

H C L W R の感度解析

(1986年12月15日受理)

阪大工 竹田 敏一

高転換軽水炉は中間スペクトル炉心のためその核特性の予測は従来の軽水炉に比較し困難なものとなり、予測値の使用する計算コード・核データに大きく依存する。核データの高転換炉心への通用性を検討するためには、断面積変化の核特性に対する感度を求め種々のライブラリーの差の影響を調べることが望ましい。

本研究では、高転換炉心の感度係数の特色について調べた。高転換炉心と従来の炉心との違いは稠密格子の使用と高富化度のプルトニウム燃料であるので、各々の違いにより感度がどれほど違うかを調べた。核特性量としては k_{eff} 、反応率比、冷却材ボイド反応度を考えた。例えば、 k_{eff} に対する ^{238}U 捕獲断面積の感度は全群で -0.26 となり、稠密格子炉心と従来のプルトニウム燃料の炉心とでは差異は小さい。これは、稠密化によりスペクトルが硬化し、共鳴エネルギー領域のインポートンスが大きくなるので ^{238}U 捕獲断面積に対する感度が大きくなる効果と、Pu富化度の増加による ^{238}U 原子数密度の相対的減少に基づく感度の減少との相殺によるものである。勿論、感度のエネルギー依存性は稠密格子と従来の炉心では大幅に異なり、稠密格子では共鳴領域の感度が増加している。

炉心安全上重要な炉心パラメーターである冷却材ボイド反応度に対する感度の稠密格子と従来の格子での差は k_{eff} に比べより顕著になる。例として、図1にボイド反応度に対する ^{238}U 捕獲断面積の感度のエネルギー依存性を示す。稠密格子では約 100 eV 以上では感度は正であり、それ以下のエネルギー範囲では負となるが、従来の格子では 0.1 eV 以上では常に正となる。これはボイドによる中性子スペクトルの変化により説明することができる。さらに稠密格子の燃焼に伴うFPの蓄積による冷却材ボイド反応度の変化が大きい。

このことを調べるため、 50 GWd/t の燃焼時点でのFPに対する感度を求めたところ、 ^{149}Sm 、 ^{135}Xe 、 ^{103}Rh 、 ^{155}Eu 、 ^{107}Ag 、 ^{131}Xe の感度はそれぞれ、 0.74 、 0.25 、 0.21 、 0.20 、 0.14 、 0.10 となり非常に大きく、全FPの感度の合計は約 2.0 となった。 50 GWd/t 時点でのボイド反応度が $6.0 \times 10^{-3} \delta k/kk'$ であるのでFPの蓄積によりボイド反応度は $2 \times 6.0 \times 10^{-3} \delta k/kk'$ 増加する。 0 GWd/t 時点ではボイド反応度は $-5.0 \times 10^{-3} \delta k/kk'$ であり、燃焼により $6.0 \times 10^{-3} \delta k/kk'$ まで変化するのは殆どFPの影響であることがわかった。また 50 GWd/t の燃焼時点での ^{241}Am 、 ^{243}Am の K_{eff} に対する感度は、 -0.006 、 -0.009 と大きく、これらの核種を無視すると、 K_{eff} は約 $1.5\% \delta k/kk'$ 過大評価されるのでこれらの核特性を燃焼計算では正確に取り扱わなければならないことが分かった。

次に、感度係数を用いPROTEUS炉心の解析を行った。SRACコードを用いJENDL-2及びENDF/B-IVより多群(86群)断面積を作成し、その差に感度係数を乗じ、炉心特性に対する効果を評価した。表1には ^{238}U 捕獲断面積、 ^{239}Pu 核分裂並びに捕獲断面積、 ^{240}Pu 捕獲断面積、 ^{241}Pu 核分裂断面積の差の k_{eff} , 28C/49F, 冷却材ボイド反応度に対する影響を示す。 ^{238}U 捕獲、 ^{239}Pu 核分裂断面積の差の効果が大きく、 k_{eff} にはそれぞれ約0.5, 0.3~0.5%の差を与える。 ^{239}Pu 核分裂断面積の差の効果はボイド状態により異なり、その違いの多くは非分離共鳴断面積の差に基づいていることが分かる。また、冷却材ボイド反応度に対する ^{239}Pu 核分裂断面積の影響は約5%と大きく、その差の大部分はやはり非分離共鳴断面積の違いによることが分かる。高転換炉心の炉心核特性を正確に予測するにはこのように ^{238}U 捕獲断面積に加えて非分離共鳴領域の ^{239}Pu 核分裂断面積を詳細に検討する必要があることが分かった。

表 1 E N D F / B - IV と J E N D L - 2 の 群 定 数
 の 差 の 核 特 性 へ の 影 響 (%)

	k_{inf}		28C/49F		Void worth (0→42.5%void)
	0%void	42.5%void	0%void	42.5%void	
^{238}U capture					
Fast	-0.09	-0.10	0.28	0.16	0.08
Unresolved	-0.06	-0.11	0.27	0.25	1.02
Resolved	-0.38	-0.35	1.42	1.41	0.23
Thermal*	0.	0.	0.	0.	0.
Total	-0.53	-0.56	1.97	1.82	1.33
^{239}Pu fission					
Fast	-0.11	-0.18	0.21	0.31	1.06
Unresolved	-0.31	-0.45	0.57	0.84	3.25
Resolved	0.25	0.19	-0.36	-0.29	0.75
Thermal	-0.08	-0.05	0.10	0.09	-0.45
Total	-0.25	-0.49	0.52	0.95	4.61
^{239}Pu capture	0.04	0.01	-0.01	0.01	0.32
^{240}Pu capture	0.04	0.08	0.02	0.00	-0.69
Total	-0.70	-0.96	2.50	2.78	5.57

* Same data is used for both library in this range.

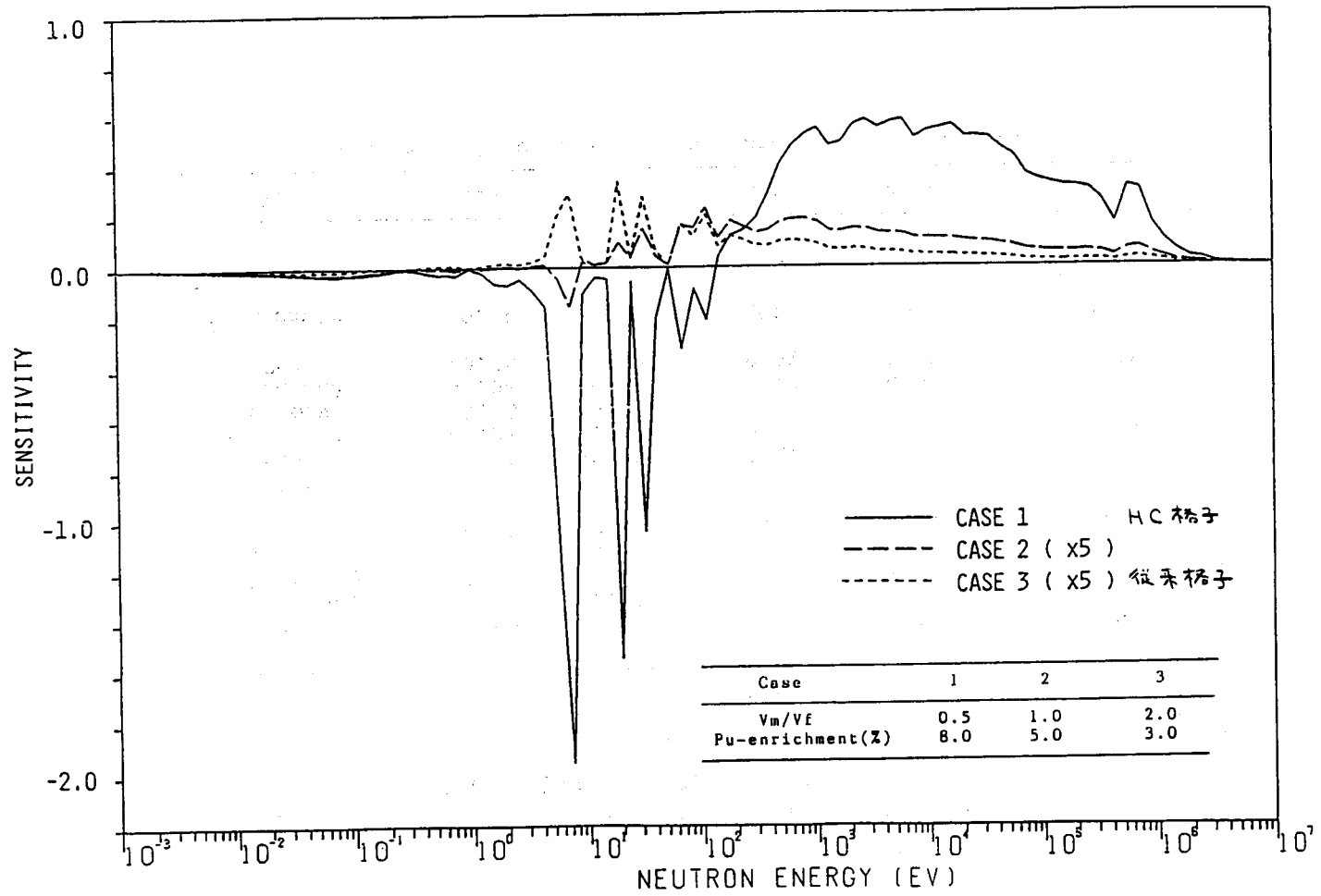


図1 ボイド反応度に対する²³⁸U捕獲断面積の感度係数