

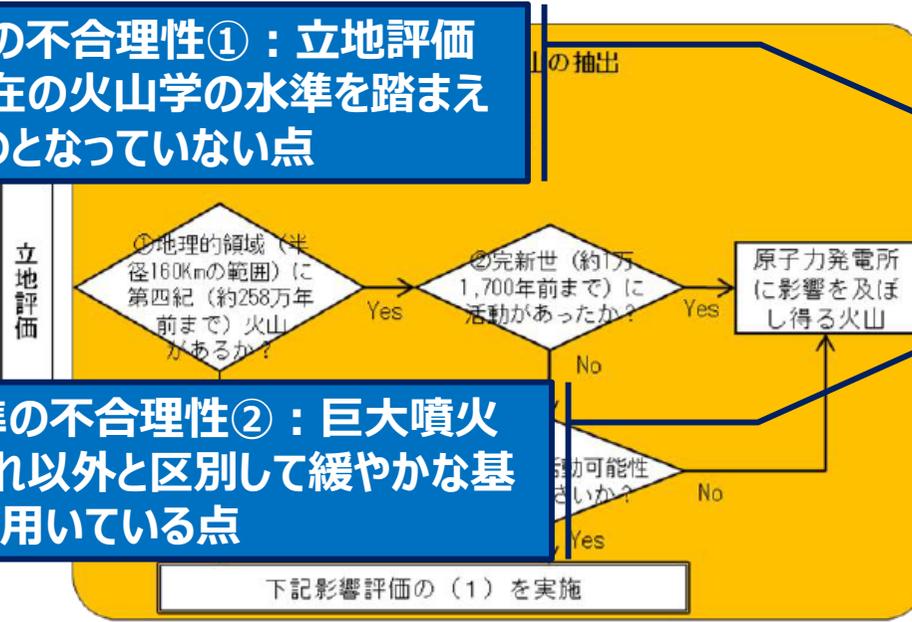
伊方原発差止訴訟（松山）
火山事象に対する安全の欠如 その2

2020.7.9 Thu
松山地方裁判所

原告ら訴訟復代理人弁護士 中野 宏典

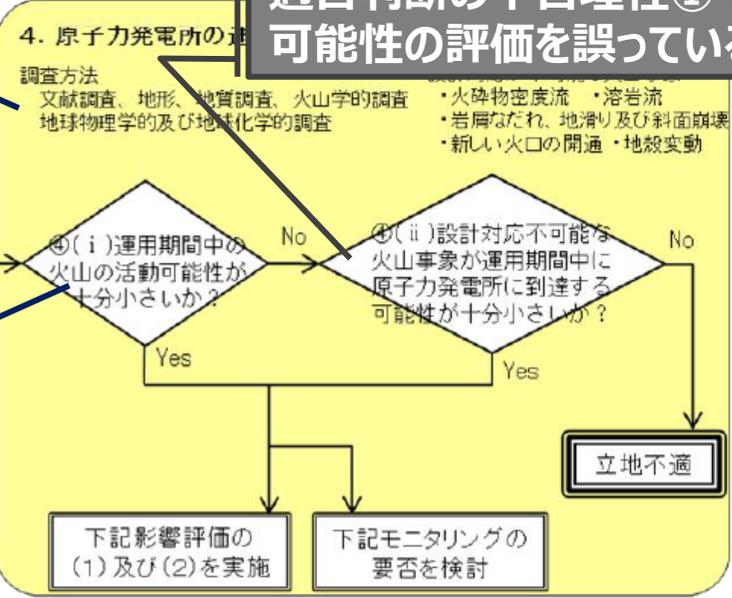
- 1 設計対応不可能な火山事象の敷地への到達可能性**
- 2 破局的噴火に至らないがこれに準ずる規模の噴火**
- 3 気中降下火砕物濃度推定手法の不合理性**
- 4 気中降下火砕物濃度計算のごまかし**

基準の不合理性①：立地評価が現在の火山学の水準を踏まえたものとなっていない点

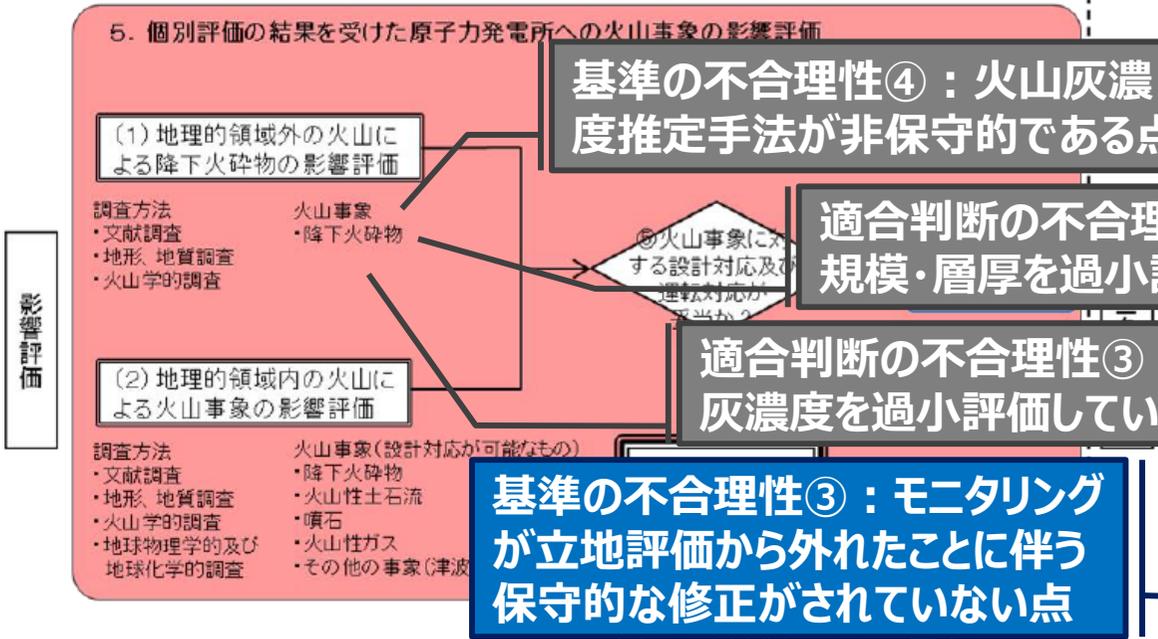


基準の不合理性②：巨大噴火をそれ以外と区別して緩やかな基準を用いている点

適合判断の不合理性①：到達可能性の評価を誤っている点



5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価



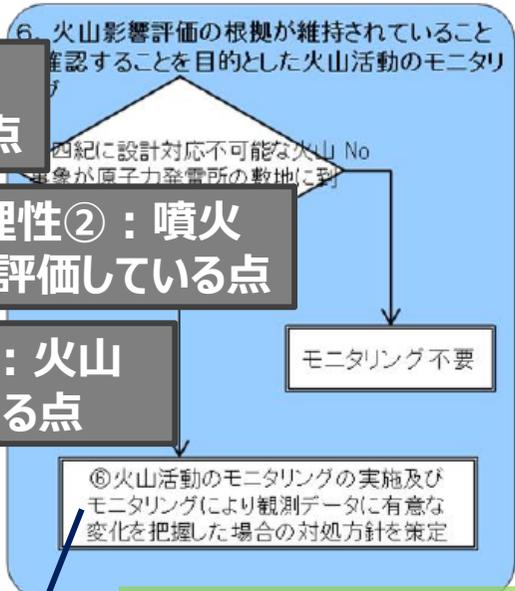
基準の不合理性④：火山灰濃度推定手法が非保守的である点

適合判断の不合理性②：噴火規模・層厚を過小評価している点

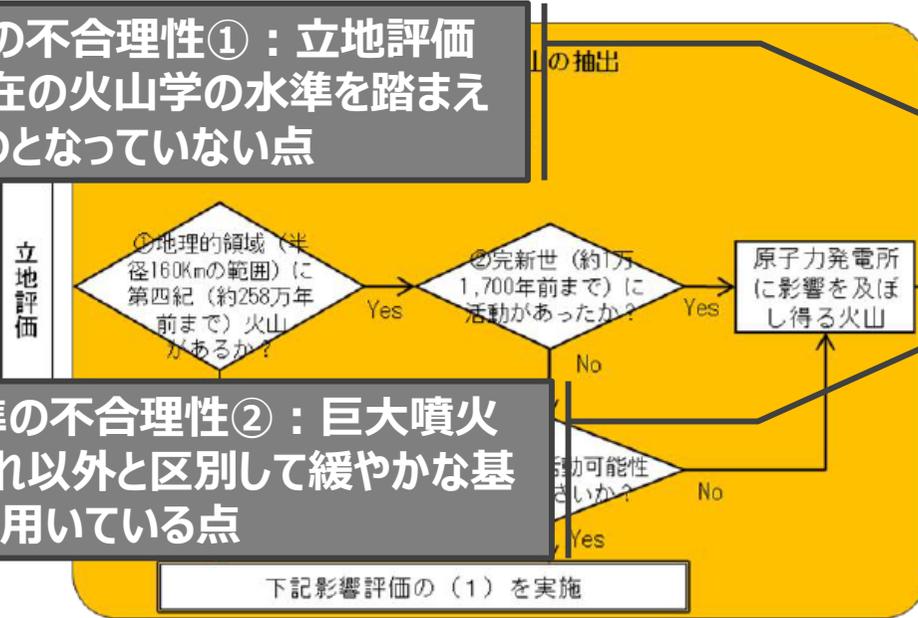
適合判断の不合理性③：火山灰濃度を過小評価している点

基準の不合理性③：モニタリングが立地評価から外れたことに伴う保守的な修正がされていない点

6. 火山影響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た火山活動のモニタリング

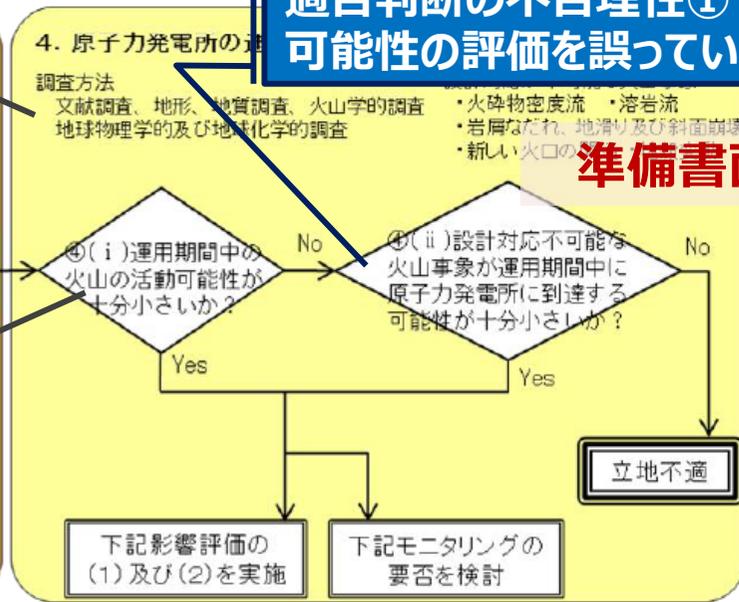


基準の不合理性①：立地評価が現在の火山学の水準を踏まえたものとなっていない点



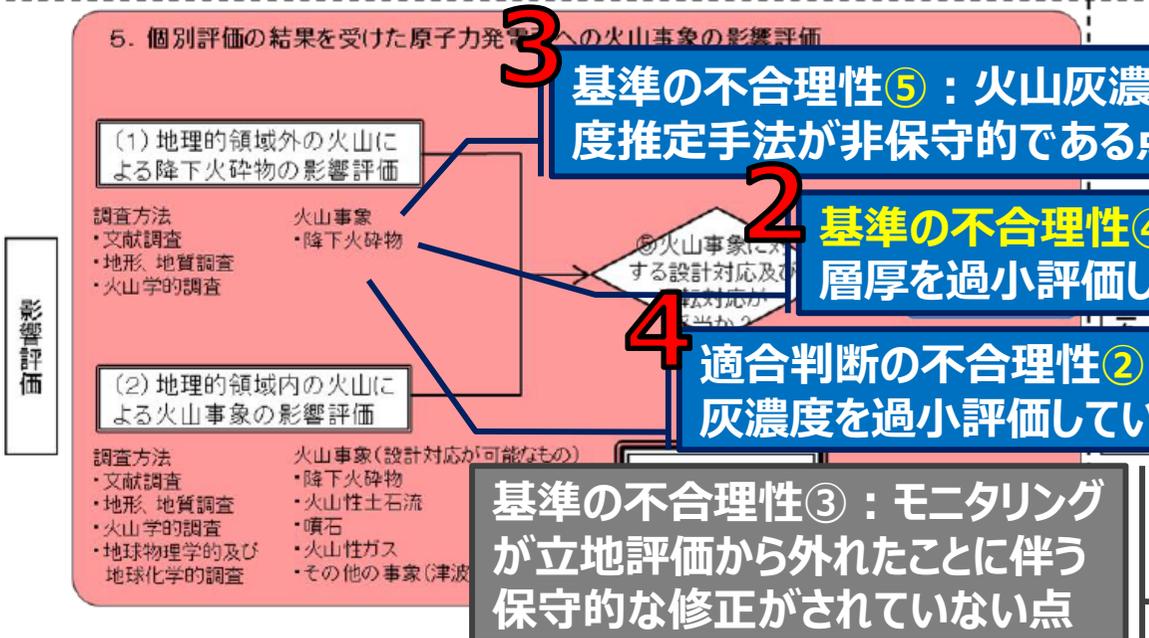
基準の不合理性②：巨大噴火をそれ以外と区別して緩やかな基準を用いている点

1 適合判断の不合理性①：到達可能性の評価を誤っている点



準備書面77

5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価



3 基準の不合理性⑤：火山灰濃度推定手法が非保守的である点

2 基準の不合理性④：噴火規模・層厚を過小評価している点

4 適合判断の不合理性②：火山灰濃度を過小評価している点

基準の不合理性③：モニタリングが立地評価から外れたことに伴う保守的な修正がされていない点

準備書面78

甲470の1・p24に加筆

1 設計対応不可能な火山事象の 敷地への到達可能性

阿蘇4火砕流は本件原発敷地に到達しているとみられること

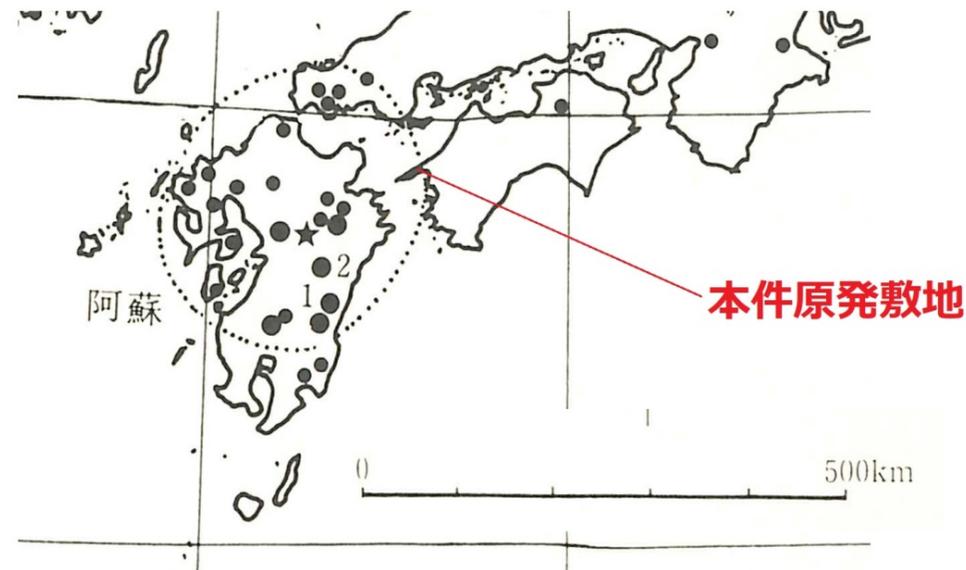


図 2.1-11 阿蘇4火山灰 (Aso-4) の等層厚線図と主な産出地点。

点線内は阿蘇4火砕流堆積物 [Aso-4 (pfl)] の分布範囲を示す。

模式地：1. 国富町川上, 2. 竹田市・荻町一帯, 3. 関金町大山池, 4. 琵琶湖高島沖, 5. 加賀市黒崎, 6. 木曾福島町, 7. 長野市高野, 8. 上野原町鶴島, 9. 新里村高泉, 10. 福島市佐原町, 11. 鳴子町鬼首北滝, 12. 玉山村新田, 13. 男鹿市安田海岸, 14. 五戸町鹿内, 15. 尻岸町女那川, 16. 伊達市館山, 17. 厚真町軽舞, 18. 広尾町ビラオトリ, 19. 網走市藻琴湖西岸。

甲542 p72 抜粋・加筆

- ▶ 第四紀学・テフラ学の権威である町田洋・東洋都立大学名誉教授は、「噴火中心から半径約150kmの範囲内に火砕流が到達したとみるのは、**ごく常識的な判断**である」と明言 (甲485の1 p1~2)。

被告の評価は、火砕流の発生様式を無視していること

PDC Eruptions

火砕物密度流を伴う噴火

- Eruption column collapse
 - pumice-rich ignimbrite

噴煙柱崩壊型-軽石を多く含む溶結凝灰岩

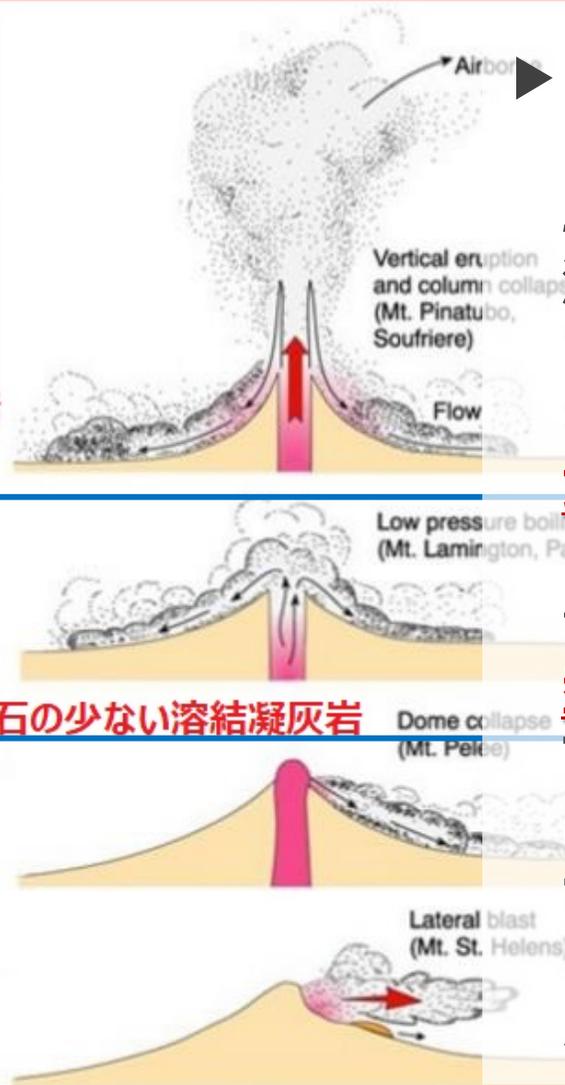
- Upwelling and overflow with no eruption column
 - pumice-poor ignimbrite

噴煙柱を伴わず湧き上がって溢れる流れ-軽石の少ない溶結凝灰岩

- Lava dome/flow collapse
 - "block and ash flow"

溶岩ドーム/崩壊の流れ-岩石と火山灰

- *Lateral blast*
 - 側面/ブラスト

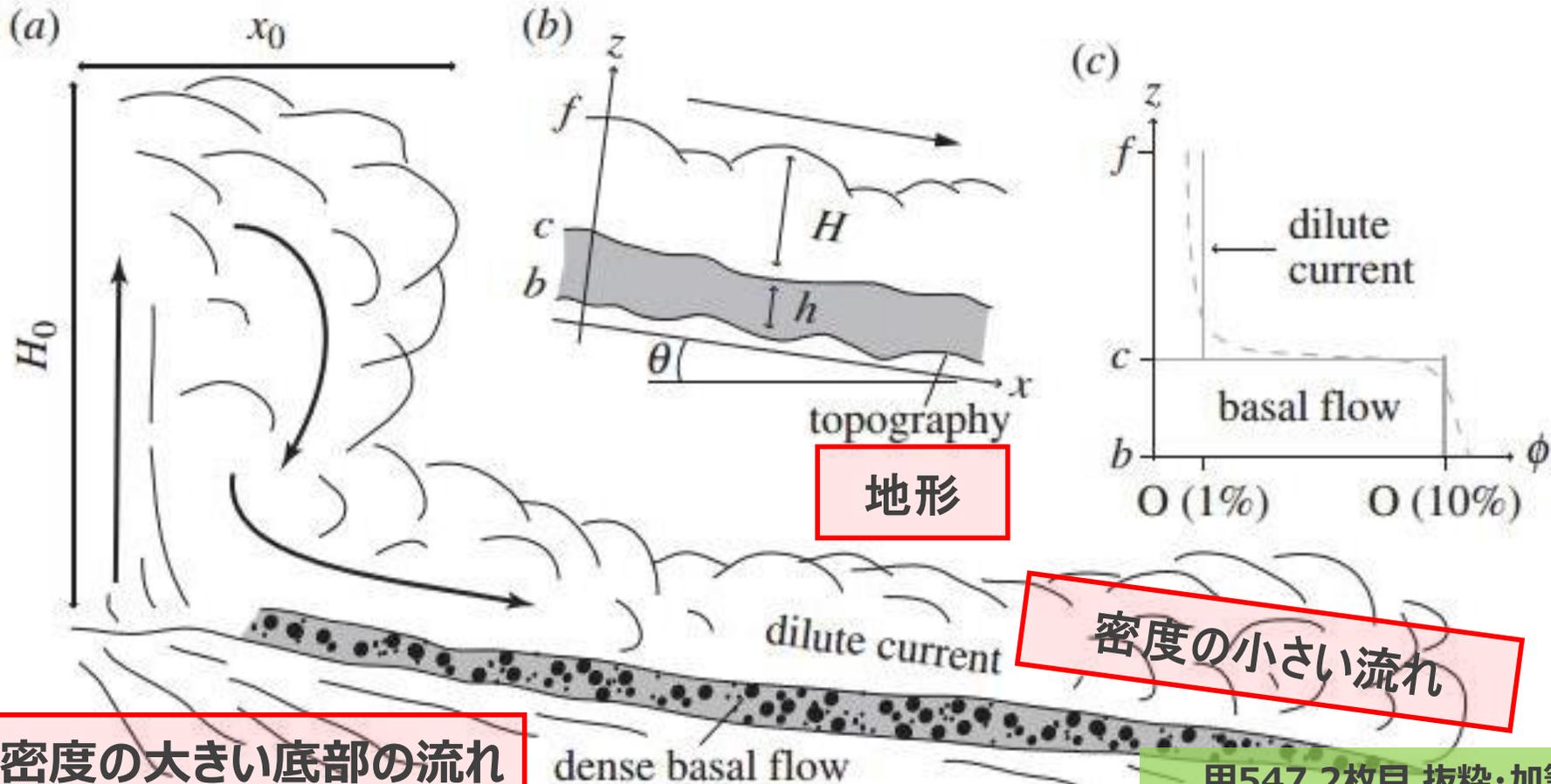


▶ 「地形が障害になる」とか、「海を越えない」とか、「シミュレーションによって火砕流が到達しないことを確認している」といった反論は、いずれも**火砕流の発生様式を無視したものである。**

阿蘇4クラスの火砕流は、青線で囲まれた「**カルデラ型**」であり、極めて大規模で、地形や海を乗り越えるし、シミュレーションで想定されている火砕流（溶岩ドーム崩壊型）とは全く異なる。

火砕流の2層モデルを無視していること

~~A two-layer pyroclastic current model~~
2層の火砕流モデル



甲547 2枚目 抜粋・加筆

- ▶ 被告の想定する火砕流は、大規模な火砕流にみられる「2層モデル」を無視している（溶岩ドーム崩壊型を念頭に置いているため）。大規模な火砕流では、密度の小さい流れが地形や海を乗り越える。

R2.1.17 広島高裁決定-科学の不定性を踏まえるべきこと

もつとも、上記のとおり、発電用原子炉施設について、福島事故のような過酷事故は絶対起こさないという意味での高度な安全性を要求すべきであるという理念は尊重すべきものであり、上記イにみた原子炉等規制法の改正及び新規制基準の策定においても、事故の発生防止はもちろんのこと、仮に想定外の事象が発生して発電用原子炉施設の健全性が損なわれる事態が生じた場合にも、放射性物質が環境へ放出されるような重大事故に至らないようにすることを目的として、各種の対策を強化すべきものとされたのであり、上記理念に通ずるところがあるといわなければならない。したがって、上記理念に基づいて原告人らが主張した具体的な判断基準も、これをそのまま採用することは現実的に不可能であるとしても、発電用原子炉施設による具体的危険性の有無を判断するに当たり、その理念ないし精神に則った解釈適用が必要となることは否定できないところであり、ある問題について専門家の間で見解が対立している場合には、支配的・通説的な見解であるという理由で保守的でない設定となる見解を安易に採用することがあってはならない。このような理念ないし精神の適用については、それぞれの問題ごとに個別に検討する必要があるが、一般論としては上記のように指摘することができる。

p10~11

しかし、町田教授は、認定事実ウ(ウ)のとおり、噴出中心から約150 km離れた山口県秋吉台でも阿蘇4火砕流堆積物が厚く残っていることからすると、噴出中心から半径約150 kmの範囲内に火砕流が到達したとみるのは、ごく常識的な判断であるところ、阿蘇カルデラから本件発電所敷地まで約130 kmしかないので、本件発電所敷地は阿蘇4火砕流が到達した範囲に入るといえる、火砕流にとって、海面は摩擦が少なく、水域は障害にならない、佐田岬半島が急斜面からなる山地の続きでテフラは残り難く、積もっても海水や風雨ですぐに浸食される地形であるため、伊方の周辺地域に火砕流堆積物がなくても火砕流が来なかったとはいえないとの見解を述べている。

p61~62

しかし、上記のうち①及び②⑦は町田教授の見解と相反する見解であり、いずれの見解が正しいとも断じ得ないし、②⑦は一般論としては否定し難いものの、佐田岬半島に阿蘇4火砕流が到達していないことを積極的に根拠づけるものではない。一方、②④は阿蘇に近い地域における火砕流堆積物の分量の比較に基づいた知見であって、その合理性は否定し難いが、大野山地・佐賀関半島から見て同じく北側にある山口県下で阿蘇4火砕流堆積物が発見されていることに照らすと、佐田岬半島に阿蘇4火砕流が到達していない根拠にはなり得ないといわざるを得ない。

p63

いずれも甲504 抜粋・加筆

▶ 「安易に非保守的な見解を採用してはならない」→町田教授の見解も、事業者が引用する見解も、いずれが正しいとも断言できない→保守的に考える

TITAN2Dのパラメータ比較-他の事例と全く異なるパラメータ

| 実施者 | 四国電力 | Titan2D 開発者 | 宝田晋治 (産総研) | 宝田晋治 (産総研) | S.J.Charbo nnier他 |
|-----------------------------|------------------------|----------------|----------------------------|---------------|--------------------------------|
| 対象噴火 | 阿蘇 (Aso4) | - | 口之永良部 島 | 御岳火山 | トゥリアルバ (コスタリカ) |
| 噴出物体積 (km ³) | 320 | 0.004 | 0.0013 | 0.0027 | 0.00119 |
| パイル形状 (m) | 高さ6000 底面半径 3000 | 不明 | 高さ50 底面半径 150 | 不明 | 高さ20 底面半径 200~300 |
| 内部摩擦角 (°) | 1 | 35 | 35 | 35 | 30 |

準77 p42・図表7 加筆

- ▶ TITAN2Dを使って火砕流の到達を評価した他の事例とは、**パラメータが違いすぎる**。TITAN2Dの仕様が、これほど規模が違う噴火にまで対応しているとは考えられないし、パイル形状や内部摩擦角の数値の妥当性も不明。
←TITAN2Dが、**溶岩ドーム崩壊型を念頭においている**ことの証左。

わずかに残る分布に合わせて数値を操作しただけ

▶ わずかに残る（点在する）分布に整合するように、**数値を操作しただけ**であることを、被告自身が認めている。

▶ しかも、阿蘇の周辺の分布に整合するようにしただけで、山口まで到達している堆積物とは整合していない（**正確には再現できていない**）。

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 第44回

平成25年11月8日（金）

○森田調整官 つまり、18ページの左上の図で描いてある赤っぽい丸が四つありますが、これが噴煙柱で、この噴煙柱の体積が320km³ということですか。

○四国電力（西坂） はい、そのとおりです。

○森田調整官 わかりました。

○森田調整官 ちなみに、噴煙柱の高さとか、そうしたデータは、仮定して置いていらっしゃるわけですね、出口の面積で割って。

○四国電力（西坂） なかなか、こういった破局的な噴煙柱崩壊型の火砕流というものも、**噴煙柱崩壊型ではなく、カルデラ型。基本的な誤り。**

○森田調整官 どういった現象かというのは、**今の現時点ではデータがございませんので、分布がある程度合うように**ということ、いろいろ試行錯誤しまして、これは、たしか高さは6km程度**ようするに、分布に合うように数値をいじった→実現象を反映していない**に置いて、噴煙柱の崩壊を模擬して火砕流シミュレーションをしております。

○森田調整官 はい、わかりました。

○森田調整官 そうすると、山全体がある程度壊れるという結果になったということですね。わかりました。

2 破局的噴火に至らないがこれに準ずる規模の噴火

影響評価に関する火山ガイドの定め（噴火規模の想定）

5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価

4. 1において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が原子力発電所の安全性に影響を及ぼす可能性が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火山事象を表1に従い抽出し、各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。

ただし、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。なお、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。

甲470-1 p11 抜粋・加筆

解説-19. 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。

- ✓ 類似する火山の降下火砕物堆積物の情報を基に求める。
- ✓ 対象となる火山の総噴出量、噴煙柱高度、全粒径度分布、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、及び類似の火山降下火砕物堆積物等の情報を参考とすることができる。

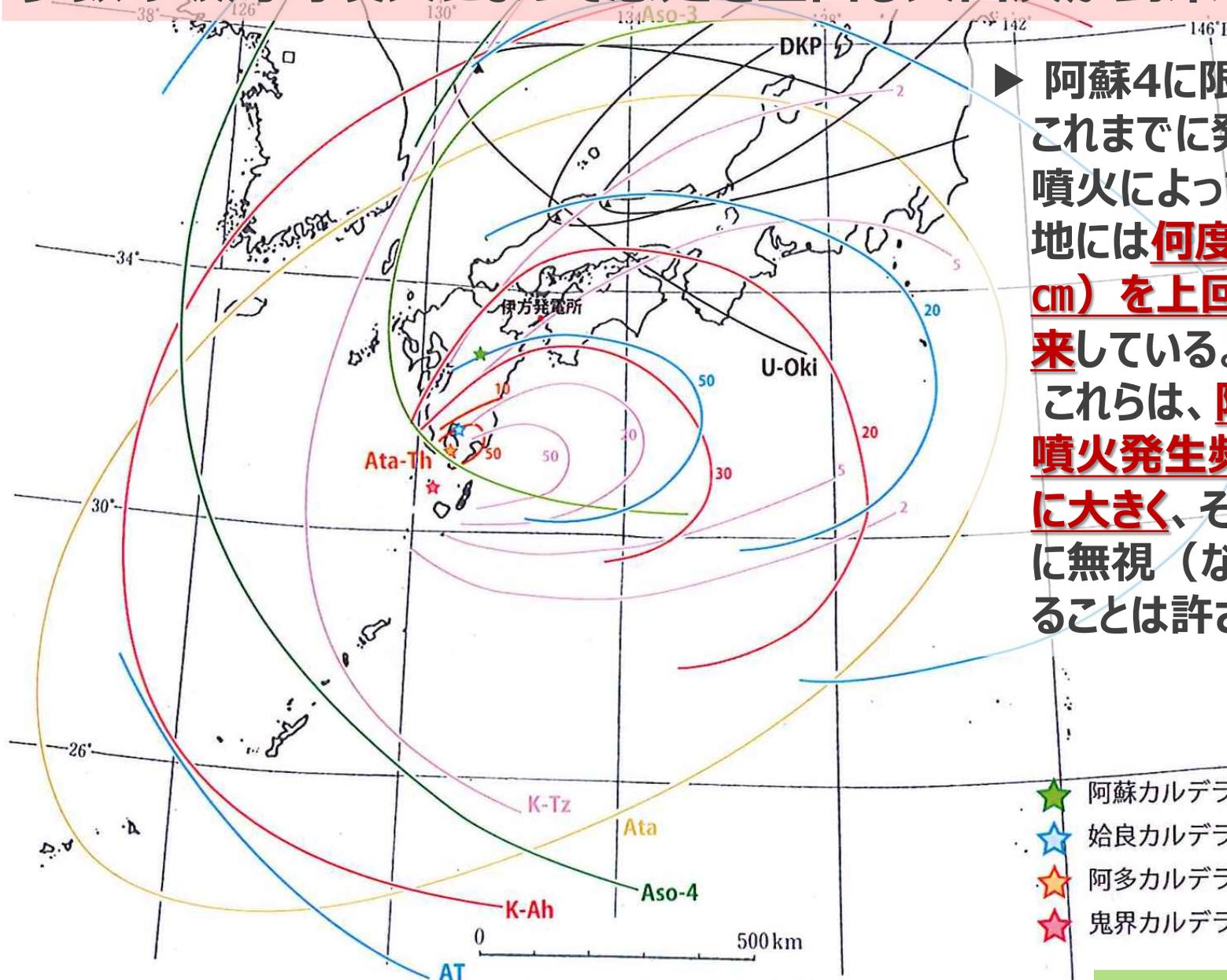
甲470-1 p12-13 抜粋・加筆

▶ 影響評価では、巨大噴火とそれ以外の噴火との区別は明記されていない。

多数の破局的噴火によって想定を上回る火山灰が到来している

▶ 阿蘇4に限らず、南九州でこれまでに発生した破局的噴火によって、本件原発敷地には何度も想定（15 cm）を上回る火山灰が到来している。

これらは、阿蘇4クラスの噴火発生頻度よりもはるかに大きく、そのリスクを軽々に無視（ないし軽視）することは許されない。



※「新編 火山灰アトラス」(町田・新井, 2011)を基に作成
第 7.4.3.4 図 敷地周辺における主な降下火砕物の分布図

被告の想定する噴火規模①-九重第一軽石噴火（九重山）

添付資料1

九重山②<活動履歴および評価結果>

概要

| | |
|---------|----------------------|
| 火山名* | 九重山(くじゅうさん) |
| 敷地からの距離 | 約108km |
| 火山の形式* | 複成火山, 溶岩ドーム |
| 活動期間* | 約20万年前から, 最新活動は1996年 |

*中野ほか(2013)による

活動履歴(噴出物および年代の報告)

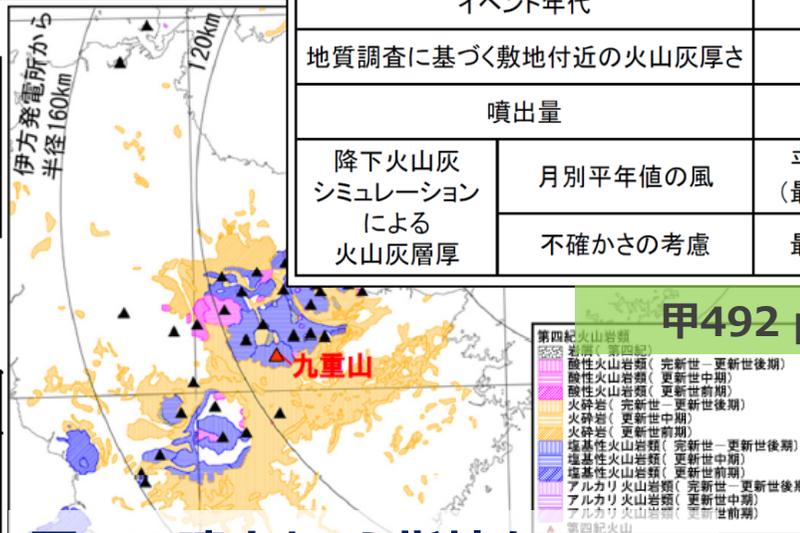
| 年代 | 噴出物名 | 体積 (km ³) | 参考文献 |
|---|----------------------------------|-----------------------|---|
| 完新世 1.7-1.6ka* ¹ 12.4-11.9ka* ¹ | 黒岳溶岩・黒岳火砕流噴火 | 1.63 | 1万年噴火イベントデータ集(産業総合研究所地質調査総合センター編, 2014) |
| | 三俣山溶岩・湯沢山溶岩噴火 | 1.4 | |
| | | | |
| 更新世 | 50ka 九重第一軽石 | 2.03 | 須藤ほか(2007) |
| | 50ka 飯田火砕流堆積物 | 5.0 | 鎌田(1997) |
| | 110ka 下坂田火砕流堆積物 | 不明* ² | 熊原・長岡(2002) |
| | 140-150ka* ¹ 宮城火砕流堆積物 | 不明* ² | |

*¹1万年噴火イベントデータ集(産業総合研究所地質調査総合センター編, 2014)あるいは鎌田(1997)において推定された年代幅である。

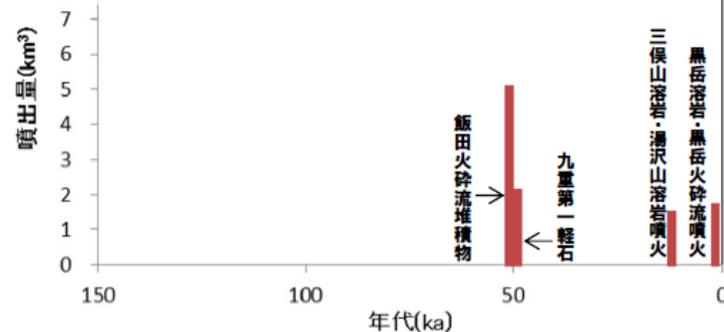
*²熊原・長岡(2002)において、「九重下坂田テフラ, 九重宮城テフラを生じた火砕流の規模は小さい」とされている。

- 九重山は約1万年前以降に活動を行っており, 完新世に活動を行った活火山として評価する。
- 噴出量が5km³に及ぶ飯田火砕流を含め, 比較的大きな火砕流が3回知られているが, その堆積物は大部分県から熊本県にかけて九州内陸部に分布し(鎌田ほか, 1997), 敷地に影響を及ぼす可能性はない。
- 広域に影響を及ぼす火山灰について, 約50kaの九重第一軽石が知られており(町田・新井, 2011), その体積は2.03km³とされている(須藤ほか, 2007)。

| | | | |
|-----------------------|---------|---------------------|--------------------|
| 敷地からの距離 | | 108km | |
| イベント名 | | 九重第一軽石 | |
| イベント年代 | | 50ka | |
| 地質調査に基づく敷地付近の火山灰厚さ | | ほぼ0cm | |
| 噴出量 | | 2.03km ³ | 6.2km ³ |
| 降下火山灰シミュレーションによる火山灰層厚 | 月別平年値の風 | 平均0.5cm (最大2.2cm) | 平均1.5cm (最大6.9cm) |
| | 不確かさの考慮 | 最大4.5cm | 最大14.0cm |



同一の噴火という指摘も
→今後精査のうえ主張を検討



甲493 p11 加筆

被告の想定する噴火規模②-草千里ヶ浜軽石噴火（阿蘇）

II. 立地評価

阿蘇の火山活動に関する個別評価⑦<まとめ>

甲492 p24 抜粋

平成27年3月20日
審査会合資料一部修正

- 阿蘇については、現在のマグマ溜まりは破局的噴火直前の状態ではなく、今後も、現在の噴火ステージが継続するものと判断される。
- 運用期間中の噴火規模については、後カルデラ火山噴火ステージである阿蘇山での既往最大噴火規模(約2km³)を考慮する。阿蘇山起源の火砕流堆積物の分布は阿蘇カルデラ内に限られる(小野・渡辺, 1985)。

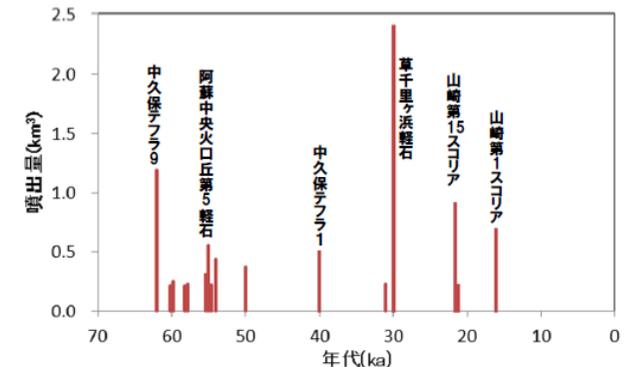
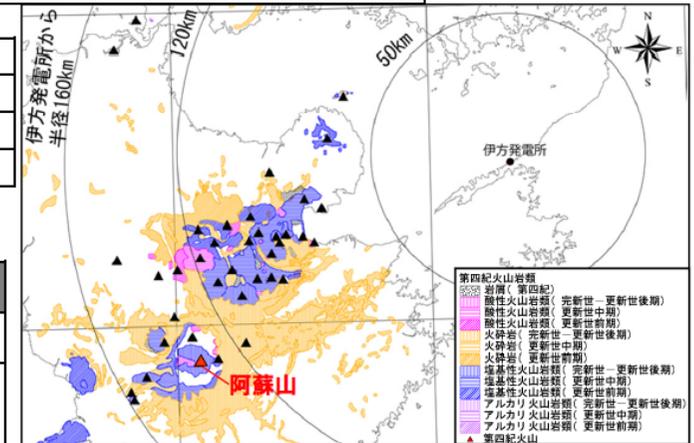
- ▶ 阿蘇については、**噴火ステージ論を前提として、阿蘇4以降の最大規模である草千里ヶ浜軽石噴火を想定している。**
- ▶ 敷地に最も大きな影響を及ぼすのは、**九重第一軽石噴火となるが、阿蘇で破局的噴火に準ずる規模の噴火を想定すれば、九重第一軽石噴火を上回る影響がある。**

| 概要 | |
|---------|---------------------|
| 火山名* | 阿蘇山(あそさん) |
| 敷地からの距離 | 約131km |
| 火山の形式* | 複成火山, 火砕丘 |
| 活動期間* | 約9万年前から, 最新活動は2011年 |

*中野ほか(2013)による

| 活動履歴(噴出物および年代の報告) | | | |
|-------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------|
| 年代 | 噴出物名 | 体積(km ³) | 参考文献 |
| 完新世 | 4ka 阿蘇中央火口丘第1軽石 | 不明 | 宮縁ほか(2003) |
| 更新世 | 16.49-15.74ka 山崎第1スコリア | 0.68 | 宮縁ほか(2004) Miyabuchi(2011) |
| | 22.10-20.98ka 山崎第15スコリア | 0.9 | |
| | 21.75-20.68ka 山崎第20スコリア | 0.21 | |
| | 30ka 草千里ヶ浜軽石 | 2.39 | |
| | 31ka 水ノ元第1軽石 | 0.23 | |
| | 40ka 中久保テフラ1 | 0.49 | |
| | 50ka 中久保テフラ2 | 0.37 | |
| | 54ka 阿蘇中央火口丘第4軽石 | 0.43 | |
| | 55ka 中久保テフラ4 | 0.22 | |
| | 55ka 阿蘇中央火口丘第5軽石 | 0.55 | |
| | 55ka 中久保テフラ5 | 0.30 | |
| | 58ka 中久保テフラ6 | 0.23 | |
| | 58ka 中久保テフラ7 | 0.21 | |
| | 60ka 中久保テフラ8 | 0.25 | |
| | 60ka 阿蘇中央火口丘第6軽石 | 0.21 | |
| | 62ka 中久保テフラ9 | 1.19 | |

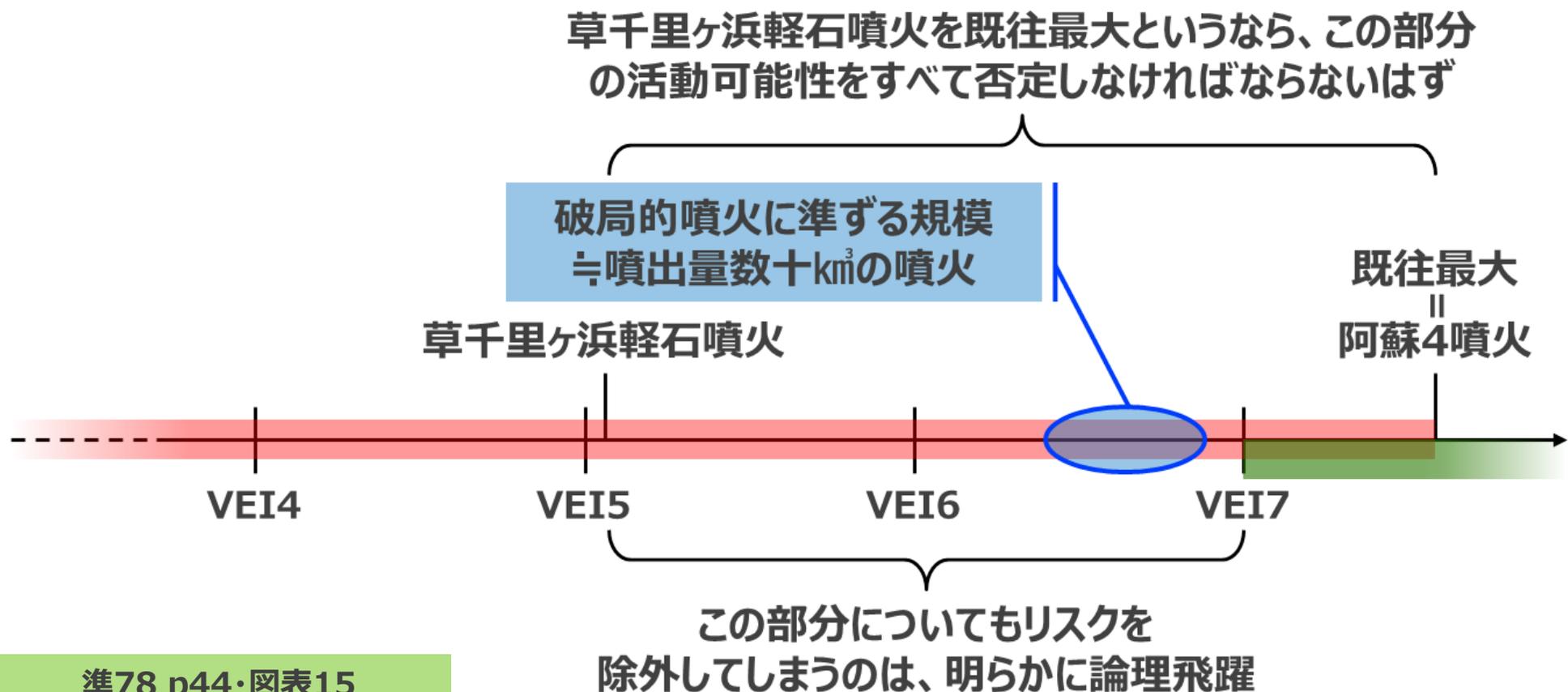
- 阿蘇山は約1万年前以降に活動を行っており、完新世に活動を行った活火山として評価する。
- 過去9万年間に軽石を放出した噴火について検討した宮縁ほか(2003)によると**最大規模の噴火は草千里ヶ浜軽石であり、その規模は2.39km³とされている。**



甲493 p17 加筆

破局的噴火に準ずる規模を想定するのは論理必然であること

-  ...噴火の可能性が十分小さいとはいえない部分
-  ...社会通念によってリスクを除外できる部分
-  ...社会通念によっても無視できない噴火規模



R2.1.17 広島高裁決定-噴火規模に関する判断

そこで、このような場合は、改めて阿蘇で阿蘇4噴火に準ずる規模の噴火を前提にして設計対応不可能な火山事象が本件発電所敷地に及ぶ可能性について検討すべきである。すなわち、阿蘇については、本来、阿蘇4噴火と同等の噴火規模の噴火が起こる可能性が十分小さいとはいえないことを前提にして、設計対応不可能な火山事象の到達可能性を検討すべきなのだから、それが社会通念に反することになった場合は、これに準ずるVEI6の噴火、すなわち噴出量数十km³の噴火が起こる可能性も十分小さいとはいえないとして、この噴火規模を前提にして立地評価をするのが当然のことである。

甲504 p68 加筆

- ▶ **論理的に自然な判断。これは、価値判断ではなく論理的な帰結であるから、判断者によって結論が左右されるべき性質のものではない。
論理則に依拠すべき裁判所の判断として、これ以外の判断は本来あり得ない。**

破局的噴火を無視（ないし軽視）するのは社会通念に反する

きっかけは東日本大震災

火山学者は迫り来る破局噴火に対する危機意識を以前から持っていたが、一般的には、そうした空恐ろしいほどの巨大噴火が繰り返し起きていること自体ほとんど知られていなかった。破局噴火は直近のものでも先史時代。明治時代以降に起きた自然災害を見ると、人的・経済的被害は火山噴火より地震や台風の方が桁違いに大きく、国や社会の関心はそちらに向いていた。

それが東日本大震災で風向きが変わった。たとえ低頻度であっても、起きた時には甚大な被害が出る「低頻度巨大災害」に対する一般社会の認識が深まり、それへの対応が重要な政策課題として浮上してきたからだ。

実際、太平洋沿岸に大津波をもたらす南海トラフ巨大地震については、起こり得る最悪の事態を想定した被害予測が行われた（東南海地震や南海地震などが連動すると最悪で犠牲者32万人に達する西日本大震災が起きるとの

想定が公表された）。そして、それを踏まえた防災対策の検討が進んでいる。津波の襲来を早期に検知するための海底観測システムも整備されつつある。

一方、大規模火山災害対策については内閣府などが検討会を組織、2013年5月に提言を発表した。およそ1万年に1回の頻度で起きる巨大噴火について「知見は非常に限られ、噴火予知や対応策について研究を進める体制も整っていない」との現状認識を示した上で「巨大噴火のメカニズム及び巨大噴火に対する国家存続の方策などの研究を行う体制の整備に努め、研究を推進すべき」としている。提言を踏まえた具体的な動きはまだ出ていないが、こうした現状を早急に改めねばならない事態がすでに生じている。

一方、多くの火山学者は、破局噴火の予知を、十分な時間的余裕を持って高い確度で行うことは現時点では困難だとみている。日本火山学会も慎重な姿勢だ。同学会は原子力問題対応委員会を立ち上げ、巨大噴火の予測と監視に関して2014年11月に提言を発表した。その中で巨大噴火の警報について「有効に機能させるためには、噴火予測の可能性、限界、曖昧さの理解が不可欠」と述べている。

川内原発以外にも、破局噴火で大火砕流が襲来したり、大量の火山灰で埋まった可能性がある場所に立地する原発はいくつもある。佐賀県の玄海原発、愛媛県の伊方原発、青森県にある東通原発と核燃料再処理工場、北海道の泊原発だ（右ページの図）。他の原発も破局噴火が起きれば、降灰によって外部電源が失われ、冷却水の取水ができなくなる恐れがあり、影響は免れない。原発の火山影響評価をめぐって今後も議論が続くことになりそうだ。

3 気中降下火砕物濃度推定手法の不合理性

| 年月日 | 出来事等 | 濃度 | 備考 | 証拠 |
|-----------|-------------|--------------------------|---|--------------|
| H25.6.19 | 火山ガイド策定 | 一律3mg/m ³ | 事業者は、他に適切な例がないことを理由に、無批判にヘイランド観測値を採用。 →原規委もごまかしを見抜けず了承。 | - |
| H28.4.6 | 宮崎支部決定 | 33mg/m ³ | ヘイランド観測値は過小の疑い。ヤキマ観測値は過小と認定せず。 | - |
| H28.4 | 電中研報告 | 1g/m ³ | 富士宝永噴火の際の横浜地区（16cm）における推定値。 | - |
| H28.10.5 | 第35回原規委 | 3mg/m ³ は過小 | 美浜原発に関するパブコメで、ヘイランド観測値の妥当性に疑問を呈する意見が寄せられ、ヤキマ観測値による再確認を事業者を指示する旨回答する。 | - |
| H28.10.19 | 第21回技術情報検討会 | 1g/m ³ ? | 電中研報告が、新知見として、初めて議論される。 | - |
| H28.10.26 | 第40回原規委 | 33mg/m ³ は過小? | 電中研報告は妥当ではない疑いがあるが、ヤキマ観測値も過小の可能性があり、事業者からヒアリングをすること、ガイド改正を踏まえた検討を行うことを明示。 | - |
| H28.11.16 | 第43回原規委 | 33mg/m ³ は過小 | 事業者からのヒアリングによりヤキマ観測値での安全を確認。電中研報告の妥当性確認とガイド改正を踏まえた検討を行うことを明示。 | - |
| H29.1.25 | 第57回原規委 | 33mg/m ³ は過小 | 降下火砕物検討チームを設け、濃度の評価・推定手法について考えをまとめ、規制基準等への反映に関する検討を開始。 | - |
| H29.3.29 | 第1回検討チーム | 一例2～5g/m ³ | ①②③の推定手法が示される。山元氏から、電中研報告の1g/m ³ は変な数字ではない、ヤキマ観測値は全く参考にならないとの指摘。 | 甲562 |
| H29.3.30 | 広島地裁決定 | 33mg/m ³ | 電中研報告は妥当でない疑いがあるから、ヤキマ観測値でかまわないと認定。 | - |
| H29.5.15 | 第2回検討チーム | 一例2～5g/m ³ | 気中濃度は1～2日程度数g/m ³ が継続するというのが常識的な数値であると確認。②と③の手法で推定する方向性を確認。 | 甲563 甲564 |
| H29.6.22 | 第3回検討チーム | 一例2～5g/m ³ | 電事連から出された各事業者の評価（②と③の手法）は概ね1～4g/m ³ 。 | 甲560 甲565 |
| H29.7.19 | 第25回原規委 | 概ね1～4g/m ³ | 検討チームでは両方を前提に議論されていたにもかかわらず、②の手法が③の手法のいずれか一方でよいとされた。 | 甲566 甲567 |
| H29.7.21 | 松山地裁決定 | 33mg/m ³ | 電中研報告は妥当でない疑いがあるから、ヤキマ観測値でかまわないと認定。 | - |
| H29.11.29 | 第52回原規委 | 概ね1～4g/m ³ | 火山ガイドの改正を了承。 | - |
| H29.11.29 | 火山ガイド改正 | 概ね1～4g/m ³ | 3.1の手法と3.2の手法のいずれか一方で算出すればよいとされた。 | 甲470-1 |

気中降下火砕物濃度の推定手法に関する火山ガイドの定め

報告の中で、降下火砕物濃度の推定に必要な実測値（観測値）や理論的モデルは大きな不確実さを含んでおり、基準地震動や基準津波のようにハザード・レベルを設定することは困難であることが示された。（注釈-1）

▶ **ガイドも「不確実性」を認めている。単に「保守的」というだけでは、保守性が不確実性をカバーできているか不明。→安全の確認として不十分。**

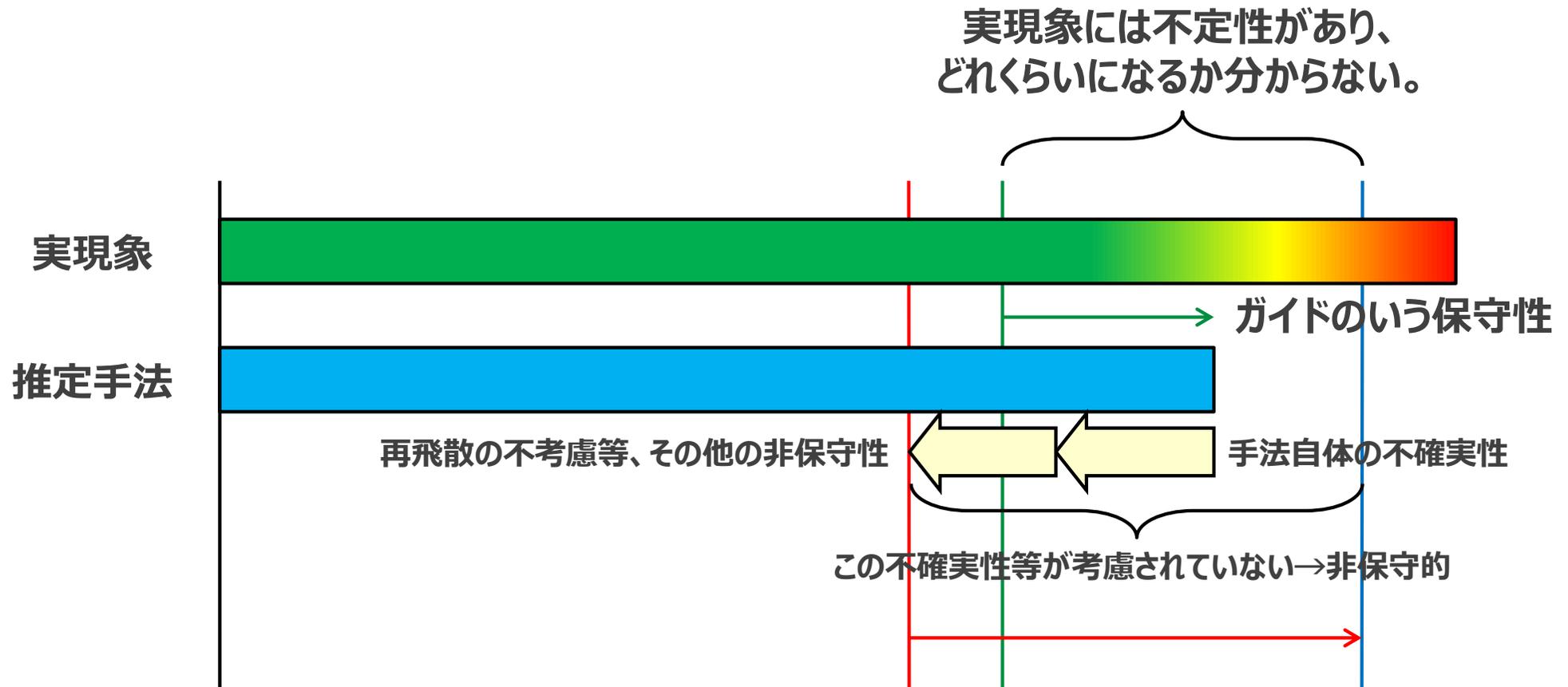
3. 気中降下火砕物濃度の推定手法

原子力発電所において想定される気中降下火砕物濃度は、以下に記す 3.1 又は 3.2 の手法により推定する。

- 3.1 降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法
- 3.2 数値シミュレーションにより気中降下火砕物濃度を推定する手法

なお、3.1 の推定手法では、降下火砕物の粒径の大小に関わらず同時に降灰が起こると仮定していること、粒子の凝集を考慮しないこと等から、^{保守性 i}3.2 の推定手法では、原子力発電所への影響が大きい観測値に基づく気象条件を設定していること等から、^{保守性 ii}いずれの推定値も実際の降灰現象と比較して保守的な値となっている。^{保守性 iii}このため、3.1 又は 3.2 のいずれかの手法により気中降下火砕物濃度を推定する。

不確実性と保守性のいずれが上回っているのか判断不能である



- ▶ 火山ガイドは、実現象と比較して保守的というが（**緑の矢印**）、手法自体が持つ不確実性等（**クリーム色の矢印**）を考慮し、かつ、実現象の不確実性（**緑から赤へのグラデーションの帯**）も踏まえて保守性が不確実性を（おおむね）カバーできているかどうか（**赤い矢印**）が検証されていない。実現象が推定手法を上回る可能性を否定できていない。安全が確保されているとは評価し得ない。

インバージョン的利用の困難性と傘型領域の不考慮

第四紀研究 (The Quaternary Research) 52 (4) p.173—187

2013年8月

降下火山灰シミュレーションコード Tephra2 の 理論と現状—第四紀学での利用を視野に

萬 年 一 剛*

したがって、Tephra2に初期パラメータを与えて噴出物の分布を求めるというフォワード的な使用方法 (Bonadonna *et al.*, 2005 ; Scollo *et al.*, 2008a, b) だけでなく、噴出物の分布から逆に初期パラメータを求めるインバージョン的な使用方法に目が向くのは当然の流れである。しかし、噴出物の分布から初期パラメータを求めるという試みはあまりうまくいっていない。

:

Tephra2をインバージョン的に用いようとした途端、問題が百出するような現状ではあるが、これはTephra2の考える噴煙モデルが、実際の噴煙と異なっていることに起因していると考えられる (Scollo *et al.*, 2008b)。

:

さて、傘型領域からの落下という重力流モデルの肝の部分は、Tephra2に盛り込まれていない (図13)。我々はこの点こそが、Tephra2の現時点で最大の問題点で

あるのと同時に、今後大幅な改善が期待できる点でもあると考える。先に述べた、Tephra2のインバージョンでは小さい噴火の噴出量と噴煙高度を精度よく決めることに成功したが (Connor and Connor, 2006)、大きな噴火の場合は噴煙高度を決めることがほとんどできなかった (Volentik *et al.*, 2010)。

これは、大きな噴火の場合、噴煙柱より遙かに幅が大きい傘型領域からもたらされるために (図13)、噴煙柱の高さを調節するだけでは堆積物の分布を説明できず、拡散係数を大きく動かす必要があるためである。実際、経験的な方法で36~20 kmの噴煙高度があるエクアドル Pululagua 火山の2450 BP 噴火では、インバージョンにより $92,000 \text{ m}^2/\text{s}$ という異常に高い (弱い噴火では普通、数百 m^2/s としたとき良好な結果を得られる) 値を得ている。

再飛散や凝集によって濃度が大きくなる可能性がある

なお、3.1の推定手法では、降下火砕物の粒径の大小に関わらず同時に降灰が起こると仮定していること、粒子の凝集を考慮しないこと等から、3.2の推定手法では、原子力発電所への影響が大きい観測値に基づく気象条件を設定していること等から、いずれの推定値も実際の降灰現象と比較して保守的な値となっている。

甲470-1 p29 抜粋・加筆

2-2-5-1 凝集

凝集は、Sparks *et al.* (1997) によれば、乾いた凝集体、火山豆石、泥雨に分類され、噴煙内外で生じる現象である (Fig. 1 には噴煙内部の aggregation を図示した)。このうち、噴煙外部で大気由来の水物質 (固相を含む) が関与した火山豆石や泥雨などの湿性凝集は、前節のレインアウトおよびウォッシュアウト (Fig. 1) と関わる現象であるが、テフラ間相互作用が働く点が異なる。凝集現象は国内外で噴火規模に依らず多くの観測事例があり (例えば、大野・他, 2005; Durant *et al.*, 2009)、湿性沈着と同様に、単独では地表まで到達しえない細粒火山灰の落下を促進させるため (小屋口, 2008)、この過程を TTDM に組み込むことは重要である。

2-2-5-2 再飛散

再飛散とは、一度地表面に沈着したテフラが、強風によって舞い上がり再び大気中を浮遊する現象で、煙霧、黄砂、風塵、砂塵嵐などと同様の大気塵象である。再飛散が発生すると、視程 (視距離) が低下して交通機関などへ影響を及ぼすため (Barsotti *et al.*, 2010)、非噴火時であっても VAA が発表されることがあり (カトマイ火山やプジェウエ・コルドンカウジェ火山群など、WMO, 2015)、長期的にはレスの形成に関係する (早川, 1996)。

甲569 p409-410 抜粋・加筆

「影響が大きい」というのがどの程度なのか、具体性に欠ける

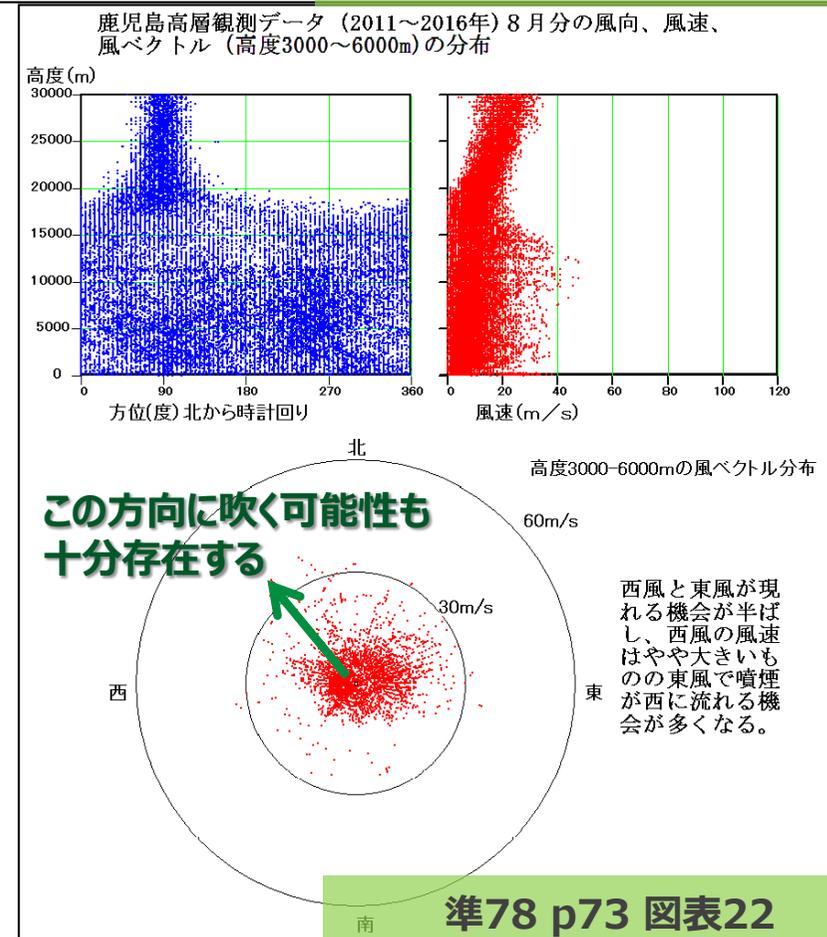
なお、3.1の推定手法では、降下火砕物の粒径の大小に関わらず同時に降灰が起こると仮定していること、粒子の凝集を考慮しないこと等から、3.2の推定手法では、原子力発電所への影響が大きい観測値に基づく気象条件を設定していること等から、いずれの推定値も実際の降灰現象と比較して保守的な値となっている。

甲470-1 p29 抜粋・加筆

- ▶ 定性的で、実際にどの程度の保守性があるのか不明。不確実性をどの程度取り込んでいるか明らかになっていない。
- ▶ 川内原発に関する裁判における専門家作成資料。

九電は、これを平均して、やや西風が優位し、東風は吹かないかのような数値でシミュレーションを行ったが、8月の風向が、ほとんど全方向にばらつき、西風と東風が現れる機会がほぼ半ばしていることが分かる。

敷地に向かって風が吹くことを想定するのは、保守性というより、当然のことから。



降灰継続時間（24時間）は平均値にすぎない

なお、降下火砕物の終端速度は火砕物の粒径に依存し、その終端速度は実験的に求められている値を参考とする。また、降灰継続時間については、同程度の噴火規模での噴火継続時間を参照して設定する。この際、評価対象火山から原子力発電所敷地に向かう一定風を仮定するケースでは、噴火継続時間 \div 降灰継続時間（降灰量に支配的な主要な降灰）とみなすことが可能である。ただし、原子力発電所敷地での降灰継続時間を合理的に説明できない場合は、降灰継続時間を24時間とする。（注釈-4）

甲470-1 p30



石渡明・原規委委員

H29原規委25回会合（甲566 p17）

「これまでの世界の大きな火山噴火の経緯というのを見ますと、大体妥当な線であろうと思います。ただ、もちろん**非常に雑駁な数字**で、12時間であるか、それが48時間であるか、その辺、**倍半分ぐらいはケースによって違います**けれども、**平均して24時間ぐらい**だということだと思えます。」

万が一にも深刻な災害が起こってはならない原発の安全について、「雑駁な平均値」で評価してはならないのは当然。これも、科学者による「踏み越え」。

Table 1. Eruptive Parameters of Late Quaternary to Recent Plinian Eruptions

| Eruption | Country | Date | Composition | Col. Ht. | MDR (kg/s) | DRE (km ³) | Plin. Mass (kg) | Time (h) | PF+S (DRE) | PF+S Mass | Total Mass | Reference |
|------------------|---------------|------------|-------------|----------|------------|------------------------|-----------------|----------|------------|-----------|------------|---|
| Toluca (lower) | Mexico | 24500 YBP | And./Dac. | 28 | 7.90E+07 | 0.4 | 9.0E+11 | 3.2 | N.R. | N.R. | 9.0E+11 | Bloomfield et al. (1977) |
| Toluca (upper) | Mexico | 11600 YBP | And./Dac. | 30 | 1.00E+08 | 3.6 | 9.0E+12 | 25.0 | N.R. | N.R. | 9.0E+12 | Bloomfield et al. (1977) |
| La Primavera B | Mexico | 95000 YBP | Rhyolite | 36 | 2.20E+08 | 16.0 | 4.0E+13 | 50.5 | 18.50 | 4.63E+13 | 8.6E+13 | Walker et al. (1981) Wright (1981) |
| La Primavera D | Mexico | <95000 YBP | Rhyolite | 26 | 7.90E+07 | 0.6 | 1.6E+12 | 5.6 | N.R. | N.R. | 1.6E+12 | Walker et al. (1981) Wright (1981) |
| La Primavera E | Mexico | <95000 YBP | Rhyolite | 24 | 6.30E+07 | 0.8 | 2.1E+12 | 9.1 | N.R. | N.R. | 2.1E+12 | Walker et al. (1981) Wright (1981) |
| La Primavera J | Mexico | <95000 YBP | Rhyolite | 33 | 1.80E+08 | 3.8 | 9.5E+12 | 14.7 | N.R. | N.R. | 9.5E+12 | Walker et al. (1981) Wright (1981) |
| El Chichon A | Mexico | 1982 | Trachyand. | 27 | 8.00E+07 | 0.3 | 7.5E+11 | 2.6 | N.R. | N.R. | 7.5E+11 | Carey and Sigurdsson (1986) |
| El Chichon B | Mexico | 1982 | Trachyand. | 32 | 1.50E+08 | 0.4 | 9.8E+11 | 1.8 | 0.13 | 3.2E+11 | 1.3E+12 | Carey and Sigurdsson (1986) |
| El Chichon C | Mexico | 1982 | Trachyand. | 29 | 8.50E+07 | 0.4 | 1.0E+12 | 3.3 | N.R. | N.R. | 1.0E+12 | Carey and Sigurdsson (1986) |
| Santa Maria | Guatemala | 1902 | Dacite | 34 | 1.70E+08 | 8.6 | 2.2E+13 | 35.1 | N.R. | N.R. | 2.2E+13 | Williams and Self (1983) |
| Los Chocoyos | Guatemala | 85000 YBP | Rhyodacite | 45 | 5.00E+08 | 150.0 | 3.8E+14 | 208.3 | 120.00 | 3.00E+14 | 6.8E+14 | Rose et al. (1987) |
| Apopo | Guatemala | 10000 YBP | Dacite | 32 | 1.00E+08 | 2.8 | 7.0E+12 | 23.4 | 3.30 | 8.25E+12 | 1.5E+13 | Sussman (1985) |
| Apopo | Guatemala | 10000 YBP | Dacite | 32 | 1.00E+08 | 2.5 | 6.3E+12 | 20.0 | N.R. | N.R. | 6.3E+12 | Sussman (1985) |
| Nevado del Ruiz | Colombia | 1985 | And./Dac. | 27 | 5.00E+07 | <0.1 | 3.5E+10 | 0.2 | 0.004 | 1.00E+10 | 4.5E+10 | Naranjo et al. (1986) |
| Pelee P1 | Martinique | 650 YBP | Rhyodacite | 21 | 3.20E+07 | 0.1 | 2.0E+11 | 1.7 | 0.080 | 2.00E+11 | 4.0E+11 | Traineau and Westercamp (1985) |
| Pelee P2 | Martinique | 1670 YBP | Rhyodacite | 20 | 3.10E+07 | 0.1 | 2.0E+11 | 1.8 | 0.080 | 2.00E+11 | 4.0E+11 | Traineau and Westercamp (1985) |
| Pelee P2 | Martinique | 2010 YBP | Rhyodacite | 22 | 3.20E+07 | 0.1 | 2.0E+11 | 1.7 | 0.080 | 2.00E+11 | 4.0E+11 | Traineau and Westercamp (1985) |
| Mount St. Helens | United States | 1980 | Dacite | 19 | 1.90E+07 | 0.3 | 6.3E+11 | 9.1 | N.R. | N.R. | 6.3E+11 | Carey and Sigurdsson (1986) |
| Katmai | United States | 1912 | Rhy./Dac. | 32 | 1.70E+08 | 3.5 | 8.8E+12 | 14.4 | N.R. | N.R. | 8.8E+12 | Carey and Sigurdsson (1986) |
| Askja | Iceland | 1875 | Rhyolite | 26 | 7.90E+07 | 0.3 | 8.0E+11 | 2.8 | N.R. | N.R. | 8.0E+11 | Carey and Sigurdsson (1986) |
| Fogo | Azores | 1563 | Trachyte | 19 | 1.90E+07 | 0.4 | 1.1E+12 | 15.4 | N.R. | N.R. | 1.1E+12 | Carey and Sigurdsson (1986) |
| Fogo A | Azores | 4600 YBP | Trachyte | 30 | 1.00E+08 | 1.7 | 4.3E+12 | 12.0 | N.R. | N.R. | 4.3E+12 | Carey and Sigurdsson (1986) |
| Vesuvius | Italy | A.D. 79 | Phonolite | 32 | 1.50E+08 | 2.1 | 5.1E+12 | 9.5 | N.R. | N.R. | 5.1E+12 | Carey and Sigurdsson (1986) |
| Avellino | Italy | 3500 YBP | Phonolite | 30 | 1.00E+08 | 0.7 | 1.7E+12 | 4.7 | N.R. | N.R. | 1.7E+12 | Carey and Sigurdsson (1986) |
| Campanian Tuff | Italy | 36000 YBP | Trachyte | 44 | 3.20E+08 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | 2.7E+14 | Sigurdsson and Carey (unpublished) Cornell et al. (1983) |

九重第一軽石の噴出量は約2.4DREkm³なので、24時間を下回る可能性は十分に存在する。

※6.2km³は総噴出量（みかけ体積）。「DREkm³」はマグマ噴出量を指す。噴火堆積物は、マグマに由来する「本質物質」と、山体や基盤岩が破碎・放出された「累質物質・外来物質」から構成されており、本質物質の量を「マグマ噴出量」、すべてを含むものを「総噴出量」という。

推定手法の結果は、十分に起こり得るものであること

降下火砕物検討チーム第2回（甲563 p25）

「やはり降灰の量からあまり常識、常識的というのは何が常識かという話がありますけど、常識的な範囲内のやっぱり想定をするべきではないかというふうに今考えるのが、この資料で言いたいことです」



石渡明・原規委委員



降下火砕物検討チーム第2回（甲563 p27）

「この考え方で一番大事な結論といいますが、シミュレーションをやった結論というのは、この15頁の計算結果の一番下に書いてある『いずれの条件においても、気中濃度は1～2日程度数g/m³が継続する』、これですかね」

▶ 「保守的」な設定ではなく、「常識的」、つまり、十分起こり得るものとしている。

「3.1の手法」の方が、「3.2の手法」よりも小さくなる可能性

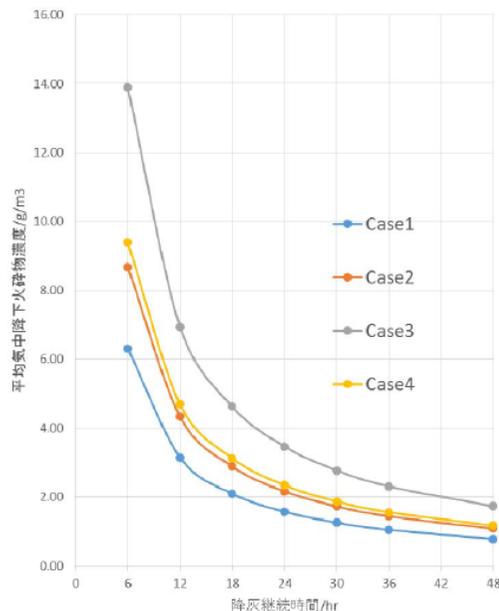
- ▶ これまで火山ガイドの改正を受けて見直しを行った原発のすべてで「3.1の手法」を採用している。これは、「3.1の手法」の方が、「3.2の手法」よりも値が小さくなるからである可能性が高い。

計算結果の一例

<計算例>

- 堆積量：15cm
- 粒径分布（以下の4つのCase）
Case1：0.070cm（100%）、Case2：0.050cm（100%）
Case3：0.070cm（25%）、0.050cm（50%）、0.025cm（20%）
Case4：0.070cm（25%）、0.050cm（50%）、0.025cm（20%）
- 終端速度：1.1m/s（0.070cm）、0.8m/s（0.050cm）、0.5m/s（0.025cm）

平均気中降下火砕物濃度と降灰継続時間の関係

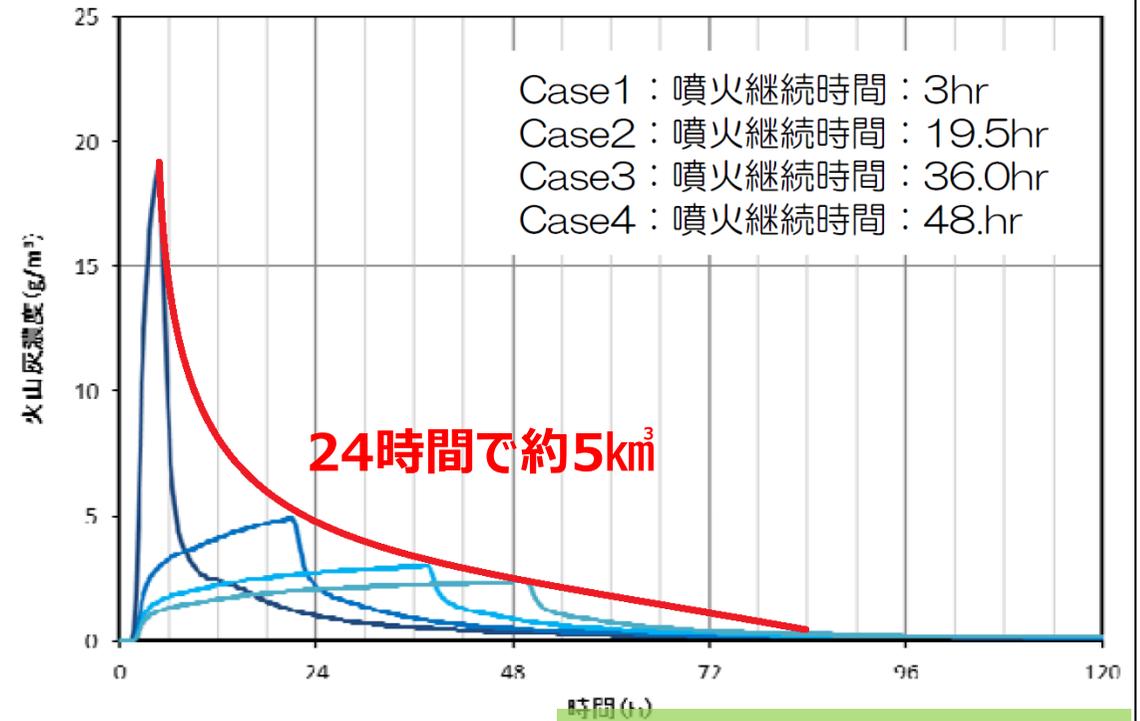


※参考とした粒径分布
樽前山起源の火山
火口から約100km
(実測値)は、2~3

降灰継続時間を12~24時間と考えると、
降灰継続時間が12時間の場合の平均濃度は、3~7g/m³
降灰継続時間が24時間の場合の平均濃度は、2~4g/m³

24時間で約2~4km³

図(b) 地上火山灰濃度の経時変化



- Case1：噴火継続時間：3hr
- Case2：噴火継続時間：19.5hr
- Case3：噴火継続時間：36.0hr
- Case4：噴火継続時間：48hr

甲564 p15 図(b)に加筆

甲564 p8

火山ガイドは専門家の意見を正しく反映していない

▶ 降下火砕物に関する検討チームの結論

III. 参考濃度の設定

降下火砕物の比較的多くの実測データが得られる他の自然現象とは異なり、気中降下火砕物濃度の設計基準を設定することは困難である。現時点では、VEI5 規模*の噴火による気中降下火砕物濃度の観測値が十分に得られていないことから、手法②～③による推定値を考慮し、フィルタ交換等による機能維持を評価するための気中降下火砕物濃度及び継続時間を、総合的、工学的判断により参考濃度を設定する。

甲565 6枚目 抜粋・加筆

▶ 原規庁が原規委に提出したまとめの資料

III. 参考濃度の設定

降下火砕物に関しては、比較的多くの実測データが得られる他の自然現象とは異なり、得られているデータが少ないことから、気中降下火砕物濃度を設定することは困難である。現時点では、VEI 5～6 規模*の噴火による気中降下火砕物濃度の観測値が十分に得られていないことから、手法②又は手法③による推定値を考慮し、フィルタ交換等による機能維持を評価するための気中降下火砕物濃度及び継続時間を、総合的、工学的判断により設定する。

甲567 p8 抜粋・加筆

4 気中降下火砕物濃度計算のごまかし

被告が行った具体的な気中濃度の推定過程と結果

第1表 入力条件及び計算結果

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

甲570 p10 第1表に加筆

別表1 粒径ごとの入力条件及び計算結果

| 粒径i ϕ (μm) | -1~0 (1,414) | 0~1 (707) | 1~2 (354) | 2~3 (177) | 3~4 (88) | 4~5 (44) | 5~6 (22) | 6~7 (11) | 合計 |
|----------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| 割合 p_i (wt%) | 0 | 1.4×10 ⁻² | 52.19 | 37.13 | 8.83 | 1.71 | 0.12 | 4.2×10 ⁻³ | 100 |
| 降灰量 W_i (g/m ²) | 0 | 2.1×10 | 7.8×10 ⁴ | 5.6×10 ⁴ | 1.3×10 ⁴ | 2.6×10 ³ | 1.8×10 ² | 6.3 | $W_T=150,000$ |
| 堆積速度 v_i (g/s・m ²) | 0 | 2.4×10 ⁻⁴ | 0.91 | 0.64 | 0.15 | 3.0×10 ⁻² | 2.1×10 ⁻³ | 7.3×10 ⁻⁵ | — |
| 終端速度 r_i (m/s) | 2.5 | 1.8 | 1.0 | 0.5 | 0.35 | 0.1 | 0.03 | 0.01 | — |
| 気中濃度 C_i (g/m ³) | 0.0 | 1.4×10 ⁻⁴ | 0.91 | 1.29 | 0.44 | 0.30 | 0.07 | 7.3×10 ⁻³ | $C_T=3.01$ |

甲570 p10 別表1に加筆

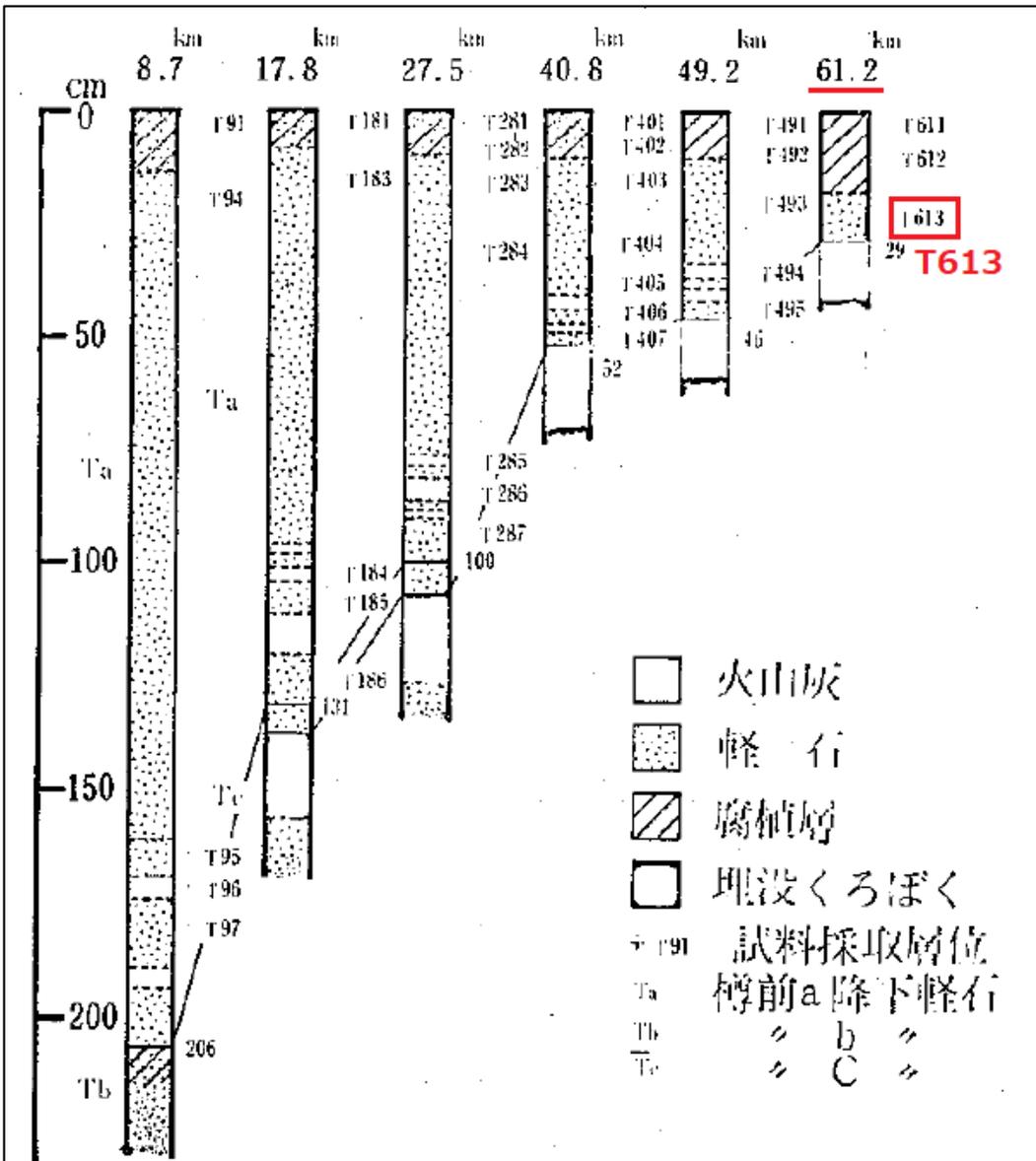


表61-1 樽前 a 降下軽石堆積物の累積頻度曲線より求めた値

| 分級値 (So) | 歪度 (Sk) | 尖鋭度 (K) | 試料番号 | 粒径中央値 (Md) mm | 分級度 (Sc) | 歪度 (Sk) | 尖鋭度 (K) |
|----------|---------|---------|--------------|---------------|----------|---------|---------|
| 1.00 | 0.25 | 0.25 | T 286 | 0.56 | 1.31 | 1.37 | 0.16 |
| 2.81 | 0.93 | 0.40 | T 287 | 1.40 | 1.67 | 1.23 | 0.19 |
| 2.61 | 0.76 | 0.23 | T 401 | 0.95 | 1.44 | 1.05 | 0.25 |
| 2.79 | 1.30 | 0.22 | T 402 | 1.03 | 1.28 | 1.08 | 0.20 |
| 3.27 | 5.65 | 0.83 | T 403 | 1.02 | 1.41 | 1.49 | 0.19 |
| 2.01 | 0.70 | 0.20 | T 404 | 0.70 | 1.84 | 0.75 | 0.24 |
| 2.56 | 1.26 | 0.20 | T 405 | 0.65 | 1.26 | 0.95 | 0.18 |
| 2.51 | 1.29 | 0.18 | T 406 | 0.50 | 1.28 | 1.02 | 0.19 |
| 2.69 | 0.80 | 0.22 | T 407 | 0.80 | 1.46 | 1.01 | 0.25 |
| 2.56 | 0.12 | 0.16 | T 491 | 0.50 | 1.15 | 1.12 | 0.15 |
| 2.74 | 0.42 | 0.16 | T 492 | 0.83 | 1.35 | 1.29 | 0.35 |
| 2.95 | 0.95 | 0.27 | T 493 | 0.55 | 1.29 | 1.17 | 0.19 |
| 2.32 | 1.26 | 0.15 | T 494 | 0.52 | 1.20 | 0.99 | 0.21 |
| 2.37 | 1.10 | 0.15 | T 495 | 0.66 | 1.29 | 1.38 | 0.18 |
| 2.69 | 1.24 | 0.18 | T 611 | 0.52 | 1.38 | 0.96 | 0.16 |
| 2.17 | 0.99 | 0.23 | T 612 | 0.55 | 1.48 | 0.83 | 0.18 |
| 2.38 | 0.90 | 0.15 | <u>T 613</u> | <u>0.38</u> | 1.75 | 0.63 | 0.25 |

図64-1 樽前 a 降下軽石堆積物の柱状図と試料採取層位

甲572 p730 表61-1に加筆

- ▶ 火口から61.2km離れた地点の試料から、粒径分布を読み取る。
- ▶ 本件原発は九重山から108km離れており、さらに細くなる可能性もある。

甲572 p728 図64-1に加筆

被告の設定した数値よりも小さい粒径の粒子が多く存在している

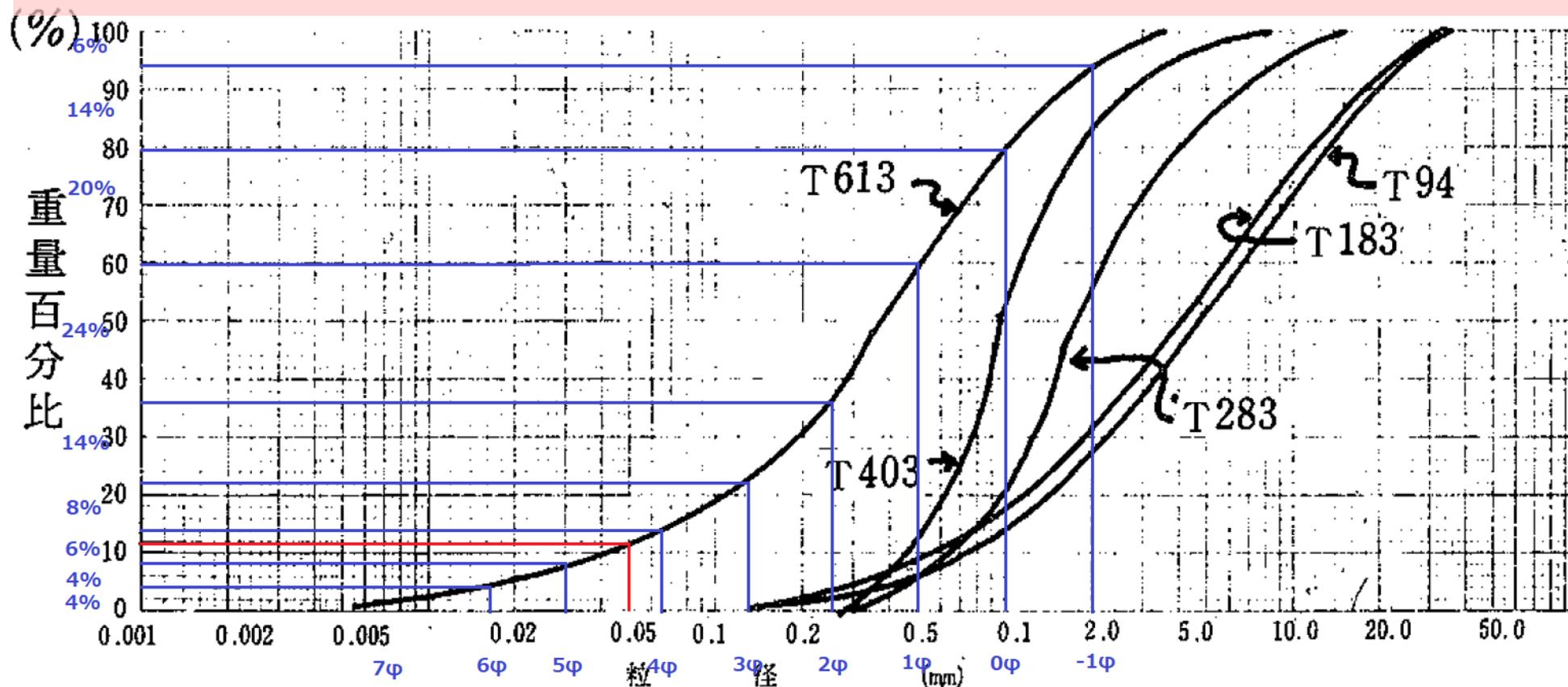


表 64-4 樽前 a 降下軽石堆積物の累積頻度曲線

甲572 p732 図64-4に加筆

- ▶ 4φ (0.0625mm) 以下の粒子が **14%程度** 存在する (被告の設定では 2%以下)。この粒径未満の粒子が、降灰速度が遅いため、空気中に長くとどまり、濃度に大きく影響する。

被告の設定した数値よりも小さい粒径の粒子が多く存在している

- ▶ 火口から**61.2km離れた地点の試料**から、粒径分布を読み取る。
- ▶ 本件原発は九重山から108km離れており、さらに細くなる可能性もある。

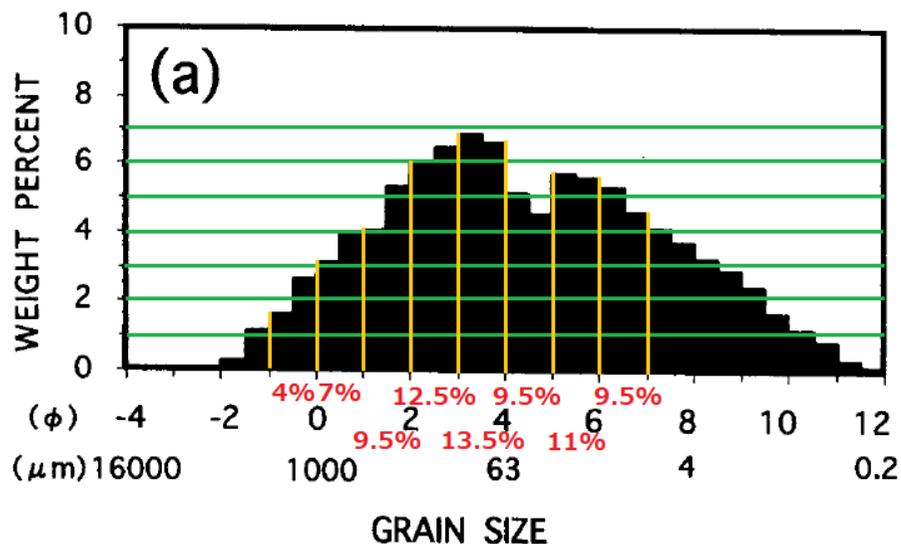


Fig. 6. Estimated whole deposit grain size population of the March 31 tephra Usu 2000 eruption. (a) Histogram showing the estimated total grain size distribution of the March 31 tephra, Usu 2000 eruption. (b) Separation of whole deposit grain size population into four subpopulations (1, 2, 3, and 4) with Rosin-Rammler distribution. Broken line shows the population composed of 4 subpopulations.

図6 有珠山2000年噴火3月31日テフラの全堆積物粒度分布。(a)有珠山2000年噴火3月31日テフラの全堆積物粒度分布を示すヒストグラム。(b)全堆積物粒度分布の小集団分割。イタリック数字は、表2の小集団の番号に対応。点線で示した分布は、表2の小集団の割合を用いて小集団を再合成

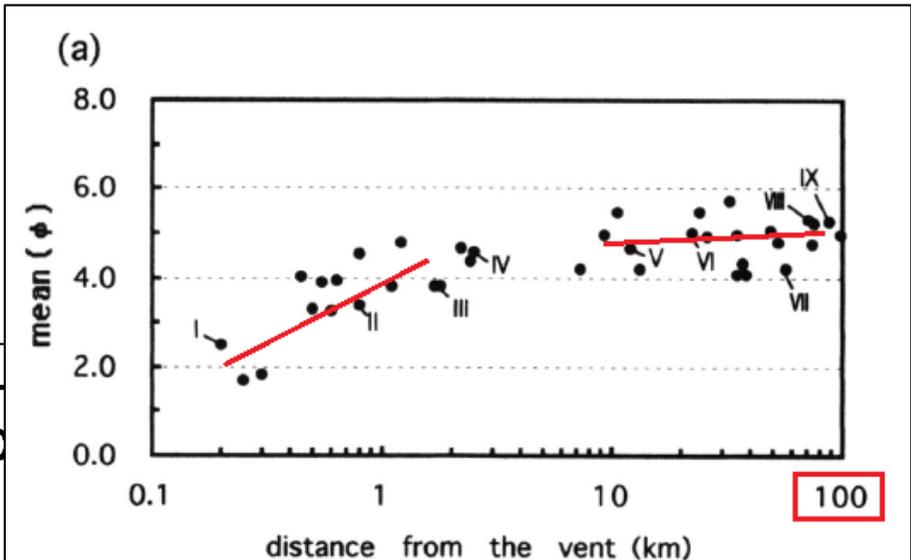


Fig. 2. Spatial variation of grain-size parameters of the March 31 tephra. I~IX: samples shown in Fig. 3. Parameters calculated by moment method. (a) mean grain size, (b) sorting ($\sigma\phi$)

図2 3月31日テフラの粒度統計値の距離別変化。I~IXは、図3に粒度ヒストグラムで示される試料。(a)平均粒径。(b)淘汰度。

甲573 p609 図2(a)に加筆

甲573 p613 図6に加筆

4 気中降下火砕物濃度計算のごまかし》iii 実現象に近い粒径分布での試算

伊方原発 九重第一軽石噴火を前提とした大気中降下火砕物濃度の試算

甲571

| 【粒径分布の数値比較】 | 粒径 ϕ | $-\log_2 D$ | -1~0 | 0~1 | 1~2 | 2~3 | 3~4 | 4~5 | 5~6 | 6~7 | 気中濃度 |
|-------------------------|-----------|-------------|-----------|----------|---------|----------|----------|------------|--------------|---------------|-------------|
| | 粒径 D | μm | 1000~2000 | 500~1000 | 250~500 | 125~250 | 62.5~125 | 31.25~62.5 | 15.625~31.25 | 7.8125~15.625 | ΣCi |
| 四国電力 Index | | | 0.000% | 0.014% | 52.190% | 37.130% | 8.830% | 1.710% | 0.120% | 0.004% | 3.01 |
| 原規庁試算 樽前噴火 (Ta-a) | | | 0.000% | 0.000% | 0.000% | 100.000% | 0.000% | 0.000% | 0.000% | 0.000% | 3.47 |
| 樽前噴火 (Ta-a) 累積頻度曲線 T613 | | | 14.000% | 20.000% | 24.000% | 14.000% | 8.000% | 6.000% | 4.000% | 4.000% | 11.89 |
| 有珠山2000年噴火 | | | 4.000% | 7.000% | 9.500% | 12.500% | 13.500% | 9.500% | 11.000% | 9.500% | 25.87 |

【噴出量6.02km³】

総噴出量6.02km³ WT=層厚15cm*密度1g/cm³

| 四国電力の推定 | 粒径 ϕ | | $-\log_2 D$ | -1~0 | 0~1 | 1~2 | 2~3 | 3~4 | 4~5 | 5~6 | 6~7 | 合計 |
|---------|-----------|------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 粒径iの割合 Pi | 式 | % | 0.000% | 0.014% | 52.190% | 37.130% | 8.830% | 1.710% | 0.120% | 0.004% | 100.00% |
| | 降灰量 Wi | Pi · WT | g/m ³ | 0.00E+00 | 2.10E+01 | 7.83E+04 | 5.57E+04 | 1.32E+04 | 2.57E+03 | 1.80E+02 | 6.30E+00 | 1.50E+05 |
| | 堆積速度 vi | Pi · WT/t | g/s · m ² | 0.0000 | 0.0002 | 0.9061 | 0.6446 | 0.1533 | 0.0297 | 0.0021 | 0.0001 | |
| | 終端速度 ri | Suzuki1983 | m/s | 2.50 | 1.80 | 1.00 | 0.50 | 0.35 | 0.10 | 0.03 | 0.01 | |
| | 気中濃度 Ci | vi/ri | g/m ³ | 0.000 | 0.000 | 0.906 | 1.289 | 0.438 | 0.297 | 0.069 | 0.007 | 3.01 |

| 原規庁試算 樽前噴火 (Ta-a) | 粒径 ϕ | | $-\log_2 D$ | -1~0 | 0~1 | 1~2 | 2~3 | 3~4 | 4~5 | 5~6 | 6~7 | 合計 |
|-------------------|-----------|------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 粒径iの割合 Pi | 式 | % | 0.000% | 0.000% | 0.000% | 100.000% | 0.000% | 0.000% | 0.000% | 0.000% | 100.00% |
| | 降灰量 Wi | Pi · WT | g/m ³ | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.50E+05 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.50E+05 |
| | 堆積速度 vi | Pi · WT/t | g/s · m ² | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.7361 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | |
| | 終端速度 ri | Suzuki1983 | m/s | 2.50 | 1.80 | 1.00 | 0.50 | 0.35 | 0.10 | 0.03 | 0.01 | |
| | 気中濃度 Ci | vi/ri | g/m ³ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 3.472 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 3.47 |

| 樽前噴火 (Ta-a) 累積頻度曲線 T613 | 粒径 ϕ | | $-\log_2 D$ | -1~0 | 0~1 | 1~2 | 2~3 | 3~4 | 4~5 | 5~6 | 6~7 | 合計 |
|-------------------------|-----------|------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 粒径iの割合 Pi | 式 | % | 14.000% | 20.000% | 24.000% | 14.000% | 8.000% | 6.000% | 4.000% | 4.000% | 94.00% |
| | 降灰量 Wi | Pi · WT | g/m ³ | 2.10E+04 | 3.00E+04 | 3.60E+04 | 2.10E+04 | 1.20E+04 | 9.00E+03 | 6.00E+03 | 6.00E+03 | 1.50E+05 |
| | 堆積速度 vi | Pi · WT/t | g/s · m ² | 0.2431 | 0.3472 | 0.4167 | 0.2431 | 0.1389 | 0.1042 | 0.0694 | 0.0694 | |
| | 終端速度 ri | Suzuki1983 | m/s | 2.50 | 1.80 | 1.00 | 0.50 | 0.35 | 0.10 | 0.03 | 0.01 | |
| | 気中濃度 Ci | vi/ri | g/m ³ | 0.097 | 0.193 | 0.417 | 0.486 | 0.397 | 1.042 | 2.315 | 6.944 | 11.89 |

| 有珠山2000年噴火 | 粒径 ϕ | | $-\log_2 D$ | -1~0 | 0~1 | 1~2 | 2~3 | 3~4 | 4~5 | 5~6 | 6~7 | 合計 |
|------------|-----------|------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 粒径iの割合 Pi | 式 | % | 4.000% | 7.000% | 9.500% | 12.500% | 13.500% | 9.500% | 11.000% | 9.500% | 76.50% |
| | 降灰量 Wi | Pi · WT | g/m ³ | 6.00E+03 | 1.05E+04 | 1.43E+04 | 1.88E+04 | 2.03E+04 | 1.43E+04 | 1.65E+04 | 1.43E+04 | 1.50E+05 |
| | 堆積速度 vi | Pi · WT/t | g/s · m ² | 0.0694 | 0.1215 | 0.1649 | 0.2170 | 0.2344 | 0.1649 | 0.1910 | 0.1649 | |
| | 終端速度 ri | Suzuki1983 | m/s | 2.50 | 1.80 | 1.00 | 0.50 | 0.35 | 0.10 | 0.03 | 0.01 | |
| | 気中濃度 Ci | vi/ri | g/m ³ | 0.028 | 0.068 | 0.165 | 0.434 | 0.670 | 1.649 | 6.366 | 16.493 | 25.87 |

想定し得る被告の弁解-九重第一テフラの観測値との比較

添付資料9

設計で考慮する降下火砕物の粒度

平成27年3月20日
審査会合資料一部修正

- 宇和盆地における火山灰(厚さ1cm, K-Ah, AT, Aso-4)の粒度試験(ふるい分析)結果によると、いずれも細粒の火山灰が多く、1mm以下が主体である。
- 四国南西部松田川流域(高知県宿毛市)で九重第一テフラを報告した熊原・長岡(2002)によると、「中～細粒砂サイズの結晶質降下軽石層」とされており、粒度は0.5mm以下である。
- 樽前山における降下火砕物の距離と粒径分布の関係を参照しても、粒径は1mm以下が主体と考えられる。
- 以上を踏まえ、降下火砕物の粒度を1mm以下主体として設備の影響評価を行う。

| | | |
|------|------------------|-------------------------------------|
| 極粗粒砂 | very coarse sand | 2 mm - 1 mm |
| 粗粒砂 | coarse sand | 1 mm - 1/2 mm (1,000 μm - 500 μm) |
| 中粒砂 | medium sand | 1/2 mm - 1/4 mm (500 μm - 250 μm) |
| 細粒砂 | fine sand | 1/4 mm - 1/8 mm (250 μm - 125 μm) |
| 極細粒砂 | very fine sand | 1/8 mm - 1/16 mm (125 μm - 62.5 μm) |

甲493 p128 抜粋・加筆

▶ 熊原・長岡 (2002) によれば、九重第一テフラの粒径は0.125-0.5mm (1-3φ) が主体であり、被告の設定と整合するかのようにも思われる。



粗粒砂

中粒砂

細粒砂

甲570 p10 別表1に加筆

準78 p91 図表33

別表1 粒径ごとの入力条件及び計算結果

| 粒径i φ (μm) | -1~0 (1, 414) | 0~1 (707) | 1~2 (354) | 2~3 (177) | 3~4 (88) | 4~5 (44) | 5~6 (22) | 6~7 (11) | 合計 |
|--|---------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| 割合p _i (wt%) | 0 | 1.4×10 ⁻² | 52.19 | 37.13 | 8.83 | 1.71 | 0.12 | 4.2×10 ⁻³ | 100 |
| 降灰量W _i (g/m ²) | 0 | 2.1×10 | 7.8×10 ⁴ | 5.6×10 ⁴ | 1.3×10 ⁴ | 2.6×10 ³ | 1.8×10 ² | 6.3 | W _T =150,000 |
| 堆積速度v _i (g/s・m ²) | 0 | 2.4×10 ⁻⁴ | 0.91 | 0.64 | 0.15 | 3.0×10 ⁻² | 2.1×10 ⁻³ | 7.3×10 ⁻⁵ | — |
| 終端速度r _i (m/s) | 2.5 | 1.8 | 1.0 | 0.5 | 0.35 | 0.1 | 0.03 | 0.01 | — |
| 気中濃度C _i (g/m ³) | 0.0 | 1.4×10 ⁻⁴ | 0.91 | 1.29 | 0.44 | 0.30 | 0.07 | 7.3×10 ⁻³ | C _T =3.01 |

火山ガラスは風化して消滅している

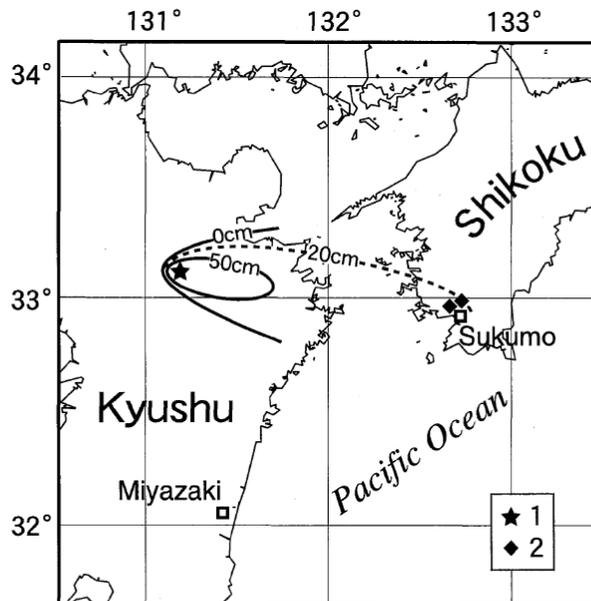
第四紀研究 (The Quaternary Research) 41 (3) p.213—219

June 2002

短 報

四国南西部，松田川流域における九重第一 テフラの対比と低位段丘の年代

熊原 康博*¹・長岡 信治*²



- 1 Crater of Kuju-Daiichi tephra
2 Observation points of Ogawa tephra

図 1 九重第一テフラの降下分布と小川テフラの
確認地点
九州地域の等層厚線は町田・新井(1992)を
もとに作成。

ここでの小川テフラは、層厚 20 cm，中～細粒砂サイズの結晶質降下軽石層である。色調は黄褐色を呈し，降下ユニットは認められない。火山灰層中には非火山性の細粒砂が混入する。

Loc. 1, Loc. 2における小川テフラは，普通角閃石・磁鉄鉱・斜方輝石・黒雲母・石英を含む結晶質降下軽石層である(表1)。重鉱物組成の分析方法については，テフラを洗浄後，1/4 mm および 1/8 mm の篩で区分し，1/4～1/8 mm の粒径のものについて，2分法によって分けた試料を実体鏡下で約 200 個検鏡し，結果を粒数%で表した。その結果，80% 以上普通角閃石が占め，磁鉄鉱・斜方輝石・黒雲母が少量含まれる。普通角閃石の屈折率は，Loc. 1 では $n_2 = 1.670 - 1.679$ (モード: 1.670 - 1.675)，Loc. 2 では 1.668 - 1.681 (モード: 1.672 - 1.674) である。Loc. 2 における斜方輝石の屈折率は， $\gamma = 1.702 - 1.710$ (モード: 1.706 - 1.707) である。火山ガラスは両地点とも風化して消滅している。

▶ **しかし、熊原・長岡(2002)をよく読むと、「火山ガラスは両地点とも風化して消滅している」という記載がある。**

▶ **ガラス質のテフラは経年によって風化するので、年代の古い噴火の観測値は、実現象とは異なるということを考慮する必要がある。**

火山ガラスは経年によって溶解・風化する

Vol.8 No.2

原子力バックエンド研究

研究論文

玄武岩ガラスの長期溶解速度の推定：富士火山地域の例

鹿園直建* 瀧野晶嗣*

4 まとめと問題点

本論文の研究結果をまとめると以下の通りとなる。

- (1)富士山地域の黒ぼく土の主な鉱物組成は、火山ガラス、オリビン、長石、輝石である。この中で、火山ガラスがもっとも多いが、深くなるにつれ減少する。その他のものは逆に上昇する。このことは、火山ガラスが次第に溶解したことを示す。

甲574 p177 抜粋・加筆

解説 ガラスに出会う

ハワイ島の火山ガラス

Volcano Glasses in Hawaii Island

寺井 良平
Ryohei TERAJ

寺井ガラス技術事務所

- ▶ 5万年の間に、0.1mm程度の溶解が起こり得る。3φ (0.125mm) 以下が極端に少ないのはそのためである可能性。

5 玄武岩ガラスの表面変質速度

ところで、図3から求められるガラスの表面変化速度は、 $(3\mu\text{m}/10^3\text{year})$ と計算される。この数値は玄武岩質の火山ガラスについて求められた他の実測数値とも比較的よく一致している。例えば、アイスランド火山の海底でのデータによれば、比較的浅いところで $(3\sim 20\mu\text{m}/10^3\text{year})$ が、深海では $(0.1\mu\text{m}/10^3\text{year})$ という数値が得られている。

また、海中ではなく、陸上のデータにおいても、玄武岩ガラスに関する測定データが存在する。特に注目されるのは富士山周辺や伊豆・三宅島の火山灰地における研究例で、ここでは温度、気象、地下水などの周辺条件が十分把握されているので、変質過程の厳密な追跡が可能であるという。そして280年から2800年の火山堆積物中の玄武岩ガラスについて、地下水との接触による表面の変質が $(2\sim 3\mu\text{m}/10^3\text{year})$ の速度で進行するという結果が得られている。

これらの数値は、実はナチュラルアナログ研究 (Natural Analogue Study) として、核廃棄物ガラスの地層処分の安全評価に利用されている。甲575 p59 抜粋・加筆

古いテフラの噴煙全体の粒度については研究が進んでいない

SVC37-10

日本地球惑星科学連合2019年大会

九重山54kaプリニー式噴火による降下軽石 (Kj-P1) の粒度分布

Total grain-size distribution of pumice fallout deposits (Kj-P1) from 54 ka plinian eruption at Kuju Volcano

*辻 智大¹、岸本 博志²、藤田 浩司²、中村 千怜³、長田 朋大³、木村 一成³、池田 倫治¹、西坂 直樹⁴、大西 耕造⁴

*Tomohiro Tsuji¹, Kishimoto Hiroshi², Fujita Kouji², Chisato Nakamura³, Nagata Tomohiro³, Kimura Kazunari³, Michiharu Ikeda¹, Naoki Nishizaka⁴, Kozo Onishi⁴

1. 株式会社四国総合研究所、2. アジア航測株式会社、3. 株式会社ナイバ、4. 四国電力株式会社

1. Shikoku Research Institute Inc., 2. Asia Air Survey Co. Ltd., 3. Naiba, 4. Shikoku Electric Power Co. Inc.

火山噴出物に基づいて推定する噴煙全体の粒度 (Total Grain Size Distribution; TGSD) は、観測された噴火の観測記録および噴出物の分析を組合せて決定されている。しかし、古いテフラのTGSDに関しては、粒度分析が困難となることから、非常に挑戦的なテーマであり、ほとんど研究がなされていない。本研究では、約5.4万年前に九重山にて起こったVEI5規模のプリニー式噴火によって放出された九重第一降下軽石 (Kj-P1) のTGSDを推定するために、九重第一降下軽石 (Kj-P1) の地質調査および粒度分析を行った。Kj-P1は、粒度分布、最大粒径、構成粒子組成などの違いから、下部層と上部層に区分される。下部層と上部層それぞれのTGSDを検討した。

甲577 抜粋・加筆