

平成 23 年 (ワ) 第 812 号, 平成 24 年 (ワ) 第 23 号, 平成 27 年 (ワ) 第 374 号

九州電力玄海原子力発電所運転差止請求事件

原 告 石丸ハツミ 外

被 告 九州電力株式会社

準 備 書 面 14

(火 山)

平成 30 年 9 月 14 日

佐賀地方裁判所 民事部合議 2 係 御中

被告訴訟代理人弁護士

堤

克

彦



同

山

内

喜

明



同

松

崎

隆



同

斉

藤

芳

朗



同

永

原

豪



同

熊

谷

善

昭



同

家

永

由

佳

里



同

池

田

早

織



目 次

第 1	総論	4
第 2	本件原子力発電所における火山に対する評価が合理的であること	4
1	火山影響評価の概要	4
2	本件原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	5
(1)	被告による調査内容	5
ア	文献調査	5
イ	地形・地質調査	5
ウ	地球物理学的調査	6
(2)	被告による調査結果	6
3	本件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	8
(1)	評価の概要	8
(2)	5つのカルデラ火山の破局的噴火の可能性の評価	8
ア	破局的噴火とは	8
イ	噴火間隔	10
ウ	噴火ステージ	11
エ	マグマ溜まりの状況	12
(3)	阿蘇カルデラの個別評価	17
ア	阿蘇カルデラの噴火間隔について	17
イ	阿蘇カルデラの噴火ステージについて	18
ウ	阿蘇カルデラのマグマ溜まりの状況について	18
エ	前兆現象に関する最新の知見である「小林(2017)」について	25
オ	小括	25
4	カルデラ火山のモニタリングについて	26
(1)	モニタリングの概要	26
(2)	阿蘇カルデラにおけるモニタリングの状況について	27
5	火山事象の影響評価	27
(1)	評価の概要	27

(2) 降下火砕物の影響評価	28
ア 想定した噴火	28
イ 想定した降下火砕物の層厚	31
ウ 設備に対する影響評価	31
第3 結論	32

第1 総論

本書面では、原告準備書面18で新たに争点として追加された火山関係について、被告の火山に関する評価が合理的であることを主張する。

第2 本件原子力発電所における火山に対する評価が合理的であること

被告は、玄海原子力発電所3号機及び4号機（以下併せて「本件原子力発電所」という。）に影響を及ぼし得る火山を抽出した上で、火山活動に関し個別評価を行い、5つのカルデラ火山¹（阿蘇，始良，加久藤・小林，阿多，鬼界）が本件原子力発電所の運用期間中に破局的噴火²を起こす可能性は十分低く、火山事象が本件原子力発電所の安全性に影響を及ぼす可能性は十分低いことを確認している。また、5つのカルデラ火山については火山活動のモニタリングを実施し、破局的噴火が発生する可能性が十分低いことを継続的に確認している。なお、モニタリングにおいて破局的噴火に発展する可能性が僅かでも存するような事象が確認された時点で、直ちに適切な対処を行うこととしている。

したがって、本件原子力発電所において、火山事象によって放射性物質の大量放出事故が発生する具体的危険性はない。以下、被告が行った火山に対する評価【乙95】について説明する。

1 火山影響評価の概要

火山影響評価について、被告が行った評価の流れの概要は以下のとおりである。

立地評価では、まず本件原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い、影響を及ぼし得る火山が抽出された場合は、当該火山について、設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流，溶岩流，岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊，新しい火道の開通並びに地殻変動の5事象）が本件原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性を評価する。

¹ カルデラ火山：通常の火口（直径2km未満）よりはるかに大きな陥没地形（直径2km以上）をカルデラといい、カルデラの陥没は、大規模なマグマの噴出や地下でマグマ溜まりからマグマが移動することにより生ずると考えられている。

² 破局的噴火：100km³以上の噴出物を伴う噴火。

影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された場合は、火山活動のモニタリングと火山活動の兆候把握時の対応を適切に行うことを条件として、個々の火山事象に対する影響評価を行う。一方、影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価できない場合には、本件原子力発電所の立地は不適となる。

また、影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された場合の影響評価においては、個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について評価する。

2 本件原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

(1) 被告による調査内容

被告は、本件原子力発電所敷地に影響を及ぼし得る火山について、その活動性及び影響範囲を把握するため、文献調査、地形・地質調査及び地球物理学的調査を行った。

ア 文献調査

第四紀火山（約258万年前から現在までに活動した火山）の位置、活動年代及び噴出物の分布について、地質調査総合センター編「日本の火山（第3版）」【乙96】や町田・新井編「新編 火山灰アトラス」（2011）【乙97】等の各種文献を基に調査した。

イ 地形・地質調査

地形調査では、主に国土地理院で撮影された縮尺4万分の1、2万分の1及び1万分の1の空中写真並びに同院発行の縮尺5万分の1及び2万5千分の1の地形図を使用して、空中写真判読等を実施し、敷地を中心とする半径30kmの範囲及びその周辺地域において第四紀火山の可能性がある地形を抽出した。

地質調査では、自然的立地条件のうち、地盤における調査に加え、第四紀火山の噴出物を対象に地表踏査等を実施し、敷地を中心とする半径30kmの範囲及びその周辺地域において第四紀火山の活動年代、噴出物の

分布等を把握した。

ウ 地球物理学的調査

地球物理学的調査では，地震活動，地殻変動等に関する検討を実施し，マグマ溜まりの規模，位置等を把握した。

(2) 被告による調査結果

以上の調査により，被告は，第四紀火山の噴出物の分布等を把握し，地理的領域（半径 160km の範囲）³に存在し，過去に破局的噴火を発生した阿蘇カルデラを含む 49 火山を抽出した。また，地理的領域外に存在するカルデラ火山のうち，九州において過去に破局的噴火を発生した 4 つのカルデラ火山も抽出し，これら計 53 火山について将来の活動可能性を評価し，将来の活動可能性が否定できない火山として，5 つのカルデラ火山（阿蘇，始良，加久藤・小林，阿多，鬼界）を含む 21 火山（5 つのカルデラ火山以外に老岐火山群，多良岳，小値賀島火山群，雲仙岳，南島原，金峰山，万年山火山群，船野山，涌蓋火山群，福江火山群，九重山，立石火山群，野稻火山群，由布岳，高平火山群，鶴見岳）を抽出した【乙 98（3～8 頁）】（表 1）。

³ 地理的領域（半径 160km の範囲）：火山ガイドによると，地理的領域とは火山影響評価が実施される原子力発電所周辺の領域を指し，原子力発電所から半径 160km の範囲の領域とするとされている。発電用軽水炉型原子炉の新安全基準に関する検討チームは，わが国における第四紀火山の火山噴出物の既往最大到達距離（阿蘇 4 火砕流堆積物の到達距離 155km）を参考に 160km と設定したものである。

表1 地理的領域の検討対象火山の活動年代と敷地からの距離

火山名*		活動期間もしくは最新の活動時期* (「」内は自社測定結果を踏まえた活動期間)	敷地からの距離 (km)	
1	加唐島	2.6-2.5Ma	9	
2	壱岐火山群	2.5-0.6Ma (火山群としては4.3Ma以降)	28	
3	有田	2.5-2.0Ma	34	
4	黒瀬	1.1Ma	42	
5	佐世保火山群	2.6-1.9Ma	45	
6	弘法岳	2.3-2.2Ma	46	
7	虚空蔵山	2.5-2.2Ma	48	
8	多良岳	1.3-0.4Ma	63	
9	宇久島	1.3-1.1Ma	73	
10	小値賀島火山群	1.1-0.3Ma	77	
11	有喜	2.4-1.3Ma	81	
12	牧島	2.8-2.3Ma	86	
13	曾根	0.19Ma	87	
14	日向神火山群	2.8-2.6Ma	94	
15	雲仙岳	0.5Ma以降, 最新噴火:AD1995	94	
16	道伯・妙見	2.7-2.4Ma	95	
17	南島原	1.4-0.5Ma	103	
18	金峰山	1.4-0.2Ma	108	
19	下関火山群	1.2Ma	108	
20	渡神岳	2.8-2.1Ma	108	
21	月出山岳	2.6-2.0Ma	116	
22	杖立火山群	1.5-1.1Ma	116	
23	大岳	1.5-1.4Ma	118	
24	阿蘇カルデラ	24-1 先阿蘇	0.8-0.4Ma	120
		24-2 阿蘇カルデラ	0.27-0.09Ma (4つの巨大噴火)	130
		24-3 根子岳	0.14-0.12Ma	141
		24-4 阿蘇山	0.09Ma以降, 最新噴火:AD2011	137
25	吉ノ本	2.8-2.5Ma	121	
26	赤井	0.15Ma	123	
27	万年山火山群	0.8-0.4Ma	124	
28	船野山	0.5Ma	125	
29	大峰	0.09Ma	126	
30	珍珠火山群	1.4-1.0Ma	129	
31	涌蓋火山群	1.0-0.4Ma	130	
32	小松台火山群	1.7-1.1Ma	131	
33	福江火山群	0.8Ma以降, 最新噴火:2,400年前	133	
34	猪羊田カルデラ	1.0-0.85Ma	134	
35	人見岳	2.4-1.9Ma	137	
36	カルト山火山群	1.4-1.0Ma	138	
37	九重山	0.2Ma以降, 最新噴火:AD1996	140	
38	立石火山群	0.6-0.2Ma	140	
39	大蔵山	0.8Ma	143	
40	野稲火山群	0.6-0.3Ma	143	
41	雨乞火山群	0.6-0.4Ma	146	
42	由布岳	0.09Maより新しい, 最新噴火:2,000~1,900年前	147	
43	時山火山群	0.9-0.6Ma	147	
44	荻岳	0.1Maより古い	147	
45	高平火山群	0.5-0.15Ma	148	
46	鶴見岳	0.09Maより新しい, 最新噴火:AD867	150	
47	長島	3.7-2.5Ma 「3.7-2.2Ma」	152	
48	庄内火山群	2.0-1.3Ma	152	
49	鹿鳴越火山群	1.1-0.6Ma	155	

※ 地質調査総合センター編「日本の火山(第3版)」(2013)及び地質調査総合センター編「日本の火山」(2016)による

3 本件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

(1) 評価の概要

前記「2 本件原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出」で抽出した 21 火山のうち、過去に破局的噴火を発生させた 5 つのカルデラ火山については、後記(2)及び(3)で述べる評価を行い、運用期間中における破局的噴火の可能性が十分低いことが確認されたため、現在の噴火ステージにおける既往最大規模の噴火を考慮し、本件原子力発電所への影響を評価した。

また、その他の 16 火山については、各火山の既往最大規模の噴火を考慮し、本件原子力発電所への影響を評価した【乙 99 (63~66 頁)】。

(2) 5 つのカルデラ火山の破局的噴火の可能性の評価

ア 破局的噴火とは

火山爆発指数 (VEI) は、噴出物量に応じて「0」(噴出物量が $1 \times 10^5 \text{km}^3$ 未満) から「8」($1 \times 10^8 \text{km}^3$ 以上) までの数字で分類するものであるが、破局的噴火は、VEI 7 以上の噴火であり (表 2)、 100km^3 以上の噴出物を伴う噴火をいう (図 1)。

表 2 火山爆発指数 (VEI) の定義

VEI	1	2	3	4	5	6	7	8
噴出物総体積 (km^3)	0.0001 ~ 0.001	0.001 ~ 0.01	0.01 ~ 0.1	0.1 ~ 1	1 ~ 10	10 ~ 100	100 ~ 1000	1000~
噴煙柱高度 (km)	0.1~1	1~5	3~15	10~25	>25			
	小噴火	中噴火		大噴火	——巨大噴火——		破局的噴火	
		爆発的噴火 →						

※ 町田・新井 (2011) から一部抽出【乙 97】。噴出物総体積は噴出物量のこと。

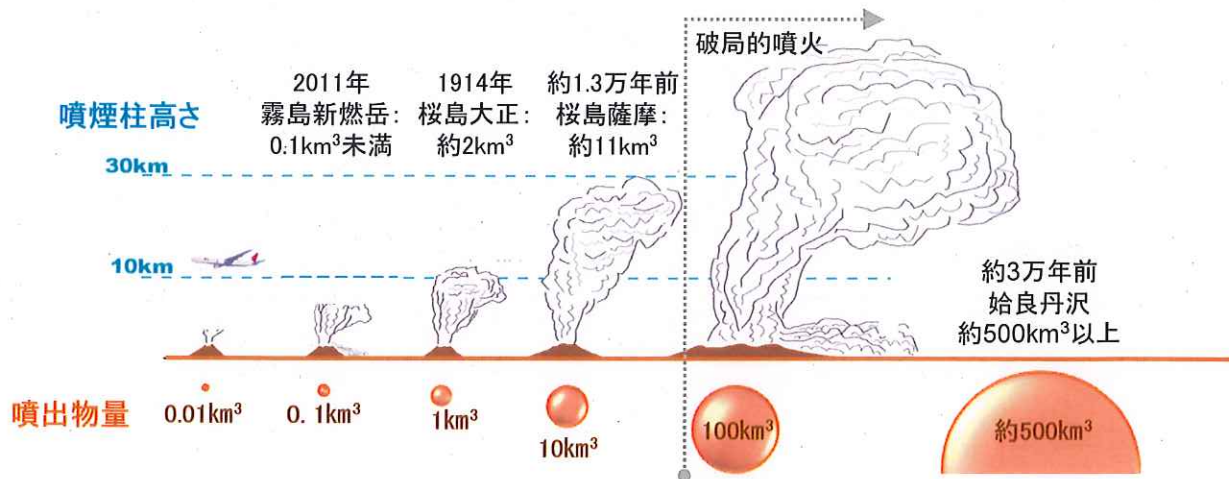


図1 破局的噴火の噴火規模

破局的噴火は、日本列島のカルデラ火山において数万年から十数万年に1回程度の極めて低い頻度で発生する火山事象である。

例えば、1991年の雲仙普賢岳の噴火（死者・行方不明者43名）はVEI1、2011年の霧島新燃岳の噴火（前年から立入規制。死傷者なし）はVEI3、2014年の御嶽山の噴火（死者57名）はVEI1～2であり、破局的噴火は、これらの噴火の数千倍～数十万倍以上の噴火である。

仮に、現時点において阿蘇カルデラで破局的噴火が起きた場合、九州の中部以北は火砕流の直撃でほぼ全滅し、死者は1,000万人を超え、北海道を含む日本列島全体が15cm以上の火山灰で一面に覆われて、家屋の倒壊が相次ぎ、ライフラインが機能停止し、食糧生産も不可能となって飢餓状態になり、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100（195～205頁）】。

実際に発生した破局的噴火の記録を見ても、例えば7,300年前の鬼界カルデラにおけるアカホヤ噴火では、火砕流は、薩摩・大隅半島、種子島、屋久島を覆い、火山灰は、偏西風により東日本まで運ばれて、南九州の縄文文化と自然環境に壊滅的なダメージを与えるとともに、西日本から東日本にかけても降灰による甚大な影響を及ぼしたと考えられる。また、海底での大規模な陥没や火砕流の海への流入により、巨大な津波が発生したと推定され、津波は薩摩半島沿岸で波高30mの規模に達したと考えられる【乙101（60頁）、乙102】。

被告は、上記 21 火山のうち、阿蘇カルデラを含む 5 つのカルデラ火山（阿蘇，始良，加久藤・小林，阿多，鬼界）に関しては、このような壊滅的な被害をもたらす破局的噴火が運用期間中に発生する可能性について、後記するカルデラ火山の「イ 噴火間隔」，「ウ 噴火ステージ」及び「エ マグマ溜まりの状況」の 3 つの観点から総合的に評価し、いずれも運用期間中における破局的噴火の可能性が十分小さいことを確認した。

イ 噴火間隔

破局的噴火は、極めて大規模な噴火であり、地下のマグマ溜まりに大量のマグマが蓄積されることが必要である。

被告は、噴火間隔について、各カルデラ火山における破局的噴火の噴火間隔と最新の破局的噴火からの経過時間との比較により、破局的噴火に必要な大量のマグマが蓄積されるために必要な時間が経過しているかを検討した（図 2）。

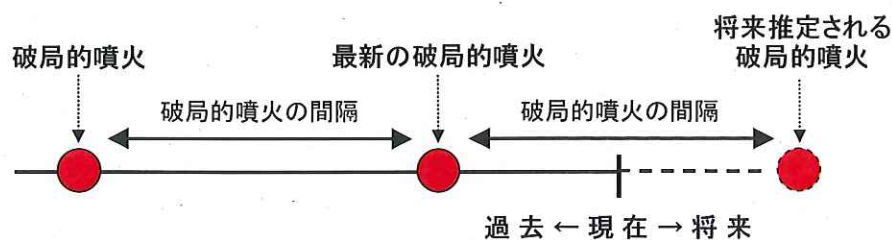


図 2 噴火間隔

【図 2 の説明：「破局的噴火の間隔」と「最新の破局的噴火」から「現在」までの経過時間とを比較し、破局的噴火に必要な大量のマグマが蓄積されるために必要な時間が経過しているかを検討する。】

ウ 噴火ステージ

(ア)噴火ステージは、過去の噴火活動から活動期を分類するものであり、ハザードマップ⁴の作成に際しても用いられるなど、対象とすべき火山の活動時期、噴火規模等を想定する考え方の一つである。

(イ) Nagaoka (1988) は、詳細な地質調査 (テフラ⁵の対比等) に基づき、始良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界カルデラの噴火史を明らかにし、噴火ステージに関する総合的な検討を行った論文であり、破局的噴火に先行してプリニー式噴火 (長い休止期の後に起こる極めて激しい爆発的噴火) が随所で間欠的に発生する「プリニー式噴火ステージ」、破局的噴火が発生する「破局的噴火ステージ」、破局的噴火後の残存マグマによる火砕流を噴出する「中規模火砕流噴火ステージ」及び多様な噴火様式の小規模噴火が発生する「後カルデラ火山噴火⁶ステージ」の4つの噴火ステージが周期的に発生するとしている (図3)【乙103 (105～115, 117頁)】。



図3 Nagaoka (1988) による噴火ステージの区分

4 ハザードマップ：津波，地震，火山，風水害等の自然災害による被害を予測し，その被害範囲を地図に示したもの。必要に応じて，予測される災害の発生地点，被害の範囲及び被害程度，さらには避難経路，避難場所などの防災情報を地図上に図示している。

5 テフラ：噴火の際に火口から放出され，空中を飛行して地表に堆積した火山砕屑物の総称。

6 後カルデラ火山噴火：破局的噴火後（カルデラ形成後）の火山活動による小規模な噴火のこと。

プリニー式噴火が破局的噴火に先行するという破局的噴火の特徴は、他の文献にも示されており【始良カルデラについて、乙 104(271~272 頁)。鬼界カルデラについて、乙 101 (59 頁)】、多くのカルデラ噴火（カルデラを形成するような巨大な噴火）で見られる特徴である。

プリニー式噴火ステージの継続期間は、始良カルデラの例では約 6 万年、阿多カルデラの例では約 4 万年であり、いずれも数万年に及ぶ。

エ マグマ溜まりの状況

(ア) マグマ溜まりとは、地下深部から上昇してきたマグマが地殻の浅所で一時的に蓄えられたものである。

マグマは、珪素 (SiO_2) の量が少ない順（珪素の量が少ないほど密度が高く、粘り気が低い）に、玄武岩質、安山岩質、デイサイト質及び流紋岩質の 4 つに分類され（図 4）、破局的噴火を発生させるのは流紋岩質のような珪長質の大規模なマグマ溜まりである【乙 105】。

マグマの種類 / マグマの性質	玄武岩質	安山岩質	デイサイト質	流紋岩質
	← 苦鉄質			珪長質 →
SiO_2 (wt. %)	45~53.5	53.5~62	62~70	70以上
密度 (kg/m^3)	2700	2400	2300	2200

図 4 マグマの SiO_2 と密度（【乙 106 (72 頁)】を基に作成）

(イ) マグマ溜まりは、時間と共に各マグマの密度に応じた浮力中立点（珪長質マグマ（図 4 における SiO_2 濃度 62wt% 以上のマグマ）は地下深さ 7km 以浅）へと移っていく傾向があるとされる（図 5）【乙 107 (723 頁)】。

そして、破局的噴火を起こし得る大規模な珪長質のマグマ溜まりを形成するためには、珪長質マグマを地表に噴出させずにマグマ溜まりに安定して存在させる必要があり、そのためにはマグマが浮力を失っ

て浮力中立になる深度で滞留する必要があるが、上述のとおり、珪長質マグマの浮力中立点は地下深さ約 7km 以浅である。

したがって、破局的噴火が発生するためには、地下深さ 10km よりも十分浅い位置に、大規模な珪長質のマグマ溜まりが存在することが必要であり（図 6）、このことは、以下のとおり、多くの知見及び実例によって裏付けられている。

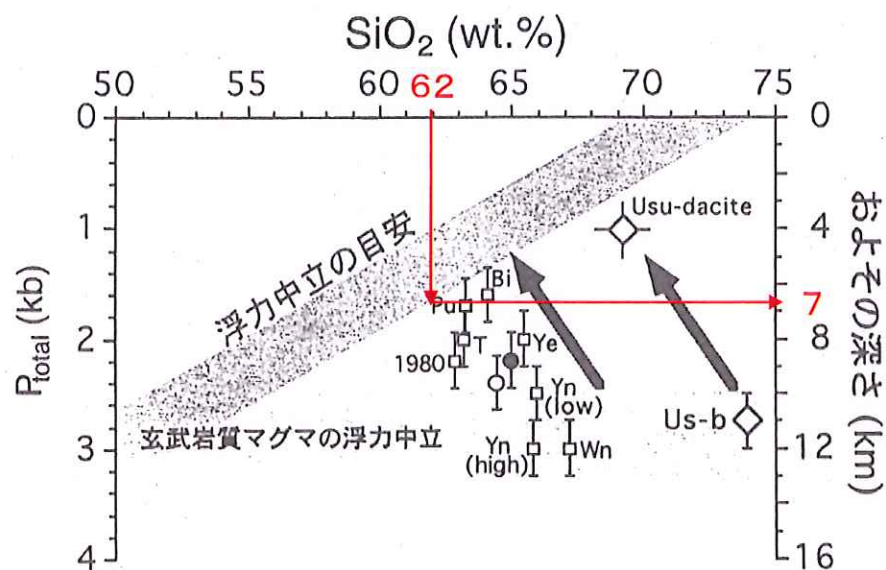


図 5 マグマの組成 (SiO₂) と深度の関係

【図 5 の説明：マグマ溜まりの「およその深さ」（縦右軸）と「SiO₂（マグマの珪素の量）」（横軸）との関係を示したものである。地殻は深くなるほど密度が高くなり、マグマは、密度が周囲の地殻と釣り合う深度（浮力中立点）まで上昇し、マグマ溜まりを形成する。図 4 のとおり、珪長質マグマ（デイサイト質～流紋岩質）の SiO₂ は 62% 以上であることから、図 5 によって、マグマ溜まりは、7km より浅い深度で形成されることが分かる。】

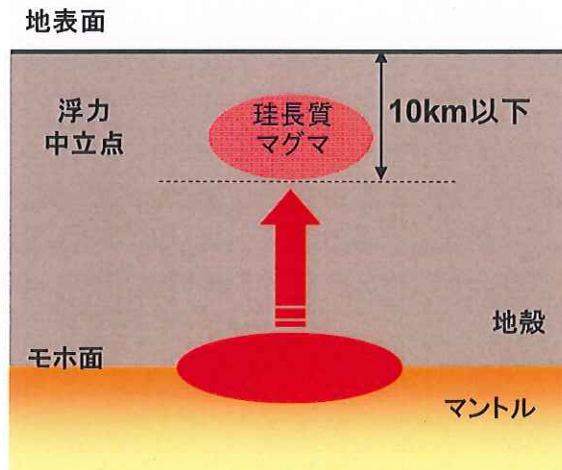


図6 大規模なマグマ溜まりのイメージ

① 荒巻 (2003) 【乙 105】

荒巻 (2003) は、破局的噴火に関して、地殻下部で発生した珪長質マグマが上昇して地殻上部 (深さ 10~数 km) に達し、マグマ溜まりを形成すること、多くのマグマ溜まりの天井が極めて浅いところにあり、マグマ溜まりは扁平状であることを指摘している。

② 鍵山編 (2003) 【乙 108】

鍵山編 (2003) は、マグマが地殻浅部 (通常は深さ 10km から 3km 程度) で蓄積され、噴火のために待機していること、マグマはある深さで浮力を失って上昇をやめ、新たなマグマ溜まりをつくること、短時間に大量の火砕流が火山から放出されることや大きな陥没カルデラが存在することが地殻浅部に大量のマグマが蓄積されていたことの証拠であることを述べている【乙 108 (13 頁)】。

③ 東宮 (1997) 【乙 107】

東宮 (1997) は、珪長質マグマ溜まりが自身の浮力中立点に相当する浅所へ移ること、珪長質マグマの浮力中立の目安が深さ 7 km 以浅であることを述べている。

同論文は、過去の噴火の噴出物を基にして、実験岩石的な手法 (高

温高压下における岩石融解実験)によって、マグマの組成とマグマ溜まりの深さとの関係を分析し、その結果を踏まえて、生成された珪長質マグマが、時間の経過によって、玄武岩質マグマの浮力中立点から、珪長質マグマ自身の浮力中立点に相当する浅所へ移る旨を述べている【乙 107 (723 頁)】。

④ 下司 (2016) 【乙 109】

下司 (2016) は、破局的噴火を発生させるために、珪長質の巨大なマグマ溜まりが密度中立深度 (深さ数 km 程度の浅所) に形成され滞留する必要があることを、端的に述べている。

すなわち、同論文は、従来の知見を踏まえて、破局的噴火に関するマグマの蓄積過程と噴出過程について論じたものであるが、破局的噴火を起こし得るマグマ溜まりの形成及び維持に関して、「大規模噴火を発生させるためには、地殻内部に巨大なマグマ溜まりを形成する必要がある」、「巨大なマグマ溜まりを形成するためには、マグマを地表に噴出させずにマグマ溜まりに安定して存在させ、熔融状態のまま蓄積できる状態でなければならない」、「大規模なマグマ溜まりを安定して存在させるためには、マグマが密度中立深度に貫入する必要がある」、「大規模噴火の多くは流紋岩マグマが噴出していることから、深さ数 km 程度の浅所に貫入している」、「珪長質メルトの密度はほとんどの深さで地殻岩石よりも小さいため、上部～中部で生産された珪長質マグマは浮力で上昇し、密度中立になる上部地殻内で滞留する」と述べている【乙 109 (104 頁, 106 頁)】。

⑤ 吉田ほか (2017) 【乙 110】

吉田ほか (2017) は、現在の火山学における一般的な知見をまとめたものであるが、マグマの上昇やマグマ溜まりに関して、マグマは、まわりの岩石より密度が小さく、液体であるため移動しやすく、

浮力によって上昇すること、(マグマの組成に応じた浮力中立点に関する東宮 (1997) の図【乙 107 (723 頁)】を引用して) マグマにはその密度に応じた浮力中立点があること【乙 110 (16~18 頁)】、地殻中を上昇してきたマグマは浮力中立点に到達して上昇を停止すること、浮力を失ったマグマはそこに滞留してマグマ溜まりを形成すること、地殻上部に形成されたマグマ溜まりに地下深部からマグマの供給が続くときに直径 10km を超えるマグマ溜まりが形成されること【同・23 頁】を述べている。

⑥ 安田ほか (2015) 【乙 111】

安田ほか (2015) は、始良カルデラにおける約 3 万年前の破局的噴火におけるマグマ溜まりの深度について述べたものであるが、マグマ溜まりの上部が深さ 4~5km 程度の地殻浅部にまで広がっていたことを明らかにしている【乙 111 (395 頁)】。

⑦ 篠原ほか (2008) 【乙 112】

篠原ほか (2008) は、薩摩硫黄島に関する地質・地球物理・地球化学データをまとめ、薩摩硫黄島の火山現象モデルを提示するものであるが、鬼界カルデラにおける約 7,300 年前の破局的噴火について、噴火直前に深さ 3~7km にかけて巨大な流紋岩マグマ溜まりが存在したことを明らかにしている【乙 112 (3 枚目)】。

⑧ 高橋 (2014) 【乙 113】

高橋 (2014) は、約 2 万 6,000 年前の破局的噴火である Oruanui 噴火について、深さ 6~12km にあった超巨大マグマ溜まりから流紋岩質マグマが絞り出されて、1,000 年~数 100 年かけて深さ 3.5km~6km にある浅所巨大マグマ溜まりに移動し、その後噴火したことについて述べている。

以上より、被告は、破局的噴火を起こす可能性の評価においては、破局的噴火を起こし得るマグマ溜まりの有無、すなわち地下深さ10kmよりも十分浅い位置に大規模な珪長質のマグマ溜まりが存在するか否かの評価が極めて重要であると考え、深さ約10km以浅の大規模なマグマ溜まりの有無を検討した。

(ウ) また、Druitt et al. (2012) によると、ミノア噴火に関する結晶の成長に関する分析から、破局的噴火直前の100年程度の間には急激にマグマが供給されたと推定している【乙114(77頁)】。

したがって、破局的噴火の前にはマグマ溜まりに顕著な増大があると考えられる。マグマ溜まりの規模の変化は、カルデラ火山の基線長変化⁷から推定できるため、被告は、基線長変化を分析して、マグマ溜まりの増大の有無を検討した。

(3) 阿蘇カルデラの個別評価

被告は、過去に破局的噴火を発生させた5つのカルデラ火山について、(2)で述べた3つの観点から総合的に評価を行い、運用期間中に破局的噴火が発生する可能性は十分小さいことを確認している。

以下、原告らが準備書面18でその危険性を主張する阿蘇カルデラについて、被告の評価を詳述する。

ア 阿蘇カルデラの噴火間隔について

阿蘇カルデラについては、図7に示すとおり、破局的噴火の最短の噴火間隔は約2万年、平均発生間隔は約5.3万年であるのに対し、現在は直近の破局的噴火から約9万年経過しているため既に破局的噴火のマグマ溜まりを形成している可能性またはもはや破局的噴火を発生させる供給系ではなくなっている可能性のいずれかが考えられる。

⁷ 基線長変化:カルデラを横断して設置した観測点(GPS)間の水平距離の伸び縮みのこと。マグマ溜まりによる地下の圧力の増減に伴って、地盤の伸び縮みが発生する。

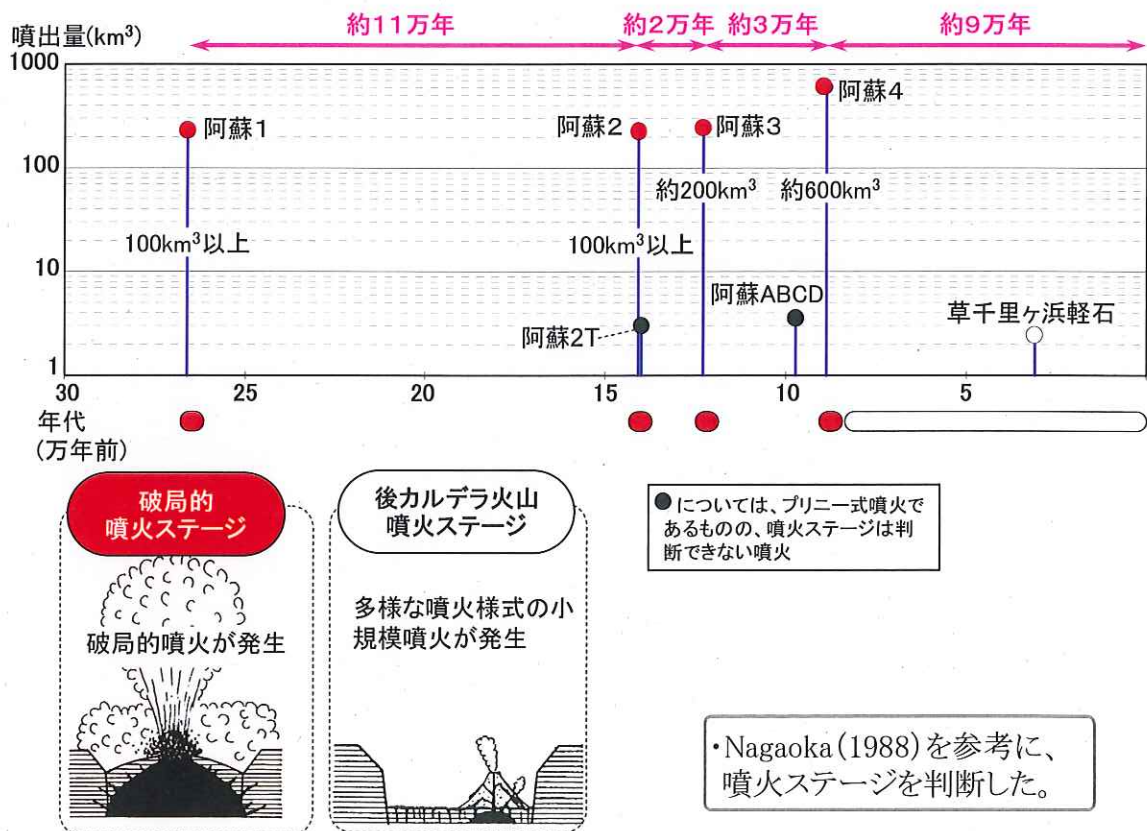


図7 阿蘇カルデラの噴火履歴

イ 阿蘇カルデラの噴火ステージについて

現在の阿蘇カルデラにおける噴火活動は、約9万年前の最後の破局的噴火以降、玄武岩から流紋岩まで多様なマグマが噴出しているが、いずれも比較的静穏な活動であり【乙115(269～270頁), 乙116】、プリニー式噴火が発生しているものではないため、後カルデラ火山噴火ステージにあると考えられる。

ウ 阿蘇カルデラのマグマ溜まりの状況について

阿蘇カルデラについては、以下に挙げるような知見・研究がある。

① Sudo and Kong (2001) 【乙117】

Sudo and Kong (2001) は、地球物理学的手法の1つである地震波トモグラフィの解析結果(図8)から、地下6kmに低速度領域が認

められ、これが中央火口丘群（中岳ほか）及び活動的なマグマ供給系に関連すること（つまりマグマ溜まりである可能性があること）を指摘している。

② 三好ほか（2005）【乙115】

三好ほか（2005）は、阿蘇カルデラ形成後の火山噴出物について岩石学的見地から検討を行い、噴出物の分布状況（図9）からマグマ供給系について考察を行ったものであるが、後カルデラ形成期では、苦鉄質火山噴出物の供給火口がカルデラ中央部に分布し、その周囲により珪長質な火山噴出物の給源火口が分布する傾向があることを明らかにした上で、仮にカルデラ直下に大規模な珪長質マグマ溜まりが存在する場合には、中央部でより珪長質、その周囲で苦鉄質になる（阿蘇の場合と逆になる）と考えられることから、カルデラ形成期のような単一の大規模マグマ溜まりは存在せず、小規模な複数のマグマ溜まりが存在すると考えられる旨の知見を示している【乙115（282～283頁）】。

③ 三好（2012）【乙118】

三好（2012）は、阿蘇カルデラ形成後の火山噴出物について、年代測定及び化学組成分析を行ったものであるが、それらの結果から、珪長質マグマの活動は3万年前～2万年前の最盛期を境に減少し、過去1万年間にはほとんど玄武岩マグマのみが活動しており、珪長質マグマの噴出は起こっていないこと、現在活動中の中岳へマグマを供給しているマグマ溜まりに蓄積されているのは、玄武岩マグマと考えられるため、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ことを示している【乙118（6-5, 6-14～6-15）】。

④ 高倉ほか（2000）【乙 119】

高倉ほか（2000）は、阿蘇カルデラの深部構造の把握を目的に阿蘇カルデラを横切る2本の測線におけるMT法調査を実施し、その調査結果から得られた阿蘇カルデラ地下の比抵抗断面について解析したものであるが、図10に示すとおり、比抵抗構造解析結果においては、阿蘇カルデラの地下10km以浅に大きな低比抵抗領域（マグマ溜まりと考えられる）は認められないとしている【乙 119（26頁）】。

⑤ 大倉（2017）【乙 120】

大倉（2017）は、測地学的手法によって得られた阿蘇カルデラの地殻変動のデータを基に、阿蘇カルデラのマグマ溜まりの状態を分析した最新の知見である。

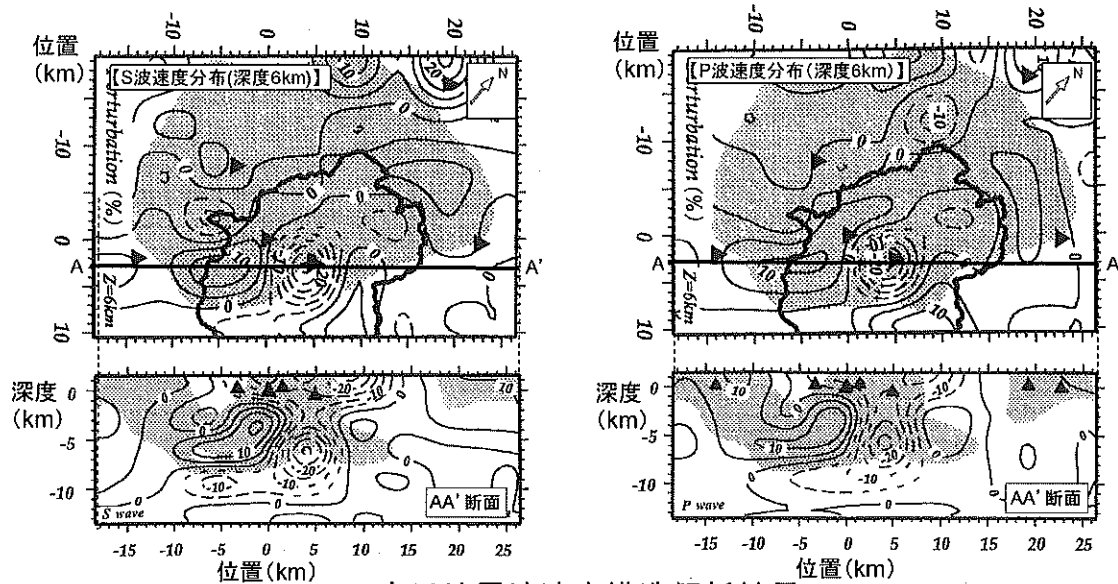
大倉教授は、この中で、阿蘇カルデラの地下約6km付近にマグマ溜まりが存在し、また、地下約15kmにもマグマ溜まりと考えられる変動源が存在することを指摘している。その上で、地下約6km付近のマグマ溜まりは、全体として縮小傾向にあり、長期間の水準測量データを踏まえると、1930年代と比べて約1000万 m^3 （0.01 km^3 ）少なくなっていること、地下約15kmの変動源は、最大で45 km^3 のマグマの一部であることから、今後の阿蘇の火山活動は1930年代のような大規模なものではなく、ましてや大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではないと推定される旨の知見を示している【乙 120（28頁）】。

⑥ 阿蘇カルデラにおけるGPS観測

図11のとおり、国土地理院による電子基準点の解析結果によると、大きな基線長の変化はなく、マグマ溜まりの顕著な増大は認められない。

以上の知見・研究により、被告は、阿蘇カルデラの地下10km以浅に破局的噴火を起こすような大規模な珪長質マグマ溜まりは存在しないと

判断した。



3次元地震波速度構造解析結果

【3次元地震波速度構造解析】
 地表上に設置された各地震計が測定した地震データを解析することによって、地球内部の3次元速度構造を求める手法のことである。固体の岩石とマグマの間では、弾性波速度に大きな差があるため、地震波速度の小さい領域からマグマ溜まりを推定することができる。

・ Sudo and Kong (2001)によると、阿蘇カルデラを対象とした地震波トモグラフィを実施した結果、中央火口丘群直下の深さ6 kmに低速度領域が認められるとしている。

図8 阿蘇カルデラにおける地下構造 (Sudo and Kong, 2001)

【図8の説明：阿蘇カルデラ周辺における3次元地震波速度構造解析により、マグマの存在を示唆する低速度領域を示したものである。左図がS波（横波）速度分布、右図がP波（縦波）速度分布である（いずれも上段の図が深さ6kmの平面図、下段の図がA-A'断面図であり、図中の数値は速度の平均値からのずれを表している）ところ、地下6kmに低速度領域が認められる。】

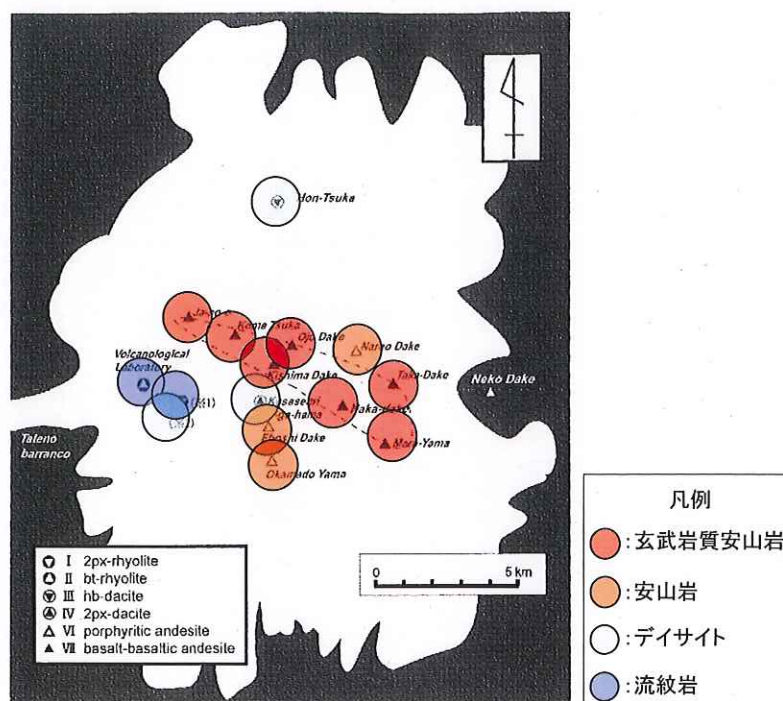
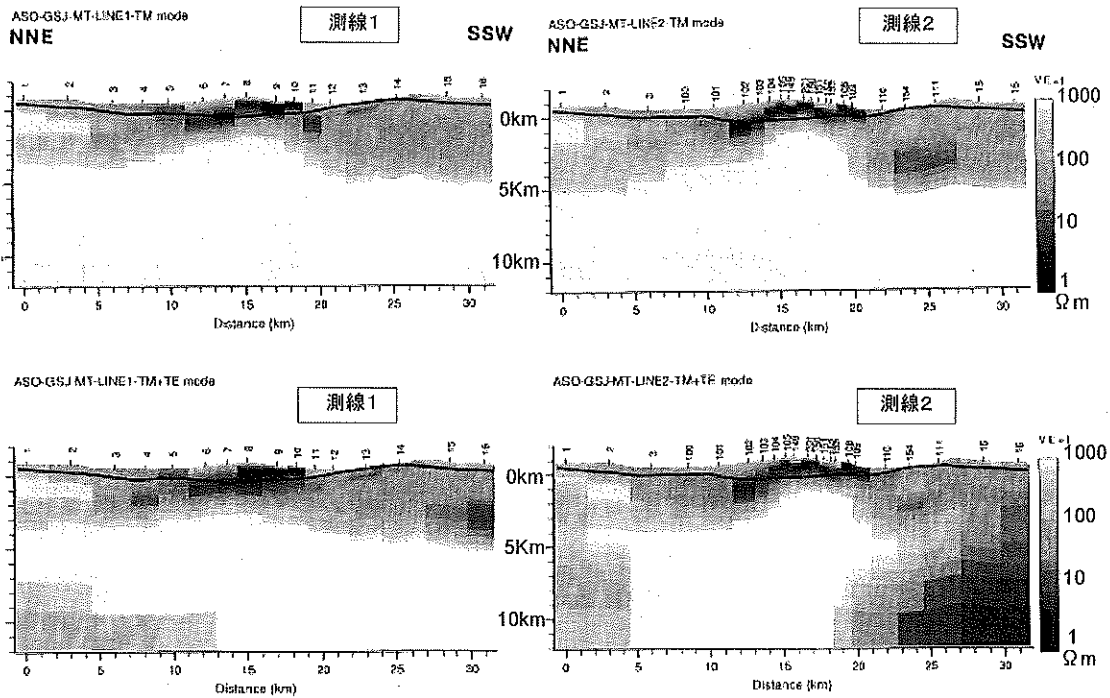
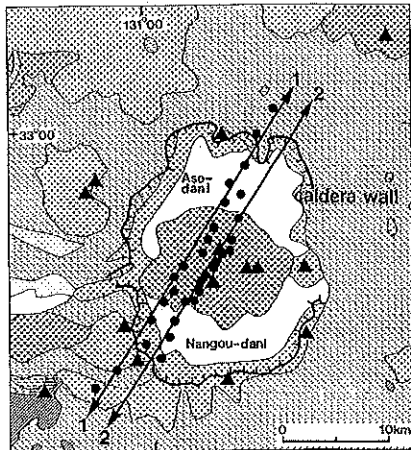


図9 阿蘇カルデラにおける大規模マグマ溜まりの存否 (三好ほか, 2005)

【図9の説明：後カルデラ火山である阿蘇山において、現在地表で確認することができる火口の位置と噴出物の種類を示したものであり、苦鉄質（玄武岩質安山岩）火山噴出物の供給火口がカルデラ中央部に分布し、その周囲に、より珪長質な火山噴出物の給源火口が分布している。苦鉄質マグマの浮力中立点は珪長質マグマの浮力中立点よりも深部に位置するところ、苦鉄質マグマの上方に珪長質の大規模なマグマ溜まりが存在する場合には、図9のように苦鉄質火山噴出物がカルデラ中央部に分布することは考えられず（密度の高い苦鉄質マグマは、密度の低い珪長質のマグマ溜まり内を上昇できないと考えられるため）、珪長質の大規模なマグマ溜まりは存在しないと考えられる。】



比抵抗構造解析結果(上段と下段は解析方法の違い※)

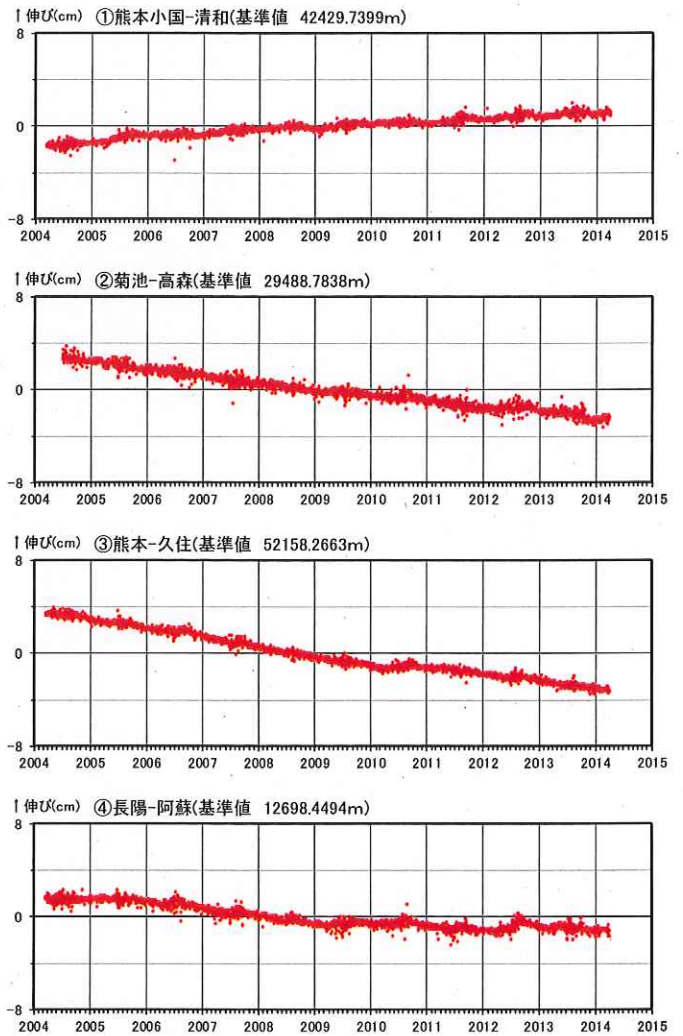
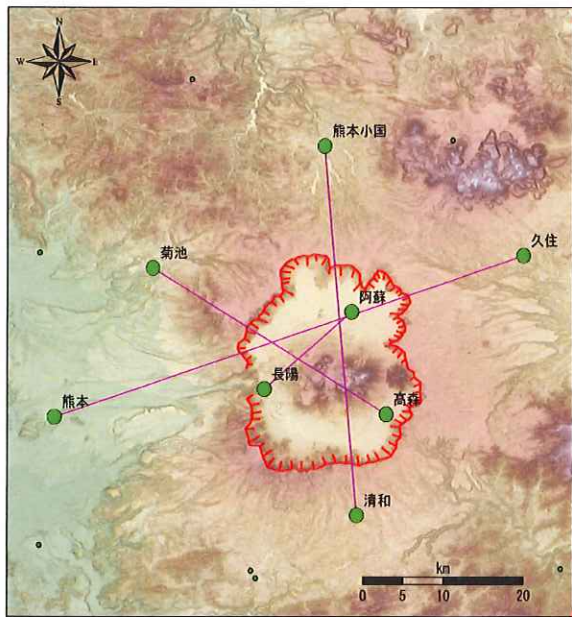


測線位置

※ 下段はTEモード(測線と直交する方向になるデータ)も使用した解析結果で、一般に垂直的な低比抵抗構造に対する分解能が高く、深部構造に対する感度が高いため、測線の側方に深部比抵抗構造が実際にある可能性と低周波のインダクションベクトルが示す広域的な構造の影響が虚像として現れた可能性がある。

図10 阿蘇カルデラにおける地下構造 (高倉ほか, 2000)

【図10の説明:阿蘇カルデラ周辺における地下構造調査(MT法)により、マグマの存在を示唆する低比抵抗領域を示したものである。黒色がより低い比抵抗領域を示すところ、高倉ほか(2000)によると、阿蘇カルデラの地下10km以浅には、一般にマグマあるいは溶融体と考えられる低比抵抗体は認められないとしている。】



阿蘇カルデラ GPS連続観測による基線長変化(2004年03月15日～2014年03月29日)

図 1 1 阿蘇カルデラにおける地殻変動監視のための GPS 観測

【図 1 1 の説明：阿蘇カルデラを横断する 2 つの GPS 観測点間の水平距離の伸び縮み（基線長の変化）を示したものである。カルデラ直下においてマグマの供給があった場合には、地表の水平距離は伸びる（プラスの値）ところ、図 1 1 では大きな変化は見られない。】

エ 前兆現象に関する最新の知見である「小林（2017）」について

小林（2017）【乙 121】は、地質学的な見地からカルデラ噴火のモデル（前兆現象）を提示し、阿蘇カルデラを含む九州のカルデラ火山について考察を加えたものである。

同研究報告書は、阿蘇カルデラを含む国内及び国外のカルデラ火山において、過去のカルデラ噴火の100年から数100年以上前に溶岩を噴出する形式の噴火が発生していること【乙 121（10～32頁）】等から、カルデラ噴火の前兆現象として珪長質マグマの流出的噴火が発生すると考えられること、阿蘇カルデラを含む九州の5つのカルデラ（阿蘇、加久藤・小林、始良、阿多、鬼界）については、鬼界カルデラ以外では過去数100年以内に珪長質マグマの噴火が発生していないこと（鬼界カルデラにおける1934～1935年の流紋岩質マグマの噴出がカルデラ噴火の前兆現象であれば、急激な地盤の上昇などが観測されるはずであるが、そのような兆候は全く観測されていないこと）から、今後の数100年以内にカルデラ噴火が発生することはない旨の見解を明らかにしている【乙 121（35～36頁）】。

このように、カルデラ噴火の前兆現象に関する最新の知見からも、阿蘇カルデラが本件原子力発電所の運用期間中に破局的噴火を起こす可能性は十分小さいとする被告の評価が合理的であることが裏付けられている。

オ 小括

被告は、上記ア～ウを総合的に評価した結果、阿蘇カルデラが本件原子力発電所の運用期間中に破局的噴火を起こす可能性は十分小さいと判断した。また、この判断は、上記エのとおり最新の知見からもその合理性が裏付けられている。

4 カルデラ火山のモニタリングについて

(1) モニタリングの概要

被告は、始良カルデラ、加久藤・小林カルデラ、阿多カルデラ、鬼界カルデラ及び阿蘇カルデラについて、自然現象における不確かさ及び敷地への影響を考慮した上で、地殻変動や地震活動等の火山活動のモニタリングを実施している【乙99(66～67頁)】(図12)。

このモニタリングは、破局的噴火が発生する可能性が十分に低いことを継続的に確認する目的で行うものであって、噴火の正確な時期や規模を「予知」することを目的としているものではない。

被告は、地殻変動に係る観測点の増設(3地点)を行うなどモニタリングの精度向上に向けた措置を講じているが、今後も火山専門家等の助言を得ながら、破局的噴火の前兆に関する新たな知見の収集等を行い、更なる安全性・信頼性の向上に努めていく。

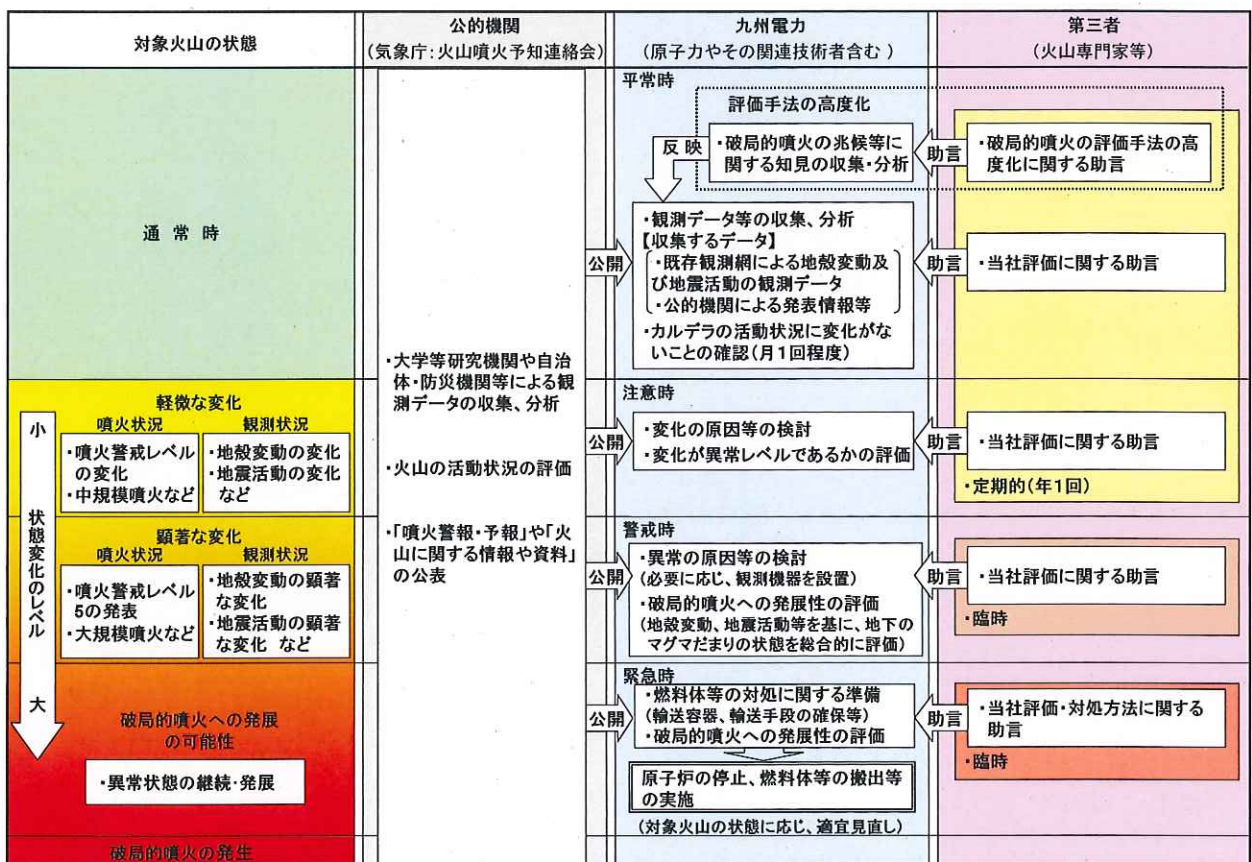


図12 モニタリングの方針と体制

(2) 阿蘇カルデラにおけるモニタリングの状況について

阿蘇カルデラにおけるモニタリング（評価期間：平成28年4月1日～平成29年3月31日）では、地殻変動について、熊本地震に伴う顕著な地殻変動及び地震後の余効変動が認められるものの、カルデラ火山の活動に起因する有意な変化は認められず、また、地震活動について、熊本地震の余震が多数認められるものの、それ以外の有意な変化は認められず、総合評価としては「活動状況に変化なし」という結果であった。この評価結果については、原子力規制庁において、妥当と判断されており【乙122（2，5，23頁）】，また，上述した大倉（2017）【乙120】において示された「現在の地殻変動量を考慮すると，今後の火山活動は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」との解析結果【同26，28頁】とも整合する。

なお，被告は直近のモニタリング（評価期間：平成29年4月1日～平成30年3月31日）においても「活動状況に変化なし」と評価しており，この評価結果を原子力規制庁へ報告している【乙123】。

被告は，阿蘇カルデラを含む5つのカルデラ火山について，引き続きモニタリングを行い，破局的噴火に発展する可能性が僅かでも存するような事象が確認された時点で，直ちに適切な対処を行うものである。

5 火山事象の影響評価

(1) 評価の概要

被告は，阿蘇カルデラを含めた5つのカルデラ火山について，「3 本件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」で述べた評価を行い，本件原子力発電所の運用期間中に破局的噴火が起こる可能性が十分低いことを確認した。これを踏まえ，被告は5つのカルデラ火山の火山事象による本件原子力発電所へ与える影響について，現在の各噴火ステージにおける既往最大規模の噴火を考慮して評価した。

また、その他の 16 火山（壱岐火山群，多良岳，小値賀島火山群，雲仙岳，南島原，金峰山，万年山火山群，船野山，涌蓋火山群，福江火山群，九重山，立石火山群，野稻火山群，由布岳，高平火山群，鶴見岳）については、各火山の既往最大規模の噴火（VEI5 以下の噴火）を考慮して、本件原子力発電所への火山事象の影響を評価した【乙 98（11～36 頁）】。

その結果、21 火山の噴火規模と本件原子力発電所までの距離との関係等から、降下火砕物（火山灰等）を除く火山事象（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，地殻変動等）については、いずれも本件原子力発電所の敷地には影響がないことを確認した【乙 98（42～44 頁，54～56 頁）】。

また、降下火砕物（火山灰等）については、約 5 万年前の九重第 1 噴火を踏まえ、降下火砕物（火山灰等）の層厚を想定し、評価を行い、安全性を確認した【乙 98（45～53 頁）】。以下、降下火砕物の影響評価の詳細について述べる。

（2）降下火砕物の影響評価

ア 想定した噴火

降下火砕物につき、安全上重要な建物・機器等に影響を及ぼし得る火山事象として、抽出した噴火（5 つのカルデラ火山については、現在の各噴火ステージにおける既往最大規模の噴火（始良カルデラ：約 1.3 万年前の桜島薩摩噴火（VEI6・巨大噴火），加久藤・小林カルデラ：約 4.5～4.0 万年前の霧島イワオコシ噴火（VEI5・巨大噴火），阿多カルデラ：約 0.6 万年前の池田噴火（VEI5・巨大噴火），鬼界カルデラ：約 0.6 万年前以降の薩摩硫黄島での噴火（VEI4・大噴火），阿蘇カルデラ：約 3.0 万年前の阿蘇草千里ヶ浜噴火（VEI5・巨大噴火）），その他 16 火山については、既往最大規模の噴火）の中で、敷地からの距離と噴出物量との関係を踏まえ、文献による降下火砕物の分布状況のうち本件原子力発電所に対して最も影響が大きい約 5 万年前の「九重第 1 噴火」を選定した（図 13，14）。

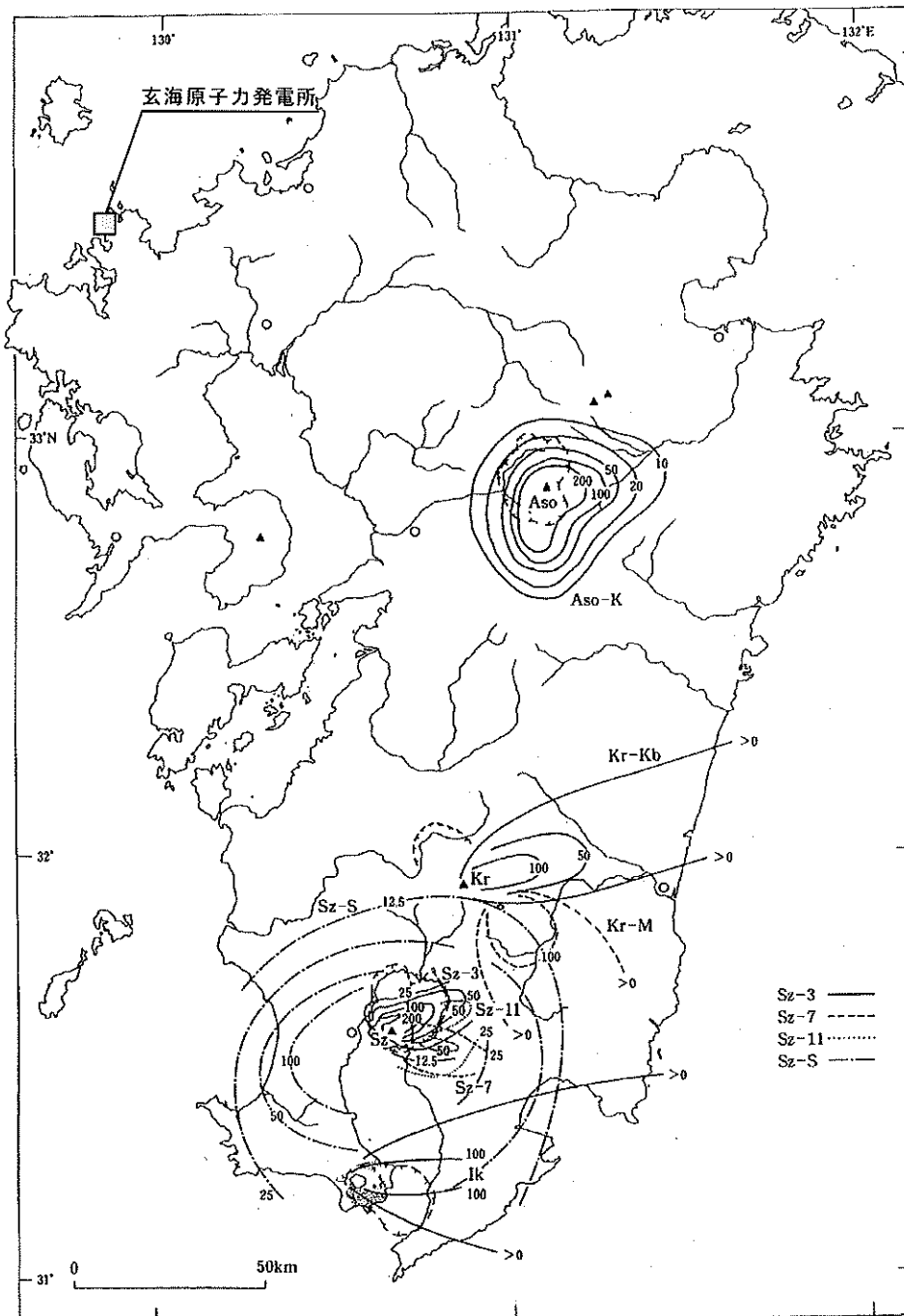


図3.1-1 九州地方の約3万年前以降の主要テフラの等層厚線図。

数値の単位はcm, ○印は県庁所在地, 主要都市 (以下の図も同様)。

Sz-3 桜島3 (文明)¹⁾ Kr-M 霧島御池²⁾⁴⁾ Sz-7 桜島7¹⁾ Ik 池田湖 (pHの分布も示す)³⁾ Sz-11 桜島11¹⁾

Sz-S 桜島薩摩⁵⁾ Kr-Kb 霧島小林 Aso-K 阿蘇草千里浜⁴⁾ Aso: 阿蘇, Kr: 霧島, Sz: 桜島。

[1) 小林哲 (1986), 2) 木野・太田 (1977), 3) 宇井 (1967), 4) 高田 (1989), 5) 小林・溜池 (2002)]

図1.3 約3万年前以降の主要な降下火砕物の分布

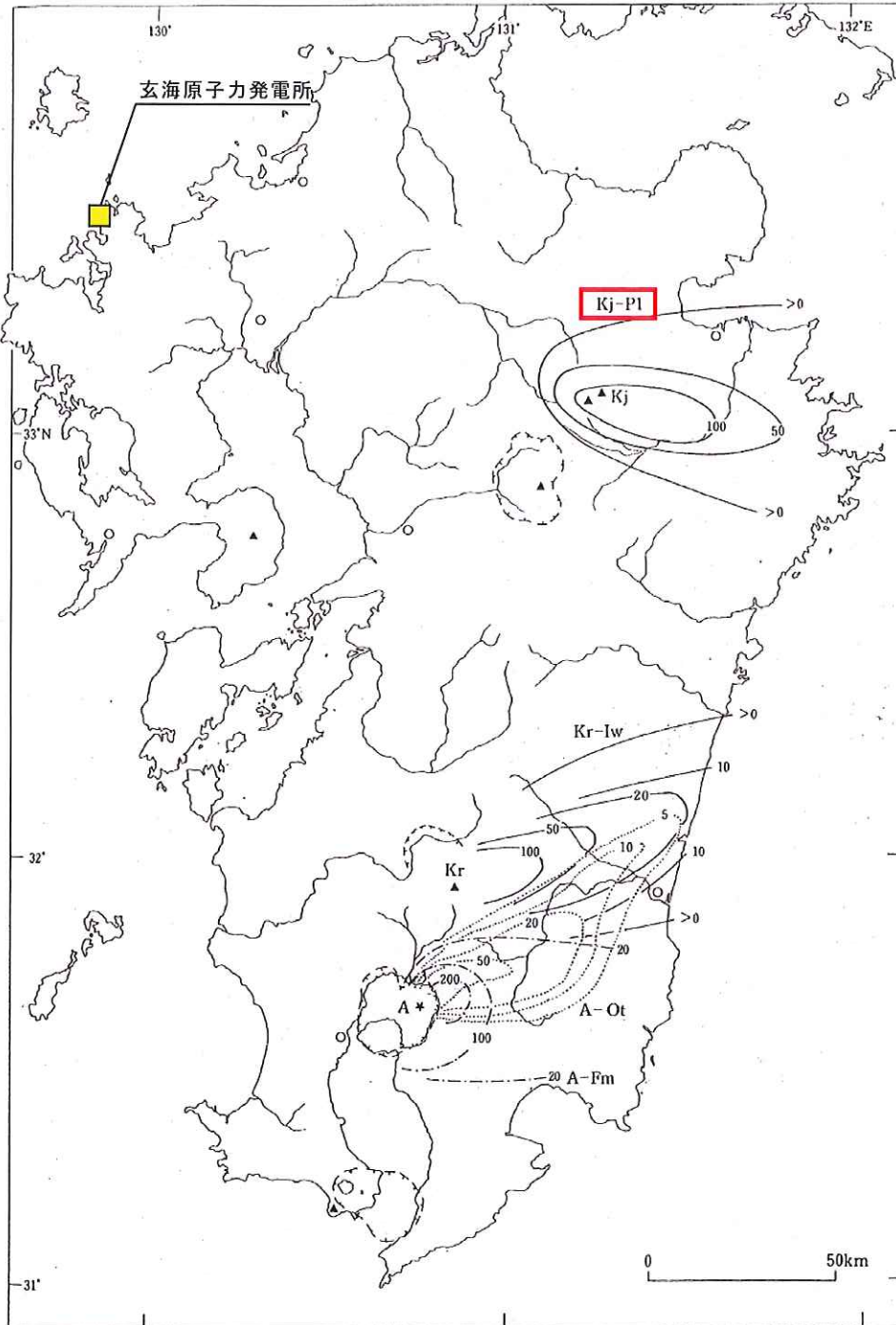


図 3.1-2 九州地方の 3 万～5 万年前の主要テフラの等厚線図。

A-Fm 始良深港¹⁾ A-Ot 始良大塚²⁾ Kr-Iw 霧島イワオコシ³⁾を一部修正

Kj-P1 九重第 1

Kj:九重, Kr:霧島, A:始良。

[1] 長岡ほか (2001), 2) Nagaoka (1988), 3) 長岡 (1984)]

図 1 4 3 万～5 万年前の主要な降下火砕物の分布状況

イ 想定した降下火砕物の層厚

被告は、九重第1噴火を想定し、文献調査、地質調査及び数値シミュレーションの結果を踏まえて「10cm」と評価した【乙99(67頁)】。

すなわち、被告はまず「町田・新井(2011)」等の文献調査及び地質調査により、九重第1噴火における降下火砕物は、主に給源である九重山の東側に分布し、九重山の西側に位置する本件原子力発電所周辺には堆積していないことを確認した(図14)【乙97(117頁)】。

更に、九重第1噴火と同規模の噴火が起こった場合の本件原子力発電所での降灰量について、風や噴煙柱高さのパラメータを変化させてシミュレーションした結果、想定される層厚は最大でも2.2cmであることを確認したうえで、これらの結果を踏まえ降下火砕物の層厚について安全側に10cmに設定した。

ウ 設備に対する影響評価

被告は、層厚10cmの降下火砕物(火山灰等)が生じた場合についての評価を行い、安全性を確認している。具体的には、被告は、降下火砕物によって安全機能を失う恐れのある安全上重要な建物・機器等を評価対象施設として抽出し、各評価対象施設の特徴(形状、機能、外気吸入や海水の通水の有無等)を考慮した上で、降下火砕物による直接的影響(堆積荷重、閉塞、磨耗、腐食等)及び間接的影響(外部電源の喪失及び交通の途絶)を評価した。評価の結果、被告は、降下火砕物の直接的影響により、本件原子力発電所の安全性が損なわれることはないことを確認するとともに、間接的影響として、降下火砕物による外部電源喪失及び交通の途絶を想定しても、非常用ディーゼル発電機の7日間連続運転により、原子炉及び使用済燃料ピットの安全性を確保できることを確認している。【乙99(68~72頁)】

加えて、被告は、火山影響等発生時⁸に備え、非常用ディーゼル発電機の機能維持のためにフィルタコンテナを昨年 11 月に新設する⁹など、降下火砕物に対する本件原子力発電所の安全性を一層高めている。

第 3 結論

以上のとおり、被告が実施した火山に関する評価は合理的なものであり、本件原子力発電所において、火山事象による放射性物質の大量放出に至る事故が発生する具体的危険性は認められず、原告らの主張は理由がない。

以 上

⁸ 火山影響等発生時：火山現象による影響が発生するおそれがある場合又は発生した場合をいう。

⁹ 降下火砕物の大気中濃度が高濃度となった場合、非常用ディーゼル発電機の吸気消音器吸気フィルタの閉塞時間が短くなり、吸気フィルタの取替・清掃が間に合わなくなるおそれがある。このため、吸気消音器の近傍にフィルタコンテナ（フィルタ面積の拡大、フィルタの二重化及びフィルタ取替えの容易化を図った機材）を新設し、高濃度の降下火砕物が予想される場合、吸気消音器とフィルタコンテナをダクトで接続することによって、非常用ディーゼル発電機を運転しながら、吸気フィルタを順次取替・清掃し、吸気フィルタの閉塞を防ぐもの。

平成 23 年 (ワ) 第 812 号, 平成 24 年 (ワ) 第 23 号, 平成 27 年 (ワ) 第 374 号
九州電力玄海原子力発電所運転差止請求事件

原 告 石丸ハツミ 外
被 告 九州電力株式会社

証 拠 説 明 書

(乙 95~123 号証)

平成 30 年 9 月 14 日

佐賀地方裁判所 民事部合議 2 係 御中

被告訴訟代理人弁護士

堤

克

彦



同

山

内

喜

明



同

松

崎

隆



同

斉

藤

芳

朗



同

永

原

豪



同

熊

谷

善

昭



同

家

永

由

佳

里



同

池

田

早

織



号証	標目	原本・写の別	作成年月日	作成者	立証趣旨など
乙95	玄海原子力発電所の発電用 原子炉設置変更許可申請書 (添付書類六の一部補正 7.8 火山)	写	平成28年 10月28日	被告	被告が、火山ガイド等を踏まえて、本件原子力発電所敷地に 影響を及ぼす可能性がある火山を抽出し、その活動性や影響範 囲等を評価し申請したこと及びその内容(準備書面14・4頁)。
乙96	日本の火山(第3版)(概 要及び付表)	写	平成25年	中野 俊, 西来 邦章, 宝田晋 治, 星住英夫, 石塚吉浩, 伊 藤順一, 川辺 楨久, 及川輝 樹, 古川竜太, 下司信夫, 石 塚 治, 山元孝 広, 岸本清行 (産業技術総 合研究所地質 調査総合セン ター)	本件原子力発電所周辺の第四紀火山のうち地理的領域に存在 する阿蘇カルデラを含む49火山及び地理的領域外に存在する 4カルデラ(始良, 加久藤・小林, 阿多, 鬼界)の位置(緯度・ 経度等), 活動年代, 噴出物の分布(準備書面14・5頁)。
乙97	新編火山灰アトラス[日本列 島とその周辺](東京大学出 版会)	写	平成23年	町田 洋, 新 井 房夫	本件原子力発電所周辺の第四紀火山のうち阿蘇カルデラ等の 噴出物の分布(準備書面14・5頁)。

				<p>噴出物量等により、火山の爆発の大きさを火山爆発度指数 V EI で表すこと（準備書面 1 4・8 頁）【乙 97（10 頁）】。</p> <p>九重第 1 噴火における降下火砕物は、給源である九重山の主に東側に分布し、九重山の西側に位置する本件原子力発電所周辺には堆積していないこと（準備書面 1 4・31 頁）【乙 97（117 頁）】。</p>
<p>乙 98</p>	<p>玄海原子力発電所 火山について（新規規制基準適合性審査資料）</p>	<p>写</p>	<p>平成 28 年 10 月 25 日</p>	<p>被告</p> <p>被告は、文献調査及び地形・地質調査を行い、第四紀火山の噴出物の分布等を把握して、地理的領域（半径 160km の範囲）に存在する 49 火山（過去に破局的噴火を発生した阿蘇カルデラを含む）と地理的領域外に存在するカルデラ火山のうち、過去に破局的噴火を発生した 4 つのカルデラ火山（始良、加久藤・小林、阿多、鬼界）を抽出したこと。</p> <p>そして、53 火山について将来の活動可能性を評価し、将来の活動可能性を否定できない火山として、5 つのカルデラ火山を含む 21 火山を抽出したこと（準備書面 1 4・6 頁）【乙 98（3～8 頁）】。</p> <p>被告は、過去に破局的噴火を発生させた 5 つのカルデラ火山（始良、加久藤・小林、阿多、鬼界、阿蘇）については、運用期間中における破局的噴火の可能性が極めて低いことが確認されたため、現在の噴火ステージにおける既往最大規模の噴火を考慮したこと。</p> <p>その他の 16 火山（巻岐火山群、多良岳、小値賀島火山群、雲</p>

				<p>仙岳，南島原，金峰山，万年山火山群，船野山，涌蓋火山群，福江火山群，九重山，立石火山群，野稻火山群，由布岳，高平火山群，鶴見岳)については，各火山の既往最大規模の噴火を考慮したこと(準備書面14・27～28頁)【乙98(11～36頁)】。</p> <p>被告は，本件原子力発電所において，上記の噴火を考慮した結果，降下火砕物(火山灰等)を除く火山事象(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，地殻変動等)については，影響がないことを確認したこと(準備書面14・28頁)【乙98(42～44，54～56頁)】。</p> <p>被告は，本件原子力発電所において，降下火砕物については，過去最も影響が大きかった約5万年前の九重第1噴火を踏まえ，層厚10cmの降下火砕物が生じた場合についての評価を行い，安全性を確認したこと(準備書面14・28頁)【乙98(45～53頁)】。</p>	
乙99	九州電力株式会社玄海原子力発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書(3号及び4号発電用原子炉施設の変更)に関する審査書(核燃料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第43	写	平成29年 1月18日	原子力規制委員会	<p>被告が本件原子力発電所に影響を及ぼしうるとして抽出した5つのカルデラ火山については，運用期間中に破局的噴火の活動可能性が十分低いことを確認したため，現在の噴火ステージにおける既往最大規模の噴火を考慮，その他の16火山については，各火山の既往最大規模の噴火を考慮し影響を評価していること(準備書面14・8頁)，及び原子力規制委員会が，被告の評価が火山ガイドを踏まえていることを確認したこと【乙99</p>

条の3の6第1項第2号(技術的能力に係るもの)、第3号及び第4号関連)

(63～66頁)】。

被告が5つのカルデラ火山について、運用期間中の破局的噴火の活動可能性は十分低いものの、自然現象における不確かさ及び敷地への影響を考慮したうえで、モニタリングを実施し、対象火山に変化が生じた場合の対処方針等を定めていること(準備書面14・26頁)、及び原子力規制委員会が、上記方針等が火山ガイドを踏まえていることを確認したこと【乙99(66～67頁)】。

被告が行った降下火砕物の影響評価における層厚の評価は、文献調査、地質調査及び数値シミュレーションを踏まえたものであること(準備書面14・31頁)、及び原子力規制委員会が被告の上記評価が火山ガイドを踏まえていることを確認したと【乙99(67頁)】。

被告が実施した本件原子力発電所への降下火砕物による影響評価において、降下火砕物による直接的影響及び間接的影響によって、本件原子力発電所の安全機能が損なわれないこと等を評価、確認していること(準備書面14・31頁)、及び原子力規制委員会が、上記設計方針が火山ガイドを踏まえていることを確認したこと【乙99(68～72頁)】。

乙 100	破局噴火一秒読みに入った人類壊滅の日 (祥伝社新書) (表紙, 目次, 195~205 頁 抜粋)	写	平成 20 年	高橋正樹	仮に現時点において阿蘇カルデラで破局的噴火が起きた場合, 九州の中部以北は火砕流の直撃でほぼ全滅して死者が 100 0 万人を超え, 北海道を含む日本列島全体が 15 センチ以上の厚い火山灰で一面に覆われて, 家屋の倒壊が相次ぎ, ライフラインが機能停止し, 食糧生産も不可能となって飢餓状態になり, かり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ていること (準備書面 1 4・9 頁)【乙 100 (195~205 頁)】。
乙 101	カルデラとは何か: 鬼界大噴火を例に (科学, vol.84)	写	平成 26 年 1 月	前野 深	7300 年前の鬼界カルデラにおけるアカホヤ噴火では, 巨大火砕流は薩摩・大隈半島, 種子島, 屋久島を覆い, 火山灰は偏西風により東日本まで運ばれて, 南九州の縄文文化と自然環境に壊滅的なダメージを与えたとともに, 西日本から東日本にかけても降灰による甚大な影響を及ぼしたと考えられ, また, 海底での大規模な陥没や火砕流の海への流入により, 巨大な津波が発生したと推定され, 津波は薩摩半島沿岸で波高 30m の規模に達したと考えられるとされていること (準備書面 1 4・9 頁)【乙 101 (60 頁)】。
乙 102	Numerical simulation of tsunamis generated by collapse during the 7.3ka	写	平成 18 年	Fukashi Maeno,Fumi hiko	鬼界カルデラについて, プリニー式噴火が破局的噴火に先行すること (準備書面 1 4・12 頁)【乙 101 (59 頁)】。 鬼界アカホヤ噴火時に津波が発生したとされること (準備書面 1 4・9 頁)。

	Kikai eruption, Kyushu, Japan (日本国九州鬼界の7.3ka 噴火の間のカルデラ崩壊により発生する津波の数値シミュレーション)				Imamura, Hiromitsu Tani Guchi	
Z 103	The late Quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around Kagoshima bay, Southern Kyushu, Japan (南九州地方の鹿児島湾周辺におけるカルデラ火山の第四紀後期テフラ層)	写	昭和 63 年		Nagaoka, S	始良カルデラ, 阿多カルデラ及び鬼界カルデラについて, 破局的噴火に先行してプリニー式噴火が随所で間欠的に発生する「プリニー式噴火ステージ」, 破局手馴噴火が発生する「破局的噴火ステージ」, 破局的噴火後の残存マグマによる火砕流を噴出する「中規模火砕流噴火ステージ」及び多様な噴火様式の小規模噴火が発生する「後カルデラ火山噴火ステージ」の4つの噴火ステージが周期的に発生するとされていること(準備書面 14・11頁)【乙 103 (105~115, 117頁)】。
Z 104	大規模カルデラ噴火の前兆現象－鬼界カルデラと始良カルデラ－(京都大学防災研究所年報, 第 53 号 B)	写	平成 22 年 6 月		小林哲夫, 奥野充, 長岡信治, 宮縁育夫, 井口正人, 味喜大介	始良カルデラについて, プリニー式噴火が破局的噴火に先行すること(準備書面 14・12頁)【乙 104 (271~272頁)】。
Z 105	カルデラ噴火の地学的意味(「死都日本」シンポジウム－破局噴火のリスクと日本社会－講演要旨集)	写	平成 15 年		荒牧重雄	破局的噴火を発生させるのは, 流紋岩質のような珪長質の大規模なマグマ溜まりであること(準備書面 14・12頁) 破局的噴火に関して, 地殻下部で発生した珪長質マグマが, 上昇して地殻上部(深さ 10~数 km)に達し, マグマ溜まりを

					形成すること、多くのマグマ溜まりの天井が極めて浅いところ にあり、マグマ溜まりは扁平状であること（準備書面14・14 頁）。
乙106	火山とマグマ(東京大学出版 会)(表紙, 目次, 72頁抜粋)	写	平成9年	兼岡一郎, 井 田喜明	マグマの種類と性質について、マグマは、珪素の量が少ない 順番に、玄武岩質, 安山岩質, デイサイト質, 流紋岩質の4つ に分類されるとし, 各マグマの珪素の量や密度等について示し たこと(準備書面14・12頁)【乙106(72頁)】。
乙107	実験岩石学的手法で求める マグマ溜まりの深さ(月刊地 球)	写	平成9年8 月24日	東宮昭彦	マグマ溜まりは, 時間と共に各マグマの密度に応じた浮力中 立点へと移っていく傾向があること(準備書面14・12頁)【乙 107(723頁)】。 玄武岩質マグマによる地殻の部分融解によって生成された珪 長質マグマが, 時間の経過によって, 玄武岩質マグマの浮力中 立点から, 珪長質マグマ自身の浮力中立点(深さ7km以浅)に 相当する浅所へ移ること(準備書面14・14~15頁)【乙107 (723頁)】。
乙108	マグマダイナミクスと火山 噴火(朝倉書店)(表紙, 10 ~27頁抜粋)	写	平成15年	鍵山恒臣	地下のマグマは地殻浅部(通常は深さ10kmから3km程度) で蓄積され, 噴火のために待機していること, マグマはある深 さで浮力を失って上昇をやめ, 新たなマグマ溜まりをつくるこ と, 短時間に大量の火砕流が火山から放出されることや大きな 陥没カルデラが存在することが地殻浅部に大量のマグマが蓄積 されていたことの証拠であること(準備書面14・14頁)【乙 108(13頁)】。

乙 109	大規模火砕噴火と陥没カルデラ:その噴火準備と噴火過程 (火山, 第 61 巻第 1 号)	写	平成28年	下司信夫	<p>破局的噴火を起こし得るマグマ溜まりの形成及び維持に関して、大規模噴火を発生させるためには、地殻内部に巨大なマグマ溜まりを形成する必要があること、巨大なマグマ溜まりを形成するためには、マグマを地表に噴出させずにマグマ溜まりに安定して存在させ、溶融状態のまま蓄積できる状態であればならないこと、大規模なマグマ溜まりを安定して存在させるためには、マグマが密度中立深度に貫入する必要があること、大規模噴火の多くは流紋岩マグマが噴出していることから、深さ数 km 程度の浅所に貫入していること、珪長質メルトの密度はほとんどの深さで地殻岩石よりも小さいため、上部～中部で生産された珪長質マグマは浮力で上昇し、密度中立になる上部地殻内で滞留すること (準備書面 1 4・15 頁)【乙 109 (104, 106 頁)】。</p>
乙 110	現代地球科学入門シリーズ 7 火山学 (表紙, 2~3, 16~19, 22~25 頁抜粋)	写	平成29年 5月25日	吉田武義, 西村太志, 中村美千彦	<p>マグマはまわりの岩石より密度が小さく、液体であるため移動しやすく、浮力によって上昇すること、マグマにはその密度に応じた浮力中立点があること、地殻中を上昇してきたマグマは浮力中立点に到達して上昇を停止すること、浮力を失ったマグマはそこに滞留してマグマ溜まりを形成すること、地殻上部に形成されたマグマ溜まりに地下深部からマグマの供給が続くと、ときに直径 10 km を超えるマグマ溜まりが形成されること (準備書面 1 4・15~16 頁)【乙 110 (16~18, 23 頁)】。</p>

乙 111	始良火砕噴火のマグマ溜まり深度 (火山, 第 60 巻第 3 号)	写	平成 27 年	安田 敦, 吉本 充宏, 藤井 敏嗣	始良カルデラにおける約 3 万年前の破局的噴火のマグマ溜まりの深度について, マグマ溜まりの上部が深さ 4~5km 程度の地殻浅部にまで広がっていたこと (準備書面 1 4・16 頁)【乙 111 (395 頁)】。
乙 112	火山研究解説集: 薩摩硫黄島 (データをプリントアウトしたもの)	写	平成 20 年	篠原 宏志, 斎藤 元治, 松島 喜雄, 川辺 禎久, 風早 康平, 浦井 稔, 西祐司, 斎藤 英二, 濱崎 聡志, 東宮 昭彦, 森川 徳敏, 駒澤 正夫, 安原 正也 (産業技術総合研究所地質調査総合センター)	鬼界カルデラにおける約 7,300 年前の破局的噴火の直前には, 深さ 3~7km にかけて巨大な流紋岩質マグマが存在していたこと (準備書面 1 4・16 頁)【乙 112 (3 枚目)】。
乙 113	超巨大噴火のマグマ溜りに関する最近の研究動向 (日本火山学会講演予稿集 2014 年度 秋季大会)	写	平成 26 年 11 月	高橋 正樹	約 2 万 6000 年前の破局的噴火である Oruanui 噴火について, 深さ 6~12km にあった超巨大マグマ溜りから流紋岩質マグマが絞り出されて, 深さ 3.5km~6km にある浅所巨大マグマ溜りに 1000 年~数 100 年かけて移動してその後噴火したこと (準備書面 1 4・16 頁)。

乙 114	Decadal to monthly timescales of magma transfer and reservoir growth at a caldera volcano (カルデラ火山における 10 年～月単位の時間スケールでのマグマ移動とマグマ溜まりの成長, Natu re Vol482)	写	平成 24 年	T. H. Druitt, F. Costa, E. Deloule, M. Dungan & B. Scaillet	ミノア噴火に関する結晶成長に関する分析から、破局的噴火直前の 100 年程度の間に急激にマグマが供給されたと推定されること (準備書面 1 4・17 頁)【乙 114 (77 頁)】。
乙 115	阿蘇カルデラ形成後に活動した多様なマグマとそれらの成因関係について(火山, 第 50 巻第 5 号)	写	平成 17 年	三好雅也, 長谷中利昭, 佐野貴司	<p>阿蘇カルデラにおいて、カルデラ形成後は多様な組成のマグマが活動しているが、中央火口丘からの溶岩流の流出など比較的静穏な活動であること (準備書面 1 4・18 頁)【乙 115 (269 頁)】。</p> <p>後カルデラ形成期では、苦鉄質火山噴出物の供給火口がカルデラ中央部に分布し、その周囲により珪長質な火山噴出物の給源火口が分布する傾向があることを明らかにした上で、仮にカルデラ直下に大規模な珪長質マグマ溜まりが存在する場合には、中央部でより珪長質、その周囲で苦鉄質になる (阿蘇の場合と逆になる) と考えられることから、カルデラ形成期のような単一の大規模マグマ溜まりは存在せず、小規模な複数のマグマ溜まりが存在すると考えられること (準備書面 1 4・19 頁)【乙 115 (282～283 頁)】。</p>

乙 116	阿蘇火山地質図(1:まえがき-カルデラの地形-阿蘇火山の生い立ち)(産業技術総合研究所 HP)	写	不明	産業技術総合研究所 地質調査総合センター	阿蘇4噴火後の後カルデラ火山活動では玄武岩から流紋岩までの各種のマグマが噴出していること(準備書面14・18頁)。
乙 117	Three-dimensional seismic velocity structure beneath Aso Volcano, Kyushu, Japan (九州阿蘇火山下の三次元地震波速度構造, Bull Volcanol 63(2001))	写	平成13年	Y.Sudo , L.S.L.Kong	阿蘇カルデラにおけるマグマ溜まりの状況について、地球物理学的手法の1つである地震波トモグラフィの解析結果から、地下6kmに低速度領域が認められ、中央火口丘群(中岳ほか)及び活動的なマグマ供給系に関連すること(準備書面14・18～19頁)。
乙 118	研究報告6 カルデラ火山地域における大規模噴火再発の可能性評価	写	平成24年	三好雅也	珪長質マグマの活動は3万年前～2万年前の最盛期を境に減少し、過去1万年間にはほとんど玄武岩マグマのみが活動しており、珪長質マグマの噴出は起こっていないこと、現在活動中の中岳へマグマを供給しているマグマ溜まり(Sudo and Kong (2001))に蓄積されているのは玄武岩マグマと考えられるため、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ること(準備書面14・19頁)【乙118(6-5, 6-14～6-15頁)】。
乙 119	MT法による阿蘇カルデラの比抵抗断面(CA研究会論文集)	写	平成12年	高倉伸一, 橋本武志, 小池克明, 小川康雄	阿蘇カルデラにおけるマグマ溜まりの状況について、比抵抗構造解析結果において、阿蘇カルデラの地下10km以浅に大きな比抵抗領域は認められないとしていること(準備書面14・20頁)【乙119(26頁)】。

乙 120	測地学的手法による火山活動の観測について	写	平成29年 11月1日	大倉敬宏	<p>阿蘇カルデラの地下約6km付近にマグマ溜まりが存在し、また、地下約15kmにもマグマ溜まりと考えられる変動源が存在すること、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1000万m³(0.01km³)少なくなっていること、地下約15kmの変動源は最大で45km³のマグマの一部分であることから、今後の阿蘇の火山活動は1930年代のような大規模なものではなく、ましてや大規模なカルデラ噴火が起こるような状態ではないと推定されること(準備書面14・20, 27頁)【乙120(28頁)】。</p> <p>現在の地殻変動量を考慮すると、今後の火山活動は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こと(準備書面14・27頁)【乙120(26頁)】。</p> <p>なお、本書証は福岡地方裁判所で係争中の「平成28年(行ウ)第37号川内原子炉設置変更許可取消請求事件」における乙D52号証である。</p>
乙 121	カルデラ噴火の前兆現象に関する地質学的研究	写	平成29年 8月1日	小林哲夫	<p>阿蘇カルデラを含む国内及び国外のカルデラ火山において、過去のカルデラ噴火の100年から数100年以上前に溶岩を噴出する形式の噴火が発生していること(準備書面14・25頁)【乙121(10～32頁)】。</p>

					<p>カルデラ噴火の前兆現象として珪長質マグマの流出的噴火が発生すると考えられること、阿蘇カルデラを含む九州の5つのカルデラ（阿蘇、加久藤・小林、始良、阿多、鬼界）については、鬼界カルデラ以外では過去数100年以内に珪長質マグマの噴火が発生していないこと（鬼界カルデラにおける1934～1935年の流紋岩質マグマの噴出がカルデラ噴火の前兆現象であれば、急激な地盤の上昇などが観測されるはずであるが、そのような兆候は全く観測されていないこと）から、今後の数100年以内にカルデラ噴火が発生することはないこと（準備書面14・25頁）【乙121（35～36頁）】。</p> <p>なお、本書証は福岡地方裁判所で係争中の「平成28年（行ウ）第37号川内原子炉設置変更許可取消請求事件」における乙D45号証である。</p>
乙122	九州電力株式会社 川内原子力発電所 火山モニタリング結果に係る評価について（案）	写	平成29年 11月1日	原子力規制庁	<p>阿蘇カルデラにおける直近のモニタリング（評価期間：平成28年4月1日～平成29年3月31日）では、地殻変動について、熊本地震に伴う顕著な地殻変動及び地震後の余効変動が認められるものの、カルデラ火山の活動に起因する有意な変化は認められず、また、地震活動について、熊本地震の余震が多数認められるものの、それ以外の有意な変化は認められず、総合評価としては「活動状況に変化なし」という結果であり、この評価結果については、原子力規制委員会において、妥当と判断されたこと（準備書面14・27頁）【乙122（2, 5, 23頁）】。</p>

乙 123	川内原子力発電所及び玄海原子力発電所火山活動のモニタリング評価結果について(報告)	写	平成30年 6月15日	被告	被告は、直近のモニタリング(評価期間：平成29年4月1日～平成30年3月31日)においても「活動状況に変化なし」と評価しており、この評価結果を原子力規制庁へ報告していること(準備書面14・27頁)。
-------	---	---	----------------	----	---

以上