

平成 22 年 (ワ) 第 591 号 MOX 燃料使用差止請求事件

原 告 石丸ハツミ外 129 名

被 告 九州電力株式会社

準 備 書 面 17

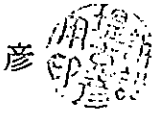
平成 26 年 4 月 11 日

佐賀地方裁判所 民事部 合議 2 係 御中

被告訴訟代理人弁護士

堤

克



同

山

内

喜



同

松

崎



同

斉

藤

芳



同

永

原



同

熊

谷

善



同

池

田

早



第1 はじめに

本準備書面では、原告ら平成26年3月10日付「第七準備書面」及び「第八準備書面」並びに平成26年3月13日の弁論準備手続でのやり取りに関連して、①MOXペレットの「密度変化」（体積変化）に関する議論について改めて整理して主張し、また、②平成26年3月13日の弁論準備手続における御庁からの求釈明事項について回答を行うものである。

第2 MOXペレットの「密度変化」（体積変化）について

1 原告らの主張について

原告らは、被告が輸入燃料体検査申請書【甲12】において、MOX燃料の焼きしまりの挙動及び図3-3(1)ないし(3)に示されるMOX燃料のスエリングの挙動を基に「設計ではMOXペレットの焼きしまり／スエリングについて、二酸化ウランペレットと同じとする」とした点について、図3-3(2)（MOXペレット及びウランペレットの燃焼度ごとのペレット密度の分布）を基に、「MOXペレットとウランペレットの密度変化率は異なる」として、図3-3(2)からMOXペレットとウランペレットの「密度変化率の比率」を読み取って、被告の評価結果にその「密度変化率の比率」を掛け合わせることで、「ギャップ再開時期は被告の評価結果よりも早まる」との主張を展開している。

原告らの主張自体に存する問題点については、被告「準備書面15」で主張したとおりであるが、ここでは、FINEコードの設定の流れについて改めて説明することで上記図3-3(2)の位置付けを明らかにし、上記図3-3(2)が本件の争点（被告の内圧評価結果の妥当性）との関係では何ら重要性を持たないものであることを説明する。

2 FINEコードの設定の基本的な流れ

(1) はじめに

FINEコードは、ウラン燃料の設計に用いるために開発されたものであるが、以下述べるようにウラン燃料用のFINEコードを基にしてMOX燃料の特性を適切に取り込むことにより、MOX燃料の設計についても用いることができる。

具体的には、被告は、①MOX燃料におけるウラン燃料との特性の違いについて、必要に応じてウラン燃料用のFINEコードの計算モデルに反映し、②①において設定した計算モデルの妥当性について、「予測値」と「実

測値」の比較により確認し、③ ②における「予測値」と「実測値」のばらつきについて、評価に取り込んだ上で MOX 燃料の設計を行った。

(2) ① MOX 燃料の特性についての計算モデルへの反映

ア 概要

被告は、MOX 燃料におけるウラン燃料との特性の違いを把握した上で、その違いについて必要なものはウラン燃料用の FINE コードの計算モデルに反映し、ウラン燃料と同等とみなせるものについては、ウラン燃料と同じ計算モデルを適用した。

例えば、MOX ペレットの FP ガス放出率は、ウランペレットのそのの 1.3 倍、ヘリウム生成量は、ウランペレットのそのの 3 倍として、FINE コードの計算モデルに反映した。

イ MOX ペレットの体積変化の計算モデルについて

被告は、MOX ペレットの体積変化について、ウランペレットのそれと概ね同等とみて、ウラン燃料と同一の計算モデルを使用した（上述した輸入燃料体検査申請書において「設計では MOX ペレットの焼きしまり／スエリングについて、二酸化ウランペレットと同じとする」との記載は、この点を記したものである）。

上記図 3-3(2)は、この MOX ペレットの体積変化はウランペレットと概ね同等と判断するに際して参考としたものであり、それ以上の意味はない。

(3) ② ①において設定した計算モデルの妥当性の確認

ア 概要

被告は、①において設定した計算モデルが妥当かどうかについて、(i)他の原子炉において実際に MOX 燃料を照射した際の実証データである「実測値」と、(ii)当該実証データが得られた際の条件（燃料仕様、プラント条件、照射条件）を①において設定した計算モデルを用いた FINE コードに入力して得られた「予測値」とを比較し、「実測値」と「予測値」とのばらつき（ズレ）の大小を確認した。

「実測値」と「予測値」とのばらつきが小さいときは、次の「③ ばらつきの取り込み方の検討」へ進んだ。

なお「実測値」と「予測値」とに大きなばらつきがあり、①において設定した計算モデルが不適當であると判断した場合には、①の作業に戻って計算モデルを修正した上で、再度②において修正した計算モデルの

妥当性を確認することとなる。

イ 実証データについて

被告が計算モデルの妥当性を確認するに際して参照した実証データは、表1「MOX 燃料棒設計コードの実証データ」に記載した原子炉における実証データである。

上記確認に際しては、計算モデルの妥当性を確認すべき実証項目（燃料中心温度、FP ガス放出率、燃料棒内圧、ペレット体積変化）についての実証データ（つまり「実測値」）、及び当該実証データが得られた際の条件（燃料仕様、プラント条件、照射条件）を用いた（「予測値」の算出に当該実証データが得られた際の条件が必要であったため）。

ウ MOX ペレットの体積変化に関する計算モデルの妥当性確認について

MOX ペレットの体積変化については、表1のうち「美浜1号炉」、「BR3 炉」及び「ベズナウ炉(SBR 法) (M501)」について、実証データが得られた（表1の「実証項目」のうち「ペレット体積変化」の欄に「○」が記載されている炉）。

被告は、これらの実証データである「実測値」と、当該実証データが得られた際の条件（表2「ペレット体積変化に関する計算モデルの予測値の算出に用いた諸条件」に記載した諸条件）を、被告が①で設定した FINE コード（体積変化についてウラン燃料と同一の計算モデルを使用）に入力して算出した「予測値」とを比較し、計算モデルを修正すべき程大ききばらつきは存しないことを確認した（図1「ペレット体積変化の実測値と予測値の比較」）。

(4) ③ ②における「実測値」と「予測値」とのばらつきの取り込み

ア 概要

②における計算モデルの妥当性確認において、計算モデルを修正すべき程に大ききばらつきは存しない場合でも、必ず一定のばらつきは存する（実測値と予測値とが完全に一致することは通常考えられない）が、このばらつきについても評価に取り込んだ上で燃料棒を設計する必要がある。

ばらつきの評価への取り込み方は複数存するが、被告が燃料棒内圧評価において最もよく用いたのは、②でその妥当性を確認した FINE コードの計算モデルを使用して、「ギャップ再開が起きない最大内圧値」及び「3 サイクル終了時の燃料棒内圧値」を求めた後、「燃料棒内圧設計基準値」及び「燃料棒内圧評価値」を求める際に、ばらつきを「不確定性」

として安全側の評価となるよう考慮する方法である。

イ MOX ペレットの体積変化に関する計算モデルにおける「実測値」と「予測値」とのばらつきの取り込みについて

被告は、②で妥当性を確認した MOX ペレットの体積変化に関する計算モデルに関し、「実測値」と「予測値」とのばらつき（つまり図1におけるばらつき）については、MOX ペレットの体積変化に関する計算モデルにおいて「焼きしまり」を考慮しない（被告「準備書面13」25頁）こととすることによって、燃料棒内圧評価値が安全側の結果となるようにし、このばらつきを包含させた。

すなわち、焼きしまりは、燃焼初期にペレットの体積が減る現象であるが、これによってペレットと被覆管との空隙（燃料棒内部の自由体積）が増えるため、燃料棒内圧を低くする方向に働く。燃料棒内圧評価において、焼きしまりを考慮しない（つまり焼きしまりが起こらないという前提で評価する）こととすると、ペレットと被覆管との空隙（燃料棒内部の自由体積）が燃焼初期から小さくなり、燃料棒内圧は燃焼初期の時点から高まり、高い状態のまま推移するため、3サイクル末期における燃料棒内圧評価値は厳しくなる。

このように、被告は「焼きしまり」を考慮しない計算モデルを用いて、「予測値」を計算したのであるが、この場合の実測値と予測値との関係のイメージは、図2「焼きしまりを考慮しない場合のペレット体積変化の実測値と予測値の比較（イメージ）」のとおりとなる。

「焼きしまり」を考慮した図1（「予測値」は②で妥当性を確認した計算モデルによって計算した数値）では、実測値が予測値を上回るプロットもあったが、図2（「予測値」は②で妥当性を確認した計算モデルについて「焼きしまり」を考慮しないこととしたものによって計算した数値）では、全てのプロットにおいて実測値が予測値を下回っている。つまり、「焼きしまり」を考慮しないこととすることで、今回入手したいずれの実証データとの関係においても、より安全側に評価できる計算モデルになったのである。

被告は、本件 MOX 燃料の燃料棒内圧評価においては、以上の「焼きしまり」を考慮しない計算モデルを用いて評価したのであり、②におけるペレット体積変化の「実測値」と「予測値」とのばらつき（つまり図1におけるばらつき）も包含され、評価に取り込まれていることは明らかである。

3 まとめ

以上のとおり、原告らが主張の基としている「図 3-3(2)」は、「ウラン燃料と同一の計算モデルを適用する」との判断の際に「① MOX 燃料の特性についての計算モデルへの反映」の段階で、参考的に使用したものに過ぎない。

被告は、その後の「② 設定した計算モデルの妥当性の確認」の段階において、上記の判断を前提とした計算モデルを使用して「予測値」を算出した上で「実測値」と比較し、計算モデルを修正すべき程に大きなばらつきは存しないことを確認し(図1)、さらに、「③『実測値』と『予測値』のばらつきの取り込み」の段階において、当該ばらつきについても内圧評価に取り込んだ上で、燃料棒内圧評価を行った。

ここで、①の「ウラン燃料と同一の計算モデルを適用する」との判断が正しいか否かの議論が、本件の争点(被告の内圧評価結果が妥当か否か)において意味を持たないことは明らかである。①の「ウラン燃料と同一の計算モデルを適用する」との判断を正しかったと評価するか否かは、要するに、②の「実測値」と「予測値」のばらつきについて計算モデルを修正すべき程に大きいばらつきであると評価するか否かという問題であるが、いずれの立場に立つにせよ、②で生じたばらつきについて③で評価に取り込んでいる以上、①の判断の是非は問題にならないのである。

原告らの主張は、「図 3-3(2)」から読み取った MOX 燃料とウラン燃料との差異について、被告の内圧評価結果に加味して修正すべきというものであるが、「図 3-3(2)」において MOX 燃料とウラン燃料との間に差異があると主張する点は、①の「ウラン燃料と同一の計算モデルを適用する」との判断が正しくないとの主張に過ぎず、上述のとおり意味がない。また、当該差異について被告の内圧評価結果に加味して修正すべきと主張する点は、被告が「図 3-3(2)」の具体的なデータを用いて内圧評価を行っているのであれば、「図 3-3(2)のデータの読み方が間違っている」との原告らの指摘も意味があるが、被告は「図 3-3(2)」の具体的なデータについては内圧評価で一切使用していないのであり、的外れである。

第3 裁判所からの求釈明事項に対する回答

1 (求釈明事項)

被告「準備書面7」に記載されている「図5 ペレット体積変化の実測値

と予測値の比較」(15頁)(本準備書面の図1)のプロットの値を示すこと
(回答)

本図に記載されているプロットの値は、燃料製造者及び三菱重工の商業機密にあたり、開示することはできない。

2 (求釈明事項)

被告「準備書面7」に記載されている「図5 ペレット体積変化の実測値と予測値の比較」(15頁)(本準備書面の図1)のプロットの根拠となったデータを示すこと

(回答)

上述したとおり、本図に記載されているプロットの根拠となった実証データ及び当該実証データが得られた際の条件については、表1のうち「美浜1号炉」、「BR3炉」及び「ベズナウ炉(SBR法)(M501)」(表1の「実証項目」のうち「ペレット体積変化」の欄に「○」が記載されている炉)のものである。これらのデータの具体的数値については、商業機密にあたり、開示することはできない。

3 (求釈明事項)

輸入燃料体検査申請の際に評価した燃料棒内圧の燃焼度変化について、設置変更許可申請書における燃料棒内圧の燃焼度変化を示す図(第3.2.5(4)図)に相当するものを示すこと

(回答)

輸入燃料体検査申請の際に評価した燃料棒内圧の燃焼度変化について図3に示し、設置変更許可申請書の第3.2.5(4)図について図4に示す。

設置変更許可申請の際の燃料棒内圧評価と、輸入燃料体検査申請の際の燃料棒内圧評価とでは、評価に用いた出力履歴が異なる。出力履歴が異なれば、燃料棒内圧の上昇傾向は変わるので、設置変更許可申請の際の燃料棒内圧の挙動(図4)と輸入燃料体検査申請の際の燃料棒内圧の挙動(図3)とが異なっているものである。

以上

表 1 MOX 燃料棒設計コードの実証データ

照射炉	燃料形式 (ブローラム名 ほか)	燃料 製造者	粉末 混合方法	プルトニウム 含有率 (wt%)	燃料棒本数 (本)	燃焼度 (GWd/t)	実証項目			(参考) 図 1 における ブローラムの記号
							燃料中心 温度	FP ガス 放出率	燃料棒 内圧	
未照射材	-	BNFL	SBR 法	10	-	-	-	-	-	-
	-	BN	MIMAS 法	10	-	-	-	-	-	-
試験炉	17×17	BNFL	SBR 法	8.9	3	56 (R)	○	○	-	-
	17×17	核燃料サイクル 開発機構	MH 法	8	8	31 (R)	○	○	-	-
	17×17	WH	旧製法	6.6	22	22 (R)	-	○	-	-
国内商業炉	17×17	BNFL	SBR 法	4*	2	28 (P)	-	○	-	-
	14×14	WH	旧製法	4.2	6	25 (R)	-	○	○	○(4ブローラム)
	14×14	核燃料サイクル 開発機構	旧製法	4.2	2	24 (R)	-	○	-	○(4ブローラム)
海外商業炉	17×17	BN	旧製法	11	4	62 (P)	-	○	-	◆(1ブローラム)
	17×17	BN	MIMAS 法	10	6	43 (P)	-	○	-	■(4ブローラム)
	17×17 (高出力)	BN	MIMAS 法	10	2	57 (P)	-	○	○	□(8ブローラム)
試験炉	17×17	BNFL	SBR 法	8.4	4	61 (P)	○	○	-	-
	17×17	COMMOX	MIMAS 法	8.4	4	60 (P)	○	○	-	-
海外商業炉	14×14 (M109)	BN	MIMAS 法	6	10	44 (R)	-	○	-	-
	14×14 (M308)	BN	MIMAS 法	5.6	4	59 (R)	-	○	-	-
	14×14 (M501)	BNFL	SBR 法	5.5	7	36 (R)	-	○	○	◇(8ブローラム)

SBR : Short Binderless Route MIMAS : Micronized Master Blend Process MH : Microwave Heating

(P) : ピークペレット (R) : 燃料棒平均 * : 核分裂性プルトニウム富化度

BNFL : British Nuclear Fuels Limited (英国原子燃料公社) BN : Belgonucleaire (ベルゴニウム公社) WH : Westinghouse (ウエスチングハウス社)

COMMOX : コモックス社

表2 ペレット体積変化に関する計算モデルの予測値の算出に用いた諸条件

被覆管外径	密度
被覆管内径	初期ヘリウムガス圧
プレナム長さ	冷却材入口温度
燃料有効長さ	冷却材流量
ペレット長さ	炉心平均線出力密度
ペレット直径	出力履歴
プルトニウム含有率	軸方向出力分布
ウラン 235 濃度	

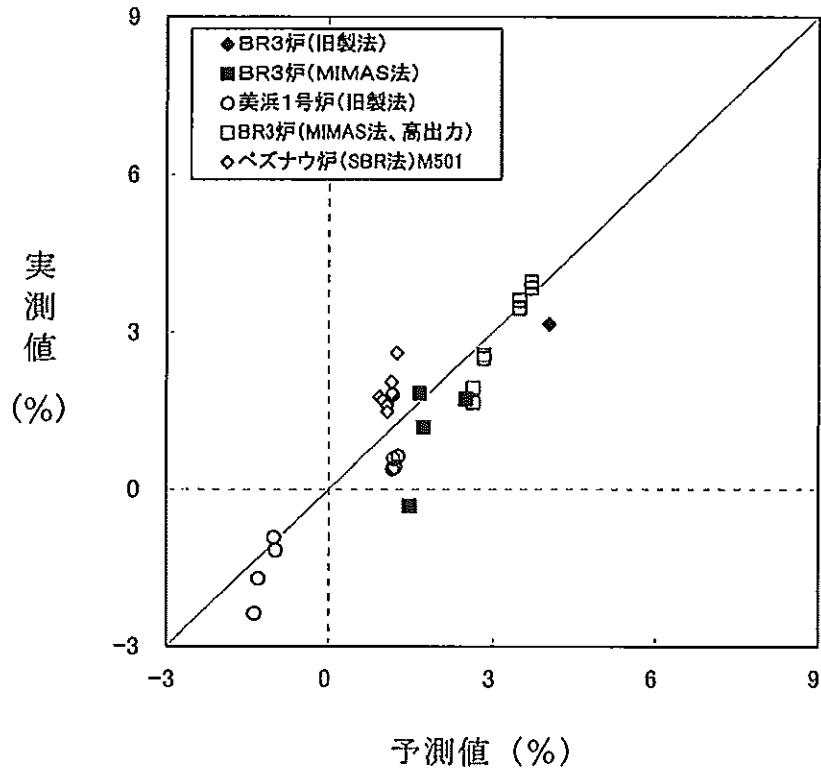


図1 ペレット体積変化の実測値と予測値の比較

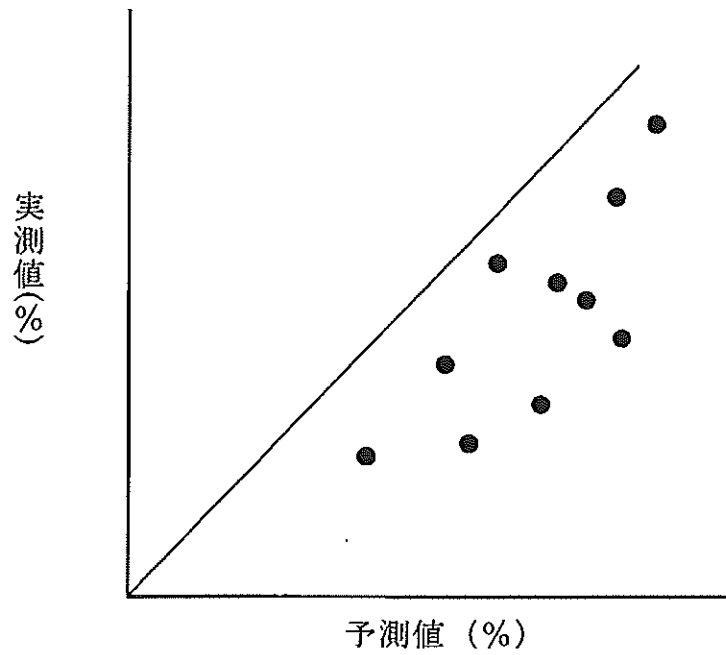


図2 焼きしまりを考慮しない場合のペレット体積変化の実測値と予測値の比較 (イメージ)

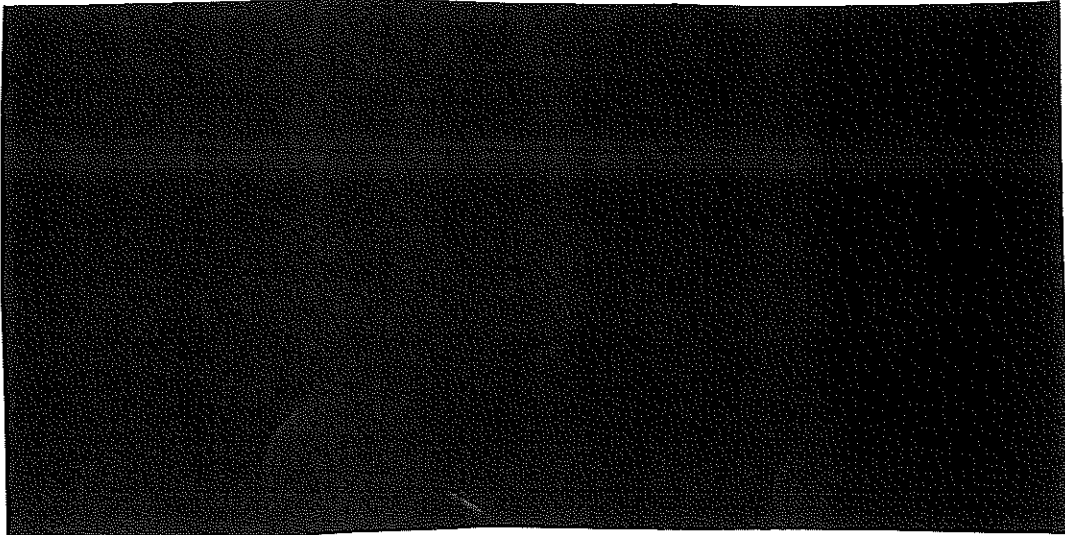


図3 輸入燃料体検査申請の際に評価した燃料棒内圧の
燃焼度変化

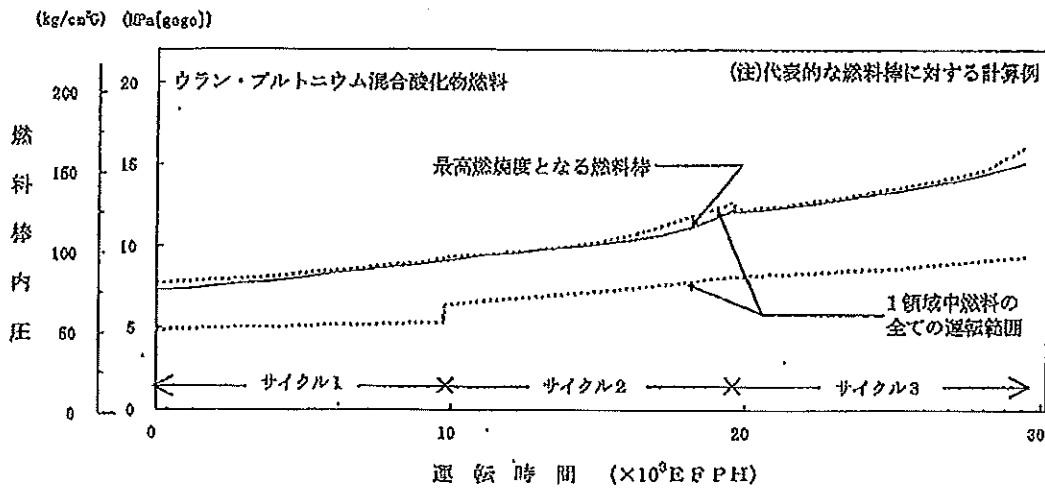


図4 燃料棒内圧の燃焼度変化(ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料)(3号炉)

出典:「玄海原子力発電所原子炉設置変更許可申請書(3号原子炉施設の変更)」
/8-3-90頁「第3.2.5(4)図:燃料棒内圧の燃焼度変化(ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料)(3号炉)」

¹ MPa[gage]: 大気圧0とした場合の圧力の大きさを表した単位。MPa[abs]で示される絶対圧から0.1MPa(大気圧分)を引くとMPa[gage]となる。
つまり 19.5MPa[abs]=19.4 MPa[gage]