

令和3年（2021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

2020年3月頃からみられた吾妻山深部の膨張を示す地殻変動は、7月頃に概ね停止したとみられます。

大穴火口周辺では、噴気や高温域などの地熱活動は継続しており、8月から9月頃には大穴火口内の地熱域で陥没孔が生じる地表面の変化もみられましたが、その他の観測データを含めて火山活動の活発化を示す変化は認められませんでした。

○ 噴火警報・予報及び噴火警戒レベルの状況、2021年の発表履歴

2021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）
------------	----------------------------

○ 2021年の活動概況

- ・地震や微動の発生状況（図1-②③、図2-④⑤、図3-②～⑤、図4、図5）

火山性地震は少ない状態で経過しました。
火山性微動は観測されませんでした。

- ・地殻変動の状況（図2-⑥～⑧、図3-①、図6～8）

2020年3月頃からGNSS連続観測の吾妻山周辺の長い基線で、吾妻山深部の膨張を示す変化がみられましたが、2021年7月頃から停滞しており、深部の膨張は概ね停止したとみられます。

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、2020年7月頃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、2020年10月下旬頃からは概ね停滞しており、今期間も状況に変化はありませんでした。

- ・噴気など表面現象の状況（図1-①、図2-①、図9～20）

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200m以下で経過し、大穴火口周辺の噴気の状況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、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が、その後は停滞しており、地熱域全体の状況に大きな変化はみられません。

9月20日に気象研究所が実施した現地調査で、大穴火口内の北側に陥没孔が確認されました。陥没孔の形状は直径10mの円形で、深さは推定5m程度とみられ、陥没孔内に少量の湯だまりと地熱域のほか、白色の噴気または湯気が認められました。陥没孔の形成時期は、当センターが現地調査を行った8月19日から東北大学が観測を行った9月7日の間と推定され、その位置は2020年8月以降認められていた熱異常域に対応しています。この領域では1970年代後半から1980年代中頃まで50℃以上の地熱があり、過去には陥没や土砂噴出などがみられていました。今回の陥没の前後で大穴火口内のその他の地熱域の状況に大きな変化はみられませんでした。

3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。

この資料は、気象庁ホームページ（https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact.php）でも閲覧することができます。

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、国立研究開発法人防災科学技術研究所及び公益財団法人地震予知総合研究振興会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。

・火山ガスの状況（図 21）

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、 SO_2 と H_2S の濃度比[※]は火山活動が静穏な時期の傾向で推移しました。

※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 2-③、図 22～24）

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、2020年7月以降、大穴火口北西地下の温度低下を示すと考えられる変化がみられており、この変化は2020年12月頃からは鈍化したものの継続しています。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。

○ 活動評価

吾妻山では2003年以降、マグマの関与を示すと考えられる吾妻山深部の膨張に始まり、地震活動の活発化や大穴火口浅部の膨張などへ至る火山活動の活発化が繰り返されています。

2020年3月頃からの吾妻山深部の膨張は2021年7月頃に概ね停止したとみられ、地殻変動や地震活動等に変化が認められた一連の活動は概ね停滞しています。現在、顕著な火山活動の活発化は認められませんが、大穴火口周辺では熱活動が継続しており、噴出現象が突発的に発生する可能性があることに留意が必要です。

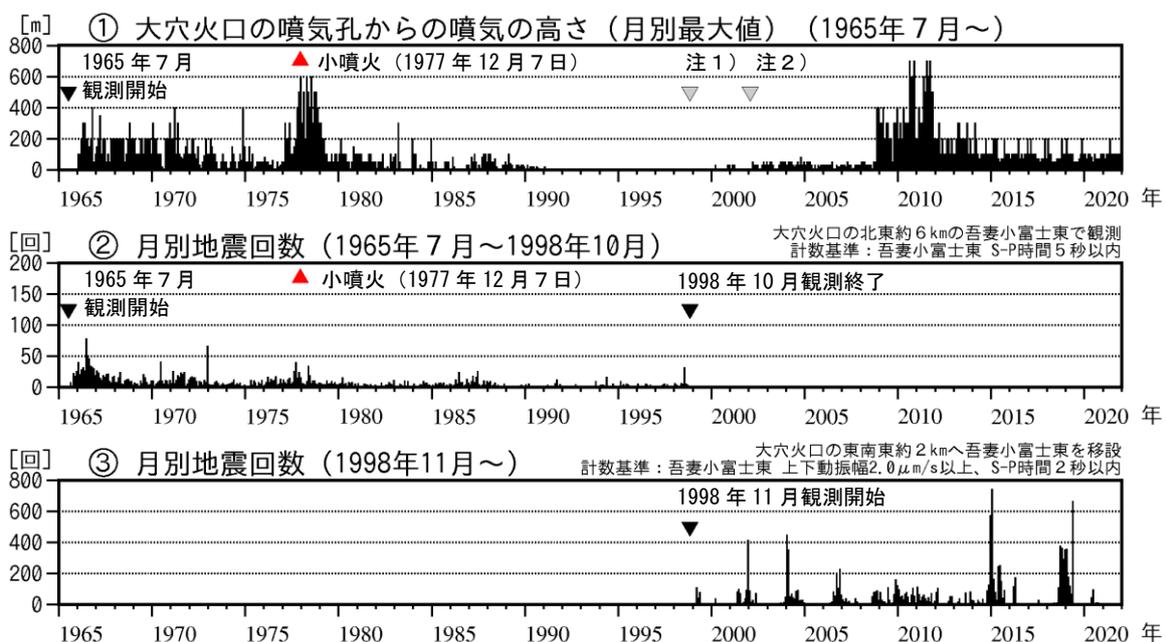


図1 吾妻山 長期的な火山活動の経過（1965年7月～2021年12月）

注1) 1998年以前は福島地方気象台（大穴火口の東北東約20km）からの目視観測で、1998年からは監視カメラ（大穴火口の東北東約14km）による観測です。

注2) 2002年2月以前は定時（09時、15時）及び随時観測による高さ、2002年3月以後は24時間観測による高さです。

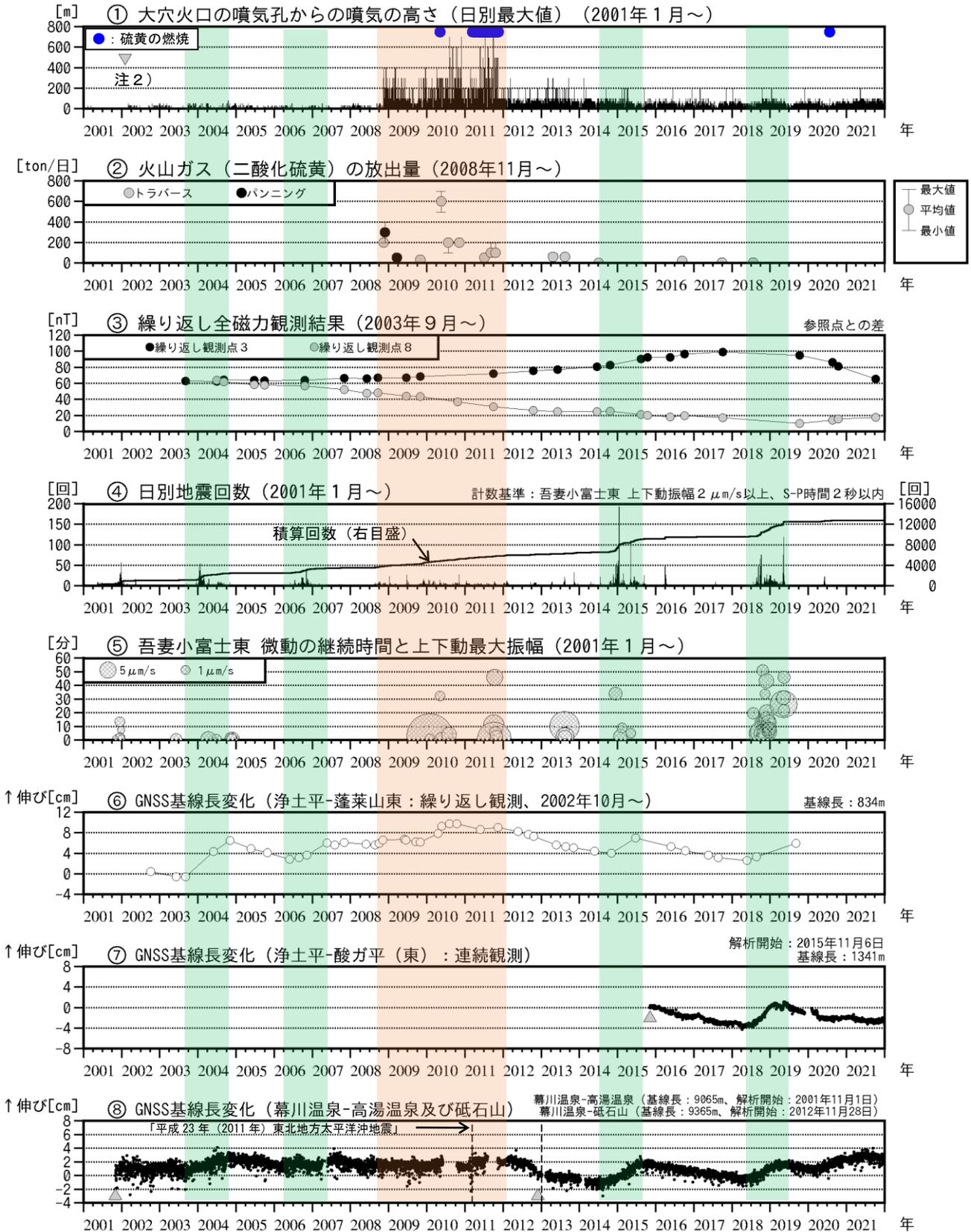


図2 吾妻山 中期的な火山活動の経過（2001年1月～2021年12月）

- ・注2）2002年2月以前は定時（09時、15時）及び随時観測による高さ、2002年3月以後は24時間観測による高さです。
- ・③繰り返し観測点3及び8はそれぞれ図23の全磁力繰り返し観測点③⑧に対応しています。
- ・⑦及び⑧はそれぞれ図6のGNSS基線①⑧に対応しています。
- ・⑧「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。
- ・⑧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。
- ▲：解析開始を示します。・GNSS基線長は、2013年1月に解析方法を変更しています。

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（緑色部分）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（橙色部分）。

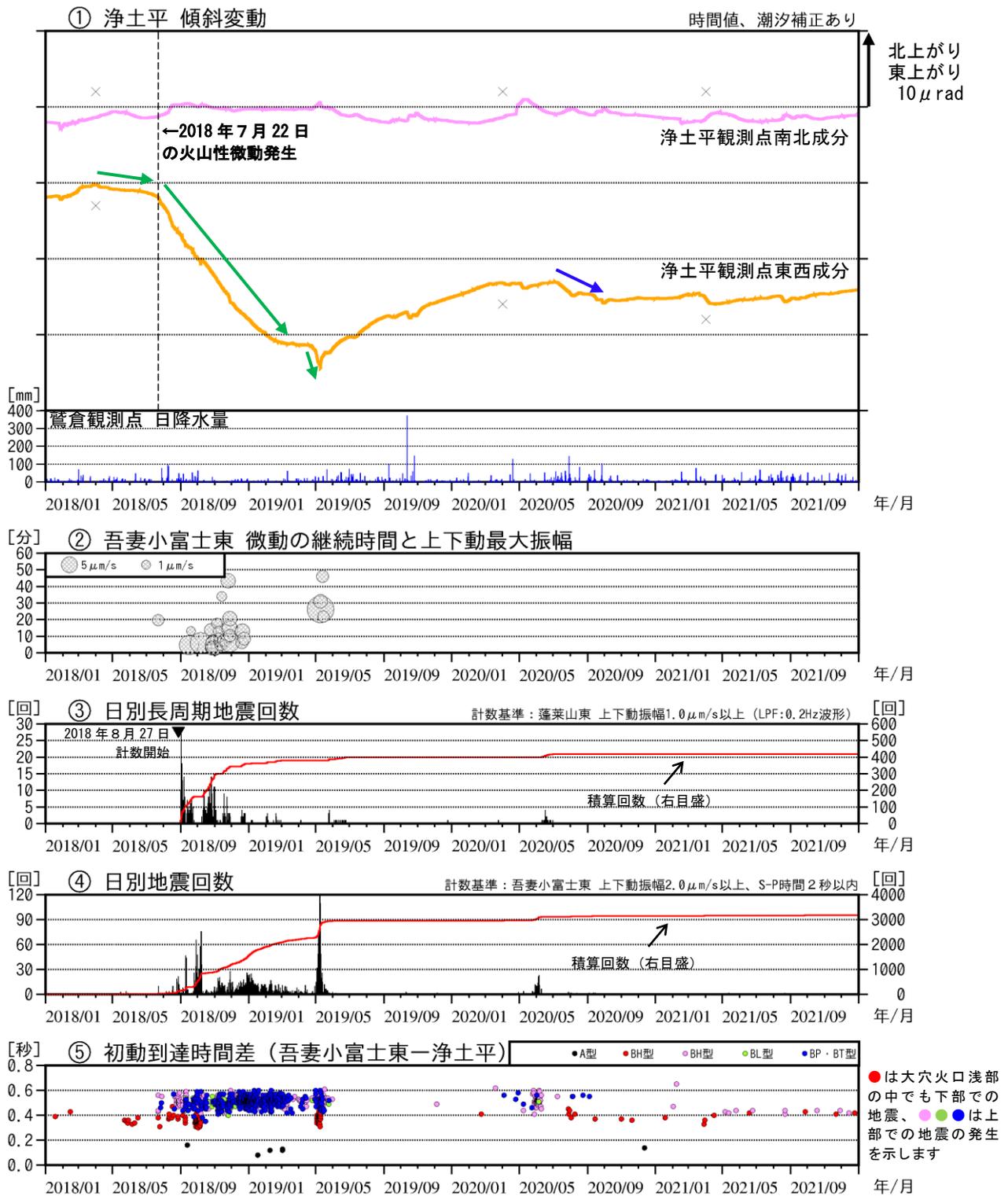


図3 吾妻山 火山活動経過図 (2018年1月~2021年12月)

- ・④日別地震回数に③長周期地震の回数は含まれていません。
- ・浄土平傾斜計のデータは、長期トレンドを除去しています。
- ×：融雪期には北北上がりの変動がみられます。

火山性地震は少ない状態で経過しました。

浄土平観測点 (大穴火口から東南東約1 km) に設置している傾斜計では、2018~2019年に火山活動活発化に伴う傾斜変動 (緑矢印) が観測されています。2020年7月頃から大穴火口浅部の緩やかな膨張を示す変化 (青矢印) が観測されていましたが、2020年10月下旬頃からは概ね停滞しており、今期間も変化はありません。

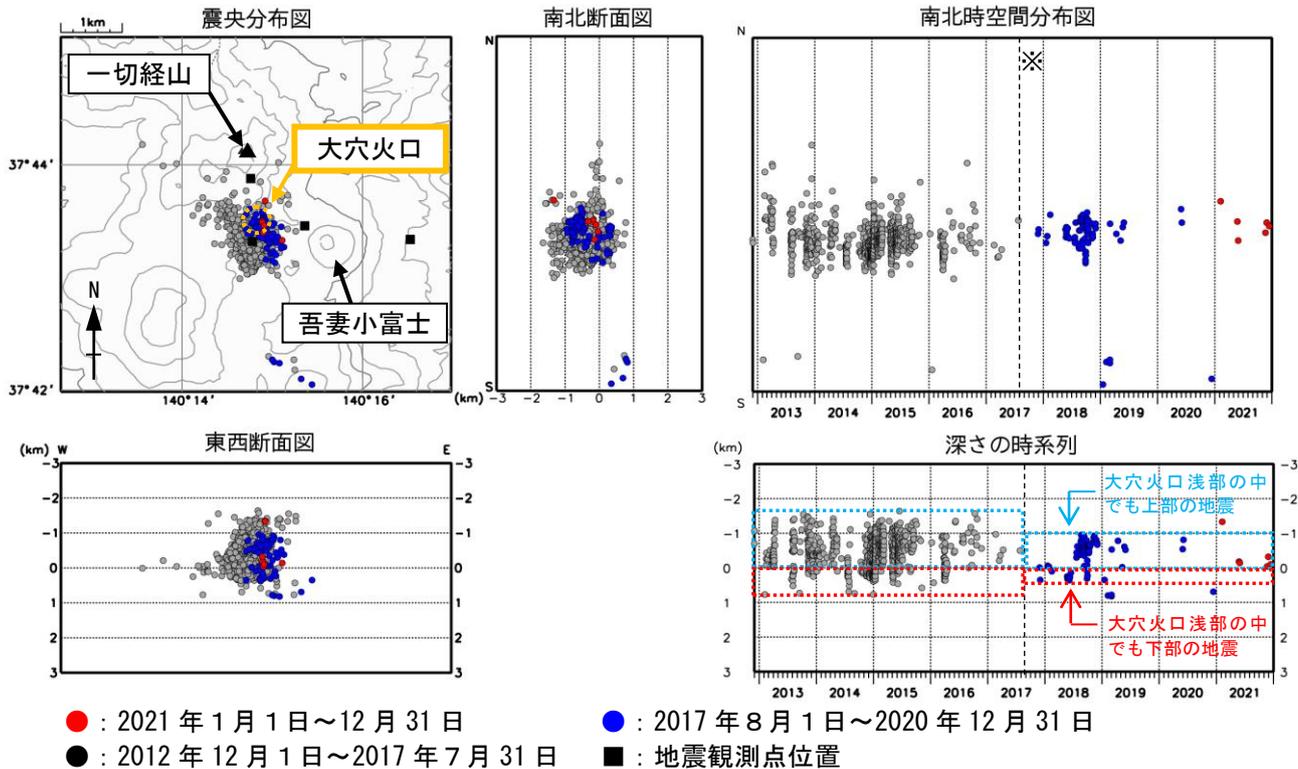


図4 吾妻山 地震活動 (2012年12月~2021年12月)

※2017年8月1日から蓬萊山東観測点を震源計算に使用しているため震源のばらつきがそれ以前より小さくなっています。
火山性地震は少ない状態で経過しました。

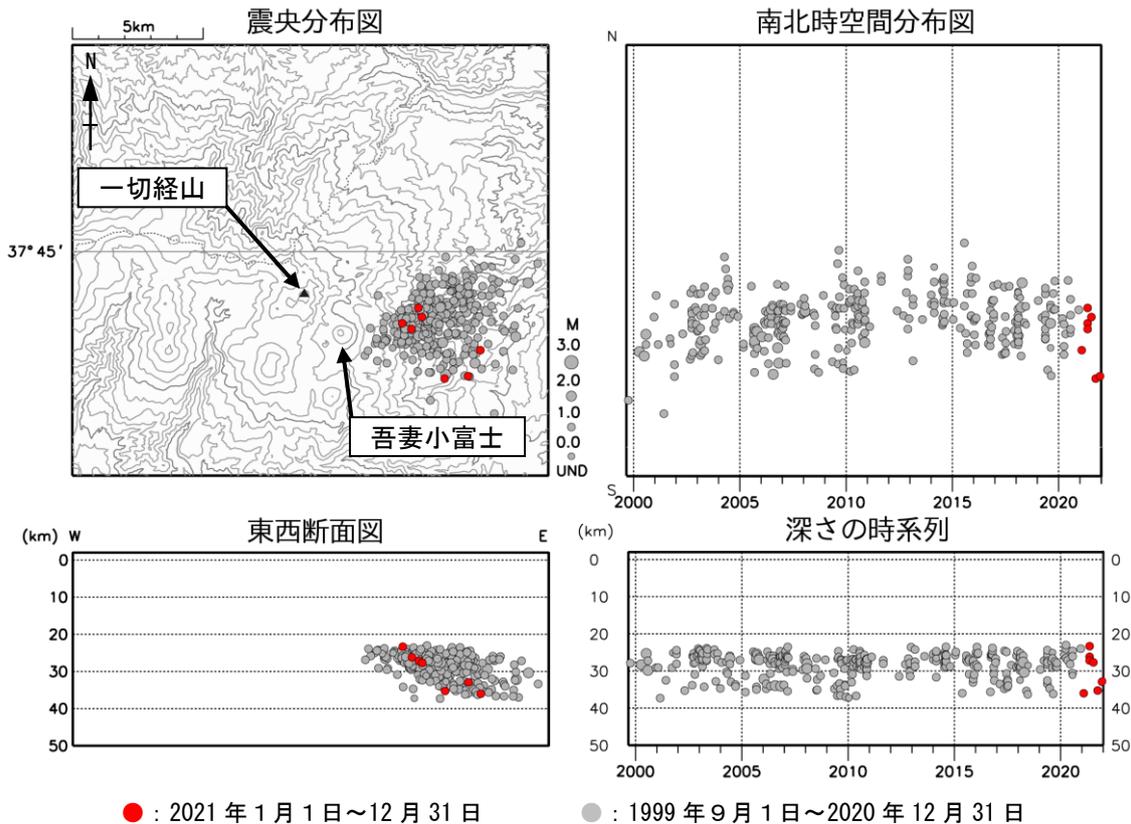


図5 吾妻山 広域地震観測網による深部低周波地震活動 (1999年9月~2021年12月)

- ・2001年10月以降、検知能力が向上しています。
- ・2020年9月以降の震源は、地震観測点の標高を考慮する等した新手法で求められています。
- ・2022年1月25日現在、次の期間の地震について、暫定的に震源精査の基準を変更しているため、その前後の期間と比較して微小な地震での震源決定数の変化(増減)が見られます。(1)2020年9月1日から10月23日まで、(2)2021年1月9日から3月7日まで、(3)2021年4月19日から12月5日まで

深部低周波地震は少ない状態で経過しました。

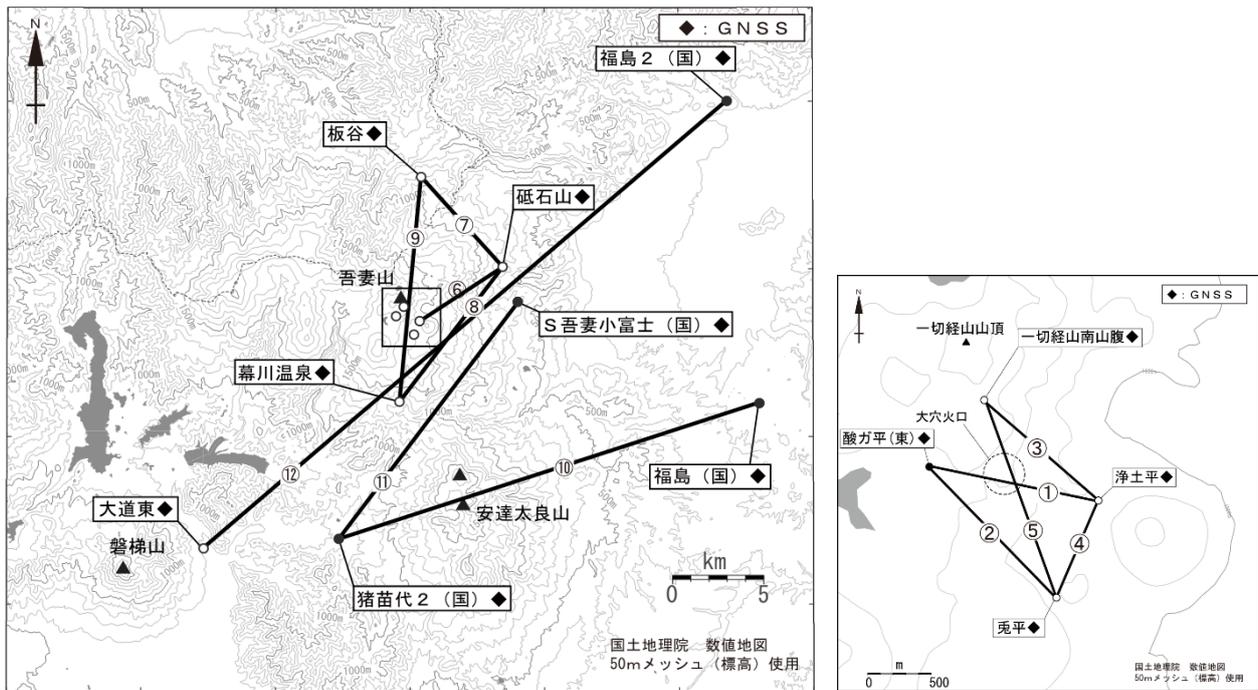


図6 吾妻山 GNSS 観測基線図

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

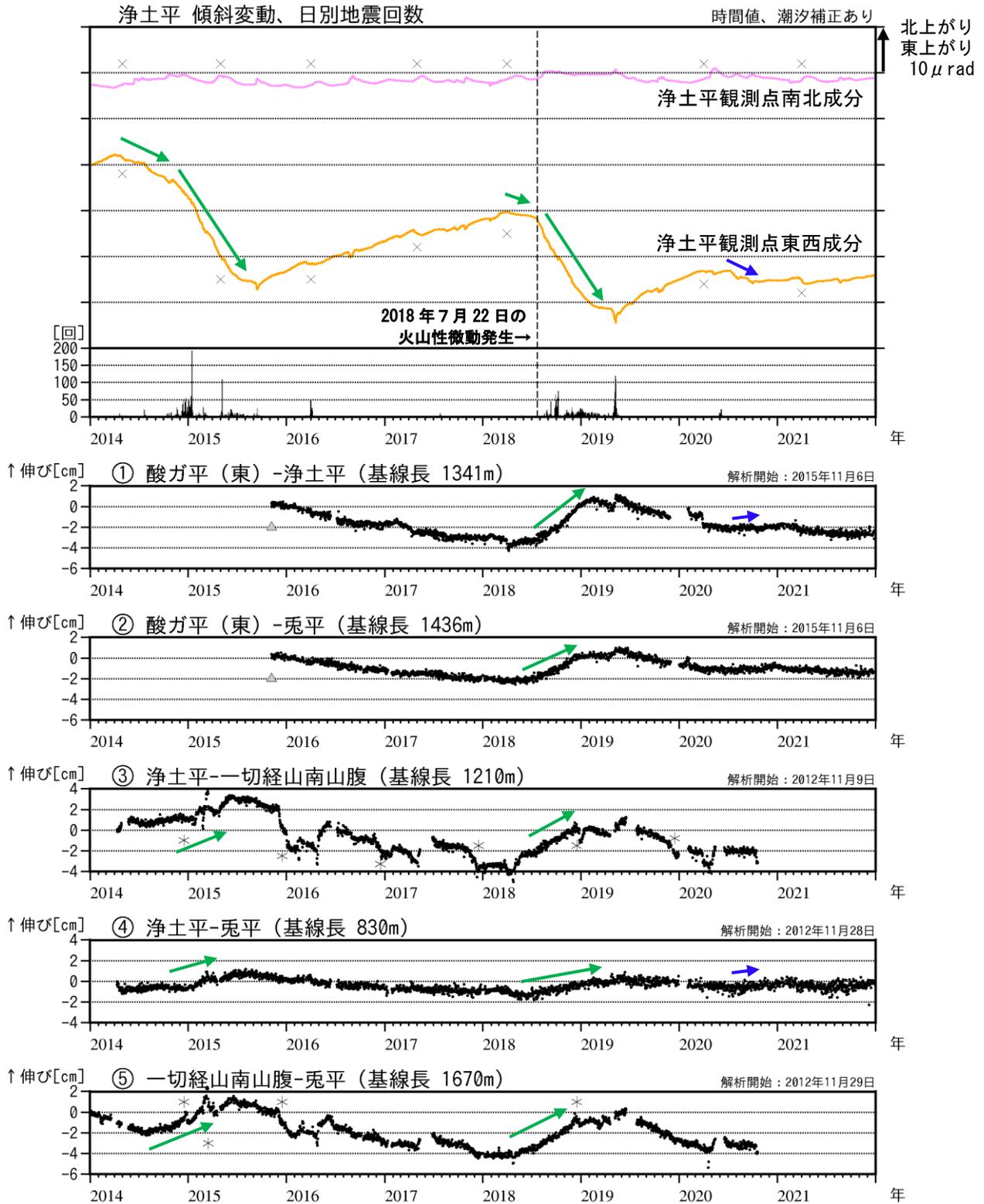


図7 吾妻山 大穴火口浅部の地殻変動 (2014年1月～2021年12月)

- ・ 傾斜計の浄土平観測点は火口浅部のほぼ東に位置するため、大穴火口浅部の膨張による傾斜変化は東西成分に大きく現れます。
- ・ ①～⑤は図6のGNSS基線①～⑤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。
- ・ 浄土平傾斜計のデータは、長期トレンドを除去しています。
- ▲：解析開始を示します。 ×：融雪期には北西上がりの変動がみられます。
- *：冬期には、凍上やアンテナへの着雪等によると考えられる変化がみられます。

2014～2015年及び2018～2019年には、火山活動活発化に伴う変化(緑矢印)が観測されています。浄土平の傾斜計及びGNSS連続観測の大穴火口周辺の短い基線の一部では、2020年7月頃から大穴火口浅部の緩やかな膨張を示す変化(青矢印)が観測されていましたが、2020年10月下旬からは概ね停滞しており、今期間も変化はありません。

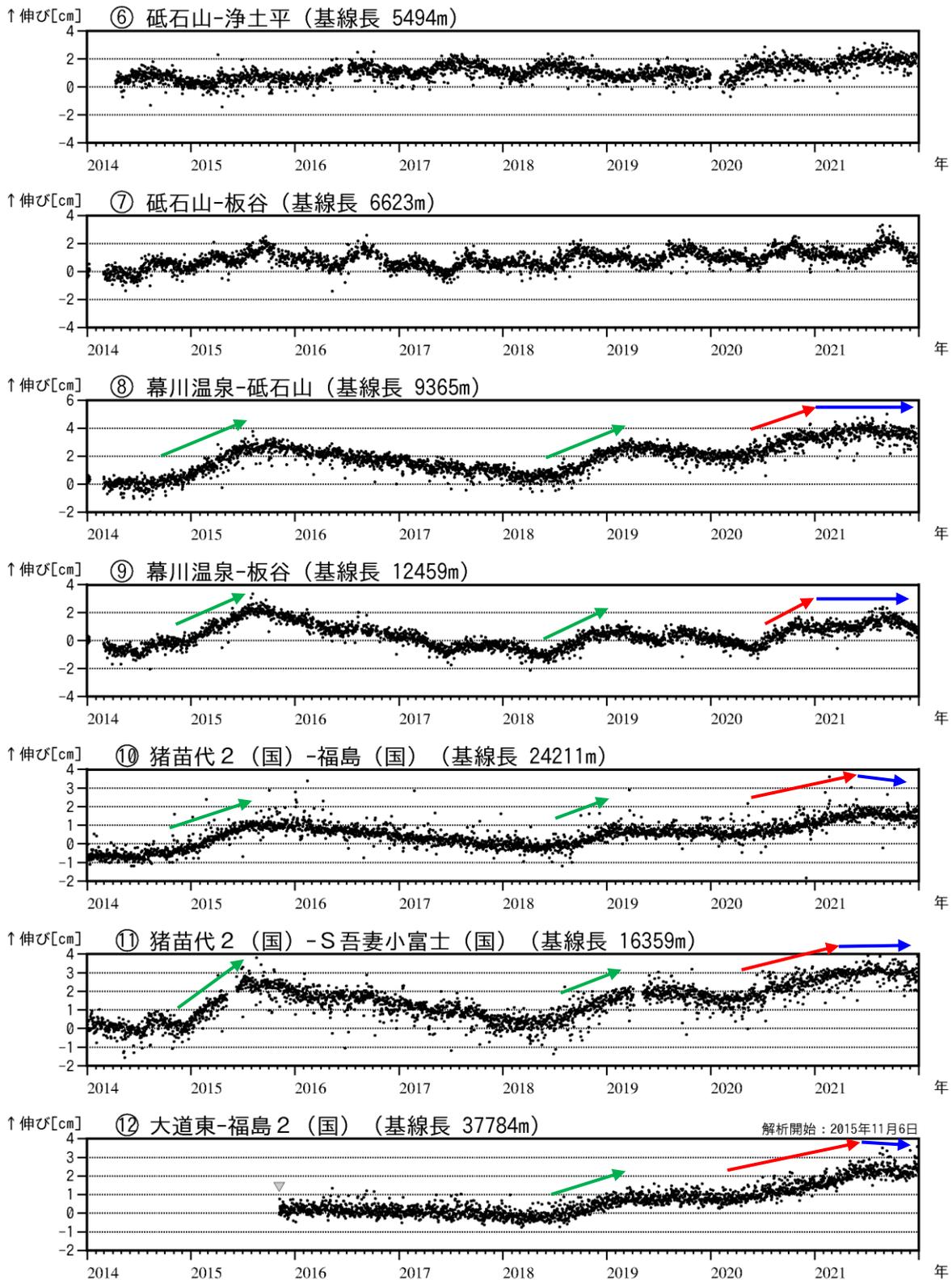


図8 吾妻山 吾妻山深部の地殻変動 (2014年1月~2021年12月)

- ・⑥~⑫は図6のGNSS基線⑥~⑫に対応しています。
- ・空白部分は欠測を示します。
- ・(国)は国土地理院の観測点を示します。
- ▼: 解析開始を示します。

GNSS 連続観測の吾妻山周辺の長い基線では、2014~2015年、2018~2019年にかけての火山活動活発化の際に、吾妻山深部の膨張を示す変化(緑矢印)が観測されています。

2020年3月頃からみられた吾妻山深部の膨張を示す変化(赤矢印)は、2021年7月頃から停滞しており、深部の膨張は概ね停止したとみられます(青矢印)。



図9 吾妻山 大穴火口周辺の噴気の状態（5月12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。

大穴火口の噴気の高さは200m以下で経過し、大穴火口及びその周辺の噴気の状態に変化は認められません。

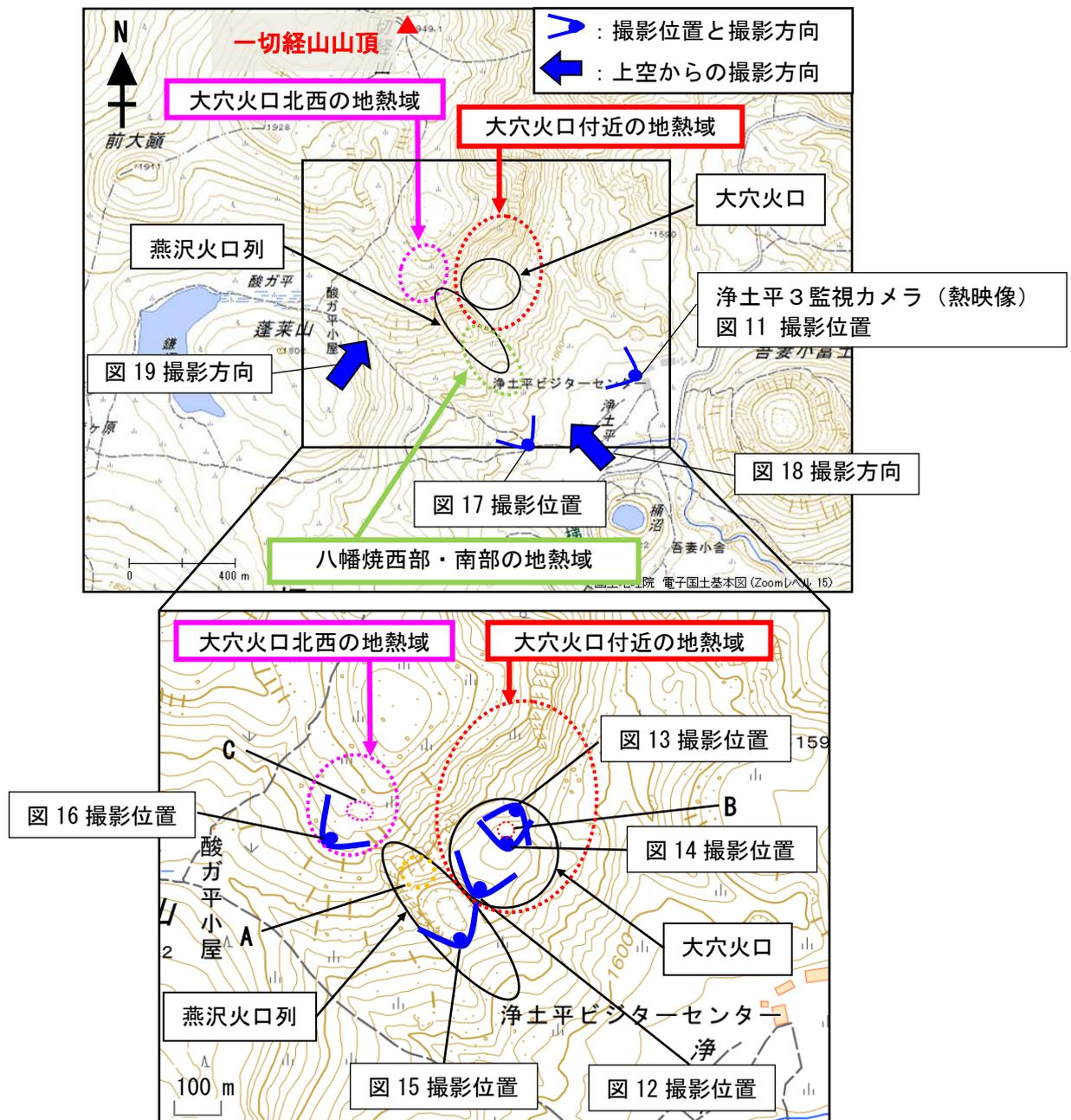


図10 吾妻山 大穴火口周辺の噴気と地熱域の分布等撮影位置、撮影方向

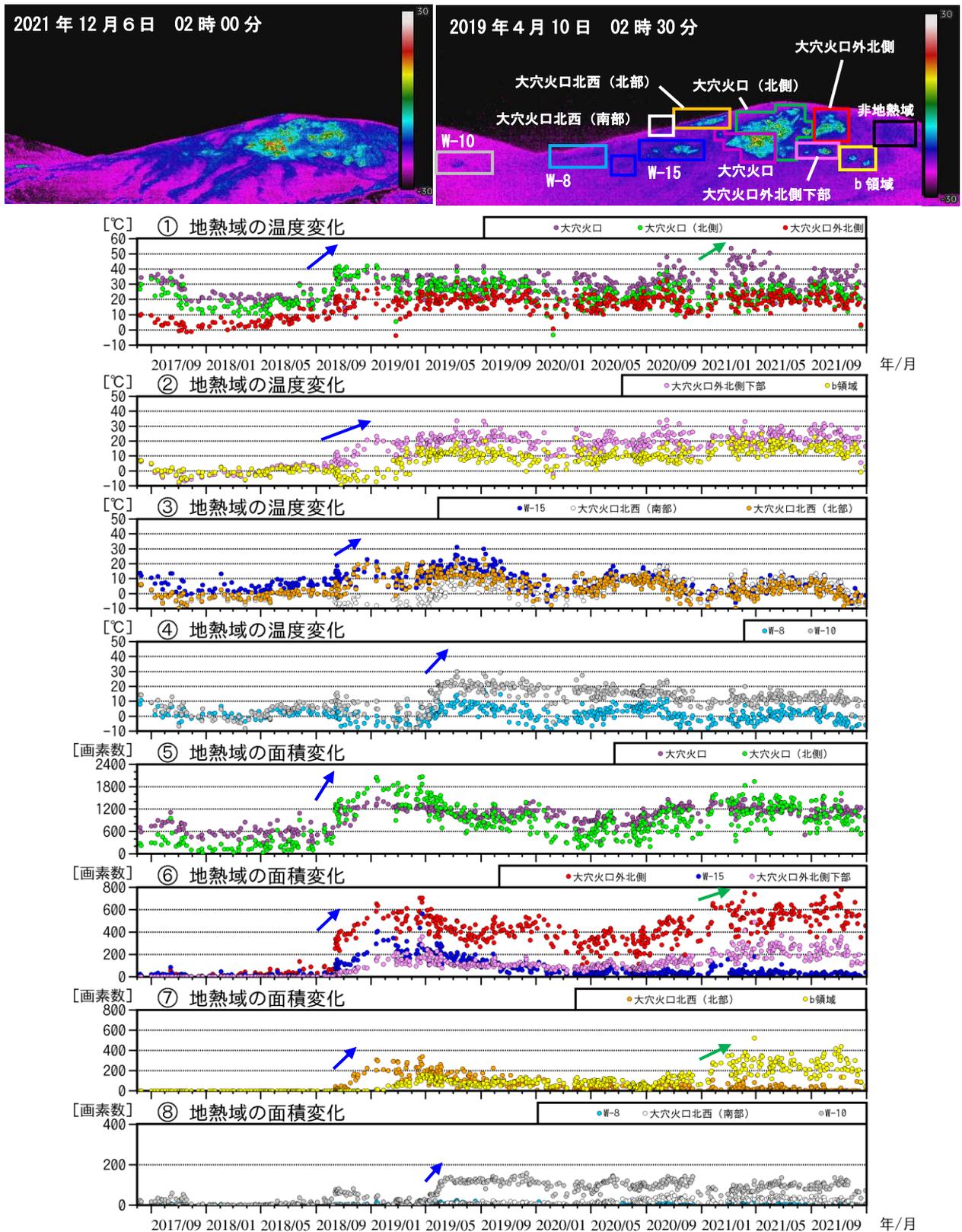


図 11 吾妻山 監視カメラによる大穴火口周辺の地熱域の経過 (2017年8月～2021年12月)

- ・①～④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。
- ・⑤～⑧は領域毎に非地熱域(黒枠)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。・グラフ中の点の色は上図の枠線の色に対応しています。
- ・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、地熱域の拡大と温度上昇がみられました(青矢印)。

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が(緑矢印)、その後は停滞しており、地熱域全体の状況に大きな変化はみられません。

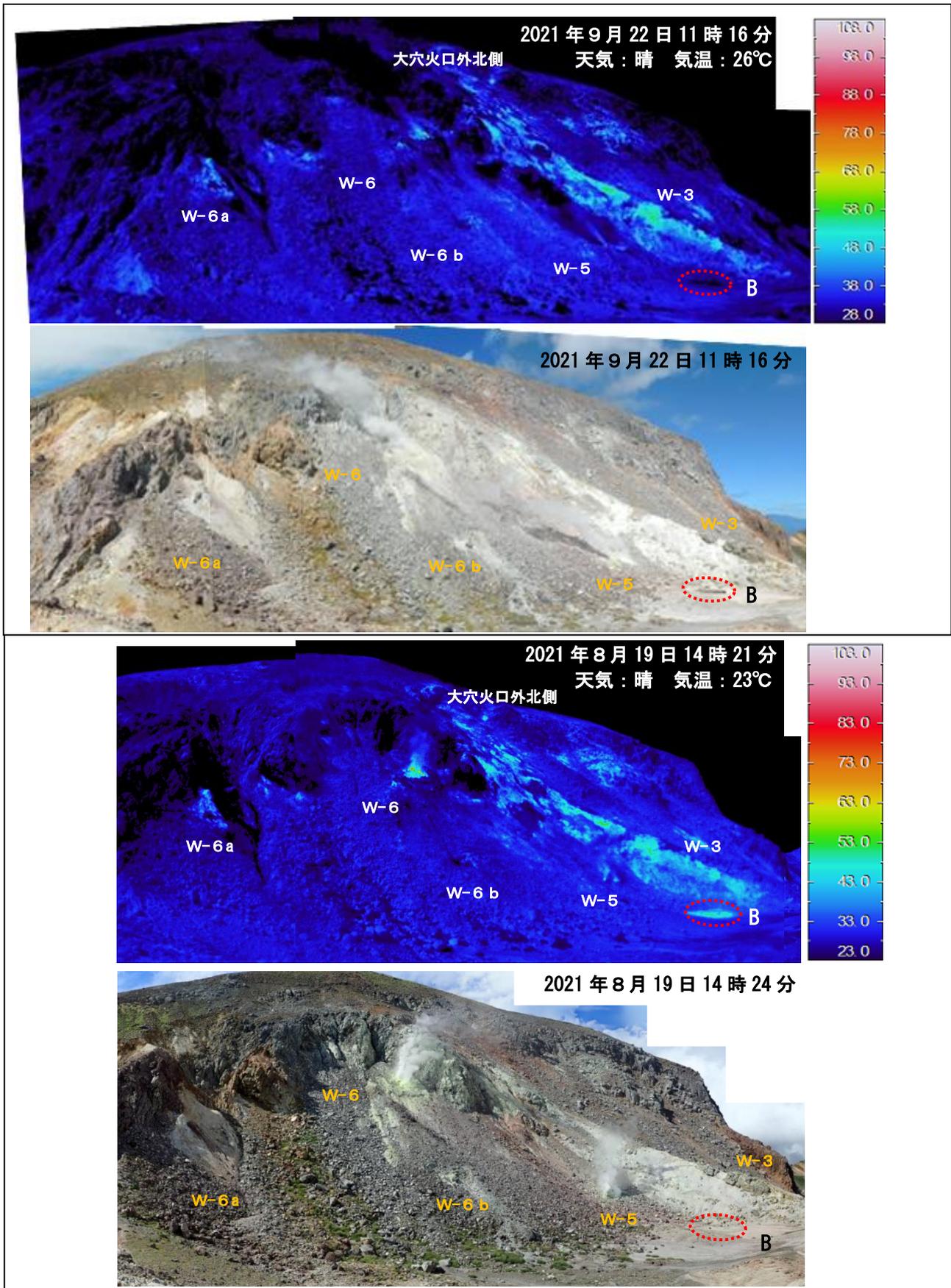


図12 吾妻山 大穴火口付近及びその周辺の状況（下）と地表面温度分布（上）

・噴気や雲のため、一部の地熱域が隠れています。

2020年8月から確認されていたW-3下部の地熱域（B）において、9月20日に気象研究所が実施した現地調査で陥没孔が認められました。陥没孔の形成時期は、当センターが現地調査を行った8月19日から東北大学が観測を行った9月7日の間と推定されます。陥没の前後で大穴火口内のその他の地熱域の状況に大きな変化はみられませんでした。

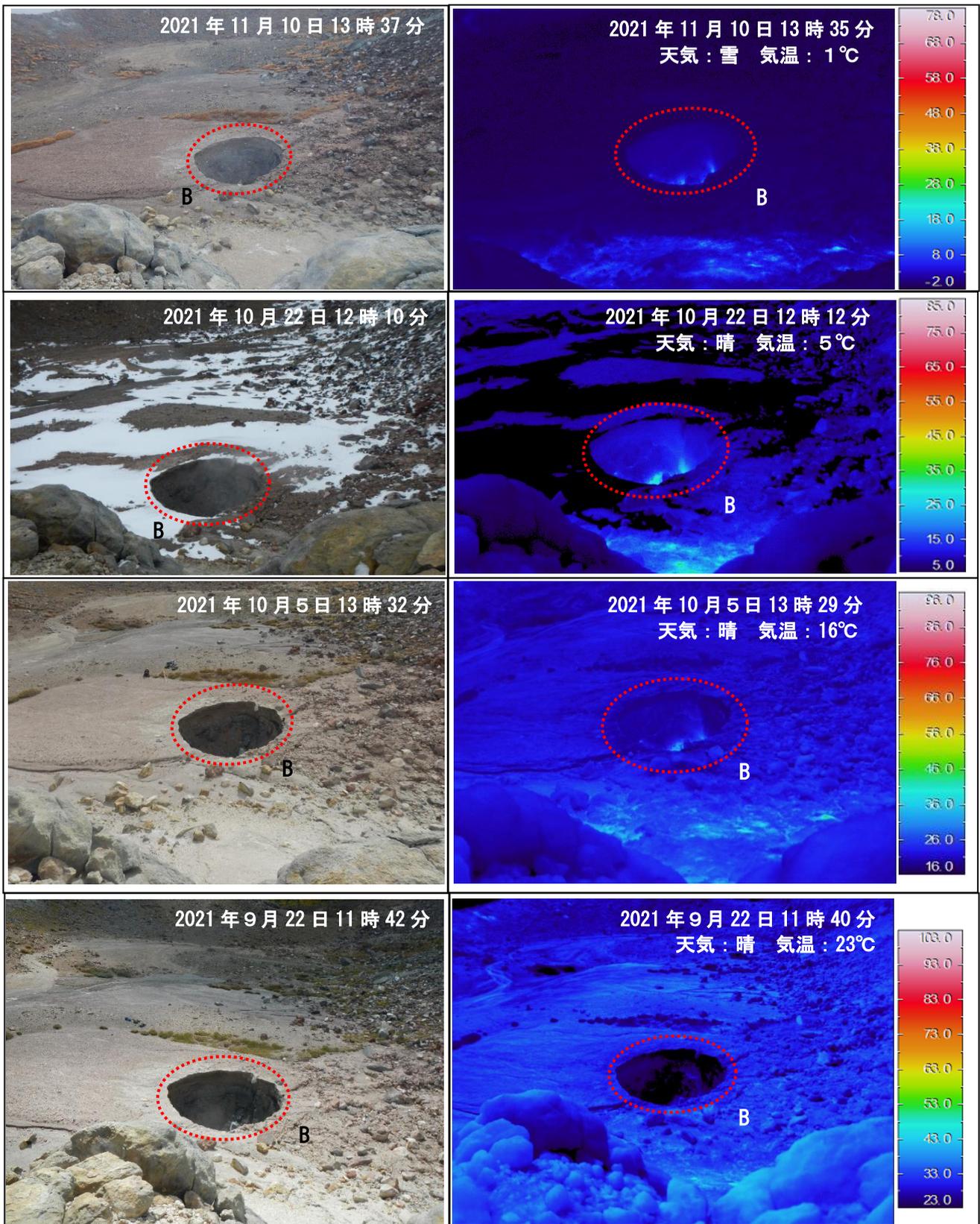


図13 吾妻山 大穴火口内の陥没孔周辺の状況（左）と地表面温度分布（右）

大穴火口内北部の陥没孔（B）の形状は直径10mの円形で、深さは5m程度と推定されます。陥没孔からは白色の噴気または湯気が認められましたが、周辺に噴出物は認められませんでした。現地調査を実施した9月から11月にかけて、孔の形状や地熱の状況に大きな変化は認められませんでした。

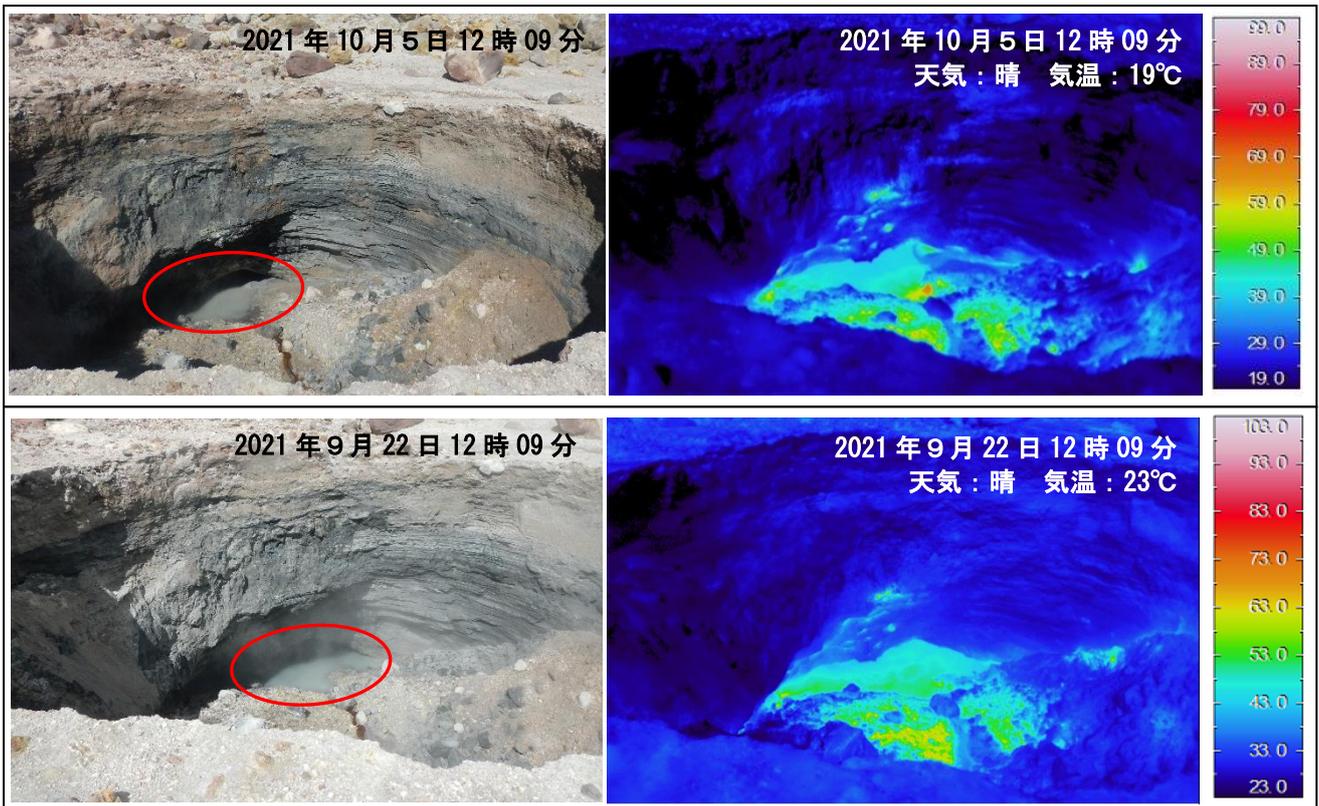


図 14 吾妻山 陥没孔内の状況（左）と表面温度分布（右）

陥没孔内に少量の湯だまり（赤丸）及び地熱域（表面温度分布の概ね水色から黄色部）が認められました。

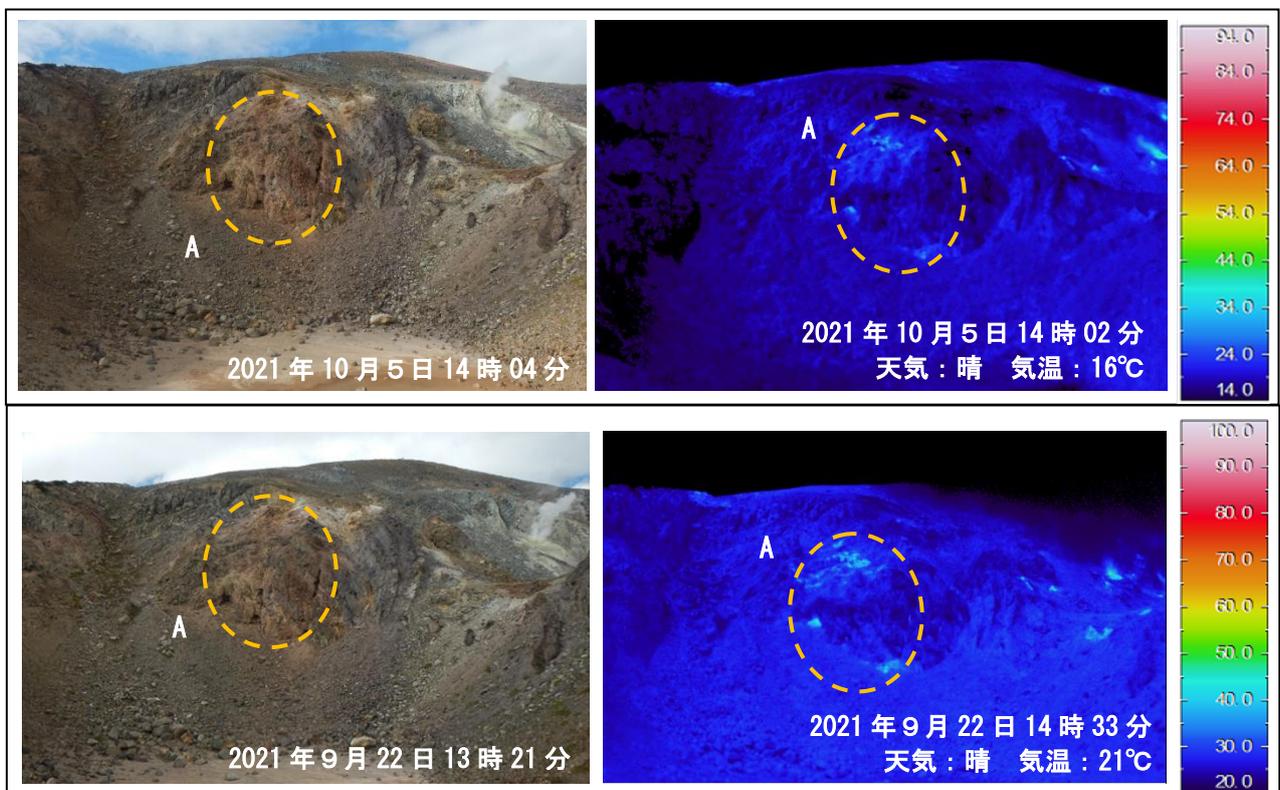


図 15 吾妻山 燕沢火口列北側火口壁の状況（左）と地表面温度分布（右）

・噴気や雲のため、一部の地熱域が隠れています。

燕沢火口列北側火口壁の弱い地熱域（A）が引き続き認められました。

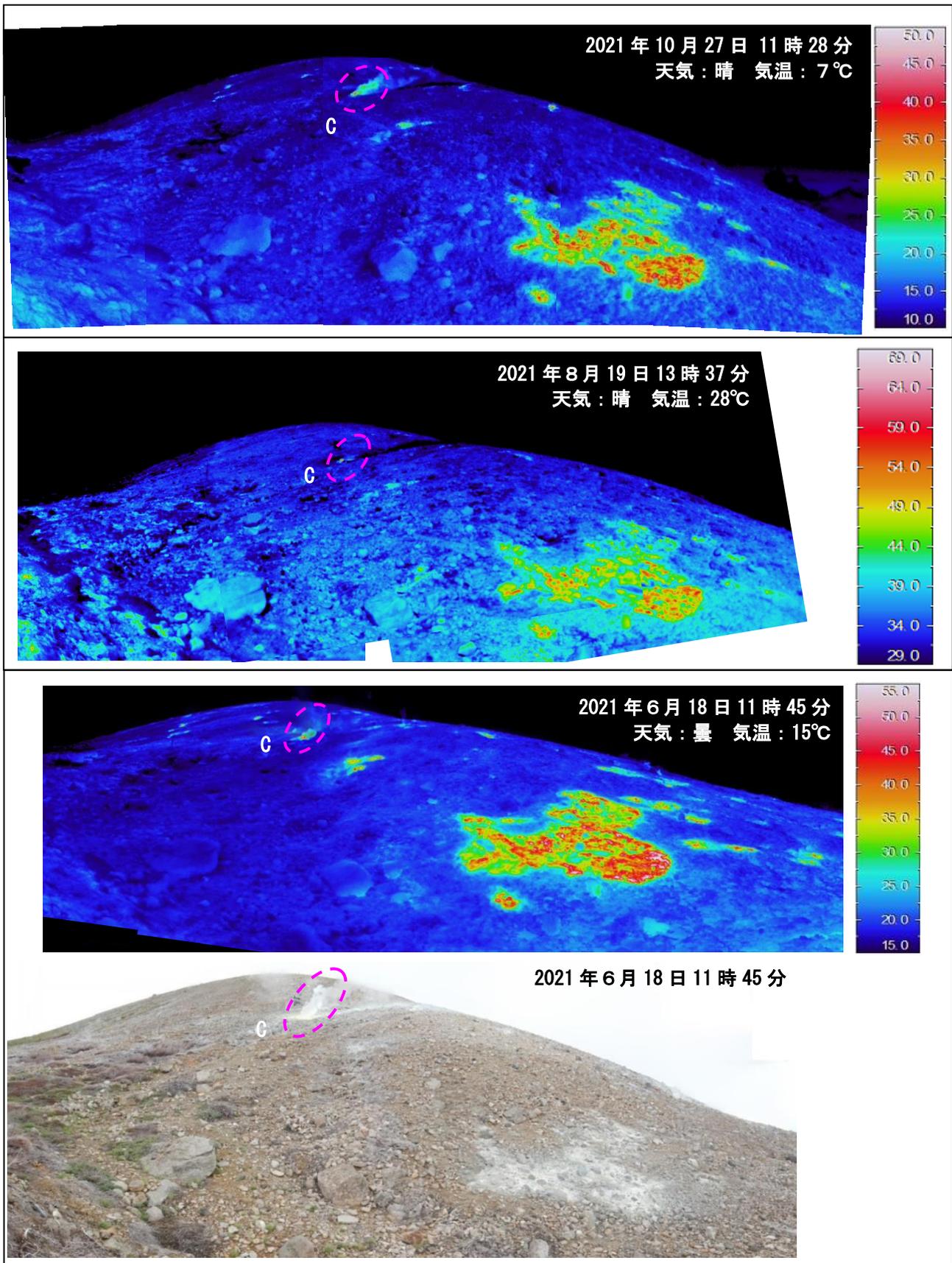


図16 吾妻山 大穴火口北西の状況（下）と地表面温度分布（上）

・噴気や雲のため、一部の地熱域が隠れています。

6月に実施した現地調査では、新たに噴気孔（C）を確認しました。噴気孔（C）における噴気温度の最高値は139℃（10月の現地調査での観測値）でした。これまでみられていた地熱域では大きな変化は認められませんでした。

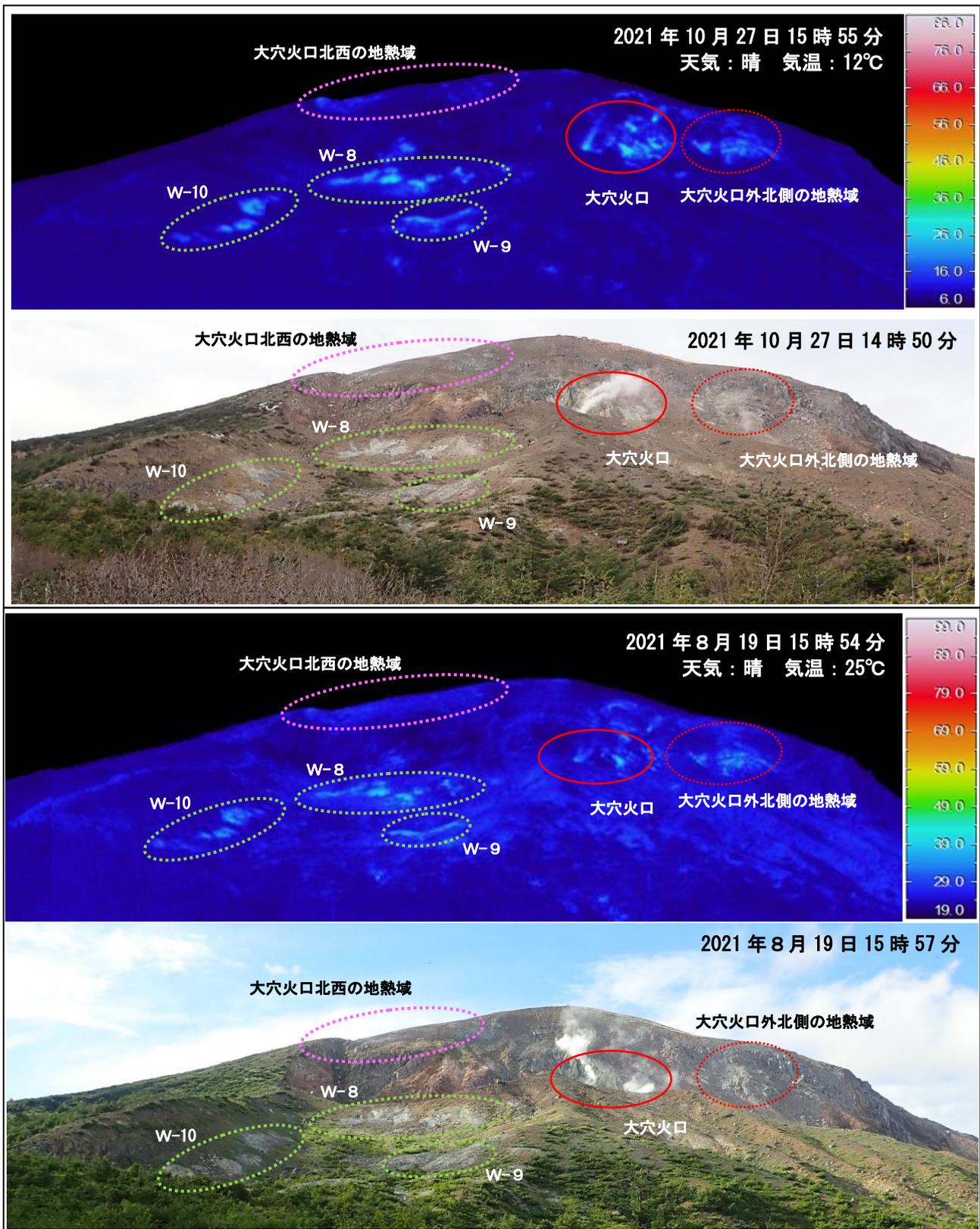


図 17 吾妻山 大穴火口付近及び八幡焼の状況（下）と地表面温度分布（上）

※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。

八幡焼西部、南部（橙破線）で熱活動が継続していることを確認しました。

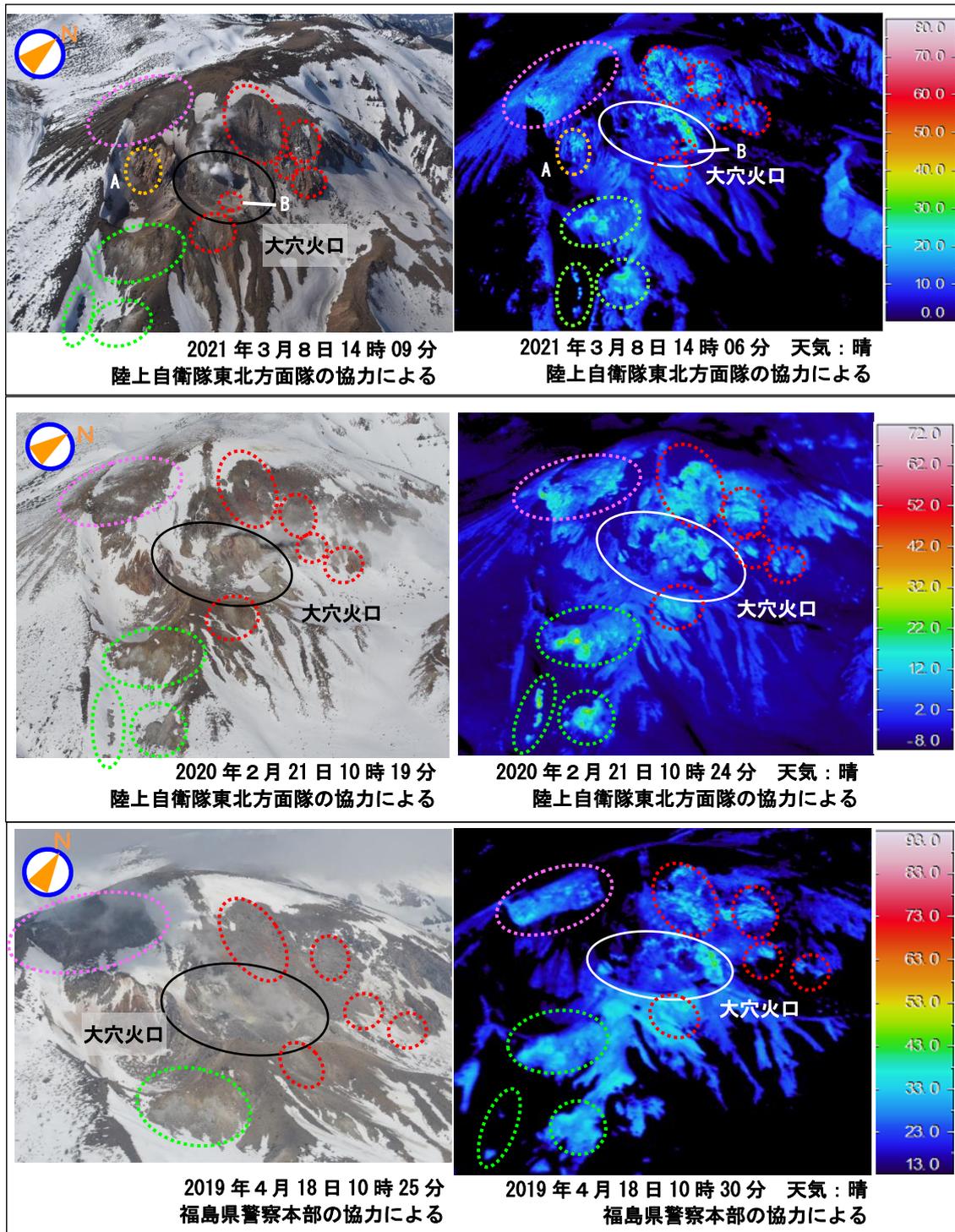


図 18 吾妻山 上空から撮影した大穴火口及びその周辺の状況と地表面温度分布

・図中の破線の色は、図 10 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。

大穴火口周辺で熱活動が継続していることを確認しましたが、大きな変化は認められませんでした。2020年8月の現地調査で確認した燕沢火口列北側火口壁(A)と大穴火口内の一部(B)の地熱域を引き続き確認しました。なお、(B)の地熱域では8月から9月頃に陥没孔が生じました。

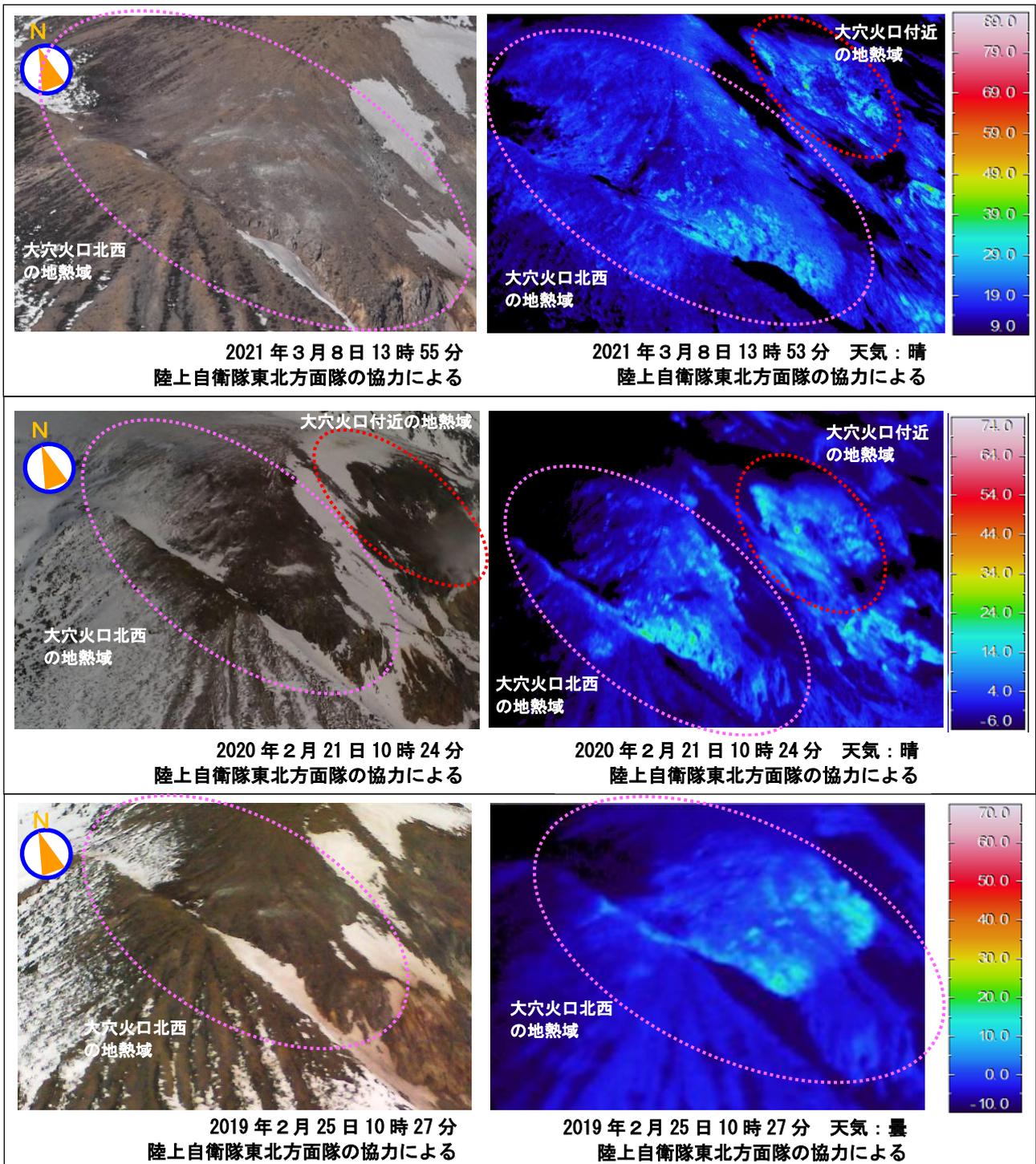


図 19 吾妻山 上空から撮影した大穴火口北西の状況と地表面温度分布

- ・ 図中の破線の色は、図 10 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。

大穴火口北西の噴気・地熱域の状況に大きな変化は認められませんでした。

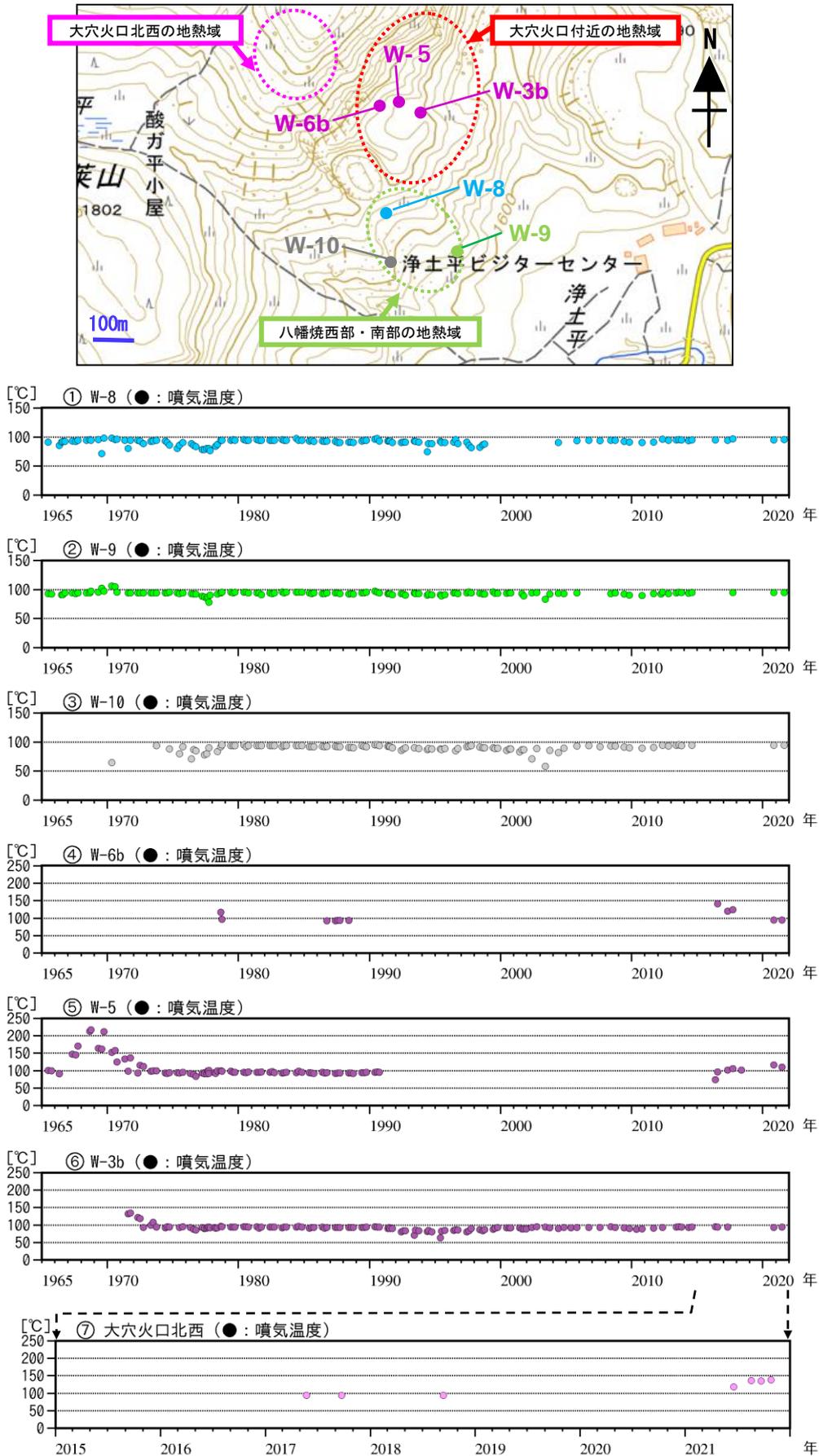


図20 吾妻山 大穴火口周辺の噴気温度の経過 (1965年7月～2021年12月)

・噴気温度は各領域で複数箇所測定した内の最高温度を示します。

6月から10月に実施した現地調査では、大穴火口北西における噴気温度の最高値は139℃(図16噴気孔Cでの値)であり、2017年以降で最も高い値を観測しました。大穴火口付近の地熱域及び八幡焼西部・南部の地熱域では、噴気温度は引き続き100℃前後でした。

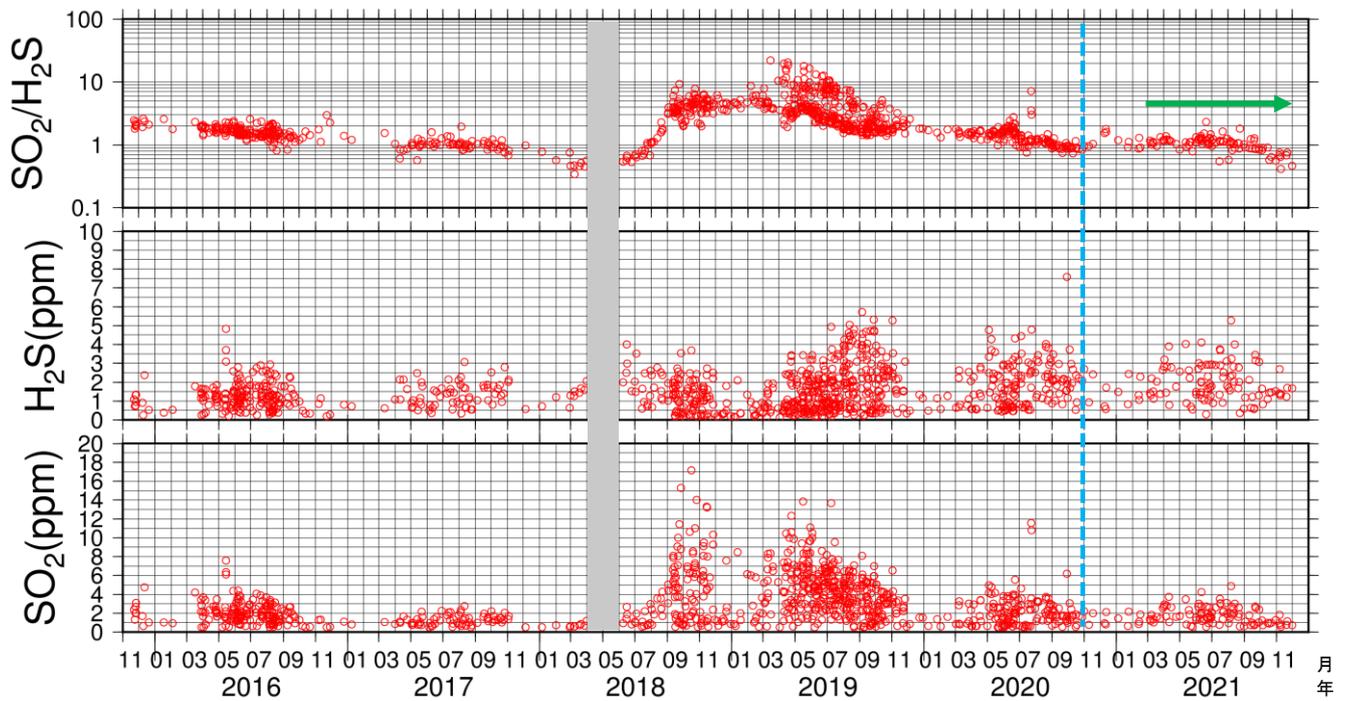


図21 吾妻山 火山ガス観測装置による観測（2015年11月～2021年12月）

- ・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との混合気体を測定しているため、測定される濃度自体（グラフ中段、下段）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（上段）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有効です。
- ・青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。青破線以前のデータは感度補正済みです。
- ・グラフの灰色部分は欠測を表しています。
- ・2020年7月22日から23日にかけてみられた濃度比の一時的な増加及び二酸化硫黄濃度の増加は硫黄の燃焼によるものと考えられます。
- ・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値を得にくい状況となり、2021年12月は評価可能な観測値を得られませんでした。

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、 SO_2 と H_2S の濃度比（上段）は火山活動が静穏な時期の傾向で推移しました（緑矢印）。

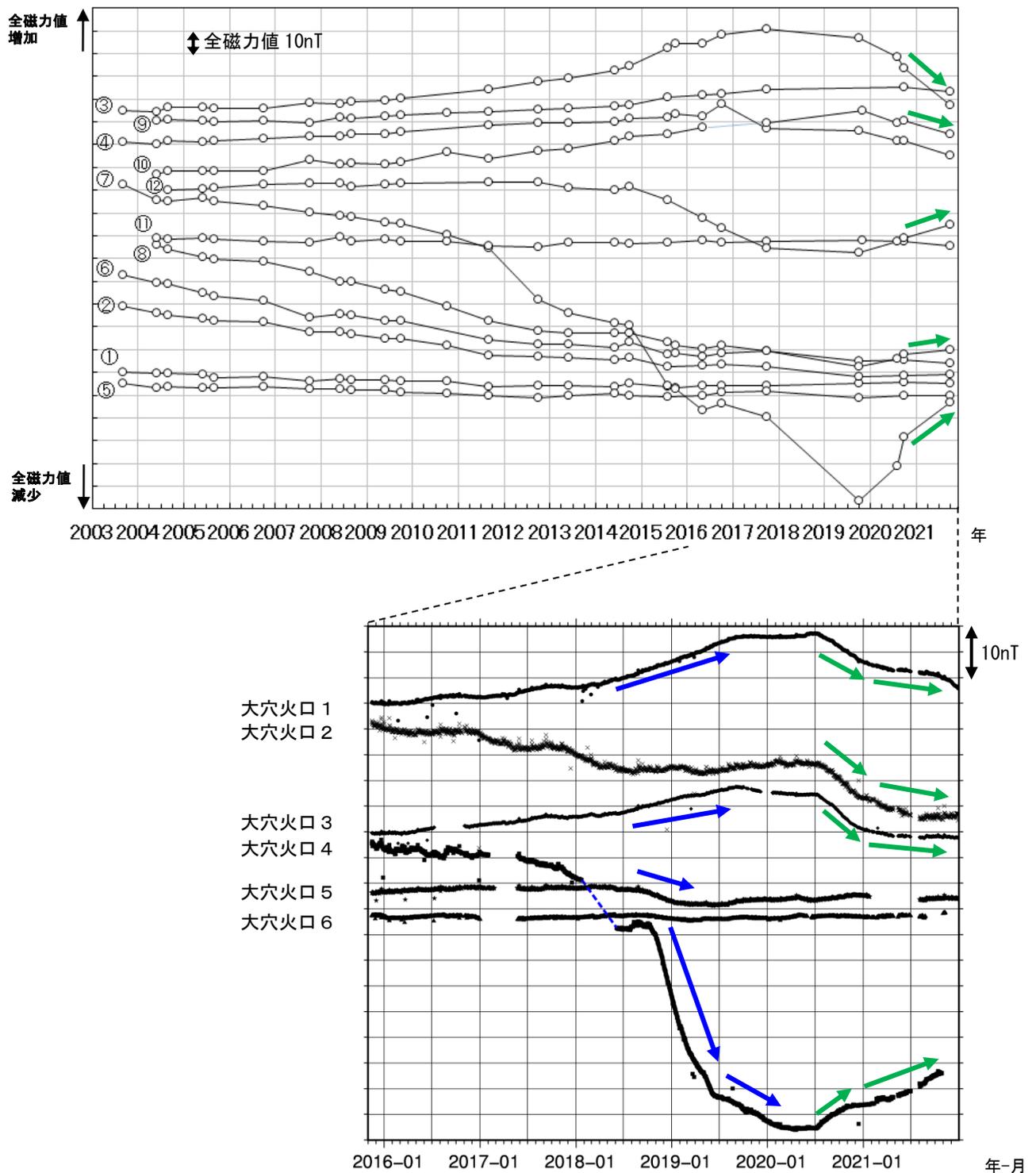


図 22 吾妻山 全磁力繰り返し観測（上）及び連続観測（下）の全磁力値変化
 (2003年9月～2021年12月)

- ・全磁力連続観測のデータは参照点（大穴火口の北東約6kmにある高湯観測点及び大穴火口の南東約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。
- ・グラフの空白部分は欠測を表しています。

全磁力連続観測では、2018年から2019年にかけて大穴火口北西地下の温度上昇を示すと考えられる全磁力値の変化（青矢印）が観測されました。その後、2020年7月頃からは同領域の温度低下を示すと考えられる変化がみられており、この変化は2020年12月頃からは鈍化したものの継続しています（緑矢印）。10月に実施した全磁力繰り返し観測でも、連続観測と同様の変化が観測されています。



図 23 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る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。

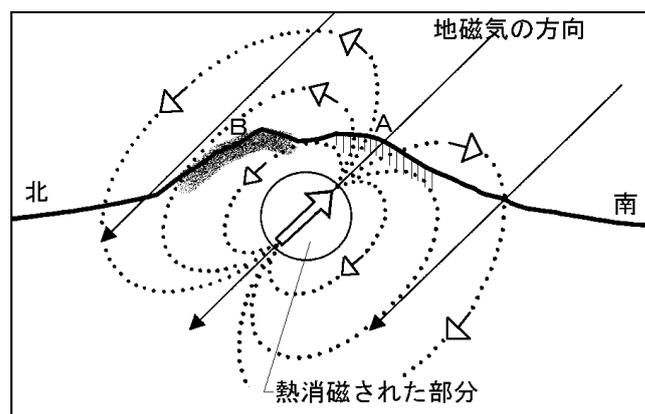
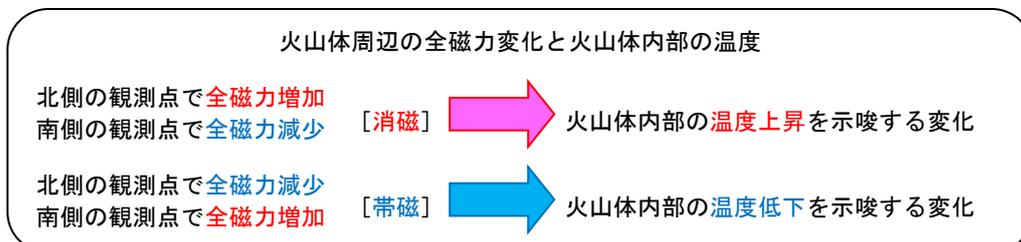


図 24 熱消磁に伴う全磁力変化のモデル



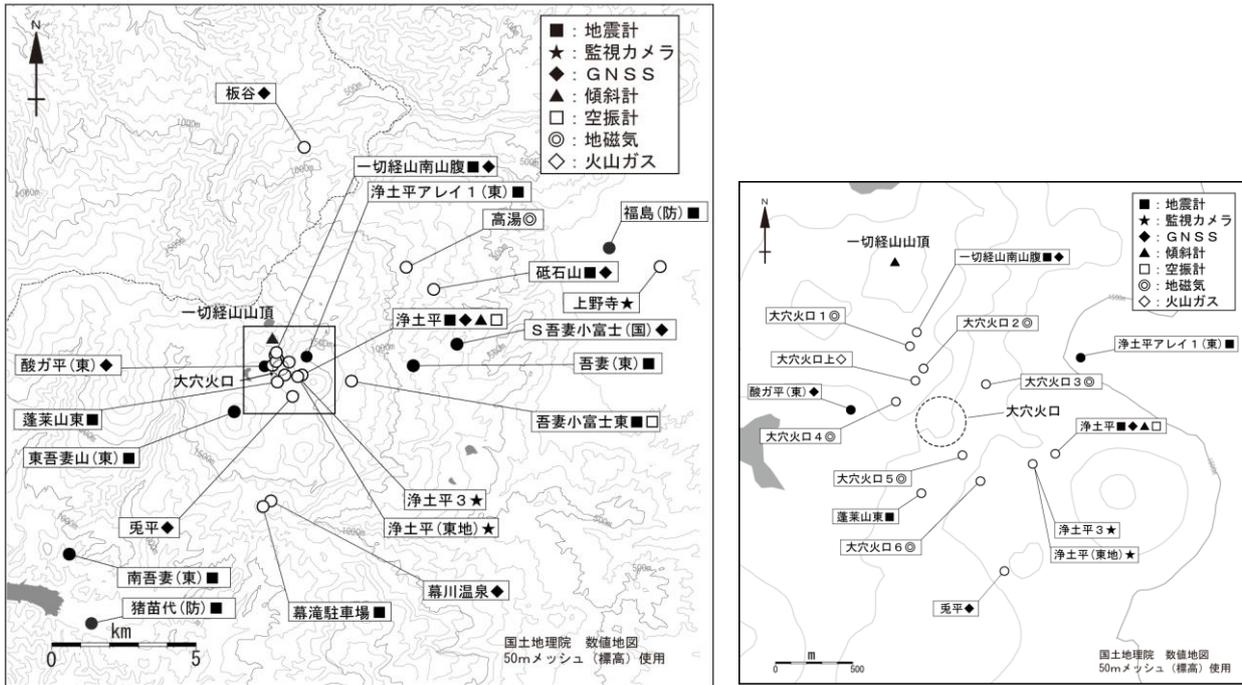


図 25 吾妻山 観測点配置図

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	
	幕滝駐車場	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	
	兎平	37° 43.04'	140° 15.14'	1590	5	2012.11.09	
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	