

六ヶ所再処理施設 行政処分取消訴訟

準備書面199の口頭説明

被告準備書面(7)への反論

2023.6.30 Fri

青森地方裁判所

原告ら訴訟復代理人弁護士 中野 宏典

- 1 噴火メカニズムと地下構造把握の困難性
- 2 マグマの再活性化とタイムスケール
- 3 工藤ほか（2011）の不合理性
- 4 運用期間に関する不合理性
- 5 モニタリングに関する不合理性

1 噴火メカニズムと地下構造把握の困難性

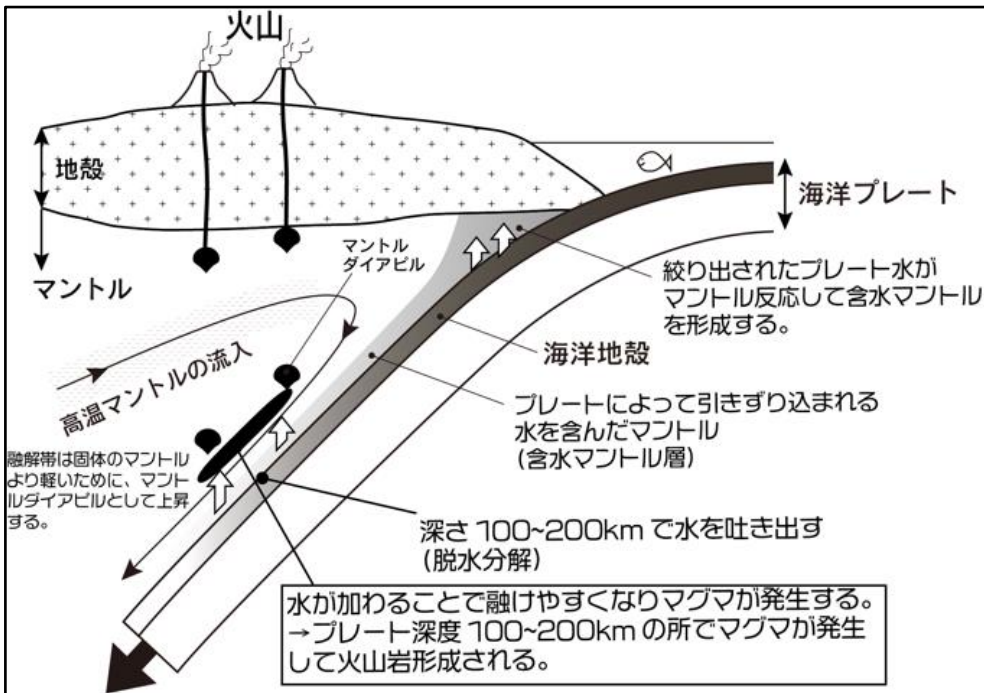


図1 沈み込み帯におけるマグマ発生メカニズム。
Tatsumi et al., (2020) を修正加筆。

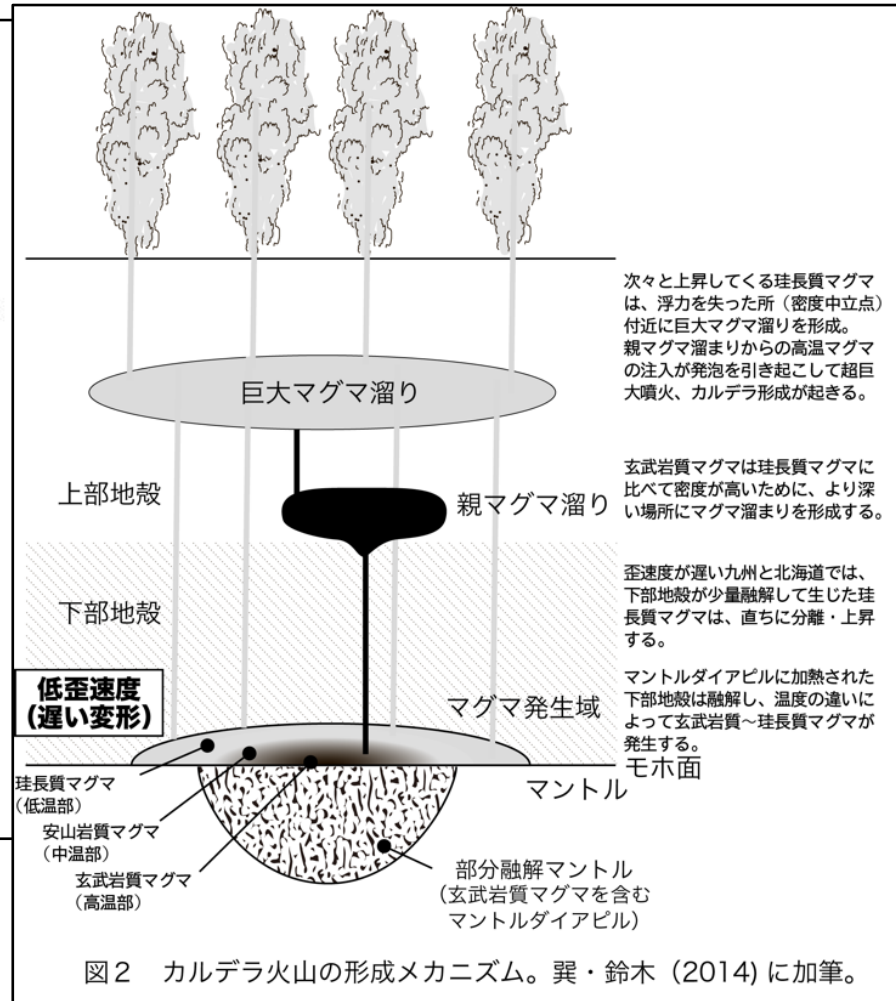
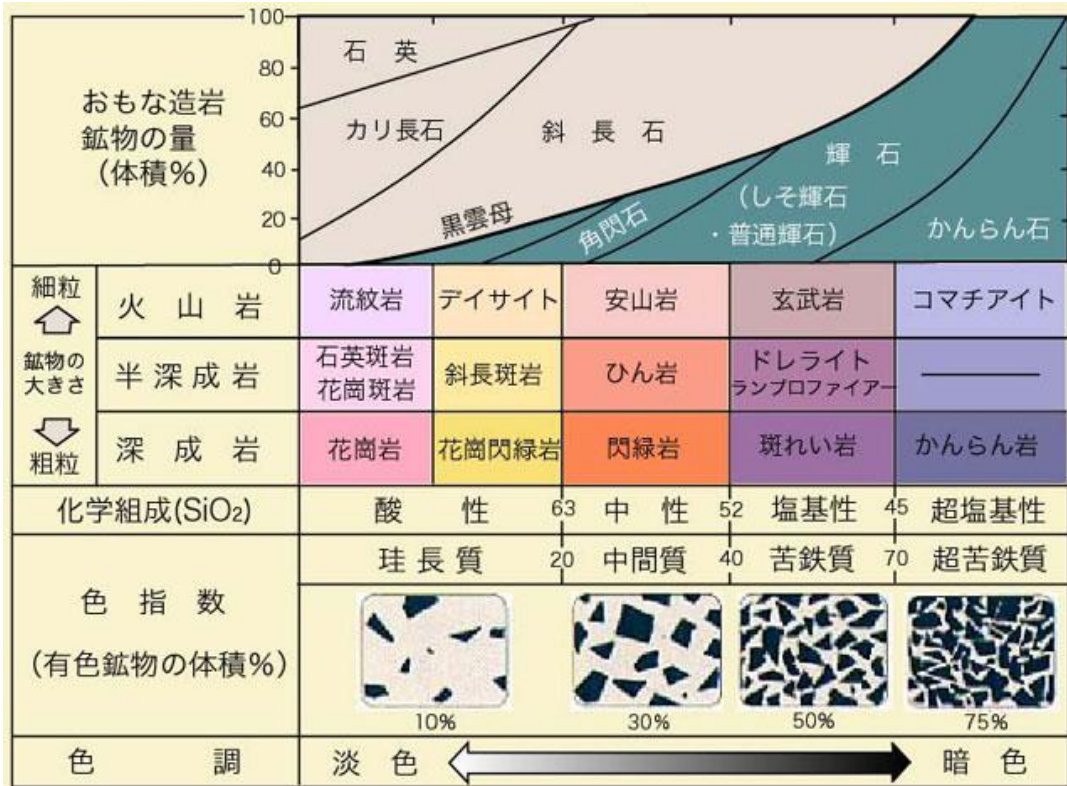


図2 カルデラ火山の形成メカニズム。巽・鈴木 (2014) に加筆。



火成岩
マグマが冷えて固まってできた岩石

○火山岩

- ・急に冷えて固まってできる
- ・斑状組織
- ・流紋岩・安山岩・玄武岩

○深成岩

- ・ゆっくりと冷えて固まる
- ・等粒状組織
- ・花崗岩・閃緑岩・斑れい岩



火山岩
(斑状組織)



流紋岩



安山岩



玄武岩

マグマ噴火

噴火の様式	ハワイ式	ストロンボリ式	ブルカノ式	プリニー式	プレー式	水蒸気爆發
噴火の特徴	割れ目から粘性の低い玄武岩質の溶岩を流出させる。	比較的粘性の低いマグマが間欠的に爆發噴火、半固結溶岩を数百メートルの高さに噴き上げる。	高圧の火山ガスにより、溶岩を数千メートルの高さに噴き上げる。	発泡した溶岩を10,000m以上の高さに噴き上げる。	山頂火口に溶岩円頂丘が形成される。その斜面の一部が崩壊して小規模な火砕流を生じる。	マグマの熱で生じた高温高圧の水蒸気が爆發的な噴火活動を引き起こす。
火山の例	キラウエア (ハワイ) マウナロア (ハワイ)	ストロンボリ (イタリア) 伊豆大島三原山 (1986~87) 阿蘇山	ブルカノ (イタリア) 島嶼 浅間山	セントヘレンズ (アメリカ, 1980) ピナツポ (フィリピン, 1991)	モンブレー (西インド諸島, 1902) 雲仙普賢岳 (1990~)	三宅島 (1983) スルツェイ (アイスランド, 1963)
火山体	盾状火山	成層火山	成層火山	成層火山 カルデラ火山	成層火山 カルデラ火山 (溶岩円頂上)	マール
噴火の様子	穏やかに噴火 溶岩流が多い		爆發的に噴火 火山弾や軽石、火山灰が多い		爆發的で熱雲を伴う	爆發的噴火
特徴的な噴出物	アア溶岩 パホイホイ溶岩	紡錘状火山弾	塊状溶岩 パン皮状火山弾	軽石 スコリア	火砕流	破砕されたガラス質岩片
噴出物の外観	黒・暗灰色 ←————→		←————→ 灰・淡灰色		灰・淡灰色	—————
マグマの性質	玄武岩質 ←————→		安山岩質 →————→		デイサイト質 ~流紋岩質	安山岩質~ デイサイト質
マグマの粘性 (SiO ₂ 量)	低い (少ない) ←————→		————→ 高い (多い)		高い (多い)	—————
マグマの温度	1200°C ←————→		1100°C —————→		1000°C —————→	900°C

『最新図表地学』浜島書店、2002



ちーがくん | 地学図解
@spEarthScience

【家でできるプチ実験】火山噴火は「コーラ」で再現できる！

家でできるプチ実験

火山噴火はコーラで再現できる！

① コーラの飲み口を指で押さえて振る

コーラの状態

② コーラの飲み口から指を離す

コーラの状態

③ 噴火発生！

コーラの状態

④ 火山との対応

火山との対応

午後3:00・2022年6月5日

水分が多いと発泡しやすく、爆發的噴火になりやすい。
発泡が多い→軽石

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、マグマの供給系に関す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

さらに現在の火山噴火予測観測には、もつと根本的な問題がある。たとえば、今や2人に1人が罹患するという癌の診断を例にとつて説明してみよう。

一昔前までは、癌が進行したことで引き起こされるさまざまな症状や体調不良がきっかけとなって、癌が見つかることが多かった。だから、相当限られた場合以外は治療の効果は良好とは言えなかった。しかし現代では、例えば高精度のCT（コンピュータイド・トモグラフィ）装置などで、異常箇所を正確に可視化することができるようになった。そして例えば1ヵ月後に、その部分が肥大化しているかどうかを観察（モニタリング）することによって、高い精度で癌を発見できるようになった。そのおかげで、早期発見・早期治療が可能となり、治癒またはいわゆるQOL（生活の質）の向上に大いに貢献している。

この例と火山噴火予測観測を比較すると、現状の火山観測は、まさに地震や地殻変動といった「症状」を調べている段階にあることがわかる。従つて、より精度の高い噴火予測を行うには、マグマ溜りそのものの形状や大きさを正確に可視化して、その変化をモニタリングすることが不可欠なのだ。

しかし残念ながら、現時点でマグマ溜りの位置、形、それに大きさを正確に捉えた例はない。多くの火山噴火では、噴出されるマグマの量、すなわちマグマ溜りがそれほど大きくないために、なかなか正確にイメージングすることができないのかもしれない。

では、巨大カルデラ噴火はどうだろう？ 巨大なマグマ溜りが火山の地下に存在するならば、それをイメージングできる可能性もある。

癌を可視化するCT検査では、受診者の体にX線をあらゆる方向から照射して、そのデータを解析することで体内の異常部分を検出する。これとまったく同じ原理で、X線の代わりに地震波を用いて、地球内部や火山の地下を可視化することができる。地震波トモグラフィと呼ばれる手法だ。

現時点で、これも世界に2つと、何度も超巨直近には63万年た。そして現在

いる火山が、少なく。これらの火山は過エローストーンでは、のマグマを噴き上げ、欠泉もその一つだ。

1 噴火メカニズムと地下構造把握の困難性

原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム（第1回会合）

○藤井主任研究員 先ほど中田さんが紹介された例ですが、マグマ溜まりが100km³以上たまっていればということを行いましたけれども、100km³たまっているということを今の時点で推定する手法というのは、ほとんどないというふうに理解をしています。これは10年ぐらい前から私が予知連のほうでいろんな探査の専門家に問い合わせてきました。カルデラ噴火の場合は、例えば直前にマグマが一定量、つまり100km³以上ぐらいがなければそういうことが起こらないわけですから、それをつかまえばいいはずだと思って聞いてきたんですが、実際にマグマの量を100km³という、面積として60~100km²の下にマグマが存在するわけで、厚さが1kmぐらいの液体が存在する。そういうものを例えば今の地震学的な手法で探査できるかという、なかなか難しいというのが探査の専門家の意見です。新しい手法を開発するか、ものすごい量の地震計を張りめぐらして例えば反射を見つけるとか、何かそういうことをやらなくちゃいけない、これは今の日本の国内では現実的ではない。金額的にも、あるいは地理的な分布からいってもですね。だから、もっと別の手法

甲A565・34-35頁

甲D398・213-214頁

火山噴火予測観測による成果

さらに現在の火山噴火予測観測には、もつと根本的な問題がある。たとえば、今や2人に1人が罹患するという癌の診断を例にとつて説明してみよう。

「昔前までは、癌が進行したことで引き起こされるさまざまな症状や体調不良がきっかけとなって、癌が見つかることが多かった。だから、相当限られた場合以外は治療の効果は良好とは言えなかった。しかし現代では、例えばPETやCT（コンピュータ・トモグラフィ）装置などで、異常箇所を正確に可視化することができるようになった。そして例えば1ヵ月後に、その部分が肥大化しているかどうかを定期的に観察（モニタリング）することによって、高い精度で癌を発見できるようになった。そのおかげで、早期治療が可能となり、治療またはいわゆるQOL（生活の質）の向上に大きく貢献している。

この例と火山噴火予測観測を比べると、**「症状」を調べている段階にあるのがわかると、治療の方向から照射して、そのデータを解析することで体内の異常部分を検出することが可能である。**「症状」を調べている段階にあるのがわかると、より精度の高い噴火予測を行うには、マグマ溜りそのものの形状や位置を正確に可視化して、その変化をモニタリングすることが不可欠なのだ。

しかし残念ながら、現時点で多くの火山噴火では、噴出されたマグマ溜りの形状、それに大きさを正確に捉えた例はない。なかなか正確にイメージングできず、それができないのかもしれない。

では、巨大カルデラ噴火は、それをイメージングできる可能性もある。癌を可視化するCT検査では、患者の体を線をあらゆる方向から照射して、そのデータを用いて、地球内部や火山の地下を可視化することができるともったく同じ原理で、X線の代わりに地震波手法だ。

現時点で、とても世界に2つ去に何度も超巨直近には63万年た。そして現在いる火山が、少なくこれらの火山は過エローストーンでは、のマグマを噴き上げ、欠泉もその一つだ。

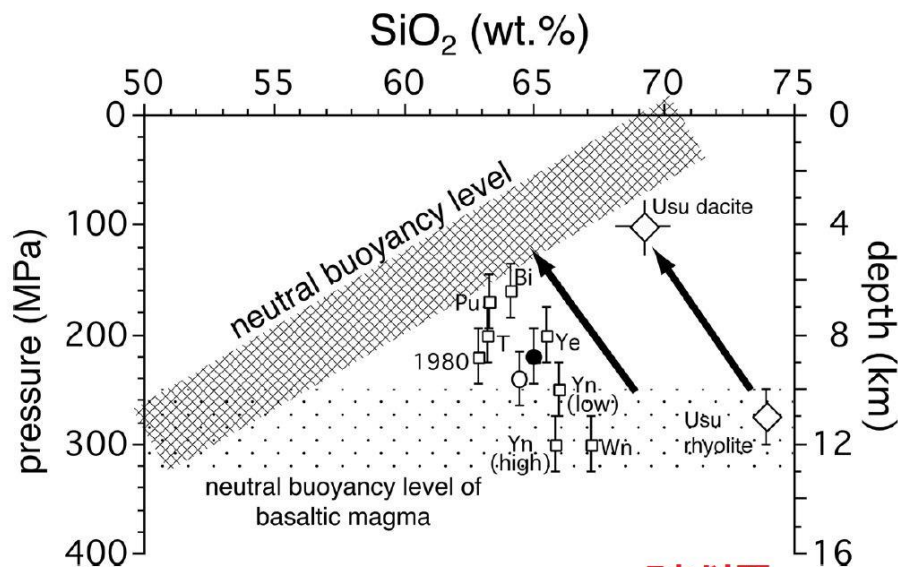
原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム（第1回会合）

○藤井主任研究員 先ほど中田さんが紹介された例ですが、マグマ溜まりが100km³以上たまっていればということを行いましたけれども、100km³たまっているということを今の時点で推定する手法というのは、ほとんどないというふうに理解をしています。これは10年ぐらい前から私が探査の専門家として関わっています。カルデラ噴火の場合は、例えば直前にマグマが一定量、つまり100km³以上ぐらいがなければそういうことが起こらないわけですが、それをつかまなければいけません。地震学的な手法で探査できるかという、なかなか難しいというのが探査の専門家の間で新しい手法を開発するか、ものすごい量の地震計を張りめぐらして例えば反射を見つけるとか、何かそういうことをやらなくちゃいけない、これは今の日本の国内では現実的ではない。金額的にも、あるいは地理的な分布からいってもですね。だから、もっと別の手法

現在の科学技術による調査方法は粗く精度も低いです

甲A565・34-35頁

甲D398・213-214頁



浮力中立点と同じかそれ以下

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).

甲502・284頁

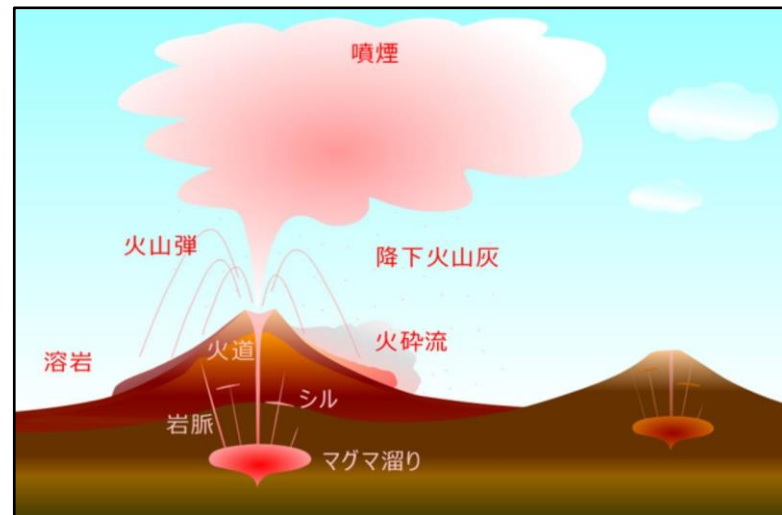
また、マグマ溜まりがシル（水平方向に薄く広がった貫入マグマ）の集合体である場合は、浮力よりもむしろ、地殻内のレオロジーや剛性のコントラスト、応力場などがマグマの定置深度を支配するらしい（Menand, 2011）。

甲502・284頁

レオロジー = 流体学

剛性 = 外力に対する変形等の起こりにくさ

応力場 = 空間における力の方向と大きさ



○ 重いものは、軽いものよりも上には浮かばない。

× 軽いものは、重いものよりも必ず上に浮かぶ。



研究相談・研究データ・
研究ユニット紹介

研究者の方へ



プロジェクト相談・
研究依頼・各種協業相談

ビジネスの方へ



産総研ってどんなところ？
科学の扉を開こう！

一般の方へ

科学の楽しさ、産総研が
取り組んだ製品や事例のご紹介

産総研マガジン

ホーム > 研究成果検索 > 研究成果記事一覧 > 2022年 > 十和田火山の巨大噴火を引き起こしたマグマの蓄積深度が明らかに

発表・掲載日：2022/05/12

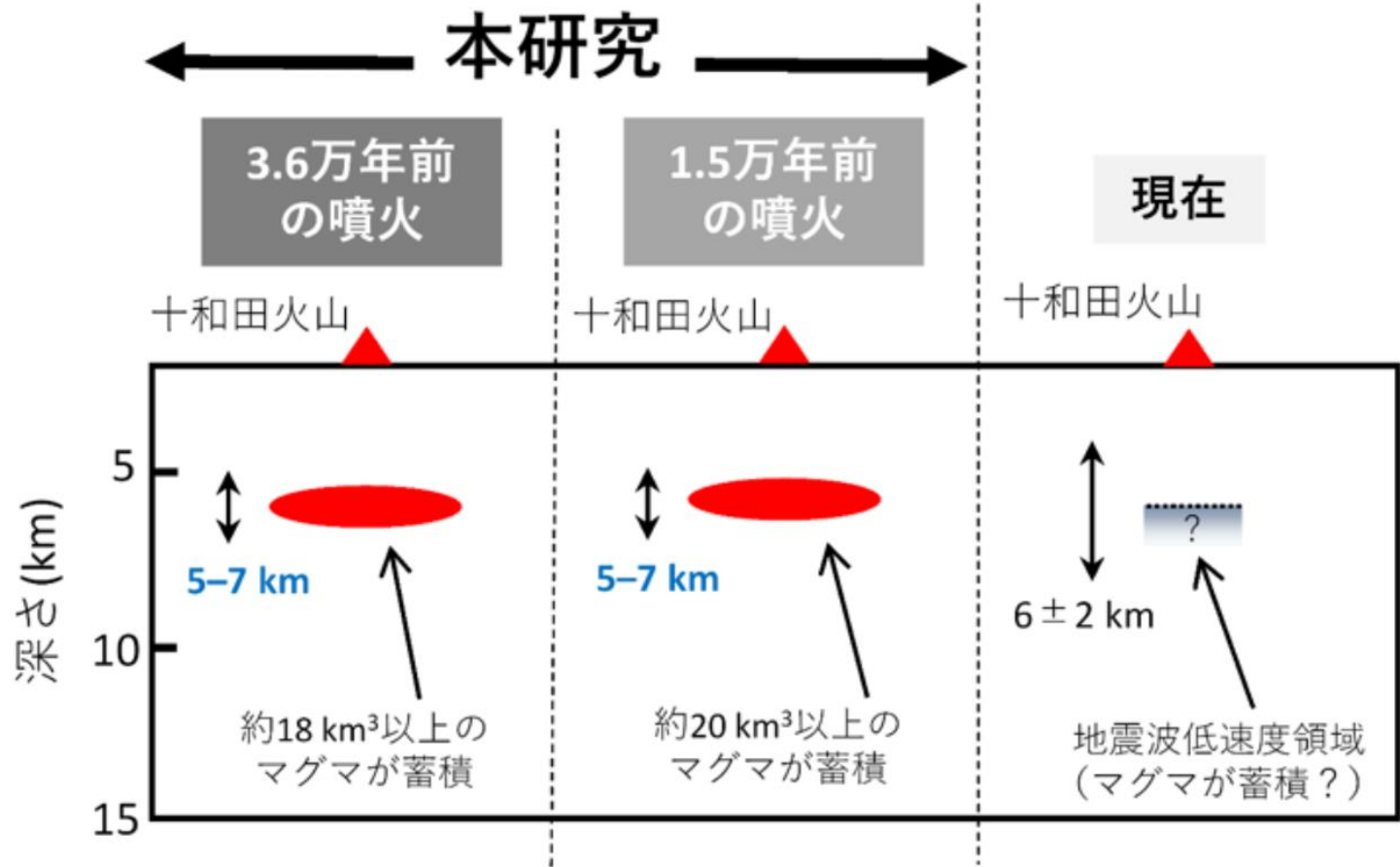
ツイート

いいね！ 55

十和田火山の巨大噴火を引き起こしたマグマの蓄積深度が明らかに

ポイント

- 高温高压実験の結果から巨大噴火を起こしたマグマの蓄積深度を5～7 kmと推定
- 推定深度は十和田火山の地下における地震波速度の遅い領域の深度と一致
- カルデラ火山における巨大噴火のポテンシャル評価に貢献



本研究で明らかとなった巨大噴火のマグマ蓄積深度 (左・中) と現在の十和田火山下で確認されている地震波低速度領域の深度 (右)

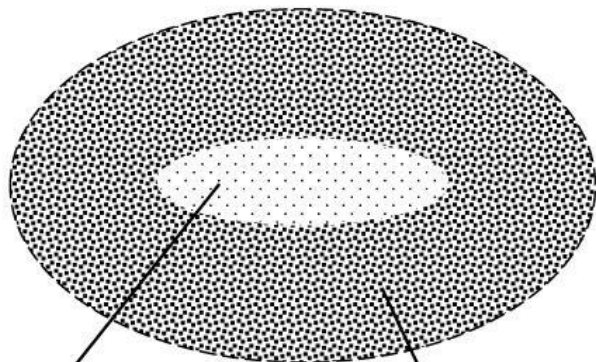
 総 説

 火山 第 61 卷 (2016)
 第 2 号 281-294 頁

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)



(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

- ・“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.

(a) 高温状態 (メルト > 結晶)



(b) 温度低下 (メルト < 結晶)



(c) 低温状態 (メルト << 結晶)



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

(a)は噴火直前か、噴火直後の状態

↓これが冷却されると結晶化

(b)の状態

↓さらに温度が下がって結晶同士が連結

(c) 結晶と結晶の間にメルトが存在する状態

(b)や(c)の状態では、各種の探査等によってメルトを確認することは困難

(b)や(c)の状態にあるマグマ溜まりも、親マグマ溜まりから高温のマグマが供給されると(a)の状態、すなわち**噴火可能な状態へと変化**する。

[A]: もとは結晶の少なかったマグマが、周囲から冷やされ結晶化していく場合。 [B]: もとは結晶の多かったマグマ (マッシュ) だったが、粒間のメルトが分離・集積したり、高温マグマ等の注入によってマッシュが溶融したりほぐれたりする場合。

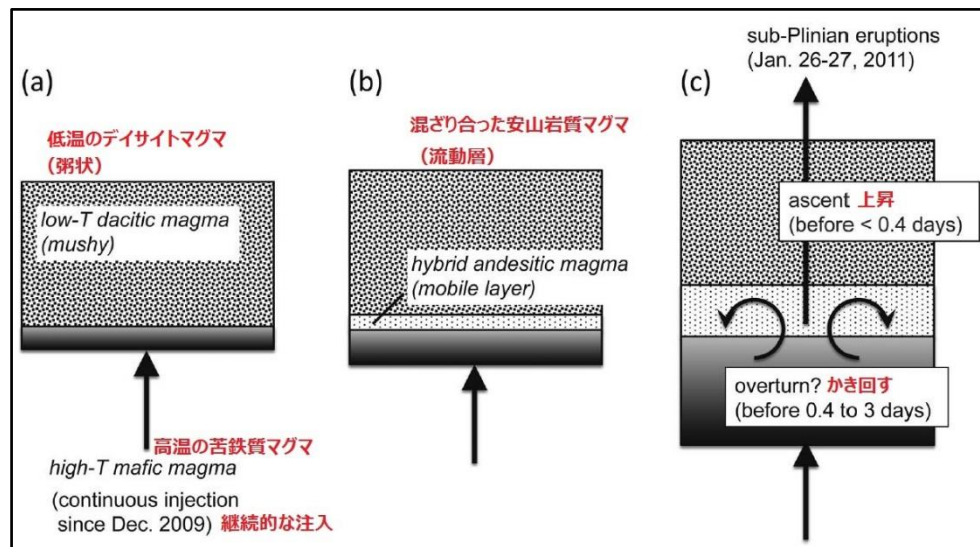
一方、Bのプロセスは、マッシュの rejuvenation (若返り、再活性化) と呼ばれ (e.g., Bachmann *et al.*, 2002; Bachmann and Bergantz, 2006), 最近10年ほどで急速に考えが広まったものである。結晶に富む珪長質マグマ、特に巨大噴火をもたらすものの形成メカニズムとして最有力視されている (下司, 2016; 本特集号 (1) 参照)。

甲A575・283頁

どれくらいのタイムスパンで
噴火可能な状態になるのか？
→破局的噴火でも**10年オーダー**の場合も

深部からマグマとして供給されるか、その場で地殻の部分溶融で生成されるか、いずれにせよ長い時間をかけて溜まっていくだろう、というイメージがかつてはあった。しかし近年では、噴火可能なマグマが存在できる期間 (マグマ滞留時間) は限られており、比較的短時間で一気に準備されると考えられるようになった。

甲A575・285頁



甲A575・286頁

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。

工藤ほか(2011)を要約

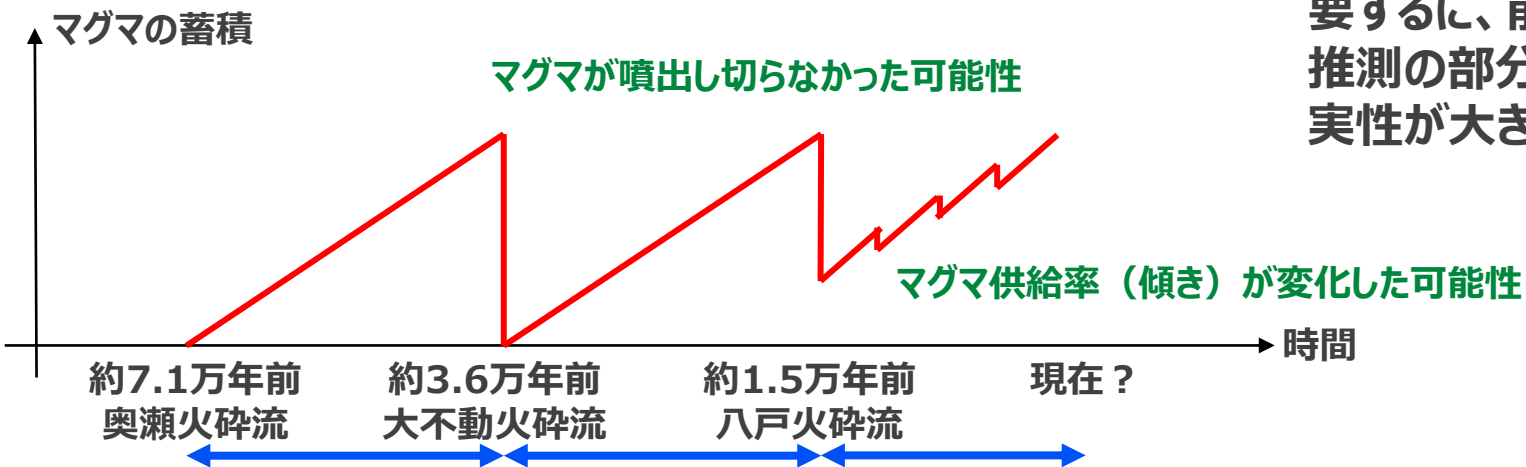
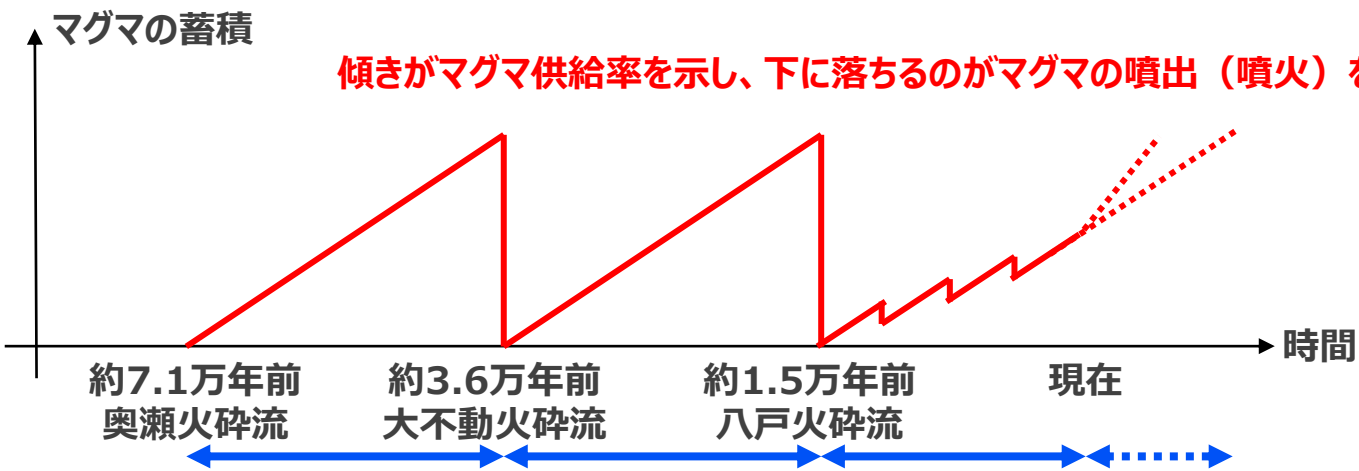
- 現在の活動期である後カルデラ期は、高頻度(噴火間隔3,400年以下)かつ一回の噴出量が 2.5km^3 以下であり、カルデラ形成期の低頻度(噴火間隔22,000年~4,000年)かつ一回の噴出量 $1.2\text{km}^3 \sim 20.3\text{km}^3$ とは異なる。
- 十和田の10万年前以降のマグマ供給率はほぼ一定であることから、今後マグマ供給率が減少しなければ、長期的(数万年スケール)には再びカルデラ形成期へと移行する可能性が指摘される。
- 過去の活動履歴からは、カルデラ形成期では噴出量 1km^3 以下の噴火は認められず、大規模噴火※前には数万年間の低噴出率期(噴火エピソードNの前は $0.07\text{km}^3/\text{千年}$ 、噴火エピソードLの前は $0.12\text{km}^3/\text{千年}$)が先行する傾向が見られる。現在の十和田は、過去15,000年間にわたって高噴出率期($0.70\text{km}^3/\text{千年}$)にあり、噴出量 1km^3 以下の小規模噴火も数多く発生していることから、現状ではカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる。
- したがって、今後も短期的(数百年~数千年スケール)には、過去15,000年間と同様な活動が継続すると推定され、仮に、今後カルデラ形成を伴う大規模噴火※が発生するとしても、それは数万年先になると予想される。

※ 工藤ほか(2011)の「カルデラ形成を伴う大規模噴火」は、本資料の「巨大噴火」に相当する。

丙E7・31頁

カルデラ形成期と後カルデラ期とで**マグマ噴出率が変化した**($0.07 \sim 0.12\text{km}^3/\text{千年}$ → $0.70\text{km}^3/\text{千年}$)と言いながら、他方で、十和田の**マグマ噴出率は**、100ka頃に急激に増加し、その後は**ほとんど変化していない**として、「100ka以降のマグマ供給率がほぼ一定であることを示唆する」としている。

→矛盾した記載。



要するに、前提が不確かで、
推測の部分が大きく、不確
実性が大きいということ

(2) 被告らの反論

本件事業変更許可申請の審査で参考に用いられている令和元年火山ガイドにおいては、「原子力発電所の運用期間とは、原子力発電所に核燃料物質が存在する期間とする。」(令和元年火山ガイド1. 4(4)(2ページ))と定義されていることを踏まえると、本件事業変更許可申請の審査において、運用期間について具体的な年数は置いていないものの、常識的な理解として、本件再処理施設の運用期間は数十年オーダーであるとの想定の下で審査を行っている(乙E第246号証162ページ)。

この点、数十年オーダーと想定される運用期間の幅は、数万年以上にも及ぶ火山の活動履歴と比べるとごく短期間にとどまり、火山の活動可能性を評価するに当たって特段意味を有するものではないから、このことをもって、本件事業変更許可処分に係る原子力規制委員会の審査に看過し難い過誤、欠落があるとする原告らの主張に理由がないことは明らかである。

「常識」ではなく
科学的、客観的で
具体的な根拠が必要

趣旨不明
何と何を
比較しているのか？

巨大噴火の発生確率 = 100年間で1%
(1万年に1回) と仮定

① 運用期間が10年



発生確率 = 0.1%

② 運用期間が100年



発生確率 = 1%

③ 運用期間が1000年

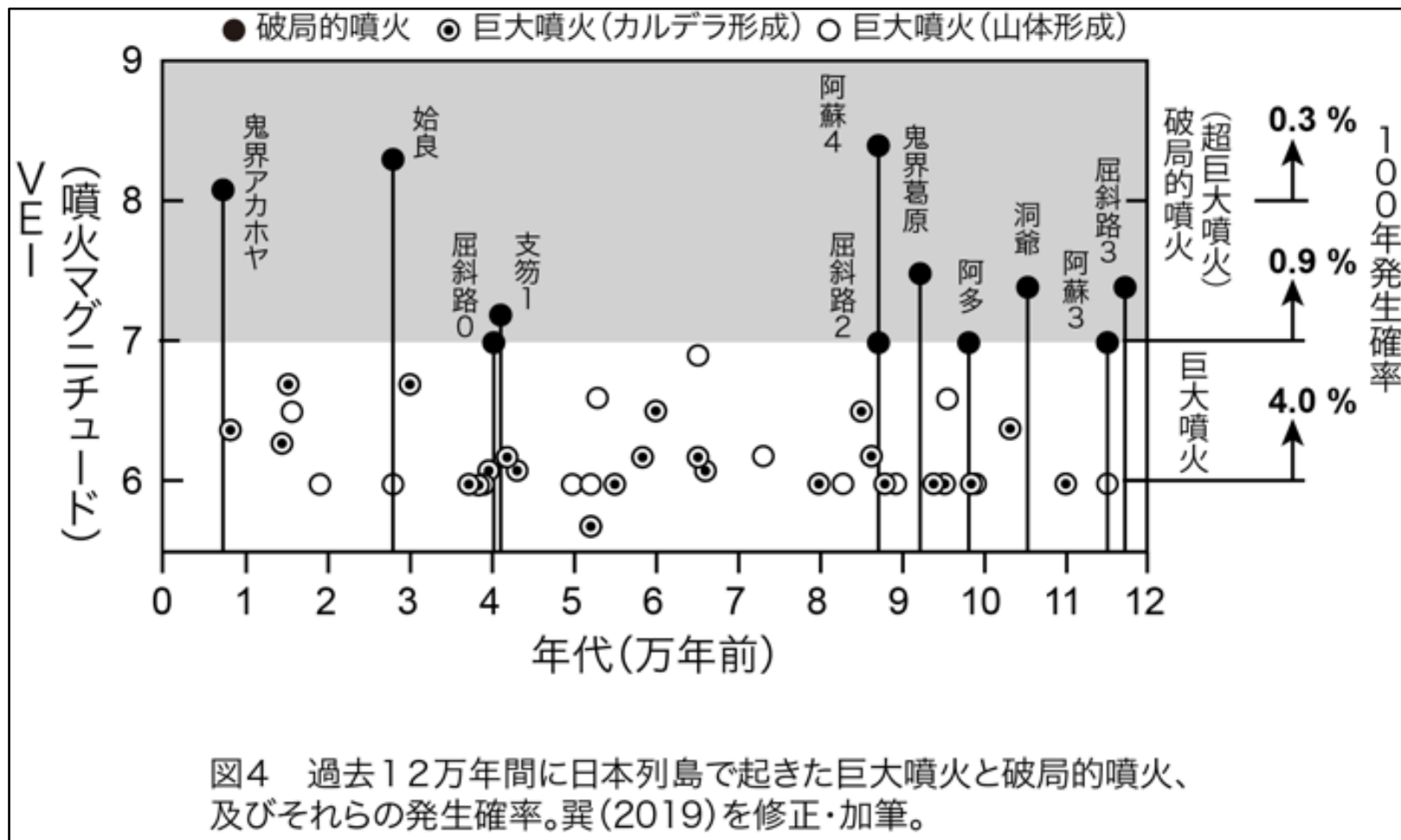


発生確率 = 10%

運用期間が長くなればなるほど、発生確率は、当然大きくなる。
一定のパーセンテージを超えれば、社会として受忍できなくなるということはある。

なお、安全目標（甲A564）

- ・ 事故時の Cs^{137} の放出量が 100TBq を超えるような事故の発生頻度は、100 万炉年に 1 回程度を超えないように抑制されるべきである（テロ等によるものを除く）



H25.6 火山ガイド策定

H26.8 モニタリング検討T #1

H27.7 モニタリング検討T：提言とりまとめ

H27.8 愛媛県安全専門部会

H28.4 宮崎支部決定

H29.12 広島高裁即時抗告審決定

H30.2 国会：資源エネルギー調査会

H30.3 基本的な考え方

H30.9 広島高裁異議審決定

R1.6 川内原発福岡地裁判決

R1.12 火山ガイド改正

新火山ガイドは、旧火山ガイドよりも安全を緩和している（争点I②との関係）

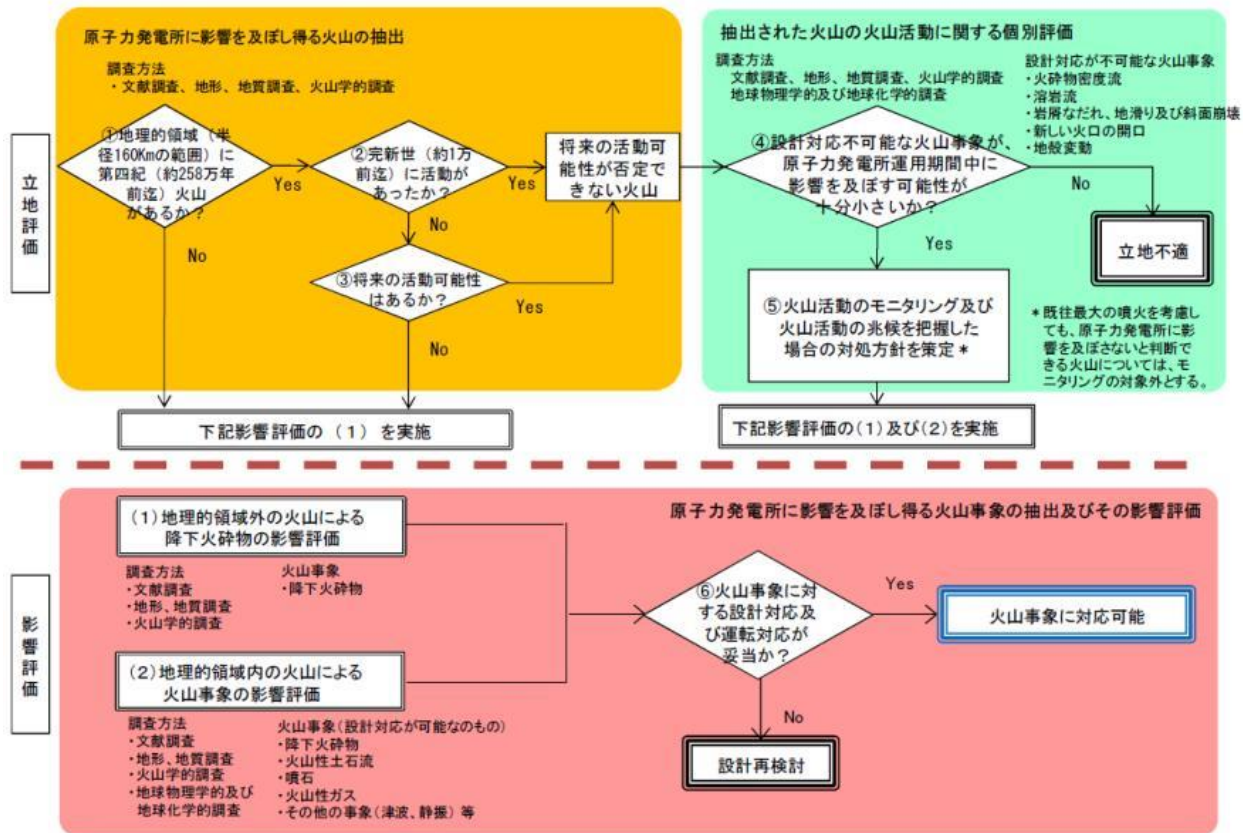


図1 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

H25.6 火山ガイド策定

H26.8 モニタリング検討T #1

H27.7 モニタリング検討T：提言とりまとめ

H27.8 愛媛県安全専門部会

H28.4 宮崎支部決定

H29.12 広島高裁即時抗告審決定

H30.2 国会：資源エネルギー調査会

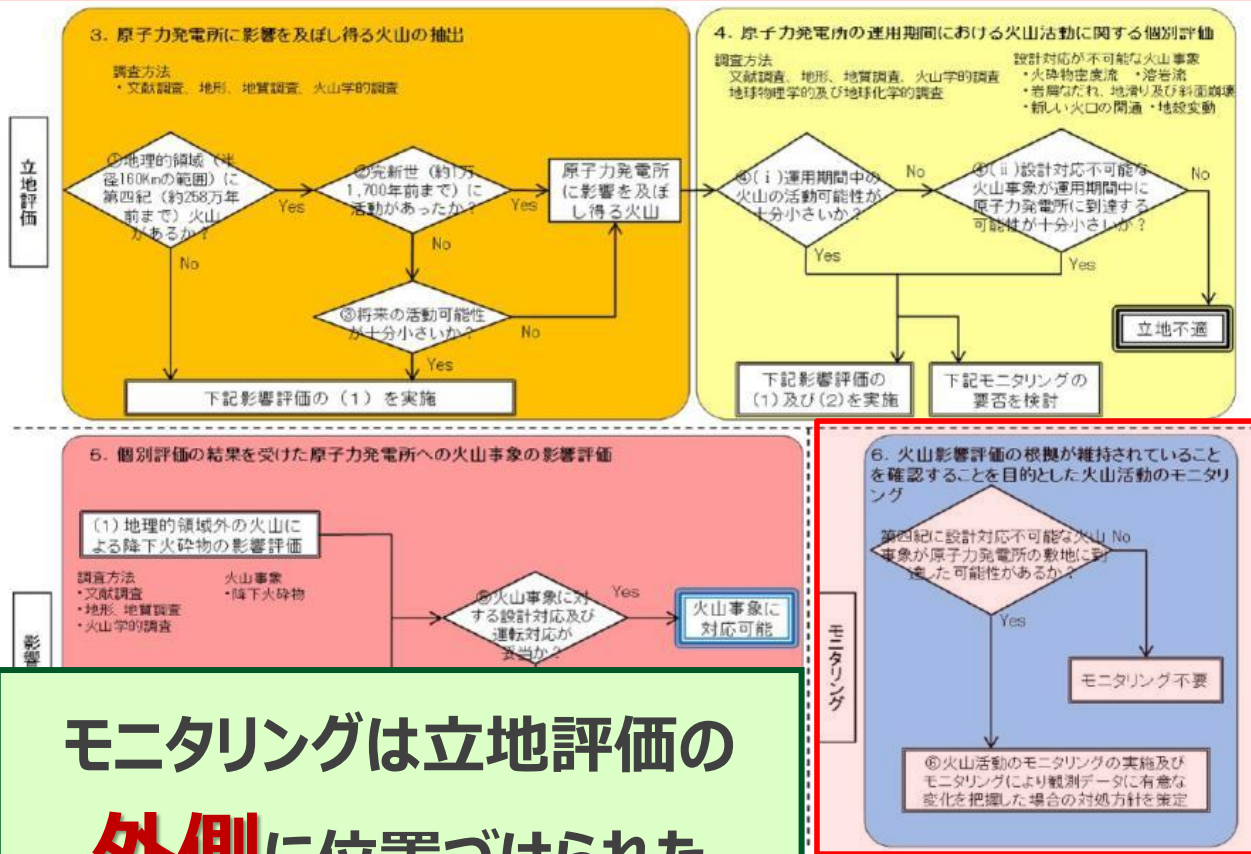
H30.3 基本的な考え方

H30.9 広島高裁異議審決定

R1.6 川内原発福岡地裁判決

R1.12 火山ガイド改正

新火山ガイドは、旧火山ガイドよりも安全を緩和している（争点I②との関係）



モニタリングは立地評価の外側に位置づけられた

- (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

主な対処例を以下に示す。

- (1) 換気設備の風量の低減措置、制御建屋の中央制御室内空気を再循環する措置及び外気の取り込みの停止
- (2) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋及び屋外に設置する降下火砕物防護対象施設に堆積した降下火砕物等の除去
- (3) 使用済燃料の受入れの停止及び新たなせん断処理の停止
- (4) 工程内の核燃料物質は UO_3 粉末及び MOX 粉末とし貯蔵並びに高レベル廃液はガラス固化体とし貯蔵

原子炉火山部会で
基準を作れないという
結論に至った

設計対応不可能な
火山事象を想定した
モニタリングのはず

もはや搬出を諦めている
火山ガイドの要求を
満たしていない