

【検討課題】(9-1)MOX燃料はプルトニウムが中性子を吸収するために燃料集合体内の中性子が少なくなる。中性子が多く存在するウラン燃料を隣に配置すると、その部分のMOX燃料が反応しやすくなり、MOX燃料集合体外周部の燃料棒出力が高くなりやすいが、燃料の健全性や原子炉の制御に影響を与えないか。

【電力の見解】MOX燃料の燃料棒の出力分布はウラン燃料と同等にできる。

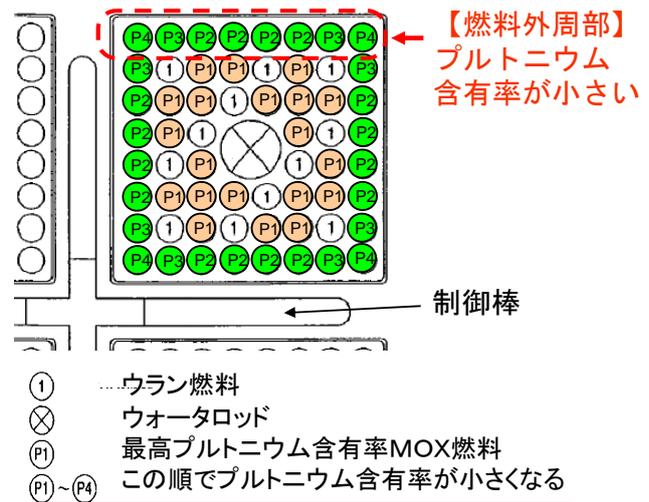
MOX燃料集合体の燃料棒の出力分布のばらつき※は以下の方法によりウラン燃料と同等にすることができる。

- プルトニウム含有率を変える(4段階)
- 燃料外周部の燃料棒はプルトニウム含有率を小さくし燃えにくい配置にする

・出力運転時の制御棒の異常な引き抜き解析において、表面熱流束の最大値はMOX炉心、ウラン炉心、島根2号MOX炉心、浜岡4号MOX炉心のいずれにおいても定格値の約121%である。

※ $\left\{ \begin{array}{l} 9 \times 9 \text{ 燃料に対してはほぼ同等から1割程度小さい。} \\ \text{高燃焼度} 8 \times 8 \text{ 燃料に対してはほぼ同等。} \end{array} \right.$

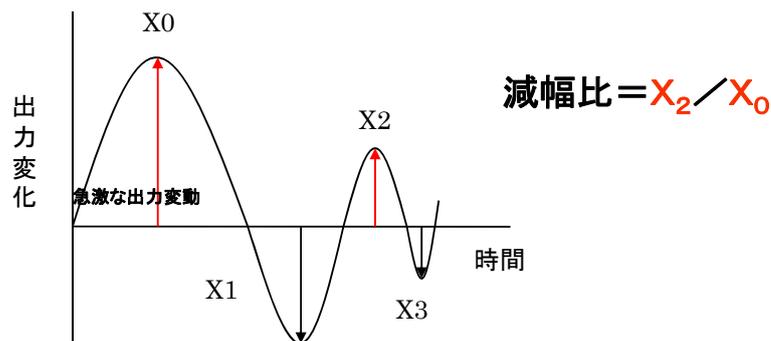
MOX燃料集合体内の燃料棒配置(例)



【検討課題】(9-2)プルトニウムはウランより熱中性子を吸収しやすいため、MOX燃料を採用すると熱中性子の割合が減少することから、原子炉の制御が不安定になったり、制御が不能になることはないのか。

【電力の見解】原子炉は、出力振動に対し十分な減衰特性を有しているため制御が不能になることはない。

表9-1に示すとおり、炉心安定性※1減幅比は判断基準を満足しているため、出力振動が起きても出力は元に戻る。



※1: 炉心全体の出力の振動

表9-1 炉心安定性減幅比解析結果

解析点	1/3MOX 炉心	9×9 炉心	高燃焼度 8×8 炉心	島根2号 1/3MOX 炉心	浜岡4号 1/3MOX 炉心	判断基準
最大出力運転時	0.08	0.06	0.01未満	0.08	0.08	運転上の 設計基準 減幅比 ≤ 0.25
自動流量制御 下限出力運転時	0.19	0.21	0.14	0.23	0.18	
安定性が最も悪化 する運転状態 ^{※1}	0.75	0.60	0.67	0.74	0.72	限界基準 減幅比 < 1.0

原子炉の自己制御性^{※2}が働くことにより、出力は元に戻ろうとする。

先行他社との結果の差は、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。)

※1:最低ポンプ速度最大出力運転時

※2:自己制御性:BWRでは、原子炉の出力が変化しても、「燃料の温度」や「冷却材の泡(ボイド)」の量が変わることで、出力変化を抑え、元に戻ろうとする作用(フィードバック作用)が働く。

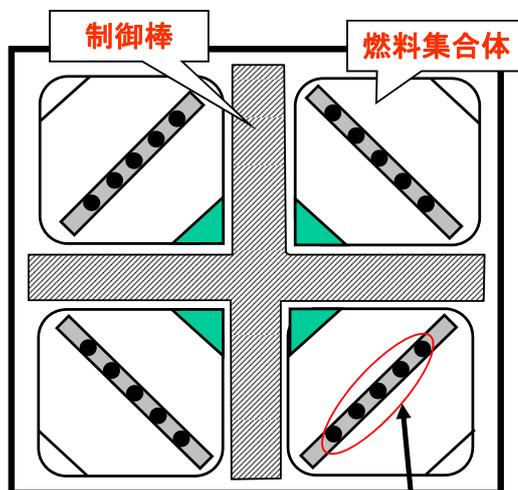
- 燃料温度効果(ドップラ効果):燃料温度が上がると、燃料中のウラン238、プルトニウム240など核分裂しにくい核種(主としてウラン238)がより中性子を吸収するようになる。
- 冷却材の泡の効果:冷却材中の泡が増えると、エネルギーの小さい中性子(熱中性子)の数が減り、ウラン235、プルトニウム239の核分裂が減少する。

論点9 原子炉の制御性への影響(その3)

【検討課題】(9-3)MOX燃料を導入すると燃料の種類が増え、炉心への燃料装荷時に間違いを誘発しやすく、また、制御棒引き抜けなどの操作ミスが事故につながる危険性も大きくなるのではないか。

【電力の見解】燃料取替作業は以下の手順により行い、装荷位置を繰り返す、かつ複数の人間が確認することにより、配置ミスを起こさないようにしている。

- ① 燃料集合体の番号(刻印番号)と装荷位置(560ヶ所)を記載した手順書を準備。
- ② 燃料装荷手順を燃料交換用の計算機に入力。
- ③ 燃料装荷時に燃料番号を手順書、計算機で確認し、燃料交換機にて1体ずつ装荷を実施。
- ④ 全数の装荷が終了した後、集合体の位置に間違いはないか水中カメラにより刻印番号をチェック。炉内の確認は定期事業者検査として行われる。



なお、たとえ配置ミスをしたとしても、運転中も中性子検出器により燃料の出力を監視しているため、異常を検知できる

刻印番号