

目 次

第1. はじめに	8
第2. 火山の基礎知識	8
1. 我が国における火山発生のメカニズムについて	8
(1) プレートテクトニクスとの関係	8
(2) 島弧型火山における一般的なマグマ発生及び火山形成のメカニズムについて	9
2. マグマに関する基礎知識	11
(1) 噴出物の岩質	11
(2) マグマが一定の深さに留まる条件 (マグマ溜まりの定置位置)	14
(3) 噴火可能なマグマの状態	16
(4) マグマの発泡と噴火	18
3. 火山の噴火における火山噴出物の定義	19
4. カルデラ及びこれを形成する巨大噴火に関する基礎知識	20
(1) カルデラ及びカルデラ火山	20
(2) 九州の火山	21
(3) 九州のカルデラ	22
(4) 鹿児島地溝	25
(5) 巨大噴火前後の火山の状態	25
(6) カルデラ (カルデラ陥没) の形成の条件とマグマ溜まりの深さ	26
5. 降下火砕物 (テフラ) に関する基礎知識	28
(1) 季節風	28
(2) 日本の降下火砕物 (テフラ) の分布軸方向	29
(3) 噴煙柱の傘型領域	30
(4) 等層厚線図の作成について	31
6. 火山の諸現象を解明するための調査手法について	32

(1) 地質学的調査手法	32
(2) 岩石学的調査手法	35
(3) 地球物理学的調査手法	37
ア 地震波トモグラフィ法	37
イ MT法 (Magneto Telluric method、地磁気地電流法)	40
ウ 地殻変動に基づくマグマ溜まりの状態の推定	42
(4) 地球化学的調査手法	46
第3 火山ガイドの全体像及び合理性	47
1 火山ガイドの法的位置づけ	47
2 火山ガイドの策定経緯等	49
(1) 火山ガイドの策定経緯	49
ア 国際的な安全指針であるIAEA・SSG-21に基づいて策定されたこと	49
イ 専門家からのヒアリング等も経て策定されたこと	50
ウ 意見公募手続も経て策定されたこと	52
(2) 火山に関する知見等の収集方法	52
ア 情報の収集方法	52
イ 規制基準等の規制への反映プロセス	53
ウ 火山ガイドへの最新知見の具体的な反映事例	53
(3) 本件設置変更許可処分の審査過程において参照された火山ガイド	55
3 火山ガイドの内容	55
(1) 火山ガイドの目的等	55
(2) 火山ガイドが対象とする火山	55
4 火山ガイドの概要 (火山影響評価の流れ)	55
5 立地評価について	56
(1) 立地評価の意義	56

(2) 立地評価の概略	57
(3) 立地評価の具体的方法	58
ア 地理的領域内における火山の抽出	58
イ 完新世の活動の有無	60
ウ 将来の活動可能性の評価方法	61
エ 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	62
6 影響評価について	71
(1) 影響評価の意義	72
(2) 影響評価の概略	72
(3) 影響評価の具体的方法	73
ア 概要	73
イ 地理的領域外の火山による影響評価	74
ウ 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	74
エ 降下火砕物の影響評価の方法	75
7 火山活動のモニタリングについて	80
(1) 目的	80
(2) 火山活動のモニタリングの実施方針の策定	81
(3) 観測データの有意な変化を把握した場合の対処方針の策定	82
8 火山ガイドの定めが合理的なものであること	83
第4 原告ら主張への反論	84
1 「基本的な考え方」*55における巨大噴火に関する評価手法は全く意味のないものであるなどとする原告らの主張は、独自の見解で理由がないこと	84
(1) 原告らの主張	84
(2) 被告国の反論	85
2 広島高裁即時抗告審決定は火山ガイドの独自の解釈に基づいた巨大噴火の可能性評価をしており誤りであること	99

(1) 原告らの主張	100
(2) 被告国の反論	100
3 モニタリングは迅速性、確実性の点でも十分とはいえず実効性がない旨の原告らの主張は、モニタリングの目的、位置づけを正解しないものであって理由がないこと	103
(1) 原告らの主張	103
(2) 被告国の反論	103
4 結論	105

第1 はじめに

被告国は、本準備書面において、まず、火山の基礎知識について説明した上で（後記第2）、原子炉施設の設置変更許可申請に係る審査の際に審査官が参考として用いる「原子力発電所の火山影響評価ガイド」（以下「火山ガイド」という。）の全体像及び合理性を説明する（後記第3）。また、これらの説明に関連する原告らの主張に対し、必要と認める範囲で反論を行う（後記第4）。

なお、以下では、火山ガイドのうち特に現行のもの（令和元年12月18日原規技発第1912182号原子力規制委員会決定〔乙ロ第50号証〕）を「令和元年火山ガイド」という。

おって、略語は、本準備書面において新たに定めるもののほか、従前の例による。

第2 火山の基礎知識

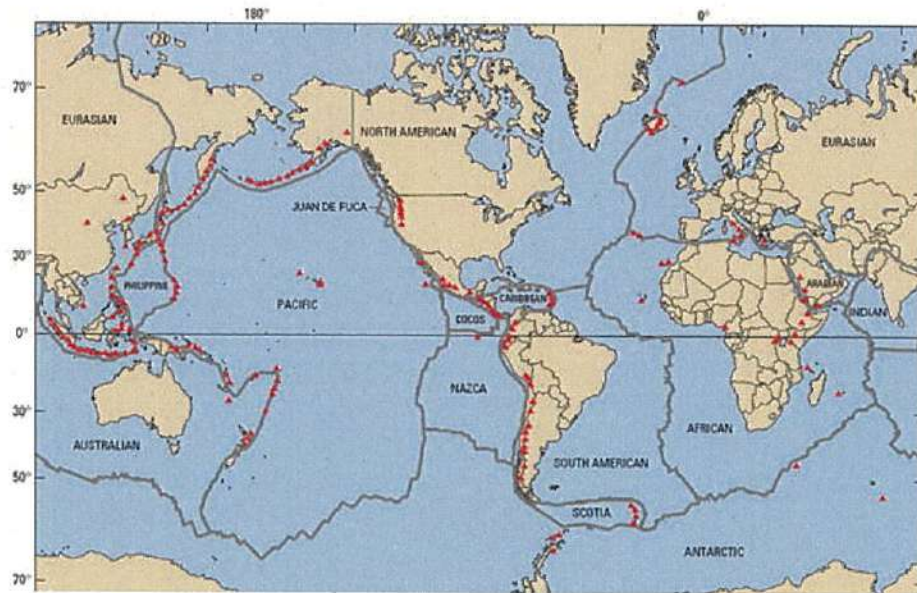
1 我が国における火山発生のメカニズムについて

(1) プレートテクトニクスとの関係

火山の分布は、いわゆるプレートテクトニクスとして理解されている地球表層部の動きと大きな関係を持っていると考えられている。すなわち、地球表層部は、十数枚のプレート^{*1}と呼ばれる岩盤で覆われており、図1のとおり、世界の火山の大部分は、このプレートの境界に沿って形成されている。これは、プレートが地球の表面上を移動したり衝突したりしているところ、図2のとおり、プレートの沈み込みによって火山が形成されることによるも

*1 地球の表面を取りまく厚さ約100キロメートルの深い岩石の層をプレートといい、大陸が乗っている部分を大陸プレート、海がある部分を海洋プレートという（乙ロ第51号証51ページ）。

のである。



【図1】 火山の分布（出典「U S G S」、乙ロ第10号証328ページ）

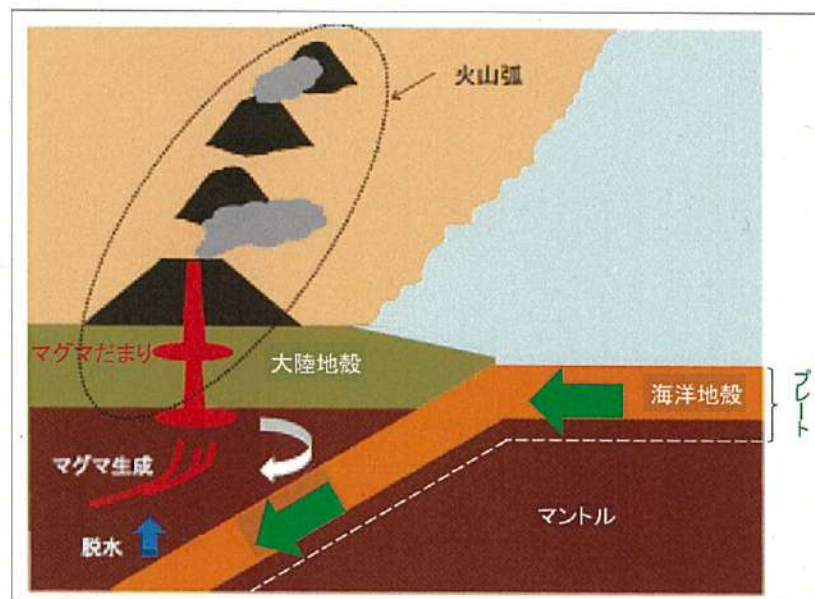
(2) 島弧型火山における一般的なマグマ発生及び火山形成のメカニズムについて

プレート上部の海洋地殻には多くの水が含まれており、水を含んだプレート（地殻及びマントルの最上部）が一定の温度・圧力条件に達するまで沈み込むと水を放出し、その水と大陸地殻下のマントルとが反応することによりマントル内の岩石の融点が降下する。その結果、岩石が溶融する温度・圧力条件を満たす領域でマグマが生成される。そして、マグマ（液体）は、周囲の地殻（固体）との密度差から地表方向へ上昇し、周囲の密度と釣り合うところでマグマ溜まりを形成する。その後、マグマ溜まりから供給されたマグマが地表に到達して噴出し、火山が形成される（図2参照。乙ロ第10号証329及び330ページ）。

海洋プレートが大陸プレートに沈み込む際には、大陸プレート側の土地が隆起し（弧）、また、プレートの境界付近で海溝が形成されることから、このようなプレート境界（変動帯）を「弧－海溝系」という。そして、特に、

弧の高まりが日本列島のような島列を成す場合を、島弧又は弧状列島という（乙ロ第52号証47ないし54ページ参照）。日本列島は、現在、図3のとおり、千島弧、東北日本弧、西南日本弧、伊豆－小笠原弧、琉球弧という五つの島弧によって形成されている。

そして、プレートの沈み込みによって、島弧に沿うように火山が形成されており、これらの火山を島弧型火山という（乙ロ第51号証53及び74ページ）。日本列島の火山は島弧型火山である（図3参照）。



【図2】 一般的な島弧型火山形成のメカニズム（乙ロ第10号証329ページの図に一部加筆したもの）

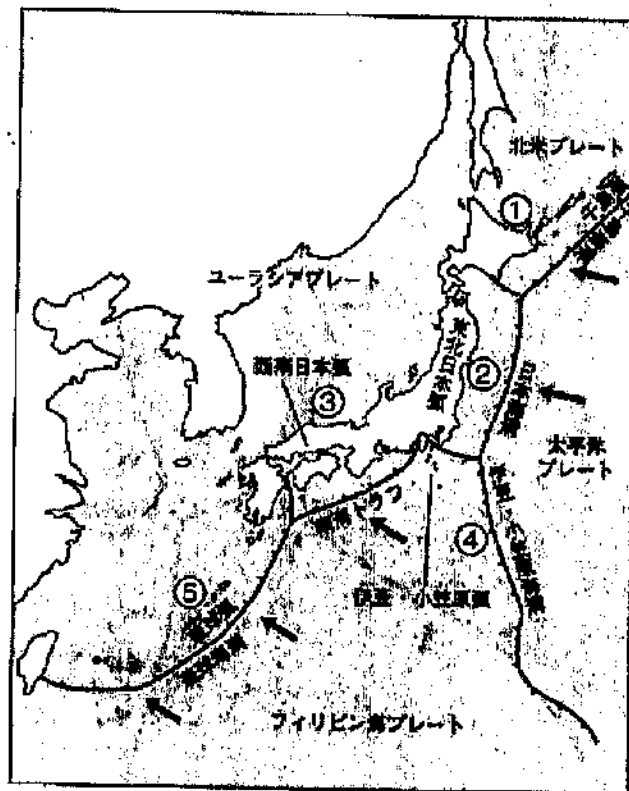


図1-6 日本列島は5つの島弧—海溝系でできている
 ①千島弧と千島海溝系
 ②東北日本弧と日本海溝
 ③伊豆・小笠原弧と伊豆・小笠原海溝
 ④西南日本弧と南海トラフ
 ⑤琉球弧と琉球海溝
 (木村2002を改変)

【図3】 5つの島弧 (乙ロ第53号証41ページ)

2 マグマに関する基礎知識

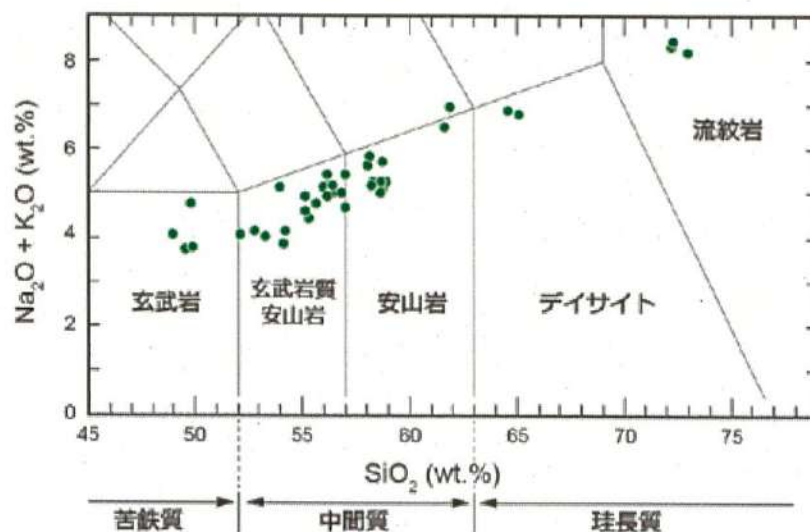
(1) 噴出物の岩質

火山の噴火は、地下で生成されたマグマ^{*2}が地表に噴出することによって生じるものであり、そのマグマは地下に形成されたマグマ溜まりから供給さ

*2 一般に、マグマは、岩石が溶融してできた高温の流体で、液体のみではなく気泡や鉱物結晶も含むものとして定義される (乙ロ第54号証48ページ)。

れる（乙ロ第54号証79ページ、乙ロ第55号証78及び79ページ）。

マグマが冷却して固化した岩石の総称を火成岩^{*3}という。火成岩^{*3}は、含有される^{くつしつ}苦鉄質鉱物（鉄、マグネシウムに富む有色の鉱物）と^{けいちようしつ}珪長質鉱物（ケイ素、ナトリウム、カリウムに富む無色及び白色の鉱物）の量比により、苦鉄質鉱物に富む苦鉄質岩、珪長質鉱物に富む珪長質岩、両者の中間に位置する中間質岩、ほとんど苦鉄質鉱物から成る超苦鉄質岩に区分される。この観点から火山岩を区分すると、苦鉄質岩には玄武岩、中間質岩には玄武岩質安山岩及び安山岩、珪長質岩にはデイサイト及び流紋岩が、それぞれ相当する（図4参照）（乙ロ第55号証87ないし92ページ、乙ロ第56号証55ないし63ページ）。



【図4】 SiO_2 （二酸化ケイ素）含有量と Na_2O （酸化ナトリウム）+ K_2O （酸化カリ

*3 火成岩は、その生成プロセスにより、火山岩と深成岩に大別される。一般的には、地表や地下の浅いところで急速に冷えてできた岩石が火山岩であり、地下の深いところなどでゆっくりと冷えてできた岩石が深成岩である（乙ロ第55号証89ページ）。

ウム) 含有量に基づく火山岩の分類図 (乙ロ第57号証6ページ)

マグマの粘性や密度は、マグマが移動する際の速度や噴火の激しさなどと密接に関係するため、火山活動^{*4}を理解する上で重要な性質である。一般的に、玄武岩質マグマ^{*5}は、温度が高く、粘性が低い場合が多いが、流紋岩質マグマは、玄武岩質マグマと比べて、温度が低く、粘性が高い。(以上につき、乙ロ第51号証94及び95ページ、乙ロ第54号証53ページ、乙ロ第58号証83及び84ページ)

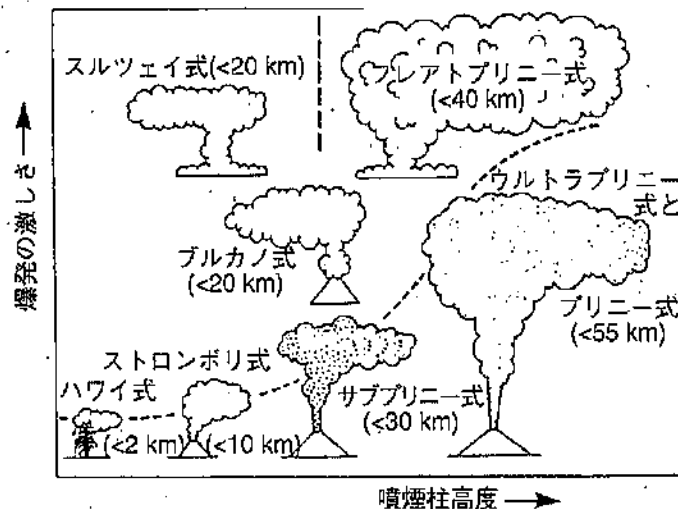
珪長質マグマ (流紋岩質マグマ及びデイサイト質マグマ) は SiO_2 (二酸化ケイ素) 成分に富み、低温で粘性が高いため、一気に地殻中を上昇し噴火することは困難であり、長い年月をかけて大量のマグマを蓄積しやすいとされている。そのため、大規模なマグマ溜まりを形成して噴火を起こす巨大噴火は、一般に珪長質マグマによるものであるとされている。そして、珪長質マグマは粘性が高いことにより、噴火した際にはプリニー式噴火^{*6}を引き

*4 「火山活動」とは、「地下のマグマが地表またはその近くまで上昇して冷却固化するまでの間に引き起こすさまざまな作用で、貫入・噴火・熱水活動・火山性地震などが含まれる」(令和元年火山ガイド(1.4(2)[乙ロ第50号証2ページ])。)

*5 マグマを区分するときには、そのマグマが固結したときに作られる火山岩の名前に基づいて呼ばれることが多い。例えば、地上に噴出して固結した際に、玄武岩となるマグマは、玄武岩質マグマ又は苦鉄質マグマと呼ばれ、他方、流紋岩となるマグマは、流紋岩質マグマ又は珪長質マグマと呼ばれる。(以上につき、乙ロ第54号証48及び49ページ参照)

*6 粘性が高く揮発性成分に富むマグマが盛大に発泡して連続的に噴出すると、噴煙が1万メートルを超える上空まで立ち上がり、大量の火山灰や軽石が放出される。上空の風に流されたなびいた噴煙からは火山灰や軽石が雨のように地表に降下し、降り積もる。こうした噴火様式をプリニー式噴火という。プリニー式噴火は、1回の噴火の継続時間が長く、火砕物(主に火山灰)と火山ガスが高速で噴出される。(以上につき、乙ロ第58号証133及び134ページ)

起こすとされている（図5参照）（乙ロ第58号証128ないし139ページ）。



【図5】 噴煙柱高度と爆発の激しさの関係による噴火形式の分類（乙ロ第58号証130ページ）

(2) マグマが一定の深さに留まる条件（マグマ溜まりの定置位置）

地球の内部構造は、基本的に、密度の大きな物質がより深い場所に存在し、密度の小さい物質がより表面付近に存在する、「密度成層構造」となっている。

深さ約100キロメートルよりも浅い地球の内部は、深部から順に、密度の大きなかんらん岩などの超苦鉄質岩から成るマントルと、それよりも密度が小さい岩石から成る地殻に分かれている（この地殻とマントルの境界面をモホロビッチ不連続面^{*7}という。）。日本列島などの島弧を作る地殻の内部

*7 日本列島では地下25ないし40キロメートル程度とされている。「不連続面」とは、密度や地震波速度が不連続に変化する境界面をいう。なお、密度と地震波速度の関係につき、後記6(3)ア（37ページ以下）参照。

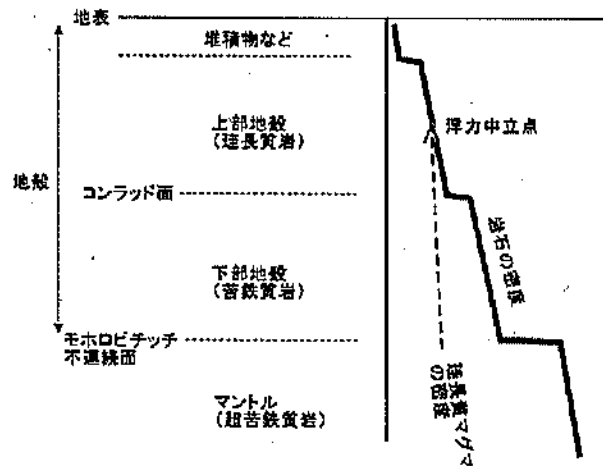
は更に、鉄などに富む比較的密度の大きな苦鉄質岩から成る下部地殻と、ケイ素やアルミニウムなどに富む比較的密度の小さな珪長質岩から成る上部地殻に区分できる（この上部地殻と下部地殻の境界面をコンラッド〔不連続〕面^{*8}という。）（図6参照）。（以上につき、乙ロ第59号証1及び2ページ）

そして、噴火が起こる前には、マグマが地下の一定の深さに定置するという考え方が火山学において広く受け入れられている（乙ロ第55号証78及び79ページ、乙ロ第58号証16ないし18ページ）。この考え方は、マグマの密度が周囲の岩石の密度よりも小さければ浮力によって上昇し、周囲の岩石の密度よりも大きければ重力によって沈降し、周囲の岩石の密度と均衡すればその均衡した深さでとどまるという原理に依拠するものである。例えば、苦鉄質岩から成る下部地殻より密度の小さな珪長質マグマは、浮力によって珪長質岩から成る上部地殻へ移動しながら、密度が均衡する深さで滞留することになる（図6参照）。（以上につき、乙ロ第59号証1及び2ページ）

このようなマグマがとどまる位置を「浮力中立点」という。日本の主要な噴火を題材にし、島弧火山についての噴火モデルを説明した論文である東宮昭彦「実験岩石学的手法で求めるマグマ溜まりの深さ」（乙ロ第60号証）においては、日本の地殻の特性を考慮した一般的な地殻の密度から、日本における各種マグマの浮力中立点が示されている（同号証723ページ）。これによると、我が国には、マグマ活動の中心的役割を果たす玄武岩質（粘性が低く、高温で、密度が大きい）のマグマ溜まりが地下10ないし12キロメートルを浮力中立点として存在し、そこを起点として珪長質（粘性が高く、

*8 日本列島では地下15キロメートル程度とされている。もっとも、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ことも多い。

低温で、密度が小さい) のマグマ溜まりが生成されると、そのマグマ溜まりが更に浅所の浮力中立点に移動するとの考え方が示されている。



【図6】 地殻を構成する岩石種類と浮力中立点 (乙ロ第59号証2ページ)

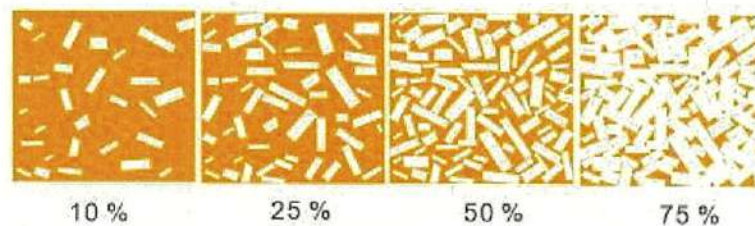
(3) 噴火可能なマグマの状態

地下にマグマが存在するとしても、それが噴火可能な状態にあるかどうかは、マグマに含まれる結晶量の割合に左右され则认为られている。

すなわち、マグマに含まれる結晶量が50パーセント以下では結晶相互の接触は少なく、結晶はほぼ自由に運動できるが、結晶量が50パーセント前後から増加すると結晶同士の接触が多くなり、結晶の動きが著しく阻害される。結晶量が75パーセントを超えると接触した結晶同士が固着するため、全体としてはほとんど固体として振る舞う (図7参照) (乙ロ第59号証2及び3ページ)。

そうすると、噴火可能なマグマは、そこに含まれる結晶量の割合が50パ

一セント程度未満のマグマ（溶融した部分〔メルト*9〕の割合が50パーセント程度以上のもの）であると理解することができる（図8参照）。一方、マグマに含まれる結晶量の割合が50パーセント程度以上のマグマ（溶融した部分〔メルト〕の割合が50パーセント程度未満のものは、マッシュ（マッシュ状のマグマ、クリスタルマッシュとも呼ばれる。）といい、そのままでは噴火できないマグマであるとされている。（以上につき、乙ロ第62号証281及び283ページ）



【図7】 マグマ中の結晶量の増加と結晶同士の接触関係（乙ロ第59号証3ページ）



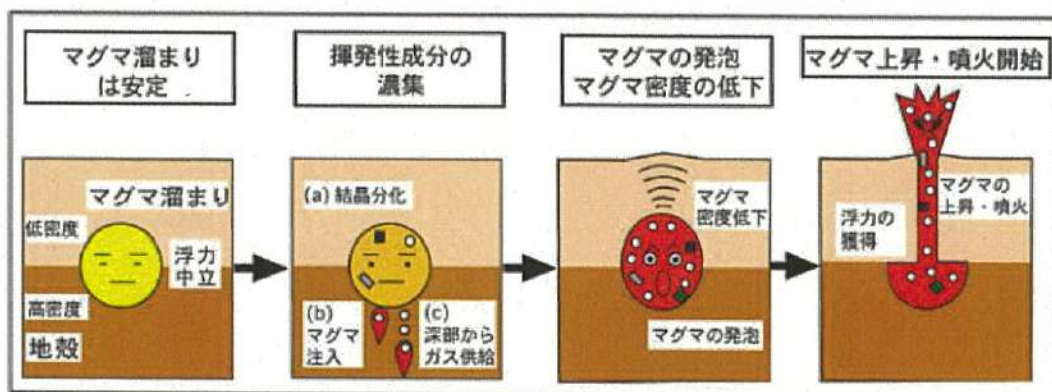
【図8】 部分溶融した岩石のイメージ図（乙ロ第63号証4ページより抜粋。部分的に溶けた岩石〔メルト〕が赤い部分であり、50パーセント程度以上が溶融すると噴火可能なマグマの領域となる。）

*9 岩石が溶融して生じた液相部分を「メルト」といい、岩石のうちその大部分が溶融したものが「マグマ」である。すなわち、マグマとは、その大部分がメルトであり、メルトと一部溶融していない岩石との混合物である。（以上につき、乙ロ第61号証12ページ）

(4) マグマの発泡と噴火

さらに、マグマの発泡や噴火は、マグマに含まれる水の量にも左右されると考えられている。

マグマには、水 (H_2O) や二酸化炭素 (CO_2) 等の揮発性成分が含まれている (揮発性成分のほとんどは水である)。マグマが地下深部のような高い圧力下にあると、水はマグマの中に溶け込めるが、マグマの上昇による減圧等が起こると、その水が水蒸気となってマグマから分離し、マグマが発泡する。マグマが発泡すると、その泡を含めたマグマの体積が増加し、マグマ溜まりの圧力が増加することで、その上部の岩石を破壊し、噴火に至る (図 9 参照) (乙ロ第 6 4 号証 1 6 ないし 1 9 ページ)。つまり、マグマに溶け込んだ水が、噴火の主な駆動力となっており^{*10}、マグマに含まれる水の量が少なければ、噴火を発生させるための駆動力が乏しくなる (乙ロ第 5 1 号証 9 1 及び 9 2 ページ、乙ロ第 5 8 号証 1 9 1 ないし 1 9 5 ページ、乙ロ第 6 5 号証 1 0 ないし 1 3 ページ)。



*10 マグマ中に溶けていた水が気体の水蒸気になると、その体積は1000倍以上に増える (乙ロ第 6 4 号証 2 1 及び 3 4 ページ)。

【図9】 マグマの発泡と噴火のイメージ（乙ロ第65号証11ページ）

3 火山の噴火における火山噴出物の定義

火山は、地球内部を構成する岩石が融けて生じたマグマの地表近傍での活動によって形成される。火山の噴火によって地表に運び出された物質を火山噴出物といい、火砕物（火山碎屑物の略）、溶岩及び火山ガスがこれに当たる（図10参照）。一般に、火砕物及び溶岩の総量を噴出量という^{*11}。

火山噴出物のうち、火砕物とは、火口から破片状に放出された固体物質の総称であり、火山灰^{*12}、軽石、スコリア^{*13}などがこれに当たる。火砕物のうち、噴火によって火口から上昇し、風に流されて地表に降下する火砕物を、降下火砕物^{*14}（テフラ）という。また、火砕物を含んだ噴煙が地表に沿って流れ下ると火砕流^{*15}となる。そして、降下火砕物及び火砕流の堆積物は、降下火砕（物）堆積物や火砕流堆積物と呼ばれる。（以上につき、乙ロ第58号証166及び

*11 溶岩噴出を伴わない場合には、火砕物の総量が噴出量と表現される。

*12 「火山灰」とは、「爆発性破碎のさまざまなプロセスによって生じる平均直径2ミリメートル未満の火山岩の破片」をいう（令和元年火山ガイド1.4(8)〔乙ロ第50号証2ページ〕）。

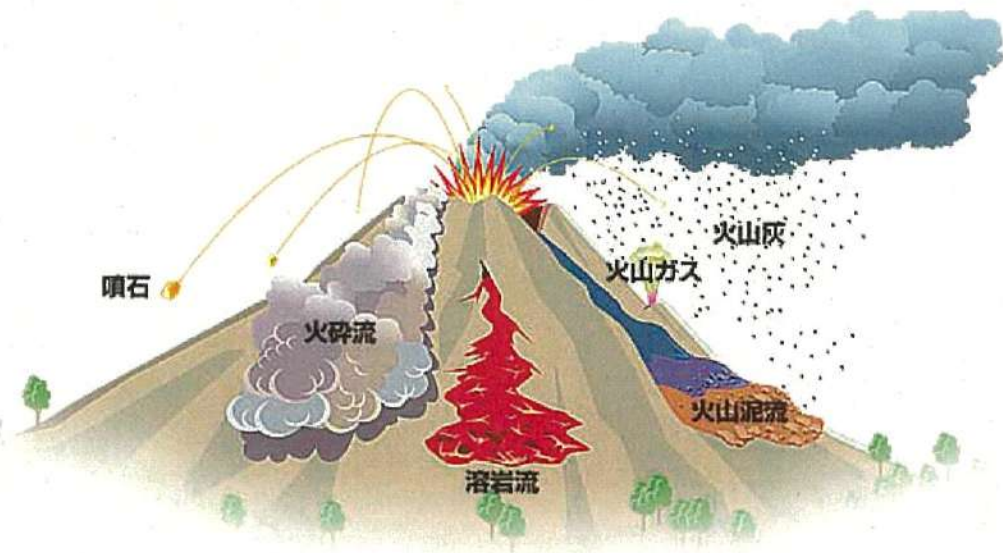
*13 噴火の際に揮発性成分が発泡した状態のマグマが固まったことによりできた塊状で多孔質の火山噴出物のうち、主に流紋岩質又は安山岩質のマグマからできたもので白から灰色がかった淡色のものを軽石といい、主に玄武岩質のマグマからできたもので暗色のものをスコリアという。

*14 「降下火砕物」とは、「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碎屑物で降下する物」をいう（令和元年火山ガイド1.4(7)〔乙ロ第50号証2ページ〕）。

*15 「火砕流」とは、広義では、「火砕物密度流と同じく火山ガスと火砕物の混合物が斜面を流れ下る現象」をいう（令和元年火山ガイド1.4(10)〔乙ロ第50号証2及び3ページ〕）。

167ページ)

前記のような火口からの流動による定義とは別に、火砕物は、粒径や発泡度、色などの違いによっても区分される。火砕物の粒径による区分は、最も単純な区分であり、直径が64ミリメートルより大きいものを火山岩塊、2ミリメートル以上64ミリメートル以下のものを火山礫、2ミリメートル未満のものを火山灰とする区分である（乙口第66号証2ページ）。



【図10】 火山噴火の概念図（出典：鹿児島県ホームページ「火山災害への備え」^{*16)}）

4 カルデラ及びこれを形成する巨大噴火に関する基礎知識

(1) カルデラ及びカルデラ火山

カルデラとは、輪郭が円形又はそれに近い火山性の^{おうかんち}凹陷地で、普通の火口よりも大きいものをいう。火道に直接連なっている火口の大きさは、通常直径1キロメートルを超えないとされ、それよりもはるかに大きな火山性の凹地は、火山の単純な爆発的活動で生じたものではないと考えられており、火

*16 <http://www.pref.kagoshima.jp/aj01/bosai/sonae/sonae/c-sonae-kazan.html>

ロと区別してカルデラと呼ばれている。カルデラは、爆発カルデラ、陥没カルデラ又は浸食カルデラに大別されるが、世界の主なカルデラは、陥没カルデラ（大量のマグマが噴出しそのマグマが貯蔵されているマグマ溜まりが崩壊し、その天井に当たる上部の土地が陥没して形成されるもの）である。（以上につき、乙ロ第67号証271ページ）

カルデラ噴火を経験したことがある火山を、カルデラ火山といい、カルデラ噴火による火山性の凹地を形成する陥没を、カルデラ陥没という。

通常の活火山の場合、マグマの性質は玄武岩質から流紋岩質まで多様であり（図4参照）、火山体としての噴出物の量はせいぜい数十立方キロメートルほどであるのに対し、カルデラ噴火の場合は、マグマの性質はほとんど流紋岩質かデイサイト質に限られ、また、通常の活火山の数倍ないし数十倍に至るマグマをほぼ瞬時に噴出する（乙ロ第68号証11ページ）。

(2) 九州の火山

九州の北部には、北東から南西方向にかけて火山が並んでおり、北東から順に、鶴見岳・伽藍岳、九重山、阿蘇山、雲仙岳などが位置している。また、阿蘇山から南方には、霧島山、桜島、開聞岳、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島などの火山が連なっている（図11）。

九州の活火山（過去1万年以内に噴火したことがある火山）のうち、九州中部・北部の火山は、別府 - 島原地溝^{*17}に分布し、九州南部の火山は、鹿児島地溝に沿って分布している（乙ロ第68号証1ないし3ページ）。

*17 地溝とは、ほぼ平行な2本以上の断層によって限られ、その間に相対的に沈降して形成された狭長な地形的凹地をいう（乙ロ第69号証811ページ）。



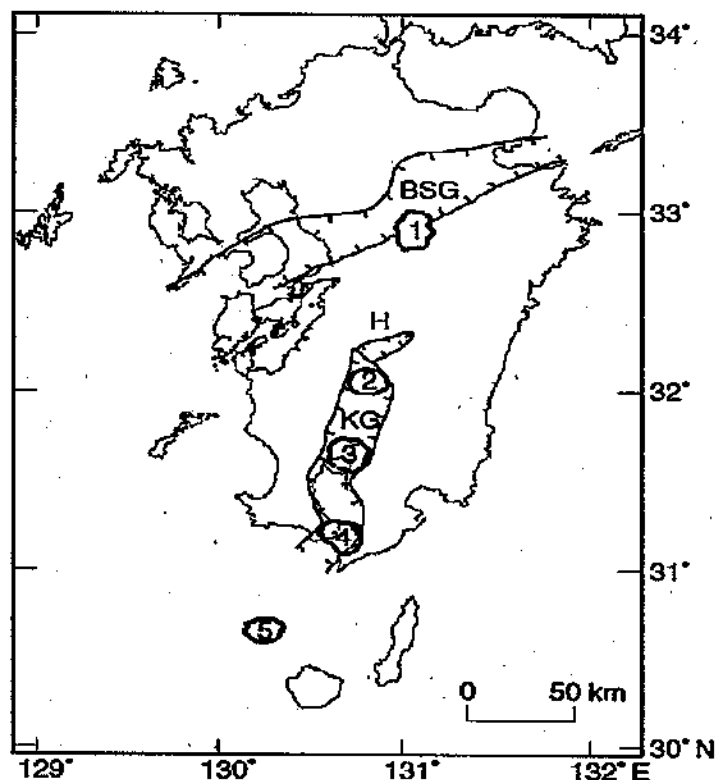
【図11】 日本の代表的な活火山（気象庁、2013）（乙ロ第68号証3ページ）

(3) 九州のカルデラ

九州に分布するカルデラには、北から順に、阿蘇カルデラ、加久藤・小林カルデラ、始良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界カルデラがあり（以下「本件5カルデラ」と総称する。）、いずれも北の別府 - 島原地溝又は南の鹿児島地溝に沿って分布し、その内部や周辺には活火山が存在している（図12）（乙ロ第68号証2ないし4ページ、乙ロ第70号証84ページ）。これらでは、過去にはVEI^{*18}7以上のカルデラ噴火が発生しており、いずれも、

*18 Volcanic Explosivity Index の略。「火山爆発指数」と呼ばれ、火山噴火の規模を表す一つの指標であり、噴火終了後に、噴出した火砕物（火山灰、火砕流等）の量で評価されるが溶岩は噴出量に加味されない（乙ロ第71号証107及び108ページ）。

陥没カルデラである（乙ロ第72号証185ページ〔表6. 2〕）。



【図12】九州の活動的なカルデラ火山

北から阿蘇（1）、加久藤・小林（2）、始良（3）、阿多（4）、鬼界（5）のカルデラが連なる。（乙ロ第70号証84ページ）

ア 阿蘇カルデラ

阿蘇カルデラは、本件各原子炉施設の敷地の東南東約130キロメートルに位置する東西約17キロメートル、南北約25キロメートルのカルデラである。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分布する（乙ロ第73号証・6条（火山）24ないし26ページ）。

イ 加久藤・小林カルデラ

加久藤カルデラは、本件各原子炉施設の敷地の南南東約180キロメー

トルに、小林カルデラは、同敷地の南南東約200キロメートルに位置し、両カルデラは隣接しており、いずれもカルデラ地形が不明瞭である。加久藤・小林カルデラ周辺の火山としては、加久藤カルデラ南縁付近に霧島山が位置する（乙ロ第73号証・6条（火山）26及び27ページ）。

ウ 始良カルデラ

始良カルデラは、本件各原子炉施設の敷地の南南東約220キロメートルに位置する東西約17キロメートル、南北約23キロメートルのカルデラである。始良カルデラ周辺の火山としては、カルデラの北東側に若^{わかみこ}尊カルデラが、南西縁に桜島が位置し、縁辺部に先始良の火山岩類が分布する（乙ロ第73号証・6条（火山）27ないし29ページ）。

エ 阿多カルデラ

阿多カルデラは、それぞれ北側と南側に位置するカルデラから成り、北側のカルデラは、本件各原子炉施設の敷地の南南東約250キロメートルに位置する東西約11キロメートル、南北約10キロメートルのカルデラであり、南側のカルデラは、同敷地の南南東約270キロメートルに位置する東西約20キロメートル、南北約10キロメートルのカルデラである。阿多カルデラ周辺の火山としては、南側のカルデラの西側に指宿火山群及び池田が、南西縁に開聞岳が位置する（乙ロ第73号証・6条（火山）29及び30ページ）。

オ 鬼界カルデラ

鬼界カルデラは、本件各原子炉施設の敷地の南方約310キロメートルの海域に位置する東西約23キロメートル、南北約16キロメートルのカルデラである。鬼界カルデラ周辺の火山としては、カルデラの北西縁に薩摩硫黄島が位置し、薩摩硫黄島は、硫黄岳（標高704メートル）及び稲村岳（標高236メートル）の成層火山からなる火山島である（乙ロ第73号証・6条（火山）30ないし32ページ）。

(4) 鹿児島地溝

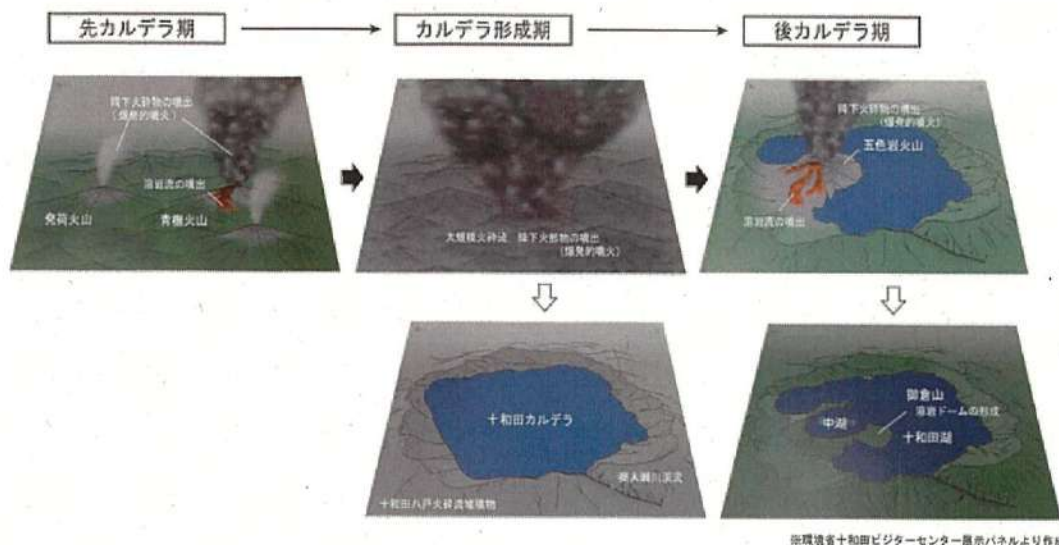
九州地域は、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う島弧系の一部である。琉球弧の背後の海域に広がる沖縄トラフの形成は、1000万年前頃に始まり、同時に、九州一帯では広域的な地殻変動とともに火山活動が活発化し、その火山活動の過程で、南九州において、鹿児島地溝の原型が形成された。鹿児島地溝には、加久藤・小林カルデラ、始良カルデラ及び阿多カルデラの計3カルデラが含まれており（鬼界カルデラまで含まれるかについては知見が確立していない。）、これらは、現在でも活動的な火山構造性地溝^{*19}である（乙ロ第70号証84及び91ページ、乙ロ第74号証11ページ、乙ロ第75号証11ページ）。

(5) 巨大噴火^{*20}前後の火山の状態

カルデラを形成するような巨大噴火の前には、巨大噴火に至らないものの比較的規模の大きい噴火が発生し、その後、巨大噴火に至ってカルデラを形成し、その後は、大ないし小規模の噴火が続く例が多いとされている。カルデラを形成する噴火が続く時期をカルデラ形成期、その前を先カルデラ期又はプレカルデラ期、その後を後カルデラ期又はポストカルデラ期という（図13参照）（乙ロ第76号証29ページ、乙ロ第77号証151ないし154ページ、乙ロ第78号証33ないし36ページ）。

*19 火山構造性地溝とは、火山作用に関係して生じた地溝をいう。

*20 令和元年火山ガイドにおける「巨大噴火」とは、「地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流となるような噴火であり、その規模として噴出物の量が数10km³程度を超えるようなものをいう」（令和元年火山ガイド4. 1解説-10〔乙ロ第50号証10ページ〕）。

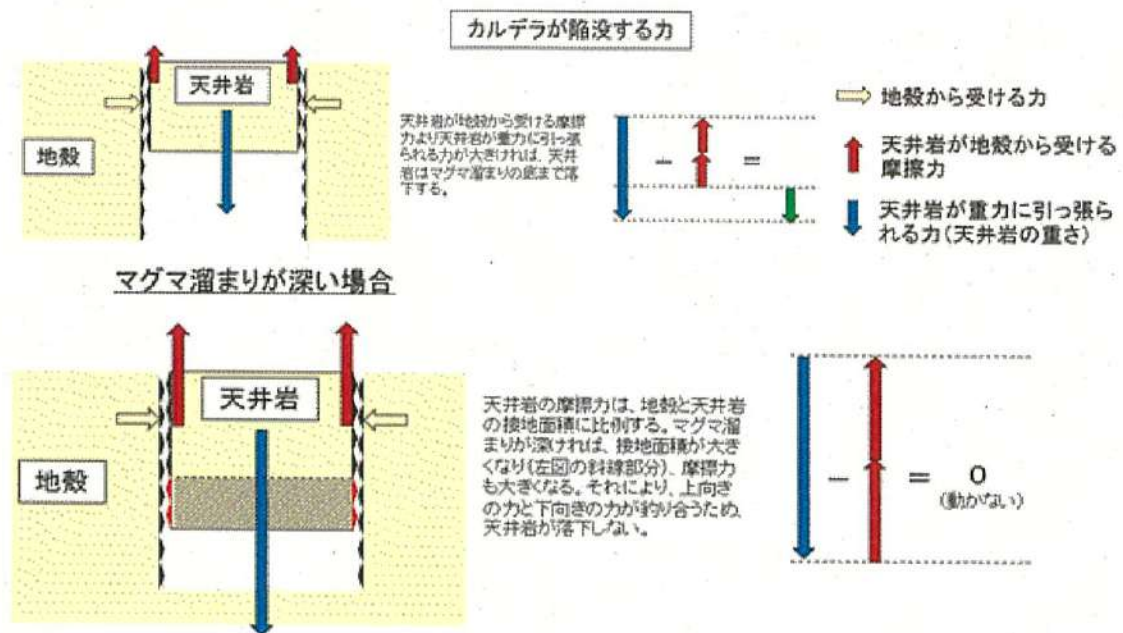


【図 1 3】 巨大噴火前後の火山の状態のイメージ（十和田カルデラ）（乙ロ第 7 6 号証 2 9 ページ）

(6) カルデラ（カルデラ陥没）の形成の条件とマグマ溜まりの深さ

（巨大噴火となるほどに）マグマの大量噴出が生じ、カルデラ（カルデラ陥没）が形成される機序としては、一般に、マグマの大量噴出によるマグマ溜まりの天井崩壊によるカルデラ陥没の形成、というモデルが想定される。そして、このモデルを前提に先に述べた各種マグマの浮力中立点の考え方を踏まえると、そのマグマ溜まりの深さは比較的浅くなるものと考えられる（乙ロ第 5 9 号証 1 6 ページ）。すなわち、カルデラ陥没は、マグマ溜まりが比較的浅いところに存在する場合に特徴的に形成されるのであり、例えば、直径 1 0 キロメートル程度のカルデラで、マグマ溜まりの深さがおよそ 1 0 キロメートル以浅の場合にカルデラ陥没が発生し得るのに対し、それよりも深い場合にはカルデラ陥没は困難となっている（図 1 4 参照）（乙ロ第 5 9 号

証11ないし16ページ)。



【図14】 カルデラ陥没の形成の条件の概念図(乙ロ第59号証15及び16ページの各図に加筆)

さらに、実際、日本の火山が類別される島弧型火山の場合、過去の巨大噴火については、その含水量や鉱物組成等の解析の結果において、地下4ないし12キロメートル程度にマグマ溜まりがあると推定されることが多いことが分かっている(乙ロ第62号証284ページ、乙ロ第79号証の1・196及び198ページ、同号証の2・196及び200ページ、乙ロ第60号証722及び723ページ、乙ロ第80号証13ページ、乙ロ第81号証3枚目及び乙ロ第82号証98ページ)。例えば、鹿児島県の始良カルデラでは、含水量、鉱物組成などから総合的に判断して、始良T_n噴火(約3.0万年から2.8万年前に起きたカルデラ噴火)を引き起こした珪長質マグマ溜まりの上部は、地下4ないし5キロメートル程度の地殻浅部にあったと見積もられている(乙ロ第83号証395及び396ページ)。

この点、原子力規制庁長官官房技術基盤グループにおける令和元年5月の安全研究成果報告「火山影響評価に係る科学的知見の整備」(乙ロ第84号証)には、同グループが平成25年度から平成30年度までの間、既往研究による知見を踏まえ、過去に巨大噴火を起こした火山の巨大噴火時の噴出物につき、噴火直前に留まっていたマグマの深さを推定するという岩石学的検討を詳細に実施したという最新の研究成果が記載されているところ、これによれば、調査対象とされた九州地方のカルデラ火山(鬼界、阿蘇、始良)につき、鬼界カルデラ(鬼界アカホヤ噴火)のマグマ溜まりの深さは5±2キロメートル(同号証43及び168ページ)、阿蘇カルデラ(阿蘇4噴火)のマグマ溜まりの深さは2ないし8キロメートル(同号証168ページ)、始良カルデラ(入戸火砕流噴火)のマグマ溜まりの深さは4ないし5キロメートル(同号証50及び168ページ)であって、噴火直前のマグマ溜まりはおおむね深さ10キロメートルよりも浅い場所に蓄積していたと考えられるとされている(同号証40ないし79及び168ページ)。

このように、日本の地殻の特性に基づく浮力中立点の考え方、陥没カルデラの形状に係るマグマ溜まりの深さの制約、過去の巨大噴火の解析結果等から、巨大噴火におけるマグマ溜まりの定置位置は深さ数キロメートルの地殻浅部とされている(乙ロ第59号証、乙ロ第78号証8ページ、乙ロ第85号証104ページ)。

5 降下火砕物(テフラ)に関する基礎知識

降下火砕物は、噴火により大気中に放出された後、風によって移動し、広範囲にわたって降灰を生じさせる。以下では、降下火砕物の大気中の挙動に係る基礎知識を説明する。

(1) 季節風

日本列島を含む中緯度地帯の上空には、地球規模の大気循環により、西風である偏西風が常に吹いている。この偏西風の速度は上空ほど速くなり、ま

た南北の温度傾度が大きい日本上空付近で最大となる。この強風域はジェット気流と呼ばれている。具体的な例として、日本付近の冬の平均的な偏西風では、北緯35度（東京都、千葉県等が含まれる緯度）、200ヘクトパスカル（高度では約12キロメートル）付近では、70m/s以上^{*21}の西風が吹いているが、900ヘクトパスカル（高度では約1キロメートル）付近では、10m/s程度の風となる（乙ロ第86号証1及び2ページ）。

(2) 日本の降下火砕物（テフラ）の分布軸方向

日本のような中緯度偏西風帯では、降下火砕物は、規模の大きな噴火ほど強い西風の影響により、火山の東側に分布すると考えられている。日本の後期第四紀テフラ^{*22}の場合、120例中84パーセントがそのような分布域を持つ（図15）。残り16パーセントは、他の方向又は同心円状の分布パターンとなるが（図15）、後者のパターンについては、噴火が起きたのが偏西風の弱い夏季であったか、あるいは日本の西側に台風等の強い低気圧などがあったためと考えられる。（以上につき、乙ロ第87号証8及び9ページ）

*21 参考として、各地に大きな被害をもたらした第二室戸台風（昭和36年）では、最大風速66.7m/sであった。

*22 約13万年前以降の噴火において、火口から放出される破片状又は塊状の火砕物の総称。

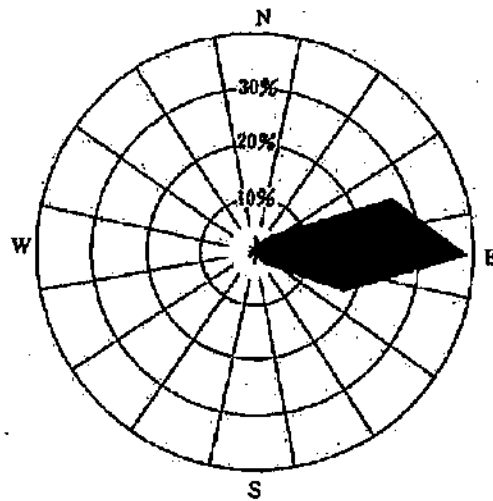


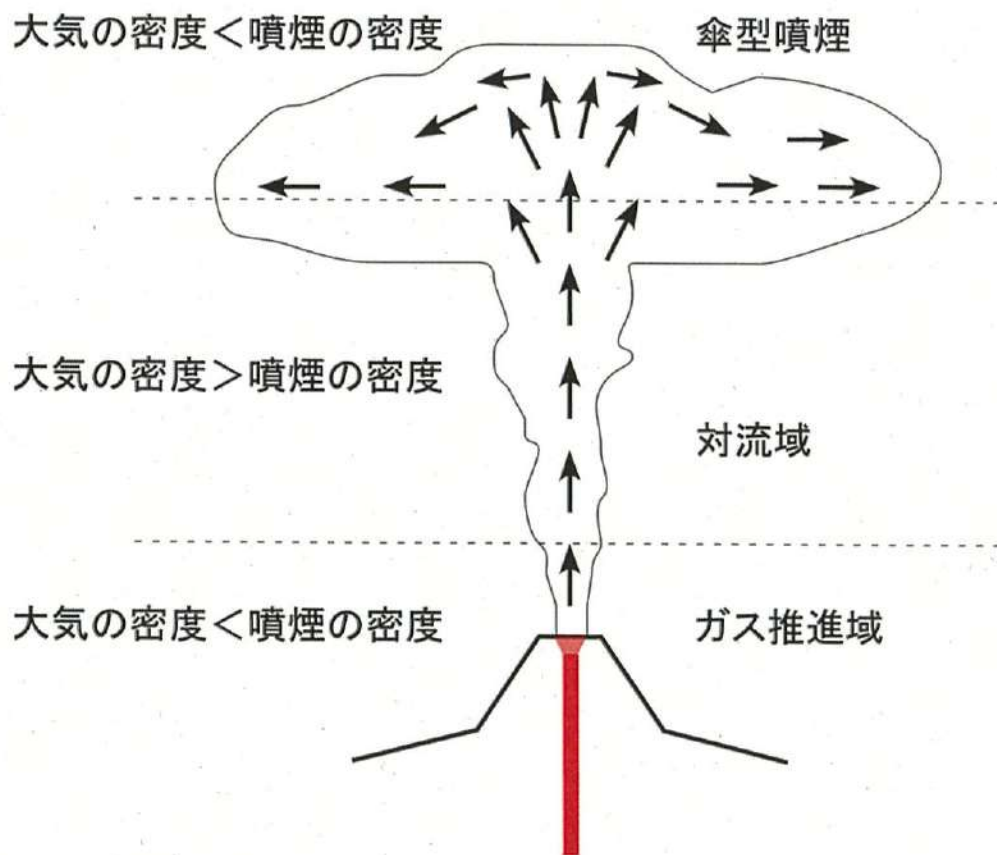
図4 日本地域の後期第四紀主要降下テフラ層の分布軸方向の頻度。

本書の等厚率図に示した約130枚の降下テフラ層の分布軸方向を16方位に分類し、百分率で示した。なお同心円状の分布を示す火砕流と同時の降下テフラ (colgimbrite ash) や分布軸の不明瞭なもの11枚はこの図から除いてある。

【図15】 日本地域の後期第四紀主要降下テフラ層の分布軸方向の頻度 (乙ロ第87号証9ページ)

(3) 噴煙柱の傘型領域

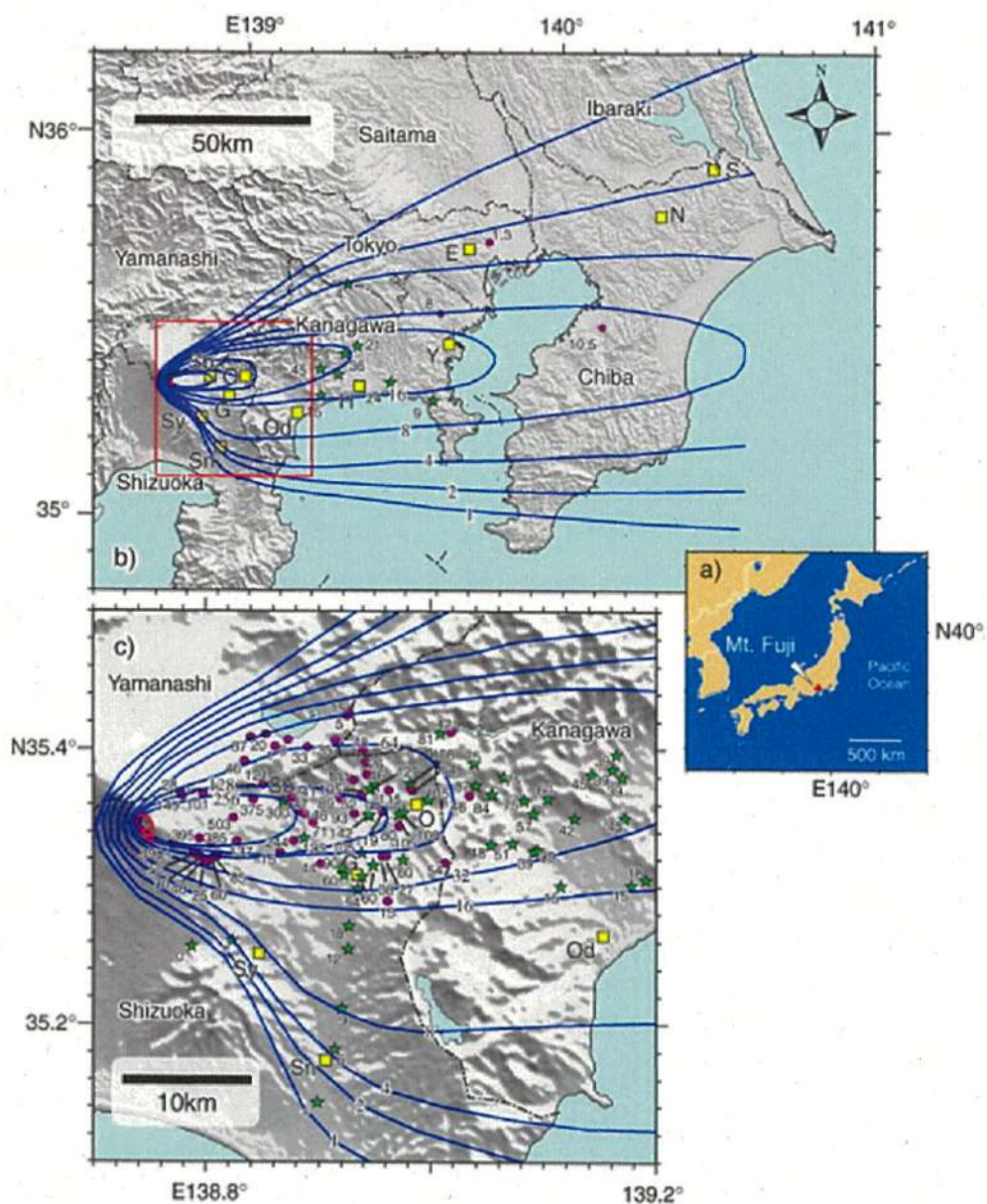
噴煙は、火砕物と火山ガス、空気の混合物である。この混合物が大気より低密度である場合には、浮力により噴煙が上昇し、噴煙柱を形成する。上昇する噴煙は、ある高度まで達すると周囲の大気と密度が釣り合い、上昇を停止する。ある程度の時間、噴火が継続すると、密度が釣り合った部分が水平に広がり傘型の形状になる (図16)。(以上につき、乙ロ第66号証3ページ) この傘型の形状の部分、傘型領域と呼ぶ。



【図16】 噴煙の構造（乙ロ第66号証5ページ）

(4) 等層厚線図の作成について

噴火により拡散された噴出物（降下火砕物等のこと）の分布を把握するために、各地点で降下火砕物の厚さを測定し、それを基に降下火砕物の層厚が等しい地点を結んだ線（コンターともいう。）で表現した等層厚線図が作成されることがある（図17参照）。この等層厚線図は、降下火砕物の分布の把握のみならず、降下火砕物の分散の特徴から噴火様式の推定、降下火砕物の総量（噴出量）の計算、噴煙柱の高さの復元などにも使用される。（以上につき、乙ロ第66号証1及び6ないし9ページ）



【図1 7】 等層厚線図の例（乙ロ第6 6号証1 ページ）

6 火山の諸現象を解明するための調査手法について

火山の諸現象を解明するための調査手法には様々な手法があるが、以下では、地質学的調査手法、岩石学的調査手法、地球物理学的調査手法及び地球化学的調査手法について説明する。

(1) 地質学的調査手法

火山地質学とは、岩石・地層の性質や構造に関する知識に基づき火山の諸現象を解明する学問分野である。火山地質学においては、地層の現地調査を行って、火山噴出物（火山岩）の種類、堆積物分布範囲、噴出量及び各地層の堆積順序を確認したり、各地層における堆積物の放射年代^{*23}等を調査したりすることにより、火山噴出物が噴出し堆積した年代を推定し、当該火山における噴火履歴をまとめるなどの研究を行う。火山の過去の噴火履歴を把握することにより、現在の活動状況や将来の活動状況を推定することができる場合もある。

そして、この噴火履歴は、個々の火山におけるマグマ供給系^{*24}ごとに検討される必要がある。すなわち、噴火履歴の検討は、前記の調査に基づき、個々の火山におけるマグマ供給系の特徴に着目し、その周期性の有無や噴出量の増加・減少傾向を見るものである。そのため、マグマ供給系を異にする他の火山における噴火履歴は、検討対象となる火山の特徴（周期性）を否定する根拠になるものではない。

*23 試料中の放射性同位体核種などの放射壊変などを利用して得られる年代。試料に残存する放射性核種の量、親核種と生成した娘核種の量の比などから推定する。火山噴出物試料自体の放射年代値を調べる手法として、K（カリウム）-Ar（アルゴン）法などが挙げられる。

*24 単一の火山の地下にあるマグマが供給される系統。

地質学的な調査結果については、階段ダイヤグラム（階段図）^{*25}を作成して噴火履歴が示されることがある。火山学においては、1960年頃から、階段ダイヤグラムを作成して、火山の噴火史が検討されるようになり、広く用いられるようになった。

この階段ダイヤグラムを分析することで、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の期間が、過去の最大休止期間より長い等、将来の活動可能性が十分小さいと判断できる場合がある（図18）（乙ロ第10号証340及び341ページ、乙ロ第88号証の1・34ページ、乙ロ第88号証の2・27ページ〔IAEA・SSG-21項目5.14〕）。

*25 階段ダイヤグラムとは、火山別の噴出量及び噴出年代の調査結果に基づき、縦軸に噴出量を、横軸に噴出年代を設定し、それを分析することで、将来の火山活動の規模や時期について評価するものである。将来の活動可能性が否定できるかどうかの判断では、階段ダイヤグラムによる検討結果や噴出物の変化等の特性を総合的に考慮して行う。個別の火山の特徴に応じて総合的に考慮するものであり、階段ダイヤグラムの検討によって活動可能性を評価できるものもあれば、それだけでは足りないものもある。例えば、図18のA火山（完新世に活動していない火山）は、階段ダイヤグラムにより、噴火間隔が均等であることが認められるため、近い将来噴火を起こす可能性が十分小さいと判断することはできない。他方、同図のB火山（完新世に活動していない火山）は、活動期間の当初に噴出量が多い火山活動を行っており、次第にその噴出量が減少し、最後の噴火活動以降現在までの休止期間が最後の噴火活動以前の活動期間よりも長いことが認められ、このような事情は、近い将来噴火を起こす可能性が十分小さいと判断する根拠の一つとなる。（以上につき、乙ロ第10号証340及び341ページ）

さらに、地球物理学的調査（地震波の観測等によりマグマ溜まりの位置等を推定するもの）及び地球化学的調査（火山噴出物等を化学的な成分分析を行いマグマ溜まりの組成や成因等を推定するもの）を追加的に行い、現在の当該火山の活動が終息していることを示すことも可能であり、これらを併せて、近い将来噴火を起こす可能性が十分小さいと判断することもできる。

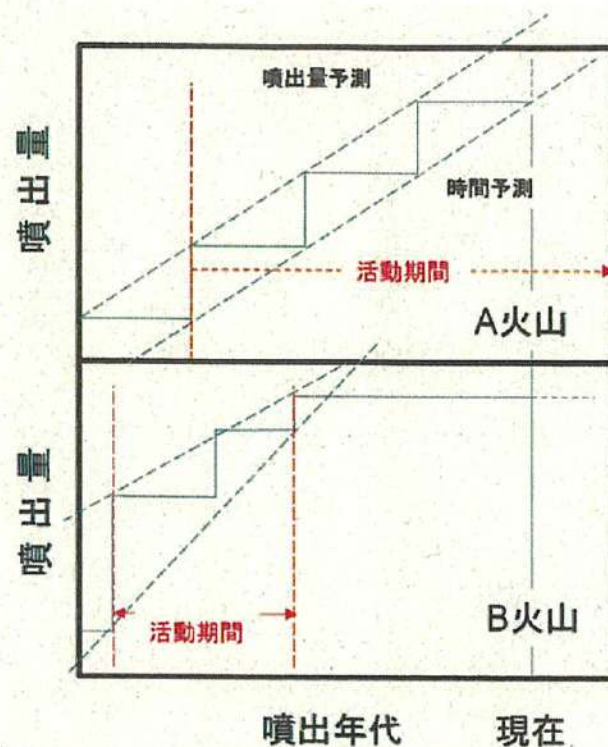


図2 階段ダイヤグラムの例

【図18】 階段ダイヤグラムの例（乙ロ第10号証341ページ）

(2) 岩石学的調査手法

火山岩石学とは、岩石の性質・産状・相互関係・成因などを研究し、火山の諸現象を解明する学問分野である。火山噴出物（火山岩）の岩石学的調査を行うことにより、活動したマグマの特徴、地下におけるマグマの成因、火山活動の履歴などを推定することができる（乙ロ第57号証2ページ）。

例えば、顕微鏡などを用いて火山岩を観察し、火山岩に含まれる鉱物の種類・体積量の比率・サイズ、特徴的な組織等を把握することにより、マグマ

の特徴を確認することや、主成分・微量元素^{*26}組成分析によって火山岩の化学組成を明らかにし、これに基づき、火山岩試料の詳細な岩質（玄武岩、安山岩、流紋岩等）を決定したり、マグマの生成過程を推定したりすることができる。（以上につき、乙口第57号証2ないし8、29及び30ページ）

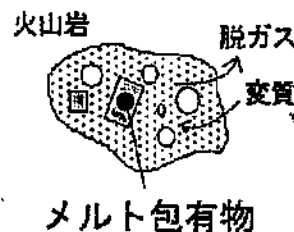
また、火山岩試料に含まれる半減期約12.5億年の放射性同位体⁴⁰K（カリウム）とそれが放射壊変^{*27}した⁴⁰Ar（アルゴン）の比を分析すること等で、その火山岩試料が噴出した年代を推定することができる（乙口第57号証8及び9ページ）。

さらに、火山噴出物に含まれる鉱物のメルトインクルージョン^{*28}の組成を分析し、その組成のマグマが蓄積する環境（温度、圧力、水などの揮発性成分の飽和濃度等）を推定することにより、かかる蓄積環境に整合するマグマ溜まりの深度を推定することができる（乙口第59号証6ページ）。例えば、「始良火砕噴火のマグマ溜まり深度」（安田ほか〔2015〕）（乙口第83号証）は、この手法によって始良Tn噴火におけるマグマ溜まりの上面の深度を推定したものである（同号証382及び396ページ）。

*26 「微量元素」とは、特定の物質や物質の集合体において、存在度が大きい主成分元素以外の存在度が低い元素をいう。岩石から成る地殻やマントル物質、隕石など惑星物質では、O・Si・Al・Fe・Ca・Na・Mg・K以外の全ての元素が微量元素であるとされる（乙口第89号証）。

*27 放射壊変とは、電子軌道の電子が原子核に取り込まれ、原子核内の陽子と反応して中性子になる現象をいう。この結果、中性子数が一つ増え、陽子数が一つ減るため、原子番号が一つ減る（質量数是不変）。（以上につき、乙口第57号証8ページの脚注12）

*28 鉱物中に閉じ込められたガラス状の物質。ガラス包有物又はメルト包有物と呼ぶ場合もある。右図（乙口第65号証9ページより抜粋）を参照のこと。



(3) 地球物理学的調査手法

地球物理学とは、物理学的方法により地球を研究する地球科学の一分野である。

地球物理学における火山に関する調査手法としては、地震波の観測により地下の地震波速度構造を解析することで、マグマ溜まりの位置等を推定する手法(地震波トモグラフィ法等)、自然の電磁場変動の観測により地下の比電気抵抗の構造を解析することで、マグマ溜まりの位置等を推定する手法(MT法電磁探査)などがあり、これらの手法により、現在のマグマ溜まりの状態を推定する。

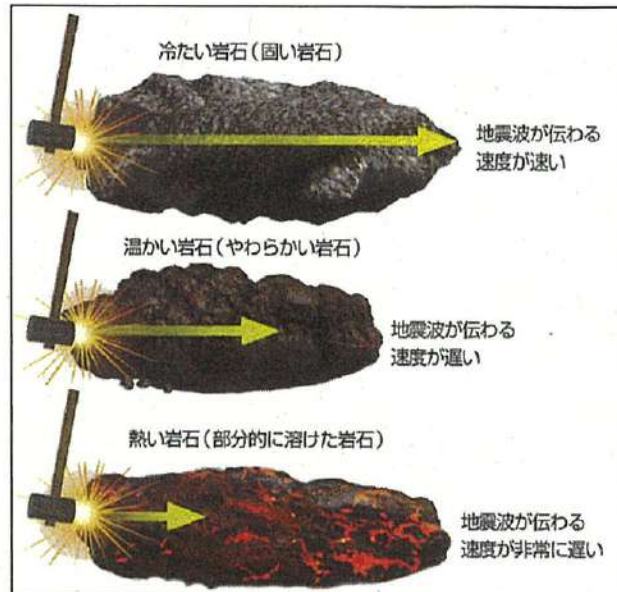
以下、代表的な地球物理学的調査手法を説明する。

ア 地震波トモグラフィ法

地震が発生すると、地震の揺れ(地震波)が震源から地表まで伝わる。地震波が地表まで伝わる途中には、岩盤やマグマ溜まり等、いろいろな物質が存在するが、これらの物質の性質によって地震波の伝わる速度は異なる。その速度の違いを把握することによって、地下のどの辺りにどのような性質の物質が存在するかを推定することが可能となる。このような、地下の地震波速度構造解析技術を、地震波トモグラフィ法という。(以上につき、乙ロ第63号証2ページ)

震源で発生した地震波は、地下の物体を通して、地表まで届く。地下には岩盤や、岩盤が一部(数パーセント程度)融解してメルト(液状のマグマ)が一部存在する部分、マグマの冷却により析出した結晶とメルトが半々程度存在しておかゆ状になっている部分(マッシュ)、全体がメルトで占められている部分、熱水が溜まっている部分などがある。これらの部分

の物理的性質（剛性率^{*29}、密度など）によって地震波の伝わる速度は異なる（図19参照）。



【図19】 地震波の速度の違いについて（乙ロ第63号証4ページ）

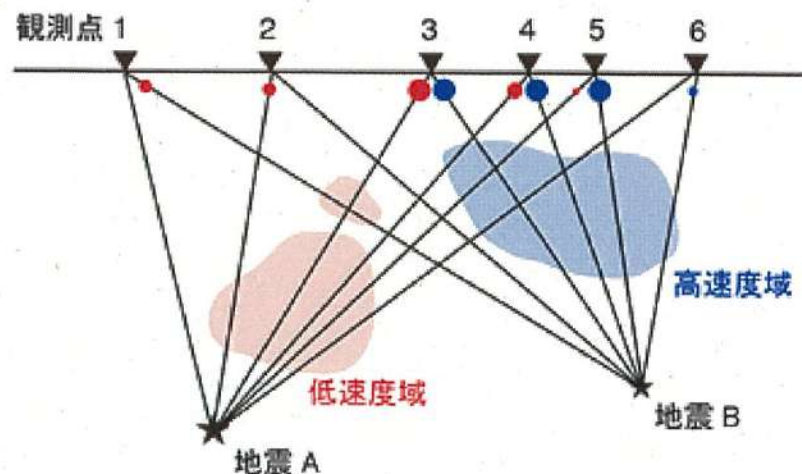
地震波の速度は、地震波が通る岩盤や岩石（以下「岩盤等」という。）の剛性率や密度等の物理的性質によって変化する。また、岩盤等の剛性率や密度は、その温度、圧力その他の岩石の状態によって変化する。例えば、温度が比較的低い岩盤等を通るときは地震波の速度が速く、岩盤が一部融解するなどして温度が比較的高い岩盤等を通るときは地震波の速度が遅くなる。また、熱水やメルト等の液体が多く含まれている岩盤等を通るときは、そうでない岩盤等を通るときと比べて、地震波速度は遅くなる。（以上につき、乙ロ第63号証2ないし4ページ）

つまり、例えば、周囲よりも地震波速度の遅い（低速度域）マグマ溜ま

*29 剛性率とは、物体に横から力が加わったときのずれによる、物体の変形のしにくさのことをいう。

りを通過する地震波は、一般的な速度構造モデルから期待される到着時刻に比べ遅く観測点に到着する。他方、冷たくて地震波速度が速い（高速度域）海洋プレートを伝わる地震波は、一般的速度構造モデルから期待される到着時刻に比べ、早く観測点に到着する。このような観測点への到着時刻の違いは地下の速度構造の空間変化を反映している。この特性を用いることで地震波の到着時刻の違いから地下構造を把握することができる（図20参照）（乙ロ第61号証15ページ）。

また、岩石中の流体が地震波速度に与える影響の傾向や度合いは、その流体量のみならず、流体の種類（水なのか空気なのかメルトなのか）等にも強く依存することから（乙ロ第61号証39ないし42ページ）、地震波速度の低下率や推定される流体の種類等から流体量を推定するという研究も行われている。流体の種類がメルトなのか水なのかにつき判別し難いといった場合もあるが、その場合には、解析地域が火山地域を含むかどうかなどの地理的な条件を考慮したり、既往研究でなされている解釈等の情報を考慮して流体の種類を仮定したりすることにより、地震波速度の低下率等から流体量を推定するという研究例も多い（乙ロ第61号証43ないし46ページ）。



【図20】 地震波トモグラフィの原理（概念図）。赤丸、青丸は地震波が標準よりそれぞれ遅

く、または早く到着することを表す。丸の大きさは遅く又は早く到着する時間の差の度合いを表す（乙ロ第61号証15ページ）。

イ MT法（Magneto Telluric method、地磁気地電流法）

磁場の変化によって電場が生じ、電気と磁気が相互作用するという電磁場の基礎理論を前提とすると、地球という導体中で磁場が変動すれば、その変動を妨げるように電流が発生することになる（乙ロ第90号証1枚目「電気と磁気の相互作用」及び同2枚目「地磁気地電流法〔MT法〕」）。

具体的には、太陽のコロナと呼ばれる領域から、プラズマ粒子が外の空間に向かって高速に吹き出す「太陽風」が地球に到達した際、地球磁界との相互作用によって、地球周辺に複雑な電磁界の変動が生じ、地球の地磁気が乱れる現象（磁気嵐）が発生する。地磁気の乱れ、すなわち、磁場変化によって電磁誘導（磁場の変化から電流が発生する現象）が発生し、地面には交流の誘導電流が流れる。（以上につき、乙ロ第91号証「太陽風」及び「磁気嵐」の各項目、乙ロ第92号証37及び329ページ並びに乙ロ第93号証270ページ）

電磁探査とは、このような電気と磁気の性質を利用して、地層を構成する物質の比電気抵抗（物質内の電気の流れにくさのこと。以下「比抵抗」という。）の違いに着目し、地下の構造や状態、地下資源の存在などを調査する探査法であり、人工又は自然の電磁波変動によって生じる電磁応答を利用する（乙ロ第90号証1枚目「電磁探査の概要」）。電磁探査法には、磁場のみを測定する方法（Electro-Magnetic: EM法）と、電場と磁場の両方を測定する方法（MT法）がある（乙ロ第94号証1枚目「電磁探査」）。

MT法は、地球上で発生する磁気嵐や雷などにより生じる電離層や磁気圏起源の電磁場の変動（自然信号）を利用し、磁場及び電場を測定するこ

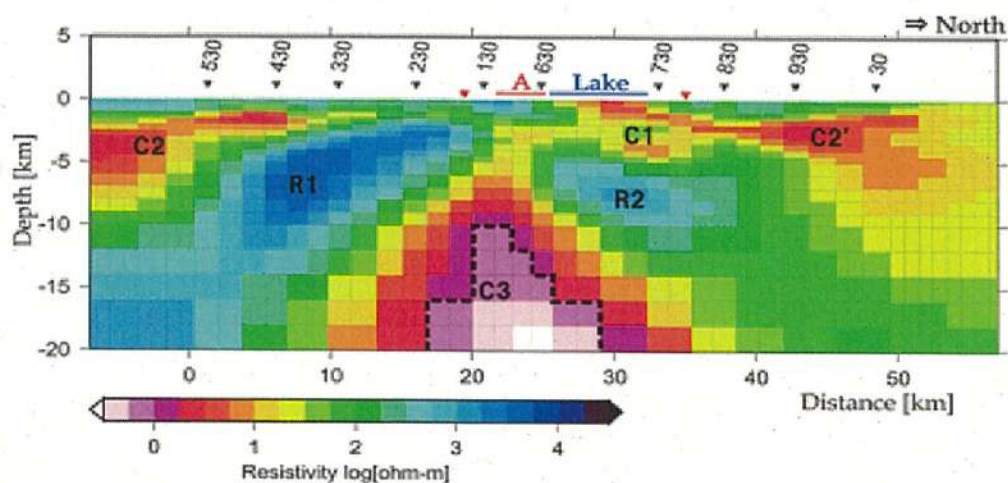
とで地下構造を探索する方法であり、自然に生じた電磁波が大地に入射して生じる電磁応答を地表で観測し、電磁場間の周波数応答（振幅比、位相差など）により地下構造の比抵抗を推定する電磁探索手法である。MT法は深部の探索に適しており、地表300メートル程度から数百キロメートル程度の深さを調査することができ、石油探索、地熱探索、金属鉱床探索などの地質構造探索などに使用されている。また、低い周波数帯域を用いることによって、地殻や上部マントルの構造探索に用いられることもある。（以上につき、乙ロ第90号証1枚目「電磁探索の概要」及び同2枚目「地磁気地電流法（MT法）」）

このように、地震波トモグラフィ法は、地震を用いて地震波速度構造を探索するのに対し、MT法は、電磁波を用いて地下内の比抵抗構造を探索するものである。低比抵抗領域は、電気伝導率の大きい水などの地下流体の分布を反映する。（以上につき、乙ロ第90号証、乙ロ第94号証、乙ロ第95号証9ページ）

具体的に説明すると、まず、地殻岩石の比抵抗値は、温度や液相の存在に強く依存して変化する。地殻を構成する岩石の低温（300度程度）無水状態で比抵抗値は 10^6 オーム・メートル（ Ωm ）と非常に高い。しかし、温度が高くなると、電気伝導度（物質内の電気の流れやすさ）は温度に強く依存して増加し、反対に比抵抗値は減少する。また、高温になると電気を運ぶのは、主にイオンになるところ、イオンの動きやすさは液相においてより大きくなるので、間隙水や部分溶融したマグマの存在により電気伝導度は桁違いに大きくなる。（以上につき、乙ロ第95号証9ページ）

例えば、北海道東部にある大型のカルデラである屈斜路カルデラ内には、アトサヌブリ火山の下に顕著な低比抵抗値を有する領域が見出されている。この低比抵抗値は、図2.1のとおり、最も低い値で1オーム・メート

ルを下回っているところ、岩石中のメルト分率の増加とともに比抵抗値は小さくなるので、1 オーム・メートル以下の比抵抗値ではかなりの高分率でのメルトの存在が示唆されることになる。(以上につき、乙ロ第95号証9及び10ページ)



【図2-1】 屈斜路カルデラ下の比抵抗値構造（乙ロ第95号証10ページ^{*30}）

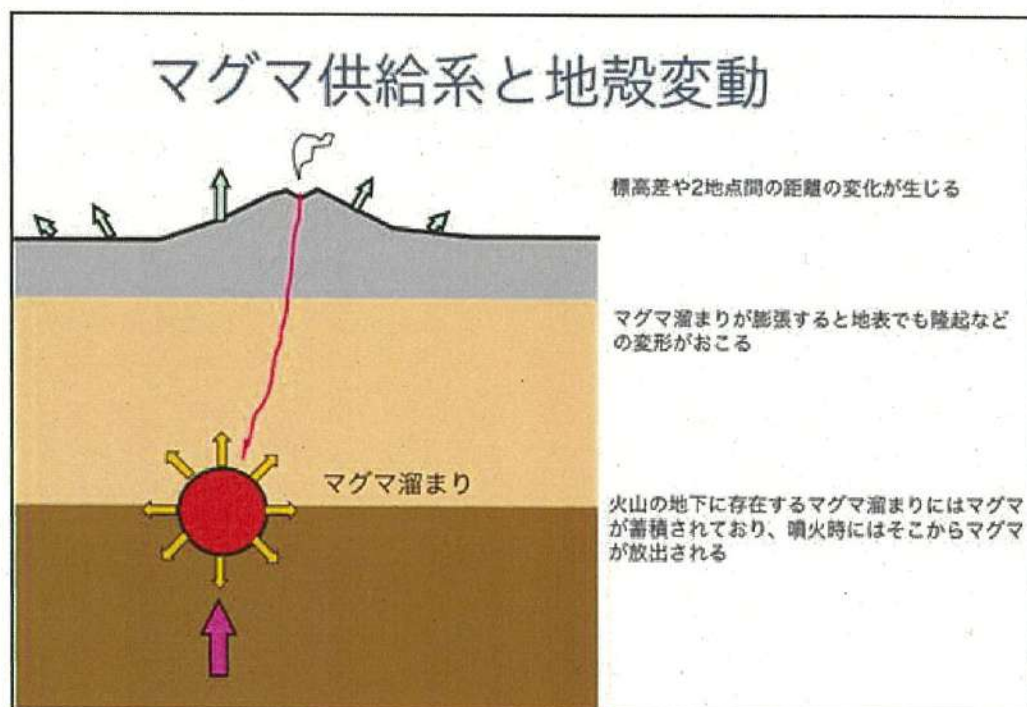
ウ 地殻変動に基づくマグマ溜まりの状態の推定

(ア) はじめに

地殻変動とは、火山現象の観点からいえば、火山の地下にある体積と質量を持ったマグマ等の物質が、地中を移動するときなどに、地表面等に変形を生じさせる現象である。

*30 図面上の着色の区分は「Resistivity log[ohm-m]」と記載のバーに示されているとおり。このバーの下部の目盛りはLogスケール（対数）で表示したものであり、この値がaのとき、比抵抗値は10^aオーム・メートルとなる。そのため、図面上で1オーム・メートルとなるのは、この目盛りの「0」（つまり10の0乗）に該当する部分である。図面上の点線はその外側が1オーム・メートル以上、その内側が1オーム・メートル以下であるという境界を示したものの。

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、隆起が引き起こされ、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、沈降が引き起こされる（図 2 2 参照）。火山活動に伴うこれらの地殻変動を後記(イ)で説明する G N S S 測量や水準測量といった技術により観測し、後記(ウ)で説明する茂木モデルを利用することで、マグマ溜まりの場所やマグマ供給量等を推定することができる。（以上につき、乙ロ第 9 6 号証 3、4、1 5 及び 1 6 ページ等）



【図 2 2】 マグマ供給系の概念図（マグマ溜まりが膨張すると、地表面に地殻変動が生じる〔乙ロ第 9 6 号証 1 6 ページ〕。〕

(イ) G N S S 測量及び水準測量

我が国では、明治時代から、地殻変動の観測には、一般に三角点の測量と水準測量が実施されてきた。

三角点の測量は、従来、全国に配置された多数の三角点間の角度を継

統的に測量し、その角度の変化から地殻変動を捉える方法で行っていたが、現在は、この三角点に代わり、全国約1300か所、おおむね20キロメートル間隔で設置されている電子基準点を用いたGNSS測量が実施されている。

GNSS (Global Navigation Satellite System/全球測位衛星システム) は、アメリカ合衆国が開発したGPS、ロシアが運用するGLO-NASSなどの総称であり、GNSS測量は、人工衛星から送られてくる電波を受信している地点の位置を測る測量方法である。具体的には、個々の電子基準点において上空の4個以上の人工衛星から受信する電波を長時間記録し、これを比較するための別の電子基準点の記録とともに解析して、受信点の正確な位置を割り出すものであり、数センチメートルの動きはもちろん、条件が良ければ数ミリメートル以下の変動も捉えることができる。

一方、水準測量は、全国に配置された多数の水準点間の高さの差（比高）を計測する方法である。具体的には、計測機器を用いて2地点間の高さの差を精密に測るという作業を積み重ねていき、遠く離れた地点間の比高を知ることができるというものであり、その比高の変動から地殻変動を捉えることができる。水準測量は古い技術ではあるが、現在でも最も信頼度の高い比高データを得ることができる測量法として、よく利用される。（以上につき、乙ロ第96号証3ないし9ページ）

(ウ) 茂木モデルを利用したマグマ溜まりの位置、マグマの体積変化量及びマグマ供給量の推定方法

噴火前後の火山ではしばしば同心円状の火山体の隆起や沈降が観測されることから、隆起や沈降の変動源は球状のマグマ溜まりであることが推測される。この球状圧力源（マグマ溜まり）の位置を推定する方法として、火山学においては、茂木モデルが長年広く用いられてきた。茂木

モデルは、Mogi (1958) ^{*31}で提唱された、球状圧力源を仮定する数値モデルであり、Mogi (1958) では、桜島大正噴火 (1914年) 前後で観測された始良カルデラ周辺の地殻変動データに球状圧力源モデルを適用し、桜島など幾つかの火山について圧力源 (マグマ溜まり) の位置、マグマの体積変化量及びマグマ供給量を推定した (乙ロ第96号証15ないし19ページ、乙ロ第97号証18ページ)。

また、茂木モデルは、マグマ溜まりの位置 (D) が浅く、マグマ溜まりの半径 (a) が大きい場合 (a/D が大きい場合) には、マグマ溜まりの位置は真の値よりも過剰に浅く決定されるが、球状圧力源 (マグマ溜まり) の半径 (a) は真の値に比較的近い値に決定され、球状圧力源 (マグマ溜まり) の体積変化量も比較的正確に見積もることができるとされている (乙ロ第97号証29ページ)。茂木モデルでは、隆起や沈降の変動源が球状のマグマ溜まりであると仮定し、地殻変動の結果を、数値モデルである計算式に入力することで、圧力源の中心の深さ (D) を推定する。

(I) 地殻変動によるマグマ供給率の推定方法

地殻変動により評価されたマグマ溜まりの体積変化量は、カルデラ全体の容積変化量や、地下から供給されるマグマ量と火山ガスなどによって地表に放出されるマグマ量の差分により推定される。一定期間のマグマ溜まりの体積変化量から消費されるマグマ量を差し引くことにより、

*31 Mogi, K. (1958): Relation between the eruptions of various volcanoes and the deformations of the ground surface around them, Bull. Earthq. Res. Inst., Univ.

Tokyo, 36, 99-134. (茂木清夫「火山の噴火とその周辺の地殻変動との関係」〔東京大学地震研究所彙報第36巻2号〕)

地下からのマグマ供給率を推定することができる。また、火山活動による地殻変動がない火山は、火山ガスの放出や溶岩の流出等によるマグマの放出量と、地下深部からのマグマの供給の収支バランスがとれており、マグマ溜まりの体積変化がない状態である。GNSS測量における二つの電子基準点間の距離（基線長）や水準測量における比高に変化がない火山において、マグマ溜まりの位置が変化せず、ガスの放出やマグマの放出がなければ、地下深部からマグマ溜まりへのマグマ供給がない状態にあると考えることができる（乙ロ第96号証18及び19ページ）。

(4) 地球化学的調査手法

火山学における地球化学とは、化学的な解析により火山現象を研究する学問分野である。

この分野における調査手法としては、火山ガスやその他火山噴出物、湧出する温泉等について化学的な成分分析を行い、マグマ溜まりの組成や成因等を推定する手法などがある。以下、火山ガスの分析手法について説明する。

マグマを構成する物質のうち、マグマ中で気泡（気相）を形成しやすい物質をマグマ中揮発性成分と呼ぶ。主要な揮発性成分は、水（ H_2O ）、二酸化炭素（ CO_2 ）、硫黄（ S ）、塩素（ Cl ）である。揮発性成分がガスとしてマグマから分離したものが火山ガスであり、マグマの情報を得るため、火山ガスの化学組成・同位体組成、放出率の観測が行われる。揮発性成分の増減はマグマの物性変化に大きく影響し、マグマの上昇・噴火機構に関わる情報である。火山ガスは、直接噴出孔から採取するものだけでなく、火山噴出物の鉱物に含まれるメルトインクルージョン（メルト包有物）からも抽出され、噴火時の火山ガスの状態を調査することができる。

揮発性成分が飽和し、気泡が形成されることをマグマの発泡といい、マグマ全体の密度を大きく低下させ、マグマ溜まりからマグマが上昇する駆動力となる。さらに、地表近くでは急激な膨張によりマグマの破碎を引き起こし、

噴火を爆発的にする。メルト包有物と火山ガスの分析から深部マグマの水(H_2O)及び二酸化炭素(CO_2)濃度を決定し、マグマの発泡度と密度を計算することで、マグマ上昇・噴火過程を把握することができる。(以上につき、乙ロ第65号証2ないし12ページ)

第3 火山ガイドの全体像及び合理性

1 火山ガイドの法的位置づけ

原子炉等規制法43条の3の6第1項4号は、設置許可処分における発電用原子炉施設の安全性の要件として、「災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであること」を定めている。この規定を受けて、「原子力規制委員会規則で定める基準」たる設置許可基準規則(乙ロ第8号証)は、6条1項で「安全施設(兼用キャスクを除く。)*³²は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。次項において同じ。)が発生した

*32 設計基準対象施設(発電用原子炉施設のうち、運転時の異常な過渡変化〔設置許可基準規則2条2項3号参照〕又は設計基準事故〔同項4号参照〕の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要となるもの・同項7号)のうち、安全機能を有するものをいう(同項8号)。

場合においても安全機能^{*33}を損なわないものでなければならない。」と定め、同条2項で「重要安全施設^{*34}は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。」と定めている。

そして、これらの規定の解釈を定めた行政手続法上の審査基準である設置許可基準規則の解釈（乙ロ第9号証）は、同規則6条1項の「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に想定される各種自然現象をいい、「火山の影響」もこれに含まれる旨定め（同条の解釈の2）、同規則6条2項の「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは、「対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。」と定めている（同条の解釈の5）。

このように、設置許可処分における発電用原子炉施設の安全性については、原子炉等規制法43条の3の6第1項4号が「災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであること」を要件と

*33 発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能であって、①その機能の喪失により発電用原子炉施設に運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生し、これにより公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがある機能、②発電用原子炉施設の運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の拡大を防止し、又は速やかにその事故を収束させることにより、公衆又は従事者に及ぼすおそれがある放射線障害を防止し、及び放射性物質が発電用原子炉施設を設置する工場又は事業所外へ放出されることを抑制し、又は防止する機能をいう（設置許可基準規則2条2項5号）。

*34 安全施設のうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するものをいう（設置許可基準規則2条2項9号）。

し、これを受けて、火山の影響等の自然現象（地震及び津波を除く。）への安全対策に係る基準を定めたものが設置許可基準規則6条1項及び2項である。

一方、火山ガイドは、法規でも、行政手続法上の審査基準に該当するものでもなく、事業者の申請に係る火山影響評価に対する妥当性判断の一例を示した審査官の手引にすぎない。このことは、火山ガイドの「本評価ガイドは、新規規制基準が求める火山の影響により原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることの評価方法の一例である。また、本評価ガイドは、火山影響評価の妥当性を審査官が判断する際に、参考とするものである。」（乙ロ第50号証1ページ1.1）、「評価方法は、本評価ガイドに掲げるもの以外であっても、その妥当性が適切に示された場合には、その方法を用いることを妨げない。」（同号証22ページ7.）との記載から明らかである。

したがって、事業者としては、申請内容の妥当性を適切に示した上で、火山ガイドの記載によらない方法を用いて申請することが可能であるし、原子力規制委員会としても、法規でも行政手続法上の審査基準でもない火山ガイドには拘束されず、火山ガイドによらずとも、申請内容の妥当性を確認できれば当該申請を許可することとなる。

2 火山ガイドの策定経緯等

(1) 火山ガイドの策定経緯

ア 国際的な安全指針であるIAEA・SSG-21に基づいて策定されたこと

原子力規制委員会は、IAEA（国際原子力機関、乙ロ第98号証）が作成したIAEA・SSG-21（後述）や、社団法人日本電気協会が作成した「原子力発電所火山影響評価技術指針」（JEAG4625-2009）（乙ロ第99号証）などに基づいて火山ガイドを策定した（乙ロ第50号証1ページ1.3）。

IAEAは、原子力の平和的利用を促進するとともに、原子力が平和的利用から軍事的利用に転用されることを防止することを目的とした国際機関であり、電

離放射線の有害な影響から人及び環境を防護するための IAEA 安全基準^{*35}を策定している。IAEA 安全基準は、最新の科学的知見に基づいた世界的な安全基準であり、①基本的な安全目標と防護及び安全の原則を示した「安全原則」、②「安全原則」の下に定められ、現在と将来において環境の防護を確保するために満たされなければならない要件を制定する「安全要件」、③「安全要件」を遵守するための奨励された手段又はこれと等価な代替的手段や手引を提示する「安全指針」から構成される。(乙ロ第 10 号証 64 ないし 66 ページ)。

IAEA の提供する IAEA・SSG-21 は、かかる IAEA 安全基準のうちの③安全指針の一つであり、原子力施設サイト(敷地)における火山ハザードの評価に関する勧告と指針を提供し、将来の火山事象^{*36}と関連すると考えられる全ての潜在的に危険な現象の識別と包括的な特性評価を可能にすることを目的としている(乙ロ第 88 号証の 1 及び 2)。

IAEA・SSG-21 は、最新の科学的知見に基づく火山の影響評価に関する国際的な安全指針であり、火山ガイドは、かかる国際的な安全指針に基づいて、日本における火山の影響評価の手法を示したものである。

イ 専門家からのヒアリング等も経て策定されたこと

火山ガイドは、原子力の安全の確保のための基盤の整備を図ることを目的として設立された技術支援機関である独立行政法人原子力安全基盤機構

*35 IAEA Safety Standards

*36 火山事象とは、火山災害を引き起こすおそれのある、火山に関連したあらゆる事象又は一連の現象のことを指す。火山事象には噴火を含めてよく、通常は火山で発生する地滑りなどの非噴火によるものも含める(乙ロ第 50 号証 2 ページ 1. 4 (3))。

*37 (Japan Nuclear Energy Safety Organization. 以下「JNES」という。)が原案を作成し、これを基に原子力規制委員会における議論を経て、策定されたものである。JNESは、火山ガイドの策定に当たり、平成25年3月14日及び同年4月2日に研修会を開催するとともに、同年5月27日に第1回規制基準検討会を開催し、火山岩石学及び火山地質学を専門とする中田節也東京大学地震研究所火山噴火予知研究センター教授(同検討会委員長。以下「中田教授」という。)、火山物理学を専門とする藤田英輔独立行政法人防災科学技術研究所観測・予測研究領域地震・火山防災研究ユニット主任研究員(同委員)、地理学、自然災害科学及び地質学を専門とし、文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会委員などを歴任した山崎晴雄首都大学東京大学院教授(同委員。以下「山崎教授」という。))及び地質学及び岩石・鉱石・鉱物・鉱床学を専門とする山元孝広独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門主幹研究員(同委員)の4名の外部有識者から意見を聴取した(乙ロ第102号証、乙ロ第103号証及び乙ロ第104号証)。

また、原子力規制委員会は、平成25年3月28日に開催された、発電用軽水型原子炉の新規制基準に関する検討チーム(第21回会合において、

*37 独立行政法人原子力安全基盤機構は、平成15年10月1日、原子力施設及び原子炉施設に関する検査等、原子力施設及び原子炉施設の設計に関する安全性の解析及び評価並びに原子力災害の予防、原子力災害の拡大の防止及び原子力災害の復旧に関する業務等を行うことにより、原子力の安全の確保のための基盤の整備を図ることを目的として設立された技術支援機関であったが、福島第一原発事故後に、規制実施体制を一元化し、規制当局本体に専門人材を取り込むことが必要との考え方から、平成26年3月1日をもって、原子力規制庁に統合された(乙ロ第100号証及び乙ロ第101号証)。

従前の「発電用軽水型原子炉の新安全基準に関する検討チーム」から改称された。)の第20回会合において、中田教授から意見を聞くなどして、審議を行った(乙ロ第105号証)。

ウ 意見公募手続も経て策定されたこと

原子力規制委員会は、平成25年4月11日から同年5月10日までの間、意見公募手続を行い、その意見を検討した上で、火山ガイドにつき必要な修正を行った(乙ロ第106号証及び乙ロ第107号証)。

(2) 火山に関する知見等の収集方法

原子力規制委員会及び原子力規制庁は、安全追求に終わりではなく、より一層の安全を追求するため不断の努力をすべきであるという理念の下、火山に関する知見も含め、最新の科学的・技術的知見を含む各種情報を収集して分析評価を行い、必要に応じて対策を検討し、随時、規制基準等の規制に反映させている(乙ロ第108号証)。

ア 情報の収集方法

最新知見を含む各種の情報は、例えば審査会合、事業者からのヒアリングといった、原子力発電所の設置(変更)許可等に係る審査に関わる活動や、施設定期検査等の検査活動などによって得られる。

また、原子力規制委員会が実施している安全研究によって、新たな知見が判明することがある。火山に関していえば、「火山影響評価に係る技術的知見の整備事業」として、大規模噴火進展プロセス調査手法の検討、マグマ供給系発達過程の研究、降灰シミュレーション手法の検討、活動的カルデラ火山の地下構造調査など、規制基準や規制活動等の向上に資する様々な安全研究を行っている。なお、同事業の一部は、大学や研究機関の専門家に委託して実施している。

さらに、国内外の研究活動を調査するほか、各種学会等に出席し、最新の研究状況や学会の動向も幅広く把握するよう努めている。これら以外に

も、諸外国の規制動向や、国際基準の策定・改定に係る状況、海外でのトラブル情報等についても把握に努めており、これらから最新知見を含む各種の情報が得られる場合もある。

イ 規制基準等の規制への反映プロセス

前記アの方法で収集された情報は、まず、原子力規制庁内で、我が国の規制に関連する可能性があるか否かのスクリーニングがされる。次に、我が国の規制に関連する可能性があるとした情報について、詳細な分析評価を行い、その中から、何らかの規制対応が必要となる可能性がある最新知見に関する情報（以下「要対応技術情報」という。）の候補を抽出し、併せて対応方針案を作成する。

要対応技術情報の候補及び対応方針案は、原子力規制庁が開催する「技術情報検討会」で検討が行われ、その結果、要対応技術情報に当たるとされた案件及びその対応方針案については、原子炉安全専門審査会等において調査・審議が行われた後に、原子力規制委員会に報告され、必要に応じ、規制基準への反映等が行われる。（以上につき、乙ロ第109号証）

ただし、収集された情報の安全上の重要性及び緊急性に応じて、必要な場合には、前述の手続によらず、原子力規制庁内の関係部署が連携して対応し、技術情報検討会等での検討を経て、原子力規制委員会で審議することもある。

ウ 火山ガイドへの最新知見の具体的な反映事例

前記ア及びイのとおり、原子力規制委員会及び原子力規制庁は、火山に

関する知見に関し、必要な調査研究^{*38}や必要に応じて立ち上げられる検討チーム^{*39}等を通じて火山学者の意見を聴取し、最新の火山学の知見を情報収集し、新たな規制に取り込むこととしており、(乙ロ第108号証)、具体的には、平成25年6月19日の火山ガイド策定以降、平成29年11月29日には、降下火砕物の規制に係る実用炉規則の規定及び火山ガイドの改正を行い、(以下、平成25年に制定された当初の火山ガイドを「旧火山ガイド」、平成29年に改正された火山ガイドを「平成29年火山ガイド」ということがある。)、また、令和元年12月18日には、火山ガイドの各規定の趣旨及び審査実務の考え方を正確に表現し、かつ、文章としてより分かりやすいものとする観点から、火山ガイドの記載を見直す改正(令和元年12月18日原規技発1912182号原子力規制委員会決定)を行い、現行の火山ガイドとなった(乙ロ第114号証1、78及び79枚目)。

このように、火山ガイドは、その時々における最新の火山学の知見を十分反映しているものである。

*38 原子力規制委員会は、必要な調査研究を行っており(原子力規制委員会設置法4条1項12号)、それにより収集した最新の知見により、規則等の基準を改正することがある。原子力規制委員会は、気象庁の観測記録の収集や公刊物による最新の知見の収集はもとより、火山の研究については、近年、独自に毎年数億円の費用をかけて行っている(乙ロ第110号証)。

*39 降下火砕物の規制に関する規則等の改正の際には、降下火砕物濃度の評価に関する検討チームが立ち上げられ、前記山元孝広氏及び日本火山学会火山防災委員会の委員を務め、御嶽山の噴火等の災害対応の経験もある国立保健医療科学院上席主任研究官石峯康浩氏が外部専門家として参加した(乙ロ第111ないし同第113号証)。

(3) 本件設置変更許可処分の審査過程において参照された火山ガイド

本件設置変更許可処分の審査過程においては旧火山ガイドが参照されているが、平成29年火山ガイド及び令和元年火山ガイドにおいても、後述する火山影響評価の流れ（後記4以降）は基本的に共通している。

以下では、令和元年火山ガイド（乙ロ第50号証）に従って、火山ガイドの内容を説明する。

3 火山ガイドの内容

(1) 火山ガイドの目的等

火山ガイドは、原子力発電所への火山影響を適切に評価するため、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出、抽出された火山の火山活動に関する個別評価、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及びその影響評価のための方法と確認事項を取りまとめたものである（令和元年火山ガイド1.）。

(2) 火山ガイドが対象とする火山

日本の火山弧の活動は、1億年以上継続していると考えられているが、火山弧の活動に関連すると考えられている現在のテクトニクス場（主に岩石圏の動きによる地殻の応力場）が成立した時期は、おおむね鮮新世（約500万年前から258万年前）から第四紀更新世（約258万年前から約1万年前まで）の間であると考えられ、地殻変動の傾向や火山活動の場は数十万年から数百万年にわたって変化がないと考えられている。そのため、火山ガイドは、日本周辺の火山弧の活動が当面の間変化しないことを前提として、原子力発電所の運用期間中^{*40}に影響を与え得る個々の火山を評価の対象としている（乙ロ第10号証329及び330ページ）。

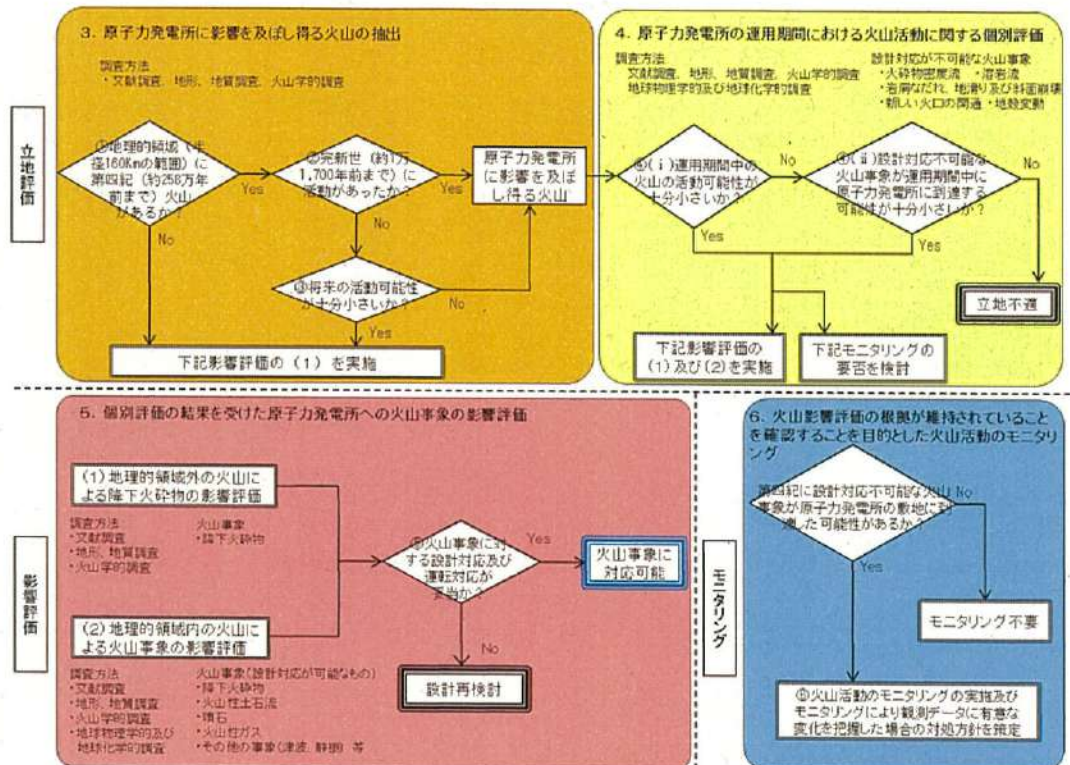
4 火山ガイドの概要（火山影響評価の流れ）

(1) 火山ガイドにおける「火山影響評価」とは、原子力発電所の安全に影響を

*40 原子力発電所に核燃料物質が存在する期間をいう（令和元年火山ガイド1. 4. (4)）。

及ぼし得る火山活動の評価をいう。

(2) 火山ガイドは、この火山影響評価を、「立地評価」と「影響評価」の2段階で行うこととしている（令和元年火山ガイド2. 及び「図1 本評価ガイドの基本フロー」〔下記の図2 3〕参照）。



【図2 3】 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

(3) また、これらの評価とは別に、評価時からの状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることを確認することを目的として、特定の火山に対しては、運用期間中における火山活動のモニタリングの実施方針及びモニタリングにより観測データの有意な変化を把握した場合の対処方針を策定することとしている（令和元年火山ガイド2. 2及び図2 3の右下部分）。

5 立地評価について

(1) 立地評価の意義

立地評価とは、評価対象たる当該原子力発電所周辺の火山に係る火山事象

の影響を考慮して、原子力発電所を建設するサイト（敷地）としての適性を評価することをいい、一定の地理的領域内に存在する火山の将来の活動可能性を検討するとともに、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当該原子力発電所に影響を及ぼす可能性を評価するものである（令和元年火山ガイド2. 1 (1)、同解説－1並びに図23の左上及び右上部分）。

ここで、「設計対応」とは、原子力発電所に到達することが想定される火山事象に対し、安全機能の保持を施設や設備の設計によって対応することをいい、「設計対応不可能な火山事象」とは、かかる設計対応によっても安全機能の保持が不可能な火山事象をいい、具体的には、火砕物密度流^{*41}等がこれに当たる^{*42}。

(2) 立地評価の概略

立地評価では、最初に原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として、原子力発電所から半径160キロメートルの範囲の地理的領域内（後記(3)ア(7)で後述）に存在する第四紀（地質時代の一つであり、約258万年前から現在までの期間）に活動した火山（第四紀火山）を抽出する（令和元年火山ガイド2. 1 解説－1、3. 及び図23の左上部分）。

その結果、上記に該当する火山が抽出されなかった場合は、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山が存在しないものとして、立地不適とならない。

*41 「火砕物密度流」とは、「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の総称（すなわち、火砕流、サージ及びプラスト）をいう」（令和元年火山ガイド1. 4 (9)、プラストにつき同「(12)」）。

*42 「設計対応不可能な火山事象」には、火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口並びに地殻変動が該当する（令和元年火山ガイド4. 1 (1)、「表1」の2、3、4、8及び11・9、23ページ）。

これに対し、上記に該当する火山が抽出された場合は、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山に相当するものとして、当該火山について、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」を行うこととなる（令和元年火山ガイド4. 及び図23の右上部分）。

個別評価の結果、原子力発電所の運用期間中における火山の活動可能性が十分小さいとは評価できず、かつ、設計対応不可能な火山事象が同運用期間中に原子力発電所に到達する可能性が十分小さいとも評価できない場合には、同運用期間中において設計対応が不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分小さいとはいえず、立地不適となる（令和元年火山ガイド2. 1(1)）。この場合、当該敷地に原子力発電所を立地することは認められない。

(3) 立地評価の具体的方法

ア 地理的領域内における火山の抽出（図23の左上部分①）

火山ガイドにおける立地評価では、個々の火山の火山事象による原子力発電所への影響を検討することが求められるのであり、立地評価における火山の抽出は、個々の火山の抽出であって、複数の火山を包含する火山弧として抽出するものではない。

立地評価では、最初に、原子力発電所に影響を及ぼし得る個々の火山の抽出を行うが、この抽出は、文献調査等に基づき、原子力発電所の地理的領域（火山影響評価が実施される原子力発電所の領域をいい、原子力発電所から半径160キロメートルの範囲の領域〔令和元年火山ガイド2. 1解説-1〕）において、第四紀に活動した火山（第四紀火山）を抽出することとされている（令和元年火山ガイド3.、3. 1及び図23の左上部分①）。地理的領域内に、約258万年前から現在までの間に活動した火山がない場合には、当該原子力発電所に影響を及ぼし得る火山はないこととなり、個別評価（図23の右上部分）を行うまでもなく、立地不適とはならない

(乙ロ第10号証335ページ)。

(7) 地理的領域を160キロメートルの範囲とする理由

160キロメートルの範囲を地理的領域とするのは、国内の最大規模の噴火である阿蘇^{あそ}4^{よん}噴火^{ふんか}(約9万年前)において火砕物密度流(火砕流^{*43}、火砕サージ^{*44}など)が到達した距離が160キロメートル(乙ロ第67号証23ページ、乙ロ第115号証2ページ、乙ロ第116号証50ページ)と考えられているからである(乙ロ第10号証336ページ)。

(4) 対象とする火山を第四紀火山に限定している理由

対象とする火山を第四紀火山に限定しているのは、日本国内における島弧型火山の活動期間を考慮したからである。すなわち、日本のように海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込んでいる場所にできる個々の島弧型火山の活動において、同一のマグマ供給系の火山活動期間は、数十万年程度と考えられている(乙ロ第51号証74ページ、乙ロ第11

*43. 広い意味の火砕流は、火砕物密度流と同じく火山ガスと火砕物の混合物が斜面を流れ下る現象である。ただし、研究者によっては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。火砕流は、大きな碎屑岩(岩塊、火山弾)を運ぶことが可能であり、通常は地形の勾配に従う。火砕流内の温度は、多くの場合、500度を超える。速度は、火砕流がどのようにして、どこで発生したか、及び流れる斜面に応じて異なるが、一般的には時速50～100キロメートルとされている(令和元年火山ガイド1.4(10))。

*44 「火砕サージ」とは、「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」をいう。火砕サージは、爆発的噴火により火口から直接発生する場合や、濃度の高い火砕流から分離して生じることもある。火砕サージは、大半の火砕流よりも地形の勾配による制約を受けない(令和元年火山ガイド1.4(11))。

7号証220ページ)。そのため、地質時代区分で新生代第四紀を指す約258万年前まで遡って火山を抽出することによって、活動可能性のある火山を余すところなく抽出することができる。

他方、約258万年前より前に活動していた火山があったとしても、それ以降活動が認められなければ、活動期間を終えたものと考えられる。実際、日本国内における火山のうち、約258万年間の休止期間を経た後に同一のマグマ供給系で火山活動を再開させた火山は確認されていない。そのため、一般的に約258万年前までに活動を終えた日本国内の火山が、火山活動を再開させる蓋然性は極めて低いといえることができる。

かかる知見を踏まえ、火山ガイドでは、「第四紀以前に火山活動があった火山で、第四紀の活動が認められない火山は既にその活動を停止しているとみなせる」とされている（令和元年火山ガイド3. 解説-5.、乙ロ第10号証336ページ）。

イ 完新世の活動の有無（図23の左上部分②）

前記アで、地理的領域内に第四紀火山がある場合には、完新世（第四紀の区分のうちで最も新しいものであり、約1万年前から現在までの期間）に当該火山の活動があったか否かを評価する。これは、気象庁がおおむね1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山を「活火山」と定義しているところ、かかる定義が活動性のある火山の認定方法として広く認められていることから、火山ガイドにおいても、これらの火山を評価対象とすることとしたものである。

完新世に活動を行ったと認められる火山は、将来の活動可能性があることを示すものとして広く受け入れられていることから、直ちにこれを将来の活動可能性のある火山とする（令和元年火山ガイド3. 3(1)）。

第四紀火山で完新世に活動を行ったとは認められない火山については、後記ウのとおり、更に詳しく将来の活動可能性の有無を評価することとな

り、将来の活動可能性が十分小さいと判断できる場合は、当該火山は原子力発電所に影響を及ぼし得る火山には当たらず、当該火山についての評価は終了する（令和元年火山ガイド 3. 3 (2)）。

完新世に活動があった火山や、完新世に活動がなかったものの、将来の活動可能性が十分小さいと判断できない火山については、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として、火山活動に関する個別評価を行う（後記エ）。

ウ 将来の活動可能性の評価方法（図 2 3 の左上部分③）

火山の将来における活動可能性が十分小さいか否かの評価は、立地評価のうち、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出する場面において行うものである。ここで行う評価は、当該火山に将来の活動可能性が十分小さいといえるかどうかであり、他方、後記エで述べる個別評価においては、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した火山について、更に当該原子力発電所の運用期間中における活動可能性が十分小さいかを評価するものである。

地理的領域にある第四紀火山のうち、完新世に活動してい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の結果を基に、当該火山の第四紀の噴火時期、噴火規模、活動の休止期間を示す階段ダイヤグラム（前記第 2 の 6 (1) 3 4 ページ脚注 2 5 参照）を作成し、文献調査及び地形・地質調査結果等から得られた知見と併せて、完新世（約 1 万年前まで）よりも古い時期まで遡り、活動状況を踏まえて将来の火山活動の評価する。

これらの評価の結果、火山活動が終息する傾向（噴火様式や噴出物の特性等）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等、過去の火山活動の調査結果を総合的に考慮し、将来の活動可能性が十分小さいと判断できる場合にのみ、当該火山の火山活動に関する個別評価を行う必要はないとされる。（以上につき、令和元年火山

ガイド3. 3 (2)、乙ロ第10号証339ないし341ページ)

このように、火山ガイドは、完新世に活動が認められなかった火山であっても、将来の活動可能性を評価するに当たり、慎重な考慮をしている。

エ 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（図23の右上部分）

(7) 概要

前記アないしウの評価により原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（検討対象火山）として抽出した火山、つまり地理的領域内の第四紀火山のうち、完新世に活動があった火山あるいは完新世に活動はなかったものの将来の活動可能性が十分小さいとは判断できない火山については、原子力発電所の運用期間中における火山活動についての個別評価を行う。前記ウのとおり、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出の際には、原子力発電所の運用期間中であるか否かを問わず、広く将来の活動可能性を評価して検討対象火山を抽出するが、個別評価においては、原子力発電所の運用期間中に限定して、検討対象火山の活動可能性及び設計対応不可能な火山事象の到達可能性を評価する。

なお、後記(カ)（67ページ以下）のとおり、ここで行う個別評価は、設計対応不可能な火山事象が発生する時期及びその規模を的確に予測できることを前提とするものではなく、現在の火山学の知見に照らして現在の火山の状態を評価するものである（令和元年火山ガイド2. 1解説-3.）。

(イ) 活動可能性の評価

まず、個々の検討対象火山について、当該原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価し、これが十分小さいと判断した場合には、当該火山との関係では立地不適とはならず、当該火山についての立地評価は終了する（令和元年火山ガイド4. 1 (2) 及び図23の右上部分④

(i))。

(ウ) 設計対応不可能な火山事象の到達可能性の評価

前記(i)で、検討対象火山の当該原子力発電所の運用期間中における活動可能性が十分に小さいとは認められない場合には、次に、運用期間中において想定すべき当該火山の噴火規模を設定し、その噴火規模における設計対応不可能な火山事象が当該原子力発電所に到達する可能性が十分小さいかどうかを評価する。当該火山の噴火規模は、同火山の調査結果から推定するが、調査結果から噴火規模を推定できない場合は、同火山の過去最大の噴火規模とする。(以上につき、令和元年火山ガイド4. 1 (3)及び図23の右上部分④(ii))

なお、検討対象火山が後記(e)のように過去に巨大噴火を引き起こしたものでなければ、審査実務上は、前記(i)の活動可能性の評価をするまでもなく、先に当該火山の過去最大規模の噴火規模を用いて設計対応不可能な火山事象の到達可能性を評価し、これが十分小さいと判断できれば、立地不適とはならないとの結論を導くことができる。

(エ) 過去に巨大噴火を引き起こした火山についての評価方法

- a 火山ガイドにおける「巨大噴火」とは、地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流となるような噴火であり、その規模として噴出物の量が数十立方キロメートル程度を越えるようなものをいう（令和元年火山ガイド4. 1 解説-10.）。
- b 検討対象火山のうち過去に巨大噴火を引き起こした火山については、前記(i)の活動可能性の評価に当たり、まず、火山活動のうち巨大噴火の可能性を評価する。

これは、巨大噴火については、噴火に至る過程が十分に解明されておらず、また、発生すれば広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こす火山活動であるが、一方で極めて低頻度な火山事象であって、

有史において観測されたことがないこと等の特性を有するので、これらを踏まえた評価を行うことが適切であるためである。

そこで、かかる特性を踏まえ、(a)当該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と評価でき、(b)運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていない場合は、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと判断できるとしている（令和元年火山ガイド4. 1 (2)の第2段落）。

なお、上記(a)の「巨大噴火が差し迫った状態ではない」ことの評価に当たっては、現在の火山学の知見に照らした調査を尽くした上で、検討対象火山における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う（令和元年火山ガイド4. 1 解説-11.）。

また、上記(a)のみならず、上記(b)の「運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていない場合」との要件を設けたのは、「現在の火山学の知見」自体が進歩していくことからすれば、「現在の火山学の知見に照らした調査を尽くした」としても、なお新たに巨大噴火の可能性に関する科学的知見が得られることもあり得ると考えられ、かかる知見が合理性のある具体的な根拠であるとすれば、当然参酌すべきものであるということを示すためである（乙ロ第114号証12及び13枚目・項番34の「考え方」欄）。

- c. 前記(a)及び(b)の両要件が満たされる場合には、当該火山につき、当該原子力発電所の運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと判断することができるので、次に、当該火山の巨大噴火以外の火山活動について、当該原子力発電所の運用期間中における活動可能性の評価を行う。

そして、当該火山の巨大噴火以外の活動可能性が十分小さいといえない場合には、その巨大噴火以外の火山活動について、運用期間中における設計対応不可能な火山事象の到達可能性の評価を行うこととなる。

この到達可能性の評価は、前記(ウ)（63ページ）のとおり行うのであるが、当該火山の調査結果から、運用期間中における巨大噴火以外の火山活動として想定すべき噴火規模を推定することは一般的に困難であるため^{*45}、噴火規模は、「検討対象火山の過去最大規模の噴火」を用いて評価することとなる。ただし、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価されていることが前提になっているため、当該火山の「過去最大規模の噴火」には、当該火山の最後の巨大噴火以降の最大の噴火規模を用いることとする（令和元年火山ガイド4.1(3)及び乙ロ第10号証349ページ）。

(オ) 具体的な評価方法

a 活動可能性の評価方法

原子力発電所に影響を及ぼし得るか否かを評価する際に用いた調査結果と必要に応じて実施する地球物理学的及び地球化学的調査の結果を基に、原子力発電所の運用期間中における検討対象火山の活動可能性を総合的に評価する。

*45 火山ガイドの策定に携わった山崎晴雄・首都大学東京名誉教授（意見書作成当時）は、意見書（乙ロ第118号証10ページ）において「例えば長期にわたって噴出量が一定であるなどの特殊な事情によって、噴出量を具体的に見積もれる場合を念頭に置いていますので、基本的には個々の火山の過去最大の噴火規模が設定されるようになっています。」と述べている。

原子力発電所に影響を及ぼし得るか否かを評価する際に用いた階段ダイヤグラムや地質調査等は、対象とする火山の過去から現在までの火山活動に焦点を当てた調査方法である。

他方、地球物理学的及び地球化学的調査は、対象とする火山の現在の火山活動に焦点を当てた調査方法である。地球物理学的調査とは、例えば、現在、地下にマグマ溜まりがあるのか、火山性地震は発生しているのか等を調査する方法である。地球化学的調査とは、火山ガスの観測、地下水に含まれるマグマ起源のガス分析等である。これらの地球物理学的調査や地球化学的調査によって、現在の火山の状態を分析し、現在の活動状況を確認して評価を行う。(以上につき、令和元年火山ガイド4. 2及び乙ロ第10号証342及び343ページ)

b 設計対応不可能な火山事象の到達可能性の評価方法等

(a) 評価方法

前記(り)(63ページ)のとおり、まず、検討対象火山の調査結果から原子力発電所の運用期間中に想定すべき噴火規模を推定し、これを設定対象とする。調査結果からその噴火規模を推定できない場合は、検討対象火山の過去最大の噴火規模とする。

次に、設定した噴火規模における設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達する可能性が十分小さいかどうかを評価する。検討対象火山の調査結果から噴火規模を設定した場合には、類似の火山における設計対応不可能な火山事象の影響範囲を参考に到達可能性を評価する。過去最大の噴火規模から設定した場合には、検討対象火山での設計対応不可能な火山事象の痕跡等から影響範囲を定め、到達可能性を評価する。

いずれの方法によっても影響範囲を定めることができない場合には、設計対応不可能な火山事象の国内既往最大到達距離を影響範囲

として到達可能性を評価する。

これらの評価の結果、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達する可能性が十分小さいと判断できる場合には、立地不適とはならない。(以上につき、令和元年火山ガイド4. 1 (3))

(b) VEI (火山爆発指数) との関係

VEI (火山爆発指数) とは、噴火終了後に噴出量の大きさを評価する指標である。区分は0から8までに分かれており、VEI 2からVEI 8までは、区分の数値が一つ上がるごとに噴出物の量が10倍になる^{*46} (乙ロ第71号証107及び108ページ)。また、VEIは、火山噴火の規模を表す一つの指標であり、噴出した火砕物(火山灰、火砕流等)の量で評価されるが、溶岩は噴出量に加味されない。

そもそも、噴出物の量を認定すること自体が困難である上、VEIでは、噴出物の種類ごとの評価ができず、各区分の噴出物の量の幅が大きいため、VEIのみから原子力発電所への火山事象の影響範囲を導くことはできない(乙ロ第10号証345ページ)。

(カ) 火山ガイドにおける個別評価は火山の噴火の時期及び規模を的確に予測できることを前提とするものではないこと

a 火山ガイドにおける個別評価は、火山の噴火の時期及びその規模を的確に予測できることを前提とするものではない。

*46 VEI0は 0.00001km^3 未満、VEI1は 0.00001km^3 以上 0.001km^3 未満、VEI2は 0.001km^3 以上 0.01km^3 未満、VEI3は 0.01km^3 以上 0.1km^3 未満、VEI4は 0.1km^3 以上 1km^3 未満、VEI5は 1km^3 以上 10km^3 未満、VEI6は 10km^3 以上 100km^3 未満、VEI7は 100km^3 以上 1000km^3 未満、VEI8は 1000km^3 以上の噴出量である。

このことは、令和元年12月18日の改正により、令和元年火山ガイド2. 1解説-3. (乙ロ第50号証5及び6ページ)『火山活動に関する個別評価』は、設計対応不可能な火山事象が発生する時期及びその規模を的確に予測できることを前提とするものではなく、現在の火山学の知見に照らして現在の火山の状態を評価するものである。」と明記されたが、かかる考え方は、以下に詳しく述べるとおり、火山ガイドの策定当初から、火山ガイド及び審査における当然の前提とされてきたものである。

- b まず、個別評価における「火山活動の可能性」(令和元年火山ガイド4. 1(2))という用語は、IAEA・SSG-21項目5. 1.0の「potential for future activity」等を参考にしたものであり、火山学において噴火の時期及び規模等を的確に推定することを意味する「予知」「予測」、「噴火予知」「噴火予測」(乙ロ第105号証4ページ及び乙ロ第119号証6ページ参照)とは異なる概念である。

すなわち、「予測」とは、将来が過去の延長線にあるとの前提の下、過去のデータ(情報)に基づき、過去の傾向等を調べ、これを将来に延長して将来の姿を推測することであるところ、予測の精度は、過去のデータ(情報)の量や精度に依存する。

しかしながら、火山ガイドにおける検討対象火山は、歴史年代において人類が経験したことがない第四紀(約258万年前から現在までの期間)に活動した火山までもが含まれるのであり(令和元年火山ガイド3.)、これらの火山について、精度の高い十分なデータが残されているということは期待し得ない。この点については、山崎教授の意見書(乙ロ第118号証)でも、「火山の地質記録も、数百万年前のように、年代が古くなれば当然その地質記録の精度は落ちますし、地層が見つかって、どの火口から噴火した堆積物かすら分からない

ことも多々あります。」などと述べられている。また、火山は、ある程度の周期性を有する地震とは異なり、「噴火のメカニズムが複雑であること、火山の噴火は常に周期をもって起こるとは限らないこと」（乙ロ第118号証13ページ）といった火山活動固有の不確実性も有している。

このような「予測」の困難性については、原子力規制委員会において火山ガイドの内容が検討された基準検討チーム第20回会合でも、中田教授が「噴火の予測というのはどういう具合にやっているかということの説明したいと思います。噴火の予測には五つの要素があつて、時期と場所、それから、規模、様式、推移という、そういう五つの要素があるわけですが、時期と場所については、我々は何となくできているという感覚を持っています。それに対して噴火の規模、様式、（中略）推移（中略）、その三つについては、我々はまだできていないと考えています。」、「段階3（引用者注：予測の発展段階）というのは、これは、実現は当分不可能だと思っていますが、物理的な法則で噴火の規模、様式、推移というものが検討できて、噴火観測のデータから予測ができるというものです。これは恐らく不可能ではないかと思っています。」などと説明した上で、平成23年の新燃岳の噴火開始時期の予測の失敗事例等を紹介している（乙ロ第105号証4ページ及び乙ロ第119号証6及び7ページ）。

このように、火山ガイドの内容が検討された原子力規制委員会の会合においても、中田教授により、噴火の時期の予測は「なんとなくできているという感覚」という程度であり、近年においても噴火開始時期の予測が失敗した例があることが説明され、噴火の規模を予測することについては「まだできていない」、「不可能である」と説明されている。

- c 前記bのとおり、火山に係る過去のデータの量や精度、火山活動固有の不確実性に照らせば、火山の噴火の時期及び規模等を的確に予測することはできない。それゆえ、かかる「予測」を前提とした安全確保対策を講じることができないことは否定できない。

しかし、そうであっても、原子力規制においては、火山事象が原子力発電所の安全性に影響を及ぼし得るものであることから、火山事象を想定すべき自然現象の1つとして位置づけた(設置許可基準規則〔乙ロ第8号証〕6条及び同規則の解釈〔乙ロ第9号証〕)。

そして、火山ガイドにおいては、第四紀火山のうち将来の火山活動可能性が否定できない火山を検討対象火山として抽出し(令和元年火山ガイド3.)、将来の火山活動に不確実性があることを前提に、まず、地球物理学的及び地球化学的調査を尽くし、火山学における最新の知見を参照して、上記の不確実性の程度をできる限り減じた上で(令和元年火山ガイド4. 1(2)及び4. 2)、数万年単位という火山活動の歴史からみれば、原子力発電所の「運用期間中」という非常に限られた期間に焦点を当てて、その活動可能性が十分小さいか否かを評価することとしたのである。

ここで「活動可能性が十分小さい」というのは、「運用期間中のどの時点で噴火する可能性があるか」という判断や、「運用期間後のある時点で噴火する可能性があるから運用期間中には噴火することはない」といった判断を伴うものではなく、火山活動の不確実性に鑑み、運用期間中のどの時点においても噴火する可能性は完全には否定できないことを前提として、各種調査を踏まえ、火山学的にみて、その可能性を十分に小さいということができるか否かを評価し、原子力発電所の立地を不適としなくても、「災害の防止上支障がない」(原子炉等規制法4.3条の3の6第1項4号)といえるか否かを判断すること

としたのである。

d 原子力規制委員会は、前記bの中田教授の指摘や火山活動の不確実性等を踏まえて、前記cのとおり火山ガイドを策定したのであり、このことは、火山ガイドの原案に対するパブリックコメントへの考え方において、「現在の科学技術においても火山の活動性等についての一定の評価は可能であり、原子力発電所運用期間中に設計対応不可能な火山事象が当該発電所の安全性に影響を及ぼす可能性が十分小さいことについて判断できるものと考えていますが、不確実性を伴うものであることはご指摘のとおりです。」、「現在の科学技術の水準を踏まえれば、火山の活動可能性について、長期の活動予知の不確実性が大きい」と回答していることから明らかである（乙ロ第107号証5及び14ページ）。

e また、個別評価における到達可能性の評価についてみても、火山ガイドは、「検討対象火山の調査結果から噴火規模を推定する」とする一方、「調査結果から噴火の規模を推定できない場合」があることを前提とし、この場合には、「検討対象火山の過去最大の噴火規模とする」（令和元年火山ガイド4. 1(3))として、過去最大の噴火規模から到達可能性を評価することとしている。これは、前記bの中田教授の指摘にもあるとおり、火山の噴火の規模が的確に予測できないことを前提とするものであることは明らかであり、より安全面に配慮した定めをしているのである。

f 以上のとおり、火山ガイドにおける個別評価は、火山の噴火の予知ないし予測を前提とするものではなく、将来の火山活動の不確実性を踏まえたものであって、このことは、改定前後を通じて火山ガイド及び審査における当然の前提とされてきたものである。

6 影響評価について

立地評価の結果、当該原子力発電所の立地が不適とならない場合には、次に影響評価を行う（令和元年火山ガイド 5. 及び図 2 3 の左下部分）。

(1) 影響評価の意義

影響評価とは、前記 5（5 6 ページ以下）の立地評価の結果、立地不適とされない原子力発電所について、原子力発電所の運用期間中に生じ得る火山事象による影響を評価することをいう（令和元年火山ガイド 2. 1 (2) 及び図 2 3 の左下部分）。

(2) 影響評価の概略

影響評価では、火山灰^{*47}を始めとした降下火砕物等の設計対応可能な個々の火山事象の影響の程度を評価した上で、「設計対応」及び「運転対応」の妥当性について評価を行う。

影響評価の対象となる「設計対応可能な火山事象」^{*48}とは、施設や設備の設計対応により安全機能の保持が可能な火山事象をいう。これは、火山灰をはじめとする降下火砕物等が該当し、これに対する事業者の設計方針について評価を行う。

そして、上記の「設計対応」とは、前記 5 (1)（5 6 ページ以下）で述べたとおり、原子力発電所に到達する火山事象に対し、安全機能の保持を設計によって対応することを意味し、例えば、火山灰の堆積荷重に耐え得るように建物を設計することである。また、「運転対応」とは、原子力発電所に到

*47 爆発性破砕のさまざまなプロセスによって生じる平均直径 2 ミリメートル未満の火山岩の破片をいう（令和元年火山ガイド 1. 4 (8)）。

*48 「設計対応可能な火山事象」には、降下火砕物、土石流・火山泥流及び洪水、火山から発生する飛来物（噴石）、火山ガス、津波及び静振、大気現象、火山性地震とこれに関連する事象並びに熱水系及び地下水の異常が該当する（令和元年火山ガイド「表 1」参照）。

達する火山事象に対する運転時の対応を意味し、例えば、敷地内に堆積した火山灰を除去する作業がこれに該当する。(以上につき、乙ロ第10号証333ページ)

(3) 影響評価の具体的方法

ア 概要(令和元年火山ガイド5. 及び図23の左下部分)

(7) 影響評価は、前記の立地評価における個別評価により、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(前記5(1)脚注42〔57ページ参照])が原子力発電所の安全性に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価された火山について、それが噴火した場合に原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある設計対応可能な火山事象(前記(2)脚注48参照)を抽出した上で、同火山事象に対する設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行うものである。

ただし、設計対応可能な火山事象のうち降下火砕物については、当該火山から半径160キロメートルの範囲の地理的領域内の外にまで拡散し、その影響が最も広範囲に及ぶことから、原子力発電所への影響を評価するに当たり、前記地理的領域内の火山の噴火によるものか否かにかかわらず、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当たりの質量と同等の火砕物が降下するものとして評価することとされている。つまり、原子力発電所の敷地及びその周辺調査により堆積が認められた降下火砕物については、たとえそれが前記地理的領域外の火山から噴出したものだとしても影響評価の対象とされる。もっとも、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当たりの質量と同等の火砕物の噴出源である火山事象が同定でき、これと同様の火山事象が原子力発電所の運用期間中に発生する可能性が十分小さいと認められる場合は、その降下火砕物が原子力発電所に及ぼす可能性は十分に小さいものとして、考慮対象から除外することとされている。

また、降下火砕物は浸食等で厚さが小さく見積もられるケースがあるので、文献等も参考にして、第四紀火山の噴火による降下火砕物の堆積量を評価する。(以上につき、令和元年火山ガイド5. 及び図23の左下部分)

このような影響評価を行う際の設計対応可能な各火山事象の特性と規模については、立地評価における個別評価を踏まえて設定する。

- (1) なお、火山ガイドは、設計対応の可否を問わず、全ての火山事象についてその影響評価の方法を示している。しかしながら、立地評価における個別評価により、検討対象火山につき、設計対応不可能な火山事象の到達可能性があるとは評価した場合には、そもそも立地不適との判断をすることになるし、他方で、立地不適ではないと判断した場合には、その前提として、設計対応不可能な火山事象の到達可能性は十分小さいと評価していることから、個別評価の結果を踏まえて行う影響評価においては、設計対応不可能な火山事象の影響を改めて評価する必要はない。

そのため、影響評価においては、設計対応可能な火山事象に限って評価を行うこととなる。

イ 地理的領域外の火山による影響評価（図23の左下部分の(1)）

地理的領域外の火山については、前記アのとおり、降下火砕物についてのみ影響評価を行う。降下火砕物とは、主に火山灰である。地理的領域とは、前記5(3)ア（58ページ以下）のとおり、原子力発電所から半径160キロメートルの範囲の領域であるが、降下火砕物以外の火山事象は地理的領域外にまで影響を及ぼすとは認められず、他方で、降下火砕物はその影響が非常に広範囲にわたり、地理的領域外にまで影響を及ぼすと認められることから、地理的領域外の火山についても、影響評価が必要となる（乙ロ第10号証353ページ）。

ウ 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価（図23の左下部分の

(2))

地理的領域内で将来の活動可能性があると評価された火山については、降下火砕物のみならず、火山性土石流や噴石、火山ガス等の設計対応可能な火山事象による影響も評価する。

具体的には、例えば、火山ガスは、窒息性や有毒性、腐食性等といった直接的影響だけでなく、そのような影響により、原子力発電所周辺の人及びその生活に対し活動制限が課される等といった間接的影響をも及ぼす事象である。そこで、運用期間中に活動可能性のある火山に対する火山ガスの評価では、類似する火山から収集した情報又は当該火山におけるガス濃度測定値等の観測データを用いること等によって、原子力発電所への影響を示し、設計対応の可否を判断する。

各影響を評価するに当たっては、事業者において、原子力発電所が存在する立地周辺の地質調査や文献、数値シミュレーション等から、設計対応可能な火山事象の影響の程度を認定し、その各事象に対する設計対応や運転対応^{*49}を定め、原子力規制委員会において、その妥当性を審査する。

影響評価は、立地評価時の地質調査や文献等から、設計対応可能な火山事象の原子力発電所の運用期間中における当該原子力発電所への影響の程度を評価することが求められるのであり、理由なく過去の当該原子力発電所への影響実績を超えた火山事象に対する設計を求めるものではない（乙ロ第10号証353及び354ページ）。

エ 降下火砕物の影響評価の方法

降下火砕物の影響評価の方法は、以下のとおりである（令和元年火山ガイド5.1）。

*49 設計対応と運転対応につき、前記(2)（72及び73ページ）参照。

(7) 降下火砕物の影響の種類

降下火砕物の影響評価については、以下の直接的影響と間接的影響の観点から評価を行う。

a 直接的影響

降下火砕物は、最も広範囲に及ぶ火山事象で、僅かな量の火山灰の堆積でも、原子力発電所の通常運転を妨げる可能性がある。降下火砕物による影響としては、原子力発電所の構造物への静的負荷^{*50}、粒子の衝突、水循環系の閉塞及びその内部における磨耗、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的・化学的影響、並びに原子力発電所周辺の大気汚染等の影響が挙げられる。

また、降雨・降雪などの自然現象は、火山灰等の堆積物の静的負荷を著しく増大させる可能性があるので、併せて考慮する必要がある（令和元年火山ガイド5. 1 (1) (a)）。

b 間接的影響

前記 a のとおり、降下火砕物は広範囲に及ぶことから、原子力発電所周辺の社会インフラに影響を及ぼし得る。この中には、広範囲な送電網の損傷による長期の外部電源喪失や原子力発電所へのアクセス制限事象が発生し得ることも考慮する必要がある（令和元年火山ガイド5. 1 (1) (b)）。

(イ) 原子力発電所への影響評価の方法

降下火砕物の影響評価では、降下火砕物の降灰量、堆積速度、堆積期

*50 静的負荷とは、構造物に加わる荷重のうち、時間的に変化しない一定の加重のことをいう。

間及び火山灰等の特性などの設定、並びに降雨等の同時期に想定される気象条件が火山灰等の特性^{*51}に及ぼす影響を考慮し、それらの発電用原子炉施設への影響を評価し、必要な場合には対策がとられ、求められている安全機能が担保されることを評価する（令和元年火山ガイド5. 1 (2)）。

降下火砕物の降灰量（厚さ）の設定は、原子力発電所又はその周辺敷地で確認された降下火砕物の最大降灰量（厚さ）を基に評価する。すなわち、堆積量（層厚）の観測結果による実測値に基づき評価を行うのが

*51 火山灰の特性としては粒度分布、化学的特性等がある（令和元年火山ガイド5. 1 解説-21）。粒度分布とは、火山ガイドでは粒径分布と同義であり、運用期間中に想定される火山事象により原子力発電所敷地において降灰（堆積）する降下火砕物の粒径の度数分布のことをいう（令和元年火山ガイド添付1の2(3)）。火山灰の粒度分布は、降雨等の気象条件によって火山灰の粒子が凝集し、降灰時の粒径が変化することにより生ずる。また、化学的特性とは、火山灰粒子に、化学的腐食や給水の汚染を引き起こす成分（塩素イオン、フッ素イオン、硫化物イオン等）が含まれていることをいう（令和元年火山ガイド5. 1 (1) (a) 参照）。

原則である^{*52}。

他方、原子力発電所内及びその周辺敷地において降下火砕物の堆積が観測されない場合は、次の方法により降灰量を設定する。すなわち、類似する火山の降下火砕（物）堆積物の情報を基に求めるか、あるいは、対象となる火山の総噴出量、噴煙柱高度、全粒度分布、及びその領域における風速分布の変動を高度及び関連パラメータの関数として、原子力発電所における降下火砕物の数値シミュレーションを行うことにより求める。

数値シミュレーションに際しては、過去の噴火履歴等の関連パラメータ、及び類似の火山の降下火砕堆積物等の情報を参考とすることができるものとされている（令和元年火山ガイド5. 1解説-19）。これは、数値シミュレーションは、複数のパラメータを設定し、それを入力すれば、結果は算出されるものの、火山の噴火については観測例が乏しく、シミュレーションコードの適用範囲に限界があり、そのシミュレーション結果の科学的妥当性についての評価は困難であることから、降下火砕

*52 令和元年火山ガイド5. は、「降下火砕物に関しては、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当たりの質量と同等の火砕物が降下するものとする。」とし、原則として、原子力発電所の敷地及びその周辺の調査で確認された降下火砕物（実測値）と同等の堆積量（すなわち、確認された最大の堆積量）の降下火砕物を評価対象として設定している。なお、令和元年火山ガイド5. は、「敷地及び敷地周辺で確認された降下火砕物の噴出源である火山事象が同定でき、これと同様の火山事象が原子力発電所の運用期間中に発生する可能性が十分に小さい場合は考慮対象から除外する。」とする一方、「降下火砕物は浸食等で厚さが低く見積もられるケースがあるので、文献等も参考にして、第四紀火山の噴火による降下火砕物の堆積量を評価すること。」ともしている。

物の堆積量（層厚）の評価においては、科学的に信頼性が高い堆積量（層厚）の実測値を用いて評価することを原則とするものである。なお、上記の観点からすれば、堆積量（層厚）の観測記録がある場合には、これに基づいて堆積量（層厚）を適切に評価すれば十分であるが、この場合であっても、安全面により配慮して、数値シミュレーションを補助的に用いることを妨げるものではない。

（ウ）確認事項

α 直接的影響の確認事項

直接的影響については、①降下火砕物堆積荷重^{*53}に対して、安全機能を有する構築物、系統及び機器の健全性が維持されること、②降下火砕物により、取水設備、原子炉補機冷却海水系統、格納容器ベント設備等の安全上重要な設備が、閉塞等によりその機能を喪失しないこと、③外気取入口からの火山灰の侵入により、換気空調系統のフィルタの目詰まり、非常用ディーゼル発電機の損傷等による系統・機器の機能喪失がなく、加えて、中央制御室における居住環境を維持するこ

*53 降下火砕物堆積荷重とは、建屋・構築物、屋外機器に対する、降下火砕物の静的な堆積による荷重をいう。降下火砕物による直接的影響の要因の一つとして評価し、構造物の許容効力値以下であることを確認している。

と^{*54}、④必要に応じて、原子力発電所内の構築物、系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が取れることを確認する（令和元年火山ガイド5. 1 (3) (a)）。

b 間接的影響の確認事項

間接的影響については、原子力発電所外での影響（長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮し、燃料油等の備蓄又は外部からの支援等により、原子炉及び使用済燃料プールの安全性を損なわないように対応が取れることを確認する（令和元年火山ガイド5. 1 (3) (b)）。

7 火山活動のモニタリングについて（令和元年火山ガイド6. 及び図23の右下部分）

(1) 目的

原子力規制委員会は、我が国が福島第一原発事故を経験したことを踏まえ、想定される事象に対する規制を強化し、十分な対策を取ることを求めるだけでなく、想定を超える事象に対しても、事前にできる限りの準備を求めることが重要であることを認識した。

このため、火山ガイドは、立地評価における個別評価により、当該原子力発電所の運用期間中において、検討対象火山の活動可能性が十分小さいと評価できる場合や、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達する可能性が十分小さいと評価できる場合であっても、この評価とは別に、評価時か

*54 ③を確認する際には、堆積速度、堆積期間については、類似火山の事象やシミュレーション等に基づいて評価し、また、外気取入口から侵入する火山灰の想定に当たっては、令和元年火山ガイドの「添付1」の「気中降下火砕物濃度の推定方法について」を参照して推定した気中降下火砕物濃度を用い、さらに、堆積速度、堆積期間及び気中降下火砕物濃度は、原子力発電所への間接的な影響の評価にも用いることとしている（令和元年火山ガイド5. 1 解説-20）。

らの状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることを確認することを目的として、運用期間中のモニタリングを行うことを事業者に求めている（令和元年火山ガイド6.）。

このように、モニタリングを行うのは、そもそも、当該原子力発電所の運用期間中において、検討対象火山の活動可能性が十分小さいと評価できる場合や、設計対応不可能な火山事象が到達する可能性が十分小さいと評価できる場合、つまり立地不適ではないと判断できる場合であるが、火山ガイドは、かかる場合でも、その評価の根拠が維持されていることを確認するため、事業者に対し、モニタリングを行うことを義務付けており、さらに、モニタリングを行うのであれば、それにより観測データに有意な変化を把握できる場合もあるから、当然のこととして、それに対する対処方針を事前に定めておくこととしたのである（乙ロ第10号証350ページ）。

そこで、実用炉の設置（変更）許可段階では、当該原子力発電所の運用期間中に行うモニタリングの実施方針及びモニタリングにより観測データの有意な変化を把握した場合の対処方針を策定することとしている（令和元年火山ガイド2. 2参照）。

(2) 火山活動のモニタリングの実施方針の策定

火山ガイドは、「監視対象火山」、すなわち、第四紀に設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の敷地に到達した可能性が否定できない火山に対してモニタリングを行うこととしている（令和元年火山ガイド6. 1）。そのため、過去の最大規模の噴火を考慮しても、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達した可能性が否定できる火山は、監視対象火山とはならない。

火山活動の監視項目としては、一般的に、地震活動の観測（火山性地震の観測）、地殻変動の観測（GNSS等を利用し地殻変動を観測）、火山ガスの観測（放出される二酸化硫黄や二酸化炭素量などの観測）などが考えられる。事業者は、自ら、適切な方法により監視するが、公的機関による火山活動の

観測結果は、火山ガイドにおける監視とは目的が異なるものも含め、参考となる場合に活用することを妨げるものではない(令和元年火山ガイド6.2)。

そして、事業者は、モニタリング結果を定期的に評価し、当該火山の活動状況を把握し、状況に有意な変化がないことを確認することとされ、その際、同評価は第三者(火山専門家等)の助言を得るなどして行うこととされている(令和元年火山ガイド6.3)。

なお、前記(1)(80ページ以下)のとおり、モニタリングは、原子力発電所の運用期間中における火山の活動可能性や設計対応不可能な火山事象の到達可能性が十分に小さいと評価できる火山につき、この評価とは別に、評価時から状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることを確認するために、飽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る。従って、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。

(3) 観測データの有意な変化を把握した場合の対処方針の策定

前記(1)のとおり、モニタリングを行うことにより観測データの有意な変化を把握できる場合もあるため、火山ガイドでは、観測データの有意な変化を把握した場合の対処方針として、①対処を講じるために把握すべき観測データの有意な変化と、それを把握した場合に対処を講じるための判断条件、②火山活動のモニタリングにより把握された観測データの有意な変化に基づき、火山活動の監視を実施する公的機関の火山の活動情報を参考にして対処を実施する方針、③モニタリングにより観測データの有意な変化を把握した場合の対処として、原子炉の停止、適切な核燃料の搬出等を実施する方針を事業者が定めることを求めている(令和元年火山ガイド6.4)。

そもそも、モニタリングを行うのは、原子力発電所の運用期間中において、検討対象火山の活動可能性が十分に小さいと評価できる場合や、設計対応不可能な火山事象の到達可能性が十分に小さいと評価できる場合であるから、原子

力発電所の運用期間中に火山の状態が著しく変化することは想定されていない。

それにもかかわらず、モニタリングにより観測データの有意な変化を把握した場合の対処方針を定めておくこととしたのは、想定を超える事象に対しても備えておくことで、対処方針が全くない場合と比較して、適切な対処を比較的容易にできるようにするためであり、あらかじめ、原子炉の停止、適切な燃料の搬出等の対策を想定し、可能な範囲での対処方針を定めることとしたものである。

8 火山ガイドの定めが合理的なものであること

以上のとおり、火山ガイドは、最新の火山学的な知見が十分反映される手続によって策定され、その内容も、最新の科学的・技術的知見（設置許可基準規則6条の解釈5参照）を踏まえたものとなっており、立地評価については、将来の火山活動の不確実性を踏まえ、将来の火山活動可能性がある半径160キロメートルの範囲（地理的領域）にある第四紀火山を検討対象火山として抽出することとして評価すべき火山を網羅的に抽出した上で、各種の調査を尽くし、最新の火山学の知見等を適切に考慮しつつ、火山の活動の可能性評価と原子力発電所への設計対応不可能な火山事象の到達可能性を評価するという安全面に十分に配慮した定めを設けている。また、火山ガイドは、降下火砕物の影響評価においても、科学的に信頼性が高い堆積量（層厚）の実測値を用いて適切に評価することを原則とし、堆積量（層厚）の設定は、原子力発電所内又はその周辺敷地で確認された降下火砕物の最大堆積量（層厚）を基に評価するとして、安全面に十分に配慮した定めを設けている。

さらに、このような火山ガイドは、前記2(1)ア（49ページ以下）のとおり、IAEA・SSG-21を基にしたものであって、国際基準とも整合している。

したがって、火山ガイドは、原子炉施設について、安全面に十分に配慮した

合理的な定めを設け、想定される火山事象が発生した場合においても、「安全機能を損なわないもの」（設置許可基準規則 6 条）であり、「災害の防止上支障がないもの」（原子炉等規制法 4 3 条の 3 の 6 第 1 項 4 号）か否かを判断しようとするものであって、その内容が合理的なものであることは明らかである。

第 4 原告ら主張への反論

- 1 「基本的な考え方」^{*55}における巨大噴火に関する評価手法は全く意味のないものであるなどとする原告らの主張は、独自の見解で理由がないこと

(1) 原告らの主張

原告らは、「基本的な考え方」について、「火山ガイドを改正することなく、火山ガイドの立地評価の基準を死文化させるものである。」、「『基本的な考え方』の記載の帰結は、自ずと『巨大噴火が差し迫った状態にあるとは確認できない。』、『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確認できない』としかかなりえず、全く意味のないことを要求しているというほかない。」、「『基本的考え方(マ)』は、自らが設定した火山ガイドにあてはめると『立地不適』となるはずの本件原発をはじめとする多くの原子炉を廃炉の危機から救うために、本来あり得べき司法審査の帰結をねじ曲げようとする“後知恵”で作成された裁判対策文書である」などとして（原告ら準備書面 7 1 第 2 の 4 (4)イ、ウ及びカ〔8 ないし 1 1 ページ〕）、「基本的な考え方」における巨大噴火に関する火山評価手

*55 原子力規制庁が、原子力規制委員会に対し、火山ガイドが前提とする巨大噴火に関する考え方を整理して報告した、平成 30 年 3 月 7 日付け「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」のこと（乙ロ第 120 号証）。

法は、旧火山ガイドの立地評価規定を無意味なものとすることによって、本来立地不適となり廃炉を免れない原子力発電所を維持し、事業者を救済するためのものであるなどと主張する。

(2) 被告国の反論

しかし、「基本的な考え方」は、巨大噴火に関する原子力規制の基本的な考え方を分かりやすくまとめたものであり、火山ガイドにおける従来からの考え方を改めて整理したものにはすぎない（乙ロ第120号証1ページ、乙ロ第121号証18及び19ページ）。すなわち、火山ガイドは、原子力発電所の安全確保に万全を期する観点から、火山の活動可能性の評価に当たっては、従前より必要な範囲内において巨大噴火を考慮することとしており、適合性審査においてもこれを当然の前提としていたものであって、火山ガイド及びこれに基づく適合性審査における従来の方考え方を整理し、具体的に明示したものが「基本的な考え方」である。

そうであるにもかかわらず、これまで明示的には巨大噴火に関する取扱いを火山ガイドに記載していなかったことから、令和元年12月、火山ガイドの改正の際に明確化したものである（乙ロ第114号証9枚目のNo. 26の回答部分）、乙ロ第122号証5ページ）。具体的には、上記改正後の火山ガイドである令和元年火山ガイドの4. 1(2)のなお書き部分がこれに該当する（乙ロ第50号証9ページ）。

そこで、以下では、「基本的な考え方」が巨大噴火に関する原子力規制の従来からの考え方を整理したものにはすぎず、令和元年火山ガイドがこれを明示したものであり、本件各原子炉施設の設置変更許可申請（以下「本件設置変更許可申請」という。）に係る適合性審査（以下「本件適合性審査」という。）における考え方も同様であったことについて述べる。

ア まず、原子炉等規制法43条の3の6第1項4号にいう「災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するもの

であること。」とは、どのような異常事態が生じて、原子炉施設内の放射性物質が外部の環境に放出されることは絶対にないといった達成不可能なレベルの高度の安全性（絶対的な安全性）をいうものではなく、原子炉施設の位置、構造及び設備が相対的安全を前提とした安全性を備えていることをいうものと解される。

上記の相対的安全性の意味するところは、発電用原子炉施設を含む科学技術を利用した各種の機械、装置等は、絶対に安全というものではなく、常に何らかの程度の事故発生等の危険性を伴っているものであるが、その危険性が社会通念上容認できる水準以下であると考えられる場合に、又はその危険性の相当程度が人間によって管理できると考えられる場合に、その危険性の程度と科学技術の利用により得られる利益の大きさととの比較衡量の上で、これを一応安全なものであるとして利用することを許容する考え方である（高橋利文・最高裁判所判例解説民事篇（平成4年度）〔伊方最高裁判決調査官解説〕417及び418ページ）。

そして、上記の危険性が社会通念上容認できる水準以下であるか否かなどの判断や上記の比較衡量は、時々々の科学技術水準のみによって判断することはできず、我が国の社会通念に依拠せざるを得ない。伊方最高裁判決の調査官解説において、上記の相対的安全性を具体的な水準として捉えようとするのであれば、原子力規制委員会が、時々々の科学技術水準に従い、かつ、社会がどの程度の危険までを容認するかなどの事情をも見定めて、専門技術的裁量により決定するほかはない旨述べているのも、専門技術的裁量に基づく判断をするに当たっては、科学技術水準に従うことのみならず、事故発生等の危険性を発生させ得る災害の特徴等（発生頻度、被害の特徴やその程度、発電用原子力施設への影響及びその他の社会的影響等）を踏まえ、上記の危険性に対する社会の容認の程度といった社会通念を考慮すべきことを述べるものと解される。

したがって、原子炉等規制法43条の3の6第1項4号が、「災害の防止上支障がないもの」として定められる基準の策定について原子力規制委員会の専門技術的裁量に委ねた趣旨には、最新の科学技術水準のみならず、上記の社会通念をも考慮した基準を策定すべき趣旨を含むものと解され、設置許可基準規則の策定において上記の考慮が必要であることはもとより、同規則の解釈及び同規則への妥当性評価の一例を示した火山ガイドの適用に当たっても同様に、社会通念が考慮されていた。

すなわち、火山に対する安全確保を求める設置許可基準規則6条は、「安全施設（中略）は、想定される自然現象（中略）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」（同条1項）、「重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。」（同条2項）と規定し、上記の「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的・技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいうと解される（同規則6条の解釈5、乙ロ第9号証15及び16ページ）。これは、最新の科学的・技術的知見から合理的に想定される自然現象に起因する危険性を想定した安全確保対策を求める一方、これを超える危険性については、これを想定した対策を講じなくとも社会通念上容認される場合があるという見地に立つものと解される。

そして、設置許可基準規則6条への妥当性評価に用いられる火山ガイドの4.1(2)「検討対象火山の活動の可能性を総合的に評価」、「検討対象火山の活動の可能性が十分小さい」という定め（乙ロ第123号証）についても、同様の見地から、上記の社会通念を踏まえて適用されていたものである。

イ しかるところ、巨大噴火とそれ以外の噴火とでは、安全確保上、その危険性に対する社会通念が異なることから、両者を区別して検討する必要がある。すなわち、巨大噴火は、それ以外の噴火とは異なり、他に比肩し得るものがないほどに、広域的な地域に重大かつ深刻な災害をもたらす一方で、低頻度な事象であるという特徴を有しており^{*56}、また、これを想定した法規制や防災対策が行われていない。防災対策においては、通常、後カルデラ期における近年の大規模な噴火から噴火規模を想定している。このことからすると、巨大噴火については、それ以外の噴火とは異なり、巨大噴火の発生可能性が相応の根拠をもって示されない限り、安全確保上、巨大噴火を想定しないことが社会通念上容認されていると判断することができる。

もっとも、原子力規制行政においては、安全確保に万全を期する観点から、あえて、通常の防災対策においては考慮されていない巨大噴火をも想定することとし、上記の社会通念を考慮し、過去に巨大噴火を起こした火山については、巨大噴火の可能性評価とそれ以外の活動可能性評価を区別して検討することとしたものである。

具体的にいうと、原子力規制委員会は、巨大噴火に係る上記の社会通念を考慮し、巨大噴火の可能性の評価については、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、(a)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(b)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

*56 本件5カルデラ（第2の4(3)〔22ページ〕についてみても、巨大噴火については、数万年に1回程度の頻度にすぎない。

いえない場合（以下、上記(a)及び(b)を併せて「本件各要件」という。）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し、旧火山ガイド4. 1 (2)の「活動の可能性が十分小さい」と評価していた。この従来からの考え方を明らかにしたものが「基本的な考え方」である（乙ロ第120号証）。

このように、巨大噴火の可能性評価における本件各要件は、各種の調査に基づき、最新の火山学の知見のみならず、巨大噴火に係る社会通念をも考慮し、火山事象の到達可能性評価に進むまでもなく、立地不適としなくとも、「安全機能を損なわないもの」（設置許可基準規則6条）であって、「災害の防止上支障がないもの」（原子炉等規制法43条の3の6第1項4号）であるか否かを判断するものとして機能することになる。

ウ そして、前記のような巨大噴火に係る社会通念の考慮については、累次の司法判断においても是認されている。すなわち、多くの裁判例が発電用原子炉施設の運用期間中に巨大噴火が発生する可能性が相応の根拠をもって示されない限り、立地不適としなくとも、原子炉等規制法の趣旨に反するということはできないと判断し、実質的に見て、本件各要件に基づき巨大噴火の可能性評価を行うのと同旨の判示をしている（福岡高等裁判所宮崎支部平成28年4月6日決定〔以下「福岡高裁宮崎支部決定」という。〕、佐賀地方裁判所平成30年3月20日決定のほか、広島高等裁判所平成30年9月25日異議審決定〔以下「広島高裁異議審決定」という。〕、高松高等裁判所平成30年11月15日決定〔以下「高松高裁決定」という。〕、大分地方裁判所平成30年9月28日決定、山口地方裁判所岩国支部平成31年3月15日決定、福岡高等裁判所令和元年7月10日決定〔以下「福岡高裁決定」という。〕も、巨大噴火に係る社会通念について同様の考え方に立つものと思われる。〕。

このうち、広島高裁異議審決定は、「破局的噴火は、他の自然災害など

とは異なり国家の解体、消滅をもたらし得る大規模な災害であり、破局的噴火を具体的な危険と認めるのであれば、これに対処する法、インフラの整備等を進めなければならないはずであるが、そのような動きがみられないことは、社会通念として、壊滅的打撃をもたらすものであっても、低頻度の事象については、これを具体的危険として認めず、抽象的可能性にとどまる限り容認する社会通念が存するものと判断するほかない。」「原子力発電所の運用期間中にそのような噴火が発生する可能性が相応の根拠をもって示されない限り、これを前提として立地不適としなくても原子炉等規制法の趣旨に反するということはできず、また、原子炉等規制法の委託を受けて制定された設置許可基準規則6条1項の趣旨にも反しないというべきである。」と判示し、その上で、原子力発電所の運用期間中に破局的噴火が発生する可能性が相応の根拠をもって示されていないと認定し、「本件原子炉施設を火山事象との関係で立地不適としなかった原子力規制委員会の判断は、結論において合理的と認められる。」と判示している。

また、高松高裁決定も、前記イと同旨の判示をした上で、「少なくとも今日の我が国においては、このようにその影響が著しく重大かつ深刻なものではあるが極めて低頻度の規模及び態様のVEI 7クラスの破局的噴火を含む、噴出物が数十立法キロメートルを超える巨大噴火の危険性については、その発生の可能性が相応の根拠をもって示されない限り、先で見たとおり、開発行為の制限や建築構造物の規制をはじめとして安全性確保の上で考慮されていないのが実情であり、このことは、上記の現行法令における巨大地震と上記のような破局的噴火を含む巨大噴火の位置づけや対策の違いからもうかがい知ることができるというべきであり、また、噴出物が数十立法キロメートルを超える巨大噴火の危険性については、その発生の可能性が相応の根拠をもって示されない限り、その危険性については想定せず、これを容認するという社会通念の反映とみることができるとい

うべきである。」、「噴出物が数十立方キロメートルを超える巨大噴火については、その発生の可能性が相応の根拠をもって示されない限り、発電用原子炉施設の安全性確保の上で自然災害として想定しなくとも、当該発電用原子炉施設が客観的に見て安全性に欠けることがあるということとはできない。また、そのように解しても、本件改正後の原子炉等規制法の趣旨に反するということもできない。そして、まさにそのように解釈すべきとするのが『基本的な考え方』（引用者注：乙ロ第120号証）である。」と判示している。

さらに、福岡高裁決定も、「火山ガイドの解釈において、設計対応不可能な火山事象を伴う巨大噴火の発生可能性をどのように理解すべきかを検討するに、この問題は、火山ガイドが原子力発電所への火山影響を適切に評価することを目的としている以上（甲11〔引用者注：乙ロ第123号証〕）、原子力安全規制に関する現行法制度の中で巨大噴火の発生可能性をどのように取り扱うべきかという問題に帰着する。」、「巨大噴火は、ひとたび発生すれば、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現象であって、上記のとおり、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は、原子力安全規制以外の分野においては行われていないのが実情であり、このことは、巨大噴火の発生可能性が上記のような抽象的なものにとどまる限り、法規制や防災対策においてこれを想定しないことを容認するという社会通念の反映とみることができる。そうすると、原子力安全規制に関する現行法制度の下においても、巨大噴火の発生可能性が全くないと言い切れない限り、これを自然災害として想定すべきであるとの立法政策がとられていると解することはできない。」、「したがって、基本的な考え方（引用者注：乙ロ第120号証）にあるとおり、巨大噴火

については、その発生の可能性が相当の根拠をもって示されない限り、発電用原子炉施設の安全性確保の上で自然災害として想定しなくても、当該発電用原子炉施設が客観的にみて安全性に欠けるところがあるということとはできないし、そのように解しても、本件改正後の原子炉等規制法の趣旨に反するということもできない。これを火山の影響に係る立地評価の基準についていえば、当該発電用原子炉施設の運用期間中にそのような巨大噴火が発生する可能性が相当の根拠をもって示されない限り、立地不適としなくても、原子炉等規制法や設置許可基準規則6条1項の趣旨に反するということはできないというべきである。」、「火山ガイドの前記定めは、以上の観点に基づいて解釈すべきであり、本件各原子炉施設における火山事象に対する安全性の評価に関する原子力規制委員会の審査の合理性についても、以上を踏まえて検討するのが相当である。」と判示している。

- エ このように、原子力規制委員会が、旧火山ガイド4. 1 (2)に基づいて過去に巨大噴火を起こしたことがある火山を検討するに当たり、「基本的な考え方」と同様の考え方を前提にしていたことは、本件適合性審査の状況や、九州電力川内原子力発電所1号炉及び2号炉の設置変更許可処分に係る適合性審査の状況（乙口第124号証）、平成29年度原子力規制委員会第6.9回会議における石渡委員の『『基本的な考え方について』』という文書につきましては、いわゆる巨大噴火に対する原子力規制の基本的な考え方をよくまとめてあると思っております。我々としては、従来もこの考え方で規制を行ってまいりましたし、これからもこの考え方で行っていくということでございます。」などという「基本的な考え方」に係る説明

にも裏付けられている（乙ロ第121号証18及び19ページ）^{*57}。

オ 以上のとおりであるから、旧火山ガイド4. 1(2)の「検討対象火山の活動の可能性を総合的に評価する。」「評価の結果、検討対象火山の活動可能性が十分小さい」という定めについては、巨大噴火に係る社会通念に着目し、本件各要件（前記イ・88ページ）以下）と整合的な理解の下で適用がされてきたものであるから、「基本的な考え方」が公表された後に改訂された令和元年火山ガイドについても、旧火山ガイドを実質的に変更したものではない。

カ したがって、火山ガイドにおける巨大噴火の可能性評価は、「基本的な考え方」の公表の前後にかかわらず、本件各要件の充足性をみるべきところ、本件各要件（前記イ・88ページ）以下の充足性は、火山地質学、岩石学、地球物理学及び地球化学的調査を尽くし、その結果を総合的に考

*57 広島高裁異議審決定においては、「基本的な考え方」について、「火山ガイドや考え方（引用者注：「新規制基準の考え方」〔乙ロ第10号証〕）は、巨大噴火とその余の規模の噴火を特段区別せず、むしろ（中略）巨大噴火をも想定した内容となっている。（中略）火山ガイドが、巨大噴火について基本的な考え方（引用者注：本件各要件に基づき巨大噴火の可能性評価を行うような考え方を指すが、正確には決定中の略称定義を参照されたい。）のような考え方を取っているものとは認めることはできない。」と判示しているが、かかる判示は前述したことに照らして誤りである。少なくとも、本件適合性審査においては、旧火山ガイド4. 1(2)の火山の活動の可能性評価を行うに当たり、巨大噴火とそれ以外の噴火とを区別し、本件各要件（前記イ・88ページ以下）と整合的な評価を行っていることは明らかであって、上記の判示は本件に直ちに妥当するものではない。

慮し、検討することで、火山学的に評価・判断することが可能である^{*58}。

この点、現在、我が国において巨大噴火を想定した防災対策が、喫緊の課題として取り組まれておらず、具体的な法整備も行われていないという事情は、少なくとも現在の我が国において、火山学的に、巨大噴火が差し迫った状態にあるとする見解がないことを意味するものといえる。したがって、かかる事情もまた、巨大噴火が差し迫った状態にないことを推認する一事情として、本件各要件のうち(a)の要件（前記イ・88ページ以下）の該当性において考慮されるべきである。

さらに、火山学的にみて、大規模なマグマ溜まりが蓄積するには相当長期間かかると考えるのが相当であること、マグマ溜まりが発泡して巨大噴火に至る過程にも、相応の時間がかかると考えるのが相当であることなどからすれば、現在巨大噴火が差し迫った状態にない場合には、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的な根拠があるとはいえないことが推認されるといえる（なお、運用期間中に巨大噴火を引き起こすかどうかは分からない。というにとどまる見解は、本件各要件のうち(b)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」〔前記イ・88ページ以下〕に当たらないことはいうまでもない。）。

したがって、本件各要件のうち(a)の要件が満たされる場合には、運用

*58 このことは、小林哲夫鹿児島大学名誉教授の見解（乙ロ第70号証33ないし36ページ）、大倉敬宏京都大学教授の見解（乙ロ第96号証32ページ）、井口正人京都大学教授の見解（乙ロ第63号証17ページ）、斎藤元治産業技術総合研究所主任研究員の見解（乙ロ第65号証21ないし23ページ）、山崎教授の見解（乙ロ第118号証11及び12ページ）からも明らかである。

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認められない限り、(b)の要件が満たされることが推認されるということが出来る。

キ そして、このような本件各要件が満たされる場合には、巨大噴火の可能性が十分小さいと評価できるため、過去に巨大噴火を起こした火山のうち、巨大噴火以外の火山活動の活動可能性の評価を行い、十分小さいといえない場合には、巨大噴火以外の設計対応不可能な火山事象の到達可能性、つまり、旧火山ガイド4. 1 (3)の評価を行うこととなる。すなわち、過去に巨大噴火を起こしたことがある火山について、巨大噴火以外の火山活動の活動可能性の評価を行うときには、一般的に噴火規模の推定は困難であるから、過去最大規模の噴火を想定して評価することとなる。もっとも、巨大噴火の可能性は十分小さいと評価されていることが前提であるため、検討対象火山の過去最大規模の噴火には、当該検討対象火山の最後の巨大噴火より後の最大の噴火規模が用いられる(前記第3の5(3)エ(エ) c [64ページ以下] 参照)。

ク 実際の本件適合性審査の過程を見ても、そこで行われている旧火山ガイド4. 1 (2)における火山の活動可能性の評価が前記イ(88ページ以下)の理解に基づいていたことは明らかである。

すなわち、被告会社は、原子力発電所の規制基準適合性に係る審査会合等において、複数回にわたり、説明資料を提出するなどしているところ、立地評価に係る申請内容は、一貫して、過去に巨大噴火を起こした本件5カルデラとそれ以外の噴火とを区別した検討を行い、前者については、巨大噴火が差し迫った状態ではないことをそれぞれ確認するなどした上で、運用期間中の設計対応不可能な火山事象の敷地への到達可能性の評価においては、後カルデラ期における最大規模の噴火を用いている(乙ロ第125号証3ないし18及び21ないし23ページ、乙ロ第126号証11な

いし45ページ、乙ロ127号証11ないし43ページ、乙ロ第128号証11ないし56ページ〔図24は11ページ、図25は40ページ〕)。また、本件各原子炉施設に係る審査書（案）のパブリックコメントに対する考え方においても、「現在のマグマ溜まりがVEI7以上の噴火直前の状態ではなく、VEI7以上の噴火の活動可能性が十分に小さいと評価し、現在の噴火ステージにおける既往最大規模を考慮するとしていることを審査で確認しています。」と、本件各要件と整合的な検討がされたことが示されている（乙ロ第129号証16ページ）。そして、審査書においても、原子力規制委員会は、巨大噴火とそれ以外の噴火とを区別して検討された被告会社の申請内容（乙ロ第128号証、乙ロ第130号証^{*59}）を確認した上で、そのように区別した検討が火山ガイドを踏まえていることを確認した旨記載されている（乙ロ第131号証64ないし66ページ）^{*60}。

なお、被告会社は、火山影響評価に関する本件設置変更許可申請におい

*59 例えば、乙ロ第129号証6(3)－7－8－4ページ以下では、将来の活動可能性が否定できない火山のうち、過去に巨大噴火を発生させた本件5カルデラをそれ以外の火山とは区別して、運用期間中の活動性評価を行っている。

*60 例えば、乙ロ第131号証65ページ3及び4行目には、「申請者は、本発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価について、以下のとおりとしている。」と記載され、これに引き続く(1)ないし(5)において、申請者は、本件5カルデラ（第2の4(3)・22ページ以下参照）とそれ以外の火山とを区別して評価したものと記載されている。そして、同号証66ページ2ないし4行目には、「規制委員会は、申請者が実施した本件発電所の運用期間中の検討対象火山の活動の評価は、過去の活動履歴の把握や地球物理学的調査に基づいており、これらの手法が火山ガイドを踏まえていることを確認した。」と記載されている。

て、「破局的噴火」^{*61}の概念を用いており、本件適合性審査において「巨大噴火」^{*62}の用語を用いていないが、被告会社の本件設置変更許可申請及び原子力規制委員会の本件適合性審査は、いずれも、巨大噴火をその他噴火と区別して発生可能性を評価するという「基本的な考え方」で示された考え方と同様の考え方に基づいて行われている。

＊61 本準備書面において、「巨大噴火」は、「令和元年火山ガイド」及び「基本的な考え方」（乙ロ第120号証）で定義されているとおり、「地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流によって広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすような噴火であり、噴火規模としては、総噴出量数十立方キロメートル程度を超えるような噴火」を指すものとして用いている（前記第2・4(5)25ページ脚注20参照）。

一方、火山学や防災の分野においては、噴火規模による分類についての共通の定義は存在せず、堆積物から推定した噴出物の体積が100立方キロメートルを超えるもの、すなわちVEI7以上の噴火を「破局的噴火」と呼ぶことがあり、被告会社はこの概念を用いて設置変更許可申請を行っている（「大規模噴火」等の呼称もある。）。いずれにせよ、「巨大噴火」、「破局的噴火」及び「大規模噴火」等について共通の定義はなく、場面によって異なる意味で用いられているのが実情である。このように、噴火規模による分類についての共通の定義が存在しないことを前提に、原子力規制委員会は、火砕流による災害の程度に着目して前記のとおり「巨大噴火」を定義したものであり、その定義上、巨大噴火は「破局的噴火」を含むものである。

＊62 上記脚注61及び脚注20を参照。

3.1 評価方法

- 将来の活動可能性がある火山のうち、過去に破局的噴火を発生させたカルデラについては、運用期間中の噴火規模を検討した。
- カルデラにおける運用期間中の噴火規模については、①噴火履歴の特徴、②地下構造から、現在のマグマ溜まりが破局的噴火直前の状態にあるかを検討し、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。
- その他の火山における運用期間中の噴火規模については、既往最大規模を考慮した。



九州におけるカルデラの位置

運用期間中の噴火規模の評価

対象火山	運用期間中の噴火規模の評価概要	
	運用期間中の破局的噴火の可能性に関する検討項目	
カルデラ	運用期間中の破局的噴火の可能性を検討し、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	① 噴火履歴の特徴 ①-1 活動間隔 ①-2 噴火ステージ
		② 地下構造 ②-1 マグマ溜まりの状況
その他の火山	運用期間中の噴火規模として既往最大規模の噴火を考慮	

【図 2 4】

4.1 評価結果の概要

火山事象の敷地到達可能性の評価結果

火山名	敷地からの距離 (km)	完新世の活動	将来の活動可能性	①～⑦火山事象毎の最大到達距離：既往最大規模を考慮、⑦敷地内で想定される火山灰厚 (○：敷地に影響を与えない、×：敷地に影響を与える)						
				①火山群 0～10km	②溶岩流 0～50km	③溶岩なだれ 0～50km	④火山泥流 0～120km	⑤火砕流等 0～160km	⑥火山ガス 0～160km	⑦火山灰等 全ての火山
2 壱岐火山群	28	なし	あり		約4km ○	約4km ○		○ 認められない ○		○ 認められない ○
8 多良岳	63	なし	あり					○ 認められない ○		○ 認められない ○
10 小笠原島火山群	77	なし	あり					○ 認められない ○		○ 認められない ○
15 雲仙岳	94	あり	あり					○ 約8km ○		○ 認められない ○
17 雨島原	903	なし	あり					○ 認められない ○		○ 認められない ○
18 金峰山	108	なし	あり					○ 認められない ○		○ 認められない ○
24 阿蘇カルデラ	120	あり	あり					○ 認められない ○		○ 認められない ○
27 万年山火山群	124	なし	あり					認められない ○		○ 認められない ○
28 船野山	125	なし	あり					認められない ○		○ 認められない ○
31 湯瀬火山群	130	なし	あり					認められない ○		○ 認められない ○
33 福江火山群	133	あり	あり					認められない ○		○ 認められない ○
37 九重山	140	あり	あり					約10km ○		文献・地質調査：認められない シミュレーション結果：2.2cm 10cm
38 立石火山群	140	なし	あり					認められない ○		○ 認められない ○
40 野嶺火山群	143	なし	あり					認められない ○		○ 認められない ○
42 曲布岳	147	あり	あり					約4km ○		○ 認められない ○
45 高平火山群	148	なし	あり					認められない ○		○ 認められない ○
46 熊見岳	150	あり	あり					認められない ○		○ 認められない ○
- 加久藤・小林カルデラ	180	あり	あり							認められない ○
- 始良カルデラ	220	あり	あり							認められない ○
- 阿多カルデラ	160	あり	あり							認められない ○
- 鬼界	220	あり	あり							認められない ○

【図 2 5】

このように、本件適合性審査においては、旧火山ガイド4. 1 (2) の適用に当たり、巨大噴火とそれ以外の噴火とを区別し、巨大噴火について本件各要件（前記イ・88 ページ以下）と整合的な審査判断をしているものである。

ケ 以上のように、火山ガイド及びこれに基づく適合性審査の前提になっていた「基本的な考え方」については、令和元年12月の火山ガイドの改正により、令和元年火山ガイド4. 1 (2)、(3)に明示され、社会通念も考慮しつつ、巨大噴火もあえて想定して規制対象とするという巨大噴火の評価についての考え方が明確化されたものである（乙ロ第50号証9ページ）。

したがって、「基本的な考え方」は、原告らが主張するように「火山ガイドの死文化」や「全く意味のないことを要求」した「後付け文書」というものなどではなく、火山ガイド及びこれに基づく適合性審査における巨大噴火に関する検討に当たっての考え方そのものなのである（乙ロ第121号証18ページ最終行ないし19ページ6行目）。

コ よって、火山学の最新の知見や巨大噴火に関する社会通念を踏まえて本件各要件を定めた「基本的な考え方」は合理的なものであり、令和元年12月の火山ガイドの改正にかかわらず、火山ガイドにおける巨大噴火の可能性評価についての理解に変更はないのであるから、「基本的な考え方」が公表されたことは、何ら旧火山ガイド及びそれに基づいて行われた本件設置変更認可処分の合理性を左右するものではない。原告らの主張は、「基本的な考え方」の内容を正解せずに独自の見解を述べるものであり、理由がない。

2 広島高裁即時抗告審決定は火山ガイドの独自の解釈に基づいた巨大噴火の可能性評価をしており誤りであること

(1) 原告らの主張

原告らは、自らの主張の根拠として広島高等裁判所平成29年12月13日即時抗告審決定（以下「広島高裁即時抗告審決定」という。乙ロ第132号証）を挙げ、玄海原発における阿蘇カルデラの影響（危険性）を指摘するようである（原告ら準備書面56）。

(2) 被告国の反論

ア しかし、そもそも原告らが依拠する広島高裁即時抗告審決定は、異議審決定である広島高裁異議審決定（広島高等裁判所平成30年9月25日決定）により取り消されている。

イ また、広島高裁即時抗告審決定は、「当裁判所の考える上記社会通念に関する評価」（乙ロ第132号証365ページ）として、「発生頻度が著しく小さくしかも破局的被害をもたらす噴火によって生じるリスクは無視し得るものとして容認するというのが我が国の社会通念ではないかとの疑いがないではなく」とした上で、「このような観点からすると、火山ガイドが立地評価にいう設計対応不可能な火山事象に、何らの限定を付することなく破局的噴火（VEI7以上）による火砕流を含めていると解することには、少なからぬ疑問がないわけではない。」（乙ロ第132号証363ページ）としている。

ところが、「当裁判所の考える上記社会通念に関する評価と、最新の科学的、技術的知見に基づき社会がどの程度の危険までを容認するかなどの事情を見定めて専門技術的裁量により策定した火山ガイドの立地評価の方法・考え方の一部との間に乖離があることをもって、（中略）火山ガイドが考慮すべきと定めた自然災害について（中略）限定解釈をして判断基準の枠組みを変更することは、上記の原子炉等規制法及びその原子炉等規制法の委任を受けて制定された設置許可基準規則6条1項の趣旨に反し、許されないと考える。」（乙ロ第132号証365ページ）としている。

すなわち、広島高裁即時抗告審決定は、「発生頻度が著しく小さくしかも破局的被害をもたらす噴火によって生じるリスクは無視し得るものとして容認するというのが我が国の社会通念ではないかとの疑いがないではない」としつつも、火山ガイド自体には、巨大噴火（破局的噴火）につき限定的に取り扱う旨の記載がない以上、火山ガイドを限定解釈して判断基準の枠組みを変更することは許されないとしたものと解され、その上で、阿蘇カルデラの巨大噴火の可能性が十分小さいとはいえないとしたものである。

しかしながら、火山ガイドにおける巨大噴火の可能性評価の方法は、巨大噴火に係る社会通念を考慮し、現在の火山活動が巨大噴火が差し迫った状態でないことを確認した上で、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がある具体的な根拠があるとはいえないことを確認するものであり、これは広島高裁即時抗告審決定も判示するとおり、原子力規制委員会において、巨大噴火に関し「社会がどの程度の危険までを容認するか」を考慮した評価方法である。そして、火山ガイドにおける巨大噴火の可能性評価の中で考慮されている巨大噴火に係る社会通念と、広島高裁即時抗告審決定が「当裁判所の考える上記社会通念に関する評価」において述べる社会通念は、おおむね同様である。

この点については、「基本的な考え方」（乙ロ第120号証）で具体的に示されているとおりであり、火山ガイドに「社会通念」という用語が形式的に用いられているか否かによって、火山ガイドが巨大噴火に係る社会通念を考慮しているか否かが異なることになるものではない。それにもかかわらず、広島高裁即時抗告審決定は、「当裁判所の考える上記社会通念に関する評価と（中略）火山ガイドの立地評価の方法・考え方の一部との間に乖離がある」として、火山ガイドが巨大噴火に係る社会通念を考慮していないことを前提とした判示をしており、火山ガイドにおける巨大噴火

の可能性評価を誤解しているものといわざるを得ない。すなわち、広島高裁即時抗告審決定は、火山ガイドにおける巨大噴火の可能性評価について、火山ガイドの字句のみをあまりに表層的に理解し、巨大噴火の可能性の評価に当たり当然に考慮すべき巨大噴火に係る社会通念を無視した結果、巨大噴火とそれ以外の火山活動の評価手法について区別して考えるという原子力規制委員会の考え方を正解することなく、伊方発電所3号機の運用期間中に、阿蘇カルデラの巨大噴火の可能性が十分小さいとはいえないと判示しているのであって、巨大噴火の可能性評価の理解に誤りがあることは明らかである。

ウ さらに、広島高裁即時抗告審決定は、「運用期間中における検討対象火山の活動可能性が十分小さいかどうかを判断できると認めるに足りる証拠はない。」（乙ロ第132号証350ページ）とした上で、「かえって、（中略）現時点での噴火予測についての火山学の一般的な知見は、以下のようなものであると認められる。」（乙ロ第132号証351ページ）と判示しているが、そこで引用している疎明資料は、藤井敏嗣東京大学名誉教授（以下「藤井教授」という。）の見解を除いては、的確な時期及び規模を推定して認定することができないという、いわゆる噴火「予測」ができないことを述べているにとどまり、検討対象火山の活動可能性を評価することができないとしているものではない。

これまで繰り返し述べたとおり、火山の活動可能性の評価と噴火予測は全く異なるものであって、噴火予測ができないからといって、火山の活動可能性が評価できないというものではないのであり、およそ両者は比較することができないものである。それにもかかわらず、広島高裁即時抗告審決定が、火山の活動可能性の評価と噴火予測を上記のように比較していることからすると、広島高裁即時抗告審決定もまた、両者の違いを正解せずに、混同していると認められる。

エ したがって、原告らの主張には理由がない。

3 モニタリングは迅速性、確実性の点でも十分とはいえず実効性がない旨の原告らの主張は、モニタリングの目的、位置づけを正解しないものであって理由がないこと

(1) 原告らの主張

原告らは、モニタリングによって「何らかの変化や予兆を逃さず把握することは極めて困難である」、「モニタリングによる監視は、(中略)『核燃料の搬出に十分間に合う程度の時期に、確実に前兆現象を把握できる』必要があるはずである」(原告準備書面63第2の2(2)[7及び8ページ])などとして、モニタリングは迅速性、確実性の点でも十分とはいえず実効性がない旨主張する。

(2) 被告国の反論

しかし、火山ガイドにおけるモニタリングの目的は、立地評価において検討対象火山の将来の活動可能性が十分小さいと評価できる場合に、その評価の根拠となった火山の状態を継続的に確認することにより、モニタリングによって十分な時間的余裕をもって巨大噴火の兆候を察知・判断できることを前提とするものではないし、かかる判断を目的とするものでもない。

火山ガイドは、全体として、将来の火山活動の不確実性を踏まえたものであり、巨大噴火の時期及び規模等が的確に予測できることを前提とするものではないから、モニタリングについても、上記の予測を前提としたり、目的とすることはあり得ない。火山ガイドは、そのような見地から、「モニタリングにより観測データの有意な変化を把握した場合には、状況に応じた判断・対応を行うこととする。」(令和元年火山ガイド6. 柱書き)としているのである。

したがって、原告らの上記主張は、モニタリングの目的を正解しないものというほかない。

もつとも、巨大噴火の時期及び規模等を的確に予測することができず、モニタリングによって、巨大噴火の兆候を十分な時間的余裕をもつて的確に判断することができないとしても、モニタリングを行う意義が没却されるというわけではない。現在の科学技術水準に従ったモニタリングを実施し、火山の状態を継続的に確認することで、これを行わない場合と比較して、火山活動の兆候を少しでも早期に把握することができる可能性は増すのであって、火山による災害の防止に資することは明らかであり、モニタリングの意義は十分に認められる。

仮に、現在の火山学の水準によって巨大噴火の時期及び規模等を的確に予測することができないことなどの理由から、モニタリングの実施は無意義であるという見解を採用することは、原子力の安全規制の基準を現在のものよりも緩和させるものであって、重大な問題をはらむものであり、モニタリングの実施を求める国際基準である IAEA の安全基準とも整合しないこととなるのみならず、「発電用原子炉施設の位置、構造及び設備が（中略）災害の防止上支障がないもの」であることや（原子炉等規制法 43 条の 3 の 6 第 1 項 4 号）、これを具体化した設置許可基準規則 6 条 1 項の「安全施設は、想定される自然現象（中略）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」との基準をより実効化あらしめる方策を取って放棄するに等しいものである。

原子力規制委員会は、巨大噴火についても、「想定される自然現象」に含めた上で、現在の科学技術水準に基づき、その活動可能性を評価した上で立地評価を行い、立地評価後も原子力発電所の運用期間中にわたって継続的にモニタリングを実施することにより、最新の火山学の知見を用いて可能な限り「災害の防止」を図り、万が一にも災害が発生しないよう必要な措置（「災害の防止上支障がないもの」）を講じているのである。

確かに、核燃料物質の搬出が確実に可能なほどに十分な時間的余裕をもつ

て、巨大噴火の兆候を捉えることが可能であれば、原子力発電所の安全性の観点から望ましいことはいうまでもない。しかしながら、現在の火山学の水準ではそれは不可能であり、これを事業者に求めるとすれば、現在の科学技術水準を超えた火山学的に不可能なことを求めることとなり、絶対的安全論に依拠するに等しい結果を招来するものであって、原子炉等規制法の趣旨に反する。火山ガイドは、かかる趣旨をも踏まえ、上記の火山学の水準に従い、想定を超える事象に対しても、事前にできる限りの準備を求めることが重要であることに鑑み、「噴火可能性が十分小さいことを継続的に確認する」ことを目的としてモニタリングを実施することを示しているのである。

4 結論

以上のとおり、火山ガイドに関する原告らの主張は、いずれも理由がない。

以 上