

資料 1

火山噴火予知連絡会 第 1 回霧島山部会 議事録

日 時：平成 30 年 7 月 24 日（火）13 時 00 分～16 時 00 分

場 所：鹿児島地方気象台防災連絡室 7 階

出席者：部 会 長 鍵山

委 員 石原、大湊、木川田、齋藤、篠原、棚田、中尾、中田、藤原、松島、
山本

オブザーバー 鹿児島大学、鹿児島県、霧島市、霧島市消防本部、環境省霧島錦江湾国
立公園管理事務所、宮崎森林管理署、第十管区海上保安本部

事 務 局 長谷川、小野、吉開

気 象 庁 小窪、後藤

欠席委員 森

開会

< 気象庁 >

- ・火山噴火予知連絡会第 1 回霧島山部会を開催

< 気象庁 >

- ・開催趣旨：頻度は減ってきたが、霧島山では新燃岳や硫黄山で噴火を繰り返している状況である。新燃岳では、2017 年 10 月に噴火し、2018 年 3 月には溶岩流出があった。また霧島山では、地下深部へのマグマの蓄積が続いており、火山活動が長期化する可能性がある。このことを踏まえ、霧島山全体の火山活動について、状況に応じて迅速かつ詳細に火山活動を評価し、今後の見通し等を取りまとめることにより、噴火対策の検討に資することを目的として、6 月 20 日火山噴火予知連絡会にて本部会を設置させていただくこととなった。

< 鍵山部会長 >

- ・霧島山の活動に関しては、福岡管区気象台あるいは鹿児島地方気象台が非常に適切な情報を出している。しかし、深部のマグマだまりが少しずつ膨張を続けているところもあるため、中長期的にどういう火山活動があり得るのかについても、幅広い視点でご議論いただき共通認識を持つことで将来の気象庁の火山監視業務に資していきたい。

< 気象庁 >

- ・欠席・代理出席・オブザーバーの紹介。
- ・本日の会議は、テレビ会議システムで本庁、福岡地域火山監視・警報センター、宮崎地方気象台と接続しており、気象庁職員及び関係機関の方々が傍聴。

< 気象庁 >

- ・配布資料確認。

< 気象庁 >

- ・この会議は非公開である。資料も気象庁ホームページに掲載する予定はない。ただし、議事概要については、部会長に確認の上、本日を目途にホームページに掲載する予定。

議事

1. 霧島山部会における検討の進め方について

< 気象庁 >

- ・今回の部会での検討趣旨と進め方について、改めて確認する。資料「霧島山部会における検討の進め方について」を用いて説明する。
- ・一つ目は、設置の目的。霧島山では、地下深部へのマグマの蓄積が続いており、火山活動が長期化する可能性がある。このことを踏まえ、霧島山全体の火山活動について、状況に応じて迅速かつ詳細に火山活動を評価し、今後の見通し等を取りまとめることにより、噴火対策の検討に資することを目的とする。
- ・二つ目は、検討内容及び方法。(1) 短期的な火山活動の評価。火山活動に大きな変化があった場合は、迅速に臨時の部会を開催し、火山活動を評価し、見通しを取りまとめて公表する。また、火山活動に大きな変化がない場合は、火山噴火予知連絡会定例会前に電子メール等による意見交換を行い、その結果を、定例会に報告する。(2) 霧島山全体を視野に入れた中長期的な火山活動の評価。随時部会を開催し、霧島山全体を視野に入れた中長期的な火山活動の評価について検討する。検討にあたっては、既存の研究成果を整理するとともに、不足する調査研究について洗い出しを行う。また、中長期的な評価を踏まえた監視のあり方についても検討する。これらの検討結果については、観測計画に適宜反映できるように、霧島山(新燃岳)総合観測班に共有する。
- ・三つ目は、検討結果の防災関係機関への共有。火山防災協議会や地元関係機関の噴火対策の検討及び実施に資するため、部会の検討結果は、速やかにこれらの機関へ共有する。

< 質疑応答 >

< 防災科研 >

- ・二つ目の最後に書いてある“霧島山(新燃岳)総合観測班に共有する。”とは、この部会が存在する限りは、総合観測班が存在しているという理解で良いか。

< 気象庁 >

- ・当面は検討結果について、観測計画に適宜反映できるように、霧島山(新燃岳)総合観測班に共有する。総合観測班も含めて、火山噴火予知連絡会の今後のあり方について現在検討中である。9月に幹事会を開催し、部会と総合観測班の関係も整理していく。今年度中には改めて整理したい。

2. 霧島山の火山活動について

火山活動状況及び今後の見通し

火山活動の現状について

< 鍵山部会長 >

- ・火山活動の現状や今後について、我々としてはある程度の共通認識を持ちたい。まず、気象庁から、前回の予知連資料の概要とその後の活動等について考え方を示していただきたい。また、各機関においても予知連絡会以降に新たに加わったものがあれば出していただきたい。

< 気象庁 >

- ・資料(その1)p.7の表1が、2018年3月から7月10日に発生した新燃岳の主な噴火活動の一覧である。予知連絡会後6月に2回噴火している。
- ・資料p.8は今回の火山活動の経過を示している。
- ・資料p.12の図6。2011年と比べて今回はマグマが火口の外に流下した点が異なる。
- ・資料p.13の図7は、その流下に関して継続的に観測しているが4月の中旬以降停滞している。
- ・資料p.17の図10は、2011年と違い新燃岳火口直下以外で地震活動が活発化している様子を示している。
- ・資料p.19の図12。2017年7月頃からGNSSが伸びている期間には広域的な地震活動が活発になっていると捉え方をしている。これは2014年頃の伸びのときにも同じ傾向が見られた。
- ・資料p.20の図13-1は、火山活動経過図。火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は火山活動に対応してかなり増えており、今回の活動でも監視上、ガス観測は有効だと考えている。
- ・資料p.24の図15は、GNSSのデータを元に求めた面積ひずみの時系列図である。GNSSのデータに対しても活動に対応して顕著に変化が現れている。我々としては注視しているデータである。
- ・資料p.30からは、GNSSのデータを時系列で並べている。

< 気象庁 >

- ・前回、予知連絡会の時の資料では、硫黄山の活動はやや低下傾向が見られていたが、現在は火山性地震の増加やGNSSの伸びが見られるようになっている。
- ・資料p.43は、硫黄山南側の湯だまりの変化を示している。湯だまりの大きさは、増減を繰り返している状況。その中で、6月29日14時27分頃には硫黄山の南側の火孔からわずかに土砂が噴出(白破線)するのを確認した。この場所は4月19日に噴火した地点と考えている。
- ・資料p.45の一番上のグラフは、硫黄山南側赤外監視カメラの解析結果で、噴気及び湯だまりの温度変化を示している。6月末頃から温度は上昇が認められたが、7月中旬以降は少し低下傾向がみられた。ただし、先週末からはまた温度の上昇がみられた。

- ・資料 p.65 の図 20。6 月 29 日に発生した土砂の噴出に先行して、わずかに硫黄山方向が隆起する傾斜変動がみられた。
- ・追加資料 p.1。黄緑色の部分が硫黄山近傍の基線と面積ひずみであり、橙色部分は硫黄山周辺の基線長の変化と面積ひずみを示している。近傍を見ると 3 月頃から膨張がみられ、4 月 19 日噴火以降は収縮がみられた。広域で見ると、6 月頃から基線の伸びの傾向、面積ひずみの拡大もみられている。
- ・追加資料 p.2 は基線をスタッピングしたもので、いずれも 6 月頃から伸びの変化がみられている状況。下から三段目は、近傍の地震計の振幅積算を示しているが、これも 6 月末頃から傾きが急になっている。下から二段目のグラフは周波数ごとの RMS 振幅である。4.0-8.0Hz の変化を見ると、噴火の前から高まった状態が続いている。これは活発な噴気活動が続いていることを示していると考えている。
- ・追加資料 p.3 は 6 月以降の GNSS のベクトルの変化と面積ひずみの変化を示しており、硫黄山付近で面積ひずみの拡大がみられている。
- ・追加資料 p.4 は GNSS の変化から圧力源を求めている。海拔 950m 程度に 1 万 m³ 程度の体積変化が認められたが、6 月から 7 月中旬頃までの変化を比較すると、少し深い-1200 m 程度に大体 70 万 m³ 程度の変化がみられた。
- ・最近の活動としては、7 月中旬頃から BL 型地震が増えており、振幅も大きくなっている。4 月の噴火前にもこのような状況がみられている。

< 質疑応答 >

なし

< 気象研究所 >

- ・資料 (その 1) p.84。新燃岳の噴火に伴う火山灰の水溶性付着成分の分析を行っている。主に着目しているのは、Cl と SO₄。2017 年 10 月及び 2018 年 3-5 月の噴火について分析を行っている。これらの成分は、高温の火山ガスの寄与がある場合には Cl の量が増え、水蒸気噴火的な場合には、Cl と SO₄ の合計した付着量が増える傾向がある。
- ・資料 p.85 の表 1 には今回の一連の噴火についての分析した数値を示している。それを図にしたものが資料 p.86。今回の一連の噴火の大きな特徴は、付着成分の量が多いことであり、特に 2017 年 10 月の噴火がそうであった。いずれの噴火でも Cl の量が多い傾向があり、これは高温の火山ガスの関与が推定される。
- ・資料 p.86 図 2 は、2018 年 3-5 月の Cl と SO₄ のモル比の変化である。3 月に溶岩が噴出した際には、Cl/SO₄ モル比が大きい値を示していたが、4 月、5 月と噴火を繰り返すにしたがって、値は小さくなった。つまり、高温の火山の寄与が小さくなっていることが分かる結果である。

< 質疑応答 >

なし

< 防災科研 >

- ・資料(その1)p.97 をみると、新燃岳と硫黄山に低周波地震がまとまって起きている。
- ・資料 p.99 は GNSS の基線長変化で点間距離が伸びていることを示している。
- ・資料 p.101 は SIP により開発された火山灰自動採取・可搬型分析装置で、防災科学技術研究所と産業技術総合研究所が設置している。夷守台観測点に設置し、火山灰が降ってくるのを待ち、現地で洗浄・撮影・データの転送を行っている。
- ・資料 p.103 が SAR による解析結果。噴火発生時を含む期間では、膨張がみられたが、その後は大きな変動は見られない。資料 p.104、積算変化量をみると、紫色の矢印で示す局所的に残存する衛星-地表間距離変化があることが分かる。

< 質疑応答 >

なし

< 産総研 >

- ・資料(その1)p.106 は霧島硫黄山で行っている火山ガス組成観測結果である。3月末までのデータだが、 SO_2/H_2S 比や SO_2 濃度は非常に大きな変化が現れてきて、2018年2月から3月末に二桁程の変化がある。2017年末にも似たような変化があるため、組成の変化は消長を繰り返しながら、噴火に至ったと考えている。原因についての特定はできていないため、これから追及していく。
- ・資料 p.107 からは新燃岳の噴出物構成粒子の特徴である。活動の消長と基本的に対応しているが、3月6日から7日にかけて色の薄いよく発泡したガラス粒子が増えている。それ以降はよく発泡したガラスは減っている。

< 質疑応答 >

なし

< 地理院 >

- ・資料(その1)p.115 は基線の変化を示している。広域圧縮場であるので、縮んでいくことは普通だが、2010年以降はいろいろ変化している。今後、伸びの変化が停滞したとしても、活動はまだ続いているという考えを持った方がいいかもしれない。
- ・資料 p.130。マグマソースの位置が同じ場所にあると仮定し、体積変化を求めた。2010年以降で2011年の噴火、2018年3月の噴火の時に大きな変化がみられるが、2011年に比べて2018年3月の噴火に伴う体積収縮量は半分であったということが言える。後ほど議論されると思うが、地下の体積変化量と地上に出たものを比較すると、地下には圧力がかかっており、地上に出ると体積が膨らむ。2011年の噴火時には大体1.8倍に膨らんでいると計算されるので、地下と地上では約2倍の差があると考えていい。
- ・資料 p.134。2011年~2017年に2014年にも膨張が見られていた。変化量は非常に小さ

いため、ソースの特定には至っていないが、2014 年にも今回同様の膨張があったのかもしれない。最近の変化をみると、2018 年 5 月以降一旦、膨張レートが小さくなったかと思ったが、まだ膨らみ続けている。

- ・資料 p.136。干渉 SAR で複数枚の解析を重ね合わせると新燃岳全体が年間 1cm 程度でコンスタントに膨張していることが分かった。ただ 2018 年 3 月の前に何か前兆的現象があったのか調べたが、一例しかない。資料 p.137 の 2018 年 3 月 5 日のデータをみると、3 月 6~7 日に地下で収縮した後に噴火した付近では、1cm や 0.5cm ぐらいのプラスとマイナスが見えている。火口の北側に小さいダイクが開いたとすると地殻変動を説明可能ではあるが、1 枚の解析ではこのぐらいしか見えない。
- ・資料 p.138 以降は硫黄山の地殻変動と噴気位置である。4 月 19 日の噴火は、一番南端にあるということがポイントである。資料 p.139、西側での噴火も西側の一番膨らんだところではなく、それより少し端であった。いずれも一番膨らんでいる箇所では実は噴火していない。

< 質疑応答 >

< 防災科研 >

- ・ SAR のデータに関して、鹿児島地方気象台の報告によると 4 月 19 日の噴火後に、より深いところが膨らんでいるように解釈できると話があったが、SAR では広く何か見えているのか。

< 地理院 >

- ・硫黄山の干渉 SAR の図は、噴火口自体をかなり拡大している。広い範囲での膨張は見えていたと思うが、かなり小さかったと思う。

< 気象庁 >

- ・ 今日ご欠席の森委員から資料提供があったので紹介する。
- ・ 資料(その1) p.87。これは上空の SO₂量の推移。丸ポツ 1 つ目が特にポイントで、3 月 1 日の噴火の約 1 週間前から、ガス放出が活発化していた可能性が示唆された。

< 質疑応答 >

なし

硫黄山、新燃岳の今後の見通しについて

< 鍵山部会長 >

- ・ 硫黄山と新燃岳の今後について気象庁として、どう考えているか、疑問等について説明いただき、議論したい。

< 気象庁 >

- ・ 新燃岳については福岡センター、硫黄山は鹿児島地方気象台から追加資料に沿って報告する。

- ・新燃岳について気象庁としては、シナリオとして大きく三つ考えている。
- ・一つ目は、2011 年の噴火活動のように、徐々に終息する場合が考えられる。噴火の間隔は次第に長くなっており活動は低下傾向である。また、これまでの噴火規模は全てレベル 2 の範囲内で拡大する傾向はない。火山性地震は時々発生しているが、数としては少ない状態で経過している。噴火前の傾斜変動に関して、変化が明瞭でなくなってきた。火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は減少し、少ない状態が継続している。GNSS 連続観測では、3月中旬以降、霧島山の深い場所でのマグマ蓄積を示すと考えられる基線の伸びがみられていたが、5月上旬から一部の基線で伸びは鈍化している。先日レベル 3 からレベル 2 に下げている。
- ・二つ目は、マグマ噴火のステージが再開することが考えられるが、地殻変動でマグマの動きが、明瞭に捉えられているとされているため、今のところはそういう兆候はないと考えている。逆にこういうことが起こるのであれば、事前に捉えられるのではないかと考えている。
- ・三つ目は、周辺で地震活動が高まり、噴火活動へ発展することが考えられる。新燃岳北側の 2 km 付近で地震活動があるが、これが表面現象に発展するとすれば、震源が浅くなるなどの変化がみられるはずだが、現状でそのような兆候はない。
- ・追加資料 p.2 は監視のポイントをまとめたものである。GNSS や地震、火山ガスを注視している。
- ・今後の課題について。一つ目は 2011 年と 2018 年の噴火の違いは、準プリニー式噴火の有無だと考えており、その違いの予測手法等である。
- ・二つ目は、京大の伊佐観測坑道のひずみデータも提供していただいているが、新燃岳の活動とリアルタイムに動いており、どう解釈し使用していけばいいか。
- ・三つ目は、火孔の位置等によって、噴石や火砕流の起こり方に違いがあるがその予測手法。
- ・四つ目は、天候の状態によって、即時的に山が確認できない場合の対応。
- ・五つ目は、昨年 10 月の噴火以降 3 月半ばまで常時微動の振幅が大きかったとの報告もあるが、長期にわたって続くような異常をどのように評価に結び付けたいか監視法やその利用について。
- ・六つ目は、新燃岳北側の活動の地下構造との関連や総合的解釈。
- ・七つ目は、西側割れ目から噴火した過去があるが、警戒範囲から少し外れるため防災上重要視しなければいけない。
- ・八つ目は、噴火前の傾斜変化は高千穂河原観測点のみでみられる。新燃岳直下のマグマだまりの有無。硫黄山のような短基線 GNSS の活用等。

<気象庁>

- ・硫黄山の想定される短期のシナリオいくつか挙げている。
- ・一つ目は、4 月と同程度の噴火の発生が考えられる。現在も微小な地震や低周波地震を

増えており、GNSS も伸びの傾向がみられている。また 6 月 29 日に、火孔からわずかに土砂の噴出を確認しているためそのようなことも考えられる。

- ・二つ目は、硫黄山で 4 月より規模の大きな噴火の発生が考えられる。BL 型の増加と振幅増大と書いてあるがこれは当てはまらないと思うため、削除していただきたい。まず大きな噴火の可能性としては、近傍だけでなく硫黄山周辺の GNSS にも変化がみられているため、解析によっては 4 月の噴火前と比べて、より深部で大きな膨張が起きている可能性があると考えている。
- ・三つ目は、硫黄山の現在の想定火口外や不動池等、硫黄山周辺からの噴火の発生の可能性も考えている。実際に硫黄山の南側で噴火し、その後西側でも噴火が発生した。硫黄山の西方にはそういうものを捉える観測網がなかったため、7 月にえびの高原に GNSS 観測点を設置した。
- ・四つ目は、噴気活動のさらなる活発化（1950～1990 年頃の活発噴気活動）。
- ・五つ目は、次第に静穏に向かう場合。現状は静穏を示すデータはないと考えている。
- ・監視のポイントとしていくつが挙げているが、4 月の噴火では近傍の GNSS の監視が非常に有効であったし、硫黄山近傍の傾斜計も隆起を捉えていたため、地殻変動は大切だと考えている。また、噴火地点については SAR の結果が非常に有効であったと思う。
- ・課題としては、噴気活動がみられてから微小な地震の増減や微動の発生、傾斜変動に伴い、噴気孔 H の温度の変化が見られていたが、噴火地点は、硫黄山の南側であった。噴火地点の予測及び硫黄山周辺からの噴火に対する監視手法が課題である。
- ・4 月の噴火を教訓にすると、GNSS の変化時に、SAR で南側と西側で変化がみられていたため、SAR の結果を早急にいただけるようにしたいと考えている。
- ・硫黄山近傍の傾斜計の地中温度が上昇してきているため、いつまで活動の変化を捉えられるか、変動の解釈も課題である。
- ・湯だまりや泥水の流量及び色の変化は、監視カメラ等リアルタイムで把握することが困難である。頻繁に現地調査の実施も人員や天候に左右されるため困難である。
- ・噴気や湧水の化学組成の分析は採取したものを郵送して分析するため、解析に時間がかかる。
- ・今後は、地殻変動の総合的理解と今後の観測点の展開等が必要だと考えている。
- ・最後に、霧島山全般の課題も記載しているのでご覧いただきたい。

< 質疑応答 >

< 防災科研 >

- ・火山ガスについて、森委員と篠原委員の報告通り、火山活動の推移を理解するには、有効に活用できるのではないかと。気象庁の火山ガスの放出量測定を、3 日に 1 回ぐらい頻繁に観測して、森委員や篠原委員が捉えている現象をチェックして欲しい。
- ・硫黄山の湯だまりや泥水の流量及び色の変化の監視カメラ等リアルタイムの把握は困難だと思うが、県の保健所が測定しているのではないかと。定期的に保健所が同じ場所

で同じ方法で採取し分析した結果は、地元の県に依頼すれば得られるのではないか。

< 気象庁 >

- ・火山ガス放出量の観測は、我々も可能な限り観測に行くようにしているが、どうしても天候の関係や都合上多くても週に 1 回程度となってしまう。SIP で定点ではあるがリアルタイムで観測しているという話もあるため、そういった観測網が充実するとかなり違うのではないかと考えている。

< 気象庁 >

- ・硫黄山の泥水等について、確かに自治体で測っているが、結果の提供依頼は行っていない。今後検討したい。

< 九州大 >

- ・泥水について、粘土質の物質が入っているためヒ素が含まれている。ヒ素が含まれている点では防災上重要かもしれないが、今はだんだん薄くなっていて、温泉水由来の部分が成分として多い。火山活動を把握するという意味では、pH や電気伝導度の方が重要ではないだろうか。

< 上智大学 >

- ・泥水について、宮崎県がえびの高原から流れる河川水の分析値を出しているが、データがでるのは一週間程かかるためリアルタイムという点では厳しい。えびの高原の中のある沢の水は、湯だまりから流出している水であり、宮崎県が出しているデータの中には、火山系の熱水成分であるホウ素とフッ素が入っているため、これらをトレースするという事は非常に重要だと思う。

< 京大 >

- ・気象庁はたくさんのデータを取ってみることも良いが、そのデータを吟味することも必要である。
- ・硫黄山で 1 km を越えて影響するような噴火は、どういう条件のときに発生するのか、新燃岳もどのような条件のときに、どのような噴火が発生するか、そのような視点からの評価も考えたほうがいい。

< 鍵山部会長 >

- ・今後の課題も含めて議論していただいたが、一方、現状の評価についても議論していただき、議事概要でお知らせしたいと考えている。短期的にどういう活動の状況か、気象庁の方の評価を出していただきたい。

< 気象庁 >

- ・新燃岳では、引き続き噴火活動は次第に低下してきているものの、地震活動は 3 月の噴火以前よりは高い状態を保っており、噴火を繰り返す可能性がある。
- ・えびの高原(硫黄山)周辺では、6 月上旬頃から硫黄山近傍の GNSS 基線で伸びが続き、地震活動にも高まる傾向がみられている。引き続き、ごく小規模な噴火が発生する可

能性がある。御鉢の火山活動には特段変化はない。

- ・霧島全体としては、深い場所でのマグマの蓄積を示すと考えられる GNSS 基線の伸びは継続しており、火山活動の長期化や活動のさらなる活発化の可能性はある。

< 質疑応答 >

< 東大震研 >

- ・新燃岳の今後の見通しの想定されるシナリオに乗っ取るということによいか。最後の部分は 5 月上旬から一部の基線の伸びは純化、と書いてあるが、藤原委員の説明だと 5 月頃いったん低下したように見えるもののまた伸びているのではないかというデータもあるから、ここは慎重に考えたほうがいいと感じた。

< 気象庁 >

- ・基本的には 6 月 20 日の予知連の評価とそれほど変わっていない。えびの高原あたりでは、6 月から地震が増えてきたこともあって少しだけ高まっている。新燃岳について噴火活動自体は頻度が少なくなっているが、地震活動は 3 月の噴火前より高い状態を保っており、噴火は繰り返す可能性がある。全体の火山活動が低下しているというよりも噴火の頻度が減ってきているところを述べているくらいだと思っている。レベル 2 にはしたが、引き続き注意は必要だという認識には変わらない。

< 九州大 >

- ・硫黄山について、6 月中旬から GNSS で広い範囲で拡大がみられる。それを受けて同じような噴火があるかもしれないと評価したと思うが、これまでみられていた南東よりの膨張源よりもっと深い膨張でないかと考えている。つまり、ステージが違う。2013 年末から地震が増えてきて 2014 年から微動が発生し、その頃 GNSS が伸びていたと思う。そのときの伸びと比較してどうか。そのときの再現がいま行われており、もっと深部のマグマだまりに溜まりつつあるのではないか。

< 地理院 >

- ・硫黄山に関して地殻変動の広がりでは 3 レベルの深さが見える。一番深いのは霧島山全体の深さ 6 km 程度。硫黄山の 1~2 km ぐらいの範囲が一年程で膨張収縮を繰り返しながら、次第に膨らんでいる。あとは 4 月に噴火した浅いところ。以上の三段階ぐらいあるが見える。今言われたのは中ぐらいのレベル。

< 九州大 >

- ・我々の水準測量で出ているのは、標高 1000m、深さ 900m 程でいわゆる難帯水層。それよりさらに深いところの膨張が、2014 年、2015 年ぐらいに気象庁の GNSS で見えていた。それが今回 6 月 15 日から伸びているという部分と同じなのではないかと思っている。

< 地理院 >

- ・6 月から 7 月にかけて干渉 SAR でも硫黄山の 1~2km の範囲は数 cm 膨らんでいるが、その膨らみ方は 2014 年ぐらいから続いている中ぐらい深さのレベルの膨張に見える。

<九州大>

- ・ SAR で見えているものは、もう少し浅いものだと思う。

<地理院>

- ・ そうかもしれない。SAR は深いところほど分かりにくいので、数 km ぐらいで数 cm というのは見えていても時々ノイズで見えないことが多い。

<鍵山部会長>

- ・ えびの高原についても高まる傾向が見えているという表現とする。しかしその裏になにかあるのかは、松島委員や藤原委員にご議論いただいた視点で、どういうことが起こり得るか、後半議論していきたい。

地下構造やマグマ供給系について

<気象研究所>

- ・ 資料(その2) p.3 から霧島山周辺の地震波速度構造について。
- ・ 資料 p.4 図 2。求められた速度構造を色分けした。注目していただきたいところは、海拔下 10km と書いてある図。SV の速度構造が霧島山の山が連なっているあたりで、速度が遅くなっていることがよく分かる。それに対して、SH の速度は低速度の異常が特段見られない。A-B に沿って断面図を書いたのが、一番右側にある図である。SV の方の断面図だと深さ 10km からそれよりも深い辺りに低速度の層が見られる。2011 年の新燃岳の噴火の際に膨張収縮があったマグマだまりと推定される場所を星印で示してあるが、それよりもやや深い領域ということになる。SH 波の方はそれに対応するような低速度の異常は見られていない。低速度の原因が水平方向に広がっており、低速度の領域の中に含まれるマグマがシル状に水平方向に広がるような形で存在しているため、SH と SV で構造が違ってみえてくると考えられている。シル状のマグマの広がりや霧島山周辺で発見されているが、インドネシアのトバでも同様な速度構造の不一致が見られるため、同じような構造があると推定される。
- ・ 資料 p.5 の図 3 に、速度構造のセクションに更に震源分布をプロットしてある。赤で示してあるのは深部低周波地震と呼ばれている。より地下深部からのマグマの供給を示すような地震の分布であり、深さ 10km から厚さ 5km ほどある低速度層より深い所から低速度層にかかるあたりに地震が分布している。資料 p.5 図 4、深部低周波地震の分布している領域からマグマが供給されて、それが今回発見された低速度領域に水平方向に、網目状に広がって存在しており、2011 年もしくは今回の新燃岳噴火を起こしたマグマだまりへ集まって収縮や膨張を引き起こした後、新燃岳から噴火しているということがイメージできるような結果となっている。

<気象庁>

- ・ 霧島山の地下構造等について、過去に調査された文献からいくつか紹介する。
- ・ 資料(その2) p.8 「比抵抗構造」について、(Aizawa ほか, 2014) による図だが、C1

は硫黄山北東側に位置する上下方向に伸びた低比抵抗域、C2 は西側深部における低比抵抗域、R1、R2 は逆に抵抗が高い領域を示している。北西側の白いダッシュの線で囲った領域は 1968 年に起きたえびの地震の震源域を示している。右側の 3 段目の図や左側の左下の図の黒い点線の丸は、2011 年の収縮源を示している。

- ・資料 p.9 は（鍵山，1994）から抜粋。これも比抵抗構造を示したもののだが、上は低比抵抗の構造図、下はそれを基に考察したマグマ供給モデルである。
- ・次資料 p.10 は（西，1997）から抜粋。1995 年から行った構造探査の結果の地震波速度構造を示した図である。深さ 1km では、新燃岳付近に比較的低速度の層が見えるというのが特徴である。
- ・資料 p.11 は（鬼澤，2013）から抜粋した、重力異常を調べた図である。負の異常が御鉢付近に見られる。逆に新燃岳では目立ったものは見られない。著者の考察によれば、これは構造の違いで、高千穂峰から御鉢は火砕物が多いからこのような異常が見られ、新燃岳は溶岩が主体のためあまり異常が見られないという解釈である。
- ・資料 p.12 は（Suzuki ほか，2013）から抜粋したマグマ供給系のモデル。2011 年の噴火では、深さ 5km のところに silicic andesite のマグマだまり、深さ 8~10km くらいのところに basaltic andesite のマグマだまりがあって、basaltic andesite のマグマだまりからの供給によって、深さ 5km の silicic andesite のマグマだまりでミキシングが起きて、その混合したマグマが新燃岳で噴出したとしている。
- ・資料 p.13 は先ほどの（Aizawa ほか，2014）から抜粋したマグマ供給系のモデル。北西側の深いところ 10km のところに basaltic andesite のマグマだまりを考えていて、その上側は逆に抵抗が高いところとしている。深さ 10km 以深のマグマだまりの端の所に膨張源があって、そこからやや浅いところにある silicic andesite のマグマへのマグマ供給が起きて、それによって新燃岳が噴出したというふうに考えている。先ほど資料 p.8 で示したように硫黄山北東側の浅いところから深いところに繋がっている低比抵抗域（C1）がマグマのパスした所だと推定している。
- ・6 月に開かれた火山活動評価検討会でも関連する資料を用いたので、資料 p.41 以降に再掲した。

< 質疑応答 >

< 防災科研 >

- ・気象研の p.5 の図 3 と図 4 について、図 3 の星印は図 4 のプレッシャー源と一致するとも考えてもよいか。図 3 の断面では、星印の北西側も緑が広がっていると思うが、図 4 ではプレッシャー源の北西側もなにも赤いものがないというのはどのように解釈するのか。

< 気象研究所 >

- ・模式図ということで正確さを欠いているということになるかと思う。

< 産総研 >

- ・資料(その2)p.3の下から2段目の最後、MTの結果ではこの領域は低比抵抗になっており、ここでいうこの領域は資料p.5の図3の緑の領域ということなのか。(Aizawaほか,2014)では低比抵抗の場所がずれている。この「一致している」とはどのような意味か。

< 気象研究所 >

- ・資料 p.3 の方だとパーソナルコミュニケーションになっているため、こちらの図に載っている物とは違う結果があるかと思うが、そこはよく分からない。

< 鍵山部会長 >

- ・気象研のこの結果について、どの範囲まで感度があるのか。相澤氏の結果から見ると、西の方に深部の低比抵抗域があるが、元々金鉱床や熱活動のある場所になっているから、それはマグマだまりかどうかよくわからないのではないか。気象研の結果でも南東側や東側についてどれぐらいのエリアまでをちゃんと見ているのか。

< 気象研究所 >

- ・地震の観測点がないところの感度というのではないと考えるべきなので、御鉢よりさらに南側、東側のところはよくわからない。表面波を使った速度構造の解析のため分解能という点で考えると大雑把に5kmとかそういうオーダーの構造で考えていい。

< 鍵山部会長 >

- ・ここで言われている非常に重要な点は、北西側の真上が増圧源になっていて、その上に地震が起きているというようなイメージを持っているのか。

< 気象研究所 >

- ・地震発生という観点からだとそうである。

< 京大 >

- ・資料(その2)p.8の相澤氏の比抵抗構造の図を見ると、観測点がほとんどないところに低比抵抗構造が示されている。資料p.13のような模式図は描けるのか、これについて山本さんから見てどうか。

< 気象研究所 >

- ・相澤氏がどこの構造に感度があるかないかチェックしているはず。このような図になっている段階で信用できるものだと思う。

< 鍵山部会長 >

- ・basaltic andesite のマグマチャンバーだといっているのか、この部分については西側に金鉱床がずっと広がっているところでもあるから、そちらをひっかけている可能性も在る。それはこういう結果があるということだとどめておいていただければと思う。
- ・p.13、Resistive body がえびの地震の震源地としてそれほど浅いのか。6-7kmの所が震源になるのだろうか。

< 気象庁 >

- ・精度はもちろん色々あるだろうが、水上先生の文献でもそれぐらいの深さとなってい

るので、恐らくその文献をそのまま引用したのではないかと思う。例えば pp.32-33、(Minakami ほか, 1970) では、えびの地震の震源はこの辺となっている。当時は1960年~1970年ころなので非常に精度に問題があるかもしれないが、このような文献から引用したのではないかと思っている。

< 鍵山部会長 >

- ・周辺で起きている鹿児島県北西部地震の震源の深さに比べて、断層による地震かどうか本当のところよくわかっていない地震だが、マグニチュード6プラスあるいはそれより小さいものがどの深さで起きるかというのは洗い出しておかないといけない。

< 京大 >

- ・資料(その2)p.10の地震波速度構造に関して、硫黄山のS2では地震波速度が速く、厚い溶岩がボーリングに出たので、固いしっかりしたところだということは念頭におく必要があると思う。そのため、不動池周辺では、南北方向の割れ目に沿って火口が形成されていると考えられる。

< 鍵山部会長 >

- ・資料(その2)pp.42-43。少し唐突だが、韓国岳が増圧源になっていないか確認したい。霧島火山群の中で過去マグマの噴出が大きかったのは韓国岳であり、この下に増圧源があって、今その周辺部に色々な物事が起きているということになると、相当のことを考えておかないといけない。韓国岳が噴火すると相当大きいことになると思うので、否定するなら否定するロジックが必要である。
- ・震源のメカニズムが韓国岳を増圧源とした場合と違うか、先ほど松島委員が言った少し深めのところの増圧源が、韓国岳の地下であるという可能性はないのか。私としては明確に否定して頂きたくて、今疑問を投げかけている。

< 九州大 >

- ・想像でしかないが、基本的に硫黄山と韓国岳は同じマグマソースであって、出口だけが今は北西側になって、この数百年の間は硫黄山付近で活動が続いている。深い方に関しては、同じものであったというイメージを持っている。

< 鍵山部会長 >

- ・私もそういう考え方だが、最近起きた新燃岳北側の地震は大幡池に向かっても伸びている。そうすると韓国岳で何か起きるのであれば、北西南東方向にイベントが重なってくるはずなのに、東に伸びているのはなぜか。

< 九州大 >

- ・色んなところを使って熱水が上がってきているという状況で、メインは新燃岳の方にマグマが上がって来て活動している。それ以外の揮発性成分に富んだ分に関しては硫黄山もきているし、新燃岳の南側やえびの高原、韓国岳の南東にも来ているイメージで、あまり本格的な噴火には今のところ結び付かないのではないかと思う。

地殻変動量と噴出量との比較によるマグマ収支

< 気象庁 >

- ・資料(その1)p.25、図16。時系列にしたマグマの収支が載っている。これは2011年と2018年の噴火活動について噴出物と、地殻変動データから見積もられたものをグラフにしたものである。膨張量収支に関しては、GNSS観測から山川・茂木モデルを使って推定している。資料p.29、図19は、期間毎に地殻変動のデータを使って収支を計算している。それを整理したものが資料p.26の表2である。これが資料p.25の一番上のグラフになっていると思ってもらっていい。その結果をまとめたものが資料p.27の表3である。
- ・結論としては、2011年が大体3000万 m^3 で、2018年が1500万 m^3 位の噴出量と推定される。今年の活動は2011年の半分位だと見積っている。
- ・地殻変動データからソースの収缩量もわかるが、表3にまとめてある。収缩量としては、2011年が1400万 m^3 、2018年が660万 m^3 位で半分位になった。どちらにしても見積もりは変わらないと思う。
- ・2009年11月の起点として膨張量の収支を現在まで見てきたものがp.25の一番上のグラフからわかる。地下には約3000万 m^3 位のものが、溜まったままになっているという推定ができるということになる。

< 地理院 >

- ・気象庁と同じ見積もりである。

< 鹿児島大学 >

- ・資料(その1)p.95 図8。基本的には気象庁と同じことをやっており、期間毎にソースで収缩量を計算している。2011年の噴火前の膨張から積算していくと、2011年の噴火、それから2018年の噴火でもまだ膨張は解消していない。一番上の図はレートを示している。Bの2017年の後半の膨張は非常に膨張レートが速かったということが分かる。2018年の噴火の後も膨張がしばらくあったが、そこでも2011年の噴火前に比べて速い膨張率であったことがわかる。

< 質疑応答 >

< 京大 >

- ・これは上下の変位量を含めて推定した量か。

< 鹿児島大学 >

- ・水平成分と重みを変えているが上下も考慮している。

< 地理院 >

- ・地理院でも上下を入れている。

< 鹿児島大学 >

- ・資料pp.93-94をみると、水平方向に比べると、極性が違っているところもある。観測量の勘定の仕方に問題があるのか、あるいはばらつきがあるため期間と期間の差をと

る時にどの期間をとるかによって多少変わって来るのか。我々の解析では、考慮してウエイトを落としている。

< 気象庁 >

- ・気象庁は、上下変動は考慮せずに解析している。

< 防災科研 >

- ・3000 万 m^3 の膨張は残っているが、それは0にしなくてはいけないものなのか。噴出物の荷重を考えると必ずしも0には戻らないと思う。だから残っているのが優位なのか、これから来る量の方が重要なのか。必ずしも3000 万 m^3 残っているからまだ噴火は起こるとい議論ではないのではないか。

< 鍵山部会長 >

- ・そういう意味では歴史的な階段ダイアグラムと、どれくらい整合性があるのかという点とも別にしていかななくてはいけないかもしれない。
- ・資料(その1)p.115で元々縮んでいると言っていたが、これは長期的な変動は除いた結果ではなくて生の変動か。

< 地理院 >

- ・覚えていないが、少なくとも2010年以前と以降では傾向がまるで違っていることを示していると思っていただければと思う。

< 休憩 >

噴出物の物質科学的分析によるマグマ溜まりの状態

< 産総研 >

- ・資料(その2)p.16に享保の噴火、2011年、2018年噴火の噴出物の分析結果を紹介している。2011年の結果については、資料p.12の鈴木氏の論文のまとめを合わせて見て頂ければ分かりやすい。2011年に関しては、ケイ素質のマグマと鉄のマグマを混合したようによく見えている。1700年代も、基本的には同じような2つのマグマが、はっきり見えている。
- ・2018年に関しては、大きくは違わないが、苦鉄質のマグマの端成分がはっきり良く見えないことがやや違う点である。基本的に分析数が少ないため、結論ははっきり言えないが、印象としては2011年に起きた混合したマグマが、そのまま出てきたかあるいは同じ事が今回も起きたが、よく混ざってから出てきたかという違いがある。

< 質疑応答 >

< 鍵山部会長 >

- ・今後、新燃岳が噴火する場合どんな活動になるのか、非常に大事な情報だと思うがいかがか。
- ・2018年と2017年が比較されていたがなぜか。

<産総研>

- ・分析は 1700 年代と 2011 年、2018 年で、2017 年はやっていない。火山灰しかとれておらずあまりしっかりした解析が出来ないため、そこには手をつけていない。
- ・享保の噴火と 2011 年では、明らかに 2 つのものの混合が見えている。
- ・2018 年も基本的には同じことが起きたと思うが、その噴火の中で見れば 2 つの成分が見られないため、場合によっては 2011 年に混ざったものが 2018 年にもう一度噴火したとも見える。
- ・2018 年では、その混合がいつ起きたのかという解析まではまだ出来ていない。それは、時間的な解析ができれば、2011 年より後に起きた、という結論ができるかもしれない。

<鍵山部会長>

- ・準プリニー式になるのか、ブルカニアンになるのか、溶岩を流してくるのか、あるいは火砕流を出すのか出さないのか、という所で、発泡度がこの一連の活動の中で、どう変わっているのか、変わっていないのかに目を向けなければいけない。今も時々新燃岳は噴火しているが、それはどうなのだろうか。

<産総研>

- ・今の噴出物は発泡したマグマではなく、半固結状態のものである。マグマが供給されているようには見えない。2011 年はある程度ガスが放出されたが、今年の 3 月以降のものは、一回噴火すると、その瞬間はガスが出るがすぐに止まってしまう。
- ・溜めたものを出しているという以上のものは、放出の傾向からは見えない。深い所で発泡した物がどの深さにあるのか、という事に関しては全く分からない。

<鍵山部会長>

- ・そうすると、供給が無い限りは、今の状態では準プリニー式は起こりえないし、ガスが溜まった事による爆発的な噴火はあっても、マグマが自己破砕するような噴火は、今の所ないと言っていいのか。

<産総研>

- ・今の噴火は、非常に浅い所に発生源があるイメージだが、2018 年 3 月は、下から上がってくる兆候があったかという点、よく分からない。

新燃岳の噴火シナリオについて

<防災科研>

- ・資料(その2)p.22 は、2011 年の噴火中にまとめたシナリオである。浅間山と新燃岳の違いを比較した図。マグマが上がってきて水蒸気噴火があって、その後火口に蓋があるか、溶岩があるかで、右に行くか左に行くか変わる。右に行くと、2011 年の噴火をしたが、今度は左に行くとブルカノ式噴火という経路をたどった。このスイッチは脱ガスの度合いだと思ったが、噴火の前に火口に溶岩が 150m 積もっている。150m という点、圧力で言うと 6MPa ぐらいで、噴火するにはもの凄い過剰圧を蓄える必要がある。

十分に蓄えられないまま噴火したから、プリニー式にならなかったのではないか。

- ・さらにその上に 100m 位溶岩が積もっているから、それを打ち破ってプリニー式噴火を起こすというような過剰圧を蓄えるのは、ほとんど不可能だと思う。過剰圧を蓄えるような、非常に過激な地下での膨張が起こったとしても、今回の噴火が、ガスが抜ける程度かの噴火になるのではないかということを示した図である。この辺のスイッチの事をもう少し真剣に考えなくてはいけない。
- ・今度の噴火と 2011 年の噴火の違いは、プリニー式噴火があるかどうかという事である。しかし、実の違いは噴出率である。前回の噴火は $90\text{m}^3/\text{秒}$ 、あるいは $85\text{m}^3/\text{秒}$ で噴火して、ちょうどプリニー式噴火と普通の溶岩流の境目であった。今度は、 $77\text{m}^3/\text{秒}$ で噴火したため、普通の溶岩流の噴火になっている。重しがある限りは、とんでもない地下増圧をしない限りは、プリニー式噴火にはならないだろうと考えられる。

< 産総研 >

- ・資料 (その 2) p.24。3 つの噴火はいずれも初期に大きな噴火があって、その後小さな噴火を繰り返して収束するというのは非常に似ているが、享保の噴火は非常に爆発的な噴火が主要であり、それに対して 2018 年は初期にあまり大きな噴火は発生していない。テフラと溶岩の比率は、2018 年が一番高くて 2011 年、享保の噴火は、溶岩に関しては正確によく分かってないが、2011 年の頃よりも比率は少ないだろう。

< 質疑応答 >

< 九州大 >

- ・参考資料 p.84 について、防災科学技術研究所から 2018 年 3 月 1 日 ~ 7 日の火山灰には、粘土物質が含まれていて、スメクタイトが結構入っている、という報告がある。スメクタイトが入っているということは、熱水系が発達していることを意味するが、これは 2011 年の噴火とは違うという事ではないのか。

< 防災科研 >

- ・本会議の中で測定の仕方が違い、産総研はスメクタイトが無いという言い方をしたと思うが、それは前処理するかしないかの違いであり、実際スメクタイトがあったという事は間違いない。
- ・しかし水蒸気噴火であると、変質したものが飛び出すと必ずスメクタイトが入っているため、そういう意味では 2011 年から 2018 年の間にスメクタイトが成長する熱水変質は噴火した近傍の地下では起こっていたという事だと思う。

< 九州大 >

- ・そうなると、ある程度水の関与があるという事なので、それでやはり噴火様式が大きく変わってくる可能性もある。

< 防災科研 >

- ・水蒸気噴火の事は考慮せずに話したため、水蒸気噴火は十分ありうるオプションだと思う。2011 年の 8-9 月に起こったのは、水蒸気噴火であった。噴火の後期には水が入

ってきて、水とインタラクションを起こしている事は間違いない。これから、とんでもない水蒸気噴火が起こるのかということ、それは分からないが、2011 年の例を見るとそんなにはないと思う。

<九州大>

・2011 年の水蒸気噴火の時には、スメクタイトは入っていたのか。

<防災科研>

・しっかり見ていないが、非常に細かくて入っていたとしても不思議ではない。ただ、高温だから入らないかもしれない。

<九州大>

・だから、その点が違うのではないか。

<防災科研>

・2011 年の前の噴出物はチェックしてない。それには、スメクタイトが入っていたと思う。

<鍵山部会長>

・2008 年、10 年頃のもの、新燃岳の火口の中でお湯が流れ始めて、その後コックス・テール・ジェットを出すようになってきているから、新燃岳は基本的に地下水が発達している所なので、熱水が沢山ある場所である事は間違いない。

<九州大>

・そうすると、2018 年は水の関与が凄く大きかったのか。2008 年と同じように結局地下水が戻ってきていて、噴火しているという事になると、2011 年、17 年、18 年は同じようなものが半分しか出なかったという話で進んでいたが、根本的に水の関与という点で違ってくるのではないか。

<産総研>

・2011 年の場合は、ある意味水は普通にあった。なぜスメクタイトが出来たのかということで、どういう変質が起きたのか念頭に置くことは必要だが、2018 年の噴火の前に水が戻っているからと言って、2018 年が 2011 年と違うという事はない。

<東大震研>

・2018 年の噴火は、前回に比べて上に蓋があるので、準プリニアンにならなかったということだが、火口の西側で噴火が発生する可能性が高まっていると考えることもできるのではないか。

<防災科研>

・もう 1 回、過剰圧を高めるようなイベントがあると、出やすい西側を狙うという事は十分あり得る。

<鍵山部会長>

・今回は 2011 年の噴火で溶岩が全部埋めていたが、東側から噴火が始まっている。勿論西側で出るか出ないか、という非常に大きな問題があって注目はしていた。

他の火口からの噴火の可能性も含めた霧島山全体の火山活動について
地震活動について

< 気象庁 >

- ・ 資料 (その 1) p.17. 2011 年の噴火では顕著な北側の地震活動はなかったが、2018 年の活動では特徴的である。一番上の図に火口北側とあるが、獅子戸岳付近の地震で、火口北東側が大幡山付近の地震である。
- ・ 二番目のグラフが獅子戸岳付近の地震である。5 月 2 日から 3 日あたりに、かなり集中的に地震が発生していて、この時は傾斜変動も伴っている。その後、活動が北東側に移ったように見える。新燃岳の火口では相変わらず地震が発生しているが、大幡山付近の地震もいまだに地震が発生している。
- ・ 資料 p.18. 5 月 2 日の獅子戸岳付近で地震が起きた時の傾斜変動と地震回数をまとめている。

< 気象庁 >

- ・ えびの地震の時に霧島山火山群の地震が活発になったという事例を紹介する。
- ・ 資料 (その 2) p.32. (Minakami ほか , 1970) から引用したものだが、1968 年の 2 月から 3 か月にかけて、えびの地震が活発な活動を示している。そのあと、霧島山火山群でも地震が活発になった。その時の震央分布図とそれぞれの発生した時期である。
- ・ えびの地震が B で 1968 年 2 月から活発になって、その後、一月程遅れて、新燃岳北西側で地震活動が活発になる (C)。さらに、1969 年の 3 月に D の部分で地震活動が活発になって、1969 年末には高千穂峰で A 型と B 型の地震活動があった (E、F) ことを示した図である。(Minakami ほか , 1970) では、この活動は、えびの地震の活動後、新燃岳、中岳、高千穂峰と順次に地震活動が移動していったという事を示しており、また、1913 年の加久藤カルデラの地震の発生後も同じような現象があったということをコメントしていた。
- ・ 資料 p.33. 2 年ほど前、韓国岳西方側でも地震があったことが示されている (P.32 の A)。先ほどの繰返しになるが、えびの地震が 2 月に多発して、その一ヶ月後、新燃岳の北西地域で地震が多発した。この時は新燃岳付近でも 3 回程火山性微動を観測したという記録がある。なお、その間、えびの高原付近の地震については、加久藤カルデラの地震と分類ができず不明となっている。何か活動があったかもしれない。1969 年に入っては、中岳・高千穂峰が活動している事を示しており、火山性微動も観測されている。

注目すべき火口/山体、中長期的な活動見通し

< 産総研 >

- ・ 資料 (その 2) pp.36-37. 新燃岳と硫黄山の 1700 年代の噴火は割と近い時期に起きて

おり、連動しているという話もない訳ではない。しかし、それ以前はそれ程時代的には一致していない。一番活発なのは、高千穂の方である事が指摘されている。

< 鍵山部会長 >

- ・緊急減災対策砂防計画では霧島火山群について、4つのリスクがあるという事を検討している。新燃岳と御鉢とえびの高原、4つ目が大幡山あるいは大幡池になっている。大幡池ではマグマ性のガスが池から出ているし、それからショックタイプの地震を、私が霧島にいた頃に観測していた。比抵抗構造に関しても大幡池から麓に向かって低比抵抗域が伸びているなどということもあるため、4つ目のリスクとして書いている。
- ・資料(その1)p.29について、例えば p.29(7)の一番東側の観測点は、理論値に比べて観測値はもっと大きい。これは仮に大幡池の辺りに増圧があると、2つのダブルソースで片方が非常に小さい、というのがあると上手く説明できそうである。今の地震活動と色んな所でガスを出しているという事があると、大幡池か大幡山か分からないが、そのあたりから小規模な水蒸気噴火が起きるという事も考えなければならない。

< 京大 >

- ・震源が地表面から大体 2km より浅くなると危ない。震源の深さ等にも気象庁には監視上注意して頂きたい。

< 防災科研 >

- ・資料(その1)p.18に関して、傾斜計を気象庁が出しているが、夷守台だけ別の方向を向いていて、癖がある。夷守台の傾斜計は、どうも感覚が違うという印象を持っている。ただ、GNSS に関しては、あまり観測環境が良くない。色々なシミュレーションを見ていて、夷守台だけ外れるという印象を私は持っている。

< 東大震研 >

- ・この図で、岡田断層モデルにあたるような解析を気象庁は行っていないのか。これを見る限り大幡池かもっと北の方に何かある様に見える。

< 気象庁 >

- ・岡田断層モデルで解析はしている。震源と同じ、海拔よりも 2km 位深い所で、場所は新燃岳と獅子戸岳の間位となる。ただし、断層の長さが 3km と大きく、収束の度合が悪かったため掲載は控えている。

< 鍵山部会長 >

- ・これは今すぐではないが、心に留めておいて頂いて皆さまの解析・調査の中で反映していただければ有難い。

監視上の着目点と不足する観測データ

< 気象庁 >

- ・霧島山の観測体制について、資料(その1)p.33、p.63、p.74 が GNSS 観測網、p.80 が全観測点を示したものである。また、6月の火山活動評価検討会でも、観測点及びそ

の稼働状況を、地震計、GNSS、傾斜計、空振計、監視カメラのそれぞれについて紹介している。資料（その 2）pp.45-49 に再掲した。

< 質疑応答 >

< 防災科研 >

- ・ 資料（その 2）pp.45-49、気象庁が運用で使っている観測点だけが表になっているのか。防災科研は GNSS を設置しているが、使用していないという事か。

< 気象庁 >

- ・ 現状ではそうである。

その他検討すべき課題

< 防災科研 >

- ・ 地震活動の資料が出ているが、新燃岳・硫黄山・御鉢の連動性を検討するような資料も必要である。
- ・ マグニチュードが小さいから出来にくいかもしれないが、もし長期的に見ていくのなら、広域のメカニズムの変化を一応チェックしておいて欲しい。

< 産総研 >

- ・ 硫黄山に関して、4月の噴火以降、湯だまりからの噴煙量が多い。それを定量的に測れないのか。普通のブルームと違うので測れるかどうか分からないが、チャレンジして頂ければと思う。
- ・ 放熱量とか数値で表れるよりも、現地に行くと、周囲が熱くなっているという印象が時期によって変わることが結構あった。昨年 5 月に噴いた後は、どこに行っても小さい噴気があって、あちらこちらで陥没が起きていた。それが秋になると収まって、それがこの 3 月にかけてまた少し高まってきていたような印象があり、その印象と資料（その 1）p.44 の地熱噴気温度の変化が合わない訳ではないが、印象の変化がもう少し大きいと思う。よく現地に行かれる方はそういった印象があるか。また、何か定量的に評価できるような方法はないか。

< 九州大 >

- ・ やはり気象庁は監視カメラで監視しているため、その方がよく活動状況は分かると思う。定量的に見ることができているという点では、私以上に状態を把握していると思う。

< 産総研 >

- ・ 現場で足元を見るのとカメラで見るとでは、大分違うのでは。

< 九州大 >

- ・ 視界の範囲などもあるので、そのような面もある。
- ・ ドローンを使った監視を気象庁は考えていただきたい。宮崎県などは行っているが、気象庁だけは飛ばしていない。監視のために入れないのであれば、必要ではないか。

< 鍵山部会長 >

- ・先程の篠原委員の話は、例えば 10cm 深地中温度分布を測れば、できると思っていて、硫黄山だけの時はやったが、範囲がものすごい広くなると、とてもではないがやりきれない。ヘリで飛んだ時に山頂部だけではなくて、えびの高原域のあたりも狙うとか、ドローンを使って行くと定量的に拡がりがつかまると思う。
- ・松島委員の水準測量では、膨張源が 10^4m^3 オーダーで、例えば 250 とか 300 の熱水があったとしたら、それがどれくらい放熱すると解消されるかという議論はできる。放熱率を見て、実際段々収まってきているか、そこから更に増えてくると新たな供給があるのではないかなど色々つながると思う。今気象庁が赤外熱映像をしっかりと実施しているが、ブルームになった時の放熱率を出し、供給されたものが出て行っているかどうか見ていくというのは、役に立つと思う。

< 京大 >

- ・資料(その1) pp.76-77 に関して、霧島山全体がまとめてあるが、説明をお願いしたい。
- ・2012 年から、新燃岳とえびの高原周辺の地震回数と合わせていくと段々数が増えている。
- ・霧島山全体を通して見る視点をスタートラインにした上で硫黄山、新燃岳、御鉢の個別の検討を行っていただきたい。10 数年前から繰り返し言っているが、そういった視点でも監視の上では注意して頂きたい。

< 上智大学 >

- ・先ほどの篠原委員の話で、現場で変化を感じないかというのがあった。硫黄山で言うと、火口域は確かにカメラで監視して、ドローンでも監視を行うと良いと思うが、逆にえびの高原側のエリアは確かに短期に状況が変わっている。一番大きいのは、水というよりは、ガスがどれくらい関与しているかという事。実際 4 月の噴火の前には宮崎県が置いている硫化水素の自動観測装置で、かなり急激な濃度の変化が拾えているし、その湧水自体も、ある時は硫化水素をものすごく含むような泡まみれの水なのに、ある時には非常に酸性度の高い、温度の高いものになっていたりするため、そういう情報を上手く集めると、もう少し推移が見えるのかもしれない。
- ・硫化水素の自動測定で噴火前に変化が出ていたというのに関連して、えびの高原の中では自動測定ではないが、色々な方が硫化水素と二酸化硫黄の濃度を毎日測っており、定量的ではないかもしれないが、中期的な変化の様子を捉えるには非常に重要なデータだと思う。一元的にまとめるのが必要だと思う。

< 九州大 >

- ・硫黄山の西の噴出の話があったけれども、東側のえびの市の旧露天風呂について。あそこの水温も上昇していたり、pH が上がってきていたり、濃い硫黄が出て川筋が白くなっていたり、そういう状況もあった。そういった点で東側の監視もある程度した方

がいいと思う。もし東側で多量の酸性の水が出た場合には、今度は大淀川水系の方に水が流れていく事になるため、その辺も考えておいた方がいい。

< 鍵山部会長 >

- ・ 国土地理院から噴出が始まったのは、膨張域の端だろうと話があったが、感覚的には分かる。硫黄山に関して、なぜ南側から出たかという、韓国岳から水が流れてきているのと沸点を超えるような高温の火山ガスが出てきている所のちょうどせめぎ合いの場所が南側であり、そこが水蒸気噴火の開始点となったのではないかと考えられるからである。西側に関しては、宮崎県の方で硫化水素が良く出た所だから、何でもなしとのせめぎ合いの場所が、最初の噴出点になっているのではないかと。

< 九州大 >

- ・ 4月20日は、昔の噴気孔だった場所ではないか。それを再利用して噴出孔として、活発化したのではないかと。
- ・ SARの膨張に関して、原因としては基本的に地表の浅い層に、熱水が入ってきて、地温が上がり、膨張しているのかと思う。そうすると、10cm 深の温度を測ったらどうかとあったが、SARがそれを表しているのではないかと思う。地温が上がった所で隆起量が増え、その端の部分から噴気や泥水が出ている、というイメージで見ればいいと思う。

< 鍵山部会長 >

- ・ 4月20日に噴出した箇所近くの地震研の水準点だが、そこは毎年1cm ずつ沈降しており、20年間で20cm 位沈降していた場所が、今回15cm 位回復したという。実際に昔は沈降していた所が、今回回復したということだと思っている。

< 防災科研 >

- ・ 衛星で何か熱画像が撮れればと思うが、ひまわりはそういった分解能はないのか。もっと温度の低い波長を捉えるようなやり方はないものか。

< 東大震研 >

- ・ 夜に赤外で、ドローンで撮れば、見られる可能性もあるが難しい。

< 気象庁 >

- ・ ひまわりは、さすがに解像度がそんなに高くない。1km 程度。(後日調べたところ、これは可視画像の場合で、赤外画像では日本付近なので5~6km 程度でした)

< 鍵山部会長 >

- ・ 確かに、レベル3になったから、SO₂の調査に入れなったという話を聞いた。気象庁でレベル3でも調査ができる方法を検討していただきたい。現に三宅島ではヘリコプターを用いてSO₂の調査ができていた。

< 産総研 >

- ・ 気象庁が自衛隊にお願いして、自衛隊が飛んで行った。コスプレもやっていたし、ガス観測も繰り返し行っていた。コスプレは海上保安庁や警察と行っていた。

< 京大 >

- ・レベル3であろうと現実的に危ない所とそうでない所を区別してやらないと、レベル3だから入ってはいけないという訳ではない。レベル3で誰も入ってはいけないとなると、中の様子が分からなくなる。やはり、現実的な事と安全対策とを考えて、行かなくてはならない時は限定的に行くように、気象庁にも考えて頂きたい。

閉会

<気象庁>

- ・今日いただいた意見を基に気象庁でまとめたい。
- ・本会議は非公開だが、気象庁の方で会議内容は行政文書として保存するため問題部分等あれば後ほどご指摘いただきたい。
- ・今後であるが、霧島山の火山活動について、特別な活動等あった場合は、臨機に部会を開催し、評価等検討する。
- ・本日の会議の議事概要を、部会長にご確認いただいたうえで、気象庁ホームページにて公表したいと思うので、ご了承いただきたい。
- ・火山噴火予知連絡会第1回霧島山部会を終了する。

(終了)