

十勝岳の地殻変動及び浅部火山活動*

Ground Deformation and Shallow Volcanic Activity of Tokachidake Volcano

札幌管区気象台火山監視・情報センター
Volcanic Observations and Information Center,
Sapporo District Meteorological Observatory, JMA

1. 概要

十勝岳では 2010 年以降大正火口の噴煙量の増加および火口浅部の地震回数の増加、火山性微動の継続時間の増大が観測されている。GNSS 観測では、2006 年以降火口浅部の膨張と推定される基線長変化が観測されている。また、2012 年には、大正火口において発光現象が観測されるなど、長期的には浅部火山活動が活発化傾向にあると考えられている。

このような状況のなか、2014 年 7 月頃から 11 月にかけて火口近傍の GNSS 観測点の膨張を示唆する水平変動の変化率が観測開始以降最大となる動きがみられた。また、火口近傍の震動観測点において常時微動の振幅レベルが 2014 年 11 月に急速に増大し、火口浅部の熱水活動の一時的な活発化が示唆された。これらの浅部火山活動変化から、一時的にごく小規模な水蒸気噴火の可能性が高まったと考えた。

2. 地殻変動（第 1 ～ 4 図）

十勝岳では気象庁や北海道大学、地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所により、GNSS 繰り返し及び連続観測が実施されており、2006 年以降、浅部膨張によると考えられる地殻変動が観測されている。第 1 図に 2004 年以降の GNSS 観測データを示す。地殻変動の空間分布を見ると、活動火口を中心として放射状に広がっていること、火口から離れるほど変動量が小さくなることの 2 つの特徴が認められる。札幌管区気象台火山監視・情報センター（2008）は、2006 年 9 月から 2007 年 7 月までの GNSS 繰り返し観測データを解析し、その結果、62-2 火口直下の浅部に膨張源があることを示した。その後も概ね同様の変動傾向が観測されていることから、活動火口浅部の膨張は継続していると考えられている。

火口浅部の地殻変動の時間的推移をより詳しく考察するため、山腹の観測点の変動推移に着目すると、変動が認められる時期とそうではない時期があることが分かった。一方、活動火口付近の観測点では、地点によって複雑ではあるものの、概ね膨張を示す変動が継続していることが分かった。そこで、浅部膨張開始以前の 2003 年から 2006 年までの期間をステージ Ⅰ とし、2006 年以降を、山腹の観測点の変動に注目して 4 つのステージ（Ⅱ～Ⅴ）に区分した。ステージ Ⅱ、Ⅲ は山腹、山頂の観測点で膨張性の変動が認められる時期、ステージ Ⅳ、Ⅴ は山腹の観測点が収縮性の変動あるいは停滞しているが、活動火口付近の観測点では膨張性の変動が認められる時期である。

標高補正を加えた茂木モデル（気象研究所地震火山研究部、2008a）を仮定したグリッドサーチにより、各ステージの水平変動量を説明する膨張源の位置と膨張量を推定した。解析には火山用地殻活動解析支援ソフトウェア MaGCAP-V（気象研究所地震火山研究部、2008b）を用いた。その結果、2006 年以降のどのステージにおいても標高 1000m 以上（火口直下数百 m）の浅い領域に膨張源が求まり、その膨張量は 10^3 - 10^4 m³/year のオーダーとなった（第 2 図）。膨張源の位置の時間変化を詳細に見ると、ステージ Ⅱ、Ⅲ ではステージ Ⅳ、Ⅴ と比較してさらに浅い領域に求まり、ステージ Ⅳ、Ⅴ では活動火口付

* 2015 年 4 月 17 日受付

近の観測点だけで膨張傾向がみられているという観測結果と調和的であった。このことは 2006 年以降継続している浅部膨張は、膨張源の位置の浅部移動を繰り返した可能性を示している。特にステージ V では 2013 年 6 月頃から山腹の観測点で変化が鈍化しているのに対し、62-2 火口近傍の前十勝観測点では 2014 年 7 月頃から変化率が大きくなっているのが観測されている。このことは浅部の膨張がさらに浅い領域に及んでいる可能性を示している。

一連の地殻変動を気象研究所地震火山研究部（2013）による膨張源の深さと膨張率の関係図（第 3 図）に当てはめると、熱水性膨張と推測されるグループに属しており、このグループに属する火山では膨張後にごく小規模な水蒸気噴火や噴煙活動が活発化するという事例が報告されている。

2014 年 12 月以降、前十勝観測点において膨張を示す変動が鈍化しているのが観測されており、浅部膨張が鈍化している可能性がある。

一方、GNSS 観測網のうち山麓観測点同士の組合せの長基線では特段の変化が認められておらず、マグマが浅部まで上昇していないと考えられる（第 4 図）。

3．常時微動（第 5 図）

十勝岳では 1985 年に 62-1 火口でみられた熱泥水噴出・小噴火などの活動期に、活動火口近傍に設置した地震計で常時微動振幅の増大が捉えられた（勝井ほか、1987）。また、2004 年に 62-2 火口で発生したごく小規模な噴火や、2010 年の大正火口の噴煙が増えた際にも火口近傍の地震計で同様の現象が捉えられている（第 5 図）。この様に常時微動の高まりと表面現象とは何らかの関係があると考えられることから、常時微動の高まりは浅部熱水活動の高まりとも関連している可能性がある。

この仮定に基づけば、十勝岳では 2014 年 6 月頃から常時微動レベルが高い状態が継続しており、11 月には急激な増大がみられたことは、浅部熱水活動が高まった可能生があった。しかし、12 月上旬から低下傾向が認められ、2015 年 1 月以降は横ばいで推移している。浅部の熱水活動は、2014 年 12 月頃と比較して低下した状態で安定している可能性がある。

4．地震活動（第 6～7 図）

十勝岳で観測される火山性地震は、62-2 火口付近のごく浅部を震源とする B 型地震と、その周辺（グラウンド火口、旧噴火口など）の浅部を震源とする A 型地震に分類している。過去には B 型地震は、浅部熱活動が高まる際に活発化し、A 型地震はマグマ噴火の前に活発化する傾向が認められている（第 6 図）。B 型地震は 2010 年頃から活動が活発化しており、2013 年 8 月頃から地震はやや減少したが、2014 年 6 月頃から再び高い状態となっている。一方、グラウンド火口周辺や旧噴火口付近の浅い所を震源とする周辺の地震（A 型地震）活動は、概ね低調に経過している。

十勝岳ではしばしば火山性微動が観測されており、2014 年 9 月 4 日に継続時間がやや長く（約 22 分間）振幅の小さな火山性微動を観測した。この微動は山麓の硫黄沢観測点でも観測されており、硫黄沢観測点で継続時間がやや長い微動が観測されたのは 2003 年 2 月以来である。

また、9 月 16 日、19 日、12 月 22 日、2015 年 2 月 23 日にも継続時間が短く、振幅の小さい火山性微動を観測している。12 月 22 日の微動発生後には、22 日の夜遅くにかけて、62-2 火口付近のごく浅い所を震源とする火山性地震が一時的に増加した。火山性微動の発生状況を長期的な目線で見ると、山腹の避難小屋東観測点では、2010 年頃から微動の継続時間が長くなる傾向がみられており、このことも浅部の熱活動の活発化を示していると考えている（第 7 図）。

5. 表面活動（第 7 ～ 10 図）

62-2火口では2006年頃から噴煙量がやや少なくなり、大正火口の噴煙量は2010年頃からやや多い状態が続いている。2014年以降の噴煙の高さは、62-2火口では火口縁上概ね200m以下、大正火口では火口上概ね100m以下と低調に経過した（第 7 図）。また2014年以降、Plume rise法（鍵山, 1978）で計算された活動火口の放熱率は、数十MWと見積もられており、噴煙による放熱は低調で有意な活発化は認められていない。

2014年 6 月24～28日、9 月 3 日と 9 月26日に現地（地上）から、2015年 1 月19日および 2 月 4 日に上空から（それぞれ、北海道警察、第一管区海上保安本部の協力による）の目視観測あるいは赤外熱映像装置による地表面温度分布の観測を行った（第 8 ～ 10図）。GNSS連続観測や熱水活動の一時的な活動活発化した前後の比較では62-2火口内で地熱高温域のわずかな拡大が認められたが、火山灰など顕著な噴出物の痕跡や噴気孔の増加は認められなかった。

COMPUSS を用いたパニング法による火山ガス（ SO_2 ）観測を 2014 年 6 月 26 日、2015 年 1 月 25 日に吹上温泉付近から実施した。 SO_2 の放出量は、ともに大正火口と 62 - 2 火口合わせて約 40ton/day と見積もられた。

6. まとめ

62-2 火口近傍の前十勝観測点で 2014 年 7 月頃から 11 月にかけて浅部膨張を示す変動が大きくなり、膨張がさらに浅い領域に及んでいる可能性があった。また、火口近傍の地震計では常時微動の振幅レベルの急激な増大が観測されており、浅部熱水活動が高まっている可能性があった。これらのことから、ごく小規模な水蒸気噴火の可能性が高まったと考えられた。

その後 12 月上旬から前十勝観測点において膨張を示す変動が鈍化傾向、常時微動レベルについても低下傾向が認められており、噴火の可能性は低下したと考えた。しかし膨張した体積は収縮しておらず、常時微動レベルも 2014 年 6 月以前と比べて高いことから、今後の活動の推移に注意する必要がある。

なお、深部の活動を監視する GNSS 観測の長基線での変動、A 型地震の増加及び火山ガスの増加は観測されておらず、マグマ噴火の兆候は認められない。

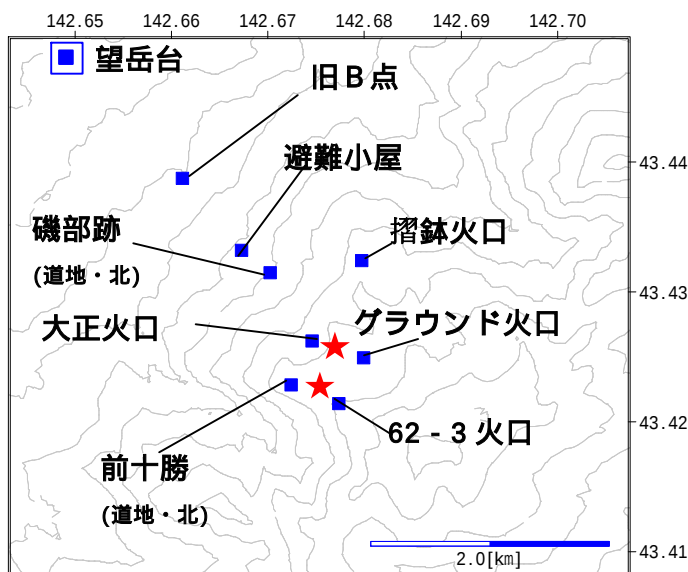
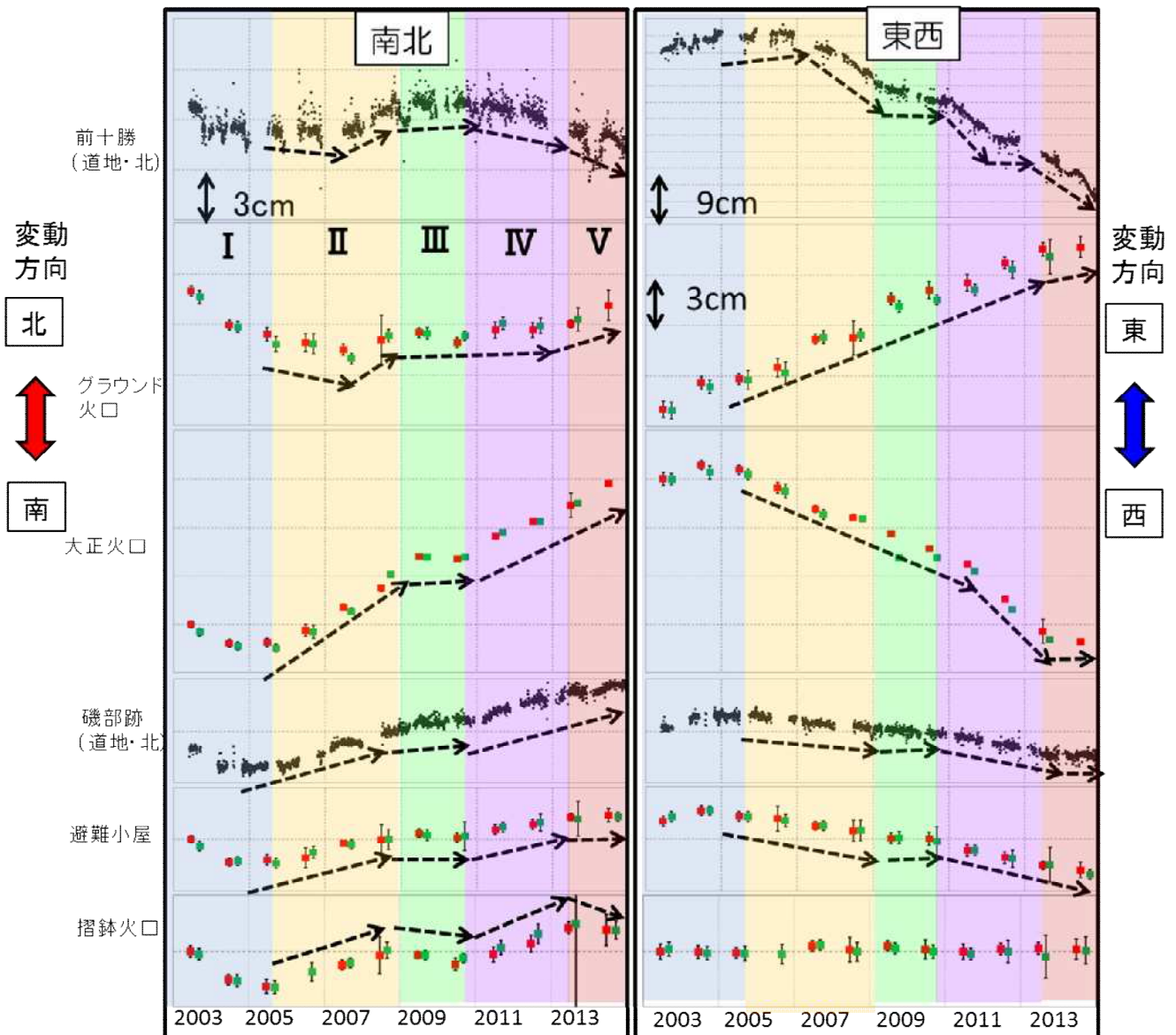
7. 謝辞

地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所および北海道大学には、GNSS のデータを使用させていただきました。ここに記して感謝いたします。

8. 参考文献

- 1) 札幌管区気象台火山監視情報センター（2008）：十勝岳GPS観測で捉えられた62火口群周辺の地殻変動，火山噴火予知連絡会会報，98，5-10.
- 2) 気象研究所地震火山研究部（2008a）：火山活動評価手法の開発研究，気象研究所技術報告，53，105-122.
- 3) 気象研究所地震火山研究部（2008b）：火山活動評価手法の開発研究，気象研究所技術報告，53，123-140.
- 4) 気象研究所地震火山研究部（2013）：火山監視の視点から見たマグマ上昇シナリオの構築に向けて，気象研究所技術報告，69，123-145.

- 5) 勝井義雄・横山泉・岡田弘・大島弘光 (1987) : 十勝岳, 火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策, 北海道防災会議, 87.
- 6) 鍵山恒臣 (1978) : 火山からの噴気によるエネルギーとH₂Oの放出量, 火山, 23, 183-197.



第1図 (上図) 十勝岳 望岳台を基準としたGNSS連続及び繰り返し観測データ (左図) 観測点配置図

(■ : 6月 ■ : 9月 ■■■ : 連続観測)

(2003年5月30日～2015年2月17日)

・ステージ では全ての観測点で2003年十勝沖地震の余効変動が観測されている。

・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。

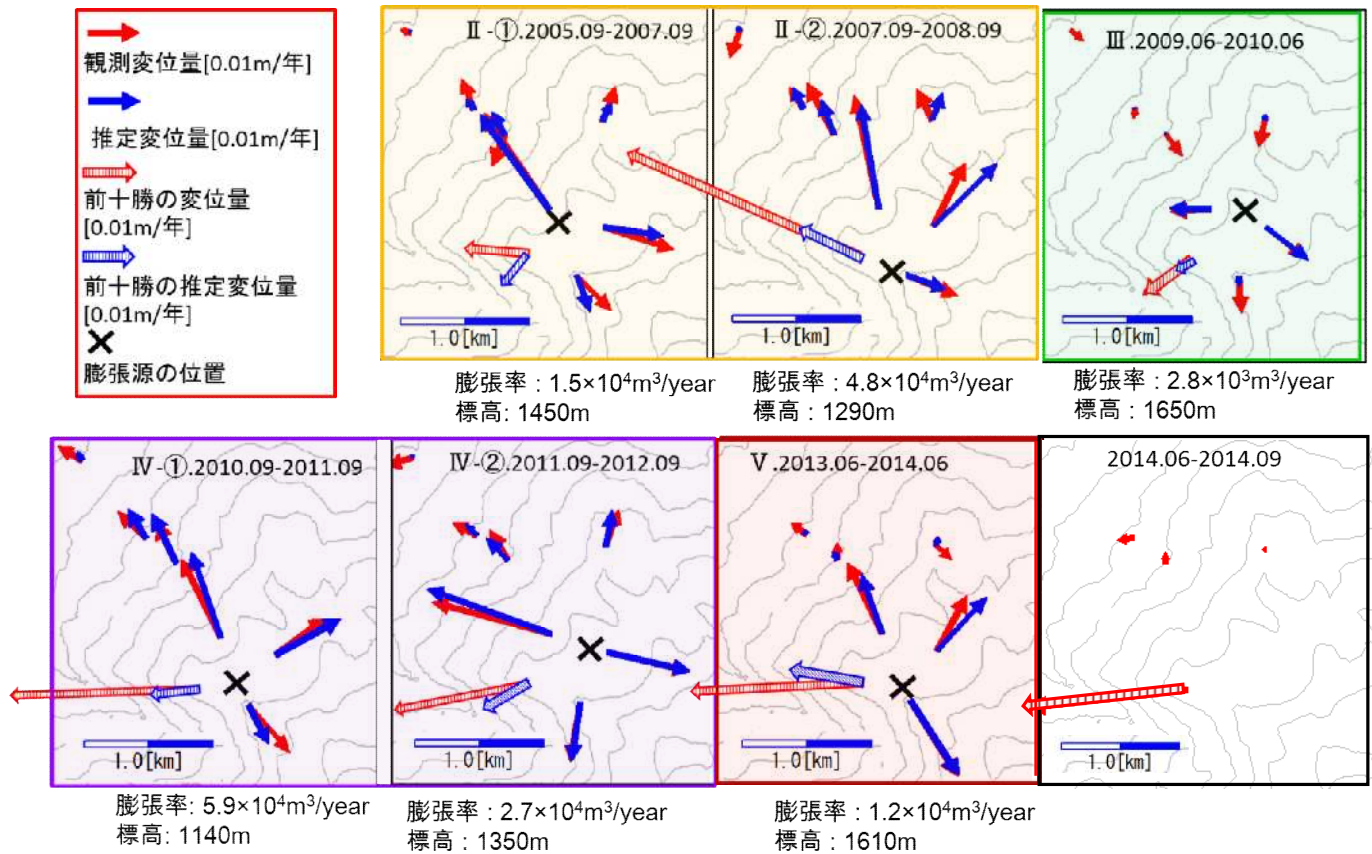
・ は活動火口を示す。

(北) : 北海道大学

(道地) : 地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所

Fig.1 (Upper) Result of GNSS observation around Tokachidake (May 30, 2003-February 17, 2015).

(Lower) Distribution of GNSS observation at Tokachidake Volcano.



第 2 図 十勝岳 期間別のベクトル図とグリッドサーチによる膨張源の推定値

- ・前十勝観測点は、急峻な地形近傍にあり変動量が大きくなるため、膨張源推定に用いていない。求められた膨張源から推定される前十勝の変化は、ベクトルは合っており、変化量は 1/3 程度である。変化量が大いのは地形の影響による可能性がある。
- ・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.2 Distribution of Observed and estimated horizontal displacement and location of evaluated pressure source.

地殻変動に因る地形が与える影響について ～ 気象研究所技術報告 53 号より ～

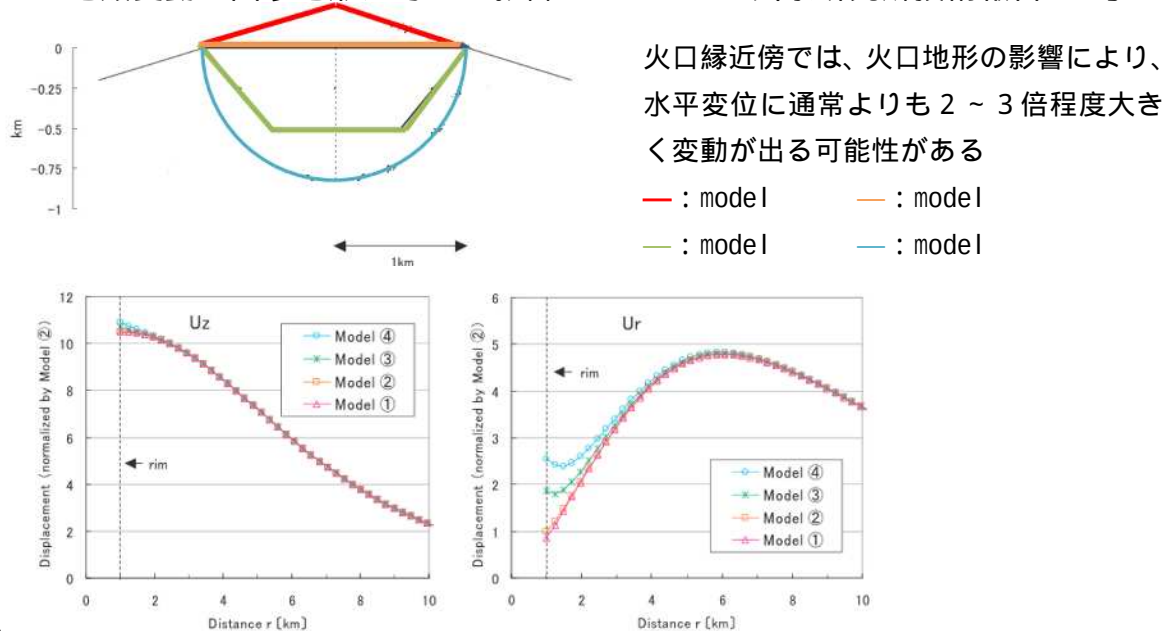
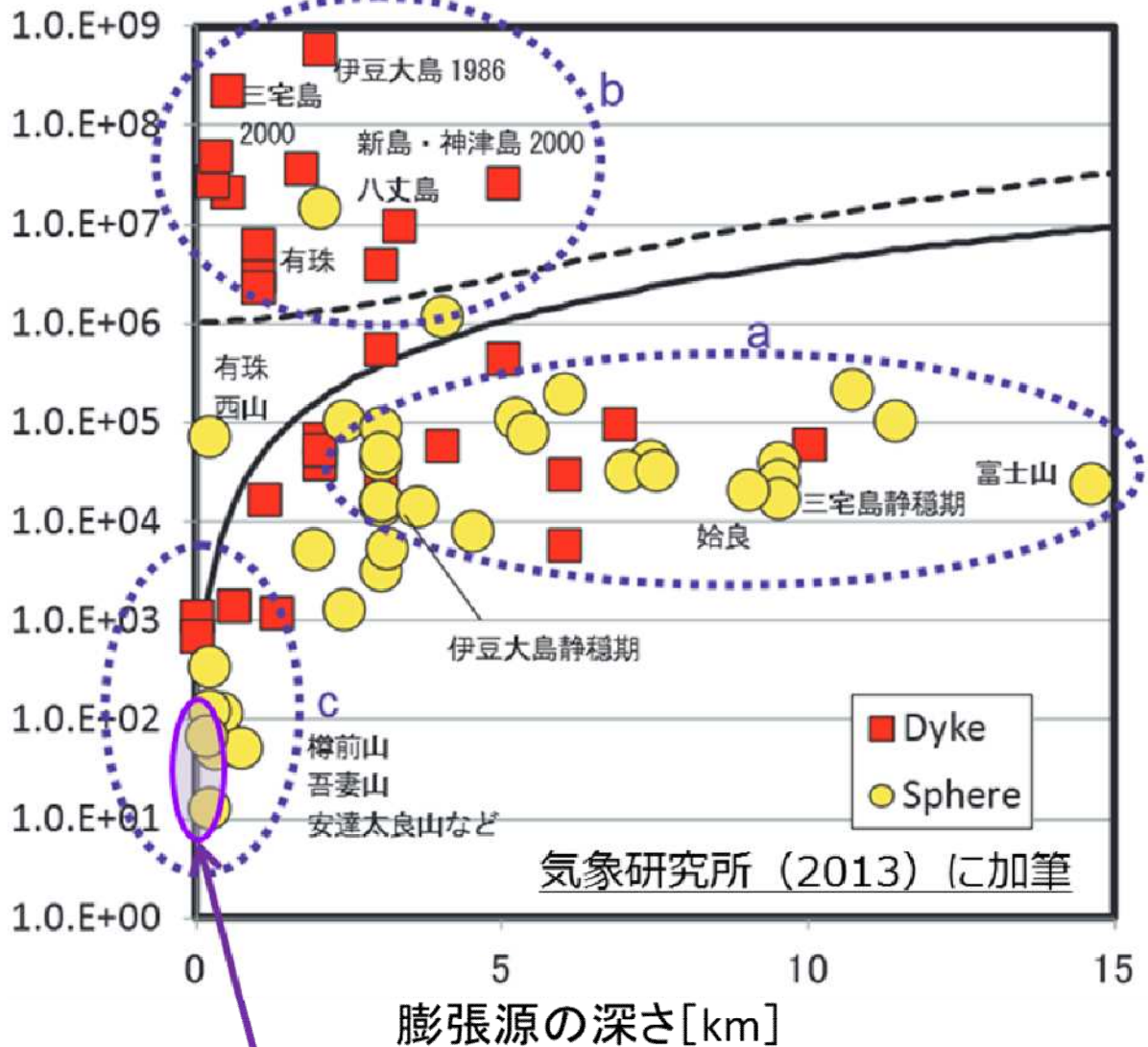


Fig. 1.2.2.3 Results of FE analysis of Models ①~④.

十勝岳

1 日当たりの膨張率 [m^3]



十勝岳2006～2014の浅部地殻変動

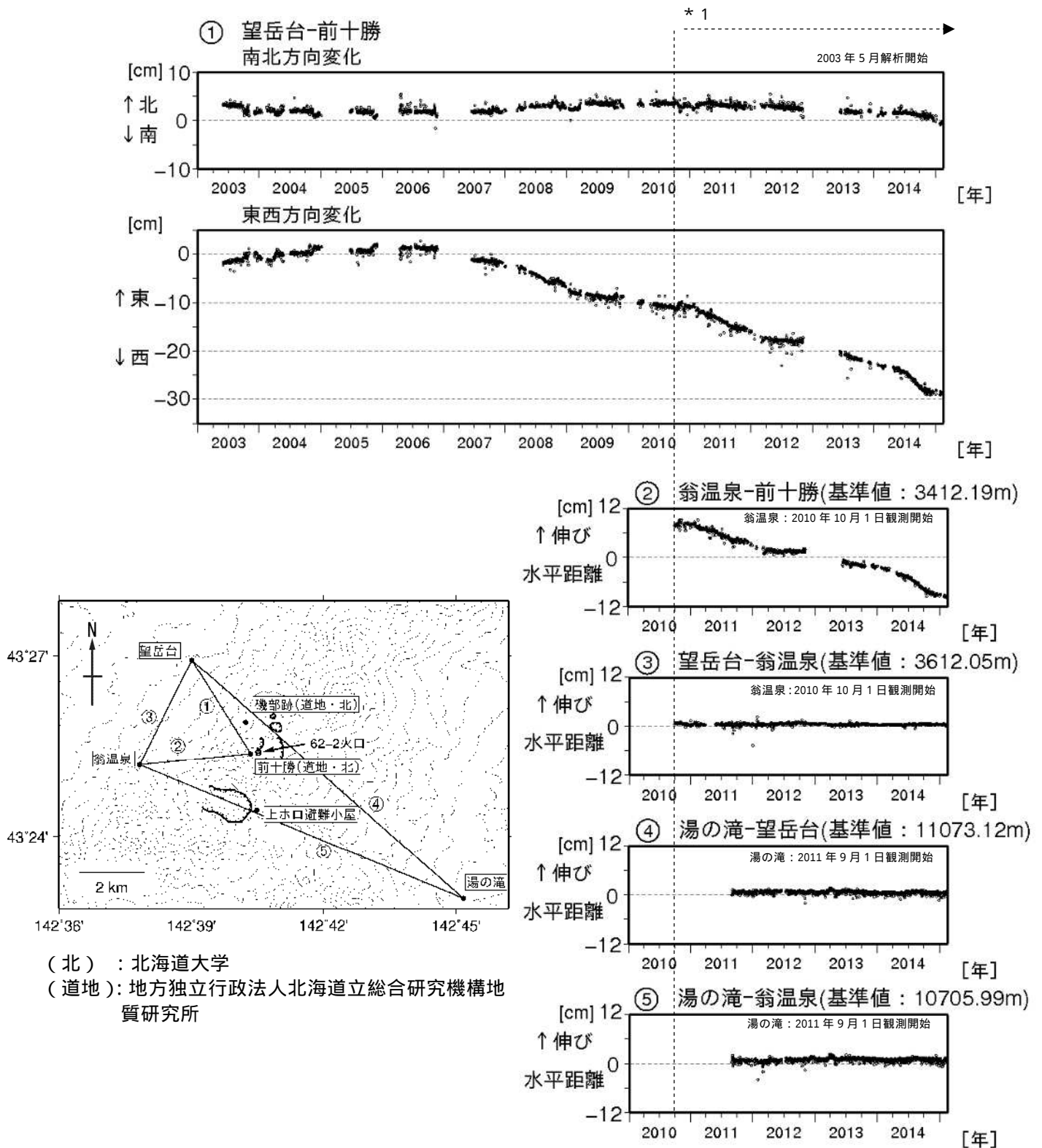
第 3 図 日本の様々な活火山で観測された地殻変動量から見積もられた膨張源の深さと膨張率の関係 (気象研究所地震火山研究部 (2013) に加筆)

- (a) 深部のゆっくりした膨張
- (b) マグマ貫入による地殻変動
- (c) 浅部のゆっくりとした膨張

・十勝岳の膨張は Type(c)、浅部の熱水性膨張のグループに属する。

・Type(c)の場合、膨張後に小規模な噴火や熱活動の活発化など表面現象を伴うことがある。

Fig.3 Relation between the depths of pressure source and the inflation rates, at various active volcanoes in Japan.



(北) : 北海道大学
(道地) : 地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所

第 4 図 十勝岳 GNSS連続観測による基線長変化 (2003年 5月30日 ~ 2015年 2月17日) 及び観測点配置図

- ・GNSS基線 ~ は観測点配置図の ~ に対応している。
- ・GNSS基線の空白部分は欠測を示す。

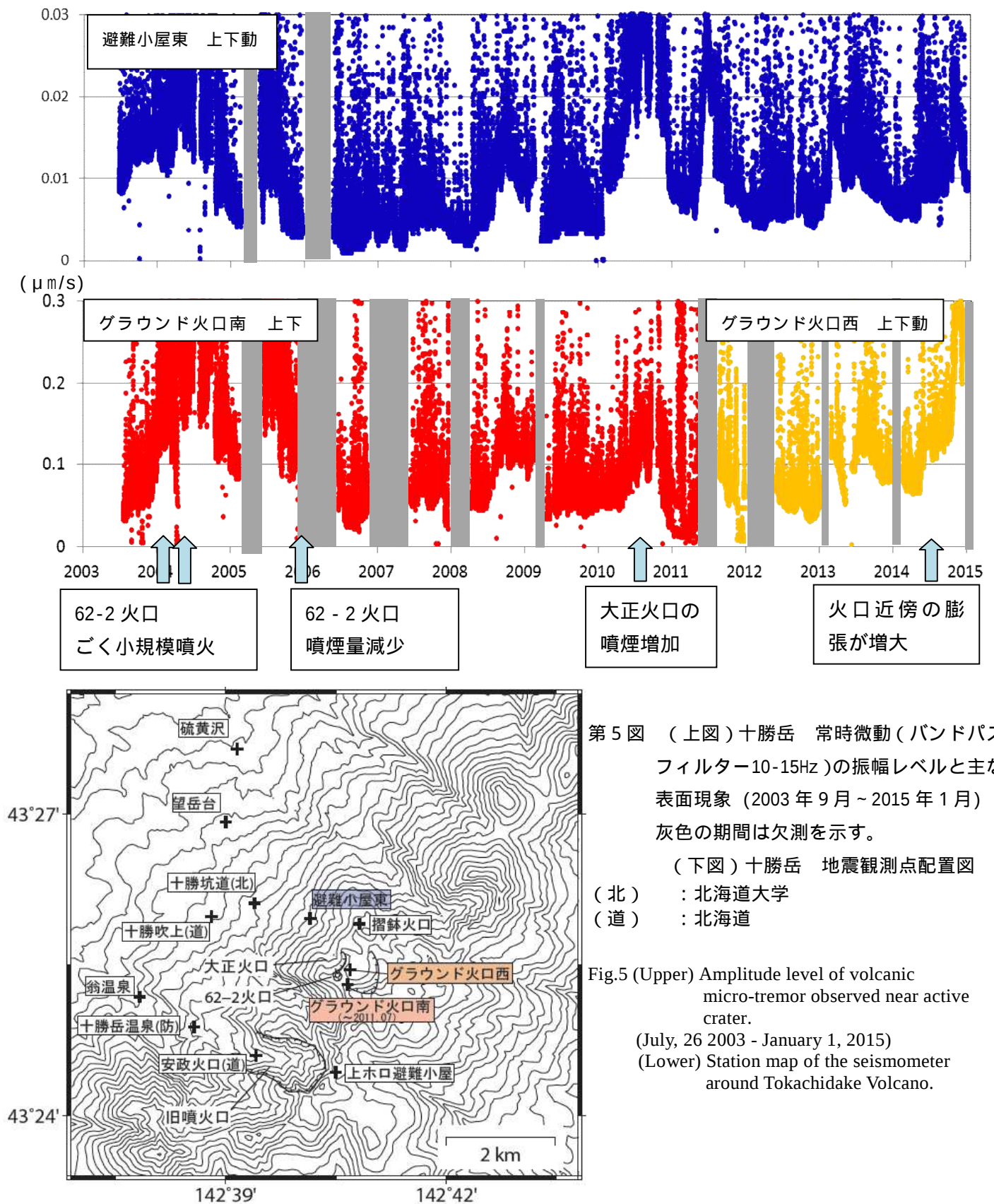
* 1 : 2010年10月以降のデータについては、解析方法を改良して精度を向上させている。

- ・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.4 (Left) Station map of the GNSS observation network around Tokachidake Volcano.

(Right) The data of GNSS observation around Tokachidake Volcano. (May 30, 2003 - February 17, 2015)

十勝岳



第5図 (上図) 十勝岳 常時微動(バンドパスフィルター10-15Hz)の振幅レベルと主な表面現象(2003年9月~2015年1月) 灰色の期間は欠測を示す。

(下図) 十勝岳 地震観測点配置図

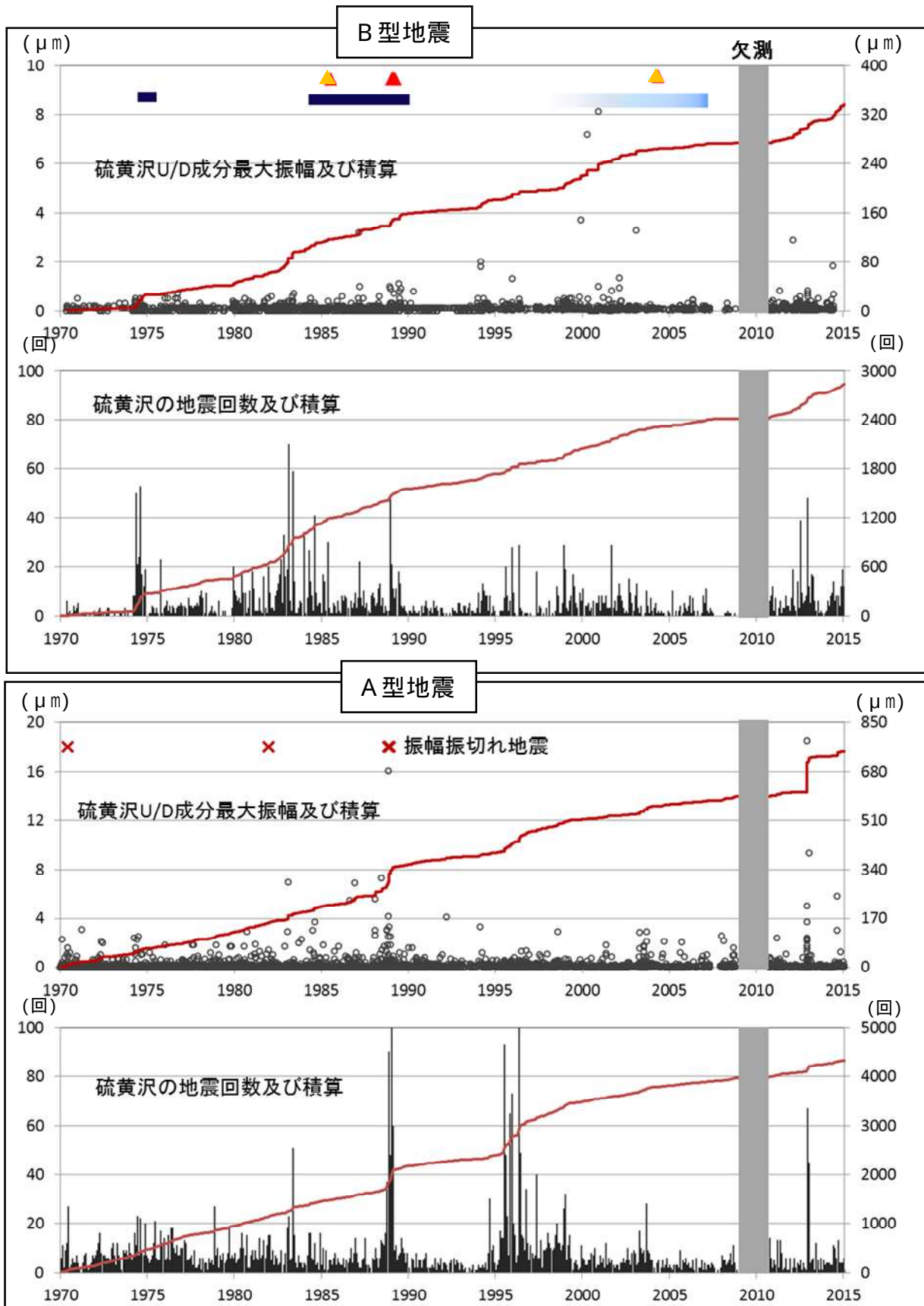
(北) : 北海道大学

(道) : 北海道

Fig.5 (Upper) Amplitude level of volcanic micro-tremor observed near active crater.

(July, 26 2003 - January 1, 2015)

(Lower) Station map of the seismometer around Tokachidake Volcano.



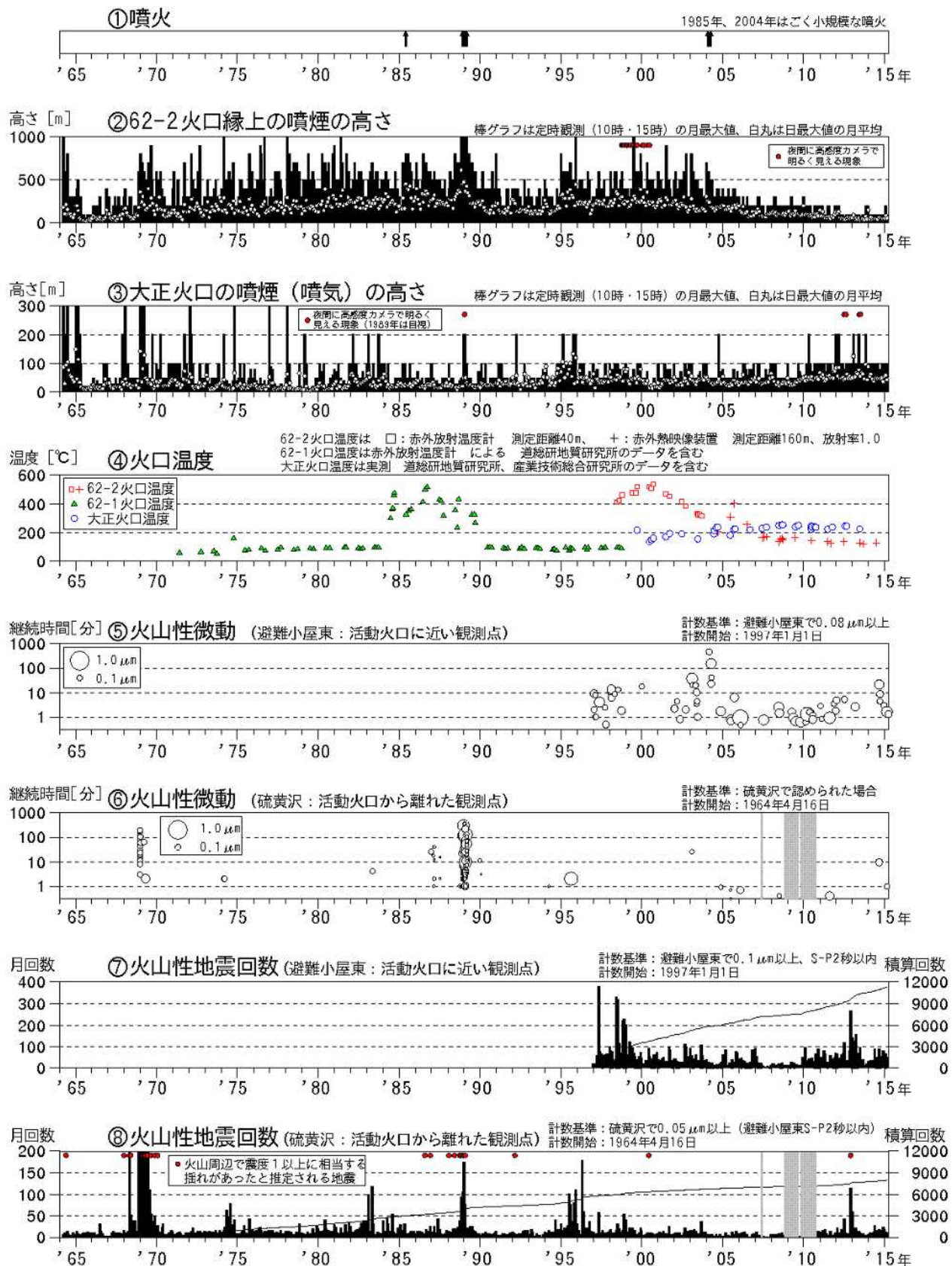
第 6 図 十勝岳 硫黄沢観測点でみた地震の活動経過と主な表面現象（1970 年 1 月～2015 年 2 月 15 日）

（ ▲ ：水蒸気噴火 ▲ ：マグマ噴火 ■ ：62-1 火口の熱活動が高まった時期
■ ：62-2 火口の熱活動が高まった時期 ）

・1994 年～1999 年は他の期間と型分け基準が異なるため A 型地震を過大に計数している可能性がある。

Fig.6 Volcanic earthquake activity at Tokachidake Volcano. (January 1, 1970- February 15,2015)

十勝岳

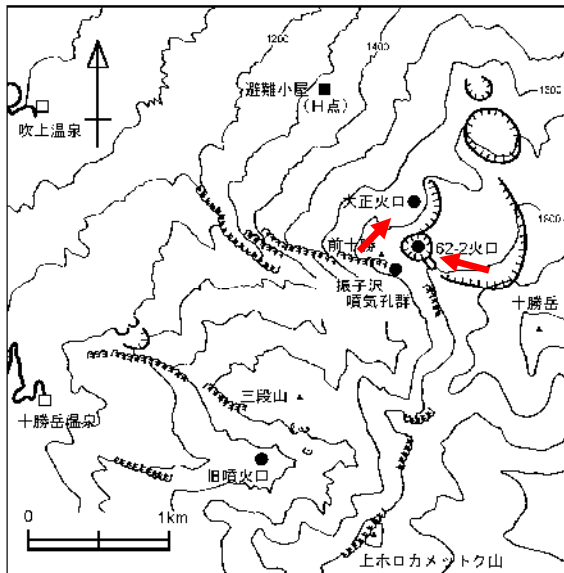


第7図 十勝岳 火山活動経過図(1964年1月~2015年2月)

の62火口群の温度は測定可能な範囲で最も高温な場所を測定している。

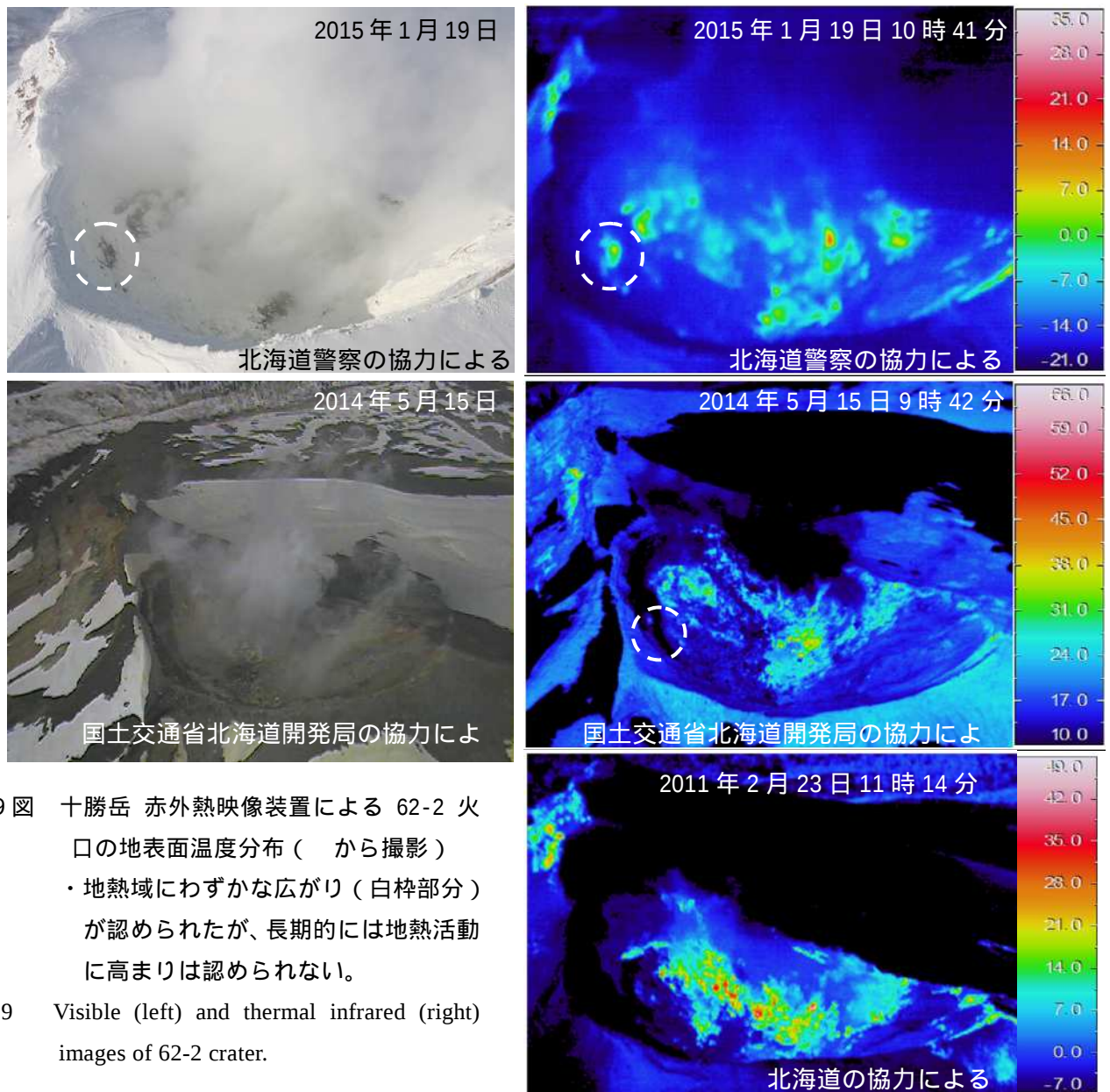
地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所による観測結果が含まれている。

Fig.7 Summary of volcanic Activities at Tokachidake volcano. (January 1964 - February 2015.)



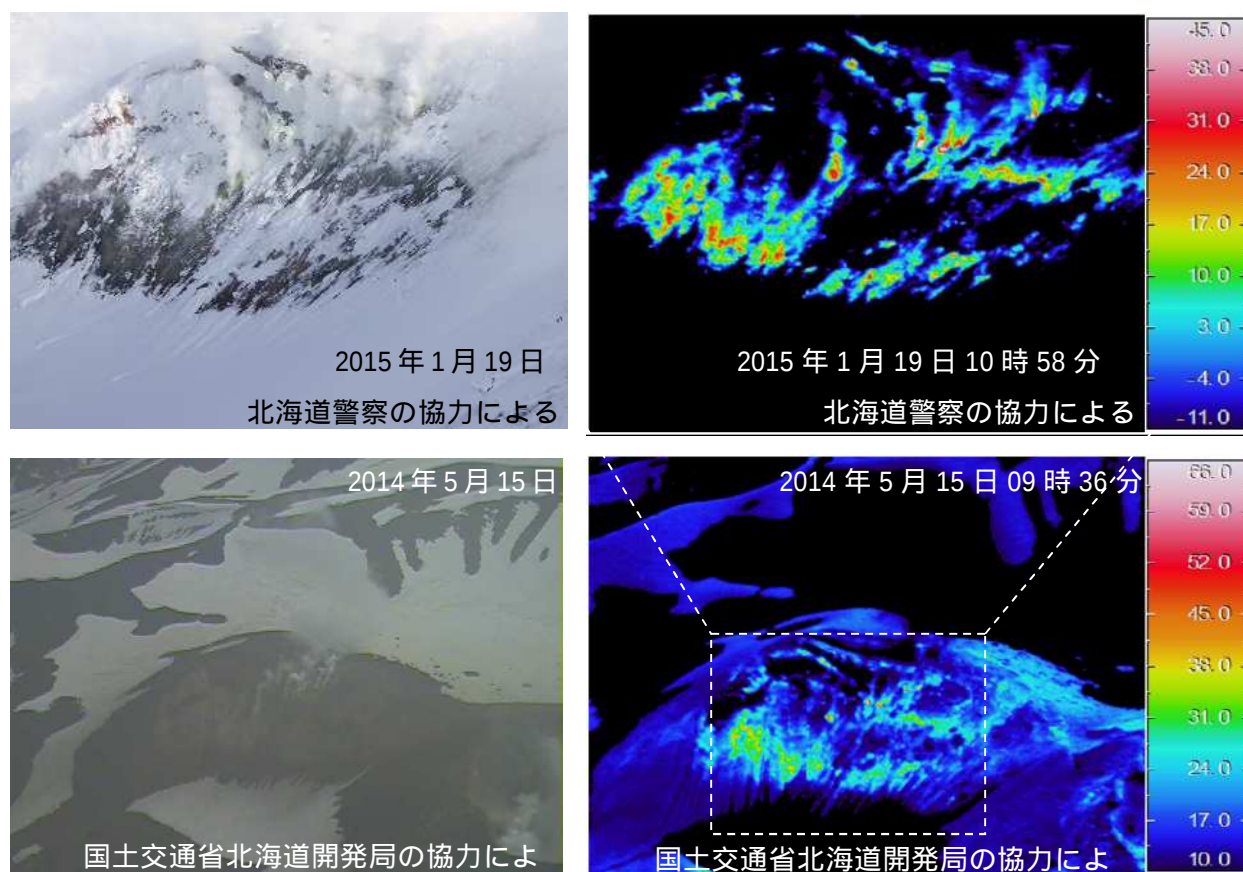
第 8 図 十勝岳 周辺図と赤外線熱映像及び写真の撮影方向

Fig.8 Photography position of visual and thermal images (62-2 crater and Taisho crater).



第 9 図 十勝岳 赤外熱映像装置による 62-2 火口の地表面温度分布（ から撮影）
・地熱域にわずかな広がり（白枠部分）が認められたが、長期的には地熱活動に高まりは認められない。

Fig.9 Visible (left) and thermal infrared (right) images of 62-2 crater.



第 10 図 十勝岳 赤外熱映像装置による大正火口の地表面温度分布 (から撮影)

Fig.10 Visible (left) and thermal infrared (right) images of Taisho crater.