

**女川原子力発電所3号機における  
MOX燃料採用に伴う安全性について  
(先行原子炉安全解析結果との比較)**

**平成21年5月27日  
東北電力株式会社**

# 比較対象とした原子炉の概要

至近に設置変更許可を受けているBWR2基における安全解析結果  
(申請書記載値)との比較について報告いたします。

	女川3号炉	島根2号炉 (中国電力(株))	浜岡4号炉 (中部電力(株))
型式	沸騰水型軽水炉 (BWR5, Mark I 改良型格納容器)		
出力	熱出力:2,436MW 電気出力:約825MW	熱出力:2,436MW 電気出力:約820MW	熱出力:3,293MW 電気出力: 約1,137MW
燃料タイプ (MOX燃料が装荷 されたサイクル以降)	9×9燃料(A型) 9×9燃料(B型) MOX燃料	9×9燃料(A型) 9×9燃料(B型) MOX燃料	9×9燃料(A型) 高燃焼度8×8燃料 MOX燃料
燃料集合体数	560体	560体	764体
MOX燃料採用 設置変更許可時期	安全審査中	2008.10	2007.7

# 1. 燃料設計データの比較結果

## ■ MOX燃料の設計

**3基とも、MOX燃料ペレットの組成や燃料集合体の構造等の主要仕様は同等です。**

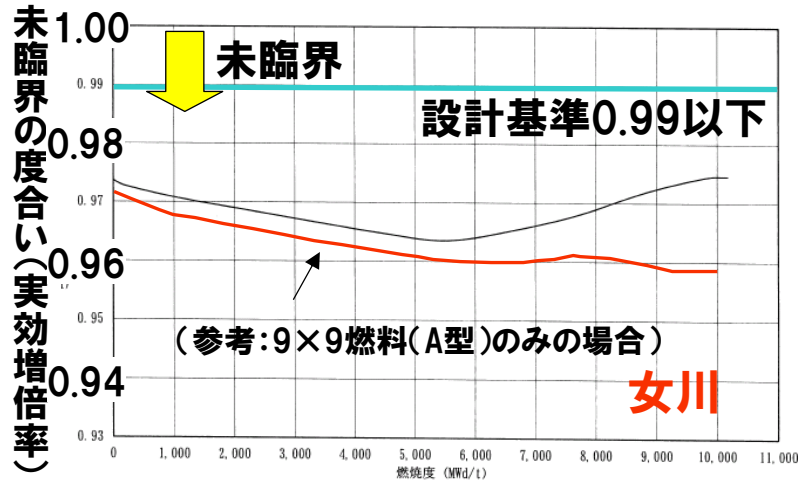
### <燃料棒内圧, ペレット最高温度の解析結果>

	燃料棒内圧	ペレット最高温度
女川3号	約5.7MPa [abs]	約1,660℃
島根2号	約5.7MPa [abs]	約1,660℃
浜岡4号	約5.8MPa [abs]	約1,660℃

(燃料棒内圧は燃料の「取出時」、ペレット温度は「3年間使用するとした場合1年半程度の時期」にそれぞれ最高になる。)

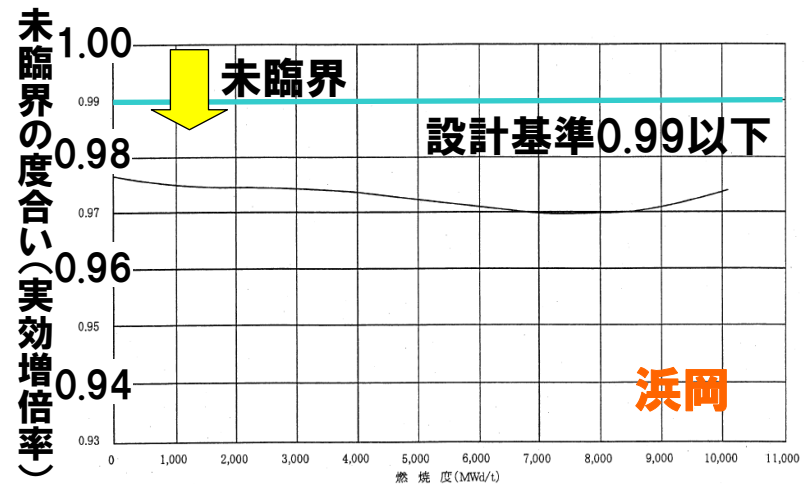
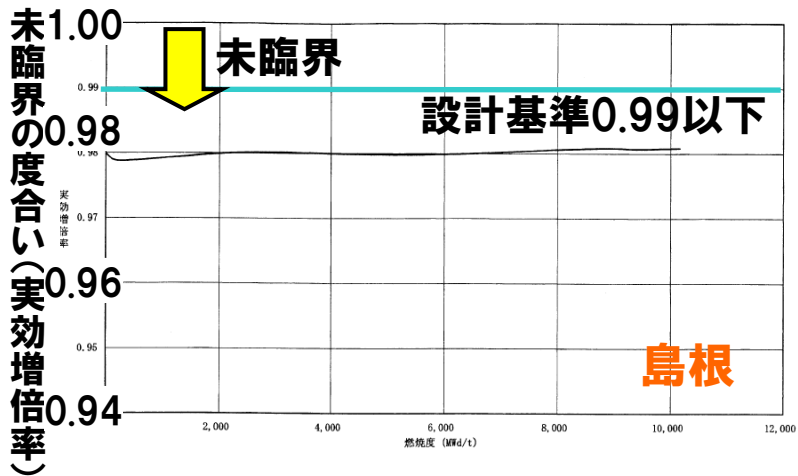
## 「2. 原子炉の停止能力の解析結果」の比較

いかなる制御棒1本が挿入できなくても、原子炉を未臨界にするための余裕（原子炉停止余裕）の解析結果の比較



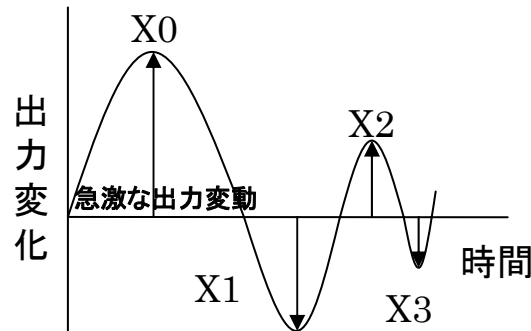
(例)MOX燃料+9×9燃料(A型)炉心の解析結果

原子炉内における燃料の配置が異なるため、解析結果の傾向は一致しないが、いずれも設計基準である0.99以下を満足している。



### 「3. 炉心安定性解析結果」の比較

MOX燃料を装荷した炉心で急激な出力変動が生じた場合に、出力が元に戻るかどうかを表す指標(炉心安定性減幅比)の比較



「出力が元に戻るかどうか」の指標

出力振幅の変化割合(減幅比)

$$= \frac{X2}{X0}$$

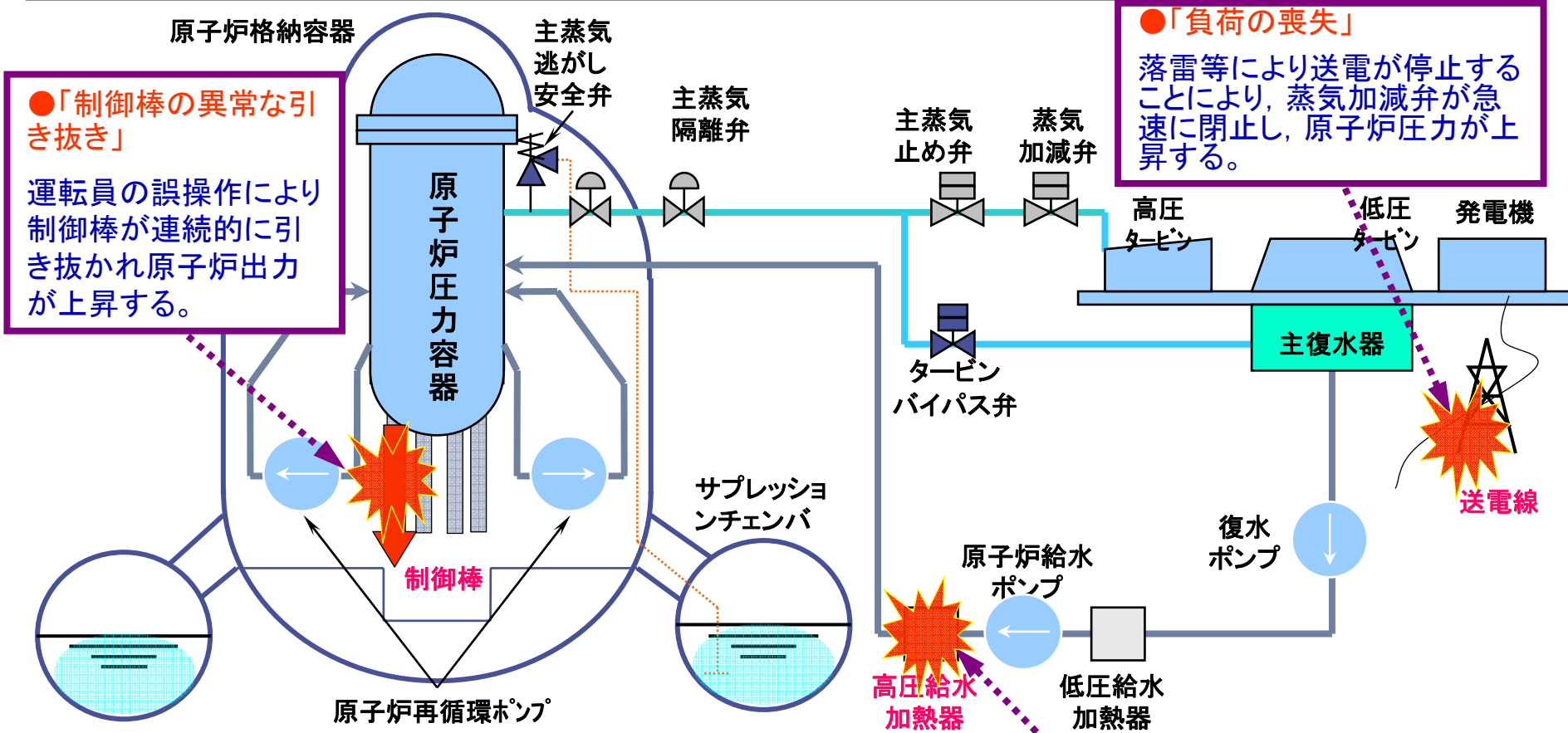
	解析条件(※)		減幅比	判断基準
	出力	炉心流量		
女川3号	63%	37%	0.75	1未満
島根2号	57%	39%	0.74	
浜岡4号	52%	36%	0.72	

(※):原子炉の安定性が最も悪くなる運転状態(最低ポンプ速度, 最大出力運転時)

結果の差は、最低ポンプ速度時の炉心流量および最大出力の値が異なること等による。(出力が大きく炉心流量が小さいほど減幅比は大きくなる。)

# 「4.運転時の異常な過渡変化の解析結果」の比較

「運転時の異常な過渡変化」:  
原子炉の運転中に一つの機器の故障や誤動作などにより発生すると予想される事象  
(合計12事象)



●「制御棒の異常な引き抜き」  
運転員の誤操作により制御棒が連続的に引き抜かれ原子炉出力が上昇する。

●「負荷の喪失」  
落雷等により送電が停止することにより、蒸気加減弁が急速に閉止し、原子炉圧力が上昇する。

●「給水加熱喪失」  
原子炉の出力運転中に、給水加熱器への蒸気流量が喪失して、給水温度が徐々に低下して、原子炉出力が上昇する。

# 「4.運転時の異常な過渡変化の解析結果」の比較

## 最小限界出力比の解析結果

女川3号では、「給水加熱喪失」事象において最小限界出力比の変化割合が最も大きくなる。(燃料の出力が、冷却不足で過熱状態となる出力に最も近づく)

＜最小限界出力比の変化割合(ΔMCPR)解析結果＞

	M O X 燃料	9×9燃料		判断基準
		(A型)	(B型)	
女川3号	0.18	0.17	0.16	この解析結果を用いて運転時の制限値を設定  ※
島根2号	0.17	0.16	0.16	
浜岡4号	0.18	0.17	—	

「給水加熱喪失」の解析結果

$$\text{最小限界出力比} = \frac{\text{燃料が冷却不足で過熱状態になる出力}}{\text{運転中の出力}}$$

\* 最小限界出力比とは、燃料の熱除去の程度を表すものであり、判断基準を下回ると燃料破損を起こす可能性が高くなる

※ 島根2号、浜岡4号は、送電系異常時にも運転を継続できるように、原子炉蒸気全て(女川3号は25%)をタービンバイパス弁により、直接復水器に移送できる設計としている。このため、タービンバイパス弁不作動判定後にスクラムする分、時間遅れが生じる。

したがって、送電系異常時にタービンバイパス弁が動作しない場合、原子炉の圧力が上がり、燃料は過熱状態に近づくため、最も厳しい結果となる。

# 「4.運転時の異常な過渡変化の解析結果」の比較

## 局所的に発生する熱量(単位面積当たり)の解析結果

### 燃料被覆管が機械的に破損しないことを確認するためのパラメータの解析結果の比較

＜局所的に発生する熱量(単位面積当たり)の解析結果＞

	M O X 燃料	9×9燃料		判断基準
		(A型)	(B型)	
女川3号		約121%		165 % 以下
島根2号		約121%		
浜岡4号		約121%	—	

「出力運転中における制御棒の異常な引き抜き」の解析結果

3基とも全く同じ結果となっている。



# 「4.運転時の異常な過渡変化の解析結果」の比較 燃料エンタルピ(熱量)の最大値の解析結果

## ＜燃料エンタルピ(熱量)の最大値の解析結果＞

	M O X 燃料	9×9燃料		判断基準
		(A型)	(B型)	
女川3号	約92kJ/kg			272kJ/kg 以下
島根2号	約141kJ/kg			
浜岡4号	約88kJ/kg		—	

## 「原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き」の解析結果

※ 燃料エンタルピは燃料の発熱量を表し、判断基準を超えると燃料破損を起こす可能性が高くなる

島根2号は、原子炉内の中性子量を計測する設備が異なることにより、原子炉スクラムするときの中性子量(原子炉出力)が大きくなっている。浜岡4号との差は、原子炉内の燃料配置の相違によるもの。

女川3号、浜岡4号:起動領域モニタ(SRNM)

:原子炉出力上昇の速度が一定以上になるとスクラム

島根2号:中間領域モニタ(IRM)

:原子炉出力が一定のレベルに到達するとスクラム

## 「4.運転時の異常な過渡変化の解析結果」の比較 原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値の解析結果

＜原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値の解析結果＞

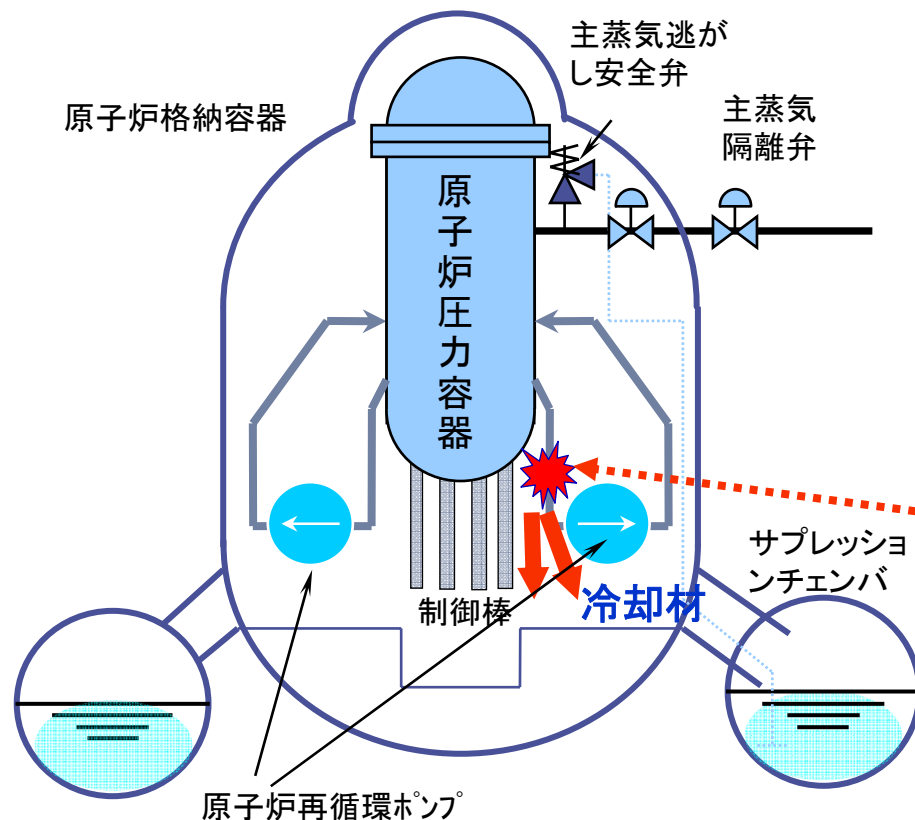
	M O X 燃料	9×9燃料		判断基準
		(A型)	(B型)	
女川3号	約8.25 MPa [gage]			9.48MPa [gage] 以下
島根2号	約8.50 MPa [gage]			
浜岡4号	約8.29 MPa [gage]		—	

〔「負荷の喪失(発電機負荷しゃ断, タービンバイパス弁不作動)」の解析結果〕

島根2号は女川3号と比べ、原子炉圧力上昇時に蒸気を逃がすための設備である「主蒸気逃がし安全弁」の作動設定圧力が約0.21MPa [gage] 高いため、圧力の最大値も高くなる結果となっている。

## 「5. 事故解析結果」の比較

事象の一例として、原子炉冷却材喪失が発生した場合の影響について示します。



### 事故想定の例

炉心の溶融あるいは著しい損傷の恐れがないことを確認するため**原子炉冷却材喪失**を想定している。

**原子炉冷却材喪失とは**  
再循環配管が破断し、冷却材が格納容器内に放出され、燃料温度が上昇する。

## 「5. 事故解析結果」の比較

### 原子炉冷却材喪失の解析結果

#### 「原子炉冷却材喪失」

再循環配管が破断し、冷却材が格納容器内に放出され、燃料温度が上昇する事象。

#### <MOX燃料の被覆管最高温度の解析結果>

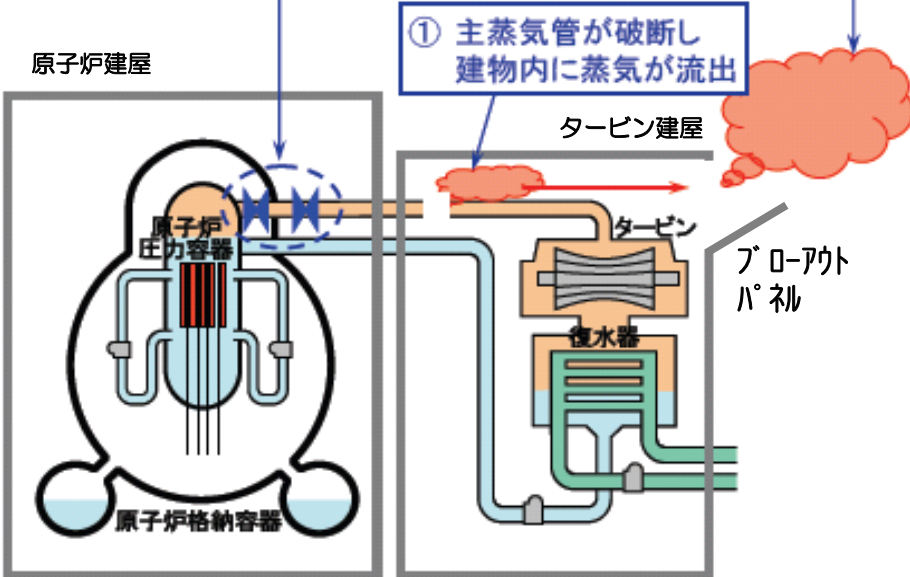
	大破断 (再循環配管両端破断)	中小破断	判断基準
女川3号	約564℃	約535℃	1,200℃ 以下
島根2号	約564℃	約526℃	
浜岡4号	約565℃	約546℃	

- ・大破断時の最高温度は、事象発生時点における燃料の保有熱量によって決まるが、この値がほとんど同じ(燃料設計が同等)ため、結果もほぼ等しくなった。
- ・中小破断時の結果の差は、原子炉内構造の相違等によるもの。

# 「6. 事故時における被ばく量」の比較

## 主蒸気管破断 格納容器外で主蒸気管が1本瞬時に破断し冷却材が流出して、放射性物質が環境に放出される事象

- ③ 主蒸気隔離弁が閉止し、破断口からの蒸気の流出を防止する
- ② 環境中に放射性物質が放出



	実効線量	判断基準
女川3号	約0.090 mSv	5mSv以下
島根2号	約0.072 mSv	
浜岡4号	約0.074 mSv	

原子炉冷却材浄化系設計の相違により、想定する(\*)冷却材中の核分裂生成物濃度は女川3号炉がわずかに高いことから、事故時に冷却材とともに放出される核分裂生成物の量も多くなる結果となった。

(\*)：解析では、燃料棒に破損が発生して冷却材中の核分裂生成物濃度が高くなるという保守的な条件を設定している。

**本報告では、至近に設置変更許可を受けているBWR2基（中国電力島根2号炉，中部電力浜岡4号炉）における安全解析結果との比較を行いました。結果は大きく変わらないことが確認できました。**

**女川原子力発電所3号炉におけるMOX燃料の採用については、現在国の厳正な安全審査を受けております。**

**今後とも、関係自治体のご指導をいただきますとともに、地域の皆様には十分なお説明を行い、ご理解をいただけるよう誠心誠意努めてまいります。**