

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（22）

5 火山事象に対する安全確保(2)

～Ag-KP 噴火規模の過小性と濃度推定方法の誤魔化し～

2025（令和7）年8月12日

東京高等裁判所

10 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

15

内容

第1	はじめに	4
1	これまでの経緯	4
2	これまでの主張	4
20	3 本書面の目的	5
	4 本書面の概要（サマリー）	6
第2	赤城山の山地形態について	8

1	はじめに	8
2	成層火山としての赤城山.....	10
3	赤城山の火山形成史.....	11
	(1) 古期成層火山形成期	11
5	(2) 新期成層火山形成期	13
	(3) 中央火口丘形成期.....	13
	第3 噴火規模（噴出物量5 km³）ないし層厚（50cm）に関する過小評価.....	16
	1 原発の安全確保と降下火砕物の噴火規模、層厚及び濃度との関係	16
	(1) 炉規法等の規定と法の趣旨	16
10	(2) 降下火砕物の噴火規模、層厚及び濃度想定と人格権侵害の具体的危険.....	17
	(3) 法の趣旨・目的を踏まえた解釈-想定を超える事態はほぼ起こらないといえなければならないこと	19
	(4) 噴火規模（噴出物量）の推定に関する火山学の標準的な知見.....	19
15	(5) 噴火規模は本来オーダー（桁）で把握することしかできないこと	20
	(6) 火山ガイドにおける層厚評価の解釈.....	21
	2 噴火規模（噴出物量）の推定方法と一審被告の評価	25
	(1) 噴火規模（噴出物量）の推定方法	25
	(2) Legros 法は最小体積を求めるものであること	25
20	(3) 一審被告の評価	26
	(4) 原規委の基準適合判断.....	31
	3 基準適合判断の不合理性①-現在確認できる層厚は堆積当時の層厚に及ばないという火山学の常識の不考慮.....	33
25	(1) 一審被告は現在確認できる層厚を前提に噴火規模（噴出物量）の想定を行っていること.....	33

	(2) 現在確認できる層厚は堆積当時の層厚には及ばないこと	33
	(3) 浸食・風化とその影響.....	34
	(4) 圧密とその影響	34
	(5) 考慮すべき事項の不考慮及び法の目的違反.....	37
5	4 基準適合判断の不合理性②-AG-KP の噴火規模に関する知見の不考慮.....	38
	(1) 一審被告の評価及び原規委の判断	38
	(2) 『新編 火山灰アトラス』の記載	38
	(3) 考慮すべき事項の不考慮	39
	5 基準適合判断の不合理性③-LEGROS 法に関する事実誤認	39
10	(1) Legros 法と山元 (2016) の記載.....	39
	(2) 考慮すべき事項の不考慮ないし事実誤認	40
	6 まとめ	41
	第 4 降下火砕物の濃度及び密度 (0.8 [G/cm³]) に関する過小評価.....	42
	1 気中降下火砕物濃度と降下火砕物密度との関係	42
15	2 降下火砕物密度の設定方法と一審被告の評価.....	45
	3 降下火砕物密度に関する科学的知見.....	45
	4 他の原子力施設における評価との比較	46
	(1) 降下火砕物密度の比較.....	46
	(2) 粒径分布の比較	47
20	5 一審被告による評価の過小性と原規委による基準適合判断の不合理性.....	48
	6 まとめ	49

第1 はじめに

1 これまでの経緯

控訴理由書に記載したとおり、本件においては、赤城山における過去最大の噴火規模と考えられている約4万4000年前の赤城鹿沼テフラ（Ag-KP）噴火に相当する規模の噴火に対して、本件原発が安全を欠く（安全が確保されていない）という具体的危険が存在する。

令和元年火山ガイドは、5章において、検討対象火山が噴火した場合に、設計対応可能な火山事象に対する設計対応及び運転対応の妥当性を評価することを求めている。この設計対応可能な火山事象の1つとして、降下火砕物が規定されており（[甲D202](#)・表1の1項、23頁）、降下火砕物については、「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。」とされている（[甲D202](#)・5章柱書、11頁）。

一番被告は、この規定に基づいて、赤城鹿沼テフラ（Ag-KP）相当の噴火を敷地に最も影響のある噴火と考え、降下火砕物の分布状況や敷地付近の堆積状況を踏まえるとともに、当該噴火による噴出物量を5km³と設定してTephra2による降灰シミュレーションを行い、敷地における最大層厚を50cmと設定し（[甲D308](#)・76～77頁）、原規委もこれを基準に適合すると判断している。

2 これまでの主張

控訴審準備書面(5)では、降下火砕物の影響に伴う人格権侵害の機序を述べ、令和元年火山ガイドの不合理性（改悪）について述べたうえで、後藤政志意見書を踏まえて、設計基準が検証等によって示されていないこと、適切な設計基準の設定を放棄したこと、少なくともどの程度の濃度の気中降下火砕物が本件原発に到達するかは基本設計の問題であって、これを運用だけの問題とするのは段階的規制の枠組みに反することなどを指摘した。

また、控訴審準備書面(6)では、降下火砕物に関して、これまで極めて杜撰な審

査しかなされてこなかったこと、噴火規模は保守的な値ではないこと、降灰シミュレーションの不合理性（したがって、想定すべき降下火砕物の層厚ないし濃度について誤っていること）などを主張した。

5 本件原発敷地に到来する降下火砕物の層厚想定や濃度想定は、詳細設計や運用による災害防止・安全確保の基礎となるものであり、基本設計に関わるものである。この想定を誤れば、本件原発の安全を確保することができず、一審原告らの人格権侵害の具体的危険が存在することとなる。

3 本書面の目的

10 (1) 原審の結審間近に、Ag-KPの噴火規模に関する評価が過小である可能性があることが判明した。原審は既に結審間近であったことから、一審原告らは、敢えて新しい争点として主張し、判断を遅らせることまでは求めないと考え、2020
15 (令和2)年6月29日付参考書面として裁判所に提出したところであった(参考書面も参照されたい)。噴火規模が過小評価となれば、敷地における最大層厚も過小評価となる可能性が高い。

本書面は、その後に明らかになった事情も含めて、改めてこの問題を正式に主張する。

20 (2) また、気中降下火砕物濃度の推定が過小となっていることに関しては、これまで、濃度が小さく算出されるよう、現実と異なり、小さい粒径の粒子が極端に少ない粒径分布を用いていることを主張していた。濃度の過小算出の原因として、これとは別に、今回、他の原子力施設における濃度計算を比較する中で、一審被告が、堆積物の密度として小さい密度を採用することで、堆積量を小さく見積もり、濃度が小さくなるようにしていることが判明したので、この点を補充することを目的とする。

25 (3) なお、上記は、2025(令和7)年2月26日付上申書(今後の進行について)に記載した「今後の主張・立証予定」のうち、第1・2項に関するものである。

る。

4 本書面の概要（サマリー）

本書面の概要は次のとおりである。

5

(1) 赤城山は、標高1828mの黒檜山^{くろびやま}を筆頭に、1200～1800m級の峰々が円頂を構成する連山の総称である。山頂中央部には南北4km、東西2kmのカルデラが存在し、裾野の直径（底径）は約2.5kmともいわれ、富士山に次いで日本で2番目の規模となる大型円錐火山である。

10

約50万年前から活動を開始し、約4.5～7万年前のいずれかの時期にカルデラ形成噴火を起こし、約3.2～5万年前に赤城鹿沼テフラ（Ag-KP）噴火が発生している（噴火の時期も噴火規模も、研究者によって区々であり、不確実性が大きいことが分かる）。吾妻鏡には、1251（建長3）年に「赤城嶽焼」との記載があり、気象庁はこれを根拠として赤城山を活火山としている。

15

Ag-KP は、北関東一帯に広く分布し、「鹿沼土」としても有名である（第2）。

(2) 降下火砕物の影響のうち、敷地において到来することが想定される最大層厚に関して、一審被告は、原発に最も大きな影響を与える噴火をAg-KPとし、その噴出物量を5km³、敷地における想定最大層厚を50cmと評価し、原規委もこれを了承している。

20

しかし、控訴審準備書面(6)において、我が国における火山砕屑物（テフラ）研究の第一人者である町田洋・東京都立大学名誉教授の証人尋問の結果なども含めて示したように、そもそも、噴火規模（噴出物量）の想定には大きな不確実性が伴い、噴出物量はオーダー（桁）で把握することしかできないと考えられている。

25

それは、降下火砕物の現在の堆積層厚が、風化・浸食や圧密によって噴火当時の堆積層厚から相当程度減少している可能性があるからであり、特に、降下火砕物が海にまで降灰した場合には、噴出物量に大きな誤差が生じ得るからである。

このような噴火規模想定の不確実性を保守的に考慮せず、現在の堆積層厚を用いた最大噴火規模想定を安易に是認している点で、原規委の判断は、深刻な災害が万が一にも起こらないようにするという法の目的に違反している。

5 また、Ag-KPの噴火規模については、VEI6（噴出物量10 km³超）の噴火だったという専門家の知見（しかも、基本書と呼ぶべき書籍）が存在する。また、一審被告が根拠としている山元（2016）及び山元（2013a）は、降下火砕物堆積物の最小値を求めるLegros法に拠っているところ、そうだとすると、一審被告による噴出物量の想定は、3倍以上の過小評価が存在する可能性があり、この不確実性は保守的に安全側に評価しなければならない。

10 したがって、一審被告が、Ag-KPの噴出物量を5 km³、敷地における想定層厚を50 cmと評価したのは過小であって、上記知見を看過してなされた原規委の基準適合判断は、考慮すべき事項を考慮しなかったという点で不合理である（第3）。

(3) また、一審被告が想定する気中降下火砕物濃度は、前述のとおり、最大層厚50 cmに対して約3.5 [g/m³]であるところ、これは、他の原子力施設と比べても、層厚との比較において極めて小さい数値である。これは、一審最終準備書面（その9）・97頁でも指摘したところであるが、一審被告は、粒径分布をごまかし、小さい粒径の粒子の割合を少なくすることで濃度を過小に算出しているが、これ以外に、降下火砕物の密度を0.8 [g/cm³]と小さく見積もることで、降下火砕物の量（単位面積当たりの重量）を小さく見積もっている。

20 この0.8 [g/cm³]という数値は、降下火砕物の密度に関する一般的な科学的知見や、他の原子力施設における評価と比較しても過小である。そのため、降下火砕物濃度に関する一審被告の評価も過小となっている。これを看過してなされた原規委の基準適合判断は、考慮すべき事項を考慮しなかったという点で不合理である（第4）。

25

第2 赤城山の山地形態について

東海第二原発において、火山事象の影響が大きい火山として、群馬県に位置する赤城山が挙げられる。そこで、本書面の本論である、赤城鹿沼テフラ (Ag-KP) の「噴火規模ないし層厚に関する過小評価」(第3) 及び「気中降下火砕物濃度及び降下火砕物密度に関する過小評価」(第4) について論じる前提として、赤城山の火山としての山地形態について述べる。

1 はじめに

赤城山^{あかぎさん}は、群馬県の北東部に位置する山域の総称である。地形としては、ひとつの火山体ではあるが、名称として「赤城山」という単体の峰はなく、複数の山頂を持つ連山の総称として用いられている。



図表1 赤城山全景¹ (南側から撮影)

15 標高1828mの最高峰である黒檜山^{くろびやま}を筆頭に、駒ヶ岳、長七郎山、地藏岳、荒山、鈴が岳など標高1200mから1800m級の峰々が頂を取り囲んで円頂

¹ 徐維那ほか「鹿沼土の話① - 採掘から製品まで」GSJ地質ニュース vol.8 no.11 (2019) に一部加筆 https://www.gsj.jp/data/gcn/gsj_cn_vol8.no11_p301-307.pdf

を構成して山容を作っている（図表1）。山頂中央部にある南北約4 km、東西約2 kmのカルデラには、カルデラ湖の大沼や現在では湿原となっている覚満淵、火口湖の小沼が存在している（図表2）。



5

図表2 大沼周辺の地図

赤城山の裾野は広く、その直径（底径）は約2.5 kmとも、3.5 km × 2.2 kmともいわれ、約3.5 kmの裾野を持つ富士山に次いで、日本で2番目の規模とされる。群馬県で発行されている「上毛カルタ」でも「裾野は長し赤城山」と詠まれている。

る。

また、赤城山は、古くから山岳信仰の対象として崇められ、山体を大蛇や大百足に見立てた神話や山頂の沼地にまつわる伝承などが数多く語り継がれている。関東一円に約300社の赤城神社が分布し、赤城山の中にも黒檜山の山腹と大沼の湖畔に二社が存在している。

2 成層火山としての赤城山

火山には様々なタイプのものがあり、分類も多様である。1回しか活動していない火山を単成火山、複数回活動している火山を複成火山と呼ぶ。マグマの性質（粘性）と噴火様式に着目した分類として、大きく、①盾状火山、②成層火山、③溶岩ドームの3つが有名である。このほか、④カルデラ（噴火や崩壊などの火山活動によってできた大きな窪地）なども①～③とは区別される。

第四紀（今から258万年前以降の期間）に形成された日本の火山の約7割は成層火山であり、約2割がカルデラ火山、残りはその他のタイプの火山と言われている。

成層火山は複成火山であり、長い期間にわたり何度かの噴火を繰り返して噴出物が次第に積み重なり、やがて円錐形の山容を形成する火山で、富士山を典型例とする。マグマの粘性が高いと爆発的噴火を起こしやすいが、成層火山を形成するのは中間的な粘性のマグマとされる²。赤城山も成層火山のタイプに属しているが、裾野が大きい点は富士山と似ているものの、山頂部が失われカルデラが形成されたことにより山頂がいくつもの峰に分かれていて、富士山と同じ成層火山とは思えない山容となっている。

同じ成層火山でも山容がこのように異なる理由の一つとして、赤城山と富士山

² 鉄や苦土（マグネシウム）に乏しく、珪素や長石を多く含むマグマ（珪長質（流紋岩質）と呼ばれる）ほど粘性が高くなる。反対に、珪素や長石に乏しく、鉄や苦土を多く含むマグマを苦鉄質（玄武岩質）と呼ぶ。苦鉄質は粘性が低く、黒っぽい色になる。中間的なものは、安山岩質と呼ばれる。

の火山としての歴史の違いが挙げられる。赤城山は、富士山よりも形成の時期が古く、約50万年前に形成が始まったのに対し、富士山の形成は古富士山の地代を含めても約10万年前に始まり、赤城山よりも若い火山である。

5 円錐形に形成された成層火山も、時間の経過とともに、浸食作用により破壊され、元の姿を失って徐々に低平化する。また、火山体が成長するのに伴って上昇するマグマの組成や性質（粘性）が変わることもあり、火山体の形が変わることもある。これら時間的、物理的理由によって、同じ成層火山といっても様々な形をしているのである。

10 3 赤城山の火山形成史

次に、赤城山の火山形成史について述べる。なお、以下に述べる形成史はあくまでも一般的な傾向として把握されているものであり、現在、ある時期に該当するから、当面の間大規模な噴火が発生することはないといった噴火予測に用いることができるようなものではない（現在の火山学の水準に照らして、噴火の中長

15 期的予測は困難とされる）。

その前提で、赤城山の火山形成史は、①古期成層火山形成期、②新期成層火山形成期、③中央火口丘形成期の3つの時期に分けられている（「赤城火山の地形及び地質」守屋以智雄、1968年11月、前橋営林局）。

20 (1) 古期成層火山形成期

約50万年前から始まったとされるこの時期は、さらに前期、中期、後期に分けられている。

前期は、溶岩の流出を主とした活動が行われた時期で、山頂付近が急傾斜で、現在よりも底径が小さい割に高く急な山体が形成された。

25 中期になると、溶岩流出に加えて、スコリア（黒色多孔質の火山^{さいせつぶつ} 碎屑物）の噴出が盛んとなり、スコリア堆積物が堆積した。この混合噴火の結果、山頂部は更

に高くなり、標高2500mに達する一大円錐火山が形成された。この後約20万年前、東南斜面で大規模な山体の崩壊が起こり、円錐火山の山頂部は著しく破壊された。

5 後期になると、山頂部の崩壊によって生じた谷部を埋めるようにして、岩屑なだれが山麓に流下して広く山麓に堆積した。

その後、長い活動休止期間に入ると、更に激しい侵食にさらされ、山頂部はいくつかの峰（黒檜山、駒ヶ岳、荒山、船原山、杵形山など）に分かれたと考えられている（図表3）。



10

図表3 地形・地質情報ポータルサイト³より

³ https://www.web-gis.jp/GM1000/LandMap/LandMap_06_015.html

(2) 新期成層火山形成期

約15～18万年前に、再び山頂部に活動が起こり、その噴出物が尾根や谷を埋めて新期成層火山を形成した。現在では、その山体上部が後に発生したカルデラ形成によって失われたため、わかりにくくなっている。

この時期の噴出物はすべて火砕岩で、溶岩流は認められず、プリニー型噴火（1万m以上の高空に軽石が吹き上がり、巨大な噴煙柱が形成される噴火）、プレー型噴火（高温のガス・軽石片などが高速で斜面を流下する噴火）などの爆発的な活動に終始していた。

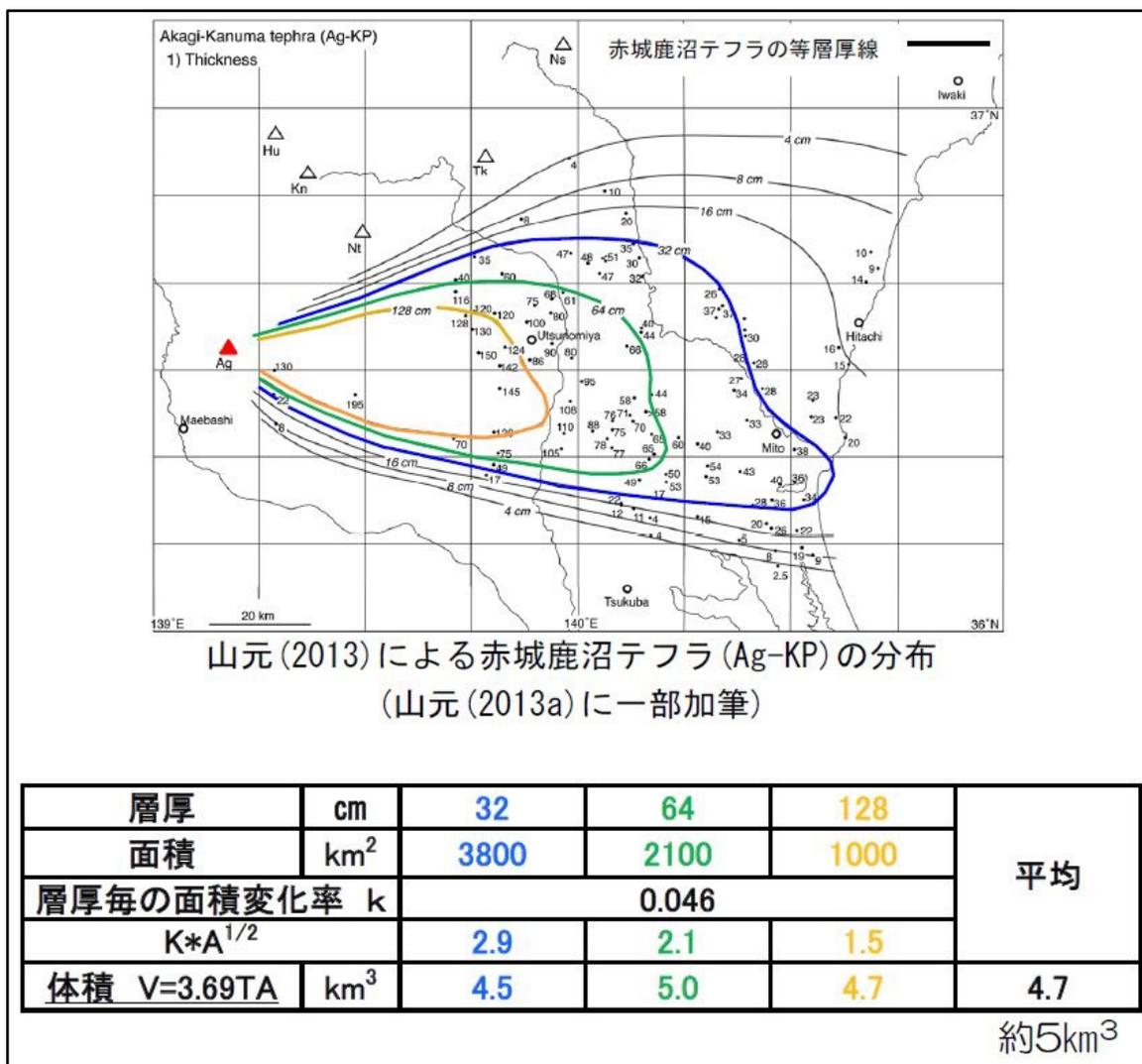
10 新期成層火山形成期の末期と次の中央火口丘形成期の間に、山頂カルデラが形成された。このカルデラは、南北4km、東西2km、面積約7km²の大きさを持ち、200m以上の深さを有していたと考えられている。

(3) 中央火口丘形成期

15 山頂カルデラ形成後、再びカルデラ内で活動が始まる。

カルデラ形成後の最初の大きな爆発的噴火が赤城鹿沼テフラ噴火（Ag-KP）である。カルデラ形成の時期にしても、Ag-KPの噴火時期にしても、様々な研究結果があり、カルデラについていえば、約4.5～7万年前のいずれかの時期で諸説があるし、Ag-Kpについても約3.2万年前という説から5万年前という説までみられる。被控訴人は、約4万4000年前という説を採用しているようである。

25 このテフラは、黄白色で非常に発泡の良い軽石で、植木鉢用の「鹿沼土」として有名である。この軽石層の分布は図表4のとおりであるが、カルデラ壁より7km東に離れた一ノ鳥居で70cm、黒檜山の東麓で2～3mの厚さを持っている。赤城山周辺だけではなく、その東方の群馬県、栃木県、茨城県にわたって広く分布し、100kmも離れた茨城県鹿島まで分布を追跡できる。



図表4 [甲D62](#)・102頁 右下の図表

軽石は、噴火した赤城山に近いほど粒が大きく、100kmほど離れた鹿島になると小さくなるが、栃木県鹿沼市は赤城山から直線で50kmほどのところにあり、粒の大きさが中間的で、長い年月をかけて土壌化し「鹿沼土」となった。鹿沼土は、園芸や農業で非常に名の知れたブランドである。

図表5は、栃木県鹿沼市の園芸品「鹿沼土」を製造する会社所有地の掘削された地層の断面を撮影したものである。これを見ると、二つの関東ローム層の間に挟まれて、約4万4000年前の赤城山の噴火により噴出された軽石が堆積し、現在でも1mを超える鹿沼土の層を形成しており、この時の赤城山の噴火がいか

に大規模なものであったかを物語っている。



図表 5 JR 東日本発行「トランヴェール」2023年12月号

5 図表 6 は栃木県東部の益子町付近の写真であるが、重機との比較でも分かるように、相当多量の降灰があったことが分かる。



図表 6 前掲徐維那ほか (2019) より引用

その後、引き続いて水沼降下火砕岩層が噴出し、2回目の爆発的活動があり、しばらくしてカルデラ湖内に小沼火山と地蔵岳溶岩円頂丘の2つの中央火口丘が形成された。この中央火口丘の形成により山頂カルデラ湖は3つの区域に分けられ、新坂平湖、古大沼、オトギの森湖となったが、現在では乾燥化が進み、大沼が縮小した形で残っているに過ぎない（図表3参照）。

その後は、小沼火山西腹で起こった爆裂と南斜面の断層線に沿って行われた噴気活動以外に著しい活動はなかった。

ただ、鎌倉時代に作成された歴史書の「吾妻鏡」には、「建長三年四月一九日上野国赤木嶽（当時の呼び名）焼」と、噴火とみなせる記述がある。建長3年は1251年であるが、気象庁は、これを根拠に赤城山を活火山と認定している。

もっとも、これに対しては、対応する噴火堆積物が見つかっていないため、山火事ではないかとの説も有力であった（早川由紀夫、1999）。しかし、その後、明らかに噴火活動を示す同年の古文書記録が発見されたため、現在では確たる噴火記録と判断されている（峰岸純夫（2003）、及川輝樹（2012））。

このように、火山研究においては、科学的に確度の高い特定ができない場合も多く、いまだに究明・獲得途上の専門知の領域にあるといえる。

第3 噴火規模（噴出物量5km³）ないし層厚（50cm）に関する過小評価

20 1 原発の安全確保と降下火砕物の噴火規模、層厚及び濃度との関係

(1) 炉規法等の規定と法の趣旨

原発の設置変更許可に係る審査において確認されなければならないのは、「災害の防止上支障がない」こと（炉規法43条の3の6第1項4号）、「想定される自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわない」ことである（設置許可基準規則6条1項）。その趣旨は、1992（平成4）年伊方最判が判示するとおり、原発の稼働によって、深刻な原子力災害を万が一にも起こさないようにす

る必要のあることから、原規委に十分な審査を行わせるためである。

したがって、具体的審査基準の合理性審査においては、設置許可基準規則及び令和元年火山ガイドの規定が、「災害の防止上支障がない」ものといえるか、深刻な災害が万が一にも起こらないといえる内容になっているかが厳格に審査されるべきである。

また、基準適合判断の合理性審査においても、具体的審査基準の内容につき、法の目的に適合するように解釈し、本件原発に係る評価がこの解釈に適合するかが厳格に審査されるべきである。

10 (2) 降下火砕物の噴火規模、層厚及び濃度想定と人格権侵害の具体的危険

ア 降下火砕物が原発に与える影響には、令和元年火山ガイド5.1項(1)(a)で定めるような直接的影響のほか、同(b)で定めるような間接的影響がある。

敷地に到来する降下火砕物の想定最大層厚に係る評価を誤る（過小評価する）と、降下火砕物の荷重によって安全機能を有する構築物、系統及び機器の健全性が損なわれたり、取水設備、冷却海水系統等安全上重要な設備が閉塞したりする可能性がある（直接的影響の確認事項①及び②参照）。

重要施設が荷重に耐えられなければ、「冷やす」「閉じ込める」機能を喪失して放射性物質が施設外に大量に放出される事故につながる危険がある。また、取水設備等が閉塞すれば、「冷やす」機能を喪失して炉心損傷、炉心溶融などの大規模事故につながる危険がある。

したがって、降下火砕物の想定最大層厚評価、すなわち「降下火砕物はこれ以上の厚さには積もらない」という評価に過誤があり、想定を超える層厚が到来する可能性が否定できない場合には、その過誤は「看過し難い」ものであり、人格権侵害の具体的危険を推認させる。

イ また、敷地に到来する気中降下火砕物の想定濃度に係る評価を誤る（過小評価する）と、換気空調系統のフィルタ目詰まりや非常用ディーゼル発電機の損傷等

を惹き起こす可能性があるほか、中央制御室における居住環境を害する可能性がある。さらに、降下火砕物がわずかに堆積するだけでも外部電源を喪失し、アクセス制限が生じ、長期間継続する可能性がある。

5 外部電源の喪失に非常用ディーゼル発電機の損傷が加わると、「冷やす」機能を喪失して炉心損傷、炉心溶融などの大規模事故につながる危険がある。また、換気空調システムのフィルタ目詰まりが発生したり、重要施設内に降下火砕物が侵入したりすれば、電気系や計装制御系の機器の故障につながり、中央制御室の居住環境が維持できなければ、異常事態の収束に向けた活動が不能となることから、深刻な事故につながる危険がある。

10 したがって、降下火砕物の想定濃度評価に過誤があり、想定を超える濃度が到来する可能性が否定できない場合には、その過誤は「看過し難い」ものであり、人格権侵害の具体的危険を推認させる。

ウ さらに、噴火規模（噴出物量）の推定は、火山ガイド上、降下火砕物の影響評価の前提として重要となる。令和元年火山ガイドは、5章柱書において、原則として、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ているが（[甲D202・11頁](#)）、解説-19.において、敷地及びその周辺において堆積が観測されない場合には、①類似火山の降下火砕物堆積物の情報のほか、②火山の総噴出量、噴煙中高度など関連パラメータを用いた数値シミュレーションによって層厚を求めることとしている。

20 このように、降下火砕物の想定噴火規模（噴出物量）評価は、層厚に大きな影響を与えるものであって、その評価を誤ると、想定を超える規模の噴火が発生し、敷地に想定を超える層厚の降灰が到達する可能性がある。そうすると、アで指摘したような機序により、重大な事故につながる危険がある。

25 したがって、降下火砕物の想定噴火規模（噴出物量）評価に過誤があり、想定を超える規模の噴火が発生する可能性が否定できない場合には、その評価の過誤は「看過し難い」ものであり、人格権侵害の具体的危険を推認させる。

(3) 法の趣旨・目的を踏まえた解釈 - 想定を超える事態はほぼ起こらないといえなければならないこと

5 最大層厚の想定値は、「これ以上の層厚の降灰はほぼ起こらない」といえる保守的なものでなければならない。また、最大層厚の大小は、噴火規模（噴出物量）の大小に大きな影響を受けるため、噴火規模（噴出物量）の想定についても、「これ以上の規模の噴火はほぼ起こらない」といえる保守的なものでなければならない。濃度についても基本的には同様である。

10 これは、科学的に確実にいえることだけに対処すれば足りるということではない。例えば、基準津波の策定に関して、「基準津波の策定に当たっては、最新の知見に基づき、科学的想像力を発揮し、十分な不確かさを考慮していることを確認する」という基本方針が示されているが（基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド3.2項(2)）、これは津波に限られる理由はなく、地震動や噴火など、津波と同様に不確実性の大きい他の自然現象にも等しく妥当する。不確実性があるからこそ、科学的想像力を発揮して、不確実性をカバーできるだけの保守性が適切に見込まれているかが確認されなければならない。

15 これと異なる解釈は、深刻な災害を万が一にも起こさないという法の目的に違反する解釈であり、裁量権の逸脱・濫用とされるべきである。

20 (4) 噴火規模（噴出物量）の推定に関する火山学の標準的な知見

ア そもそも、噴火規模（噴出物量）の推定には大きな不確実性が伴う。そのため、科学的に最も確からしいと思われるような数値（近似値）を導いたとしても、実現象がそれを超える規模であった可能性を否定しきれない。そのため、少なくとも、「これ以上の規模の噴火はほぼ起こらない」というためには、噴火規模推定に含まれる不確実性をカバーできるような保守性を見込んだものでなければならない。

イ この噴火規模推定の不確実性に関しては、控訴審準備書面(6)・16～19頁で詳述しているところであるが、さらに、テフラ学の基本的な書物である『新編火山灰アトラス』には次のような記載がある。

すなわち、テフラの体積を求めるには、「プリニアンテフラの場合、一般に等層厚線図を基礎とする。ただし精度の高い等層厚線が描けるのは限られた場所で、地層として保存されにくい遠方ではほとんど不可能である。したがって遠方に堆積したテフラの層厚、面積を求める上の外挿のしかたが総噴出量の見積りに大きな影響を与える。これまで提案されてきた等層厚線図を基準とする諸方法は、… (略) …多様である。… (略) …同じテフラにこれらの諸方法を適用して噴出量を比較すると、甚だしい場合には2～3倍も違う。いずれもいくつかの問題点を含んでいるからである。… (略) …このようにして求められた総噴出量は、精度は高くないにしても数値のオーダーで整理し、噴煙柱高度と組み合わせて火山爆発度指数 VEI (Volcanic Explosivity Index) でクラスを表すことが提案されている。」(甲D309・9～10頁)。

ウ この点について、さらに詳細な証言がなされたのが町田松山尋問であり(甲D269)、控訴審準備書面(6)・16～17頁の内容である。

町田教授が指摘する問題点のうち、本件でも問題となるのは、Ag-KP が約4万4000年前の噴火であり、風化・浸食や圧密の影響を受けていること、降下火砕物が遠方まで広がる大規模噴火であるという点でも保存されにくいこと、海にまで到達しているために精度の高い等層厚線を引くことができず、大きな誤差が生じ得ること等である。

一審被告の評価及び原規委の判断は、このような基本書に記載されているレベルの知見(考慮しなければならない知見)を考慮せずになされたものというほかない。

25

(5) 噴火規模は本来オーダー(桁)で把握することしかできないこと

- ア 噴火規模に関する上記のような不確実性を踏まえ、町田教授は、噴火規模について、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といい（[甲D269](#)・番号21～30）、また、前述のとおり、海では痕跡が残りにくいいため、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という（[甲D269](#)・番号37）。
- イ また、新たな場所で新しくテフラの堆積（痕跡）が見つかり、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とはできない（[甲D269](#)・番号31～38）。マグマ学の世界の権威である巽好幸・神戸大学名誉教授は、「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）。
- ウ 町田氏は、噴出物量について、桁（オーダー）で議論しているのだから、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ふ、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）。
- エ 火山ガイドや電力事業者は、噴火規模を精度良く把握しており、これ以上の規模の噴火は発生しないかのような前提に立っているが、この噴出物量の推定自体に非常に大きな誤差があり、少なくとも、深刻な災害が万が一にも起こらないように万全の安全を確保すべき原発の審査において、「これ以上の規模の噴火はほぼ起こらない」といえるような精度の高いものではないことが念頭に置かれるべきである。

(6) 火山ガイドにおける層厚評価の解釈

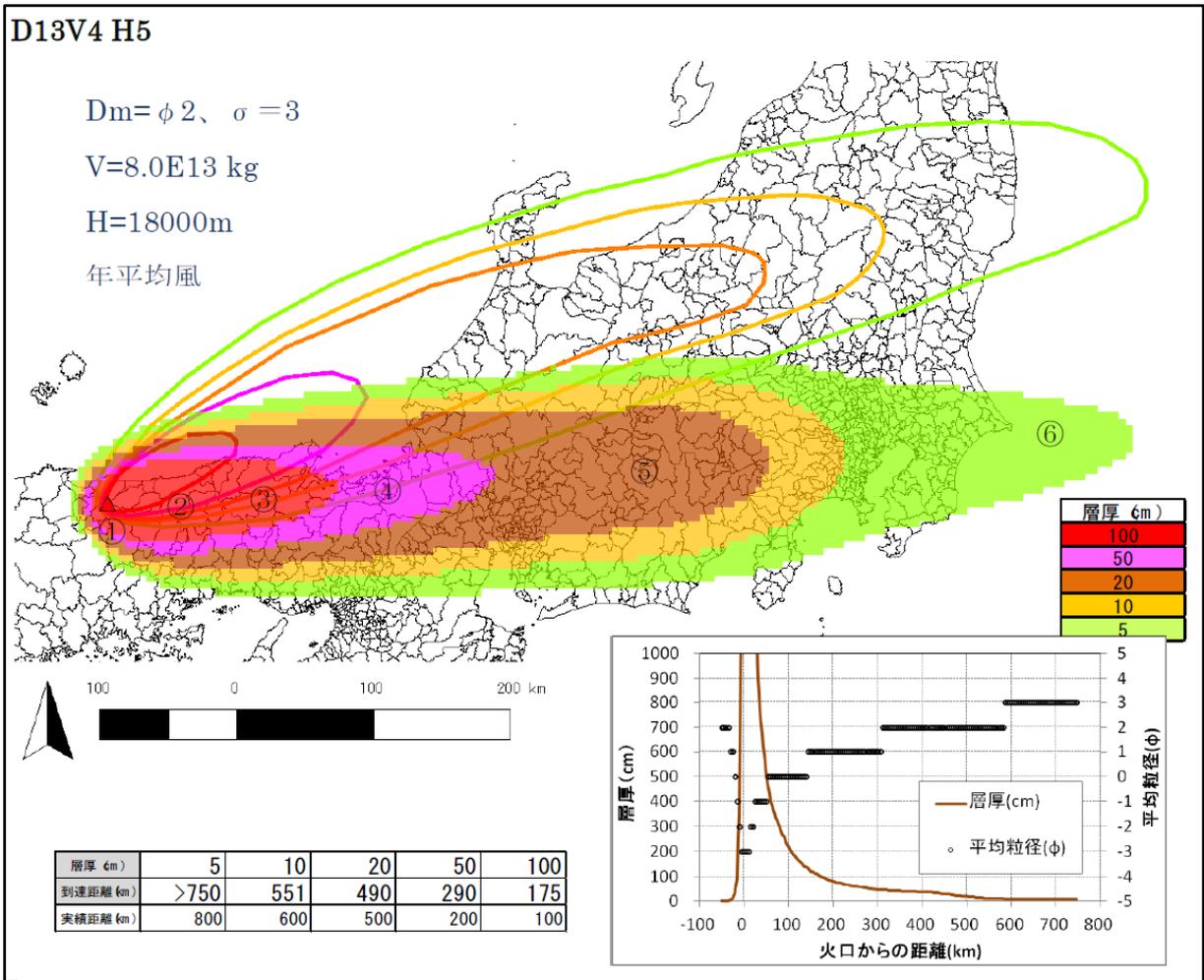
- ア 前述のとおり、令和元年火山ガイドは、5章柱書において、原則として、敷地及びその周辺調査から求められる単位面積当たりの質量と同等の火砕物が降下するものとするとしているが（[甲D202](#)・11頁）、解説-19.において、敷地及び

その周辺において堆積が観測されない場合には、①類似火山の降下火砕物堆積物の情報のほか、②火山の総噴出量、噴煙中高度など関連パラメータを用いた数値シミュレーションによって層厚を求めることとしている。

5 この規定を素直に解釈すると、①や②の検討を行うのは敷地及びその周辺において堆積が観測されない場合のみであり、敷地及びその周辺において堆積が観測された場合には、①や②の検討を行わず、敷地及びその周辺において観測された数値を用いればよいかのようにも思われる。

イ しかし、火山ガイドは、「敷地及びその周辺において観測されたのと同等」と記載しているのではなく、「敷地及びその周辺調査から求められる… (略) … (の) 10 と同等」と定めていることに注意すべきである。敷地及びその周辺において確認された層厚（実測値）だけを考慮すれば足りるという趣旨と解すべきではない。

例えば、Aという火山のaという噴火によって、敷地及びその周辺では10cmの降下火砕物の堆積しか観測されなかったとしても、次にaと同規模の噴火が発生した場合にも10cmを超える降灰はない、ということにはならない。なぜなら、
15 降下火砕物の堆積は、噴火規模（噴出物量）のほかに、風向や風力などに大きな影響を受けるからである。具体例として、鳥取県の^{だいせん}大山における過去最大の噴火である大山倉吉テフラ（DKP）噴火を挙げる（図表7）。



図表7 大山倉吉テフラ噴火による降灰と風向の関係

DKPは、大山から東北東方向に伸びて能登半島や新潟、福島方面にまで広く分布する降下火砕物である（図表7の実線部分）。そのため、若狭湾の原発周辺では、10cm程度の降灰しか確認されない。しかし、風向が少しでも南側に寄れば、若狭湾の原発周辺にも50～100cmの降灰が生じることが分かる（図表7の色塗り部分）。そして、風向や風力は、不確実性の極めて大きいものであり、次の噴火が発生する場合に、原発にとって最も不利な風向・風力にならないという科学的保証は全くない。

敷地及びその周辺において確認された層厚（実測値）だけを考慮したのでは、深刻な災害が万が一にも起こらない、「これ以上の層厚の降灰はほぼ起こらない」

とは到底いえないのである（噴火時に、少しでも風向が変われば、容易に想定を超える層厚になってしまう）。

したがって、①や②の検討は、不確実性を保守的に考慮して、敷地及びその周辺において堆積が確認される場合であっても実施されなければならない。令和元年火山ガイド5章柱書の規定も、敷地及びその周辺調査から合理的に想定される単位面積当たりの質量の火砕物が降下すると解釈すべきであり、それが炉規法及び設置許可基準規則の趣旨に合致する。これと異なる解釈は、「災害の防止上支障がない」という法の目的に反する解釈であって、裁量権の逸脱・濫用になる（もっとも、一審被告もそのような評価は行っておらず、敷地及びその周辺で堆積が確認されていても数値シミュレーションを実施しているため、この点は、本件で争点とはならないと思われる）。

ウ また、(4)及び(5)で述べたとおり、火山における噴火規模（噴出物量）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。特に、本件の赤城鹿沼テフラ噴火（Ag-KP）のように、噴出物が海にまで到達しており、噴出物量の想定が困難な場合には、なおさら大きな不確実性を含む。

前述のとおり、「深刻な災害が万が一にも起こらないようにする」という法の趣旨や炉規法及び設置許可基準規則の規定の趣旨に照らして、噴火規模（噴出物量）の推定は、科学的想像力を発揮し、そこに含まれる不確実性の大きさを保守的に考慮したものでなければならない。

そうすると、科学的に一応妥当と考えられる近似値では足りず、不確実性を保守的に考慮した上限値（これを超えることはほぼないと考えられる値）でなければならない。例えば、科学的にもっともらしいと考えられる噴火規模を2倍する（いわゆる倍半分の誤差を考慮）などといったことが考えられる。

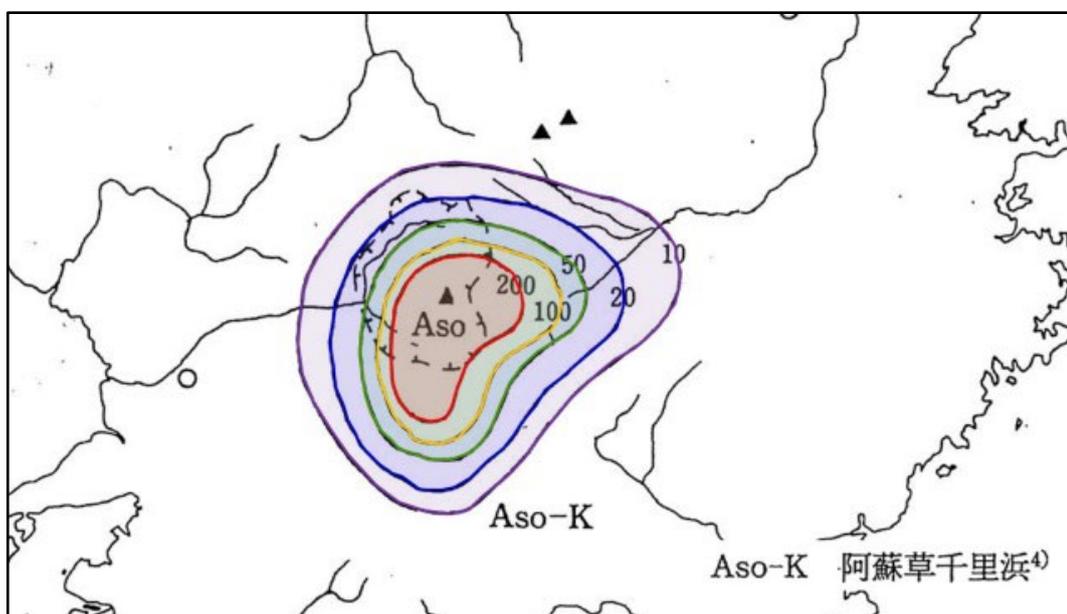
少なくとも、このような保守的な検討・評価がなされなければ、災害の防止上支障がない、深刻な災害が万が一にも起こらないようにするとはいえず、法の目的に反する。

2 噴火規模（噴出物量）の推定方法と一審被告の評価

(1) 噴火規模（噴出物量）の推定方法

火山学における、一般的な噴火規模の推定方法については、控訴審準備書面(6)・
5 14～16頁で詳述した。

簡単に言えば、現在確認できる堆積層の地点と厚さを地図上にプロットして等層厚線図を作成し、面積と厚さをかけ合わせることで、体積を算出する(図表8)。



図表8 阿蘇・草千里ヶ浜噴火における等層厚線図の例

10

算出の基礎となるのは、あくまでも現在の堆積量（体積）であるから、降灰当時の堆積量（実際の噴火による堆積量）とは必ずしも一致しない。町田洋教授の共著である『新編 火山灰アトラス』によれば、「できる限り保存状態の良い堆積層をプロットするが、それでも堆積当時には及ばない」とされている（[甲D30](#)

15

[9](#)・10頁）。

(2) Legros 法は最小体積を求めるものであること

控訴審準備書面(6)・17頁で述べたとおり、噴出物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9)。

Abstract

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.

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。

5

図表9 [甲D271の2](#)・1頁

Legros 法は、1つの等層厚線しか入手できなくても、おおよその最小体積を求めることができるという利点がある。しかし、当然ながら、1つの等層厚線だけで推測するために不確実性が大きいし、最小体積が、「不確実性を保守的に考慮した上限値 (これ以上にはならないと考えられる値)」ではないことはいうまでもない。

(3) 一審被告の評価

15 ア 一審被告は、まず、本件原発に影響を及ぼし得る火山の抽出として、赤城山を

含む 1 1 火山及び 2 火山を抽出し(甲D308・74～75頁)、影響評価として、本件原発敷地に最も多量の降灰をもたらすものとして、赤城山の赤城鹿沼テフラ (Ag-KP) を挙げている (甲D308・76頁)。

影響評価に係る審査書の記載は図表10のとおりである。

(2) 降下火砕物については、文献調査結果、地質調査結果及び位置関係も含めて検討した結果、敷地及びその周辺において降灰層厚と噴火規模が最も大きいものは、赤城鹿沼テフラである。赤城鹿沼テフラは、敷地周辺では町田・新井(2011)によると10cm～40cm、山元(2013)によると16cm～32cm、敷地近傍では20cm程度の層厚が示されている。また、敷地及び敷地近傍での地質調査結果では、約15cm～約20cmである。以上の文献調査及び地質調査の結果から、敷地周辺における層厚のばらつきを考慮した場合、過去の分布状況から想定される層厚として約40cmと評価される。さらに、敷地における降下火砕物の層厚を検討するため、活動履歴の検討結果を踏まえ、山元(2013)及び山元(2016)の噴出量5km³を設定し、移流拡散モデルを用いたシミュレーションを実施した結果、最大層厚としては、約49cmであった。また、赤城鹿沼テフラと規模が同じ噴火における降灰分布の事例から、その層厚の分布と噴出源との距離を整理した結果、赤城山と敷地の距離に相当する位置での層厚は最大でも約23cmであった。

(3) 以上の検討から、敷地における降下火砕物の最大層厚を50cmと設定した。降下火砕物の粒径及び密度は、文献調査及び地質調査結果を踏まえ、粒径を8mm以下、乾燥密度を0.3g/cm³、湿潤密度を1.5g/cm³と設定した。

5

図表10 甲D308・76～77頁

すなわち、本件原発敷地における Ag-KP 規模の噴火による降下火砕物の最大層厚を求める方法として、①文献調査、地質調査等に基づく敷地周辺における層厚(10～40cm、16～32cm)として約40cm、②移流拡散モデルを用いたシミュレーション結果として約49cm、③Ag-KP と規模が同じ噴火における降灰分布事例として約23cmという3つの方法を用い、最大層厚を50cmと設定している。

イ 上記方法のうち、最大層厚に影響を与えるのは②のシミュレーションである。

15 一審被告は、まず、山元(2016)及び山元(2013a)(それぞれ、丙D121及

び丙D120)に基づいて噴出物量を設定している(図表11)。

4. 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 4.1 降下火砕物の影響評価(2)降下火砕物シミュレーション					
解析条件設定				第482回審査会合 資料1 修正	
解析条件のうち粒径及び粒子密度の設定についてTephra2で推奨される他の噴火事例等を参考に実際の分布と解析結果が整合するパラメータを検討した結果 ^{※1} 、以下の条件を設定した場合において実際の分布と概ね整合した結果が得られた。 <ul style="list-style-type: none"> 中央粒径、粒径の標準偏差が小さい噴火事例を参考に設定 粒子密度をすべて軽石の密度に設定 					
※1 解析条件設定の検討に関する詳細を資料6-2「2.3 降下火砕物シミュレーション解析条件に関する」に記載					
設定噴火規模	パラメータ	単位	設定値	設定根拠等	
赤城鹿沼テフラ (Ag-KP)	噴出量(見かけ体積量)	km ³	5	山元(2016)及び山元(2013a)に基づき設定 (見かけ体積量に降下火砕物の密度900kg/m ³ を乗じた4.0×10 ¹³ kgを設定)	
	噴煙柱高度	km	25	同程度の規模の噴火(VEI5)の一般値(Newhall and Self (1982)による)に基づいて設定	
	噴煙柱分割高さ	m	100	高年(2013)より設定	
	粒径	最大	mm (Φ)	1,024 (-10)	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		最小	mm (Φ)	1/1,024 (10)	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		中央	mm (Φ)	1/2 (1.0)	Tephra2のconfigfileに示される他の噴火事例に基づいて設定(エトナ1998年噴火の例を参照)
		標準偏差	mm (Φ)	1/3 (1.5)	Tephra2のconfigfileに示される他の噴火事例に基づいて設定(エトナ1998年噴火の例を参照)
	粒子密度 ^{※1}	t/m ³	1.0	噴出物を構成する粒子が全て軽石と想定 なお、山元(2013a)において赤城鹿沼テフラは発泡の良い軽石火山礫からなるとされており、当社地質調査 ^{※3} においても軽石主体であることが確認されている。 ^{※3}	
	見かけの渦拡散係数 ^{※2}	m ² /s	0.04	高年(2013)より設定	
	拡散係数 ^{※2}	m ² /s	10,000	高年(2013)より設定	
	Fall Time Threshold ^{※2}	s	3,600	高年(2013)より設定	
	Plume Ratio	-	0.1	Tephra2のconfigfileに示された事例に基づく一般値	
	噴出源	X(東距)	m	338,296	「日本の火山(第3版)」(中野他(2013))より設定
Y(北距)		m	4,047,614		
標高		m	1,828		

※2 粒子の密度設定と拡散の計算(見かけの渦拡散係数、拡散係数、Fall Time Thresholdの扱い)についての詳細は資料6-2「2.3 降下火砕物シミュレーション解析条件に関する検討(Tephra2における粒子の密度設定と拡散の計算について)」に記載
 ※3 敷地周辺(敷地及び敷地近傍を含む)における地質調査結果については6-1-64~73に掲載。また、噴出源(赤城山)周辺の産状(粒子構成)を確認した結果については資料6-2「2.3 降下火砕物シミュレーション解析条件に関する検討(赤城鹿沼テフラの噴出源周辺の産状)」に記載

図表11 丙D116・6-1-79頁

5 イ 山元(2013a)は、赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)について、図表12のとおり、32cm、64cm及び128cmの等層厚線によって囲まれる面積だけから体積を計算し、Legros法を用いて、最小体積を約5km³(堆積物の平均密度を800kg/m³として岩石換算最小体積は約2×10⁰km³DRE、最小質量は約4×10¹²kg)としている(丙D120・274頁)。

10 体積を計算する根拠とされた面積については、同論文中で、図表13のとおり示されている。

論文 - Article

栃木ー茨城地域における過去約 30 万年間のテフラの再記載と定量化

山元孝広

要 旨

栃木ー茨城地域に分布する過去約 30 万年間のテフラを、未公表資料を追加して層序・分布・構成物・噴火年代・マグマ体積について再記載した。これらのテフラは高原火山、男体火山、赤城火山、飯土火山、榛名火山から噴出したものである。本報告では、域内のマグマ体積が 0.1 km^3 DRE 以上のものについてはもれなく記載している。最大規模は約 4.4 万年前の赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)で、その最小マグマ体積は 2 km^3 DRE である。さらに、本報告では栃木県中央部で掘削された KRI コアについての桑原 (2009) のテフラ層序記載を改めている。これは、桑原(2009) のテフラ対比に重大な間違いがあるためである。再記載された新テフラ層序は、この地域の地層対比や地質環境の長期予測の基礎となろう。

- 251 -

6.1 赤城鹿沼テフラ (Ag-KP)

降下火砕堆積物の 32-64-128 cm 等層厚線が囲む面積 (Table. 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約 $5 \times 10^0 \text{ km}^3$ (堆積物の平均密度を 800 kg/m^3 として岩石換算最小体積は約 $2 \times 10^0 \text{ km}^3$ DRE, 最小質量は約 $4 \times 10^{12} \text{ kg}$) である。

- 274 -

図表 1 2 山元 (2013a) ([丙D120](#))・表題部、251 頁及び 274 頁を抜粋・加筆

第 4 表 降下火砕堆積物の等層厚線の囲む面積と最小体積
Table. 4 Area within isopachs and minimum volume of pyroclastic fall deposits.

Tephra	4-cm-isopach (km^2)	8-cm-isopach (km^2)	16-cm-isopach (km^2)	32-cm-isopach (km^2)	64-cm-isopach (km^2)	128-cm-isopach (km^2)	Min Volume (km^3)
Ag-KP	n.d.	n.d.	n.d.	3.8E+03	2.1E+03	1.0E+03	4.7E+00

5 図表 1 3 山元 (2013a) ([丙D120](#))・270 頁 第 4 表を抜粋

ウ また、山元論文がいずれも Legros 法を用いていることは、図表 1 4 及び図表 1 5 のとおりである。山元氏も、真の体積がこの数倍以内になることまでは認めている (2 倍になれば、Ag-KP の VEI は 6 になる)。

<p>テフラのうちの降下火砕物堆積物の体積については、各等層厚線と等層厚線が囲む面積の関係から見積もっている。火口近傍の堆積物層厚が測定できたテフラの場合は、各層厚と面積の相関から遠方部の層厚分布をグラフ上で作図・外挿し、各層厚毎の体積を積算して計測している。一方、火口近傍の堆積物層厚が測定できていないテフラの場合は、<u>Legros (2000)の簡便法を用いて体積を見積もっている</u>。この方法は<u>一つの等層厚線の面積から全体積の最小値を与える</u>もので、降下火砕堆積物全体の等層厚分布が把握できていない場合にも用いることが可</p>	<p>能である。また、<u>真の体積はLegros (2000)の最小値の数倍以内であることが多い</u>。このLegros (2000)の簡便法は、Pyle (1989)の手法を拡張したものであるが、信頼性の高い結晶法適用例の平均値を用いるHayakawa (1985)の経験則と結果的に算術式の形は同じであり、Legros法最小体積はHayakawa法体積の約1/3となる。このことは第一次近似としてHayakawa (1985)の経験則は有効であり、既存文献にある彼の手法で決められた値もその意味を理解していれば十分使えるものであることを意味している。</p>
---	---

図表 1 4 山元 (2013a) ([丙D 1 2 0](#))・2 5 2 頁、2 6 3 頁

<p>降下軽石堆積物のマグマ体積については、<u>山元(2012, 2013a)の値をそのまま採用している</u>(Table 2)。手法としては、各テフラの火口近傍の堆積物層厚が測定できていないため、<u>Legros(2000)の各等層厚線と等層厚線が囲む面積の関係から体積を推定する簡便法を用いている</u>。この方法は一つの等層厚線の面積から<u>全体積の最小値を与える</u>もので、降下火砕堆積物全体の等層厚分布が把握できていない場合にも用いることが可能である。また、<u>真の体積はLegros(2000)の最小値の数倍以内であることが多い</u>。このLegros(2000)の簡便法は、Pyle(1989)の手法を拡張したものであるが、信頼性の高い結晶法適用例の平均値を用いるHayakawa(1985)の経験則と結果的に算術式の形は同じであり、<u>Legros法最小体積はHayakawa法体積の約1/3となる</u>。</p>

5

図表 1 5 山元 (2016) ([丙D 1 2 1](#))・1 2 0 頁

エ なお、山元氏がいう「 km^3 DRE」という単位について、産業技術総合研究所（以下「産総研」という。）の地質調査総合センターが運営する「日本の火山」というホームページの中の「データの表記法」というコンテンツには、噴出量（見かけ km^3 ）とマグマ噴出量（DRE km^3 ）の違いについて、次のように説明されている（図表 1 6）。見かけの噴出量は、マグマ噴出量（DRE km^3 ）の約 2.5 倍程度と考えてよい。

10

● **噴出量** イベント表示 堆積物表示

噴火イベントによってもたらされた噴出物の量を、**噴出量（見かけ km³）**と**マグマ噴出量（DRE km³）**で示しています。「噴出量（見かけ km³）」は、噴火による堆積物の見かけの体積値をあらわしています。噴火による堆積物は、その噴火に関連したマグマに起源を持つ「本質物質」と、噴火によって既存の山体や基盤岩が破碎・放出された「類質物質・外来物質」から構成されます。厳密にはそれらのうちの本質物質の量がマグマ噴出量を示すこととなります。

しかし、堆積物の本質物質、類質物質、外来物質の厳密な量比を求めることは容易ではありません。また、そのようなデータも一部の堆積物を除き、ほとんど報告されていません。そこで、本データ集ではマグマ噴火およびマグマ水蒸気噴火による噴出物を、100%本質物質で構成されているものと近似し、それをDRE（Dense Rock Equivalent）換算したものを「マグマ噴出量（DRE km³）」として示しています。なお、ごく一部の噴出物では本質物質とそれ以外の量比が求められており、それに基づいたマグマ噴出量が報告されているものがあります。その場合はそれらのデータを用いています。

DRE換算体積とは、すべてのタイプの噴出物を溶岩と同じ比重にしたときに相当する体積を示します。火山噴出物は堆積物のタイプによって比重が異なっています。例えば、降下火砕物や火砕流では1 g/cm³程度、溶岩では2.5 g/cm³程度です。つまり、見かけの体積は同じでも、火砕物と溶岩では質量が異なることとなります。たとえば上記の比重を仮定すると、見かけの体積で2.5 km³の降下火砕物は、DRE換算体積では1 km³となります。溶岩の比重はマグマの比重とほぼ同程度であるため、DRE換算体積はほぼマグマの体積に一致することとなります。

図表 1 6 地質調査総合センターの web サイト⁴

オ これらを踏まえて一審被告が原規委に提出した資料が図表 4 である。3 2 cmの
5 等層厚線（青色）、6 4 cmの等層厚線（緑色）及び1 2 8 cmの等層厚線（黄色）で
囲まれた部分の面積から、噴出量 5 km³が妥当な噴出量であると結論し、Tephra2
による降灰シミュレーションのパラメータとしてこれを用いることとしている。

そして、噴出物量を 5 km³と設定して Tephra2 による降灰シミュレーションを実
施したところ、最大層厚としては、約 4 9 cmとなったことから、敷地における降
10 下火砕物の最大層厚を 5 0 cmと設定した、というわけである（図表 1 0、[甲D 3
0 8](#)・7 6～7 7頁）。

(4) 原規委の基準適合判断

⁴ <https://gbank.gsj.jp/volcano/eruption/explanation/description2.html>

- ア 上記一審被告の評価に対する原規委の判断が、図表17である（[甲D308・77頁](#)）。一審被告が、当初、赤城鹿沼テフラの敷地における最大層厚を、文献調査の結果に基づいて40cmと評価していたことに対し、最新の文献調査と地質調査の結果を再検討するとともに、降下火砕物シミュレーションも含めた総合的な
- 5 検討に基づき評価することを求めている。
- イ これに対し、一審被告は、前記(4)のとおり、Ag-KPの噴出物量を5km³と設定して降灰シミュレーションを行い、その結果、敷地における降灰が49cmとシミュレートされたことから、敷地における降下火砕物の最大層厚を50cmとした。
- ウ これを受け、原規委は、上記最大層厚等について、①最新の文献調査及び地質
- 10 調査結果を踏まえ、降下火砕物の分布状況、②降下火砕物シミュレーション及び③他の同規模の分布事例による検討結果から総合的に判断し、不確かさを考慮して適切に設定されていることから、妥当であると判断した（[甲D308・77頁](#)）。

規制委員会は、審査の過程において、申請者が当初、赤城鹿沼テフラの敷地における最大層厚を文献調査の結果から40cmと評価していたことから、最新の文献調査と地質調査の結果を再検討するとともに、降下火砕物シミュレーションにおいて不確かさを含めたシミュレーション結果を補完的に活用し総合的な検討に基づき評価することを求めた。

これに対して、申請者は降下火砕物の分布状況、降下火砕物シミュレーション及び他の同規模の降下火砕物の分布事例による検討結果から、敷地における降下火砕物の最大層厚を50cmと設定した。

規制委員会は、申請者が実施した設計対応不可能な火山事象以外の火山事象の影響評価については、文献調査、地質調査等により、本発電所への影響を適切に評価していることから、火山ガイドを踏まえていることを確認した。

また、規制委員会は、申請者が設定した降下火砕物の最大層厚等は、最新の文献調査及び地質調査結果を踏まえ、降下火砕物の分布状況、降下火砕物シミュレーション及び他の同規模の分布事例による検討結果から総合的に判断し、不確かさを考慮して適切に設定されていることから、妥当であると判断した。

図表17 [甲D308・77頁](#)

3 基準適合判断の不合理性① - 現在確認できる層厚は堆積当時の層厚に及ばないという火山学の常識の不考慮

5 (1) 一審被告は現在確認できる層厚を前提に噴火規模（噴出物量）の想定を行っていること

前述のとおり、一審被告は、山元（2016）及び山元（2013a）（それぞれ、[丙 D 1 2 1](#)及び[丙 D 1 2 0](#)）に基づいて噴出量を設定している（図表 1 1）。

10 そして、山元（2013a）は、赤城鹿沼テフラ（Ag-KP）について、図表 1 2 のとおり、現在確認できる 3 2 cm、6 4 cm及び 1 2 8 cmの等層厚線によって囲まれる面積から堆積物の体積を計算している。これは、当然ながら、現在確認できる堆積物の体積である。

(2) 現在確認できる層厚は堆積当時の層厚には及ばないこと

しかし、現在確認できる層厚は、噴火当時、堆積当時の層厚とは異なる。

15 すなわち、現在判明している堆積物は、降灰から数千～数万年が経過したものであるのに対し、火山影響評価にとって重要なのは、降灰当時の堆積量がどの程度なのかである。現在確認できる堆積物の量は、噴火から相当期間が経過したことにより、浸食・風化による影響を受け、圧密の影響を受けているため、この影響を考慮しなければならない。

20 令和元年火山ガイドも、堆積量について、「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」と注意的に記載している（令和元年火山ガイド・5章柱書）。

25 また、本件では、特に、Ag-KPによる降灰は海にまで達しており、町田教授が指摘するように、噴火規模（噴出物量）の想定にはなおさら大きな不確実性が含まれている。

以下、風化・浸食と圧密について説明する。

(3) 浸食・風化とその影響

ア 火山堆積物の層厚は、風化・浸食によって減少する。

- 5 浸食等について、『新編 火山灰アトラス』によれば、「風で飛ばされてきたのだから、いったん堆積しても風や流水で再移動しやすいことは当然である。したがって、地表が裸地よりも植生におおわれている方がテフラをつなぎ止めやすい。」とか「テフラ層は溶結凝灰岩のような固結した地層を除くと、侵食されやすくまた風化されやすい地層である。テフラ堆積直後、植生の被覆が不十分な時代には、
- 10 とくに再移動しやすい。流域にテフラが降下堆積したり火砕流が流下した川では、数十年以上土砂の移動が激しい荒れ川となる例は枚挙に暇がない。」とか述べている ([甲D309](#)・8頁)。

イ また、鹿園直建・慶応義塾大学教授（岩石学）ほかによれば、火山ガラスは、経年とともに溶解するものとされている ([甲D139](#)・177頁)。

- 15 ウ さらに、寺井良平氏によれば、「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。…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…得られている」として ([甲D140](#)・59頁)、1000年に0.003～0.02mmほど風化が進むことを指摘している。

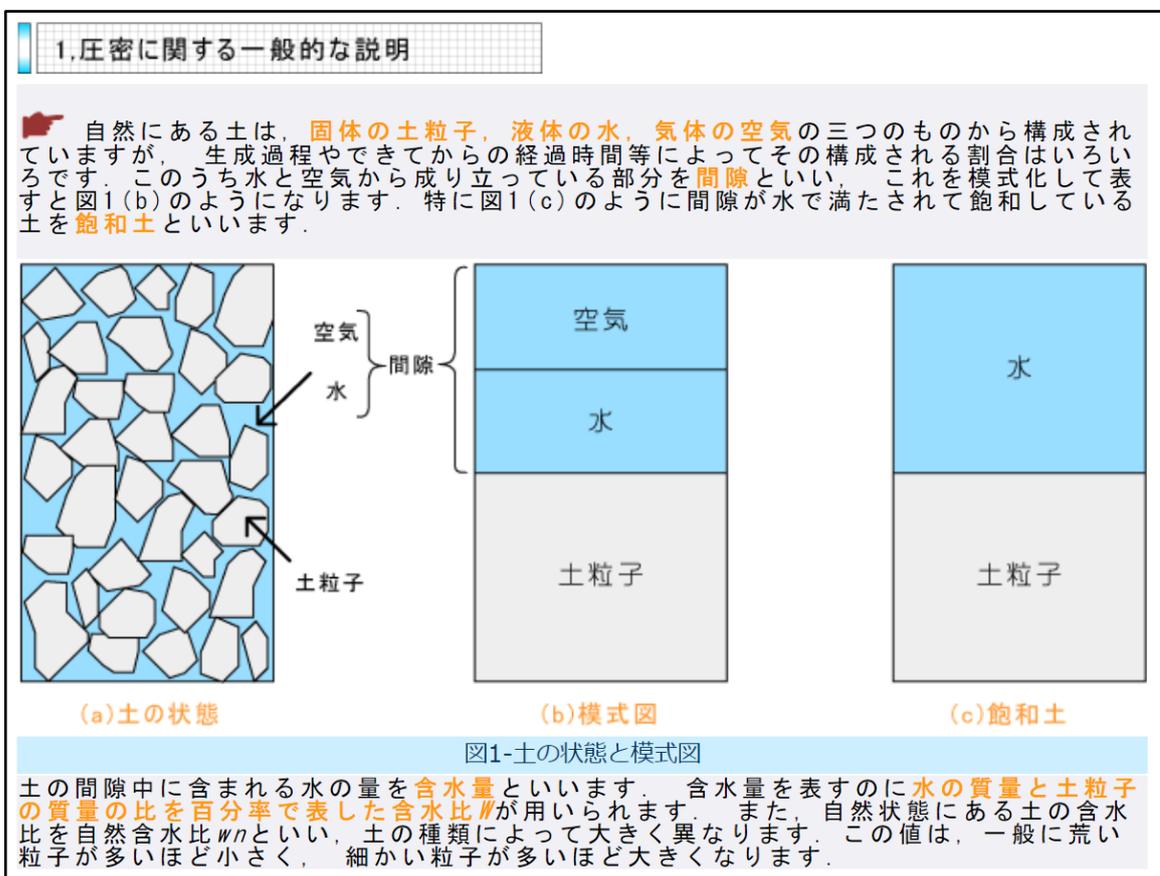
- 20 Ag-KP は約4万4000年前の噴火とされており、ガラス（二酸化ケイ素）部分は、単純計算で、0.132～0.88mmもの風化があり得ることになる。降灰当時の粒子は、相当程度風化・溶解等によって減少している可能性が高い。

(4) 圧密とその影響

- ア また、降下火砕物は、風化等だけでなく、圧密によっても体積が減少する。「圧密」とは、堆積した火山灰について、その上に新たな地層が堆積した場合に、
- 25 上層の荷重等の外力によって火山灰層の間隙に存在する水や空気を排出し、体積が

減少する現象をいう（図表18、図表19）。

前述の『新編 火山灰アトラス』でも、「圧密作用でもテフラ層の厚さはかなり減少する。一般にふるい分けがよいテフラ層ほど、テフラ粒間の隙間が大きいので、圧密程度も大きい。したがって野外で見られるテフラ層の厚さが堆積当時をとどめていることはむしろまれである。本書で掲げた当層厚線図の大部分は、保存条件のよい地点のデータのみを重要視して描いている。それでも堆積当時の厚さには及ばないであろう」と、圧密によってテフラ層がかなり減少することを指摘している（[甲D309](#)・8頁）。



10

図表18 協同組合島根県土質技術研究センターのHPより抜粋⁵

⁵ <http://www.shimane.geonavi.net/shimane/atsumitsu.htm>

図1に示すように土はすきま（間隙）を持っていますが、このような土の地表面に構造物などを構築すると、間隙中の水や空気が排出され間隙の体積が減少し、地表面では沈下として現れます。その量を**圧密沈下量**といいます。

間隙の体積の減少は、

→砂質土の場合、飽和していても透水性が高いため、水が抜けやすく、比較的短い時間に生じます。

→**粘性土**の場合、透水性が低いので水の排水に時間がかかり体積の減少は長時間かかって生じ、また、

間隙比が大きいいため沈下量も大きくなります。

以上のように、**透水性の低い土が外力を受け、その間隙の水を排出しつつ長時間かかって体積が減少していくような現象を圧密**といいます。

地盤上に構造物を建造する場合、それが将来どれくらい沈下するか、また、その沈下量が時間の経過とともにどのように進むかを予測することは設計・施工上きわめて必要なことです。

図表19 同前

また、降下火砕物については、軽石など、粒子に空気の間隙が存在することもあり、それが経年劣化すると荷重等によって破碎し、体積が減少することもある。

5 イ さらに、古儀君男『火山と原発 - 最悪のシナリオを考える』（岩波ブックレット）では、「注意する必要があるのは、図に示された火山灰の厚さは現在の地層の厚さであって、降灰当時の厚さではないということです。地表に堆積した直後の火山灰の多くはサラサラしていて粒子同士の間ですき間がたくさんありますが、時間

10 が経つと、自らの重みや、その上に積もった新たな堆積物の重みによって火山灰層は圧縮され、しだいに薄くなっていくからです（火山灰の粒子の大きさや経過時間などの条件にもよりますが、堆積当時の三分の二から半分程度になるともいわれます）」と指摘されている（[甲D146・41頁](#)）。

とりわけ噴火時期が古い噴火については、圧密により、現在確認される層厚は、

15 降灰当時の層厚よりも、3分の2から半分程度になっている可能性がある（[甲D309・8頁](#)、[甲D146・41頁](#)）。

ウ そうであるにもかかわらず、一般に、火山学においては、噴火規模は、現在の層厚を前提として評価されている。それは、降灰当時の層厚を科学的に正確に推定することが困難だからであり、これらの知見を利用する目的に照らして、厳密

20 な噴火規模推定は不要であり、あくまでも大雑把な水準が見積もれば足りるか

らである。

しかし、深刻な災害が万が一にも起こらないようにしなければならない原発の安全審査では、その利用目的が全く異なるのであるから、これと同様に扱うのは危険である。噴火規模想定の不確実性を無視し、大雑把な推定を精度の高いものであるかのように誤信して、「これ以上の層厚の降灰はほぼ起こらない」という設計基準層厚を設定するのは保守的な想定とはいえない。

(5) 考慮すべき事項の不考慮及び法の目的違反

ア このように、想定最大層厚を設定する場合には、現在の層厚に基づいて噴火規模（噴出物量）を推定するのではなく、風化・浸食や圧密等も考慮して、噴火当時、堆積当時の層厚を前提に噴火規模（噴出物量）を推定しなければ、「これ以上の層厚の降灰はほぼ起こらない」とはいえず、「災害の防止上支障がない」とはいえない。

また、「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」との令和元年火山ガイドの規定にも適合しない（令和元年火山ガイド・5章柱書）。

イ 1項で述べたとおり、火山における噴火規模（噴出物量）の推定には大きな不確実性が存在し、今後上方修正される可能性もあるし、特に、本件の Ag-KP のように、噴出物が海にまで到達している場合には、なおさら大きな不確実性が含まれる。噴火規模推定に関しては、津波と同様、科学的想像力を発揮して十分な不確かさを考慮しなければならないが、風化・浸食や圧密等の影響が存在し、現在確認できる層厚は堆積当時の層厚に及ばないというのは、科学的想像力という以前の火山学の常識である。

ウ しかるに、一審被告はこのように現在確認できる層厚は堆積当時の層厚に及ばないという火山学の常識を考慮した保守的な評価を行っておらず、原規委は、令和元年火山ガイドにこの点に関する記載が存在するにもかかわらず、これを見過

ごしたまま新規制基準適合判断を行っている。

エ したがって、本件における原規委の基準適合判断は、現在確認できる層厚が堆積当時の層厚に及ばないという火山学の常識（考慮すべき事項）を考慮せず、「これ以上の層厚の降灰はほぼ起こらない」ようにするという法の目的に違反するものであって、裁量権の逸脱・濫用が存在する。

4 基準適合判断の不合理性② - Ag-KP の噴火規模に関する知見の不考慮

(1) 一審被告の評価及び原規委の判断

10 本件で、一審被告は、問題となっている Ag-KP の噴火規模（噴出物量）について、山元（2013a）及び山元（2016）を根拠として、約 5 km³と評価している。原規委も、この評価を妥当としている。

(2) 『新編 火山灰アトラス』の記載

15 ところが、『新編 火山灰アトラス』によれば、赤城鹿沼テフラ（Ag-KP）については、「V」の欄に「6」とされている（図表 20）。

火山・テフラ名	記号	年代	測定方法	堆積様式と層相	分布・体積	A	V	注・[対比・他の名称]
那須黒森（群） ³¹⁾	Nas-Kr	AT 以上に 2 層, AT~DKP に 2 層, DKP 直下に 1 層. どれも小規模な sfa, afa, 小型 pfi を伴う場合あり.						
始良 Tn ²⁰⁾	AT	26~29		afa				本文・表 3.1-3 参照.
赤城鹿沼 ^{4, 9, 10, 21)}	Ag-KP	≥45	C, ST	pfa	EES > 150 km 図 3.3-2	4	6	
榛名八崎 ^{4, 10, 28)}	Hr-HP	50	C, ST	pfa, pfi	E > 100 km 図 3.3-3	4	5	

図表 20 『新編 火山灰アトラス』（[甲D309](#)・138頁）

20 『新編 火山灰アトラス』の表の説明の箇所によれば、「V」は爆発度指数(VEI)を指すとされており（[甲D309](#)・104頁）、「V」が6ということは、VEI 6、すなわち噴出物量 10 km³を超える噴火であることを示している。

この記載からも、赤城鹿沼テフラ噴火の噴出物量が10 km³を超えるものであったことは明らかである。

(3) 考慮すべき事項の不考慮

- 5 ア 『新編 火山灰アトラス』は、一審被告も参考文献として挙げている信頼性の高い書籍であり、現在の火山学、とりわけテフラ学の基本書と呼んでもよいものである。

10 そのため、ここに示されている知見は、当然に、下山憲治教授の指摘する判断枠組みでいう「その時点において利用可能で、信頼されるデータ・情報」に該当する。

イ しかるに、本件基準適合審査において、原規委はこの知見を考慮せず（あるいは見落として）、極めて安易に、噴出物量を5 km³とする山元(2016)及び山元(2013a)を是としており、火山灰アトラスの知見を考慮しなくてもよい理由等についてすら、何ら検討されていない。

15 ウ したがって、「その時点において利用可能で、信頼されるデータ・情報の全てを検討すること」という要件を満たさず、考慮すべき事項を考慮していない（要考慮事項の不考慮）が存在する。原規委の基準適合判断には看過し難い過誤、欠落が存在し、裁量権の逸脱・濫用が認められる。

20 5 基準適合判断の不合理性③ - Legros 法に関する事実誤認

(1) Legros 法と山元（2016）の記載

25 ア 前述のとおり、本件で、Ag-KP の噴火規模推定において、一審被告が唯一参考にした山元（2013a）及び山元（2016）は、いくつかある噴出物量の推定方法のうち、Legros（2000）の簡便法を用いている。この Legros 法は、控訴審準備書面(6)・17頁で紹介したとおり、噴出物の最小体積を求める式であり、山元（2016）でも、前掲・図表15のとおり、「全体積の最小値を与えるもの」「真の体積は

Legros (2000)の最小値の数倍以内であることが多い」「平均値を用いる Hayakawa (1985) … (略) …の約 $1/3$ となる」などとされている。

イ Legros 法以外でしばしば用いられる Hayakawa 法は、「平均値を用いる」ものであるが、Legros 法は、それと比較しても約 $1/3$ にしかならない。そうすると、
5 Ag-KP の噴火規模（噴出物量）は、平均的な Hayakawa 法を用いた場合ですら、概ね 1.5 km^3 にはなり得るし、真の体積（堆積当時の体積）は数倍にのぼる可能性がある。

ウ また、前述の山元 (2013a) にも示されているとおり、山元 (2013a) において
10 算出される体積は、あくまでも $3.2 - 6.4 - 12.8 \text{ cm}$ の等層厚線をつないだ部分の体積に過ぎない。図表4のとおり、Ag-KP は、非常に広範囲に降灰したテフラであり、当然のことながら、 3.2 cm よりも薄い層も広範囲に広がっている。ただ、 1.6 cm や 8 cm 、 4 cm の等層厚線は、テフラが海にまで到達したために正確な線が引けないため、面積を求めることができないというだけである。

町田教授が指摘するとおり、海では痕跡が残りにくいため（[甲D269](#)・番号
15 37）、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のである。

(2) 考慮すべき事項の不考慮ないし事実誤認

ア このように、一審被告が参照した山元氏の文献を確認するだけでも、そこで示されている Ag-KP の体積が最小体積であること、平均値を用いる Hayakawa 法
20 と比較してすら約 3 分の 1 になることは明らかである。一審被告が行っている Ag-KP の噴火規模（噴出物量）想定は、「科学的に最も確からしい数値（近似値）」ですらなく、「少なくともこの程度はあった」という最小値にすぎず、「これ以上の規模の噴火はほぼ起こらない」といえるレベルのものでないことはあまりにも明白である。

25 イ しかるに、原規委においては、Legros 法を用いた山元(2016)ないし山元(2013a)に基づいて、噴出物量を 5 km^3 として降灰シミュレーションを行った一審被告の評

価を妥当としている。これは、原発の安全確保という目的との関係では不合理な判断（法の目的に違反する判断）というほかない。

5 原規委がこのような評価を是とした理由としては、原規委は、一審被告が資料として示した山元（2016）ないし山元（2013a）の原文すら確認せずに適合判断を行ったとしか考えられず、まさに調査・検証の欠落があるというほかない。あるいは、Legros 法の具体的な内容を正解していなかったといわざるを得ず、裁量判断の前提となる事実を誤認していたというほかない。原規委による基準適合判断には看過し難い過誤、欠落が存在する。

10 ウ もちろん、一審原告らは、山元（2016）や山元（2013a）が科学的に誤っていると主張したいわけではない。それ自体は科学的には意味のある研究ではあるものの、それを、深刻な災害が万が一にも起こらないようにしなければならない原発の安全評価に用いること（これよりも噴火規模が大きいという知見を無視すること）が不合理であるという主張である。

15 6 まとめ

以上のとおり、降下火砕物の影響のうち、敷地において到来することが想定される最大層厚に関しては、一審被告が赤城鹿沼テフラ噴火（Ag-KP）の噴火規模を 5 km³（VEI 5）と想定し、想定層厚を 5 0 cm と評価し、原規委これを了承している。

20 しかし、一審被告は、噴火規模想定に含まれる大きな不確実性を十分に考慮しておらず、原規委の基準適合判断もこれを見落としている。原規委の判断は、深刻な災害が万が一にも起こらないようにするという法の目的に違反するものであって、裁量権の逸脱・濫用が存在する。

25 また、Ag-KP の噴火規模については、VEI 6（噴出物量 1 0 km³超）だったという専門家の知見が存在する。さらに、被告が根拠としている山元（2016）及び山元（2013a）は、堆積物の最小値を求める Legros 法に拠っており、いところ、

そうだとすると、被告による噴出物量の想定は、3倍以上の過小評価が存在する可能性があり、この不確実性は保守的に安全側に評価しなければならない。

しかし、原規委は、これらの知見を考慮せずに、あるいは事実を誤認して本件基準適合判断を行った。

- 5 したがって、一審被告が、Ag-KPの噴出物量を5 km³、敷地における想定層厚を50 cmと評価したのは過小であって、上記知見を看過してなされた原規委の基準適合判断は、考慮すべき事項を考慮しなかったもの、あるいは裁量権行使の前提となる事実を誤認したものであって、看過し難い過誤、欠落がある。

- 10 そうすると、「一審原告らの人格権を侵害する具体的危険がないこと」という一審被告の主張、立証は尽くされておらず、一審原告らの人格権を侵害する具体的危険の存在が事実上推認される。

第4 降下火砕物の濃度及び密度（0.8 [g/cm³]）に関する過小評価

1 気中降下火砕物濃度と降下火砕物密度との関係

- 15 (1) 気中降下火砕物の濃度に関しては、第3の1項(2)で指摘したとおり、換気空調システムのフィルタ目詰まりや非常用ディーゼル発電機の損傷等を惹き起こす可能性があるほか、中央制御室における居住環境を害する可能性がある。さらに、降下火砕物がわずかに堆積するだけでも外部電源を喪失し、アクセス制限が生じ、長期間継続する可能性があることとの関係で問題となる。

- 20 令和元年火山ガイド5.1項(3)(a)の直接的影響の確認事項③では、換気空調システムのフィルタ目詰まりや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いことを確認することとしているが、その注釈である解説-20.には、
「外気取入口から侵入する火山灰の想定に当たっては、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る。
25 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。」とされている（[甲D202・13頁](#)）。

このように、敷地に到来する気中降下火砕物の濃度は、設置（変更）許可段階で審査すべき基本設計に含まれる。

(2) 令和元年火山ガイド添付1では、気中降下火砕物濃度の推定に係る具体的な記載がある。

5 すなわち、濃度推定においては、「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」と（以下「3. 1の手法」という。）、「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」とがある（以下「3. 2の手法」という。）。

10 3. 1の手法では、原子力発電所の敷地において運用期間中に想定される降下火砕物が、ある期間（降灰継続時間）に堆積したと仮定して、降下火砕物の粒径の割合から求まる粒径ごとの堆積速度と粒径ごとの終端速度から算出される気中濃度の総和を求めることとされている（[甲D202・29頁](#)）。

(3) 計算方法について、一審被告が行った評価に即して具体的に示すと、以下のようになる（[図表21](#)及び[図表22](#)参照）。

15 **手順①** 火山灰の密度を $0.8 \text{ [g/cm}^3\text{]}$ 、設定層厚を 50 cm とし、 1 m^2 当たりの総降灰量 (W_T) を求める。

$$W_T = 0.8 \text{ [g/cm}^3\text{]} \times 50 \text{ [cm]} = 4.0 \times 10^1 \text{ [g/cm}^2\text{]} = 4.0 \times 10^5 \text{ [g/m}^2\text{]}$$

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21](#) 一審被告による気中濃度算出条件（[甲D138](#)・参考17 - 5頁）

20

手順② 降灰継続時間 (t) について、Carey and Sigurdsson(1989)を参考に、24時間と設定する。

$$t = 24 \text{ [h]} \times 60 \times 60 = 86400 \text{ [s]}$$

手順③ 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 (W_i) を求める。

例えば、粒径 $0 \sim 1 \phi$ ($= 0.5 \sim 1 \text{ mm}$) の降灰量 (W_i) は、全体に占める割合 p_i が 69% であることを踏まえると、以下のようになる。

$$W_i = p_i \times W_T = 69 \text{ [%]} \times 4.0 \times 10^5 \text{ [g/m}^2\text{]} = 2.76 \times 10^5 \text{ [g/m}^2\text{]}$$

手順④ 各粒径ごとの堆積速度と終端速度を計算する。これは火山ガイド上、既存の文献のほか、最新の知見を適宜参照するとされている ([甲D 2 0 2](#)・30頁、注釈-3)。

例えば、粒径 $0 \sim 1 \phi$ ($0.5 \sim 1 \text{ mm}$) の終端速度 (r_i) は、 1.8 [m/s] とされ、堆積速度 (v_i) は、次のようになる。

$$v_i = W_i \div t = 2.76 \times 10^5 \text{ [g/m}^2\text{]} \div 86400 \text{ [s]} \doteq 3.2 \text{ [g/s} \cdot \text{m}^2\text{]}$$

手順⑤ 終端速度 (r_i) を用いて、粒径ごとの気中濃度 (C_i) を算出する。

$$C_i = v_i \div r_i = 3.2 \text{ [g/s} \cdot \text{m}^2\text{]} \div 1.8 \text{ [m/s]} \doteq 1.78 \text{ [g/m}^3\text{]}$$

手順⑥ 手順③から手順⑤を全ての粒径について行い、算出された粒径ごとの気中濃度を合計すると、図表 2 2 のとおり、 $3.5 \text{ [g/m}^3\text{]}$ となる。

表 2 濃度算出結果

気中降下火砕物濃度 C_T は、下表のとおり 3.5 g/m^3 となる。

粒径 ϕ (μm)	~ -1	$-1 \sim 0$ (1414)	$0 \sim 1$ (707)	$1 \sim 2$ (354)	$2 \sim 3$ (177)	$3 \sim 4$ (88)	$4 \sim$	合計
割合 p_i (wt%)	($\doteq 0$)	1.9	69	22	6.2	0.43	($\doteq 0$)	100*
降灰量 W_i (g/m^2)	—	7.60×10^3	2.76×10^5	8.80×10^4	2.48×10^4	1.72×10^3	—	4.0×10^5 ** ($=W_T$)
堆積速度 v_i ($\text{g/s} \cdot \text{m}^2$)	—	0.088	3.2	1.02	0.29	0.020	—	—
終端速度 r_i (m/s)	—	2.5	1.8	1.0	0.5	0.35	—	—
気中濃度 C_i (g/m^3)	—	0.04	1.78	1.02	0.58	0.06	—	3.5 (= C_T)

※：端数処理の都合上、左欄の合計と一致しないことがある。

図表 2 2 一審被告による濃度算出結果 ([甲D 1 3 8](#)・参考 1 7 - 5 頁)

20 (4) このうちで、濃度想定に大きな影響を与える要因として、手順①の降下火砕物密度と、手順④の粒径分布がある。

密度については、層厚が大きくても、密度が小さければ総降灰量は小さくなり、濃度も小さくなる。

また、粒径分布については、粒子が大きければ速く地表に落下する（終端速度が大きくなる）ため、気中にとどまる降下火砕物の密度は小さくなる。

- 5 つまり、密度の想定を過小評価すると、それに応じて気中降下火砕物濃度の想定も過小評価となるのである。

2 降下火砕物密度の設定方法と一審被告の評価

そこで、降下火砕物の密度がどのように設定されるべきかが問題となる。

- 10 しかし、そもそも、令和元年火山ガイドにおいて、降下火砕物の密度をどのように設定するかという基準は存在しない。

- その前提で、一審被告は、降下火砕物の密度について、文献調査及び地質調査の結果を踏まえ、乾燥密度を0.3〔g/cm³〕、湿潤密度を1.5〔g/cm³〕と設定したとする（図表10）。他方、気中降下火砕物濃度の推定過程においては、特段
15 の合理的根拠を示さないまま、密度を0.8〔g/cm³〕と設定し、最大層厚50cmに対して総降灰量を4.0×10⁵〔g/m²〕としている（図表21）。

3 降下火砕物密度に関する科学的知見

- 降下火砕物の密度については、内閣府災害対策本部の中の大規模噴火時の広域
20 降灰対策検討ワーキンググループが2018（平成30）年12月7日に公表した「火山灰の特徴について」と題する資料において、図表23のとおり、10cm堆積時で締め固められていない乾燥状態で0.4～1.3〔g/cm³〕程度とされている（[甲D142](#)・5頁）。

- 本件では、50cmの層厚を前提としているのであるから、上に積もる火山灰の
25 重みによって、これよりも密度が大きくなることが経験則上十分に予想される。

このような知見が存在する以上、深刻な災害が万が一にも起こらないようにし

なければならぬ原発の密度想定としては、少なくとも、保守的に、密度が最も大きく、降灰量も多くなる1.3〔g/cm³〕とされるべきであるし、50cm堆積時にはさらに保守的に、大きな密度が設定されるべきである。

○火山灰の密度						
火山灰・雪の密度(g/cm ³)						
項目		アメリカ 地質調査所*	宇井 (1997)	土志田 (2011)	須藤 (2004)	木佐・他 (2012)
火山灰	乾燥状態 (乾燥し締め固められていない)	0.5~1.3	0.4~0.7	—	1程度	1.5
	湿潤状態 (湿りけを帯びて締め固められた)	1.0~2.0	1.2を越えることもある	1.2~1.5以上	—	
雪	新雪	0.05~0.07				
	湿りけを帯びた新雪	0.1~0.2				
	固結した雪	0.2~0.3				

※10cm 堆積時

5

図表23 [甲D142](#)・5頁

4 他の原子力施設における評価との比較

(1) 降下火砕物密度の比較

さらに、本件原発における一審被告の密度想定は、他の原発における想定と比較しても極めて過小であることが分かる。

図表24は、一審原告ら代理人中野宏典が、他の原子力施設における気中降下火砕物濃度に関する資料を横断的に比較し、取りまとめた資料([甲D310](#))を踏まえて、一覧表にまとめたものである。

これによれば、他の原子力施設においては、六ヶ所再処理施設及び島根原発を除いて、本件よりも層厚が小さいにもかかわらず、密度が大きく設定されていることが分かる(多くは1〔g/cm³〕以上)。

15

このように、一審被告の密度想定は、他の原子力施設と比較しても過小であることが明らかである。まして、他の原子力施設と比較して層厚が相当大きい本件原発において、他の原子力施設よりも密度が小さくなる合理的根拠は乏しい。

施設	対象噴火	噴出量	距離	層厚	密度	濃度
東海第二	赤城鹿沼テフラ	5km ³	127km	50cm	0.8g/cm ³	3.5g/m ³
六ヶ所	十和田中掬テフラ	6.68km ³	66km	36cm	0.6g/cm ³	3.7g/m ³
美浜	大山生竹テフラ	11km ³	230km	22cm	1.24g/cm ³	3.9g/m ³
高浜	大山生竹テフラ	11km ³	180km	27cm	1.22g/cm ³	3.78g/m ³
島根	三瓶浮布テフラ	4.15km ³	55km	56cm	1g/cm ³	8.74g/m ³
伊方	九重第一軽石	6.2km ³	108km	15cm	1g/cm ³	3.01g/m ³
玄海	九重第一軽石	6.2km ³	139km	10cm	1g/cm ³	3.8g/m ³
川内	桜島薩摩	11km ³	51km	15cm	1g/cm ³	3.3g/m ³

5

図表 2 4 [甲D 3 1 0](#) から密度を整理したもの

(2) 粒径分布の比較

ア [甲D 3 1 0](#) によれば、本件原発における粒径分布について、他の原子力施設と比較して、大きい粒径の粒子の割合が非常に大きいことが分かる（図表 2 5）。

施設	対象噴火	噴出量	距離	層厚	1Φ以上	3Φ未満
東海第二	赤城鹿沼テフラ	5km ³	127km	50cm	70.9%	0.43%
六ヶ所	十和田中掬テフラ	6.68km ³	66km	36cm	7.6%	8.74%
美浜	大山生竹テフラ	11km ³	230km	22cm	19.0%	4.16%
高浜	大山生竹テフラ	11km ³	180km	27cm	57.0%	3.07%
島根	三瓶浮布テフラ	4.15km ³	55km	56cm	32.25%	9.19%
伊方	九重第一軽石	6.2km ³	108km	15cm	0.014%	10.66%
玄海	九重第一軽石	6.2km ³	139km	10cm	0%	37.99%
川内	桜島薩摩	11km ³	51km	15cm	5.3%	16.16%

10

図表 2 5 [甲D 3 1 0](#) から粒径分布を整理したもの

5 5 3%しかない。

他の原子力施設では、1φ以上（500μm以上）の粒子の割合は数%～30%程度であり、最も高い高浜原発でも57%であるのに、本件原発は70%を超えている。また、他の原子力施設では、3φ未満（125μm未満）の粒子の割合は3%～最も高い玄海原発では約38%にもものぼるのに、本件原発はわずか0.4

このように恣意的な粒径分布を用い、粒径の大きい粒子の割合を大きくすることによって、50cmという非常に大きい層厚であるにもかかわらず、他の原発と大差のない約3.5〔g/m³〕という濃度を導いているのが一審被告の評価なのである。

10 イ また、一審被告の評価によれば、本件よりも火口から遠い位置にある原発（例えば高浜原発や美浜原発）でも、1φ以上の粒子の割合が本件原発よりも小さく、3φ未満の粒子の割合が本件原発よりも大きいことになる。さらに、本件と同程度の距離にある原発（伊方原発や玄海原発）では、その傾向はいっそう顕著である。重い（大きい）粒子ほど近くに落下し、軽い（小さい）粒子ほど大気中を長く漂って遠くまで届くという初歩的な科学的経験則に反している。これは、下山教授が指摘する「採用された調査・分析及び予測方法の適切性・信頼性が認められること」という司法判断基準を満たさず、判断過程審査として、各考慮要素についての重要度に関する評価（重みづけ）を誤ったものというべきである。

20 5 一審被告による評価の過小性と原規委による基準適合判断の不合理性

(1) ともあれ、乾燥密度0.3〔g/cm³〕、湿潤密度1.5〔g/cm³〕という一審被告の密度想定は、「文献調査及び地質調査結果を踏まえ」としか記載されておらず、まして、濃度の推定に用いた0.8〔g/cm³〕との密度想定は、審査書に何らの記載もなく、その評価の根拠も示されていない。

25 原規委も、上記乾燥密度及び湿潤密度について明示的な判断はなく、最大層厚等について、「最新の文献調査及び地質調査結果を踏まえ」、妥当であると判断し

たとしか記載されていない（図表17）。

これでは、裁判所がその判断過程を追うことができず、判断過程の妥当性を判断することもできないから、下山憲治教授の指摘する判断枠組みでいう「その選択・判断のプロセスが意思決定の理由と共に明確に示されていること」に違反している。

5 (2) また、一審被告の $0.8 \text{ [g/cm}^3\text{]}$ との密度想定は、降下火砕物密度に関する一般的な科学的知見（[甲D142](#)）や他の原子力施設における想定密度と比較して過小評価となっており、その結果、総降灰量及び気中降下火砕物濃度についても過小評価となっている。

10 原規委は、これらの知見や他の原子力施設における評価を見過ごし、一審被告の過小な評価を安易に是認している点で、考慮すべき事項を考慮していない（世考慮事項の不考慮）ものであって、看過し難い過誤、欠落が存在する。裁量権の逸脱・濫用が認められる。

15 (3) さらに、一審被告の約 $3.5 \text{ [g/m}^3\text{]}$ という気中降下火砕物濃度想定は、重い（大きい）粒子ほど近くに落下し、軽い（小さい）粒子ほど大気中を長く漂って遠くまで届くという初歩的な科学的経験則に反し、分析方法の適切性が認められず、各考慮要素についての重要度に関する評価を誤ったものであって、看過し難い過誤、欠落が存在する。裁量権の逸脱・濫用が認められる。

20 6 まとめ

以上のとおり、一審被告が想定する気中降下火砕物濃度は、前述のとおり、最大層厚50cmに対して約 $3.5 \text{ [g/m}^3\text{]}$ であり、他の原子力施設と比べても、層厚との比較において極めて小さい数値である。これは、一審被告が、降下火砕物の粒径分布をごまかしたことに加えて、密度を $0.8 \text{ [g/cm}^3\text{]}$ と小さく見積もることで、降下火砕物の量（単位面積当たりの重量）を小さく見積もっていることが原因の一つである。

そして、この0.8〔g/cm³〕という数値は、降下火砕物密度に関する一般的な科学的知見や、他の原子力施設における評価と比較して過小である。これを看過してなされた原規委の基準適合判断は、考慮すべき事項を考慮しなかったという点で不合理である。

5

以上