

副本

平成29年(ウ)第62号

債権者 [REDACTED] 外3名

債務者 四国電力株式会社

平成30年3月30日

補充書(2)

広島高等裁判所第2部 御中

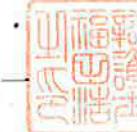
債務者訴訟代理人弁護士 田代 健



同弁護士 松繁 明



同弁護士 川本 賢一



同弁護士 水野 絵里奈



同弁護士 福田 浩



同弁護士 井家 武男



## 目 次

第1 はじめに .....	1
第2 原決定は、判断の過程に重大な不備があり、自らが定立した判断枠組みとも矛盾した判断を行っていること .....	2
1 被保全権利の存在を認めるにあたり、人格権侵害に至る具体的な機序や蓋然性についての検討がなされていないこと .....	2
2 阿蘇における巨大噴火の発生を前提とした場合には、保全の必要性が認められること .....	5
3 原決定が自らの判示と矛盾するものであること .....	9
(1) 原決定が火山ガイドの誤った解釈に基づいたものであること .....	9
(2) 原決定は、阿蘇4噴火が「最新の科学的、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」と言えるかどうかの検討をしていないこと .....	12
第3 本件3号機に係る債務者の火山事象の評価について .....	18
1 火山事象に関する基本的な知見について .....	20
(1) マグマについて .....	20
(2) 噴火規模について .....	24
(3) 噴火様式について .....	28
(4) 巨大噴火について .....	34
ア 巨大噴火の噴火規模、想定される被害及び発生頻度について .....	34
イ 巨大噴火は膨大な珪長質マグマの蓄積を必要とし、そのマグマ溜まりは地下浅部に貫入すると考えられることについて .....	36

ウ 大型のカルデラは環状火道に沿って形成されると考えられること及びそのマグマ溜まりの天井は浅いと考えられることについて .....	37
エ 小括 .....	40
(5) 火山の活動期間と活動様式の変遷について .....	40
2 原子力発電所において考慮する火山事象の評価について .....	41
(1) 原子力発電所において考慮すべき火山事象について .....	41
(2) 原子力発電所の運用期間中における活動性の評価と運用期間中に考慮する噴火について .....	43
3 立地評価（阿蘇に関する評価）について .....	45
(1) 本件3号機の立地評価の概要について .....	45
(2) 本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火について .....	47
ア 本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火に係る債務者の評価について .....	47
(ア) 阿蘇の活動履歴及び活動履歴に基づく検討について .....	48
a 阿蘇の活動履歴の概要について .....	48
b 阿蘇の活動履歴に基づく検討について .....	50
(a) 後カルデラ期の噴出物に基づく検討によれば、巨大噴火のマグマ溜まりは存在しないし、後カルデラ期のマグマの生成の状況はカルデラ形成期と状況が異なると考えられることについて .....	50
(b) 噴火の態様は、後カルデラ期とカルデラ形成期で異なることについて .....	54
(c) 巨大噴火の前兆現象とされる事象がないことに	

について .....	62
c 活動履歴に基づく検討結果について .....	64
(イ) 地球物理学的調査に基づく検討について .....	65
a 阿蘇の地下に巨大噴火を起こすようなマグマ溜まり は存在しないと考えられることについて .....	66
b マグマの蓄積状況・増減から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について .....	74
c 地球物理学的調査に基づく検討結果について .....	77
(ウ) 本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火によ って、本件3号機が立地不適とならないことについて .....	78
a 本件発電所の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できることについて .....	78
b 本件発電所の運用期間中に考慮する噴火は、後カルデ ラ期の既往最大の噴火が妥当であることについて .....	82
c 本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火によ って、本件3号機が立地不適とならないことについて .....	84
イ 原決定等の誤りについて .....	84
(ア) 原決定の「現時点の火山学の知見を前提とした場合に、 原子力発電所の運用期間中における検討対象火山の活 動可能性が十分小さいかどうか判断できない」との判断 の誤りについて .....	84
(イ) 原決定の引用する文献について .....	91
a 火山学者緊急アンケートについて .....	91
b 町田洋陳述書について .....	93

c	須藤靖明陳述書について .....	94
d	原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム提言とりまとめについて .....	99
e	藤井（2016）について .....	100
f	科学 Vol. 85, No. 2について .....	103
(ウ)	債務者の評価は火山ガイドを踏まえたものであることについて .....	104
(3)	阿蘇4火碎流は本件発電所の敷地に到達していないことについて .....	107
ア	債務者による評価について .....	108
(ア)	阿蘇4火碎流堆積物の分布及び佐田岬半島において阿蘇4火碎流堆積物が確認されないことについて .....	108
(イ)	巨大噴火に伴う大規模火碎流であっても地形の影響を受け得ることについて .....	111
(ウ)	佐賀関半島等が阿蘇4火碎流に影響を与えたことについて .....	113
(工)	小括 .....	125
イ	原決定等の誤りについて .....	125
(ア)	火山ガイドにおける火碎流の到達に係る判断について .....	125
(イ)	町田洋陳述書について .....	128
a	阿蘇4火碎流堆積物は佐田岬半島に残されていないだけであるとの記載について .....	128
b	火碎流から火山灰層への変化が遷移的であるとの指	

摘要について .....	130
(ウ)　債務者の火砕流シミュレーションについて.....	133
(4)　本件3号機が火山事象との関係において立地不適とならないことについて .....	135
4　影響評価について .....	136
(1)　債務者による評価について .....	136
ア　本件発電所において影響を考慮する火山について .....	138
イ　九重山の約5万年前の噴火を考慮した影響評価について .....	140
ウ　本件発電所の敷地において堆積層厚15cmの降灰は極めて低頻度の事象であることについて .....	141
エ　小括 .....	144
(2)　原決定の誤りについて .....	145
ア　原決定のマグマ溜まりの規模に係る記載の誤りについて .....	145
イ　債務者が考慮した堆積量15cmは過小とする原決定の判断は誤りであることについて .....	146
第4　まとめ .....	148

## 第1 はじめに

- 1 原決定は、債務者による火山事象の評価について、「本件原子炉施設が新規制基準に適合するとした原子力規制委員会の判断は不合理であり、相手方において、本件原子炉施設の運転等によって放射性物質が周辺環境に放出され、その放射線被曝により抗告人ら（本件原子炉施設の安全性の欠如に起因して生じる放射性物質が周辺の環境に放出されるような事故によってその生命、身体に直接的かつ重大な被害を受ける地域に居住する者及び上記放射性物質の放出によりその生命、身体に直接的かつ重大な被害の及ぶ蓋然性が想定できる地域に居住する者）がその生命、身体に直接的かつ重大な被害を受ける具体的危険が存在しないことについて、主張、疎明を尽くしたとは認められない」（原決定・398～399頁）旨判示し、本件における被保全権利を認めた。そして、本件3号機が稼働中であるとして保全の必要性も認めた上で、運転停止期間を平成30年9月30日までと定め、担保を付すことなしに、本件3号機の運転差止めの仮処分を命じた（原決定・399頁）。
  - 2 しかしながら、平成29年12月21日付け保全異議申立書でも述べたとおり、原決定は、その判断の過程に重大な不備があり、自らが定立した判断枠組みとも矛盾した判断を行っている。さらには、判断の基礎となる火山事象の評価に係る重要な事実について到底看過できない事実誤認がある。
- そこで、本書面では、原決定の誤りについて詳細に述べることとする。まず、後記第2において、原決定は、判断の過程に重大な不備があり、自らが定立した判断枠組みとも矛盾した判断を行っていることについて、次に、後記第3において、平成30年1月31日付け補充書（1）で述べた

大倉（2017）<sup>1</sup>の知見のみならず、その他現時点の火山学の知見に照らして、債務者による火山事象の評価が妥当であり、原決定には火山事象の評価に係る重要な事実について明らかな事実誤認があることなどについてそれぞれ述べる。

第2 原決定は、判断の過程に重大な不備があり、自らが定立した判断枠組みとも矛盾した判断を行っていること

1 被保全権利の存在を認めるにあたり、人格権侵害に至る具体的な機序や蓋然性についての検討がなされていないこと

(1) 債権者らは、人格権に基づく妨害予防請求権を根拠として本件3号機の運転差止めを求めていているところ、人格権は、直接これを定めた明文の規定はなく、その要件や効果が自明のものではないため、人格権に基づく差止請求についての法的解釈は厳格になされなければならない。そして、人格権に基づく差止請求は、相手方が本来行使できる権利や自由を直接制約しようとするものであるから、これが認められるためには、人格権が侵害される論理的ないし抽象的、潜在的な危険が存在すると言うだけでは足りず、具体的危険が切迫していることが必要となる。すなわち、債権者らにおいて、①具体的な起因事象の内容（地震、津波等の自然現象等）並びに起因事象が発生することの切迫性及び蓋然性、②その起因事象により本件3号機の重要な機能が喪失することとなる具体的な機序及び蓋然性、③その機能喪失に対して講じている各種安全対策が奏功しないこととなる具体的な機序及び蓋然性、④これによって本件3号機から放射性物質が環境中に大量に放出され、債権者らの人格権が侵害

---

1 「測地学的手法による火山活動の観測について」大倉敬宏、平成29年度原子力規制庁請負調査報告書、2017

されることとなる具体的な機序及び蓋然性について、主張疎明しなければならず、かかる主張疎明がなければ、裁判所は人格権に基づく差止請求を認めることはできないはずである。

なお、債務者において債権者らの生命、身体に直接的かつ重大な被害を受ける具体的危険が存在しないこと（原子炉設置変更許可を得ている場合は、基準の合理性及び基準適合判断の合理性）を主張疎明すべきとする原決定の判断枠組みは、債権者らが「当該発電用原子炉施設の安全性の欠如に起因して生じる放射性物質が周辺の環境に放出されるような事故によってその生命、身体に直接的かつ重大な被害を受けるものと想定される地域に居住等する者」に該当することを前提としているのであるから、原決定の判断枠組みを探る場合であっても、債権者らが当該地域に居住等する者に該当すること、したがって、債権者らの住所地において人格権が侵害される具体的な機序及び蓋然性があること（上記①～④）の主張疎明責任を債権者らが負うことになる。

(2) そして、原決定のように、債務者による火山事象の評価を不合理だし、これを理由に本件における被保全権利の存在を認めようとするのであれば、債権者らによって、火山事象に起因する事故により債権者らに具体的危険が生じることの機序及び蓋然性についての主張疎明がなされなければならないが、債権者らは、火山事象に起因して本件3号機で事故が発生することによって、債権者らが生命、身体に直接的かつ重大な被害を受ける具体的な機序や蓋然性について主張疎明を尽くしていないし、原決定も全く検討していない。

(3) しかも、原決定が、本件発電所の火山事象に係る立地評価において考慮しなければならないとする阿蘇4噴火のような巨大噴火は、日本国内

で生活不能者（最悪の場合、死者）が1億人とも想定される噴火である（甲G17（1209頁））。原決定においても、破局的噴火の影響で「死者は1000万人を超える」、「かろうじて生き残った人々も火山灰に覆われた日本列島から海外への避難・移住が必要となる」との専門家の指摘を引用しているところである（原決定・363頁）。そうであれば、九州の火山において破局的噴火の発生により、本件3号機の安全性とは無関係に（つまり、火山事象そのものが原因となり）債権者らの生命、身体が直接的かつ重大な被害を受けること、または、阿蘇カルデラからより離れる方向に（つまり、本件発電所からも離れる方向に）相当遠方にまで避難していることはほぼ確実であり、その場合には、火山の破局的噴火に起因して、本件3号機において放射性物質が周辺の環境に放出されるような事故が発生したとしても、それが原因で債権者らの生命、身体に直接的かつ重大な被害を受ける具体的危険はないと考えられる。

それでもなお、債権者らの生命、身体に直接的かつ重大な被害を受け具体的危険があるというのであれば、少なくとも、そのような事態に至る具体的な機序や蓋然性について、相当程度に確かな疎明が必要とされるべきであると考えられるが、債権者らは主張疎明を尽くしているとは言えないし、原決定は、この点について何ら検討することなく被保全権利の存在を認めている。

- (4) 以上のとおり、人格権の侵害を理由とする民事差止訴訟（保全処分の申立にあっても同様）においては、債権者らにおいて、人格権が侵害される具体的危険が切迫していることについて、具体的な機序や蓋然性を示して主張疎明しなければならない（上記(1)）。そして、原決定が、債

務者による火山事象の評価を不合理だとし、これを理由に本件における被保全権利の存在を認めるのであれば、原決定が指摘する火山事象に起因する事故により債権者らに具体的危険が生じることについて主張疎明がなされなければならない（上記(2)）。しかしながら、債権者らは、火山事象に起因する事故により債権者らに具体的危険が生じることについて、必要な主張疎明を行っていないし、原決定も全く検討していない。

さらに、仮に、阿蘇の巨大噴火に起因して、本件3号機において放射性物質が周辺の環境に放出されるような事故が発生したとしても、それが原因で債権者らが生命、身体に直接的かつ重大な被害を受ける具体的危険はないと考えられる（上記(3)）にもかかわらず、債権者らは主張疎明を尽くしているとは言えないし、原決定はこの点についても何ら検討することなく被保全権利の存在を認めている。

このように、債権者らの生命、身体に直接的かつ重大な被害を受ける事態に至る具体的な機序や蓋然性について、債権者らは必要な主張疎明を行っているとは言えないし、原決定も何ら検討していないのであるから、被保全権利は認められるべきでない。したがって、原決定は、保全命令の前提となる要件（被保全権利の存在）を欠くのであるから、直ちに取り消されるべきである。

## 2 阿蘇における巨大噴火の発生を前提とした場合には、保全の必要性が認められないこと

- (1) 本件は、民事保全法で定めるところの「民事訴訟の本案の権利関係につき仮の地位を定めるための仮処分」（民事保全法1条）に係る手続きである。したがって、その発令のための要件は、「被保全権利の存在」及び「保全の必要性の存在」であり、いずれか一方が欠けても、保全命

令を発することはできない。そして、仮の地位を定める仮処分命令を発するための要件については、「争いがある権利関係について債権者に生ずる著しい損害又は急迫の危険を避けるためこれを必要とするときに発することができる。」と定められており、被保全権利として「争いがある権利関係」が存在すること及び保全の必要性として「債権者に生ずる著しい損害又は急迫の危険を避けるため」であることが求められる（民事保全法23条2項）。そして、本来、仮の地位を定める仮処分は、債務者に与える影響が大きいことから、その保全の必要性は高度のものが要求され、債権者は、本案判決による救済を待っていたのでは債権者の権利が実質的に満足されなくなるような事情を具体的に示さなければならぬ（乙447（89頁））。また、債務者に与える影響が大きく、その保全の必要性では債権者の損害や危険という債権者側の事情が考慮されることから、保全の必要性は抽象的なもので足りるわけではなく、具体的に疎明されなければならない。

ちなみに、原決定が示した上記1の判断枠組みは被保全権利に係るものであって<sup>2</sup>、保全の必要性についての主張、疎明の責任は、当然ながら債権者らにある。

(2) そもそも、民事保全は、本案訴訟による確定判決が得られるまでの時間の経過により、権利の実現が不能又は困難になる危険から権利者を保護するために、裁判所が暫定的な措置を講ずる制度である。特に仮の地位を定める仮処分の目的については、「債権者に生じる現在の危険や不安を除去するために、本案判決の確定に至るまでの間暫定的な法律状態

---

<sup>2</sup> 原決定は、「被保全権利としての具体的危険の存在」（原決定・176頁）と述べ、「具体的危険の存在」は被保全権利に係る論点であることを明記している。

を形成し、これを維持することにある」、「すなわち、現在の危険を避けることに主眼がある」と説明される（乙448（36頁））。そうであれば、原決定は、火山事象の評価に不合理があるとして被保全権利を認める以上、保全命令を発するためには、別途、保全の必要性として、本件仮処分の発令から本案訴訟の確定判決が得られるまでの間において、本件発電所に影響を及ぼし得る火山において本件3号機で放射性物質を大量に放出するような事故を引き起こす巨大噴火が発生することが疎明されていなければならない<sup>3</sup>。しかも、本件仮処分は平成30年9月30日までという期限を区切って発令されているのであるから、本件仮処分の保全の必要性としては、同期限までの間に本件発電所に影響を及ぼし得る火山において本件3号機で放射性物質を大量に放出するような事故を引き起こす巨大噴火が起こることについて、科学的に合理的な根拠を具体的に示して疎明されていなければならない。

(3) しかしながら、こうした巨大噴火に対する保全の必要性について、債権者らは、全く主張疎明していないし、原決定も、具体的検討を全く行っていない。阿蘇において阿蘇4噴火のような巨大噴火が起こる可能性が十分小さいことについては後記第3で述べるとおりであるが、その点

---

3 なお、地震や津波のように有史以来、我が国において多数の経験がある自然現象と異なり、火山事象は発生件数自体が少なく、特に破局的被害をもたらす巨大噴火については、我が国では有史以来、経験がない極めて稀な事象であることから、地震や津波と同列に、いつ発生してもおかしくないものとして、仮処分の発令から本案訴訟の確定判決が得られるまでの間における発生可能性を検討せず、噴火する前提を置くのは、不適切である。この点、原子力規制委員会の更田委員長は、平成30年3月7日の第69回原子力規制委員会において「地震の観測記録は日常的と言つていいぐらいにあるわけですけれども、巨大噴火は有史以来、人類は経験していないので、記録がない。人類といいますか、記録が残るような、縄文人の時代にあったというものがあるので、ハザードの特性に十分留意した議論が必要で、他のハザードとの比較の議論はなかなか危険をはらんでいる。」と述べ、巨大噴火と地震等の火山以外の自然災害とを単純に比較するべきではないとの考え方を示している（乙449（22頁））。

は措くとしても、九州地方において巨大噴火が起これば、火山周辺の住民の生命、身体に直接的な損害が発生することはもとより、九州地方のみならず、西日本全域、ひいては日本全域にわたって深刻な影響が生じることになるのであるから、巨大噴火がわずか数か月のうちに発生する状況にあるというのであれば、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<sup>4</sup>などして、報道等でも大きく取り上げられていてしかるべきであるし、国家レベルでの対策が講じられ、地元住民らが具体的に移住や避難を開始する事態に至っていなければならないが、事実として、そのような事態に至っていないことに照らしても、数か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。

そして、原決定も、「発生頻度が著しく小さくしかも破局的被害をもたらす噴火によって生じるリスクは無視し得るものとして容認するというのが我が国の社会通念ではないかとの疑いがないではなく」（原決定・

---

4 気象庁は、噴火災害軽減のため、全国111の活火山を対象として、観測・監視・評価の結果に基づき噴火警報・予報を発表しており、噴火警報は、噴火に伴って発生し生命に危険を及ぼす火山現象（大きな噴石、火碎流、融雪型火山泥流等、発生から短時間で火口周辺や居住地域に到達し、避難までの時間的猶予がほとんどない現象）の発生や危険が及ぶ範囲の拡大が予想される場合に、「警戒が必要な範囲」（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ。）を明示して発表することとなっている。

噴火警報は、「警戒が必要な範囲」が火口周辺に限られる場合は「噴火警報（火口周辺）」（又は「火口周辺警報」）、「警戒が必要な範囲」が居住地域まで及ぶ場合は「噴火警報（居住地域）」（又は「噴火警報」）として発表し、海底火山については「噴火警報（周辺海域）」として発表される。これらの噴火警報は、報道機関、都道府県等の関係機関に通知されるとともに直ちに住民等に周知される。噴火警報を解除する場合等には「噴火予報」が発表される。「噴火警報（居住地域）」は、特別警報に位置づけられている。また、噴火警戒レベルが運用されている火山では、平常時のうちに地元の火山防災協議会で合意された避難計画等に基づき、気象庁は噴火警戒レベルを付して噴火警報・予報を発表し、地元の市町村等の防災機関は入山規制や避難勧告等の防災対応を実施することとなっている。（乙450）

なお、阿蘇山については、平成29年2月7日以降、噴火警報は発表されておらず、噴火警戒レベルは1とされている。（乙451、乙452）

363頁)と述べ、社会通念に照らせば、巨大噴火による危険は無視し得る程度のものであって、直ちに本件3号機を差止めなければならないほどの「債権者に生ずる著しい損害又は急迫の危険」(瀬木氏が指摘するところの「現在の危険」)が存在しないこと、つまり、保全の必要性がないことを認めているのである。

(4) 以上のとおり、適切に検討すれば、本件について保全の必要性が認められるものではないにもかかわらず、原決定は、必要な検討をしないで保全の必要性を認めている。したがって、本件仮処分は要件を欠き、違法なものであって、直ちに取り消されるべきである。

### 3 原決定が自らの判示と矛盾するものであること

(1) 原決定が火山ガイド<sup>5</sup>の誤った解釈に基づいたものであること

ア 原決定は、「火山ガイドが立地評価にいう設計対応不可能な火山事象に、何らの限定を付すことなく破局的噴火(V.E.I 7以上)による火碎流を含めていると解」し、この解釈のもと、「火山ガイドが考慮すべきと定めた自然災害」の内容を独自に評価し、阿蘇4噴火を考慮すべきである旨判示する。

この点、火山ガイドを策定した原子力規制委員会の火山ガイドにおける巨大噴火の考え方については、平成30年3月7日の第69回の原子力規制委員会において、原子力規制庁によって整理されたものが報告され(乙453)、従来もその考え方で規制が行われてきたこと、今後もその考え方で規制を行っていくことが確認された(乙449(19頁))。具体的には、「巨大噴火<sup>6</sup>は、広域的な地域に重大かつ深刻

5 原子力発電所の火山影響評価ガイド(平成25年6月19日決定(原子力規制委員会))  
6 原子力規制委員会は、ここでいう「巨大噴火」を「地下のマグマが一気に地上に噴出し、

な災害を引き起こすものである一方、その発生の可能性は低頻度な事象である。現在の火山学の知見に照らし合わせて考えた場合には運用期間中に巨大噴火が発生する可能性が全くないとは言い切れないものの、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。したがって、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。」（乙453）との考え方方が示され、巨大噴火について限定的な位置付け（社会通念上容認される水準のリスクをもたらすものとの位置付け）がなされている。その上で、「火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないことが確認でき、かつ、運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根拠があるとはいえない場合は、少なくとも運用期間中は、「巨大噴火の可能性が十分に小さい」と判断できる。」（乙453）との考え方を示している。すなわち、火山ガイドは、「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」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とはいえないこと」が確認できれば、運用期間中は巨大噴火の可能性が十分小さいと評価できるとしており、その結果、原子炉等規制法<sup>7</sup>43条の3の6第1項4号及び設置許可基準規則<sup>8</sup>6条1項の要件を満たすという考え方を示しているのである。

---

大量の火碎流によって広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすような噴火であり、噴火規模としては、数10km<sup>3</sup>程度を超えるような噴火」と定義している。この「巨大噴火」には、噴火規模がVEI7(100km<sup>3</sup>以上)の噴火も全て含まれているので、当然ながら、阿蘇4噴火規模の噴火も含まれる。

7 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年6月10日法律第166号）

8 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（原子力規制委員会、平成25年6月）

これに対し、原決定は、上記 1 のとおり、「火山ガイドが立地評価にいう設計対応不可能な火山事象に、何らの限定を付すことなく破局的噴火（V E I 7 以上）による火碎流を含めている」としており、巨大噴火が、広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすものである一方、その発生の可能性は低頻度の事象であることを考慮することは「許されない」とするもので、火山ガイドを策定した原子力規制委員会の従来からの考え方と異なる全く独自のものであり、明らかに誤りである。

なお、債務者による阿蘇の巨大噴火に関する評価については、後記第 3 の 3(2)アで詳しく述べる。そして、火山ガイドの考え方からして運用期間中の阿蘇の巨大噴火の可能性が十分小さいことは、後記第 3 の 3(2)イ(ウ)で述べるとおりである。

イ また、原決定は、原子炉等規制法が審査の基礎となる基準を原子力規制委員会で定めることとしているのは、「原子力規制委員会の科学的、専門技術的知見に基づく合理的な判断に委ねる趣旨と解される」（原決定・364 頁）こと、さらには、原子力発電所に求められる安全性の具体的水準について、「原子炉等規制法は、設置許可に係る審査につき原子力規制委員会に専門技術的裁量を付与するにあたり、この選択を委ねた」（乙 250（7～8 頁））と解されることから、「火山ガイドが考慮すべきと定めた自然災害について原決定判示のような限定解釈をして判断基準の枠組みを変更することは、上記の原子炉等規制法及びその原子炉等規制法の委任を受けて制定された設置許可基準規則 6 条 1 項の趣旨に反し、許されない」（原決定・365 頁）と判示する。

そうであれば、原子力規制委員会の考え方と異なる独自の解釈に基づいて火山ガイドを適用することは、原子炉等規制法及びその委任を受けて制定された設置許可基準規則6条1項の趣旨に反することになるはずであり、前記アで述べたとおり、原決定の解釈が原子力規制委員会の考え方と異なる独自の解釈である以上、原決定が原子炉等規制法及びその委任を受けて制定された設置許可基準規則6条1項の趣旨に反することは明らかである。

ウ 上記アで述べたとおり、原決定による火山ガイドの解釈は、原子力規制委員会の考え方とは異なる独自の誤った解釈である。上記イで述べた原決定の判示に従えば、このような誤った解釈に基づいて、火山ガイドにおける巨大噴火の影響評価を独自に行い、基準適合性の判断を行った原決定は、原子炉等規制法及び設置許可基準規則6条1項の趣旨に反する極めて不合理なものである。

したがって、自らの判示とも矛盾し、原子炉等規制法及び設置許可基準規則6条1項の趣旨に反する極めて不合理な原決定は、取り消されるべきである。

(2) 原決定は、阿蘇4噴火が「最新の科学的、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」と言えるかどうかの検討をしていないこと

原決定が火山ガイドの誤った解釈に基づいたもので、不合理であることは、上記(1)で述べたとおりであるが、仮に、その点は措くとしても、本件発電所の立地評価で阿蘇において阿蘇4噴火が発生することを考慮すべきかどうかを判断するためには、原決定が判示する原子炉等規制法の趣旨からして、同噴火が「最新の科学的、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」と言えるかどうかの観点からの検討が必要である。そうであるにもかかわらず、原決定は、こうした検討を行うことなく阿蘇4噴火を考慮することを前提とした判断を行っているのであるから、自らの判示と矛盾し、原子炉等規制法の趣旨にも反する著しく不合理なものである。以下、詳しく述べる。

ア 原決定は、「以上の法改正や設置許可基準規則の概要を踏まえると、4号要件の「災害」とは、相手方が主張するとおり「最新の科学的、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」と解するのが相当であり、・・・「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」を超える規模の自然災害によって生じるリスクは社会通念上無視しうる程度に軽減されるというのが改正後の原子炉等規制法及びこれを踏まえた新規制基準の趣旨と解される」と判示する（原決定・182～183頁）。

イ この原決定の判示を前提とすれば、改正後の原子炉等規制法及びこれを踏まえた新規制基準に基づき、本件発電所において考慮すべき火山事象は、「最新の科学的、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」であると解されるのであって、本件発電所の運用期間中において、阿蘇で阿蘇4噴火と同規模の噴火が発生することを考慮することが「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」を考慮することでなければならない。逆に、阿蘇で阿蘇4噴火と同規模の噴火が発生することを考慮することが「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」を超える規模の自然災害を考慮することになる場合には、これを考慮する必要はないし、考慮することはむしろ同法の趣旨

に反することになる。

ウ 原決定の「発生頻度が著しく小さくしかも破局的被害をもたらす噴火によって生じるリスクは無視し得るものとして容認するというのが我が国の社会通念ではないかとの疑いがないではなく（原決定の引用する福岡高裁宮崎支部決定も同旨），このような観点からすると，火山ガイドが立地評価にいう設計対応不可能な火山事象に，何らの限定を付すことなく破局的噴火（VEI 7以上）による火碎流を含めていふと解することには，少なからぬ疑問がないではない。」（原決定・363頁）との判示を踏まえると，発生頻度が著しく小さくしかも破局的被害をもたらす噴火，例えば，阿蘇4噴火は，「最新の科学的，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」と直ちには言えないはずである。しかも，原決定は阿蘇の火山活動につき，現時点が破局的噴火直前の状態でないと認められることに異論を示していない（原決定・351頁）のであるから，それでも阿蘇4噴火を想定する必要があると言うのであれば，原子炉等規制法の趣旨に照らし，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。

エ 破局的被害をもたらす巨大噴火を考慮すべきか否かについて，原審決定は，「当該発電用原子炉施設の運用期間中にそのような噴火（債務者注：破局的噴火）が発生する可能性が相応の根拠をもって示されない限り，立地不適としなくとも，原子炉等規制法の趣旨に反することはできず，また，原子炉等規制法の委任を受けて制定された設置許可基準規則6条1項の趣旨にも反しないというべきである」と

して、これに従った検討を行い、「本件発電所の運用期間中に阿蘇4噴火のような噴火が発生する可能性が相応の根拠をもって示されたとはいえない」と判示した（原審決定・335～337頁）。

これに対し、原決定は、火山ガイドが、最新の科学技術的水準に従い、かつ、社会がどの程度の危険までを容認するかなどの事情を見定めて、原子力規制委員会の専門技術的裁量により策定されたものであるなどとして、「原決定（及び原決定の引用する福岡高裁宮崎支部決定）のように、火山ガイドが考慮すべきと定めた自然災害について原決定判示のような限定解釈をして判断基準の枠組みを変更することは、上記の原子炉等規制法及びその原子炉等規制法の委任を受けて制定された設置許可基準規則6条1項の趣旨に反し、許されない」と判示し、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」といえるか、運用期間中に阿蘇4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示されているかどうかについては何ら検討することなく、本件発電所は立地不適との結論に至っている（原決定・362～365頁）。

才 しかしながら、原子力発電所の安全性を確保する上では、「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」としての火山事象を想定することが原子炉等規制法の趣旨だと言うのであるから、原審決定が「火山ガイドが考慮すべきと定めた自然災害」を上記のように解釈し、運用期間中に破局的噴火が発生する可能性が相応の根拠をもって示されない限り、立地不適としなくてよい旨判示したのは、原子炉等規制法の趣旨から至極当然と言うべきであって、原決定が判示するように「原子炉等規制法及びその原子炉等

規制法の委任を受けて制定された設置許可基準規則 6 条 1 項の趣旨に反し、許されない」（原決定・365 頁）ことにはならない。むしろ、原子力規制委員会が策定する基準は「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」を想定するものでなければならず、基準策定における専門技術的裁量についても、当然、その範囲において認められるべきものであるから、原子力規制委員会の専門技術的裁量を理由として、「火山ガイドが考慮すべきと定めた自然災害」を原子炉等規制法の趣旨に基づいて適切に解釈しない原決定の判示は著しく不合理である。

そして、上記ウで述べたとおり、阿蘇 4 噴火を考慮する必要があると言うためには、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ているかどうかについて具体的に検討されなければならないにもかかわらず、この点について、原決定は何ら検討しておらず、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」と言えることの具体的な根拠は何ら見出していない。そうであれば、阿蘇 4 噴火は「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」とは言えないのであるから、火山事象に係る本件発電所の立地評価において阿蘇 4 噴火を考慮する必要性はないはずであるにもかかわらず、独自の評価により阿蘇 4 噴火を考慮すべき旨判示し、その結果、本件発電所を立地不適とする誤った結論に至ってしまっている。

キ 以上のとおり、原決定は、債務者において考慮すべき火山事象は「最新の科学的、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」と解することが原子炉等規制法の趣旨である旨判示しているにもかかわらず、原審決定のように、本件発電所において阿蘇4噴火を考慮すべきかどうかについての検討を行っていない。

原決定は、その理由について、火山ガイドが原子力規制委員会の専門技術的裁量によって策定されたものであることなどを挙げるが、そもそも、原審決定(原審決定の引用する福岡高裁宮崎支部決定も同旨)の判示は、破局的被害をもたらす噴火が広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすものであり、その発生の可能性は低頻度であることを踏まえ、こうした噴火を考慮する必要性を判断する上で、運用期間中に破局的被害をもたらす噴火が発生する具体的根拠が示されているかどうかを考慮する点で、原子力規制委員会の火山ガイドにおける巨大噴火の考え方(乙453)と整合的である<sup>9</sup>。

それにもかかわらず、原決定は、火山事象に係る本件発電所の立地評価において独自の評価により阿蘇4噴火を考慮すべき旨判示し、その結果、本件発電所を立地不適とする誤った結論に至ってしまっている。したがって、原決定は、極めて不合理であるから、速やかに取り消されるべきである。

---

9 人格権に基づく妨害予防請求として原子力規制委員会によって新規制基準に適合する旨判断された原子力発電所の運転等の差止めを求める仮処分申立てである点で、本件と本案を共通にする佐賀地裁平成30年3月20日決定・公刊物未登載においても、破局的被害をもたらす噴火については、「その被害の規模及び態様は、発電用原子炉施設について想定される原子力災害をはるかに上回るものということができる」とされた上で「当該発電用原子炉施設の運用期間中にそのような噴火が発生する可能性が相当の根拠をもって示されない限り、立地不適としなくとも、原子炉等規制法や設置許可基準規則6条1項の趣旨に反するということはできない」とされ、火山ガイドにおける検討対象火山の活動の可能性評価についての定めは、こうした観点に基づき解するのが相当である旨判示されている(乙454(135~136頁))。

### 第3 本件3号機に係る債務者の火山事象の評価について

結論として、阿蘇4噴火を前提として本件3号機の火山事象評価を不合理とする原決定の判断が誤りであることは、上記第2で述べたとおりであるが、原決定には、債務者の火山事象の評価あるいは現在の火山学の知見等について多々誤解が見られるので、本項では、債務者の火山事象の評価の詳細及び原決定の誤りについて述べる。

原決定は、現在の火山学的知見では、「検討対象火山の活動の可能性が十分小さいと判断できない」、「検討対象火山の調査結果からは原子力発電所運転期間中に発生する噴火規模もまた推定することはできないから、結局、検討対象火山の過去最大の噴火規模（本件では阿蘇4噴火）を想定し、これ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する可能性が十分小さいかどうかを評価する必要がある」とする（原決定359頁）。そして、「本件敷地に火碎流が到達していないと判断することは困難」（原決定360頁）であり、「「設計対応不可能な火山事象が原子力発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価されない火山がある場合」に当たり、立地不適」とする（原決定362頁）。

しかしながら、平成30年1月31日付け補充書（1）で述べたとおり、全ての検討対象火山を一律に、現在の火山学の知見を前提にする限り、活動の可能性が十分小さいと判断できないと認定する原決定は、明らかに現在の火山学の知見に対する認識を誤っている。例えば、火山は、当然のことながら、少なくとも地下に噴火可能なマグマが準備されるなどしなければ噴火しないのであって、特に、原決定が本件発電所において想定すべきとする阿蘇4噴火のように、大量のマグマを噴出し大規模な陥没地形を形成する巨大噴火は、マグマの地殻内への大量蓄積が必要条件であるとされる（乙455（2）

83頁)）。したがって、阿蘇4噴火のような巨大噴火は、大量のマグマが蓄積されているなど相応の状態が準備されていなければ、そもそも噴火が起こるような状態ではないと考えられる。このように、火山の状態を総合的に判断することによって、火山の活動の可能性が十分に小さいかどうか評価することは可能である。事実、阿蘇について、現在の火山学の知見から、大規模なカルデラ噴火（巨大噴火）が起こる可能性が十分小さいと判断できることは、平成30年1月31日付け補充書（1）で述べたとおりである。

したがって、現在の火山学的知見では噴火の規模や時期を的確に予測できないことを理由に阿蘇4噴火のような巨大噴火の発生可能性を十分に小さいかどうか判断することは不可能なものとして、火山ガイドに基づけば、結局、無条件に検討対象火山の過去最大の噴火規模を想定することになり、阿蘇では阿蘇4噴火を想定することになるとする原決定には明らかな誤りがある。

以下では、債務者の本件3号機に係る火山事象に関する評価が適切であることについて、阿蘇に対する評価を中心に詳細を述べる。

まず、後記1では、債務者の主張は火山事象に関連する専門的な知見も踏まえたものになるので、火山事象に関連する基本的な知見について述べる。

その上で、後記2では、原子力発電所における火山影響評価の流れと考え方について概要を述べる。

後記3では、債務者の本件3号機に係る火山事象に関する評価のうち、立地に係る評価について、阿蘇に対する評価を中心に述べる。具体的には、大倉（2017）等の最新の知見も踏まえながら、過去の活動履歴や地球物理学的調査の結果から本件発電所の運用期間中において阿蘇で大規模火碎流を伴う巨大噴火が発生する可能性は十分に小さいとの債務者の評価及び債務者が本件発電所の運用期間中に考慮する噴火規模が妥当であることについて述

べるとともに、現在の火山学的知見では、検討対象火山の活動の可能性が十分小さいと判断できないなどとする原決定の認定が誤りであることについて述べる。さらに、仮に本件発電所の運用期間中に大規模火碎流を伴う巨大噴火が発生したとしても、阿蘇4噴火の火碎流（以下「阿蘇4火碎流」という。）は本件発電所の敷地に到達しなかったので大規模火碎流が本件発電所の敷地に到達して影響を及ぼす可能性は十分に小さいこと及び阿蘇4火碎流が本件発電所の敷地に到達していないとの判断は困難とする原決定の認定が誤りであることについて述べる。

また、後記4では、原決定は、須藤ほか（2006）<sup>10</sup>で指摘されている阿蘇の地下約6kmの深さにあるマグマ溜まりからVEI6以上の噴火が生じる可能性は否定できないから、債務者の想定する降下火碎物（火山灰）の堆積厚さは過小であるとする（原決定367頁）ので、債務者の降下火碎物の堆積厚さに係る評価が妥当であること及び上記原決定の判断の誤りについて述べる。

## 1 火山事象に関連する基本的な知見について

### （1）マグマについて

ア 火山噴火は、マグマが地表面に到達することによって生じる現象である（乙456（117頁））。火山噴火の源となるマグマは、地下の岩石が溶けてできたもので、最も多く含まれる化学成分は、二酸化ケイ素（SiO<sub>2</sub>。シリカとも呼ばれる。）である。二酸化ケイ素は、マグマの種類によって含有量が異なり、マグマの粘性（粘り気）とも深い関係があるので、マグマを分類するときの基本成分となる。

10 「阿蘇火山の地盤変動とマグマ溜まり—長期間の変動と圧力源の位置—」須藤靖明・筒井智樹・中坊真・吉川美由紀・吉川慎・井上寛之、火山、51, 291-309, 2006.

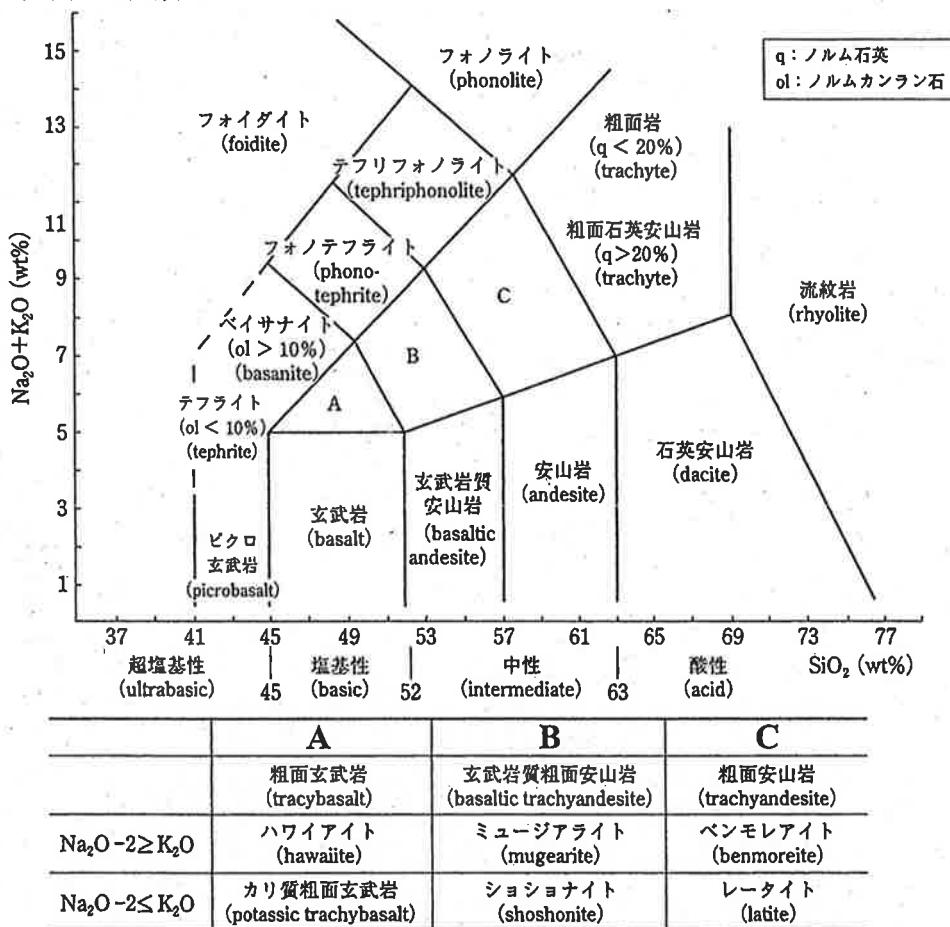
二酸化ケイ素の含有量によるマグマの分類は、マグマが冷え固まったときにできる火成岩にちなんで行われており、二酸化ケイ素の重量あたりの成分量が概ね70%以上を流紋岩質、63~70%をデイサイト質、52~63%を安山岩質（57%以下のものは玄武岩質安山岩と呼ばれることがある。）、52%以下を玄武岩質という<sup>11</sup>（図1）。一般に、マグマの温度が高いほど粘性は低くなり、マグマ内の二酸化ケイ素の量が少ないマグマほど粘性は低くなる（乙456（128頁））。

---

11 マグマは、アルカリ元素量（ $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ）の含有量によっても分類され（アルカリ元素量の少ない系列をソレアイト系列（非アルカリ系列）、多い系列をカルクアルカリ系列（アルカリ系列）という。），一般にアルカリ元素量の多いマグマほどより低温で含水量に富むとされる（乙456（111頁））が、日本列島の火山では、極端にカルクアルカリ系列なマグマはほとんど見られない。

## おもな火成岩（火山岩）

(a) 火山岩の分類\*



理科年表<sup>12</sup>から引用

図 1 主要な火山岩の化学組成による分類

マグマに含まれる成分の中で量的には非常に少ないものの、火山噴火の激しさを左右する成分に揮発性成分（水、炭酸ガス）があり、揮発性成分が多い方が爆発的な噴火になりやすい。揮発性成分の含有量は、一般的には、玄武岩質マグマの方が、デイサイト質マグマや流紋岩質マグマに比較して少ない。また、圧力が高くなるにつれてマグマ中に溶け込める揮発性成分の量は増大するため、揮発性成分は高い圧

12 「理科年表 平成28年」自然科学研究機構国立天文台編、丸善出版株式会社、2015

力がかかっている地下深くではマグマの中に溶け込めるが、地下浅部に上昇すると、マグマに溶け込んでいた揮発性成分が溶け込めなくなつて発泡する。そして、粘性の高いマグマほど、発泡した揮発性成分がマグマから抜け出しにくいことから、粘性が高く揮発性成分を多く含んだマグマほど爆発的な噴火になりやすい。一方、揮発性成分がなくなれば爆発することないので、発泡した揮発性成分が抜け出やすい粘性の低いマグマは爆発的な噴火をしにくい。（乙456（117～118頁））

したがつて、元々含まれる揮発性成分が多い傾向にあり、また、粘性が高いマグマすなわち二酸化ケイ素の含有量が多いマグマほど爆発的な噴火をしやすいといえる。

イ マグマの分類について、特にデイサイト質以上の二酸化ケイ素含有量を持つマグマは長石、石英等の珪長質鉱物の溶融物に富むため珪長質マグマともいう。逆に二酸化ケイ素含有量の少ないマグマはカンラン石、輝石等の苦鉄質鉱物の溶融物に富むために苦鉄質マグマともいう。珪長質鉱物は、ケイ素やアルミニウムなどの軽い元素、苦鉄質鉱物はマグネシウムや鉄などの重い元素に富み、このような元素の含有量の違い等を原因として、珪長質マグマの密度は低く、苦鉄質マグマの密度は高い（乙456（56頁））。

また、噴火によって地上に放出されたマグマについて、珪長質鉱物は無色鉱物、苦鉄質鉱物は緑色～褐色の有色鉱物であるため、珪長質マグマの噴出物は淡色な傾向、苦鉄質マグマの噴出物は濃色な傾向がある（乙456（61～62頁））。マグマが急速に発泡しながら爆発的に放出されると、多孔質の噴出物が生じ、デイサイト～流紋岩マ

グマでは淡色の多孔質な噴出物である軽石、玄武岩～安山岩マグマでは濃色の多孔質な噴出物であるスコリアが生じる（図2）。一般的に、デイサイト～流紋岩マグマの方が、玄武岩～安山岩マグマよりも激しい爆発を起こすから、軽石はスコリアよりもよく発泡していて密度が小さい。（乙457（96頁））



（地学図録<sup>13</sup>から引用）

図2 軽石とスコリア

## （2）噴火規模について

ア 火山災害の被害の規模や社会的影響は、火山の位置や噴火の時間帯等によって異なるため、火山災害の被害の規模や社会的影響の大きさが必ずしも噴火の規模に比例するものではない。例えば、多くの死傷者を出した1991年の雲仙普賢岳の噴火や2014年の御嶽山の噴火は、その人的被害が大きかったがゆえに、一般には「大噴火」と言われることが多いが、火山学的にみれば、これらの噴火は極めて小規模なものである（乙458（707頁））。

13 「視覚でとらえるフォトサイエンス地学図録」数研出版編集部編、数研出版株式会社、2016

イ 火山学的にみた噴火の規模を表す尺度には、様々なものがあるが、よく普及している尺度に火山灰や火山礫等の火碎物の噴出量に基づく火山爆発指数（V E I<sup>14)</sup> ）がある<sup>15)。</sup> V E I は、噴火によって生じた火碎物の体積から噴火規模を段階別に分類するもので、1回の噴火の噴出量が  $10^4 \text{ m}^3$  以下 ( $0.00001 \text{ km}^3$  以下) を V E I 0,  $10^{12} \text{ m}^3$  以上 ( $1000 \text{ km}^3$  以上) を V E I 8 として、この間を噴出量が 10 倍増えるごとに 1 段階上がるよう 7 段階に分けている。（乙 456 (119~120 頁) )

以下では、V E I について、日本列島の噴火のうち国立研究開発法人産業技術総合研究所において噴火イベントのデータベースが整備されている最近 1 万年間の噴火及び阿蘇の過去の噴火を基に、V E I 3 以上の噴火について、いくつかの例を挙げる（各噴火の後に括弧書きで示す体積は、噴出量を示す<sup>16)</sup>。なお、データベースには、噴火によって、1 日程度の爆発的な噴火の噴出量が収録されている場合と数年にわたって継続した噴火の噴出量が収録されている場合があるので、瞬間的な爆発の激しさを厳密に比較できるものではない。）。

#### ① V E I 3 (噴出量 $0.01 \sim 0.1 \text{ km}^3$ ) の例

- ・ 1932~1933 年の阿蘇山の噴火 (約  $0.013 \text{ km}^3$ )
- ・ 2000~2002 年の三宅島の噴火 (約  $0.016 \text{ km}^3$ )

14) Volcanic Explosivity Index の頭文字の略。

15) 厳密には、噴煙柱の高度や噴火様式も判断基準として考慮されるが、地質時代の噴火など古い噴火では噴煙柱の高度が分からず、噴出物の体積のみから判断されることも多い（乙 456 (119~120 頁) ）。

16) 噴出量は、原則として、産業技術総合研究所の「1 万年噴火イベントデータ集」に基づき、同データ集に収録されていない富士山及び桜島の噴火は、産業技術総合研究所の火山地質図に基づく。また、阿蘇の噴火は、第四紀火山カタログ（乙 471）及び宮嶽ほか（2003）（乙 444）に基づく。

- ・2011年の新燃岳の噴火（約0.04km<sup>3</sup>）

② V E I 4（噴出量0.1～1km<sup>3</sup>）の例

- ・1977～1982年の有珠山の噴火（約0.1km<sup>3</sup>）
- ・1914～1915年の桜島の大正噴火（約0.5km<sup>3</sup><sup>17)</sup>）
- ・1783年の浅間山の噴火（約0.73km<sup>3</sup>）

③ V E I 5（噴出量1～10km<sup>3</sup>）の例

- ・1707年の富士山の宝永噴火（約1.7km<sup>3</sup>）

- ・約3万年前の阿蘇山の草千里ヶ浜軽石の噴火（約2km<sup>3</sup>）

- ・915年の十和田の噴火（約6.5km<sup>3</sup>）

（日本の有史において確認されている噴火のうち最大規模の噴火）

④ V E I 6（噴出量10～100km<sup>3</sup>）の例

- ・約7600年前の摩周の噴火（約18.6km<sup>3</sup>）

（日本列島の最近1万年間において確認されている唯一のV E I 6規模の噴火<sup>18)</sup>）

⑤ V E I 7（噴出量100～1000km<sup>3</sup>）の例

- ・約7300年前の鬼界アカホヤの噴火（約170km<sup>3</sup>）

（日本列島の最近1万年間において確認されている唯一のV E I 7規模の噴火）

- ・約9万年前の阿蘇4噴火（600km<sup>3</sup>以上）

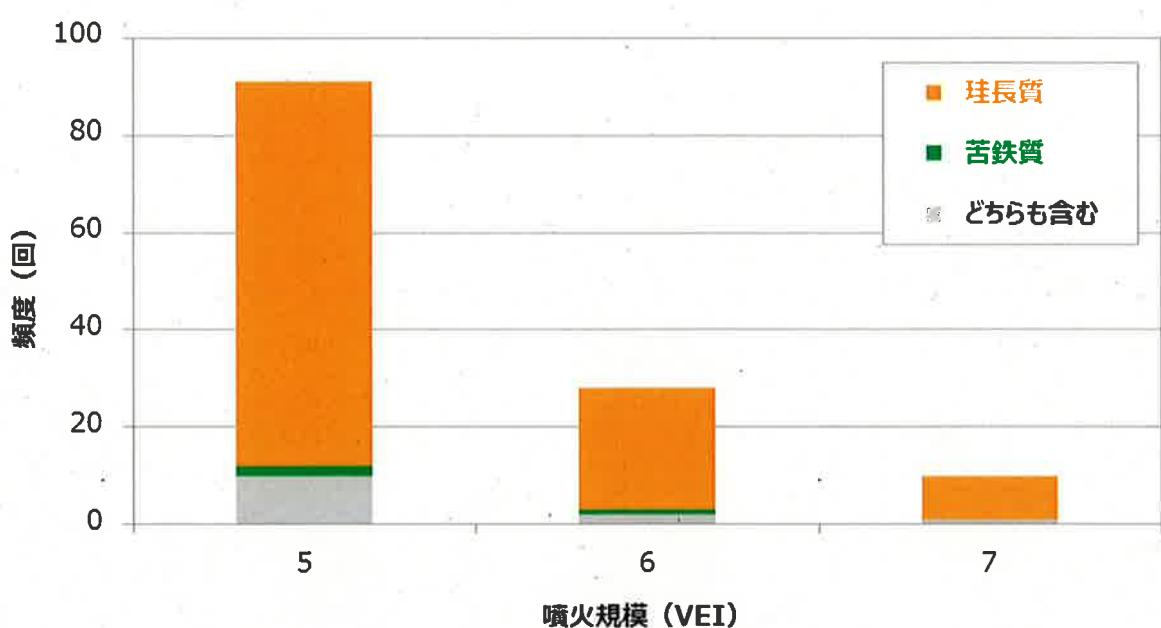
（日本列島の第四紀<sup>19</sup>において確認されている噴火のうち最大規模の噴火）

17 桜島大正噴火は大量の溶岩を噴出しておる、これを考慮するものもあるが、ここでは降下火碎物の体積に基づいている。

18 産業技術総合研究所の「1万年噴火イベントデータ集」に基づく。

19 約260万年前～現在までの期間

ウ 噴火した火山周辺だけでなく広く遠隔地にも分布する火山灰を広域火山灰というが、広域火山灰は規模の大きな噴火によって生じるので、広域火山灰から大規模な噴火の傾向を知ることができる。我が国の過去の広域火山灰の記録に基づけば、V E I 5 以上の噴火では、珪長質な噴火が占める割合が非常に高く、特に V E I 6 以上の噴火では、ほとんど珪長質な噴火である（図 3）。したがって、大規模な噴火は、珪長質な噴火が卓越しているといえる。



※ 軽石の噴出を珪長質な噴火、スコリアの噴出を苦鉄質な噴火として集計したもの  
(町田・新井 (2011)<sup>20</sup>から作成)

図 3 V E I 5 以上の噴火における珪長質／苦鉄質噴火の割合

20 「新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺] 新編第2刷」町田洋・新井房夫, 東京大学出版会, 2011.

### (3) 噴火様式について

ア 噴火様式は、噴火するマグマの粘性や揮発性成分の量等によって決まる。以下では、噴火の特徴を代表的な活火山の噴火を基に経験的に分類した噴火様式について、その概要を述べる。なお、以下の噴火様式の他に、地下水等の外来水が関係する噴火の分類として、地下のマグマの熱で熱せられた地下水が水蒸気爆発する噴火（水蒸気噴火。一般的に噴出量も小さい（乙459（26頁））。例えば、2018年1月の草津白根山の噴火（乙460）。あるいは、マグマが地下水に接触して水蒸気爆発をする噴火（マグマ水蒸気噴火。本来は穏やかな噴火をする玄武岩質マグマでも爆発的な噴火になるが、安山岩～流紋岩質マグマでは、もともと爆発的な噴火なこともあります。格段に激しい噴火になるわけではない（乙459（29～30頁）。例えば、2016年10月の阿蘇山の噴火<sup>21</sup>はマグマ水蒸気噴火の可能性が指摘されている（乙461）。）もある。

#### ① アイスランド式（割れ目噴火）

地表の割れ目から粘性の低い玄武岩質マグマが大量に噴出する噴火様式。アイスランドの玄武岩質マグマの噴火でよく見られる様式で、噴出する玄武岩質マグマは流動性に富み、しばしば大量に噴出する。（乙456（131頁））

#### ② ハワイ式

中心火口や割れ目火口から、粘性が低く揮発性成分に乏しい玄武

21 産業技術総合研究所の「1万年噴火イベントデータ集」には、2016年10月の噴火の噴出量のみの記録は収録されていないが、中岳で噴火が続いていた2014年11月～2015年2月の期間の噴出量と合計して、約0.0026km<sup>3</sup>（VEI2）とされている。

岩質マグマが噴水のように噴出する（溶岩噴泉）噴火様式。高温で活動的な溶岩流が特徴的である。噴火規模は、V E I 0 ~ 1 程度に相当することが多い。キラウエア火山などハワイの火山の噴火が典型的な例である。（乙 456 (119~120頁, 129頁, 131頁) )



(図：乙 456 に加筆, 写真：気象庁仙台管区気象台ウェブページから引用)

### ③ ストロンボリ式

比較的粘性の低い玄武岩質又は安山岩質玄武岩質マグマが火山弾<sup>22</sup>やスコリアとして間欠的に噴出する噴火様式。爆発の勢いは小さく噴出量も多くない（乙 459 (28頁)）。スラグ流となって（液体状のマグマの流れの中に、揮発性成分を比較的大きな気泡の形で含む状態となって），間欠的に小爆発を繰り返す。噴火規模は，V E I 1 ~ 2 程度に相当することが多い。（乙 456 (119~120頁, 129頁, 131~132頁) )

<sup>22</sup> 火山爆発時に噴出される平均直径が 6.4 mm を超える火碎物。（乙 147 (4頁) )



(図：乙456に加筆、写真：気象庁仙台管区気象台ウェブページから引用)

#### ④ ブルカノ式

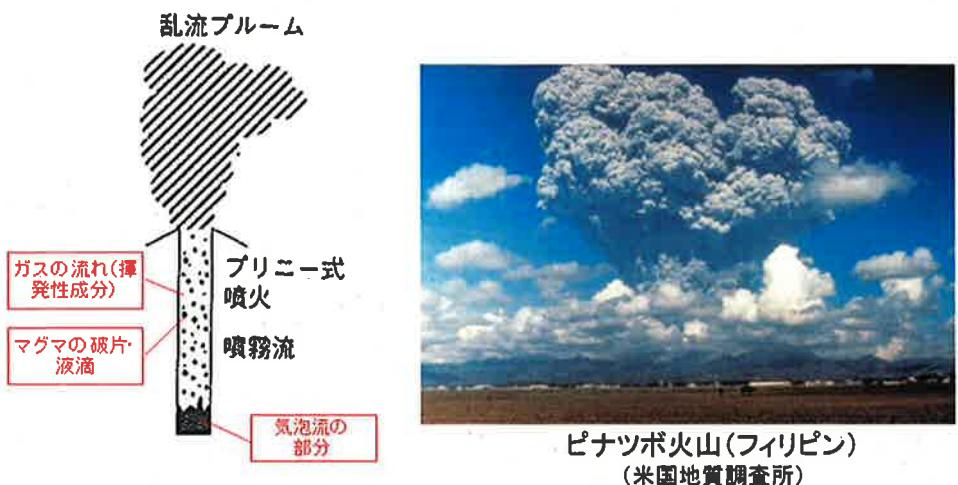
粘性の高いマグマが間欠的に爆発的噴火を起こす噴火様式。島弧の安山岩質なマグマを噴出する火山でしばしば観測される。前回の噴火ののち固結した溶岩や粘性の高いマグマなどで火口に形成された栓が、マグマから分離したガスの圧力で破壊されるなどして、単発的、瞬間的な爆発による噴火となる。噴煙柱は数kmの高さに到達する。噴火規模は、VEI 2～4程度に相当することが多い。（乙456（119～120頁、129頁、132～133頁））



(図：乙456から引用，写真：気象庁仙台管区気象台ウェブページから引用)

##### ⑤ プリニー式

揮発性成分に富むマグマが盛大に発泡して、噴霧流となって（発泡、膨張して勢いよく噴出する揮発性成分の流れの中にマグマの破片や液滴が混じった状態になって）連続的に火碎物と火山ガスを噴出する噴火様式。噴煙柱は数十kmの高さ（成層圏）にまで到達する。噴出物の主体は、軽石やスコリアであり、軽石はプリニー式噴火で典型的に見られる噴出物である。噴火規模は、VEI 3～4程度以上である。（乙456（119～120頁，129頁，133～136頁））



(図：乙456に加筆、写真：気象庁仙台管区気象台ウェブページから引用)

ブリニー式噴火は、多くの場合安山岩質～流紋岩質マグマの噴出によるものであり、玄武岩質マグマがこのタイプの噴火を行うことは稀である。特に大規模なブリニー式噴火（多くの場合デイサイト又は流紋岩質マグマの噴出）を超ブリニー式噴火、また、比較的小規模なブリニー式噴火（多くの場合玄武岩質マグマの噴出）を準ブリニー式噴火と呼ぶことがある。（乙339（8頁）、乙340）  
 イ V E I が大きな爆発的な様式の噴火ほど火道<sup>23</sup>における流れに占める揮発性成分の割合が大きくなる（例えば、③ストロンボリ式では液体状のマグマの流れの中に気泡（揮発性成分）が混じるのに対して、⑤ブリニー式では揮発性成分の流れの中に破碎したマグマの破片や液滴が混じる）（図4）ので、揮発性成分に富み揮発性成分がマグマの中から逃げにくい珪長質マグマの方が苦鉄質マグマよりも爆発的な様式の噴火になりやすいと考えられる。実際に、苦鉄質な噴火がV E I が小さく非爆発的な噴火となる傾向があるのに比較して、珪長質な噴

23 火山でマグマが地表に達するまでの通路。地表の火道の開口部は火口である。（乙147（4頁））

火はVEIが大きく爆発的な噴火となる傾向があり、VEI 5以上の大規模な噴火で珪長質な噴火が卓越していることは、上記②ウで述べたとおりであるし、同じ⑤プリニー式であっても、大規模な超プリニー式噴火では珪長質なマグマが卓越することは上記ア⑤で述べたとおりである。

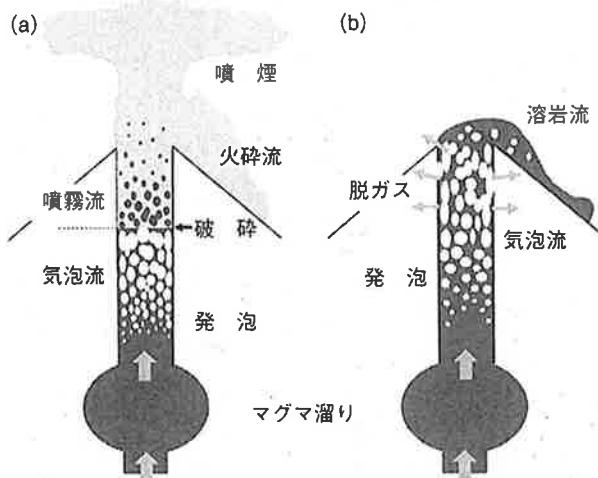


図 4.7 爆発的な噴火 ((a) プリニー式噴火) と非爆発的な噴火 ((b) 溶岩流出) における火道流の概念図 (小屋口, 2008a; 井田, 2008a)

非爆発的噴火では、マグマの上昇に伴う減圧で発生した気泡がメルトから効率よく脱ガスして分離するため、メルト中の気泡の割合は高まらず、気泡流として溶岩流を地表に流出する。一方、粘性の高いメルト中で発生した気泡はメルトから排出されず、その結果、気泡の比率が70~80%に達するとメルトの膜が破断して流動様式が気泡流から噴霧流に遷移し、爆発的な噴火に至る。

(乙456から引用)

#### 図4 爆発的な噴火と非爆発的な噴火における火道内の流れの比較

ウ 遠隔地に広がる広域火山灰は、ほとんどが⑤プリニー式の噴火による降下火碎物もしくは後述の巨大噴火に伴う大規模火碎流から発生する降下火碎物を起源としている(乙462(49~55頁))。

したがって、本件発電所のように火山から十分な離隔がある発電所

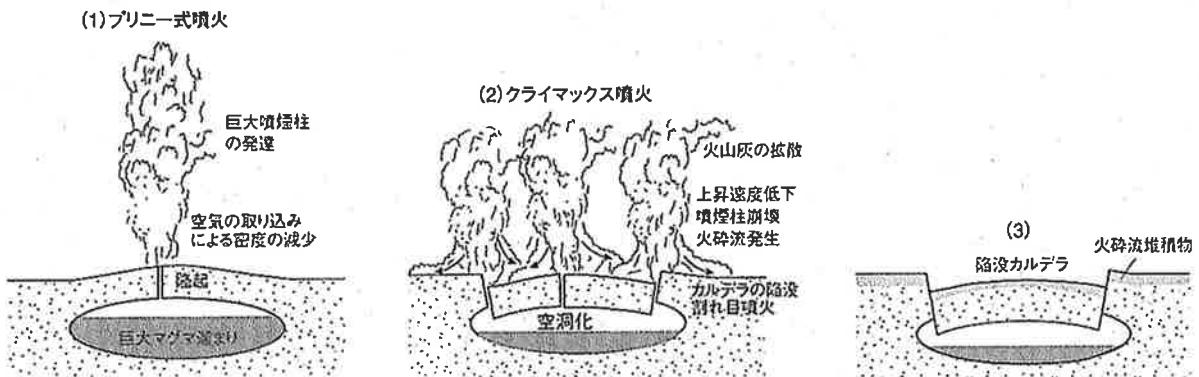
に影響を及ぼす可能性がある噴火は、プリニー式噴火もしくは後述の大規模火碎流を伴う巨大噴火（巨大噴火）である。

#### (4) 巨大噴火について

##### ア 巨大噴火の噴火規模、想定される被害及び発生頻度について

(ア) カルデラとは、直径 2 km 以上の火山性の陥没地形を指す。地形としてのカルデラには、山体崩壊等の要因で形成されるものもあるところ<sup>24</sup>、一般に破局的な噴火としてイメージされているカルデラ噴火は、大規模火碎流及び降下火碎物として膨大なマグマを短時間に噴出することによって生じた地下の空間に地表が陥没して大型のカルデラを形成させる噴火である（乙 463（1 頁）、図 5）。このような大規模火碎流を伴う巨大噴火は、およそ V E I 6 以上の巨大噴火で見られるようになり、過去の V E I 7 以上の噴火では、ほぼ例外なくこのタイプの噴火である（乙 464（109 頁）、乙 456（136 頁））。本書面では、以下、特に断りのない限り、このような大型のカルデラを形成し大規模火碎流を伴う巨大噴火をして「巨大噴火」と呼ぶ。

24 カルデラには、山体崩壊に伴って生じるもの（馬蹄形カルデラ。1980 年のセントヘレンズ山の噴火、1888 年の磐梯山の噴火に伴って形成されたカルデラ等）や玄武岩質マグマの急激な流出や移動によって生じるもの（2000 年の三宅島の噴火等）がある。珪長質マグマによって生じるカルデラには、1 個から数個の火口からの爆発的な噴火によって窪地が生じるもの（約 1.2 万年前の濁川カルデラの噴火等）と、大規模火碎流及び降下火碎物として膨大なマグマが短時間に噴出することによって生じた地下の空間に地表が陥没して形成される大型のカルデラがある。（乙 456（43～47 頁））



巽 (2016)<sup>25</sup>から引用

図5 巨大噴火のイメージ

(イ) 巨大噴火によって噴出する大量の火碎流は、広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こす。例えば、現時点で阿蘇カルデラにおいて阿蘇4噴火のような破局的噴火（VEI 7以上の巨大噴火）が起きた場合には、九州の中部以北は火碎流の直撃でほぼ全滅し、死者は1000万人を超え、北海道を含む日本列島全体が15cm以上の厚い火山灰で覆われて、家屋の倒壊が相次ぎ、また、ライフラインが機能停止するとともに食料生産も不可能となって、かろうじて生き残った人々も火山灰に覆われた日本列島から海外への避難・移住が必要となると言われる（乙287）。

(ウ) 一方で、巨大噴火は低頻度の事象であり、火山噴火の発生頻度と噴火規模の関係には負のべき乗則が認められる（乙465（143頁）、乙464（102頁））。すなわち、噴火規模が大きくなるに従って発生頻度は指數関数的に小さくなる関係が認められ、巨大噴火は日本列島全体で1万年に1回程度（甲G21（572頁））

25 「富士山大噴火と阿蘇山大爆発」巽好幸、幻冬舎新書、2016

の事象である。

イ 巨大噴火は膨大な珪長質マグマの蓄積を必要とし、そのマグマ溜まりは地下浅部に貫入すると考えられることについて

(ア) 巨大噴火の特徴は、地下数kmにあるマグマ溜まりに存在していた大量の珪長質マグマが発泡し、急激な体積の膨張とともにマグマの一部を地表に噴出するメカニズムにあるとされる(乙466)。

巨大噴火のマグマは、一般的に、珪長質マグマが主体であり、カルデラの周囲には、大量の珪長質マグマが噴出してつくった火碎流台地が広がる(乙466, 乙457(140頁))。また、巨大噴火は、VEI 6以上の規模で見られる噴火であり、過去のVEI 6以上の噴火では、珪長質な噴火が卓越している(図3)。

そして、巨大噴火は、膨大なマグマを短時間に噴出する噴火であるところ(乙463(1頁))、「珪長質マグマの移動・集積に要するタイムスケールを考えると、数10~100km<sup>3</sup>の珪長質マグマを噴火期間中に生成、集積させながら噴出させることは不可能である」ため、「あらかじめマグマを蓄積させておくことが必要である」

(乙464(104頁))し、噴火に伴って形成される大規模な陥没に見合う空間的広がりとしてのマグマ溜まりが必要であること(乙464(105頁))から、一般に、巨大噴火は、噴火に先立って地殻内部に大局的に巨大なマグマ溜まり<sup>26</sup>を形成する必要があ

26 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、層状に連結された複数のマグマ溜ま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が、このようなマグマ溜まりも含めて、大きな視点でみた集合体として、大局的に巨大なマグマ溜まりといえる。本書面では、特に断りのない限り、巨大なマグマ溜まりとは、このような大局的な意味での巨大なマグマ溜まりを指す。

ると考えられている（乙464（104～105頁），乙467）。

このように，一般に，巨大噴火が発生するには，珪長質マグマが集積した巨大なマグマ溜まりが必要であるとされる。

(イ) 一方，大規模なマグマ溜まりを地殻内に安定して定置させる場所としては，浮力中立点が考えられている。

マグマ溜まりが存在する深さは，浮力中立<sup>27</sup>で説明されることが多い。マグマの密度と周辺地殻の密度が釣り合うような深さは，マグマが安定して定置しやすい場所であり，大局的には，密度の小さい珪長質なマグマ溜まりほど浮力中立点は浅い（乙338（284頁））。浮力中立点は，マグマ溜まりが安定して定置しやすい深度であるから，「大規模なマグマ溜まりを地殻内に安定して存在させるためには，密度中立深度にマグマが貫入する必要があ」り，「大規模噴火の多くは流紋岩組成のマグマを噴出していることから，そのマグマ溜まりは深さ数km程度の浅所に貫入しているものと考えられる」（乙464（104頁））。

ウ 大型のカルデラは環状火道に沿って形成されると考えられること及びそのマグマ溜まりの天井は浅いと考えられることについて

(ア) 巨大噴火では，典型的には，マグマ溜まりの肩部で応力集中が起こり，地表に向かって環状割れ目が生じて，そこに沿ったマグマの流出が発生すると考えられている（図6）。このような環状割れ

27 一般にマグマの密度は周囲の地殻物質のそれよりも小さいが，地殻は浅部ほど密度が減少するので，ある場所でマグマと地殻の密度が等しくなり，それ以上に上昇する浮力を失ってしまう（浮力中立）地点が存在する。この地点を浮力中立点という（乙468（78頁））。一般に，玄武岩質マグマの方が珪長質マグマよりも高密度であるため，玄武岩質マグマの浮力中立点の方が深く（一般的には，地下約10km程度），珪長質マグマの浮力中立点の方が浅い（一般的には，地下約数km程度）（乙338（284頁））。

目によるマグマの流出経路を環状火道といい、地質的にも、環状に連なる岩脈とその内部を占める筒状の沈降岩体から裏付けられている（乙463（6頁））。環状火道は、巨大噴火で見られるような、マグマの高い噴出率<sup>28</sup>や大量の火碎物の噴出を可能にすると考えられている。（乙464（111頁～113頁）、乙456（137～139頁））

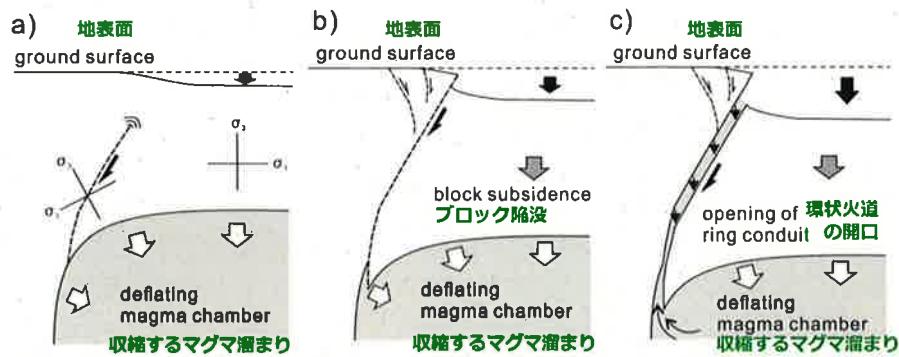


図6 カルデラ断層および環状火道形成の概略図 a) マグマ排出の初期段階。マグマ溜りを取り囲む局所的な伸張応力が発生し、環状断層が斜め方向に発達する。b) 環状断層の発達によるブロック沈降の開始。続いて、重力的な不安定さが発生し、環状断層の外側に正断層が形成される。c) カルデラブロックの沈降の進行による環状火道の開通。マグマは環状火道に侵入して地表に噴出する。

（乙464に加筆）

#### 図6 環状断層の形成とカルデラブロックの沈降

巨大噴火では、環状火道から、プリニー式噴火あるいは火碎流としてマグマが噴出することでマグマ溜まりが減圧して、天井部が重力不安定になって環状割れ目に沿って沈下することでより大量の火山灰や軽石が噴出し、その結果、地下のマグマが急激に失われるため、噴出と並んで地表が陥没し、大型のカルデラが形成されるとされている（乙456（137頁））。ちなみに、プリニー式噴火に

28 噴出率とは、単位時間あたりに噴出するマグマの量のことを指す。

加え巨大噴火で発生する大規模火碎流も噴霧流として噴出するから（乙464（112頁）），一般的に巨大噴火は，苦鉄質マグマよりも，揮発性成分に富み揮発性成分がマグマの中から逃げにくい珪長質マグマが発生させる噴火様式と言える。

(イ) 上記のような環状割れ目に沿って沈下する大型カルデラの生成機構からも，多くの巨大噴火のマグマ溜まりの天井は極めて浅いところにあり，扁平な形状を示すと考えられている（乙466）。カルデラの地表面積は噴火規模と比例することが知られているところ（乙455（287頁）），マグマや地殻を模擬した実験においても，マグマ溜まりの天井から地表面までの距離がマグマ溜まりの水平方向の広がりに比べて小さい方が大型カルデラの形成に適しているという結果が得られているし（図7，乙455（285～286頁）），開析<sup>29</sup>された古い第三紀中期中新世（約2300万年前～約500万年前）のカルデラ火山でも，これに整合する地質的な証拠が認められている（乙455（288～290頁））。

---

29 侵食作用によって地表が削られる現象。

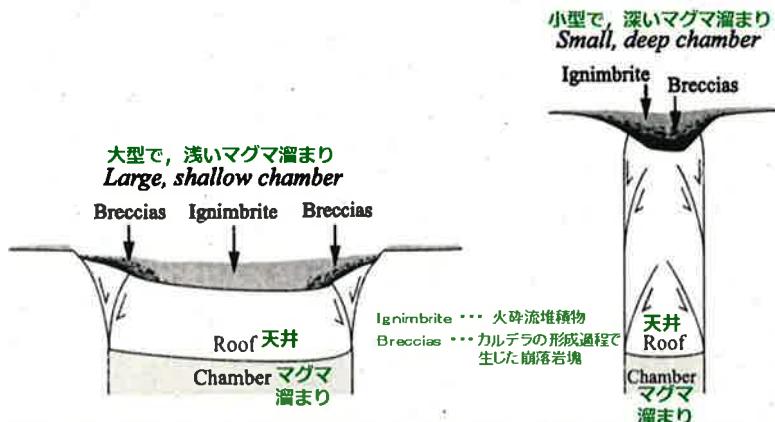


Figure 22. Schematic representation of two end-member caldera types based on the laboratory experiments. The case of a small, deep chamber might relate to some funnel calderas.  
室内実験に基づくカルデラのタイプの2つのエンドメンバーコンセプト図。小さくて深いマグマ溜まりの場合、ファンネル型のカルデラ（小型のカルデラ）に関係すると推定される。

(Roche et al. (2000)<sup>30</sup>に加筆)

図7 室内実験で得られるカルデラの基本的なタイプの概念図

## 工 小括

以上のとおり、過去のVEI 7以上の噴火は、ほぼ例外なく巨大噴火である。巨大噴火が発生するには、一般的に、珪長質マグマが集積した大きなマグマ溜まりが必要である。そして、大量のマグマを安定して蓄積することや大型カルデラの生成機構を踏まえると、巨大噴火を起こすマグマ溜まりは、地下浅部に達していると考えられている。

### (5) 火山の活動期間と活動様式の変遷について

火山は、中央海嶺などのプレート拡大境界、ホットスポット<sup>31</sup>及び海溝の発達するプレート沈み込み境界で形成され（図8），形成される場所によって活動期間等の火山の特徴は異なる。例えば、ハワイのような

30 「Experimental study of caldera formation」 O. Roche, T. H. Druitt, O. Merle, Journal of Geophysical Research, VOL. 105, NO. B1, 395-416, 2016.

31 マントル深部から高温の上昇流（ブルーム）が上昇してくる場所（ハワイ島など）。

ホットスポット火山は数百万年近くも活動が続く一方、海溝の発達するプレート沈み込み境界で形成される日本列島の火山の寿命は、一般に数万～数十万年と推定されている（乙456（33頁），乙469（78頁））。

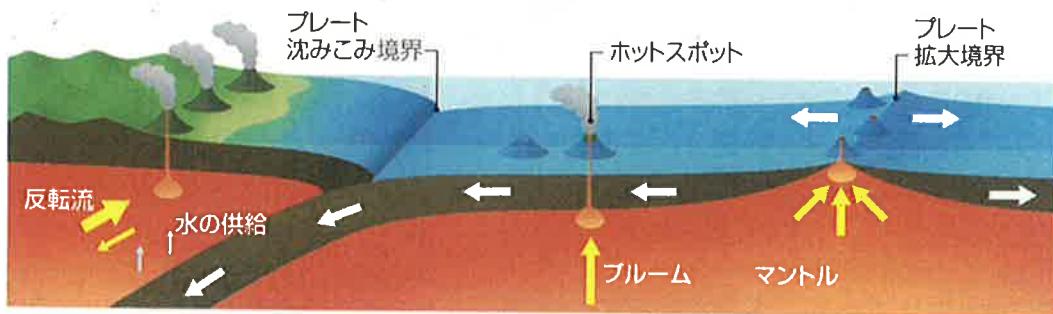


図52 マグマの発生と上昇

（数研の高校地学<sup>32</sup>から引用）

図8 火山が形成される場所

また、火山は、その全ての活動期間において必ずしも同じ様式の活動を繰り返すものではなく、活発な時期や比較的穏やかな時期といった変化があり、活動様式が時代と共に変わり得る（乙469（80頁），乙464（103頁））。

## 2 原子力発電所において考慮する火山事象の評価について

### (1) 原子力発電所において考慮すべき火山事象について

ア　噴火等の火山活動に伴って発生する火山事象は、原子力発電所に様々な影響を及ぼし得るので、火山事象に対する原子力発電所の安全を確保するためには、個々の火山事象について、原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分に小さいことを確認し、あるいは

32 「もういちど読む数研の高校地学」数研出版編集部、数研出版株式会社、2014

原子力発電所の安全性に影響を及ぼさないよう設計対応及び運転対応を行うことが必要となる。

イ 火山事象のうち、「火碎物密度流<sup>33</sup>」、「溶岩流」、「岩屑なだれ<sup>34</sup>」、地すべり及び斜面崩壊」、「新しい火口の開口」及び「地殻変動」の5事象は、設計対応及び運転対応によって影響を防止することが困難であるため、設計対応が不可能な火山事象である。このため、これら設計対応不可能な5事象に対して原子力発電所の安全を確保するためには、これらの5事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性を事象ごとに評価して、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分に小さいことを確認する必要がある。設計対応不可能な5事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を「立地評価」という。

ウ また、上記の設計対応不可能な5事象に加えて、降下火碎物、火山性地震等の上記の設計対応不可能な5事象以外の火山事象による影響のうち、原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性がある火山事象に対して、原子力発電所の安全性に影響を及ぼさないよう、設計対応及び運転対応によって原子力発電所の安全を確保する必要がある。個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性の評価を「影響評価」という。

33 火山噴火で生じた火山ガス、火碎物の混合物が斜面を流れ下る現象（①火碎流、②火碎サージ及び③ブラスト）の総称。

①火碎流：広義では、火碎物密度流と同義に用いられるが、高温の流れに限定して用いられることが多い。こうした高温流は通常、噴煙柱若しくはドームの崩壊によって形成され、急速に斜面を流れ下る。

②火碎サージ：火碎物密度流のうち、比較的流れの密度が小さく乱流性が高いもの。

③ブラスト：火山ドーム、潜在溶岩ドーム、若しくは表層熱水系の突然の減圧によって生じる側方、低角度の成分を持つ火山性爆発。

34 山体が大規模な斜面崩壊を起こし、高速で地表を流走する現象。

(2) 原子力発電所の運用期間中における活動性の評価と運用期間中に考慮する噴火について

ア 原子力発電所の火山事象に対する立地評価及び影響評価に当たっては、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出し、抽出された火山について原子力発電所の運用期間中における火山活動に関する個別評価を行う。

具体的には、原子力発電所から半径 160 km 以内の範囲の領域（当該範囲を「地理的領域」という。）に対して、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出して個別評価を行う。ただし、降下火砕物については、その影響範囲は 160 km を超える距離にある火山からの影響も否定できないので、地理的領域内の火山に限らず、原子力発電所の敷地及びその周辺調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火砕物が降下するものとし、その噴出源が将来噴火する可能性が否定できる場合は考慮対象から除外する。

イ 火山の活動性について、一般に、現代から約 1 万年前までの完新世の期間に活動した火山は、将来の活動の可能性があると考えられている<sup>35</sup>。一方、上記 1(5)で述べた日本列島の火山の寿命を踏まえると、第四紀に活動が認められない火山については、既にその活動を停止しているとみなせる（乙 469（78～79 頁））。また、第四紀に活動が認められながら完新世に活動が認められない火山については、文献調査並びに地形・地質調査及び火山学的調査によって当該火山の活動履歴を確認して、将来の活動可能性を判断する。火山活動が終息す

---

35 完新世に活動した火山が、活火山と定義されている（乙 456（32 頁））。

る傾向が顕著であり、最後の活動終了から現在までの期間が過去の最大休止期間より長い場合は、将来の活動可能性がないと評価できる。

将来の活動性があると評価される火山については、まず過去の活動履歴に基づいて評価するともに、必要に応じて地球物理学的及び地球化学的調査によって現在の火山活動の状況も併せて評価することによって、原子力発電所の運用期間中における火山活動の可能性の評価を行う。上記1(5)で述べたとおり、火山の活動様式は時代と共に変わり得るので、当該火山の噴火規模、時期、噴火タイプ等の活動様式の変遷等に基づき、今後の噴火の可能性について、適切な評価を行う必要がある（乙469（80頁））。

この点、上記第2の3(1)アで述べたとおり、原子力規制委員会は、阿蘇のように過去に巨大噴火が発生した火山の評価について、従来からの基本的な考え方を分かりやすく整理するという観点から取りまとめている。原子力規制委員会の基本的な考え方（乙453）によれば、巨大噴火の可能性評価について、巨大噴火は広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすものである一方、その発生の可能性は低頻度な事象であって、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おらず、その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ことを考慮して、現在の火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上で、火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないことが確認でき、かつ、原子力発電所の運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根拠があるといえない場合は、少なくとも運用期間中は、「巨大噴火の可能性が十分小さい」と判断できるとされている。また、

巨大噴火以外の火山活動については、その活動の可能性が十分小さいと判断できない場合には、当該検討対象火山の最後の巨大噴火以降の最大の噴火規模を用いて、火山事象の評価を行うとされている。

### 3 立地評価（阿蘇に関する評価）について

#### (1) 本件 3 号機の立地評価の概要について

債務者は、本件発電所の運用期間中に設計対応不可能な火山事象が本件発電所に影響を与えるか否かを評価するため、本件発電所の地理的領域内にある第四紀火山<sup>36</sup>について、将来の活動性や本件発電所の運用期間中の活動の可能性の有無を評価して、本件発電所の運用期間中の活動可能性を考慮すべき火山として、阿蘇<sup>37</sup>をはじめとする 5 火山<sup>38</sup>を抽出した。

債務者は、抽出した 5 火山のうち阿蘇については、後述するとおり、活動履歴や現在の活動の状況から、本件発電所の運用期間中に阿蘇の既往最大の噴火である約 9 万年前の阿蘇 4 噴火のような巨大噴火が発生する可能性は十分に小さいと判断でき、また、阿蘇 4 噴火を境に活動様式が変化していることも踏まえて、阿蘇 4 噴火後における既往最大の噴火を本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火とした。そして、この噴火によって、設計対応不可能な火山事象が本件発電所の敷地に到達して影響を及ぼす可能性は十分に小さい。したがって、本件 3 号機は、阿

36 第四紀に活動が認められる火山。

37 阿蘇カルデラ、阿蘇山、根子岳及び先阿蘇を一括して「阿蘇」と称する。

38 完新世に活動を行った鶴見岳、由布岳、九重山、阿蘇及び阿武火山群の 5 火山。完新世に活動を行っていないものの、火山活動が終息する傾向が明確でない姫島及び高平火山群について、姫島は平均活動間隔数万年に対して最新活動から約 10 万年が経過していること等から本件発電所の運用期間中に噴火する可能性はないと評価し、高平火山群は、鶴見岳の下位に位置する（鶴見岳は、高平火山群の中から成長した火山で、火山群の領域内では、少なくとも最近約 9 万年以降は鶴見岳が活動している。）ので、高平火山群の活動は鶴見岳に包含されているものと評価した。（乙 11 (6-8-4~6-8-12 頁)）

蘇の火山事象との関係において立地不適となることはない。

さらに、阿蘇における既往最大の噴火に伴う阿蘇4火碎流も含め、過去の阿蘇の巨大噴火による大規模火碎流についても検討した結果<sup>39</sup>、阿蘇の火碎流は本件発電所の敷地には到達していないので、仮に阿蘇において巨大噴火が発生したとしてもその火碎流が本件発電所の敷地に到達する可能性は十分に小さく、本件3号機が立地不適となることはない。

また、阿蘇を除く4火山については、活動履歴、活動様式等の検討の結果、本件発電所の運用期間中に考慮する噴火として、各火山の既往最大の噴火を考慮することとした。4火山で本件発電所の運用期間中において考慮する噴火は、各火山と本件発電所の敷地との距離等から、設計対応不可能な火山事象が本件発電所の敷地に影響を及ぼす可能性が十分に小さいことは明らかなので、本件3号機が火山事象との関係において立地不適となることはない。

以下では、上述した債務者の本件3号機の立地評価に関して、(2)において、本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火について、(3)において、過去の阿蘇の火碎流が本件発電所の敷地に到達していないことについて詳述する。

---

39 火山ガイドにおいては、個別評価により原子力発電所の運用期間中の火山活動の可能性が十分小さいと評価した火山であっても、設計対応不可能な火山事象が発電所に到達したと考えられる火山に対しては、噴火可能性が十分小さいことを継続的に確認することを目的として運用期間中のモニタリングが求められている(火山ガイド5(乙147(10頁))).。本件3号機に関しては、過去の阿蘇の巨大噴火による大規模火碎流を含めて検討した結果、設計対応不可能な火山事象が本件発電所に到達したと考えられる火山はないので、火山ガイド上、モニタリングは不要とされている。

(2) 本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火について

ア 本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火に係る債務者の評価について

債務者は、本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火を評価するにあたって、火山噴出物とその種類、火口の位置、噴火活動の規模・様式・時期等について文献調査、地質調査、火山学的調査<sup>40</sup>等を行い、阿蘇の活動履歴に基づく検討を行った。さらに、阿蘇では、各種機関、研究者による地震波速度構造<sup>41</sup>、比抵抗構造<sup>42</sup>、地殻変動<sup>43</sup>等に関する検討が行われており、これらの地球物理学的調査に基づく検討を加えた。すなわち、阿蘇の活動履歴に基づく検討として、阿蘇4噴火以降の火山岩の分布とそれらの組成など噴出物からの検討、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など噴火の態様からの検討等を行い、さらに、地球物理学的調査に基づく検討として、地震波速度構造等によって認められている阿蘇カルデラの地下構造、地表面の基線変化に関する検討を加え、これらの検討結果を総合的に考慮して、現在の阿蘇は巨大噴火が差し迫った状態にはない

40 例えば、堆積物として確認された火山灰について、堆積物の範囲、厚さ、量、粒径及び分散軸を示す等層厚線図と等値線図の調査を行うなど、火山性の堆積物について行う調査（火山ガイド3.2(3)（乙147(7頁)））。

41 地震探査の解析により求める地震波速度の空間分布（火山ガイド解説8（乙147(1頁)））。マグマ、熱水などの流体を含んだ領域は、岩石に対して密度が低いため地震波速度が遅くなり、低速度異常域として観測される。

42 電磁気探査により求める比抵抗（電気伝導度、絶縁性）の空間分布（火山ガイド解説8（乙147(10頁)））。高比抵抗（電気伝導度の低い物質）の中に、低比抵抗の物質が連続的に存在すると、たとえその量が少なくとも岩石全体の比抵抗が大幅に下がる。マグマ、熱水などの流体は、通電性が比較的高いので、マグマ、熱水などの流体を含んだ領域は低比抵抗域となる。

43 GPS測量等によりもとめる火山活動に伴う地殻の変形現象（火山ガイド解説8（乙147(10頁)））。例えば、火山の地下にあるマグマ溜まりの圧力あるいは体積が増大すると、火山体の膨張の地殻変動が引き起こされる。

ことなどを評価した（乙11（6-8-10頁））。

なお、原決定は、債務者の評価として、本件3号機に係る原子炉の設置変更許可申請書（乙11）に記載されている債務者の検討のうち、現在の阿蘇山の活動及び阿蘇カルデラの地下構造に関する検討を引用する一方、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ないが（原決定83頁）、原決定が引用しないこれらの検討は、債務者の様々な観点からの検討を踏まえた総合的な評価において重要な位置付けを占めるものであり、これを看過してなされた原決定は、この点だけをみても不合理と言わざるを得ない。

以下では、原決定が引用しなかった検討も含めて、債務者の評価の全体について敷衍して説明するとともに、最新の知見を踏まえても債務者の評価が合理的であることについて述べる。具体的には、後記（ア）において、阿蘇の活動履歴に基づく検討について、後記（イ）において、地球物理学的調査に基づく検討について、それぞれ最新の知見も踏まえつつ述べ、これらの検討結果を総合的に考慮すれば、本件発電所の運用期間中において阿蘇で巨大噴火が発生する可能性は十分に小さいと評価できること、債務者が本件発電所の運用期間中において考慮する阿蘇の噴火は妥当であることについて述べる。

（ア） 阿蘇の活動履歴及び活動履歴に基づく検討について

a 阿蘇の活動履歴の概要について

阿蘇では、約27万年前に阿蘇1噴火が、約14万年前に阿蘇2噴火が、約12万年前に阿蘇3噴火が、約9万年前に阿蘇4噴火があり、いずれも巨大噴火とされている（乙437）。巨大噴

火の前には、巨大なマグマ溜まりが形成され、珪長質マグマが存在していたと考えられている<sup>44</sup>（乙470）。これらの巨大噴火のうち、阿蘇1噴火～阿蘇3噴火に伴う火碎流堆積物の分布は九州に留まる（乙11（6-8-8頁））ので、これらの巨大噴火の火碎流が本件発電所の敷地へ到達していないことは明らかである。一方、阿蘇4火碎流堆積物は、阿蘇1噴火～阿蘇3噴火の火碎流堆積物よりも広く分布し、山口県においても確認されている。阿蘇4噴火は、阿蘇の既往の巨大噴火の中でも突出して大きく（第四紀火山カタログ<sup>45</sup>によれば、火碎物の体積は、阿蘇1噴火50km<sup>3</sup>、阿蘇2噴火50km<sup>3</sup>、阿蘇3噴火150km<sup>3</sup>に対して、阿蘇4噴火600km<sup>3</sup>とされる（乙471）。），さらに、第四紀と呼ばれる過去約260万年間に日本列島で起こった噴火の中でも最大規模の噴火とされる（乙437）。上記1(4)ア（ウ）で述べたとおり、巨大噴火は低頻度事象であるところ、火山噴火の発生頻度と噴火規模の関係には負のべき乗則の関係がみられるので、日本列島全体でみても阿蘇4噴火と同規模の噴火は、巨大噴火の中でも稀な、特に低頻度の事象であるといえる。

現在の阿蘇カルデラ内には、阿蘇4噴火直後に活動を開始した火山の複合体である中央火口丘群がほぼ東西に配列している（乙474（1189頁））。これら中央火口丘群を阿蘇山と呼ぶ。

44 阿蘇1噴火～阿蘇4噴火のいずれも、初期は珪長質で、噴火活動の後半には苦鉄質マグマが噴出したとされている（乙472（178頁））。阿蘇2噴火～阿蘇4噴火は、大局的に上部に珪長質マグマ、下部に苦鉄質マグマが密度的に安定成層した層状マグマ溜まりがあったと考えられており（乙473）、阿蘇1噴火でも同様の可能性がある（乙472（187頁））。

45 「日本の第四紀火山カタログ」、第四紀火山カタログ委員会編、1999

阿蘇の活動履歴について、本書面では、阿蘇1噴火以前の期間を先カルデラ期、阿蘇1噴火から阿蘇4噴火までの期間をカルデラ形成期、カルデラ形成期後現在に至るまでの期間を後カルデラ期とそれぞれ呼ぶ（図9）。



図9 阿蘇の活動履歴

#### b 阿蘇の活動履歴に基づく検討について

債務者は、阿蘇の活動履歴に基づく検討において、過去の巨大噴火の頻度を踏まえた上で、阿蘇の活動履歴に基づき、後カルデラ期の噴出物からの検討及び後カルデラ期の噴火の態様からの検討、さらには、巨大噴火の前兆現象に係る知見も踏まえた検討を行った。以下では、上記の債務者が行った阿蘇の活動履歴に基づく検討について詳細を述べる。

(a) 後カルデラ期の噴出物に基づく検討によれば、巨大噴火のマグマ溜まりは存在しないし、後カルデラ期のマグマの生成の状況はカルデラ形成期と状況が異なると考えられることについて

① 後カルデラ期においては、多様な岩質のマグマが活動しているが、その噴出物の種類ごとの活動分布から、カルデラ中

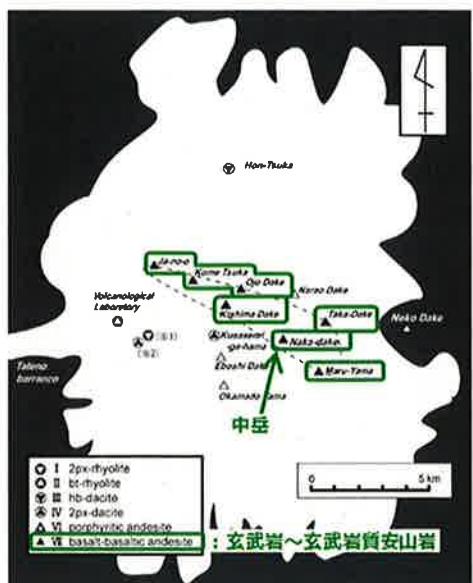
中央において玄武岩質マグマが活動し、その周囲で珪長質マグマが活動しているという傾向がある(乙341(282頁), 図10)。

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<sup>46</sup>、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ている((乙341(282~283頁), 乙470(99頁), 乙468(141頁))。

後カルデラ期のカルデラ中央部で玄武岩質マグマが活動する傾向は、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ていないと考えられる。

---

46 玄武岩質マグマは珪長質マグマよりも相当程度高密度なので高速度で供給されても上昇は限定的で、珪長質の粘性の効果で混合もしにくい(乙475)。



(乙341に加筆)

図10 後カルデラ期における玄武岩質マグマの活動分布

② また、後カルデラ期を通してみれば多様な岩質のマグマが活動しているものの、最近1万年前以降は玄武岩質の噴火が卓越して活動している。すなわち、阿蘇山で噴出した溶岩に基づく検討によると、阿蘇4噴火後の阿蘇には噴火頻度が高い時期が3回あり、2万年前まではこのような噴火頻度の高い時期には珪長質マグマの噴出量が大きくなったのに対して、1万年前以降は噴火頻度の高い時期も含めて玄武岩質の噴火が卓越しており（乙476（72頁）），最近1万年間の活動は、主にカルデラ中央部における玄武岩質マグマの活動によって特徴づけられる（乙470（99頁），乙476（72頁））。

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。つまり、近年の阿蘇カルデラの地下では、大規模な珪長質マグマの蓄積がないと考えられる（乙476（72頁））。

③ さらに、噴出物に含まれる微量元素であるストロンチウムの同位体比はマグマの成因の違いを示す指標となるところ<sup>47</sup>、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はカルデラ形成期と異なる。また、後カルデラ期の珪長質な噴出物は、ストロンチウム等の含有率がカルデラ形成期の珪長質な噴出物を含む他の阿蘇の噴出物と異なる傾向を示し、この傾向の違いもまたマグマの成因の違いを示唆する<sup>48</sup>（乙477（6-10頁）、乙478（117～118頁））。ストロンチウム同位体比の違いとストロンチウム等の含有率の傾向の違いを併せて考えれば、阿蘇4噴火によるカルデラの形成を境に火山直下のマグマ供給系に大きな変化があったことが推察されるとともに（乙477（6-14頁）），後カルデラ期のマグマの生成の状況は、先カルデラ期あるいはカル

47 火山噴出物に含まれる微量元素のストロンチウムについては、含有量が異なっても、その同位体比（同じ元素であっても質量の異なる複数の種類（同位体）が存在する。ここでは、ストロンチウムの同位体のうちSr87とSr86の比率）は、マントルの部分溶融やマグマの結晶分化の度合いには影響されない。このため、ストロンチウムの同位体比は、マグマの起源物質の推定、すなわち、マグマの成因の違いを推定する指標として用いられている（乙477（6-3～6-4頁））。後カルデラ期の噴出物は、幅広いストロンチウム同位体比を持つため、複数の小規模なマグマ溜まりの存在を示唆する（乙470（99頁））。

48 ストロンチウムは火山岩に含まれる鉱物のひとつである斜長石の結晶に入り込みやすい元素（適合元素）であるため、ストロンチウムの含有率が低い傾向を示す（1/Sr値が高い）ことは、マグマから斜長石が結晶化して分別された（斜長石の結晶化に伴ってマグマの液体部分に含まれるストロンチウムが減る）ことを示唆する（乙478（117頁））。珪長質マグマは様々な成因で生成され得るが、後カルデラ期の珪長質マグマはストロンチウムについて負異常を示すため、生成される過程で斜長石の結晶化、分別を伴ったと考えられる（乙477（6-13頁））。

デラ形成期の状況と異なると考えられる。（乙470（98頁））

④ そして、後カルデラ期は、阿蘇山全体としては多様な岩質の噴出物を噴出しているところ、このように後カルデラ期に多様な岩質の噴出物が噴出した理由は、カルデラ形成期の大規模マグマ溜まりが、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分割され、後カルデラ期には新たに複数の独立した小規模マグマ溜まりが形成された結果と考えられている（乙341（270頁））。

上記③のとおり、阿蘇4噴火によるカルデラの形成を境に火山直下のマグマ供給系に大きな変化があったと推察されること、上記③のストロンチウムの同位体比について、後カルデラ期の特徴は多様な成因のマグマの活動を示していること。などからも、阿蘇4噴火のマグマとは独立して新たに複数の独立した小規模マグマ溜まりが活動したと考えられる（乙479、乙470（99頁））

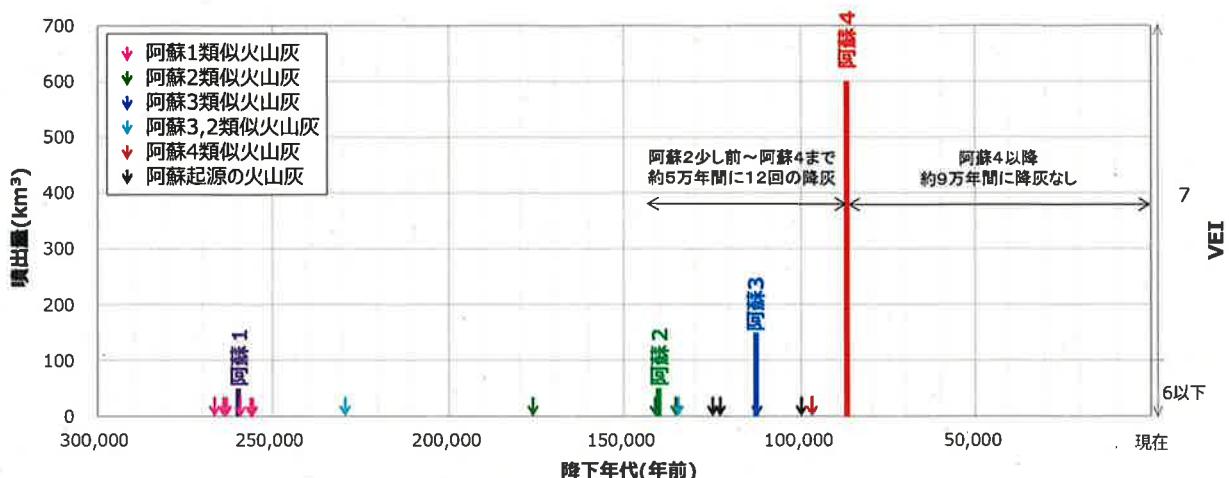
⑤ 後カルデラ期の噴出物に関して以上の点を踏まえれば、後カルデラ期には、巨大噴火において想定されるような、大規模な珪長質マグマ溜まりは存在しないと考えられる。

また、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っていることから、カルデラ形成期以前と後カルデラ期では火山活動の状況が大きく異なると考えられる。

(b) 噴火の態様は、後カルデラ期とカルデラ形成期で異なるこ

とについて

① 火山の近傍では、古い時代の噴出物は埋積され、地表付近に分布するのは比較的新しい噴出物のみであり、特に大規模噴火を起こした火口近傍では、最新の噴火期の噴出物が厚く堆積しているため、火山の噴火履歴（噴火史）を調べるには火山の遠方での調査が適しているとされる（乙459（101頁））。四国の宇和盆地は、連続性の良い堆積層中に、九州における大規模な噴火が降下火山灰として高精度に記録されている（乙480（4頁）、乙481）国内屈指の場所であり、九州の火山噴火史を知る上で重要な地域である（乙482（4頁））。この堆積記録には、約27万年前の阿蘇1噴火頃以降の阿蘇起源の火山灰が宇和盆地に多数降灰しており（図11），阿蘇1噴火～阿蘇4噴火に伴うそれぞれの火山灰の堆積層よりも古い時代の堆積層に、それぞれの巨大噴火の火山灰と化学組成が類似する火山灰が狭在する。この化学組成が類似する火山灰は、狭在する堆積層の時代から、巨大噴火の数万年程度前に類似の組成のマグマが相当程度大規模に噴出したことを示している（乙481（17～18頁））。



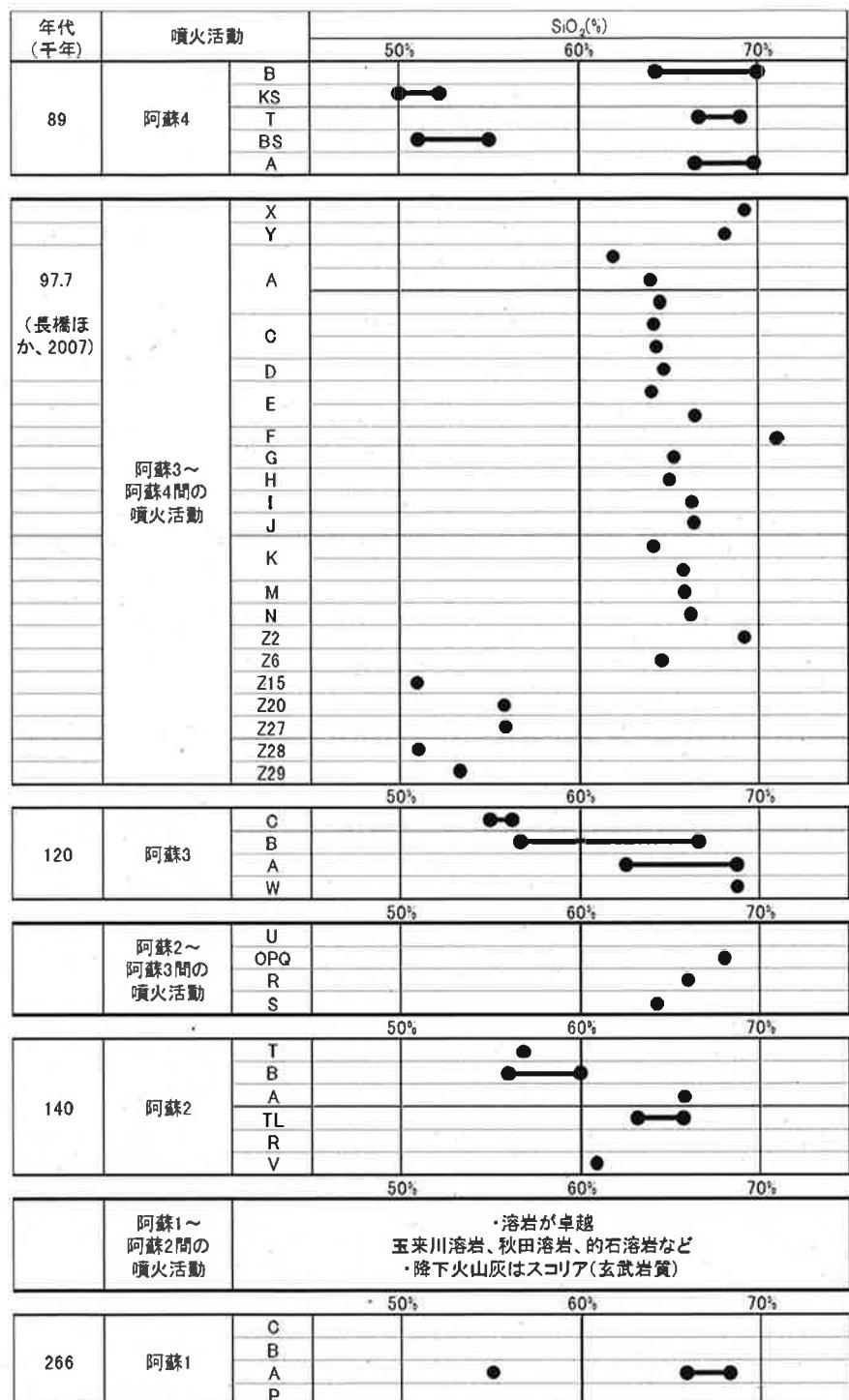
(乙481から作成、巨大噴火の噴出量は乙471を参照)

図11 宇和盆地に降下した阿蘇起源の火山灰

遠方で確認できる火山灰層は、大規模噴火の火山灰層である（乙459（102頁））。遠方まで火山灰を到達させる噴火は噴煙柱が高く立ち上がるプリニー式噴火あるいは巨大噴火であり、阿蘇と宇和盆地の位置関係を考慮すると、宇和盆地に堆積物として残る層厚の火山灰を噴出した阿蘇の噴火は、相当程度大規模な噴火であったことが推定される。カルデラ形成期には、阿蘇起源の火山灰の降灰が複数確認され、特に阿蘇2噴火の少し前から阿蘇4噴火の間の約5万年間に宇和盆地に阿蘇起源の火山灰が12回降灰していることから、相当程度大規模な噴火が繰り返されたことが推定される。

また、阿蘇カルデラ近傍で比較的多くの噴出物が確認されている阿蘇2噴火後の噴火について、阿蘇2噴火から阿蘇3噴火の間に発生した噴火は、ディサイト組成で阿蘇2噴火後から阿蘇3噴火前にかけて、より珪長質な組成に変化する傾

向、すなわち爆発的な噴火をしやすいマグマを噴出する傾向にあったとされている。阿蘇3噴火から阿蘇4噴火の間の噴火についても、多くの噴出物が確認されており、阿蘇3噴火後から阿蘇4噴火前にかけて、苦鉄質な噴火から珪長質な噴火に移行し噴火の規模が大きくなっていく傾向にあったとされている（図12、乙483、乙484）。



(乙482から引用)

図12 阿蘇1噴火～阿蘇4噴火における  
噴出物の二酸化ケイ素の含有量の変化

② これに対して、後カルデラ期になると、阿蘇山は 2500 年に 1 回程度の頻度で、珪長質な噴火による典型的な噴出物である軽石を噴出する噴火を繰り返し、そのうち V E I 4 以上の規模の大きい噴火は 1 万年に 1 回程度の頻度で発生していた（乙 444（209～212頁））。そして、次第に軽石の噴出が減少する傾向が認められ、約 3 万年前以降は V E I 4 以上の珪長質な噴火は認められない（図 13）。また、最近 1 万年前以降は爆発的な噴火を起こしにくい玄武岩質の噴火が卓越して活動しており、上記 (a) ② で述べたとおり、近年の阿蘇は珪長質マグマの生産率が減少しているとされる（乙 341（282 頁）、乙 476（72 頁））。すなわち、後カルデラ期の噴火は、時代が新しくなるにつれ、珪長質な噴火が減っていく傾向があり、現在、阿蘇山で活動している中岳は、玄武岩～安山岩質の成層火山で、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（乙 474（1189 頁、1195～1201 頁））。

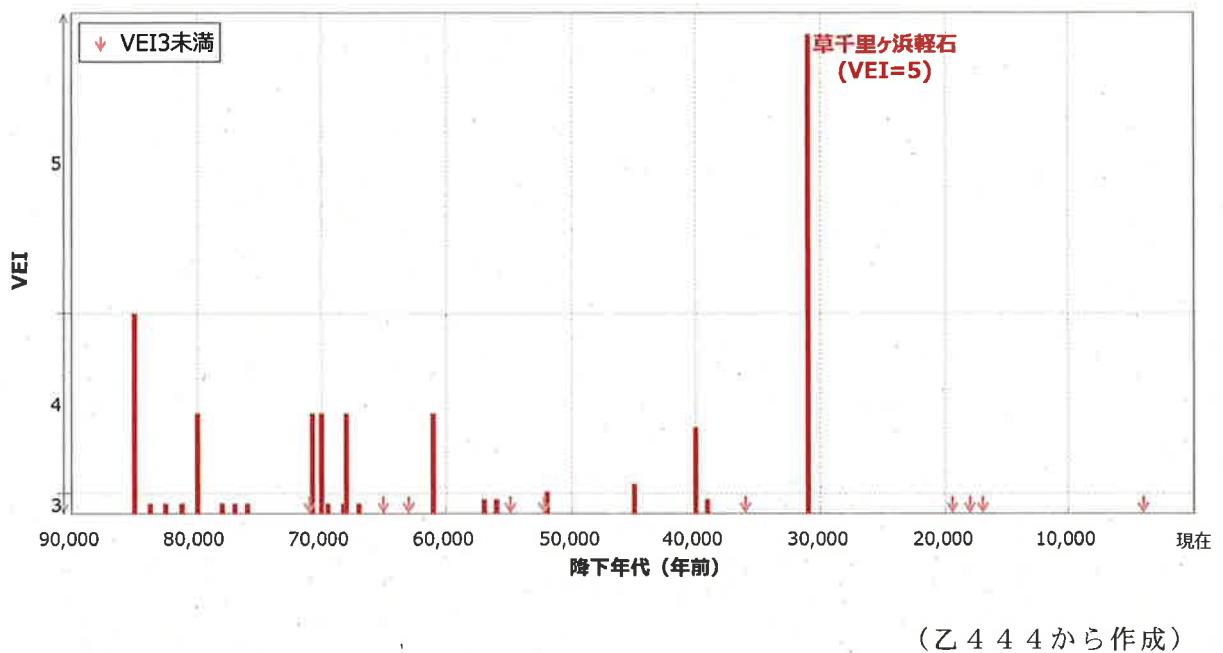


図 13 後カルデラ期の軽石噴出履歴（珪長質マグマの活動）

宇和盆地の堆積物は、阿蘇4噴火以前だけでなく、阿蘇4噴火より新しい時代についても連続性がよいが、この堆積物の記録を分析したTsuji et al. (2017)<sup>49</sup>によると、カルデラ形成期に阿蘇起源の降灰が多数示されているのに対して後カルデラ期の阿蘇起源の降灰は示されていない（図11、乙481）。このカルデラ形成期と後カルデラ期の阿蘇起源の降灰の違いからは、後カルデラ期以降、宇和盆地に顕著な降灰をもたらすような、相当程度大規模な噴火が少なくなったと考えられる。

<sup>49</sup> 「High resolution record of Quaternary explosive volcanism recorded in fluvio-lacustrine sediments of the Uwa basin, southwest Japan」 Tomohiro Tsuji, Michiharu Ikeda, Akira Furusawa, Chisato Nakamura, Kiyoshi Ichikawa, Makoto Yanagida, Naoki Nishizaka, Kozo Ohnishi, Yuki Ohno, Quaternary International, 1-20, 2017.

後カルデラ期の噴火活動はカルデラ形成期と比較して低調にとどまっていることに関して、宇和盆地において後カルデラ期の約9万年間に降灰が示されていないことは、カルデラ形成期の単純平均で約1万年に1回程度の降灰間隔からは大きく外れている。このように宇和盆地における火山灰の堆積記録に、カルデラ形成期と後カルデラ期で大きな差が生じていることは、統計学的に見ても、たまたま降灰間隔に大きなばらつきが生じていると解釈するよりも、カルデラ形成期と後カルデラ期で噴火活動に相当な変化があったと解釈する方が妥当である（乙485（4頁））。

したがって、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ことから、カルデラ形成期以前と後カルデラ期では、阿蘇の活動性が異なっていると考えられる。

③ ところで、南九州のカルデラ火山（姶良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界カルデラ）の活動様式の変遷に関する知見であるNagaoka (1988)<sup>50</sup>によると、南九州のカルデラ火山では、大規模火碎流サイクルの前の10万年間にいくつかのプリニー式噴火サイクルが間欠的に発生したプリニー式噴火ステージがあったとされ、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

---

50 「The late quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around kagoshima bay, southern kyushu, japan」 Nagaoka, S., Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 23, 49-122, 1988.

ージがあったとされる。このNagaoka (1988) を参考に、上記の阿蘇の噴火の態様をNagaoka (1988) の噴火ステージにあてはめると、多様な噴火様式の小規模噴火を繰り返している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。

そして、上記1(2)ウで述べたとおり、VEI 5以上の噴火では珪長質な噴火が卓越しているところ（図3），後カルデラ期の阿蘇は、珪長質な噴火について、次第に減少する傾向が認められ、約3万年前以降はVEI 4以上の噴火は認められない。また、上記(b)②で述べたとおり、現在の阿蘇は玄武岩質の噴火が卓越して珪長質マグマの生産率が減少しており（乙476（72頁）），カルデラ形成期にあった大規模なプリニー式噴火が多発するような状態への移行を示唆するような傾向はなくむしろ逆の傾向にあり、まして巨大噴火の発生を示唆するような傾向はない。

④ 以上のとおり、後カルデラ期における噴火の態様は、カルデラ形成期における噴火の態様とは異なっている。

そして、現在の阿蘇の噴火活動は、カルデラ形成期における大規模なプリニー式噴火が多発するような態様への移行を示唆するような傾向はなくむしろ逆の傾向にあるし、まして巨大噴火を示唆するような傾向もない。

(c) 巨大噴火の前兆現象とされる事象がないことについて  
2018年1月の草津白根山の噴火などマグマを噴出しない水蒸気噴火のような極小規模な噴火は別として、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（乙457（167頁））。

このような前兆現象に関して、巨大噴火について研究した成果として、カルデラ噴火の研究を行ってきた小林哲夫鹿児島大学名誉教授による小林（2017）<sup>51</sup>がある。小林（2017）は、阿蘇4噴火の前兆的噴火としての高遊原溶岩、阿蘇2噴火の前兆的噴火としての玉来川溶岩とともに他のカルデラ火山において多くの事例を示し、カルデラ噴火の前兆現象として数百年前にカルデラ噴火と組成の類似する珪長質マグマの流出的噴火が発生すると推定している（ただし、珪長質マグマの流出的噴火に加えて、急激な地盤の上昇なども伴うとする。）。そして、現在の阿蘇においてそのような前兆現象は認められないとから、今後の数百年以内にカルデラ噴火が発生することはないだろうと述べている。（乙463（35頁））

ちなみに、小林（2017）の見解は、マグマが数十万～数万年という長い年月をかけて蓄積され、地殻の中～上部に巨大な岩体、すなわちマグマ溜まりを形成するというモデルに基づく推定であり（乙463（33～35頁）），阿蘇1噴火～阿蘇4噴火に先行する火山灰などから巨大噴火の数万年以上前に類似の組成のマグマを噴出させることを示した前述の宇和盆地の火山灰記録（乙481（17～18頁））とも整合的な知見である。

---

51 「カルデラ噴火の前兆現象に関する地質学的研究」小林哲夫、平成29年度原子力規制庁請負調査報告書、2017

### c 活動履歴に基づく検討結果について

以上のとおり、阿蘇の活動履歴の検討からは、現在の阿蘇は、巨大噴火が起こるような状態ではないと考えられる。

すなわち、巨大噴火では、一般的に巨大な珪長質マグマ溜まりが想定されるが、上記 b (a) で述べたとおり、後カルデラ期の噴出物からの検討によれば、そのような巨大な珪長質マグマ溜まりは想定されない。具体的には、阿蘇カルデラ内の玄武岩マグマの噴出物と珪長質マグマの噴出物の分布関係から後カルデラ期には巨大な珪長質マグマ溜まりが存在しないと考えられること（上記 b (a) ①）、1万年前以降の玄武岩質の噴火の卓越から珪長質マグマの生産率は減少して大規模な珪長質マグマの蓄積がないと考えられること（上記 b (a) ②）、噴出物の岩質の多様性等から後カルデラ期には複数の独立した小規模マグマ溜まりが形成されたと考えられること（上記 b (a) ④）から、後カルデラ期には巨大な珪長質マグマ溜まりは存在しないと考えられる。また、マグマの成因の違いの指標となるストロンチウム同位体比の特徴や噴出物に含まれる微量元素の特徴の違いからは、マグマの生成の状況はカルデラ形成期以前と後カルデラ期で異なると考えられる（上記 b (a) ③）。

また、上記 b (b) で述べたとおり、後カルデラ期の噴火の態様からの検討によれば、カルデラ形成期は大規模な噴火が繰り返し発生していたのに対し（上記 b (b) ①）、後カルデラ期の噴火活動は、カルデラ形成期と比較して、噴火の規模が明らかに小さくなっており、カルデラ形成期と後カルデラ期では阿蘇の活動性が

異なっていると考えられる（上記 b (b) ②）。また、後カルデラ期は、珪長質な噴火が減少傾向で、カルデラ形成期にあった相当程度大規模なプリニー式噴火が多発するような状態への移行とは逆の傾向にあり、まして巨大噴火の発生が示唆されるような傾向もない（上記 b (b) ③）。

そして、上記 b (c) で述べたとおり、巨大噴火の前兆現象に関して研究した知見があるところ、現在の阿蘇においてそのような前兆現象は認められず、阿蘇では巨大噴火の発生が示唆されるような状況にはない。

#### (イ) 地球物理学的調査に基づく検討について

阿蘇では、これまでに各種機関によって、阿蘇の地下構造に係る地球物理学的調査が、阿蘇カルデラ内の広い範囲で行われている（図 14）。以下、地球物理学的調査に基づく評価について詳述する。

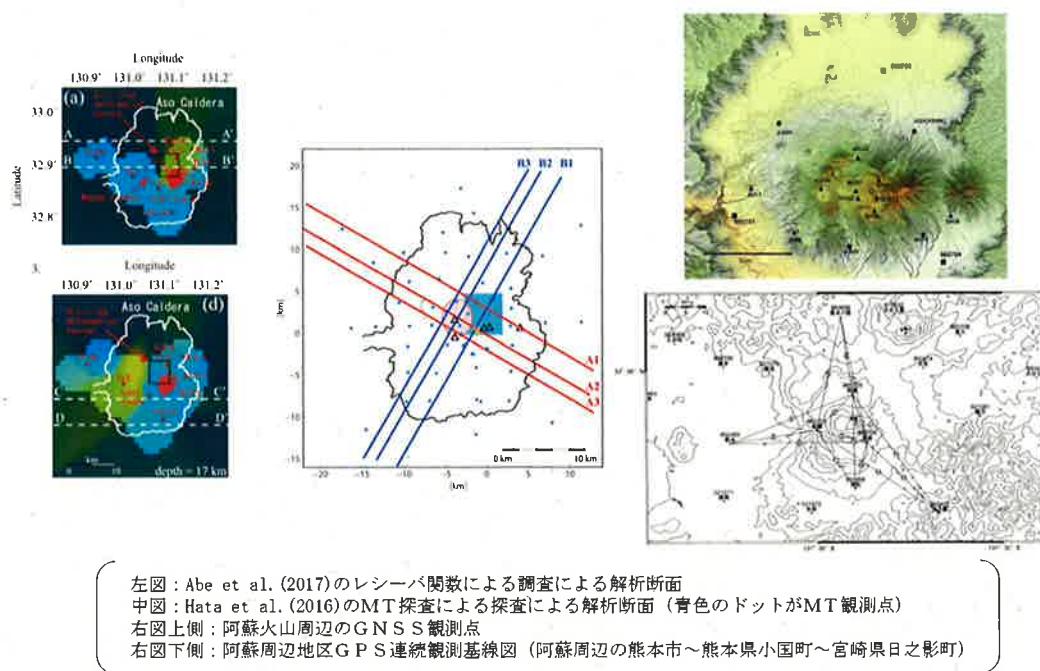


図 1-4 阿蘇カルデラ内における地球物理学的調査の例

a 阿蘇の地下に巨大噴火を起こすようなマグマ溜まりは存在しないと考えられることについて

(a) 巨大噴火が発生するためには、上記 1(4)で述べたとおり、一般的に、地下浅部に達し、珪長質マグマが集積した、巨大なマグマ溜まりが必要であると考えられている。

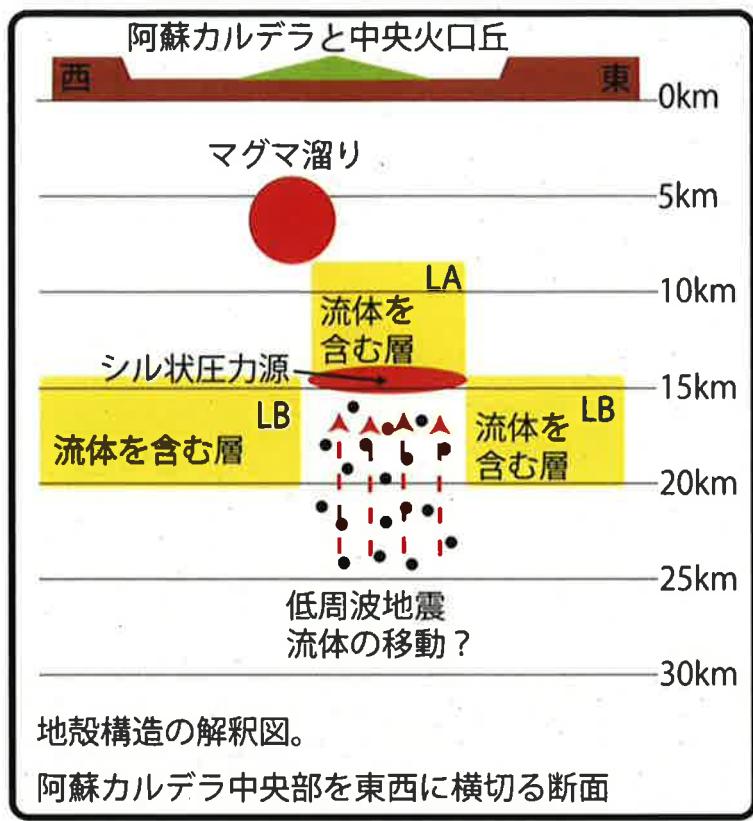
(b) 阿蘇の地下構造について、浅部には、中岳から約 3 ~ 4 km 西の草千里付近の地下約 6 km 付近に地震波低速度領域<sup>52</sup>が認められている。この地震波低速度領域は、水準測量から求めた圧

52 地震波は、温度が比較的低い岩盤等を通るときは速度が速く、岩盤が一部融解するなどして温度が比較的高い岩盤や、熱水やマグマ等の液体が多く含まれている岩盤等を通るとときは速度が遅い（乙 4-8-6 (4 頁)）。地震波低速度領域は、地震波速度が周辺より相対的に遅い領域であり、溶融したマグマあるいは熱水が存在する可能性がある（乙 4-3-8 (21 頁)）。

力源<sup>53</sup>の位置とほとんど一致することから、須藤ほか（2006）は、中岳から約3～4km西の草千里付近の地下約6km付近にマグマ溜まりが存在すると推定している（甲G2（300～303頁））。以下、この須藤ほか（2006）以降の各種の知見で示されている草千里付近の地下約6km付近のマグマ溜まりを「地下約6kmのマグマ溜まり」という。）。阿蘇の地下浅部には、地下約6kmのマグマ溜まりを除いて、マグマ溜まりを示唆する顕著な地下構造は確認されない（図15。赤色の円で示されたマグマ溜まりが地下約6kmのマグマ溜まりに対応する。）。

---

53 圧力源は、隆起や沈降の変動源であり、マグマ溜まりの存在を示すとされる。



(乙438から引用)

図15 阿蘇カルデラの地下構造

(c) そして、地下約6kmのマグマ溜まりから活動している中岳火口まで何らかの比較的堅牢な通路が常時確保されており、地下約6kmのマグマ溜まりは、中岳の火山活動の供給源と考えられている（甲G2（303頁））。

地下約6kmのマグマ溜まりが中岳の火山活動の供給源と考えられることは、中岳からみて地下約6kmのマグマ溜まりの方向である中岳の西方で火山ガスの噴出と関連する火山性微動が観測されることや、中岳の火道が中岳から西に向かって傾斜していることとも整合的である（乙487）。

さらに、最新の知見として、2004年から2017年までのG P S 基線長は、地下約6kmのマグマ溜まりの直上をはさむ基線長が中岳の噴火に対応して変化している（乙438（23～24頁））。また、InSAR観測<sup>54</sup>で捉えたカルデラ内の広域的な沈降からのモデル計算によると、地下約6kmのマグマ溜まりとほぼ整合する領域にマグマ溜まりが推定されるとともに（乙488（9頁）），中岳へつながる開放的な火道への脱ガスがカルデラの収縮に重要な役割を果たすことが示されている（乙488（11頁））。さらに、阿蘇カルデラ内における最近のMT探査<sup>55</sup>結果からも、地下約6kmのマグマ溜まりとそこから中岳へつながる火道が推定されるなど、地表の中岳と地下のマグマ溜まりの関係が示されている（乙489（10，725～10，727頁））。以上のとおり、複数の科学的データに基づく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。

(d) 地下約6kmのマグマ溜まりを供給源とする中岳の火山活動は玄武岩質マグマが主体であり、地下約6kmのマグマ溜まりに蓄積されているマグマは玄武岩質マグマと考えられていることから、「少なくとも現在のカルデラ直下の地殻浅部には、カルデラ形成噴火時のような大規模珪長質マグマは蓄積されていない

54 InSAR（干渉合成開口レーダ。Interferometric Synthetic Aperture Radar）。人工衛星に搭載したSAR（合成開口レーダ）を用いて同一地点を2回観測し、2回の観測データの差をとることにより地表の変位を測定する技術。

55 MT観測（地磁気・地電流法。Magnetotelluric observation）。電気伝導度の違い（比抵抗構造）を調査して地下に存在する流体などの存在を調査する技術。

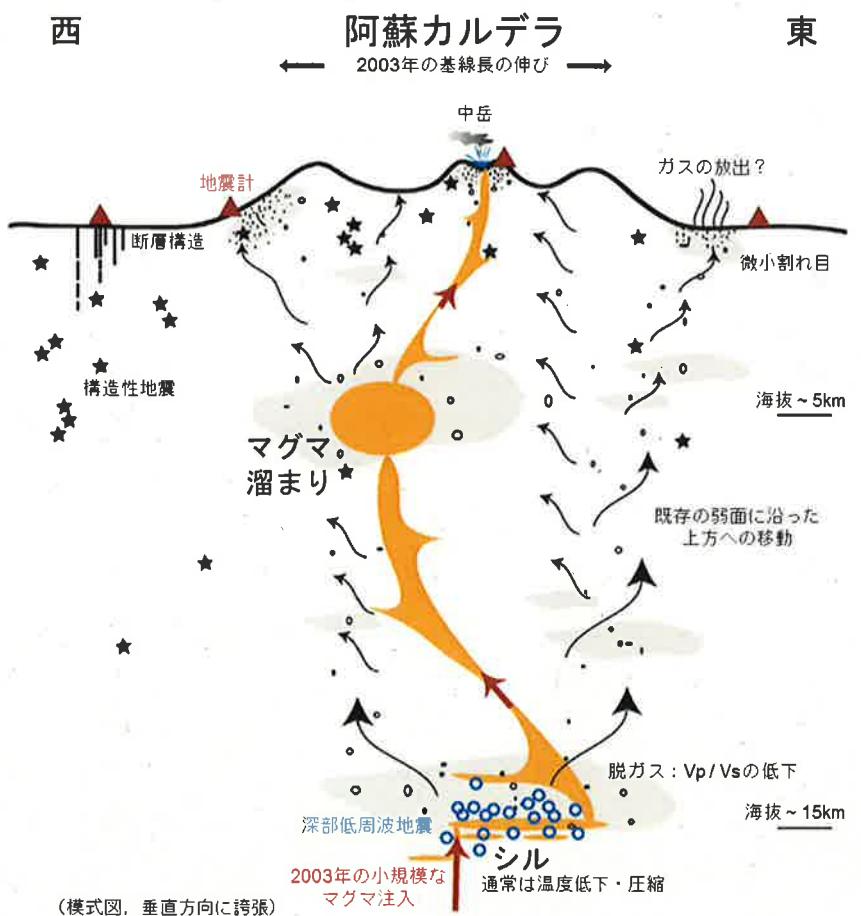
いと考えられ」ている(乙477(6-14~6-15頁))。

そして、上記1(2)ウで述べたとおり、過去の大規模噴火では珪長質噴火が卓越しており(図3)，玄武岩質のマグマは大規模な爆発的噴火を起こしにくいことから(乙339,乙340)，地下約6kmのマグマ溜まりによって、大規模なプリニー式噴火が起きる可能性は低く、まして巨大噴火が起きるとは考え難い。

ちなみに、阿蘇では、地下深部の地下約15kmにも中岳の活動に関係するマグマ溜まりと考えられるシル<sup>56</sup>状の圧力源が確認されているが、この地下約15kmのマグマ溜まりに存在するマグマも玄武岩質と考えられる。地下約15kmのマグマ溜まりは、地下約6kmのマグマ溜まりとの関連が指摘されており(乙490)，2003年の中岳の噴火では、地下約15kmのマグマ溜まりに下部から貫入した玄武岩質マグマが地下約6kmのマグマ溜まりを経由して噴火したと考えられている(図16,乙491(10頁,12頁))。

---

56 岩盤や地層に、水平方向に貫入したマグマ(乙438(19頁))



(乙482から引用)

図16 阿蘇のプロセスの概略図

(e) また、地下約6kmのマグマ溜まりが、巨大噴火を起こすようなマグマ溜まりではないと考えられることは、カルデラ内の地震活動の分布からも裏付けられる。

一般に噴火可能なマグマは液体であるため、地震を起こすような破壊が生じない（震源とはならない）とされる（乙492（36頁））。一方、マグマ溜まり周辺の母岩はマグマからの様々な影響を受けて強度が下がるため、地震が発生しやすくなっていると考えられている。このため、地震の発生する場所と

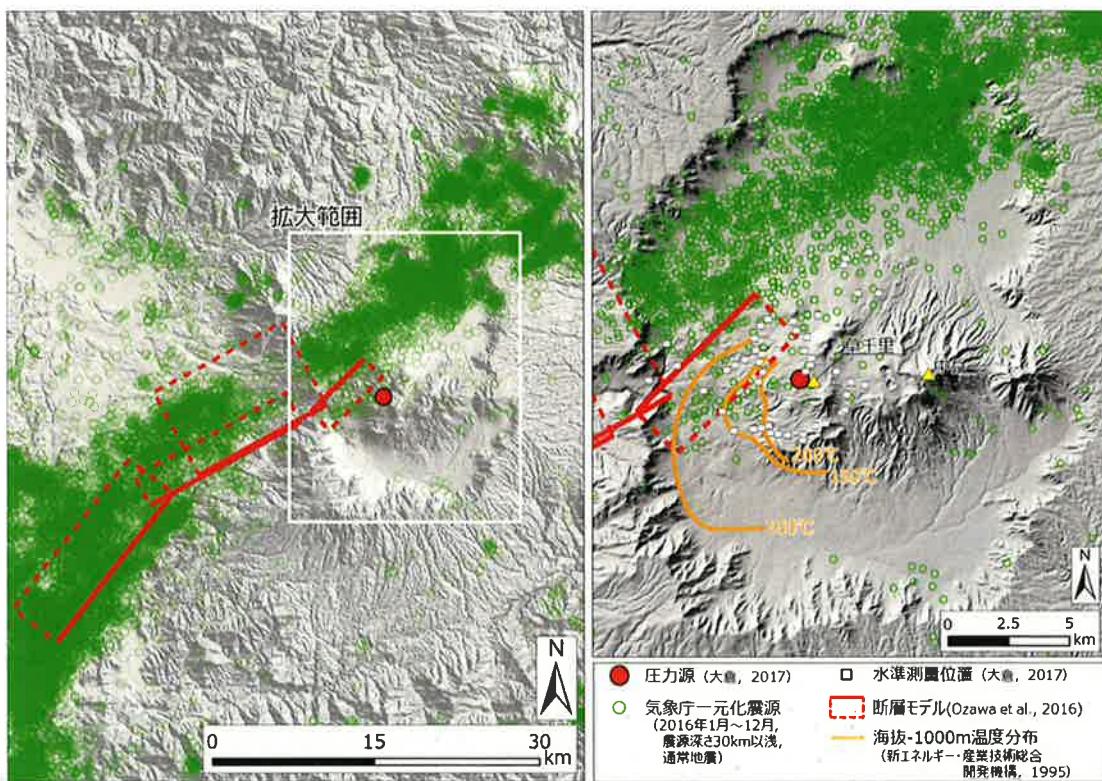
その空白域（地震が起きる周辺の母岩とこれに囲まれた地震が起こらない液体が推定される場所）を探すことは、マグマ溜まりの位置や広がりを推定する際に重要であるとされる（乙456（51頁））。

阿蘇カルデラ内では特に北側で地震活動が活発であるが、水準測量における草千里付近の顯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（図17），このことは、マグマ溜まりがカルデラ内に大きく広がるものでないことを示している。また、マグマ溜まりの北方に2016年に発生した熊本地震の震源断層面が近接していること（乙493）やマグマ溜まりを取り巻くように分布している等温度線<sup>57</sup>（乙494（1433～1434頁））からもマグマ溜まりの広がり得る領域は限られている。

したがって、地下約6kmのマグマ溜まりは、過去の巨大噴火で陥没した阿蘇カルデラ内に大きく広がるような巨大なものではない。

---

57 マグマ溜まりの周辺の地殻は、マグマ溜まりの熱の影響による高い温度を示す。



(乙493, 乙438等から作成)

図17 2016年熊本地震の震源断層面・震源と圧力源の位置

(f) さらに、大倉（2017）によると、「地下約6km付近のマグマ溜まりは全体として縮小傾向にあり、長期間の水準測量データを踏まえると、1930年代と比べて約10百万m<sup>3</sup>（0.01km<sup>3</sup>）少なくなっており」、「その縮小の理由は、継続的な火山ガスの放出によるもの」とされている（乙438（25～28頁））。このようなマグマ溜まりの縮小傾向と火山ガスの放出の関係については、Nobile et al. (2017)<sup>58</sup>においても、脱ガスでマグマ溜まりのマグマが火山ガスとし

58 「Steady subsidence of a repeatedly erupting caldera through InSAR observations: Aso, Japan」 Adriano Nobile, Valerio Acocella, Joel Ruch, Yosuke Aoki, Sven Borgstrom,

て地上に顕著に放出されることでマグマ溜まりの収縮は引き起こされると、同様の見解が示されている(乙488(11頁))。

(g) 以上のとおり、巨大噴火を発生させるマグマ溜まりは、珪長質かつ巨大で地下浅部に達している可能性が高いと考えられる(上記(a))ところ、阿蘇の地下浅部には、地下約6kmのマグマ溜まりが確認されている(上記(b))ものの、こ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(上記(c))、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る(上記(d))。さらに、地下約6kmのマグマ溜まりは、規模の点でも広がりが制限されていること(上記(e))、かつ縮小傾向にあること(上記(f))から、巨大噴火を起こすとは考え難い。

したがって、各種の地球物理学的調査から明らかにされている阿蘇の地下構造からは、現在の阿蘇には、巨大噴火を起こすようなマグマ溜まりが存在しないと考えられる。

b マグマの蓄積状況・増減から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について

(a) 阿蘇カルデラ内では、複数の機関によって多数の観測点が設けられ、阿蘇カルデラ内の全域にわたって測地学的手法による火山観測が行われ、火山活動に伴う地殻の変動が観測されている(図14右側)。例えば、火山の地下にあるマグマ溜まりの圧力あるいは体積が増大すると、火山体の膨張の地殻変動が

引き起こされ、逆に、火口からマグマや火山ガスが噴出するとマグマ溜まりの体積は減少し、火山体の収縮の地殻変動が引き起こされるので、火山活動に伴う地殻の変動を観測することで、マグマ溜まりの場所を推定することやマグマの増減などを捉えることなどが可能となる（乙438（3頁））。

平成30年1月31日付け補充書（1）で詳述したとおり、大倉敬宏教授（大倉教授は、阿蘇の地下構造に関する知見である、Unglert et al. (2011)<sup>59</sup>, Abe et al. (2017)<sup>60</sup>及びAbe et al. (2010)<sup>61</sup>等の共著者でもある。）は、阿蘇カルデラ内外の多数の観測点を用いた測地学的研究によって得られた阿蘇カルデラ内の地殻変動データと地下構造等に関する既往の知見及び自らの長年にわたる調査研究の成果とを合わせて総合的に検討し、阿蘇は大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではないと推定している（乙438（28頁））。

大倉（2017）によると、地下約15kmのシル状のマグマ溜まりが含まれている低速度領域は、仮にそこに含まれている流体が全て溶融マグマであるとしてもその体積は最大でも約4

59 「Shear wave splitting, vP/vS, and GPS during a time of enhanced activity at Aso caldera, Kyushu」 K. Ungleit, M. K. Savage, N. Fournier, T. Ohkura and Y. Abe, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Vol. 116, B11203, 2011.

60 「Low-velocity zones in the crust beneath Aso caldera, Kyushu, Japan, derived from receiver function analyses」 Yuki Abe, Takahiro Ohkura, Takuo Shibutani, Kazuro Hirahara, Shin Yoshikawa and Hiroyuki Inoue, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Volume122, Issue3, 2013-2033, 2017.

61 「Crustal structure beneath Aso Caldera, Southwest Japan, as derived from receiver function analysis」 Yuki Abe, Takahiro Ohkura, Takuo Shibutani, Kazuro Hirahara, Mamoru Kato, Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume195, Issue, 1-12, 2010.

5 km<sup>3</sup>である（200 km<sup>3</sup>以上と推定されている阿蘇4噴火の噴出マグマの体積よりはるかに小さい。（乙438（20頁）））ところ（乙438（21頁）），地下約15kmのシル状のマグマ溜まりには，最大約45 km<sup>3</sup>程度の溶融マグマの更にそのうちの一部分が存在しているのみであり，また，地下約6kmのマグマ溜まりは全体として縮小傾向にあり，長期間の水準測量データを踏まえると，「今後の阿蘇の火山活動は，1930年代のような大規模なものではなく，ましてや大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではないと推定され」ている（乙438（28頁））。

ちなみに，大倉（2017）において大規模とされている1930年代の阿蘇の火山活動のうち最も活動が活発だった1933年2月～3月（乙445（137頁））における火碎物の噴出量は0.0127 km<sup>3</sup>で噴火規模はVEI3とされている（乙446）。

(b) 一方，巨大噴火では，火山活動に伴う地殻の変動について，巨大なマグマ溜まりの形成を伴うマグマの蓄積及び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されている。例えば，国立研究開発法人産業技術総合研究所において巨大噴火を含む大規模噴火の研究を行う，大規模噴火研究グループの研究グループ長の職にある下司信夫氏は，大量のマグマを地殻内部に蓄えるためには，マグマ溜まりの維持が必要であり，浮力中立深度に貫入したマグマが開口割れ目を形成する前に母岩が流動変形して応力集中を解消するため，マグマ溜まりの拡大に従

って地表に大きな変形をもたらすと期待されるとしている（乙464（106頁））。すなわち、新たに供給されたマグマによってマグマ溜まり内が増圧しても、増圧によって応力が集積した特定の箇所に開口割れ目を形成して噴火しマグマを消費するのではなく、マグマ溜まりの周辺の岩石全体を変形させて応力集中による開口割れ目の形成を防いでいるので、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。

また、長年にわたって巨大噴火の研究を行ってきた小林哲夫鹿児島大学名誉教授による巨大噴火の前兆現象に関する地質学的研究の報告書である小林（2017）でも、珪長質マグマが長い年月をかけて蓄積され、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、広域的な地盤上昇を伴うとされている（乙463（33頁））。

しかしながら、阿蘇では、このような継続的かつ広域的な地盤の隆起は認められず、逆に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（乙495（229頁）、乙488（10～11頁）、乙438（21頁、25～26頁）、乙496）。

したがって、現在の阿蘇は、巨大噴火に向けたマグマ溜まりの拡大が認められるような状態ではないと考えられる。

#### c 地球物理学的調査に基づく検討結果について

以上のとおり、地球物理学的調査に基づく検討について、地震波等を用いた地下構造の探査結果からは、現在の阿蘇の地下には地下浅部に達する巨大な珪長質マグマ溜まりは確認されないし

(上記 a)、地表における地殻変動の観測等によって推定されるマグマの蓄積状況・増減によっても、現在の阿蘇は巨大噴火が起こるような状態ではないと考えられる（上記 b）。

(ウ) 本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火によって、本件 3号機が立地不適とならないことについて

a 本件発電所の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できることについて

(a) 上記(ア)の活動履歴に基づく検討によれば、現在の阿蘇は、巨大噴火が起こるような状態ではないと考えられる。すなわち、現在に至る後カルデラ期の阿蘇において巨大噴火に典型的な巨大な珪長質マグマ溜まりは存在しないと考えられ、また、後カルデラ期の噴火活動は、カルデラ形成期と比較して、規模の大きな噴火が明らかに減少し活動性が異なっており、巨大噴火の発生が示唆されるような傾向もないこと、さらに巨大噴火の前兆現象に関する知見において前兆現象とされているような火山事象も現在の阿蘇において生じていない。

また、上記(イ)の地球物理学的調査による検討によても、現在の阿蘇の地下において、巨大噴火に典型的な地下浅部に達する巨大な珪長質マグマ溜まりは存在しないと考えられ、さらに、マグマの蓄積状況・増減について、測地学的研究によって得られた阿蘇カルデラ内の地殻変動データと地下構造等に関する知見等から総合的に検討した結果からも、現在の阿蘇は巨大噴火が起こるような状態ではないと考えられる。

以上の最新の火山学の知見も踏まえた阿蘇の活動履歴に基づ

く検討結果及び地球物理学的調査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。

上記の債務者の評価が妥当であることは、阿蘇に常駐して常に阿蘇の状況を観測している阿蘇観測の第一人者である大倉敬宏教授が「大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではないと推定される」と評価していること（乙438）からも裏付けられる。

(b) 上記1(4)ア及び上記(ア)aで述べたとおり、巨大噴火は広域的な地域に重大かつ深刻な被害を引き起こすような規模の噴火であるものの、噴火の規模と噴火の頻度には負のべき乗則がみられ、日本列島全体で1万年に1回程度の事象である。中でも阿蘇4噴火の規模の噴火は、日本列島全体でみても特に低頻度事象である。そして、上記(a)のとおり、最新の火山学の知見も踏まえた阿蘇の活動履歴に基づく検討結果及び地球物理学的調査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ので、当然、巨大噴火が差し迫った状態ではない。また、本件発電所の運用期間中に阿蘇で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もいえない。科学的に合理性のある具体的な根拠があるともいえないことは、大倉敬宏教授が「大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではないと推定される」と評価していることや、阿蘇の巨大噴火が具体的にいつ頃発生するという指摘が何らなされていないことか

らも明らかである。以上を踏まえれば、本件発電所の運用期間中に阿蘇の巨大噴火が発生して本件発電所に設計対応不可能な火山事象が影響を及ぼす可能性は十分小さいと考えられる。

上記の本件発電所の運用期間中に阿蘇の巨大噴火の可能性が十分に小さいとの評価結果は、以下に述べる専門家の評価結果とも合致する。すなわち、四国の火山灰に関する多数の研究実績を有するなど岩石学・地質学の面から火山に対する専門的知識を有しつつ、科学と社会の関係について文理融合により地域社会の諸問題の解決を図る社会共創学に関する研究を本件発電所が立地する地元愛媛県で行っている、愛媛大学の榎原正幸教授は、自らの研究も踏まえて科学者の立場から阿蘇の巨大噴火のリスクを社会にわかりやすく伝えることを目的に、これまでに多くの科学者によって公表された科学データを可能な限り網羅し、個人的及び主観的な意見をできる限り取り除いた上で検証した結果、「阿蘇火山について得られている科学的なデータを客観的に総合判断すれば、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規模の破局噴火の活動可能性が十分に小さいと評価できる」としている（乙482（15頁））。

なお、債務者の評価が火山ガイドの考え方と合致するものであることは、後記イ（ウ）で詳述する。

(c) 本件発電所の運用期間中において阿蘇の巨大噴火の可能性が十分小さいと評価できることについては以上のとおりであるが、巨大噴火は、一般に本件発電所の運用期間中のような短期

間で、急速に噴火の準備が完了することは考え難く、この点からも、現在の阿蘇の状態を踏まえると、本件発電所の運用期間中に巨大噴火の可能性は十分に小さいと考えられる。

巨大噴火が起きるためには、マグマを溜めるプロセス及びマグマを噴火させるプロセス並びに噴火が開始するための条件が必要であるところ（乙338（281頁）），上記（a）で述べたとおり、現在の阿蘇には巨大噴火を起こす巨大なマグマ溜まりは準備されていないと考えられる。そして、巨大噴火のマグマ溜まりでは、噴火可能なマグマ溜まりの進化に要する期間として数百～数千年のタイムスケールが示されており（乙497（12～13頁）），実際のマグマ滞留期間が10万年のオーダーになることも有り得るとされる（乙338（290頁），乙498（46頁））。このため、現在の阿蘇には巨大噴火を起こす巨大なマグマ溜まりは準備されていないと考えられるところ、巨大噴火のマグマ溜まりの準備期間と比較してはるかに短期間である本件発電所の運用期間中に、急速に巨大噴火の準備が完了することは考え難い。

現在の阿蘇が巨大噴火を起こすような状態にないと考えられ、巨大噴火に要する準備期間の観点から検討しても、運用期間中に巨大噴火の可能性は十分に小さいと考えられることについては、以下に述べるように専門家も同様の意見を示している。すなわち、SSG-21<sup>62</sup>等、IAEAの火山に係る安全ガイド

---

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

の主著者であり、米国等において原子力施設に係る火山事象評価について豊富な経験を有する火山学者のDr. Brittain E. Hillによれば（乙499），現在の阿蘇の地下に阿蘇4噴火を起こしたような巨大なマグマ溜まりは確認されず、現在のマグマ供給系は阿蘇4噴火当時のマグマ供給系と異なる特徴を示すところ、阿蘇4噴火のような巨大噴火が発生するような状態へのマグマ供給系の劇的な変化が今後数十年で起きるとは考え難く、また、阿蘇4噴火を起こした巨大マグマ溜まりを形成するには数十年よりはるかに長い期間を要することから、今後数十年の間に阿蘇4噴火のような巨大噴火が起こるとは考え難いとの意見を示している（乙500）。

したがって、現在の阿蘇の状態を踏まえれば、巨大噴火が起きるような状態に変化するまでの時間を考慮しても、本件発電所の運用期間中に巨大噴火が起きる可能性は十分に小さいと考えられる。

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

上記(ア)b(a)で述べたとおり、後カルデラ期の噴出物からの検討によれば、後カルデラ期の火山噴出物が多様に変化した理由として、カルデラ形成期の大規模マグマ溜まりが阿蘇4噴火による陥没カルデラの形成に伴って破壊された結果であると考えられており（上記(ア)b(a)④），噴出物に含まれる微量元素の特徴やマグマの成因の違いの指標となるストロンチウム同位体比等の特徴の違いからマグマの生成の状況はカルデラ形成期以前と後カ

ルデラ期で異なると考えられる（上記（ア）b（a）③）。また、上記（ア）b（b）で述べたとおり、後カルデラ期の噴火の様子からの検討によれば、カルデラ形成期は大規模な噴火が繰り返し発生していたのに対し（上記（ア）b（b）①），後カルデラ期の噴火はカルデラ形成期に比較して小規模になり（上記（ア）b（b）②），阿蘇4噴火前に見られた珪長質な噴火が卓越していくような傾向もない（上記（ア）b（b）①及び③）ので、カルデラ形成期以前と後カルデラ期では阿蘇の活動性が異なっていると考えられ（上記（ア）b（b）②及び③），さらには、カルデラ形成期における大規模なプリニー式噴火が多発するような様子への移行を示唆するような傾向もない（上記（ア）b（b）③）。これらの事情を総合的に考慮すると、後カルデラ期の火山活動の状況は、カルデラ形成期以前の火山活動の状況とは全く異なると考えられる。したがって、本件発電所の運用期間中に考慮する噴火は後カルデラ期に基づくことが妥当であると考えられる。

そして、原子力発電所に求められる安全性を勘案すれば、本件発電所の運用期間中に考慮する噴火は、後カルデラ期の既往最大の噴火とすることが保守的であると考えられるところ、後カルデラ期既往最大の噴火は、約3万年前に発生した草千里ヶ浜軽石の噴火である。後カルデラ期の火山活動は、最近1万年間はプリニー式噴火のような大規模噴火を起こしにくい玄武岩質の噴火が卓越する傾向にあり、1930年代の阿蘇の火山活動や最近1万年間の噴火の規模（最大規模はVEI3程度）を踏まえると、これらの噴火よりも十分に規模が大きな草千里ヶ浜軽石の噴火規模を

考慮することは保守的である。

したがって、本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火は、後カルデラ期既往最大の草千里ヶ浜軽石の噴火とすることが妥当であると考えられる。

なお、以上の評価が火山ガイドの考え方と合致するものであることは、後記イ（ウ）で詳述する。

c 本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火によって、本件3号機が立地不適とならないことについて

上記のとおり、本件発電所の運用期間中の阿蘇の噴火として草千里ヶ浜軽石の噴火規模を考慮しても、草千里ヶ浜軽石の噴火を含めた後カルデラ期の火碎流堆積物はいずれも阿蘇カルデラ内に留まることから、本件発電所の運用期間中において、本件発電所の敷地に、阿蘇の噴火を原因として設計対応不可能な火山事象が本件発電所の敷地に到達して影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価できる。

したがって、本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火によっても、設計対応不可能な火山事象が本件3号機に影響を及ぼすことはないので、本件3号機が阿蘇の火山事象との関係において立地不適となることはない。

イ 原決定等の誤りについて

(ア) 原決定の「現時点の火山学の知見を前提とした場合に、原子力発電所の運用期間中における検討対象火山の活動可能性が十分小さいかどうか判断できない」との判断の誤りについて

a 原決定は、現時点の火山学の知見を前提とした場合に、原子力

発電所の運用期間中における検討対象火山の活動可能性が十分小さいかどうか判断できないとして（原決定・350頁以下），火山ガイドに基づけば，本件では阿蘇4噴火の規模の噴火を想定する必要があるとする（原決定・359頁）。また，原決定が引用する文献等においては，例えば，須藤靖明陳述書（甲G13）は，「想定する現在の科学的研究では噴火の時期も規模も形態様式もまた推移も継続期間も予測することができないというのが大多数の火山研究者の共通認識」であり，「マグマ溜まりの規模や性状から今後数十年間における最大規模の噴火を評価することはできない」から，「阿蘇4と同規模の阿蘇5が来る可能性があると評価するのが原子力発電所に求められる安全性の程度を踏まえた「合理的な判断」」などとする。

しかしながら，この原決定の判示は，原子力発電所の運用期間中における検討対象火山の活動可能性が十分小さいかどうか判断することと，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とを混同し，後者が不可能であるから前者も不可能としている点で重大な誤りがある。すなわち，火山ガイドにおける立地評価に係る検討対象火山の活動可能性の評価は，原子力発電所の運用期間中にいつどのような規模の噴火が発生するのか的確に予測（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。

噴火の可能性が十分に小さいかどうかの判断の具体的な考え方は、原子力規制委員会が、火山ガイドに基づいて行った火山活動評価に係る審査の考え方について、巨大噴火に関する基本的な考え方を公表している。この原子力規制委員会の考え方によれば、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、巨大噴火の可能性が小さいと判断されれば巨大噴火以外の火山活動の評価を行うこととされている。そして、巨大噴火の可能性評価に当たっては、巨大噴火は、広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすものである一方、その発生の可能性は低頻度な事象であり、そのリスクは社会通念上容認される水準であると判断されることも考慮して、現在の火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上で、火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないことが確認でき、かつ、運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根拠があるといえない場合は、少なくとも運用期間中は、巨大噴火の可能性が十分小さいと判断できるとされている（乙453）。

したがって、火山ガイドは、設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価について、原子力発電所の運用期間中という将来において、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を意図するものでないことは明らかであり、いわゆる

噴火予知ができるとの前提に立っていないことは明らかである。

b また、原決定は、現時点の火山学の知見を前提とした場合に、原子力発電所の運用期間中における検討対象火山の活動可能性が十分に小さいかどうか判断できないと判示する中で、現在の火山学の知見の限界について述べるものとして、須藤靖明陳述書（甲G13）を掲げる（原決定・353～355頁）。須藤靖明陳述書において須藤靖明氏は、自らの論文の内容も含めた様々な火山学的知見について、それが正しいとは限らず、噴火の可能性を否定するなどの判断はできないなどと述べる。

しかしながら、現在の火山学的知見は、単なる推測に過ぎないようなものではない。そもそも須藤靖明氏自身、地震波を用いたマグマ溜まりの推定に関して、過去に「マグマだまりを通ってきた波は一目瞭然」などと火山学的手法による調査結果の信頼性について述べている（乙501）。また、例えば、須藤靖明氏は、須藤靖明氏自身の2006年の論文で指摘した地下約6kmのマグマ溜まりと中岳火口との関係性について安易に決めつけることはできないと述べるが、地下約6kmのマグマ溜まりと中岳火口との関係性は、Ungler et al. (2011), Miyoshi et al. (2012)<sup>63</sup>, Abe et al. (2017)などの学術論文に引用され、また、Hata et al.

---

63 「K-Ar ages determined for post-caldera volcanic products from Aso volcano, central Kyushu, Japan」 Masaya Miyoshi, Hirochika Sumino, Yasuo Miyabuchi, Taro Shinmura, Yasushi Mori, Toshiaki Hasenaka, Kuniyuki Furukawa, Koji Uno, Keisuke Nagao, Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 229, 64-73, 2012.

1. (2016)<sup>64</sup>やNobile et al. (2017)

といったその後の研究においても裏付けられているところであり、現在の火山学において、広く受け入れられ、支持されているものである<sup>65</sup>。確かに、自然科学において絶対はなく、火山学も自然科学である以上、現在の火山学的知見に基づく評価が絶対的に正しいとも限らない。しかし、だからといって、現在の火山学的知見及びこれを踏まえた評価を否定するべきではない。

そして、現在の火山学的知見は、須藤靖明氏が述べるように、巨大噴火の発生可能性等について、まったく見当もつかないというものではない。例えば、巨大噴火の発生可能性を評価できることについて、上記ア(イ)bで述べた大倉(2017)のように、地球物理学的な観点から詳細に検討して評価する専門家の判断もあるし、日本火山学会編「Q&A火山噴火」では、カルデラ火山である箱根山(乙502)の今後の活動について、地殻変動や地震波解析から得られる地下深部の構造から地下に巨大なマグマ溜まりが存在しないとして、「4万年前以前に発生していたような大規模な噴火を起こす可能性は少ないと考えられる」る、すなわち

64 「Crustal magma pathway beneath Aso caldera inferred from three-dimensional electrical resistivity structure」 Maki Hata, Shinichi Takakura, Nobuo Matsushima, Takeshi Hashimoto, Mitsuru Utsugi, Geophysical Research Letters, Volume43, Issue20, 10720-10727, 2016.

65 須藤靖明氏は、地下約6kmのマグマ溜まりの部分溶融度の推定が、須藤ほか(2006)とHata et al. (2016)で大きく異なる点についてどちらが正しいとも言えないとして、両者のような大きな違いが生じ得るのが現在の火山学の知見であり、火山学の限界であるかのようにも述べているが、Hata et al. (2016)の著者である畠真紀氏らは両者の違いについて、Hata et al. (2016)の推定は最も比抵抗値の低い値を用いた推定であることに注意を要するとしている(乙490)。つまり、須藤ほか(2006)の部分溶融度の値とHata et al. (2016)の部分溶融度の値は、そもそも対象としている部分、範囲が相違しており、両者の違いを全て須藤靖明氏が述べるように火山学の限界によって生じた誤差に帰結させる必要はない。

箱根カルデラで約6万年前に発生したような大規模な噴火（巨大噴火）<sup>66</sup>が発生する可能性は小さいと評価されている（乙503（45～46頁））。そして、原子力施設に係る火山事象評価について豊富な経験を有する火山学者のDr. Brittain E. Hillは、原子力発電所における巨大噴火の発生可能性に対する考え方について、多くの入手可能な技術的知見が、近い将来に阿蘇4噴火のような巨大噴火が発生するとの合理的な解釈を支持している場合にはこのような巨大噴火のリスクを考慮すべきあり、多くの入手可能な技術的な知見が噴火が発生しないとの合理的な解釈を支持している場合にはリスクを考慮する必要はない、すなわち現在の技術的知見に基づいて判断が可能であるとの考え方を示しているところである（乙500）。

結局のところ、自らの過去の論文を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する須藤靖明氏の陳述は、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く、このような絶対安全は科学技術の分野において達成することも要求することもできないものであり、原子力発電所に対しても求められるものではないことは、原決意も判示するところである（原決意・180頁）。

c また、須藤靖明氏は、「マグマ溜まりの規模や性状を把握し、その潜在能力を評価しようというのは、噴火の中長期の予測を可能にする」方向性として間違っていないが、現状の火山学的知見

---

66 箱根山においては、約6万6千年前に巨大噴火が発生し、この噴火の火碎流は横浜方面に達したとされる（乙504）。

では、それで「今後数十年間における最大規模の噴火を評価することはできない」と述べる。

しかしながら、原子力発電所の火山事象に対する立地評価においては、設計対応が不可能な火山事象を伴う火山活動の可能性の評価を行うことを目的として、検討対象火山の活動の可能性が十分小さいかどうか評価した上で、原子力発電所の運用期間中に考慮する噴火規模を設定するものである。具体的に運用期間中に発生する噴火を予測して、原子力発電所の運用期間中に起きる噴火の最大規模を評価（予測）するものではないから、須藤靖明氏の指摘は失当である。

そして、検討対象火山の活動の可能性が十分小さいかどうか評価するにあたって、あるいは原子力発電所の運用期間中に考慮する噴火規模を設定するにあたって、評価、設定の根拠をマグマ溜まりの規模や性状に限定する必要はない。債務者は、上記アで述べたとおり、過去の阿蘇の活動履歴に関する詳細な検討に地球物理学的調査に基づく評価としてマグマ溜まりに関する検討を加え、これらの検討結果を総合的に考慮して本件発電所の運用期間中ににおいて阿蘇の巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価した。その上で、過去の阿蘇の活動履歴に関する検討に基づき、阿蘇のカルデラ形成期以前の火山活動の状態と後カルデラ期の火山活動の状態の違いも踏まえて、本件発電所の運用期間中における阿蘇の噴火規模は、後カルデラ期の火山活動を基に設定することが妥当と判断し、後カルデラ期既往最大の草千里ヶ浜軽石の噴火規模の噴火を考慮したものであり、須藤靖明氏の指摘は当を得ない。

d 以上のとおり、「現時点の火山学の知見を前提とした場合に」、原子力発電所の「運用期間中における検討対象火山の活動可能性が十分小さいかどうか判断できない」との理解は検討対象火山の活動可能性の評価との確な噴火予測（予知）を混同したものであり、原決定の誤りは明らかである。したがって、上記理解に基づき、無条件に「検討対象火山における既往最大の噴火（本件では、阿蘇4噴火の規模の噴火）を想定する」必要があるとする原決定は誤りである。

#### (イ) 原決定の引用する文献について

原決定は、上記（ア）で述べた須藤靖明陳述書の記載に加えて、現在の火山学的知見によっては原子力発電所の運用期間中における検討対象火山の活動可能性が十分小さいかどうか判断できない理由として、巨大噴火について述べる複数の文献等を挙げるが、以下に述べるとおり、いずれも判断の根拠とすべきものではない。

#### a 火山学者緊急アンケートについて

(a) 原決定は、火山の活動の可能性及び噴火規模の推定ができるない理由として火山学者緊急アンケート（甲D 234）を引用する。

しかしながら、火山学者緊急アンケートにおける噴火予測ができるとの趣旨の回答は、「モニタリングを行うことで、少なくとも数十年前に（破局的噴火の）兆候を検知できると考えている」（決定主文75ページの九州電力の主張）に対する所感をお願いします。」とのアンケート項目に対する回答であり、数十年前に兆候を検知することによって数十年先

に起こる噴火を的確に予測することはできない旨を述べたものである。すなわち、いわゆる噴火予知ができるかどうかについて回答したものであって、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について回答したものではない。債務者は、本件 3 号機の立地評価において、本件発電所の運用期間中に巨大噴火が起こる可能性が十分小さいことを様々な観点からの検討結果を総合的に考慮して評価しているのであり、モニタリングによって異常を把握し数十年先の巨大噴火の発生を的確に予測、すなわち噴火を予知しようとするものではない。

したがって、同アンケート項目に対する有識者の回答をもって、本件発電所の運用期間中に巨大噴火が起こる可能性が十分小さいと判断できないとする理由はない。

(b) また、同アンケートにおいて、藤井敏嗣氏は、阿蘇 3 噴火と阿蘇 4 噴火の噴火間隔を理由に「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。」と述べるが、当該回答は、「鹿児島地溝全体としての V E I 7 以上の噴火の平均発生間隔は約 9 万年（決定主文 163 ページの九州電力の主張）に対する所感をお願いします。」とのアンケート項目に対する回答であるから、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

いとの趣旨の回答と考えるのが自然であるし、約2万年の間隔で発生した例があることを述べるのみで、それ以上に最終噴火から2万年を経過したカルデラ火山で巨大噴火が起きる具体的な根拠を述べるものではない。そして、噴出物等の活動履歴からの検討や、これに地球物理学的調査等による検討を加えて、これらの検討結果を総合的に考慮した結果、原子力発電所の運用期間中における巨大噴火の発生可能性が十分に小さいかどうか評価できるのであるから、噴出物等の活動履歴からの検討等を無視して、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一点のみをもって、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。

b 町田洋陳述書について

(a) 原決定は、火山の活動の可能性及び噴火規模を推定できない理由として町田洋陳述書（甲D343）を引用する。町田洋陳述書において、町田洋氏は、カルデラの地下で何が起こっていて、どんなことが破局的噴火の前兆現象なのか誰も分からぬ旨を述べる。

しかしながら、上記ア(ア)で述べたとおり、過去の活動履歴に基づいて、地表に現れた噴出物や噴火の痕跡から巨大噴火の可能性を検討することも可能であるし、上記ア(イ)で述べたとおり、阿蘇においては、地表に現れる変動からマグマ溜まり体積の増減についても把握されているところである。そして、町田氏が述べる地下構造についても、上記ア(イ)で述べたとおり、阿蘇では各種研究機関等による詳細な調査が行われており、こ

これらの調査結果に基づいて検討することができる。前兆現象についても、上記ア(ア)b(c)のような知見もあるところである。

(b) 町田洋氏は、噴火間隔の年代値に幅がある、噴火の時間的間隔は一定ではない、Nagaoaka(1988)の噴火ステージのサイクルによって破局的噴火までの時間的猶予を予測できないなどとも述べる。

しかしながら、債務者は、本件3号機の立地評価において、噴火の時間的間隔が一定とは考えていないし、本件発電所の運用期間中に巨大噴火の起きる可能性が十分小さいことを評価しているのであって、噴火までの時間的猶予を具体的に予測するものでもないのであって、町田洋氏は、運用期間中に検討対象火山の活動の可能性が十分小さいと評価することと、噴火の規模や時期を的確に予測すること（噴火予知）を混同している。

また、噴火の時間的間隔及びNagaoaka(1988)の知見は、いずれも原子力発電所の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って、これだけをもって原子力発電所の運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいことを評価するものではない。

(c) したがって、町田洋陳述書をもって、原子力発電所の運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいことを判断できないとする理由はない。

#### c 須藤靖明陳述書について

(a) 原決定は、火山の活動の可能性及び噴火規模を推定できな

い理由として須藤靖明陳述書（甲G13）を引用する。須藤靖明陳述書において、須藤靖明氏は、現在の科学的研究では噴火の時期も規模も形態様式もまた推移も継続期間も予測することができないというのが大多数の火山研究者の共通認識だと述べる。

しかしながら、現在の科学的研究では噴火の時期も規模も形態様式もまた推移も継続期間も予測することができないというのが大多数の火山研究者の共通認識か否かは措くとして、そもそも、原子力発電所の立地評価では、上記（ア）で述べたとおり、原子力発電所の運用期間中の活動可能性が十分に小さいかどうかを評価するのであって、将来の「噴火の時期も規模も形態様式もまた推移も継続期間も予測」（予知）する必要はない。また、本件3号機の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火は、本件発電所の運用期間中に阿蘇の巨大噴火の可能性は十分に小さいことを評価した上で、阿蘇の活動履歴に基づけば後カルデラ期の活動を基に評価することが妥当と判断し、後カルデラ期で既往最大の草千里ヶ浜噴火としたものであって、「噴火の時期も規模も形態様式もまた推移も継続期間も予測」したものではないから、須藤靖明氏の指摘は当を得ない。

(b) さらに、須藤靖明氏は、阿蘇カルデラ北西部の蛇ノ尾火山において約4100年前に珪長質マグマを主体とする活動があったとの宮縁（2017）を引用し、蛇ノ尾火山の珪長質マグマの給源が草千里直下に見出されるマグマ溜まり（地下約6kmのマグマ溜まり）である可能性も否定できないと指摘する。

しかしながら、上記ア（イ）aで述べたとおり、地下約6km

のマグマ溜まりは中岳に関連していると考えられ、そ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。また、蛇ノ尾火山の給源が地下約6kmのマグマ溜まりであるとする具体的な知見はないし、これを窺わせる知見すらなく、蛇ノ尾火山の珪長質マグマの給源が地下約6kmのマグマ溜まりである可能性も否定できないとの須藤靖明氏の指摘は、根拠のない憶測、あるいは地下約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が絶対にないとは言い切れない、すなわち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述べるに過ぎない。

(c) 須藤靖明氏は、近い将来に巨大噴火を引き起こすようなマグマ溜まりは、あるとも、ないとも確定的な判断はできない、あるいは、次の阿蘇の巨大噴火（阿蘇5噴火）が起きる可能性は火山学的にはまったく否定できない、阿蘇5噴火が数年後なのか、数万年後なのかは分からないと、阿蘇における次の巨大噴火の可能性を指摘する。

しかしながら、本件3号機の立地評価においては、阿蘇の巨大噴火について、これが本件発電所の運用期間中に起こる可能性が十分に小さいことを評価するのであって、現在の阿蘇に巨大噴火のマグマ溜まりが確定的でない、すなわち絶対にないと言つて切る必要はない。そして、現在の火山学の知見に照らして阿蘇に巨大噴火のマグマ溜まりがないと考えられることは、上記アで述べたとおりであるし、マグマ溜まりについて検討した大倉（2017）においても、阿蘇は「大規模なカルデラ噴火

が起こるような状態ではないと推定」できるとされているところである（乙438（28頁））。さらに、Dr. Brittain E. Hill が述べるように、地下に阿蘇4噴火を起こしたような大規模なマグマ溜まりが存在しているとすれば、地殻よりも低密度な大量のマグマが上昇しようとする力で地表面に変形が見られるはずであるが、阿蘇では、詳細な地球物理学的調査が行われているにもかかわらずそのような兆候はみられないし、さらに、地下約6kmのマグマ溜まり等が検出されているところ、これらのマグマ溜まり等よりも、より検出しやすい大規模なマグマ溜まりを示唆する兆候は何ら検出されていないので、阿蘇の地下には、大規模なマグマ溜まりは存在しないと結論付けることができる（乙500）。

また、本件3号機の立地評価においては、阿蘇の巨大噴火について、これが本件発電所の運用期間中に起こる可能性が十分に小さいかどうかを評価するのであって、次の阿蘇の巨大噴火（阿蘇5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がいつ起きるか分からないと須藤靖明氏の指摘は、債務者の立地評価に対する批判としては、そもそも当を得ないし、須藤靖明氏は、阿蘇における次の巨大噴火の可能性を指摘しつつ、近い将来に巨大噴火を引き起こすようなマグマ溜まりは、あるとも、ないとも確定的な判断はできないというのであるから、阿蘇で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を述べるものでもない。そして、現在の阿蘇の状態は、巨大噴火が差し迫った状態ではなく、か

つ、本件発電所の運用期間中に阿蘇で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もいえないものであるから、本件発電所の運用期間中に巨大噴火が発生する可能性は十分に小さいと評価できることは上記アのとおりであって、須藤靖明氏の指摘は当を得ない。

(d) また、須藤靖明氏は、深部のマグマ溜まりの様子は分からぬし、安部祐希氏の博士論文に記載された $500\text{ km}^3$ の地震波の低速度領域の存在を理由にVEI 7クラスの噴火を引き起こす可能性も否定できないと述べる。

そもそも、須藤靖明氏の指摘が絶対にVEI 7クラスの噴火を起こすものではないと言い切れないという絶対的安全に等しい趣旨を述べるものであれば、当を得ないことは繰り返し述べたとおりである。

そして、須藤靖明氏が述べる低速度領域は地下 $15\text{ km} \sim 25\text{ km}$ と非常に深い位置に存在し、一般的には、上記1(4)で述べたとおり、巨大噴火を起こすマグマ溜まりは地下浅部に達していると考えられるため、仮にこの低速度領域にマグマ溜まりが存在するとしても、このような深い場所に位置するマグマ溜まりが巨大噴火を起こすとは考えにくい。

また、須藤靖明氏が述べる低速度領域を指摘した安部祐希氏によれば、当該低速度領域は、そもそもマグマが存在するのか熱水が存在するのか特定されていないし、マグマと熱水のいずれが存在するにしても、低速度領域の体積が全てマグマや熱水の体積に相当するものではないところ(乙505(11頁))、

安部祐希氏らが追加検討を行った最新の知見であるAbe et al. (2017) では、当該低速度領域は熱源と対応しないので、そこで新たな溶融マグマは生成されてはいないとされている（乙506（20頁））。さらに、Abe et al. (2017) の共著者であり、当該低速度領域も含めた地下構造に関する最新の知見を把握している大倉敬宏教授（ちなみに、大倉敬宏教授は、安部祐希氏の博士論文の主査でもあり（乙507），当然ながら同博士論文の内容は十分に熟知している）は、当該低速度領域の存在も踏まえた上で、上記ア(イ)で述べたとおり、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（乙438（28頁））。

(e) したがって、須藤靖明氏の陳述書をもって、原子力発電所の運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいかどうか評価できないとする理由はないし、本件発電所の運用期間中に阿蘇の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する理由もなければ、債務者が本件発電所の運用期間中における阿蘇の噴火として後カルデラ期既往最大の噴火を考慮することの妥当性を否定する理由もない。

d 原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム提言とりまとめについて

原決定は、火山の活動の可能性及び噴火規模の推定ができないことの根拠として原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム提言とりまとめ（甲G18）を引用する。

しかしながら、原子力施設における火山活動のモニタリングに

関する検討チーム提言とりまとめは、「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。これに対して、原子力発電所の火山事象に対する立地評価では、運用期間中において巨大噴火が発生する可能性が十分に小さいかどうか評価するのであって、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を行うものではない。そして、上記ア（ウ）aで述べたとおり、債務者は、阿蘇の巨大噴火の可能性について、最新の火山学の知見も踏まえた阿蘇の活動履歴に基づく検討結果及び地球物理学的調査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、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もいえないことから、本件発電所の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ところ、債務者の評価が妥当であることは国内外の専門家の評価からも裏付けられる。

したがって、原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム提言とりまとめをもって、原子力発電所の運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいことを判断できないとする理由はないし、債務者が本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火の妥当性を否定するものでもない。

#### e 藤井（2016）について

原決定が火山の活動の可能性及び噴火規模の推定ができないとの根拠として引用する藤井（2016）（甲G19）において、藤井敏嗣氏は、巨大噴火の切迫度を求める手法は存在しないから、

原子力発電所の稼働期間中に巨大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である、このような判定を原子力発電所設置のガイドラインに含むこと自体が問題であると述べる。

藤井敏嗣氏は、「火山噴火の長期予測については明確な手法は確立していない」、「火山噴火の長期予測に関しては、その切迫度を測る有効な手法は開発されていない」とするところ、噴火間隔などに基づく中期的な予測において噴火時期の予測の困難さを述べ、また、階段ダイアグラム<sup>67</sup>の活用について、火山噴火の長期予測における使用と海溝型の地震発生予測における使用を比較して時期予測における活用の合理性について述べていることからして、藤井敏嗣氏の述べる長期予測に関して切迫度を測る手法とは、噴火時期の予測に関する手法を述べるものであると考えられる（甲G19（219頁））。

しかしながら、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小さいかどうか評価することと、噴火時期の予測（噴火予知）とは本質的に異なるのだから、「切迫度を求める手法は存在しない」、すなわち噴火時期を予測する手法は存在しないから「原子力発電所の稼働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」とすることには飛躍がある。切迫度を求める手法は存在しないとしても巨大

67 火山の噴火履歴について、横軸に時間、縦軸に噴出量をとって図示するもので、火山が、遠い過去から続く時間の流れの中で、現在がどのような状態にあたるかを表現するもの。階段図ともいう。（乙457（169頁））

噴火の可能性に係る判断ができることは、Dr. Brittain E. Hill が、正確な数値確率を計算する手法がないことを踏まえながら、現在の技術的知見に基づいて巨大噴火のリスクを原子力発電所において考慮する必要があるかどうか判断することが可能であるとして、藤井敏嗣氏が専門性を認める米国地質調査所によるカルデラ火山であるイエローストーンに係る調査、評価の例も参考しつつ、現在の火山学の知見を基に、今後数十年において阿蘇で阿蘇4噴火のような巨大噴火が起きる可能性が小さいことを評価していることからも明らかである（乙500）。そして、阿蘇については、上記（ア）で述べたとおり、阿蘇に常駐して常に阿蘇の状況を観測している阿蘇観測の第一人者である大倉敬宏教授が「今後の阿蘇の火山活動は、1930年代のような大規模なものではなく、ましてや大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではないと推定される」と評価しているところであるし（乙438（28頁）），日本火山学会編「Q & A 火山噴火」において、カルデラ火山である箱根山の今後の活動について、地震変動や地震波解析から得られる地下深部の構造から地下に巨大なマグマ溜まりが存在しないとして、箱根カルデラで約6万年前に発生したような大規模な噴火（巨大噴火）が発生する可能性は小さいと評価している（乙503（45～46頁））例もある。

したがって、藤井（2016）をもって、原子力発電所の運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいかどうか評価できないとする理由はない。

f 科学V o l . 8 5 , N o . 2について

(a) 原決定が火山の活動の可能性及び噴火規模の推定ができるないことの根拠として引用する科学V o l . 8 5 , N o . 2 (甲G 2 0 )において、小山真人氏は、N a g a o k a ( 1 9 8 8 )の噴火ステージによって巨大噴火の可能性が十分に小さいことを判断することはできないと述べる。

しかしながら、債務者が、噴火規模をN a g a o k a ( 1 9 8 8 )の噴火ステージだけで評価したものではないことは上記bで述べたとおりであって、N a g a o k a ( 1 9 8 8 )の噴火ステージだけを取り上げて原子力発電所の運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいかどうか評価できないとする小山真人氏の述べるところをもって、原子力発電所の運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいかどうか評価できないとする理由はない。

(b) また、小山真人氏は、科学V o l . 8 5 , N o . 2において、「巨大カルデラ噴火を予測できるか（あるいは未遂に終わるか）」についての知見を持ちあわせていないと述べる。

しかしながら、小山真人氏の指摘は、モニタリングによる予測の困難性として、どのような観測事実があれば巨大噴火を予測できるのか（あるいは未遂に終わるのか）についての知見をほとんど持ちあわせていないと述べているのであって、原子力発電所の運用期間中における巨大噴火の可能性について述べるものではない。なお、小山真人氏は、火山ガイドにおけるモニタリングを、観測事実から噴火を予測（予知）するものである

かのように述べるが、モニタリングの目的は、原子力発電所の運用期間中の火山の活動可能性及び設計対応不可能な火山事象の影響可能性が十分に小さいとの評価の根拠が継続していることを確認するためであり、あくまで火山の状態の変化を検知することを目的としているのであって、モニタリングによって噴火の時期や規模を予測することを目的とするものではない（乙250（278頁））。

(c) ちなみに、原決定の引用部分には含まれないが、念のため科学VOL. 85, NO. 2におけるその他の記載について付言しておくと、科学VOL. 85, NO. 2では階段図等では噴火予測はできないなどと繰々述べられているものの、階段図等も様々な観点からの総合的判断をするにあたっての一つの観点として考慮するものであって、これだけで原子力発電所の運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいことを判断するものではないし、まして巨大噴火の時期を予測するものではない。

(d) したがって、科学VOL. 85, NO. 2の記載をもって原子力発電所の運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいかどうかを評価できないとする理由はない。

(ウ) 債務者の評価は火山ガイドを踏まえたものであることについて原決定は、火山ガイドに基づけば、本件発電所の運用期間中に阿蘇4噴火を考慮する必要があり、その結果、本件3号機は立地不適であるとする。

しかしながら、上記アで述べたとおり、債務者は、本件発電所の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、本件発電所の運用期間中の阿蘇の噴火として草千里ヶ浜軽石の噴火を考慮するところ、この債務者の評価は火山ガイドを踏まえたものである。

火山ガイドの「4. 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」は、前章で「将来の活動可能性があると評価した火山」を対象にして、「原子力発電所の運用期間中において設計対応が不可能な火山事象を伴う火山活動の可能性の評価」を行うものであり（乙147（8頁））、「4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に記載されている「（2）火山活動の可能性評価」及び「（3）火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価」によって、「設計対応不可能な火山事象が原子力発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいか？」を評価するものである（乙147（9～10頁）、23頁「図1火山影響評価の基本フロー」④）。

具体的には、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいかどうか評価するにあたって、「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」。そして、巨大噴火のリスクは社会通念上は容認される水準であると判断できることも考慮すれば、過去に巨大噴火が発生した火山における巨大噴火の可能性について、「現在の火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上で、火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないことが確認でき、かつ、運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根

拠があるとはいえない場合は、少なくとも運用期間中は、「巨大噴火の可能性が十分に小さい」と判断」できる。また、「巨大噴火以外の火山活動の評価」については、当該検討対象火山の最後の巨大噴火以降の最大の噴火規模を用いて、火山事象の評価を行う。（乙453）

債務者は、上記火山ガイドの考え方によれば、「将来の活動可能性が否定できない火山」である阿蘇の活動に関して、本件発電所の運用期間中に阿蘇の巨大噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した（上記ア（ア）及び（イ））。すなわち、上記（ア）の活動履歴に基づく検討及び上記（イ）の地球物理学的調査による検討のいずれによっても、現在の阿蘇は、巨大噴火が起こるような状態ではないと考えられるので、当然、巨大噴火が差し迫った状態ではない。また、本件発電所の運用期間中に阿蘇で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もいえない。したがって、火山ガイドを踏まえて評価すれば、本件発電所の運用期間中に阿蘇の巨大噴火が発生する可能性は十分小さいと評価できる。

また、債務者は、本件発電所の運用期間中の阿蘇の噴火規模として草千里ヶ浜軽石の噴火を設定しているところ、草千里ヶ浜軽石の噴火は、阿蘇の最後の巨大噴火である阿蘇4噴火後既往最大の噴火規模であり、火山ガイドの評価と整合している。そして、草千里ヶ浜軽石の噴火の噴火規模で設計対応不可能な火山事象が本件発電所の敷地に到達する可能性は十分に小さいと評価したことは、上記ア（ウ）cで述べたとおりである。

以上の債務者の評価が、火山ガイドの考え方によれば沿ったものである

ことは、原子力規制委員会が、「申請者が実施した本件発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価は、活動履歴の把握、地球物理学的手法によるマグマ溜まりの存在や規模等に関する知見に基づいており、火山ガイドを踏まえていることを確認した。」、「規制委員会は、申請者が本発電所の運用期間に設計対応不可能な火山事象が本発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価していることは妥当であると判断した」としていることからも明らかである（乙13（65頁））。

(3) 阿蘇4火碎流は本件発電所の敷地に到達していないことについて  
上記(2)で述べたとおり、本件発電所の運用期間中に巨大噴火が発生する可能性は十分に小さいと評価できるので、本件3号機の立地評価において、巨大噴火を考慮する必要はなく、まして阿蘇4噴火の規模の噴火を考慮する必要はないが、仮に阿蘇4噴火の規模の噴火を考慮したとしても、その火碎流が本件発電所の敷地に到達する可能性は十分小さく、本件3号機は火山事象との関係において立地不適となるものではない。すなわち、債務者は、阿蘇における既往最大の阿蘇4火碎流の影響範囲についても火碎流の痕跡等から検討して、阿蘇4火碎流が本件発電所の敷地に到達していないと評価している。また、阿蘇4噴火を除く阿蘇の巨大噴火である阿蘇1噴火～阿蘇3噴火による火碎流もその堆積物は九州に留まり（乙11（6-8-8頁）），その影響範囲は阿蘇4火碎流よりも明らかに小規模であるので、これらの火碎流が本件発電所の敷地に到達していないことは明らかである。

以下では、阿蘇4火碎流が本件発電所の敷地に到達していないと評価できることについて述べる。

## ア 債務者による評価について

債務者は、佐田岬半島を含む四国において阿蘇4火碎流堆積物を確認したとの知見はないこと、債務者による佐田岬半島の調査によっても阿蘇4火碎流堆積物が確認されないこと、阿蘇と本件発電所の敷地の間には約130kmの距離があり、その間に存在する佐賀関半島、佐田岬半島等が地形的な障害になり得ることを総合的に考慮して、阿蘇4火碎流は本件発電所の敷地に到達していないと判断している（原審債務者準備書面（11）（8～12頁））。

以下では、まず、後記（ア）において、阿蘇4火碎流堆積物の分布及び本件発電所が位置する佐田岬半島においては阿蘇4火碎流堆積物が確認されないこと、後記（イ）において、大規模火碎流であっても地形の影響を受けることを述べた上で、後記（ウ）において、佐賀関半島等が地形的な障害になって阿蘇4火碎流が本件発電所の敷地の方に向に流れていないと考えられることを述べる。

### （ア） 阿蘇4火碎流堆積物の分布及び佐田岬半島において阿蘇4火碎流堆積物が確認されないことについて

阿蘇4火碎流堆積物は、九州北部及び中部並びに山口県南部の広い範囲に分布していることが確認されているものの、本件発電所が位置する佐田岬半島においては、阿蘇4火碎流堆積物を確認したとの知見はない（図18）。また、阿蘇から150kmを超える遠方まで阿蘇4火碎流の到達が示されている山口県では、県中央部の宇部市周辺の中位段丘面上<sup>68</sup>を厚さ数mの阿蘇4火碎流堆積物が広く覆

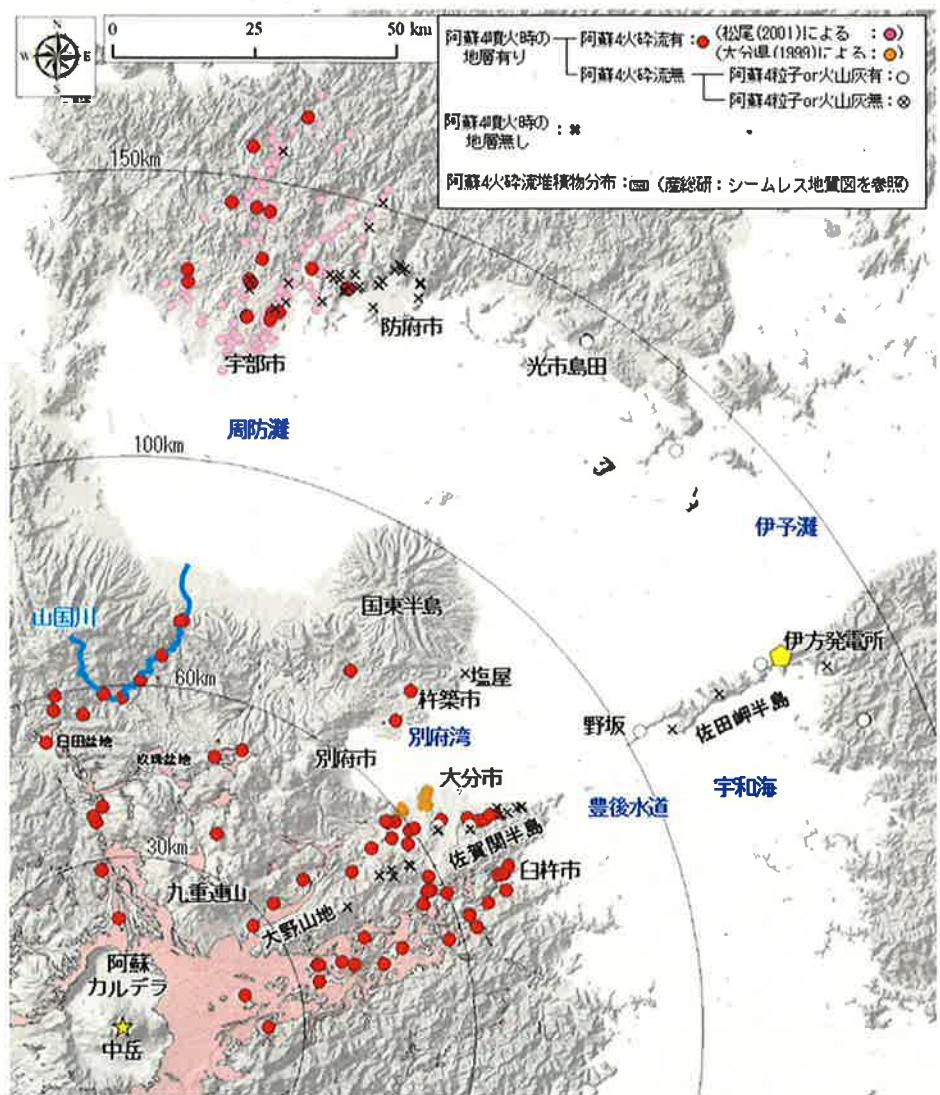
68 約13万～6万年前に海や川の作用によって形成された段丘面。なお、段丘面とは、階段状の台地地形のことであり、平坦な台地面と急傾斜の崖から成り、平坦な台地面上には火

っているのに対して、山口県東部の光市島田では中位段丘面の土壤中に阿蘇4噴火を起源とする鉱物がわずかに認められるのみで、阿蘇4噴火と同時代の地層が残る中位段丘に阿蘇4火碎流堆積物が認められず（乙508（10頁）），山口県内でも分布に偏りがある。

また、山口県で認められたような阿蘇4火碎流堆積物の偏在分布は大分県国東半島においても認められることを踏まえれば、阿蘇4火碎流は供給源では同心円状に分布しているものの、阿蘇カルデラから遠く離れた縁辺部では、阿蘇4噴火当時の谷を埋めるように分布していると考えられることから（乙508（10頁）），本件発電所の敷地の方角に向かった阿蘇4火碎流が必ずしも最大到達距離と同じ距離に到達したとは限らない。

---

碎流堆積物が残りやすい。



(乙508から引用)

図18 九州・山口・四国における阿蘇4噴出物の分布

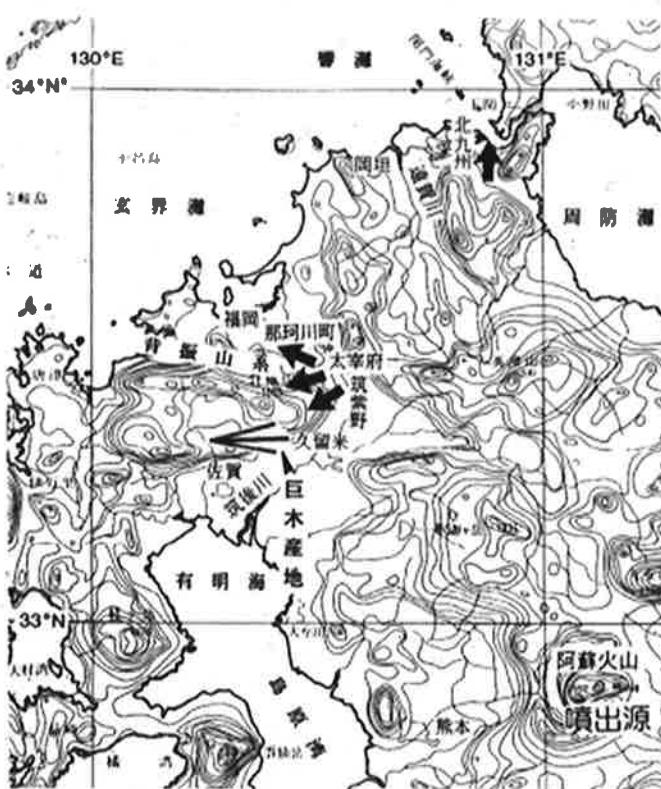
債務者は、佐田岬半島における阿蘇4火碎流堆積物の有無について、堆積環境の良い地点を重点的に調査し、阿蘇4火碎流堆積物がないことを確認した。まず、一般に堆積環境が良いとされる低地等の地点を選んで、基盤までボーリングを行ったものの、これらの地点の堆積物には阿蘇4噴火の時代よりも新しい時代の堆積層しか残されておらず、阿蘇4噴火の時代の堆積層は保存されていない。一

方、山口県では阿蘇4噴火による火碎流堆積物が中位段丘面上で確認されていることから、佐田岬半島の中位段丘面において地表踏査を行った結果、段丘堆積物を覆う風成層（風によって砂等が運搬されて堆積してできた層）に阿蘇4噴火による火山灰が混在することから阿蘇4噴火の時代の地層が保存されているものの、火碎流堆積物は確認されない（乙11（6-8-8～6-8-9頁））。このように、債務者によるボーリング調査及び地表踏査は、本件発電所の敷地周辺において、風化侵食によって古い火碎流堆積物が残りにくいことも十分に踏まえた上で、地形学的観点から堆積条件の良い場所を調査したものであり（乙508（17頁）），このような適切な調査の結果によても、阿蘇4火碎流堆積物は確認されなかつた。

(イ) 巨大噴火に伴う大規模火碎流であっても地形の影響を受け得ることについて

大規模で運動エネルギーの大きい火碎流の場合は、ある程度の地形の起伏を乗り越えることができるが、重力の影響を受ける以上、地形的な障害の影響を受けないわけではない。IAEAの安全ガイドでも、火碎物密度流の流路と広がりに影響を及ぼす火山とサイト間の地形を考慮することが求められているように（乙509（40頁）），巨大噴火に伴う大規模火碎流であっても地形の影響を受け得ることは広く受け入れられた知見である。阿蘇4火碎流についても、カルデラの近傍を除けば、火碎流の流走中は流動性に富むため盆地や谷沿いの低地に堆積しているとされる（乙510（192頁））。例えば、阿蘇カルデラから本件発電所の敷地方向（東北東

方向)へ向かった阿蘇4火碎流については、その堆積物の大部分が谷を埋めるように分布していることから、火碎流が地形の影響を受けたことは明らかであり、地形的な高所を避けて九州の東海岸に達したとされる(乙510(195頁))。また、福岡県西部及び佐賀県における阿蘇4火碎流堆積物中から出土した炭化した樹木の倒木方位の分布から、阿蘇4火碎流が阿蘇カルデラの位置する南東からではなく東から西に向かって流れたことが知られており、阿蘇4火碎流の拡散は必ずしも均等かつ直線的になされたのではなく、途中の低地や山系列に誘導された(地形の影響を受けた)ことが推定されている(図19、乙286(111~112頁))。



矢印は倒木の方位からみた Aso-4 火碎流の流向

←：今回のデータ ←：他の地域データ

接峰面図は九州活構造研究会(1989)による。

(乙286 から引用)

図19 巨木の出土位置と倒木の方位図

(ウ) 佐賀関半島等が阿蘇4火碎流に影響を与えたことについて

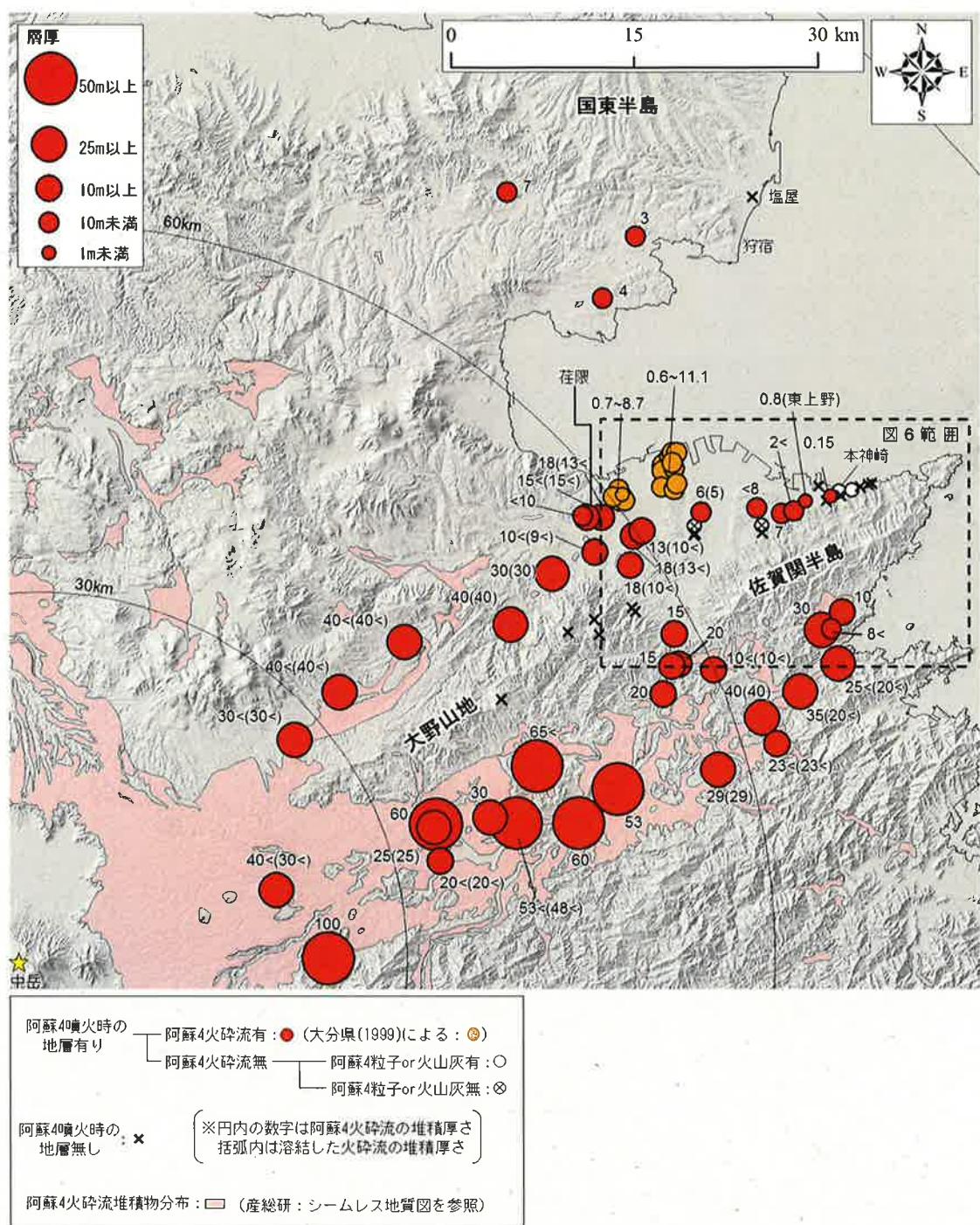
a 阿蘇4火碎流の堆積物の分布について、阿蘇から本件発電所の敷地方向へ向かう大分県内の阿蘇4火碎流堆積物の分布に着目すると、阿蘇4火碎流は、佐賀関半島を挟んで南北に分かれて流下し、特に佐賀関半島を挟んで本件発電所の敷地と反対側になる南側に多く流れたものと評価できる（原審債務者準備書面（11）の補充書（1）（7～8頁））。

大分県東部に残された阿蘇4火碎流堆積物は、佐賀関半島を挟

んで南北に分断されるように分布している（図20）。その要因としては、上記（イ）のとおり、阿蘇4噴火による火碎流は地形と重力の影響を受けたと考えられるところ、阿蘇の東方には、阿蘇4噴火の当時から存在していた標高750～800m程度の大野山地<sup>69</sup>が地形的障害として存在することにあると考えられる。すなわち、阿蘇4火碎流は、大野山地を地形的障害とし、その南側を東に向かう流れと、北側を北東に向かう流れに分かれて流れたと考えられる（図21）。（乙508（13～16頁））

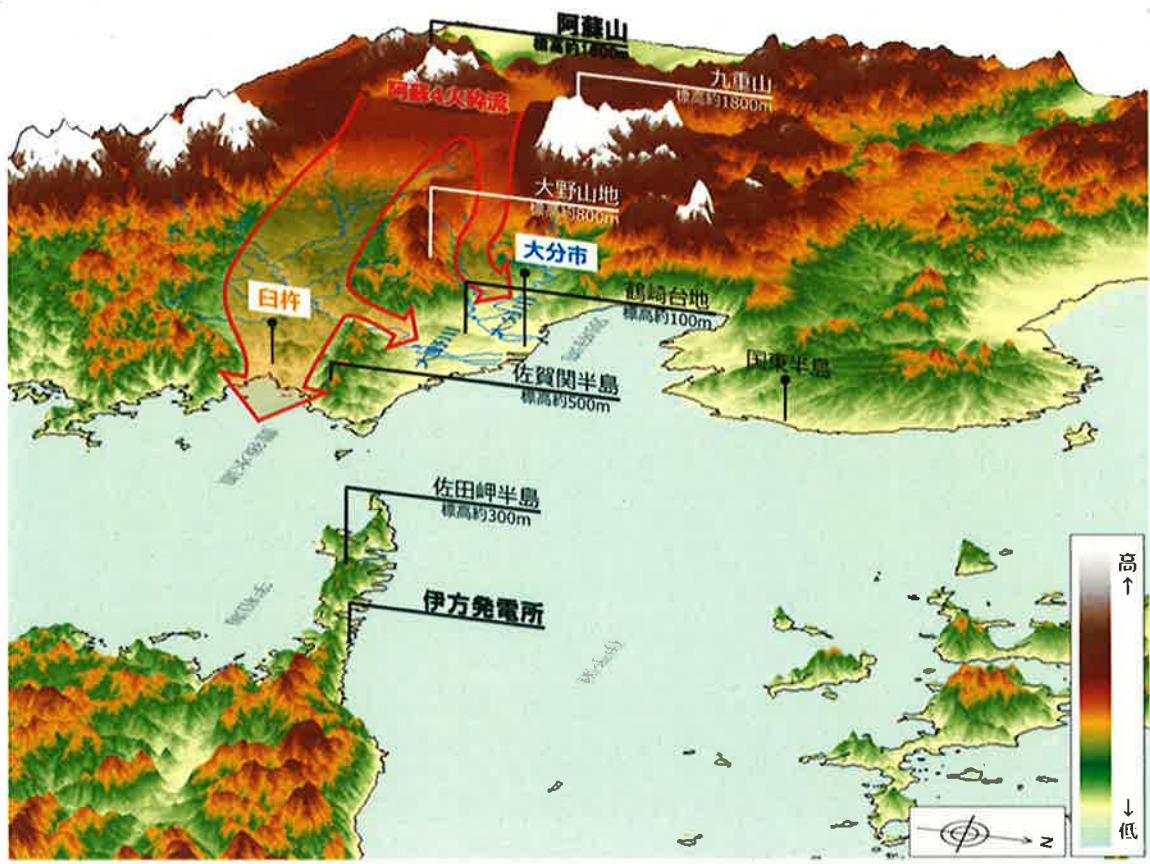
---

69 大野山地は、原審債務者準備書面（11）の補充書（1）で地形的障害として例示した御座ヶ岳が属する大分県東部の山系列（原審債務者準備書面（11）の補充書（1）（7～9頁））の名称である。



(乙508から引用)

図20 大分地域の阿蘇4噴出物の分布



(乙508から引用)

図21 阿蘇4火碎流の地形的障害による分流のイメージ図

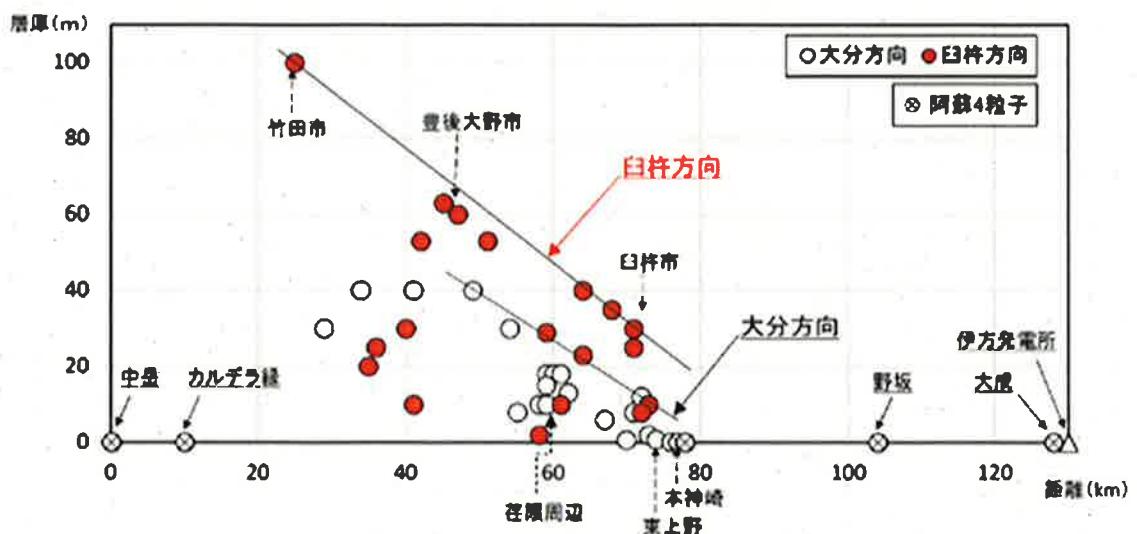
b 大野山地の南側を流れた阿蘇4火碎流は、阿蘇カルデラから東に延びる川幅の広い大野川に沿う谷を流路として流れ、谷を厚く埋積し、火碎流台地を形成している。火碎流堆積物の堆積面に相当する火碎流台地の上面は概ね平坦で東に向かって低くなり、大野山地、佐賀関半島など、一般に火碎流台地上面の堆積面より標高の高い地域に阿蘇4火碎流堆積物は認められない。

また、大野川沿いに火碎流台地を形成する阿蘇4火碎流堆積物の層厚は、カルデラ中心から25km離れた地点（竹田市）で10m、47kmの地点（豊後大野市）で60mであり、これらの大

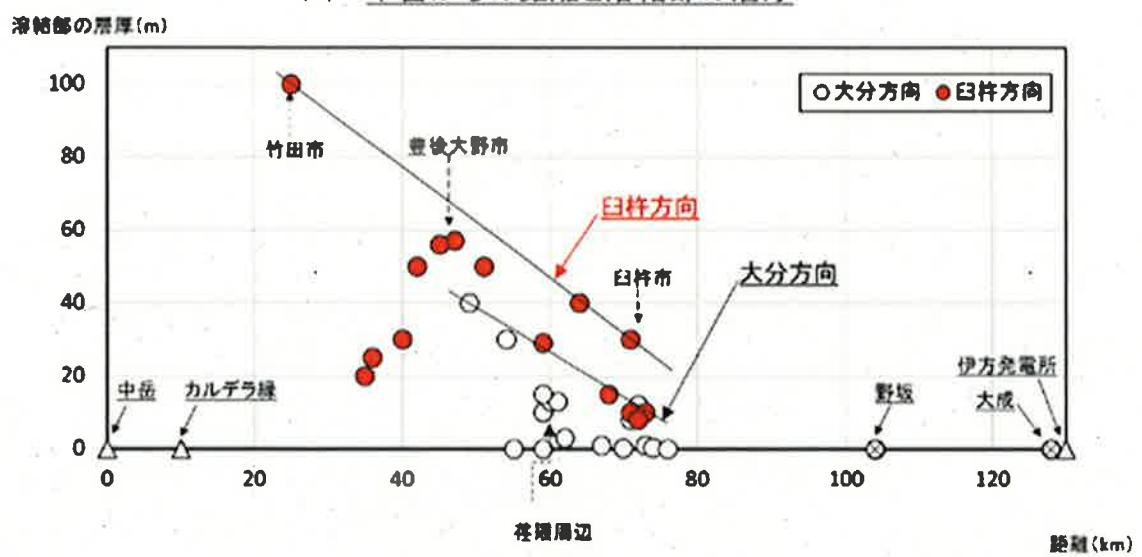
部分は溶結している。溶結は、堆積物が一定以上の温度を保持している場合にその熱で堆積物自身が溶融し堆積物自身の重量によって圧密する現象である。溶結しているということは堆積後も火碎流内部に熱が保持されたということであり、厚く堆積した場合に火碎流内部に熱が保持され強く溶結しやすいことから、強く溶結しているということは、火碎流堆積当時に厚く堆積したことを見出する。大野山地の南側に流れた阿蘇4火碎流堆積物の溶結部は厚く、その層厚は竹田市南で層厚100mに達し、阿蘇カルデラから80km離れた臼杵市でも層厚30mに達していることから（図22），大野山地の南側に厚い阿蘇4火碎流が流下・堆積したことが伺える。

（乙508（13～16頁））

(A) 中岳からの距離と層厚の変化



(B) 中岳からの距離と溶結部の層厚



(乙 508 から引用)

図 22 阿蘇 4 火碎流堆積物の距離による変化

(A) 距離と層厚 (B) 距離と溶結部層厚

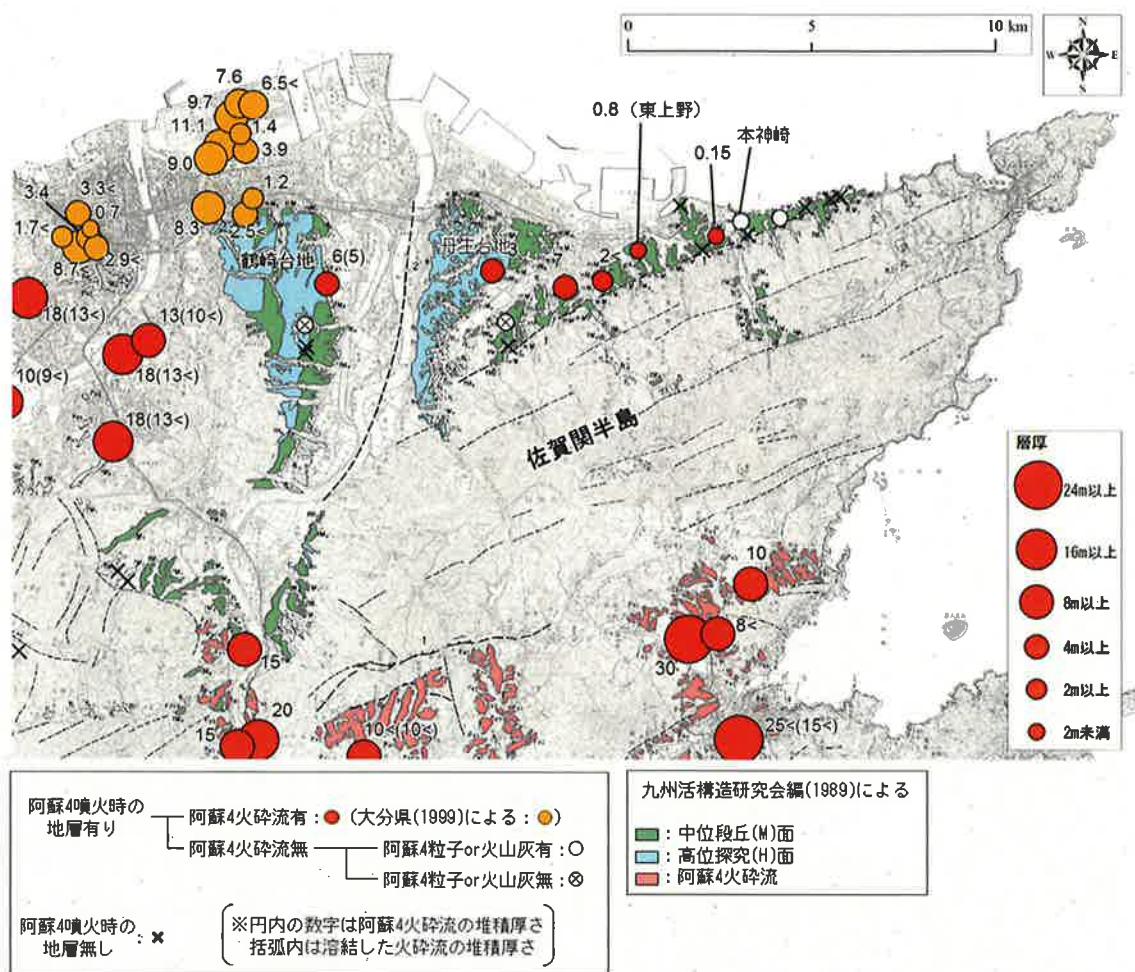
c 一方、大野山地の北側を流れた阿蘇 4 火碎流は、大野山地の北

側を阿蘇カルデラから大分市に向かって流れる芹川及び大分川の低地を流路として流れ下り、それらの谷を埋積し、層厚40m以上の溶結凝灰岩を形成した。しかし、大野山地南側の大野川沿いと比べるとその分布は狭く、堆積物量は比較的少ない(図22)。

また、大野山地北側の山地を抜けた先の大分平野西部の茌隈には、中位段丘面を覆った火碎流台地が形成されているところ、その背後に接する火碎流台地の上面よりも25mほど高い高位段丘面には阿蘇4火碎流堆積物が分布しない。すなわち、阿蘇4火碎流の流れは地形の影響を強く受けており、阿蘇4火碎流の主体部(下部の密度の高い部分)は火碎流台地より高所に堆積していない。したがって、大野山地北側を流れた阿蘇4火碎流の主体部の層厚はさほど厚くなく、阿蘇4火碎流は山地を抜けて平野部に達して以降も地形的に低いところを通っていたと推定される。

#### (乙508 (13~16頁))

さらに、阿蘇カルデラの中心から70~80km離れた佐賀関半島北側では、多数の中位段丘面が地形として残されている(図23)。火碎流台地は、火碎流が厚く流れて元の地形を埋め尽くした場合に形成されるため(乙463(2頁))、佐賀関半島北岸が火碎流に覆われた火碎流台地とはならずに中位段丘が残っていることは、これらの中位段丘が阿蘇4火碎流に埋め尽くされなかったことを意味する。



(乙 508 から引用)

図23 佐賀関半島周辺の段丘面及び阿蘇4噴出物の分布

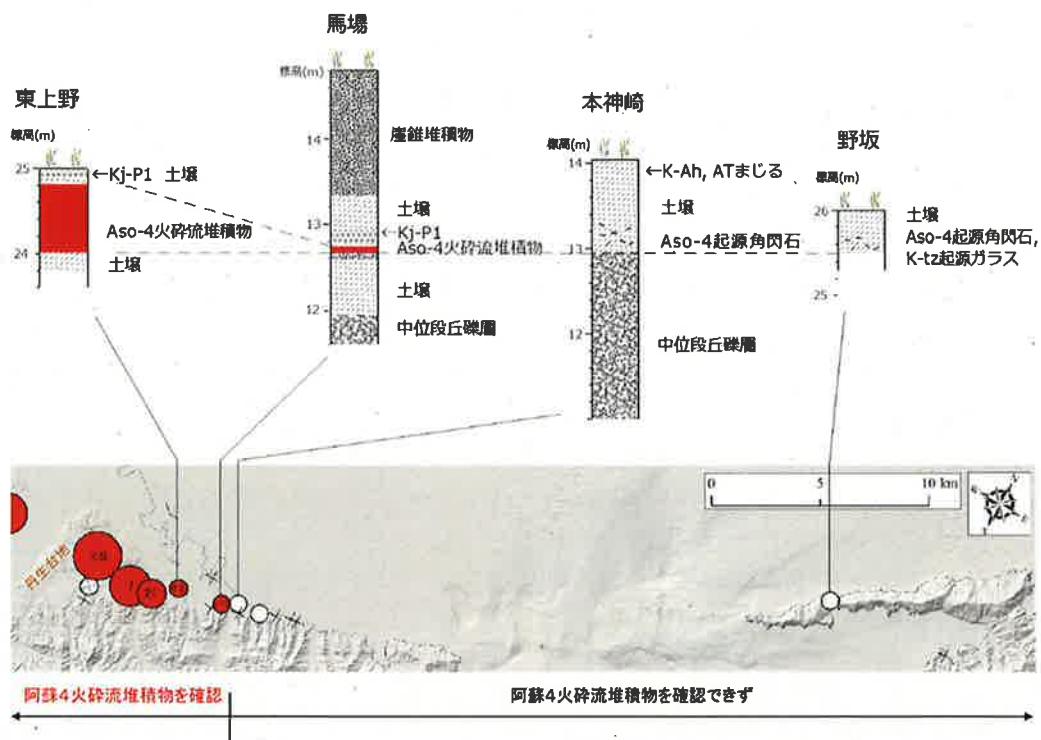
以上のとおり、大野山地及び佐賀関半島を挟んで南北に堆積する阿蘇4火碎流堆積物について、佐賀関半島の南側（臼杵方向）へは阿蘇4火碎流が厚く堆積するのに対して、佐賀関半島の北側（大分市方向）へ流下した阿蘇4火碎流の堆積物は薄く、侵食に強い溶結凝灰岩や中位段丘の分布状況から南北での層厚の違いは侵食の影響とは考えられないことから、阿蘇4火碎流は佐賀関半島の南側へは大量に流下し、北側へ流れた阿蘇4火碎流は比較的

少量であったことが分かる。

(乙508(13~16頁))

d 大野山地の北側を流れた阿蘇4火碎流について、阿蘇カルデラから東に70~80km離れた佐賀関半島北側では、東上野では阿蘇4火碎流堆積物の層厚が1m以下に(図24)、さらに東側の本神崎で層厚0mとなり(図24)、佐賀関半島の東端部では阿蘇4火碎流堆積物は認められない。つまり、佐賀関半島北側では、中位段丘面上に堆積した阿蘇4火碎流堆積物の東端が本神崎付近にあることを示している(図24)(乙508(13~18頁))。

そして、上記(ア)で述べたとおり、本件発電所が位置する佐田岬半島では阿蘇4火碎流堆積物が確認されないことについて、佐田岬半島は、佐賀関半島の東側延長線部に位置し、佐賀関半島北側の中位段丘面上に分布する阿蘇4火碎流堆積物は、西側から東側へ向かって徐々に層厚を減じ、本神崎以東では認められなくなり、さらにその東側延長部にあたる佐田岬半島の野坂及び大成にも認められない(図24)。以上のことから、佐田岬半島には阿蘇4火碎流は到達しなかったと評価することができる。(乙508(17~18頁))



(乙508から引用)

図24 佐賀関－佐田岬の阿蘇4噴出物の分布

したがって、阿蘇4火碎流は大野山地や佐賀関半島による地形的な障害によって、その南側と北側に分流し、南側へは大量に流下する一方、北側の阿蘇4火碎流堆積物の層厚は比較的薄く、佐賀関半島の北側東端部で消滅し愛媛県側に至らなかったと考えられる。そして、佐田岬半島では、阿蘇4火碎流堆積物は認められないが、中位段丘面上に阿蘇4噴火の火山灰粒子を含む土壌が残っていることを踏まえると、阿蘇4火碎流は佐田岬半島に到達していないと推定され、本件発電所の敷地に到達していないと評価される。（乙508（20頁））。

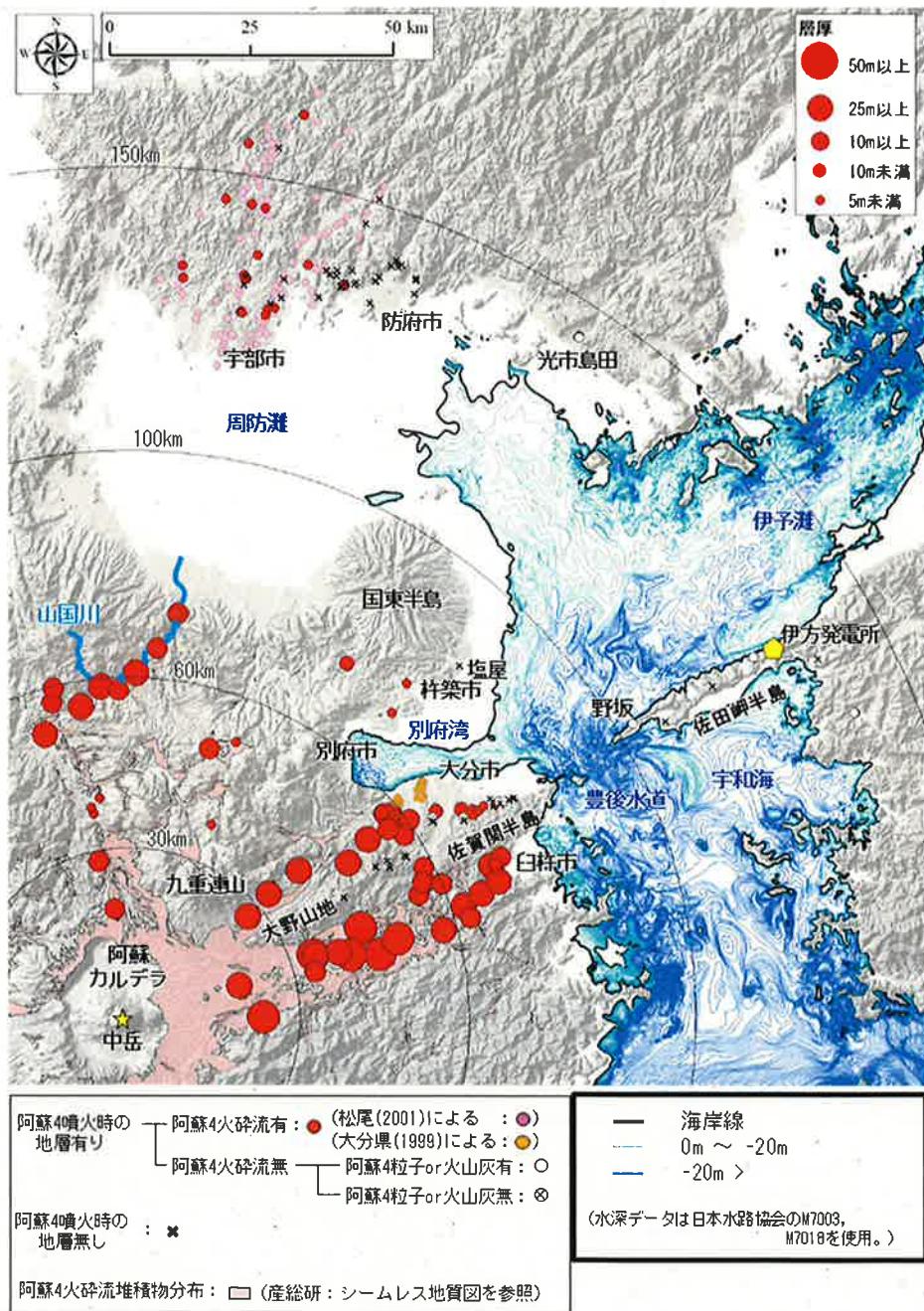
以上の阿蘇4火碎流の検討のうち、大野山地や佐賀関半島が地

形的な障害となって火碎流の流路に影響を与えることは、これまで主張したとおり、債務者が行なった火碎流シミュレーション(乙146)からも裏付けられる(原審債務者準備書面(11)の補充書(1)第1の1(2)イ(10頁以下))。

e さらに言えば、本件発電所の敷地とは反対側の大野山地及び佐賀関半島の南側を流れた阿蘇4火碎流についても、80km離れた臼杵市でも30mの層厚があり阿蘇4噴火当時にも海水域が広がっていた豊後水道(図25)に達したと考えられるが、佐田岬半島先端の野坂(佐田岬半島が南北に細くくびれた部分で、北側の伊予灘と南側の宇和海の両方に面している。)で阿蘇4火碎流堆積物が確認されないことを踏まえれば、下部の密度の高い部分から海中に水没し海底に堆積したため、豊後水道から佐田岬半島に到達していないと考えられる(乙508(18~19頁))。すなわち、豊後水道の領域に広がっていたと考えられる阿蘇4噴火当時の海水域の広がりが阿蘇4火碎流の佐田岬半島への到達を防ぐのに十分であったと考えられることは、Dr. Brittain E. Hillが、海水域に侵入した火碎流は、熱源である下部から海中に沈んで水平方向へ流走するための推進力を失い、佐田岬半島に到達しなかったと考えられると述べるとおりである(乙511)。

ちなみに、現在の海水位は阿蘇4噴火当時よりも高い位置にあるので、海水域は当時より広く、仮に阿蘇4火碎流のような大規模火碎流が発生したとしても、阿蘇4噴火当時以上に火碎流が本件発電所の敷地に到達することは困難であると考えられる(乙5

11)。



(乙508から引用)

図25 阿蘇4噴火当時の海岸線の推定図（現海底地形の水深40m線）

## (工) 小括

以上のとおり、阿蘇4火碎流堆積物は、本件発電所が位置する佐田岬半島で確認されたとの知見もないし、債務者の調査によっても確認されない。また、大分県における阿蘇4堆積物の分布状況等からすれば、大野山地や佐賀関半島が地形的障害となって阿蘇4火碎流は南北に分断して流れ、本件発電所の敷地に向かう方向へは相対的に少ない流量しか流れなかつたと評価される。さらに言えば、佐賀関半島及び佐田岬半島を挟んで本件発電所とは反対側の南側に流れた大量の阿蘇4火碎流についても、佐田岬半島に到達することができなかつたと考えられる。加えて、本件発電所の敷地と阿蘇との間には約130kmの距離があることも踏まえれば、阿蘇4火碎流は、本件発電所の敷地に到達していないと評価できる。

そして、阿蘇の既往の噴火の中でも突出して大きく、第四紀で最大級の噴火による阿蘇4火碎流ですら本件発電所の敷地に到達していないのであるから、本件3号機は火山事象との関係において立地不適となることはない。

## イ 原決定等の誤りについて

### (ア) 火山ガイドにおける火碎流の到達に係る判断について

原決定は、火山ガイドの記載に従って判断すれば、検討対象火山の活動可能性の判断も噴火規模の推定もできないため、阿蘇の過去最大規模の噴火である阿蘇4噴火を噴火規模と想定すべきとする。そして、阿蘇4火碎流が最大で約160kmの距離に到達したのに対して、阿蘇から本件発電所の敷地までの距離は約130kmであるから、阿蘇において阿蘇4火碎流と同規模の噴火が起きた場合に本件

発電所の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）が必要であるとした上で、十分な疎明がなされていないとして立地不適と判示した。

しかしながら、原決定が判示するように火山ガイドに従って判断するのであれば、火山ガイドにおいては、まず検討対象火山の噴火規模を設定するところ、上記(2)ア(ウ)のとおり、阿蘇において本件発電所の運用期間中に考慮する噴火規模は、草千里ヶ浜軽石の噴火の規模が妥当であり、阿蘇4噴火の規模の噴火を考慮する必要がないのであるから、そもそも阿蘇4火碎流の到達の有無にかかわらず、本件3号機が立地不適となることはない。そして、火山ガイドでは、原子力発電所の運用期間中に、検討対象火山の活動の可能性が十分小さいと評価できる場合、もしくは、活動の可能性が十分小さいと判断できないものの設定した噴火規模において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に小さいと評価できる場合において、過去の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については、モニタリングを実施し、運用期間中に火山活動の継続的な評価を行うこととされており（火山ガイド4.1(2)及び(3)（乙147(9頁)）），本件3号機の立地評価においては、阿蘇4火碎流の到達の有無はモニタリングの必要性の有無を判断するにあたって意味を成すに過ぎない。

そして、仮に阿蘇4噴火の規模を考慮する必要があるとしても、火山ガイドは、設計対応不可能な火山事象の評価において、噴火規模を「過去最大の噴火規模から設定した場合には、検討対象火山で

の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。」

(火山ガイド4.1(3)(乙147(9頁)))としていることから、阿蘇4火碎流の到達の有無を判断するにあたっては、痕跡等から影響範囲を判断することが前提となる。そして、阿蘇4噴火による火碎流堆積物は、図18のとおり分布に偏りがあるのであるから、これを考慮した上で到達範囲を判断することになるのであって、阿蘇から160kmの範囲にあれば無条件に火碎流が到達したと判断する理由はない。また、上記ア(イ)のとおり、大規模火碎流であっても地形の影響を受けるところ、火山ガイドでは、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、若しくは火山性プ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徴に関するデータ」を調査することが求められている(火山ガイド3.2(3)(乙147(7頁)))。上記アで述べた債務者による評価は、こうした火山ガイドの規定にも合致するものである。

したがって、原決定は、本件3号機の立地評価において、そもそも噴火規模として阿蘇4噴火を想定する必要があるとする点において誤っているし、仮に阿蘇4噴火を考慮する必要があるとしても、阿蘇4火碎流の到達範囲の評価について、上記アで述べたとおり、火山ガイドに従って痕跡等から判断すれば阿蘇4火碎流は本件発電所の敷地に到達していないと評価できるのであって、単に阿蘇4火碎流の最大到達距離だけに着目して阿蘇4火碎流が本件発電所の敷地に到達していないということはできないとする原決定は誤りである。

#### (イ) 町田洋陳述書について

原決定は、町田洋陳述書（甲D343）の記載を基に、債務者の調査によっては阿蘇4火碎流が本件発電所に到達しなかったとは言えないとするが、町田洋陳述書において、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、同陳述書を基に上記アの債務者の調査を否定することはできない。

a 阿蘇4火碎流堆積物は佐田岬半島に残されていないだけであるとの記載について

(a) 町田洋陳述書において、町田洋氏は、大規模火碎流は噴出口から概ね同心円状に広がったと見られ、阿蘇4火碎流は、大分県の佐賀関半島や国東半島などの現在あまり火碎流堆積物が認められない周辺諸地域の斜面も覆い尽くした筈であり、噴出中心から半径約150kmの範囲内に火碎流が到達したとみるのはごく常識的な判断であると述べる。

しかしながら、図18に示すとおり、阿蘇4火碎流が同心円状でなく偏りを持って広がったことは明らかである。また、町田洋氏が阿蘇4火碎流が斜面も覆い尽くしたと述べた佐賀関半島の北岸は、火碎流台地が形成されずに中位段丘が残っていることから、当該地点が阿蘇4火碎流に覆い尽くされなかつことは明白であり、さらに佐賀関半島北岸の中位段丘面の阿蘇4火碎流堆積物は、西から東に向かって層厚が薄くなり、佐賀関半島東端部では認められなくなることは上記ア(ウ)で述べたとおりである。

(b) また、町田洋氏は、佐田岬半島は急斜面からなる山地の続

きで侵食されやすい地形であること、テフラは温暖な地域ほど残りにくいと述べ、こうした地域で到達した筈の火碎流や降下火山灰を認定するためには当時湖か湿地のような環境だったところを徹底的に調べる必要があると述べる。

しかしながら、佐田岬半島は急斜面だけからなるものではなく、債務者が調査した佐田岬半島の野坂及び大成の調査地点は段丘面であって、堆積物が残されやすい平坦な面である。そして、債務者は、侵食の可能性を考慮したからこそ佐田岬半島西端の野坂の中位段丘に侵食されずに残っている地層を調査して、阿蘇4噴火の時代の地層が保存されているものの、阿蘇4火碎流堆積物が確認できないことを把握したものである。そして、町田洋氏は、テフラは温暖な地域ほど残りにくいと述べるが、山口県と愛媛県の気候が大幅に異なるものではないにもかかわらず、山口県中央部では同じ中位段丘面に約9万年前の阿蘇4火碎流堆積物が厚く堆積していることが確認されている。さらに、同じ山口県の侵食が同程度である中位段丘について、県中央部では阿蘇4火碎流堆積物が分布しているのに対して県東部では阿蘇4火碎流堆積物が確認されないことからすれば、段丘面を覆った火碎流堆積物のみが侵食されることを考え難いので、阿蘇4火碎流は偏在して堆積したと考えられる（乙508（10頁））。

ちなみに、町田洋氏は、債務者が阿弥陀池、川之石港及び高茂の地点で行ったボーリング調査について、ボーリングが短すぎて阿蘇4噴火の時代の堆積層に達していないと述べるが、債

務者は基盤までボーリングを行った（つまり、それ以上深いところは阿蘇 4 の時代よりもはるかに古い時代に形成された三波川帯の結晶片岩が続く。）が、堆積層に阿蘇 4 噴火の時代のものは残されていなかったというのが実際のところであって（乙 508（17 頁）），ボーリングが短すぎるというのは町田洋氏の思い込みに過ぎない。そして、債務者の佐田岬半島における調査が堆積条件の良い地点を調査地点として選定していることは、長谷川・柳田意見書が述べるとおりである（乙 508（17 頁））。

- (c) 以上のとおり、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、一般論として、大規模火碎流が火口から四方八方へ流出することや、テフラが残りやすい地形や環境について述べているに過ぎず、町田洋氏の指摘には理由がない。
- b 火碎流から火山灰層への変化が遷移的であるとの指摘について  
町田洋陳述書において、町田洋氏は、「火碎流の堆積物とみなされるのは、高速で流動する噴煙の重力流のうち高密度の部分が堆積したものです。この噴煙流には浮いた状態の多量の細粒固体があって、それは重さに応じて地表に降下していきます。・・・火碎流堆積物の特徴をもつものから火山灰層への変化は遷移的です」と述べる。また、火碎サージについて、四国西部一帯も火碎サージに襲われたといえるとする。

まず、火碎サージについて述べると、広い意味で火碎流と呼ばれる火碎物密度流には、高密度な火碎流本体と火碎流本体から発生する比較的流れの密度が小さい乱流性が高い部分があるところ、

火碎流本体から発生する密度が小さく乱流性が高い流れを火碎サージという。火碎サージは、火碎流本体と同様に設計対応不可能な火山事象とされる<sup>70</sup>。火碎サージは、火碎流本体と火山灰の間に存在するものであり、火碎サージ堆積物と火山灰堆積物の区別は難しいとされる（乙459（154頁））。しかしながら、一般に火碎サージは短命であり（乙457（120頁）），火碎流本体から遠く離れて存在するものではなく、IAEAの安全ガイドでは、火碎サージが火碎流から形成される場合について、火碎流の先端から伸長することがある距離は数kmとされている（乙509（41頁））。すなわち、火碎流本体から分離して発生する火碎サージには、流動する火碎流の上部を構成する希薄な部分（熱雲サージ<sup>71</sup>）や、火碎流の先端部に放出される部分（グラウンドサージ）などがあり（乙459（145頁）），その到達範囲が火碎流本体の到達範囲よりも外側に広がるとしても、火碎流本体と比較して密度が小さく、運動エネルギーも小さいため（乙459（145頁）），火碎流本体から分離すると急速に勢いが衰え、その到達範囲は火碎流本体の到達範囲と大差ない。また、雲仙岳の1991年の噴火では、火碎流の周囲に火碎サージが分布したが、その外側では、横方向の運動エネルギーよりも熱による浮力が勝り、火碎サージ部分は熱雲<sup>72</sup>として上空へ上昇した（乙45

70 火碎流、サージ等の用語は、厳密な定義がないため、指し示す事象が研究者によって異なることがあるが、本書面では、火碎サージについて、火碎物密度流のうち、比較的流れの密度が小さく乱流性が高いもので、設計対応不可能な流れとして、火碎流本体から発生する火碎サージ及びベースサージを指すものとする。

71 灰雲サージと呼ばれることがある。

72 熱雲の語は、研究者によって様々な意味で用いられる（例えば、乙457はプラストの

9(145~146頁)。このように、火碎流から分離して生じる火碎サージは火碎流分布域と密接に関連して分布し、火碎流の到達範囲の近傍に限られるものであり、本件発電所の敷地に火碎サージを到達させるとはおよそ考えられない遠方でしか阿蘇4火碎流堆積物が確認されないことを踏まえれば、本件3号機の立地評価においては、火碎サージと火碎流本体とを一体の事象として評価しても問題ないし、まして四国西部一帯が火碎サージに襲われたとは考え難い。

このように、火碎流から分離して生じる火碎サージは、火碎流分布域と密接に関連して分布し、火碎流の到達範囲の近傍に限られるものである。このため、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としても、本件発電所の位置する方向へ流れた阿蘇4火碎流堆積物のうち、本件発電所の敷地に最も近い東端部（佐賀関半島北方）であっても、本件発電所の敷地から50km以上離れているので、本件発電所の敷地に阿蘇4火碎流による火碎サージが到達したとは考えられない。また、上記ア（ウ）dで述べたとおり、佐賀関半島の南側の方向に流れた阿蘇4火碎流についても、本件発電所の敷地から20km以上離れた佐田岬半島西端の野坂に到達していないと考えられるのであるから、本件発電所の敷地に火碎サージが到達したとは考えられない。この点、町田洋氏は、火碎流にとって、佐賀関半島と佐田岬半島の間に存在する海域は障害にならないとも述べるが、海域が障害に

---

意味で用いている。)が、ここでは火碎流から噴煙状に舞い上がる火山灰(乙459では熱雲火山灰と呼ばれている。)を指す(乙459(129~130頁, 146頁))。

ならないと言えないことは、インドネシアのクラカタウ火山の1883年の噴火で海上を進んだ火碎流の上層流が約65kmの距離では人々や木製の船に重大な損傷を与えたなどの実例を交えてDr. Brittain E. Hillが述べるとおりである（乙511）。

したがって、火碎流堆積物の特徴をもつもの（火碎サージ）から火山灰層への変化は遷移的であることをもって、本件発電所の敷地に火碎流が到達していないと判断できないとする理由はないし、まして四国西部一帯が火碎サージに襲われたとする理由はない。

#### (ウ) 債務者の火碎流シミュレーションについて

原決定は、阿蘇4火碎流は債務者が火碎流シミュレーションにおいて使用したTITAN2Dの適用範囲外との疑問があり、シミュレーションの設定が実際の阿蘇4火碎流とは異なる前提で行われたものであるから、債務者の火碎流シミュレーションによって、本件発電所の敷地に阿蘇4火碎流が到達しなかったとはいえないとする。

しかしながら、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。

また、TITAN2Dを用いたことについて、現時点では阿蘇4火碎流のような巨大噴火に伴って発生する火碎流を再現できるシミ

ュレーション手法はないところ、債務者は、阿蘇カルデラから東方（本件発電所方向）へ向かう阿蘇4火碎流の大部分が谷を埋めるように分布し、重力と地形の影響を受けていることを踏まえ、重力流を再現できるTITAN2Dを用いて、東方への流れに限定して火碎流シミュレーションを実施したものである。

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。なお、原決定が問題点としてVEI5クラスの噴火の噴煙柱よりも低いと指摘したパイルの高さの設定（原決定・361～362頁）について原決定が明らかに事実を誤認していることは、保全異議申立書（15頁）において述べたとおりであり、シミュレーションで設定したパイルの高さは、噴煙柱全体の高さではなく、噴煙柱下部の重力で崩壊して火碎流として広がる部分の高さを想定するものであり、重力で崩壊せずに上昇し、降下火碎物として広域に飛散する火山灰となる部分を含んだ噴煙柱全体の高度と比較すべきものではない（図26）。



図26 シミュレーションによるパイル高さと噴煙柱全体の高さの違い

したがって、債務者の火碎流シミュレーションによって、本件発電所の敷地に阿蘇4火碎流が到達しなかったとはいえないとする原決定の判断は理由がない。

(4) 本件3号機が火山事象との関係において立地不適とならないことについて

上記(2)のとおり、本件発電所の運用期間中に、阿蘇において巨大噴火が起きる可能性は十分小さく、本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火の規模は、後カルデラ期の噴火を基に考慮することが妥当であり、後カルデラ期既往最大の草千里ヶ浜軽石の噴火の規模の噴火を考慮することが妥当である。そして、草千里ヶ浜軽石の噴火を含め、後カルデラ期の火碎流は阿蘇カルデラ内に留まることから、阿蘇の噴火による設計対応不可能な事象が本件3号機に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。

さらに、本件発電所の運用期間中の活動可能性を考慮すべき火山のうち阿蘇を除く4火山についても、原審債務者準備書面(11)第1の1(2)ア～ウ及びオ～キで述べたとおり、本件発電所の運用期間中において考

慮する噴火の火碎流堆積物は九州あるいは山口県（阿武火山群が位置する。）の内陸に留まるから、これらの火山の噴火による設計対応不可能な事象が本件3号機に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。したがって、本件3号機が火山事象との関係において立地不適となることはない。

そして、上記の債務者の立地評価の妥当性については、原子力規制委員会によって、新規制基準に適合するものとして確認を受けているところである（乙13（63～65頁））。

そのうえで、仮に本件発電所の運用期間中に考慮する必要がない巨大噴火を考慮するとしても、上記(3)のとおり、阿蘇の既往の噴火の中でも突出して大きく第四紀で最大級の噴火に伴う阿蘇4火碎流でさえ、その痕跡等から検討して本件発電所の敷地に到達していないと評価できるのであるから、巨大噴火があったとしてもその噴火による設計対応不可能な火山事象が本件発電所の敷地に到達する可能性は十分に小さく、本件3号機が火山事象との関係において立地不適となることはない。

#### 4 影響評価について

##### (1) 債務者による評価について

火山事象には、設計対応不可能な5事象以外にも、落下火碎物、火山性地震等、様々な火山事象がある。そこで、原子力発電所では、設計対応不可能な5事象以外の火山事象についても影響評価を行い、原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性があると評価される火山事象に対して、原子力発電所の安全性に影響を及ぼさないよう、設計対応及び運転対応によって原子力発電所の安全性を確保する必要がある。

債務者は、本件発電所の立地との関係では問題がなかった鶴見岳、由布岳、九重山、阿蘇及び阿武火山群の5つの活火山で噴火があった場合

に本件発電所の安全性に影響を及ぼす可能性のある火山事象を抽出し、本件発電所の運用期間中に本件3号機の安全性に与える影響の有無について検討した。影響評価では、設計対応不可能な5事象以外の事象について、債務者は、「降下火碎物」、「火山性土石流<sup>73</sup>」、「火山泥流<sup>74</sup>及び洪水<sup>75</sup>」、「火山から発生する飛来物（噴石<sup>76</sup>）」、「火山ガス<sup>77</sup>」、「津波及び静振<sup>78</sup>」、「大気現象」、「火山性地震とこれに関連する事象」及び「熱水系及び地下水の異常」の8事象を抽出した（乙11（6-8-1頁））。設計対応不可能な5事象に加え、これら8事象について、本件発電所の敷地に影響を及ぼさないこと、あるいは火山事象が及ぼす影響に対して本件3号機の安全性が損なわれないよう安全対策を講じていることは、原審債務者準備書面（11）第1の3以下（15～20頁）で述べたとおりである。

以下では、原決定が債務者が考慮する本件発電所の敷地における降下火碎物の堆積厚さを過小とするので、債務者が影響評価で評価した8事象による影響のうち、債務者が本件発電所の敷地において考慮する降下

73 岩屑と水との混合物が地表を流れる現象のうち非粘着性のもの。流路にある建屋や樹木を押し流すほどの大きなエネルギーを伴うことが多い。土石流は、水で飽和した地滑りによる岩塊から形成されるか、豪雨や急速な融雪や火口湖からの水、若しくは山体系から押し出された水が、火山堆積物を再移動させる場合に形成される可能性がある。豪雨による堆積物の再移動は、噴火の数年後に起きることもある。

74 火山碎屑物と水との混合物が地表を流れる現象の総称で、一般にラハールと呼ばれているものとほぼ同じものである。強い降伏強度を持つ粘着性の泥流に限定される場合もある。

75 火山噴火に伴う火碎流や火山泥流等が河川へ流入し、一時的なせき止めを行った後、それが決壊した場合や火碎流等が直接湖水へ流入した場合等に大洪水を引き起こす原因となる。また、岩屑などれの際に火山体の中に含まれる大量の水によって洪水が発生することがある。

76 火口での爆発活動の結果として激しく噴出される火碎粒子であり、多くの場合は粒径が大きく、火口から地表への高角度の軌道に従い、重力によって落下する。

77 マグマ中に含まれる揮発性成分が噴気口や火口から噴き出し、生物や施設に被害を与えることがある。また、高濃度の火山ガスは金属を腐食させる。

78 火山性地震や気圧・風向の局所的気象急変により湖沼や湾内のような閉じられた領域の水に生じる振動

火碎物の堆積厚さが合理的かつ保守的であることについて述べる。

#### ア 本件発電所において影響を考慮する火山について

上記 3(1)で述べた、本件発電所の地理的領域内に存在する本件発電所の運用期間中の活動可能性を考慮すべき 5 つの火山のうち、阿蘇において本件 3 号機の運用期間中に考慮する噴火は、上記 3(2)ア(ウ)b で述べたとおり、後カルデラ期における既往最大の草千里ヶ浜軽石の噴火と同規模の噴火であるが、草千里ヶ浜軽石の噴火の火山灰堆積物は、九州内陸部に限られ本件発電所の敷地周辺では認められない。また、残る 4 つの火山のうち、九重山を除く 3 つの火山についても、それぞれの火山の本件発電所の運用期間中に考慮する噴火規模の噴火の火山灰堆積物は、本件発電所の位置する四国で確認されていない。残る九重山について、本件発電所の運用期間中において考慮する噴火である約 5 万年前の噴火の火山灰堆積物（九重第一降下軽石）は、本件発電所の敷地周辺ではほぼ 0 cm であるものの、四国南西端の高知県宿毛市で堆積物が確認されている。九重山の約 5 万年前の噴火の規模は阿蘇において考慮する噴火規模の草千里ヶ浜軽石の噴火の規模よりも大きく、位置関係も阿蘇よりも九重山の方が本件発電所の敷地に近いので、阿蘇において本件発電所の運用期間中に考慮する噴火よりも、九重山において同期間に考慮する噴火の方が本件発電所に及ぼす影響が大きい。

また、本件発電所の 160 km 圏外には、南九州にカルデラ火山（①阿多カルデラ、②加久藤・小林カルデラ、③姶良カルデラ及び④鬼界カルデラ）があるものの、いずれも巨大噴火が差し迫った状態ではなく、かつ、本件発電所の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。すなわち、①阿多カルデラは、基線長に変化がなく、マグマの消費量も乏しい火山であり、マグマ溜まりへの供給量もほんないので、大規模な火山活動が近い将来発生するような状況にはないと考えられる（乙438（32頁））。次に、②加久藤・小林カルデラは、新燃岳の活動に伴う基線長の変化は観測されているが、その変動源は、カルデラの下に存在するものではなく、また、カルデラ自体の活動は観測されていないので、大規模な火山活動が近い将来発生するような状況にはないと考えられる（乙438（32頁））。また、③姶良カルデラについては、現在、カルデラの地下数kmに大規模なマグマ溜まりが蓄積している状態ではなく、VEI7以上の破局的な噴火が発生する可能性は低いと考えられている（乙486（17頁））。そして、④鬼界カルデラについては、マグマを発泡させる揮発性成分の濃度が低下していることなどから、破局的噴火がすぐに起きる状況にはないと考えられている（乙512（23頁））。したがって、いずれのカルデラ火山についても、巨大噴火が差し迫った状態ではない。また、いずれのカルデラ火山についても、本件発電所の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。これは、各カルデラ火山に対する上記専門家の評価や、各カルデラ火山の巨大噴火が具体的にいつ頃発生するという指摘が何らなされていないことからも明らかである。したがって、これらのカルデラ火山において、本件発電所の運用期間中に巨大噴火が起きる可能性は十分に小さいので、本件3号機の落下火碎物に対する影響評価において、過去のこれらのカルデラ火山の巨大噴火による堆積物を考慮する必要はない。そして、

抗告審相手方裁判所の釈明事項に対する釈明書（24頁以下）で述べたとおり、これらのカルデラ火山と本件発電所の敷地の位置関係を踏まえれば、降灰の主軸が本件発電所の敷地に長く延びることは考え難いことから、巨大噴火を除く噴火は、本件3号機に及ぼす影響は小さいと考えられるし、本件発電所の敷地周辺では、実際にこれらのカルデラ火山の巨大噴火を除く噴火の降下火碎物の堆積物に厚いものは確認されない（乙481）。

以上から、本件3号機において考慮する降下火碎物の影響評価は、九重山における約5万年前の噴火と同規模の噴火を基に評価することが妥当である。

#### イ 九重山の約5万年前の噴火を考慮した影響評価について

上記アで述べたとおり、九重山の約5万年前の噴火による火山灰の堆積物が四国南西端の高知県宿毛市で確認されているが、地質調査を行い検討した結果、本件発電所の敷地付近への九重山の約5万年前の噴火による火山灰の降下厚さはほぼ0cmであることを確認した。その上で、現在の気象条件を考慮して本件発電所の敷地にどのような降灰が想定されるかを降下火山灰シミュレーションにおいて検討した。まず、国内に分布する火山灰に関する既往の知見をよく整理して充実したデータベースを提供する須藤ほか（2007）<sup>79</sup>に基づき、火山灰体積（噴出量）2.03km<sup>3</sup>を用いて、シミュレーションを行ったところ、偏西風がほぼ真西で安定する季節は本件発電所の敷地における降下厚さはほぼ0cmと評価されるものの、風向きによっては本件発電所

79 「わが国の降下火山灰データベース作成」須藤茂・猪股隆行・佐々木寿・向山栄、地質調査研究報告、58、261-321。

の敷地において厚さ数cmの降下火山灰が想定される。この厚さ数cmの想定自体、本来は風が安定して吹き難い九重山から本件発電所の方角（北東～東北東方向）に、降灰中、連続して吹き続けるという非常に保守的な条件設定に基づくものであるが、さらに原子力安全に対する信頼性向上の観点から、火山灰体積（噴出量）について、算定根拠等がはっきり示されていない知見ではあるものの、須藤ほか（2007）に基づく火山灰体積より大きな火山灰体積（6.2 km<sup>3</sup>）を提唱する知見（長岡・奥野（2014）<sup>80</sup>）を採用してシミュレーションを行った。上記の非常に保守的な条件設定はそのままに、この火山灰体積6.2 km<sup>3</sup>を用いてシミュレーションした結果、本件発電所の敷地における降下火砕物の層厚は最大で14cmとなり、保守性を加味して、本件発電所の設計において考慮する降下火砕物の層厚として15cmを設定した。（以上、乙11（6-8-13～6-8-16頁））

したがって、九重山における約5万年前の噴火の規模に基づく債務者の本件発電所における降下火砕物の層厚の評価は合理的かつ保守的なものである。

ウ 本件発電所の敷地において堆積層厚15cmの降灰は極めて低頻度の事象であることについて

火山灰が保存されるかどうかは気候の影響等に左右され、IAEAの安全ガイドでは、火山灰堆積物が保存されていないために堆積記録に基づく降灰のハザード評価は困難とされる（乙513（93頁））。

一方、日本列島は、火山灰が保存されやすい気候にある（乙457（1

---

80 「九重火山のテフラ層序」長岡信治・奥野充、月刊地球、36, 281-296, 2014.

54頁)）。日本列島においても、何十万年にも及ぶ地質学的な時間スケールで連續した堆積環境下にある降灰堆積物の記録は容易に得られるものではないものの、債務者は、本件発電所の敷地周辺で堆積環境の良い宇和盆地におけるボーリング調査によって、約35万年前以降の広域火山灰をすべて含む連續した地層中に良質の火山灰データを取得している(乙482(4頁), 乙514, 乙485)。この火山灰データは、気象条件など各種不確かさを統計的に処理可能とするのに十分な長期に亘る記録である(乙485)。また、宇和盆地における降下火碎物の層厚の確率論的評価は、位置関係から本件発電所の敷地における確率論的評価と同等とみなすことができる(乙485)。

そこで、債務者はこの貴重かつ有用な火山灰データを活用して、本件発電所における降下火山灰の層厚について確率論的評価を行った(乙149)。IAEAの火山事象に係る安全ガイドの作成にも携わった火山学者である中田節也教授も、このような降灰の頻度とその厚さを精度良く記録している火山灰データが得られている場合には、火山灰データに基づく確率的評価手法は、降灰のハザード評価を行う場合に有効なアプローチであり、IAEAの安全ガイドの考え方によらしても順当であるとの見解を示している(乙514)。

宇和盆地の火山灰データについては、債務者の確率論的評価の後も、引き続き一部の火山灰層についてさらなる精査を継続しており、2017年に他の専門家による検証(査読)を経てTsuji et al. (2017)として公表されたことから、債務者は、改めて、隈元崇准教授に、本件発電所における降下火碎物の層厚に関する確率論的評価を依頼した。隈元崇准教授は、地震調査研究推進本部における

地震予測地図の作成や砂防・地すべり技術センターにおける火山噴火発生確率の評価に携わっている自然災害に係る確率論的評価の専門家である（乙485）。

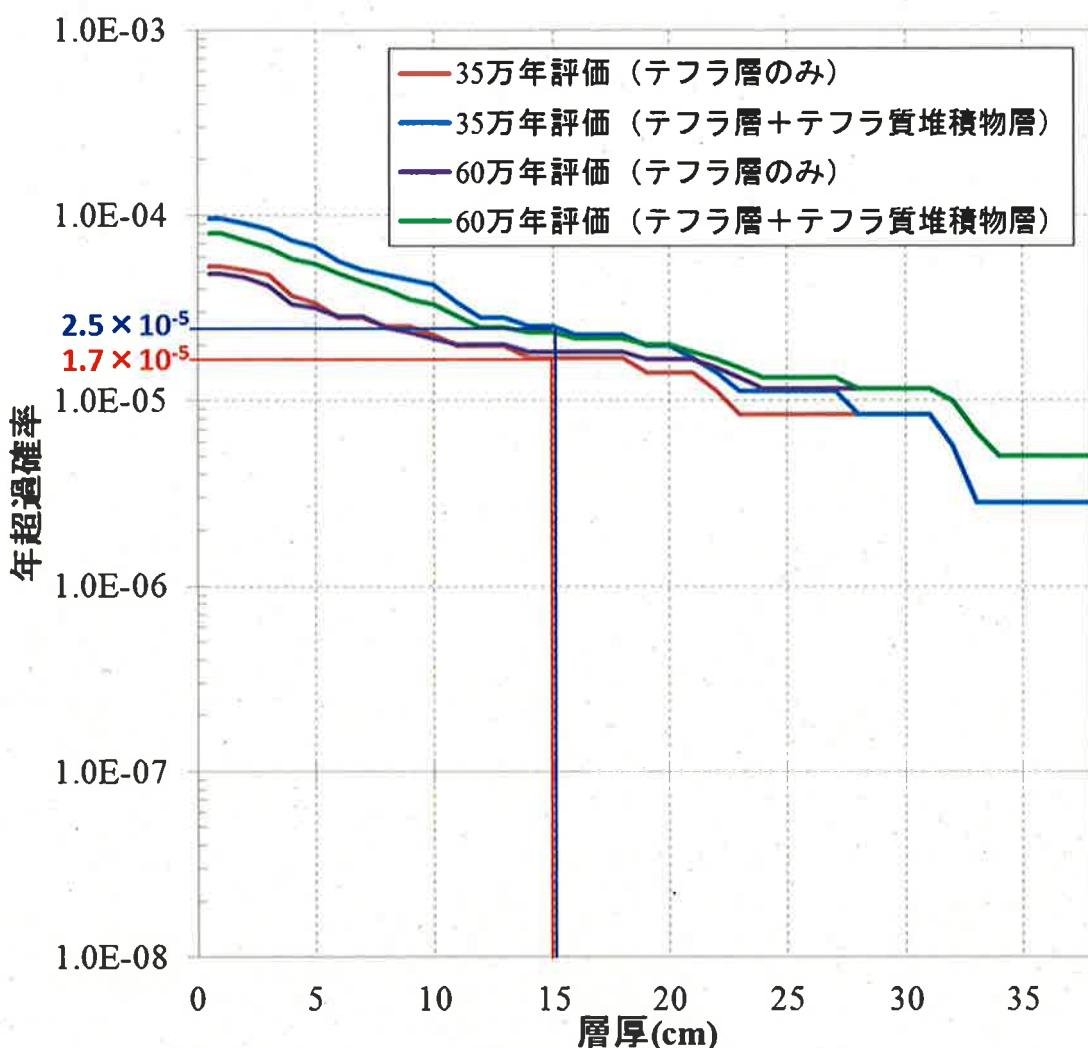
隈元崇准教授による確率論的評価は、全ての知られている広域火山灰を含み記録の精確性が非常に高い期間を評価対象とした35万年評価と、より長期間を評価対象とした60万年評価を比較することによって、時間的なゆらぎがないか確認（評価対象を60万年に拡大した評価結果と比較しても同じ傾向を示すことを把握することによって、評価対象の35万年の期間が偶然降灰頻度の少ない期間であるなどして偏った傾向を示すものではないことを確認）するなど、複数の評価結果を比較することで信頼性を確認している。

この隈元崇准教授による確率論的評価によれば、本件発電所の敷地周辺では、厚さがcmオーダーとなる火山灰の落下頻度は、巨大噴火を含めても、1万年に1回程度と低頻度であり、本件発電所の敷地で15cmを超える降灰は35万年評価で年超過確率 $1 \cdot 7 \sim 2 \cdot 5 \times 10^{-5}$ と非常に低い発生頻度であり、客観的にも相応に低確率として認識される値であるとされている（乙485、図27）。したがって、債務者が本件3号機の設計において考慮する落下火碎物の層厚15cmは、十分に保守的な設定であるといえる<sup>81</sup>。

ちなみに、宇和盆地の火山灰データは、巨大噴火より小さな噴火に伴う火山灰も多数含んでいるが、巨大噴火の火山灰を除けば、債務者が本件3号機の設計において考慮する落下火碎物の層厚15cmを超える

81 原子力規制委員会は、設計基準事故の頻度について $10^{-4}$ /年程度を念頭においている（乙150（6～7頁））。

る火山灰（テフラ層）は認められない<sup>82</sup>。



(乙485に加筆)

図27 降下火山灰層厚の確率論的評価結果

## 工 小括

以上のとおり、本件3号機の設計において考慮する降下火碎物の堆

82 テフラ質堆積物層は、風や水流等による再堆積の影響として、テフラ粒子以外の碎屑性粒子を含むため、実際に降下した火山灰の層厚に対応しない。

積層厚 15 cm は、十分に保守性をもって設定されたものである。そして、債務者は、降下火碎物の堆積層厚 15 cm に対して、荷重による影響等、様々な影響を考慮しても本件 3 号機の安全性が損なわれないよう安全対策を講じている（原審債務者準備書面（11）第 1 の 3 以下（15～20 頁））。

ちなみに、降下火碎物による影響は、火碎流等の設計対応不可能な火山事象と異なり、設備あるいは運用によって対応することが可能な事象であり、仮に 15 cm を超える降下火碎物の堆積があったからといって直ちに本件 3 号機の安全性に影響が及ぶものではない。すなわち、本件 3 号機は降下火碎物の荷重に対して十分な余裕を持たせた許容荷重を設定するなどして安全を確保しているのであって、降下火碎物の堆積量が 15 cm を超えたからといって当然に本件 3 号機の安全性が損なわれるわけではない（保守的な見積もりでも 2 倍程度は問題ない（乙 515）。また、実際の運用上も、降下火碎物に対しては、設計対応不可能な火碎流等とは異なり、降下火碎物が飛来する前に対策等を準備することが可能であり、また、降下火碎物が徐々に堆積していくのをそのまま放置するのではなく除灰作業等を実施することになる（乙 516）。

## (2) 原決定の誤りについて

### ア 原決定のマグマ溜まりの規模に係る記載の誤りについて

原決定は、降下火碎物の影響評価において、「阿蘇カルデラの地下には、少なくとも体積 15 km<sup>3</sup>～30 km<sup>3</sup> のマグマ溜まりが存在する（相手方も争っていない）」として、阿蘇の地下のマグマ溜まりの体積が 15 km<sup>3</sup>～30 km<sup>3</sup> であることを債務者が認めているとする（原決定 36

7 頁)。

しかしながら、債務者は、債権者が須藤ほか（2006）を根拠に V E I 6 クラスの噴火が否定できないと述べるので、須藤ほか（2006）の記載に基づいても債権者らの主張を裏付けることはできないことを述べるために須藤ほか（2006）の記載に基づいた体積を述べて主張したものに過ぎない（抗告審相手方即時抗告理由書（火山）に対する答弁書第2の2（15～18頁））。つまり、須藤ほか（2006）によればマグマ溜まりの大きさについて「地震波速度低下の 20%～30%を境界とすれば直径 3～4 km程度の領域が考えられる」との記載があり、ここにマグマ溜まりが存在することは認めるが、だからといって、その体積が 15 km<sup>3</sup>～30 km<sup>3</sup>であることを認めるものではないし、ましてやその全量が噴出可能なマグマであることやその全量が一度に噴出することを認めるものではなく、原決定は、債務者の主張の位置付けを誤っている。そして、須藤ほか（2006）に記載のマグマ溜まりの体積が精度良く求められたものではないことは、須藤靖明陳述書において、須藤靖明氏自身が認めるところである（甲G 13（1頁））。

イ 債務者が考慮した堆積量 15 cm は過小とする原決定の判断は誤りであることについて

原決定は、少なくとも阿蘇カルデラの地下には 15～30 km<sup>3</sup>の体積のマグマ溜まり（地下約 6 km のマグマ溜まり）が存在することを理由に V E I 6 以上の噴火が生じる可能性が十分に小さいと評価することはできないとして、債務者が考慮した堆積量 15 cm は過小であると判示する。

そもそも、地下約6kmのマグマ溜まりの体積自体が精度良く求められたものではないが、仮に須藤ほか（2006）の記載に基づいて判断するとしても、マグマ溜まりのマグマが全て噴出するわけではないから、マグマ溜まりの規模を推定した上で、その体積全てが噴出するとして噴火規模を推定することは誤りである。つまり、噴火可能なマグマの量は限られる（乙517（63頁）、乙518（18頁））し、マグマの噴出に必要な圧力の観点からは、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ころである（乙519（334頁））。

また、原決定がこれに従って判断するべきであると判示した火山ガイドにおける降下火碎物の影響評価では、降下火碎物の堆積量について、原子力発電所内及びその周辺敷地における降下火碎物の堆積量から設定し（火山ガイド6（乙147（11頁））），それが観測されない場合には類似する火山の降下火碎物堆積物の情報や数値シミュレーション<sup>83</sup>によるとされており（火山ガイド解説16（乙147（13頁））），原決定が述べるマグマ溜まりの体積ではなく、過去の噴火による堆積量に基づいて評価することとされているので、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ことは不適切である（なお、債務者は、本件発電所の敷地周辺における九重山の約5万年前の噴火による火山灰堆積物はほぼ0cmであるものの、気象条件等によっては厚さが低く見積もられている可能性があること

83 火山ガイドは、降下火碎物の影響評価で用いる数値シミュレーションについても、「数値シミュレーションに際しては、過去の噴火履歴等の関連パラメータ、並びに類似の降下火碎物堆積物等の情報を参考にすることができる」としている（火山ガイド解説16（乙147（13頁）））。

も考慮して、堆積物を噴出した過去の噴火のパラメータに基づき、数値シミュレーションを行った。）。

その点を措くとしても、地下約6kmのマグマ溜まりに対する考慮も含めて、現在の阿蘇の状態について、今後の阿蘇において地球物理学的な観点から推定される噴火規模は、上記3(2)ア(イ)b(b)で述べたとおり、阿蘇の1930年代の活動<sup>84</sup>のような大規模なものではなく、ましてや大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではないと推定されている（乙438（28頁））。そして、阿蘇の活動履歴に基づく評価からも、上記3(2)ア(ウ)で述べたとおり、本件発電所の運用期間中に考慮する噴火規模を、後カルデラ期既往最大の噴火である草千里ヶ浜軽石の噴火とすることは十分保守的である。そして、後カルデラ期の阿蘇の噴火による降下火碎物の堆積物は、本件発電所の周辺においては確認されない。

したがって、阿蘇の地下約6kmのマグマ溜まりが存在することを理由にVEI 6以上の噴火が生じる可能性が十分に小さいと評価することはできないとして、債務者が考慮した堆積量15cmは過小であるとした原決定の判示は明らかに誤りである。

#### 第4 まとめ

以上のとおり、原決定は、人格権侵害に至る具体的な機序や蓋然性についての検討がなされていないこと、阿蘇における巨大噴火の発生を前提とした場合には保全の必要性が認められないと、火山事象に係る判断が自らの判

84 1930年代の阿蘇の火山活動のうち最も活動が活発だった1933年2月～3月（乙445）（137頁）における火山灰の噴出量は0.0127km<sup>3</sup>で噴火規模はVEI 3とされている（乙446）。

断粹組みと矛盾していることから、本件仮処分は直ちに取り消されるべきである。

また、火山事象の立地評価において、本件3号機の運用期間中に設計対応不可能な火山事象が本件発電所の敷地に到達する可能性は十分小さいと評価できることから、本件3号機が立地不適となることはなく、さらには、火山事象の影響評価において、本件発電所の敷地で考慮すべき降下火碎物の堆積厚さを15cmとする評価は妥当であることから、原決定には、火山事象の評価に対する判断において事実誤認があることは明らかである。したがって、この観点からも、本件仮処分は直ちに取り消されるべきである。

以上