

JAERI-Data/Code
98-035



POST-SRAC95を使用した臨界計算のための
断面積処理プログラム

1998年11月

須山賢也・高田友幸*

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、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。
入手の問い合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越してください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 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。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1998

編集兼発行 日本原子力研究所

POST - SRAC95 を使用した臨界計算のための断面積処理プログラム

日本原子力研究所東海研究所安全性試験研究センター燃料サイクル安全工学部

須山 賢也・高田 友幸*

(1998年10月8日受理)

“POST”は、臨界計算のための、SRAC95によって作成されたライブラリの処理システムである。作成されたライブラリは、ANISNあるいはAMPX作業形式ライブラリのフォーマットを有している。そのライブラリを使用することで、SRAC95によって作成した実効断面積を用いて、KENO-IV、あるいはKENO-Vaによる臨界解析が可能となる。

POST – The Post Library Processor for Criticality Calculation
Using SRAC95

Kenya SUYAMA and Tomoyuki TAKADA*

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

(Received October 8, 1998)

“POST” is a post-processor system for preparing libraries for criticality calculation using results with SRAC95. The libraries by POST have two formats, ANISN and AMPX working library. POST enables us to use criticality calculation codes like KENO-IV, or KENO-Va using effective cross section libraries prepared by SRAC95.

Keywords: POST, Criticality Safety, ANISN Format, AMPX Format, KENO-IV,
KENO-Va

* CRC Research Institute, Inc.

目 次

1. 緒 言	1
2. 処理の流れ	3
3. 入力データ	4
4. 開発環境および実行方法	8
4.1 開発環境	8
4.2 実行方法	8
5. 実行例	11
5.1 KENO-Vaを用いたSTACYにおける臨界実験の解析	11
5.2 MULTI-KENOを用いたTCAにおける臨界実験の解析	16
5.2.1 非均質体系に対する解析例	16
5.2.2 均質化した体系に対する解析例	20
6. 結 論	23
謝 辞	23
参考文献	24

Contents

1. Introduction	1
2. Flow of Processing	3
3. Input Data	4
4. Environment of Development and Method of Execution	8
4.1 Environment of Development	8
4.2 Method of Execution	8
5. Example of Run	11
5.1 Analysis of Criticality Experiment of STACY using KENO-Va	11
5.2 Analysis of Criticality Experiment of TCA using MULTI-KENO	16
5.2.1 Heterogeneous System	16
5.2.2 Homogeneous System	20
6. Conclusion	23
Acknowledgment	23
References	24

1 緒言

近年、臨界安全解析の分野においても、MVP [4] や MCNP4B [1] に代表される、連続エネルギーモンテカルロコードの利用が盛んである。計算機の高速度の勢いを考えると、今後ますますその利用が増大することは間違いない。一方、従来より広く利用されてきた多群モンテカルロコードに関しては、その利用経験を考えると、これからも臨界安全解析に広く利用されることが考えられる。すなわち、詳細な連続エネルギーモンテカルロコードと多群モンテカルロコードを併用することで、効率的に安全評価解析を行うようになると考えられる。

多群近似を用いる計算コードにおいて、その解析精度の鍵となるのが、多群定数ライブラリの精度である。そのため、従来からその作成方法に関して多くの研究がなされてきた。そのなかで、国内の大学やメーカー等で幅広く利用されてきた計算コードに、SRAC95 [6] があげられる。このコードは、さまざまな熱中性子炉に対する解析に使用されてきた実績があり、目的とする体系における精度のよい実効断面積を作成することが実証され、日本における標準的な熱炉総合解析システムであると言える。

一方、多群モンテカルロコードの方面では、従来より KENO-IV [8]あるいは KENO-Va [9] といった KENO 系のモンテカルロコードが利用されてきており、米国における安全評価用のコードシステム SCALE [7] でも、その中核をなすコードとして確固たる地位を築いている。そして、日本でも、臨界安全解析コードシステム JACS [2] において、KENO-IV をもとにして作成された MULTI-KENO [5] が、臨界解析に利用されている。

日本における標準的核計算コード SRAC95 と KENO-IV, KENO-Va あるいは MULTI-KENO を組み合わせた計算を行うには、SRAC95 の作成する多群実効断面積を KENO でとりあつかえる形式に変更する必要があるが、これまでそのようなコードは公刊されてこなかった。そのために、国内においては、KENO 系の多群モンテカルロコードで利用する多群断面積を作成する場合には、JACS コードシステムに内蔵されている MAIL [10] を利用するか、SCALE コードシステムを利用していた。SRAC95 を利用した KENO 系のモンテカルロコードの解析が可能になるなら、以下の利点があるものと考えられる。

1. SRAC は国内のほとんどの原子力研究機関において利用されてきた実績があり、信頼性が高い。

2. SRAC95 には, ENDF/B-IV,V,VI , JENDL-2, 3.1, 3.2 , JEF-2.2 というほとんどの評価済み核データから作成されたデータライブラリが準備されている.
3. 共鳴の非均質補正を行う場合に必要なダンコフ係数が, 衝突確率法を利用した方法で自動的に計算され, さらに, 超詳細群共鳴吸収計算により, 非均質体系における共鳴吸収計算を正確に取り扱うことが可能である.
4. KENO 系のコードの入力を, 一部手直しするだけでそのまま利用可能である.

すなわち, 両者を込み合わせた解析が可能になるなら, 高精度の多群モンテカルロコード計算が可能になると言える.

そのために, 断面積ポスト処理システム POST を開発した. POST は, SRAC95 の作成する実効断面積を読み込んで, KENO シリーズのコードで読み込める AMPX 作業形式ファイルを作成するコードであり, SRAC95 と KENO 系のコードの橋渡しを行うものである. 本報告書では, POST における処理の流れ, 入力データの形式, 利用例を示す.

2 処理の流れ

POST を利用した解析の流れを、Figure 2-1 に示す。まず、SRAC95 を用いて、解析を行う対象を模擬した体系について、実効断面積を算出する。その結果は、PDS file と呼ばれているファイルに記録される。POST は、そのファイルの中の MACRO または MACROWRK ファイルにアクセスをして、指定された名前のファイルのデータを読みとり、ANISN 形式のファイルと AMPX 形式のファイルを作成する。そして、KENO 等のコードを用いて臨界計算を行う。

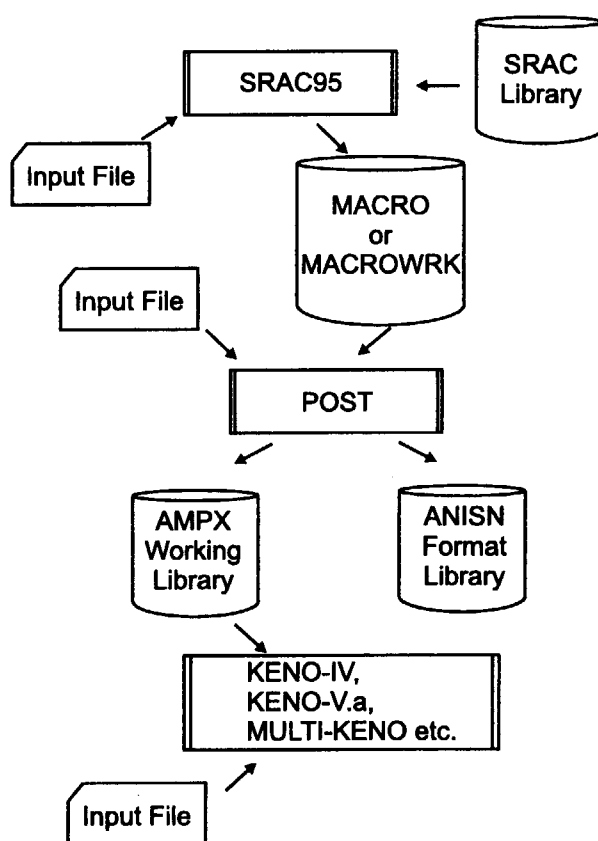


Fig. 2-1: Flow of Criticality Calculation using SRAC95 and POST

3 入力データ

本章では、POST の入力データの形式を示す。入力はフリーフォーマット入力である。

CARD 1 断面積データの位置 / 3I /

このカードで、断面積データの位置（全断面積，自群散乱）とテーブル長を指定する。

1-1 ITH /I/

全断面積（ Σ_t ）の断面積ファイル中での位置を示す。

1-2 IHS /I/

自群散乱断面積（ $\Sigma_{g \rightarrow g}$ ）の断面積ファイル中での位置を示す。

1-3 IHM /I/

断面積ファイルの長さを示す。

これらのデータは、SRAC95 の 99 番出力ファイルに書き出される。詳細群構造のデータを利用する場合には、そのファイルに記載されている値をそのまま利用するが、縮約した少数群のデータを利用する場合には、記載されている値から、1 を減じた値を指定する。

MACROWRK ファイルには、詳細群構造で作成されたライブラリが保存される。また、MACRO ファイルには、少数群構造でライブラリが保存される。計算をする場合には、どのようなデータが保存されるのかを、SRAC95 の入力のケース名と、物質名から正しく選ばなければならない。Tab. 3-1 と Tab. 3-2 に MACRO 及び MACROWRK ファイルにおけるメンバー名の命名規則を示す。

Table 3-1: Member Name in Macro

Member Name	適用
CONTA000	全エネルギー群（少数群）の群構造に関する情報を保存したメンバー
caseA0x0	case 名 case , X region 番号 x の物質の全エネルギー P_0 断面積
caseA0x1	case 名 case , X region 番号 x の物質の全エネルギー P_1 断面積
mmmmAbf0	物質名 mmmm , 物質名の 7 文字目が, f の P_0 断面積
mmmmAbf1	物質名 mmmm , 物質名の 7 文字目が, f の P_1 断面積

b は、燃焼ステップを表す一つの英文字。非燃焼マテリアルや漸近スペクトルで作成されたものは、物質名の 7 番目の文字が充てられる。

Table 3-2: Member Name in Macrowrk

Member Name	適用
CONTA002	全エネルギー群（少数群）の群構造に関する情報を保存したメンバー
caseA0x4	case 名 case , X region 番号 x の物質の全エネルギー P_0 断面積
caseA0x3	case 名 case , X region 番号 x の物質の全エネルギー P_1 断面積
mmmmAbf4	物質名 mmmm , 物質名の 7 文字目が, f の P_0 断面積
mmmmAbf3	物質名 mmmm , 物質名の 7 文字目が, f の P_1 断面積

b は、燃焼ステップを表す一つの英文字。非燃焼マテリアルや漸近スペクトルで作成されたものは、物質名の 7 番目の文字が充てられる。

CARD 2 出力データ制御 / 3I /

読み込んだデータの表示に関する指定.

2-1 IPRN(1) /I/

PDS ファイルのエネルギー群構造.

- = 0 表示しない
- = 1 表示する

2-2 IPRN(2) /I/

PDS ファイルから読み込んだ断面積データ.

- = 0 表示しない
- = 1 表示する

2-3 IPRN(3) /I/

ANISN フォーマットに変換した断面積データ.

- = 0 表示しない
- = 1 表示する

CARD 3 MACRO/MACROWRK ファイル指定 / A72 /

3-1 DIRNAM /I/

PDS ファイル (MACRO または MACROWRK があるディレクトリ名) の指定.

CARD 4 エネルギー群構造が記録してあるメンバー名の指定 / A8 /

4-1 MEMBER /I/

PDS ファイル (MACRO または MACROWRK があるディレクトリ名) において、エネルギー群構造が保存してあるメンバー名を指定する。MACRO データの場合、CONTA000 , MACROWRK データの場合には、CONTA002 である。

CARD 5-1 物質 1 の PDS ファイルのメンバー名 (P₀ 成分) / A8 /

5-1 MEMBER /I/

PDS ファイル (MACRO または MACROWRK があるディレクトリ名) において、SRAC95 の物質 1 (X-REGION 番号が 1) の P₀ 成分のデータが保存してあるメンバー名を指定する。たとえば、MACRO データの場合、CASE 名が CASE である場合は、CASEA010 である。

CARD 6-1 物質 1 の PDS ファイルのメンバー名 (P₁ 成分) / A8 /

6-1 MEMBER /I/

PDS ファイル (MACRO または MACROWRK があるディレクトリ名) において、SRAC95 の物質 1 (X-REGION 番号が 1) の P₁ 成分のデータが保存してあるメンバー名を指定する。たとえば、MACRO データの場合、CASE 名が CASE である場合は、CASEA011 である。

CARD 5-2 物質 2 の PDS ファイルのメンバー名 (P₀ 成分) / A8 /

5-2 MEMBER /I/

PDS ファイル (MACRO または MACROWRK があるディレクトリ名) において、SRAC95 の物質 2 (X-REGION 番号が 2) の P₀ 成分のデータが保存してあるメンバー名を指定する。たとえば、MACRO データの場合、CASE 名が CASE である場合は、CASEA020 である。

CARD 6-2 物質 2 の PDS ファイルのメンバー名 (P₁ 成分) / A8 /

6-2 MEMBER /I/

PDS ファイル (MACRO または MACROWRK があるディレクトリ名) において、SRAC95 の物質 2 (X-REGION 番号が 2) の P₁ 成分のデータが保存してあるメンバー名を指定する。たとえば、MACRO データの場合、CASE 名が CASE である場合は、CASEA021 である。

以下、同様に必要な物質数がみたされるまで、**CARD 5** と **CARD 6** の組を繰り返し、空白行で終了する。

4 開発環境および実行方法

4.1 開発環境

開発は Sun SparcStation 20 上で行い、その実行を確認した。Table 4-1 に開発環境（稼働を確認）をまとめた。

Table 4-1: Environment of Development of POST

Machine	Sun SPARC Station シリーズ, Sun ULTRA シリーズ
OS	Sun OS 4.1.4 + JLE1.1.4, Solaris 2.5.1, Solaris 2.6
Fortran Compiler	Sun Fortran 1.4, Sun Fortran 4.2

4.2 実行方法

実行は、シェルスクリプト中で起動することによりおこなう。その例を、Table 4-2 に示す。この例では、POST を実行したあと、KENO-Va を実行している。また、Table 4-3 には、POST が使用するファイルとそのファイル機番を示した。

Table 4-2: Example of Shell Script to Drive POST

```

#!/bin/csh

# environment value
# JACS is top directory of JACS system
# MGCL is an absolute path of MGCL.
# HTABLE is an absolute path of H-TABLE
# MAIL is an absolute path of MAIL3.2(include the executable)
# REMAIL is an absolute path of REMAILP3(include the executable)
# ANISN is an absolute path of ANISN-JR(include the executable)
# KENO4 is an absolute path of KENO-IV(include the executable)
# MKENO3 is an absolute path of MULTI-KENO-3(include the executable)
# KENO5A is an absolute path of KENO-5A(include the executable)
# POST is an absolute path of POST(include the executable)

# example of execution.
#
# ./post2keno5a post.inp keno5a.inp > out.file
#
#

# POST の実行用モジュールの path
setenv POST /home.s51a/codes/POST/bin/POST

# KENO5A の実行用モジュールの path
setenv KENO5A /home5/codes/keno5a.pc/keno5a

# POST の実行. このスクリプトの第一引数が入力ファイル名
$POST < $1 > POST.OUT

# 20 番ファイル (ANISN フォーマット) の名前を変更
mv fort.20 anisn_format

# 4 番ファイル (AMPX フォーマット) の名前を変更
mv fort.4 WORKLIB

# 25 番ファイル ( MULTI-KENO の入力サンプル ) の名前を変更
mv fort.25 multi_keno_input

# KENO5A の実行. このスクリプトの第二引数が入力ファイル名
$KENO5A < $2

# 出力ファイル名を交換する
mv fort.60 KENO5A.OUT

# 不要なファイルを rm
rm ICELIB WORKLIB

# POST と KENO5A の入力をまとめる
cat POST.OUT KENO5A.OUT > tmpfile
# 整形して出力しなおす ( fpr は, Sun FORTRAN についてくるプログラム )
fpr < tmpfile > sysout
# 不要なファイルを rm
rm -rf tmpfile POST.OUT KENO5A.OUT

```

Table 4-3: Unit Number of Files used in POST

機番	適用
4	AMPX Working Library
6	標準出力
20	ANISN フォーマットファイル
25	MULTI-KENO の入力ファイルのテンプレート
49	PDS file

5 実行例

5.1 KENO-Va を用いた STACY における臨界実験の解析

NUCEF における臨界実験[3]を、KENO5A を用いて解析した例を示す。解析体系を、Figure 5-1 に示す。その時の SRAC95 の入力データを Tab. 5-1 に、POST の入力データを Tab. 5-2 に、KENO-Va の入力データを Tab. 5-3 に示す。また、POST の出力例を、Tab. 5-4 に示す。

この解析では、STACY の体系をもとにして、SRAC95 内蔵の ANISN により 107 群のエネルギー全群に対する固有値計算を行い、各領域の均質化断面積をもとめる。そして、その断面積を POST によって処理して KENO-Va 用の断面積ファイルを作成し、KENO-Va でスキップ世代数 50、全 250 世代、1 世代あたりの中性子数 5000 の臨界計算を行っている。

この解析の結果、SRAC95 + POST + KENO-Va によって算出された中性子実行増倍率は、 1.00406 ± 0.00062 となった。尚、上記のレポート[3]によると、SRAC95 と ANISN によって 16 群の少数群均質化断面積を求め、TWOTRAN による 2次元 Sn 計算を行った場合には、固有値は 1.00710 であった。

Table 5-1: Input of SRAC95 for STACY Experiments

```

ANSI
STCY(D=59.cm)H=41.53 UO2(N03)2 9.97% 310.1g/l HNO3 2.17N WR30 RF T16G
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -2 1 0 1 3 1 0 1 0 / SRAC CONTROL
0.00344289 / CRITICAL BUCKLING (R=29.8+30 H=41.5+32)
/home.s51a/codes/srac95/lib/pds/pfast/pfastj32 Old File
/home.s51a/codes/srac95/lib/pds/phtml/phtmlj32 0 F
/home.s51a/codes/srac95/lib/pds/pmcra/pmcraj32 0 F
pdsfile/UFAST Scratch Core
pdsfile/UTHERMAL S C
pdsfile/UMCROSS S C
pdsfile/MACROWRK New C
pdsfile/MACRO New C
pdsfile/FLUX New C
pdsfile/MICREF New C
64 43 64 43 /
64(1) /
43(1) /
64(1) /
43(1) /

15#
1 0 1 8 2 1 0 3 42 1 107 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 35 0 0 0 0 100 0 0 0 0 0 0 0

16#
1.00 0.00 0.0001 1.420892 73.53 0.0 0.0 0.0 0.0 0.5 0.0002 0.05
0.0001 0.75

OOT
4#
0.0 16*1.53125 5*1.0 1*0.30 10*1.0 10*2.0

8#
21(1) 2 20(3)

9#
1 2 3

19#
3(1)

27#
1 2 3

OOT
3 / NMAT
FU1LX01X 0 5 300.0 0.67 1.0 / MAT 1 : FUEL UO2(N03)2 310.1g/l
XH01H001 0 0 5.69525E-02
X0060001 0 0 3.80270E-02
XN040001 0 0 2.87772E-03
XU050001 2 0 7.92122E-05
XU080001 2 0 7.06258E-04
SU10X02X 0 6 300. 0.1 0.0 / MAT 2 : SUS-304
XC02000A 0 0 3.18073E-04
XSIN0001 0 0 1.70034E-03
XMN50001 0 0 1.73850E-03
XNIN0001 0 0 7.52653E-03
XCRN0001 0 0 1.74502E-02
XFEN000A 0 0 5.86556E-02
WATRX03X 0 2 300. 0.1 0.0 / MAT 3 : H2O
XH01H001 0 0 6.66566E-02
X0060001 0 0 3.33283E-02
    
```

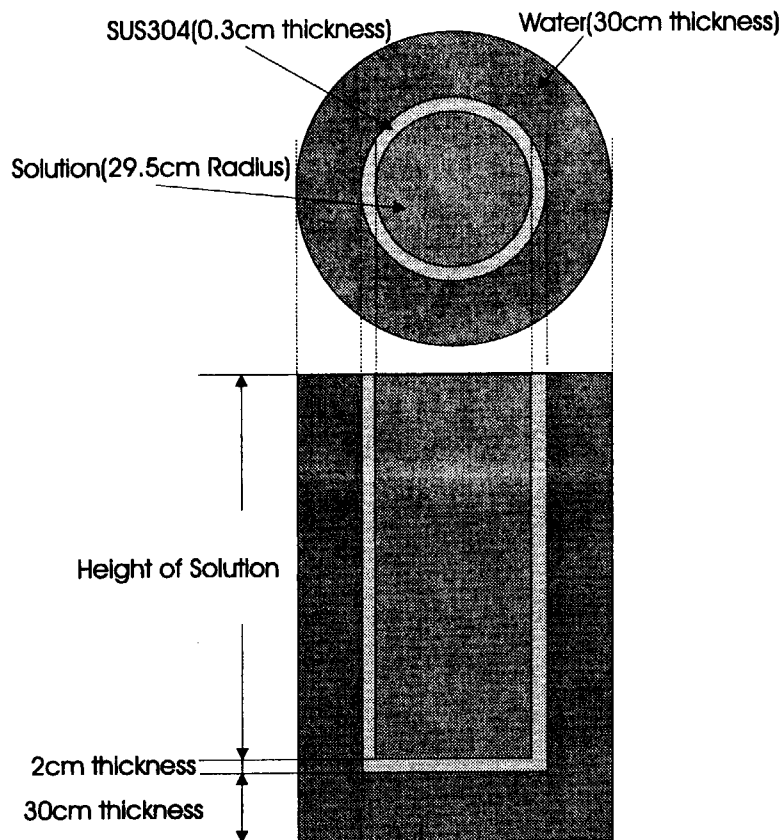


Fig. 5-1: Model of STACY for Criticality Calculation

Table 5-2: Input of POST for STACY Experiments

```
5 42 89
1 1 1
pdfile/MACRO
CONTAO00
ANS1AO10
ANS1AO11
ANS1AO20
ANS1AO21
ANS1AO30
ANS1AO31
```

Table 5-3: Input of KENO-Va for STACY Experiments

```

RSTCY(D=59.CM)H=41.53 UO2(N03)2 9.97% 310.1G/L HNO3 2.17N WR30 RF T16G
READ PARAM
  THE=60000.0 GEN=250 NPG=5000 NSK=50 LIB=41 AMX=YES ALB=0 WTS=0
END PARAM
READ MIXT SCT=1
  MIX=1 1 1.0 MIX=2 2 1.0 MIX=3 3 1.0
END MIXT
READ GEOM
BOX TYPE      1
CYLINDER  1 1 29.5                41.53  0.0
CYLINDER  2 1 29.8                41.53 -2.0
CUBOID     3 1 59.8 -59.8  59.8 -59.8  41.53 -32.0
END GEOM
END DATA
END
    
```

Table 5-4: Output of POST for STACY Experiments

```

POST=====
POSITION OF SIGMA-TOTAL      :    5
POSITION OF SIGMA-GG        :   42
LENGTH OF CROSS SECTION TABLE :   89
** MEMBER : CONTA000 WAS READ ( 216 WORDS) FROM pdsfile/MACRO
    
```

```

ENGEDT=====
NUMBER OF ENERGY GROUPS (MEMBER:CONTA000)= 107
    
```

G ASYMPTOTIC FLX ENERGY LIMIT(EV)

1	1.61936E-02	1.00000E+07
2	5.22346E-02	7.78801E+06
3	1.18011E-01	6.06531E+06
4	2.02366E-01	4.72367E+06

.... 途中略.....

```

=====ENGEDT
** MEMBER : ANS1A010 WAS READ ( 5043 WORDS) FROM pdsfile/MACRO
    
```

***** MEMBER NAME = ANS1A010 *****

NG = 107
MINSG = 1
MAXSG = 107

--- MACROSCPIC CROSS SECTION ---

G	PRODUCTION	FISSION	CAPTURE	ABSORPTION	FISS.SPCTR	DIFFUSION1	DIFFUSION2	TOTAL	ACTIVATION
1	3.04616E-03	8.39054E-04	5.75418E-03	6.59323E-03	6.44462E-03	3.50787E+00	3.50787E+00	1.50841E-01	3.35314E-04
2	2.40187E-03	7.13895E-04	3.91183E-03	4.62573E-03	1.71027E-02	3.44789E+00	3.44789E+00	1.61372E-01	3.79960E-04
3	1.46028E-03	4.65651E-04	2.38061E-03	2.84626E-03	3.88427E-02	3.09354E+00	3.09354E+00	1.86237E-01	4.30551E-04
4	1.42359E-03	4.85585E-04	2.81956E-03	3.30514E-03	6.75298E-02	2.48109E+00	2.48109E+00	2.30970E-01	4.87879E-04
5	1.30394E-03	4.70547E-04	9.55651E-04	1.42620E-03	9.61663E-02	2.20541E+00	2.20541E+00	2.49577E-01	5.52839E-04
6	1.29570E-03	4.83375E-04	4.10092E-04	8.93467E-04	1.16074E-01	2.28721E+00	2.28721E+00	2.46132E-01	6.26449E-04
7	1.25009E-03	4.74163E-04	2.78537E-04	7.52700E-04	1.21516E-01	2.09842E+00	2.09842E+00	2.79004E-01	7.09859E-04
8	8.98133E-04	3.45502E-04	2.72838E-04	6.18340E-04	1.13827E-01	1.83905E+00	1.83905E+00	3.20905E-01	8.04376E-04
9	3.39411E-04	1.32322E-04	1.44223E-04	2.76545E-04	9.85358E-02	1.63569E+00	1.63569E+00	3.64960E-01	9.11478E-04

.... 途中略.....

TAPE ID	12345	NUMBER OF NUCLIDES	3
NUMBER OF NEUTRON GROUPS	107	NUMBER OF GAMMA GROUPS	0
FIRST THERMAL GROUP	71	LOGICAL UNIT	4
TABLE OF CONTENTS			
ANS1A010		ID	1
ANS1A020		ID	2
ANS1A030		ID	3

5.2 MULTI-KENO を用いた TCA における臨界実験の解析

原研 TCA における臨界実験の解析例を示す。この実験は、 19×19 の燃料棒配列の炉心 (Lattice Name = 1.50U , Pitch=1.849 cm) に対する臨界実験であり、国際臨界安全ベンチマーク実験評価プロジェクト (ICSBEP) において、実験精度等に関しての評価がなされたものである (NEA/NSC/DOC/(95)03/IV Volume IV, LEU-COMP-THERM-006, Case No. = 1)。燃料棒体系であるので、実効断面積作成においては、非均質効果の補正が重要になる。以下に、非均質な体系をそのままモンテカルロコードで解析する例と、Sn コードによって少数群均質化断面積を用意して解析を行う方法の、2 種類を示す。

5.2.1 非均質体系に対する解析例

Tab. 5-5 に、この解析における SRAC95 の入力データを示す。ピンセル体系における衝突確率法の固定源問題によって、各領域の中性子スペクトルをもとめて実効断面積を作成しておき、さらに、全エネルギー群に対する衝突確率法の固有値問題によって、各領域平均の実効断面積のセットを作成している。非均質補正は、超詳細群共鳴吸収計算を用いている。そして、作成したライブラリを POST によって処理し、AMPX 作業形式ライブラリを作成する。その入力を、Tab. 5-6 に示す。そして、POST によって作成された断面積ライブラリを使用して、MULTI-KENO を用いて臨界計算を行う。その入力を Tab. 5-7 と Tab. 5-8 に示す。この解析の結果、中性子増倍率は 0.99978 ± 0.00061 であり、良い一致を得た。

Table 5-5: Input of SRAC95 for TCA Experiments

```

FIXS
TCA EXPERIMENT 19X19 LP1.50U HEIGHT=99.45CM FUEL
1 1 1 1 2 1 4 3 2 0 0 0 1 0 2 2 3 0 0 0 /SRAC CONT.
8.3300E-03 / BSQ FOR P1B1 LP1.50U-CRITICAL BUCKLING(JAERI-1254)
/cycle/codes/srac95/lib/pds/pfast/pfastj32 Old File
/cycle/codes/srac95/lib/pds/pthml/pthmlj32 0 F
/cycle/codes/srac95/lib/pds/pmcrrs/pmcrrsj32 0 F
./pdsfile/UFAST Scratch Core
./pdsfile/UTHERMAL S C
./pdsfile/UMCROSS S C
./pdsfile/MACROWRK N F
./pdsfile/MACRO N F
./pdsfile/FLUX S C
./pdsfile/MICREF S C
70 37 10 6 / NEF NET NERF NERT
70(1) / NEGF
37(1) / NEGT
5 5 5 5 8 8 9 8 9 8 / NECF
4 6 6 6 6 9 / NECT

4 6 6 6 3 1 6 0 0 0 5 0 10 15 0 0 30 0 / PIJ-Control
0 6(0) 6(.0) / PATH ITER PARM
1 1 2 3 3 3 / X BY R
1 1 2 3 3 3 / M BY R
0.0 0.313 0.625 0.7085 0.750 0.850 0.9245 / RX LP=1.849CM
3 / NMAT
PELTXXXX 0 3 300.0 1.2500 0.0 /MAT1/ 2.6WT% UO2 PELLETT
XU050001 2 0 6.0830E-4
XU08W001 2 0 2.2536E-2
X006W001 0 0 4.7214E-2
CLADXXXX 0 1 300.0 0.3143 0.0 /MAT2/ CLAD (A1)
XAL70001 0 0 5.5137E-2
MODLXXXX 0 2 300.0 0.0 0.0 /MAT3/ WATER
XH01H001 0 0 6.6735E-2
X0060001 0 0 3.3368E-2
0 / PEACO
EIGN
TCA EXPERIMENT 19X19 LP1.50U HEIGHT=99.45CM FUEL
1 0 0 1 0 1 4 3 2 0 1 1 1 0 2 2 3 0 0 0 /SRAC CONT.
8.3300E-03 / BSQ FOR P1B1 LP1.50U-CRITICAL BUCKLING(JAERI-1254)
3 / NMAT
FIXSX01X 0 0 300.0 0.0 0.0 /MAT1/ 2.6WT% UO2 PELLETT
FIXSX02X 0 0 300.0 0.0 0.0 /MAT2/ CLAD (A1)
FIXSX03X 0 0 300.0 0.0 0.0 /MAT3/ WATER
    
```

Table 5-6: Input of POST for TCA Experiments

```

5 42 89
0 0 1
./pdsfile/MACROWRK
CONTA002
EIGNA014
EIGNA013
EIGNA024
EIGNA023
EIGNA034
EIGNA033
EIGNA034
EIGNA033
    
```

Table 5-7: Input of MULTI-KENO-3.0 for TCA Experiments

```

CASE NO.1 1.50U 19X19 HC=99.45CM WATER-REFLECTED
999.0 250 5000 50 107 84 3 3 3 34 4 1 1 4
-3 1 0 2100 00 0 0 0 0 0 0 00 0 0
-0.0 -0.0 -0.0 -0.0 -0.0 -0.0
1 -1 1.0 2 2 1.0 3 3 1.0
*
SUPER BOX 1 1 1 1 1
BOX TYPE 1
CUBOID 3 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 -16.83 -30.00 107R0.5
CUBOID 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 -16.83 -30.00 107R0.5
CELL BDY 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 -16.83 -30.00 107R0.5
CUBOID 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 -16.83 -30.00 107R0.5
*
SUPER BOX 2 2 19 19 1
BOX TYPE 1
CYLINDER 3 0.7085 0.0 -16.83 107R0.5
CUBOID 3 0.9245 -0.9245 0.9245 -0.9245 0.0 -16.83 107R0.5
CUBOID 0 0.9245 -0.9245 0.9245 -0.9245 0.0 -16.83 107R0.5
*
BOX TYPE 2
CYLINDER 3 0.7085 0.0 -16.83 107R0.5
CUBOID 3 0.9245 -0.9245 0.9245 -0.9245 0.0 -16.83 107R0.5
CUBOID 0 0.9245 -0.9245 0.9245 -0.9245 0.0 -16.83 107R0.5
*
CELL BDY 0 17.5655 -17.5655 17.5655 -17.5655 0.0 -16.83 107R0.5
CUBOID 3 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 0.0 -16.83 107R0.5
CUBOID 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 0.0 -16.83 107R0.5
*
SUPER BOX 3 2 19 19 1
BOX TYPE 1
CYLINDER 1 0.6250 99.45 0.0 107R0.5
CYLINDER 2 0.7085 99.45 0.0 107R0.5
CUBOID 3 0.9245 -0.9245 0.9245 -0.9245 99.45 0.0 107R0.5
CUBOID 0 0.9245 -0.9245 0.9245 -0.9245 99.45 0.0 107R0.5
*
BOX TYPE 2
CYLINDER 1 0.6250 99.45 0.0 107R0.5
CYLINDER 2 0.7085 99.45 0.0 107R0.5
CUBOID 3 0.9245 -0.9245 0.9245 -0.9245 99.45 0.0 107R0.5
CUBOID 0 0.9245 -0.9245 0.9245 -0.9245 99.45 0.0 107R0.5
*
CELL BDY 0 17.5655 -17.5655 17.5655 -17.5655 99.45 0.0 107R0.5
CUBOID 3 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 99.45 0.0 107R0.5
CUBOID 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 99.45 0.0 107R0.5
*
SUPER BOX 4 2 19 19 1
BOX TYPE 1
CYLINDER 1 0.6250 144.15 99.45 107R0.5
CYLINDER 2 0.7085 144.15 99.45 107R0.5
CUBOID 0 0.9245 -0.9245 0.9245 -0.9245 144.15 99.45 107R0.5
*
BOX TYPE 2
CYLINDER 1 0.6250 144.15 99.45 107R0.5
CYLINDER 2 0.7085 144.15 99.45 107R0.5
CUBOID 0 0.9245 -0.9245 0.9245 -0.9245 144.15 99.45 107R0.5
*
CELL BDY 0 17.5655 -17.5655 17.5655 -17.5655 144.15 99.45 107R0.5
CUBOID 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 144.15 99.45 107R0.5
*
CORE BDY 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 144.15 -30.00 107R0.5
CUBOID 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 144.15 -30.00 107R0.5

```


Table 5-8: Input of MULTI-KENO-3.0 for TCA Experiments (cont'd)

```

*
* MIXED BOX ORIENTATION CARDS FOR SUPER BOX2
  1 1 19 2 1 19 1 1 1 1 0      2 2 18 2 1 19 1 1 1 1 1
*
* MIXED BOX ORIENTATION CARDS FOR SUPER BOX3
  1 1 19 2 1 19 1 1 1 1 0      2 2 18 2 1 19 1 1 1 1 1
*
* MIXED BOX ORIENTATION CARDS FOR SUPER BOX4
  1 1 19 2 1 19 1 1 1 1 0      2 2 18 2 1 19 1 1 1 1 1
*
* MIXED SUPERBOX ORIENTATION CARDS
  1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0      2 1 1 1 1 1 1 2 2 1 0
  3 1 1 1 1 1 1 3 3 1 0      4 1 1 1 1 1 1 4 4 1 1
*
-1
END KENO

```

5.2.2 均質化した体系に対する解析例

Tab. 5-9 と Tab. 5-10 に、この解析における SRAC95 の入力データを示す。ピンセル体系における衝突確率法の固定源問題によって、各領域の中性子スペクトルをもとめて実効断面積を作成しておき、さらに、ANISN によって 16 群の均質化断面積を作成する。非均質補正は、超詳細群共鳴吸収計算を用いている^{注1}。そして、作成したライブラリを POST によって処理し、AMPX 作業形式ライブラリを作成する。その入力を、Tab. 5-11 に示す。そして、POST によって作成された断面積ライブラリを使用して、MULTI-KENO を用いて臨界計算を行う。その入力を Tab. 5-12 に示す。この解析において、TWOTRAN によって算出された固有値は、1.01172 で、1.1 % 高めの固有値であった。また、MULTI-KENO による固有値は、 1.01097 ± 0.00137 であり、両者共に同様の結果となった。

^{注1} 入力データでは、さらに TWOTRAN によって 2 次元 R-Z 体系に対する輸送計算を行い、体系の中性子増倍率を求めている。

Table 5-9: Input of SRAC95 for TCA Experiments (Homo.)

```

MATR
TCA EXPERIMENT 19X19 LP1.50U HEIGHT=99.45CM
1 1 1 1 2 1 4 3 2 0 0 -2 1 0 2 2 3 0 0 0 /SRAC CONT.
8.3300E-03 / BSQ FOR P1B1 LP1.50U-CRITICAL BUCKLING(JAERI-1254)
/cycle/codes/srac95/lib/pds/pfast/pfastj32 Old File
/cycle/codes/srac95/lib/pds/phtml/phtmlj32 0 F
/cycle/codes/srac95/lib/pds/pmcrcs/pmcrcsj32 0 F
./pdsfile/UFAST Scratch Core
./pdsfile/UTHERMAL S C
./pdsfile/UMCROSS S C
./pdsfile/MACROWRK N F
./pdsfile/MACRO N F
./pdsfile/FLUX S C
./pdsfile/MICREF S C
70 37 10 6 / NEF NET NERF NERT
70(1) / NEGF
37(1) / NEG
5 5 5 5 8 8 9 8 9 8 / NECF
4 6 6 6 9 / NECT

4 6 6 6 1
1 6 0 0 0
5 0 10 15 0
0 30 0
0 6(0) 6(0) / PATH ITER PARM
1 1 1 1 1 1 / X BY R
1 1 2 3 3 3 / M BY R
0.0 0.313 0.625 0.7085 0.750 0.850 0.9245 / RX LP=1.849CM
15#
1 0 1 8 1 1 0 2 48 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 35 0 0 0 0 500 0
0 0 0 0 1 0

16*
0.0 0.0 0.0001 1.420892 52.131 112.05 0.0 0.0 0.0 0.5
0.0002 0.05 0.001 0.75

OOT
04*
0.0 17*1.0 1*0.5655 30*1.000

08#
18(1) 30(2)

09#
4 5

19#
1 1

27#
1 2

OOT
5 / NMAT
PELTXXX 0 3 300.0 1.2500 1.0 /MAT1/ 2.6WT% UO2 PELLETT
XU050001 2 0 6.0830E-4
XU08W001 2 0 2.2536E-2
X006W001 0 0 4.7214E-2
CLADXXX 0 1 300.0 0.3143 0.0 /MAT2/
XAL70001 0 0 5.5137E-2
MODLXXX 0 2 300.0 0.0 0.0 /MAT3/ WATER AS MODERATOR
XH01H001 0 0 6.6735E-2
X0060001 0 0 3.3368E-2
MATRX01X 0 0 300.0 0.0 0.0 /MAT4/ HOMOGENIZED MATR BY PIJ
REFRXXX 0 2 300.0 30.0 0.0 /MAT5/ WATER AS REFLECTOR
XH01H001 0 0 6.6735E-2
X0060001 0 0 3.3368E-2
0 / PEACD
    
```

Table 5-10: Input of SRAC95 for TCA Experiments (Homo.) (Cont'd)

```

CORE
TCA EXPERIMENT 19X19 LP1.50U HEIGHT=99.45CM
  0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 3 0 0 2 0 1 0 0 0 / SRAC CONTROL
  1.E-15
  1 /
TCA EXPERIMENT 19X19 LP1.50U HEIGHT=99.45CM
  0 1 8 16 4 4 1 0 1 0
  1 0 3 3 0 0 0 0 0 0
  0 0 0 0 0 30 0 0 9999 1
  0 0 1 1 0 1 3 1 0 0
  0 0 / 42 I
  1.00 0.0 0.0 0.0 0.0
  0.0 1.0E-05 1.0 0.0 -112.05 / 10 FLOAT
  12 2 8 10 / FINE X MESH 23
  12 2 8 10 / FINE X MESH 23
  0.0 16.0 1*1.5655 1*6.0 1*24.0 & COARSE X MESH
  0.0 16.0 1*1.5655 1*6.0 1*24.0 & COARSE Y MESH
& CROSS SECTION ID
  -1 -1 -2 -2 & COARSE X MESH
  -1 -1 -2 -2 & COARSE X MESH
  -2 -2 -2 -2 & COARSE X MESH
  -2 -2 -2 -2 & COARSE X MESH
  16(0) / X-REG
  2 / NMAT
MATRX01X 0 0 300.0 0.0 0.0 /MAT4/ FUEL ROD IN H2O
MATRX02X 0 0 300.0 0.0 0.0 /MAT5/ WATER AS MODERATION
    
```

Table 5-11: Input of POST for TCA Experiments (Homo.)

```

5 12 20
0 0 0
./pdsfile/MACRO
CONTAA000
MATRA010
MATRA011
MATRA020
MATRA021
    
```

Table 5-12: Input of MULTI-KENO for TCA Experiments (Homo.)

```

CASE NO.1 1.50U 19X19 HC=99.45CM WATER-REFLECTED (HOMOGENEOUS)
999.9 170 2000 20 16 15 2 2 2 6 1 1 1 1
  -2 0000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
  1 -1 1.0
  2 2 1.0
SUPER BOX 1 1 1 1 1
BOX TYPE 1
CUBOID 1 17.5655 -17.5655 17.5655 -17.5655 99.45 0.0 16R0.5
CUBOID 2 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 99.45 -30.00 16R0.5
CELL BDY 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 99.45 -30.00 16R0.5
CUBOID 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 99.45 -30.00 16R0.5
CORE BDY 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 99.45 -30.00 16R0.5
CUBOID 0 47.5655 -47.5655 47.5655 -47.5655 99.45 -30.00 16R0.5
-1
END KENO
    
```

6 結論

本報告では、信頼性の高い熱炉解析コードシステム SRAC95 と、臨界安全の分野で広く利用されている多群モンテカルロコードを組み合わせた解析を可能とする、処理システム POST を示した。POST を利用することで、SRAC95 で用いられている、高度な非均質補正の効果を取り入れた実効断面積を取り扱う事が可能になり、SRAC95 のユーザーが中性子増倍率をもとめる際に、内蔵の TWOTRAN や ANISN 以外に、体系の模擬が正確に行えるモンテカルロコードの利用が可能になる。

今後計算機の高速化がすすみ、連続エネルギーモンテカルロコードによる計算結果を、短時間で得られる状況になった時、多群モンテカルロコードが利用される機会が減ることはあるかもしれないが、日常の安全解析業務や、パラメータサーベイのように、多数回の計算を行わなければならない場合には、まだまだ利用される機会があると考えている。そのような利用者に、POST は一つの選択肢を与えるものである。

また、POST はその構造が単純なため、その他のコードに組み込み、断面積処理ルーチンとしての役割を果たすことも可能であると考えられる。将来的には、統合化燃焼計算コード SWAT の一モジュールとして、新燃料から燃焼燃料までの任意の体系の中性子増倍率を求めするために利用される計画である。

謝辞

POST 作成にあたり、燃料サイクル安全工学部 臨界安全研究室の三好慶典室長、ならびに山本俊弘氏に、検証用データの提供をしていただいた。ここに記し、感謝する。

参考文献

- [1] BRIESMEISTER, J. F. "MCNP - A General Monte Carlo N-Particle Transport Code Version 4A", *LA-12625-M* (Nov. 1993).
- [2] KATAKURA, J., NAITO, Y. and KOMURO, Y. "Development of the Computer Code System JACS for Criticality Safety", *Trans. Am. Nucl. Soc.*, **41** (1982), 329-330.
- [3] MIYOSHI, Y., UMANO, T., TONOIKE, K., IZAWA, N., SUGIKAWA, S. and OZAKI, S. "Critical Experiments on 10 % Enriched Uranyl Nitrate Solution Using a 60-cm-Diameter Cylindrical Core", *Nucl. Technol.*, **118** (Apr. 1997), 69-82.
- [4] 森貴正, 中川正幸 "MVP/GMVP : 連続エネルギー法および多群法に基づく汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコード", *JAERI-Data/Code 94-007* (Aug. 1994).
- [5] NAITO, Y., et al. "MULTI-KENO : A Monte Carlo Code for Criticality Safety Analysis", *JAERI-M 83-049* (1983).
- [6] 奥村啓介, 金子邦男, 土橋敬一郎 "SRAC95; 汎用核計算コードシステム", *JAERI-Data/Code 96-015* (Mar. 1996).
- [7] PARKS, C. V. "SCALE-4.3: Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation for Workstations and Personal Computers", *NUREG/CR-0200Rev.5(ORNL/NUREG/CSD-2/R5) as CCC-545* (1995).
- [8] PETRIE, L. M. and CROSS, N. F. "KENO-IV An Improved Monte Carlo Criticality Program", *ORNL-4938* (1975).
- [9] PETRIE, L. M. and LANDERS, N. F. "KENO V.a: An Improved Monte Carlo Criticality Program with Supergrouping", *NUREG/CR-0200Rev.2(ORNL/NUREG/CSD-2/V1/R2)*, **2** (1984), Section F11.
- [10] 須山賢也, 小室雄一, 高田友幸, 川崎弘光, 大内圭介 "断面積セット作成プログラム MAIL3.1", *JAERI-Data/Code 98-004* (Feb. 1998).

国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	m·kg/s ²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
工率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束度	ルーメン	lm	cd·sr
照射度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV = 1.60218 × 10⁻¹⁹ J

1 u = 1.66054 × 10⁻²⁷ kg

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バ	b
バール	bar
ガリ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

1 Å = 0.1 nm = 10⁻¹⁰ m

1 b = 100 fm² = 10⁻²⁸ m²

1 bar = 0.1 MPa = 10⁵ Pa

1 Gal = 1 cm/s² = 10⁻² m/s²

1 Ci = 3.7 × 10¹⁰ Bq

1 R = 2.58 × 10⁻⁴ C/kg

1 rad = 1 cGy = 10⁻² Gy

1 rem = 1 cSv = 10⁻² Sv

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版, 国際度量衡局 1985年刊行による。ただし, 1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里, ノット, アール, ヘクトールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは, JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令ではbar, barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換 算 表

力	N (=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘 度 1 Pa·s (N·s/m²) = 10 P (ポアズ) (g/(cm·s))

動粘度 1 m²/s = 10⁴ St (ストークス) (cm²/s)

圧	MPa (=10 bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg (Torr)	lbf/in ² (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 ³	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
	6.89476 × 10 ⁻³	7.03070 × 10 ⁻²	6.80460 × 10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J (=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal (計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻⁴	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸
	9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹
	3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸
	1.60218 × 10 ⁻¹⁹	1.63377 × 10 ⁻²⁰	4.45050 × 10 ⁻²⁶	3.82743 × 10 ⁻²⁰	1.51857 × 10 ⁻²²	1.18171 × 10 ⁻¹⁹	1

- 1 cal = 4.18605 J (計量法)
 = 4.184 J (熱化学)
 = 4.1855 J (15 °C)
 = 4.1868 J (国際蒸気表)
- 仕事率 1 PS (馬力)
 = 75 kgf·m/s
 = 735.499 W

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270 × 10 ⁻¹¹
	3.7 × 10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58 × 10 ⁻⁴	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

POST-SRAC95を使用した臨界計算のための断面積処理プログラム