

平成28年(ヨ)第25号等 伊方原発3号機運転差止仮処分命令申立事件

債権者 小坂正則外3名

債務者 四国電力株式会社

## 準備書面 (11)

(制御棒挿入に失敗するおそれ)

平成28年9月1日

大分地方裁判所 民事第一部 御中

債権者ら代理人

弁護士 徳田 靖之

弁護士 岡村 正淳

弁護士 河合 弘之  
外

### 目次

|   |    |
|---|----|
| 第1 制御棒によって本件原発を「止める」ことは極めて困難であること.....                          | 2  |
| 1 喧伝されている原発の安全確保策.....  | 2  |
| 2 「止める」仕組み.....   | 2  |
| 3 本件原発は「止める」ことができずにメルトダウン・メルトスルーに至る危険が極めて大きいこと.....             | 3  |
| 4 制御棒が安全に挿入できるか否かの判断で債務者が用いる応答倍率法には根本的な問題があること（甲C108添付資料1）..... | 6  |
| 5 付言.....   | 10 |

|  |    |
|--|----|
| 第2 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ことの問題性..... | 10 |
| 第3 結論.....                                   | 11 |

## 第1 制御棒によって本件原発を「止める」ことは極めて困難であること

### 1 喧伝されている原発の安全確保策

原発の安全確保策は、「止める」「冷やす」「閉じ込める」という標語で喧伝されている<sup>1</sup>。

「止める」とは、制御棒（中性子をよく吸収する物質が入っている。）を燃料棒の間に挿入することによって、中性子（核分裂を引き起こすもの。）を吸収して核分裂の進行を抑えることをいう。

「冷やす」とは、制御棒挿入によって核分裂の進行を抑えた後も燃料棒内の放射性物質から放出され続ける崩壊熱<sup>2</sup>を水で冷やすことをいう。

「閉じ込める」とは、放射性物質から放出される放射線の外部への放出を、原子炉建屋などで閉じ込めることをいう。

このうち、本件原発では、次に述べるとおり、安全確保策の第一段階である「止める」こと自体が極めて困難である。

### 2 「止める」仕組み

「止める」仕組みは、地震波（地震が発生したときのエネルギーが、波とな

---

<sup>1</sup> 四国電力株式会社 「伊方発電所の安全対策について」 2頁

<sup>2</sup> 原子炉が核分裂を停止しても、炉心内にはそれまでに生成された核分裂生成物が蓄積している。それらの核分裂生成物はそれぞれの物理的な特性に従って崩壊し、放射線を出す。その放射線エネルギーの大部分は原子炉内で熱に変換される。その熱を崩壊熱と呼ぶ。

（京都大学原子炉実験所

<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/kid/safety/decayhea.htm>)

って、地中から地表に伝わるもの。) と関係する。

地震波は大きく分けると、地球内部を伝わる実体波と地表面に沿ってのみ伝わる表面波の2つに分類される。このうち実体波は、P波とS波に分類される<sup>3</sup>。

速度は、P波のほうがS波より速い。固い岩盤上面を伝わる速度は、P波が5～7 km/秒、S波が3～4 km/秒である<sup>4</sup>。そのため、到達する順は、最初にP波 (Primary wave。初期微動。小さな揺れ。) が到達し、次にS波 (Secondary wave。主要動。大きな揺れ。) が到達する。

これらを踏まえて、「止める」仕組みは、先に届いたP波を感知して制御棒が挿入され、S波に備えるものとなっている。

### 3 本件原発は「止める」ことができずにメルトダウン・メルトスルーに至る危険が極めて大きいこと

(1) 本件原発は至近距離にある活断層のために「止める」ことが極めて困難、あるいは不可能であること

本件原発は、その敷地から5 kmほどの至近距離に日本有数の活断層である中央構造線断層帯 (この断層帯は、債務者も認める通り、単に長いだけでなく、周辺の歪み蓄積速度が特に大きく (甲D 5 8・1 5, 1 6 頁), 活動度が高い。) がある。

この断層帯で地震が起きると、地震波がごく短時間で本原発に伝わることとなり、P波とS波の速度の差に基づく本件原発に到達する時間の差がほぼ生じない。つまり、P波とS波がほぼ同時に本件原発に到達する。

---

<sup>3</sup> 東京大学地震研究所海半球観測研究センター「地震波の分類」の「実体波」

[http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/knishida/200909science/seismic\\_wave.html](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/knishida/200909science/seismic_wave.html)

<sup>4</sup> 地震調査研究推進本部事務局 文部科学省研究開発局地震・防災研究課 「地震波速度」の「例えば、P波が固い岩盤 (地震基盤) の上面を伝わる時は、おおよそ5～7km/s、S波ではおおよそ3～4km/sとされています」

[http://www.jishin.go.jp/resource/terms/tm\\_seismic\\_wave\\_velocity/](http://www.jishin.go.jp/resource/terms/tm_seismic_wave_velocity/)

具体的には、P波の速度を秒速7km、S波の速度を秒速3kmとすると、

P波の到達時間 0.71秒

S波の到達時間 1.67秒

P波到達後S波が到達するまでの時間 0.96秒

である。

他方、制御棒の挿入が完了するまでにかかる時間は、制御棒が固定位置から解放されるまでの時間0.3秒+設計上の挿入時間2.2秒=2.5秒である。

このように、S波が到達した時点（地震発生から1.67秒の時点）では、まだ制御棒の挿入は完了していない。（以上、甲C108、5頁）

高知大学総合研究センター防災部門特任教授である岡村眞氏も、震源から極めて近いため、原子炉を緊急停止するための制御棒挿入に余裕が少ないこと、S波（よこ波）がP波（たて波）の到達から約1秒後に到達すること、主要動は少なくとも1000ガル、2000ガル以上もあり得ることを指摘し、制御棒挿入が極めて困難となることを「最も危惧される事態」と指摘する（甲C90・9頁）。

以上のとおり、本件原発は至近距離にある活断層のために「止める」ことが極めて困難、あるいは不可能である。

## (2) 制御棒の挿入が完了しないうちにS波（主要動）が到達したことによって引き起こされる事態

制御棒の一部又は全部が挿入されないことにより、原子炉の核分裂反応は制御されないことになる。最悪の場合は核暴走が起こることまで考えられるが、これ以外にも気を付けなければならないことは、「止める」ことに失敗するような強い揺れが原子炉を襲うときは、冷却設備や他の安全対策設備も同時に重大なダメージを受けている可能性が高いということである。

本件原子炉の耐震設計上、タービン建屋は一般建築物と同じCクラスであ

る。そのため、設計地震動の加速度では、原子炉建屋（耐震設計上Sクラス）が倒壊等を免れたとしても、タービン建屋は倒壊等を免れない。タービン建屋の倒壊に伴い、両建屋をつなぐ2次系冷却水配管<sup>5</sup>等も損傷を免れない。

その結果、タービン建屋内にある給水ポンプから原子炉建屋内にある蒸気発生器へ二次冷却水を給水すること、及び、原子炉建屋内にある蒸気発生器で発生した蒸気をタービン建屋内にある復水器へ送ることが不可能となり、原子炉の冷却ができなくなってしまう。さらに、配管の破断等で通常の冷却ができなくなったときに用いる緊急炉心冷却装置<sup>6</sup>は、制御棒の挿入が完了した出力停止後の原子炉崩壊熱を冷却する能力しかない。制御棒の挿入が完了しない出力中原子炉の冷却には能力不足である。

---

<sup>5</sup> 加圧水型炉は、原子炉内で発生した熱を蒸気発生器で2次冷却水に伝え、蒸気をつくってタービンを回す。放射能を含まない2次冷却水は2次系配管を通して循環する。

コトバンク 2007-02-27 朝日新聞 朝刊 1 総合 「原発の二次系配管」

<https://kotobank.jp/word/%E5%8E%9F%E7%99%BA%E3%81%AE2%E6%AC%A1%E7%B3%BB%E9%85%8D%E7%AE%A1-882798>

1次冷却水は、加圧水型炉(PWR)で原子炉格納容器内にあり、核分裂で発生する熱を発電用の2次冷却水に伝える。核燃料に直接接触しており、放射性物質を含む。高温になった1次冷却水が蒸気発生器を通して2次冷却水を沸騰させ、タービンを回して発電する。

コトバンク 2011-12-13 朝日新聞 夕刊 1 総合 「1次冷却水」

<https://kotobank.jp/word/1%E6%AC%A1%E5%86%B7%E5%8D%B4%E6%B0%B4-892914>

<sup>6</sup> 緊急炉心冷却装置とは、原子炉が空焚(からだ)き状態になることを防ぐ安全系の最重要装置。原子炉で発生する熱を取り除くための冷却系配管が破断するなどで、炉心から冷却水が大量に失われる事故(冷却材喪失事故)が起きたとき、緊急に水を押し込む。加圧水型炉では、高圧で蓄えてある水を入れる蓄圧注入系、ポンプを使い高圧で送り込む高圧注入系、圧力が下がってから働かせる低圧注入系の3系統がある。沸騰水型炉では、圧力容器上部から高圧で水をまく高圧炉心スプレー、低圧炉心スプレー、低圧注入系がある。格納容器内を冷やす格納容器スプレーもあり、沸騰水型炉では格納容器の小ささを補うサブプレッション・プール(チェンバー)がある。これらと格納容器とを工学安全施設という。

知恵蔵 2015 「緊急炉心冷却装置」

<https://kotobank.jp/word/%E7%B7%8A%E6%80%A5%E7%82%89%E5%BF%83%E5%86%B7%E5%8D%B4%E8%A3%85%E7%BD%AE-168332>

債務者は原子炉自動停止失敗時の影響緩和装置やホウ酸水によって核反応を制御する方法を考えているかもしれないが、これらの設備が1000ガル、2000ガルという揺れにも耐えて正常に機能する保障はない。

冷却能力不足になると、原子炉が過熱状態となり、原子炉容器から冷却材がなくなり、急速にメルトダウン、メルトスルーに至る危険がある。(以上、甲C108、5頁)

- (3) 以上のとおり、本件原発は至近距離にある活断層のために「止める」ことが極めて困難、あるいは不可能であり、メルトダウン・メルトスルーに至る危険が極めて大きい。

#### 4 制御棒が安全に挿入できるか否かの判断で債務者が用いる応答倍率法には根本的な問題があること（甲C108添付資料1）

応答倍率法とは、時刻歴震動において鉛直動（縦震動）と横震動（X-Y 水平震動）の最大値が別々の時刻に現れた場合に、代表震動最大値を決定する方法である（甲C108、4頁）。

- (1) 縦振動による制御棒挿入の遅れを考慮していない点（甲C108、3頁）

縦振動地震が生じると、制御棒は固定された状態から解放され重力の働きだけで上下振動するのに対して、燃料集合体は原子炉容器に固定された状態で上下振動することになる。

このため、制御棒が一時的に引き抜かれる現象が生じる。

したがって、制御棒の挿入が完了するまでにかかる時間は、縦振動が無いときに比べて長くかかる。この点は、全体の制御棒の挿入が完了するまでにかかる時間に加算しなければならない。井野博満氏も「(債務者は) 制御棒挿入時間を算定するにあたって、上下動を考慮していない」(甲C249、9頁) ことを問題として指摘している。

しかし、債務者が用いる多度津工学試験所での加振試験では、縦振動地震

による制御棒の挿入が完了するまでにかかる時間の増加(制御棒挿入の遅れ)が考慮されていない。(以上, 甲C108, 3頁) このように債務者は, 実際の地震の一側面(横振動)のみしか想定せずに, 制御棒が安全に挿入されると決めつけている。債務者によるこの程度の想定では, 本件原発の安全性など確保されたとは到底言えない。

- (2) 地震波ごとに異なる制御棒挿入関連機器の共振領域<sup>7</sup>を考慮していない点  
(甲C108, 3頁)

実際の地震波は, 縦振動を伴う速度波形のいびつな複合地震波(三次元)であり, 時間の経過とともに多種多様に変化する。

他方, 制御棒挿入関連機器の構成要素(制御棒・制御棒駆動機構・上部炉心支持構造物・燃料集合体(制御棒案内管)・下部炉心支持構造物)に対して重力加速度・地震加速度が加わった場合に, それぞれの機器が持っている固有振動数<sup>8</sup>モード<sup>9</sup>は異なる。

これらを前提とすると, いびつな複合地震波(三次元)で, かつ時間の経過とともに多種多様に変化する地震波が到来した場合, それぞれの地震波における各種機器の共振領域(振動が助長される領域)は, それぞれ異なる。

したがって, 債務者が想定する特定の代表地震波(水平二次元)実験のみで, 本件原発の制御棒挿入性を適切に確認できるとは, 到底考えられない。

(以上, 甲C108, 3頁)

この点でも, 債務者は, 実際の地震を想定しないままに制御棒の挿入が安

---

<sup>7</sup>共振とは, 振動体の固有振動が加振周波数と一致もしくは正数倍の関係にあるとき, 振動が助長される現象。加振する力の周波数と, 振動体の自由振動の周波数とが一致すると振動体の振動レベルが著しく増大する。

<sup>8</sup>固有振動数とは, 外力を除いたあとに, 自己の内部的な力で続けられる振動を固有振動(または自由振動)といい, その振動数を固有振動数という。

三栄書房 大車林 「固有振動数」

<sup>9</sup>固有振動数モードとは, 固有振動数で振動している物体における振動の現れ方のこと。三栄書房 大車林 「振動固有モード」

全にできると決めつけており、安全性など確保されていない。

- (3) 制御棒挿入時間が直線外挿<sup>10</sup>の評価でしかない点（甲C108，3頁・4頁）

債務者は「(制御棒の挿入の安全性の判断において、制御棒の挿入の)遅れ時間が直線的に増加する範囲(を想定する)」と主張するが、実験科学的に証明されているとは言えない。

つまり、比例推定する場合に、直線内挿<sup>11</sup>の評価では実験科学的に証明された推定範囲に属するのに対して、直線外挿の評価の場合には単なる予想、推測範囲でしかない。特に、比例幅が大きくなると予想の確実性も低くなる。1000ガル、2000ガル以上もあり得る加速度の場合には、「遅れ時間が直線的に増加する範囲」とは、とても言えない。

そのうえ「ドライブライン」製作公差(挿入遅れ方向)も、燃料集合体内での燃料棒滑り現象も、考慮が必要である。製作公差、非線形の振動および滑り現象を考慮すると、その予想がさらに不確かなものとなる。(以上、甲C108，3頁・4頁)

- (4) 債務者の評価によっても本件原発は挿入性評価基準値(2.2秒)を超過している点(甲C108，4頁)

債務者による「伊方発電所3号機制御棒挿入性の評価における応答倍率法の適用性」の5頁目に記載の基準地震動Ss時の評価基準値は2.50秒、通常運転時の挿入時間は1.87秒である。

これは、原子炉設置許可申請書添付十での安全解析前提条件となる制御棒挿入時間2.2秒と整合しない。

安全解析での制御棒挿入時間が2.2秒なら、基準地震動Ss時の評価基準値

---

<sup>10</sup>外挿とは、所与の範囲の外側にある数値を推定することをいう。

人口統計学辞書 「外挿」

<sup>11</sup>内挿とは、所与の数値の間にある数値を推定することをいう。

人口統計学辞書 「内挿」



も 2.2 秒でなければならない。

2.2 秒を守れるか否かは、実規模加震時制御棒挿入試験で安全確認する以外はない。低加速度での試験からの外挿計算（推測）、鉛直動（縦振動）を含まない多度津試験からのコンピュータ外挿では、安全確認は不可能である。

基準地震動  $S_s$  の評価基準値 2.50 秒を見直さないならば、新基準地震動時の評価基準挿入時間(2.50 秒)と各種事故とを重ね合わせた安全解析が必要である。つまり、安全解析の前提条件(評価基準値 2.2 秒)を変更し、評価基準値 2.50 秒にして、改めて安全解析が必要となる。(以上、甲 C 1 0 8, 4 頁)

- (5) そもそも制御棒が安全に挿入できるか否かの判断に応答倍率法を用いるべきではない点 (甲 C 1 0 8, 4 頁)

地震における応答倍率法とは、上述のとおり、時刻歴震動において縦震動と横震動の最大値が別々の時刻に現れた場合に、代表震動最大値を決定する方法である。縦震動と横震動の最大値の単純和を分母として自乗和平方根を分子して代表震動最大値を決定する。債務者はこの応答倍率法を、制御棒が安全に挿入できるか否かの判断に用いている。

しかし、鉛直（縦）震動による制御棒挿入時間の遅れのメカニズム（制御棒浮き上がり）は、横震動による制御棒挿入時間の遅れのメカニズム（摩擦抗力）とは、全く違っている。独立して発生する制御棒の挿入遅れ時間である。

これは、上述の地震における応答倍率法を借用するのではなく、独立して加算すべき遅れ時間となる。(以上、甲 C 1 0 8, 4 頁)

- (6) 炉安審「制御棒挿入に係る安全余裕検討部会」審査委員の問題点

審査委員はいずれも原子力推進組織(原子カムラ)の職員であって、利益相反関係にあることから、その審査の信用性は無い。

## 5 付言

藤原氏の意見書（甲C108）に対しては，松山地方裁判所平成23年（ワ）第1291号・平成24年（ワ）第441号において四国電力が反論しているが，その反論がいずれも当たらないことは，反論を受けて藤原氏が作成した意見書（甲C228，甲C265）のとおりである。

## 第2 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ことの問題性

- 1 制御棒が安全に挿入できるか否かは，本件原発を含む全国すべてのPWR（加圧水型原子炉）のストレステスト<sup>12</sup>において，その評価対象から除かれている。

しかし，これは大きな看過できない問題である。

特に本件原発について，井野氏の意見書に「良く知られているように，伊方原発は，その5kmないし8km北方に中央構造帯が走っており，そこで大きな地震が発生すれば，至近距離であるためその影響は極めて大きい。基準地震動を超える地震の際に，制御棒が設置許可変更申請書安全評価上の挿入時間制限である2.2秒以内に挿入されるかどうかは，極めて疑わしい。」（11頁）とあるとおり，本件原発では制御棒を挿入することが極めて困難である。それにもかかわらず，債務者は，制御棒が安全に挿入できるか否かをストレステストの評価対象から除いてしまっており，安全性が確保されているとは到底いえない。

制御棒の挿入に失敗すれば，核分裂反応を抑えることができなくなり，大量

---

<sup>12</sup> ストレステストとは，全国の原子力発電所で，地震や津波などのストレス（負荷）に対して，原発はどこまで耐えられるのか，安全に余裕があるのかをコンピュータで計算して，安全かどうかを調べるもの。福島第一原発の事故をきっかけに，新しく取り入れた制度で，すべての原発が受ける決まり。

朝日新聞 中学入試特集 「原発のストレステストって何？」

<http://www.asahi.com/edu/jrhigh-exam/TKY201112280378.html> 参照

の放射性物質がまき散らされることにつながる。チェルノブイリ原発事故と同種の大惨事に至る可能性がある。制御棒が安全に挿入できるか否かは、ストレステストの最重要項目とすべきである。(以上、甲C249, 6頁)

さらに、債務者は、基準地震動(1.0Ss)での制御棒挿入性能を評価しているが、ストレステストではクリフエッジ(状況が大きく変わる限界)での制棒挿入性能の評価が必要である。その際、上下動の影響を含めて、挿入時間が地震動に対し線形に(比例して)増加するかどうかの検討が必要である。

上記資料が伊方原発実機でおこなわれたものでないことも安全であることの判断が正確にされていないことを示す。

- 2 制御棒が安全に挿入できるか否かをストレステストの評価対象から除くことについての電力会社の言い訳は、次のとおり、理由になっていない。

「(関西電力は、制御棒が安全に挿入できるか否かをストレステストの評価対象から除いた理由について) 評価基準値を超えても安全に余裕があるという言い訳をしているが、安全の切り詰めであり解析に含まれる不確実性(実験で実証されていない机上の計算であること)を軽視するもので許されることではない。また、ストレステストによる評価をしなくて良いという理由にはならない。

このような観点から見ても、福井地判平成26年5月21日(大飯原発差止め判決)が基準地震動の1.0倍から1.8倍の間において、重大事故(過酷事故)につながる損傷や事象が生じないということは極めて考えにくいと述べていることは、納得できるものである。」(以上、甲C249, 7頁)

### 第3 結論

活動度が高い活断層である中央構造線断層帯からわずかな距離にある本件原発について、地震発生時に制御棒挿入に失敗するおそれは否定できず、その場合の影響は看過できないものがある。

しかし債務者はこの可能性を軽視しており，万が一の事態に備えて本件原発の安全性を確保しているとは到底言えない。

以上