

# 原子力施設における火山活動のモニタリングに 関する検討チーム（第5回会合）

原子力規制委員会

（注：この議事録の発言内容については、発言者のチェックを受けたものではありません。）

原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム

第5回会合 議事録

1. 日時

平成27年3月23日（月）10:00～12:19

2. 場所

原子力規制委員会（六本木ファーストビル13階）A会議室

3. 出席者

原子力規制委員会

石渡 明 原子力規制委員会委員

外部専門家

石原 和弘 京都大学 名誉教授

篠原 宏志 独立行政法人 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 首席研究員

島崎 邦彦 東京大学 名誉教授

清水 洋 九州大学 教授 附属地震火山観測研究センター長

棚田 俊收 独立行政法人 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 総括主任研究員

中田 節也 東京大学 地震研究所 火山噴火予知研究センター 教授

原子力規制庁

平野 雅司 技術総括審議官

櫻田 道夫 原子力規制部長

小林 勝 原子力規制部 安全規制管理官（地震・津波安全対策担当）

森田 深 原子力規制部 安全規制調整官（地震・津波安全対策担当）

安池 由幸 技術基盤グループ 専門職

（オブザーバー）

北川 貞之 気象庁 地震火山部 火山課長

飛田 幹男 国土交通省 国土地理院 地理地殻活動研究センター 地理地殻活動総括研究官

#### 4. 議題

火山のモニタリングの事例紹介など

#### 5. 配付資料

資料1 人工衛星による火山の地殻変動モニタリング

資料2 Caldera unrestと火山ガス拡散放出

資料3 海域火山調査

資料4 「原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム」の提言について

参考資料1 原子力施設に係る巨大噴火を対象とした火山活動のモニタリングに関する基本的考え方（案）

参考資料2 今後の検討事項（案）

#### 5. 議事録

○石渡委員 定刻になりましたので、ただいまから原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム第5回会合を開催します。

最初に、原子力規制庁から配付資料の確認をお願いいたします。

○田上審査官 原子力規制庁の田上です。

お手元の資料の一番上に、本日の議事次第があります。その次にメンバーの名簿を入れてございます。さらに、その次に座席表がございます。

最初の本日の議事次第を御覧ください。議事次第には、本日の配付資料一覧を記載してございます。順番に、資料1、これが飛田先生からの御発表で、人工衛星による火山の地殻変動モニタリング。資料2、こちらが篠原先生の発表のCaldera unrestと火山ガス拡散放出。資料3が、これが矢島先生の御発表で、海域火山調査。資料4が、「原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム」の提言についてでございます。その次に、参考資料1、参考資料2がございます。これは、参考資料1が原子力施設に係る巨大噴火を対象とした火山活動のモニタリングに関する基本的考え方（案）。参考資料2が、今後の検討事項（案）。

配付資料は以上でございます。

○石渡委員 もし資料に不備などございましたらば、原子力規制庁にお申し付けいただければというふうに思います。

それで、本日は、藤井先生と井口先生のお二人が、御都合が合わずに欠席されております。

それでは、早速、本日の議事に移らせていただきます。

まず、モニタリングに関する基本的な考え方と今後の検討事項、お配りした2枚の、それぞれ1枚物の紙でございます。これは前回の会合で修正の御指摘をいただいております。この点、原子力規制庁から修正部分の説明をお願いいたします。

○小林管理官 原子力規制庁、管理官の小林でございます。

参考資料1と参考資料2でございます。今、御紹介ありましたように、前回、コメントがございまして、編集上の修正をしております。

2ページ目でございます。参考資料の2ページです。なお書きのところでございます。ここで、「国として」ということで、主語と述語の関係で少し推進するものが不明確で、文章が悪いということございましたので、そこを直してございます。「国として」、「防災計画を踏まえて、巨大噴火に対処する方策等の調査・研究を推進していくべきである」ということで、主語と述語の関係をしっかりと明記しました。

それから、もう1点、参考資料2のほうでございます。これも先生からの指摘で、1. モニタリング方法の具体化のところの五つ目の丸でございます。「巨大噴火に発展する」ということで、「巨大噴火の可能性を」というよりも、「発展する可能性を考慮した」というようなことに直すべきということ、これを踏まえての修正でございます。

以上でございます。

○石渡委員 この修正について、何か御意見、コメントはございますでしょうか。これは前回の議論の中で修正の御提案があったものでございますが、よろしいでしょうか。

島崎先生。

○島崎名誉教授 よろしいでしょうか。質問なんですけれども、「今後」というところで切れていますけれども、「災害対策基本法に基づき中央防災会議が作成する防災基本計画」、ここに「今後」がかかる。すなわち、中央防災会議では、巨大噴火を考慮した防災計画を立てるような予定といたしますか、段取りだとか、そういうものがあるというふうに考えてよろしいのでしょうか。それとも、単にこれは、「今後」というのは全体にかかっ

ていて、当然のことですけれども、「今後、推進していくべき」と。そうであれば、「今後」は要らないかもしれないような「今後」、どちらなのかを教えてください。

○石渡委員 事務局のほうはいかがでしょうか。

○小林管理官 小林でございます。

今、島崎先生が言われたような、後段の部分でございます。いわゆる全体にかかっているということで、「今後、推進していくべきである」というようなところにかかってくると思いますので、今言われたように、そういうようなことであれば、「今後」という言葉は要らないかもしれません。

○島崎名誉教授 すみません、よくわからないんですけれども、そうすると、災害対策基本法云々で、ここにある防災基本計画というのは、現在ある防災計画を踏まえてと、こういうことなんでしょうか。

○石渡委員 いかがですか、それについては。

○小林管理官 現在あるというようなことだと思います。

○島崎名誉教授 すみません。文言としては、どういう文言になっているんですか、ここは。

○小林管理官 文言と言われますのは……。

○島崎名誉教授 巨大噴火に関わる点で、今、ここでは巨大噴火を、カルデラ噴火を対象にしているわけですが、それに対して、防災基本計画はどのように書いてあるのかと。その書いてあることを踏まえてという意味だというふうに言われましたので、具体的にはどのようなことが書いてあるのか、もしわかったら教えていただきたい。

○石渡委員 いかがでしょうか。すぐには出てこないということであれば、また……。

これは、そうですね、これについては、資料は今まで回していなかったんですかね。防災計画の中でどういう文言が書かれているかということについては。

○小林管理官 これは、ここの検討チームの先生からのコメントを踏まえて書いたものでございまして、特に私どもから資料を出したことはございません。

○石渡委員 今、島崎先生から御質問がありましたので、これは間違いがあつてはいけませんから、やはりきちんとした、この防災基本計画の中に、もしそういう文言があれば、それをお示しいただいて、次回、それをお示しするというところでよろしいでしょうか。

(はい)

○石渡委員 では、そのようにお願いいたします。

ほかにございますでしょうか。

(なし)

○石渡委員 それでは、この「今後」という言葉をどうするかということについては、次回、資料をきちんとお示しいただいた上で、判断させていただくということにしたいと思っています。

それでは、修正するかどうかということは、次回、その文言を踏まえた上で検討をするということにしたいと思います。

それでは、事務局のほうは、その準備をよろしくお願いします。

それでは、次の議題に移ります。

これまで、前回まで、メンバーの方々から、火山観測や噴火事例に関しまして、いろいろな知見を御発表いただいております。これらは私どもが検討する火山活動モニタリングにも考慮して生かすことができる内容であるというふうに考えております。第5回会合、今回ですね、でも同様の、一応、検討チーム全員の方からこれで発表いただくことになるわけですが、御発表を御準備いただいておりますので、よろしくお願ひしたいと思います。

順番は、まず国土地理院の飛田先生、それから産業技術総合研究所の篠原先生、次に海上保安庁の矢島先生、このお三方に、この順番でお願いしたいと思います。実際に取り組んでおられる火山観測事例等について、御紹介をいただきたいというふうに思います。発表後に、皆様からいろいろと御意見を伺いたいというふうに思います。よろしいでしょうか。

それでは、まず飛田先生からお願いをいたします。

○飛田地理地殻活動総括研究官 国土地理院の飛田でございます。人工衛星による火山の地殻変動モニタリングについて御紹介させていただきます。

1枚だけで、国土地理院で何をやっているかということをごっと手短かに説明させていただきます。まず、右上のところにあるパラボラアンテナがございまして、これは世界の中で緯度・経度、座標系をどういうふうにして決めるのかという、まず、日本のへそを決めるというふうな仕事。それから、1,300点ほどありますGNSS観測点で、その座標系を日本中に実現するという役割。さらに、10万点ほどあります三角点で、より身近なところに位置の基準を与えるというような仕事。それから、高さについては水準測量で標高を求めたりしております。それから、それを仕込みながら、空中写真を撮ることによって、地図をつくったりすることも行っております。

そういったうちの下のほうの半分については、防災にも役立っているということで、国土地理院は、災害対策基本法に基づく指定行政機関というふうに位置づけられております。

今日は、その中で、人工衛星によります、合成開口レーダーによります地殻変動と、それからGNSS連続観測による地殻変動について御紹介いたします。

話に移る前に、重要なポイントとして整理しておきたいのが、地中の動き、地殻活動と地表面の地殻変動との関係、なんで地殻変動を観測するのかということですがけれども、まず地震について、日本の場合、東西の圧縮応力が加わってしまっていて、それが、地震が起こって、地殻変動が起こるということです。火山の場合も、マグマが上昇して地殻変動が起こるというふうに、原因は地殻にあるんですけれども、地表では、結果である地殻変動が見えると。しばむと地殻変動も収縮する、短縮するということがございます。

地中にある災害の原因、地震・火山など、マグマですね。それは目に直接見ることはほとんどできないんですけれども、地表面の地殻変動を観測することによって、逆に地中の原因——災害の原因を推定することができるということがございます。

まず一つ目の課題、次です。地殻変動の地図をつくることにすぐれている衛星干渉SARについて御紹介しますけれども、こちらが2011年まで5年ほど活躍した「だいち」、それから、今活躍中の「だいち2号」でございます。

この合成開口レーダー、略してSARと呼びますけれども、SARの衛星は、例えば東京付近を撮影するときには、真上を飛んでいるわけではなくて、必ず斜め上から斜め下に向かって観測するという特徴がございます。高度は大体500km~700kmぐらいの間になります。

測定の原理ですけれども、まず1回目、撮影します。それで、レーダーですので、レーダーの最後のrはrangingでして、距離をはかります。衛星と地表の間の距離をマッピングしておくわけです。必ずもう一回とらないと、地殻変動は出ません。2回目とったときに、全く変化がなければ、距離も変わらずに、実際、これは色で表すんですけれども、距離の変化が真っ青になるんですけれども、この例のように隆起していますと、色の変化となって表れます。どうやってはかっているかというと、このように搬送波、マイクロ波の位相ではかっています。実際に、レーダーの最後のrangingの精度というのは、10mぐらいの精度しかないんですけれども、実はこの差分だけはmm~cmの精度ではかるという特徴を持っています。それを位相ではかるということで、この例のように、青から黄色、赤、もう一回青に戻りますと、位相としては同じ0°なんですけれども、原理的に約12cm近く変動があったと。短縮したということの例でございます。

早速、その一例といたしまして、霧島山の例を御覧に入れますけれども、左上が噴火の前の2010年2月～2010年11月下旬までの間の2回撮影した地殻変動の様子でありますけれども、中央付近に新燃岳の火口がありますけれども、その主に西北西側約5km強のところを中心として、ぼわっと赤くなっておりますけれども、これは衛星と地表間の距離が短縮したということを表しています。数cmの短縮になっております。こういった短縮をモデル計算いたしますと、マグマの位置をある程度推定することができます。それが、この右上の図になっておりますけれども、ちょっと小さくて、見づらくて申し訳ないんですが、新燃岳の火口のやはり西北西のところを中心として、深さとしては約6.8kmの深さのところを中心を持つようなマグマ、球状圧力源が約1,100万 $m^3$ ですか、膨張しますと、このようなシグナルになるということ、この下のものでも計算したということでございます。この二つがよく合っているということで、モデルは、今回の場合、かなりよく合っているということです。噴火後につきましても、これは収縮を表してまして、衛星と地表間の距離が伸びているということでございます。これも同じようにモデル推定します。推定するのは、力源（圧力源）の緯度・経度と深さ、それから収縮量となっております。これは二つ非常によく合っておりまして、水平位置も、若干観測地の誤差を反映してずれておりますけれども、深さについても、ほぼ前と同じ6.1kmというところに、力源が約1,000万 $m^3$ 縮んだということがわかるわけです。同じようなことは、GNSS/GPSでもできるんですけども、観測量が圧倒的に違うということで、その二つのそれより特徴があるんですけども、比べてみますと、ほぼ大体同じような位置に緯度・経度も深さも決まってきたということで、新燃岳の場合には、GNSS観測点とか、ほかにも観測網はたくさんありますから、答え合わせができるんですけど、ほかの観測点があらかじめ設置していないような日本の火山、あるいは海外の火山の場合にも、これは目を光らせることができますので、人工衛星から合成開口レーダーでマグマの位置を推定できる場合もあるということでございます。

同様な例といたしまして、これは1992年～98年まで活躍したJERS-1という、「ふよう1号」という人工衛星ですけども、そのデータを使って、93年8月～95年4月までの地殻変動を見たものです。全体的に地殻変動はないんですが、このアトサヌプリの中心としたこういった地域で地殻変動が見えておりまして、遠くを地殻変動0と見ますと、黄色、赤となっている場合には、衛星に近づいているというふうに見まして、1周期——ほとんど2周期回っていますので、1周期が12cm、2周期で24cm弱、ほぼ隆起というか、衛星に近づくような膨張性の地殻変動が見えているという例でございます。



これを時系列的に表した、何回も何回も観測のペアを重ねまして見ていったものがこれですけれど、横軸が時間、縦軸が隆起量に換算したものになりますけれども、95年まで隆起を続けて、変動量としては24~25cmになります。その後、ゆっくりと沈降ということで、このときには噴火に至らなかった、大きな噴火に至らなかったわけですが、マグマがひっそりとしぼんでいったということでございます。

次のスライドをお願いいたします。これ、マグマが上がって、地殻変動がとられると。こういった例をほかにも御覧に入れます。

全国、約40の火山について、このようなモニタリングを2006年~2011年にかけて行った例で、全部で561枚の地殻変動のマッピングを行っているわけですね。左上から、北からなんですけれども、だんだん南に行きます。主な例だけ紹介します。

まず、左上のところで、膨張性の地殻変動が十勝岳で見えているという例でございます。2008年から2009年にかけてになっております。それから、右の上ですけれども、これは収縮が見えている例でございます。有珠山ですね、収縮は。左の下のところに行きますと、その前に2列目がありましたね、吾妻山で膨張が見えている例ですけれども、2006年9月~2008年9月のペアでは膨張が見えている。その右隣の安達太良山では、2006年~2008年にかけて収縮が観測されております。それから、右下に行きまして、雲仙岳では収縮が見えております。やはりこれも数cmレベルですね。その右隣が先ほど御紹介した霧島山の例ですけれども、新燃岳の西側のほうで膨張が見えております。それから、その右側のほうで、九重山ですけれども、収縮という、これは結構大きな、もう10cmを超えていますね、の地殻変動が見えている例ということになります。

次に参ります。今のはALOSの例でしたけど、今回はALOS-2の例でございます。ALOS-2は、昨年5月に打ち上がったばかりの地球観測衛星で、SAR専用の衛星となっております。左の端が観測地となっております、これはかなりノイジーなので、ノイズレベルが高いので、今後の課題として、ノイズレベルを下げる研究というのにも必要になってくるんですけども、明らかに山頂の南西方向に1周期ぐらい、約10cmぐらい、衛星に近づくような変動が見えております。この場合、このとき衛星は西側の上空を通過していきましましたので、西側、あるいは隆起するような変動だったわけです。1方向しか観測できないので、ちょっと苦しいのはありますけれども、これだけたくさん観測量がございまして、モデル計算がある程度できまして、そのモデル計算した例がこれです。開口クラックモデルを仮定いたしました。そのパラメータは、下に書いてありますとおりで、深さは1kmよりも浅い

ようなところで、0.5km×1.5kmの大きさ、サイズでして、これが約45cm開口すると、このようなパターンが再現できるということで、これは幾つかあるソリューションのうちの一つにすぎないわけです。けれども、このような説明も可能であるということで、少なくとも言えるのは、下のところの2行のところで言えますとおり、地下数kmよりも深いところでのマグマ等の活動に起因するような地殻変動は見えないということ。ただ、浅いところで何かあったんだろうということが、ここで見えたということでございます。

次です。これは気象研究所——右下にありますけれども——の資料でありまして、第131回の火山噴火予知連の資料を若干加工していただいたものです。表題にありますとおり、干渉SARの時系列解析という、PSInSARとも言うんですけど、新しい解析法でございまして、先ほどの例ですと、数cmレベルの地殻変動しか捉えなかったのが、たくさんの時期のSARの画像を時系列的に特殊な方法で解析することによって、精度を高めると同時に、時系列的な変化を見ることが出来る手法でございます。右側が時間的に累積した地殻変動を示しているんですけども、十勝岳の62-2火口付近で年間約4cmの衛星視線方向短縮——この場合の衛星は東側上空にあるんですけども——ということで、この形を見ますと、大体、SARの専門家はわかるんですけど、これは膨張性の地殻変動だということが明らかでございまして、2006年～2010年の間、年間、平均的な速度として、約4cmの短縮が、膨張があったというようなことでございます。

同様な解析は国土地理院でもやっておりまして、まだ試験的なレベルなんですね。データがまだそろっていません、打ち上がったばかりで、ALOS-2に関してはですね。ということで、これもALOSの例ですけども、試験的に解析した結果で、見方ですけど、左側の地図で、小さいぶつぶつがあって、それが地殻変動量を表しています。PS点といって、Permanent Scattererの点ですね、その点の地殻変動を表してございまして、何も無いところがこの場合白で、衛星に近づくようなものは赤、隆起を表しています。それから、衛星から遠ざかるようなものは青で表していますけれども、一つ言えるのは、錦江湾の周辺で継続的な膨張が見えているということ。それから、桜島島内に関して見ますと、赤くなっておりまして、年間10mm内外の地殻変動が見えているということでございます。それを横軸、時間で、縦軸、衛星視線方向の変位ということで、時系列で表したのが右下の図となっております。一言で言えば、上に行けば膨張ということになりますけれども、たくさんこれは線が引かれていますけど、それは桜島の島内に丸で囲った、内側にあるようなPS点、計測点のそれぞれの変位量を表してございまして、それがよく見ますと大きく違っていま

すけれども、それはノイズということになりまして、これはまだ枚数が足りないんですけど、50枚ぐらいですね、今、ヨーロッパなんかでやられている方法ですと。この場合ですと十数枚ですけど、50枚ぐらいデータがたまってくると、本当にmmレベルまで精度が上がってくるということが見込まれているということでございます。言えるのは、桜島島内に関しては、短期的な膨張・収縮を繰り返しながらも、長期的には膨張しているという様子が見えていると。それから、一言申し上げておきたいのは、この地図の中で、右下のところとか、遠くのところで青いのが見えていますけど、これはノイズということですので、今後、やはりもっと解析手法の工夫が必要であるということで、この差だけで観測していると、ノイズなのか本物なのかわからなくなってしまうと。全ての観測について、ほとんど誤差というのが敵だと思ってしまうんですけど、それを軽減することが必要ということになると思います。

15枚目のスライドですけれども、このような合成開口レーダー、つまり衛星で言うところの「だいち」による観測というのは、今までは火山が赤で示しておりまして46地域、それから地盤沈下地域が17地域、それから、地すべり地域はテスト的に3地域だけ処理していたわけですけれども、「だいち2号」では、全国が解析対象になるということで、未知の地殻変動もどんどん見つけようという取組になっております。

次のスライドをお願いします。これも同じことですが、ALOS時代は特定のターゲットがあったんですけど、今度は右下のところにありますとおり、全国を網羅する解析を高頻度を実施すると。特に未知の地殻変動、火山、それから地すべりの検出への貢献ということに期待するというので、これがALOSの場合の全国を解析した例ですけれども、このように全国をカバーして、北方領土も含めて、離島も含めて解析していきたいという計画でございます。

17ページです。くまなく地殻変動を監視していることによって、マグマの動きを検知し、災害対応・減災に役立てる予定です。これまでにしましては、SARの定常解析結果・緊急解析結果は、御覧の国土地理院のホームページで、ほぼ全て掲載して、御覧になることができます。「だいち2号」——三つ目の箱ですけれども——では、地図との比較が容易になりますように、最近、特に使いやすくなってきた「地理院地図」上で、干渉画像と、ほかのいろいろな現象を重ねて表示できるように、準備中となっております。下から二つ目の箱ですが、データが蓄積されると、地殻変動の検出精度がcmからmmになる見込みということで、今日現在では、このレベル、やっぱり精度はcmなんですけど、来年、再来年と、時

が過ぎるに従って、ノイズレベルが小さくなって、検出精度が上がるということが予想されます。それから、分析結果はホームページなどで公開される予定となっております。

次のスライドをお願いします。こういったレーダー衛星は、一番上のJERS-1、それからALOS「だいち」、それから右下のALOS-2「だいち2号」と、どんどん進歩してきました。右下にありますとおり、昨年の5月に「だいち2号」が打ち上がって、現在活躍中です。これはあまり報道は少ないかもしれませんが、日本独自の高い技術が詰まっております、LバンドSAR衛星については、世界のトップレベル、まさに第1位の位置を築いてまして、そういった技術によって、最初は試験的なものだったものが、最近はやっと実用レベルになってきたということ。進歩しております。左下にありますとおり、日本の国土、森林が多くて急傾斜ということに特化した、最適なLバンドのSAR衛星の継続的な打ち上げをしておかないと、火山活動の検知能力が下がってしまうおそれがあるということでございます。GPSも、もう数10キロの衛星をどんどん上げていますので、それと同様に、今、1個しかありませんけれども、時々打ち上げる必要があるということでございます。

次です。19枚目のスライドに参りまして、次の二つ目ですけれども、地殻変動を精密に連続観測するGNSS連続観測システム、GEONET、電子基準点と。まず、GNSSとは何かですけれども、皆さん御存知のGPSを初めとする衛星測位システム全般を示す呼称でして、Global Navigation Satellite Systemsの略です。それから、国土地理院が全国に展開しているのがGEONETという名前で、GPS Earth Observation Network Systemでして、こういった写真の電子基準点、1,300個ほどあります。プラス、つくばにあります地方局の解析システムをあわせて言ったものです。この一つ一つのことを電子基準点と呼んでおります。

次のスライドをお願いします。まず、このGNSSですけれども、複数の衛星からの電波を地表で受信して、カーナビの場合ですけれども、このように測位ができるわけですけれども、もっと工夫することによって、精密な観測装置を使って、精密な解析を組み合わせることによって、横軸、時間、それから縦軸は地殻変動ですけれども、こういった地殻変動が捉えることができる。東京付近ですと、ゆっくりとした余効変動でしょうか、変位があたりする。ということで、大体、1cmレベルの地殻変動は、これで捉えることができる。1,300点ありまして、24時間連続観測しております、点間は、およそ20kmとなっております。

日本でも一番地殻変動が大きい硫黄島の場合ですと、横軸、2012年から最近に至るまでの、これは硫黄島の中の硫黄島1という観測点の上下変動を表してまして、真ん中は0で

上が50cmですけれども、2012年から大体長期的には隆起していて、昨年12月20日から1カ月の間に、この場合ですと、約9cmという非常に速い速度で隆起しました。これが水平地殻変動ですけれども、GPS3点のものをプロットしますと、摺鉢山は1カ月間に約6.5cm、南南西方向に島から離れる方向に移動していき、ほかの点は逆に北に行っていたりしまして、ここに断層があるような変動となっております。一方、隆起については、このように隆起を続けておりまして、見る見る地形が変わっているという様子をここで監視しているわけで、特に速度が速くなったときには、現場の自衛隊に連絡したりして、注意を呼びかけるというようなこともございます。

これが霧島の例ですけれども、GNSSで見ますと、このようになっておりまして、2005年～2015年までの間に、これは縦軸は基線の伸びですね。具体的には、えびの観測点と牧園観測点の1番という基線の間距離が伸びたり縮んだりするということで、その力源はこの辺にあるんでしょうけども、その様子を表しています。一番ドラマティックなのは、2010年～2011年の初めにかけて、噴火前に約4cm伸びて、その後、噴火のときに急激に約3cm縮んで、その後、また前と同じ速度で伸び始めているということ。ただ、前のレベルに達する前に、またゆっくりした縮みに転じて、最近、2013年の末ごろからまた伸び始めて前のレベルに行っていると。ただ、長期的に見ると、この場所は、テクトニックな場によって縮みというのが平均的な場なのかもしれません。そういったことも加味しながら、監視をしているという状況でございます。これについては、一番下のURLで公開して、御覧になることができます。2日前までの地殻変動を毎日更新しております。

こういったようなGNSS連続観測を行う上で、注意点というものを列記してあります。火山監視に有効な、真の意味で有効なGNSS観測、つまり観測データの品質確保をするために必要な要件ということで列記してあります。つまりノイズレベルをできるだけ小さくするというための条件で、これはもう既に、この会合でもほとんど8までは報告してありますので、簡単に読み上げるだけにします。まず1番目、設置場所については、安定した地盤が必要。2番、アンテナ設置用のピラー等の基礎の強度は特に重要で、それから3番、上空視界も十分確保する必要があると。それから、4番、メンテナンスを忘れると、地殻変動、見かけのものが見えてしまったりします。5番、やはり上空視界を確保するために、ピラーの上に設置したほうがよくて、最低でも2m、電子基準点の場合は5mのもので、特に火山の場合には上下のばらつきを減らす必要がありますので、その場合には、ピラー設置が必須だと思います。6番、PCV補正。PCVというのは、そこに小さく書いてあるとおり、

Phase Center Variationですけれども、それが存在するGNSSアンテナを選択して、できれば、チョークリングアンテナというものがありますので、そういったものを選択する必要があると。7番、1周波ではなくて、複数周波数受信可能なアンテナ受信機を選択する。8番、アンテナ受信機については、GPS、GLONASS、それから日本のQZSS、それからヨーロッパのGalileoとか、中国のBeiDou衛星からの電波を受信可能なマルチGNSS対応であること。捉える衛星数が多ければ多いほど、精度が上がるということになっております。ただ、今日現在は、全部これを使おうとすると、かえって精度が悪くなってしまうというふうな問題があるので、そういった問題は逐次どんどん解決されつつありますので、将来を見込んでマルチGNSSが必要と。9番、これは今回初めてお見せしますが、解析戦略・ソフトウェアが重要ということで、天頂方向の対流圏遅延及び水平勾配の推定が可能、しかも位相特性モデルの組み込みが可能、しかもIGS軌道暦を適用可能で、細かな調整が可能なGNSS解析ソフトウェアを用いる必要があると。さらに、最適な解析戦略を適用するという工夫を行うことによって、地殻変動時系列のばらつきや見かけの年周変化などのノイズを極力小さくする必要があると。そうしないと、火山の微小な変位は捉えることができないということになります。

今申し上げた9番の解析戦略について、GEONETの場合どうなっているかというようなものを列挙したものです。最初、F1という解析から、F2、F3と進化してきまして、最終的に、今、mmレベルまで来たのは、このF3になってからということになります。ソフトウェアとしては、BERNESEのver5.0、それからデータは24時間単位で使っていて、30秒ごとのデータをRINEXフォーマットでとっております。International GNSS Serviceが提供しているIGS暦を使って、これが非常に高精度な暦ですね。暦というのは、衛星の位置を示しているものです。仰角は御覧のとおりで、座標系の管理も特に重要で、座標系をいい加減にしていると、それだけで見かけの変位が見えてしまうということがあります。それから、固定点座標値などありますけれども、大気遅延推定も特に重要でありまして、安いソフトウェアだと、こういった推定ができないんですね。天頂遅延、大気遅延勾配などを適切に推定することによって、ノイズレベルを上げるということもございます。もちろん、電離層遅延に2周波以上の受信機を使うことによって、補正したり、それから地上受信アンテナ位相特性モデル、PCV補正ができるアンテナを用いて補正を行っていたりしております。以下、御覧のとおりです。

25枚目ですけれども、もしPCV補正を行わなかったらどうなるかというのが右側の時系

列となっております。beforeが上の赤いもので、地殻変動はほとんどないはずなんですけれども、ばらつきも大きいですし、赤い字で示した年周ノイズの振幅が非常に大きくなっておりまして、4cmを超えるような振幅の見かけの変位が見えております。それよりも、もっと重大なのは、正しい位置から約20cm下の青いところと比べて、ずれたところに、つまり高過ぎる高度がここで測位されているということをございます。左下の図にありますとおり、GPSの受信機の一番てっぺんのところでradomeがあったり、あるいは架台のところでmultipathがあったりして、そういったものは昔は補正していなかったんですけども、もう本当にmmの測位を行うためには、そういった補正を行うことが有効であるということ、天頂角に依存したような関数になっているんですが、そういった補正を行うことによって、下のようにばらつきも、それから見かけのノイズも小さくなって、バイアス——測量で一番重要なのは絶対的な高さなんですけれども、そういった問題も小さくなるということをございます。

これは解析戦略の重要性ですけれども、まず、上の図は南北成分で、下の図が東西成分です。地殻変動の東西成分ですけれども、上の段の赤い時系列が、大気遅延勾配を推定しない従来の解析方法、それから下のものが勾配を推定したものとなっております。地球に大気がなければ、GNSSの精度というのは本当に1~2mmとか行くと思うんですけれども、幸か不幸か、大気があることによって電波の速度が変わってしまうんですね。それが気象条件によって大きく、大きくというか、わずかなんですけれども、変わってしまうということで、それを補正する方法があるんですね。方位方向によって補正するというのをすると、このように精度を上げることが、ばらつきも小さくすることができるということで、右下にありますとおり、電離層遅延、対流圏(大気)遅延、それから位相特性モデル、衛星軌道暦など、最新の知見を反映した解析を行うことが、火山監視には必要であるということをございます。

地殻変動の計測手法として、まず干渉SAR、レーダーと、それからGNSSについて紹介しましたがけれども、従来から行われてきた水準測量で火山監視を行うことがあります。それぞれ特徴がございまして、SARの場合ですと、比較的広い範囲で空間分解能が高いというのが一番大きな特徴かと思えます。ただ、時間分解能は数日から数十日になってしまいます。衛星が1回飛んでもう1回帰ってくるまでの周期というのは、今のALOS-2の場合ですと14日。ですから、14日待たないと地殻変動が出てこないかということ、必ずしもそうではなくて、原則はそうなんですけれども、実はいろんな角度でとっておくことによって、今、

まさにそうなんですけども、今日現在もベースマップを観測ということで、火山噴火の前にたくさんのいろんな角度でとっておくという処理をして、観測を行っております。ということで、実際のところは、何か噴火などのイベントがあったら、2~3日以内には確実に地殻変動が捉えられるようにということで、工夫がなされております。というのも、SAR専用衛星が初めて今回「だいち2号」で打ち上がったということで、そういうことができるようになったということでございます。GNSSの場合、最大の特徴と長所というのは、観測点設置は必要なんですけれども、非常に高分解の1秒単位、あるいは1日単位で地殻変動を見ることができると。それから、上下及び東西南北といった三次元の地殻変動を捉えることができるということで、これが最も頼りになる火山の地殻変動モニタリング手法だと思います。それから、水準測量については、検出精度が一番高く、1mmぐらいの地殻変動も捉えることができます。ノイズが、やっぱりノイズ源としては、大気とか電離層とかが大きいんですけども、SARの場合ですと、やっぱりどうしてもその影響を大きく受けてしまうんですが、GNSSは比較的小さめで、水準測量ですと、かなり小さいノイズレベルとなっております。うまく使い分ける必要があります。

最後です。28ページです。まとめといたしまして、人工衛星による地殻変動観測であるSAR、GNSSには、それぞれ長所・短所がありまして、適切な使い分け、あるいはノイズかどうかわからない場合には比較も必要と。2番目、SARは広範囲をくまなく監視して、マグマの位置・体積変化の推定に有効です。数年分のデータ蓄積後、精度が向上する可能性があります。LバンドSAR衛星の継続的な打ち上げ・運用が必要です。それから、GNSSは、三次元変動を精密に連続監視が可能で、最後に、火山監視に有効な、誤差の少ない高品質なGNSS観測を実現するためには、適切な観測点設置条件、上空視界などですね、それから機材・維持管理・解析戦略・解析ソフトが重要ということでございます。

以上です。

○石渡委員 どうも大変興味深いお話をいただき、ありがとうございました。

それでは、それでは、ただいまの御発表に御意見、御質問等ございましたらば、よろしくお願いたします。どなたからでも結構です。

どうぞ、中田さん。

○中田教授 新燃岳のところで、7ページですけど、膨張量が1,100万 $m^3$ と口頭ではおっしゃいましたが、その文章中には下から2行目のところに10~11万って書いてありますけど、これ間違いですよ。



○飛田地理地殻活動総括研究官 どうもありがとうございます。これは明らかな間違いでございまして。

○中田教授 1,000万、待てよ、これは100万か。

○飛田地理地殻活動総括研究官 100万ですね。100という数字を入れるのを忘れていましたので、ここはちょっと訂正して余分に計算しないとまずいと思います。ありがとうございます。

○石渡委員 ほかにございますでしょうか。

どうぞ。

○清水教授 清水ですけども、今説明いただいたんですが、SARとGNSSをそれぞれ別に説明いただいたんですけども、例えばSARとGNSSを統合解析というか、一緒に何かこうやって、それぞれの長所を生かすとか短所を補うとかというような、そういうような統合解析みたいな計画というのはあるんでしょうか。実際にされているんでしょうか。

○飛田地理地殻活動総括研究官 ありがとうございます。実際のところ、解析上、SARだけではなかなか地殻変動0のところとそうでないところの区別というのが難しいということで、実際のところは統合解析というのを行っております。GPSのデータとSARのデータが整合するようなGPS補正、あるいはGNSS補正と呼んでいるんですけども、そういった処理を行って解析をしております。日本については、電子基準点がありますので、そのような処理があります。先生が多分質問されているのは、SARのほうの特徴である面的にくまなくということと、それから、GPSの特徴である時間的にくまなくという、その両方を実現するようなということだと思っておりますけれども、そこまでの解析というのはなかなかできていないんですけども、先ほど最後のほうに御紹介したSARの時系列解析という方法がまさにそれに当たっております、13枚目、14枚目のスライドですけれども、そういうソフトウェアとか解析手法がほぼもうでき上がっておりますので、あとはデータがそろってくれば統合解析というのが可能です。ただ、統合解析を行うための条件としまして、最低でも20枚、ということは14日置きに20回撮影しなくちゃいけませんので、20×14が最低必要なんですけれども、JAXAは毎回毎回14日置きに撮ってくれるというわけではございませんので、それよりももっと長い年月かからないと20枚の画像はそろわないということになりますので、真の意味でのGNSS、SARの統合解析ができるようになるのは数年後ということになります。

以上です。

○石渡委員 清水先生、よろしいでしょうか。

○清水教授 どうもありがとうございました。まさに私聞きたかったんですが、それでちょっと関連してなんですけど、その新しい時系列解析で、PSInSARの説明されましたけども、例えば、そうするとGNSSの電子基準点ですね、電子基準点をPermanent Scattererとできるよな、例えば反射板みたいなのを置くとか、何かそんなようなことというのはされるんでしょうか。

○飛田地理地殻活動総括研究官 それも結論から言うと検討しております、国土地理院の構内には、もう3月ですから、もう既に設置されたかされるか、3点ぐらいコーナーリフレクターを電子基準点のそばに設置するというような作業を進めております。

このPSというのは、14枚目のスライドですけれども、その中で、今、電子基準点はこの三角の上にぎざぎざとマークがあるところで、こういったところに電子基準点があるんですけども、PS点は電子基準点の近くにもとれますし、それ以外にももっと高密度にとることも可能になるわけですね。やはり先生がおっしゃったように、そのキャリブレーションを行うためには電子基準点のところでSARもGNSSも両方あるということが必要なわけで、そういったことが必要なんですけれども、電子基準点が必ずしもSARの画像に写り込むとは限らないので、先生がおっしゃったようなコーナーリフレクターというのが有効な手法かもしれないということで、今後、検討していきます。ただ、Lバンドになりますと、コーナーリフレクターのサイズが10mぐらいの非常に大きなものになって、そんなものを置く場所とか、あるいは風であおられて何かかえって迷惑になったりするかもしれないということで、国土地理院の構内に設置するのは、もっと小さい3mとか1mぐらいのサイズで、それがALOS-2で見えるのかどうかという、最小のサイズはいかがなものかというものを今探っているという段階でございます。

○石渡委員 それでは、ちょっと時間も押しておりますので、次の御発表に移りたいと思いますが、よろしいでしょうか。

それでは、次は、篠原先生に御発表をお願いしたいというふうに思います。

○篠原主席研究員 産総研の篠原です。よろしくお願いいたします。

今日は、私、御紹介させていただきますのは、カルデラの活動と関係するような火山ガスの拡散放出ということに関して御紹介させていただきます。ここでCaldera unrestと書いていますのは、カルデラの活動なんですけど、噴火につながるかどうかよくわからない。ですけれども、カルデラが何らかの活動をしているというような兆候としての、そういっ

た現象があるというものを一般的にこういうふうに、呼び方をしております。

今日御紹介しますのは火山ガスの放出という、特に拡散放出ということに関して簡単に御紹介した後に、そのカルデラ地域でそういった活動が見られたイタリアのCampi Flegreiの例と、アメリカのLong Valleyの例について御紹介させていただきます。

まず、火山ガスに関して、概要を御説明しますが、御存知のように火山の中心、山頂火口から火山ガスが放出されるというのは一番一般的な活動でありまして、当然、放出される火山ガスというのは、もともとマグマに溶けていたものがマグマが上昇してくることによって減圧されて放出される。ですから、そういったガスはマグマがどのように上がってくるか、ないしはどれぐらいの量のマグマが活動しているかという指標になりますので、いわゆる活火山のモニタリングとしても当然そういったものは対象になってきます。その中心火口で出てくる噴煙、一番右側、三宅島のものですが、それ以外にも周囲には当然、ある程度高温の噴気ガスというものが存在しておりまして、通常の活火山のモニタリングといいますと、そういうものを一般的に対象としております。そういったガスは中心部だけに出ているわけではありませんで、周囲にさまざまな漏れ出し方をして、ないしは火山の地下で熱水系などをつくって、一番顕著なのは温泉活動ですが、火山の周囲には温泉が見られるというのは皆さん御存知のことだと思います。その温泉が出るような広い地域では、実は温泉の水だけではなくて、温泉ガスというようなものも放出される。そういった地域で温泉として局所的に出る以外にも、火山帯の地面からガスがしみ出てくることがあると。これは例えば左の下に出したのがそういった例ですが、見にくいですが、この灰色の部分は非常に弱い噴気なんですけど、その周囲も草は枯れている。これは、実はそういう周囲から非常に高濃度のCO<sub>2</sub>がしみ出ているために草が枯れているということがわかります。もちろんこういった濃いものだけじゃなくて、その周囲もCO<sub>2</sub>の放出量が高いということですので、こういったものを土壌CO<sub>2</sub>の放出というふうに呼んでおりまして、こういった現象が実は火山の広い地域で見られることがあるということです。こういう土壌CO<sub>2</sub>の放出というのは火山性のCO<sub>2</sub>の放出に限りませんで、生物活動でも当然ガスの放出がありますし、それ以外にも、例えば断層活動などでもそういった放出がある。ですから、そういったものを区別しながらいかに見ていくかということが重要になってきます。

火山ガスに関して概要を御説明しますが、火山ガス、もともとはマグマに溶けていた成分がもとですので、主要成分は水がほとんどです。こちらは三宅島の例を挙げまし

たけども、90%以上が水であって、それ以外にCO<sub>2</sub>とか、あと酸性のガスとしてSO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S、HClなどがあると。ただし、高温の火山ガスはそういった酸性の成分が非常に多いんですけども、火山ガスの温度が下がりますと、化学反応であるとか、あと地下の熱水系でそういった酸性のガスがとられるということで、低温のガスというのは主成分はCO<sub>2</sub>、わずかの硫化水素が含まれるというものが多いです。それがもっと温度が下がりますと水が凝縮されますので、最終的には、常温近くになりますと、もともとの火山ガスに含まれていた成分のうちのほとんどCO<sub>2</sub>だけが残ると。火山の周囲からしみ出てくるような場合には、そういったCO<sub>2</sub>だけが出てくるというパターンが非常に多いということで、土壌CO<sub>2</sub>の拡散放出として注目されるのは、その火山ガスの中のCO<sub>2</sub>であるということです。

CO<sub>2</sub>にはもう一つ重要なポイントがありまして、今御説明したのは火山の浅いところを、中心部で火山ガスが放出されているような場合にその周囲にガスが漏れていた場合にCO<sub>2</sub>の拡散放出ということがあるとい御説明をしましたがけれども、CO<sub>2</sub>というのはもう一つ特徴がありまして、マグマに対する溶解度が低い。そのために、地殻の上部のマグマだまりであったり、場合によっては地殻の下部のほうにあるマグマの貯留層、そういったところで既にCO<sub>2</sub>が飽和していて、マグマだまりのところから直接火山体の広い範囲にガスを放出する、そういうことがあるだろうと考えられております。今回、そのカルデラのモニタリングという意味では、どちらかという重要なのはこういった深部のほうで放出される、いわゆる地表では火山ガスとして顕著な活動がないんですけども、より深部のほうから放出されているというようなCO<sub>2</sub>をどのように検知するか、どのような放出があるかということだと考えます。

そういったCO<sub>2</sub>をどうやって測定するかということなんですが、この拡散放出の特徴は、要は顕著な放出を見られる場所があるわけではない。非常に広い範囲から放出されているということがわかります。ですから、その非常に広い範囲をどうやって観測するかということがポイントになります。実際に用いられているものは、一般的にはAccumulation Chamber法と呼ばれるもので、こういうお釜みたいなものですが、地面にかぶせると。かぶせると、このお釜の中のCO<sub>2</sub>の濃度が、下から、土壌からしみ出てくるCO<sub>2</sub>の量に応じて濃度が上がっていくわけです。上がっていく、この上がり具合を見て放出量というのを測定するという手法で、非常に単純な手法で測定自体も簡便ではあるんですけども、ただし、問題は、通常用いられるChamberというのはたかだか20cmぐらいの径のもので非常に局所的であると。これ先ほど言いましたように、非常に広い範囲からできているも

のをこんな局所的なもので測って、どれくらい意味があるかというところ、結局それをやはり非常に多数測定しなければいけないというところが、この方法の厄介といいますか、一番手間がかかるところであります。こういう方法は、別に火山の目的に使われているわけではなくて、例えばある地域の生物の活性とか、そういうものを見るためにも、環境分野でも、例えば農学の分野でも使われている、そういうものなんですけれども、火山の場合には、ある程度そのまた局所的な構造を見たいということなので、どうしてもある程度たくさん測定点が必要だと、そういった観測になります。こういった観測は、一応自動測定というのも現在行われていまして、ここに書いてあるのは一つの例ですけれども、要はこのお釜を自動的に動かして、定期的に蓋をします。そうすると、定期的にこのデータがとれますので、時間変動というのは観測することは可能です。観測することは可能でありますけれども、先ほど言いましたように、観測できるのはこのわずか20cm径の狭いところですので、それが全体をどれくらい代表しているかということは別の検討が必要になります。

ここに示しましたのは、鹿児島県の薩摩硫黄島で行っています土壌ガスの観測例をちょっと御紹介します。薩摩硫黄島というのは、鹿児島の南にあります鬼界カルデラのリムに位置する活火山ですけれども、ここで土壌ガスの測定を行いました。比較的平らなところで測定を行いましたので、この灰色で打った点々が実際の測定点で約150点の測定を行いました。ここで放出量を測定するわけですけれども、この場合、放出されてくるガスが全て火山性であるかどうか、それを確認するために、同時に、このCO<sub>2</sub>の、小さくて見にくいですが、同位体を測定しています。<sup>13</sup>Cを測定しております。この同位体を用いることによって、その土壌ガスが中で生物起源のCO<sub>2</sub>の寄与と、火山性のものの寄与と、実際に空気の寄与、そういうものを区別して、その中での寄与率を求めることによって、実際この放出の中でどれくらい火山性の放出があるかということを経験しております。それで、プロットしたのはこの下の図で、濃いところが火山性のCO<sub>2</sub>の放出が多いということですが、御覧のように非常に局所的ですね。放出量の高いところは、狭い範囲でしか出ていないということもあります。ですから、こういった分布というのを押さえながら放出量ないしはその変動というのを見る必要があるということになります。この例で言いますと、拡散放出というのは約20tのCO<sub>2</sub>というのが日量出ている。これは火山性のものですね。それに対して、この薩摩硫黄島というのは山頂部に高温の火山噴気地帯がありますので、ここからは大体400tぐらい出ておりますので、この島では拡散放出は全体の5%

ぐらい、それほど大きな規模ではないということでもあります。

こういった観測、当然繰り返しやるのはなかなか手間がかかりますので、あまりモニタリングというのはそれほど行われておりませんが、日本で一つ噴火の予兆と場合によっては考えられるような現象も見つかっておりますので、それを御紹介します。これは北海道の有珠山で観測された例で、2000年の噴火の前後で、この有珠山の火口原ですね、その中でCO<sub>2</sub>の放出量を見積もったところ、98年には約120t、日量120tの放出があって、99年には340と増えていたと。ところが噴火後、噴火が2000年の7月に起きていますけれども、その後には40tというふうに減っていたと。ですから、この場合、上昇というのは噴火の一つの予兆ではないかという議論はあります。実際には、例えば測定されたのは9月と9月で、6月であるので、そういった季節変動がどれほど影響するかと、そういった議論も当然出てくるわけですが、当然これ一つの測定をやるのに数十点、恐らく数日かけて火口原を観測しているので、これだけの手間を繰り返さないと、この年ごとの変動を求めるのも難しいと。ただし、その変動を本当に定量化していくためには、例えば季節変動であるとか気候、例えば雨が降った直後には当然土壌の通気性が悪くなりますので、そういった影響なども当然配慮が必要になってくるというような観測であります。

次からはCampi Flegreiの例を御紹介いたします。Campi Flegreiは、この会議でも何回か話題に出ていますけども、イタリアのナポリがここにありますが、ナポリの西にあるカルデラの火山で、その東側のほうにVesuvio火山があります。このカルデラの中に100万人以上が住んでいるということで、非常に防災上も重要な火山であります。ここは数万年前にCampanian Ignimbriteを出した、非常に大規模な噴火を起こしておりますし、その後も噴火を繰り返しているようなところですが、もう一つのこの特徴は、ここに出しておりますが、2000年の間の地盤の隆起・沈降を示しております。縦軸が、これm単位で見にくいですけれども、一番下の数字が-15で上が+15です。ですから、これ上下変動していますが、1回の変動量が10m~20mぐらい1,000年ぐらいの間に動いていると。つまり10m単位での隆起・沈降を繰り返しているようなところですが、これが0年で2000年ですが、そういう変動を繰り返して、現在は恐らくこの点から隆起が始まっている時期に対応すると考えられています。現在の最近の変動を大きくしたのがここですが、ここが70年で、2000年かな、2005年ですね。この最初の隆起が69年~70年辺りの隆起で、ここが82~83年の隆起だと思います。これそれぞれが1m~2mぐらいの隆起です。ですから、こういう隆起が始まっているというふうに考えられておまして、今日御紹介するのは、

この大きな隆起層のものの変動ではなくて、その後、一度隆起したのがゆっくり沈降していく、その過程で小さい変動が見られますけれども、こういった変動に対応する火山ガスの放出というものが観測されているという話です。そのCampi Flegreiのカルデラ自体はこうやって大きなものですが、その中にSolfataraというクレーターがありまして、そこでの火山ガスの活動が顕著なので、ここの部分の観測の御紹介をいたします。

これ、Solfataraの中の写真をちょっとお見せするんですけども、基本的に低温の噴気が周囲にあって、それ以外にちょっと色が見にくいですが、白い部分がありますけども、非常に変質した火口底が広がっている場所で、こういったところは実は地表もやや高く、非常に広い範囲からCO<sub>2</sub>のガスがじわじわと出ているような場所です。

こういったところで、まず噴気の組成の変動を見ております。これ90年～2006年で、多分、測定値は8年ぐらいいまでですけども、例えば噴気の中のCO<sub>2</sub>の濃度やメタンの濃度、そういうものを調べると。それと地殻変動の変動量を比較しているわけです。ここに書いている変動量というのは、実は、先ほどお見せした82年、83年の隆起があって、その後、ゆっくりと沈降していくわけですが、この沈降をexponentialで沈降してくと、そう仮定した上で、この小さい隆起・沈降ですね、この部分を取り出したのは、このresidualsと書いてある、このbに書いてあります。ここの部分の変動を書いたのが右側の黒点と線を結んだ部分です。この変動と、例えば白丸で表したCO<sub>2</sub>とメタンの比というのを表すと非常にいい対応をしていると。これは隆起するときには、このCO<sub>2</sub>、この比が非常に上がって、沈降するときには下がる、また隆起するときには上がる、こういった変動をするのが非常に見えている。これは基本的に地震の回数などもこの隆起のときには増えていますので、地震の発生であるとか、隆起・沈降とこの噴気の組成が非常に一致しているということです。この地域では、このメタンというのは、地下にある熱水系で、基本的に温度と圧力で継続的に生成しているものだと考えられていますので、基本的に濃度は一定であろうと。それに対して、CO<sub>2</sub>というのは、より深部のマグマから放出されているようなものだと考えられるので、そのCO<sub>2</sub>の注入があったときに、この当然CO<sub>2</sub>とメタンの比も上がりますけれども、そういうときに地震と地殻変動が起きているんだという、そういった解釈をしております。それに関しては、この後別の例で御紹介します。

そういった場所で、じゃあより広範囲の土壌CO<sub>2</sub>の分布はどうなのかと。これが先ほど見せたSolfataraの上から見た図ですけども、こういった白い変質している部分、点々で打ったのが測定点ですけども、数十点の測定をやる。また、その周囲も測定をやって、

ここに書いてあるようなコンターマップを書いて放出量を求めるわけです。そうやるためには、先ほどお見せしたこのChamber法というので多数の点の測定をやって行うということになります。

そういった形で、これイタリアのグループは特に、変動後に非常に頻度を多く繰り返し測定をやっております。ここに挙げたのは98年～2008年までの間に12回測定した例ですけども、それぞれ1回400点ぐらいの測定をやっておりますので、それだけ手間がかかっているというところなんです。このSolfataraの中は常に赤く見られますが、非常にfluxが高いというような特徴ですけども、放出量全体も変動がありまして、特に彼らが注目したのは、各図の右の真ん中辺りを見まして、白い点線で囲ったところがあるんですけど、この部分が2003年ぐらいから急にfluxが上がっている。例えばそういったような変動をこういう観測を繰り返すことから見るということなんです。

じゃあ、その2003年のときに何が起きたのかといいますと、その放出量の変動を表したのがこの真ん中の上の図ですけども、2003年ぐらいに、この小さな点が先ほどの放出量を計算するときに使ったデータで、全体の放出量からすると、2003年ぐらいにぐっと上がっているということが観測値として表れるわけです。これが、じゃあどういう現象に対応するかというと、ちょっと、手元のレジюмеで見ていただきたいんですけども、地殻変動のパターンを見ますと、実は2003年の辺りには大きな変動はありません。その前後ですと、2000年辺りに膨張ないしは地震というのがあります。ですから、これをどう解釈するかということで、この場合には、彼らはある地下の構造を与えまして、熱水系のシミュレーションを使っているんですけども、あるpermeabilityを与えて、かつ断層面があるような、そういった構造の中にCO<sub>2</sub>を注入したときに、どういう時間と空間変動でそのCO<sub>2</sub>が地表に表れるかと、そういうことをシミュレーションしております。そうすると、もちろんこれ条件によりますけれども、注入してから、2000年に注入しても、実際に地表に影響が表れるのは二、三年後に表れて、この点線がシミュレーションの結果ですけども、こういったパターンになり得るということを示しておりますし、あと、この断層面のところでは、そのかわり非常に早く変動が表れて、それが減少していくというようなパターンも表れる。実はそれと同じような現象というのは、この時期ではないんですけど、ほかの時期に同じように観測もされている。ですから、基本的にここでシミュレーションしているのは、約1.5kmの深さにCO<sub>2</sub>を注入することによって、こういった空間変動であるとか時間変動が解釈できるというようなモデルみたいなグループはつくっております。



そういったモデルを立てますと、実は地殻変動そのものも熱水系の変動の一環として一部は解釈できるということがわかってきております。彼らがやっているのは、THOUGH2と呼ばれる熱水系のシミュレータがあるんですけども、それで基本的に熱水系の中の圧力変化というのをシミュレーションできますので、それを用いて今度はそれを変形のシミュレータに入れるということで、地殻変動がどのように起きるかということをシミュレーションしています。ここに挙げた例は2km×2kmぐらいの四角の範囲で、約1.5km下にCO<sub>2</sub>を注入すると。さまざまなパラメータありますけれども、そういったようなモデルをつくりますと、例えば噴気で見られるCO<sub>2</sub>と水の量の変動というものを熱水系のシミュレータでどのように解釈できるか。そういったものがあつたときに、じゃあこの、当然この範囲の中で熱水そのものの圧力の分布というのも変わりますので、それによって地殻変動がどれくらい起きるか、どれくらいのレートで隆起して沈降するかというのがシミュレーションできて、例えば30cm程度の変動であれば、こういった熱水系の変動でも説明できると。実際ここでシミュレーション主体の、先ほどお見せした83年の大きな変動があつた後の小さな変動ですね。その小さな変動というのは、やはり規模としてはそれくらいの規模なので、その83年以降の沈降しつつ起きた隆起・沈降、そういうものは基本的にはCO<sub>2</sub>の注入ということによって地震の発生時期も地殻変動の量も説明できるのではないかとということが彼らの主張なわけです。ただし、もちろん全体にそれ以前に起きた1mの隆起・沈降であるとか、10mの隆起・沈降がこういったもので起きるということを主張しているわけではありませんで、場合によっては熱水系ないしはCO<sub>2</sub>の注入というのは地震や地殻変動の、あるときには原因にもなるし、当然、結果にもなると、そういうことを示している例かと思いません。

次に、Long Valleyの例をちょっと御紹介します。Long Valleyはアメリカのカリフォルニアにある、またこれも巨大な火山ですけども、76万年前に約600km<sup>3</sup>、噴出量があつたような噴火をしたものでして、その後も、一番最近では数百年前にも噴火を繰り返している、そういった火山であります。この火山も最近でも地震活動や地殻変動が起きておりまして、カルデラはここにあるんですけども、この東西に延びたカルデラですけども、その南部ないしはそのカルデラの外の南部に地震が多くて、地殻変動源もカルデラ南部辺りにあるということです。ただし、火山ガスの異常があつたのは、このカルデラ、実はそのものではなくて、その南西部にあるMammoth Mountainというのがありまして、そこでの活動が対象になります。

これちょっと見にくいですが、Mammoth Mountainの山がここにあつて、これハッチをかけてあるのはスキーリゾートエリアなんですけども、この黒いところが実はCO<sub>2</sub>の放出が観測されたところなんです。このMammoth Mountainというところの周囲にCO<sub>2</sub>の放出が観測された。観測された時期が、89年にMammoth Mountainの周囲で非常に地震活動が活発になった。これが回数が89年に非常に増えた。この時期に実はこういったCO<sub>2</sub>の放出が見え始めたということがわかっております。

これはどのような形で見えたかといいますと、基本的に、木が枯れたと、森が枯れたということでもまず検知されたということです。この上の、これはUSGSのパンフレットから持ってきたんですけども、これがMammoth Mountainで、御覧のように全体に変質が進んだような山なんですけれども、この下に、ここに示してある範囲、これが木が枯れたところなんです。これが枯れた後を撮っておりますので、それしかわからないんですけども、基本的に今までは普通に森であったところがこのように枯れた。当初は、これは何らか木の病気であるとか気候的な原因ではないかということが調べられたんですけども、いろいろ調べると、この土の中のCO<sub>2</sub>濃度というのが非常に高いということがわかってきまして、数%か、場合によっては10%というような濃度になると。木も呼吸しておりますので、数%もCO<sub>2</sub>が土壌中に含まれますと枯れてしまうということで、その土壌中のCO<sub>2</sub>の上昇が原因であると。なぜ上昇したのかということ調べていくと、それは生物起源のものではなくて、後から加わったもので、恐らく火山性だろうということです。

それで、その際に、そのときにもう一つ決め手となったのが、下に書いてあります<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>Heです。これは土壌ガスのものでなくて、Mammoth Mountainの山頂部にあります弱い噴気があるんですけども、そこのガスの中の<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>Heというのが測定した例ですけども、それは89年以前にはここで言うと3とか4という比較的低い値だったんですけども、89年以降、90年の辺りは、これは6ぐらいの高い値になった。この<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>Heというのはもともとマントル起源のガスの中にしか含まれておりませんので、これは深いところからマグマないしはそういったもので運ばれてきたガスというものが、89年に急激に放出されるようになったということを示している。その時期と、先ほどお示ししたCO<sub>2</sub>の放出が恐らく高まった時期が一致しているので、これは深部からのガスの供給であろうということが推察されたわけでありませう。

その放出量を測定した例がこちらですけども、95年から、この場合は99年までの8例、測定した例ですが、先ほどCampi Flegreiと同じように、放出量を測定するためには、こ

ここに点々がたくさん打っておりますけれども、やはりそれぞれ数十点程度の測定が必要であると。このMammoth Mountainの場合、立ち枯れが起きた場所というのが、先ほど見せたのと同じですけれども、黒い範囲でぽつぽつぽつと斑点のようにありますけれども、非常に多数あって、かつ離れているということがありますので、実はそれぞれを測定しないと全体の放出量は見積もれないということで、それ自体見積もるのもかなり手間なわけです。もう一つは、この立ち枯れをしていないところで、じゃあ放出がないのかということ、恐らくそういうこともないと思うので、本当はこれ全体の範囲を見積もりたいところなんです。が、なかなかそこまでできない。そうすると、ある程度特徴的な場所ということで、この場合はHorseshoe Lakeというところの北側のところですが、ここに注目して測定をしております。こうやって測定しますと、この場合には約100tの放出量というのが時間変動しているというのがわかっていまして、この時点では、彼らはゆっくり減少しているというふうに言っていますけれども、最近の報告を見ますと、恐らく二、三年単位でどうも変動しているらしい、そういったことがわかっているということです。

Long Valleyの場合、わかっているのはそこまでなんですけれども、そういう活動をしておりますので、Long Valleyのモニタリングの項目としても、そのGasというのが、これUSGSのホームページにあるものですが、Gasという項目がありまして、このMammoth Mountainの周囲ないしはその町の近くにも3点ほどの観測しているポイントがあります。実際どう観測しているかと言えば、基本は先ほど言った繰り返しの観測がありますけれども、一応連続の観測点というのを持っていて、そういうところで連続の観測点のものという面観測を比較しながら評価はしているというのが現状だと思います。

以上まとめですけれども、そういった土壌経由の非常に拡散的な放出というものがされる場合があって、Caldera Unrestの一つの指標になるだろうと。Long Valley、Campi Flegreiでも、実際には重要な監視項目としてあります。ただし、この場合、CO<sub>2</sub>の供給というのが原因ではありますが、それがマグマの活動に起因するのか、場合によっては、例えば地殻変動などを起こすことによって地殻変動のpermeabilityが変わるということが原因なのか、そういった評価も必要だし、先ほどCampi Flegreiの例で御紹介しましたように、逆にCO<sub>2</sub>の供給量の増加ということで、ある程度の地震や地殻変動を起こすということも十分あり得る、そういった評価をしながら検討していく必要はあるだろうと。こういった観測を行うのが、実はなかなか容易ではないという点がありまして、何回も強調してきましたけれども、ある程度広範囲で、かつ不均質な分布があるようなものをどうやって定

量的に評価するか。基本的には、人手をかけて広範囲を繰り返して観測するしかないということになるんですけども、また、そういった観測をやるためには、ある程度、異常域がどこであるかということ想定してやらなければいけない。Mammoth Mountainの場合も木が枯れたということが最初の指標になりましたけど、そういうことがはっきり見える前にどうやって観測を始めるか、観測ができるかということが難しいところだと思います。

もう一つは、今日御紹介しましたのは二つとも陸上の例ですけども、例えば日本ですと始良カルデラであるとか鬼界カルデラというのは海の底にありますので、そういったもので同じような現象が起きているとすると、どのように評価できるかというのも一つ難しい点かと思います。始良カルデラの場合、若尊カルデラというのがありまして、熱水系が下にあるということがわかっていますし、鬼界カルデラの場合もカルデラのリムの近くですけども、海底からCO<sub>2</sub>の放出があるということもわかっていますけれども、それを例えば時間的な変動として見るのは、やはりかなり難しいだろうと。ですから、こういった活動を、恐らく重要なものではあるんですけど、まだその意味も現在、評価に関しては研究を進めている段階ということでもありますけども、注目をしなければいけない現象の一つかとは考えております。

以上です。

○石渡委員 篠原先生、どうもありがとうございました。

それでは、今の御発表について、御意見、御質問等ございましたらばよろしくお願いたします。いかがでしょうか。

どうぞ、中田さん。

○中田教授 Campi FlegreiのSolfataraの変化の中で、地殻変動が数m、数十m規模で起こったものが減衰していく中での残渣と非常に相関があるという話でしたけど、それ以前のデータはCO<sub>2</sub>ではないということなんだろうと思いますが、その全体が減衰することによる傾向というのは、その分析からは特に見えないんですか。その残渣だけが連動しているように見えるということなんですか。

○篠原主席研究員 少なくとも得られているデータからはそういうふうに見えるということです。全体のfluxもどちらかというところでは上がっているようには見えますので。ただ、おっしゃったように大きな変動がある前後のところでは十分データがないので、そのときに何が起きていたかということは評価はできていないと。ただ、恐らく見た目の変動としては大きなものが起きていなかったんだと思いますね、そのときには。

○石渡委員 ほかにございますでしょうか。

どうぞ。

○棚田総括主任研究員 Mammoth Mountainの近くで木が枯れたって、CO<sub>2</sub>だけで、地熱が上がったとか、そういう話はあるんですか、ないんですか。

○篠原主席研究員 ちょっと温度のデータのことははっきりは覚えていませんけども、そういったものを含めて検討した結果、土壌中のCO<sub>2</sub>の濃度の上昇が木が枯れる原因であったろうという結果にはなっている。

○棚田総括主任研究員 じゃあ地熱が上がる、CO<sub>2</sub>が出てきているとか地熱が上がっていると思っていいんですか。そうでもない。

○篠原主席研究員 すみません、ここの場合の例は、ちょっとはっきりそこはどうだったか覚えてないですが、顕著な地熱の上昇があったということではないと思います。往々にしてCO<sub>2</sub>の土壌fluxが高いところは温度が高い、相関を見ることはありますけども、その相関については、基本的には相関は恐らくあるんでしょうけど、それが5℃上がるのか、それとも10℃上がるのか、20℃のレベルなのかって、そこまで、その相関のレベルは場所によってかなり違うので、多分そんなに大きな、非常に木が枯れるほど、例えばCO<sub>2</sub>濃度が土壌中で10%になるようなところでも、何度も温度が上がっているというわけでは多分ないと思います。

○棚田総括主任研究員 わかりました。

○石渡委員 ほかにございますでしょうか。

どうぞ、清水先生。

○清水教授 今、CO<sub>2</sub>のfluxのモニタリングですけども、非常に有望ということなんですが、最後にまとめていろいろ難点みたいなのがまとめてあるんですが、多数とか人間がやらなきゃいけないとかいろいろあるんですが、もう一つ、例えば植生がある場合に、やっぱり生物起源かどうかというのは同位体で検証されたということなんですが、その手間とか、それはその難点の一つにはならないんでしょうか。それも要因にできると思っているんでしょうか。

○篠原主席研究員 それはまさにそういう、どちらかというところ、ちょっと3番に含めた数字ではあるんですけども、そういった要因で、植物起源だけの場合だったら、その変動という意味では、長期間の変動というのはあまり大きくないだろうというものもあるので含めなかったのがありますが、変動を検知するときには、植物変動も例えば気候の変動にあ

る程度含めるという意味で3番みたいなのを含めてはいます。

あともう一つは、日本で測定した例は比較的fluxが低いので、生物起源の寄与がすごく大きいという場合がありますが、日本でそういう活動が起きたときどうなのかわかりませんが、Campi Flegreiの例とかMammoth Mountainの例は、fluxが非常に高い、というか濃度が非常に高いんですね。ですから、そのときには植物起源のものが増えたというふうには考えにくいのはあると。ただ、もちろんそのときに何らかの特別な異常といったことも、先ほど話がありましたけど、地熱が上がったときに腐食が非常に進んで急にCO<sub>2</sub>濃度が上がるということがありますので、そののところを見極めていく必要はあると思いますから、その部分、手間にはなります。

○石渡委員 私からちょっと一つ質問したいんですけど、今回、噴火の予兆としてCO<sub>2</sub>が増えたように思われる例として、一つ有珠山というのを挙げられたわけですが、これというのは、今回98年、99年、2000年で、99年が多くて、噴火後の2000年の6月で減ったという、これはもうちょっと、例えばその後の変化とかその前の変化とか、何かそういうデータというのはございますでしょうか。

○篠原主席研究員 残念ながらございません。このものしか知らないというのがありまして。これだけの範囲を定量的に押さえるというのは、やっぱりそれだけ手間がかかるので、その後、測定したという話は特に聞いてはおりませんけども。ですから、ちょっと微妙に解釈が難しいところではある。

あと、もう一つ、じゃあなんでここにCO<sub>2</sub>のfluxの異常が有珠山のような噴火のパターンで見て、表れることが可能なんであるかって、そこら辺のところもモデルといいますか、解釈もできてはおりませんので。

○石渡委員 わかりました。では、継続的にここをモニタリングしているというわけではないということですね。

○篠原主席研究員 そういうことではありません。このときに多分、恐らく89年、99年というfluxを測定したときに上昇したということで多分、彼らは注目していたところ、噴火が起きたのもう一回やってみたと、そこで変化が表れたということであって、これを特にモニタリングとして繰り返してやっているわけではないということです。

○石渡委員 ありがとうございます。

ほかに何か、簡単な短い質問ございましたら。

じゃあ、石原先生。

○石原名誉教授 今の有珠山なんですけれども、これ2000年に1桁落ちているというのは、この火口原以外のところが増えたというようなこと、噴火口は減少しているわけ、そういうことはないですか。

○篠原主席研究員 そういう広い範囲で測定しているわけではないと思うので、それははっきりはわかりません。もちろん西山のほうで新たな地熱地域ができていますから、そういうところで、そういう放出が増えたという可能性は十分あると思いますけど、定量的なデータはないと思います。

○石渡委員 よろしいでしょうか。

それでは、最後の矢島先生の発表に移りたいと思います。

矢島先生、どうぞよろしく願いいたします。

○矢島火山調査官 海上保安庁の矢島です。

海域火山調査に、特に海保が実際に行っていることについて簡単に御説明させていただきますと思います。

海上保安庁が現在監視している海域火山は、火山島と海底火山がありまして、火山島が25カ所で、海底火山が14カ所となっています。これに伊豆・小笠原南方諸島と、こちらが南西諸島になっています。

これが最近の活動でして、まさに1952年に海上保安庁の第五海洋丸が明神礁の噴火で遭難をしております、殉職を出しております。そういうこともありまして、航海の安全や防災や免災のために海上保安庁のほうは監視しております。その後、三宅島や西之島の前回の噴火がありまして、これは本当に何もないところでいきなり始まったことでして、人間が最初に観測したわけなんですけれども、恐らくそれより前もあったのかもしれませんが、がありまして、その後、皆さん御案内の三宅島や伊豆大島などがありました。福德岡ノ場でも海底噴火がありまして一時新島ができましたが、その後すぐに消滅しております。手石海丘で水蒸気爆発が起きたり、あとは三宅島で、まさに西之島が2年前からまた噴火が再開しまして、現在活動中です。去年は口永良部島でもちょっと噴火がありました。

海底火山の調査としては、幾つかあるんですけど、一つ目は、この測量船を使ったものです。測量船に、海上をはかる重力計を搭載してございまして、それから、マルチビームとされているんですけども、面的に海底の地形を調査することができる測深機を積んでおります。それによって海底の地形や重力がはかれていますし、磁力計もありますので、その磁力計によって磁力の変化もはかることができます。

あとは、地殻のほうとしましては、エアガンというもので人工の音波を出すわけですが、この音波によって人工の地震波を形成しまして、反射法や屈折法による海底地殻を調査することができます。

それ以外に、採泥などをしたりしていますし、最近ではAUVというものがありまして、これは海底の中を自律で、プログラミングされており、調査するものですが、そういうものを使ったりすることもできます。

あともう一つは、海底地震計を設置したり、先ほどの海底地震計による屈折法による地殻の構造調査を行っています。

こちらが、海保特徴的なものの一つになると思うんですけど、先ほどの五海洋の遭難もありましたので、無人艇、搭載艇、これは大きな船に搭載しているという意味なんですけども、船による調査もできるようになっています。これは、無線による電波によって運転することができますし、プログラミングによって自律航行させることもできます。これによって、変色水が出ているところのような危険なところに関しても、海底の地形をはかることができたり、採水をしたり、また、XBTと言われるものなんですけども、こういうものを落として、深さと温度をはかるなんていうこともできます。

もう一つは、飛行機を使った調査で、磁力計がついているものもありますし、あとは、上からの空中撮影をしたり、赤外線で調査を行ったりしています。

実際に使っているものなんですけども、こちらは大型船で、昭洋です。こちらをまさに母船にしておりまして、こちらは搭載艇の「マンボウⅡ」というもので、無人で自律型の航行ができるものです。もう一つは、拓洋というものに対しては「じんべい」というものを積んでいまして、こちらでも同様な調査をすることができます。

もう一つは、飛行機を使っていますし、こちらが航空機による調査で主に使っているものなんですけども、目的などによって使い分けています。Gulfstreamはジェットで非常に速いので、特に近距離調査するときによく使います。詳細な調査をするにはちょっと速過ぎることもあるので、もう少し詳細な調査をするときには、こちらのBombardierなどを使うことが多いです。距離の問題もあるので、一概に、必ず詳細な調査はこちらというわけではないんですけども、目的に応じて使い分けています。Bombardierの中には、先ほど申しました、航空機の磁力計を積んでいるものもあります。

実際の調査は、今回はBombardierを使った場合なんですけども、基本的に目視観測をしています。これはカメラとか、ビデオカメラを使っていますし、あと、もう一つは、物



件投下口というものがありまして、これはもともとは遭難者などの位置をわかるようなときとか、何か物を緊急で落とさなきゃいけない、海上の人のために落とさなきゃいけないときに使うものなんですけど、そこを開けて、そこから地形計測をしたり、熱赤外の画像を撮ったりしています。その熱赤外のカメラは、こんな形で温度がわかる形になります。

もう一つは、フレアというものを積んでいるので、それによって熱赤外面像による動画も撮影することができます。

まさにそれで緊急調査として行ったのが西之島の調査になります。それはまさに最初の噴火が開始した11月20日なんですけども、典型的なマグマ水蒸気爆発を起こしています。その後も活動は活発に続いていまして、翌年の2月にはここまで大きくなって、もともとの西之島のほうにかなり乗り上げてきているという状況でした。その後も、8月ぐらいになって、かなり広がりが大きくなりまして、いよいよこの2月23日の段階では、旧西之島はほとんど飲み込んでいます。ちょっとまだ一部残っていますけれども、基本的に飲み込んでいます。まさにその地形調査で行ったその変化図がこちらになりまして、もともと噴火の当初はこのくらいの小さなものができていたんですけども、それが今ではこのくらいまで大きくなっているという状況です。

その取得したデータをどうするかということなんですけども、もちろん、火山噴火予知連に報告させていただいていますし、また、海域火山データベースというものを用意しておりまして、そちらで新しくなったものを随時アップデートをしています。これは当庁のホームページからリンクがされています。

それ以外に、火山基礎情報図というものを作成していまして、こういう形で、どんなことを調査したかとか、地形とか構造等について地形図を出しているのです。

海域火山と陸域の火山モニタリングの大きな違い、これは模式図にしていますので、ケース・バイ・ケースでして、もちろん、海底火山じゃなくて陸域に大きくなっているところ、三宅島とか大島とか、そういうところは若干陸域のところも入ってくるので、あくまでもモデルと、典型的なケースと御理解いただきたいんですけども、そもそも行くのが大変ですし、行っても、先ほど述べたぐらいのモニタリングできる手法も限られています。ということで、データ取得がなかなか大変でして、また、常時観測もなかなか難しいということがあります。陸域火山の場合は、まさに同じようなことをもちろんやりたいわけですけども、当然、GPSは海の中では使えませんし、そういうことでなかなか難しいところはありますが、さはさりながら、できることを確実にやっているというのが現状になり

ます。

あとは、もちろん先ほど飛田先生のほうからもお話がありましたが、衛星を使うということももちろんできるわけですが、L2のほうは、光学のセンサーがない関係で、ちょっと変色水とかを見ることができないんですが、陸域火山のほうに関しては変動がわかるということで、陸域に出ている、まさに火山島になった場合に対しては使えるのかなというところですよ。

これが今まさに西之島の現状で、このくらいに非常に活発になっているものですが、こういうものに対して、引き続き海上保安庁として調査を続けて行っているということです。以上です。

○石渡委員 どうもありがとうございました。

今の矢島先生の御発表について、御質問、御意見ございましたらばお願いいたします。

どうぞ、棚田先生。

○棚田総括主任研究員 変色海域を、日本中あちこちで出ていたり、島の周りで、極端には砂利が流れただけでもしていると思うんですけど、そういうものを全体としてウォッチしている方法は、どこもやっていないと思っていいんですかね。

○矢島火山調査官 もちろん、ずっとやっているところは基本的にはないです。もちろん、島のほうから見える部分に関しては見えるんですけども、ただ、やはり上からでないとなかなか、おっしゃられたとおり、砂利とかとよくわからないこともあったり、判定もつかないということもあって、なかなか難しいということが現状です。もちろん、光学の衛星を使えば、ある程度はわかるんですが、まさに、いつも毎日飛んでいるわけではないので、まだその画像も、データを購入して確認しなきゃいけないということもあるので、なかなか、そういう意味では難しい状況ですね。

○石渡委員 中田先生、どうぞ。

○中田教授 海底地形のことについてお伺いしたいんですけど、海底GPSでなくても、大きな変動があった場合には、海底地形調査で出る時間を隔てて測量すれば、ある程度の解析ができるんじゃないかという気がするんですけど、例えば始良カルデラで、あれだけマグマ溜まりと思われるところが拡大、膨張しているのが見られますので、例えば始良カルデラの下をシービームで何回かマッピングすると、その変動が見えてくるという、そういうような期待というのはないでしょうか。

○矢島火山調査官 もちろん精度の問題もあるので、数cmオーダーというのはなかなか難

しいんですけれども、ある程度の変動があれば、定期的に測量を続けて、データを蓄積することによって比較を見ることはできるかもしれませんが、なかなか、そこだけずっと測量するというのが、ほかのところとのバランスもあって難しいので、ちょっとそこは今の段階では何とも言えないです。ただ、原理的には定期的に調査することができて、それを蓄積できれば、わかるかもしれません。ただ、精度は非常に、海の中をはかるので、数cmというのはなかなか厳しい、深さにもよりますが、厳しいところですので、ある程度大きくなればということになりますけども。

○石渡委員 よろしいですか。

ほかにございますか。

石原先生、どうぞ。

○石原名誉教授 今の中田さんの質問と同じですけれども、始良カルデラの場合は、大正3年の大噴火の前後で、水路部の前身が、全部で100、比較して変動を出しているわけですね。例えば今の技術でいうならば、特定の範囲、幾つか測線を選んでいて、それを繰り返して測定する。位置出し等もいろいろあるでしょうけど、その場合にどのぐらいの水深といたしますか、精度を保てるんでしょうか。それによっては、そういう火山のカルデラの海域のモニタリングというの、地殻変動のモニタリングというの、線状でしょうけれども、特定の場合にそれが役立ちそうな気もするんですけど、いかがでしょうか。そこら辺の精度はどんなものでしょう。

○矢島火山調査官 正直、精度は水深と、あと、その海底地形によって決まってしまうので、一概に、ここだったら幾つというのはなかなか正直言えないんですが、あまり深いところでなければ、10cmとか20cmぐらいのオーダーであれば出るんじゃないかなと思います。ただ、もちろん、そのときの海象が悪いとか、いろんな観測状況によるので、一概にそうとは言えませんが、恐らくそれくらいは出るんじゃないかなと思います。

○石渡委員 ほかにございますでしょうか。

どうぞ。

○篠原主席研究員 基本的にその観測というのは、恐らく海底地形はある程度プランを持ってやられていると思うんですけども、それ以外の観測は、異常を見られた際にそこを観測するということなんですか。それとも何か定期的にモニタリングするようなことはあるんでしょうか。

○矢島火山調査官 まず、航空機の観測は年に数回やっています、また、あとは、自衛

隊さんと協力して、その細かなことではないんですけども、何か異常がないかを確認するフライトを、当庁と自衛隊さんで分けてもらって、それも含めると大体月に1回は見る形になっています。もちろん、今回みたいな西之島みたいな特異的なケースに関しては、また別に、航空機の時間とかも調整しながら見るという形にはしています。

○石渡委員 よろしいでしょうか。

ちょっと私から質問したいんですけども、噴火の予知というか、予測というか、そういう面からは、やっぱりいろいろな情報を、アンテナを張るといいますか、そういうことは大切だと思うんですが、例えば変色海域があったとか、そういう情報は、船とか、飛行機とかの乗組員とか、パイロットとかから、時々あるんじゃないかと思うんですけど、そういう情報というのは1年にどのくらい来るものなんですか。それで、それに対してどういう対応をなさっているんでしょうか。

○矢島火山調査官 航空会社、特に日本の航空会社のほうには、異常がもし、もちろん飛んでいる途中ですけども、異常があった場合は報告をお願いしています。もちろん船のほうにも、もし何かあればお願いしていますが、ただ、そんなに、幸か不幸か、報告を受けるケースはそれほど多くはなくて、あとは自衛隊さんから、別の目的で飛んでいるときに、何かあったら情報をいただくということになっています。

まさに西之島のケースは、自衛隊さんが異常を見つけられて気象庁さんに御報告されたので、それをもとに緊急調査を実施したのが、まさにきっかけになっていますので、そういう意味では、今回のような活動の調査には活用させていただいているところです。

○石渡委員 それは、それほど多くはないというのは、例えば年に1回とか、その程度であるということですか。もっと多いんでしょうか。

○矢島火山調査官 もちろん数回程度はありますが、ただ、何もなかったこともあるので、何とも言えないところですが、その程度はあると思います。

○石渡委員 一応そういう情報が寄せられた場合には、すぐに対応をするようになさっているということでしょうか。

○矢島火山調査官 確認して、必要に応じて対応させていただいております。

○石渡委員 どうもありがとうございます。

ほかに何か、今の御発表についてございますでしょうか。

よろしいですか。

今日はお3人の先生方に御発表をいただきました。どうもありがとうございました。

飛田先生の衛星レーダー、それから衛星測位システムを使った地殻変動の検出というのが、非常に広域的に、しかも割と正確に、少なくとも二次元的なマップとして、この辺の隆起量が多い、沈降量が多いというところがきちんと表示されるということで、非常に有効な手段だというふうに思いますが、やはり、ソフトウェアでそういう誤差を処理しなければいけないという面があって、なかなか難しい部分もあるというようなお話がよくわかりました。

それから、篠原先生のCO<sub>2</sub>のフラックスのお話で、火山の活動が活発なところで、そういうフラックスの変動が実際に観測されていると。噴火の前と後でフラックスが大きく変化したというような例もあると。ただ、継続的な観測というのは、残念ながら、あまり広くは行われていないということもわかりました。

それから、矢島先生の海域の火山の活動というのは、今お話のあったとおりであります。

これまでお話しいただいた先生のお話も含めまして、これから、原子力施設で行うモニタリングについて、こういう知見というのが非常に参考になるものであるというふうに考えます。

何か特に全体、今までの検討チームでいただいたお話とか、あるいは、この中の議論を通じて、特に御発言がございましたらば、いかがでしょうか。特によろしいでしょうか。

(なし)

○石渡委員 それでは、今までメンバーの皆様から、火山観測、それから噴火事例に関して、いろんな知見を御発表いただきました。前回、私のほうから申し上げましたように、この検討チームでは、最初に議論をいただいた基本的考え方や今後の検討事項、今日はちょっと文言を、最後、一つ確定できなかった部分がございますけれども、基本的にはこれで御承認いただいたというふうに思います。これをベースにして、原子力施設に関わる火山活動のモニタリングについて、原子力事業者並びに原子力規制委員会・原子力規制庁に期待すべきというか、こういうふうにやってほしいという、この点について提言をまとめていきたいというふうに思います。

これにつきましては、今日はもうあまり時間もございませんので、とりあえず原子力規制庁のほうで、その提言の目的とするところ等について、1枚ものがございますけれども、一応説明資料を準備いただいておりますので、まず、これについて御説明をお願いいたします。

○小林管理官 原子力規制庁の小林でございます。

資料4でございます。今、石渡委員のほうからお知らせしましたように、前回、石渡委員のほうから、提言案のような骨子みたいなものを提示させていただくということでございましたので、これに基づいて、本日は、大枠といいますか、その方向性の案を提示させていただきます。

1番目の目的のところでございますけど、ここでございますように、この提言については、原子力施設における火山活動のモニタリングについて、これを強化・充実するために、原子力事業者、それと原子力規制委員会・原子力規制庁が何を為すべきかを提言する、ということでございます。

どういうことを提言していただくかというのを、2番目として例を挙げてございます。

一つは、専門家会合の設置をすべきじゃないか、したほうがいいんじゃないかというような提言でございます。これについては、この検討チーム自体は、言ってみれば、火山学の知見とか考え方、これを整理するというのがこの検討チームの目的でございましたけど、新たにこういった専門家会合を設置して、原子力施設に関わる火山活動のモニタリング方法や観測結果等について、個別の電力事業者から報告を求めて、それに対して専門家から御意見・助言をいただくというようなことにしたらどうかと。その際、また、参加する方々の情報交換にも資するのではないかというふうに考えてございます。

それから、②でございますけど、これは火山学上の調査研究の充実ということでございます。基礎的な研究とか、そういった技術開発を含む火山活動のモニタリングに関する調査研究・知見の収集整理を行うというようなこと。

それから、③として、その他としてございます。ほかにも何かございましたら、この場でお知らせいただければと思います。

本日御議論いただいて、次回、少し具体的な提言案を提出させていただきたいと思っております。

私からは以上でございます。

○石渡委員 ありがとうございます。

これは非常に雑駁といいますか、非常に細かい点については何も表示していない文章でございますが、目的と、それから具体的な内容、提言案の具体的な内容としてこんなものを盛り込んだらいいのではないかという、最初の案でございます。これについて、特に、例えば目的のところ、もう一つ、目的で加えるところがあるのではないかとか、あるいは、内容の例として、特にその他と書いてあるところで、こういうことも、この専門家会

合で議論すべきではないかというようなことがもし今ございましたらば、ぜひ御発言をいただきたいと思います。いかがでしょうか。

石原先生、どうぞ。

○石原名誉教授 まだもう一つ具体的なイメージが湧かないんですが、この参考資料の1とか2というのは、この提言の中でどういうふうな、この関連というのとはどんなふうなことになるんでしょうか。つまり、参考資料2とかに幾つか、かなり書いてありますが、こういうものをベースに何かをつくるのかとか、検討というか、ここら辺の扱いは今後どうなるんでしょうか。

○石渡委員 これはモニタリング方法の具体化等ということで、今後の検討事項ということで、参考資料2に書いてございます。これにつきましては、当然のことながら、この専門家会合の設置、それから調査研究の充実という、この中に含まれるというふうに考えております。まだわかりませんが、そんなに長大なものを準備するつもりはございませんが、提言案としては、やはりA4で1枚か2枚ぐらいの程度のものにしていきたいというふうに思っております。その中で、こういうモニタリング方法の具体化等ということで、提言案に書くのが適当と考えられる部分については、それらを記入していくというふうにしたいと思いますが、当然、ですから最初から、これ、この検討チームの会合の最初から、これを、この参考資料1と2につきましては議論を繰り返してきておりますので、これは当然、提言案の中に組み込んでいくべきものだというふうに考えます。

よろしいでしょうか。

ほかに御意見ございますでしょうか。

中田先生、どうぞ。

○中田教授 石原さんのおっしゃるとおりで、提言が突然これだけ出てくると何のことかというのはやっぱりわからないので、その背景を踏まえたような文章にさせていただくのがいいのではないかと思います。特に大規模噴火については的確な予測というのが非常に困難な状況にあるという文章は多分生かしたような形で提言案をつくっていただくのと、国全体として対応すべきであるとか、その辺もぜひ盛り込んでいただけたらなと思います。

ちょっと不思議に思うのは、具体的内容の、例えば①ですけど、これはこの検討チームが提言するわけであるので、例えば、「専門家から御意見・助言をいただく」という文章はおかしいわけですね。こちらがそういうものをつくって、意見を聴取すべきであるというような、そういう文章であるべきなので、ちょっと、どちらが主体かというような書

き方には、ちょっと書き方がおかしいかなという気がします。

○石渡委員 そうですね。これは、だから規制庁側から見てという、見た感じの文章になっているような気がしますね。

ほかにございますでしょうか。

どうぞ。

○篠原主席研究員 今後の検討事項の中に入ってるもので、こちらに入っていないものと思われるのが、判断の目安をどうするかという、その設定があると思いますけど、これは、この①のところのモニタリングの方法というところにこれを含めているということなんですか。つまり、判断の目安も、提言を受けて、それに対して専門家が評価するという、そういうイメージなんですか。

○石渡委員 含めてということではあるとは思いますが、確かに、目安といいますか、それを基準に、それをある程度示すということは大事なことであるということは認識しております。

それは、ここでいうと、別に項目を立てたほうがいいのかもしいかなですね。

ほかにございますでしょうか。

島崎先生。

○島崎名誉教授 多分、今議論になっていることと同じことだと思うんですけども、今あるこの検討チームのやることと、この専門家会合のやることの切り分けがどこにあるのかというのを、何となく皆さん心配というか、よくわかっていないんじゃないかと。そこが、ここまではこの場でやって、ここから先は専門家会合でやってくださいという、そこをはっきりさせるのが多分重要じゃないかと思います。

○石渡委員 この会合では、具体的に、例えば個々の電力事業者を呼んで報告を求めるとか、そういう具体的な、その場その場のサイトごとのそういうモニタリングの具体的な計画とか、そういうことについてサジェスションをすとか、そういうことはここでは一切やってこなかったわけですが、今度設けるこの専門家会合というのは、まさにそういうことをやる会合であるというふうに考えますが、いかがでしょうか。

切り分けということであれば、そういうことになるんじゃないかというふうに考えます。

よろしいでしょうか。

○中田教授 今の島崎先生のあれに関連してですけど、この検討チームはどこまで行けばゴールなのか。今日でおしまいなのか。この後は名前を、名称を変えて専門家会合になる



だけなのかと、ちょっと不安があるので、その辺の見通しを……。

○石渡委員 今、これは提言案をとにかくまとめていただかないと、この会合は終わりませんので、次回は、この提言案を議論してまとめていただくという大事な任務が残っております。

基本的には、この検討チームの任務というのはそれで終了というふうに理解しております。ですから、次のこの専門家会合を例えばつくるという提言案がまとまった場合に、その専門家会合のメンバーというのがどうなるかとか、そういうことはまた次の問題でありまして、ここで来ていただいた先生方の中で、この専門家会合のほうに入らせていただく方もいらっしゃるかもしれませんが、入っていただかない方もいらっしゃるかもしれません。そういうことであるというふうに思いますが。

○清水教授 そうすると、例えばその専門家会合というのは、メンバーというか、その構成ですね、どういう専門とかというのは、誰がどういう基準で決めるんでしょうか。

○石渡委員 これは、基本的に規制庁・規制委員会のほうで決めさせていただくということだと思いますが、規制庁のほうは、そういう考えでよろしいですか。それとも、もう少し——どうぞ。

○櫻田部長 規制部長の櫻田でございますが、どうもちょっと話の進み方が、もう既にここに、資料4に書かれていることは、これが前提になっているような感じがするので。ちょっと、まずこういう専門家会合をつくって、事業者の報告を求めて、アドバイスをいただくという、そういう場をつくったらどうかということ、今日、事務局といいますが、規制庁側から御提案させていただいているということがあるので、そういう目的のものとしてよろしいということにもしなるのであれば、その目的に照らして、適切な方々を、通常の形で行きますと、原子力規制委員会とも御相談して決めていくということになるのかというふうに思いますが、その場合、このいただく御提言の中に、この場合、決める提言の中に、もう少しこういう人は必ず必要だとかいうような話がもしあるのであれば、そこは入れていけば、それを勘案して、原子力規制委員会で決めていくということになるのかなと思いますが、特になければ、何をするかという、その目的をよく考えて、規制委員会・規制庁で人選していくという、そういう流れになるのかなというふうに考えてございます。

○石渡委員 ちょっと先走ってしまったかもしれませんが、今、櫻田部長のほうからお話があったような感じになっていくのではないかというふうに思います。

中田さん、どうぞ。

○中田教授 ちょっとその辺誤解して発言した可能性がありますけど、ただ、この委員会で専門家委員会が必要であるということはまだ誰も発言していないですね。石渡委員が言っている以外は、誰も委員のほうからは、こういうものが要るといことは、積極的には誰も言っていないわけで、そういうときに、これはどうですかと規制庁のほうから提案されたという形で受ければよいんですかね。というか、モニタリングが難しく、非常に困難であるということと、国が対応すべきであるという、そういうことでは考え方をまとめて、それで、そのモニタリングが実際どういう具合にやられて、カルデラ噴火のときはどう見えている場合があるかという話を、我々は意見交換したと、情報交換したと思うんですけど、だから、その上で、その専門家会合が必要であるという話にはやっぱりなっていないと思うんですね。

それで、専門家会合の趣旨がいまいちわかっていない段階では、ちょっとこの議論にすぐ入るとい感じはあまりできないように思うんですね。規制庁のほうで、どういう形で専門家会合が今提案したいと思われているのか、その辺をもう少しお聞きしないと、これは、文章だけを読むと、個々の申請に対する事業者からの報告についての専門家からの考え方を述べるという委員会にしか見えませんので、ちょっと質が違うように、これまでとは質が違って来たように見えるので、その辺の説明をしていただけたらと思いますけど。

○石渡委員 いかがでしょうかね、これは。

じゃあ、小林管理官。

○小林管理官 今、お尋ねの点ですけど、今、私どもの部長が申し上げたようなことと繰り返になってしまうんですけど、具体的な内容の例ということで、我々、石渡委員のほうが一応、発言で、専門家会合の設置が必要かどうかというところもこの提言の中に含めたらどうかということをございますので、特に中身を今精査して、これが必要だとか、そういうふうに申し上げているつもりはございません。もしこういった専門家会合が必要ではなくて、この検討チームでさらに少し範囲を広げて検討が必要であれば、そういうような御提言でも私どもは構わないというふうに考えてございます。

○櫻田部長 ちょっと補足しますが、規制庁といいますか、事務局も兼ねているので、その事務局として何を考えたかということをもうちょっと補足しますと、今後、事業者がモニタリングをするという話に多分なっていて、それをどのように評価するかというところが、将来的に考えていかなければいけないかなというふうには思っております、その

際に、規制委員会あるいは規制庁の職員だけで、そういった評価がきちんとできるかという、とても心もとないところがあるのは事実だというふうに思いますし、そこは、この検討チームの中でも御意見があったかというふうに思います。

したがって、私どもとして、もしこのチームで御提言いただけるのであれば、専門家の方々に、事業者のそのデータも分析をしていただいて、評価をしていただくというような場をつくれれば役に立つのかなというようにことが頭にあったというのが一つであります。

それから、実は事業者自身も、第三者の意見を聞くという、そういう目論見を考えているわけでございますけれども、その際に、適切な方々に御参集いただけるかというようなところも一つの問題としてはあるのかもしれないというようなことも少し念頭にございまして、火山の専門家の方々のお力を、いずれにしてもお借りしなければいけないということだとすると、そういった方々のアドバイスをいただければというのを、これは原子力施設の関係でございますので、原子力規制庁の中に、あるいは規制委員会の組織の一つとして場を設けて、そういう具体的な観測データの評価の仕方とかいうところ、あるいは、事業者の進める観測の仕方、モニタリングの仕方についてのアドバイスをいただくという、そういう場として使わせていただくことができれば役に立つのではないかということ考えたという、そういう次第でございます。

したがって、この場に御参加いただいている先生方の中で、引き続きお願いしたいという方もいらっしゃるような気がしますし、そういう個別具体的なものの評価という意味では、今まで、この場ではもう少し大所高所を含めた議論をしていただけてきていますけれども、そういう意味ではもう少し、今ここで御提言している専門家会合というのは、もう少し、実務面も含めた具体的な評価なり、方法論も含めた議論をしていただくという場になるのかなということを感じていまして、現在の場とは少し扱うものが違ってくるのかなという感じがしたものですから、新しく専門家会合を設置してはどうかと、そういう形で提案させていただいたという、そういうことでございます。

○石渡委員 よろしいでしょうか。

どうぞ、石原さん。

○石原名誉教授 少しわかってきたようなところがあるんですが、やはりこういうのはよくわからないので、これの類似の、例えば地震とか津波とかいろいろあると思いますけど、そういうものとの関連で、どういう位置づけで考えておられるのか、この専門家会合を。

そういうものが何か、今日は、私はもう少し、ある程度イメージを、次の段階、あるいは事前にちょっと示していただくと考えやすいのかなと思いますので、よろしくお願ひしたいと思いますね。

○石渡委員 私が直接関わっているものとしては、島崎先生のほうで大分御苦勞いただいたものですが、原発の敷地内の破砕帯調査の有識者会合というのがございます。これは、2012年に、島崎先生が委員に就任された直後に設けられたものでして、地質学会とか、活断層学会、第四紀学会、地震学会という四つの学会にそれぞれ10人ほどの委員の御推薦をお願いして、御推薦いただいた方の中から、それぞれのサイトごとに4人ずつお願いして有識者会合というものを立ち上げて、まだ解散したところはありません。現在に至るまでずっとやっていただいているという、大変大きな負担をお願いしているわけですが、ただ、それは一応有識者会合は、あくまでも科学的に見て、これが将来活動する可能性のある断層かどうかという、その科学的な判断をしていただくということに特化しております、それが直接、規制委員会として判断になるというわけではないということは確認をさせていただきます。

そういう一種の検討、専門家会合といいますか、そういうものの例としてそういうものがございますということですね。

ですから、火山につきましても、例えばそれに類似したような組織にするか、また、ちょっと違った組織にするか、その辺は今後の検討課題だとは思いますが、そういう例があるということでございます。

ほかにこの件について何か御発言はございますでしょうか。

(なし)

○石渡委員 それでは、一応、非常に雑駁な案ではございますけれども、資料4として今日配付したような目的に沿って、次回、提言案というものを、もしまとまるのであれば、まとめていただくと。これは当然のことながら、専門家会合を例えば設けるということにしても、どういうものにするかとか、そういうことはなかなか1回では決まらないかもしれませんし、必ずしも確定したものを、次回きちんと出すということまで行くかどうかはわかりませんが、こういう方向でやるということで御同意をいただけますでしょうか。

よろしいですか。

(なし)

○石渡委員 どうもありがとうございました。

それでは、次回の会合までに一応、議論は次回の会合でやっていただくんですけども、今日いろいろ資料を提供していただきたいというような御要望もございました。例えばそういう会合の例について、今、私が申し上げたのは非常に概略を申し上げただけですが、こういうふうに行っているところもございませうというような例とか、そういうものをお示しして、次回、御議論をいただきたいというふうに思います。

原子力規制庁のほうでも、議論の参考となるような資料とか、そちら、規制庁側としての、例えばこういうようなことは可能ではないかというような案ですね、こういうものを練っておいていただけますでしょうか。よろしいでしょうか。

○篠原主席研究員 その検討をしていく過程で、先ほども言いましたけど、この今後の検討事項として資料に挙げていただいている I. のほうですね、そちらの内容を、誰がどう検討していくのかというのが、ここでも少しは議論はしましたけど、具体的にまとまり切っているわけではないと思うんで、先ほど、判断の目安のところかというような話もしましたけど、それ以外の部分も、やはり誰かが検討して詰めていきつつ、多分、実際の事業者が出す報告に対してという、その判断が要ると思うので、それを、どこが、誰がやるのかというところが、今の具体的な内容の例というところではよくわからないんですね。

それが、全部その専門家会議がやるのか。もし事業者が全部この検討を、具体化を詰めますと。その詰めた結果を報告しますというのなら、専門家会議が議論しますでいいと思うんですけど、恐らくそこまでのことはできないだろうとすると、誰かがやはりそれをやらなければいけないような気がするんで、その部分を、まさにどの委員会が何をやるかというバランスだと思うんですけど、も含めて提案をいただけるとありがたいなと思いますけども。

○石渡委員 そうですね、そういうところは議論の中で詰めていくしかないのかなというふうにも思います。とりあえず今日のところは、こういうような目的でもって、次回、そういう提言案の作成に向けて議論を行うというところで締めさせていただきたいと思うんですけども。御意見は拝聴いたしました。

それでは、今日の議事としましてはこの辺で締めたいと思いますが、よろしいでしょうか。

(はい)

○石渡委員 どうもありがとうございました。

それでは、最後に、原子力規制庁から今後の予定等、事務連絡をお願いいたします。

○田上審査官 原子力規制庁の田上です。

本日は長時間にわたり御発表、御議論をいただきましてありがとうございました。

原子力規制庁では、本日の議論などを踏まえまして、次回会合の議題を検討させていただきます。

本日の資料につきましては、そのままお持ち帰りいただいても結構ですし、机の上に置いていただけたら、当方から郵送させていただきます。

第6回会合の日程と議題につきましては未定ですが、決まり次第御連絡させていただきます。

原子力規制庁からは以上でございます。

○石渡委員 どうもありがとうございました。

以上をもちまして、原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム第5回会合を閉会いたします。

以上