

15. フランスのフェニックスで発生した制御できない出力変動の原因調査を
教えて欲しい。(伴委員)

(回答)

○フェニックスでは、1989年8月及び9月に計3回、1990年9月に1回の計4
回にわたり、炉心の反応度(中性子検出器の信号)が急激に低下(負の反応
度投入)し、その後の振動を経て原子炉が自動停止するという反応度異常現
象が観測された。

○その後、これらの現象の原因について詳細な検討が行われ、炉心を構成する
集合体が径方向外側に変形するという炉心フラウリングがもつとも考えられ
る原因であると結論された。

○これまでのところ、炉心フラウリングを引き起こすメカニズムは明らかにな
っていないが、DACと呼ばれる試験用集合体(コバルト層を減速材である水素
化カルシウムが囲む)とその周囲のフラウリング集合体との間で核的及び熱
的な相互作用を生じることが、有力なメカニズムの一つと考えられている。

○フェニックスでは、2009年3月6日の運転停止後、解体を前にして、反応度
異常現象の解明に資するため、上述のDAC-フラウリング間の相互作用や炉心
フラウリング効果を把握するための試験が行われ、詳細な分析が行われてい
る。

○なお、フェニックスの炉心は非拘束型設計であるのに対して、日本の高速炉
炉心は拘束型設計であり、炉心フラウリングは抑制される。

参考文献

- (1)D. DALL'AVA, L. MARTIN and B. VRAY, "35 years of operating experience of
PHENIX NPP Sodium cooled Fast Reactor," *Proceedings of the 17th International
Conference on Nuclear Engineering (ICONE17)*, Brussels, Belgium, July 12-16, 2009.
- (2)J. F. SAUVAGE, "Phenix, 30 years of history: the heart of a reactor," pp.98-105.
- (3)A. VASILE, et al., "The Phenix Final Tests," *Proceedings of ICAPP2011*, Paper
11298, Nice, France, May2-8, 2011.
- (4)P. DUMAZ, et al., "New investigations of the Phenix negative reactivity events,"
Abstract of ICAP'12, Chicago, Illinois, USA, June 24-28, 2012.

(参考：15) フェニックスで発生した計4回の反応度異常現象について

1. 現象の特徴

以下、Reference (1), (2)の記載に基づき、概要を整理

- ① 4回の現象の発生年月日、運転時の原子炉出力は以下の通り
 - ・ 1回目：1989年8月6日、原子炉出力580MWt
 - ・ 2回目：1989年8月24日、原子炉出力580MWt
 - ・ 3回目：1989年9月14日、原子炉出力580MWt
 - ・ 4回目：1990年9月9日、原子炉出力500MWt
- ② 異常な変動を示した中性子検出器は、いずれも原子炉容器下部に設置
- ③ 4回の現象のいずれにおいても、信号値低下を示す2回の振動が観測されており、その特徴は以下の通り (図 15-11)
 - ・ 約50msecの間、ほぼ直線的に急激な信号値低下を生じた後、負の反応度投入制限を超えたことにより原子炉自動トリップが働く
 - ・ 信号値が初期レベル以下のある値まで増加
 - ・ 再び信号値低下 (但し、1回目の低下よりも低下幅は小さい)
 - ・ 再度信号値が増加し、事象発生から約200msec後に初期状態をやや上回る信号値ピークを形成
 - ・ トリップ信号に基づく制御棒挿入に伴い、出力がゼロに向かって低下
- ④ 4回の各事象で見られた信号の低下幅は以下の通り。
 - ・ 1回目：正確な出力変動記録はなし
 - ・ 2回目：正確な出力変動記録はなし
 - ・ 3回目：出力低下28%
 - ・ 4回目：出力低下45%
- ⑤ 観測された信号変化を反応度変化で表すと、最大の負の反応度変化は-320pcm (約-0.98\$*)、その後形成された初期レベルをやや上回る正の反応度は37pcm (約0.12\$*) (* 1\$=325pcmより算出)

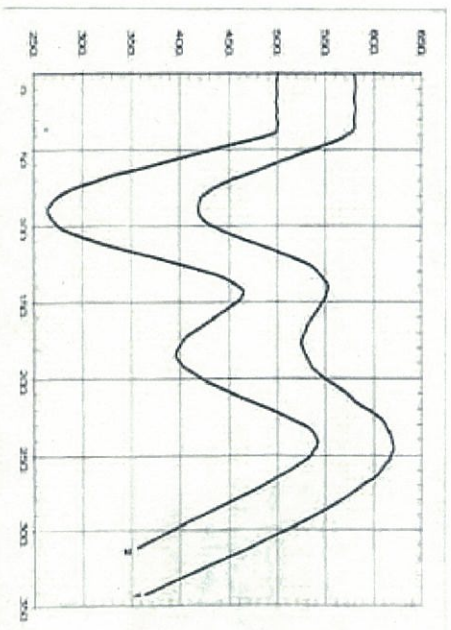


図 15-1 フェニックスで観測された中性子検出器の信号

2. 試験用集合体 (DAC)

Reference(3)の「Figure 5 – “Blanket -DAC” configuration」に下図が記載されている。

この図に見られるように、DAC は針 (Aiguilles) 状のコバルトの層の周囲を水素化カルシウムが円周状に取り囲み、その外側の六角管との間にナトリウムが存在する構造となっている。なお、Reference(4)によれば、DAC はコバルト 60 生成専用の試験用集合体(an experimental sub-assembly (the “DAC” sub-assembly, dedicated to Co60 production))との記載がなされている。

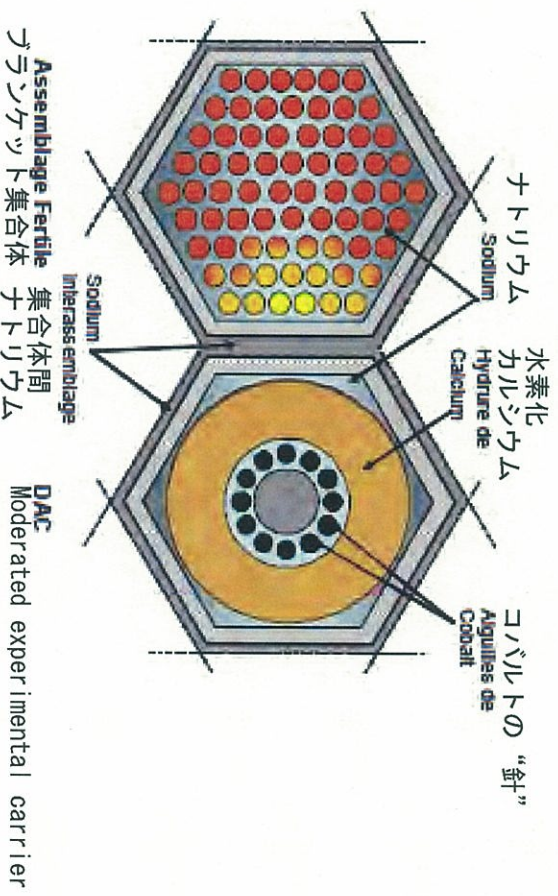


図 15-2 グラネット集合体と DAC の水平断面形状

(安全の確保)

Q1 福島事故を踏まえ、FBR実証炉を含め更なる安全性向上が確保されるのか

(答)

○ 福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、地震と津波に対して多重性と多様性を持たせた安全対策強化により十分な裕度を確保するとともに、炉停止後の長時間の電源喪失に対しても炉心と使用済み燃料の冷却性を確保する。すなわち、ナトリウム冷却高速炉の特性を活用し、動力電源を用いずにナトリウムの自然循環のみで炉停止後の崩壊熱除去から大気放熱までを可能とする。これにより、福島第一原子力発電所の状況を想定しても冷却性を失うことなく安全性を確保できる。

(耐震性)

・地震に対しては、原子炉冷却系が高温・低圧となるFBRでは容器や配管が薄肉であるが、軽水炉に対するものと同じ耐震設計指針を適用し、支持構造や振れ止め構造を適切に設置する等の対策を取り入れることで既設軽水炉並みの地震条件でも余裕を持った耐震性を確保できる。

もんじゅについては、平成18年9月に全面改定された耐震設計審査指針に基づくとともに、新潟県中越沖地震によって得られた知見も考慮した耐震バックチェックを実施し、耐震性を確認している。

もんじゅと比較して大型化していく場合にも、原子炉建屋の免震化、原子炉容器の厚肉化（壁面の熱影響緩和対策を取り入れることで可能となる）、サポート構造の設置の設計方策により耐震性が確保できる。

また、配管等の破損を想定しても原子炉の停止及び炉心冷却が可能な