

平成24年(ワ)第430号等 川内原発差止請求事件
平成24年(ワ)第811号 川内原発差止等請求事件
平成25年(ワ)第180号 川内原発差止等請求事件
平成25年(ワ)第521号 川内原発差止等請求事件
平成26年(ワ)第163号 川内原発差止等請求事件
平成26年(ワ)第605号 川内原発差止等請求事件
平成27年(ワ)第638号 川内原発差止等請求事件
平成27年(ワ)第847号 川内原発差止等請求事件
平成28年(ワ)第456号 川内原発差止等請求事件
平成29年(ワ)第402号 川内原発差止等請求事件
平成30年(ワ)第562号 川内原発差止等請求事件

原告ら準備書面84

2022(令和4)年1月17日

鹿児島地方裁判所民事1部合議係 御中

原告ら訴訟代理人弁護士 森 雅 美



同 後 藤 好 成



同 白 鳥 努 外



第1 巨大マグマ溜まりの状態と破局的噴火

被告国及び九州電力は、川内原子力発電所に影響を与える火山が破局的噴火を起こす可能性が十分小さいかを検討するにあたって、マグマ溜まりの状況を考慮要素としている。この検討を行うにあたり、被告国及び九州電力は、現時点での火山学でマグマ溜まりの位置や大きさが一定程度正確に把握できることを前提としている。

しかしながら、これは誤りである。現時点での火山学ではマグマ溜まりの位置や大きさを正確に把握することは出来ない。正確に言えば、この辺りに存在するであろうということは一定程度把握できるが、この辺りにはマグマ溜まりが存在しないということは科学的に証明できないのである。

まず、マグマ溜まりは液体状態のマグマで充填されているとは限らない。マグマは多くの成分から構成されているために、完全に液体となる温度（リキダス温度）と完全に結晶化する温度（ソリダス温度）の間の温度帯では、液体と結晶が存在する状態（部分融解状態）にある。このことを踏まえて、高温の巨大マグマ溜まりの冷却に伴う進化を模式的に表したものが甲 B326号証の図3である。

(a)は破局噴火直前、あるいは破局噴火直後にまだ相当量のマグマが残っている状態を示している。このマグマ溜まりが冷却すると結晶化が進み、(b)のように結晶の沈積・圧縮によってメルトが絞り出されるように上昇

して層状に分布するようになる。さらに温度が下がると、結晶同士が連結するためにはやメルトは移動することが困難となり、(c)のように結晶と結晶の間

(a) 高温状態 (メルト > 結晶)



(b) 温度低下 (メルト < 結晶)



(c) 低温状態 (メルト << 結晶)



図3 巨大マグマ溜まりの進化。Backmann and Bergantz (2008) に加筆。

に存在するようになる。

そして、(b)や(c)の状態にあるマグマ溜まりでも、高温のマグマが供給されると図3(a)の状態、すなわち破局的噴火を起こしうる状態へと変化する可能性がある。この状態変化のタイムスケールは、供給されるマグマの温度や量、それに巨大マグマ溜まりの大きさや温度に依存し、大きく変化すると予想される。

Tatsumi et al. (2006)の数値解析を参考にすると、場合によっては10年オーダーで(c)から(a)へと変化して破局的噴火に至ることもあり得る。したがって、破局的噴火を起こす可能性のある火山については、図3(a)の状態のみならず、(b)や(c)の状態も「マグマ溜まり」と考えておかなければならない。

巨大マグマ溜まりの観測は、病院のCT検査と同じ方法で、X線の代わりに例えば地震波を用いて行うことで行われている。米国のイエローストーンやインドネシアのトバ火山では、広範囲に稠密に配置した地震計を用いた長期間の観測などの方法を用いて行われている。

しかしながら、日本列島の火山については、このレベルの観測は未だ行われていない。

また、日本でこのような観測が実現したとしても、例えば図3の(b)や(c)の状態にあるマグマ溜まりを捉えることができるかどうかは現時点では分からない。結晶の割合が増えた部分熔融状態と、周囲の固体の地殻を物性の違いによって識別することは相当に困難であるからである。

マグマ溜まりとは「この程度の深さに、この程度の大きさのマグマ溜まりが存在すると考えれば、観測・観察事実を説明することができる」というものに過ぎないのが現在の調査研究の水準で、様々な可視化技術を用いて正確にその存在や形状が示された例はない。

したがって、少なくとも現時点では、過去に破局的噴火を起こした日本列島の火山の地下に、近い将来破局的噴火を起こす可能性のある巨大なマグマ溜まりが存在しないことを示す科学的知見は存在しない。さらに、このようなマグ

マだまりの存在を否定することは科学的に極めて困難なのである。

第2 破局的噴火の周期性

被告九州電力は、破局的噴火が起きる間隔は決まっており、現時点はその周期にあたらぬことを理由に、川内原子力発電所に影響を与える火山が破局的噴火を起こす可能性が十分小さいとしている。

しかしながら、これは誤りである。

被告九州電力は、異なる火山でおきた破局的噴火をまとめた上でその平均値をとっている。

しかしながら、火山は、互いになんら相互作用なく独立に活動をしており、このようなランダムに起きる事象のデータ全体を用いて平均周期を求めることは無意味である。

仮に平均周期を求めることができる場合でも、同時にその誤差も考慮すべきであり、326号証図4で示されている日本列島の破局的噴火について「平均周期」と誤差を求めると、 $1万967 \pm 1万3704$ 年となり、平均値より誤差が大きい無意味な数字となるのである。

同一火山に対しては、活動の周期を求めることは将来の噴火を予測する上で意味がある可能性がある。しかしながら日本列島の火山において、噴出量と噴出年代のデータに基づいて3度以上破局的噴火が発生したことを確認できるのは、阿蘇カルデラと屈斜路カルデラのみであるが、いずれも4度しか破局的噴火を起こしていない。このデータから破局的噴火の平均周期と誤差を求めると、それぞれ、 $5万6000 \pm 5万7000$ 年と $1万2000 \pm 7万8000$ 年となる。このように誤差の大きい結果では、両火山については、破局的噴火に周期性を認めることはできない。なお、過去に破局的噴火を2度しか起こしていない火山に対して、周期を求めることは不可能であると同時に、これらの火山にお

ける破局的噴火に対して「活動間隔」や「休止期間」という概念も全く適用できない。

したがって現時点では、過去に破局的噴火が発生した時期に基づいて、将来予測を行うことは不可能である。

第3 日本国内（実際には北海道と九州）で今後100年間に破局的噴火が起きる確率は約1%である

一方でこのような場合については、それぞれの火山活動が例えばポアソン過程（ランダムに起きる現象を確率変数をもって記述するもの）に従うとして発生確率を求めることはできる。

噴火によって噴出される火山灰が地層内に比較的良好に保存されている過去12万年間では、日本列島で少なくとも11回の破局的噴火が起きている（甲326号証図4）。

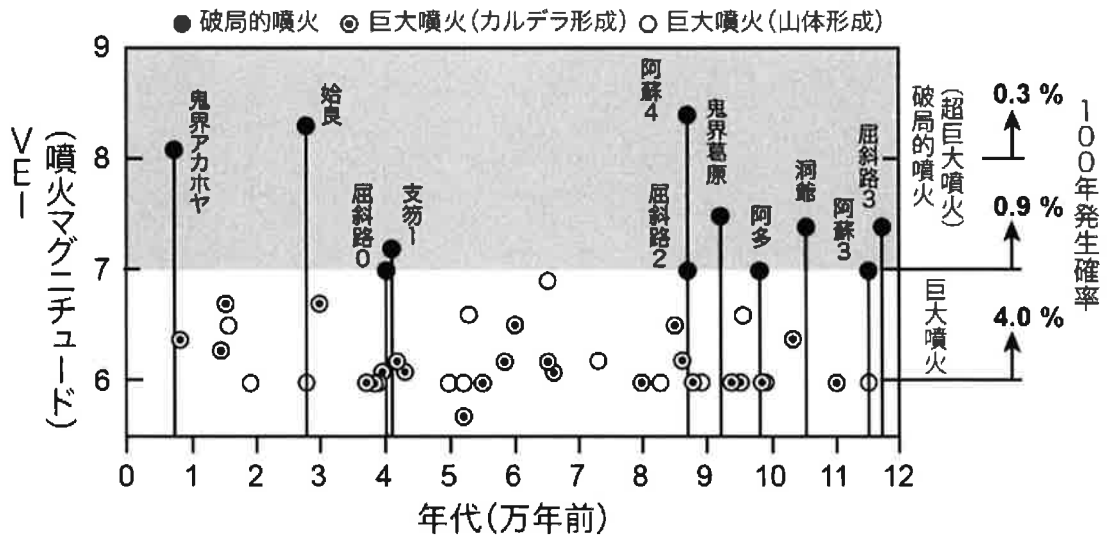


図4 過去12万年間に日本列島で起きた巨大噴火と破局的噴火、及びそれらの発生確率。巽(2019)を修正・加筆。

複数の火山で発生した、つまり互いに因果関係がない独立した事象である破局的噴火について、これらがポアソン過程に従うとして発生確率（図4）を求め

ると、日本国内（実際には北海道と九州）で今後100年間に破局低噴火が起きる確率は約1%である。

ここで問題となるのが、この一見低い確率が差し迫った状況を示すか否かであるが、この点について地球科学の専門家がたびたび例としてあげるのが、1995年の兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）である。地震発生後に地質調査などによって、震源断層について過去の地震発生周期や地震の規模について調査が進んだ。このデータに基づいて、地震発生直前の100年地震発生確率を求めるとほぼ0～数%となる。

しかし実際には地震が発生した。

すなわち、破局的噴火についても低確率であるから切迫した状況にない、ということはいできない。

第4 「原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける「設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に関する基本的な考え方について（平成30年3月7日）」における巨大噴火の可能性評価について

原子力規制庁は「原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける「設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に関する基本的な考え方について（平成30年3月7日）」において示されている2つの基本的考え方は、いずれの考え方も不合理であり科学的見地からかけ離れたものである。

- 1 基本的な考え方その1では、「巨大噴火の可能性評価に当たっては、火山学上の各種の知見を参照しつつ、巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、現在のマグマ溜まりの状況、地殻変動の観測データ等から総合的に評価を行い、火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか、及び運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根拠があるかどうかを確認する。」とされている。

しかしながら、現時点では「運用期間中に巨大噴火が発生すると科学的に合

理性がある具体的な根拠」を示すことは科学的には不可能である。

具体的に、巨大噴火の可能性を総合的に評価するための材料として挙げられている項目について検討する。なお、原子力規制委員会の「巨大噴火」の定義が一般的に火山の専門家が使うものとは異なるので、曖昧な議論を避けるために、「巨大噴火」を「破局的噴火」($VEI \geq 7$)と読み替えて検討する。当然、破局的噴火の方が原子力規制委員会の巨大噴火より大規模かつ原子力発電所への影響も大きいものである。

破局的噴火の活動間隔、最後の破局的噴火からの経過時間：これらについては、上述したように、将来の破局的噴火の予測には使うことはできない。その根拠を改めて述べると次の2点である：①現状では、統計的に意味のある単一火山における破局的噴火の活動間隔を求めることはできない、②活動間隔が不明である以上、休止期間はなんら予測につながる情報は与えない。

現在のマグマ溜まりの状況：この点に関してまず重要なことは、マグマ溜まりとは「この程度の深さに、この程度の大きさのマグマ溜まりが存在すると考えれば、観測・観察事実を説明することができる」というものに過ぎないのが現在の調査研究の水準で、様々な可視化技術を用いて正確にその存在や形状が示された例はないということである。このような現状で、「マグマ溜まりの状況」を正確に把握して、破局的噴火の予測を行うことは不可能である。

地殻変動の観測データ：これまでに発生した破局的噴火に対しての地殻変動の観測データが無い以上、運用期間中に巨大噴火が発生するという合理性がある具体的な根拠の有無を地殻変動の観測データに基づいて示すことは原理的に不可能であることは明白である。

同様に、破局的噴火直前の観測データが存在しない以上、「火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか」を判断することも不可能である。

地震に関しては「前兆現象を基にした直前予知」が不可能であることは学界

では周知の事実であり、それゆえに政府は「確率論的地震発生予測」を行なっている。当然ながら破局的噴火については、科学的に根拠のある前兆現象は認識されていない。また、個々の火山については過去における破局的噴火の回数が少ないために、統計的に優位な「確率論的的巨大噴火発生予測」を行うことは極めて困難である。

仮に先に述べたポアソン過程に基づいて、今後 100 年間に破局的噴火が日本で起きる確率を求めると 1 %程度となる。この値と、兵庫県南部地震発生直前の地震発生確率を比較すると、我が国では破局的噴火はいつ起きてもおかしくない、すなわち切迫した状態にあることになる。

以上指摘したように、この原子力規制委員会の火山影響評価に関する基本的な考え方は、現状では不可能なデータを示さない限り「破局的噴火の可能性は考慮する必要がない」というものであり、国民の安全を担保するという観点からは全く不適切である。

2 次に基本的考え方その2では「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る。現在の火山学の知見に照らし合わせて考えた場合には運用期間中に巨大噴火が発生する可能性が全くないとは言い切れないものの、これを想定した法規制や防災対策が原子力安全規制以外の分野においては行われていない。したがって、巨大噴火によるリスクは、社会通念上容認される水準であると判断できる。」としている。

この考え方には根本的に誤りがある。それは「破局的噴火を想定した法規制や防災対策が行われていない現状では、破局的噴火によるリスクは社会通念上容認される」という判断である。

災害や事故などに関してリスク評価を行う際に、重要な判断基準として考えねばならない指標の1つは、想定される被害と発生確率を乗じた「危険値」である。統計学ではこの概念は「期待値」と呼び、例えば宝くじなどを購入する際に

どの商品が有利であるかの判断に使われる。当選頻度（確率）が低くても賞金が高い商品は、当選頻度が高くとも賞金が少ないものより有利な場合があることを数字として示すことができる。ただここでは、災害や事故に対しては危険値の方が適切な名称と考えこの用語を使用する。ここでいう危険値とは、当該災害や事故で毎年平均するとどの程度の数の死亡者が出るかを表すことになる。

表2に、いくつかの災害や事故に関する危険値を示す。台風・豪雨被害は毎年見舞われる災害であり、水難事故や交通事故も毎年多くの死亡者がでてい

表2 事故や災害の危険値

	想定死亡者数 (人)	年間発生確率 (%)	危険値 (人/年)
台風・豪雨災害	250	100	250
水難事故	800	100	800
交通事故	4,000	100	4000
首都直下型地震	23,000	4	900
南海トラフ巨大地震	330,000	4	13000
富士山大噴火	14,000	0.1	15
富士山山体崩壊	350,000	0.02	70
九州破局的噴火	120,000,000	0.003	3600

らは頻度が高いこともあ

り、その被害を軽減することが必要であることは社会通念となっており、実際に対策が講じられている。これらに比較して、首都直下地震や南海トラフ巨大地震は発生確率の低いにもかかわらず被害が大きい、いわゆる「低頻度大規模災害」である。これらについては、対策を講じることの必要性は社会通念上認められていることは明らかである。

破局的噴火の危険値はどうであろうか。ここでは、破局的噴火に伴う火山灰の拡散や降灰、それに火砕流の分布などについて最も地質学的なデータが揃っている始良カルデラで2万9000年前に起きた破局的噴火が、被害が最も大きくなる九州中部で発生した場合、すなわち最悪の被害を想定している

(Tatsumi and Suzuki, 2014)。この破局的噴火では、北海道と沖縄を除く日本列島の大部分が10cm以上の火山灰で覆われ、気象庁や米国の国立学術文化研究機関であるスミソニアン協会の資料にもあるようにこの領域のライフラインは完全にストップする。現状ではこのライフラインの復旧対策が講じられていないために、最悪この領域に暮らすすべての人たちは生き残ることができ

ない。このようなまさに破局的な被害をもたらすために、他の災害に比べて圧倒的に低頻度（低確率）であるにもかかわらず、その危険値は交通事故と同程度に高くなるのである。

このような重大な危険性があるにもかかわらず、破局的噴火を想定した法規制や防災対策が行われていないのは、単に立法府や行政府、ひいては社会全体の認識不足にすぎない。また、前述した「危険値」の考え方からすれば、危険値の大きい災害に対しては通常よりも保守的な想定をすべきであり、他に破局的噴火を想定した法規制がないということが、原発の安全評価においても破局的噴火を想定しなくてよいという根拠にはなり得ない。

そもそも、破局的噴火は「設計対応不可能」な自然災害であり、起こってしまえば確実に原子力発電所が破壊される災害なのである。危険値の考え方からすれば、このような災害を考慮に入れず原子力発電所を稼働させることなどありえないのである。

破局的噴火によるリスクは社会通念上許容される水準であるとの結論は明らかに不合理である。

第5 被告九州電力による火山活動の影響評価について

1 運用期間中の噴火規模

被告九州電力は、過去に破局的噴火を起こしたカルデラ火山について運用期間中の噴火規模を検討している。その評価方法のひとつが破局的噴火の活動間隔と直近の破局的噴火からの経過時間の比較であるが、上述したように、この方法は科学的な意味をもたない。

次に被告九州電力は、噴火ステージ(Nagaoka, 1988)という概念を用いて現在および将来におけるカルデラ火山の破局的噴火の発生可能性を検討している。具体的には、後カルデラ火山噴火ステージにある火山では破局的噴火の可能性は十分に低いと評価するものである。

しかし、Nagaoka (1988) が述べているように、この噴火ステージモデルは暫定的なもの、すなわち作業仮説であり、破局的噴火やカルデラ形成を伴う火山に対して定量的かつ普遍的に成立するかどうかを検証されたものではない。論文にも鬼界カルデラはこのモデルが適用できないことが述べられている。

また、仮に大局的にはこのような噴火ステージの変遷が認められたとしても、一つの火山で同じようなサイクルが繰り返す保証は全くなく、またその時間スケールについても不明である。例えば、プリニー式噴火ステージというものがどの程度継続するのか、また後カルデラステージがどれくらいの期間継続して次の破局的噴火に至るのかについては、個々の火山について求められているわけではない。したがって、たとえ後カルデラステージにあることが確実に認定されたとしても、運用期間中に破局的噴火の可能性が十分に低いとは結論できない。

したがって、この評価方法は合理性のあるものとは言えない。

次に、被告九州電力は、巨大マグマ溜まりが形成される可能性が高い約10 km以浅におけるマグマ溜まりの有無を評価するとしている。被告九州電力の主張では10 km以浅に大量の珪長質マグマがない限り、破局的噴火は起きないということになっている。

この約10 km以浅という値は、珪長質マグマが密度中立点で浮力を失い停止する深さであるが、地殻内の力学的状態によってはさらに深い場所に巨大マグマ溜まりが形成される可能性も考慮しなければならないし、マグマ溜まりの深さを正確に求めることは現状では極めて困難である。さらに被告九州電力は、マグマ溜まりはマグマで充填されていると考えている。これはあまりにも古典的な認識で、現在では上述したように、結晶化（固化）が進行した状態のマグマ溜まりも考慮する必要がある。

2 評価結果

(1) 南部九州のカルデラの概要

被告九州電力は、鹿児島地溝内の破局的噴火の活動間隔を求めて、それが直近の破局的噴火からの経過時間より長いことから運用期間中に破局的噴火が起きる可能性は十分に低いと結論している。しかし、上述したように、異なる火山で起きた破局的噴火を用いて活動間隔を求めることは科学的には全く意味がない。

したがってこの値と経過時間を比較することも同様に無意味であり、得られた結論も何ら合理性がない。

既に述べたように、異なる火山では独立事象である噴火現象の可能性が低いか高いかは、確率として評価すべきである。例えばこれらの独立事象の発生がポアソン過程に従うと仮定して、過去60万年間のデータ（産業総合研究所のデータベース）に基づくと、鹿児島地溝内で8回、阿蘇を入れると12回の破局的噴火（マグマ噴出量 $> 40 \text{ km}^3$ ）が発生しているので、今後100年の発生確率はそれぞれ、1.2%と2%となる。

この確率は、例えば日本の直下型地震（1995年兵庫県南部地震、2014年熊本地震など）の発生前日の発生確率と同程度である。すなわち、九州中南部では、川内原発運用中に破局的噴火が起きる可能性は十分にあると結論できる。

(2) 始良カルデラ

ア 噴火履歴に基づく検討

被告九州電力は、まず鹿児島地溝における3座のカルデラ火山について求めた破局的噴火の平均間隔（約9万年）と始良カルデラにおける直近の破局的噴火からの経過時間（約3万年）を比較して、破局的噴火は差し迫った状況にないと述べているが、破局的噴火が周期的に発生するということが実証されたことは未だない。鬼界を含む4座を考えれば周期性なしとしているが、周期性がないにもかかわらず破局的噴火の活動間隔（約6万年）が最新の破局的噴火からの経過時間（約0.7万年）よりも十分長いことから運用

期間中の破局的噴火は起きないと結論するのは科学的に意味がない。現時点では過去に破局的噴火が発生した時期に基づいて、科学的な将来予測も行うことは不可能である。

次に、Nagaoka(1988)に基づいて、破局的噴火に先行するプリニー式噴火ステージの兆候が現在認められないことから、破局的噴火までは十分な時間的余裕があるとしている。しかし先に指摘したように Nagaoka の噴火ステージの概念は、未だ確立されたものではない。すなわちプリニー式噴火が破局的噴火の前兆であることが科学的に実証されていないし、この噴火からは破局的噴火へ至る時間スケールが、十分な地質学的証拠によって検証されているわけではない。

したがって、被告九州電力が導いた結論は科学的に合理性があるとは認められない。

また被告九州電力は、現在の桜島などの始良カルデラにおける火山活動は Nakagaoa(1988)の後カルデラ火山活動に相当するとして、破局的噴火ステージまでは十分な時間的余裕があるとしているが、この論拠にも科学的合理性はない。

イ 地下構造に基づく検討

地殻変動の観測データに基づいて始良カルデラの中央部直下12kmに変動を引き起こす圧力源があるとする井口ほか(2011)の推定を論拠に用いているが、最新の研究(Hickey et al., 2016)(乙ロ134の1)によると、圧力源の中心は9.9~15km、厚さは4~5kmとされている。また密度中立点で形成される珪長質の巨大マグマ溜まりの深さは10kmより深い可能性もあることを考慮すると、圧力源となっているマグマ溜まりが珪長質でないと結論することは科学的には不合理である。

ウ まとめ

以上(1)~(3)で述べたことから、噴火履歴と地下構造に基づいて出された

被告九州電力の結論は不合理なものである。他の火山に対する評価にも言えることであるが、この程度の論拠に基づいて得られる唯一の結論は、運用期間中に破局的噴火が発生する可能性を否定することはできない、というものである。

また被告九州電力は、現在の始良カルデラが破局噴火直前の状態ではなく、後カルデラ火山噴火ステージにあると判断し、運用期間中の最大規模の噴火として桜島薩摩噴火を考慮するとしている。

この被告九州電力の結論は、新火山ガイドによる「過去に巨大噴火が発生した火山については、当該火山の最後の巨大噴火以降の最大の噴火規模とする」という指針に沿って出されているものであるが、この指針に科学的な根拠を見つけることはできない。

火山噴火や地震のように、地質学的には短時間にエネルギーを放出する現象では、エネルギー量（噴火規模や地震マグニチュード）はその発生頻度との間には負の相関がある。このことは日本列島の火山活動においても確認されている（Tatsumi and Suzuki, 2014）（甲 B 1 1 5）。つまり、「巨大噴火以降の最大規模の噴火」を検討対象とする科学的根拠は全くない。

巨大噴火より規模が小さい噴火の中で起きる可能性のある最大規模の噴火は、巨大噴火の定義以下の最大規模の噴火でなければならない。

(3) 加久藤・小林カルデラ

ア 噴火履歴に基づく検討

被告九州電力は、当該カルデラ火山に対して、過去に2度起きた破局的噴火の年代から、活動間隔を20万年としているが、これを周期と認定することはできない。単一の火山で周期的に破局的噴火が発生したことが確認された例はない。

したがって、直近の破局的噴火から33万年経過していることを理由に破局的噴火が起きる可能性が十分小さいということは出来ない。

噴火ステージについては、既に指摘した通り、この手法で評価を行うことはできない。

イ 地下構造に基づく検討

この検討に関してまず指摘すべき点は、比抵抗構造のみに基づいて、マグマ溜まりが存在するか否かについて確定的な結論を出すことはできないということである。巨大マグマ溜まり（固化が進んだ状態も含む）の存在を否定することは現時点では科学的に不可能であるし、可能性が高くないことを示すためには、人工震源を用いた大規模稠密探査などと併せた検討が必要不可欠である。

なお、地震波干渉法を用いて、霧島連山の地下数キロから十数キロにかけて幅15キロ程度の大きさを持つマグマ溜まりの存在を示唆する研究成果が発表されている。

ウ まとめ

以上述べたことから、噴火履歴と地下構造に基づいて出された被告九州電力の結論は不合理なものである。また、始良カルデラに関して指摘したように、これまでの霧島火山の噴火を超える規模の噴火が将来起きないとする結論に至った論拠が示されていないし、論理的にこの結論を導くことはできない。

(4) 阿多カルデラ

ア 噴火履歴に基づく検討

被告九州電力は、当該カルデラ火山に対して、過去に2度起きた破局的噴火の年代から、活動間隔を14万年としているが、これを周期と認定することはできない。もちろん、これまでも述べたように、単一の火山で周期的に破局的噴火が発生したことが確認された例はない。

したがって、直近の破局的噴火から11万年しか経過していないことは、運用期間中に破局的噴火が起きる可能性が十分に低いことを担保しない。

噴火ステージについては、既に指摘した通り、この手法で評価を行うことはできない。

イ 阿多カルデラの地下構造に基づく検討

西ほか(2001) (乙ロ157号証573頁) では5 kmの深さに低速度異常が認められることを被告九州電力は引用している。それにもかかわらず、大規模なマグマ溜まりはないと結論することは不整合であり論理破綻している。

ウ まとめ

噴火履歴と地下構造のいずれに関しても、運用期間中の破局的噴火の発生を否定するものではない。

また、想定する噴火規模に関しても、他の火山と同様に科学的に不合理な想定となっている。

(5) 鬼界カルデラ

ア 最新の研究成果

日本列島では最も直近に破局的噴火を起こした鬼界海底カルデラについては、神戸大学を中心とした海域陸域統合探査によって、新しい知見が蓄積されつつある。ここでは、鬼界カルデラにおける今後の破局的噴火を評価する上で重要な点を、すでに国際誌

(Nature Scientific Reports) に公表され (Tatsumi et al. 2018) (甲B331の1)、カルデラ火山の活動様式に関して大き

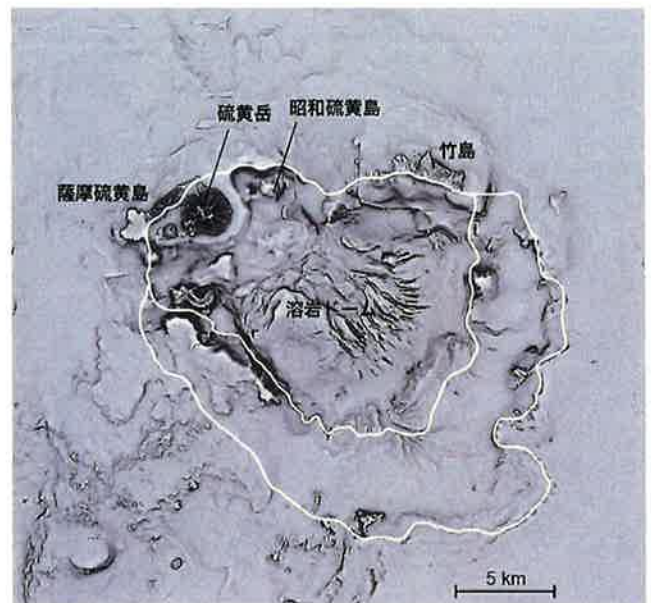


図6 鬼界海底カルデラの立体地形図。白線は地形と反射法構造探査で明らかになったカルデラ縁。カルデラ内の隆起域は、地下構造探査および最終した資料から、7300年前の破局的噴火とカルデラ形成以降に形成された溶岩ドーム。

す。

第一に、7300年前の破局的噴火（鬼界アカホヤ噴火）とカルデラの形成以降に、カルデラ内に少なくとも40km³のマグマが海底に噴出して溶岩ドームを形成したことである（甲B326号証図6）。現時点ではこの噴火に伴う火砕物（火山灰や軽石）は認識できていないので、VEIに基づいて規模を表現することはできないが、噴火マグニチュード7を超える破局的噴火であることは確かである。また、活動時期については現時点では特定することができないので、7300年前以降としか言えない。

しかしながら、鬼界カルデラ火山においては、過去3度の破局的噴火に加えて、7300年前以降に破局的噴火が起きたことは、過去の噴火履歴としては極めて重要な点である。

次に重要な点は、この溶岩ドームを形成したマグマは珪長質であり、

また鬼界アカホヤ噴火を起こしたマグマとは化学的特性が異なることである（甲B326号証図7）。このことは巨大溶岩ドームを形成したマグマは、鬼界アカホヤ破局的噴火を起こしたマグマの残存マグマではなく、7300年前以降に新たに供給されたことを意味する。

したがって、この桁外れに高い供給率を示すマグマ供給系が、現在も鬼界カルデラの地下に維持されている可能性がある（甲B326号証図8）。なお、上述しているように、カルデラ形成以降の「後カルデラ期」が火山活動の静穏な時期であり、破局的噴火は起こらないというような安直な考え方は成り立たない。

これらの新しい知見も踏まえて、被告九州電力の評価を検証する。

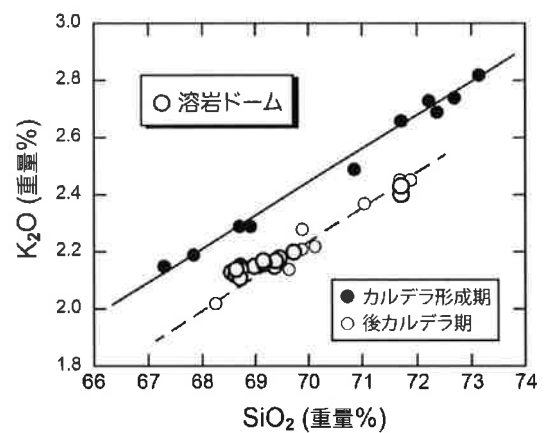


図7 溶岩ドームと鬼界アカホヤ噴火（カルデラ形成期）及び後カルデラ期（硫黄岳、昭和硫黄島など）の岩石の化学的特徴。

イ 噴火履歴に基づく検討

そもそも破局的噴火の活動間隔という概念は誤りであり、また噴火ステージに基づく評価は科学的に意味があるとは言えない。さらに、上述の最新の知見に基づけば、①破局的噴火の最短の活動間隔（＜7300年）は、最新の破局的噴火からの経過時間（＜7300年）と同程度以下である可能性があり、破局的噴火の発生が切迫している可能性がある。

②鬼界におけるカルデラ形成以降の活動では、カルデラ形成時（7300年前）と異なるマグマが高い供給率を示しており、巨大マグマ溜まりが形成されている可能性がある。

③鬼界アカホヤ噴火時に蓄積されていたマグマは出尽くした可能性が高く、現在の活動は供給率の高い新たなマグマ供給系によって引き起こされている。したがって、現在次の破局的噴火への移行期にあり巨大マグマ溜まりが形成されている可能性がある。

このように評価すべきである。

ウ 噴火履歴に基づく検討

被告九州電力は、顕著な地殻変動が認められないという観測に基づいて最近数年は地下深部からのマグマの供給はないとの結論を導いている。しかし仮にそうであったとしても、この状況が今後も続くことを示すことはできない。

さらにはこの事実に基づいて、カルデラ形成以降に大規模なマグマ供給がなかったとする評価は、溶岩ドームを形成する破局的噴火が起きたことと矛盾しているので誤りである。

また、現在存在しているマグマ溜まりは玄武岩質であり破局的噴火を起こさないとする評価も、現実に珪長質マグマによる破局的噴火が7300年前以降に起きた事実と矛盾するので、明らかに不合理である。

エ まとめ

以上述べたように、最新の知見も考え合わせると、被告九州電力による評

価のまとめは全て不合理であり、鬼界カルデラでは7300年前の破局的噴火とカルデラの形成以降にも破局的噴火を起こした活発なマグマ供給系が存在する可能性が高く、運用期間中にもアカホヤ噴火に相当する規模の噴火を考慮する必要があると考えなければならない。

(6) 阿蘇カルデラ

ア 噴火履歴に基づく検討

これまでも指摘したように、破局的噴火の活動間隔、噴火活動ステージに基づく評価には科学的意味はない。また被告九州電力が論拠としてあげている三好ほか(2005) (乙B111) では、ほぼ固化した、しかし高温マグマの注入によって直ちに破局噴火を引き起こす状況へと変化するマグマ溜まりの存在は否定できない。すなわち、被告九州電力による、破局的噴火の可能性は十分に低いとする評価は合理的ではない。

イ 地下構造に基づく検討

被告九州電力が根拠として示している地震波トモグラフィーによる結果「地下6kmに存在する小規模の低速度領域」について、甲B326号証図3の(b)(c)のような状態ではないことを示さない限り、破局的噴火に繋がる巨大マグマ溜まりの存在を否定することはできない。現時点ではこのような目的での探査は実施されていない。

また比抵抗構造を用いた探査結果については、著者自身が、マグマ溜まりが存在する可能性が高いにもかかわらず観測でそれが確認できなかったと述べて、さらなる検討が必要と結論している(乙B112号証26頁21行目以下)。それにもかかわらず被告九州電力が、マグマ溜まりはないと結論しているのは誤りである。

第6 甲B326号証の引用文献について

巽好幸教授の意見書(甲B326)が引用している文献の証拠番号は以下の

とおりである。

Bachmann, O. and G. Bergantz (2008) The magma reservoirs that feed supereruptions, *Elements*, 4, 17-21. (甲 B 3 2 7 号証)

Hickey, J., J. Gottsmann, H. Nakamichi and M. Iguchi (2016) Thermomechanical controls on magma supply and volcanic deformation: application to Aira caldera, Japan, *Scientific Reports*, 6, 32691 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep32691>. (乙ロ 1 3 4 の 1 号証)

井口正人・高山鐵朗・山崎友也・多田光宏 鈴木敦生・植木貞人・太田雄策・中尾 茂 (2008) GPS 観測から明らかになった桜島のマグマ活動, 京都大学防災研究所年報, 51, 241-246. (甲 B 3 2 8 号証)

三好雅也・長谷中利昭・佐野 貴司 (2005) 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*, 50, 269-283. (乙 B 1 1 1 号証)

Nagaoka, S. (1988) The late quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around Kagoshima bay, southern Kyushu, Japan, *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, 23, 49-122. (乙 B 7 1 号証)

巽好幸 (2019) 火山大国日本 この国は生き残れるか, さくら舎, 229pp.

巽好幸・鈴木桂子(2014) 焦眉の急, 巨大カルデラ噴火 —そのメカニズムとリスク, *岩波科学*, 84, 1208-1216. (甲 B 1 1 5 号証)

Tatsumi, Y., N. Suenaga, S. Yoshioka, K. Kaneko and T. Matsumoto (2021) Contrasting volcano spacing along SW Japan arc caused by difference in age of subducting lithosphere, *Scientific Reports*, 10, 15005 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72173-6>. (甲 B 3 3 0 の 1 号証)

Tatsumi, Y., K. Suzuki-Kamata, T. Matsuno, H. Ichihara, N. Seama, K. Kiyosugi, R. Nakaoka, K. Nakahigashi, H. Takizawa, K. Hayashi, T. Chiba, S. Shimizu, M. Sano, H. Iwamaru, H. Morozumi, H. Sugioka and Y. Yamamoto (2018) Giant rhyolite lava dome formation after 7.3 ka supereruption at Kikai caldera, SW Japan, *Scientific Reports*, 8, 2753 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21066-w>. (甲 B 3 3 1 の 1 号証)

Tatsumi Y., T. Suzuki, H. Kawabata, K. Sato, T. Miyazaki, Q. Chang, T. Takahashi, K. Tani, T. Shibata and M. Yoshikawa (2006) The Petrology and Geochemistry of Oto-Zan Composite Lava Flow on Shodo-Shima Island, SW Japan: Remelting of a Solidified High-Mg Andesite Magma. *Journal of Petrology*, 47: 595-629. (甲 B 3 3 2 の 1 号証)

Tatsumi, Y. and K. Suzuki-Kamata (2014) Cause and risk of catastrophic eruptions in the Japanese Archipelago, *Proceedings of the Japan Academy, Ser. B*, 90, 347-352. (甲 B 3 3 3 の 1 号証)