

原子力発第03144号
平成15年10月8日

愛媛県知事
加戸守行 殿

四国電力株式会社
取締役社長 大西 淳

伊方発電所第3号機炉内出力分布測定における
制限値超過他3件にかかる報告書の提出について

平成15年8月に発生しました伊方発電所第3号機炉内出力分布測定における制限値超過他3件につきまして、その後の調査結果がまとまりましたので、安全協定第11条第2項に基づき、別添のとおり報告いたします。

今後とも伊方発電所の安全・安定運転に取り組んでまいりますので、ご指導賜りますようお願い申し上げます。

なお、平成15年8月22日に発生しました伊方発電所第2号機補助蒸気配管からの漏えいにつきましては、現在、原因調査等を行っており、結果がまとまりましたら報告いたします。

以 上

伊方発電所第3号機

炉内出力分布測定における制限値超過について

平成15年10月
四国電力株式会社

1. 件 名
伊方発電所第3号機
炉内出力分布測定における制限値超過について

2. 事象発生の日時
平成15年8月6日18時25分(確認)

3. 事象発生の設備
原子炉本体(炉心)

4. 事象発生時の運転状況
通常運転中(出力929MW)

5. 事象の概要

伊方発電所第3号機は通常運転中のところ、平成15年8月6日18時25分、定期的実施している炉内出力分布測定において、燃料1体の最上部で燃料の局所的な出力の評価値($F_Q(z)$)が、伊方発電所原子炉施設保安規定(以下、「保安規定」という)に定められた制限値を約1%超えていることが確認された(制限値:1.505に対し、出力評価値:1.522)。このため、保安規定に基づき、原子炉出力を2%降下した上で、必要な運転関係の制限値、設定値の変更を実施した。(添付資料-1、2、3の及び4参照)

出力分布評価方法について調査し、出力分布評価に使用する炉心上部の設計値を運転期間に応じたより適切な値に替えて再評価した結果、制限値を下回っていることを確認した。(添付資料-3の参照)

その後、炉内出力分布測定を再度行い、出力を復帰させても制限値を超えないことを確認した上で、8月8日1時5分原子炉出力を復帰した。

(添付資料-3の参照)

なお、保安規定に定める局所的な出力の制限は、一次冷却材喪失事故が起きた場合において、炉心の冷却可能な形状を維持しうるように設けられているものであり、制限を超えたとしても通常運転状態で燃料の健全性上問題となるものではない。

また、本事象による周辺環境への放射能の影響はなかった。

6. 事象の時系列

8月6日

9時29分 出力分布測定開始

11時49分 出力分布測定終了

11時49分 ~ 18時25分

出力分布測定データの評価

- 1 8 時 2 5 分 出力分布測定の結果、出力評価値が制限値を約 1 % 超えていることを確認
- 1 8 時 3 2 分 負荷降下開始
- 1 8 時 3 7 分 負荷降下終了 (約 2 %)
- 2 1 時 1 0 分 ~ 2 3 時 2 7 分
 運転関係の制限値、設定値変更実施
 - ・ 軸方向中性子束出力偏差の許容運転制限範囲変更 (2 % 下げる)
 - ・ 出力領域中性子束トリップ設定値変更 (2 % 下げる)
 - ・ 過出力 Tトリップ設定値変更 (2 % 下げる)

8月7日

- 1 2 時 0 0 分 出力分布評価方法の調査及び再評価の結果、制限値を下回っていることを確認
- 1 4 時 0 8 分 出力分布再測定開始
- 1 7 時 5 5 分 出力分布再測定終了
- 1 7 時 5 5 分 ~ 2 0 時 3 0 分
 出力分布測定データの評価
- 2 0 時 3 0 分 出力分布評価の結果、出力評価値が制限値を超えておらず、元の負荷に戻した場合でも問題ないことを確認
- 2 2 時 5 1 分 ~ 8 月 8 日 0 時 0 4 分
 運転関係の制限値、設定値復旧実施

8月8日

- 0 時 1 0 分 負荷上昇開始
- 1 時 0 5 分 負荷上昇終了 (約 2 %)

7. 調査結果

保安規定に定める局所的な出力分布の確認は、運転中毎月、炉内核計装置による出力(中性子束)分布測定データと各運転サイクル毎の設計値をもとに評価して行っている。

今回、局所的な出力の評価値が、1箇所で保安規定に定める制限値を超過したことについて、以下の通り要因の調査を行った。

(1) プラント設備に関する要因

制限値を超過した位置が制御棒の挿入されている炉心上部であったことから、制御棒位置について調査した結果、制御棒位置は正常であり、出力分布に影響する要因は認められなかった。

(2) プラント運転状態に関する要因

平成14年4月より3号機は定格熱出力一定運転を行っており、従来98%程度であった原子炉熱出力に対しほぼ定格出力で運転しているが、その差は2%程度であり、添付資料-3のとからもわかるように、出力評価値については変化はなく、定格熱出力一定運転の出力分布への影響はなかった。

(3) 検出器データに関する要因

炉内出力分布測定は、炉内核計装装置を使用して可動型の検出器を炉心内に挿入し、その検出器データを基に評価を行うことから、検出器データの異常の有無について調査した。

検出器のデータは、測定前、測定中を通じて安定しており、検出器動作に問題のなかったことを確認した。

さらに、炉心上部の検出器データについて検討した。

一般に、中性子の量は燃料端部に向かって減少していくが、炉心の上下端部周辺では、中性子を反射させる特性を持つ水(減速材)により炉心領域から漏れ出た中性子が炉心方向に反射されて中性子のピーク(山)が形成される。このような傾向は燃料の燃焼が進むにつれてより顕著に見られるものである。

今回の測定でも、各測定箇所でのこの傾向が見られており、その影響により燃料上下端部での中性子量の増加が見られることを確認した。

(4) 評価方法に関する要因

出力分布は、検出器による測定データをもとに、炉心計算による設計値を考慮して検出器のっていない燃料の出力分布を評価している。

炉心上部(制御棒Dバンク挿入領域)の出力分布の評価方法について調査した結果、運転期間初期の設計値に固定して使用していたことが確認された。運転期間初期の設計値で出力分布を評価したことにより、燃焼が進むにつれて上部の燃料の出力は低下傾向になるところを高めめに評価したことから、測定時点の出力分布との差が大きくなったものと考えられる。この傾向は、運転期間の経過に従い大きくなる。

このことから、炉心上部の設計値を、事象発生時の運転期間に応じた設計値に替えて再評価した結果、制限値を十分下回ることが確認された(制限値:1.505に対し、出力評価値:1.401。再評価前の値1.522に対し、約8%低下)。

なお、炉心上部を除く部分については、運転期間の経過に応じた設計値を使用していた。(添付資料-5、6参照)

8. 推定原因

炉内出力分布測定における制限値超過の原因は、炉心上下端部周辺の中性子ピークの影響が大きくなる傾向の運転期間末期時点での出力分布評価において、運転期間初期の設計値を用いて出力分布を評価していたことにある。

9. 対策

(1) 出力分布評価方法について調査し、出力分布評価に使用する炉心上部の設計値を燃料の燃焼の進み具合に応じた設計値に替えて再評価した結果、制限値を下回っていることを確認し、復旧した。

(2) 今後、出力分布の評価にあたっては、評価に使用する炉心上部の設計値を、運転期間初期の設計値に固定して使用するのではなく、燃料の燃焼の進み具合に応じた設計値を使用することとし、作業要領書に、燃料の燃焼を考慮した設計値が設定されていることを確認する記載を追加した。

また、伊方1、2号機についても同様の対策を実施した。

以上

用語解説

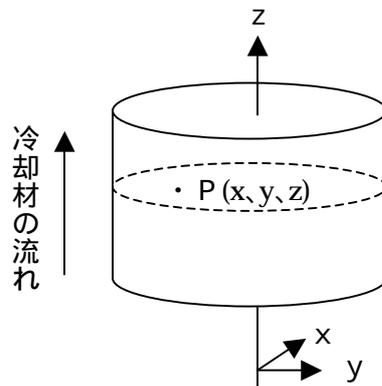
1. 炉内出力分布測定

炉内のウラン燃料の燃焼（核分裂）状況を詳細に把握するために実施しているもので、毎月1回、可動型の検出器を炉心内（50カ所）に挿入し、炉心内の中性子の数を測定することにより、燃料の出力分布を評価する。

2. 最上部での出力評価値

ここで、出力評価値は熱流束熱水路係数（ $F_o(z)$ ）と称される数値であり、原子炉内の平均出力に対する z 位置における局所最大出力の比を示す。

$$\text{熱流束熱水路係数} = \frac{\text{原子炉内 } z \text{ 位置の局所最大出力}}{\text{原子炉内の平均出力}}$$



3. 炉内核計装置

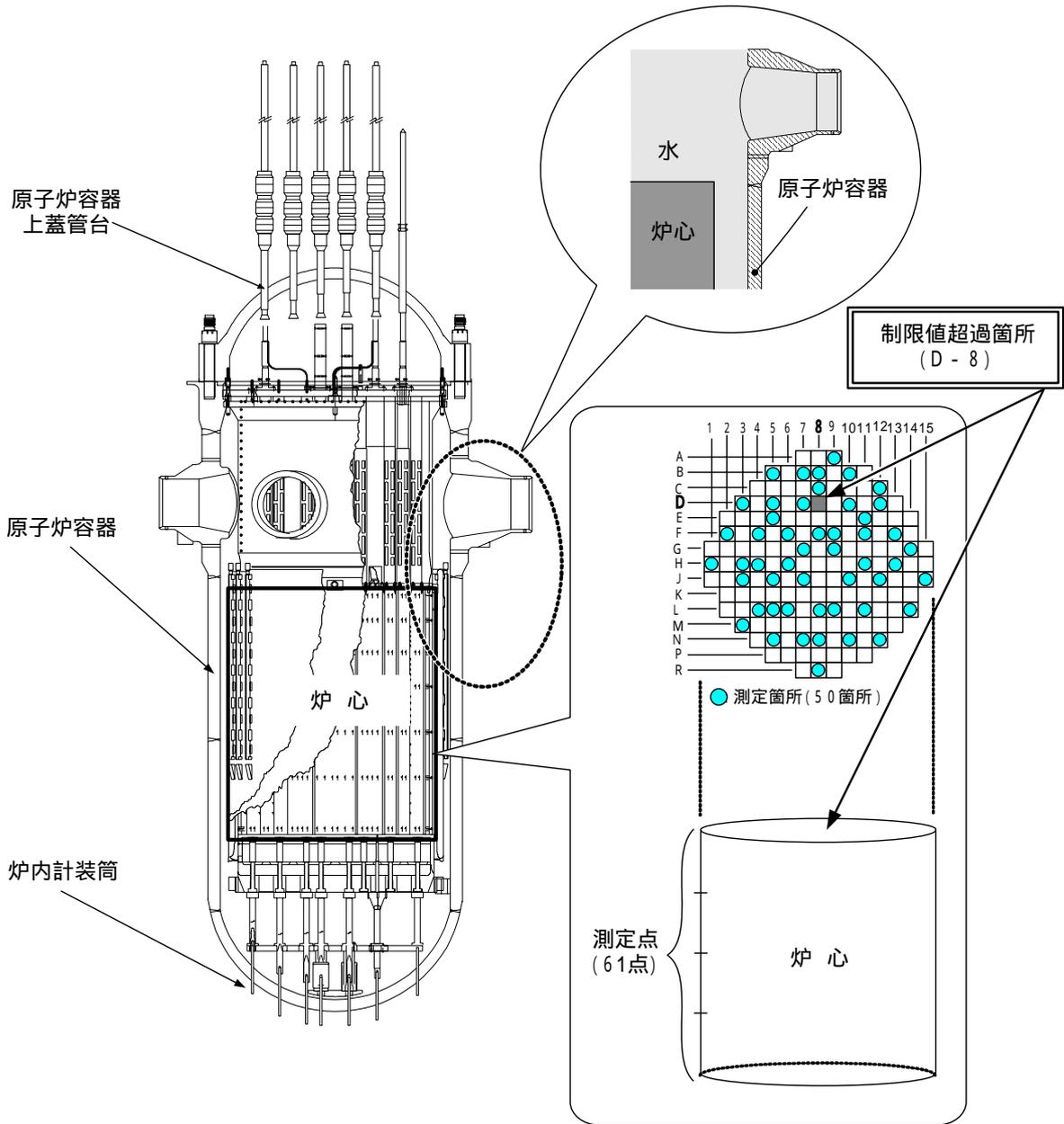
中性子の量を測定するための核分裂電離箱方式の可動小型中性子束検出器を、原子炉内に設けた案内管（50箇所）に挿入し、燃料の出力の分布を測定する装置。

添 付 資 料

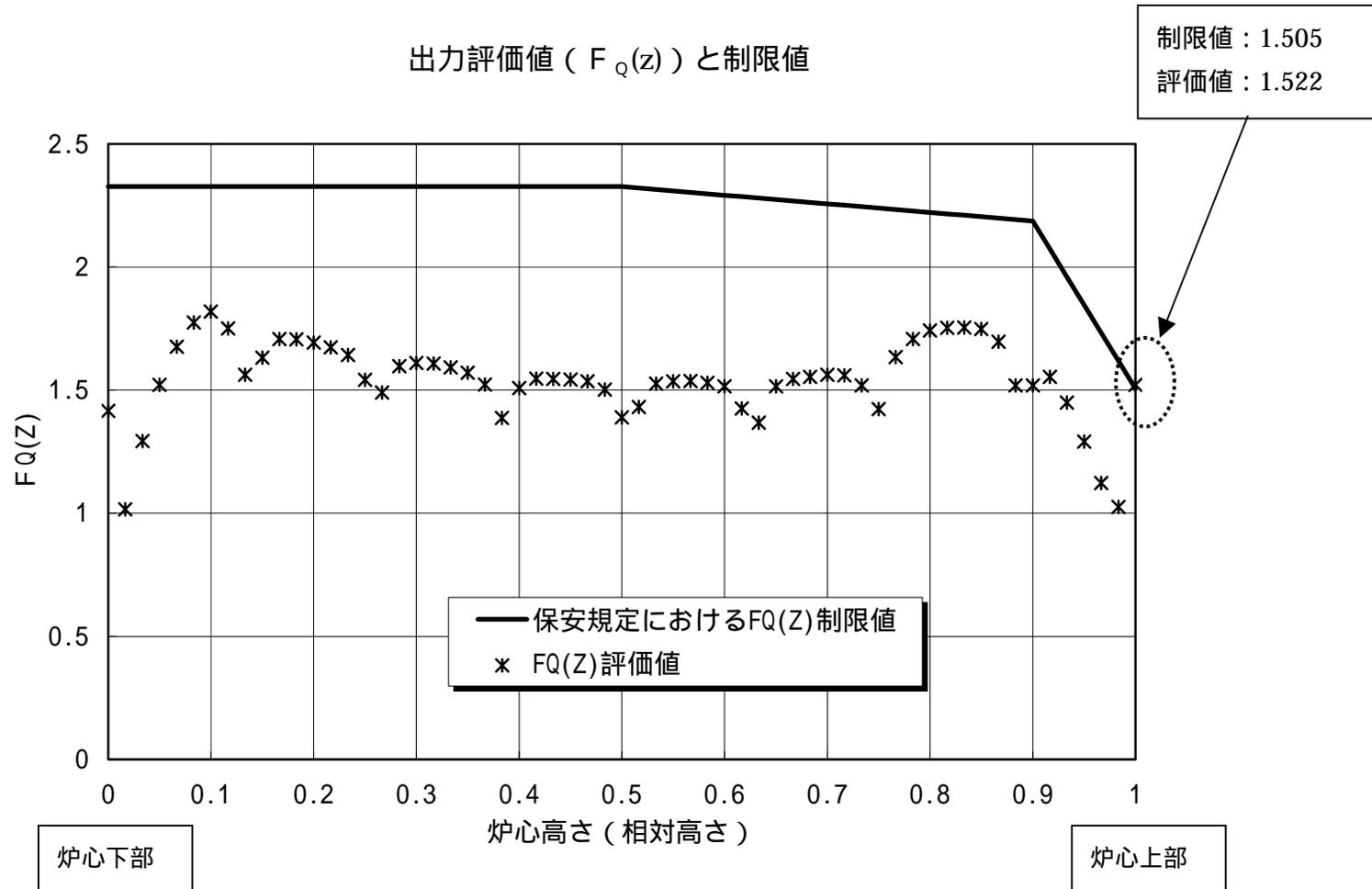
- 添付資料 - 1 伊方発電所第3号機炉内出力分布測定における制限値超過箇所概要図
- 添付資料 - 2 出力評価値 ($F_Q(z)$) と制限値
- 添付資料 - 3 原子炉出力及び評価用設計値の違いによる出力評価値への影響
- 添付資料 - 4 熱流束熱水路係数 ($F_Q(z)$) が運転上の制限を満足していない場合の保安規定上の措置
- 添付資料 - 5 出力分布評価に使用する設計値
- 添付資料 - 6 出力分布の評価に用いる設計値 (概念図)

伊方発電所第3号機

炉内出力分布測定における制限値超過箇所概要図



出力評価値 ($F_Q(z)$) と制限値



原子炉出力及び評価用設計値の違いによる出力評価値への影響

測定日	原子炉出力 (%)	炉心最上部における出力評価値		
		制限値	評価値	評価値 / 制限値
8月6日	99.72	1.505	1.522 *1	1.01
8月6日 (再評価)	99.72	1.505	1.401 *2	0.93
8月7日 (原子炉出力2%降下)	97.36	1.541	1.411 *2	0.92

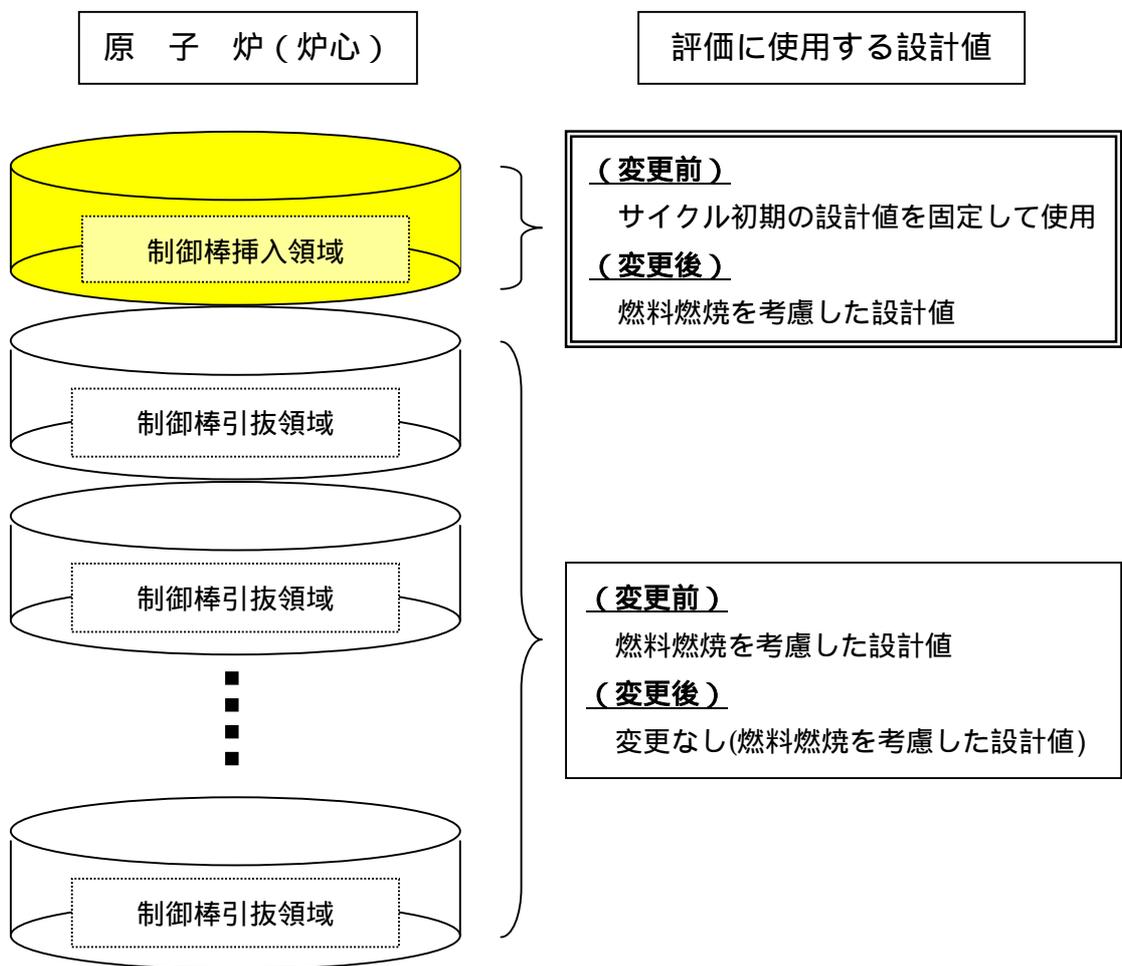
* 1 運転期間初期の設計値を使用

* 2 燃焼度に見合った設計値を使用

熱流束熱水路係数 ($F_Q(z)$) が運転上の制限を満足していない場合の保安規定上の措置

保安規定における要求		実施内容 (実績)		
措 置	完了時間	内 容	完了日時 (完了時間)	
1	当直長は、 $F_Q(Z)$ の運転上の制限の超過分1%あたり原子炉熱出力を1%以上上げる。	15分	原子炉熱出力を2%下げた(99.7%から97.7%)	8月6日 18時37分 (12分)
2	計装係長は、軸方向中性子束出力偏差の許容運転制限範囲を $F_Q(Z)$ の運転上の制限の超過分(%)だけ下げ、その結果を当直長に通知する。	4時間	軸方向中性子束出力偏差の許容運転制限範囲を2%下げ、その結果を通知。	8月6日 21時54分 (3時間29分)
3	計装係長は、 $F_Q(Z)$ の運転上の制限の超過分1%あたり出力領域中性子束高トリップ設定値を1%以上上げる、その結果を当直長に通知する。	8時間	出力領域中性子束高トリップ設定値を2%下げ(109%から107%)その結果を通知。	8月6日 23時05分 (4時間40分)
4	計装係長は、 $F_Q(Z)$ の運転上の制限の超過分1%あたり過出力Tトリップ設定値を1%以上上げる、その結果を当直長に通知する。	72時間	過出力Tトリップ設定値を2%下げ、その結果を通知。	8月6日 23時27分 (5時間2分)

出力分布評価に使用する設計値



出力分布の評価に用いる設計値（概念図）

制御棒の挿入されていない領域については、従来より運転期間に応じた設計値を使用し、出力分布を評価している。
制御棒の挿入されている炉心最上部の領域については、今までは運転期間初期の設計値を固定値として使用し、出力分布を評価していた。
制御棒の挿入されている炉心最上部の領域については、今後は運転期間に応じた設計値を使用し、出力分布を評価する。

