

資料2

火山噴火予知連絡会 第2回霧島山部会 議事録

日時：平成30年12月19日（水）13時30分～16時30分

場所：気象庁5階大会議室

出席者：部会長 鍵山

委員 石原、大湊、齋藤、篠原、棚田、中尾、中田、藤原、松島、森、山本

学識経験者 小林、田島

オブザーバー 国土地理院、防災科学技術研究所

事務局 宮村、長谷川、井上、小野、吉開

気象庁 後藤

欠席委員 木川田

○開会

<気象庁>

- ・火山噴火予知連絡会第2回霧島山部会を開催。
- ・開催趣旨：2018年7月24日に開催した第1回霧島山部会における議論を踏まえ、中長期的な観点から、今後の霧島山の火山活動のさらなる活発化に備えて、過去の活動履歴や研究成果等について委員の皆様と情報共有し、さらに議論を深めることを目的に開催。
- ・出席者・欠席者・オブザーバーの紹介。
- ・本日は、テレビ会議システムにより、福岡管区气象台、鹿児島地方气象台も会議に参加。また、全国の火山監視・警報センター、宮崎地方气象台とテレビ会議を接続しており、霧島山に関係する地方自治体等関係機関の方々も傍聴。
- ・福岡管区气象台、鹿児島地方气象台では、昨日(12月18日)の口永良部島の噴火対応を行っているところであるのでご了承ください。
- ・配布資料確認。

○霧島山部会における検討の進め方について

<気象庁>

- ・本日の部会での検討趣旨と進め方について改めて確認。議題は3つ。
- ・一つ目は、新燃岳の火山活動について。2011年程度のマグマ噴火が起きる際に予想される異常を洗い出し、現状のマグマの状態などから今後の噴火の可能性をどう考えるかを議論する。マグマ噴火の前及び噴火時に確認された異常について、過去2011年、2018年の時にみられた異常現象にどんなものがあったかを確認したい。新燃岳マグマの状況とマグマ噴火の可能性について、マグマ収支の議論と物質的なマグマだまりの状態を噴出物から確認し、今後のマグマ噴火の可能性の議論をお願いしたい。
- ・二つ目は、えびの高原（硫黄山）周辺の火山活動について。硫黄山で現在続いている地殻変動を評価し、霧島山のマグマ供給系を考慮しながら、小規模噴火（1kmを越える大きな噴石、火砕流（低温を含む）の発生）の可能性を議論していただきたい。ポイントとして、硫黄山で観測されている

地殻変動について、やや深いところで膨張が続いているのではないかとということと、硫黄山のマグマ供給系と活動史を見ながら今後想定される噴火についても議論をお願いしたい。

- ・三つ目は、その他の火山活動について。本日は、韓国岳の噴火履歴及び活動の推移の概要について、鹿児島大学の小林先生にご紹介いただく。その他、最近大幡池、大浪池、手洗・丸尾温泉、韓国岳などの広範囲に渡って起きている地震活動についてどのように解釈するべきか議論したい。

<鍵山部会長>

- ・一つ目と二つ目の議題については、これまでの気象庁の対応で大きく間違っていることはないと考えている。
- ・えびの高原で大きめの活動が起きたらどのような事が考えられるか、また、今想定しているところ以外で起きるときにはどのようなことがあり得るかについては、予備知識として皆さんで共有しておいたほうが良いと考え、今回の部会の開催に至った。
- ・特に気になる部分や新たな情報があればご発言いただきたい。

○議事

1. 新燃岳の火山活動について

(1) マグマ噴火の前及び噴火時に予想される異常について

<気象庁>

配布資料（その1）

- ・マグマ噴火前に起きている現象について、2011年と2018年の噴火前に起きたことを知るために過去の予知連絡会資料から異常現象を読み取った。
- ・資料 p. 3 は2011年の噴火についてまとめた表。第1回の霧島山部会、118回、121回の定例会資料を基にしている。2011年の場合は1月19日の水蒸気噴火の始まり、1月26日のマグマ噴火噴出の始まりをポイントに、“噴火前”と“水蒸気噴火が観測された時期”と“マグマ噴火に移行した時期”の3つのステージに区分し、各観測でどういうことが起きたかを整理している。資料 pp. 4-16 に、2011年について引用した資料を掲載しているので、参考のために載せている。
- ・2018年も同じように整理し、両者を比較した表を最後に付けたので、共通に観測された種目については、特徴をそこで説明する。2011年だけ報告されたものでは、SARの解析では長期の比較でえびの岳付近に隆起がみられており、全磁力の観測では数年前から熱消磁の変化がみられていた。噴出物に関しては東京工業大学の報告があったぐらいで、その他はあまり報告がなかった。
- ・資料 pp. 17-18 は2018年の噴火までを表にまとめたもの。第1回の霧島山部会、141回の定例会資料を基にしている。引用した資料を、資料 pp. 19-43 に掲載している。噴出物については、水蒸気噴火が観測されていた3月1日から5日のデータで、直接マグマの関与を示唆する分析結果が出ていた。
- ・資料 p. 18 の重力観測では、重力減少が昨年秋からみられていた。
- ・資料 pp. 44-45 は、2011年と2018年の両方で観測していたものをピックアップして比較をした表。火山ガス（SO₂放出量）に関しては、2011年はマグマ噴火前に観測がなかったのがわからないがマグマ噴火が発生すると数万トンクラスで放出される。今年の噴火前だと、東京大学の報告では水蒸気噴火の発生する約1週間前からかなり火山ガス（SO₂）の放出があったのではないかと紹介があった。地震に関しては、2011年に比べると2018年は回数がかなり多い。それから水蒸気噴火の時期

に入ると、2011年は水蒸気噴火の時も特に変化はなかったが、2018年は、地震が増減を繰り返しながら増加し、特に低周波の地震やハーモニックな震動が目立って増加した特徴がみられた。

- ・資料 p. 45 を見ていただくと、微動については、兩年とも水蒸気噴火が発生する前はほとんど観測されていない。水蒸気噴火の発生とともに連続的に微動が発生し、特に 2018 年の場合、ハーモニックな震動が観測されていることが特徴。マグマ噴火後は振幅も増大している。地殻変動に関しては、マグマ噴火が始まるまでは傾斜計では特段変化はない。特段変化はない、と書いたが厳密に言うと、2018 年 1 月半ばに微動に伴ってわずかな数 nrad ぐらいの変化はあった。マグマ噴火が始まると顕著な変化をするのが特徴。GNSS 連続観測においても、前年あたりから広域の基線の変化で伸びの傾向はあるが、マグマ噴火が始まる前までは顕著な変化なく、マグマ噴火が始まるとともに顕著な変化（収縮）がみられた。

<防災科研>

- ・資料 pp. 46-47 は SAR の解析結果である。資料 p. 46 の第 1 図は第 142 回火山噴火予知連絡会で提示したもので、新燃岳の火口内が変化している。図の左側は準東西成分、右側は準上下成分。8 月 13 日から 9 月 24 日の期間に生じた地表の変動は、準西方向に動いており、上下が隆起している。噴気地帯は凹んでいる。
- ・その後、衛星を少し変えたものが資料 p. 47 の第 2 図に示している。1 行目はほとんど干渉していない。2 行目、3 行目となってくると第 1 図と同じような傾向が見えてきていることが分かった。第 2 図の一番右下の黒い点の変動を時系列で見たものが第 3 図で、変化が鈍ってきたことを報告している。

<質疑応答>

<鍵山部会長>

- ・例えば新燃岳付近で地震が増えてきたとか、地殻変動が出てきたといった場合に、気象庁で、水蒸気噴火など新鮮なものは出さない程度の噴火になるとか、これはマグマ噴火にいくだろうかとか、その辺についての考えは何かあるか。

<気象庁>

- ・2 例しか見ていないため何とも言い難いが、今年の 3 月に噴火した際は、火口底内に溶岩が溜まっている状態で噴火している。2011 年とは単純に比較できないかもしれないが、例えば地震の特徴でいうと低周波が顕著に出たとか違いがあり、噴出物を解析していただければある程度マグマの直接関与していたものが、見えてくると思う。ただ、水蒸気噴火が始まった時点でそういう可能性があるという評価になるのかもしれない。2011 年と 2018 年はたまたまかもしれないが、水蒸気噴火が発生してから一週間弱程度経てからマグマ噴火が発生したのは何か関連があるのかもしれない。

<防災科研>

- ・2011 年 1 月 19 日は“マグマ水蒸気噴火”であるが、気象庁のまとめには“水蒸気噴火”と書いてある。水蒸気噴火は 2011 年の場合は、2008 年 8 月から始まっており、次第に間隔が短くなり、規模も大きくなり、19 日にマグマ水蒸気噴火が発生してマグマが入ってきたという状況だった。それから 2017 年の場合は、水蒸気噴火が分からないがこの中にマグマ物質が入り始めていたということで、次発生する際にもやはり 2017 年と似たようなことが起こって物事が進行するのではないかという気はする。2017 年 10 月に大量の SO₂ が出ていたわけで、それはマグマが地下に来ているこ

とを明らかに示しているため、混乱を防ぐため“マグマ水蒸気噴火”と資料に書き換えていただきたい。

<気象庁>

- ・訂正する。
- ・本格的なマグマ噴火に至る過程、または噴火後かもしれないが、今回はガスの放出量が2011年、2018年に極端に増えたところが我々の観測においても有効であったと思う。火山灰の解析で本質的なものが増えているというところも有効ではあったが、ガスの観測ができればある程度すぐに分かるので、有効であったと考えている。

(2) 新燃岳マグマの状況とマグマ噴火の可能性

<地理院>

追加資料(国土地理院)

- ・資料 p.1 は5月～9月までの4ヶ月間の変動のベクトル。資料 p.2 が9月～11月の2ヶ月間。資料 p.3 は11月～12月の1ヶ月間。期間が半分ずつになっているが、スケールを同じに書いたため、どんどん小さくなるのは当然だが、えびの、牧園、都城など遠くの方のベクトルを見ると、最初は膨らむ方向だが、9月～11月はかなり小さくなっている。最近の1ヶ月を見ると、ほとんど遠くのベクトルは見えなくなっている。これを時系列で見たものが資料 p.4。左側のグラフが長期で、右側が短期間。えびの、牧園という一番遠くの基線で、2011年も2017年もここが膨らんだ後に新燃岳で噴火した。右側のグラフを見ると9月以降はほとんど平になっている。資料 p.5 はやや短いM霧島山Aから万膳という基線だが、これはほとんど平になっている。深いマグマを見ていることを考えているが、9月以降は平になっている。
- ・資料 p.19 は、新燃岳の火口付近の干渉 SAR で東西方向の干渉を合成しているため、資料の下側の“準上下方向の変位量”と“準東西方向の変位量”を見ていただきたい。これは5月～12月と長い期間だが、新燃岳の左側、コーンの形をした部分がだいたい沈降している。右側は東西に縮む方向で新燃岳の山体が数センチほど収縮しているということになる。ここは2014年から2017年の間はほとんど同じ形で膨張していた。つまり、2017年の3月まではこの部分が膨張していて、3月以降は新燃岳の山体の変化はほとんどみられなかったが、9月以降は収縮に転じている。想像になるが、地下のマグマからの圧力は新燃岳の浅い地下1kmにソースがあると思うが、そこに圧力が伝わっているように見える。最近はその圧力が弱まったので沈降に転じたのではないかと考えている。

<質疑応答>

<鍵山部会長>

- ・防災科学技術研究所の資料(配布資料(その1)p.47の図3)で、隆起しているが頭打ちになっているように見えていたが、地理院は収縮しているとおっしゃった。どういうことか。

<地理院>

- ・これは観測している場所が違う。防災科学技術研究所が示されているのは、火口の溶岩の蓋になっている部分である。蓋になっている部分は膨張している。なぜかはわからないが、おそらく遅延発泡が起こっているのではないか。一定状態に落ち着いているというのが防災科学技術研究所で示された話。国土地理院で示したのは、その外側で、山体のコーンの斜面の部分の直径2kmぐらいの部

分で、そこは 2017 年ぐらいまでは膨らんでいたが、最近の数ヶ月は明らかに縮んでいるという話である。

<産総研>

配布資料（その1）

- ・資料 p. 69。概要を説明すると、2011 年の噴火は比較的苦鉄質なマグマと珪長質なマグマが混ざったものが出てきている。斑晶は、苦鉄質なマグマの代表としてはオリビンがあり、珪長質のマグマからは様々な斑晶が出てきている。2018 年の噴火の時には、オリビンがなかったというのが一つの特徴で、それ以外は 2011 年の噴火と同じような斑晶が出てきている。中のマグマの組成を見ると基本的には 2011 年と同様で、全岩組成も同様であるが、細かく見てみるとメルトインクルージョンの組成がやや珪長質になっている。前回、2018 年に噴出したマグマは 2011 年に噴出したマグマと同様のものではあるが、混合が十分進んだようなものが出たと報告した。
- ・今回それを具体的にしたものが資料 pp. 73-74。資料 p. 73 の上の方は 2011 年のマグマ混合モデルで、下の方は、マグマの石基組成を測ったものを示している。その組成は、実際に MELTS という平衡計算のプログラムで計算しても平衡状態にあるような組成になっていることが分かるので、反応平衡に近い状況のマグマが出たということが計算からも示される。それと同じことは資料 p. 74 の図 8 の MELTS の組成の分布からも推定される。図 9、左下側が 2011 年のもので、2011 年の噴出物というのは、もともと珪長質な A₀ というマグマと B という不均質なマグマが混合したものが基本的に出てきているが、2011 年の噴出物は見た目上、灰色の軽石と白っぽい軽石が出た。それは混合の比率が違うようなものが出ていて、灰色のものがどちらかという主のものであった。
- ・2018 年の噴出物は、灰色の軽石であった。これは不均質なものだったが、これが十分混合が進んだそのものが出ていているように見える。
- ・2011 年の混合は 2 段階に起きていて、噴火直前に起きた非常に短い混合と噴火数日前に起きた混合があって、噴火数日前に起きた混合というのは、苦鉄質のマグマとその上にあった珪長質なマグマが混ざった混合だろう。そうすると苦鉄質のマグマが数ヶ月かけて蓄積したと考えれば、いわゆる地殻変動のパターンと一致するだろうと考えていた。ところが 2018 年に関しては、出た噴出物は、2011 年の時に既に存在していたものではないかと。もしそう考えればいわゆる地殻変動とのそれ以前に注入が起きているということは必ずしも整合的ではない。
- ・問題は 2018 年の噴出物で、見かけ上は 2011 年の出てきた混合物のマグマはより平衡状態に近づいたものには見えるが、本当に 2011 年の時に混ざり始めたものであるのか、それとももう少し短いものであるのか。そこまで分かっていないのが現状である。

<質疑応答>

<鍵山部会長>

- ・地殻変動では 2011 年も 2018 年も伸びがあったと説明があった。しかし、産総研の報告によれば、最初はマグマ混合があり、2 回目はそれがより平衡に近づいた状態が出てきているから、確かに深部のマグマだまりだと思っているところで混合が起きているとしたら、合わないということになる。混合が起きている深さは、やはり地殻変動から推定されているところで混合しているのか。それとももう少し深いところでそれが起きていて、何らかの事情で上がってきて膨らませているとしたら、それは整合的になるかもしれない。その深さについては何か情報を持っているか。

<産総研>

- ・深さの正確な情報はないが、2011年に関して言うと、混合自体は噴火の数日前にしか起きていないため、混合したものが蓄積されたわけではない。2011年の場合も苦鉄質のマグマが膨張を起こすように注入されていて、溜まったものが噴火数日前に混合していると考えられる。それがマグマだまりという大きなところで起きているのか、場合によっては数日という非常に短いスケールで起きているのか。上昇中に混合が起きているともいえるので、場所に関しては明確なことは言えない。

<防災科研>

- ・東宮さんは、2013年に書いたモデルは一つのマグマだまりで物事が起こっているという解釈なのか。

<産総研>

- ・これは一つのマグマだまりで起きているべきだということを言っているのではなくて、このモデルの元になっている解析結果は、BとA₀が混ざってメインのマグマが出来たのは噴火の数日前である。それに対して白色軽石に出てくるような、不均質なものはもっと短いタイムスケールで起きている。それはおそらくプリニアンな噴火が起き始めている最中ぐらいの数時間といったタイムスケールだろうということを解析していて、それを図にしている。分かりやすく一つの図にしているだけで、場所のことを主張しているわけではない。

<防災科研>

- ・例えば浅いものと深いものがある、それぞれAとBだとすると、火口から出てくるまでにどこかで混合しているという話で、2018年の噴火もやはり浅いのがまだ存在していて、どういうわけか今度は混ざって出てきているという話なのか。しかし、Bは出てきていないということか。

<産総研>

- ・2011年の噴火ではどこで混ざっているかよくわかっていない。Suzuki et al. (2013)のモデル的にマグマだまりで混ざっていることも考えられるが、タイムスケールを考えると噴火の数日前から火道の中で混ざっているとすると、火道の中にA₀というシリシクで且つそのものとしてはほとんど噴火能力がないようなものが溜まっているとも思い難い。その辺が整合的には説明できていない。

<鍵山部会長>

- ・一つの可能性として、GNSSで検知しているものというのは、深部から注入されたものが溜まってそれが上がってきているが、混合はもっと浅いところ、地殻変動観測では見えていないようなところで混合して、噴火しているということがもしあれば、説明できるということになるのか。

<産総研>

- ・地殻変動に見えているのは、混合している場所である必要は全くないし、混合が地殻変動に見えていることはない。地殻変動を起こしているのはおそらく図9でいうと、黒いBと書いているものが注入しているというのが基本的に想像しやすいことだと思う。その溜まったところが混合している場所であるのかということについて、明確な根拠はない。そうすると、2018年の混合したものが溜まっていたところが地殻変動を起こしたところであるかはよくわからない。ただし、2018年以前の注入されたBは2018年の噴出物と関係あるのか、それとも2011年の場合、Bが注入する過程は数ヶ月かかって、混合する過程は数日だが、混合が数ヶ月の間に順次起きていたとすると、2018年の噴出物は同じように作れるかということ、そこは定量的に解析していないし、実際に考えた人間でなければわからない。2018年の噴出物は2011年と関係ないが、数ヶ月かけて作り続けたものの産物であるという可能性は否定できない。

<鍵山部会長>

- ・ところでん式に上の方で十分平衡になったものがでてきたけど、地殻変動で増圧していたというのはもっと深いところからで、それは直接は出てきていないということだと、今僕らが持っているデータは説明ができるという事になりそうだ。

<防災科研>

- ・2011年の噴火も2018年の噴火も、ところてん式に出てくるということは印象深い。今まさにおっしゃったように、そのうちBが出てくるのではないかと思うが、過去の噴火をいろいろ見ていると、たとえば資料 p. 71 にまとめている古い時代からの噴出物を見ると、温度がほとんど同じである。そうすると、この火山は似たような組成のマグマしか出てこない仕組みになっている。マグマ混合も起こっているが、Bが出てくるというようなことはおそらくないと思う。

<日本工営>

- ・過去もっと古い時代のマグマをみると、資料 p. 74 の図 8 に書いてあるメルトインクルージョン、混合されたといっているものとそっくりなものが2300年前とか4500年前ぐらいのマグマも溶岩として出続けているため、何かに混合して溶岩が出てくる仕組みが新燃岳の中では続いているという印象を持った。

<鍵山部会長>

- ・物質科学的な知見と地殻変動から我々が持っているイメージが、似ているようで実は違うものを見ている可能性があるという問題の本質が今日初めて分かったような気がした。
- ・今まで気付いていないが、地殻変動や地震活動でそういうものが見えてこないかといった問題意識を持ってみていただけると新しい発見があるかと思う。

2. えびの高原（硫黄山）周辺の火山活動について

(1) 硫黄山で観測されている地殻変動について

<鍵山部会長>

- ・硫黄山で現在続いている地殻変動がどうなっているのか議論していただきたい。問題点としてはレベル2ではなくて3になるような噴火、1kmを越える範囲に大きな噴石や火砕流（低温を含む）が到達するのはどんな観測事実を捉えたら起きると考えなくてはいけないのか。

<気象庁>

配布資料（その2）

- ・資料 p. 3 の図 10、硫黄山の近傍に設置したGNSSの基線長変化図である。青矢印は硫黄山で2018年3月頃から山体の膨張を示す変動を表している。4月19日の噴火後に山体の収縮に転じたが、また赤矢印のように6月上旬頃から再び伸びの傾向が続いている。
- ・資料 p. 4 の図 14。傾斜変動やGNSS観測から求めた圧力源を推定したものである。例えば直近の2018年6月から9月の期間で計算すると、硫黄山の直下の海拔下の400mぐらいのところで $5.8 \times 10^5 \text{ m}^3$ の体積膨張を推定している。
- ・資料 p. 5 は図 10 と関連しているが、韓国岳付近をエリアに分けた面積ひずみの変化を示している。
 - ①、②のエリアは、硫黄山近傍のエリアでは噴火前や噴火後に明瞭なひずみの増加がみられた。
- ・2017年の冬場にも変化しているがこれは地面の凍上によるものと考えている。

<九大>

- ・資料 p. 8、硫黄山周辺の水準測量の結果についてまとめた。福岡管区気象台から説明があった通り、硫黄山では噴火後も膨張を続けている。
- ・資料 p. 10 の図 4、圧力源を深さ約 700m、難帯水層の下にある堆積層が膨張していると考えた場合の体積量の変化についてである。2015 年から徐々に膨張を始め、2016 年、2017 年は一旦下がり、2017 年 10 月が一番低くなっているが、GNSS 観測を考慮すると 12 月頃から膨張を始めて、2018 年 4 月に噴火した。一旦収縮するが、その後さらに膨張し続けているというのが水準測量からの結果である。
- ・別紙「硫黄山周辺の地殻変動データの統合解析」。気象庁の GNSS データ結果などと比較したものである。このデータは水準測量の結果と九州大学で 12 点程キャンペーン観測点を作って硫黄山の周辺に置いた結果と、気象庁の連続観測点の結果。この中に GEONET と機動観測点のデータも含まれていて、解析自体は気象庁でされたものをいただき解析した。
- ・図 1 は連続観測点のデータを見ると冬期間の凍上現象とみられる顕著な変化があり、上下変動だけではなく水平変動も大きな影響を受けているようで、気を付けなくてはならないことが分かった。
- ・図 2 は 2017 年 11 月～2018 年 3 月の間の凍上期間を挟んで、その前と後の比較をしてみたもの。水準測量のデータでは、×印が書いてあるところの圧力源でよく説明できるが、どうも GNSS のデータは説明できないということから考えると、凍上前後で元に戻るのではなく、変位が残ってしまっている状況があるので、今後その解析には気を付けなくてはならないと指摘している。
- ・図 3 は、浅い圧力源と深いマグマだまりの中間あたり深さ 1～2km ぐらいにマグマだまりがあるということ、前回の予知連絡会の時に気象庁が指摘していたが、それを検証してみた図である。この解析結果から見ると、浅い部分の難帯水層の下部分にあるマグマだまりとえびの岳の下にあるマグマだまりの 2 つのマグマだまりで十分説明できるのではないかと考えている。唯一説明できないのは韓国岳の気象庁の点である。この点に関しては 7 月頃から 9 月にかけて南東側に大きく動きすぎている感じがする。図 3 を見ると赤い矢印がすごく大きくて、GPS の変位は推定されたものは非常に小さいものになっている。韓国岳を外すと非常によく決まるので、これは韓国岳が何らかの別の動きをしているのではないかと考えている。
- ・図 4 に関しては、硫黄山周辺部とキャンペーン観測の点といろいろ含めて考えても、GPS を入れたときによって値が変わるが、大体地下 800m にあると推定された。難帯水層部分の圧力源の膨張だけで説明ができるのではないかと考えている。
- ・圧力源の推定の際は韓国岳のデータに関しては気を付けたほうが良い。
- ・地理院のデータに韓国岳を使った結果が出ている。それもこの部分だけ変化が大きいと考えているので、それを除いて圧力源としては浅い部分の圧力源とえびの岳の下深さ 7km ぐらいのある圧力源だけで説明できるのではないかと考えている。

<防災科研>

配布資料（その 2）

- ・資料 p. 11. Sentinel-1 の SAR 干渉で調査した結果である。前回の予知連絡会で報告しているが、硫黄山の南西部及び南部において、衛星-地表間距離短縮変化がみられる。それは 2018 年 5 月から 8 月までで、変化量は 3cm 程度である（第 1 図、第 2 図）。それ以降に、顕著な変化は認められない。第 1 図がその変化を表していて 2018 年 5 月 4 日を基準として、ある期間で干渉させている。2 列目の 5 月から 7 月から赤いものが出ている。右下の黒い点の変化をみると、7 月以降あまり変化がみ

られなくなった。

<地理院>

追加資料（国土地理院）

- ・九州大学から報告があった通り、韓国岳のベクトルは確かに異常である。資料 p. 1 を見ると韓国岳はかなり南東に向いているが、その次を見るとかなり小さくなって、最近の11月と12月は、韓国岳は反対の北西側を向いている。韓国岳と韓国岳北東については他とは説明のできない動きをしており、地下の状況を反映しているものではないかもしれない。
- ・資料 p. 18 が新燃岳と同じ期間の干渉 SAR の準上下と準東西方向の変化である。5月から12月の間だが、左側を見ると硫黄山周辺で盛り上がっていて、東西方向を見ると東西に広がる動きだが明らかに硫黄山周辺で膨張がみられる。厳密には見積もっていないが、九州大学が言われたように深さ数百メートルでの膨張であれば説明できる。ただし、この膨張は過去で見たものと違う。第一回霧島山部会の資料（その1）の資料 p. 123、2018年の3月から4月はほぼ同じ場所を同じ方法で解析したものである。真ん中の膨張量が非常に大きく、範囲がとても狭い。つまり、3月から4月の膨張源は浅い。膨らんでいた真下100m程度の部分が膨張している。ところが、12月にかけての膨張はもっと深い場所だと言える。

<質疑応答>

<鍵山部会長>

- ・ 10^4m^3 オーダーで4月には噴火したが、今や 10^5m^3 オーダーまでになっている。4月に噴火したときの膨張量を噴火発生のしきい値と考えたと、すでにしきい値を超えており、それなりに溜め込んでいるということになる。

<九大>

- ・一つの考え方として、圧力源が浅くなっているため見かけ上体積が増えているように見えている可能性はある。私の解析自体は、深さも最初に決めた2017年の10月に決めた深さですずっとやっているのだから、浅くなると減るという可能性はあるが、増えていることには間違いはないと思っている。

<鍵山部会長>

- ・九州大学で言われたのは、場所は-800mということで、前よりも深くはなっているのか。

<九大>

- ・それはGPSを含めた場合の結果のため、私が水準測量だけでやっているものとどうしても違ってくる。完全な茂木モデルでなくて、縦長の楕円体であるとかそういうことから影響を受けている可能性もある。過去からの水準測量だけを考えると膨張し続けており、深さも2016年、2017年ぐらいよりは2018年の方が50mぐらいは浅くなっているように見える。GPSを含めると800mぐらいになってしまうので考えなくてはならないが、少しは浅くなっており、南西側に中心が動いていることも合っている。

<鍵山部会長>

- ・気象庁の資料 p. 4 の図14だと、圧力源の深さは浅くなっているが 10^5m^3 になっている。

<九大>

- ・「-400」とは、海面下-400か。

<気象庁>

・海拔下400mということである。

<九大>

・深いソースに関しては、韓国岳がデータを引っ張っていると考えているためこのソースは採用しなくていいのではないかと考える。

<京大>

・硫黄山付近の地震活動の変化はどのような状況か。

<気象庁>

・分かりやすいのは、資料(その2)p.4の図14、9月末だが硫黄山の地震活動を示したグラフである。

<気象庁>

・資料p.4の図14の傾斜グラフだが、最近のごく近傍の地下水か何かの影響を受けて変化していると考えている。硫黄山全体を示す指標ではないと考える。傾斜計は地下20mに設置しているが、そこに設置している温度計も上下を繰り返している。地震回数に関しては、活動は活発に続いておりBL型地震や規模の大きめのものも含まれている。浅い所の地震活動はいまだに活発であると考えている。また、表面現象として硫黄山の南側の火口付近の湯だまりもこの期間かなり変化を繰り返している。例えば、水量がなくなった時もあり、その後また復活するという事が起きた。赤外画像の解析によると温度も変化しており、熱水活動がいまだに活発である。

<京大>

・震源分布はどうか。例えば、震源の広がりが増えたりか数が増えるなどあっても良さそうだが、4月の噴火以降、この周辺の震源分布に特徴は何かないか。

<気象庁>

・震源は主に硫黄山直下にほぼ分布しており、あるクラスターを形成しているが、その範疇で起こっていると思われる。ただ、先々月くらいにそのクラスターから外れたところで地震が起こったことがあり、それは規模が大きくて、有感クラスのものであった。硫黄山の西側約1kmのところでははっきりした構造的地震に近い波形をしていた。その時は注視していたが、今はその場所での地震も収まっている。現在は硫黄山火口直下の地震活動を続けているという状態である。

<鍵山部会長>

・ 10^5m^3 の壁を軽く突破しているにも関わらず、なぜ噴火しないのか。それに関して何かお考えの方はいるか。

<九大>

・表面現象的に言っても非常に落ち着いてしまっている状態である。4月の噴火の時に、一度亀裂が走って、途中の泥を一緒に取り込みながら一斉に噴出したが、今は道が塞がった状態で止まってしまっているように見える。湯だまりも前は、硫黄山の南側の周辺でたくさん出ていたものが、今は逆に低いところの西側のところで泥水が出ており、高温の噴気が出ていたところも収まってしまっている状況である。表面現象的には収まっているが、地下はどんどん溜まっている状態が現状である。あとは、例えば化学的な温泉水などについて、もう少し専門の人に聞いていただきたい。

<鍵山部会長>

・温泉水や湧水に関して言うと、4月頃はピークだったものが一旦6月ぐらいに収まって、7月以降またマグマ性のものでなってきた。

<九大>

- ・先行していると考えていいのか。

<鍵山部会長>

- ・松島委員の水準と傾向はほぼ合っている。だんだん危ない方に向かっているような結果にはなっている。それが土砂噴などで終わってしまえばどうということはないが、かなりのところで圧力を溜めて、噴石を遠方に飛ばすことになることを一番恐れている。それはきっと直前に地殻変動に出るだろうという期待はあるが、少なくとも今の状況は次第に危ない方に向かっているという認識は、気象庁及び委員の皆様も持っているかと思う。

(2) 硫黄山のマグマ供給系や活動史から今後想定される噴火について

<日本工営>

配布資料 (その2)

(資料 pp. 45-49 に沿って説明)

- ・今回の説明では、六観音御池 (Ro)、甑岳 (Ks)、韓国岳 (Kr)、えびの岳 (En) の間にみられる新しい火山地形をえびの高原と呼ぶ。その中の不動池 (Fd) 周辺や硫黄山 (Io) から溶岩を流出。その南側に山体崩壊による流れ山の地形が点在。
- ・えびの高原の活動開始はFd-L (不動池の溶岩) であり、9,000年前の年代である。最初のマグマ噴火。
- ・その後比較的時間が空き、約4,300年前に韓国岳北火口から水蒸気噴火を起こした。この水蒸気噴火は地層から2回くらいの活動があったと読み取れる。最初の活動は水蒸気噴火、次の活動は水蒸気噴火→山体崩壊→マグマ水蒸気噴火と推移して活動が終わった。ただし、どれくらい期間が続いたかは地質調査レベルでは不明。
- ・次の活動が約1,600年前で、不動池火口で水蒸気噴火が起きた。注意すべきは、前後の違う時代にラハール堆積物がみられること。2018年の活動を見ると、これらラハール堆積物も何らかの示唆をしているのではないかと。
- ・300年から400年前にはマグマ噴火が発生し、硫黄山の溶岩を形成した (かつては1768年の活動とされていた)。ブルカノ式噴火により放出された火山灰が確認されている。
- ・最新の噴火活動は、1768年の水蒸気噴火と考えられる (火山灰の年代測定と歴史時代の記録の照合から特定)。
- ・過去の中では水蒸気噴火が3回、マグマ噴火が2回発生しており、水蒸気噴火が比較的卓越する活動域だと考えている。4,300年前のテフラには最上部に新鮮なガラスが含まれており、活動の終盤にはマグマ水蒸気噴火を起こすことも考えられる。また主な噴火毎に火口位置がズレている。比較的最新の時期は、硫黄山もしくは硫黄山東火口の狭い範囲で活動。
- ・2018年4月19日の水蒸気噴火の噴出量は、防災科研の方で2,000m³と推定されており、1768年の水蒸気噴火による噴出量240万m³と比べて桁違いに小さい。2018年の程度の噴火や土砂噴出は地層に残らないので評価が難しいことを考慮する必要がある。
- ・1768年と2018年と比べると、推移は良く似ているが、期間が2018年は1日くらいでほぼものを出し切ったが1768年では40日ほど続いた。噴出量は圧倒的に違う。泥水はどちらもあったと考えられる。噴石については、2018年は150mくらい飛んでいるが、1768年については調査が済んでいな

いので不明。

- ・赤崎・井村（2018）によって、最近のボーリング調査の結果で、9000年前と17000年前の間の火砕流の存在が報告された。コアサンプルを写真判読レベルで調べたが、火砕流とされていた溶結凝灰岩の層を見る限りでは、明瞭にオリジナルの火砕流の存在を示すものとは思われず、今後検討が必要。現状では、プリニー式噴火に伴うような火砕流を噴火シナリオ等で考慮する必要はないと考える。

<質疑応答>

<九大>

- ・火砕流や火砕サージのものはなかったと考えていい、という結論でいいのか。

<日本工営>

- ・該当時期にプリニー式噴火に伴う火砕流はなかったと考えている。

<鍵山部会長>

- ・韓国岳の北西から不動池、もっと拡大しても六観音御池ぐらいの帯状のゾーンで噴火が発生しているということで、そこから外れるような韓国岳の西、えびの岳に向かっていくようなところでは噴火は特に確認はされていないということか。

<日本工営>

- ・それは確認しておらず、最近の活動として、硫黄山周辺でほとんどのことが起きているため、かなり狭い範囲で物事が起きている印象は持っている。

<鍵山部会長>

- ・不動池は水が溜まっていて、六観音御池や白紫池の辺りが帯水層の上面ぐらいという気はしている。硫黄山は、雨季には確かに東側で窪地に水が溜まったりしているが、特にあそこに水がずっと溜まっていたということは、確認されていないのか。

<日本工営>

- ・確認はしている。道路の傍に湧水があると思うが、恐らくあの辺りが地下水面ではないかと考えている。

<鍵山部会長>

- ・活動の推移に関して、通常だと最初にフレアティックがあって、だんだんマグマティックに変わっていくということが一般的かと思うが、えびの高原のマグマ噴火の時に時間的な推移として何か知見を持っているか。

<日本工営>

- ・水蒸気噴火からマグマ水蒸気噴火と書いてある韓国岳北とっている 4300 年前に出た火山灰については、初期水蒸気噴火だったが、後半になると、ガラスが入ってくるようなこともある。それがどのくらいの時間かというのは地質からそこまでの精度は持たないが、今わかっていることは一番上にマグマの欠片が入っていたかもしれないということぐらいである。もう少しそこは詳しく調べたい。

<鍵山部会長>

- ・韓国岳の北西側は爆裂火口になっているが、それが山体崩壊と思っている。資料 p. 47 の表だと、どのあたりになるのか。

<日本工営>

- ・岩屑なだれについては約4,300年前の水蒸気噴火からマグマ水蒸気噴火の中で発生していたことは、テフラ層の中にその岩屑なだれの堆積物が入ってくるということで確実である。韓国岳の爆裂火口の端が少し欠けるような現象だったと考えている。爆裂火口そのものというよりは、もう少し端のほう、韓国岳北の付近が崩れたと考えている。

<鍵山部会長>

- ・ここに関与しているマグマは、例えばドームを作るようなデイサイトではなく、安山岩質マグマだと思っていいいのか。

<日本工営>

- ・その通りである。硫黄山はシリカ60%ぐらいで、安山岩の高いほうである。新燃岳でいうと、白色軽石よりも少し低いぐらいの組成が硫黄山のマグマである。

<鍵山部会長>

- ・例えば他の溶岩ドームをいくつか作っているような火山で、次のドームを作ろうとする時にやはり山体を破壊するような活動があるが、それはここの中では起きていないと考えていいか。

<日本工営>

- ・今のところは起きていない。水蒸気噴火の時に、山体崩壊を起こしたというのが唯一の事例である。

<防災科研>

- ・1768年の古文書では、有感地震の話は出てくるのか。

<日本工営>

- ・この中にはその記録はない。地震ではないが一つ付け加えると、1768年の水蒸気噴火の火山灰層があり、その直下に土石流みたいなものがある。それがどういった関係で発生したのかというのは、今はよくわからない。ただ、その火山灰層の下位に泥流堆積があるのは事実である。

3. その他の火山活動について

(1) 韓国岳の噴火履歴、活動の推移の概要

<鹿児島大>

配布資料(その3)

(資料 pp. 3-22 に沿って説明)

- ・韓国岳の地形の特徴：山頂火口の北東側に溶岩地形があり、えびの岳の方向はほとんど火砕流堆積物。北東側でも溶岩流の先の甕岳の東側は火砕流堆積物。このように韓国岳の山麓には溶岩あるいは火砕流堆積物があり、山頂部は、軽石が溶結してできたアグルチネートの岩体からできている。
- ・噴火史で見ると、最も古いものとして、現在の韓国岳火口付近に古韓国岳があり、南東側の琵琶池付近にも古い山体(琵琶池火山)が存在し、大きな水蒸気爆発を起こしている。
- ・22,000年～19,000年の間に甕岳テフラ(甕岳スコリア、以前は飯盛山スコリア(遠藤・小林ローム研究グループ(1969))または韓国岳スコリア(Imura(1992))と呼ばれたもの)を堆積させる噴火があり甕岳が形成された。甕岳テフラの年代については、研究者の間で意見の相違があり、今後も要検討。
- ・22,000年～19,000年の間、甕岳の活動より新しい時期(上位の層)に、古韓国岳の山頂で溶岩の流出あるいは大王テフラを堆積させる噴火があった。新时期韓国岳の活動の始まりで、以後の活動で

現在の韓国岳が形成された。

- ・16,700年前頃（奥野（2002））、小林軽石を堆積させる噴火があった。活動は、初期にブルカノ式噴火があり、その活動中に非常に発泡の悪い火砕流（ブロック・アンド・アッシュフロー）が流下した。その後、プリニー式噴火により大量の軽石が噴出した。噴火では、粉に富んだ火砕流と淘汰の良い降下軽石が交互に繰り返された。その後、少し休止期があって、活動の末期にはブルカノ式噴火があり、火口内に溶岩ドームが形成され、最後にその溶岩を吹き飛ばす噴火があった。メインの火口は、現在の山頂火口と北西側の窪地の部分。
- ・その後、南東側の琵琶池付近と西側の割れ目火口で水蒸気噴火があった。これらの噴火の年代はわかっていないが、少なくともアカホヤ（7,300年前）より古いことはわかっている。
- ・それ以降は、現在の火口の北西側の山体崩壊を伴う活動で少なくとも4回の噴火が確認されている。小林軽石までは韓国岳を作る活動であったが、それ以降は韓国岳を壊すような活動になっている。

<質疑応答>

<鍵山部会長>

- ・小林降下軽石のボリュームとしてはいくらになるか。

<鹿児島大>

- ・はっきりと覚えていないが、2km³ぐらいだったかと思う。プリニー式噴火の中ではそれほど大きくはない。ただ、普通のボラの噴火に比べたら遙かに大きい。

<鍵山部会長>

- ・高原スコリア、御池軽石はどうか。

<鹿児島大>

- ・高原スコリアは準プリニー式噴火であり、テフラとしては4回繰り返しているが、トータルでも0.1km³もいかないはずである。御池軽石は小林軽石より大きかったかもしれない。

<日本工営>

- ・御池軽石は確か3km³だったと思う。

<鹿児島大>

- ・御池軽石はどちらかというと火口近くであまり溜まっていない。小林軽石は火口のところで厚く堆積し、コーンを形成している。噴火の様式が違うと思われる。

<鍵山部会長>

- ・そうすると韓国岳だと思っているが、ベースには古期韓国岳があって、韓国岳といっているのは小林降下軽石の時だけで作ったものというイメージなのか。

<鹿児島大>

- ・端的に言うと、小林降下軽石の時に今の山体の土台ができていますが、その直下ぐらいに山麓の南のほうに広がっている溶岩がある。その溶岩も小林軽石の少し前、例えば10年か100年の間があるかもしれないが、そんなに古い時代ではない時に溶岩が出ているかもしれない、というイメージである。そのため、ある意味では小林降下軽石の前兆的な噴火という捉え方ができると思う。

<鍵山部会長>

- ・緊急減災（火山噴火緊急減災対策砂防計画）では、砂防の中で噴火の規模を推定する時に韓国岳の噴出物量の数値はどこかで使われていたか。

<鹿児島大>

- ・使われていないと思う。緊急減災で使われているかわからないが、よく使われているのは新燃岳の享保噴火である。

<鍵山部会長>

- ・韓国は結局使わなかったのか。

<鹿児島大>

- ・韓国はそれに比べて大きすぎる。享保ぐらいなら準プリニ一式の噴火の範疇に入る。

<鍵山部会長>

- ・この規模だと今まで考えていたものより桁が上がるため、ちゃんと韓国岳について知っておかなければならない。

<気象庁>

- ・最近の活動を見ると、当面はマグマ噴火というよりは水蒸気噴火もしくは崩壊等に注意すればいいという見方をするといいのか。

<鹿児島大>

- ・当面はB火口辺りでやっているのですが、この辺りでもう少しアクティブになれば崩壊が起きるとかはあるかもしれない。2016年に登った際に、割れ目が開いていた場所があった。熊本地震の影響だと思うが、非常にフレッシュな割れ目が10cmぐらいある。ひび割れの部分も浸食されずに残っていたので、熊本地震の半年後くらいだがその影響だと思う。崩れ残った部分がまだあるということである。この辺りは非常に急な崖であり、下に熱水変質した古い韓国の山体が露出しており、その上に非常に硬い殻であるアグルチネートが乗っているだけなので、もし噴火あるいは地震活動が起こると、この辺りがまた崩れるという心配はあるかもしれない。ただ、過去に何回か崩れているので、そこまで大規模なものはないと思う。

<鍵山部会長>

- ・山頂部では古期韓国岳と新規韓国岳との標高差を取れば、層の厚さになる。それはどれくらいか。

<鹿児島大>

- ・山頂部は全て覆われているからよくわからない。

<防災科研>

- ・地震が起こっているところや火口の低さでいうと、大浪池のほうは古いですが、出やすそうだと素人的には思うが、次のマグマ噴火が起こるとすると韓国岳ではればいけないということはあるのか。

<鹿児島大>

- ・大浪池噴火は50,000年くらい前のかかなり古い火山であり、それに比べると、韓国岳の北西斜面はもっと新しい地形なので、やはりこの方向だと思う。割れ目火口の方向が大浪池の割れている方向と同じなので、そういう力もある気はするがよくわからない。

<防災科研>

- ・韓国岳の南側で北東-南西の列の震源が並ぶことがある。先ほどの割れ目の方向とよく似ている。

<鹿児島大>

- ・似ているところはある。火口の並びだけで見ると、この先のほうに新燃岳があるので、大局的には韓国岳のほうだという気がするが、はっきりとしたことわからない。

(2) 主要な火口（硫黄山、新燃岳、御鉢）以外で発生している地震活動について

<気象庁>

配布資料（その3）

- ・資料 p. 37 の図 1 に、広域の地震活動と GNSS 基線長変化の結果を掲載している。両者を比較して、時系列的に見ていくと、2017 年 7 月から GNSS の伸びがみられている。えびの岳や大浪池付近などの広域での地震活動があるように読み取れる。2014 年の青矢印の期間や、2011 年の緑矢印の期間にも大浪池付近、韓国周辺で地震増加の傾向がみられ、地震活動と関連しているように見えてところちらでは考えている。
- ・資料 p. 38 の図 2 は 2016 年からの地震活動と GNSS にもう少し広域な図である。2018 年 3 月 6 日から 7 日の溶岩噴出に伴って、GNSS で急激な収縮が観測されたが、その前後の伸びの期間でも広域での地震活動の活発化が見て取れる。
- ・資料 pp. 39-42 を見ると、広域的にまんべんなく起こっているわけではなく、時期的に場所を限定して、地震が起こっている傾向が見て取れる。
- ・資料 p. 45 の図 4、同様に時期的に集中してある領域で地震が起こっている傾向が見てとれる。
- ・資料 p. 46 の図 5 は、韓国岳付近を震源とする低周波地震の震源分布図を掲載している。2018 年 8 月以降に深さ 2km 付近のところで低周波地震が増加しているのが見て取れる。
- ・資料 pp. 47-48 は、領域ごとに地震のメカニズムを整理して並べてみている。資料を作成したもの、なかなか特徴的なところがわからない。霧島山山体の伸張のテクトニックなどと整合して系統的なものが見えれば良かったが、ここからは系統的なものは読み取りにくい。
- ・資料 p. 49 の図 7、精度はあまり良くないが、御鉢の下に位置する低周波地震が引き続き継続して起きていることは特徴的によくわかる。
- ・資料 p. 50 の図 16、2017 年 10 月、2018 年 3 月の噴火、それから 9 月の時に微動が発生したが、その時に大浪池南西の地震動の低周波成分の振幅が大きくなると共に NS/EW 成分の振幅比に変化がみられたので、これはなんらかのマグマの動きを示唆しているのではないかと考えている。また、今年の 10 月以降はデータの安定した状態へと移行しているところちらでは解釈している。

<気象庁>

配布資料（その2）

- ・資料 p. 15 では、第 1 回霧島山部会でも紹介した比抵抗構造、地震波速度構造、マグマ供給系などの紹介をしているが、いくつか追加している。例えば資料 p. 18 の MT 調査の結果や資料 p. 20 の地震波速度構造を追加している。これらの結果を活用して、気象庁では、地下の構造がどうなっているかということについて、我々の監視にも活用する目的で色々イメージを膨らませて図を作っている。例えば資料 p. 24 は、昨年秋の予知連絡会に提出したもので、噴火する前の状況だが、硫黄山周辺の地下はこうなっているのではないかとイメージの概念図である。これらを基に今年の噴火を踏まえて調査結果や気象庁が観測している地震の震源等を活用しながら地下の概念がどんなものかを整理した図を作っており、作成途中のものではあるが、資料 pp. 25-26 に参考になればということで紹介させていただいた。

<質疑応答>

<鍵山部会長>

- ・震源分布が詳細に示されているが、例えば大幡池や大浪池、手洗温泉、韓国岳で発生している地震の中で、韓国岳を中心に周辺部で活発化しているように見えた。私以外にそう見えると考えている方がいたら、なぜそのようなことが起きているかコメントいただきたい。
- ・韓国岳の北東部に地震が頻発していて、福岡管区の方でも気にされている。それはただ単に震源決定精度が悪くて、北東にしみだしているのではなく、意味のある活動をしているのではないか。例えば資料(その3)p.47の図、韓国岳の北東側に起きている地震はただ満遍なく北東側に起きているのではなく、より北側に北東-南西方向に並んでいるのとより南側に並んでいる。例えば1977年の有珠山の噴火の時にU字型断層があってオガリ山よりも北東側が少しせり出すような形で、動きがあった時に横ずれ断層的に北側と南側にあって、その部分がブロック上に北東側に押し出されているという過去があった。そうすると韓国岳の火口直下のところで増圧が進んで韓国岳の山体が北東側に崩壊したがついていないのではないかと気になっている。もちろん地震の規模は非常に小さいものではあるが、そういうこともあり、整合的なメカニズムになるかは見て欲しい気象庁に宿題を出したので、今回このメカニズムの図が出ている。それも踏まえて考えがあればご発言いただきたい。

<地理院>

- ・GNSSの解析で増圧を検知出来ないかというのがあったので、国土地理院の資料p.11。M霧島Aの水平は9月以降先程ほとんど止まっているが、なぜか高さの方を見ると9月以降も伸びているように見える。これだけではなく、例えば資料p.12の万膳(防災科研)も高さ方向は伸びている。資料p.13の夷守林道(気象庁)も伸びている。資料p.14の韓国岳や資料p.15のM霧島2があるが、これは全て硫黄山から韓国岳周辺だけ高さ方向が伸びている。水平に出なくて高さだけに出るのはモデル的には難しく周辺一帯がシートの膨張しているような感じになる。高さ方向なのであまり精度は無いが非常に気にしている。

<防災科研>

- ・資料(その3)p.47の10番のエリアについて、伊豆大島の時、応力場が変わって微小地震が海域で変わった事例があった。応力場の変化についての報告はあったのか。

<鍵山部会長>

- ・具体的に応力場が広域で変わるとは何をイメージされたのか。

<防災科研>

- ・伊豆大島の噴火の時に、確か北西-南東の地震の列が一気に応力場が変わったという事例があったと思うが、そういう意味で広域応力場が変わったのか。具体的なイメージは持っていない。

<鍵山部会長>

- ・韓国岳の地下の深部で増圧すると、周辺に対して押しの応力場がローカルにでてくる。そうすると増圧が進んでない段階では、広域応力に従ったようなメカニズムの地震が起きるが、マグマだまりで増圧が進むと広域応力からは外れたメカニズムの地震が出てくることもあるかもしれない。きれいに結果が出るかどうかは難しいと思いながら是非気象庁に検討していただきたいところである。

<防災科研>

- ・資料(その3)p.23、最近12月8日頃から群発がかなりある。これはえびの地震の場所と同じなのか。

<気象庁>

- ・もう少し北、熊本・宮崎県境に近い方と認識している。具体的な震源分布を今見せられないので申し訳ないが、大体霧島山の山体から20km位離れていたような印象である。

<防災科研>

- ・地震が起こり、えびの地震を思い出したので気にしていた。

<鍵山部会長>

- ・加久藤カルデラの中で地震が群発する時は、エリアが二つある。東部の飯野で起きる地震の群発はやや規模が小さくてマグニチュード4-5クラス。西側の京町で起きるとマグニチュード6までいくという二つのエリアがある。今回のものを見ると東側ではなく西側で、西側だけずっと北の方である。もう一つは人吉の方でこれに連動して地震が多発しているという研究も出ている。加久藤カルデラの中だけが孤立して地震が群発するわけではなくて、人吉側でも起きるということはある。かなりきわどいところで起きている気はしているが、ただちにこれがえびの地震の震源域で起きた感じではないと思う。

<京大>

- ・えびの市の震源域に限らず転々と起こることはある。

<鍵山部会長>

- ・えびの地震はマグマに関係していると昔は言われていたが、おそらく違う。1910年と1960年代にあり、えびの地震から50年経っている。ここでM6クラスが起きると斜面崩壊等もあちこちでたくさん起きるし、それに付随して霧島山体内での地震が増加してくることもあり、それが噴火につながるかどうか、いろいろな判断を求められることがあるため、やはり気にしなくてはいけない事項ではある。
- ・規模が違うから山体崩壊を起こそうとするからには数mの変位が出てあちこちに亀裂が入らないと崩壊は起きないと思っているが、センスとして合っているのか。韓国岳の深部で増圧が進むことによる地震活動の活発化なのかどうかに関して何か考えをご発言いただきたい。

<気象庁>

- ・資料(その3)p.37。最初に福岡より説明があった中で、2011年の噴火の前からの何回かの深部の増圧、蓄積に求められるGNSSの動きと、広域で地震活動が活発化することに関連性があるのではないかということで見ているというのがあったが、これについて各委員はどのようにお考えか。

<鍵山部会長>

- ・福岡管区で監視をしている時に地震がばらばら起きた時にどうなるのだろうかと皆心配はしている。そういう時にこういう理由でここは地震が起きていると解釈できれば大分違う。訳がわからないなか地震が増えているという状況は非常に不安である。様々なアイデアをご披露いただきたい。

<京大>

- ・2014年頃にかけて、韓国岳周辺が伸びだした。それから先程言ったように韓国岳に地震が増えた。今回もそうだと思うが新燃岳側と霧島の南北半分、北側の方がどちらかと言うと伸びで、そうすると震源は相対的にそちらに多くなる。地盤の伸張と地震の発生頻度が割と連動している。これが連動しなくなると逆に注意しなければいけない。
- ・硫黄山が噴火する前にも言ったが、2kmより震源が浅くなった場合は要注意である。これは硫黄山に限らず他の火山もそうである。そういう目で監視をすれば良いと思う。今見ている限りは霧島地

域の地盤のどこが伸張するかということと、地震活動がよく連動していると思う。そのつもりで見
て頂き、合わない時はおかしいと考えていただきたい。

<鍵山部会長>

- ・そういう意味では丸尾温泉は震源が浅くて且つ有感地震が頻発していたので、今回周辺で起きている地震の中では一番心配になる地震活動であったのではないかと。丸尾の地震に関して情報をお持ちの方がいれば、ご紹介いただきたい。
- ・小林先生や田島先生は手洗温泉の水蒸気噴火について何か知見をお持ちか。

<鹿児島大>

- ・元々地すべり地形のところで、当日は台風の通過に伴う豪雨が降っていた。そのため地滑り崩壊が発生し、噴気道を閉鎖したために爆発した。大きなテクトニクスの問題とは関係ないと考えている。

<日本工営>

- ・韓国岳の北東の地震について、2013-2014年に群発した後に硫黄山で噴気が出始める等があったので、その関係はどうなっているのか。情報を持っている方がいたらご教示いただきたい。

<京大>

- ・12月に噴気が出始めて、それまでは震源が広がっていた。それが集中したことで震源が浅くなった。その後地熱が出始めたというような経過である。震源が集中するかどうか、浅くなるかどうかは地表面に表れてくる。

<鍵山部会長>

- ・勉強会なのでしっかり勉強して、課題がいっぱい見つかったというところである。
- ・その2の資料の気象庁が出した深部構造に関する図、これは鹿児島地方気象台でも今まで関係者が発表してきたものを彼らなりにまとめて出してみるとこんなイメージが共通点としてあるものを出している。多分これに自分達で新たな知見を加えるともっと絞り込んで書けることがあるかもしれない。それらについては別の機会に予知連絡会の中でもご披露いただきたい。特に産総研でやられたミキシングと地殻変動とがやはり思っているものとは大分違っているため、どこで起きているかについて説明ができるアイデアが出てくれば、監視業務にとって非常にプラスになると思う。そういったことについて我々の中で検討していけたらいいと思う。

<京大>

- ・硫黄山はマグマ噴火が起きるとすればどういうときに起こるのか。例えば、先ほどの田島先生の話だと数百万 m^3 の噴出物ということであった。地殻変動が $10^6 m^3$ になると危ないとか、次の会議で議論できればいいと思う。

<鍵山部会長>

- ・レベルの上げ下げのシナリオの中で具体的な数字を挙げながら、どんな現象が観測されるか考えながら作り直していくことはあっていいと思う。仮に小さい噴火がまた別に始まったとして、それが短時間でどんどん大きくなっていくことがあった場合に何をもっと大きい噴火が起こり得ると判断するかについても、大事だと思う。確かに地殻変動は今のところ $10^5 m^3$ のオーダーで進んでいる。これがどこまで増えていくのかが当面大事なポイントだと考えている。

○閉会

<気象庁>

- ・予知連の今後のあり方について検討中であるが、霧島山部会については今後も継続したい。中長期的な観点からの調査や検討を進めさせていただくとともに、活動活発化のときには、緊急の火山活動評価にもご協力いただきたい。
- ・火山噴火予知連絡会第2回霧島山部会を終了する。

(終了)