

副本

平成28年(ワ)第289号, 平成28年(ワ)第902号, 平成29年(ワ)第447号, 平成29年(ワ)第1281号, 平成30年(ワ)第1291号, 令和元年(ワ)第1270号

原告 沖野妙子 外  
被告 四国電力株式会社

令和2年10月7日

準備書面 (19)

広島地方裁判所民事第2部 御中

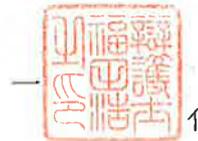
被告訴訟代理人弁護士 田 代



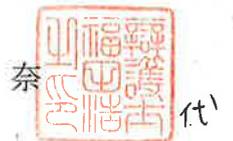
同弁護士 松 繁



同弁護士 川 本 賢



同弁護士 水 野 絵 里 奈



同弁護士 福 田



同弁護士 井 家 武



第 1	火山事象に関する基本的な知見について .....	1
1	マグマの発生 .....	1
2	マグマの進化（マグマの多様性とその成因） .....	3
第 2	火山事象に対する本件 3 号機の安全性の確保に関する被告の主張の補充 .....	5
1	阿蘇 4 規模の噴火を立地評価で考慮する必要がないことが定量的にも示されたことについて .....	5
2	本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火は、後カルデラ期の既往最大の噴火が妥当であることについて .....	12
(1)	カルデラ形成期の特徴 .....	12
(2)	岩石学的な特徴（マグマの成因）について .....	13
(3)	想定されるマグマ供給系について .....	15
(4)	阿蘇 4 噴火後の活動に着目したとき、阿蘇 4 噴火後のマグマ供給システムは変化したと考えるのは合理的であること ...	18
(5)	小括 .....	20
3	本件 3 号機における降下火砕物に対する安全確保対策について .....	21
(1)	気中降下火砕物濃度の算定手法について .....	21
(2)	気中降下火砕物濃度を踏まえた安全確保対策について ...	25
ア	非常用交流動力電源設備の機能を維持するための対策について .....	25
イ	タービン動補助給水ポンプを用いた炉心冷却手段について .....	29
ウ	建屋内に配置した可搬型設備を用いた炉心冷却手段につい	

て .....	29
エ 原子力規制委員会による確認について .....	30
(3) 小括 .....	31
第3 原告らの主張の誤りについて .....	31
1 原子力発電所の運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に 小さいかどうかの判断は可能であること .....	31
(1) 火山ガイドの規定について .....	31
(2) 現在の火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った 上で、火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態では ないことを確認することについて .....	36
(3) モニタリング検討チームにおける議論は、原子力発電所の運 用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいかどうか判 断することを否定するものではないこと .....	39
(4) 小括 .....	44
2 原告らのその他の主張に理由はないこと .....	45
(1) 須藤靖明陳述書（甲C28）に基づく主張について .....	45
(2) 阿蘇の巨大噴火を前提とする主張について .....	50
(3) 阿蘇4噴火に準ずる噴出量数十km <sup>3</sup> の噴火規模を考慮すべきと の主張について .....	51

本書面は、火山事象に対する本件3号機の安全性の確保について、平成30年6月8日付け被告準備書面(8)(以下「被告準備書面(8)」という。)における被告の主張を補充するとともに、令和2年6月25日付け原告ら準備書面30(以下「原告ら準備書面30」という。)における原告らの主張に対して、必要な範囲で反論するものである。

また、火山事象に対する本件3号機の安全性の確保に係る主張の前提となる、火山事象に関する基本的な知見については、被告準備書面(8)第1において述べたところであるが、本書面における主張にあたって、併せて補充する。

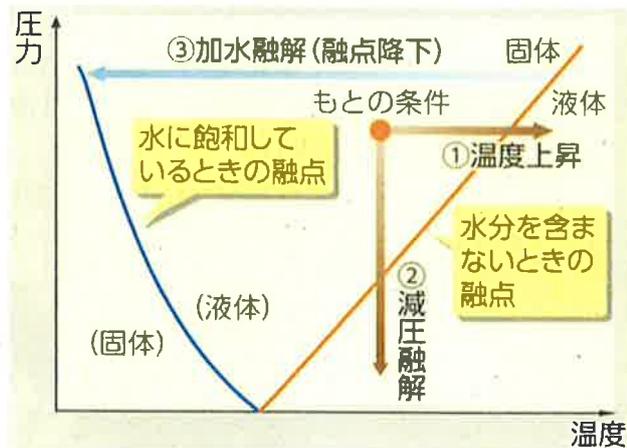
具体的には、第1において、火山事象に関する基本的な知見の説明を補充した上で、第2において、火山事象に対する本件3号機の安全性の確保に関する被告の主張を補充する。そして、第3において、原告ら準備書面30における原告らの主張に対して、必要な範囲で反論する。

## 第1 火山事象に関する基本的な知見について

### 1 マグマの発生

地球の内部は、陸地や海底を形成している地殻から内部へ向かって、マントル、外核、内核と分けられ、外核を除いて基本的には固体である。このうち、マントルの上部は、主にかんらん岩からなる。

物質の融点は圧力によって変化し、圧力が高くなると融点も上昇する。一方、地下の温度は深さとともに上昇し、マントルの上部ではかんらん岩の融け始める温度に近づく。岩石を溶融させるためには、圧力は変えずに温度を上昇させる方法(①加熱融解)、温度は変えずに圧力を下げる方法(②減圧融解)がある。また、同じ圧力、温度条件であっても水のような物質を加えると岩石の融点は下がることから、水のような融点を下げる物質を岩石に付加する方法(③加水融解)もある(図1)。

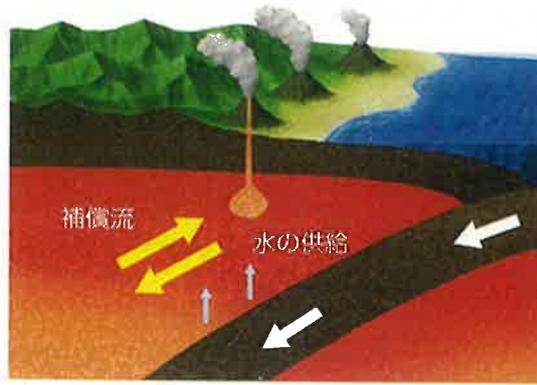


(乙415 (66頁) から引用)

図1 岩石の溶融プロセス

日本列島のような海洋プレートの沈み込み帯は、マグマが発生する場所の一つである。沈み込み帯では、陸側のプレートと沈み込む海洋プレートの上にマントルがくさび状に存在する。このくさび状のマントル部分をマントルウェッジと呼ぶ。沈み込む海洋プレートの上面と接するマントルウェッジの底部に位置するマントル物質は、海洋プレートの沈み込みに引きずられて一緒に沈み込む。するとその分を埋め合わせるように、深部の高温マントルが斜めにマントルウェッジ浅部に上昇してくる（補償流という。）。圧力は、浅部ほど低下するので、上昇する高温のマントルは、減圧融解によるマグマの発生が促される。一方、沈み込む海洋プレートの上面をなす玄武岩質海洋地殻は、海水を含んだ環境下における変質・変成作用により、含水鉱物などの形で多量の水を含んでいる。海洋プレートが沈み込み、温度・圧力が增大すると含水鉱物が分解し水が放出され、マントルウェッジに水が供給されるので、加水融解によるマグマの発生が促される。

(図2)



(乙415 (67頁) から引用)

図2 マントルウェッジ

## 2 マグマの進化 (マグマの多様性とその成因)

融解によって生じるマグマの性質は、起源物質の違いや生成条件によって異なる。マントルかんらん岩の融解によって生じるマグマは、融解が生じたときの圧力や含水量、そして融解度の違いなどによって化学組成は異なるが、基本的には玄武岩質である。このマントルで最初に生じた、分化していないマグマを初生マグマという。

マグマは、周辺の岩石と比べて密度が小さいため、浮力が生じて、上昇する。大陸地殻は、密度に関して層構造を形成していると考えられており、一般的に、上部地殻ほど密度は低い。上昇したマグマは、周囲の岩石の密度とつりあうと、浮力を失いそれ以上は上昇できなくなる。この深さを浮力中立点と呼び、マグマが停滞するのでマグマ溜まりができやすい。また、マントルと地殻の境界のモホ面などの密度差が大きいところでも滞留が生じると考えられている。マグマがモホ面で滞留する場合、高温のマグマが地殻下部の物質と長い時間接することになる。その結果、加熱により地殻の融解が起こり、マグマが形成されることになる。加熱場に水が多く存在した

り、あるいはマグマから水が供給されたりすると、加水融解の作用が促進され、さらに溶融しやすくなる。大陸地殻は、主に、上部は花崗岩質岩石（珪長質岩石）から、下部は玄武岩質岩石（苦鉄質岩石）からなる（乙416（25頁））。下部地殻は、超苦鉄質なマントルと比較するとやや珪長質成分に富み、部分溶融（融点の低い鉱物だけが先に溶けて、融点が高い鉱物は溶け残る。）によって、珪長質マグマが生じる（全溶融すると苦鉄質マグマになる。）。

また、マントル物質などが融解して生じたマグマの組成は、上昇の過程で変化し、その多様性を増す。一般的に、地殻は上部ほど低温であることもあり、上昇したマグマは、より高温のマグマによる加熱がなければ冷却が進む。マグマの冷却が進むと、マグマから鉱物が結晶化して晶出、沈殿することで分離し、それに伴いマグマの組成も変化して、一般的には苦鉄質なマグマからより珪長質なマグマに分化していく。これを、結晶分化作用という。また、マグマが自身の熱で周囲の岩石を溶かし込むと、周囲の岩石を取り込んだマグマ自身の化学組成が変化する。例えば、苦鉄質マグマが、自身よりも珪長質な花崗岩に貫入して周りの花崗岩を取り込むと、苦鉄質マグマの組成は、取り込んだ花崗岩の影響に応じて、元の苦鉄質マグマよりも珪長質寄りに変化する。これを同化作用という。さらに、異なる化学組成のマグマが混合して、その中間組成のマグマが生成されることもあり（例えば、玄武岩質マグマと流紋岩質マグマが混合すると、その中間組成の安山岩質マグマが生成される。）、このような作用を、マグマ混合という。

以上のように、マントルで発生する玄武岩質の初生マグマは、地殻を溶融することで別の性質をもつマグマを発生させることがある。初生マグマや地殻が溶融して発生したマグマは、上昇、滞留の過程において、周辺の母

岩の溶かし込みによる同化作用、滞留中の冷却に伴う結晶分化作用によって、あるいはマグマ混合によってその化学組成を変化させていく。このようにして化学組成を変化させていくことをマグマの進化（あるいは、マグマの分化）という（なお、初生マグマそのものが噴出することは珍しい。）。

マグマは、そのまま冷却固化すると岩石となり、冷却固化したマグマが大陸地殻の成長の一因となっている。一方、冷却固化せずに地表に噴出する現象が火山噴火である。

（以上、乙415（66～67頁）、乙417（80～83頁）、乙418（13～17頁））

## 第2 火山事象に対する本件3号機の安全性の確保に関する被告の主張の補充

被告準備書面（8）の提出以降、阿蘇について、世界的にも著名な火山学者らの評価が示されたことから、下記1及び2では、この評価を踏まえて、被告準備書面（8）の主張を補充する。また、降下火砕物に対する安全性の確保について、新たな対策等を講じるとともに、改正実用炉規則等への適合性について、原子力規制委員会の確認を受けたことから、下記3において、被告準備書面（8）の主張を補充する。

### 1 阿蘇4規模の噴火を立地評価で考慮する必要がないことが定量的にも示されたことについて

(1) 被告準備書面（8）では、第3の1(1)において、本件発電所の運用期間中に阿蘇の巨大噴火が発生する可能性は十分に小さいと評価でき、本件3号機は阿蘇との関係において立地評価上問題がないこと、第3の1(2)において、阿蘇の巨大噴火である阿蘇1～阿蘇3噴火の火砕流は九州内に留まるところ、阿蘇4火砕流ですら、本件発電所の敷地には到達していないことから、この点からしても立地評価上問題がないことを説明し

た。

したがって、本件発電所が阿蘇との関係において立地不適とならないことは明らかであるが、その後、被告は、更なる取り組みとして、世界的にも著名な専門家らの協力を得て、本件発電所の立地評価において詳細な検討の対象となり得る阿蘇4噴火の規模の噴火の発生可能性を定量的に評価することによって、本件発電所が阿蘇との関係において立地不適とならないことを定量的にも裏付けている。本項においては、この阿蘇4噴火の規模の噴火の発生可能性の定量的な評価について説明する。

(2) まず、本評価に至った経緯等について説明する。

被告は、平成29年12月13日に広島高等裁判所によって、本件3号機の運転差止めを命じられたことを受け、平成30年1月に、運転差止めの理由とされた阿蘇4噴火について、IAEA<sup>1</sup>のSSG-21<sup>2</sup>及びTECDOC-1795<sup>3</sup>の著者であるブリストル大学のProf. Willy P. Aspinall及び南フロリダ大学のProf. Charles B. Connor（火山灰シミュレーション解析で用いているシミュレーションプログラムTephra2の開発者としても著名である。）に対して意見を求めた（乙419（101頁）、乙420（261頁））。Prof. Charles B. Connorは多忙であったため、その時点で意見を示すことはできないと回答があったものの、同じSSG-21及びTECDOC-1795の主著者であり、元NRC（米国

---

1 International Atomic Energy Agency（国際原子力機関）

2 「Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations」IAEA, IAEA Safety Standards, No. SSG-21, 2012.

3 「Volcanic Hazard Assessments for Nuclear Installations: Methods and Examples in Site Evaluation」IAEA, IAEA TECDOC SERIES, No.1795, 2016.

原子力規制委員会)のDr. Brittain E. Hillの紹介を受けた(その結果として、乙238及び乙281が示された。)。一方、Prof. Willy P. Aspinallからは、専門家の評価を定量化できる手法(BBN<sup>4</sup>)を用いることの提案とともに、BBNの利用に当たっては複数の専門家による意見分布の活用を推奨するとの見解が示された。そこで、Prof. Willy P. Aspinallに専門家グループを編成したうえで、BBNに基づく評価をすることを依頼した。

Prof. Willy P. Aspinallは、火山学を専門とするとともに、科学的あるいは工学的に不確かさがある低確率/高影響事象に対する意思決定における専門家意見の活用に関する世界的な権威であり(乙421)、実際にイギリス領モンセラート島のスプリエール・ヒルズ火山の噴火に伴う避難を成功させた実績がある<sup>5</sup>。Prof. Willy P. Aspinallによって編成された専門家グループには、Prof. Willy P. Aspinall, Prof. Charles B. Connor及びDr. Brittain E. Hill,さらには世界でも屈指の火山学の権威であり、SSG-21の著者でもあるブリストル大学のProf. Sir R. Stephen J. Sparks FRS<sup>6</sup>, イタリア国立地球物理学火山学研究所副所長でTECDOC-1795

---

4 Bayesian Belief Networkの略でベイズ統計学に基づく手法である。不確実性を含む事象の予測や合理的な意思決定、障害診断などに利用することのできる確率モデルの一種で、人間の経験則や感性を確率、統計に取り込むことができる。天文学など不確かさが大きい分野などで活用されるほか、近年は、AIやビッグデータなどに係る情報通信分野で広く活用されている。ちなみに、甲C9に記載があるBPT分布による確率計算は、BBNとは全く別物であり、被告の火山事象の影響評価では全く用いていない。

5 スプリエール・ヒルズ火山のリスク対応に係る貢献を称え、イギリス女王から聖マイケル・聖ジョージ勲章(CMG)を受賞した。また、2010年のエイヤフィヤトラヨークトル(アイスランド)の噴火による航空機への火山灰影響の対応について、専門家として、イギリス政府に対する助言活動を行った。(乙422)

6 Fellowship of the Royal Society。「数学・工学・医学を含む自然知識の向上への多大な貢献」をした人物に対し、王立協会から付与される賞及び会員資格のこと。

の著者でもあるDr. Antonio Costa (乙420 (261頁)) といった世界的にも著名な火山学者ら合計16人の火山専門家が加わっている。また、統計学に精通した数学者としてブリストル大学のPrf. Jonathan J. Rougier及びリスクと不確実性の数学的モデリングに精通した専門家として元オランダデルフト工科大学教授のDr. Roger Cookeが協力している。さらに、日本の文献も多く参照する必要があることから、検討すべき文献を漏れなく参照できるよう文献の抽出作業や阿蘇に関する知見についての技術的な内容の議論など、日本の大学からも火山学及び統計学の専門家6人が科学的技術的な協力をしている(乙423-1 (日本語訳6頁), 乙424 (3頁))。

評価に当たっては、相当な議論を要したものの、その評価の対象が日本の第四紀における最大規模の噴火である阿蘇4噴火(乙231 (94頁))という極端に規模の大きな噴火であるため、このような規模に特化した比較的単純なモデルを構築することができた。そして、約2年をかけて、一定の信頼性のある結果として取りまとめられた成果が乙423-1, 乙423-2及び乙423-3である。

- (3) 上記の専門家グループによる評価に当たっては、個々の専門家による個別の評価報告も含まれており、その中には今後100年間の阿蘇4噴火の規模の噴火の可能性について述べるものもある。そこで、まず、それらの個々の専門家による個別評価報告の概要を述べる。

ア ブリストル大学のPrf. Sir R. Stephen J. Sparks FRSは、国際火山学及び地球内部化学協会(IAVCEI)

7の会長を務めたほか、地球科学の分野においてノーベル賞と同等とみなされるヴェトレセン賞<sup>8</sup>を受賞している世界でも屈指の火山学の権威で(乙425)、火山学における長年にわたる多大な功績から、上記ヴェトレセン賞のほか、IAVCEIの最高位の賞(ソラリンソン・メダル)をはじめ、アメリカ地球物理学連合(AGU)等の各種学会で多数の賞を受賞するとともに、イギリス王室から、ナイトの爵位の叙位、ロイヤルメダル等の授与を受けている人物である。そして、現在も、最新の地下のマグマの描像に関するレビュー論文<sup>9</sup>を執筆するなど、火山学の最先端を行く人物であり、SSG-21の策定にも携わった人物である(乙419(101頁))。

そのProf. Sir R. Stephen J. Sparks FRSは、カルデラを形成するような噴火を起こすための膨大な量の珪長質マグマを生成するには、中部地殻でカルデラ全体の面積に匹敵するほどの拡がりを持つマグマの滞留による熱的成熟が必要と考えられるところ、現在の阿蘇は、下部地殻から中岳に向かって連続的な火道が存在するだけで、中部地殻に巨大なマグマ溜まりは形成されていないため(つまり、苦鉄質なマグマがあまり進化することなく噴出する系となっているため)、将来100年間において阿蘇4規模の噴火を再び発生させることができるような進化のステージにないことが明らか

---

7 International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior. 火山に関する諸分野の研究をする研究者の国際学会。

8 ノーベル賞が対象とする6分野に含まれていない地球科学分野において最高の栄誉とされる賞。

9 「Formation and dynamics of magma reservoirs.」 Sparks, R.S.J., C. Annen, J.D. Blundy, K.V. Cashman, A.C. Rust, and M.D. Jackson. 2019. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, 377: 20180019.

かであり、将来100年間において阿蘇4噴火の規模の噴火が発生する確率はゼロであると述べている（乙423-2（日本語訳6～15頁））。

次に、SSG-21等、IAEAの火山に係る安全ガイドの主著者であり、米国原子力規制委員会において科学技術に関する上級顧問を務めるなど、原子力施設に係る火山事象評価について豊富な経験を有する火山学者のDr. Brittain E. Hillは、既に乙238において、本件発電所の運用期間中における阿蘇4規模の噴火の可能性は十分小さいとの意見を示していたところ、さらに詳細な検討を加え、次のとおり評価を示した。

阿蘇における中深度の地殻システムは、阿蘇4噴火の時期には温度的、組成的に十分発達しており阿蘇4噴火を引き起こす大量の珪長質マグマを形成していたが、阿蘇4噴火以降には、阿蘇4噴火をもたらした大規模なマグマ溜まりは無くなって大量の珪長質マグマを生成することはなくなり、約9万年前以降（特に約3万年前以降）は爆発的な噴火を生じにくい苦鉄質マグマが噴出物を支配している状況が続いているとしている。さらに、後カルデラ期の阿蘇は、巨大噴火をするような噴出率<sup>10</sup>や組成をしておらず、噴出率では、日本の他の一般的な火山と変わらないと結論している（乙423-2（日本語訳1～5頁））。

(4) 専門家グループは、以上のような評価のほか、既存の文献等に関するレビューなど個々の専門家による個別の検討に基づく評価報告も交わした上で、阿蘇4規模の巨大噴火のポテンシャルの有無について、BBNを用いた評価を実施した。具体的には、阿蘇4噴火の噴出量、現在の阿蘇

---

10 単位時間あたりに噴出するマグマの量のこと。

の地下のマグマ溜まりの体積、現在の阿蘇の地下のマグマの組成等について、既存の文献等の知見とそれを踏まえた専門家の意見に基づいた重み付けによるモデルを構築した上で、それに基づき今後100年以内に阿蘇が阿蘇4規模の巨大噴火を起こすポテンシャル<sup>11</sup>について繰り返し計算した。その結果、専門家グループの判断として、現在の阿蘇の状況を前提として今後100年以内に阿蘇4規模の巨大噴火を起こすポテンシャルは $10^{-9}$ のオーダーと評価され、限りなくゼロに近いことが示された<sup>12</sup>（乙423-1（5～6頁））。

隈元崇岡山大学教授やDr. Brittain E. Hillが述べるように、巨大噴火については地震ハザードと同様のレベルでの確率論的な評価は困難とされており（乙424（3頁）、乙238（日本語訳1枚目））、上記の結果は、地震ハザードと同等のレベルで確率論的な評価結果が示されたものではないが、隈元崇岡山大学教授が述べる「9万年前の阿蘇4噴火が約30万年前以降の阿蘇の活動史において最大規模であることから単純に求まる $3 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5}$ といった年超過確率と比して有意に大きい小さいかを判断の根拠とすることができよう」との意見（乙424（3頁））を踏まえれば、火山の現在の活動状況を何ら考慮しない場合に比して有意に小さい値が得られたことに大きな意味があり、阿蘇において阿蘇4規模の巨大噴火が差し迫った状態ではないことに加え、今後100年以内に阿蘇4規模の巨大噴火が差し迫った状

---

11 乙423-1で評価しているのは、現在阿蘇火山内に存在する（又は今後100年以内に存在するようになる）噴火可能なマグマの推定総体積と、8.95万年前に噴出した体積（阿蘇4噴火の体積）について、噴出可能なマグマの体積が阿蘇4の際に噴出した体積と同等以上となる可能性である（乙423-1（日本語訳2頁））。

12 UNINETによる10億回の計算の結果 $2 \times 10^{-9}$ と評価された。また、この結論の妥当性を確認するための検証計算においても、 $6 \times 10^{-9}$ と評価され、 $10^{-8}$ を下回る低確率であることが確認されている。

態とはならないこと（本件発電所の運用期間中における阿蘇4規模の巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠がないこと）に関して、専門家グループの総合評価を定量的に示すものである。

したがって、本件発電所の立地評価上、阿蘇4規模の噴火を考慮する必要がないことが定量的にも示されたといえる。

## 2 本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火は、後カルデラ期の既往最大の噴火が妥当であることについて

本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火は、被告準備書面（8）第3の1(1)ウ（イ）（84～85頁）で述べたとおり、阿蘇においては、日本の第四紀最大規模とされる阿蘇4噴火（乙231）を契機として、非常に大きな変化が生じており、カルデラ形成期と後カルデラ期とでは明らかに火山活動が異なっていることから、本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火について、後カルデラ期の活動を基に検討し、後カルデラ期既往最大の草千里ヶ浜軽石の噴火を考慮している。

カルデラ形成期と後カルデラ期とでは明らかに火山活動が異なっていることについては、上記(1)で述べた専門家の検討の中でも明確に示されている。そこで、以下では、それらの専門家の意見を交えながら、本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火について、後カルデラ期の活動を基に検討し、後カルデラ期既往最大の草千里ヶ浜軽石の噴火を考慮することが妥当であることについて主張を補充する。

### (1) カルデラ形成期の特徴

阿蘇のカルデラ形成期においては、その噴火履歴において、巨大噴火後に、一旦、巨大噴火及びその直前の噴火よりも苦鉄質なマグマの活動に変化した後、徐々に珪長質に変化し、次の巨大噴火に至るという特徴

がある（乙256，乙257）。

これに対して，阿蘇4噴火以降の後カルデラ期のマグマシステムは，以下で述べるとおり，阿蘇4噴火以前のカルデラ形成期のマグマシステムとは根本的に異なると結論付けることが合理的である。

(2) 岩石学的な特徴（マグマの成因）について

上記第1の2で述べたとおり，マントルで発生した初生マグマは，地殻内を浮力によって上昇する過程において，結晶分化作用，同化作用，マグマ混合によってマグマの性質を変化させる。このようなマグマの進化の過程（分化プロセス）は，噴出物の岩石学的特徴について分析することで推定することができる（乙427）。このような噴出物の岩石学的特徴について，カルデラ形成期以前と後カルデラ期では大きく特徴が異なることについては，被告準備書面（8）第3の1(1)ア（イ）a（c）でも述べたところであるが，改めて敷衍して述べる。

マグマの成因の違いを推定する際に一般に用いられる指標として， $Sr$  同位体比があり，これについては被告準備書面（8）注釈61（56頁）で概略を説明したところであるが，改めて詳細を述べる。 $Sr$  同位体比は，初生マグマや下部地殻の岩石では低いのに対して，上部地殻の岩石では高い。このため，上部地殻の岩石が溶融して発生したマグマや，上部地殻の岩石の溶かし込みによる同化作用の影響を受けたマグマの $Sr$  同位体比は高くなり，上部地殻の岩石の溶融や溶かし込みによる同化作用を成因とする珪長質マグマの $Sr$  同位体比は高い。一方，結晶分化作用では $Sr$  同位体比は変化しないので，苦鉄質マグマからの結晶分化作用を成因とする珪長質マグマは，元の苦鉄質マグマと同じ $Sr$  同位体比となり得る。また，苦鉄質な下部地殻の岩石の溶融によって苦鉄質マグマ

が発生する際に、同じ岩石を部分溶融させても苦鉄質マグマと Sr 同位体比が同じ珪長質マグマが発生し得る。

以上のような Sr 同位体比の性質に着目すると、阿蘇のカルデラ形成期と後カルデラ期では、マグマの進化の過程（分化プロセス）が異なると考えられる。

まず、カルデラ形成期のマグマは、一般に、Sr 同位体比が低く、巨大噴火以外の噴火も含めて、珪長質マグマと苦鉄質マグマでほとんど同じであるという特徴がある。このため、カルデラ形成期の珪長質マグマは、苦鉄質マグマの結晶分化作用あるいは苦鉄質マグマと同一の下部地殻の岩石の部分溶融のプロセスを成因とすると考えられる。なお、苦鉄質マグマからの結晶分化作用、苦鉄質マグマと同一物質の部分溶融のいずれの成因によって珪長質マグマが発生する場合でも、発生する珪長質マグマよりもはるかに大量の苦鉄質マグマを必要とする（乙423-2（日本語訳1～2頁））。

これに対して、後カルデラ期の噴出物の Sr 同位体比は幅広く、苦鉄質マグマの Sr 同位体比が低いのにに対して珪長質マグマの Sr 同位体比は高いという特徴がある。この珪長質マグマの高い Sr 同位体比は、Sr 同位体比の高い岩石の溶融あるいは同化作用が関与していなければならない。これはカルデラ形成期において見られた苦鉄質マグマとほとんど同じ低い Sr 同位体比を持つ珪長質マグマの特徴とは異なり、両者が違うプロセスで進化したものであることを示している。更に言えば、後カルデラ期の珪長質マグマは、阿蘇4マグマとのマグマ混合で作ることのできないので、地下に阿蘇4マグマが残存していて後カルデラ期の珪長質マグマの発生に関与しているということもないと言える。（乙42

### 3-2 (日本語訳2~3頁)

以上のような知見から、SSG-21等の主著者であるDr. Brittain E. Hillは、「まとめると、入手可能な情報は、大規模な阿蘇4噴火の発生が27万年前以降の阿蘇火山のマグマ分化を制御するプロセスに根本的な変化をもたらしたという解釈を支持している。8万7千年前以降の阿蘇のマグマは、カルデラを形成する噴火につながる珪長質マグマの大規模蓄積を形成するのではなく、むしろ、主に溶岩流が主体の噴火につながる、より小さく分離したマグマシステムを形成している。大規模な火砕噴火を起こすために必要な珪長質マグマは、8万7千年前から3万年前までの間、小規模で噴出したに過ぎない。対照的に、珪長質マグマは300~400km<sup>3</sup>の阿蘇4噴火では最も多い組成であった。また、3万年前以前の珪長質マグマは阿蘇4マグマとは別のものであり、阿蘇4マグマとは同位体的に異なる地殻の岩石との相互作用によって分化した。これらの岩石成因関係は、300km<sup>3</sup>を超える阿蘇4マグマを生成して、蓄積したプロセスと同じではない。簡単に言うと、8万7千年前の阿蘇4噴火は、8万7千年前から27万年前までの期間変わることがなかったマグマ生成機構が終わったことを表しており、基本的に前の期間とは根本的に異なるマグマ活動の新しい期間が始まったことを告げている。」と述べている(乙423-2(日本語訳3頁))。

#### (3) 想定されるマグマ供給系について

大規模カルデラの形成、大量のテフラの生成などを伴う巨大噴火は、大量の珪長質マグマを必要とし、玄武岩質マグマでは、巨大カルデラを形成する大規模な爆発的噴火には繋がらず、このことは地質学的には普遍的な前提となっている(乙426(日本語訳8~9頁)、乙423-1

(日本語訳 2 頁))。そして、巨大噴火においては、噴火に先立って大量の珪長質マグマが地下浅部に蓄積されていなければならないことは、被告準備書面(8)第1の4(2)で述べたところである。一方、上記第1の2でも述べたように、マントルから深部地殻に貫入してくる初生マグマは、基本的には玄武岩質であるから、大量の珪長質マグマが地下浅部に蓄積されている状態に至るには、浅部に至るまでの間において大量の珪長質マグマへと進化するための仕組みが必要である。すなわち、現在の火山学の知見では、巨大噴火に至る過程について十分に解明されるに至っているわけではないが、少なくとも、巨大噴火に先立って大量の珪長質マグマへの進化をもたらすマグマ供給系が存在していなければならないところ、阿蘇のカルデラ形成期には、そのようなマグマ供給系が存在していたと考えられる。これに対して、後カルデラ期である現在の阿蘇のマグマ供給系においては、そのような大量の珪長質マグマが生じているとは考えられない。この点について、以下、専門家の意見に基づき述べる。

Pr f . S i r R . S t e p h e n J . S p a r k s F R S は、カルデラ形成期の阿蘇についてこれまでに積み重ねられていた知見が、最新の火山学的な研究から考えられているマグマシステムの描像から考えられる巨大噴火における珪長質マグマへの進化の仕組みと整合的であることを確認した上で、後カルデラ期の噴出物の特徴や地球物理学的調査結果を踏まえて、現在の阿蘇のマグマ供給系は、カルデラ形成期のマグマ供給系とは異なることを指摘している。すなわち、巨大噴火を発生させるようなマグマ供給系について、「膨大な量の珪長質マグマを生成するため、中部地殻における苦鉄質安山岩マグマの停滞により、カルデラ全体に匹敵する面積を持つ高温帯の形成が必要である」とされるのに

対して、「過去3万年間、阿蘇火山は玄武岩質マグマを噴出する火山であった。マグマシステムは、地球物理学的観測によって下部地殻から追跡することができ、活動的な火口における火山活動は、玄武岩質マグマやそれに伴う揮発成分を活動中の中岳火口へ供給するマグマ溜まりと火道の開放システムでほぼ連続している。」（つまり、深部に貫入した玄武岩質マグマがあまり進化しないままに中岳へ供給する火道が連続している。）として、「阿蘇火山は、将来100年間において阿蘇4規模の噴火が再び生じ得るような進化のステージではないことを示している。」と述べている（乙423-2（日本語訳6～15頁））。

また、Dr. Brittain E. Hillは、現在の阿蘇火山下部のマグマシステムでは苦鉄質組成が支配的であると結論づけるのは合理的であるとし、「小規模な珪長質噴火は約30,000年前から約87,000年前の間に発生したが、これらの珪長質マグマの組成は阿蘇4とは異なり、地殻との有意な相互作用を示している。約30,000年前以降、わずか2回の極めて小規模な珪長質マグマ噴火を除き、噴火はほぼ全て苦鉄質である。約87,000年前以降のマグマの噴出率は、日本における他の島弧火山の噴出率と類似している。地球物理学的な調査結果においても、マグマ溜まりが阿蘇カルデラの直下5-10kmの深さに存在することが示されている。その浅部マグマシステムはかなりの高確率で苦鉄質であり、約30,000年前以降の噴火の起源になっていることが、これらの観察・観測結果から示されていると私は考える。」、「阿蘇4噴火以降、そのマグマシステムは苦鉄質マグマ活動が支配的な新しい活動時期に入った、と私は確信している。」と述べている（乙426（日本語訳10～11頁））。

そして、現在の阿蘇のマグマ溜まりが苦鉄質であると考えられることについては、阿蘇の岩石学的研究の第一人者である長谷中利昭熊本大学特任教授（乙428）、三好雅也福岡大学教授（乙250（6-14～6-15頁））、被告準備書面（8）第3の1(1)ウ（ア）bで述べた榊原正幸愛媛大学教授（乙255（6頁，15頁））、上記1で述べた検討をしたPrf. Charles B. Connor, Dr. Mikel Díez及びDr. Antonio Costa（乙423-3（3頁））等多くの専門家が同様の判断を示しているところである。また、産業技術総合研究所は、新たに、地下水、湧水、温泉水、河川水に関する地球化学的調査を用いてマグマの状態を推定する手法を阿蘇に適用し、「阿蘇カルデラの地下には苦鉄質マグマが存在し、珪長質マグマは存在していない可能性を強く示唆している。」と述べている（乙429（5頁，465頁））。上記、Prf. Sir R. Stephen J. Sparks FRS及びDr. Brittain E. Hillの、現在の阿蘇のマグマシステムは苦鉄質マグマが支配的であるといった指摘は、これらの専門家、産業技術総合研究所の判断等とも整合的である。

- (4) 阿蘇4噴火後の活動に着目したとき、阿蘇4噴火後のマグマ供給システムは変化したと考えるのは合理的であること

以上のとおり、マグマの成因関係や想定されるマグマ供給系の違いといった観点から、阿蘇の後カルデラ期のマグマ供給系は、阿蘇4噴火までのカルデラ形成期のマグマ供給系とは著しく異なると言える。このことについて、被告は、改めて、Dr. Brittain E. Hillに対して、阿蘇4噴火後の活動に着目したとき、阿蘇4噴火後のマグマ供給システムは変化したと考えるのは合理的であるかどうか確認した。そ

の結果，Dr. Brittain E. Hillは，「専門家としての私の意見として，阿蘇4噴火後，阿蘇のマグマ供給システムが著しく変化したと結論付けるのは以下の理由で合理的である。」と回答し，その根拠として，以下のような理由を具体的に述べている（乙426（日本語訳12～14頁））。

- ・阿蘇1から阿蘇4への発展は，大規模で長寿命な地殻マグマシステムの規則正しい発達を示しており，それは，主に，中深度（10-20 km）マグマ溜まりの熱的，組成的な進化によりもたらされている。
- ・中深部の地殻内マグマ溜まりは，マントル内の沈み込み帯のプロセスで生成されたマグマから形成されている。これらの過程（沈み込み帯の過程）は，過去100万年間に著しく変化した可能性は低い。つまり，マントル起源のマグマは，27万年前に噴火した阿蘇1よりはるか前から中深度の地殻内に収集され始め，大量の中間的な組成のマグマが形成されてきていたに違いない。
- ・阿蘇3及び阿蘇4の大規模噴火で，中深度のマグマ溜まりの珪長質マグマを使い果たした。約87,000年前以降は，珪長質マグマは極めて少量のみ噴火しており，阿蘇4とは組成が異なっていた。約30,000年前以降の噴火は小規模で，ほぼ苦鉄質に限られている。
- ・約87,000年前以降，阿蘇におけるマグマの噴出率は，他の日本の第四紀火山における噴出率に極めて近い。これらの噴出率は，深部マントルシステムにおける長期のマグマ生成率を反映している可能性が高い。
- ・約87,000年前以降，阿蘇火山における組成と噴出率の変化は，苦鉄質マグマが，システムの深い部分から直接噴出しており，中深度の

地殻に収集されていない（つまり、停滞していない）ことを示している。中深度の貯留システムは、約 87,000 年前以降著しく変化してきており、大量の珪長質マグマを生成することができる長寿命のマグマシステムの特性を示していない。

(5) 小括

以上のとおり、阿蘇においては、カルデラ形成期と後カルデラ期とは非常に大きな変化が生じており、明らかに火山活動が異なっているといえる。

そして、このような変化が生じていることは、以上のような火山学の知見だけでなく、統計学的な分析からも、裏付けられている。すなわち、被告準備書面（8）第3の1(1)ア（イ）b（b）（62頁以下）でも述べたとおり、四国西部の宇和盆地において、後カルデラ期の約9万年間に降灰が示されていないことは、カルデラ形成期の単純平均で約1万年に1回程度の降灰間隔からは大きく外れており、この違いは、統計学的に見て、たまたま降灰間隔に大きなばらつきが生じていると解釈するよりも、カルデラ形成期と後カルデラ期で噴火活動に相当変化があったと解釈する方が妥当なのである（乙258（4頁））。

したがって、阿蘇の実態について火山学的、統計学的な見地からすれば、本件発電所の運用期間中に考慮する噴火規模は、後カルデラ期の活動に基づき設定することが妥当であり、本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火を、後カルデラ期既往最大の草千里ヶ浜軽石の噴火とすることは妥当である。

付言すると、阿蘇における後カルデラ期既往最大の噴火である約3万年前の草千里ヶ浜軽石の噴火の噴出物は、3つの自治体の約5万人が居

住する阿蘇カルデラ内の大半を50 cm以上の厚さで埋没させた噴火であり（乙212（205頁，Fig 5の図（E））），現実にこのような噴火があれば甚大な被害が発生することは明白なレベルの規模の大きな噴火である。後カルデラ期の火山活動は，最近1万年間はプリニー式噴火のような大規模噴火を起こしにくい玄武岩質の噴火が卓越する傾向にあり，1930年代の阿蘇の火山活動や最近1万年間の噴火の規模（最大規模はVEI 3程度）を踏まえると，これらの噴火よりも十分に規模が大きな草千里ヶ浜軽石の噴火規模を考慮することは保守的であると言える。

### 3. 本件3号機における降下火砕物に対する安全確保対策について

被告は，平成29年11月29日付けの実用炉規則等の改正を踏まえ，気中降下火砕物濃度を算出した上で，本件3号機の安全性が損なわれないよう安全確保対策を講じるとともに，この安全確保対策が一部改正後の実用炉規則等に適合していることについて，平成30年12月17日に原子力規制委員会の確認を受けている（乙430）。

被告の安全確保対策の内容や手順については，概ね被告準備書面（8）第4の1(2)（126頁以下）で述べたとおりであるが，上記を踏まえて，改めて敷衍して説明する。具体的には，下記(1)において，気中降下火砕物濃度の算定方法について，下記(2)において被告の安全確保対策について述べる。

#### (1) 気中降下火砕物濃度の算定手法について

被告準備書面（8）第4の1(2)ア（イ）（128頁以下）で述べたとおり，火山ガイドに定める手法によって本件発電所の敷地で想定する堆積層厚15 cmに対応する気中降下火砕物濃度を算出すれば， $3.1 \text{ g} / \text{m}^3$ となる（同書面130頁）。本項では，この算出過程等について，具体的

に述べる。

ア 火山ガイドは、「降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法」と「数値シミュレーションにより気中降下火砕物濃度を推定する手法」のうちのいずれかによることとしているところ（乙431（29頁））、被告は、本件3号機の設置変更許可の段階で既に降灰量を設定しており、「降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法」の方が堆積層厚の想定と一貫性のある評価となることや「数値シミュレーションにより気中降下火砕物濃度を推定する手法」は数値シミュレーションで使用する噴煙高さの設定や噴出率の時間変化等に課題を残していること<sup>13</sup>を勘案し、「降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法」を採用して原子力規制委員会の認可を受けている（乙432（別紙3）、乙431）。そこで、以下では、当該手法による算定の詳細について述べる。

イ まず、前提条件として、本件発電所においては、層厚15cmの降下火砕物の堆積（総降灰量としては150,000g/m<sup>2</sup>の堆積）を想定しているところ、算定にあたっては、火山ガイド（乙431（30頁））に従って、その全量が24時間のうちに降下してくると仮定する。

次に、被告は、降下火砕物の堆積層厚を数値シミュレーションを踏まえて設定しているため、火山ガイド（乙431（30頁））に従って、数値シミュレーションの際の粒径分布（Tephra2による粒径分

---

13 例えば、噴出率を実測値に基づく値に設定すると降灰の地理的分布に強く関与するパラメータである噴煙柱高さが実測値に基づく値よりも過小になる一方、噴煙柱高さを実測値に基づく値に設定すると噴出率を実測値に基づく値よりも過大になるなどの課題がある（乙433（27頁））。

布) を用い、降下火砕物の粒径ごとに当該粒径の粒子が降下火砕物全体の中に占める割合 (%) を設定する。そして、総降灰量に当該割合を乗じることで粒径ごとの降下火砕物の降灰量 (g / m<sup>2</sup>) を算出する。

ここで、降灰量 (g / m<sup>2</sup>) は、どの程度の密度 (気中濃度) の降下火砕物が、どの程度の降下速度 (終端速度<sup>14</sup>) で、どの程度の時間降下し続けるか (堆積時間) で決まるものであるため、以下の算定式で表すことができる (乙 4 3 4 (15 頁))。

$$\text{降灰量 (g / m}^2\text{)} = \text{気中濃度 (g / m}^3\text{)} \times \text{終端速度 (m / 秒)} \times \text{堆積時間}$$

上式を変形すると、以下のとおり、気中濃度を求める算定式を導くことができる。

$$\text{気中濃度 (g / m}^3\text{)} = \text{降灰量 (g / m}^2\text{)} \div \text{堆積時間} \div \text{終端速度 (m / 秒)}$$

なお、「降灰量 (g / m<sup>2</sup>) ÷ 堆積時間」は降下火砕物の堆積速度 (g / 秒・m<sup>2</sup>) を意味するため、より簡潔に気中濃度を求める算定式を示せば、以下のようになる。

$$\text{気中濃度 (g / m}^3\text{)} = \text{堆積速度 (g / 秒} \cdot \text{m}^2\text{)} \div \text{終端速度 (m / 秒)}$$

以上から、粒径ごとの堆積速度 (g / 秒・m<sup>2</sup>) と粒径ごとの終端速度 (m / 秒) が分かれば、粒径ごとの気中濃度 (g / m<sup>3</sup>) を算定することができる。まず、堆積速度 (g / 秒・m<sup>2</sup>) は、上記のとおり、降下火砕物の全量が 24 時間で降下するものと仮定するため、粒径ごと

14 落下する物体 (雨粒、降下火砕物等) が摩擦抵抗などを受けて、最終的に一定の速度になった時の速度

の降灰量を24時間(86,400秒)で除することにより求まる。次に、降下火砕物の粒径ごとの終端速度(m/秒)は降下火砕物の粒径と終端速度との関係を整理した知見(Suzuki(1983)<sup>15</sup>)から求まる(後記エラー! 参照元が見つかりません。のvii参照)。したがって、粒径ごとの気中濃度(g/m<sup>3</sup>)を算定することができる。

そして最後に、上記で算定した粒径ごとの気中濃度を全て合計すると、3.1g/m<sup>3</sup>の気中降下火砕物濃度が求まる(エラー! 参照元が見つかりません。)

表1 気中降下火砕物濃度の計算

入力条件/計算結果			備考
設計層厚	i	15cm	設置(変更)許可を得た設計層厚
総降灰量 $W_T$	ii	150,000g/m <sup>2</sup>	設計層厚×降下火砕物密度1g/cm <sup>3</sup>
降灰継続時間 t	iii	24h	Carey and Sigurdsson(1989)参考
粒径iの割合 $p_i$	iv		Tephra2による粒径分布の計算値
粒径iの降灰量 $W_i$	v		式①
粒径iの堆積速度 $v_i$	vi		式②
粒径iの終端速度 $r_i$	vii		Suzuki(1983)参考
粒径iの気中濃度 $C_i$	viii		式③
気中降下火砕物濃度 $C_T$	ix	3.1g/m <sup>3</sup>	式④による計算結果を保守的に切り上げ

(式①～④)

- ① 粒径 i の降灰量  $W_i = p_i W_T$  ( $p_i$ : 粒径 i の割合  $W_T$ : 総降灰量)
- ② 粒径 i の堆積速度  $V_i = \frac{W_i}{t}$  ( $t$ : 降灰継続時間)
- ③ 粒径 i の気中濃度  $C_i = \frac{V_i}{r_i}$  ( $r_i$ : 粒径 i の降下火砕物の終端速度)
- ④ 気中降下火砕物濃度  $C_T = \sum C_i$

ウ 以上の気中降下火砕物濃度の算定手法は、本来は、粒径の小さな降

15 A theoretical model for dispersion of tephra, Arc Volcanism : Physics and Tectonics : 95-116, Terra Scientific Publishing.

下火砕物は降下速度が非常に小さいため地表に降下してくるまでに相当な時間を要すると考えられ、24時間以内には降下できないものもあるところ、あえて降下火砕物の粒径の大小に関わらず24時間のうちに同時に降灰すると仮定している点で保守的な算定方法となっている。また、粒径の小さな降下火砕物は降下する過程で凝集<sup>16</sup>するところ、凝集することで粒径が大きくなった降下火砕物は終端速度が大きくなるため、上記の算定式からすれば終端速度が大きい方が気中降下火砕物濃度は小さくなるにもかかわらず、あえて凝集を考慮していない点でも保守的な算定方法となっている。(乙435(94~96頁))

(2) 気中降下火砕物濃度を踏まえた安全確保対策について

被告は、降下火砕物の堆積層厚15cmに対応する $3.1\text{ g/m}^3$ の気中降下火砕物濃度を考慮しても本件3号機の安全性が損なわれないよう下記ア～ウの安全確保対策を講じている。これら3つの対策は、いずれの対策によっても安全に原子炉を冷却できるよう講じているものである。

ア 非常用交流動力電源設備の機能を維持するための対策について

被告準備書面(8)第4の1(2)ア(イ)a(131頁以下)でも述べたとおり、被告は、本件3号機において、非常用ディーゼル発電機の吸気消音器に着脱可能な火山灰フィルタを設置して、気中降下火砕物濃度 $3.1\text{ g/m}^3$ に対しても非常用ディーゼル発電機2系統を同時に機能維持できるよう対策を講じている(乙436)。

具体的には、火山灰フィルタは、筐体の中に、火山灰フィルタエレメ

---

16 降下火砕物が集合して塊となる現象。集合するメカニズムとしては、水の粘着力、凍結付着、静電気力などが考えられている。

ント（カートリッジ式のフィルタ<sup>17</sup>）の挿入機構を持つものであり，降下火砕物の影響が予想される場合には，筐体ごと非常用ディーゼル発電機の吸気消音器に接続する構造となっている。火山灰フィルタは，常時，非常用ディーゼル発電機の吸気消音器の架台（作業足場）上，非常用ディーゼル発電機の吸気消音器の周囲に設置し，使用時には，架台上を人力で移動させて非常用ディーゼル発電機の吸気消音器に接続することができる（火山灰フィルタの取付用ガイドレールを設置することから，容易に移動させることができる。），架台はグレーチング<sup>18</sup>であることから，架台を通して吸気することができる。（以上，図3，図4）

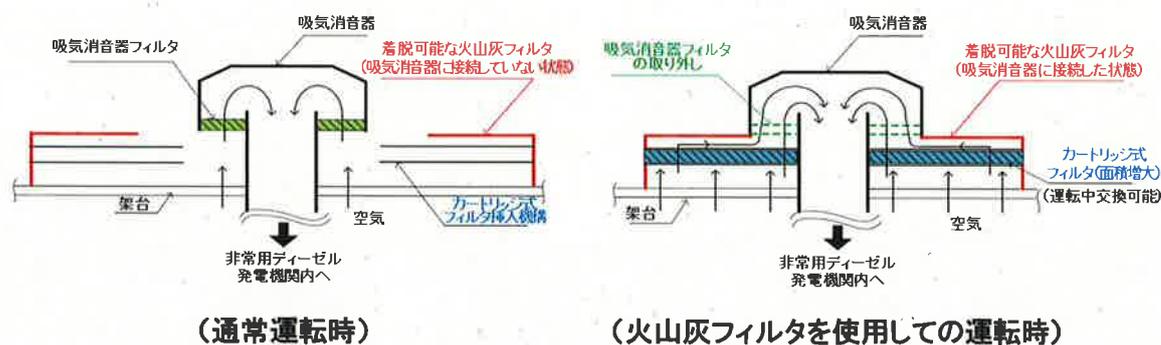


図3 火山灰フィルタを通した吸気の仕組みのイメージ

17 被告準備書面（8）提出時においては，高性能フィルタへの変更について，平成30年7月に残る2系統目の完了を予定している旨述べたが（被告準備書面（8）（135頁）），予定通り設置を完了している。

18 鋼材を格子状に組んだ溝蓋のこと。格子の間は吹き抜けになっているため，降下火砕物がグレーチングの上に堆積することはない。

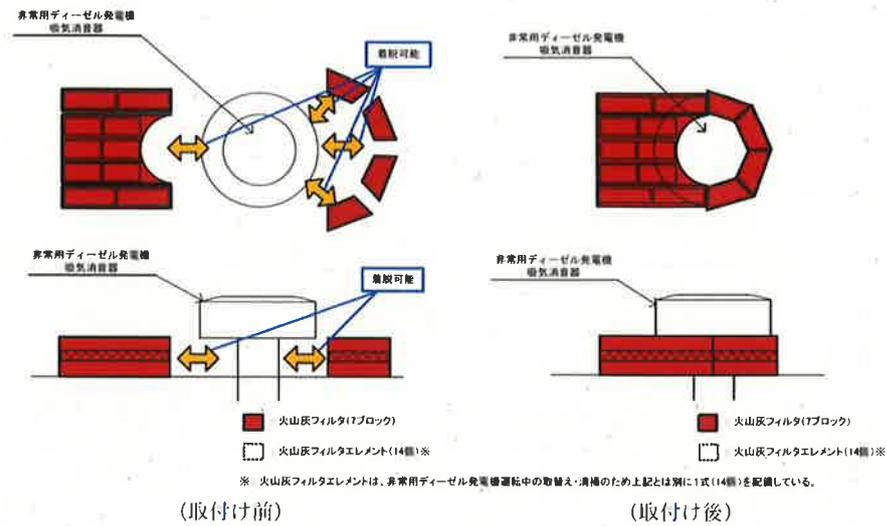
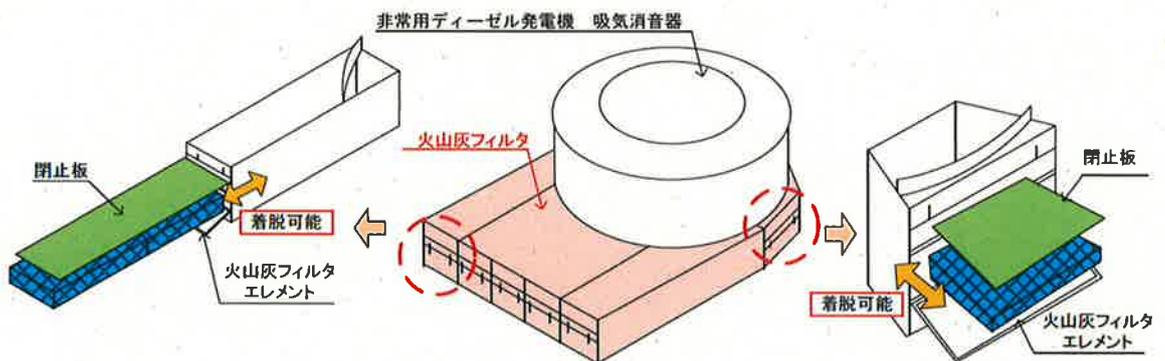


図4 火山灰フィルタの取り付け概略図

火山灰フィルタに装着された火山灰フィルタエレメントは、ボルト等で固定されておらず、そのまま筐体から横方向に引き抜く、あるいは筐体に挿入することで、容易に取り外し、取り付けができる(図5)。また、火山灰フィルタエレメントは、14枚に分割して火山灰フィルタに装着する構造となっており、非常用ディーゼル発電機の運転を継続しながら、順次、交換を行うことができる(図5)。



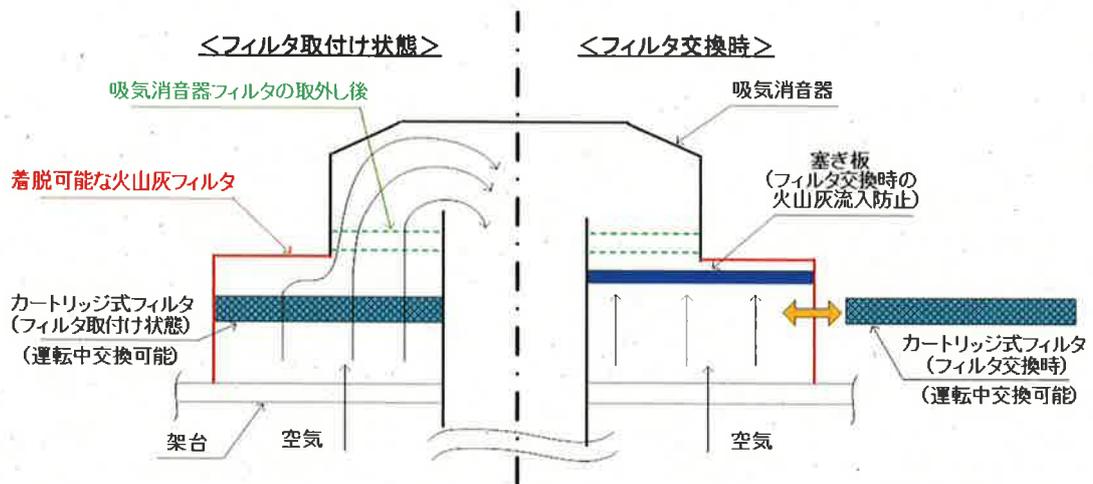


図5 火山灰フィルタエレメント交換のイメージ

上記の火山灰フィルタを用いた対策は、気中降下火砕物濃度  $3.1 \text{ g/m}^3$  に対して十分に余裕をもって対応できる（一切清掃，取替えをしない場合に閉塞するまでの時間約  $3.1$  時間に対して，非常用ディーゼル発電機 2 系統<sup>19</sup>の火山灰フィルタエレメントを交換するのに要する時間は約 2 時間以内である。）。（乙 4 3 6（7 頁））

ちなみに，上記の対策について，本件発電所の敷地は火山から距離があるため，噴火後，本件発電所の敷地で降灰が開始するまでには十分に時間があるので（水平方向の移動時間だけを考慮しても，80 分以上），火山灰フィルタは，降灰開始前までに吸気消音器に設置が可能である。また，火山灰フィルタエレメントの取替えを行う架台は，グレーチングであって，降下火砕物が堆積して，作業に支障をきたすような環境ではない。

19 被告準備書面（8）第 4 の 1(2)ア（イ）a では，1 系統分を前提に記載した。原子力規制委員会における保安規定変更認可申請の審査も踏まえ，本書面では 2 系統分を前提に記載する。

イ タービン動補助給水ポンプを用いた炉心冷却手段について

被告準備書面（８）第４の１(2)ア（イ）b（１３８頁以下）でも述べたとおり，被告は，本件３号機において，降下火砕物の影響によって全交流電源を喪失した場合であっても，電源を必要としないタービン動補助給水ポンプを用いて冷却を継続することにより，長期間にわたって原子炉の冷却を継続し，本件３号機の安全を確保することができることを確認している。この冷却に用いる水源のうち，本件３号機の補助給水タンク及び２次系純水タンクは，恒設のラインでタービン動補助給水ポンプと接続されているため，ホースの接続等の作業は不要であるところ，水源を本件３号機の補助給水タンク及び２次系純水タンクに限ってみても約６．５日間にわたって冷却が可能である。（乙４３６（７頁））

ちなみに，上記の対策で用いるタービン動補助給水ポンプは原子炉建屋内に設置しているため，降下火砕物の影響を受けない。

ウ 建屋内に配置した可搬型設備を用いた炉心冷却手段について

被告準備書面（８）の提出時点以降，被告は，代替電源設備その他の炉心を冷却するために必要な設備の機能を維持するための対策に関し，外部電源及び上記アで述べた対策を講じた非常用ディーゼル発電機が機能喪失し，並びに上記イのタービン動補助給水ポンプが機能喪失した場合でも炉心を冷却するために，予め降灰開始前までに建屋内に搬入，配置したポンプ車等による蒸気発生器への注水による炉心冷却手段を確保した（図６，乙４３６（７頁））。

この対策については，噴火後，本件発電所の敷地で降灰が開始するまでには十分に時間があるので，降灰開始前までにポンプ車等の必要

な可搬型設備の建屋内への搬入，ホース等の接続を終えることができる。また，降灰中は，建屋内での運転，作業となることから，降下火砕物の大気中濃度の影響をほとんど受けずに炉心の冷却が可能な対策である。



写真奥側：中型ポンプ車  
写真前側：加圧ポンプ車



写真奥側：加圧ポンプ車  
写真前側：ミニローリ(24時間にわたる活動に必要な燃料を積載)



300kVA 電源車の建屋内への移動後

図6 建屋内に可搬型設備を配置した状況（写真）

#### エ 原子力規制委員会による確認について

上記ア～ウの対策に係る体制の整備については，被告は保安規定の変更認可申請を行い，対策の内容や手順が一部改正後の実用炉規則等

に適合していることについて、平成30年12月17日に原子力規制委員会の確認を受けている（乙430、乙436）。

(3) 小括

以上のとおり、被告は、降下火砕物の堆積層厚15cmに対して、降下火砕物の大気中濃度に係る影響等を考慮しても本件3号機の安全性が損なわれないよう上記(2)ア～ウの安全確保対策を講じており、これらの対策の、いずれによっても安全に炉心を冷却できる。したがって、本件3号機においては、降下火砕物の影響によって、放射性物質を環境に大量に放出する事態が発生する具体的危険性はない。

第3 原告らの主張の誤りについて

1 原子力発電所の運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいかどうかの判断は可能であること

原告らは、原子力発電所の運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいかどうか判断することはできないなどとして、阿蘇の巨大噴火を考慮する必要性を縷々述べるが（原告ら準備書面30の2（5頁以下））、以下で詳述するとおり、原子力発電所の運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいかどうか判断することは可能であり、原告らの主張にはいずれにも理由がない。

以下、原子力発電所の運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいかどうか判断することは可能であることを述べるとともに、必要な範囲で原告らの主張の根拠に理由がないことを主張する。

(1) 火山ガイドの規定について

原告らは、火山ガイドは、「噴火の時期及び規模について、少なくとも発電用原子炉の運転の停止及び核燃料物質の敷地外への搬出に要する期

間の余裕を持って、予測できることを前提」としている」と主張する（原告ら準備書面30（5～8頁））。

火山ガイドは噴火の時期や規模が相当前の時点で予測できることを前提とするものではなく、原告らの上記主張に理由がないことは、被告準備書面（8）第2の3(1)（45頁以下）で詳述したとおりであるが、その後、令和元年12月に火山ガイドの改正もあったことから、これも踏まえて、以下で主張を補充する。

ア 火山ガイドは、令和元年12月に改正されている（乙431）。この改正は、原告らも認めるとおり（原告ら準備書面30の2(2)ウ（7～8頁））、分かりやすさからの改正であって、従前の火山ガイドの内容を変えるものではない。すなわち、改正前の火山ガイドは、規定の内容の読みにくさもあって、噴火の時期及び規模を予測できることを前提とするものではなかったにもかかわらず、これを前提としているかのように誤解されるなどの例があったため、こうした誤解を避けるために改正されたものである（乙437）。

この結果、火山ガイドにおいては、「「火山活動に関する個別評価」は、設計対応不可能な火山事象が発生する時期及びその規模を的確に予測できることを前提とするものではなく、現在の火山学の知見に照らして現在の火山の状態を評価するものである。」旨が明記された（火山ガイド解説—3（乙431（6頁）））。これは、検討対象火山の活動可能性の評価は、原子力発電所の運用期間中にいつどのような規模の噴火が発生するののか的確に予測（予知）して検討対象火山の活動がないことを確認するのではなく、検討対象火山の活動履歴や地球物理学の調査等から火山の状態を総合的に検討して、原子力発電所の運用

期間中に設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の可能性について、活動の可能性が十分に小さいかどうかを確認するものであって、この限りにおいて、原子力発電所の運用期間中にどのような噴火がいつ起きるかといった意味での的確な噴火予測、いわゆる噴火予知を行うものではないことを明示したものである。

そして、火山ガイドは、「検討対象火山（過去に巨大噴火が発生したものに限る。）の活動の可能性の評価に当たり、巨大噴火については、噴火に至る過程が十分に解明されておらず、また発生すれば広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こす火山活動であるが、低頻度な火山事象であり有史において観測されたことがないこと等を踏まえて評価を行うことが適切である。当該火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価でき、運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていない場合は、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと判断できる」としている（火山ガイド4. 1（2）（乙431（9頁）））。

この原子力発電所の運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいかどうかの判断の具体的な考え方は、原子力規制委員会が示している。まず、巨大噴火は、地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流となるような噴火であり、発生した場合には、広域的な地域に、人類の生命、身体や自然環境などに多大な影響を与える事象で、その事象自体による被害が余りにも甚大で比肩し得るものがない事象である一方、発生の可能性は低頻度な事象であるという特質がある。また、我が国においては、火山噴火が想定される地域での行為の制限について、法制上の対策の例があるものの、その中で巨大噴火は想定されていない

し、災害対策基本法及び活動火山対策特別措置法に基づき講じられる火山防災対策として作成される地域防災計画においても、巨大噴火を想定している例はない。そして、原子力規制委員会は、上記のような巨大噴火の特質及び巨大噴火を想定した法規制や防災対策が行われていないことからすれば、巨大噴火の発生可能性が相応の根拠をもって示されない限り、巨大噴火によるリスクは、社会通念上容認される水準以下であるとの判断を示している。以上のように、巨大噴火は、広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすものである一方、その発生の可能性は低頻度な事象であり、そのリスクは社会通念上容認される水準であると判断されることも考慮して、原子力規制委員会は、現在の火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上で、火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないことが確認でき、かつ、運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根拠があるといえない場合は、少なくとも運用期間中は、巨大噴火の可能性が十分小さいと判断できるとの考え方を示している。

(乙438(346～349頁))

以上のように、火山ガイドに示されている巨大噴火の考え方は、純粋に自然科学的な知見のみに依拠して噴火を予測しようとするものではない。

イ これに対して、原告らは、火山ガイドは、「火山事象が発生する時期及びその規模を的確に予測できることを前提」としていないとする一方で、このこと(火山ガイド解説—3の規定)は「噴火の時期及び規模について、少なくとも発電用原子炉の運転の停止及び核燃料物質の敷地外への搬出に要する期間の余裕を持って、予測できることを前提」

としていることまで否定するものではなく、火山ガイドは「噴火の時期及び規模について、少なくとも発電用原子炉の運転の停止及び核燃料物質の敷地外への搬出に要する期間の余裕を持って、予測できることを前提としている」と主張する（原告ら準備書面30（7～8頁））。

そもそも、火山ガイドについて、「火山事象が発生する時期及びその規模を的確に予測できることを前提としていない」としながら、一方で「噴火の時期及び規模について、少なくとも、発電用原子炉の運転の停止及び核燃料物質の敷地外への搬出に要する期間の余裕を持って、予測できることを前提」としているという主張の論理、趣旨は理解し難い。すなわち、「発電用原子炉の運転の停止及び核燃料物質の敷地外への搬出に要する期間の余裕を持って、予測」することは、核燃料物質の搬出等に要する期間の経過後に、巨大噴火という規模の噴火が発生することを予測するということであって、このような高い精度を持って噴火の発生時期と規模を予測することは「火山事象が発生する時期及びその規模を的確に予測」することに等しく、「火山事象が発生する時期及びその規模を的確に予測」することを不可能であるとしながら「発電用原子炉の運転の停止及び核燃料物質の敷地外への搬出に要する期間の余裕を持って、予測」することは可能であるということは論理的にあり得ない。

火山ガイドは、火山活動に関する個別評価について、「現在の火山の状態を評価するもの」としており（火山ガイド解説—3（乙431（6頁）））、巨大噴火に係る評価についても、「火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないこと」等を確認するとしているのであって（火山ガイド4.1（2）（乙431（9頁）））、原告らが

主張するように「噴火の時期及び規模について、少なくとも発電用原子炉の運転の停止及び核燃料物質の敷地外への搬出に要する期間の余裕を持って、予測できることを前提」とするものではない。この点、原子力規制委員会は、火山ガイドの改正に当たって実施したパブリックコメントにおいて寄せられた、少なくとも数年前に噴火が起こるか予知することは難しい旨の意見に対して、「現在の火山学の知見を踏まえると火山噴火の予知は困難であると考えていますが、火山ガイドは設計対応不可能な火山事象が発生する時期及びその規模を適確に予測することを前提とするものではなく、現在の火山学の知見に照らして現在の火山の状態を評価するものであり、その意味で一定の火山影響評価は行うことができるものと考えています。」と回答している（乙439（33頁））。

以上のとおり、火山ガイドは「噴火の時期及び規模について、少なくとも、発電用原子炉の運転の停止及び核燃料物質の敷地外への搬出に要する期間の余裕を持って、予測できることを前提」としていない。原告らの主張は、火山ガイドの内容を正解しないものであって、理由がない。

- (2) 現在の火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上で、火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないことを確認することについて

被告準備書面（8）第1の4（15頁以下）で述べたとおり、現在の火山学の知見から、巨大噴火については、一般的に、噴火に先立って巨大な珪長質マグマの蓄積を要し、そのマグマ溜まりは地下浅部に達していると考えられている。したがって、具体的な噴火の規模や時期が分からな

いにせよ、火山学的調査を十分に行った上で、例えば、現在、巨大な珪長質マグマ溜まりが確認できないのであれば、少なくとも、今後、大規模な珪長質マグマを蓄積した後でなければ巨大噴火はしないと判断すること、すなわち「火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではない」と判断することが可能である。このように巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか、いわば巨大噴火のポテンシャルの有無を評価するということについては、専門家も「噴火の規模を予測するのは、現段階では難しい。しかし、巨大噴火のポテンシャルがある火山のピックアップは可能だろう。」と述べているところである（乙440（68頁））。

また、このような巨大噴火のポテンシャルの有無に係る評価は、例えば、高橋（2003）<sup>20</sup>（乙441）で、巨大噴火から現在までの経過時間、火口の配置等の観点からなされているように<sup>21</sup>、従前からも行われていたところであり、産業技術総合研究所の地質調査総合センターも、巨大噴火のポテンシャルの有無について評価の考え方を示している（図7，乙442（33～35頁））。これらの事例は、巨大噴火のポテンシャルの有無を評価するに当たって、参照することのできる火山学の知見が一定程度蓄積されていることを示している。

---

20 「大規模カルデラ噴火のリスクと予測可能性」高橋正樹，月刊地球，Vol. 25, No. 11, 857-860, 2003

21 高橋正樹日本大学教授は、巨大噴火から現在までの経過時間、後カルデラ火山の火口の配列、後カルデラ火山の噴出物の化学組成（珪長質か苦鉄質か）の観点からの検討に基づき、阿蘇については、「8万年以降は中央火口丘の活動が続いており、しかも最近6千年間は、ほぼ直線的な配列を示す火口群から主に玄武岩～苦鉄質安山岩の噴出が行われていて、地下浅所に巨大な珪長質マグマ溜りの存在する可能性は少ないものと思われる。」と評価し、巨大噴火のポテンシャルは、他の北海道、九州のカルデラ火山と比較して、支笏カルデラと並び最も小さいと評価している（乙441）。

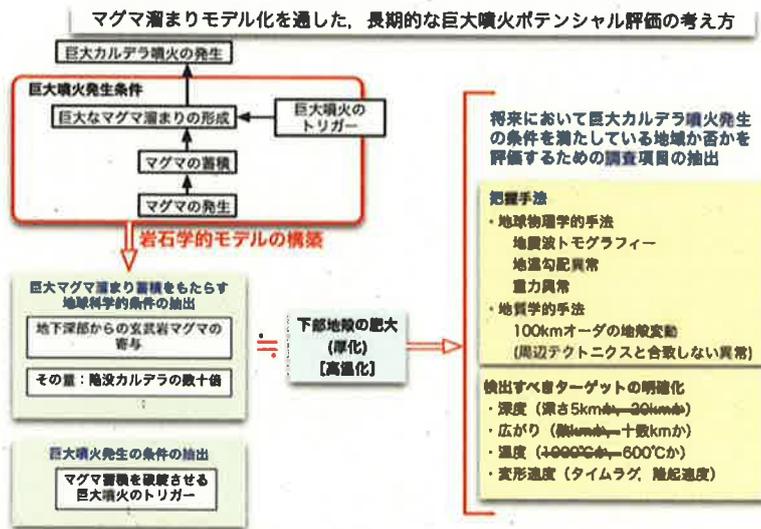


図 2.2.4-6 マグマ溜まりのモデル化による、巨大噴火ポテンシャル評価の考え方（産総研, 2009）

（乙 4 4 2 （ 3 4 頁） から引用）

### 図 7 巨大噴火のポテンシャルの有無に係る評価の考え方の例

以上のとおり、巨大噴火の時期等を具体的に予測できるほど巨大噴火に至るメカニズムが明瞭に解明されていないにしても、巨大噴火のポテンシャルの有無を評価するに当たって、参照することのできる火山学の知見が一定程度蓄積されているのであるから、これらの火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上で、火山の現在の活動状況が巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか判断することは可能である。

そして、各種の調査が豊富に行われているという点において国内でも有数の火山である阿蘇については、それらの調査によって得られた知見も踏まえて、以上の火山ガイドに基づく判断からさらに進んだ評価も可能である。すなわち、上記第 2 の 2 で述べたとおり、阿蘇 4 噴火を境に阿蘇の活動状況が劇的に変化していると考えられること、現在の阿蘇の火

山活動の状況が大規模珪長質マグマが蓄積できないようなマグマシステムを示唆していること（乙423-2（和訳12頁）、乙426（和訳12頁）等）等を踏まえれば、現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価できることに加えて、被告準備書面（8）第3の1(1)ウ（ア）c（82頁以下）でも述べたとおり、巨大噴火の準備に要するタイムスケール（珪長質マグマを生産し蓄積するのに要する時間（例えば、乙443（2頁）等））に係る知見も考慮して、火山学的見地から、本件発電所の運用期間中の巨大噴火の可能性が十分小さいと判断することが可能である。また、上記第2の1で述べたとおり、今後100年以内に阿蘇4規模の巨大噴火が発生する可能性が十分に小さいことについては、専門家グループの総合評価として、定量的に示されている。

- (3) モニタリング検討チームにおける議論は、原子力発電所の運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいかどうか判断することを否定するものではないこと

原告らは、原子力発電所の運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいかどうか判断することができないとする根拠として、モニタリング検討チームにおける議論を挙げる（原告ら準備書面30の2(4)ウ（9頁以下））。

しかしながら、モニタリング検討チームの議論は、巨大噴火のポテンシャルの有無を評価することよりもはるかに難易度が高く、質的にも異なる判断とその基準を対象としているため、モニタリング検討チームの議論を踏まえても、火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上で、火山の現在の活動状況が巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか判断できるという考え方（巨大噴火のポテンシャルの有無を評価で

きるという考え方)が否定されるものではない。以下、モニタリング検討チームで検討された内容が、巨大噴火のポテンシャルの有無を評価できることと齟齬するものではないことを詳述する。

モニタリング検討チームで議論された火山ガイド上のモニタリングは、設計対応が不可能な火山事象が過去に原子力施設の敷地に到達したと考えられる火山について、そのような火山事象が原子力施設の運用期間中に到達する可能性が十分小さいとした火山であっても、その可能性が十分小さいことを継続的に確認することを目的として、対象火山の火山活動の継続的な評価を行うものであるところ(乙444(別添1頁)、乙438(350~352頁))、モニタリング検討チームの提言や議論は、「原子力規制委員会としても、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には、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となる」ことも踏まえ、原子力規制委員会として、巨大噴火に関する火山学上の知見を整理した上で、具体的にモニタリングについて事業者に求める事項やモニタリング結果について異常判定の基準を設ける際の考え方について議論を求めたことを受けてなされたものである(乙444(別添1頁))。ここでいう、異常判定の基準とは、モニタリングで得られる観測データ(数値)について、原子力規制委員会が判断するための閾値を設けることを意図している(乙444(別添4頁))。つまり、モニタリング検討チームにおいて検討されたのは、何万年にも及ぶ長期間の活動履歴に加え、長年にわたって蓄積されてきた各種の地球物理学的調査結果等に基づき、総合的に巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価され、これを踏まえて運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと

判断された火山を対象に、短期間のモニタリングによる観測値に基づき、その判断の前提となった評価の根拠が維持されているか否かを監視する上での閾値を設けようとするものであるが、これを一般化して具体的な数値として提示することには相当な困難があるし、火山ごとに特徴があり、観測条件も異なることを考えれば（例えば、地殻変動について、密に観測されている陸上の阿蘇カルデラと観測点が限られる海域の鬼界カルデラでは、観測条件も検出精度も全く異なるなど、火山ごとの特徴に応じた観測が必要である。）、より一層これが困難であることは容易に想像できる。

一方で、モニタリング検討チームの提言においても、現在の巨大噴火に関する火山学上の知見として、「巨大噴火が近づくとつれ、マグマのケイ酸分は増加する傾向があること（つまり、珪長質になる傾向があること）や（乙444（別添5頁））、「過去の巨大噴火では、主噴火の一万年くらい前を境に噴出率・爆発性・マグマの化学組成に変化が表れており、カルデラ形成に至る火山の進化過程として考察された例もある」として「検討対象火山が数万年単位の活動履歴の中で、どういった状況にあるのかを地質学的・岩石学的に評価することも重要」とされているように（乙444（別添6頁））、火山学的な知見から巨大噴火の発生可能性を判断するに当たって着目すべき点が挙げられている。また、原子力規制委員会が、モニタリング検討チームの議論、整理を踏まえた上で、火山学の専門家を集めて設置した原子炉安全専門審査会の原子炉火山部会（以下「火山部会」という。火山部会の専門家は、一部モニタリング検討チームの専門家と重複する。）においても、例えば、1883年に発生したクラカタウの噴火における観察事例として、それまでの一定の火口に

集中していた火山活動が周囲に広がった（将来のカルデラが形成される領域の中に空間的に広がった）ことも踏まえ、「カルデラ噴火というのは、何かそれまでとは全く違うフェーズの変化が起きた上で起きる。」

（村上亮北海道大学特任教授，乙445（25頁）），「監視項目に噴出物，岩石学的な特徴というのをに入れていただいて，流紋岩質が増えるかどうかというのを見ればいいのではないかということをお願いしたい」

（大倉敬宏京都大学教授，小林哲夫鹿児島大学名誉教授，乙445（26頁）），「結局，時空間的にどう変化するかということが恐らく重要な見方なんですね。通常のレベルでは起こっていないところで突然起こり出したということは，地下において質的に何か変化が開始されたという，・・・長期的にそれがどんどん拡大していくような傾向にあるとか，そういうことに恐らく，・・・ある程度大規模な噴火に結びつく可能性が非常に多い」（宮町宏樹鹿児島大学教授，乙445（26頁））といった議論がなされていることからすれば，定性的には，巨大噴火のような大規模な噴火が起きるような状態かどうか評価するための火山学の知見が一定程度存在することは明白である。火山部会における議論の結果としては，観測データに有意な変化があったと判断する目安については，「モニタリングにおける観測データが，過去からの長期的な傾向と比較して，大きな変化が生じ，かつ，それが継続しているといった観測結果が得られた場合」と定性的に記載されるにとどまり，具体的な閾値は設けられなかったが（乙446（3頁）），逆にいえば，「大きな変化」が生じる前の現在の状態が巨大噴火が差し迫った状態ではないことは前提認識として共有されているということが出来る。そもそも，原子力発電所の立地評価においては，何万年にも及ぶ長期間の活動履歴に長年にわたる各

種の地球物理学的調査結果等を加味して巨大噴火のポテンシャルの有無について総合的な評価を行うなどして運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと判断しているのに対して、モニタリングで観測しようとしている対象は、地質学的な時間で言えば一瞬の出来事に過ぎない。モニタリング検討チーム及び火山部会では、このモニタリングで観測できる地質学的には一瞬の出来事に基づいて、その判断の前提となった評価の根拠が維持されているか否かを監視する上での共通の定量的基準（閾値）を提示すべく議論していたのであるから、個別の火山について、何万年にも及ぶ活動履歴も含めた総合的な評価として、巨大噴火のポテンシャルの有無を定性的に評価するよりもはるかに難易度が高く、両者が質的に異なるものであることは明らかである。ちなみに、巨大噴火のポテンシャルの有無を評価するに当たって長期間の活動履歴の検討が重要となることは、防災科学技術研究所の報告書において、「カルデラ火山の活動の時間スケールとしては長期（数万年以上）から中期（数百年～数千年）による評価が重要」とされているとおりである（乙447（まとめ））。

以上のとおり、モニタリング検討チームや火山部会で指摘されているのは、地質学的には一瞬の出来事を示すモニタリングによる観測値から、原子力発電所の運用期間中における巨大噴火の可能性が十分に小さいとした判断を覆す定量的基準を定め、さらにはそれを特徴の異なる多くの火山に一般化した閾値として提示することの困難性である。

したがって、モニタリング検討チームの議論は、現在の火山の状態に対する評価を基に原子力発電所の運用期間中の巨大噴火の可能性が十分に小さいかどうかという判断をすることを否定するものではない。

#### (4) 小括

上記(1)で述べたとおり、火山ガイドに示されている巨大噴火の考え方は、巨大噴火の可能性評価に当たっては、巨大噴火は、広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすものである一方、その発生の可能性は低頻度な事象であり、そのリスクは社会通念上容認される水準であると判断されることも考慮した上で、検討対象火山の活動履歴や地球物理学的調査等から火山の状態を総合的に検討するものである。そして、上記(2)で述べたとおり、巨大噴火のポテンシャルの有無を評価するに当たって、参照することのできる火山学の知見が一定程度蓄積されているのであるから、これらの火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上で、火山の現在の活動状況が巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか判断することは可能である。

一方、上記(3)で述べたとおり、原告らが運用期間中の巨大噴火の可能性が十分に小さいかどうかという判断をすることができないとの主張の根拠とするモニタリング検討チームの議論は、巨大噴火のポテンシャルの有無を評価することよりもはるかに難易度が高く、質的にも異なる判断とその基準を対象としているから、原告らの主張の根拠足り得ない。

したがって、原子力発電所の運用期間中の巨大噴火の可能性が十分に小さいかどうかという判断をすることができないとの原告らの主張に理由はない。

なお、原告らは、巨大噴火のリスクは「火山ガイドに基づけば想定できる」との認識を前提として、令和2年1月の広島高裁決定が社会通念を考慮したことを批判するが（原告ら準備書面30（14～16頁））、原子力規制委員会は、火山ガイドにおける巨大噴火に対する評価として、

上記(1)で述べた考え方を示しているのであり、そもそも、原告らの前提とする、巨大噴火のリスクは「火山ガイドに基づけば想定できる」との認識が誤りである。いずれにしても、本件3号機の運用期間中における阿蘇の巨大噴火の発生可能性は十分に小さいと評価されることは被告準備書面(8)第3の1(51頁以下)でも詳細に述べ、上記第2で主張を補充したとおりであるから、巨大噴火のリスクは生命、身体に対する具体的な危険であるとして、これを無条件に考慮する必要があるかのように述べる原告らの主張に理由はない。

## 2 原告らのその他の主張に理由はないこと

### (1) 須藤靖明陳述書(甲C28)に基づく主張について

ア 原告らは、Nagaoka(1988)<sup>22</sup>に基づく噴火ステージ論は作業仮説にすぎず、実証できているものではないことから、阿蘇の噴火規模は判断できないと主張する(原告ら準備書面30(17頁))。

しかしながら、Nagaoka(1988)が根拠とする始良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界カルデラの噴火履歴は、地質学的な調査結果そのものであり仮説ではないし、そもそも被告が阿蘇の活動に関して評価しているのは、本件発電所の運用期間中における巨大噴火の可能性が十分に小さいかどうかであって、次の噴火規模を判断することではない。

Nagaoka(1988)は、始良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界カルデラの噴火履歴について、プリニー式噴火のサイクル、大規模火砕流噴火のサイクル、中規模火砕流噴火のサイクル、小規模噴火の

---

22 「The late quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around Kagoshima Bay, southern Kyushu, Japan」 Nagaoka, S., Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 23, 49-122, 1988.

サイクルのマルチサイクルに整理したもので、このような変化はマグマ溜まりの進化を示唆するとしたものである(乙448)。被告は、この整理に当てはめると現在の阿蘇の噴火の態様は、小規模噴火のサイクルに対応していると整理しており、その上で、その他の各種知見も総合して本件発電所の運用期間中の巨大噴火の可能性が十分に小さいと評価している。巨大噴火を起こした火山において、巨大噴火に向けたマグマの進化を示唆する噴火の態様の変化は、Nagaoaka(1988)が指摘する始良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界カルデラ以外のカルデラ火山でも指摘されているところであり、例えば、Forniet al.(2018)<sup>23</sup>は、巨大噴火に向けたマグマの進化に伴い噴火活動が変化していく一方、巨大噴火後には、巨大噴火のマグマよりも進化に乏しいマグマによる小規模かつ頻繁な噴火に活動が変わるといった、Lipman(1984)<sup>24</sup>が提唱した「カルデラサイクル」に従う場合が多いと指摘している(乙449。ちなみに、現在の阿蘇は、Forniet al.(2018)の指摘するカルデラサイクルに当てはめても、苦鉄質マグマ(つまり、進化に乏しいマグマ)が中心で、小規模かつ頻繁な噴火活動を繰り返している段階に相当し、巨大噴火直前の状態を示唆するような噴火の態様を示してはいない。)。個々の火山によって特徴があるので、一概に決まった噴火活動をするとは限らないものの、巨大噴火が巨大な珪長質マグマ溜まりを必要とし、その準備過程での進化が多く指摘されることからすれば、

---

23 「Long-term magmatic evolution reveals the beginning of a new caldera cycle at Campi Flegrei」F.Forni, W.Degruyter, O.Bachmann, G.De Astis, S.Mollo, Science Advances 14 Nov 2018:Vol.4, no.11, eaat9401

24 「The roots of ash flow calderas in Western North-America: Windows into the tops of granitic batholiths」P.W.Lipman, J.Geophys. Res.89, 8801-8841(1984)

別のカルデラ火山の噴火履歴を参照して、現在の状態について検討することも一つの検討として有効である。

したがって、原告らの、N a g a o k a ( 1 9 8 8 ) に基づく噴火ステージ論は作業仮説にすぎず、実証できているものではないことから、阿蘇の巨大噴火は判断できないとの主張は失当である。

ちなみに、須藤靖明氏は、被告が草千里ヶ浜軽石の噴火相当の噴火を考慮しているのは、元々はN a g a o k a ( 1 9 8 8 ) における後カルデラ火山噴火ステージの既往最大の噴火であるからであると、被告がまずN a g a o k a ( 1 9 8 8 ) の知見ありきで草千里ヶ浜軽石の規模の噴火を考慮したかのように述べるが(甲C28(4頁))、乙450に示すとおり、被告は、原子力規制委員会の審査の途中段階までは、N a g a o k a ( 1 9 8 8 ) の知見は考慮せず、それ以外の活動履歴に基づく検討や地球物理学的調査に基づく検討の結果から、阿蘇カルデラとしての活動の可能性は十分に小さいと評価し、後カルデラ火山である阿蘇山の既往最大の噴火として草千里ヶ浜軽石の噴火を考慮していたところ(乙450(21~26頁))、その後、審査における原子力規制庁との議論を経て、先行して新規制基準適合性審査に合格した原子力発電所において考慮された知見であるN a g a o k a ( 1 9 8 8 ) の知見も、一つの事情として、追加して考慮することとなったのであるから、須藤靖明氏が述べるところは正確ではない。

イ 原告らは、須藤靖明陳述書に基づき、阿蘇の地下に体積500㎤の低速度領域があり、これがV E I 7級の噴火を引き起こす可能性も否定できないから、阿蘇による巨大噴火も想定すべきであると主張する(原告ら準備書面30(17~19頁))。

しかしながら、須藤靖明氏が言う低速度領域は、被告準備書面（８）第３の２(1)ア（エ）（１０９頁以下）でも述べたとおり、阿蘇観測の第一人者である大倉敬宏京都大学教授がこれも踏まえた上で、現在の阿蘇の状態について、大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではないと評価しているところである（乙２３２（２８頁））。

そもそも原告らが述べる低速度領域は地下１５～２５kmと非常に深い位置に存在し、一般的には、被告準備書面（８）第１の４(2)（１７頁以下）で述べたとおり、巨大噴火を起こすマグマ溜まりは地下浅部に達していると考えられているところ、仮にこの低速度領域にマグマ溜まりが存在するとしても、このような深い場所に位置するマグマ溜まりが巨大噴火を起こすとは考えにくい（乙４５０（２４頁））。そして、須藤靖明氏の指摘が絶対にVEI 7クラスの噴火を起こすものではないと言い切れないという絶対安全に等しい趣旨を述べるものであれば、そのような指摘は当を得ないと言わざるを得ないところ、須藤靖明氏自身が、原子力発電所の設置に反対の趣旨で著した書籍において、「このような陥没カルデラ形成時の噴火活動は、地下数キロに巨大な珪長質のマグマ溜まりができることから始まる。」と甲Ｃ２８における須藤靖明氏の指摘と反する趣旨を述べており（乙４５１（８３頁））、結局、甲Ｃ２８における須藤靖明氏の指摘は、可能性を完全に否定はできないという趣旨に類するものと考えられる。

また、須藤靖明氏が言う低速度領域を指摘した安部祐希氏らによれば、当該低速度領域は、そもそもマグマが存在するのか熱水が存在するのか特定されていないし、マグマと熱水のいずれが存在するにしても、低速度領域の体積が全てマグマや熱水の体積に相当するものでは

ないところ（乙452（11頁））、安部祐希氏らが追加検討を行った最新の知見であるAbe et al.（2017）では、当該低速度領域は熱源と対応しないので、そこで新たな溶融マグマは生成されてはいないとされている（乙453（20頁））。さらに、世界的な火山学の権威であるProf. Sir R. Stephen J. Sparks FRSは、この低速度領域について、過去の火砕流を噴出したマグマの供給源となった高温帯（膨大な量の珪長質マグマを生産した場所）の名残りだと推定される旨述べ、これも踏まえて、将来の100年間における阿蘇4規模の噴火が発生する確率はゼロと評価される旨述べている（乙423-2（15頁））。

したがって、阿蘇による巨大噴火も想定すべきとの原告らの主張に理由はない。

ウ 原告らは、産業総合研究所の東宮昭彦氏の文献（乙226）を根拠に、マグマ溜まりはマッシュ状であり比較的短時間で一気に準備されると主張する（原告ら準備書面30（18頁））。

しかしながら、東宮昭彦氏が乙226においてその例として述べている2011年の新燃岳の噴火はVEI4規模の噴火であり、巨大噴火については、東宮昭彦氏自身が「ただし、このような「注入トリガー」（引用注：新たな高温マグマの供給が、マッシュの再流動化、さらにはマグマ溜まりのオーバーターンを引き起こし、噴火に至ること）が働くのは、マグマシステムが比較的小さい場合に限られる。システムが大きくなると、注入による影響が相対的に低下するため、噴火するかわりにマグマ溜まりは膨張していく。こうして生じた巨大マグマ溜まりについては、自身の浮力と外的トリガー（マグマ溜まりの天井が力

学的不安定によって破壊)が噴火を引き起こすらしい。」と述べている  
(乙454)。

以上のとおり、原告らの上記主張は、東宮昭彦氏の指摘を正解しないものであって、理由がない。

エ 念のため、甲C28のその他の記載について述べると、須藤靖明氏は、本件3号機の新規制基準適合審査後に発表された産業技術総合研究所の研究者らの論文において、阿蘇カルデラの地下に低比抵抗域が存在することが明らかになったと述べるが(甲C28の6項(4頁))、須藤靖明氏が指摘する論文は乙265のことであり、上記低比抵抗域は、被告準備書面(8)第3の1(1)イ(ア)d(70~71頁)で述べたとおり、地下約6kmのマグマ溜まりや中岳火口への経路に整合するものであって、かえって現在想定されている阿蘇の地下構造の正しさを補強するものである。そして、産業技術総合研究所は、須藤靖明氏が指摘する論文の公表後も引き続き実施した低比抵抗域に関する研究成果も踏まえて、「カルデラ浅部には巨大なマグマ溜まりがないことが明らかになっている。」と述べているところである(乙455(484~485頁))。

オ 以上のとおり、甲C28で須藤靖明氏の述べるところに基づく原告らの主張にはいずれも理由がない。

(2) 阿蘇の巨大噴火を前提とする主張について

原告らは、阿蘇の巨大噴火が発生した場合、本件発電所の敷地に火砕流が到達する可能性が高いとか、被告の想定する大気中濃度を超える降下火砕物によって非常用ディーゼル発電機が機能喪失することにより、外部電源を喪失し、過酷事故が発生する可能性が高いと主張する(原告

ら準備書面30（13～14頁，20頁））。

しかしながら，被告準備書面（8）第3の1でも詳細に述べるとともに上記第2で補充したとおり，そもそも本件3号機の運用期間中の阿蘇の巨大噴火の発生可能性は十分に小さいと評価され，阿蘇の巨大噴火の火砕流が本件発電所の敷地に到達する具体的な危険性はないし，また，阿蘇の巨大噴火の降下火砕物によって非常用ディーゼル発電機が機能喪失する具体的な危険性はなく，原告らの主張に理由はない。

念のため述べておくと，阿蘇4噴火の火砕流が本件発電所の敷地に到達していないと評価でき，町田洋陳述書（甲C16）に基づく原告らの主張（原告ら準備書面30（13～14頁））に理由がないことは，被告準備書面（8）第3の1(2)（88頁以下）で詳述したとおりである。

(3) 阿蘇4噴火に準ずる噴出量数十km<sup>3</sup>の噴火規模を考慮すべきとの主張について

原告らは，令和2年1月の広島高裁決定を踏まえ，阿蘇4噴火に準ずる噴出量数十km<sup>3</sup>の噴火規模を考慮すべきと主張する（原告ら準備書面30（19～20頁））。

しかしながら，火山ガイドは「当該火山の最後の巨大噴火以降の最大の噴火規模」の考慮を求めるところ（火山ガイド4.1(3)（乙431（9～10頁））），阿蘇の後カルデラ期（阿蘇の最後の巨大噴火以降の期間）において数十km<sup>3</sup>の噴火規模の噴火は発生していないから，その必要性はない。阿蘇において後カルデラ期の活動に基づいて噴火規模を考慮することの妥当性は，上記第2の2で述べたとおり，阿蘇は，カルデラ形成期と後カルデラ期では非常に大きな変化が生じており，火山学的，統計学的にも裏付けられている。

したがって、噴出量数十km<sup>3</sup>の噴火規模を考慮すべきとする原告らの主張は理由がない。

念のため付言すると、本件発電所の敷地で考慮する15cmの降下火砕物の堆積層厚の保守性は、被告準備書面(8)第4の1(1)(119頁以下)において詳述したとおりである(九重山の約5万年前の噴火の考慮に関する保守性につき同書面第4の1(1)イ(122頁以下)、確率論的にも低頻度事象であること及び長期間の火山灰データを精度良く保存している宇和盆地の火山灰データにおいても、巨大噴火の火山灰を除けばこれを超えるものがないことにつき同書面第4の1(1)ウ(123頁以下))。また、これに対応する気中降下火砕物濃度設定が保守的であることは上記第2の3(1)において述べたとおりである。さらに、自然災害に係る確率論的評価の専門家である隈元崇岡山大学教授が「宇和盆地における火山灰データを参照すると、総噴出量が600km<sup>3</sup>以上とされる阿蘇において突出した噴出量である阿蘇4噴火に伴う降灰層厚でも31cmであり、阿蘇において噴出量数十km<sup>3</sup>の噴火が起こったとしても、その降灰層厚が伊方原子力発電所における設計層厚の15cmを超過する可能性は極めて稀とみなすことができる。四国電力が想定した九州の火山の噴火規模が妥当であるか否かについては筆者の専門ではないのでここでは意見しないが、少なくとも、最終的に四国電力が設定した15cmという設計層厚は宇和盆地の火山灰データに照らせば噴出量数十km<sup>3</sup>の噴火を考慮しても妥当であると評価できる。」(乙424(2頁))と述べているように、本件発電所の敷地で考慮する層厚15cm及びこれに対応する気中降下火砕物濃度設定の保守性は噴出量数十km<sup>3</sup>の噴火を考慮したとしても揺らぐものではない。そして、上記第2の3(2)で述べた安全確保対策によって、こ

の気中降下火砕物濃度に十分に対応が可能であるし（しかも、講じている3つの対策のうち、いずれによっても原子炉の冷却が可能である。）、そもそも、降下火砕物については、被告準備書面（8）第4の1(3)（140～141頁）で述べたとおり、堆積層厚が15cmを超えたからといって直ちに本件3号機の安全性に影響が及ぶものでない。

以上