

意見書

平成 25(2013)年 10 月 11 日

氏名： 藤原 節男(ふじわらせつお)
生年月日：昭和 24(1949)年 4 月 2 日生 (64 歳)

(自署)

印

第 1 学歴・職歴

私の学歴・職歴は、以下のとおりです。

昭和 47(1972)年 3 月 大阪大学工学部原子力工学科卒業

昭和 47(1972)年 4 月 三菱原子力工業株式会社(注)に入社、PWR(加圧水型原子炉)原子力発電所設計技術者として従事

(注) 平成 7(1995)年 1 月、三菱重工業株式会社と合併

平成 12(2000)年 7 月 日本原子力研究所東海研究所に研究員として派遣

平成 17(2005)年 4 月 独立行政法人原子力安全基盤機構検査業務部の調査役兼検査員に従事。

平成 22(2010)年 3 月 独立行政法人原子力安全基盤機構検査業務部を定年退職。

第 2 本裁判に意見書を求められた経緯

本件代理人より、以下のことがらについて、私の学歴・職歴からの知見を踏まえた意見書を求められた。

【伊方原発が新規制基準を満足せず、過酷事故を生じる危険性があること】
伊方原発は中央構造線から 6 km の距離にある。中央構造線で地震が起こり、P 波(疎密波、縦波)が到達した時点で制御棒の挿入が開始されたとしても、時間的に、S 波(横波)の到達までに制御棒を挿入し終えることができない。制御棒を挿入し終えることができないと、原子炉停止状態にすることができない。原子炉建屋耐震設計は S クラスだが、タービン建屋耐震設計は C クラスであり、基準地震動(S クラス相当の地震動)が発生するとタービン建屋二次系配管、主給水ポンプが損傷を受け、原子炉の通常時冷却ができなくなってしまう。したがって、原子炉冷却は、原子炉建屋にある緊急炉心冷却系統(ECCS)設備で行うことになる。しかし ECCS 設備は、原子炉停止後の炉心崩壊熱を冷却する能力し

かない。制御棒が原子炉設置変更許可申請書添付十安全解析での前提となる制御棒挿入時間(2.2秒)以内に挿入できないと、原子炉出力状態にある原子炉を冷却することになり、設備能力が足りなくなる。これを ATWS(Anticipated Transient Without Scram: スクラム失敗を伴う予期された過渡事象)という。制御棒挿入遅延が長引くと、炉心溶融になる可能性がある。このことから伊方原発は新規制基準を満足することができず、過酷事故に至る危険が大である。

第 3 伊方原発が新規制基準を満足せず、過酷事故を生じる危険性があること の具体的な説明

新規制基準【実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成二十五年六月二十八日原子力規制委員会規則第六号）】(注7)第三十六条（反応度制御系統及び原子炉停止系統）の3には「運転時の異常な過渡変化時の高温状態においても原子炉停止系統のうち少なくとも一つは、燃料要素の許容損傷限界を超えることなく発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できること」との規定がある。この規定は、福島原発事故以前の安全設計審査指針と同じ規定である。四国電力は、この安全設計審査指針規定を満足していることを説明するために「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」(注4)を作成した。この資料には、次の「まとめ」がある。

----引用開始(31 ページ)----

4. まとめ

制御棒挿入時間遅れと地震力には一定の相関性があり、ある入力レベル範囲までは線形関係にあるので、応答倍率法でも概略評価は可能と考える。

また、制御棒挿入性に関して、JNES 文献等より鉛直動の影響は余りないと考える。

----引用終了(31 ページ)----

本意見書においては、この「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」について論評を加え、問題点を追求して、結果的に、伊方原発が、新規制基準を満足せず、過酷事故を生じる危険性があることを具体的に説明する。

一番の問題点は、直下型地震動で、制御棒挿入不能または、安全評価上の制御棒挿入時間制限(2.2秒)の超過となることである。

【「応答倍率法の適用性」の問題点】

「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」(注4)には、以下の記述がある。

-----引用開始(1ページ目)-----

制御棒の挿入時間遅れは、構成要素の様々な非線形挙動の影響を受けるものではあるが、地震時の制御棒挿入性評価で重要な地震外力による抗力は、燃料集合体等の地震時応答変位量に依存し、燃料集合体等の地震時応答変位量はある範囲までは地震力に比例することから、地震による挿入遅れ時間と地震力には相関性があると考えられる。

「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(平成18年8月原子力安全基盤機構)」(以下、「JNES文献」という。)によれば、制御棒の挿入性については、地震入力レベルがある範囲までは遅れ時間が直線的に増加する傾向が確認されている。したがって、地震入力レベルに対し遅れ時間が直線的に増加する範囲であれば、遅れ時間を比例倍することで概略評価可能と考える。

伊方3号機の既往評価結果(工認時の耐震計算書:基準地震動S2[最大加速度値:473ガル])における制御棒挿入解析より、S2地震時の燃料集合体の応答変位は約30mmである。

中間報告における基準地震動Ss(最大加速度値:570ガル[基準地震動S2の約1.2倍])に対する評価では、JNES文献データから、地震入力レベルに対して遅れ時間が直線的に増加する範囲であると判断し、地震による挿入遅れ時間に応答比を乗じて挿入時間を評価している。

・挿入時間の計算方法

挿入時間 = (通常時の落下時間) + (地震による遅れ時間) × 応答比

なお、制御棒挿入経路には、制御棒クラスタ駆動装置、制御棒クラスタ案内管および燃料集合体が存在するため、それらの機器の中で最大の応答比を求め、評価している。

-----引用終了(2ページ目)-----

この記述には、以下の1. から6. のとおり、問題点がある。

1. 伊方発電所の実機(および模擬)試験においては、鉛直動(縦振動)試験をしていない。制御棒と燃料集合体に鉛直動(縦振動)地震が加震されると、制御棒が自由落下状態で震動し、燃料集合体は原子炉容器に固定された状態で震動するこ

とになる。このため、制御棒と燃料集合体の相互間に位相のずれが生じ、燃料集合体の構成要素である制御棒ガイドシンプルの冷却材が増える状態、つまり、制御棒が一時的に引き抜かれる現象が生じる。制御棒が引き抜かれ、制御棒挿入時間が伸びる現象は、全体の制御棒挿入時間に加算しなければならない。しかるに「JNES 文献」に報告されている「PWR 制御棒挿入性に係る試験」は、多度津工学試験所での加振試験であり、縦振動試験を考慮していない。また、多度津工学試験所での加振試験は、3次元と言っているが、振動台が平面内しか加振できない。すなわち、X-Z 平面もしくは X-Y 平面しか加振できない。実際の地震動は、回転もある。多度津工学試験所での加振試験が、実際の地震動と同等とは、けっして言えない。すなわち、多度津工学試験所での加振試験では、制御棒と燃料集合体に縦振動地震が加震されることによる制御棒挿入時間増加が考慮されていない。このため、設置許可変更申請書安全評価上の制御棒挿入時間制限(2.2 秒)の超過となる危険性がある。ちなみに、原発仕様の 3 次元振動台実験施設は、兵庫県三木市にある実大三次元震動破壊実験施設 (Eーディフェンス) があるのみ。しかし、Eーディフェンスでは、これまで、PWR 制御棒挿入時間測定試験は実施していない。

なお「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」(注 4)の 5 ページ末尾に「鉛直地震力が制御棒挿入性に与える影響は、解析および試験から水平地震力に比べ十分小さいと考えられる」との文言がある。

また、PWR 原子力発電所制御棒挿入性試験に関する報告書「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 (原子力安全基盤機構)」(注 1)でも、鉛直動の影響は余りないとしている。しかし、上述のとおり、鉛直地震力が大震度である実験を実施した訳ではなく、制御棒が一時的に引き抜かれ、制御棒挿入時間が伸びる現象を考慮している訳でもないため、この文言を証明する根拠はまったく薄弱である。

2. 制御棒挿入試験(加振台)で使う地震入力波、解析で使う地震入力波が、特定の代表地震波(時刻歴震動が同じ)である可能性大。実際の地震波は、縦震動や、速度波形のいびつな複合地震波であり、時刻歴震動は多種多様である。また、制御棒挿入関連機器(ドライブライン)構成要素は、制御棒、制御棒クラスタ案内管、上部炉心支持構造物、燃料集合体(制御棒ガイドシングル)、下部炉心支持構造物である。それぞれの機器に重力加速度、地震加速度(三次元)が加わった時、それぞれの機器が持っている固有振動数モードが異なる。したがって、各種地震波での共振領域はそれぞれ異なり、特定の代表地震波のみでは、伊方 3 号の制御棒挿入性が適切に模擬されているとは到底考えられない。

3. 今回の伊方原子力発電所基準地震動Ssでの制御棒挿入時間は、比例外挿評価であり、比例内挿評価ではない。したがって四国電力は「遅れ時間が直線的に増加する範囲」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、線型推定する場合に、比例内挿評価では実験科学的に証明された推定範囲に属するが、比例外挿評価の場合には単なる予想、推測範囲でしかない。比例幅が大きいものでは予想の確実性も低くなる。「ドライライン」製作公差(挿入遅れ方向)も、燃料棒滑りも考慮が必要。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である。

4. 「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」(注4)の5ページ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。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秒との整合性がない。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)、縦振動(三次元振動)を含まない試験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Ssの評価基準値2.50秒を見直ししないならば、新基準地震動時の評価基準挿入時間と各種事故とを重ね合わせた安全解析が必要。つまり、安全解析の前提条件(評価基準値2.2秒)を変更(評価基準値2.50秒)にして、改めて安全解析が必要となる。

5. 応答倍率法の問題点。

地震における応答倍率法とは、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。この場合、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。「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」(注4)の5ページ目ではこの手法を制御棒挿入性の評価に適用している。本意見書の問題点1.に述べたように、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。ちなみに、「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」(注4)の5ページ目でのS2地震動による遅れ時間が0.1秒でSs地震動による遅れ時間は、応答倍率法では1.555倍となっている。この応答倍率法の式でS2地震動による遅れ時間を計算すると、応答比は、 $\sqrt{(1.33)^2 + (0.29)^2} / (1.33 + 0.29) = 0.84$ となる。同じS2地

震動による遅れ時間となるべき計算結果が 0.84 倍なのである。これにより、「制御棒挿入性の評価における応答倍率法の適用性」がまちがっていることを証明したことになる。

6. 炉安審「制御棒挿入に係る安全余裕検討部会」の審査委員は原子力推進組織(原子カムラ)の職員であり、利益相反の疑いあり。

岩村 公道 日本原子力研究開発機構

岡本 孝司 東京大学大学院

可児 吉男 日本原子力研究開発機構

木口 高志 原子力安全基盤機構

竹田 敏一 大阪大学大学院

更田 豊志 日本原子力研究開発機構

伊方原発は中央構造線から 6 km の距離にある。中央構造線で地震が起こり、P 波(疎密波、縦波)が到達した時点で制御棒の挿入が開始されたとしても、時間的に、S 波(横波)の到達までに制御棒を挿入し終えることができない。したがって、安全評価上は、直下型地震を想定して、S 波(横波)の到達時点で、制御棒を挿入し始めるとする。「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」(注 4)はそのための検討結果である。しかし、この検討結果には上述のように 6 つの問題点があり、適切な検討結果とはなっていない。したがって、Ss 地震動による遅れ時間は制御棒挿入設計遅れ時間(2.2 秒)を超過して、さらに想定 2.5 秒を超過する可能性がある。適切な時間以内に原子炉停止状態にすることができない可能性がある。原子炉建屋耐震設計は S クラスだが、タービン建屋耐震設計は C クラスであり、基準地震動(S クラス相当の地震動)が発生するとタービン建屋二次系配管、主給水ポンプが損傷を受け、原子炉の通常時冷却ができなくなってしまう。したがって、原子炉冷却は、原子炉建屋にある緊急炉心冷却系統(ECCS)設備で行うことになる。しかし ECCS 設備は、原子炉停止後の炉心崩壊熱を冷却する能力しかないので、制御棒が挿入できないで原子炉出力状態にある原子炉を冷却するには設備能力が足りない。これを ATWS (Anticipated Transient Without Scram : スクラム失敗を伴う予期された過渡事象)という。このことから伊方原発は新規制基準を満足することができず、過酷事故に至る危険が大である。

【主な論文リスト】

(注 1) 平成 17(2005)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

平成 18(2006)年 8 月原子力安全基盤機構作成

(注 2) 発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（新耐震指針）決定(平成 18(2006)年 9 月 19 日)⇒耐震バックチェック

http://www.pref.fukushima.jp/nuclear/old/info/pdf_files/100805-12.pdf

(注 3) 原子力発電所の耐震安全性の確保に向けての原子力安全・保安院の対応(平成 19(2007)年 8 月 27 日)

(注 4) 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
平成 21(2008)年 12 月付け

<http://etelmtsv.pref.ehime.jp/info/HOUDOU/h21/o211228/3/3-4.pdf>

(注 5) ストレステスト報告添付資料 4、制御棒挿入時間

<http://www.meti.go.jp/press/2011/11/20111114003/20111114003-6.pdf>

(注 6) 「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

http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/anzen/sonota/kettei/20090330_D15.pdf

(注 7)

新規制基準【実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則

(平成二十五年六月二十八日原子力規制委員会規則第六号)】

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H25/H25F31901000006.html>

(反応度制御系統及び原子炉停止系統)

第三十六条 発電用原子炉施設には、反応度制御系統を施設しなければならない。

2 反応度制御系統は、二つ以上の独立した制御棒、液体制御材その他の反応度を制御する系統を有するものであり、かつ、計画的な出力変化に伴う反応度変化を燃料要素の許容損傷限界を超えることなく制御できる能力を有するものでなければならない。

3 原子炉停止系統は、次の能力を有するものでなければならない。

一 通常運転時の高温状態において、二つ以上の独立した系統がそれぞれ発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できるものであり、かつ、運転時の異常な過渡変化時の高温状態においても原子炉停止系統のうち少なくとも一つは、燃料要素の許容損傷限界を超えることなく発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できること。この場合において、非常用炉心冷却設備その他の発電用原子炉施設の安全性を損なうお

それがあある場合に作動する設備の作動に伴って注入される液体制御材による反応度価値を加えることができる。

- 二 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における低温状態において、少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できること。
- 三 一次冷却材喪失その他の設計基準事故時において、少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界へ移行することができ、かつ、少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界に維持できること。この場合において、非常用炉心冷却設備その他の発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合に作動する設備の作動に伴って注入される液体制御材による反応度価値を加えることができる。
- 四 制御棒を用いる場合にあつては、反応度価値の最も大きな制御棒一本が固着した場合においても第一号から第三号までの規定に適合すること。
- 4 制御棒の最大反応度価値及び反応度添加率は、想定される反応度投入事象(発電用原子炉に反応度が異常に投入される事象をいう。)に対して原子炉冷却材圧力バウンダリを破損せず、かつ、炉心の冷却機能を損なうような炉心、炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物の損壊を起こさないものでなければならない。
- 5 制御棒、液体制御材その他の反応度を制御する設備は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。