

資料紹介

I Nuclear Data Requirements for the  
Calculation of Fast Reactors

JNDC(CCP)-17/U

S.M.Zaritsky,M.N.Nikolaev and

M.F.Troyanov

( English translation of a Russian original.)

中川庸雄(原研)

核データ屋は原子炉の設計計算に必要な種々の量を実験値から評価して最も良好と思われる値を出し、炉物理屋に渡している訳であるが、核データ屋としては、どの値がどの位の精度を要求されているのかを常に気にしている必要があろう。一方炉物理屋は、設計誤差を小さくするために、核データの精度として、どの程度の要求を核データ屋に出すべきかを常に考えている訳である。一昨年行なわれたヘルシンキ会議でも Greebler 達が電力コストを±0.013 cent/kwh の誤差範囲にするために必要な核データの精度を計算している。

この文献は 600~1,000 MW 級の大型のプルトニウム高速増殖炉を対象とし、設計計算に必要な評価ずみ核データの精度を議論している。将来の原子炉燃料の事情から考えて cheap uranium だけで動く高速炉が望ましい訳であるが、doubling time を 6~7 年位にすると cheap uranium でも充分に動く高速炉が可能であることが、V.V.Olrov によつて示されている。従つてこの文献では doubling time を 7 年、その要求される精度を ±10 % とした。ところで doubling time  $T_2$  と breeding ratio BR との間には

$$T_2 \cong A \cdot \frac{G}{BR - 1} \quad \begin{array}{l} A : \text{定数} \\ G : \text{reactor loading} \end{array}$$

の関係があるから、これを使うと

$$\frac{\Delta T_2}{T_2} \cong 2 \cdot \frac{K_{\text{eff}}}{K_{\text{eff}}} \cdot \frac{\Delta BR}{BR} \left| \frac{BR}{BR - 1} \right|$$

となり、 $K_{\text{eff}}$ 、 $BR$ 、 $T_2$  間の誤差の関係が得られる。大まかな話であるが、だいたい  $K_{\text{eff}}$  は ±1 % 以下に誤差をおさえる必要があり、 $BR$  は 1.3~1.5 の間とすると  $\Delta BR / BR$  は 1.8~2.7 % となる。この文献では

$$\Delta K_{\text{eff}} / K_{\text{eff}} < \pm 1 \%$$

$$\Delta BR / BR < \pm 2 \%$$

とした。一方炉材料に対する精度として、

Fuel loading ( $UO_2 + PuO_2$ )	0.8 %
Plutonium concentration	0.4 %
Fragment content	10 %
Steel content	5 %
Sodium content	7 %

とした。この程度の誤差は、 $K_{eff}$ には0.5%，BRには1%位で効いてくる。

次に核データの精度についての議論であるが、設計計算に使われる主な核データの間には次の様な関係がある。

$$\sigma_c^i(E) = \sigma_f^{235}(E) \cdot \tau_c^i(E)$$

$$\sigma_c^{239}(E) = \alpha^{239}(E) \cdot \sigma_f^{235}(E) \cdot \tau_f^{239}(E)$$

$$\sigma_f^i(E) = \sigma_f^{239}(E) \cdot \tau_f^i(E)$$

$$\nu_f^i(E) = \nu_f^{cf-252} \left( \nu_o^i / \nu_f^{cf-252} \right) \left( \nu_f^i(E) / \nu_o^i \right)$$

$$\sigma_{tr}^i(E) = \sigma_{tot}^i(E) - \mu_e^i \sigma_e^i(E)$$

$$\sigma_z(E) = \xi \sigma_e / \Delta U$$

ここで  $i$  は isotope を示し、 $\tau_c^i(E) \equiv \sigma_c^i(E) / \sigma_f^{235}(E)$ 、 $\tau_f^i(E) \equiv \sigma_f^i(E) / \sigma_f^{235}(E)$ 、 $\sigma_z$  は elastic slowing down cross section である。これらの内のいくつかは独立に測定が可能な量である。この文献ではこれらの値の評価については述べていない。問題とするのは上で述べた  $K_{eff}$  と BR の精度を必要な精度におさえるのには、各量の誤差をどの程度におさえればよいかである。 $K_{eff}$  や BR の精度と、各量の評価の精度の間には次の様な関係式が成り立つ。

$$d_x^x = \frac{Dx}{\sqrt{n}} \cdot \frac{1}{|X_\gamma|}$$

$Dx$  : the necessary accuracy in the calculation of characteristic  $X$ ,

$d_\gamma^x$  : the required accuracy of the constant  $\gamma$

$n$  : the number of independent sources of error in the calculation

$X_\gamma$  : the efficiency of  $\gamma$  in relation to  $x$

$X_\gamma$  は次式で定義される。

$$X_\gamma = \frac{\partial X}{\partial r} \left( \frac{r}{X} \right)$$

Table 1 はこの式で計算された  $d_\gamma^x$  の値である。しかしこれらの精度のいくつかは現在の実験技術で実現するのがかなり困難と思われる。ところが測定のむずかしい量の精度を下げ、その分を測定の割に簡単な量に負わせ、全体として  $K_{eff}$  と BR の精度を変えない様にする事が可能である。その様な組合せの一例が Table 2 に示した精度である。現在の測定精度はこの要求精度に比べて約 2~3 倍位悪い値である。

Table 1 Accuracy requirements for evaluated nuclear data derived under conditions of an equal contribution by the permissible error of each constant to the error in the calculation of  $K_{\text{eff}}$  (upper figure) and BR (lower figure),  $\pm \%$

	$E_n$	6,5	4	2,5	I,4	0,8	0,4	0,2	0,I	46,5	2I,5	I0	2,I5	0,465	0,I
										MeV					keV
years,	$\sigma_f^{235}$	7	3	I,5	4	2	8	2	2	4	6	9	I3	25	30
	$\sigma_f^{239}$	I0	4	2	I0	8	8	7	6	I6	I6	I6	I6	I6	I6
years,	$\sigma_f^{239}$	8	4	3	I,5	I,5	I,5	I,3	I,3	I,5	I,2	I,2	I,4	I,4	I,2
1964.	$\sigma_f^{238}/\sigma_f^{235}$	30	I6	I4	I,9	I,0	I,2	I,0	I,0	I,0	I,4	I,2	I,9	I,8	I,4
Total ants	$\sigma_f^{238}$	I2	6	4	3	I6	9	5	5	2,5	2,5	2,5	3	4	5
	$\sigma_f^{238}$	4	4	2,5	2,5										
	$\sigma_f^{238}/\sigma_f^{235}$	2,5	I,5	I,5											
	$\sigma_c^{\text{Fe}}$									40	35	35	50	50	35
	$\sigma_{\text{tot}}^{\text{Fe}}$									30	30	30	40	40	30
	$\sigma_e^{\text{fragments}}$										60	30			
	$\Gamma_{\gamma}^{\text{Na}}$										I0	I0			
	$\Gamma_n^{\text{Na}}$												40	40	
	$\sigma_{\text{tot}}^{\text{Na}}$												45	45	
	$\sigma_f^{232}$	0,I0	$\sigma_{in,s}^{239}$	40	$\sigma_f^{238}$	0,9	$\sigma_{in,s}^{238}$	I2	$\sigma_{in,s}^{\text{Na}}$	I5	$\sigma_{in,s}^{\text{Fe}}$	3	$\sigma_{in,s}^{\text{frag.}}$	30	
	$\sigma_f^{232}$	0,I2	$\sigma_{in,s}^{239}$	45	$\sigma_f^{238}$	0,8	$\sigma_{in,s}^{238}$	60	$\sigma_{in,s}^{\text{Na}}$	20	$\sigma_{in,s}^{\text{Fe}}$	4	$\sigma_{in,s}^{\text{frag.}}$	45	
	$\sigma_f^{239}$	0,I2	$\sigma_{in,s}^{239}$	80	$\sigma_f^{238}$	2,5	$T_{in}^{238}$	5	$T_{in}^{\text{Na}}$	I5	$T_{in}^{\text{Fe}}$	4			
	$\sigma_f^{239}$	0,I3	$\sigma_{in,s}^{239}$	250	$\sigma_f^{238}$	2,5	$T_{in}^{238}$	5	$T_{in}^{\text{Na}}$	20	$T_{in}^{\text{Fe}}$	5			

**Table 2** A more realistic alternative for the accuracy requirements  
for evaluated nuclear data

Constant	Energy region $\Delta E_n$	Required/ + %	Contribution to the error in the calculation, %
		$K_{\text{eff}}$	BR
$\sigma_f^{235}$	0,5 keV - 7 MeV	3	0,35 0,38
$\nu_f^{cf-232}$		0,5	0,50 0,89
$\alpha^{239}$	0,1 keV - 0,8 MeV	7	0,14 0,70
$\sigma_f^{239}/\sigma_f^{235}$	0,1 keV - 4 MeV	2	0,36 0,10
$\nu_f^{(E)}/\nu_o^{239}$	0,1 keV - 2,5 MeV	0,7	0,19 0,34
$\nu_o^{238}/\nu_f^{cf}$		0,5	0,42 0,77
$\sigma_{in,8}^{239}$		10	0,03 0,05
$\sigma_{in,7}^{239}$		10	0,01 0,02
$\sigma_c^{238}/\sigma_f^{235}$	0,5 keV - 1,4 MeV	3	0,28 0,27
$\sigma_f^{238}/\sigma_f^{235}$	1,4 MeV - 4 MeV	3	0,15 0,29
$\nu_f^{(E)}/\nu_o^{238}$	1,4 MeV - 4 MeV	0,7	0,05 0,11
$\nu_o^{238}/\nu_f^{cf}$		0,7	0,08 0,16
$\sigma_{in,8}^{238}$		5	0,20 0,38
$\sigma_{in,7}^{238}$		5	0,04 0,07
$T_{in}^{238}$		5	0,1 0,2
$\epsilon_{Fe}/\sigma_f^{235}$	0,5 keV - 200 keV	10	0,06 0,14
$\sigma_{tot}^{Fe}$	20 keV - 100 keV	5	0,02 0,10
$\sigma_{in,8}^{Fe}$		5	0,05 0,10
$T_{in}^{Fe}$		5	0,13 0,20
$\sigma_c^{frag}/\sigma_f^{235}$	0,1 keV - 100 keV	20	0,14 0,22
$\sigma_{in,8}^{frag}$		30	0,08 0,13
$\Gamma_Na$	2,15 keV - 10 keV	20	0,02 0,04
$\Gamma_n^{Na}$	2,15 keV - 10 keV	5	0,06 0,13
$\sigma_{tot}^{Na}$	50 keV - 100 keV	5	0,02 0,06
$\sigma_{in,8}^{Na}$		5	0,03 0,06
$T_{in}^{Na}$		5	0,03 0,06
Total		$\pm 1 \%$	$\pm 1,6\%$

\*/ For each group interval [ $\Delta E_n$ ] in the  $\Delta E_n$  region.