

令和3年（行コ）第136号東海第二原子力発電所運転差止等請求控訴事件

一審原告 大石光伸 外

一審被告 日本原子力発電株式会社

控訴審準備書面（6）
～火山事象に対する影響評価～

2024（令和6）年1月31日

東京高等裁判所

第22民事部ハに係 御中

一審原告ら訴訟代理人

弁護士 河合弘之

外

第 1	はじめに	- 4 -
1	本書面の目的	- 4 -
2	本書面の概要（サマリー）	- 4 -
第 2	降下火砕物に関する規制が極めて杜撰なものであること	- 6 -
1	気中降下火砕物濃度の推定に関する平成 29 年火山ガイド改正の経緯	- 6 -
(1)	宮崎支部決定までの経緯	- 6 -
(2)	電中研報告と降下火砕物検討チームの設置	- 9 -
(3)	降下火砕物検討チームにおける議論	- 10 -
(4)	その間の裁判所の判断	- 11 -
(5)	原規委によるまとめと平成 29 年火山ガイド改正	- 12 -
(6)	小括	- 13 -
2	噴火規模は保守的な値ではなく最小値と考えられること	- 14 -
(1)	噴火の規模	- 14 -
(2)	噴出物量の推定方法と不確実性	- 16 -
(3)	実際に、噴火規模の上方修正はしばしば行われていること	- 18 -
3	凝集を考慮しないことが保守的な評価とは限らないこと	- 19 -
(1)	火山ガイドのいう保守性	- 19 -
(2)	凝集を考慮する方が濃度が濃くなる可能性があること	- 19 -
(3)	小括	- 20 -
第 3	降灰シミュレーションの不合理性	- 21 -
1	浜田信生氏による学会ポスター掲示に基づく TEPHRA2 使用の不合理性	- 21 -
(1)	Tephra2 は将来の大規模な噴火の降灰量予測には用いられないこと	- 21 -
(2)	原規委の抱える矛盾	- 23 -
(3)	事業者及び原規委の評価は科学とは無縁の粉飾の技術であること	- 23 -
2	巽好幸氏の指摘	- 24 -

3 まとめ..... - 25 -

第1 はじめに

1 本書面の目的

本準備書面は、準備書面(5)に引き続き、火山事象に対する具体的危険（争点6）について述べる。

争点6に関しては、一審判決において、争点6-1（気中降下火砕物に係る保安規定変更認可申請前司法審査の在り方等）、争点6-2（気中降下火砕物濃度の推定手法についての火山影響評価ガイドの規定の不合理性）及び争点6-3（被告による気中降下火砕物濃度の評価）と整理されている。

このうち、準備書面(5)では、争点6-1（及び争点6-2の一部）に関し、専門家意見書に基づいて影響評価に係る基準自体の不合理性を主張した。

争点6-2に関して、原判決は、「平成29年改正後の火山影響評価ガイドが、気中降下火砕物濃度の推定について、3.1の手法と3.2の手法を選択的に用いるものとしていることが不合理であるとは認められない。」（原判決539頁）と判示した。この原判決の判断が誤っていることは、控訴理由書(7)の第5において主張しているところであるが、本書面では、改めて、争点6-2及び争点6-3について補充することを目的とする。

2 本書面の概要（サマリー）

- (1) 気中降下火砕物の濃度については、従前、全国の原発で、一律に、 $3.24 \text{ } [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ （ $\approx 0.003 \text{ } [\text{g}/\text{m}^3]$ ）という数値が用いられていたが、原発の差止訴訟における住民側の指摘により、これが大幅な過小評価であることが明らかとなった。そこで、原子力規制委員会（以下「原規委」という。）は、2017（平成29）年に降下火砕物の影響評価に関する検討チームを設置し、そこでの議論（全3回）を経て、同年11月29日、火山ガイドを改正した（以下「平成29年火山ガイド改正」という。）。これにより、本件原発においても、想定層厚50cmに対し、想定濃度は $3.5 \text{ } [\text{g}/\text{m}^3]$ と、

当初の1000倍以上の濃度が想定されることとなった。

このような改正の経緯から、降下火砕物に関する従前の規制は、火山学や地質学の観点に照らしてあまりにも杜撰で、まったく科学的と呼べないものだったことが明らかとなった。そして、原規委のこのような姿勢は、改正後も基本的には変わっておらず、本件原発の火山事象に対する審査においても、杜撰な審査がなされている（以上、第2の1項）。

- (2) 争点6 - 2について、平成29年改正火山ガイドは、気降下火砕物濃度の推定について、いわゆる「3. 1の手法」と「3. 2の手法」をいずれも考慮することを求めず、選択的に用いてよいとしている。しかし、そもそも気中降下火砕物濃度を推定する前提としての噴火規模の推定は、噴出物量の最小値、この程度の噴出は確実にあったといえる数値を求めるものであって、「これ以上の規模の噴火は発生しない」といえるような精度の高いものではない（以上、第2の2項）。

また、火山ガイドは、凝集を考慮しないことが実際の降灰現象と比較して保守的であるという前提に立っているところ、凝集によって単独では地表に到達し得ない微細粒子の落下を促進したり、相当微細な粒子まで降灰したり、いったん凝集して落下してきた微細粒子が、地表付近で再び細かな粒子へと別れて大気中に長く留まるなどして、凝集を考慮することで、推定値よりも濃度が大きくなる可能性は十分に存在する。

凝集の不考慮を、実際の降灰現象よりも保守的であると断定し、「3. 1の手法」と「3. 2の手法」のいずれか一方を考慮すればよいとしている点で、火山ガイドは不合理である（以上、第2の3項）。

- (3) 争点6 - 2との関係で、本件で気中降下火砕物の濃度推定に用いられている **Tephra2** というシミュレーション・ソフトは、比較的小規模な噴火における降灰シミュレーションには利用可能であるが、本件における赤城鹿沼テフラ（Ag - KP）噴火のような大規模噴火の降灰予測には適用できない。

少なくとも、Tephra2 による推定値には大きな不確実性が存在するため、それのみに依拠して「これ以上は起こらない」という想定を行っても、安全が確保された（災害の防止上支障がない、安全機能を損なわない）とは到底いえない。この点でも、推定手法の不確実性を保守的に考慮しているとはいえず、「3. 1の手法」と「3. 2の手法」のいずれか一方を考慮すればよいとしている火山ガイドは不合理である。

さらに、仮にこの点で火山ガイドが不合理ではないとしても、争点6 - 3との関係で、本件では、実際に「3. 1の手法」により、Tephra2 を用いて気中降下火砕物濃度を3. 5 [g/m³] と推定しているところ、やはり本件のA g - K Pのような大規模噴火に Tephra2 は利用不可能であり、3. 5 [g/m³] という推定が過小なものである可能性が大きい。原規委の基準適合判断（ないし一審被告の基準適合評価）には看過し難い過誤・欠落が存在する。

本件原発の安全が確保されている（災害の防止上支障がない、安全機能を損なわない）とはいえず、一審原告らの人格権を侵害する具体的危険がある（以上、第3）。

第2 降下火砕物に関する規制が極めて杜撰なものであること

1 気中降下火砕物濃度の推定に関する平成29年火山ガイド改正の経緯

争点6の全体にも関わることであるが、気中降下火砕物濃度の推定手法に関する火山ガイドの基準自体の不合理性（争点6 - 2）、基準適合判断の不合理性（争点6 - 3）については、とりわけ平成29年改正の経緯を理解することが重要である。この点は、控訴理由書(7)・第3の1項でも詳述しているが、以下のとおり補充して主張する。

(1) 宮崎支部決定までの経緯

ア 降下火砕物は、準備書面(5)の第2で詳述したとおり、荷重、外部電源喪

失、外部からのアクセス制限、給気・換気系、取水系、電源系及び計装制御系など、様々な問題に関わり、しかもそれらが同時多発的に発生しかねない事象という点で、対策が難しい事象である。

そのうち、気中降下火砕物濃度は、特に給気・換気系、電源系及び計装制御系に影響を及ぼし得るパラメータである。降下火砕物の影響評価に当たっては、外部電源の喪失を想定することとされているが、想定よりも高濃度の降下火砕物が到来すると、給気・換気が困難となり、給気を必要とする非常用電源が機能喪失し、フィルタの目をくぐって安全上重要な施設・設備内に降下火砕物が多量に侵入し、計装制御系に付着してこれらについても機能喪失させ、原発の制御を不能ないし困難にして原発にとって極めて重要な冷却機能喪失し、メルトダウンに至る危険が生じる。

このように重要なパラメータである気中降下火砕物濃度については、福島第一原発事故後も、原規委に火山の専門家が存在しないためか、極めておざなりな規制しかなく、電力事業者の不合理的な対策も見抜けない、お粗末な対応に終始してきた。

イ まず、火山の問題が最初に取り上げられたのは、川内原発に関する鹿児島地裁平成27年4月22日仮処分である。

この時点では、電力事業者は、気中濃度について詳細な検討を行うことなく、一律に、2010（平成22）年にアイスランド共和国で発生したエイヤヒャトラ＝ヨークトル氷河噴火（VEI4）の際のヘイマランド地区（火口から約40km離れた地点）における観測値約3〔mg/m³〕を用いていた（以下、この数値を「ヘイマランド観測値」という。）。

電力事業者は、この数値を採用した理由として「他に適切な参考値がないから」としていた。

しかし、鹿児島地裁での却下決定後、舞台が福岡高裁宮崎支部に移ると、住民側は、匿名の専門家の協力を得て、この評価の不合理性を厳しく糾弾

した。すなわち、アイスランド共和国において公式に発表されている情報等から、ヘイマランド地区における層厚が5mm程度しかなく、ヘイマランド観測値が、PM10（粒径が10 μ m以下の粒子）のみを測定する機器で測定された数値であること（粒径の細かい粒子は、人が吸い込むと健康被害を生じるため、あえて細かな粒子の濃度を測定するため、このような機器で測定することはしばしば行われる）、しかも、噴火から3週間後の再飛散値であることを確認し、主張したのである。

これは、英語に堪能なものであれば、専門家でなくとも容易に発見することができるインターネット上に公表されていた情報であった。

ウ また、宮崎支部での審理では、住民側は、1980（昭和55）年にアメリカ合衆国で発生したセントヘレンズ噴火（VEI5）の際のヤキマ地区（火口から約135km離れた地点）において、約〔33mg/m³〕の濃度が観測されており（以下、この数値を「ヤキマ観測値」という。）、これに照らしても3mgは過小であると主張していた。

さらに、ヤキマ観測値も、層厚が5～9mmの地点の、PM10のみの観測値であり、専門家による簡易な計算によれば、ヘイマランド観測値は、約340倍の過小である（濃度は1〔g/m³〕程度になり得る）と主張していた。

ヤキマ観測値の存在や、それすらも過小であることは、噴火直後の1982（昭和57）年に出された英語論文をみれば明確に記載されている事柄であり、論文には、ヤキマ観測値は、機器の限界により正確ではないこと、より高濃度になり得ることまで明記されていた。電力事業者のいう「他に適切な参考値がない」というのも虚偽ないし極めて安易な見落としであることは明らかであった。

エ このような状況で、福岡高裁宮崎支部は、2016（平成28）年4月6日に決定を出し、ヤキマ観測値の存在を根拠として、事業者の想定する

ヘイマランド観測値が10倍以上の過小となっている可能性を認めた。しかし、ヤキマ観測値も過小であるという主張は採用せず、10倍程度であれば、フィルタの性能からして深刻な事態にはならないと判断し、差止めを認めなかったのである。

(2) 電中研報告と降下火砕物検討チームの設置

ア 宮崎支部決定が出された2016（平成28）年4月、電力中央研究所から、1707年の富士宝永噴火に基づいて首都圏周辺の気中濃度を推定した研究結果が公表された（甲D212。以下「電中研報告」という。）。

電中研報告によれば、富士山において、富士宝永噴火（VEI4）と同規模の噴火が発生した場合、火口から約85km離れた横浜地区で約16cmの降灰が生じる可能性があり、その際の気中濃度は1〔g/m³〕程度となり得るとのことであった。

これは、ヘイマランド観測値からみれば、約330倍にもなり得るという数値であり、宮崎支部での審理の中で住民側に助言した匿名の専門家の計算結果（約340倍近い過小評価があり得る）とも類似するものであった。

イ 2016（平成28）年10月5日の第35回原規委会合で、ようやく気中濃度の過小評価が原規委の議題に上がった。発端は、美浜原発の適合性審査に関するパブリックコメントの中で、ヘイマランド観測値の妥当性に疑問を呈する意見が寄せられたことであった。この意見は、電中研報告には触れておらず、ヤキマ観測値の存在を示して、ヘイマランド観測値の正当性を問うものであった。

同月19日、原規委の第21回技術情報検討会において、電中研報告が原規委に報告され、事業者側に、フィルタへの影響評価の対応を求めることとされ、同月25日、第40回原規委会合において、電中研報告には過

大な評価になっている疑いがあることが示されつつ、他方で、ヤキマ観測値の過小性が指摘され、ガイド改正も踏まえた検討がされることとなった。

ウ その後、同年11月16日の第43回原規委会合を経て、2017（平成29）年1月25日の第57回原規委会合において、降下火砕物の影響評価に関する検討チーム（以下「降下火砕物検討チーム」という。）を設けて濃度の評価・推定手法についての考えをまとめ、規制基準等への反映に関する検討を開始することとされた。

(3) 降下火砕物検討チームにおける議論

ア 降下火砕物検討チームは、国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下「産総研」という。）の活断層・火山研究部門の総括研究主幹であった山元孝広氏や、国立保健医療科学院の上席主任研究官であった石峯康浩氏などの専門家を交えて3回にわたって開かれた。

2017（平成29）年3月29日の第1回会合では、いずれの専門家からも、セントヘレンズ噴火の濃度は、ヤキマ観測値よりも桁で大きくなると思われること、全く当てにならない数字であることが指摘され、むしろ、電中研報告にあるような1 [g/m³] という数字はおかしな数字ではないことが指摘された（甲D135・15頁、26頁）。

また、山元氏は、1 [g/m³] 程度の降灰濃度の噴火は、「非常に頻度の高い検証で、いとも簡単に超えてしまうようなものが多々あるだろうなと思わざるを得ない」と述べている（甲D135・37頁）。

この会議において、①観測値の外挿により推定する手法、②降灰継続時間を仮定して堆積量から推定する手法、③数値シミュレーションにより推定する手法の3つが示され、15cmの層厚の地点における気中濃度を②の手法で計算すると、降灰継続時間を24時間と仮定した場合、濃度が2～4 [g/m³] となることが示された。

イ 同年5月15日の第2回会合では、上記に加え、15cmの層厚の地点における気中濃度を③の手法で計算すると、降灰継続時間を24時間とした場合、5 [g/m³] 弱となるような結果が示された（甲D137・15頁）。

また、この資料において一番大事な結論としては、いずれの条件においても、気中濃度は1～2日程度数 [g/m³] が継続するという点であることが確認された（甲D136・27頁、甲D137・15頁）。

ウ さらに、同年6月22日の第3回会合では、電気事業連合会が各事業者からの報告を踏まえて作成した資料の中で、②及び③の手法を用いて推定した気中濃度が概ね1～4 [g/m³] となることが示され、「気中降下火砕物濃度等の設定、規制上の位置づけ及び要求に関する基本的考え方（案）」として、手法②及び手法③は大きな不確かさを含んでいるものの、両手法による推定値を考慮し、機能維持のための気中降下火砕物濃度及び継続時間を設定することとされた（甲D221・2枚目及び6枚目）。

(4) その間の裁判所の判断

ア その間、裁判所の判断としては、広島地裁平成29年3月30日決定及び松山地裁平成29年7月21日決定が出された。

これらの裁判例では、ヘイマランド観測値が過小であることはいずれも認めしたが、電中研報告は過大評価である疑いが残るとして、ヤキマ観測値で評価を行えばよいという判断がなされた。

イ 電中研報告については、降下火砕物検討チームで専門家がその妥当性を認めるまで、原規委は、頑なにその妥当性に疑問を呈し、過大評価の疑いが残るとしていたが、裁判所はこれを鵜呑みにし、既にヤキマ観測値について過小評価の可能性が高いことが十分に分かっていたにもかかわらず、ヤキマ観測値に基づく評価で不合理な点がないという、結論ありきの決定であった。特に、松山地裁決定は、既に降下火砕物検討チームで上記のよ

うな議論がなされ、電中研報告の数値は不自然ではないこと、むしろヤキマ観測値は参考にすらならない過小評価が存在することが指摘され、原規委においてすら数〔g/m³〕というオーダーで火山ガイドが改正される方向で議論が進んでいたにもかかわらず、裁判所だけが一人、時代遅れのドン・キホーテ的な決定をしたというほかない不合理な内容であった。

ウ 確かに、裁判所が最新の科学技術的議論をすべてフォローアップして判断を行うことは難しいかもしれない。しかし、広島地裁決定や松山地裁決定のような判断の過ちは、本件訴訟において原告らが主張する科学の不定性を踏まえ、究明・獲得途上の専門知に対して、深刻な災害が万が一にも起こらないように、保守的な評価を行う（考慮に値する知見を、不確実というだけで無視しない）という、裁判所がとるべき態度に従って判断を行っていれば十分に回避できたものであった。

本件においては、広島地裁決定や松山地裁決定のような過ちを犯さぬよう、科学の不定性を踏まえた判断がなされるべきであることを改めて指摘しておく。

(5) 原規委によるまとめと平成29年火山ガイド改正

ア 降下火砕物検討チームのとりまとめを受けて、2017（平成29）年7月19日、第25回原規委会合において、「発電用原子炉施設に対する降下火砕物の影響評価に関する検討結果及び今後の予定について」と題する書面（資料2）が提出され（甲D264）、火山ガイドの改正が具体的に議論された（甲D134）。

上記書面（資料2）には、添付1として、甲D137号証を修正した「気中降下火砕物濃度等の設定、規制上の位置づけ及び要求に関する基本的考え方」が添付された。

この修正案では、濃度の設定として、「手法②又は手法③による推定値を

考慮」するとされた（図表 1）

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。

図表 1 甲D 2 6 4・8 頁より抜粋加筆

イ これが、降下火砕物検討チームにおける専門家の意見を踏まえたものでないことは、控訴理由書(7)でも詳述しているが、その補充については後述する。

ともかく、上記のような整理を踏まえ、2017（平成29）年11月29日、第52回原規委会合において、火山ガイドを改正する旨了承された。

平成29年改正火山ガイドでは、②の手法が「3. 1の手法」とされ、③の手法が「3. 2の手法」とされたが、「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」とされ、結局いずれかの手法で推定すればよいということになった（甲D 5 9・28頁）。

(6) 小括

以上、この問題に関する経緯を詳しく理解することが正確な判断に資するため、平成29年火山ガイド改正の経緯についてやや詳しく述べた。

このようにみてくると、気中降下火砕物濃度の想定に関して、原規委は、もともと、ハイマランド観測値やヤキマ観測値の過小性を見抜けず、電中研報告が過大評価の可能性があるとって保守的な想定をしようとせず、「3. 1の手法」と「3. 2の手法」のいずれにも大きな不確実性が存在するため、

いずれも考慮すべきという専門家を含む降下火砕物検討チームのとりまとめを歪めて、「3.1又は3.2の手法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」ことで足りるという改正を行ったのである。

その経緯を図表2にまとめるが、原規委に、この点に関する十分な審査能力がないことが浮き彫りになっている。

年月日	出来事等	濃度	備考
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、無批判にヘイマ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	ヘイマ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、ヘイマ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。
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。
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 。
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。
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。

図表2 気中降下火砕物濃度に関する経緯一覧

2 噴火規模は保守的な値ではなく最小値と考えられること

(1) 噴火の規模

ア 火山ガイドの不合理性を述べるにあたり、噴火の規模がどのように求められているか、広島地裁における巽好幸・神戸大学名誉教授と、松山地裁における町田洋・東京都立大学名誉教授の尋問を踏まえて説明する。

まず、噴火の規模を表す指標としては、火山爆発指数（VEI）以外に、

噴火マグニチュードがある。火山爆発指数は、火山砕屑物（＝火砕物）の噴出量（体積）に基づいて噴火を区分するものであり、体積が一桁増えると VEI も 1 つ増える、という関係にある。要するに、桁（オーダー）によって区分をしている（甲 D 2 6 6 ・ 1 ～ 2 頁、図表 3）。

火山爆発指数 (VEI)	噴出物量 (km ³)	噴火 マグニチュード	噴出物量 (億トン)	マグマ噴出量 (km ³)	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	巨大噴火
6	10	6	100	4	
7	100	7	1000	40	超巨大噴火 (破局的噴火)
8	1000	8	10000	400	
		9	100000	4000	

図表 3 火山爆発指数と噴火マグニチュード（甲 D 2 6 7 ・ 4 頁に加筆）

火山爆発指数は、噴出物量（見かけ体積）で表す場合と、マグマ噴出量で表す場合がある。噴出物量には火山灰など密度の小さい火砕物が含まれるが、マグマ噴出量は、それらがマグマの状態であった場合（地下のマグマ溜まりではこの状態である）の体積に換算したものである。噴出物量は、概ね、マグマ噴出量の 2.5 倍程度になる（甲 D 2 6 6 ・ 2 頁）。

噴火マグニチュードは、火山噴出物の総重量によって区分したものである。火山灰や火砕流だけでなく、溶岩流等も含まれる（したがって、火山爆発指数と噴火マグニチュードは、単に体積で区分するか重さで区分するかというだけの違いではない）。火山爆発指数と同様、桁（オーダー）によって区分する（甲 D 2 6 6 ・ 2 ～ 3 頁）。

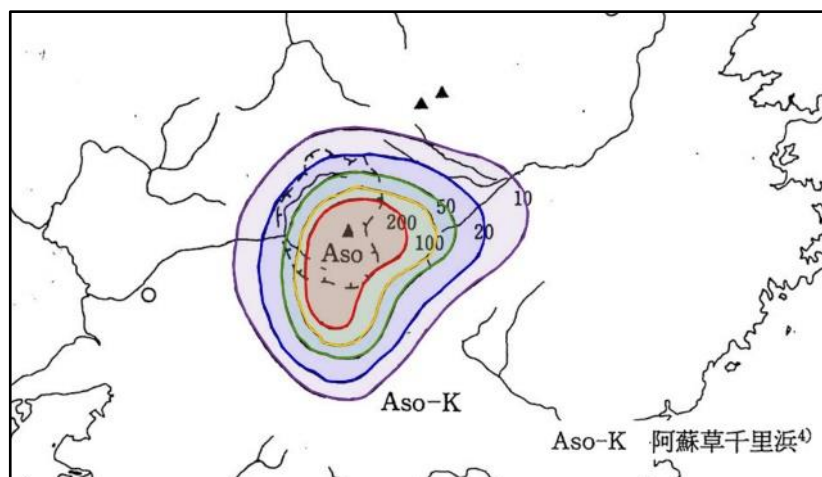
イ 図表 3 の「名称」欄は、火山学における一般的な呼称であり、特に、大規模噴火、巨大噴火及び超巨大噴火（破局的噴火）は、「統計学的な違いに基づいて命名されている一般的な方法」とされる。火山ガイドにおける「巨大噴火」という用語は、①溶岩流を重要視していない点、②数十km³という

数値に根拠がないという点で、火山学における「巨大噴火」とは異なる（甲D266・4頁）。巽氏は、VEI7以上の破局的噴火と、それより小さい（火山学上の）巨大噴火とを同じ「巨大噴火」というカテゴリーで表している点で、火山ガイドは適切ではないと証言している（甲D266・5頁）。

(2) 噴出物量の推定方法と不確実性

ア 噴出物量の推定

噴出物量は、現地調査によって現在確認できる堆積層の地点と厚さを地図上でプロットしていき、等層厚線を書いて面積を求め、それに厚さを掛け合わせることによって総体積を算出する（図表4）。算出の基礎となるのは現在の堆積量であるから、降灰当時の実際の降灰量とは異なり、浸食や風化によって減少したものである。そのため、正確な数値は出せず、せいぜい桁（オーダー）で把握することしかできない（甲D268・5頁、甲D269・番号21～30）。また、海では痕跡が残りにくいため、海にまで降灰があったようなケースでは、大きな誤差が生じることもある（甲D269・番号37）。



図表4 阿蘇・草千里浜噴火における等層厚線の例

また、新たな場所で新しくテフラの堆積（痕跡）が見つかったと、従来の

噴出物量が上方修正されることもある。そのため、現時点で、噴出物量を根拠として、これ以上の規模の噴火は起こらないということはいできない(甲D269・番号31～38)。巽氏は、「現在の噴出量というのは最低レベルを示していると考えてよい」と述べている(甲D266・3～4頁)。

町田氏は、噴出物量について、桁(オーダー)で議論しているので、細かいところまでは分からず、研究者によって体積の見積もりが違う、大雑把に言って、どのくらいのオーダーかという目で見ることしかできない、とも証言している(甲D269・番号16～20)。

イ Legros 法は最小体積を求めるものであること

例えば、噴出量の算出にしばしば用いられる Legros 法に関する論文(Legros (2000))でも、レグロス氏自身が、「指数関数的に薄くなる降下火砕物堆積物について、1つのアイソパッチ(等層厚線)しか入手できないものの最小体積を計算する簡単な方法」と紹介している(甲D271の2・1頁、図表5)。

<p>Abstract</p> <p>A simple method is presented to calculate the minimum volume of an exponentially-thinning fall deposit for which only one isopach is available. This method exploits the fact that the product of the area enclosed within an isopach (A) and its thickness (T) reaches a maximum value $(TA)_{\max}$ for a certain isopach. It is shown that the minimum volume is $V_{\min}=3.69TA$, which is equal to the actual volume when $TA=(TA)_{\max}$. Calculation of V_{\min} for 327 isopachs from 74 fallout deposits shows that it is often just a bit lower than the volume calculated from all the available isopachs. It is therefore proposed that V_{\min} provides a useful minimum volume estimate for fallout deposits for which only one isopach is available.</p>
<p>指数関数的に薄くなる降下火砕物堆積物について、1つのアイソパッチ(等層厚線)しか入手できないものの最小体積を計算する簡単な方法を紹介する。等層厚線に囲まれた面積(A)と厚み(T)の積が、ある等層厚線では最大値$(TA)_{\max}$になることを利用した方法である。$TA=(TA)_{\max}$のとき、最小体積$V_{\min}=3.69TA$となり、実際の体積と等しくなることが分かる。74個の降下火砕物堆積物から得られた等層厚線についてV_{\min}を計算すると、利用可能な全ての等層厚線から計算した体積よりも少し低くなることが多いことが分かる。したがって、V_{\min}は、1つの等層厚線しか利用できない降下火砕物堆積物の最小体積の推定値として有用であることが提案される。</p>

図表5 甲D271の2・1頁

(3) 実際に、噴火規模の上方修正はしばしば行われていること

ア 実際に、噴火規模が上方修正されることはしばしばある。

例えば、原規委においても、鳥取県大山の生竹噴火（DNP）の噴火規模が上方修正され、従来約6 km³だった噴出量が、現在では約11 km³と、倍近くにまで増えている。

噴出量を計算する仕組みに照らしても、噴出量は、現在確認できている堆積物の等層厚線をつないで求めるため、新たに大量の降下火砕物堆積層が発見されると、噴出量が従来考えられていたよりも大きくなることはしばしばあり得るのである。

反対に、新たな発見によって、噴出量が下方修正されることは滅多にない。仮に、どこかの地点で、現在考えられているよりも薄い堆積層が見つかったとしても、それは風化や浸食、圧密の影響によって薄くなったと考えられるため、噴出量に影響を及ぼさないからである。

イ また、近年の研究で、阿蘇4や始良カルデラの噴出量も大幅に上方修正されている。

例えば、約3万年前の始良T_n噴火の噴出量については、従来よりも1.5倍大きい940～1040 km³にも上ることが明らかになった（甲D273、甲D274（2023（令和5）年の原規委資料））。

また、約9万年前の阿蘇4噴火の噴出量についても、従来よりも数倍大きい840～1640 km³にも上ることが明らかとなった。これら2つの噴火は、従来VEI7（噴出量100 km³以上）と考えられていたが、この研究結果によれば、いずれもVEI8（噴出量1000 km³以上）に達する可能性がある（甲D272の1、2、甲D274）。

ウ このように、火山における噴出量の推定は大きな不確実性を含んでおり、今後上方修正される可能性も存在する。

そうである以上、設計対応不可能な火山事象の到達可能性に関する判断、

設計対応可能な火山事象の想定（降下火砕物の層厚や濃度など）には十分な保守性が見込まれなければならないということを肝に銘じる必要がある。

3 凝集を考慮しないことが保守的な評価とは限らないこと

(1) 火山ガイドのいう保守性

平成29年火山ガイドは、「3.1の手法」について、粒子の凝集を考慮しないから、その推定値は実際の降灰現象と比較して保守的な値となっている、としている（甲D59・28頁）。

これは、微細粒子について、凝集とは、噴煙内外で、水などを介して粒子同士が結びつく現象をいう。実際の降灰現象では、凝集の結果、微細粒子はまとまった大きな粒子になるため、バラバラの状態よりも実質的に粒径が大きくなり、降灰が促進されるが、推定値はこれを考慮しないために、微細粒子が長く大気中にとどまり、濃度が大きくなる、したがって、推定値は実際の降灰現象よりも保守的である、というのがこの趣旨と考えられる。

(2) 凝集を考慮する方が濃度が濃くなる可能性があること

ア そもそも、控訴理由書(7)・図表2にあるように、降下火砕物の標準的な粒径は2000 μm （ -1ϕ ）から0.1 μm （約13 ϕ ）まで見られ、125 μm （3 ϕ ）を下回る大きさも非常に多く存在している。

小倉義光『一般気象学』（第2版補訂版）によれば、半径10 μm の水滴が空気中を落下するときの終端速度は1.2〔cm/s〕とされており、「火山噴火によって半径が1 μm やそれ以下の灰が成層圏に散布されると、なかなか地上までは落下してこないことがわかる」と記されている（89頁）。つまり、1 μm 以下の微細粒子（約10 ϕ 以下）については、単独で地表まで到達できない可能性があるが、それより大きい降下火砕物は単独で地表に到達可能ということになる。

ただし、新堀敏基氏の論文では、凝集によって、単独では地表まで達しえない細粒火山灰の落下が促進される、と指摘されており、凝集を考慮しない場合に比較して、地表まで降下する火山灰（とりわけ、濃度に影響を与える微細粒子）の総量が増える可能性がある。

イ 次に、凝集のメカニズムとして、「水の粘着力、凍結付着、静電気力などが考えられるが、まだよくわかっていない」とされているものの、「水分を含んで湿っているという条件は必要らしい」という知見がある。凝集に水分が必要なのだとすると、一度水分と結合して、あるいは水分を媒介に凝集し、落下が促された粒子も、低層域で空気が乾燥していれば、水分の蒸発等によって再び分離して細粒火山灰となり、大気中に長くとどまる（濃度が濃くなる）ことも起こり得る。

ウ 浅間山の2009（平成21）年2月2日の噴火に関して、宮地直道ほかによれば、降下した噴出物中、直径 $6.2\mu\text{m}$ （約 4ϕ ）以下の粒子が占める割合は、南東5km地点で約10%、東南東9km地点で約30%であり、南関東に降下した噴出物について、分布軸を挟み東側では直径 $6.2\mu\text{m}$ 以下の細粒分の占める割合が30%であるのに対し、西側では90%とされている（甲D275）。

実際の噴火では、このように、 4ϕ 以下の粒子が相当量降灰するのである。

また、凝集に関しては、東京西部で、10時から17時の間に凝集粒子の降灰が確認されている、とされており、それ以外の場所、時間では凝集が確認されていない（つまり、単独で降下した可能性が存在する）。

(3) 小括

このように、凝集を考慮した方が、推定値よりも気中降下火砕物濃度が大きくなる可能性は十分に存在する。そうであるにもかかわらず、推定値の方

が、凝集を考慮しないために、現実の降灰現象よりも保守的だ、と断定するのは、考慮すべき知見・事情を考慮しない考慮不尽の違法があるというほかない。

第3 降灰シミュレーションの不合理性

1 浜田信生氏による学会ポスター掲示に基づく Tephra2 使用の不合理性

争点6 - 2（気中降下火砕物濃度の推定手法についての火山影響放火ガイド規定の不合理性）に関し、一審原告らは、火山ガイドが定める気中降下火砕物濃度の推定手法である「3. 1の手法」の不合理性として、降灰継続時間についての問題点と凝集及び再飛散を考慮していないことの問題点の外に、萬年一剛氏の論文（甲D133）などを踏まえて、移流拡散モデルを用いたシミュレーションプログラムである Tephra2 を使用することの不合理性を原審においても度々主張し、控訴理由書(7)・第5の3項（46頁以下）においても主張しているところである。

本書面では、気象庁の元職員であった浜田信生氏が2017（平成29）年に公表した「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」（甲D276）を踏まえて、とりわけ本件のような大規模噴火について、Tephra2 を使用することの不合理性についての主張を補充する。

(1) Tephra2 は将来の大規模な噴火の降灰量予測には用いられないこと

気中降下火砕物濃度の推定に Tephra2 を使用することの不合理性については、元気象庁の浜田信生氏が、2017（平成29）年5月に行われた地球惑星合同学会においてポスター掲示により公表した「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」で詳しく指摘されている。

すなわち、浜田氏によれば、「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」という（甲D276・2頁）。

浜田氏は、この問題について、以下の3つの問題を挙げている。

ア 移流拡散モデルの適用限界

Tephra2 が抱えている問題点の1つは、「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」である。

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り、大気の性質にまで影響を与えるような濃い物質ではない、と浜田氏は指摘する。そして、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ものであるところ、VEI5以上のような大規模な噴火については、その影響がほとんど解明されておらず、適用が困難だということである。

イ 擾乱乱流や傘型噴煙の不考慮

浜田氏が挙げる問題点の2つ目は、Tephra2 が、火山灰の移流拡散について「大幅に単純化した物理過程を用いていること」である。

とりわけ、現実の気象場としては、水平方向の擾乱乱流¹や、山岳波（重力波）の影響により、上下方向の擾乱があり、これらは Tephra2 に反映されていない。また、萬年論文（甲D133）でも指摘されるとおり、大規模噴火に伴う傘型噴煙が考慮されていない。

¹ 大気が乱れる現象を、気象学で「擾乱」という。「乱流」とは、水や空気などの流体が、時間的、空間的に不規則に変動する流れの運動をいう。

ウ 入力パラメータの非保守性

3つ目の問題点は、「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^マの推定と設定」である。

本件もそうであるが、事業者の降灰シミュレーションでは、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ところ、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ならない、と浜田氏は指摘している。

(2) 原規委の抱える矛盾

これらの問題に加え、浜田氏は、原規委の審査に臨む姿勢が抱える問題も指摘している。すなわち、Tephra2 と同じく移流拡散モデルに基づくシステムであった「緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム」、いわゆる「SPEEDI」について、原規委は、2014（平成26）年10月8日、信頼度が不十分として、原発事故の際の住民避難のための情報として利用しない方針を示したのである。

浜田氏は、放射能漏れによって大気中に放出されることが予想される放射性物質について、物理的性質、濃度、空間的広がり of のいずれをとっても、火山灰と比較すれば移流拡散モデルの適用に適した物質であるのに対し、Tephra2 を利用した火山灰の拡散予測は、妥当性の検証が困難な入力パラメータによる、現象を単純化した仮想のシミュレーションであるから、SPEEDI を信頼しないのに、Tephra2 を信頼するというのは矛盾である、というのである（甲D276・2～3頁）。

(3) 事業者及び原規委の評価は科学とは無縁の粉飾の技術であること

浜田氏は、ポスターの最後を、次のように締めくくっている。

「指摘した審査資料の問題は、少なくとも理学とか工学とかの次元の問題とは言えないだろう。工学的割り切りの結果とも思えず、科学とは無縁の粉飾の技術というにふさわしいものではないだろうか。このような審査資料の作成に、学会関係者が関与している、或いは関与せざるを得ないという状況が、現実存在するという事は、学会全体の問題として考えるべきである」(甲D276・3頁)

なお、浜田氏の2017(平成29)年の上記ポスター掲示について、その後、学会において何らの異論・反論もない。これは多くの研究者にとって特段の異論がないということにはほかならない。

2 巽好幸氏の指摘

実際に、火山学・地質学等の分野で著名な活躍をした研究者に贈られるポーウェン賞を受賞した経験もある火山学の世界の権威である巽好幸・神戸大学名誉教授は、本年4月作成の意見書(甲D265)において、「Tephra2には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、信頼性がないとする浜田氏の結論は、科学的、論理的に不合理な点はあるとは思われません。」と述べており(甲D265・15頁)、浜田氏の見解に賛成している。

巽氏は、さらに補足として「火砕流が発生するような大規模な噴火においては、火砕流から生じる灰神楽の影響も大きいと思いますが、Tephra2によるシミュレーションでは、やはり火砕流が発生するような大規模な噴火を念頭においていないためか、これを考慮したモデルになっていないようです。」「一般に、シミュレーションというのはパラメータの設定次第でいかようにもなり得るもので、実際の物理現象とかけ離れたモデルを使って、降灰分布と何となく整合するようにパラメータを操作することは可能です。しかし、このようなシミュレーションはたまたま結果が似ているだけで、実現象を再現しておらず科学的には意味のないものである可能性があります。」(甲D265・15～16頁)とも指摘し、Tephra2によるシミュレーションの不合理性について、核心を突

いた批判を行っている。

3 まとめ

- (1) 以上見てきたとおり、少なくとも本件で問題となるような大規模噴火について、Tephra2 を利用した気中降下火砕物濃度の予測が全く信頼できないものであることは浜田信生氏が公表したポスターからも認められるところであり、Tephra2 を利用して気中降下火砕物濃度を推測する方法には、少なくとも大きな不確実性が伴い、そのみに依拠して「これ以上の降灰は起こらない」という基準に用いることは全く安全とはいえない。したがって、少なくとも、「3. 1 の手法」と「3. 2 の手法」のいずれか一方だけを考慮すれば足りるかのような火山ガイドは、基準として不合理というほかない。
- (2) そして、争点 6 - 3 との関係でも、一審被告は、実際に、本件における火山灰の気中濃度推定手法として「3. 1 の手法」を用いている。一審被告が行った具体的な濃度算出条件は、図表 6 のとおりである。

表 1 濃度算出条件

入力条件／計算結果	値	備考
設計層厚	50cm	
総降灰量 W_T	$4.0 \times 10^5 \text{ g/m}^2$	設計層厚×降下火砕物密度 (0.8 g/cm^3)
降灰継続時間 t	24h	Carey and Sigurdsson(1989)参考
粒径 i の割合 p_i	表 2 参照	Tephra2 による粒径分布の計算値
粒径 i の降灰量 W_i		前ページの式①
粒径 i の堆積速度 v_i		前ページの式②
粒径 i の終端速度 r_i		Suzuki(1983)参考
粒径 i の気中濃度 C_i		前ページの式③

図表 6 甲D138・6条(火山) - 1 - 参考17 - 5頁の表1

すなわち、一審被告は、原子炉施設周辺に降り積もる火山灰の設計層厚を 50 cm、降灰継続時間を 24 時間としたうえで、Tephra2 によるシミュレーションで算出された粒径分布を用いて各粒径ごとの降灰量を算出している。

しかし、上述したとおり、萬年氏、浜田氏及び巽氏によれば、Tephra2 の利用については限界があり、約 4. 4 万年前に噴火した赤城山噴火のような

大規模な噴火については、噴火の降灰量を評価予測するだけの精度、信頼度はないのであるから、仮に、基準自体は不合理ではないとしても、少なくとも、本件について **Tephra2** を利用し、その結果に過度に依拠して気中降下火砕物濃度を推定することは不合理といわねばならない。

以 上