

JAERI - M
93-180

超多群一次元輸送計算による実効断面積
作成モジュール RABTH の使用手引書

1993年9月

内藤 俣孝・奥野 浩・奥田 泰久*

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1993

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 (株)原子力資料サービス

超多群一次元輸送計算による実効断面積作成モジュール
RABTHの使用手引書

日本原子力研究所東海研究所燃料サイクル安全工学部

内藤 俣孝・奥野 浩・奥田 泰久*

(1993年8月26日受理)

臨界安全性評価コードシステムJACSでは、多群定数ライブラリーMGCLを背景断面積について内挿して実効断面積を計算していた。このようなボンダレンコの方法に対する参照計算のため、体系の超多群(64,194群)中性子束を衝突確率法を用いて求め、この中性子束で重み付けして実効断面積を求めるための計算モジュールRABTHを開発した。このモジュールでは、中性子源としては ^{235}U の核分裂中性子スペクトルを用いている。1次元セルに対して約1.9 eV以上の高速群側はRABBLEコード、これ以下の熱群側はTHERMOSコードで解き、全エネルギー領域の中性子束分布が得られる。完全反射または真空の境界条件下では、平板、円柱、球形状のセルが取扱えるように両コードを拡張するとともに、精度向上のためにTHERMOSコードを改良した。本報告書には、RABTHモジュールを取扱うための実際的情報のほか、RABBLEコード、THERMOSコードに施した拡張・改良の基礎式を記した。

A Manual for RABTH, a Code Module to Build Effective Cross
Section by Solving One-dimensional Ultra-fine
Energy Group Transport Equation

Yoshitaka NAITO, Hiroshi OKUNO and Yasuhisa OKUDA*

Department of Fuel Cycle Safety Research
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received August 26, 1993)

The procedure to calculate the effective cross section in the criticality safety evaluation code system JACS was to interpolate the Multigroup Cross Section Library MGCL with respect to the background cross section. For a reference calculation to the calculation following the Bondarenko method, a computational module RABTH has been developed to obtain the eigen ultra-fine (64,194 group) neutron flux with the collision probability method and the effective cross section by weighting with the flux. In the RABTH code module, the neutron source has an energy spectrum of fission neutrons from ^{235}U . The module utilizes the RABBLE code to solve the equations for one-dimensional cells in the fast energy groups, higher than about 1.9 eV, and the THERMOS code in the thermal energy groups, less than this energy. In this way the neutron flux distribution that covers the whole energy range is obtained. Both codes have been extended to treat not only slab and cylindrical cells but also a spherical cell in both complete reflective and vacuum boundary conditions, and the THERMOS code has been further revised for higher precision. This report includes practical information to treat RABTH module and basic equations for the extension and revision made to RABBLE and THERMOS codes.

* Sumitomo Atomic Energy Industries, Ltd.

Keywords: RABTH, RABBLE, THERMOS, MGCL, JACS, Ultra-fine Energy,
Collision Probability Method, Computer Code, Nuclear
Criticality Safety

目 次

1. 序	1
2. モジュールの概要	3
2.1 RABTHモジュールの概要	3
2.2 各コードの概要	3
3. 理 論	14
3.1 RABBLE	14
3.2 THERMOS	18
4. 入力データ形式と入出力ファイル	21
4.1 入力データ形式	21
4.2 入出力ファイル	31
5. 計算例 —— 燃料溶液中に燃料棒が配列した臨界実験体系の解析	35
5.1 はじめに	35
5.2 実験の概要	35
5.3 計算方法と計算モデル	36
5.4 計算結果	36
5.5 結 論	37
謝 辞	45
参考文献	45
付録A 入出力例	47
付録B MGCL-ACE (FPF, TPFの作成) のJCLと入力データ例	64
付録C プログラム情報	66

Contents

1. Introduction	1
2. Outline of the Module	3
2.1 RABTH Module	3
2.2 Each Code	3
3. Basic Equations	14
3.1 Improvements Made to RABBLE	14
3.2 Improvements Made to THERMOS	18
4. Input Data Format and Files for Input and Output	21
4.1 Input Data Format	21
4.2 Input and Output Files	31
5. An Example of Calculation --- Analyses of Criticality Experiments, An Array of Fuel Rods Immersed in Fuel Solution ...	35
5.1 Introduction	35
5.2 Outline of the Experiment	35
5.3 Calculational Procedure and Model	36
5.4 Results	36
5.5 Conclusion	37
Acknowledgment	45
References	45
Appendix A Example Inputs and Outputs	47
Appendix B A JCL and Input Data Example of the Part of MGCL-ACE to Create FPF and TPF	64
Appendix C Program Storage Information	66

1. 序

日本原子力研究所では汎用の臨界安全性評価コードシステムJACS¹⁾を開発し、その改良を続けてきた。JACSの主要な流れは、ボンダレンコの方法²⁾に従い背景断面積をパラメタとした表形式の137群定数ライブラリーMGCL^{3), 4)}からMAILコード^{3), 4)}により核種毎、エネルギー群毎に実効断面積を算出し、これを用いてモンテカルロ法等により中性子輸送方程式を解いて中性子増倍率を算出するというものであった。

MGCLには、評価済み核データとして主にENDF/B-IV⁵⁾に基づいて作成されたMGCL-B4³⁾とJENDL-3⁶⁾に基づいて作成されたMGCL-J3⁴⁾とがある。前者は1981年に、後者は1992年に公開された。MGCL-B4とモンテカルロ法輸送計算コードKENO-IV⁷⁾の組合せでこれまでに1,400件に及ぶ臨界実験体系が解析され⁸⁾、大部分の体系で中性子増倍率が1.0に近い結果が得られた。しかしながら、燃料棒と燃料溶液の混合体系の計算では0.95以下になる事例が見られた。これは、ダンコフ効果の計算が困難で、MGCLを使用することによる精度の悪さに起因している可能性が考えられた。そこで、1次元の超多群輸送方程式を解くことにより詳細なエネルギー・スペクトルを求め、これを重みとした実効多群断面積を算出することとした。このため、1/Eエネルギー・スペクトルから減速線源を求めて計算していた1次元衝突確率法による計算コードRABBLE⁹⁾とTHERMOS¹⁰⁾を改良した。すなわち、RABBLEに関しては核分裂中性子エネルギー・スペクトルを中性子源として高速群(約1.9 eV以上)の計算ができるようにし、THERMOSについては、RABBLEコードから求められる中性子エネルギー・スペクトルに対応した減速中性子源を使用して熱群(約1.9 eV以下)の計算ができるようにした。このことにより、中性子エネルギー・スペクトルの計算を全エネルギー範囲にわたり一貫して行えるようになり、得られたモジュールをRABTHと呼ぶことにした。

MGCL-B4では全ての核種において狭い共鳴近似により重み中性子を求めていた。これに対してMGCL-J3では、この近似が良くないと考えられる共鳴吸収の大きな7核種(²³⁵U, ²³⁸U, ²³⁹Pu, ²⁴⁰Pu, ²⁴¹Pu, ²⁴²Pu, ⁵⁶Fe)に対しては、散乱断面積一定の仮想的減速材3核種(質量数1, 12, 200)との均質混合系をRABTHモジュールにより重み中性子束を得て、多群定数を作成した^{11), 4)}。

一方、均質と見なしてよい燃料粒径に関する計算もRABTHを用いて行った。RABBLE及びTHERMOSの両コードともに球状セルを取扱えないため、取扱えるよう拡張した。この計算により、このような非均質効果が共鳴を逃れる確率に主に支配されていることが分った。しかし、燃料粒径を小さくしてゆくに従い計算精度が悪くなり、これを0にしていても均質系の結果が得られないことが分った¹²⁾。この原因がTHERMOSコードを用いた計算の精度不足にあることが分り、(1)完全反射条件を鏡面反射から一様反射に、(2)中性子発生分布をメッシュ中心からメッシュ内一様にとそれぞれ変更した。この結果妥当な計算結果が得られた。このような改良を経た1次元衝突確率法輸送計算及び実効断面積作成モジュールRABTHの使用手引を本報告書にまとめた。

RABTHモジュールは、MGCLを作成する際に作成される高速側64,000群の点状ファイルFPF、熱側194群の点状ファイルTPFを共通にしている。このため、MGCLライブラリー及びMAILコードを使用して算出した実効断面積に対する参照の実効断面積算出に利用できる。

本報告書では、第2章にモジュール全体の概要を記す。第3章にはこのモジュールの中心となるRABBLEコード及びTHERMOSコードについて、改良点も含めて理論的な表式を記す。第4章には入力データ形式と入出力ファイルについての手引を記す。第5章にはRABTHモジュールを用いた計算例として、燃料溶液中に燃料棒が配列した臨界実験体系の解析を行い、従来法と比較する。付録には実際にこのモジュールを使用する上で参考となるジョブ制御文、入力データ、出力等の例を記す。

2. モジュールの概要

2.1 RABTHモジュールの概要

実効断面積作成モジュールRABTHは、臨界安全性評価コードシステムJACSの中の実効断面積を作成するモジュールである。

JACSコードシステムで主に使用される実効断面積作成方法としては、多群定数ライブラリMGCLを実効マクロ断面積作成コードMAILで処理する方法がある。MGCLは、無限希釈断面積およびバックグラウンド断面積をパラメータとしたfテーブルの1次元データと、散乱マトリックスの2次元データ（1次元データと区別するためにSMFと呼ぶこともある）で構成される。MGCLは多群定数ライブラリ作成コードシステムMGCL-ACEを用いて作成する。MGCLの1次元データは、評価済核データ（ENDF/B-IV, JENDL-3）から超多群断面積ファイルを作成し、それを標準的な軽水炉の中性子スペクトル(ϕ_0)とバックグラウンド断面積(σ_0)を重み($\sim \phi_0 / (\sigma_0 + \sigma_1)$)として縮約し、バックグラウンド断面積をパラメータとしたfテーブルの形に編集される。このMGCLをMAILコードで処理して実効マイクロ断面積と実効マクロ断面積を作成する。

MGCL-ACEが作成する超多群断面積ファイルは64000群のFPF (Fast Point File, 16.487MeV~1.8554eV)と194群のTPF (Thermal Point File, 1.8554eV~3.3066E-5eV)の2つのファイルである。FPF, TPFの群構造をMGCL 137群および26群の群構造と合せて表2.1に示す。またFPF, TPFに格納されている核種を表2.2に示す。

RABTHモジュールはこのFPFおよびTPFを用いて、高速群についてRABBLEコード³⁾、熱群についてTHERMOSコード^{4) 5)}により体系依存の中性子束を算出する。この中性子束とFPFおよびTPFを用いて137群（高速群92群、熱群45群）の実効マイクロ断面積を作成する。この実効マイクロ断面積とSMFを用いてMAILコードで実効マクロ断面積を作成する。ここで用いるMAILコードは、MAIL 3.0にRABTHの実効マイクロ断面積と領域毎の原子個数密度を読み込むように修正したものである。従ってMAIL 3.0の機能をそのまま持っている。これをMAILと区別するためにRABMAILと呼ぶ。

核データファイルからMGCLの1次元データを作成する計算の流れを図2.1に示す。またMGCL、超多群断面積ファイルから実効マクロ断面積を作成する計算の流れを図2.2に示す。またRABTHモジュールの流れを図2.3に示す。

2.2 各コードの概要

RABTHモジュールを構成する11個のコードについて各コードの機能を以下に示す。

(1) TINDEX

TINDEXは入力データとFPFから、XARNGEとRABBLEに共通の入力データ、

GATHEPの入力データ, XARNGEに受け渡す断面積ファイル(吸収反応断面積と散乱反応断面積のみ, 1核種1ファイル), GATHEPに受け渡す断面積ファイル(6反応全て)を作成する。

TINDEXに入力可能な核種数(元素を含む)は最大50である。ただし, XARNGEに受け渡す数は最大35核種で, それ以上はRABBLEの計算に使用されない。GATHEPにはTINDEXに入力した全ての核種を受け渡す。

(2) XARNGE

XARNGEはTINDEXで編集した核種毎の断面積ファイルをTINDEXの入力データ(Card 9, IDRES)に従い共鳴核種と減速材核種に分けて2つのファイルに編集する。また超多群核分裂中性子スペクトルを計算しファイルを作成する。

単位レサジー当たりの核分裂中性子スペクトル $\chi(U')$ は以下の式で算出する。但し, 算出した核分裂中性子スペクトルは1に規格化してファイルに格納する。

$$\chi(U') = E' \cdot \sum_E (\nu\sigma_f(E) \cdot \phi(E) \cdot f(E \rightarrow E') \cdot \Delta E)$$

$$f(E \rightarrow E') = E'^{1/2} \cdot \exp(-E'/\theta(E)) / (\theta(E)^{3/2} \cdot \pi^{1/2}/2)$$

但し

- U' : 核分裂中性子レサジー (FPFエネルギー群の中点)
- E' : 核分裂中性子エネルギー (FPFエネルギー群の中点)
- E : 入射中性子エネルギー (入力データ)
- θ : 核温度 (入力データ)
- $\nu\sigma_f$: 生成断面積 (入力データ)
- ϕ : 標準中性子スペクトル (プログラム内で計算)

(3) RABBLE

RABBLEは衝突確率法に基づいた, 領域依存の超多群中性子束を計算するコードである。本コードでは中性子がエネルギー群内で1回だけしか散乱しないほど十分に狭いと仮定して, 第一飛行脱出確率と第一飛行透過確率に基づく積分型輸送方程式を使用している。

計算の対象とする幾何形状は1次元の平板(2種類), 円柱, 球の3形状4種類で, セルの境界条件はそれぞれ等方反射および真空境界を取り扱うことができる。また均質体系(1領域無限大体系)は前記3形状とは別に取り扱う。

中性子束は減速線源, 第一飛行透過確率, 第一飛行脱出確率, 領域表面での中性子流および全マクロ断面積を用いて算出する。

縮約断面積および縮約中性子束を計算するが, 本モジュールではそれらを利用することはない。

(4) SOTHER

SOTHERはRABBLEで作成した核種毎の超多群散乱反応率と核種の質量からTHERMOS用減速線源の計算を行うプログラムである。

(5) GATHEP

GATHEPはTINDEXで編集した超多群断面積とRABBLEで算出した超多群中性子束を用いて高速群の縮約断面積を作成する。またセル内で発生する中性子数の計算、真空境界の場合には高速中性子のもれない数も計算する。

137群のうち高速群である92群の群構造（超多群64000群に対する縮約テーブル）はGATHEPプログラム中にデータ文で与えている。またTHERMOS用の入力データを作成する。

(6) LIBP

LIBPはTPFを用いてTHERMOS用群定数を作成するプログラムである。LIBPはTHERMOSライブラリの編集機能と散乱核としてGas-kernelを内蔵し、外部から σ_s totalを与えて規格化する機能を備えている。

(7) THERMOS

THERMOSは熱群領域依存の中性子束を積分型輸送方程式を用いて計算するプログラムである。入力データのほぼ全てはGATHEPの出力データから読み込む。

計算の対象とする幾何形状は1次元の平板、円柱、球の3形状でセルの境界条件はそれぞれ等方反射および真空境界を取り扱うことができる。

(8) REDMOS

REDMOSはTHERMOSで計算した領域依存中性子束とTPFを用いてMGCL群構造の熱群45群（ $E \leq 1.8554\text{eV}$ ）の縮約群定数を作成する。また増倍率と六因子も合わせて計算する。

(9) SIGED

高速群（92群； $E \geq 1.8554\text{eV}$ ）と熱群（45群； $E \leq 1.8554\text{eV}$ ）の群定数を結合し137群構造のライブラリーとする。

(10) FEDIT

FEDITは2つの超多群中性子束ファイル（高速群64000群と熱群194群）を1つのファイルにまとめる。ただし高速群と熱群の規格化は行わない。

(11) RABMAIL

SIGEDで編集した実効マイクロ断面積とSMF（MGCLの散乱マトリックスファイル）を用いて領域毎の実効マクロ断面積を計算する。それ以外にMAIL 3.0の機能を全て持つ。

表2.1 MGCLおよびFPF, TPFのエネルギー群構造

Group No.		Upper Energy Boundary	Lethargy Width	Ultra Fine Group	
26 Gr	137 Gr			No. of groups	Lethargy Width
1	1	16.487 MeV	0.125	125	0.001
	2	14.550	0.125	125	0.001
	3	12.840	0.125	125	0.001
	4	11.332	0.125	125	0.001
	5	10.000	0.125	125	0.001
	6	8.8250	0.125	125	0.001
	7	7.7880	0.125	125	0.001
	8	6.8729	0.125	125	0.001
	9	6.0653	0.125	125	0.001
	10	5.3526	0.125	125	0.001
2	11	4.7237	0.125	125	0.001
	12	4.1686	0.125	125	0.001
	13	3.6788	0.125	125	0.001
	14	3.2465	0.125	125	0.001
	15	2.8651	0.125	125	0.001
	16	2.5284	0.125	125	0.001
	17	2.2313	0.125	125	0.001
	18	1.9691	0.125	125	0.001
	19	1.7377	0.125	125	0.001
	20	1.5336	0.125	125	0.001
	21	1.3534	0.125	125	0.001
	22	1.1943	0.125	125	0.001
3	23	1.0540	0.125	125	0.001
	24	930.15 keV	0.125	125	0.001
	25	820.85	0.125	125	0.001
	26	724.40	0.125	125	0.001
	27	639.28	0.125	125	0.001
	28	564.16	0.125	125	0.001
	29	497.87	0.125	125	0.001
	30	439.37	0.125	125	0.001
	31	387.74	0.125	125	0.001
	32	342.18	0.125	125	0.001
	33	301.97	0.125	125	0.001
	34	266.49	0.125	125	0.001
	35	235.18	0.125	125	0.001

表2.1 MGCLおよびFPF, TPFのエネルギー群構造 (続き)

Group No.		Upper Energy Boundary	Lethargy Width	Ultra Fine Group	
26 Gr	137 Gr			No. of groups	Lethargy Width
3	36	207.54 keV	0.125	125	0.001
4	37	183.16	0.125	125	0.001
	38	161.64	0.125	125	0.001
	39	142.64	0.125	125	0.001
	40	125.88	0.125	125	0.001
	41	111.09	0.125	500	0.00025
	42	98.037	0.125	500	0.00025
	43	86.517	0.125	500	0.00025
	44	76.351	0.125	500	0.00025
	45	67.380	0.125	500	0.00025
46	59.462	0.125	500	0.00025	
5	47	52.475	0.125	500	0.00025
	48	46.309	0.125	500	0.00025
	49	40.868	0.125	500	0.00025
	50	36.066	0.125	500	0.00025
	51	31.828	0.125	500	0.00025
	52	28.088	0.125	500	0.00025
	53	24.788	0.125	500	0.00025
	54	21.875	0.125	500	0.00025
	55	19.305	0.125	500	0.00025
56	17.036	0.125	500	0.00025	
6	57	15.034	0.25	1000	0.00025
	58	11.709	0.25	1000	0.00025
	59	9.1188	0.25	1000	0.00025
	60	7.1017	0.25	1000	0.00025
7	61	5.5308	0.25	2000	0.000125
	62	4.3074	0.25	2000	0.000125
	63	3.3546	0.25	2000	0.000125
	64	2.6126	0.25	2000	0.000125
	65	2.0347	0.25	2000	0.000125
	66	1.5846	0.25	2000	0.000125
	67	1.2341	0.25	2000	0.000125
	68	961.12 eV	0.25	2000	0.000125
	69	748.52	0.25	2000	0.000125

表2.1 MGCLおよびFPF, TPFのエネルギー群構造 (続き)

Group No.		Upper Energy Boundary	Lethargy Width	Ultra Fine Group	
26 Gr	137 Gr			No. of groups	Lethargy Width
8	70	582.95 eV	0.25	2000	0.000125
	71	454.00	0.25	2000	0.000125
	72	353.58	0.25	2000	0.000125
	73	275.36	0.25	2000	0.000125
	74	214.45	0.25	2000	0.000125
	75	167.02	0.25	2000	0.000125
9	76	130.07	0.25	1000	0.00025
	77	101.30	0.25	1000	0.00025
	78	78.893	0.25	1000	0.00025
	79	61.442	0.25	1000	0.00025
	80	47.851	0.25	1000	0.00025
	81	37.267	0.25	1000	0.00025
10	82	29.023	0.25	1000	0.00025
	83	22.603	0.25	1000	0.00025
	84	17.604	0.25	1000	0.00025
	85	13.710	0.25	1000	0.00025
	86	10.677	0.25	1000	0.00025
	87	8.3153	0.25	1000	0.00025
11	88	6.4760	0.25	1000	0.00025
	89	5.0435	0.25	1000	0.00025
	90	3.9279	0.25	1000	0.00025
	91	3.0590	0.25	1000	0.00025
	92	2.3824	0.25	1000	0.00025
12	93	1.8554	0.125	8	0.015625
	94	1.6374	0.125	8	0.015625
	95	1.4450	0.125	8	0.015625
13	96	1.2752	0.125	8	0.015625
	97	1.1254	0.125	8	0.015625
	98	0.99312	0.125	8	0.015625
14	99	0.87642	0.125	8	0.015625
	100	0.77344	0.125	8	0.015625
15	101	0.68256	0.125	8	0.015625
	102	0.60236	0.125	8	0.015625
	103	0.53158	0.125	8	0.015625
	104	0.46912	0.125	8	0.015625

表2.1 MGCLおよびFPF, TPFのエネルギー群構造 (続き)

Group No.		Upper Energy Boundary	Velocity Width	Ultra Fine Group	
26 Gr	137 Gr			No. of groups	Velocity Width
16	105	0.41399 eV	270 m/s	3	90 m/s
	106	0.38925	270	3	90
	107	0.36528	270	3	90
17	108	0.34206	270	3	90
	109	0.31961	270	3	90
	110	0.29792	270	3	90
18	111	0.27699	270	3	90
	112	0.25683	270	3	90
	113	0.23742	270	3	90
19	114	0.21878	270	3	90
	115	0.20090	270	3	90
	116	0.18378	270	3	90
20	117	0.16743	270	3	90
	118	0.15183	270	3	90
	119	0.13700	270	3	90
21	120	0.12293	270	3	90
	121	0.10962	270	3	90
	122	0.097078	270	3	90
22	123	0.085295	270	3	90
	124	0.074274	270	3	90
	125	0.064015	270	3	90
23	126	0.054518	270	3	90
	127	0.045783	270	3	90
	128	0.037811	270	3	90
24	129	0.030600	270	3	90
	130	0.024152	270	3	90
	131	0.018465	270	3	90
25	132	0.013541	270	3	90
	133	0.0093792	270	3	90
	134	0.0059793	270	3	90
26	135	0.0033414	270	3	90
	136	0.0014657	270	3	90
	137	3.5209E-4 3.3066E-5	180	2	90

表2.2 超多群断面積ファイルに含まれる核種および核種ID番号

核種名	核種ID番号	温度 [K]	核データファイル
¹ H	3010010	293	JENDL-3
⁶ Li	3030060	293	JENDL-3
⁷ Li	3030070	293	JENDL-3
¹⁴ N	3070140	293	JENDL-3
¹⁶ O	3080160	293	JENDL-3
²⁷ Al	3130270	293	JENDL-3
^{nat} K	3190000	293	JENDL-3
^{nat} Cr	3240000	293	JENDL-3
^{nat} Fe	3260000	293	JENDL-3
^{nat} Ni	3280000	293	JENDL-3
^{nat} Zr	3400000	293	JENDL-3
^{nat} Cd	3480000	293	JENDL-3
¹⁶⁵ Gd	3641550	293	JENDL-3
¹⁶⁷ Gd	3641570	293	JENDL-3
²³⁴ U	3922340	293	JENDL-3
²³⁵ U	3922350	293	JENDL-3
²³⁶ U	3922360	293	JENDL-3
²³⁸ U	3922380	293	JENDL-3
²³⁸ Pu	3942380	293	JENDL-3
²³⁹ Pu	3942390	293	JENDL-3
²⁴⁰ Pu	3942400	293	JENDL-3
²⁴¹ Pu	3942410	293	JENDL-3
²⁴² Pu	3942420	293	JENDL-3
^{nat} Cl	4170000	293	ENDF/B-IV

(1993年3月現在24核種)

データセット名

FPF: J1446.RABBLE.FPFJ3B

TPF: J1446.RABBLE.TPFJ3B

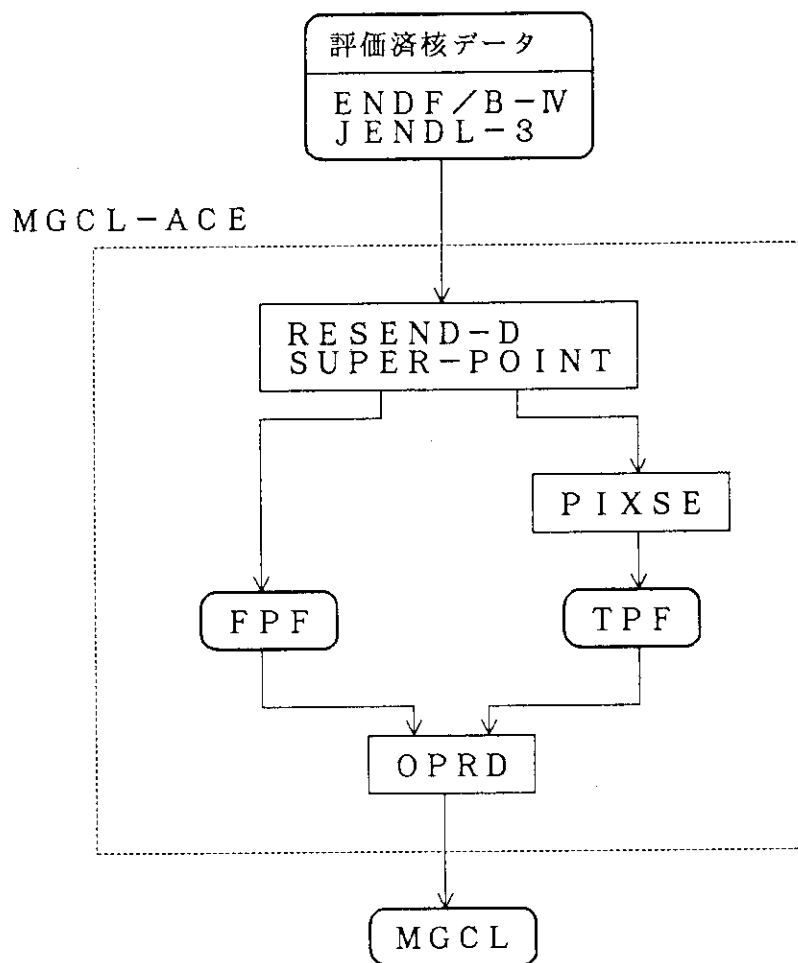


図2.1 MGCL作成計算の流れ図

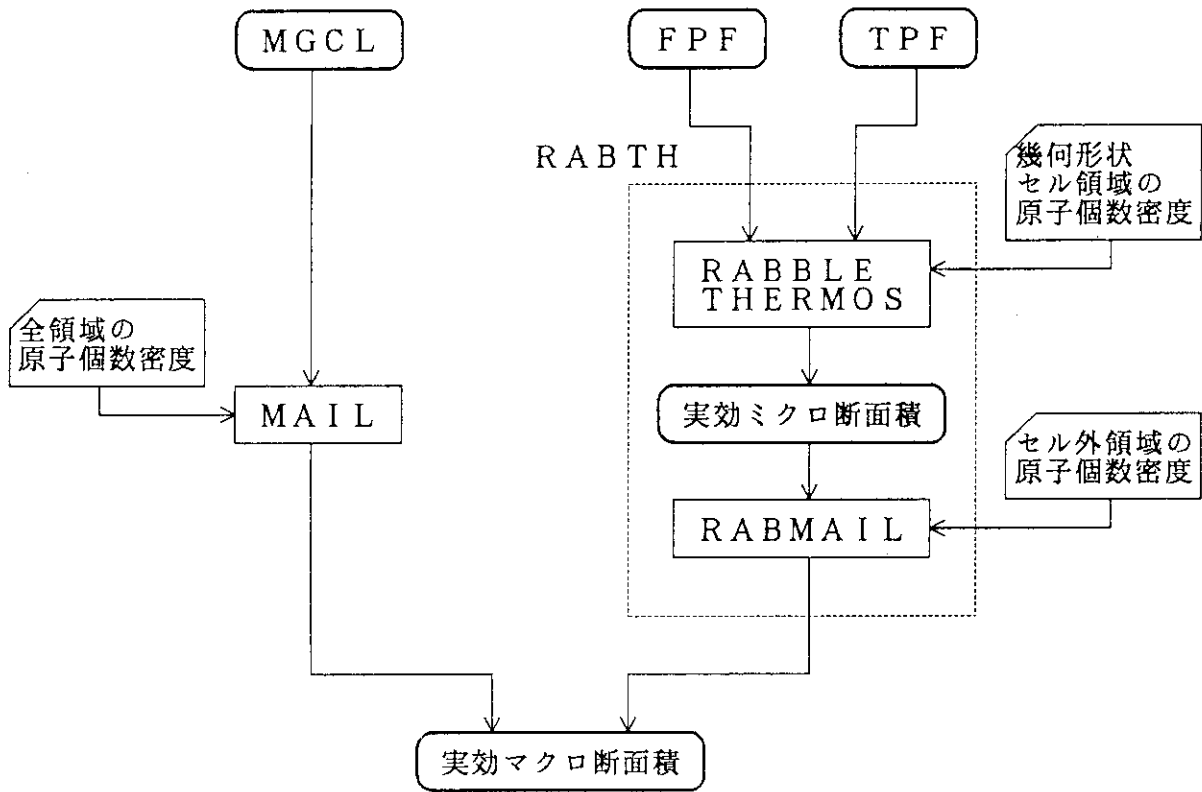


図 2.2 実効マクロ断面積作成計算の流れ図

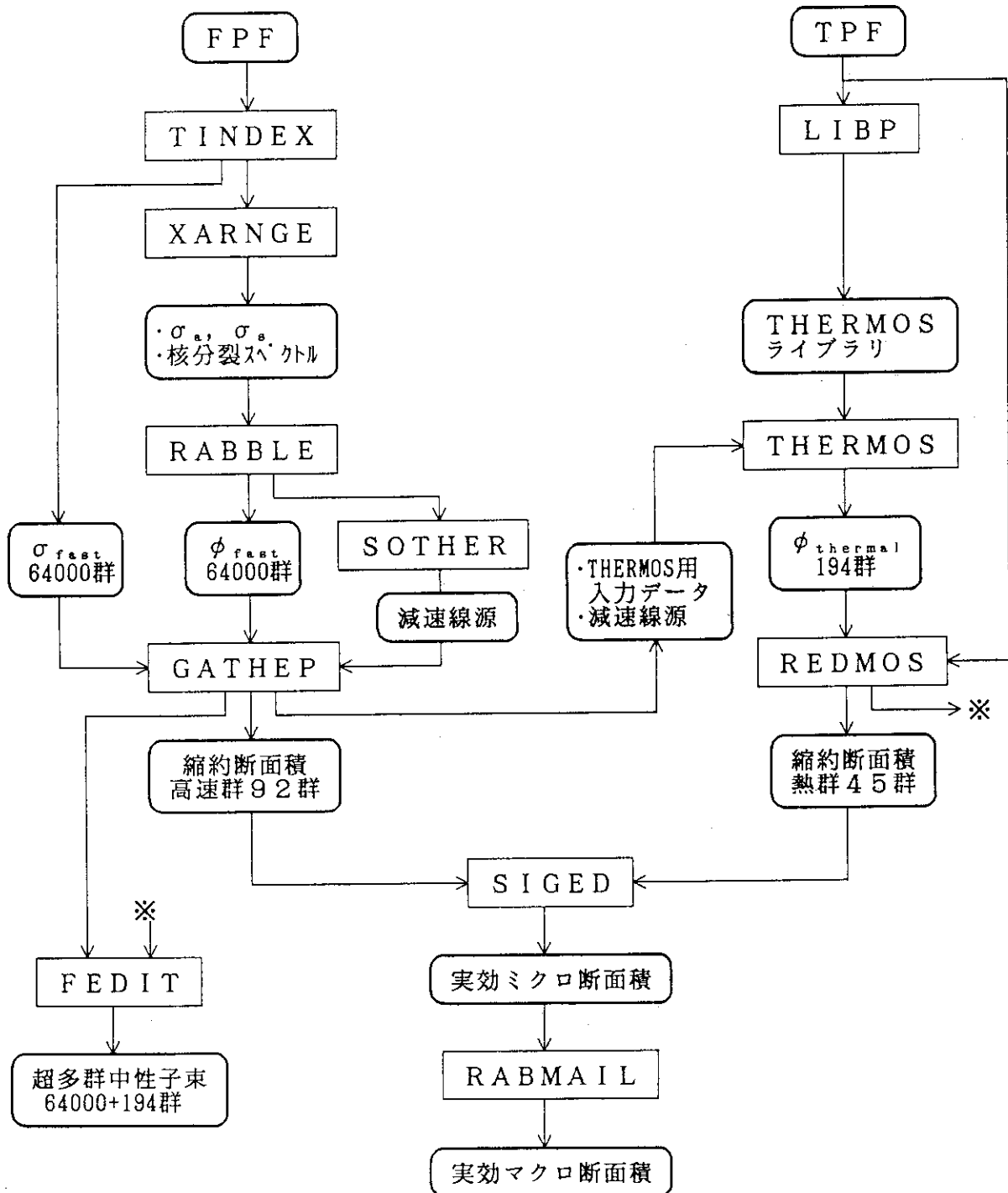


図2.3 RABTHモジュールの流れ図

3. 理 論

3.1 RABBLE

RABBLEで取り扱うエネルギー群の幅は非常に狭く、1つのエネルギー群の中で中性子は1回だけ衝突すると仮定する。従って第一飛行脱出確率 (first-flight escape probability) と第一飛行透過確率 (first-flight transmission probability) に基づく積分型輸送理論が使用されている。

RABTHのRABBLEはオリジナルRABBLEから以下の2点を変更した。

- ① 境界条件に真空境界を追加した
- ② セル形状に球形状を追加した

積分型輸送理論を使うため、計算される基本量は領域 j エネルギー群 i の衝突率 C_{ij} である。積分中性子束 ϕ_{ij} は、 Σ_{ij} を全マクロ断面積とすると以下の式で表わす。

$$\phi_{ij} = \frac{C_{ij}}{\Sigma_{ij}} \quad (1)$$

衝突率を算出するために、減速線源、第一飛行脱出確率、第一飛行透過確率および表面中性子流を求める。

(a) 減速線源

領域毎の減速線源の計算では中性子の散乱は実験室系で等方に弾性散乱をすると仮定する。また減速線源は領域内で一様に分布すると仮定する。

エネルギー群 k の減速線源 S_k は

$$S_k = \text{Sum}_{j=1,J} \text{Sum}_{n=1,L_j} (P_{nj} \cdot \Sigma_{s k-n,j} \cdot \phi_{k-n}) \Delta u \quad (2)$$

ここで

- P_{nj} : 中性子が物質 j で散乱して n 群減速する単位レサジー当たりの確率
- L_j : 中性子が物質 j で1回散乱して減速する最大群数
- $\Sigma_{s k-n,j}$: エネルギー群 $k-n$, 物質 j の散乱マクロ断面積
- ϕ_{k-n} : エネルギー群 $k-n$ の中性子束
- Δu : エネルギー群のレサジー幅

(2)式を数値計算する場合、エネルギー群数が非常に多いために計算時間が長くなってしまふ。しかし P_{nj} が以下の様に簡単な式で表すことができるため、(2)式も計算時間を短縮する形に変換することができる。

$P(u-u')$ を中性子が散乱してレサジー u' から u へ減速する単位レサジー当たりの確率とすると

$$P(u-u') = \begin{cases} \frac{1}{1-\alpha} \cdot \exp[-(u-u')], & u \geq u' \geq u-\varepsilon \\ 0, & u' < u-\varepsilon \end{cases} \quad (3)$$

ここで

$$\alpha = ((A-1)/(A+1))^2$$

$$\varepsilon = 2 \cdot \ln((A+1)/(A-1))$$

A : 中性子が衝突する物質の質量の中性子質量に対する比
 中性子が散乱してレサジー幅 Δu の n 群を減速する確率は

$$P_n \Delta u = \frac{1}{1-\alpha} \int_{u_0}^{u_0+\Delta u} du \int_{u_0-n\Delta u}^{u_0-(n-1)\Delta u} du' \exp[-(u-u')] \\ = \frac{1}{1-\alpha} (1 - \exp[-\Delta u])^2 \exp[-(n-1)\Delta u] \\ \sim \frac{\Delta u}{1-\alpha} (1 - \exp[-\Delta u]) \exp[-(n-1)\Delta u] \quad (4)$$

$P_n = P_{n-1} \cdot \exp[-\Delta u]$ であるから, (2)式は

$$S_k = S_{k-1} \cdot \exp[-\Delta u] + \text{Sum}_{j=1, J} (P_{1j} \cdot \Sigma_{s k-1, j} \cdot \phi_{k-1}) \\ - \exp[-\Delta u] \cdot \text{Sum}_{j=1, j} (P_{Lj, j} \cdot \Sigma_{s k-Lj-1, j} \cdot \phi_{k-Lj-1}) \quad (5)$$

(b) 衝突率

RABBLEでは衝突率は, 均質, 球形状, 円柱形状および2種類の平板形状について計算することができる。ここでは衝突率の計算で特別扱いをする均質と新たに追加した球形状について記述する。

1) 均質

均質の場合は空間依存性がなく, またエネルギー群の幅が狭いため中性子が1つの群の中で1回だけ衝突することから, エネルギー群 i で発生した中性子 (i 群に減速した中性子) は必ず同じ群で衝突する。従って

$$C_i = S_i \quad (6)$$

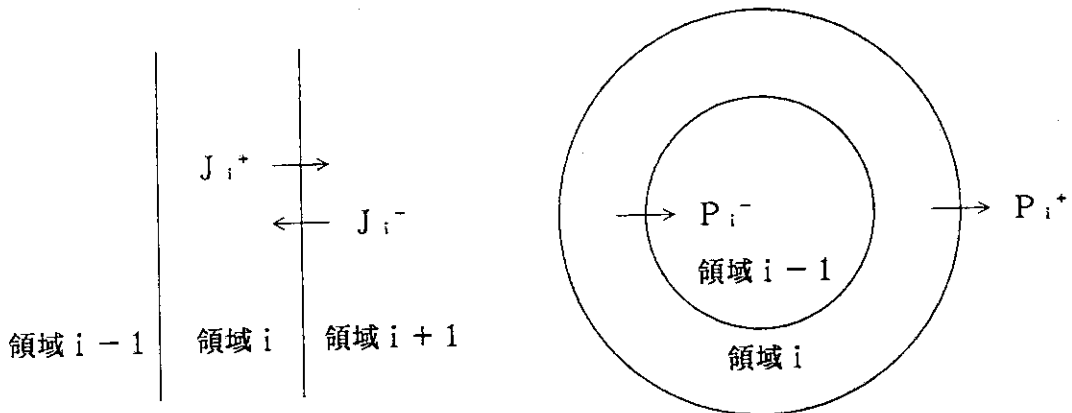
2) 球形状

球形状の場合は領域の境界は球面である。各領域の表面中性子流はコサインカレントと仮定する。衝突率を得るために必要な物理量を以下に示す (図3.1参照)。

J_i^+ : 領域 i の外側境界における外方向に向かう中性子流

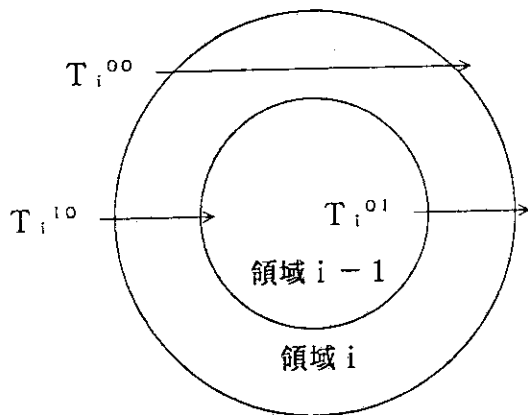
J_i^- : 領域 i の外側境界における内方向に向かう中性子流

- P_i^+ : 領域 i で一様に発生し衝突することなく外側境界を通過する確率
- P_i^- : 領域 i で一様に発生し衝突することなく内側境界を通過する確率
- T_i^{01} : 中性子が領域 i の内側境界から外側境界までの間で衝突しない確率
- T_i^{10} : 中性子が領域 i の外側境界から内側境界までの間で衝突しない確率
- T_i^{00} : 中性子が領域 i の外側境界から外側境界までの間で衝突しない確率



(1) 中性子流 J

(2) 脱出確率 P



(3) 透過確率 T

図3.1 物理量

中心の領域を1, 最も外側の領域を I とすると領域 i での衝突率は上記の物理量を用いて以下の式で表わすことができる。

$$C_i = \begin{cases} (1 - T_i^{00}) J_i^- + (1 - P_i^+) S_i, & i = 1 \\ (1 - T_i^{01}) J_{i-1}^+ + (1 - T_i^{00} - T_i^{10}) J_i^- + (1 - P_i^+ - P_i^-) S_i, & i = 2, I \end{cases} \quad (7)$$

各領域表面の中性子流は以下の関係式が成立する。領域 I の表面では中性子は反射しないかまたは等方反射すると仮定する。

$$J_i^+ = \begin{cases} T_i^{00} \cdot J_i^- + P_i^+ \cdot S_i, & i = 1 \\ T_i^{01} \cdot J_{i-1}^+ + T_i^{00} \cdot J_i^- + P_i^+ \cdot S_i, & i = 2, I \end{cases} \quad (8)$$

$$J_i^- = \begin{cases} T_{i+1}^{10} \cdot J_{i+1}^- + P_{i+1}^- \cdot S_{i+1}, & i = 1, I-1 \\ J_i^+, & i = I \text{ (isotropic return)} \\ 0, & i = I \text{ (no reflection)} \end{cases} \quad (9)$$

また第一飛行脱出確率 P と第一飛行透過確率 T は

$$P_i^- = \frac{2\pi r_{i-1}^2}{\Sigma_i \cdot V_i} \left[1/2 - \int_0^{\pi/2} d\phi \sin\phi \cos\phi \cdot \exp[-\Sigma_i \cdot f(\phi)] \right] \quad (10)$$

$$P_i^+ = \frac{2\pi r_i^2}{\Sigma_i \cdot V_i} \left[1/2 - \int_0^{\pi/2} d\phi \sin\phi \cos\phi \left(\exp[-\Sigma_i \cdot g(\phi)] - \frac{r_{i-1}^2}{r_i^2} (\exp[-\Sigma_i \cdot h(\phi)] - \exp[-\Sigma_i \cdot f(\phi)]) \right) \right] \quad (11)$$

$$T_i^{01} = 2 \int_0^{\pi/2} d\phi \sin\phi \cos\phi \cdot \exp[-\Sigma_i \cdot f(\phi)] \quad (12)$$

$$T_i^{10} = \frac{2r_{i-1}^2}{r_i^2} \int_0^{\pi/2} d\phi \sin\phi \cos\phi \cdot \exp[-\Sigma_i \cdot f(\phi)] \quad (13)$$

$$T_i^{00} = 2 \int_0^{\pi/2} d\phi \sin\phi \cos\phi \left(\exp[-\Sigma_i \cdot g(\phi)] - \frac{r_{i-1}^2}{r_i^2} \cdot \exp[-\Sigma_i \cdot h(\phi)] \right) \quad (14)$$

ここで

$$f(\phi) = -r_{i-1} \cos\phi + (r_i^2 - r_{i-1}^2 \sin^2\phi)^{1/2}$$

$$g(\phi) = 2r_i \cos\phi$$

$$h(\phi) = 2(r_i^2 - r_{i-1}^2 \sin^2\phi)^{1/2}$$

V_i : 領域 i の体積

r_i : 領域 i の外半径

Σ_i : 領域 i の全マクロ断面積

(10)~(14)式から T_i^{10} , P_i^- , P_i^+ を T_i^{01} と T_i^{00} を用いて表わすと

$$T_i^{10} = \frac{r_{i-1}^2}{r_i^2} T_i^{01} \quad (15)$$

$$P_i^- = \frac{\pi r_{i-1}^2}{\Sigma_i \cdot V_i} (1 - T_i^{01}) \quad (16)$$

$$P_i^+ = \frac{\pi r_i^2}{\Sigma_i \cdot V_i} \left(1 - T_i^{00} - \frac{r_{i-1}^2}{r_i^2} T_i^{01} \right) \quad (17)$$

従って5個のTおよびPは T_i^{01} と T_i^{00} を計算することにより得られる。RABBLEでは T_i^{01} は $\Sigma_i \cdot (r_i - r_{i-1})$ と r_{i-1}/r_i をパラメータとしサブルーチンFLATで数値積分法で求める。また T_i^{00} は解析的に解くことができる。

$$T_i^{00} = \frac{2}{A^2} (1 - (A \cdot B + 1) \cdot \exp[-A \cdot B]) \quad (18)$$

ここで

$$A = 2\Sigma_i \cdot r_i$$

$$B = \left(1 - \frac{r_{i-1}^2}{r_i^2} \right)^{1/2}$$

3.2 THERMOS

THERMOSでは積分型輸送方程式に基づいてエネルギーおよび空間依存の中性子束を計算する。ここでは中性子の生成および散乱は等方的であると仮定する。計算の対象とする幾何形状は球、円柱および平板形状である。中性子束の空間分布を計算するために使用するCarlvikの方法⁶⁾を使用した球形状と円柱形状の輸送核について以下に示す。Carlvikの方法では中性子が領域内で一様かつ等方的に発生し、境界条件は等方反射または真空とする。

RABTHのTHERMOSはオリジナルTHERMOSからは以下の2点を変更したものである。

- ① 輸送核の計算をCarlvikの方法に変更した。
- ② セル形状に球形状を追加した。

(a) 衝突率

衝突率 C_{kn} を「領域nにおいて線源密度 Σ_n で発生した中性子が最初の衝突を領域kで行う数」と定義する。以下、領域nで発生する中性子の密度(線源密度)は Σ_n すなわち領域nの全マクロ断面積と同じ値とする。従って領域nの体積を V_n とすると領域nで発生する中性子の総数は $\Sigma_n V_n$ 個である。

領域nで発生した $\Sigma_n V_n$ 個の中性子のうち衝突しないで領域kの表面(半径 r_k 上)を通過する数 S_{kn} (ただし $k \geq n$)はCarlvikの方法では以下の式で表わす。

1) 球形状

$$S_{kn} = \begin{cases} 2\pi \int_0^{r_n} r dr \{ \exp[-(\tau_k - \tau_n)] - \exp[-(\tau_k + \tau_n)] \} & n = 1 \\ 2\pi \int_0^{r_n} r dr \{ \exp[-(\tau_k - \tau_n)] - \exp[-(\tau_k + \tau_n)] \} & \\ -2\pi \int_0^{r_{n-1}} r dr \{ \exp[-(\tau_k - \tau_{n-1})] - \exp[-(\tau_k + \tau_{n-1})] \} & n \geq 2 \end{cases}$$

2) 円柱形状

$$S_{kn} = \begin{cases} 2 \int_0^{r_n} dr \{ \text{Ki3}(\tau_k - \tau_n) - \text{Ki3}(\tau_k + \tau_n) \} & n = 1 \\ 2 \int_0^{r_n} dr \{ \text{Ki3}(\tau_k - \tau_n) - \text{Ki3}(\tau_k + \tau_n) \} & \\ -2 \int_0^{r_{n-1}} dr \{ \text{Ki3}(\tau_k - \tau_{n-1}) - \text{Ki3}(\tau_k + \tau_{n-1}) \} & n \geq 2 \end{cases}$$

ここで

$$\tau_k(r) = \text{Sum}_{i=IS,k} \Sigma_i \cdot L_i(r)$$

$$L_i(r) = (r_i^2 - r^2)^{1/2} \quad i = IS$$

$$= (r_i^2 - r^2)^{1/2} - (r_{i-1}^2 - r^2)^{1/2} \quad i > IS$$

$$r_{N-1} < r \leq r_N \text{ の時, } IS = N$$

$$\text{Ki3}(\tau) = \int_0^{\pi/2} \exp[-\tau/\sin\theta] \cdot \sin^2\theta d\theta$$

r_i : 領域 i の外半径

Σ_i : 領域 i の全マクロ断面積

V_i : 領域 i の体積

衝突率 C_{kn} は以下の関係式により全ての n と k の組み合わせについて求められる。

$$C_{kn} = S_{k-1 n} - S_{kn} \quad (k > n)$$

$$C_{nk} = C_{kn} \quad (k \neq n)$$

$$C_{nn} = \Sigma_n \cdot V_n - \text{Sum}_{k=1, n-1} (C_{kn}) - S_{nn}$$

Carlvikの方法では境界条件として等方反射を仮定している。等方反射境界による衝突率の補正は、セル境界面上にあるセル内方向に等方な中性子が領域 k で最初に衝突する確率 P_k' を用いて表す。 P_k' を以下に示す。

$$P'_k = (4/A_I) \cdot S_{Ik}$$

ここで

I : 領域の数

A_I : セルの表面積

領域 n で発生した中性子が衝突することなくセル外に漏洩する数を R_n , 全ての領域の合計を R_{total} とすると

$$R_n = S_{In}$$

$$R_{total} = \sum_{n=1,I} (R_n)$$

衝突しないでセル外に漏洩した中性子は再びセルに入射し必ず衝突するものとする、セル内で衝突する確率が

$$\begin{aligned} \sum_{k=1,I} P'_k &= (4/A_I) \sum_{k=1,I} (S_{Ik}) \\ &= (4/A_I) R_{total} \end{aligned}$$

従ってセル境界面上にあるセル内方向に等方な中性子が領域 k で衝突する確率 P_k は以下の式で表わされる。

$$P_k = R_k / R_{total}$$

従って等方反射を考慮した衝突率 C_{kn}^* は

$$\begin{aligned} C_{kn}^* &= C_{kn} + R_n \cdot P_k \\ &= C_{kn} + R_n \cdot R_k / R_{total} \end{aligned}$$

境界条件が等方反射の場合衝突率 C_{kn} を C_{kn}^* に置き換えることにより輸送核 T を求めることができる。領域 k の単位密度の線源による領域 n の中性子束 (すなわち輸送核) T_{nk} は

$$C_{nk} = \Sigma_k \cdot \Sigma_n \cdot V_n \cdot T_{nk}$$

の関係式より以下の式で求められる。

$$T_{nk} = C_{nk} / (\Sigma_k \cdot \Sigma_n \cdot V_n)$$

4. 入力データ形式と入出力ファイル

4.1 入力データ形式

本システムの入力データは、そのほとんどがフリーフォーマットで与えられる。従って、データ入力においてカラムを意識する必要はない。また、データの終了には/を与えるとその後のデータを入力しなくてもよい。一部の入力データはフォーマット付きのデータも存在する。その際にはFormat () で表示した。

(1) TINDEX

カード1

TITLE タイトル

カード2

1. KMAT 核種数, アクチベーション核種を含む (≤ 35)
2. KRES 未使用
3. KCOMP 物質数 (≤ 10)
4. KREG 領域数 (≤ 20)
NOPT=1の場合は, KREG=1とする。
5. KBG 縮約群数 (≤ 36)
6. KBGFS 固定線源が存在する最大の縮約群番号
7. NGRX RABBLEで1回に処理する詳細群数
(推奨値 100)
8. LRFLUX RABBLEでFLXVファイルに1回に書き込む詳細群数
(推奨値 200)
9. LREC Fast Point File(FPF)の1レコードに記録されている詳細群数
(必ず2000を入力する)
10. KPRCSS GATHEPで1回に処理する詳細群数
(推奨値 1000)
11. KOPT 幾何形状と境界条件の選択
幾何形状
= 0, 均 質
= 1, 円柱セル
= 2, 平板セル, コサインインターフェースカレント
= 3, 平板セル, (コサイン)² インターフェースカレント
= 4, 球形状セル

- 境界条件
 > 0, 等方反射
 < 0, 真 空
12. NFORM 線源指定
 = 1, 固定線源
 = 2, 第 1 群に1/E線源
13. KREAC FPFに記録されている反応数
 (必ず 6 を入力する)
14. KRCOMP 未使用
15. IIBES XARNGEで共鳴核種を処理する指定
 = 0, 処理しない
 = 1, 処理する
16. IIMOD XARNGEで減速材核種を処理する指定
 = 0, 処理しない
 = 1, 処理する
17. IIFIS XARNGEで固定線源を処理する指定
 = 0, 処理しない
 = 1, 処理する
18. NPRINT 未使用

カード3

NFB(i) 縮約第 i 群に含まれる詳細群数
 i = 1, KBG

カード4

LUFGP(i) 縮約第 i 群に含まれる詳細群のレサジー幅 10^{-6} 単位
 i = 1, KBG

カード5

TCOMP(i) 物質 i の温度 (計算には使用しない)
 i = 1, KCOMP

*** NOPT = 0 の場合, カードは 6 ~ 8 は入力しない ***

カード6

RAD(i) 領域 i の外半径 (cm)
 i = 1, KREG 平板セルの場合, RAD(1)には最も内側の領域の1/2の厚さを入力する

カード7

LFS(i) 固定線源の有無
 i=1, KREG if=0, 領域 i に固定線源がない
 if=1, 領域 i に固定線源がある
 LFS(i)はNFORM=1の場合に使用される

カード8

LREG(i) 領域 i の物質番号
 i = 1, KREG

*** カード9はKMAT回繰り返す ***

*** 核種毎にカードを変える ***

カード9

NUCLID(i) 核種 i の核種 ID 番号
 IDTEMP(i) 核種 i の温度
 IDRES(i) 核種 i の種類
 if=1, 共鳴核種
 if=0, 減速材核種
 SIGPOT(i) ポテンシャル散乱断面積(barn)
 この値は減速材核種からアクチベーション核種を分離するために使用する。
 アクチベーション核種を使用しない場合は0が良い
 DEN(i, j) 物質 j 中の核種 i の原子個数密度 (atoms/barn·cm)

*** 注意事項 ***

NUCLID(i) と IDTEMP(i) は FPF の核種 ID 番号と温度である。

GATHEPコードのためには核種の順番は FPF の順番と同じでなければならない。

アクチベーション核種は RABBLE の計算には使用しない。GATHEP で断面積の縮約を行う。

(2) XARNGE

IDFS 入力データコントロール
 ≠ 5, FT20 から TINDEX の出力を読み込む
 = 5, FT05 から読み込む
 通常 5 以外を入力する

NPRINT 出力コントロール
 = 0, 断面積を印刷しない
 = N, FPF を N 群毎に印刷する。
 ただし N の最大値は NGRX(TINDEX の Card2)

UFSの入力データ

カード1 IGMAX, NB, NSKIP, NTHETA, E0 Format(4I5, E15.7)

IGMAX : 入射中性子エネルギー群数 (<199)

NB : 少数群数 (≤ 36)

NSKIP : スキップ数

NTHETA : 核温度の数 (≤ 20)

E0 : 最大エネルギー (eV)

カード2 (IG1(I), IG2(I), NPOINT(I), UL(I), I=1, NB) Format(3I5, E15.7)

IG1, IG2 : 少数群の始-終群番号

NPOINT : 詳細群数/少数群

UL : レサジー幅 (詳細群)

カード3 (ETH(I), THETA(I), I=1, NTHETA) Format(2E15.7)

ETH : 中性子エネルギー(eV) (昇順)

THETA : 核温度(eV)

ENDF/B-IV(MF=5, MT=18) のデータ

カード4 EBOUND(I), I=1, IGMAX+1 Free Format

入射中性子エネルギー境界値 (降順)

カード5 SIGNF(I), I=1, IGMAX Free Format

核分裂断面積

カード6 XNU(I), I=1, IGMAX Free Format

核分裂当たりの中性子発生数

(3) RABBLE

論理機番 FT05

NPRINT 出力コントロール

= 0, 中性子束を印刷しない

= N, 中性子束をN群毎に印刷する

ITINP 入力データコントロール

≠ 5, FT20からTINDEXの出力を読み込む

= 5 FT05から読み込む

通常5以外を入力する

論理機番 FT91 Format(6F12.0)

FISDEN(I), I=1, KREG

領域毎の線源密度(fissions/cm³)

ただし、線源のある領域(LFS(I)=1)で平均した時に1.0となるようにする。

通常はREDMOSの出力ファイル(FT91F001)を指定する。

REDMOSの出力がない場合は全領域に0を入力する。

(4) SOTHER

論理機番 FT08 Format(A6)
R ブランクカードを入力する

(5) GATHEP

論理機番 FT05
NPRINT 出力コントロール
> 0, 実効断面積を印刷する
≤ 0, 印刷しない

論理機番 FT08 Format(A6)
R ブランクカードを入力する

(6) LIBP

カード1 Format(72H)
タイトルカード

カード2 Format(4I5)
ITAG ≥ 0 ; 新しいライブラリーを作る
< 0 ; ライブラリーテープを修正する
NTR P0散乱マトリックスの輸送補正の有無の指定
= 0 ; 補正しない
≠ 0 ; 補正する
NISA 新しくライブラリーに追加する核種数 (同時にできる)
NISD ライブラリーから削除する核種数 (≤100)

カード3 Format(2I10) NISD回繰り返す
NIDM(L), NIDMA(L), L=1, NISD
削除する核種の核種ID番号と温度ID番号

カード4 Format(2I5) NISA回繰り返す
IDA = 0 ; 散乱カーネルを出力しない
= 1 ; FT02 (GAKA出力) より散乱カーネルを読み込みP0を出力する
= 2 ; 1と同じでP0, P1を出力する

= 3 ; 1 と同じでP0~P2を出力する
 = 4 ; 1 と同じでP0~P3を出力する
 = - 1 ; 散乱カーネルをガスカーネルとして計算し, P0を出力する
 (計算用入力データはSUPER-POINT出力より読む)
 = - 2 ; PIXSE出力 (TPF)よりP0 (~P3) を読み, P0 (~P3) を出力する
 NORM IDA = - 1 の時
 = 0 ; 散乱マトリックスをPIXSEで計算した散乱トータルに規格化する
 = 1 ; 規格化しない
 IDA ≠ - 1 の時は何もしない

(7) THERMOS

カード1 Format(3I5, 13I1, 15)
 IDGEO 計算体系ID
 ICONT = 0 ; RABBLEからのコントロールデータの一部または全部を使用する
 = 1 ; THERMOSを単独で使用する
 (コントロールデータは全部カードで入れ, 線源は1/Eとする)
 通常0を入力する
 IACT RABBLEの核種の中でアクチベーション核種とする核種数
 ICONT = 1 の時にはIACT = 0 とする
 IREC (I), I = 1, 13
 ICONT = 0 の場合に, RABBLEからのコントロールデータの一部を変更したい場
 合に使用する
 = 0 ; コントロールデータをRABBLEからの値またはあらかじめ定めた設定値を
 使用する
 = 1 ; コントロールデータをカードより読む
 通常すべて0を入力する
 I = 1 ; カード3
 I = 2 ; カード4
 I = 3 ; カード5
 I = 4 ; カード6
 I = 5 ; カード7
 I = 6 ; カード8
 I = 7 ; カード9
 I = 8 ; カード10
 I = 9 ; カード11
 I = 10 ; カード12
 I = 11 ; カード13
 I = 12 ; カード14

- IR $i=13$; カード15
 領域数
 ただし, IR=KREGとする
 ICONT=0の場合は不要
- カード2 Format(I10, I5) IACT回繰り返す
 N01(I), N02(I), I=1, IACT
 アクチベーション核種の核種ID番号と温度ID番号
- カード2' Format(7I10) このカードは必ず入力する
 MESH(I), I=1, IR IRは領域数
 領域Iのメッシュ数
- カード3以下はICONT=1の場合に必ず入力する
- カード3 Format(18A4) IREC(1) = 1の場合に必要
 タイトルカード
- カード4 Format(I5) IREC(2)=1の時に必要
 IDENT 計算ID (何でもよい)
- カード5 Format(5I5) IREC(3)=1の時に必要
 NX 全メッシュ数
 IX エネルギー群数 (117または194)
 MX 組成数 ≤ 10
 ISOX ライブラリーより取り出して使用する核種数 ≤ 25
 (温度の異なる核種は別々に取扱う)
 NSORCE 線源の指定をする
 = 0 : RABBLE-SOTHERで作成する
 = 1 : 1/E線源を使用する
- カード6 Format(50I1) IREC(4)=1の時に必要
 MTBL(N), N=1, NX
 メッシュ毎の組成番号
- カード7 Format(I10, I5, 5F11.0/(15X, 5F11.0))
 IREC(5)=1の時にISOX回繰り返す
 ISTBA(J), ISTBB(J), (CONCTA(J, M), M=1, MX), J=1, ISOX

核種 I D 番号と温度 I D 番号および組成 M における原子個数密度

- カード 8 Format(2I5) IREC(6) = 1 の時に必要
 LEAKT 外部境界条件
 < 0 ; 真空 (円柱, 球) / FULL SLAB (平板)
 = 0 ; 真空 (円柱, 球) / HALF SLAB (平板)
 > 0 ; 反射
 NCEO = 0 : 円柱形状
 = 1 ; 平板形状
 = 2 ; 球形状
- カード 9 Format(5F11.0) IREC(7) = 1 の時に必要
 RADEA(1), I = 1, NX
 領域の外径 (cm)
- カード 10 Format(5F11.0, 4I5, I2) IREC(8) = 1 の時に必要
 収束計算条件 ITMAX ≤ 0 を入力すると省略値がとられる
 EPS 中性子密度の収束判定値 (省略値 10⁻⁵)
 RELC オーバーリラグゼーションファクターの初期値 (省略値 1.2)
 EPSG 外挿法判定基準 (省略値 0.05)
 OVERX 外挿法の係数の最大値 (省略値 100.0)
 FACTOR 外挿法の係数の最小値 (省略値 1.0)
 ITBG 外挿法を行なうまでの最少くり返し回数 (省略値 5)
 LCMX オーバーリラグゼーションファクターをテストする回数 (省略値 5)
 ITDM 次の外挿法を行なうまでの最少くり返し回数 (省略値 5)
 ITMAX くり返し回数の最大値 (省略値 100)
 IPT モニタープリントコントロール (省略値 -1)
 > 0 ; 各くり返しごとにプリントする
 ≤ 0 ; プリントしない
- カード 11 Format(A4) IREC(9) = 1 の時に必要
 第 1 カラムから 'REDM' と入力する ('REDMOS INPUT DATA' の頭 4 文字)
- カード 12 Format(I5) IREC(10) = 1 の時に必要
 IDGEO 計算体系 ID
- カード 13 Format(14I5) IREC(11) = 1 の時に必要
 MIX(1), I = 1, MX

組成：組成番号対比テーブル

カード14 Format(15, F11.0) IREC(12) = 1 の時に必要

IACT アクチベーション核種数 ≤ 25

U238 U-238個数密度

カード15 Format(I10, I5, 5F11.0/(15X, 5F11.0)) IREC(13)=1 の時にIACT枚必要

NO1ID(I), NO2ID(I), (CON(I, J), J=1, MX), I=1, IACT

アクチベーション核種の核種ID番号と温度ID番号および組成Mにおける原子個数密度

(8) REDMOS

カード1 Format(15, 20I1)

ICONT = 0 ; 入力データをTHERMOSの出力ファイルから読み込む

= 1 ; 入力データをカードで読む

NP(I), I=1, 20

出力コントロール

= 0 ; 印刷しない

NP (1) ; 計算体系ID群

NP (2) ; THERMOSのエネルギー群数, 領域数, 核種数, 組成数

NP (3) ; THERMOSよりの $\phi(R, E)$, VOL, MTBL, 核種ID番号, 温度ID番号, 原子個数密度, 半径

NP (4) ; 組成：組成番号対比テーブル

NP (5) ; アクチベーション核種数, ^{238}U 原子個数密度

NP (6) ; アクチベーション核種の核種ID番号, 温度ID番号, 原子個数密度

NP (7) ; 縮約群数=45 (TPFより)

NP (8) ; TPFのエネルギー点, レサジープoint, 縮約対比テーブル

NP (9) ; 共通ID

NP(10) ; $\phi(R, E) \cdot \text{VOL}$ テーブル (エネルギー昇順)

NP(11) ; dE

NP(12) ; $\phi(R, E) \cdot \text{VOL}$ テーブル (エネルギー降順)

NP(13) ; TPFの断面積 (核種ごと)

NP(14) ; $\nu\sigma_f$ (核種ごと)

NP(15) ; 縮約断面積 (エネルギー昇順)

NP(16) ; 領域平均縮約断面積 (エネルギー降順)

NP(17) ; 物質平均縮約断面積 (エネルギー降順)

カード2~5 ICONT=1の場合にみ必要

THERMOSのカード12~15に対応

(9) SIGED

カード1 Format(15, 2011)
 NEW = 1 ; 実効断面積ファイルを新規作成する
 = 0 ; 実効断面積ファイルを修正する
 通常 1 を入力する

NP(I), I= 1, 20
 出力コントロール
 = 0 ; 印刷しない
 NP(1) ; 入力した NP(1)
 NP(2) ; REDMOSのコントロールデータ
 NP(3) ; REDMOSの縮約断面積
 NP(4) ; 既存の実効断面積ファイルのタイトルカード

カード2, 3 はNEW= 1 の時のみ入れる

カード2 Format(215)
 NST テープセット番号
 NGR 縮約群数 (=137)

カード3 Format(18A4) 200回くり返す
 テープタイトル

(10) FEDIT

 Format(311)
 NP(I), I=1, 3
 出力コントロール
 = 0 ; 印刷しない
 NP(1) ; FEDITコントロールデータ
 NP(2) ; 熱中性子束の最大値, 最小値
 NP(3) ; GATHEPコントロールデータ

(11) RABMAIL

カード1 Format(9I5)
 1. MAXREG : RABMAILで実効マイクロ断面積を作成する領域の数
 (RABTHの領域数は除く)
 2. IGM : 中性子エネルギー群数
 3. IOPT : 断面積セット作成オプション①

FT04F001 : 同 上
 FT08F001 : 同 上
 ↓ ↓
 FT18F001 : 同 上
 FT31F001 : 同 上
 ↓ ↓
 FT50F001 : 同 上
 FT20F001 : XARNGE, RABBLE用入力データ (出力)
 FT27F002 : GATHEP用入力データ (出力)
 FT28F001 : GATHEP用断面積データ (出力)

(2) XARNGE

FT05F001 : 入力データ
 FT20F001 : 入力データ (TINDEXの出力)
 FT01F001 : XARNGE用断面積データ (TINDEXの出力)
 ↓ ↓
 FT04F001 : 同 上
 FT08F001 : 同 上
 ↓ ↓
 FT18F001 : 同 上
 FT31F001 : 同 上
 ↓ ↓
 FT50F001 : 同 上
 FT25F001 : スクラッチ (超多群核分裂中性子スペクトル)
 FT28F001 : RABBLE用共鳴核種断面積データ (出力)
 FT29F001 : RABBLE用減速材核種断面積データ (出力)
 FT30F001 : RABBLE用固定線源 (出力)

(3) RABBLE

FT05F001 : 入力データ
 FT20F001 : 入力データ (TINDEXの出力)
 FT01F001 : RABBLE用共鳴核種断面積データ (XARNGEの出力)
 FT02F001 : RABBLE用減速材核種断面積データ (XARNGEの出力)
 FT03F001 : RABBLE用固定線源 (XARNGEの出力)
 FT04F001 : GATHEP用領域別中性子束, 中性子発生数, 中性子のもれない数
 (出力)
 FT08F001 : SOTHER用縮約断面積・中性子束データ (出力)
 FT91F001 : 領域毎の線源密度 (REDMOSの出力)

(4) SOTHER

FT08F001 : 入力データ
 FT01F001 : SOTHER用縮約断面積・中性子束データ (RABBLEの出力)
 FT02F002 : GATHEP用データ (出力)

(5) GATHEP

FT05F001 : 入力データ
 FT08F001 : 入力データ
 FT02F001 : GATHEP用データ (SOTHERの出力)
 FT27F001 : GATHEP用入力データ (TINDEXの出力)
 FT28F001 : GATHEP用断面積データ (TINDEXの出力)
 FT29F001 : GATHEP用領域別中性子束, 中性子発生数, 中性子のもれない数
 (RABBLEの出力)
 FT25F001 : THERMOS用入力データ (出力)
 FT26F001 : SIGED用92群実効断面積 (出力)
 FT30F001 : FEDIT用64000群中性子束 (出力)
 FT90F001 : REDMOS用反応率, 中性子のもれない確率等 (出力)

(6) LIBP

FT05F001 : 入力データ
 FT01F001 : TPF (入力)
 FT03F001 : スクラッチ
 FT09F001 : THERMOS用ライブラリ (出力)
 FT10F001 : スクラッチ
 ↓
 FT14F001 : スクラッチ

(7) THERMOS

FT05F001 : 入力データ
 FT12F001 : 入力データ (GATHEPの出力)
 FT01F001 : スクラッチ (DD文にRECFM=FB, LRECL=80を指定する)
 FT09F001 : THERMOS用ライブラリー (LIBPの出力)
 FT10F001 : REDMOS用中性子束 (出力)
 FT11F001 : スクラッチ
 FT13F001 : スクラッチ

(8) REDMOS

FT05F001 : 入力データ

FT10F001 : REDMOS用中性子束(THERMOSの出力)
 FT11F001 : TPF(入力)
 FT12F001 : FEDIT用194群熱中性子束(出力)
 FT13F001 : SIGED用45群実効断面積(出力)
 FT90F001 : REDMOS用反応率, 中性子のもれない確率等(GATHEPの出力)
 FT91F001 : RABBLE用領域毎の核分裂密度(出力)

(9) SIGED

FT05F001 : 入力データ
 FT01F001 : スクラッチ(RECFM=FB, LRECL=80)
 FT12F001 : スクラッチ
 FT13F001 : SIGED用45群実効断面積(REDMOSの出力)
 FT14F001 : SIGED用92群実効断面積(GATHEPの出力)
 FT15F001 : ダミー
 FT16F001 : 137群実効マイクロ断面積(出力)

(10) FEDIT

FT05F001 : 入力データ
 FT01F001 : 超多群中性子束ファイル(出力)
 FT12F001 : FEDIT用熱中性子束(REDMOSの出力)
 FT30F001 : FEDIT用高速中性子束(GATHEPの出力)

(11) RABMAIL

FT05F001 : 入力データ
 FT02F001 : スクラッチ
 FT03F001 : KENO形式およびMULTI-KENO-II形式の断面積セット
 FT04F001 : ANISN形式の断面積セット
 FT11F001 : MGCLライブラリー1
 FT12F001 : MGCLライブラリー2
 FT21F001 : hテーブル
 FT31F001 : SMFライブラリー
 FT41F001 : 137群実効マイクロ断面積(SIGEDの出力)

5. 計算例 —— 燃料溶液中に燃料棒が配列した臨界実験体系の解析

5.1 はじめに

再処理施設の溶解工程では核分裂性物質が硝酸水溶液及びペレットの2つの形態で混在しており、臨界計算が難しいと考えられている。この理由は、ペレット中の中性子の振舞いが他のペレットのみではなく核分裂性物質を含む硝酸水溶液によって影響を受け、しかもいずれも共鳴吸収を含むため、共鳴のダンコフ補正だけでは扱いきれないことによる。実際、NEA/CRP（原子力機関・炉物理委員会）の臨界安全解析ワーキンググループでは溶解槽体系を模擬した臨界実験体系を解析したが¹⁵⁾、中性子実効増倍率を1.0よりも3～5%も低く見積る事例が、特にSCALEコードシステム¹⁶⁾を使用した参加機関の結果に見出された。軽水中に燃料棒を配列した体系で輸送容器を模擬した臨界実験に対する解析の結果では、実効増倍率の1.0からのずれが±2%程度であった¹⁷⁾。これに比較すると前述の過小評価の程度は大きい。

臨界安全性評価コードシステムJACSでは137群の群定数ライブラリーを作成する際に、重み中性子束として軽水炉の標準スペクトルを使用している。この方法ではペレット核種の断面積を算出する際に、周囲に溶液状の核燃料が存在してもその効果は無視して水に対するダンコフ補正で行わざるを得ない。さらに、溶液中の核種の断面積を算出する際にも、周囲に核燃料ペレットが存在する効果は入らない。

これに対してRABTHモジュールを用いる方法では、非均質セルでの超多群中性子束を衝突確率法によって算出し、体系に即した超多群中性子束を重みにして断面積を求める。この方法の方が、減速材領域（溶液）に共鳴吸収の大きい²³⁸Uを含んでいる効果をより正確に取入れられると考えられる。

本解析では、ウラン濃縮度4.3wt%の硝酸ウラニル水溶液中に二酸化ウラン燃料棒の三角格子配列が漬かっている臨界実験体系¹⁸⁾を例にとり、上記2つの方法で解析して、減速材領域での共鳴吸収が中性子増倍率の算出結果に与える影響を調べるとともに、RABTHモジュールの検証をする。

以下では、まず5.2節で解析の対象とする実験体系の概要について述べる。5.3節では実験解析に使用する2つの方法と計算モデルを記す。5.4節では、非均質セル無限配列の中性子無限増倍率及び燃料棒・溶液混合槽体系の中性子実効増倍率を上述した2つの方法で計算した結果を記す。最後の5.5節では結論を述べる。

5.2 実験の概要

解析の対象としたのは、パンフィック・ノースウェスト研究所のR.C.Lloydらによって行われた臨界実験体系である¹⁸⁾。4.3wt%濃縮二酸化ウラン燃料棒の三角格子配列が燃料溶液槽中に置かれ、ガドリニウムを含む硝酸ウラニル水溶液中に一部分漬かっている。燃料溶液槽はより大

きなタンクの中に水没状態になっている。この実験体系の概要を図5.1に示す。燃料棒は理論密度の95%の二酸化ウランペレットをステンレス鋼で被覆したものである。燃料棒の詳細を図5.2に示す。

実験は燃料棒間隔を 2.3cm, 2.8cm, 3.3cmの3通り, それぞれの燃料棒間隔に対してガドリニウムの濃度を4通りに変えることにより, 計12件が実施された。燃料溶液槽は燃料棒間隔ごとに取換えた。臨界近接は硝酸ウラニル溶液の高さを調節することによりなされた。実験体系を規定する主要なパラメタを表5.1に示す。

5.3 計算方法と計算モデル

この実験解析では, 燃料棒と燃料溶液が混在する領域での断面積の計算方法として2通り採用し, その結果を比較する。第1の方法はJACSコードシステムを使う上での通常の流れに従い, 137群の微視的断面積が背景断面積をパラメタとして整理されている多群定数ライブラリーMGCL-J3⁴⁾から, MAIL3.0コード⁴⁾を介して実効巨視的断面積を算出する。燃料棒の配列を含む領域は S_N 法中性子輸送計算コードANISN-JR¹⁹⁾を用いて円筒セル内で均質化した断面積, 他の領域は均質での断面積で, これらをREMAILコード²⁰⁾で結合・編集し, 最後にモンテカルロ法中性子輸送計算コードKENO-IV⁷⁾を用いて体系全体の実効増倍率を算出する。

第1の方法では多群定数ライブラリーMGCL-J3を作成する際に, 背景断面積をパラメタにして整理している。ダンコフ補正の計算は, 燃料棒間が軽水であると仮定して行う。これに対して第2の方法は, 燃料棒配列と燃料溶液が混在している領域を円柱セル形状として, RABTHモジュールを用いて137群実効巨視的断面積を算出する。ANISN-JRコードを用いて均質化断面積を計算するなど, これ以外の部分は第1の方法と同じである。

ANISN-JRコードの計算体系(RABTHコードの計算体系)を図5.3に, 計算で用いる諸定数を表5.2に示す。また, KENO-IVの計算体系を図5.4に示す。図5.4から明らかのように, KENO-IVの計算では溶液槽内部の領域を空隙(VOID)を除き4領域に分割している。すなわち, 燃料棒配列体系と硝酸ウラニル水溶液が混在する領域1(均質化断面積はANISN-JRを用いたセル計算により得られる), 硝酸ウラニル水溶液で満たされた領域2, 上部を空隙, 下部を液面, 周辺を容器壁で囲まれた領域3(原子個数密度は, 燃料棒の個数密度を領域3全体で均一に薄めたもの), 溶液中に燃料棒下端(ステンレス)が漬かっている領域4(原子個数密度は体積平均をとったもの)とに分けている。なお, 表5.3にKENO-IVの計算で用いる諸定数を示す。

5.4 計算結果

まず, 二酸化ウラン燃料棒の三角格子配列が硝酸ウラニル水溶液に漬かった体系の中性子無限増倍率 k_{∞} を算出した。その結果を表5.4に示す。この表には, 前節で述べた第1の方法で算出した $k_{\infty}^{(1)}$, 第2の方法で算出した $k_{\infty}^{(2)}$ のほか, それらの差 $\Delta k_{\infty}(=k_{\infty}^{(2)} - k_{\infty}^{(1)})$ 及び

Δk_{∞} を $k_{\infty}^{(1)}$ と $k_{\infty}^{(2)}$ の平均値 $k_{\infty}^{(av)}$ ($= (k_{\infty}^{(1)} + k_{\infty}^{(2)})/2$) で除したものを挙げた。また、ケース番号4及び8については、参考までに遊離硝酸を無視した場合の結果もケース番号4'及び8'として併せて示す。これら2ケースは国際ベンチマークの標準問題になっており、しかも遊離硝酸を無視して問題が指定されている¹⁵⁾。 k_{∞} の計算結果をガドリニウム濃度を横軸に、燃料棒間ピッチをパラメタとして図5.5に示す。燃料棒間ピッチが狭いほど、また、ガドリニウム濃度が低いほど k_{∞} の値が大きくなっている。また、ガドリニウム濃度に比例して無限増倍率 k_{∞} の値は下がるが、燃料ピッチが大きくなるほどその勾配の絶対値は大きくなっている。

図5.6には2つの方法で求めた無限増倍率の差 Δk_{∞} を $k_{\infty}^{(av)}$ で除したものをガドリニウム濃度を横軸にして示した。第2の方法で求めた k_{∞} の方が第1の方法で求めたものより相対値として0.3~0.6% (平均0.43%) 高く、この差は燃料棒間ピッチが小さいほど大きいことがわかる。 $k_{\infty}^{(1)}$ が $k_{\infty}^{(2)}$ より小さくなっていることは、第1の方法の方が第2の方法よりも、(1)燃料溶液中での吸収を大きく見積った、(2)熱群における吸収(核分裂)を小さく見積った、という理由が考えられる。

燃料棒・溶液混合槽体系の実効増倍率 k_{eff} の算出結果を表5.5に示す。この表には、第1の方法で算出した実効増倍率 $k_{eff}^{(1)}$ 、第2の方法で算出した実効増倍率 $k_{eff}^{(2)}$ のほか、それらの差 $\Delta k_{eff} (= k_{eff}^{(2)} - k_{eff}^{(1)})$ を挙げた。±の後に記したのは標準偏差で、 Δk_{eff} に関する標準偏差としては自乗和の平方根を示している。この表にも遊離硝酸を無視した場合の結果を参考までに示している。表5.5より、第1の方法で求めた実効増倍率よりも第2の方法で求めたものの方が平均して0.4%程度大きくなることが分かった。これは無限増倍率 k_{∞} の差の相対値にほぼ一致している。それでも1.0から比べると4~5%前後小さい値を示している。これに対して、遊離硝酸を無視した場合は実効増倍率が2~3%高く、0.98前後の値になっている。

5.5 結 論

4.3 wt%濃縮二酸化ウラン燃料棒配列が硝酸ウラニル水溶液中に漬かっている臨界実験体系12例を2つの方法で解析し、中性子増倍率の算出結果を比較した。第1の方法では、JACSコードシステムの通常の手順に従って計算した。燃料棒・溶液混合槽で現れる核種の多群断面積は、多群定数ライブラリーMGCL-J3から背景断面積をパラメタとして求められた。第2の方法では、衝突確率法を用いて得られた超多群中性子スペクトルで重み付けして多群断面積を求めた。第1の方法では、第2の方法に比べて、中性子増倍率を0.4%前後低く算出した。その理由は、(i)燃料棒が傍らに存在しても燃料溶液中の断面積は均質として評価する、(ii)燃料棒中の断面積は周囲の燃料溶液を水で置換えてダンコフ補正を行っている、ということにあると考えられる。実験体系に関しては、遊離硝酸を無視して取扱ってよいことが確認できれば、このようなペレット・溶液混合体系においてもRABTHモジュールを適用すると0.98%前後の実効増倍率の値が得られ有効なことが分かった。

ただし、中性子増倍率0.98という値は、理論的な臨界での中性子増倍率の値1.0と比較すると2%低い。実験データの妥当性を確認するためにも、溶液槽模擬の実験がさらに進められるのが望ましい。この観点からは、燃料溶液中に燃料棒が林立し配列されている臨界実験は動燃と米国

立オークリッチ研究所と共同で実施されたので²¹⁾、その詳細が公開されれば²²⁾、検証計算をさらに進めることによりJACSコードシステムのRABTHモジュールの有効性がより明らかになるものと期待される。

表5.1 実験体系の各定数

ケース 番号	ピッチ (mm)	燃料棒の本数	Gd 濃度 (g/l)	臨界での溶液 高さ (mm)	ベッセル内径 (mm)
1	22.86	451	0	373	557.5
2			0.124	552	
3			0.148	613	
4			0.184	744	
5	27.94	433	0	309	658.0
6			0.074	413	
7			0.099	481	
8			0.124	565	
9	33.02	421	0	333	761.6
10			0.025	388	
11			0.049	460	
12			0.074	577	
硝酸ウラニルの組成					
ウラン濃度		195.8 ± 0.4 g/l			
比 重		1.254 ± 0.004			
遊離硝酸モル濃度		1.52 ± 0.02			

表5.2 ANISNによる計算での諸定数

Sn分点	8
エネルギー群数	137
散乱次数	P ₁
内部反復基準	10 ⁻⁴
外部反復基準	10 ⁻⁴
メッシュインターバル (燃料ピン)	3
(クラッド)	1
(溶 液)	2 (ケース1~4)
	3 (ケース5~8)
	4 (ケース9~12)

表5.3 KENO-IV計算での諸定数

エネルギー群数	137
一世代当りの中性子数	300
計算世代数	105
棄却する初期世代数	5
初期中性子発生分布	平 坦

表5.4 ペレット・溶液混在臨界実験体系における無限増倍率 k_{∞} の算出結果

ケース 番号	無限増倍率		Δk_{∞}^{*1}	$\frac{\Delta k_{\infty}^{*2}}{k_{\infty}^{(av)}}$
	$k_{\infty}^{(1)}$	$k_{\infty}^{(2)}$		
1	1.3073	1.3145	0.0072	0.0055
2	1.2437	1.2510	0.0073	0.0059
3	1.2326	1.2397	0.0071	0.0057
4	1.2165	1.2231	0.0066	0.0054
5	1.2996	1.3053	0.0057	0.0044
6	1.2281	1.2332	0.0051	0.0041
7	1.2061	1.2110	0.0049	0.0041
8	1.1853	1.1901	0.0048	0.0040
9	1.2535	1.2574	0.0039	0.0031
10	1.2174	1.2213	0.0039	0.0032
11	1.1851	1.1890	0.0039	0.0033
12	1.1538	1.1571	0.0033	0.0029
4 ^{*3}	1.2278	1.2337	0.0059	0.0048
8 ^{*3}	1.1910	1.1952	-0.0042	0.0035
1から12までの平均				0.0043

註*1 $\Delta k_{\infty} = k_{\infty}^{(2)} - k_{\infty}^{(1)}$

*2 $k_{\infty}^{(av)} = (k_{\infty}^{(1)} + k_{\infty}^{(2)})/2$

*3 4[']及び8[']はケース4及び8に対して遊離硝酸を無視したものである。

表5.5 ペレット・溶液混在臨界実験体系における実効増倍率 k_{eff} の算出結果

ケース 番号	実効増倍率		Δk_{eff}^{*1}
	$k_{eff}^{(1)}$	$k_{eff}^{(2)}$	
1	0.947±0.004	0.944±0.004	-0.003±0.003
2	0.946±0.004	0.956±0.003	0.010±0.003
3	0.940±0.004	0.947±0.004	0.007±0.003
4	0.945±0.004	0.958±0.003	0.013±0.003
5	0.942±0.004	0.943±0.004	0.001±0.003
6	0.945±0.003	0.953±0.004	0.008±0.003
7	0.949±0.003	0.960±0.003	0.011±0.002
8	0.954±0.003	0.952±0.003	-0.002±0.002
9	0.947±0.004	0.951±0.004	0.004±0.003
10	0.963±0.003	0.957±0.004	-0.006±0.003
11	0.956±0.004	0.961±0.003	0.005±0.003
12	0.962±0.003	0.964±0.003	0.002±0.002
4'*2	0.979±0.003	0.986±0.003	0.007±0.002
8'*2	0.973±0.003	0.977±0.003	0.004±0.002
1から12までの平均			0.0042±0.0016

註*1 $\Delta k_{eff} = k_{eff}^{(2)} - k_{eff}^{(1)}$

*2 4'及び8'はケース4及び8に対して遊離硝酸を無視したものである。

DESCRIPTION OF EXPERIMENTAL VESSELS

END THICKNESS (TOP AND BOTTOM) (mm)	9.5
EXPERIMENTAL VESSEL WALL THICKNESS (mm)	0.79
EXPERIMENTAL VESSEL HEIGHT (mm) (outside)	1067
WATER REFLECTOR o.d. (mm)	1016

DELAYED CRITICAL CONFIGURATION

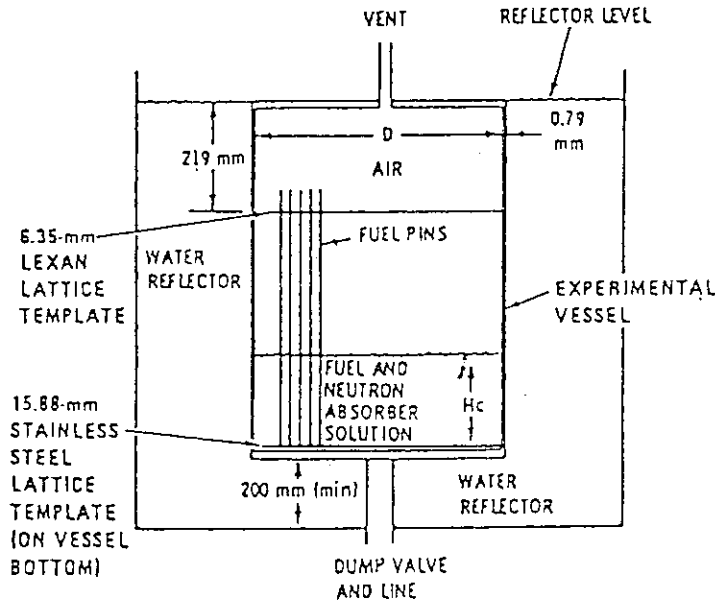
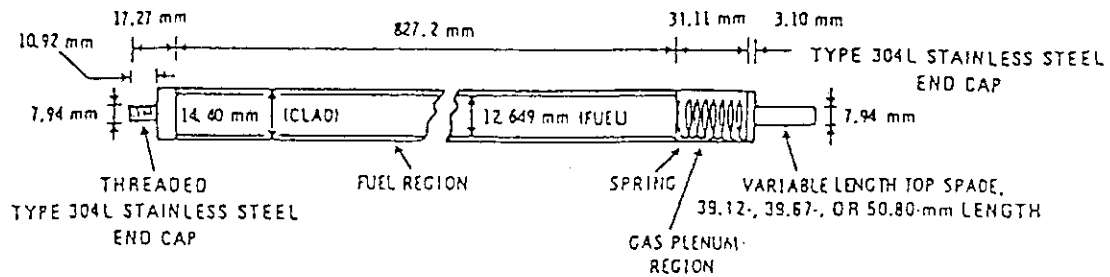


図 5.1 実験体系の概要図

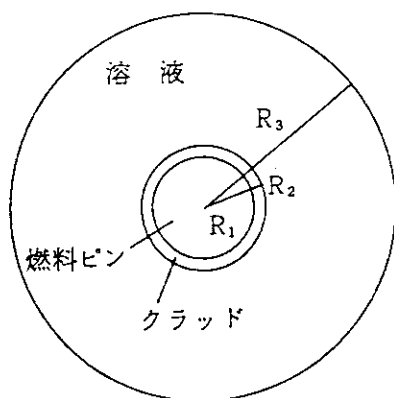


FUEL TUBE CANNED LENGTH ^a	134.421 in.)	874.29 mm
FUEL ROD CORE LENGTH ^b	132.57 in.)	827.2 mm
FUEL PELLET LENGTH	10.61 in. ± 0.011	15.49 mm
CLAD o.d.	10.567 in.)	14.40 mm
CLAD THICKNESS (TYPE 304L STAINLESS STEEL)	10.032 in.)	0.813 mm
FUEL COLUMN DIAMETER	10.458 in. ± 0.0011	12.649 mm
UO ₂ PELLET DENSITY (% THEORETICAL)	94.9 ± 0.6	
UO ₂ STACK DENSITY (% THEORETICAL)	94.6 ± 0.4	
²³⁵ U ENRICHMENT OF FUEL, wt%	4.31	
URANIUM IN FUEL ROD	951 g	

^a MEASURED FROM BOTTOM OF END SPADE TO BOTTOM OF TOP SPADE.

^b AVERAGE OF 20 MEASUREMENTS.

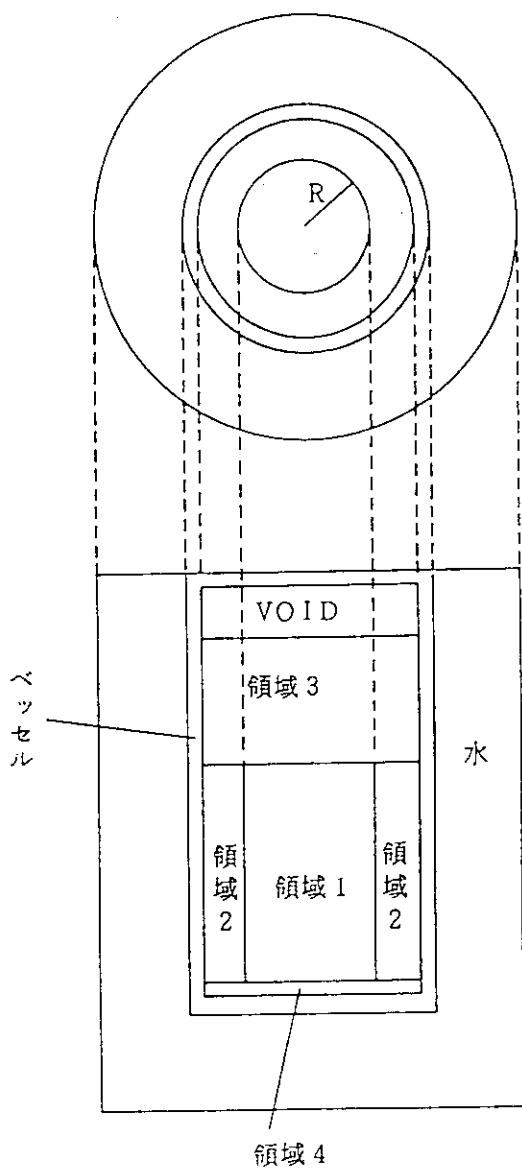
図 5.2 燃料棒の詳細図



$R_1 = 6.3245 \text{ mm}$
 $R_2 = 7.2 \text{ mm}$
 $R_3 = 12.002 \text{ mm}$ (ケース 1~4)
 14.670 mm (ケース 5~8)
 17.337 mm (ケース 9~12)

外側 反射境界

図5.3 ANISNにおける計算体系



領域1の半径R (mm)

ケース 1~4	2 5 4.8 9
ケース 5~8	3 0 5.2 5
ケース 9~12	3 5 5.7 2

- 領域1 硝酸ウラニル水溶液中の燃料棒
- 領域2 硝酸ウラニル水溶液
- 領域3 スミアした燃料棒
- 領域4 スミアした燃料棒下部
(ステンレス)と硝酸ウラニル水
溶液

水の厚さはすべて 20 cmとした。

図5.4 KENO-IVにおける計算体系

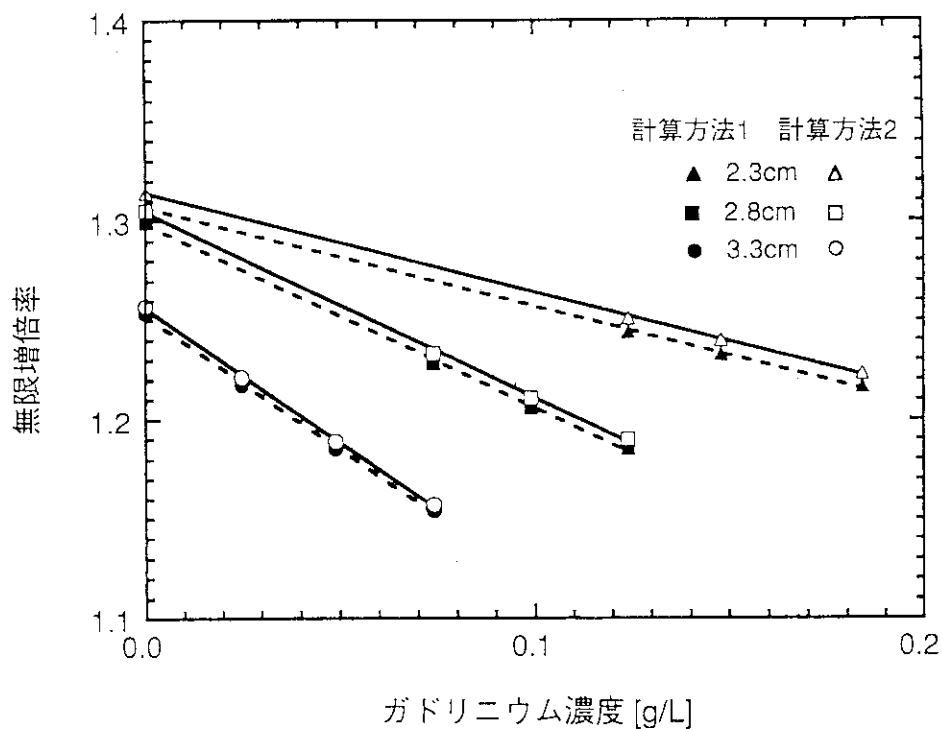


図5.5 ペレット溶液混在実験体系における無限増倍率の算出結果

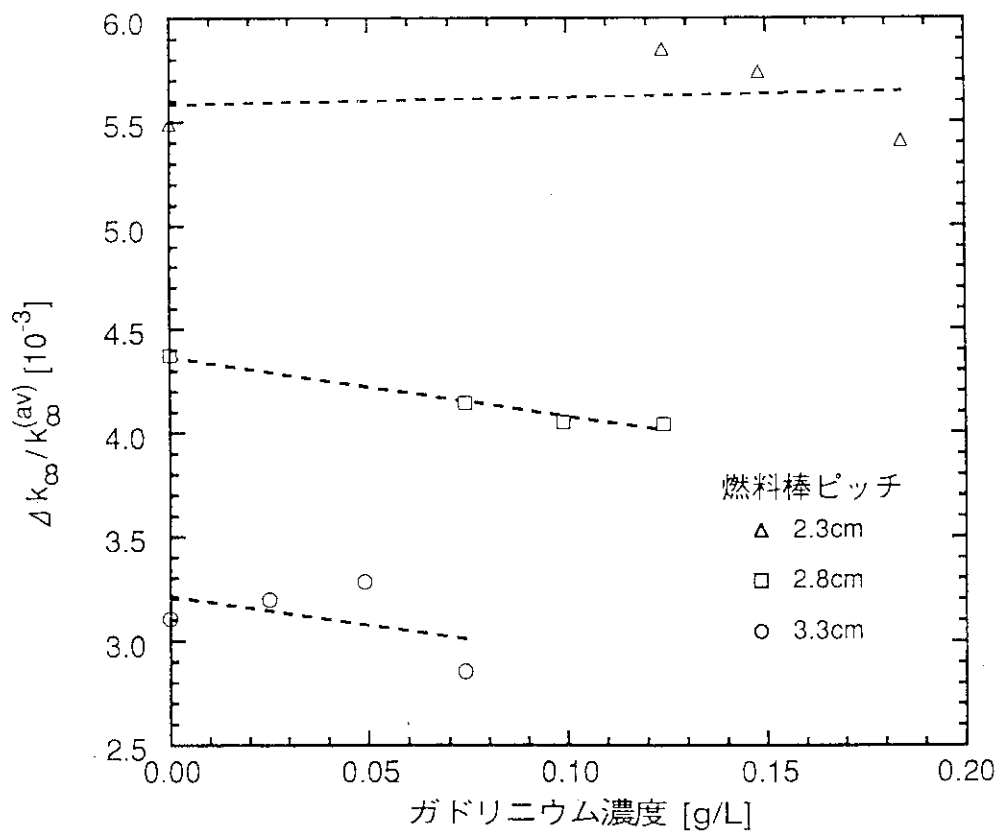


図5.6 2つの方法による無限増倍率算出結果の相対的な差

謝 辞

本報告書を査読し、有益な御指示を頂いた臨界安全研究室の中島健氏に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) J. Katakura, Y. Naito and Y. Komuro, "Development of the Computer Code System JACS for Criticality Safety," Trans. Am. Nucl. Soc., 41, 329 (1982).
- 2) I. I. Bondarenko(ed.), "Group Constants for Nuclear Reactor Calculations," Consultation Bureau, New York (1964).
- 3) Y. Naito, S. Tsuruta, T. Matsumura and T. Ohuchi, "MGCL-PROCESSOR: A Computer Code System for Processing Multigroup Constants Library MGCL," JAERI-M9396 (1981).
- 4) 小室雄一・奥野浩・内藤倣孝・酒井友宏・塩田雅之・奥田泰久, 「断面積セット作成プログラム MAIL3.0使用手引書」, JAERI-M90-126 (1990).
- 5) ENDF/B Summary Documentation, BNL-NCS-17541(ENDF-201), 2nd Edition (ENDF/B-IV) (1975).
- 6) K. Shibata et al., "Japanese Evaluated Nuclear Data Library, Version-3 - JENDL-3-", JAERI-1319 (1990).
- 7) L. M. Petrie and N. F. Cross, "KENO-IV, An Improved Monte Carlo Criticality Program," ORNL-4398, Oak Ridge National Laboratory (1975).
- 8) Y. Nomura, J. Katakura, Y. Naito, Y. Komuro and H. Okuno, "Benchmark Calculations by Nuclear Criticality Safety Analysis Code System JACS (MGCL, KENO-IV)," JAERI 1303 (1986).
- 9) P. H. Kier and A. A. Robba, "RABBLE. A Program for Computation of Resonance Absorption in Multiregion Reactor Cells," ANL-7326 (1967).
- 10) H. C. Honek, "THERMOS: A Thermalization Transport Theory Code for Reactor Lattice Calculations," BNL-5826 (1961).
- 11) 奥野浩・奥田泰久・内藤倣孝, 「減速材核種の質量の違いを考慮した主要共鳴核種の多群断面積」, JAERI-M90-198 (1990).
- 12) 奥野浩・奥田泰久, 「二酸化ウラン燃料粒径の反応度に及ぼす効果-超多群衝突確率法計算コードを用いた計算による検討-」, JAERI-M91-107 (1991).
- 13) J. Barhen, W. Rothenstein and E. Taviv, "The HAMMER Code System," NP-565 (1978).
- 14) I. Carlvik, "Integral Transport Theory in One Dimensional Geometries," Nuclonik 10, 3, 104 (1967).

謝 辞

本報告書を査読し、有益な御指示を頂いた臨界安全研究室の中島健氏に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) J. Katakura, Y. Naito and Y. Komuro, "Development of the Computer Code System JACS for Criticality Safety," Trans. Am. Nucl. Soc., 41, 329 (1982).
- 2) I. I. Bondarenko(ed.), "Group Constants for Nuclear Reactor Calculations," Consultation Bureau, New York (1964).
- 3) Y. Naito, S. Tsuruta, T. Matsumura and T. Ohuchi, "MGCL-PROCESSOR: A Computer Code System for Processing Multigroup Constants Library MGCL," JAERI-M9396 (1981).
- 4) 小室雄一・奥野浩・内藤倣孝・酒井友宏・塩田雅之・奥田泰久, 「断面積セット作成プログラム MAIL3.0使用手引書」, JAERI-M90-126 (1990).
- 5) ENDF/B Summary Documentation, BNL-NCS-17541(ENDF-201), 2nd Edition (ENDF/B-IV) (1975).
- 6) K. Shibata et al., "Japanese Evaluated Nuclear Data Library, Version-3 -JENDL-3-", JAERI-1319 (1990).
- 7) L.M. Petrie and N.F. Cross, "KENO-IV, An Improved Monte Carlo Criticality Program," ORNL-4398, Oak Ridge National Laboratory (1975).
- 8) Y. Nomura, J. Katakura, Y. Naito, Y. Komuro and H. Okuno, "Benchmark Calculations by Nuclear Criticality Safety Analysis Code System JACS (MGCL, KENO-IV)," JAERI 1303 (1986).
- 9) P.H. Kier and A.A. Robba, "RABBLE. A Program for Computation of Resonance Absorption in Multiregion Reactor Cells," ANL-7326 (1967).
- 10) H.C. Honek, "THERMOS: A Thermalization Transport Theory Code for Reactor Lattice Calculations," BNL-5826 (1961).
- 11) 奥野浩・奥田泰久・内藤倣孝, 「減速材核種の質量の違いを考慮した主要共鳴核種の多群断面積」, JAERI-M90-198 (1990).
- 12) 奥野浩・奥田泰久, 「二酸化ウラン燃料粒径の反応度に及ぼす効果-超多群衝突確率法計算コードを用いた計算による検討-」, JAERI-M91-107 (1991).
- 13) J. Barhen, W. Rothenstein and E. Taviv, "The HAMMER Code System," NP-565 (1978).
- 14) I. Carlvik, "Integral Transport Theory in One Dimensional Geometries," Nuclonik 10, 3, 104 (1967).

- 15) G.E. Whitesides(ed.), "Standard Problem Exercise on Criticality Codes for Dissolving Fissile Oxide in Acids," NEACRP-L-306 (1990).
- 16) J.A. Bucholz, "SCALE: A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation, SCALE System Criticality Safety Analysis Modules CSAS1 and CSAS2," NUREG/CR-200, ORNL/NUREG/CSD-2, VOLUME1 (1980).
- 17) "Standard Problem Exercise in Criticality Codes for Spent Fuel Transport Containers," CSNI Report No.71, Committee on the Safety of Nuclear Installations OECD Nuclear Energy Agency (1982).
- 18) R.C. Lloyd, S.R. Bierman, E.D. Clayton and B.M. Durst, "Criticality of 4.3wt% Uranium-235 Enriched UO₂ Rods in Uranyl Nitrate Solution," Nucl. Sci. Eng. 78(1981)121.
- 19) K. Koyama et al., "ANISN-JR, A One-Dimensional Discrete Ordinates Code for Neutron and Gamma Ray Transport Calculations," JAERI-M6954 (1977).
- 20) Y. Naito, S. Tsuruta, T. Matsumura and T. Ohuchi, "MGCL-PROCESSOR: A Computer Code System for Processing Multigroup Constants Library MGCL," JAERI-M9396 (1981).
- 21) G.R. Smolen, "Summary of Critical Experimental Data from the Joint USDOE/PNC Critical Data Development Program," Proc. of ICNC'91, I-65 (1991).
- 22) G.R. Smolen, R.C. Lloyd and T. Matsumoto, "Critical Data and Validation Studies of Mixed Oxide Fuel Pin Arrays in Pu+U+Gd Nitrate," Nucl. Technol., (to be published).

付録A 入出力例

A.1 JCL, 入力データ例 (実効マイクロ断面積作成)

```

TWCEI(3 6 5 0 4)                                00010003
//*****00020000
//* J1446.RABBLE92.CNTL(RABTH) FOR EFFECTIVE MICRO CROSS SECTION ***00030000
//*****00040000
//TINDEX EXEC LMGO,LM='J1446.RABBLE',PNM=TINDEX 00050000
//SYSIN DD * 00060000
*PIG1* RABBLE PWR-CELL CALCULATION CASE 1 (HETE) 00070000
10 0 3 3 4 3 100 200 2000 1000 1 1 6 0 1 0 1 0 00080000
5000 12000 30000 17000 00090000
1000 250 125 250 00100000
3(293.15) 00110000
0.63245 0.72 1.20024 00120000
1 0 1 00130000
1 2 3 00140000
3010010 293 1 0.0 0.0 0.0 5.6687E-2 00150000
3070140 293 1 0.0 0.0 0.0 1.9065E-3 00160000
3080160 293 1 0.0 4.63244E-2 0.0 3.4596E-2 00170000
3240000 293 1 0.0 0.0 1.65344E-2 0.0 00180000
3260000 293 1 0.0 0.0 6.32875E-2 0.0 00190000
3280000 293 1 0.0 0.0 6.50935E-3 0.0 00200000
3922340 293 1 0.0 5.18010E-6 0.0 1.10855E-7 00210000
3922350 293 1 0.0 1.00956E-3 0.0 2.16048E-5 00220000
3922360 293 1 0.0 5.13611E-6 0.0 1.09914E-7 00230000
3922380 293 1 0.0 2.21423E-2 0.0 4.7385E-4 00240000
00250000
/* 00260000
//FT21F001 DD DSN=J1446.RABBLE.FPFJ3B,DISP=SHR,LABEL=(,,IN) 00270000
//* FOR XARNGE 00280000
//FT01F001 DD DSN=&&XFT01,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00290000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00300000
//FT02F001 DD DSN=&&XFT02,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00310000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00320000
//FT03F001 DD DSN=&&XFT03,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00330000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00340000
//FT04F001 DD DSN=&&XFT04,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00350000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00360000
//FT08F001 DD DSN=&&XFT08,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00370000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00380000
//FT09F001 DD DSN=&&XFT09,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00390000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00400000
//FT10F001 DD DSN=&&XFT10,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00410000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00420000
//FT11F001 DD DSN=&&XFT11,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00430000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00440000
//FT12F001 DD DSN=&&XFT12,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00450000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00460000
//FT13F001 DD DSN=&&XFT13,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00470000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00480000
//FT14F001 DD DSN=&&XFT14,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00490000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00500000
//FT15F001 DD DSN=&&XFT15,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00510000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00520000
//FT16F001 DD DSN=&&XFT16,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00530000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00540000
//FT17F001 DD DSN=&&XFT17,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00550000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00560000
//FT18F001 DD DSN=&&XFT18,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(15,3)), 00570000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00580000
//FT20F001 DD DSN=&&XARNGINP,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(1,1)), 00590000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO 00600000
//* FOR GATHEP 00610000
//FT27F001 DD DSN=&&GATHEINP,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(1,1)),

```

```

//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO          00620000
//FT28F001 DD DSN=22GATHEPXS,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(400,100)),    00630000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10        00640000
//*                                                                 00650000
//XARNGE EXEC LMGO,LM='J1446.RABBLE',PNM=XARNGE                          00660000
//FT20F001 DD DSN=22XARNGINP,DISP=(OLD,PASS)                             00670000
//FT01F001 DD DSN=22XFT01,DISP=(OLD,DELETE)                             00680000
//FT02F001 DD DSN=22XFT02,DISP=(OLD,DELETE)                             00690000
//FT03F001 DD DSN=22XFT03,DISP=(OLD,DELETE)                             00700000
//FT04F001 DD DSN=22XFT04,DISP=(OLD,DELETE)                             00710000
//FT08F001 DD DSN=22XFT08,DISP=(OLD,DELETE)                             00720000
//FT09F001 DD DSN=22XFT09,DISP=(OLD,DELETE)                             00730000
//FT10F001 DD DSN=22XFT10,DISP=(OLD,DELETE)                             00740000
//FT11F001 DD DSN=22XFT11,DISP=(OLD,DELETE)                             00750000
//FT12F001 DD DSN=22XFT12,DISP=(OLD,DELETE)                             00760000
//FT13F001 DD DSN=22XFT13,DISP=(OLD,DELETE)                             00770000
//FT14F001 DD DSN=22XFT14,DISP=(OLD,DELETE)                             00780000
//FT15F001 DD DSN=22XFT15,DISP=(OLD,DELETE)                             00790000
//FT16F001 DD DSN=22XFT16,DISP=(OLD,DELETE)                             00800000
//FT17F001 DD DSN=22XFT17,DISP=(OLD,DELETE)                             00810000
//FT18F001 DD DSN=22XFT18,DISP=(OLD,DELETE)                             00820000
//FT25F001 DD SPACE=(TRK,(10,10)),                                       00830000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10        00840000
//* FOR RABBLE                                                       00850000
//FT28F001 DD DSN=22XSRES,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(200,50)),        00860000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10        00870000
//FT29F001 DD DSN=22XSNRES,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(10,5)),         00880000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10        00890000
//FT30F001 DD DSN=22FIXSQU,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(30,10)),        00900000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10        00910000
//SYSIN DD *                                                           00920000
0 0 00930000
137 6 5 3 16487000.0 00940000
1 40 125 0.001 00950000
41 56 500 0.00025 00960000
57 60 1000 0.00025 00970000
61 75 2000 0.000125 00980000
76 92 1000 0.00025 00990000
93 104 500 0.00025 01000000
0.00001 1323000.0 01010000
14000000.0 1500000.0 01020000
20000000.0 1576000.0 01030000
16.487E6 14.550E6 12.840E6 11.331E6 10.0E6 8.825E6 01040000
7.788E6 6.8729E6 6.0653E6 5.3526E6 4.7237E6 4.1686E6 01050000
3.6788E6 3.2465E6 2.8650E6 2.5284E6 2.2313E6 1.9691E6 01060000
1.7377E6 1.5335E6 1.3533E6 1.1943E6 1.0540E6 930.14E3 01070000
820.85E3 724.40E3 639.28E3 564.16E3 497.87E3 439.37E3 01080000
387.74E3 342.18E3 301.97E3 266.49E3 235.18E3 207.54E3 01090000
183.16E3 161.63E3 142.64E3 125.88E3 111.09E3 98.037E3 01100000
86.517E3 76.351E3 67.379E3 59.462E3 52.475E3 46.309E3 01110000
40.868E3 36.066E3 31.828E3 28.088E3 24.788E3 21.875E3 01120000
19.305E3 17.036E3 15.034E3 11.709E3 9.1188E3 7.1017E3 01130000
5.5308E3 4.3075E3 3.3546E3 2.6126E3 2.0347E3 1.5846E3 01140000
1.2341E3 961.12 748.52 582.95 454.00 353.58 01150000
275.36 214.45 167.02 130.07 101.30 78.893 01160000
61.442 47.851 37.267 29.023 22.603 17.603 01170000
13.710 10.677 8.3153 6.4760 5.0435 3.9279 01180000
3.0590 2.3824 1.8554 1.6374 1.4450 1.2752 01190000
1.1254 0.99312 0.87642 0.77344 0.68256 0.60236 01200000
0.53158 0.46912 0.41399 0.38925 0.36528 0.34206 01210000
0.31961 0.29792 0.27699 0.25683 0.23742 0.21878 01220000
0.20090 0.18378 0.16743 0.15183 0.13700 0.12293 01230000

```


	0.10962	0.09708	0.085295	0.074274	0.064015	0.054518	01240000
	0.045783	0.037811	0.0306	0.024152	0.018465	0.013541	01250000
	0.009379	0.005979	0.003341	0.001466	0.000352	0.0000331 /	01260000
C U-235							01270000
2.22765	2.06809	1.77634	1.74034	1.79222	1.77371		01280000
1.62223	1.32917	1.08546	1.09209	1.12322	1.15610		01290000
1.18815	1.22653	1.26066	1.27757	1.27596	1.26864		01300000
1.25787	1.25064	1.25486	1.25131	1.21813	1.16371		01310000
1.13114	1.13784	1.15154	1.16289	1.18663	1.21103		01320000
1.22294	1.24655	1.29132	1.30676	1.32217	1.36112		01330000
1.41018	1.45497	1.49759	1.53472	1.57784	1.58870		01340000
1.66010	1.77754	1.80107	1.88551	1.79990	1.89064		01350000
1.90861	2.01964	2.11512	2.11819	2.26472	2.18558		01360000
2.36004	2.36144	2.65171	2.94378	3.11868	3.68697		01370000
4.05631	4.75913	5.11444	5.52662	6.68151	7.12294		01380000
7.94312	8.04269	11.1183	13.3323	11.5748	11.9465		01390000
17.6812	13.7628	14.3761	14.3910	14.9088	23.9283		01400000
56.3999	34.7628	57.0232	45.8132	68.7551	33.8915		01410000
48.6646	107.293	14.0961	28.9585	5.27688	32.4343		01420000
13.8509	14.6047	14.1207	15.9165	19.9284	65.0521		01430000
88.4340	60.3412	56.0004	58.6424	64.1371	72.0083		01440000
83.4100	99.7354	116.237	129.970	146.174	166.430		01450000
186.514	195.006	192.152	185.334	179.484	177.356		01460000
179.117	183.549	191.297	201.724	214.770	230.513		01470000
248.672	269.299	293.161	321.178	354.422	392.640		01480000
438.837	493.638	560.745	645.064	753.529	899.733		01490000
1107.92	1431.26	1995.55	3225.32	6888.97	/		01500000
4.56544	4.33023	4.11950	3.93079	3.76656	3.62164		01510000
3.47740	3.34031	3.21674	3.10827	3.01343	2.92932		01520000
2.85565	2.78870	2.74346	2.70701	2.67470	2.64620		01530000
2.62225	2.59982	2.57988	2.56159	2.54493	2.53006		01540000
2.51695	2.50495	2.49521	2.48630	2.47860	2.47139		01550000
2.46519	2.45972	2.45456	2.44992	2.44693	2.44270		01560000
2.44082	2.43835	2.43498	2.43450	2.43233	2.43076		01570000
2.42913	2.42792	2.42685	2.42590	2.42506	2.42432		01580000
2.42366	2.42229	2.42249	2.42214	2.42176	2.42141		01590000
2.42111	2.42084	2.42049	2.42011	2.41982	2.41960		01600000
2.41942	2.41928	2.41918	2.41909	2.41903	2.41898		01610000
2.41894	2.41891	2.41888	2.41887	2.41885	2.41884		01620000
2.41883	2(2.41882)	5(2.41881)	F(2.41880)	/			01630000
/*							01640000
/*RABBLE EXEC LMGO,LM='J1446.RABBLE',PNM=RABBLE							01650000
/*FT20F001 DD DSN=&&XARNGINP,DISP=(OLD,DELETE)							01660000
/*FT01F001 DD DSN=&&XSRES,DISP=(OLD,DELETE)							01670000
/*FT02F001 DD DSN=&&XSNRES,DISP=(OLD,DELETE)							01680000
/*FT03F001 DD DSN=&&FIXSOU,DISP=(OLD,DELETE)							01690000
/* FOR GATHEP							01700000
/*FT04F001 DD DSN=&&GATHFLUX,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(30,10)),							01710000
/* DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10							01720000
/* FOR SOTHER							01730000
/*FT09F001 DD DSN=&&SOTHXSEC,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(100,50)),							01740000
/* DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10							01750000
/*FT08F001 DD DUMMY							01760000
/*SYSIN DD *							01770000
O O							01780000
/*							01790000
/*FT91F001 DD *							01800000
/*							01810000
/*SOTHER EXEC LMGO,LM='J1446.RABBLE',PNM=SOTHER							01820000
/*FT01F001 DD DSN=&&SOTHXSEC,DISP=(OLD,DELETE)							01830000
/* FOR GATHEP							01840000
/*FT02F001 DD DSN=&&GATHETS,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(50,30)),							01850000

```

//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10          01860000
//*                                                01870000
//GATHEP EXEC LMGO,LM='J1446.RABBLE',PNM=GATHEP          01880000
//FT02F001 DD DSN=&&GATHETS,DISP=(OLD,DELETE)          01890000
//FT27F001 DD DSN=&&GATHEINP,DISP=(OLD,DELETE)          01900000
//FT28F001 DD DSN=&&GATHEPXS,DISP=(OLD,DELETE)          01910000
//FT29F001 DD DSN=&&GATHFLUX,DISP=(OLD,DELETE)          01920000
//* FOR THERMOS          01930000
//FT25F001 DD DSN=&&THINP,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(10,10)),          01940000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10          01950000
//* FOR SIGED          01960000
//FT26F001 DD DSN=&&SIGEDFXS,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(50,30)),          01970000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10          01980000
//* FOR FEDIT          01990000
//FT30F001 DD DSN=&&FEDFFLX,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(30,10)),          02000000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10          02010000
//* FOR REDMOS          02020000
//FT90F001 DD DSN=&&FFFREDM,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(1,1)),          02030000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10          02040000
//SYSIN DD *          02050000
0          02060000
/*          02070000
//FT08F001 DD *          02080000
/*          02090000
/*          02100000
//LIBP EXEC LMGO,LM='J1446.RABBLE',PNM=LIBP          02110000
//FT01F001 DD DSN=J1446.RABBLE.TPFJ3B,DISP=SHR,LABEL=(,,IN)          02120000
//FT02F001 DD DUMMY          02130000
//FT03F001 DD SPACE=(TRK,(30,10)),UNIT=WK10,          02140000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476)          02150000
//FT10F001 DD SPACE=(TRK,(30,10)),UNIT=WK10,          02160000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476)          02170000
//FT11F001 DD SPACE=(TRK,(30,10)),UNIT=WK10,          02180000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476)          02190000
//FT12F001 DD SPACE=(TRK,(30,10)),UNIT=WK10,          02200000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476)          02210000
//FT13F001 DD SPACE=(TRK,(30,10)),UNIT=WK10,          02220000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476)          02230000
//FT14F001 DD SPACE=(TRK,(30,10)),UNIT=WK10,          02240000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476)          02250000
//* FOR THERMOS          02260000
//FT09F001 DD DSN=&&THERMLIB,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(60,10)),          02270000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=VIO          02280000
//SYSIN DD *          02290000
LIBP TITLE CARD          02300000
1 0 24 0          02310000
-2          02320000
-2          02330000
-2          02340000
-2          02350000
-2          02360000
-2          02370000
-2          02380000
-2          02390000
-2          02400000
-2          02410000
-2          02420000
-2          02430000
-2          02440000
-2          02450000
-2          02460000
-2          02470000

```

```

-2
-2
-2
-2
-2
-2
-2
-2
-2
/*
//THERMOS EXEC LMGO,LM='J1446.RABBLE',PNM=THERMOS
//SYSIN DD *
      1      0      0000000000000000      3
      5      1      4
/*
//FT09F001 DD DSN=&&THERMLIB,DISP=(OLD,DELETE)
//FT12F001 DD DSN=&&THINP,DISP=(OLD,DELETE)
//FT01F001 DD SPACE=(TRK,(1,1)),UNIT=WK10,
//          DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3120)
//FT11F001 DD SPACE=(TRK,(30,10)),UNIT=WK10,
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476)
//FT13F001 DD SPACE=(TRK,(30,10)),UNIT=WK10,
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476)
/* FOR REDMOS
//FT10F001 DD DSN=&&REDFLUX,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(100,50)),
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10
/*
//REDMOS EXEC LMGO,LM='J1446.RABBLE',PNM=REDMOS
//FT10F001 DD DSN=&&REDFLUX,DISP=(OLD,DELETE)
//FT11F001 DD DSN=J1446.RABBLE.TPFJ3B,DISP=SHR,LABEL=(, , , IN)
//FT90F001 DD DSN=&&FFFREDM,DISP=(OLD,DELETE)
/* FOR FEDIT
//FT12F001 DD DSN=&&FEDTFLX,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(30,10)),
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10
/* FOR SIGED
//FT13F001 DD DSN=&&SIGEDTXS,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(30,10)),
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=WK10
/* FOR RABBLE
//FT91F001 DD UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(1,1)),
//          DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3120)
//SYSIN DD *
      00000000000000000000
/*
//SIGED EXEC LMGO,LM='J1446.RABBLE',PNM=SIGED
//FT13F001 DD DSN=&&SIGEDTXS,DISP=(OLD,DELETE)
//FT14F001 DD DSN=&&SIGEDFXS,DISP=(OLD,DELETE)
/*T15F001 DD DSN=OLD.MGF
//FT01F001 DD SPACE=(TRK,(1,1)),UNIT=VIO,
//          DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3120)
//FT12F001 DD SPACE=(TRK,(30,10)),UNIT=WK10,
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476)
/* EFFECTIVE MICRO CROSS SECTION FILE
//FT16F001 DD DISP=(NEW,CATLG,DELETE),SPACE=(TRK,(3,1)),
//          DSN=J7829.RAB91M2.P1G1.DATA,
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476),UNIT=TSSWK
//SYSIN DD *
      10000
      1 137
SIGED TITLE CARD (200CARDS)
.
.
.
*
}
200
/*

```

```

02480000
02490000
02500000
02510000
02520000
02530000
02540000
02550000
02560000
02570000
02580000
02590000
02600000
02610000
02620000
02630000
02640000
02650000
02660000
02670000
02680000
02690000
02700000
02710000
02720000
02730000
02740000
02750000
02760000
02770000
02780000
02790000
02800000
02810000
02820000
02830000
02840000
02850000
02860000
02870000
02880000
02890000
02900000
02910000
02920000
02930000
02940000
02950000
02960000
02970000
02980000
02990000
03000000
03010000
03020000
03030000
03040000
03050000
03060000
03070000
03080000
03090000
05030000
05040000
05050001

```

A.2 JCL, 入力データ例 (RABMAIL)

```

TWCEI(2 4 5 0 5)                                00010001
//*****00020001
//*   J1446.RABBLE92.CNTL(RABMAIL)                ***00030001
//*****00040001
// EXEC LMGO,LM='J1446.RABBLE',PNM=RABMAIL        00050000
//FT11F001 DD DSN=J3069.CL13720.DATA,DISP=SHR,LABEL=(,,,IN) 00060000
//FT31F001 DD DSN=J3069.SM13720.DATA,DISP=SHR,LABEL=(,,,IN) 00070000
//FT41F001 DD DSN=J7829.RAB91M2.P1G1.DATA,DISP=SHR,LABEL=(,,,IN) 00080001
//FT02F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(50,20)),      00090000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476) 00100000
//FT04F001 DD DSN=&&ALIB,UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(50,20)),DISP=(NEW,PASS), 00110000
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476) 00120000
//SYSIN     DD *                                    00130000
           0 137 1 0 1 0 0 3 1                    00140001
/*                                                00150000

```

A.3 出力リスト例 (実効マイクロ断面積作成)

```

** TINDEX MONITOR PRINT **
CONTROL      10      0      3      3      0      100      200      1000
              1      1      6      0      0      1      0      0
NFB(I)      5000      12000      30000      17000
LUFGP(I)     1000      250      125      250
TCOMP(I)
0.29315E+03 0.29315E+03 0.29315E+03
RAD(I)
0.63245E+00 0.72000E+00 0.12002E+01
LFS(I)      1      0      1
LREG(I)     1      2      3
** DIMENSION USABLE = 40000 **
** DIMENSION REQUIRED = 18000 **
NO MATNOG(I) IDTEMP(I) ITOUT(I)
1 3010010 293 1
2 3070140 293 2
3 3080160 293 3
4 3240000 293 4
5 3260000 293 5
6 3280000 293 6
7 3922340 293 7
8 3922350 293 8
9 3922360 293 9
10 3922380 293 10

```

** NUCLIDES FIND-OUT ON FPF **

NO = 1	NUCLIDE =	3010010	293
NO = 2	NUCLIDE =	3070140	293
NO = 3	NUCLIDE =	3080160	293
NO = 4	NUCLIDE =	3240000	293
NO = 5	NUCLIDE =	3260000	293
NO = 6	NUCLIDE =	3280000	293
NO = 7	NUCLIDE =	3922340	293
NO = 8	NUCLIDE =	3922350	293
NO = 9	NUCLIDE =	3922360	293
NO = 10	NUCLIDE =	3922380	293

..P1G1* RABBLE PWR-CELL CALCULATION CASE 1 (HETE)

NO OF REGIONS 3
 NO OF MATERIALS 10
 NO OF REGIONAL BLOCKS 3
 NO OF COMPOSITIONS 3
 NO OF RESONANT COMPOSITIONS 0
 NO OF RESONANT MATERIALS 10
 NO OF BROAD GROUPS 4
 MAX NO OF B.G. THAT HAS THE FIXED SOURCE 3
 GEOMETRY INDICATOR (0,1,2,3,4) 1
 (HOMO,CYL,SLAB1,SLAB2,SPHERE)
 BOUNDARY CONDITION (0,1) (VACUUM,REFLECTION) 1
 SOURCE OF FIRST F.G. (1,2) (ONLY FIXED,1/E) 1
 NO OF COMPOSITION TEMPERATURE 1
 PRINT-OUT CONTROL 0
 NO OF F.G. WHICH X-SECTIONS ARE READ AT A TIME 100
 HAS A MORE CASE (0,1) (NO, YES) 0

REGION	1	2	3
BLOCK NO	1	2	3
COMPOSITION	1	2	3
DIMENSION	0.63245	0.72000	1.20024
TEMPERATURE	293.	293.	293.

MATERIAL	MASS (AMU)	SIG POT (BARNs)	COMPOSITION 1	COMPOSITION 2	COMPOSITION 3	DENSITY
3010010	0	1.00	20.428	0.0	0.0	5.6687E-02
3070140	0	13.88	4.227	0.0	0.0	1.9065E-03
3080160	0	15.86	2.907	4.6324E-02	0.0	3.4596E-02
3240000	0	51.55	3.530	0.0	1.6534E-02	0.0
3260000	0	55.37	4.374	0.0	6.3287E-02	0.0
3280000	0	58.18	5.147	0.0	6.5093E-03	0.0
3922340	0	232.03	12.069	5.1801E-06	0.0	1.1085E-07
3922350	0	233.02	11.500	1.0096E-03	0.0	2.1605E-05
3922360	0	234.02	11.341	5.1361E-06	0.0	1.0991E-07
3922380	0	236.01	11.824	2.2142E-02	0.0	4.7385E-04

BROAD GROUP	NO OF FINE GROUP	UPPER LETHARGY	DU OF FINE GROUP
1	5000	0.0	0.001000
2	12000	5.0000	0.000250
3	30000	8.0000	0.000125
4	17000	11.7500	0.000250

FIXED STRAGE = 50000
 REQUIRED STORAGE= 213327

FISSION DENSITY
 REGION 1 2 3
 FISS.DEN 1.00000E+00 0.0 1.00000E+00
 LFS(I) 1 0 1
 SOURCE STRENGTH PER CELL (SDD)= 4.153708E+00
 SOURCE STRENGTH PER CM*3.CELL= 9.178053E-01

***** SOTHER *****

PIG1 RABBLE PWR-CELL CALCULATION CASE 1 (HETE)

TITLE
 NO. OF MATERIALS 10
 NO. OF REGIONS 3
 NO. OF BROAD GROUPS 4
 NO. OF FINE GROUPS IN ONE RECORD OF FILE-2 7000
 NO. OF THERMAL ENERGY GROUPS 194
 UNIT OF LEATHARGY 1.00000D-06
 UPPER ENERGY 1.64872D+07
 BOUNDARY ENERGY (EPITHERMAL-THERMAL) 1.85539E+00

NO	MATERIAL	MASS(NMU)	ALPHA	BETA
1	3010010	9.99167E-01	0.0	1.00000E+00
2	3070140	1.38828E+01	7.49292E-01	3.98871E+00
3	3080160	1.58575E+01	7.76793E-01	4.48014E+00
4	3240000	5.15492E+01	9.25329E-01	1.33921E+01
5	3260000	5.53670E+01	9.30295E-01	1.43463E+01
6	3280000	5.81838E+01	9.33556E-01	1.50502E+01
7	3922340	2.32030E+02	9.82908E-01	5.85084E+01
8	3922350	2.33025E+02	9.82981E-01	5.87571E+01
9	3922360	2.34018E+02	9.83052E-01	5.90055E+01
10	3922380	2.36006E+02	9.83194E-01	5.95021E+01

NO	NO OF F.G	DU OF F.G	SUM OF F.G
1	5000	0.001000	5000
2	12000	0.000250	17000
3	30000	0.000125	47000
4	17000	0.000250	64000

ICON = 0 0= CONTROL DATA FROM RABBLE AND CARD, 1= CONTROL DATA FROM CARD

CARD DATA CONTROL DATA 0= FROM RABBLE 1= FROM CARD

REC NO 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ACT ISOTOP NUMBER = 0

IDGEO = 1

.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

 PIG1 RABBLE PWR-CELL CALCULATION CASE 1 (HETE)
 CARD DATA 1 10 194 3 10 0
 CARD DATA 2 1
 CARD DATA 3 111123333
 CARD DATA 4 111123333
 CARD DATA 5 3010010 293 0.0 0.0 5.6687E-02 0.0 0.0
 CARD DATA 6 3070140 293 0.0 0.0 1.9065E-03 0.0 0.0
 CARD DATA 7 3080160 293 4.6324E-02 0.0 3.4596E-02 0.0 0.0
 CARD DATA 8 3240000 293 0.0 1.6534E-02 0.0 0.0 0.0
 CARD DATA 9 3260000 293 0.0 6.3287E-02 0.0 0.0 0.0
 CARD DATA 10 3280000 293 0.0 6.5093E-03 0.0 0.0 0.0
 CARD DATA 11 3922340 293 5.1801E-06 0.0 1.1085E-07 0.0 0.0
 CARD DATA 12 3922350 293 1.0096E-03 0.0 2.1605E-05 0.0 0.0
 CARD DATA 13 3922360 293 5.1361E-06 0.0 1.0991E-07 0.0 0.0
 CARD DATA 14 3922380 293 2.2142E-02 0.0 4.7385E-04 0.0 0.0
 CARD DATA 15 1 0
 CARD DATA 16 2.8284E-01 4.0000E-01 4.8989E-01 5.6568E-01 6.3245E-01
 CARD DATA 17 7.2000E-01 8.6542E-01 9.8969E-01 1.1000E+00 1.2002E+00
 CARD DATA 18 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 CARD DATA 19 REDM
 CARD DATA 20 1
 CARD DATA 21 100 200 300
 CARD DATA 22 0 2.0757E-02 0 0 0 0 0

THERMOS USABLE DIMENSION=600000 REQUIRO DIMENSION=175981

PIG1* RABBLE PWR-CELL CALCULATION CASE 1 (HETE)

IDENT 1
 SPACE POINTS = 10
 GROUPS = 194
 MIXTURES = 3
 LIBRARY ISOTOPES IN CELL = 10
 LIBRARY ISOTOPES IN EDIT = 0
 ADDED ISOTOPES IN CELL = 0
 ADDED ISOTOPES IN EDIT = 0

THERMOS CASE NO.		1		PAGE		2		
NO1	ID	NO2	ID	CONC MIX1	CONC MIX2	CONC MIX3	CONC MIX4	CONC MIX5
3010010-		293	0.0	0.0	0.0	5.66870E-02		
3070140-		293	0.0	0.0	0.0	1.90650E-03		
3080160-		293	4.63240E-02	0.0	0.0	3.45940E-02		
3240000-		293	0.0	1.65340E-02	0.0	0.0		
3260000-		293	0.0	6.32870E-02	0.0	0.0		
3280000-		293	0.0	6.50930E-03	0.0	0.0		
3922340-		293	5.18010E-06	0.0	0.0	1.10850E-07		
3922350-		293	1.00940E-03	0.0	0.0	2.16050E-05		
3922360-		293	5.13610E-06	0.0	0.0	1.09910E-07		
3922380-		293	2.21420E-02	0.0	0.0	4.73850E-04		

REGION NO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
MIXTURE NO 1 1 1 1 1 2 3 3 3 3
SOURCE DATA

SPACE DIST
1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00
1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00

SOURCE CONSTANTS

FLUX(R,E)

1	5.6381E-03	4.2422E-02	1.2643E-01
2	2.9368E-02	1.6625E-01	4.3158E-01
3	8.1933E-02	3.5619E-01	8.3786E-01
4	1.7494E-01	6.2104E-01	1.3625E+00
5	3.1822E-01	9.6055E-01	1.9951E+00
6	5.1943E-01	1.3726E+00	2.7241E+00
7	7.8254E-01	1.8535E+00	3.5371E+00
8	1.1081E+00	2.3975E+00	4.4207E+00
9	1.4947E+00	2.9983E+00	5.3605E+00
10	1.9388E+00	3.6478E+00	6.3416E+00
11	2.4361E+00	4.3375E+00	7.3488E+00
12	2.9803E+00	5.0584E+00	8.3667E+00
13	3.5614E+00	5.7996E+00	9.3802E+00
14	4.1675E+00	6.5500E+00	1.0374E+01
15	4.7908E+00	7.2998E+00	1.1336E+01
16	5.4252E+00	8.0403E+00	1.2253E+01
17	6.0600E+00	8.7609E+00	1.3113E+01
18	6.6856E+00	9.4522E+00	1.3908E+01
19	7.2920E+00	1.0105E+01	1.4627E+01
20	7.8704E+00	1.0711E+01	1.5266E+01
21	8.4134E+00	1.1263E+01	1.5817E+01
22	8.9133E+00	1.1755E+01	1.6279E+01
23	9.3657E+00	1.2104E+01	1.6647E+01
24	9.7673E+00	1.2546E+01	1.6923E+01
25	1.0090E+01	1.2819E+01	1.7086E+01
26	1.0353E+01	1.3020E+01	1.7157E+01
27	1.0576E+01	1.3150E+01	1.7140E+01
28	1.0697E+01	1.3208E+01	1.7040E+01
29	1.0774E+01	1.3194E+01	1.6859E+01
30	1.0789E+01	1.3112E+01	1.6603E+01
31	1.0740E+01	1.2962E+01	1.6276E+01
32	1.0630E+01	1.2747E+01	1.5883E+01
33	1.0463E+01	1.2470E+01	1.5427E+01
34	1.0241E+01	1.2136E+01	1.4915E+01
35	9.9675E+00	1.1748E+01	1.4352E+01
36	9.6485E+00	1.1313E+01	1.3743E+01
37	9.2900E+00	1.0838E+01	1.3099E+01
38	8.8933E+00	1.0334E+01	1.2430E+01
39	8.4864E+00	9.8098E+00	1.1746E+01
40	8.0610E+00	9.2780E+00	1.1061E+01
41	7.6315E+00	8.7479E+00	1.0385E+01
42	7.2055E+00	8.2276E+00	9.7264E+00
43	6.7884E+00	7.7234E+00	9.0928E+00
44	6.3854E+00	7.2396E+00	8.4890E+00
45	5.9986E+00	6.7789E+00	7.9175E+00
46	5.6296E+00	6.3423E+00	7.3793E+00
47	5.2792E+00	5.9303E+00	6.8745E+00
48	4.9472E+00	5.5422E+00	6.4019E+00
49	4.6337E+00	5.1773E+00	5.9597E+00
50	4.3374E+00	4.8339E+00	5.5459E+00
51	4.0574E+00	4.5108E+00	5.1585E+00
52	3.7929E+00	4.2068E+00	4.7958E+00
53	3.5440E+00	3.9217E+00	4.4571E+00
54	3.3104E+00	3.6551E+00	4.1477E+00
55	3.0925E+00	3.4071E+00	3.8493E+00
56	2.8904E+00	3.1779E+00	3.5800E+00
57	2.7044E+00	2.9674E+00	3.3366E+00
58	2.5343E+00	2.7754E+00	3.1096E+00
59	2.3795E+00	2.6013E+00	2.9072E+00
60	2.2392E+00	2.4438E+00	2.7248E+00

ENERGY * GROUP	LOWER BOUNDARY * ENERGY (EV)	UPPER BOUNDARY * ENERGY (EV)	LOWER BOUNDARY * ENERGY (EV)	UPPER BOUNDARY * ENERGY (EV)	BOUNDARY * LETHARGY	BOUNDARY * LETHARGY	BOUNDARY * UNIT	BOUNDARY * UNIT	ABSORPTION * (BARN)	NU-FISSION * (BARN)	TOTAL ELASTIC * SCATTERING * (BARN)	TOTAL INELASTIC * SCATTERING * (BARN)	TOTAL * (BARN)	N - 2N * (BARN)	FISSION * (BARN)
1	1.4550E+07	1.6487E+07	1.2500E-01	2.1044E+00	2.1044E+00	8.6049E+00	2.9845E+00	3.0931E-01	6.7451E-01	2.1044E+00					
2	1.2840E+07	1.4550E+07	1.2500E-01	2.5000E-01	1.2500E-01	2.0006E+00	8.6859E+00	3.5503E-01	6.3680E-01	2.1044E+00					
3	1.1331E+07	1.2840E+07	1.2500E-01	3.7500E-01	1.7176E+00	6.6822E+00	2.7197E+00	5.4844E-01	8.0603E-01	1.7176E+00					
4	1.0000E+07	1.1331E+07	1.0000E-01	5.0000E-01	1.7516E+00	6.4948E+00	2.8483E+00	6.2868E-01	7.0611E-01	1.7516E+00					
5	8.7880E+06	1.0000E+07	6.2500E-01	7.5000E-01	1.7818E+00	6.3250E+00	3.1315E+00	7.6119E-01	5.7238E-01	1.7818E+00					
6	7.7880E+06	8.7880E+06	6.2500E-01	7.5000E-01	1.6749E+00	3.4955E+00	3.8816E+00	1.0245E+00	4.2083E-01	1.6749E+00					
7	6.8729E+06	7.7880E+06	6.2500E-01	7.5000E-01	1.2939E+00	4.2561E+00	3.8816E+00	1.5563E+00	2.3697E-01	1.2939E+00					
8	6.0653E+06	6.8729E+06	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00	3.3101E+00	4.1793E+00	2.0265E+00	6.5185E-02	1.0000E+00					
9	5.3526E+06	6.0653E+06	1.2500E+00	1.2500E+00	1.0686E+00	3.2438E+00	4.5021E+00	2.1455E+00	1.1376E-04	1.2500E+00					
10	4.7237E+06	5.3526E+06	1.2500E+00	1.2500E+00	1.1250E+00	3.3302E+00	4.6725E+00	2.1669E+00	0.0	1.2500E+00					
11	4.1688E+06	4.7237E+06	1.5000E+00	1.5000E+00	1.1717E+00	3.3897E+00	4.6597E+00	2.1964E+00	0.0	1.5000E+00					
12	3.6788E+06	4.1688E+06	1.5000E+00	1.5000E+00	1.1945E+00	3.3772E+00	4.5485E+00	2.2354E+00	0.0	1.5000E+00					
13	3.2465E+06	3.6788E+06	1.6250E+00	1.6250E+00	1.2369E+00	3.4203E+00	4.3647E+00	2.2918E+00	0.0	1.6250E+00					
14	2.8650E+06	3.2465E+06	1.7500E+00	1.7500E+00	1.2750E+00	3.4487E+00	4.1883E+00	2.2743E+00	0.0	1.7500E+00					
15	2.5284E+06	2.8650E+06	2.0000E+00	2.0000E+00	1.2731E+00	3.4710E+00	4.0031E+00	2.2229E+00	0.0	2.0000E+00					
16	2.2313E+06	2.5284E+06	2.2500E+00	2.2500E+00	1.3085E+00	3.4905E+00	3.8180E+00	2.1453E+00	0.0	2.2500E+00					
17	1.9691E+06	2.2313E+06	2.5000E+00	2.5000E+00	1.3419E+00	3.5005E+00	3.6871E+00	1.7667E+00	0.0	2.5000E+00					
18	1.7377E+06	1.9691E+06	2.8750E+00	2.8750E+00	1.3750E+00	3.4905E+00	3.6767E+00	2.0538E+00	0.0	2.8750E+00					
19	1.5335E+06	1.7377E+06	3.3750E+00	3.3750E+00	1.3216E+00	3.2818E+00	3.6121E+00	1.9629E+00	0.0	3.3750E+00					
20	1.3534E+06	1.5335E+06	3.5000E+00	3.5000E+00	1.3204E+00	3.2419E+00	3.6287E+00	1.8429E+00	0.0	3.5000E+00					
21	1.1943E+06	1.3534E+06	4.0000E+00	4.0000E+00	1.3249E+00	3.2005E+00	3.6871E+00	1.7667E+00	0.0	4.0000E+00					
22	1.0540E+06	1.1943E+06	4.6250E+00	4.6250E+00	1.3116E+00	3.0665E+00	4.0214E+00	1.6345E+00	0.0	4.6250E+00					
23	9.3014E+05	1.0540E+06	5.3000E+00	5.3000E+00	1.3301E+00	3.1678E+00	3.8071E+00	1.6941E+00	0.0	5.3000E+00					
24	8.2085E+05	9.3014E+05	6.0000E+00	6.0000E+00	1.2709E+00	2.9094E+00	4.2421E+00	1.6072E+00	0.0	6.0000E+00					
25	7.2440E+05	8.2085E+05	7.1250E+00	7.1250E+00	1.2418E+00	2.7968E+00	4.5154E+00	1.5719E+00	0.0	7.1250E+00					
26	6.3928E+05	7.2440E+05	8.3250E+00	8.3250E+00	1.2607E+00	2.8049E+00	4.8260E+00	1.5124E+00	0.0	8.3250E+00					
27	5.6416E+05	6.3928E+05	9.5000E+00	9.5000E+00	1.2752E+00	2.8064E+00	5.1483E+00	1.4596E+00	0.0	9.5000E+00					
28	4.9787E+05	5.6416E+05	1.1000E+00	1.1000E+00	1.2982E+00	2.8263E+00	5.4774E+00	1.3982E+00	0.0	1.1000E+00					
29	4.3937E+05	4.9787E+05	1.2500E+00	1.2500E+00	1.3362E+00	2.8769E+00	5.7743E+00	1.3241E+00	0.0	1.2500E+00					
30	3.8774E+05	4.3937E+05	1.5000E+00	1.5000E+00	1.3908E+00	2.9410E+00	6.1432E+00	1.2264E+00	0.0	1.5000E+00					
31	3.4218E+05	3.8774E+05	1.7500E+00	1.7500E+00	1.4261E+00	3.0359E+00	6.5404E+00	1.1576E+00	0.0	1.7500E+00					
32	3.0197E+05	3.4218E+05	2.0000E+00	2.0000E+00	1.4554E+00	3.0310E+00	6.9236E+00	1.0928E+00	0.0	2.0000E+00					
33	2.6649E+05	3.0197E+05	2.2500E+00	2.2500E+00	1.4929E+00	3.1001E+00	7.2656E+00	1.0249E+00	0.0	2.2500E+00					
34	2.3518E+05	2.6649E+05	2.6250E+00	2.6250E+00	1.5444E+00	3.1644E+00	7.5910E+00	9.5537E-01	0.0	2.6250E+00					
35	2.0754E+05	2.3518E+05	3.0000E+00	3.0000E+00	1.6038E+00	3.2420E+00	7.8639E+00	8.6368E-01	0.0	3.0000E+00					
36	1.8316E+05	2.0754E+05	3.5000E+00	3.5000E+00	1.6659E+00	3.2908E+00	8.1150E+00	7.7241E-01	0.0	3.5000E+00					
37	1.6163E+05	1.8316E+05	4.0000E+00	4.0000E+00	1.7316E+00	3.3640E+00	8.4693E+00	6.7179E-01	0.0	4.0000E+00					
38	1.4264E+05	1.6163E+05	4.6250E+00	4.6250E+00	1.8037E+00	3.4651E+00	8.8045E+00	5.7162E-01	0.0	4.6250E+00					
39	1.2588E+05	1.4264E+05	5.3000E+00	5.3000E+00	1.8882E+00	3.5857E+00	9.0374E+00	4.8759E-01	0.0	5.3000E+00					
40	1.1109E+05	1.2588E+05	6.0000E+00	6.0000E+00	1.9732E+00	3.7138E+00	9.2298E+00	4.2114E-01	0.0	6.0000E+00					
41	9.8037E+04	1.1109E+05	7.0000E+00	7.0000E+00	2.0260E+00	3.7835E+00	9.4642E+00	3.6378E-01	0.0	7.0000E+00					
42	8.6517E+04	9.8037E+04	8.0000E+00	8.0000E+00	2.0772E+00	3.8236E+00	9.6997E+00	2.9611E-01	0.0	8.0000E+00					
43	7.6331E+04	8.6517E+04	9.2500E+00	9.2500E+00	2.1626E+00	3.9660E+00	9.8583E+00	2.2596E-01	0.0	9.2500E+00					
44	6.7379E+04	7.6331E+04	1.1000E+00	1.1000E+00	2.2444E+00	4.1115E+00	1.0057E+01	1.8385E-01	0.0	1.1000E+00					
45	5.9482E+04	6.7379E+04	1.2500E+00	1.2500E+00	2.3250E+00	4.2320E+00	1.0286E+01	1.4480E-01	0.0	1.2500E+00					
46	5.2475E+04	5.9482E+04	1.5000E+00	1.5000E+00	2.3857E+00	4.3312E+00	1.0500E+01	1.0587E-01	0.0	1.5000E+00					
47	4.6309E+04	5.2475E+04	1.7500E+00	1.7500E+00	2.4503E+00	4.4119E+00	1.0689E+01	6.1067E-02	0.0	1.7500E+00					
48	4.0868E+04	4.6309E+04	2.0000E+00	2.0000E+00	2.5474E+00	4.5431E+00	1.0946E+01	2.9697E-02	0.0	2.0000E+00					
49	3.6066E+04	4.0868E+04	2.2500E+00	2.2500E+00	2.6753E+00	4.7315E+00	1.1028E+01	2.6389E-02	0.0	2.2500E+00					
50	3.1828E+04	3.6066E+04	2.6250E+00	2.6250E+00	2.7725E+00	4.8769E+00	1.1149E+01	2.3464E-02	0.0	2.6250E+00					
51	2.8088E+04	3.1828E+04	3.0000E+00	3.0000E+00	2.8104E+00	4.9486E+00	1.1444E+01	2.0735E-02	0.0	3.0000E+00					
52	2.4780E+04	2.8088E+04	3.5000E+00	3.5000E+00	2.8444E+00	5.0267E+00	1.1569E+01	1.7950E-02	0.0	3.5000E+00					
53	2.1875E+04	2.4780E+04	4.0000E+00	4.0000E+00	2.9165E+00	5.1892E+00	1.1632E+01	1.5378E-02	0.0	4.0000E+00					

A.4 出力リスト例 (RABMAIL)

```

*****
***** PROGRAM RABMAIL *****
*****
NUMBER OF REGIONS --- 0
NUMBER OF ENERGY GROUPS --- 137 ( 26/137 )
      CALC. OPTION --- 1 ( 0/1/2/3/4 : MICRO/ANISN/KENO/MULTI-KENO/ANISN&KENO/MULTI-KENO-II )
MACRO X-SEC PRINT OPTION --- 0 ( 0/1 : NO / PRINT )
REQUIRED PL ORDER --- 1 ( 1/3 : P1 / P3 )
TEMPERATURE INTERPOLATION --- 0 ( 0/1 : NO / YES )
MODERATOR MASS EFFECT --- 0 ( 0/1 : NO / YES )
RABBLE OPTION --- 1 ( -/0/+ : PRINT / NOT USED / NO PRINT )

```

NUMBER OF RABBLE LIBRARIES ----- 1
 ### EFF. X-SEC PRINT OPTION (0/1) (NO/PRINT) ----- 0

*** RABBLE LIBRARY NO. 1. READ FROM UNIT 41
 *** NUMBER OF REGIONS IN RABBLE LIB. ----- 3
 *** NUMBER OF NUCLIDES IN A REGION ----- 10

USED AREA --- 29744 WITHIN --- 700000

RABBLE MASTER TAPE NUMBER ----- 1
 NO. OF ENERGY GROUPS ----- 137
 NO. OF RUN CASE THIS MASTER LIB. ----- 1

TAPE TITLE (ONLY 5 CARDS OF 200 CARDS)

SIGED TITLE CARD (200CARDS)

.
 .
 *

REGION NO.	1	2	3
NUCL-ID	TEMP		
3010010	293 0.0	0.0	5.6687E-02
3070140	293 0.0	0.0	1.9065E-03
3080160	293 4.6324E-02	0.0	3.4596E-02
3240000	293 0.0	1.6534E-02	0.0
3260000	293 0.0	6.3287E-02	0.0
3280000	293 0.0	6.5093E-03	0.0
3922340	293 5.1799E-06	0.0	1.1084E-07
3922350	293 1.0096E-03	0.0	2.1605E-05
3922360	293 5.1359E-06	0.0	1.0980E-07
3922380	293 2.2142E-02	0.0	4.7385E-04
RADIUS	6.3240E-01	7.2000E-01	1.2002E+00

USED AREA --- 151607 WITHIN --- 700000
 ***** PROGRAM MAIL SUCCESSFULLY ENDED. *****

付録B MGCL-ACE (FPF, TPFの作成) のJCLと入力データ例

```

TWCEI(7 3 3 0 4) 00010003
//JOBPROC DD DSN='J2608.PROCLIB.CNTL',DISP=SHR 00020000
// DD DSN='SYS9.JMACSF.CNTL',DISP=SHR 00030000
//*****00040000
//* J1446.RABBLE92.CNTL(MSYSCD) FOR JENDL-3 *00050000
//*****00060000
//SYS3C EXEC LMGO,LM='J3069.SYS3C' 00070000
// EXPAND DISK,DDN=FT01F001 00080000
//FT30F001 DD DUMMY 00090000
// EXPAND DISKPSN,DDN=FT29F001,DSN=T2 00100000
//FT27F001 DD DUMMY 00110000
//FT28F001 DD DUMMY 00120000
//SYSIN DD * 00130000
3 1 293.15 0 00140000
1 1 00150000
1 1 0 1 00160000
3480 3480000 0.54200 00170000
//* 00180000
//PRINT2 EXEC PGM=JSDGENER 00190000
//SYSIN DD DUMMY 00200000
//SYSPRINT DD SYSOUT=* 00210000
// EXPAND DISKPSO,DDN=SYSUT1,DSN=T2 00220000
//SYSUT2 DD SYSOUT=* 00230000
//* 00240000
//RESEND EXEC RESEND
//FT01F001 DD DSN=J1615.JENDL303.DATA,DISP=SHR,LABEL=(, , , IN) 00250000
//FT02F001 DD DSN=&&RESEND,DISP=(NEW,PASS),SPACE=(TRK,(200,50)), 00270000
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=23440),UNIT=WK10 00280000
//SYSIN DD * 00290000
OUTF=2,MAT=3480,ERR=0.01,TEMP=293.15,E=1.0E-05,1.0E+06,OPT=2 00300000
FORM=5,QFORM=4 00310000
LABEL 00320000
JENDL-3 POINT-WISE CROSS SECTION FILE FOR MGCL-ACE CODE SYSTEM 1 00330000
GO 00340000
EOF 00350000
STOP 00360000
/* 00370000
//SUPRPT EXEC LMGO,LM='J3069.SUPRPT3' 00380000
// EXPAND DISK,DDN=FT01F001 00390000
// EXPAND DISK,DDN=FT02F001 00400000
// EXPAND DISK,DDN=FT03F001 00410000
// EXPAND DISK,DDN=FT04F001 00420000
// EXPAND DISK,DDN=FT09F001 00430000
// EXPAND DISK,DDN=FT10F001 00440000
// EXPAND DISK,DDN=FT11F001 00450000
// EXPAND DISK,DDN=FT12F001 00460000
// EXPAND DISK,DDN=FT13F001 00470000
// EXPAND DISK,DDN=FT20F001 00480000
// EXPAND DISK,DDN=FT21F001 00490000
// EXPAND DISK,DDN=FT19F001,SPC=100 00500000
// EXPAND DISKTO,DDN=FT18F001,DSN='J3375.WLIB' 00510000
//FT08F001 DD DISP=(OLD,PASS),DSN=&&RESEND 00520000
// EXPAND DISKPSO,DDN=FT28F001,DSN=T2 00530000
//FT22F001 DD DSN=J1446.FPFJ3.CD,DISP=(NEW,CATLG,DELETE), 00540000
// SPACE=(TRK,(33,10),RLSE),UNIT=TSSWK2, 00550000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476) 00560000
//SYSIN DD * 00570000
00580000
/* 00590000
//SYS4 EXEC LMGO,LM='J3069.SYS4C' 00600000
// EXPAND DISK,DDN=FT01F001 00610000

```



```

// EXPAND DISKPSN,DDN=FT30F001,DSN=RSTIN
// EXPAND DISKPSN,DDN=FT29F001,DSN=SPTIN
// EXPAND DISKPSN,DDN=FT28F001,DSN=PXSIN
//FT27F001 DD DUMMY
//SYSIN DD *
      4      1      0      2
      1      1
      1      1      1
3480 3480000 0.54200 293.15
/*
//PRINT EXEC PGM=JSDGENER
//SYSIN DD DUMMY
//SYSPRINT DD SYSOUT=*
// EXPAND DISKPSO,DDN=SYSUT1,DSN=SPTIN
//SYSUT2 DD SYSOUT=*
/*
//PRINT EXEC PGM=JSDGENER
//SYSIN DD DUMMY
//SYSPRINT DD SYSOUT=*
// EXPAND DISKPSO,DDN=SYSUT1,DSN=PXSIN
//SYSUT2 DD SYSOUT=*
/*
//SUPRT EXEC LMGO,LM='J3069.SUPRPT3'
// EXPAND DISK,DDN=FT01F001
// EXPAND DISK,DDN=FT02F001
// EXPAND DISK,DDN=FT03F001
// EXPAND DISK,DDN=FT04F001
// EXPAND DISK,DDN=FT09F001
// EXPAND DISK,DDN=FT10F001
// EXPAND DISK,DDN=FT11F001
// EXPAND DISK,DDN=FT12F001
// EXPAND DISK,DDN=FT13F001
// EXPAND DISK,DDN=FT20F001
// EXPAND DISK,DDN=FT21F001
// EXPAND DISK,DDN=FT19F001
// EXPAND DISKTO,DDN=FT18F001,DSN='J3375.WLIB'
//FT08F001 DD DISP=(OLD,DELETE),DSN=&&RESEND
// EXPAND DISKPSO,DDN=FT28F001,DSN=SPTIN
// EXPAND DISKPSN,DDN=FT22F001,DSN=SPTOUT2
//SYSIN DD *

/*
//PIXSE EXEC LMGO,LM='J3069.PIXSE'
// EXPAND DISKPSO,DDN=FT01F001,DSN=SPTOUT2
//FT02F001 DD DUMMY
//FT03F001 DD DUMMY
// EXPAND DISK,DDN=FT04F001
//FT08F001 DD DSN=J1446.TPFJ3.CD,DISP=(NEW,CATLG,DELETE),
// SPACE=(TRK,(5,3),RLSE),UNIT=TSSWK2,
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=23472,BLKSIZE=23476)
// EXPAND DISK,DDN=FT10F001
// EXPAND DISKPSO,DDN=FT28F001,DSN=PXSIN
// EXPAND DISK,DDN=FT09F001
//SYSIN DD *

/*

```

00620000
00630000
00640000
00650000
00660000
00670000
00680000
00690000
00700000
00710000
00720000
00730000
00740000
00750000
00760000
00770000
00780000
00790000
00800000
00810000
00820000
00830000
00840000
00850000
00860000
00870000
00880000
00890000
00900000
00910000
00920000
00930000
00940000
00950000
00960000
00970000
00980000
00990000
01000000
01010000
01020000
01030000
01040000
01050000
01060000
01070000
01080000
01090000
01100000
01110000
01120000
01130000
01140000
01150000
01160000
01170000

付録C プログラム情報

表C. 1 プログラムファイルの格納情報

データセット名	コード名
J1446.FL27.FORT77	TINDEX
.FL28T2.FORT77	XARNGE
.FL29T.FORT77	RABBLE
.FL30T.FORT77	SOTHER
.FL31T.FORT77	GATHEP
.FL26.FORT77	LIBP
.FL32R.FORT77	THERMOS
.FL33T.FORT77	REDMOS
.FL34M.FORT77	SIGED
.FL35T.FORT77	FEDIT
.RABMAIL8.FORT	RABMAIL