

資料紹介

RCN-205

RCN-1 Pseudo Fission-Product Capture Group
Cross Sections

菊池 康之(原研)

このレポートは、SNR-300(ドイツの原型炉)用に考えられた、凝FP混合物の断面積について述べてある。Capture cross sectionの計算をチェックする為に、3つのFPサンプルの反応度を、STEK facility(Fast-thermal coupled reactor)で測定している。この実験結果は、JNDCの評価したFPデータのチェックにも用いられている。以下順に述べていく。

2. Composition of Samples and Pseudo Fission-Product
Mixtures

3つのサンプルの内、2つは実際に照射したサンプルで、HFR-101 は60% FIMA, HFR-102 は30% FIMAのburn-up による。残る1つはモックアップサンプルで、KFKで作られたものである。これらのサンプルの原子密度はこのレポート中に与えられている。

凝FP混合物の断面積は、160核種を考慮し、SNR-300 中で50MWd/kgのburn-up 時における原子密度から計算される。FP生成率のデータとしてはMeek & Riderの値を用いている。 ^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu , ^{241}Pu に対する凝FP混合物の原子密度が与えられている。

3. Calculation of Cross Sections and Integral Quantities

FPサンプルや、凝FP混合物の断面積の計算においては、75核種の断面積はRCNにおける評価値を用い、他の核種としては、オーストラリアのRose*による評価値を用いた。ABBN-set, Benzi の評価値, UKNDL, ENDF/Bの値も比較の為に用いられた。

RCNの評価値については、詳細な誤差評価が行なわれている。これはRCN-192 に報告されており、前回のJNDC-Newsに紹介してある。

これらの評価値を用い、ABBN型26群群定数が計算された。荷重スペクトルとしては、凝FP混合物に対してはSNR-300 のスペクトル、FPサンプル用としてはSTEK-2000のスペクトルを用いた。

* レポートをRoseがまとめている。評価者はCookであり、JNDCの引用ではCookの評価値と言っている。

ベクトルを用いている。

非弾性散乱断面積は、オーストラリアの Rose の評価値を用いている。

凝 F P 混合物の断面積を相互に比較したものを Fig. 1 に示す。大部分のエネルギー群で、誤差は 30 % 程度である。又、評価者の差により系統的なずれが見られる。RCN-set が高エネルギー側で相対的に大きくなるのは、非弾性散乱との競合を無視したモデルによる。オーストラリアの値は数 KeV 以下で系統的に低くなっている。

これらの凝 F P 混合物による積分量 (Capture rate per fission 及び反応度) を SNR-300 において計算して比較した。結果は Table 5 に与えられている。種々の評価値による差は高々 15 % 程度である。

4. Reactivity Worth Measurements in STEK

3つのサンプルの反応度を reactor oscillator technique で測定した。STEK の炉心スペクトルは C/U^{235} の比を変える事により変化させられる。測定は STEK-1000, 2000, 3000, 4000 の4炉心で行なわれ、STEK-1000 が最も硬く、STEK-4000 が最も軟かい。規格化の為に、 ^{252}Cf の反応度と、 ^{235}U 箔の fission rate を測定した。規格化された感度係数 (中性子束と随伴中性子束の積) が与えられている。

測定結果は、その補正值、推定誤差及び計算値と共に Table 6 に示されている。KFK-サンプルは重さの異なる2種類が用いられた。標準偏差で与えられた誤差の内訳は、

I : 実験誤差

II : サンプルの組成の誤差

III : 炉心スペクトル及び規格化の実験誤差

IV : 散乱補正による誤差

V : 断面積の不確定さによる誤差

これらの誤差から co-variance matrix が計算されている。

5. Central Neutron Spectra in STEK

種々の方法で炉心スペクトルの測定を行った。計算結果との一致は良く、STEK-4000 の 50 eV 以下を除いて計算値を採用した。計算値と実験値の比較を Fig. 2 に示してある。

6. Comparison of Calculated and Measured Quantities

実験より得られた covariance-matrix を用いて、修正を行った。その結果、誤差範囲内での修正により、実験と一致が向上したと報告されている。しかしこの部分の記述は簡単すぎて、具体的内容は良く分らない。

Table 5: Calculated integral quantities of pseudo-fission product mixtures in SNR-300 for different cross section sets a).

mixture	capture rate per fission per s ($\times 10^9$)				
	RCN-1 2	ABBN 1	UKNDL 4	Australian 5	Benzi et al. 6
^{235}U	1.96 $\pm$ 9%	2.19	2.08	1.95	1.94
^{238}U	2.43 $\pm$ 10%	-	2.66	2.38	2.42
^{239}Pu	2.65 $\pm$ 10%	2.64	2.89	2.47	2.57
^{241}Pu	2.84 $\pm$ 10%	-	3.06	2.49	2.70

mixture	negative reactivity due to capture (arbitrary units)				
	RCN-1 2	ABBN 1	UKNDL 4	Australian 5	Benzi et al. 6
^{235}U	0.905 $\pm$ 9%	1.02	0.973	0.898	0.898
^{238}U	1.12 $\pm$ 9%	-	1.24	1.09	1.12
^{239}Pu	1.22 $\pm$ 10%	1.23	1.35	1.13	1.19
^{241}Pu	1.31 $\pm$ 10%	-	1.43	1.14	1.25

- a) The sets RCN-1, UKNDL and Benzi et al. have been supplemented, if necessary, with cross sections from the most complete set, which is the Australian set. At energies below 1 keV Benzi's set has been extended with the RCN-1 cross sections. For these calculations the SNR-300 spectra as given in table 4 have been used. The RCN-1 cross sections are from table 2 (calculated a-priori values).

Table 6: Measured and calculated reactivity worths and their errors.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
core	sample	measured ρ/ρ_0	correction for self- shielding and flux depression	ρ/ρ_0 extra- polated to zero mass	ρ/ρ_0 of 0+N	$(\rho/\rho_0)_{\text{scatt.}}$	experimental $(\rho/\rho_0)_{\text{capt.}}$	calculated $(\rho/\rho_0)_{\text{capt.}}$	calc. exp.	error I (in %)	error II (in %)	error III (in %)	error IV (in %)	error V (in %)
4000	HFR-101	$-.456 \pm .007$	$1.043 \pm .025$	$-.475 \pm .014$	-	$+.020 \pm .006$	$-.495$	$-.465$	0.94	2.7	3.5	8.2	2.5	4.4
	HFR-102	$-.501 \pm .017$	$1.078 \pm .031$	$-.540 \pm .024$	-	$+.020 \pm .006$	$-.560$	$-.492$	0.88	4.2	4.3	8.2	2.5	4.3
	KFK-1	$-.514 \pm .005$	$1.191 \pm .026$	$-.603 \pm .018$	$+.0131 \pm .0005$	$+.015 \pm .005$	$-.631$	$-.679$	1.08	2.8	0	8.2	2.3	5.3
	KFK-2	$-.483 \pm .003$	$1.245 \pm .031$											
3000	HFR-101	$-.353 \pm .005$	$1.038 \pm .025$	$-.367 \pm .011$	-	$+.034 \pm .010$	$-.401$	$-.360$	0.90	2.5	4.5	7.2	3.3	5.2
	HFR-102	$-.397 \pm .025$	$1.050 \pm .032$	$-.417 \pm .029$	-	$+.034 \pm .010$	$-.451$	$-.374$	0.83	6.3	5.5	7.2	3.1	5.1
	KFK-1	$-.356 \pm .006$	$1.089 \pm .010$	$-.388 \pm .004$	$+.0200 \pm .0003$	$+.026 \pm .008$	$-.434$	$-.460$	1.06	1.0	0	7.2	2.7	6.0
	KFK-2	$-.349 \pm .003$	$1.115 \pm .010$											
2000	HFR-101	$-.298 \pm .005$	$1.024 \pm .025$	$-.302 \pm .009$	-	$+.040 \pm .012$	$-.341$	$-.302$	0.88	2.5	5.6	6.1	4.1	6.5
	HFR-102	$-.356 \pm .024$	$1.032 \pm .031$	$-.367 \pm .027$	-	$+.040 \pm .012$	$-.407$	$-.311$	0.76	6.4	6.8	6.1	3.6	6.5
	KFK-1	$-.285 \pm .006$	$1.044 \pm .015$	$-.293 \pm .006$	$+.0272 \pm .0003$	$+.031 \pm .009$	$-.350$	$-.364$	1.04	1.6	0	6.1	3.2	7.7
	KFK-2	$-.275 \pm .004$	$1.056 \pm .015$											
1000	HFR-101	$-.219 \pm .005$	$1.021 \pm .029$	$-.223 \pm .008$	-	$+.057 \pm .017$	$-.280$	$-.254$	0.91	2.9	7.7	5.2	6.2	7.7
	HFR-102	$-.260 \pm .033$	$1.019 \pm .032$	$-.254 \pm .035$	-	$+.057 \pm .017$	$-.321$	$-.261$	0.81	10.3	10.3	5.2	5.5	7.6
	KFK-1	$-.174 \pm .007$	$1.032 \pm .010$	$-.185 \pm .004$	$+.0387 \pm .0004$	$+.043 \pm .013$	$-.267$	$-.304$	1.14	1.4	0	5.2	4.8	9.3
	KFK-2	$-.179 \pm .004$	$1.039 \pm .010$											

Note: The definition of ρ/ρ_0 is according to section 4.1., i.e. for fission product cross sections in barns/fission and σ_f (^{235}U) in barns. In other reports on STEK ρ/ρ_0 is often given per gram fission product and per gram ^{235}U . The conversion factors are 1.0079, 1.0075 and 1.4341 for HFR-101, HFR-102 and KFK, respectively.

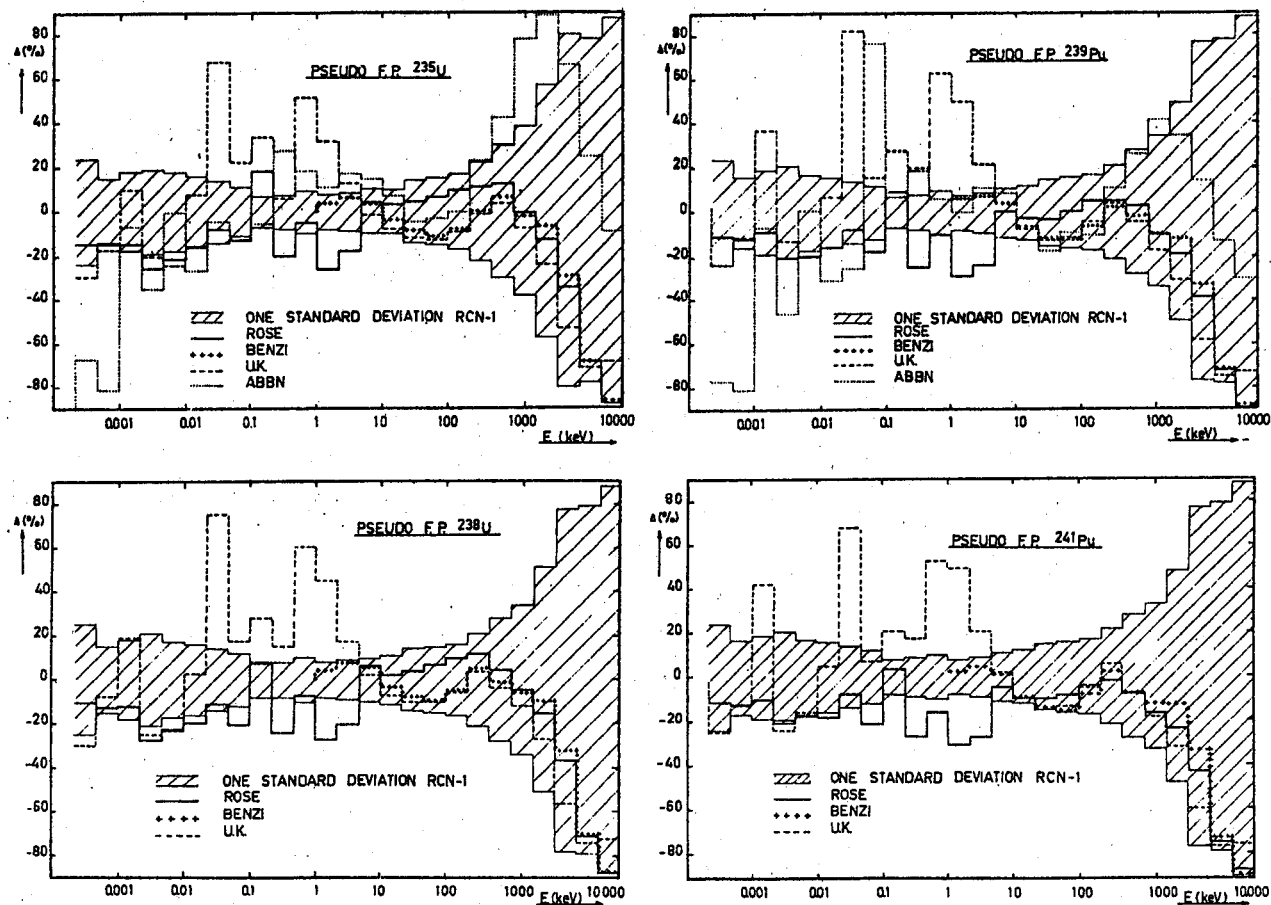


Fig. 1. Comparison of group constants for four pseudo fission product mixtures calculated with different cross section sets. The relative differences with respect to the set RCN-1 are plotted for the 25 ABBN groups. The envelopes of the dashed area represent the standard deviations of the RCN-1 group cross sections. The references of the sets indicated with ABBN, RCN-1, U.K., Rose and Benzi are given in [1,2,4-6].

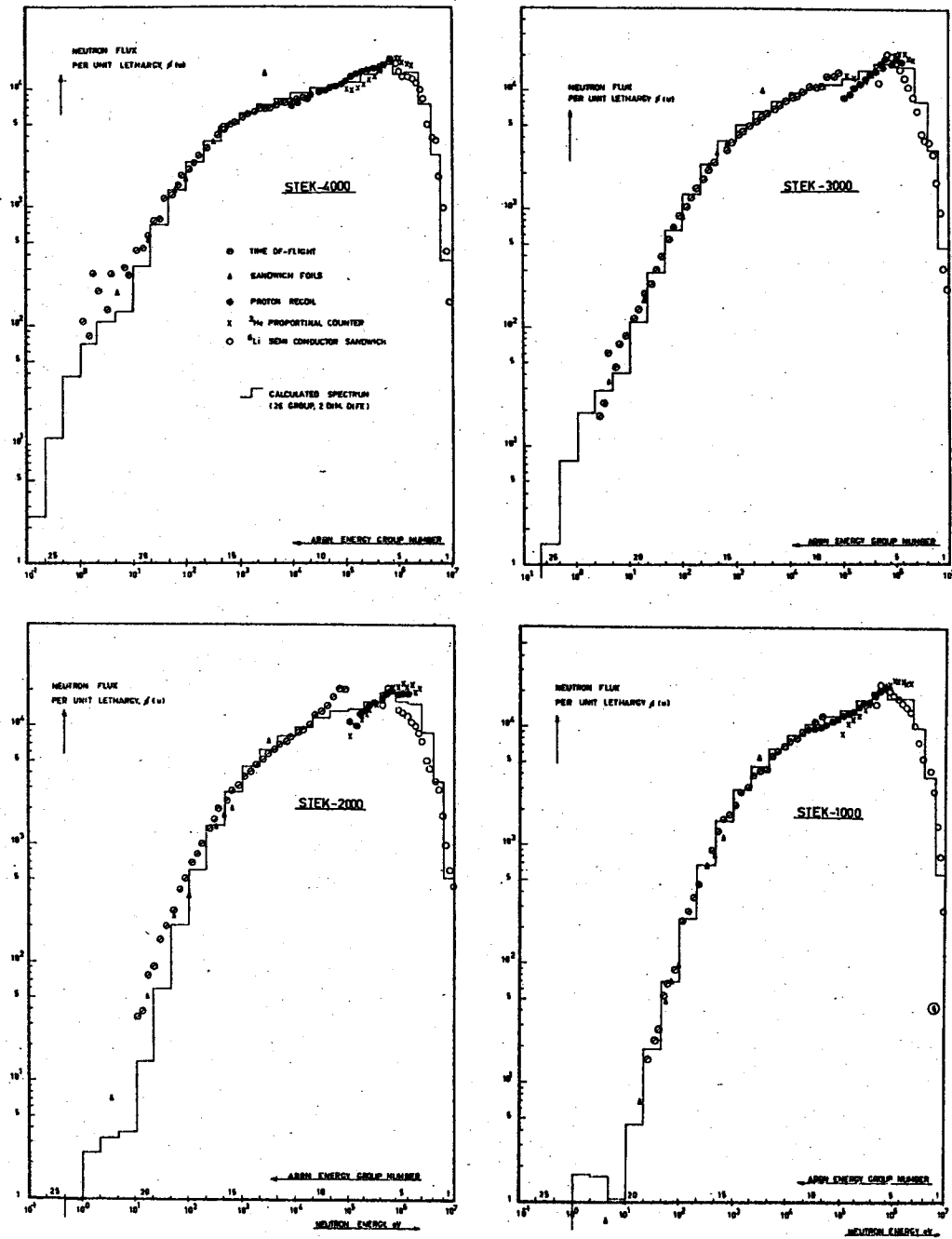


Fig. 2. STEK Neutron Spectra (as at October 1973).