第 143 回 火山噴火予知連絡会資料

(参考資料その3)

草津白根山、吾妻山、雌阿寒岳

平成 31 年 2 月 27 日

火山噴火予知連絡会資料(参考資料その3)

目次

草津白	I根山····		3
	気象庁	3-28	
吾妻山	••••••		9
	気象庁	29-51	
雌阿寒	岳		2
	気象庁	52-84	

白根山(湯釜付近)

2018 年4月下旬から高まった状態となっていた湯釜付近浅部の火山活動は、 9月上旬に地震活動が低調になるなど静穏な状態に戻りつつあったが、9月 下旬に地震活動が再び活発化するなど、火山活動は再び高まった状態になっ ているとみられる。引き続き、小規模な水蒸気噴火が発生する可能性がある。 湯釜火口から概ね1km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。

〇 概況(2018年10月~2019年1月31日)

・地震活動

2018年4月下旬からの地震活動の活発化と同様に、9月28日17時頃から草津白根山の西側のやや深部の膨張を示唆する傾斜変動とともに地震活動が再活発化した。地震増加直後の震源は海抜1kmよりやや深いところに分布したが、9月30日以降、地震は減少し、震源は海抜1kmよりやや浅いものが多くなった。地震活動は増減を繰り返しながら継続しており、11月と2019年1月には、微小な傾斜変動を伴う火山性微動が発生した。

・地殻変動

2018 年 10 月以降、湯釜付近浅部の膨張を示す緩やかな傾斜変動が観測されている。 GNSS 連続観測では、湯釜付近浅部の膨張を示す顕著な変動は観測されていない。 2018 年に入ってから、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 がみられていたが、10 月頃からに停滞している。

・噴煙など表面現象の状況

奥山田監視カメラ(湯釜の北約1.5km)による観測では、湯釜北側噴気地帯の噴気は 概ね100mで経過しており、特段の変化は認められない。東京工業大学の監視カメラ(湯 釜火口内)では、2018年6月下旬から7月上旬にかけて湯釜の中央部で灰~灰白色の 変色域がみられていたが、その後、このような変色域はみられていない。

この資料は気象庁のほか、関東地方整備局、国土地理院、東京工業大学、東北大学、東京大学、京都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を利用した。



図1 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 傾斜変動記録と時別地震回数(2018年3月1日~2019 年2月21日)

· 2018 年 4 月下旬及び 9 月上旬に地震が急増し、その後、湯釜直下浅部の膨張を示唆する変化(黄色 矢印)がみられており、現在も継続している。







図 2 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 地震日別回数(2018年1月1日~2019年2月17日)

- ·湯釜付近を震源とする地震活動は、2018年9月下旬に再活発化し、増減を繰り返しながら徐々に低調となってきている。また、2018年11月と2019年1月に振幅の小さな火山性微動が発生した。
 ·逢ノ峰付近を震源とする火山性地震は、2018年8月以降、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、6月から8月にかけてと10月下旬から11月下旬にかけて発生頻度の高まりがみられたものの、徐々に減少し、12月以降、ほとんど観測されていない。



図3 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自乗積算、振幅、発 生割合(2018 年 4 月 10 日~2019 年 2 月 17 日)(振幅は青葉山西観測点の UD 成分を使用)

[・]地震急増時は A 及び BH 型地震が目立つが、その後は、BT 型、BP 型地震が多くみられるようになっている。



●:2014年1月1日~2018年3月31日
 ●:2018年4月1日~9月27日
 ●:2018年9月28日~2019年2月20日
 図4 草津白根山(白根山(湯釜付近))
 震源分布図(2014年1月1日~2019年2月20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(A領域)は、地震の急増時は海抜1km以深のものもみられるが、その後は概ね海抜1km以浅で発生するようになっている。
- · 逢ノ峰付近(B領域)では、間歇的に地震が発生しており、その起こり方に変化はない。



図5-1 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 2018年11月12日に発生した火山性微動と傾斜変動 ・火山性微動の発生(期間①内)時に、湯釜の北西方向上がりの微小の傾斜変動(期間①)がみられ、 その後、湯釜の北西下がりの傾斜変動(期間②)がみられた。

・2018年6月以降みられた火山性微動は、ほとんどが湯釜の北西方向下がりのときにみられている。

・この火山性微動は 2018 年 6 月 ~ 7 月にかけて観測された山性微動に比べ、高周波成分が少ない特徴 がある。



図5-2 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 2019年1月16日に発生した火山性微動と傾斜変動 ・火山性微動の発生(期間②内)の前に、湯釜の北西方向上がりの微小の傾斜変動(期間①)がみら れ、その後、湯釜の北西下がりの傾斜変動(期間②)がみられた。



・火山性微動は湯釜の北西方向下がりの期間で発生している。





図5-5 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 2018 年7月15日に発生した火山性微動と傾斜変動 ・火山性微動は湯釜の北西方向下がりの期間で発生している。



図 5 - 6 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 2018 年 7 月 20 日に発生した火山性微動と傾斜変動 ・火山性微動は湯釜の北西方向下がりの期間で発生している。

気象庁



図7 季節変動を補正した傾斜記録(2017年1月1日~2019年1月28日) 2018年4月の地震増加以前は火山活動による変化がなく、また毎年同様の季節変動があると仮定し、前1年前の値と差 分をとることにより、季節変動を補正した。 2019/01のステップは、2018年本白根山噴火の変動による影響。

・2018年9月下旬の地震急増以降、湯釜直下の膨張を示す傾斜変動が観測されている。



図8 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 2014 年と 2018 年の地震活動の比較、及び 2018 年の地 震活動と傾斜変動の比較

・2018年の地震活動は2014年の地震活動に比べ、地震活動が急激に活発化している。



- 図9 草津白根山 GNSS 連続観測による基線長変化(2011年1月1日~2019年2月17日)
 - ・湯釜付近の GNSS 基線長には 2018 年の火山活動活発化に伴うような顕著な変動は認められない。
 - ・①②の基線で2018年11月頃より伸びの変化(図中赤破線)がみられるが、渋峠観測点の局所的 な変動の可能性がある。





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~2019年1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年の地震活動と対応するような温度変化は認められない。

気象庁

草津白根山(湯釜)の火山活動に対応した火山ガス組成変化

草津白根山(湯釜)にて多成分火山ガス観測装置(Multi-GAS)による連続観測を行い、地震頻 発と地殻変動に伴う CO₂/H₂S 比の増加を捉えた。これらの観測結果の解釈の一つとして、深部 から湯釜下の流体溜まりへの火山性流体の供給が考えられる。

1. 観測手法

草津白根山湯釜火口の北山麓に設置した Multi-GAS を用いて、火山ガス組成の連続観測を行った(図 11)。測定ガス種は SO₂、H₂S、H₂O、CO₂、H₂の全5種類である。観測装置の近傍には噴気孔Eが存在する ため、測定した火山ガス組成は噴気Eの火山ガス組成を反映していると考えられる。観測は毎日1回定 時の実施の他、H₂S 濃度が 10ppm以上のガスを検出した際も随時観測を行った。1回の観測時間は1時間、 1日の最大観測回数は4回である。

2. 解析手法

火山ガスの組成比は、各ガスの濃度時系列の相関を取り、回帰直線の傾きから算出した。また、デー タ選別のため決定係数が 0.6 以上かつ H₂S 濃度差が 1ppm 以上のデータを用いて CO₂/H₂S 比を計算した。 また、センサーの感度変化の影響をセンサー交換時の校正の値を用いて補正した。Multi-GAS で観測し た CO₂/H₂S 比と 2018 年 6 月 19 日、8 月 6 日、10 月 17 日に実施された噴気Eの検知管・ガスサンプリン グの結果^[1]は整合的であるため、Multi-GAS で観測した CO₂/H₂S 比の変化はセンサー感度変化等ではなく 噴気自体の火山ガス組成の変化と考えられる。

3. 結果

図 12 に観測された CO₂/H₂S 比の時系列を示す。観測期間中、SO₂、H₂は検出されなかった。H₂O は大気中の湿度変化等による変動が大きく、相関による組成の計算が困難であった。2018 年 4 月 22 日に A 型・BH型地震の頻発が観測され、その後、傾斜計応答による火山浅部の膨張と CO₂/H₂S 比の増加が観測された(図 12)。CO₂/H₂S 比は地震頻発前後で 4 程度から 6 程度へと増加した。CO₂/H₂S 比はその後 2018 年 9 月頃まで一定で推移した。類似した火山ガス組成・地震活動・傾斜計応答の変化は 2018 年 9 月から 10 月にかけても観測され、CO₂/H₂S 比は 6 程度から 9 程度まで増加した。観測期間中、SO₂ および H₂ は検出されなかった。 CO₂/H₂S 比の変化要因は様々な可能性が考えられるため一義的な解釈は難しいが、地震活動と地殻変動と明示的な連動がある事から深部からの流体供給を反映している可能性がある。

4. 引用文献

[1] 東海大・気象研・東京大学大学院・東工大、草津白根山噴気の化学組成・安定同位体比(2014年7 月~2018年10月)、第142回火山噴火予知連絡会資料



図 11 観測点と噴気の位置。黒丸は火山ガス観測点、緑丸は水釜北東観測点(地震回数(湯釜付 近、逢ノ峰付近)計数基準点)、 黄色丸は湯釜東観測点(東エ大、傾斜計)。地図の描画に 国土地理院の電子地形図を複製した。



図 12 上段: CO₂/H₂S 比の変化。 中段: A型・BH型地震の発生回数。 下段: 湯釜東観測点 (東工大)の傾斜計応答。赤線が南北成分(主軸)、青線が東西成分(副軸)を示す。

1月23日の噴火以降、噴火は発生していない。

本白根山火口付近ごく浅部の地震活動は、2018 年 12 月以降ほとんど観測さ れていない。しかし、逢ノ峰付近の地震が時々発生しており、火山活動が 再び活発化する可能性は否定できない。当面は火山活動の推移に注意する 必要がある。

〇概況(2018年9月~2019年2月17日)

·地震活動

噴火直後に多発した本白根山火口付近ごく浅部を震源とする微小な火山性地震(BH型地震)は、2018年6月から8月にかけてと10月下旬から11月下旬にかけて発生頻度に高まりがみられたが、12月以降ほとんど観測されていない。

逢ノ峰付近を震源とする地震は、3月後半から5月前半にかけて観測されていなかったが、5月下旬と8月以降に時々発生している。

・噴気等の表面現象の状況

噴火後、鏡池北火口北側の火口列付近で、ごく弱い噴気がときどき観測されたが、 2月22日を最後に観測されていない。

·地殻変動

GNSS 連続観測では、2018 年に入ってから、草津白根山の北西もしくは西側深部の膨 張の可能性を示唆する変化がみられているが、本白根山をはさむ基線に特段の変化は 認められない。



図 13 草津白根山(本白根山) 火山性地震の活動経過(2018 年 1 月 1 日~2019 年 2 月 17 日) ・逢ノ峰付近を震源とする火山性地震は、2018 年 8 月以降時々発生している。

 [・]本白根山火口付近を震源とする火山性地震は、2018年10月下旬から11月下旬にかけて発生頻度に高まりがみられた。12月以降は地震の発生はほとんど観測されていない。



[・]ごく微小な火山性地震も2018年12月以降ほとんど観測されていない。



- 図 15 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~2019 年 2 月 17 日)
- ・逢ノ峰南東-二軒屋(防)の基線では、2018 年末頃より縮みの変化(赤破線)がみられている。これは二軒屋(防)観測点の挙動(図 18-2 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年と2018年に深部の膨張によると考えられる変動(青矢印) がみられる。



<u>草津白根山</u>



図 16 草津白根山 日別地震回数(1978年1月1日~2019年2月17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~2019年1月31日)

・深部低周波地震は、草津白根山の東山麓に分布している。

・最近では、2010年、2014年、2016年、2018年にまとまって発生している。

第143回火山噴火予知連絡会



図 18-1 草津白根山 GNSS 各観測点の変動(2013 年 1 月 1 日~2019 年 1 月 29 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。

・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)。それと類似した変化が 2018 年に入ってから、幾つかの観測点で確認できる。



図 18-2 草津白根山 GNSS 観測による各観測点の変動(2017 年 1 月 1 日~2019 年 2 月 17 日) (図 18-1 の時間軸を拡大したもの)

・2014 年から 2015 年にかけてみられた変化と類似した変化(図中の青矢印)が 2018 年に入ってか ら幾つかの観測点でみられていたが、10 月頃から停滞している。

第143回火山噴火予知連絡会



図 19 草津白根山 GNSS 観測点



図 20 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~2019年1月31日) a-a' は図 21の断面方向を示す

- ・2011 年3月11日の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 化している。
- ・2018年6月頃からC領域、10月頃からB領域の地震活動が高まった。B領域は12月以降、静穏に 経過しているが、C領域は減少しつつも継続している。



・2011 年3月11日の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年、2018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が観測された。



- 図 22 草津白根山 草津白根山の北西及び西側の震源分布(2018年10月27日~12月7日) 右図は震源計算に用いた観測点を合わせて表示している。なお、震源計算に当たっては、東エ大の観測点及び防災科 学技術研究所の観測点のデータも使用させていただいた。
- ・2018 年以降みられている草津白根山の北西側の地震活動の詳細な震源を調査するために、七味温泉付近に現地収録の地震観測点を設置した。
- ・一元化震源では、北西側及び西側いずれのクラスタも北西-南東の直線状に分布しているが、臨時観 測結果では、比較的狭い領域に震源が集中している。



図 23 草津白根山 臨時観測による震央分布(図 22 の右の震央を地理院地図にプロットしたもの)

第143回火山噴火予知連絡会



小さな白丸(〇)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





草津白根山

吾妻山

(2019年2月10日現在)

2018 年5月頃から大穴火口周辺の隆起・膨張を示す地殻変動が継続して いる。7月22 日の火山性微動発生以降、地殻変動の変化率が増加するとと もに、火山性微動が繰り返し発生し、大穴火口付近浅部の地震活動が活発化 している。火山ガスの組成比(二酸化硫黄/硫化水素)上昇や地熱域の拡大 も観測されている。火山活動の高まった状態が継続しており、今後、小規模 な噴火が発生する可能性がある。

大穴火口から概ね 1.5km 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、大穴火口の風下側では降灰及び風の影響を受ける小さな噴石、火山 ガスに注意が必要である。

平成 30 年 9 月 15 日に火口周辺警報 (噴火警戒レベル2、火口周辺規制) を発表した。その後、警報事項に変更はない。

〇概況(2018年10月24日~2019月2月10日)

・地震活動(図1-235~8、図2~5、図7、8、図15、図25~27)

大穴火口付近浅部を震源とする火山性地震は、2018 年 8 月中旬頃から増減を繰り返し ながら多い状態で経過している。11 月から 12 月頃にかけて低周波地震が増加し、12 月 中旬頃からは調和型地震の割合が増えている。10 月中旬以降、観測点間の振幅比(浄土平 /吾妻小富士東) や初動到達時間差から震源がより浅くなったことが示唆される。

2018 年 10 月から 11 月頃にかけて火山性微動の増加がみられた。最大振幅は 2 ~ 6 μ m/s 程度で、継続時間は数分~10 数分がほとんどであったが、30 分を超える長い火山性 微動もあった。

・地殻変動(図2、図6~14、図25~27)

浄土平観測点での傾斜観測と山体ならびに周辺のGNSS連続観測では、大穴火口付近を 中心とする山体膨張を示す変化が2018年5月頃から継続している。浄土平観測点でみら れる大穴火口方向隆起の傾斜変動は、12月上旬頃からわずかな鈍化が認められるが、現 在も隆起傾向を維持したまま推移している。膨張源は、大穴火口付近直下の浅部とやや 深部と推定され、やや深部の体積増加率は12月以降鈍化傾向にあると考えられる。

2018年8月以降、数分から数日間まで様々な継続時間をもった傾斜イベントが継続し て発生し、大穴火口付近の地下浅部で発生する長周期地震(周期10秒程度)や火山性微 動・低周波地震と同期した短期的な傾斜変動も断続的に発生しており、熱水活動の活発 な状態が続いていると考えられる。

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、公益財団法人地震予知総合研究振興会のデータを利用して作成した。

・火山ガスの状況(図15、25)

2018年7月下旬頃から火山ガスの組成比(二酸化硫黄/硫化水素)が上昇し、9月以降は高い値で推移している。深部からの高温火山ガス供給が続いていることが示唆される。

全磁力変化の状況(図16~18、図25、27)

大穴火口周辺に設置している全磁力観測装置による観測では、観測を開始した2015年 11月以降、大穴火口北西の地下浅部での熱消磁が継続し、2018年9月以降、更に進んで いることが示唆され、大穴火口付近の地下浅部が引き続き高温化していると考えられる。

・噴気など表面現象の状況(図1-①④、図19~27)

上野寺に設置している監視カメラ及び東北地方整備局が設置している浄土平監視カメ ラによる観測では、大穴火口(一切経山南側山腹)の噴気の高さは1月13日に一時的 に200mを観測したが、その他の期間は100m以下で経過した。また、東吾妻山山頂に設 置している監視カメラ(2018年10月26日運用開始)による観測では、大穴火口北西で 弱い噴気が認められた。

浄土平3監視カメラの熱映像データでは、2018年10月中旬頃から大穴火口及びその周辺で地熱域の拡大が認められる。

1月10日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、引き続き大穴火口とその周辺に地熱域が認められた。また、大穴火口から高さ約50mの噴気を 観測し、大穴火口北西では弱い噴気を確認した。前回(2018年10月22日)の上空から の観測で拡大がみられた地熱域は今回も認められたが、さらなる地熱域の拡大はみられ なかった。

•①、④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月以後は全ての時間で観測したデータによる高さ。

- 図2 吾妻山 傾斜変動と火山性地震タイプ別地震活動経過図(2018年5月~2019年2月10日) ・2018年12月上旬頃から大穴火口方向隆起の傾斜変動の変動率が7月以降の定常的な変動率より もわずかに鈍化している(青矢印)。
 - ・10月中旬以降、振幅比(浄土平/吾妻小富士東)の大きな地震がみられるようになり、初動到達時間差の傾向にも変化がみられ、これらから震源が浅くなったことが示唆される。

- 図3 吾妻山 地震活動(2003年8月~2019年2月10日)
 - 表示条件:相数7相以上

・震源計算には "hypomh(Hirata and Matsu'ura, 1987)" を使用している。

・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値を求め吾妻小富士東の検測値を補正した。

・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。

※1 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求まっている。

※2 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。

図4 吾妻山 一元化震源による深部低周波地震活動(2003年8月~2019年2月10日) ・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。 ・表示している震源には、震源決定時の計算誤差の大きなものが表示されることがある。

- 図5 吾妻山 火山性地震タイプ別初動到達時間差比較(2018年5月~2019年1月31日)
 - ・領域Aではすべてのタイプの地震が発生している。
 - ・領域 B で発生している地震の多くは BH 型で、2018 年 10 月上旬以降、活動は低調である。
 - ・地図の地震発生領域A、Bは、初動到達差や近傍の観測点のみを使用した震源計算から推定される およその地震発生領域を示す。

図6 吾妻山 浄土平及び沼尻山甲観測点における傾斜変動 (2012 年 1 月~2019 年 2 月 10 日、時間値)

 ・2014年から2015年にかけての活動や今回(2018年から2019年)の活動時に浄土平観測点では西上がりの変動がみられる(黒矢印)。また、距離の離れた安達太良山沼尻山甲観測点においても、 吾妻山の活動に伴う北上がりの変動がみえている可能性がある(黒点線矢印)。

- ・センサー埋設深度:98m(振り子式)
- ・グラフの灰色部分は欠測を示す。

謝辞

本図で使用した降雨及び融雪の影響の除去に関する研究は新潟大学 災害・復興科学研究所共同研究費(2017-18)の助成によって行われた。 ここに記して御礼申し上げます。

図7 吾妻山 火山性微動波形および傾斜変動(秒値、潮汐補正済み)

- ・〔〕は火山性微動を示す。
- ・青矢印は、火山性微動の発生前後に観測された傾斜変動を示す。
- ・2018 年5月以降の活動と比較して、火山性微動の発生前後に観測される傾斜変動に大きな変化はみられない(図8のような事例を除く)。


① 2018年11月25日03時00分~04時00分

図8 吾妻山 火山性微動波形および傾斜変動(30秒移動平均、潮汐補正済み)

- ・〔〕は火山性微動を示す。
- ・青矢印は、火山性微動の発生前後に観測された傾斜変動を示す。
- ・緑矢印は、火山性微動発生中に発生した火山性地震による変動と考えられる。
- ・浄土平傾斜計で北西あるいは西北西上がりに変動したほか、距離の離れた安達太良山沼尻山 甲(大穴火口から約11km)の傾斜計でも変動を観測した。
- ・沼尻山甲傾斜計の変化は、吾妻山付近が沈降する向きとなっている。
- ・このような傾斜変動は、2018年7月22日、10月7日にも確認されている。



・2018 年5月頃から、大穴火口を囲む基線で伸びの変化が認められる(青矢印)。

- ・2014 年から 2015 年の活動活発化の際にも傾斜変動及び GNSS 基線長で同様の変化がみられている(緑矢印)。
- ・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。
- ・2013 年 1 月以降のデータの解析方法については、使用暦(IGU 暦→IGS 暦もしくは IGR 暦)、セッション長 (3時間→24 時間)等の変更を行っている。
- ・2011 年 3 月 11 日から 2014 年頃にかけての変動は、「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。
- ①~②は図9のGNSS基線①~②に対応している。
- ・グラフの空白部分は欠測を表す。



- ・2018年5月頃から、大穴火口を囲む基線で伸びの変化が認められる(青矢印)。
- ・2014 年から 2015 年の活動活発化の際にも傾斜変動及び GNSS 基線長で同様の変化がみられている(緑矢印)。
- ・2013 年1月以降のデータの解析方法については、使用暦(IGU 暦→IGS 暦もしくは IGR 暦)、セッション長(3時間)24 時間)等の変更を行っている。

・①~⑩は図9の GNSS 基線①~⑩に対応している。 ・グラフの空白部分は欠測を示す。

※冬期には、原因不明の局地的な変動がみられることがあり、凍上やアンテナへの着雪等の可能性が考えられる。



- 図 12 吾妻山 GNSS 変位及びひずみの状況(2018 年 5 月~2019 年 1 月) ・大穴火ロ付近に放射状の変位が認められ、周辺では 10⁻⁵のオーダーの主ひずみ及び面積ひずみが認めら れる。
 - ・一切経山南山腹観測点の2019年1月のデータは凍上の影響を補正している。



図 13 吾妻山 GNSS 及び傾斜計による変動源推定(2018 年7月22日~2019年2月3日) ・GNSS の水平変位及び傾斜変動から2つの球状圧力源を仮定すると次のように推定された。 浅部:海抜高度1200m、体積変化量1.6×10⁵ m³、体積変化率8.2×10² m⁷/日 やや深部:海抜高度-1500m、体積変化量1.2×10⁶ m³、体積変化率5.6×10³ m⁷/日 ・一切経山南山腹観測点の2019年1月以降のデータは凍上の影響を補正している。 気象庁



- 図 14 吾妻山 GNSS 及び傾斜計による期間別変動源推定(2018 年 7 月 22 日~2019 年 2 月 3 日)
 - ・図 13 の期間を3つに区切って推定した結果、直近期間(③)のやや深部の変動源の体積増加率に鈍化傾向がみられた。
 - ・左図のエラーバーは、計算値と観測値との残差2乗和が最適値の2倍以内に収まる範囲を示し、右上下 図のエラーバーは、左図のエラーに対応する体積変化量の範囲を示す。エラーバーがマーカーの下に隠 れている場合がある。
 - ・球状圧力源の場合、一般に変動源が浅く推定されると体積変化量が小さく推定されるが、変動源の海抜 高度について②期間のやや深部のエラーバーの上限と③期間の同エラーバーの下限が共に-900mでほぼ 同じであるのに対し、それに対応する体積増加率が②→③で 1/2 程度減少していることから、推定した モデルを前提とすると体積増加率の減少は確からしいと考えられる。
 - ・GNSS では、示した日付の±7日の計 15日間の平均を使用している。
 - ・一切経山南山腹観測点の2019年1月以降のデータは凍上の影響を補正して推定した。



- 図 15 吾妻山 火山ガス及び火山性微動・地震の状況(2015 年 11 月~2019 年 1 月 31 日)
 - ・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、2018 年7月下旬頃から噴気に含まれる二酸化硫黄(SO₂)と硫化水素(H₂S)の組成比(SO₂/H₂S)が上昇し、9月頃以降高い値を維持している。深部からの高温火山ガス供給が続いていることが示唆される。
 - ・2018 年6月5日にセンサー交換を実施(水色線)。それ以前のデータは校正結果を用いてセンサー感度の補正をしている。センサー交換以降のデータは補正をしていないため、今後補正の結果値が変わる場合がある。
 - ・灰色部分は欠測を表す。



- 図 17 吾妻山 全磁力連続観測点で観測された全磁力変動(2015年11月~2019年1月31日) ・大穴火口の北東約6kmにある参照点で観測された全磁力値を基準とした場合の00:00から02:59(JST) での日平均値を示す。
 - ・2018 年9月以降、観測点大穴火口1では全磁力の増加の速度が大きくなっている一方、観測開始以降 ほとんど変動が見られなかった観測点大穴火口5で全磁力の減少傾向が目立ってきた。
 - ・2018年10月以降、観測点大穴火口4では全磁力の急激な減少が観測されている。
 - ・緑破線で示す観測点大穴火口4における全磁力変動は、磁力計検出器を再設置したことによる人為的な変動を示す。

43



- 図 18 吾妻山 2018 年 8 月~2019 年 1 月の期間に観測された全磁力変化を説明するために推定 された等価磁気双極子モデル
 - ・熱消磁を表す強度 1.5×10⁷ Am²のモーメントを持つ磁気双極子が、大穴火口北西の地熱域付近の 地下約 450m の位置に推定された。



- 図 19 吾妻山 大穴火口周辺の噴気の状況及び地表面温度分布
 - ・左上図:大穴火口の東南東約 500mに設置されている浄土平監視カメラ(東北地方整備局)の映像 (1月13日 10時 50分頃)。
 - ・右上図:大穴火口の東南東約 500mに設置されている浄土平3監視カメラの熱映像(1月13日)。
 - ・左下図:福島市上野寺(大穴火口から東北東約14km)に設置している監視カメラの映像(1月13日)。
 - ・右下図:大穴火口の南西約2.5kmに設置されている東吾妻山山頂監視カメラの映像(12月22日)。
 - ・赤丸で囲んだ部分が大穴火口北西側火口壁の噴気で、この時観測された噴気の高さは 200m。
 - ・桃破線で囲んだ部分が大穴火口北西の弱い噴気である。



図 20 吾妻山 大穴火口付近の噴気と地熱域の分布及び写真と地表面温度分布撮影方向



図 21 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 ・大穴火口とその周辺の地熱域の拡大はみられなかった。



図 22 吾妻山 上空南側から撮影した大穴火口北西の状況と地表面温度分布

- ・大穴火口北西では地熱域が縮小しているようにみえるが、気象条件や積雪の影響を受けている可能性がある。
- ・2018 年 10 月 22 日の観測で拡大が認められた地熱域(赤丸)は1月 10 日も認められており、地熱活動は継続している。

46

※赤破線は大穴火口周辺の地熱域。



図 23 吾妻山 浄土平3監視カメラ(熱映像)による大穴火口周辺の地熱域の状況 ・大穴火口周辺(緑枠、赤枠、桃枠及び青枠)及び大穴火口北西(橙枠)で 2018 年 10 月 中旬頃から地熱域の拡大が認められた。



図 24 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~2019 年 2 月 7 日)

- ・①及び②では、各領域(図23の枠線)の最高温度と非地熱域(黒枠)の平均温度との差を算出。
- ・③、④及び⑤では、各領域(図23の枠線)毎に非地熱域の平均温度より5度以上高い領域の面積を 算出。数値が大きいほど、熱異常域の面積が拡大していることを示す。
- ・大穴火口周辺(緑丸、赤丸、桃丸及び青丸)及び大穴火口北西(橙丸)で2018年10月中旬頃から
 地熱域の温度上昇及び拡大が認められる。
- ・グラフ中の点の色は図23の枠線の色に対応。



図 25 吾妻山 まとめの火山活動経過図(2011年1月~2019年2月10日)

・青矢印は火山活動による変化を示す。観測されている現象がどれも火山活動の活発化を示すようにみられることから、火山活動が高まった状態はしばらく継続すると考えられる。



- 図 26 吾妻山 2014 年から 2015 年にかけての火山活動との比較
 - ・図 25 で示した観測項目から抜粋して示している。
 - ・いずれも、大穴火口付近の隆起・膨張を示す地殻変動が継続しているなか、火山性微動が繰り返し発生し、大穴火口付近浅部の地震活動が活発化している。
 - ・2014 年から 2015 年にかけての活動と比較して、火山性微動及び調和型(BP 型及び BT 型) 地震の回数 が多くなっている。
 - ・浄土平観測点の傾斜計では、2015年9月~2018年4月のデータを用いてトレンド(3.3E-02 µ rad/day)
 を除去している。



図 27 吾妻山 各観測から得られたソースの重ね合わせ図



図 28 吾妻山 観測点配置図

小さな白丸(O)は気象庁観測点位置、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。 左図の四角囲みは右図の表示範囲を示す。

(東地):東北地方整備局 (国)国土地理院 (東):東北大学 ※東吾妻山山頂:2018 年 10 月 26 日運用開始。

気象庁

雌阿寒岳

(2019年1月31日現在)

11月20日から23日にかけて、ポンマチネシリ火口の浅い所を震源とす る火山性地震が顕著に増加した。このため、ポンマチネシリ火口から約500 mの範囲に影響をおよぼす噴火の可能性があると判断し、11月23日12時 30分に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを1(活火山であることに 留意)から2(火口周辺規制)に引き上げた。11月24日以降、地震は減 少し、少ない状態で経過し、噴煙及び噴気活動は低調な状態で経過して熱 活動の高まりは認められなかった。これらのことから、噴火の可能性は低 くなったと判断し、12月21日11時00分に噴火予報を発表して、噴火警 戒レベルを2(火口周辺規制)から1(活火山であることに留意)に引き 下げた。

一方、中マチネシリ火口付近及び東山腹の地震回数は増減を繰り返しつ つ、2014 年以前と比べるとやや多い状態で経過した。

2016年10月下旬以降、雌阿寒岳の北東側に膨張源が推定される地殻変 動は、2017年5月以降、変動量は小さくなったが継続している。

○ 概況(2018年10月~2019年1月31日)

・地震及び微動の発生状況(図1-7)8、図2~7、図17)

2018年9月から10月にかけて、ポンマチネシリ火口の海面下1kmより浅い所を震源とする地震の回数がやや増加した。

10月15日21時35分に振幅が小さく継続時間の短い火山性微動が発生し、ポンマチネシリ 火口近傍に設置した傾斜計でごくわずかな変動を観測した。微動発生時、噴煙の状況は確 認できなかったが、この微動に対応する空振はみられなかった。火山性微動はポンマチネ シリ火口付近で発生したと考えられる。

11月20日からポンマチネシリ火口の標高0kmより浅い所を震源とする地震の回数が増加 した。地震回数は23日に更に増加して、振幅の大きな地震の回数も多くなった。24日以降、 地震回数は減少し、その後も少ない状態で経過した。

中マチネシリ火ロ付近及び東山腹の地震回数は増減を繰り返しながら、2014年以前と比べるとやや多い状態で経過した。

52

この資料は気象庁のほか、国土地理院、北海道大学、北海道及び地方独立行政法人北海道総合研究機構地質研究所、 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を利用して作成した。

·表面活動(図1-①~⑥、図8~16)

10月2日から5日に現地調査を実施した。また、11月の地震増加を受けて、11月23日 及び12月19日に山麓からの現地調査を、11月27日及び12月11日に上空からの観測(第 一管区海上保安本部、国土交通省北海道開発局の協力による)を実施した。過去の現地調 査や上空からの観測結果と比較して、ポンマチネシリ第3火口、第4火口、96-1火口、赤 沼火口及び中マチネシリ火口の噴煙や噴気、地熱域の状況に特段の変化は認められなかっ た。

監視カメラによる観測では、ポンマチネシリ96-1火口の噴煙及びその他の火口の噴気の 高さは火口縁上概ね100m以下で、噴煙及び噴気活動は低調に経過した。

・地殻変動(図5(E)(F)、図17~23)

GNSS繰り返し観測では、10月の観測結果から、2016年以降みられていた山体浅部の収縮 と考えられる変動が停滞していると推定される。

GNSS連続観測では、2018年夏以降、ポンマチネシリ火ロ付近をはさむ基線で伸びの変化 が観測されている。また、2016年10月下旬以降、雌阿寒岳の北東側に膨張源が推定される 地殻変動は、2017年5月以降、変動量は小さくなったが継続している。



*1:2012 年から分解能が高い測定機器に変更したため、同じ対象を観測した場合でもこ れまでの機器より高めの温度が観測される傾向がある。



^{・11}月23日、地震回数は01時までの24時間で300回を超え、17時までの24時間で779回となった。 また、振幅の大きな地震の回数は14時までの24時間で60回を超え、15時までの24時間で62回 と多い状態になった。

・24日以降、地震回数は減少し、少ない状態で経過している。

55



図4 雌阿寒岳 震源分布図(2004年10月~2019年1月31日)

- ●:2004年10月1日~2018年9月30日の震源
 - ●:2018年10月1日~2019年1月31日の震源
 - +印は地震観測点、↑は噴火を示す。
 - 一部観測点の欠測のため震源決定数や震源精度は一定ではない。

図5(C、D)で説明している中マチネシリ火ロ付近及び東山腹の地震は、左図の破線内の地震 を指す。

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。

- ・地震は、ポンマチネシリ火ロの海面下1km より浅い所、及び中マチネシリ火ロや東山腹の標 高0km~海面下1kmで発生した。
- ・11月20~23日にポンマチネシリ火ロの標高Okmより浅い所を震源とする地震が増加した(黒線内)。
- ・中マチネシリ火ロ付近及び東山腹の地震(黒点線内)は、増減を繰り返しながら、2014 年以前と比べるとやや多い状態にある(図5(C、D))。



図5 雌阿寒岳 日別地震回数及び振幅時系列とGNSS連続観測による基線長変化

- (A)~(D):2003年1月~2019年1月31日
- (E)、(F): 2006年4月~2019年1月31日 (図21の基線④、⑤)

計数基準(A~D):オンネトー南東で0.05µm以上、S-P時間2秒以内の火山性地震。

- 図中の↑及び▲は 2006 年3月及び 2008 年 11 月の噴火を示す。
- ・9月下旬から10月中旬にかけて、ポンマチネシリ火口の地震(図4の黒線内)がやや増加した(A)。
 ・11月20日から23日にかけて、ポンマチネシリ火口の地震(図4の黒線内)が顕著に増加した(A)。
 ・中マチネシリ火口付近及び東山腹の地震(図4の黒点線内)は、増減を繰り返しながら、2014年 以前と比べるとやや多い状態にある(C)。なお、2017年5月頃から山体内及び東山麓の観測点 で基線長の伸びの変化は小さくなっているが継続している(E、F)。

第143回火山噴火予知連絡会



- 図6 雌阿寒岳 一元化震源による周辺の地震活 動経過(1997年10月~2019年1月31日、 M≧0.5、深さ30km以浅、深部低周波地震 を除く)
 - * 1:2001 年 10 月以降、Hi-net の 追加に伴い検知能力が向上 している。
 - *2:2010年9月以降、火山観測 点の追加に伴い検知能力が 向上している。
 - 領域 a ~ f は、震央分布図の各領域 に対応している。
 - ・領域 a (徹別岳周辺) では、これまでも 時々まとまった地震活動が観測されて いる。
 - ・領域 b (雌阿寒岳周辺)では、2015 年 頃から中マチネシリ火口付近や東山腹 などの浅い地震がやや増加している。
 - ・領域 c (阿寒湖の北側)では、2015 年
 6月以降まとまった地震活動が観測されている。
 - ・領域d(雄阿寒岳周辺)では、2016年
 11月から2017年1月にかけて浅い地震がやや増加した。
 - ・領域f(フップシ岳付近)では、2017
 年6月以降、浅い地震がやや増加している。





図7 雌阿寒岳 一元化震源による深部低周波地震活動 (1997年10月~2019年1月31日 M≧0.5、深さ40km以浅) 図中の↑印は2006年3月及び2008年11月の噴火を示す。 *1:2001年10月以降、Hi-netの追加に伴い検知能力が向上している。 *2:2010年9月以降、火山観測点の追加に伴い検知能力が向上している。

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。



図8 雌阿寒岳 火口周辺図と写真及び赤外熱映像の撮影方向(矢印) 青矢印は上空からの撮影、赤矢印は地上からの撮影を示す。 右図は左図の黒線で囲んだ領域を拡大したものである。



 図9 雌阿寒岳 ポンマチネシリ火口及び中マチネシリ火口の状況 西側上空(図8の①)から撮影
 ・ポンマチネシリ96-1火口、赤沼火口及び中マチネシリ火口の噴煙、噴気の状況に変化は認められ なかった。



図10 雌阿寒岳 赤外熱映像装置によるポンマチネシリ第3火口及び第4火口の地表面温度分布 西側(図8の②)から撮影 ・ポンマチネシリ第3火口及び第4火口に明瞭な地熱域は認められなかった。

第143回火山噴火予知連絡会



- 図11 雌阿寒岳 赤外熱映像装置によるポンマチネシリ第3火口、第4火口、96-1火口の地表面温度分布 1、3段目:南側上空(図8の③)、2段目:南東側上空(図8の④)から撮影
 - ・11月の地震増加後に実施した上空からの観測では、過去の冬季の上空からの観測と比較して、ポンマチネシリ第3火口、第4火口、96-1火口の状況に特段の変化はなく、地熱域の拡大も認められなかった。
 - 1段目及び3段目の地表面温度分布で周辺より温度が高く観測された領域(白破線)は、地面が 露出しており(青破線)、日射の影響を受けていると考えられる。

気象庁



図 12 雌阿寒岳 赤外熱映像装置による赤沼火口の地表面温度分布 上段:南東側上空(図8の④)、中段・下段:南東側(図8の⑤)から撮影 ・噴気の状況や地表面温度分布に特段の変化は認められなかった。



- 図13 雌阿寒岳 赤外熱映像装置による中マチネシリ火口の地表面温度分布 南東側(図8の⑥)から撮影
 - ・噴気の状況や地表面温度分布に特段の変化は認められなかった。
 - ・白破線内は、噴気で隠されたことで地表面温度分布が低く観測されたと考えられる。

気象庁



図 14 雌阿寒岳 赤外熱映像装置による中マチネシリ火口の地表面温度分布 上段:北西側上空(図8の⑦) 中段:北側上空(図8の⑨) 下段:北東側上空(図8の⑧)

・噴気の状況や地表面温度分布に特段の変化は認められなかった。



図15 雌阿寒岳 赤外熱映像装置による北西斜面06噴気孔列の地表面温度分布 西側(図8の⑨)から撮影

・北西斜面06噴気孔列の地表面温度分布に特段の変化は認められなかった。



・11月下旬に地震が増加した前後で、ポンマチネシリ火口及び中マチネシリ火口の 噴煙・噴気の状況に変化はなかった。



図 17 雌阿寒岳 火山性微動の変位波形及び傾斜計の変化(10月15日21時30分~21時50分) 上段:オンネトー南東観測点の変位波形南北成分 下段:阿寒富士北2の傾斜変動(秒値)

・火山性微動の発生に伴って、山頂付近に設置した傾斜計(阿寒富士北2)で、南西方向へ のごくわずかな変化(山下がり)が観測された。





・阿寒富士北2の赤破線部の変化は、地震が増加し始めた時期とずれたタイミングで起きており、10月にも同様の変化がみられている(黒破線)。これらのことから、地震増加と直接関係しない動きと考えられるが、詳細は不明である。



・雌阿寒岳浅部の火山活動によるとみられる傾斜変動は認められない。



図 20 雌阿寒岳 GNSS 繰り返し観測によるポンマチネシリ火ロ付近の水平距離変化及び観測点配置図 (2003 年 7 月~2018 年 10 月) GNSS 基線①~⑧は観測点配置図の①~⑧に対応している。

図中の▲は2006年3月及び2008年11月の噴火を示す。

・2018 年 10 月の観測では、2016 年からみられていた山体浅部の収縮と思われる変動が停滞している可能性がある。

基線長:1202m 2006年5月解析開始 [cm] ഹ 北.) -西山(道地・北) ポンマチ南2-西山(道地・北) マチ南西 (道地 6 2013 年 10 月 10 日ポンマチ南西 3 ●び● 0 -3 -6 年 2007 2008 2009 2010 2012 2006 2011 2013 2014 2015 2016 2017 2018 基線長:4514m 2010年10月解析開始 [cm] 6 ② ポンマチ南西(道地・北)一飽別川上流 / ポンマチ南2 ·飽別川上流 10 月 10 日ポンマチ南西 レマチ南 2 に変更 2013 年 からポ 3 Î 0 ど曲 -3 -6 年 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 基線長:2462m 2006年4月解析開始 [cm] ポンマチ南2-雌阿寒岳温泉南2 3 ポンマチ南西(道地・北) ・雌阿寒温泉南2 6 2013 年 10 月 10 日ポンマチ南西 ふポン 3 チ南2に変更 び 世 0 4.60 ** -3 -6 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 年 基線長:6894m 2006年5月解析開始 [cm] ④ 飽別川上流一雌阿寒温泉南2 3 Ŷ -で し 0 -3 -6-年 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 基線長:10089m 2010年10月解析開始 [cm] ⑤ 飽別川上流一阿寒2 6 ●び● 3 0 -3 年 2007 2008 2009 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2018 2006 2010 2017 広域観測点配置図 観測点配置図(2013年10月以降) 阿寒2(国) 西山(道地·北) 雌阿寒温泉南 43-25 43'23 A . M 9 (5) 43*23 ポンマチ南西(道地 北) 43'21 43'21 飽別川上流 2 km 飽別川上流 2 km 143'57' 143 59 144'03' 144'01' 144*05 143°57' 143°59 144°01 144°03'

> (国):国土地理院 (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

図21 雌阿寒岳 GNSS連続観測による基線長変化(2006年4月~2019年1月31日)及び観測点配置図 GNSS基線①~⑤は観測点配置図の①~⑤に対応している。 広域観測点配置図の破線は右の観測点配置図の範囲を示す。 基線図中の▲は2006年3月及び2008年11月のごく小規模な水蒸気噴火を示す。 基線の空白部分は欠測を示す。また、点線円の変動は、凍上や積雪の影響による変化を示す。 2010年10月及び2016年1月に解析方法を変更している。 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。

- 基線①、③では、2018年夏以降に伸びの変化が観測されている(赤矢印)。
- ・山体内及び東山麓の観測点で伸びの変化が2016年10月下旬以降観測されていた。2017年5月 以降、変化は小さくなったが継続している(基線④⑤の青矢印、図13、14)。

気象庁

雌阿寒岳



- (2016年1月~2019年1月31日 基準点: 阿寒1(国)) ・2016年10月下旬から阿寒2(国)で北北西向き、雌阿寒岳周辺の観測点では南~南西 向きの変化がみられていた。2017年5月頃から(黄色のハッチ)は、伸びの変化が小さ くなったが継続している。
 - ・ポンマチ南2では、2018年夏以降に南向きの変化がみられている。
 - ・阿寒湖温泉では、2018 年 12 月頃から北西向きの変化がみられているが、局所的な変動 の可能性がある(昨冬にも似た変化があり)。




図 24 雌阿寒岳 観測点配置図

各機器の配置図は、広域図内の口で示した領域を拡大したものである。

+印は観測点を位置を示す。

気象庁以外の機関の観測点は以下の記号を付している。

- (国) :国土地理院
- (北) :北海道大学
- (道) :北海道

(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

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。

○2018 年 11 月の顕著な地震増加について

雌阿寒岳では過去に複数回の噴火(例えば2006年3月21日、2008年11月18日など)を経験し ているが、その一方で、今回のように地震活動は高まるが、噴火には至らなかった事例が数多くある。 今後の監視・評価業務に活かすために、活動の推移を整理すると共に過去事例との比較を行った。

・11月の顕著な地震増加に至る推移

11月の顕著な地震増加に至る推移を以下に整理した。

- 1) 7月17~18日にポンマチネシリ火口のやや深い場所で地震が一時的に増加。
- 2) 地震のやや多い状態が9月下旬から10月中旬にかけて続く。震源はポンマチネシリ火口の浅い場所。南東部と北西の赤沼火口付近に二分化されている。また、10月15日にごくわずかな傾斜変動を伴う火山性微動が発生した。ポンマチネシリ火口の浅い場所で発生したと推定される。ポンマチネシリ火口付近に圧力源(WNW-ESE 方向のダイク: Aoyama & Oshima, 2015, EPS)を仮定した場合、膨張時に推定される変動方向と調和的(量的には2008年噴火前より小さい)である。
- 3) 11月20日から地震が増加しはじめる。地震急増時に火山性微動は発生しなかった。

ー連の地震活動に伴う噴煙量の増加や地熱域の拡大等、表面的な熱活動の変化は現在まで認められていない。その一方で、ポンマチ南東の全磁力値は8月頃から帯磁傾向が鈍化し、その後は停滞した状態が続いている。この変化は、96-1火ロ南側の地下で温度の低下傾向が停滞した可能性を示唆している。

10 月上旬に実施した GNSS 繰り返し観測結果は、ポンマチネシリ火ロ浅部の収縮が停滞した可能性 を示唆している。GNSS 連続観測では、ポンマチ南2観測点が 2018 年夏以降に南向きの変化を示して いる。GNSS 繰り返し観測の結果とも整合的であり、一連の地震活動に伴う地殻変動を捉えていた可能 性がある。

・過去事例との比較

2000年代後半以降の雌阿寒岳では、ポンマチネシリ火口付近で発生する地震の増加が度々みられて いる。特に噴火前に発生する地震の増加は顕著であり、2006年や2008年の噴火前は日回数が600回 を上回った。11月の地震増加は、回数の多さが顕著であり(23日の地震日回数は725回)、地震回数 に関しては噴火前の事例に匹敵するものであった。

地震回数以外についても、以下の6項目について過去の噴火前の事例(2006年、2008年)との比較 を行った(表1も参照)。

1) 地震増減の傾向

2006年や2008年は地震の急激な増減を繰り返していた。今回は、11月下旬に2006年や2008年と 同様の急激な増減がみられたが、1回のみで繰り返さなかった。また、9月下旬から10月中旬にかけ て、地震のやや多い状態が長期間継続するような地震活動がみられていた。これは2006年や2008年 にはみられなかった特徴である(2015年7月中旬から8月中旬にかけて、同様の地震活動がみられて いる)。

2)振幅が大きい地震の発生

今回は、2006年や2008年と同様に、振幅の大きな地震が増加している。しかし、振幅二乗積算値

で比較すると、今回は2006年や2008年より小さい。

3)低周波地震(BL型、BP型、BT型地震)の発生

低周波地震は今回も発生しているが、2006年や2008年と比べて振幅二乗積算値が非常に小さい。 4)火山性微動の発生

今回は10月15日に1回発生しただけで、2006年(6回)や2008年(7回)と比較して、微動の 発生回数が少なかった。また、地震急増時に微動が発生していない点も異なる。

5) 震源の移動

2006 年や 2008 年は、噴火前の地震増加の中で震源が浅くなる傾向がみられた。今回は一連の活動期間を通して、深さの変化がみられなかった。

6) 熱活動の高まり

今回は熱活動の高まりが認められていない。2006年の噴火前にも熱活動の高まりは認められなかったが、2008年の噴火前は、地熱域の拡大など熱活動の高まりが認められている。

以上から、今回の事例は地震回数こそ多かったが、振幅二乗積算値は 2006 年や 2008 年の噴火前の 事例ほど大きくはなく特に低周波地震の振幅二乗積算値が非常に小さかった。また、地震増減の繰り 返しや火山性微動の発生、震源が浅くなる傾向など 2006 年や 2008 年の噴火前にみられた特徴の多く がみられないことがわかった。加えて、2008 年の噴火前のように表面的な熱活動の変化も認められな かった。これらのことから、今回の事例の活動度は、2006 年や 2008 年の噴火前の事例と比べて低か ったと考えられる。

表1 雌阿寒岳 地震増加時の活動比較

	2018年(11〜12月) ※今回の事例	2006年(2~3月)	2008年(9~11月)	2015年(7~8月)
噴火の有無	なし	あり(3/21)	あり(11/18,28,29)	なし
地震回数の最大値	725回	638回	788回	199回
地震増減の繰り返し	なし	あり	あり	あり
地震の振幅二乗積算	約5万 µm²/s²	約9万 µm²/s²	約15万 µm²/s²	約8万 µm²/s²
BL,BP,BT型地震の 振幅二乗積算	約30 µm²/s²	約1000 µm²/s²	約150 µm²/s²	約200 µm²/s²
微動の発生状況	1回 地震急増時に微動なし	噴火までに6回 地震急増時に微動あり	噴火までに7回 地震急増時に微動あり	1回 地震急増時に微動なし
震源が浅くなる傾向	なし	あり	あり	なし
熱活動の高まり	なし	なし	あり	あり

Х1

振幅二乗積算値は、オンネトー南東速度波形の UD 成分から算出した。

第143回火山噴火予知連絡会





図 25 雌阿寒岳 火山活動経過図(2003年1月~2019年1月31日)

- 赤色のハッチは 2006 年、2008 年、2015 年、2018 年の地震増加があった時期に対応している。 ・2003 年以降、熱活動の高まりは何度かみられている。96-1 火口の噴煙の長さとポンマチ南 東の全磁力の変化は対応がよい (b~d)。
- ・雌阿寒岳では、地震の急増が度々みられている。2006 年及び 2008 年の噴火前には地震回数 が特に多く、火山性微動も多発した(e, f)。
- ・96-1 火口周辺浅部の膨張を示唆する地殻変動が 2015~2016 年に認められたが、2006 年及 び 2008 年の噴火前には明瞭な変動は観測されなかった(g)。2018 年でも 96-1 火口周辺浅 部の地殻変動を捉えている可能性がある(g, h)。
- ・2017~2018年の噴煙の長さは、補正の基準とした 2011~2012 年よりも噴煙が短いため、過 剰に補正されて、季節変化が見えるようになった可能性がある。

気象庁



▶段:BL型、BP型、BI型地震の速度振幅(UD)の二乗積昇図 橙線:2006年2月18日~3月21日 赤線:2008年9月26日~11月18日 緑線:2015年7月13日~8月31日 青線:2018年11月20日~12月31日 第143回火山噴火予知連絡会



図 27 雌阿寒岳 今回の活動と 2006 年、2008 年、2015 年との比較 ①2006 年 1 月~2006 年 6 月 ②2008 年 9 月~2009 年 2 月 ③2015 年 3 月~2015 年 8 月 ④2018 年 7 月~2018 年 12 月

気象庁



※2005 年 12 月 11 日から 2006 年 5 月 8 日までは、南岳観測点障害のため震源決定能力が 低下している。

図 28 雌阿寒岳 震源の推移(2006年2月~10月)

気象庁



図 29 阿寒岳 震源の推移(2008年8月~2009年4月)



図 30 雌阿寒岳 震源の推移 (2015年3月~2015年12月)



83

図 31 雌阿寒岳 震源の推移(2018年7月~2019年1月)



図 32 雌阿寒岳 2008 年噴火前の微動^{**}に同期した傾斜変化から推定された膨張源 Aoyama & Oshima (2015, EPS)

※11 月 16 日 00 時 56 分からの微動 (オンネトー南東観測点で最大振幅 2.4 µm、継続時間 4 分) で、 2008 年噴火前後の一連の活動の中では最大の微動であった。最初の噴火は 11 月 18 日。



 2008年11月16日00時56分の火山性微動 に伴う傾斜変化から推定されたダイク状圧 力源(Aoyama & Oshima, 2015) 体積変化量:約5×10⁴m³(膨張) ※傾斜計及び広帯域地震計から推定された 傾斜変化の理論値



②2018年10月15日21時35分の火山性微動に
伴う傾斜変化
赤点線はダウン方向を示す。

- 図 33 雌阿寒岳 火山性微動と同期した傾斜変化
 - 2008 年 11 月 16 日に発生した火山性微動に伴う傾斜変化から推定された ダイク状圧力源で体積変化があった場合に推定される傾斜変化の理論値
 - ②: 2018 年 10 月 15 日の火山性微動に伴う傾斜変化
 - ・火口近くの観測点において、②の傾斜方向は①と類似していた。
 - ②の傾斜変化量は、①の数分の1~20分の1程度である。

 ⁽北):北海道大学
無印:傾斜計
[広]:広帯域地震計