塩化物を用いた溶融塩高速炉の炉心特性と ^{35}Cl 核断面積の影響

Core Characteristics of Molten Chloride Salt Fast Reactor and its Dependency on Nuclear Data of Chlorine-35

*田原義壽 [1]，稲倉恒法 [1]，千葉敏 [1]
[1] 東京工業大学

塩化物溶融塩を用いた溶融塩高速炉の臨界性、反応度係数および遅発中性子パラメータをモンテカルロコード SERPENT2 で評価した結果、塩化物を用いるとスペクトルが非常に硬くなるため、^{35}Cl の(n, p)反応断面積の差が炉心特性に与える影響が非常大きいことが分かった。

キーワード： 溶融塩炉，塩化物塩，高速炉, (n, p)反応

1. 緒言

塩素を用いた溶融塩炉は硬い中性子スペクトルを有し高速炉として優れているが、同位体である ^{35}Cl の評価済（n, p）反応断面積には高エネルギー領域で大きな差があり実効増倍率に大きな不確かさを与えるため、断面積の再評価が望まれる。

2. 炉心特性解析

2-1. 解析条件

溶融塩炉をモデル化した体系を図 1 に示す。燃料は塩化物 35NaCl-35$CaCl_2$-(15.4UCl_3+6.6UCl_4)-8$PuCl_3$（係数はモル%）を用い温度は 900K とした。燃料組成は重量%比で ^{235}U:^{236}U:^{238}U=0.05:0.05:99.90、^{238}Pu:^{239}Pu:^{240}Pu:^{241}Pu:^{242}Pu=2.3:53.7:26.7:9.5:7.8 である。解析はモンテカルロコード SERPENT2[1]を用い、断面積ライブラリは比較のため JENDL-4.0, ENDF/B-7, JEFF3.3 を用いた。

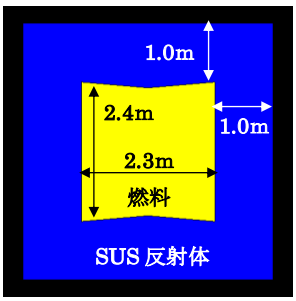

図 1 溶融炉炉心横断面図

2-2. 解析結果

溶融塩内の塩素の同位体のうち ^{35}Cl あり/なしの場合について炉心の実効増倍率およびそれらから求められた ^{35}Cl の反応度価値を表 1 に示す。天然塩素を用いた場合、実効増倍率の計算値に大きな差があり、この原因はほぼ ^{35}Cl にあることが分かる。

表 1 実効増倍率と ^{35}Cl 反応度価値

XS ライブラリ	^{35}Cl あり 天然塩素	^{35}Cl なし	^{35}Cl 価値 (%Δρ)
JENDL-4.0	1.04505	1.17717	10.74
ENDF/B-7	1.00913	1.16840	13.51
JEFF3.3	1.04008	1.17454	11.01

2-3. 考察

^{35}Cl は（n, γ）および（n, p）反応断面積を持つ。JENDL-4.0 を用いた結果を基準として、ENDF/B-7 の断面積を用いた場合の反応度変化を SERPENT2 による多群の感度係数と断面積変化を用いて求めた結果と直接計算結果の比較を表 2 に示す。反応度変化は断面積の差と感度係数の積が有意となる領域は 0.1~2MeV であったことから、反応度変化は主にこのエネルギー領域の(n, p)反応断面積の差から生じていることが分かった。

表 2 実効増倍率と ^{35}Cl 反応度価値

反応	感度係数による反応度変化	直接計算
(n, p)	-4.38	表 1 の JENDL-4.0, ENDF/B-7（天然塩素）を使用
(n, γ)	+0.14	
全効果	-4.24	-3.40

3. 結論

^{35}Cl の 0.1~2MeV 領域の(n,p)反応が炉心の実効増倍率、遅発中性子定数に与える影響が大きいことが分かった。特に、実効増倍率（臨界性）評価の観点から ^{35}Cl の(n,p)反応断面積の再評価が望まれる。

参考文献

[1] Jaakko Leppänen, Serpent-a Continuous-energy Monte Carlo Reactor Physics Burnup Calculation Code, June 18, 015.

*Yoshihisa Tahara[1], Tsunenori Inakura[1] and Satoshi Chiba[1]; [1]Tokyo Institute of Technology.