

平成24年(ワ)第430号 川内原発差止等請求事件
平成24年(ワ)第811号 川内原発差止等請求事件
平成25年(ワ)第180号 川内原発差止等請求事件
平成25年(ワ)第521号 川内原発差止等請求事件
平成26年(ワ)第163号 川内原発差止等請求事件
平成26年(ワ)第605号 川内原発差止等請求事件
平成27年(ワ)第638号 川内原発差止等請求事件
平成27年(ワ)第847号 川内原発差止等請求事件

原告ら準備書面24

—被告九州電力平成27年12月3日付準備書面10に対する反論—

平成28年9月7日

鹿児島地方裁判所民事1部 御中

原告ら訴訟代理人

弁護士 森 雅 美

同 板 井 優

同 後 藤 好 成

同 白 鳥 努

外

内容

第1	総論	5
1	原告らの主張の整理	5
2	被告九州電力の反論	6
3	本補充書面提出の目的	7
4	火山爆発の危険性に関する新たな証拠	7
第2	火山活動による人格権侵害の機序及び具体的危険性	9
1	破局的噴火により、降下火砕物は日本全国に降り注ぐ可能性があること	9
2	専門家による被害の想定	10
3	ピナツボ噴火の予知と復興	11
4	まとめ	13
第3	川内原子力発電所は立地不適であり、モニタリングでは「見逃し」をする	14
1	はじめに	14
2	設計対応不可能な火山事象の確率が「十分に低い」とは言えない	15
(1)	川内原発敷地に火砕物密度流が到達した頻度	15
(2)	火山ガイドにおける「可能性が十分小さい」の意義	15
(3)	阿蘇、鬼界カルデラが破局的噴火を起こす頻度と影響	16
(4)	阪神コンサルタンツの意見書は恣意的である	17
(5)	小括	20
3	被告九州電力の主張の根拠は薄弱である	20
(1)	被告九州電力の主張	20
(2)	①マグマ溜まりの状況について	21
i	始良カルデラについて	23
(i)	被告九州電力のモデル	23
(ii)	マグマ溜まりがより浅い可能性	24
(iii)	大規模な珪長質マグマ溜り	27

ii	加久藤・小林カルデラ	30
iii	阿多カルデラ	31
iv	鬼界カルデラ	32
V	阿蘇カルデラ	34
	(3) ②階段ダイヤグラムについて	39
ア	中田教授は被告九州電力の考え方の有効性を評価していない	40
イ	中田教授の階段ダイヤグラムとの違い	43
ウ	阿蘇カルデラの階段ダイヤグラム	44
	(4) ③噴火ステージ論について.....	45
	(5) ④Druitt et al. (2012) (「Druitt 論文」) と基線長の変化について....	47
	(6) 「巨大噴火未遂」の問題について	48
	(7) 中田教授は明確に「立地不適」と述べている	50
	(8) モニタリング検討チームでの議論は規制当局により妨げられた	51
	(9) 小括.....	53
4	破局的噴火を「見逃す」可能性が高い	53
	(1) 数年前から兆候を察知することはほぼ不可能	53
	(2) Mogi・江頭・Kozono 等の式は破局的噴火に適用できない.....	55
	(3) 「空振りも覚悟」のモニタリングの実効性は疑わしい	55
	(4) モニタリングを出来る者はいない	57
	(5) モニタリング検討チームの提言	58
	(6) 判断基準は不可欠だが不存在	60
	(7) 小括.....	61
4	火山学会は火山ガイドの見直しを要求している	62
5	適合性審査の過程には著しい過誤、欠落がある	64
	(1) モニタリングの限界を踏まえられていない	64
	(2) 活断層の基準との比較	67

(3) 火山学の知見を踏まえた検討が不十分.....	68
(4) 小括.....	69
第4 川内原発は火山灰の降灰に対して安全性が確保されていないこと（ケース 2に関する再反論）	70
1 噴火によりどの程度の降下火砕物が降るのか（論点A）	70
2 降下火砕物により，安全上重要な建物・機器等にどのような影響が生じる のか（その1）（論点B①）（アイスランドの火山灰濃度に関して）	81
3 降下火砕物により，安全上重要な建物・機器等にどのような影響が生じる のか（その3）（論点B）（機器への火山灰の侵入の想定に関して）	88
5 非常用ディーゼル発電等が機能喪失した場合の対策は有効か（論点C）	112
6 川内原発は火山灰のリスクに対して安全性が確保されていない	119
第5 川内原発はすみやかに運転を停止し，使用済み燃料の搬出準備に取りかか るべきである.....	120
1 火山による本件原発への影響に関する結論.....	120
2 7300年前に鬼界カルデラの火砕流噴火によって九州縄文文明は滅亡し た.....	121
3 火山を恐れ，火山との共存を説く日本の建国神話	121
4 原発を止めて困るのは，原発産業と原発に頼る古い電力会社だけ.....	122
5 火山の国の裁判官に求められる想像力と勇気	122

第1 総論

1 原告らの主張の整理

(1) 破局的噴火による人格権侵害の危険性

原告らは、これまで、火山活動による人格権侵害の具体的危険性について、大きく分けて、2つの主張を行ってきた。

1つは、火砕流を伴うカルデラ噴火（VEI 7以上）により、本件原発敷地にも火砕流等が押し寄せ、いわゆる五重の壁を破り、あるいは電源系統・冷却系統を破壊して燃料体が熔融して外部に露出し、周辺環境を莫大な放射性物質によって汚染する、という機序を経る場合である（以下、このような場合を「ケース1」という。）。

(2) 破局的噴火に至らない規模の噴火による人格権侵害の危険性

もう1つは、即時抗告申立補充書5で詳述したとおり、火砕流を伴うカルデラ噴火（VEI 7以上）の火砕流噴火に至らない規模の噴火（例えばVEI 5～6レベル）であっても、原発敷地に多量の火山灰（降下火砕物）を降らせることにより、電源系統を破壊して電源喪失に至り、冷却機能を失って炉心内の燃料体や使用済み燃料プールに保管中の使用済み燃料が熔融し、圧力容器、格納容器、原子炉建屋などの水素爆発や水蒸気爆発によって周辺環境を莫大な放射性物質によって汚染する、という機序を経る場合である（以下、このような場合を「ケース2」という。）。

ケース2をより詳細にみると、まず、VEI 5～6レベルの噴火があった場合に、どの程度の量の降下火砕物が原発敷地に積もるのか、という論点がある（以下「論点A」という。）。そして、そこで積もった降下火砕物の量やその他の環境条件によって空気中の火山灰濃度はどの程度になるのか、そしてその火山灰濃度等を前提として、それが電源系統にどのような影響を与えるのか、特に、非常用ディーゼル発電機の吸気フィルタが目詰まりを起こし、

発電機能を喪失する事態を生じるのではないか、という論点がある(以下「論点B」という。)。そして、さらに、非常用ディーゼル発電機が機能喪失した場合、タービン駆動の補助給水系によって安全が保たれると被告九州電力は主張しているが、電源が断たれたまま一定時間を経過すれば、冷却機能を喪失して燃料体が溶融し、メルトスルーや水素爆発、水蒸気爆発等を引き起こす危険性があるのではないか、という論点がある(以下「論点C」という。)

(3) ケース2は蓋然性も相当程度存在すること

ケース2については、そのような規模の噴火が起こる可能性・確率はVEI 7レベルの破局的噴火と比較して格段に大きいのであり、蓋然性という点でも、十分に具体的危険と呼ぶにふさわしい危険性をはらんでいる。にもかかわらず、被告九州電力は、このような規模の噴火が起こる可能性を過少評価し、また、このような噴火によって降る降下火砕物の量や空気中の濃度を過小評価しているのであり、本件原発の安全性は全く保たれない。

2 被告九州電力の反論

(1) このような原告らの主張に対し、被告九州電力は、平成27年12月3日付準備書面10(以下、単に「準備書面10」という。)で、まずケース1に関して、「5つのカルデラ火山…(略)…本件原子力発電所の運用期間中に起こる可能性は極めて低」く、かつ、「破局的噴火に発展する可能性が僅かでも存するような事象が確認された場合には、その時点で直ちに適切な対処を行うこととしているので、原告らの人格権が侵害される具体的危険性は存しない」と反論している。

(2) また、ケース2に関して、被控訴人は、「非常用ディーゼル発電機について吸気フィルタによって降下火砕物が機関内に侵入し難くし、また侵入したとしても機関を閉塞させないことを確認するとともに、吸気フィルタの取替

作業等の手順等も予め整備しているので、降下火砕物により非常用ディーゼル発電機による安定的な電源供給が損なわれることはない」と反論している（準備書面10・3頁）。

3 本補充書面提出の目的

本補充書面においては、まず、火山活動、特に上記ケース1に関して、人格権侵害の機序及び具体的危険性を示したうえで（第2）、被告九州電力の発生確率計算は不適切であり、本件原発の運用期間中においても破局的噴火が起こる可能性が十分小さいとはいえないこと、また、破局的噴火の前兆事象を把握した時点で直ちに適切な対処を行うという被告九州電力の主張が全く信用するに足りないこと、さらに、そもそも、破局的噴火の前兆事象について、燃料棒を搬出できるほど早期に把握することは不可能であり、仮に、把握した時点で「直ちに適切な対処を行

った」としても、人格権侵害の具体的危険性を回避することはできないことを述べる（第3）。

次に、上記ケース2に関して、論点A、論点B及び論点Cと、問題となるポイントごとに、被告九州電力の主張が誤っていることを述べる（第4）。

4 火山爆発の危険性に関する新たな証拠

(1) 小屋口剛陳述書（甲B71）

小屋口剛教授は、1980年・東京大学理学部卒、1985年・東京大学理学系研究科博士課程修了（理学博士）である。

その後、愛媛大学助手、ケンブリッジ大学研究員、熊本大学講師東京大学地震研究所助教授、新領域創成科学研究科助教授を経て、2003年に東京大学地震研究所教授となり、現在に至る。日本における火山の研究者の中で

も、火山の爆発現象の研究の第一人者である。主著は、「火山現象のモデリング」(東大出版会)である。

甲B71号証は、原告代理人の質問に答えるような形で、小屋口教授自らが作成してくださったものであり、その証拠価値は重大なものである。

(2) 須藤靖明陳述書 (甲B94)

須藤靖明氏は、火山物理学の専門家であり、阿蘇山の観測を長年継続してきた者である。1943年東京都生まれで、京都大学大学院修了(理学博士)、京都大学元助教授である。1965年の阿蘇火山大爆発が卒業研究のテーマとなったのがきっかけで、以後40余年間、京大火山研究所で地震学手法を使って火山研究に携わる。京都大学助教授、熊本大学非常勤講師、東海大学非常勤講師、測地審議会委員や火山噴火予知連絡会委員など歴任された。

甲B94号証は、原告代理人の質問に対する答えを書面にまとめ、須藤先生ご本人の校閲を受けたものであり、その証拠価値は重大である。

(3) 匿名計算者の論点メモ4通 (甲B109 甲B113の1, 2, 3)

これらのレポートは、匿名の科学研究者が「被告九州電力によれば、大量火山灰降下でも原発の安全性は確保できる、とされている。その結論を導く基礎として、非常用ディーゼル発電機が大量火山灰降下において故障する可能性は否定できる、とされている。しかし、被告九州電力提示の資料には、大量火山灰降下における非常用ディーゼル発電機吸気フィルタ閉塞所要時間の記述において論理飛躍がある。この論理飛躍を信頼性の高い資料に基づき埋めることは、電源喪失事故及び過酷事故を未然に防ぐ観点から重要である。」と考えて、作成したものである(甲B50号証・1頁)。

今回提出するレポートは、2015年7月に作成された「匿名計算β」(甲B109号証)と、準備書面10(を同氏に提供し、これに対する検討調査

を加えて反論をまとめてもらったものである（大部なものとなったので、全体を3つのレポートに分けて、甲の1, 2, 3として提出した。）。

このレポート作成の動機は、科学研究者としての信念と良心に基づく論述である。なお、木曾佑氏は匿名計算者と同一人物である。

第2 火山活動による人格権侵害の機序及び具体的危険性

1 破局的噴火により、降下火砕物は日本全国に降り注ぐ可能性があること

阿蘇4の噴火においては、日本全国に10数cmの火山灰が降り注いだことが知られている。本件原発付近で破局的噴火が起これば、火砕流の届く地域で生活する人々にとっては、火山活動によって生命を落とす可能性もあるが、火砕流は届かないが火山灰が降り注ぐ地域の人々にとっては、すぐに避難をしなくても、それが直接の原因で死亡するようなことは通常ない。しかしそれに原発事故が重なれば、その放射能にまみれた火山灰は、文字どおり死の灰となる。火砕流は本件原発2基の原子炉のみならず使用済み燃料プールをも破壊すると考えられるため、汚染の濃度も規模も福島第一原発事故を遙かに凌ぐと想定され、原告らは、日本国内はおろか、近隣国に避難していたとしても、大量の被ばくを強いられるおそれがある。本件原発がなければある程度限定される被害が、本件原発が存在することによって、半永続的な日本全土の壊滅を招き、原告らは2度と故郷に帰ることができなくなる。

これほどの人格権侵害が、他に例を見ないことはいうまでもない。福島原発事故に対して、世界各国は同情的だったかもしれないが、日本が万が一にもこのような過ちを繰り返した場合、世界は日本を非難しこそすれ、領土内に住めなくなり一億総難民となった日本国民を受け入れてくれる国家など存在しないであろう。

2 専門家による被害の想定

(1) 小山真人氏の指摘

カルデラ噴火と原発事故が同時に発生したときにどのようなことが起きるのかについて、また、それが火山の噴火単独で発生したときとどのように異なるのかについて、正面から論じている火山学者の小山真人氏は次のように指摘している（甲B72）。

「そもそもモニタリングに失敗し、大規模カルデラ噴火にともなう火砕流に川内原発が襲われた場合の被害想定がなされていない点は、火山影響評価ガイドのみならず原子力規制行政上の重大な欠陥と言ってよい。厚い火砕流堆積物に埋まった原発には手の施しようがなく、長期にわたる放射性物質の大量放出を許すかもしれない。大規模火砕流の灰神楽火砕流全体を熱源として立ち上る噴煙から降下する細粒火山灰）が放射性物質に汚染されて日本列島の広い範囲を覆うリスクも考慮すべきだろう。」

「つまり、大規模カルデラ噴火の発生確率がいかに小さくても、その被害の甚大さと深刻さを十分考慮しなければならない。厚さ数mから十数mの火砕流に埋まった原発がどうなるかを厳密にシミュレーションし放射性物質の放出量や汚染の広がりを計算した上で、その被害規模と発生確率を掛け算したリスクを計算すべきである。その上で、そのリスクが許容できるか否かの社会的合意を得るべきである。小惑星衝突などの、人類全体が死に絶える規模の災害の場合は原発があってもなくても同じであるが、大規模カルデラ噴火程度の災害では生き残る人も多数いる。噴火災害を生き延び、かつその後も厳しい未来が待ち受ける人々に対して、放射能の脅威で追い打ちをかけることがあってはならない。」

「巨大噴火の発生確率が小さいことばかりを強調し、被害規模を真面目に定量する姿勢を一切示さない原子力規制委員会は、おそらく発生確率だけで単純にリスクを判断するという初歩的な誤りを犯しているとみられる。原子

力規制委員会がリスクの定義すら十分理解していない現状は、日本の未来に暗澹たる気持ちを抱かせる。」。

この小山氏による批判は、火山学者の文明史的考察と学問的良心からの叫びともいえるべき極めて重い指摘を含んでいる。法律家は、このような指摘に正面から応える責任がある。

(2) 自然災害だけなら生き残ることのできた人々によって復興はできる

戦争で負けても、大規模な自然災害に見舞われても、人が生き残り、そこに自然が復活すれば、人は戻ってこられるし、社会は復興できる。7300年前の鬼界カルデラの噴火によって南九州の縄文人はいったん絶滅したと言われる。しかし、少し前にでも噴火が予知できれば、原告らを含む多くの国民は緊急に避難を開始し、生き残ることができるだろう。始良、阿多、鬼界のカルデラ噴火であれば、取り敢えず熊本市辺りまで避難すれば、まず火砕物密度流に襲われることはないであろう。

火山学会の今の予知レベルでは、数年前に火砕流噴火は予知できない。しかし、原告らが避難できる程度の時間的余裕を持って予知できる可能性は十分にある。火山学者の中には、直前には必ず予知できるだろうと述べている者もいる（中田教授は「数週間ないし1か月前になれば確実に分かる」旨述べている（甲B56・568頁））。そのときには、九州の住民全体が民族大移動し、混乱はするだろうが、生き残る者も多いはずである。

原発事故さえなければ、一部の市民が災害を生き延びることができるし、火山灰に覆われた大地には、ある程度の期間が経過すれば動植物は戻ってくる。その被災住民に放射能による追い打ちを掛けてはならないのである。

3 ピナツボ噴火の予知と復興

1990年7月16日 フィリピン・ルソン島中央部でマグニチュード7.

8のバギオ大地震が発生した。震源はピナツボ山の北東約100kmである。これが1991年の噴火の遠因と推測する火山学者もいる。

1991年3月15日火山の北西にある村の住民が、地震を断続的に感じ始めた。それから2週間で、地震は次第に強さを増していき、なんらかの異変が迫っていると考えられた。4月2日、火山は眠りから目覚め、山頂直下に1.5kmもの長きに渡る亀裂を生じて、そこから水蒸気爆発が起きた。その後、数週間は小規模な噴出が続き、周辺で火山灰が降った。毎日、数百件の火山性微動を検知した。

4月と5月を通して、火山活動はますます活発になった。二酸化硫黄の放出量の測定では、5月13日には1日あたり500トンだったのが、5月28日には1日あたり5,000トンにまで急増した。5月26日、初めて噴気孔のすぐ近くを震源とする地震が起きた。これらは新しいマグマが火山の直下まで上昇してきていることを示唆している。5月28日以降、二酸化硫黄の放出量が急激に下がり、何らかの原因でマグマからのガス放出が妨げられている恐れが高まった。これはマグマ溜まり内の圧力上昇につながり、爆発的な噴火が起きる可能性が高いことを示していた。

6月3日に最初のマグマ性噴火が起き、6月7日には最初の大爆発が起こり、高さ7,000m以上の噴煙が立ちのぼった。12, 13, 14日に大噴火が続き、15日に絶頂を迎えた。

4月7日、10km地域に対して初の公式な避難命令が下された。6月5日、警報レベル3（2週間以内に大噴火の可能性あり）に変更。6月7日、警報レベル4（24時間以内に大噴火の可能性あり）に変更。10～20km地域が避難の対象となった。6月9日には警報レベルが5になり、20～40km地域からの避難が開始された。6月15日までに、火山から30km以内の地域にいた6万人すべてが退去した。多くの市民が一時的にマニラとケソンに移住した。6月10日、クラーク米軍空軍基地に避難命令が発せ

られ、司令官以下必要最小限の人員だけを残して他の将兵と家族約1万4500人は避難した。

この噴火はVEI6とされ、その影響は2100万人に及び、家畜80万頭が亡くなった。噴火による死者は、300名余を数える。死因の多くは、濡れた火山灰の重さで屋根が崩壊したことによる圧死である。噴火と同時に到来した台風による雨水が、堆積した火山灰に染み込んで重さを増したために被害が拡大した。噴火前の避難指示は数万人の命を救い、火山学と噴火予知の偉大な成功として認められている。直前の避難勧告ではあったが、直接的な人命の被害は非常に少なかったのである(Wikipedia ピナトゥボ山より)。

4 まとめ

火山の火砕流噴火に続発する原発事故は火山爆発を生き延びた住民の生活再建基盤を根本的に破壊する。約7000年ごとに日本を襲ってきた火山の巨大爆発は、VEI6レベルでも、日本の国家と社会を揺るがす大災害となる。そして、そのような火砕流噴火の確率は、原発の安全確保のために無視してはならない確率で存在する。このまま、川内原発の運転を認めれば、阿蘇・始良カルデラ・鬼界カルデラ火山などの火砕流噴火が起き、九州ばかりでなく、日本全土が大量の放射性廃棄物によって覆われるような暗黒の未来が待ち受けているかもしれない。原発事故は火山爆発の巨大災害を生き延びた原告らの帰るべき場所を破壊し、さらには日本国内の生活環境を放射能で汚染させ、その生活再建基盤を根本的に破壊するばかりでなく、避難先まで放射能汚染が及び、放射線被曝で亡くなるものが生ずることも避けられない。

一方で、もし巨大噴火が起きても川内原発が稼働していなければ、核燃料を噴火の直接的影響が及ばない場所まで運搬するのに要する時間は格段に短縮され、兆候を察知した後で対処できる可能性は確実に上がる。もし被告九州電力が川内原発を廃炉とし核燃料を搬出する等の対策を取っていれば、破

局的噴火に原子力災害が重なることは避けられることになる。そうすれば、たとえ 1 度は火砕流を避けるために故郷を離れなくてはならなくなっても、避難先で被ばくするおそれは低減ないし消滅し、寿命が尽きる前に帰還することも十分考えられる。

規制行政の現状は、前記のように、火山学者の気持ちを暗澹としたものにさせるほど、不条理なものである。このまま、川内原発の稼働を容認し続ければ、始良カルデラ・鬼界カルデラ火山などの火砕流噴火が起き、九州ばかりでなく、日本全土が大量の放射性廃棄物によって覆われるような暗黒の未来が待ち受けているかもしれない。私たちの未来の光明は司法によって照らすほかない。

第3 川内原子力発電所は立地不適であり、モニタリングでは「見逃し」をする

1 はじめに

新規制基準の一部をなす火山影響評価ガイド（甲B7）2. 及び6. 2においては、「原発の運用期間中に火砕物密度流などの設計対応不可能な火山事象が生じる可能性が十分小さいと評価されない場合は、立地不適となる」旨定められている。

火山ガイドに合理性が欠けることについては、甲B72号証小山真人「原子力発電所の『新規制基準』とその適合性審査における火山影響評価の問題点」（「科学」2015年2月号185頁）等に記載の通りであるが、仮に基準自体は不合理とは言えないとしても、川内原発の運用期間中に火砕物密度流などの設計対応不可能な火山事象が生じる可能性が十分小さいといえず、モニタリングには実効性、合理性に乏しい。

また、今日の火山学の知見を適切に踏まえられていないことから、川内原発の火山影響評価に係る基準適合性審査の審議及び設置変更許可等の判断の

過程には看過し難い過誤、欠落があり、原告らの人格権侵害のおそれが否定できない。川内原子力発電所1号機2号機は速やかに停止させ廃炉とし、出来るだけ早期に遠隔地へ使用済み核燃料を搬出する等、直ちに破局的噴火を想定した対応を取らせなければ、想像を絶する被害が生じるおそれがある。

2 設計対応不可能な火山事象の確率が「十分に低い」とは言えない

(1) 川内原発敷地に火砕物密度流が到達した頻度

約3万年前の始良カルデラ起源の入戸火砕流、約10万年前の阿多カルデラ起源の阿多火砕流、約30万年前の加久藤カルデラ起源の加久藤火砕流が川内原発に到達していたことは、被告九州電力も原子力規制委員会第107回適合性審査になってその可能性を認めている（甲B78 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合第107回 議事録34頁）。これに加え、約25万年前の鳥浜火砕流（阿多カルデラ起源）、約54万年前の小林火砕流（小林カルデラ起源）も到達が疑われる（甲B72 小山真人「原子力発電所の『新規制基準』とその適合性審査における火山影響評価の問題点」187頁）が、いずれにせよ、川内原発には、始良、阿多、加久藤、小林の4火山（加久藤と小林を1つと見ると3火山）におけるVEI7クラスの破局的噴火によって、約10万年に1回の頻度で、設計対応不可能な火砕流が到達していると思われる。

原発の運用期間とは「原子力発電所に核燃料物質〈使用済み核燃料含む〉が存在する期間」であり、最終処分場が決まっていない現在ではその期間は決められないが、便宜上100年とすると、川内原発の運用期間中に火砕流が到達する可能性は約1000分の1である。

(2) 火山ガイドにおける「可能性が十分小さい」の意義

では、火山ガイドにおける「可能性が十分小さい」とは、どの程度の確率を指し、この約10万年に1回ないし約1000分の1という数値は「十

分に小さい」と言えるのか。

この点、火山ガイドには具体的な数値は記されていないが、原子力基本法 2 条 2 項には、福島第一原発事故後、わが国の原子力規制が形骸化し国際水準よりも大きく劣っていた反省を踏まえた改正により、「確立された国際基準」を踏まえるべき旨明記されるに至ったところ、確立された国際基準たる IAEA の火山評価ガイド（甲 B 1 4 0）の 2.7 及び 5.12 には、放射線を放出するような火山事象が生じる許容限界として、 10^{-7} 以下の年間確率（すなわち 1 0 0 0 万年に 1 回以下）が推奨されているものといえる。また原子力規制委員会は、事故時のセシウム 1 3 7 の放出量が 1 0 0 T b q（福島第一原発事故の約 1 0 0 分の 1）を超えるような事故の発生頻度は 1 0 0 万炉年に 1 回程度を超えないように抑制されるべき（テロ等によるものを除く）という安全目標を掲げており、火山事象やテロ等以外にも重大事故の原因となり得るものは、外部事象、内部事象とも多々あることから、火山ガイドにいう「可能性が十分小さい」とは、少なくとも 1 0 0 0 万年に 1 回以下相当（運用期間を 1 0 0 年とすると 1 0 万年に 1 回以下相当）であると解するべきである。

加久藤・小林、始良、阿多カルデラによる火砕物密度流到達の可能性だけでも、確率した国際基準の 1 0 0 倍大きい計算となるから、これだけで川内原発は立地不適とされなければならない。

(3) 阿蘇、鬼界カルデラが破局的噴火を起こす頻度と影響

さらに川内原発から半径 1 6 0 k m 以内にある阿蘇、鬼界の両カルデラについては、約 2 6 万年前の阿蘇 1、約 1 5 万年前の小アビ山、約 1 4 万年前の阿蘇 2、約 1 3 万年前の阿蘇 3、約 9 万 5 0 0 0 年前の鬼界葛原、約 9 万年前の阿蘇 4、約 7 0 0 0 年前の鬼界アカホヤと、それぞれ約 5 万年に 1 回程度の頻度で VEI 7 クラスの破局的噴火が発生している（甲 B 7 3、乙 6 7 「カルデラとは何か：鬼界大噴火を例に」 5 9 頁、甲 B 9 8 「新

編火山灰アトラス」41頁、58頁、70頁、74頁、79頁、208頁)。

これらの噴火による火砕流の痕跡は川内原発敷地周辺において確認されていないかもしれないが、それぞれの直近の破局的噴火たる阿蘇4と鬼界アカホヤの火砕流は川内原発敷地の相当近くまで達したとされている(甲B98「新編火山灰アトラス」63頁、72頁)。また阿蘇4の火山灰の厚さは北海道でも多くの地域で15cmを越えている(甲B106・41等)ことから、川内原発敷地では少なくともこの数倍の火山灰が積もったと考えられ(なお火山物理学者の須藤靖明氏は「阿蘇4クラスの噴火が起きれば風向き次第で川内原発周辺にはメートルオーダーの火山灰が積る」旨述べている(甲B94須藤氏の陳述書))、鬼界アカホヤの火山灰の厚さは川内原発敷地周辺で30cmを超えるとされており(甲B98「新編火山灰アトラス」72頁)、いずれも被告九州電力が想定する15cmという降灰の想定を大きく上回るものである。鬼界アカホヤの噴火によって九州の縄文文化が絶滅したとされていること(甲B114・19頁)からすれば、両カルデラで破局的噴火が起きた場合、川内原発敷地周辺ないし九州全島は相当長期間、人が立ち入って活動することが極めて困難な地域となり、川内原発における緊急時対応はほとんど出来ないと想定されることからしても、阿蘇、鬼界の両カルデラについてVEI7クラスの破局的噴火が起きれば、川内原発は事実上設計対応不可能と見るべきである。

被告九州電力もそう考えているからこそ、両カルデラをモニタリングの対象としているのである。

(4) 阪神コンサルタンツの意見書は恣意的である

被告九州電力は、自ら依頼した阪神コンサルタンツの意見書において、鹿児島地溝帯のカルデラ火山(始良、加久藤・小林、阿多)では、今後1年間に発生する確率はBPT分布により約 1.15×10^{-8} (1億分の1.15)と算出されたことを主張する。

だがそもそも、被告九州電力の依頼を受けたコンサルタント会社が被告九州電力にとって不都合な結果を算出するはずがないのであるから、この算出結果の信用性は強く疑われる。

この意見書では、鹿児島地溝帯全体としてVEI 7以上の破局的噴火の周期性があることを前提とし、ばらつきは0.3（自然対数表示で1.3倍相当するものと推測される。）という極めて小さな数値となることをもとにBPT分布による確率の算定が行われているところ、鬼界カルデラを除く鹿児島地溝帯のカルデラのみを切り出して破局的噴火の周期性を見ることに科学的な根拠はない。これは被告九州電力作成の階段ダイヤグラムの問題とほぼ同じであるが、平均発生間隔のみならず、「ばらつき」という要素が加わったことにより、そのデータ選択の恣意性がさらに際だっている。

小山真人静岡大学防災総合センター教授はこの意見書につき、「BPT分布による破局的噴火の発生確率の算定は、この平均発生間隔を事実と仮定し、さらに噴火の繰り返しモデルを活断層の地震発生と同等と仮定するという、二重仮定の下に得られた結論なので、学術上ほとんど意味をなしません。そもそも鹿児島地溝の複数のカルデラ組み合わせから算出された平均発生間隔に、なぜBPT分布が適用できるのかまったく理解不能です。…つまり、噴火発生がBPT分布に依拠する根拠は皆無であり、BPT分布にもとづいた試算は単なる計算遊びに過ぎません」と厳しく批判している（甲B56「火山学者緊急アンケート」575頁）。

小屋口剛博東京大学地震研究所教授は、この意見書につき、「モニタリング対象火山（カルデラ）として阿蘇、加久藤・小林、始良、阿多、鬼界カルデラをあげているにも関わらず、この確率を計算するにあたって、これら全体に対する確率評価をせずに南九州のカルデラに絞った確率評価をしているのは、あきらかに矛盾しており、不自然」、「阪神コンサルタン

ツによる低い確率値は、先に述べた『規則的な周期挙動を示す対象に限った不自然なサンプル』を用いた結果である可能性が高く、再検討が必要」、「誤差が捨象されていることも問題」と指摘している（甲B71・11頁以下）。

さらに小山教授は、過去に日本のどこかでVEI7程度の噴火が起きる確率はおおよそ1万年に1回程度であり、最新のものは7300年前の鬼界カルデラの噴火であること、川内付近に実際に火砕流を到達させたカルデラ火山は、始良、阿多、加久藤、小林の4火山であることから、今後100年間に川内原発に火砕流が到達する確率は0.3～0.4%と述べている。これは先に述べた10万年に1回という数値同じく、周期性を考えずに過去の事実のみを前提としたものである。

前野深東京大学地震研究所助教も、カルデラ噴火の発生確率を求めるに当たり、ランダムに発生するポワソン分布モデルを仮定し、今後100年でVEI7級の噴火が日本列島で起こる確率は1%としている（甲B73、乙267・62頁）。それぞれ元データとする火山や噴火規模等が異なるため数字は1桁程度違うが、巽・鈴木（2014）（甲B115・1214頁）における100年発生確率1%という数値や、小屋口教授が挙げる10のマイナス4乗程度という数値も、同じ前提（周期性を考えないランダムなポワソン過程）で計算されている。BPT分布とポワソン分布のいずれを適用すべきかについて議論はあり得るが、ポワソン分布による確率計算はBPT分布による確率計算よりも火山学者に圧倒的に採用されている。もしBPT分布を採用するのであれば、阿蘇、鬼界についても採り上げた上、誤差評価をしなければ客観性に欠けるというべきである。

これに加え、鹿児島地溝帯の火山をひとまとまりとする考え方を提示していた中田節也教授自身も、「前の噴火から今3万年経ったから大丈夫だとは、誰も言えません。」「本当に9万年おきにきちんと起きているという

規則性があればいいけれども、そうではなく、ばらついています。」と述べていること（甲B56「中田節也氏に聞く：川内原発差止仮処分決定をめぐって」571頁）、藤井敏嗣氏（東京大学名誉教授）も「九州電力が約9万年という平均発生間隔を求めた噴火の選択は恣意的である。」「…平均発生間隔に依拠することなく、カルデラ噴火が複数回発生した阿蘇山では最短間隔が2万年であることを考慮すべきである。すなわち、最終噴火から2万年を経過したカルデラ火山は既に再噴火の可能性がある時期に到達したと考えるべきであろう」（甲B56「火山学者緊急アンケート」577頁）と述べていることからしても、鹿児島地溝のカルデラのみを採り上げて全体としての破局的噴火の周期性を前提に計算した阪神コンサルタツツの意見書は、小山教授が述べる通り、科学的な根拠がないとの誹りを免れない。

(5) 小括

以上の通り、川内原発において設計対応不可能な火山事象が発生する可能性は、10万年に1回から3回程度と考えるのが客観的で合理的である。これは、1000万年炉分の1以下を求めるIAEAの基準からは、100倍から300倍程度以上の乖離があることになる（川内原子力発電所には原子炉が2炉あることを考慮すれば200倍から600倍となる）。

3 被告九州電力の主張の根拠は薄弱である

(1) 被告九州電力の主張

被告九州電力は、川内原発について、中部から南部九州にかけての地域でVEI7クラスの超巨大噴火が原発の稼働中に起きる可能性は極めて小さいと主張し、規制委員会はその主張を承認した。その根拠は概ね以下の4点である。

- ① 川内原発に影響を及ぼす可能性のあるいずれのカルデラ（阿蘇、小林・加久藤、始良、阿多、鬼界）の地下にも、超巨大噴火を起こすような珪長質（流紋岩もしくはデイサイト）マグマ溜まりは、10km以浅に存在しない。
- ② 火山噴出物の階段ダイヤグラムから推定される超巨大噴火の平均時間間隔は6～9万年であるが、最後の鬼界カルデラの噴火からまだ8千年しかたっておらず、次の巨大噴火まで十分な時間的余裕がある。
- ③ 破局的噴火を起こす噴火ステージにない。
- ④ Druitt et al. (2012) によると、破局的噴火直前の100年程度の間、急激にマグマが供給されたと推定されているところ、現在各カルデラにおいて、急激なマグマ供給を示す基調線の変化は観測されていない。

しかし、これらの主張については、いずれも火山学的な根拠ないし観測精度に乏しく、いくら寄せ集めても、過去の記録上、国際的な水準から100倍以上乖離した、川内原発における設計対応不可能な火山事象のリスクを有意に低減させるものということとはできない。

以下、順に述べる。

(2) ①マグマ溜まりの状況について

ア 大規模な珪長質マグマ溜まりの存在について、被告九州電力は、地震波やMT（電磁気）法等による地下構造探査の結果から地下10km以浅に存在しないと結論づけている（甲B106・26頁、32頁、44頁）（但し阿多カルデラを除く。）。

しかしモニタリング検討チーム第1回会合で藤井教授は、「(マグマが) 100km³たまっているということを今の時点で推定する手法というのは、ほとんどない」「今の地震学的な手法で探査できるか」と、

なかなか難しい」「ものすごい量の地震計を張りめぐらして例えば反射を見つげるとか、何かそういうことをやらなくちゃいけなくて、これは今の日本の国内では現実的ではない」と述べ（甲B12, 甲B12・34頁）、中田教授は「(マグマが) そもそもどのぐらいたまっているのかというのはわからんわけですね。」と述べる（同29頁）。また藤井教授と中田教授は異口同音に、現在の技術でマグマの蓄積量を推定することはできないので、これから開発する必要がある旨述べる（同28頁、35頁）。したがって、九州の各カルデラの地下に大規模なマグマ溜まりが存在する可能性は否定できない。

イ また火山物理学者の須藤靖明氏は、現在の技術では地下に溜っているマグマが珪長質か玄武岩質かを精度良く見分けることは出来ないと述べている（甲B94）。

ウ マグマ溜まりの深さについても、藤井教授は、地震圧力計では100Mpaの圧力程度の精度しかなく、±4kmという非常に大きな推定誤差を伴うことを述べている（甲B12、甲B12・40頁）。小屋口教授も、マグマ溜まりの深さについては多くの観測誤差を含むと述べている（甲B71）。

エ これらの専門家の見解に照らせば、被告九州電力の「珪長質（流紋岩もしくはデイサイト）マグマ溜まりは10km以浅にまだ存在しない」という主張には確たる根拠がないことは明らかである。

オ また、小屋口教授によれば、マグマ溜まりの深さが10kmより深い場合には破局噴火は起こらないという普遍的法則はない上、桜島で噴出しているマグマの性質が安山岩質であるとしても、1991年のピナツボ噴火の事例から、破局噴火の発生を否定することにはならないと述べている（甲B71・10頁）。

10kmより深いところのマグマを推定する技術はほとんどなく、

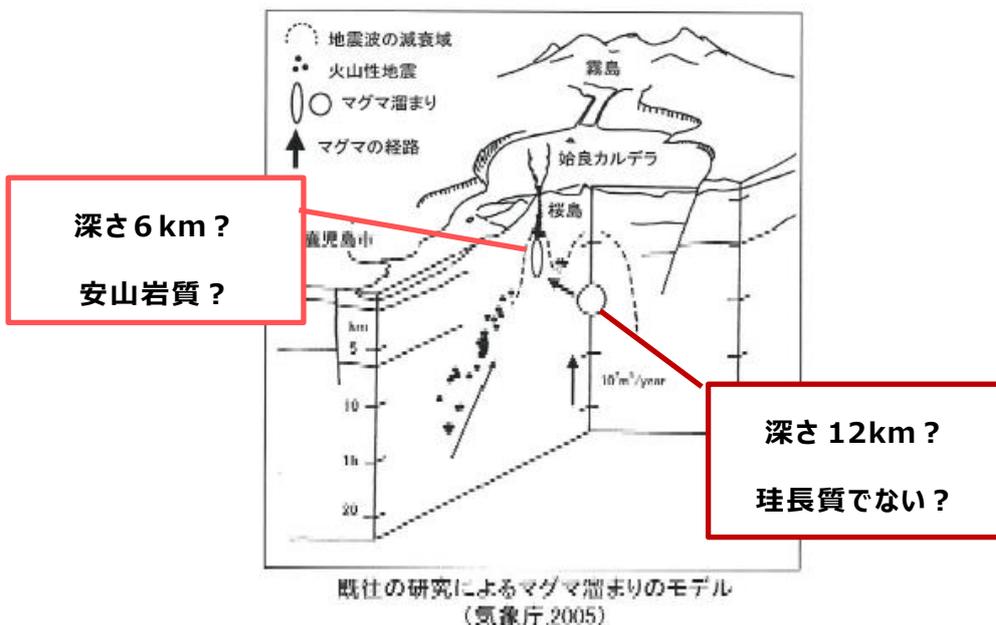
石原和弘氏（京都大学名誉教授）は、地下10 kmより深いところのマグマは潜在的に蓄積されているという観点で疑って考えなければならない旨述べている（甲B13、乙114・23頁）

カ 被告九州電力が証拠提出した各研究成果によっても、各カルデラにおいて破局噴火につながるような大規模なマグマ溜まりがないということを述べたものはなく、逆に、すでに大規模なマグマ溜まりが存在することを、専門家達は示している。

i 始良カルデラについて

(i) 被告九州電力のモデル

被告九州電力が始良カルデラのマグマ溜まりについて採用しているモデルは、基本的に気象庁 2005 年のモデルである（甲B106・20 下図）が、これに井口ほか(2011)（甲B116）を用いて、桜島下のマグマ溜まりを深さ6 km、始良カルデラ中央部のマグマ溜まりを深さ12 kmとし、桜島下のマグマ溜まりは噴出物の分析から安山岩質、カルデラ中央部のマグマ溜まりは10 kmより深い位置にあるため東宮(2007)から流紋岩質でない（規制委員会へ提出した資料上は「大規模な珪長質マグマ溜まりではない」と主張する。



【被告九州電力が規制委員会に提出した資料（甲B106・20）に加
筆】

(ii) マグマ溜まりがより浅い可能性

前記図を見る限り，気象庁 2005 年のモデルは，桜島直下のマグマ溜まりを深さ 5 km 以浅，始良カルデラ中央部のマグマ溜まりを深さ 10 km ないしそれ以浅としており，井口ほか(2011)（甲B116）をもってこれを否定することが出来るかどうかという論証を被告九州電力は行っていない。

被告九州電力が根拠とする井口ほか(2011)（甲B116）では，2010 年 4 月から 2011 年 7 月までの GPS 観測データから，圧力源として，北岳ほぼ直下の深さ 6 km，始良カルデラ中央部の深さ 12 km と求められているが，気象庁モデルで描かれている桜島直下のマグマ溜まりは，現在も頻繁に活動している南岳直下のそれであり（甲B117「日本活火山総覧」1348 頁参照），長期にわたって活動を休止している北岳直下のものではない。北岳下と南岳下のマグマ溜まりはそれぞれ別のものであるとされている（井口(2014)（甲B74・8頁），甲B118「平成25年度次報告書」3頁）。したがって北岳直下の圧力源の深さによって気象庁モデルのマグマ溜まりの深さは求められない。被告九州電力は別々のマグマ溜まりを混同している。

また数キロ単位の違いはマグマ溜まりの深さを見積もる際の誤差の範囲である。始良カルデラないし桜島のマグマ溜まりについては種々の研究成果があるが，12km と 6km というのは，そのうち最も深い推定をしたものであろう。

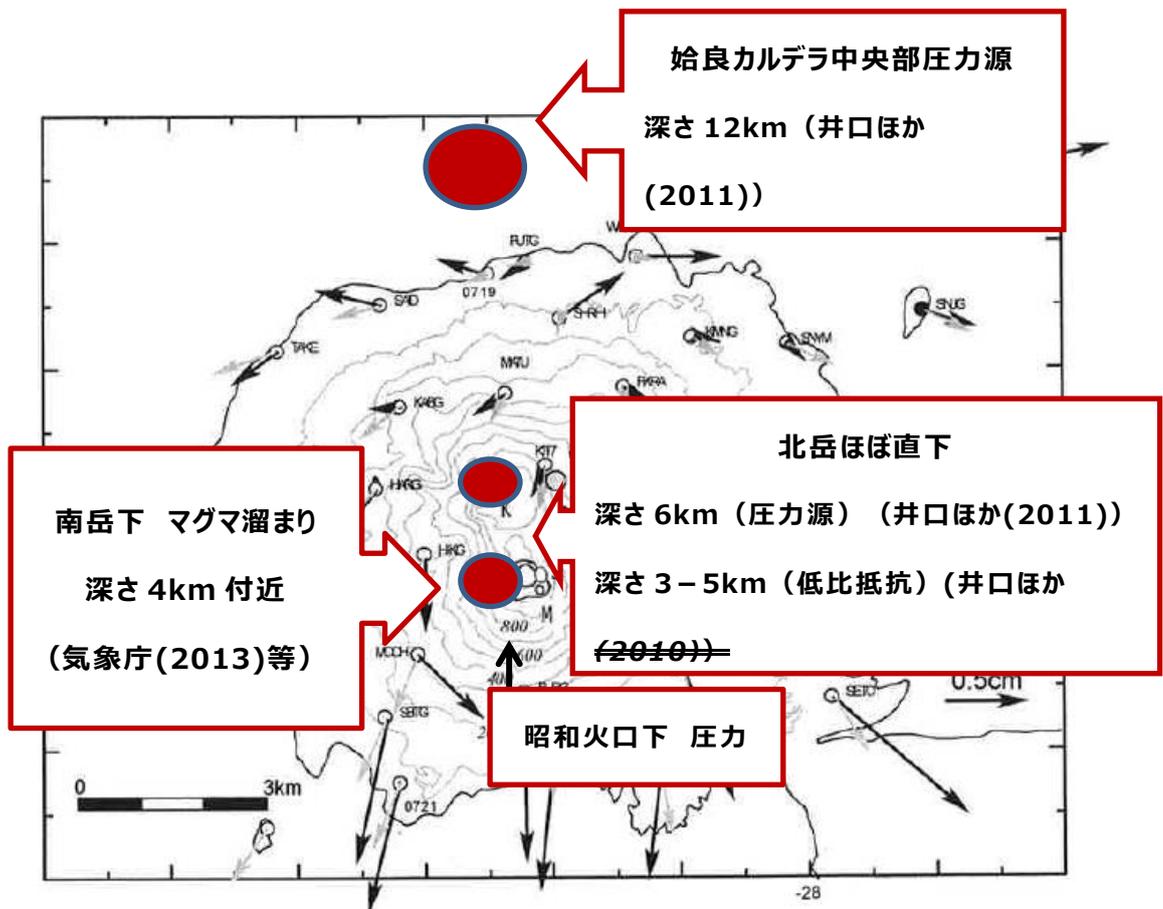
井口ほか(2011)（甲B116）は京都大学防災研究所の「桜島火

山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」(担当：井口正人)の一環で作成された論文であるが、その最終版の「平成25年度年次報告」(甲B118)では、水準測量及びGPS観測から始良カルデラの中央部の深度10km付近に地殻変動源が、2010年実施の広帯域MT観測データ解析により得られた桜島3次元比抵抗構造から北岳の下3-5kmの深さに顕著な低比抵抗部分が、それぞれ認められるとしている。個々の爆発に伴う地盤変動に関与する圧力源の位置は、南岳下の深さ4km付近、昭和火口下1km付近に求められ、個々の噴火活動については南岳下のマグマ溜りが関与するとされている。

井口(2014)(甲B74・6, 8頁)では、カルデラ下10kmに主マグマ溜り、北岳下深さ5kmと南岳下深さ4kmにそれぞれ副マグマ溜りが示されている。

現在インターネットで公開されている気象庁の日本活火山総覧(第4版)でも、始良カルデラの地下の主マグマ溜りを深さ約10km、桜島直下の副マグマ溜りは深さ約4kmとされている(甲B117・1338頁)。

以上の通り、各研究成果においては、始良カルデラ中央部のマグマ溜まりの深さが10km以浅である可能性は否定されていない上、北岳下にせよ南岳下にせよ、井口ほか(2011)(甲B116)以外ではマグマ溜まりの深さは5km以下と推定されている。被告九州電力はこういった研究成果の検討をしていない。



【井口ほか(2011) (甲B 1 1 6) 4頁 Fig.5 に加筆】

被告九州電力は、井口正人京都大学教授がモニタリング検討チーム第3回会合において、様々な観測データから、マグマ溜まりの位置とその変化まで捉えることが出来ていることを表明している旨主張しているが、井口教授はマグマ溜まりの深さについて数キロ単位の誤差もなく推定することが出来るとは一切述べていない。

北岳下にせよ南岳下にせよ、桜島直下のマグマ溜まりが深さ 4km 程度とするなら、東宮(1997) (甲B 1 1 9) の浮力中立点の考え方からすると、それが安山岩質とは考え難いこととなる。また始良カルデラ中央部のマグマ溜まりが深さ 10km より浅いということになれば、被告九州電力の主張を前提としてもこれが破局的噴火を引き起こす可能性が低いとは言えない方向につながる。

(iii) 大規模な珪長質マグマ溜り

被告九州電力が仮処分で提出した証拠である小林ほか(2010) (甲B120)では、被告九州電力が採用したものと同一マグマ溜りのモデル(2005年の気象庁モデルと同じ1989年の加茂モデル)が用いられており、桜島直下の浅いマグマ溜りの深さは火口直下数km、始良カルデラ中心付近のマグマ溜りは海面下5km以深とされている(同272頁)。このうち後者については、「大きな珪長質なマグマ溜り」であって、安山岩質マグマはそこよりやや深い周辺部に別個のマグマ溜りとして存在し、珪長質マグマ溜りの脇を経て桜島直下に移動しているというイメージが「最も現実的なモデル」として提唱されている。

さらに小林哲夫鹿児島大学名誉教授は、小林(2014)(甲B73・91頁)において「広域的な地盤の上昇は、基本的には流紋岩質マグマ溜りの増大を反映したものと考えざるを得ない。」と述べ、2014年の日本火山学会公開講座においても、次の図のように始良カルデラ中心付近のマグマ溜りを「流紋岩質」としている(甲B121・17頁)。

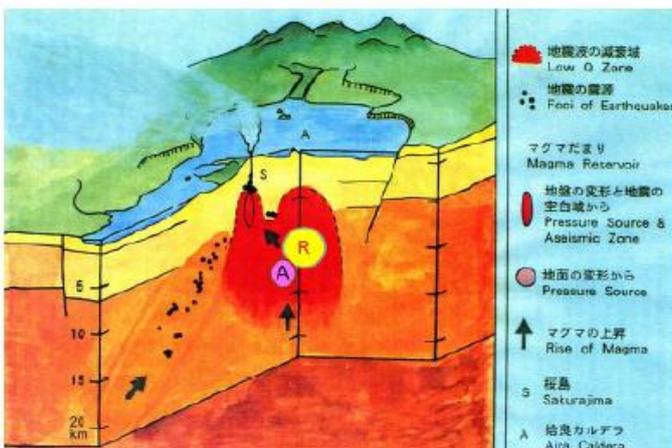


図16 桜島と始良カルデラのマグマ溜りの関係 (Kamo, 1989を一部修正)

R: 始良カルデラの流紋岩質マグマ溜り, A: 桜島の安山岩質マグマ溜り

【甲B121 日本火山学会 第21回公開講座

「九州の火山:カルデラ火山の壮大な景色とストーリー」(小林) 1

7頁】

中川光弘ほか「桜島火山の噴火活動様式とマグマ供給系の20世紀からの変化とその意義」(甲B122・7頁)では、岩石学的検討から、始良カルデラの下に蓄積しているマグマはデイサイトマグマであり、安山岩質マグマが注入され膨張していると解釈されている。デイサイト質なのか流紋岩質なのかという違いはあるにせよ、始良カルデラ下の主マグマ溜りが珪長質であるという点は前記小林教授の見解と変わらない。

また小林(2014)では、「現在の始良カルデラの状況は、カルデラ噴火を起こす前の鬼界カルデラと似通っている」(甲B73・90頁)ともされており、近いうちに破局的噴火を起こす可能性が示唆されている。

被告九州電力は、噴出物の分析から桜島直下のマグマ溜りを安山岩質とするが、井口ほか(2015)(甲B118・3頁)によると、噴火活動に関与しているマグマ溜りは南岳下のものであるから、北岳下の圧力源によって推定されるマグマ溜りについては、噴出物の分析から直接これを安山岩質とすることは出来ない。南岳直下のマグマ溜りについては、噴出物からすると安山岩質と考えられるが、前記(2)で示した通り東宮(1997)によると深さ4km程度のマグマ溜りは安山岩質とは考え難く、地下構造の複雑さ(例えば始良カルデラ下の主マグマ溜り周辺の別のマグマ溜りから供給された安山岩質マグマが南岳下のマグマ溜りの脇もすり抜けている可能性や、玄武岩質マグマの供給がありこれが珪長質マグマの中を通り抜ける際にマグマ混合が生じている可能性などが考えられる。)を考慮すると、珪長質である可能性も否定できない。小屋口教授が示した1991年ピナツボ噴火の事例は、地下の浅いとこ

ろに広範囲にわたって珪長質マグマが溜っている場合でも、安山岩質マグマが噴出することがあることを示している（甲B71・10頁）。

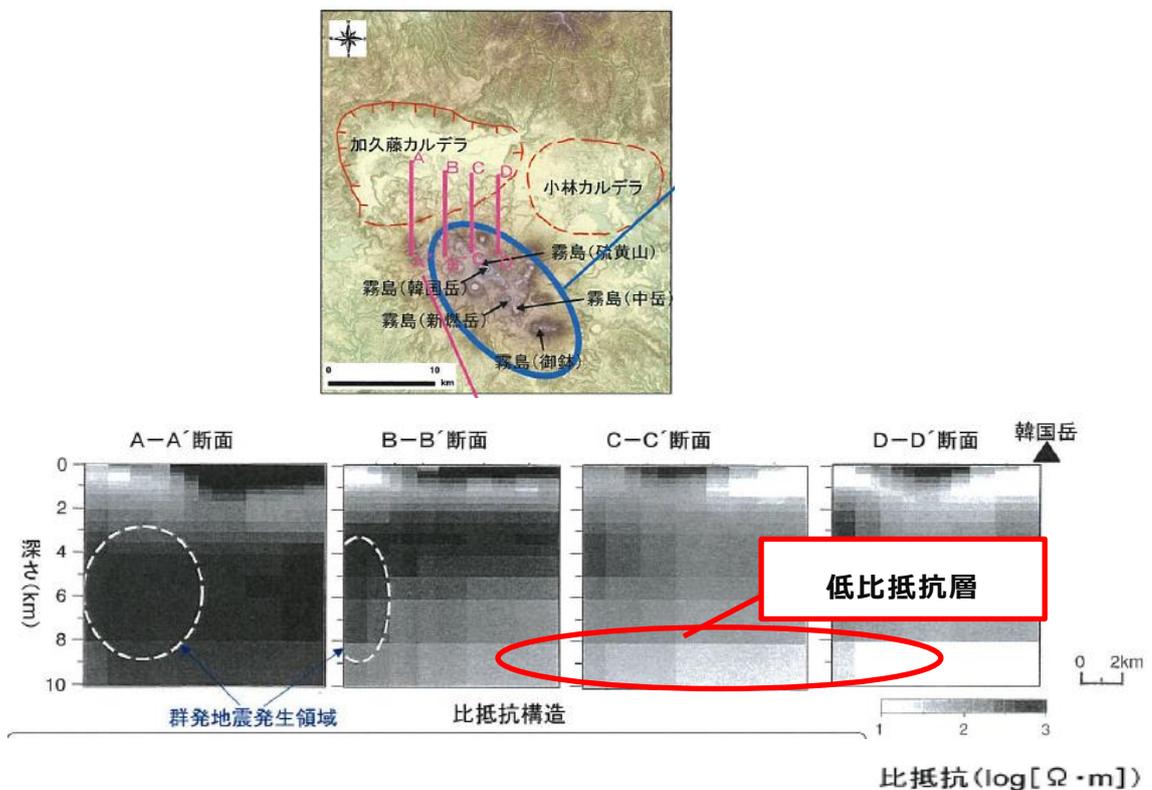
小屋口教授の陳述書（甲B71・10頁）には「現在、桜島で噴出しているマグマの性質が、カルデラ噴火の想定されているデイサイト質から流紋岩質マグマより高密度な安山岩質であり、地下浅いところに広範囲にわたってデイサイト質から流紋岩質のマグマ溜りが形成されている場合には、（安山岩質マグマは）噴出が難しいマグマであることも事実です。」（実際に安山岩質マグマが噴出していることからすれば、始良カルデラには地下浅いところに広範囲にわたって珪長質のマグマ溜りが形成されていないとも考えられる。）と記載されているが、これは古典的な描像にしたがい、単一の大規模なマグマ溜りが形成されることを前提とした一般論であって、被告九州電力が前提とする気象庁のマグマ溜りモデルを前提としていない（甲B123 小屋口教授陳述書2）。仮に桜島直下に安山岩質のマグマ溜りが存在するとしても、小林(2014)（甲B73・91, 87頁図4）で示されているように、始良カルデラ中央部の流紋岩質マグマが安山岩質マグマを經由せず真上へ噴出すること等を想定すれば、安山岩質マグマ溜りの存在は、流紋岩質マグマの噴出の上で障害とはならない。

安田ほか(2015)（甲B124・395頁）では、始良カルデラの深さ8-10 kmのデイサイト質マグマ溜りの上部に低速度層があることから、これが始良火砕噴火の流紋岩質マグマ溜りの残滓、若しくは前記マグマ溜りから分化した部分熔融液が蓄えられつつある可能性が示されている。同部分の精密な物理観測による慎重な検討が被告九州電力には求められるが、そのような検討が行われ

た形跡も行われる見込みもない。

ii 加久藤・小林カルデラ

Goto et al., 1997 (甲B125) では、MT 法による調査結果によると、B-B'断面から D-D'断面までの比抵抗構造を見る限り、加久藤カルデラ東部では深さ 8 km 辺りから広い範囲で低比抵抗層が存在している。これは霧島火山群の広範囲にわたる低比抵抗層とつながっていると考えられ(甲B125・1287頁 “The resistivity of the deep conductive zone decreases toward the south, that is, toward the Kirishima volcanoes.”), 加久藤カルデラには東部から南側にかけてかなり大規模なマグマ溜まりが存在する可能性がある。これが破局的噴火をもたらすような大規模な珪長質マグマ溜りである可能性を否定する論拠は、被告九州電力から何ら示されていない。



【被告九州電力が規制委員会に提出した資料 (甲B106・26) から

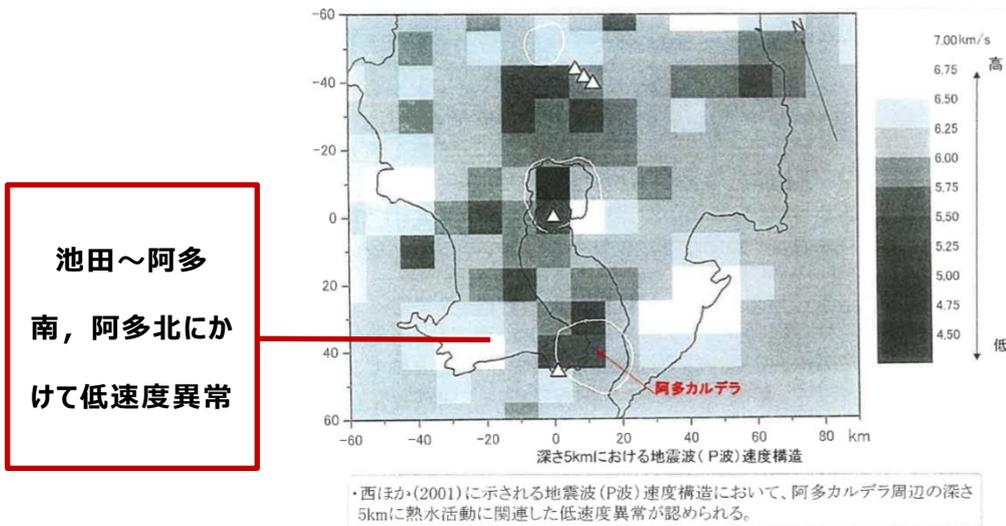
Goto et al., 1997 (甲B125) に係る部分を抜粋】

小林カルデラについては、マグマ溜りの存否を直接疎明する調査結果は何ら示されておらず、加久藤カルデラの低比抵抗層の状況から小林カルデラ側へマグマ溜まりが広がっていることを示唆しているとも考えられ、やはり破局的噴火をもたらすような大規模な珪長質マグマ溜りの存在は否定できない。

iii 阿多カルデラ

約24万年前の阿多鳥浜噴火と約10.5万年前の阿多噴火の活動間隔約13.5万年からしても、最新の破局的噴火からの経過時間約11万年というのは、既に破局的噴火の準備のために十分な間隔であると言え、この活動間隔からすれば川内原発の運用期間中に破局的噴火が生じても不思議ではない（甲B126 「超巨大噴火は予知できるか」947頁）。

また西ほか(2001)によると、阿多カルデラ直下ないしその周辺では深さ5kmに熱水活動に関連した低速度異常が認められており（甲B106・32）、これは桜島ないし始良カルデラで確認されるものよりも明らかに規模が大きい。これが破局的噴火をもたらすような大規模な珪長質マグマ溜りを示す可能性はあり、この可能性を否定する疎明は何らなされていない。



【被告九州電力が規制委員会に提出した資料（甲B106・32）から

西ほか(2001)に係る部分を抜粋】

iv 鬼界カルデラ

被告九州電力は、噴出物の分析によってマグマの大部分が玄武岩質マグマであり、破局的噴火を引き起こす流紋岩質マグマではないと主張するが、その根拠とする篠原ほか(2008)（甲B127）には、地表近くで脱ガスした流紋岩マグマが沈降し、下部の玄武岩マグマから安山岩マグマを通してガス成分を供給されるため、現在放出されている火山ガスのほとんどが地下深くの玄武岩マグマを起源としていることが記されているだけで、推定されている80km³以上のマグマ溜りの大部分が玄武岩質であるとは記されていない。流紋岩マグマが地下深くの玄武岩マグマを起源としていることは別段特別なことではなく（甲B119・723頁等参照）、地表地殻で脱ガスする流紋岩マグマのほとんどが玄武岩マグマを起源としているからといって、地下のマグマの大部分が玄武岩質であるということにはならない。むしろ、東宮(1997)（甲B119）の図3を正しく用いると、玄武岩質マグマ溜りは浮力中立点である深さ10km以浅には形成されず、安山岩質マグマ溜りは浮力中立点である深さ4km以浅には形成されな

いと考えられる。篠原ほか(2008) (甲B 1 2 7) によると鬼界カルデラのマグマ溜りは直径 10 km 程度あるため、流紋岩質マグマの層の厚さを 1 km としても、流紋岩質マグマだけでかなりの量が蓄積されている計算になる。

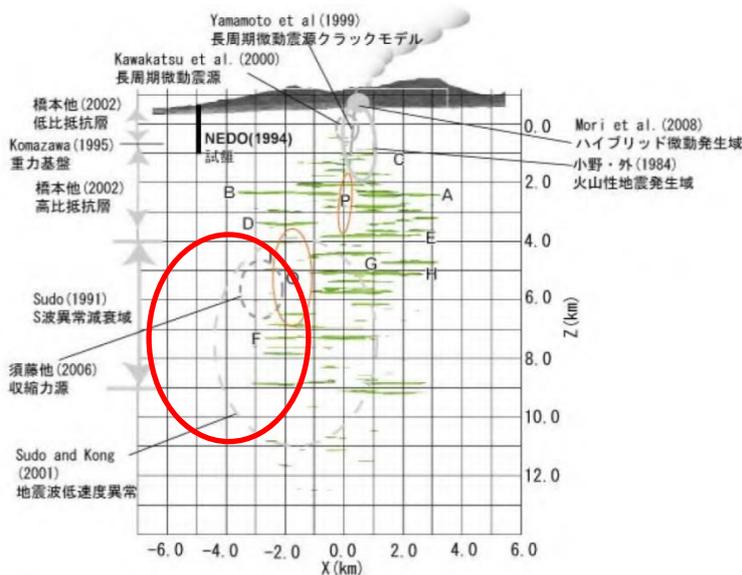
また被告九州電力は、前野ほか(2001) (甲B 1 2 8) によって、アカホヤ噴火時に蓄積されていたマグマは全て出尽くしており、現在の活動は、その後の新たな活動であるため、大規模な流紋岩質のマグマ溜まりは蓄積していない旨主張しているが、前野ほか(2001)では、「アカホヤ噴火後、稲村岳の活動期を挟み、新たなマグマを生産する活動期に入った」(甲B 1 2 8・2 7 5 頁)とされているだけで、従前のマグマが出尽くしたとは書かれていない。仮にそのような含意を読み込むとすると、被告九州電力が鬼界カルデラについて提出する別の疎明資料である篠原ほか(2008) (甲B 1 2 7) の「薩摩硫黄島火山下には7300年前のカルデラ噴火の後も**定常的に大型のマグマ溜まりが存在**していると考えられます。」という記述と矛盾することになるが、被告九州電力にはこの見解を否定するような検討が欠落している。

さらに小林(2014) (甲B 7 3・9 1 頁) には、カルデラ中央部に再生ドームが存在していることから、アカホヤ噴火以降、マグマの蓄積が**急速に進行した**ものと推定され、次のカルデラ噴火に向けたプロセスが進行中であること、いつその噴火が始まるのかを判断できないことが記されており、仮に被告九州電力の主張する通り1度マグマ溜まりが空になったのだとしても、その後の急速なマグマの蓄積によって、川内原発の供用期間中に破局的噴火を引き起こす可能性が低いとは言えないことが示唆されている。

V 阿蘇カルデラ

Sudo and Kong(2001) (甲B129)では長期に渡るカルデラ内の地震波の観測により、草千里直下の深さ約6kmにマグマ溜りと見られる低速度領域を推定した。須藤ほか「阿蘇火山の地盤変動とマグマ溜まり」(甲B130)では、水準測量結果の解析によってこのマグマ溜りの存在が確認されている。須藤氏はこれを半径2kmの球と仮定して約30km³のマグマ溜まりであるとするが、低速度領域は深さ10km前後で広がりを見せており、特に10km以深では調査精度の問題が大きいため、一概に球と判断することはできない。

気象庁の活火山総覧(甲B131)では、Sudo and Kong(2001)で確認された低速度異常は深さ4kmから11kmまでの縦に長い大きな楕円型の領域と解されている(下図参照)。また安部(2012)(甲B132)では同じマグマ溜まりを半径2,3km、体積を約100km³と見積っている(59頁; The radius of this chamber is 2 or 3 km, its volume is about 100 km³)。このようにマグマ溜まりを示す低速度領域の外縁の解釈には幅があり得るから、被告九州電力のように「小規模な低速度領域」と断ずるべきではない。

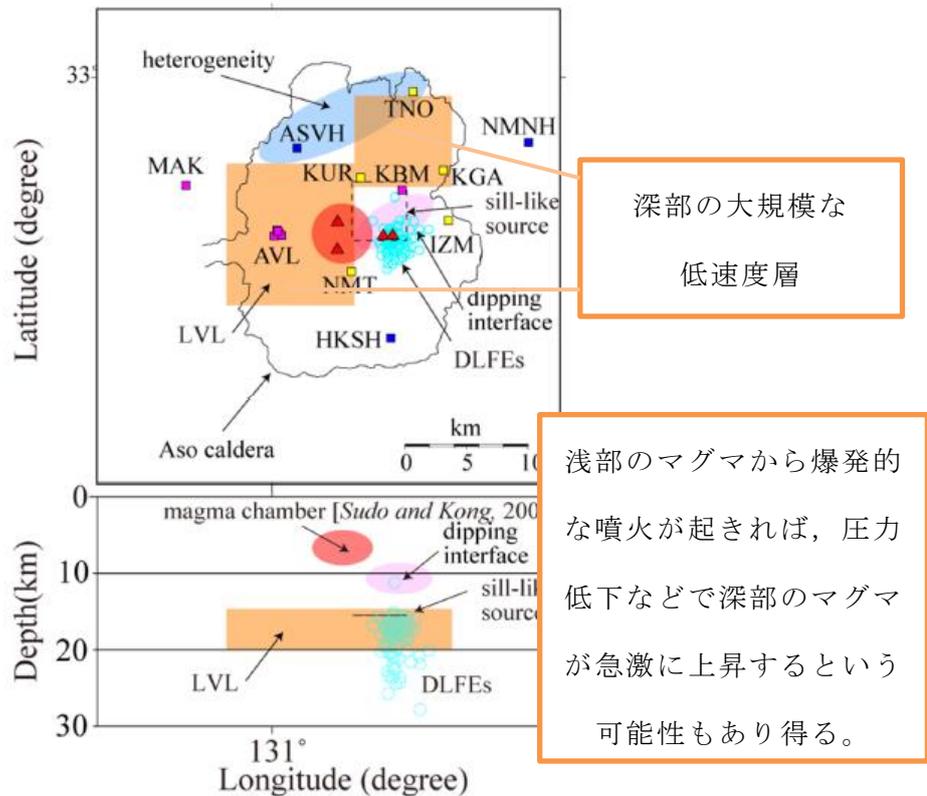


【甲 B 1 3 1 活火山総覧（第 4 版）「阿蘇山」 1207 頁】

(Sudo and Kong(2001)の地震波低速度異常領域を赤線で強調)

さらに安部(2012) (甲 B 1 3 2) では, 遠地地震波形を用いた速度構造解析により阿蘇カルデラ西部及び北東部の地下15kmから20kmの深さに大規模な低速度層がみいだされており, S波構造から最大で150km³のマグマを含み得ると見積もられ(92頁 “We estimate from detected S-wave velocity structure that LVL can contain 150 km³ of molten rocks at a maximum.), これが将来の巨大噴火(阿蘇5)で噴出する珪長質マグマを内包ないし発生させる可能性が同論文中で示されている(92頁 “Finally, we indicate that LVL might contain or generate silicic magma which will be ejected at the future large eruption (Aso5)” .)。なお安部(2012)の原研究であるAbe et al. (2010)は, 気象庁の日本活火山総覧(第4版)で採り上げられており, 地下10~24kmの低速度層がマグマの存在を示唆する旨記載されている(甲 B 1 3 1・1208頁)。

須藤氏は, 自らが発見した草千里直下の比較的浅部にあるマグマ溜まりから爆発的な噴火が起こった場合, 地下の大規模な破壊による圧力低下などにより安部が示唆した地下深部の大規模なマグマ溜まりから急激にマグマが上昇してくる可能性があること, 最近の基線長の変化や中岳の活動は破局的噴火の前兆となる可能性があることを述べている(甲 B 9 4 (陳述書(須藤靖明)) 3頁)。

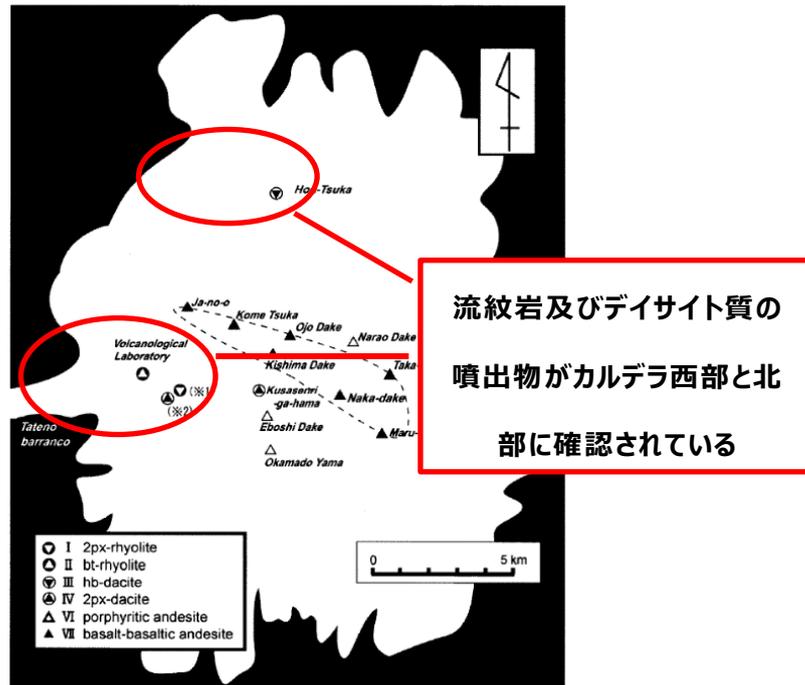


【安部(2012) (甲B 1 3 2・93頁 Figure29)】

被告九州電力は、安部氏の示唆するマグマ溜まりが存在する場合でも、なお阿蘇カルデラが破局的噴火を起こす可能性が十分に低いと言えるのか、その直上のマグマ溜まりから爆発的噴火が起きた際にも深さ15kmのマグマ溜まりから急激にマグマが上昇してくることはないのか、必要な検討を行っているとは言えず、規制委員会での審査にも過誤欠落がある。

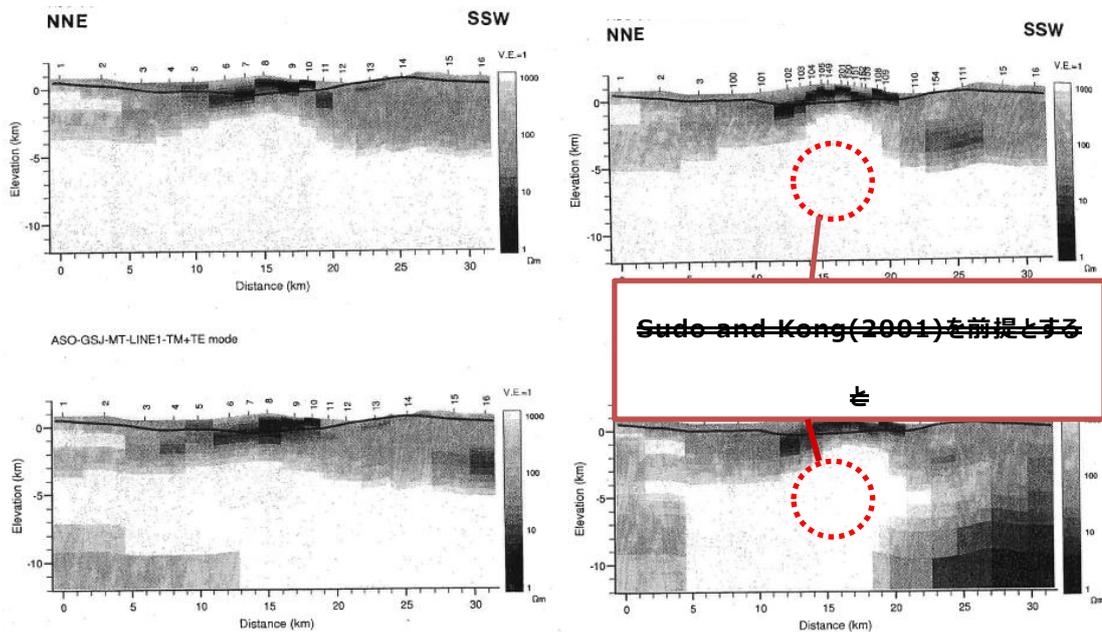
被告九州電力は、三好ほか(2005) (甲B 1 3 3)において、苦鉄質火山噴出物や珪長質火山噴出物の分布状況から、大規模な珪長質マグマ溜まりはないとされている旨と主張している。確かに三好ほか(2005)では小野・渡辺(1983)の大規模な単一のマグマ溜まりモデルを採用した場合、それが後カルデラ形成期において存在しなくなっ

たと考えられる旨記載されているが、新しく大規模な珪長質マグマ溜まりが形成されている可能性を否定した訳ではない。三好ほか(2005)の Fig. 9 (下図) では蛇ノ尾から丸山にかけて東西の帯状に玄武岩質の岩石の存在が示されている一方で、草千里ヶ浜から火山研究所にかけてのカルデラ西方領域および北部の本塚ではデイサイト質、流紋岩質の岩石が確認されており、この配置から単一の大規模なマグマ溜りの存在を否定しているが、阿蘇4以来約9万年にわたり断続的に噴出したマグマの成分を横並びで配置してマグマ溜りの存廃を推認すること自体にやや無理がある。また三好ほか(2005)では、阿蘇4においてカルデラ中央付近の噴出口のみから噴出したことを前提としているようであるが、そうでない説も有力に主張されており(例えば金子(2014)(甲B73・94頁))、この前提が違えば前記三好ほか(2005)の結論は成り立たない。一方でこの Fig. 9 は、カルデラの中央付近ではなく、西部一帯と北部で大規模な珪長質マグマ溜まりが形成されているという、安部(2012)が示した可能性と整合的でもある。三好ほか(2005)を根拠として現在の阿蘇カルデラにおける大規模な珪長質マグマ溜まりの存在を否定することは出来ないと言うべきである。



【三好ほか(2005) (甲B133) 282頁 Fig.9 に加筆】

さらに被告九州電力は、高倉ほか(2000) (甲B134) によって、「阿蘇カルデラの地下10km以浅に大きな低比抵抗領域(マグマ溜まりと考えられる)は認められない」と述べるが、これによって10km以浅のマグマ溜まりを否定すると、仮処分において自ら提出した証拠であるSudo and Kong(2001) (甲B129)と矛盾する。しかし被告九州電力は、このことについて何ら説明していない。高倉ほか(2000) (甲B134)のMT法解析比抵抗面では、深さ3kmから5km以深の領域はほとんど空白となっていることからすると(下図参照)、マグマ溜まりの存在を否定するような調査、解析が行われたとは考え難い(甲B135「原発と火山」109頁)。また高倉ほか(2000)においても、高温のマグマは水が少なく高比抵抗であることが指摘されている(甲B134・26頁)。したがって、この論文によって須藤氏らが確認したマグマ溜まりを否定することが出来ない。



【高倉ほか(2001) (甲B 1 3 4) 29頁の第4図(左)と第5図(右)】
 (なお高倉ほか(2001)では第5図の説明として「側線1の解析比抵抗断面」と書かれている(甲B 1 3 4・30頁)が、「側線2」の誤記と思われる。)

キ 以上の専門家の発言や議論等を踏まえると、被告九州電力の「いずれのカルデラ(阿蘇、小林・加久藤、始良、阿多、鬼界)の地下にも巨大噴火を起こすような珪長質(流紋岩もしくはデイサイト)マグマ溜まりはまだ存在しない。」という主張には根拠がなく、いずれのカルデラについても破局的噴火につながるようなマグマ溜まりはすでに存在する可能性は十分に認められる。

ク 以上のような破局的噴火につながるマグマ溜りが存在する可能性にかかる議論は、川内原発の基準適合性審査でほとんど行われておらず、審議判断の過程に著しい過誤欠落があると言わねばならない。

(3) ②階段ダイヤグラムについて

甲B 1 0 6号証14頁のように複数の火山の噴出物の階段ダイヤグラムを重ね合わせて一つの階段ダイヤグラムを作るという被告九州電力の

手法は、かなり特異、独特なものである。

被告九州電力は、「鹿児島地溝にあるカルデラについては共通するマグマ供給システムが存在する」と主張するが、被告九州電力が仮処分において引用した甲B 136号証（小林・矢野（2007））にそのような記載はない。むしろ小山教授によると、様々な観測事実の積み重ねによって、個々の火山のマグマ溜まりが独立であることが確かめられていることから、階段図は1火山につき1つであるのが通常であると述べられている（甲B 72・187頁）。鹿児島地溝帯のカルデラの破局的噴火が周期的に把握できる根拠が存在しない以上、被告九州電力の階段ダイヤグラムは、単に南九州における巨大噴火の発生頻度の平均が6～9万年に1度の頻度であるということ述べているに過ぎないという他なく、最後の破局的噴火からの経過時間がこれよりも十分短いからといって当面破局的噴火は起きないとは言えない。

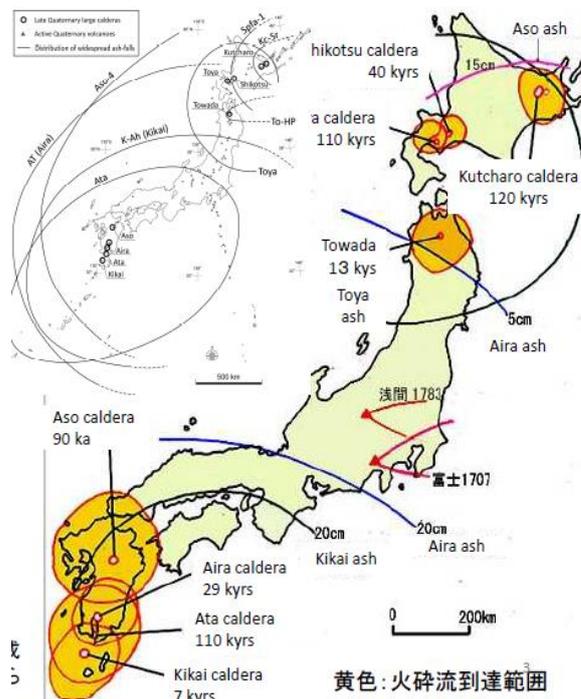
一般的な手法にしたがって火山（カルデラ）ごとに階段ダイヤグラムを作成することを想定すれば、データが少ないとは言え、最後の噴火から現在までの間隔が過去の破局的噴火の最短間隔よりも空いている阿蘇と加久藤・小林の各カルデラでは、破局噴火の危険性が高く、阿多カルデラも十分に危険性があるとみなさなければならない。

ア 中田教授は被告九州電力の考え方の有効性を評価していない

階段ダイヤグラム（階段図）について、被告九州電力は、中田節也東京大学地震研究所教授の新規制基準検討に関する検討チーム第20回会合における発言（甲B 137）や中田（2014）（甲B 138）によって、「始良、加久藤・小林、阿多という鹿児島地溝にあるカルデラ火山全体について、破局的噴火の活動間隔が約9万年であり、最新の噴火から約3万年しか経過していないことから、運用期間中における破局的噴火が起きる可能性は極めて低い」という考え方の有効性が評価されたと主張する。

しかし中田教授は、同会合において、噴火の規則性から「統計的に扱うことができるだろうというのが私たちの希望です」(甲B 1 3 7・6頁)と述べただけで、前記被告九州電力の考え方の有効性を評価してはいない。階段ダイヤグラムは火山ごとに作成するのが通常である。小林(2014)(甲B 7 3・9 2頁)によると、九州では概ね約50 km間隔で地殻下部の溶融によるマグマ溜りの形成がカルデラごとに独立してなされており、被告九州電力が言うような鹿児島地溝のカルデラにおける「共通するマグマ供給システム」は存在しないのであるから、鹿児島地溝の3つのカルデラを一括して階段図を描く根拠がない。中田(2014)(甲B 1 3 8)でも「規則性が認められる広範囲においても階段図の検討に意味があることを示唆している。」とあるに過ぎず、「南九州」というような一定範囲の火山を抽出して階段図を作成することは定説的な方法ではない。

新規制基準検討に関する検討チーム第20回会合冒頭で、中田教授は、次の日本地図(甲B 1 3 9 同会合中田教授資料3頁)を示しつつ「ここまで(黄色で示した範囲)は火砕流は届いている。こういうところには原子力発電所は建てることできないということです。」「このように、距離さえ離せば、原子力発電所の立地は基本的には大丈夫なわけですがけれども、カルデラ噴火については、細心の注意をもってその評価をする必要があるということになります。」(甲B 1 3 7・3頁)と述べている。



【甲B139 発電用軽水型原子炉の新規制基準に関する検討チーム第20回会合 中田教授資料「原子力発電所の火山影響に関する考え方」3頁（日本のカルデラ噴火）】

また同会合の質疑応答でも中田教授は「火砕流が来そうなところには物（原子力発電所の意味）は作らないというのが基本だと思います。」とも述べている（甲B137・9頁）。

すなわち中田教授は、川内原発のように最近十数万年のうちに何度も火砕流に襲われた原発は当然立地不適であって、階段ダイヤグラムによる検討対象とはならない前提で話していたのである。階段ダイヤグラムは本来、火山の活動傾向を理解する助けとして使うもので、その精度には問題があり、原発立地の適否を議論する厳密な議論に耐えるものではない（甲B56「火山学者緊急アンケート」579頁）。

中田教授が、階段ダイヤグラムについて被告九州電力のような使い方を考えていなかったことについては、原決定後のインタビューにおいて、「本当に9万年おきにきちんと起きているという規則性があればいいけれども、そうではなく、ばらついています。」「前の噴火から今3万年経ったから大丈夫だとは、誰も言えません」「統計は統計で、補足的なデータとして使うことはできますが、始良カルデラのマグマの蓄積速度は、カルデラ噴火を

起こしてもいいくらいの速度です。それが無視されています」(甲B56・571, 572頁) 等と述べていることから明らかである。

イ 中田教授の階段ダイヤグラムとの違い

被告九州電力は、中田教授の見解に基づいてカルデラ火山の噴火間隔の検討をしたというのであれば、中田教授が作成した階段ダイヤグラムと同じものを使えばよかつたはずである。しかし被告九州電力が作成した階段図は、中田教授のものと似て非なるものである。

次の図は被告九州電力が用いている階段ダイヤグラムである。

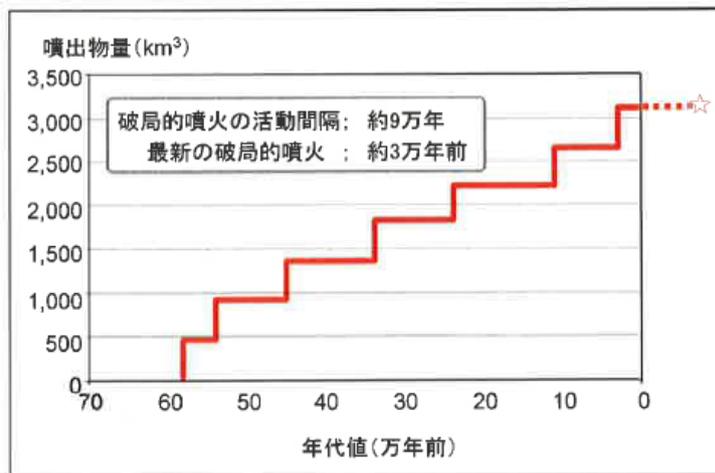
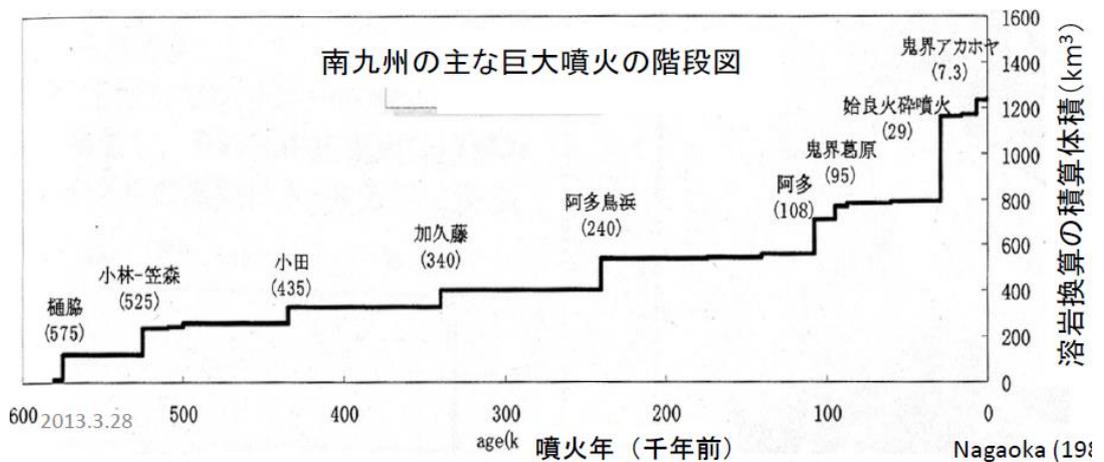


図3 鹿児島地溝における破局的噴火の噴火間隔

一方で次の図は、中田教授が新規規制基準に関する検討チームにおいて示した階段ダイヤグラムである (甲367・16)。



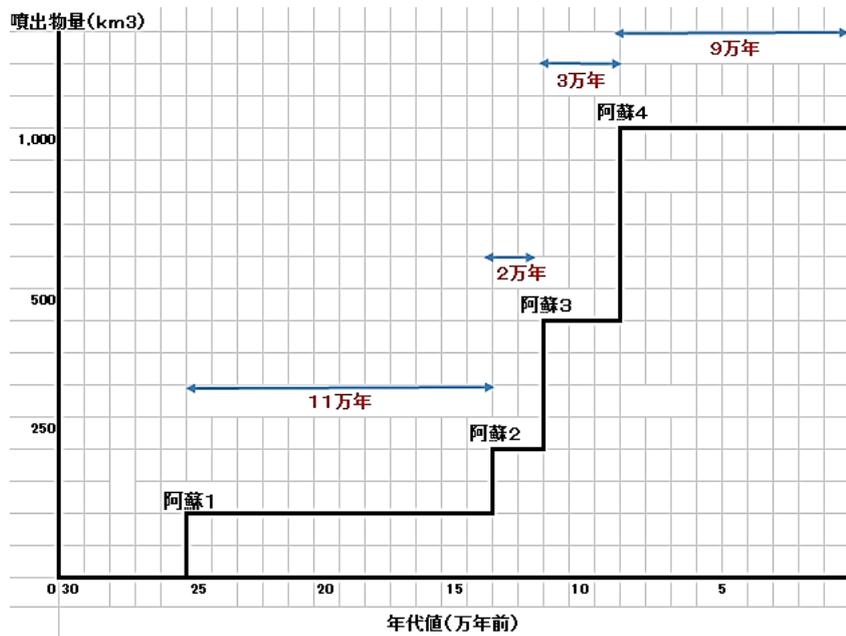
この2つの階段図の違いは、第一に、中田教授は9万5000年前の鬼界葛原と約7300年前の鬼界アカホヤを含めているにもかかわらず、被告九州電力はこれらを排除しているという点である。この2つの噴火は、他の南九州の巨大噴火と1～2万年程度しか間隔がなく、これらを考慮に入れる限りは、被告九州電力も認めている通り、周期性は消滅する（甲B106・14参照）。中田教授は新規規制基準検討チームにおいて、鬼界カルデラも含めた南九州という観点を示した（甲B137・6頁）。これを根拠とするのであれば、鬼界カルデラの巨大噴火を排除すべきではなく、鬼界カルデラの巨大噴火を含めた階段図を基本として検討すべきであった。しかし被告九州電力は鬼界カルデラを含めた階段図についてはこの裁判で主張しておらず、規制委員会の審査でも点線で参考程度にしか示していない（甲B106・14）。

第二に、中田教授は、各巨大噴火の噴出物量を一定とはみておらず、それぞれをばらつきのあるものと見ているにもかかわらず、被告九州電力は何故かこれを450km³程度に揃えている。被告九州電力は、規制委員会に提出した資料の各カルデラの噴火履歴では各破局的噴火の噴出物量をばらつきのあるものと見ている（甲B106・19, 31, 37参照）ことからすれば、階段図においてのみこれを一定としたのは、規則性の外見を取り繕うための恣意的な意図によるものと言う他ない。

ウ 阿蘇カルデラの階段ダイヤグラム

阿蘇カルデラについて、被告九州電力は階段ダイヤグラムを一切作成していないが、作成していないこと自体恣意的である。

次の図は、被告九州電力が規制委員会に提出した資料（甲B106・43）を元にして作成した阿蘇カルデラ破局噴火の階段図である。なお、阿蘇1と阿蘇2はいずれも100km³以上とあるので100km³と仮定している。



この図から敢えて破局的噴火の平均発生間隔を計算すると、約5.3万年となり、最後の破局的噴火からは約9万年も経過しているので、階段図について被告九州電力が用いている論理を当てはめる限り、阿蘇の破局的噴火のおそれはかなり切迫しているということになる。被告九州電力がこのような評価をしないことについては論理的一貫性がない。

被告九州電力は、最新の破局的噴火からの経過時間が約9万年であることをもって、最新の破局的噴火を発生させる供給系ではなくなっている可能性がある」と主張するが、阿蘇1と阿蘇2の間隔が約11万年であることや、阿蘇4以降も阿蘇カルデラ内部の中央火口丘群では活発な活動が継続していることからすると、そのような可能性は極めて考え難い。

(4) ③噴火ステージ論について

従前から述べているように、VEI 7程度の破局的噴火に至るメカニズムは未だ不明であり、小屋口教授によると、Nagaoka (1988) の「噴火ステージ論」は、テフラ層序などの地質調査結果に見られる定性的傾向を整理するための作業仮説的概念であって、そもそも普遍的法則について述べた

ものではない。(甲B71・5頁)

被告九州電力は、「噴火ステージ論」をあたかも火山学上の普遍的法則であるかのように主張する根拠として、小林ほか(2010)や前野(2014)の論文を挙げているが、被告九州電力はこれらの論文の解釈を誤っている。

これらの論文では、「カルデラ形成に先行するプリニー式噴火ステージ」の存在について言及されているが、それは破局噴火が開始してからカルデラの崩壊が始まるまでの期間(数日から数週間)の噴火現象を指すものであり、いわば破局的噴火の一部である。同じ「ステージ」という用語であっても、Nagaoka(1988)の「プリニー式噴火だけの噴火が数万年にわたって繰り返されるステージ」という意味での「プリニー式噴火ステージ」とは全く異なるものである。前野(2014)(甲B141)が指摘するように、破局噴火の開始時点の噴火タイプがプリニー式である例は多数報告されているが、約10万年前の阿多カルデラの破局的噴火、約3万年前の始良カルデラの破局的噴火で見られたような、破局的噴火の前に数万年間にわたってプリニー式噴火だけの噴火サイクルが繰り返されるという事例は、井村氏が指摘(甲B142)するとおり反例も多く、物理法則による正当化もなされていないから、普遍的法則としての要件を満たしていない(甲B71・5頁)。

よって、現在「後カルデラ式噴火ステージ」にあるから破局的噴火が当面起きないなどという推論は成り立たず、まして、被告九州電力が阿多カルデラについて述べる「プリニー式噴火ステージの初期段階」(甲B106・33)などという区分には何ら意味がない。「噴火ステージ論」は、阿蘇、加久藤・小林、鬼界は勿論、始良や阿多の各カルデラについても、川内原発の運用期間中に破局的噴火が発生する可能性を低いと評価する根拠としては、現段階では使えないものであり、またこれに依拠して火山灰の厚さを想定することは非科学的であって不合理である。

(5) ④Druitt et al. (2012) (「Druitt 論文」) と基線長の変化について

いわゆる Druitt 論文で示された、破局的噴火の直前 (100 年程度) にマグマの供給率が $0.05\text{km}^3/\text{年}$ となるということについて一般化出来るものではないということ、特に地溝帯ではマグマ供給に見合うだけの隆起が起きるとは限らないことは、既に藤井教授がモニタリング検討チーム第 1 回会合で指摘している (甲 B 1 2, 甲 B 1 2・1 4 頁)。モニタリング検討チームでは、藤井教授の報告に対し反論や異論らしきものはまったく出されていない。

小屋口教授は、これに加え、Druitt らが用いた岩石学的手法によってマグマ供給率を導くという推定法の仮定自体が必ずしも正当化されず、Druitt らが発見したマグマ中の結晶と高温マグマとの化学反応は、噴火直前のマグマ溜まり中の対流変化によって生じたものであり、ミノア噴火の直前に急激なマグマの供給はなかった可能性を指摘している (甲 B 7 1・8 頁)。この点につき、原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム第 1 回会合では、藤井教授と篠原宏志主席研究員により、Druitt 論文ではマグマがどのように混ざったのかが示されていないことが指摘され、それが噴火の 10 年前に起こった可能性も示されている (甲 B 1 2, 甲 B 1 2・3 3 頁)。

また小屋口教授は、地殻変動観測に基づくマグマ溜まりの体積増加率の算出には、多くの観測誤差が含まれる上、マグマ溜まり底部の流動変形やマグマの圧縮性の問題が絡んで、地殻変動で検知されるマグマ溜りの体積増加率がマグマ溜りへのマグマの供給率を系統的に過小評価している可能性があることを述べ、ピナツボ噴火でその直前に急激なマグマの上昇が観測されていないのは、その論理必然的帰結である可能性がある旨指摘している (甲 B 7 1・9 頁)。

上記マグマ溜まり底部の流動変形と同じ指摘は、モニタリング検討チー

ム第3回会合において、清水洋氏（九州大学教授）により、「カルデラ噴火というのは、極端にもっと規模が大きいんですね。だから、もう到底私なんか、そこでいわゆる弾性体、普通の弾性体力学を適用すること自体が、もう破綻しているような状況になるんじゃないかなと思うんです」という言葉でなされている（甲B89・42頁）。

よって、川内原発近傍の各カルデラの地殻変動のデータが $0.01\text{km}^3/\text{年}$ 以下を示すことをもって、破局的噴火の可能性が低いと推認することは出来ない。

むしろ、前記のような過小評価の可能性がある中で、始良カルデラにおける地殻変動率が、 $0.01\text{km}^3/\text{年}$ という高いマグマの供給率に相当する事実は深刻であると受け止めなければならない。もし破局的噴火の直前にマグマが急激に供給されるという仮定を置くならば、実際は前記マグマの供給率を遙かに上回るマグマの供給がなされている可能性はないのか、慎重に吟味されなければならない。ところが前記のような観点からの検討は、川内原発の適合性審査ではほとんどおこなわれず、不十分であったと言わざるを得ない（甲B75、甲259～263）。

(6) 「巨大噴火未遂」の問題について

小山真人教授は、始良カルデラで起きたVEI6クラスの始良福山、始良岩戸、始良深港、桜島薩摩の4噴火は、直後に大規模火砕流を誘発させてVEI7以上の噴火に至る要素を備えていたが、何らかの理由でそこまでに至らなかった未遂事件として終了したと考えることができること、VEI4～5クラス程度の噴火についても同じことが言えるかもしれないことを述べ、VEI7以上のカルデラ噴火の実績だけで将来の発生可能性や被災リスクを判断するのではなく、VEI4～6のプリニー式噴火もすべてVEI7以上の噴火の未遂事件として同列に扱い、巨大噴火のリスクを計算し直すべきと主張している（甲B72・189頁、同旨甲189・575頁）。

VEI 4～6クラスの噴火を「巨大噴火未遂事件」として扱うべきという小山教授の主張につき、理論的な説明を加えているのが小屋口教授の陳述書（甲B 7 1・2頁以下）である。小屋口教授によると、通常の噴火ではマグマ溜まり中の数パーセントか数割しかマグマが噴出しない一方で、破局噴火の場合はカルデラを形成してこれをほとんど全部噴出し続けることになるが、噴火の終息条件やカルデラの形成条件は、噴火最中のマグマの通路となる地殻内の亀裂の開閉や破壊などの偶然的要因に左右されるものであり、それが破局噴火になるかどうかを事前に予測することは不可能であって、噴火が起こって見なければ分からない。このことは、「破局噴火ほどの超大規模噴火について、基線長の変化や先行する巨大噴火の発生等の事象が生じること自体を否定する具体的根拠」となる。

藤井教授はモニタリング検討チーム第2回会合においてピナツボの噴火に触れつつ、小さな噴火が大噴火に発展するかどうかは、1週間前くらいにならなければ判断できない旨コメントし（甲B 1 3・2 2頁）、中田教授も噴火直前になるまで普通の噴火になるのか大規模噴火になるのか分からない旨述べる（甲B 5 6・5 6 8頁）が、これらは小屋口教授が述べる、「マグマ溜りの過剰圧が解消されても噴火が終息せずにカルデラ形成に至ることを事前に知るための先行現象」の存在の否定に該当する。

この「巨大噴火未遂」という考え方をすれば、プリニー式噴火はすべて巨大噴火未遂事件だったという考え方が成り立ち、「プリニー式噴火ステージ」と「大規模噴火ステージ」の区分は意味がなくなる（甲B 7 2・1 8 9頁）。

中田教授は、近年の日本で火山活動が低調であることから、VEI 4, 5クラスの噴火は近い将来起こらない方が不思議であることや、それが立て続けに起こる可能性を指摘している（甲B 7 3「大噴火の溶岩流・火砕流はどれほど広がるか」5 2頁）。また、京都大学防災研究所火山活動研究

センターの井口正人氏は、2030年代に始良カルデラで地盤の隆起量が100%に達することから、桜島大正噴火（VEI5）クラスの大規模噴火に備える時期に入ってきたと述べる（甲B74）。そういった噴火がVEI7クラスの破局的噴火に発展する可能性は科学的に否定できず、その可能性の有無や程度をまったく審議していない適合性審査には、看過し難い過誤欠落がある（甲B75、甲B76、甲B77、甲B78、甲B79の1、甲B79の2、甲B80の1、甲B80の2）。

(7) 中田教授は明確に「立地不適」と述べている

被告九州電力は、甲B56号証（「中田節也氏に聞く：川内原発差止仮処分決定をめぐって」）において、中田教授は川内原発の運用期間中に破局的噴火が発生する可能性が「ゼロとは言い切れない」ことを述べるにとどまると主張するが、本件での争点は「可能性は十分に小さい」と言えるかどうか、すなわち立地の適否であり、このインタビュー記事全体を読めば、中田教授が川内原発につき立地不適と考えていることは誰でも分かる。

中田教授が川内原発を立地不適と考えていることは、下記2014年5月30日付のロイターの記事（甲B81「焦点：川内原発審査で火山噴火警視の流れ、専門家から批判」）からも明らかである。

カルデラ噴火が起きた場合、火砕流が到達する可能性がある薩摩川内市に原発を立てることは避けるべきだったと思うかと質問に対し、中田教授は「思う」と答えた。

旧独立行政法人原子力安全基盤機構（現在は原子力規制庁に統合）の火山に関する規制基準検討会元委員長であり、新規制基準検討チームで唯一ヒアリング対象となった火山学者たる中田教授の言葉は、重く受け止める

べきである。

- (8) モニタリング検討チームでの議論は規制当局により妨げられた

原決定後の中田教授のインタビュー記事には、以下のような記述がある
(甲B56・571頁)。

中田 モニタリング検討チームは、それ（立地不適を含めた審査の内容）を議論する場ではないと、明言されていましてから。川内原発のことにも議論をふろうと一生懸命に発言しましたが、ぜんぜん議論させてくれませんでした。立地審査が甘いからこういうことが引き起こされている、と言いました。しかし、それは（審査が）通っている話だから検討チームでの議論にはなりません、ということでした。

上記中田教授の話に対応するものかどうかは定かではないが、モニタリング検討チーム第2回会合の議事録には以下のような記録が残っている
(甲B13・8頁)。

中田教授 …今、モニタリングというところで非常に悩み始めているわけですが、やはり例えば川内原発が噴火に至るような状態ではないと判断したという、その辺の根拠というのは、やはり事業者側ではなくて、規制委員会としてどう考えたかというのは、一つ気になるといえるところですよ。もし、そこをきちんと議論しておけば、モニタリングでこんなに悩まなくてもよかったかもしれないという気が個人的にはしています。ですから、事業者がモニタリングの主体であるということを何とか考え直すということができないでしょうかというのが質問と意見です。

藤井名誉教授 今の中田さんの話ですと、規制庁によるガイドラインについての一種の疑義を申し立てているわけですが、それも含まれるのでしょ

か。…カルデラ噴火に至るような状況ではないと判断をしたという、その判断内容に関して幾つか疑義があるんですが、そのことについても、この検討チームで議論するのでしょうか。…

島崎委員長代理 その点は、現状がこうなっているという認識から我々ははじめているということですので、そこまで遡って全部ひっくり返してしまうと、この検討チーム自体が成り立たなくなると私は思っていますので、現状から出発していただきたいというのが私の考えですね。

言うまでもなく、モニタリング検討チームは、川内原発の火山影響評価を審議する場でも、火山ガイド（甲B7）を再検討する場でもなかった（甲B143）。だがモニタリング検討チームに外部専門家として原子力規制委員会に招かれた者の多くが、巨大噴火について数十年という時間的余裕を持って予兆を察知することが可能という原子力規制委員会の見解に疑義を呈するような資料を用意しており（甲B82、甲B83、甲B84、甲B85、甲B86、甲B86、甲B87、甲B88）、そのこと自体、極めて異例と言える。また特に第1回から第3回会合の議事録を仔細に読めば、中田教授、藤井教授だけでなく、石原教授をはじめとした他の外部専門家も、カルデラ噴火を対象としたモニタリングの合理性や実効性に消極的な意見を述べる等し、多かれ少なかれ規制委員会の見解に対して疑問を持っていたことが分かる（甲B12、甲B13、甲B89、甲B12）。

第2回会合は、川内原発の設置変更許可処分が出される8日前に開かれている。もし島崎委員長代理や規制庁が中田教授らの提案に真摯に対応していれば、設置変更許可前にガイドラインや川内原発の立地審査を見直すことにより、後記2(5)のような実現不可能なモニタリングの提言をすることもなかった。ところが規制委員会は、中田教授や藤井教授の口を塞いで議論を制止することにより、その絶好の機会を逸した。

被告九州電力は、モニタリング検討チームにおいて適合性審査における考え方について妥当であることが前提とされていると主張するが、誤解を招く主張である。そのような前提を持っていたのは原子力規制委員会・規制庁だけで、招聘した外部専門家らはその前提を共有していたとは言えない。また被告九州電力は、中田教授ら専門家から火山ガイド及び火山影響評価自体に対する異論は出ていないと主張しているが、少なくともモニタリング検討チームでは明らかに異論が出ている。

(9) 小括

以上のとおり、被告九州電力の主張は専門家の見解、発言とは相容れないものであり、科学的に合理性があるとは評価し得ない主張である。被告九州電力は、破局的噴火の可能性について、今後100年間のうちに川内原発に設計対応不可能な火砕物密度流が到達する確率が10万分の1以下であることはまったく示すことが出来ておらず、火山ガイドが定める「設計対応不可能な火山事象が生じる可能性が十分小さい」とは全く言えない。

4 破局的噴火を「見逃す」可能性が高い

(1) 数年前から兆候を察知することはほぼ不可能

被告九州電力は破局噴火になるような大量のマグマの蓄積が進めば、火山周辺では基線長の変化や先行する巨大噴火の発生等の事象が生じるはずであり、事象の発生から破局的噴火に至るには少なくとも数十年の猶予があると主張し、空振り覚悟で直ちに適切な対処を行うと主張するが、Druitt論文を元にマグマの供給率0.05km/年を中核に据える被告九州電力の「監視移行基準」が科学的根拠のない甘い基準であることは、前記3(5)等に記載の通りである。

本件でもっとも重要な問題は、破局的噴火を予知できるかということや、兆候をつかめるかということではなく、川内原発が適切な対処を行

えるだけの（数十年という）時間的余裕を持って、確実に、ないし高い確率で前兆を察知できるかであるが、それを可能だと述べる火山学者は見当たらない。むしろ中田氏は、数年ないし10年前に予測することは不可能と述べている（甲B56「中田節也氏に聞く：川内原発差止仮処分決定をめぐって」568頁、甲B12・30頁）。アンケートに回答を寄せた4人の専門家も同様である（甲B56・574）。

モニタリングに関する検討チームでは、「提言とりまとめ」として、「巨大噴火（VEI6以上）には何らかの前駆現象が数年～数カ月前に発生する可能性が高いと考えられるが、そのような事象が巨大噴火の前駆現象か或いは噴火未遂に終わるのかを予測することも簡単ではない」（甲B93・6頁）とされ、「基本的考え方として合意された内容」としては、「VEI6以上の巨大噴火に関しては発生が低頻度であり、モニタリング観測例がほとんど無く、中・長期的な噴火予測の手法は確立していない。しかし、巨大噴火には何らかの短期的前駆現象が発生することが予想され、モニタリングによって異常現象として捉えられる可能性は高い。ただし、モニタリングで異常が認められたとしても、いつ・どの程度の規模の噴火にいたるのか、或いは定常状態からの『ゆらぎ』の範囲なのかを識別できないおそれがある」（同11頁）とされた。

つまり、巨大噴火について兆候が発生するのは早くても「数年前」であり、しかもそれを速やかに破局的噴火の「前兆」と評価できるのか定かではないということが、モニタリング検討チームとして合意されたと解釈できる。「数年」で川内原発のすべての核燃料を安全な場所まで搬出するのは、ほぼ不可能である。このままでは「空振り」だけでなく「手遅れ」ないし「見逃し」も覚悟しなければならず、しかもその確率はかなり高い。

(2) Mogi・江頭・Kozono等の式は破局的噴火に適用できない

被告九州電力は、第113回の適合性審査会合では、Druitt論文から引いた $0.05\text{km}^3/\text{年}$ というマグマ供給率につき、Mogi・江頭・Kozono等の式を当てはめ、地殻変動量5cmを始良カルデラの移行判断基準値の案として提示していた（甲B79の1・8頁、甲262の2・10）。

しかしMogi・江頭・Kozono等の式は、マグマ溜まりの深さに比べ、マグマ溜まりの半径が1/10程度と十分小さい時にのみ適用可能である。つまり、深さ10km未満とすると、マグマ溜まりの大きさは1km未満でなければ適用できず、被告九州電力が想定している 100km^3 程度のマグマ溜まりについては、半径5km程度となるため、適用限界を遥かに超えてしまう（甲B94 須藤靖明氏の陳述書）。

またMogi・江頭・Kozono等の式は地殻の物性が弾性論で扱える場合には成立するが、カルデラ噴火を引き起こすような大きさのマグマ溜まりが形成される場合は地殻の塑性変形が生じると考えられる（前記3(5)参照）ため、やはりこの式が適用できなくなる。

被告九州電力は設置変更許可処分後の保安規定変更認可申請に際し、この地殻変動量の数字は削除したようである（甲B80の1・112頁）が、「(Mogi・江頭・Kozono等の式と)概念としては同じ式になります」と述べており、現在もこの式を誤って適用しているものと考えられる。このように科学的に問題のある申請でも何ら議論なく設置変更許可処分をしてしまうということ自体、規制委員会の審査能力の欠如を表しており、審議の過程に過誤欠落があると言える。

(3) 「空振りも覚悟」のモニタリングの実効性は疑わしい

被告九州電力は、巨大噴火の予知、予測が困難ないし不可能であることは事実上認めつつも、「空振りも覚悟」の対処を行うということで、モニタリングは合理的だと主張する。

しかし、被告九州電力は利潤追求のために原発の稼働率を上げなければならぬ私企業であり、数十年後の破局的噴火のための対処となれば川内原発は廃炉とするより他なく、核燃料の搬出先の確保にも難渋すると考えられる上、原発近くのカルデラが巨大噴火に至る可能性を認めて対処を始めていることが公になった際の社会的経済的影響の大きさを考えるならば、噴火未遂に終わる可能性も十分あるにもかかわらず、安全側に考えて川内原発を停止し核燃料等を運び出す等の対処を行う判断が出来るとは、極めて考えにくい。それは、福島第一原発事故前に東京電力が、巨大津波が襲来する可能性を知ってシミュレーションをし、浸水高15.7mに至ることまで認識していながら、対策工事に莫大な費用がかかる上、津波対策工事を発表すれば福島第一原発を停止しなければならなくなることから、切迫性はないと考えて津波対策工事を何年も先送りしたことを思い起こせば、容易に想像がつく（甲B95『原発と大津波 警告を葬った人々』99頁等参照）。

原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム第1回会合において、防災科学技術研究所の棚田氏は、何度も“異常なし”の判断が続いたときは、真の兆候が出たときに、事業者が“異常あり”と判断することは困難であること、事業者の“異常なし”という判断に対し火山学者はその判定を科学的に検証するだけの実力を持ち合わせていないことを示唆した（甲B12、甲B12・22頁、甲B84「火山活動のモニタリングに対する考え方」）。カルデラで地殻変動や地震などのデータに異常が見られても噴火が起きなかったという事例は海外では多くある（甲B89 第3回会合議事録37頁）が、実際にイタリアのカンピ・フレグレイなどで避難命令が出たが結果として何も起こらなかった事例では、当局側がかなり責められている（甲B89・38頁）。専門家の警告が「空振り」に終わった場合、その専門家ないしこれを発

表した当局が事業者からも住民からも責められることは必至である。そのような状況が容易に予測される中、萎縮しない専門家はいない。

中田教授は、「本当に異常を異常と私たちは言えるのだろうかという気がします」「悪く言えば悪用されるか、利用されるかということに非常に不安を覚えます」と述べ（甲B12, 甲B12・28頁）、藤井教授は、「地殻変動が急激に、1年間に数十 cm 以上の地殻変動が検知されたときに、EUの科学者が招集されて、判断を迫られたことがあります。それでもなかなか判断できないというのが実情です。」と述べている（甲B13 モニタリング検討チーム第2回会合議事録28頁）。

被告九州電力の監視移行基準においては、長期にわたりマグマ供給率が「注意」水準にある場合、火山専門家等の助言を得る旨記載されているが、火山専門家等の助言を得るからと言って、その実効性が担保されるとは言えない。現在の火山学には、確実な噴火予知の能力はなく、前兆が認められても不確実で曖昧な予測をすることしか出来ないから、専門家も原子力事業者に対して有効な歯止めを掛けられない。

(4) モニタリングを出来る者はいない

モニタリング検討チーム第2回会合において、中田教授は、「事業者がモニタリングするということでは、やはり無理であろうという気がするんですね。」「事業者がモニタリングの主体であるということは何とか考え直すということができないでしょうか」という提案をした（甲B13・8頁）。

これに対し島崎委員長代理は、「事業者が主体でないとしたら、規制庁が主体となるかということ、これはやっぱりあり得ないでしょう」とコメントした。藤井教授（元気象庁噴火予知連絡会会長）は、「とても事業者だけ、あるいは気象庁だけでは無理かもしれない」「規制委委員会とか、あるいは予知連とか、そのレベルではないでしょうね」（同2

0 頁、26 頁) と述べている。

巨大噴火を対象としたモニタリングについては余りに多くの課題があり、現在ある主体だけではとても対応できない。中田教授は、「国が組織する観測所を含む何か体制で、本格的にモニタリングするという姿勢が望ましい」(同 8 頁) と述べたが、そのような体制が組まれる目処はまったくない。

(5) モニタリング検討チームの提言

新規制基準検討チームや川内原発の火山影響評価に係る適合性審査などとは異なり、原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム(「モニタリング検討チーム」)には、日本における代表的な火山学者が外部専門家として参集し、最新の火山学的知見を踏まえた実質的な議論が行われた。その原案は原子力規制庁が作成したにもかかわらず、モニタリングには多くの課題があることが「提言とりまとめ」(甲 B 9 3) に盛り込まれている。モニタリングには課題があまりにも多いため、これに寄り掛かって原発の安全性を確保しようとするのがいかに危険かが分かる。

以下にはそのうち主なものを列挙する。

- ① 「現状において、巨大噴火の時期や規模を正確に予知するだけのモニタリング技術はないと判断される。」(したがって、事業者が「破局噴火の兆候なし」としたものを覆すだけのモニタリング技術もない。)
- ② 「現状で行われている火山モニタリングは巨大噴火を想定した体制ではない。」(したがって、現状のままでは巨大噴火を対象とした場合の実効性はかなり疑わしい。)
- ③ 「モニタリングで異常が認められたとしても、それを巨大噴火の

予兆なのか或いは定常状態からの『ゆらぎ』の範囲なのかを科学的に識別できないおそれがある。」(したがって、巨大噴火の兆候をつかめても、事前にそれと判断できないおそれがある。)

- ④ 「現状では不確定な要素を含んでいるものの、少なくとも予め閾値を定めておいたうえで、それを超えた場合は遅滞なく予定した行動に移行することが必要である。」(しかし、そのような閾値や行動計画を定められる目途は立っていない。)
- ⑤ 「IAEA のガイドでは現地火山観測所の重要性が指摘されている点や、大学や研究機関を含めたコンソーシアムとしての調査・検討の体制や評価の必要性に関する指摘があった。」(しかし日本の事業者や原子力規制庁がそこまでのことをする見込みはない。)
- ⑥ 「モニタリングに関して原子力施設設置者に助言する火山専門家や原子力規制委員会に助言を行う組織が必要な状況にある中で、現在国内の火山専門家の数は限られている。火山専門家の人材育成は我が国の大きな課題である。」(しかし火山専門家の人材不足が解消する目途は立っていない。)
- ⑦ 「原子力施設設置者や原子力規制委員会が巨大噴火に至る可能性がある」と判断することになれば、その判断が安全側に下されたものであることを丁寧に周知したとしても、結果的にそれに対する反応は国全体に様々に波及する」(しかし住民の避難・移住計画も経済的損失の補償もまったく体制が整っていないためその混乱を抑える手立てはなく、噴火未遂に終われば当局は当然責められる。)
- ⑧ 「地震や GNSS の観測点は全国に配置が進められているものの、巨大噴火の前駆現象のモニタリングに適した配置にはなっていない。」
(したがって巨大噴火の前駆現象はこのままでは見逃されるものと考えなければならない。)

- ⑨ 「観測データの捏造を防止するためには、外部検証が可能なように原子力施設設置者が設置する観測点のデータも公開することが望ましい。」（しかし仮にそうなっても公開前にデータを捏造するおそれは否定できない。）
- ⑩ 「現状では海域・湖底のモニタリングはほとんど実施できておらず、今後の課題である。」（ほぼ全体が海域にある鬼界カルデラ、半分以上が海域にある阿多カルデラのモニタリングはほとんど実施できておらず、課題が解決される目途は立っていない。）
- ⑪ 「(Druitt 論文は) マグマ供給に見合う隆起が実際に起きたかどうかについては疑問を呈している。またこの事象はミノア噴火での事例であって、世界のカルデラ火山一般について述べたものでは無い。よって普遍性のある事象として用いるには他の火山での検証が必要である。」（しかし事業者がそのようなことをする見込みはない。）

(6) 判断基準は不可欠だが不存在

モニタリング検討チーム第2回会合では、中田教授より、「閾値を定めておかないで、物が起こってから、それが異常かどうかという判断をし始めると、もう絶対判断できない。失敗すると思うんです」「とにかく何でもいいかと、非常に安全側に閾値を幾つもつくっておいて、それを超えたらもう文句なしに止めるんだという姿勢であればいけるかもしれない」という意見が出されると、島崎委員長代理も「今、中田先生が言われたとおりに、そのときになってから判断したというのでは、ほとんど不可能ではないかと（思う）」と述べられ、出来れば数値までこのチームで出したいという提案がなされた（甲B13, 乙114・29頁）。

ところが藤井教授より、「我々はVEI7以上なんていうのは決し

て経験をしていないので、何が起こるのかは正直分からないというのが事実です。」「今ここで明確なモニタリングのパラメータを決めるというようなことは、今すぐはとても無理だと思います」（同 3 2 頁）という意見が出され、篠原主席研究員からは、「カルデラ噴火に関して、要は研究レベルで進めなければならないことが多すぎる」という意見も出された（同 3 4 頁）。

さらに第 3 回会合では、藤井教授より「閾値を定めるということに関しては、かなり私は悲観的です」（甲 B 8 9 ・ 3 7 頁）との意見が出され、結局このチームの中で具体的な数値が検討されることはなかった。

したがって、「判断できない」状況を避けるために絶対に必要なはずの規制側の判断基準は、未だ存在しない。火砕物密度流や大量の火山灰などによって使用済み燃料プールも含めた川内原発の全てが崩壊するという最悪の原子力災害のリスクは、依然国際水準から大きくかけ離れた状態にあると考えなければならない。

なお、第 1 回会合において藤井教授により、被告九州電力が監視移行基準の根拠にした Druitt 論文が一般的な破局的噴火の予兆の把握に使えることが詳細に示され（甲 B 1 2、甲 B 1 2）、それ以降、被告九州電力の監視移行基準は一顧だにされていない。

(7) 小括

このように、たとえ「空振り覚悟」であっても、被告九州電力による巨大噴火のモニタリングには実効性がほとんど期待出来ない。しかし被告九州電力に代わってモニタリング出来る者もおらず、そのために必要な技術や設備、学術的知見も未だ存在しない。このように不条理な事態となっているのは、中田教授が述べる通り、立地審査を曖昧にし、真摯に「万が一」の事態まで考慮しなかったことに第一の原因

がある（甲B56・573頁）。

川内原発近傍にある各カルデラについて、破局的噴火の前兆が現れてくれても、それと気づいて対処を検討し始めた時には既に手遅れとなっている可能性が高いと言わざるを得ず、火災物密度流によって川内原発が破壊される可能性はやはり十分に低いとは言えないから、原告らの人格権侵害のおそれは否定できない。

4 火山学会は火山ガイドの見直しを要求している

被告九州電力は、「巨大噴火の予測と監視に関する提言」（平成26年11月2日付け）（甲B96）は日本火山学会として火山ガイドの見直しや適合性審査のやり直しを求めているものではないことがモニタリング検討チームにおいて改めて確認されていると主張するが、これも事実を反した主張である。

前記提言をまとめた日本火山学会原子力問題対策委員会委員長の石原和弘教授は、モニタリング検討チーム第3回会合において、以下のように述べている（甲B89・10頁）。

原子力発電所の火山影響評価ガイドを見ますと、その前文等を見ますと、火山学あるいは火山噴火史のレベルを非常に過大に評価しておられる。その上で、電気事業者に対して、そういう火山噴火が原子力施設に対して影響評価を及ぶということに関して、独自の判断をモニタリング、あるいは公的機関の指導、それから、同時に火山専門家の意見を聞いてやれというふうなことになっていまして、その間に非常に大きなギャップがあるというふうなことがあったわけで、そういうことを踏まえて、これが、提言を出したということでもあります。

（中略）

最後に、噴火警報を、これは国民に対して、あるいは場合によっては、今後、原子力施設に対しても出てくると思いますが、それを有効に機能させるためには、噴火予測の可能性、限界、それから曖昧さの理解が不可欠である。同時に、火山影響評価ガイド等においては、そういう噴火予測の特性、あるいは現在の水準というものを十分理解した上で、慎重にそのようなものを作成されるべきであるというふうなことをまとめております。

なお、これは火山学会の——私個人のものではありませんし、特定の意見を申したのではなくて、火山学会の会員の中には、何らかの形で原子力施設に関わる方もたくさんおられます。そういうこと、それから一方では、否定的な方もおられますけど、それを含めた火山学会の全体の最大公約数の意見をまとめたものであるということで、理解いただきたいというふうに思っています。

火山影響評価ガイドが公表された後の段階で、「これを慎重に作成されるべき」ということは、要するに、ガイドを作り直すべきだということである。また川内原発の設置変更許可処分が既になされた後に提言がなされていることからすると、作り直した火山ガイドで審査をやり直すべきだという意味を含んでいると解すべきである。

日本火山学会の会員の中には、研究費の提供を受けるなど原子力事業者と利益相反的關係にある者も少なくないと推測される（甲 B 7 2）。そのような中、前記のような異例の提言を火山学会全体の「最大公約数の意見」として出している意味を裁判所は正しく汲み取らなければならない。それだけ火山ガイドとそれに基づく適合性審査は、現在の火山学の知見からかけ離れた杜撰なものになってしまっているということである（甲 B 5 6 ・ 5 7 6 頁）。

また、2014年（平成26年）5月30日の「報道ステーション」では、番組がアンケートをとった火山学者34名中、「川内原発の運転に影響が無いとした規制委員会の判断は妥当か？」という質問項目に対し、「Yes」は5人、「No」が21人、「その他」が8人となっている旨報道された（甲B97）。このアンケート結果を見る限り、火山学者の約6割が川内原発の火山影響評価に異論を持っており、妥当と考える者は2割に満たない。

なお藤井教授は、モニタリング検討チーム第6回会合において、「ここで『指摘があった』と書かれると、これは後でどうなるかというと、この間の川内の裁判のときと同じように、ごく一部の人間の指摘があったけれども、これは検討チームの総意ではないというふうに受け止められる。」と述べているが、これは前記火山学会の提言が誤解され、火山ガイドの見直しや審査のやり直しを求める専門家が、ごく一部であるかのように原決定で認定されたことに対する間接的な批判と解される（甲B92、13頁）。

5 適合性審査の過程には著しい過誤、欠落がある

(1) モニタリングの限界を踏まえられていない

川内原子力発電所につき、原子力規制委員会の基準適合性審査会合において、火山影響評価に関する審議は、概ね以下の通りに行われた（ヒアリングを除く。）（なお設置変更許可処分は平成26年9月10日付けでなされており、第150回会合は保安規定変更認可に係るものである）。

第24回 平成25年9月25日

主な議論のテーマ：各カルデラのマグマ溜りの状況、モニタリング（甲B76）

第35回 平成25年10月22日

主な議論のテーマ：火山灰の設備影響評価（甲B77）

第95回 平成26年3月19日

主な議論のテーマ：火砕流シミュレーション、モニタリング（甲B75）

第107回 平成26年4月23日

主な議論のテーマ：モニタリング等（甲B78）

第113回 平成26年5月16日

主な議論のテーマ：モニタリング（甲B79の1）

第150回 平成26年10月21日

主な議論のテーマ：モニタリング（甲B80の1）

川内原発敷地近傍には、後期第4紀（過去12.5万年間）も巨大噴火をしているカルデラが5つもあり（甲B98、41頁）、平成25年12月23日の毎日新聞における火山学者のアンケートでは川内原発は日本一火山リスクが高い原子力発電所という結果が出ている（甲B99）にもかかわらず、川内原発敷地に火砕物密度流が到達する可能性についてそれなりに審議されたのは、第24回会合と第95回会合の2度だけである。しかも第95回はほとんど火砕流のシミュレーションの議論に費やされた上、火砕流が川内原発敷地に到達していた可能性を被告九州電力が認めたのは第107回会合であるため、過去に火砕物密度流が到達した可能性を前提とした議論は、ほとんど行われていない。

そもそも原子力規制委員会が適合性審査第2回会合で示した「九州電力(株)川内原子力発電所1・2号機の申請内容に係る主な論点」（甲B100）中、「(火山関係)」としてはモニタリングの観測方法が挙げられただけで、火砕物密度流の可能性が十分小さいと言えるかどうかという点は論点として挙げられていなかった。つまり設計対応不可能な火山事象の可能性による立地審査には、基本的に原子力規制委員会の関心がなかったのである。

川内原発の火山影響評価について検討した最初の審査会合である第24回会合では、一応は規制庁職員から、阿多や加久藤・小林のマグマ溜りに係る根拠が希薄である旨指摘されたものの、それ以上議論は発展することなかった。そしてこの会合の終盤には島崎委員より、「多少、難点か細かい点がまだまだあるかもしれませんが、おおむね今回火山の影響評価については、川内及び玄海についてお伺いしたということで、今後、モニタリングを適切に継続して実施していただきたいと思っています」とコメントされた（甲B76、34頁）。モニタリングは設計対応不可能な火山事象の可能性が十分低いことを継続的に確認する目的で行われるものであるから、立地審査に合格することを不可欠の前提とするものである。初回の会合であるにもかかわらず、このコメントが出されたということは、原子力規制委員会は巨大噴火の影響では立地不適にはしないという「結論ありき」で審査をしたのではないかと、疑わざるを得ない。

その後複数の火山学者から疑問の声が上がり、第95回会合で被告九州電力の監視移行基準の根拠が薄弱であることにより気づいた島崎委員は、「日本の例からですね、実際には、万年オーダーであるというような結論がもし得られるとすれば、判断を変えないといけないので、その場合は、立地不適ということになります」と述べた（甲B75・60頁）。第107回会合では島崎委員は監視移行判断基準案の内容の甘さに「ちょっとショッキングです」とコメントした（甲B78・36頁）ものの、監視体制をやや厳しめに見直させるに留まり、立地の適否の判断には踏み込もうとしなかった。

原子力規制庁の安池由幸専門職は、モニタリング検討チーム第2回会合で、「現状のガイドの考え方とか、今の審査の流れの中では、やはり巨大噴火だから大きな予兆があるとか、大きな変動があるとかいうことを、当初は考えていたんですけども、やはりそれは、必ずしも起こるとはかぎらないと、そういうことなので」と発言し、巨大噴火のモニタリングの限界につき誤解し

て審査をしていたことを認めている（甲B13、乙114・30頁）。

以上の経緯や安池専門職の発言からすると、原子力規制委員会・規制庁は、破局的噴火を対象としたモニタリングの限界について十分な認識を有しておらず、これに頼ることが出来るので立地不適と判断する必要はないと考えて審査を開始し、途中で誤解していたことに気づき始めたものの、審査が進行していたために軌道修正が出来なかったものと考えられる。

(2) 活断層の基準との比較

新規制基準では、実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則3条3項、同規則解釈別記2、及び敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド2.1により、過去12,3万年以内の活動が否定できない断層等の上に重要耐震施設を設けるできないこと等が定められ、事実上敷地内の断層等が疑われる原子力発電所は再稼働出来ないこととなっている。一方で、川内原発については、過去約10万年の間に設計対応不可能な火砕物密度流が2度も到達しており、少なくともその可能性は被告九州電力も認めている。火砕物密度流は使用済み燃料プールも含めて原子力発電所のすべてを破壊すると考えられるため、その危険性は重要耐震施設直下の活断層を上回ると考えられることからすれば、川内原発は当然、火砕物密度流が襲来する可能性により立地不適とされなければならなかった。そのような判断がされなかったのは、火山は地震と違って前兆があるということから、モニタリングによって事前に火砕物密度流に対処できるものと、原子力規制委員会が誤解したことに起因するものと思われる。

しかし、モニタリングによって巨大噴火の兆候を、原発が対処できる程の時間的余裕を持って察知することは、ほとんど不可能であることが明らかとなったのであるから、もはや、断層等よりも甘い基準で審査する理由はないはずである。

したがって、火山ガイド（甲B7）2.における設計対応不可能な火山事

象の「可能性が十分小さい」とは、断層等と平仄を合せ、少なくとも、「過去12,3万年の間に敷地に火砕物密度流等が到達した可能性を否定できない」という基準をクリアしていなければ、新規制基準全体の整合が取れないといふべきである（同旨・甲B72・185頁）。

(3) 火山学の知見を踏まえた検討が不十分

モニタリング検討チームの議事録と川内原発の前記各適合性審査会合の議事録を読み比べてみれば、審査会合の議事内容が、専門家の議論に比べ、如何に科学的な知見を欠いているかが浮き彫りになる。

まず、川内原発の適合性審査会合の出席者の中には、規制委員会側にも事業者たる被告九州電力側にも、火山の専門家と言えるような者がいない。火山専門家が外部有識者という形で参加したこともない。

このことは同じ委員会の地震対策の審査とは対照的である。委員会の審査では島崎前委員は活断層の専門家であるにもかかわらず、破砕帯、活断層の評価については、複数の外部有識者を招いたピアレビュー会合による検討が行われてきた（甲B101の1・2）。その例にならえば、地震以上に火山に関する専門知識に欠ける規制委員会、規制庁は、当然に、外部専門家を招いたピアレビュー会合を設けて審査を行うべきであった。

適合性審査会合の議事録（甲B75、甲B76～80の1）を読む限り、これまで原告らが火山について指摘してきたあらゆる点で十分な審議が欠けているが、その最たるものが、被告九州電力の作成した階段ダイヤグラムについての検討である。これは、井村准教授から「学会で発表したらつかみ合いの喧嘩になる」（甲B102）と述べられ、小山教授からは「耐えがたい。学生が卒論に書いてきたら突き返す」と述べられていた代物である（甲B103）が、ヒアリングも含めて、鹿児島地溝のカルデラをひとまとまりにして周期性を把握することの妥当性につき、規制委員会・規制庁が真摯に検討した形跡が見当たらない。僅かに「ご意見への考え方」（甲B15）の中で触れられるに留ま

っている。

この階段ダイアグラムについて小山教授は、噴火年代と噴出量の誤差についての記述がなく、議事録上も議論された形跡がないことについても、「審査会合としては、信じがたいほど初歩的なミス」と批判している（甲B72・188頁）。

(4) 小括

川内原発の運転差し止め仮処分申請に関する鹿児島地裁の判決後の、検討チームの会合では、石原専門家（資料3-38）は、「今回の川内原発の稼働の決定等から見ますと、かなり国としてのものが見えない。研究者がいろいろ言ったことを裁判所は適当にといいますか、そんなことで、そうでなくて、国としての判断が見えてこないというのは、やはりこの間に何か抜けている。」と、規制庁のみならず裁判所を含む国全体での火山専門家の意見の扱われ方への批判を述べている。

小屋口教授や小山教授、中田教授、石原教授、日本大学の高橋正樹教授ら火山専門家が異口同音に述べるように、被告九州電力の火山に係る主張及びこれと瓜二つな規制委員会の審査書と原決定は、一見科学的に見えるものの、自らの都合が良いストーリーに合わせて火山学者の仮説をつなぎあわせたものに過ぎず、科学的とは言えない（甲B71、甲189・568頁、574頁、甲283）。ここまで社会的地位のある科学者がこぞって批判的な声を上げるのは、長い原発訴訟の歴史の中でも異例のことである。

原子力規制委員会の川内原発の火山対策に関する審査は、今日の火山学の学術的知見を無視したもので、その審査過程も杜撰である。一連の経過をスポーツに例えるなら、競技の開始を宣言（審査で川内原発の火山影響評価を承認し再稼働を許可）した後で、競技のルール（火山活動モニタリングの判断基準）作りや、審判の選定（モニタリングの主体となる組織の検討）を行おうとしているようなものである。だが専門家達は、ルールを決めることは現状では極め

て困難で、審判も現状では適任者はいない旨述べている。そうであるなら、競技の開始自体を見直すより他ない。

「過ちては則ち改むるに憚ること勿れ」の格言通り、原子力規制委員会は、破局的噴火についてのモニタリングの限界を十分に踏まえた上、複数人の外部専門家を招き、火山ガイドから改めるか、そうでなくてもせめて川内原発の立地審査はやり直さなければならない。それを促すべき責務が、司法にはある。

第4 川内原発は火山灰の降灰に対して安全性が確保されていないこと（ケース2に関する再反論）

1 噴火によりどの程度の降下火砕物が降るのか（論点A）

(1) 被告九州電力の主張

被告九州電力は、降下火砕物について、安全上重要な建物・機器等に影響を及ぼし得る火山事象として、「過去最も影響の大きかった約1.3万年前の桜島薩摩噴火による降下火砕物を想定した」としている。

そして、この桜島薩摩噴火を前提として、本件原発敷地において「考慮する降下火砕物の層厚については、文献調査結果及び数値シミュレーション結果を踏まえ、安全側に15cmと評価している」としている。

そして、降下火砕物として桜島薩摩噴火によるものを想定し、安全側に15cmと評価したことについては、原子力規制委員会によってその妥当性が確認されていると主張している。

(2) VEI7を検討から除外する合理的根拠がないこと

ア このような主張の前提として、被告九州電力は、VEI7レベルの火砕流噴火については、事前に火山活動の兆候を把握することが可能であり、適切なモニタリング（監視行動）によって、何らかの異常が検知された場

合には，“空振りも覚悟のうえで” 巨大噴火の可能性を考慮した処置を行うから，降下火砕物の検討においてこのクラスを考慮する必要はない，としたうえで，桜島薩摩噴火が「過去最も影響の大きい事象である」としている。

イ しかし，この立論によって原発が安全であるというためには，① V E I 7 レベルの火砕流噴火の際には，必ず事前に有意な先行現象が存在すること，② その先行現象について，モニタリングによって正確に把握できることが必須条件となるところ，いずれの命題についても，精度の高いものとは到底言えないレベルにある。

このうち，①の命題が真でないことについては，すでに詳述しており，繰り返さない。

ウ ②の命題については，小屋口教授がその詭弁性について，「空振りも見逃しも覚悟して対応する監視移行基準」として明確に指摘している。

つまり，モニタリングと，いわゆる“空振りも覚悟”の処置によって原発が安全だといえるためには，モニタリングによって，少なくとも，客観的には空振りに終わるが，適切な処置を講ずる決断を行うだけの異常の検知については，確実にできることが大前提となるが，実際には，前述のとおり，そもそもそのような異常を検知すること自体が現在のモニタリングの精度では困難であり，本来であれば見逃してはならない異常を見逃してしまう，という可能性を全く排除できていない。見逃しを排除できない以上，“空振りも覚悟”しようがないのであり，この場合には，モニタリングによって見逃された V E I 7 レベルの火砕流噴火が本件原発を襲うことになる。

また，V E I 7 レベルの火砕流噴火により，たまたま火砕流が本件原発

に到来しなかったとしても、大量の降下火砕物が到来する可能性は十分に存するのであり、これを降下火砕物評価において考慮しないのは、看過し難い過誤・欠落というほかない。

- (3) V E I 7 レベルを考慮すれば、本件原発敷地に到来する降下火砕物の層厚はどんなに少なくとも 5 0 c m 以上になり得ること

V E I 7 レベルを考慮すれば、本件原発敷地に到来する降下火砕物の層厚は、少なくとも 5 0 c m 以上になり得る。それは、被告九州電力が文献調査の根拠として用いている町田洋・新井房夫『新編 火山灰アトラス - 日本列島とその周辺』（甲 B 9 8）からも明らかである。

すなわち、上記文献によれば、約 2 . 6 ~ 2 . 9 万年前の始良カルデラ噴火によって、始良 T n 火山灰が広範囲に降下し、本件原発敷地周辺でも、5 0 c m の範囲内に入っている（下図参照）。

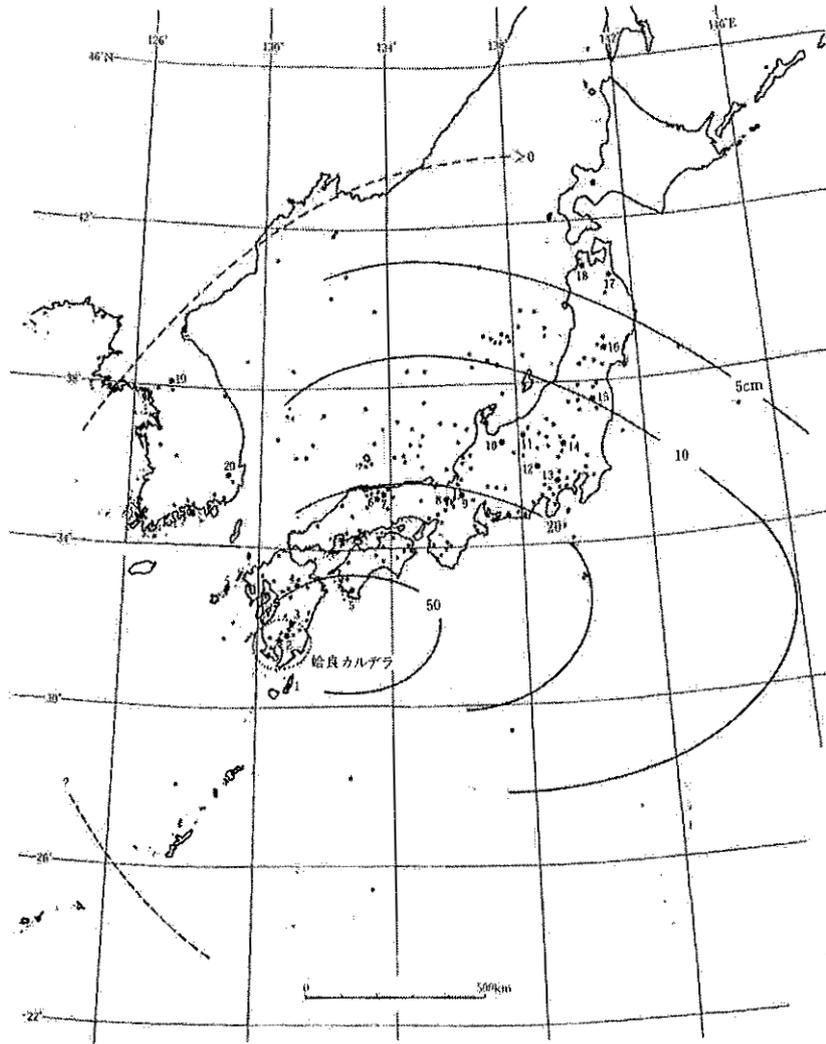


図 2.1-6 始良 Tn 火山灰 (AT) の等層厚線図と主な産出地点

点線内は入戸火砕流堆積物 (A-ito) の分布範囲を示す。

模式地：1. 中穂子町野田, 2. 国分市岩蔵原, 3. 小林市南原町, 4. 萩原町, 5. 宿毛市小川, 6. 八束村花園, 7. 関金町安歩, 8. 京都市大原, 9. 彦根市大福, 10. 立山町千垣, 11. 妙高高原町菅ヶ峰, 12. 川上村野辺山, 13. 茨野市ヤビツ峠北, 14. 前橋市上畑井, 15. 二本松市后温泉, 16. 梶野町川渡, 17. 八戸市多賀台, 18. 木造町出来島, 19. 全谷里, 20. 吉礼里。

【Machida & Arai (1983) を改訂, ほかに河合 (2001) は主に机上資料から描いている】

甲 B 9 8 町田洋・新井房夫『新編 火山灰アトラス - 日本列島とその周辺』66頁より抜

粹

原告らとしては、本来、そもそも堆積物の厚さを降灰量の基準とすることは、現在の火山学の知見に照らして稚拙であると考えが（小屋口教授も同様の指摘をする。甲 B 7 1・10 頁）、仮に堆積物の厚さだけを見ても、被告九州電力の主張をはるかに上回る降下火砕物が本件原発に到来する可能性がある。

したがって、本件原発には、V E I 7レベルの火砕流噴火により、被告九州電力が想定する15cmをはるかに上回る降下火砕物が到来する危険がある。

(4) V E I 7レベルに至らないまでも、桜島薩摩噴火以上の規模の噴火は起こり得ること

被告九州電力が最も影響を与える噴火として考慮している桜島薩摩噴火は、そのテフラ噴出量は11～14km³とされており（甲B105・第29-3表(2)）、V E I でいえば6の中で最も規模の小さいものに分類される（10km³～100km³がV E I 6）。

そして、始良カルデラでは、前述のとおり、2.6～2.9万年前に、V E I 7レベルの火砕流噴火が起こっているのであり、このレベルに至らないまでも、桜島薩摩噴火以上の規模の噴火は十分に起こり得る。

被告九州電力は、V E I 6以下の既往最大がたまたま11～14km³の桜島薩摩噴火であったというだけで、V E I 7レベル以上の噴火が起こっていることを無視し、噴出量が11km³以上100km³未満の噴火が起こらない、という前提に立っている。過去に、桜島薩摩噴火以上の噴火が起こっていないのであれば、それが既往最大であるとして、このような推論にも一応の合理性があるが、過去にV E I 7レベルの噴火も起こっている始良カルデラにおいて、V E I 6レベルの噴火は11km³以上のものは起こらない、という推論は明らかに暴論である。

被告九州電力にこのような暴論を許しているのは、結局、大規模噴火という事象が数千年から数万年単位で起こる事象であって、サンプルとなる事例が極めて少ないということに起因している。

被告九州電力は、文献調査によって過去最も影響の大きかった噴火を抽出していると主張するが、それとてせいぜい10数件のサンプルに過ぎず、こ

これらの事例をもって「今後も桜島薩摩噴火以上の噴火は起こりえない」と断ずることが、統計学的に見ていかに乱暴な議論であるかは明白であろう。

このように、V E I 7レベル未満であっても、桜島薩摩噴火以上の噴火は起こり得るのであり、本件原発に、15 cm以上の降下火砕物が積もる可能性は十分にある。

(5) 被告九州電力の数値シミュレーションは最新の火山学の知見を踏まえておらず不適切であること

ア 被告九州電力は、本件原発に到来する降下火砕物が最大で15 cmであるとする根拠として、文献調査のほか、数値シミュレーションを行って15 cm以下であることを確認していることを指摘する。

しかしながら、被告九州電力の行った数値シミュレーションは、最新の火山学の知見を取り入れたものとはいえ、不適切というべきである。

小屋口教授は、火山学の最新の知見として、火山灰の飛散について、噴火の強度（単位時間当たりの噴出量であり、「噴出率」と呼ばれる）によっては、風上にも同心円状に拡がることを指摘している。

そして、噴出率は、偶然の事情によって左右される火口の大きさによっても大きく変化する、とされ、降灰量を予測するためには、噴火の規模や風向き以外に、噴出率を支配する多くのパラメータを変動させて、その想定範囲を考えなければならない、とするのである（甲B 71・10～11頁）。

イ また、被告九州電力のシミュレーションは、毎月の風向・風速の平均値をとり、その中で最も偏西風の影響が少ない8月の平均風向・風速を想定して、降下火砕物の層厚が12 cm以下である、という結論を導くもののようにあるが（甲B 106・54頁）、地震動の議論と同様、あるいはそ

れをはるかに上回るほどに風向・風力はばらつきの自然現象であり、平均像でこれを考えれば、ばらつきによって、相当の確率で、はるかに大量の降下火砕物が本件原発に到来することが考えられる。風向・風力については、最悪の条件を設定してシミュレーションを行うべきであり、そうでなければ、「深刻な災害が万が一にも起こらないようにする」という原子力関連法規の立法趣旨を充足することはできず、原子炉等規制法にいう「災害の防止上支障がない」ともいえない。

(6) 北海道電力が原子力規制委員会に提出した泊原発に関する火山灰リスク評価資料にみられる過小評価と、桜島薩摩噴火に引き直した場合の想定降灰量

ア 次に、被告九州電力の本件原発における火山灰リスク評価は、他の電力会社が行ったリスク評価と比較しても不十分であることについて述べる。

イ その前提として、北海道電力の火山灰リスク評価の変遷について説明しておく。

北海道電力は、原子力規制委員会平成25年12月18日審査会合において、泊原発サイトにおける羊蹄山仮想噴火による降灰厚について、被告九州電力が本件原発について行ったと同様、風向・風速に関して、月毎の平均値を用いた降灰シミュレーションの値をもって、6月の「0.00029mm」が最大であると報告していた。

ところが、規制委員会は、これに対して、「風向のバラツキについての評価を示すこと」と評価の改定を要求し、北海道電力は、これを受けて、平成26年1月24日提出資料（甲B107）において、バラツキを考慮した結果、敷地における降灰層厚は、「0.0068mm」となったと報告した。

これは、12月18日の報告で最大とされた6月におけるバラツキだけを考慮した結果であった。このことから、同じ6月の風向のバラツキを考慮しただけで、降灰層厚は、当初の0.00029mmの20倍以上になったことが分かる。

ウ　ところが、平成26年1月29日審査会合において、規制委員会は、さらに北電に対してより厳しい条件を想定したシミュレーション結果等を示すことを要求した。これを受け、北電は、平成26年2月25日付資料（甲B108）において、6月だけでなく他月についてもバラツキを考慮して再計算を行ったところ、実は6月が最大ではなく、7月が最大となることが分かった。7月の降灰層厚は、「0.011mm」とされた。この時点で、既に、当初の0.00029mmから見れば、想定層厚は約38倍になっている。

エ　北海道電力は、平成26年2月25日付資料（甲B108）の中で、敷地方向への仮想風を用いたシミュレーションも行っている。これによれば、泊原発敷地には、「8.9cm」の降灰が想定されている。

そのうえで、北海道電力は、層厚40cmへの対応をしており、十分保守的である、という結論を導いているのである。

オ　さて、北海道電力がこのような火山灰想定を行っているのに対し、本件原発はどうであろうか。

北海道電力の事例において規制委員会が再検討を求めた、月毎の風向・風速の平均を用いる方法で、特段の説明もなく、「12cm以下である」と結論付けるのみである。

まして、北海道電力のように、敷地方向への仮想風を用いたシミュレー

ションも行っていない。このようなリスク評価が不十分であることは明白である。

カ 試みに、北海道電力が泊原発において用いた敷地方向への仮想風の計算法を前提として、これを本件原発に当てはめて想定層厚を算出してみる。

北海道電力が泊原発に最も影響を与えると想定している仮想羊蹄山噴火において、羊蹄山と泊原発の間の距離が約34kmとされており、この場合に降下火砕物の層厚は8.9cmとされている。

桜島火山と本件原発との間の距離は約52kmであるので、北海道電力が用いた降下火砕物シミュレーションを前提とすれば、約54km地点は、2.5cmの層厚となるものと解される。

そして、想定羊蹄山噴火のテフラ噴出量が0.53km³とされていることを踏まえ、これを桜島薩摩噴火の11～14km³に置き換えると、桜島薩摩噴火規模で風下側52km地点の降灰厚は、52～66cmと推定できる（甲B109・27～31頁）。

キ したがって、この北海道電力が用いたシミュレーションを借用した試算からも、桜島薩摩噴火規模の噴火が起こった場合に、本件原発に到来する降下火砕物の層厚は、被告九州電力が想定している15cmを優に上回るものとなる。

また、桜島薩摩噴火に至らない規模であっても、3.18km³程度（VEI5クラス）のテフラ噴出量を超える噴火であれば、15cmを超えるのであり、その発生確率は、桜島薩摩噴火のVEI6クラスの発生確率よりも相当高くなる。

(7) 桜島2013年8月18日噴火と比較した場合の予想降灰量

ア 被告九州電力は、シミュレーションの結果として、桜島薩摩噴火を前提としても、本件原発には12cm以下の降灰しか起こりえない、と主張している。

しかし、桜島2013年8月18日噴火が桜島大正噴火規模だった場合の予想降灰量を考えると、このシミュレーションがあまりに過小評価であることが推測できる。

イ 気象庁気象研究所の新堀敏基氏は、「2014/02/07災害・危機管理ICTシンポジウム2014@パシフィコ横浜 - 危機管理のためのセンシング技術と情報伝達 -」において、桜島2013年8月18日噴火が桜島大正噴火規模（テフラ噴出量0.5km³程度。甲B105・第29-3表(2)）だった場合、川内原発の10kmほど南側の降灰量を10cm程度としている（甲B110・13枚目）。

当然ながら、風向が少しでも北側にずれれば、川内原発においても10cm程度の降灰が生じることとなる（噴火の際、風向が北側にずれないなどという保証は全くない）。

ウ これを、桜島大正噴火よりもはるかに規模の大きい桜島薩摩噴火（テフラ噴出量11～14km³程度。単純比較で、桜島大正噴火の22～28倍の量。）に換算すれば、予想降灰量は優に1mを超える。被告九州電力の層厚15cmという想定が極めて過少であることは明白である。

エ また、このことは、桜島薩摩噴火と同じ規模の噴火でなくとも、桜島大正噴火を少し上回る程度の噴火でも、15cmという想定を超えることを意味している。例えば、テフラ噴出量1km³程度、VEIでいえば5程度の噴火でも、20cm程度となる。これは、桜島薩摩噴火と同規模の噴

火が起こる可能性よりも格段に高い。桜島薩摩噴火以降だけで見ても、テフラ噴出量が0.5を超える噴火は、1471～1476年ころの桜島文明噴火(テフラ噴出量0.8 km³)、約5000年前の桜島高崎2噴火(テフラ噴出量0.7 km³)、約8000年前の桜島末吉噴火(テフラ噴出量1 km³)及び約1万6000年前の桜島高崎3噴火(テフラ噴出量1.3 km³)と、4回も発生している(甲B105・第29-3表(2))。本件原発の運用期間中に噴火する可能性も数倍高まる。

No	噴出物名称	噴火様式	マグマ種類	年代	信頼	降積 (km ³)	根拠	備考
1	桜島大正 (P1)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	AD. 1914	引用	0.5	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
2	桜島安永 (P2)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	AD. 1778	引用	0.3	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
3	桜島文明 (P3)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	AD. 1471~1476	引用	0.8	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
4	桜島天保宝子 (P4)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	AD. 764	引用	0.1	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
5	桜島P5	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	5. Scall ka	引用	0.4	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
6	桜島P6	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	3. Scall ka	引用	<0.1	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
7	桜島高崎2 (P7)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	5. Scall ka	引用	0.7	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
8	桜島P8	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	8. Scall ka	引用	<0.1	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
9	桜島P9	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	7. Scall ka	引用	<0.1	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
10	桜島P10	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	7. Scall ka	引用	<0.1	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
11	桜島末吉 (P11)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	8. Scall ka	引用	1	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
12	桜島上境 (P12)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	9. Scall ka	引用	<0.1	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
13	桜島高崎3 (P13)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	10. Scall ka	引用	1.3	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
14	桜島薩摩 (P14)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	12. Scall ka	引用	147	根拠未記載(11km ³ とも記載あり)	DRE換算必要、テフラのみ
15	桜島高崎4 (P15)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	24scall ka	引用	0.2	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
16	桜島高崎5 (P16)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	25scall ka	引用	0.3	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ
17	桜島高崎6 (P17)	プリニー式噴火	桜島地質学研究所	28scall ka	引用	1.1	根拠未記載	DRE換算必要、テフラのみ

甲B105 産総研「(29) 桜島 - 始良カルデラ」第29-3表(2)の一部

(8) 小括

これまで述べてきたとおり、降下火砕物による本件原発への影響評価において、被告九州電力が想定する噴火の規模は過小であり(VEI7レベルをも想定すべき)、また、被告九州電力が想定する桜島薩摩噴火規模の噴火を前提としても、それによって本件原発に降下する火砕物の層厚は15cmをはるかに超える可能性が相当程度存在するのであるから、被告九州電力の想定はこの点でも過小である。本件原発には、桜島薩摩噴火を下回る規模の噴火によっても、15cmを超える火山灰が到来する可能性は十分に存在す

るし、桜島薩摩噴火規模となれば、その層厚は50cmを超える可能性も否定できない。そしてこのような降灰があったときに運転停止中も含めて原発の安全な管理ができることは全く立証されていない。

この点の主張立証責任は明らかに被告九州電力側にある。被告九州電力がこのような主張立証を放棄している以上、本件において、原告の請求を認める決定を発することこそがその論理的帰結である。

2 降下火砕物により、安全上重要な建物・機器等にどのような影響が生じるのか（その1）（論点B①）（アイスランドの火山灰濃度に関して）

(1) 被告九州電力が依拠した火山灰濃度のデータの前提が間違っていること

ア 原告らは、計算根拠たるアイスランド2010年噴火での火山灰空気中濃度について、測定地点での総積灰層厚はわずか5mmであることを指摘し、15cm降灰環境下での計算では空気中濃度を30倍にして計算する必要があると指摘した。

その後の調査によって、①もともとの測定機器は、PM10測定のためのものだった、しかも、②噴火からの直接降下状態ではなく、降灰した火山灰の再飛散時の測定だったという二つの重要事実が判明した。

また、後述するように、その後の調査によって、火山灰150mm降灰時に想定される火山灰濃度は、やはり被告九州電力提示の値 y より約30倍以上大きかったことが明らかになった。以下、順次詳述する。

イ まず、最初に被告九州電力が示す空気中火山灰濃度値は、測定仕様上PM10の測定値であり、サイズの大きな火山灰は計測対象外であるが故に、全体として過小評価となっていることを指摘しておかなければならない。

被告九州電力は、「非常用ディーゼル発電機吸気フィルタの降下火砕物による閉塞までの時間」に関して、「参考として試算」を「アイスランド

南部エイヤヒアトラ氷河で発生した噴火時に火口から約40km離れたヘイマランド地区で観測された降下火砕物の大気中濃度24時間観測ピーク値(3, 241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)」を用いて行ったと述べる。

また、上記「噴火」に関する脚注13には、「アイスランド南部エイヤヒアトラ氷河で発生した噴火:2010年3月に小規模噴火が始まり」とある。

ウ 被告九州電力のいう噴火がどの噴火を指しているのかについては、具体的には、学術論文雑誌 Journal of Geophysical Research, vol. 117, B00C05 "High levels of particulate matter in Iceland due to direct ash emissions by the Eyjafjallajökull eruption and resuspension of deposited ash" 以下「Thorsteinsson2012 論文」と呼称。甲B111)の記述から明らかにすることができる。

すなわち、同論文のアブストラクトには、"The eruption at Eyjafjallajökull, 14 April to 20 May 2010,"との記載があり、被告九州電力が述べているのは、アイスランド南部2010年の噴火についての記述であることが分かるのである。

そして、2頁本文最後から3行目以降の"2. Data and Methods"を読めば、Heimlandで測定がなされていたことが判明する。

エ 測定方法・計測数値の定義については、3頁"2.1 Particulate matter"以下から"FAR"測定ステーションについてはPM10の測定であることが分かる(甲B111)。

PM10がどのようなものであるかについては、2頁本文右カラム13~16行目に記載があり、直径10 μm 以下の浮遊粒子であるとされている。PM10の測定ということは、フィルタで選択的にこのような微細な粒子のみ採取して測定することを意味する。そうだとすると、空気中に漂

う火山灰粒子の総量を評価するのにPM10測定値を用いると、直径10 μm 超の粒子が測定から排除されることとなり、過小評価になる。

オ 具体的にどれほど過小評価になるかについては、参考になるデータが3頁 Figure 3 の(a)グラフに記載されている(甲B111)。

(a)グラフには4トレースあって、観測地点(火口からの距離)が異なり、観測日も異なるが、10 μm 以下の粒子が空気中を浮遊している粒子の総質量に占める割合は、55 km離れた地点で"15 April"に採取したものが最大で、25%と読み取れる。これをもっとも単純に解釈すると、PM10測定値を直に用いた場合は粒子の総質量を少なくとも1/4に過小評価しているということになる。他のトレースでは10 μm の値はより小さい。つまり10 μm 以下の粒子の割合はより小さく、このような粒子の質量(近似的にPM10質量)を総質量として用いた際の過小評価度合いは、より激しいことになる。

(2) 被告九州電力が示す空気中火山灰濃度値は最大の測定値ではないこと

Thorsteinsson2012 論文 p.7 Figure 8 (c)の赤いトレース, "Heimal. (10-min)"のピーク値は, "4 June 2010" 13時近辺で明瞭に3, 500 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)を突破しており, 被告九州電力の主張する「大気中濃度24時間観測ピーク値(3, 241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)」を明確に上回っている。(甲B111)

つまり、後述のように、再飛散か直接飛来かはともかく、また観測値が実際にはPM10測定であって空気中火山灰の総量評価としては大幅な過小評価であることを無視したとしても、被告九州電力主張の"3, 241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ "は、Heimalandにおける観測値の最高ピーク値を捉えてすらいけないことが明白なのである。

(3) 被告九州電力が示す空气中火山灰濃度値は再飛散によるものであること
ア 被告九州電力の試算根拠である、アイスランド南部2010年の噴火において「3, 241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 」「ヘイマランド地区で観測」の出典については、匿名計算 α において調査し報告した。匿名計算 β 中の記述（甲B109）としては6頁「3.2.1 空气中火山灰濃度3, 241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 観測の「ヘイマランド」出典確認」が該当する。

ここで発見された文書は“STATUS REPORT 2 July 2010, Eyjafjallajokull Volcanic Eruption”以下「アイスランド緊急災害対策本部100702資料」という)である（甲B55）。

アイスランド緊急災害対策本部100702資料は、上述のタイトル，“STATUS REPORT 2 July 2010”からして、2010年7月2日付けの資料であり、また1頁下から7～5行目には，“There has been extensive wind-blown ash in the south of Iceland in the last two days and on Thursday 1 July the airborne particle 24 hour averages were far above the health regulation limit of $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Heimaland and Hvolsvollur.”（以下、これを甲B55「アイスランド緊急災害対策本部100702資料引用」という）とある。

この文の(著者による)日本語訳としては、「過去数日間において、アイスランド南部では広範囲にわたって風による火山灰の飛散があり、7月1日木曜日の大気中微粒子量24時間平均値は、ヘイマランドとハヴォルスヴォールルにおいて健康基準の $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ を大幅に上回った。」となる。

イ そうすると、第1に、“3, 241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ”という値が観測されたのは2010年7月1日であることになる。

そもそも、「アイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で発生（平成22年

4月)した火山噴火」において、火口より1 km以遠への火山灰降下があった期間については、匿名計算 α 、並びに匿名計算 β で記述した Nature Publishing 発行の学術雑誌, Scientific Reports, vol. 2, Article No. 572. "Ash generation and distribution from the April-May 2010 eruption of Eyjafjallajokull, Iceland" 以下「Gudmund sson2012 論文」甲B112)に記述がある。当該論文2頁から6頁にかけての本文記述からすれば、1 km以遠への火山灰降下は5月22日頃に終了し、6月4～8日に爆発が起きたものの、その火山灰降下は火口から1 km以内に留まったと分かる。

したがって測定データのとられた2010年7月1日というのは、火山灰が1 km以内に留まった最後の噴火からですら3週間以上が経過しており、被告九州電力が示す「火口から約40 km離れたヘイマランド地区」での「大気中の火山灰濃度値」は、噴火によって火口より直接飛来したものを測定したものではありえない。

ウ 第2に、上記アイスランド緊急災害対策本部100702資料引用より、被告九州電力の提示する" $3, 241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ "という観測値は、いったん地面に降下した火山灰の再飛散に由来するものであることが分かる。

つまり、被告九州電力提示の" $3, 241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ "という火山灰濃度値は、日付的に、再飛散由来の火山灰濃度測定であり、噴火時の火山灰降下リスク評価に用いることそれ自体が不適切である。

(4) アイスランド2010噴火における噴火直接飛来の火山灰濃度測定値 (PM10, Vik)による降下継続時間を考慮した火山灰濃度推定

このように、被告九州電力の提示する" $3, 241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ "という火山灰濃度値は、火山灰リスク評価に用いるのには全く不適切な値である。そこ

で、匿名計算者は、より適切な値を得るべく調査を行った。同人によれば、アイスランド南部2010噴火のデータを用いる際の問題は3種類存在する。

- ① PM10測定値であって総浮遊火山灰量ではないこと
- ② 噴火より直接降下した火山灰を評価する必要性
- ③ 降下継続時間を評価する必要性

①は、そもそも入手できる空気中火山灰粒子質量データがことごとくPM10測定であるように見えることである。この問題については、とりあえず手をつけず、「PM10測定データを用いた過小評価である」という点に留意して数値を解釈することによって対処する。

②は、直接降下した火山灰を評価する必要があるという点であるが、これについてはデータを適切に取捨選択することで対処する。具体的には、実際に噴火が起きて遠方まで火山灰が飛散して、なおかつ観測点方向への飛散があった日のデータを用いて、さらにはカットオフ数値を設けてそれ以下の数値は0と置くことで、定常的な再飛散由来のものを排除する。

③の問題は、降下継続時間を評価する必要性であるが、極く短時間、例えば1時間にも満たない間だけ継続したThorsteinsson2012論文7頁Figure 8(c)の“Heimal. (10-min)” “4 June” 13時近辺ピーク（ただし、幅3～6時間の長時間ピークの上の突き出しであるが）（甲B111）、この短時間ピーク単独のリスクを、ピークの最大濃度で評価するとリスクの過大評価になるというものである。

被告九州電力準備書面10・14～16頁で述べられているように、ディーゼル発電機その他が使用不能になって全交流電源喪失が起きても、例えばそれが1時間程度であれば、タービン動補助給水ポンプ等がきちんと稼働することは前提としつつも、その全交流電源喪失が炉心損傷に直結するとは言い難い。逆に、ピーク最大濃度が低くてもそれがディーゼル発電機その他の

稼働を妨害する水準で長時間継続する場合は、論点Cで述べるように炉心損傷に繋がる。

よって、仮に論点Aを無視して被告九州電力の主張が正しいと仮定したとしても、厚さ15cmの火山灰降下状況で、どのような火山灰濃度環境がどのような長さで継続し得るのか、そして、それが被告九州電力の提示する“ $3, 241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ”とどれだけかけはなれているのかについて評価を行うことが必要である。

ここでは、PM10の測定ピーク値ではなく、観測された24時間平均値を用いることで、想定濃度×継続時間の積を算出する（そして現実的な降下継続時間を何通りか想定する）ことで、より妥当な推算を行った。

その結果、6時間かけて150mm積もる降灰があった場合、PM10濃度は $270 \text{mg}/\text{m}^3$ 、半日（12時間）であれば、 $130 \text{mg}/\text{m}^3$ 、1日かけて積もる場合でも、 $70 \text{mg}/\text{m}^3$ という濃度が予想されることが判明した。

降下時間次第ではあるものの、上記濃度を、被告九州電力の示す“ $3, 241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ” $\div 3.2 \text{mg}/\text{m}^3$ という値と比較すると、6時間かけて降下する場合は80倍、1日（24時間）かけて降下する場合でも20倍を超過するわけで、原告らが、準備書面19において、匿名計算者の報告に基づいて指摘した30倍以上過小評価されているという指摘は概ね妥当なものであったことが、相応の根拠をもって示されたことになる。

なお、この計算では、全箇所でも過小評価する方向で計算している上に、PM10の数値であるという問題がある。したがって、実際には更に数倍の濃度上方修正が必要であると考えられる。

(11) 小括

以上のとおり、アイスランド2010年噴火において、被告九州電力の示

す“ $3, 241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ”という火山灰濃度は、実際の数値よりも30倍以上過小評価されているのであり、実際には、アイスランド2010年噴火クラスの噴火が起こった場合に、本件原発には、被告九州電力の主張の30倍以上の濃度の火山灰が到来することとなる。被告九州電力は自ら想定する厚さ15cm程度の火山灰降下時の原発の安全性を全く確認できていないことは明らかである。

3 降下火砕物により、安全上重要な建物・機器等にどのような影響が生じるのか（その3）（論点B）（機器への火山灰の侵入の想定に関して）

(1) 降下火砕物の侵入についての評価が不合理であること

ア 被告九州電力の主張

被告九州電力は、「下方から吸気するため、そもそも降下火砕物を吸い込みにくい構造」であること及び「吸い込まれた降下火砕物（粒径1mm以下）のうち、粒径0.12mm以上の降下火砕物は吸気フィルタにより90%以上捕獲される」ことを理由に、「降下火砕物は容易に非常用ディーゼル発電機の機関内には侵入しない」と主張する（被告九州電力準備書面10・11頁）。

イ 浮遊性粒子の吸い込みについて

しかし、被告九州電力の平成26年6月5日付「川内原子力発電所1号炉及び2号炉『実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準』に係る適合状況説明資料」（甲B144）1—37頁には、「粒径の小さい浮遊性粒子については吸い込む可能性があるが、その大気中の濃度は想定が困難である。なお、浮遊性粒子の吸い込みを考慮した場合、浮遊性粒子は降下速度が比較的遅いことや、粒径が小さいことで目詰まりし難いことから、フィルタは容易には閉塞しないと考えられる。」と

も記載されている。

これは、降下火砕物には浮遊性粒子が含まれているところ、下方から吸気する構造では、こうした浮遊性粒子の吸い込みを防ぐことができないことを認めている内容である。しかし、被告九州電力は、浮遊性粒子の存在とその侵入のリスクを認めながら、浮遊性粒子の「大気中の濃度は想定が困難」という一言で、対策を講じることもなく、この問題を無視したのである。

さらに、「浮遊性粒子は降下速度が比較的遅いことや、粒径が小さいことで目詰まりし難い」との上記記載は、浮遊性粒子が非常用ディーゼル発電機の機関内に侵入しやすいことを意味する。

すなわち、浮遊性粒子は降下速度が比較的遅いため、浮遊性粒子に働く重力と空気抵抗力が均衡する速度が低く、空気の流れが変化した際に浮遊性粒子がその空気の流れに追随して動くことから、非常用ディーゼル発電機の吸気消音器の吸気の流れに合わせて浮遊性粒子が吸い寄せられてフィルタに到達しやすい性質を有することとなる。そして、浮遊性粒子は、粒径が小さいことでフィルタに捕捉されずに通過し、非常用ディーゼル発電機の機関内に侵入することになる。

以上により、降下火砕物のうち浮遊性粒子は、吸気消音器の吸気の流れに合わせて吸い寄せられてフィルタに到達しやすく、しかも、フィルタに捕捉されにくいいため、非常用ディーゼル発電機の機関内に侵入しやすいこととなる。

ウ 侵入する量について

また、上記第4の1(3)で述べた通り、本件原発には、VEI7クラス以上の超巨大噴火により、被告九州電力が想定する厚さ15cmをはるかに上回る降下火砕物が到来する危険がある。さらに、桜島薩摩噴火です

ら、15センチメートルを超える降灰があり得ることは、前述したとおりである。

被告九州電力は「粒径0.12mm以上の降下火砕物は吸気フィルタにより90%以上捕獲される」とし、裏返せば、粒径0.12mm以上の降下火砕物の約10%は吸気フィルタに捕獲されず、粒径0.12mmより小さい降下火砕物はそれ以上に侵入することを認めている。大量の降下火砕物が到来した場合、降下火砕物の侵入する量はそれだけ増大することとなる。

(2) 降下火砕物の侵入時の閉塞・摩耗に関する評価が不合理であること

ア 機関の摩耗について

(ア) 機関内の部材と降下火砕物との硬度の比較

被告九州電力は、「仮に過給機に降下火砕物が侵入しても、狭隘部の間隔は0.5mmであり、降下火砕物は硬度が低く、破碎しやすいことから、過給器を摩耗させることはない。」と主張する（被告九州電力準備書面10・11頁）。

また、被告九州電力は、平成26年6月5日付け「川内原子力発電所1号炉及び2号炉『実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準』に係る適合状況説明資料」（甲B144）1—34頁において「なお、間隙に侵入した場合でも、シリンダライナーとピストンリングは摩耗に強い部材（特殊鋳鉄：ブリネル硬さ230程度）であり、それに対して降下火砕物は硬度が低く、破碎しやすいことから機関内を摩耗させることは考えにく」と記載している。

これに対して、問題となるのは降下火砕物の硬度についてである。

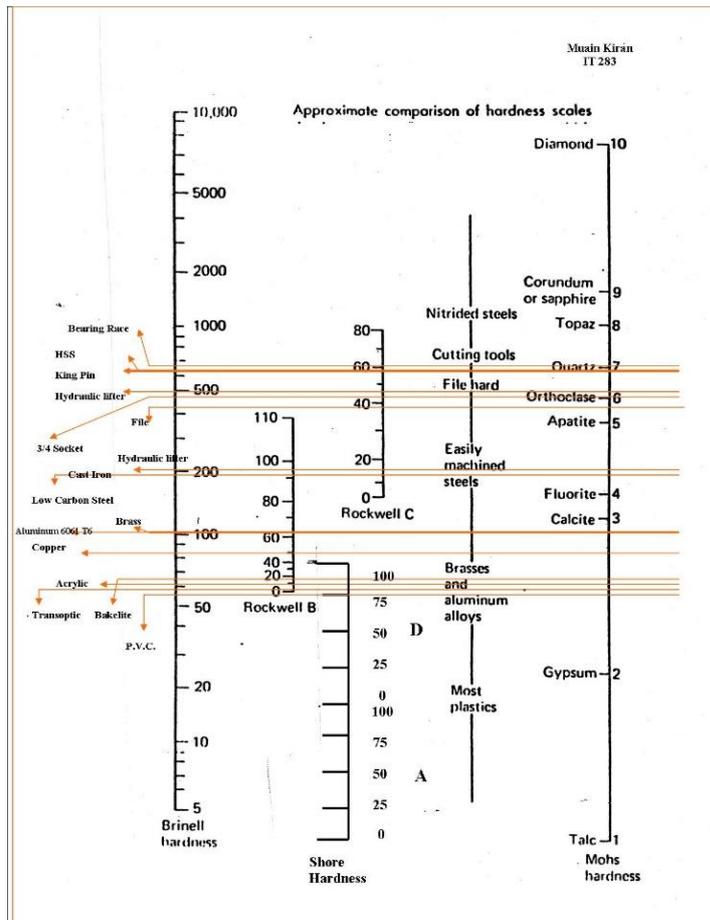
被告九州電力の「添付1 川内原子力発電所1号炉及び2号炉 火山影響評価について 補足資料」（甲B145）のうち、補足資料3「降

下火砕物による摩耗について」山一57頁によると、「2 降下火砕物（火山灰）と砂及び設備材料の硬度の比較について」において、「・鉍物の硬度は搔傷硬度で表されており、ここではモース硬度による比較を行う。」「・火山灰の主成分は、火山ガラスであり、『恒松修二・井上耕三・松田応作（1976）：シラスを主原料とする結晶化ガラス，窯業協会誌84〔6〕，pp.32-40.』によると，火山ガラスのモース硬度は，5との記載がある。」としている。

よって，被告九州電力は降下火砕物のモース硬度として5を想定していると考えられる。

なお，モース硬度は搔傷硬度（引っ掻き硬さ）であり，これは，鉍物を鉍物で引っ掻いて傷をつけられるか否かで硬度の順序関係を判定することによる。他方，ブリネル硬さは押し込み硬さの一種であり，測定対象物質に，球形金属球を一定時間一定荷重P（単位kg重）で押し付けて，球形金属球を取り去ったあとに残った凹みの面積S（単位平方mm）から，その凹みを生じさせた圧力（ $P = S$ ，単位 $\text{kgf}=\text{mm}^2$ ）を硬さとするものである。

モース硬度とブリネル硬さは単純に比較できるものではないが，概略値を対応させると以下の表のようになる。



当該表により、モース硬度5に相当するブリネル硬度は370程度となる。

よって、降下火砕物の硬度は、被告九州電力の主張する部材硬度「特殊鋳鉄：ブリネル硬さ230程度」よりも硬度が高いこととなる。

さらに、被告九州電力は降下火砕物が破砕しやすいことを強調するが、破砕したとしても、鋳物としての硬度は減るものではない。

(イ) 降下火砕物の形状と摩耗能力

また、降下火砕物が破砕することにより生じる火山ガラス微粒子は、下記写真のとおり、非常に尖った、刺だらけの引っかかりやすい形状をしており、形状由来の摩耗能力は高い。

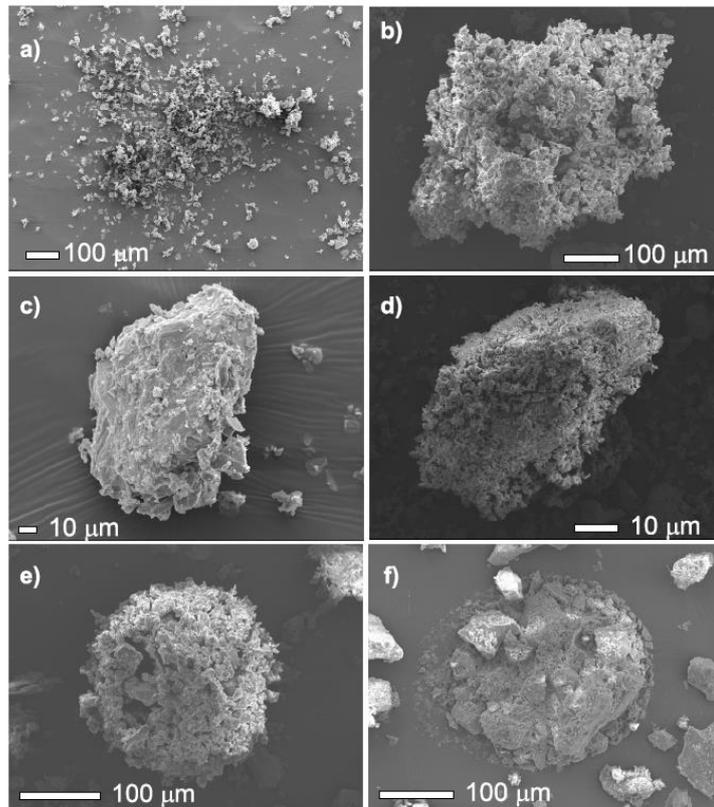


Figure 7. SEM images of ash aggregates: (a) broken ash cluster (EJ15), (b) ash cluster (EJ22), (c) coated particle (EJ15), (d) coated particle (EJ22), (e) poorly structured pellet (EJ18), and (f) liquid pellet (EJ06) (see also Table 3 for more details).

さらに、降下火砕物が破砕された結果として生じる微粒子のサイズは、 $6.3 \mu\text{m}$ ないし $14 \mu\text{m}$ に相当し、被告九州電力の述べる間隙に入り込み、間隙中で挟まれることにより、摩擦、摩耗、引っかかりによる固着を生ずるのに適したものである。

(ウ) 小括

よって、降下火砕物が破砕しやすいとしても、機関を摩耗させることにつながるのである。

イ 間隙への侵入について

(ア) 被告九州電力は、「機関本体の吸気ラインに降下火砕物が侵入した場合でも、シリンダライナーとピストンリングの間隙は非常に狭いため

(数 μm ～数十 μm)，入り込むことはほとんどない」と主張する（被告九州電力準備書面10・11頁）。これはシリンダ内に吸入された降下火砕物が侵入できる隙間を「シリンダライナーとピストンリングの間隙」に限定されることを前提とするかのような主張である。

(イ) しかし，侵入を想定すべき隙間として，上記隙間のほか，ピストンに掘ってあるピストンリングのはまるべきピストンリング溝と，そこにはめられているピストンリングそのものとの間の隙間（サイドクリヤランス）が存在する。

以下，「シリンダライナーとピストンリングの間隙」とサイドクリヤランスの位置を，図を用いて説明する。

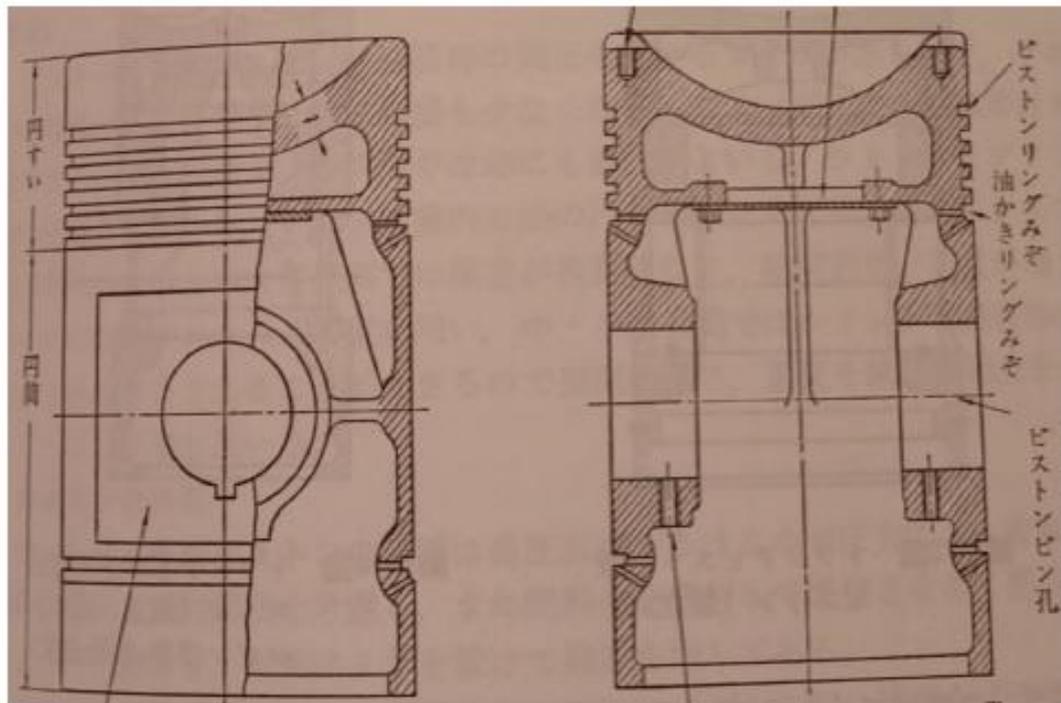


図1：ピストン形状。左：カット断面図。右：断面図，上側は燃焼室，下側はクランク室。（長谷川静音著「船用ディーゼル機関教範 改訂10版」，平成22年，163頁から引用。）

この図1の右上の「ピストンリングみぞ」を拡大すると，下記の図2

のようになっている。

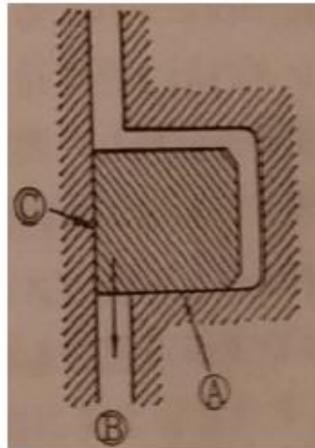


図 2 : ピストンリング。図中左側 : シリンダライナー, 右側 : ピストン。(長谷川静音著「船用ディーゼル機関教範 改訂 10 版」, 平成 22 年, 181 頁から引用。)

被告九州電力のいう「シリンダライナーとピストンリングの間隙」とは, 図 2 中の C の部分である。これに対し, サイドクリヤランスは, 図 2 のピストンリング溝とピストンリングとの間隙 (白色部分であり, A の部分を含む。) である。

サイドクリヤランスは, 間隙の幅が小さいと, シリンダライナーとピストンが固着するリスクがあり, これによりディーゼルが故障する。逆に, サイドクリヤランスの間隙の幅が大きいと気密封止が損なわれる。そこで, サイドクリヤランスは, 新品時においても, 0.1 mm ないし数十 μ m 以上の間隙である。サイドクリヤランスの摩耗限界設定値 (それ以上にならないように整備する限界値) は, 最大 0.3 mm 程度になり得る。

よって, 降下火砕物がサイドクリヤランスに侵入する可能性は高い。

なお, 被告九州電力のいう「シリンダライナーとピストンリングの間隙」についても, 全域に渡り数 μ m ~ 数十 μ m であるとは限らないこと

も付言しておく。ピストンリングのシリンダライナーに面した側の形状として、バレルフェイス形のように樽状に膨らんでいたり、テーパー（傾き）がついていたりする場合には、間隙が狭い領域はごく一部で、それ以外の領域ではそれより大きな間隙幅となっている。したがって、「シリンダライナーとピストンリングの間隙」にも降下火砕物が侵入する可能性がある。

(ウ) 降下火砕物あるいは破砕で生じる微粒子が侵入した場合、まず第一に、図2の④の部分に達すればピストンリングとピストンリング溝側面の間に固形物が挟まって、ピストンリングが浮く形になり、ここでの気密封止が損なわれてピストンリング内面側経由の燃焼ガス吹き抜けによる悪影響が想定される。

第二に、サイドクリアランスは、溝幅とピストンリング厚で決まる上限より大きくなり得ないという上限設定があるところ、サイドクリアランスに火砕降下物が侵入した際の摩擦、摩耗は、深刻な影響を及ぼすものになり得る。具体的には、粒子が多数詰まるなどした場合にはピストンリングが焼付き、ピストンが固着する危険性がある。

ウ 降下火砕物に汚染された潤滑油が機関各部に送出されることについて

被告九州電力は、「シリンダライナー等により破砕された降下火砕物は、潤滑油とともに潤滑油タンクに排出されるので、非常用ディーゼル発電機の機能に影響を与える可能性はない。」と主張する。

しかし、たとえ降下火砕物が潤滑油タンクに排出されたとしても、潤滑油タンク内の潤滑油は降下火砕物で汚染されたものとなり、その汚染された潤滑油が再び機関各部に送出されることとなる。そして、この種の異物除去のためにディーゼル機関一般に潤滑油ポンプ周辺に潤滑油フィルタ

が設けられているが、このフィルタが降下火砕物によって詰まらないことの論証はなされていない。

仮に潤滑油フィルタが詰まった場合には、ディーゼル機関の稼働には潤滑油の供給が必須であるためにこれを維持すべく、潤滑油フィルタ差圧により開くバイパス弁によって潤滑油フィルタを迂回して潤滑油が送出される。この場合、機関の潤滑油供給箇所すべてに降下火砕物に汚染された潤滑油が供給される。潤滑油供給箇所は基本的に摺動部であるため、降下火砕物により摩擦・摩耗・固着リスクが生じる。

(3) 噴出率と濃度との相関

この点に関して、小屋口教授は火山灰の空中濃度は、噴出の規模だけでなく、噴出率にも関連すると指摘している。

すなわち、「噴出率は、発電所のフィルターなどに被害を与える火山灰の空中での濃度にも影響します。これは降水の被害が、総雨量だけではなく、雨の強さにも依存することからも容易に想像できます。被告九州電力の想定には、この「雨の強さ」に相当する「噴火の強度（噴出率）」に関する認識が欠けています。総雨量と雨の強さ（単位時間当たりの降水量）にある程度正の相関関係が成り立つのと同様、噴出物の量と噴出率には正の相関があると考えられます。VEI6 である 1 万 3000 年前の薩摩桜島の爆発的噴火とアイスランドの 2010 年の噴火とでは、暴風雨と小雨ほどの差があります。被告九州電力が原子力発電所の安全性について責任ある対応を行うためには、火山噴煙のダイナミクスの最新の研究成果を取り入れた上で、噴火強度が VEI5-6 程度の爆発的火山噴火の範囲になったときまでその影響を外挿する必要があります」（甲 B 7 1）。

(3) イギリスの原子力安全の専門家であるジョン・ラーズ氏による指摘

イギリスの原子力安全の専門家であるジョン・ラーズ氏は、破局噴火に限

定して、規制委員会の規制審査が I A E A の火山ガイドの要求を満たしていないことについてレポートをまとめた（甲 B 1 4 6）。

今回、翻訳提出したジョン・ラージ氏のレポート（甲 B 1 4 8 「川内原発と火山灰のリスク」）は、主に川内原発の火山灰リスクを指摘することによって、より包括的に、日本の規制委員会の行った審査が I A E A などの国際的な規制基準に適合するものとなっていないことを論証したものである。

本レポートの第 4 章において、火山の危険性と原子力発電所へのリスクについて、火山灰の降灰を中心に論られている。

その内容は、次のような内容となっている。重要な考察であるから、省略せず全文引用する（原文 2 2 頁以下、訳文 1 2 頁以下）。

「危険区域の決定

前に述べたように、IAEA では危険の特定と区域設定に関する指針 [2 7] を提供しており、これは新たな原子力発電所の場所の選定と評価のために主に利用されている。既存の原子力発電所の遡及的評価にも利用できる。IAEA の指針に関しては、特に川内原子力発電所の火山に関する安全の問題と原子力発電所の火山影響評価ガイド [7] への遵守について、後に考察する。

第 2 章で記述した各種火山活動の危険区域は、一般的には、第一に、近距離か遠距離かによって規定される。第 2 に、これらの危険は危険度の大きさによりスクリーニングされる。第 3 に、特定の危険が単独または他の要因と合わさり検討対象の原子力発電所の建屋、構造及び機能に影響するか、また影響する場合にはその影響はいかなるものかを評価する。

第 2 章で示した危険の一部は、九州にある 2 カ所の原子力発電所に到達する距離内にある。しかし、今回のレビューは九州電力川内原子力発電所及びその周辺への火山灰効果を主な検討対象とする。とはいえ、特定されたその他の火山による危険性を無視してはならない。そして、同様な配慮を、活火山周辺に

ある日本の原子力発電所や原子力施設に対しても払うべきである。

火山灰降下

火山灰の大気拡散及び堆積は多くの要因により決定される。例えば、噴煙の高さ、大気温度、火山灰の総質量、灰粒子の大きさ、浮揚性、堆積速度、大気の安定性、降雨、風向きなどである。このような要素が、火山灰の地上での大きさと形状、ならびに、堆積率を決める。

一般的には、噴火地点から離れば離れるほど堆積した火山灰の厚さも粒子の大きさも減少する。粒度分布は噴煙高度、速度及び風向きにより主に決定され、粗い粒子が近距離に堆積し、細かい粒子は遠方に運ばれる傾向がある。[28]

過去の火山活動の年代配列は地質に刻まれている。活発な火山、プリニー式また壱プリニー式噴火の結果は次のようになる。すなわち、大型の破片、分厚い軽石及びスコリアは、噴出口のすぐそば、特に火山の麓付近に堆積する。このような堆積物は、一般に長期間残っている。一方、細かい灰粒子及び直径2ミリ以下の粒子は噴煙とともに上空に運ばれ拡散しより遠くに堆積する。しかし、このように広範囲に拡散した噴煙の成分は、地質学的には明確な記録としては残されていないかもしれない。というのも堆積した火山灰は細かい粒子であり、容易に補修可能だからである。もし、噴出量（次々に噴火が続いても）が多くない場合は、火山灰は土壌と混ざり、判別不能になる。しかし、一回の噴出が長期間にわたり持続した場合、降下灰は堆積し、明確な地層を形成する。

以上のような理由で過去の火山活動の地質的記録、特に降下灰は慎重な解釈が必要となる。

大気に運ばれる火山灰の拡散と堆積に関するモデル

大気に運ばれる火山灰の拡散と堆積に関するモデルは噴火の最中でもそれ

以前でも作ることができる。JMA が使用している TEPHRA2 など数多くのソフトウェアが開発され実証済みである。このような数学モデルのほとんどは 1981 年の鈴木の仕事に基づいている。[29]

複雑な地質プロセスを表す数学モデルには本質的な限界がある。火山噴火に関する複雑で雑多な自然のプロセスの詳細についての知識が不完全であるからである。プロセスの詳細の全てを具体的に表す訳ではない。

複雑な雑多な地質的なプロセスの全ての側面の総合的なデータはない。このような限界の結果、数学モデルは予測を可能にするがプロセスまたは結果を正確に表したものではない。(火山灰の堆積した場所と量など)

ストロンボリ式噴火では大気へのマグマの噴出はミクロン及びミリ単位の粒子の弾道を描く噴泉である。この粒子は、噴火エネルギーとプルームの対流性の熱気とガスによって大きなスコリア破片が噴煙に吹き上げられたものである。残りの大きな弾道とスコリアの破片は噴火口周辺に堆積する。対流性のプルームは火山灰を遠くまで運び広範な地域に降らせる原因となる。プルームからの火山灰は噴火口から遠くなるほど降灰量は少なくなる。しかし、風と水の浸食により再拡散する。噴火が大型になればマグマのより大きな破片は灰の大きさに砕かれる。マグマの量が増えるため対流性プルームも増大する。一般的には、数学モデルはプルームしか表すことはできず、拡散噴出物の量、およそその距離には、方向についてのインプットが必要となる。

数学モデルは、噴煙柱の熱流束によって決まる噴煙柱(プルーム)の高さに分散している粒子の拡散移動(大気の乱れと風によるもの)を計算する。粒子の最終速度(各粒子の大きさ、密度、形状の関数)と噴煙柱における粒子の上昇速度によって決まる降下時間はそれぞれの粒子の移動時間である。モデルは通常噴煙柱の上昇速度が直線的に低下すると仮定しており、火口において最大で噴煙柱の頂点でゼロになる。浮力の速度への影響は無視している。

モデルのもう一つの一般的な限界は、平均直径が約 15 ミクロン以下の火山

灰の粒子の移動を正確に表せないことである。人為的に平均直径で切り捨ててしまうことは、重力沈下の重要性を矮小化するものである。15ミクロン以下の粒子は大気の流れにより、モデルが推定するよりも長く大気中に浮遊する傾向がある。細かい灰の粒子が数百とは言わずとも数十キロ風下よりも近くに堆積すると極端に評価する傾向がある。もう一つの限界は、数学モデルはプルーム内の火山灰粒子の集団を考慮しないことである。(モデルによっては、雨によってプルームから火山灰粒子が除去されることも考慮していない。) 15ミクロン以下の粒子の堆積を表せたら灰の重力沈下も説明可能になる。

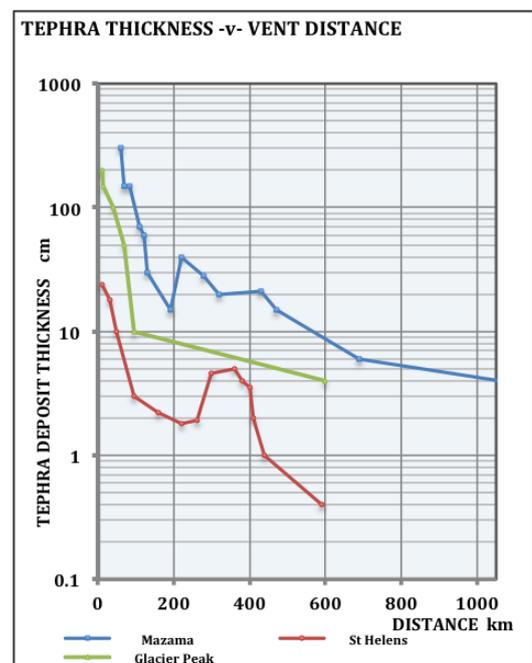
より高度なモデルでは、風速、シア、風向きなど気象学的なインプットを不確実なパラメーターとして扱っている。風速などを確率論的に扱うことで垂直な噴煙柱の全ての高度における将来の風速の不確実性を捉えている。噴火力と当初の上昇速度などに関しても、似たような不確実性を仮定している。これらは、総噴火量と持続時間の関数である。マグマが破片化し、対流性プルームに入り込む場合、当初のプルームの上昇速度は噴出力、持続時間、火山通道の直径から得られる。火山灰プルームが大気への放射性物質放出と混ざっている場合、その後の拡散と堆積はASHPLUMEなどの既存のソフトを使いモデル化できる。[30]

a) 火山灰堆積層の厚さ

図8は、米国のカスケード山脈の過去の噴火による火山灰堆積層の厚さを示している。

図8であるが、マザマ山の噴火(総火山灰噴出量8,800BP、40立方Km DRE)及びグレーシャーピークの噴火(1

図8：火山灰降下の過去の例



1,000から12,000BP)のデータは、火山灰の厚さが時間の経過とともに浸食または改質されていなくとも圧縮されており、圧縮されていないセントヘレンズ(1980、~1立方Km)の最近の火山灰層と比較して、より証拠があると言える。一般的なコンセンサスは、当初のテフラ層は圧縮された厚さの2倍以上であったらうというものである。[31]

灰の降下の予想は、TEPHRA2とJMA Ash Fall Forestなどの数多くの移流拡散ソフトのどれかを使った数値シミュレーションにより日常的に行われている。「火山灰降下のインバージョン法」[32]として知られているモデル手法では、過去の噴火パターンを理解することが可能である。それにより、将来の火山活動の可能性を確定的に分析するための有効なデータの蓄積ができる。大気による火山灰の拡散及び堆積の予測は複雑な科学である。粒子の大きさの違いなどといった多くの変数は、特に移流の影響を受ける。もう一つの重要なパラメーターは湿度である。[33]しかし、火山灰の粒子が極端に小さい場合は、火山灰の堆積の厚さを見ても、距離が遠くなるに従い灰が小さくなるという相関関係は存在しない。[34]

最近のセントヘレンズ山の降灰の厚さのデータを見ると火口から約300Kmの地点で1.5cmから5cmへと厚みが増加しているのが見られる(図8)。これは、おそらく大気の異常により非常に細かな灰がより大きな粒子に凝集した結果であり、その結果大きな粒子は降下速度が増した。8800BPのマザマ山の噴火でも同じ効果が見られた。しかし、よりエネルギーが高い場合は圧縮されない火山灰の堆積は300Kmでも約50cmになろう。[35]

図9は、火口からの距離による火山灰の降下層の厚さの確率を示したものである。火口から100Kmで厚さが55cmを超える確率は10%である。この確率データは36の噴火を元にしてしている。これらの噴火のそれぞれ火山灰の量は0.1立方Km以上である。ただし、より大きな噴火も含むためある程度の偏りはある。[36]

爆発に伴うプルームの研究から総噴出量を推定することも可能であるが、このモデルはまだ開発段階である。[37]

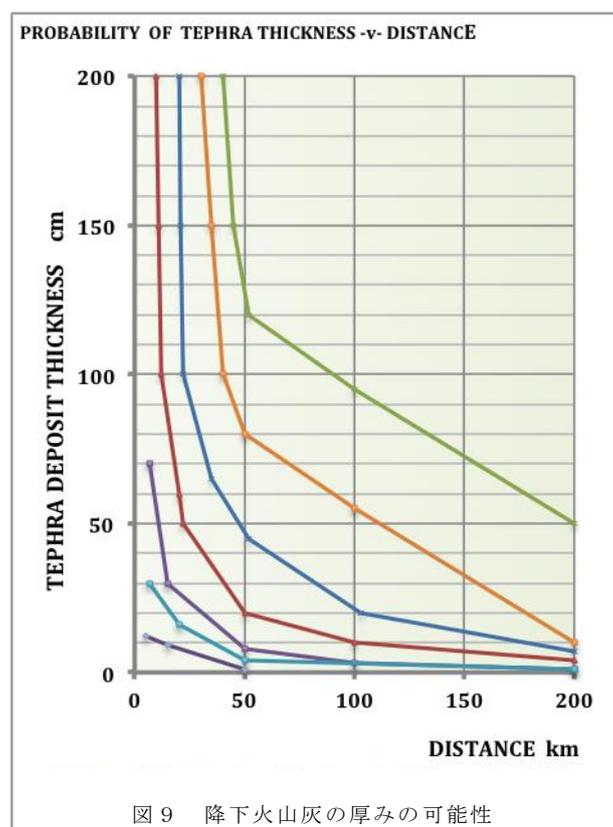


図9 降下火山灰の厚みの可能性

b) 火山灰層の形成速度

噴火中またはその直後における火山灰形成速度については意味のある歴史的記録はない。1980年のセントヘレンズ山で見られた火山灰堆積からもきわめて限られたデータベースしか得られない。

1980年のセントヘレンズ山の噴火では、灰降下速度は1時間あたり1.3cmで火口から50Kmで総堆積4.5cmと報道されている。ただし、ほとんどの堆積は最初の1時間に起きたと推定される。[38]

降下火山灰の蓄積速度は、多くの要因による。例えば、噴出量、噴煙柱の高さ、風向き及び風速、火山からの距離である。降下継続時間、火山灰堆積速度、視界の悪化と暗さの継続時間などは、歴史的な噴火記録から推測できる。

火山灰の降下速度は、過去の火山灰降下の計測値から得られる。しかし、

このような計算値はあまりなく、速度も平均値に過ぎない。

(火山灰により空が覆われたために) 暗闇が記録された噴火に伴う圧縮されていない火山灰の厚さと暗闇の持続時間に関する集積データを作成することは可能だ。火山灰の大半が暗闇時に降下したならば、平均値としての堆積速度は毎時 1 以下から 20mm で火山灰全体の厚さは 1-300mm となる。[39]

c) 火山灰降下と原子力施設一般的なケース

一般的に：

i) 建造物の積載荷重支圧強度

火山灰またはその蓄積の加重による建屋またはその一部に対する損傷は、屋根の一部損傷から完全崩壊まであり得る。建屋の屋根と外部の積載荷重は、火山灰が厚くなるほどに増加する。

主に黒曜石及び軽石シャードからなり遠くで降下する乾いた圧縮されない火山灰は、平均密度が立方センチメートル当たり 0.5g である。しかし、雨で

濡れた火山灰の比重はおよそ立方センチメートル当たり 1.25 から 2.0g と増加する。20 から 30km と火山近くに堆積する圧縮されていない火山灰層は、石質や結晶質の火山灰に似た高い比重をもつ。[40][41]

図 10 は、火山灰及び雪の厚さによる積載荷重を比較したものである。雪の積載加重の上限として 3.5kN/m^3 が、日本建築基準を使用している日本の建造物の設計において典型的に使われるものである。[42] 湿った火山灰層の厚みが約 17cm になると想定上の建物の

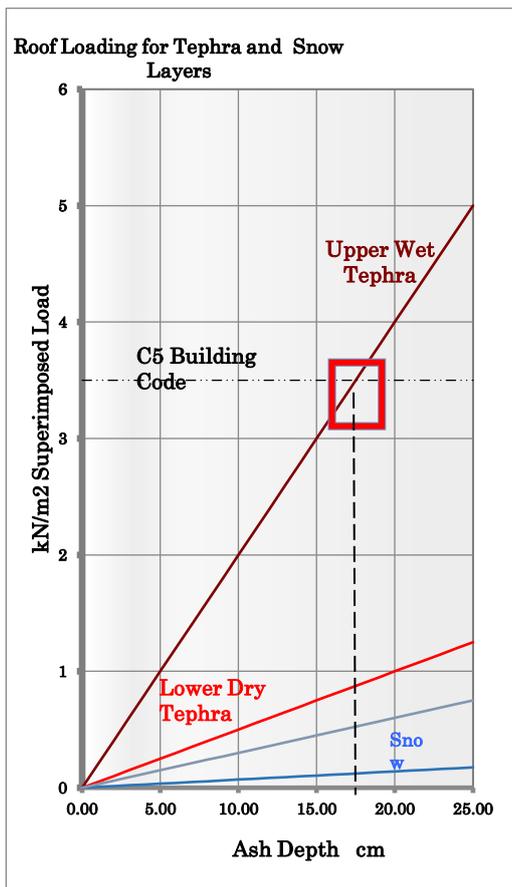


図 10 火山灰と雪の過重

屋根の雪積載荷重基準を超える。

建物に対する積載荷重の増加は、地震力に対する動的応答にも影響を与える。雨に濡れた火山灰層は、積雪の場合とはかなり違った振る舞いをする。地震が起きた時に、火山灰は密度が高いだけでなく建物表面により付着し払拭されにくい。

ii) 局地的洪水

雨樋、排水管、縦樋は湿った灰が詰まった場合危険である。豪雨で屋根からの排水が詰まった場合は水が溜まり、屋根の積載荷重が増加する。灰は地表からの排水を妨げ、水流が火口により近い地域から大量の火山灰と破片を運び、広範囲の洪水を引き起こす恐れもある。

iii) 電気機器 [4 3]

湿った火山灰は電線や送配電機器に薄い粘着性の層となって堆積するとアーキング、フラッシュオーバーやショートを起こすに十分な伝導性を持つ。[4 4]

通常原子力発電所内と周辺には密集して電圧制御、保護、開閉器、変電所などがあり、内部と外部の送電網の接続節となっている。変電所の機器はキャパシタンスのフラッシュオーバーやその他の故障をおこしやすい。それは絶縁体が地面か低い場所にあるからで、局所的な風が渦巻き地面からの影響で灰の堆積や滞留が増加しうる。開閉器とサーキットブレーカーも荒い灰に覆われ、機能しなくなるかもしれない。変電機器もケーシングの冷却フィンが過度の降灰で詰まり加熱する恐れがある。

火山灰降下による電気系統への最も一般的影響は絶縁体のフラッシュオーバーである。これは、発電、送電部品及び配電網の全てで起こりうる。特に軽度の

霧や霧雨を伴う場合である。[45] 送電や配電網や原子力発電所の変電所が故障した場合は、外部電源の喪失につながり、原子力発電所の電気系統は孤立し、敷地内の緊急発電で必要な電力、特に緊急停止後の炉心と使用済み燃料プールの冷却を賄わざるをえない。

火山噴火はかなりの量の水蒸気を大気中に放出する。マグマソースにより、二酸化炭素、二酸化硫黄、塩化水素酸、フッ化水素酸(HF)なども放出される。塩化水素酸とフッ化水素酸は水に溶解、酸性雨となって降下する。一方、二酸化硫黄のほとんどはゆっくりと硫酸エアロゾルになる。湿気を帯びた火山灰に覆われた地表は浸食、腐食しやすい。この作用は比較的ゆっくり起き、直ちに影響は及ぼさないか、ごくわずかである。

酸性雨は肌及び目を刺激し、電気系統の修理、屋根やタンクから火山灰を除去するなどの喫緊の作業に従事する緊急対応の職員の職務に悪影響を及ぼすかもしれない。

iv) 原子力発電所の発電現場

発電現場に対する火山灰降下の一般的影響は変電所におけるフラッシュオーバー(iii 参照)などである。建屋に灰が侵入し精密機械や電子機器などに損傷を与えることもある。水関連のポンプ類、加熱機器、換気 AC システムへの損傷、フィルターやストレーナーの詰まり、長軸屋根の瓦解など構造破壊、そしてその下の床が次々と崩壊する恐れもある。

火山灰降下による潜在的損傷は火山灰の成分と関係する。フィルターの詰まりでは粒子の大きさが特に問題になる。密接に動く機械やポンプを灰が摩損させる場合は粒子の堅さが関係する。ガラスや陶器でできた断熱材など表面に付着する場合は化学的性質が関係する。水冷却システムに灰が入った場合は凝集と密度が関係する。

具体的には、

- 1) エアフィルター：建屋及び付帯設備域の換気と浄化

付属 III は典型的な軽水炉 (PWR) の建屋の換気及び浄化システム、使用済燃料プールなどの付帯設備、緊急用ディーゼルと取水スクリーンの建物を示している。典型的な原発には他にも他の建物やプロセスのための換気調整システムが備わっている。

サイクロン式集塵装置、ポンプ、ファンなど露出している機械の部品や斜行部品に火山灰粒子が侵入し浸食し、ファウリング、オーバーヒート、焼き付きが起こる恐れもある。

浄化やベント用給気、外気混合などのための給気側のフィルターが付いていない。火山灰降下時には灰を含んだ大気が換気と浄化システムに吸い込まれ、ダウストリームのフィルターや部品が危険な状態になる。特にファウリングや焼き付きの危険があるのが、最大毎分 33,000 立方フィート (毎分 \sim 1,000 m³) を処理する建屋の排気ファンである。

火山灰降下でエアフィルターが詰まるという一般的所見はあるが、原発の特定機能を阻害するようなブロッキングがどれだけ速く、どの程度おこるかという情報やデータは少ない。これは特定のシステム及びプロセスの空気処理率、換気システムなどによって決まる。エンジン故障を防ぐために 4 時間ごとに車両のエアフィルターとオイルフィルターを交換するよう推奨する多くの公開文献がある。[4 6] 米軍は車両用及び静電起電機のエンジンフィルターなどを含む車両のフィルターと換気とコンピュータを交換することには特別な注意を払い、(例えば、火山灰を含む大気は空気平衡機器のベントを通して燃料タンクに吸い込まれる。) 一般に 1 時間半から 3 時間の継続的使用毎に交換している。[4 7]

2) エアフィルター、緊急用ディーゼル発電建屋

ガスタービン、ディーゼル、(外部電源喪失の際必要な) 緊急用発電装置などの動作機器、そして気温が高い場所では、例えばディーゼルモーターの排気弁配管とガスタービンの燃焼室、粒子の融合などは吸気カウ

リング（右図）でのフィルトレーションが必要である。

緊急発電機用のファンで送風する冷却コイルとエンジンの潤滑油は緊急発電用建屋の屋上によく設置されている。冷却コイルとフィン（ラジエーター）への火山灰の堆積から守り、ファンモーターを摩擦と焼き付きから守る必要がある。

1991年以來、米国原子力安全委員会は原発に対し「…活火山の付近にある発電所では IPEEE プロセスの一環として火山活動を評価すべきである」と要求している。[48] この要求は発電所ごとに評価され具体的に説明されている。

コロンビア原発の設計基準、「異常事態時における作業手順 ABN-ASH」では火山灰降下時、電力を下げ、炉を緊急停止し、冷却して冷温停止させるよう指示している。ABN-ASH 設計基準では、原子炉停止への条件として、i) 40,000 フィート（～12,200 m）以上の高さの灰雲が2時間以内にコロンビア原発を通過すると予想され、最大20時間にわたって灰が降下する。ii) 降灰率 0.21 インチ/時間（～毎時0.53 cm）以上[49][50]

コロンビア原発を運転するエナジー・ノースウエストに対し NRC から数多くの違反通告があった。緊急発電用の燃焼吸気フィルター違反や、別件では、緊急発電室換気用給気フィルター[51]の違反であり両件とも2基の敷地内発電機を交互に運用するという管理手法上に関する違反である。ただし、ここでの関心は、降灰による詰まりとフィルター交換の頻度である。

燃焼吸気フィルターでは、フィルターが詰まるので2.3時間ごとに交換の必要がある。緊急発電室のヒーターと換気と通気のフィルター（付録 III）は3.6時間ごとに交換が必要である。[51]

つまり火山灰が降下したらコロンビア原発は原子力発電を停止し、（仮

定上) 想定されている 20 時間の灰降下中はずっと停止していなくてはならない。停止中に地域の送電網が火山灰により静電容量超過 (絶縁破壊) フラッシュオーバ (または火花放電) などのために故障したら、外部電源喪失状態の原発は各種サービスや炉心と使用済み燃料の冷却用の電源を敷地内の緊急発電機に依存することになる。長引く緊急発電時には、敷地内の二つの発電機のどちらかは燃焼吸気フィルターと室内換気フィルターの交換時には停止させなくてはならない。室内換気フィルターの交換では暫定的な代替フィルターを応急措置として使い、稼働している発電機を保護しなくてはならない。フィルターへの灰の堆積は、不完全燃焼や室冷却通気が不十分なため、非常用ディーゼル発電機の共通原因故障 (コモンモード) につながる。

3) 復水器の海水取水口と循環ポンプ

非常時補機冷却水供給とポンプ

緊急用冷却ポンプと補給水ポンプ [5 2]

原発の敷地内各所では大量の水が汲み上げられ、主に通常運転時と緊急時には冷却用にそして事故や異常事態には補給水として様々なプロセスで使用される。

a) タービン復水器の冷却系統

主冷却水はタービンの復水器を冷却するためのものである。タービンから復水器に排出される低気圧蒸気は水に戻される。典型的な 1,000MW (100 万 Kw) の原発の場合、給水流量は排水温度により毎分 2,000 から 2,750 m³の範囲である。

海岸にある発電所では復水器用冷却水は海から直接引いてくる。内陸の場合は川や入り江から引いてくる。どちらも貫流冷却であり熱い復水器の冷却水は取水源に返送される。内陸の原発の中には、復水器に返送し再使用する前に、冷却塔を使い、復水をスレートやルーバーで滝のように流し

冷却しているところもある。このような閉ループの冷却塔は自然通風の高い双曲面の塔か、モーター駆動のファンを備えたより小型の塔であり、いずれも冷却過程での多量な蒸発損失を補うため継続的に補給水が必要となる。

復水器などのポンプを駆動する電気モーターも冷却が必要である。通常は密封型の空冷再循環システムで電気モーターのコイルや表面に通気している。表面は二次外気経路で冷却される。詳細仕様にもよるが、この二次経路は、ファンのベアリングに磨耗を起こす火山灰が入り込んだり、火山灰による熱伝導面（一般にはフィン）の詰まりを引き起こし故障しやすい。

b) 主要冷却給水システム

原発では重要な設備用の冷却が必要である。原発は立地により適切な近くの内陸の池、海、川など水源から取水する。取水率は季節や周囲環境にもよるが、典型的な 1.000MW だと毎分 150 から 200 m³である。復水器冷却だとこれよりずっと高い率になる。

原発の設計にもよるが、主要冷却給水システムの水は空調設備のチラー、主タービンの潤滑油冷却装置、空気圧縮機のアフタクーラー、使用済み燃料プールの熱交換器などへ冷却水を送る閉ループ冷却システムのための熱交換器などに送られる。これら主要設備やプロセスの多くは原子力発電所が運転停止となりかなりの時間が経っても、(使用済み燃料プールなど) 冷却の継続を必要とする。

c) 緊急冷却と補給水

異常事態の結果、SCRAM(緊急自動停止)とタービンポンプがトリップすると炉心と主要回路に残存した熱は、炉心メルトダウンと放射性物質放出を避けるために迅速に最終ヒートシンク(UHS)に散逸、消逸させなくてはならない。

原発の設計や立地にもよるが、UHS は復水器冷却水を取水、排水する海、川や池を使ってもいいし、フラッシュ蒸発器かスプレーを並べて専用 UHS 池にリサイクルする分離型でもよい。

復水器冷却、主要設備と緊急冷却のために取水する貯水池は火山灰の降下と堆積で汚染されやすい。小囊化した「軽石ラフト」で取水スクリーンが詰まる。主要設備に水を送るポンプにも水とともに灰粒子が流れ込み、可動部品を磨損させ故障させる恐れもある。並んでいる熱交換管に粒子が水で運ばれ、伝熱を損なう恐れもある。

火山灰堆積を考慮した設計の原発において、厳しい環境下でどのように運転を円滑にするのかを扱った公開文献はあまりない。すでに現存しないバターン原発以外で大量の灰が降下したところはない。原発がどうなるのか、運転中の経験はない。

V) 原発敷地内外における関連する影響

火山灰降下やその他の火山活動は広範なインフラを攻撃する。その影響も結果も広範囲で多岐にわたる。

当然、原発への潜在的ハザードの詳細評価は、発電所の設計、給気と給水、立地、スタッフ、緊急対応要員、車両、周囲の環境など立地特有の要因を考慮する必要がある。噴火が時間を置かずに連続して起きて火山灰が降下した場合、状況は数日または数週間かそれ以上続くこともあり、状況は悪化する。

a) 原発へのアクセス

火山灰降下は視野を大幅に悪化させる。場合によっては完全な闇に近くなる。火山灰に覆われた道路を車両が通過すると、灰は跳ね上がったり再浮遊し、灰雲が渦巻き、視界が更に悪化する。路上の細かな堅い灰粒子の堆積は、特に灰が湿気を帯びた場合、静止摩擦を低下させる。1mm 以上の積灰は車線

などの路上のマークや路肩などを覆い隠す。[53]

空の輸送手段、特にヘリコプターは空気が運ぶ灰がガスタービンのコンポーネントに悪影響を及ぼすため飛べなくなる恐れがある。[54] 国内を移動して来る修理メンテ要員は送配電の故障現場まで行き着かない恐れもあり、原発はLOOP（外部電源喪失）状態となる。

同じように通信機器（空中線、アンテナ、ディッシュ、支柱）にも損傷が起きるかもしれない。過剰な需要で通話ができない状況にもなりやすい。[53] [45]

b) 原発スタッフが働ける状態にあるか

車が故障したり、道路が通行不可能だったりして、スタッフと緊急対応要員は原発まで来る手段がなくなるかもしれない。更には、専門的な緊急対応要員が他でのタスクを優先されるかもしれない。炉の運転と安全担当の修理保安担当者は、呼吸困難と視力不全のために業務を行えないかもしれない。または、このような緊急時には家族や自宅から離れたがらないかもしれない。」

引用終わり

このように、火山灰が原発に与える影響は多岐に渡り、その対策が不可欠なのであるが、被告九州電力が十分な対策を講じている様子は見受けられない。

4 非常用ディーゼル発電等が機能喪失した場合の対策は有効か（論点C）

(1) タービン動ポンプ注水で、停電時の対策は万全か

次に、被告九州電力は、準備書面10末尾部（14頁本文下より6行目から16頁本文4行目まで）において、「5非常用ディーゼル発電機等が機能喪失した場合の対策」について、15頁「表4 外部電源及び非常用ディーゼル発電機が機能喪失した場合の電源確保対策」のうち15頁本文5行目「タービン動補助給水ポンプ等による蒸気発生器2次側への注水」（以下「タ

ービン動ポンプ注水」と呼称する)については、その稼働について空気吸入が不要であるために火山灰リスクが小さく、火山灰降下状況においても有用な過酷事故回避策たり得るとしている。

しかしながら、このタービン動ポンプ注水は、一時的には対応策となりうるとしても、その稼働には稼働時間限界及び、有効時間限界がある。それらは10時間程度であったり、1次冷却水漏洩量依存で数時間～1日程度であったりしている。

(2) タービン動ポンプ注水が稼働時間限界及び有効時間限界に到達した段階で過酷事故に至る

原子力規制委員会に被告九州電力が提出した書類(「川内原子力発電所1号, 2号炉審査資料 資料番号 SA-004改67 提出年月日 平成26年7月7日 川内原子力発電所1号炉及び2号炉 重大事故等対策の有効性評価 平成26年7月 九州電力株式会社」<https://www.nsr.go.jp/data/000042014.pdf> 以下「被告九州電力20140707資料」)においては、これらの限界が到来する前に何らかの動力を用いた別個の注水手段が復活する、という前提で過酷事故が回避される論理構成になっている。当然、この「何らかの動力」が失われた状況下で、そのまま回復されなければ、稼働時間限界及び有効時間限界に到達した段階で過酷事故に至る。火山の大規模な噴火時に、このような注水手段の復活を想定することができるかどうか問われている。

にもかかわらず、このタービン動ポンプ注水稼働時間限界及び有効時間限界について被告九州電力準備書面10には、記述が一切無い。この現状は、全交流動力電源喪失状況下においてもタービン動ポンプ注水によって無期限に過酷事故が回避可能であるという印象を与えかねない。

(3) 冷却を継続するためには2つの条件が必要

「匿名計算β」(甲B109)では、火山灰降下状況でディーゼル機関をはじめとした大気吸入型熱機関動作不能リスクを指摘したが、この状況は被告九州電力準備書面10・15頁本文1～4行目「本件原子力発電所は、万一何らかの要因により全交流動力電源(外部電源、非常用ディーゼル発電機及び大容量空冷式発電機等)が機能喪失し、交流動力電源を必要とする安全機能を有する系統及び機器(電動補助給水ポンプ等)が機能を喪失した場合の炉心損傷防止対策を備えている。」に対応する。つまり、「全交流動力電源喪失」に対応する。

「タービン動補助給水ポンプ」(以下「TDAFWS」と略記する)は、その右下に図示されている「復水タンク」より給水して、左上の「蒸気発生器」に注水することができる。その駆動力は、同ポンプにより注水した水が、注水先の「蒸気発生器」で、1次冷却材によって加熱されて生じる蒸気の圧力であり、駆動エネルギー源は炉心の崩壊熱であって大気吸入を必要としないのは事実である。

しかし、冷却を継続するためには、

条件1: 給水源が枯渇しないこと(稼働時間限界)

条件2: 1次冷却材が充分にあること(有効時間限界)

の二つの条件が必要である。

1次冷却材が不足して炉心が露出した場合、炉心から熱を奪うものがなくなるために炉心損傷リスクが発生する。よって、1次冷却材水量が不足するまでが、TDAFWSが有効に機能する期間となる。1次冷却材が不足した時点で、TDAFWS給水源がどうであれ炉心損傷を免れない。

以下、給水源枯渇による稼働時間限界、及び1次冷却材水量不足による有効時間限界について被告九州電力20140707資料(甲B147)に基づいて指摘する。

(4) 過酷事故シナリオ「RCPシールLOCA」

被告九州電力「川内原子力発電所1号炉及び2号炉 重大事故等対策の有効性評価」(平成26年7月7日)(甲B147)によれば、「<略>, 緩和措置がとられない場合には, 電動補助給水ポンプによる蒸気発生器への注水, 充てん/高圧注入ポンプ及び余熱除去ポンプによる炉心注水, 原子炉補機冷却水ポンプによる最終ヒートシンクへの熱の輸送, 減圧及び復水タンクへの補給ができなくなる。また, 従属的に原子炉補機冷却機能喪失が発生し, 補機冷却水が必要な機器に期待できなくなるとともに, RCPシール部へのシール水注水機能及びサーマルバリアの冷却機能が喪失することから, RCPシール部からの1次冷却材の漏えい等により1次系保有水量の減少が生じ, 炉心損傷に至る。」とされている。「RCPシール部からの1次冷却材の漏えい」は「RCPシールLOCA」と呼ばれ, 過酷事故の有力なシナリオの一つである。

このような炉心損傷リスクに対する被告九州電力側の対策としては,

「したがって, 本事故シーケンスグループでは, 2次系を強制的に減圧することにより1次系を減温, 減圧し, 炉心注水を行うことにより, 炉心損傷を防止する。長期的には, 最終的な熱の逃がし場へ熱の輸送を行うことにより除熱を行う。」

「炉心が著しい損傷に至ることなく, かつ, 十分な冷却を可能とするため, 補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁を用いた2次系強制冷却, 常設電動注入ポンプによる代替炉心注水を整備する。」

とされている。

(5) 短時間で電源が回復することを前提とした事故対策

問題は, その先の記述, 「炉心注水を行うことにより」即ち「常設電動注入ポンプによる代替炉心注水を整備」である。「電動」であるからには稼働

には交流動力電源が必要である。つまり、交流動力電源がある時間経過後には回復していることを前提としているのである。

交流動力電源の回復時刻想定については、前記報告（甲 B 1 4 7）2 5 2 頁以降に、

「(b)代替交流電源は、RCP シール LOCA が発生する場合には事象発生 60 分後に確立するものとし、RCP シール LOCA が発生しない場合においては交流電源が 24 時間使用できないものとして、事象発生 24 時間後に確立するものとする。」

としている。

つまり、「RCP シール LOCA が発生する場合」すなわち 1 次冷却材が失われる場合すなわち「常設電動注入ポンプによる代替炉心注水」が必要とされる場合においては、（代替交流電源は）「事象発生 60 分後に確立するものとし」、「RCP シール LOCA が発生しない場合」すなわち 1 次冷却材が失われず常設電動注入ポンプ稼働が必ずしも必要とされない場合には、「交流電源が 24 時間使用できないものとし」「事象発生 24 時間後に確立するものとする」とされているのである。

このように、交流動力電源がどうしても必要な場合には 1 時間以内に回復するというのであるから、マジックとしか言いようがなく、その回復想定時刻の想定は「恣意的」以外の何物でもない。

被告九州電力は上記のように交流動力電源回復時刻を事象発生 60 分後と仮定した上で、

「事象発生の約 2.2 時間後に、1 次系圧力が 0.7MPa[gage]に到達した段階で、常設電動注入ポンプによる炉心注水を開始することで 1 次系の保有水量は回復する。」（甲 B 1 4 7、255 頁）「添付資料 2.2.25 燃料、水源、電源負荷評価結果について（全交流動力電源喪失）」の、甲 B 1 4 7、p. 411 「1. 水源に関する評価（炉心注水）重要事故シーケンス【全交流動力電源喪失＋

原子炉補機冷却機能喪失+RCP シール LOCA】」「○水使用パターン・常設電動注入ポンプ：約 $30\text{m}^3/\text{h}$ 事故後 2.2 時間以降運転」に見られるように、事象発生後 2.2 時間後に交流動力電源を必要とする炉心注水が実現する」としている。

(6) 炉心損傷までの代替炉心注水遅れ時間余裕はわずか

なお、(代替)炉心注水について何時間の遅れまで許されるか、については、前掲報告書（甲 B 1 4 7）p.263 以下に「(3)操作時間余裕の把握 操作遅れによる影響度合いを把握する観点から、評価項目となるパラメータに対して、対策の有効性が確認できる範囲内での操作時間余裕を確認する。」とされ、p.264 には、「常設電動注入ポンプによる代替炉心注水操作の操作時間余裕としては、図 2.2.48 に示すとおり、1 次系の圧力が 2 次系強制冷却再開操作時点のまま維持するものとして概算した。その結果、操作時間余裕として 0.7 時間程度は確保できる。」とされ、0.7 時間程度の余裕しかないことがわかる。

本件に関して予想される「1 次系保有水量の推移(RCP シール LOCA が発生する場合)」が図 2.2.48（前掲報告書（甲 B 1 4 7）p.410）である。

無論、この値は RCP シール LOCA の規模次第である。しかし、とりあえずここで被告九州電力自身が安全評価上必要であるとして想定した規模(理論最大値)では、代替炉心注水操作が事象発生後 $2.2+0.7=2.9$ 時間以降に遅れた場合には炉心露出の可能性つまり炉心損傷可能性を否定できないとされている。

TDAFWS 給水源たる復水タンクの枯渇所要時間については、「事故シーケンスグループ「全交流動力電源喪失」において、必要な水源、燃料及び電源は、「6.1 (2) 資源の評価条件」の条件にて評価を行い、その結果を以下に示す。」とされ、「復水タンク(約 640m^3 ：水位異常低警報値までの水量)を水源とす

るタービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への注水については、復水タンク枯渇までの約 10.9 時間の注水継続が可能である。なお、7 時間 10 分以降は、復水タンク補給用水中ポンプ(約 90m³/h)等による補給を行う。」とあるため、10.9 時間であることがわかる。

(7) 火山灰降下状況でディーゼル機関をはじめとした大気吸入型熱機関が軒並み不作動となる現実的なリスクが考慮されていない

このような被告九州電力の想定的基本的問題として、火山灰降下状況でディーゼル機関をはじめとした大気吸入型熱機関が軒並み不作動となる現実的なリスクが、被告九州電力による全交流動力電源喪失リスク検討では全く考慮されていないことが指摘できる。全交流動力電源喪失により従属的に原子炉補機冷却機能喪失が発生するが、これにより RCP(1 次冷却材ポンプ)シール LOCA が発生して 1 次冷却材が減少していく場合には、1 時間後には交流動力電源が回復している想定になっており、2.2 時間後には交流動力電源を利用した 1 次冷却材注水が成功することで炉心損傷が回避される想定になっている。被告九州電力の評価によれば、この 1 次冷却材注水操作の時間余裕は 0.7 時間程度であり、逆に述べれば注水がそれ以上遅延した場合、具体的には事象発生後 2.9 時間以上成功しなかった場合、炉心損傷を否定できないのである。

RCP シール LOCA が発生しない場合でも、被告九州電力準備書面 10 で被告九州電力が主張している「タービン動補助給水ポンプ」(TDAFWS)の水源、復水タンクの水は 10.9h で枯渇する。また、それを補う復水タンク補給用水中ポンプの動力源は大気吸入型熱機関であって不作動リスクが存在する。このように、被告九州電力の提起した「論点 C」については、たかだか数時間-10 時間程度の有効性しか担保されていない。それ以上の時間、火山灰降下によって大気吸入型熱機関が稼働不能になった場合、炉心損傷、過酷事故のリス

クを否定できないのである。

5 川内原発は火山灰のリスクに対して安全性が確保されていない

以上のとおりであり、火山灰のリスク評価については、次の4点が指摘できる。

第1に、本件原発の寿命期間に起こりうる最大の火山爆発に伴う降灰量が著しく過小評価されている。火山の爆発の規模、噴出率、風向きなど多くの条件が厳しく想定されれば、川内原発において想定しなければならない降灰量は数十センチから一メートル以上にもなりうる。

第2に、非常用ディーゼル発電機の機能が維持できるかどうかについて、被告九州電力の検討の前提として使用されたアイスランドのヘイマランドの火山灰濃度値は、①PM10について測定したもので、火山灰全体を測定していない②1 km 以遠への火山灰降下は5月22頃に終了しているのに、データは7月1日に取られているので、火山灰の降灰が終了してしばらく期間が経った後の灰の再飛散の値であり、このような検討の依拠するデータとしては極めて不適切なものであることがわかった。

第3に、機器へ火山灰が侵入する経路についても、このような降灰時に原発の安全機能が維持できることは、全く論証されていない。

第4に、被告九州電力は、全電源が喪失したとしても、「タービン動補助給水ポンプ」が電気なしに駆動できるので、過酷事故には至らないとしているが、ポンプ自体の駆動時間に限界があるだけでなく、「RCP シール LOCA が発生する場合」すなわち1次冷却材が失われる場合すなわち「常設電動注入ポンプによる代替炉心注水」が必要とされる場合においては、(代替交流電源は)「事象発生60分後に確立するものとされており、事故対策としての有効性に大きな疑問がある。

したがって、川内原発は起こりうる火山爆発による厚さ数十cm以上の火

山灰の影響に対応できておらず、また、厚さ15cm程度の降灰であっても、非常用ディーゼル発電機が機能できなくなり、原子炉は冷却機能を失い、炉心の溶融や使用済み燃料の冷却不能により、周辺環境に大量の放射性廃棄物を放出する具体的な危険性がある。

第5 川内原発はすみやかに運転を停止し、使用済み燃料の搬出準備に取りかかるべきである

1 火山による本件原発への影響に関する結論

原告らは、これまで述べてきたとおり、被告九州電力の破局的噴火の発生確率や降下火砕物の本件原発における影響評価は過小評価に過ぎ、本件原発の安全性について、原告らの主張するような、福島原発事故のような深刻な災害が二度と起こらないといえる程度の安全性を備えていないと考えるし、仮に、原決定の判断枠組みを前提としても、上記の点は、到底社会通念上無視し得るとはいえないと考える。

また、原告らとしては、人格権の根幹部分の侵害に関わる原発訴訟においては、司法が積極的に安全性に関する判断を行うべきであると考えているが、百歩譲って、裁判所において、行政訴訟でいうところの実体判断代置的な判断は困難であって、被告九州電力の影響評価手法そのものの是非を実体判断として行うことに消極的であると考え、せいぜい判断過程の過誤・欠落をコントロールできるに過ぎないと考えたとしても、本件では被告九州電力の判断過程には重大な過誤・欠落が存在する。

すなわち、原告らは、上述のとおり、十分な科学的合理性をもった主張を行い、そのような考え方に照らせば本件原発において安全性は確保されていない、ということを主張・疎明しているのであるから、被告九州電力は、少なくとも、このような主張についても安全性判断の中で考慮したこと、仮に原告らの考えを採用しないとすれば、どのような科学的合理性に基づいて考

慮しないと判断するのかについて、相当の根拠を示して反論しなければならない、というのが、判断過程コントロールにおける帰結であり、考慮すべき事項を考慮していない以上、被告九州電力の判断過程には、重大な過誤・欠落が存在すると評価せざるを得ないのである。

2 7300年前に鬼界カルデラの火砕流噴火によって九州縄文文明は滅亡した

7300年前、鬼界カルデラの超巨大噴火が起きた。鬼界カルデラは屋久島の北にある。25×15 kmの大きさで、薩摩硫黄島や竹島が外輪山である。この噴火は日本列島で最も新しい超巨大噴火である。噴出量 170 km³ 以上でアカホヤ噴火ともよばれる。火砕流は海上を走り、屋久島、種子島、九州南部を覆った。旧国分市に位置する上野原遺跡は約100キロも離れているが、海を渡ってきた火砕流に覆われ、滅亡した。火山灰は東北南部まで達し、紀伊や山陽で20 cmを超えたと推定されている。宮崎県南部では60 cmを超えた。鬼界カルデラ噴火で南九州縄文文明は壊滅した。

3 火山を恐れ、火山との共存を説く日本の建国神話

国生みの紙として知られるイザナギとイザナミは国土を生み出した。最後に、カグツチ（火の神）が生まれ、産道を火で焼いたために、イザナミは死ぬ。イザナミは火山、カグツチは火山の爆発を含意している。イザナギはカグツチを殺した。日本書紀の第五段一書には、「ある書によるとイザナギはカグツチを五段に斬りました。この五つがそれぞれ五柱の山祇（山の神）になりました。まず首は大山祇（オオヤマツミ）となりました。次に体は中山祇（ナカヤマズミ）となりました。次に手が麓山祇（ハヤマツミ）となりました。次に腰が正勝山祇（マサカヤマツミ）となりました。次に足が雥山祇（シギヤマツミ）となりました。」とされる。火山の噴火によって山が生み出され

ることを含意している。また、カグツチの血が岩・石・砂・木・草などに散ったために、自然物は燃えるようになったともこの書は述べている。火山こそが、人類に火をもたらした文明の祖でもあることをこの神話は教えている。

日本列島に住んだ我々の祖先たちは、その神話に託して、火山を畏れ、敬い、また、これと闘い、共存していく途を私たちに教えてくれているのではないだろうか。

4 原発を止めて困るのは、原発産業と原発に頼る古い電力会社だけ

福島原発事故のような事故を二度と招いてはならない、豊かな国土とそこに根を下ろした生活を奪われたくない、子ども達の未来を守りたいということには大きな国民的な合意がある。原決定の誤謬の根源は福島原発事故の深刻な被害に向き合っていない点にある。そして、福島原発事故を引き起こした司法の責任に無自覚な判断基準に基づいて、火山の噴火の時には深刻な事故もある程度は致し方ないことと認め、空振り覚悟の予知に市民の生命をゆだねようとしている。

原発を止めて困るのは、原発産業と原発に頼る古い電力会社だけである。原発以外に安全な発電技術が存在しているにもかかわらず、原発周辺住民にその生命や生活の根本を奪う危険性を押しつけることを正当化できるような法的根拠は、日本国憲法下において見いだすことができない。

5 火山の国の裁判官に求められる想像力と勇気

裁判官は、公正な判断基準・正確な科学的知識にもとづく事実認定・深刻な災害への想像力と法律家としての勇気を持って、川内原発停止の決断をしてほしい。日本は火山と地震の国である。

ほとんど地震のない国であるドイツの裁判官は、原発の地震動審査が保守的でないという理由で、既に完成していた原発の廃炉を命じた（ミュルハイ

ムケリヒ原発訴訟について二次にわたる設置許可の取り消し判決が確定している。))。

ドイツの裁判官が持ち得た勇気と同様の勇気を火山の国の裁判官に求めたい。公正な判断基準と正確な科学的知識に基づく事実認定をもって、原決定の誤謬を糾されることを心から期待する。そのために必要なものは、起こりうる深刻な災害と未来の犠牲者の苦難に対する人間的な想像力とこれを司法の力で食い止めようとする勇気である。原決定を取り消し、川内原発が付近の火山の活動によってコントロール不能となる前に、すみやかに運転を停止し、使用済み燃料の搬出準備に取りかかるべきである。

以上