

## 第8回地震・津波技術評価検討会

### 議事録

#### 1. 日時

平成31年4月22日（月）10:00～11:24

#### 2. 場所

原子力規制庁舎 13階会議室E

#### 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の研究施設利活用センター戦略推進室長

古屋 治 東京電機大学理工学部理工学科機械工学系教授

##### 専門技術者

梅木 芳人 一般財団法人電力中央研究所原子力リスク研究センター研究コーディネーター（自然外部事象分野）

土志田 潔 一般財団法人電力中央研究所原子力リスク研究センター上席研究員

松山 昌史 一般財団法人電力中央研究所原子力リスク研究センター企画運営チーム研究副参事

##### 原子力規制庁

辻原 浩 技術基盤課長

青野 健二郎 技術基盤課 企画調整官

佐津川 貴子 技術基盤課 技術戦略係長

川内 英史 地震・津波研究部門 首席技術研究調査官

飯島 亨 地震・津波研究部門 首席技術研究調査官

安池 由幸 地震・津波研究部門 専門職

#### 4. 議題

(1) 平成30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 事後評価)

(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の基本方針

資料2 安全研究プロジェクトの評価実施要領

資料3 安全研究成果報告(案)

・ 火山影響評価に係る科学的知見の整備

参考資料 安全研究成果報告(案) 説明資料

## 6. 議事録

○辻原課長 それでは、定刻となりましたので、第8回地震・津波技術評価検討会を開催いたします。

私は、長官官房技術基盤グループ技術基盤課長の辻原でございます。よろしくお願いいたします。

本日は、お忙しい中、検討会に御出席いただきまして、大変ありがとうございます。

本日の技術評価検討会では、平成30年度に終了した1件の安全研究プロジェクトの事後評価として、研究手法や成果の取りまとめ方法等の技術的な妥当性について、委員の皆様、それから専門技術者の皆様から、さまざまな御意見をいただきたいと考えております。どうぞよろしくお願いいたします。

○青野企画調整官 技術基盤課企画調整官の青野でございます。

本検討会では、主査を設定してございませんので、事務局として、私のほうで議事進行をさせていただきます。

まず、委員と専門技術者の方々を御紹介させていただきます。

本日は、委員として、京都大学の岩田先生、防災科学技術研究所の酒井先生、東京電機大学の古屋先生に御出席をいただいております。

また、専門技術者といたしまして、電力中央研究所の梅木専門技術者、電力中央研究所の土志田専門技術者、同じく電力中央研究所の松山専門技術者に御出席をいただいております。

います。

まず、事務局より資料の確認をさせていただきます。

○佐津川技術戦略係長 技術基盤課の佐津川です。

お手元に、座席表とともに議事次第、名簿、本日の資料を御用意しております。議事次第、名簿をめぐっていただきますと、資料1としまして、「原子力規制委員会における安全研究の基本方針」を御用意しております。続きまして、資料2といたしまして、「今後の研究評価の進め方について」を御用意しております。資料3といたしまして、こちらは紙ファイルになりますけれども、事後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安全研究成果報告（案）を御用意しております。今回、事後評価対象となる安全研究プロジェクトは1件ございまして、火山影響評価に係る科学的知見の整備の安全研究成果報告（案）を御用意させていただいております。

なお、本日の御説明は、資料3に基づきスライドで行わせていただきますので、参考資料としてスライドのコピーを御用意させていただいております。

また、検討会委員の先生方には、技術的観点からのコメントを記載いただく評価シート、A3のものでございますけれども、こちらを御用意させていただいております。

過不足等ありましたら、事務局のほうへお知らせ願います。

○青野企画調整官 過不足等ございませんでしょうか。

よろしければ、事後評価に先立ちまして、評価の進め方等について取りまとめました、お配りさせていただいた資料1「原子力規制委員会における安全研究の基本方針」、資料2「今後の研究評価の進め方」について、事務局より簡単に御説明をさせていただきます。

○佐津川技術戦略係長 技術基盤課の佐津川です。

最初に資料1「原子力規制委員会における安全研究の基本方針」について御説明させていただきます。

安全研究の基本方針は、安全研究の進め方に関する基本的な考え方、安全研究プロジェクトの企画と評価等についての基本的な方針をまとめたものでございます。

安全研究プロジェクトの評価については、基本方針の3ページ目に記載してございます。

原子力規制委員会では、安全研究の的確な実施及び成果の活用を図るため、各安全研究プロジェクトの開始、終了等の節目において、事前評価、中間評価、事後評価を実施することとしております。今回は、こちらの③の事後評価を実施させていただきます。

事後評価とは、安全研究プロジェクト終了後に実施するもので、研究成果を確認し、成

果目標の達成状況及び成果の活用状況、見通し等について評価を行うものです。

これらの評価の中で実施する研究手法、成果の取りまとめ方法等の技術的妥当性評価については、今回のこちらの外部専門家の委員の先生方及び専門技術者から成る技術評価検討会を開催し、御意見及び評価をいただくこととしております。

具体的な評価の内容につきましては、資料2「今後の研究評価の進め方について」を御覧ください。

4ページ目に、事後評価について、評価手法、評価項目及び評価基準が定められております。

6ページ目を御覧いただきますと、評価の全体概要をお示ししてあります。評価の視点としまして三つございます。緑の部分の目標・成果の適切性、ピンクの部分の技術的妥当性、そして黄色の部分の研究の管理、こちら三つございますが、本検討会では、このうち真ん中ピンクの技術的妥当性について、御意見及び評価をいただくこととしております。

なお、いただいた御意見、評価結果につきましては、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。

こ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、原子力規制庁が行う安全研究の評価に御協力をお願いいたします。

次に、外部専門家の委員の先生方をお願いさせていただき評価について御説明させていただきます。外部専門家の委員の先生方に準備させていただきました、A3の評価シートを御覧ください。

評価では、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（観点の欠落）がないか、このような観点から評価をお願いいたします。

評価シートにつきましては、手書きでも構いません。

締め切りですけれども、4月24日（水曜日）までとさせていただければと存じます。もし本日御提出いただけるようでしたら、本検討会終了後に、事務局までお渡しいただければと思います。

今回の技術評価検討会での評価を踏まえて、今後、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御説明は、以上でございます。

○青野企画調整官 本件につきまして、御質問、御意見等ございましたらお願いいたします。

よろしいでしょうか。よろしければ、平成30年度に終了いたしました安全研究プロジェクトであり、今回の事後評価の対象となります「火山影響評価に係る科学的知見の整備」について、原子力規制庁長官官房技術基盤グループ地震・津波研究部門の飯島首席技術研究調査官から説明をさせていただきます。

○飯島首席技術研究調査官 技術基盤グループの飯島でございます。よろしくお願いたします。

それでは、私のほうから、火山影響評価に係る科学的知見の整備ということで、こちらのスライドで説明させていただきます。

まず目次ですけれども、今日は、この目次に従って説明いたします。

まず研究の概要、研究の背景と目的でございますけれども、現在の火山ガイドは、活動履歴を中心とした活動可能性の評価を求めています。ただ、活動間隔が長くて、長期の活動休止期間にあるような火山ですとか、あと噴出量が100km<sup>3</sup>を超えるような巨大噴火の評価につきましては、不確定性を伴っています。原子力施設の安全については、継続的改善が求められておりますので、国内外の火山研究に関する最新の動向ですとか知見、こういったものを収集していくことが重要と考えています。

この研究プロジェクトは、過去に大規模あるいは巨大噴火を起こした火山を対象とした基礎的な研究です。目的としては、ポイントとしては四つございます。一つが火山活動の評価に関する知見、これは活動パターンですとか、噴火の様式ですとか、あるいは噴火のプロセス等に関するもの。それから噴火規模及び影響範囲推定に関する知見、これは具体的には噴火前のマグマだまりの温度・圧力条件に関するもの。そして、火山活動に係る地下構造評価手法に関する知見。そして海外のカルデラ火山に関する研究の知見。こういったものを蓄積していくというのが研究のメインの目的でございます。

研究の項目でございますけれども、今説明させていただきました四つの項目の下に、かなり多くのサブテーマがございます。この研究におきましては、結構な部分を委託研究という形で実施いたしました。

具体的な説明に入る前に、研究の枠組みについて簡単に紹介させていただきます。

まず、研究の項目(1)ですけれども、これは対象としている火山は大規模噴火です。

この研究の中では、大規模噴火といたしましては、噴火規模で1～数十km<sup>3</sup>程度の火山を対象としてございまして、その中で、マグマの化学組成ですとか、噴出率の違いや変化の解釈、こういったことを研究項目（1）の中で行います。

それから、研究項目（2）におきましては、これは巨大噴火を対象とし、この研究の中では数十km<sup>3</sup>を超えるような極めて規模の大きなものでございますけれども、それを対象といたしまして、マグマの化学組成ですとか、圧力・温度条件、こういったものを研究して、噴火の準備過程の推定を行います。

ここで（1）と（2）と分かれていますけれども、一部は巨大噴火をこちらで扱ったりして、厳密に分かれているわけではございませんけれども、おおよそこのような区分けで行っております。

それから、項目（3）につきましては、これは巨大噴火を対象といたしまして、地下構造の観測の可否に関する知見、これを得るということをやっております。

それから、（4）番目の海外カルデラの知見につきましては、海外の研究の知見等を項目（2）（3）に反映するという形で進めてまいりました。研究の工程でございますけれども、25年～平成30年度までにわたって行っております。

今日の説明は、項目、非常に多くございますので、項目（1）（2）（3）につきまして、この黄色く網かけしたテーマについて、中心に成果を報告させていただきます。

まず、項目（1）の中での火山活動履歴の情報の整備でございます。

実施した内容ですが、国内の主要な56の火山につきまして、活動履歴情報を既往文献をもとに調査するというのと、平均マグマ噴出率と、それから噴出物の化学組成と、火山の活動の関係というのを調査しました。

活動履歴情報に関しましては、既往の文献の情報の信頼度とかを評価した上で、階段図が作成できるデータセットを取りまとめて公表しております。それから、56火山のうち29火山については、さらに調査を行いまして、平均マグマ噴出率について分析を行っております。図1に示したものが、29火山の平均マグマ噴出率の状況変化を示したものでございます。

ここで、平均マグマ噴出率は、字が小さいですけれども、各火山の最終噴火、最後の噴火を起点といたしまして、そこから、ある一定期間時間を遡って、その期間内の噴出量を遡った時間で割るというものでございます。一般的には、時間が遡れば遡るほど噴出量の不確かさというのは多くなるわけですがけれども、このような最終噴火を起点として遡るよ

うなことをすることによりまして、不確実さが低減できて、過去に遡った火山活動の変遷というのを把握できるということでございます。

そして、得られた知見でございますけれども、玄武岩質の成層火山を除きまして、平均マグマ噴出率というのは一定ではなくて、時間とともに上昇あるいは低下する傾向があるということがわかりました。それから、化学組成につきましては、次のスライドでまた改めて説明いたしますけれども、化学組成の検討から、噴出率が上昇する時期には、化学組成の異なる新たなマグマ供給系の発生ですとか、下部地殻の溶融が進行したという傾向があるということがわかりました。それから、噴出率が低下する時期におきましては、長期にわたって同じマグマの供給系が存在して、化学組成の変化がほとんど起きていない傾向があるということがわかりました。

同じく項目（1）の巨大噴火の事例の検討でございますけれども、この中では、過去に大規模及び巨大噴火を起こした火山を対象といたしまして、地質学的手法による詳細な活動履歴調査を行って、階段図の高精度化を行うとともに、化学組成の分析を実施して、マグマの組成の変遷から噴火に至る過程というのを考察してございます。

まず、階段図の高精度化につきましては、例えば十和田におきましては、巨大噴火の前には低噴出率期というのが継続していたということが確認されました。

それから、下の絵は大山の例でございますけれども、まず、階段図の高精度化につきましては、青い階段図が、これが既往のものです。本研究によって高精度化したものが赤い線で示した階段図でございますけれども、この赤い線によりまして、新しい知見によりまして、大山につきましては、約10万年前から高噴出率期に移行しているということが確認されます。ただ、最後の噴火が、約2万年前に小規模なものが起きているわけですけれども、それも踏まえた上で、現在の火山、大山の状態が10万年前以降の高噴出率期をそのまま維持しているのか、あるいは何か傾向が変わったのかどうか、この辺りについて化学的な分析を行ったのが図3で示したものです。これは一例を示しています。

上の絵がイットリウムと、それからストロンチウムとイットリウムの比を示したものでございますけれども、ここにプロット点がありますが、低噴出率期のストロンチウム・イットリウム比が緑色で示しています。それから高噴出率期のものが赤、それから最後の約2万年前の噴火を青い点で示しています。そうすると、ストロンチウムとイットリウムの比にトレンドがございまして、最後の噴火は、むしろ低噴出率期のイットリウムとストロンチウムの比に近い傾向になっているということがわかります。

それから、下がニオブとイットリウムの比でございますけれども、やはり同様に、最後の噴火というのは、低噴出率期と同様の、やや高い値を示しているということがわかります。

このように、大山の化学組成の分析の結果から、高噴出率期と低噴出率期では明瞭にトレンドが異なりまして、約2万年前の最終噴火では、低噴出率期のトレンドに戻っているということがわかりました。

ということで、高噴出率期から低噴出率期への変化というのは、マンツルのマグマの供給率が低くなったということが示唆されるというふうに考えてございます。

先ほど御説明したとおり、長期休止期間にあるような火山につきましては、このような平均マグマ噴出率ですとか、あるいは、こういった化学組成の分析による組成の変化を評価することによって、現在の状態がどうなのかといった、指標として非常に重要なものであるというふうに考えてございます。

それから、二つ目の項目の火山影響評価のためのマグマ供給系発達過程の検討でございますけれども、この中では、過去に巨大噴火を起こした火山の噴出物を使いまして、マグマ組成の変化、それからマグマの温度・圧力条件から、噴火直前にたまっていたマグマの深さを推定するような検討を行っています。

成果の概要ですけれども、まず、マグマ組成の変化につきまして、ここに二つ例を示してございます。こちらが阿蘇カルデラ、右側が始良カルデラの例でございますけれども、まず、阿蘇カルデラにつきましては、約9万年前の阿蘇4の噴火について見てみますと、全岩化学的な岩石の分析の結果、マグマが、 $\text{SiO}_2$ の濃度が70%程度ということで、珪長質のものであるということがわかります。それに対して、阿蘇4に先行する小規模の噴火についてですけれども、時間の経過とともに二酸化ケイ素の濃度が上がってきておりまして、特性的には苦鉄質のものから珪長質のものに変化しているということがわかりました。

それから、始良カルデラにつきましては、これは横軸に $\text{SiO}_2$ の濃度でございます、右側のほうが珪長質マグマという形になるわけですが、この赤い線で囲ったところが先カルデラの噴出物です。一部、岩戸火砕流、これは二つに分かれているんですけども、先カルデラがほとんど珪長質マグマであるということで、始良カルデラにつきましては、先カルデラの段階から珪長質マグマの噴出が継続していたということが考えられます。

ということで、この知見からは、巨大噴火の発生前には珪長質マグマが噴出しているという見るとも可能であるというふうに考えてございます。

それから、もう一つ、マグマの温度と圧力についてでございますけれども、これはマグマの深さを推定するためのものがございます。

支笏と、それから阿蘇、鬼界カルデラについて、マグマの温度・圧力条件を検討いたしました。その結果、マグマの定置深さにつきましては、概ね10km以浅にあったということが推定できました。

下の例は、鬼界カルデラの事例でございます。一番左側が温度の推定です。これは斑晶の顕微鏡の写真ですけれども、これは斑晶中に斜方輝石、単斜輝石、こういった二つの鉱物が同時に晶出していると。鉱物が同時に共存しているという条件から温度を推定することができます。それから、下は磁鉄鉱とイルメナイトの例でございますけれども、やはり二つの鉱物が一つの斑晶中に出ているということで、こういったところから温度を推定いたしますと、鬼界カルデラの場合は、870℃～900℃程度であったというような推定ができました。

それから、真ん中の例が、これはマグマの圧力の推定を行った例でございます。これはメルト包有物中の揮発成分の濃度から推定いたしました。具体的には、マグマの中に溶け込める水とか二酸化炭素、これは圧力に大きく依存するわけですが、この中では、マグマが噴出直前の揮発成分の飽和状態にあったということを推定した上で、圧力を推定したものでございます。アカホヤ噴火についてのサンプルから推定した例が、ばらつきは大きい、ややあるんですが、低いもので約70MPa程度、それから大きいもので290MPa程度という値が得られました。平均値は大体130MPaということで、これから推定いたしますと、マグマの深さとしては約5km程度であったという推定がされました。

図8は、これは横軸に温度、縦軸に圧力ということで、圧力と温度、それに対するメルト量との関係を熱力学的に計算したものです。図6と、それから図7で、温度と圧力の範囲というのが推定できましたので、これは縦のピンクが温度、それから横軸が圧力ということで、範囲を示しています。この4本の線に囲まれた領域について見ますと、計算値で含水量が3%と仮定いたしますと、メルト量が80～84vol%、それから6%の場合は90～99vol%という形になりますが、実際に噴出物から測定したメルト量は90vol%ということで、整合的であるという結果となっています。

このように、過去に巨大噴火を起こした、カルデラ噴火を起こしたマグマが、深さとして10km以浅にあったという知見が得られたというのは、この研究での大きな成果の一つであるというふうに考えてございます。

次に、(3) 番目のカルデラ火山の地下構造調査でございます。

地下構造調査につきましては、阿蘇と、それから始良の調査を行っています。

下は阿蘇カルデラの例でございますけれども、阿蘇カルデラにつきましては、MT法による地下構造調査を行いました。そして、深さ10km付近までの比抵抗構造を明らかにしたということで、真ん中の絵がMT法によって得られた比抵抗構造を示しています。そして、暖色系のところは比抵抗が低いところでございますけれども、この中で約2km~9km、この絵の辺りで2km~9km、白いのは、もうカラーバーから外れてしまって白くなっているわけですが、抵抗の低いところがあります。

これは現在の阿蘇の中岳の噴火と関係があるというふうに考えられるわけですが、ただ、中岳の噴火口から噴出された噴出物の成分を用いて比抵抗を計算した結果、 $0.56 \sim 0.64 \Omega \cdot m$ ということで、2km~9kmの比抵抗領域、これ全体がそうではなくて、2km~9kmに存在する比抵抗領域のうちの10%程度というものであるということがわかりました。

ということで、MT法によって地下に現在の活動に対応すると考えられるような低比抵抗が確認されまして、MT法の地下構造調査の有効性が確認されたというふうに考えております。

それから、こちらが始良カルデラの例です。始良カルデラは大半が水没してございまして、MT法ではなくて、地震波観測によって3次元の速度構造を得ております。

こちらが得られた速度構造でございまして、P波とS波、その比という形でとってございまして、この結果、速度構造としては、真ん中の絵に示してございまして、約、深度で15kmぐらいのところは低速度領域があるということが確認されました。これは既往研究により、始良周辺の地殻変動量から推定された圧力源の深度とほぼ整合的なものでございます。

今、15kmぐらいのところにあつたということでございまして、この辺りの、より高精度の地下構造を得るためには、長期間の地震波観測を継続して行うことが今後重要になってくるというふうに考えてございます。そして、そういったものをやれば、現在、始良カルデラが観測されている広域的な地殻変動に関する解釈が得られるということが期待されます。

このように地震波を使った地下構造調査、この有効性が確認されたというふうに考えてございます。

まとめでございますけれども、大規模、それから巨大噴火を起こした火山を対象といた

しまして、研究項目（1）～（4）の研究を行ってきました。そういったことで、噴火の準備・開始プロセスについての知見を得ました。その上で、三つの観点から、具体的には長期の休止期間を持つ火山の活動評価の考え方、それから巨大噴火を起こした火山の現状評価のための考え方、そして地下構造の観測手法と評価の考え方について、取りまとめてございます。

まず、長期の活動休止期間を持つ火山の活動評価の考え方といたしましては、平均マグマ噴出率を使いますと、多くの火山において、平均マグマ噴出率が上昇する高噴出率期と、それから低噴出率期が存在するということがわかりました。さらに、化学組成の検討から、この高噴出率期と低噴出率期ではマグマプロセスに違いがあるという解釈ができますということでございます。このような知見から、活動の消長ですとか噴出率の変化、そしてマグマの組成の変化をあわせて評価することで、長期に活動を休止しているような火山について、現在の火山の状態を考える上での判断指標の一つとなり得るというふうに考えてございます。

それから、過去に巨大噴火を起こした火山の現状評価の考え方でございますけれども、現時点ではまだ事例は少ないわけですが、過去に巨大噴火を起こした火山について、噴火の準備過程が開始されているか否かの一つの判断指標の第1段階といたしましては、ポストカルデラの火山活動において、珪長質マグマの蓄積を示唆するような噴出物があるかどうか、それから深さとして10km以浅のところに相当量のマグマがたまっているかどうか、こういったことを確認することが重要であるというふうに考えております。

それから、地下構造の観測手法と評価の考え方でございますけれども、地下構造の観測というものは、地殻の変動要因を考察する上で非常に重要な手法であります。それで、対象とする火山の条件によって、適切な方法を選択して観測を行う必要があるというふうに考えています。それから、評価の考え方といたしましては、先ほど申し上げたとおり、基本的には観測すべき地下構造の深さは10km以浅ではありますけれども、地殻変動等が検知された際に、さらに深部も含めた圧力源の空間的な変化を確認するということが重要というふうに考えてございます。

成果の活用と公表についてでございますが、プロジェクト期間内では、大山の階段図の高精度化に伴う調査によりまして、その中で、大山生竹テフラの噴出規模というのが既往研究で考えられてきた規模を上回るという新知見が得られました。これを受けまして、規制委員会では、事業者に報告を求めたということでございます。

それから、成果の公表でございますが、規制庁の職員からの発表はここに示したとおりです。ただ、これは先ほど冒頭申し上げたとおり、委託研究という形で行っていますので、委託先からは、多くの査読論文なり、そういったものが出されてございます。

今後の見通しですけれども、長期間の休止状態にあるような火山の活動評価の考え方についてまとめまして、NRA技報として出す予定でございます。

それから、最後の2枚のスライドにわたって各項目の成果をまとめてございますけれども、時間の関係で一つ一つは説明しませんが、こういった研究を行いまして、当初の計画どおり、平成25年度～30年度までの実施期間の目的を全て達成したというふうに考えてございます。

私の説明からは以上でございます。

○青野企画調整官 それでは、質疑とさせていただきます。

質疑につきましては、最初に専門技術者の方々から御質問、御意見をいただきまして、次に委員の方々から御質問、御意見をお願いいたします。

なお、御発言の前に、所属とお名前をおっしゃっていただきますようお願いいたします。

それでは、まず、専門技術者の方々から御質問、御意見をお願いいたします。

松山さん、お願いします。

○松山氏 電力中央研究所の松山です。

私のほうから1件意見と、あと一つ参考コメントだけをさせていただきます。

私自身、ちょっと火山・地震のものはあまり専門家ではないというふうなことなので、ちょっと全体的なイメージということだけでお伝えします。

今日御説明いただいたのは、火山の発生に関する、主にハザードの評価に関する基礎的な知見かなというふうにお聞きして思っております。

非常にいろんな知見が得られているなというふうなことは感じてございますけれども、こういう原子力発電所の安全の研究というふうなことで、聞く側からすると、そういったものが、今回、リスク評価の中のハザード評価側ですけど、やっぱりフラジリティ評価的なものの関係といったものをどのようにイメージして進められているかといったものが、ちょっと説明いただいたほうが、私のような全体を見るような人間にとっては、ちょっと聞く側としては、このハザード評価というものがどこまでどう効果的なのかということで、それはまだ、これとはもしかしたら別の研究のほうでやられているのかもしれませんが、今後の予定なのかもしれませんが、そういった何か影響も含めた全体像なんかを示

した上で教えていただけると、非常にやっていることの重要性というのが、さらにはっきりわかってくるのかなというふうに感じてございます。

これは発電所そのものへの影響もそうですし、できれば、その周辺への原子力防災というふうなことになる、火山だから違うかもしれませんが、周辺への影響なんかも含めてやっていただけると、発電所のリスク評価にも非常に効果的な成果が得られるのかなというふうに感じました。それが一つ目です。

あと、二つ目は参考意見で、私、津波関係を専門としているようなところで、今回、カルデラのいろんな地下構造ですとか、持っているポテンシャルのような評価の研究をされていますので、津波でも、カルデラ陥没のような津波というふうなものも懸念され、そういった観点で、もう少し、もし成果の関連があれば、そういったまとめ方もあるといいなと。これはあくまで、ちょっと本論と外れる話なので、参考意見ということで言わせていただきます。

以上になります。

○飯島首席技術研究調査官 コメントありがとうございます。

技術基盤グループの飯島でございます。

今、松山さんのほうから、フラジリティ側の評価ということで意見がございましたけれども、地震・津波部門は、あくまでハザードのほうに軸足を置いてございまして、基本的には、我々のほうで、こういったハザード関係の研究をやっていて、火山灰に対する評価、施設の評価というのは、また違う場所ですので、ここの中では特に扱ってございません。

ただ、この説明でございませぬけれども、今日は説明しませんでしたけれども、項目(2)の中に、降灰シミュレーション、火山灰の降ってくる状態の評価というのがございます。これは去年、一昨年、火山ガイドを改訂いたしまして、火山灰の降ってくる量をどう評価して、フラジリティ側に反映するのかという形で、火山ガイドを、評価を変えています。改訂しています。ただ、それは実際にサイトに積もっている火山灰から空中の濃度をどう評価するかというような観点で、ガイドを改訂したものでございまして、実際にどれくらい、降ってくる状態というのはどうなのかという知見がないということで、そういったものも含めて、そういったシミュレーションと、あと、ここではちょっと載せてございませぬけれども、共同研究という形で、実際に桜島等で火山の降ってくる状態を確認するというようなことをやってございまして、そういったハザード側で得られた火山灰濃度の情報というのを、フラジリティ側をやる部隊のほうに提供するような形で進めていくと

いうふうな状況でございます。

○松山氏 ありがとうございます。

そうですね、今のことが少し何か、最初の最初に全体像としてあれば、そのほうが非常にわかりやすいかなと思っただけで、はい、ありがとうございます。

○青野企画調整官 梅木さん、お願いします。

○梅木氏 電力中央研究所の梅木でございます。よろしくお願ひいたします。

本日は、御説明いただきありがとうございます。この研究、わからないことがたくさんある中で、やっぱりデータを蓄積していくということが非常に大事だと思いますので、いい研究かなと思って聞かせていただきました。

私のほうからは2点、ちょっとお伺ひしたいことがございます。

1点目は、先ほどともちょっと絡むんですが、本日、説明のほうを三つに絞っていただいたんですが、事後評価となると、全体を多分見なきゃいけないのかなと思ってはいたんですが、この三つに絞った理由が、何か技術的な観点であるのかなというのがもしあったら教えていただきたいというのが1点。

もう一点が、このパワーポイントでいきますと8枚目になるんですかね、火山を、56火山で、そのうち29火山というふうに、一応数字を挙げられておりますが、これの根拠という言い方は変ですが、データの結果の信頼度という観点で見たときに、全体の母集団が幾つあって、その中で幾つ見た、その29に絞った理由も、なぜなんだというところを少し、報告書を読めば書いてあるのかもしれませんが、御説明していただくとありがたかったなと思います。

というのは、私の中で、この質問の根底には、やはり火山というのは多分一個一個様相が違うというふうには思っております、それを一般化するという段階になったときには、このデータがどれくらい信頼性、この解析に使ったデータの数がどれくらい信頼性があるのかというのは後々重要になってくると思いますので、その辺のことを言っていただくとありがたかったかなということでございます。

この2点でございます。

○飯島首席技術研究調査官 コメントありがとうございます。

まず最初の、今日の説明というのは、時間が限られていたということで、このページに示したとおり、非常に項目が多かったので、そのうち、ちょっと時間の関係で絞らせていただきました。そして、このスライドで説明したとおり、いろいろテーマはありますけれ

ども、大きく我々が軸足を置いているのが、まず、大規模についての火山を対象とした噴火準備過程の推定の話と、それから、やはり巨大噴火、カルデラ噴火を対象とした同じく噴火の準備過程の推定の話、それから、あと地下構造の観測の可否の話、この辺が我々としては非常に重要というふうに考えてございますので、その辺に関する成果がわかるようなものを選んで、ちょっと今日は時間の関係もあったので、そういったものに特化した形で説明をさせていただきました。

○安池専門職 地震・津波研究部門の安池です。

2番目の御質問なんですけれども、基本的には、火山の評価対象となる火山というのは、第四紀火山というふうにガイドでは示しておりますので、非常にたくさんあります。その中から、この56火山を選んだというのは、少なくともサイトに、基本的には、原子力サイトというのは非常に火山とは離隔があって、数十km、あるいは遠いものでは100km以上離れているところもあります。ですので、そういう十分な離隔をもってしても、例えば噴火の規模によっては火山灰が到達する、あるいは巨大噴火のように火砕流のようなものが到達するという火山について、まずは選定して、こういう調査をやっています。

その中で、それがまた、例えば56火山全てのデータが、例えば既往の文献を全てかき集めても、やはり階段図がきれいに描けるというのは非常に少ないということがわかりました。非常に少ないというか、一部の火山では、なかなかきれいな階段図が描けないということがわかったので、その中で、この29火山というのが、比較的、今、ここにあったように、上昇傾向あるいは下降傾向という形で整理できる、要するに、そういうことを判断できそうな火山について、まずは整理してみましたということです。ですので、この後、例えば研究が進んで、ほかの火山についても、こういった階段図を描ける、あるいは階段図を描くために信頼度の十分ある、例えば年代測定の問題とか、噴出量の問題、こういったものがある程度解決できそうなものについては、こういった形でどんどん整理していけばいいというふうに考えてございます。まずは、今の既往の知見でもって整理できるものをまずは整理したということになります。

○梅木氏 ありがとうございます。

やはりこういうやつはデータをずっと蓄積して行って、それを分析していくというのが大事だと思いますので、今回、事後評価という形ではありますが、今後もそういうような、この観点で続けて行っていただくといいかなというふうに思いました。ありがとうございます。

○青野企画調整官 ありがとうございます。

続きまして、土志田さん、お願いします。

○土志田氏 電力中央研究所の土志田です。

御説明ありがとうございました。

全体的な事項につきましては、今、梅木からありましたとおり、今回、さまざまな火山、あるいは噴火の事例が、成果が示されておるんですけれども、それを一般化していくとか、他の火山と比較していくということが必要なのではないかと感じた次第です。

それで、個別のこと、あとは大変多くの項目を主に委託研究ベースで行われたということで、個別の成果は上がっているかと思うんですけれども、それぞれ複数の成果の間をつないでいくような整理なり研究なりがなされるとよろしいのかなと思いました。

例えばスライドの9を見ていただきますと、階段図を高精度化したことで、十和田では巨大噴火の前には、低噴出率期が継続していたことが示唆されたということなんですけれども、それを1枚戻ってスライド8のような整理を行ったときに、低噴出率期が継続していたというのが、これのどこで見えているのかなといったことがわかりやすくなっているとよろしいのかなと。あるいは、そもそも長期の活動休止期間を持つ火山というのは、このスライドの8で言うと29火山ですか、まとめられているということなんですけれども、該当するのはどれであるんでしょうかというようなことが、もう少しわかりやすく示されているといいと思いますし、巨大噴火を起こした火山というのが、やはりこの中でどれであるかというような、そういったまとめ方がなされていると、もう少し今後のまとめとか評価につながってくるのかなというのを感じたところです。まず、コメントの1点目としては、そういったことになります。

○安池専門職 ありがとうございます。

そうですね、関連性というところがちょっとうまく説明できなかった部分はあるんですが、例えばスライドの8で説明した平均マグマ噴出率というのは、まずは火山の活動、特に大規模な噴火をするような火山というのは、非常に長い期間活動していますので、数十万年ぐらいの期間で活動がどうであったかという大枠をまずは把握した上で、詳細調査という形で、それぞれやっていくというようなスタンスでやっております。

だから、例えば十和田の場合は、この図でいきますと、最後の噴火から10万年ぐらい前から活動しているわけなんですけれども、この整理でいきますと上昇傾向にある、要するに噴出率としては非常に高い噴出率になると。ただ、巨大噴火というか、大規模な噴火をする

前というのは、スライド9で説明しているのは、大規模な噴火の前は、数十万年というスパンで見たときには、非常に噴出率が高い傾向にあるんですけども、大規模な噴火の前というのは、噴出率が低くなっているということが言えるというようなことになってございます。

○土志田氏 例えば、ほかにコメントいたしますと、スライドの10番、巨大噴火の発生前には珪長質マグマが噴出しているという事例をまとめておられるんですけども、スライドの8とか9は時系列のデータが示されておったんですけども、このスライド10を見て、巨大噴火の直前ですねというのがわかる人というのは、かなり地質の専門な知識のある方に限られてくるかと思しますので、例えば、この資料につきましても、時系列でまとめていただくと、といったまとめ方もあるのではないかなと思いました。

○安池専門職 ありがとうございます。

これはちょっと説明が少し足りなかったかもしれないんですが、阿蘇についてのマグマの変遷というのをここで御説明したんですが、残念ながら、まだ細かい阿蘇3~4に至るまでの小規模な噴火の年代測定がまだ十分できていません。ですので、層序から順番はこの順番であるということはわかったんですけども、1回、阿蘇3が12万年前に噴火した後にマグマがリセットされて、一旦、苦鉄質に戻ったんですが、それが阿蘇4に向かって徐々に、阿蘇の場合は珪長質マグマが出てくるようになったというところまでが今回の結果です。

一方で、始良のほうは、これはすみません、年代軸はある程度わかっておりますので、入れることはできるんですが、逆に、始良の場合は常に珪長質マグマを出し続けた上で、何ていうんですかね、入戸火砕流を起こすような巨大な噴火が起こったという、二つの事例を今回は御説明させていただいたということになります。

ですので、この研究の基本的なコンセプトとしては、巨大噴火や大規模噴火が起こる前の準備過程というのがどうであったかということを整理していくというのが、一応、この研究の中での大きな目標ということにさせていただきます。

○土志田氏 そうですね。大規模噴火の直前の状態ということなんですけど、そこに至る過程は、幾つか火山によって違いがあったりパターンがあるかもしれないということだと思いますので、最初のコメントに戻ってしまうんですけども、そういうことですね。幾つかパターン分類なりパターン認識というものが必要であるかもしれなくて、それに対してどういう研究をやっていきますというスタンスが、もう少し見えているとわかりやすいのかなと思いましたということです。

あとは、最後のまとめというか、例えばスライドの15のところでございますけれども、深さ10km以浅でのマグマの蓄積の有無ということで書いてあるんですけども、今回、スライドの11など、さまざまな調査を行われたんですけども、ここで確かに得られているのは、噴火直前の状態であろうということなんですけども、マグマは必ずしも10km以浅で発生するわけではないと思われまして、たまり始め、蓄積していく過程というのは、どういうふうに考えるのかなというところは、まだこれからなのかなと感じました。もっと深いところでたまり始めてだんだん上昇してくるのか、最初から、たまり始めのときから、この深度にたまり始めるのか、あるいは火山によって、噴火によってパターンが異なってくるのかとか、恐らくそこら辺も、松山と梅木のコメントに戻ってくるんですけども、いろいろなパターンなり、火山によって、噴火によって、違いがあるのかもしれない、そこら辺を認識していこうと思うと、もう少し事例研究を続けていく必要があるというような方向性であれば、恐らく、より、ここにいる者だけでなく、いろいろな火山の専門家の方に聞いても、概ね賛同を得られるのではないかなと思います。

○飯島首席技術研究調査官 コメントありがとうございます。

このページで示しているというか、このフェーズで得られたのは、あくまでもスナップショット的に、噴火の直前に、どの辺りにマグマがたまっていたでしょうか、概ね10km以浅だったでしょうということまでです。今、コメントいただきましたように、時間的な変化というのをやはり重要なファクターというふうにご考えてございまして、それにつきましては、フィージビリティ的なところは、もう既に始めたんですけども、本格的には31年度からの研究の中で本格的にやっていく予定でございます。どうもありがとうございます。

○青野企画調整官 ありがとうございます。

続きまして、委員の方々から御質問、御意見をお願いいたします。

古屋先生、お願いします。

○古屋教授 東京電機大学の古屋です。

本日、御説明ありがとうございました。

全体的には、目標に沿って有益な知見が得られているというふうに思っております。

その中で、私は専門は機械のほうなので、少し専門から離れるわけですけども、8ページのほうに、火山活動の変遷の定量的というふうに把握することが可能になりましたということなわけですけども、これまでの質問に少しかぶりますが、今、定量的にということ

ですので、現段階の技術レベルというか、評価レベルの中で、数値として何か表せることが可能なかどうかということなんですが、変遷の定量化というところですね。あるいは、目標としている精度というのが、これは非常に難しい数値のサイコロだとは思いますが、もしあるようであれば、あくまでも目標なので、報告書のほうでも結構なんですけども、まとめていただくと非常にわかりやすくなるかなというふうに、今、やられていることをですね、というふうに思いますけども、今考えられている定量値の範囲とあって何かございますでしょうか。

○安池専門職 コメントありがとうございます。

工学的な意味での定量性というのと、そこまでは、自然科学というか、自然現象ですので、難しいです。ただ、ここで説明したかったのは、まずは階段図というものを描くに当たっても、例えば火山のマグマの噴出量なんていうのを見積もるというのは、なかなか大変で、極端なことを言うと倍半分の世界になってしまうものがあります。ただ、同じような考え方でまずは整理をすれば、当然、幅はあるんですけども、ある程度整合、比較ができるだろうという考え方のもとに、こういうような整理をしています。

当然、この整理をする前に、年代測定の精度ですとか、どのぐらいの調査をやった上での数値が出ているかということは、それなりの専門家が見た上で評価していますので、そこについては、あまり、それ以上はやりようがないのかなと。ですので、平均マグマ噴出率というのは、ある火山の火山活動を知る上での全体的な傾向であって、やはりそれをもっと詳細に、本当にこの火山が重要で、評価をしなければいけないとなった場合は、次のステップとして、詳細な調査をした上で判断していくというようなことが必要かなと。ですので、ちょっと、なかなかすぐに、どこまで定量的かと言われると、多分、工学的なセンスから言うと、まだ定性的じゃないかという話はあるかもしれないんですが、そんな感じになっています。

○古屋教授 大変難しい質問をしてしまいまして、大変申し訳ありません。私は工学なので、こういう定量的という話が出てくると、どうしても範囲はどのぐらいなのかなとか、精度がどのぐらいなのかなとかというふうに考えてしまうので、すみません、ちょっと御質問をさせていただきました。

あと、もう一つはコメントになるかと思うんですけども、今御回答いただいたような中にもありましたけども、結果、得られているデータを個別に見ていったほうがいいのか、それとも一般化してマクロ的に見ていったほうがいいのかというところで、恐らくこの両

方、それぞれのメリットがあるかと思えます。ですので、データ整理の考え方というんでしょうか、というところで、今回、このプロジェクトの中で得られている知見というところが、それはマクロ的に見るとどういうことで、ミクロ的に見るとどうなのかとかというところも、もし得られたものがあれば、まとめていただけるといいのではないかなというふうに思います。

以上でございます。

○飯島首席技術研究調査官 ありがとうございます。

今、古屋先生から御指摘あったとおり、これは対象としている火山が、そもそも、もう何万年も噴いていないようなものというのに軸足を置いていますので、本当にデータが少ない、知見が少ないというのが実情です。冒頭申し上げたとおりです。ということで、今、我々のほうとしては、とにかくデータを、きちんと知見を集めてという中で、やはりそうなる個々の火山ではどうだったかというところと、それから、その中で本当に比較したときに共通なものがあるのかどうかという観点での見方になっているということで、今後、フェーズ2に入るわけですけれども、同様な軸足というか、スコープでやっていこうかなと考えています。

ということで、今年度といいますか、30年度までに終わった中で、やはり個々の火山では見たんですけども、やはり共通的なものという観点の一つとしては、最後噴火したような、巨大噴火を起こしたようなものは、マグマは10km以浅にあったというのは、ある程度、共通のこととして得られたというのが一つの成果と。そういった観点で、今後やっていく研究についても、個々のもの、それから共通のものは何かといった観点で見ていこうというふうに考えてございます。

どうもありがとうございました。

○青野企画調整官 ありがとうございます。

続きまして、何か御質問、御意見ありますでしょうか。

酒井先生、お願いします。

○酒井室長 防災科研の酒井です。

一つ一つが大変研究をまとめてここまで来たということで、本当に敬意を表しますが、ちょっと、一つ質問があります。

ここで16ページ目での成果の活用と公表についてということで、やっぱりこういう研究、しかも長きにわたってやってきて、しかも、普通の研究者ではできないような研究を積み

重ねてきたという成果は非常によくわかるんですが、ここでやっぱり、どうやって成果を活用していくかとか、公表していくかというのは非常に重要だと思うんですけども、ここで挙がっている成果の例えば公表だと、学会発表があるんですけども、これ以外に、大学の先生とかプロジェクトと委託研究としてやられたようなものがあるとは思いますが、その辺の論文発表リストとか、そういう成果の公表リストみたいなものはございますでしょうか。後ろのほうでは、参考文献としては、多少、ちょっと見受けられるところはあるんですが、そういうものを一つ。

じゃあ、ちょっとまとめて言いますね。そういうことはちょっとあるということと、そういう成果をまず出していくことが重要ということと、あともう一つ、火山ガイドへの貢献で、具体的に、この時点でどのくらいあったのかなというようなところが、まず必要かなと。そういうことを関連して行って、成果が今どこまで途中で、あと、これだけやらなきゃいけないとかということ、5年間とかという研究の中でもどんどんやっぱりやっていかなきゃいけないというところはあると思うので、先ほどの工学だ、理学だという話はあるんですけども、私のところは防災だということ、いろいろな種々の防災、地震でも火山でも原子力でもということで扱うときに、やっぱり非常に事実の科学的な知見の蓄積は非常に重要だと。住民や自治体に説明するときにも、やっぱりそういう知見に基づいて行いたいということはあるんですが、なかなか、それが分野で独立していて、なかなかないというところがあるので、こういった、まとめてあるというのは非常に有効ではないかなと思うので、そういうような成果はどんどんやっていくといいかなと思うことと、あと、今後、具体的なこういう成果をどんどん自治体や何か、あるいは地域とかに具体的にやっていくようなところはあるのか、ないのかというところが重要だと思うんですね。

これはまた次のあれにも続くと思うんですが、災害は待たないで、ずっと続いていきますので、現時点での成果をどんどん伝えていくことは非常に重要だと思います。それをこの中でやるというよりは、そういうことを一緒にどこかの取組とやるかということでは必要かなと思います。そこは、火山研究者がやっぱり少なくて、一つ一つの火山の中では、なかなか蓄積が集まらないところもあって、今、このように見ると、非常に重要な蓄積がたくさん出てきているようなところはありまして、こう言っている中でも、熊本がこの間ちょっと噴火して、じゃあ、これが大規模になっていくのかどうなのかというのは、非常に難しいところで、熊本に実際に聞いてみると、もう慣れちゃっているんで、また噴火かとなるんですが、でも、あれが大規模災害につながるかどうかというのは、本当、誰

にもわからないところが現状ではありますので、そういうときに、じゃあ、どういう情報がこういうものに貢献できるのかということは、考えておくことが必要なかなとも思いますので、知見の蓄積というのは非常に重要だと思います。ただ、それとともに、一緒にこういう活用、公表というのをもっと積極的にやっていってもいいんじゃないかなと思いますので、その辺について御意見、考えがあれば教え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。

確かにプロジェクト内で我々が公表できる知見というのは、非常に限られたもので、この程度しかないんですが、実質的に、これだけやっておりますので、委託先なり、再委託先なりから、大体20件ぐらいの査読論文が公表されています。そういった査読論文をベースに、我々、研究を委託しているわけですが、成果はよく知っているんですけども、外部の評価者の評価を受けた上での論文になります。論文というのは、そういうものですので、そういったものを活用していきながら、最終的にはガイドに反映していくということを考えております。

ですので、委託研究の得られた成果というのは、最終的には論文という形になったものを我々のほうで取り込んだ形で、最終的にはガイド改訂なり、ガイドの中に入れていく基準なり指標なりを組み立てていくというようなことになります。それをある程度見越して委託しているというのものもあるんですけど、そういうような流れになります。

あともう一つが、じゃあ、具体的にどこまでガイドに今の段階で反映できるかということ、やはり今、この前のスライド14と15に書いたように、数値的なものを、がつつと入れるところまでは、まだちょっといかない。ただ、やはり考え方として、例えば巨大噴火というものは、我々は見たことないんですけども、少なくとも準備過程において、こういうことが、こういうプロセスを経た上で起こっているんだということがわかれば、それに基づく評価の考え方というのを示せる。だから、例えばさっきから出てきますけども、10kmのところにも少なくともマグマがいなければ、どのぐらいの期間大丈夫かというのは、また別の話ですけども、少なくとも、今すぐどうこうという話ではないでしょうと。あるいは、先ほどの説明にありましたように、中岳の下に低比抵抗領域がありますと。ただし、これは全体の10%ぐらいしかメルトの量がないということが推定できましたので、これが全部出てきたとしても、巨大噴火にはならないだろうというような形で整理できますので、そういった知見というのは、当然、論文という形で公表されていますので、必ずしも原子力だけではなく、一般防災のほうにも活用できる知見が得られているというふうに考えて

おります。

○酒井室長 ありがとうございます。

やっぱり成果を論文にして出すということは、それは非常に重要だと思うんですね。あと、一方で、やっぱり地域の人たちとか、その人にわかりやすく伝えるということも重要で、その部分はやっぱり委託先が考えるのではなくて、取りまとめる機関のほうが伝えるということ、その情報をもとになんですけども、それはここでまとめれる技術者とかがそこで考えて、これはここまでだったら言えるとかということは、やっぱり判断すべきじゃないかなと思うところはあるので、そうすると、そういう役割的なものが、ここには今ちょっと全然見られなかったもので、そういう積極的な成果の活用や、そういう公表の仕方というのはあると、何のためにやっていて、今後続けなきゃいけない理由は何だ、今はこんなところまでわかっている、じゃあ、次はこういうことを知ろうとしているということをもっと明確になるのではないかなということも思いましたので、ちょっとこの辺の、もし今みたいなものは、丁寧にどこかに記述されているといいなと思った次第です。

ありがとうございます。

○飯島首席技術研究調査官 コメントありがとうございます。

ただ、今、酒井先生が言われている話で、我々のほうで、どこまで防災まで立ち入ってやるかというのは、なかなか微妙な話でございますので、今のところ、我々のほうとしてできるのは、安全研究で得られた成果をペーパーなり、あるいはNRA技報、これはオープンになりますので、そういった形で、わかりやすく出す、まずは出すことかなということというふうに考えてございます。まず、第一義的にやることはですね。そういうことが重要かなというふうに考えてございます。

○酒井室長 ありがとうございます。

私は、その中で対話をすることも重要かなと思ったので、ちょっと言わせていただきました。ありがとうございます。

○青野企画調整官 ありがとうございます。

続きまして、岩田先生、お願いします。

○岩田教授 京大防災研の岩田です。

御説明ありがとうございました。

もう既に幾つか質問、議論の中で割とわかってきたところもあるんですけども、フェーズ2も含めて、飯島さんのほうから、やっぱりフェーズ2でもこういうことを続けるという

のであれば、考えていってほしい点についてちょっとコメントしたいと思いますが、例えば8ページのこの絵をつくるのは、こういう画一的な図面にすることも重要ということはもちろん理解しているつもりですが、それぞれ、もう議論の中であったように、データの質であるとか、点が、これはかなり均一になっているわけだけど、データ自体、こんなに全ての火山であるわけではないでしょうから、そういう多いところと少ないところではやっぱり違うだろうし、それぞれ幅があることについては、やっぱり留意する必要があるというふうに思います。

それに関係して、9ページなんですけど、私は理学なので、定量的と言いつつ、なかなか定性的を超えられないんですけども、やっぱりこのプロジェクトとしての目標は、少しそういう定量化というものを目指すのであれば、ちょっと教えてほしいこともあるんですけども、図2の8万年前に大きく今度なった、新しい知見で得たというのが、多分、ここのポイントであることは御説明がありました、実際には、これは10万年前も大きくなって、あと、もう少し昔のやつは逆に小さくなっているというのが、低噴出率期をさらに目立たせて、10万年からは高噴出率期になっているということを示しているわけですけども、この辺りの精度は本当にあるのかどうかということについて、これは質問させてください。

加えて、12ページ、地下構造調査とかは、ある程度理解しているつもりですけども、MTと地震波速度構造の比較なんかをすると、ここのペーパーには対応していると書いてありますけども、これを対応しているかどうかというのは非常に微妙な点があつて。というのは、MTはやっぱり精度の問題もありますし、分解能がどのぐらいあるかということも考えると、それが本当に正しいかどうか。さらに、定量的にメルト分率を、あるボリュームを仮定してこういう計算をされると、こういう値が出るわけですけども、これはこのプロファイルを、あるところをその領域だと思って仮定してやっているわけですが、これ、ボリュームですから、例えばそれが倍のサイズ違うと、もうそれで10倍、8倍ですよ。だから、縦横の幅で2倍ずつ違えば、もうそのぐらい違って、こういう話はかなり変わってくるということもありますので、やっぱりそれは今後の課題として、うまく出ましたということだけではなくて、皆さんにわかっていただくためには、既に御説明もございましたけども、限界であるとか、今の技術ではこの程度のことかわかるということをちゃんと示すことが非常に重要じゃないかというふうに思います。これで対応している、していないというのは、多分、ちょっとこの図もすごい小さいのでわかりにくいですけど。

それで、もう一つ、13ページも、継続的にこれは観測する必要があるということは、イ

イベント数と、あと観測点が十分でないので、まだトモグラフィ的な分解能が十分でないということをおっしゃっているのを裏返しにおっしゃっているんだと思うんですが、プロファイルを見ていただいてわかるように、それより深い20kmのところとかで、さらに非常に複雑な構造をしていることが本当かどうかというのは、普通は、これはちょっと、こっちの資料にはイベントの深さとかは書いていなかったのだからわからないんですけども、やっぱり地震のイベントも、多分、地域的に偏在しているという可能性もあるということを見ると、これらがゴーストなのか、本当なのかというのは、今後も検討していく必要があるということは認識されているということで了解しているつもりですけども、こういうのを進めるためには、例えば観測点を増やすなりというような戦略をちゃんと、この研究グループというか、調査グループで検討して、やっていく必要があるのではないかと。人工地震探査なんかも組み合わせてやるという話は、以前、お聞きしたことがありますけども、そういう方法も含めてやっていただくのが、さっきの空間的分解能の向上なり、どの程度のことか本当にわかるのかということを試すには非常に重要じゃないかと思しますので、そういう点は注意して、次のフェーズを進めていっていただくのがいいのではないかといいふうに思いますので、今回の成果は、これで、この期間の中でできることは非常にされていると思うんですけども、今後に対しては、これでよかったというのではなくて、これを踏まえた上で、どういう戦略をとるかということ丁寧を考える必要があるというふうに感じました。

以上です。

○安池専門職 ありがとうございます。

ちょっと逆からお答えさせていただきたいと思いますので。

まず、地下構造の調査のところですが、阿蘇と始良をやった理由というのが、阿蘇の場合は、全部が地表面ですので、非常に稠密な観測ができる。ですので、ここにありますように、全部で、ちょっとすみません、数は忘れましたが、100点近い、100点以上だったかな、そうですね、111点ですね、111点の観測をやった上で得られたものです。解像度については、概ね10kmぐらいまでは、それなりの解像度があるというふうに思っているんですが、そこから下の部分というのは、例えばゴーストみたいなものを入れても、それがあってもなくても変わらないような構造が出てきますので、そこから下の部分というのは、ちょっとやっぱり、まだこれだけの点数をやっても、まだ見えない部分ではないかと。これについては、もう少し、例えば深いほうを見ますので、長周期をとるとか、期間を長く

するとかという形で、長周期をとるために、非常に長い期間とるということをフェーズ2では考えています。

それから、ここにあるメルトの量とかの話ですけど、これも10kmまでの深さであれば、ある程度解像度があるので、それなりの信頼度はあるのかなというふうには思っているんですけども、先ほど言ったように、もしかすると倍半分の世界になってしまうかもしれない部分もありますので、まずは得られたデータから見積もった場合という条件つきでございませう。

それから、始良のほうですが、これは逆に非常にカルデラの大半が水没して、そこに地震計を置いたりするのは非常に大変な作業になりますので、まずはカルデラの周囲になるべく集密に、集密というか、なるべく多くの地震計を置いて、どれだけのものが見えるかというのを、まずこのプロジェクトでは見たものでございませう。これは4年間かかっているんですけど、実質、1年目は地震計を置くだけで終わってしまったので、3年間のデータになります。3年間で、これもたしか180回ぐらいの地震をたしか検知した上での解析をしたと思うんですけど、やはり20kmぐらいになると、十分な応答が得られていないので、この辺の構造は怪しいと思っています。ですので、今は少なくとも15kmぐらいのところ、初めて始良カルデラのところ、こういう低速度領域が見えたというところで終わっている部分がありますので、先生御指摘のように、もう少しカルデラの中とか、ここの中に無人島や岩礁がありますので、そういったものも使ってデータを今後とっていくということを今考えています。

それから、最初の御質問で、9ページのスライドのところですけども、当然、先ほど御説明しましたように、階段図というのは、年代測定は、ある程度、幅というか、誤差、測定の誤差についての議論ができるんですけど、噴出量については、非常に、曖昧と言うと語弊があるんですけど、倍半分の世界的なところがありまして、例えばDNP（大山生竹）という8万年前の噴火ですけども、これを最低、ちょっとすみません、ここには書いていないんですけど、最低噴出量という形で見積もると、大体、この8万年前の噴出量の5km<sup>3</sup>ぐらいにはなるんですけど、実際には、その2倍〜3倍ぐらいの噴出量であろうというふうに見積もることができませうし、そう考えるべきだというふうに考えています。やはり階段図だけだと、今言ったように、非常に幅が大きいものですので、階段図を裏づけるものとして、右側の化学組成を分析するということがございませう。

ちょっと御説明にはなかつたんですけど、ストロンチウムやニオブというのは液相濃集

元素と言われておまして、比較的、メルト側に残る元素になります。かつ、地殻の溶融の指標ということになりますので、例えばストロンチウムとイットリウムの比が高いものというのは、非常に地殻をよく溶かすということになりますので、単に噴出量が増えたということは、当然、地下のマグマの供給量が増えたということにイコールなんですけど、それを示唆する科学的なデータということで、こちらのデータを示してございます。

それから、低噴出率期、高噴出率期、いずれも西日本の中国山地、例えば大山に限らず、あの辺の火山はそうなんですけど、アダカイトというタイプのマグマが出てきているんですけども、その中でも、非常にマグマの供給量が多いということを示唆する科学的なデータということで、ちょっと、これだけじゃなくて、ほかにも報告書のほうにはいろいろ出しているんですけども、そういったものと組み合わせて、階段図で、非常に噴出量に対しては幅があるんですけども、それを裏づける科学的なデータとあわせて評価することによって、今言ったようなことが言えると。

大山の場合は、10万年から非常に噴出率が上がってきている。だけど、最後の噴火で、要は低噴出率期のマグマの組成に戻っているということは、これは何を意味するのかということを考える上で重要な考え方だというふうに今思っているんですけど。これが例えば最後の噴火も高噴出率期と同じようなマグマが出てきているとすれば、時間はあいているかもしれないけど、下で供給率は非常にまだ高い状態を保ったままだと。でも、一方で、低噴出率期のマグマの組成に戻っているということは、一旦、そこでリセットしたというふうに考えてもいいのではないかと。

これだけで全て判断できるわけではないんですけども、そういった考え方を今回の研究の成果として出せるのではないかと。これについては、もう少し詳しく、NRA技報という形で近々まとめさせていただく予定でございまして、よろしく申し上げます。

○岩田教授 説明ありがとうございました。

今の点も別に、非常に9のところは興味深い成果、再評価説ですけども、こういうことがわかったというのは非常に重要だと思いますので、こういう知見を積み重ねることは、さらに重要と考えれば、フェーズ2への、やらなきゃいけないことということは、わかってくると思います。

地震とかMTの調査については、状況もわかっているつもりですので、工夫はもう少しする必要はあるかもしれませんが、例えば変換波を使うであるとかというのも一つの方法になるかと思っておりますので、非常に細かい話になりますけどね。そういうふうなやっぱりデ

一タをとって、それで、そのストレートな利用だけだったら十分でないだったら、何かいろいろな工夫をすとかというのも考えていく必要があるというふうに思いますので、御検討いただければと思います。

○青野企画調整官 ありがとうございます。

その他、何か御質問、御意見等ございますでしょうか。

本日の御説明は以上となりますけれども、全体を通しまして、何かコメント等ございますでしょうか。よろしいでしょうか。

○川内首席技術研究調査官 地震・津波研究部門の川内です。

ちょっと、最後に一言だけ述べさせていただきます。

本日は、多数の御意見をいただきまして、誠にありがとうございました。

今回、火山の研究の一つの区切りとして、事後評価を迎えた段階ではありますが、火山に関する研究につきましては、特にまだわからない部分が多くございますので、今年度以降、フェーズ2、次のフェーズの研究を開始していく予定としております。その中で、本日いただきました全体的なコメントですとか、あと、各論的なコメントにつきましては、適切に反映して、研究を続けてまいりたいと思っております。

本日は、どうもありがとうございました。

○青野企画調整官 最後に、事務局からの連絡事項となります。

委員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シートをお配りさせていただきます。お忙しいところ、誠に申し訳ございませんけれども、4月24日の水曜日までに、事務局にコメント等を入れていただき、御送付いただければと存じます。本日御提出いただけたら、検討会終了後に、事務局にお渡しいただければと思います。

いただきました御意見は、事務局で取りまとめ案を作成した上で、書面による審議をさせていただきたいと考えてございますので、よろしく願いいたします。具体的な進め方につきましては、後ほど事務局より御連絡させていただきます。

それでは、これで第8回地震・津波技術評価検討会を終了いたします。本日は、どうもありがとうございました。