

平成29年（ウ）第62号

債権者（抗告人） [REDACTED] 外3名

債務者（相手方） 四国電力株式会社

第6補充書

（補充書（2）への反論）

平成30年6月28日

広島高等裁判所第2部 御中

債権者ら代理人弁護士 胡 田 敢

同 弁護士 河 合 弘 之

同 弁護士 甫 守 一 樹
ほか

目次

| | |
|---|----|
| 第1 はじめに | 5 |
| 第2 「基本的考え方」の不当性 | 6 |
| 1 「基本的考え方」の概要 | 6 |
| 2 低頻度事象を想定することは原子力安全の基本である | 7 |
| (1) 國際基準からしても低頻度の火山事象は考慮すべきこと | 7 |
| (2) 他の外部事象との整合性を考慮すべきであること | 8 |
| (3) 設計対応不可能な火山事象については「合理的に予測される規模の自然災害」という考え方は当てはまらない | 10 |

| | |
|---|----|
| 3 「基本的考え方」は火山ガイドの無効化を狙うものである | 12 |
| (1) 火山ガイドには巨大噴火について別異の扱いを規定していない | 12 |
| (2) 「設計対応不可能な火山事象が到達する可能性が十分小さいと評価できない場合」という火山ガイドの要件の無効化を意図している | 12 |
| (3) 「基本的考え方」に示された2つの要件の不合理性 | 14 |
| (4) モニタリングについての位置づけの変遷 | 16 |
| 4 「基本的考え方」に惑わされるべきではない | 17 |
| 第3 阿蘇についての適合性審査の概要 | 19 |
| 1 阿蘇の火山活動に関する個別評価 | 19 |
| 2 阿蘇の火山活動に関する個別評価の内容 | 21 |
| 3 破局的噴火の活動間隔の無視 | 24 |
| 4 Nagaoka(1988)の噴火ステージの誤用 | 27 |
| (1) Nagaoka(1988)の概要 | 27 |
| (2) Nagaoka(1988)によって破局的噴火の可能性評価を行なう不合理性 | 29 |
| (3) 債務者の主張に対する反論 | 31 |
| (4) 巨大噴火開始時におけるプリニー式噴火とは無関係 | 33 |
| (5) 「後カルデラ火山噴火ステージ」と「後カルデラ期」との違い | 34 |
| 5 地下構造（マグマ溜まりの状況）について | 35 |
| (1) 10 kmより深いマグマ溜まりを検討しなかった誤り | 35 |
| (2) 東宮(1997)の浮力中立点の考え方の適用の誤り | 39 |
| 6 まとめ | 42 |
| 第4 活動履歴に基づく検討に対する反論 | 43 |
| 1 後カルデラ期の噴出物の分布について | 43 |
| (1) 大規模マグマ溜まりの短期間での形成や側方移動の可能性について | 43 |
| (2) 硅長質マグマの通り抜けやすり抜けについて | 44 |
| 2 最近1万年の玄武岩質卓越 | 48 |

| | | |
|-----|--|----|
| 3 | ストロンチウム同位体比等 | 49 |
| 4 | 宇和盆地における降灰状況 | 50 |
| (1) | 1箇所の調査から阿蘇の噴火史は判らない | 50 |
| (2) | 火山活動が低調化は巨大噴火の可能性評価には結びつかない | 52 |
| 5 | 巨大噴火の前兆現象についての知見は確立していない | 53 |
| (1) | 債務者の主張は根拠の薄弱な期待に過ぎない | 53 |
| (2) | 小林報告書が示す前兆噴火の曖昧さ | 54 |
| (3) | 気象庁の噴火警報はあてにならない | 55 |
| 6 | 小括 | 57 |
| 第 5 | 地球物理学的調査に基づく巨大噴火の可能性評価の困難性 | 58 |
| 1 | 地震波トモグラフィーが示唆する大規模マグマ溜まり | 58 |
| 2 | レシーバー関数解析による調査の限界とその解釈 | 62 |
| 3 | 3次元比抵抗構造モデルが示す債務者モデルの相対性 | 66 |
| 4 | クリスタルマッシュ状マグマ溜まりを想定していない | 69 |
| 5 | 地震活動等と「地下約 6 km のマグマ溜まり」 | 70 |
| 6 | 「地下約 6 km のマグマ溜まり」等が玄武岩質とは限らない | 72 |
| (1) | 最近の中岳の噴出物 | 72 |
| (2) | 浮力中立点からすると浅すぎる | 75 |
| (3) | 後カルデラ期における珪長質マグマの活動 | 75 |
| (4) | 中岳の活動とマグマ溜まりとの関連性 | 76 |
| 7 | 地殻変動による巨大噴火の長期予測の問題 | 77 |
| 8 | 小括 | 80 |
| 第 6 | 原決定を批判する債務者の主張が失当であること | 80 |
| 1 | 噴火予測はできないが巨大噴火が運用期間中に起きる可能性が十分小さいかどうかは評価できるという詭弁 | 80 |
| 2 | ゼロリスク論へのすり替え | 83 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 3 | 火山学者緊急アンケートについて | 84 |
| 4 | モニタリングに関する検討チーム提言とりまとめ | 86 |
| 5 | 藤井(2016)について | 87 |
| 第7 | 阿蘇4火碎流が本件原発敷地に到達している可能性は十分にあること | 90 |
| 1 | 阿蘇4火碎物密度流が到達した可能性が十分小さいといえるか否かについての審査はなされていない | 90 |
| 2 | 阿蘇4火碎流の到達範囲に係る審査状況 | 91 |
| (1) | 申請書における評価の不合理性..... | 91 |
| (2) | 原子力規制委員会は阿蘇4火碎流の到達可能性を判断していない | 93 |
| 3 | 大野山地や佐賀関半島は地形的障害にならない..... | 98 |
| 4 | 火碎流堆積物の偏重 | 101 |
| 5 | 平成27年度成果報告書に示された阿蘇4噴火直後の推定分布 | 105 |
| 6 | 両氏の火碎流の性質に関する誤った理解について | 106 |
| 7 | 火碎流と降下火山灰の識別は困難である | 108 |
| 8 | 債務者のボーリング調査は意味がない..... | 110 |
| 9 | 中位段丘面に阿蘇4に由来する鉱物粒子が認められないことは、火碎流が堆積しなかった証拠にはならない。 | 110 |
| 10 | 豊後水道は障害にならない..... | 112 |
| 11 | TITAN2Dによるシミュレーションについて | 115 |
| 12 | 小括 | 117 |
| 第8 | 影響評価における噴火規模設定の誤り | 117 |
| 1 | 阿蘇における草千里ヶ浜噴火の想定は噴火ステージ論 | 117 |
| 2 | 草千里付近のマグマ溜まりについて | 118 |
| 3 | 南九州のカルデラについての評価 | 120 |
| 第9 | 債務者の提出する意見書、報告書の信頼性がないこと | 121 |
| 1 | 榎原意見書が信頼に値しないことについて | 121 |

| | | |
|-----|---------------------------------|-----|
| 2 | Hill 意見書が信頼に値しないことについて | 122 |
| 3 | 長谷川・柳田意見書の信用性について | 123 |
| 4 | 科学者はクライアントの意向から自由になれない | 124 |
| 第10 | まとめにかえて～不確実・未確定なリスクに対する取り組みの必要性 | 125 |

第1 はじめに

債務者は、補充書（2）において、従前の原子力規制委員会や本件の審理手続において主張していなかったことも含め、有象無象の主張をし、阿蘇の火山活動のリスクを認めた原決定を否定しようと躍起になっている。だが、火山についての長期予測の手法は確立しておらず、とりわけ巨大噴火についての予測はほとんど知見がないために、過去26万年間に4度も巨大噴火を発生させた阿蘇から約130kmにある伊方原発において、阿蘇の火山活動のリスクが否定できないことは明らかである。

以下においては、まず第2において、原子力規制庁が作成した「基本的考え方」が極めて不当な文書であり、このような文書を本件において参考すべきではないことを述べる。

続いて、第3においては、債務者が原子力規制委員会に対して伊方原発3号機の設置変更許可を申請してから許可を得るまで、原決定で取り上げられた阿蘇の破局的噴火のリスクについてどのような審査がなされたのかをまとめ、その審査の過程において看過し難い過誤、欠落があることを先に述べる。

第4以下では、概ね債務者補充書（2）の第3・3（45頁）以下の構成にしたがって反論をする。まず第4では、補充書（2）「阿蘇の活動履歴及び活動履歴に基づく検討について」（第3・3(2)ア(ア)）（48頁以下）に対する反論を、第5では同「地球物理学的調査に基づく検討について」（第3・3(2)ア(イ)）（65頁以下）に対する反論を、第6では同「原決定等の誤りについて」（第3・3(2)イ）（84頁以下）に対する反論を、第7では同「阿蘇4火砕流は本件発電所の敷地

に到達していないことについて」(第3・3(3)) (107頁以下)に対する反論を、第8では同「原決定等の誤りについて」(第3・4(2)) (125頁以下)に対する反論をする。第9では、債務者が提出している専門家の意見書のうち、特に榎原意見書、Hill意見書及び長谷川・柳田意見書を中心に、その信用性がないことを論ずる。最後の第10でまとめを述べる。

第2 「基本的考え方」の不当性

1 「基本的考え方」の概要

2018年（平成30年）3月7日に開催された平成29年度原子力規制委員会第69回会議において、原子力規制庁から「原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける『設計対応不可能な火山事象の評価』に関する基本的な考え方」（以下「基本的考え方」という。）（乙453、乙449）が示された。債務者はこれを引用し、原決定は火山ガイドを誤って解釈していると主張している（補充書（2）9頁）。

これに先立つ同年2月21日、第196回国会資源エネルギーに関する調査会において、自由民主党所属の青山繁晴議員は、原決定に言及しつつ、「それ（阿蘇4）まで想定するのであれば、はっきり言うと空港も新幹線も稼動は無理じゃないか」「火山噴火についての基準はこの際見直すべきではないでしょうか」「今後の司法のリスクを考えても、常に普段の基準の見直しはどうぞ取り組んでいただきたい」（甲G67・3～4頁）との質問、要望を、原子力規制委員会委員長の更田豊志氏に対して行った。その直前の同日開催の原子力規制委員会の会合において、更田委員長は、事前の議題にはなかったにもかかわらず、破局的噴火ないしカルデラ噴火について原子力規制委員会の考え方をまとめるよう原子力規制庁に対して指示をしており（甲G68・26頁）、前記青山議員の質問、要望に係る事前通告を踏まえてなされた指示であることがうかがわれる。

「基本的考え方」は、このような経緯によって作成された、原子力規制庁名義

の文書である。これは火山ガイドを改正するものではなく、火山ガイド改正を具体的に予定するものでもない。しかし、その内容は、巨大噴火のリスクが社会通念上容認される水準であることを考慮し、過去に巨大噴火を発生させた火山について、合理的な根拠なく「巨大噴火の可能性が十分に小さい」と判断できるというものであり、青山議員の意向を勘案して火山ガイドの立地評価の規定を事実上死文化させることを狙うものである。原決定において、火山ガイドにしたがえば伊方原発は立地不適でありこれを差し止めるべきとの判断がなされたことを踏まえ、同様の司法判断がなされることを牽制する意図によるものであることは明らかである。

この「基本的考え方」は、原子力規制委員会・規制庁が、大規模な自然災害をも想定して、原子力災害の発生の防止に最善かつ最大の努力をし、もって国民の生命、健康、財産を保護し、環境を保全するという本来の責務（原子炉等規制法1条、原子力規制委員会設置法1条）を放棄することを公言するに等しいものであり、国際的な原子力安全の考え方からも大きく逸脱するものである。その策定された経緯は、実質的に原子力規制委員会が政治的干渉を受けており、独立してその職権を行う（原子力規制委員会設置法5条）という理念が守られていない現状を示している。

御庁はこのような事業者の便宜を図るための裁判対策文書に惑わされることなく、真に独立した立場から法と良心にしたがって適正な判断をされたい。

2 低頻度事象を想定することは原子力安全の基本である

(1) 国際基準からしても低頻度の火山事象は考慮すべきこと

「基本的考え方」第2項第2段落は、巨大噴火が低頻度の事象であって、これを想定した法規制や防災対策が原子力安全規制以外の分野においては行われていないことを根拠とし、「巨大噴火によるリスクは、社会通念上容認される水準であると判断できる」としている。

確かに、噴出物量数 10 km^3 程度を超えるような巨大噴火は日本列島全体でも600年に1回程度の頻度で発生してきたものであり（甲G19・220頁、甲G52・181頁），一般的には低頻度な事象といえる。しかし、「基本的考え方」も認めるように、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ため、本件原発のように、その地理的領域内において約26万年前以降に4度も巨大噴火を発生させた火山が存在する原子力発電所におけるリスク要因としては、決して無視できるほど低頻度の事象ではない。

原子力基本法2条及び原子力規制委員会設置法1条は、原子力規制委員会が確立された国際的な基準を踏まえて安全確保を図るべきことを定めている。確立された国際的な基準である国際原子力機関（IAEA）の策定した原子力発電所の火山ハザードについてのガイド（SSG-21）（甲D348）には、幾つかの加盟国では放射線影響の可能性のある事象の年間発生確率の上限値は 10^{-7} が用いられていること（2.7），サイトの除外基準を構成する現象としても年発生許容確率の 10^{-7} は採用して良いが、どの場合でも規制当局が定める許容確率との一致が必要となること（5.21）等が記載されている（答弁書18～19頁も参照）。英国の基準を参照しても、低頻度ゆえに考慮しなくてよいとされる包括的な種類のハザードは1千万年に1回（ 10^{-7} /年）未満であり（甲F1・8頁）、その程度の極めて低頻度な事象まで考慮するのが原子力安全の国際標準である。頻度や確率を定量化することなく単に「発生の可能性は低頻度」という定性的な評価をすることや他の法規制で想定されていないことを考慮しそのハザードを想定外とすることは、国際的な基準では許容されない。

（2）他の外部事象との整合性を考慮すべきであること

「基本的考え方」は、原子力規制以外の分野において巨大噴火が想定されていないことを強調するが、原子力発電所が有する特異な潜在的危険性の大きさ

からすれば、他の法規制や防災対策で想定されていないことは規制しない理由にならない。実際、原子力規制委員会は、他にこれを想定した法規制等が見当たらない、後期更新世以降の活動を否定できない断層等や、年発生確率が 10^{-5} 以下の最大風速を有する竜巻、その確率が1000万年に1回以上の航空機落下による火災等をも想定した法規制を実施してきている（設置許可基準規則解釈（別記1）3条3項、原子力発電所の外部火砕影響評価ガイド附属書C「原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の評価について」）。なお債務者は、年超過確率 10^{-5} に相当する竜巻の最大風速が83m/sであることを踏まえ、基準竜巻の最大風速を100m/sと設定している（乙13・60頁）。他の外部事象については極めて低頻度であっても考慮しているにもかかわらず、火山の噴火についてはこれらよりも相当頻度の高いものまで社会通念上容認するというのは不整合である（答弁書17～18頁も参照）。

前記原子力規制委員会の会議において、更田豊志委員長は、噴火については地震のように低頻度の事象まで考慮しない理由として、地震の観測記録は日常的と言つていいぐらいにあるが巨大噴火については記録がないことを挙げた（乙449・22頁）が、まったく的外れである。地震について日常的に観測されるのは、原子力発電所の設計基準で通常想定されることのない小さな地震だけであり、巨大な地震はやはり低頻度である。一方、巨大噴火は、火砕流や火山灰の地質学的調査から、いつ、どこで、どの程度のイベントが起こったのか、かなり昔まで遡って特定することができており、その点からすると、巨大地震よりも巨大噴火の方が過去の事象に基づいた精度の高いハザード評価が可能である。

さらに問題は、地震や竜巻など他の外部事象では、設計基準を超えるものが発生した場合でも、工学的安全余裕によって安全施設が機能喪失するには至らない場合や、安全施設が機能を喪失するとしてもシビアアクシデント対策や外部からの救援が奏功する場合が一応想定されるが、巨大噴火による火砕流等の

設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達する場合、原子炉及び使用済み核燃料プールはほぼ確実に破壊され、シビアアクシデント対策は機能し得ず、外部からの救援も不可能なため長期にわたって大量の放射性物質が大気中に放出される結果、日本はおろか、世界中に放射性物質の付着した火山灰が拡散する事態となり、放射性物質の放出量は福島第一原発事故をはるかに凌ぐものとなることが想定される（甲D 234、甲G 38・107頁、甲G 20・191頁、甲G 27・245頁等）という点にある。原子力発電所にとってのリスク要因として、設計対応不可能な火山事象（火碎流）を広域的な地域にもたらす巨大噴火は、他の外部事象よりも影響が深刻である。「リスクが大きければ大きい事象であるほど、たとえ低頻度であっても考慮する」という反比例原則は、リスク管理の基本であるはずが、「基本的考え方」は、原発にとってリスクの大きい巨大噴火を、よりリスクの小さい他の外部事象よりも軽視するものとなっており、リスク管理の基本原則に反している。

SSG-21には、設計基準に含まれる各火山ハザードは、可能な限り、他の外部事象による設計基準の特徴と比較できるよう定量化されるべきである（6.4）と規定されている。静岡大学教授の小山真人氏は、火碎流に襲われた原発がどうなるかを厳密にシミュレーションし、放射性物質の放出量や汚染の広がりを計算した上で、その被害規模と発生確率を掛け算したリスクを計算すべきことを主張している（甲G 20・191頁）。然るに、未だに巨大噴火のリスクを定量化する姿勢を持たず、遂には「社会通念」のような曖昧で主観的な概念を持ち出して事業者の便宜を図ろうとする原子力規制委員会・規制庁の態度からは、まともに巨大噴火のリスクを評価すると、本件原発等を立地不適とせざるを得ないので、何としてもそれは避けたいという意図が透けて見える。

(3) 設計対応不可能な火山事象については「合理的に予測される規模の自然災

害」という考え方は当てはまらない

債務者は、原決定の判示を前提とすれば、阿蘇4噴火が「最新の科学的、専門技術的知見を踏まえて合理的に予測される規模の自然災害」と言えることについて、相当程度に確かな根拠が示される必要があるはずであると主張する（補充書（2）14頁）。

だが、原決定が設置許可基準規則4条の「基準地震動」、同5条の「基準津波」、同6条の「想定される自然現象」について、「最新の科学的、専門技術的知見を踏まえて合理的に予測される規模の自然災害」に該当するかどうかという観点から想定されるべきであると判示したのは、新規制基準においてはシビアアクシデント対策（深層防護の第4の防護レベル）が新たに加わり、基準地震動や基準津波等を超える自然災害が発生した場合でも原子力災害を防止ないし緩和するための措置が一応取られているからである（原決定180～184頁）。しかし、火碎物密度流等の設計対応不可能な火山事象が敷地に到達する場合、可搬型設備も含めて周囲の建造物、構造物は根こそぎ破壊され、現場作業員は全員死亡し、外部からの救援は不可能という状況になるのであるから、シビアアクシデント対策が機能することはおよそ期待できない。だからこそ設計対応不可能な火山事象が到達するおそれがないことは、立地段階で厳格に評価されるべきなのである。したがって、火山ガイドにおける立地評価に関しては、原決定における「最新の科学的、専門技術的知見を踏まえて合理的に予測される規模の自然災害に該当するかどうか」という観点から想定されるべきである」（184頁）という判示の射程は及ばない。立地評価において阿蘇4を想定すべきとした原決定に何ら不合理な点はない。

現在の火山学の水準では、検討対象火山の噴火規模を合理的に予測することは出来ないという点からしても、火山事象について当該判示の射程は及ばない。

3 「基本的考え方」は火山ガイドの無効化を狙うものである

(1) 火山ガイドには巨大噴火について別異の扱いを規定していない

「基本的考え方」第1項には、「過去に巨大噴火が発生した火山については、『巨大噴火の可能性評価』を行った上で、『巨大噴火以外の火山活動の評価』を行う」とある。同第2項には、巨大噴火の可能性評価について、後記(2)、(3)のとおり、火山ガイドにはまったく記載されていない判断枠組みが示されている。一方で、同第3項には、事実上立地評価とは無関係な巨大噴火以外の火山活動の評価について、当該検討対象火山の最後の巨大噴火以降の「過去最大の噴火規模」を用いることが記載されている。これは、巨大噴火以外は火山ガイドの通常のフローにしたがって評価するが、巨大噴火だけは立地評価の通常のフローから除外することを意味する。

だが、火山ガイドには、巨大噴火の可能性評価についてそれ以外の噴火と区別して扱うこととする規定は存在しない。火山ガイドに規定されているのは、巨大噴火であるか否かにかかわらず、調査結果から原発運用期間中における活動可能性が十分小さいと判断できない火山については、噴火規模の推定をし、これが推定できない場合は、当該火山の過去最大の噴火を前提として設計対応不可能な火山事象の到達可能性の評価を行うということだけである(4.1(2)(3))。

つまり、「基本的考え方」は、火山ガイドが定めた立地評価についての審査基準を、合理的な根拠を示すことなく、また何らの適正な手続きを経ることもなく、大幅に緩和しようとするものである。そのような文書に実質的意義を認めるべきではない。

(2) 「設計対応不可能な火山事象が到達する可能性が十分小さいと評価できない場合」という火山ガイドの要件の無効化を意図している

「基本的考え方」第2項「巨大噴火の可能性評価の考え方」において、第

1段落には「火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか、及び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かどうかを確認する」と記載されているが、これも火山ガイドを無視した審査の正当化を狙ったものである。

現在の火山学の知見では、検討対象火山において巨大噴火が差し迫った状態にあると判断することは、直前までは極めて困難であり、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示すことは不可能である。そもそも、原子力事業者が自ら、検討対象火山について「巨大噴火が差し迫った状態にある」、「運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理的な根拠がある」という評価材料を原子力規制委員会に示すことはあり得ない。したがって、「基本的考え方」にしたがえば、検討対象火山は、阿蘇のように頻繁に巨大噴火を繰り返していても、ほぼ必然的に、「巨大噴火が差し迫った状態にあるとは確認できない」「運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理的な根拠があるとは確認できない」という評価にしかならず、巨大噴火のリスクは無視できるという結論にしかならない。

火山ガイドには、「設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達する可能性が十分小さいと評価できない場合は、原子力発電所の立地は不適」(1.1, 4. 1 (3))と規定されている。これは文言上、運用期間中において設計対応不可能な火山事象を原子力発電所に到達させるような巨大噴火の可能性が十分小さいということの証明責任を、原子力事業者に課すものである。すなわち、可能性が「大きい」とも「小さい」とも判断できない場合、立地不適とするのが火山ガイドである。「十分小さい」という曖昧で緩やかな審査を許容するかのような基準に合理性はないが、リスクが小さいことの証明責任を事業者に課すという点では妥当なものである。

「基本的考え方」は、火山ガイドにおけるこの妥当な部分を、完全に無効

化させることを意図したものである。「基本的考え方」は、火山事象に係る立地評価についての審査が外形を取り繕うものに過ぎず、真に立地不適とするつもりはないということを、恥も外聞もなく公言するものとなっている。

(3) 「基本的考え方」に示された2つの要件の不合理性

「基本的考え方」第2項第3段落には、「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、①「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」ことを確認し、②「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はいえない」場合には、少なくとも運用期間中の「巨大噴火の可能性が十分に小さい」と判断できるという、火山ガイドにはまったくない判断枠組みを示している。

しかし、①20世紀以降最大の噴火である1991年フィリピン・ピナツボ火山の噴火の際には、これに先立って米国地質研究所から派遣された調査チームが地元の研究機関と連携して火山監視に当たっていたものの、大噴火に至ることの判断は噴火の約1週間から数日前までできなかった（甲G49・22頁、甲G69・5頁、甲G70・34頁、甲G72の1・30頁）。この事例からすると、巨大噴火は1週間以内には差し迫っていないという判断ならばできるかもしれないが、そのような判断は、少なくとも数十年単位となる本件原発運用期間中における巨大噴火の可能性評価には、ほとんど意味をなさない。

②「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はいえない場合」という要件は、さらに不合理である。現状での原子力発電所の立地で承認を得たい事業者が、自らその障害となるような具体的な根拠を示すことは全く期待できない。また、現在の火山学は巨大噴火の長期予測についての知見が非常に乏しく、どのような場合に「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」といえるのか、その判断基準を示すことができない。したがって、常に「運用期間中に巨大噴火が

発生するという科学的に合理的な根拠があるとはいえない場合」に当たるという評価にしかならない。平成30年3月7日開催の原子力規制委員会の会合において、伴信彦委員から、「どういう状態になっていれば差し迫った危険が存在すると評価するのか。つまり、どういう状況であれば、黒ないしそれに準ずるものと判断されるのかといったものは具体的に示されていない」(乙449・20頁)、「敷地内の断層の評価であれば、特に活断層の上に施設が建たないことを求めるために、事業者としては、それが活断層ではないことを証明するべく徹底的に情報を集めるわけですね。つまり、白であることを証明しなさいということを言っている。それに対して、巨大噴火の可能性に関しては、黒であることを示唆するようなデータがない限りは可能性が低いと判断しようというように見える」(同20, 21頁)等となされた指摘は正当である。②は現状、完全に無意味な要件である。

なお、「基本的考え方」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うことを要求しているように見えるが、火山ガイドが義務付けている調査は過去の噴火履歴についての文献調査等（3.）だけであり、地球物理学的及び地球化学的調査（4. 2）は「必要に応じて」すればよいということになっている。その結果、巨大噴火に関しては、検討対象火山についての既往の文献を適当に集めて切り貼りし「可能性は十分小さい」としておけば、容易く審査会合で了承されるというのが実態である。原子力規制委員会が事業者に対して、敷地内破碎帯と同程度の詳細な調査を要求しているという事実はない。

「基本的考え方」は曖昧な文言とレトリックで誤魔化そうとしているが、上記のとおり、①と②の要件を満たしても、運用期間中における巨大噴火の可能性が十分小さいとは、論理的にまったくいえない。

原決定でも東京大学名誉教授の藤井敏嗣氏の見解（甲G19）を引用する形で認定されているとおり、現在の火山学の知見では、検討対象火山において運用期間中に「巨大噴火の可能性が十分小さい」という判断は不可能である。前

記①、②によってこれを判断するという「基本的考え方」には何の科学的合理性もない。

(4) モニタリングについての位置づけの変遷

火山ガイドには、「事業者が実施すべきモニタリングは、原子炉の運転停止、核燃料の搬出等を行うための監視」(5. 3) であり、「火山活動の兆候を把握した場合の対処方針として、原子炉の停止、核燃料の搬出等が実施される方針(等を定めること)」(5. 4) 等と規定されている。原子力規制委員会は、従前はこの火山ガイドの規定どおり、巨大噴火についてはモニタリングによって相当前の時点での兆候を判断でき、火碎流が敷地に到達する前に核燃料を全部搬出できることを前提として審査しており、巨大噴火によるリスクは社会通念上容認されるという投げやりな態度は示していなかった。

一方、「基本的考え方」には、「(参考) 火山活動のモニタリングについて」として、対処方針については「原子炉の停止」しか明示されておらず、「核燃料の搬出」を目的としていた事実を誤魔化そうとしている。また、「基本的考え方」には、モニタリングは「運用期間中の巨大噴火の可能性が十分小さい」という評価の根拠が継続していることを確認するため、評価時からの状態の変化を検知するものであると記載されているが、火山ガイドには、モニタリングを事業者に義務付ける意義を分かり難くするこのような記載もない。

運用期間中における破局的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、そのリスクは「社会通念上容認される」という理屈は、元々、モニタリングによって核燃料を搬出できるだけの時間的余裕をもって巨大噴火の兆候を判断することが不可能であることが誰の目にも明白となった後も、九州電力川内原発の稼働継続を許容するために、宮崎支部決定が捻り出した強弁に過ぎない。このような強弁に便乗する形で、原子力安全の常識を無視する見解を公表することは、原子力規制委員会・規制庁の存在意義自体を失わせるものであ

る。

4 「基本的考え方」に惑わされるべきではない

前記原子力規制委員会の会合では、石渡明委員から、「基本的考え方」は従来行われてきた規制の考え方を示すものであると述べられている（乙449・19頁）。だが、伊方原発の設置変更許可に関する各種資料（乙11、乙13、甲B43、甲B44、甲B45等）においても、「基本的考え方」が発表される前の本件における債務者の主張においても、巨大噴火によるリスクは社会通念上容認されるとはされておらず、また、①「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」ことを確認し、②「運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理的性のある具体的な根拠があるとはいえない」場合には、少なくとも運用期間中の「巨大噴火の可能性が十分に小さい」と判断できるという、火山ガイドにはまったくない規範も明示されてはいなかった。「基本的考え方」は原決定を受けて作成された裁判対策文書であることは明らかであり、火山ガイド本来の趣旨とはかけ離れたものである。

「基本的考え方」は、巨大噴火による原子力災害のリスクは無視すると、原子力規制庁において宣言するに等しいものである。確かに、現在の火山学の知見では、今後数十年以内に検討対象火山において巨大噴火が発生する可能性を的確に評価することはできない。しかし、この火山国である日本では、いつか必ず巨大噴火は起こる。少なくとも後期更新世以降に巨大噴火の火碎流が到達している本件原発には、原子力発電所に求められる安全性の水準からすれば容認できないリスクがあることが明らかである。

福島第一原子力発電所の事故は、巨大津波について一般防災では想定されていないことやその知見が不十分であることを言い訳にして、対策を先送りにしてきたことが原因である。今、巨大噴火が一般防災では想定されていないことや知見が不十分であることを言い訳にしてその対策をしないことは、福島第一

原発事故を引き起こした反省をまったく踏まえていないことを意味する。改正された原子力関係法令は、そのような事業者、規制機関の不作為を許容していない。

確かに巨大噴火は、多くの人命が失われることになる恐ろしい現象であるが、人類が地球上に誕生した約300万年前以降にも、幾度となく繰り返されてきた自然現象である。そして、巨大噴火だけであれば、少なくとも世界中に降る火山灰に放射性物質が付着し、世界規模の放射能汚染を引き起こすことはない。一方、巨大噴火の火砕流で伊方原発が破壊される複合災害となれば、想像を絶する量の放射性物質が世界中を覆い、半永久的に地球環境を汚染し続ける人災となる。このような未曾有の事態を万が一にも起こらないようにすることが、環境の保全を目的の1つとする原子炉等規制法の趣旨であり、原子力規制委員会設置法の定める原子力規制委員会の責務であったはずである。「後は野となれ山となれ」といわんばかりの無責任な規制を、法は許容していない。

原子力安全条約17条は、原子力施設が継続的に安全上許容されるものであることを確保するため、必要に応じて、原発の供用期間中にその安全に影響を及ぼすおそれのある立地に関するすべての関連要因が再評価されるための適当な措置をとるべきことを規定している。「基本的考え方」を是認して事実上火山リスクを原因とする立地の再評価をしないことは、原子力安全条約にも違反していることになる。

「基本的考え方」のような裁判対策文書に惑わされることなく、債務者ないし原子力規制委員会において、真に改正された原子力関係法令の趣旨に則った火山ガイドの解釈をしているかという観点から、本件の審理、判断を行うべきである。

第3 阿蘇についての適合性審査の概要

1 阿蘇の火山活動に関する個別評価

本件において、その評価が問題となっている検討対象火山は阿蘇である。

本件異議審に至って、債務者は、阿蘇に関し、原子力規制委員会の適合性審査の過程ではまったく主張していなかったことも含め、様々なことを主張し始め、噴火規模を阿蘇4の約300分の1の草千里ヶ浜軽石噴火（ 2 km^3 ）としていることを正当化しようとしている。そこで改めて、原子力規制委員会の適合性審査において、債務者はどのような評価を行っていたのか、これについてどのような審査がなされて伊方原発の設置変更許可処分がなされたのかについて整理する。

伊方原発3号機の設置変更許可の申請は、新規制基準の施行日と同日である平成25年7月8日になされ、設置変更許可処分はその約2年後に当たる平成27年7月15日になされた。

平成25年7月23日開催の第2回適合性審査会合では、原子力規制委員会より、「四国電力（株）伊方発電所3号機の申請内容に係る主要な論点」（甲G75の2）として約10点の論点の提示があったが、この中に火山関係の論点は含まれていなかった。つまり、原子力規制委員会は、適合性審査において伊方原発の火山リスクを主要な論点とは考えておらず、相対的に軽視していた。

伊方原発の適合性審査会合で火山の問題が初めてとりあげられたのは、平成25年10月2日の第27回適合性審査会合である（甲G76）。この時、債務者は「阿蘇山」と「阿蘇カルデラ」を別々の検討対象火山とし、前者は噴火規模を草千里ヶ浜軽石相当（ 2.39 km^3 ）（甲76の2・21頁）、後者は「発電所運用期間中における噴火はない」（同26頁）と評価し、噴火規模の設定をしていなかった。審査会合における規制側との質疑応答では、阿蘇の火碎流堆積物の調査についてはとりあげられ、データの拡充が要請されたが、巨大噴火の可能性ないし噴火規模の設定については一切問題として取り上げられなかつ

た。同会合の終わり際には、島崎邦彦委員から、「もう少し検討していただくということであります、おおむね火山の影響評価はできていると思います」(甲G76の1・17頁)という総括があった。

平成25年11月8日の第44回審査会合では、第27回会合における規制側からのコメントを踏まえ、阿蘇4火碎流堆積物の調査結果やTITAN2Dのシミュレーション結果が資料に追加掲載され、それらに関しての若干の質疑応答はあったが、やはり巨大噴火の可能性ないし噴火規模の設定については一切取り上げられなかった(甲G77)。

その後、平成26年2月5日開催の第78回審査会合、平成27年3月20日開催の第210回審査会合及び同年4月3日開催の第215回会合を経て、九重第一軽石噴火を考慮した降下火碎物のシミュレーション条件(噴出量、風向)が見直され、5cmの層厚想定が15cmになった。検討対象火山「阿蘇山」と「阿蘇カルデラ」は「阿蘇」にまとめられこととなった。だが、阿蘇に関するカルデラ噴火の可能性ないし噴火規模の設定については、審査会合の場ではまったく議論の対象にならなかった(甲G78～80)。

以上の通り、適合性審査では、阿蘇を検討対象火山とする立地評価については、火碎流の到達可能性に関する議論は多少なりともあったため、モニタリング対象とすべきか否かという点ではある程度の審査はあったといえるが、阿蘇に関するカルデラ噴火の可能性ないし噴火規模の設定に関しては、実質的な審査はまったくなされていない。原子力規制委員会は、初めから火山リスクを考慮して伊方原発が立地不適か否か、実質的な審査をする意思がなく、非常に杜撰な審査であったといえる。

なお、平成25年11月7日に開催された第43回審査会合、同年12月27日に開催された第65回審査会合、及び平成27年4月9日に開催された第217回審査会合で配布された、債務者作成の「補足説明資料」の中には、その中の「参考資料」として、後に大きな問題となる、非常用ディーゼル発電機

吸気フィルタの閉塞時間の評価に用いた降下火砕物の大気中濃度 $3.241 \mu g/m^3$ という数値が記載されていたが、この評価の妥当性についても一切議論にならないまま、平成27年7月15日の設置変更許可がなされた（甲G81～83）。

2 阿蘇の火山活動に関する個別評価の内容

債務者は、阿蘇を完新世に活動を行った火山として将来活動可能性のある火山として抽出している。そこで、将来の活動可能性のある火山として、火山ガイド第4章の「原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価」を実施している。

債務者は、阿蘇の運用期間中の噴火規模について、「後カルデラ火山噴火ステージ」である阿蘇山での既往最大噴火規模（阿蘇草千里ヶ浜噴火：約 $2 km^3$ ）を考慮するとしているため、火山ガイド4.1(2)の「火山活動の可能性評価」については、「活動の可能性が十分小さいと判断できない場合」に該当するとし、火山ガイド4.1(3)における「検討対象火山の調査結果から噴火規模を推定」しているものと解される。

だが、現在の火山学の水準では、原発の運用期間という、少なくとも数十年に及ぶ期間の噴火規模を推定することは不可能であるため、そのような噴火規模の設定は誤りである。本来は、原決定が判示したように、「調査結果から噴火の規模を推定できない場合」として、過去最大の噴火規模である阿蘇4を設定すべきであった。

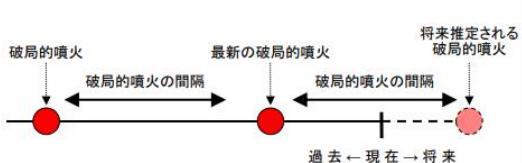
債務者は、いかにして阿蘇の噴火規模を阿蘇4の約300分の1にまで切り下げたのか、その評価方法については、次の債務者作成の適合性審査資料に要点がまとまっている。

II. 立地評価

阿蘇の火山活動に関する個別評価①<評価方法>

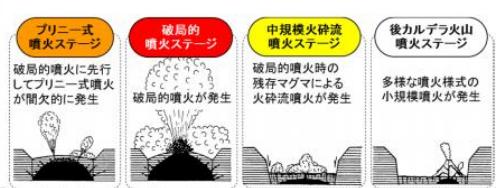
①-1 噴火履歴の特徴(活動間隔)

- ・破局的噴火の活動間隔と最新の破局的噴火からの経過時間との比較により、破局的噴火のマグマ溜まりを形成するのに必要な時間が経過しているかを検討する。



①-2 噴火履歴の特徴(噴火ステージ)

- ・Nagaoka(1988)による噴火ステージの区分を参考に、各カルデラにおける現在の噴火ステージを検討する。

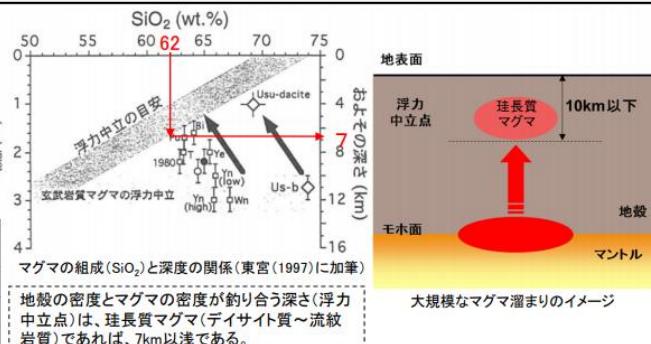


②-1 地下構造(マグマ溜まりの状況)

- ・破局的噴火を発生させる珪長質マグマは、苦鉄質マグマに比べて密度が小さく、地殻の密度と釣り合う深さは約10km以浅であると考えられていること等から、約10km以浅のマグマ溜まりの有無等を検討する。

マグマのSiO₂と密度(兼岡(1997)を基に作成)

| マグマの種類 | 玄武岩質 | 安山岩質 | ディサイト質 | 流紋岩質 |
|--------------------------|-----------|---------|--------|------|
| マグマの性質 | —苦鉄質→珪長質— | | | |
| SiO ₂ (wt. %) | 45~53.5 | 53.5~62 | 62~70 | 70以上 |
| 密度(kg/m ³) | 2700 | 2400 | 2300 | 2200 |



18

【甲G80の2「伊方発電所 火山影響評価について（コメント回答）」平成27年4月3

日】

債務者は、この他にも幾つかの根拠を挙げて噴火規模を過小評価していたが、適合性審査時において債務者が原子力規制委員会に提示し、その承認を得た、阿蘇の火山活動に関する個別評価の評価方法についての要点は、上記資料にまとまっているとおり、以下の3点である。

①-1 噴火履歴の特徴(活動間隔)

破局的噴火の活動間隔と最新の破局的噴火からの経過時間との比較により、破局的噴火のマグマ溜まりを形成するのに必要な時間が経過しているかを検討する。

①-2 噴火履歴の特徴(噴火ステージ)

Nagaoka(1988)による噴火ステージの区分を参考に、各カルデラにおける現在の噴火ステージを検討する。

② — 1 地下構造（マグマ溜まりの状況）

破局的噴火を発生させる珪長質マグマは、苦鉄質マグマに比べて密度が小さく、地殻の密度と釣り合う深さは約10km以浅であると考えられていること等から、約10km以浅のマグマ溜まりの有無等を検討する。

この3つの評価方法は、立地評価における阿蘇の個別評価のみならず、影響評価における南九州の4つのカルデラにおける破局的噴火の可能性評価においても用いられている（甲G80の3・70頁以下）。

そして、阿蘇の火山活動に関する個別評価の「まとめ」のスライドでは、この3点について以下のとおり評価がなされている（甲G80の2・24頁）。

【噴火履歴による検討結果】

- ・ 破局的噴火の最短の活動間隔（約2万年）は、最新の破局的噴火からの経過時間（約9万年）に比べて短いため、破局的噴火のマグマ溜まりを形成している可能性、破局的噴火を発生させる供給系ではなくになっている可能性等が考えられる。
- ・ 現在の活動は、阿蘇における後カルデラ火山噴火ステージの活動が継続しているものと考えられる。

【地下構造による検討結果】

- ・ 岩石学的情報及び地球物理学的情報から、地下約10km以浅に、大規模な珪長質マグマ溜まりはないと考えられる。

債務者は、噴火の時間間隔およびNagaoka(1988)の知見は、いずれも運用期間中に巨大噴火が起きる可能性が十分小さいかどうかを判断する上で一つの事

情として検討するものであると主張する（補充書（2）94頁）が、適合性審査における債務者の資料の構成を見る限り、債務者がこれらを阿蘇の巨大噴火の可能性評価において主要な根拠と位置付けていたことは明らかである。

また債務者は、原決定が阿蘇4噴火以降の火山岩の分布とそれらの組成に関する検討、地表面の基線変化に関する検討を引用していないことを非難し、これらの検討は総合評価において重要な位置付けを占めると主張する（補充書（2）48頁）が、これらは上記3つの評価方法のうちのどれにも該当せず、重要な位置付けを占めるものとは解釈できない。債務者自身、適合性審査においても、原審及び原々審においても、それらが重要な位置付けを占めるものとは一度も主張疎明していない。原決定は、それまでの主張疎明をも踏まえて要約しただけであり、債務者の設置変更許可申請書の内容を無視したわけではない。

なお、火山岩の分布に関する三好ほか(2005)（乙341）は、立地評価の阿蘇も含め説明性を向上させるべく再整理された平成27年4月3日付けの資料にも掲載されている（甲G80の2・22頁）が、地表面の基線変化については、これに掲載されていない。適合性審査段階において、債務者は、地表面の基線変化については相対的に重視していなかったということである。

以上を踏まえ、以下の3～5では、まず適合性審査において阿蘇の巨大噴火を考慮外に置くためにとられていた、この3つの評価方法についての不合理性を論じる。

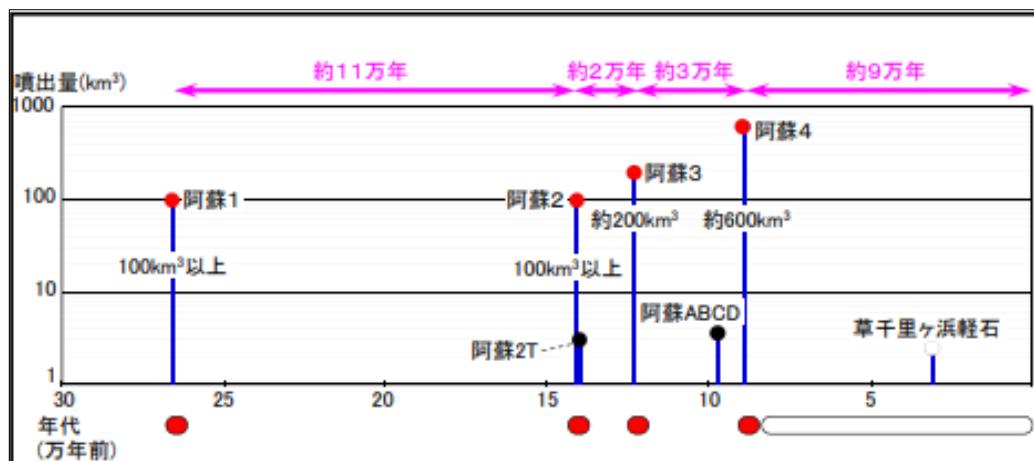
3 破局的噴火の活動間隔の無視

債務者は、設置変更許可申請書には、「巨大噴火の活動間隔については、阿蘇1噴火と阿蘇2噴火との間隔は約11万年、阿蘇2噴火と阿蘇3噴火との間隔は約2万年、阿蘇3噴火と阿蘇4噴火との間隔は約3万年であり、活動間隔にばらつきはあるものの、最新の巨大噴火は約9万年前～約8.5万年前の阿蘇4噴火であることから、巨大噴火の最短の活動間隔は最新の巨大噴火からの経

過時間に比べて短い」（乙11・6-8-9～10）と記載している。

また前記の通り、債務者は、阿蘇の火山活動に関する個別評価において、「破局的噴火の活動間隔と最新の破局的噴火からの経過時間との比較により、破局的噴火のマグマ溜まりを形成するのに必要な時間が経過しているかを検討する」という手法を採用している。

適合性審査の資料においては次のような図を示し、「阿蘇カルデラにおける破局的噴火の最短の活動間隔（約2万年）に対して最新の破局的噴火から約9万年が経過している」と説明されている。



【甲G80の2「伊方発電所 火山影響評価について（コメント回答）】

平成27年4月3日付け22頁抜粋】

そして「まとめ」のスライドには、「噴火履歴による検討結果」として、「破局的噴火の最短の活動間隔（約2万年）は、最新の破局的噴火からの経過時間（約9万年）に比べて短いため、破局的噴火のマグマ溜まりを形成している可能性、破局的噴火を発生させる供給系ではなくなっている可能性等が考えられる」（甲G80の2・24頁）という評価をしていた。

この点、債務者は適合性審査において同日に示している「伊方発電所 火山影響評価について<添付資料>」の中では、南九州にあるカルデラのうち、姶良、阿多、及び鬼界についての個別評価において、「破局的噴火の（最短の）活

活動間隔は、最新の破局的噴火からの経過時間に比べて（十分）長いこと」をもって、「破局的噴火までには、十分な時間的余裕があると考えられる」という評価の根拠としていた（甲G80の3・74、80、83頁）。これが、阿蘇のように破局的噴火の最短の活動間隔が最新の破局的噴火からの経過時間に比べて短くなった途端に、「破局的噴火までに十分な時間的余裕があるとは考え難い」とはせず、「破局的噴火を発生させる供給系ではなくなっている可能性」を挙げるのは、誠にご都合主義的な解釈である。九州のカルデラ火山の破局的噴火の噴火履歴では、阿蘇1と阿蘇2との間は約11万年、加久藤・小林カルデラの破局的噴火の活動間隔は約20万年、阿多カルデラの破局的噴火の活動間隔は約14万年及び11万年であり、阿蘇の最新の破局的噴火からの経過時間が約9万年であることをもって、阿蘇が破局的噴火を発生させる供給系ではなくなっている可能性の積極的根拠とすることは困難である。

ともあれ、債務者は、適合性審査においては、阿蘇の破局的噴火の活動間隔についての検討から、阿蘇において破局的噴火のマグマ溜まりを形成している可能性を明示的に認めていた。

破局的噴火の活動間隔に基づく評価には、それなりに意義があるはずである。確かに、日本大学教授の高橋正樹氏が指摘するように、破局的噴火の活動間隔から次の破局的噴火を予想する噴火の長期予測は、厳密な「科学的予知」といえるようなものではなく、大雑把で粗っぽい「噴火評価」とよんだほうがふさわしいものであるが、現在の火山学の知見では、破局的噴火の長期予測は、せいぜいこの程度のことしかできないのである（甲G84の1・2）。言い換れば、破局的噴火の長期予測についての手法がまったく確立していない中で、火山専門家の間で標準的な手法としてある程度認知されているのが、この活動間隔を用いた評価手法である。

ところが債務者は、最終的に阿蘇の破局的噴火の可能性を「総合的に評価」（債務者補充書（2）79頁）する段階で、この自ら主要な方法として挙げた

方法に基づく評価結果をどのように扱ったのか、まったく主張疎明がなされていない。債務者にとって都合の悪い評価結果であるため無視することにしたのであろうが、そのような「総合的評価」は信頼するに値しない。

付言するに、前記のとおり、債務者は、適合性審査の段階では、阿蘇1の噴出量は 100 km^3 以上、阿蘇2も 100 km^3 以上、阿蘇3は約 200 km^3 と評価していたはずが、補充書(2)(56頁)図11では、日本の第四紀火山カタログ(1999)というやや古い文献を持ち出し、阿蘇1は 50 km^3 、阿蘇2も 50 km^3 、阿蘇3は 150 km^3 と、各噴出量の評価を大きく切り下げる。原決定を踏まえ、阿蘇4の約 600 km^3 が突出して大規模な噴火であることを演出するために恣意を働かせているものどうかがわれ、そのような評価も信頼すべきではない。

4 Nagaoka(1988)の噴火ステージの誤用

(1) Nagaoka(1988)の概要

債務者は、設置変更許可申請書において、「Nagaoka(1988)を参考にすると、現在の阿蘇山の活動は、多様な噴火様式の小規模噴火を繰り返していることから、後カルデラ火山噴火ステージと判断される」、「今後も、現在の噴火ステージが継続するものと判断され(る)」とし、「運用期間中の噴火規模については、後カルデラ火山噴火ステージである阿蘇山での既往最大噴火規模を考慮する」と記載している(乙11・6-8-10)。このように、噴火ステージは債務者が阿蘇の噴火規模を設定する上で、非常に重要な位置を占めている。

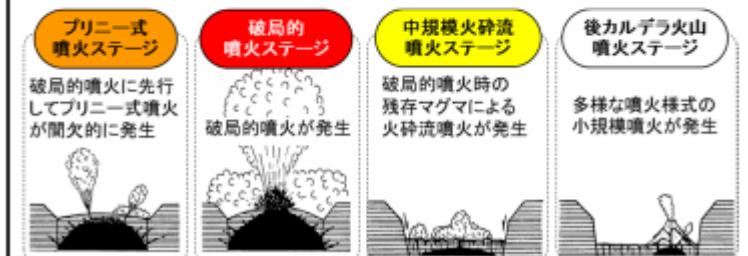
債務者が噴火ステージを判断する上で参考にしたというNagaoka(1988)は、鹿児島地溝のカルデラ(姶良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界カルデラ)から噴出した南九州のテフラと噴火史を検討した論文であり、これによると、第四紀後期の噴火サイクルは、(a)プリニ一式噴火サイクル(单一のプリニ一式噴火フェーズ、またはプリニ一式噴火フェーズに続く中規模火碎流噴火フェーズか

ら成る), (b)大規模火碎流噴火サイクル(プリニ一式、マグマ水蒸気、中規模火碎流、および大規模火碎流フェーズから成る)、(c)中規模火碎流サイクル(单一中規模火碎流フェーズから成る)、および(d)小規模サイクル(ブルガノ式、ストロンボリ式、および溶岩流フェーズから成る)、という4つのタイプに分類される(甲G85・105~107頁)。そして、鹿児島地溝のカルデラは、ただ1つの大規模火碎流サイクルで生成されたのではなく、複数のサイクルおよびマルチサイクルにより形成されたとされている(同117頁)。

債務者が Nagaoka(1988)のどこをどう参考にしたのか定かではないが、噴火ステージを①プリニ一式噴火ステージ(破局的噴火に先行してプリニ一式噴火が間欠的に発生)、②破局的噴火ステージ(破局的噴火が発生)、③中規模火碎流噴火ステージ(破局的噴火時の残存マグマによる火碎流噴火が発生)、④後カルデラ火山噴火ステージ(多様な噴火様式の小規模噴火が発生)、という4つに分類し、「阿蘇カルデラにおける現在の噴火活動は、最新の破局的噴火以降、阿蘇山において草千里ヶ浜軽石等の多様な噴火様式の小規模噴火が発生していることから、阿蘇山における後カルデラ火山噴火ステージと考えられる」(甲G80の2・22頁)としている。

①-2噴火履歴の特徴(噴火ステージ)

・Nagaoka(1988)による噴火ステージの区分を参考に、各カルデラにおける現在の噴火ステージを検討する。



【甲G80の2「伊方発電所 火山影響評価について(コメント回答)」】

平成27年4月3日付け 18頁】

なお、債務者は適合性審査資料では、上記のように、Nagaoka(1988)の図 15 「カルデラ火山の噴火マルチサイクルを示す漫画」を引用しているものの、Nagaoka(1988)におけるこのマルチサイクルは、実際は休止期間を含む 5 つにステージに分類されている（甲 G 85・112 頁）。

(2) Nagaoka(1988)によって破局的噴火の可能性評価を行なう不合理性

ともあれ、この噴火ステージの考え方を用いて破局的噴火の可能性を検討した債務者の評価が不合理であることは明白である。元来、Nagaoka(1988)の噴火サイクルないしステージは、テフラ層序などの地質調査結果に見られる定性的傾向を整理するための作業仮説的概念であって、普遍的法則について述べたものではない。地質学の分野では、観測事例が少ないという条件のもとで研究対象の諸現象を理解するために、統計的には不十分な数の事例についても、多少なりともパターンが認められたときに、作業仮説を立て、それを基に推論を進めるという思考方法を用いることがある。しかし、これらの作業仮説は、あくまでも学術的思考を進めるために暫定的に設定した主観的アイデアであり、必ずしも観測事実や物理法則によって科学的かつ客観的に実証されたものではない。債務者が噴火ステージによって破局的噴火の可能性を評価するためには、その噴火ステージの考え方が観測事実や物理法則によって実証されたものであることを示す必要があるが、そのような説明は、適合性審査においても本件においても、一切なされていない。

この点、静岡大学教授の小山真人氏は、「噴火ステージ説は噴火史上のパターン認識に基づいた仮説」、「実際のマグマだまり内で生じる物理・化学過程に基づいた立証がなされているわけではない」、「プリニー式噴火ステージや中規模火砕流噴火ステージの存在がはつきりしない阿蘇カルデラや鬼界カルデラに対して、この考え方を適用するのは無理がある」（甲 G 20・189 頁）と指摘している。

京都大学元助教授の須藤靖明氏も、「長岡論文における噴火ステージとは、テフラ層序について整理するための作業仮説に過ぎず、将来の噴火規模の予測のためにはまったく使えない概念です」「伊方原発の運用期間中において阿蘇で発生し得る最大規模の噴火は、『後カルデラ火山噴火ステージ』の既往最大である草千里ヶ浜軽石噴火相当であるという四国電力の評価に、科学的な意味での合理性はありません」（甲G 1 3・5頁）と述べている。

Nagaoka(1988)の指導担当教官であり、テフラ研究の大家でもある東京都立大学名誉教授の町田洋氏も、「四国電力が使っている Nagaoka(1988)で、記されている噴火ステージのサイクルは、テフラ整理のための一つの考え方には過ぎず、これによって破局的噴火までの時間的猶予を予測できる理論的根拠にはなりません。」（甲D 3 4 3・3頁）と述べている。

鹿児島大学准教授の井村隆介氏は、姶良カルデラについて、「この一回しか経験していないのです、このパターンというのは。次もこのパターンで来るのかどうかは全然わからない。議論されていないのですよね。」と指摘し、阿多カルデラについては、「一個前の噴火（注：阿多鳥浜噴火のこと）は明瞭なステージがないですよね」と指摘している。鬼界カルデラの噴火履歴については、「カルデラによってそうやって性格が全然違うのに、この2つ（注：姶良と阿多）があるからと言って、次はこうなるでしょうというような話になる。非常に、危うい論理に立っているわけですよね。」（甲G 5 4の2・22頁）と述べている。

宮崎支部決定においても、「同論文（注：Nagaoka(1988)）は、南九州地方の鹿児島湾周辺におけるカルデラ火山の第4紀後期テフラ層の検討から第4紀後期の噴火シークエンスを整理したものであり、鹿児島地溝に存在するカルデラ火山が同論文で整理されたような噴火サイクルを繰り返すことについての理論的根拠は示されていない」にもかかわらず、同噴火サイクルを前提に本件5カルデラの破局的噴火の可能性を十分に小さいとした評価の過程には不合理な

点があるという正当な判示がなされている（甲D 233・227，228頁）。

債務者は、Nagaoka(1988)の噴火ステージによって破局的噴火までの時間的余裕を予測していないかのような主張をしている（補充書（2）94頁）が、適合性審査の際の債務者の資料には、姶良カルデラについて、「現在、破局的噴火に先行して発生するプリニー式噴火ステージの兆候が認められないことから、破局的噴火までには十分な時間的余裕があると考えられる」「姶良カルデラにおける現在の噴火活動は、桜島における後カルデラ火山噴火ステージと考えられる」（甲G 80の3・72、74頁）とあり、阿多カルデラについて、「現在、破局的噴火に先行して発生するプリニー式噴火ステージの兆候の可能性のある池田噴火が認められるものの、プリニー式噴火ステージの継続期間（数万年）は、池田噴火からの経過時間（約0.6万年）に比べて十分長いことから、破局的噴火までには、十分な時間的余裕があると考えられる」（同78、80頁）とされている。つまり、債務者は、検討対象火山が「プリニー式噴火ステージ」に入っているか、あるいは「プリニー式噴火ステージ」に入つてどの程度の期間が経過しているかで、破局的噴火までの時間的余裕を評価していたのであり、Nagaoka(1988)を参考にした噴火ステージによって「今後数万年間は破局的噴火は起きない」という噴火予測をしていたことは明らかである。

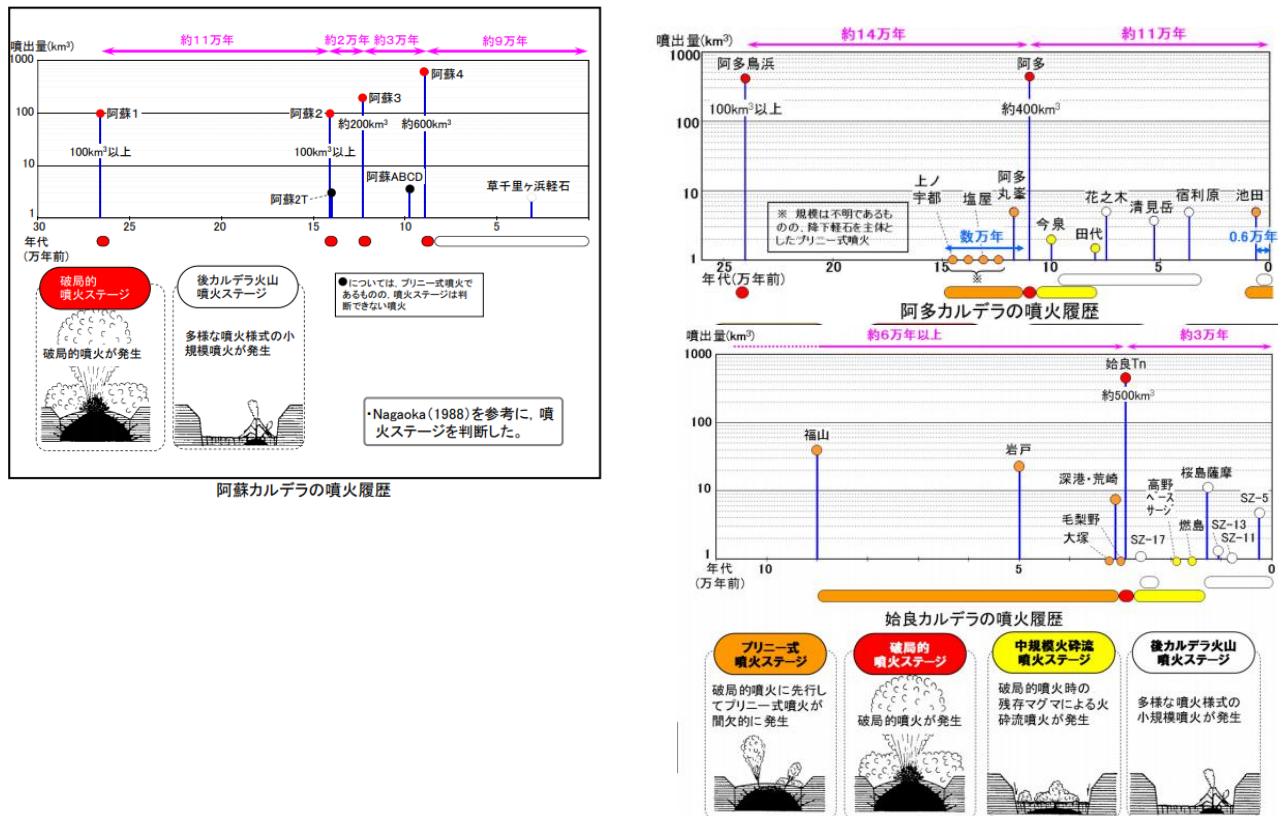
(3) 債務者の主張に対する反論

債務者は、Nagaoka(1988)によると、南九州のカルデラ火山では、大規模火砕流サイクルの前の10万年間に幾つかのプリニー式噴火サイクルが間欠的に発生したとされ、カルデラ形成後には多様な噴火様式の小規模噴火を繰り返す後カルデラ火山噴火ステージがあったとされ、これを参考に、阿蘇の噴火の態様を Nagaoka(1988)の噴火ステージに当てはめると、阿蘇の後カルデラ期の態様は、後カルデラ火山噴火ステージに相当すると主張している（補充書（2）

62頁)。

だが、約3万年前の姶良Tn噴火と約11万年前の阿多噴火に関しては、大規模火碎流噴火の前に「プリニー式噴火ステージ」、「中規模火碎流噴火ステージ」と言える状況があったかもしれないが、そのようなステージのサイクルが阿蘇を含む他のカルデラ火山の噴火史に認められるかどうかは、まったく確かめられていない。阿蘇については、債務者の資料においても、阿蘇1～阿蘇4という4回の「破局的噴火ステージ」の前後に「プリニー式噴火ステージ」「中規模火碎流噴火ステージ」があったとは記載されておらず、阿蘇1～阿蘇3後に「後カルデラ火山噴火ステージ」があったとも記載されていない。阿蘇2直後に阿蘇2T、阿蘇3と阿蘇4の間に阿蘇ABCDというプリニー式噴火が発生しているが、「噴火ステージは判断できない噴火」とされている。

以下は、債務者の適合性審査資料から、阿蘇、阿多及び姶良の噴火ステージに関する図を抜粋したものである。右側の阿多及び姶良では4つの噴火ステージが見られる一方で、阿蘇では2つの噴火ステージしか見られない。



【甲G80の2・22頁、甲G80の3・72、78頁から抜粋】

また Nagaoka(1988)の本文中では、「小規模サイクル」という文言はあっても「後カルデラ火山噴火ステージ」という文言はなく、これが「多様な噴火様式の小規模噴火を繰り返す」という明確な定義はない。したがって、阿蘇において多様な噴火様式の小規模噴火が見られるからといって、「後カルデラ火山噴火ステージ」であり「プリニー式噴火ステージ」ではないと認定することが正しいとはいえない。阿蘇では、阿蘇4以降、多様な小規模噴火が発生したかもしれないが、約3万年前にVEI5の草千里ヶ浜軽石噴火という、小規模とはいえないプリニー式噴火が発生しており（宮縁ほか(2003)（乙444・211頁））、その前後にも降下軽石をもたらすプリニー式噴火や準プリニー式噴火は間欠的に起きている（長岡・奥野(2004)（甲G86））。そうすると、阿蘇では間欠的にプリニー式噴火が発生していることから、「プリニー式噴火ステージ」に入っているともいえる。草千里ヶ浜軽石噴火から「プリニー式噴火ステージ」に入ったと解釈しても、債務者の評価方法を前提とすれば、破局的噴火までの時間的余裕はないという評価が成り立ち得る。

なお、Nagaoka(1988)では、姶良Tn噴火に先行する「プリニー式ステージ」は、福山、岩戸、深港、および荒崎の5つのプリニー式噴火が、8万～3万年前の間に断続的に発生したとされ、阿多カルデラについての「プリニー式ステージ」は、鳥浜サイクルにより13万年～11万年前に始まり9万年前まで続いたとされている（甲G85・108頁）。つまり、Nagaoka(1988)を参照すれば「プリニー式噴火ステージ」の継続期間は2～5万年程度であり、10万年ではない。

(4) 巨大噴火開始時におけるプリニー式噴火とは無関係

債務者は、小林ほか(2010)（乙336）や前野(2014)（乙337）を挙げ、

VEI 7 クラスの噴火の直前にプリニ一式噴火等の爆発的噴火が先行することが多いと認定した宮崎支部決定やこれに倣った原審決定を妥当と主張していた（即時抗告理由書（火山）に対する答弁書 14 頁）が、原決定は、当該主張や証拠を前提としても、現時点が破局的噴火直前の状態ではないことが認められるにとどまり、運用期間中における活動可能性が十分小さいとまで判断することはできないと判示した（原決定 351 頁）。債務者は、この判示に対する批判はできていない。

上記判示は概ね妥当であるが、小林ほか(2010)や前野(2014)に記載されている、カルデラ陥没の数日から数週間前に先行するプリニ一式噴火は、破局的噴火の一部というべきものであるから、「破局的噴火直前の状態ではないことが認められる」という認定はやや正確性を欠く。Nagaoka(1988)でも、妻屋火碎流や入戸火碎流に先行して大隅降下軽石を噴出したプリニ一式噴火（OsP）は、大規模火碎流噴火サイクルに分類されている。

また、通説的見解では、阿蘇 4 噴火は火碎流噴火に終始し、プリニ一式噴火に始まつてはいないとされている（町田・新井(2011)（甲 G 43・70 頁））。 100 km^3 を超えるような巨大な噴火では、大規模火碎流の噴出直前にプリニ一式噴火が見られず、より噴出率の大きな火碎流の噴出から開始する例は、阿蘇 4 の他にも知られている（下司(2016)（乙 464・111 頁））。そのため、阿蘇では将来の巨大噴火においてプリニ一式噴火が火碎流噴火に先行しないことも想定すべきである。

(5) 「後カルデラ火山噴火ステージ」と「後カルデラ期」との違い

債務者は「後カルデラ期」という文言を用いて阿蘇の活動履歴を整理している（補充書（2）50 頁）が、「後カルデラ火山噴火ステージ」と「後カルデラ期」とは別の概念であることに注意する必要がある。

債務者は、阿多カルデラについて、約 600 年前に池田噴火が発生したこ

とから、「後カルデラ火山噴火ステージ」の初期段階となったことを認めている（甲G 80の3・78頁）。つまり、債務者が設定している「プリニ一式噴火ステージ」、「破局的噴火ステージ」、「中規模火碎流噴火ステージ」、「後カルデラ火山噴火ステージ」とは一連の繰り返し（サイクル）が前提の概念で、「後カルデラ火山噴火ステージ」の次には「プリニ一式噴火ステージ」に戻ることが想定されている。

一方、「先カルデラ期」、「カルデラ形成期」、「後カルデラ期」という概念は、地質学的な噴火履歴の整理の便宜上、最初のカルデラ噴火から最後のカルデラ噴火までの期間を「カルデラ形成期」とし、その前を「先カルデラ期」、その後を「後カルデラ期」としているだけで、繰り返しは想定されていない。現在が「後カルデラ期」であるからといって、過去のカルデラ噴火直前と異なる状態にあるという意味はない。須藤靖明氏が指摘するように、阿蘇について現在この時が「後カルデラ期」と整理されても、近い将来（例えば数年後）に「阿蘇5」が起き、「カルデラ形成期」と整理し直される可能性は、火山学的にまったく否定されない（甲G 13・5頁）ことに注意する必要がある。

5 地下構造（マグマ溜まりの状況）について

(1) 10 kmより深いマグマ溜まりを検討しなかった誤り

債務者の適合性審査資料には、「破局的噴火を発生させる珪長質マグマは、苦鉄質マグマに比べて密度が小さく、地殻の密度と釣り合う深さは約10km以浅であると考えられていること等から、約10km以浅のマグマ溜まりの有無等を検討する。」との記載がある。

この命題に関し、債務者は次のようなイメージ図を示している。ここにおいて、債務者は、破局的噴火に寄与するマグマ溜まりは、扁平の橢円型1個であり、その底部の深さも10km以下であって、その全体が珪長質であると考えていることが見てとれる。

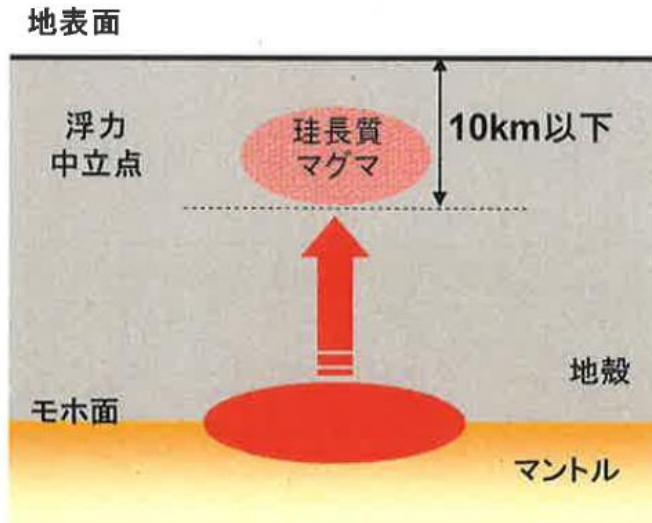


図7 大規模なマグマ溜まりのイメージ

【甲G80の2「伊方発電所 火山影響評価について（コメント回答）」

平成27年4月3日付け 18頁】

だが、珪長質の大規模なマグマ溜まりがなければ巨大噴火が起きないというわけではない。阿蘇についてだけを考えても、阿蘇2火碎流及び阿蘇3火碎流は安山岩質であり（山元(2015)（甲G87の2第27-2表(1)））、阿蘇2と阿蘇3は大規模な珪長質マグマ溜まりがなくとも発生したと考えられる巨大噴火である。

阿蘇4噴火時には、珪長質マグマを上層に、苦鉄質マグマを下層を持つ2層のマグマ溜まりが形成され、苦鉄質マグマの火碎流噴火も発生したとされている（金子(2014)）（乙437）。巨大噴火の発生に寄与する大規模なマグマ溜まりがあったとしても、その全体が珪長質というわけではない。

一般論としても、巨大噴火に寄与するのが1つのマグマ溜まりとは限らない。複数のマグマ溜まりから同時期に噴出し1つの破局的噴火を構成するということも考えられる（下司(2016)（乙464・105頁））。

比較的浅いマグマ溜まりから巨大噴火が発生するというモデルが一部研究者

から提示されていることは確かであるが、マグマ溜まりが 10 km より深い場合には破局的噴火は起こらないという知見が確立してはいない（宮崎支部決定 228 頁参照）。原子力規制委員会が産総研に委託して実施されている安全研究では、噴出物を化学分析したところ、阿蘇 1 のマグマ溜まりは地下 20～30 km 程度と見積もられている（甲 G 64・83 頁）。平成 27 年度成果報告書では、「大規模噴火に至るような大規模マグマだまりの形成は地下深くにおいて行われると考えられるのは、あまり浅いところだと、脆性強度も低く、大量のマグマが蓄えられる前に噴火という形で抜け出してしまうと考えられるからである」（甲 G 89・364 頁）という記載もあり、一概に浅いマグマ溜まりの方が巨大噴火が発生する可能性が高いとはいえない。

さらに、10 km より深い場所のマグマが巨大噴火の発生に寄与するということも火山専門家の間で一般に認識されていることであり、巨大噴火に寄与するマグマは浅い所にあるマグマ溜まりだけではない。気象庁噴火予知連絡会の現会長で京都大学名誉教授の石原和弘氏は、「巨大噴火発生のプロセス及び巨大噴火に関与するマグマが蓄積していると推定される地下 10 km 付近より深い場所のマグマの挙動把握は未解決の問題」（甲 G 91・103 頁）、「噴火が始まった後に 10 km より深い場所からのマグマの上昇率が急増して大噴火に移行、あるいは活動が長期化した例もある」（甲 G 92・63 頁）、「巨大噴火に関与するマグマは地下約 10 km から数 10 km に付近に蓄えられていると推定される」（同 64 頁）等と指摘する。石原氏は、モニタリング検討チーム第 1 回会合においても、「現在の地殻変動で見ているのは、大きいところが主体になっていますから、せいぜい 10 km までの深さのをいわば見ているわけで、マグマがたまるるとすると、つまり 上限の上のところ ですよね、そこをみているというふうな考え方でちょっと評価しないと、…あまり単純なモデルで評価すると、これは非常に過小評価になるところがあるんじゃないかと思います」（甲 G 48・36 頁）等と述べ、同第 2 回会合では、地下 10 km より深

いところのマグマは潜在的に蓄積されているという観点で疑って考えなければならない旨述べている（甲G 4 9・2 3 頁）。神戸大学教授の巽好幸氏も、巨大噴火の前兆現象の観測のためには、「1 0 0 キロメートル四方、深さ数十キロメートルをカバーするような観測体制を整備しなければならないであろう」（巽(2012)（甲G 9 3・1 8 1 頁））、「約3 0 キロメートル付近から、この（地下数キロメートル以上の深さにある）マグマ溜まりへ繋がるマグマの供給系を監視することは相当に大変」（巽(2016)（甲G 5 2・2 2 0 頁））と述べている。これら石原氏や巽氏の指摘は、地下1 0 kmよりも深い場所のマグマ溜まりが巨大噴火の発生に寄与することを示すものである。

このように、今後数十年以内の巨大噴火の可能性を検討する上で、地下1 0 km以浅のマグマ溜まりだけを見ればよいわけではなく、それより深い部分のマグマについても検討対象とすべきことは明らかである。

そうであるにもかかわらず、債務者は適合性審査において、1 0 kmより浅い範囲の分解能しかない Sudo and Kong(2001)（甲G 8 8・1 2 8 頁参照）と高倉ほか(2000)（甲G 9 4）を用いて、「地下約1 0 km以浅に、大規模な珪長質マグマ溜まりはないと考えられる」とし、破局的噴火を発生させるマグマ溜まりはないと評価していた（甲G 8 0 の2・2 3、2 4 頁）。平成2 7 年3 月2 0 日までの資料には阿蘇カルデラ地下における大規模な低速度領域を示す Abe et al. (2010) や安部ほか(2012)（甲G 9 5）という知見も掲載されていた（甲G 7 9 の2・3 3 頁）が、「この低速度領域が大規模なマグマ溜まりであるとしても、その分布深度は非常に深く、近い将来の破局的噴火を示唆するものではないと考えられる」とされていた。Abe et al. (2010) では、阿蘇カルデラ直下に1 8 0 0 km³ もの低速度領域（L V L）が見出され、1 0 0 – 3 0 0 km³ の溶融したマグマを含みうる（Volume of melt and aqueous fluid are estimated to be 100–300km³）（乙2 8 8・1 1 頁）と記載されていたが、1 5 ~ 2 1 km という低速度領域の深さを深すぎるとみてしまったために、阿蘇の破局的噴火の

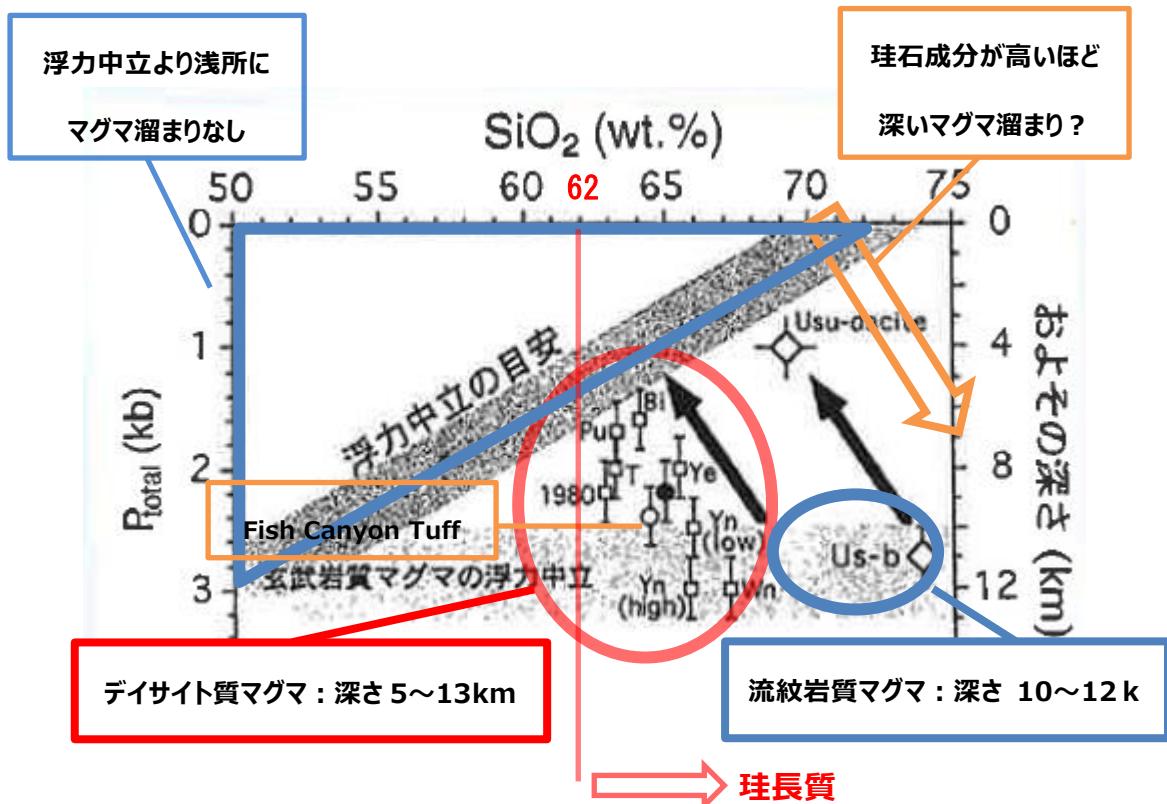
ポテンシャル評価を誤ったのである。

(2) 東宮(1997)の浮力中立点の考え方の適用の誤り

債務者が適合性審査において約10km以浅のマグマ溜まりの有無の検討に終始し、それよりも深いマグマ溜まりの検討について目を向けなかったのは、東宮昭彦氏の論文「実験岩石学的手法で求めるマグマ溜まりの深さ」(1997)(甲G96)から、珪長質マグマの浮力中立点(地殻の密度とマグマの密度が釣り合う深さ)は7km以浅であるため、少なくとも10kmよりも深いところには珪長質マグマ溜まりは形成されないと考えたからである(甲G80の2・18頁)。

東宮(1997)では、玄武岩質マグマ溜まりの上層に形成された珪長質マグマが時間と共により安定な浮力中立点へ移動する可能性が示されてはいる(甲G96・723頁)ものの、そのマグマが噴出するまでには必ず浮力中立点へ移動するとはされていない。むしろ、珪長質のマグマ溜まりが噴火直前であっても10kmないしそれ以上の深さで形成されていたと推定される事例が明確に示されている。

次の図は債務者が適合性審査資料(甲G80の2・18頁)で引用する、東宮(1997)の図3「マグマ溜まりの深さ(圧力)とマグマの組成との関係」に加筆したものである。



ここでは、有珠火山（◇）, Mt. St. Helens（□）, Fish Canyon Tuff（○）, Pinatubo（●）の各噴出物につき、推定されたマグマ溜まりの深さ（圧力）とマグマの組成との関係を示したものである。噴出物を調べることによってマグマ溜まりの深さを推定するという岩石学的手法が用いられていることから、図示されているマグマ溜まりの深さは、いずれも噴火直前の状態として推定されたものである（東宮(2016)（乙338・284頁）参照）。唯一の流紋岩質 ($\text{SiO}_2 \geq 70\text{wt.\%}$) マグマ溜まりのサンプルとなっている「Us-b」（◇）（有珠火山 1663 年噴出物）につき、「Us-b 軽石噴火直前のマグマ溜まりの深さは 10~12km であると推定することが出来た」（甲G96・722 頁）と記載されている通り、噴火直前でもその浮力中立点よりかなり深いところでマグマ溜まりが形成されている。

さらに、前記図のほかの噴出物を見れば、デイサイト質マグマのマグマ溜まりが深さ 5 km から 13 km の範囲でほぼ均等に分布しており、特に Yn（紀元

前1860年の噴火（VEI 6¹⁾）等のセントヘレンズ山のデイサイト質のマグマ溜まり（図の□）は浮力中立点に相当する深さよりもかなり深い所にあることが示されている。よって、この図を根拠にして、デイサイト質のマグマ溜まりが深さ10kmよりも深いところには形成されないと推論することは誤っている。

その上、東宮（1997）（甲G 9 6）の前記図3には、Fish Canyon Tuffという最近数千万年間で世界最大の噴火（甲G 9 7）（噴出物量 5,000km³以上、VEI8）のデイサイト質マグマのマグマ溜まり（図の○）が深さ9～11kmだったと推定される旨が記されている。このことからしても、この図を根拠に「破局的噴火を発生させる珪長質マグマ溜まりは、深さ10km以浅に形成される」と推論することは誤りである。

さらに同図では、一般的に爆発的噴火を引き起こすとされる珪素の割合が高いマグマほど、深い位置にマグマ溜まりが形成される傾向が読み取れるとも言える。このことからすると、一概に深いマグマ溜まりの方が破局的噴火の可能性が低いとも言えなくなる。

産総研の報告書では、阿蘇1のみならず、阿蘇の後カルデラ期に噴出したマグマの深度についても、珪長質端成分マグマが地下16～24km、苦鉄質成分マグマが地下12～36kmと、浮力中立点よりもかなり深いところに存在したことが見積もられている（甲G 6 5・239頁）。

以上の通り、債務者が東宮（1997）を使って、珪長質マグマ溜まりは約10km以浅にのみ形成されるとする推論には明らかに無理があった。東宮（1997）では「マグマ溜まりは浮力中立点よりも浅所には形成されない」（丙B 3 3・723頁）とされているのであるから、例えば「玄武岩質マグマ溜まりは、その浮力中立点である深さ9～11kmよりも浅い所には形成されない」（ただし

¹ <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=321050>

スミソニアン・インスティテュート国立自然史博物館ホームページ

$\text{SiO}_2 \approx 53.5\text{wt.\%}$) という主張を正当化するためにこの論文を使うのであれば、推論としては正しい。しかし、逆の方向、すなわち「珪長質マグマ溜まりは、その浮力中立点である 7 km よりも十分深い 10 km 以深には形成されない」という主張を正当化することはできない。

東宮(2016)にも、「マグマ溜まりがなぜその深さに存在するかについては、浮力中立で説明されることが従来多かった。つまり、マグマの密度と周辺地殻の密度が釣り合うような深さでマグマが定置する、というものである。しかし、実際にはそう単純でない」(乙 338・284 頁) と記載され、日本火山学会(2015) (甲 G 97・83 頁) にも、マグマ溜まりがつくられる可能性のある場所として、「①マグマの上昇が阻まれる場所」と「②密度が釣り合う場所」の 2 つが挙げられている。マグマ溜まりの深さを浮力中立と結びつけて理解するのは 1 つの考え方ではあるが、実際の地下構造は複雑であるため、マグマ溜まりの深さは浮力中立よりも深い場合が十分あり得る。

なお、Hill 意見書 (乙 500) には、「もし現在、阿蘇火山の直下に阿蘇 4 タイプの大規模なマグマが存在しているとすれば、そのマグマは、必然的にマグマの周囲や上にある岩盤よりも低密度である。その結果、大量の低密度の物質が高密度の岩盤を通り抜けて上昇しようすることに伴って発生する応力のため、地表面は上方へ変形する明確な徵候を示すであろう」(英文 117~121 行目) とあるが、珪長質マグマが低密度であるが故の浮力があり地表面を明確に変形させるような場合は、生成されたマグマは直ちに岩盤を通り抜けて地表に噴出してしまい、そもそも地下で大量の珪長質マグマを蓄積すること自体が極めて困難であると考えられる (下司(2016) (乙 464・104 頁) 参照)。

6 まとめ

以上のとおり、原子力規制委員会には元々火山に関する立地評価で厳格な審

査を行って立地不適という判断をするつもりはなく、運用期間中に阿蘇で破局的噴火はないという債務者の申請について、実質的な審査まったく行われていない。債務者が提示した阿蘇の火山活動に関する3つの評価方法に関しても、いずれも根拠に乏しく、都合の悪い部分は無視されており、その結論は何ら適正なものではない。

阿蘇の破局的噴火の可能性に関する適合性審査には看過し難い過誤、欠落があることは明らかであり、そのことは民事裁判においても十分考慮されるべきである。

第4 活動履歴に基づく検討に対する反論

1 後カルデラ期の噴出物の分布について

(1) 大規模マグマ溜まりの短期間での形成や側方移動の可能性について

債務者は、三好ほか(2005)（乙341）から、後カルデラ期における噴出物の種類ごとの活動分布から、カルデラ中央部において玄武岩質マグマが活動し、その周囲で珪長質マグマが活動しているという傾向があり、「カルデラ直下に大規模な珪長質マグマが存在する場合の分布と異なるため、後カルデラ期には、巨大な珪長質マグマが地下に存在しないと考えられる」と主張している。

だが、三好ほか(2005)は、約9万年間の後カルデラ期の噴出物の火口分布から、「カルデラ形成期には存在した単一のマグマ溜りが後カルデラ期には存在しなくなったと考えられる」（乙341・283頁）とするだけで、阿蘇4以降新たに別の大規模マグマ溜まりが形成された可能性を否定しているわけではない。三好(2013)では、カルデラ形成噴火の大規模マグマが500～3000年程度の比較的短い期間で生成しうるという近時の研究例を紹介しつつ、姶良カルデラ形成噴火の大規模マグマ溜まりは噴火のわずか数千年前に生成された可能性があるとしている（乙477・6-41）。巨大噴火を引き起こすマグマ溜まりが数百年～数千年程度で形成されるのであれば、過去9万年間の噴出物の分布

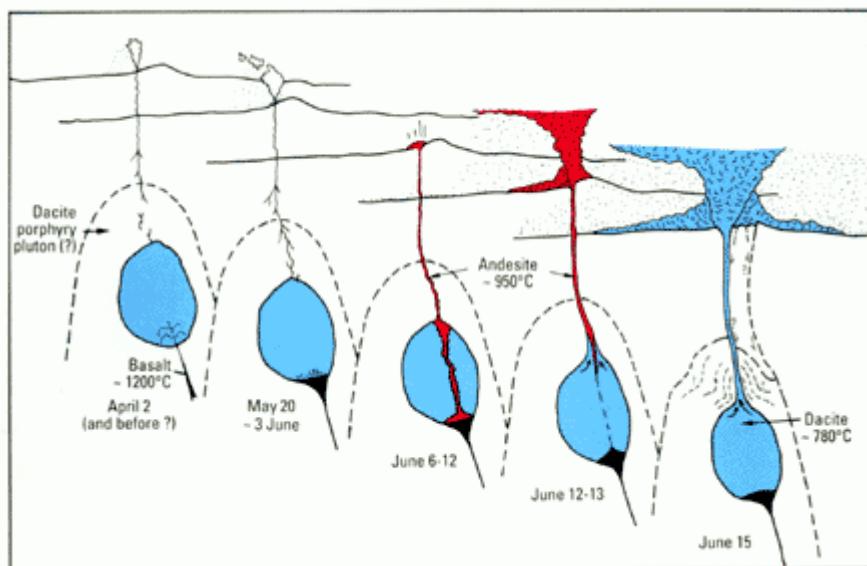
から現在のマグマ溜まりの有無を推定することはほとんど不可能である。

また、三好(2013)（乙477）では、阿蘇及び姶良の噴出物の検討から、大規模マグマ溜まりの側方移動範囲・貫入範囲は、カルデラ中心から20km超に及ぶことが明らかにされている。そうであれば、カルデラ内の噴出物は、カルデラ直下のマグマ溜まりをまったく反映していないことも考えなければならないであろう。

(2) 珪長質マグマの通り抜けやすり抜けについて

債務者は「一般に、地殻内に大規模な低密度の珪長質マグマ溜まりがあり、そこにマントルから高密度の玄武岩質マグマが供給された場合、玄武岩質マグマはマグマ溜まり中の珪長質マグマを突き抜けて地表に達することができず、マグマ溜まりの底部に留まることが流体力学的に推定されるため、地下に大規模な珪長質マグマ溜まりが形成されると、その直上の地表には玄武岩質マグマの活動の空白域ができることが予想される」（補充書（2）51頁）と主張するが、それはマグマの密度などの特性を抽出した単純なモデル上の推論であり、現実にはどの程度的一般性があるのか検証されておらず、必ずしも多くの専門家の間では受け入れられていない。

たとえば、1991年ピナツボ噴火についての論文(Pallister et al., 1999)（甲G98）では、大規模噴火に先立って、深さ6kmから11kmにある体積40～90km³の大規模なデイサイト質マグマ溜まりに玄武岩質マグマ(Basalt)が注入され、一部はそこに溜まりながらも残りはマグマ溜まり内を上昇し、マグマ混合によって安山岩質(Andesite)マグマとなって噴出したという状況が描かれている。



神戸大学教授の巽好幸氏は、自身の著書において、始良カルデラ噴火や鬼界アカホヤ噴火などを地質学的に解析した結果として、流紋岩質マグマが存在する大規模な地殻溶融体にマントルダイアピルから大量の玄武岩質マグマが注入されてこれを通り抜け、カルデラの中央部において玄武岩質マグマの噴出が見られることを「巨大噴火の前兆現象」として紹介している（甲G9 3・179頁）。

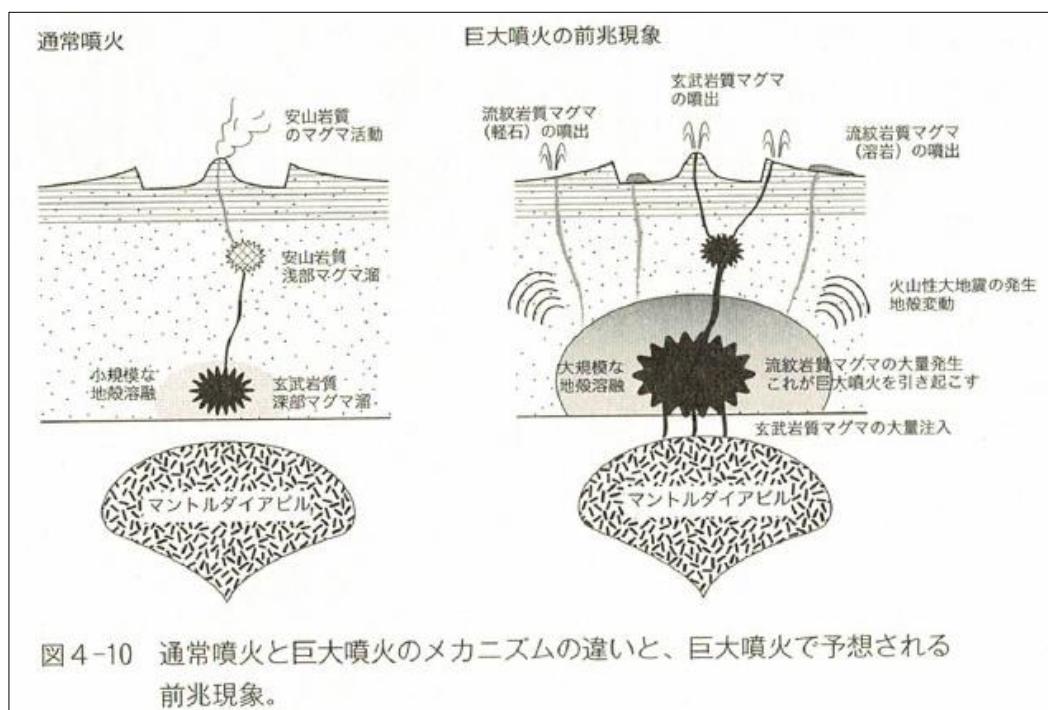
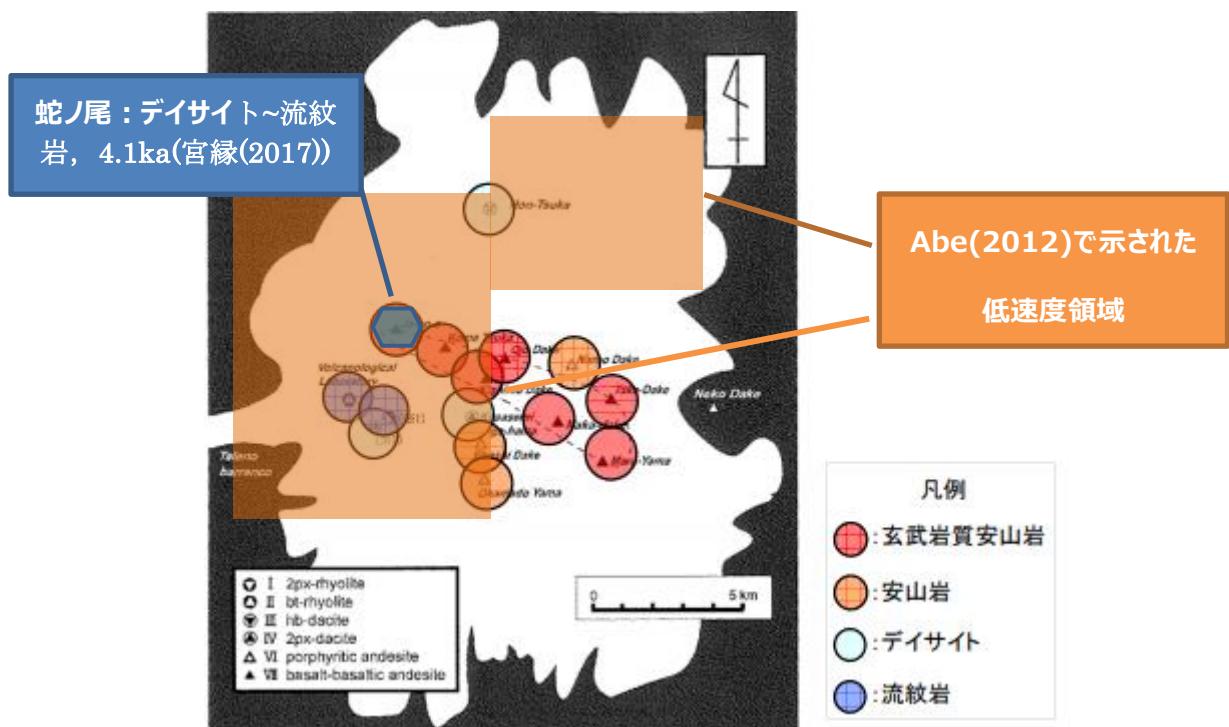


図4-10 通常噴火と巨大噴火のメカニズムの違いと、巨大噴火で予想される前兆現象。

姶良カルデラは地下に相当大規模な珪長質マグマ溜まりが形成されていることが多い多くの専門家から指摘されているが、現在の桜島（南岳）における噴出物は安山岩質である。これについて、鹿児島大学名誉教授の小林哲夫氏は、安山岩質マグマ溜まりは流紋岩質マグマ溜まりの深部にあり、その側面をすり抜けて南岳直下のマグマ溜まりに達しているモデルを提唱している（乙518・17頁）。

三好（2005）（乙341・282頁）には、深部から供給される玄武岩マグマのうち、珪長質マグマ溜まりでトラップされたものは珪長質マグマとの混合によって玄武岩組成では噴出できないと記載されているが、近時の阿蘇中岳の噴出物はほぼ安山岩質であり（後記第5・6（1））、珪長質マグマ溜まりでトラップされたものである可能性は十分ある。

また三好（2005）（乙341・282頁）には、玄武岩マグマが珪長質マグマ溜まりの周囲を通過した場合には、中央部でより珪長質、その周囲で苦鉄質になり、阿蘇の場合とは逆になると記載されているが、阿蘇の噴出物の分布は、必ずしも中央部で苦鉄質、その周囲で珪長質とはいえない。元々、三好（2005）では珪長質の噴出物はカルデラの中央付近から西半分に偏っており、さらに蛇ノ尾（宮縁（2017）（甲G16）参照）ないし米塚（山元（2015）（甲G87の2）参照）からも珪長質の噴出物があるとなると、その傾向はさらに強くなる。Abe（2012）（甲G56の1）で示された低速度領域は大規模な珪長質マグマで、カルデラ西部や北部における珪長質マグマの噴出はその現れかもしれない。カルデラ中央～西側の地下に大規模な珪長質マグマがあるとすると、カルデラ中央付近における安山岩～玄武岩質安山岩の噴出物はその脇をすり抜けたものと見る考え方も十分成り立つ。



【甲G 80の2「伊方発電所 火山影響評価について（コメント回答）」

平成27年4月3日付け（43頁）から抜粋、加筆】

実際の地下構造は複雑でマグマ溜まりの実態はよく分かっていない部分が多い。債務者も、補充書（2）脚注26（36頁）において、「マグマ溜まりは、完全に単一な空間的な広がりに均質に存在しているとは限らず、層状に連結した複数のマグマ溜りの集合体となっている場合や異なる種類のマグマが成層した構造となっている場合なども考えられる」と述べており、日本火山学会編(2015)（甲G 97・87頁）では、マグマがじやぶじやぶに溜まっているのか、岩石にしみこんでいるのか、マグマ溜まりの実態については詳しくは分かっていないとされている（同旨・甲G 99）。大規模な珪長質マグマ溜まりが層状に連結した集合体ないし岩石にマグマがしみ込んでいるものと考えても、そこを苦鉄質マグマが通り抜けることが十分に考えられる。

2 最近 1 万年の玄武岩質卓越

債務者は、玄武岩質の噴火が卓越して活動するようになったことは、珪長質マグマの生産率が減少したことを表すと考えられていると主張する（補充書（2）52頁）。

だが、それは 1 つの可能性を示しているに過ぎない。珪長質の噴火が減ったということは、別の見方をすれば、珪長質マグマの蓄積率が上がったということにもなり得る。

また、仮に最近 1 万年間は珪長質マグマの生産率が減ったのだとしても、阿蘇は最近約 26 万年間は 5 ~ 6 万年に 1 回の頻度で破局的噴火を繰り返し、前回の破局的噴火は約 9 万年前であるため、既に 8 万年前までに破局的噴火を発生させるマグマの蓄積が完了していることは十分考えられる。そうだとすれば、その後珪長質マグマの生産率が多少減少したところで、破局的噴火の可能性には特段影響しないとも考えられる。

最近 1 万年間の玄武岩質マグマの活動が主にカルデラ中央部で見られるのだとしても、カルデラの中央部において玄武岩質マグマの噴出が見られることを「巨大噴火の前兆現象」とみなす前記 1(2) の巽氏のような見解もある。1883 年クラカトア噴火の際には、数ヶ月前に玄武岩質や安山岩質の比較的小規模な噴火があったとされている（甲 G 103・8 頁）。阿蘇 1 噴火に近い約 28 万年前に玄武岩質安山岩の古閑溶岩が先駆的に噴出し（乙 472）、阿蘇 2 に近い時期にも玄武岩質安山岩や安山岩の溶岩が流出した（乙 484）ともされている。玄武岩質マグマの活動が増えたことは破局的噴火の兆候かもしれないが、決して安心材料にはできない。

債務者は、宇和盆地の調査結果において、阿蘇 2 ~ 阿蘇 3 と阿蘇 3 ~ 阿蘇 4 において苦鉄質な噴火から珪長質な噴火に移行していく傾向があったとも指摘している（補充書（2）57 頁）が、阿蘇 1 前と阿蘇 1 ~ 阿蘇 2 についてはそのような傾向を指摘できていないため、珪長質への移行傾向が見られ

ないから破局的噴火の可能性が低いとはまったくいえない。

3 ストロンチウム同位体比等

債務者は、後カルデラ期の噴出物のストロンチウム同位体比の特徴がカルデラ形成期と異なる等と主張し、後カルデラ期のマグマの生成の常用は、線カルデラ期あるいはカルデラ形成期の状況と異なると主張している（補充書（2）53頁）。

だが、阿蘇では4度の破局的噴火を繰り返しているとはいえ、過去4度しか経験がなく、しかも4つの破局的噴火すべて同一の成因、供給系によるマグマの噴出があったわけではない。債務者が提出する Hill 氏の意見書にも、「阿蘇火山のような巨大なカルデラ火山は、直接評価することができない物理的な相互作用を伴う非常に複雑なシステムを有することが挙げられる（例えば、Newhall and Dzurisin, 1988 ; Christiansen et al., 2007）。このような火山現象は、数百～数千 km の範囲、数十～数百 km の深さにまで広がり、数千年から数百万年の期間に及ぶ。過去の大規模な噴火のパターンは、カルデラ噴火が規則的な順序づけられたパターンを有していない」と記載されている。過去と同じパターンが将来も繰り返されるとは限らない。最後の破局的噴火から約9万年が経過した現在であれば、異なるパターンでの破局的噴火の発生を警戒すべきである。

債務者は、カルデラ形成期以前と後カルデラ期とでは噴出物のストロンチウムの同位体比等の特徴が異なると主張するが、債務者の挙げる三好(2013)（乙477）や Miyoshi et al.(2011)（乙478）は阿蘇4噴火の噴出物と後カルデラ期の噴出物とのストロンチウム同位体比やストロンチウム含有率を比較しているだけで、阿蘇1から阿蘇4までのすべてのカルデラ形成期の噴出物を比較しているわけではない。また、阿蘇2から阿蘇4までの各サイクルにおけるストロンチウム同位体比は、違いは大きくないものの明瞭に区別できるため、各噴

火サイクルにおけるマグマ生成は別々に起こったと考えられており（乙473）、後カルデラ期のストロンチウム同位体比の分布が違うといつても結局は程度問題に過ぎない。阿蘇火山におけるマグマの生成条件は時間とともに変遷しており、阿蘇4から約9万年が経過した現在、後カルデラ期の噴出物の組成が多様なものとなるのは別段不思議なことではなく、そのことが次の破局的噴火が起きないとする根拠にはならない。また一方で、後カルデラ期のストロンチウム同位体比の幅広い分布は、先カルデラ期や阿蘇1と類似しているという見方も可能である（乙470・96頁図3）。

債務者は、阿蘇4噴火による陥没カルデラの形成に伴う天井の崩壊によって複数の独立した小規模マグマ溜りが形成されたと考えられているとも主張する（補充書（2）54頁）が、仮にそうであるすると、大規模マグマ溜まりに仕切りができただけで、阿蘇4の噴出残りのマグマや阿蘇4と同じ供給系によるマグマが阿蘇4後も当分噴出し続けたと考えるのが自然であり、阿蘇4と後カルデラ期とでマグマの成因が異なるという説とは矛盾するように思われる。その点は措くとしても、先カルデラ期にも複数の小規模マグマ溜まりは存在したとされており（乙470・100頁）、阿蘇4のマグマ溜まりとは独立した新たな小規模マグマ溜まりの存在とは別に、大規模なマグマ溜まりが形成されている可能性は否定されない。

4 宇和盆地における降灰状況

（1）1箇所の調査から阿蘇の噴火史は判らない

債務者は、宇和盆地における降灰の状況をもって、後カルデラ期はカルデラ形成期と比較して噴火の態様が異なることから、カルデラ形成期と後カルデラ期とでは、阿蘇の活動性が異なっていると考えられると主張する。

だが、債務者が「宇和盆地に降下した阿蘇起源の火山灰」としているものも、実際は阿蘇の巨大噴火の火山灰と化学組成が類似するというだけで、給源が阿

蘇なのかどうか、十分な特定はなされていない。給源の特定は、1箇所で採取されたテフラにおける化学組成の類似性のみからなすべきではなく、複数の調査箇所での調査を重ねた上で判断されるのが通常である。宇和盆地で確認される阿蘇起源の火山灰は、大分県内でも条件の良い場所ならば見つかるはずであるが、債務者には大分県内の調査と照合している形跡がない。宇和盆地で阿蘇起源の火山灰と債務者が主張しているものも、実際の給源は異なる可能性がある。

また、債務者は、宇和盆地の調査結果をもって、後カルデラ期はカルデラ形成期と比較して、明らかに大規模な噴火が少なくなったと推察されると主張するが、宇和盆地における阿蘇起源の降灰は気象条件によっても大きく左右される。過去26万年間には幾度も気候変動があり、阿蘇から伊方の上空で卓越する風向や風速が一定とは限らない。この点からしても、宇和盆地1箇所だけの降灰状況から阿蘇の活動史を編むべきではなく、複数箇所のテフラ分布を検討した上で、各火山活動の噴火規模を推定すべきであり、債務者の検討は極めて雑なものといわねばならない。

たとえば、債務者の主張からすると、阿蘇1の約1万年前から2度、阿蘇1と阿蘇2の間には3度の、相当程度大規模なプリニ一式噴火があったということになる（補充書（2）56頁）が、規制庁の受託を受けて実施されている星住英夫氏らの研究報告（乙484）には、阿蘇1と阿蘇2の間には、小規模な降下スコリア層がカルデラ東側近傍に数枚認められるのみと記載されており、この10万年余りに及ぶ期間に、相当程度大規模なプリニ一式噴火が発生したことは示されていない。同研究報告では、阿蘇1前についても、古閑溶岩の噴出のことが記載されているだけで、相当程度大規模なプリニ一式噴火があったことを示唆する記載はない（甲G90・88、90頁も参照）。

阿蘇4以降の時期にも、VEI4以上の噴火は約1万年に1回の頻度で発生し、中でも約8万4000年前の野尻軽石と約3万年前の草千里ヶ浜軽石はVEI5のプリニ一式噴火と考えられている。これらについて宇和盆地のコアで

降灰が確認されていない理由は不明であるが、阿蘇における V E I 5 の噴火は、風向き次第で宇和盆地にある程度の降灰をもたらし得る。債務者が示す「図 1 1 宇和盆地に降下した阿蘇起源の火山灰」を見ても、阿蘇 1 と阿蘇 2 の間に宇和盆地で 4 万年に 1 回程度の降灰しか確認されておらず、後カルデラ期の活動が阿蘇 1 / 2 との比較で明らかに大規模な噴火が少なくなったとはいえない。

Tsuji et al.(2017) (乙 4 8 1) は、阿蘇の各巨大噴火に 1 万年から 10 万年ほど先立って、各巨大噴火と化学組成の類似する噴火が発生したことを示している。そうであれば、近い将来、約 3 万年前の草千里ヶ浜軽石噴火に類似のマグマによる阿蘇 5 が発生し、草千里ヶ浜軽石噴火が後に阿蘇 5 の前兆とされる可能性はまったく否定されない。

(2) 火山活動が低調化は巨大噴火の可能性評価には結びつかない

仮に後カルデラ期における相当程度大規模な噴火の頻度がカルデラ形成期よりも少なくなったと言えるとしても、そのことから当面巨大噴火が起きないと評価する前提としての、統計的根拠も物理モデルに基づく根拠もない。比較的大規模な噴火を繰り返した後の方が巨大噴火に至る可能性が高いのか、それとも火山活動が低調な状況から突然巨大噴火に至る可能性が高いのか、という点について一般的な評価は存在しない。

たとえば、藤井敏嗣氏は、「非常に長い間休んでいて、突然活発になってそれからしばらく数百年盛んになったりとかですね、そうするのが普通ですから、過去のものを調べて統計的に頻度から次の噴火を予測するっていう事は、今はその手法そのものは確立していないんです」(甲 G 1 0 2 ・ 6 頁) と話している。石渡明氏は、原子力規制委員会の委員に就任する以前、モニタリング検討チーム第 1 回会合において、「タンボラ火山のように、数千年間休止していた火山が突然噴火することがあり、それが巨大噴火になる傾向がある」(甲

G 103・14頁)と述べており、火山活動が低調な方が今後数十年以内の巨大噴火の可能性は高いのかもしれない。

5 巨大噴火の前兆現象についての知見は確立していない

(1) 債務者の主張は根拠の薄弱な期待に過ぎない

債務者は、大きな噴火の直前には前兆現象が現れることが期待されると主張する(補充書(2)63頁)。

だが、問題は、大きな噴火であっても直前にしか前兆現象が現れることが期待できないということである。「原子力施設に係る巨大噴火を対象とした火山活動のモニタリングに関する基本的考え方」において示されているように、巨大噴火には何らかの短期的前駆現象が発生することが予想される(甲G18・11頁)ものの、長期的前駆現象の発生は期待できない。原子炉火山部会第3回会合において、原子力規制庁も、過去の国内外の比較的大規模な噴火において、前兆的な地震活動や地殻変動は概ね主噴火の数ヶ月前にしか観測されず、長期的な前兆は見当たらないことを述べている(甲G72の1・27頁)。

さらには、事後的には巨大噴火の「前兆」と考えられる異常も、リアルタイムで「前兆」と判断することは、非常に難しい。「基本的考え方」において示されているとおり、異常が認められても定常状態からの「ゆらぎ」の範囲なのかは識別できないおそれがある(甲G18・11頁)。

石原和弘氏は、日本火山学会原子力問題対応委員会委員長名義で、「巨大噴火のどれぐらい前に、どのような範囲に、どのような徴候が現れるのか、また、それらの徴候に巨大噴火の前兆と識別できるものか、巨大噴火の経験は世界的に少なく、地質学、岩石学、地球化学及び地球物理学を総合した本格的な調査研究は端緒に着いたばかりであり、残念ながら判断する材料を持ち合わせていない」(甲G92・64頁)と述べた論考を日本原子力学会誌に寄稿している。原子力発電所の火山リスク評価は、根拠の薄弱な「期待」ではなく、このよう

に地に足の着いた火山学の現状を踏まえてなされるべきである。

(2) 小林報告書が示す前兆噴火の曖昧さ

債務者は、小林哲夫氏が原子力規制庁に委託されて裁判用に作成した報告書（乙463）（「小林報告書」）を提示する（補充書（2）73頁）が、これはカルデラ噴火の前兆現象について地質学的な1つのアイデアを示すものに過ぎず、裁判所が阿蘇において数百年以内にカルデラ噴火が発生することはないと判断する根拠にはならない。

小林氏は、阿蘇等の九州のカルデラで過去数100年以内に珪長質マグマの噴火が発生していないことから、今後の数100年以内にカルデラ噴火が発生することはないであろうと述べている（乙463・35頁）が、阿蘇だけを例にとっても、阿蘇1と阿蘇3では「前兆噴火」が確認されておらず、過去のすべてのカルデラ噴火で「前兆噴火」が確認できるわけではない。また、小林報告書において「前兆噴火」が指摘されているカルデラ噴火においても、「カルデラ噴火前の数100年以内」における「珪長質マグマの流出的噴火」を示すことには必ずしも成功していない。例えば、阿蘇2噴火の前兆とされている阿蘇2／1溶岩は、玄武岩質安山岩や安山岩の溶岩であり（乙484）、一般的には阿蘇2の数千年前の現象とされている（乙463・21頁）。小林氏においても、阿蘇2の数100年前と一応推定できているのは玉来川溶岩だけであり、秋田溶岩は約1週間前、その他の発生年代は「不明」としている（乙463・22頁）。数千年前の安山岩質溶岩の流出が「前兆」なのであれば、約4100年前に阿蘇カルデラで見られた赤水溶岩（安山岩）（甲G87の2）も、近い将来における阿蘇5の「前兆」とされる可能性を否定できない。

下司（2016）（乙464・115頁）は、小林氏の見解を引用しつつ、「これら『前兆』とされる現象は、それぞれの大規模火碎噴火によって異なり、また必ず発生しているわけでもない。それまで安定的に存在してきた大規

模マグマ溜まりの不安定化を反映して何らかの特徴的な活動がカルデラ形成噴火の直前に発生する可能性は否定できない。しかしながら、このような長期的あるいは短期的な直前現象がどのようなマグマシステムの発達過程を反映しており、それがどのように大規模火碎噴火やカルデラ陥没に帰結するのかについて定量的に説明できるモデルは提唱されていないため、現状ではこれらの現象が大規模火碎噴火の前兆現象であることを積極的に支持することは困難である。大規模火碎噴火の直前プロセスを理解し、それを短期的な予測に結びつけるためには、地質学的なアプローチによる個別事例の解説と、それらを説明できるモデルの検証を積み上げることが不可欠である」と批判的に述べており、カルデラ噴火の予測は現状では困難であるとの認識を示している。小林氏が下司(2016)で述べられたような「定量的に説明できるモデル」を提唱できていないことは明らかであり、小林氏がいう「前兆的噴火」も、偶々そのように見えているだけで、実際はカルデラ陥没等の帰結とは無関係である可能性を否定できない。

小林氏は原子炉火山部会の部会長であり、同部会ではカルデラ噴火の前兆についての前記自説を2度ほど披露しているものの、現在までのところ、規制庁の職員からも他の委員からも相手にされていない（甲G71・30頁、甲G72の1・30頁）。

(3) 気象庁の噴火警報はあてにならない

債務者は、「巨大噴火がわずか数か月のうちに発生する状況にあるのであれば、全国の活火山の観測、監視等を行っている気象庁から噴火警報が発表される」はずであるから、数ヶ月のうちに阿蘇において破局的被害をもたらす巨大噴火が起こる危険が存在しないことは明白であると主張する（補充書（2）8頁）。

だが、気象庁が評価の対象としているのは活火山だけであり、噴火警戒レベ

ルが出されるのはそのうちの常時観測火山だけであって、阿蘇カルデラのような大型のカルデラ火山はその対象ではない。「モニタリングに関する基本的考え方」（甲G 18・11頁）にも、「未知の巨大噴火に対応した監視・観測体制は設けられていない」と記載されているとおりである。

原子炉火山部会第1回会合では、小林氏も、「公的機関の評価というのは、これはあくまでその表面にある活火山の活動はどうかという評価であって、カルデラ火山の活動について評価しているわけではないので、公的機関の評価という名前ではなくて、例えば表面活動はどうかという、そういう程度の表現にしたらどうなのかなと思います。」（甲G 70・21頁）と指摘しているとおり、関連する活火山の活動状況がカルデラ噴火の予測に役立つかどうかは未知数である。同会合で棚田氏が「公的機関の評価って、気象庁も噴火予知連絡も、別にカルデラ噴火を対象として評価しているはずではない」（同22頁）と述べている通り、気象庁は、カルデラ噴火のような知見が極めて乏しい事象を評価の対象としておらず、対象はせいぜいVEI5までである²。

モニタリング検討チーム第2回会合では、櫻田規制部長は、「もちろんそれだけの巨大な噴火の兆候が表れたということであれば、ちょっとこれは気象庁の方にもお話を伺う必要があると思いますけれども、私どもがそれを確認するまでもなく、一般的な防災に重要な情報として、火山の防災を担当しているセクションから何らかのウォーニングが発せられるだろうというふうには私ども考えています、そういうことが少なくともあるだろう」と述べたことに関して、石原和弘氏は、「気象庁が、いろいろな例えれば大噴火が起こるというのは、直前までは多分言われないと思うんです。それを当てにされたのでは、これは。」（甲G 49・22、23頁）等と苦笑交じりでコメントしている。

² 第2回モニタリング検討チームにおいて、藤井氏は、地域防災計画では、知見が不足しているため、やむを得ずVEI5までの想定しかなされていない旨述べている（甲A 21・28頁）。鹿児島県等の地域防災計画でも、桜島大正噴火級までの想定しかなされていないが、それは気象庁の噴火警報がそこまでの想定しか行っていないという面に拠るところが大きい。

以上のように、巨大噴火が数か月のうちに発生する状況にあっても、気象庁の噴火警報が発せられない可能性は十二分にある。現在噴火警報等がないからといって、数か月のうちに阿蘇において巨大噴火が起こる危険性が存在しないことは明白という債務者の認識は、明らかに誤りである。

6 小括

以上の活動履歴に係る債務者の主張のうち、三好ほか(2005)については適合性審査資料にも記載があるものの、その他はほとんどが適合性審査時には述べられていなかつたものである。全体的に、債務者は様々な知見から都合の良い部分だけをつまみ食い的に取り上げているだけで、巨大噴火についての知見の乏しさや阿蘇における巨大噴火の頻度を踏まえた上で科学的な評価をしようという姿勢は皆無である。

第5 地球物理学的調査に基づく巨大噴火の可能性評価の困難性

1 地震波トモグラフィーが示唆する大規模マグマ溜まり

地球物理学的調査によって大規模マグマ溜まりを検知することが困難であることは、第3補充書（3頁）第2・1で主張したとおりであり、原決定においても、各種専門家の知見を引用することで正当に認定されている。検討対象火山における噴火規模を推定する上で、地球物理学的調査の結果を用いるにはまだ不確定性が大きく、十分に役立てることはできない。

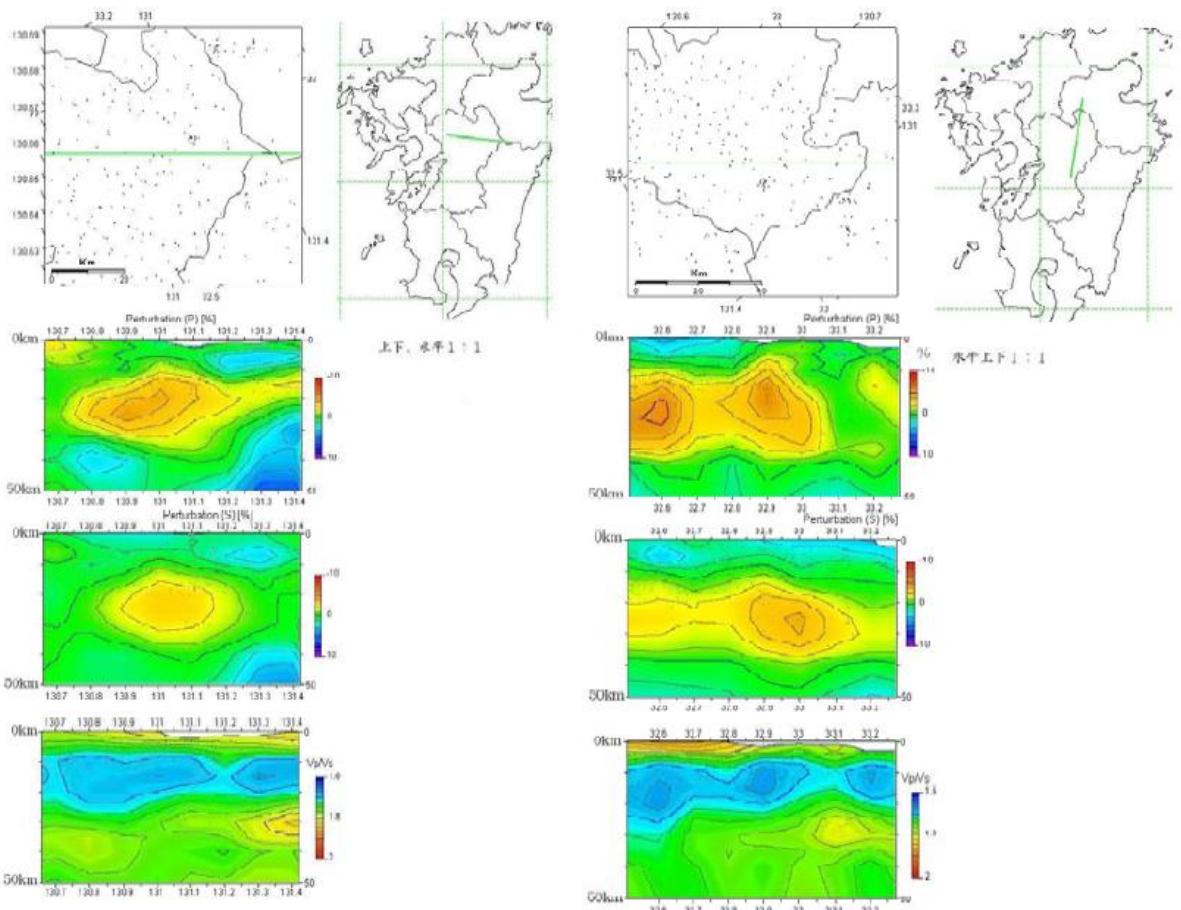
この点、債務者が提出する Hill 氏の意見書（乙500）には、「現在の地球物理学的手法（地震波トモグラフィなど）を用いれば、このような大規模な溶融した岩体の存在を容易に検出することができる」（102～104行目）と記載されているが、前記第3補充書に掲げた、独立した立場から意見を述べている多くの火山専門家の意見が、債務者が依頼したコンサルタントの意見書よりも信頼できることは明らかである。

Hill 意見書には、「現在の阿蘇火山の地下に大規模な（例えば、 200km^3 を超えるような）溶融した岩体が存在するという証拠は何もない」（乙500・98～99行目）と記載されているが、Hill 氏には債務者にとって都合の良い結論を書いてもらうために、都合の悪い資料は提供されていないようである。

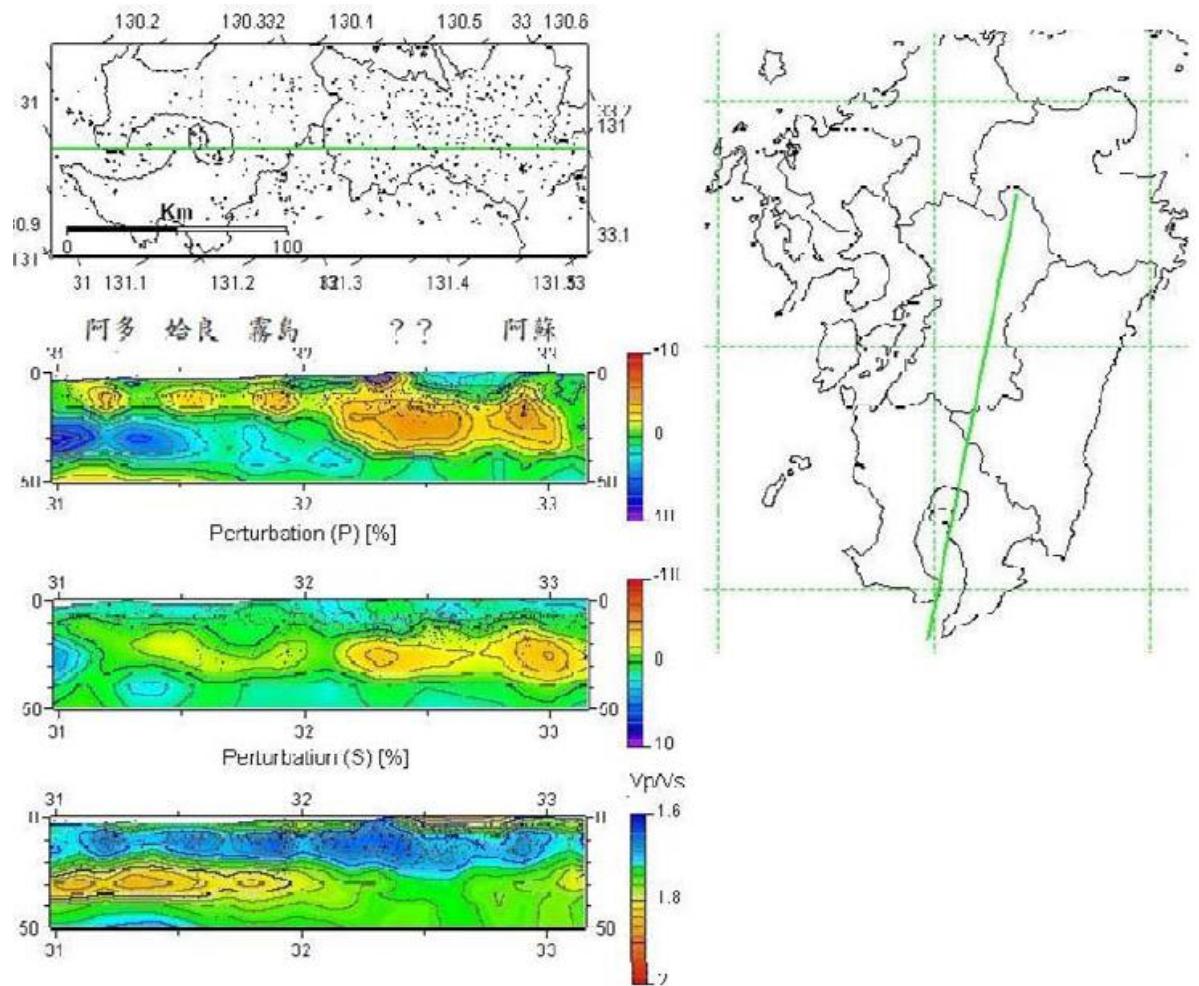
Hill 氏が阿蘇の地下構造を把握する上で参考にしている知見は、基本的には Sudo and Kong(2001)の地震波トモグラフィー法と、Tsutsui and Sudo(2004)による反射法地震探査、及び Abe et al.(2017)によるレシーバー関数解析による結果である。だが、Sudo and Kong(2001)や Tsutsui and Sudo(2004)はせいぜい 10 km 程度までしか分解能がない。レシーバー関数解析では推定出来るのは地震波のうち S 波速度だけであり、また地表にほぼ垂直に入射する地震波が地下の速度不連続面で多重反射する性質を利用するものであるから、速度の不連続が小さかったり、速度が徐々に変化する場所の識別は困難である。火山の地下の三次元速度構造探査においては地震波トモグラフィー法が一般的であ

り、レシーバー関数解析はどちらかというと補助的である。

次の図は、防災科学研究所が一般に公開している「日本列島下の三次元地震波速度構造（海域拡大 2017 年版）」（甲 G 104）から、Hi-net Viewer という公開されている表示プログラムを利用して、阿蘇火山周辺の東西、南北方向の断面を切り出し、P 波、S 波の速度偏差と速度比 (V_p/V_s) の分布を示したものである。阿蘇直下の深さ 10 ~ 30 km 付近には、P 波速度、S 波速度の遅い領域が明瞭に示されている。この低速度異常を示す領域の大きさは大雑把に見ても $5,000 \text{ km}^3$ 以上にも及ぶ。



また、阿蘇、加久藤、姶良、阿多と、九州を南北に連なる大型カルデラを結ぶ測線の断面は次のように示される。



南九州のカルデラ火山を縦断する地震波の速度構造を見ると、P 波の低速度異常が、阿蘇、霧島（加久藤）、姶良、阿多の各カルデラの直下でも認められ、これらの異常領域はカルデラの存在と無関係な偶然の産物とは到底思えない。

この阿蘇火山直下の深さ 10km ~30km に認められる少なくとも 5000km³ 以上の低速度領域について、未だ火山研究者は解釈を与えていないようであるが、マグマ溜まりと断定はできないまでも阿蘇の火山活動と関連する何かが存在することは確実である。もしマグマ溜まりであれば、ごく一部だけがマグマだとしても巨大なマグマ溜まりである。この低速度領域の規模は、その僅か数 10 分の 1 程度しかマグマとして噴出しないとしても、十分に阿蘇 4 級の破局的噴火を引き起こすことができる。このように、地球物理学的な調査からは、巨大なマグマ溜まりの存在を少な

くとも否定はできない。

さらに、阿蘇その他の九州の火山直下の P 波の減衰域 (LowQ_p)については、次のような研究成果 (甲 G 1 0 5) もある。

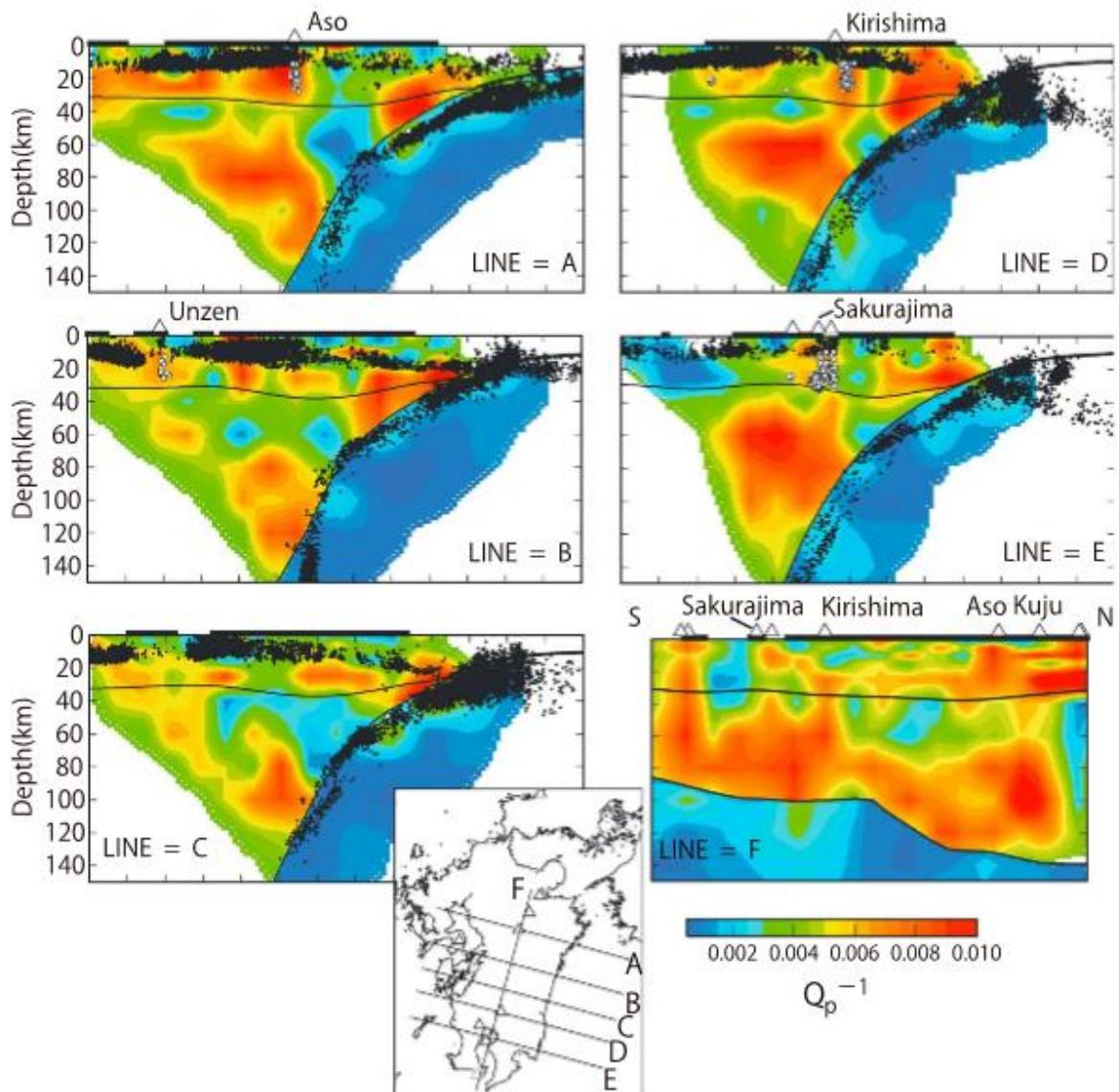


Figure 4. Across-arc vertical cross sections of Q_p^{-1} along six transects (see the inset map). Solid lines indicate the Moho and the upper surface of the Philippine Sea slab adopted in the tomographic inversion. Black bars along the top of each panel denote the land area. Earthquakes that occurred within 10 km of each profile are plotted. The other symbols are the same as in Figure 3.

Qは地震波の減衰の大小を表す指数で、Qが大きい場所は硬く、地震波の振幅の減衰が少ない場所を、Qの小さい場所は柔らかく、地震波の振幅の減衰が大き

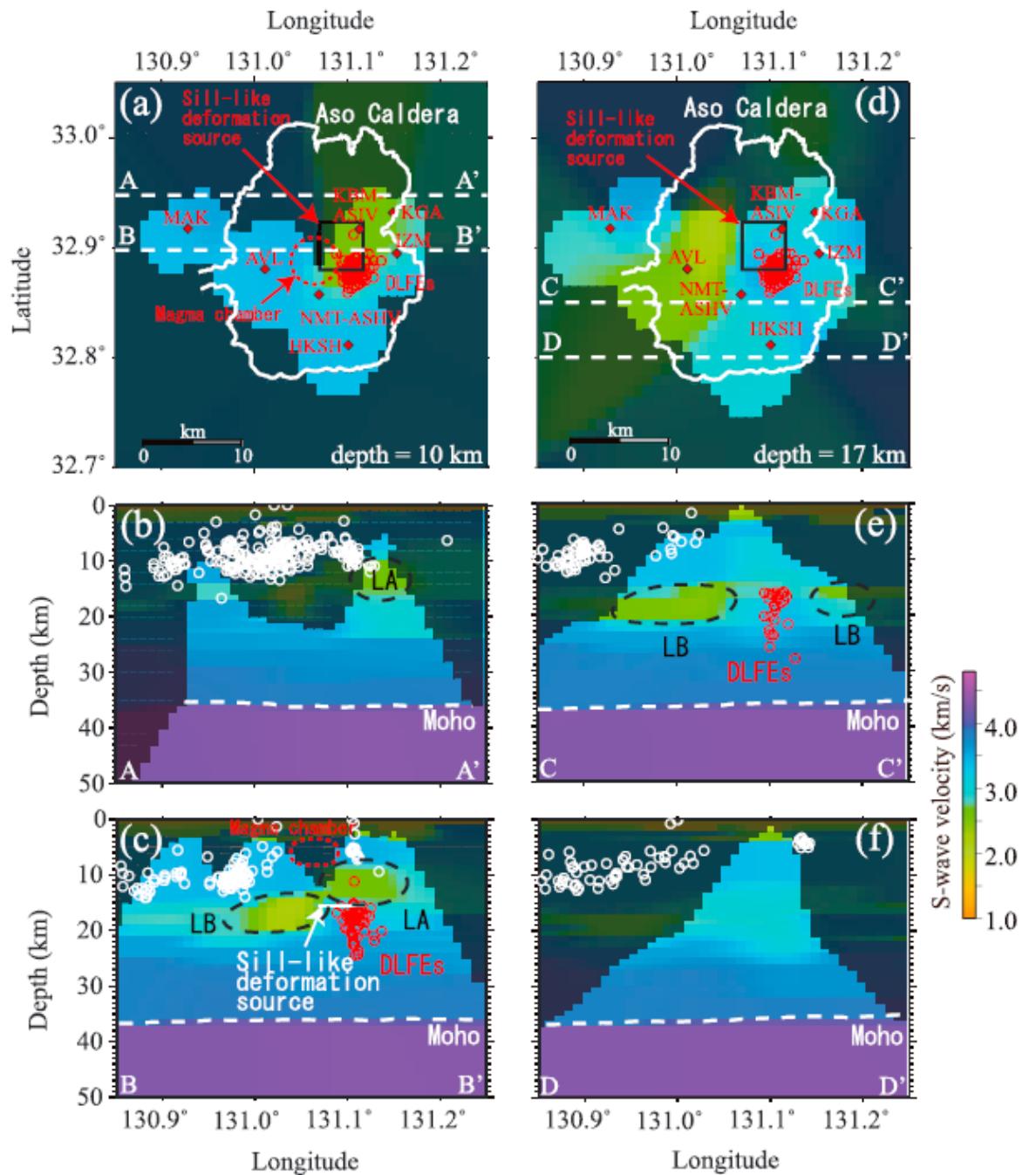
い場所を示すものであるから、地震波速度の大きい場所はQも大きく、速度の小さい場所はQが小さいという関係がある。Saita et al. (2015) (甲G105) では、阿蘇をはじめとした各火山の直下の地殻内にQ_P (P波のQ) の小さい領域 (すなわちQ_P⁻¹の大きい領域) が広がり、阿蘇直下では地下10～30km付近でQが小さくなっていて、前記「日本列島下の三次元地震波速度構造」が示す阿蘇直下の速度構造と概ね一致する。

このように、阿蘇直下ないしその周辺の地下には大規模なマグマ溜まりを示唆する巨大な低速度層があることは疑いない。この低速度層がマグマ溜まりではないという疎明がない限りは、阿蘇の地下に大規模なマグマ溜まりがあるという前提で巨大噴火のリスクを考えるべきである。

2 レシーバー関数解析による調査の限界とその解釈

Abe et al. (2010, 2012, 2017) が用いたRF (レシーバー関数解析) は文字通り、レシーバ、すなわち地震観測点の配置により分解能は限られる (乙506・19頁Figure12参照)。

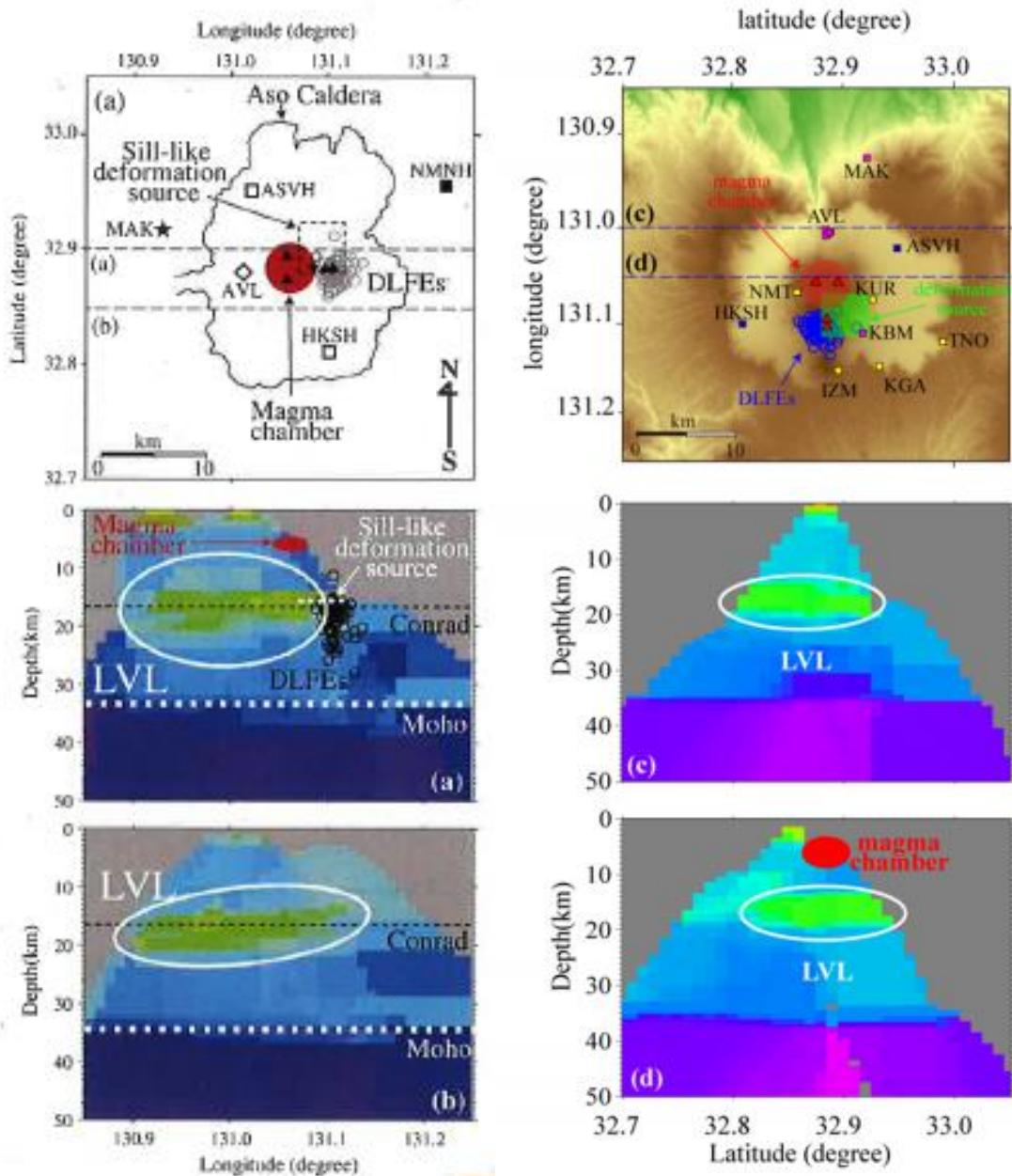
たとえば、次のAbe et al. (2017) 図11 (乙506・18頁) では、濃紺色で示されている箇所のS波速度は解析できておらず、S波速度の検出範囲は主にカルデラの南半分余りと西側のカルデラに隣接された地域に限られることが分かる。LA及びLBの体積は、現在分かっている範囲よりもっと大きい可能性がある。



【Abe et al. (2017) 図 11 (乙 506・18 頁)】

また、安部氏らの調査結果では、10 km～20 kmより浅い範囲は速度解析が出来ている範囲はかなり限られている。Sudo and Kong(2001)などで検知された、草千里付近のマグマ溜り（債務者が補充書（2）でいう「地下約6 kmのマ

グマ溜まり」)は、安部氏らによる論文の図でも書き入れられているが、RF法による探査自体ではその部分に低速度異常が認識できておらず、分解能や解析範囲には大きな課題があることを露呈している。



【Abe et al. (2010) (乙 505・10 頁)】

【Abe (2012) (甲 G 56 の 1・86 頁)】

債務者は、Abe et al.(2017)の結果を基に描かれた大倉報告書(乙438・2
2頁)の図15を引用して「図15 阿蘇カルデラの地下構造」を示している

(補充書(2)68頁)が、この図は阿蘇カルデラ中央部を東西に横切る1断面を単純化した模式図に過ぎず、実際の3次元的な構造を表すものではない。LAやLBの体積の見積もりは極めて大雑把なもので、誤差の範囲は非常に大きいものと考えなければならない。また、「地下約6kmのマグマ溜まり」とLA, LBはあたかも独立した別々の領域であるかのように描かれているが、実際はこれらが連絡している可能性や、一体として存在している可能性もまったく否定されない。

債務者は、安部氏らによって見出されているLB(深さ15-23km程度の低速度領域)を考慮しない理由として、Abe et al.(2017)では当該低下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ことを挙げる(補充書(2)99頁)。だが、Abe et al.(2017)では、LBの下部において、現在、LAの直下で検出されたような深部低周波微動や地殻変動のような流体の動きに起因する現象が検知されていないことから、熱源が存在しない可能性があるため新たな溶融マグマが生成されていない可能性が指摘されているだけ(乙506・20頁)で、新たな溶融マグマが生成されていないという確定的な見解が示されているわけではない。もとより地下23km以深におけるマグマの供給を観測することは極めて難しい上、LBはその水平方向にかなり広くその外縁は十分に把握できていない状況で、熱源と対応していないことを明確に否定することは不可能である。また、Abe et al.(2017)においても、LBが将来の噴火でマグマを供給する可能性は明示的に述べられており、現在は熱源と対応していなくとも近い将来に熱源と接続する可能性が否定されているわけではない。

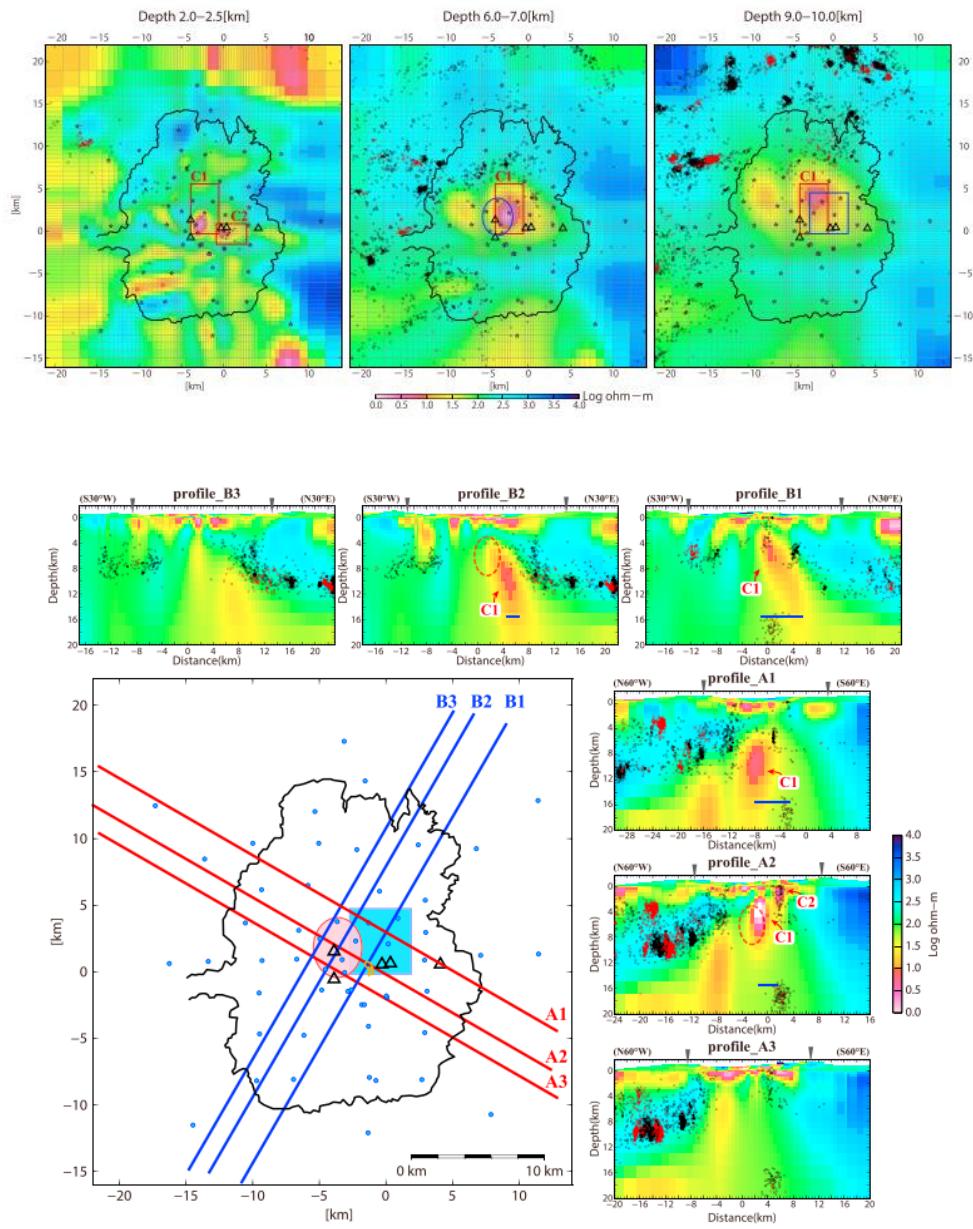
債務者は、大倉氏がAbe et al.(2017)の共著者でありながら阿蘇で巨大噴火が起こるような状態でないと評価していることも挙げるが、大倉氏は「地下約6kmのマグマ溜まり」に係る地殻変動のデータから、VEI3の噴火すら起きない、まして巨大噴火は起きないと評価している(乙438・26頁)だけ

であり、マグマ溜まりの体積や熱源との対応は元々考慮していない。

3 3次元比抵抗構造モデルが示す債務者モデルの相対性

産総研の畠真紀氏らのグループは、原子力規制委員会からの委託により、阿蘇カルデラ及びその周辺地域の比抵抗構造を明らかにするために、広域帯MT法による探査を2015年から実施している（乙489.490）。

ここでは、次のとおり、測線A1～A3における北西側の領域において、深さ2～4km程度から深部までに達するような数十Ωm以下の低比抵抗領域が延び、さらに深さ16km辺りからは水平方向に広がりを見せている。畠氏らは、中岳と草千里のほぼ中間地点で深さ5kmを中心とする地域において、中央部の比抵抗が1Ωm以下まで低下するようなC1、そのさらに東側で深さ1km程度の部分にC2として、2つの顕著な比抵抗が確認されているとしている。



平成28年度成果報告書では、顕著な低比抵抗異常C1、C2に対して、低比抵抗異常を含む領域の $40\Omega\text{m}^3$ 以下のブロックを一律に $40\Omega\text{m}$ のブロックに置き換えた構造モデルを作成し、感度検定が実施されているところ、C1については南北5.9 km、東西3.3 km、深度1.5–13 kmの領域に、C2については、南北2.4 km、東西3.6 km、深度0.04

³ $\text{Log}40 \doteq 1.60$ である。

つまり、 $1\text{-}40\Omega\text{m}$ は、図において白～赤～橙～黄となっている領域を含む。

$\text{km} - 3 \text{ km}$ の領域に置き換えられている（甲G 90・508頁）。このC 1 領域の体積は約 224 km^3 、C 2 領域の体積は約 26 km^3 と計算できる。平成28年度成果報告書では、メルトの割合について、C 1 では最大で76—87%、C 2 では最大で13—14%という解析結果が得られている。そうだとすると、C 1 と C 2 を合計するだけで、最大約 200 km^3 のメルトが存在し得るということになる。

Hill 意見書（乙500）は、阿蘇において存在するマグマは約 45 km^3 と仮定した上で、「入手可能な技術的知見は、阿蘇4タイプの噴火は伊方発電所3号機の安全性評価上考慮すべき事象ではない」と結論しているが、畠氏らが実施したMT法の結果については参考文献に含まれていない。これを含めれば Hill 氏においても阿蘇4タイプを考慮すべきとの見解を示した可能性がある。

なお、債務者は、この部分溶融度が須藤ほか(2006)と異なる点について、Hata et al.(2016)はもっとも比抵抗の低い値を用いた推定であり、対象としている部分、範囲の違いに起因する旨主張する（補充書（2）88頁脚注65）が、須藤ほか(2006)ではマグマ溜まりの体積はせいぜい 30 km^3 程度と仮定されているのに対し、Hata et al.(2016)のC 1 は約 224 km^3 にも上りこれよりもはるかに大きいのであるから、Hata et al.(2016)の部分溶融度の数値が須藤ほか(2006)のそれを大きく上回る原因是、対象としている部分、範囲の違いでは説明がつかない。須藤靖明氏が述べるとおり、手法の違いと上限値・下限値の違いによって理解するのが正しい（甲G 13・3頁）。

この3次元比抵抗構造は、地下約 16 km 以深の領域において水平方向に低比抵抗領域を示す点で、安倍氏らが示したLBないし債務者が示す「阿蘇カルデラの地下構造」（補充書（2）68頁図15）と概ね整合するものといえる。一方、B 1, B 2 や A 1 などの測線にかかる比抵抗領域を見る限り、債務者がいう「地下約 6 km のマグマ溜まり」と「地下約 15 km のマグマ

溜まり」（L A）には、明瞭な区別があるようには見えず、一体のものと解される。債務者の地下構造で示された「地下約6 kmのマグマ溜まり」に相当するC 1は、須藤ほか(2006)から東側に数kmずれて中岳と草千里の中間に位置し、中岳直下にはこれと枝分かれした小型のマグマ溜まり（C 2）が描かれている（測線A 2）点や、C 1の西側にも深さ10 km前後から深部まで、10～数十Ω m以下の相当規模の低比抵抗異常領域が描かれている（測線A 1～A 3）点でも、債務者のモデルと違いがある。

以上のとおり、畠真紀氏らが実施しているMT法による調査では、阿蘇の地下には約200 km³のメルトを含みうる大規模なマグマ溜りがあることが示唆され、さらに深部にはこれに連なる大規模な低比抵抗異常があることが示されている。このような調査結果を踏まえても、現在の阿蘇カルデラの地下には巨大噴火を引き起こすような大規模なマグマ溜まりが存在する可能性は、まったく否定されないというべきである。

4 クリスタルマッシュ状マグマ溜まりを想定していない

須藤靖明氏が指摘するように、マグマ溜まりの大部分はマッシュ状（半固結状態）でほとんど流動できない状態にある（甲G 1 3）。この点は下司(2016)にも、「地殻内部に長時間にわたって存在し得るマグマ溜まりは、必然的に熱対流が抑制された高結晶度マグマすなわちマッシュで満たされると考えられる」（乙464・106頁）と述べられている。そのため、その外縁は漸移的で周辺の母岩と明瞭な区別はできず、地球物理学的手法による検知を困難にしていると考えられる（同107頁）。

債務者は「地下約15 kmのマグマ溜まり」が含む溶融マグマが最大約45 km³であることから、最大でも45 km³のマグマを噴出する噴火しか発生させることができないかのような主張をしているが、この計算の元になっている低速度領域の体積300 km³というのは、元々地下のマグマ溜まりの体積そ

のものは求めることはできない（甲G40・11～12頁、甲G48・29頁）という前提で、敢えて単純化したモデルから計算された数値に過ぎない。

また、マッシュ状マグマ溜まりが噴火可能な状態となるためには高温で揮発性成分に富む苦鉄質マグマの注入等により再活性化することがあり、そのタイムスケールは比較的短いことが考えられる。平成28年度成果報告書でも、再活性化から噴火までの時間は非常に短いことが示されている（甲G90・302頁図2.5-2）。マッシュ状マグマ溜まりのうちメルト（液体）の体積だけを計算しても、当該マグマ溜まりの潜在的噴火規模を見積もることはできない。下司(2016)でも、「大規模火碎噴火の長期予測のためには、まずクリスタルマッシュ状のマグマ溜まりの存在や規模を検知することが必要」と述べられている（乙464・114頁）。

さらには、巨大噴火ではクリスタルマッシュそのものが噴出したと考えられる事例もしばしば見られる（同108頁）ため、メルト部分だけを評価しては不足することは明らかである。

5 地震活動等と「地下約6kmのマグマ溜まり」

債務者は、①阿蘇カルデラ内では水準測量における草千里付近の顕著な沈降から特定されるマグマ溜まりの中心（圧力源）の周辺でも地震活動が認められること、②2016年熊本地震の震源断層面が近接していること、及び③等温度線から、「地下約6kmのマグマ溜まり」の広がり得る領域は限られていると主張する（補充書（2）71頁）。

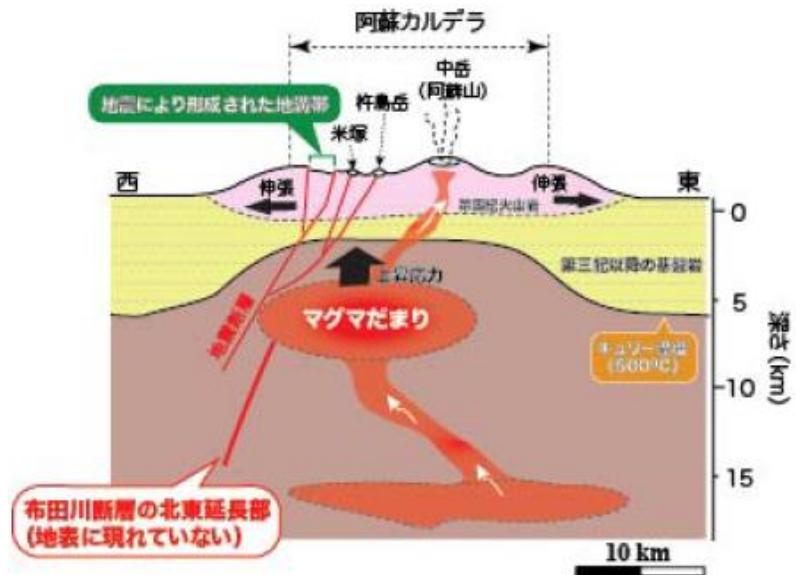
だが、①債務者補充書（2）図17を見ると、阿蘇カルデラ北西部を中心にして2016年1月から12月までの1年間で多くの地震が発生していることは示されているものの、震源の深さや規模については特に記載はなく、また、低周波地震のようにマグマの移動に伴って生じる地震が混在している可能性も否定できないため、阿蘇カルデラ北西部にマグマ溜まりがないと判断することはで

きない。なお、畠真紀氏らの三次元比抵抗構造モデルにも数多くの震源がプロットされているが、低比抵抗異常が見られる領域にはほとんど震源は存在しない（甲G90・509～512頁）。それでもC1とC2とで最大約200km³の溶融マグマが推定されていることは前記3のとおりである。

上記②熊本地震の震源断層については、債務者の引用する Ozawa et al.(2016)（乙493・8頁）を見ても、阿蘇カルデラ内における断層（F2）は深さ0.0km、長さ6.8km、幅6.7km、傾斜角69度であるため、当該断層は深さ6km程度までしか及んでいないはずである。したがって、債務者の主張疎明を前提としても、深さ6km以深の領域であれば、F2断層の直下であってもマグマ溜まりの存在は否定できない。

上記③等温度線については、どの等温度線がどのようにマグマ溜まりの広がりを限定しているといえるのか、債務者から具体的な説明はなく、何の疎明にもなっていない。等温度線からマグマ溜まりの広がりを推定するためには、当該領域の地下における熱伝導率の分布を明らかにする必要があるが、債務者はそのような検討は行っていない。

ところで、熊本地震の震源断層と阿蘇のマグマ溜まりとの関係では、京都大学の林愛明教授らの研究グループが、阿蘇火山の地下約6kmにあるマグマ溜まりが断層破壊を妨げた可能性が高いという論文を作成し、米国の科学雑誌（Science）に掲載されて話題になった（甲G106）。ここで林教授らが作成した概念図では、マグマ溜まりはむしろ西側へ張り出した扁平な形をし、阿蘇カルデラ内に現れた熊本地震の地震断層の直下にまで及んでいる。



この林氏らの研究が阿蘇カルデラのマグマ溜まりの広がりを推定する上でどの程度意義があるのかについても、今後の検討課題と思われるが、少なくとも熊本地震の震源断層の位置から「地下約6kmのマグマ溜まり」の広がりを限定するのは現段階では極めて不確実な推定であるといえる。

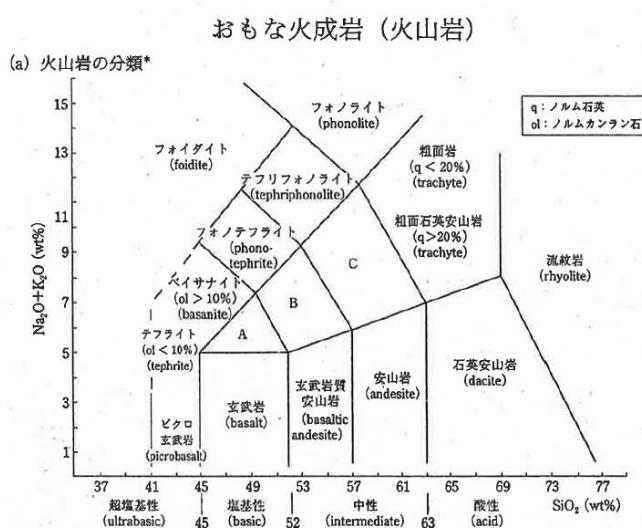
6 「地下約6kmのマグマ溜まり」等が玄武岩質とは限らない

(1) 最近の中岳の噴出物

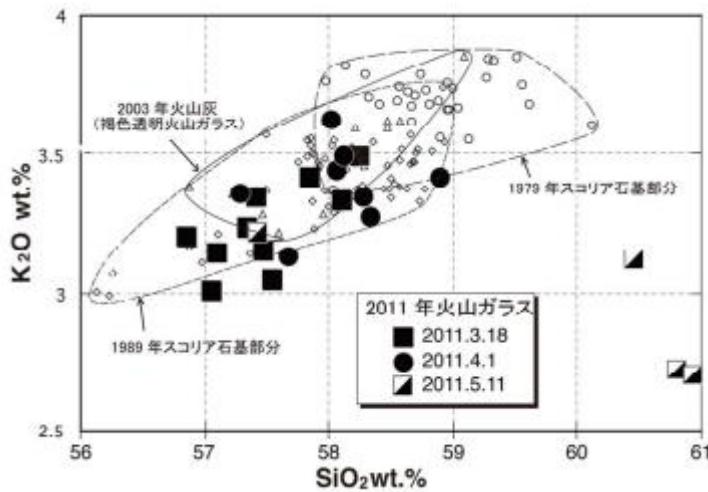
債務者は、「現在、阿蘇山で活動している中岳は、玄武岩～安山岩の成層火山で、有史以降、多様な噴火様式の小規模噴火を繰り返し、玄武岩質安山岩の火山碎屑物を噴出している」と主張する（補充書（2）59頁）。一方、「地下約6kmのマグマ溜まり」は中岳の活動に関連すると考えられており、中岳の火山活動は玄武岩質マグマが主体であるから、ここに蓄積されているマグマは玄武岩質であると考えられているとも主張する（同69頁）。

債務者がいかなる噴出物の解析結果を根拠として中岳の火山活動を玄武岩質マグマが主体であると考えたのかは不明であるが、近時の中岳の活動は、玄武岩質というよりどちらかというと安山岩質というべきである。

債務者は、補充書（2）（22頁）において、下記理科年表を示し、二酸化珪素の重量あたりの成分量 (SiO_2 (wt.%)) が63～70%をデイサイト質、52～63%を安山岩質（57%以下のものは玄武岩質安山岩と呼ばれることがある）、52%以下を玄武岩質としている。つまり債務者は、玄武岩質と安山岩質とを区別する数値基準を $\text{SiO}_2=52\text{ wt.\%}$ 、玄武岩質安山岩と安山岩質とを区別する数値基準を $\text{SiO}_2=57\text{ wt.\%}$ としている。



そして、火山噴火予知連絡会の資料（甲G107）によると、2011年3月～5月に噴出した火山灰について、火山ガスとともに噴出したマグマ物質と考えられるガラス片を解析したところ、 $\text{SiO}_2=57\sim59\text{wt\%}$ の組成であり、1979年・1989年に噴出したスコリアの石基部分の組成とほぼ一致するとされている。これは、債務者の上記数値基準によると、玄武岩はもとより玄武岩質安山岩ですらなく、明確に安山岩である。同資料によると、1979年スコリア石基部分は $\text{SiO}_2=58\sim60\text{wt\%}$ でさらに若干デイサイト質寄りの安山岩、2003年火山灰は $\text{SiO}_2=57\sim59\text{wt\%}$ の組成で2011年3～5月の組成分布とほぼ同じ、1989年スコリア石基部分は $\text{SiO}_2=56\sim59\text{wt\%}$ で2011年3月～5月よりも玄武岩質寄りの安山岩である。



【産総研・気象庁・阿蘇火山博物館

「阿蘇中岳火口から 2011 年 3 月~5 月に噴出した火山灰」(甲 G 107)

また、平成 28 年度成果報告書では、低比抵抗異常ブロック C 1, C 2 のマグマ中のメルトの割合を検討するために用いられた 2014 年 11 月 26-27 日に中岳第一火口で噴出したスコリアの化学分析結果は、 $\text{SiO}_2 = 58.62\text{wt}\%$ となっており（甲 G 90・513 頁）、これも玄武岩質安山岩ではなく安山岩質である。

以上からすると、近年の中岳における噴出物は、玄武岩質というより安山岩質というべきである。債務者がいかなる根拠で中岳の火山活動を玄武岩質が主体だと評価しているのか不明だが、不正確である。近時の中岳の噴出物と「地下約 6 km のマグマ溜まり」及び「地下約 15 km のマグマ溜まり」の二酸化ケイ素の割合が等しいという前提をとると、両マグマ溜まりは安山岩質というべきである。阿蘇ではかつて安山岩質火碎流が主体の破局的噴火（阿蘇 2、阿蘇 3）を引き起こしている（山元(2015)第 27-2 表(1)（甲 G 87 の 2））ことからすれば、安山岩質であるからといって破局的噴火の可能性が十分小さいとはいえない。

また、1991 年ピナツボ噴火のように、深部から玄武岩質マグマが注入さ

れ、これが珪長質のマグマ溜まりを通過する際にマグマ混合が生じて安山岩質の噴出物が生じている可能性も考慮すべきである。

(2) 浮力中立点からすると浅すぎる

前記のとおり、玄武岩質としては SiO_2 の割合が大きい $\text{SiO}_2=53.5\%$ を仮定しても、東宮(1999)（甲G 9 6）を参照すると、その浮力中立点の目安は 9 ~ 11 km 程度にあり、これよりも浅いところにマグマ溜まりは形成されないと考えられる。

草千里付近のマグマ溜まりは、債務者によってもその中心深さは約 6 km であり、これが玄武岩質であるとすると浮力中立点からは明らかに浅すぎる。玄武岩質マグマが地下 6 km に安定的なマグマ溜りを形成するためには、その密度を通常よりも相当減少させるような特殊な条件が必要である。浮力中立の考え方からすると、「地下約 6 km のマグマ溜まり」は珪長質と考えるのが自然である。

(3) 後カルデラ期における珪長質マグマの活動

最近 2 万 9 0 0 年だけに限ると、珪長質マグマの噴出は少ないと言えるかもしれないが、阿蘇 4 以降の後カルデラ期全体を見れば、珪長質マグマの噴出量は苦鉄質よりも圧倒的に多く（乙 4 7 6 Figure7）、苦鉄質マグマは噴出頻度は高い（同 Figure5）が噴出量は少ない。特にディサイト質の約 3 万年前の草千里ヶ浜軽石の噴火（V E I 5）は阿蘇 4 以降最大である。地殻内のマグマ溜まりの継続時間は数万年以上と考えられる（下司(2016)（乙 4 6 4・108 頁））ため、草千里ヶ浜噴火を発生させたマグマは地殻内に存続している可能性は十分にある。

草千里ヶ浜軽石噴火という地質学的事実からしても、草千里直下付近にある「地下約 6 km のマグマ溜まり」が珪長質である可能性は抽象的なものではな

い。現在までの物理探査では、草千里ヶ浜軽石噴火を引き起こしたマグマ供給系はまったく特定できていないため、草千里直下付近のマグマ溜まりがデイサイト質である可能性は否定できない。

さらに、近時報告されている約400年前の蛇の尾火山の珪長質の噴火は、草千里ヶ浜の噴火よりも新しい。須藤靖明氏は、蛇ノ尾火山の珪長質マグマの給源が現在草千里直下に見出されるマグマ溜まりである可能性も否定できないと指摘する(甲G46)。債務者は、須藤氏は、「地下約6kmのマグマ溜まり」が蛇ノ尾火山の珪長質マグマの給源であった可能性を指摘する須藤氏の見解について、根拠のない憶測、あるいはわずかな可能性も絶対にないとは言い切れないという自然科学では当然のことと主張する(補充書(2)96頁)が、債務者の主張を前提としても、蛇ノ尾火山を引き起こしたマグマ溜まりはどこにあり現在どうなっているのか不明であり、「地下約6kmのマグマ溜まり」が玄武岩質である可能性がどの程度あるのかも不明である。債務者は、前記のような根拠のない批判をする前に、蛇ノ尾火山の噴出物の化学分析や阿蘇カルデラの地下構造調査を進めるべきである。三好ほか(2017)にも、後カルデラ期に存在したと考えられる複数のマグマ溜まりに関する温度や深さの推定が求められることや、特に後カルデラ期後期のマグマ供給系については、地球物理学的研究から推定されるマグマ溜り像を考慮する必要があると記載されている(乙470・100頁)。

(4) 中岳の活動とマグマ溜まりとの関連性

債務者は、最新の知見はいずれも中岳の火山活動が「地下約6kmのマグマ溜まりと関連することを示している」(補充書(2)69頁)と主張する。

確かに、須藤ほか(2006)(甲G2)ではそのようなモデルが提唱されており、須藤氏の陳述書でも「中岳の活動と草千里南部のマグマ溜まりに何らかの関連性がある可能性は高い」(甲G13・4頁)と述べられてはいるものの、これ

は現在までの知見で設定される1つのモデルに過ぎず、他の可能性がないということではない。債務者が提示する Yamamoto et al.(1999)（乙487）を見ても、中岳から「地下約6kmのマグマ溜まり」への火道が証明されているようには解されない。債務者が提示する Nobile et al.(2017)では、定常的な沈降傾向から示唆される深度4～5kmにおけるマグマ源の収縮が噴火によって引き起こされた可能性があるという考えは「仮説」(hypothesis)であると明示している（乙488・1頁）。なお債務者は、須藤氏が自らの過去の論文や現在の火山学的知見を否定していると批判している（補充書（2）89頁）が、須藤氏は陳述書においても中岳の活動と草千里南部のマグマ溜まりに何らかの関連性がある可能性は高いと述べているのであり、債務者が列挙する Unglert et al. (2011)等の論文と違いはない。

ただし、Hata et al.(2016)には、「本モデルは、深さ10km超まで中岳から北に延びる上部地殻内の著しい比抵抗異常が火道である可能性を明らかにした」「本研究における比抵抗構造モデルは、阿蘇カルデラの地下にある北下がりの火動および/もしくはマグマ溜りに起因する信頼性の高い地下構造を説明することができる」（乙489・727頁）という結論が示されている。これは債務者の主張する西下がりの火道と明らかに方角が違っている。債務者は、Hata et al.(2016)では「地下約6kmのマグマ溜まり」と中岳へつながる火道が推定されると主張しているが、仮にそうだとしても、中岳へつながる火道の方角についての明確な矛盾は、未だ阿蘇の地下構造の解明は大雑把で途上にあることを示唆している。

7 地殻変動による巨大噴火の長期予測の問題

債務者は補充書（2）においても大倉報告書を引用し、地殻変動データから大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではないと主張しているが、この点についての反論は第3補充書（10頁）第3で既に主張したとおりである。

現・気象庁噴火予知連絡会会長（当時・副会長）の石原和弘氏がモニタリング検討チーム第1回会合において、「噴火の前に地面が隆起するとかいうのは、多くの場合はそうなんですが、そうでない場合が多いわけですね」（甲G 48・10頁）と述べているとおり、噴火の前に地殻変動が観測されるかどうかがまず分からぬ。

さらに立地評価における問題は、仮に地殻変動が観測されても噴火が始まるまでの期間は分からず、非常に短い可能性もあるということである。中田節也氏は、報道機関によるインタビューで、「（変動を捉えて噴火に至るまでの）期間は絶対にわからないと、口を酸っぱくして言ったが、モニタリングを行うということで、ブラックボックスになってしまった」（甲G 130）と述べている。原子力規制委員会に設置された原子炉火山部会の第3回会合においても、1991年ピナツボ噴火や1980年セントヘレンズで地殻変動が観測されたのは主噴火の約2か月前で、長期的な前兆が確認された例は見当たらないことが報告されている（甲G 72の1・27頁）。

債務者は、下司(2016)（乙464・106頁）を引用して、マグマ溜まりの拡大に従って地表に大きな変形があると考えられていると主張する（補充書（2）77頁）が、下司(2016)における当該記述は、どのようにすれば地殻浅部において地表にマグマを噴出させることなく大規模なマグマを形成させることができかという問題に関して、マグマ溜まりの形成によって壁岩が加熱されることにより開口割れ目を形成する前に母岩が流動変形するという1つの試論（Gregg et al.2013）を前提とした「期待」に過ぎない。また、この下司(2016)における母岩の流動変形はマグマの蓄積過程の話であり、阿蘇では既に大量のマグマが蓄積されているのであれば、このような「期待」はそもそもできない。

また債務者は、小林氏の報告書（乙463・33頁）において、珪長質マグマが長い年月（数10万～数万）をかけて蓄積され、地殻の中～上部に巨大な

珪長質岩体～マグマ溜まりを形成する際には、広域的な地盤を伴うと記載されていることを指摘するが、やはり、前回の破局的噴火から約9万年が経過している阿蘇カルデラにおいては、近代観測が始まるはるか以前に巨大な珪長質岩体～マグマ溜まりが形成されている可能性を否定できないことから、この見解をもとに阿蘇の巨大噴火の可能性が十分小さいとはいえない。

債務者は、阿蘇カルデラ全体の地盤が継続的に火山性と考えられる沈降を示していることを挙げるが、この沈降の原因に関する評価は必ずしも定まっていない。平成28年度成果報告書では、3次元有限要素モデルを使ってマグマ的シルの膨張に対する線形マックッシュウェル粘弾性地殻・マントルの応答を調べたところ、観測された地表面隆起に弾性モデルを適用すると、それによるマグマ蓄積量は過小評価されてしまうこと、シルの膨張の停止は、地表面を粘弾性緩和による沈降に転じさせることを示している（甲G90・446頁）。そうすると、2003年の隆起に伴うマグマ供給量14.7百万m³は過小評価の可能性があり、現在の阿蘇において見られる地盤の沈降は、マグマの膨張が一時的に停止していることが原因である可能性も考えられる。

石原和弘氏が度々指摘するように、現在の火山観測では地下10km付近より深いマグマの挙動を捉えることは極めて困難である（甲G91・103頁、甲G92・64頁）。大倉報告書では、「地下約15kmのマグマ溜まり」へのマグマ供給量が地殻変動から推定されたことになっているが、その精度は疑問である。仮に「地下約15kmのマグマ溜まり」へのマグマ供給は中岳周辺の密な観測網によってモニタリングできるのだとしても、Abe et al.(2017)で示されている低速度領域LB（深さ15－23km）については、新たなマグマが供給されても、その事実を地殻変動等の観測によって把握することはほとんど不可能である。

8 小括

債務者は、適合性審査の段階では、破局的噴火を発生させる珪長質マグマは地下 10 km 以浅にあるという前提で Sudo and Kong(2001) 及び高倉ほか(2000) という探査結果をもとに、10 km 以浅に大規模なマグマ溜まりはないとしていた。

だが、阿蘇 2、阿蘇 3 の各火砕流が安山岩質であることからして、必ずしも大規模な珪長質マグマ溜まりを形成することは巨大噴火の必要条件ではなく、また 10 km 以深のマグマ溜まりでも巨大噴火を発生させるおそれがあることは明らかである。安倍氏らのレシーバー関数解析や、深部を含む地震波トモグラフィー、畠氏らが示した三次元比抵抗構造からしても、阿蘇カルデラの直下ないしその周辺には、阿蘇 4 規模の噴火を引き起こす大量のマグマが蓄積されている可能性が否定できない。

また、巨大噴火が発生する前に地殻変動が観測されない可能性は十分にある上、仮にこれが観測されるとしても、極めて短期間のうちに巨大噴火に至る可能性がある。

債務者が示す地球物理学的調査は、都合の悪い調査結果や解釈は無視したものであり、これに基づく評価は信頼できるものではない。

第 6 原決定を批判する債務者の主張が失当であること

1 噴火予測はできないが巨大噴火が運用期間中に起きる可能性が十分小さいかどうかは評価できるという詭弁

債務者は、火山ガイドは、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的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

うかを確認するものであるから、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必要はない、と主張する（補充書（2）85～86頁）。

だが、火山ガイドの4.1(2)の「運用期間中における活動可能性が十分小さい」と言えるかどうかの判断は、「少なくとも運用期間中は噴火が起きない（起きる可能性は無視できる程小さい）」という一種の噴火時期の予測（予知）であり、同4.1(3)の「調査結果から噴火規模を推定する」という評価は、明らかに噴火規模の予測（予知）である。債務者の評価は、「少なくとも数十年に及ぶ本件原発の運用期間中は阿蘇では巨大噴火は起きない（起きる可能性は無視できる程小さい）」、「草千里ヶ浜軽石（約 2 km^3 ）程度を超える規模の噴火は基本的に起きない」というものであり、これは巨大噴火をも対象とした噴火の時期、規模についての噴火予測、噴火予知である。

現状、ある程度可能となっている噴火予知は、観測体制がある程度整った火山において、過去の噴火時の観測経験に基づいて、前兆となる異常現象をとらえて、噴火時期を直前に予測することだけである。阿蘇のような大規模カルデラではなく普通の活火山であっても、数十年という中長期的な活動可能性の予測は困難である。藤井敏嗣氏は、「ある火山が次に噴火するのがいつごろになるのか、あるいは、今後数十年間は噴火しないということが明確になれば、都市計画などに生かすことができるし、火口近辺の観光開発などを進めることができる。何よりも監視観測にメリハリをつけることができる。しばらくは噴火しないことがわかっているれば、直前予知のための観測体制を縮小することも可能となる。ところが、このような長期予測の手法はまだ確立していない」と嘆いている（甲G110）。勿論、中長期の予測手法がまったくないわけではなく、過去の火山活動の間隔から中長期の予測をしようという試みはなされているものの、未だ明確に確立した手法は存在しない（甲G19・219頁）。そのため、火山活動の中長期的な予測が気象庁等の公的機関から発表されることではなく、

都市計画、観光開発、及び監視観測体制に反映されることもない。

したがって、原子力発電所という、万が一の深刻な災害を防止するために極めて低頻度な自然現象まで想定しなければならない施設の安全確保ということを考えれば、火山ガイド4. 1 (2)において、運用期間中における検討対象火山の活動の可能性を十分小さいと判断することは、基本的に不可能である。債務者も、阿蘇の噴火規模を草千里ヶ浜軽石噴火と設定しているということは、運用期間中における阿蘇の活動可能性を十分小さいと判断できない場合に当たるとして、火山ガイド4. 1 (3)にしたがって噴火規模の設定をしているはずである。

さらに問題は、火山ガイド4. 1 (3)において「調査結果から噴火規模を推定する」となっている点である。噴火規模の推定は噴火時期の予測よりもさらに困難であるが、原発に求められる安全性の程度を考えた場合、日本列島全体で600年に1回程度の頻度で発生してきたとされる巨大噴火は当然に検討対象としなければならないことが問題になる。だが、そのような噴火に関する知見は非常に限られており、噴火予知や対応策について研究を進める体制も整っていない(甲G19、甲G11・20頁)。したがって、運用期間中に巨大噴火は起きないという推定は不可能であるため、過去最大の噴火規模を設定することになる。立地審査指針でも少なくとも既往最大の事象を想定すべきことになっている(1. 1 (1))ことからしても、既往最大級の噴火が来ないという予測ができない以上、既往最大を想定するのは当然のことである。

以上のとおり、運用期間中における巨大噴火の可能性が十分小さいかどうかという評価は噴火予測(予知)に該当し、火山学の噴火予測についての現状を踏まえれば、阿蘇において運用期間中における巨大噴火の発生可能性の評価や噴火規模の推定はできないとした原決定が正当であることは明らかである。債務者は、要するに、噴火予測はできないが、運用期間中における巨大噴火の可能性が十分小さいかどうかは判断できる旨主張したいようだが、単なる詭弁に

過ぎない。そのことは、当時の気象庁噴火予知連絡会会長であった藤井敏嗣氏が、「わが国における火山噴火予知の現状と課題」という表題の論文の中で、「原子力発電所の稼動期間中にカルデラ噴火の影響をこうむる可能性が高いか低いかという判定そのものが不可能なはずである」（甲G19・220頁）と述べていることからも明らかである。

2 ゼロリスク論へのすり替え

債務者は、須藤靖明氏が自らの過去の論文も含めて現在の火山学的知見を否定して火山学の限界のみを強調しており、わずかな災害発生のリスクも認めない絶対安全（ゼロリスク）を求める意見に等しいと主張する（補充書（2）89頁）。

だが須藤氏において、阿蘇4と同規模の阿蘇5が来る可能性はあると評価するのが「合理的」というのは、VEI7級の噴火は、阿蘇だけならば6万年に1回程度、九州全体なら2～3万年に1回程度という活動頻度があることを踏まえつつ、「原子力発電所において万が一の大規模自然現象をも想定し、深刻な事故の確率を100万年に1回未満に抑えるという安全目標を国として立てているのであれば」（甲G13・5頁）という条件を付しているのであり、ゼロリスクを求める立場とは一線を画している。債務者は、阿蘇が6万年に1回程度の頻度で破局的噴火を繰り返しているにもかかわらず、また巨大噴火の長期予測は不可能であるにもかかわらず、阿蘇5が来る可能性を考慮しなくとも、なぜセシウム137を100TBq以上放出する事故の確率を100万炉年に1回程度以下に抑制するという原子力規制委員会が立てた安全目標をクリアできるというのか、客観的かつ一般市民でも理解可能な疎明をすべきである。

また債務者は、立地評価においては次の阿蘇の巨大噴火がいつ起きるかを予知するものではないのだから、次の阿蘇の巨大噴火（阿蘇5）がいつ起きるか分からないと須藤氏の指摘は当を得ないと主張する。だが須藤氏の意見の趣

旨は、阿蘇5が来るのが数年後なのか数万年後なのかを現在の火山学では評価できないのであるから、伊方原発の運用期間中にこれが発生する可能性は当然あり、安全目標と破局的噴火の発生頻度を考慮すれば、阿蘇4と同規模の阿蘇5を想定するべきだということは、文脈上明らかである（甲G 13・5頁）。

3 火山学者緊急アンケートについて

債務者は、火山学者緊急アンケート（甲D 234）は、「『モニタリングを行うことで、少なくとも数十年以上前に（破局的噴火の）兆候を検知できると考えている』（決定文主文75ページの九州電力の主張）に対する所管をお願いします」とのアンケート項目に対する回答であり、原子力発電所の運用期間中に巨大噴火が起こる可能性が十分に小さいかどうか評価することができるかどうか回答したものではないと主張する（補充書（2）91～92頁）。

だが、原決定が当該部分を引用したのは、静岡大学教授の小山真人氏が「綿密な機器観測網の下で大規模なマグマ上昇があった場合に限って、数日～數十日前に噴火を予知できる場合もある」というのが、火山学の偽らざる現状です。機器観測によって数十年以上前に噴火を予測できた例は皆無です。いっぽう巨大噴火直前の噴出物の特徴を調べることによって、後知恵的に経験則を見つけるとする研究も進行中ですが、まだわずかな事例を積み重ねているだけで一般化には至っていません。カルデラ火山の巨大噴火の予測技術の実用化は、おそらく今後いくつかの巨大噴火を実際に経験し、噴火前後の過程の一部始終を調査・観測してからでないと達成できないでしょう。こうした現状を考えれば、『少なくとも数十年以上前に（破局的噴火の）兆候を検知できる』という九州電力の主張は荒唐無稽であり、学問への冒瀆と感じます。」とまで回答しているその内容からすれば、債務者においてモニタリングのような地道で手間のかかる準備作業もせずに既往の文献を集めてくるだけで、運用期間中における検討対象火山の活動可能性の大小の評価や噴火規模の推定など出来るはずもない

いうことが、優に推認されるからである。

火山学者緊急アンケートには、「多くの場合、モニタリングによって火山活動の異常を捉えることは可能であるが、その異常が破局噴火につながるのか、通常の噴火なのか、それとも噴火未遂に終わるのかなどを判定することは困難である」（藤井氏）、「現代の観測体制で、破局噴火を経験、観測したことがないで、どのような推移（特に時間推移）で噴火に至るのか、破局噴火をどこまで一般化して考えることができるのか、実用的な“検知”が可能な段階に現在あるとは言えないと思います。」「火碎流が（川内原発に）到達することがあっても全く驚くべきことではない、という意味で（今後1万年間に到達する確率は）50%」（匿名）、「データが多少ある中規模噴火についても、現在規模や様式の予測はできていません。また、理論的にも、巨大噴火だからできるという保証はありません。」（匿名）等の回答があることからすれば、小山氏の見解は何ら特異なものではなく、現時点の火山学における噴火予測についての一般的な認識であることは明らかである。

また、債務者は、同アンケートにおいて、藤井敏嗣氏が、「最終噴火から2万年を経過したカルデラ火山は既に再噴火の可能性がある時期に到達したと考えるべきであろう」と述べたことについて、鹿児島地溝全体としての平均発生間隔が約9万年であり、現在、鹿児島地溝における最新の巨大噴火から9万年を経ていないということだけをもって、原子力発電所の運用期間中に鹿児島地溝では巨大噴火を考慮する必要がないと判断することはできないとの趣旨を考えるのが自然であり、また、ただ最新の巨大噴火から既に2万年を経過しているという1点のみをもって、無条件に巨大噴火の発生可能性が十分に小さいとは言えないとする理由はないと主張する（補充書（2）92～93頁）。

しかし、同アンケート項目における藤井氏の回答は、1段落目は鹿児島地溝全体としてのVEI7以上の噴火の平均発生間隔から噴火予測を行う九州電力の評価に関するコメント、第2段落は、「適切な噴火発生モデルを提示できない

段階で切迫度を検討するとなれば、平均発生間隔に依拠することなく、カルデラ噴火が複数回発生した阿蘇山では最短間隔が2万年であることを考慮すべきである。すなわち、「最終噴火から2万年を経過したカルデラ火山は既に再噴火の可能性がある時期に到達したと考えるべきであろう」という一般的な見解の表明となっており、鹿児島地溝のカルデラに限らず日本の大規模カルデラ全般について、最新のカルデラ噴火から2万年を経過しているカルデラ火山は、適切な噴火発生モデルを提示できない限り、運用期間中におけるカルデラ噴火の発生可能性を考慮すべきという趣旨である。阿蘇の例から2万年という数値を挙げているのであるから、少なくとも阿蘇については射程が及ぶことは明らかである。

債務者は、曖昧模糊とした総合評価に逃げるのではなく、藤井氏が提案したとおりの「適切な噴火発生モデル」を構築した上で阿蘇の破局的噴火の可能性を科学的に評価すべきなのであって、これが構築できないのであれば、最終の破局的噴火から約9万年が経過した阿蘇においては、破局的噴火の可能性を当然考慮すべきである。

4 モニタリングに関する検討チーム提言とりまとめ

債務者は、モニタリング検討チーム提言とりまとめ（甲G18）は、「噴火がいつ・どのような規模で起きるかといった的確な予測は困難」であることを述べるにとどまる一方、債務者は、現在の阿蘇の巨大噴火の可能性について、活動履歴や地球物理学的調査結果に基づく検討結果を総合的に評価すれば、現在の阿蘇の状態は、巨大噴火が起こるような状態ではないと考えられること等から、運用期間中に阿蘇の巨大噴火が起きる可能性は十分に小さいと評価しているのであるから、同提言とりまとめをもって、運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいことを判断できないとする理由はないと主張する。

だが、同提言とりまとめでは、単に噴火の時期や規模を的確に予測すること

が困難と述べるにとどまらず、気象庁の監視観測でも V E I 6 を超えるような未経験の巨大噴火は想定していないこと、V E I 6 以上の巨大噴火はモニタリング観測例がほとんど無く中・長期的な噴火予測の手法が確立していないこと等から、原子力規制委員会の対応としては予測の困難性や前駆現象を広めにとる必要があり、“空振りも覚悟の上”で巨大噴火に発展する可能性を考慮した処置を講ずる、その判断は原子力規制委員会・規制庁が責任を持って行う、と記されている。債務者が行っているように、既存の文献をかき集めて都合の良い部分を貼り合わせ「総合的に評価」をすれば巨大噴火の可能性が十分小さいと判断できるのであれば、何も予測の困難性や前駆現象を広めにとる必要もなく、“空振りも覚悟の上”責任を持って判断するなどと、悲壯なまでの決意を規制委員会・規制庁が示す必要もなかったのである。

同提言とりまとめの中では、V E I 6 以上の巨大噴火については中長期的な予測手法が確立していないと明確に述べた点が特に重要であり、手法が確立していないにもかかわらず、債務者ら原子力事業者がV E I 6 以上の巨大噴火について中・長期的予測を行っている現状の矛盾を端的に表している。また、同提言とりまとめは、規制委員会において設置された検討チームにおいて、藤井敏嗣氏や石原和弘氏をはじめとした、火山学や火山防災（噴火予知）の豊富な学識経験を有する多くの専門家が、公開の場で議論を重ねた上で、最終成果物として公表されたものであり、裁判対策のために結論ありきで債務者や原子力規制庁が一本釣りをした専門家に作成させた文書よりも、はるかに信頼性が高いものであることは明らかである。

5 藤井(2016)について

藤井(2016)は、長年にわたり気象庁火山噴火予知連絡会会長などの火山防災に係る要職を務めてきた藤井敏嗣氏が、日本火山学会の学会誌において、わが国における火山噴火予知の現状と課題について、「総説」としてその見解をまと

めたものであり、信頼性の高いものである。

債務者は、カルデラ噴火について科学的な切迫度を求める手法は存在しないことは特に争わないようだが、その問題と運用期間中に巨大噴火が起こる可能性が十分小さいかどうか評価することは本質的に異なると主張する。しかしながら、「科学的な切迫度を求める手法」とは、たとえば、「今後 50 年以内に、阿蘇が巨大噴火を発生させる確率は何パーセント程度」ということを客観的に評価するための手法であり、そのような手法が存在しないのであれば、運用期間中における阿蘇の巨大噴火の可能性が十分小さいか否かを判断する上で致命的であることは明らかである。

債務者は、Hill 氏の意見書や大倉報告書、日本火山学会編「Q & A 火山噴火」をあげて、科学的切迫度を求める手法は存在しなくとも巨大噴火の可能性に係る判断ができると主張するが、これらは各々が確からしいと考える根拠を挙げて主観的な評価を述べているに過ぎず、社会的な判断において依拠するに足りる客観的な評価ではない。巨大噴火が発生する可能性は何年以内に何パーセント程度なのかということを曖昧にした可能性評価は、原発のリスク評価において参考するに値しないものである。

VEI 7 以上の噴火の頻度は、イエローストーンでは約 70 万年に 1 度、阿蘇では約 6 万年に 1 度である。箱根の約 6 万年前の噴火は巨大噴火としては最小規模であるが、箱根ではそれ以来カルデラ噴火は起きていない。したがって、一般防災が前提ならば、現状で特段の異常が見当たらなければ、大規模な噴火が発生する可能性は低いとしてそのリスクを無視しても間違いではないかもしれない。だが、原発に求められる安全性は一般防災と同じではなく、原子力規制委員会が定めた安全目標でも、深刻な事故の発生確率を 100 万年に 1 回以下に抑えなければならない（甲 D 224・30 頁）とされている。阿蘇が巨大噴火を発生させている頻度が約 6 万年に 1 回であることからすれば、根拠が曖昧で主観的な根拠によって可能性が十分小さいとするることは到底許されないと

いうべきである。

日本火山学会のホームページでは、京都大学教授の鎌田浩毅氏は、「阿蘇 5 火碎流のイベントがあるかどうかは、現在の火山学では全く分からぬと言つた方がよいでしょう。」「数万年前から数十万年前までの火山噴出物の研究から知りえた知識をもとに、未来の噴火を予想することは、大変に難しいのが現状です」（甲G 3 3）と述べている。神戸大学教授の巽好幸氏は、屈斜路、支笏、洞爺、阿蘇、姶良、阿多、鬼界という 7 座の巨大カルデラについて、「現状では私たちはこの（7 座の巨大カルデラのうちどれが危ないのかという）問い合わせることはできない」「これら 7 つの中のどこかで今後 100 年のうちに巨大カルデラ噴火が起きる確率が 1 % という予測になるのだ」（甲G 5 2・195 頁）と述べる。カルデラ噴火という未知の現象に関しては根拠が曖昧な評価を避けて謙虚に考えようとする火山専門家は多く、またそれは当然のことである。

第7 阿蘇4火碎流が本件原発敷地に到達している可能性は十分にあること

1 阿蘇4火碎物密度流が到達した可能性が十分小さいといえるか否かについての審査はなされていない

阿蘇の噴火規模について、調査結果から推定できない場合には、火山ガイド4. 1 (3) によって、阿蘇で過去最大の噴火である阿蘇4と設定することになる。火山ガイドによると、次に設定した噴火規模における設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達する可能性が十分小さいかどうかを評価することになり、過去最大の噴火規模から噴火規模を設定した場合には、検討対象火山における設計対応不可能な火山事象の痕跡等から影響範囲を判断することになる。これによって影響範囲を判断できない場合には、設計対応不可能な火山事象の国内既往最大到達距離を影響範囲とすることとなる。火山ガイド表1には、日本における第四紀火山の火碎物密度流の既往最大到達距離は160kmと記載されており、その注1には、「噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。」と記載されている。

本件において、設計対応不可能な火山事象のうち問題になるのは火碎物密度流である。その痕跡である阿蘇4火碎流堆積物は、約8万500年から9万年前に噴出したものであるため、風化、浸食によって、噴火直後のもののうち大部分が現存していない。宝田・星住(2016)には、「現存する堆積物の面積は、約1340km²、復元した火碎流堆積物の総面積は、約34,000km²」、「現存する火碎流堆積物の体積は17km³、復元した噴火当時の体積は、最小140km³、最大410km³、平均270km³」とある(甲G112の1)。つまり、阿蘇4火碎流堆積物の現存率は、面積にして約4%、体積にして平均約6%でしかないと考えられている。しかも阿蘇4火碎流堆積物の到達限界と推定される領域の多くは現在の海底にあり、既往の調査研究ではその調査はほとんどなされていない。したがって、阿蘇4火碎流の痕跡等から影響範囲を判

断することは困難であるため、火山ガイドにしたがうと、設計対応不可能な火山事象の国内既往最大到達距離（火碎物密度流の場合は160km）を影響範囲とすることになる。火山ガイドにおいて阿蘇4火碎流の最大到達距離が160kmと考えられていること（なお宝田・星住(2016)（甲G112の1）では160km以上、町田・新井(2011)（甲G43・70頁）では180km以上とされている。）だけではなく、その影響範囲を判断することが困難であることからしても、「阿蘇から約130kmの距離にある本件敷地に火碎流が到達する可能性が十分小さいと評価するためには、相当程度に確かな立証（疎明）が必要」（359～360頁）とした原決定は正当である。

この点、原子力規制委員会は、本件適合性審査の際、阿蘇の噴火規模については、「後カルデラ火山噴火ステージである阿蘇山での既往最大噴火規模（約3万年前の阿蘇草千里ヶ浜噴火相当）を考慮する」とする債務者の評価を妥当としている（乙13・65頁）ため、噴火規模を阿蘇4とした場合に設計対応不可能な火山事象が伊方原発に到達する可能性が十分小さいといえるかどうかの審査は実施していない。

2 阿蘇4火碎流の到達範囲に係る審査状況

(1) 申請書における評価の不合理性

ただし、火山ガイド2.では、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された場合でも、火山活動のモニタリングと火山活動の徵候把握時の対応を適切に行うことが、立地評価から影響評価に進むための条件と記載されている。そのためなのか、本件適合性審査時には、阿蘇4火碎流が本件原発に到達したと考えられるかどうかは一応問題になっている。

まず、債務者の設置変更許可申請書（乙11・6-8-8～9）には、日本第四紀学会編(1987)及び町田・新井(2011)といった文献は阿蘇4火碎流が佐田岬半

島まで到達した可能性を示唆しているとしつつも、

- ① 佐田岬半島に点在する中位段丘面の段丘堆積物を覆う風成層は阿蘇4テフラを混在するものの阿蘇4火碎流堆積物は確認されず、中位段丘に阿蘇4火碎流堆積物が保存されている山口県とは状況が異なる、
- ② 佐田岬半島の阿弥陀池、伊方町高茂、八幡浜市川之石港におけるボーリング調査においても、阿蘇4噴火時の堆積物を欠き、阿蘇4火碎流堆積物は確認されない、
- ③ 敷地と阿蘇カルデラの距離は約130kmであり、その間には佐賀関半島や佐田岬半島などの地形的障害も認められる、
といった根拠を挙げ、「阿蘇4火碎流は敷地まで達していないものと考えられる」と記載されている。

この点、①から③についての根拠では、阿蘇4火碎流の敷地までの到達可能性が十分小さいとはいえないことを、以下に簡単に述べる。

まず前記①については、適合性審査の際に債務者が示した資料を見ると、佐田岬半島中央部や東側の大成と佐田岬半島先端部付近の野坂の各標高30mの地点でそのような調査結果が得られたことになっているようだが、国土地理院の地形図（甲G115）には、大成や野坂の標高30m付近に特段の段丘面は見当たらず（設置変更許可申請書では「佐田岬半島では段丘面の発達が全般に悪いものの、狭小な海成段丘が沿岸部に点在する」とされている）、大成や野坂に阿蘇4火碎流が到達している場合にその堆積物が残存する可能性が高い場所とは考え難い。

大野ほか(2008)（甲G116）等を参照すると、仮に佐田岬半島に阿蘇4火碎流は到達せず降下火碎物（火山灰）のみが堆積したと仮定した場合、その層厚は1m程度にはなるはずである。段丘堆積物を覆う風成層に阿蘇4テフラが混在するのみというのは、阿蘇4噴火当時に堆積していたのが火碎流堆積物で

あれ降下火碎物のみであれ、阿蘇4噴火当時の痕跡はほとんどが残存していることには違いない。

風成層なのであるから、それは他所で堆積した阿蘇4テフラが再堆積したものである可能性もある。債務者は山口県との状況の違いを指摘するが、山口県の阿蘇4火碎流が保存されている中位段丘とどのように状況が異なるのか、何ら具体的に示されていない。また、火碎流堆積物と降下火碎物とは、実際は区別が付きにくい。風成層に混在する阿蘇4テフラは火碎流堆積物の残滓なのかもしだれず、それをなぜ火碎流堆積物ではないと判断できたのかについても、債務者は疎明していない。

前記②については、要するに阿蘇4噴火時の堆積物が掘削できなかつたので、ボーリング調査によっては阿蘇4火碎流が到達しているとも到達していないとも判断できないことを示しているに過ぎない。

前記③については、佐賀関半島や佐田岬半島の山地は最高峰でも400m程度に過ぎず、阿蘇4火碎流のような大規模火碎流にとっては、本件原発敷地との間にさして障害になるような地形的は認められない。火山ガイド6.2(1)(a)にも、火碎物密度流は「地形によって抑制できる程度が低く、通常はほとんどの地形的障害物を乗り越え、大きな水域を横断して流れることが分かっている」と記載されている。また、火碎物密度流はまわり込んでその先に広がる性質も持っていることから、必ずしもこれらの山地を乗り越えなくとも本件敷地に到達することは十分考えられる。

以上のとおり、債務者の設置変更許可申請書における内容は明らかに不合理なものであり、阿蘇4火碎流が伊方原発敷地に到達した可能性は十分考えられる。

(2) 原子力規制委員会は阿蘇4火碎流の到達可能性を判断していない

公開されている資料上、原子力規制委員会の適合性審査では、第27回と第44回の審査会合において、阿蘇4火碎流が本件原発に到達していないか否か

が議論されている。

第27回審査会合の議事録によると、島崎邦彦委員より、
「ちょっと気になったのは、阿蘇4でしたっけ、今見ている資料で、火山灰のところは36ページだとか35ページだとか、この川之石コアの柱状図で、確かにこの期間には火山灰はありませんねという、そういう記述をされていますよね。ところが、阿蘇4は阿弥陀池のボーリング調査で無いと言うのですけれども、それは無いのはそうだと思いますが、その基盤のちょっと上のところで29,200年ですから、阿蘇4が無いのはある意味当然というか、見つからないのは見つからないのですけれども、来なかつたという証拠ではないですよね。そういう意味で、次の川之石港ですか、ここもちょっと一番深いところはどのくらいの年代なのかわかりませんけれども、これも十分それを証明したことにはならないですね。その次のM段丘も、これも段丘ですから、多分あまり浅い理由は無くてもいいのかもしれないということで、ややここは証拠が不十分なんじやないかと思うんです。来てなかつたかもしれないとは思いますけれども、来なかつたと言うにはちょっとまだ足りないので、何かこれもシミュレーションという手もあるかもしれませんし、何かお考えいただいてはいかがでしょうか。この証拠で、無かつたねと言うのは、ちょっとその時代のもの間に確かに挟まってないねという形になっていれば、それはそうだと思うんですけれども、ちょっとお考えいただけませんでしょうか。」
という指摘がなされた（甲G76の1・16頁）。

これに対して、債務者従業員の大野裕記氏より、
「御指摘のように、可能な限りこういったところで掘れば、あるいはこういつたところの地質を見れば、そういったデータが取れるのではないかというところでもって調査を行っておりますが、残念ながら年代がマッチしていないというところもございます。ただ、なかなか無いことの証明というので非常に苦しんでいるところがあるということもあって、総合的に今ちょっとこういう形で

評価させていただいていると。一方、火碎流のシミュレーションも何種か、我々も承知しております、してございますが、結局、パラメータの設定によって大きく変わると言つたら変な話ですけれども、それでもって來てる、來れないということを語るまでにはしんどいのかなということもあって、…」等と返答がされた。

島崎委員からは、さらに、
「ただ、確定論的にここまで言えるかというのは、まだちょっと足りないようには思われませんか。これでもう十分だと。」
と追及がなされたため、大野氏は、
「そういう意味で、もう少しデータを積み上げられる可能性のあるところについて、もう一度そういった目で検討はしてみたいと思います」
と答えている。

原子力規制委員会の前記指摘を踏まえ、第44回会合において、債務者は、佐田岬半島の高茂という地点におけるボーリング調査では阿蘇4噴火当時の堆積物を確認できなかったということと、TITAN2Dによる火碎流シミュレーションの結果を追加した資料を提示した。同会合の中では、吾妻崇原子力規制専門員より、

「お考えいただきたいのは、一つは阿蘇4の到達範囲の中で、遠いところ、山口県のほうでも見つかっていますよね。そういうところで見つかっているというような事実と整合がとれるような検証の仕方、どういった初期設定が必要なのか、そこまで見ておいていただきたいなということと、あとは海です。海上を火碎流が渡るときに、どういう設定が必要なのか。多分、陸上から海に入つたときに、摩擦係数とかをちょっとといじくらなきやいけないのかなというふうに思います。そういう実現象の観測とかが、データとして多分まだきちんとそろっていないところだとは思うんですけども、そういったところにも、今後、情報収集のところを注意していただければなというふうに思っております」、

「海のほうでは、そういう阿蘇4火碎流というのは見つかっていないのかなというところが気になっておりまして、もし、四国電力さんのほうで、敷地前面の海域調査等で調査されていて、阿蘇4はこんなところで見つかっていますとかというデータがもしあれば、それを確認したいなと思ったんですけども。もし、今手元に情報がなければ、また帰ってそういうところを探していただいて、敷地周辺の海域で阿蘇4が見つかっているや否やというところを御説明いただきたいなというふうに思ったんですけども」、

「例えば今、これは沿岸のところ、港のところで掘っていらっしゃいますけども、少し内湾、沖合のほうに出ると、もう少し厚い堆積物はなかったのかなとか、そんなことも思うところがありますし、敷地前面のほうで、いろいろと調査されているかと思いますので、もしそういった情報があれば、ぜひ教えていただきたい。特に、ボーリングではつかまっていないですね。もしボーリングとかであれば、総層とともに含めて、水に流されてきたのが堆積しているだけなのか、あるいはイン……というか、本当に火碎流として来ているものが見つかっているようなところなのか、そんなところも気になったんですけども。海上ボーリングでは、そういうもの見つかっていないということですか」（甲G77の1・13～15頁）

という質問があった。

これに対して債務者従業員の西坂直樹氏は、

「今そういう情報は、我々は持ち合わせておりません」

と返答をしている。

島崎委員からは、

「当時の海水準ということもあります、そもそも火碎流ですから、そんな高いところには来づらいわけで、調査されているところは、高茂が標高165mですから、まあ来ないだろうと思われますし、もう一つは中位段丘で、これはほかの地点でもなかったんですから、ある意味、補充はしていただきましたけれども、も

っとありそうなところを補充していただいたらありがたかったという感じがあります。

結局、達していないものと考えられるという結論ですけれども、これは、やはり考えたいというような感じもあって、結論としては、その時代のものがないわけですから、ないというところにはまだ至っていない。シミュレーションをしていらっしゃいますけれども、このシミュレーションも非常に完全なものではありませんので。むしろ、これを見ると、ひょっとしたら可能性はあるかなというふうに、逆に考える人もいるかもしれない。ということで、これは、そういう意味では完全に考えられるかどうかということに関しては、まだ疑義が残っているように思います」、

「実際に一番いいのは物をとって調べるので、ですから、9万年ぐらいの地層が入っているであれば、それをとったほうが簡単——簡単ではないけれども、確実ですね。確かに、ここには9万年のものが来ているのに、ないじゃないかということで、非常に明らかになると思います」

とのコメントや追加調査の要請がされている。

このように、阿蘇4火砕流が伊方原発に到達していないという債務者の評価に対しては、原子力規制委員会・規制庁から疑義が呈され、阿蘇4噴火当時の地層を調べるべきだという指摘がなされていたが、公開されている資料からは、この規制機関側からの働きかけに対し、最終的に債務者がどのように答えたのかは不明であり、本件において債務者の疎明も特にされていない。

設置変更許可申請書や審査書案に対するご意見への考え方（甲G117）や審査書（乙13）を見ても、阿蘇4火砕流が本件原発敷地に到達していないという債務者の評価について、原子力規制委員会が妥当という判断を下したようには解されない。むしろ、審査書（乙13）には、「運用期間中の噴火規模については、後カルデラ火山噴火ステージである阿蘇山での既往最大噴火規模を考慮する。また、阿蘇山起源の火砕流堆積物の分布は阿蘇カルデラ内に限られる

ことから、本発電所に影響を及ぼす可能性はないと評価した」という債務者の評価を妥当としたと記載されており、阿蘇は「後カルデラ火山噴火ステージ」の既往最大である草千里ヶ浜軽石噴火の噴火規模を基準として「過去最大規模の噴火により設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達したと考えられる火山」（火山ガイド4. 1 (3)）に該当しないと判断したように解される。平成26年9月18日に島崎委員が退任し、またモニタリングの実効性は期待できないことが明らかとなって、阿蘇4火碎流が伊方原発に到達したか否かについての審査における意味合いが変わったと推認される。

以上のように、噴火規模を阿蘇4と設定した場合にその設計対応不可能な火山事象である火碎物密度流が伊方原発に到達した可能性が十分小さいとは、原子力規制委員会は判断していないと考えられる。

3 大野山地や佐賀関半島は地形的障害にならない

町田洋氏が指摘するように、阿蘇4火碎流は噴出口から放射状、同心円状に広がったと見られており（甲D343・1頁）、債務者も阿蘇4火碎流は供給源では同心円状に分布していることは認めている（補充書（2）109頁）。東京大学地震研究所教授（当時）の中田節也氏も、発電用軽水型原子炉の新規制基準に関する検討チーム第20回会合において外部専門家として招かれた際、規制機関側職員の「火碎流というのは、こういうふうに四方八方に広がるものでしょうか」という質問に対して、「四方八方に流れているというのは事実で、これぐらい大きい噴火になると、普賢岳のような溶岩ドームが崩れて流れるような非常にちっぽけな火碎流ではなくて、1回噴き上がった噴煙が途中で浮力を失って一斉に斜面に流れ落ちるわけですね。それが四方八方に流れるので、どの方向によく流れるとか、そういうのはないです。ほとんど火口から円を描いたような届き方をします」と答えている（甲G40・15頁）。

また、阿蘇カルデラの北北東側約160kmに当たる山口県内陸部に阿蘇4火碎流堆積物が確認されていることは疑いのない事実であるところ、阿蘇カルデラ東北東側約130kmの地点にある伊方原発に阿蘇4火碎流が到達したと考えるのは、ごく常識的な評価である（甲D343・2頁）。

債務者は、このような常識的な評価を敢えて否定する根拠として、阿蘇4火碎流が大野山地や佐賀関半島といった地形の影響を強く受けたことを主張している。

しかし、阿蘇4火碎流のような大規模火碎流の影響範囲に関して、地形の起伏は支配的な要因とならないことは、火山ガイド6.2(1)(a)に火碎物密度流は「地形によって抑制できる程度が低く、通常はほとんどの地形的障害物を乗り越え、大きな水域を横断して流れることが分かっている」と記載されていることから明らかである。

さらに、中田(2014)には、「火碎流の希薄な部分は、地形的な障壁（小山など）があってもそれを越えて流れています」、「3万年前には姶良カルデラ噴火が鹿児島湾でおこりました。そのときの堆積物は、薩摩半島の1000m級の山を越えた反対側にもたまっています。規模の大きな火碎流の灰の雲は1000mの高さがあっても軽く越えて流れてしまうのです。」（甲G36・49、50頁）という記述が、守屋(2014)には「1000°C近い高温の軽石とそれが破碎された細粒火山灰の混合物からなる火碎流は時速150km以上、新幹線に近い速度で流動、比高1000～2000mの山も軽く超えてしまう」

（甲G38・106頁）という記述が、早川(2016)には「カルデラ破局噴火のときに発生する火碎流は、あらかじめダムをつくっておいても止めることができない。この種の火碎流は、高さ500メートル程度の障壁など難なく乗り越えてしまう。カルデラ破局噴火から助かるためには、事前にそこから退去しているしかない」（甲G118・5頁）という記述が、水谷(2010)には「噴煙柱崩壊型の火碎流は、地形にほぼ無関係に山体を広く覆います。巨大規模になる

と比高数百mの山も乗り越え火山周辺を埋め尽くします。」(甲G119)という記述がある。大規模火碎流の影響範囲を考える上で地形的影響はさほど大きくならないことは、町田洋氏のみならず、多くの火山専門家の共通認識である。

実際、7300年前に鬼界カルデラから噴出した幸谷火碎流(50 km^3 弱)はカルデラの中心から南へ約45km離れた屋久島の宮之浦岳(標高1936m)山頂付近を含む、島の南部の一部を除くほぼ全域を覆い生態系を破壊して火碎流堆積物を残した(下司(2016)(甲G120・図1、3))。阿蘇4火碎流の4分の1未満の規模の火碎流でも、その辺縁部に位置する地域で、1900m程度の高低差を駆け上がることができることである。また、約3万年前に姶良カルデラから噴出した入戸火碎流は、カルデラ中心から約35kmはなれた霧島山大浪池の火口(標高1200m以上、火口縁は標高1300~1400m)にも火碎流堆積物を残し、700m以上の山を越えてカルデラ中心から約90km離れた五木村平野にも約35mの火碎流堆積物を残している(甲G121、122)。阿蘇4火碎流堆積物が宮崎平野で確認されている(甲D343・1頁)ことから、阿蘇4火碎流は千数百メートル級の山が連なる九州山地の急峻な稜線を越えたと考えられる。

阿蘇カルデラ西北西側の現在の地形では、大野山地の西麓である竹田盆地は標高200~300m程度であり、阿蘇4火碎流クラスの大規模火碎流であれば、給源から約30km、標高800m程度の大野山地は優に乗り越えると考えられる。佐賀関半島は標高400~500m程度しかなく、やはりさして地形的障害になるとは考え難い。無論、阿蘇4火碎流の広がりが地形の影響をまったく受けなかったということはないであろうが、大野山地や佐賀関半島における比高数百m程度の山地を乗り越えられなかつたという前提で考えるのは誤りである。

債務者は、火山ガイド3.2(3)は、火碎流堆積物について、「①定置物

の厚さ、量、密度、空間分布」とともに、「②重力によって動くか、若しくは火山性ブラストによって方向付けられる流動の方向と運動エネルギーに影響を与えた地形的特長に関するデータ」を調査することを求めていることを挙げ、火山ガイドでは大規模火碎流であっても地形の影響を受けることを前提としている旨主張する（補充書（2）127頁）が、当該規定が大規模火碎流を前提とするものとは火山ガイドには記されていない。また、当該規定には「（こうした流動が測定可能な堆積物を残さずに通過した可能性のある区域も明らかにするのがよい）」とあり、火碎流堆積物が認められないことをもって火碎物密度流が通過していないと安易に考えることを明示的に戒めている。債務者の申請内容には、「測定可能な堆積物を残さずに通過した可能性のある区域」は明示されておらず、当該規定には合致していない。

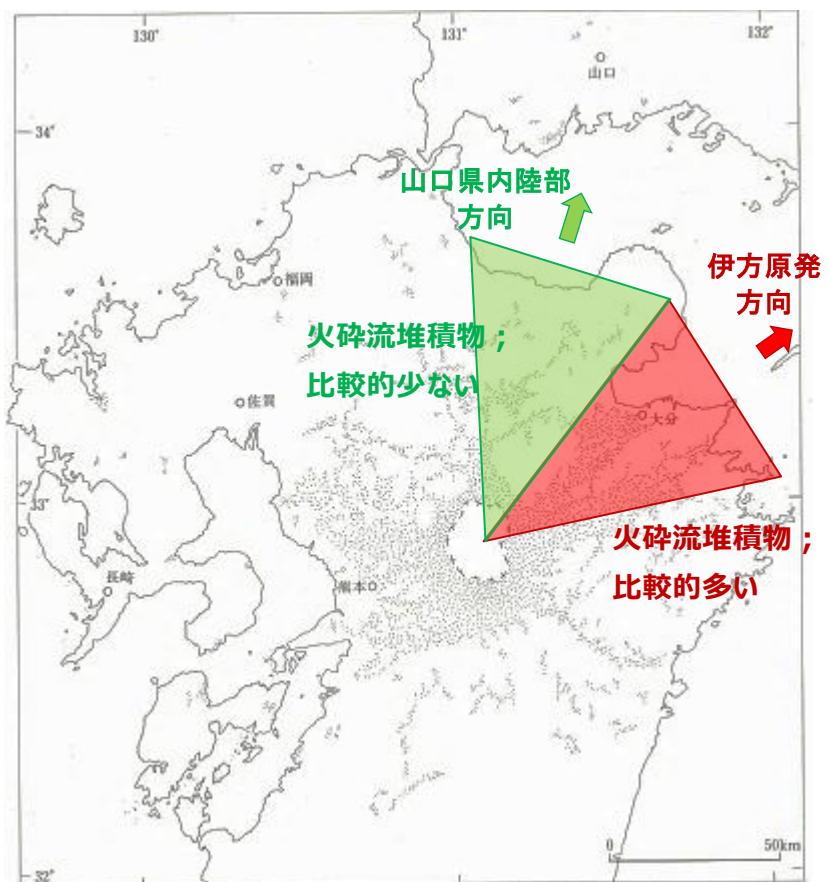
4 火碎流堆積物の偏重

債務者ないし長谷川・柳田意見書では、阿蘇4の火碎流堆積物を非常に重視して阿蘇4火碎流の流路を推定しているが、阿蘇4火碎流堆積物の分布が平坦地または谷間に限られるのは、噴火当時も堆積物が溜まり易く、その後も侵食され難かったからに過ぎない（甲D343、甲G54の2・5、8頁参照）。大野山地や佐賀関半島において阿蘇4火碎流堆積物が見つかっていないのは、阿蘇4火碎流がそれらの斜面を登らず避けるように走ったからではなく、斜面を通過したもののは堆積物は薄くしか溜まることができず、その後の風雨等による侵食作用で容易に消失してしまったからに過ぎない。当時の谷に厚く溜り、尾根などにはほとんど残っていないことは、火碎流堆積物分布の常である（甲G43・71頁）。

長谷川・柳田両氏は、大野山地の北側と南側とで阿蘇4火碎流堆積物の厚さ等に違いが見られることから、大野山地の南北とで流れた阿蘇4火碎流の量に違いがあったと見ている（甲G508・13頁）が、大野山地の南側は北側よ

りも比較的平坦な丘陵地であるため、北側よりも火碎流が堆積し易かったことも考えられ、現存する堆積物が少ないということはそこを通過した火碎流が少なかったということを単純に示すものではない。大野山地北側の方が南側よりも残存する堆積物が薄いということは、北側からの方が多くの火碎流が豊予海峡方面へ流れ出たという考え方も成り立つ。

また、債務者ないし長谷川・柳田両氏が前提としている、現存する火碎流堆積物が厚いほど噴火当時に流れた火碎流の量は多いという前提を採用した場合、阿蘇カルデラの北北東側、特に玖珠盆地から周防灘に至る地域では、阿蘇4火碎流堆積物の分布、層厚とも比較的乏しい（甲G89・112頁、甲G123）ため、（現在の）周防灘方面に流れた阿蘇4火碎流は、豊予海峡方面へ流れた火碎流よりも相当少ないということになるであろう。溶結した火碎流堆積物の分布範囲という点でも狭く、特に玖珠盆地ないし日田盆地以北にはほとんど見られない（甲G89・110頁）。長谷川・柳田氏が前提とする、現存する堆積物の量が火碎流の量を表すという考え方をとれば、伊方原発方向に流れた火碎流の量は、山口県内陸部まで到達した火碎流よりも多いということになる。



【町田・新井(2011) (甲G43) 71頁 図2.1-10 阿蘇4火碎流堆積物の分布(加筆)】

また、標高800m程度の大野山地や標高500m程度の佐賀関半島が阿蘇4火碎流の障害になるというのであれば、阿蘇カルデラから北北西側にある山々、例えば標高1700m級の山が連なるくじゅう連山、標高1500mの涌蓋山、標高1140mの万年山、標高757mの鹿嵐山^{かならせ}、標高992mの経讀岳や標高1199mの英彦山は、より大きな障害になるはずである。大分県北東部地方の阿蘇4火碎流堆積物の分布状況だけを眺めれば、大分県北東部方向へ流れた阿蘇4火碎流は、多くの山々に阻まれて、海岸線にまで到達したのは川沿いのわずかであるようにも見える。



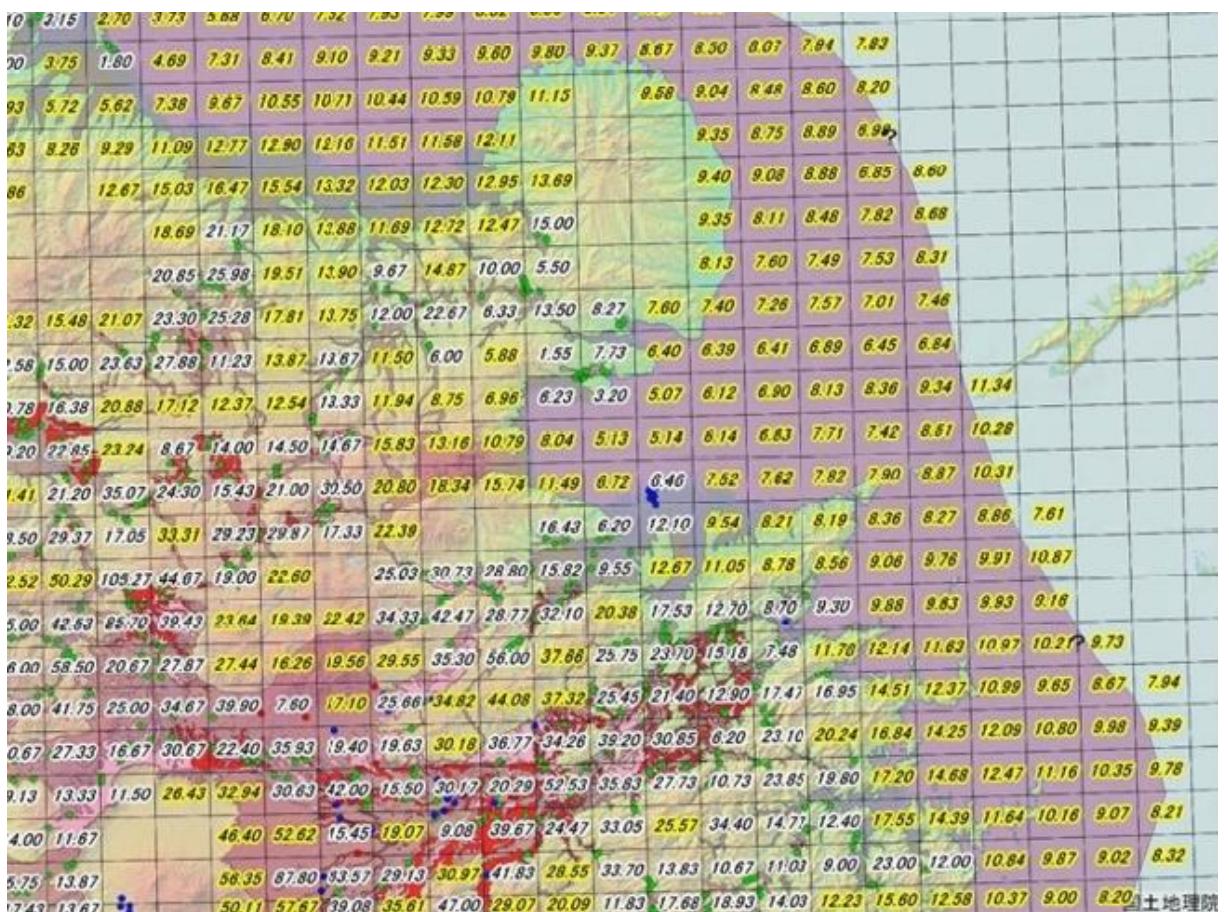
【産総研 20万分の1日本シームレス地質図（3D表示）から抜粋：
濃いピンク色の部分が阿蘇4火碎流堆積物を含む後期更新世の火山岩類、
濃いピンク色の部分は前期更新世の火山岩類】

だが、実際には、阿蘇カルデラから北北東側に流れた阿蘇4火碎流は、流路に分布する多くの地形的起伏にもかかわらず、山口県の内陸深くまで到達することは疑いのない事実であり、現在確認される阿蘇4火碎流堆積物の分布状況から到達距離を推定することには多くの困難が伴うことは明白である。

長谷川・柳田意見書が採用している前提では、山口県内陸部の阿蘇4火碎流到達という地質学的事実を説明できないということになり、そのように重大な矛盾をはらんだ結論には何の意味もないといるべきである。

5 平成27年度成果報告書に示された阿蘇4噴火直後の推定分布

次の図は、平成27年度成果報告書（甲G89・112頁）に掲載された、阿蘇4噴火直後の火碎流の推定層厚分布（単位：m）を抜粋したものである。ここでは、地形状況と対象火碎流堆積物以前の地質体を考慮し、現存分布図に、抽出した露頭とボーリングの情報、および分布記載文献を基に作成したとされている。5 kmメッシュ内に文献と地形から推定した層厚がないメッシュについては、収集した文献をもとにメッシュごとに集計した層厚に基づき普通クリギング法を用いて層厚が推定されている。



凡例

- 非溶結部・未区分の層厚データ(文献-露頭・ボーリング)
- 溶結部の層厚データ(文献-露頭・ボーリング)
- 層厚データ(地形読取)
- 火碎流堆積物(非溶結部・未区分)の現存分布
- 火碎流堆積物(溶結部)の現存分布
- 火碎流堆積物の噴火直後推定分布

図 1.2.4-7A 阿蘇4火碎流堆積物のメッシュごとの層厚の平均値の分布（単位：m）（北部）

白縁字： 層厚データ

黄縁字： クリギング法による推定値

ここでは、大野山地や佐賀関半島は特に地形的障害となる様子もなくその尾根を分厚い阿蘇4火碎流が越流し、その南北において堆積物の層厚に特段の差異はなく、大分平野莊隈の高位段丘面や佐賀関半島東端部、国東半島狩宿以北の沿岸部も、層厚10m前後の阿蘇4火碎流が覆い尽くしたことが示されており、これらの点で債務者の主張ないし長谷川・柳田意見書の内容と相反しているものということができる。この火碎流推定分布図は、宝田晋治氏ら産業技術総合研究所の大規模噴火研究グループが作成したことは疑いなく、大規模火碎流に関して長谷川・柳田意見書よりもはるかに学識経験による裏づけのあるものであって、どちらの方が信頼に足りるかは明らかである。

豊予海峡方面に広がった阿蘇4火碎流については、「？」と記されており、その分布範囲は未定とされているものの、クリギング法によって推定された層厚は、豊予海峡方面と山口県内陸部に至る通り道である周防灘方面とで特段の差異はなく、佐田岬半島の先端付近で11.34mと推定されていることからすれば、さらに東側まで推定分布域を広げれば、伊方原発敷地付近まで阿蘇4火碎流堆積物が到達するものと考えられる。平成27年度成果報告書には、「火碎流堆積物か降下火碎物か不明であるものの、曾山ほか(2012)では愛媛県西部におけるボーリングコア中に阿蘇4火碎流堆積物由来の噴出物を見出している」(甲G89・103頁)、「北北東の萩市周辺には到達していることから、四国内にも(阿蘇4火碎流堆積物が)存在する可能性が考えられるが、現時点では堆積物は報告されておらず、さらなる調査が必要である」(同111頁)と記載されており、少なくとも四国に阿蘇4火碎流が到達したという見解とは親和的である。

6 両氏の火碎流の性質に関する誤った理解について

長谷川・柳田意見書の「2. 火碎流と火碎流堆積物の特徴」(5頁)には、「火碎流は、1960～1970年代には大量のガスを含んだ希薄な流れであ

ると考えられ、地表の起伏とは無関係に流れ広がったと考えられてきた。例えば、荒牧・宇井（1965）、Aramaki and Ui（1966）は、南九州の阿多火碎流堆積物の分布から、流走時には層厚数100m以上の流動化した乱流状態の流れであったとしている」、「1970年代後半以降の研究では、火碎流堆積物の粒度組成に基づいた流れのメカニズムによる考察から、火碎流はわずかに膨張しただけ（堆積物の数+%増）の濃密状態で、地表を這うように流れる濃密な流れであると考えられるようになった」という記述がある。長谷川・柳田意見書は、阿蘇4火碎流の流動は地形の起伏に大きく影響されたという考え方でほぼ一貫しており、両氏は、わずかに膨張しただけ（堆積物の数+%増）の濃密状態で、地表を這うように流れる濃密な流れが火碎流であると理解したようである。

だが、火碎流が地表を這う濃密な流ればかりではないことは、宝田（2017）において、「火碎流の流動堆積機構の研究は、1960年代から50年以上に渡って様々な手法で行われてきている。1960年代からの乱流モデル、1970年代後半からの層流モデル、1980年代後半からの乱流運搬システムと堆積システムを統合化したモデルと変遷してきている」（甲G114・119頁）とあることからも明らかである。すなわち、最近30年程は、火碎流は「層厚数100m以上の流動化した乱流状態の流れ」と「地表を這うように流れる濃密な流れ」という双方の性質を併せ持つものと理解されている。町田洋氏において、「火碎流は、ジェットコースターのように斜面を乗り越えながら流動する、厚くて熱い粉体流です」（甲D343・1頁）と述べている通りである。火碎流が地形に沿って流れ下る濃密な流れであることを偏重した推論は、時代遅れで方法論的にも誤りである。

火山の専門家としてIAEA・SSG-21の作成に関わった中田節也氏は、発電用軽水型原子炉の新規制基準に関する検討チーム第20回会合に外部有識者として出席した際、火碎流について

「それで、例えば火碎流が40cmぐらい溜まったところでも、実は、それがた

まるためには、その数十倍から 100 倍ぐらいの高さの、数十倍ぐらいの高さの雲が来るわけですね、火山灰の雲が。それ自身がすごい破壊力があって、それは火砕サージも同じなのですけれども、それにもう包まれるだけで、建物は全部倒れてしまいます。堆積物というよりも、そういう雲の動圧ですか、それが物すごいということです。」（15 頁）

と述べており、分厚い流動化した乱流状態の流れとしての火砕流は、ほんのわずかしか堆積物を残さない地域でも、恐ろしい破壊力を持っていることを解説している。例えば、1902 年のプレー山の噴火（VEI 4）の際には、密度の高い火砕流本体はサン・ピエールの町の手前で谷に入って海に流れ、ほとんど被害を及ぼさなかったのに対し、火山灰や火山ガスを主とする密度が小さく流動性の高い熱雲は、建物を倒壊させるとともに、一瞬でほぼ全町民約 3 万人を死亡させた実例がある（甲 G 97・145 頁、甲 G 124）。

7 火砕流と降下火山灰の識別は困難である

長谷川・柳田意見書では、阿蘇 4 火砕流堆積物と阿蘇 4 火山灰（降下火山灰）との識別がいとも容易く可能であるかのような前提がとられ、山口県光市の島田、佐賀関半島の本神崎周辺及び佐田岬半島の野坂と大成で採取された阿蘇 4 粒子（阿蘇 4 起源角閃石）が火砕流によるものではなく火山灰であると認定されている。

だが、長谷川・柳田意見書（乙 508・7 頁）に記載されているとおり、阿蘇 4 火砕流および火山灰には、ともに火山ガラスや緑褐色角閃石・斜方輝石・单斜輝石などの重鉱物が含まれており、この点の化学分析を行っても、火砕流と火山灰との区別はつかない。町田・新井（2011）にも、「60 km 以上の遠隔地では、全体として薄くなるとともに、風化して白色（八女）、橙色（鳥栖）の外観を示すことが多い」（甲 G 43・72 頁）と記載されている。すなわち、阿蘇 4 火砕流堆積物から火山灰への遷移域においては、堆積の状況が分かる堆積物が残され

ていない限り、土壤の中から鉱物を見つけたとしても、火碎流堆積物の残滓であるのか火山灰であるのか区別は不可能である。火碎流が到達する可能性のない地域に限り、降下火山灰と明確に判断できる。長谷川・柳田意見書によると、山口県光市の島田、佐賀関半島の本神崎周辺及び佐田岬半島の野坂と大成では、段丘面上の土壤に阿蘇4起源の角閃石が混在することが確認されただけである（乙508・10、18頁）ため、それを火碎流なのか火山灰なのかを識別することはまず不可能である。

近時の宝田氏らの研究報告によると、阿蘇4火碎流における軽石や岩片の最大粒径は給源から離れるほど減少し、117km離れた地点での軽石の最大粒径は1.3cm、岩片の最大粒径は0.3cmとかなり小さくなり、遠方まで運ばれた火碎流は比較的低密度で細粒部分のみとされている（甲G89・114～115頁、甲G113）。このような現存する阿蘇4火碎流堆積物の粒度分布からしても、給源から100～140km程度離れた光市島田や佐田岬半島において阿蘇4火碎流堆積物の残滓が残っているとすれば、その粒子は非常に細かく、火碎流であるのか火山灰であるのかを識別することは非常に困難であるといえる。

債務者は、火碎サージ堆積物と火山灰堆積物との区別は難しいことや、火碎流堆積物（火碎サージ）から火山灰層への変化は遷移的であることは認めている（補充書（2）131、132頁）。そうであるならば、債務者ないし長谷川・柳田両氏は、調査地点各所で確認されたという阿蘇4粒子ないし阿蘇4火山灰を阿蘇4火碎物密度流起源ではないと判断したのかについて、然るべき根拠を示すべきである。

ところで、長谷川・柳田意見書では、国東半島南東部が火碎流堆積物の末端部と推定されるという石塚ほか（2005）が引用されているが、石塚ほかにおいては杵築市狩宿の国道に面した露頭において、「段丘堆積物と考えられる地層の上に厚さ80cmの阿蘇4火碎流堆積物と同等火山灰主体層が重なっていて、最下部には径2cm以下の岩片や軽石が点在していた」（甲G125・59頁）こと

をもって火碎流堆積物の末端部と推定されており、粒径によって火山灰と火碎流堆積物の境界見分けられるという前提がとられている。宝田氏らの前記知見を参照すれば、粒径 2 cm 程度の岩片や軽石が確認された地点は阿蘇 4 火碎流堆積物の末端部とは到底言えない。

8 債務者のボーリング調査は意味がない

債務者は、佐田岬半島において、一般に堆積環境が良いとされる低地等の地点を選んで、基盤までボーリングを行ったものの、これらの地点の堆積物には阿蘇 4 噴火の時代よりも新しい堆積層しか残されておらず、阿蘇 4 噴火の時代の堆積層は保存されていないと主張する（補充書（2）110 頁）。

仮にそうであるならば、その調査結果は、佐田岬半島においては風化侵食作用が相当強くはたらくため、噴火当時は阿蘇 4 火碎流堆積物があっても現存することはほとんどあり得ないということを示しているだけで、阿蘇 4 火碎流が到達していないという根拠にはならない。債務者の資料（甲 G 80 の 3・63、67 頁）を見ると、阿弥陀池や高茂のコアは約 3 万年前の地層のすぐ下に基盤があり、「阿蘇 4 噴出時の堆積物が保存されやすい」という債務者の見込みは大きく外れたようである。

また、高知大学教授の岡村眞氏らの調査結果が公表されるまで、債務者は伊予灘の中央構造線断層帯における過去 1 万年間の活動を認めてこなかった（甲 C 90・6 頁）ことからも明らかなどおり、債務者が佐田岬半島の阿蘇 4 火碎流堆積物を自ら現地調査によって見出してそれを公表することはもとより期待できず、そのことも勘案すべきである。

9 中位段丘面に阿蘇 4 に由来する鉱物粒子が認められないことは、火碎流が堆積しなかった証拠にはならない。

債務者は、大分平野西部の莊隈付近の高位段丘面に阿蘇 4 火碎流堆積物が

分布しないことや、佐賀関半島北側の中位段丘において本神崎より東側には阿蘇4火碎流堆積物が確認されていないことをも、佐田岬半島に阿蘇4火碎流が到達しなかったとする根拠にしている。

だが、大野ほか(2008)等を参照すれば、仮に大分県内で阿蘇4火碎流が到達しなかった場所があるとすれば、そこには1mを超えるような大量の降下火碎物が降り積もったことは確実である。そして、長谷川・柳田意見書は、鶴崎台地周辺、丹生台地周辺及び佐賀関半島北岸の段丘面において、阿蘇4噴火時の地層はあるが阿蘇4火碎流堆積物が見つかっていない箇所だけでなく、阿蘇4粒子も火山灰も見つかっていない箇所や、そもそも阿蘇4噴火時の地層がない箇所もあることを示している(乙508・12頁)。そのことは、段丘面においても阿蘇4のような古い時代の堆積物は侵食されるため現存し難く、段丘面上に阿蘇4火碎流堆積物が見られないからといって阿蘇4噴火時に火碎流が到達していないと安易に推測できないことを示している。

また、山口県の内陸部まで達する阿蘇4火碎流の流路となった中津平野周辺にも宇佐台地などの段丘面はあるはずだが、債務者補充書(2)(124頁)の図25及び長谷川・柳田意見書(19頁)の図29を見る限り、ここでは川沿いの一部を除いて阿蘇4火碎流堆積物は確認されていない。そうであれば、他の段丘面上に阿蘇4火碎流堆積物が確認されていないからといって、そこに大量の火碎流は通過していないと安易に推認することはできない。

さらに、前記2(1)(88~89頁)のとおり、適合性審査の際、債務者は、佐田岬半島中央部やや東側の大成と佐田岬半島先端部付近の野坂の各標高30mの地点を中位段丘面として阿蘇4火碎流堆積物は確認されなかつたとしているが、国土地理院の地形図(甲G115)を見る限り、大成や野坂の標高30m付近に火碎流が堆積しそうな段丘面は特に見当たらない。野坂の中位段丘では、地表踏査によって、阿蘇4起源角閃石とK-tz起源ガラスが風成層に混在していることが確認されたに過ぎない(甲G80の3・65頁、乙508・

18頁)。この阿蘇4起源角閃石が火碎流堆積物ではなく火山灰であることの疎明は何もない。また、K-tz起源のガラスが同じ土壤中に混在していても、当該阿蘇4起源角閃石が二次堆積物である可能性は否定できない。

10 豊後水道は障害にならない

債務者は大量の阿蘇4火碎流が臼杵市付近から豊後水道に達したことは認めているが、それでも阿蘇4火碎流は佐田岬半島に到達しなかったとする根拠を、海水域の広がりに求めている。

だが、山口県内で確認される阿蘇4火碎流堆積物の存在から阿蘇4火碎流が瀬戸内海を横断したと考えられることは、多くの火山専門家の共通認識であり（例えば甲G33）、阿蘇4火碎流は大きな水域を横断されたと考えられている。

仮に債務者が主張するように山口県に達した阿蘇4火碎流は海を渡っていないとしても、現在よりも海面が高かった約7300年前に鬼界カルデラから流出した幸屋火碎流は、薩摩半島、大隅半島の奥深くでも火碎流堆積物が確認されており（甲G43・59頁）、明らかに40～50kmは海を渡っている。薩摩半島、大隅半島で確認される幸屋火碎流堆積物中には炭化樹木片や場所によっては長大な炭化樹木が挟在していること、樹木を含む地層の横転が確認されていること（松下(2002)（甲G126・306、308頁））からすれば、阿蘇4火碎流の4分の1未満の規模とされる幸屋火碎流でも、40～50km程度の海域を横断し、その後も高温と破壊力を保持していたということである。現在の豊予海峡は、佐賀関半島の東端から佐田岬半島の西端まで、最短距離で14km程しか離れておらず、大分平野や臼杵市から海へ出ることを想定しても、佐田岬半島まで40～50km程度である。幸屋火碎流の事例から考えても、阿蘇4クラスの大規模火碎流にとって豊後水道は有意な障害にはならないことは明らかである。

火山ガイド 6. 2 (1) (a)には、火碎物密度流は「状況によっては地形的障害物を乗り越え、大きな水域を横断して流れることが分かっている」とある。その基礎となった IAEA が作成した SSG-21 の 6.12.には、「すべての火碎物密度流は、状況によっては地形的な障害を乗り越え、大きな水域を横断して流れることが分かっている」とされ、その Appendix I .4 にも、「火碎流、火碎サージ、火山性ブラストは水の上を数十 km 移動することができる」とある。火碎流が大きな水域を横断することは火山学的に確立した知見であるところ、豊予海峡が阿蘇 4 火碎流という大規模火碎流の障害になると評価は、火山ガイドにも SSG-21 にも反するというべきである。

債務者は、長谷川・柳田意見書と Hill 意見書に基づいて、火碎流の熱源である下部の密度の高い部分が海中に没して推進力を失った旨主張している（補充書（2）123 頁）。だが、これは火碎流が海上を伝搬する上で不利な側面だけを強調したものである。

町田洋氏は、「火碎流によって、水域は障害にはなりません。火碎流のうち密度が大きい部分は水底に沈むでしょうが、密度が小さい部分は海面を滑るように走ったと考えられます。地上と違い海面は摩擦が少なく、障害になるものもありません」（甲 D 3 4 3 ・ 2 頁）と述べている。また日本火山学会・編(2015)ないし井村隆介氏においても、「カルデラをつくるときに発生するような大規模な火碎流は、密度が海水より小さく、そのまましばらく海面上を走り続けると考えられます。海面上を走る火碎流は、地表（海面）との摩擦が小さいことに加え、海面から供給される水蒸気によって流動性が保たれるので、陸上を流走するよりも遠くまで到達すると考えられています」と述べられている（甲 G 9 7 ・ 1 4 8 頁、甲 G 3 3）。水域を火碎流が通る場合、摩擦の少なさや水蒸気による流動性の保持によって、陸域を通るよりも有利な側面があることは明らかであり、不利な側面と有利な側面の双方を考慮に入れるべきである。

さらには、大規模火碎流の主要構成物である、珪長質マグマに由来する発泡した軽石は、多くの場合比重が水より小さく、通常は海中に沈むことはない（甲 G 1 2 7 「軽石」参照）。大規模火碎流の別名に軽石流という用語もあり（甲 G 9 7 ・ 1 4 8 頁）、阿蘇 4 火碎流を構成する多数のユニットの中でも特に大きな体積をもつ堆積物は八女軽石流と鳥栖橙色軽石流と呼ばれている（町田・新井(2011)（甲 G 4 3 ・ 7 0 頁））ことからしても、阿蘇 4 火碎流本体の主要な部分は軽石によって構成されていたと考えられる。平成 2 7 年度成果報告書（甲 G 8 9 ・ 1 1 4、 1 1 5 頁）を参考すると、岩片より軽石の方が到達距離が長く、 7 0 km 以上の到達距離があった阿蘇 4 火碎流のうち密度の高い最底部の構成物の大半は、細かい粒の軽石であったと考えられる。

ところで、Hill 意見書には最近の海を渡る火碎流の事例として 1883 年のクラカタウの噴火の際の火碎流が紹介されている。Hill 意見書では、「クラカタウの噴火の目撃者は、火口から約 65km の遠方における上層流について、「暖かい泥を急速に堆積させるハリケーン級の風」と報告しており、その距離では人々や木製の船に重大な損傷を与えなかった（Simkin and Fiske, 1983）」という被害の無かった事例が紹介されているが、クラカタウ噴火の火碎物密度流の到達範囲は給源からおよそ 4 0 km とされており、火口から約 6 5 km 離れた場所を航行する船に大きな被害がなかったのは、火碎物密度流の範囲外であったからに過ぎない。一方、クラカタウの火碎流は、セベシ、セブクという途中の島々を壊滅させながら海上を 4 0 km 程度流走してスマトラ島南部の海岸にまで達し、高温の火碎流により約 2 0 0 0 名の焼死者を出している（甲 G 1 2 8 ・ 6 頁）。なお、クラカタウの噴火の噴出物量は $18 - 21 \text{ km}^3$ と推定され（町田・新井(2011)（甲 G 4 3 ・ 2 7 頁））、阿蘇 4 の約 3 0 分の 1 の規模である。

11 TITAN2Dによるシミュレーションについて

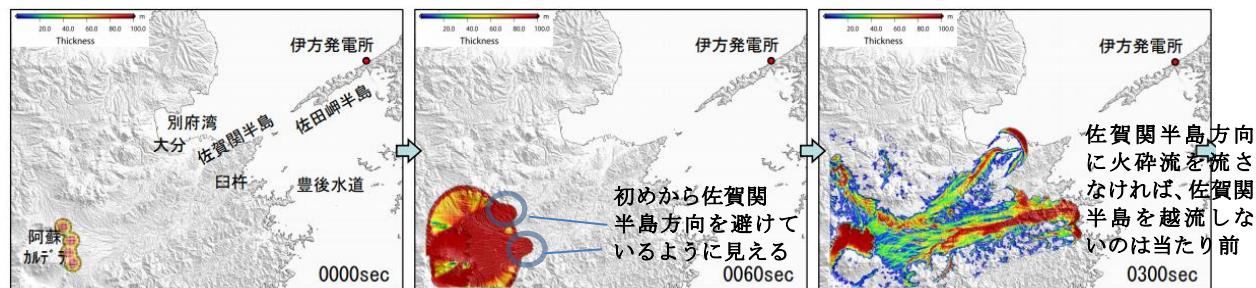
債務者は、「原決定は、債務者の火碎流シミュレーションの位置付けから認識を誤っている。債務者の火碎流シミュレーションは、上記ア（ウ）dで述べたとおり、佐賀関半島や佐田岬半島が地形的な障害となり得ることを把握したものであって、阿蘇4火碎流を正確にシミュレーションして本件発電所の敷地への到達可能性を評価しようとしたものではない。」と主張する（補充書（2）133頁）。

しかし、第44回適合性審査会合において、債務者従業員の西坂氏は、「豊後水道や別府湾に面する臼杵や大分において、阿蘇4火碎流堆積物が分布することを踏まえて、阿蘇カルデラから東方（敷地方向）への火碎流シミュレーションを実施しました。シミュレーション結果は、既存文献に示された大分県における阿蘇4火碎流堆積物の分布と概ね整合的であります。厚さ数十m以上の火碎流が臼杵や大分に達するものの、四国までは到達しません。佐賀関半島で火碎流が分断されることから、伊方発電所は阿蘇の火碎流が到達しにくい地点に位置すると評価されます。」（甲G77の1・4頁、甲G77の2・18頁）と説明している。この説明の仕方からしても、四国までは到達しないことを示すことが目的であることは明らかである。佐賀関半島や佐田岬半島が地形的な障害となり得ることを把握する目的で実施したとの説明は適合性審査時ではなく、佐賀関半島で火碎流が分断されることが四国までは到達しないことの原因として挙げられているに過ぎない。

また債務者は、「TITAN2Dにおけるパラメータは、本件発電所方向の大分県における実際の火碎流堆積物の分布と整合するように設定したものであり、歴史時代に人類が正確に観測した経験のない破局的な火山現象に対するシミュレーションの限界を踏まえた上で信頼性向上に努めたもの」と主張する（補充書（2）134頁）。

だが、繰り返し述べるとおり、現存する火碎流堆積物は長年の風雨等にさらされても浸食されずに残存したものだけであり、実際の火碎流の挙動を検討するためには、平成27年度成果報告書（甲G89・106～107頁）のように、噴火直後の堆積物の状況を復元する必要がある。復元作業を行わないまま現在の堆積物の分布を合うように試行錯誤をしたところで、結果は現在の堆積物と合うものにしかならず、そのようなシミュレーションでは、阿蘇4火碎流にとって佐賀関半島が地形的障害となるかどうかという検討の上でも役に立たない。

しかも、債務者の資料を見る限り、債務者は阿蘇カルデラに設定した巨大なパイルが佐賀関半島の方へ崩れていかないよう、恣意的な条件設定をしているようにしか見えず、それでは火碎流が佐賀関半島を越えない結果となるのも道理である。



【甲G77の2（第44回適合性審査資料）18頁から抜粋、加筆】

さらに、原決定は、阿蘇4火碎流にTITAN2Dは適用範囲外との疑問があると控えめに指摘していたが、この点について債務者は本件に至っても反論できておらず、適用範囲外であることは疑いない。宝田氏らは、阿蘇4の火碎流は当初、乱流としての性質を持っていてことを報告しており（甲G113）、乱流を評価できないTITAN2Dが適用範囲外であることはいっそう明白である。

債務者は、TITAN2Dによるシミュレーションが、伊方原発への到達

可能性を評価しようとしたものではないことも、適用範囲外であることも、適合性審査時にはまったく説明しておらず、それでは信頼性の向上につながるはずもない。

12 小括

以上の通り、債務者の主張は、「火碎流堆積物が現存していないところは火碎流は通っていないだろう」、「火碎流堆積物が少ないとところは少量の火碎流しか通っていないだろう」という火山学的に誤った推論に基づいたもので、また阿蘇4火碎流が豊予海峡程度の水域を渡ることもできなかつたという、これも明らかに誤った推論を展開したものに過ぎない。阿蘇4火碎流が伊方原発敷地に到達していた可能性は十分にあり、仮に現代において阿蘇で阿蘇4級の規模の噴火が起きた場合にも、その火碎物密度流が伊方原発に到達する可能性は十分にある。

第8 影響評価における噴火規模設定の誤り

1 阿蘇における草千里ヶ浜噴火の想定は噴火ステージ論

債務者は、立地評価と影響評価とを特に区別することなく、阿蘇の噴火規模を草千里ヶ浜軽石噴火に設定し、降下火山灰シミュレーションを実施している（甲G80の3・97頁）ところ、この噴火規模の設定根拠は、草千里ヶ浜軽石噴火が「後カルデラ噴火ステージ」での既往最大という点にあったことは明らかである（乙11・6-8-10、乙13・65頁）。債務者は、草千里ヶ浜軽石噴火を「後カルデラ期」の既往最大の噴火と主張している（補充書（2）148頁）が、「後カルデラ火山噴火ステージ」と「後カルデラ期」とは本来まったく別の概念であることは、前記第3・4(5)のとおりである。Nagaoka(1988)を参考にしたという噴火ステージが噴火規模の推定根拠にならないことは、前記第3・4(2)と同様である。

阿蘇では阿蘇 1～阿蘇 4 という巨大噴火が発生している以上、VEI 7 級だけでなく VEI 6 級の噴火も発生する現実的 possibility があるが、なぜ「後カルデラ火山噴火ステージ」ないし「後カルデラ期」において偶々既往最大となっている VEI 5 の草千里ヶ浜軽石を想定すれば良く、それ以上の噴火を想定しないのかという点について、十分な主張疎明をしていない。仮に「基本的考え方」にしたがって数十 km^3 以上という規模の「巨大噴火」は社会通念上無視容認し得るものだと考えたとしても、原決定が示唆した VEI 6 の中で比較的小規模（10～数十 km^3 ）の噴火を想定しない根拠にはならない。実際債務者は、姶良カルデラについては「後カルデラ火山噴火ステージ」の既往最大規模として桜島薩摩噴火（約 11 km^3 ）を考慮しており（甲 G 80 の 3・74 頁）、阿蘇で同程度の噴火を考慮しない理由はない。

2 草千里付近のマグマ溜まりについて

債務者は、草千里付近にマグマ溜まりが存在することは認めるものの、その体積が 15～30 km^3 であることやその全量が噴出可能なマグマであること、その全量が一度に噴出するものであることについては否定する主張をしている（補充書（2）146 頁）。

一方で、債務者は平成 29 年 8 月 10 日付けの「裁判所の釈明事項に対する釈明書」（19～23 頁）において、須藤ほか（2006）が述べるマグマ溜まり（「地下約 6 km におけるマグマ溜まり」）における噴出可能なマグマの体積は、草千里ヶ浜軽石における噴出体積と全体的なスケール感として齟齬するものではないとしつつ、草千里付近のマグマ溜まりの体積を 15～30 km^3 程度と見積もった上、その 3% 程度の溶融状態としてそのままの状態で噴出できるマグマの体積は 0.5～1 km^3 程度、噴出体積としては 1.25～2.5 km^3 程度に相当するから、草千里ヶ浜軽石の噴出体積（約 2.39 km^3 ）と齟齬するものではないと主張している。

だが、須藤ほか(2006)における数%の溶融状態というのは下限の評価に過ぎず(甲G2・303頁)、また溶融状態がない部分についても新たなマグマの注入によって短期間で再活性化する可能性は否定できない(甲G13・2~3頁)。前記第5・3のとおり、阿蘇についての3次元比抵抗構造調査の結果によると、草千里付近には最大 200 km^3 程度の溶融状態のマグマが想定されている。債務者の主張においても、「地下約 15 km のマグマ溜まり」に最大 45 km^3 の溶融マグマがあり、これが「地下約 6 km におけるマグマ溜まり」と関連している(つながっている)ことになっている。したがって、阿蘇の地下におけるマグマ溜まりの体積と、草千里軽石の噴火規模(約 2 km^3)の想定とは、全体的なスケール感に齟齬があることは明らかである。

債務者は、噴出できるマグマの量はマグマ溜まりの体積に対してごく少量であるとの指摘がなされているとして青木(2016)(乙519・334頁)を示す(補充書(2)147頁)が、青木(2016)において、カルデラ崩壊などの外的要因によってマグマ溜まりからマグマが強制的に押し出されることにより発生する噴火は、マグマ溜まりのごく一部のマグマを噴出させる噴火とは本質的に異なるとする海外の研究者(Browning et al.)の見解についての記載もあるように、相当程度のカルデラ崩壊が想定されるVEI6の可能性を検討する上で、マグマ溜まりの一部しか噴出しないことを期待するのは疑問である。また、マグマ溜まりのごく一部しか噴出しないという考え方は、部分溶融したマグマ溜まり全体に対するごく一部の噴出を想定するものであり、溶融状態のマグマのうちのごく一部という考え方ではない。

債務者は、火山ガイドによればマグマ溜まりの体積から降下火碎物の堆積量を求めるることは不適切であるとも主張する(補充書(2)147頁)が、火山ガイド(6.1解説16)には降下火碎物の影響評価に関して数値シミュレーション等によることが記載されており、数値シミュレーションを実施する上で噴火規模の設定は必要不可欠である。したがって、火山ガイドの記載によって

も、噴火規模の過小評価から降下火碎物の想定の過小評価を認定した原決定は正当である。少なくともここでの噴火規模の設定と須藤ほか(2006)が述べるマグマ溜まりにおける噴出可能なマグマの体積とに齟齬があつてはならないということは、債務者自身が前提として主張していたことである。

3 南九州のカルデラについての評価

債務者は、適合性審査において、加久藤・小林、始良、阿多及び鬼界の各カルデラについても、噴火間隔、噴火ステージ及び破局的噴火を引き起こす大規模なマグマ溜まりは10kmより浅いところにあるという前提に基づく既往文献の調査によって、いずれについても「現在のマグマ溜まりは破局的噴火直前の状態ではなく、今後も、現在の噴火ステージが継続するものと判断される」という評価を下していた（甲G80の3添付資料3）。

債務者は、本件において、原子力規制庁が訴訟用に作成させた各種専門家の報告書を用いて、前記4つのカルデラにおける巨大噴火による堆積物を無視できる旨、新たな主張、疎明を行っている（補充書（2）138～139頁）が、当該債務者の主張、疎明も、基本的には前記4カルデラにおいて巨大噴火が差し迫った状態ではないということを述べるに過ぎず、本件原発運用期間中における巨大噴火の可能性を否定ないし十分小さいとするものではない。

債務者は、本件原発における15cmを超える降灰は年超過確率1.7～2.5×10⁻⁵と非常に低い発生頻度であることを主張するが、これについての不合理性は本件答弁書31頁以下で主張したとおりである。債務者の提出するHill意見書（乙500）でも、巨大噴火の確率論的評価はできない旨述べられている。それでも敢えて確率論的評価を実施するのであれば、山元(2016)（甲G26）で実施されているような広域的なテフラ調査の結果を踏まえた上で各地の層厚を再現できるようなシミュレーションを実施し、それぞれの噴火時に本件原発敷地でどの程度の降灰があったのかを精査してからにすべきである。

第9 債務者の提出する意見書、報告書の信頼性がないこと

債務者は、本件異議審に至って、阿蘇において巨大噴火の可能性を十分小さいと主張するための疎明資料として、種々の意見書や報告書を提出している。その各書面の内容が信用できないことは、個別の論点との関係で主張したとおりであるが、ここでは愛媛大学教授の榎原正幸氏の意見書（乙482）、Brittain E.Hillなる者の意見書（乙499、乙500、乙511）、及び香川大学工学部教授の長谷川修一氏と駒沢大学非常勤講師の柳田誠氏の連名の意見書（乙508）を取り上げ、個別論点とは関係しない観点から債務者の提出する各種意見書や報告書が信頼に値しないことはここで主張しておく。

1 榎原意見書が信頼に値しないことについて

榎原意見書には榎原氏の専攻および研究テーマとして火山学が挙がっており、日本火山学会に所属しているというが、その役職や「主な業績・原著論文」を見ても、火山学や火山防災に直接係るようなものはほとんど見当たらず、榎原氏は地質学、岩石学が主な専門分野で、火山のリスク評価が専門とは言い難い。榎原氏が所属する愛媛大学社会共創学部の教員紹介（甲G129）を見ても、その学問領域、専門分野、キーワード及び授業担当科目に「火山」の2文字はない。

榎原氏の過去の「主な業績・原著論文」の共著者には、債務者の100%子会社である四国総合研究所所属の池田倫治氏や辻智治氏、債務者従業員の大野裕記氏や西坂直樹氏らの名前が挙がっており、榎原氏がかねてより債務者と深い関わりがあることがうかがわれる。そして榎原意見書の内容は、債務者の主張と瓜二つの内容で、既存の文献から債務者にとって都合の良い部分を切り取って並べ「総合判断」した結果、「伊方発電所の運用期間中に破局噴火が起こる可能性は極めて低く、阿蘇4噴火のような過去最大規模の破局噴火となれば、

その可能性はさらに低い」（15頁）と結論しているだけであり、独自の視点からの意見はない。榎原意見書にあるとおり、科学者個人の意見は科学的独立性が重要となる（16頁）が、榎原氏に債務者からの独立性はない。

一方で、榎原氏は、この問題がトランス・サイエンスの問題で、阿蘇に破局噴火のリスクが残っていることは認めている。榎原氏が真に独立した立場から科学的意見を述べようというのであれば、債務者にとって都合の悪い文献やデータも含めて提示した上で評価し、阿蘇の破局噴火のリスクがどの程度あるのかということを示すべきである。そのような記載がない榎原意見書が公正な立場から作成されたものではないことは明らかである。

2 Hill 意見書が信頼に値しないことについて

Hill 氏は、IAEA・SSG-21 の主著者だった等述べている（乙499）が、現在は独立の地質コンサルタントであり、債務者が懇意にしている大手コンサルタント会社である大崎総合研究所からの依頼によって、その経済的見返りのために意見書を作成したことは明らかである。

ところで、IAEA・SSG-21 には、どの場合でも規制当局が定める許容確率との一致が必要となること（5.21）、可能な限り他の外部事象による設計基準の特徴と比較できるよう定量化されるべきこと（6.4）が記載されているにもかかわらず、阿蘇において運用期間中に 200 km^3 のマグマが噴出するような噴火が発生する確率がどの程度であるのかをまったく定量化することなく、「入手可能な技術的知見は、阿蘇4タイプの噴火は伊方発電所3号機の安全性評価上考慮すべき事象ではないことを示していると考える」（乙500・156-158行目）としており、SSG-21との矛盾は顕著である。

3 長谷川・柳田意見書の信用性について

長谷川・柳田意見書は、阿蘇4火碎流は大野山地というほとんど名前が知られていない山地が地形的障害になることや、豊予海峡が阿蘇4火碎流を妨げたことを根拠として挙げて、阿蘇4火碎流は伊方原発には到達しなかったと主張するものである。

長谷川氏は1980年から2000年まで債務者従業員であり、柳田氏は電力会社を主要な取引先とする阪神コンサルタントの現役取締役であって、債務者とは経済的な利害関係や人的つながりがあることから、長谷川・柳田意見書は債務者から独立した立場から純粋な科学的意見を述べたものではないことはほぼ明らかである。債務者の評価を妥当とするための結論ありきで作成されたものというべきである。

また、長谷川氏の専門は応用地質学、地質工学等、柳田氏の専門は地形学、第四紀学であり、日本火山学会にも所属していない。火碎流や火山灰の分布に関する研究業績はほぼ皆無である。両氏は段丘面や地すべりを構成する堆積物の年代を推定する手段として広域テフラを利用してきたかもしれない（乙508・5頁）が、阿蘇4火碎流が伊方原発に到達したと考えられるかどうかという問題について意見を述べるにふさわしい専門性や学識経験を有しているとは到底いえない。その分野の第一人者である東京大学名誉教授の町田洋氏とは雲泥の差がある。

さらに、長谷川・柳田意見書では、阿蘇4火碎流堆積物について現地調査を実施したとされている。長谷川・柳田意見書の図1（調査地域の主要な地点の位置図）によると、調査したのは阿蘇中岳のほか、大分市における5箇所、国東半島において2箇所、山口県内で2箇所、佐田岬半島及びその周辺における5箇所である。ところが、これらの地点の現地調査をいつ実施したのかについて説明はなく、各調査地点における露頭の写真やスケッチなどはまったくない（阿蘇4火碎流堆積物の写真が2枚添付されているが、これがいつどこで撮影

されたのかは明記されていない）。長谷川・柳田両氏が実際に阿蘇4火碎流堆積物について現地調査を実施したのかは疑わしい。

しかも、佐田岬半島及びその周辺における5箇所の調査地点（西から順に、野坂、阿弥陀池、高茂、大成、川之石港）は、適合性審査時において債務者が調査したと資料に記載していた箇所と、まったく同じである。このことは、元々長谷川・柳田両氏が調査していた成果を債務者が適合性審査時に使用していたということなのか、あるいは債務者が適合性審査のために実施していた調査成果を長谷川氏らに提供し、長谷川氏らがあたかも今回意見書作成のために調査したかのように書いているだけなのか、いずれかであると推測されるが、いずれにせよ、長谷川氏らと債務者との密接なつながりがうかがわれる。

以上のように、長谷川・柳田両氏は、阿蘇4火碎流が本件原発に到達していたと考えられるか否かという科学的意見を述べる前提として、中立性・公正性にも、専門性・学識経験にも、著しく欠ける。長谷川・柳田意見書にはまったく信用性がない。

債務者は、町田洋氏は調査により明らかにされた現地の実態を踏まえずに述べているに過ぎず、その陳述書を基に債務者の調査を否定することはできないと主張する（補充書（2）128頁）が、町田氏は債務者が提示する調査結果自体を否定しているのではなく、調査結果を踏まえた評価を否定しているのであり、債務者が調査をしているからといって、町田氏の見解の正当性はまったく揺るがない。町田氏は、阿蘇4テフラを含む日本各所の火碎流堆積物及び降下火山灰の実地調査の経験は、他の者の追随を許さない程豊富であり、新規制基準施行を機に適合性審査を通過するためだけにこれを実施している債務者は、まったく比較にならない。

4 科学者はクライアントの意向から自由になれない

尾内・本堂（2011）には、「科学者は研究費の支給元（クライアント）の意向

と矛盾しないように振る舞う傾向をもち、クライアントの影響を間接的に受け
る」（甲D 74・26頁）と記載されている。榎原氏やHill氏が中立な専門家
ではないことは明らかであり、規制庁からの依頼によって訴訟用の報告書を作
成している大倉敬宏氏らも同様である。

第10　まとめにかえて～不確実・未確定なリスクに対する取り組みの必要性

原子力規制委員会は、平成29年7月10日、東京電力ホールディングス株式
会社の役員らとの面談に際し、原子力発電事業に取り組む姿勢の確認と称して7
つの基本的考え方を示し、文書による回答を求めた。その回答内容は、原子力規
制委員会に対するだけでなく、国民に対する約束でもあるとされている（甲G 1
31）。

この7つの基本的考え方のうち、第3項目、第4項目及びそれらに対する東京
電力社長の回答は、以下のとおりである。

③ 原子力事業については、経済性よりも安全性追求を優先しなくてはならない

当社は、二度と福島第一原子力発電所のような事故を起こさないとの決意の下、
原子力事業は安全性確保を大原則とすることを誓います。

私は、安全性をおろそかにして、経済性を優先する考えは微塵もありませんし、
決していませんでした。

④ 不確実・未確定な段階でも、リスクに対する取り組みを実施しなければならな い

福島原子力事故を経験した瞻写の反省の一つは、知見が十分でない津波に対し、
想定を上回る津波が発生する可能性は低いと判断し、津波・浸水対策の強化とい
ったリスク低減の努力を怠ったことです。

この反省を踏まえ、当社は、…謙虚に学んで、リスクを低減する努力を日々継続してまいります。

社長である私は、「安全はこれで十分ということを絶対に思ってはいけない」という最大の教訓を、繰り返し全社員に強く語りかけて参ります。

このような福島原発事故の反省と教訓は、ひとり東京電力ないしその社長だけのものではなく、債務者ひいてはわが国のすべての国民において、共有していくかなければならぬものである。

ところが、債務者は、巨大噴火という、知見が十分ではない不確実・未確定なリスクについて、明らかにリスクを低減する努力をしていない。その理由は明らかであり、巨大噴火による火砕物密度流については、現状、工学的な対応はほぼ不可能であるため、阿蘇4級の噴火による原子力災害のリスクを有意に低減させるためには伊方原発は立地から見直すしかなく、そうなった場合の経済的損失は何としても避けたいからである。まさに安全性追求よりも経済性を優先させてい

それのみならず、債務者は、阿蘇におけるVEI6級の噴火すら想定しておらず、工学的対応が可能な部分でも、未だに自然現象の想定を少しでも切り詰めて安全対策の費用を安く上げようとしている。

本補充書等で述べてきたとおり、現在の火山噴火の予測に係る科学技術水準では、阿蘇において伊方原発の運用期間中における巨大噴火の可能性が十分小さいことも、VEI6の噴火の可能性が十分小さいことも、示すことはできない。改正された原子力関係法令の趣旨を踏まえて火山ガイドを正しく解釈すれば、阿蘇4火砕流が到達している可能性が十分小さいとは到底いえない伊方原発は立地不適と見るほかなく、そうでなくとも影響評価におけるVEI6の噴火を想定から除外することはできない。これらの点を指摘した原決定は正当なものである。

債務者の異議申し立てに何ら理由はなく、御庁は福島第一原発事故の反省に基

づいて改正された原子力関係法令の趣旨にのっとり、原決定を認可すべきである。

以上