

平成24年(ワ)第430号 川内原発差止等請求事件
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70

—被告国準備書面12に対する反論—

2019(令和元)年12月2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 板 井 優



同 後 藤 好 成



同 白 鳥 努



外

本準備書面は、被告国が提出した、産業技術総合研究所グループ長の下司信夫氏名義の平成29年度原子力規制庁請負調査報告書「カルデラを形成するマグマ溜まりの定置条件」(乙口137)(以下「下司報告書」という。)に係る被告国の第12準備書面に対して反論することを目的とするものである。

目次

第1	下司報告書を提出する被告の趣旨と報告書の内容との齟齬	2
第2	コンラッド面から推測されるマグマ溜まり定置深度の不確かさ	3
1	下司報告書3.2の概要	3
2	マグマ溜まりの深さは浮力中立点だけでは決まらない	4
3	コンラッド面の深度の不確かさ	4
第3	roof aspect ratio についての議論	6
1	カルデラ陥没の「しきい値」が不明	6
2	「Geshi et al.2014」が不明	7
3	始良カルデラの構造的直径は「~15 km」	8
4	始良カルデラはピストンシリンダー型なのか	9
第4	下司氏が言及するマグマ溜まりと噴火メカニズムの不確かさ	10
第5	「まとめ」の論拠は薄弱	11
第6	阿蘇4噴火のマグマ溜まりの深さ	12

第1 下司報告書を提出する被告の趣旨と報告書の内容との齟齬

原告らはこれまで、破局的噴火時のマグマ溜まりが地下10 km以浅にあるとは限らないことを一貫して主張してきた。被告国は下司報告書によって、この原告らの主張に対して反論し、阿蘇カルデラなどの陥没カルデラを形成する大規模噴火時には、地下4 kmないし5 kmにマグマ溜まりが定置して噴火することについて改めて説明し、本件適合性審査の合理性を立証することを試みている。

確かに、下司報告書の「まとめ」には「(陥没カルデラを形成させる) 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」(20頁) という記載がある。

だが、下司報告書全体では、陥没カルデラを形成させるようなマグマ溜まりが地下4, 5 kmにその天井が存在したということを論じている記述は非常に少ない。そもそもマグマ溜まりの深さを直接論じているのは下司報告書の項目のうち「3. 2 地殻構造から推測されるマグマ溜まり定置場所」(8頁) と「4. 陥没カルデラの構造発達からのマグマ溜まり深さ制約」(11頁) くらいであり、他は必ずしも関係のない記述が多い。報告書の顔ともいえるべき「1. はじめに」では、マグマ溜まりの深さについて一切触れられておらず、「地殻内部のマグマ溜まりの構造やその中でのマグマの状態について現在までの知見の取りまとめを試みる」のが報告書の趣旨であると読める。

このような下司報告書の内容からすれば、被告国第12準備書面に対してさしたる反論が必要とも思えないが、以下では、第2において下司報告書「3. 2 地殻構造から推測されるマグマ溜まり定置場所」の記述に関して、第3において同「4. 陥没カルデラの構造発達からのマグマ溜まり深さ制約」の記述に関して若干の指摘をした上、第4において下司氏が言及するマグマ溜まりと噴火メカニズムの不確かさについて、第5において下司報告書の「まとめ」の論拠が薄弱であることについて述べる。最後第6について、阿蘇4噴火のマグマ溜まりの深さについての最新の知見に言及し、被告国の主張が不確かであることを指摘する。

第2 コンラッド面から推測されるマグマ溜まり定置深度の不確かさ

1 下司報告書3. 2の概要

下司報告書(8~9頁) 3. 2には、マグマ溜まりが安定かつ長期的に地殻内部に存在するためには浮力中立点にマグマ溜まりが定置する必要があること、大規模噴火を引き起こすデイサイト~流紋岩マグマが浮力中立で安定的に

定置できるのは密度が小さい上部地殻内に限られること、上部地殻の下限であるコンラッド面の深さは日本列島の火山フロント付近は15 kmほどの深さに求められるため、大規模な珪長質マグマ溜まりが安定的に定置できるのはおよそ15 km以浅に限られると考えられること、河野ほか(2009)によると九州島の火山フロントではコンラッド面の深さは11～13 km程度に推測されていることが述べられており、被告はこれに沿った主張をしている。

2 マグマ溜まりの深さは浮力中立点だけでは決まらない

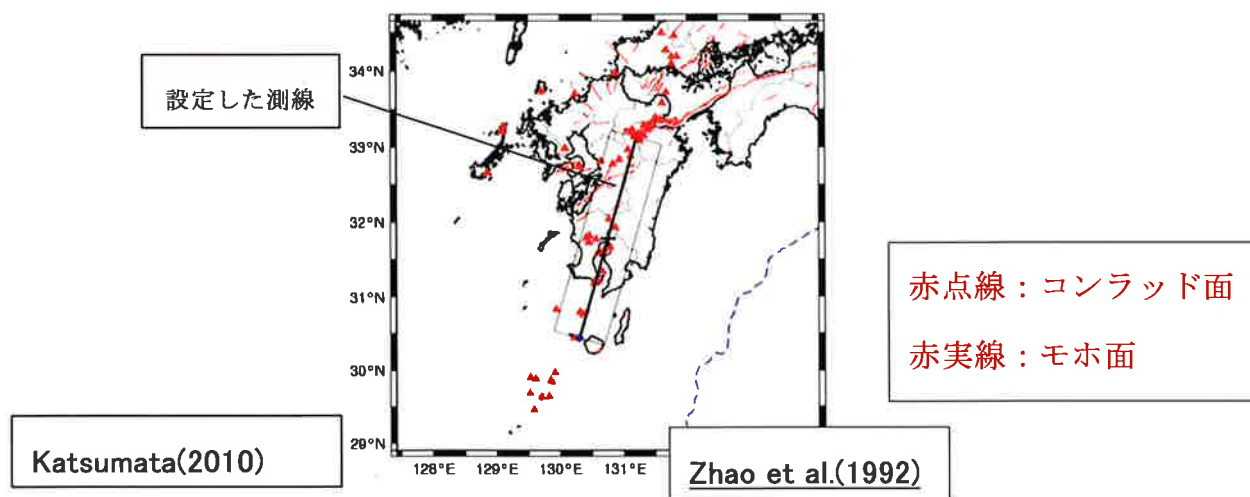
浮力中立点とマグマ溜まりの深さとの関係は従前述べてきたとおりであるが、実際のマグマ溜まりの深さは、浮力中立点だけでは決まらない(東宮(2016)(乙口69・284頁))。下司報告書(8頁)によると、マグマ溜まりの縦方向の規模に応じた過剰圧が岩盤強度を上回らない限りマグマは上昇できないのであるから、横方向に薄く広がったシル状マグマの集合体ないしメルトレンズの集合体としてのマグマ溜まりでは、浮力による上昇はより困難になる。産総研の平成27年度成果報告書では、噴出物の解析により、阿蘇のマグマ溜まりは阿蘇1期から後カルデラ期にかけて深度が大きく変わらず、地殻下部(20～30 km)にある可能性が指摘された(甲B266・4頁)。マグマ溜まりの深度を浮力中立点と結び付けるのは1つの考え方ではあるが、原子力発電所の立地評価の場面では、破局的噴火を引き起こすようなマグマ溜まりでも、中部～下部地殻に留まることは十分あるとみるべきである。

3 コンラッド面の深度の不確かさ

仮にコンラッド面を大規模珪長質マグマ溜まりが定置できる下限とみなすとしても、15 kmや11～13 kmというのは、原発の立地評価に用いる基準としては慎重な吟味、検討なくそのまま用いるべきではない。下司報告書(1頁)にも「上部地殻と下部地殻の境界はしばしば不鮮明で、明瞭な不連続面と

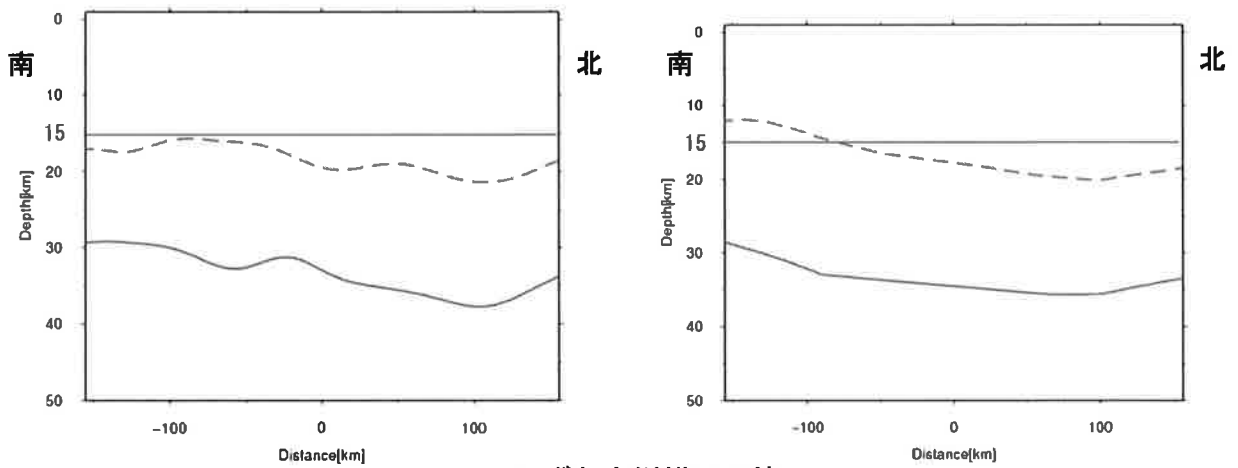
して認識できない」と書いてあるように、コンラッド面の深さの認定には不確かさが伴う。下司報告書で参照された河野ほか(2009) (甲B 2 7 3・S 2 5 3)にも、コンラッド面について、北海道および四国・九州地域では(この分野の代表的な知見である) Zhao et al.(1992)と大きく異なるものとなったことが明記されている。

コンラッド面の深さは、Katsumata(2010)¹と Zhao et al.(1992)²という代表的な2つのデータについて、産総研がインターネットで公開している「地下構造可視化システム オンデマンド版」(甲B 2 7 4)で任意の測線を設定して調べることができる。ここで次のように本件5カルデラを縦断しかつ九州の火山フロントに沿うような測線を設定してみたところ、コンラッド面について、Katsumata(2010)を選択すれば全体が15 kmよりも深く最深部は20 km以深に達するところもあり、Zhao et al.(1992)を選択すれば測線南部で最浅12 km程度となる部分もあるが、全体としては概ね15 kmより深く最深部は20 km程度に達するという結果であった。



¹ Katsumata, A., 2010, Depth of the Moho discontinuity beneath the Japanese Islands estimated by travelttime analysis, J. Geophys. Res., 115, B04303, doi:10.1029/2008JB005864.

² Zhao, D., S. Horiuchi and A. Hasegawa, 1992, Seismic velocity structure of the crust beneath the Japan Islands, Tectonophysics, 212, 289-301.



いずれも縦横比5倍

【産総研・地下構造可視化システム | オンデマンド版 (甲B274) に一部加筆】

以上のように、コンラッド面の深さが15 km程度、九州島の火山フロントでは11~13 km程度というのは、間違いとは言えないものの、知見の不確かさを踏まえた保守的な評価とは言い難い。仮にコンラッド面の深さを参考に大規模珪長質マグマ溜まりが定置する深さの下限を考えると、原子力発電所に求められる安全性の高さを考慮すれば、本件5カルデラについては少なくとも20 km程度に設定すべきである。

第3 roof aspect ratio についての議論

1 カルデラ陥没の「しきい値」が不明

下司報告書には「ある roof aspect ratio のしきい値を越えると、断層面にかかる摩擦力がマグマ溜まりに生じうる負の過剰圧の上限を超えるため、カルデラ環状断層の運動が駆動されず、カルデラ陥没が発生しない。」(15頁)との記載があり、被告もこれを引用した主張をしている。ところが、この「ある roof aspect ratio のしきい値」とは幾つなのか、具体的な記載がない。

Geshi et al.(2014)³の table1 (甲B 2 7 5・1 0 9 頁) には1 4のカルデラ噴火の各 roof aspect ratio (R) が記載されており、そのうちもっともRが大きいのは、1 9 9 1年ピナツボ噴火 (R=2. 7) である。したがって、下司氏の見解によれば、カルデラ陥没の「roof aspect ratio のしきい値」は2. 7を超えることになる。これは、天井部の水平規模 (d) が1 0 k mのマグマ溜まりの場合、その天井部の深さ (t) が2 7 k mを越える場合でもカルデラ陥没が発生することを意味する。

2 「Geshi et al. 2014」が不明

続いて下司報告書には、「Geshi et al.2014 では天井岩のブロックを取り囲む単純な円筒形の断層面を仮定し、一般的な岩石の摩擦係数を用いてその上限を見積もった。始良カルデラや支笏カルデラに相当する環状断層の直径が1 0 k m程度のカルデラの場合、マグマ溜まりの深さがおよそ1 0 k m以浅の条件ではカルデラ陥没が発生するのに対し、それよりも深い場合にはピストンシリンダー型の陥没は困難であるとした」(1 5 頁) と記載されている。

下司報告書には上記「Geshi et al.2014」が参考文献に挙がっておらず、どの論文のことか特定されていない。下司氏のホームページを調べた限り、被告国第1 2 準備書面 (2 6 頁) 第2・4(1)③で述べている“Geshi N., Ruch, J., Acocella, V. (2014) Evaluating volumes for magma chambers and magma withdrawn for caldera collapse. Earth and Planetary Science Letter 396, 07-115.” (甲B 2 7 5) (前記1でGeshi et al. (2014)として挙げたものと同じ。) のことだと思われる。だが、原告ら代理人が見る限り、ここには下司報告書で述べられているような、天井岩のブロックを取り囲む単

³ Geshi N., Ruch, J., Acocella, V. (2014) Evaluating volumes for magma chambers and magma withdrawn for caldera collapse. Earth and Planetary Science Letter 396, 107-115

純な円筒型の断層面を仮定し、一般的な岩石の摩擦係数を用いて（ピストンシリンダー型の）カルデラ陥没が発生し得る roof aspect ratio の上限を見積もるようなことは記載されていない。

本文中で述べた「Geshi et al.2014」を参考文献に挙げていないこと自体ミスだが、そもそも「Geshi et al.2014」と本文中で述べたこと自体ミスだと考えられる。これは、下司報告書の中では、マグマ溜まりの定置条件に直接関係する数少ない記述部分だけに、その結論の信用性を大きく損なうものと言わねばならない。

3 始良カルデラの構造的直径は「～15 km」

下司報告書（15頁）では、始良カルデラと支笏カルデラが、どちらも環状断層の直径（「構造的直径」と同義）が10 km程度である旨記載されている。だが、始良カルデラは直径20 km程度とされるのが通常であり、一般に直径12 km程度とされる支笏カルデラとは有意な差がある。

Geshi et al. (2014)（甲B275）を見ると、始良カルデラの構造的直径（structural diameter）は「 14 ± 1 km」（table 1）ないし「～15 km」（110頁）と記載されている。これを正確な記載とみれば、「始良カルデラや支笏カルデラに相当する環状断層の直径が10 km程度のカルデラ」、「始良カルデラ（構造的直径約10 km）」といった下司報告書の記載は、大雑把な数字としては誤りではないものの、本件争点との関係で恣意的になされている疑いがある。

下司報告書における「環状断層の直径が10 km程度のカルデラの場合、マグマ溜まりの深さがおよそ10 km以浅の条件ではカルデラ陥没が発生するのに対し、それよりも深い場合にはピストンシリンダー型のカルデラ陥没は困難である」という記載は、文脈からすれば、roof aspect ratio が1を超えればピストンシリンダー型のカルデラ陥没が困難、という意味であると解される。こ

これは **roof aspect ratio** についての議論であるから、「マグマ溜まりの深さ」とはその上面（天井）の深さを意味する。したがって、下司氏の見解に従うとしても、始良カルデラに相当する構造的直径が 1.4～1.5 km のカルデラの場合、マグマ溜まりの上面深さが 1.4～1.5 km までは、ピストンシリンダー型のカルデラ陥没は十分生じうる、ということになる。

そして、これはピストンシリンダー型の陥没だけの議論であり、カルデラ噴火ないし破局的噴火全般の議論ではない。Geshi et al.(2014)では、リストアップされた 14 のカルデラ噴火のうち、8 つは **roof aspect ratio** (R) が 1 以上であり、その 8 つのうち約 6800 年前のクレーターレイク噴火 (R = 1.0) と約 3500 年前のミノア噴火 (R = 1.1) の 2 つは、VEI 7 の破局的噴火に相当する。これは、**roof aspect ratio** が 1 を超えても、破局的噴火は発生し得ることを意味している。

ところで、Scandone and Acocella(2007) (甲 B 276) は、**roof aspect ratio** が 1.6 を超える場合に **coherent collapse** (ピストンシリンダー型と同義) に、1.6 を下回る場合に **incoherent collapse** (「カオティックな陥没構造」と同義) になるとの見解を示している。**roof aspect ratio** が 1 を超えればピストンシリンダー型のカルデラ陥没が困難という考え方も、何ら確立したものであるのではない。

4 始良カルデラはピストンシリンダー型なのか

下司報告書には、「Long Valley カルデラ (構造的直径 3.0 × 1.5 km) の Bishop tuff や、始良カルデラ (構造的直径約 1.0 km) 噴出物が示す 5 km 前後のマグマ溜まりの深さは、ピストンシリンダー型の陥没が可能なマグマ溜まりの深さの範囲である。したがって、これらのカルデラは、基本的には環状断層で囲まれたブロックが陥没したピストンシリンダー型の構造をもっていると推測される」(15頁) とあるが、この「したがって」以下の結論

にはいささか論理の飛躍があり、「したがって、ピストンシリンダー型の構造をもっていると考えても矛盾はしない」というのがより正確である。

下司報告書（14頁）にもあるように、ピストンシリンダー型の陥没か否かを推測するには、多くの掘削調査が必要である。日本の後期更新世のカルデラの中でこの調査が行われているのは阿蘇カルデラくらいである。阿蘇カルデラも、ピストンシリンダー型の陥没に近いと考えられているだけで、明確な結論は出ていない。始良カルデラについては、Geshi et al.(2014)（甲B 275）の参考文献である Aramaki(1984)（甲B 277）にあるように、従来よりピストンシリンダー型ではないと考えられてきている。始良カルデラをピストンシリンダー型と結論するには、まだ調査が必要である。

そして、ここでの議論を本件5カルデラの破局的噴火の予測の場面におけるマグマ溜まりの深さの基準作りに活かすには、本件5カルデラで次に破局的噴火が起きる場合にはピストンシリンダー型の陥没が発生するとみなして良いのか、破局的噴火の発生前から構造的直径をどのように設定すればよいのか（各前回の破局的噴火と同じと見てよいのか）、という難題をクリアしなければならない。無論、現在のマグマ溜まりの天井深さを精度良く推定するための技術開発も必要である。これらの課題について、被告は何も説明できていない。

第4 下司氏が言及するマグマ溜まりと噴火メカニズムの不確かさ

下司報告書（1頁）には、冒頭に、カルデラを形成するような巨大なマグマ溜まりの構造については、現在でもその実像には明らかではない点が多いこと、マグマ溜まりの実像の不確かさが、火山噴火のメカニズムの理解を困難にしていることが記載されている。このような下司氏の認識からしても、カルデラ噴火のマグマ溜まりの深度についての議論にも、大きな不確かさが伴うことは明らかである。

下司氏は新聞社のインタビュー（甲B 278）では、「破局的噴火と一口で言

うが、大きいものと小さいものでは規模に100倍以上の違いがある。火山によって破局的噴火のメカニズムやパターンが違い、一筋縄でいかないこともわかってきた。阿蘇山は数万年から10万年の間隔で4回の破局的噴火を起こし、規模は10倍くらいの差がある。破局的噴火と破局的噴火の間には普通の小さな噴火も起こしていて、なぜ規模に違いが出るのか見当がつかない。」「破局的噴火が起きるには大量のマグマがたまっていなければいけない。そのマグマが何万年もかけてゆっくりたまるのか、数十年～数百年とあっというまにたまるのかも議論が続いている。」とも述べている。

このような下司氏の見解からしても、マグマ溜まりの状態を推定することによって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的確に判断することは不可能である。

下司報告書における陥没カルデラの構造発達の議論との関係で特に問題となるのが、「巨大噴火で噴出するマグマが一つのマグマ溜まりに貯蔵しているのか、空間的に分かれた複数の溜まりに貯蔵されたマグマが同時に噴出する結果として巨大噴火が発生するのかについても、統一的なモデルは存在しない」（1頁）とされている点である。報告書（4.）では、単一の巨大なマグマ溜まりのモデルによる陥没しか考察されていないが、被告が提示する阿蘇や始良の地下構造モデルにあるような、三次元的に複数のマグマ溜まりが想定される場合、単純に同様の考え方を当てはめるのは無理である。

第5 「まとめ」の論拠は薄弱

下司報告書の「まとめ」には、「陥没カルデラの形成メカニズムから、その（引用者注：陥没カルデラを形成させる）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」（20頁）と記載されている。

だが、下司報告書では、Long Valley カルデラの約77万年前の噴火

(Bishop Tuff) と、始良カルデラの約3万年前のT n噴火について、それぞれの噴出物を解析した他の研究者の論文 (Long Valley はWallance et al.(1999)とRoberge et al.(2013)、始良は安田ほか(2015)) から、各流紋岩マグマ溜まりの天井の深さが地下4、5 km程度と推測されるとし(11頁)、それらがピストンシリンダー型の陥没が可能な範囲と述べているに過ぎない(15頁)。それ以外に陥没カルデラを形成させるようなマグマ溜まりの天井深さが地下4、5 kmであることに言及した記述はない。前記「(地下4、5 km)にその天井が存在したと推測される」という結論が一般論を述べるものだとすれば、あまりにも根拠薄弱である。なお、Geshi et al.(2014)では、抽出した14のカルデラ噴火のマグマ溜まりの天井深さの範囲は4～8 kmであると述べられている(甲B275・109頁)。

第6 阿蘇4噴火のマグマ溜まりの深さ

被告は、下司報告書について、「阿蘇カルデラなどの陥没カルデラを形成する大規模噴火時には、地下4、5 kmにマグマ溜まりが定置して噴火に至るとの見解を示しているものである」と主張している。

だが、前記のとおり、下司報告書は、Long Valley と始良の各1回の事例をもって、陥没カルデラを形成させるような「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」(20頁)と述べているに過ぎない。阿蘇カルデラのマグマ溜まりの深さには言及しておらず、「地下4、5 km」というのは括弧内の表記に過ぎず、これが「天井」の深さであることや「推測」に過ぎないことは明示されている。

以上