

甲C第49号証

# 巽好幸証人尋問（主尋問） 書証綴り

2023（令和5）年7月5日（水） 実施


C  
甲第 42 号証

意見書

2021 (令和3) 年 9 月 19 日

鹿児島地方裁判所民事第1部 御中

福岡高等裁判所第4民事部 御中

巽好幸 

<sup>C</sup>  
甲第 43 号証

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 巽 好幸



表1 噴火マグニチュードと噴火の発生確率

火山爆発指数 (VEI)	噴出物量 (km <sup>3</sup> )	噴火 マグニチュード	噴出物量 (億トン)	マグマ噴出量 (km <sup>3</sup> )	名称
2	0.001	2	0.01	0.0004	中規模噴火
3	0.01	3	0.1	0.004	
4	0.1	4	1	0.04	大規模噴火
5	1	5	10	0.4	
6	10	6	100	4	巨大噴火
7	100	7	1000	40	超巨大噴火 (破局的噴火)
8	1000	8	10000	400	
		9	100000	4000	



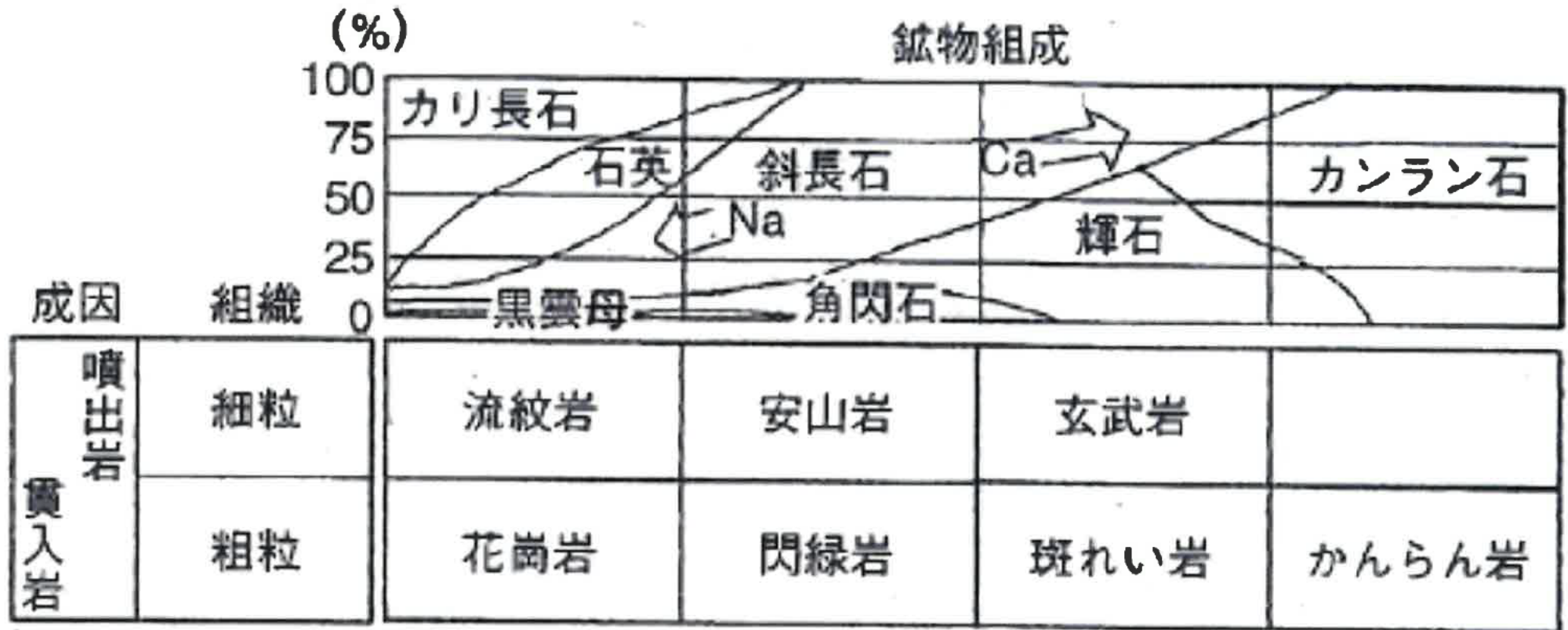


図 2.4 火成岩の分類と鉱物組成の変化

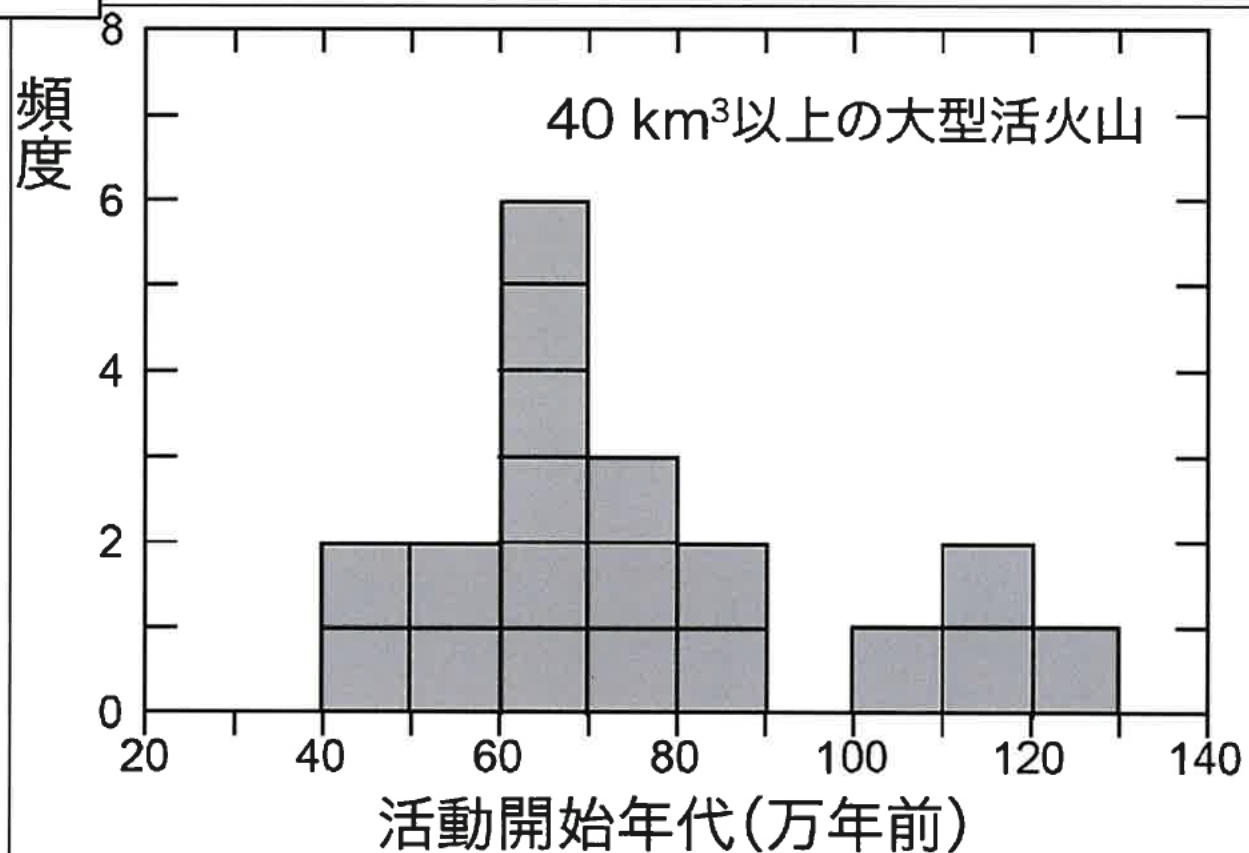


図5 日本列島の大型活火山が活動を開始した年代。データは産業技術総合研究所編集のWeb公開データベース「日本の火山」による。

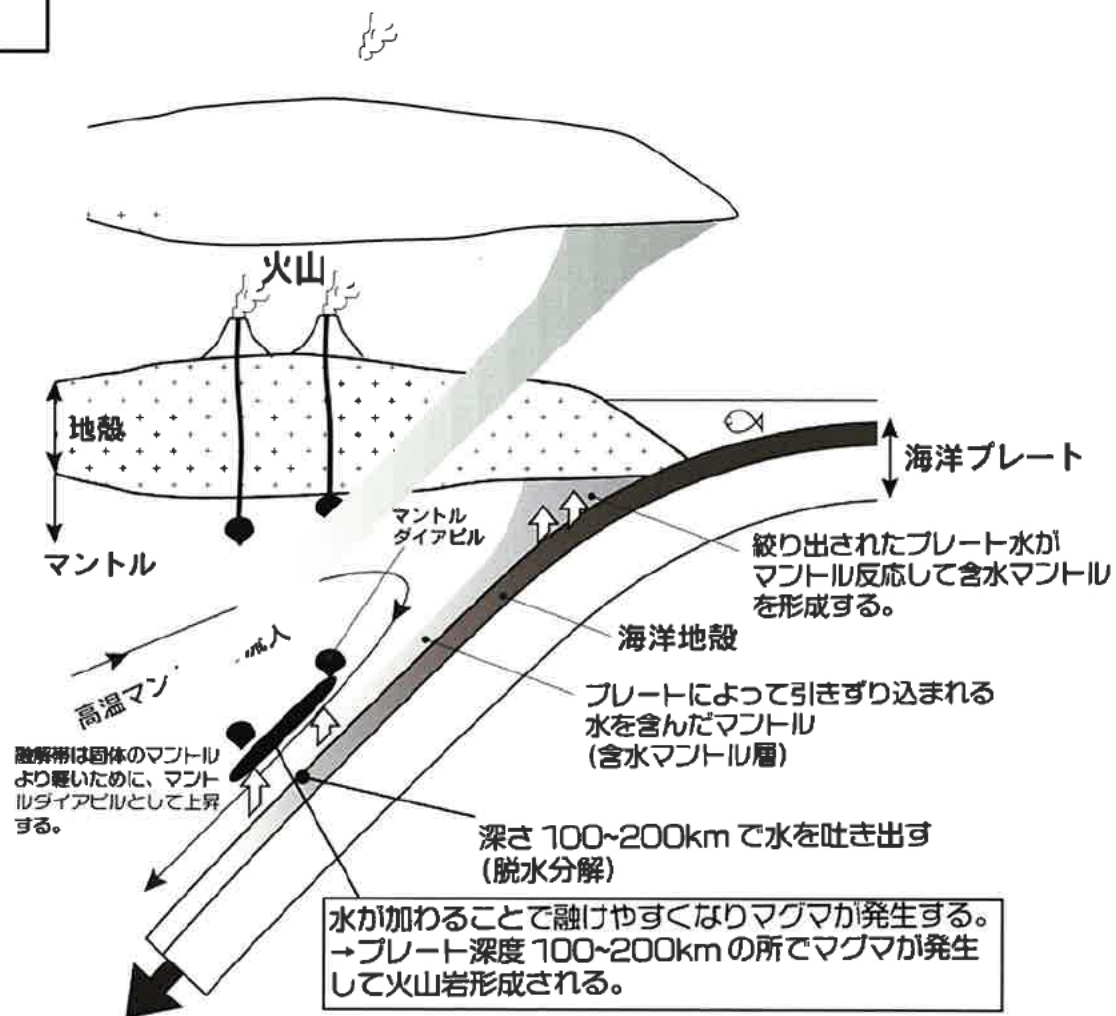


図1 沈み込み帯におけるマグマ発生メカニズム。  
Tatsumi et al., (2020) を修正加筆。

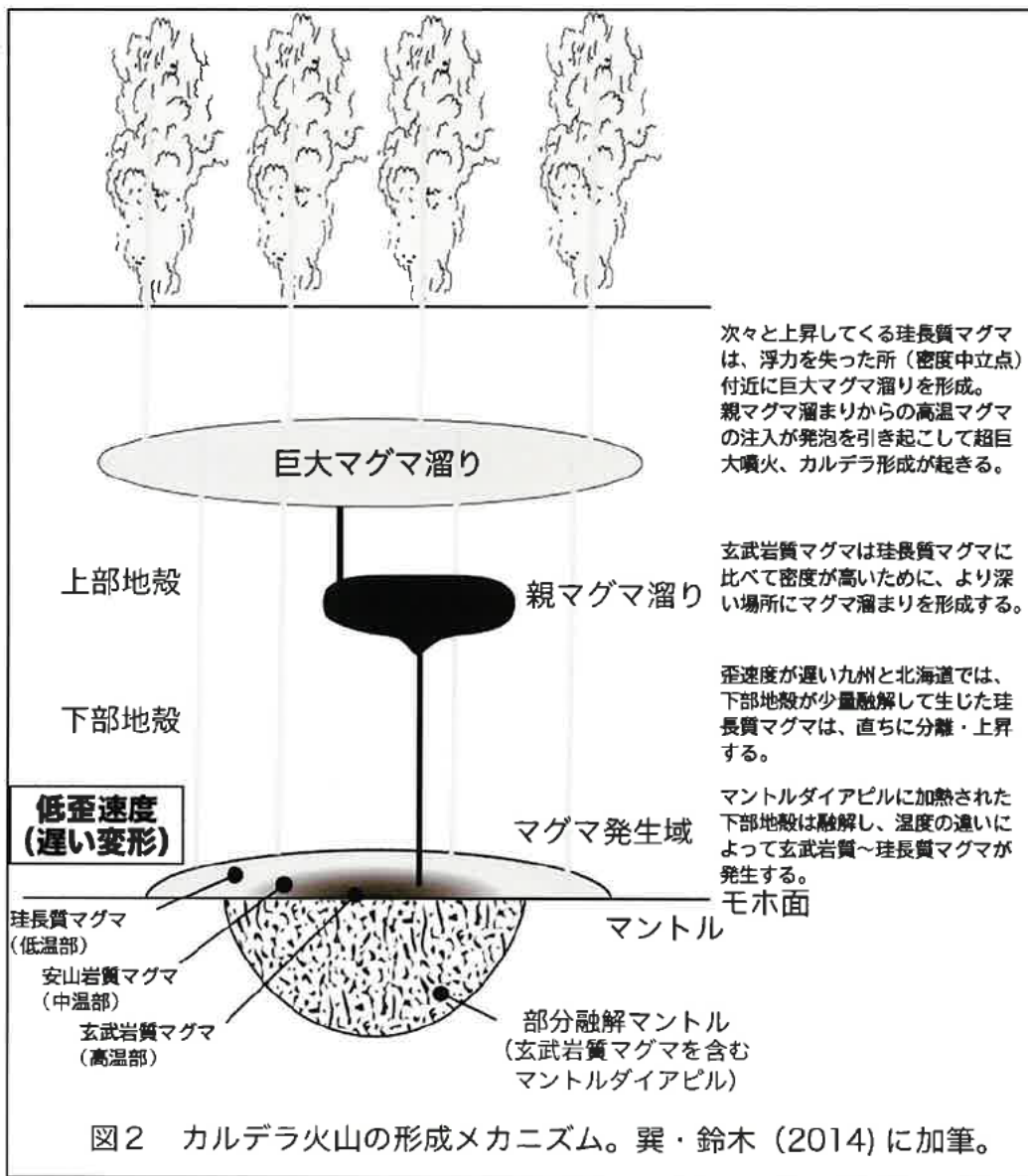


図2 カルデラ火山の形成メカニズム。巽・鈴木 (2014) に加筆。

#### 4. 2 地球物理学的及び地球化学的調査

地球物理学的調査では、地震波速度構造、重力構造、比抵抗構造、地震活動及び地殻変動に関する検討を実施し、マグマ溜まりの規模や位置、マグマの供給系に係る地下構造等について調査する。(解説-8、9、10、11、12)

##### 解説-8. 地震波速度構造

地震探査の解析により求める地震波速度の空間分布

##### 解説-9. 重力構造

重力探査（精密な重力測定）により求める密度の空間分布

##### 解説-10. 比抵抗構造

電磁気探査により求める比抵抗の空間分布

##### 解説-11. 地震活動

火山周辺における地震発生現象

##### 解説-12. 地殻変動

GPS 測量等によりもとめる火山活動に伴う地殻の変形現象

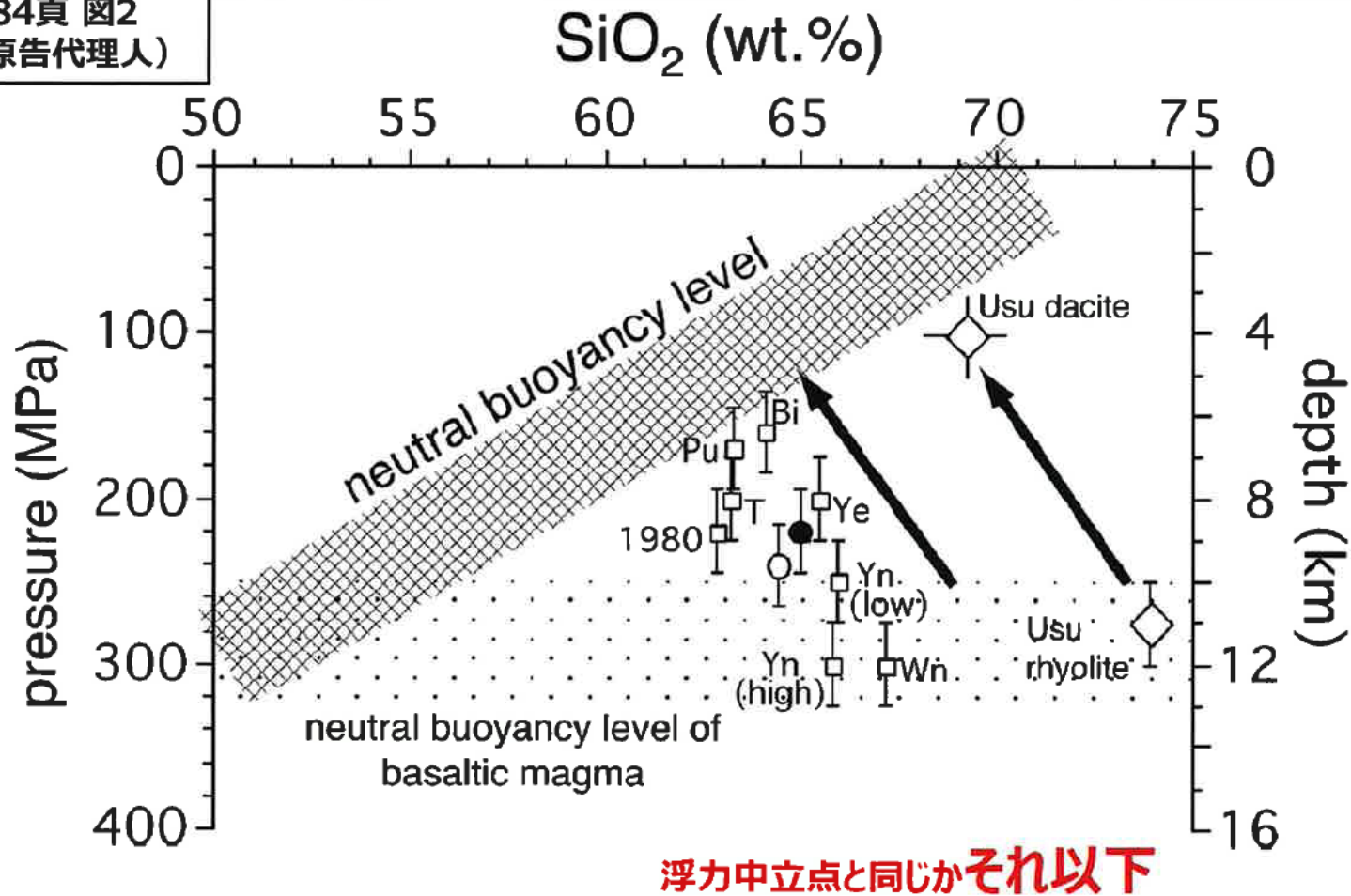
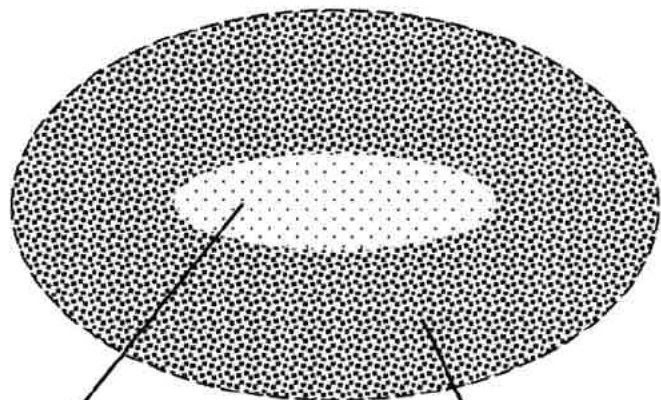


Fig. 2. Depths of some silicic magma chambers, assuming volatile saturation. The neutral buoyancy levels are also shown for comparison. Every magma chamber is on or below its neutral buoyancy level (cross stripes), and tends to migrate shallower (arrows) from the neutral buoyancy level of basaltic magma (dotted). After Tomiya (1997).





(狭義の) マグマ溜まり

'magma chamber' (sensu stricto)  
= eruptible magma

粥状

'mush'  
= uneruptible magma

噴火可能なマグマ

噴火不可能なマグマ

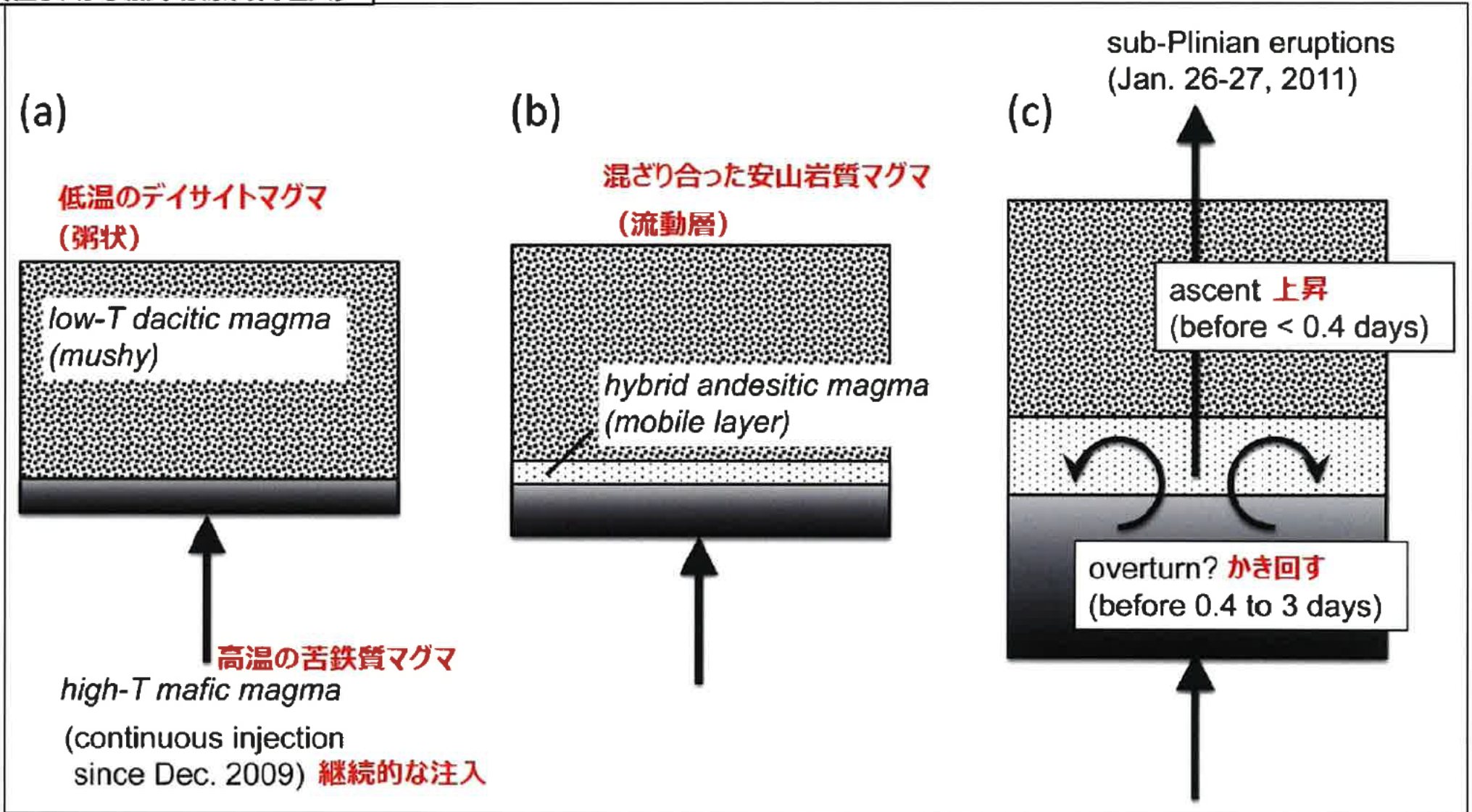
'magma reservoir'  
(広義の) マグマ溜まり

マグマ溜まり：噴火準備過程と噴火開始条件

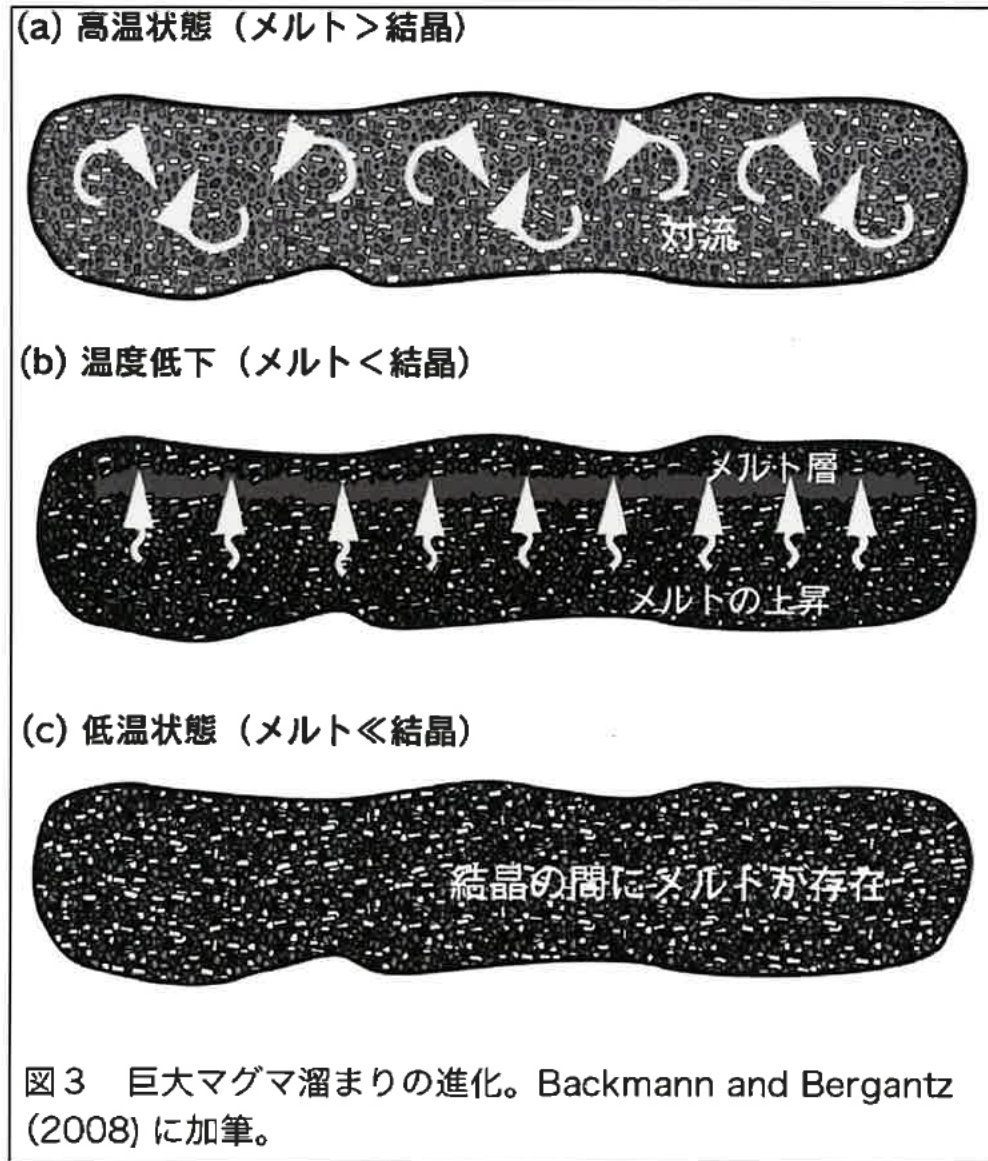
東宮昭彦\*

(2015年10月21日受付、2016年1月25日受理)

- ・“magma chamber” (狭義のマグマ溜まり)：噴火可能(eruptible)なマグマが溜まっている領域。液体として振る舞うことができる。結晶量<50%程度。
- ・“crystal mush” (マッシュ)：そのままでは噴火できないマグマの領域。固相がネットワークを形成し全体としては流動困難。粒間浸透による液相(および流体相)の移動のみ可能。結晶量>50%程度。
- ・“magma reservoir” (広義のマグマ溜まり)：“magma chamber”と“crystal mush”を合わせた領域。  
マグマ溜まり(広義)の熱的構造(中央部は熱く外側は冷えている)を考えると、地殻(母岩)との境界付近では結晶度が50~100%に連続的に変化しており、古典的なマグマ溜まりで想定されていた“壁”のようなものは存在しない。







# 原子力発電所の火山影響評価ガイド

平成25年6月  
原子力規制委員会

## 1. 4 用語の定義

本評価ガイド及び解説における用語の定義は、以下のとおりである。

### (7) マグマ溜まり

マグマで満たされた、地下の貯留層。こうしたマグマ溜まりでは冷却により晶出した鉱物の分離、若しくは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。

原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける  
「設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に関する  
基本的な考え方について

平成30年3月7日  
原子力規制庁

## 2. 巨大噴火の可能性評価の考え方について

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

原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける  
「設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に関する  
基本的な考え方について

平成30年3月7日  
原子力規制庁

○巨大噴火は、広域的な地域に重大かつ深刻な災害を引き起こすものである一方、その発生の可能性は低頻度な事象である。現在の火山学の知見に照らし合わせて考えた場合には運用期間中に巨大噴火が発生する可能性が全くないとは言い切れないものの、これを想定した法規制や防災対策が原子力安全規制以外の分野においては行われていない。したがって、巨大噴火によるリスクは、社会通念上容認される水準であると判断できる。



原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける  
「設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に関する  
基本的な考え方について

平成30年3月7日  
原子力規制庁

(参考) 火山活動のモニタリングについて

○火山活動のモニタリングは、「運用期間中の巨大噴火の可能性が十分小さい」と評価して許可を行った場合にあっては、この評価とは別に、評価の根拠が継続していることを確認するため、評価時からの状態の変化を検知しようとするものである。また、火山ガイドでは、モニタリングにより火山活動の兆候を把握した場合には、当然のこととして、原子炉の停止を含めた対処方針を事業者が事前に定めておくこととされている。事業者の火山活動のモニタリング評価結果については、原子炉安全審査会に設置されている原子炉火山部会において少なくとも年一回評価することとしている。

H-CG33-P02 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  
 Problems on the volcanic hazard simulation for safety evaluation of the nuclear power plant site

浜田 信生

HAMADA Nobuo

キーワード (Keywords) : Titan2d、Tephra2、茂木モデル (Mogi's Model)



地球惑星合同学会2017  
 ポスター掲示

## 大規模火砕流への Titan2d の適用について

Titan2d はニューヨーク州立大学バッファロー校で開発された火砕流や泥流・土石流を扱う公開のシミュレーションプログラムで、層の厚さが流体の水平方向の広がり比べて十分に薄い場合に適用される浅水方程式が成り立つことを前提に、粒子流の流れを表現している。事業者は、噴煙柱崩壊を伴ったであろう阿蘇4や洞爺など、カルデラ生成に伴う大規模な火砕流のシミュレーションに、Titan2d を利用し審査資料を作成している。しかし端的に言えば、この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である。

### 1) Titan2d は火砕流の底部を流れる粒子流をシミュレーションするプログラムで、熱雲の部分は適用外

Titan2d の適用範囲は、マニュアルに Geophysical Mass Flow とあるように火砕流、土石流、雪崩などに共通する底部の粒子の流れで、火砕流の熱雲の部分の物理過程は対象外である。雲仙のような小規模な火砕流でも底部の火砕物の流れと、熱雲の部分の振る舞いが異なることは早くから知られており、両方の物理過程を扱った高橋・辻本(1998)にも示されている。



Figure 1. Schematic of the coupled gas-particle transport model. Adapted from Bursik et al. (2001). The 3-D gas-particle model is based on the assumption that the gas and particle phases are in a dynamic equilibrium and that the particle velocity is proportional to the local slope and a representative concentration of the gas. The particle concentration is assumed to be constant in the vertical direction. The particle velocity is assumed to be proportional to the local slope and the local concentration of the gas. The particle velocity is assumed to be proportional to the local slope and the local concentration of the gas.

Doyla E. E., A. J. Hogg & H. M. Mader (2010) に加筆

### 2) Titan2d の適用範囲は、雲仙の熔岩ドーム崩壊などにより発生するムラピ型の規模の火砕流まで

Titan2dの適用事例のほとんどは、火山の山体斜面を流れ下るムラピ型の火砕流である。中南米の高度差の大きい火山でも火砕流の流走距離は30km程度までである。熱雲が山野の起伏を乗り越えて広がる大規模な火砕流は適用の範囲外である。

H-CG33-P02 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  
 Problems on the volcanic hazard simulation for safety evaluation of the nuclear power plant site

浜田 信生

HAMADA Nobuo

キーワード (Keywords) : Titan2d, Tephra2, 茂木モデル (Mogi's Model)



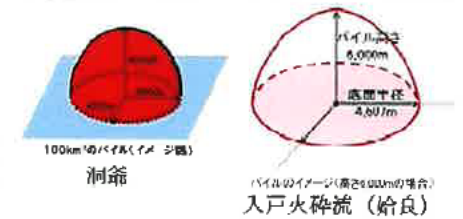
地球惑星合同学会2017  
 ポスター掲示

3) 初期条件としての噴煙柱崩壊の扱い

Titan2d はシミュレーションの初期条件として、パイル (pile) と呼ばれる崩壊する熔岩ドームのような岩塊の形状と量、もしくは Flux と呼ばれる給源での火砕物の単位時間あたりの供給量を与えシミュレーションを行う。Flux は落下する噴石が破碎され火砕流の給源となるような、小規模な噴煙柱崩壊に似た現象を想定していると考えられるが、Charbonnier et al.(2015)は、噴煙柱崩壊は Titan2d で扱うことは適当でないと述べている。そもそもマニュアル (Titan2D User Guide) には column collapse という用語はどこにも出てこない。それにもかかわらず事業者は、右側の図に示すような巨大なパイルの崩壊を、噴煙柱崩壊に擬し、シミュレーションの初期条件として与えている。推定されている火砕流堆積物の総量を、円筒形の巨大な容器に詰め、それをある瞬間、容器を取り去るような状況を、噴煙柱崩壊に見立たようである。高温の噴出物や火山ガスと大気との混合した噴煙柱が自重で崩壊する物理過程が、この砂山崩しのようなもので置き換えられるであろうか？また噴煙柱の崩壊はクラカトアやピナツボ火山の噴火で認められるように、繰り返しもしくは連続的に発生する現象であって、ある時一斉に全噴出物の崩壊が起こる訳ではない。

事業者の擬する噴煙柱崩壊は、実際に起きている現象とはかけ離れたものである。さらに浅水方程式は、流れの水平方向の広がり比べ厚さが十分に薄く、粒子の厚さ方向の運動をほとんど無視できる場合に成り立つもので、ユーザーマニュアルに示されているパイルの形状は、厚さと水平方向の長さの比が 1 : 10 の例である。事業者の擬する巨大なパイルの崩壊は、そもそも浅水方程式の扱いの対象外である。

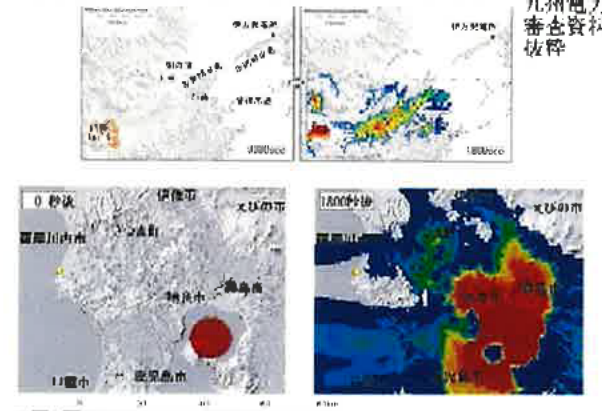
各事業者がシミュレーションに用いた Pile



堆積高 (m)	パイル形状 (m)	
	高さ	底面半径
300	6,000	2,000

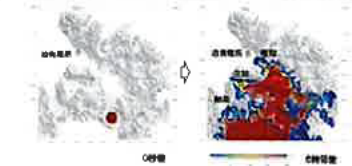
阿蘇4 (複数のPileを仮定)

阿蘇4、入戸火砕流のシミュレーション

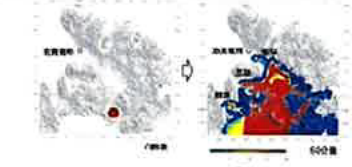


洞爺のシミュレーション結果 北海道電力資料抜粋

検証計算 (基本ケース: 底面摩擦係数0.08)



検証計算 (追加検討ケース: 底面摩擦係数0.03)





H-CG33-P02 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  
 Problems on the volcanic hazard simulation for safety evaluation of the nuclear power plant site

浜田 信生

HAMADA Nobuo

キーワード (Keywords) : Titan2d、Tephra2、茂木モデル (Mogi's Model)



地球惑星合同学会2017  
 ポスター掲示

4) シミュレーションの不自然なパラメーター設定

1)、2)、3) に挙げた理由から Titan2d では、カルデラ噴火に伴うような大規模火砕流のシミュレーションを行うことは不可能であり、事業者の設定した入力条件は、大規模火砕流とは無縁で意味のないものである。しかしながら、流走距離 10 ~ 20km 程度のムラピ型の火砕流の底層部分の粒子流を拡張し、長距離を走らせるために、事業者のシミュレーションでは、さらに不自然なパラメーターが設定されている。

Titan2d ではシミュレーションの入力として粒子の底面摩擦係数と内部摩擦角を設定するが、右側の表に示すような、底面摩擦係数が 0.05 以下の値は、乾雪など特殊な物質でも考えにくい小さな値であり、Titan2d の適用事例の多くは 0.2 ~ 0.1 程度の値が採用されている。阿蘇 4 の内部摩擦角 1 度も、Titan2d の適用事例では例を見ない小さな値であり、30 度前後の値が用いられるのが大半である。底面摩擦係数も内部摩擦角も小さいほど粒子流の流れる距離は長くなる。シミュレーションの空間格子サイズもマニュアルの推奨値は 30m となっているが、200 m という大きな値が使われている。これらのパラメーターの選択は、シミュレーションの結果を大規模火砕流らしく見せるための作弄的なものという他はない。

事業者等	九州電力	四国電力	北海道電力	宝田(産総研)
対象火砕流	始良(入戸火砕流)	阿蘇(Asu4)	洞爺湖	口之永良部島
底面摩擦係数	0.02	0.01	0.03~0.08	0.23(角度換算)
内部摩擦角(°)	30	1	30	35
計算メッシュサイズ(m)	200m	?	?	10m

内部摩擦角 粒子が積もった時、崩れないで取りうる最大の角度



これらのパラメーターの選択は、シミュレーションの結果を大規模火砕流らしく見せるための作弄的なものという他はない。

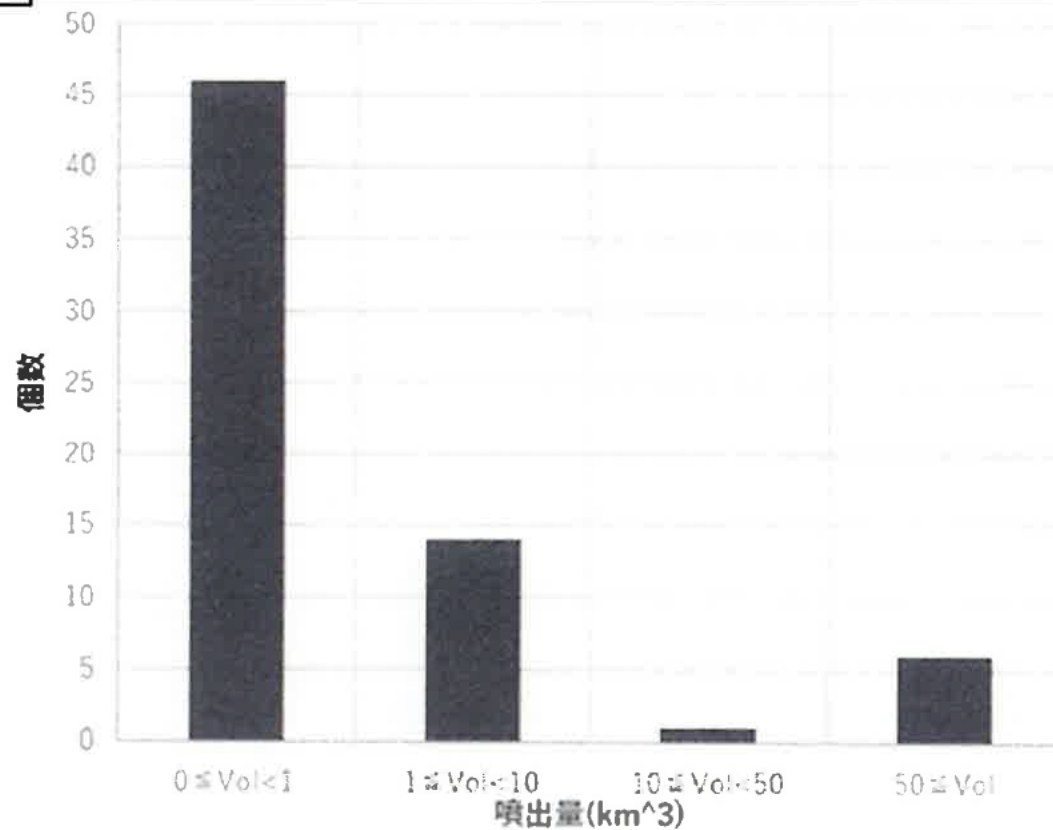


原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける  
「設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に関する  
基本的な考え方について

平成30年3月7日  
原子力規制庁

### 3. 巨大噴火以外の火山活動の評価の考え方について

- 巨大噴火以外の火山活動について、その活動の可能性が十分小さいと判断できない場合には、火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価を行うこととなる。噴火の規模を特定することは一般に困難であるため、火山ガイドに従い、「検討対象火山の過去最大の噴火規模」について火山事象の評価を行うこととなる。ここで「検討対象火山の過去最大の噴火規模」には、当該検討対象火山の最後の巨大噴火以降の最大の噴火規模を用いる。



乙D312のうち、阿蘇、始良、阿多及び鬼界の各カルデラ及びその後カルデラ火山、並びに霧島山のデータを集計。ただし、巨大噴火の前駆噴火等、一連の噴火が分割されているものは統合して1個の噴火として集計。

図4 九州のカルデラ地域における火山灰噴出量の頻度分布

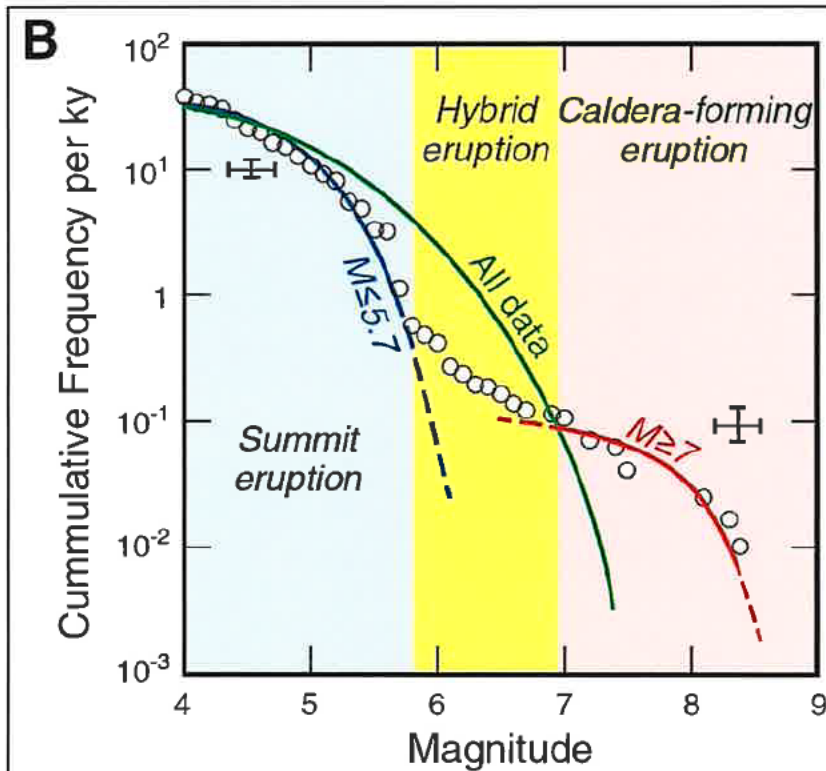


Fig. 1. The magnitude-frequency ( $M$ - $F$ ) relationships of volcanic eruptions. (A). Although an inverse correlation between  $M$  and  $F$  is well known for volcanic eruptions worldwide, the relationships among Japanese eruptions are not simple and form two lineations. (B). The  $M$ - $F$  relationships 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.

H-CG33-P02 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  
Problems on the volcanic hazard simulation for safety evaluation of the nuclear power plant site

浜田 信生

HAMADA Nobuo

キーワード (Keywords) : Titan2d、Tephra2、茂木モデル (Mogi's Model)



地球惑星合同学会2017  
ポスター掲示

## 大規模な噴火に伴う降灰予測への Tephra2 の利用について

Tephra2 は、南フロリダ大学で開発され公開された、移流拡散モデルに基づく、降灰シミュレーションプログラムの一つである。結論から言えば、Tephra2 は、噴火時の気象条件が不明な、比較的小規模な過去の噴火を解析するために、噴煙が拡散降下する過程を単純化した研究用のツールの一つであって、シミュレーションの入力パラメーターの設定は任意性が大きく、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。

第一の問題は、大規模な濃度の高い噴煙に、はたして移流拡散モデルが適用可能かという問題で、これは Tephra2 に限らず移流拡散モデルを用いた降灰予測プログラムに共通する課題である (新堀、2016)。移流拡散方程式の適用対象は、例えば大気汚染物質や黄砂などに代表される大気に含まれる希釈な物質であって、大気の性質に影響を与えるような濃い物質ではない。大規模な噴火によって大気中に供給される大量の火山灰、火山ガス、熱等は、大気場そのものに影響を与えるはずであるが、VEIS 以上のような大規模な噴火についてその影響はほとんど解明されておらず、評価は今後の課題として残されたままである。



H-CG33-P02 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  
 Problems on the volcanic hazard simulation for safety evaluation of the nuclear power plant site

浜田 信生

HAMADA Nobuo

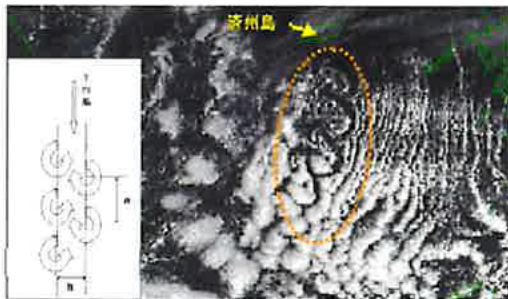
キーワード (Keywords) : Titan2d、Tephra2、茂木モデル (Mogi's Model)



地球惑星合同学会2017  
 ポスター掲示

第二の問題は、火山灰の移流拡散について、Tephra2 は大幅に単純化した物理過程を用いていることである (萬年、2013)。例えば、火山灰の輸送については風向きと風速は各高度で一定と仮定されている。水平方向の拡散は取り入れられているが、垂直方向の拡散は考慮されない。しかし現実の気象場は下の図の例に示すように複雑で、特に独立峰の火山ではその影響は無視できないものと思われる。噴煙が流れる風下に、カルマン渦ができなくとも水平方向の擾乱乱流は発生する。また山岳波 (重力波) は火山灰の上下方向の拡散に影響を与える。このような擾乱の影響は、Tephra2 は勿論のこと、他の降灰予測プログラムでも、大気場の数値モデルがまだ現象を表現するだけの分解能を持たないため事実上考慮されていない。

これほど極端でなくとも、  
 山の背面には水平方向の擾乱も存在する



2005年11月18日09時の可視画像 (気象衛星「ふくろ」) (画像提供: 一太郎) (4/2)

山岳波の影響を受ける島海山 (1974年) の噴煙 (深瀬山からの遠望)



左上の写真の噴煙のスケッチ



さらに大規模な噴火には付きものの、下図のような巨大な傘状噴煙からの火山灰の落下の過程は、Tephra2 の物理過程には含まれていないため、見積もることが出来ない。傘状噴煙の拡大が止まった段階での傘状噴煙、噴煙柱に含まれている火山灰の三次元的な量的分布が分かれば、それを初期値とした拡散予測は可能であるが、実際には火山灰の分布を即座に把握することは困難である。

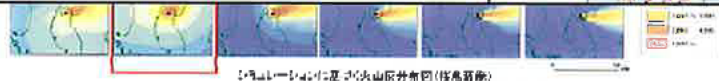
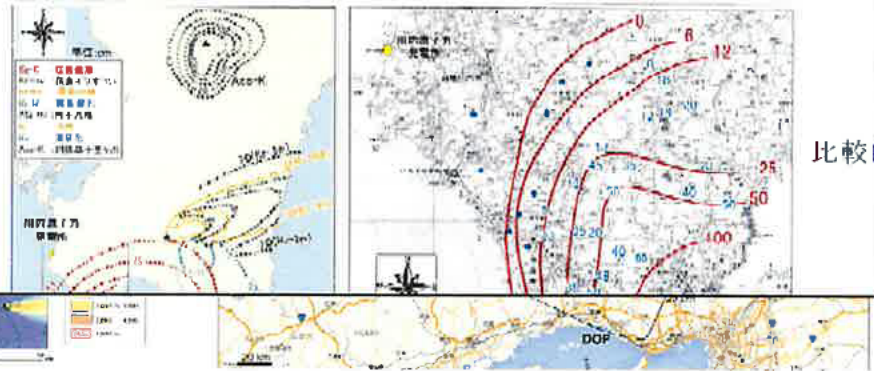
GMS-VS :GMS-4 1991V6M15D7h42m53s910 pinatubo火山の噴煙



甲C48号証 2頁 抜粋3

第三の問題は、降灰を予測する上で必要な気象条件、噴出物の量や粒度分布などの入力パラメーターの推定と設定である。事業者の降灰シミュレーションは多くの場合、影響の大きいと考えられる風向が卓越する月の平均的な風向風速を条件として与えている。しかし平均化した分布によるシミュレーションでは、最悪シナリオのハザードを評価したことにはならない。

桜島火山の噴火による降灰シミュレーション結果の比較。左側は事業者のシミュレーション結果、右側は過去の観測データに基づく推定結果を示している。



2013年9月26日桜島火山噴火による降灰シミュレーション結果

桜島火山の噴火による降灰シミュレーション結果の比較。左側は事業者のシミュレーション結果、右側は過去の観測データに基づく推定結果を示している。

市町村 コード	都道府 県名	区郡市町村名	過去1千年				過去1万年				過去10万年				対象降下火山灰全体			
			最大 層厚	最高 回数	最小 層厚	最低 回数	最大 層厚	最高 回数	最小 層厚	最低 回数	最大 層厚	最高 回数	最小 層厚	最低 回数	最大 層厚	最高 回数	最小 層厚	最低 回数
46215	鹿児島県	薩摩川内市	11.7894	1	0.0072	1	166.0694	3	26.9178	1	382.6356	5	88.2376	4	395.4512	11	88.2376	4
46206	鹿児島県	阿久根市	0	0	0	0	29.342	1	27.1824	1	148.4246	5	115.1812	4	152.4912	6	119.2089	5
46219	鹿児島県	いちき串木野市	3.3276	1	0.0604	1	49.1749	2	32.4116	1	222.874	7	145.1675	5	227.8853	9	148.7578	8

須藤、猪俣、佐々木、向山(2007)より

の量は過去一万年の期間で最小で 27cm、過去 10 万年の期間では最小 88cm となり、いずれの観測資料に基づく堆積物の厚さの推定量と比較しても、事業者の 15cm という層厚の予測は大幅な過小評価である。

例えば大山 DMP のように東風時に堆積した実際の降灰分布は、事業者の示すようなパターンにはない。またこの場合、噴出物の量が桜島薩摩噴火の約 1/5 程度であるにもかかわらず火山から桜島-川内原発の距離に相当する 50km 離れた地点で 50cm 近い堆積物が認められる。また須藤他 (2007) による火山灰データベースの表 (左) によれば、薩摩川内市付近での降下火砕物

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 <sup>2</sup>	設計層厚×降下火砕物密度 1g/cm <sup>3</sup>
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 <sup>3</sup>	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 $\phi$ ( $\mu\text{m}$ )	-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	$1.4 \times 10^{-2}$	52.19	37.13	8.83	1.71	0.12	$4.2 \times 10^{-3}$	100
降灰量 $W_i$ (g/m <sup>2</sup> )	0	$2.1 \times 10^1$	$7.8 \times 10^1$	$5.6 \times 10^1$	$1.3 \times 10^1$	$2.6 \times 10^0$	$1.8 \times 10^0$	6.3	$W_T=150,000$
堆積速度 $v_i$ (g/s·m <sup>2</sup> )	0	$2.4 \times 10^{-1}$	0.91	0.64	0.15	$3.0 \times 10^{-2}$	$2.1 \times 10^{-3}$	$7.3 \times 10^{-5}$	—
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 <sup>3</sup> )	0.0	$1.4 \times 10^{-1}$	0.91	1.29	0.44	0.30	0.07	$7.3 \times 10^{-3}$	$C_T=3.01$

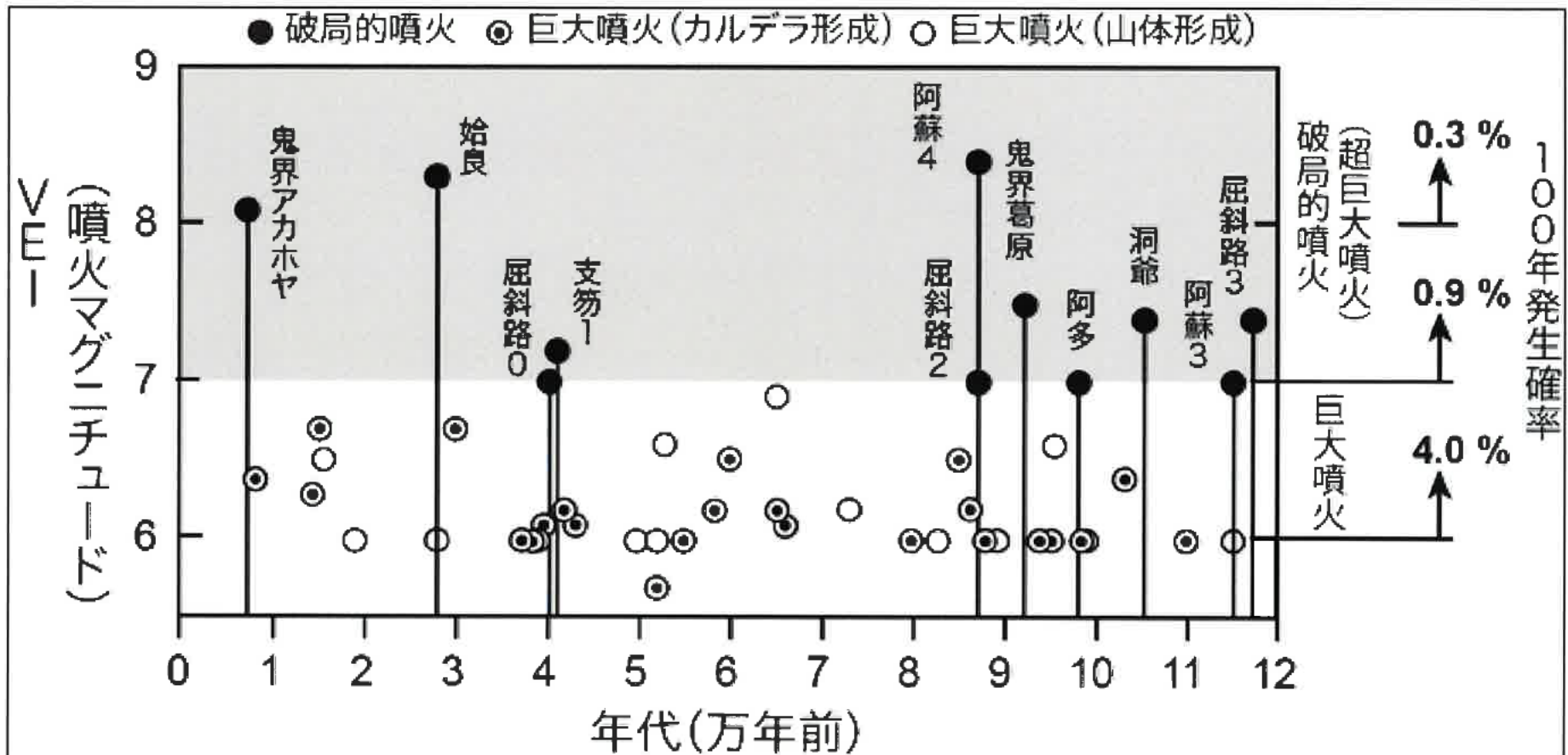


図4 過去12万年間に日本列島で起きた巨大噴火と破局的噴火、及びそれらの発生確率。巽(2019)を修正・加筆。



表2 事故や災害の危険値

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