

第4回地震・津波技術評価検討会

議事録

1. 日時

平成28年5月10日（火）15:00～17:03

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室C

3. 出席者

外部専門家

岩田 知孝 京都大学防災研究所教授

酒井 直樹 国立研究開発法人防災科学技術研究所先端的研究施設利活用センター
準備室室長

庄司 学 筑波大学大学院システム情報工学研究科構造エネルギー工学専攻准教授

古屋 治 東京電機大学理工学部電子・機械工学系准教授

専門技術者

松山 昌史 一般財団法人電力中央研究所地球工学研究所流体科学領域上席研究員

梅木 芳人 中部電力株式会社原子力本部原子力土建部設計管理グループ課長

原子力規制庁

小林 安全技術企画官（地震・津波担当）

飯島 安全技術管理官（地震・津波担当）付 首席技術研究調査官

内田 安全技術管理官（地震・津波担当）付 技術研究調査官

安池 安全技術管理官（地震・津波担当）付 専門職

倉崎 技術基盤課長

迎 技術基盤課企画調整官

市川 技術基盤課課長補佐

4. 議題

(1) 平成27年度安全研究プロジェクトの技術的観点からの評価

(地震・津波技術中間評価)

(2) その他

5. 配付資料

名簿

資料1 原子力規制委員会における安全研究に係る評価の実施について

資料2 平成27年度中間評価調査票

(D04) 原子力施設における地質構造等に係る調査・研究

(D07) 火山影響評価に係る技術的知見の整備

参考資料 平成27年度中間評価調査票説明資料

6. 議事録

○迎企画調整官 それでは、定刻となりましたので、第4回地震・津波技術評価検討会を開催いたします。

本日は、お忙しい中、検討会に出席いただきましてありがとうございます。

まず、委員と専門技術者の方々を事務局より御紹介させていただきます。

本日は、京都大学の岩田委員、防災科学技術研究所の酒井委員、筑波大学の庄司委員、東京電機大学の古屋委員に御出席いただいております。また、専門技術者として、電力中央研究所の松山氏、中部電力株式会社の梅木氏に御出席いただいております。

本検討会は主査を設定いたしませんので、事務局として技術基盤課企画調整官の迎が議事進行をさせていただきます。

それでは、事務局より資料の確認等をいたします。

○市川課長補佐 お手元に議事次第、座席表、名簿とともに、本日の資料を御用意しております。

議事次第、座席表、名簿をめくっていただきますと、資料1といたしまして、安全研究に係る評価を説明いたしました、原子力規制委員会における安全研究に係る評価の実施についてを御用意しております。次に、資料2としまして、評価の対象となる安全研究プロジェクトの成果をまとめた調査票を御用意しております。また、参考資料として、本日のスライドのコピーを用意しております。また、検討会委員の先生方には、技術的観点からの評価シートのほうを御用意しております。

過不足等がございましたら事務局へお知らせ願います。

○迎企画調整官 よろしいでしょうか。

続きまして、評価に向けた安全研究プロジェクトの成果の説明に先立ちまして、資料1、原子力規制委員会における安全研究に係る評価の実施についてを用いて、本検討会での評価について説明させていただきます。

○市川課長補佐 では、資料1の2. 評価のところを御覧ください。

原子力規制庁は、原子力規制委員会が策定する原子力規制委員会における安全研究についてに示されましたニーズとの整合性等について、評価を実施することとしております。

具体的には、各安全研究プロジェクトに対して、事前評価、中間評価、事後評価、追跡評価及び年次評価を実施いたします。そのうち、事前評価、中間評価及び事後評価につきましては、技術評価検討会を開催し、当該研究分野に知見を持つ検討会委員の皆様方から、安全研究プロジェクトに対する技術的観点からの評価をいただくこととしております。また、その評価を踏まえまして、原子力規制庁が総合的な評価を行うこととしております。

技術検討会における検討会委員の先生方からの評価結果につきましては、まとめまして、原子力規制庁が作成する評価書の別添とさせていただき、また、原子力規制庁が行う総合的な評価に活用させていただきます。

なお、技術評価検討会の評価結果をまとめるに当たりましては、検討会委員の先生方よりいただきました評価を事務局のほうで確認させていただき、まとめるために、もう一度お集まりいただいて審議するか書面審議とさせていただくかを、後日、事務局で検討して御連絡させていただきます。

次に、めくっていただきまして、3. 技術的観点からの評価を御覧ください。

技術評価検討会の評価に際しましては、検討会委員の先生方以外に、当該技術分野に対して、実務経験や詳細な技術的知見を有する者、ここでは専門技術者とさせていただいておりますが、この専門技術者の方々から御意見を聴取させていただきます。

専門技術者からいただきました御意見は、検討会委員の先生方におかれましては、技術的観点からの評価の御参考としていただきますようお願いいたします。また、評価の参考とするため、技術評価検討会の進め方としまして、まず、専門技術者の方から御意見を頂きたいと考えておりますので、御協力をお願いいたします。また、専門技術者の方の御意見は、原子力規制庁が行う総合的な評価につきましても参考とさせていただきます。

続きまして、具体的な評価の方法につきまして御説明させていただきます。

評価委員の先生方に御準備させていただきました技術的観点からの評価シートを御覧ください。

評価委員の先生方には、これまでの成果を論文形式で記載しました調査票に関しまして、コメント形式での評価をお願いいたします。評価シートの評価項目というところに記載してございますような観点での評価をお願いしたいと考えております。具体的には、国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか。解析実施手法、実験方法が適切か。解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。重大な見落としがないか。このような観点から評価をお願いいたします。

以上のような技術評価検討会の位置づけや進め方を御理解いただき、原子力規制庁の評価に御協力をお願いいたします。

また、資料1の別添の5ページ、参考1といたしまして、技術的観点からの評価対象プロジェクトを御覧ください。

本日の検討会で中間評価の対象としておりますのは、中間評価の5番目と6番目に当たります、原子力施設における地質構造等に係る調査・研究と火山影響評価に係る技術的知見の整備の2件となっております。

また、評価スケジュールでございますが、中間評価につきましては、技術評価検討会での評価を踏まえた原子力規制庁による評価につきまして、5月末から6月初旬ぐらいを目処に原子力規制委員会に諮る予定としております。

本検討会での評価についての説明は以上でございます。

○迎企画調整官 本件について御質問、御意見がございましたらお願いします。よろしいでしょうか。

それでは、安全研究プロジェクトの技術的観点からの評価に移らせていただきます。

まず、(D04)原子力施設における地質構造等に係る調査・研究について、安全技術管理官(地震・津波担当)付の飯島首席技術研究調査官から説明をお願いします。

○飯島首席技術研究調査官 飯島でございます。

それでは、原子力施設における地質構造等に係る調査・研究について、説明いたします。

まず最初に、研究の背景でございますけれども、断層の活動性の評価というのは、審査上非常に重要な項目、案件でございます。通常、断層の活動性評価をするに当たりましては、この絵の左側ですけれども、上載地層法ということで、断層の上に堆積した地層、その地層と断層との切断関係ですとか、その上に堆積している地層そのものの年代から特定

するということが一般的に行われるわけですが、サイトによっては、こういう上載地層法の適用が困難な場合があります。

右側にそのイメージをお示ししてございますけれども、例えば、上載地層がなくて、白亜系の地層が断層で変位しているというふうな場合があったとすると、これは、白亜紀以降には動いたということがわかるのですけれども、最後に動いたのはいつかということがわからないというふうな課題があります。

この研究の目的でございますけれども、新規基準では、上載地層法における断層の活動性評価が困難な場合には、中期更新世以降まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価することということを求めています。

この研究は、その断層を含む地質構造全体の把握、応力場解析に基づくテクトニクスの把握、それから、断層破碎物質、断層の実際にずれ動く部分の岩石の性状の把握、こういったものを行いまして、断層の活動性の評価の総合的な評価手法を構築するというのが目的でございます。

この研究は大きく二つに分けて行われております。最初は、地球物理学的調査や深部ボーリング調査等に基づく地質構造の把握ということでございますけれども、これは、断層を含む地質構造全体の把握、これを主眼として行われるものでございまして、日本の地質構造の異なる幾つかの領域におきまして種々の物理探査を行いまして、地質構造の把握に対して、その適用性というのを見るということでございます。

それから、二つ目の断層破碎物質を用いた断層の活動性評価手法の整備でございますけれども、これは27年度からスタートしたのですが、これは、活動時期がある程度判明している野島断層ということで、1995年の神戸地震で動いた断層ですけれども、そこでボーリングとかトレンチ調査を行いまして断層破碎物質を採取して、その年代測定、あるいは、構造等の評価、こういったことを行って、断層の活動性の評価の手法を構築するというものでございます。

研究の工程でございますが、本研究は25年度から、それから、29年度まで行っていく予定です。

最初の地球物理学的調査や深部ボーリング調査等に基づく地質構造の把握におきましては、平成25年、26年、2年間で行っております。2番目の断層破碎物質を用いた断層の活動性評価手法の整備につきましては、25年度に予備的な検討を行っているわけですが、基本的には27年度よりスタートしています。それで、野島断層におけるボーリング等も含

めて、27年度からスタートしたという形になっております。

まず、27年度までの主な成果ということで、地球物理学的調査や深部ボーリング調査等に基づく地質構造の把握について説明いたします。

この研究では、地質構造の異なる日本の幾つかの地点におきまして、物理探査の有効性、適用性というのを確認したわけですが、今日は、そのうちの活動性の低い断層、かつ、硬質岩盤を対象にした探査について、簡単に報告させていただきます。

活動性が低くて、なお硬質岩盤における課題ですが、累積的な変位が地形に明瞭に残りにくいということで、調査及び探査位置の特定が困難であるということ。それから、岩盤中の音響インピーダンスのコントラストが弱くて、地震探査によって十分な解像度の地質構造イメージが得られないというような課題があります。

本研究の中では、まず、空中写真ですとかDEMによりまして地表での断層の位置を決定しまして、その後、地震探査ですとか電気探査、電磁探査、こういったものを行いまして、硬質岩盤における地質構造の評価といいますか、その調査の適用性を確認しました。

成果といたしましては、断層を含む地質構造を対象とした効果的な調査手法の組み合わせ及び解析プロセスを構築できたというふうに考えております。

それについて、簡単に例を御紹介したいと思います。

これは硬質岩盤ということで、京都府の若狭地域におきます地域での山田断層を対象とした電気探査、電磁探査の結果の例でございます。山田断層の調査した領域がここに拡大して示してございますけれども、この赤い線のところが山田断層に相当するところです。それから、薄い青い線、これが電気探査の測線、それから、左側の緑色の細い線が電磁探査、CSAMTの電磁探査の測線でございます。

この電気探査、電磁探査におきましては、地盤の比抵抗を計測しています。地盤の比抵抗を計測すると、地盤中に水が介在するような場合、例えば、破碎帯があって水が介在するような場合には、比抵抗が小さな値として計測されます。このコンター図の中では、比抵抗の小さなものを赤い色で示してございますけれども、探査の結果、赤色の部分というのが計測されまして、地表の断層の位置から北側に傾斜するようなところ、こういったところも比抵抗の小さい領域としてイメージされました。

これは、別途行いまして浅部ボーリングにおいて確認されました断層の傾斜角と一致したということで、硬質岩盤におきます電気探査、それから、CSAMT法電磁探査、この有効性が確認できたというふうに考えております。

それから、二つ目の断層破砕物質を用いた断層の活動性評価手法の整備でございますけれども、課題は、冒頭申し上げたとおりですけれども、上載地層法が適用できない場合の断層の活動性評価手法を整備するという必要があるということでございますけれども、断層の活動性評価手法として、断層破砕物質を用いた手法ということで二つ考えております。

一つは、定量的評価手法ということで、これは、断層破砕物質の年代分析を行って、断層の活動時期というのをある程度詳細に評価できるものでございます。それに対しまして、定量的評価手法、これも合わせてやるわけですけれども、これは、断層破砕物質の詳細な構造の特徴を、こういったものに基づいておおよそ——定量的手法に比べると、おおよそという意味で定性的という言い方をしてございますけれども、おおよその断層の活動時期を評価するものでございます。

それで、成果概要ですけれども、この断層破砕物質を用いた方法の定量的、それから、定性的手法の総合的——それによる断層の活動性の総合的な手順といいますか、やり方、こういったものをまず考案しました。その手法を検証するために、27年度より始まっているわけですけれども、野島断層におきまして、ボーリング、それから、トレンチ調査について着手したということでございます。

研究計画ということですが、その定量的手法と、それから、定性的手法の概要について、最初に簡単に説明させていただきます。

まず、定量的手法でございますけれども、これは、ボーリングによりまして断層の破砕物質を採取します。それで、ESR法、それから、OSL法、これを使って活動の期間というのを評価するわけですけれども、活動の年代というのを評価するわけですけれども、これは、地中の放射線によります照射効果、これを利用したものでございます。詳細については、この後また説明させていただきます。

それから、定性的な評価手法につきましては、鉱物脈の観察・分析、それから、条線の観察・分析、これを考えてございます。鉱物脈の観察・分析につきましては、採取した断層破砕帯の中の、この赤い部分が断層の活動面、それに対しまして、青い線で示してございますけれども、鉱物脈が切断しているか否か、この辺の切断関係から評価するものです。それから、もう一つの条線の観察・分析でございますが、これは活動面に断層が動いたことによってつく傷、これから、過去にどういう力が働いてこういう傷がついたのか、過去の地中での応力状態を評価して、現在のものと比較して、それでおおよその活動年代を評価するというものでございます。

まず、定量的評価手法、定性的、それぞれについて、おおよそ今後どういうことをやっていくのかということについて説明します。

まず、定量的手法でございますけれども、断層が活動してからの経過時間をある程度詳細に評価する手法といたしましては、電子スピン共鳴法(ESR法)、それから、光励起ルミネッセンス法(OSL法)、こういったものが開発されてございます。下の絵はESR法のイメージをお示したものでございますけれども、これは、地中の自然放射線による照射効果を利用したものでございますが、自然放射線によって、岩石中に、鉱物中に、不対電子が増えてくる、蓄積されてくると。それが総被ばく線量ということで、ESR信号として取り出せるわけですが、断層が1回動きますと、その摩擦熱によりまして、不対電子というのが一旦解放されます。被ばく量がゼロになるということですが、そこからまた新たに被ばくして行って信号が増えていくということですので、その総被ばく線量を、それから、その地域で、その岩盤中におきます年間の線量率で割ることによりまして、断層が活動してからの経過期間というものを評価することができるというものでございます。

こちらがそのイメージをお示したものでございますけれども、横軸が年代、それから、縦軸が総被ばく線量に相当するESR信号でございます。それで、過去に断層が動くと、その摩擦熱によりまして、ESR信号というのが一旦リセットされます。そこから、その地中の放射線の影響によりまして、ESR信号がだんだん増えるわけでございます。現在での被ばく線量、ESR信号を検出することによりまして、活動の期間、何年前に、どれくらい前に動いたのかというところを把握できるということでございます。ただ、注意しなければならないのは、摩擦熱が足りなかったり、深さが浅くて深度が浅くて足らなかったような場合には、不対電子が残っていて、そこからまた放射線によって不対電子が増えるので、その分、赤い線のように、ちょっと残留分を含めた形での信号になってしまうと。そうすると、実際の活動年代よりも古い年代を評価してしまうことになるということです。

ということで、課題といたしましては、浅い深度で採取した試料では摩擦熱が上がらないので、正しい年代が得られないということがあります。ということで、年代がリセットされる断層破砕物質の適切な深度というのをきちんと把握する必要があるということでございます。

それに対しまして、これからやるわけでございますけれども、実施する内容といたしましては、高速せん断摩擦試験と、それから、試料採取による検証、これを行っていきます。

まず、最初の高速せん断摩擦試験でございますけれども、断層は、断層の性状ですとか、

あるいは、岩石とか、いろいろ種類がございますので、そういったものを踏まえて、実験室で地中の断層の状態、変位する状態を再現するようなことを行います。具体的には、断層というか、岩石に対して圧縮荷重をかけた状態で摩擦熱を発生させて、そのときの摩擦熱と応力との関係を把握すると。なおかつ、この試験の中では、実際に人工的に放射線を照射しまして、ESR信号を上げて、その信号と摩擦熱との関係、こういったものを把握します。ただ、これは実験室レベルでの話ですので、実際に断層から採取した断層破砕物質からESR信号を計測しまして、その両者の比較を行っていくということを考えてございます。

野島断層において断層破砕物質を採取するわけですが、ボーリングにおきまして、異なる二つの、幾つかの深さから断層破砕物質を取って、それでESR信号を計測して、それと試験結果と比較をしていくということを考えてございます。

このようなことをやりまして、断層破砕物質の適切な、要するに採取すべき深度をどうするのか、どこから取るのか、あるいは、そこから活動年代をどう評価するのか、この辺の評価プロセスというのをきちんと組み上げるというのが主眼でございます。

それから、もう一つ重要な点は、活動の最新面でのESR信号をとるということでございます。実際、断層破砕帯はある程度厚さがあるわけですが、その中の最新の活動面というのはごく一部です。実際に、その活動面の構造を分析することによって、観察することによって、最新の活動面というのを判断するわけですが、そこにおけるESR信号と、それから、古い活動面での信号との差異、こういったものの定量的なデータも把握していくということを考えてございます。

それから、次に、定量的評価手法についての概要と、それから、これからやっていく内容でございますけれども、まず、断層と鉱物脈の切断関係を用いる方法についてですが、下にイメージ図を示しています。トレンチ調査によりまして破砕物質、断層破砕物質を採取して、その活動面の、この赤い線が断層を示してございまして、鉱物脈が切断しているというようなところについて、この関係から求めるわけですが、この青いのが構造物脈ということですが、この鉱物脈のできる条件というものの検討を行います。

例えば、この構造物脈Aというのが生成される条件としては、地下2,000mの圧力でできるということがわかったとします。これが地盤の隆起によりまして、現在、トレンチ調査で採取できるところまで上がってきているということですので、その周辺、その地域におけます隆起速度、平均的な隆起速度というのを推定します。例えば、1,000年に0.1mであ

ったということにすると、これが2000万年以降、要するにこの断層というのは活動していないだろうということが推定できるということでございます。

ただ、この手法においての課題といたしましては、選定試料の代表性ですとか最新活動面の認定、鉱物の同定、晶出条件の妥当性の判断、こういったものが課題となってきます。

それから、もう一つ、条線の観察・分析による方法でございますけれども、これは、先ほど申し上げたとおり、活動面に条線、傷がついています。これは、当然、過去に動いた応力というか、荷重によってできているわけですので、それを、応力インバージョン解析によりまして、そこから過去の応力状態というのを評価すると。それで、現在の地下の応力状態と比較して、どれくらい前のものかどうか、そういったところを、大まかではありますけれども、評価するということです。

このときの課題といたしましては、データの品質、解析方法の妥当性、それから、現在の応力場に関するデータの信頼性というのを考えていく必要があります。

内容といたしましては、これは、野島断層におきまして、ボーリング、それからトレンチ調査を行いまして、データを採取する。具体的には、断層と鉱物脈の切断関係に関するデータ、それから、条線に関するデータ、こういったものを取得して、今の観点から検討を行っていきます。

野島断層におきまして、ボーリング、それから、トレンチ調査を27年度より開始しております。野島断層におきまして今、考えているのは、深さの異なるところから断層破碎物質を採取するということです。250m、1,000mぐらいのところから採取しようというふうに考えてございますけれども、ここから、この辺りのところをちゃんと採取するために、実際に、地下に、野島断層がどういう形で配置されているのかということ把握する必要がありますということで、ボーリング調査の位置決定のための準備ということで、太い線が野島断層、それで、赤い線が測線の位置ですけれども、26年度までに有効性の確認をされました電気探査、電磁探査、これを行いまして、地下の状態を把握しております。

これは電気探査、電磁探査の例でございます。これは、比抵抗の小さいところがイメージされているということで、この絵では、比抵抗の小さいところが青っぽい色で示されていますけれども、これはC測線ということで、先ほどの測線の中のうちの一番南側の、このところの測線というか、計測の結果でございますけれども、これによりまして、東側に傾斜する断層の角度といえますか、こういったものが把握できるということで、これを基に、どういうふうにご掘れば、どれくらいの深さで断層破碎物質が採取できそうか

と、その辺の事前のデータとして活用しております。

これは、実際のトレンチの状況の写真でございます。この黒い部分が野島断層ということです。それで、こちらが実際に採取した断層破碎物質です。これを用いて、今年度より分析を行うとともに、あと、室内試験も行いまして、最終的に断層破碎物質を用いた断層活動性の評価というものにつなげていくということでございます。

その辺の手順、これはフローでございますけれども、今、説明したものが書いてございます。定量的手法と、それから、定性的手法ということですが、定量的手法のほうにつきましては、実験と、それから、実際のボーリングで採取したもの、これを比較検証することによりまして、適切な試料採取深度の評価、それから、それを使った年代評価、こういったプロセス、これを明確にすると。なおかつ、定性的なものにつきましては、応力場や鉱物脈を用いた活動性評価のプロセス、これを明確にした上で、両者合わせた断層破碎物質を用いた断層の評価、その活動性評価の手法というものを構築するという流れでございます。

まとめということでございますけれども、上載地層法の適用が困難な場合におきます断層の活動性評価手法につきまして、定量的手法、それから、定性的手法を踏まえた手順を考案しております。

それから、硬質岩盤中の横ずれ断層を対象としました電気探査、それから、電磁探査を行って、その有効性を確認しております。

それから、本年度より、野島断層を対象としまして、大深度ボーリング、トレンチ調査に着手しております。

今後は、その採取した破碎物質を使いまして、年代分析、それから、高速摩擦試験、こういったものを行いまして、先ほど言った総合的な評価手法というものの構築につなげていきます。

それから、成果の活用ですが、一応、結構、断層破碎物質を使った評価手法というのは新しいものでございますので、学協会ですら随時研究成果を発表していくと同時に、最後は、敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイドの改定をするに必要となる技術的知見というのを整備していくということでございます。

説明は以上でございます。ありがとうございました。

○迎企画調整官 それでは、質疑をさせていただきます。

本件について、まずは専門技術者の方から御意見をいただき、次いで、自由に御質問、

御意見を申し上げます。

それでは、専門技術者の方から御意見を申し上げます。

松山さん、よろしいでしょうか。

○松山上席研究員 御説明ありがとうございました。

私自身、断層活動性については直接的にはいろいろ専門というわけではありませんので、全体のこういう安全評価というふうな話で少し感じたことだけ話させていただきますと、実際、こういった評価が原子力発電所等の安全性の評価にどう活用されるのかということで、最終的な最後のところで審査ガイドの改定とか、そういった形で書かれていたのかなというふうに思います。

ちょっと気になったのが、16ページの最後のところ、総合的な活動性評価手法を使われるという中と、審査ガイドの改訂というものの、その間といいますか、そういったものが少し具体的に、こういったものがどう使われるのか。断層については比較的わかりやすいのかなとか、個人的にはちょっと専門外ながらも感じています。

というのは、こういった自然外部事象といったものの評価をどう安全性に行くかというふうなところで、いろいろ海外でも、IAEなんかで、例のeリーディングみたいな話で、いろんな確率論的な評価手法とか、決定論的な評価手法等のいろんな情報を用いて総合的に判断しましょうというふうな話に進んでいくのかなと個人的には思っています。その辺は規制庁さんとかはどういう考えなのかというところと整合しているかどうかは、ちょっと私もわかりませんが、そういった中で、何か確率論的なものとか決定論的なものとかの少し関係というのですかね、その辺の具体的な、その間のところと、例えば、確率論だと、断層だと、具体的には活動性とかというふうなことになるのかもしれないし、決定論はどうなのですか。変位なのか、その辺は私はわかりませんが、津波ですと、当然一つは、どこまで浸水したかというふうな話とか、どういう地震、津波を起こす地震がどういう活動性があるかというふうなことがPRAにつながってくるというふうなイメージだと思っているのですけれども、そういったところとの中間的なもう少し具体的なものがあると、こういった研究を進める上での何か、アウトプットの出し方というのですか、そういったことがもう少し最終的な改定につながるところとのつながりがよくなるのかなと。

逆に言うと、最初にちょっとそういったことを少し背景の中にも加えておいたほうが、研究をやる上では、進めていってあげば、あまり専門的に偏り過ぎない、狭いところに行

かないのかなというふうな感想を持ちました。

ちょっとまとまりませんが、とりあえず以上になります。

○迎企画調整官 地震・津波から何かございますか。

○飯島首席技術研究調査官 どうもありがとうございます。

ここの研究で考えているのは、どちらかといったら決定論的なほうでございまして、実際に、活動性というのを評価できない場合にどうするのだというのが、規制のニーズとして結構大きなものがあるということですので、ここで考えてございますのは、確率論的というよりは、実際に活動したのが40万年以降なのかどうか、こういったところを上載地層がないときに、実際にその破砕物質でどう評価するのか、そういったものをクリアにした上で、審査に活用していくというところを主眼としています。

ということで、例えばガイドの中では、活動性を、断層破砕物質を用いたときに、実際どういうふうによれば評価できるのか、その辺の手順というのを例として例示するというところで、そういったもので、今後、審査のほうに持っていかうかな、活用していかうかなということでございます。どうもありがとうございました。

○松山上席研究員 ありがとうございます。

ただ、決定論的なものというのはなかなか、その不確かさをどこまでどうするかというところが非常に難問ではあるので、そちら寄りだとしても、ある程度確率論的な不確かさの要素というものもちょっとやっていかないと、取り入れていかないと、なかなか判断が難しいんじゃないかなと、個人的にはちょっと思っておりますので、そういった観点も必要かなというふうには思っております。

以上です。

○迎企画調整官 よろしいでしょうか。

続きまして、梅木氏、お願いします。

○梅木課長 全体的な話は今、松山さんにしていただいたので、私も同じ考えを持っていたものですから、そこはわかりました。

あと、少し技術的にというか、研究を進める上での細かい点を一つ、二つ教えてください。

一つは、定量的な評価で2種類の方法ですね。ESRとOSLですか。今、挙げられましたけれども、これを採用した経緯というのがちょっとここにはわからないので、ほかにもあるのか、それとも、これしかないのかというのが御説明の中で読めなかったもので、そこをち

よっと教えていただきたいのと、私もここまでは詳しくないのですが、こういう方法というのは、例えば指針とかガイドにしたときに、誰でも一般的にみんなができるようなものなのか。それとも誰か特定の人じゃないとできないものなのか。もしそうだとすると、先ほど最終的にガイドに入れ込もうという御判断があるときに、実務側としては、使えないよねとなると、やっぱり困ってくるものですから、そういう一般性のお話なんかもちょっとしていただくとよかったですかなと思いますので、この2点だけ教えてください。

○内田技術研究調査官 安全技術管理官(地震・津波担当)の内田から御説明申し上げます。

まず、なぜこの手法を選んだかということなのですが、一般的に、岩石全般ですけども、年代測定手法は幾つか挙げられています。例えば、ポタシウム・アルゴン年代とかフィッション・トラック年代というものなんかはその例としてよく使われているものです。

ただ、そういった年代評価手法というのは、時折審査会合の中でも出てはくるのですが、そのとき、それらの示す年代の意味というのは、かなりの部分が、その母岩の年代そのものを表している。つまり、先ほどのポンチ絵の例で言いますと、花崗岩の中に破碎帯が形成されていて、その破碎帯の中からカリウム・アルゴン年代とか、あるいは、フィッション・トラック年代なんかを用いたときに、もともとの花崗岩の古い年代しか上がってこないようなことが往々にしてある。むしろそれが一般的であるというふうに言われています。

最近、このOSLとかESRの手法というのは、考古学の世界ではよく使われているのですが、熱によってきちんと年代がリセットされるという意味では、かなり実効的な手法に、今、なりつつあるということです。そういった意味から、この二つを主に今回取り上げました。

ただし、そうは言いますが、従来用いられている手法についての適用性も見ていこうと思いますので、今回の発表の中ではこの2点だけを例として取り上げましたけども、それ以外の手法についても取り組んでいこうということを考えておきまして、その手法を用いたときの留意点と注意点というものもまとめていくということと、それから、2点目のですけども、ESRとOSLというのは、確かに研究者、研究マターの話にはなりつつあるんですけども、海外なんかでは商業化されておりまして、日本でも、もちろん事業者が実施しようと思えば、できることはできるということで、徐々に実用化されていく中にあるということで、それをちょっと先手を投じてといいますか、少しそれが実際に使われるよ

うになってから、こういったものを整備するようではやっぱり遅いと思うので、まず、あらかじめ適用性も見ながら、早目早目に構築していこうというようなことをやっているということでございます。ありがとうございます。

○迎企画調整官 よろしいでしょうか。

それでは、委員からの御意見、御質問に移らせていただきます。

何か委員の方から御意見、御質問はございますでしょうか。

庄司委員、お願いします。

○庄司准教授 ちょっと取っかかりとしてお伺いしたいのですが、今実施されている野島断層の破碎帯の幅というか、大体どれくらいのをイメージされていらっしゃるのですか。

あと、少し関係するのですが、既設は500mぐらい深さがあるのですよね。既設孔みたいなのが。それで、今回、その深さを1kmとされていらっしゃるのですが、その辺りの深さの領域の設定の根拠というか、その辺りを教えてください。

○内田技術研究調査官 続けて、内田のほうから御説明申し上げます。

まず、幅とおっしゃられたのは、例えば、今お示しの15ページ目の右の写真でいくと、この黒い部分の幅のことを指しているというような意味でしたら、本当に数cmというぐらいの幅になります。さらに、最新活動面というものは、この中のほんの数mmが最新のものになります。ただ、それは狭義の破碎帯でして、もっともっと古い時期に形成されたようなものもありますので、ゾーンとしてはもっと広めにあります。例えばそれは、10mとか、それぐらいのオーダーです。

今まさに御覧になっている写真では、その中の本当に黒い部分が、今現在、活動的なものというような意味ですので、結構、階層化されているものでございます。

○庄司准教授 3cm、4cmぐらいということですね。

○内田技術研究調査官 ここではそうですね。

○飯島首席技術研究調査官 深さということで、御指摘のとおり、500mのものがありまして、これもデータは公開されているということで、あと、それよりも浅いところと深いところで、深いところは、ここだったらリセットされているだろうと、完全にです。ということで、狙っているところです。それよりも上ということで、3点取れると。それと、あと、試験の結果と突き合わせて、どの程度の深さだったらどうやるか、そういったところをきちんと見るということでございます。

○庄司准教授 わかりました。ありがとうございます。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

酒井委員、お願いします。

○酒井室長 ありがとうございます。

いろいろ個々の、こういうやっていこうという意思はよくわかったのですが、ちょっと戻りまして、過去の研究とか、先ほどありましたけども、最新の知見というところで、どこが最新なのか、今の御説明ではちょっとよくわからなかったのですが、例えば、地震調査推進本部とかでも活断層のこういうようなことをいろいろやっていると思うんですね。その中で、いろいろ年代というのも見たりして、やったりしていると思うのですが、そのようなところと、そういう何かの考え方を使っているとか、そういうような過去の、そういうところと比較して、ここが足りないから、今、ここを採用しているんだとかいうところとか、あるいは、そういうものが国内でまだあまりやられた例がないから、国外からのものを取り入れているんだということが、少し明確ではないのかなと思ったんですが、先ほどの、何でこの二つを採用したかにも関わると思うんですけども、それに、さらにほかのもまだ取り入れるという話だったので、その場合、幾つかあるということは前提になっていると思うのですが、その辺の今後の考え方と、あと、今の過去の研究とを踏まえて、この二つを選んだ理由と、あと、今後、違う方法もあるというときで、どんな点があるのかなというのを、ちょっと簡単にお話しいただきたいと思いました。

○内田技術研究調査官 じゃあ、内田のほうから御説明申し上げます。

地震調査研究推進本部は、活断層の長期評価手法の暫定版というものを、平成23年に出しました。その中の手法の中にも、このようなESRとか、こういった、いわゆるルミネッセンスを用いた活動性評価というものは挙げられてはいたのですが、やはりその中でも、今後に向けてというような扱いの中で、今後、こういった手法も取り入れるべきというふうにされておりまして、やはり、そういう国の研究機関においても、同じような位置づけであるということで、我々としまして、まさに上載地層がない場合というのは、結構深刻な問題ですので、我々としても、そういった今後用いられるはずであろうということをご予測して使っているということでございます。答えになっていますでしょうか。

○酒井室長 ありがとうございます。そうすると、そのほかの手法とかいうのは、今はまだ具体的にはないけれどということなのですか。それとも、何かこういうところに挙げられているものがあるということなのですか。

○内田技術研究調査官 例えば、先ほど、ポタシウム・アルゴンですとか、フィッショ
ン・トラック年代というものを例として挙げましたけども、それ以外にも、ウラン・トリ
ウム・ヘリウム法ですとか、それから、炭酸塩のウラン放射非平衡法ですとか、そういっ
たものも取り組もうとは思っています。

それにつきましては、今まで確かにあまり類例もないですし、一方、推本みたいな、あ
あいう国の研究機関では、断層の活断層の活動性をきちんとオーソライズされた手法でや
ろうという流れはあると思うので、だから、オーソライズされたものを使う一方で、新た
な視点も持ちつつ、総合的に我々としてはその適用性は見えていこうというふうな姿勢で進
めております。

○迎企画調整官 よろしいでしょうか。

それでは、岩田委員、お願いします。

○岩田教授 ちょうどこの絵が出ているのですが、3深度でのここだと赤丸になってい
ますけど、ここは実際に到達されているのですか。

○飯島首席技術研究調査官 赤丸のほうですか。

○岩田教授 はい。

○飯島首席技術研究調査官 今年度から始めたところでございます、今年度中に到達す
る予定です。

○岩田教授 28年度ですか。

○飯島首席技術研究調査官 28年度です。

○岩田教授 わかりました。そうすると、それに向けての断層が深部でどこにあるかとい
うものに対して、多分電磁探査をされているのだと思うのですが、その次のところにな
ると思うのですが、郷村断層のほうで言われている文章は、なかなか文章が書いてあり
ますけども、傾斜角が低比抵抗帯の下限とよく一致したという書き方をしておりますから、
これは、左側の斜めに入っているやつの底をおっしゃっているわけですね。破碎帯が低比
抵抗帯の中央ではなくて縁にあるというのは、何らかの特徴だとは思いますが、それ
は、あまねく横ずれ断層で考えることができるのか。

つまり、それは何を言っているかということ、14ページの野島断層の電磁探査の結果を踏
まえて、どこにあるかということを考えるときに、これの、同じように下側というので
かね、低比抵抗の一番底の深いほうを例えばターゲットにするのかということについて
の戦略を教えてください。

あと、どうして真ん中じゃなくて端にあるのか。その境界にある可能性があるのかということについての解釈がもしあれば、教えてください。

○内田技術研究調査官 内田です。

まず、御説明しなければならないのは、こちらはC測線です。1ページ前に戻っていただきますと、C測線というのはこのちょっと分岐ぎみの断層です。浅いほうの、250mと左側で書いていますが、そちらのほうのボーリングの地点でございます。

次の14ページ目では、確かに、おっしゃられるように、低比抵抗帯のゾーンがあると。山田断層の例では、下限とは一致したのですが、それはやっぱり幾つかの、おっしゃるとおりの地質的な条件でそうなっているのだろーと思っておりますが、ここではまだその確定はできません。したがって、ある程度の幅として今は見えています。それこそ、このゾーンの真ん中を通るかもしれませんが、上限かもしれませんが、下限かもしれません。ですので、その間をカバーするような掘削の計画というものを立てているということです。そのためのパイロットのボーリングなんかも、今は考えております。今、実施中でございます。御質問はこれでよろしかったでしょうか。

○岩田教授 バリエーションがある理由について何か考えておられたら。

戦略はわかりました。この幅の範囲で、一応冗長性を持って、少なくとも外さないように穴を掘るということはわかりましたけども、この場所に対してはね。もちろん、ここも結局、出てきたところで、結果的にこういうふうな比抵抗構造が、この調査全体の、プロジェクト全体の断層像を見るのに、どういうふうな戦略にとれるかということについての一つの結果は出してくると思うのです。つまり、郷村断層と、これはまた一例として出すことができると思うのですが、そうすると、例えば、幅があるなり、こういうところに注意しないといけないというようなことが、今後の調査観測、もしくは、こういう調査観測が断層帯の何かを求めるときの指標になると思うのですけども、そういうことなのですけども、今のところはまだ、何か上盤側のほうが破碎しているからとかというようなことまでは言わないですか。

○内田技術研究調査官 今のところ、そこから先の解釈までは、やっぱり実際掘ってみないと、なかなかその確認というのはできないと思うのですね。掘って解答を見た段階で初めて、最初の調査の意義というのが出てくるのかなと思います。そういったところから共通項を抜き出してくるなりして、地域性によってどのような探査なり効果的なやり方、あるいは考え方、そういったものをまとめていくかということは、まさにおっしゃられると

おり、これからの課題になってくると思います。

もちろん、破砕帯と一言で申しまして、野島と山田断層とでは、やはり性質も恐らく違うと思いますし、幅も違いますし、あと、構成物も違うと思います。例えば、水のしみ込みやすいような細かい亀裂がいっぱい入っているようなものだと、そこはもちろん、低比抵抗帯のゾーンとして強調されるでしょうし、あるいは、そういったものがむしろ分散ぎみでしたら、あまりこういった像が得られないとかということが考えられますので、そういったような違いのほうにむしろあつて当然だと思いますので、そういったものをこれから検討して吟味していきたいと思います。ありがとうございます。

○岩田教授 もう一つすみません。ESRとかは私は専門じゃないのでわからないのですが、この方法で、今何が聞きたいかということ、分解能なのですが、例えば、野島の場合は21年前にずれたという情報を使って、それで見たいということはわかるのですが、そのときリセットされていたら、20年分しか積み上がっていないわけですね。それと、ざっくり考えて、今、10万年とか数十万年のオーダーとして、つまり、4桁違うようなものを予測したい、評価したいということが、この方法でできるのかどうかということについて教えてください。

○内田技術研究調査官 すみません、ESRではないのですが、例えばOSLで、比較的最近、地質学雑誌で投稿された例がございます。阿寺断層でやった例ですが、±2,000年というオーダーで出ています。ですので、これぐらいのオーダーで出る場合もあるのですが、それはやっぱり条件の善し悪しにもかかっておりまして、石英の粒子がすごく多く含まれているとか、そういったことで限定をするというようなことで、かなり絞り込みができるような場合なんかもございます。

ただ、我々の規制基準でいきますと、十二、三万年ですとか40万年とか、幅がありますので、ある程度、完全にリセットしていなくても、例えば過去5万年とか10万年のオーダーで動いたどうかということがわかれば、まずまず審査の中では活用できるのではないかなと思っております。ただ、科学的な観点で言えば、もちろん正確に出したいというような気概は必要なのかもしれませんが、ニーズとしては、まずそのオーダーで考えております。

○岩田教授 すみません。ちょっと質問が悪かったのだと思うのですが、20年前に動いたということで、つまり、もともとレゾリューションがそんなに高くない可能性があるのであれば、20年たったというのがリセットされているかどうかすらわからないじゃないか

というような疑問を私は持ったのですが、そういうことはないですか。つまり、あまりにも最近にずれ過ぎている、ずれたことがあるので、そこはもう、このグラフでいったら、黒い線の中にあって、どこにいるかわからないというようなことはないでしょうかという質問です。

○内田技術研究調査官 まず、21年前に動いた、だからこそ通常であればリセットしているはずだというようなことで、それを前提として今やっています。その中で、もし不完全であればほかの理由があるはずだろうという形になっていますので、今おっしゃられた観点と我々の観点が少しずれているのかなというふうに、今は考えております。

○迎企画調整官 よろしいでしょうか。

古屋委員、お願いします。

○古屋准教授 御説明ありがとうございました。

今の岩田先生のほうの御質問にも関連するのですが、審査ガイドのほうに展開していくということもあるので、目標にしている精度というところを初めにうたっていただくと、その後のガイドというところへの活用性というのでしょうか。というところも非常にいいのかなというふうに思いました。

あとは、定量的なところを決定論で評価していこうという方向性のようですから、そうすると、先ほどから出ている、測定法の精度とかにもかなり依存するのかなというところもあるので、特に数字、扱える数値というのでしょうかね、の範囲というところも少し明確にさせていただけると、非常にわかりやすくなるかなというふうに思います。

あとは、かなり不確実さの多いデータを扱うのかなというふうに思うのですが、今回のサンプルデータは、野島断層からというところを目標にされているということですが、ほかのところの専門的なところがちょっとわからないのであれですが、ほかのところからのサンプルデータを幾つか持ってくるかというところの計画はございませんでしょうか。

○内田技術研究調査官 発表の中では、今回、野島断層に絞って話をさせていただきましたが、それ以外にも、有馬－高槻構造線ですとか、今は、その2地域を考えておりますが、今後の中でそれは考えていきたいと思っております。その中で、例えば、完全に動いていないと言われていたようなところでやってみるとか、そういったこともあるかなというふうに思います。

それから、最初の御指摘については、確かにおっしゃられるとおりで、今後、注意して

まとめていきたいというふうに思います。ありがとうございます。

○古屋准教授 もう一つ。できれば、16ページの活動性の評価の手順というところの最後のところ、ガイドへの展開という形でフローチャートがまとまっていると非常に明快なのかなというふうに思いました。

○飯島首席技術研究調査官 どうもありがとうございます。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

庄司委員、お願いします。

○庄司准教授 ちょっと簡単な指摘ですが、山田断層のところの比抵抗の図面と、野島断層のところの比抵抗の図面が、色が逆なので、そろえたほうがわかりやすいかなと思いました。先ほどの先生の上盤でしたか、逆に見えちゃうので。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

酒井委員、お願いします。

○酒井室長 今ちょっと出てこなかったのですが、高速せん断摩擦試験についてなんですけども、これ自体の使用の目的が、多分年代がリセットされたかどうか、どの程度されているかの確認みたいなことになってるかと思うのですが、この試験自体が結構大変そうな気がするのですが、20年前の文献を引用しているのですが、それから何かそれを高度化したものがあるのかどうかということと、プロセスを構築するぐらいの精度をこの試験自体が持っているのかどうかということはどうなるのでしょうか。

○内田技術研究調査官 おっしゃられたように、引用元がちょっと古かったのかなと思いますが、ただ、ここで示しています、例えば間隙水を入れたような試験なんというのは今までなかなか例がございません。そういった意味では、今回、これがまず構築して、それでちゃんと動くかどうかということからまずやっております。今のところ、この装置自体は完成しております、これからようやくランしていくというような状態になっております。

それから、断層の活動性のリセットをこれで検証するということなのですが、それ以外に、こういった試験をやると実際に組織、テクスチャーがつくられますので、それで、実際どうやって地下で組織がつけられて、それが今のサンプルと合わせてみて、どのように似ているかどうかとかというようなことも検討できるというふうに考えております。お答えになっておりますでしょうか。

○酒井室長 ありがとうございます。今の質問的には、いろいろ自分でつくられたという

ことの理解でよろしいですね。

○内田技術研究調査官 はい。これは委託事業ですので、大学さんのほうで用意しているところということです。

○酒井室長 ありがとうございます。

今ちょっと質問したかったのはそういうことと、あと、この実験のやり方自体は多分いろんなところに依存するのだろうと、条件によって。この断層、間隙水もそうですし、この模擬の模型の、あと、大きさにもといったときに。これはもう確立されたものであれば、こういう条件で使ってもやれば結果を並べるだけでできるけども、今の段階だと、これから少しそういうのをいろいろやっていくということですか。

○内田技術研究調査官 そうですね。かなり試験自体が、まず、この安定的に動くまでの、なかなかそれまでが大変だということは今までの経験上でもわかっておりますので、そういったものの調整も進めていく中でやっていくということでございます。

○酒井室長 わかりました。ありがとうございます。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。よろしいでしょうか。

○酒井室長 もう1点だけよろしいですか。

複数のこういうやり方をやっていって、それで総合的に検証するというのは非常にいいことだと思うのですが、ただ、1点、全然やり方が違う方向で持っていっているのも、やっぱり年代の幅とかを持ってしまうと思うのですね、どうしても。そのときに、それらをどう説明、合理的に評価するかという手順がちゃんと決まっていないと、恐らく都合よく決めたとわれちゃうと思うのですね。そういうところは何か決め方とかいうのは、新たな研究なのかもしれませんし、本当は確率とかで表したほうがいいのかと個人的にはちょっと思うのですが、その辺はどのように最終的な結果として、評価としてお考えなのでしょうか。

○内田技術研究調査官 まだ我々は結果を得ていない部分がありますので、でも、おっしゃられた視点はすごく大事だと思っておりますので、総合的な判断をするときの決め方ですね。そういったものを視野に入れて取り組ませていただきます。ありがとうございます。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、次のプロジェクトに移らせていただきます。

続きまして、(D07)火山影響評価に係る技術的知見の整備について、同じく安全技術管理官(地震・津波担当)付の飯島首席技術研究調査官から説明をお願いします。

○飯島首席技術研究調査官 それでは、引き続きまして、火山影響評価に係る技術的知見の整備について、説明いたします。

研究の背景でございますけれども、平成25年7月に原子力発電所の火山影響評価ガイド、これが施行されております。原子力施設の安全規制というのは継続的な改善というのを求められるわけですが、火山研究におきましても最新の動向、それから、最新知見を収集するとともに、火山影響評価の確度向上を目指していく必要があります。火山の長期的な評価には不確定性があるわけですが、その主な原因というのが、火山のメカニズムや前駆活動を把握するための調査例が少ないということでございます。この研究では、大規模な噴火を繰り返します大型成層火山の調査に加えまして、過去にVEI6以上の大きな噴火を起こした火山を中心に調査いたしまして、地質学・岩石学的データを取得しまして、噴火に関する知見を整備するというところでございます。

研究の目的でございますが、過去の火山活動の詳細履歴や噴火開始から終息までの噴火進展プロセス、噴火に至るまでのマグマ活動について調査するというところでございますけれども、簡単に言いますと、要は過去一体火山、要するに大きな噴火も含めた火山がどういう状態で噴火に至るのか、その後至るのか、そういったところを把握するというところでございます。具体的には、火山の噴出物の分布、それから堆積年代測定、それから岩石学的な検討、こういったものを行いまして、火山活動の準備段階から噴火に至るプロセスに関する知見、それからマグマの温度・圧力、要するに、噴火直前にどれくらいの深さのところにあったのか、こういったところを、過去の状態をちゃんと知見として把握して、それを基に噴火の準備段階の評価に関する指標、観測調査すべき地下の深さ、それから、マグマ活動と地殻変動の関係について精度の向上を図りまして、長期評価、それから、あるいはモニタリング評価に関わる指標というのを整備していくというのが、この研究の目的でございます。

研究の概要でございますが、これは平成25年から平成30年度にわたって行う予定です。項目といたしましては、この研究では四つに分けてやってございますけれども、今日はこの四つについて、平成27年度までの成果について、説明いたします。

まず、火山活動の可能性評価のための調査・研究、火山活動履歴の情報整備ということでございますけれども、評価ガイドでは、原子力施設運用期間中の火山活動について、階段図をつくって評価することを求めています。階段図は、過去、いつどれくらいの噴出量があったのかということで、火山ごとの時間と噴出量との関係を示したものでございます

けれども、この研究におきましては、長期評価指標の策定に重要と考えられます活動的な56の火山につきまして、文献調査を基に、マグマ噴出量と、それから、時間との関係、階段図ができるデータセットに取りまとめて、平成26年度に公開しております。

その中で、大山ですけれども、これは日本国内で過去に最も大きなプリニー式噴火を起こした火山でございますけれども、これにつきまして年代測定、それから、噴出量の見積もり、これの再調査を行いまして、階段図を高精度化しております。こちらがその結果でございます。上が古いもの、それから、これが、下のほうが再調査した結果です。過去のデータに基づきますと、大体5万年ぐらい前に大山が大きな噴火、これが何か一種、ある種、特異的な噴火に見えるわけですがけれども、再調査の結果、大体10万年ぐらい前から、ある程度噴出率が高い状態が続いているということがわかりました。

ただ、この大山のように、それぞれの火山につきまして、階段図を整備するというか再整理するというのは容易ではありません。ということで、この研究の中では、現在ある階段図に加えまして、火山の活動の可能性評価のための指標といたしまして、マグマ噴出率の検討を行いました。この左側の図がマグマ噴出率、幾つかの火山について行った、評価した例でございますけれども、噴出率は、これは、それぞれの火山の最後の噴火を起点といたしまして、そこから100年とか200年とか、ある一定期間遡って、その期間中でのトータルの噴出量からその期間内での年間の噴出量というものを出したものでございますけれども、マグマ噴出率を評価することによりまして、火山によって特徴があるということがわかりました。

一つ、この黒いマークで示してございますような、富士山のような玄武岩質の成層火山につきましては、噴出率はほぼ一定。それに対しまして、桜島、この赤い色で示したような火山につきましては、噴出率が上昇期にあるということ。それから、その逆の那須火山とか、噴出量が低下期にあるようなものもあるということがわかりました。なおかつ、そこで噴出物の化学的な組成の分析、これもあわせて行いますと、その噴出率の低下期にあるような火山につきましては、長期にわたって同じマグマ供給系が存在しているのに対しまして、噴出率の上昇期にあるような火山につきましては、新たなマグマ供給系の発生というのが示唆されるということがわかりました。そういうことで、階段図に加えまして、マグマの供給系に関わるような岩石組成の分析、そういったものを踏まえたマグマ噴出率というのが火山活動の長期評価する上での指標になり得るという結果が得られたということでございます。

それから、巨大噴火の事例の検討でございますけれども、冒頭申し上げたとおり、特にこういう巨大な噴火を起こした火山につきましては、過去に一体どういうプロセスで噴火に至ったのか、噴火の後どうなったのか、こういったところを評価するというのが非常に重要になります。そのために現地調査を行ったわけでございますけれども、このスライドは、支笏カルデラの火山の噴出物の露頭の写真です。支笏カルデラ火山は約4万年前に大きな噴火を起こしたわけですが、現地調査の結果、それが一度の噴火ではなくて、二つのStageに分かれていて、なおかつそれぞれのStageが幾つかのPhaseに分かれているということがわかりました。

ちょっと見づらくてあれですけれども、Stage.1ではPhase I・IIということで、比較的小規模な火砕流を伴うような噴火があって、その後、Stage.2に移る間にErosion gapということで、時間的なgapがあったのではないかとというふうに推定されるわけですが、その後、Phase IIIということで最も大きな噴火が発生して、その後、IV、Vということで終息に向かっていったということがわかりました。この噴火プロセスにつきましては、こういう現地調査とともに、ここから採取した岩石による化学的な分析からも行っております。

それがこちらのスライドでございます。こちらに示したグラフは、要するに、噴出物の化学組成をPhaseごとに色分けして示したものでございます。この横軸にSiO₂ということで二酸化ケイ素をとっていますが、このような化学分析によりまして、噴出したマグマがPhaseごとに異なっているということがわかりました。具体的には、例えばPhase I からPhase IIIでございますけれども、これはこの赤いところで示した部分ですが、無斑晶質の珪長質マグマ、これが支配的である、これが多ということ。これは、二酸化ケイ素含有量の多いものでございます。それから、Phase IVからVにつきましては、この青いところでございますが、斑晶質の安山岩質マグマの成分が多いということがわかりました。なおかつ、そこにマフィックマグマ群、これは鉄とかマグネシウムの酸化物が多いマグマでございますけれども、こういったものが混入しているということがわかりました。これはどういうところから推定されるかということですが、例えば、この上の赤いところを拡大したのがこちらの絵でございますが、この中の緑色のバツェン、これはPhase IIIのもので、これは基本的には珪長質に富んだマグマが主体ですが、一部そこから外れるようなものが組成として現れていると。Phase IIについても一緒です。ということで、ここからマフィックマグマ群が何らかの形で介在してきたのではないかとというふうに考えてい

ます。この重要な点は、珪長質マグマですとか、それから、安山岩質マグマというのは、もともと地中のマグマ溜まりのマグマ、これに由来するものというふうに考えられるわけですが、このマフィックマグマというのは、それよりももっと下のマントル由来のものであろうというふうに推定されます。そういうことで、もともとあったマグマ溜まりの中にマントルからの介入・介入があつて、それがあつた意味引き金となつて噴火に至つたのではないかと推定されるということです。これは支笏カルデラの例ですので、ほかの火山についても今後検討を進めます。

それから、もう一つ、過去のプロセスを知る上で重要なのは、過去の噴火のときのマグマ溜まりが一体どの深さにあつたのかということです。ということで、そのことを検討するために、噴出物の岩石学的な検討、あと、圧力と温度を推定する方法の検討を行いました。温度については、輝石温度計ということで、斜方輝石と、それから、単斜輝石の化学組成から温度を推定する方法をとりました。それから、圧力につきましては二つの方法を用いております。一つは、噴出物の化学組成と熱力学的な計算による方法、それから、もう一つは、メルト包有物中の揮発成分の分析から推定する方法です。それらについての方法を検証しまして、適用性を確認しております。

次のスライドから、その例について簡単に説明します。

まず、最初の化学組成と熱力学的計算による推定の方法でございますけれども、これは、十和田のカルデラの噴出物について適用しました。使ってみました。この下の三つのこの絵は、これは熱力学的な計算から出したものでございまして、温度と、それから、圧力に対して、鉱物の含有率の割合というものを計算したものでございます。このときには、十和田カルデラのマグマの含水量5wt%というふうに仮定して計算した結果でございます。この得られた図に、実際に十和田カルデラの噴出物の分析の結果を当てはめることによりまして、過去、マグマ溜まりがどの位置にあつたのかということの推定を行つています。実際の噴出物の実測値は、メルト量で90wt%、石英量がなし、それから、斜長石のAnの組成が0.5から0.55ということがわかっています。それから、マグマの温度は輝石温度計から858°Cから886°Cというふうに推定しています。温度の範囲というのは、この黄色い破線で示したこの間の領域ですけれども、あと、ここの、例えばメルト量90wt%ということで、こちらの図を見てみますと、右側から2番目の線、太い線が90wt%のラインです。この黄色の狭い領域に挟まれたところということで、圧力を見ますと2kbar弱から6kbar弱。深さに換算しますと、2kbarで深さとして約8km、それから、6kbarで24kmに相当します。同じ

ように、石英がなし、これはグレーの領域、それから、斜長石Anの組成が0.55ということで、この辺りということで、そういったことでマグマがどの辺りにあったのかということが推定できる、そういった適用性というのを確認できたというふうに考えております。

それから、もう一つ、メルト包有物中の揮発成分分析から推定する方法です。これは、鬼界カルデラの噴出物について適用しています。メルト包有物というのは、マグマの中に斑晶ができる際に、溶けた部分が含まれるような、捕獲されるような現象でございまして、その中にこういった、斑晶の中に含まれているメルト包有物の水ですとか、それから、CO₂の含有量を分析することによってマグマの深さを推定するものでございますけれども、この検討におきましては、マグマの温度は同様に1,000℃というふうに推定しております。

まず、この分析する上で重要なのは、このメルト包有物が一体いつの段階で取り込まれたのか、斑晶の中に取り込まれたのかということを知ることが重要ですが、それにつきましては、EPMA、これは分析装置の名前でございまして、この分析によりまして、二酸化ケイ素等のこういった主成分がメルト包有物と、それから、輝石ガラスで一致したと。輝石ガラスは、これはマグマが地表に出てきたときに急激に冷やされることでガラス化したわけですが、その成分と、それから、メルト包有物で、二酸化ケイ素、これが一致したということで、メルト包有物が斑晶中に捕獲された時期というのは噴火の直前であろうということと推定いたしました。その推定のもとに、SIMSという装置でH₂OとCO₂の含有量を評価したわけですが、その際には噴火の直前に取り込まれたということで、飽和していると、これらの物質が飽和しているという仮定のもとに計算いたしますと、圧力条件といたしましては95MPaから254MPa、深さとしては4kmから12kmに相当するという換算ができるということでございます。ということで、メルト包有物を用いた方法についても、その適用性というのがある程度見通しがついたのかなというふうに考えてございます。

それから、マグマによって地表近くが変動する、その変動量というのが、モニタリングの一つの候補というふうに考えております。ということで、この研究におきましては、地下のマグマ溜まりの状態と広域的な変動パターンに関する数値シミュレーション解析を行っています。地殻の浅部に巨大なマグマ溜まりがあるような場合、これは、今、我々が検討対象としております巨大噴火ではこういうパターンというのは考えられるわけですが、こういうパターンでは従来のモデルが適用できないということで、本研究では、三次元のFEM解析で、その辺りの検討を行っています。こちらがそのモデルでございまして

ども、モデルでは、その領域を地殻の部分、ちょっと見づらいですけども、 $\text{THC}'=4$ と書かれたのが地殻です。それから、その下の6というふうに書かれているのは、これはマントルの部分でございますが、地殻の部分につきましてはグレーのところ、これは完全な弾性体というふうなモデル化をして、その下の領域を粘弾性体、その下のマントルにつきましても粘弾性体ということでモデル化しています。地殻中に、ここにシルというふうに書いてございますけれども、マグマ溜まりを設置しまして、そのときの地殻の変動量、時間変化、こういったものを検討いたしました。

これが解析の結果です。マグマ溜まりが瞬時的、瞬間的に膨張しまして、そのマグマ溜まりは厚さを保持し続けるというふうにしたときの地表面の地殻の応答です。まず、時間がゼロのとき、これでマグマがあると実際に上に盛り上がって、上に凸の状態となって、この赤いところが上に出ている状態ですけども、こういう変動があるわけですけども、それが時間の経過とともにだんだんだんだん消えていくということで、数多くパターンをやってみますと、粘弾性緩和時間、マクスウェルの緩和時間の50倍～100倍程度の時間で優位な地殻変動が消えていってしまうという、この解析ではこういう結果になりました。ということで、マグマ溜まりが時間をかけて膨張する場合には、地殻変動からマグマ溜まりの変化を捉えることは困難であるということを示唆しています。ということで、そのマグマだまりの時間的な拘束条件、一体マグマがどれくらいの時間をかけてたまるのか、こういったところというのを評価するというのが重要であるということがわかりまして、この辺は今後着目してやっていくということを考えてございます。

それから、地下構造調査ということですけども、今説明いたしました地殻変動のシミュレーションモデルの検証、それから、あと、実際に観測できるところにマグマがあるかどうか、こういったところを調べるために、阿蘇と、それから始良、ここを対象といたしまして物理探査というのを開始しております。

それから、海外のカルデラの火山の調査ということですけども、海外の研究者と情報交換を行っております。

まとめでございますけれども、この研究の特徴は、火山地質学、地球科学、物理学的検討を組み合わせた広い研究分野を包絡するものだというところでございます。

それで、27年度までの主な成果といたしましては、国内の主要な火山に関する履歴情報を整備したということ。それから、過去に巨大噴火を起こした火山の調査を行いまして、カルデラ形成期前後の詳細な活動履歴、それから、マグマ供給系に関する知見が得られま

した。それから、岩石学的な検討によりまして、噴火直前のマグマの深さを推定する手法、これに関する有効性というのを確認できたということです。それから、あと、マグマ溜まりと、それから、地殻変動をシミュレーションするためのモデルというもののプロトタイプを構築したということでございます。

今後でございますが、火山活動の可能性評価のための調査・研究の中では、冒頭説明したとおり、マグマ噴出率、マグマ供給系に関わるような岩石学的な検討を踏まえた噴出量というのが長期評価の一つの指標になり得るということがわかったわけですが、今後、引き続き供給系の知見と活動履歴を合わせた火山活動評価のための指標を策定するための検討を進めます。それから、巨大噴火を起こした火山の事例調査についても継続して行っていきます。

それから、マグマの深さの検討につきましては、より詳細な検討を行うことによりまして、深さの推定する、その精度というものを高めていこうというふうに考えてございます。と同時に、マグマの蓄積時間、これが非常に重要なパラメータとなり得るので、基礎的な検討を開始します。

それから、モニタリング評価のための調査・研究ということですが、マグマ溜まりの深さと、それから、蓄積時間との情報を基にした数値解析、こういったものを進めていきます。それから、地下構造の調査、物理探査、こういったものも進めていきます。

それから、海外との情報交換についても引き続きやっていくということでございます。

今後の活用ということで、原子力発電所の火山影響評価ガイド、ここの改定につなげていくということを考えてございます。

以上でございます。

○迎企画調整官 それでは、質疑に移ります。

先ほどと同様に、まずは専門技術者の方から御意見がございましたら、お願いします。

○松山上席研究員 ありがとうございます、御説明のほう。

火山というふうなことで、地震・津波、特に、地震等と比べると、そういう工学的なものと結びついた研究というのが非常に、地震のほうがよく進んでいるというふうな意味で、この火山のものについては非常に基礎的なところをやっているというふうな印象で、それは非常に大事なことかなというふうに感想としては感じました。

一つ質問は、私はちょっと素人なので、噴出物とおっしゃっているのは、いわゆるマグマとか火砕流とか降灰、それは、みんな合わせたものというふうに考えてよろしいでしょ

うか。

○飯島首席技術研究調査官 はい、そうです。

○松山上席研究員 わかりました。

そういう点で、そういったものは、実際に発電所への影響をどう考えるべきかといったようなことなんかは別のところでやられているのかとか、こういうところで今後の中に入ってくるとか、その辺は必要かと思っておりますので、そういうのを見据えて、まだちょっと基礎的なところなので、そこと結びつくというところはあるかもしれませんが、ある程度見据えていくことが必要かなというふうに感じております。

○飯島首席技術研究調査官 この研究はあくまでも、要するに巨大噴火を対象としたようなものを、要するにどういうふうにもモニタリングしていくかというところに軸足を置いたような形になってございまして、今言った、物が飛んできたときの要するに評価とか、そういったところというのはスコープの外なのですけれども、そういったところについては、まだ今後ということになります。

○松山上席研究員 あと、巨大噴火というふうなことを今おっしゃった上で、ちょっと地震とか津波と違うのは、地震等は、一応、内閣府なんかでいろんなことを、一般防災でどこまで考えるべきかと言っていいのかわかりませんが、ある程度の想定なんかをされているところがあるのですけれども、火山については、多分そんなには進んでいないのかなと思っていて、進んでいるのかわかりません。どこまで巨大噴火を原子力発電所で考えるべきか。多分不確かさの中で、例えば、日本の半分が壊滅的になるようなものときに何か考えるということはあまり合理的とは思えないし、それはもっと一般防災を含めた規模で考えるべきかと思うのですが、そういった、やっぱり規模と頻度と、その辺とのどういうところをターゲットにするのかというふうなことも、原子力規制庁の中だけでやるのかというところはちょっとわからないところもあるのですけれども、必要であれば、そういった働きかけなんか必要ではないかなというふうに感じました。

○安池専門職 地震・津波担当の安池です。ちょっとその点について簡単に御説明させていただきたいのですが、おっしゃるとおり、日本全国、もしくは、下手すると世界中に影響を及ぼすような巨大噴火ですので、そういったものを要するに原子力規制庁が取り組む必要があるのかというような多分趣旨だと思んですが、少なくとも原子力規制庁では、そういったものが起こり得る、あるいは、起こったことによって原子力発電所が壊滅的な状況になるということであれば、それは立地不適という判断をすることになると思いますの

で、少なくとも今、規制庁ではそういうことが起こりにくいだろうということは今判断しているのですが、そこに不確実性がありますので、その辺の確実性をもう少し上げるための研究ということで始めています。最初におっしゃったように、本来だったら内閣府とか、そういうところがこういう巨大災害についての防災の観点からの研究をするということになると思うんですけど、現在、提言がこの前やっと出されたばかりで、実際、具体的な作業というのは始まっていない状況ですので、我々としては、我々のターゲットは、先ほど飯島のほうが説明したようなごく限られた、要するに、巨大噴火について全てを網羅的に調べるということではなくて、原子力発電所の評価に必要な情報をまず最優先にとるということで研究の scope を挙げていますので、そういう意味では、今やるべきことというふうな認識ではあります。よろしいでしょうか。

○松山上席研究員 ありがとうございます。あくまで不確実さをどう評価していくかというのを念頭に入れることが大事かと感じていますので、今のお答えでよろしいかと思いません。ありがとうございました。

○迎企画調整官 よろしいでしょうか。

それでは、梅木氏、お願いします。

○梅木課長 御説明ありがとうございました。

私も似たような質問で、私の解釈というか認識なのですが、先ほどの活断層は、確かに、上にないものからどう判断するかということで、結構緊急性があったと思っているのですが、この火山については、今、特に審査をする上で、特に困っているというようなところというよりは、まだ基礎的なところがよくわかっていない部分があるので、そこを規制庁なりに補強して検討していきましょうということで始めたという理解でよろしいですか。まず、そこだけ教えてください。

○飯島首席技術研究調査官 そうです。実際に長期評価ですとか、説明しましたけれども、モニタリングのどういうふうなところを見るのか、そういったところもクリアにするというのが目的です。

○梅木課長 ありがとうございます。それがわかった上で、今後、多分わかっていらっしゃると思うのですが、一つは、2点ほどちょっと気になったところ、考えなきゃいけないと思っているのは、一つは、シミュレーションをやられている。でもそれってどうやって検証するのという検証の方法というのは、この場合、火山が起こるまで待つみたいなすごく難しい話でもある。実験ができるのかどうかというのもわかりませんが、その辺を

やっぱり考えていかないといけないのかなと思いますのと、それに関連して、汎用性という形が多分大事だと思いますので、この火山ではこうだけでも、実は発電所の近く、影響があるような火山ではこうだよという、ちょっと違うものが出てくるとまたおかしなことになりますので、おわかりかと思いますが、汎用性ということも考慮に入れた上で研究をなさっていくといいかなというふうに思います。これは感想です。

以上です。

○安池専門職 ありがとうございます。

率直に言って、おっしゃるとおり、検証というのはかなり難しいと思っています。ただ、少なくとも、地質学的にマグマが過去の噴火でどの深さにまづいたかということはある程度推定ができる。かつ、そのマグマが蓄積する時間ですとか、今回の検討にはまだ全部できていませんけれども、蓄積する時間がどうであったかということも推定することも、今回、御説明はしていませんけど、検討を始めています。ですから、地下のマグマというのは基本的に、深いところにある断層と同じように見えないものなので、推定の域を超えないかもしれないですけど、やはり、今考えているところよりはどうなのかという、その推定の域ではどこにあったかということはある程度言えると思っておりますので、では、その場所にあったもの、そこにあるものがインフレーションしたり上昇してきたりするとどうということが起こるのかということはシミュレーションモデルを使って予想していく。実際に、じゃあ本当にそこにマグマがあるのかとか、あるいは、そこにマグマを捉えることができるのかというのはまた別の問題になりますので、今回の研究ではそれもスコープに一応入れております。ただ、今回、まだその結果が全部出ていないですけども、だから、それを組み合わせて、最終的にどこまで言えるかということはあると思いますが、今よりは数段わかることは多いのではないかとこのように期待をしております。

○梅木課長 ありがとうございます。

○迎企画調整官 よろしいでしょうか。

松山氏、お願いします。

○松山上席研究員 すみません、しつこいようで、確認なので。

最初に、噴出物の話を三つに分けて考えていいというふうなことで、原子力発電所として、多分降灰と火砕流とマグマで当然対応の仕方、対策とは多分言えない場合もあるかもしれませんが、対応の仕方が変わってくるかと思うので、まだ基礎的なところなので、次とか違う観点の研究かもしれませんが、そういったことの違いのほう、噴出物をどう

実際考えていくか、量も含めてとか、そういったことの観点を忘れずに進めていただければというふうに思っております。

以上です。

○迎企画調整官 地震・津波からは特によろしいですか。

じゃあ、よろしいでしょうか。

それでは、委員からの御意見、御質問に移らせていただきます。委員から御意見、御質問はございますでしょうか。

古屋委員、お願いします。

○古屋准教授 技術的なところでの質問の前に一つ確認ですが、これは、先ほどの巨大噴火の可能性を定量化するというのが最終的には目標のベクトルの向いている方向なのかなというふうに私は思っているのですが、そうすると、これは、地震で言うと、地震の規模と、その地震のいつ起こるかというところの地震予知みたいなところを、火山のほうの巨大噴火というところに置き換えてやろうとしているというふうな方向性なんでしょうか。

○飯島首席技術研究調査官 予知というのではなくて、主眼としているのは、実際に過去に起きた噴火であるわけですから、それがどういう状況で起きたのかというのをまず把握して、それが今に比べてどうなのか、変化がないのかどうか、要するに、今と比べてどうなのか、それで、今の状態で変化がないのかどうか、そのためには何を見るんですか、そういったところを見ていくということです。

○古屋准教授 ありがとうございます。

そうすると、巨大噴火の可能性というところをどのぐらいの、確率になるかどうかというのはちょっとわかりませんが、というところで評価できるようにしていくというところですかね。

○安池専門職 安池です。

端的にわかりやすい言葉で言いますと、長期評価というのはイコール予知というか、起きるか起きないかとか、あるいは、起きる可能性が十分小さいとか大きいとかという話になりますので、そういうことを評価するための知見を整備するということでは正しいです。予知という言葉を使っていいかどうかはちょっとあれですけど。ただ、いわゆる地震予知ですとか火山予知ということで求められるものというのは、さっきおっしゃったように、いつどこから、あるいは、いつどのような規模の噴火が起こるのかということを示すのが

予知であって、我々としては、巨大噴火が起こってしまったら、先ほど言ったように、もう世界規模で影響があるような規模のものですから、少なくともそれが切迫している状況なのか、それとも、そうじゃないのかというのを判断するための材料が今、圧倒的に不足しています。ですので、やっぱりそこをきちっと、きちっとというか、もう少し今の状態よりも確度を上げていきたい。本来ですと、やはりそういう火山学の専門家の方たちがもっと一生懸命、もっと一生懸命って語弊がありますね、について取り組むだけの余裕があればいいと思うんですけど、やはり、巨大噴火というのは今まであまり手をつけられていない状況だとは思っているので、特にその研究に、要するに、非常にお金もかかりますし、マンパワーも必要ということになりますから、ですので、そこを全部今までと同じ手法でやろうとすると非常に時間もかかるし、お金もかかってしまうんですけど、ターゲットを絞って、幾つかのポイントについてデータを蓄積するという手法を使えば、確度は上げられるのではないかというふうに今、考えております。

○古屋准教授 ありがとうございます。私の質問の仕方もちょっとよくなかったのかもしれませんが、大変よく理解できました。

その上で、その評価ガイドへの展開というところで行くと、先ほど立地の不適合かどうかというところの判断にも展開していきたいというお話だったのですが、今は、新型炉の建設とかというよりは、どちらかという、既存のある原子力施設に対しての評価というところの判断が、この研究を生かしていくと、その立地の条件というところでの判断に非常につなげていけるということになるのですかね。

○安池専門職 ありがとうございます。

具体的に、すぐ立地評価に影響が及ぶかどうかということは、ちょっとこの場ではなかなか申し上げられないところはあるのですが、少なくとも今の火山ガイドというのは、火山影響を評価していく上での道筋を示しただけで、そもそもいろんな分岐路があるわけですね。ここのこれは火山が噴火する可能性が十分小さいと言えるかとか、あるいは、この火山は死んだと言えるかとかと、そういうことに対しての具体的なクライテリアが何も、何もではないですけど、非常に少ないものになっています。ですので、やはり、今の審査というのは、個別に一つ一つの火山についていろんな情報、今ある限りの情報をかき集めて審査をしている状況ですけど、もう少しこういった研究をすることによって、先ほど一番最初に御説明したような、ああいう長期評価をする上で、階段図をどう使うとか、そういったことをもう少し具体的にガイドのほうに記載できるということを期待して

おります。

○古屋准教授 わかりました。ありがとうございます。

結果、原子力の安全対策として、対策をとるのかとらないのかというところにも何かつながらるような形で展開していただければというふうに思いますので、よろしくお願ひします。ありがとうございます。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

庄司委員、お願いします。

○庄司准教授 モニタリング評価の一つ前の2.2の、こちらのメルト包有物ですか、ちょっと私、すみません、専門外でよくわからなかったのは、これは鬼界カルデラの火山でやられた。一つ前の方法の熱力学的な計算、MELTSですか、プログラムをやっている。これは十和田カルデラの火山でやっている。同じカルデラ火山でこの二つの方法でやられて、マグマ溜まりの深さを推定したというのはどうなのでしょう。大体20kmとか何か、おっしゃっていましたよね、6kbarのとか、圧力の幅とマグマ溜まりの深さの推定精度、その辺りはいかがでしょうか。

○安池専門職 なかなかこの短い時間で全て説明するのは難しいのですけれども、まず、こういうマグマの温度・圧力条件を決めるというやり方は、ある程度確立している手法で、地質圧力計とか地質温度計とかいうやり方でいろんなやり方があります。その中で今回、二つ、このやり方を採用しているのですけれども、まず、どういう、どこまで適用できるかというような話を最初に見極めた上で、幾つかのカルデラについて展開していくというやり方をやろうとしています。ですので、例えば、十和田のケースですと、これは後カルデラの噴火ですので、本噴火の、要するに、噴火の噴出物ではないですね。なかなかこういう噴出物も、実際には取りに行つて、それを拾つてきても、先ほどの鬼界カルデラのケースのようなメルト包有物を探し出すというのは非常になかなか大変ですし、ですので、今回、平成27年度までは、まず幾つかの手法について試してみ、使えそうな手法をまず選定して、その次に、今おっしゃつたようなクロスチェックをやりながら、ほかのカルデラ火山について展開していくということを考えております。ですので、平成30年の終了までには全てのカルデラ全部、かちつとデータが出るかどうか、ちょっと確約はできないですけれども、少なくとも、先ほど最初に説明したような四つぐらいのカルデラについては、この二つの手法でもってクロスチェックをしながら、温度・圧力条件というのが決められるというふうに期待しています。

○庄司准教授 非常によくわかりました。どうもありがとうございました。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

酒井委員、お願いします。

○酒井室長 御説明ありがとうございました。

火山の話って、すごくデリケートな話だとは思うのですね、わからないことが非常に多い中で。うちの研究所のほうでも火山研究者が多数いて、いつも話をしていると、やっぱり研究者が少ない。山々個性があって、ほかの事例が簡単に当てはまらないとか、そういうことが言われている中で、やっぱりこういうところでガイドラインとかに載っけるのは非常に難しいことだと思うのですね。

それでもやっぱりこういう研究を進めなきゃいけないと思う一つの点が、やっぱり、可能性をとにかく挙げておいて、その可能性が少ないということを周りに説明していく。そういうことが必要じゃないかなと思うので、そういう意味では、この巨大噴火が今起こりそうもないですよということを言うことは重要だと思うのですね。わかりませんと言ってしまうと、そこでもう全てが、住民は全員不安に陥ってしまう。例えば今、熊本とかで地震が起きていますが、それが阿蘇ともかなり連携させられてしまうのですね、周りから見ていると。そういうところをどう判断するかというのを日ごろからの考えでモニタリングとかしながら、そういう状況で今は大丈夫と、これはもう言い続けるしかないわけで、やっぱり、確固たる何かこういう考え方を持つ必要があると思うので、こういうことをずっと進めることは重要だと思うのですけども、その中で、やっぱり、巨大噴火の事例自体がそんなに付近でないと思うのですね。実際にそれぞれ火山は個性があって、個々の研究者がやっていて、そういう実績、それを一緒に知見を共有して一つ一つ守らなきゃいけないもの、そばにあるもの、そういうことをやっていくことは重要だと思います。

あと、海外のほうですけども、今、ニカラグアとかそういうところで、火山が二つも三つも連続して噴火する。私、去年も行ってたのであれなんですけど、本当に噴火するんだなというところはあって、それ自体はそんなに大したことではないですけども、やっぱり連動して噴火はあまりしないのかなと思っている中で、そういうような可能性もあるというようにあるところであると、やっぱりいろいろこういう可能性を挙げていくことが必要だと思うんですけど、このときの巨大噴火のこの可能性、指標を探しているので、マグマとか、そういうことが下にあるかどうかということだと思うんですけど、今、現実的にはどのくらいの巨大噴火を考えていて、どのくらい何か言えそうだといいところという見通しと

いうのはあるでしょうか。例えば、阿蘇とかそういうところに関してとか。

○安池専門職 ありがとうございます。

結構難しい質問ですけれども、見通しというか、さっきおっしゃったように、海外でも、例えばイエローストーンですとか、イタリアのカンピ・フレグレイ、それから、ニュージーランドのタウポとか、この辺も、要するに、いわゆる日本の2倍とか3倍の規模の巨大噴火を経験している国で、実際にこういった研究を進めているのですね。ですので、ここにあえて4番目として海外の研究についての調査を、海外の研究について項目を挙げたのはそこがありまして、ですので、やはり日本より先行している国と連携しながら、連携しながらというのは語弊がありますね。要は情報をなるべく集めて、海外でやっている手法なんかもこの中でできる限り取り入れながら、最短コースでそのデータを出していくということ念頭に考えています。

さっきおっしゃった、どこまでわかるかというのについての答えですけれども、やはり、30年度までではっきりわかる、クレジットをとれるようなデータというのは、先ほど言ったマグマの温度・圧力条件、いわゆる噴火直前のマグマの深さの情報については、ある程度、過去のですけどね、捉えられると。そこがわかれば、少なくともその深さにマグマがなければ、とりあえず安心ですよと言えますよね。だけど、そこがものすごく深い領域で、そこを探查することが難しいとなったら、これはもうわからないという、また答えになってしまう可能性があります。ただ、海外の事例や日本での数少ない研究例を見てみると、やはり、ある程度探查が可能な範囲での深さの条件というふうになっていますので、じゃあ、これは本当にほかのカルデラ、要するに、日本のほかのカルデラでもそういうことが言えるのかということは考えられます。

それから、今ちょうどタイムリーに始めたマグマが蓄積する時間ですけど、いわゆる巨大噴火が起こるためには、例えば噴出量が200km³とか300km³という非常に膨大な量の噴出物を噴出するんですけど、少なくとも地下のマグマというのは、さらにその2倍とか、その量は少なくともなければ噴火しません、巨大噴火にはなりませんので。だから、そのマグマをためるだけの噴火できるような状態になるまでにはどれぐらいかかるのかということもこの研究の中ではスコープとして始めていますので、これはちょっと30年までに全て終わるといふふうにはいかないと思うのですけれど。だから、この二つについて、まず明らかにすることによって、今のカルデラ火山、今ある巨大噴火をした火山についての評価というのをするための指標というのはつくれるというふうに考えてはいます。

○酒井室長 ありがとうございます。非常によくわかりました。

巨大噴火みたいなのを突き詰めると、やっぱりすごく大きな問題、非常に難しい問題だというのはあれで、私も積極的にやろうとしているので、わかるところが一つでも二つでも増えてくると、やっぱりみんな不安になると思うので、そういうところに対しての説明は非常に重要だなと思いましたが、質問させていただきました。ありがとうございます。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

岩田委員、お願いします。

○岩田教授 数値シミュレーションのところの位置づけがちょっと私はよくわからないのですが、最初の工程表には、例えば、こういう粘弾性も含めて、有限サイズのリザーバーがあるようなモデルというのはもちろん作って悪くはないという言い方はおかしいですけど、こういうのは進めていく必要はあると思うのですが、どなたかの質問にもコメントにもあったと思いますが、それぞれの物理定数自体が非常にバリエーションがあることですよね。それで、ここの例えば工程表だと、(1)、(2)の結果を踏まえた数値計算というような書き方をしているのですが、一方で、2.3.1とか2.3.2ですね。12ページとか13ページになると、例えば、2.3.2の地下構造調査、リザーバーの形状とかがどこにあるかということ調べるのは重要であるからというのは、これは私もそう思いますけども、それと、広域地殻変動パターンの数値シミュレーションモデルに検証するためということが書いてある。そうすると、ここだけを見ると、やっぱり、(1)、(2)といった歴史的な情報に近いようなものというよりは、そのオンゴーイングのやっぱりモニターの、言ったらGNSSの結果を今使って、それを入れながらやるようなことが、この12ページ、13ページには書いてあるように読めるのですが、その関係というのですかね。歴史的な、昔何万年前にこのぐらい噴いたという話と、そのオンゴーイングのモニタリングとして、こういうシミュレーションをやっている、いろいろパラメーターをよくしていくという話は、ちょっとひどい言い方をすると欲張り過ぎというか。どちらもしたいのはわかるのですが、どちらがより主体的なのかということ。今後3年間でということも踏まえてです。その先はもちろんいろいろあると思うのですが、ちょっとそれについて教えていただければと。

○安池専門職 ありがとうございます。ちょっと説明というか、資料も非常に単純化してしまっていて、なかなか伝えられなかった部分も多々あるのですが、おっしゃることはもっともで、確かにこのモデル、まず、その既存のモデルと言われている茂木モデルがあるので

すが、このモデルというのは、地殻変動量から圧力減を推定するためのモデルであって、そもそも、マグマ溜まりの変化から地殻変動量を推定するモデルではないのがあります。したがって、少なくとも今回目的としているのは、過去の噴火で得られたマグマの情報から、そのマグマが変化したときに得られるであろう地殻変動量というものを求めたいというのがそもそものこのプロジェクトの中でのシミュレーションの位置づけです。ただ、こういうモデルを使うことによって、さっき、途中、飯島のほうの説明にありましたように、粘弾性体というものを仮定したモデルを入れてあげる。今までは全部弾性体として考えていたのですが、粘弾性体を考えると、今まで頭の中では、多分ゆっくりゆっくり膨らむようなマグマであれば、捉える、要するに、地殻変動は起きないじゃないかと。あるいは、深いところだったら起きないのじゃないかということは頭でわかっていたのですが、なかなか数値実験的に示すことができなかつたので、今回、それが非常に特徴としてあったので、わかりやすい結果になったのでこれを出したのですが、そもそもは、先ほど言ったように、過去の噴火のマグマの変化から変動量というのはどうなるのか。本当に大きく変動するものなのか。そうじゃなくて、もう微小な変動にしかないのかということを検証するというのがそもそもの目的です。結果がこういう結果が出てしまったので、それをどうしても伝えたくて話がぼけてしまったかもしれないですけど、そもそもの目的はそれです。ですから、地質の調査から、地質と岩石学の調査から得られたマグマの状態、過去のマグマの状態というのをに入れて、上にどれぐらいの変化があるのかということを出そうというのがそもそもの目的でございます。

○岩田教授 リザーバーというのは昔、一つターゲットにした始良のやつが例えばあったとした場合に、それは今と一緒なんですかね。

○安池専門職 そこは、やっぱりマグマの形状とか、あるいは、そういうものによって当然変わることが考えられますので、このモデルではそういったものも変えて影響というものを見ようとしていますので、ちょっとすみません、事例は1例しか出していませんけど、実際にマグマの形状を球でやったものとか、あるいは、シルの形にしたもの、あるいは、扁平率、要するに、アスペクト比をすごく変えた形でどういう影響があるかとか、そういったものを数値実験で実際にやってみて、報告書にはそれは記載されているんですけど、あまりそのマグマの形状には地殻変動の、このモデルでは影響しないというような結果も得られています。ですので、これはまだ、結構単純なことをやっているようなのですが、やっぱりわからない、パラメーターを変えた数値実験をやるためのやっ

礎ができたというレベルですので、今後、こういったモデルを改良したり、数値実験をたくさんやって、最終的には、繰り返しになりますけども、地質とか岩石学で得られた情報を加味した状態でモニタリングをしていく上での評価をする、モニタリングの評価指標を構築したいというふうに考えています。

○岩田教授 わかりました。非常にチャレンジングだということは非常によくわかるどころだと思うのです。だから、あまり決めてしまわないで、自由度がどのくらいあるかということをやっぴり丁寧にチェックしていかれるのは、今後、この6年間はそういう期間がありますからあれですけども、その先とかも含めて、火山噴火に対しての直前予知、予測とかということにも関係するのかもしれないけども、どういった噴火になるのかということについての基礎的な研究の一つとしてデバイスをそろえていくとか、知見を載せていっていただければと思います。

○安池専門職 ありがとうございます。実際、このシミュレーションのモデルについても、何回か既にもう産総研の研究者が海外や国内で発表しているのですが、それに引きずられるようにしてとか、海外でもいろんなモデルを提唱してやっていますので、そういった情報もどんどん取り入れて、逆に言うと、こういう研究がどんどん外に出ていくことによって、やっぴりそれに引っ張られる形でいろんなモデルが多分出てくると思っていますので、その辺をしっかりとウオッチしながら我々としてはやっていこうというふうに考えてございます。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、これで中間評価の対象となるプロジェクトの説明及び質疑を終了させていただきます。

全体を通して何かコメントはございますでしょうか。よろしいでしょうか。

最後に、繰り返しになりますが、事務局からの連絡事項をさせていただきます。

コメントシートの電子媒体は、追って事務局から委員の先生方へお送りしますので、1週間程度を目途に事務局までメール等にて御返送いただければと存じます。

また、検討会委員の先生方からいただきましたコメントを確認させていただき、まとめるために、もう一度お集まりいただき、審議するか書面審議とするかを事務局で検討し、御連絡させていただきます。

事務局からの連絡事項は以上となります。

これで第4回地震・津波技術評価検討会を終了します。本日はどうもありがとうございます

ました。