

V. Significance of Neutron Data to Fast Reactor Power Plant Design by P.Greebler, B.A.Hutchins and B.Wolfe

松岡 謙一 (日立中研)

本資料は表題の示す通り、高速炉設計者としての立場から、核データの不確かさの現状を調べ、それが燃料コストや doubling time へ与える影響の検討を通じて、核データの測定精度に対する user としての要望を示したものである。著者達は第一回のワシントン会議においても“User Requirements for Cross Sections in the Energy Rangy from 100 eV to 100 keV”と題する論文を提出しているほか、1966年のANLにおける国際会議やANS meeting でも同様の趣旨に基づく発表がなされており、本資料はこれら一連の仕事の発展と考えることができる。

核データの不確かさの例としてPu-239の α 値をとり、Table 1に示す。ここではEND F/Bのデータを基準としている。そのほか不確かさの大きいものとして目立つのはPu-239の σ_{inel} (0.1~10 MeVで+80%)、Pu-240の σ_c (10 keV~1 MeVで+40%)、Pu-240の σ_f (100~300 keVで $\pm 30\%$)、Fission Productsの σ_c (100 eV~10 MeVで+50%、-30%)、Fe、Cr、Niの σ_c (100 eV~10 MeVで+50%、-30%)、Naの σ_c (100 eV~10 keVで+75%、-30%; 10 keV~10 MeVで+30%)などである。

Table 1 UNCERTAINTIES FOR PU-239 ALPHA VALUES

E	High Values			Low Values		
	$\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ (%)	$\frac{\Delta\sigma_c}{\sigma_c}$ (%)	$\frac{\Delta\sigma_f}{\sigma_c}$ (%)	$\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ (%)	$\frac{\Delta\sigma_c}{\sigma_c}$ (%)	$\frac{\Delta\sigma_f}{\sigma_f}$ (%)
0.2 keV	0	0	0	-10	-10	0
0.6 keV	+50	+50	0	↑	↑	↑
1.0 keV	+100	+60	-20			
3.0 keV	+110	+90	-10			
5.0 keV	+140	+105	-10	↓	↓	↓
10.0 keV	+80	+60	-10			
15.0 keV	+20	+20	0			
2.0 MeV	+20	+20	0	-20	-20	0

このような核データの不確かさが高速炉の燃料コストと doubling time に対してどのような影響を与えるかを検討したのが Table 2 である。対象とした原子炉は Na 冷却 1000MWe 高速炉で、炉心高さ 2.5ft、直径 8.0ft の“ low leakage ” タイプのものである。この表からわかるように、Pu-239 の α と $\bar{\nu}$ 、および U-238 の σ_o の不確かさが、燃料コストと doubling time の不確かさへもつとも大きく影響しており、次いで Fission Product の σ_o と Pu-239 の σ_f の寄与が大きい。そのほかに、U-238 の σ_{incl} と σ_f 、構造材の σ_o 、Pu-240 の σ_f と σ_o 、Pu-241 の σ_f もかなりの影響を与えている。さらに炉心高さ 1.5ft の“ high leakage ” タイプの Na 冷却炉、および水蒸気冷却炉についても同様の検討を行なっている。

Table 2 COST AND DOUBLING TIME UNCERTAINTY RANGES (2.5 ft CORE)

Data Uncertainty	Fuel Coat (mills/kwh)	Doubling Time (yr)
Pu-239 Alpha (0.2 to 15 keV)	0.48 to 0.52	8.8 to 13.5
Pu-239 σ_f (15 to 300 keV)	0.46 to 0.50	8.4 to 9.2
Pu-239 $\bar{\nu}$ (0 to 10 MeV)	0.45 to 0.58	8.1 to 11.5
U-238 σ_o (1 to 100 keV)	0.45 to 0.55	8.0 to 10.9
U-238 σ_{incl} (0.1 to 2 MeV)	0.49 to 0.51	9.0 to 9.4
Fis. Product σ_o (0 to 10 MeV)	0.48 to 0.54	8.7 to 10.1
All Data Uncertainties	0.41 to 0.66	7.2 to 14.2
Base Values (ENDF/B)	0.50	9.2

このような検討から、現在の燃料コストの不確かさ ± 0.15 mill/kwh を ± 0.03 mill/kwh 程度に減少させるために必要な核データの精度に対する目標を Table 3 のようにまとめている。もつとも高い精度を要求されるのは Pu-239 の $\bar{\nu}$ であり、次いで Pu-239 の σ_f と U-238 の σ_o である。Pu-239 の α については最終的にはもつとも高い精度が必要とされる訳ではないが、現在の不確かさが非常に大きいことから、priority は最大であるとされている。

本資料には上に述べたような検討に加えて、核データの不確かさが炉特性を悪くする方向に動いた場合に対する設計の修正の方向についても述べられているが、問題が JNDC ニュースの一般読者の関心からやゝ設計サイドに片寄りすぎると思われるので、ここでは省略する。

Table 3 TARGETS FOR DATA ACCURACY

Energy (keV)	10^{-1} 10^0 10^1 10^2 10^3 10^4						Mills/kwh
							Uncertainty
Pu-239 Alpha	$\pm 5\%$ ← → $\pm 3\%$ ← → $\pm 5\%$ ← → $\pm 10\%$						± 0.01
Pu-239 σ_f	← → $\pm 2\%$ →						± 0.01
Pu-239 $\bar{\nu}$	← → $\pm \frac{1}{2}\%$ →						± 0.015
U-238 σ_c	$\pm 5\%$ ← → $\pm 2\%$ ← → $\pm 10\%$						± 0.01
U-238 σ_f	← → $\pm 5\%$ →						± 0.005
U-238 σ_{incl}	← → $\pm 5\%$ →						± 0.005
Fission Product σ_c	← → $\pm 10\%$ →						± 0.005
σ_f Pu-240, 241	$(\pm 5\%)$ } →						± 0.015
σ_c Pu-240, Fe, Ni, Cr, Ta	$(\pm 10\%)$ } →						<u>± 0.03</u>
σ_{elas} Na, Fe, Ni, Cr	$(\pm 10\%)$ } →						<u>± 0.03</u>