

溶融塩冷却増殖炉の開発

Development on a breeding reactor with molten-salt coolants

*内藤 淑孝¹, 畦倉 和雄¹

¹ (株) ナイス,

高速増殖炉「もんじゅ」の開発が頓挫して、わが国の核燃料サイクルの完結は困難になった。ナトリウム以外の冷却材を用いた増殖炉の開発が必要になった。この冷却材としては、金属化合物と溶融塩が考えられる。ここでは、溶融塩を冷却材とした増殖炉の開発の可能性について検討する。

キーワード：高速増殖炉もんじゅ，溶融塩冷却材，核燃料サイクル

1. 緒言

高速増殖炉の冷却材として考えられるのは、金属化合物と溶融塩の二つが有力である。金属化合物としては、鉛ビスマスが考えられている。その他に、ナトリウム金属がある。但し、ナトリウムは化学的に活性で、取り扱いには歴史的に苦労している。溶融塩冷却炉の可能性については、今後、検討が進められることと思われる。この場合の要点は核燃料の増殖性能と化学的安全性である。増殖性能についてはここでは可能性について説明し、化学的安全性については、今後、長期にわたる検討課題とする。

2. 溶融塩冷却材による増殖性能

2-1. 米国 INEL が調査した^[1]溶融塩のなかで、増殖炉の冷却材として使用できるものを検討対象にする。

燃料はウランとプルトニウムの Zr 合金燃料を想定した。冷却材の Melting Point が高いものは、Melting Point まで温めて、溶液にして使用する。溶液が沸騰しなければ、一次冷却系の圧力が低く抑えられる。また、増殖比(BR) が大きく、十分な燃焼に耐える反応度を維持できれば、増殖炉として使用できるとする。

2-2. 単位セルの燃焼計算結果

「もんじゅ」の単位燃料棒セルを手本にして、溶融塩の核種組成や燃料棒のピッチと直径の比 (P/D) を幾何形状パラメータにして計算した。そのセル内の平均中性子エネルギースペクトルを図 1 に示す。また、中性子増倍係数、及び、増殖比(BR)を求め、表 1 に示す。これらの図表から次のことが分かる。

- (1) 冷却材に水素が含まれていなければ、ナトリウム冷却の場合と近い中性子スペクトルとなる。
- (2) 溶融塩冷却材を使用すると HC(High Convergence) BWR の場合より硬いスペクトルになる。
- (3) この溶融塩冷却材を用いれば、Na 冷却高速炉と同程度の増殖比(BR)が得られる。

3. 結論

水素元素を含まない溶融塩による冷却により、ナトリウム冷却と同程度の増殖比を達成できる。

表 1 各セルパターン毎の中性子増倍係数 Kinf,と増殖比(BR)

Coolant	Fuel	P/d: 1.1		P/d: 1.2		P/d: 1.3	
		Kinf	BR	Kinf	BR	Kinf	BR
Hitec	20%MOX	1.462	1.006	1.408	0.976	1.355	0.943
	U-16Pu-10Zr	1.583	1.093	1.499	1.095	1.426	1.083
Flibe	20%MOX	1.365	1.032	1.291	0.992	1.238	0.953
	U-16Pu-10Zr	1.427	1.169	1.330	1.097	1.258	1.108
Na	20%MOX	1.521	1.039	1.492	1.032	1.466	1.024
H2O	20%MOX	1.402	0.810	-	-	-	-
Pb-Bi	20%MOX					1.462	1.042
	U-16Pu-10Zr					1.642	1.061

図 1 Neutron Energy Spectra in each cell

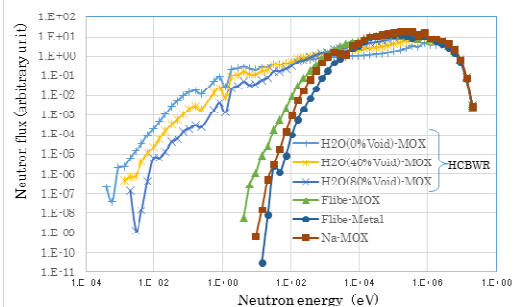


Fig.1 Comparison of Neutron Energy Spectra

参考文献

[1] INEL/EXT-10-18297(2010)