

平成28年(ヨ)第38号 伊方原発稼差止仮処分命令申立事件

債権者 [REDACTED] 外2名

債務者 四国電力株式会社

準備書面(11)の補充書2  
(火砕流シミュレーションについて)

平成28年8月31日

広島地方裁判所民事第四部 御中

債権者ら代理人弁護士 胡 田 敢

同 弁護士 河 合 弘 之

同 弁護士 松 岡 幸 輝

ほか

## 目 次

1	はじめに.....	- 3 -
2	火砕流について.....	- 3 -
	(1) 火砕流の噴火様式.....	- 3 -
	(2) 火砕流の2層構造.....	- 4 -
	(3) 大規模火砕流の性質について.....	- 5 -
	(4) 地形を火砕流が到達していない根拠とすることは理由がないこと ...	- 5 -
3	TITAN2D は、高密度の火砕流のようなケースに限って有用であること ..	- 5 -
	(1) トゥリアルバ火山に関する論文.....	- 5 -
	(2) 火山防災マップの記載.....	- 6 -
4	TITAN2D は、海を渡る火砕流には適用できないこと .....	- 7 -
	(1) クラカタウ噴火に関する論文.....	- 7 -
	(2) 阿蘇4噴火による火砕流は海を渡ったことが知られていること .....	- 8 -
5	債務者のいう保守性の欺瞞.....	- 8 -
	(1) マグマ噴出量に関する欺瞞.....	- 8 -
	(2) 資料に合わせて数値をいじったことを債務者自身が認めていること .	- 8 -
	(3) マニュアルにも反した数値を代入していること.....	- 9 -
	(4) 小括.....	- 10 -
6	TITAN2D の使用に際して代入された数値の比較 .....	- 10 -
	(1) 研究者らによるシミュレーション.....	- 10 -
	(2) 債務者の数値は他の事例とあまりにもかけ離れていること.....	- 11 -
7	まとめ.....	- 12 -

## 1 はじめに

債権者らは、準備書面(11)の補充書 1 において、債務者が行ったと主張する火砕流シミュレーションについて、その解析ソフトの使い方や代入された数値の不自然さを主張した。

その後、いくつかの文献を調査した結果、債務者の用いた TITAN2D という解析ソフトは、ごく小規模で（例えばメラピ型＝ムラピ型噴火）、密度の大きい（例えば溶岩ドーム崩壊型）火砕流を解析するためのソフトであって、少なくとも阿蘇 4 噴火のようなカルデラ噴火における密度の小さいものも含む複雑な大規模火砕流の解析を行うのには全く適さないものであることが明らかとなってきた。また、債務者による代入する数値などのシミュレーションの方法も、全く科学的なものとは言えないお粗末なものであることも分かってきた。

そこで、本準備書面においては、改めて、より客観的な証拠を示して債務者の行った火砕流シミュレーションの杜撰さを指摘することで、本件原発に阿蘇 4 噴火による火砕流が到達していないという債務者の主張が極めて不適切なものであり、本件原発は立地不適であることを述べる。

## 2 火砕流について

### (1) 火砕流の噴火様式

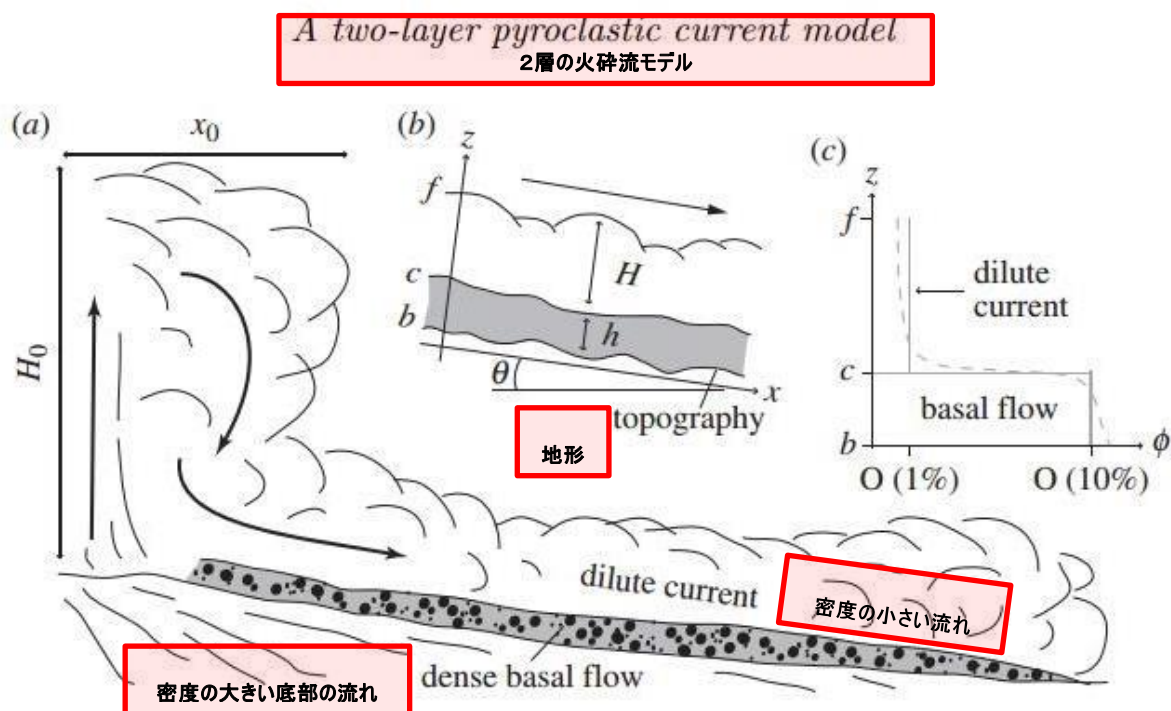
火砕流のタイプについては、補充書 1 でも簡単に述べたが、もう少し詳しく述べる。

甲 D395 号証はオーストラリアの地理学者であったデイヴィッド・ブラウン博士による教育用のプレゼンテーション資料（30 頁）から抜粋した「PDC Eruptions」すなわち、pyroclastic density currents（火砕物密度流）の噴火様式をいくつかのパターンに分類したものであるが、これによれば、i 噴煙柱崩

壊型<sup>1</sup>, ii 噴煙柱を伴わないがマグマの継続的な供給によって生じるもの<sup>2</sup>, iii 溶岩ドーム崩壊型<sup>3</sup>及びiv 側面爆発型<sup>4</sup>が挙げられている。

## (2) 火砕流の2層構造

分類 i の噴煙柱崩壊型の火砕流モデルをもう少し詳しく見ると, 次のような2層構造をしていることが分かる。



(甲 D396・2枚目より抜粋した火砕流モデル (Figure1))

これに対し, 分類 iii の溶岩ドーム崩壊型の場合, 「dilute current」(密度の小さい流れ) の部分がほとんどなく, 「dense basal flow」(密度の大きい底部の流れ) が火砕流の主たる内容となる。

<sup>1</sup> Eruption column collapse - pumice-rich ignimbrite

<sup>2</sup> Upwelling and overflow with no eruption column - pumice-poor ignimbrite

<sup>3</sup> Lava dome/flow collapse - "block and ash flow"

<sup>4</sup> Lateral blast

### (3) 大規模火砕流の性質について

内閣府，消防庁，国土交通省水管理・国土保全局砂防部，気象庁が作成した火山防災マップ作成指針（甲 D397）は，火砕流をその規模によって3つに分類し，火砕流の流下方向の予測，流下経路の予測，到達距離の予測についての指針を示している。これによれば，阿蘇4火砕流は大型火砕流であり，大型火砕流については，噴出源から100km以上の広範囲に到達し，全方向に流下し，数百m程度の起伏の山地は越えてしまうこと（84頁），そのため，どのような方向へ流下していくかは決めにくいこと（85頁），地形とはあまり関係なく遠方まで到達すること（86頁）が分かる。

### (4) 地形を火砕流が到達していない根拠とすることは理由がないこと

債務者は，佐賀関半島や佐多岬半島等の地形的障害を云々するが，国が発表している火山防災マップ作成指針において，地形とはあまり関係なく遠方まで到達することが明示され，それを踏まえた防災マップを作成すべきことが指摘されているのであるから，本件原発の安全性を考えるうえでも，地形を理由として火砕流が到達していないとすることには理由がない。

## 3 TITAN2D は，高密度の火砕流のようなケースに限って有用であること

### (1) トゥリアルバ火山に関する論文

S.J.Charbonnier, J.L.Palma 及び S.Ogburn の3名は，コスタリカにあるトゥリアルバ火山の近年の噴火に関する論文を発表しているが，その論文の ABSTRACT には，TITAN2D の適用範囲について，「これらの調査結果は，（TITAN2D による）モデルが，例えば自重によって溶岩ドームが崩壊することによって生み出される火砕流のように，密集した（密度の大きい）火山性粒子流のようなケースのシミュレーションを行うのに限られるべきであって，薄い（密度の小さい）火砕物密度流のシミュレーションに用いられるべきではな

いことを示唆している。」と、溶岩ドーム崩壊型のようなケースに限定して用いることを明示している（甲 D398 の 1（1 枚目）及び 2）。

また、その「Discussion and Conclusions」には、次のようなコメントがある。すなわち、「この論文の結果をまとめると、TITAN2D のような浅水方程式による流体の運動モデルは、将来の噴火による災害の予測評価に使えるが、適用範囲は密度の高い火山の粒子流の分野に限られる。例えば、溶岩ドームの自重による崩壊のような現象には当てはめられる。その一方で、噴煙柱の崩壊により発生する火砕流や、山体の全面崩壊や、ブラストと呼ばれる指向性を持った爆発的な火砕流（事例としてはセントヘレンズ山がある）などには適用できない」と（甲 D398 の 1（122 頁）及び 2）。

前記 2 の分類に即して言えば、i 噴煙柱崩壊型や ii マグマの継続的な供給によって生じるもの、そして iv 側面崩壊型については、TITAN2D ではうまく再現できず、iii 溶岩ドーム崩壊型の再現、あるいは、密度の小さい粒子流があるとしても、これについてその影響を無視できるような小規模なケースに限定されることが分かる。

## (2) 火山防災マップの記載

前出の火山防災マップ作成指針（甲 D397）によれば、TITAN2D は、火砕流、泥流、岩屑なだれ等を多数の粒子の集合体からなる連続体とみなし、その流動に関して重量を駆動力とする運動方程式を解くことによるシミュレーションであるとされている（88 頁）。

準備書面(11)補充書 1 でも記載したとおり、TITAN2D は、基本的に重力を駆動力とする噴火に関するシミュレーションソフトなのであって、典型的には、分類 iii の溶岩ドーム崩壊型の解析、「dense basal flow」（密度の大きい底部の流れ）の解析に適したソフトということになる。

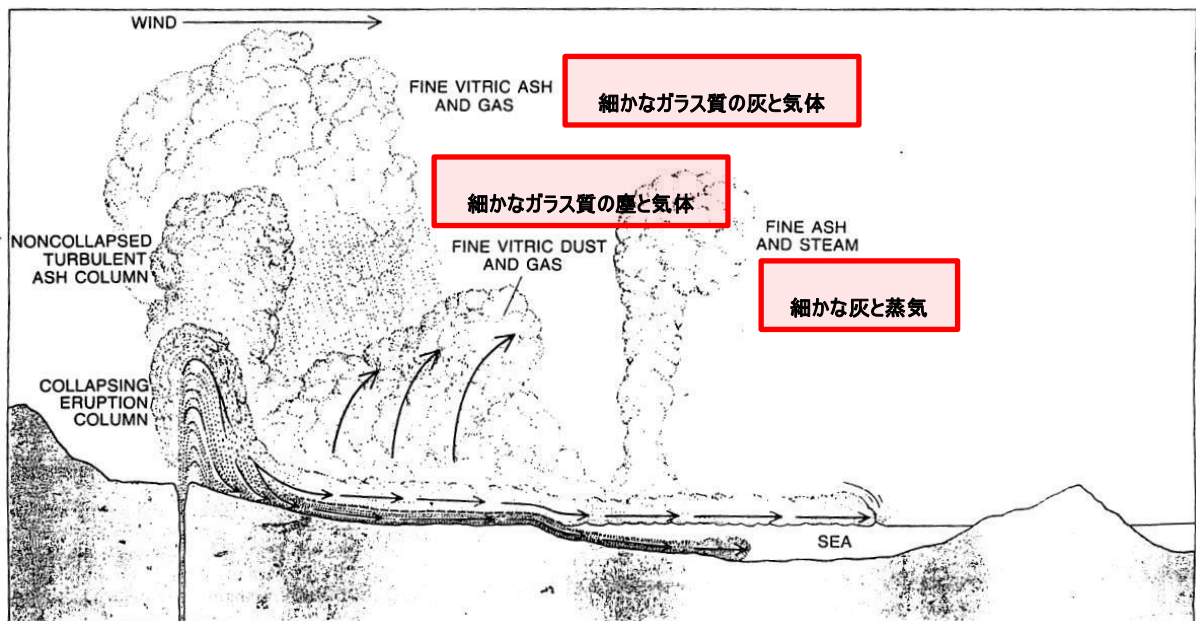
少なくとも、カルデラ噴火のように、マグマの継続的供給によって次から次

へと押し出されることを動力とする火砕流（分類 i や ii）の解析，「dilute current」（密度の小さい流れ）の解析には適さないということなのである。

#### 4 TITAN2D は、海を渡る火砕流には適用できないこと

##### (1) クラカタウ噴火に関する論文

大規模な火砕流については、海を渡っていくことが一般に知られている。この点に関して、インドネシア・クラカタウ火山の 1883 年の大噴火についての論文に、そのメカニズムが詳しく書かれている（甲 D399）。



（甲 D399・9 枚目（154 頁）下段より抜粋した図）

ここでも、やはり火砕流は複雑な構造を持っていることが示されている。底部の密度の大きい流れと、その上の海上を進んでいく密度の小さい流れ、噴火口近くの火山灰のほかに、海に入った際に、高温の火砕流が海水と接することにより、火山灰と蒸気の塊を再度噴き上げる様子などが描かれている。

海を渡るような大規模な火砕流は、まさに前記 2(2)記載のような 2 層構造を持っており、「dense basal flow」（密度の大きい底部の流れ）の解析に限定し

て用いられるべき TITAN2D による解析には適さないことが分かる。

## (2) 阿蘇4噴火による火砕流は海を渡ったことが知られていること

阿蘇4噴火による火砕流は、豊後水道・瀬戸内海を挟んだ山口県の内陸部にある秋吉台周辺でも、海拔200～300mもある台地に270cmの厚さで積もっている（甲D343）。

阿蘇4噴火による火砕流が海を渡るような性質のものであったことは明らかである。

そうすると、阿蘇4噴火の火砕流をシミュレートするに当たって、海を渡る火砕流の解析に適さない TITAN2D を用いることは、不適切であることもまた、明らかというほかない。

## 5 債務者のいう保守性の欺瞞

### (1) マグマ噴出量に関する欺瞞

債務者は、準備書面（11）において、「阿蘇4噴火による火砕流堆積物の体積が200km<sup>3</sup>とされているのに対してこれを上回る320km<sup>3</sup>の体積を本件発電所に近いカルデラ東縁のみに配置した」ことをもって、保守的なシミュレーションを行ったと主張している。

しかし、2013年11月8日に行われた本件原発に関する適合性審査の審査会合（甲D400）では、債務者は、「実際の噴出は、火山灰アトラスなどを見ますと、火砕流と火山灰と合わせますと600km<sup>3</sup>以上とされております。そのうちのある部分、半分程度をこの東側のところに置いたというような感じになります。」と、準備書面（11）とは異なる説明をしている（8頁）。

### (2) 資料に合わせて数値をいじったことを債務者自身が認めていること

TITAN2D のシミュレーションにおいて債務者が代入した数値は、科学的根



拠があるものではなく、債権者ら準備書面(11)の補充書1でも触れたとおり、単に臼杵や大分に数十m以上の火砕流が達しているという点に整合するように数値をいじったに過ぎない。債務者は、準備書面(11)の12頁において、シミュレーション結果について、「厚さ数10m以上の火砕流が臼杵や大分に達しており、この結果は、町田・新井(2011)による大分県における阿蘇4噴火による火砕流堆積物の分布とも整合的である」と、あたかも計算結果が資料に整合したように述べるが、審査会合において、「こういった破局的な噴煙柱崩壊型の火砕流というのも、こういった現象かというのは、今の現時点ではデータがございませんので、分布がある程度合うようにということで、いろいろ試行錯誤しまして、これは、たしか高さは6km程度に置いて、噴煙柱の崩壊を模擬して火砕流シミュレーションをしております」と、分布の方に数値を合わせたことを認めている(甲D400・8頁)。

そうであれば、シミュレーション結果が分布に整合するのは当然である。

### (3) マニュアルにも反した数値を代入していること

さらに、債務者の代入した数値は、日本語版マニュアルであるTITAN2Dの使い方(甲D345。以下「マニュアル」という。)に記載されたものにも反している。

マニュアルによれば、火砕流の流下開始時の初期速度については、想定したパイプを崩壊させる高度(h)を仮定し、 $v = \sqrt{2gh}$  [m/s] を用いて初期速度vを決める、とされている(8頁・tk#3フォルダの説明(5))。

このマニュアルに従えば、債務者の設定したパイプの高さであるh=6000[m]を代入すると(gは重力加速度=9.8[m/s<sup>2</sup>])、 $v \doteq 342.9$  [m/s]という音速並みの初期速度が与えられることになるが、債務者は、合理的な理由なく初期速度vを10[m/s]と設定している。

これがマニュアルにすら反するものであり、債務者が、科学的な根拠に基づ

かず、臼杵や大分におけるデータに整合するためだけに数値をいじったものに過ぎないことが分かる。

#### (4) 小括

このように、TITAN2D が阿蘇 4 のような大規模火砕流の解析に適しているかどうか以前に、債務者のシミュレーション方法には、全く科学的合理性が存在しないばかりか、資料の数値に合わせるため、数値をいじっただけの極めてお粗末なものである。

また、規制委での説明と異なり、本件仮処分においては、あたかも自らが保守的なシミュレーションを行っているかのように説明をしているのであって、悪質とすら言える。

## 6 TITAN2D の使用に際して代入された数値の比較

### (1) 研究者らによるシミュレーション

実際に、債務者が行っている TITAN2D による解析のための数値は、開発者やその他の研究者が行っている数値とはあまりにも異なるもので、妥当性が極めて疑わしい。

例えば、産業技術総合研究所の宝田晋治氏が行ったプレゼンテーション資料の中には、TITAN2D の使用例として、 $V$  (噴出物体積)  $= 4.0 \times 10^6$  [m<sup>3</sup>] (= 0.004 [km<sup>3</sup>]), Internal Friction (内部摩擦角)  $= 35^\circ$  と設定されている (甲 D401・10 枚目)。

続いて、宝田氏が行った口永良部島噴火におけるシミュレーションにおいては、 $V = 1.3 \times 10^6$  [m<sup>3</sup>] (= 0.0013 [km<sup>3</sup>]), Flow Thickness (流れの深さ)  $= 1.5$  [m], 内部摩擦角  $= 35^\circ$ , エナジーコーン  $H_c = 50$  [m],  $H/L = 0.3$  と設定されている (甲 D401・11 枚目)。

同じく宝田氏が行った御岳山のシミュレーションでも、 $V = 2.7 \times 10^6$  [m<sup>3</sup>]

(=0.0027 [km<sup>3</sup>]), 内部摩擦角=35° と設定されている(甲 D401・12 枚目)。

さらに、前述した S.J.Charbonnier 他によるコスタリカのトゥリアルバ火山の噴火についてのシミュレーションでは、V=0.00119 [km<sup>3</sup>], パイル高さ 20 [m], パイル底面 200 ないし 300 [m], 内部摩擦角 30° とされている(甲 D398 の 1・120 頁右列 15 行目辺り, 122 頁左列 12 行目~19 行目辺り)。

## (2) 債務者の数値は他の事例とあまりにもかけ離れていること

これに対して、債務者は、阿蘇 4 噴火のシミュレーションに際して、分かる範囲でも、噴出物体積 320 [km<sup>3</sup>], パイル形状高さ 6000 [m] × 底面半径 3000 [m], 内部摩擦角 1° などという数値を用いている。

これらを一覧表にして比較すると、次のようになる。

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

(各解析における数値の比較表)

一目で分かるように、債務者の設定した数値は、他の事例における数値とあまりにもかけ離れている。例えば、トゥリアルバの噴火と比較すると、噴出物体積で 26 万倍以上、パイルの高さで 300 倍、底面半径で 10 倍以上の違いがある。これほどスケールに違いがある噴火を、同じ物理現象として扱い、同じ解析ソフトを用いて適切な解析を行えるとする根拠は見出しがたい。

また、内部摩擦角についても、他のシミュレーションとは極端に異なる数値

(他が  $30^{\circ}$  ～  $35^{\circ}$  に対し、債務者は  $1^{\circ}$ ) を用いており、なぜこのような数値を用いるのかについて全く科学的根拠が示されていない。

前記 5(2)で述べたように、債務者自身、審査会合において、「分布がある程度合うようにということで、いろいろ試行錯誤し」たことを認めている(甲 D400・8頁)。阿蘇 4 噴火において、内部摩擦角を他の事例と同様に  $30\sim 35^{\circ}$  とすれば、おそらく火砕流は大分に到達せず、実際の分布との齟齬が生じるからこそこのような数値を用いた可能性が極めて高いのである。このようなシミュレーション結果には何らの合理性も存在せず、万が一にも事故を起こしてはならない原発の安全性を検討する際に用いる資料としては、あまりにもいい加減と言わざるを得ない。

## 7 まとめ

このほか、準備書面(1)補充書 1 において述べたとおり、噴煙柱の高さを科学的合理的根拠のないまま 6000m と設定していること、底面半径を 3000m としていること、四方八方に火砕流が広がっていることを合理的に説明できないこと、阿蘇 4 噴火当時の地形ではなく現在の地形を前提としたシミュレーションを行うことに合理性は見いだせないことなど、多くの問題点が存在する。

少なくとも、債務者が、これらの疑問について考え方の道筋を示して合理的な説明ができない限り、債務者が本件原発に火砕流が到来していないことの重要な根拠の一つとしている解析シミュレーションの妥当性が立証できないのであるから、結局、火山ガイドにおける立地評価について看過し難い過誤・欠落が存在することとなり、本件原発における火砕流からの安全性について、債務者の立証は足りていないという結論に至る。

この一事を以ても、債権者らの人格権侵害の危険が存在することは明らかである。

以上