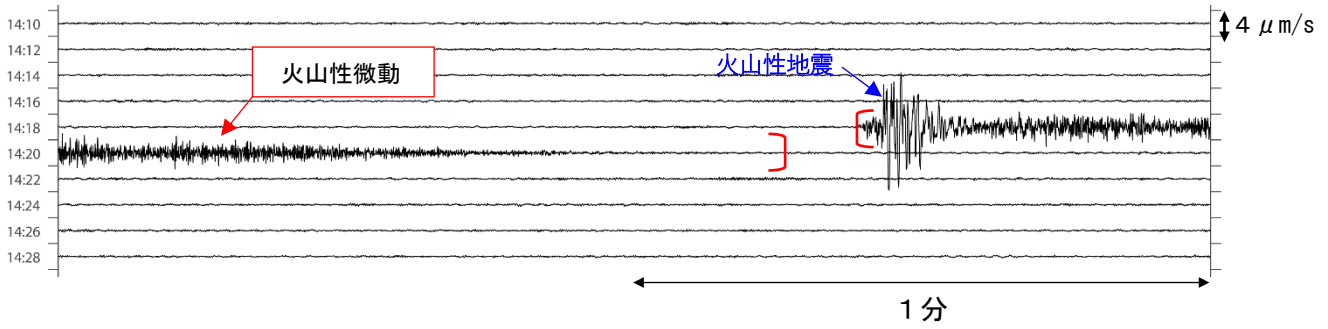


図5 吾妻山 吾妻小富士東観測点（上下成分）での火山性微動と火山性地震の発生状況
（2023年5月11日14時10分～14時30分）

- ・ [] は火山性微動の発生時を示します。
- ・ 火山性微動の発生中に火山性地震が認められます。

5月11日14時19分頃に観測された火山性微動の最大振幅は $2.5\mu\text{m/s}$ 、継続時間は約1分50秒で、これまで観測された火山性微動に比べると、継続時間は短く、振幅は大きなものではありませんでした。

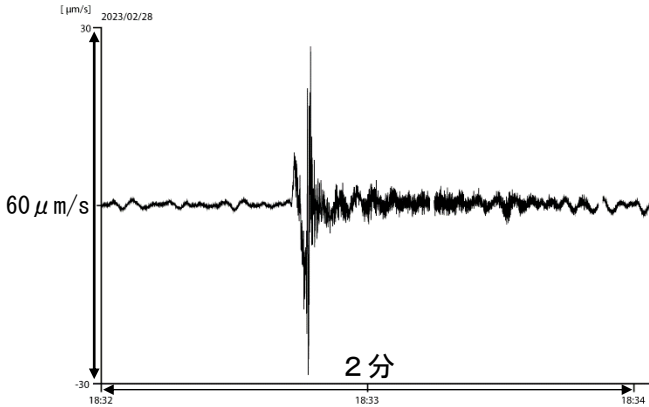


図6 長周期地震の波形例（2023年2月28日18時32分～18時34分）

- ・ 蓬萊山東観測点に設置した広帯域地震計の上下成分の速度波形です。
- ・ 長周期地震とは周期が10秒程度と長い地震です。浅い領域の熱水や火山ガスが関与していると考えられます。

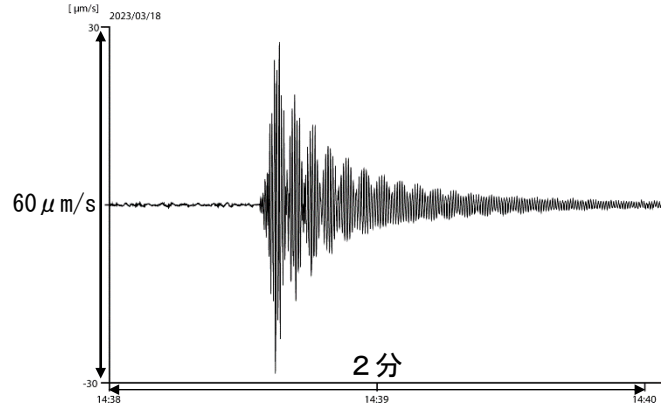


図7 調和型地震の波形例（2023年3月18日14時38分～14時40分）

- ・ 吾妻小富士東観測点に設置した短周期地震計の上下成分の速度波形です。
- ・ 調和的（基本周波数とその整数倍で構成される）な波形を特徴とする地震を調和型地震と言います。

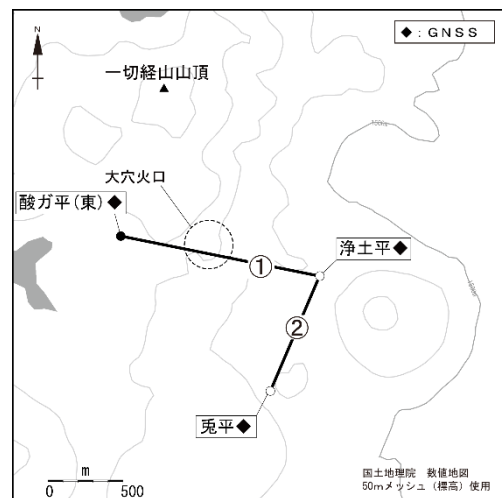
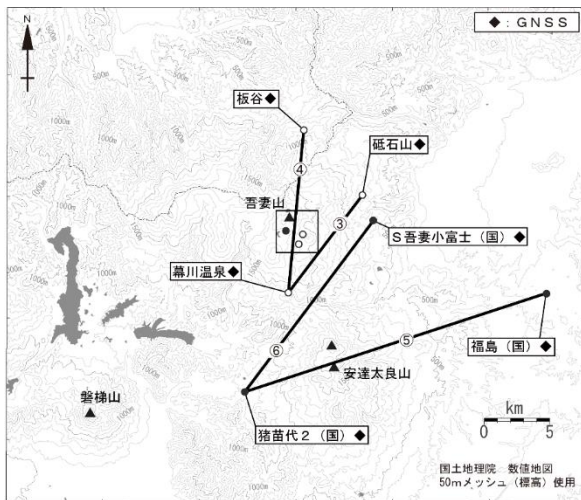


図8 吾妻山 GNSS 観測基線図

白丸（○）は気象庁、黒丸（●）は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。

左図の四角囲みは右図の表示範囲を示しています。

（国）：国土地理院 （東）：東北大学

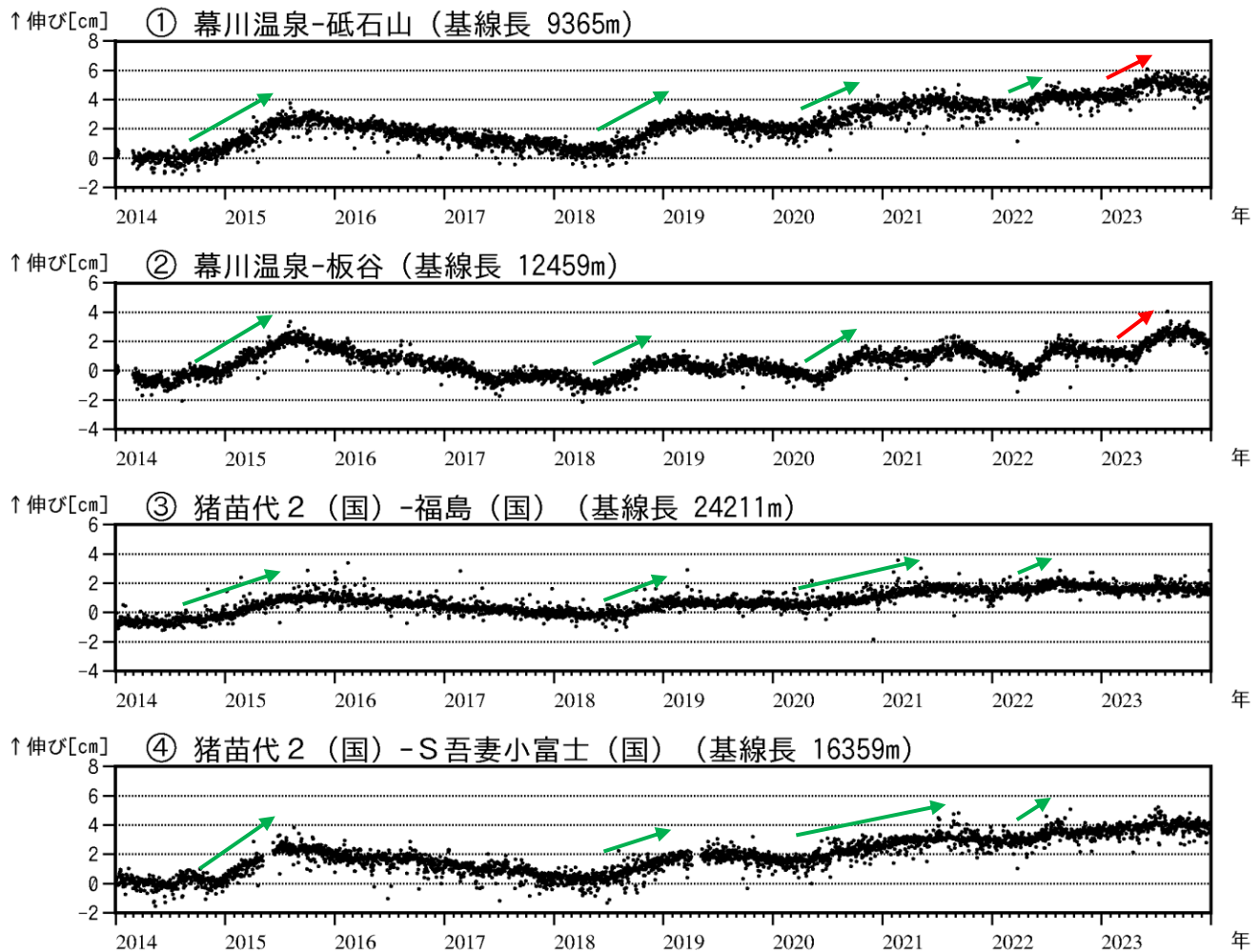


図9 吾妻山 吾妻山深部の地殻変動 (2014年1月~2023年12月)

- ・①~④は図8のGNSS基線③~⑥に対応しています。
- ・空白部分は欠測を示します。
- ・(国)は国土地理院、(東)は東北大学の観測点を示します。
- ・吾妻山周辺の長い基線では、過去吾妻山深部での火山活動に伴う変化(緑矢印)が観測されていました。

吾妻山周辺の長いGNSS基線では、3月頃から吾妻山深部膨張の可能性を示すわずかな伸びの変化(赤矢印)が観測されていましたが、7月頃からは停滞しています。

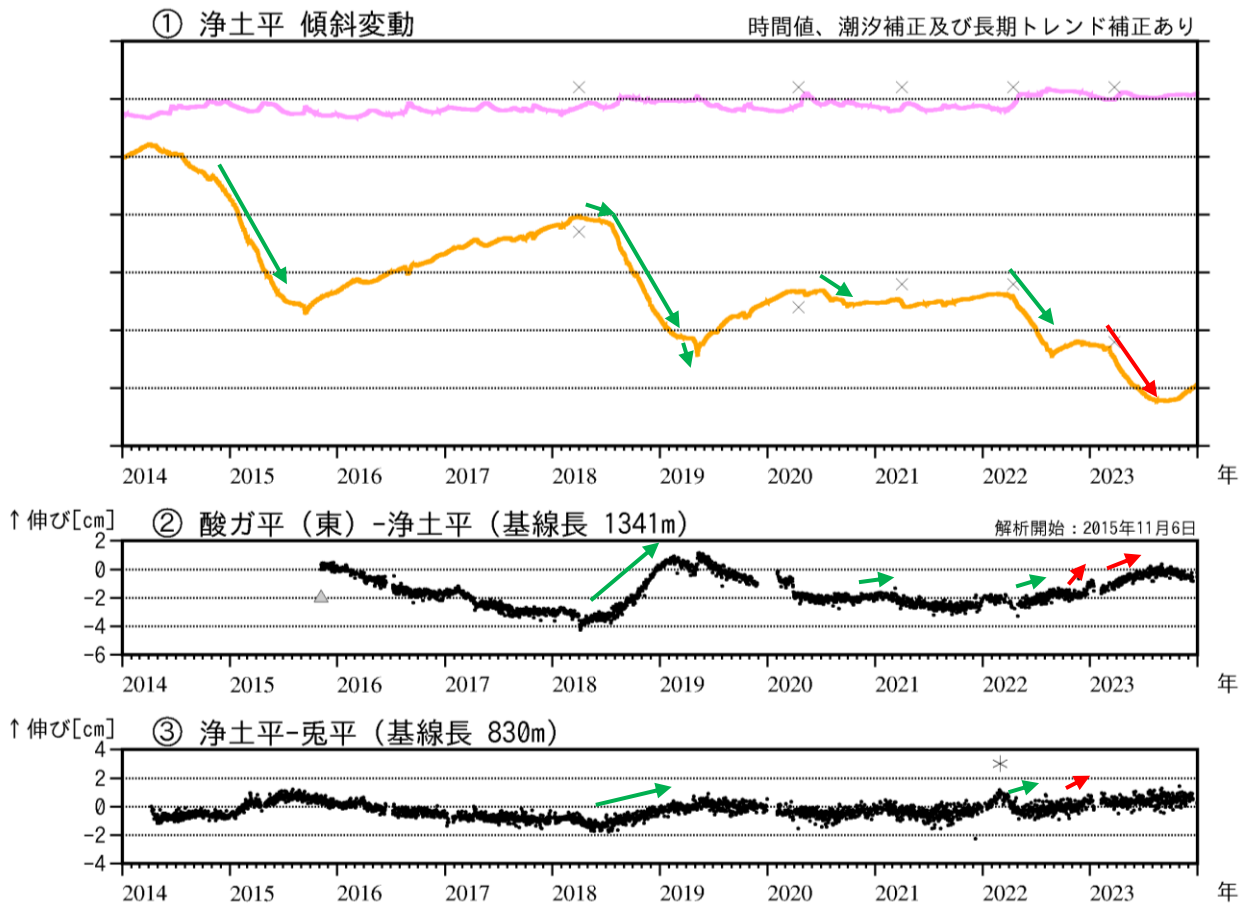


図10 吾妻山 吾妻山浅部の地殻変動 (2014年1月～2023年12月)

- ・①×：融雪期には北西上がりの変動がみられます。
- ・②③はそれぞれ図8のGNSS基線①②に対応しています。
- ・空白部分は欠測を示します。
- ・(東)は東北大学の観測点を示します。
- ▼：解析開始を示します。
- *：積雪等に起因すると考えられる変化で、火山活動によるものではないと考えられます。
- ・大穴火口周辺の短い基線では、過去大穴火口浅部での火山活動に伴う変化(緑矢印)が観測されていました。

浄土平観測点(大穴火口から東南東約1km)に設置している傾斜計及びGNSS連続観測の大穴火口周辺の短い基線では、3月上旬から大穴火口浅部の緩やかな膨張を示す変化が観測されましたが、9月下旬からは収縮に転じました。

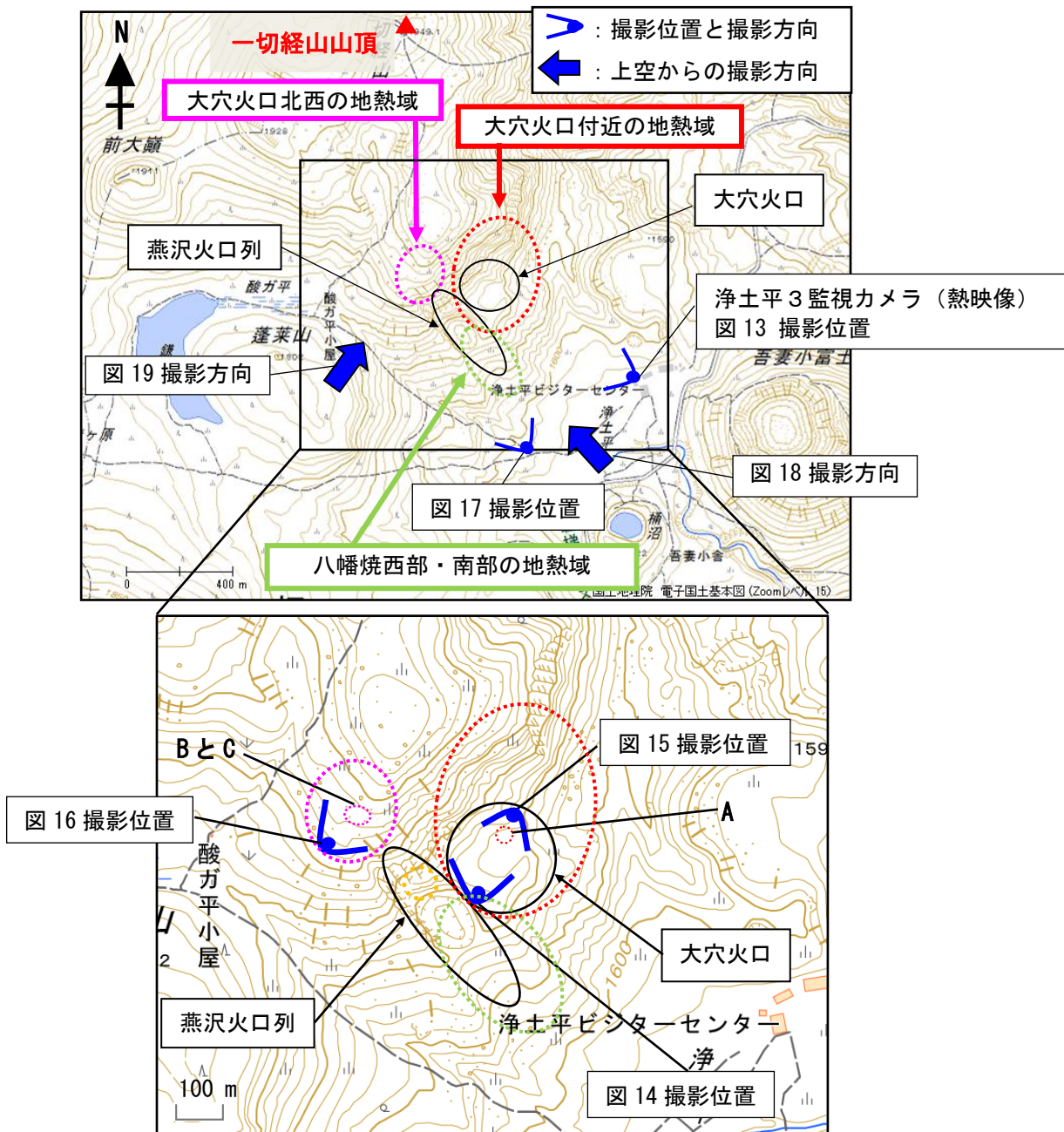


図11 吾妻山 大穴火口周辺の噴気と地熱域の分布等撮影位置、撮影方向



図12 吾妻山 大穴火口周辺の噴気の状態 (11月9日)

- ・左図：東北地方整備局が設置している浄土平監視カメラ (大穴火口の東南東約500m) の映像です。
- ・右図：上野寺監視カメラ (大穴火口から東北東約14km) の映像です。

上野寺監視カメラによる観測では、大穴火口の噴気の高さは一時的に200mを観測しましたが、その他の期間は100m以下で経過し、大穴火口周辺の噴気の状態に変化は認められませんでした。

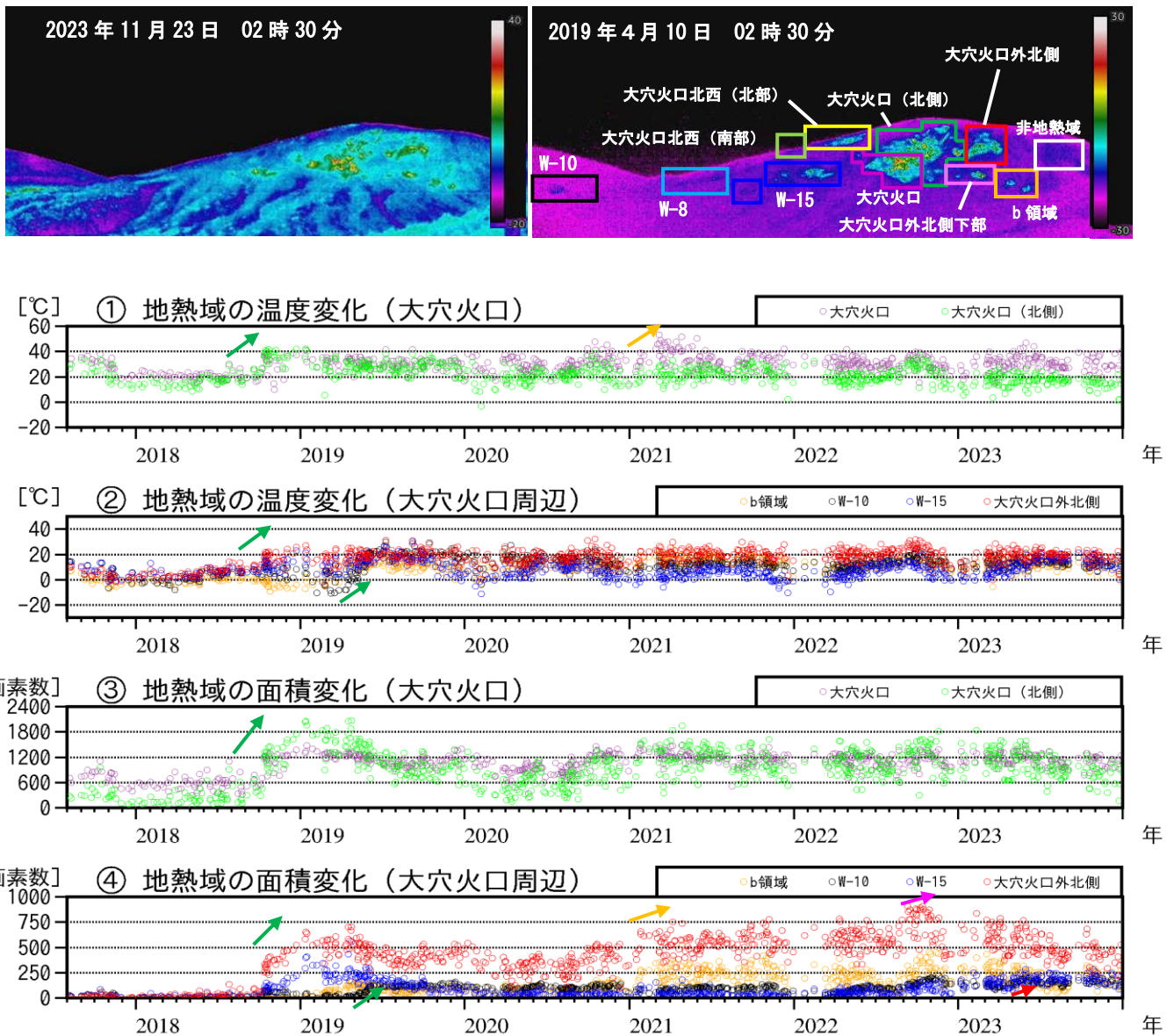


図13 吾妻山 監視カメラによる大穴火口周辺の地熱域の経過（2017年8月～2023年12月）

- ・①～②は各領域の最高温度と吾妻山の南約6kmのアメダス鷲倉の気温との差を示しています。
- ・③～④は領域毎に非地熱域（白枠）の平均温度より5℃以上高い領域の画素数を示しています。数値が大きくなるほど、地熱域の面積が拡大していることを示します。・空白部分は天候不良等による欠測を表しています。
- ・2018年10月と2019年5月の火山活動活発化の際には、地熱域の面積拡大と温度上昇がみられました（緑矢印）。
- ・2021年1月から3月頃にかけて、大穴火口周辺の一部で地熱域のわずかな温度上昇や面積拡大がみられました（橙矢印）。
- ・2022年9月頃から11月頃にかけて、大穴火口周辺の一部の地熱域で面積のわずかな拡大がみられました（桃色矢印）。

浄土平3監視カメラの熱映像データの解析では、5月頃から6月頃にかけて大穴火口周辺の一部の地熱域で面積のわずかな拡大がみられましたが（赤矢印）、熱活動全体としては大きな変化はみられません。

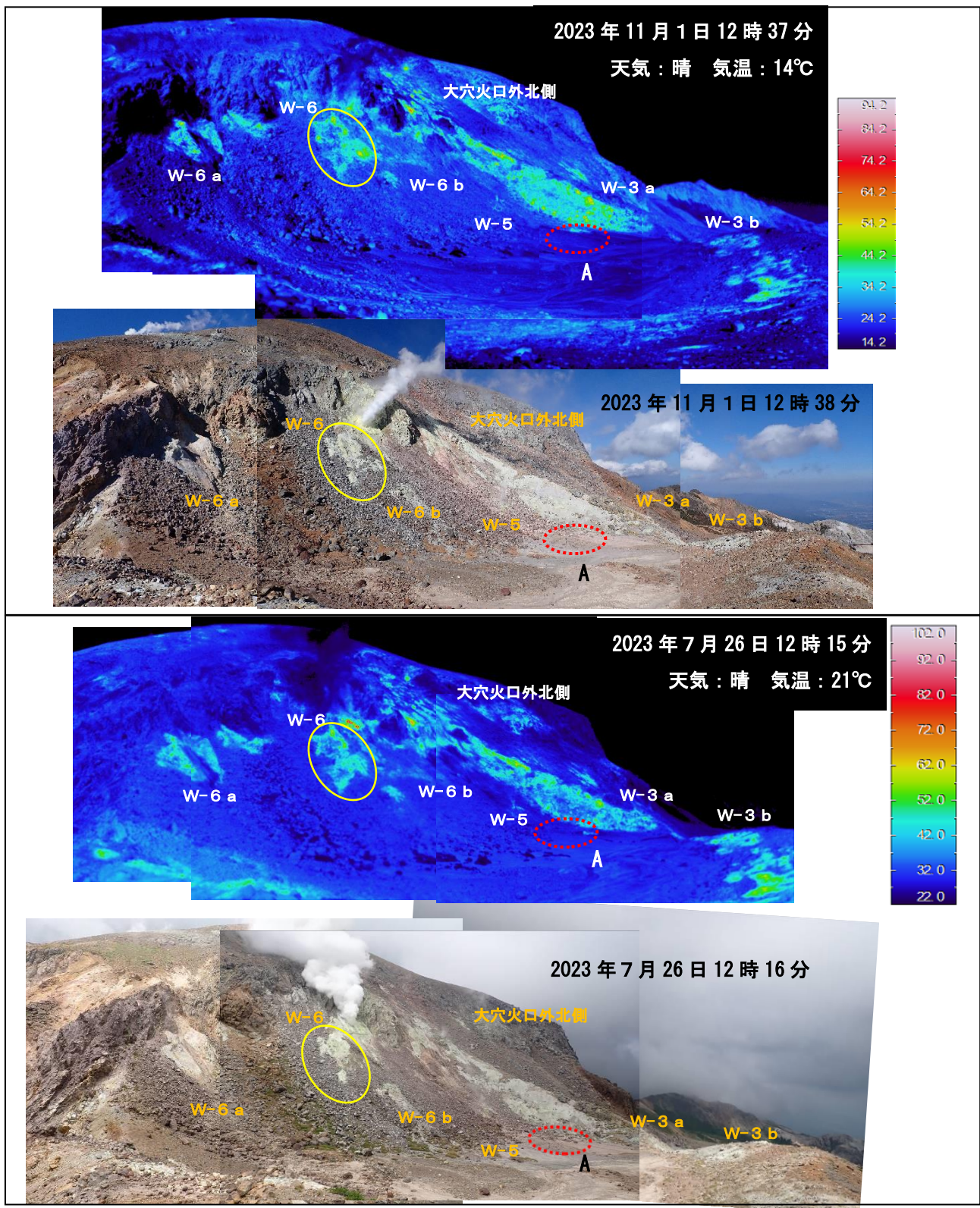


図 14 吾妻山 大穴火口付近及びその周辺の状況（下）と地表面温度分布（上）

- ・ 図中の A の場所は、図 11 の A の場所に対応します。
 - ・ 噴気や雲のため、一部の地熱域が隠れています。
- ※日射の影響により、裸地等では表面温度が高めに表示されています。

7月26日に実施した現地調査では、W-6 噴気下部に小規模な地熱域の顕在化が認められ、11月には地熱域が拡大している可能性が認められました（黄丸）。その他の噴気・地熱域の状況に大きな変化は認められませんでした。

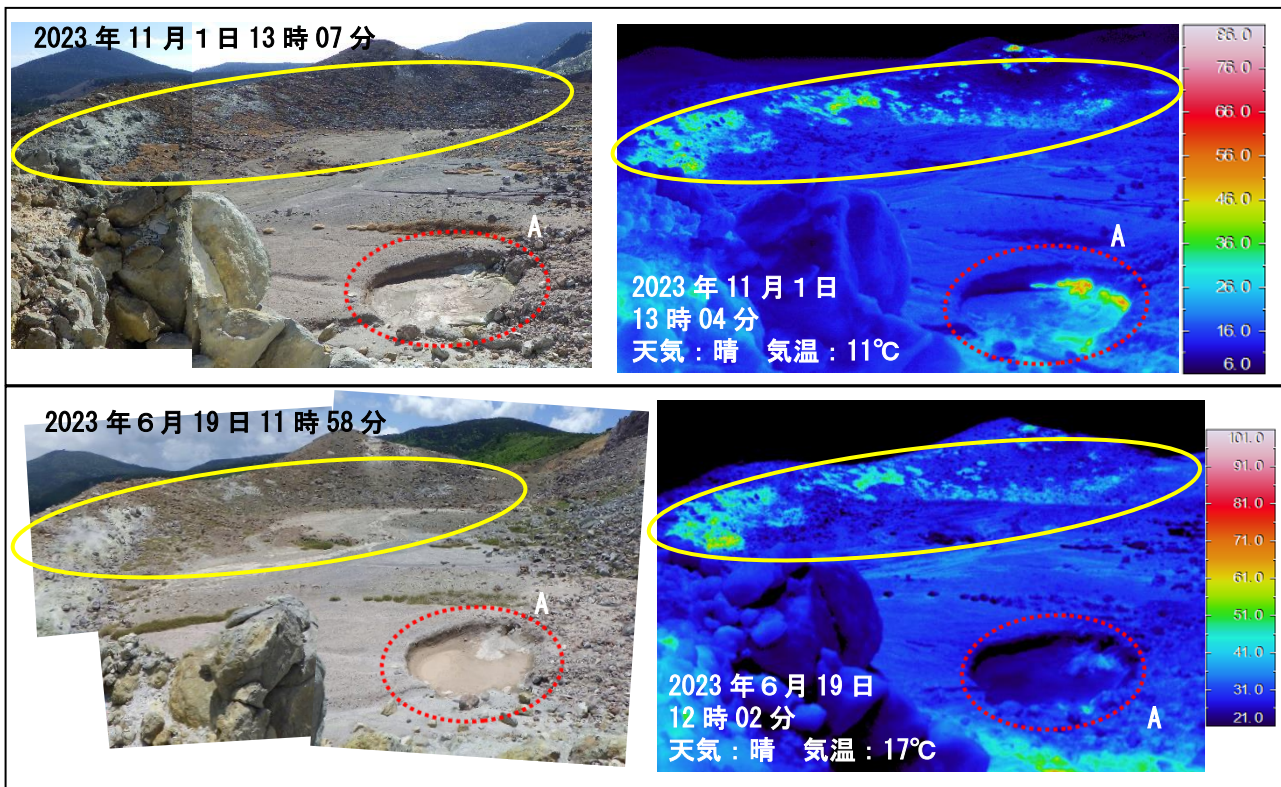


図15 吾妻山 大穴火口内の状況（左）と地表面温度分布（右）

・図中のAの場所は、図11のAの場所に対応します。

※日射の影響により、裸地等では表面温度が高めに表示されています。

大穴火口内北側の陥没孔（A）では、昨年に引き続き、弱い噴気や熱域が認められました。6月19日に実施した現地調査では、火口縁東部から南西部にかけて地熱域が明瞭になっていることが認められ、その後の調査でも地熱域が認められました（黄丸）。

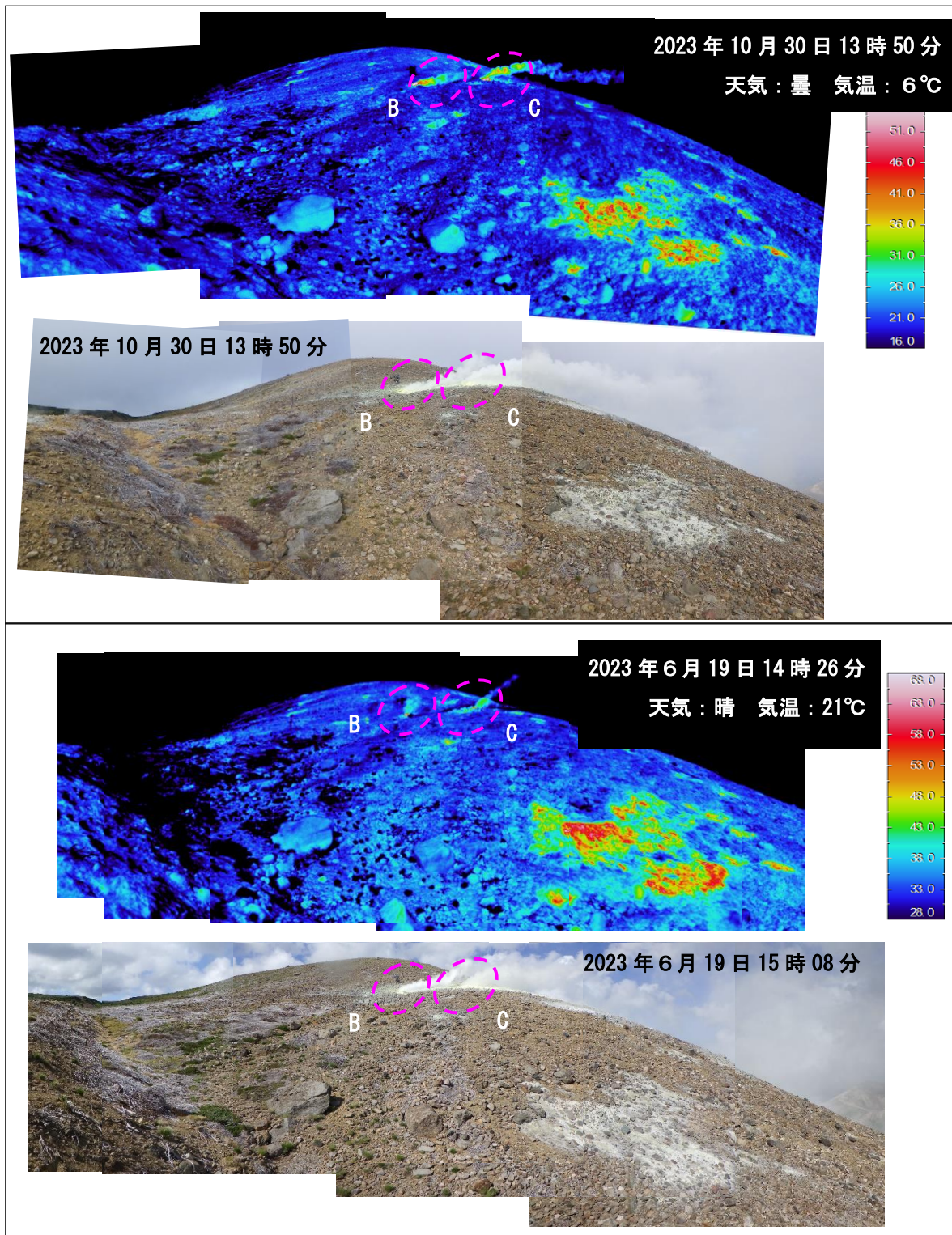


図16 吾妻山 大穴火口北西の状況（下）と地表面温度分布（上）

・図中のB、Cの場所は、図11のBとCの場所に対応します。
 ※日射の影響により、裸地等では表面温度が高めに表示されています。

6月19日に実施した現地調査では、大穴火口北西における既存の噴気孔（B）の噴気の状況に大きな変化はありませんでしたが、その近傍の地点（C）から新たに噴気孔（B）と同程度の勢いのある噴気が出ていることを確認しました。その後、大穴火口北西では状況に特段の変化は認められませんでした。

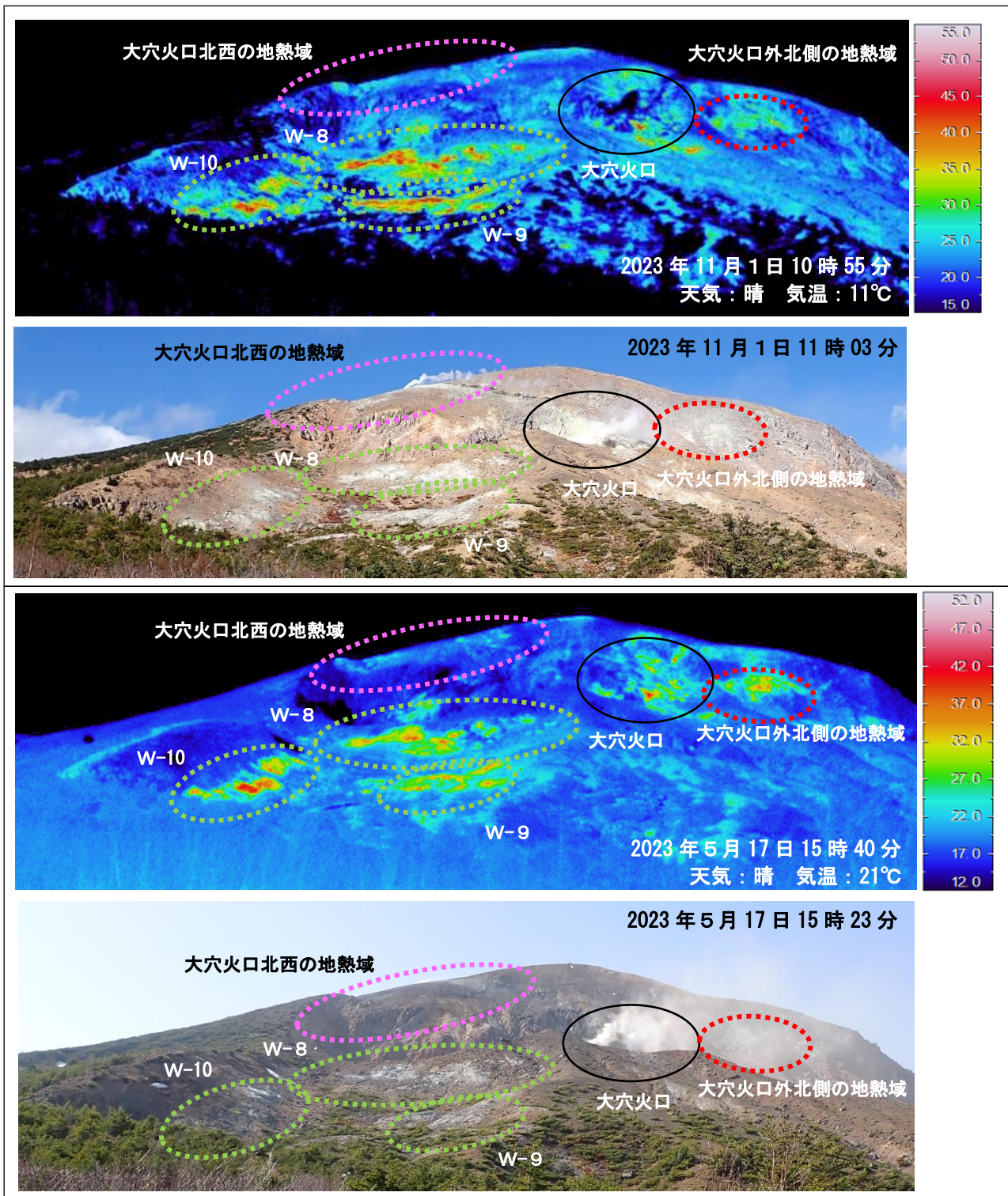


図17 吾妻山 八幡焼周辺の状況（下）と地表面温度分布（上）

- ・ 図中の破線の色は、図11の破線の色に対応します。
 - ・ 噴気や雲のため、一部の地熱域が隠れています。
- ※日射の影響により、裸地等では表面温度が高めに表示されています。

11月1日に実施した現地調査では、5月17日に実施した現地調査と比較して、W-9の地熱域が画面左に向かってわずかに拡大した可能性があります。その他の噴気・地熱域の状況に大きな変化は認められませんでした。

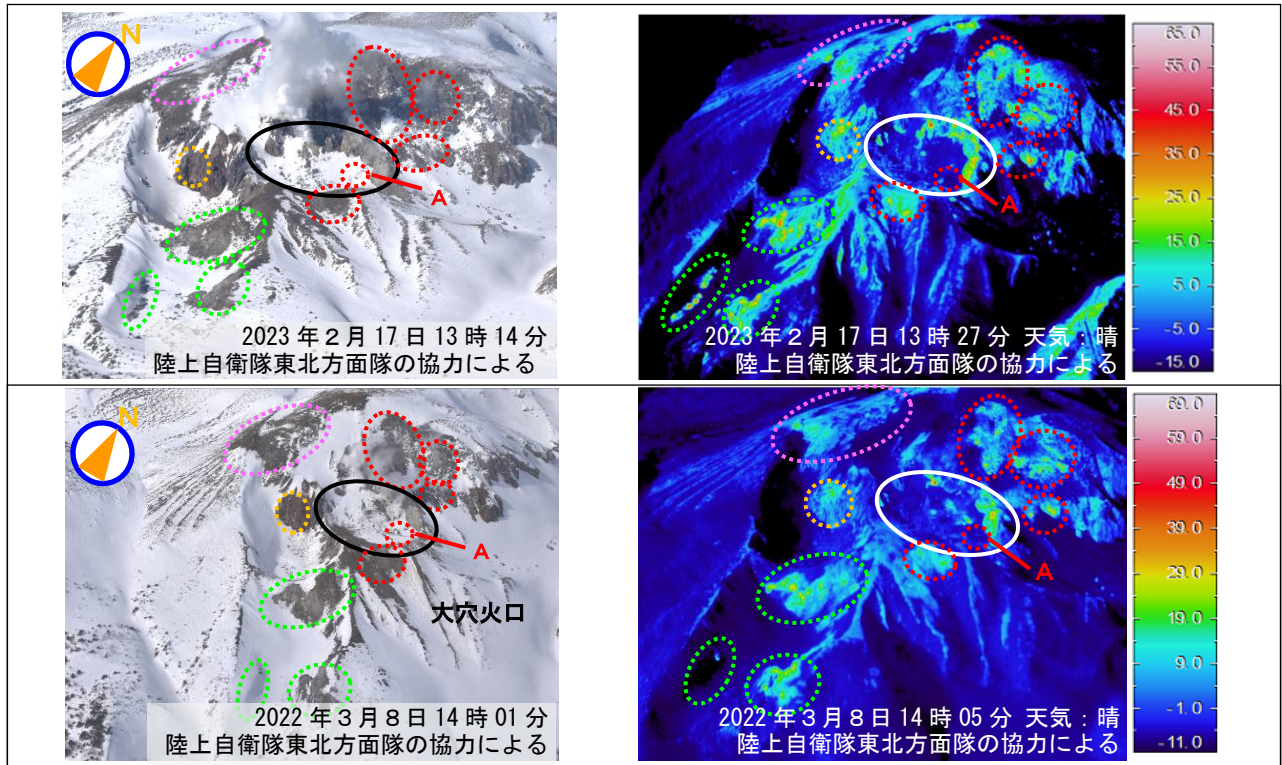


図 18 吾妻山 上空から撮影した大穴火口及びその周辺の状況と地表面温度分布

・ 図中の破線の色は、図 11 の破線の色に対応します。
 ※日射の影響により、裸地等では表面温度が高めに表示されています。

大穴火口付近とその周辺に大きな変化は認められず、熱活動が継続していることを確認しました。2021 年 8 月～9 月に陥没が発生した大穴火口内の一部 (A) の領域は、積雪に覆われ地熱や噴気は確認できませんでした。なお、2022 年及び 2023 年の現地調査では、陥没孔内に弱い噴気や高温域が認められていました。

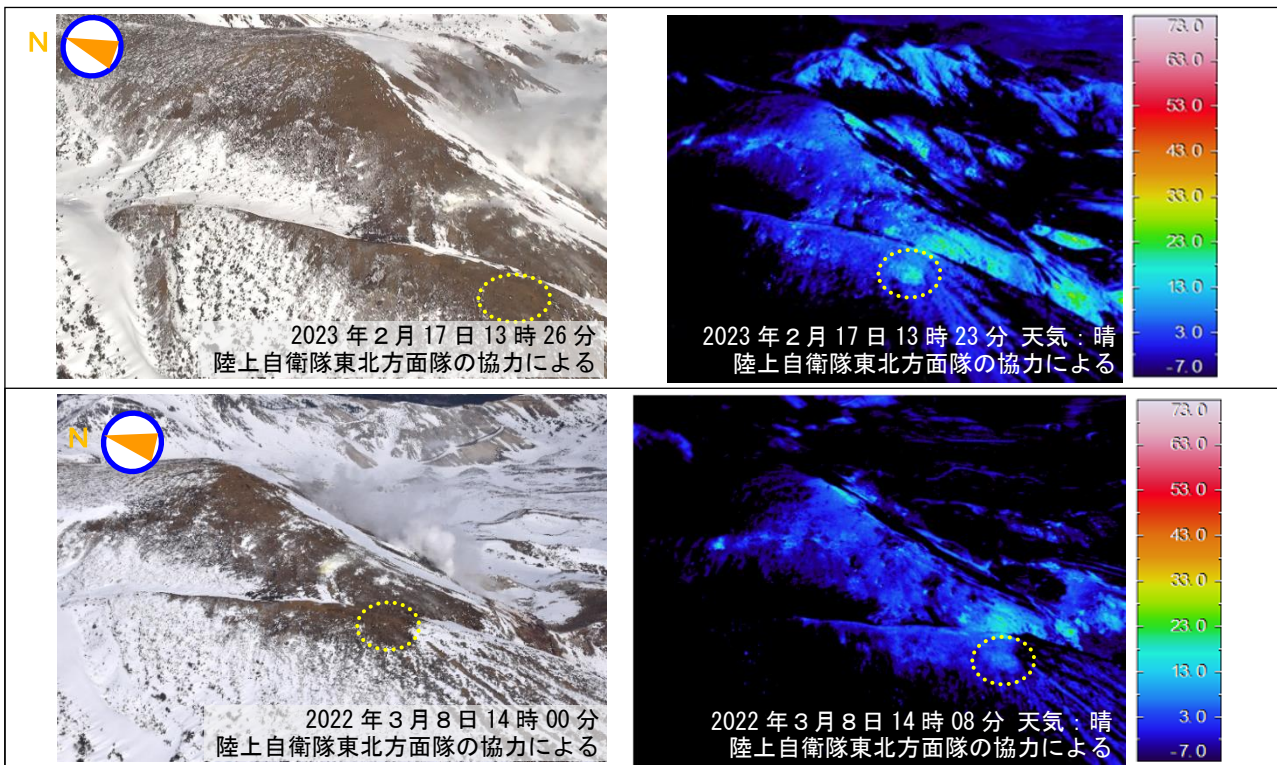


図 19 吾妻山 上空から撮影した大穴火口北西の状況と地表面温度分布

※日射の影響により、裸地等では表面温度が高めに表示されています。

大穴火口北西では、一部の領域 (黄色破線内) でわずかに地熱が明瞭化した可能性があるものの、その他の噴気・地熱域の状況に大きな変化は認められませんでした。

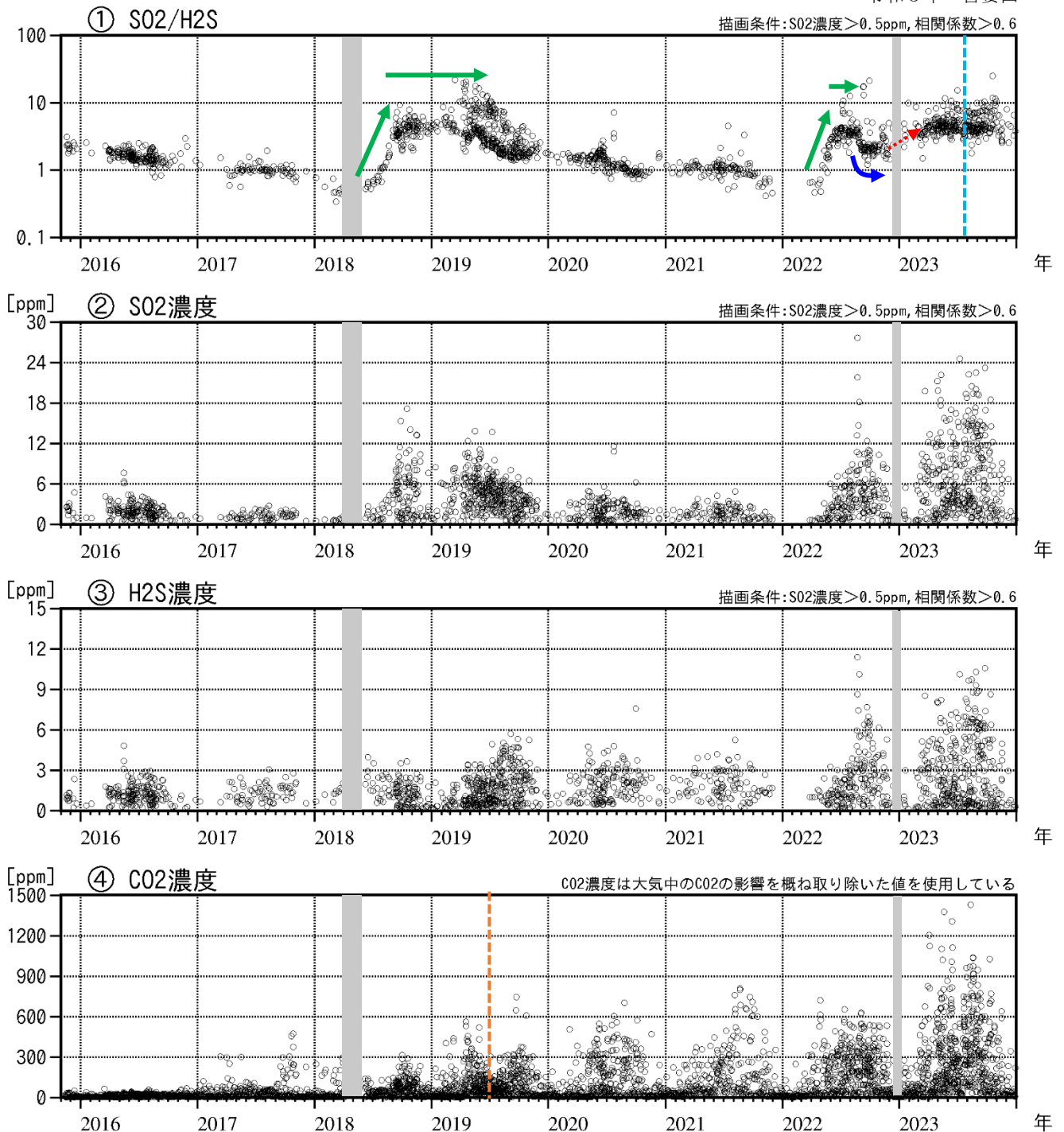


図20 吾妻山 火山ガス観測装置による観測 (2015年11月~2023年12月)

- ・火山ガス観測装置では、噴気孔から流れてくる火山ガスと周辺大気の混合気体を測定しているため、測定される濃度は、風向きや大気との混合の影響を受けて増減する場合があります。一方、複数の火山ガスの濃度比はこうした影響を受けにくいいため、火山活動評価の指標として利用しています。
- ・水色破線は火山ガス観測装置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ません。水色破線以前のデータは感度補正済みです。
- ・橙色破線は火山ガス観測装置のセンサー交換を示し、それ以前は高濃度のCO₂を観測できていない可能性があります。
- ・グラフの灰色部分は欠測を表しています。
- ・季節風が強まる冬期には観測点が大穴火口の北西側にある位置関係のため観測データを得にくい状況となります。
- ・2018年5月頃から9月にかけてS0₂とH₂Sの濃度比は上昇し、その後2019年6月頃まで高い値で推移していました(緑矢印)。
- ・2022年5月頃から8月にかけてS0₂とH₂Sの濃度比は上昇し、その後2022年9月頃まで高い値で推移していました(緑矢印)。
- ・2022年9月頃からS0₂とH₂Sの濃度比はやや低い値で推移していました(青矢印)。

大穴火口の北西に設置している火山ガス観測装置による観測では、S0₂(二酸化硫黄)とH₂S(硫化水素)の濃度比^{*}は2023年2月下旬以降(赤破線矢印)、2018~2019年の活動期並みの高い値を維持しています。

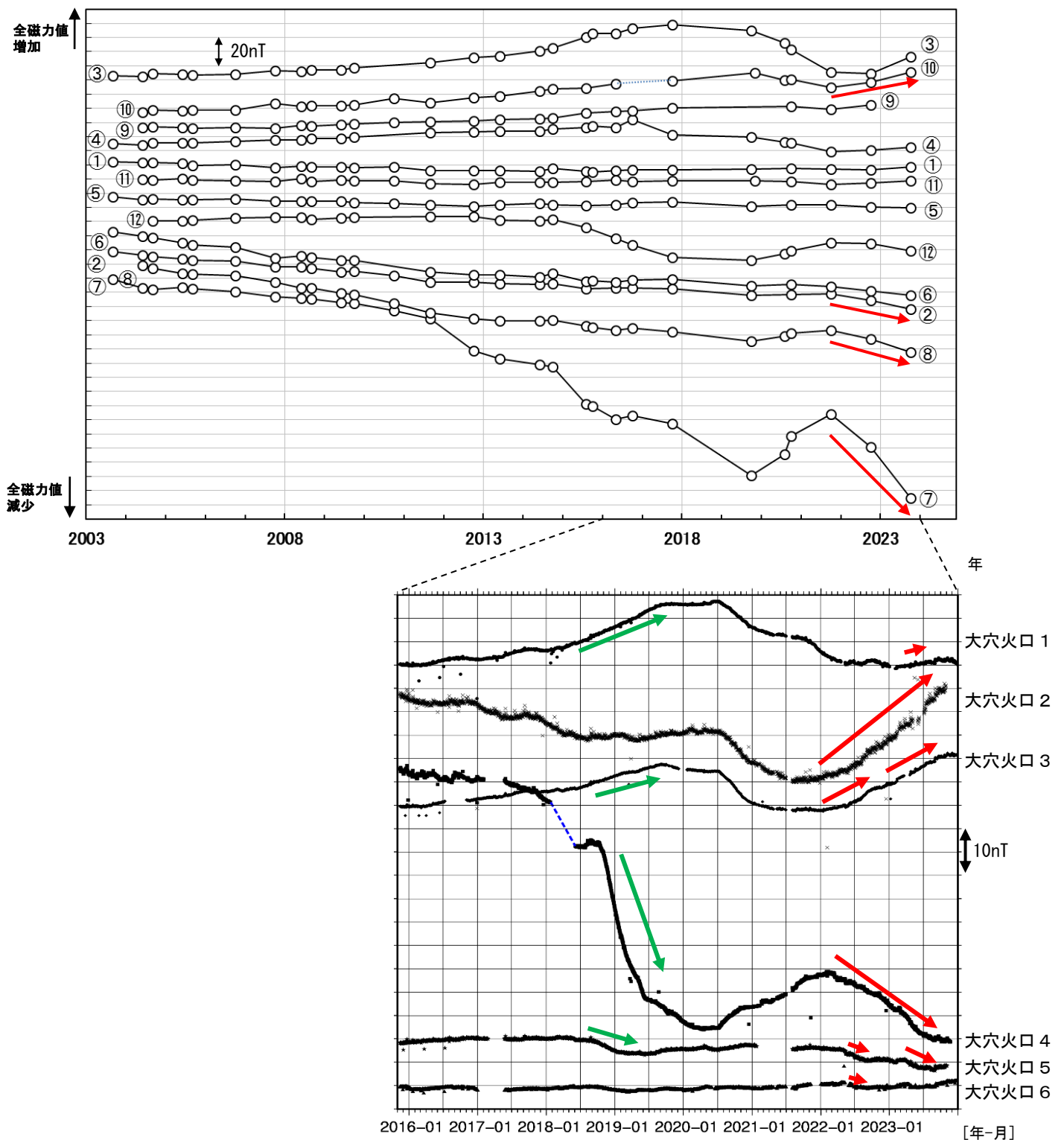


図 21 吾妻山 全磁力繰り返し観測（上）及び連続観測（下）の全磁力値変化
 (2003年9月～2023年12月)

- ・各観測点の場所は図 22 に示しています。 ・グラフの空白部分は欠測を表しています。
- ・全磁力連続観測のデータは参照点（大穴火口の北東約 6km にある高湯観測点あるいは大穴火口の南東約 16km にある上葉木坂西観測点）で観測された全磁力値を基準とした場合の各日の 00 時 00 分から 02 時 59 分の平均値を示しています。
- ・青破線で示す観測点大穴火口 4 における全磁力変動は、観測機器を再設置したことによる人為的な変動です。
- ・2018 年から 2019 年にかけて、全磁力値の変化がみられました（緑矢印）。この変化は大穴火口北西地下の温度上昇を示すと考えられます。

大穴火口周辺に設置している全磁力連続観測装置による観測では、昨年から継続していた大穴火口周辺地下での温度上昇の可能性を示す全磁力値の変化（赤矢印）は 9 月頃からは鈍化しています。

10 月に大穴火口周辺で実施した全磁力繰り返し観測でも、連続観測と概ね同様の結果が観測されています。

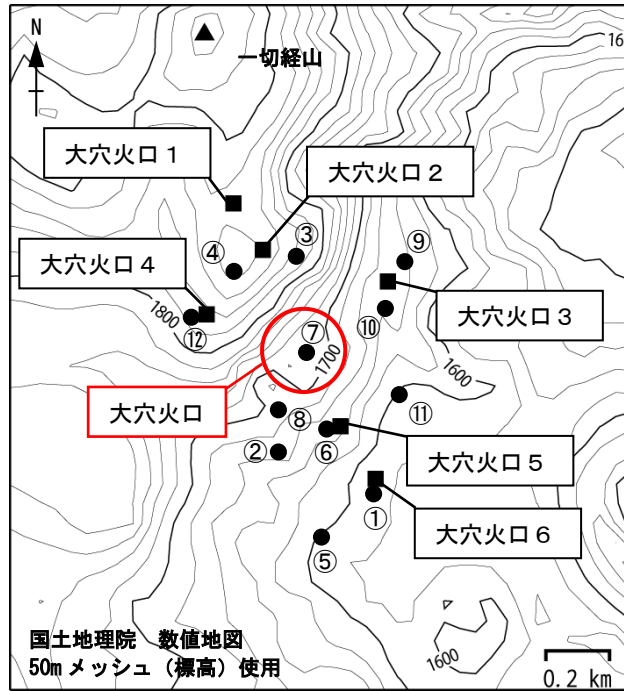


図 22 吾妻山 全磁力観測点配置図

■ : 全磁力連続観測点 (1~6) ● : 全磁力繰り返し観測点 (①~⑫)

【参考】全磁力観測について

火山活動が静穏なときの火山体は地球の磁場（地磁気）の方向と同じ向きに磁化されています。これは、火山を構成する岩石には磁化しやすい鉱物が含まれており、マグマや火山ガス等に熱せられていた山体が冷えていく過程で、地磁気の方に帯磁するためです。しかし、火山活動の活発化に伴い、マグマが地表へ近づくなどの原因で火山体内の温度が上昇するにつれて、周辺の岩石が磁力を失うようになります。これを「熱消磁」と言います。そして地下で熱消磁が発生すると、地表で観測される磁場の強さ（全磁力）が変化します。これらのことから、全磁力観測により火山体内部の温度の様子を知る手がかりを得ることができます。

例えば、山頂直下で熱消磁が起きたとすると、火口の南側では全磁力の減少、火口北側では逆に全磁力の増大が観測されます。この変化は、熱消磁された部分に地磁気と逆向きの磁化が生じたと考えerことで説明できます。下図に示すように、山頂部で観測した全磁力の値は、南側Aでは地磁気と逆向きの磁力線に弱められて小さく、北側Bでは強められて大きくなるのがわかります。

ただし全磁力の変化は、熱消磁によるものだけでなく、地下の圧力変化などによっても生じることがあります。

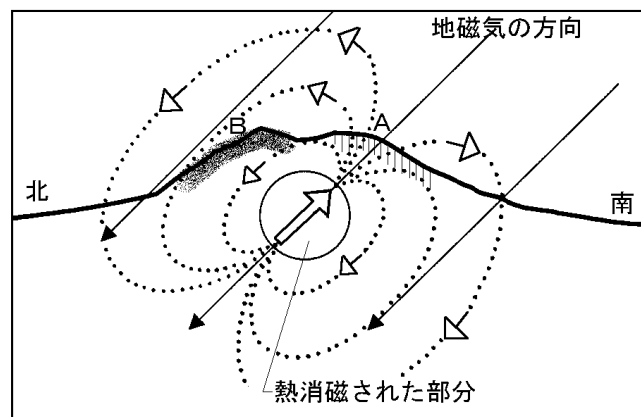


図 23 熱消磁に伴う全磁力変化のモデル

火山体周辺の全磁力変化と火山体内部の温度

北側の観測点で 全磁力増加	[消磁]	→	火山体内部の 温度上昇 を示唆する変化
南側の観測点で 全磁力減少			
北側の観測点で 全磁力減少	[帯磁]	→	火山体内部の 温度低下 を示唆する変化
南側の観測点で 全磁力増加			

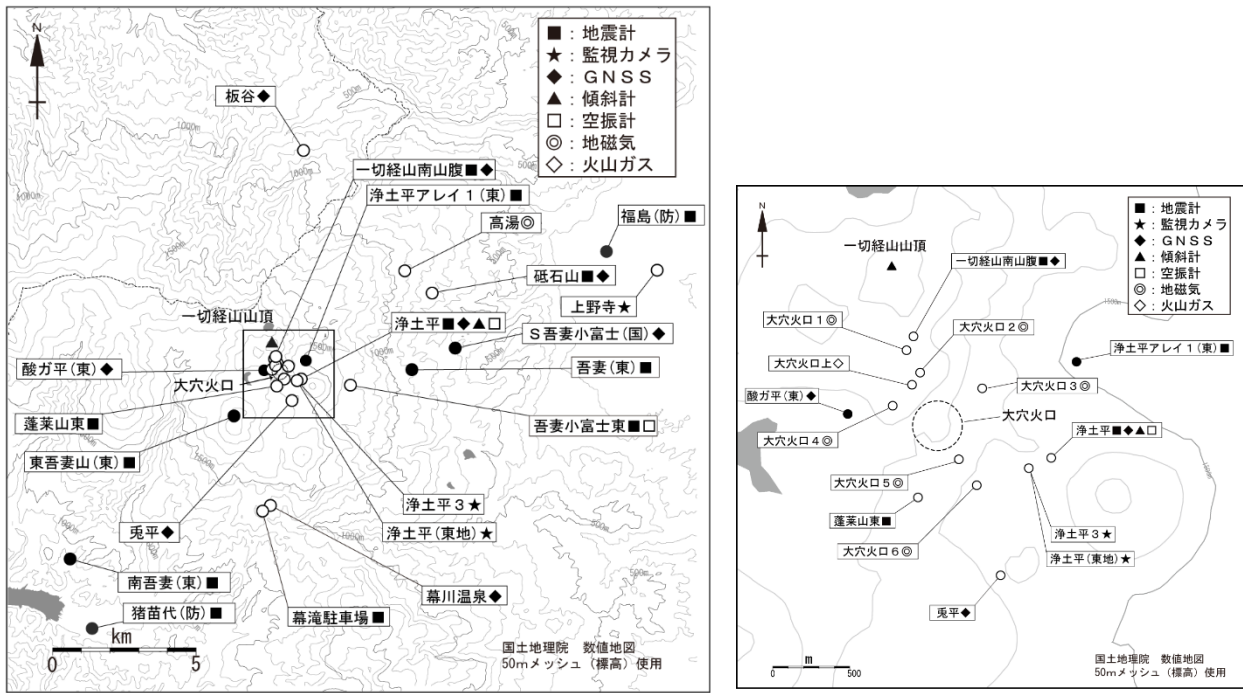


図24 吾妻山 観測点配置図

白丸(○)は気象庁、黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。

左図の四角囲みは右図の表示範囲を示しています。

(東地)：東北地方整備局 (国)：国土地理院 (東)：東北大学 (防) 防災科学技術研究所

表1 吾妻山 気象庁観測点一覧

観測種類	観測点名	位置			設置高 (m)	観測開始日	備考
		北緯	東経	標高 (m)			
地震計	吾妻小富士東	37° 43.34'	140° 16.53'	1295	-1	1965.07.01	
	浄土平	37° 43.46'	140° 15.36'	1584	-98	2010.09.01	
	一切経山南山腹	37° 43.87'	140° 14.76'	1875	0	2001.08.09	
	砥石山	37° 45.09'	140° 18.43'	745	-1	2012.12.01	
	幕瀆駐車場	37° 41.03'	140° 14.53'	1295	-1	2012.12.01	
	蓬萊山東	37° 43.32'	140° 14.79'	1650	-1	2016.12.01	広帯域地震計
空振計	吾妻小富士東	37° 43.34'	140° 16.53'	1295		1998.11.01	
	浄土平	37° 43.46'	140° 15.36'	1584	4	2010.09.01	
傾斜計	浄土平	37° 43.46'	140° 15.36'	1584	-98	2011.04.01	
GNSS	板谷	37° 47.75'	140° 15.42'	809	8	2001.11.01	
	幕川温泉	37° 41.05'	140° 14.61'	1291	9	2001.11.01	
	一切経山南山腹	37° 43.87'	140° 14.76'	1875	1	2001.08.09	
	浄土平	37° 43.46'	140° 15.36'	1584	3	2012.11.09	
	砥石山	37° 45.09'	140° 18.43'	745	5	2012.11.28	
監視カメラ	上野寺	37° 45.52'	140° 23.77'	112	9	1998.11.27	
	浄土平3	37° 43.42'	140° 15.26'	1576	5	2016.12.01	熱映像
火山ガス	大穴火口上	37° 43.71'	140° 14.75'	1885	2	2015.11.22	
地磁気	大穴火口1	37° 43.83'	140° 14.73'	1875	2	2015.11.21	
	大穴火口2	37° 43.75'	140° 14.79'	1878	2	2015.11.21	
	大穴火口3	37° 43.70'	140° 15.06'	1651	2	2015.11.21	
	大穴火口4	37° 43.64'	140° 14.67'	1834	2	2015.11.21	
	大穴火口5	37° 43.45'	140° 14.96'	1647	2	2015.11.21	
	大穴火口6	37° 43.36'	140° 15.04'	1584	2	2015.11.21	
	高湯	37° 45.49'	140° 17.81'	925	2	2015.11.21	