

吾妻山の火山活動について (2014 年 10 月 ~ 2015 年 2 月) *

Volcanic activities of Azuma Volcano (October 2014–February 2015)

仙台管区气象台火山監視・情報センター
Volcanic Observation and Information Center,
Sendai District Meteorological Observatory, JMA

・概要

吾妻山では 2008 年 11 月から一切経山南側山腹の大穴火口での噴気活動がやや高い状態となった。噴気活動は 2011 年の 700m をピークに、その後は低下傾向で経過している。

浄土平観測点(大穴火口の東南東約 1 km)の傾斜計では、2010 年の観測開始以来、西(大穴火口)下がり経過していたが、2014 年 4 月頃からの停滞を経て、2014 年 7 月下旬から西南西(大穴火口のやや南)上がりの緩やかな変化に変わった。その後、同年 11 月以降はその変化が次第に大きくなっている。

火山性地震は 2014 年 10 月からやや多い状況となり、12 月から 1 月中旬までは更に増加して多い状況になった。地震は 2015 年 1 月 14 日に日回数が 194 回になった他、1 月の月回数は 744 回と、いずれも 1998 年 11 月以降で最多となった。

2014 年 12 月 12 日には継続時間の長い火山性微動が発生した。

このような火山活動の高まりを受けて、2014 年 12 月 12 日に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを 1 (平常) から 2 (火口周辺規制) に引き上げた。

・噴気活動の状況 (第 1 図、第 6 図、第 7 図)

上野寺遠望カメラ(大穴火口の東北東約 14km)及び東北地方整備局が設置している浄土平火口カメラ(大穴火口の東南東約 500m)による観測では、大穴火口(一切経山南側山腹)からの噴気の高さは概ね 100m 以下で経過し、やや活発な状態が続いている。長期的には、2010 年 ~ 2011 年をピークとして低下傾向が続いている。

・熱活動の状況 (第 3 図 ~ 第 6 図)

2015 年 1 月 14 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、2014 年 1 月 20 日、2013 年 2 月 26 日の観測時(いずれも陸上自衛隊の協力による)と比較して、地熱域¹⁾は大穴火口の北側でわずかな拡大、大穴火口底の北側でわずかな縮小がみられた。また、2015 年 1 月 29 日に福島県警察本部の協力により実施した上空からの観測では、1 月 14 日と比較して、W-6b 噴気孔周辺の硫黄昇華物と思われる黄変色域がわずかに拡大していた。

長期的には、2008 年以降大穴火口内で地熱域の緩やかな拡大傾向が続いている。

・地震や微動の発生状況 (第 7 図 ~ 、第 8 ~ 12 図)

火山性地震は 2014 年 10 月からやや多い状況となり、12 月から 1 月中旬までは多い状況で推移した。

1) 赤外熱映像装置による。

この資料は気象庁のほか、国土地理院、東北大学及び独立行政法人防災科学技術研究所のデータを利用して作成した。

* 2015 年 4 月 15 日受付

特に 2015 年 1 月 14 日はやや振幅の大きな地震が発生した他、1 時間あたり 50 回を越える地震活動となり、この時の日回数 194 回と 1 月の月回数 744 回は、いずれも 1998 年 11 月に現在の吾妻小富士東観測点（大穴火口の東南東約 2 km）で計数を開始して以降では最多となった。翌 1 月 15 日以降地震は減少し、日別地震回数は概ね数回程度のやや多い状況で経過している。

震源は 2014 年 10 月から 2015 年 1 月 13 日にかけては概ね大穴火口南側のやや浅い所であったが、1 月 14 日以降は大穴火口西側のやや浅い所で発生していると推定される。2014 年 10 月以降に観測された地震の多くは BH 型（相が不明瞭でやや高周波の地震）であったが、一部に BL 型（相が不明瞭で低周波の地震）BP 型（単色地震）、BT 型（T 型地震）もみられた。

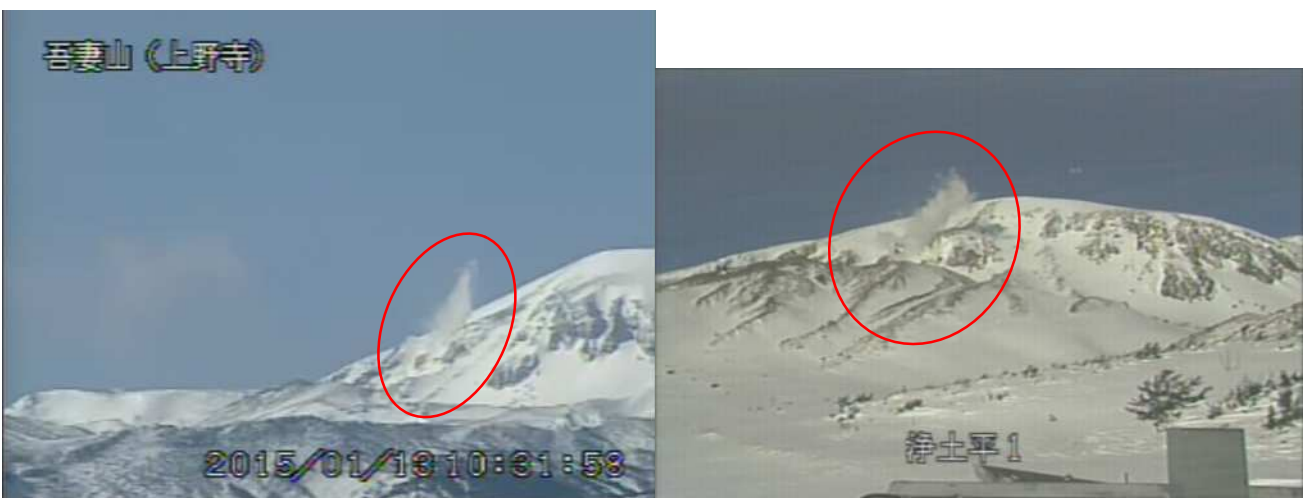
2014 年 12 月 12 日 06 時 21 分頃と 2015 年 1 月 28 日 08 時 15 分頃に火山性微動が観測された。12 月 12 日の火山性微動は、最大振幅は $3.3 \mu\text{m/s}$ （吾妻小富士東観測点：上下成分）で過去の微動と比較して平均的な大きさであったが、継続時間は約 35 分と 2011 年 10 月 11 日に発生した継続時間約 45 分の微動に次ぐ長さとなった。

2014 年 12 月 12 日 06 時 21 分頃と 2015 年 1 月 28 日 08 時 15 分頃に火山性微動が観測された。12 月 12 日の火山性微動は、最大振幅は $3.3 \mu\text{m/s}$ （吾妻小富士東観測点：上下成分）で過去の微動と比較して平均的な大きさであったが、継続時間は約 35 分と 2011 年 10 月 11 日に発生した継続時間約 45 分の微動に次ぐ長さとなった。

・地殻変動の状況（第 13 図～第 22 図）

GNSS連続観測では、2014年9月頃から一切経山南山腹観測点（大穴火口の北約500m）が関係する基線で、一切経山付近の膨張を示唆すると考えられる変化がみられている。2014年10月31日から11月3日にかけて実施したGNSS繰り返し観測では、2014年5月に実施した観測と比較してほとんど変化はみられなかった。2011年以降、大穴火口を挟む基線で緩やかな収縮を示す変化が継続しているが、その変化が停滞している可能性が考えられる。

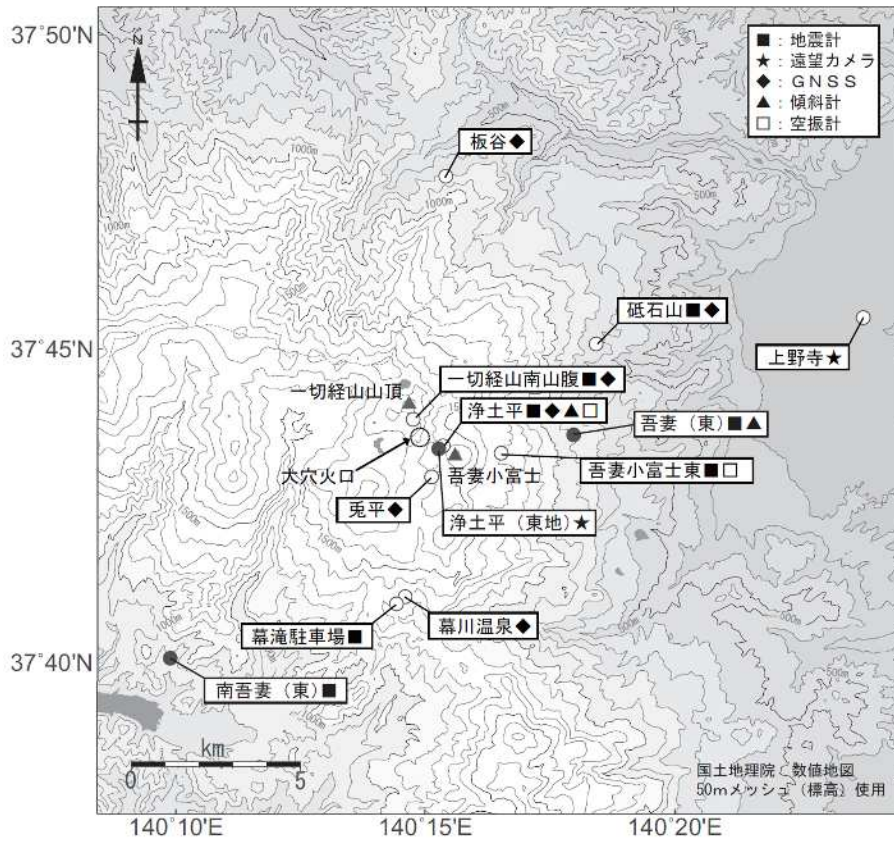
浄土平観測点（大穴火口の東南東約 1 km）の傾斜計では、2014年7月下旬から西南西（大穴火口のやや南）上がりの緩やかな変化が継続しており、同年11月以降その変化が次第に大きくなっている。短期的には、2014年12月12日の火山性微動発生と同時に西（火口方向）上がりの急な変化が観測されたが、この変化は微動の終了後徐々に解消された。変動レートは最大で約 $0.1 \mu\text{rad/min}$ であった。また、2015年1月14日の地震活動活発化前後から、計数基準未満の微小な火山性微動が1日数回程度の割合で発生しており、それらの多くで発生と同時にわずかな東（火口と反対方向）上がりの変化が観測された。



第 1 図 吾妻山 大穴火口からの噴気の状況（2015 年 1 月 13 日 10 時 32 分）

Fig 1 The pictures of fumaroles in Oana crater in Azuma volcano (January 13, 2015 10:32).

- ・ 右上：浄土平火口カメラ（東北地方整備局、大穴火口から東南東約 500m）による。
- ・ 左下：福島市上野寺遠望カメラ（大穴火口から東北東約 14km）による。
- ・ 実線赤丸で囲んだのが、大穴火口からの噴気で高さは 100m。



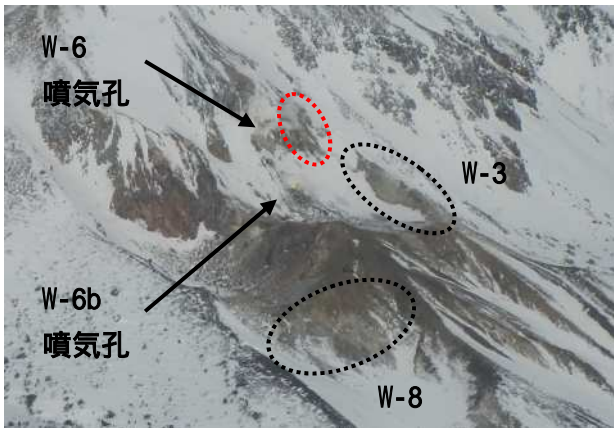
第2図 吾妻山 観測点配置図

Fig.2 Locations map of observation sites in Azumayama volcano.

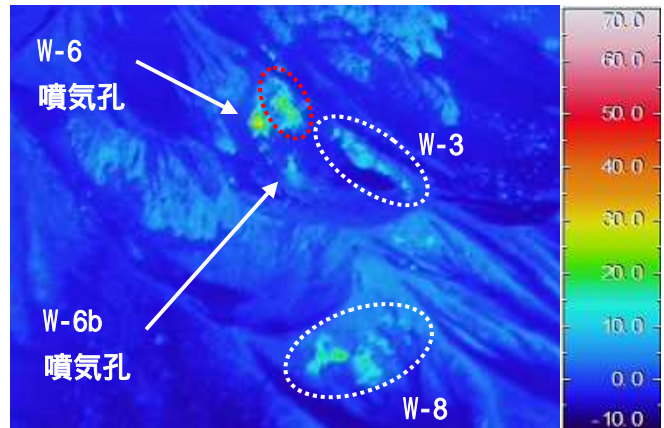
小さな白丸 () は気象庁、小さな黒丸 () は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。
 (東): 東北大学、(東地): 東北地方整備局



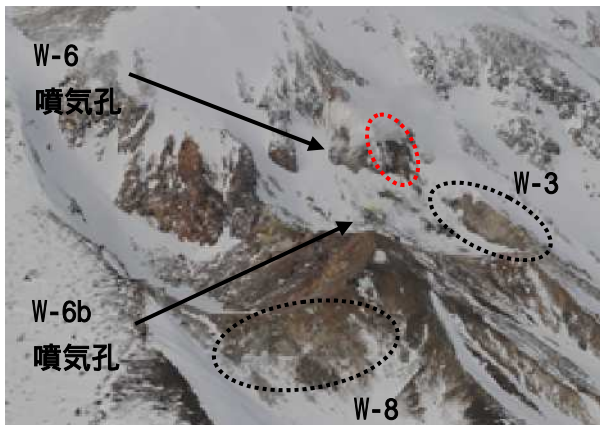
第3図 吾妻山 八幡焼噴気地熱地帯の可視画像と地表面温度分布撮影位置・方向
 Fig.3 Photography position and direction of visual and thermal images (Hachimanyake area).



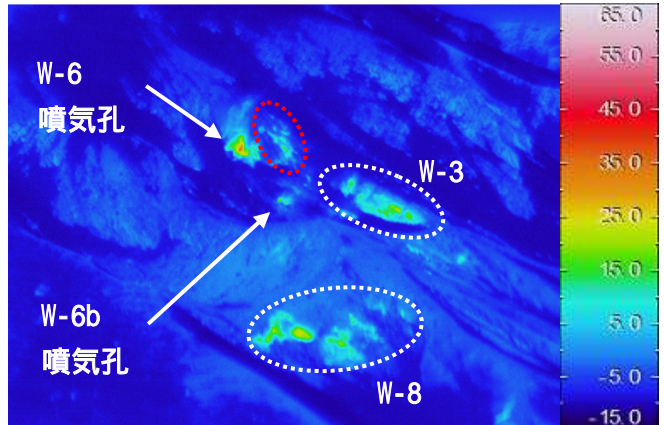
2015年1月14日10時35分



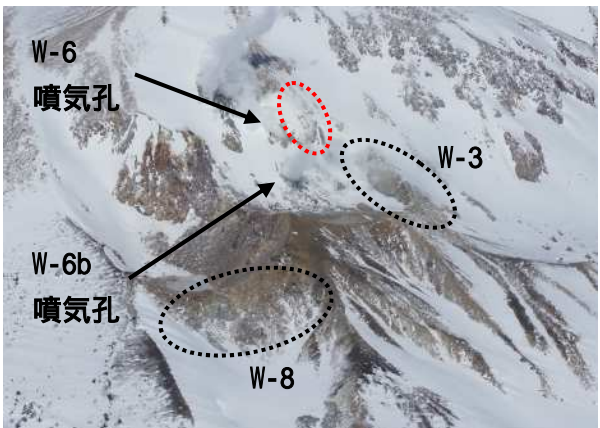
2015年1月14日10時35分 天気：晴



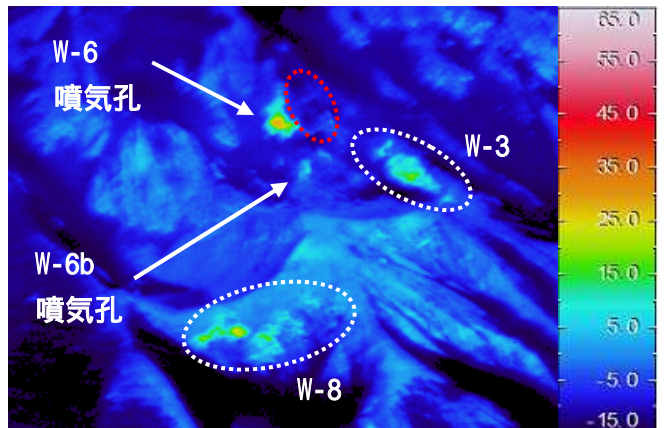
2014年1月20日14時07分



2014年1月20日14時07分 天気：晴



2013年2月26日10時26分

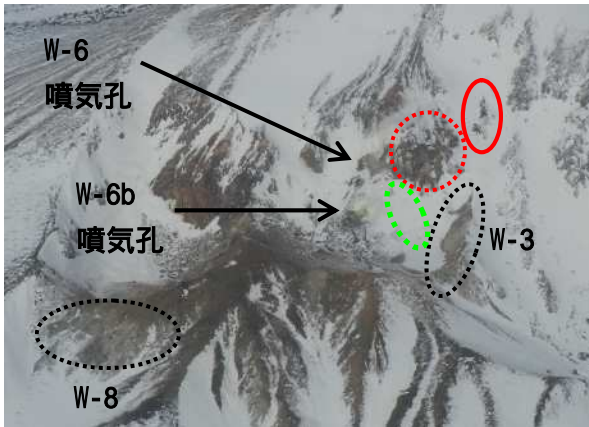


2013年2月26日10時27分 天気：晴

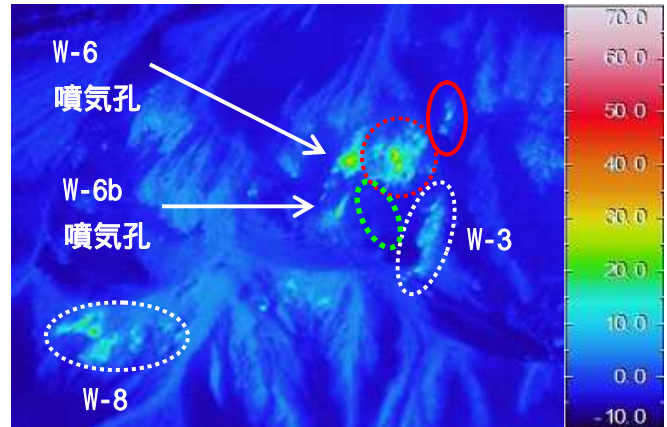
第4図 吾妻山 南方向から撮影した大穴火口及び周辺の状況と地表面温度分布

Fig.4 Visual and thermal images of Oana crater area from the south direction.

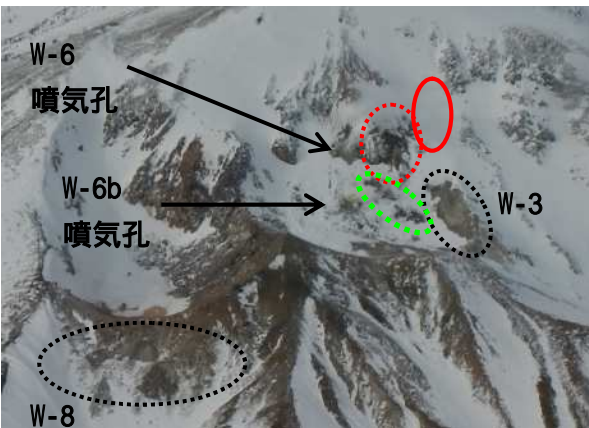
- ・陸上自衛隊の協力により撮影した。
- ・2013年から2014年にかけて地熱域の拡大がみられた領域（赤破線）では、1月14日の観測で引き続きわずかな拡大が認められた。



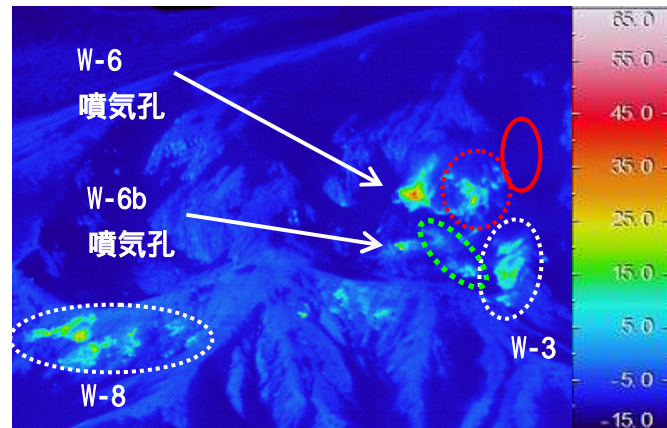
2015年1月14日10時35分



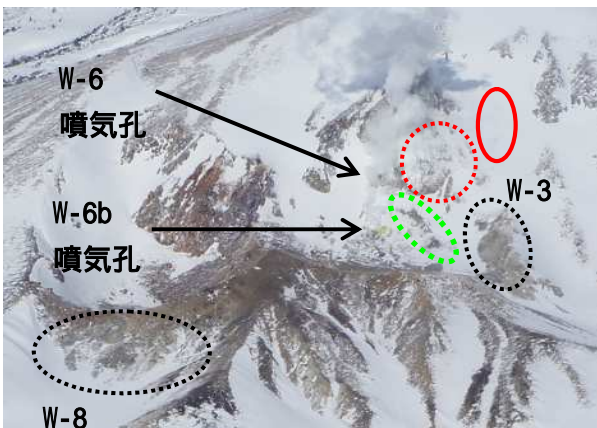
2015年1月14日10時35分 天気：晴



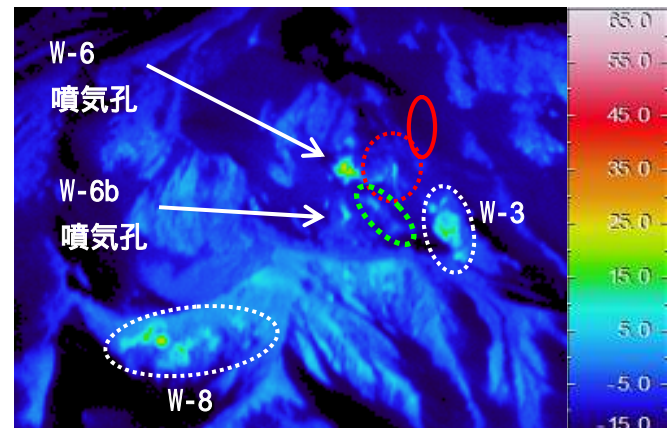
2014年1月20日14時04分



2014年1月20日14時08分 天気：晴



2013年2月26日10時32分

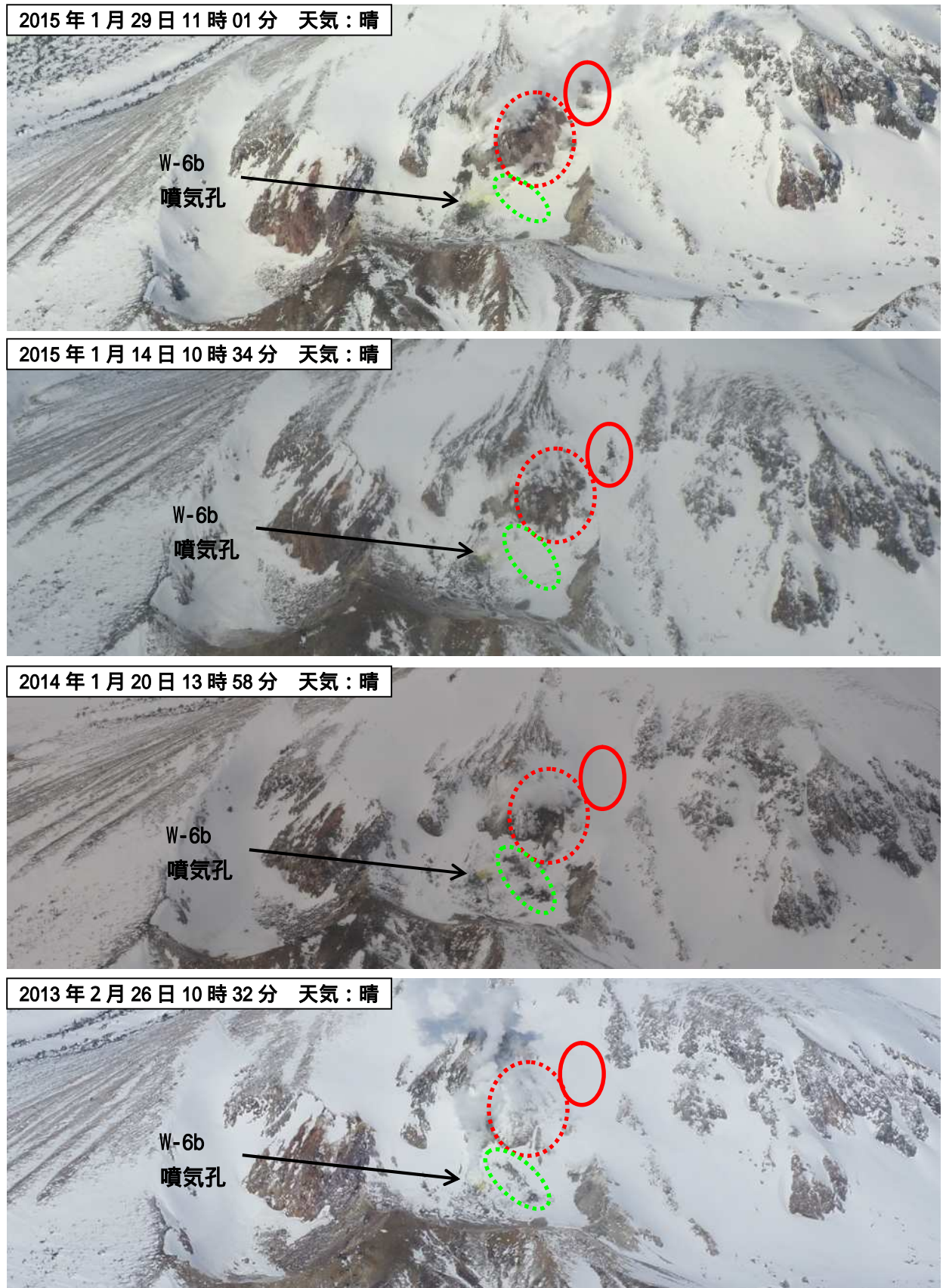


2013年2月26日10時27分 天気：晴

第5図 吾妻山 南東方向から撮影した大穴火口及び周辺の状況と地表面温度分布

Fig.5 Visual and thermal images of Oana crater area from the southeast direction.

- ・陸上自衛隊の協力により撮影した。
- ・2015年1月14日の観測において、赤破線領域で引き続き地熱域のわずかな拡大が認められた。
- ・2015年1月14日の観測において、赤破線領域の北側（赤実線）で、狭い新たな地熱域が確認された。
- ・2015年1月14日の観測において、黄緑破線領域で地熱域の縮小がみられた。

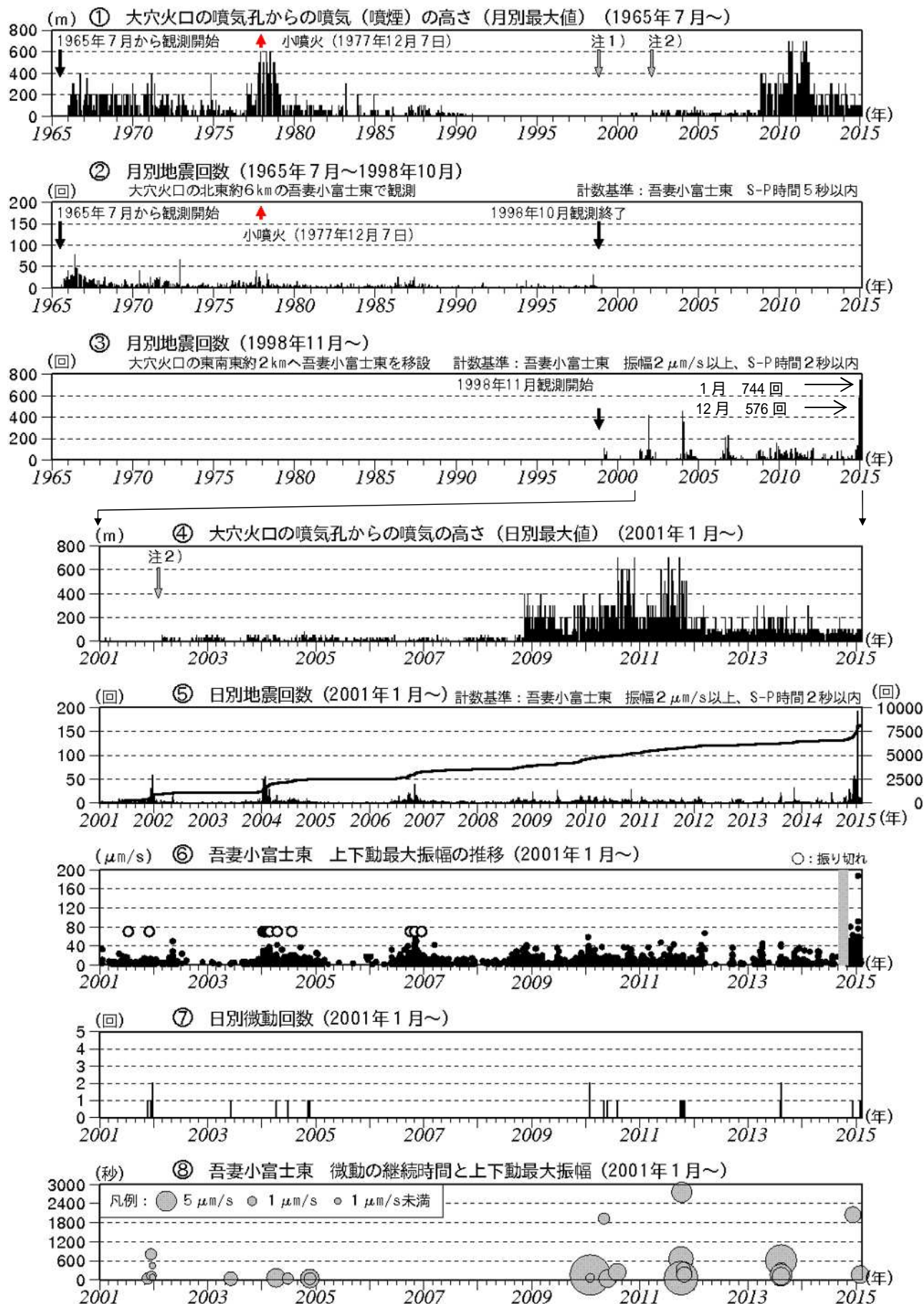


第 6 図 吾妻山 南東方向から撮影した大穴火口の変遷

Fig.6 Change of visual image on Oana crater from southeast direction.

- ・ 陸上自衛隊の協力により撮影した。
- ・ 大穴火口北側で地熱の拡がりに伴う融雪域の拡大がみられる（赤実線、赤破線）。
- ・ 大穴火口北側で融雪域の縮小がみられる（黄緑破線）。
- ・ W-6b 噴気孔周辺の硫黄昇華物と思われる黄変色域は、1月29日にわずかな拡大がみられた。
- ・ 噴気の高さは概ね 100m 以下で推移し、変化はみられない。

吾妻山

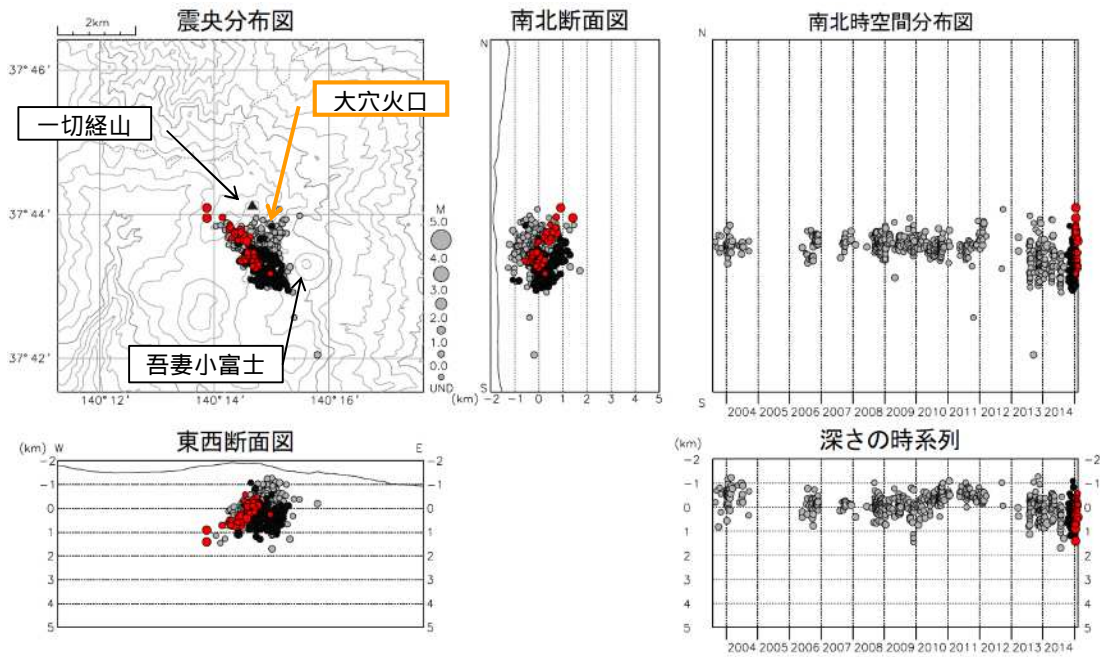


第7図 吾妻山 火山活動経過図(1965年7月~2015年2月10日)

Fig.7 Progress of the volcanic activities (July, 1965-February 10, 2015).

- ・ 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年からは遠望カメラ(大穴火口の東北東約14km)による観測。
- ・ 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2月以後は全ての時間で観測したデータによる高さ。

吾妻山

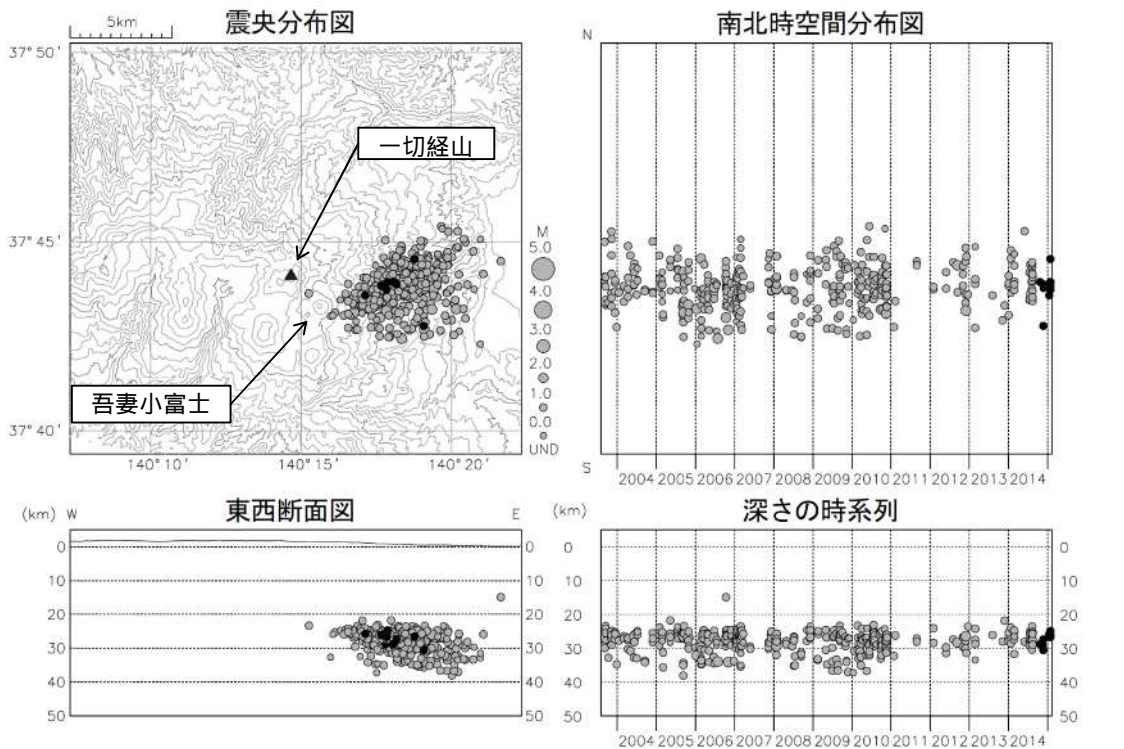


: 2015年1月14日～2月10日 : 2014年10月1日～2015年1月13日 : 2003年8月1日～2014年9月30日

第8図 吾妻山 地震活動 (2003年8月～2015年2月10日)

Fig.8 Volcanic earthquake Activities (August, 2003-February 10, 2015).

- ・表示条件：相数7相以上、深さフリーで決まった地震。
- ・速度構造：地震観測網内の地震には半無限構造 $V_p=3.1\text{km/s}$ を使用。観測網外の地震には成層構造を使用。
- ・2010年2月24日～6月29日の震源は、吾妻小富士東の地震計のテレメータ装置の時刻校正に不具合があったため、機器の内部温度で時刻補正值を求め吾妻小富士東の検測値を補正した。
- ・2010年9月1日から浄土平観測点を震源計算に使用しているため、震源がそれ以前より浅く決まっている。
- ・2012年12月1日以降、観測点の移設更新の影響により、震源がやや南側に分布する傾向がみられる。
- ・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。
- ・今期間の活動では、2015年1月14日以降大穴火口付近で発生する地震が多くなっている。



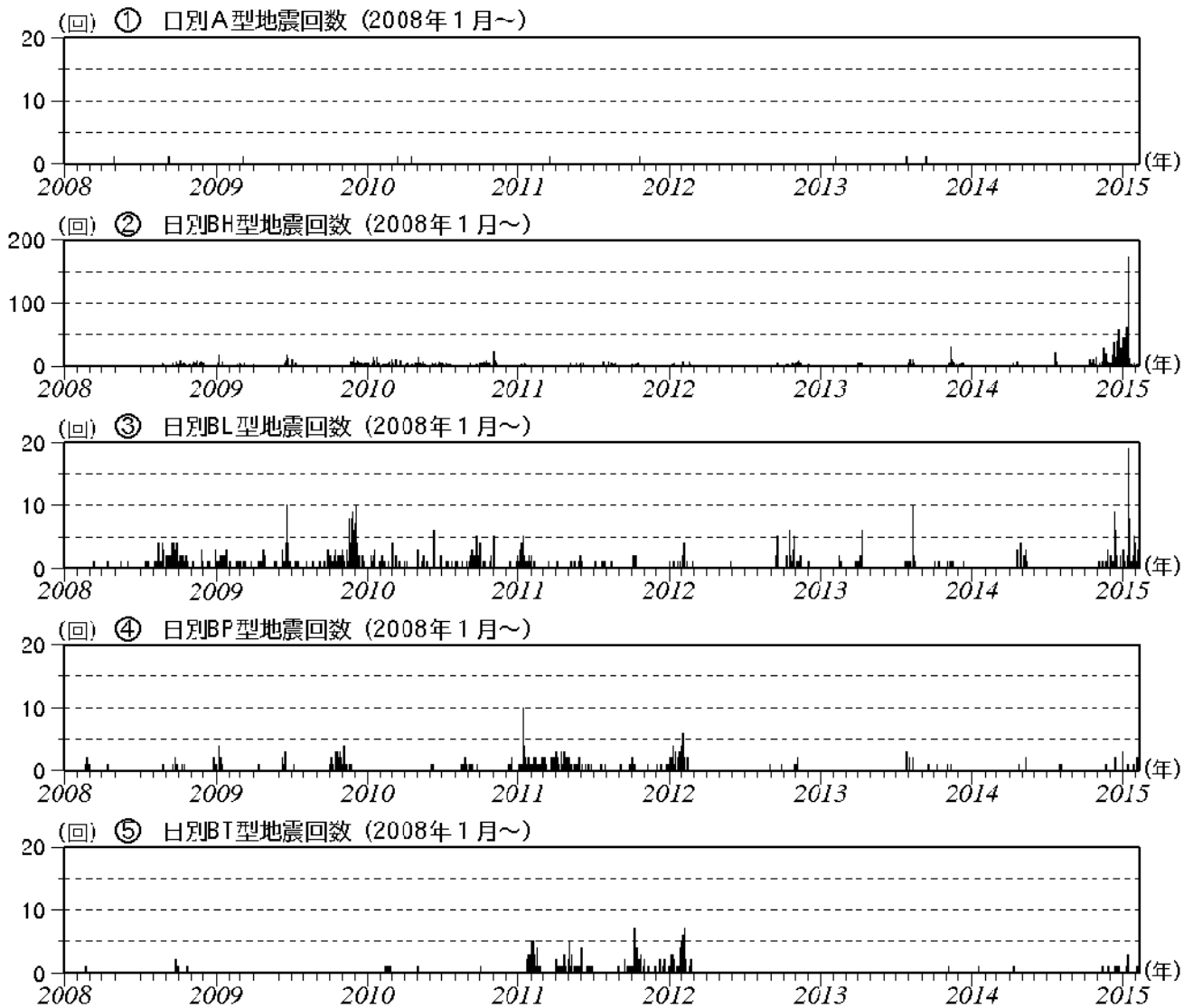
: 2014年10月1日～2015年2月10日 : 2003年8月1日～2014年9月30日

第9図 吾妻山 一元化震源による深部低周波地震活動 (2003年8月～2015年2月10日)

Fig.9 Hypocenter distribution of deep low frequency earthquake determined by seismic network (August, 2003-February 10, 2015).

- ・図中の一部の震源要素は暫定値で、後日変更することがある。
- ・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。

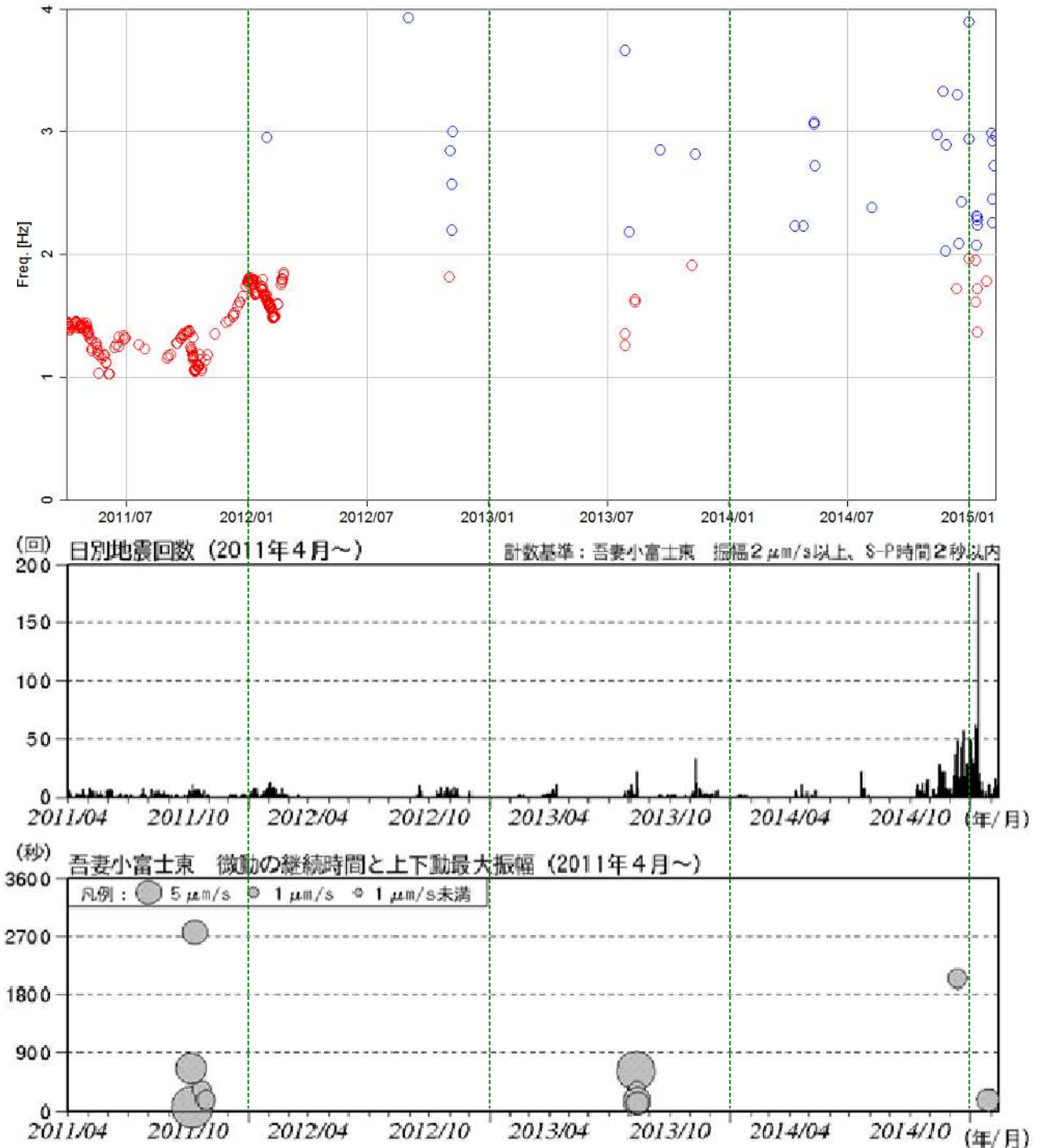
吾妻山



第10図 吾妻山 火山性地震タイプ別・日別回数 (2008年1月～2015年2月10日)

Fig.10 The type of the volcanic earthquake and daily numbers (January 2008–February 10, 2015).

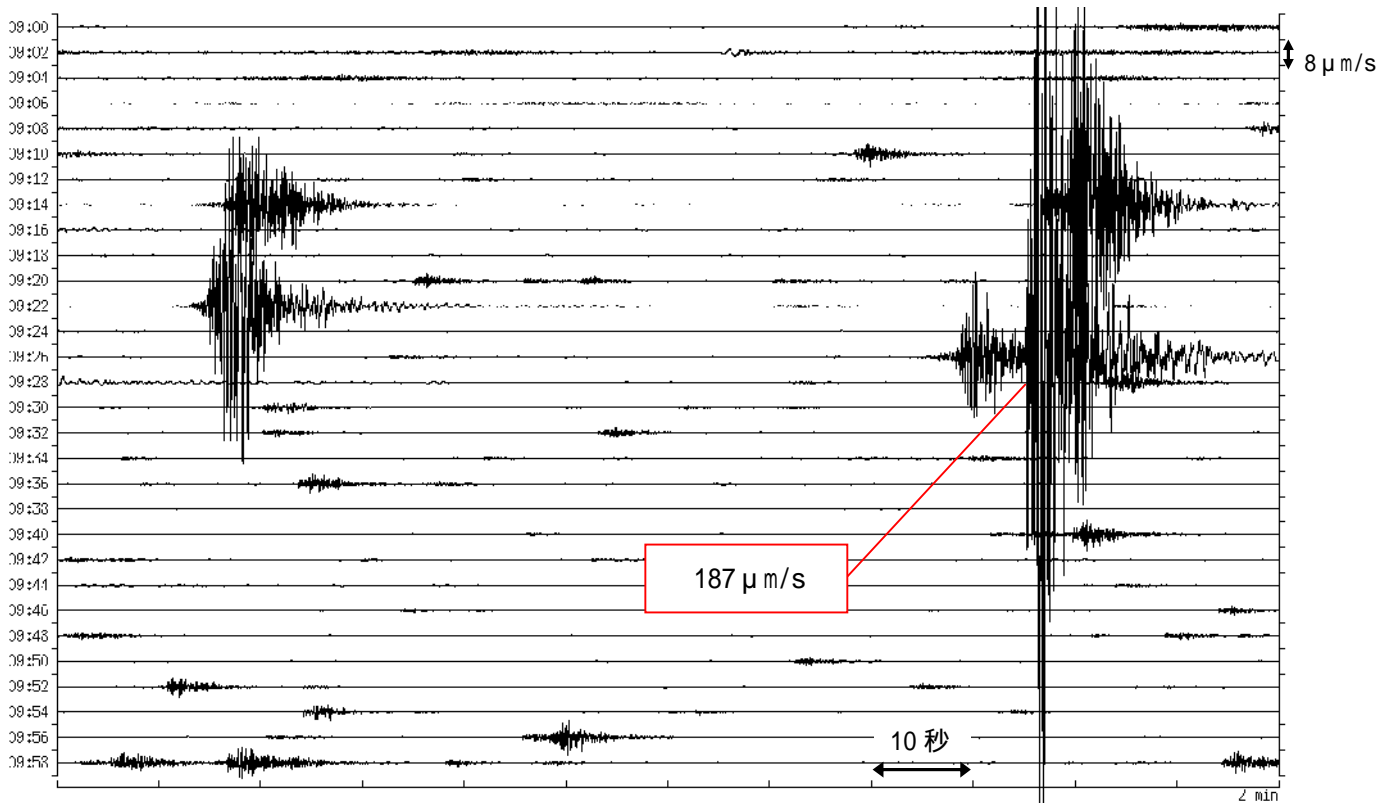
- ・2011年1月～6月、また2011年9月～2012年2月にかけて単色地震 (BP型) 及びT型地震 (BT型) が増加した。
- ・2014年10月～2015年1月にかけてBH型地震の群発、及びBL型地震の増加がみられた。



第 11 図 吾妻山 BP 型及び BT 型地震の周波数と地震活動比較 (2011 年 4 月 ~ 2015 年 2 月 10 日)
 Fig.11 The comparison of frequency to BP type and BT type earthquake and seismic activity (April, 2011–February 10, 2015).

上段：BP 型、BT 型地震の周波数 (浄土平観測点、上下成分、速度)

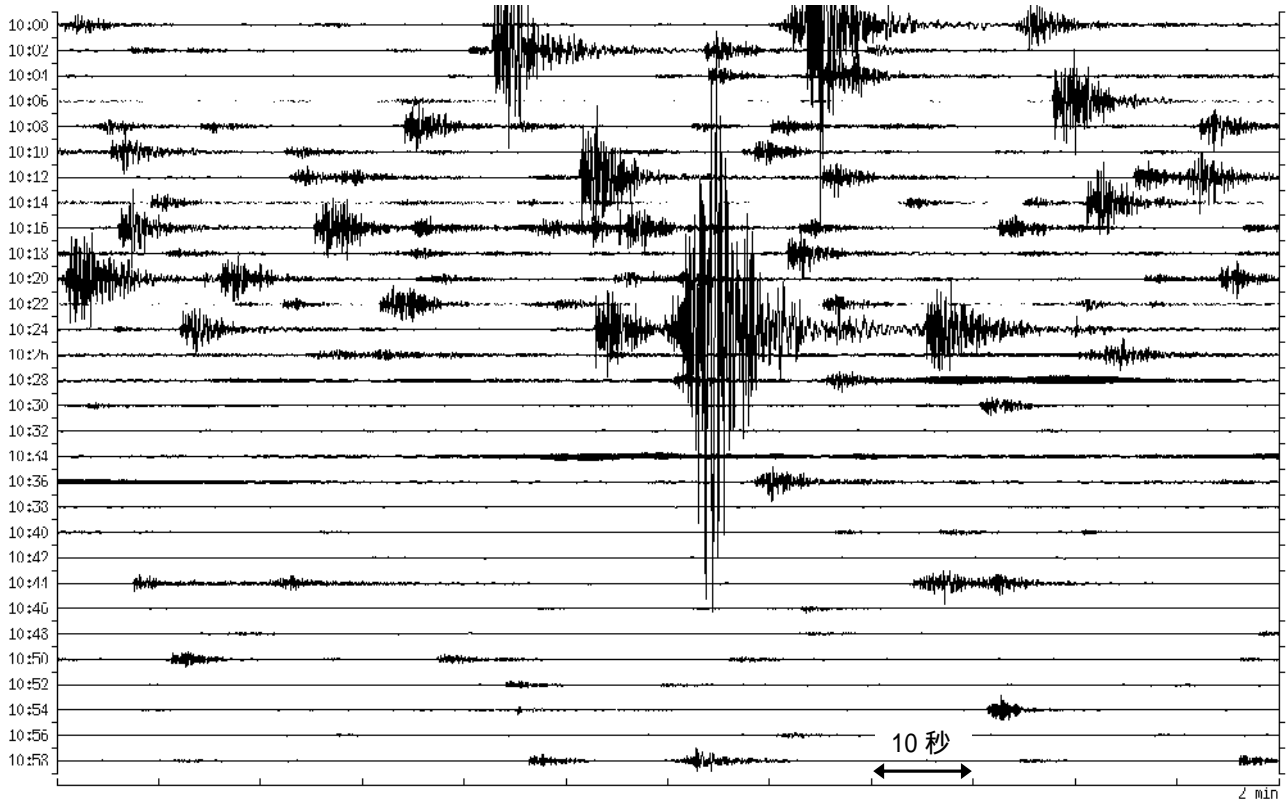
- ・高速フーリエ変換後、振幅が $1 \mu\text{m/s}$ を超えた周波数のうち最小の値をプロット。
- ・2 Hz 未満を \circ 、2 Hz 以上を \bullet で表示。
- ・概ね 2 Hz 未満の BP 型、BT 型地震がみられる時には、火山性微動が観測されると共に地震活動も活発化している。



第 12 図 - 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
(2015 年 1 月 14 日 09 時 00 分 ~ 10 時 00 分)

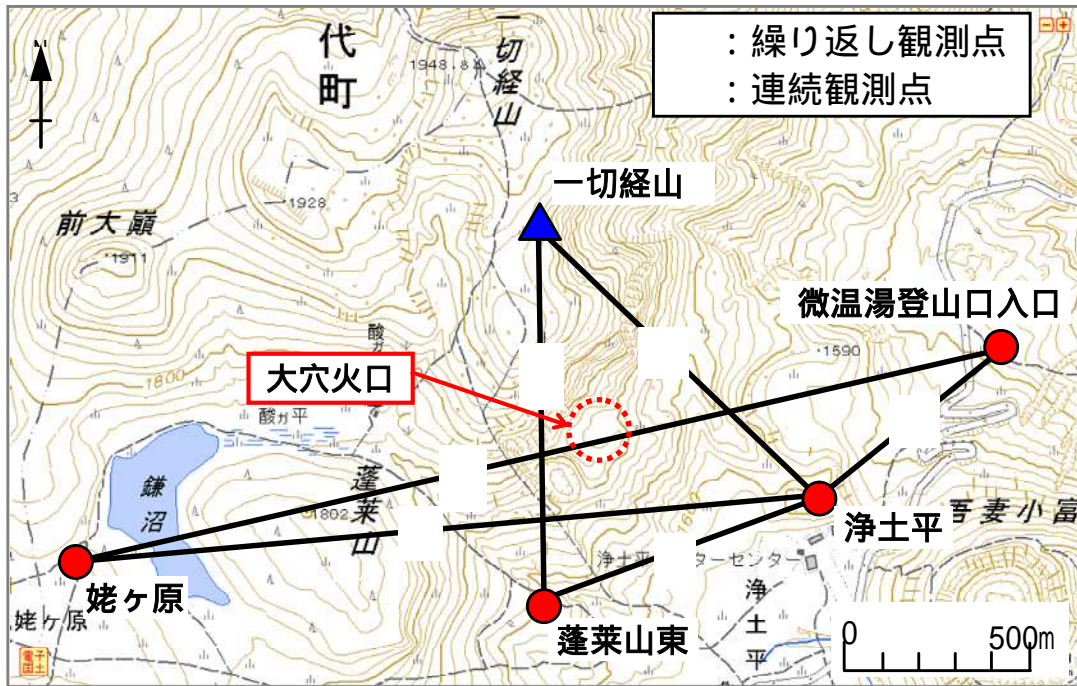
Fig.12- Activity of a volcanic earthquake at Azumakofuji station(U-D) (From 10:00 to 11:00 of January 14, 2015).

09 時 27 分の地震の最大振幅は、2007 年以降で最大であった (第 7 図)。



第 12 図 - 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
(2015 年 1 月 14 日 10 時 00 分 ~ 11 時 00 分)

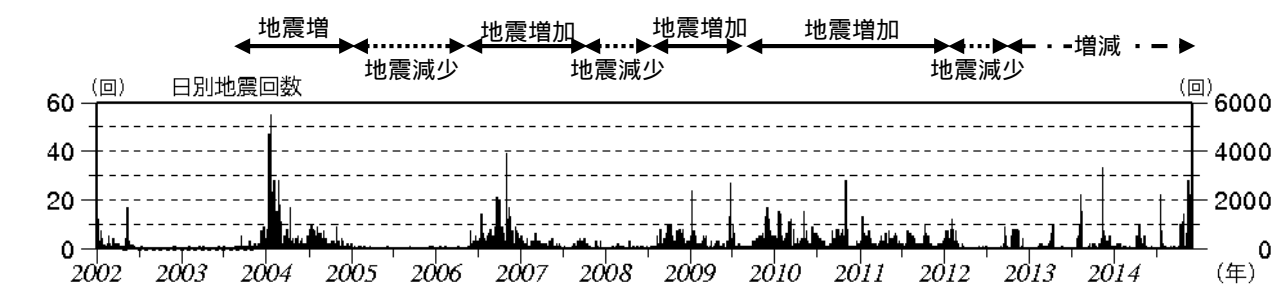
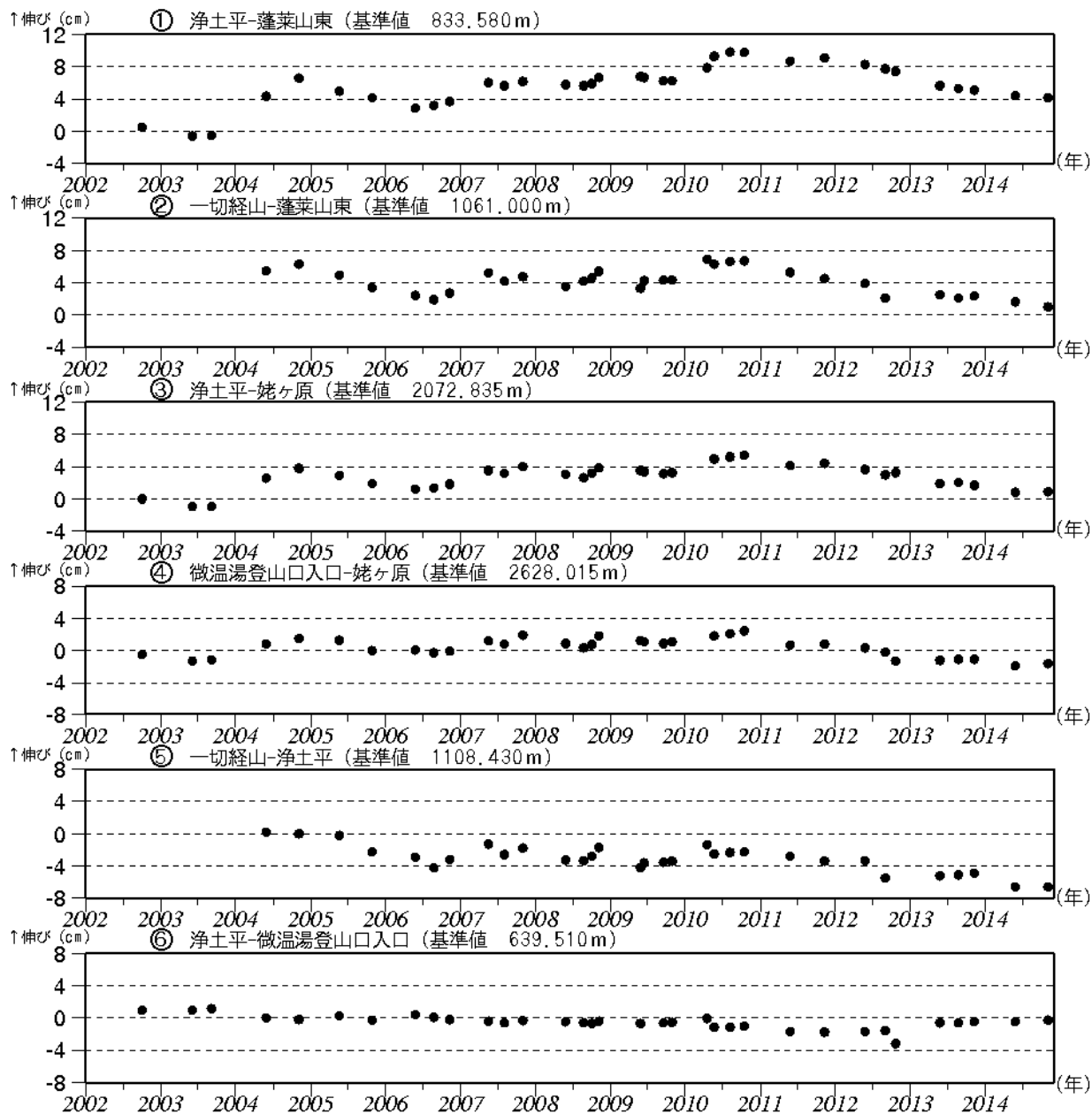
Fig.12- Activity of a volcanic earthquake at Azumakofuji station(U-D) (From 10:00 to 11:00 of January 14, 2015).



第13図 吾妻山 GNSS観測点配置図（繰り返し観測による狭域の観測）

Fig.13 Location map of the temporary GNSS observations (The repeatedly observation in the small area).

・ GNSS基線 ~ は第14図の ~ に対応。

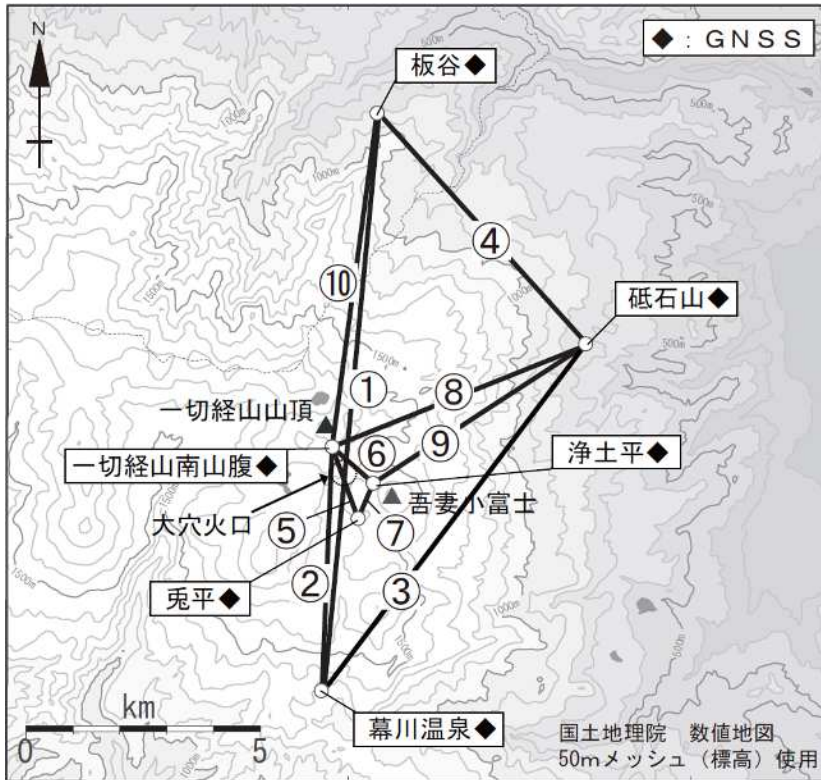


第14図 吾妻山 GNSS繰り返し観測による基線長変化図

(上図：2002年9月～2014年11月) 日別地震回数 (下図：2002年1月～2014年11月)

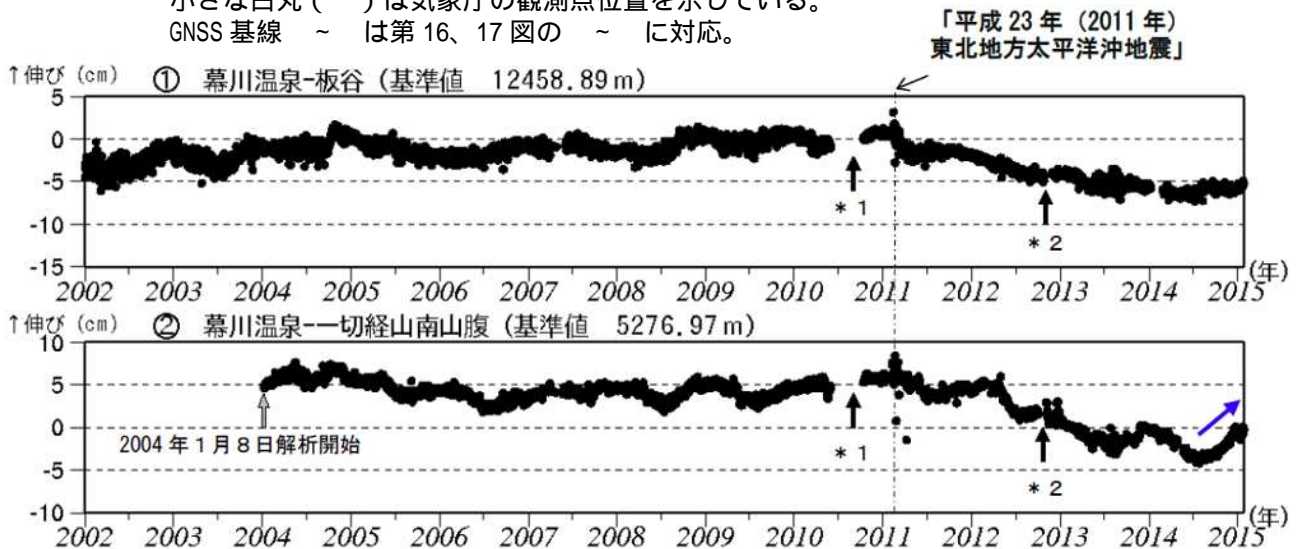
Fig.14 Results of repeated temporary GNSS observations (September, 2002 - November, 2014) and daily number of earthquakes (January, 2002 - November, 2014).

- ・ 上図の基線番号 ~ は第13図のGNSS基線 ~ に対応。
- ・ 一切経山観測点は、2012年11月に機器更新と移設を行っており基準値を変更している。
- ・ 2013年5月より、繰り返し観測点の観測機器及び解析ソフトウェアを変更している。
- ・ 大穴火口を挟む基線(~)では、地震増加時に伸長傾向がみられる。
- ・ 2011年11月以降、大穴火口を挟む基線では収縮傾向がみられるが、2014年はその変化が鈍化している。



第15図 吾妻山 GNSS観測点配置図 (連続観測による広域の観測)
 Fig.15 Location map of GNSS observation sites.

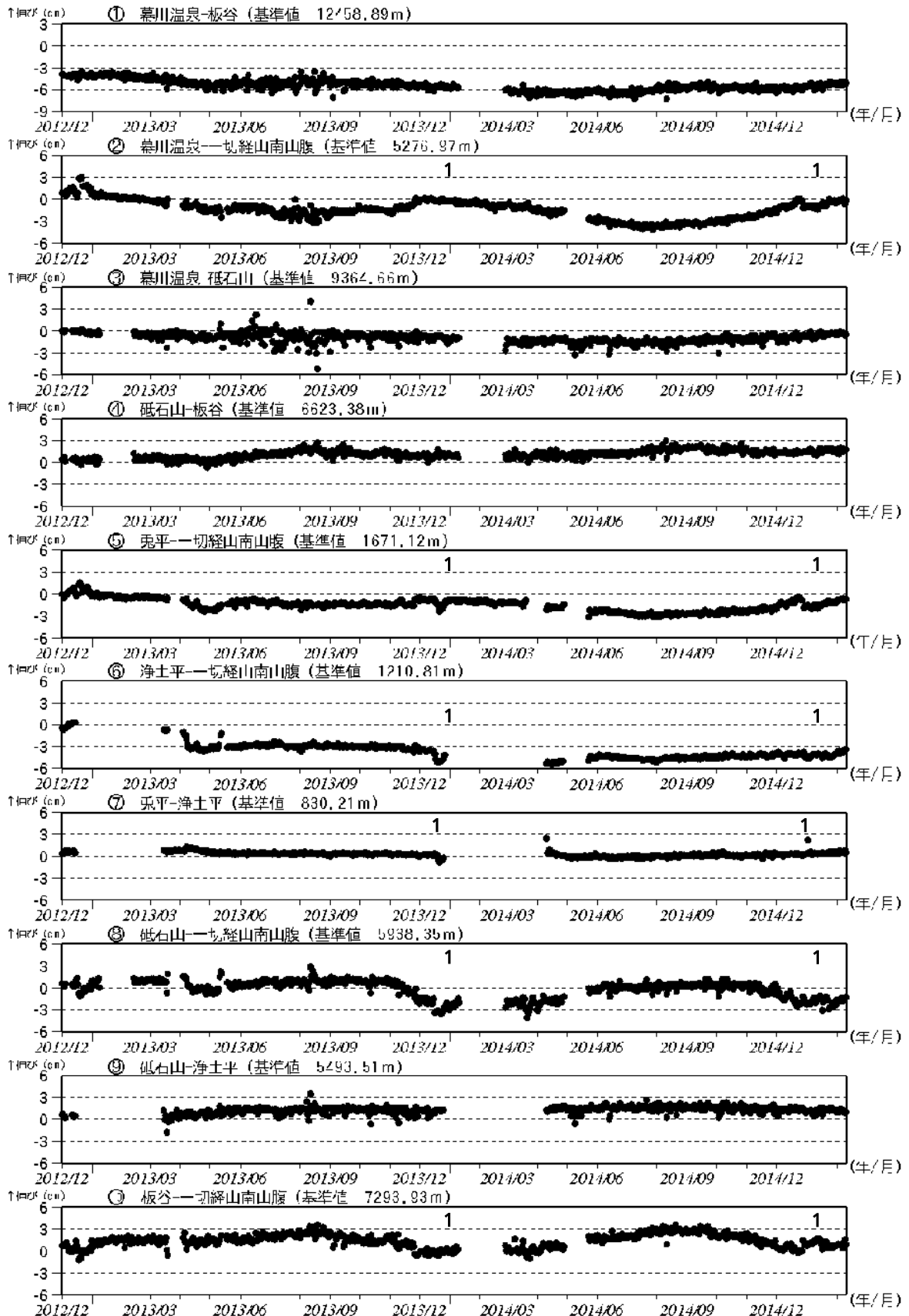
小さな白丸 () は気象庁の観測点位置を示している。
 GNSS基線 ~ は第16、17図の ~ に対応。



第16図 吾妻山 GNSS基線長変化図 (2002年1月~2015年2月10日)

Fig.16 Baseline lengths changes by GNSS analysis (January, 2002 - February 10, 2015).

- ・2010年10月以降のデータについては解析方法を改良し、対流圏補正と電離層補正を行っている。
- ・2011年3月11日以降の変動は、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」による影響であり、火山活動によるものではないと考えられる。
- ・2011年3月11日の「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る。
- ・ ~ は第15図のGNSS基線 ~ に対応。
- ・グラフの空白部分は欠測。
- ・各基線の基準値は補正等により変更する場合がある。
- ・では、2014年9月頃から緩やかな伸びの変化がみられている(青矢印)。これは、一切経山南山腹観測点が冬から夏にかけて西南西、夏から冬にかけて東北東へ動く年周変化による。しかし、第16、17図の浄土平観測点において一切経山付近の膨張を示す傾斜変動がみられており、一部この変化を含む可能性が考えられる。
- * 1 : 幕川温泉観測点の機器更新。 * 2 : 板谷観測点と一切経山南山腹観測点の機器更新。

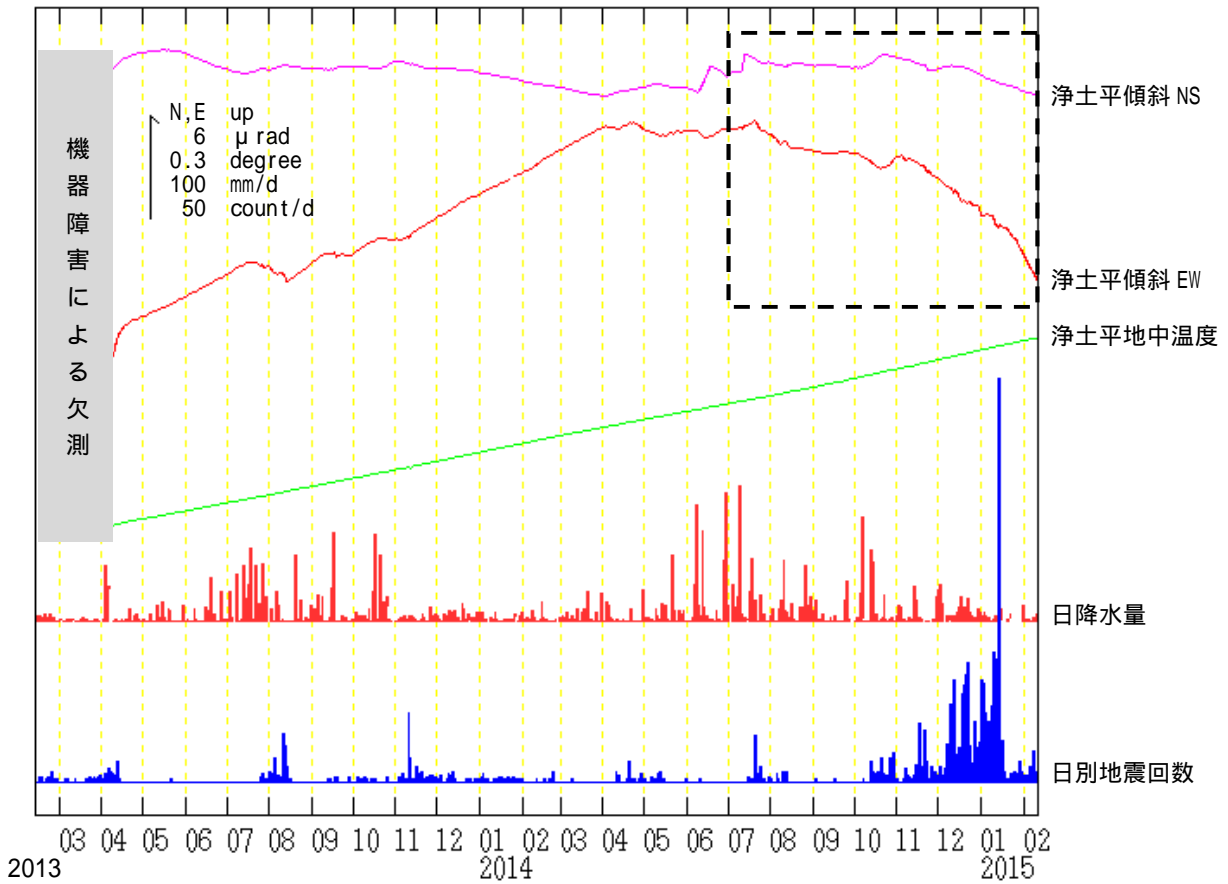


第17図 吾妻山 GNSS 基線長変化図 (2012年12月~2015年2月10日)

Fig.17 Baseline lengths changes by GNSS analysis (December, 2012 - February 10, 2015).

- ・ ~ は第15図のGNSS基線 ~ に対応している。
- ・ グラフの空白部分は欠測。
- ・ 2012年11月に機器の更新と移設を実施した。
- ・ 2011年3月11日以降の変動は、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」による影響であり、火山活動によるものではないと考えられる。
- ・ 各基線の基準値は補正等により変更する場合がある。
- ・ ②、⑤、⑥、⑧、⑩では、2014年9月頃から緩やかな変化がみられており、一切経山南山腹観測点の年周変化によるが、一部に一切経山付近の膨張の変動を含む可能性が考えられる。
- ・ ①一切経山南山腹観測点と兔平観測点では、積雪期に局地的な変動がみられている。

吾妻山

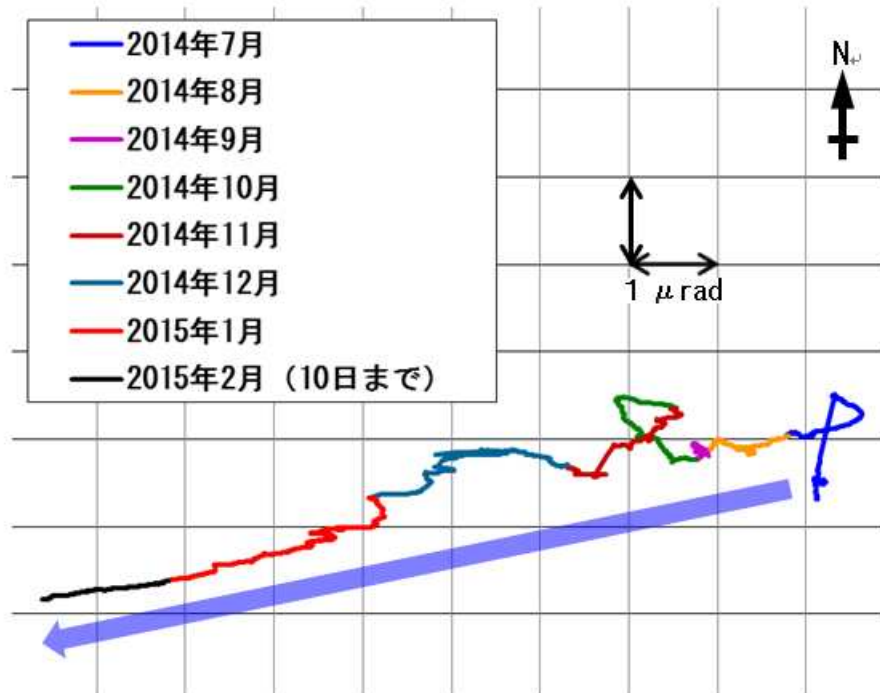


第 18 図 吾妻山 浄土平観測点における傾斜変動

(2013 年 2 月 11 日 ~ 2014 年 2 月 10 日、時間値、潮汐補正済み)

Fig.18 Tilt change of Jododaira station (February 11, 2013 -February 10, 2014).

- ・ 2013 年 2 月 12 日 ~ 4 月 8 日は機器障害のため欠測となっている。
- ・ 2014 年 11 月から西南西（火口のやや南）上がりの変動が次第に大きくなっている。
- ・ 黒破線領域は第 19 図の表示期間を示す。



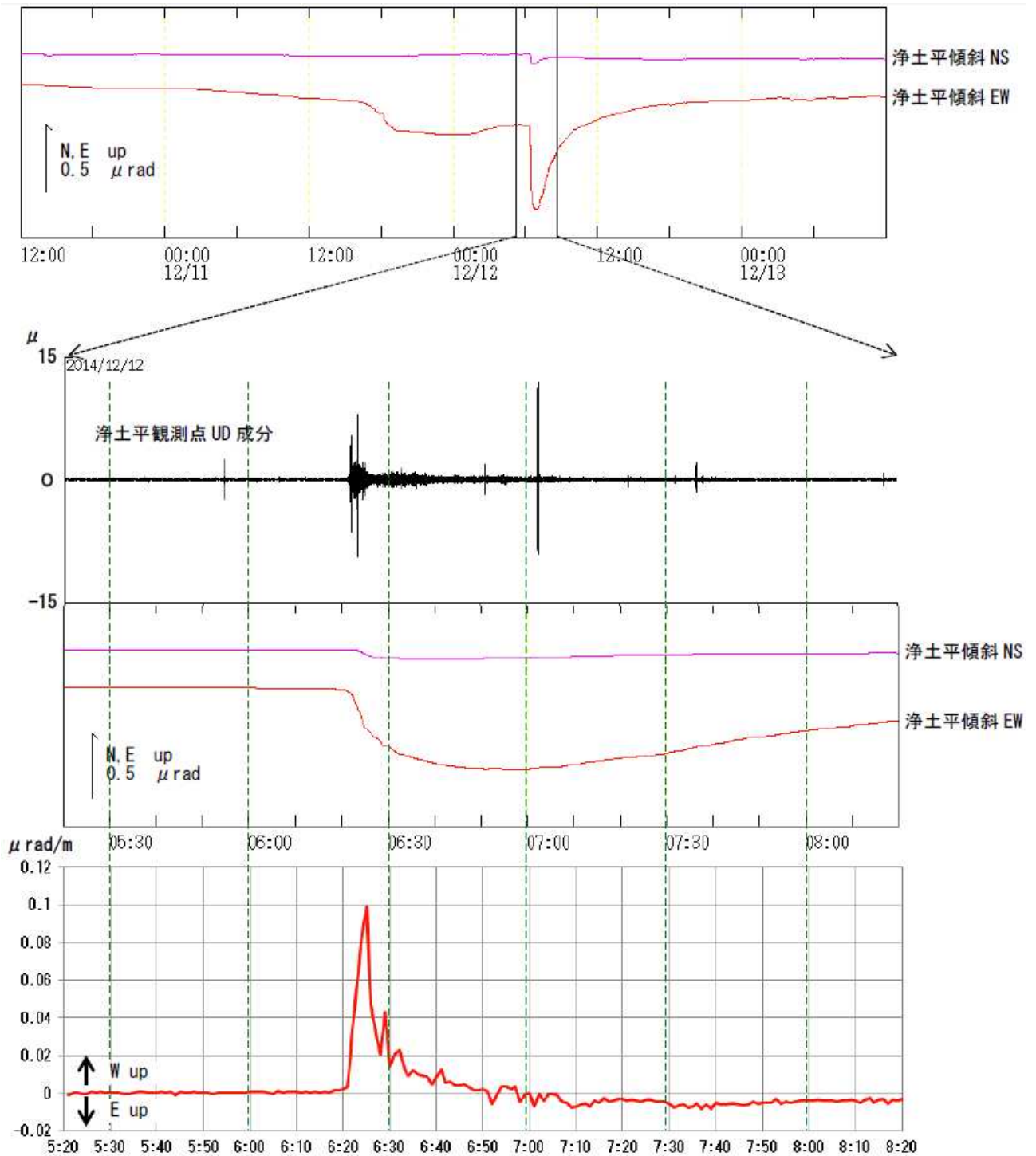
第 19 図 吾妻山 浄土平観測点における傾斜変動ベクトル

(2014 年 7 月 1 日 ~ 2015 年 2 月 10 日、up 方向、時間値、潮汐補正済み)

Fig.19 Vector of the tilt change at Jododaira station (July 1, 2014 - February 10, 2015).

- ・ 図中の青矢印は変動（up）方向を示す。
- ・ 2014 年 7 月下旬から西南西（火口のやや南）上がりとなり、11 月から 2015 年 2 月 10 日にかけてその変化率が大きくなっている。

吾妻山

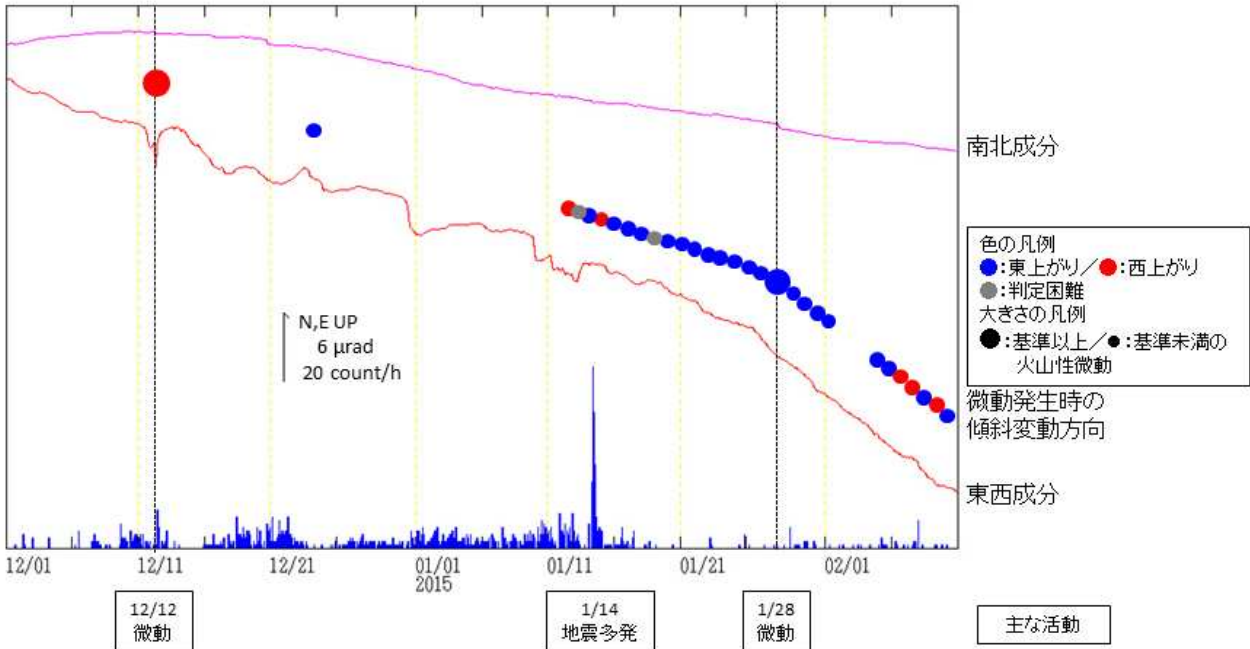


第20図 吾妻山 浄土平観測点における火山性微動に伴う傾斜変動(分値、潮汐補正済み)

Fig.20 Tilt change of Bodaira station with a volcanic tremor.

- 1 段目 傾斜変動(2014年12月10日12時~12月13日12時)
- 2 段目 UD成分速度波形(12月12日05時20分~08時20分)
- 3 段目 傾斜変動(12月12日05時20分~08時20分)
- 4 段目 傾斜EW成分変動レート(12月12日05時20分~08時20分)

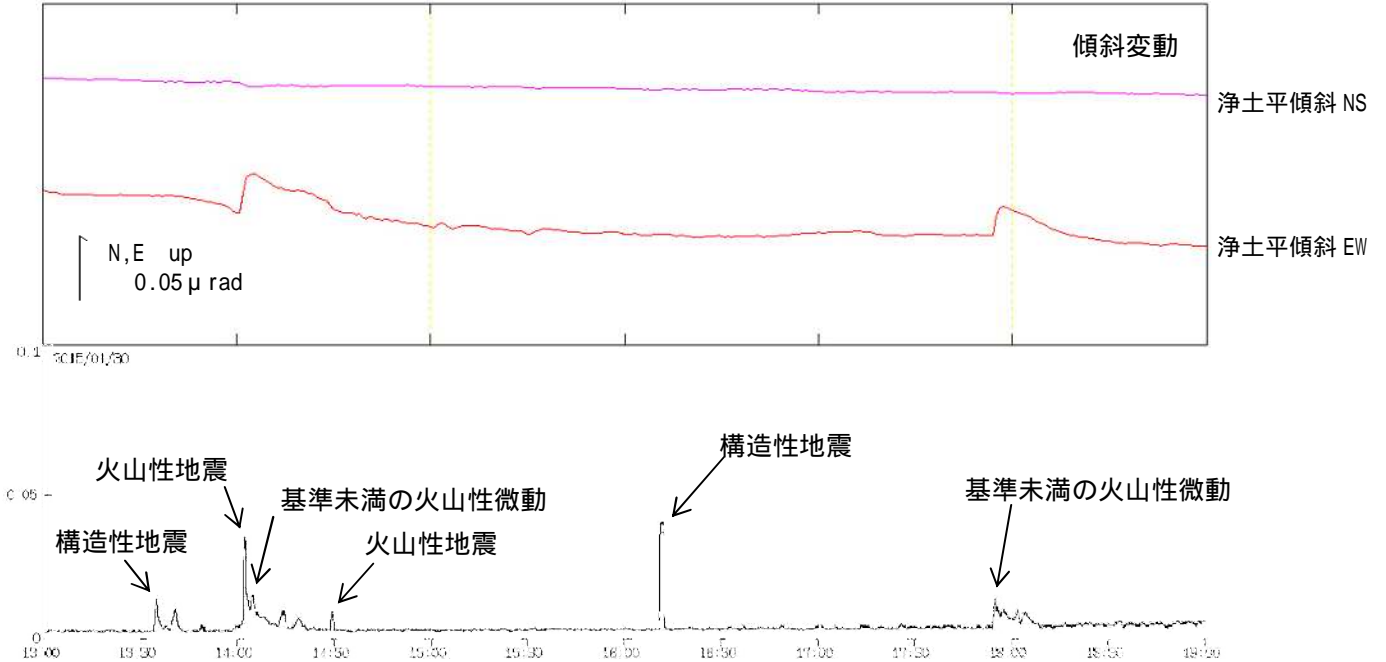
・06時21分の微動発生と同時に傾斜変動が始まり、直後にEW成分では約0.1 μrad/minの変化量に達した。



第 21 図 吾妻山 浄土平観測点での火山性微動及び傾斜変動の方向
(2014 年 12 月 1 日 ~ 2015 年 2 月 10 日、時間値、潮汐補正済み)

Fig.21 Volcanic tremor and tilt change direction at Jododaira station(December 1, 2014 ~ February 10, 2015).

- ・黒破線は、火山性微動時を示す。このほか、2015 年 1 月 14 日の地震活動活性化前後から、計数基準未満の微小な火山性微動が 1 日数回程度の割合で発生している。
- ・2015 年 1 月 14 日前後から 2 月上旬頃までは、微動発生時の傾斜変動の方向が、もっぱら東上がりとなった。その後、西上がりもみられるようになっていく。



第 22 図 吾妻山 浄土平観測点での火山性微動発生時の東上がり傾斜変動例
(2015 年 1 月 30 日 13 時 00 分 ~ 19 時 00 分)

Fig.22 An example of tilt to the east at Jododaira station with a volcanic tremors (From 13:00 to 19:00 of January 30, 2015.).

- ・上段：傾斜変動（浄土平、分値、潮汐補正あり）
- ・下段：地震波形（浄土平、上下成分、速度波形、固有周期 1 秒）の平均振幅秒値の 60 秒平均
- ・東上がり変動の際にも、火山性微動に先行して西上りの変化がみられる場合がある。