

副本

平成28年(ヨ)第38号

債権者 [REDACTED] 外2名

債務者 四国電力株式会社

平成28年10月31日

準備書面(10)の補充書(1)

広島地方裁判所民事第4部 御中

債務者訴訟代理人弁護士

田代



同弁護士

兼光弘



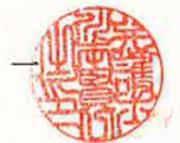
同弁護士

松繁



同弁護士

川本賢一



同弁護士

水野絵里奈



同弁護士

福田



目 次

第 1	債務者による制御棒挿入時間の算定が妥当であることについて	1
1	制御棒挿入時間の算定式	1
2	摩擦力について	2
3	制御棒案内管内の冷却材の抗力について	5
第 2	「応答倍率法」に対する批判について	8
第 3	「制御棒が安全に挿入できるか否かを安全性評価の対象外として ている」との主張について	9
第 4	まとめ	10

債権者らは、平成28年9月1日付けの債権者ら準備書面（10）の補充書1（以下、本書面において「債権者ら補充書1」という。）において、甲D479に基づき、債務者準備書面（10）に対する反論を行うが、いずれも理由がない。本書面では、債務者準備書面（10）第1（1頁以下）で述べた本件3号機における地震時の制御棒挿入の仕組み及び基準地震動 S_s に基づく制御棒挿入性評価の結果を踏まえて、債権者ら補充書1における債権者らの主張に対する反論を行う。

第1 債務者による制御棒挿入時間の算定が妥当であることについて

債権者らは、債権者ら補充書1の第1の3（2頁以下）において、鉛直動の影響や冷却材の抗力について縷々主張し、債務者による制御棒挿入時間の算定に問題があるかのように主張する。しかしながら、以下に述べるとおり、債務者の制御棒挿入時間の算定方法等は適切なものであり、債権者らの主張には理由がない。

1 制御棒挿入時間の算定式

制御棒挿入時間は、以下の計算式に従い、制御棒クラスタが落下する力から、「流体による抗力」、「地震外力による抗力」、「メカニカル抗力」及び「浮力」を差し引くことなどにより算定する（乙144（2頁））。つまり、制御棒の落下は、各種の抗力を合計した全体の抗力が大きければ大きいほど遅くなり、逆に、小さければ小さいほど早くなる。

$$\text{計算式： } M \cdot d^2 x / d t^2 = M \cdot g - (F_f + F_v + F_m + F_u)$$

M	: 制御棒クラスタ質量
x	: 制御棒クラスタ挿入距離
t	: 制御棒クラスタ挿入時間
g	: 重力加速度
F _f	: 流体による抗力
F _v	: 地震外力による抗力
F _m	: メカニカル抗力
F _u	: 浮力

※ d は微分計算を示す記号で、 $d^2 x / d t^2$ で加速度を意味する。

2 摩擦力について

- (1) 制御棒が落下中に制御棒挿入経路の機器に接触すると、制御棒に摩擦力が生じる(この摩擦力により制御棒の挿入を遅らせる効果が生じる)。そして、上記の計算式においては、この摩擦力について、地震時以外の通常の挿入時に生じるものは「メカニカル抗力」として、地震時に追加で生じるものは「地震外力による抗力」として、それぞれ計算上考慮している。

「地震外力による抗力」としては、水平動により制御棒が制御棒挿入経路の機器に接触する時間が長くなることや接触の強度が強くなることで摩擦力が増加するため、債務者はこれを考慮して制御棒挿入時間を算定しているが、一方で、鉛直動の影響については、以下に示す理由から、これを考慮する必要はない。

地震による鉛直動が作用した場合には、鉛直動による摩擦力の増加及び減少が交互に作用し、制御棒の挿入を遅らせる効果及び早める効果が生じる。すなわち、鉛直動により制御棒挿入経路の機器が上方に移動し

た場合には、摩擦力が増加し、制御棒の挿入を遅らせる効果が生じる一方で、鉛直動により制御棒挿入経路の機器が下方に移動した場合には、摩擦力が減少し、制御棒の挿入を早める効果が生じる。（図1参照（なお、鉛直動による摩擦力の増加及び減少は実際には極めて小さいものであるが、図1では誇張して示している。））

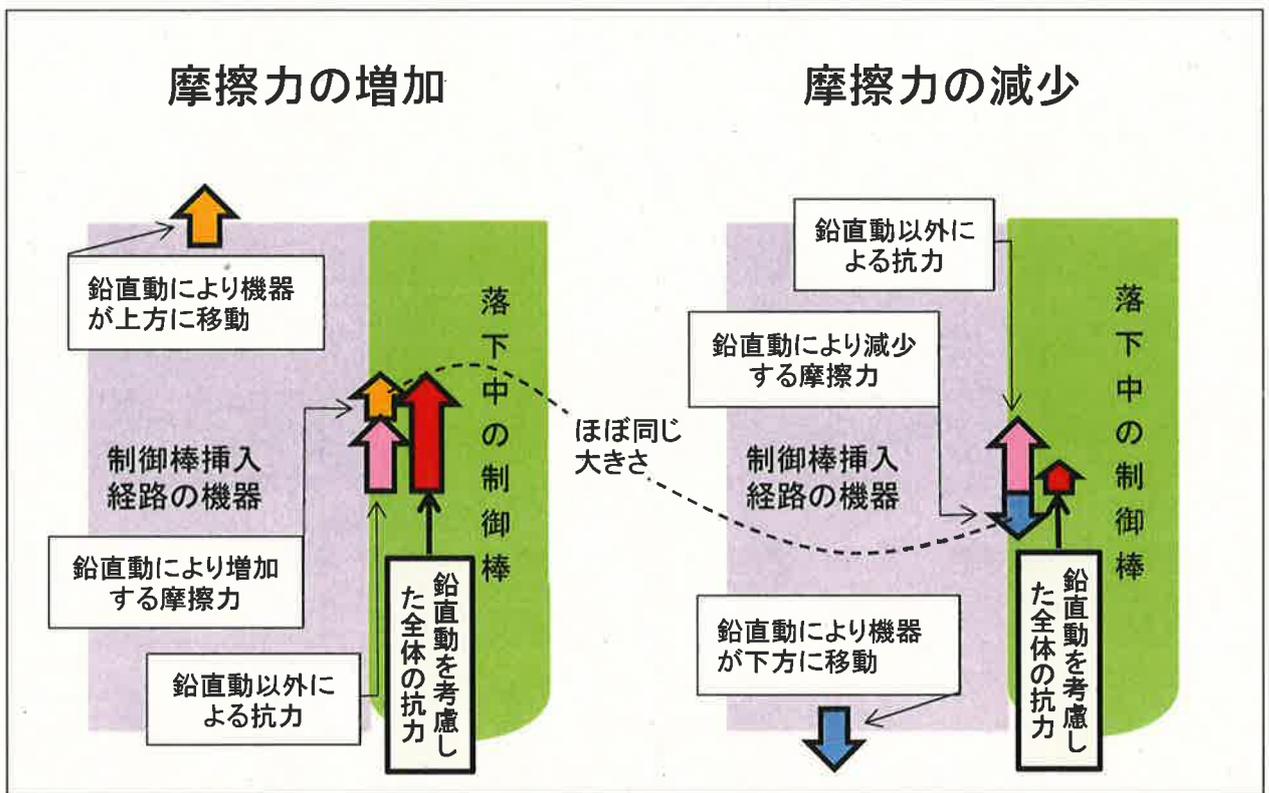


図1 鉛直動による摩擦力の増加及び減少

地震による鉛直動は、上下の揺れが交互に訪れるものであることから、地震による鉛直動が作用した場合、制御棒の挿入を遅らせる効果及び早める効果が同程度作用することになる。すなわち、それらの力は、相殺されるため、「地震外力による抗力」として鉛直動の影響を考慮する必要はない。

ちなみに、鉛直動による「制御棒落下開始から、制御棒落下完了までの時間遅れ」が生じないことについては、財団法人原子力工学試験センター¹が昭和59～60年度にかけて、多度津工学試験所において、実際に水平・鉛直同時加振を行って制御棒挿入の遅れ時間を測定した試験(以下「水平・鉛直同時加振試験」という。この試験の結果は「原子力発電施設信頼性実証試験の現状 昭和61年」(乙284)に取り纏められている。)の結果においても裏付けられている。

水平・鉛直同時加振試験では、鉛直動の異なる模擬地震波(S₂(1)及びS₂(2))を用いた試験が行われた。当該試験により得られた結果の一部を以下に示す。

表1 水平・鉛直同時加振試験の条件及び結果

条 件	最大加速度 (ガル)		初期値 (秒)	挿入時間 (秒)	挿入時間遅れ (秒)
	水平	鉛直			
S ₂ (1)	7 2 9	2 5 2	1 . 0 1	1 . 1 1	0 . 1 0
S ₂ (2)	7 1 4	3 7 5	1 . 0 1	1 . 0 2	0 . 0 2

(乙284に基づき作成。なお、表の数値は有効数字以下を四捨五入したもの。)

具体的には、水平・鉛直同時加振試験では、①水平動の影響が大きく鉛直動の影響が小さい模擬地震波S₂(1)と、②水平動の影響が小さく鉛

¹ 財団法人原子力発電技術機構の前身組織。なお、財団法人原子力発電技術機構は、原子力発電用機器の安全性・信頼性に関する調査、実証又は確証のための試験、原子力発電に関する広報などを行い、原子力技術の進歩発展を図ることを目的として設立された組織であり、平成20年3月末、その事業を一般財団法人エネルギー総合工学研究所に継承して解散した。

直動の影響が大きい模擬地震波 $S_2(2)$ を用いた試験が行われた結果、表 1 に示す制御棒挿入時間に係る測定結果が得られており、この結果から、制御棒の挿入遅れについては、水平動の影響が支配的であることが分かる。

- (2) これに対し、債権者らは、鉛直動の影響について、「論より証拠として、地震時の墓石がある」とした上で、墓石の石柱部分と台座部分で、地震時に相対的な上下振動が異なり、石柱が倒壊する現象を根拠に、制御棒と制御棒案内管でも相対的な上下振動が異なり、制御棒の挿入を遅らせる方向に作用すると主張する（債権者ら補充書 1（3頁））。

かかる債権者らの主張は、どういった機序で鉛直動が制御棒の挿入を遅らせる方向に作用することになるのか、債務者にはその意図するところが理解し難いが、制御棒の挿入遅れについては水平動の影響が支配的であることは上記(1)で述べたとおりであるし、また、少なくとも、「墓石の台座部分とその上に置かれている石柱部分との相互の関係性」と「制御棒案内管とその中を重力で落下していく制御棒との相互の関係性」とが同様であるとはおよそ考えられず、この点だけをとっても、債権者らの主張は失当である。

3 制御棒案内管内の冷却材の抗力について

- (1) 運転中の原子炉内には、下から上に向かって流れる水流（一次冷却材の循環）が存在し、制御棒案内管の内部にも、図 2 のとおり、同様の水流がある。これは、制御棒が挿入される（落下する）にあたっての抗力となることから、債務者は、上記の計算式において、この水流を「流体による抗力」として考慮している。また、図 2 のとおり、制御棒が落下

する間、基本的に水（冷却材）は制御棒と制御棒案内管との隙間²を通過して上方に流れるが、制御棒案内管の下部（制御棒挿入性評価の対象となる全ストロークの85%位置³付近）では、あえて管径を小さくして水が上方にスムーズに流れないようにし、内部の水によるダッシュポット⁴効果により制御棒を減速させ、制御棒落下の衝撃を緩和する構造としている（乙11（8-3-9頁））。したがって、この段階では、大きな抗力が生じるが、債務者は、ここで生じる抗力についても、計算式に反映した上で挿入時間を算定している。なお、すでにこの段階では、上記のとおり、制御棒挿入性評価の対象となる全ストロークの85%の挿入がほぼ完了しているため、制御棒の挿入性評価に与える影響はほとんどない。

² 制御棒と制御棒案内管との間には、容易に挿入又は引き抜きができるだけの十分な間隔がある（乙11（8-3-9頁））。

³ 制御棒が全ストロークの85%に達した時には、原子炉出力は十分に低下している。

⁴ ダッシュポットとは、内部流体による抗力を利用して衝突の衝撃を緩和する装置のこと。ダンパーの一種。

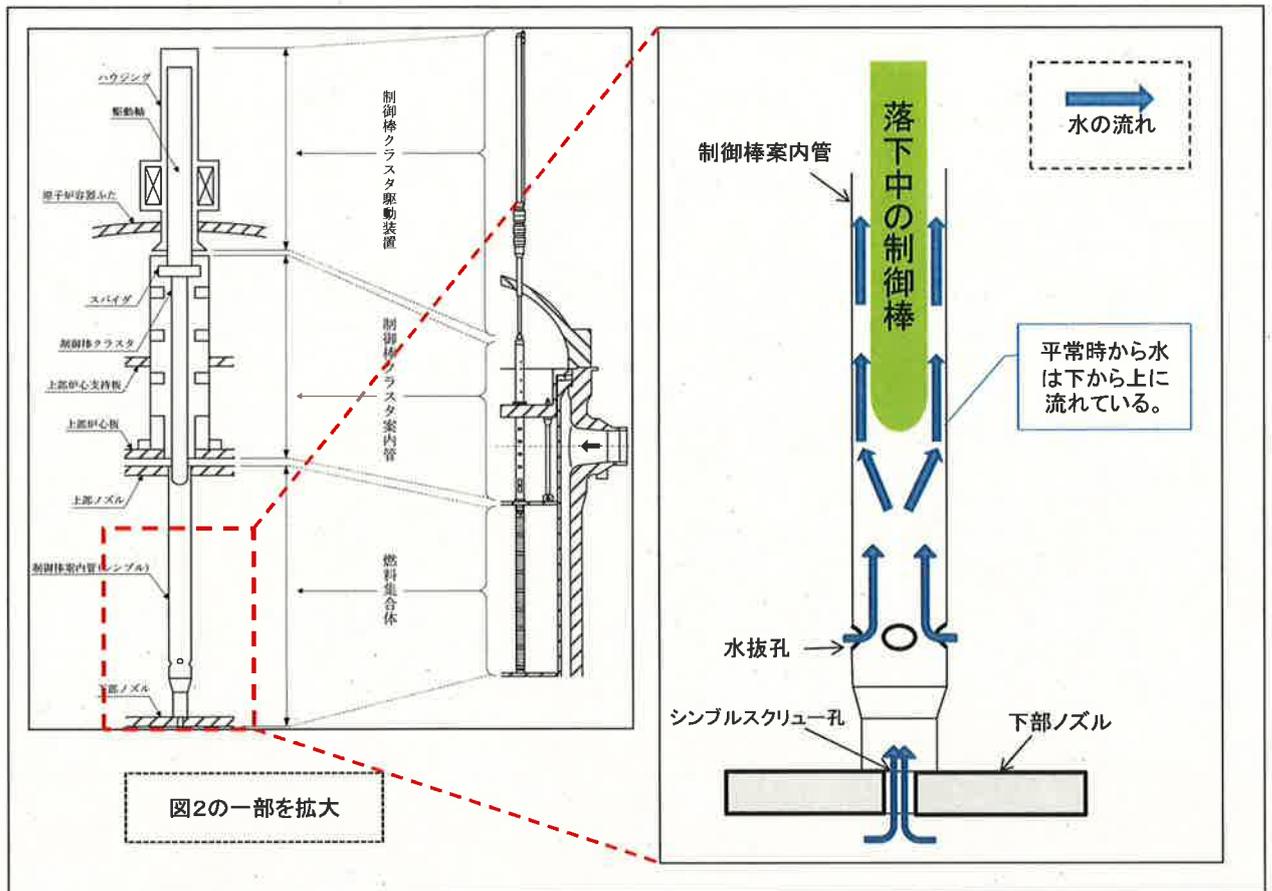


図2 制御棒案内管と落下する制御棒

(2) 債権者らは、「制御棒と制御棒案内管との隙間を通して上方に流れる冷却材は、その分、流速が大きくなり、制御棒が静止している時と比較して、格段、流体抵抗（圧力損失）が大きくなる。」（債権者ら補充書1（4頁））と主張するが、債務者は、制御棒と制御棒挿入経路の機器との間の流体摩擦による圧力損失等を「流体による抗力」として適切に考慮している（つまり、落下中の制御棒が内部の水により受ける力が静止している時よりも大きいことを踏まえた上で抗力を算定している）のであるから、債権者らの主張は的を射ていない。

また、債権者らは、ダンパー装置と同様に大きな抗力が生じることに

より制御棒の挿入が遅くなると主張するが（債権者ら補充書1（4～5頁））、上記(1)のとおり、債務者は制御棒挿入時間の算定にあたって、その抗力を適切に考慮しているため、債権者らの主張には理由がない。

ちなみに、債権者らは、制御棒落下の間に水抜孔やシンプルスクリー一孔から制御棒案内管内に水が流入することについて、「ウソの説明をしている」「この説明が本当だとすれば「水抜孔」ではなく「水入孔」という用語を使用しなければならない」（債権者ら補充書1（5頁））などと債務者を非難するが、制御棒案内管の下部でダッシュポット効果により制御棒を減速させる際に水を排出するための孔であるから「水抜孔」と呼称しているものに過ぎず、通常時には、一次冷却材の循環に伴って水抜孔から制御棒案内管内に水が流入している。そして、債務者は、上記(1)のとおり、ダッシュポット効果も含め、制御棒案内管内の水の挙動を適切に反映した抗力を設定した上で制御棒の挿入時間を算定しており、何ら問題はない。

第2 「応答倍率法」に対する批判について

債権者らは、債務者が制御棒挿入性の評価において現在も応答倍率法を適用しているとする認識（債権者らが債権者ら準備書面（10）の主張の前提としていた認識）が誤りであったことを認めた上で、なおも現在の債務者の制御棒挿入性に係る評価について、「解析コードを、基準地震動Ssの代表的な時刻歴モード（例えば、エルセントロなど）を用いていると推測するが、その代表的な時刻歴モードが、伊方に将来生じる地震時刻歴全てをカバーしている訳ではないため、決して、安全を確保しているとはいえない」（債権者ら補充書1の第2の2（6頁））と主張する。しかしながら、債務者は、債務者準備書面（10）第1（1頁以下）で述べたと

おり、本件発電所における基準地震動 S_s を用いて制御棒挿入性の評価を行っており、債権者らが挙げるようなエルセントロ波⁵等の一般の耐震評価に用いられる代表的な地震波を用いて評価を行っているわけではない。したがって、債権者らの主張は前提において誤っている。また、債務者は、債務者準備書面（10）第1（1頁以下）で述べたとおり、落下開始時刻の想定を0.1秒ずつ（挿入時間が大きくなる時間帯については0.01秒ずつ）変更しながら、各時刻で落下を開始した場合（全部で約1200ケース）の挿入時間を繰り返し算定している。すなわち、債務者による制御棒挿入性評価は、本件3号機に将来生じる可能性のある最大の地震動（基準地震動 S_s ）において最も厳しいタイミングで挿入が開始される場合を想定したものであるから、十分に安全が確保されていると言える。

第3 「制御棒が安全に挿入できるか否かを安全性評価の対象外としている」との主張について

債権者らは、ストレステストにおける評価に関して、制御棒挿入性に係る評価を対象外とすることの検証がなされていないと主張する（債権者ら補充書1の第3（6頁以下））。

しかしながら、債務者は、新規制基準制定後の評価において、制御棒挿入性に係る評価も対象外とすることなく適切に評価を実施し、その結果、基準地震動 S_s による揺れの中でも制御棒が評価基準値として設定した時間内に安全に挿入されることを確認しているのであるから（答弁書「債務者の主張」第7の2(4)イ(イ)b（191～194頁）参照）、ストレステ

⁵ 1940年5月18日に発生したM7.1のエル・セントロ地震における地震波形のことで、個別に基準とする地震動を定めることのない一般の構造物の耐震性評価等の際によく使用される。

ストにおける評価の際に制御棒挿入性に係る評価を対象外としたことについて論難する債権者らの主張はそもそも的を射ていない。

なお、念のため付言すると、債務者が本件3号機についてストレステストを実施した際に制御棒挿入性に係る裕度評価を対象外としたのは、債務者準備書面(10)第2の3(6頁以下)で述べたとおり、安全機能を失うまでの耐震裕度について、既往の知見等から少なくとも2倍以上の裕度が存在することが明らかであると判断したためである。そして、これは、平成17年度に多度津工学試験所において実施された機器耐力試験の結果、少なくとも実験に用いた地震動(設計用地震動S2(最大加速度473ガル))の3.3倍程度(すなわち約1560ガル)まで安全に挿入されることが確認されていることなどに鑑みて、何ら不合理な判断ではない(乙14(23頁)、乙65(スライド34枚目))。なお、この債務者の判断の妥当性については、原子力安全・保安院(当時)によって認められている(乙14(22~25頁))。

第4 まとめ

以上のとおり、本件3号機における制御棒の挿入性に係る安全性は確保されており、債権者ら補充書1における債権者らの主張にはいずれも理由がない。

以上