

EANDC (E)-120L

PNR/SETR 69.031

“Utilisation d'Experiences Integrales pour Ameliorer
le Jeu de Sections Efficaces Cadarache”

—Jeu Version 2—Application à PHENIX—

Par

J. Y. Barre — J. Ravier

野本 昭二 (日本原子力研究所)

カダラツシュ断面積セット修正のための積分実験の利用” (第2版セット)

—PHENIXへの適用—

本報では ZPR-Ⅳ, ZEBRA, VERA, MASURCA および Rapsodie で行われた臨
界実験装置によつて既に得られた43集合体の諸パラメータの積分実験結果と計算結果を比較検討
してカダラツシュ断面積セットを修正して新しいセットによる計算結果を示している。この結果は
臨界質量に対して比較的精度のよい結果を示しており最後に PHENIX に適用している。内容は
はじめに BAKER の方法を Cadarache セットに適用して若干の修正を行い、また一方で、
BARBARCA 法による修正を行つて、新しい第2版セットを作成して、これらの計算方法、
結果などについて次に示す順序で詳細に説明されている。

I 緒言	1
II 実験的基礎値	5
II-1 集合体の選択	5
II-2 理論モデル	5
II-3 臨界質量の解析	6
II-4 中性子寿命の解析	14
II-5 中心核分裂率比の解析	14
II-6 中心反応度係数比の解析	15
III BARBARCA 法	16
III-1 原理	16
III-2 実験的基礎	18
III-3 結果	18
III-3-1 結論	22

III-3-2	新しい集合体への適用	23
III-4	結果の有効性	24
III-4-1	元素数	24
III-4-2	Pu-240の問題	25
III-4-3	反射体の問題	27
III-4-4	炉心の数	28
III-4-5	スペクトル効果	28
III-5	結論	29
IV	BARRACA法	30
IV-1	原理	30
IV-2	実験的基礎	32
IV-2-1	測定パラメータ(集合体)	32
IV-2-2	修正実効断面積	34
IV-2-3	感度	34
IV-2-4	重量	35
IV-3	結果	36
IV-3-1		
IV-3-2	結論	36
IV-4	集合体測定パラメータの計算と実験の比較	39
IV-4-1	反応度	
IV-4-2	スペクトルインデックス(U-238/U-235核分裂率比)	40
IV-4-3	スペクトルインデックス(Pu-239/U ²³⁵ 核分裂率比)	43
IV-4-4	U-235/Pu-239反応度係数比	46
IV-5	結果の有効性	51
IV-5-1	重量	53
IV-5-2	実験結果	54
IV-5-3	測定の解釈(計算方法)	54
IV-5-4	集合体とパラメータの選択	55
IV-5-5	実効断面積	56
IV-5-6	感度	57
IV-5-7	結論	58
V	カドラツシユセット(第2版)	58

V-1	カダラツシユセット(2版)用中性子基礎データの評価	58
V-1-1	U-235	60
V-1-2	Pu-239	63
V-1-3	U-238	65
V-1-4	鉄	68
V-2	2版セットの検討	69
V-2-1	反応度	70
V-2-2	スペクトルインデックス	70
V-2-3	反応度係数	73
V-3	結論	73
VI	PHENIXへの適用	75
VI-1	濃縮度-臨界質量	75
VI-2	増殖比	75
VI-3	ドツブラー係数	77
VI-4	ナトリウム係数	77
VI-5	他のパラメータ	77
VII	BARRACA 法の開発	80
VII-1	可能な修正	80
VII-2	研究開発(プログラム作成)	82
	結論	87
	文献(51篇)	89
付録A	臨界集合体の炉心・反射体組成	
付録B	PHENIX 250KP, カダラツシユセットで計算した補促パラメータ K_{∞} , K^* , B^2 , 実効断面積, スペクトル	
付録C	修正時未利用パラメータの計算と実験の比較	
付録D	高速臨界実験で行つた測定値の標準化	

本報告は臨界集合体の積分実験結果と計算結果より断面積群定数を修正する場合の一つの手法を示すものとして甚だ重要であり、計算結果および断面積修正結果などについて多くの図(30)および表(47)が示されていて研究者にとっては興味のある資料を提示している。従つて別の機会に解析方法と結果を全訳して出版する予定である。

こゝでは以下、緒言の要約に基づいて全体の概略と主な表を示すに止める。

主内容：

25群Cadarache断面積セットの基礎核データを修正するために利用された集合体は表に示されている。U-235系32，Pu²³⁹系9，U-Pu混合系2，合計42炉心である。

第1に用いられたBARBAK法は炉心原子組成の関数とする解析的法則でA.R. Bakerによつて記述されたもので、第1版に適用し次の結論を得た。(37集合体、表Ⅱ.2参照)

- 1) 反応度；U-235, Pu-239核種は正，U-238は負，鉄は正でK_{eff}計算値は実験値より高い。
- 2) 臨界質量；BARBAK法は大きな修正を齎す。

Adjustment後の計算値と実験値の平均の比率はK_{eff}で1.011~1.000の間にある。

次にBARRACA法は一般化された摂動法に基づくもので増倍係数、核分裂率比(U²³⁸/U²³⁵, Pu²³⁹/U²³⁵)、反応度係数の比(U²³⁵/Pu²³⁹)について行われ、対象として選ばれたパラメータは全部で143である。主な結果は2点に要約できる。(表Ⅳ-I参照)

- 1) 断面積の修正；10keV以下でのPu-239α40%増加，10keV以上でのU-238の捕獲の10%減少，各分裂核種についてσの2%の減少，
- 2) 反応度変化；全部のパラメータについて重要な修正が見込まれ、とりわけ、反応度に対して平均の計算値と実験値との比はk_{eff}で1.011~0.994となる。

BARBAK法およびBARRACA法共、原理的には最小自剰法に基づくもので要点のみを下に記す。

1. BARBAK法—表Ⅱ.2参照

$$E^2 = \sum_{j=1}^M (K_j^c - 1 - \sum_{i=1}^N a_j c_{ij})^2$$

但し、K_j^c …… M個の臨界集合体から計算された実効増倍係数 (j = 1, 2, 3 …… M)

K_j^{ex} …… 実験値 (K_j^{ex} = 1)

$$K^c - K^{ex} = K^c - 1 = \sum_{i=1}^N a_i c_i$$

N …… 炉心中の要素数 (i = 1, 2, 3 …… N)

C_i …… N個の原子組成

a'_i N個の元素の増倍係数の持分

$$C_{ij} = \frac{N_i^j}{N_{U235}} \quad , \quad C_{ij} = \frac{N_i^j}{N_{Pu239}} \times 0.8$$

2. BARRACA 法 (摂動理論適用) — 表 IV-1, 参照

$$E^2 = \sum_{a,p}^{A,P} \frac{K(P)}{x^2(a,p)} \left[\frac{X^m(a,p) - X^{aj}(a,p)}{X^m(a,p)} \right]^2$$

但し, $X^{aj}(a,p) = X^c(a,p) \left[1 + \sum_{e,r,g}^{E,R,G} \alpha(a,p,e,r,g) \frac{d\sigma}{\sigma}(e,r,g) \right]$

$X^m(a,p)$ A個の集合体で測定されたP個のパラメータの値, その時の不確定さ $\pm x(a,p)$

$a = 1, 2, 3, \dots, A, \quad p = 1, 2, 3, \dots, P$

$X^c(a,p)$ 同じ条件での計算値

$$\frac{dX^c}{X^c}(a,p) = \alpha(a,p,e,r,g) \frac{d\sigma}{\sigma}(e,r,g)$$

r reaction

e element

g group

$\sigma(e,r,g)$ cross section

TABLEAU III.2.

COEFFICIENTS DE MULTIPLICATION INITIAUX ET AJUSTES - METHODE BARBAK -

JEU S.E.T.R. VERSION 1

assemblage	combustible	C _{U238}	K _{init.}	$\frac{E-C}{E} \%$	K _{ajust.}	$\frac{E-A}{E} \%$
ZPR III 2A	U	0.073	1.0134	- 1.34	0.9987	+ 0.13
5	U	1.135	1.0179	- 1.79	1.0101	- 1.01
6	U	1.135	1.0119	- 1.19	1.0041	- 0.41
9	U	3.248	1.0087	- 0.87	1.0054	- 0.54
10	U	4.886	1.0023	- 0.23	1.0028	- 0.28
ZPR III 11	U	7.542	0.991	+ 0.9	1.0010	- 0.10
12	U	3.774	1.0023	- 0.23	0.9987	+ 0.13
14	U	0.076	1.0154	- 1.54	0.9985	+ 0.15
16	U	5.342	1.0012	- 0.12	1.0033	- 0.33
17	U	2.197	1.0079	- 0.79	0.9986	+ 0.14
ZPR III 20	U	3.117	1.0063	- 0.63	0.9949	+ 0.51
22	U	7.441	0.9917	+ 0.83	1.0014	- 0.14
23	U	0.076	1.0114	- 1.14	0.9991	+ 0.09
24	U	9.629	0.9855	+ 1.45	1.0000	0.00
25	U	10.34	0.9829	+ 1.71	0.9991	+ 0.09
ZPR III 29	U	2.008	1.0267	- 2.67	0.9984	+ 0.16
30	U	1.530	1.0275	- 2.75	1.0051	- 0.51
31	U	4.883	1.0219	- 2.19	1.0021	- 0.21
32	U	0.073	1.0359	- 3.59	0.9972	+ 0.28
33	U	0.073	1.0332	- 3.32	1.0007	- 0.07
ZPR III 34	U	2.203	1.0192	- 1.92	0.9940	+ 0.60
35	U	0.072	1.0560	- 5.60	0.9985	+ 0.15
36	U	5.282	0.9975	+ 0.25	0.9992	+ 0.08
41	U	1.534	1.0045	- 0.45	1.0006	- 0.06
ZPR III 48	Pu	3.604	1.0263	- 2.63	1.0049	- 0.49
49	Pu	3.604	1.0296	- 2.96	1.0108	- 1.08
50	Pu	3.601	1.0223	- 2.23	1.0000	0.

TABLEAU III.2. (suite)

assemblage	combustible	C _{U238}	K _{init.}	$\frac{E-C}{E} \%$	K _{ajust.}	$\frac{E-A}{E} \%$
ZEBRA 1	U	7.375	0.9896	+1.04	1.0002	- 0.02
ZEBRA 2	U	6.163	0.9969	+0.31	0.9934	+ 0.66
ZEBRA 3	Pu	7.287	0.9828	+1.72	0.9916	+ 0.84
ZEBRA 6	Pu	2.705	1.0116	-1.16	0.9955	+ 0.45
VERA 1B	U	0.076	1.0093	-0.93	0.9961	+ 0.39
VERA 3A	U	2.156	1.0055	-0.55	0.9986	+ 0.14
VERA 5A	U	0.076	1.0052	-0.52	0.9977	+ 0.23
VERA 7A	U	2.156	1.0035	-0.35	1.0023	- 0.23
VERA 11A	Pu	0.	1.0056	-0.56	0.9929	+ 0.71
MASURCA 1A	Pu	2.616	1.0301	-3.01	1.0044	- 0.44

VARIATIONS DES SECTIONS EFFICACES OBTENUES PAR LA METHODE BARRACA

		VARIATIONS EN %			
Réaction	Energie	U 235	Pu 239	U 238	Fez
CAPTURE I	0.821 - 14.5 Mev	- 24.	- 70	- 5.2	
	II : 0.111 - 0.821 Mev	+ 17.	+ 45	- 14.2	
	III : 9.12 - 111 Kev	+ 6.5	+ 2	- 11.2	+ 5
	IV : 0.275 - 9.12 Kev	- 8.	+ 50	+ 6.	+200
FISSION	0.821 - 14.5 Mev	+ 6	- 5	- 7.5	
	0.111 - 0.821 Mev	- 4	+ 5		
	9.12 - 111 Kev	- 6	- 14		
	0.275 - 9.12 Kev	+ 2	+ 10		
V	0.821 - 14.5 Mev	- 0.5	- 1.5	+ 0.4	
	0.111 - 0.821 Mev	- 2.9	+ 0.6		
	9.12 - 111 Kev	- 0.4	- 2.		
	0.275 - 9.12 Kev	- 2.0	+ 1.0		
Transport	0.821 - 14.5 Mev			+ 6	- 10
	0.111 - 0.821 Mev			- 3.8	- 10
	9.12 - 111. Kev			- 7	- 10
DIFFUSION INELASTIQUE	$\frac{d\sigma}{d\Omega}$ (I → II)			- 30	+ 15
	$\frac{d\sigma}{d\Omega}$ (I → III)			- 25	
	$\frac{d\sigma}{d\Omega}$ (II → III)			- 15	