

原子炉安全専門審査会 原子炉火山部会

(第4回会合)

原子力規制庁

(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。)

原子炉安全専門審査会 原子炉火山部会

第4回会合 議事録

1. 日時

平成30年8月10日（金） 13:30～15:44

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

原子炉安全専門審査会 審査委員

小林 哲夫 国立大学法人鹿児島大学 名誉教授

村上 亮 国立大学法人北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測
センター 特任教授

原子炉安全専門審査会 臨時委員

大倉 敬宏 国立大学法人京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
火山研究センター 教授

宮町 宏樹 国立大学法人鹿児島大学大学院理工学研究科地球環境科学専攻 教授

原子炉安全専門審査会 専門委員

篠原 宏志 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター
活断層・火山研究部門 首席研究員

棚田 俊收 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 火山防災研究部門
部門長 総括主任研究員

関係行政機関

斎藤 誠 気象庁地震火山部火山課長

黒石 裕樹 国土地理院測地観測センター 地震調査官

事務局

山田 知穂 原子力規制庁 原子力規制部長

大浅田 薫 原子力規制庁 原子力規制部 地震・津波審査部門 安全規制管理官

内藤 浩行 原子力規制庁 原子力規制部 地震・津波審査部門 安全管理調査官

竹内 圭史	原子力規制庁	原子力規制部	地震・津波審査部門	上席安全審査官
田上 雅彦	原子力規制庁	原子力規制部	地震・津波審査部門	上席安全審査官
佐藤 秀幸	原子力規制庁	原子力規制部	地震・津波審査部門	主任安全審査官
永井 悟	原子力規制庁	原子力規制部	地震・津波審査部門	主任安全審査官
竹野 直人	原子力規制庁	原子力規制部	地震・津波審査部門	技術参与
安池 由幸	原子力規制庁	長官官房技術基盤グループ	地震・津波研究部門	専門職
西来 邦章	原子力規制庁	長官官房技術基盤グループ	地震・津波研究部門	技術研究調査官

4. 議題

- ① 原子力規制委員会が行う発電用原子炉設置者の火山モニタリング結果に係る評価について
- ② 原子力規制委員会が策定する原子炉の停止等に係る判断の目安について
- ③ その他

5. 配付資料

資料 1	参加者名簿
資料 2	九州電力株式会社 川内原子力発電所及び玄海原子力発電所 火山モニタリング結果に係る評価について（案）
添付資料	川内原子力発電所及び玄海原子力発電所 火山活動のモニタリング評価結果（平成 29 年度報告） 平成 30 年 6 月 15 日 九州電力株式会社
資料 3	原子炉の停止等に係る判断の目安の基本的考え方について（案）
参考資料	原子炉安全専門審査会 原子炉火山部会（第 3 回）における主な意見について
机上配布資料 1	原子力発電所の火山影響評価ガイド（原子力規制委員会、平成 29 年 11 月 29 日改正）
机上配付資料 2	原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける「設計対応可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に関する基本的な考え方について

6. 議事録

○大浅田安全規制管理官 予定時刻になりました。原子力規制庁地震・津波担当管理官の大浅田です。

ただいまから、原子炉安全専門審査会原子炉火山部会第4回会合を開催します。

以降の議事進行は、小林部会長にお願いいたします。よろしくお願いいたします。

○小林部会長 小林です。議事を進行させていただきますので、よろしくお願いいたします。

それでは、最初に本日の配付資料の確認を事務局からお願いします。

○大浅田安全規制管理官 それでは、お手元の議事次第に基づいて、配付資料の確認をさせていただきます。

まず、資料1としまして、参加者名簿がございます。次に、議題の①に関連する資料といたしまして、資料2、九州電力株式会社川内原子力発電所及び玄海原子力発電所火山モニタリング結果に係る評価についての案でございます。その添付資料といたしましては、九州電力から提出されたモニタリング評価結果というのがございます。次に、議題②に関連する資料といたしまして、資料3、原子炉の停止等に係る判断の目安の基本的考え方についての案でございます。同じく資料4が、火山モニタリングにおける観測手法についての案でございます。それとあと、参考資料といたしまして、前回、第3回部会における主な意見というのを載せてございます。それ以外といたしまして、机上配付資料2点がございますが、これにつきましては、一般傍聴者には配付してございませんが、ホームページには掲載しております。

過不足等ございましたら、事務局までお願いいたします。

事務局からは以上でございます。

○小林部会長 どうもありがとうございました。

本日の議題は、議事次第にある二つを予定しております。

最初に、議題1、原子力規制委員会が行う発電用原子炉設置者の火山モニタリング結果に係る評価についてです。

事務局より評価結果を案として説明いただきますので、その後、委員の方々から質問や御助言をいただくことといたします。

それでは、お願いします。

○田上安全審査官 原子力規制庁地震・津波審査部門の田上です。

資料の2の御説明をさせていただきます。

まず、表題、川内原子力発電所及び玄海原子力発電所火山モニタリング結果に係る評価について（案）ということで、今回から、玄海原子力発電所が加わっております。これは、川内原子力発電所と監視対象火山が同じですので、1冊の評価書案としてまとめさせていただいております。

めくっていただきまして、目次のところを御覧ください。大きい流れとしては、Ⅰ.はじめに、Ⅱ.九州電力の火山活動モニタリングに係る評価結果の概要、Ⅲ.当該評価結果に対する原子力規制庁の評価、こういった流れになっておりまして、この順で簡単に御説明させていただきます。

まず1ページ目、めくっていただきまして、「はじめに」。経緯ですが、原子力規制委員会は、今年6月15日に九州電力株式会社から火山モニタリングに係る評価結果を提出されておりました、その「川内原子力発電所及び玄海原子力発電所 火山活動のモニタリング評価結果（平成29年度報告）」になります。これを受理しております。この報告書につきましては、別途、添付資料として付けさせていただいております。

2.のところ、私どもの評価方針といたしまして、①のところですね、当該評価の過程というものが適切かつ確実になされているか。②監視対象火山の活動状況を把握できているか。こういった点に主眼を置きまして、当該評価結果というものを確認してございます。

ページめくっていただきまして、2ページ目お願いします。Ⅱ.九州電力の火山活動のモニタリングに係る評価結果の概要でございます。

九州電力は、阿蘇カルデラ、加久藤・小林カルデラ、始良カルデラ、阿多カルデラ、及び鬼界の五つのカルデラ火山を対象といたしまして、公的機関（気象庁、国土地理院）が公表している評価結果を収集するとともに、自社で国土地理院のGNSS連続観測データ及び気象庁の一元化震源データを収集・分析しております。

以下に、九州電力の評価結果の概要が示されております。

2ページ一番下、評価期間ですが、この報告自体は昨年度分ということで、平成29年4月1日から平成30年3月31日までの期間を対象としております。

次の3ページ、御覧ください。3.の評価方法及び評価結果でございます。

(1)の評価方法につきましては、これは地殻変動や地震活動状況を確認して評価しているんですが、手法については昨年までと大きな変更はございませんので、詳細な説明は割

愛させていただきます。

次のページ、お願いいたします。(2)は評価結果です。これは、対象カルデラ火山ごとに表形式でまとめておるんですが、結論から先に説明させていただきますと、この表の一番右側の列のところに総合評価というふうにございまして、例えば①の阿蘇カルデラでは、活動状況に変化なしというふうに書かれているんですが、他の対象火山につきましても同様に、活動状況には変化なしという結論になっております。

この中で、次の5ページの一番上、③始良カルデラのところを御覧ください。始良カルデラにつきましては、真ん中の列のところですね、カルデラ火山に関する九州電力の評価というところで、一つ、最初のポツのところ、地殻変動のところで、マグマだまりの膨張を示唆する伸びの傾向が認められると、こういう特徴がありますので、警戒監視の移行判断基準値には達していないんですが、昨年同様の状況としては変化がないということでございまして、結果的に評価は、先ほど御説明しました活動状況には変化ないというふうな評価になってございます。

ページを飛んでいただきまして、7ページをお願いいたします。九州電力の評価結果に対する原子力規制庁の評価という形で説明させていただきます。原子力規制庁は、九州電力の火山モニタリング評価結果について、九州電力より聴取を行っておりまして、評価の過程ですとか火山活動状況の把握ができていくかどうか、こういったことについて確認をしております。この資料では、対象火山ごとに着目点や確認状況を書かせていただいておりますが、本会合では時間の都合上、唯一マグマだまりの膨張傾向が認められる始良カルデラの状況について御説明いたします。

ページ、次の8ページの図を御覧ください。この8ページの上の図3、これが始良カルデラのGNSS連続観測による基線長変化の図を示しております。九州電力は、幾つかの基線において、始良カルデラについては長期的な漸増傾向、右肩上がりの傾向が認められております。これが図3でも見てとれると思います。始良カルデラの地下深部での膨張が続いているものと考えておりまして、現状では監視体制の移行基準を下回っているため、現状の監視レベル「注意」の体制を維持するというふうにしております。また、九州電力は、今回、広域の地殻変動量の定量的把握について、中・長期的取組の一つとして行っております。これが、このページ下の図4のほうです。検討方法といたしましては、Takayama and Yoshida(2007)及び堀田ほか(2013)及び国土地理院のホームページを参考といたしまして、始良カルデラ周辺の広域の地殻変動量を算出しております。その算出した値を広域の地殻

変動の影響分という形で、それを除去するという試みを行っております。この図4を見ていただきまして、赤いプロットのラインは図3と同じ基線長の変化を表すトレンドなんです、その左側の図の下に青い線として書いてる線があるんですが、これが計算結果として広域地殻変動量の分という形で計算したものでございます。この赤い分から青い分を差し引いたものが、右側に示しております緑のプロットということになっております。この図を見ますと、上から3番目の基線③というところが一番青いトレンドが、傾斜が、勾配が高いと思うんですが、広域地殻変動の影響が大きいということがわかるかと思えます。それを除去した残差ですが、右側の緑のプロットの点なんですが、このプロットにつきましては茂木モデルによる膨張率 $0.005\text{km}^3/\text{年}$ を想定した変動と概ね一致しているということを確認しているということでございます。この図4の右側の緑のプロットのところに黒い破線を書いておるんですが、この黒い破線が、今申し上げました膨張率 $0.005\text{km}^3/\text{年}$ という値を考慮して、この基線における変動率というものをプロットしたものになっております。

次に、ページ飛んでいただきまして、10ページの図7を御覧ください。九州電力は、鉛直方向の地殻変動を面的に精度よく把握することを目的といたしまして、平成26年度より始良カルデラ周辺の水準測量を毎年実施しております。水準測量の結果、錦江湾北西部、この路線の③というところですね、下の図8の右上を見ていただきまして、区間を丸数字で書いているんですが、この③と書かれている区間、この部分が平成28年度の上下変動量ですね、平成28年度ですからピンク色のトレースを見ていただけたらと思うんですが、この上下変動量が隆起になるんですが、最も大きくなっております。九州電力は、現状では水準測量結果の解釈やGNSSとの比較評価は行っていないんですが、今後、検討するということでございます。

では、ページ飛んでいただきまして、13ページまでお願いいたします。13ページ中ほどの2.九州電力の評価結果に対する第三者の助言内容という項目でございます。二つ目のパラグラフですが、九州電力は3名の第三者から「カルデラ活動状況に変化がないとする九州電力の評価で問題ない」とする旨の助言を得ております。主な助言内容は以下のとおり書かせていただいているんですが、複数ございますので、本会合では代表例一つを御紹介いたします。次のページ、お願いします。

14ページ。上のほうの丸に「基線の取り方」ということについて、火山専門家A及びCからコメントございますので、これを特出しで御紹介いたします。一つ目のポツ、始良カル

デラの基線①、桜島3-隼人、これは、ちょうど桜島を通るような基線なんですけど、この基線は桜島の変動の影響を大きく受けてしまうため、桜島を避けた基線⑭鹿児島1A-隼人の変動率を判断の指標にしたほうがよい。その他、カルデラ火山についても、始良カルデラ同様の考え方で、基線の取り方を今一度検討してみてはどうか。こういうふうなコメントが出てございます。

一つだけ紹介しましたが、進めさせていただきます。

そのページ下の3.原子力規制庁の評価でございます。原子力規制庁は、繰り返しますが①の当該評価結果のプロセスが適切かつ確実になされていること、②対象火山の活動状況が把握できていること、こういった点を確認するということを主眼に置きまして、当該評価結果を確認した結果、九州電力の評価結果について、これらを妥当であると判断してございます。

その次のページは、文献を示させていただいております。

以上、簡単ではございますが、資料2の説明でございます。

○小林部会長 ありがとうございます。

御質問、御意見等がございましたら、よろしくお願ひします。

その場合、挙手をしていただき、私が順に指名しますので、マイクのスイッチを入れ、まず最初にお名前をおっしゃってから御発言ください。

それでは、どなたからでもどうぞ。

○棚田委員 防災科研の棚田です。

広域地殻変動の話が出ていたと思うんですが、手法や除去方法はわかったんですが、8ページを見て、下の図4ですね、その上から2段目の②の測線で、補正したと言われる緑の点線があって、それから黒い破線があって、文章的には概ね茂木モデルの膨張率と変わらんとするが、実際は2015年ぐらいからは破線と緑の点線が明らかにほかの測線とはずれているというので、概ねと言えるのかどうかというものが気になります。それを、よくこの図を見ると、この②の測線の右側の緑と左側の赤いグラフというのが全く一致してるんじゃないかという気がしてるんですが。つまり、ほかのグラフは引き算されてグラフが下がってるんですが、これは、グラフのプロットが根本的に間違ってるんじゃないかという気がいたしておりますが、これ、ちょっと事務局、どうでしょうか。

○小林部会長 事務局のほう、お願ひします。

○佐藤安全審査官 規制庁の佐藤です。

ちょっと、事務局も、なかなかそこまで気がつかなかったので、そこは九州電力に確認しておきますけども、再度、データのクオリティーのほうをチェックして、彼らからコメントを求めてみたいと思います。ちょっと確認をさせていただきたいと思います。

以上です。

○棚田委員　じゃあ、お願いいたします。

○小林部会長　ほかに御意見、御質問どうでしょうか。

○村上部会長代理　北大の村上です。

私も8ページの図について御質問というか、確認をさせてください。

まず図3ですけれども、地図の中に同心円が書いてあって、これは井口ほかのモデルに基づいて $0.005\text{km}^3/\text{年}$ の膨張があったときの距離の変動率と書いてありますが、これは距離で間違いございませんか。正確性を期すために伺っているんですけども、隆起ではなくて距離で間違いはないのかどうかということの御確認ですね。

それから、右の赤い基線の時系列がついてますが、上の2段のグラフの左上のほうに、判断基準約 $5\text{cm}/\text{年}$ というのがついているんですが、ちょっと気になるのは、これ、2本の基線とも 5cm ということで、偶然かもしれませんが、数字が一緒なので、この数字をどのように計算したかについても書いておかれると、私のような疑問を持つ人が少なくなると思うので、できるだけ説明をわかりやすくするためにつけ加えておいていただきたいと思います。

それから、ちょっとあわせてコメントを発言させていただきたいんですが、10ページです。水準測量の結果ですが、これは、たしか当部会で、以前、御意見を申し上げたことに対して出していただいたものだと思いますが、大変重要なデータだと思います。ありがとうございます。解釈とか解析は今後だというふうにおっしゃっておられますけれども、そのときに、ぜひやってみていただきたいことなんですけれども、大正噴火のときにも、恐らくかなり似た水準路線でデータが残っていますので、その大正噴火のとき、そのときは沈降だったのですけれど、それと比べた図もつくっていただきたいと思います。そうすると、この始良のマグマシステムが長期間、どうやら同じパターンで動いているのか、それとも最近動きが変わってきたのかということ判断するための一つの材料になるのではないかと思います。それは、ぜひ試みていただきたいと思います。

以上です。

○小林部会長　事務局、お願いします。

○佐藤安全審査官 規制庁の佐藤です。

まず、水準のデータなんですけども、御指摘のように、大正噴火のデータもあわせて重ねて見るということふうなことだったと思いますので、それは九州電力に、ちょっと指示をしてみたいと思います。

それから、図の3ですか、二つコメントいただきまして、まずこのサークルのほうなんですけども、距離と、ちょっと図面が小さくて恐れ入りますが、多分、1.何cmとか2.何cmと書いているので、併記をしていると思うので、単純な距離だけじゃなくて、多分、茂木モデルつくったときの隆起量も多分含めているのかなと思いますけれども、そこもちょっと確認はしてみます。

あとは、記載上の問題で、もう少し明確な記載をしろということなので、それも含めて九州電力に指示してみたいというふうに思います。

以上です。

○大倉委員 京都大学の大倉です。

8ページ、図4のことについて棚田委員から御指摘がございましたが、②の郡山と福山の基線長における広域応力による変動というのは青線で記されてございまして、これは、これがいわゆる水平軸とほぼ平行なので、差し引いてもほとんど変わらないんじゃないかというふうに見るべきであって、これは正しい図を出してもらっていると私は認識しております。

以上です。

○小林部会長 事務局のほうから。

○佐藤安全審査官 規制庁、佐藤です。

大倉先生、コメントありがとうございます。九州電力にも、そこは、もう一度確認はしてみたいというふうに思います。

以上です。

○小林部会長 どうもありがとうございました。

あと、どなたか御意見等ありましたら。

○棚田委員 棚田です。

図7の水準測量の件ですが、立派な測線つくっていただいて、データも出てきてわかりやすくなったと思うんですが、ぜひ、もうちょっとだけ延ばしていただいて、電子基準点につながっていただくと、やはり他のデータとの比較というか、結合がわかりやすいと思

いますので、もうちょっとだけ頑張っていたいただければと思います。

以上です。

○佐藤安全審査官 規制庁の佐藤です。

コメントありがとうございます。実は、私どもも、この報告書を受理してから、一回、6月28日に面談をしてございまして、九州電力と。そのときに、この路線図を見たときに、GNSSの観測点と、ちょっと接合してないので、そこはぜひ次の機会にということのリクエストはしてみました。聞くところによると、今年の調査では、そこまで接続するように努力すると言ってございましたので、来年度の報告書に反映してこられるだろうというふうに思っております。

以上です。

○棚田委員 はい、わかりました。

○小林部会長 ほかには御意見等。

○宮町委員 宮町です。

こちらのほうでまとめられてるほうは、地殻変動の項目ばかりで地震のほうはほとんど触れられていないので、九州電力のほうの添付資料のほうを見てみると、検知能力についても、彼ら、チェックしてて、それぞれのカルデラについて検知能力は、この程度なので、この程度のマグニチュードよりも大きいものについては何らかの観測ができるであろうということで文書をまとめるようなんですけども、規制庁さんのほうでまとめた、例えば5ページのところに、総合評価としては活動状況に変化なしという形で書かれていますけども、地震活動に関しては、もう若干、有意な変化は認められないとか、そういう表現をされてるんですけども、実際には、各カルデラで検出能力とか、そういうのが全然違うので、もう少し、その差がわかるような表現で、要するに、有意な変化は認められないというのが、例えば九州電力さんの検知能力でいうとマグニチュード1以上においては変化はないという言い方が正解で、あるいは鬼界カルデラについてはマグニチュード2以上に関しては変化がないという言い方が正確だと思うんですよ。これが、通常の人が見ちゃうと、地震活動は一切変化がないという、一緒くたになって理解すると非常に誤解を招く可能性があるので、まとめる段階において、もう少し読む方がきちんと理解できるような形で記載したほうがよろしいかなというふうに個人的には思います。

○小林部会長 どうもありがとうございます。事務局のほうで。

○佐藤安全審査官 規制庁の佐藤です。

コメントありがとうございます。御指摘の趣旨は了解いたしました。ただ、添付資料の九州電力の報告書の115ページ以降に、御指摘ありました検知能力の検討ということで、これ、位置づけとしてはまだ中長期的な課題、取組というふうなことで示されておりまして、じゃあ、この検知能力をもって、例えば閾値であるとか、そういったところにちゃんとね返しているかという、これ、はね返しておらず、またその判断基準も設けていないので、地震に関しては。我々の報告書では、ちょっとそこまで踏み込むのはどうかなと思って記載を控えたという側面はございます。一方、そうは言いながらも、九州電力に対しては、今後、こういった、せつかく検知能力の検討も行ったことですので、報告書、次回、来年度、報告書を取りまとめてもらうときには、そういったところも反映してもらうように指示はしていこうかなというふうに思っております。

以上です。

○小林部会長 ありがとうございます。

ほかには。

○宮町委員 宮町ですけど、もう一つ、地殻変動に関しても、実は同じことが若干言えるかなと。要するに、内陸にある阿蘇や始良や、そういうカルデラでは地殻変動の変化量というのは、基線長が50kmから短いのだと10kmぐらいの形で、要するに基本的に浅いところから深いところまで、ある程度検出できるような基線長の配置になってるわけですけども、物理的に仕方がないんだろうけども、鬼界カルデラというのは、要するに基線長が50kmという長さ、短いのも若干ありますけど、基本的に長い基線長で見てるので、非常に大ざっぱなとか大まかな変動を見てるだけなんですね。だから、そういう、カルデラによって、あるいは観測体制によって、見えるもの、見えないものというのがはっきりしてるわけですから、全てのカルデラの評価のときに変化なしという一言で片づけていいのか。要するに、大まかなものしか見えないけども、その範囲内では変化がないということであって、あるいは、ほかの内陸のカルデラについては、かなり細かいところまで変動が見えるけども、その上で変化がないという、だから、変化のないと一言言っても、意味合いとか、重みが違うと思うので、その辺をもう少しまとめるときに反映できるかどうか分かりませんが、御検討いただければと思います。

○佐藤安全審査官 規制庁、佐藤です。

コメントありがとうございます。御趣旨は了解しました。変化がないというのは、幅があるんだろうというふうな御指摘だと思いますので、そこはちょっと九州電力に指示して

いきたいなというふうに思っています。ただ、今、特出しで、ちょっと鬼界というコメントございましたけども、ああいう島しょ地域では、なかなか、やっぱり陸の観測点、限られるわけですし、なかなか観測能力というのも限界があるところですので、よって、彼ら、黒島とか竹島とか、そういったところに自社で観測点をつけて、そういったところもやっていますので、そこは評価してはいいかなとは思っていますけども、幅があるというふうなことに限っては、ちょっと記載ぶりを今後検討させていただきたいというふうに思っています。

以上です。

○小林部会長 どうもありがとうございます。あと、ほかに特にないでしょうか。よろしいですか。

それでは、本資料に関しまして、事業者が利用した気象庁や国土地理院の公表データ、処理などに関して、同席されております両機関からコメントがありましたらお願いいたします。

まず最初に、気象庁の斎藤課長、続けて国土地理院の黒石調査官をお願いします。

斎藤課長、お願いします。

○斎藤気象庁火山課長 気象庁のものにつきましては、3月の火山活動解説資料等を用いられておりまして、これにつきましては気象庁の方で毎月定期、及び、第140回の火山噴火予知連絡会の評価結果等も使われておりますが、これらにつきましては、気象庁の方で報道発表等しているものでございますので、特に問題はないと思います。

○黒石国土地理院地震調査官 国土地理院の黒石でございます。

国土地理院が運用しております電子基準点の地殻変動監視の観点からコメントさせていただきます。今回、地殻変動のモニタリングに電子基準点のデータ使用されておりますが、その取り扱い等につきましては、特に何か問題になるというようなことはないというふうに思っております。

以上になります。

○小林部会長 どうもありがとうございました。

資料2につきまして幾つか意見が出されましたので、事務局のほうで整理していただきます。委員の皆様には、再度御確認いただいた上で、事務局で火山モニタリング結果に係る評価の取りまとめをしてください。

よろしければ、次の議題に移ります。

次は、本日の議題2の原子力規制委員会が策定する原子炉の停止等に係る判断の目安についてです。

これも、事務局より案を説明させていただきます。説明の後に質問や御意見をいただくこととします。

それでは、お願いします。

○佐藤安全審査官 原子力規制庁の佐藤でございます。

それでは、資料3に基づきまして、私のほうから説明をさせていただきます。

ページをおめくりいただきまして、1ページ目をお願いいたします。非常に、前回、先生方から基本的な考え方というふうなことで、まだ整理がついてないんじゃないかと、これをしっかり事務局で整理をなささいという宿題を頂戴してございました。1ページ目で、そもそもというところから我々整理をさせていただいたというふうなところがございます。

1ページ目は、「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」における考え方ということで、この部会の前身であります、いわゆる検討チームと呼んでございましたけども、その平成27年7月31日に取りまとめられました「提言とりまとめ」と、これを、ここまで遡って、まずは整理をさせていただきました。この「提言とりまとめ」において、「原子力規制委員会として原子力施設設置者が行うモニタリングによって巨大噴火につながる可能性のある観測データの変化が確認された場合は、運転停止命令を含む対応の要否について判断することが必要になると考えられる。」とし、異常の判定の考え方と判定基準に関して、以下のとおりとしてございます。

異常判定の考え方でございますけども、対象火山の観測データが現状から変化したという時点で安全側に判断するという対処法を検討しており、判定を行う際は、このような異常検知の限界も考慮して、「空振り覚悟のうえ」で安全側に立った判定を行い、早期警戒として責任を持った処置を講ずる必要があるとする方針であるというふうな考え方が示されてございます。

判断基準につきましては、現状で不確定な要素を含んでいるものの、少なくともあらかじめ閾値を定めておいた上で、それを越えた場合は遅滞なく予定した行動に移行することが必要である。原子炉は短時間で停止することは可能ですが、通常行われている使用済み燃料の冷却・搬出には年単位の時間を要しているというふうなことを考慮すれば、事態が深刻化してからでは対処が間に合わない可能性があるとしてございます。

ページをおめくりいただきまして、2ページをお願いいたします。こういう提言取りま

とめをされたことによりまして、今度は原子力規制委員会から原子炉安全専門審査会への調査審議事項というふうなことで、これ、第1回の部会でも御説明させていただきまして、再掲でございますが、二つの調査審議事項を指示されてございます。

真ん中の箱を読ませていただきます。原子力規制委員会から原子炉安全専門審査会へ指示された調査審議事項というふうなことで、①原子力規制委員会が行う発電用原子炉設置者の火山モニタリング結果に係る評価。これ、今ほどの議題の一つ目でございますように、まず、事業者の火山モニタリング結果に係る評価をしてください。二つ目、②原子力規制委員会が策定する火山活動に係る原子炉の停止等に係る判断の目安。この判断の目安を作ってくださいというのが二つ目の調査審議事項でございます。

それで、一番下の箱ですけれども、この上記②の説明につきましてですが、原子力規制委員会は、設計対応が不可能な火山事象により安全性に影響が及ぶ可能性は十分小さいとした状況に変化が生じた場合には、早い段階で原子炉の停止を命じるなどの対応をとることとしている。このため、あらかじめ「原子炉の停止等に係る判断の目安」を整理しておくことが必要であり、この「目安」について御審議いただく。なお、最終的に原子炉等の停止に係る判断を行うのは原子力規制委員会であると、こういうふうな説明をさせていただいておりました。

ページをおめくりいただきまして、3ページをお願いいたします。この部会で、何回か御審議させていただきましたけれども、前回、第3回における委員の先生方からの主なコメントを、ここに整理させていただきます。

一つ目の矢羽ですけれども、どれぐらい前に巨大噴火あるいは桜島大正クラスの噴火を評価する必要があるのか、規模の大きさはどれぐらいを評価する必要があるのか、その目的として、今回対象としてるのは、どれぐらいのスパンの予測であったり、ないしは推移の評価であるのかというふうなことを明示してほしい。篠原委員。

前回会合のコメントに、「どのようなハザードをマネジメントしていくのかわからない。」という事象になったら、どういうことをしなきゃいけないかという判断はできないけれども、どういう事象になるかということは、ある程度議論できると思うので、どのレベルで判断したらいいのか説明してほしい。篠原委員。

三つ目の矢羽です。過去の事例においても、VEIで言いますと4ないし5クラスの火山噴火の場合でも、いわゆる顕著な現象が現れるというのが非常に短時間でしか物事が実際のところわかっていない。そう考えると、事業者が年に1回報告する仕組みではナンセンス

なのではないかと。評価自体も、公的機関などときちんと連携して、事業者の評価だけに頼らず、できるだけリアルタイム的な評価というのを得るような体制をつくらなければ、せっかくのモニタリングをしてもなかなか活かすのが非常に難しいのではないかと。宮町委員。

四つ目の矢羽。ダイレクトに火山活動が今どうなるからカルデラ噴火に至るかというよりは、むしろ、やはり長期的な地殻変動モニタリング、それで顕著な変動があるかないかというのを見ていくのが、今の段階で我々がやらざるを得ないところであろうと考える。小林部会長。

一番最後の矢羽です。どういう火山現象があったときに止めることを検討するのかというのを具体的に示していただければ、今度は現象が起きそうかという判断基準の目安を考えると、火山の立場から考えやすい。ぜひ、次回説明していただくのであれば、そういう観点からお願いしたい。村上部会長代理。

以上のコメントを頂戴してございます。

それで、ページをおめぐりいただきまして、4ページなんですけど、そもそもというふうなところを申し上げましたけども、このそもそも、この目安というのは何だったかということをおもっもう一回考えてみました。

一つ目の矢羽。原子炉の停止等に係る判断の目安とは、①早期警戒のための、安全側に立った巨大噴火には至らないかもしれないが念のための目安なのか、②巨大噴火が差し迫った状態と考えられるモニタリングデータが得られた段階の目安なのか、こういう二つの考え方があるというふうにご考えてございます。

二つ目の矢羽です。「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」における提言取りまとめでは、「現代の火山モニタリング技術で巨大噴火の発生に至る過程を捉えた事例はいまだなく、実際に、どのような異常が観測されるのかは、いまだない状況である。このような現状において、巨大噴火の時期や規模を正確に予知するためのモニタリング技術はないと判断される。」との見解が示されてございます。したがって、現状では、火山専門家のコンセンサスを得て、かつ短期間で、この目安②の作成は困難であります。

一番最後の矢羽です。過去の幾つかの巨大噴火よりも小さい大規模噴火の事例を鑑みますと、前駆現象が認められた事例があり、巨大噴火の早期警戒に対しても火山モニタリングが有用であることは想定されます。過去の事例調査も踏まえ、マグマだまりの成長に伴

う地殻変動等をモニタリングすることが現実的であり、議論可能な範疇ではないかと考えました。

ページをおめくりいただきまして、5ページお願いいたします。そこで、原子力規制委員会の「監視レベルの段階設定」というふうなことですけども、まず、「監視レベルの段階設定」の前提として、以下を考えてございます。

一つ目の矢羽です。監視レベルの段階設定の前提として、「巨大噴火はマグマだまりの成長、広域的な地殻変動、火山性地震の増加及び火山性ガス放出量の増加等を経て噴火に至る可能性がある。」と考えます。その上で、原子力規制委員会の監視レベルの段階を国内外の火山防災を目的とした監視レベルの段階設定を参考としまして、「通常」「注意」「警戒」及び「緊急」の4段階と考えます。

二つ目の矢羽です。巨大噴火に至る過程で、火山活動や地殻変動等が活発化していくとの考えのもと、段階の進展に応じて監視頻度の増加等を検討いたします。

「監視レベルの段階設定」と原子炉停止等の目安でございまして、ここに少し模式的に図を書かせていただきました。青い塗色したところ、監視レベルと書いてございまして、これが今ほど御説明申し上げました「通常」「注意」「警戒」「緊急」でございまして、先ほどのページで、原子炉の停止等の目安、考え方二つあるのではないかと御説明させていただきましたが、その一つ目の目安①というのが、「注意」から「警戒」、その境界。そして二つ目の目安、それが「警戒」から「緊急」の間に位置するのではないかとというふうに考えてございます。この目安②につきましては、先ほど申し上げましたように、なかなか現状では難しいという状況もございまして、これは中長期的な課題、あるいはまた、この原子炉火山部会で都度審議させていただくというふうなことを考えてございまして、今回は、この目安①に着目させていただきたいと思っております。

下側に緑色で塗色しましたように、では、規制庁のアクションはどうするのかというふうにと考えると、この目安①で原子炉の停止の指示について検討を始める。ここから検討が始まる、ここで検討を始めるというふうなフェーズにしたいと思っております。先ほど、目安②は中長期的な課題というふうに申し上げましたけども、ここが、まさにその燃料体の搬出の指示についての検討を始めるフェーズではないかというふうな整理をさせていただいております。

なお、下側の点線の下側に、例として噴火規模とありまして、例えば川内原子力発電所を考えた場合の想定として、火山噴火規模を参考までに書かせていただきました。目安①

に相当するのは、恐らく大正噴火、これぐらいの規模の程度と書いてございますけども、これぐらいを想定した上で監視項目の目安なり基準なりレベルなり、そういったところを考えていきたいというふうなことで、こういう模式図を書かせていただいております。

ページをおめくりいただきまして、6ページをお願いいたします。では、その目安①②の考え方というふうなのは何かというふうなところを書かせていただきました。

目安①の考え方。目安①は、複数の監視項目における観測データにおいて、平常時の火山活動、これまでの観測データとは異なる兆候を継続的に示している場合と考えます。この目安①を、この部会で御審議いただきたいというふうに考えてございます。

目安②の考え方につきましては、目安②は、火山影響評価ガイドに示している「設計対応不可能な火山事象が、原子力発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さい」とする前提条件が失われたと判断される場合、または、火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態と考えられるモニタリングデータが得られたと判断される場合と考えます。この目安②につきましては、中長期的課題と位置づけて今後の審議事項にさせていただきたいと考えてございます。

最後のページになりますが、7ページ目をお願いいたします。原子力規制委員会における原子炉の停止等に係る判断でございます。一つ目の矢羽、原子力規制庁は、監視項目における観測データが、あるレベル（基準）に達したと認定します。

二つ目の矢羽、原子力規制委員会は、委員会として下記により判断を行うこととします。レ点の一つ目、原子炉の停止等の判断に当たっては、単独の監視項目だけで判断せず、組み合わせにより判断します。二つ目のレ点、地質学的観測事象を考慮し、地球物理学的観測事象、地震波トモグラフィー、比抵抗構造の評価により判断する。なお、判断に当たっては、気象庁の火山情報や公的機関の評価も参考といたします。

火山部会の関与でございます。原子炉火山部会は、「個別の監視項目における観測データが、あるレベル（基準）に達した」とする原子力規制庁の認定を確認するとともに、必要に応じて留意事項等を助言いただくというふうにしてございます。

下の図に原子力規制庁、それから原子炉火山部会、それから原子力規制委員会のそれぞれの役割について整理をさせていただきました。

以上が資料3の御説明でございます。

○小林部会長 ありがとうございます。

判断の目安について、事務局より具体的な考え方の説明がありましたが、御質問、御意

見等があればお願いします。多岐にわたっていますので、どこでも構わないと思います。どなたからでもどうぞ。はい、お願いします。

○棚田委員 棚田です。

5ページの図で、目安①を考えていこうという話はもちろんわかるんですが、噴火規模の破線以下の大正噴火とか、そういう事例と、これ、多分、縦でつながっていると思うんですね。大正噴火が今起これば、多分、気象庁さんは全島民避難の噴火警戒レベル4、5をまず間違いなく出されると思うんですね。そのとき、国民は結構バタバタしていると思うんですね。鹿児島県民も鹿児島市内の人間も、もう避難し始めている。非常にバタバタした中で、やっとなんか停止を考えるのかという、なんかすごく、もちろん距離がありますから、その感覚はわかるんですが、例えば有感地震が起こった場合、必ずNHKの放送などでは原子力は大丈夫ですという、正常ですという話が出てくるときに、大正噴火が起こっているときで、これ、真ん中かどうかわちょっと別ですけど、そこにちょっと私は国民と原子炉との安全性の感情がちょっとずれているような気がしていますという、これは意見です。

○小林部会長 どうもありがとうございます。

何かコメントありますか。はい、じゃあ。

○内藤安全管理調査官 原子力規制庁の内藤です。

御意見、ありがとうございます。確かに、噴火という事象を捉えると、そういう形になるんですけども、今回、つくっていただきたいというか、念頭に置いている目安というのは、設計対応不可能な事象が起こったときに発電所の中に使用済燃料がありますけれども、それが設計対応不可能で、火砕流とかでやられてしまって放射性物質なりが放出されるし、溶けてしまう可能性もあると。それを念頭に置いた検討になっています。ですので、じゃあ、②のところをつくれればいいじゃないかという話もありますけれども、先ほど御説明させていただいたように、②のところというのは、現状の知見ではちょっとつくるのは難しいと。また、これ、使用済燃料を運ぼうという話になりますと、ある程度冷えていないと運べないと。だから、原子力発電所をとめるというのは、割とすぐとまってしまって、通常操作でやっても2日もあればとまってしまうんですけども、一方で、じゃあそれをとめた後に冷えて運び出せる状態になるというのは、これは先ほど言ったように年オーダーで、特にそのときに運転をしていて炉に入っている燃料なんかですと、相当ほかほかの物ですので、それが運べるようになるというのは相当の年数がかかってしまうという状況があります。

ですので、そうすると、ここでは、今、大正噴火規模を念頭に置いていますということですが、大正噴火が起こったからといって、発電所に何か影響があるのかということについては設置許可の段階で影響がないということは確認しています。とは言いつつも、大正噴火規模のものというのは100年とか、そういうレベル、期間で起こってくるわけですが、じゃあそういうものが起こってきたということは、火山活動が活発化を示しているという兆候と考えれば、じゃあ噴火が起こった後に、もうその活発化の兆候が続いているということであれば、それは今後どういう推移をするのかということを見極める上で、とめておくべきじゃないかということでの考え方ということで、このところで目安をつかったほうがいいんじゃないかということで今回整理をさせていただいたというものでございます。

○山田部長 規制部長の山田でございます。

ちょっと補足をさせていただきたいと思います。

今回、考えていただきたいと申しているのは、この大正噴火規模が起きたときというのではなくて、この程度の噴火が起きそうだという兆候を捉えたときに、その先どうしますかという話だと考えております。

ですので、恐らくこの大正噴火規模のやつが起きるかもしれないなというような兆候があったときに、それが大正噴火規模で終わるかどうかが、多分、わからないことだと思いますので、そのときにどういうふうに判断をしていくのかということについては、当然、現象がどう進展していくのかを見て、そのときに直ちにとめなきゃいけないという話にもなるかもしれませんし、さらにもう少し大きくなっていくようであれば、さらにどういう対応をとらなきゃいけないのかということを考えていかなきゃいけないというふうに思っておりますので、そういう意味で、今回、お考えいただきたいと申しているのは、結果としてどういう規模の噴火が起きたというよりも、そういう規模の噴火が起きそうだというところの兆候として、どういうふうに考えたらいいいのかということで御検討をお願いできればというふうに思っております。

○小林部会長 どうぞ。

○棚田委員 棚田です。ありがとうございます。

前回までは、やはりカルデラ噴火ということが一つの大きな壁だったと思うんですが、その前の例えば桜島という一つのカルデラを考える場合、小さな火山が活発化して、その後、どうなるかわからないけど、その段階で目安①を考えていくという、つまり、カルデ

ラ噴火ではなくて、普通の加久藤カルデラ、いわば霧島山がものすごくなくなっていくとか、そういうイメージという考えで、つまり、前出しみたいな形でいい。

○山田部長 まず、そこでその先どうしたらいいのかを考え始めなきゃいけない、そのタイミングというのは何かということをもっとお考えいただいて、恐らくそれを検知した後、本当にそこから先どうなるんだろうかというのは、どこまでどういう明確な判断ができるかというところはあるかもしれませんが、まず考え始めなきゃいけない、そういう一種の早期警戒みたいな段階として、どういうものをまず設定をしておいたらいいんだろうかということ限定しなければと。

もちろん、それがカルデラ噴火に至るのかもしれませんが、その前段階のものすごく近いところで止まるかもしれませんが、それは、この①の目安があった上で、それを総合的に判断した上で、そこから先、どうするのかというような判断をしていくという、その本当のトリガーのところということで考えていただければというふうに思っております、

○小林部会長 ほかの方で御意見等、何かあるでしょうか。はい。

○篠原委員 篠原です。

ちょっと確認なんですけど、今回、検討するのは、こういった2段階の考え方をするという考え方についてどうかという審議であって、先ほどおっしゃられた、そのレベルをどうするかということに関しては、この考え方がよければ今後具体的に検討を進めていくと、そういうことでよろしいですか。

○大浅田安全規制管理官 管理官の大浅田ですけど、今、おっしゃっていただいたとおりでございまして、今回は、その基本的考え方ということで、原子炉の停止等の目安としては、ある意味、2ステップみたいなものがあるだろうと。

我々としては、まず最初の入り口として早期警戒としての目安①について御審議していただきたいので、この目安①の具体的な中身につきましては、この考え方でコンセンサスが得られれば、次回以降に根拠も含めて整理してお出ししていきたいと考えてございます。

○小林部会長 よろしいですか。はい。

私のほうからも一つ、ちょっと意見というか、質問があるんですけども、目安①と目安②というのは、何か本質的に違うような気がするんですけども、ところが、今、ちょっと説明されたように、例えば桜島の大正噴火みたいな大きな噴火がそのままそこで終わるのか、さらにカルデラ噴火に行くのかというような判断まで我々ができるかということ、多分、今はできないと考える。

そうすると、今、ちょっと説明されたように、要するに①の段階はあくまで、我々は①がある程度考えられるかもしれない。それは、予知連だとかいろんところでデータを持ち寄ってみんな考えるわけで、そこはできると思うんですけど、その先がカルデラ噴火になるかどうかというのは、恐らく、今の段階ではコンセンサスが得られていないということなので、そこまでは議論できないのではないかというふうに私は考えます。今の段階です。

○大浅田安全規制管理官 管理官の大浅田でございますが、おっしゃることは当然だと思います。

ただ、我々としては、目安①の段階で、まずその火山部会との関係では、これがカルデラ噴火につながるかどうかということのを別に御審議していただくということではなくて、目安①というのを決めた場合には、その目安①に対して我々が判断した、これはレベルに到達していますよねということ、このパワーポイントの資料でいきますと7ページでございますが、下にフロー図で書いてございますが、各監視項目のレベルがある基準に到達したということのを規制庁のほうで判断すれば、それは火山部会のほうに確認していただく。最終的に、カルデラ噴火に至るのかどうかということのを別に御審議していただくのではなくて、その確認についての助言等をいただいて、最終的にその他の公的機関との評価とかも含めて、最終的に原子炉の停止について議論するのは、それは規制委員会のほうでやるというふうな整理でございます。

○小林部会長 また一つ、私のほうも混乱しているのかもしれませんが、例えば大正噴火クラスの現象が起こるかもしれないということで、徐々にアクティビティが高まっていくときに、これは、噴火は起こるかもしれないというときに、それが本当に原子炉に対してどういう影響を与えるのかというのは、その時点ではなかなかわからないと思うんです。だから、例えば真冬で明らかに噴煙が東のほうに行くことが見えていると、それから、前兆的な地震とか何かから考えて、西側のほうに大きく割れ噴火口ができることはないとか、そういうことがわかれば、大正クラスの噴火が起こっても川内とか、あいつところに影響を及ぼすことはないだろうというふうな気はするんですけども、例えば西側のほうに噴火口ができる、あるいは、その噴火が真夏であるとか、何か非常に特殊なときであれば、何か影響があるかもしれないというような気がするんですね。

だから、そのときの状況に応じていろいろ難しいので、何かある段階で、我々は、これは危ないか、危なくないかというのを言うというのはなかなか難しいかなという、一つは

そういうふうな印象を受けました。

それから、この5ページのところにあるんですけれども、説明のところなんですけれども、「巨大噴火は、マグマ溜まりの成長、広域的な地殻変動、火山性地震の増加、及び火山性ガス放出量の増加等を経て噴火に至る可能性がある」というふうに考えるという、その上で、通常、注意、警戒、緊急の4段階と考えるというふうになってはいますけれども、これは巨大噴火そのものというよりは、大噴火だったらこういうことが起こるかもしれないということであって、例えば巨大噴火の場合は、本当に噴火の直前ってどうなのかというのはよくわかりませんし、少なくとも地質のほうで見ていると、それまでの活動が非常にアクティビティが高いものは逆にマグマ溜まりが大きくなり過ぎるのかどうか知りませんが、表面的な火山現象がかえって穏やかになって、沈黙みたいなのがあって、そして、何らかの形で最後は地震だとかそういうのが増えるかもしれませんが、巨大噴火になるのかもしれない。

だから、今、我々が描いているような大噴火のような果たして一方方向でずっとなっていくというのとはまた違うのかもしれないという気がしています。

ですから、なかなか巨大噴火と結びつけて今の大噴火ですね。その行く末がどうなるから、それがもうちょっと上がっていくから、それは巨大噴火になるかどうかというのを我々に今の段階で判断するという事は、まずできないのではないかなという気がします。

ほかの方、質問とか御意見、何かありましたらお願いします。

○村上部会長代理 これは意見というか、個人的な感想なんですけど、前回までのカルデラ噴火に対して目安をつくってほしいということで議論を始めたんですが、正直言って非常に難しいという印象でした。

このように2段階にして整理していただいたおかげで、これは私の印象なんですけれども、前回までの絶望感よりは少し霧が晴れてはいませんが、少しゴールが見えてきたかなというのが印象ですね。

ただ、恐らく、これは基本的な考え方でまだまだ100点ではないのですけれども、この方向に動き出すというのは、少なくとも議論をさせていただく立場としてはより具体的な考え方ができるようになったかなと思います。

ただ一方で、目安①のほうはそのようにゴールは少し、若干ゴールの姿がわかってきたかなという気はしますが、②のほうは、私も小林先生と同感で、これは中長期的な課題とか将来の課題というふうに整理しておられますけど、これはちょっと現時点の我々のレ

ベルだと非常に難しく、じゃあこうすればできるというような手がかりもなかなか得られていない段階であるというふうには思いますけれども、ただ、こういう整理の仕方については、私はこういう形があり得るのかなというふうに思いました。

以上です。

○小林部会長 ありがとうございます。

○篠原委員 今、村上委員が御質問されたことの続きなんですけど、今回議論するメインのほうではないですが、②のほうに関して言うと、今すぐ議論して決めるというものではない、中長期的ないしは中が抜いて長期的かもしれませんけど、いずれにしても課題であることは間違いのないと思うんですね。その問題に関しては、長期的にはどういう対処をしていくべきかということに関してはどうお考えかを教えていただけるとありがたいですが。

○小林部会長 お願いします。

○内藤安全管理調査官 規制庁、内藤です。

ここについては、いつまでということについてちょっと検討するののかというのは、現状で時間スパンを定めることは難しいと思っています。というのは、今、学協会とか研究者の中でも、一般火山も含めて巨大噴火も含めていろんなテーマでいろんな研究がされていると我々認識していますけれども、じゃあそれを踏まえた上で、現状議論できるのかというちょっと議論ができないと思っています。

ですので、研究者の方々が論文発表とか学会発表をされてきますけれども、そういったものの成果を見つつ、議論ができるような知見が出てきているのかというのは注意深く見た上で、それを踏まえた上でちょっとどのタイミングで議論するのかというのは考えていきたいというふうに考えています。

一方で、うちの技術基盤グループというか、研究グループがございますけれども、そこでも安全研究として、過去のカルデラ噴火について地質調査とか、そういうようなものをして、どういう段階を踏んでカルデラ噴火に至ったのかとか、あとは、トモグラフィとかMTとか、そういう形で地下の構造を見たりとかという形で、どういう段階を踏んだ上で、どういう形で噴火に至ったのかというのを今整理していますので、そういったものがまとまってきた上で、じゃあそれを踏まえた上で、何を判断の根拠としているのかというのは、それは長期、もうちょっと次の課題だとは思っていますけれども、そういった研究も我々の中でもやっていきながら、あとは学協会で発表されている知見等も見ながら、議論ができるような段階になった段階でしかちょっと議論はできないと思っていますので、ちょっ

といつごろを目途にというのはちょっと難しいと思っております。

○篠原委員 篠原ですけど、ただ、いずれにしても、そういった議論の発展であるとか、何らかの研究進展、例えば海外でも研究が進展して、そういうようなレビューといいますか、そういう議論もある程度、ある段階では、こういったこの部会でまた議論の対象として、場合によっては勉強会であったり、場合によっては議論であったりということはこの部会でもやっていくという、そういう位置づけにあるんでしょうか。

○内藤安全管理調査官 規制庁、内藤です。

当然、今回①と②と分けさせていただきましたが、委員会からの部会への依頼というところについては、②のところも含まれているというふうに考えておりますので、ちょっと事務局のほうでそういう知見も収集した上で、こういうデータがそろってきたんですけれども、こういう考え方で議論ができるのかどうかということとか、どういう知見があったのかということについては、都度都度、部会のほうでも報告させていただいて、先生方の御意見もいただいた上でどうするかというのを判断していければというふうに思っております。

○小林部会長 ほかに。はい。

○篠原委員 ①の基準の方なんですけれども、この①の基準の場合、逆に、一つは、どのレベルを①の基準とするかという、ここでは例えば大正噴火というのが書いてありますけれども、大正噴火のレベルを①の注意から警戒のレベルと考えるのか、もう少し大きいものを考えるのか、もう少し小さいのを考えるのかによって、当然、じゃあそれが起きるかもしれないという評価基準は当然変わるわけですね。その噴火、どのレベルの噴火をこの注意と警戒の境目だと考えるかという評価は、ここでやるんでしょうか。それとも、それは規制庁でやられるんでしょうか。

○大浅田安全規制管理官 管理官の大浅田でございますが、ちょっとこれ、先ほど御説明いたしましたように、噴火規模というのは、前回の火山部会するときでもどのようなレベルを考えるのかということがございましたので、そのイメージを共有していただくために、ある意味ちょっと幅を持たせて書いたものでございまして、この噴火が起きれば停止とかの目安ということではなくて、先ほど申し上げたように、具体的には資料4でまた御説明していきますが、結局、地震活動とか地殻変動とか火山ガスとか、そういったものについて基準レベルということはこの注意から警戒に至る段階でのレベルというのを定めていきたいというふうに考えてございます。ただ、そのときに、じゃあどのようなレベルのもの

をイメージしているのかと言われれば、この大正噴火程度のものを想定しながら検討を進めたいというふうな考えではございます。

1対1で対応するものではなくて、およそこの程度のものだということで御理解いただければと思います。

○小林部会長 ほかにどうでしょうか。

○棚田委員 棚田です。

5ページの図に戻りますが、青いバーで通常、注意、警戒、緊急と、規制庁のアクションとあるんですが、何となく読んでみると、警戒になってから原子炉の停止の指示について検討、目安②になって初めて搬出の指示の検討。②の目安というのは非常に難しいというお話ならば、この緑の枠は一つずつ左側にずれていくのではないかという気はするんですけど、注意の段階で原子炉の停止の指示について検討、目安①のところから搬出について検討というようなイメージを持つんですが、ちょっと私の考えとは違うかもしれません。説明していただければ。

○山田部長 規制庁の山田でございます。

原子力発電所、一定程度の火山事象については想定をして、それには耐えるという設計を既にしてございます。したがって、その設計の範囲で安全性は確保できるという範囲が一定程度ございますので、警戒のところでは、その範囲内で恐らく対応できるだろうというふうに我々考えております。

警戒になるというのは、これは巨大噴火が起きて火砕流なりが原子力発電所に及ぶかもしれないという懸念が生じたときということで、この場合には設計対応不可能ということで評価をしておりますので、そうすると、まず発電所を撤収しなければいけないと。これはかなり大きな判断になるので、後ろのほうに引っ張らせていただいていると、そういう考え方でございます。

○棚田委員 なるほど、それなら何となくわかってきました。

○小林部会長 ほかにはどうでしょうか。

私のほうから一つ質問というか、ちょっと意見なんですけれども、4ページのところの目安とは何かというところで、2番目のところは、今の段階では目安②というのはつくるのは難しいというのは、これは正しいと思うんですけれども、その一番最後の3番目のところに、過去のいくつかの大規模噴火の事例を鑑みると、前駆現象が認められた事例があり、巨大噴火の早期警戒に対しても火山モニタリングが有用であることは想定されるとい

う、確かにそうなんですけれども、多分、巨大噴火の早期警戒ってまた別の見方、別の視点というのは出てくるかもしれない。とりあえず、だけど、今の段階では水準測量などの地殻変動というのがある意味じゃあ一番現実的で我々がマグマ溜まりがどういうふうに変化しているのかということが議論できるということでは、それをやらざるを得ないということなんだろうと思うんですけれども、結局、地殻変動そのものも、今の地殻変動というのは、結局、大正噴火クラスのマグマがどういうふうに変化しているかというのを見ていただけであって、恐らくその下にあるマグマ溜まり、カルデラ噴火を起こすかもしれないマグマ溜まりと一緒に共存していて、それが、その変化に、ここに表れているわけではないというような気もするので、何かこの文章全体に感じるんですけれども、要するに大規模噴火から、そのうち何か巨大噴火に至る、そういうのがここに前提みたいな形で書かれているんですけど、その辺は分けて考えたほうがいいんじゃないかなという気がするんですよね。

ともかく、大正噴火クラス、あるいは、その2倍か3倍ぐらいの噴火が起これば、鹿児島市付近の桜島に面した大都会ですけれども、そこでもかなり何らかの意味で甚大な被害を受けるかもしれない。そういうときに、例えばここで地震が起こって、原発は安全ですというようなと同じように、鹿児島市は今甚大なことが起こっていますけれども、原発は大丈夫ですというふうな形で単純に言えるかどうかという、何か社会的な心理的ないろんな不安みたいなのですね。そういうものがあって、そういうものを考慮して原発をとめるとか、そういうことになるのかなという気がするんです、今の話を聞いていると。それぐらいの噴火ではそう簡単には原発は物理的な影響は受けないと、だけれどもやっぱり人々の不安とか、そういうものを考えたら、とりあえずはとめるとか、とめないとかいうような判断もあるのかもしれないという、何かそんなような印象を受けてしまいます。私は。

○大浅田安全規制管理官 管理官の大浅田でございます。

4ページの三つ目の矢羽根につきましては、先生がおっしゃるとおり、大規模噴火が起これば必ず巨大噴火が起こるということは当然ながら我々も考えてはいませんので、そういった誤解がないような表現も含めて考えてきたと思います。しかしながら、原子炉の停止等の目安につきましては、ちょっと繰り返しになりますけど、我々やはり3.11を経験しているということを考えた場合に、やっぱり手遅れになるというのが一番非常にまずいというふうな考え方を根底に持ってございまして、そういった観点で早期警戒ということ

考えて、まずは原子炉停止等の目安の位置について目安を。要するに何もない状態よりかは当然目安があったほうがいいので、まずそこについて御審議いただきたいというふうに考えてございます。

じゃあそういったモニタリングの手法として、地殻変動等だけでということもございまずので、それは詳しくはまた資料の4のほうで御説明いたしますけど、例えば資料3でいいますと、一番最後のページの7ページに書いてございますが、7ページの黄色の枠の上のほうでございまずが、そういった地質学的観測事象を考慮し、地球物理学的観測事象、そういった地殻変動等の地球物理学的観測事象だけではなくて、当然ながら地震波トモグラフィとか比抵抗、MTとか、そういった評価も含めて、地下の構造についての判断を規制委員会のほうでしていただくと。そういったことのデータを集めていくということも含めて、ここは我々純粋に科学技術的な観点で原子力規制委員会としては総合的に判断をして、原子炉の停止等について原子力規制委員会の判断をしていただくというふうなことを今考えてございます。

○山田部長 ちょっと補足させていただきます。今ここで考えていただきたいと思います。検討を始めてトリガーを考えていただきたいと思っております、その上でその他いろいろな科学的な事象を観測されたものを評価をした上で総合的に判断して、リスクがやはり高いと判断をされるのであれば、そこを停止するか停止しないかの判断は、規制委員会の中で議論して決めるということに恐らくなるんだろうなというふうに、我々としては考えております。

○小林部会長 いろいろ難しい問題があって、単純にはいかないかもしれませんが、何かもし最後、御意見等がありましたらお願いします。

○村上部会長代理 北大の村上ですが、一応大きな考え方については御議論が終わったと思うので、ちょっと各論的なことを申し上げさせていただきます。6ページの目安①に関しての上側の黄色い括弧の中ですけれども、目安①の前提というのか、こういう場合を目安①というふうに定義しておられますけれども、火山によって状況が違うのではないかと思います。平常時というのが定義できるような火山と、具体名が適切かどうかわかりませんが、桜島のようにもう現時点でかなりほかの火山に比べて早いスピードで蓄積が進んでいるような火山、これを平常時と呼んでいいのかどうかもちょっとわからないので、次回の議論になるのかしれませんが、表現をもう少しきちんと整理されたほうが明確というのかな、誤解のないようにされたほうがいいように思いますが、それは次回まで

の検討課題としてお願いしたいと思います。

○小林部会長 どうもありがとうございました。

○佐藤安全審査官 規制庁、佐藤です。

承知いたしました。了解いたしました。

○小林部会長 いろいろ御意見も。どうぞ。

○大倉委員 京都大学の倉です。

私も各論のほうになるかと思うんですが、7ページの一番下のブロックダイヤグラムで、原子炉設置者が火山モニタリング評価結果の報告ということを行うことになってございます。これ今、年に一度と認識しておりますが、トリガーということを考えてもう少し頻繁に求めるというようなことを想定されているという理解でよろしいでしょうか。

○大浅田安全規制管理官 管理官の大浅田でございます。

それにつきましては、5ページの「監視レベルの段階設定」の前提ということがございますが、今おっしゃるとおり年一回しかその報告というのがなされてございませんが、二つ目の矢羽根にあるとおり、段階の進展に応じて監視頻度の増加等を検討するというところでございまして、そこは当然ながらあるレベルに入ってくれば、例えば年一じゃなくて半年とか、もしくは臨時にこういったものが出た場合には臨時に求めるとか、そういったことはシステムとしては考えていきたいと考えてございます。

○小林部会長 じゃあよろしいでしょうか。御意見まだいろいろあるかもしれませんが、ここの議論は一応これで終わらせていただきます。

最後に一つだけちょっとお願いなんですけれども、今ついでに5ページのところに一番下のところに火山の噴火の規模ということで、雲仙だとか新燃だとか大正、桜島大正噴火とか、ここに書いてありますけれども、こういう原子炉に影響を与えるというのは火山灰なんですね。溶岩じゃなくて。それで、例えば雲仙普賢岳が 0.21km^3 出ているというふうに書いてあるけど、火山灰だけいたら本当に微々たるものですね。大正噴火が 2km^3 というふうに書いてありますけど、これも軽石だけ、火山灰だけでいたらこの1/2以下になると思います。だからそういう意味で、やっぱりそういう、どれだけの火山灰が出ているのかというのをここに比較するために、ここに出したほうが良いと思いますので、そういう意味では溶岩の量とかそういうのは抜きにして、いわゆるVEIというのは、あれはあくまでテフラとして噴出したものがどれくらいの量があるかで比較しているの、そういう意味でVEIの値をそのまま出すという、そのもとになった値ですね。それをそのように出

すというふうにしたほうがいいのではないかと思います。

以上です。

次いでですか。お願いします。

○宮町委員 宮町です。

各論でなくて全体の流れとして確認したんですけども、規制委員会では噴火予知をやるうとしているの。僕のニュアンスとしては、少なくともVEIでいうと4クラスについては火山、発電、原子力発電所、びくともしない設計になっているということなんで、火山噴火の成長の具合に応じた対応をしようとするのであれば、大正噴火が起こってから判断すればいい話かなと。僕はそういうニュアンスだったんだけど、今回の文章を読んでも、成長する前の段階の、例えば桜島の大正噴火を事前に考慮して判断をしようとしているのか、どちらなんですかね。後者の場合だと火山、完全に噴火予知ですよ。事前に判断するのであれば。僕は前者の個人的には大正噴火、それがどこまで成長するかということが、この規制委員会の火山部会で判断することであって、噴火予知はやらないという理解でよろしいんですかね。間違えているんなら少し自分自身の考え方を変えないとだめなので。

○大浅田安全規制管理官 管理官の大浅田でございます。

ちょっと予知という言葉をどのような観点でお使いになっているかというところはわかりませんが、我々は別に火山の噴火の予知ということを考えているわけじゃなくて、もともとの発端というのが、これは要するに巨大噴火というものは設計対応不可能な火山事象として、火砕流とかが出た場合には設計対応不可能な事象なんで、発電所の安全性に影響を与えると。現段階の評価といたしましては、巨大噴火が発電所に与える影響というのは可能性は十分に小さいということで判断して設置許可というのを行ってございます。ただし、保安規定に基づいて、運転中の発電所につきましては、火山モニタリング等というのをやりまして、十分可能性が小さいと下した根拠については、変わりはないということを確認していて、それが先ほどの議題でございました。

しかしながら、モニタリングをやっていると当然ながら何らかの平常とは異なるようなものがあるだろうと、そういったことには対処方針を考えていかないといけないので、この原子炉の停止等についての十分な、ずっと御審議をしていただいているわけなんですけど、そのための目安を決めますと。噴火が起こる起こらないということは、噴火というのは桜島大正噴火程度のものも含めてでございますが、大正噴火程度のものが起こる起こら

ないというよりは、我々としては、モニタリングデータとして先ほど申し上げたような地球物理学的現象とか、また火山ガスとか、それに加えて、これはモニタリングそのものではございませんが、地震波トモグラフィーとか、比抵抗、そういったことの強化も含めて何ていいますか、大正噴火程度が、噴火が起こる起こらないというよりはそういったデータでもって、原子炉の停止等について規制委員会の御判断をいただくためのデータを提供すると。

そのためのトリガーとなる目安について御審議していただいているということでございまして、何ていいますか、ちょっと予知という言葉をもどどのような観点で使われているというのは、なかなかちょっとあれなんですけれど。私どものほうではそういったことを考えてございます。決して大正噴火が起こるとかということをも別に予測しようとしているわけではなくて。

○宮町委員 宮町です。

じゃあ別に噴火してから物事を考えればいいんじゃないの。

○大浅田安全規制管理官 それは例えば噴火をしなくても、何ていいますか、地殻変動等で当然ながら何か平常時とは異なるようなものが出てくれば、それは考える必要があるんじゃないかなと思っています。ちょっとそれがすぐ噴火に直結するかどうかというところはわかりませんが。

○宮町委員 いや、それは無責任でしょう。そこまで言うておいて、その噴火が大噴火に、あるいは桜島の大正噴火クラスになるかどうかわかりませんというのはさ。だって、どうなるのかというのを判断しようとしているんじゃないの。別に火山噴火予知を、あるいは予測でもいいですけどね。だってそれはわからないんだもん。現段階では。それはだって今まで何回もここでいろんな論文を紹介されていて、基本的には噴火するかしないか程度、あるいは噴火する可能性が高いか低いかという程度のことにはわかるけども、それがどういう噴火に至るか、するのかという、その規模まではまだわからないでしょう。学問的にも。

○山田部長 規制部長、山田でございます。

おっしゃっているのは、観測で何らかの異常が確認された後、それがどう進展するかというのを予測が不可能だという意味で予知とおっしゃっているのかというふうには。どうかなんですけれども、我々はどう発展するのかではなくて、何か起きそうだというところのまずトリガーを考えていただいて、その後、それが大きくなっていくのかどうかといったようなところは、どちらかということも今日御説明させていただいた②を判断するために考え

なきやいけないことではないかというふうに思っております。

先生がおっしゃるとおり、もし噴火した後、噴火が起きている現象を見た上で、それがどこまでどう発展していくのかというのを判断するのがよいということであれば、①のトリガーとして考えるべきものをまず噴火した状態を見てからでいいというふうに判断をするということかなというふうに私自身は受け取ったんで。ちょっと。

○宮町委員 僕はそういう。

○山田部長 もしそうであれば、①を議論する中で、①としてどういうのが適切かというのをこれから御議論していただいて、もし皆様方の御意見を、それは起きた噴火の状態を見て判断をすべきだということであれば、①の判断基準として噴火の状態のこういう噴火の状態だからというふうに判断をしていくということになるのかなというふうに思ったんですけれども。先生、御指摘。

○宮町委員 僕が言ったのはそういう意味です。要は噴火する以前というのは、恐らく原子力発電所よりも一般市民への対応が必要なんで、それは気象庁さんがやる話であって、我々は噴火した事例がどう発電所に及ぼすまで噴火規模が大きくなるのか、あるいはその可能性がどうなのかということ判断すればいいんであろうというふうに僕は個人的には理解、そう思っていたものですから、そうすると、実際の噴火現象を確認した上で、どう判断するのかというのが結局目安の①なのかなというふうに思っているんですけど。それは規制庁さんのほうからのリクエストとは違う、僕の勘違い。

○山田部長 ちょっと私が申し上げましたとおり、火山のモニタリングの結果、そこから先、大きなものが起きてくるかどうかというものを判断するためのトリガーになる事象を、状態を御判断いただきたいということで我々は申し上げておまして、それがどういうものになるのかというのはこれからの御議論で、先生がおっしゃっているそのトリガーとして考えるべきものが、実際に発生した火山の噴火事象だということであれば、そういうことで、これから御議論いただければいいのかなというふうに思っております。

○内藤安全管理調査官 宮町先生がおっしゃっているのは、噴火、ここにちょっと大正噴火という形で書いちゃったので、ちょっと誤解がある可能性もあるかとは思っているんですけども、次の資料4のところでは、またこの議題が終わった後できちんと御説明はしますが、一番最後の47ページを見ていただくと、噴出物というか、噴火規模、噴火様式という形で、今議論のために我々事務局のほうで用意したところについては噴いてしまったと、火山が、中小規模のものが噴いたということも前提にあります。その上で、そ

れがどのくらいの規模なのかということについて、どのクライテリアを設けましょうかということも判断の基準の中に入れようと思っています。その中で今考えているのが大正クラスかなというところがあって、ここに大正と書いてあるということです。

ただ、火山が噴かないで、中小規模のものが噴かないで、ずっと下のほうにマグマがどンドン溜まっていくということも考えられますので、噴いた噴かないだけで判断はできないだろうというふうには考えています。

○小林部会長 よろしいですか。これは多分延々と議論していても終わらないような問題で、恐らくここで合意できるのは、目安の①と②というところで、②というのとはともかく今の段階では議論するようなデータはないんじゃないかと。だから、じゃあその目安の①のところでも、今ここで最後で議論になったように本当に予知連が考えているような、そういうところを我々も考えながらやっていくのか、それともそうじゃなくて、いや本当に噴火してから対応してもいいのかというような、そういう問題もあると思います。だからその辺を含めて、特に目安の①というところをもう少しここにきっちり整理されたらいいんじゃないかというふうに思います。方向性としてはそんなふうな議論の方向になっていくのかと思います。

ということで、この部分はこれ以上議論していても多分終わらないと思いますので、大体の意見は出たと思いますので、ここで終わらせていただきます。

それでは引き続き、資料4の火山モニタリングにおける観測手法について（案）を事務局から説明させていただきます。どうぞ。

○佐藤安全審査官 規制庁、佐藤です。

私のほうから資料4に基づきまして、火山モニタリングにおける観測手法についてということで御説明させていただきます。

1ページ目を御覧ください。最初に監視項目についてということで、1. でございます、二つ目で地球物理学的観測事象、3. 地質学的観測事象、そして四つ目で、その他の監視項目ということで整理してございます。

ページをめくっていただきまして、3ページ目をお願いいたします。これ前回、第3回のほうで説明させていただきました資料の一部修正してございますけれども、再掲でございます。地球物理学的観測事象といたしまして、地震活動、これは地震の発生頻度とか、発生場所の推移に着目するため、この地震活動の監視が必要だというふうなことで項目の一つ目として挙げさせていただきました。

二つ目は、マグマ貫入に伴う地殻変動を捉えるため、地殻変動の監視が必要というふうなことで地殻変動という観測を挙げさせていただきました。

三つ目といたしましては、SO₂あるいはCO₂の放出量ですね、これは噴火のプロセスを判断する指標となるため、火山ガスの監視は必要というふうなことで、三つ目として火山ガスも必要ですというふうなことを挙げさせていただきました。

一方4ページ目ですが、地質学的な観測事象といたしましては、①噴火規模、それから噴煙柱高度、それから降灰、それから④で火砕物密度流、それから噴出物、こういったものも監視項目としてなり得るだろうというふうなことで挙げさせていただきました。

最後その他の監視項目ということで、先ほど来、議論の中で出てきましたけども、地震波トモグラフィーとか、MT法による比抵抗構造、こういったものを地下のマグマ溜まりの様子を監視するために、例えば数年ごとの繰り返し観測をやることも考えられますと。また気象庁による噴火警戒レベルとか、それから公的機関の評価についても監視項目の一つとして取扱うことも含めて、こういったものとの関係も整理する必要があるというふうなお話をさせていただきました。

それで具体の話になりますけれども、6ページ、7ページをお願いいたします。

地震活動の過去の事例を少しピックアップさせていただきまして、事務局なりに整理させていただいたというのが7ページ以降の話になります。もう先生方御案内のとおりですので、少し要点だけまとめて説明させていただきます。

7ページ目ですけれども、これはいささか古い噴火ですけれども、1986年の伊豆大島の噴火でございます。このときの震源分布に着目してみますと、噴火の半年前には島の北東と西側に集中して発生してございましたが、山頂噴火が始まった11月15日より北東側の震源域がさらに西側に拡大。割れ目噴火を起こした11月21日以降は山頂中心にして北西-南東に広がり海域まで震源域が拡大してございます。こういうやっぱり震源域の分布、これ移動というのもやっぱり一つは重要な要素であろうというふうに考えてございます。

8ページ目をお願いいたします。これは雲仙の場合の、1990年～95年の雲仙の火山性地震の震源分布でございますけれども、雲仙岳、200年ほどの休止期間を経て89年ごろより山体の西側に位置する千々石湾の下の深さ12-15km付近で火山性の構造性地震が群発活動を開始したというふうな報告がございます。やや深部で発生した群発地震は、東方向へ一日2kmくらい、北方向へ0.1-0.2km、一日の速度で移動したと。この後、普賢岳山頂付近で顕著な地震活動が発生して、最後にその中間を埋めるように島原半島の西側での活動が活

発化したというふうなことでございます。

このように、震源は西側深部から普賢岳をつなぐように40-50度の仰角で分布してございますけども、時間の経過とともに西側から東側へ移動したと、必ずしも言えないんですけども、震源の動きがマグマの貫入に対応しているふうには、ちょっと見てとれないと。こういう事例もございます。

9ページ目をお願いいたします。次、桜島の火山性地震の分布域でございますけども、ブルカノ式噴火や火山灰の噴火を繰り返す桜島では、爆発地震やB型地震が頻発してございます。B型地震は、4-7Hzの波が卓越する地震をBH、1-3Hzが卓越する地震をBL型地震に細分化してございます。前者は顕著な噴火現象は伴わないが、後者はストロンボリ式に似た間欠的な噴石の放出や火山灰の連続的な放出を伴うことが知られてございます。

火山体に展開された地震計のP波の到達時刻から決定された震源は、これらのタイプの地震の震央はいずれも火口内の狭い領域に分布し、火道内のマグマ活動に伴って地震波が励起されてございます。

BL型地震と爆発地震は、海面下の深さ0-2kmの深さに共存して分布し、BH型地震は、それよりやや深く、火口直下の深さ2-3.5kmに分布して、マグマ溜まりからの火道へのマグマの貫入によって引き起こされてございます。一方、A型地震はB型地震や爆発地震の震源を取り巻くように分布しており、その震源域は重ならない。B型地震や爆発地震は、マグマに満たされた火道の領域で、A型地震はその周辺の岩石の領域で発生していると考えられてございます。

次の10ページをお願いいたします。もう一つ事例といたしまして、古い噴火でございませうけども、有珠山の1977年の溶岩ドームの形成時に発生した震源分布とメカニズムについて御紹介させていただきます。

Okada et al. (1981) は、1977年の有珠山の潜在溶岩ドームの形成時に発生した微小地震の震源を、臨時に設置した地震観測点のP波とS波の到達時間から求めてございます。深さ0-2kmに発生する微小地震は、溶岩ドームの周囲にはりつくように、U字型に分布してございます。また、同一地点で発生する地震は、互いに相似の波形形状を示してございまして、相似地震であることを示してございます。発震機構解も考慮すれば、観測された微小地震は、溶岩ドームが既存の火山体と接している面が繰り返し不安定な滑りを起こしているというふうなことが示されてございます。

潜在溶岩ドームの形成時に発生した地震の発震機構解は、初動極性の解析から、ダブル

カップル型の解が求められています。これらの地震は溶岩ドームと既存の岩体の境界で発生して、発震機構解の一つの節面はその境界面の走向に一致するというふうに報告されています。

次の11ページ、御覧ください。今度は地震活動に少し着目してみます。

左側ですが、これは2000年有珠山噴火の火山性地震の数の頻度を示している図でございます。2000年3月の有珠山の噴火は、3月27日に火山性の構造性地震が観測され、その後、地震活動は活発化していきました。そして、29日16時を境に急激に増加して、30日にピークを迎えました。しかし、30日12時を過ぎると急激に減少し始めて、31日に入ると1時間当たりの発生数は数十個に減ったという報告がございます。

一方、低周波地震は3月29日から観測し始め、31日13時頃から1時間当たり1個程度発生するようになり、噴火は31日13時過ぎに発生してございます。その後、有珠山北西部（西山、金比羅山）の噴火地点での水蒸気爆発に伴う震動の他に、超長周期微動の発生が報告されてございます。噴火前の地震活動の活発化と、低周波に富む地震の発生が特徴的でした。

ページめくっていただきまして、12ページをお願いいたします。地震活動を少しレビューさせていただきましたけれども、火山性地震や微動というのは、火山性地震は、マグマの活動によって引き起こされる地震であるとして、マグマが上昇する領域とその周辺で起きる地震であると考えます。つまり、火山性地震や微動は、マグマが噴出する火口から、ダイクが貫入する山腹とその近傍に発生するものとしします。ただし、噴火現象と明らかに関係があると認められる場合は、火山体から十数km離れた場所で起こった地震も火山性地震として考えます。

それから発生場所とか震源分布につきましては、火山性地震や微動の震源の時空間分布は、震源域が火山活動とともに移動する、それから異種の地震や微動が共存したり棲み分けたりする、それから同一地点で同じ地震や微動が繰り返し発生するなどの特徴がございます。ダイクの貫入やマグマの上昇に伴ってその周辺岩体内で発生する火山構造性地震は、震源の移動を示すことがございます。玄武岩質マグマの貫入では、ダイクの貫入方向に沿って震源が移動する特徴がしばしば認められるので、マグマの移動を推定することができます。一方、粘性の高いマグマを噴出する火山でも、マグマ上昇に関連して群発的な活動が観測されるが、その震源はダイクの伸長方向に移動するとは限らず、玄武岩質マグマと比較して複雑な時空間分布を示す場合もございます。

メカニズムにつきましてですが、ダブルカップル型の火山性地震の発震機構は、マグマ上昇やダイク貫入、マグマ溜まりの増圧現象と整合ある解が求められてございます。また、断層パラメータの推定からマグマの微小な上昇量が推定されるなど、定量的に地震発生に伴う変動が議論されてございます。

頻度でございます。静穏期をはさんで噴火を引き起こした火山の地震活動は、噴火の前に火山構造性地震の活動が高まり、噴火直前に低周波地震や微動の活動が活発化するという特徴も認められます。ただ、このような特徴が観測されたとしても、噴火に至らないということもしばしばありますので、注意が必要というふうなことでございます。

こういった観点から発生場所、それからメカニズム、頻度というのが一つキーワードになろうかというふうに考えてございます。

次に地殻変動でございます。ページをおめくりいただきまして、15ページをお願いいたします。

これは御案内のとおり新燃岳の火山活動に伴う地殻変動でございます。今給黎・大脇(2011)によりますと、霧島周辺の地殻変動の変遷でございますが、この「えびの」-「牧園」基線は、霧島山を南北に縦断しており、1997年の設置当初から2006年まで短縮傾向が続いてございました。しかし、2006年後半から2007年にかけて伸びの傾向が見られ、2007年末頃には伸びは一旦収まったものの、それ以前と比較して短縮傾向は明瞭ではなくなりました。

2009年12月ごろ数mmの伸びのジャンプを示すイベントののち、それ以降3-4mm/月の伸長傾向が始まり、他の2基線でも同様の変化が見られ、2011年1月に本格的なマグマ噴火が開始するまで、ほぼ単調に3基線とも伸びが続いたという報告がなされてございます。右側にはGPSのほうから推定されました給源の位置等をプロットしてございます。

それから16ページを御覧ください。同じく新燃の火山活動に伴う地殻変動なんですけども、これはSAR干渉解析から求められた地殻変動の圧力源の推定の結果でございます。

新燃岳の西北西約5km、深さ6.8kmに膨張源、それから6.1kmに収縮源が推定されてございます。体積変化量、それから膨張源、収縮源ともにほぼ同規模のものがGPSの観測データを用いた圧力源推定結果とほぼ調和的に求められてございます。なお、大気遅延ですね、誤差低減処理も施してございまして、圧力源位置の推定の精度向上に貢献していると報告が小林・他(2011)でなされてございます。

ページをおめくりいただきまして、17ページをお願いいたします。

これは水準測量による始良カルデラ周辺域の地盤上下変動でございます。山本・他(2014)によりますと、このルートにおきましては、1891年から120年近くの長きにわたり水準測量が存在されており、途中1914年の桜島大正噴火や1946年の昭和噴火の溶岩流出を経験してございます。桜島大正噴火後の100年間で、始良カルデラの地下のマグマ溜まりにおけるマグマの貯留に伴ったBM.2474付近の地盤隆起が進んで、2013年11月の時点では、大正噴火の直前において推定されている比高のほぼ9割程度を回復した状態になっているというふうに見てとれると報告がございまして。

水準測量の事例はもう一例ありますが、時間の都合上割愛させていただきます。

○竹野技術参与 それでは規制庁の竹野です。火山ガスについて御説明いたします。

ページをめくっていただきまして、21ページをお願いします。

火山ガスでマグマ性ガスの観測からわかることとしまして、マグマ中に含まれる火山ガス成分の発泡や火道上昇中のマグマからの火山ガスの分離・放出がマグマ上昇原動力や噴火の爆発性を規制する要因と考えられています。そのため、火山ガスの挙動を理解することは、マグマの上昇・噴火過程を理解するために不可欠と考えられております。

下のほうの図なんですけれども、左のほうに三つ例を挙げてありますように、火山ガスには幾つか起源が考えられますが、そのうち一番下のCにありますマグマ性のガスというのが重要なわけで、そのマグマ性のガスというのは右の火山山体の図にもありますように、山体の地下で起こっている現象と、そして噴煙を観測することによって理解される事柄とが結びついているというふうには考えられています。

地下ではガスの組成の変化に影響する要因として、圧力の低下ということが考えられております。一方ガスの供給量の変化に影響する要因としては、マグマの脱ガスによって、マグマが高密度になって沈んでいく。あるいは一方、ガスにリッチなマグマが低密度のために上昇していくといったような形で、マグマ及びガスの輸送過程というものが影響しております。噴煙組成を観測することによって結局はマグマの深淺、それから噴煙放出量を観測することによってマグマの量というのが把握されるというふうには考えられております。

次のページになりまして、具体的な事例について幾つか御紹介いたしますと、まず左のほうの図が、Soufrier Hills火山でのSO₂とHClの日放出量の変化となっております。これは、こういったガス組成を観測する手法としてはFT/IRなどを用いて赤外吸収スペクトルを測定したりして観測いたします。このSoufrier Hillsの場合は、図を御覧になってお分かりになりますように、溶岩ドーム成長期にHClが高く、休止期に低いという傾向が認め

られます。ただし、この場合はSO₂に関しては、変化が見られないということになって
います。

一方、右下のほうに、ここは雲仙の事例なんですけれども、マグマの放出量とSO₂の放
出量との間に明瞭な相関が見られる例となっておりまして、火山によりましてこういった
傾向、個性というのでしょうか、違いが認められております。

次のページ、めくっていただきまして、23ページでお願いいたします。

こちらのほうでは、三宅島火山噴火でのSO₂日放出量の変化で、同じくこちらは小型セ
ンサーによって構成されるポータブル観測装置によって各種ガス濃度を測定した事例とな
っておりまして、SO₂放出量の減少にもかかわらず火山ガスの組成が一定となっておりま
して、これに関しては火道内マグマ対流の脱ガスの稼動条件が一定なためだというふうに
推定されております。

次の24ページをお願いいたします。こちらは2011年新燃岳噴火の場合のSO₂フラックス
の時系列変化と噴火イベントの関係を示したものでございます。

上の図のほうに、左のほうの図にございますように、可視では変化が認められませんが、
紫外線吸収量を測定することによって、上の右の図にございますように、SO₂の量を可視
化することができます。

このSO₂噴出量の変化を捉えて、噴火活動の指標とすることが、これは風速の測定精度
にも依存するんですけれども、マグマ存在量を推定するということが考えられております。

下のほうの図が2011-2012年にかけてのSO₂のフラックスの放出量なんですけども、上の
図を最初の3カ月を拡大したものが下の図になっておりまして、準プリニー式噴火のステ
ージ、それから溶岩の蓄積しているステージ、すみません、CVステージというのは説明を
つけなかったんですけれども、これは継続的な脱ガスと間欠的なブルカノ式噴火のステ
ージということとなっておりまして、このステージごとにSO₂フラックスの量が変わってい
るということが認められるかと思えます。

マグマ中に含まれる火山ガス成分の発泡や火道上昇中のマグマからの火山ガスの分離・
放出が、マグマ上昇原動力や噴火の爆発性を規制する要因となるため、火山ガスの観測は
マグマの移動や噴火過程を把握するには十分有効な観測手法であることから、監視項目と
して考慮するというふうに考えております。

火山ガスについては以上です。

○竹内安全審査官 原子力規制庁の竹内です。

めくっていただきまして、26ページをお願いします。3.地質学的観測事象についてということで、ここからは実際に噴火が起こってからの観測事項ということになります。

28ページへ進んでください。まず噴火規模ということで、噴煙柱高度から噴火規模を推定する方法が載せられていまして、よい相関があるというふうにされております。噴火の規模というのは、実際に即時的に推定することが難しい、一定時間がたってからでないと確定できないような事項ではありますけれども、噴煙柱高度、噴火のタイプ、噴火継続時間、噴出物の量等からの総合的な指標となることから、監視項目の一つとして考慮することと考えています。

めくっていただきまして、30ページをお願いします。次は降灰です。

次の31ページをお願いします。ここでは霧島山新燃岳2011年噴火の例として、ここに図を出しています。ここでは今、前の項で話しました噴煙柱高度の測定、観測から噴火規模を推定するということが、ここでも行われまして、かなりよい相関があるということがわかっています。

めくっていただきまして、32ページをお願いします。これは同じく新燃岳噴火のときの降灰の分布、これは実測値でして、数字は層厚ではなくって、単位面積当りの重量を観測した記録です。

次の33ページをお願いいたします。降灰については、実際の観測以外にも数値シミュレーションなどを用いまして、降灰の分布からその噴火規模を推定する方法が工夫されています。こういう実例もありまして、降灰の分布域を把握することは噴出の見積もりに有効であるとともに、敷地への降灰状況を確認する上で重要となること。また、ここでは示しませんけれども、組成分析は噴火規模や噴火様式のプロセスを理解する上で有効な手法となることから、監視項目の一つとして考慮をするというふうに提案させていただきます。

説明者、交代します。

○田上安全審査官 規制庁、田上です。

35ページ、火砕物密度流のところから御説明いたします。

次の36ページをお願いいたします。事例として左右二つ挙げさせていただいております。左側が桜島大正噴火です。これは下の図にグレーのハッチになってございますが、その部分が火砕物密度流の到達域を示しております。

右のほうの図は、約1万3,000年前の桜島薩摩噴火のときのベースサージの到達範囲というものが、小林・溜池1999をもとに、到達範囲を考えられているのが、その図の中に一部

ですが、鹿児島市内のところに桜島薩摩のS2Aベースサージという赤色でハッチがけした領域として示しております。

下の箱書きですが、こういった分布域を把握することで、噴出量の見積もりに有効であるというふうに考えられるとともに、敷地との離隔距離を確認する上で重要になることから、監視項目の一つとして考慮するというところで考えております。

次のページをめくっていただきまして、37ページ、3-4の噴出物でございます。

次の38ページを御覧ください。噴出物の分析の事例として幾つか書かせていただいております。最初、一つ目の丸は、小林・他(2010)と、小林(2016)ですね。鬼界アカホヤ噴火の例をもとに、巨大噴火以前の噴出物の特徴から、噴出物の岩質を含む噴火様式の推移を考察してございます。これは巨大噴火に先立だって約8,000年以上前、長期にわたって、まず籠港テフラという、安山岩質マグマのブルカノ式噴火、こういったものが断続的に発生していると。さらに巨大噴火に近づいて、約百年程度前には、長浜溶岩ですね。脱ガス化したマグマの噴出である巨大噴火の前兆的噴火として発生したのではないかと考察されているような溶岩が出ているということでございます。

下の二つ目の丸、これはHasenaka et al. (2018)ですが、こちらは、阿蘇4噴火について、その千年程度前に噴出した大峰スコリアや高遊原溶岩を岩石学的に分析いたしまして、これらが阿蘇4と類似した鉱物組成や全岩化学組成を持つ点というものを指摘してございます。

次のページをお願いいたします。三つ目の事例、関口・他(2014)ですが、こちらは始良カルデラ火山の10万年前から現在まで活動した火山噴出物の化学組成の変化を調べております。下線を引いておりますとおり、苦鉄質マグマの噴出のあと珪長質マグマが噴出し、最後に珪長質なマグマを大量に噴出する巨大噴火で終わっているというようなサイクルが認められるということで、現在の桜島火山の活動は第3サイクルに入っていると考えられ、まだ珪長質マグマの巨大マグマ溜まり成長過程には移行していないと解釈できると考察しております。

最後一番下の青い箱書きですが、噴出物の化学組成の分析やその時空間変化を考察することが、噴火規模や噴火様式のプロセスを理解する上で有効な手法になるということから、監視項目のひとつとして考慮するというところでございます。

説明者、交代いたします。

○佐藤安全審査官 佐藤です。

ページをおめくりいただきまして、43ページをお願いいたします。

ここでは、地震波トモグラフィー及び比抵抗ということで事例を幾つか御紹介させていただきます。ちょっと時間の関係上、あまり細かくは御説明いたしませんけれども、43ページではイエローストーンカルデラの3次元P波速度構造、それから44ページでは、始良周辺の地震波トモグラフィー解析結果、それから45ページでは、阿蘇カルデラ周辺の3次元比抵抗構造というふうなものが示されてございます。

一番下の箱書きですけれども、こういった調査からモニタリングということではなくて、場としてやっぱり押さえる必要はあろうかと思っておりますので、地震波トモグラフィーや比抵抗構造は地殻内流体（水または熔融域）の存在を把握するには有効な観測手法であることから、監視項目として考慮しますというふうなことでございます。

最後なんです、47ページをお願いいたします。最後に監視項目、それから観測手法、それから測定量、それから、それらと関連する火山現象について整理表を、項目をまとめて整理をさせていただきました。上から地震活動、地殻変動、火山ガス、地震波トモグラフィー、MT、噴出物、この赤字で書いたところがありますけれども、これを監視項目として、なおかつ測定量といたしまして、地震活動につきましては震源の発生時間、それから位置、場所、規模、頻度、メカニズム、こういったものに着目しようと。

地殻変動につきましては圧力源の位置、大きさ、形状、それから火山ガスは火山ガスの成分とか量、それから地震波トモグラフィーにつきましては、地震波速度、減衰量、MTにつきましては、比抵抗分布、それから噴出量につきましては、噴出量、それから時空間分布、それから化学成分、こういったものをモニタリングしていくことによって、先ほどの目安①というふうなところを御議論いただきましたけれども、そういったものにつきまして、レベルであるとか、閾値であるとか、基準、そういったところにつなげていきたいというふうに考えてございます。

私からの説明は以上でございます。

○小林部会長 どうもありがとうございました。

監視項目について、今回は項目ごとに火山活動と関連性、具体的な事例を挙げて説明がありました。それでは資料4の説明に関して確認、御意見等がございましたら、お願いします。

○篠原委員 篠原ですけれども、ちょっとこの項目を挙げられた趣旨がよくわからないんですが。ある意味で代表的な観測項目を網羅的に挙げられた。とはいいつつも下で黒いのが

あって、黒い項目は今回は対象として挙げられなかった。それが赤と黒の違いが何なのかがよくわからないというのが一つと、もう一つは監視といっても、いわゆるこの場では火山活動の監視をしましよと、一般的なモニタリングをするわけではないと思うので、ここに書かれているのは規模も噴火のタイプも含めて、さまざまな事例を挙げられているんですけども、先ほどの議論では例えば大正噴火に至るような、ないしはそこから超えるような噴火というものをどう検知するか、認識するかというためのモニタリング項目であったんではないかと思うんですが、その違い、今回は本当に非常に小さな噴火のレベルからある程度の大きな噴火のレベルまで、さまざまな事例を挙げられていると思うんですが、その意図を教えてくださいと思います。

○佐藤安全審査官 佐藤です。

まず47ページの項目についての御質問なんですけども、赤と黒の違いということでございますけども、メニューとしては恐らくこれくらいの監視項目というのがあるんだと思います。ただし、我々が、これ将来的に恐らく事業者さんに求めていくことになるんだと思うんですけども、監視項目としてできるようなことということになりますと、この赤いで書いた項目かなというふうに理解はしてございます。

それから規模観についてですが、確かに小さいものから大きいものまでというのはあるんですけども、なかなか近代の観測網とか、そういったもので分かってきたもの、捉えられたものというのは、そんなに事例が多くはないので、今大小にこだわらずに、少し事例を、こういうふうに整理をさせていただいたというのが正直なところでございます。

以上です。

○小林部会長 ほかに何か御意見等、ありますか。よろしいですか。

次いで、私のほうからも一つ質問なんですけど。今篠原委員が言ったのと大体似たような意見というか質問なんですけれども、ここに出ていたいろんなことというのは結局これから考える目安①とか、そういうところにどういうふうに利用するかという、その前提としてこれを出しているということなんです。

○佐藤安全審査官 佐藤です。

そのとおりです。

○小林部会長 目安①をどういうふうに考えるかということによって、これをどういうふうに利用できるかできないかということも、これからまた考えていかなければならないということになるんですね。

○佐藤安全審査官 御指摘のところ、そのとおりだと思います。そこも踏まえて次回少したたき台をお出ししたいと思いますので、御議論いただければと思います。

○小林部会長 時間も押しているのですが、もし特別御意見がなければ、これで終わりたいと思いますけれども。全体を通じて特に御意見とかお気づきの点がありましたら、お願いします。

○村上部会長代理 もうその他に入ったと思ってよろしいのでしょうか。北大の村上です。

ちょっとモニタリングの話題とは離れるのですが、火山に関する現象として、コメントを申し上げたいことがありますので、お時間をお借りしてお話させてください。

火山活動に関連する現象として、漂流する軽石の現象があります。漂流軽石と呼ばれていて、英語だとPumice driftだとか、Pumice draftと呼ばれる現象です。これは浅い海底の火山の海底噴火や、それから阿蘇4のように大規模な陸上火山の降下物が海に対して、それが海流に乗って流れていくというような現象ですけれども、私が拝見した限りでは、この現象というのは今までの火山の影響評価の中で具体的に提起されて、評価をされた事例はないように思います。見落としがあるのかしれませんが。

この現象は実際に発生した事例もありますし、それから過去のこの現象の実質的な痕跡も日本の沿岸で認められています。ですので、非常に大規模に発生する可能性があるし、それがすぐ、私ら素人ですけれども、思いつくのは冷却のために発電所で大量に取水をしていますので、その入り口に大規模にこの漂流軽石が到達したときに、本当に発電所は安全なんだろうかという懸念をもちます。

ですので、もう既に検討されて、何かこれは考慮しなくていいのだというエビデンスがあるのであればよろしいのですが、もしないのであれば一度何らかの形で、例えば規制庁が実施されている火山に関連する研究か何かでデータに基づく、もしくはシミュレーションに基づいたような具体的な検討をされて、その評価の結果に基づいて将来の影響評価をやられたらいいのではないかと考えますが、今後御検討いただければと思います。

以上です。

○小林部会長 事務局のほうで何か御意見はありますか。

○内藤安全管理調査官 規制庁の内藤です。御意見ありがとうございました。

確かに私の記憶している限りにおいては、そういう軽石が大量に海水のところ、海面のところ漂ってきてということについて、評価上、何らかの解釈をしているというところはないかと思えます。ただ、一般論としてですけれども、運転中というのは相当、海水、

取水して、タービンで蒸気に変えるということもありますので、いっぱい出していますけれども、止めてしまった後については、そういう蒸気を発生させるためのものはいらないので、そうすると冷やすだけの部分ということですので、ちょっとうる覚えですけども、多分1t強ぐらい、/secぐらいの取水ができればいいという、そのくらいの量だったような気がしますので、過去にもこういう軽石とかではないですけども、日本海側ですと、クラゲが大量発生したとかとあって、取水できないというか、取水量が制限されるので、出力を下げたとか、そういう形でやっていますし、あとはスクリーンという形で取水口の前では、ある大きさ以上のものについては何ていうか、すくって取ってしまうという形のものも、装置もついているという状況ですので、基本的な設計としては対応ができていますというふうには考えてはいますけれども、その部分についてちょっと先生のコメントもありますので、どういう形でもって影響があるのか、ないのかということについては、ちょっと検討させていただきたいと思います。

○村上部会長代理 おっしゃるとおり恐らく直感ですけども、対応可能な事象ではあると思うのですが、ただ具体的にクラゲを対象にした今までの対策と全く性質も違いますし、それから量的なものもどういったものが来る可能性があるのか、きちんと検討してみないとわからないと思うんですね。それ、量による、ある、例えば対抗力の上限があるのかしれませんし、そういったことを具体的にやはり検討されておいたほうが安全性を確保する観点からは有効だと思いますので、ぜひ定性的なお話ではなくて、やはり実例に基づいた具体的な検討をされるということを強くお勧めしたいと思います。

○小林部会長 ありがとうございます。ほかにはよろしいでしょうか。

それでは、今日は議題が大きく二つありまして、1のほうは従来と特に大きな変化がないということで問題なしということになりました。議題2については、皆さん全員が納得するというようなところまではいかないかもしれませんが、とにかく、目安①、目安②というのがあって、目安②というのは、これからもうちょっと実感をおいて、本格的に考えていきましょうと。だけど、目安①ってどう考えるかということについて、議論が深まったと思います。

ただし、その目安①のどういうふうにか考えるかということに関しても、ちょっといろいろな意見が出ていますので、事務局のほうもちょっとその辺をまとめていただいて、整理していただいて、それで今後、今日のところでいろいろ意見が出たんですけども、そういうところを踏まえて、目安①でこういう監視しているようなものについても、それをどう

いうふうに取り入れていくのか、いかないのかとか、そういうものを含めて、次回までにいろいろ考えていただきたいと思います。

じゃあ本日の審議事項は以上となります。

最後に事務局より連絡がございます。

○大浅田安全規制管理官 規制庁の大浅田です。

本日は長時間にわたり御審議いただきまして、どうもありがとうございました。

次回会合の開催は、改めて御案内させていただきます。お手元の資料につきましては、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れば、当方から郵送いたします。

本日はどうもありがとうございました。事務局からは以上でございます。

○小林部会長 それでは、これで原子炉火山部会第4回の会合を閉会いたします。

長い間、御苦勞さまでした。