

意 見 書

2023 (令和5) 年 4月2 /日

広島地方裁判所民事第2部 御中

松山地方裁判所民事第2部 御中

氏名 葉 好幸



1 はじめに

私の経歴、破局的噴火についてのメカニズム、火山ガイドに関する「基本的な考え方」が科学的に不合理であること、南部九州のカルデラ火山（始良、加久藤・小林、阿多、鬼界及び阿蘇）について破局噴火に至る活動の可能性が否定できないこと、事業者による火山活動の影響評価に問題があること、事業者による火山モニタリングが無意味なものであること¹は、既に作成した2021（令和3）年9月19日付意見書（以下「2021年意見書」といいます。）に記載したとおりです。2021年意見書で念頭に置いていた「事業者」は九州電力でしたが、本件で問題となっている四国電力についても、九州電力の申請書等を参照している部分が多く、基本的には同意見書に記載したことが妥当すると思います。

本意見書は2021年意見書を前提として、特に伊方原発に対して、立地評価上重大な影響を及ぼすと考えられる阿蘇カルデラの活動可能性について重点的に述べ、また、四国電力が影響評価上伊方原発に最も大きな影響を与えると考える火山・噴火規模として九重山における九重第一軽石噴火（噴出量約6.2km³）までしか想定していないことの不当性等について、マグマや火山について研究してきた者

¹ ただし、四国電力は阿蘇について火砕流の到達可能性を否定しており、モニタリング自体を計画していません。

として意見を述べます。

2 阿蘇カルデラにおけるこれまでの巨大噴火について

2.1 4回の噴火とその規模について

九州には第四紀に少なくとも7つの巨大カルデラが形成されましたが、阿蘇カルデラはその中で最大のもので、東西18km、南北25kmという大規模カルデラです。

阿蘇カルデラは、4回のカルデラ噴火によって形成されました。それぞれ、今から約26万年前（阿蘇1）、約14万年前（阿蘇2）、約13万年前（阿蘇3）及び約9万年前（阿蘇4）に発生しています。産総研の火山カタログ（日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図）によれば、それぞれの噴火によるマグマ噴出量は、阿蘇1及び阿蘇2が32 DRE km³以上、阿蘇3が96 DRE km³以上、阿蘇4が384 DRE km³以上で、いずれも巨大噴火（ ≥ 4 DRE km³）あるいは超巨大噴火（ ≥ 40 DRE km³）に該当する噴火の規模です²。

産総研の火山カタログ記載のマグマ噴出量は、現時点において信頼性の高い数字であることに間違いありませんが、ここでいう「信頼性が高い」というのは、少なくともこれくらいはあったはずだということが確実、という意味であり、これを上回る噴出量がなかった、ということの意味しません。

すなわち、過去の噴火については、調査が進むことでマグマ噴出量がそれまでの推定より多かったことを示す証拠が見つかることがあり³、推定が上方される修正ことが度々起こります。例えば、2022年には、始良カルデラについて新しい調査が進んだ結果、噴出量が従来 of 想定 of 1.5倍以上であることが明らかになりま

² 噴火によってもたらされた噴出物の量には、総噴出量ないし見かけ噴出量と、マグマ噴出量があり、マグマ噴出量については、「DRE km³」という単位で表記することがあります（DREは「Dense Rock Equivalent」の略）。最近では、多くの研究者はこのマグマ噴出量を用います。それぞれの関係については、2021年意見書2頁の表1を参照してください。

³ 例えば、火口から離れた地点で、新たに厚い火砕流堆積物が見つければ、噴出量が全体的に増えることとなります。これに対し、逆（それまで火砕流堆積物と考えられていたものが、実際にはそうではなかったと判断され、噴出量が可能修正される場合）はあまりない、ということです。

した。また阿蘇4噴火についても最近の産業総合研究所の研究によると、阿蘇4噴火の火砕流と火山灰の噴出量はそれぞれ220～590DRE km³以上、240～370DRE km³と推定されています（それまでの推定では上述のように、合計384DRE km³以上）。このような推定噴出量の上方修正は火山の分野においてはあり得ることであり、上記の阿蘇カルデラにおけるマグマ噴出量も、将来、もっと多かったと更新されることも十分にあり得ます。

2.2 阿蘇4噴火について

阿蘇カルデラの噴火の中でも最大の阿蘇4噴火は、約9年前に発生した噴火であり、噴火マグニチュードは約8（VEIでいえば8クラス）に達し、この噴火によりまき散らかされた火山灰は日本列島全体を覆い、北海道でも15cmの降灰があったとされています。阿蘇4噴火は、阿蘇カルデラで最大というだけではなく、第四紀（約260万年前から現在までの期間）に日本列島でおきた火山噴火においても最大規模のもの1つであるといえます。

2.3 「TITAN2D」による阿蘇4火砕流シミュレーションについて

四国電力は、阿蘇4火砕流が伊方原発敷地に到達したかという検討として、「TITAN2D」という解析ソフトを用いて火砕流のシミュレーション評価を行ったようです。

私は噴煙柱や火砕流についてのシミュレーションの専門家ではありませんが、「TITAN2D」を阿蘇4のような破局的噴火の火砕流シミュレーションに用いることの問題については、元気象研究所の研究者である浜田信生氏が、地球惑星合同学会にポスター掲示した「原発立地の安全審査に関わる火山災害シミュレーションの問題点」の中で指摘しています。

浜田氏は結論として、「この（※TITAN2Dによる）大規模火砕流のシミュレーションは実態とは無縁な荒唐無稽なもの」と述べていますが、私が内容を読む限り

科学的論理的な問題点はなく、浜田氏の指摘は合理的なものであると考えます。

3 巨大カルデラ噴火の発生可能性について

3.1 発生可能性を予測するのが困難であること

3.1.1 特にマッシュ状のマグマ溜まりの把握が困難であること

巨大カルデラ噴火のメカニズムについては、2021年意見書の3項（3～11頁）に詳しく書きました。現在の観測技術では、部分融解状態（いわゆる「マッシュ状」のマグマ。2021年意見書7頁図3の(b)や(c)の状態）のマグマ溜まりを精度良く把握することは極めて困難です。それを可能にするには、人工地震を使った大規模かつ稠密な探査が必要ですが、それでも精度良く観測できるかどうかは分かりません。自然地震を用いた評価だけでは、頻度も少なく、信頼性の高いデータを集めることは困難です。

マグマ溜まりとは、決して液体状のもの（(a)の状態）だけをいうのではなく、冷えてマッシュ状になったマグマ溜まり（(b)や(c)の状態）も、地下から高温のマグマが注入されれば、噴出可能なマグマ（(a)の状態）へと変化することがあるのです。

そもそも、メルト（液体状）のマグマ溜まり（2021年意見書7頁図3の(a)の状態）であっても、観測は簡単ではありません。日本列島の火山で、マグマ溜まりの存在とその形状を精度良く観測した例はありません。海外では、イエローストーンなどでは、巨大なマグマ溜まりについてその存在は把握されていますが、それは、マグマ溜まりが巨大でしかも非常に浅い部分に存在しているために観測しやすく、また、30年近い年月をかけて精密に観測した結果であるといえます。しかし、それでもメルト部分の周辺にあると考えられるマッシュ状のマグマ溜まりがどれくらいあるのか、あるいはマグマ溜まりと周囲の地殻物質との境界については詳しく分かっていません。

四国電力が主張するような各種の探査は、イエローストーンで実施されているよ

うな稠密かつ長期間のものではありません。日本では阿蘇も含め、イエローストーンのような稠密に観測したデータが揃っているとは言えず、火山のマグマ溜まりについて観測できているとはいえないのが現状です。

以上のことから、現在九州のカルデラ火山の地下に、破局的噴火を引き起こすのに十分なマグマ溜まりは存在しているけれども、それらがマッシュ状であるために把握できないという可能性は否定できませんし、それらが今後、噴出可能なマグマへと変化する可能性も否定できません。少なくとも、マグマ溜まりが存在しないという前提で原発の稼働を進めるのは、科学的には正当性があるとは言えません。

3.1.2 噴火可能な状態になるまでの時間間隔

また、仮に、現在の火山の状態だけを見て、例えば、液体状のマグマ溜まりが存在する可能性が小さく、直ちに噴火するような状態ではないとしても、重要なのは、そのような状態から、どれくらいの時間間隔で噴火に至るのか、あるいは噴火してもおかしくない状態に至るのかということで、例えば、10年オーダーのタイムスケールで噴火に至る可能性があるのだとすれば、原発の運用期間中の活動可能性は小さいとはいえないはずです。

2021年意見書でも書きましたが、(b)や(c)の状態にあるマグマ溜まりが、破局的噴火を起こし得る状態((a)の状態)へと変化する時間間隔は、場合によっては10年オーダーという短期間になることも考えられ、10年単位でみて高温・液体状態へのマグマ溜まりへと変化する、巨大噴火～超巨大噴火を起こすことは十分にあり得ます。

仮に現在の状態に照らして、液体状のマグマ溜まりが存在する可能性が小さいとしても、本来は、活性化するまでにどれくらいの時間がかかるのかについてシミュレーションを行うべきだと思います。シミュレーションについては、2021年意見書で引用した私たちの論文に示した解析法を用いれば可能です。もちろん、パラメータには不確実性が伴いますので、いろいろなパラメータを入力してみて、保守

的なものを採用する必要があります。火山ガイドは、「運用期間中における検討対象火山の活動の可能性」が「十分小さい」ことを確認するとされていますが、こういったシミュレーションもせず、現在の状態を確認すればそれではよいかのような実態になってしまっており、当てはめになっていないと思います。

3.2 四国電力の主張の不当性

3.2.1 周期性を見出すことはできないこと

四国電力は、現在の阿蘇カルデラについて、「カルデラ形成期」ではなく「後カルデラ期」にあり、阿蘇の地下には大規模な珪長質マグマの蓄積がないこと、巨大噴火の発生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が、現在の阿蘇ではそのようなマグマ溜まりが観測できていないことなどを理由に、巨大噴火が起こるような状態ではないと主張しているようです。

まず、四国電力が、火山活動に周期性があるという意味で「カルデラ形成期」、「後カルデラ期」との用語を使用しているのであれば、それは誤りです。後カルデラ期であるから巨大噴火～超巨大噴火が起きることはない、ということはありません。そもそも、阿蘇においては周期性を見出すことは極めて困難です。4回噴火したといっても、その間隔はまちまちであり、周期の誤差が大きすぎる（ 6 ± 6 万年）からです。統計的に考えても、そのような周期を考えることは無意味です。

3.2.2 巨大マグマ溜まりが存在しないという評価の誤り

四国電力は、音波探査等、各種の探査・調査の結果をもとに、現在の阿蘇の地下に、巨大～超巨大噴火の原因となるような巨大なマグマ溜まりは存在しないかのように主張しているようです。

確かに、現在、阿蘇の地下において、そういったマグマ溜まりが観測で確認されていないのは事実です。

しかし、観測で確認されていないからといって、存在しないということにはなり

ません。2021年意見書でも書き、また前述したように、観測によって確認できないマグマ溜まりが存在する可能性は否定できません。この観測困難なマグマ溜まりについて、亡須藤先生は、意見書において、「近時の通説的見解では、マグマ溜まりはその周辺の母岩(地殻)と比較的明瞭な壁のようなもので仕切られているのではなく、マグマ溜まりの大部分はマッシュ状(半固結状態)でほとんど流動できない状態にあり、その外縁は周辺の母岩と明瞭な区別はできないと考えられています。」とマッシュ状のマグマ溜まりと表現しています。

なお、亡須藤先生は、安部祐希氏の博士号論文に、「草千里南部のマグマ溜まりの下には、体積500km³の巨大な低速度層があることが検知」されていることを指摘し、「こういったマグマ溜まりが近い将来に VEI 7級の噴火を引き起こす可能性も、決して否定はできないのです。」と指摘されています。マッシュ状のマグマ溜まりを観測把握することが困難である以上そのような推定も否定できません。低速度層がある以上そのような可能性もあると考えて、しっかりと検討していかなければならない問題であるといえます。

3.2.3 珪長質マグマでなければ巨大噴火を起こさないという主張について

四国電力は、現在の噴出物が苦鉄質中心であることを理由に、巨大噴火を起こすようなマグマ溜まりが存在しないと主張していますが、これもそうとはいい切れません。

苦鉄質のマグマは、一般に高温で、メルト状態であることが多く、そのような一部メルトしているマグマが噴出すれば、確かに苦鉄質の噴出物が確認できると思います。しかし、苦鉄質マグマの周辺に、マッシュ状の観測困難なマグマが大量に存在する可能性は否定できません。これらは、新たに地下深くから高温のマグマが注入されることによって再活性化し、巨大な珪長質マグマ溜まりを形成します。前述したとおり、重要なのは、マッシュ状のマグマが再活性化し、巨大噴火を引き起こす状態になるまでの時間間隔であり、それは10年オーダーで起こり得ます。

たとえ現在が苦鉄質中心でも、数十年、あるいは100年単位の運用期間中に、再活性化が起こり、巨大～超巨大噴火に至る可能性は十分小さいとはいえないのです。

2014年に作成された当初の火山ガイドには、マグマ溜まりについて、「新しいマグマの注入・混合によりマグマ組成の変化が普通に起こる」と記載されていました(1.4項(7))。これは、火山学的には正しい記載であり、新しいマグマが注入され、それまで苦鉄質であったマグマ組成が珪長質に変化することは常識的に起こり得ることです。

2019年に改正された火山ガイドでは、この「普通に」という言葉が削除され、「新しいマグマの注入・混合によりマグマ組成の変化が生じる」と改正されましたが、「普通に起こる」という表現が削除されたことに科学的意味が存在するわけではありません。

なお、阿蘇は、過去に、珪長質ではなく安山岩質マグマで巨大噴火を起こしたことが確認されているめずらしい火山です(阿蘇2及び阿蘇3)。少なくとも、阿蘇については、珪長質でなければ巨大噴火を起こさないという命題自体が誤っています。

3.2.4 Sr 同位体比の違いについて

四国電力は、マグマの組成に加えて、Sr 同位体比から、現在の地下の状態が巨大噴火直前の状況ではないとも主張していますが、Sr 同位体比では巨大噴火の予測をすることはできません。

地下深部からの新しいマグマの注入・混合によって、Sr 同位体比が変わることがあり得ます。四国電力の主張は、巨大噴火が発生しないという結論に至るメカニズムを想定し、それ以外のメカニズムでは巨大噴火が発生しないという前提の議論のように見受けられます。

噴火の可能性について真摯に予測しようとするのであれば、マグマ溜まりの大き

さ、温度、組成、玄武岩質マグマがどの程度注入されるのかといった情報を基にシミュレーションをすべきなのですが、現実にはそのようなシミュレーションがなされているとはいえ、このことは現在の火山学全体の第一級の課題であるといえます。

3.2.5 BBNに基づく評価について

このほか、四国電力は、阿蘇4規模噴火の発生可能性について、ベイズ統計学を元にしたBBNに基づいて、今後100年間は阿蘇4噴火が発生する確率が小さいかのように結論づけています。

確かに、ベイズ統計学の観点から、より意味のある発生確率を求めることは、データが豊富にある場合には有意義ではあるといえます。ベイズ統計学は、最初に、噴火の頻度などを参照としつつも、ある程度主観的に発生確率を設定し、データが集まるごとに、これに修正する要素を加えていく（ベイズ更新）という手法であり、一般には、ビッグデータなどを扱うのに適した統計的手法です。データが少なければその信頼性は高いとはいえ、また、どのような要素で修正をかけていくかによっても結論が大きく変わり得ます。

しかし、上述のとおり、マグマ溜まりの状態も十分に観測できていない現状においては、ベイズ更新として修正すべき要素が見当たらず、有用な結論を得ることができません。「現在巨大なマグマ溜まりは存在せず、マグマ溜まりの状態について苦鉄質中心」という前提事実を元に判断するのであれば、誤った前提事実をもとにした誤った確率論的評価になっている危険があります。

さらにいえば、この検討では、阿蘇4噴火と同規模の噴火の発生可能性を問題としているだけで、それよりも一回り規模の小さい阿蘇1ないし3規模の噴火が発生する可能性については何ら触れられていません。詳しくは後述しますが、巨大噴火程度の噴火でも、火砕流は到達しないかもしれませんが、相当大量の降下火砕物は到達しますし、阿蘇以外のカルデラにおいて巨大噴火が発生することに関する確率

論的評価もなされていません。

3.2.6 阿蘇4以降、マグマ供給システムが変化したとの主張について

四国電力は、珪長質マグマの生成プロセスや進化過程の差異、噴火傾向の差異や宇和盆地の体積記録に残る統計学的にも有意な差異、多種多様な地球物理学的調査によって明らかにされた地下構造から推定される供給系とカルデラ形成期に想定される供給系との差異を踏まえれば、阿蘇4噴火後、阿蘇のマグマ供給システムは大きく変化したと考えることが合理的と主張していますが、マグマ供給システムのメカニズムは、あくまでも仮説的な段階にすぎず、全てが解明されているわけではありません。また、阿蘇4噴火以前にどのようなマグマ供給システムだったのかということに関する知見も限られているため、それが「変化した」という結論を導くこともできません。

百歩譲って、現時点でマグマ供給システムが変化したとしても、ここ数年～数十年の間に、それがさらに変化して、超巨大噴火を引き起こす状態になる可能性もあります。四国電力の主張を前提としても、今後、マグマ供給システムが変化することはない、ということまでいえないければ、運用期間中の活動可能性が十分小さいとはいえないはずです。

これまでに、巨大噴火が可能な状態になったことを適時に把握できるかという観点で研究した研究例もないため、現在の火山学では、そのような適時の把握も困難というほかありません。

3.2.7 小括

以上のおりですから、阿蘇カルデラについて、四国電力が主張するような各種の調査などを理由に、噴火が「差し迫っていない」と判断することは困難です。マグマ溜まりが観測できない以上、阿蘇カルデラについては、近い将来巨大噴火が起きるかもしれないし、起きないかもしれないという回答とならざるを得ないのです。

四国電力は、各種のデータを総合すれば、現在の阿蘇の状態が巨大噴火直前の状態ではないといえるといいますが、不確実な根拠をいくら積み重ねても結論は不確実ですし、前述したとおり、より重要なのは噴火可能な状態に至るまでの時間間隔であり、この時間間隔に関しては四国電力は十分な検討をしているとは言えません。

結局、阿蘇における巨大カルデラ噴火の発生可能性は、十分小さいとは評価できないといわざるを得ないと考えます。

3.3 巨大～超巨大噴火（破局的噴火）のリスクと社会通念について

これまでの原発差止に関する裁判で、火山の問題が争点になったものの中には、破局的噴火のリスクについて、社会通念上許容すべきものであるとした裁判例があります。

しかし、2021年意見書にも記載したとおり、同じく低頻度大規模災害であるトラフ巨大地震については、阪神淡路大震災や東日本大震災を経験した私たちは備えを行ってきました。そうであれば、同じように低頻度大規模災害である破局的噴火についても、そのリスクを把握し、防ごうとすべきです。発生可能性と被害の大きさを掛け合わせた危険値で考えると、大規模地震と破局的噴火との間に大きな違いはなく、むしろ破局的噴火の方が危険値が大きいともいえます。まして、火砕流が到達する範囲に原発があった場合には、その損害は桁違いに大きくなり、危険値は跳ね上がります。巨大噴火の被害をできる限り防ぐためには、事前の法規制や防災対策が必要ですし、少なくとも原発という危険施設の安全評価においては、巨大～超巨大噴火のリスクは当然に考慮されるべきであると考えます。

4 巨大～超巨大噴火に至らない噴火について

4.1 巨大噴火に至らない噴火の可能性も否定できないこと

阿蘇カルデラにおいてVEI 7以上の超巨大噴火には至らないまでも、小規模なカルデラ噴火や、カルデラ噴火には至らないけれども大規模な山頂噴火（summit

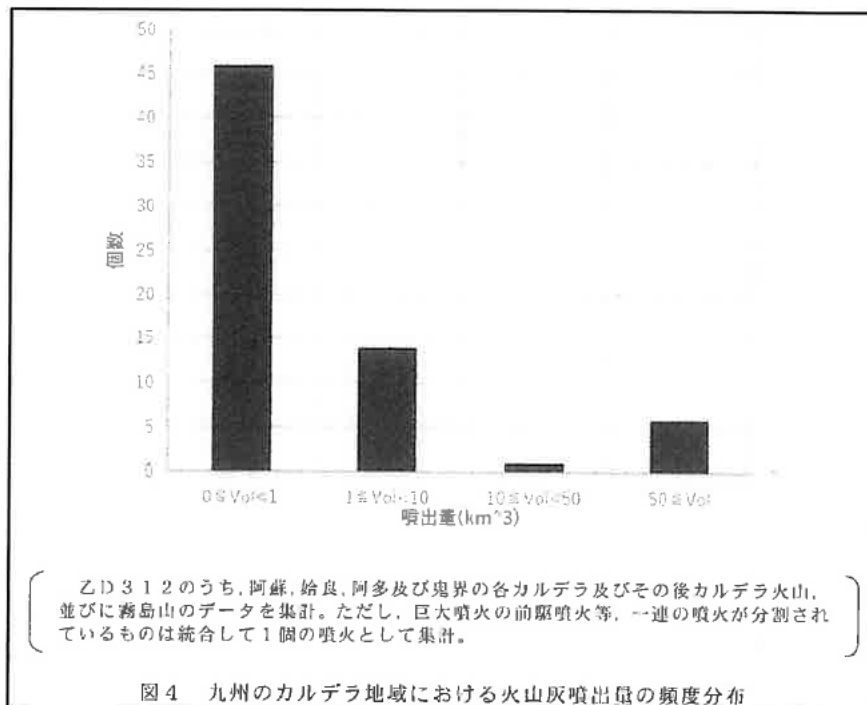
eruption) が起きる可能性についても否定できません。

四国電力は、阿蘇カルデラにおいて想定すべき噴火として、阿蘇4以降の既往最大である草千里が浜軽石噴火（噴出量約1 DRE km³、VEI 5程度）としていますが、巨大～超巨大噴火について、その発生可能性が否定できない以上、これには至らないVEI 6の噴火についてもその発生可能性は否定できず、VEI 5の噴火までしか想定しないというのは、科学的には根拠がありません。

基本的に、噴火の発生確率と噴火規模との間には逆相関関係があり、噴火規模が小さいものほど発生確率は大きくなります。

4.2 四国電力の根拠① - 須藤ほか（2007）のデータについて

四国電力は、まず、須藤ほか（2007）のデータを引用し、以下のような表を用いて、九州のカルデラ地域における火山灰噴出量の頻度分布を挙げながら、「巨大噴火が破局的噴火よりも一回り小さいため発生頻度が大きくなる」という関係が「全ての噴火規模において成立するものではない」と主張しているようです。



しかし、まず、上記表にある噴出量はマグマ噴出量（DRE）ではないように思います。超巨大噴火（破局的噴火）の噴出量の体積は100 km³以上ですが、なぜ50 km³のところまで区別されているの

か、科学的な根拠が分かりません。

また、四国電力が集計しているのは、九州に限られた火山のデータ（せいぜい70個に満たないデータ）にすぎず、そのような少ないデータに基づいて結論を出すことは、統計学的にみて誤差が大きすぎ危険であるといえます。多くのデータを用いると後述するように、いずれも規模と頻度は逆相関するのです。

4.3 四国電力の根拠② - Tatsumi et al. (2014) について

四国電力は、私が、他の研究者とともに2014年に発表した論文を根拠に、巨大噴火と巨大噴火に至らない大規模な噴火の規模に大きな差があるかのように主張しているようです。

確かに、四国電力が引用するように、私の論文では、噴火マグニチュード5.7以下の山頂噴火と、噴火マグニチュード7以上のカルデラ形成噴火 (Caldera-forming eruption) とでは、メカニズムが異なるという考察をしていますが、右図の“Hybrid eruption”という部分にあるように、カルデラ噴火でもM6クラスにとどまることもありますし、山

頂噴火でもM6クラスに達するものもあります。この論文は、噴火規模と発生頻度の逆相関関係が、世界的に見られるような単純な直線関係ではなく、2つの山があるように見えるということを示すものであって、ハイブリッドの部分では噴火が発生しないとか、発生確率がM7よりも小さくなるといったことを意味するもので

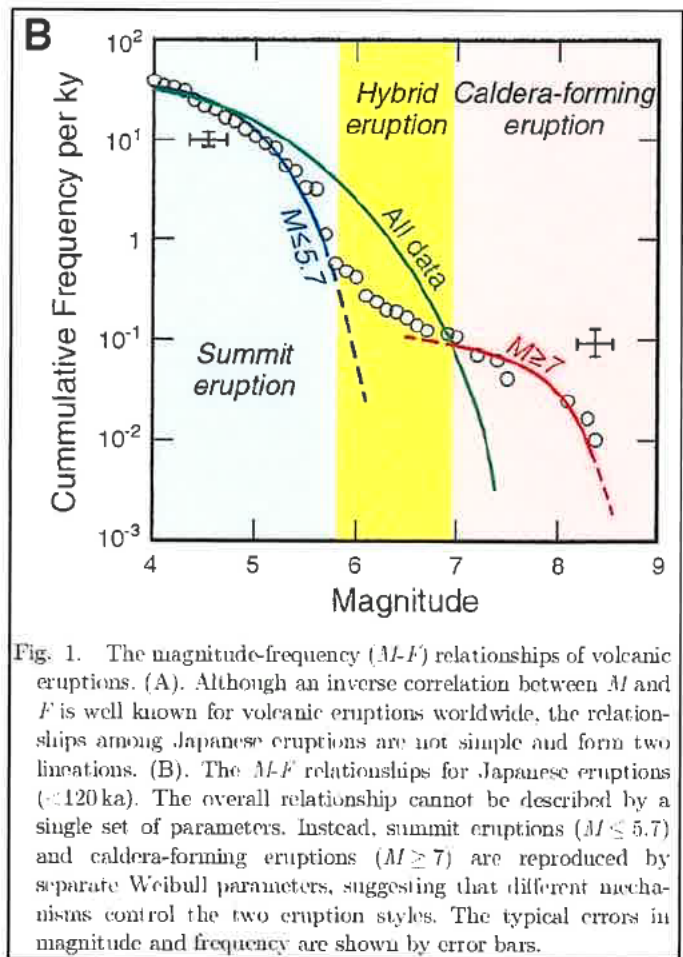


Fig. 1. The magnitude-frequency ($M-F$) relationships of volcanic eruptions. (A). Although an inverse correlation between M and F is well known for volcanic eruptions worldwide, the relationships among Japanese eruptions are not simple and form two lineations. (B). The $M-F$ relationships for Japanese eruptions (< 120 ka). The overall relationship cannot be described by a single set of parameters. Instead, summit eruptions ($M \leq 5.7$) and caldera-forming eruptions ($M \geq 7$) are reproduced by separate Weibull parameters, suggesting that different mechanisms control the two eruption styles. The typical errors in magnitude and frequency are shown by error bars.

は全くありません。

○印が個々の噴火の規模と発生頻度を表していますが、ご覧いただいで分かるように、ハイブリッドの部分にもたくさんのドットがあります。どちらかという、この図は、M6の発生可能性が小さいというよりも、日本では、世界的に見てM7の発生可能性が大きいということを示すものともいえるのです。

四国電力が引用する下司（2016）の論文も、基本的には私の論文を引用するものであって、噴火規模と発生頻度の逆相関関係を否定するものではありません。

4.4 更田豊志・原子力規制委員会委員長（当時）の発言について

更田委員長（当時）は、巨大噴火に準ずる規模の噴火を無視する理由として、「数十が巨大だとして、では、それをちょっと下回るものという、元の想定と変わらないですね、基本的に。これは余り科学的な議論とは言えないだろうと思っています。」と発言しているようですが、この発言は正直言って意味不明です。

4.5 まとめ

したがって、VEI7クラスの破局的噴火に至らないVEI6レベルの巨大噴火については、破局的噴火よりも高い確率で発生し得る噴火であり、当然VEI7クラス以上に発生可能性が否定できない噴火規模であるといえます。

5 想定すべき降下火砕物について

5.1 九重第一軽石噴火の噴火規模

四国電力は、降下火砕物について、九重第一軽石の噴出量（6.2 km³）までの想定で十分であり、伊方原発の敷地における降下火砕物の最大層厚15 cmとみるべきと主張しています。

しかし、九重山のように火山フロント上に位置する火山については、過去最大とされる九重第一軽石噴火よりも更に大きい噴火が発生する可能性も否定できません。

そもそも、噴出量の推定は、2で述べたように、下方修正されることは少ないですが、上方修正されることはしばしばあり、「この噴火規模以上にはならない」ということを保障するものではありません。

5.2 風向について

四国電力は、「風の影響を強く受ける火山灰について、九重山から見てジェット気流が卓越しやすい方角にある宿毛市（九重から東）と、本件発電所の方角（九重から北東）における降灰を同一視できない」とか「降灰分布は偏西風（ジェット気流）の影響を強く受ける。九重では、ジェット気流が最も卓越する冬季において降灰の主軸が延びるのは、本件発電所より南方となる（敷地方向にはジェット気流は吹かない）」と主張しているようですが、風向は常に変化し得るものであり、以上のような主張に意味があるとはいえません。

5.3 Tephra2 によるシミュレーションについて

四国電力は、降下火砕物の影響について、Tephra2 というシミュレーションソフトを用いて評価を行っているようです。

これについても、2.3 で述べたように、浜田信生氏は、学会発表ポスターにおいて、「将来の大規模な噴火の降灰量を評価予測するだけの精度、信頼度はない」と結論付けていますが、科学的、論理的に不合理な点があるとは思われません。

指摘されていること以外で補足すると、火砕流が発生するような大規模な噴火においては、火砕流から生じる灰神楽の影響も大きいと思いますが、Tephra2 によるシミュレーションでは、やはり火砕流が発生するような大規模な噴火を念頭においていないためか、これを考慮したモデルになっていないようです。

一般に、シミュレーションというのはパラメータの設定次第でいかようにもなり得るもので、実際の物理現象とかけ離れたモデルを使って、降灰分布と何となく整合するようにパラメータを操作することは可能です。しかし、このようなシミュレ

ーションはたまたま結果が似ているだけで、実現象を再現しておらず科学的には意味のないものである可能性があります。

5.4 気中降下火砕物濃度の推定に用いた粒径分布について

四国電力は、降下火砕物の気中濃度を推定するに当たって、Tephra2による粒径分布の計算値を用い、以下の表のとおり、3.1 [g/m³] を上限値としています。

第1表 入力条件及び計算結果

入力条件/計算結果		備考
設計層厚	15cm	設置(変更)許可を得た設計層厚(第2図)
総降灰量 W_T	150,000g/m ²	設計層厚×降下火砕物密度 1g/cm ³
降灰継続時間 t	24h	Carey and Sigurdsson(1989)参考
粒径iの割合 p_i	別表1参照	<u>Tephra2による粒径分布の計算値</u>
粒径iの降灰量 W_i		式①
粒径iの堆積速度 v_i		式②
粒径iの終端速度 r_i		Suzuki(1983)参考(第1図)
粒径iの気中濃度 C_i		式③
気中降下火砕物濃度 C_T	3.1g/m ³	式④による計算結果を保守的に切り上げ

別表1 粒径ごとの入力条件及び計算結果

粒径i ϕ (μ m)	1~0 (1,414)	0~1 (707)	1~2 (354)	2~3 (177)	3~4 (88)	4~5 (44)	5~6 (22)	6~7 (11)	合計
割合 p_i (wt%)	0	1.4×10^{-2}	52.19	37.13	8.83	1.71	0.12	1.2×10^{-3}	100
降灰量 W_i (g/m ²)	0	2.1×10^1	7.8×10^1	5.6×10^1	1.3×10^1	2.6×10^0	1.8×10^0	6.3	$W_T=150,000$
堆積速度 v_i (g/s·m ²)	0	2.4×10^{-1}	0.91	0.64	0.15	3.0×10^{-2}	2.1×10^{-3}	7.3×10^{-5}	—
終端速度 r_i (m/s)	2.5	1.8	1.0	0.5	0.35	0.1	0.03	0.01	—
気中濃度 C_i (g/m ³)	0.0	1.4×10^{-1}	0.91	1.29	0.44	0.30	0.07	7.3×10^{-3}	$C_T=3.01$

この粒径分布は、1~3 ϕ の粒径が約9割であり、4 ϕ まで含めると約98%になります。しかし、Tephra2によるシミュレーションは前述のとおり信頼度が高いとはいえ、そのデータを用いて計算することが合理的とは思えません。常識的な感覚としては、九重山から約108km離れた伊方原発の地点では、より細かい粒径の火砕物が多く降下すると思います。

以上