

副本



平成24年(三)第262号, 第318号

大飯発電所3号機, 4号機運転差止仮処分命令申立事件

債権者 262名

債務者 関西電力株式会社

主張書面

平成24年10月3日

大阪地方裁判所第1民事部 御中

債務者代理人 弁護士 小 原 正 敏



弁護士 田 中 宏



弁護士 西 出 智 幸



弁護士 原 井 大 介



弁護士 森 拓 也



弁護士 辰 田 淳



弁護士 今 城 智 徳



目 次

第1	はじめに	5
第2	求釈明に対する回答に係る前提説明（原子炉設置変更許可について）	5
1	原子炉設置変更許可手続における審査について	5
2	本件発電所の安全評価について	7
(1)	運転時の異常な過渡変化を想定した安全評価	7
(2)	事故を想定した安全評価	8
(3)	制御棒挿入時間 2.2 秒の位置付けについて	9
第3	求釈明（「1 制御棒挿入に関する基準について」）に対する回答	10
1	求釈明（1）について	10
(1)	「本件原子力発電所（3号機及び4号機）の稼働の根拠となる許可は、昭和60年2月（昭和61年2月一部補正）付け許可申請書（甲108）に基づく許可と理解してよいか」	10
(2)	「そうでない場合には、根拠となる許可を明らかにされたい」	10
(3)	「なお、いずれの場合にも、許可書を提出されたい」	11
2	求釈明（2）について	11
(1)	「本件原子力発電所の許可の基準の中に、制御棒挿入時間の定めが存在したのか否かを明らかにされたい」	11
(2)	「エ その定めが存在しないのであれば、「スクラム規定時間」「安全評価上の設定時間」「仕様値」を2.2秒と定めていること（甲55, 甲130）の趣旨を説明されたい」	12
(3)	「また、本件原子力発電所の設置変更許可申請書において解析上重要な数値として2.2秒を摘示していること（甲108）の趣旨を説明されたい」	13
(4)	「併せて、前回期日において、制御棒挿入時間が2.2秒を超える場合には本件原子力発電所を適法に稼働させることができないと釈明したこととの整合性を合理的に説明されたい」	13

ア	省令 62 号における制御棒挿入時間に関する規定について	14
	(ア) 地震時の場合	14
	(イ) 通常運転時並びに運転時の異常な過渡変化時及び事故時の場合	15
	(ウ) 両規定の適用関係について	15
イ	3 連動の場合	16
	(ア) ストレステストにおける評価	16
	(イ) 3 連動に対する評価	17
ウ	小括	17
3	求釈明 (3) について	17
	(1) 「「制御棒挿入による原子炉緊急停止に係る安全余裕に関する検討について」について (甲 55) によれば, 「安全指針」として, 「安全限界」から「通常運転値」まで複数の基準が示されているところ, その趣旨について説明されたい」	17
	(2) 「また, 制御棒挿入時間が 2.2 秒であることは, このうちのどの基準に該当することとなるのかについても説明されたい」	19
	(3) 「なお, 平成 24 年 8 月 31 日付け債務者主張書面 6 頁は, 制御棒挿入時間について判断基準や保守的評価値が存在するものではないとするところ, それでは具体的な判断基準や保守的評価値について具体的に明らかにしていただきたい」	20
4	求釈明 (4) について	22
	「平成 24 年 5 月 21 日に提出された制御棒挿入性評価について, 原子力安全委員会又は保安院における検討状況を明らかにされたい」	22
5	求釈明 (5) について	22
	「平成 24 年 6 月 29 日付け債務者主張書面 46 頁において, 基準地震動 S s - 1 に対する制御棒挿入時間が 1.88 秒であることについて, 国の審議で妥当と評価されたとするところ, その裏付けとなる証拠を提出されたい」	22

第4	求釈明に対する回答に係る補足説明	23
1	制御棒挿入時間の解析手法	24
	(1) 応答倍率法について	24
	(2) スペクトルモーダル解析法について	25
	(3) 時刻歴解析法について	25
	(4) 解析手法の比較	25
2	解析手法の選択基準について	27
	(1) 耐震バックチェックにおける解析手法の選択基準	27
	(2) 解析手法の選択（本件発電所について）	27
3	時刻歴解析法を用いた制御棒挿入時間の算定過程について	28
第5	債権者らの主張に対する反論	31
1	3連動の場合の制御棒挿入時間について	31
	(1) 債権者らの算定手法，算定結果について	31
	(2) 債務者の算定手法，算定結果について	32
	(3) まとめ	34
2	制御棒挿入時間が2.2秒を超えた場合の具体的危険性について	35
3	原子力安全基盤機構の機器耐力試験について	37
4	3連動について	38
第6	結語	38

第1 はじめに

前日期日（平成24年9月5日）において、御庁より、大飯発電所3号機及び4号機（以下、「本件発電所」という）の制御棒挿入性に関して釈明を求められているため、以下のとおり回答するとともに、2012年9月3日付主張書面（5）（以下、「債権者主張書面⑤」という）に記載されている債権者らの主張に対して反論する。

第2 求釈明に対する回答に係る前提説明（原子炉設置変更許可について）

求釈明事項については、「許可の基準」を中心に釈明を求められていることから、これまでの主張と重複する部分もあるが、求釈明に対する回答に係る前提として、原子炉設置変更許可手続における審査に関して説明し、その後、求釈明に対する回答を記載する（なお、許可に関しては、原子炉設置許可及び原子炉設置変更許可が該当するが、本件発電所は原子炉設置変更許可のみを受けているため、以下では原子炉設置変更許可手続の例で説明することとし、特に断りのない限り、第3.1.(3)で記載する、平成15年9月25日に受けた原子炉設置変更許可時点の内容で記載している）。

1 原子炉設置変更許可手続における審査について

債務者のように原子炉を設置した者は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下、「原子炉等規制法」という）23条2項2号から5号まで又は8号に規定される事項を変更するときは、主務大臣である経済産業大臣の許可を受ける必要がある（同法26条1項）。この原子炉設置変更許可申請がなされると、経済産業省原子力安全・保安院は、申請された内容が同法24条1項所定の許可の基準に適合しているか否かの審査（一次審査）を行う。さらに、この許可の基準である同項1号、2号及び3号（経理的基礎に係る部分に限る）については原子力委員会において、また、同項3号（技術的能力に係る部分に限る）及び4号については原子力安全委員会において審査（二次審査）

が行われる。この申請から許可までの国による一連の審査の中で、同項3号（技術的能力に係る部分に限る）及び4号に規定する基準への適合性に関する審査を「安全審査」と呼ぶ。

この安全審査のうち、4号に規定する基準への適合性に関する審査では、原子力安全委員会が策定した安全審査指針類等を用いて、原子炉施設の位置、構造及び設備が、核燃料物質、核燃料物質によって汚染された物又は原子炉による災害の防止上支障がないものであるか否か等についての審査がなされる（原子炉等規制法24条1項4号）。その審査は、大別すると、（i）施設の設計に関する審査と、（ii）事故等を想定した安全評価に関する審査とに分けられる。

（i）施設の設計に関しては、例えば、原子力発電所の設計にあたっては、多重防護等の安全確保対策を設けることとしているが、この設計の妥当性について、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」（甲2）等に基づき審査される。また、地震の影響を考慮した上で耐震設計を行っているが、この設計の妥当性については、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（甲53）等に基づき審査される。（ii）事故等を想定した安全評価に関しては、通常運転の状態のみならず、これを超える異常な状態、即ち、機器の単一の故障若しくは誤動作等によって生ずる「運転時の異常な過渡変化」及びこの過渡変化を超える異常な状態であって、放射性物質の放出の可能性のある「事故」を想定した場合においても、所要の安全機能が確保され、安全上定められた判断基準を満たすかどうかの評価（安全評価）を行っており、この安全評価の妥当性については、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」（乙35、以下、「安全評価審査指針」という）等に基づき審査される。

そして、制御棒挿入時間が安全性に与える影響に関しては、このうちの（ii）の安全評価において関係する事項であるため、以下、債務者が、本件発電所の原子炉設置変更許可申請時に実施した安全評価について詳細に記載する。

2 本件発電所の安全評価について

(1) 運転時の異常な過渡変化を想定した安全評価

債務者は、運転時の異常な過渡変化事象が発生した場合であっても、本件発電所の「炉心は損傷に至ることなく、かつ、原子炉施設は通常運転に復帰できる状態で事象が収束される設計であること」（乙 35, 3 頁）を解析評価によって確認している。解析評価にあたっては、安全評価審査指針付録 I（乙 35, 14～15 頁）に記載されている、原子炉施設の寿命期間中に 1 回以上発生する可能性があると思われる事象（設計基準事象）について、解析の結果が厳しくなるような条件を設定して、解析を行っている。

評価の判断基準としては、安全評価審査指針に規定されている判断基準（乙 35, 3 頁）に基づき設定した以下の判断基準（乙 36 の 1, 「大飯発電所原子炉設置変更許可申請書（1 号, 2 号, 3 号及び 4 号原子炉施設の変更）」添付書類十, 10 (3) -1-3 頁）のうち、事象ごとに適用すべき判断基準を用いている。そして、解析結果がこれらの判断基準を満足することをもって、炉心が損傷に至ることなく、かつ、原子炉施設は通常運転に復帰できる状態で事象が収束される設計となっていることを確認している。

- ① 最小限界熱流束比（最小 D N B R）が許容限界値以上であること
- ② 燃料被覆管の機械的破損が生じないように、燃料中心最高温度は燃料ペレットの溶融点未満であること
- ③ 燃料エンタルピ¹は許容限界値以下であること
- ④ 原子炉冷却材圧力バウンダリ²にかかる圧力は、最高使用圧力である 17.16MPa [gage] の 1.1 倍の圧力 18.88MPa [gage] 以下であること

¹ 燃料エンタルピとは、燃料の中に蓄えられている熱エネルギー量のことをいい、反応度事故（原子炉内で、何らかの原因で核分裂が異常に増加し、出力が急上昇する事故）時の燃料の健全性を評価する尺度である。この値が大きいと燃料ペレットが過大に熱膨張したり、溶融したりして燃料被覆管を破損する可能性が生じる。

² 原子炉冷却材バウンダリとは、原子炉の通常運転時に、1 次冷却材を内包して原子炉と同じ圧力条件となり、異常状態において圧力障壁を形成するものであって、それが破壊すると原子炉冷却材喪失と

(なお、甲 55 号証で用いられている用語と対比させると、上記①～④の下線部が安全指標となり、破線部が判断基準となる)

この安全評価の結果については、乙 36 号証の 1 の 10 (3) -2-1～10 (3) -2-77 頁に記載しており、安全審査において妥当性が確認されている。

(2) 事故を想定した安全評価

債務者は、事故が発生した場合であっても、本件発電所の「炉心の溶融あるいは著しい損傷のおそれがなく、かつ、事象の過程において他の異常状態の原因となるような 2 次的損傷が生じなく、さらに放射性物質の放散に対する障壁の設計が妥当であること」(乙 35, 3 頁)を解析評価により確認している。解析評価にあたっては、安全評価審査指針付録 I (乙 35, 15 頁)に記載されている、運転時の異常な過渡変化を超える異常な状態であって、発生する頻度はまれであるが、発生した場合には原子炉施設からの放射性物質の放出の可能性がある事象(設計基準事象)について、解析の結果が厳しくなるような条件を設定して解析を行っている。

評価の判断基準としては、安全評価審査指針に規定されている判断基準(乙 35, 3 頁)に基づき設定した以下の判断基準(乙 36 の 1, 10 (3) -1-5 頁)のうち、事象ごとに適用すべき判断基準を用いている。そして、解析結果がこれらの判断基準を満足することをもって、炉心の溶融あるいは著しい損傷のおそれがなく、かつ、事象の過程において他の異常状態の原因となるような 2 次的損傷が生じなく、さらに放射性物質の放散に対する障壁の設計が妥当であることを確認している。

- ① 炉心は著しい損傷に至ることなく、かつ、十分な冷却が可能であること(例えば、「燃料被覆管の最高温度が 1,200℃以下であり、燃料被覆管の酸化量が、酸化反応が著しくなる前の被覆管厚さの 15%以下であること」である)

なる範囲の施設をいう。

- ② 燃料エンタルピは制限値を超えないこと
- ③ 原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力は、最高使用圧力である 17.16MPa [gage] の 1.2 倍の圧力 20.59MPa [gage] 以下であること
- ④ 原子炉格納容器バウンダリ³にかかる圧力は、最高使用圧力 0.39MPa [gage] (4.0kg/cm² G) 以下であること
- ⑤ 周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないこと（例えば、「実効線量が 5mSv を超えないこと」である）
(運転時の異常な過渡変化と同様、上記①～⑤の下線部が安全指標、破線部が判断基準となる)

この安全評価の結果についても、乙 36 号証の 1 の 10 (3) -3-1～10 (3) -3-109 頁に記載しており、安全審査において妥当性が確認されている。

(3) 制御棒挿入時間 2.2 秒の位置付けについて

これらの安全評価を行うに際しては、解析にあたっての条件が必要となるため、種々の条件を設定しており（乙 36 の 1, 10 (3) -1-7～10 (3) -1-11 頁）、制御棒挿入時間については、安全評価審査指針において、安全評価における解析の条件として、適切な「スクラム遅れ時間」を考慮することが求められていることから（乙 35, 4～5 頁）、制御棒挿入時間を 2.2 秒とする条件を設定している（乙 36 の 1, 10 (3) -1-8～10 (3) -1-9 頁）。

つまり、原子炉設置変更許可手続においては、安全審査指針類等を用いて、原子炉施設の位置、構造及び設備が、核燃料物質、核燃料物質によって汚染された物又は原子炉による災害の防止上支障がないものであるか否か等についての審査がなされ、安全評価に関しては、解析にあたっての種々の条件を設定した上で、安全評価審査指針に規定される判断基準を満たすことが求められているものである。

³ 原子炉格納容器バウンダリとは、原子炉格納容器設計用の想定事象に対して、圧力障壁となり、かつ、放射性物質の放散に対する障壁を形成するよう設計された範囲の施設をいう。

第3 求釈明（「1 制御棒挿入に関する基準について」）に対する回答

1 求釈明（1）について

- (1) 「本件原子力発電所（3号機及び4号機）の稼働の根拠となる許可は，昭和60年2月（昭和61年2月一部補正）付け許可申請書（甲108）に基づく許可と理解してよいか」

【回答】

甲108号証は，昭和61年12月12日の一部補正前の申請書の抜粋であり，甲108号証に基づき許可を受けているものではない。

- (2) 「そうでない場合には，根拠となる許可を明らかにされたい」

【回答】

乙23号証及び乙37号証の1～8（「関西電力株式会社大飯発電所の原子炉の設置変更（1号，2号，3号及び4号原子炉施設の変更）について」）の許可である。

【補足】

本件発電所の稼働の根拠となる許可としては，まず，本件発電所の原子炉の増設に関して，昭和60年2月15日に原子炉設置変更許可申請（昭和61年2月20日及び昭和61年12月12日に一部補正）を行い，昭和62年2月10日に通商産業大臣の許可を受けた（乙23）。

また，それ以降，原子炉等規制法23条2項2号から5号まで又は8号に規定されている事項の変更のため，8回の原子炉設置変更許可申請を行い，許可を受けた。この8回の原子炉設置変更許可申請は，乙23号証の原子炉設置変更許可の一部を変更する申請である。

以上から，本件発電所の稼働の根拠となる許可は，乙23号証及び上記8回の原子炉設置変更許可（乙37の1～8）ということになる。

(3) 「なお、いずれの場合にも、許可書を提出されたい」

【回答】

乙 23 号証及び乙 37 号証の 1～8 のとおりである。

【補足】

一見して明らかなおとおり、許可書自体は形式的な一枚ものの文書に過ぎず、実質的な記載は許可申請書の方にある。しかし、許可に対応する全ての許可申請書を提出するとすれば、膨大な量となる⁴。そこで、許可における制御棒挿入時間の位置付けを示すものは「安全評価」に関する「添付書類十」であることから、この「添付書類十」の変更を伴う最新の許可である、平成 14 年 8 月 21 日（平成 15 年 3 月 19 日及び平成 15 年 8 月 11 日に一部補正）原子炉設置変更許可申請（平成 15 年 9 月 25 日に経済産業大臣より許可）における、申請書の添付書類十を、参考として提出する（乙 36 号証の 1～3）。

2 求釈明（2）について

(1) 「本件原子力発電所の許可の基準の中に、制御棒挿入時間の定めが存在したのか否かを明らかにされたい」

【回答】

本件発電所の許可の基準の中に、制御棒挿入時間の定めは存在しない。

【補足】

上記第 2 で説明したとおり、原子炉設置変更許可申請に対し、国は原子炉等規制法 24 条所定の許可の基準に適合しているか否かの審査を行い、その中で、安全評価審査指針等に基づき、申請者の実施した安全評価の妥当性等が審査される。

⁴ 乙 23 号証及び乙 37 号証の 1～8 の全ての申請書類が膨大な量となるだけでなく、債務者は、本件発電所の原子炉設置変更許可申請書の完本版（現在までの原子炉設置変更許可申請の内容を都度更新し、最

この安全評価の妥当性の審査では、安全評価審査指針に規定される判断基準を満たすことが求められているが、この安全評価審査指針において、制御棒挿入時間は、安全評価における解析の条件として設定することが求められているに過ぎない。したがって、制御棒挿入時間は、安全評価審査指針に判断基準として規定されていないため、2.2秒という時間が、原子炉設置変更許可の基準に該当するものではない。

なお、甲55号証において、判断基準に至ったときの最も短い制御棒挿入時間（安全評価審査指針に規定される判断基準を満たす制御棒挿入時間）が4ループ代表プラントで11秒程度であることが示されており、そのことから、強いて言うならば、原子炉設置変更許可の基準に対応する制御棒挿入時間を考えると11秒程度以内である、ということになる。

- (2) 「エ その定めが存在しないのであれば、「スクラム規定時間」「安全評価上の設定時間」「仕様値」を2.2秒と定めていること（甲55, 甲130）の趣旨を説明されたい」

【回答】

「スクラム規定時間」、「安全評価上の規定時間」（求釈明事項に「安全評価上の設定時間」とあるが、甲130号証では「安全評価上の規定時間」と記載）、「仕様値」を2.2秒と定めていること（甲55, 甲130）は、いずれも同じ趣旨であり、上記第2.2.(3)で説明したとおり、安全評価において解析の条件として用いた制御棒挿入時間2.2秒を指しているものである。

【補足】

甲130号証の「スクラム規定時間」と「安全評価上の規定時間」は、原子力安全基盤機構（JNES）が、原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査機器耐力その2（PWR制御棒挿入性）を実施した際の記載であ

新版としたもの）を実務用として作成しているが、この完本版でも2,000頁近くになるものである。

るが、この甲 130 号証においても、「従来の耐力評価では、スクラム規定時間を 2.2 秒としているが、これを超えても直ちに問題となるわけではない」と記載されている（甲 130, 4 枚目*3）。

- (3) 「また、本件原子力発電所の設置変更許可申請書において解析上重要な数値として 2.2 秒を摘示していること（甲 108）の趣旨を説明されたい」

【回答】

原子炉設置変更許可申請書において、「制御棒クラスタ落下開始から全ストロークの 85% 挿入までの時間が解析上重要であり、この時間を 2.2 秒としている」と摘示している趣旨は、全ストロークの 85% まで制御棒が挿入されれば、設計基準事象の進展に対して十分な原子炉の出力抑制効果が得られるため、「制御棒クラスタ落下開始から全ストロークの 85% 挿入までの時間」が解析を行う上で重要である、ということを示しているものに他ならない。2.2 秒との数値そのものが重要であるとする趣旨ではない。

- (4) 「併せて、前回期日において、制御棒挿入時間が 2.2 秒を超える場合には本件原子力発電所を適法に稼働させることができないと釈明したこととの整合性を合理的に説明されたい」

【回答】

前々回期日（平成 24 年 8 月 13 日）における釈明の趣旨は、地震発生の場合であるとか、F0-A～F0-B 断層及び熊川断層の連動（以下、「3 連動」という）の場合であるといった前提条件を一切捨象した、一般論における可能性を述べたものである。

即ち、上記（1）のとおり、原子炉設置変更許可の基準の中には制御棒挿入時間の定めは存在しないものの、電気事業法 47 条、49 条、54 条等に基づく、工事計画の認可、使用前検査、定期検査等（平成 24 年 8 月 10 日付主張

書面（以下、「債務者主張書面③」という）7頁参照）において技術基準適合性を判断するのに用いられる「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」（昭和40年6月15日通商産業省令62号，以下「省令62号」という）には，制御棒挿入時間に関する規定が存在することから，制御棒挿入時間によっては，適法に運転できない場合があり得る。

そのため，制御棒挿入時間が2.2秒を超えるという状態に対し，発電所の運転ができない場合があり得るという点を述べたものであるが，地震時における制御棒挿入時間については，仮に2.2秒を超えるとしても，過渡解析等により安全性が確認されれば（11秒程度以内であれば）よく，加えて，そもそも3連動は基準地震動に反映する必要がないことから，本件発電所は適法に運転可能である。

【補足】

ア 省令62号における制御棒挿入時間に関する規定について

（ア）地震時の場合

省令62号5条に，耐震性に関する規定が存在し，2.2秒を超えても問題はないとされている。

詳細に記載すると，省令62号5条の解釈において，「具体的な評価手法については，（略）及び『原子力発電所耐震設計技術指針（追補版）』（JEAG4601-1991）によること」⁵（乙38，「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の解釈について」10頁）と規定され，「原子力発電所耐震設計技術指針（追補版）」（JEAG4601-1991）（乙39）においては，「挿入時間については現時点では安全解析評価上の観点から設定されており，地震時として特別な状態での判定基準は定まったものがない。

⁵ 省令62号5条の解釈2においては，設置又は設置変更の許可において適用された耐震設計審査指針等によって適用される規定が異なるが，本件発電所は，旧耐震設計審査指針を適用して設置変更が許可された発電用原子力設備であるため，本文記載の評価手法が適用される。

しかしながら、現行では、この値が一応評価の目安となっている。万一、地震時にこの値を超える場合は、過渡解析等により、燃料要素の冷却に関する安全性等を確認できれば、制御棒の地震時動的機能は維持されたものと判定する」（乙 39, 367 頁）と規定されている。

このように、本件で問題となっている地震時においては、制御棒挿入時間が「評価の目安」である 2.2 秒を超えてとしても、過渡解析等により安全性が確認されるのであれば、技術基準（省令 62 号）上は問題がないことが規定されている。そして、この過渡解析等を行った結果、本件発電所と同型式の 4 ループ代表プラントの場合、制御棒が 11 秒程度で挿入されれば安全性に問題が生じないことは甲 55 号証に示されている。したがって、省令 62 号 5 条によれば、地震時において、制御棒挿入時間が 2.2 秒を超えても、11 秒程度までであれば技術基準上も問題はないことになる。

(イ) 通常運転時並びに運転時の異常な過渡変化時及び事故時の場合

他方で、省令 62 号 24 条に、制御材駆動装置に関する規定があり、その解釈においては、「緊急停止時の制御棒の挿入時間は、設置許可申請書添付書類八の仕様及び添付書類十における運転時の異常な過渡変化及び事故の評価で設定した時間を満たしていること」（乙 38, 54 頁）と規定されている。そのため、通常運転時並びに運転時の異常な過渡変化時及び事故時において、制御棒挿入時間が 2.2 秒を超えると技術基準違反とされ、使用の一時停止等が命じられる可能性があり得る（電気事業法 40 条）。

(ウ) 両規定の適用関係について

省令 62 号において、5 条と 24 条との適用関係は、明示されていない。しかし、その規定ぶりからすると、省令 62 号 24 条は通常運転時並びに運転時の異常な過渡変化時及び事故時において適用され、一方、地震時

には省令 62 号 5 条が適用され、仮に制御棒挿入時間が 2.2 秒を超えてとしても、燃料要素の冷却に関する安全性等の確認により、技術基準適合性が判断されると解釈するのが合理的である。

イ 3 連動の場合

いずれにしても、本件において問題となっているのは、3 連動の場合の制御棒挿入性である。3 連動の場合の制御棒挿入時間については、国は、3 連動は基準地震動に反映させる必要はないとの見解のもと、制御棒挿入時間が 2.2 秒以内となるか否かを具体的には判断せず、相当の耐震裕度が存在するとして、本件発電所の運転を認めている。

(ア) ストレストテストにおける評価

まず、法令上の規制に加えて実施された「発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価」（以下、「ストレストテスト」という）において、制御棒挿入時間に関し、原子力安全・保安院は、甲 55 号証の検討結果及び原子力安全基盤機構（JNES）の試験結果等から、「許容値である挿入時間そのものが余裕を持った設定であることを踏まえた上で、上記の原子力安全基盤機構における検討から、設計に用いる地震動を大きく超えるような地震動（ S_s の 2 倍を超える約 1,560 ガルの地震動）に対して、許認可上の許容時間（2.2 秒）程度で制御棒が全挿入され」、「制御棒挿入性評価においては相当の耐震裕度が存在する」としている（乙 25, 7 頁）。

これは、具体的危険性が生じる可能性があるのは制御棒挿入時間が 11 秒程度を超える場合であるところ、クリフエッジ（基準地震動 $S_s - 1$ の 1.8 倍）である 1,260 ガルを上回る約 1,560 ガルの地震動でも 2.2 秒程度で挿入されることを確認しているため、問題ないとしているものである。即ち、相当の耐震裕度が存在するとして、2.2 秒以内か否かを判断することなく、本件発電所の安全性に問題はないと判断したものである。

(イ) 3連動に対する評価

3連動の場合の制御棒挿入時間に関して、国は、乙33号証30頁のとおり、3連動は基準地震動に反映させる必要はないとの見解のもと、3連動の場合の地震動は、上記の1,560ガル、1,260ガルをさらに下回るものとして、具体的に何秒となると判断することもなく、本件発電所の運転を認めている。

ウ 小括

上記のとおり、地震時の場合は、省令62号5条の規定により、仮に制御棒挿入時間が2.2秒を超えとしても、安全性が確保される(11秒程度以内となる)のであれば問題はない。また、国も、そもそも3連動は基準地震動に反映する必要がなく、本件発電所の制御棒挿入性評価においては相当の耐震裕度が存在することから、制御棒挿入時間が具体的に何秒になると判断していない。つまり、3連動の場合に、仮に制御棒挿入時間が2.2秒を超えとしても11秒程度までであれば、具体的危険性が存在しないことも確認されており、また、そもそも3連動は基準地震動に反映する必要がないことから、法令上の規制に抵触することはなく、本件発電所の運転は可能である。

3 求釈明(3)について

- (1) 「「制御棒挿入による原子炉緊急停止に係る安全余裕に関する検討について」について(甲55)によれば、「安全指針」として、「安全限界」から「通常運転値」まで複数の基準が示されているところ、その趣旨について説明されたい」

【回答】

上記第2.2のとおり、安全評価においては、「運転時の異常な過渡変化」、「事故」の様々な設計基準事象を想定し、解析評価によって、事象ごとに適

用すべき判断基準を満足することを確認している。具体的な設計基準事象、解析時の条件、判断基準の適用方法等については、安全評価審査指針付録Ⅰに記載されており、それに基づき、乙36号証の1～3のとおり、安全評価を実施している。

それに対して、甲55号証は、IAEA等での検討を参考にして安全余裕を検討したものであるため、甲55号証の用語については、安全審査における用語とは若干異なるが（例えば、安全評価審査指針の判断基準とは、甲55号証における「安全指標」とそれに対する「判断基準」を合わせたものである⁶）、甲55号証の内容を分かり易く記載すると、以下のとおりである。

「安全指標」（求釈明事項に「安全指針」とあるのは「安全指標」の誤記）とは、安全評価において、設計基準事象が何らかの理由で発生したと想定した場合に、安全性を判断する際に着目されるパラメータであり、具体的には、上記第2.2で記載した判断基準の下線部が該当する。例えば、「運転時の異常な過渡変化」時の判断基準の①において「安全指標」は最小限界熱流束比であり、判断基準の②において「安全指標」は燃料中心最高温度である。

「安全限界」は、多重防護⁷における各段階での限界を概念的・定性的に規定するものであり、「判断基準」は、「安全限界」が守られることを確認するために設定された定量的な基準値である。したがって、定量的には示せないが「判断基準」と「安全限界」との間にも安全余裕があり、甲55号証2頁図1では、「安全限界に対する余裕」として示されている。また、上記第2.2の記載でいえば、「運転時の異常な過渡変化」時の判断基準の①において「判断基準」は許容限界値以上であり、判断基準の②において「判断基準」

⁶ 安全評価審査指針における判断基準と甲55号証における判断基準の用いられ方が異なるため、本項においては、混同を避ける目的で、判断基準という用語について、甲55号証で用いられている場合は、「判断基準」と括弧を付して記載する。

⁷ 多重防護とは、①異常の発生を未然に防止する、②異常の拡大及び事故への発展を防止する、③周辺環境への放射性物質の異常な放出を防止する、という3つの段階で安全確保対策を講じることをいう（平成24年6月29日付債務者主張書面12～17頁参照）。

は溶融点未満である。

「保守的評価値」は、設計基準事象、即ち、「運転時の異常な過渡変化」や「事故」が仮に発生した場合に、「安全指標」の数値を保守的な条件設定に基づき評価した値である。したがって、「保守的評価値」と「判断基準」の間にも「許認可上の余裕」があるが、これは定量的に示すことが可能である。

「最確値」は、保守的な仮定をおかず評価された値（「最適評価値」）のうち最も確からしい値である（「最適評価値」は、解析条件の不確かさ等が存在するため、バラツキが生じる）。したがって、「最確値」と「保守的評価値」の間には「解析上の余裕」がある。なお、保守的な条件設定に基づき評価された「保守的評価値」は、「最確値」及び「最適評価値」よりも厳しい評価となるため、安全評価では、通常、「保守的評価値」が「判断基準」を満たすことを確認しており、この場合、「最確値」及び「最適評価値」は不要である。

「運転制限値」は、安全評価等から通常運転時における運転範囲を制限する値である。「通常運転値」は、通常運転時の値であり、「運転制限値」を超えない範囲で、運転条件により時間とともに変動している。例えば、原子炉出力、温度、圧力等について、運転制限値を超えない範囲内で運転しているものである。したがって、「通常運転値」と「運転制限値」の間には「運転時の余裕」がある。

- (2) 「また、制御棒挿入時間が2.2秒であることは、このうちのどの基準に該当することとなるのかについても説明されたい」

【回答】

制御棒挿入時間は、「安全指標」そのものではなく、原子炉設置変更許可申請時の安全評価において、「安全指標」に関し「保守的評価値」を算定す

るための条件に過ぎない。したがって、制御棒挿入時間について、「判断基準」や「保守的評価値」が存在するものではなく、該当する基準はない。

- (3) 「なお、平成 24 年 8 月 31 日付け債務者主張書面 6 頁は、制御棒挿入時間について判断基準や保守的評価値が存在するものではないとするところ、それでは具体的な判断基準や保守的評価値について具体的に明らかにしていただきたい」

【回答】

上記第 2. 2 で説明したとおり、判断基準は安全評価の際に用いられるものであり、具体的には上記第 2. 2 で記載した判断基準である（甲 55 号証で用いられている用語としての「判断基準」であれば、上記第 2. 2 で記載した判断基準の破線部である）。また、「保守的評価値」は、設計基準事象について安全評価で解析した結果であり、乙 36 号証の 1～3 に記載しているとおりである。

甲 55 号証を用いて具体的に説明すると、本件発電所と同型式の 4 ループ代表プラントにおいて、制御棒挿入による原子炉緊急停止（原子炉トリップ）の有無、事象の厳しさ、制御棒挿入効果の大きさの観点から、設計基準事象及び安全指標を分類し、選定・評価した結果、「判断基準」に至る制御棒挿入時間が最も短い設計基準事象は蒸気発生器伝熱管破損、「安全指標」は最小限界熱流束比（最小 DNBR）、「判断基準」は（最小限界熱流束比が）1.45 以上であり、制御棒挿入時間が 11 秒程度で「判断基準」に至ることが示されている。また、制御棒挿入時間が 2.2 秒のときの最小限界熱流束比は 1.72 であり、これが「保守的評価値」である。

【補足】

つまり、設計基準事象に応じて、「安全指標」、「判断基準」、「保守的評価値」が存在しているが、制御棒挿入時間は、「保守的評価値」を算定す

るための条件設定に過ぎず、強いて言うならば、「安全指標」が「判断基準」に至ったときの制御棒挿入時間を逆算により求めることができる程度である。そして、甲55号証は、この逆算を行ったものであり、各設計基準事象の各安全指標において、「判断基準」に至ったときの制御棒挿入時間が最も短くなる場合が、4ループ代表プラントで11秒程度となったものであり、それまでは安全性が確保されることが示されたものである。

なお、甲55号証記載の内容を補足すると、蒸気発生器伝熱管破損事象は、「事故」に該当する設計基準事象であるため「事故」時の判断基準を用いており、具体的には、安全評価審査指針では、「判断基準としては、新たに燃料棒の破損が生じないことを確認した上で、4.2の(5)⁸を適用する」(乙35, 26頁)とされている。そのため、判断基準を満たすというためには、この「新たに燃料棒の破損が生じないこと」をまず確認する必要があるが、当該事象においては、「最小限界熱流束比が許容限界値以上であること」を満たせば、「新たに燃料棒の破損が生じない」ことが確認できるため⁹、甲55号証において、「安全指標」及び「判断基準」として、「最小限界熱流束比が許容限界値以上であること」、即ち「最小限界熱流束比が1.45以上」が記載されているものである。ところで、この「最小限界熱流束比が許容限界値以上であること」という判断基準は、上記第2.2.(1)で記載した「運転時の異常な過渡変化」時の判断基準の①と全く同じである。そのため、甲55号証によれば、「事故」である蒸気発生器伝熱管破損事象が発生しても、制御棒挿入時間が11秒程度までは、「事故」に至る以前の「運転時の異常な過渡変化」時の判断基準(当然、「事故」時の判断基準よりも厳しい)をも満たしていることになる。つまり、制御棒挿入時間が11秒程度であれば、「事

⁸ 4.2の(5)とは、第2.2.(2)で記載した「事故」時の判断基準の⑤である「周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないこと」(乙35, 3頁)のことである。

⁹ 但し、最小限界熱流束比が判断基準を下回っても直ちに燃料棒が破損するものではない。限界熱流束比が1を下回ると燃料棒表面が蒸気で覆われるようになり、十分に冷却できずに、燃料棒の表面温度は

象の発生によっても、炉心の溶融あるいは著しい損傷に至ること」（乙 35, 9 頁）がないことは勿論、炉心の健全性に関しては、「事象の原因となった故障部等の復旧を除けば、格段の修復なしに通常運転に復帰できる」（乙 35, 9 頁）ことが確認されているのである。これは、債権者らの主張するような「炉心の冷却形状が崩れて炉心溶融に至る一步手前」（債権者主張書面⑤4 頁）という状態とは全く異なるものである。

4 求釈明（4）について

「平成 24 年 5 月 21 日に提出された制御棒挿入性評価について、原子力安全委員会又は保安院における検討状況を明らかにされたい」

【回答】

平成 24 年 5 月 21 日に提出した制御棒挿入性評価（乙 18）は、福井県の原子力安全専門委員会に提出したものであり、国に提出したものではないため、原子力安全委員会、原子力安全・保安院において検討はされていない。

なお、3 連動の場合の制御棒挿入時間については、上記 2.（4）.イ.（イ）のとおり、国は、3 連動は基準地震動に反映させる必要はないとの見解のもと、具体的に何秒となると判断することもなく、本件発電所の運転を認めている。

5 求釈明（5）について

「平成 24 年 6 月 29 日付け債務者主張書面 46 頁において、基準地震動 S s - 1 に対する制御棒挿入時間が 1.88 秒であることについて、国の審議で妥当と評価されたとするところ、その裏付けとなる証拠を提出されたい」

【回答】

基準地震動 S s - 1 に対する制御棒挿入時間は 1.88 秒であり（平成 24 年 6

急上昇し始めるが、この表面温度の上昇により、燃料棒が直ちに破損するものではない。

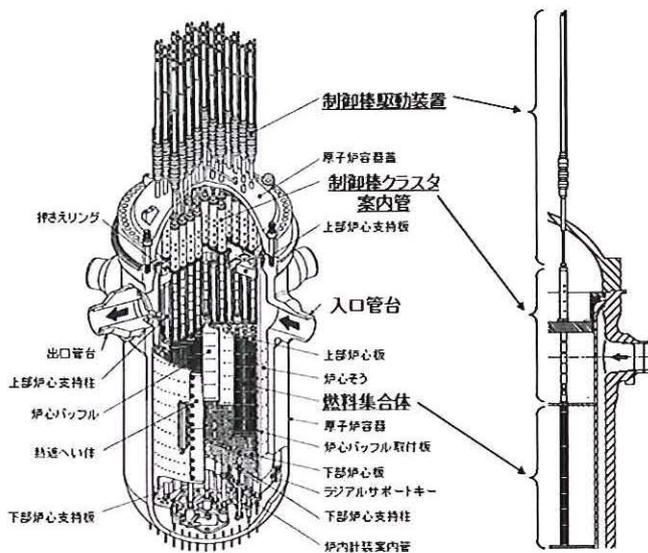
月 29 日付主張書面（以下、「債務者主張書面②」という）46 頁，なお，国の審議で妥当とされたのは，応答倍率法で算定した 2.16 秒であり，その裏付け資料は乙 2，38 頁及び 85 頁の表 7.3.4)，この結果については，原子力安全・保安院に対して説明を実施しており，原子力安全・保安院は，その内容を用いて，平成 24 年 3 月 13 日に開催された発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価検討会において説明を行っている（債務者主張書面③10 頁，乙 25，7 頁，26 頁）。

しかし，これも上記 2.（4）.イ.（ア）のとおり，現行法令上の規制に加えて実施されたストレステストにおいて，国は，制御棒挿入性には相当の耐震裕度が存在しており，クリフエッジに対する制御棒挿入時間は勿論のこと，基準地震動 $S_s - 1$ に対する制御棒挿入時間が具体的に何秒となると判断することもなく，本件発電所の運転を認めているため，基準地震動 $S_s - 1$ に対する制御棒挿入時間 1.88 秒についての審議はなされていない。

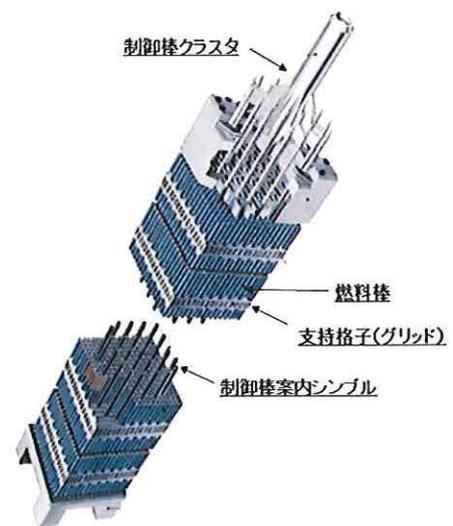
第 4 求釈明に対する回答に係る補足説明

上記第 3.2.（1）のとおり，原子炉設置変更許可の基準の中に，制御棒挿入時間の定めは存在しないが，前回期日で議論となり，求釈明（2）イでも触れられていることから，以下，念のため，制御棒挿入時間の解析手法，選択基準，時刻歴解析法を用いた具体的な算定の過程及び根拠を説明する。

なお，制御棒の挿入とは，駆動軸の先に取り付けられた制御棒クラスタが燃料集合体の間に設置された制御棒案内シンプルの中に挿入されることであるが，その際，制御棒系（制御棒クラスタ及び駆動軸）は，制御棒挿入経路（制御棒駆動装置，制御棒クラスタ案内管及び制御棒案内シンプル）の内部を落下していくことになる（図表 1 及び 2 を参照）。



【図表 1：制御棒クラスター挿入経路説明図】



【図表 2：燃料集合体説明図】

1 制御棒挿入時間の解析手法

(1) 応答倍率法について

応答倍率法とは、対象とする地震動から直接制御棒挿入時間を計算するのではなく、2つの異なる地震動が入力（作用）した場合の揺れの大きさの比率を用いて地震による遅れ時間を比例計算するものである。例えば、地震動 A に対する制御棒挿入時間がスペクトルモーダル解析法や時刻歴解析法を用いて既に算定されていることを前提として、地震動 B に対する制御棒挿入時間を算定する際に、地震動 A に対する制御棒挿入時間の遅れ時間に、地震動 A による揺れの大きさに対する地震動 B による揺れの大きさの比率を乗じることで、地震動 B に対する制御棒挿入時間の遅れ時間を算定するものである。

なお、債務者は、基準地震動 $S_s - 1$ と 3 連動の場合の地震動の全周期帯における最大比率を用いて 3 連動の場合の制御棒挿入時間として 1.99 秒を試算したが（債権者らも同様に計算している）、これは応答倍率法とは異なり、非常に簡略な比例計算に過ぎない。応答倍率法は、地震動の全周期帯における最大比率ではなく、制御棒挿入経路を構成する機器の固有周期（揺れやすい周期であり、複数存在する）における応答比を求め、そのうちの最大値を

用いることで保守性をもたせて、制御棒挿入時間の遅れ時間を算定するものである（乙 18, 6～9 頁）。要するに、応答倍率法は、機器がどの周期で大きく揺れるか、その周期における 2 つの地震動による揺れの大きさの比がどの程度になるかという点に着目する算定方法であり、機器の固有周期以外も含めた全周期帯における地震動の最大比率を用いて算定する上記の非常に簡略な比例計算とは全く異なるものである。

（2）スペクトルモーダル解析法について

「スペクトルモーダル解析法」とは、債務者主張書面②45～46 頁脚注 43 で記載したとおり、「ここでは、制御棒挿入経路（制御棒駆動装置、制御棒クラスタ案内管及び燃料集合体¹⁰）の地震応答を解析する際に、制御棒駆動装置及び制御棒クラスタ案内管の地震応答はスペクトルモーダル解析（地震応答の最大値を求める解析）を、燃料集合体の地震応答は時刻歴解析（時々刻々の地震応答を求める解析）を適用し、各部位で求められた地震応答の最大値に対応する抗力が一定値で作用すると仮定して制御棒挿入時間を算定する方法」（乙 18, 5 頁, 12 頁）である。

（3）時刻歴解析法について

「時刻歴解析法」とは、具体的な内容は後述するが、債務者主張書面②46 頁脚注 45 で記載したとおり、「ここでは、制御棒挿入経路の地震応答を解析する際に、時刻歴解析を適用し、時々刻々の地震応答に対応する抗力を用いて制御棒挿入時間を算定する方法をいう。時刻歴解析法は、全制御棒挿入経路の地震応答を時々刻々と求めることができるため、地震応答の最大値を用いるスペクトルモーダル解析法よりも精緻な方法」（乙 18, 5 頁, 12 頁）である。

（4）解析手法の比較

3 つの解析手法を比較して記載するならば、上記のとおり、応答倍率法は、

対象とする地震動から直接制御棒挿入時間を算定することができず、対象とは異なる地震動に対してスペクトルモーダル解析法や時刻歴解析法により算定された制御棒挿入時間の存在を前提に、対象となる地震動に対する制御棒挿入時間を間接的に算定する手法である。また、簡易な手法であるため、迅速な制御棒挿入時間の算定が可能ではあるものの、詳細な解析手法に比べれば、算定結果の正確性は劣り、また、応答比の最大値を用いることから、安全性の観点において保守側の算定結果となる。そのため、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針の改訂に伴う耐震安全性評価」（以下、「耐震バックチェック」という）において、原子力安全・保安院が「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について」（乙40）を定めた際にも、応答倍率法により評価することは認められたが（乙40, 37頁）、応答倍率法を用いて算定した結果、耐震裕度が小さい施設に関しては、さらに詳細評価の実施が望ましいとされたことは、平成24年8月31日付主張書面（以下、「債務者主張書面④」という）8頁等で述べたとおりである。

これに対し、スペクトルモーダル解析法と時刻歴解析法は、いずれも詳細な解析手法であり、対象とする地震動から直接制御棒挿入時間を算定することが可能であるが、上記のとおり、スペクトルモーダル解析法は、地震応答の最大値に対応する抗力が一定値で作用すると仮定して制御棒挿入時間を算定しているのに対し、時刻歴解析法は、時々刻々の地震応答に対応する抗力を用いて制御棒挿入時間を算定していることから、時刻歴解析法の方がより精緻な解析手法といえる。

これらの関係を整理すると、応答倍率法は、スペクトルモーダル解析法や時刻歴解析法で算定された制御棒挿入時間の存在が前提ではあるが、簡易に制御棒挿入時間を算定することが可能であり、スペクトルモーダル解析法と

¹⁰ 燃料集合体中に設置された制御棒案内シンプルを含む趣旨である。

時刻歴解析法は、いずれも詳細な解析手法ではあるものの、両手法を比較すると、スペクトルモーダル解析法に比べて時刻歴解析法はより精緻な解析手法とすることができる。

2 解析手法の選択基準について

(1) 耐震バックチェックにおける解析手法の選択基準

これらの解析手法は地震動による制御棒挿入時間の遅れを算定する場合に用いられるものであるが、上記1.(4)のとおり、耐震バックチェックにおいては、原子力安全・保安院が乙40号証において、耐震安全性の評価及び確認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準を示しており、その中で、地震応答解析に際しては、応答倍率法により評価することができ、応答倍率法による評価結果により詳細解析が必要な設備は、スペクトルモーダル解析法または時刻歴応答解析法から選択して評価することとされている(乙40, 37頁)。これは、耐震バックチェックにおいては、簡易評価手法である応答倍率法の使用が認められ、詳細解析手法を用いる場合も、スペクトルモーダル解析法、時刻歴解析法のいずれを用いても問題がないことを示しているものである。また、時刻歴解析法に関しては、債務者の保有する美浜発電所1号機の耐震バックチェックにおいて、美浜発電所の基準地震動 $S_s - 1$ に対する制御棒挿入性について用いており、原子力安全・保安院の審議において、解析手法の妥当性が確認されていることは、債務者主張書面④8～9頁に記載したとおりである。

(2) 解析手法の選択(本件発電所について)

耐震バックチェックにおける本件発電所の基準地震動 $S_s - 1$ に対する制御棒挿入時間は、スペクトルモーダル解析法を用いて算定した基準地震動 S_2 に対する制御棒挿入時間をもとに、応答倍率法で算定したものである。その際には、応答倍率法の妥当性も審議され、問題のないことが確認されたが、

施設の安全性に対する説明性のより一層の向上の観点から、応答倍率法を用いた結果、耐震裕度が比較的小さい設備については、国から詳細評価を実施することが望ましいとされ、改めて時刻歴解析法で解析した結果、基準地震動 $S_s - 1$ に対する制御棒挿入時間が 1.88 秒となったことは、債務者主張書面④8 頁等で述べたとおりである（応答倍率法の説明資料について、乙 41、「大飯発電所 3, 4 号機新耐震指針に照らした耐震安全性評価（中間報告追補版）に関する補足説明資料 耐震安全性評価結果について－安全上重要な機器・配管系－」7～11 頁、国の評価結果について、乙 2, 34～36 頁）。

なお、債権者らは、乙 18 号証 5 頁のフロー図を用いて、債務者が、3 連動の場合の制御棒挿入時間の算定について、応答倍率法、スペクトルモーダル解析法、時刻歴解析法の順で選択したような主張を行っているが（平成 24 年 7 月 6 日付主張書面（3）（以下、「債権者主張書面③」という）8 頁）、これは、フロー図の標題にあるとおり、耐震バックチェックにおける制御棒挿入性評価の流れであり、より簡易な評価から実施可能とするフローを示したものに過ぎない。

また、乙 40 号証の記載のとおり、原子力安全・保安院は、上記の 3 つの解析手法はいずれも選択可能とし、また、乙 18 号証にも「当初からスペクトルモーダル解析法や時刻歴解析法を適用することもある」と記載しているとおり、解析手法の選択基準が明確には定められていないことから、国から詳細評価を実施することが望ましいとされた際に、債務者は、より精緻な詳細解析手法である時刻歴解析法を用いて、基準地震動 $S_s - 1$ に対する制御棒挿入時間を算定したものである。

3 時刻歴解析法を用いた制御棒挿入時間の算定過程について

時刻歴解析法を用いた具体的な算定過程は、以下のとおりである。

時刻歴解析法は、「地震時制御棒挿入時間評価について」（乙 42）に基づき

実施しており、「制御棒系（制御棒クラスタ及び駆動軸）を案内する制御棒駆動装置、制御棒クラスタ案内管及び燃料集合理御棒案内シンプルの挿入経路機器の地震応答により、内部を落下する制御棒系との接触により生じる抗力による遅れを評価する」際に、「地震波の変動に伴い挿入経路機器の応答も時間と共に刻々と変化するため」時刻歴解析法を用いているものである（乙42、1頁）。

具体的には、通常時の制御棒挿入時間と地震時の制御棒挿入時間の差異は、乙42号証5頁の算定式を用いると、 F_v （地震による抗力）から生じる。この F_v は、制御棒挿入経路（制御棒駆動装置、制御棒クラスタ案内管及び制御棒案内シンプル）全てに共通する「変位に伴う静的な抗力」及び「加速度に伴う動的な抗力」、これに加えて制御棒案内シンプルのみに発生する「グリッド変形による抗力」から構成される。

「変位に伴う静的な抗力」は、乙42号証6～7頁記載のとおり、地震時には、制御棒挿入経路の機器に地震動による撓みが生じると、落下する制御棒系との接触が生じ、接触部での反力が、摩擦力として落下する制御棒系への抗力となるものである。即ち、「変位に伴う静的な抗力」とは、地震動により制御棒挿入経路の機器が撓んで、その内部を落下する制御棒系と接触する際の摩擦により、制御棒系の落下を妨げる力のことである。この抗力は、地震動により、時々刻々と変化しているが、挿入抗力試験をもとに設定している（なお、乙42号証10～14頁に試験結果、解析結果等のデータの記載があるが、本件発電所の制御棒駆動装置は「（中間耐震サポート有）」に該当する）。

「加速度に伴う動的な抗力」は、乙42号証7～8頁記載のとおり、地震時には、制御棒挿入経路の機器は静止しているのではなく、動的な応答をしているため、変位と同様、加速度も時々刻々と変化しており、動的な抗力が生じるような状態では、制御棒挿入経路の機器と制御棒系の接触部に慣性力（制御棒系の質量と制御棒挿入経路の加速度の積）の反力が働き、これに摩擦係数を乗じ

た上向きの力が、落下する制御棒系への抗力となるものである。即ち、「加速度に伴う動的な抗力」とは、制御棒挿入経路の機器が揺れ、制御棒を水平方向に押しつける力が働くことにより制御棒の落下を妨げる力のことである。この抗力は、制御棒挿入経路の機器の加振試験をもとに設定している。

「グリッド変形による抗力」は、乙 42 号証 8～9 頁記載のとおり、地震により燃料集合体のグリッド部¹¹に衝突が生じ、弾性限界荷重を超えて塑性変形が生じた場合、燃料集合体の振動方向（水平断面の X 方向とする）と垂直な方向（水平断面の Y 方向）にも、制御棒案内シンプルの位置ずれが生じるため、落下する制御棒系への抗力となるものである。即ち、「グリッド変形による抗力」とは、燃料集合体の中に設置された制御棒案内シンプルが、燃料集合体の揺れの方向に対して直角の方向にずれることにより、制御棒案内シンプルの中を落下する制御棒クラスタが、制御棒案内シンプルと接触する際の摩擦により、制御棒系の落下を妨げる力のことである。この抗力は、燃料集合体の加振試験をもとに設定している。

この時刻歴解析法を用いて、基準地震動 S s - 1 に対する制御棒挿入時間を算定した結果 1.88 秒となったものであるが、具体的な算定内容に関しては、0.01 秒単位で詳細に乙 42 号証 5 頁の計算を実施している等、電子計算機による自動計算処理とそれに伴う膨大な量の数字の羅列となるため、記載を省略する。

なお、基準地震動 S s - 1 が継続する時間のうち、どの時間帯に制御棒が挿入されるかによって、制御棒挿入時間は変化する。当該解析では、制御棒挿入時間が最大となる制御棒挿入時間帯（揺れの大きな時間帯）について算定を行っているものであるが、実際に基準地震動 S s - 1 に相当する地震が発生した場合には、揺れが大きくなる前に地震トリップ¹²が作動するため、揺れの小さい

¹¹ グリッドとは、燃料棒及び制御棒案内シンプルを、等間隔かつ格子状に束ねている金属製の部品のことをいい、支持格子ともいう（図表 2 参照）。

¹² 本件発電所においては、建屋基礎版上で水平 160 ガル以下又は鉛直 80 ガル以下の地震加速度により、地震トリップが作動するよう設定されている。

時間帯に制御棒挿入が開始される。仮に地震トリップの作動を前提として、基準地震動 $S_s - 1$ に対する制御棒挿入時間を算定すると 1.69 秒となることを確認しており、1.88 秒という数値自体が非常に保守的な条件のもとに算定されたものであることも分かる（乙 42, 37 頁）。

第 5 債権者らの主張に対する反論

1 3 連動の場合の制御棒挿入時間について

債権者らは、債権者主張書面⑤7～9 頁において、3 連動の場合の制御棒挿入時間は、公的に認められている唯一の制御棒挿入時間 2.16 秒に基づけば、確実に 2.2 秒を超えると主張している。

しかし、債権者らの主張する制御棒挿入時間の算定は適切なものではなく、債務者が算定した 3 連動の場合の制御棒挿入時間を含め、以下、詳細に説明する。

(1) 債権者らの算定手法、算定結果について

具体的な 3 連動の場合の挿入時間については、債権者らは、債権者主張書面③8 頁において、耐震バックチェック時の基準地震動 $S_s - 1$ に対する制御棒挿入時間（2.16 秒）から、

$$\text{制御棒挿入時間} = 1.65 + (2.16 - 1.65) \times 1.46 = 2.39 \text{ 秒}$$

と算定している。

しかしながら、上記の算定は適切ではない。

上記第 4.1 で記載したとおり、応答倍率法は、それ自体が算定結果に保守性を持つ解析手法であるが、債権者らの算定方法は、そのような保守性を持つ算定結果である 2.16 秒を前提とし、さらに保守的に地震動の最大比率を用いた非常に簡略な算定を行ったものである。このため、上記の債権者らの算定手法は、保守性を二重に見積もった正確性に欠けるものであり、3 連動の場合に限らず、制御棒挿入時間の算定手法として用いるのは適切ではない。

つまり、債権者らの主張するように、まず、基準地震動 S_2 に対する制御棒挿入時間 (a)¹³ を用いて応答倍率法により基準地震動 S_{s-1} に対する制御棒挿入時間 (b) を算定し、次に、その算定結果 (b) を用いて簡略な比例計算により3連動の場合の制御棒挿入時間 (c) を算定する、言い換えれば、2段階で算定するのは (a) → (b) → (c)、図表3の②式)、正確な制御棒挿入時間は算定できない。簡易な解析手法により算定するにしても、少なくとも、基準地震動 S_2 に対する制御棒挿入時間 (a) を用いて3連動の場合の制御棒挿入時間 (d) を算定すべき、言い換えれば、1段階で算定すべきである (a) → (d)、図表3の③式)。

そこで、耐震バックチェックにおいて、基準地震動 S_{s-1} に対する制御棒挿入時間 (2.16秒) を算定したときと同様に、詳細な解析手法であるスペクトルモーダル解析法を用いて算定された基準地震動 S_2 に対する制御棒挿入時間をもとに、応答倍率法により3連動の場合の制御棒挿入時間を算定すると、

$$\text{制御棒挿入時間} = 1.65 + (1.92 - 1.65) \times 1.443 = 2.04 \text{ 秒}$$

となるものである (乙43、「3連動を仮定した地震動に対する応答倍率法による評価結果 (大飯3・4号機)」)。

なお、応答倍率法を用いて算定した基準地震動 S_{s-1} に対する制御棒挿入時間 (2.16秒) よりも、上記で算定した3連動の場合の制御棒挿入時間 (2.04秒) が短くなるが、これは、応答倍率法においては、制御棒挿入経路を構成する機器の固有周期における応答の比に依存するところ、乙19号証1頁記載のグラフのとおり、3連動の場合の地震動が基準地震動 S_{s-1} を超えるのは、ごく一部の周期に限られ、大部分は3連動の場合の地震動の方が小さいためである。

(2) 債務者の算定手法、算定結果について

¹³ 本項において、(a) (b)等の記載は、図表3記載のものである。

債務者は、より精緻な詳細解析手法である時刻歴解析法を用いて基準地震動 $S_s - 1$ に対する制御棒挿入時間の算定を行い、その算定の結果、基準地震動 $S_s - 1$ に対する制御棒挿入時間は、1.88 秒 (e) となったものである。そして、この 1.88 秒の制御棒挿入時間（通常時挿入時間 1.65 秒+地震による遅れ時間 0.23 秒）は、評価基準値に対する耐震裕度が 2.39 となり、十分な耐震裕度を有し、一方、3連動の場合の地震動は、最大でも基準地震動 $S_s - 1$ の 1.46 倍程度であることから、制御棒挿入時間は 2.2 秒以内となると判断し、詳細な解析手法を用いて 3連動の場合の制御棒挿入時間を算定する必要はないとしていたものである。

ただ、御庁から 3連動の場合の制御棒挿入時間の説明を求められたことから、保守性を過度に見積もるため、正確性を欠く結果とはなるが、非常に簡略な計算の例として、

$$\text{制御棒挿入時間} = 1.65 + (1.88 - 1.65) \times 1.46 \doteq 1.99 \text{ 秒}$$

とし、最大でも 1.99 秒 (f) とする結果を示したものである。しかし、これは非常に簡略な算定結果であるため、あくまで 3連動の場合の最大となりうる制御棒挿入時間を参考に示したものに過ぎない。

そのため、詳細な解析手法を用いて、3連動の場合の制御棒挿入時間の算定を実施した結果を説明する。

算定方法としては、3連動の場合の地震動から、直接、より精緻な詳細解析手法を用いて制御棒挿入時間を算定する方法が、最も正確に制御棒挿入時間を算定できることから、時刻歴解析法を用いて算定したところ、その結果は、1.83 秒 (g) となったものである。

なお、この場合も、時刻歴解析法を用いて算定した基準地震動 $S_s - 1$ に対する制御棒挿入時間（1.88 秒）よりも、上記で算定した 3連動の場合の制御棒挿入時間（1.83 秒）の方が短くなるが、これも、時刻歴解析法においては、制御棒挿入経路を構成する機器の固有周期における応答が解析結果に影響

響するところ、乙 19 号証 1 頁記載のグラフのとおり、3 連動の場合の地震動が基準地震動 S_{s-1} を超えるのは、ごく一部の周期に限られ、大部分は 3 連動の場合の地震動の方が小さいためである。

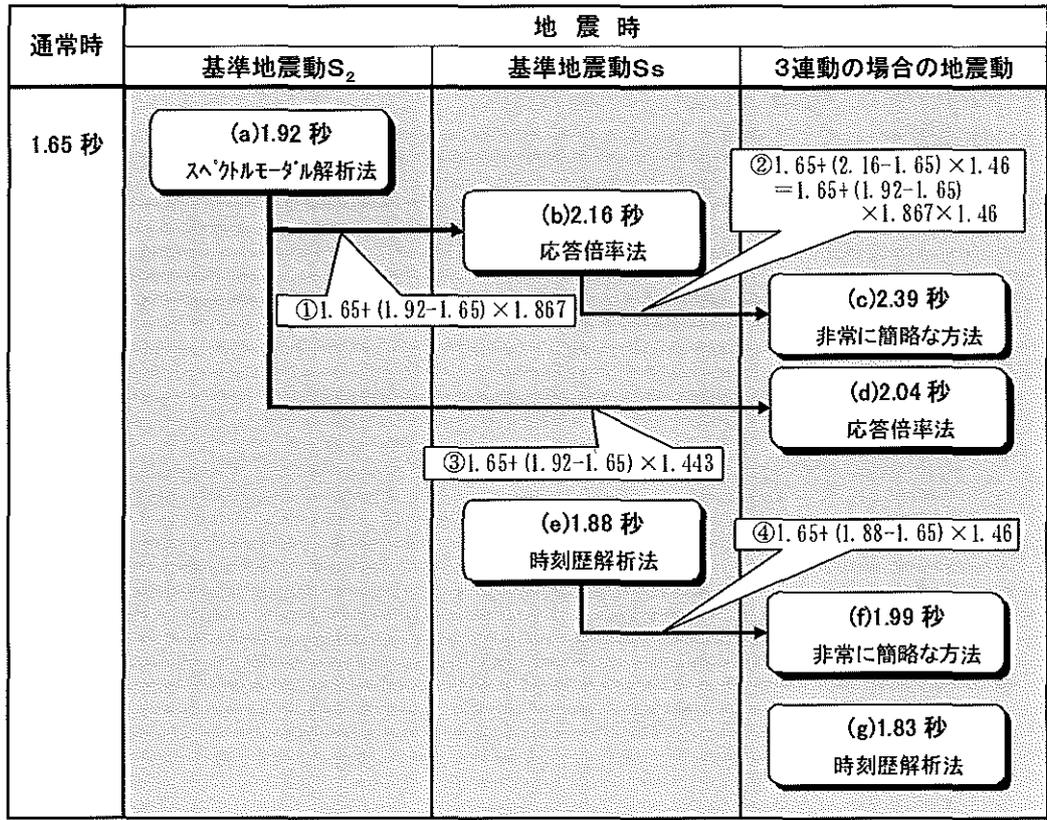
(3) まとめ

上記のとおり、債権者らの算定方法は、保守性を持つ算定方法（応答倍率法）（図表 3 の①式参照）により算定した制御棒挿入時間を用いて、保守性を持つ算定方法（図表 3 の②式参照）により非常に簡略に算定するものであり、適当な算定方法であるとは言えない¹⁴。

制御棒挿入時間を正確に算定するには、対象となる地震動から、直接、詳細な解析手法を用いて算定するか、少なくとも、詳細な解析手法を用いて算定した制御棒挿入時間から応答倍率法（図表 3 の③式参照）を用いて算定すべきである。そして、耐震バックチェック時と同様に、詳細な解析手法を用いて算定した制御棒挿入時間から応答倍率法（図表 3 の③式参照）を用いて算定したところ、3 連動の場合の制御棒挿入時間は 2.04 秒となり、3 連動の場合の地震動から、直接、より精緻な詳細解析手法である時刻歴解析法を用いて算定すれば、1.83 秒となるものである。

いずれの算定結果によっても、制御棒挿入時間は、安全性が確保されることが確認されている 11 秒程度以内となることは勿論のこと、2.2 秒以内ともなることから、本件発電所の安全性が確保されていることは明らかである。

¹⁴ 図表 3 の②式では、基準地震動 S_2 に対する制御棒挿入時間の遅れ時間に対し、基準地震動 S_2 と基準地震動 S_{s-1} の各固有周期における最大の応答比 (1.867) を乗じた上、さらに、基準地震動 S_{s-1} と 3 連動の場合の地震動の全周期帯における最大比率 (1.46) を乗じることになり、基準地震動 S_2 と 3 連動の場合の地震動の各固有周期における最大の応答比 (1.443) を乗じる③式に比べれば、正確性を欠くものであることが分かる。



【図表 3 地震時の制御棒挿入時間】

2 制御棒挿入時間が 2.2 秒を超えた場合の具体的危険性について

債権者らは、制御棒挿入時間が 2.2 秒を超えた場合、周辺住民の被ばく線量の解析は行われておらず、DNBR（限界熱流束比）が一定値を下回ると被覆管が破損して炉心の冷却形状が崩れるおそれがあるとして、即、具体的な危険性が発生するかのように主張しているが（債権者主張書面⑤3～6 頁）、事実と反するものである。

まず、仮に地震が発生したとしても、蒸気発生器伝熱管破損等の設計基準事象が生じないのであれば、制御棒挿入時間は特段問題とならず、具体的な危険性は何ら生じない（蒸気発生器伝熱管等の安全上重要な設備については、耐震安全性評価により、基準地震動 S_s に対して十分な耐力があることを確認している）。そして、設計基準事象が生じた場合の制御棒挿入性に関しては、甲 55

号証において検討がなされており、各設計基準事象を対象として、本件発電所と同じ4ループ代表プラントについて検討した結果、蒸気発生器伝熱管破損事象が発生した場合に、判断基準に至る制御棒挿入時間が最も短くなり、11秒程度となるというものである。つまり、仮に設計基準事象が発生したとしても、制御棒挿入時間が11秒程度までであれば、どの設計基準事象に対しても、債権者らが主張する被ばく評価の判断基準も含め、安全評価審査指針で規定されている判断基準（上記第3.3.(1)のとおり、安全限界に至る手前に設定された値であり、安全限界まではさらに余裕がある）を満たしており、具体的危険性は存在しないのである。

次に、被ばく評価について詳細に説明すると、事故の場合は実効線量が5mSvを超えないことが判断基準とされている（乙35, 10頁）。甲55号証で検討された蒸気発生器伝熱管破損事象においては、制御棒挿入時間を2.2秒として解析した結果、実効線量は約0.25mSvであり（乙36の1, 10(3)-3-55頁）、判断基準までの裕度が、最小限界熱流束比（保守的評価値1.72, 判断基準1.45）に比べて非常に大きいことが分かる。また、実際にも、制御棒挿入時間の被ばく評価への影響は非常に小さいものとなるのである。これは、蒸気発生器伝熱管破損事象の安全評価において、制御棒が挿入されるのは、蒸気発生器伝熱管が破損した約5分後¹⁵としていることから（乙36の1, 10(3)-3-50頁）、仮に蒸気発生器伝熱管破損が発生し、その約5分後に地震が発生するという被ばく評価上において最も厳しい条件¹⁶の重畳を考慮しても、蒸気発生器伝熱管破損後の時間が約5分2秒と約5分11秒であることの違いの影響は軽微であること、及

¹⁵ 蒸気発生器伝熱管破損により、1次系から2次系へ放出される放射性物質の量が多いほど、被ばく評価は厳しくなるため、蒸気発生器伝熱管破損から原子炉停止までの時間が長くなれば、被ばく評価が厳しくなる。実際には、当該事象が発生した場合に、原子炉トリップまで5分を要する設計ではないが、保守性を持たせた条件として、約5分後としている。

¹⁶ 蒸気発生器伝熱管破損と地震の発生との重畳は、まずあり得ないものである。それを措くとして、蒸気発生器伝熱管が破損して約5分経過しない状態で地震が発生すれば、脚注15のとおり、その分だけ放出される放射性物質の量は少なくなり、約5分以上経過した後に地震が発生するのであれば、安全評価と同様、地震発生前に制御棒挿入が開始されるため、地震による制御棒挿入遅れの影響は小さくなる。

び最小限界熱流束比が判断基準以上であれば、新たに燃料棒の破損は生じず、1次冷却材中の放射性物質が上昇しないことから、破損した蒸気発生器伝熱管を通じて放出される放射性物質は殆ど変わらないこと等によるものである。

上記及び第3.3のとおり、制御棒挿入時間に関しては、仮に2.2秒を超えるとしても、11秒程度までは、債権者らが主張する被ばく評価においても影響はなく、「事象の発生によっても、炉心の溶融あるいは著しい損傷に至ること」（乙35,9頁）がないことは勿論、炉心の健全性からは「事象の原因となった故障部等の復旧を除けば、格段の修復なしに通常運転に復帰できる」（乙35,9頁）ことが確認され、安全性が確認されていることから、即、具体的な危険性が生じるものではないのである。

3 原子力安全基盤機構の機器耐力試験について

債権者らは、上記第3.2.(4).イ.(ア)で記載した、国が「上記の原子力安全基盤機構における検討から、設計に用いる地震動を大きく超えるような地震動（ S_s の2倍を超える約1,560ガルの地震動）に対して、許認可上の許容時間（2.2秒）程度で制御棒が全挿入され」とした原子力安全基盤機構の試験結果について、「この試験ではたとえば振動は水平動に限られて上下動がなく、試験体の規模も実物よりずっと小さいなど、実機が蒙る実際の地震動とは条件が異なっている」と主張する（債権者主張書面⑤7頁）。

しかしながら、債権者らの主張は事実と反するものである。上記試験においては、上下動による制御棒挿入性への影響も検討され、上下地震動による制御棒挿入性への影響は水平地震動に比べて十分小さいとの結論のもと、水平動による試験を実施しており（乙44、「平成17年度原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査機器耐力その2（PWR制御棒挿入性）に係る報告書」A-2～A-3頁）、また、試験体の規模は実機大（縮尺1/1）である（乙18,17頁）。

4 3連動について

債権者らは、甲131号証を用いて、原子力安全・保安院も、熊川断層が小浜湾へ連続することを認めていると主張している（債権者主張書面⑤7～8頁）。

しかしながら、当該記述は熊川断層の長さに関する記述に過ぎず¹⁷、3連動に関しては、同号証においても、「F0-A断層と熊川断層の間にセグメント境界があることは明確であり、両断層の位置関係と熊川断層の履歴・活動間隔から、地質構造が連続しないと考える」とする評価は、乙31号証のものと変わるものではない。

なお、この乙31号証と甲131号証の関係であるが、乙31号証（平成24年8月17日時点）では「保安院の見解（案）」となっており、「案」がないものは存在しないが、「保安院の見解」としては最終のものである。そして、平成24年8月24日以降、「原子力安全・保安院の対応方針（案）」（債務者に対するコメントは甲131号証と同一である）に変更されたものであるが、3連動は基準地震動に反映する必要がないとの見解のもと、「念のため」、連動を考慮した地震動により、施設等の耐震安全性を評価するという位置付けには変更がないものである。

第6 結語

制御棒挿入性に係る債権者らの主張は、3連動の場合の制御棒挿入時間は、評価基準値2.2秒を超え、問題であるとするものであるが、これに対する債務者の主張は、以下の3点である。

第1に、本件仮処分命令申立は、人格権に基づく差止請求であり、人格権侵害により被害の生じる具体的危険性が存在することが明らかにされなければ、

¹⁷ 本件発電所の耐震バックチェックでは、既に、熊川断層を小浜湾内まで延伸させた長さで地震動評価を行った上で、基準地震動 S_s の策定及び主要な施設の耐震安全性の評価を実施済みであり、この評価については妥当との評価を、原子力安全・保安院及び原子力安全委員会より受けている（例えば、原子力安全・保安院の評価について、乙2、7～8頁、41～43頁）。

差止請求は容認されるものではない。そして、制御棒挿入性に関しては、少なくとも 11 秒程度までは具体的危険性が存在しないことが明らかになっている（甲 55）。したがって、制御棒挿入時間が 11 秒程度以内となることが重要であり、2.2 秒以内か否かは問題とならない。

第 2 に、地震時における制御棒挿入時間については、仮に 2.2 秒を超えても、過渡解析等により安全性が確認されれば（11 秒程度以内であれば）よく、また、そもそも 3 連動は基準地震動に反映する必要がないことから、規制上の問題は存在しない。

第 3 に、いずれにせよ、3 連動の場合にも、制御棒挿入時間が、2.2 秒を超えることはない。

以 上