

副本

平成28年(ワ)第289号, 平成28年(ワ)第902号, 平成29年(ワ)第447号, 平成29年(ワ)第1281号

原告 [REDACTED] 外

被告 四国電力株式会社

平成30年6月8日

準備書面 (8)

広島地方裁判所民事第2部 御中

被告訴訟代理人弁護士 田代



同弁護士 松 繁



同弁護士 川 本 賢



同弁護士 水 野 絵 里 奈



同弁護士 福 田



同弁護士 井 家 武



目次

第1	火山事象に関連する基本的な知見について	2
1	マグマについて	2
2	噴火規模について	5
3	噴火様式について	8
4	巨大噴火について	15
(1)	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	15
(2)	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	17
(3)	大型のカルデラは環状火道に沿って形成され则认为られること及びそのマグマ溜まりの天井は浅い则认为られることについて	19
(4)	小括	21
5	火山の活動期間と活動様式の変遷について	21
6	日本列島における火山の分布について	22
第2	被告の本件発電所における火山事象の影響評価及び本件3号機の火山事象に対する安全確保対策について	24
1	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	24
(1)	原子力発電所において考慮すべき火山事象について	24
(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	25
2	本件3号機が火山事象に対する安全性を確保していることについて	27

(1) 本件発電所の敷地周辺の火山について	28
ア 本件発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	28
イ 火山活動に関する個別評価	30
(ア) 鶴見岳	31
(イ) 由布岳	31
(ウ) 九重山	32
(エ) 阿蘇	32
(オ) 阿武火山群	36
(カ) 姫島	36
(キ) 高平火山群	36
ウ 本件発電所の運用期間中に考慮する噴火について	37
(2) 立地評価について	37
(3) 影響評価について	38
ア 降下火砕物	39
イ 火山性土石流, 火山泥流及び洪水	40
ウ 火山から発生する飛来物 (噴石)	40
エ 火山ガス	40
オ 津波及び静振	41
カ 大気現象	41
キ 火山性地震とこれに関連する事象	41
ク 熱水系及び地下水の異常	42
(4) 火山事象に対する安全性の確保	42
(5) 小括	43
3 原告らの主張の誤りについて	44

(1) 火山ガイドの合理性について	45
(2) 巨大噴火の考慮について	49
(3) IAEAの基準との比較について	50
第3 阿蘇の活動に関する評価の詳細について	51
1 被告の評価について	51
(1) 本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火に係る被告の 評価について	51
ア 阿蘇の活動履歴及び活動履歴に基づく検討について	52
(ア) 阿蘇の活動履歴の概要について	52
(イ) 阿蘇の活動履歴に基づく検討について	53
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	54
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	58
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	65
(ウ) 活動履歴に基づく検討結果について	66
イ 地球物理学的調査に基づく検討について	68
(ア) 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	69
(イ) 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	76

(ウ) 地球物理学的調査に基づく検討結果について	79
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	80
(ア) 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	80
(イ) 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	84
(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	85
エ 被告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	86
(2) 阿蘇4火砕流は本件発電所の敷地に到達していないことにつ いて	88
ア 阿蘇4火砕流堆積物の分布及び佐田岬半島において阿蘇4 火砕流堆積物が確認されないことについて	89
イ 巨大噴火に伴う大規模火砕流であっても地形の影響を受け 得ることについて	92
ウ 佐賀関半島等が阿蘇4火砕流に影響を与えたことについて	94
エ 小括	105
2 原告らの主張等の誤りについて	106
(1) 原告らの主張の誤りについて	106
ア 阿蘇の活動に関する評価について	106
イ 阿蘇4火砕流の到達範囲について	110
(2) 町田洋陳述書(甲C16)について	114

ア	阿蘇 4 火砕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	114
イ	火砕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	116
第 4	降下火砕物による影響評価及び降下火砕物に対する安全確保対 策の詳細について	119
1	被告の降下火砕物による影響評価及び降下火砕物に対する安全 確保対策について	119
(1)	被告による降下火砕物の層厚の評価について	119
ア	本件発電所において影響を考慮する火山について	119
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	122
ウ	本件発電所の敷地において堆積層厚 1.5 cm の降灰は極めて 低頻度の事象であることについて	123
(2)	本件 3 号機における降下火砕物に対する安全確保対策につい て	126
ア	直接的影響について	127
(ア)	直接的影響に対する設計について	127
(イ)	降下火砕物の大気中濃度に係る安全確保対策につい て	128
a	火山灰フィルタによる安全性の確保について	131
(a)	火山灰フィルタの仕組みについて	131
(b)	さらなる安全性向上のための対策について	135
b	万が一非常用ディーゼル発電機が機能喪失したとし ても原子炉の冷却が可能であることについて	138

イ 間接的影響について	139
(3) 小括	140
2 原告らの主張の誤りについて	141
(1) 被告の想定する降下火砕物の堆積厚さ 15 cm が過小との主張 について	141
(2) 降下火砕物の大気中濃度に係る被告の想定が過小であるなど とする主張について	146
(3) 非常用ディーゼル発電機の機関内に侵入した降下火砕物の影 響について	147
第5 まとめ	148

本書面は、被告が本件発電所において火山事象を適切に考慮し、火山事象によって生じる影響に対して安全性を確保していることについて述べるものである。

原告らは、平成29年9月6日付け準備書面11（以下「原告ら準備書面11」という。）において、火山事象の影響によって本件3号機に深刻な事故が発生し、これにより、原告らの人格権に重大な被害を及ぼす具体的危険性が存在する旨主張する。

しかしながら、答弁書において述べたとおり、被告は、本件発電所が自然的立地条件に対する安全性を確保しており、答弁書では具体的な説明を行っていない火山事象に対しても、当然ながら、安全性を確保している。すなわち、被告は、本件発電所の敷地周辺の火山について十分な調査を実施し、その結果を踏まえ、本件発電所の運用期間中に設計対応が不可能な火山事象が本件発電所の敷地に到達して本件発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価し、また、それ以外の火山事象に対しても本件3号機の安全性が損なわれないよう安全確保対策を実施している。したがって、本件3号機において、火山事象の影響によって、環境に大量の放射性物質を放出する事態が発生して、原告らの生命、身体に影響を及ぼすことはない。

以下では、第1において、火山事象に関連する基本的な知見について説明した上で、第2において、被告の本件発電所における火山事象の影響評価及び本件3号機の火山事象に対する安全確保対策について、その全体像を説明する。また、原告らは、原告ら準備書面11において、被告の個別の火山の活動に関する評価のうち、阿蘇に関する評価並びに降下火砕物¹による影響評価及び降下

1 大きさ、形状、組成若しくは形成方法に関係なく、火山から噴出されたあらゆる種類の火山砕屑物で降下する物を指す。

火砕物に対する安全確保対策について主張していることを踏まえ、第3において、被告の阿蘇の活動に関する評価について、第4において、被告の降下火砕物による影響評価及び降下火砕物に対する安全確保対策について、それぞれの詳細を説明する。原告ら準備書面11における原告らの主張に対しては、第2から第4の各項において、必要な範囲で反論を行う。

第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

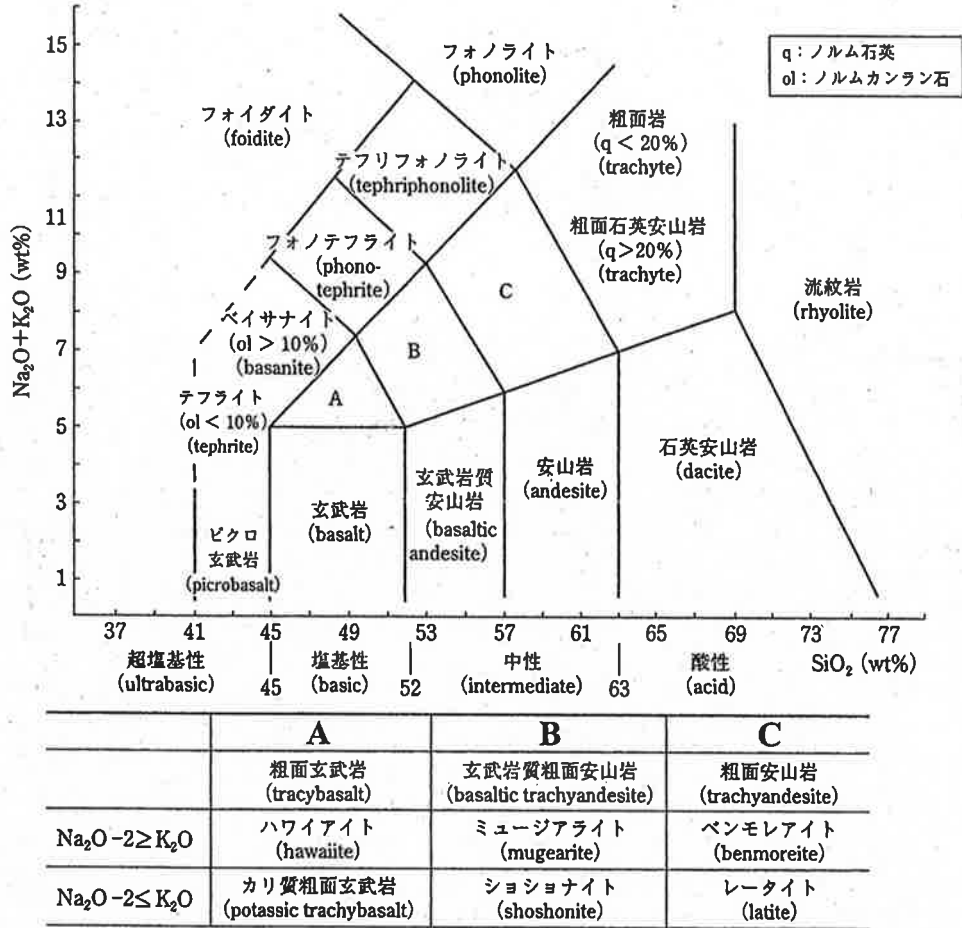
(1) 火山噴火は、マグマが地表面に到達することによって生じる現象である(乙208(117頁))。火山噴火の源となるマグマは、地下の岩石が溶けてできたもので、最も多く含まれる化学成分は、二酸化ケイ素(SiO_2 。シリカとも呼ばれる。)である。二酸化ケイ素は、マグマの種類によって含有量が異なり、マグマの粘性(粘り気)とも深い関係があるので、マグマを分類するときの基本成分となる。

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もある。)、52%以下を玄武岩質という²(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208(128頁))。

² 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ライト系列(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208(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³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

3 「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.

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って発泡する。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もないので、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208(117~118頁))

したがって、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。

- (2) 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208(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208(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209（96頁））



（地学図録⁴から引用）

図2 軽石とスコリア

2 噴火規模について

- (1) 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210（707頁））。

4 「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.

(2) 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砕物の噴出量に基づく火山爆発指数 (VEI⁵) がある⁶。VEIは、噴火によって生じた火砕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 m^3 以下 (0.00001 km^3 以下) をVEI 0、 10^{12} m^3 以上 (1000 km^3 以上) をVEI 8として、この間を噴出量が10倍増えるごとに1段階上がるように7段階に分けている。(乙208 (119~120頁))

以下では、VEI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、VEI 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⁷。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 VEI 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 km^3)
- ・ 2000~2002年の三宅島の噴火 (約 0.016 km^3)
- ・ 2011年の新燃岳の噴火 (約 0.04 km^3)

5 Volcanic Explosivity Indexの頭文字の略。

6 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208 (119~120頁))。

7 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211)及び宮縁ほか(2003)(乙212)に基づく。

② VEI 4 (噴出量 0.1 ~ 1 km³) の例

- ・ 1977 ~ 1982 年の有珠山の噴火 (約 0.1 km³)
- ・ 1914 ~ 1915 年の桜島の大正噴火 (約 0.5 km³)⁸
- ・ 1783 年の浅間山の噴火 (約 0.73 km³)

③ VEI 5 (噴出量 1 ~ 10 km³) の例

- ・ 1707 年の富士山の宝永噴火 (約 1.7 km³)
- ・ 約 3 万年前の阿蘇山の草千里ヶ浜軽石の噴火 (約 2 km³)
- ・ 915 年の十和田の噴火 (約 6.5 km³)

(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 VEI 6 (噴出量 10 ~ 100 km³) の例

- ・ 約 7600 年前の摩周の噴火 (約 18.6 km³)

(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 VEI 6 規模の噴火⁹)

⑤ VEI 7 (噴出量 100 ~ 1000 km³) の例

- ・ 約 7300 年前の鬼界アカホヤの噴火 (約 170 km³)

(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 VEI 7 規模の噴火)

- ・ 約 9 万年前の阿蘇 4 噴火 (600 km³ 以上)

(日本列島の第四紀¹⁰において確認されている噴火のうち最大規模の噴火)

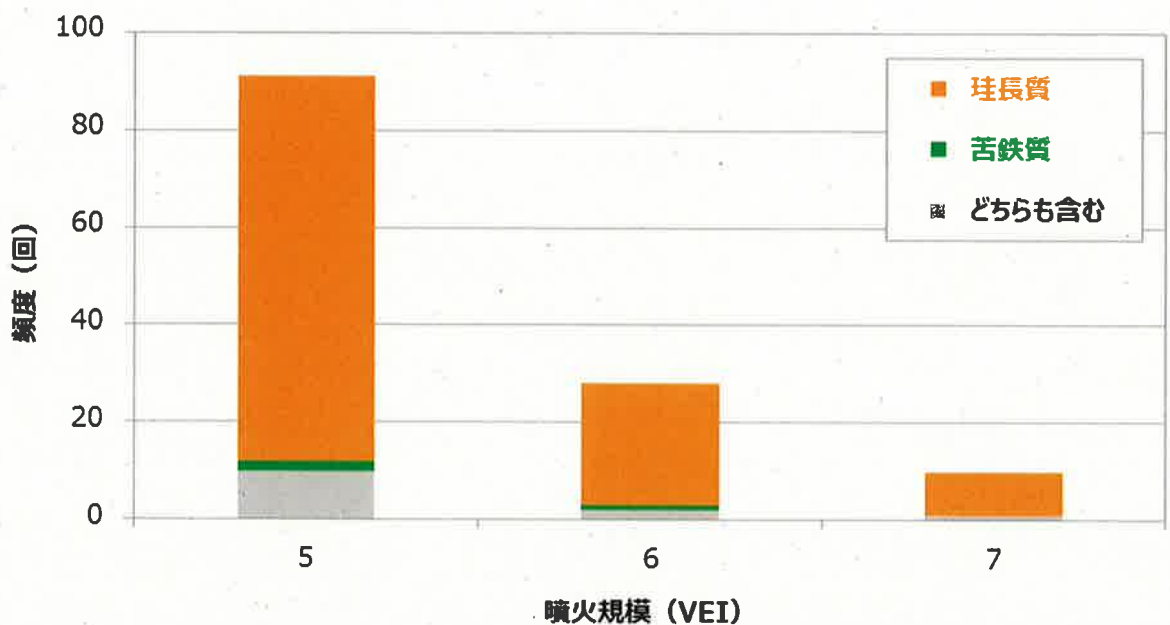
(3) 噴火した火山周辺だけでなく広く遠隔地にも分布する火山灰を広域火山灰というが、広域火山灰は規模の大きな噴火によって生じるので、広

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

9 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。

10 約 260 万年前 ~ 現在までの期間

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、VEI 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VEI 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)¹¹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

3 噴火様式について

- (1) 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

11 「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.

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213（26頁））。例えば、2018年1月の草津白根山の噴火（乙214）。）、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、格段に激しい噴火になるわけではない（乙213（29～30頁））。例えば、2016年10月の阿蘇山の噴火¹²はマグマ水蒸気噴火の可能性が指摘されている（乙215）。）もある。

① アイスランド式（割れ目噴火）

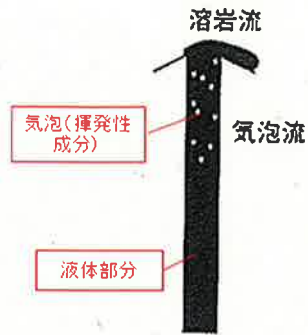
地表の割れ目から粘性の低い玄武岩質マグマが大量に噴出する噴火様式。アイスランドの玄武岩質マグマの噴火でよく見られる様式で、噴出する玄武岩質マグマは流動性に富み、しばしば大量に噴出する。

（乙208（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、VEI 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208（119～120頁，129頁，131頁））

12 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0.0026km³（VEI 2）とされている。



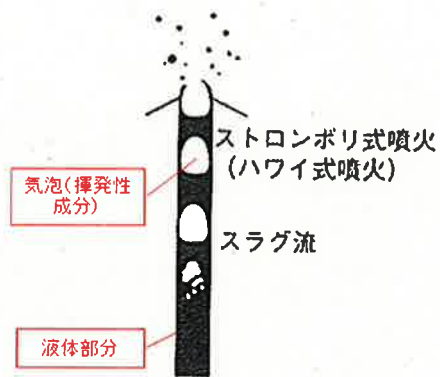
キラウエア火山(ハワイ)
(米国地質調査所)

(図：乙208に加筆，写真：気象庁仙台管区气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¹³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213(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、VEI 1～2程度に相当することが多い。(乙208(119～120頁，129頁，131～132頁))

13 火山爆発時に噴出される平均直径が64mmを超える火砕物。(乙216(4頁))

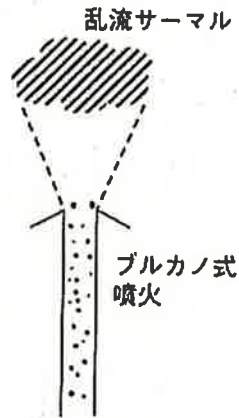


阿蘇山中岳火口(熊本県)

(図：乙208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208(119～120頁，129頁，132～133頁))



桜島(鹿児島県)

(図：乙208から引用，写真：気象庁仙台管区气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)連続的に火砕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208(119～120頁，129頁，133～136頁))



ピナツボ火山(フィリピン)
(米國地質調査所)

(図：乙208に加筆，写真：気象庁仙台管区气象台ウェブページから引用)

プリニー式噴火は，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。特に大規模なプリニー式噴火（多くの場合デイサイト又は流紋岩質マグマの噴出）を超プリニー式噴火，また，比較的小規模なプリニー式噴火（多くの場合玄武岩質マグマの噴出）を準プリニー式噴火と呼ぶことがある。（乙217（8頁），乙218）

- (2) VEI が大きな爆発的な様式の噴火ほど火道¹⁴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プ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VEI 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，珪長質な噴火はVEI が大き

14 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216（4頁））

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(3)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(1)⑤で述べたとおりである。

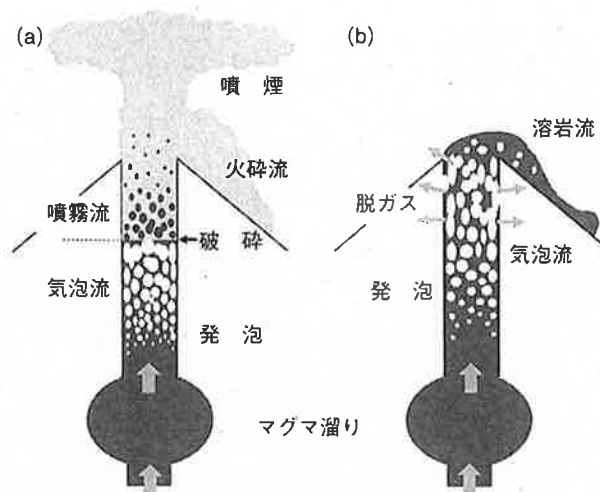


図 4.7 爆発的な噴火 ((a) プリニー式噴火) と非爆発的な噴火 ((b) 溶岩流出) における火道流の概念図 (小屋口, 2008a; 井田, 2008a)

非爆発的な噴火では、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移り、爆発的な噴火に至る。

(乙208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

- (3) 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砕物若しくは後述の巨大噴火に伴う大規模火砕流から発生する降下火砕物を起源としている(乙219(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、プリニー式噴火若しくは後述の大規

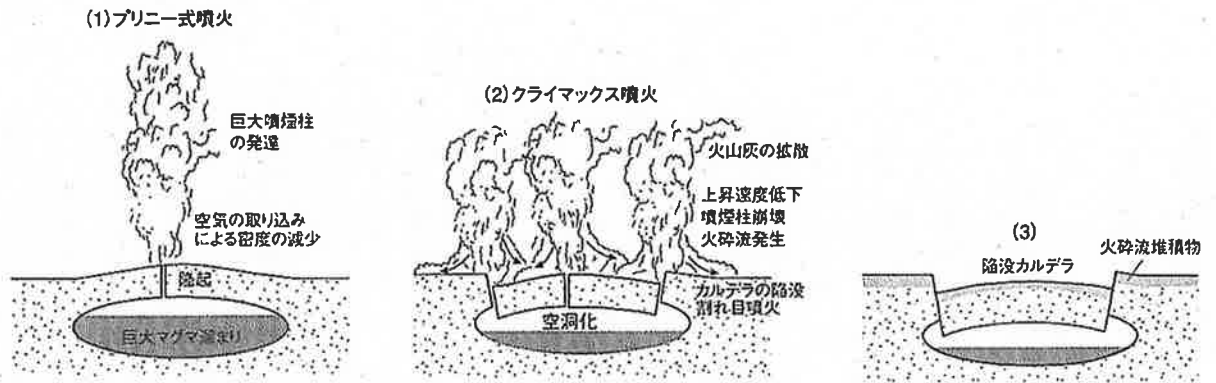
模火砕流を伴う巨大噴火（巨大噴火）である。

4 巨大噴火について

(1) 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¹⁵，一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，大規模火砕流及び降下火砕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220（1頁），図5）。このような大規模火砕流を伴う巨大噴火は，およそVEI 6以上の巨大噴火で見られるようになり，過去のVEI 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208（136頁），乙221（109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砕流を伴う巨大噴火を指して「巨大噴火」と呼ぶ。

15 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，大規模火砕流及び降下火砕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208（43～47頁））



巽(2016)¹⁶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砕流は、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砕流の直撃でほぼ全滅し、死者は100万人を超え、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222)。

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221(102頁), 乙223(143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数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(乙210(572頁))の事象である。

(2) 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 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、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228(283頁))。また、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、急激な体積の膨張に伴って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224)。

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砕流台地が広がる(乙209(140頁)、乙224)。また、巨大噴火は、VEI6以上の規模で見られる噴火であり、過去のVEI6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220(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10~100km³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221(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221(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¹⁷を形成する必要があると考えられている
(乙221(104~105頁), 乙225)。

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¹⁸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226(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221(104頁))。

17 マグマ溜まりは、完全に単一な空間的な広がり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。

18 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227(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226(284頁))。

(3) 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220（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¹⁹や大量の火砕物の噴出を可能にすると考えられている。（乙221（111頁～113頁）、乙208（137～139頁））

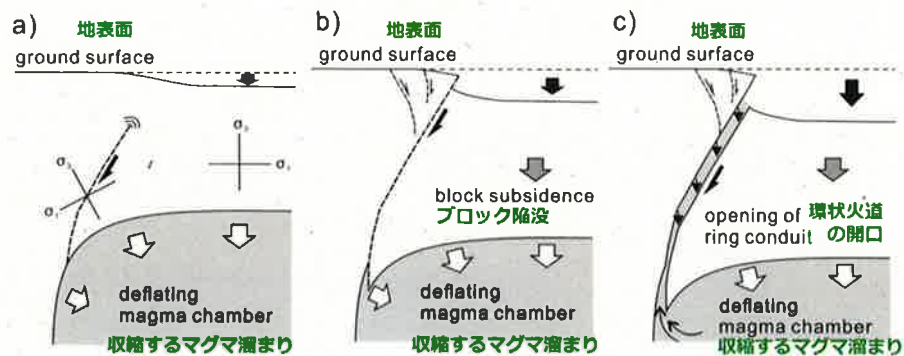


図6 カルデラ断層および環状火道形成の概略図 a) マグマ排出の初期段階。マグマ溜まりを取り囲む局所的な伸張応力が発生し、環状断層が斜め方向に発達する。b) 環状断層の発達によるブロック沈降の開始。続いて、重力的な不安定さが発生し、環状断層の外側に正断層が形成される。c) カルデラブロックの沈降の進行による環状火道の開通。マグマは環状火道に侵入して地表に噴出する。

(乙221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砕流とし

19 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。

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208(137頁))。ちなみに、プリニー式噴火に加え巨大噴火で発生する大規模火砕流も噴霧流として噴出するから(乙221(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があり、扁平な形状を示すと考えられている(乙224)。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228(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228(285~286頁))、開析²⁰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228(288~290頁))。

20 侵食作用によって地表が削られる現象。

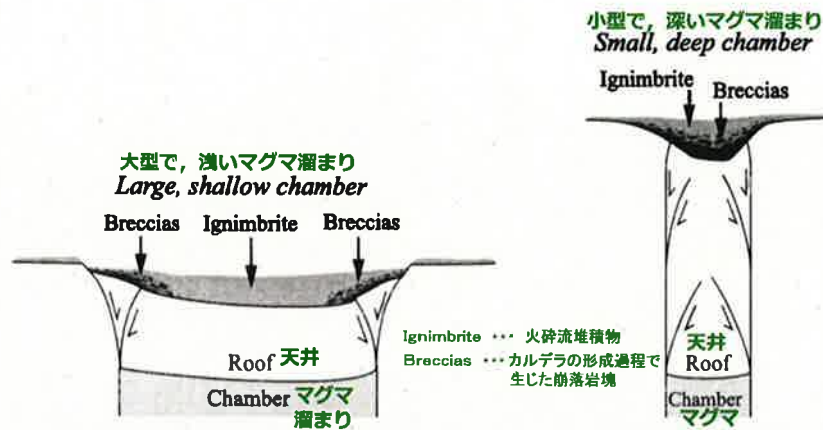


Figure 22. Schematic representation of two end-member caldera types based on the laboratory experiments. The case of a small, deep chamber might relate to some funnel calderas.

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の概念図。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)²¹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

(4) 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必要があ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²²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

21 「Experimental study of caldera formation」O. Roche, T. H. Druitt, O. Merle, Journal of Geophysical Research, VOL.105, NO. B1, 395-416, 2000.

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

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208（33頁），乙229（78頁））。

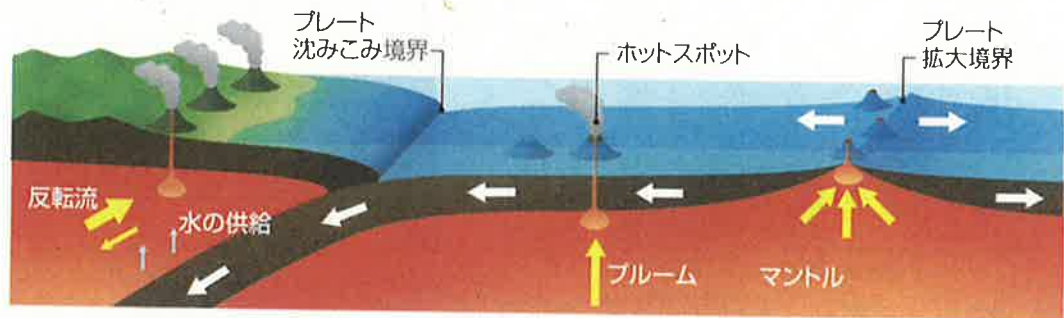


図52 マグマの発生と上昇

（数研の高校地学²³から引用）

図8 火山が形成される場所

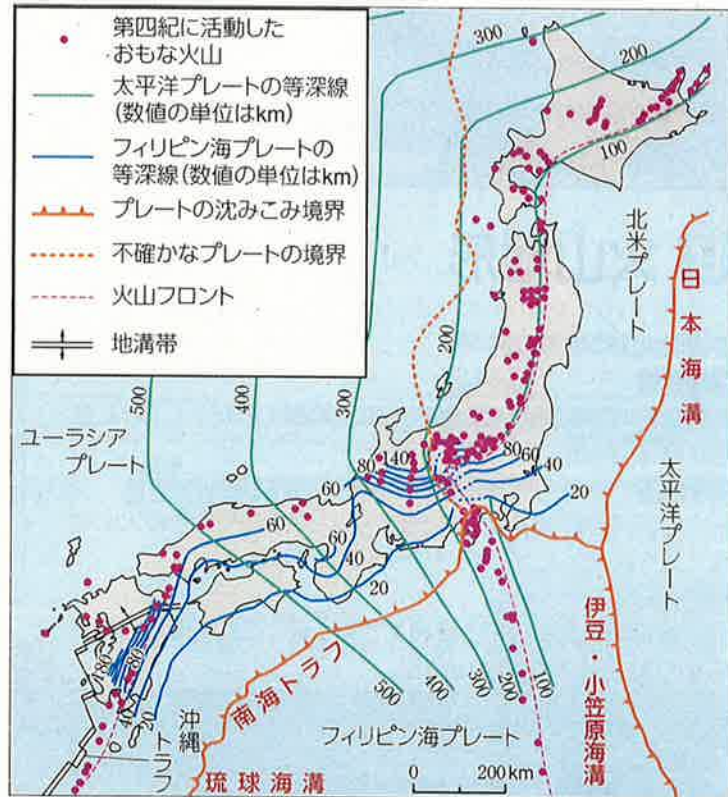
また、火山は、その全ての活動期間において必ずしも同じ様式の活動を繰り返すものではなく、活発な時期や比較的穏やかな時期といった変化があり、活動様式が時代と共に変わり得る（乙221（103頁），乙229（80頁））。

6 日本列島における火山の分布について

日本列島のようなプレート沈み込み境界で形成される火山では、陸のプレートの下に海のプレートが沈み込むところでマグマが形成され、マグマは一旦マグマだまりに蓄えられるなどして地表に噴出し、火山となる。マグマは海溝から一定程度離れた地点の地下で形成されるため、火山は海溝から一定程度離れた地点から出現することとなり、沈み込んだプレートの深さが100～150kmに達したところの地表に、海溝軸にほぼ平行に分

23 「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

布する。この帯状の火山分布の海溝側の境界を結ぶ線を火山フロントという。西日本では、山陰から九州を経て南西諸島にかけて火山フロント沿いに火山が分布している（図9）。（乙218）



日本列島のようなプレート沈みこみ帯では、火山は海溝から200～300km程度の一定の距離だけ離れた場所から現れはじめ、海溝とほぼ平行に帯状に分布する。火山が帯状に分布する領域を火山帯とよび、火山帯の中でも最も海溝側にある火山を結んだ線のことを火山フロント(火山前線)とよぶ。火山は、火山フロントに密集して、そこから内陸側に離れるほどその分布はまばらとなる。

(乙218から引用)

図9 日本列島における火山の分布と火山フロント

第2 被告の本件発電所における火山事象の影響評価及び本件3号機の火山事象に対する安全確保対策について

1 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、「火砕物密度流²⁴」、「溶岩流²⁵」、「岩屑なだれ²⁶、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²⁷。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

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

①火砕流：広義では、火砕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も多い。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火砕サージ：火砕物密度流のうち、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。

25 溶岩はマグマが地表に流体として流れ出る現象で、その温度は通常700～1200℃である。その粘性は数桁も異なるほど非常にばらつきがあり、粘性が低い場合は溶岩流として斜面を流れ下り、粘性が高い場合は溶岩ドームとして地形的な高まりをつくる。

26 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。

27 火山ガイドが定める設計対応不可能な5つの火山事象は、IAEAの基準（SSG-21）を適用したものとされる。（火山ガイド2. 解説-1（乙216（5頁）））

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、降下火砕物、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。

(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あたっては、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160km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160km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²⁸。一方、上記第1の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229（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。上記第1の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229（80頁））。

この点、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230）によれば、巨大噴火の可能性評価について、

28 完新世に活動した火山が、活火山と定義されている（乙208（32頁））。

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。

2 本件3号機が火山事象に対する安全性を確保していることについて

被告は、本件発電所の敷地周辺の火山についての十分な調査を行い、その結果に基づき、本件発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出し、抽出した火山それぞれの火山活動に関する評価を行った。そして、立地評価として、本件発電所の運用期間中に本件発電所に影響を及ぼし得る火山による設計対応が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を評価し、さらに、影響評価として、本件発電所に影響を及ぼし得る火山が噴火した場合に、本件発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象を抽出し、本件発電所に与える影響を評価した。そして、本件3号機が当該火山事象の影響に対して安全性を確保していることを確認した。

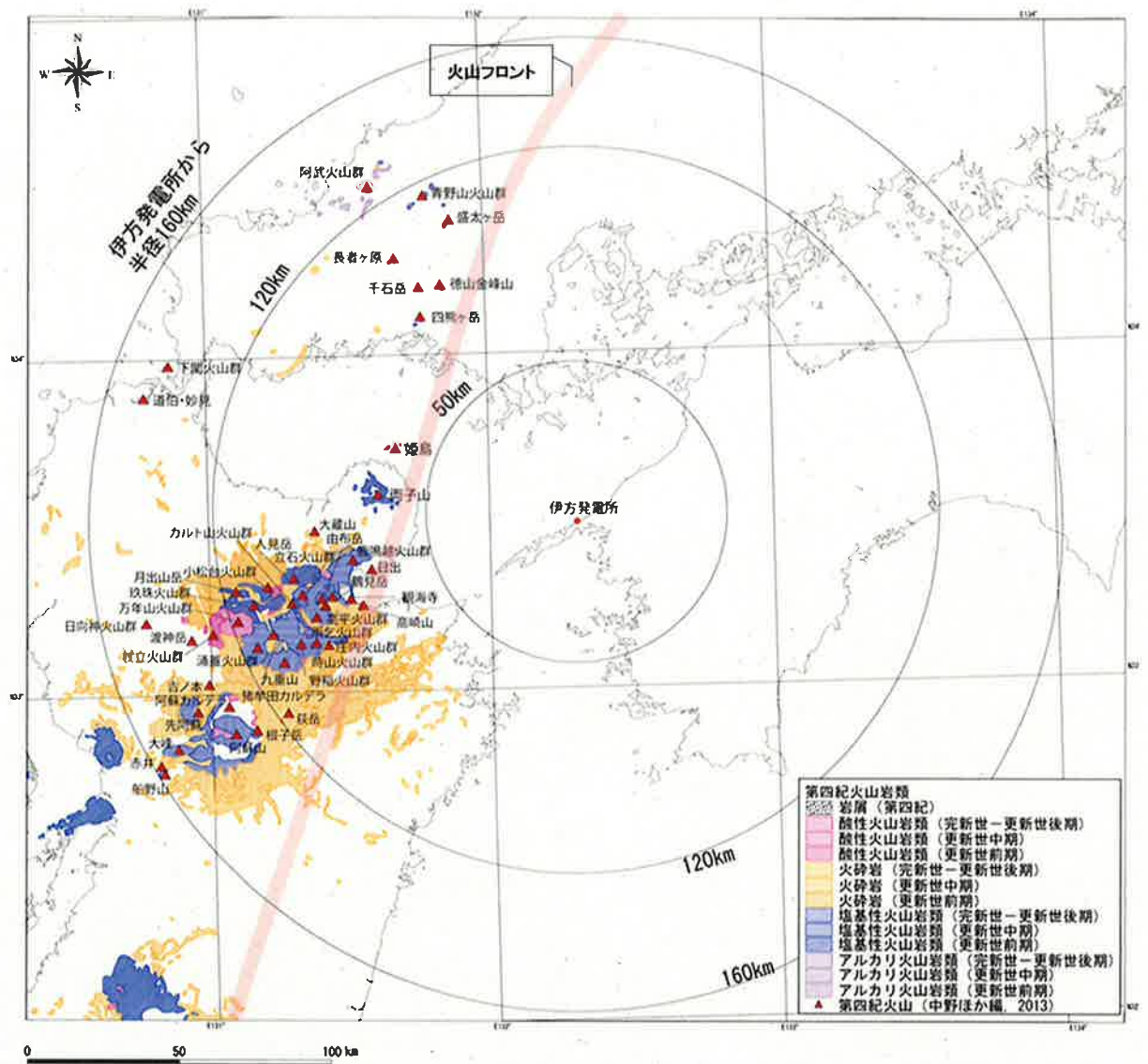
火山事象の評価にあたっては、地理的領域内の第四紀火山（第四紀に活

動が認められる火山) について検討を行った。また、降下火砕物については、広域テフラの到達範囲も考慮し、地理的領域外の火山も含めてその影響を検討した。

(1) 本件発電所の敷地周辺の火山について

ア 本件発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

被告は、本件発電所の敷地周辺の火山の活動履歴、噴出物の分布等に関する文献調査、地形調査、地質調査、地球物理学的調査等を実施した。そして、調査結果から、本件発電所の地理的領域内における第四紀火山及び第四紀火山岩類の分布を把握した(図10)。



〔 第四紀火山岩類の分布は「100万分の1日本地質図第3版」(地質調査総合センター, 2003)を基に作成 〕

図10 本件発電所の敷地周辺の第四紀火山及び第四紀火山岩類分布図

本件発電所の敷地は、四国北西部に細長く延びる佐田岬半島の付け根付近の瀬戸内海側に位置する。山口県の内陸部から大分県の国東半島、別府湾沿岸へと火山フロントが連なるが、本件発電所の敷地は、火山フロントから南東に大きく離れており、本件発電所の敷地を中心とする半径50km内に第四紀火山や第四紀火山岩類は分布しない。本

件発電所の敷地の地理的領域内には42の第四紀火山が分布し、これらのうち完新世に活動を行った火山は、本件発電所の敷地との距離が近いものから、鶴見岳²⁹（本件発電所の敷地との距離85km）、由布岳（同89km）、九重山（同108km）、阿蘇（同130km）、阿武火山群（同130km）である。これらの5火山は本件発電所に影響を及ぼし得ることから、本件発電所の運用期間中の活動可能性を考慮することとした。

また、完新世に活動を行っていない火山については、文献調査結果を基に、当該火山の第四紀の噴火時期、噴火規模及び活動の休止期間を示す階段ダイアグラム³⁰を作成し、将来の活動可能性の有無を評価した。完新世に活動を行っていない火山のうち、姫島（本件発電所の敷地との距離65km）及び高平火山群（同89km）は活火山ではないものの、火山活動が終息する傾向が明確ではなく、将来の火山活動の可能性が否定できないため、本件発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した。残りの35火山は、いずれも活動年代が古く、最新活動からの経過期間が過去の最大休止期間より長いことなどから、将来にわたり、火山活動を行うことはないと考えられるため、個別評価の対象外とした。

（以上、乙13（6-8-4～6-8-11頁））

イ 火山活動に関する個別評価

被告は、上記アで抽出した7火山を対象として、以下のとおり、個

29 被告は、「日本の火山（第3版）」（産業技術総合研究所）に従った火山の名称を用いており、「鶴見岳」については伽藍岳まで含めた火山の名称として用いている（気象庁では「鶴見岳・伽藍岳」という名称を用いている。）。

30 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209（169頁））。

別に火山活動に関する評価を行った。

(ア) 鶴見岳

鶴見岳は大分県の別府湾西岸に位置する標高1375mの成層火山³¹であり、約9万年前以前から活動を開始し、現在も噴気活動が認められる。南北5kmにわたり連なる溶岩ドーム³²の最南端に位置する鶴見岳は厚い溶岩流の累積からなり、北端の伽藍岳には強い噴気活動がある。完新世で最大規模の噴火は1万6000年～7300年前の鶴見岳山頂溶岩噴火で噴出量は0.15km³とされている。鶴見岳を起源とする大規模火砕流は知られておらず、本件発電所に影響を及ぼすことはない。(乙13(6-8-4～6-8-5頁))

(イ) 由布岳

由布岳は大分県の鶴見岳西方に位置する標高1583mの成層火山であり、約9万年前より古い時代から活動を開始し、最新噴火は2000～1900年前とされている。由布岳は数個の溶岩ドーム及び山頂溶岩³³からなり、約2000年前に規模の大きな噴火活動(以下「2ka噴火」という。)が発生したが、その後有史から現在に至るまで噴火活動は起きていない。完新世以前の噴火規模についての報告はなく、完新世で最大規模の噴火は2ka噴火で噴出量は0.207km³とされている。由布岳の山麓には2ka噴火に伴う火砕流堆積物が分布するが、由布岳を起源とする大規模火砕流は知られておらず、本件発電所に影響を及ぼすものではない。(乙13(6

31 同一の火口から噴火を繰り返すことにより、火口の周囲に溶岩と火山砕屑物とが交互に積み重なり、それが層を成して火山体を形成する火山(乙218)。噴出口が同一であることから、火山体の形状は円錐状となる。富士山も成層火山の1つ。

32 粘性の高い溶岩が噴出してできた急傾斜のドーム状火山(乙218)。

33 山頂部の火口から地表に流れ出した溶岩が冷えて固まったもの。

- 8 - 5 ~ 6 - 8 - 6 頁))

(ウ) 九重山

九重山は由布岳と阿蘇山の間の大分県西部に東西15kmにわたって分布する20以上の火山の集合であり、最高峰は中岳(標高1791m)である。約20万年前以降に活動し、最新噴火は1996年である。火山の多くは急峻な溶岩ドームで山体の周囲を主に火砕流から成る緩傾斜の裾野が取り巻く。九重山を起源とする最大規模の火砕流は、約5万年前に噴出したとされるもので、その堆積物は、大分県から熊本県にかけての地域に分布し、最大層厚約200m、推定分布面積約150km²、推定体積は約5km³と見積もられている。これらの火砕流堆積物の分布は九州内陸部に限られ、本件発電所に影響を及ぼすものではない。また、九重山は、完新世にも頻繁にマグマを噴出しており、マグマを出した最後の活動として約1700年前に溶岩ドームが形成されているが、本件発電所の敷地から遠く離れており、本件発電所に影響を及ぼすことはない。(乙13(6-8-6~6-8-7頁))

(エ) 阿蘇

被告は、阿蘇カルデラ、阿蘇山、根子岳及び先阿蘇³⁴を一括して「阿蘇」と称している。

阿蘇カルデラは熊本県東部で東西約17km、南北約25kmのカルデラである。阿蘇カルデラ周辺の火山としては、カルデラの中央部に阿蘇山が、東側に根子岳が位置し、縁辺部に先阿蘇の火山岩類が

34 カルデラの形成が始まる以前(約30万年以上前)に現在の外輪山などを形成した火山群。これらの火山群はカルデラの下に埋没している。

分布する。阿蘇山は、高岳（標高1592m）、中岳（標高1506m）等の東西方向に連なる成層火山からなる火山群であり、根子岳（標高1433m）は、開析の進んだ成層火山である。（図11）

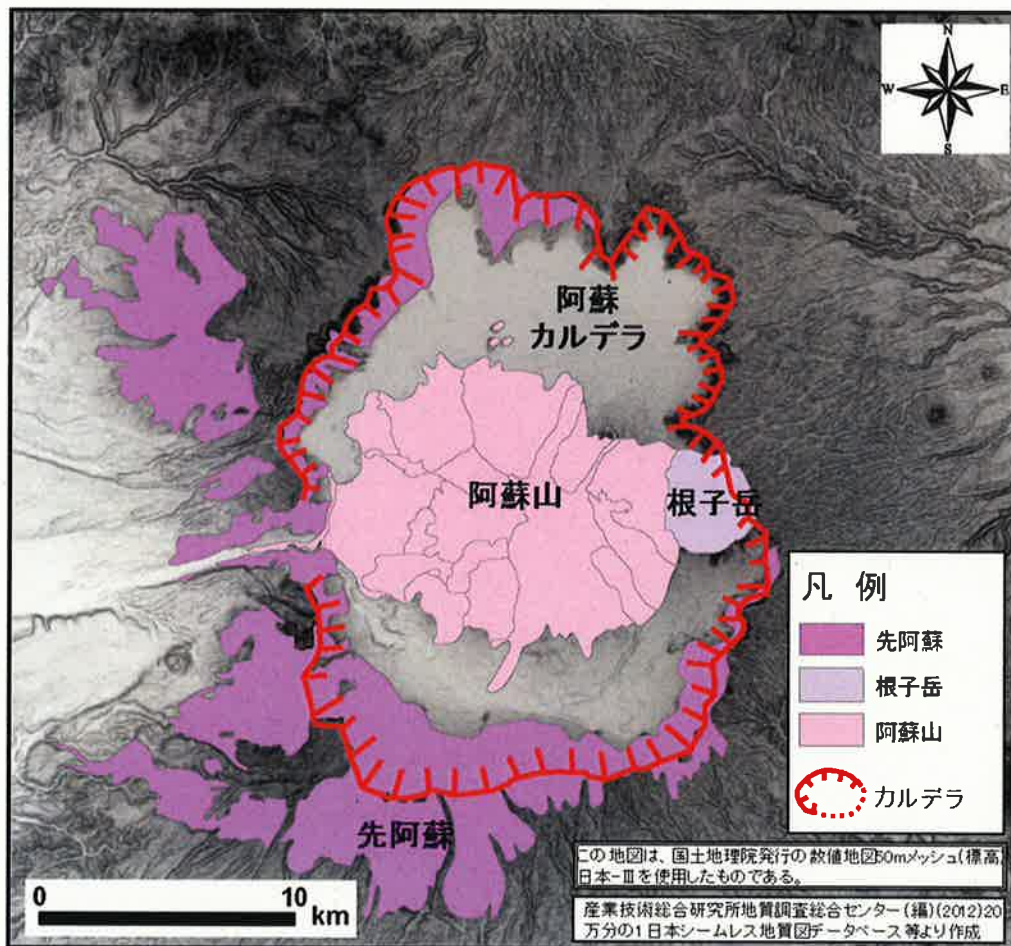


図11 阿蘇の火山

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231)。これらの巨大噴火のうち、阿蘇1噴火～阿蘇3噴火に伴う火砕流堆積物の分布は九

州に留まる（乙13（6-8-8頁））ので、これらの巨大噴火の火砕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噴火による火砕流堆積物（以下「阿蘇4火砕流堆積物」という。）は、阿蘇1噴火～阿蘇3噴火の火砕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。これらの火砕流のうち最大規模の阿蘇4火砕流について、佐田岬半島において火砕流堆積物を確認したとの知見はなく、本件発電所の敷地と阿蘇カルデラとの間には、約130kmの距離があること、佐賀関半島、佐田岬半島等の地形的障害も認められること、さらには、佐田岬半島における被告の調査結果を総合的に判断すると、本件発電所の敷地まで達していないと考えられる。

被告は、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³⁵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³⁶、比抵抗構造³⁷、地殻変動³⁸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

35 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216（7頁）））。

36 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216（10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。

37 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216（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て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。

38 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216（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。

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³⁹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ことなどを評価して、本件発電所の運用期間中に阿蘇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評価した。また、阿蘇の活動状況を総合的に考慮して、本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火は、阿蘇4噴火後の活動に基づくことが妥当であると判断した。

阿蘇4噴火後の活動としては、約9万年前以降に阿蘇山が噴火活動を開始し、溶岩や火砕物を噴出する小規模噴火の繰り返しにより形成された火山体とともに、降下軽石を主体とする噴火が複数回認められる。阿蘇山起源の火砕流堆積物の分布は阿蘇カルデラ内に限られ、本件発電所に影響を及ぼすものではない。

以上の被告の阿蘇に関する評価の詳細については、最新の知見も踏まえつつ、後記第3で述べる。

なお、先阿蘇は、約80万～約40万年前の間に、根子岳は、約14万～約12万年前の間に活動が認められるが、活動年代が古いこと等から、いずれの火山も本件発電所に影響を及ぼすことはない。

39 地殻変動を観測するため、基準となる予め測定された2点間の距離（基線長）の時間変化。基線長の時間変化をグラフにすると、地表の膨張又は収縮の地殻変動があれば、それがグラフの傾きやその時間変化として検出される（乙232（12頁））。

(以上、乙13 (6-8-7~6-8-10頁))

(オ) 阿武火山群

阿武火山群は山口県の日本海側に位置する約40の小火山体から構成される火山群である。約80万~約1万年前まで活動し、最新噴火は8800年前であり、190万~150万年前には先阿武火山活動⁴⁰があったとされる。

過去の噴火規模(溶岩の体積)は0.001~0.75km³であるが、本件発電所の敷地から遠く影響はない。阿武火山群は小規模な溶岩噴出を主体とし、阿武火山群を起源とする大規模火砕流や広域火山灰は知られておらず、本件発電所に影響を及ぼすことはない。

(乙13 (6-8-10~6-8-11頁))

(カ) 姫島

姫島は、大分県北東部国東半島の北方約4km沖の周防灘に位置する東西約7km、南北約3kmの細長い島であり、標高267mの矢筈岳を最高峰とする火山群である。姫島を起源とする大規模火砕流は知られておらず、本件発電所に影響を及ぼすことはない。

また、姫島の活動時期は約30万~10万年前とされている。全活動期間の約20万年間に7回以上の活動があり、平均活動間隔は数万年程度であるのに対して、最新活動から約10万年が経過していることなどを踏まえれば、本件発電所の運用期間中に噴火することはない。(乙13 (6-8-11~6-8-12頁))

(キ) 高平火山群

高平火山群は鶴見岳と同じ位置にある古い火山群であり、新しい

40 現在の阿武火山群の形成に先立つ火山活動。

鶴見岳によって覆われている。少なくとも約9万年前以降は鶴見岳が活動している。したがって、その活動は鶴見岳に包含されているものと評価する。(乙13(6-8-5頁))

ウ 本件発電所の運用期間中に考慮する噴火について

被告は、上記の火山活動に関する個別評価に基づき、本件発電所の地理的領域内における第四紀火山のうち、本件発電所の運用期間中に本件発電所に影響を及ぼし得る火山として鶴見岳、由布岳、九重山、阿蘇及び阿武火山群を抽出した。こ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。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。

(2) 立地評価について

被告は、上記(1)イで行った本件発電所に影響を及ぼし得る火山の火山活動に関する評価結果を踏まえ、立地評価として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及ぶ可能性を評価した。原子力発電所が設計対応不可能な火山事象は、火山ガイド⁴¹(乙216)を踏まえ、「火砕物密度流」、「溶岩流」、「岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊」、「新しい火口の開口」、「地殻変動」の5事象とした(乙13(6-8

41 原子力発電所の火山影響評価ガイド(原子力規制委員会、平成25年6月)

－ 1 頁)) 。

まず、5事象のうち、「火砕物密度流」については、個々の火山における過去の火砕流堆積物の分布が九州又は山口県に限定されていることから、発電所に影響を及ぼすことはない。そして、「溶岩流」及び「岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊」については、いずれの火山も本件発電所の敷地から50km以遠に位置すること、「新しい火口の開口」及び「地殻変動」については、本件発電所の敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントから十分な離隔があることから、いずれも問題となるものではない。(乙13(6-8-12頁))

したがって、本件発電所に影響を及ぼし得る火山による設計対応不可能な火山事象は、本件発電所の立地に問題となることはない。

(3) 影響評価について

被告は、上記(2)において、本件発電所の立地との関係では問題がないとされた鶴見岳、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発電所の安全性に与える影響の有無について検討した。原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象については、原子力発電所が設計対応不可能な5事象に、「降下火砕物」、「火山性土石流⁴²、火山泥流⁴³及び洪水⁴⁴」，

42 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。

43 火山砕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。

44 火山噴火に伴う火砕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、

「火山から発生する飛来物（噴石⁴⁵）」、「火山ガス⁴⁶」、「津波及び静振⁴⁷」、「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」を加えた13事象を抽出した（乙13（6－8－1頁））。もっとも、原子力発電所が設計対応不可能な5事象については、上記(2)の立地評価によって、本件発電所の安全性に影響を及ぼさないことを確認しているとおりであることから、以下では、残る8事象による影響の有無について述べる。

ア 降下火砕物

降下火砕物は、偏西風の影響で東方へ偏って分布することが多いことから、本件発電所の敷地へ到達したと考えられる主な降下火砕物は西方の九州に分布する第四紀火山を起源とする。被告は、本件発電所の南東に位置する宇和盆地におけるボーリング調査によって、仮に九州の第四紀火山で巨大噴火が起こったとしても、直ちに本件発電所の敷地へ厚い火山灰が降下するものではないことを確認した。また、文献調査の結果から、本件発電所の運用期間中に九州のカルデラ火山が巨大噴火を起こすとは考え難いことを踏まえ、風向きによっては本件発電所の敷地へ厚い火山灰が降下し得る九重山の噴火を想定することとし、地質調査の結果及び降下火山灰シミュレーション結果を総合して保守的に検討し、本件発電所において考慮すべき降下火砕物の厚さ

それが決壊した場合や火砕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、岩屑なだ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。

45 火口での爆発活動の結果として激しく噴出される火砕粒子であり、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。

46 マグマ中に含まれる揮発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。

47 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

を15cmと評価した。

以上の被告の評価の詳細については、後記第4で述べる。

イ 火山性土石流、火山泥流及び洪水

火山性土石流、火山泥流及び洪水については、本件発電所の運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も本件発電所の敷地から80km以遠で、本件発電所の敷地と海を隔てた九州あるいは山口県に位置していることから、本件発電所の敷地への到達は考えられない（乙13（6-8-17頁））。

したがって、火山性土石流、火山泥流及び洪水による影響はない。

ウ 火山から発生する飛来物（噴石）

火山から発生する飛来物（噴石）については、本件発電所の運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も本件発電所の敷地から10km以遠⁴⁸に位置していることから、本件発電所の敷地への到達は考えられない（乙13（6-8-17頁））。

したがって、火山から発生する飛来物（噴石）による影響はない。

エ 火山ガス

本件発電所の運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も本件発電所の敷地から80km以遠の遠方に位置するとともに、本件発電所の敷地は沿岸部で瀬戸内海に向かって突き出した小半島に位置し、火山ガスが滞留するような地形ではない（乙13（6-8-17頁））。

したがって、火山ガスによる影響はない。

48 火山ガイドにおいて、噴石により影響を受ける可能性のある距離が10kmとされている（火山ガイド表1（乙216（22頁）））。

オ 津波及び静振

文献調査、空中写真判読及び地表踏査の結果に基づき、活火山であるとともに別府湾沿岸で山体規模が突出して大きい鶴見岳について、別府湾への崩壊物の流入量が大きい鶴見岳東麓の崩壊、さらには仮想的な崩壊として、山頂を含む大規模な山体崩壊を考慮しても、本件発電所の安全性に影響を及ぼすような津波が到達することはない（火山による津波の影響について、詳しくは、被告準備書面（6）を参照）。また、本件発電所の敷地は海岸線方向において広がりをもつ防波堤等の施設を設置しておらず、閉じられた領域はないことから、局所的な海面の固有振動（静振）の励起が生じることはない。（乙13（6-8-18頁））

したがって、火山が誘発した津波及び静振による影響はない。

カ 大気現象

文献調査結果によると、大気現象については、本件発電所の運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も本件発電所の敷地から80 km以遠の遠方に位置していることから、空振⁴⁹による超過圧力等の影響は考えられない（乙13（6-8-18頁））。

したがって、大気現象による影響はない。

キ 火山性地震とこれに関連する事象

火山性地震とこれに関連する事象については、本件発電所の運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も本件発電所の敷地から80 km以遠の遠方に位置するので小規模な地震が多数発生したとしても

49 爆発的噴火に伴って発生する空気の疎密波。空振により窓ガラスが破損するなどの被害が出ることがある。

問題となるものではない。また、火山近傍で起きた被害地震の中で特に大きなものとして桜島の1914年大正大噴火に伴うM7.1の地震が知られていることから、本件発電所運用期間中の活動可能性を考慮する各々の火山においてM7.1の地震を想定しても、本件発電所の敷地における最大震度は5弱程度未満であるため⁵⁰、被告が策定した基準地震動S_s（答弁書「被告の主張」第7の2(3)エ（174頁以下）参照）の策定における検討対象とならない。（乙13（6-8-18～6-8-19頁））

したがって、火山性地震とこれに関連する事象による影響はない。

ク 熱水系及び地下水の異常

本件発電所の敷地は、山口県から別府湾に至る火山フロントと十分な離隔がある。また、本件発電所の敷地で実施した深部ボーリング調査によると、深度2000mにおける地温は約73℃、地温勾配⁵¹は2.8℃/100mと低く、本件発電所の敷地付近の地質に過去に顕著な熱水活動を被った痕跡も認められない（乙13（6-8-19頁））。したがって、熱水系及び地下水の異常による影響はない。

(4) 火山事象に対する安全性の確保

本件発電所に影響を及ぼす可能性のある火山事象として抽出した降下火砕物について、被告は、降下火砕物の特徴等を踏まえ、降下火砕物が直接及ぼす影響（直接的影響）とそれ以外の影響（間接的影響）を考慮し、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。

50 被告は、基準地震動S_sを策定するにあたり、検討用地震の候補とする地震について、被害地震からは震度5弱程度以上の地震を選定対象とした（答弁書「被告の主張」第7の2(3)イ（ア）a（124～125頁））。

51 一般に、地下深くなるにつれて、地球内部の温度は高くなっている。その割合を地温勾配という。

例えば、当該降下火砕物による直接的影響のうち、降下火砕物の荷重に対しては、降下火砕物が堆積し難い設計、若しくは施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計としている。また、荷重以外に対しても、降下火砕物による化学的影響（腐食）、水循環系の閉塞、内部における摩耗等により安全機能を損なわない設計としている。そして、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（閉塞）を考慮して、非常用ディーゼル発電機及び換気空調設備の外気取入口については、開口部を下向きの構造にするとともに、フィルタを設置して降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とすること、降下火砕物を含む空気の流路となる配管や弁については形状等により降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とし、また、侵入した場合でも閉塞しにくい設計としている。間接的影響については、降下火砕物が送電設備の絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷による外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限に対し、原子炉の停止並びに停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計としている。

（以上、乙13（8-1-344～8-1-358頁））

(5) 小括

以上述べたとおり、被告は、本件発電所の敷地に影響を及ぼす可能性のある火山を抽出し、本件発電所の運用期間中において、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ことはないことを確認するとともに、本件発電所に影響を及ぼす可能性のあると考えられる降

下火砕物に対しても、その特徴に応じた対策を講じ、本件3号機の安全性を確保している。

そして、本件発電所に係る火山事象に対する評価及び本件3号機の安全対策については、被告が平成25年7月8日に行った原子炉設置変更許可申請等に係る原子力規制委員会の厳格な審査を経て、新規制基準に適合していることが確認されている（乙16（63～71頁））。

3 原告らの主張の誤りについて

原告らは、本件において、人格権に基づく妨害予防請求権を根拠として本件発電所の運転の差止めを請求するところ、仮に、現時点で阿蘇において巨大噴火が起きた場合は、九州の中部以北は火砕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も言われ（乙222）、そうであれば、特に巨大噴火については、本件発電所において環境に放射性物質を大量に放出する事故が発生するか否かに関わらず、巨大噴火そのものの影響によって原告らの生命、身体に影響が及ぶことが考えられるのであるから、火山事象によって本件発電所において環境に放射性物質を大量に放出する事故が発生し、当該事故によって原告らの生命、身体に影響が及ぶ具体的な機序が主張立証されない限り、原告らの差止請求は認められない。したがって、原告らが主張立証すべきは上記具体的な機序であるが、原告らは、巨大噴火に関する被告の評価等に問題があると主張しながら、上記具体的な機序について、何ら具体的な主張立証を行っていないから、原告らの主張は、そもそも完結していないと考えら

れる。しかしながら、念のため、原告らの主張の誤りについて、必要な範囲で指摘しておくこととする。ただし、原告らの主張のうち、阿蘇の巨大噴火に関する主張については、後記第3において、降下火砕物による影響に関する主張については、後記第4において行う。

(1) 火山ガイドの合理性について

原告らは、九州電力株式会社の川内原子力発電所1号機及び2号機の運転差止めを求めた仮処分命令申立てを却下する決定に対する即時抗告事件決定（福岡高等裁判所宮崎支部平成28年4月6日決定・判時2290号90頁、以下「宮崎支部決定」という。）及び本件3号機の運転差止めを求めた仮処分命令申立てを却下する広島地方裁判所の決定（以下「広島地裁決定」という。）が火山ガイドの定めのうち立地評価に係る定めの一部が不合理であるとしたことを根拠に、過去に設計対応不可能な火山事象が到達したと考えられる原子力発電所は、原則として立地不適とすべきであると主張する（原告ら準備書面11第2の1（15頁以下））。

しかしながら、火山ガイドに不合理な点はなく、本件発電所の敷地には過去に設計対応不可能な火山事象が到達していないと評価できるので、原告らの主張に理由はない。本件発電所の敷地には過去に設計対応不可能な火山事象が到達していないと評価できることについては、後記第3の1(2)で詳細を述べるので、ここでは、火山ガイドに不合理がないことについて述べる。

宮崎支部決定及び広島地裁決定は、火山ガイドが現在の火山学的知見では困難とされる噴火予知ができることを前提としているものとして、これを理由に火山ガイドの定めの一部が不合理であるとするところ、宮

崎支部決定は、火山ガイドが噴火予知ができることを前提としている根拠として、設計対応可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に到達する可能性の大小を判断基準とすることに加えて、モニタリング⁵²によって火山活動の兆候を把握して対処しようとしていることに求める（甲C7（218頁））。なお、広島地裁決定は、事例によって判断が分かれることは好ましくないとして、宮崎支部決定に倣ったものと考えられる（甲C8（211～212頁，335頁））。

しかしながら、火山ガイドは、噴火予知ができることを前提としているものではない。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

52 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216（10頁）））。本件3号機に関しては、後記第3の1(2)で述べるとおり、過去の阿蘇の巨大噴火による大規模火砕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。

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あたっては、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230）。

また、宮崎支部決定は、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233（314頁））。

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。

そして、火山の活動可能性について、例えば、上記第1の4で述べたように、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から、火山の状態を総合的に判断することによって、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、日本火山学会編「Q & A火山噴火」で、カルデラ火山である箱根山（乙234）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、すなわち箱根カルデラで約6万年前に発生したような大規模な噴火（巨大噴火）⁵³が発生する可能性は小さいと評価されている例がある（乙235（45～46頁））。また、後述の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（乙237）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

53 箱根山においては、約6万6000年前に巨大噴火が発生し、この噴火の火砕流は横浜方面に達したとされる（乙236）。

る（乙238）。そして、上記2(1)イ（エ）で述べた阿蘇についてそのような評価が可能であることは、後述のとおり、阿蘇に常駐し、阿蘇に関する極めて豊富なデータを有する火山物理学の権威である大倉敬宏教授⁵⁴が、大倉（2017）⁵⁵において、地球物理学的な観点から詳細に検討して、現在の阿蘇の状態について、「大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではない」と評価していることから明らかである。

したがって、火山ガイドに不合理な点はなく、原告らの火山ガイドの定めのうち立地評価に係る定めの一部が不合理であるとしたことを根拠とする主張に理由はない。

(2) 巨大噴火の考慮について

原告らは、被告が巨大噴火を低頻度事象であることを理由に考慮する必要はないと考えていると主張する（原告ら準備書面11第2の2(3)(20頁以下)）。

しかしながら、被告は、巨大噴火を考慮する必要が全くないと考えているわけではなく、発生可能性が十分小さいといえるかどうかの観点からの検討は必要であるし、火山の現在の活動状況が巨大噴火が差し迫った状態ではないことが確認できない場合や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場合には、当然、巨大噴火が発生することを前提に評価を行う必要があると認識している。そして、被告において、巨大噴火について適切に検討した結果、本件発

54 大倉敬宏教授は、京都大学教授として、阿蘇に設置されている京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センターに常駐して阿蘇の活動を常時観測し火山物理学に関する研究を行っている。また、大倉敬宏教授は、火山物理学の専門家として、気象庁の火山噴火予知連絡会の火山活動評価検討会委員、原子力規制委員会の原子炉安全専門審査会原子炉火山部会の委員等を務めている（乙239～乙242）。

55 「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

電所の運用期間中に巨大噴火の可能性は十分小さいと評価していることは、後記第3及び第4で述べるとおりである。

したがって、被告が巨大噴火を低頻度事象であることを理由に考慮する必要はないと考えているとの原告らの主張は失当である。

(3) IAEAの基準との比較について

原告らは、IAEA⁵⁶のSSG-21⁵⁷と比較して、火山ガイドは、国際基準からかけ離れていると主張する（原告ら準備書面11第2の2(3)（20頁以下））。

しかしながら、世界にはホットスポット上に存在する火山やプレートの拡大境界の火山のように寿命が数百万年あるいは1000万年を超える火山もある。上記第1の5で述べたとおり、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ところ、SSG-21は、ホットスポット上に存在する火山等、プレートの沈み込み帯の日本列島の火山とは異なる寿命を持つ火山も考慮する基準であり、これをそのまま日本において適用するのは適切ではない。日本には、約260万年間の休止期間を経た後に火山活動を再開させた火山は存在しておらず、約260万年前までに活動を終えた日本の火山が火山活動を再開させる蓋然性は極めて低い。また、日本列島の個々の火山の寿命は、一般に数万～数十万年、長くとも100万年程度と考えられており、過去約260万年間に活動した火山を評価することはこの期間を優に包含することなどを考慮すれば、日本列島の火山の特性を踏まえて第四紀の約260万年間を基準として活動性を検討する火山を抽出することは何ら不合理なものではない

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

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

(乙233(303~304頁))。

したがって、IAEAのSSG-21と比較して、火山ガイドは、国際基準からかけ離れているとの原告らの主張に理由はない。

第3 阿蘇の活動に関する評価の詳細について

1 被告の評価について

被告は、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と評価している。

さらに、阿蘇における既往最大の噴火に伴う阿蘇4火砕流も含め、過去の阿蘇の巨大噴火による大規模火砕流についても検討した結果、阿蘇の火砕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砕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と判断している。

(1) 本件発電所の運用期間中に考慮する阿蘇の噴火に係る被告の評価について

上記第2の2(1)イ(エ)で述べたとおり、被告は、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、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ことなどを評価した（乙13（6-8-10頁））。

以下では、被告の阿蘇の活動に関する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被告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、被告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

（ア） 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231）。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⁵⁸（乙243）。これらの巨大噴火のうち、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⁵⁹によれば、火砕物の体積は、阿蘇1噴火50km³、阿蘇2噴火50km³、阿蘇3噴火150km³に対して、阿蘇4噴火60

58 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244（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245）、阿蘇1噴火でも同様の可能性がある（乙244（187頁））。

59 「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

0 km³とされる（乙211）。），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231）。上記第1の4(1)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（阿蘇山）がほぼ東西に配列している（乙246（1189頁））。

阿蘇の活動履歴について，以降，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12）。



図12 阿蘇の活動履歴

(イ) 阿蘇の活動履歴に基づく検討について

被告は，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、上記の被告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。

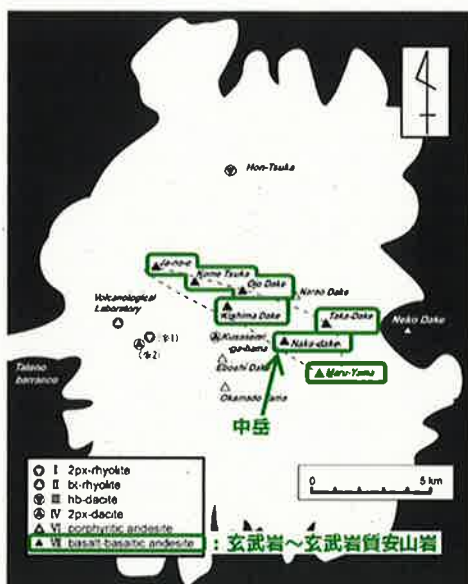
a 後カルデラ期の噴出物に基づく検討によれば、巨大噴火のマグマ溜まりは存在しないし、後カルデラ期のマグマの生成の状況はカルデラ形成期と状況が異なると考えられることについて

(a) 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、カルデラ中央部において玄武岩質マグマが活動し、その周囲で珪長質マグマが活動しているという傾向がある（乙247（282頁）、図13）。

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⁶⁰、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227（141頁）、乙243（99頁）、乙247（282～283頁））。

60 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248）。

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。



(乙247に加筆)

図13 後カルデラ期における玄武岩質マグマの活動分布

(b) 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249（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243（99頁）、乙249（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249（72頁））。

(c) 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⁶¹、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⁶²（乙250（6-10頁）、乙251（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

61 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、マンツ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250（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243（99頁））。

62 ストロンチウムは火山岩に含まれる鉱物の一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251（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250（6-13頁））。

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250（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デラ形成期の状況と異なると考えられる。（乙243（98頁））

(d) 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247（270頁））。

上記(c)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(c)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243（99頁）、乙252）

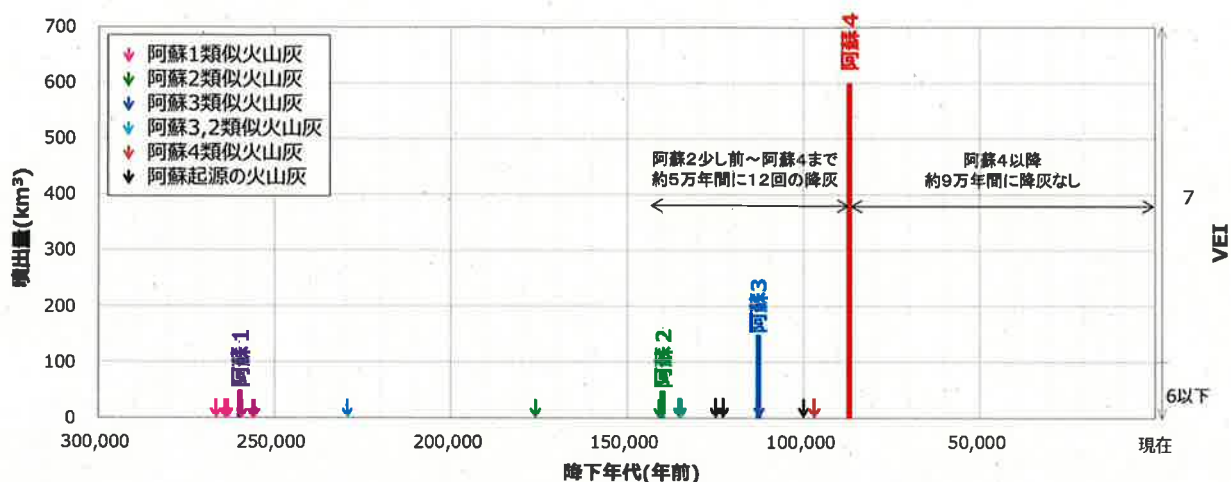
(e) 後カルデラ期の噴出物に関して以上の点を踏まえれば、後カルデラ期には、巨大噴火において想定されるような、大規模な珪長質マグマ溜まりは存在しないと考えられる。

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

(a) 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213（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253（4頁）、乙254）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255（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14）、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254（17～18頁））。



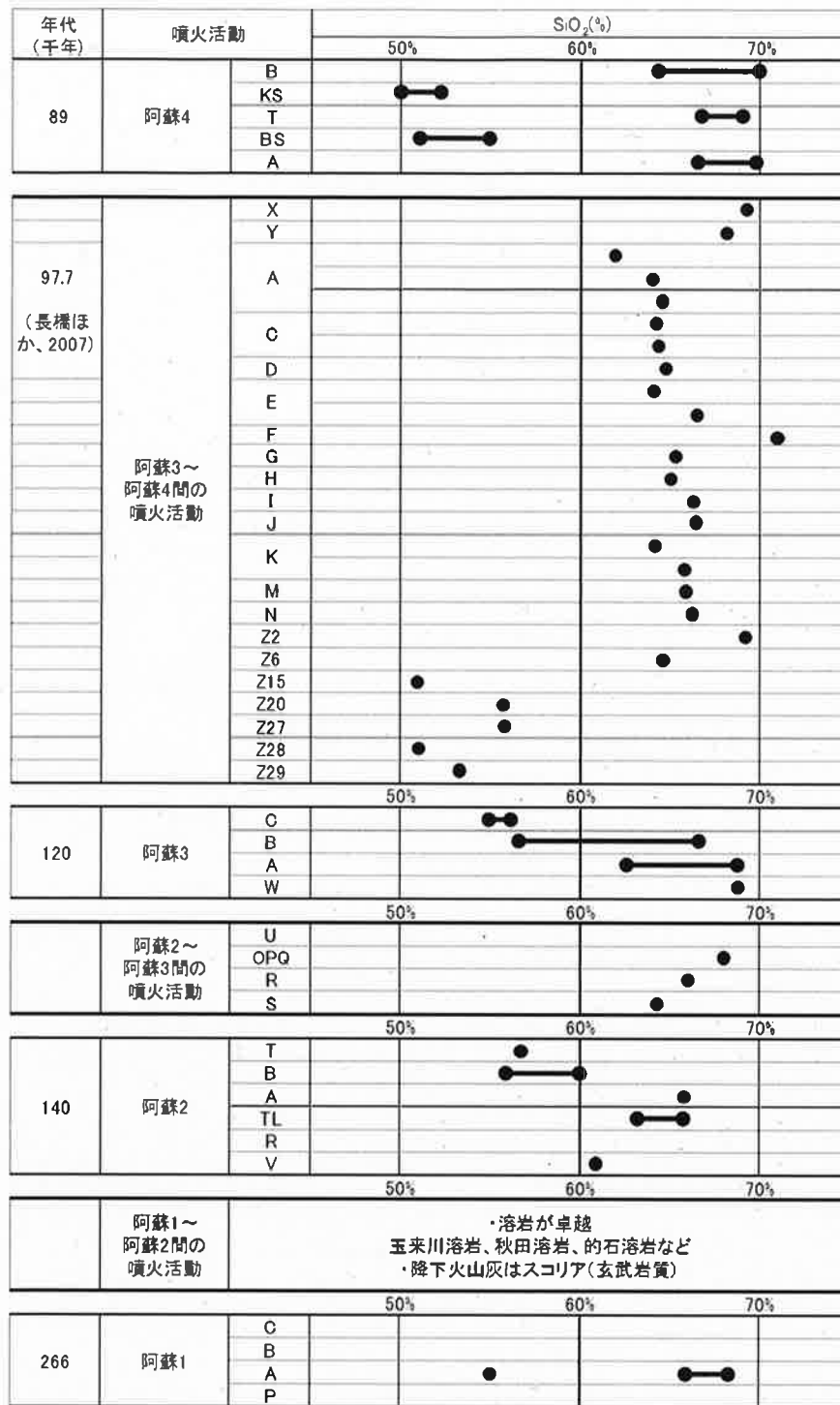
(乙254から作成，巨大噴火の噴出量は乙211を参照)

図14 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213(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、デイサイト組成で阿蘇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

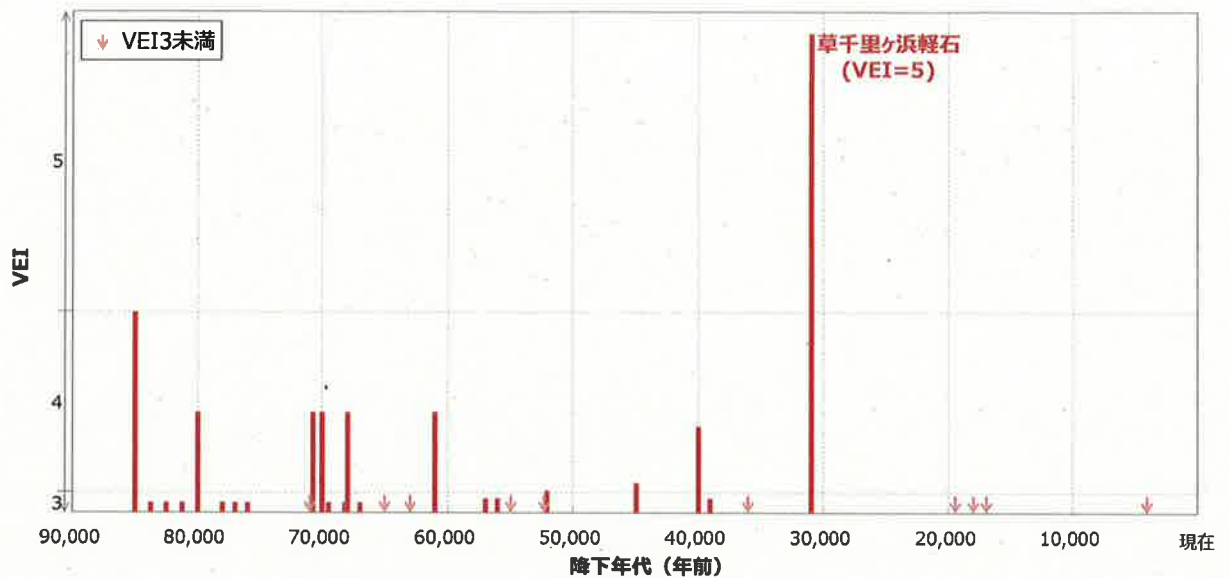
わち爆発的な噴火をしやすいマグマを噴出する傾向にあったとされている。阿蘇3噴火から阿蘇4噴火の間の噴火についても、多くの噴出物が確認されており、阿蘇3噴火後から阿蘇4噴火前にかけて、苦鉄質な噴火から珪長質な噴火に移行し噴火の規模が大きくなっていく傾向にあったとされている（図15，乙256，乙257）。



(乙255から引用)

図15 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

(b) 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VEI4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212(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VEI4以上の珪長質な噴火は認められない(図16)。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(b)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247(282頁)、乙249(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246(1189頁、1195~1201頁))。



(乙212から作成)

図16 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Tsujiet al. (2017)⁶³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14, 乙254)。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。

63 「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258（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。

(c) ところで、南九州のカルデラ火山（始良カルデラ、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）⁶⁴によると、南九州のカルデラ火山では、大規模火砕流サイクルの前の10万年間に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ージがあったとされる。このNagaoka（1988）を参考に、上記の

64 「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.

阿蘇の噴火の態様をNagaoaka (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、上記第1の2(3)で述べたとおり、VEI5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VEI4以上の噴火は認められない。また、上記b(b)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249(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。

(d) 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209(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）⁶⁵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も多くの事例を示し、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（また、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ことから、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220（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220（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254（17～18頁））とも整合的な知見である。

（ウ） 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。

65 「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

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（イ） 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（イ） a（a））、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（イ） a（b））、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（イ） a（d））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（イ） a（c））。

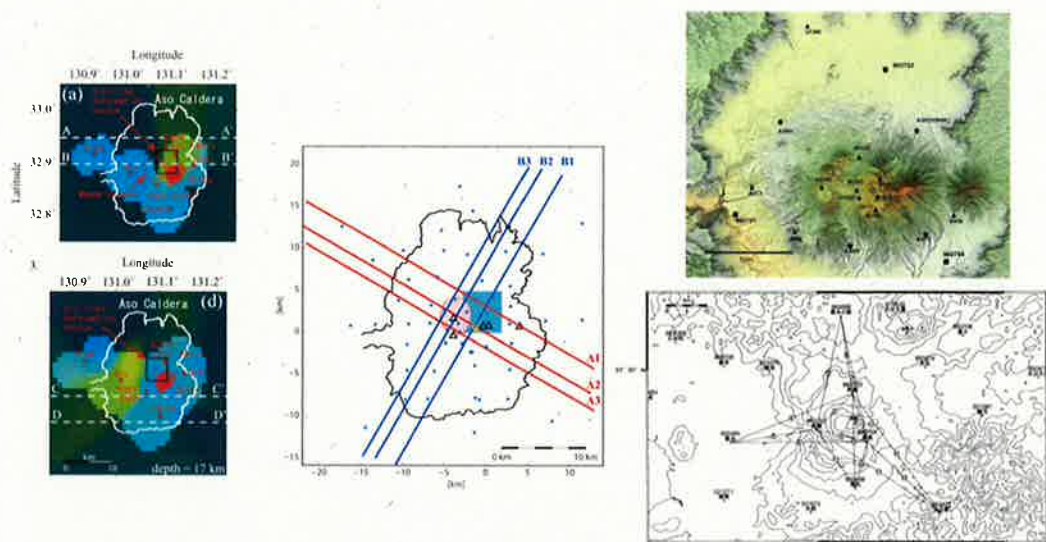
また、上記（イ） bで述べたとおり、後カルデラ期の噴火の態様からの検討によれば、カルデラ形成期は大規模な噴火が繰り返し発生していたのに対し（上記（イ） b（a））、後カルデラ期の噴火活動は、カルデラ形成期と比較して、噴火の規模が明らかに小さくなっており、カルデラ形成期と後カルデラ期では阿蘇の活動性が異なっていると考えられる（上記（イ） b（b））。また、後カルデラ期は、珪長質な噴火が減少傾向で、カルデラ形成期にあった相当程度大規模なプリニー式噴火が多発するような状態への移行とは逆の傾向にあり、まして巨大噴火の発生が示唆されるような傾向もない（上

記 (イ) b (c))。

そして、上記 (イ) 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 17)。以下、地球物理学的調査に基づく評価について詳述する。



左図：Abe et al. (2017) のレーザ干渉による調査による解析断面
中図：Hata et al. (2016) の MT 探査による探査による解析断面 (青色のドットが MT 観測点)
右図上側：阿蘇火山周辺の G N S S 観測点
右図下側：阿蘇周辺地区 G P S 連続観測基線図 (阿蘇周辺の熊本市～熊本県小国町～宮崎県日之影町)

図 17 阿蘇カルデラ内における地球物理学的調査の例

(ア) 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、上記第1の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。

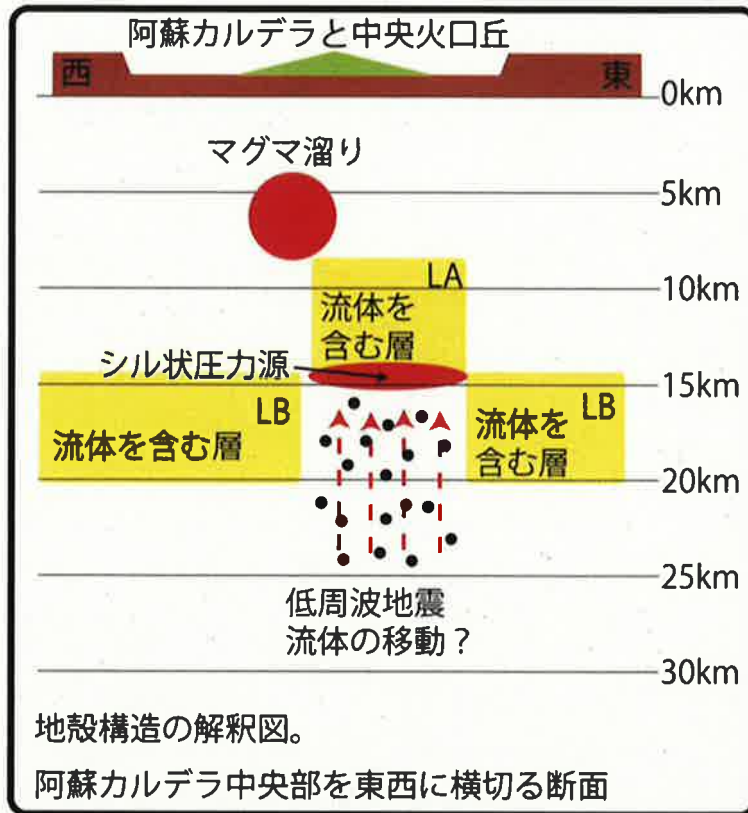
b 阿蘇カルデラ内では、比較的多くの掘削が行われており、これらの掘削調査の結果から比較的平らなカルデラ底構造が推測されていることから、阿蘇カルデラでは、大型カルデラに特徴的な陥没構造(ピストンシリンダー型)に近い陥没が考えられている(乙259(14頁))。また、重力解析によっても、平坦な底を持つ重力基盤構造が確認でき、大型カルデラに特徴的な陥没構造が推定されている(乙260)。

c 阿蘇の地下構造について、浅部には、中岳から約3~4km西の草千里付近の地下約6km付近に地震波低速度領域⁶⁶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力源⁶⁷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(乙261(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

66 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きは速度が遅い(乙262(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232(21頁))。

67 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。

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18。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。）。



(乙232から引用)

図18 阿蘇カルデラの地下構造

d 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（乙261（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 6 km 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も整合的である（乙 2 6 3）。

さらに、最新の知見として、2004 年から 2017 年までの GPS 基線長は、地下約 6 km 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 2 3 2（23～24 頁））。また、InSAR 観測⁶⁸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 6 km 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 2 6 4（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 2 6 4（11 頁））。さらに、阿蘇カルデラ内における最近の MT 探査⁶⁹結果からも、地下約 6 km 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 2 6 5（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 6 km のマグマ溜まりと関連することを示している。

- e 地下約 6 km 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 6 km のマグマ溜まりに蓄積さ

68 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。

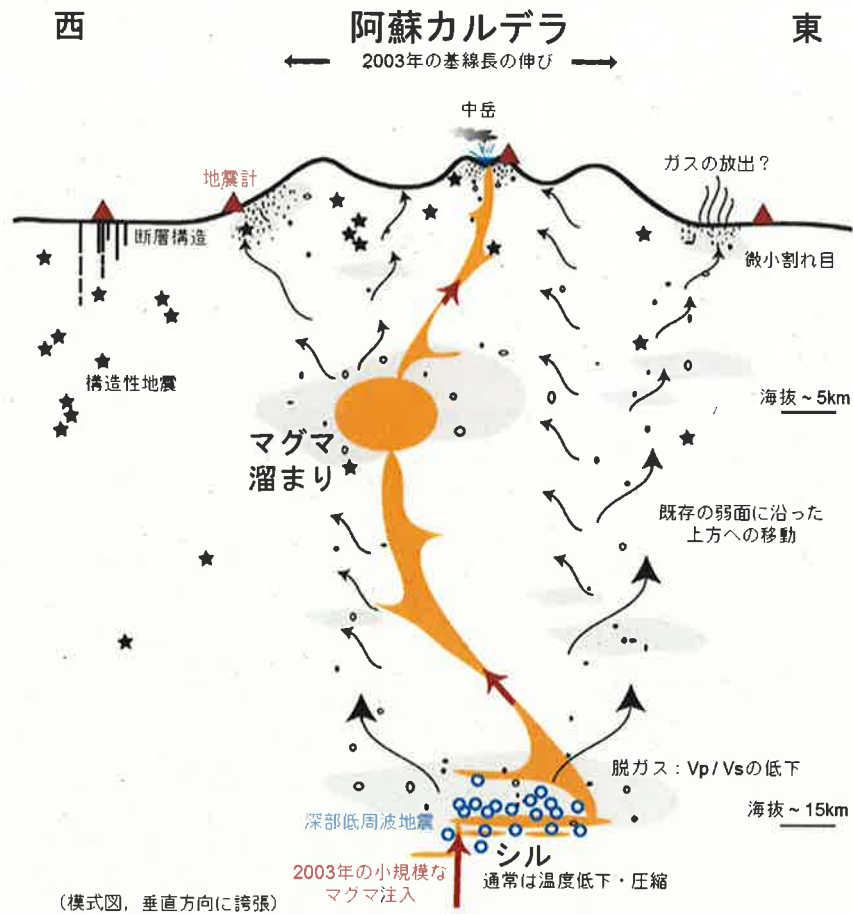
69 MT 観測（地磁気・地電流法。Magnetotelluric observation）。電気伝導度の違い（比抵抗構造）を調査して地下に存在する流体などの存在を調査する技術。

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と考えられている（乙250（6-14～6-15頁））。

そして、上記第1の2(3)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217、乙218）、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⁷⁰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266）、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19、乙267（10頁、12頁））。

70 岩盤や地層に、水平方向に貫入したマグマ（乙232（19頁））



(乙255から引用)

図19 阿蘇のプロセスの概略図

f また、地下約6 km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。

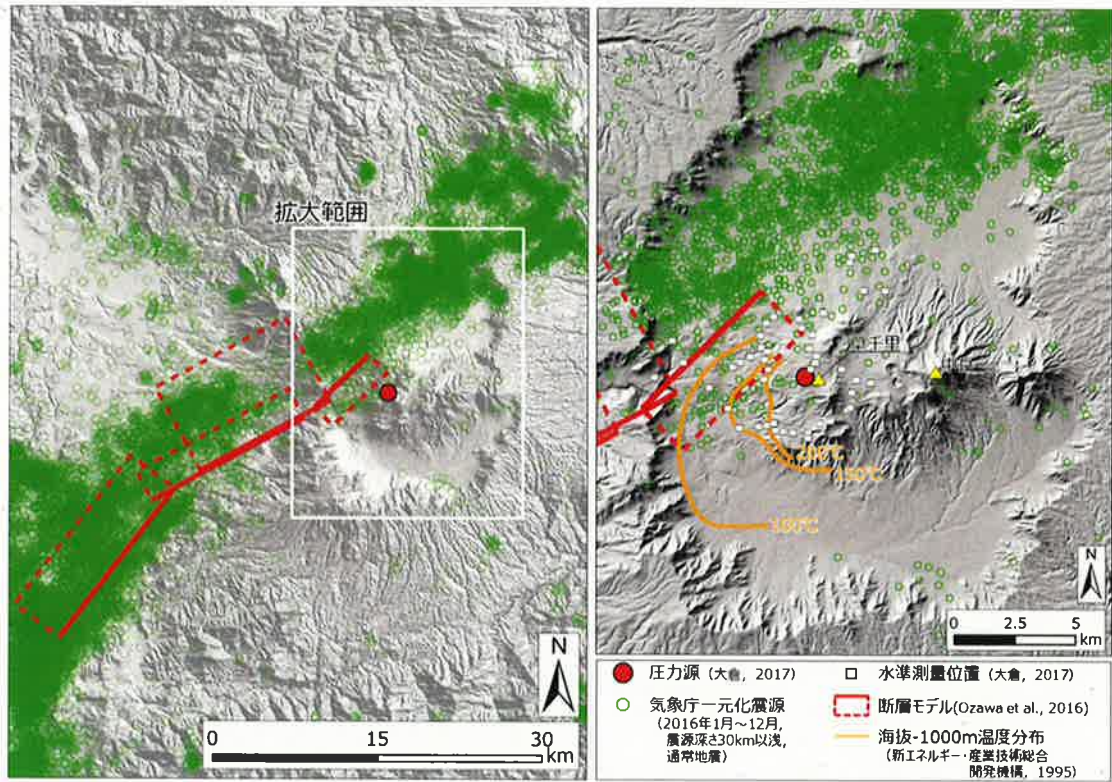
一般に噴火可能なマグマは液体であるため、地震を起こすような破壊が生じない（震源とはならない）とされる（乙217（36頁））。一方、マグマ溜まり周辺の母岩はマグマからの様々な影響を受けて強度が下がるため、地震が発生しやすくなっていると考えられている。このため、地震の発生する場所とその空白域

(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208(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顕著な沈降から特定されるマグマ溜まりの中心(圧力源)の周辺でも地震活動が認められ(図20)、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268)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⁷¹(乙269(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。

71 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268, 乙269等から作成)

図20 2016年熊本地震の震源断層面・震源と圧力源の位置

g 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^3 （0.01 km^3 ）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232（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）⁷²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て地上に顕著に放出

72 「Steady subsidence of a repeatedly erupting caldera through InSAR observations: Aso, Japan」Adriano Nobile, Valerio Acocella, Joel Ruch, Yosuke Aoki, Sven Borgstrom, Valeria Siniscalchi, Nobuo Geshi, Bulletin of Volcanology, 79:32, 1-12, 2017.

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264（11頁））。

h 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c）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d）、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e）。さらに、地下約6kmのマグマ溜まりは、規模の点でも広がり制限されていること（上記f）、かつ縮小傾向にあること（上記g）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。

(イ) 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17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232（3頁））。

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)⁷³, Abe et al. (2017)⁷⁴及びAbe et al. (2010)⁷⁵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232（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熔融マグマであるとしてもその体積は最大でも約45km³である（200km³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232（20頁）））ところ（乙232（21頁））、地下約15kmのシル状のマグマ溜まりには、最大約45km³程度の熔融マグマの更にそのうちの一部分が存在し

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

74 「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*, Volume 122, Issue 3, 2013-2033, 2017.

75 「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*, Volume 195, Issue, 1-12, 2010.

ているのみであり、また、地下約6 km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232（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270（137頁））における火砕物の噴出量は0.0127 km³で噴火規模はVEI 3とされている（乙271）。

- 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221（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220(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272(229頁), 乙264(10～11頁), 乙232(21頁, 25～26頁), 乙273)。

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。

(ウ) 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(ア))、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(イ))。

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

(ア) 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っても、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。

上記の被告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232）からも裏付けられる。

b 上記第1の4(1)及び上記ア(ア)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、愛媛大学の榊原正幸教授は、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255（15頁））。

- 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229（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274（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229（290頁）、乙275（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等、IAEAの火山に係る安全ガイドの主著者であり、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、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238）。

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。

(イ) 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(イ) 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(イ) a (d))、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(イ) a (c))。また、上記ア(イ) 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(上記ア(イ) b (a))、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(イ) b (b))、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(イ) b (a) 及び(c))。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。

(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

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砕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。

エ 被告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

被告は、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しているところ、上記ア～ウで詳述したとおり、被告の評価は、現在の火山学の知見に照らして十分に妥当なものである。そして、この被告の評価は、当然のことながら、火山ガイドを踏まえたものである。以下では、念のため、被告の評価が火山ガイドを踏まえたものあることについて述べる。

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216（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216（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230）

被告は、上記火山ガイドの考え方に照らして、「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。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、被告は、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、上記ウ（ウ）で述べたとおりである。

以上の被告の評価が、火山ガイドの考え方に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明らかである(乙16(65頁))。

(2) 阿蘇4火砕流は本件発電所の敷地に到達していないことについて

上記(1)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、その火砕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、被告は、阿蘇における既往最大の阿蘇4火砕流の影響範囲についても火砕流の痕跡等から検討して、阿蘇4火砕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噴火による火砕流もその堆積物は九州に留まり（乙13（6－8－8頁））、その影響範囲は阿蘇4火砕流よりも明らかに小規模であるので、これらの火砕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。

被告は、佐田岬半島を含む四国において阿蘇4火砕流堆積物を確認したとの知見はないこと、被告による佐田岬半島の調査によっても阿蘇4火砕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火砕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。

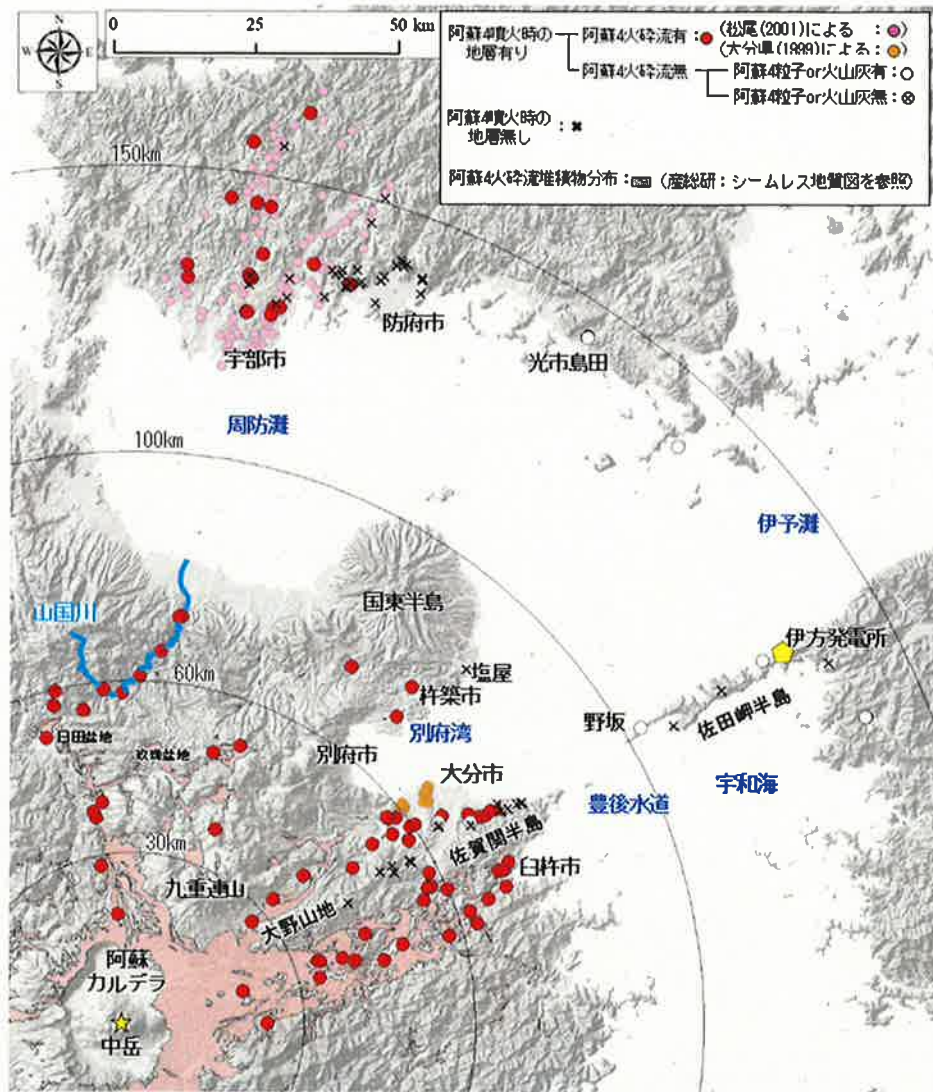
以下では、まず、後記アにおいて、阿蘇4火砕流堆積物の分布及び本件発電所が位置する佐田岬半島においては阿蘇4火砕流堆積物が確認されないこと、後記イにおいて、大規模火砕流であっても地形の影響を受けることを述べた上で、後記ウにおいて、佐賀関半島等が地形的な障害になって阿蘇4火砕流が本件発電所の敷地の方向に流れていないと考えられることを述べる。

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

阿蘇4火砕流堆積物は、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火砕流堆積物を確認したとの知見はない（図21）。また、阿蘇から150kmを超える遠方まで阿蘇4火砕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⁷⁶を厚さ数mの阿蘇4火砕流堆積物が広く覆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壌中に阿蘇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火砕流堆積物が認められず（乙276（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火砕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火砕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276（10頁））、本件発電所の敷地の方角に向かった阿蘇4火砕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。

76 約13万～6万年前に海や川的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、平坦な台地面には火砕流堆積物が残りやすい。



(乙276から引用)

図21 九州・山口・四国における阿蘇4噴出物の分布

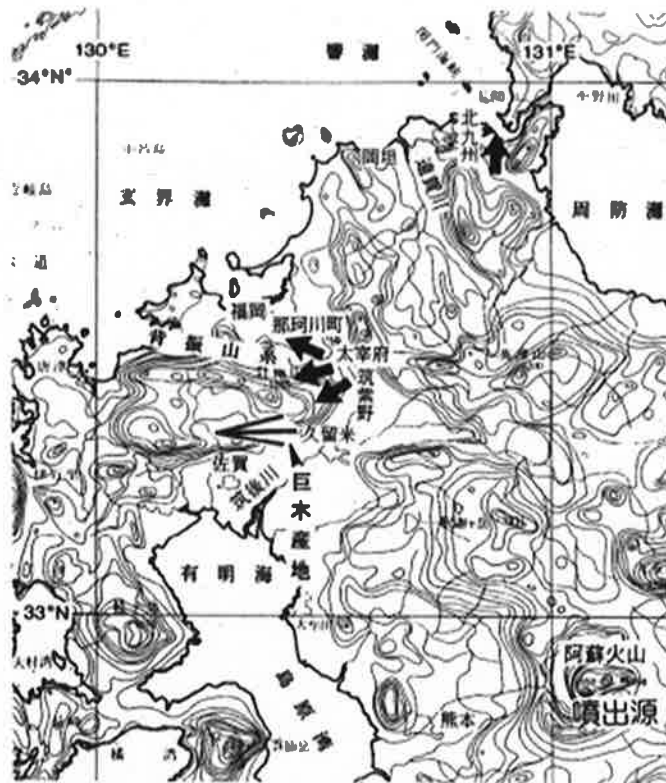
被告は、佐田岬半島における阿蘇4火砕流堆積物の有無について、堆積環境の良い地点を重点的に調査し、阿蘇4火砕流堆積物がないことを確認した。まず、一般に堆積環境が良いとされる低地等の地点を選んで、基盤までボーリングを行ったものの、これらの地点の堆積物には阿蘇4噴火の時代よりも新しい時代の堆積層しか残されておらず、阿蘇4噴火の時代の堆積層は保存されていない。一方、山口県では阿

蘇4噴火による火砕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、火砕流堆積物は確認されない（乙13（6-8-8～6-8-9頁））。このように、被告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砕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276（17頁））、このような適切な調査の結果によっても、阿蘇4火砕流堆積物は確認されなかった。

イ 巨大噴火に伴う大規模火砕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砕流の場合は、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、火砕物密度流の流路と広がりには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277（40頁））、巨大噴火に伴う大規模火砕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火砕流についても、カルデラの近傍を除けば、火砕流の流走中は流動性に富むために盆地や谷沿いの低地に堆積しているとされる（乙278（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火砕流については、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、火砕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278（195頁））。また、福岡県西部及び佐賀県における阿蘇4火砕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火砕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火砕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22，乙279（111～112頁））。



矢印は倒木の方角からみた Aso-4 火砕流の流向
 < : 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279から引用)

図22 巨木の出土位置と倒木の方角図

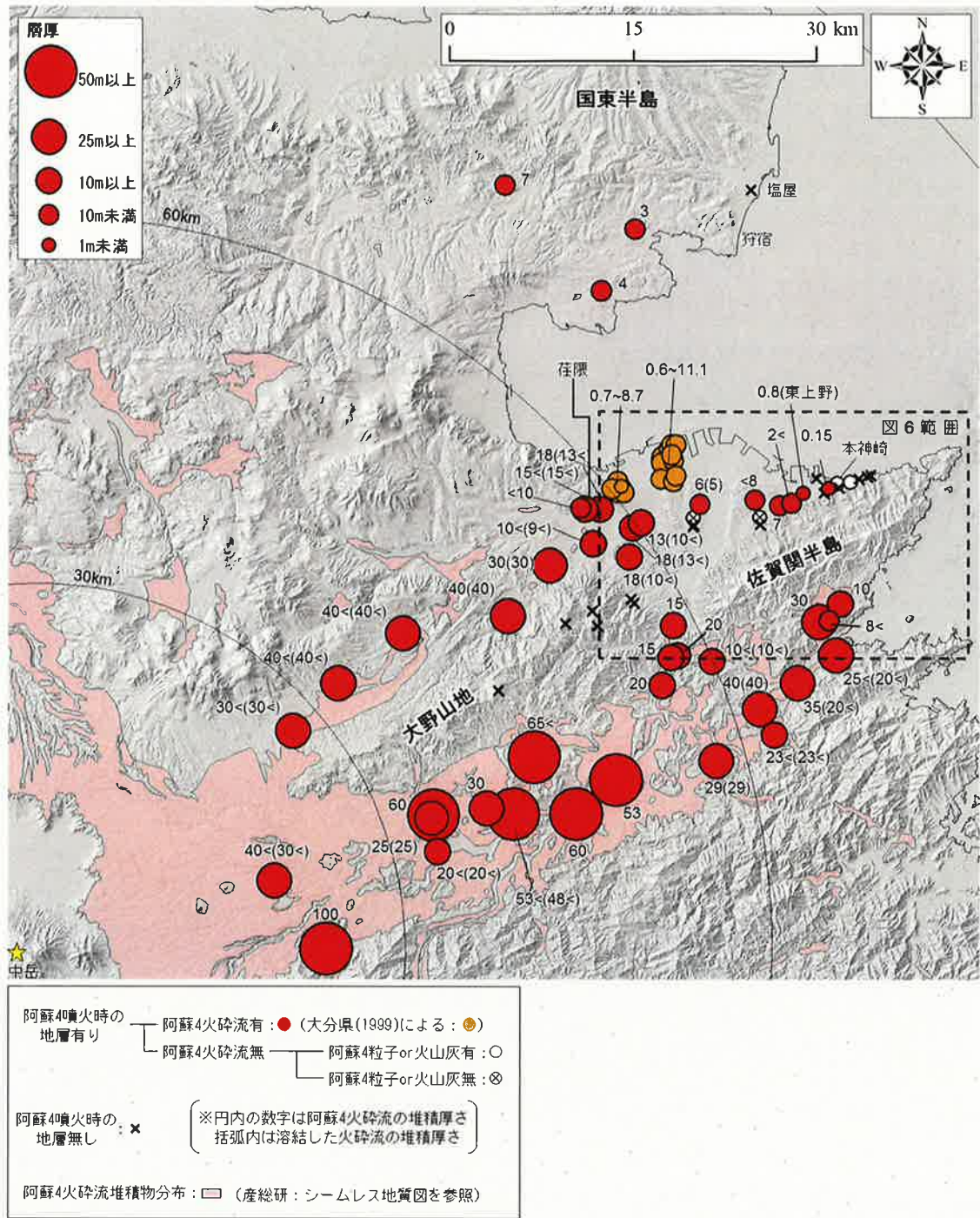
ウ 佐賀関半島等が阿蘇4火砕流に影響を与えたことについて

(ア) 阿蘇4火砕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火砕流堆積物の分布に着目すると、阿蘇4火砕流は、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。

大分県東部に残された阿蘇4火砕流堆積物は、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23）。その要因としては、上記イのとおり、阿蘇4噴火による火砕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火砕流は、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24）。

（乙276（13～16頁））



(乙276から引用)

図23 大分地域の阿蘇4噴出物の分布



(乙276から引用)

図24 阿蘇4火砕流の地形的障害による分流のイメージ図

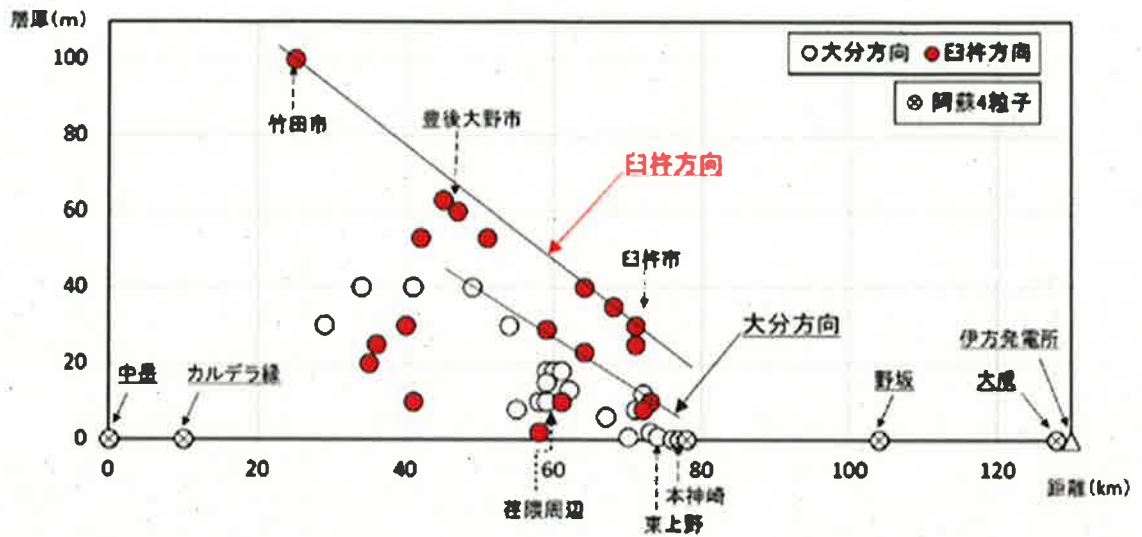
(イ) 大野山地の南側を流れた阿蘇4火砕流は、阿蘇カルデラから東に延びる川幅の広い大野川に沿う谷を流路として流れ、谷を厚く埋積し、火砕流台地を形成している。火砕流堆積物の堆積面に相当する火砕流台地の上面は概ね平坦で東に向かって低くなり、大野山地、佐賀関半島など、一般に火砕流台地上面の堆積面より標高の高い地域に阿蘇4火砕流堆積物は認められない。

また、大野川沿いに火砕流台地を形成する阿蘇4火砕流堆積物の層厚は、カルデラ中心から25km離れた地点(竹田市)で100m、47kmの地点(豊後大野市)で60mであり、これらの大部分は溶

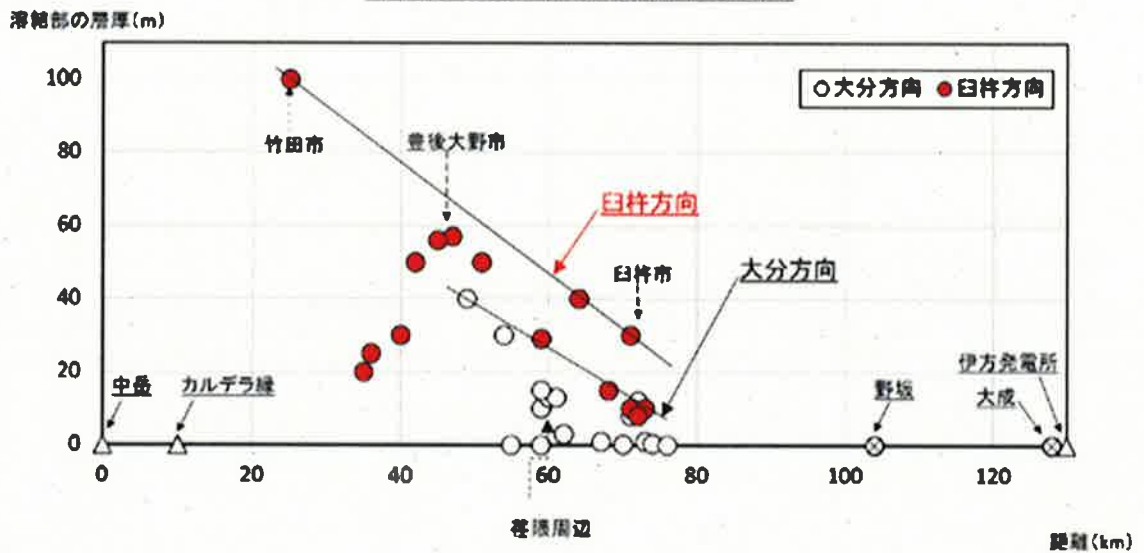
結している。溶結は、堆積物が一定以上の温度を保持している場合にその熱で堆積物自身が溶融し堆積物自身の重量によって圧密する現象である。溶結しているということは堆積後も火砕流内部に熱が保持されたということであり、厚く堆積した場合に火砕流内部に熱が保持され強く溶結しやすいことから、強く溶結しているということは、火砕流堆積当時に厚く堆積したことを意味する。大野山地の南側に流れた阿蘇4火砕流堆積物の溶結部は厚く、その層厚は竹田市南で層厚100mに達し、阿蘇カルデラから80km離れた白杵市でも層厚30mに達していることから(図25)、大野山地の南側に厚い阿蘇4火砕流が流下・堆積したことが窺える。

(乙276(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276から引用)

図25 阿蘇4火砕流堆積物の距離による変化

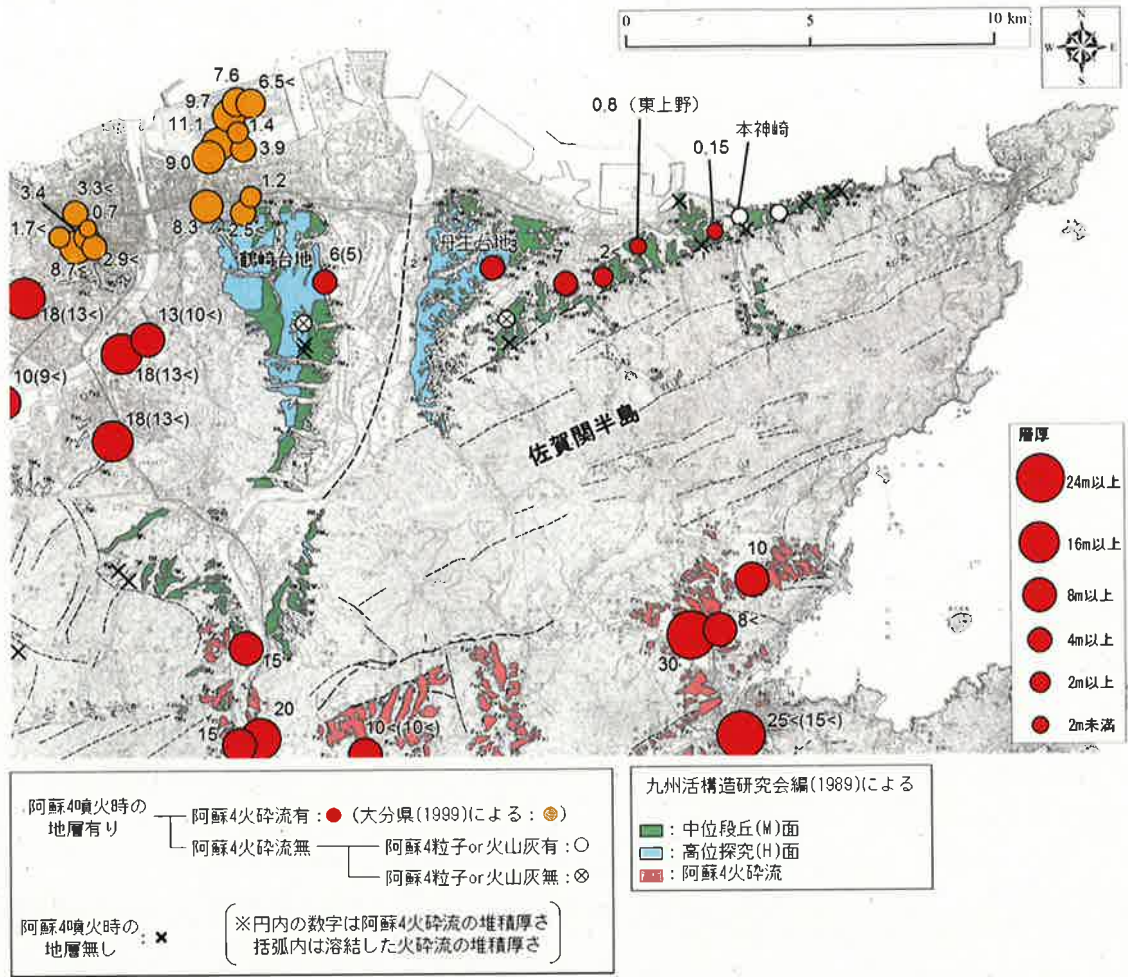
(ウ) 一方、大野山地の北側を流れた阿蘇4火砕流は、大野山地の北側を阿蘇カルデラから大分市に向かって流れる芹川及び大分川の低

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25)。

また、大野山地北側の山地を抜けた先の大分平野西部の荏隈には、中位段丘面を覆った火砕流台地が形成されているところ、その背後に接する火砕流台地の上面よりも25mほど高い高位段丘面には阿蘇4火砕流堆積物が分布しない。すなわち、阿蘇4火砕流の流れは地形の影響を強く受けており、阿蘇4火砕流の主体部(下部の密度の高い部分)は火砕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火砕流の主体部の層厚はさほど厚くなく、阿蘇4火砕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過していたと推定される。

(乙276(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26)。火砕流台地は、火砕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220(2頁))、佐賀関半島北岸が火砕流に覆われた火砕流台地とはならず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火砕流に埋め尽くされなかったことを意味する。



(乙276から引用)

図26 佐賀関半島周辺の段丘面及び阿蘇4噴出物の分布

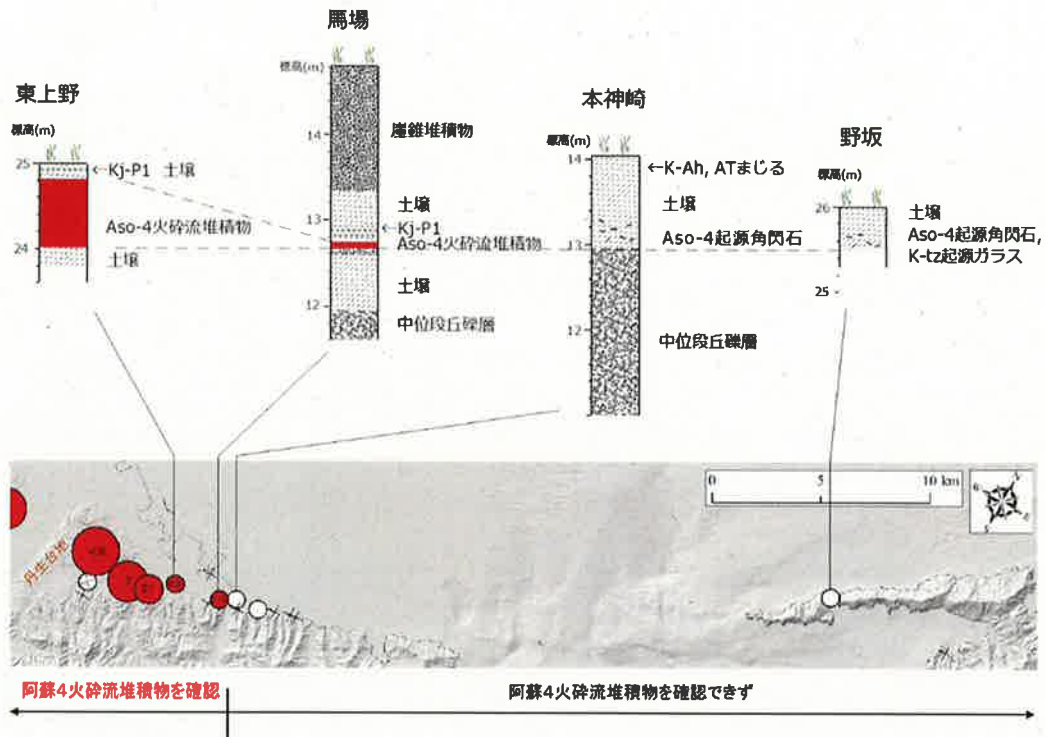
以上のとおり、大野山地及び佐賀関半島を挟んで南北に堆積する阿蘇4火砕流堆積物について、佐賀関半島の南側（臼杵方向）へは阿蘇4火砕流が厚く堆積するのに対して、佐賀関半島の北側（大分市方向）へ流下した阿蘇4火砕流の堆積物は薄く、侵食に強い溶結凝灰岩や中位段丘の分布状況から南北での層厚の違いは侵食の影響とは考えられないことから、阿蘇4火砕流は佐賀関半島の南側へは大量に流下し、北側へ流れた阿蘇4火砕流は比較的少量であったこ

とが分かる。

(乙276 (13~16頁))

(エ) 大野山地の北側を流れた阿蘇4火砕流について、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火砕流堆積物の層厚が1m以下に(図27)、さらに東側の本神崎で層厚0mとなり(図27)、佐賀関半島の東端部では阿蘇4火砕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火砕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27)(乙276 (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火砕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火砕流堆積物は、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27)。以上のことから、佐田岬半島には阿蘇4火砕流は到達しなかったと評価することができる。(乙276 (17~18頁))



(乙276から引用)

図27 佐賀関-佐田岬の阿蘇4噴出物の分布

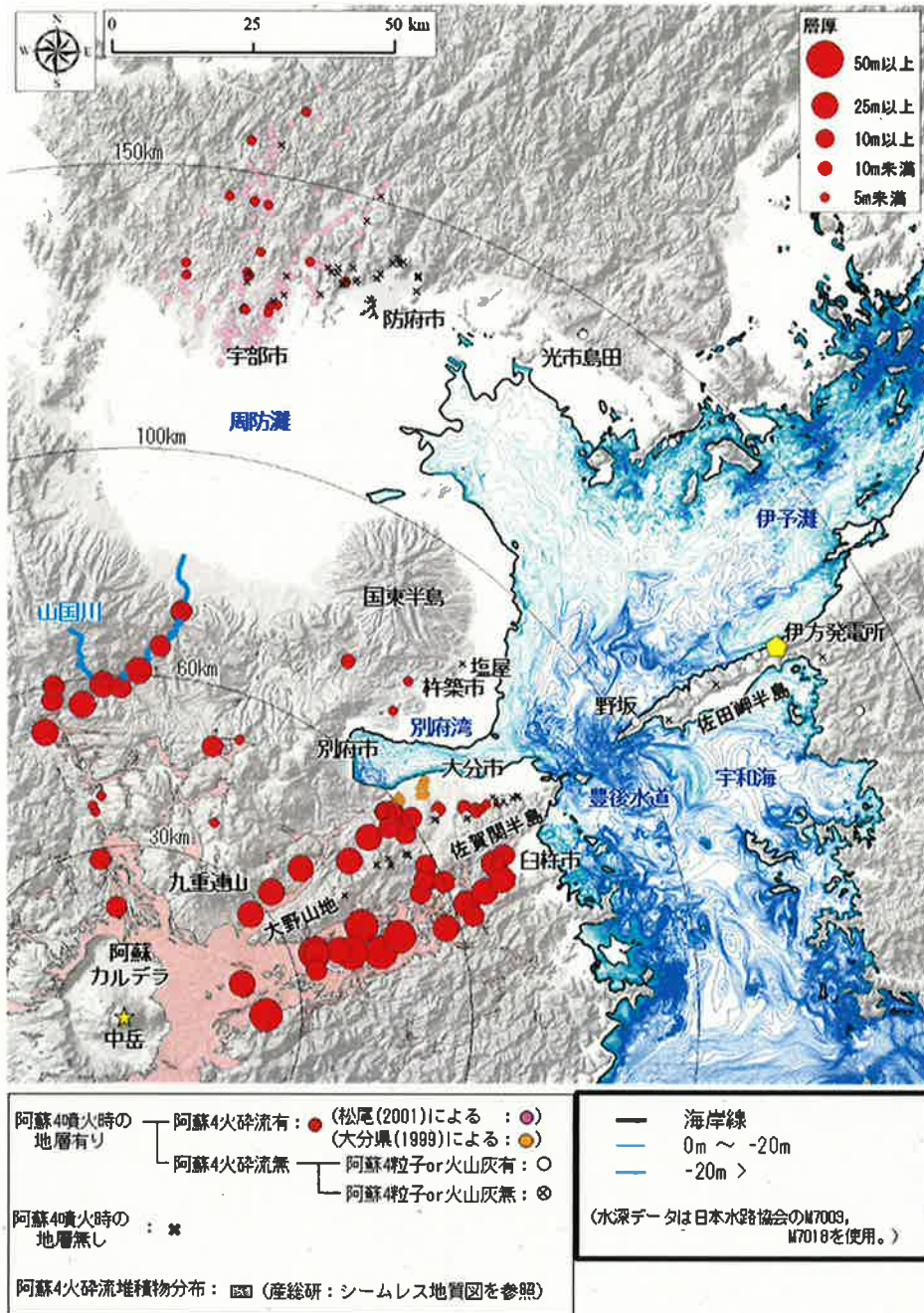
したがって、阿蘇4火砕流は大野山地や佐賀関半島による地形的な障害によって、その南側と北側に分流し、南側へは大量に流下する一方、北側の阿蘇4火砕流堆積物の層厚は比較的薄く、佐賀関半島の北側東端部で消滅し愛媛県側に至らなかったと考えられる。そして、佐田岬半島では、阿蘇4火砕流堆積物は認められないが、中位段丘面上に阿蘇4噴火の火山灰粒子を含む土壌が残っていることを踏まえると、阿蘇4火砕流は佐田岬半島に到達していないと推定され、本件発電所の敷地に到達していないと評価される。(乙276(20頁))。

以上の阿蘇4火砕流の検討のうち、大野山地や佐賀関半島が地形

的な障害となって火砕流の流路に影響を与えることは、被告が行なった火砕流シミュレーション（乙280）からも裏付けられる。

(オ) 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火砕流についても、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28）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火砕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276（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阿蘇4火砕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砕流は、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ておりである（乙281）。

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火砕流のような大規模火砕流が発生したとしても、阿蘇4噴火当時以上に火砕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281）。



(乙276から引用)

図28 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)

エ 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、被告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火砕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ったと評価される。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火砕流についても、佐田岬半島に到達することができなかったと考えられる。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火砕流は、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火砕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。

2 原告らの主張等の誤りについて

(1) 原告らの主張の誤りについて

ア 阿蘇の活動に関する評価について

(ア) 原告らは、N a g a o k a (1988) を参考にすると後カルデラ火山ステージと判断されること、基線変化が認められないことをもって将来の巨大噴火の可能性を否定することができないと主張する(原告ら準備書面11第3の1(2)イ②, ④(26頁以下))。

しかしながら、そもそも被告が阿蘇の活動に関して評価しているのは、本件発電所の運用期間中の巨大噴火の可能性が十分に小さいかどうかであって、将来の巨大噴火の可能性を否定することではな

い。そして、N a g a o k a (1 9 8 8) の知見及び基線長の変化は、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。基線長の変化という測地学的手法による火山観測の意義は、大倉 (2 0 1 7) において解説されているとおりであり、基線長の変化を事情の1つとして考慮することの妥当性は、大倉敬宏教授が、基線長の変化も考慮して、現在の阿蘇の状態について「大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではない」と評価していることから明らかである(乙232)。

したがって、N a g a o k a (1 9 8 8) を参考にすると後カルデラ火山ステージと判断されること、基線変化が認められないことをもって将来の巨大噴火の可能性を否定することができないとの原告らの主張に理由はない。

(イ) 原告らは、巨大噴火のマグマ溜まりは地下浅部に蓄積されるという知見が確立してはいない、三好ほか (2 0 0 5) は噴出物の組成を調査したものに過ぎないからこの知見をもって地下のマグマ溜まりの状況を推認するには飛躍があると主張する (原告ら準備書面11第3の1(2)イ③ (26頁以下))。

しかしながら、上記第1の4(2)及び(3)で述べたとおり、少なくとも現在の火山学的知見では、巨大噴火は膨大な珪長質マグマの蓄積を必要とするところ、密度が小さい珪長質マグマの浮力中立点が浅いことや、巨大噴火に伴って大型の陥没カルデラが形成されるどころ、環状割れ目に沿って陥没する大型カルデラの生成機構等を踏ま

えれば、巨大噴火のマグマ溜まりは地下浅部に達していると考えられるところであり、巨大噴火のマグマ溜まりの定置条件について、現在までの知見を取りまとめた、国立研究開発法人産業技術総合研究所の大規模噴火研究グループ研究グループ長である下司信夫氏が、巨大噴火に関して大規模噴火を駆動するマグマ溜まりと陥没カルデラの形成について主な知見を取りまとめた報告書においても、「大規模噴火を引き起こす珪長質マグマ溜まりは、周辺の母岩と密度が釣り合う上部地殻内部に形成される。」、「大規模噴火では、・・・陥没カルデラが形成される。陥没カルデラの形成メカニズムから、そのようなマグマ溜まりは地殻浅部（地下4，5 km）にその天井が存在したと推測される」との見解が示されている（乙259（20頁））。また、三好ほか（2005）は、上記1(1)ア（イ）a（a）で述べたとおり、珪長質マグマと苦鉄質マグマの密度の違いから、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を踏まえて、後カルデラ期の噴出物と給源火山の分布について検討を行うものであり、噴出物の組成を調査したに過ぎないとの原告らの主張は、三好ほか（2005）の知見を理解しないものである。

したがって、巨大噴火のマグマ溜まりは地下浅部に蓄積されるという知見が確立してはいない、三好ほか（2005）は噴出物の組成を調査したものに過ぎないからこの知見をもって地下のマグマ溜まりの状況を推認するには飛躍があるとの原告らの主張に理由はな

い。

(ウ) 原告らは、阿蘇では過去に最短間隔2万年で破局的噴火をしていることから、既に最後の破局的噴火から約9万年が経過した現在では、マグマの蓄積が進み破局的噴火の可能性がある時期に到達したと主張する（原告ら準備書面11第3(2)イ（27頁））。

しかしながら、上記1(1)ア(イ)a(b)で述べたとおり、阿蘇の最近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243（99頁）、乙249（72頁））ところ、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、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も考えられているところであるし（乙249（72頁））、上記1(1)ア(イ)b(b)で述べたとおり、最新の巨大噴火である阿蘇4噴火後、約9万年間経過していることについて、むしろ、宇和盆地における火山灰の堆積記録から統計学的に見れば、約9万年間にわたって後カルデラ期の噴火活動がカルデラ形成期と比較して低調にとどまっていることは、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とされているところである（乙258（4頁））。

したがって、阿蘇では既に最後の破局的噴火から約9万年が経過しているからといって、マグマの蓄積が進み破局的噴火の可能性がある時期に到達したとする原告らの主張に理由はない。

(エ) 原告らは、破局的噴火の可能性を示唆する地下の低速度領域の存在を示したAbe（2012）という知見が存在すると主張する（原告ら準備書面11第3の1(2)イ（27頁））。

原告らは、A b e (2 0 1 2) に該当する証拠を提出していないし、どの知見を指すのか特定していない。また、破局的噴火の可能性が示唆される低速度領域としてどのようなものが存在しているかとされているのか具体的に述べないし、特定されていないので原告らの主張の詳細は不明であり、被告としても反論のしようがない。

念のため、阿蘇の地下で把握されている低速度領域について述べると、阿蘇の地下で把握されている低速度領域に関する主な既存の知見については、大倉 (2 0 1 7) の図 1 8 で図示されているところであり、大倉敬宏教授は、これらの低速度領域も踏まえた上で、現在の阿蘇の状態について、大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではないと評価している。

なお、低速度領域は地震波の速度が低速になる領域を指すところ、地震波の速度は、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きに低速となるのであり (乙 2 6 2 (4 頁))、低速度領域があるからといって、必ずマグマが存在するものでもないし、マグマが存在するとしても低速度領域全体の体積がマグマの体積に相当するものでもない。

イ 阿蘇 4 火砕流の到達範囲について

(ア) 原告らは、町田・新井 (2 0 1 1) や国立研究開発法人産業技術総合研究所の「大規模カルデラ噴火影響範囲表示マップ」では、阿蘇 4 噴火の際の火砕流の到達した領域を想定し、図示しているところ、原告らは、本件発電所が上記領域に含まれているとして、本件発電所が原則として立地不適であると主張する (原告ら準備書面 1 1 第 3 の 1 (2) (2 5 頁以下)) 。

確かに、町田・新井（2011）は阿蘇4噴火による火砕流堆積物の到達範囲を推定・図示しており、本件発電所の敷地の位置する佐田岬半島まで到達した可能性を示唆しているが、その分布は方向によって偏りがあり、大分県や山口県において分布が確認されているものの、佐田岬半島では阿蘇4火砕流堆積物を確認したとの知見はない。阿蘇4火砕流堆積物を確認したとの知見があるのは、本件発電所の敷地に最も近い場所でも、大分県の大分市や臼杵市であり、海を越えて60km以上離れている。（乙276（5頁，10～11頁），乙231）

また、「大規模カルデラ噴火影響範囲表示マップ」は既存の文献から取得したカルデラ噴火の事例の値を参考値として利用しながら影響範囲を「同心円状」に計算して表示するものであり、地形など個別地点の特性を考慮した詳細な評価ではない。この点、当該システムの内容を記した山元ほか（2009）⁷⁷（乙282）によると、「実際のサイトを対象とした巨大火山噴火の影響評価のためには、立地調査によって具体的なパラメータが取得されるべき」（乙282の4.まとめ（79頁））とされている。したがって、上記文献は、本件発電所の敷地に火砕流が到達した事実を示すものではなく、立地評価にそのまま用いるには不十分な内容であるといわざるを得ない。

これに対し、上記1(2)で述べたとおり、佐田岬半島で阿蘇4火砕流堆積物を確認したとの知見はないこと、被告の佐田岬半島における調査によっても阿蘇4火砕流堆積物は確認されないこと、大分県

77 「巨大火山噴火の影響範囲評価のための地理情報システム構築」山元孝広，千葉達朗，松永義徳，宮本輝，田中倫久，火山，54，73-80，2009.

における阿蘇4堆積物の分布状況等からすれば佐賀関半島等が地形的障害となると評価されること、本件発電所の敷地と阿蘇との間には海域があり、約130kmの距離があることも踏まえれば、阿蘇4火砕流は、本件発電所の敷地に到達していないと評価できる。

ところで、被告の佐田岬半島における調査に対し、原告らは、①「被告自身の地質調査であって意欲的な調査が期待できず、仮に火砕流跡を発見したとしても自ら報告することが期待できない」、②「火砕流が確実に届いたとみられる地域でもその痕跡が確認されることは稀である」として、「過去に火砕流が届いていないとみる根拠としては薄弱である。」と主張する。しかし、被告による調査の信頼性を疑問視する主張（上記①）は単なる憶説に過ぎないし、上記のとおり、現にこれまで各種研究機関の調査においても佐田岬半島に火砕流の痕跡を発見したという事実はない（乙276（5頁，10～11頁），乙231）。また、火砕流の痕跡が確認されるのは稀であるとする主張（上記②）は、大分県や山口県の各所に火砕流の痕跡が確認される事実に反する。

(イ) また、原告らは、被告の行った火砕流のシミュレーションで用いたTITAN2Dは、阿蘇4噴火のような大規模火砕流をシミュレーションできるものではないと主張する（原告ら準備書面11第3の1(1)（21頁以下））。

しかしながら、上記1(2)ウ(エ)で述べたとおり、被告は、火砕流シミュレーションによって、佐賀関半島等の地形的障害が認められることを把握したのであり、阿蘇4噴火による火砕流を忠実にシミュレーションしようとしたものではない。阿蘇カルデラから東方

(本件発電所の方向) へ向かう阿蘇4火砕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、東方への流れに限定して火砕流シミュレーションを実施し、佐賀関半島等が地形的な障害となり得ることを把握し、本件発電所の敷地が阿蘇の火砕流が到達しにくい地点に位置することを確認したものである。そして、これに加えて、被告の佐田岬半島における調査によっても阿蘇4火砕流堆積物が見つかっていないこと、本件発電所の敷地と阿蘇の間には海域があり、約130kmの距離があることなどを総合的に勘案して、阿蘇4噴火による火砕流は本件発電所の敷地まで達していないと判断するものであって、原告らの主張は、被告の火砕流シミュレーションの目的を誤って解釈するものであって当を得ない。

ちなみに、原告らは、パイルの高さ6000mが噴煙の高さを意味しているとすれば全くの過小であると述べるが、被告が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砕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、降下火砕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29)。

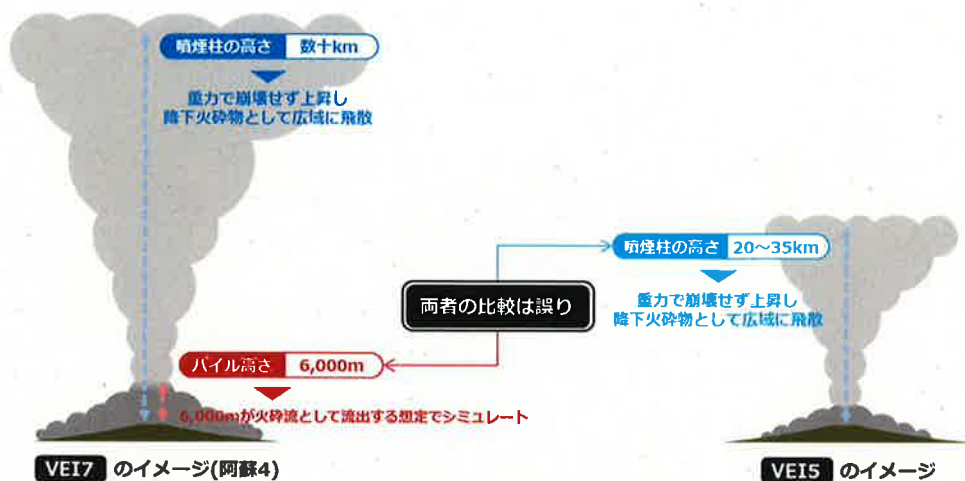


図 2 9 シミュレーションによるパイル高さと言煙柱全体の高さの違い

(2) 町田洋陳述書(甲C16)について

原告らは、町田洋陳述書(甲C16)の記載を基に、被告の調査によっては阿蘇4火砕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1(2)アの被告の調査を否定することはできない。

ア 阿蘇4火砕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

(ア) 町田洋陳述書において、町田洋氏は、大規模火砕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火砕流は、大分県の佐賀関半島や国東半島などの現在あまり火砕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の範囲内に火砕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21に示すとおり、阿蘇4火砕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火砕流が斜面も覆い尽くしたと述べた佐賀関半島の北岸は、火砕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火砕流に覆い尽くされなかったことは明白であり、さらに佐賀関半島北岸の中位段丘面の阿蘇4火砕流堆積物は、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1(2)ウで述べたとおりである。

(イ) 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砕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、被告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、被告は、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火砕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火砕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火砕流堆積物が分布しているのに対して、県東部では阿蘇4火砕流堆積物が確認されないことからすれば、段丘面を覆った火砕流堆積物のみが侵食されることは考え難いので、阿蘇4火砕流は偏在して堆積したと考えられる(乙276(10頁))。

ちなみに、町田洋氏は、被告が阿弥陀池、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、被告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276(17頁))、ボーリングが短すぎるとするのは町田洋氏の思い込みに過ぎない。そして、被告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276(17頁))。

(ウ) 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、大規模火砕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、町田洋陳述書に基づく原告らの主張は理由がない。

イ 火砕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、「火砕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形物があって、それは重さに応じて地表に降下していきます。・・・火砕流堆積物の

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、火砕サージについて、四国西部一帯も火砕サージに襲われたといえるとする。

まず、火砕サージについて述べると、広い意味で火砕流と呼ばれる火砕物密度流には、高密度な火砕流本体と火砕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、火砕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砕サージという。火砕サージは、火砕流本体と同様に設計対応不可能な火山事象とされる⁷⁸。火砕サージは、火砕流本体と火山灰の間に存在するものであり、火砕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213（154頁））。しかしながら、一般に火砕サージは短命であり（乙209（120頁））、火砕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、火砕サージが火砕流から形成される場合について、火砕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277（41頁））。すなわち、火砕流本体から分離して発生する火砕サージには、流動する火砕流の上部を構成する希薄な部分（熱雲サージ⁷⁹）や、火砕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213（145頁））、その到達範囲が火砕流本体の到達範囲よりも外側に広がるとしても、火砕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213（145頁））、火砕流本体から分離すると急速に勢いが衰え、その到達

78 火砕流、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、火砕サージについて、火砕物密度流のうち、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、火砕流本体から発生する火砕サージ及びベースサージを指すものとする。

79 灰雲サージと呼ばれることもある。

範囲は火砕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、火砕流の周囲に火砕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、火砕サージ部分は熱雲⁸⁰として上空へ上昇した（乙213（145～146頁））。このように、火砕流から分離して生じる火砕サージは火砕流分布域と密接に関連して分布し、火砕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砕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火砕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、火砕サージと火砕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砕サージに襲われたとは考え難い。

このように、火砕流から分離して生じる火砕サージは、火砕流分布域と密接に関連して分布し、火砕流の到達範囲の近傍に限られるものである。このため、火砕流堆積物（火砕サージ）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火砕流堆積物のうち、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火砕流による火砕サージが到達したとは考えられない。また、上記1(2)ウ（オ）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火砕流についても、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砕サージが到達したと

80 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209はブラストの意味で用いている。）が、ここでは火砕流から噴煙状に舞い上がる火山灰（乙213では熱雲火山灰と呼ばれている。）を指す（乙213（129～130頁、146頁））。

は考えられない。この点、町田洋氏は、火砕流にとって、佐賀関半島と佐田岬半島の間には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砕流の上層流が約65kmの距離では人々や木製の船に重大な損傷を与えなかっ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281）。

したがって、火砕流堆積物の特徴をもつもの（火砕サージ）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砕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砕サージに襲われたとする理由はない。

第4 降下火砕物による影響評価及び降下火砕物に対する安全確保対策の詳細について

1 被告の降下火砕物による影響評価及び降下火砕物に対する安全確保対策について

(1) 被告による降下火砕物の層厚の評価について

ア 本件発電所において影響を考慮する火山について

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、上記第3の1(1)ウ(イ)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始良カルデラ及び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ぼないので、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232（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232（32頁））。また、③始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、VEI 7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262（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283（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号機の降下火砕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、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砕物の堆積物に厚いものは確認されない（乙254）。

以上から、本件3号機において考慮する降下火砕物の影響評価は、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0 cm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)⁸¹に基づき、火山灰体積(噴出量)2.03 km³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0 cmと評価されるものの、風向きによっては本件発電所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 km³)を提唱する知見(長岡・奥野(2014)⁸²)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 km³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

81 「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.

82 「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.

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13(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被告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284(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209(154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続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、被告は、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全て含む連続した地層中に良質の火山灰データを取得している(乙255(4頁)、乙258、乙285)。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258)。また、宇和盆地における降下火砕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258)。

そこで、被告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

13（6-8-16～6-8-17頁，6-8-30頁）。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⁸³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論的評価手法は，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照らしても順当であるとの見解を示している（乙285）。

宇和盆地の火山灰データについては，被告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Tsujiet al.（2017）として公表されたことから，被告は，改めて，隈元崇准教授⁸⁴に，本件発電所における降下火砕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258）。

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

83 乙285作成当時。現在は，名誉教授（東京大学），国立研究開発法人防災科学技術研究所火山研究推進センターセンター長。

84 乙258作成当時。平成30年4月から教授（岡山大学）。

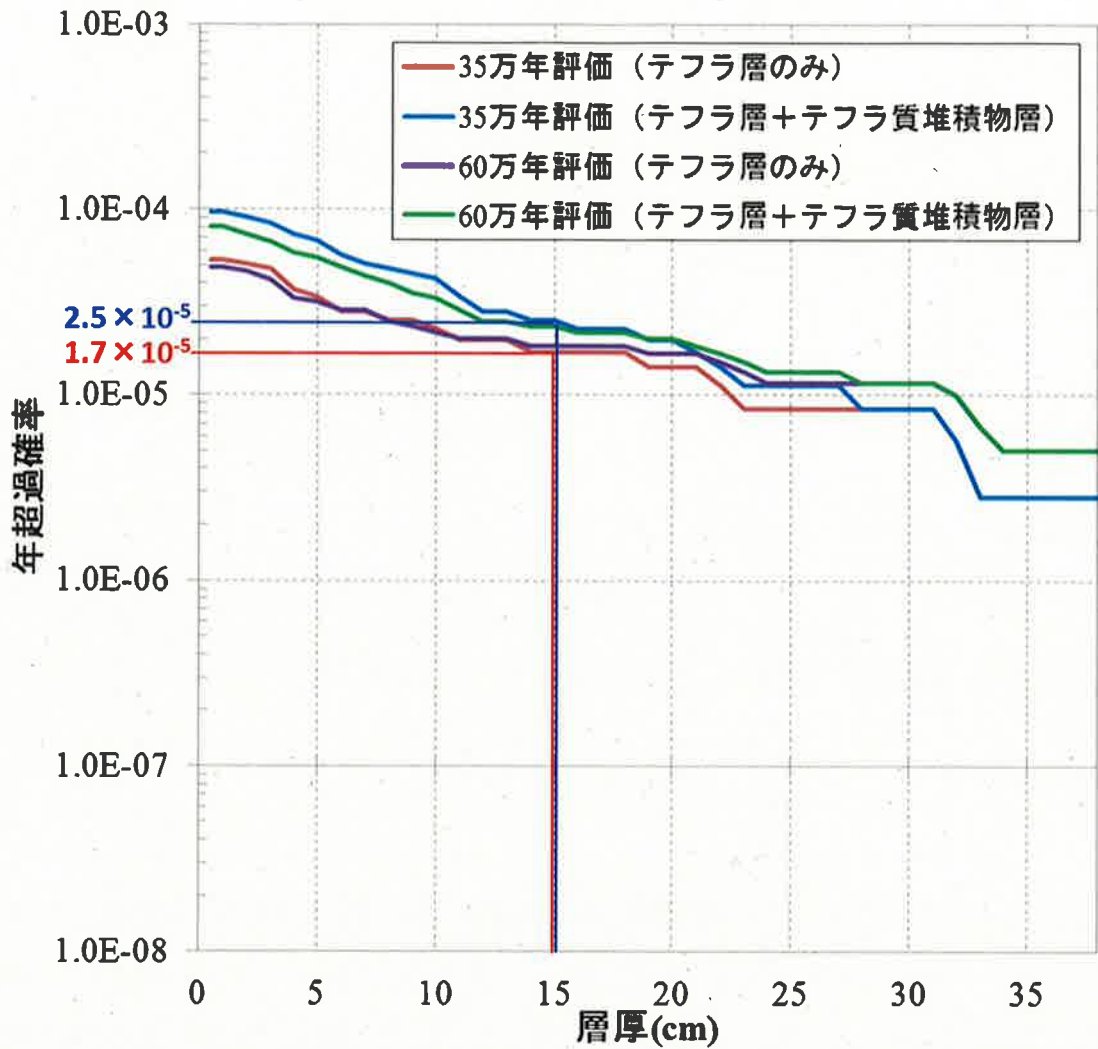
て偏った傾向を示すものではないことを確認) するなど、複数の評価結果を比較することで信頼性を確認している。

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降下頻度は、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 $1.7 \sim 2.5 \times 10^{-5}$ 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258, 図30。なお、従前の確率論的評価においても、本件発電所の敷地で15cmを超える降灰の年超過確率は $1.0 \sim 3.0 \times 10^{-5}$ 程度であり、結果として概ね同じレベルの評価となった。)。したがって、被告が本件3号機の設計において考慮する降下火砕物の層厚15cmは、十分に保守的な設定であるといえる⁸⁵。

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、被告が本件3号機の設計において考慮する降下火砕物の層厚15cmを超える火山灰(テフラ層)は認められない⁸⁶。

85 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286(6~7頁))。

86 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。



(乙258に加筆)

図30 降下火山灰層厚の確率論的評価結果

(2) 本件3号機における降下火砕物に対する安全確保対策について

被告は、降下火砕物の特徴等を踏まえ、降下火砕物が直接及ぼす影響（直接的影響）とそれ以外の影響（間接的影響）とに分けて下記のとおりそれぞれ考慮し、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。

ア 直接的影響について

(ア) 直接的影響に対する設計について

降下火砕物による直接的影響として、まず、降下火砕物の荷重による影響が考えられる。この点、被告は、本件3号機の施設について、降下火砕物が堆積し難い構造とするとともに、降下火砕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、降下火砕物の荷重により本件3号機の健全性が損なわれない設計としている（乙13（8-1-349～8-1-350頁））。

次に、降下火砕物の荷重以外の直接的影響として、被告は、降下火砕物による構造物への化学的影響（腐食）、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）等を考慮し、それらの影響によって本件3号機の安全機能が損なわれない設計としている（乙13（8-1-350～8-1-354頁））。外気吸入口からの降下火砕物の侵入への対策としては、降下火砕物を含む空気の流路となる施設を抽出し、それらの施設について、開口部を下向きに設置するなどして降下火砕物が流路に侵入し難い設計とするとともに、外気を取り入れる換気空調設備やディーゼル発電機（吸気消音器）にそれぞれフィルタを設置し、さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計としている。また、ディーゼル発電機は、フィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも閉塞しない設計とするとともに、降下火砕物による摩耗により機能を失わない設計としている。（乙13（8-1-354～8-1-356頁））

(イ) 降下火砕物の大気中濃度に係る安全確保対策について

被告は、本件3号機の非常用ディーゼル発電機について、降下火砕物の影響により故障等に至ることのないよう、降下火砕物の侵入対策として、図31に示すように、外気の吸入口を下向きに設置するとともに、吸入口の入口に吸気フィルタを設けることで、降下火砕物が容易に非常用ディーゼル発電機の機関内に侵入することがない構造としている(乙13(8-1-354~8-1-355頁))。吸入口が下向きに設置されていることから、飛来した降下火砕物の全てが吸気フィルタに捕集されることにはならないため、基本的には吸気フィルタが閉塞するとは考え難い。しかしながら、仮に吸気フィルタの捕集能力を上回る量の火山灰により吸気フィルタが閉塞してしまった場合には、非常用ディーゼル発電機の運転が継続できなくなることから、被告は、以下のとおり、降下火砕物の大気中濃度を保守的に設定し、当該濃度の降下火砕物の全てが吸気フィルタに捕集されると仮定した場合においても非常用ディーゼル発電機の機能を喪失しないよう対策を行った。(なお、後記イで述べるとおり、そもそも火山灰によって外部電源を喪失して非常用ディーゼル発電機の運転が必要になるということ自体、極めて考え難いものである。)

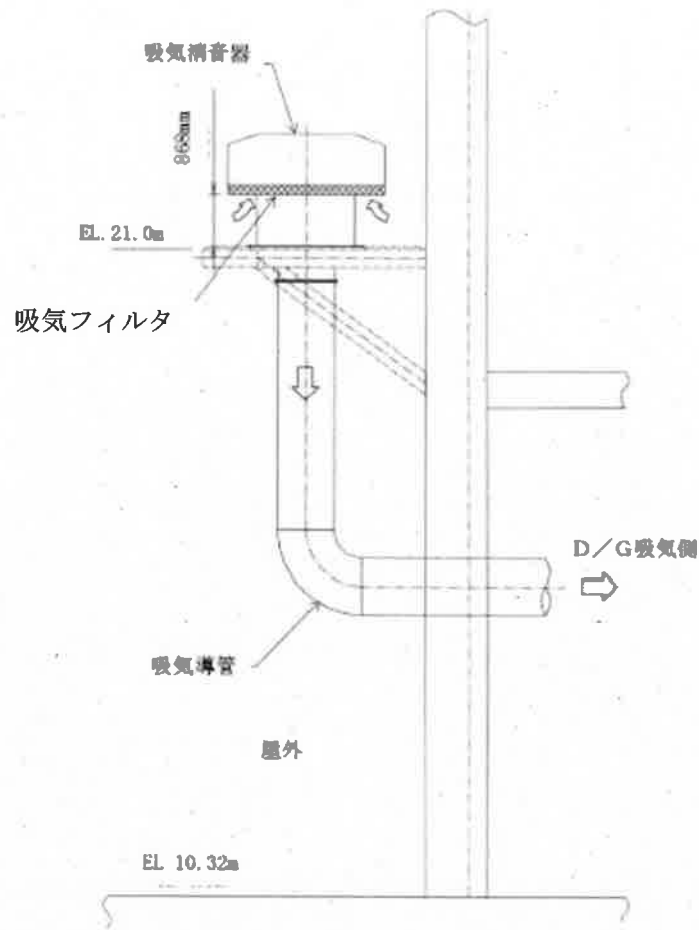


図 3 1 非常用ディーゼル発電機の吸入空気の流れ

降下火砕物の大気中濃度の設定方法については、既往最大に基づいて設定する方法と理論的手法に基づき設定する方法とが考えられる（乙 2 8 7（2 頁））。

既往の観測記録としては、エイヤヒャトラ火山の 2 0 1 0 年噴火に係る観測値やセントヘレンズ山の 1 9 8 0 年噴火に係る観測値があり、現時点における既往最大の観測記録はセントヘレンズ山の 1 9 8 0 年噴火に係る観測値の約 $33 \text{ mg} / \text{m}^3$ である（乙 2 8 7（9

頁))。しかしながら、既往の観測記録に基づき設定する方法には、降下火砕物の大気中濃度に係る観測記録そのものが少ないなどの問題がある。また、理論的評価については、信頼性のある数値シミュレーション手法は現在のところ開発されていない(乙287(2~3頁))。そこで、従前は、観測記録を用いて、種々のパラメータをフィルタがより早く閉塞する方向で単純化した保守的な想定に基づいて評価を行っていたところ、平成29年11月に火山ガイドが改正され、降下火砕物の大気中濃度については、推定に必要な観測値や理論的モデルは大きな不確実さを含んでおり、基準地震動や基準津波のようにハザード・レベルを設定することが困難であることを踏まえて、総合的、工学的判断に基づき、一定の仮定条件の基で降下火砕物の大気中濃度を算定して、この算出された大気中濃度(以下「気中降下火砕物濃度」と呼ぶ。)を前提に安全性を確認することとなった(乙216(27頁))。ただし、適用には1年間の猶予期間が設けられている(乙288,乙289)。。気中降下火砕物濃度は、総合的、工学的判断に基づき、降下火砕物の粒径の大小に関わらず同時に降灰が起こると仮定するなどして、実際の降灰現象と比較して非常に保守的な値となる手法とされている(乙216(28頁))。被告は、この火山ガイドに定める手法によって本件発電所の敷地で想定する15cmに対応する気中降下火砕物濃度を算出したところ、 3.1 g/m^3 となった(乙290(4頁))。

そして、被告は、この 3.1 g/m^3 の降下火砕物の濃度に対して非常用ディーゼル発電機2系統を同時に機能維持できるよう、非常用ディーゼル発電機の吸気口に着脱する火山灰フィルタを設置する

などの対策をした。

以下では、火山灰フィルタを用いて、気中降下火砕物濃度として想定される数 g/m^3 オーダーの降下火砕物の濃度に対しても、非常用ディーゼル発電機 2 系統を同時に機能維持できることを確認していることを述べる（下記 a）。その上で、一層の安全を確保する観点から、さらなる対策として、仮に非常用ディーゼル発電機が機能を喪失して全交流電源喪失に至った場合であっても、長期間にわたって原子炉の冷却を継続し、本件 3 号機の安全を確保することができることを確認していることを述べる（下記 b）。

a 火山灰フィルタによる安全性の確保について

(a) 火山灰フィルタの仕組みについて

被告は、平成 29 年 12 月に、本件 3 号機の非常用ディーゼル発電機の吸気口に着脱可能な火山灰フィルタの設置工事を完了している（乙 291）。

火山灰フィルタは、筐体の中にカートリッジ式フィルタの挿入機構を持つものとし、降下火砕物の影響が予想される場合には、筐体ごと非常用ディーゼル発電機の吸気消音器に接続する構造である。この火山灰フィルタは、通常時は、非常用ディーゼル発電機の吸気消音器の周囲の架台（作業足場）上に置き、使用時は、架台上を人力で移動させて非常用ディーゼル発電機の吸気消音器に接続する。持ち運びし易い分割構造にするとともに、大きい筐体部材には取付用のガイドレールを設置することから、火山灰フィルタは容易に移動させることが可能である。架台は、グレーチング（鋼材を格子状に組んだ溝蓋）であるこ

とから、架台を通して吸気することができる。(以上、図 3 2、
図 3 3)

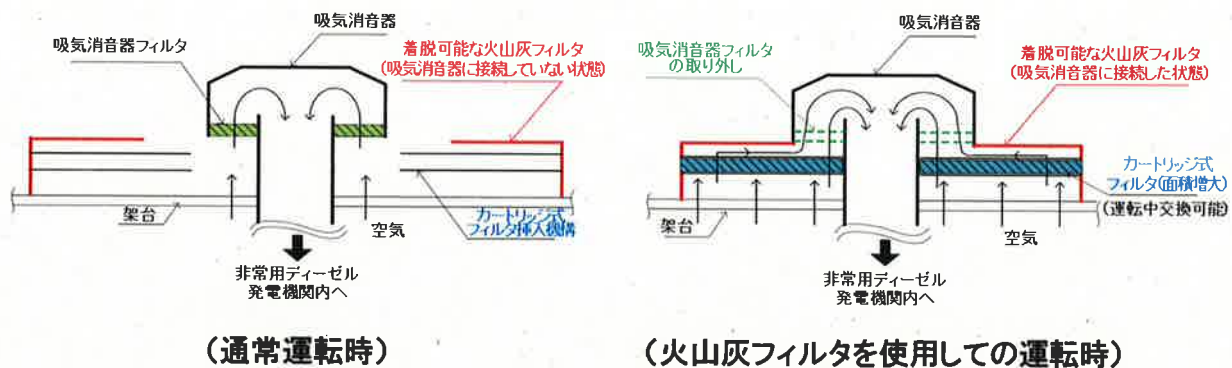


図 3 2 火山灰フィルタを通した吸気イメージ

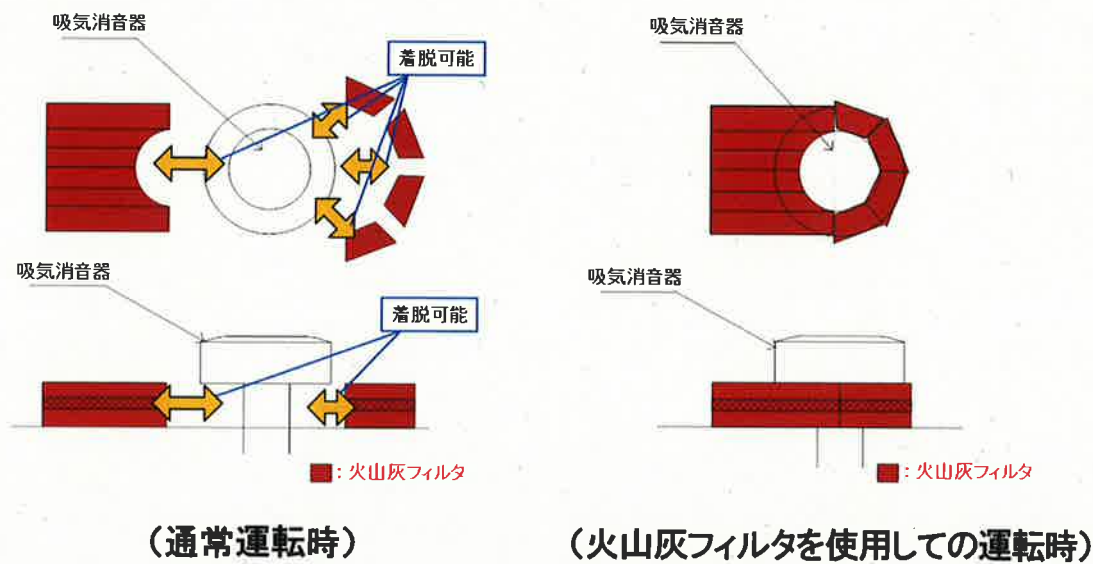


図 3 3 火山灰フィルタの着脱イメージ

また、火山灰フィルタに装着されるカートリッジ式フィルタは、ボルト等で固定されておらず、そのまま筐体から横方向に引き抜く、あるいは筐体に挿入することで容易に取外し、取付けができる（図34）。このため、フィルタの取外し、取付けに要する時間はわずかである。

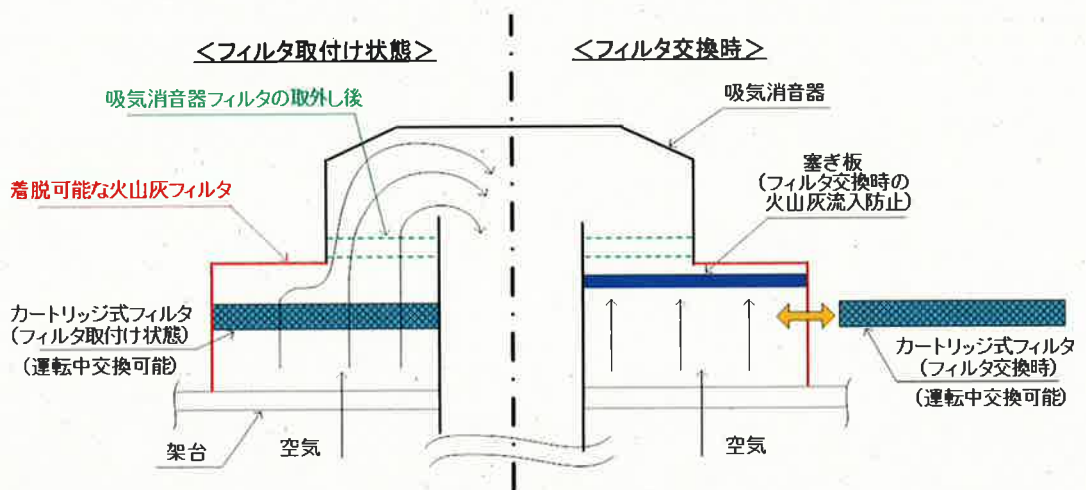
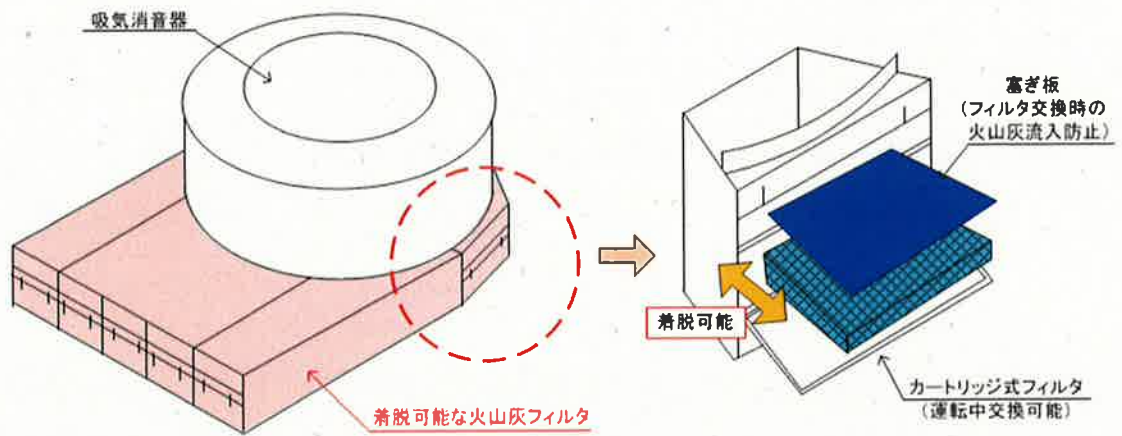


図34 カートリッジ式フィルタの交換作業のイメージ

そして、カートリッジ式フィルタは、14枚に分割されて火山灰フィルタに装着され、カートリッジ式フィルタの交換時には塞ぎ板を吸気消音器側に挿入することで降下火砕物の流入を防止できるため、非常用ディーゼル発電機の運転を継続しながら確実に、順次、交換を行うことができる（図34）。このようにカートリッジ式フィルタを順次交換することによって、個々のカートリッジ式フィルタが閉塞するまでに時間差が生まれるので、カートリッジ式フィルタの交換中に、仮に一部のカートリッジ式フィルタが閉塞するような高い降下火砕物の大気中濃度となったとしても、全てのカートリッジ式フィルタが同時に閉塞することはなく、閉塞していない残りのカートリッジ式フィルタで流量を確保できる限り、非常用ディーゼル発電機の運転を継続できる。

火山灰フィルタは、 3.1 g/m^3 の降下火砕物の濃度に対して、仮にフィルタを全く交換しなくても、カートリッジ式フィルタの交換、清掃に要する時間（1時間）は閉塞しない（必要な流量を確保できる）よう設計したものであるが、後記（b）のとおり、より高性能なフィルタを採用した改良型フィルタに変更を進めており、さらに閉塞しにくくなっている。

ちなみに、火山灰フィルタは、下向きから吸気する構造となっているため、フィルタ上部を覆う傘部分によって降下火砕物が傘部分下側に回り込んでフィルタに到達することが抑制されて降下火砕物の吸込み量が低減されると考えられるが、上記の閉塞時間はこの効果を考慮していない。

以上のとおり、非常用ディーゼル発電機は、火山灰フィルタを装着することによって、気中降下火砕物濃度として想定されるような数 g/m^3 オーダーで、下向きから吸気する効果を考慮せず降下火砕物が全量フィルタに捕集されると仮定したとしても、非常用ディーゼル発電機の機能を十分維持できる。

(以上、(乙290))

(b) さらなる安全性向上のための対策について

上記(a)のとおり、被告は火山灰フィルタを設置して、気中降下火砕物濃度として想定される高い濃度に対しても対応できるよう対策を行ったところであるが、火山灰フィルタの設置後、火山灰フィルタに挿入して使用するカートリッジ式フィルタ(図35)について、さらに高性能なフィルタが開発されたことから、被告は、この高性能フィルタを採用する改良型のカートリッジ式フィルタを採用して安全性を向上させている(1系統分は平成30年3月設置完了、残る1系統分は平成30年7月設置完了予定。乙292)。

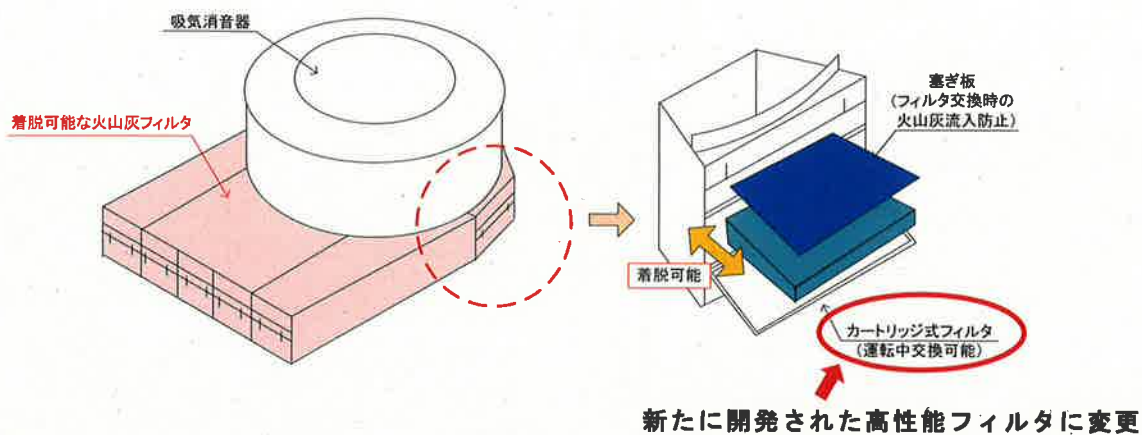


図 3 5 カートリッジ式フィルタ (高性能フィルタに変更した部分)

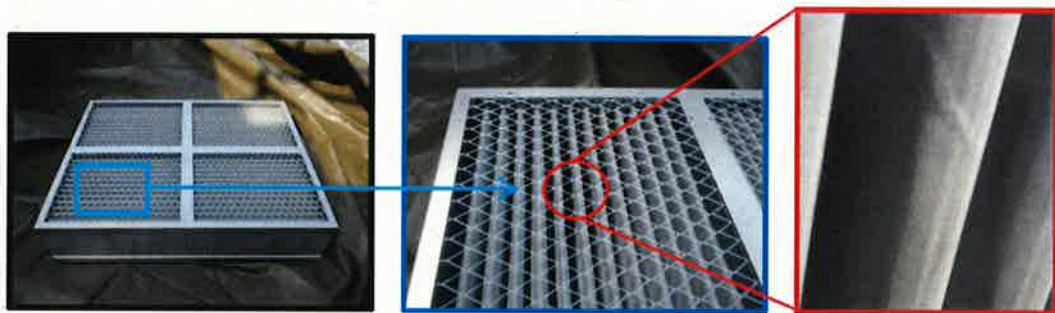
改良型のカートリッジ式フィルタに採用されている高性能フィルタは、フィルタの形状を従来の平面型からひだ形状（プリーツ形状）に変更してフィルタの有効面積を増大させるとともに（図 3 6），フィルタの網目の大きさ（目合い）を小さくして捕集能力を向上させている。

【従来型のカートリッジ式フィルタ】



平面状の金網を多重に積層

【改良型のカートリッジ式フィルタ】



ひだ状(プリーツ形状)に立体成型した金網

〔 火山灰フィルタの開口面積が同じであっても、フィルタをひだ状に折り畳んで配置しているので、実効的なフィルタ表面積が増える。 〕

図 3 6 フィルタ形状の違い

具体的には、改良型のカートリッジ式フィルタが採用する高性能フィルタについて、本件 3 号機で設定した層厚 1.5 cm の降下火砕物が降灰開始後 2.4 時間で堆積した状態に対応する大気中濃度 3.1 g/m^3 、粒径分布に調整した火山灰を、本件 3 号機の非常用ディーゼル発電機の吸気流量で直接フィルタに吹き付け性能把握する試験を行った結果、フィルタが閉塞するまで

の時間は3時間以上に向上していること（従前のカートリッジ式フィルタでは、1時間以上）、捕集率について、設定した堆積厚さ15cmに対応する粒径分布（粒径120 μ mを含む。）の火山灰に対して99.9%に向上していること（従前のカートリッジ式フィルタでは、粒径120 μ m以上の降下火砕物に対して90%）を確認している。

一方、カートリッジ式フィルタの交換、清掃作業の内容は、カートリッジ式フィルタを変更したことによっても基本的に変わるものではないので、カートリッジ式フィルタの交換、清掃に要する時間は、上記（a）で述べたとおり、1班での作業で1時間程度であり、より余裕をもって対応することが可能となっている。

（以上、乙293）

- b 方が一非常用ディーゼル発電機が機能喪失したとしても原子炉の冷却が可能であることについて

上記aのとおり、被告は、非常用ディーゼル発電機の機能維持に万全を期しているところではあるが、一方で、一層の安全を確保する観点から、さらなる対策として、仮に降下火砕物の影響によって非常用ディーゼル発電機が機能を喪失して全交流電源喪失に至った場合であっても、長期間にわたって原子炉の冷却を継続し、本件3号機の安全を確保することができることを確認している。

具体的には、本件3号機には、電力供給を必要としない原子炉の冷却手段として、蒸気発生器で発生する蒸気で稼働するタービ

ン動補助給水ポンプを用いた冷却方法があるところ（答弁書「被告の主張」第5の2(3)オ（45～46頁）），タービン動補助給水ポンプを稼働させるためには，水源からタービン動補助給水ポンプに給水を行う必要があるが，本件3号機においては，動力源がなくともタービン動補助給水ポンプに給水が可能な水源（電動あるいは内燃機関等の動力の介在を必要とせず，高低差を利用した水流によって給水が可能な水源）によって約17.1日間にわたって原子炉の冷却が可能であり，給水に動力源が必要な水源も含めれば約20.2日間にわたって原子炉の冷却が可能であることを確認している。加えて，本件3号機の水源のみならず本件1号機及び本件2号機に係る水源を活用すれば，動力源がなくとも給水が可能な水源を用いて合計約24.4日にわたって，給水に動力源が必要な水源も含めて用いれば合計約65.5日間にわたって本件3号機の原子炉を冷却し，安全を確保することができることを確認している。（乙294（18頁））

したがって，本件3号機においては，万が一，降下火砕物の大気中濃度が高い環境下において全交流電源を喪失するような事態が発生したとしても，放射性物質が環境に大量に放出されるような事態に至る具体的危険性はない。

イ 間接的影響について

降下火砕物による間接的影響としては，降下火砕物が送電設備の絶縁低下を生じさせることによって広範囲にわたって送電網が損傷し，本件発電所に接続している外部電源が失われる可能性が考えられるが，被告は，仮に外部電源が失われたとしても非常用ディーゼル発電機に

より原子炉停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却等を行うための電源供給を継続することで、安全性が損なわれない設計としている（乙13（8-1-344～8-1-358頁））。加えて、被告は、福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえてさらなる電源の多様化を図るため、空冷式非常用発電装置（乙13（8-10-16～8-10-17頁））を設置するとともに、本件1号機、本件2号機及び本件3号機をそれぞれケーブルで接続して相互に電力を融通できるようにする（乙15（110頁））などして電源供給の信頼性向上に努めている。

そもそも、一般に、高圧の送電線は、低圧の配電線と比較して、碍子⁸⁷が火山灰の付着しにくい構造となっているために火山灰の影響を受け難く（乙295（11頁））、また、変電施設等の除灰を適切に行うなどして停電の予防措置を講じることが可能であることから、現実的には、降下火砕物の影響によって、容易に本件3号機に接続している計6回線の外部電源全てが失われるものではない。実際、過去に九州地方で発生した主な火山噴火に伴う降灰の送配電施設への影響を見ても、170kV以上の送変電設備において、供給支障や設備被害は生じておらず（乙296）、また、セントヘレンズ山の1980年の噴火において、降灰被害を受けたエレンズバーグ（降灰量約6mm）、リッツビル（降灰量約76mm）等の地域を見ても、送配電設備に大きな被害はなかった（乙297）。

(3) 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砕物の堆積

87 電線を支柱などに絶縁固定する陶磁器（または合成樹脂）製の器具

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(上記(1))。そして、被告は、降下火砕物の堆積層厚 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(上記(2))。したがって、本件 3 号機においては、降下火砕物の影響によって、放射性物質を環境に大量に放出する事態が発生する具体的危険性はない。

ちなみに、降下火砕物による影響は、火砕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 を超える降下火砕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 号機は降下火砕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、降下火砕物の堆積量が 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 298))。また、実際の運用上も、降下火砕物に対しては、設計対応不可能な火砕流等とは異なり、降下火砕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、降下火砕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 299)。

2 原告らの主張の誤りについて

(1) 被告の想定する降下火砕物の堆積厚さ 15 cm が過小との主張について

ア 原告らは、南九州のカルデラ火山で V E I 6 クラスあるいは V E I 7 クラスの噴火の可能性が否定できないから、被告の想定する降下火砕物の堆積厚さは過小であると述べる(原告ら準備書面 11 第 3 の 2 (1)イ(ア)(31頁以下))。

しかしながら、本件発電所の運用期間中に南九州のカルデラ火山で巨大噴火が発生する可能性は十分小さいと評価できることは、上記1(1)アで述べたとおりであって、原告らの主張に理由はない。

また、南九州のカルデラ火山は本件発電所から相当に遠方にあるとともに、南方に位置するために偏西風の影響で降下火砕物は四国南方沖に降灰することから、そのような噴火を想定する合理性があるかどうかという点は措くとして、南九州のカルデラ火山で巨大噴火には至らないもののVEI 6クラスの噴火が起きたとしても、例えば、始良カルデラにおけるVEI 6クラスの既往最大の噴火（福山降下軽石⁸⁸を噴出した噴火）を踏まえても、被告が九重山において想定する噴火の方が本件発電所に及ぼす影響は大きく（図37）、原告らの主張は理由がない。

88 始良カルデラにおいて、カルデラ形成以前の約9万年前に起きた噴火による噴出物。噴出体積は40 km³以上とされる。

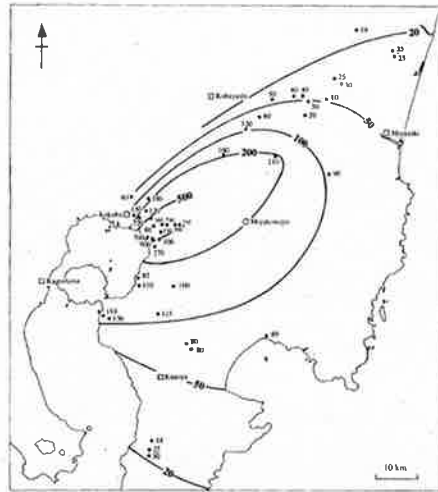


Fig. 6. Isopach map of Fukushima pumice fall deposits. Values are in centimeters.

福山降下軽石堆積物
(体積約4.0 km³以上)

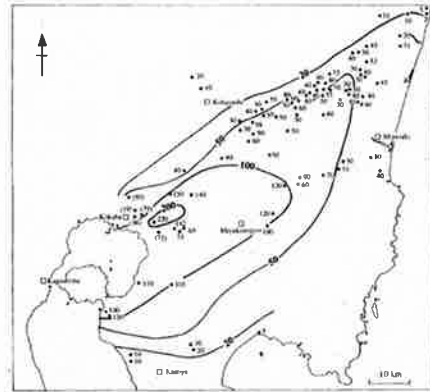


Fig. 10. Isopach map of total thickness of Iwato L. 6 pumice fall deposits. Values are in centimeters. Values in parentheses indicate thickness eroded by pyroclastic flows.

岩戸テフラ
(体積約1.8~2.3 km³
(火砕流堆積5~1.0 km³を含む))



桜島薩摩テフラ
(体積約1.1 km³)

福山降下軽石堆積物及び岩戸テフラ⁸⁹の分布図は、長岡ほか(2001)⁹⁰から、桜島薩摩テフラ⁹¹の分布図は、桜島火山地質図⁹²から引用

図37 始良カルデラにおいて確認されているVEI 6クラスの噴火の 降下テフラの分布

- 89 始良カルデラにおいて、カルデラ形成以前の約5万年前に起きた噴火による噴出物。降下火砕物の噴出体積は約1.3 km³、火砕流堆積物の噴出体積は5~1.0 km³程度とされる。
- 90 「10万~3万年前の始良カルデラ火山のテフラ層序と噴火史」長岡信治・奥野充・新井房夫，地質学雑誌，107，432-450，2001。
- 91 桜島において、始良カルデラ形成後の約1.28万年前に起きた噴火による噴出物。降下火砕物の噴出体積は約1.1 km³とされる。
- 92 「桜島火山地質図(第2版)」産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2013)

そして、宇和盆地における堆積記録には、南九州のカルデラ火山を起源とするものを含めてV E I 7クラスの噴火やV E I 6クラスの噴火、あるいは現時点では知られていない噴火を含む降下火砕物が含まれているが、巨大噴火による堆積物を除けば堆積厚さ15cmを超えるものはない(乙254)。また、この堆積記録を用いた確率論的評価(乙258)において、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降下頻度は、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 $1.7 \sim 2.5 \times 10^{-5}$ と非常に低い発生頻度であることは、上記1(1)ウで述べたとおりである。

したがって、南九州のカルデラ火山でV E I 6クラスあるいはV E I 7クラスの噴火の可能性が否定できないから、被告の想定する降下火砕物の堆積厚さは過小であるとの原告らの主張に理由はない。

イ また、原告らは、阿蘇について、Sudo & Kong(2001)によって、草千里直下の比較的浅いところに、少なくとも数十km³のマグマ溜まり(地下約6kmのマグマ溜まり)が推定されているから、後カルデラ期既往最大の草千里ヶ浜軽石を噴出した噴火の規模を想定する被告の想定は過小であると主張する(原告ら準備書面11第3の2(1)イ(イ)(32頁以下))。

しかしながら、上記第3の1(1)イ(ア)で述べたとおり、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、ここに蓄積されているマグマは、爆発的な噴火をしにくい玄武岩質であると考えられる。また、地下約6kmのマグマ溜まりは、規模の点でも広がり制限されており、かつ縮小傾向にある。さらに、上記第3の1(1)イ(イ)

で述べたとおり、大倉（2017）においても、地下約6kmのマグマ溜まりは全体として縮小傾向にあること、長期間の水準量データを踏まえると、1930年代と比べて約10百万 m^3 （0.01 km^3 ）少なくなっていることなどを勘案して、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いと推定されているところである（乙232（28頁））から、1930年代の阿蘇の火山活動よりも規模の大きい草千里ヶ浜噴火を想定することは十分に保守的である。

したがって、地下約6kmのマグマ溜まりを理由に後カルデラ期既往最大の草千里ヶ浜軽石を噴出した噴火の規模を想定する被告の想定は過小であるとする原告らの主張に理由はない。

なお、念のため補足しておくとして、地下約6kmのマグマ溜まりの体積は精確に把握されているものではないが、仮にマグマ溜まりの体積が分かったからといって、噴出するマグマの量が分かるものではない。つまり、噴火可能なマグマの量は限られる（乙300（63頁）、乙301（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302（334頁））。

ウ。さらに原告らは、被告が本件発電所の運用期間中に考慮する九重山の噴火規模について、VEI5クラスの噴火にも噴出量1～10 km^3 の幅があるから、噴出量として10 km^3 程度の規模まで想定すべきであると述べる（原告ら準備書面11第3の2(1)イ(ウ)（32頁以下））。

しかしながら、被告は、九重山における既往最大の噴火を考慮しているのであって、VEIに応じて噴火規模を想定しているものではない。そして、上記第1の2(2)で述べたとおり、VEIは、基本的には、

単に噴出量が10倍増えるごとに1段階上がるように7段階に人為的に区分しただけの噴火規模の尺度の一つであって、VEIに応じて噴火規模を想定する理由はない。

(2) 降下火砕物の大気中濃度に係る被告の想定が過小であるなどとする主張について

原告らは、エイヤハトラ火山の2010年噴火に係る観測値約3 mg/m³を用いた降下火砕物の大気中濃度の想定は過小であるから、非常用ディーゼル発電機にフィルタ交換が間に合わない可能性がある」と主張する（原告ら準備書面11第3の2(2)（33頁以下））。

しかしながら、被告は、上記1(2)ア(イ)で述べたとおり、3.1 g/m³（3100 mg/m³）の大気中濃度に対しても非常用ディーゼル発電機の安全機能を維持できるよう対策を講じており、原告らの主張に理由はない。

また、原告らは、被告の降下火砕物に対する安全対策は人力を必要としていることなどから実行できるか不確実であると主張する（原告ら準備書面11第3の4(1)及び(2)（43頁））。

しかしながら、噴火から本件発電所の敷地での降灰の開始が想定されるまでの間（保守的に短く見積もっても約80分）に必要な屋外作業を行うことができるし、被告は、非常用ディーゼル発電機のフィルタ交換等、降灰環境下における作業で必要となるマスク、ゴーグル等の防護具を適切に配備している。また、降灰時に屋外での作業が必要となる非常用ディーゼル発電機の吸気口付近の足場はグレーチングであり、降下火砕物が堆積するような環境にはない。原告らの主張は、降灰環境を想定した場合の抽象的な困難さを述べるだけであり、具体

的に作業が不可能となる理由を述べるものではない。

(3) 非常用ディーゼル発電機の機関内に侵入した降下火砕物の影響について

原告らは、降下火砕物が吸気フィルタに捕集されず非常用ディーゼル発電機の機関内に侵入し、非常用ディーゼル発電機が機能喪失することが想定されると主張する(原告ら準備書面11第3の4(3)(45頁以下))。

仮に非常用ディーゼル発電機の機関内に降下火砕物が侵入したとしても、直ちに非常用ディーゼル発電機の運転へ影響を及ぼすものではないが(乙303)、そもそも、非常用ディーゼル発電機の機関内に降下火砕物が侵入すること自体ほとんど防止されるので、原告らの主張に理由はない。すなわち、元々、非常用ディーゼル発電機の吸気口は下向きに吸気する構造となっており、吸入口の入口に吸気フィルタを取り付けられているので、降下火砕物は非常用ディーゼル発電機の機関内に容易に侵入できる構造にはなっていないところ、上記1(2)ア(イ)aで述べたとおり、被告は、火山灰フィルタを設置し、さらに、カートリッジ式フィルタに高性能フィルタを採用した。この高性能フィルタは、堆積厚さ15cmに対応する粒径分布の火山灰に対して、99.9%捕集できることを確認しており、非常用ディーゼル発電機の機関内への降下火砕物の侵入はほとんど防止されるので、非常用ディーゼル発電機の機関内に降下火砕物が侵入して非常用ディーゼル発電機が機能喪失することは考え難い。

したがって、降下火砕物が吸気フィルタに捕集されず非常用ディーゼル発電機の機関内に侵入し非常用ディーゼル発電機が機能喪失することが想定されるとの原告らの主張に理由はない。

なお、原告らは、非常用ディーゼル発電機は、外部電源が喪失した場合のバックアップ電源であるところ、わずかな降灰で外部電源の喪失が想定されるなどとも述べる。念のため付言しておくとして、原告らが挙げる降灰による柱上トランスのショートなどの例は低圧の配電線の例であって、本件3号機の外部電源は、500kVあるいは187kVの高圧の送電線であり、上記1(2)イで述べたとおり、原告らが挙げる配電線と比較して降灰による影響を受けにくい。

第5 まとめ

以上のとおり、被告は、本件発電所の敷地周辺の火山について十分な調査を実施し、各火山に関する検討結果を踏まえ、本件発電所の運用期間中に設計対応が不可能な火山事象が本件発電所の敷地に到達して本件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。

また、降下火砕物を含むそれ以外の火山事象について、本件発電所に及ぼす影響を適切に評価して、これらの火山事象によって本件3号機の安全性が損なわれないよう安全確保対策を実施している。

したがって、本件3号機において、火山事象の影響によって、環境に大量の放射性物質を放出する事態が発生して、原告らの生命、身体に影響を及ぼす具体的危険性はない。

以上