



JAEA-Data/Code

2015-005

DOI:10.11484/jaea-data-code-2015-005

研究施設等廃棄物の放射能インベントリ評価に用いる 中性子束計算ツールの整備

Development of Calculation Tool of Neutron Flux Used
for Evaluation of Radioactivity Inventory in Radioactive Waste Generated
from Research, Medical and Industrial Facilities

黒澤 亮平 岡田 翔太 坂井 章浩 仲田 久和
天澤 弘也

Ryohei KUROSAWA, Shota OKADA, Akihiro SAKAI, Hisakazu NAKATA
and Hiroya AMAZAWA

バックエンド研究開発部門
廃棄物対策・埋設事業統括部

Radioactive Waste Management and Disposal Project Department
Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management

June 2015

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Data/Code

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2015

研究施設等廃棄物の放射能インベントリ評価に用いる中性子束計算ツールの整備

日本原子力研究開発機構
バックエンド研究開発部門 廃棄物対策・埋設事業統括部

黒澤 亮平※、岡田 翔太、坂井 章浩、仲田 久和、天澤 弘也

(2015年3月31日受理)

研究施設等廃棄物のうち国内の研究用原子炉施設の解体に伴って発生する廃棄物の放射能インベントリ評価に使用する原子炉内及び周辺の中性子束の計算を汎用的かつ簡易に行える中性子束計算ツールを整備した。本ツールは、巨視的実効断面積の計算、中性子束の計算及び放射化イベントリを評価するために算出した中性子束の編集を行う計算プログラムから構成される。

本報告書は、研究用原子炉施設における中性子束の評価方法の概要、中性子束計算ツールの全体構成と機能、各計算プログラムの入出力データと試計算をまとめたものである。

JAEA-Data/Code 2015-005

Development of Calculation Tool of Neutron Flux Used for Evaluation of Radioactivity Inventory in
Radioactive Waste Generated from Research, Medical and Industrial Facilities

Ryohei KUROSAWA[✧], Shota OKADA, Akihiro SAKAI, Hisakazu NAKATA
and Hiroya AMAZAWA

Radioactive Waste Management and Disposal Project Department
Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken
(Received March 31, 2015)

The calculation tool of neutron flux at materials within and around the research reactor was developed so that the user more easily evaluate radioactivity inventory in radioactive waste generated from the decommissioning of research reactors at various conditions. The tool consists of some computer programs which calculate macroscopic effective cross section at materials, calculate the neutron flux at materials within and around the research reactor, and edit the neutron flux to evaluate the radioactive inventory.

This report describes the outline of evaluation method of neutron flux at materials within and around the research reactor, the structure and functions of the calculation tool of neutron flux, input and output data, and sample run with the tool.

Keyword: Macroscopic Effective Cross Section, Neutron Flux, Low Level Waste, Research Reactor

✧ Collaborating Engineer

目次

1. はじめに	1
2. 中性子束の計算方法	2
2.1. 中性子束及びエネルギースペクトルの計算手順	2
2.2. 中性子束及びエネルギースペクトルの計算方法	2
3. 中性子束計算ツールの構成及び機能	4
3.1. 構成	4
3.2. 機能	5
3.3. 中性子束計算ツールの実行方法	7
3.4. 中性子束計算における入力条件設定	7
4. おわりに	8
参考文献	9
付録 A 中性子束計算における入力条件設定	16
付録 B 計算プログラムの使用手引	18
付録 C 中性子束計算ツールの使用手引	46
付録 D サンプルラン	49

Contents

1. Introduction	1
2. Calculation method of the neutron flux	2
2.1. Calculation procedure of the neutron flux and energy spectrum	2
2.2. Calculation method of the neutron flux and energy spectrum	2
3. Structure and function of calculation tool of the neutron flux	4
3.1. Structure	4
3.2. Function	5
3.3. Execution method of calculation tool of the neutron flux	7
3.4. Setting the input conditions on calculation of the neutron flux	7
4. Conclusion	8
References	9
Appendix A Setting the input conditions on calculation of the neutron flux	16
Appendix B User's manual of calculation program	18
Appendix C User's manual of calculation tool of the neutron flux	46
Appendix D Sample run	49

図表リスト

表 3-1	中性子束計算ツールにおける構成プログラムの機能の概要	10
表 3-2	JSSTD L-300 に収納されている中性子ライブラリの核種一覧	11
図 2-1	放射化放射能インベントリの計算手順の概要	12
図 3-1	中性子束計算ツールの構成図	13
図 3-2	中性子束計算ツールの計算手順	14

1. はじめに

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）は、原子力機構及び国内の研究施設等から発生する低レベル放射性廃棄物（以下、「研究施設等廃棄物」という。）の浅地中埋設処分事業を進めている。研究施設等廃棄物を浅地中処分するためには、原子力機構及び各事業者から発生する廃棄物に含まれる放射能インベントリを把握する必要がある。研究用原子炉の放射能インベントリ評価では、計算プログラムを用いて原子炉内及び周囲の構造物における中性子束を評価し、その中性子束を用いて施設の構造材の組成、運転履歴等に基づいて放射化計算を行う方法が用いられる。

放射能インベントリ評価では、まず 1 次元 Sn コード AINSN-JR¹⁾や 2 次元 Sn コード DORT²⁾³⁾または DOT3.5⁴⁾を使用して原子炉内及び周辺の中性子束の計算を行う。次に、この中性子束の計算結果を縮約して入力条件とし、放射性物質の生成崩壊コード ORIGEN-79⁵⁾等により、各構造材における放射能インベントリの評価が実施されてきた。この放射能インベントリの評価における中性子束計算は、複数の計算コードを接続して行うため、各計算コードの入出力情報及びライブラリ情報等を把握することが必要である。また、中性子束を計算するための断面積の作成及び評価体系の設定が複雑であるとともに、過去に作成されたコードであることから、使用経験のあるユーザが少ないのが現状である。

以上のことを考慮して、研究用原子炉内の中性子束の計算が特に複雑であることから、研究用原子炉内の中性子束の計算を汎用的及び簡易に行える計算ツールを整備した。本ツールは、既存の核断面積ライブラリ JSSTD⁶⁾から巨視的実効断面積を作成する MACRO-J 及び中性子束やエネルギースペクトルを計算する ANISN-JR、DORT から構成される。本ツールは、汎用性を考慮して、ユーザが原子炉の体系を単純なモデル（1 次元計算）、DORT を用いた 2 次元体系（JRR-1⁷⁾の事例）及び ANISN-JR 及び DORT を用いた 1 次元及び 2 次元体系の接続（JPDR⁸⁾及び DCA⁹⁾の事例）を選択して中性子束を計算することを可能とした。また、中性子束計算が容易となるようにユーザが 1 つのバッチファイルを作成／編集することにより計算できるようにした。本ツールには、放射化計算の機能は含まれていないが、計算した任意の地点における中性子束を用いて放射化計算が容易に行えるように、計算結果を ORIGEN-79 または ORIGEN-S 用に 3 群に縮約して出力する機能が整備した。

本報告書は、研究用原子炉の炉内及び周辺の各構造材における中性子束の評価方法の概要及び評価の流れを示し（2 章）、中性子束計算ツールの全体構成と機能を記述した（3 章）。付録にはユーザの助けになるよう各構成プログラムの使用手引を記述するとともに、研究用原子炉を対象とした中性子束計算の例題として構成プログラムの入出力データを掲載した。

2. 中性子束の計算方法

2.1. 中性子束及びエネルギースペクトルの計算手順

研究用原子炉施設から発生する放射性廃棄物の放射化による放射能インベントリの計算は、一般に図 2-1 に示す手順により行われる。その手順は、

- 運転中の原子炉の炉心及び周辺の各位置での中性子束とエネルギースペクトルの計算
- 原子炉の運転履歴及び停止後の冷却期間に依存した放射化による核種毎の放射能の計算（放射化計算）

の 2 段階に分けられる。後者の計算では、前者の計算で得られた中性子束とエネルギースペクトルのデータを用いる。本報告書は、前者の放射性物質の生成崩壊の計算を行うために必要な中性子束とエネルギースペクトルを求める計算ツールの整備及びその使用方法について示すものである。

2.2. 中性子束及びエネルギースペクトルの計算方法

中性子束とエネルギースペクトルの計算方法は、決定論的方法（主に離散座標 Sn 法。以下、「Sn 法」という）と確率論的方法（モンテカルロ法）とがあり、Sn 法では 1 次元と 2 次元の計算プログラムが主流で、モンテカルロ法では 3 次元の計算プログラムが使用されている。

中性子束計算ツールは「原子炉施設廃止措置のための残存放射能インベントリ評価コードシステム RADO」（JAEA-Data/Code 2008-009）¹⁰⁾を参考にして整備した。本ツールは、これまでの研究用原子炉の計算で多く用いられてきた Sn 法に基づく計算プログラムである 1 次元の ANISN-JR 及び 2 次元の DORT を用いた。RADO との相違点を以下に示す。

- ① 中性子束の計算コードとして ANISN-JR を追加した。
- ② 研究用原子炉施設の計算体系が簡易な場合は 1 次元の中性子束計算を可能とした。
- ③ ANISN-JR を使用して領域依存巨視的断面積を計算し DORT への接続計算を可能とした。

中性子束計算プログラムで使用するデータライブラリには大きく分けて、汎用核データライブラリと目的別の群定数ライブラリがある。汎用核でデータライブラリは目的別の群定数ライブラリの基礎となるもので、多数の核種について、種々の核反応断面積や核物理定数を収納したものである。代表的なものに米国で開発された ENDF¹¹⁾及び原子力機構で開発されている JENDL¹²⁾がある。目的別の群定数ライブラリは、原子炉施設の種類等に依存して異なる中性子束エネルギースペクトルに応じて、比較的少数の群数で編集したものであり、取扱いが容易となるように考慮されている。

RADO では、群定数ライブラリは JENDL3.2 をもとに作成された中性子 300 群の JSSTD-

300 を 100 群に縮約した JSSTDJ-J32 を用いている。本ツールでは詳細なエネルギー群で計算を行えるように、JSSTDJ-J32 (中性子 100 群) ではなく 300 群の JSSTDJ-300 の群定数ライブラリを用いた。

3. 中性子束計算ツールの構成及び機能

3.1. 構成

中性子束計算ツールは、原子炉施設における放射化による放射能インベントリを評価するために必要な計算条件である中性子束及びエネルギースペクトルを計算するためのツールである。

本ツールにおける構成図を図 3-1 に、計算手順を図 3-2 に示す。本ツールは、巨視的実効断面積及び中性子束分布の計算を行う主要な計算プログラム (MACRO-J、ANISN-JR、DORT)、データの編集・授受を行うプログラム (cnvjss、reedit、cndnsj、convangit、convmjgit、flxcnd)、関連するライブラリ (JSSTD-300) 並びにこれらのプログラムの入出力データファイルから構成され、MS-Windows[®]上で動作するプログラムとして整備した。

本ツールを整備するにあたり、データの編集・授受を行うプログラムである convangit、convmjgit 及び flxcnd は、新規に作成した。その他のプログラムについては、公開されているプログラムを入手して使用した。なお、ANISN-JR に関しては公開されているソースファイルを、配列の上限の変更及び中性子束をバイナリ形式ファイルで出力するように編集して実行形式ファイルを作成した。

図 3-2 に示すように、本ツールは、原子炉施設内の構造にあわせて以下の 3 種類から選択して中性子束を計算することができる。

(1) 1 次元計算

原子炉施設を無限平板、球体系または無限円柱体系として中性子束の評価を行う。小型の研究用原子炉などで球体系など一次元の単純なモデルで計算する場合に適用できると考えられる。

また、2 次元計算を行う際に、原子炉施設の軸方向及び経方向の領域依存巨視的実効断面積を作成する計算に使用できる。

(2) 2 次元計算

原子炉施設を円筒体系として中性子束の評価を行う。例としては、JRR-1⁷⁾の計算例がある。

(3) 1 次元と 2 次元の接続計算 (以下、「接続計算」という)

1 次元計算により領域依存巨視的実効断面積を計算し、原子炉施設を円筒体系として 2 次元で計算を行う際に、1 次元計算により得られた領域依存巨視的実効断面積を使用して中性子束の評価を行う。例としては、JPDR⁸⁾、DCA⁹⁾の計算例がある。

中性子束計算ツールにおける計算の流れは、以下のとおりである。

1) 巨視的実効断面積の計算 (MACRO-J、ANISN-JR)

中性子断面積ライブラリ JSSTD-300 及び同ライブラリを用いる際のコントロールデータを入力とし、MACRO-J を用いて巨視的実効断面積 (mot 形式(Material Organized Type)) を計算する。

2) 中性子束の計算 (ANISN-JR、DORT)

1 次元計算の場合は、MACRO-J で作成した巨視的実効断面積を入力データとして ANISN-JR を用いて中性子束を計算する。

2 次元計算の場合は、MACRO-J で作成した mot 形式の巨視的実効断面積を DORT の計算用に convmjgit を用いて配列の順番が異なる git 形式(Group Independent Type)に変換する。この形式の巨視的実効断面積を入力データとして DORT を用いて中性子束を計算する。

接続計算の場合は、最初に 1 次元の軸方向及び経方向のそれぞれについて MACRO-J で作成した巨視的実効断面積を設定して、ANISN-JR を用いて mot 形式の領域依存巨視的実効断面積を計算する。ANISN-JR で作成した領域依存巨視的実効断面積を convangit により git 形式に変換する。この変換した領域依存巨視的実効断面積を入力データとして DORT により中性子束を計算する。

3.2. 機能

中性子束計算ツールを構成する各計算プログラム及びデータの編集・授受を行うプログラムを表 3-1 に示す。各プログラムの機能は以下のとおりである。

① cnvjss

JSTTDL-300 ライブラリの付属プログラム (以下、「utility コード」という)。中性子ライブラリファイルを BCD 形式(Binary Coded Decimal)からバイナリ形式へ変換する。(以下、変換したファイルを「中性子バイナリライブラリ」という。) また、その逆も可能である。

② reedit

JSTTDL-300 ライブラリの utility コード。中性子バイナリライブラリを再編集する。表 3-2 に示す 3 つのファイルに収納されている核種から、評価に必要な核種を抽出し 1 つのファイルに編集する。

③ cndnsj

JSTTDL-300 ライブラリの utility コード。中性子バイナリライブラリを中性子 300 群から小数群へ縮約する。

④ MACRO-J

JSTTDL-300 ライブラリの utility コード。中性子バイナリライブラリを用いて、ANISN-JR または DORT 用の中性子巨視的実効断面積ファイルを作成する。物質毎の核種と組成の入力により、媒質温度、 σ_a (微視的断面積)についての自己共鳴遮へい因子の内挿を行い組成依存の巨視的実効断面積を作成する。

⑤ ANISN-JR

離散座標 Sn 法の 1 次元輸送計算コード。MACRO-J で作成した巨視的実効断面積を用いて 1 次元輸送計算を行い、中性子束とエネルギースペクトルを計算する。また接続計算の場合は、DORT へ引き渡す領域依存巨視的実効断面積を計算する。

⑥ convmjgit

中性子束計算ツールのために新規に整備したコード。MACRO-J で作成した複数の領域依存巨視的実効断面積ファイルを結合し、DORT で使用できる git 形式に変換する。2 次元の計算の場合に必要な。

⑦ convangit

中性子束計算ツールのために新規に整備したコード。ANISN-JR で作成した複数の領域依存巨視的実効断面積ファイルを結合し、DORT で使用できる git 形式に変換する。ANISN-JR-DORT の接続計算の場合に必要な。

⑧ DORT

離散座標 Sn 法の 2 次元輸送計算コード。git 形式に変換した巨視的実効断面積を用いて 2 次元輸送計算を行い、中性子束とエネルギースペクトルを計算する。

⑨ flxcnd

中性子束計算ツールのために新規に整備したコード。ANISN-JR または DORT で計算された中性子束を用いて放射化計算するために、中性子束を編集する。放射化計算に必要な任意の複数の計算地点における中性子束を 3 群の中性子束 ϕ_1 (熱群)、 ϕ_2 (中束群)、 ϕ_3 (高速群) (例⁷⁾: 熱群: $\sim 0.876\text{eV}$ 、中束群: $0.876\text{eV} \sim 1.0\text{MeV}$ 、高速群: $1.0\text{MeV} \sim$) に縮約計算し、CSV ファイルを作成する。3 群を区切るエネルギーは、ユーザが任意に設定することができる。 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 の計算式を以下に示す。

$$\phi_1 = \sum_{e1}^{e2} \phi_i \quad (1)$$

$$\phi_2 = \sum_{e1}^{e2} \frac{\phi_i}{\ln \frac{E_U}{E_L}} \quad (2)$$

$$\phi_3 = \sum_{e1}^{e2} \phi_i \quad (3)$$

ここで、

- ϕ_i : ANISN-JR または DORT で計算した i エネルギー群の中性子束
- E_U : 0.821MeV
- E_L : 0.5eV
- $e1$: エネルギー群の下限 (ユーザが指定する)
- $e2$: エネルギー群の上限 (ユーザが指定する)

である。

3.3. 中性子束計算ツールの実行方法

中性子束計算ツールには計算プログラム毎に実行形式ファイル及びバッチファイルがあり、コマンドプロンプトでそれらを実行することにより計算が実行される。ユーザがコマンドプロンプトから中性子束の計算を行うためには、各計算プログラムの入力ファイルを作成し、コマンドプロンプト上で MACRO-J、ANISN-JR 及び DORT 等のプログラムを起動して必要な回数実行する。

中性子束計算ツールでは、ユーザが中性子束計算ツールのマスターバッチファイルを作成／編集することにより、コマンドプロンプトから巨視的実効断面積の作成から中性子束の計算までの一連の評価を行うことが可能となっている。また、入出力ファイルをプロジェクトとしてフォルダ毎に保存することができるため、入出力ファイルの取扱いを容易にした。中性子束計算ツールの使用方法を付録 C に示す。

3.4. 中性子束計算における入力条件設定

中性子束計算における入力条件設定方法は DORT 及び ANISN-JR に関する参考文献 1)、9)及び 10)に詳細に記載されている。それらの参考文献に基づき、付録 A に中性子束計算における入力条件設定方法を示す。

4. おわりに

国内の研究用原子炉施設から発生する放射性廃棄物の放射化による放射能インベントリ評価に必要な原子炉内及び周辺の構造材における中性子束を計算するツールを整備した。

本ツールは、巨視的実効断面積の作成、中性子束の計算及び放射能インベントリ評価に使用するために中性子束の編集が行えるようになっている。巨視的実効断面積の作成には MACRO-J を使い、領域依存の巨視的実効断面積の作成には ANISN-JR を使い、中性子束の計算には 1 次元の場合は ANISN-JR を、2 次元の場合は DORT を用いた。中性子束群定数ライブラリは JSSTD-300 を使用し、データの編集・授受を行うプログラムは JSSTD-300 の utility プログラムと新規に整備した巨視的実効断面積 (mot 形式) を DORT で使用できる git 形式に変換するプログラムと中性子束の編集を行うプログラムを用いた。

また、本ツールは、ユーザが対象の原子炉の構造によって、1 次元、2 次元及び接続計算 (1 次元-2 次元) の計算体系を選択して中性子束の計算が可能となっている。ユーザがマスターバッチファイルを作成/編集することにより計算を行えるように整備をした。

本報告書は、放射能インベントリ評価に伴う中性子束計算手法の概要、中性子束計算ツールの全体構成と機能、各計算プログラムの入出力データをまとめたものである。また、付録には、プログラムの使用手引とともに、計算の手順に沿ってサンプルランとして詳細な入出力リストをつけ、本ツールの使用方法を記載した。

本計算ツールは、今後の国内の研究用原子炉施設から発生する放射性廃棄物の放射能インベントリ評価に役立たせるとともに、各研究用原子炉における中性子束や放射化による放射能の計算と実測値の比較評価例に基づき、計算結果の妥当性と補正の方法について検討することが重要と考えられる。

参考文献

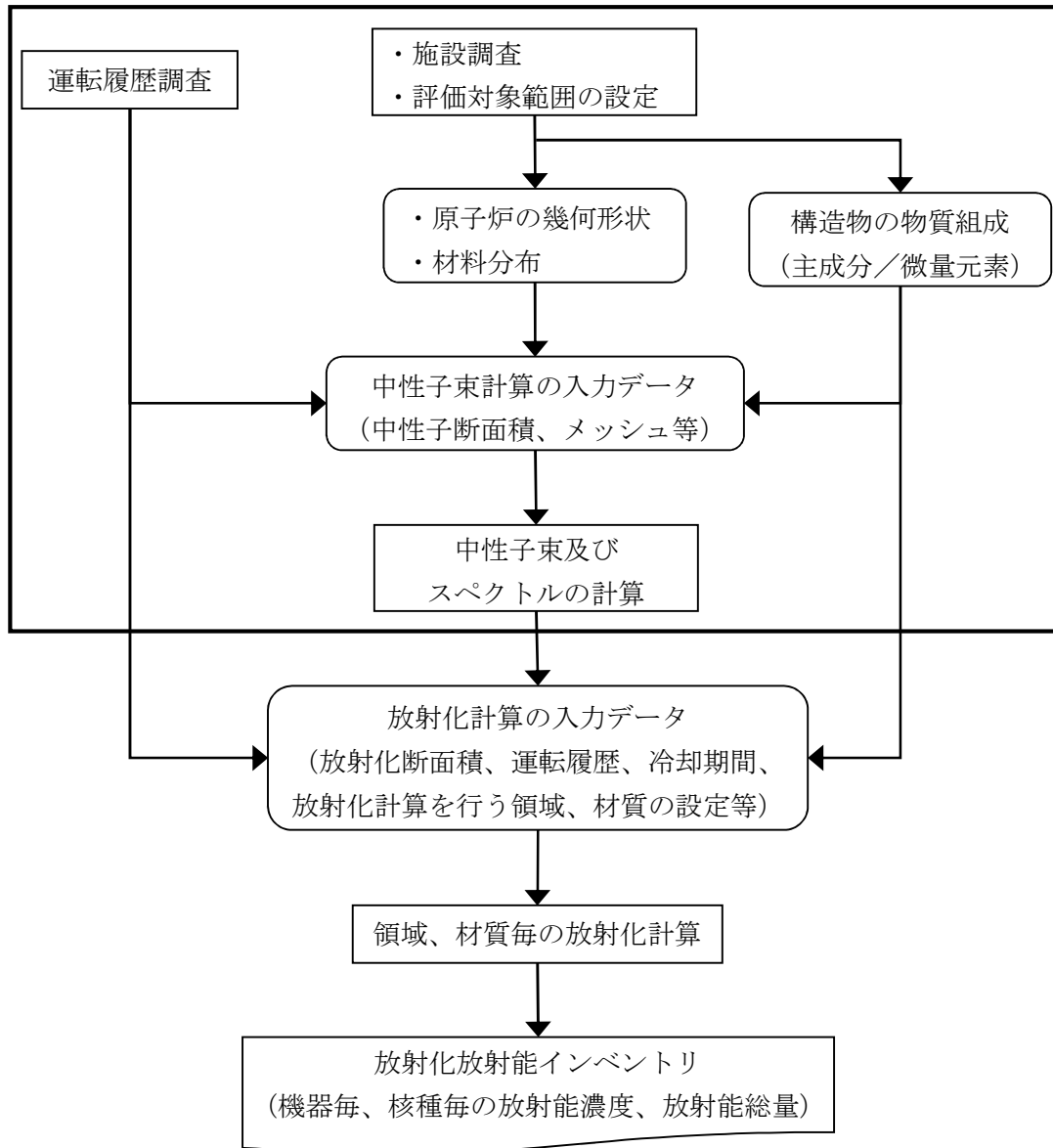
- 1) K.Koyama et al. : “ANISN-JR, A One-dimensional Discrete Ordinates for Neutron and Gamma-ray Transport calculations”, JAERI-M 6954, (1977).
- 2) “DOORS3.2: One, Two-and Three-Dimensional Discrete Ordinates Neutron/Photon Transport Code System”, RSIC CODE PACKAGE CCC-650, (1996).
- 3) M.B. Emmett et al. : The DORT section of “A User’s Manual for MASH 1.0 - A Monte Carlo Adjoint Shielding Code System”, ORNL/TM-11778, (1992).
- 4) W.A.Rhoades.”DOT3.5 Two Dimensional Discrete Ordinates Radiation Transport Code”, ORNL/RISC/CCC-276(1975).
- 5) “ORIGEN-79 : Isotope Generation and Depletion Code – Matrix Exponential Method”, ORNL, CCC-217 (1979).
- 6) 長谷川明：“JENDL-3.2に基づく炉定数 中性子 300 群 γ 線 104 群 JSSTD L-300 ライブラリーについて (JSSTD L 98 version)”, 核データニュース No.62 pp.43-52, (2003).
- 7) 坏敦, 岸本克己 他：“JRR-1 炉心構造物の放射能インベントリ評価”, JAERI-Tech 2003-090, (2004).
- 8) 助川武則 他“原子炉の廃止措置における残存放射能評価方法の検討”, JAERI-Tech 2001-058, (2001).
- 9) 宮坂靖彦 他“臨界実験装置廃止措置のデータベースの拡充 (その 1) に係る調査”, PNC TJ9410 98-001, (1998).
- 10) 助川武則 他：“原子炉施設廃止措置のための残存放射能インベントリ評価コードシステム RADO”, JAEA-Data/Code 2008-009, (2008), 57p.
- 11) D.Garber, C.Dunford, and S.Pearlstein : “Data Formats and Procedures for the Nuclear Data File, ENDF”, BNL-NCS-50496(ENDF102), (1992).
- 12) J.Shibata et al. : “Japanese Evaluated Nuclear Data Library, Version-3”, JAERI 1319, (1990).
- 13) B.E.Watt : “Energy Spectrum of Neutrons from Thermal Fission of U^{235} ”, Phys.Rev., 87, 1037(1952).
- 14) 日本原子力研究開発機構 核データ評価研究グループ：“JSSTD L-300 (98 version)”, (online) available from http://www.ndc.jaea.go.jp/jendl/j32/j32appli/jsstdl-300_V98.html (accessed on 2015-03-04).
- 15) 多田恵子, 白木貴子：“遮蔽設計解析システムの整備”, JNC TJ9520 2001-002, (2001).

表 3-1 中性子束計算ツールにおける構成プログラムの機能の概要

プログラム名	機能	備考
cnvjss	JSSTD-300 ライブラリを BCD 形式ファイルからバイナリファイルへ変化する。	JSTD-300 ライブラリの utility コード
reedit	計算に必要な核種を抽出する。	JSTD-300 ライブラリの utility コード
cndnsj	300 群から小数群へ縮約する。	JSTD-300 ライブラリの utility コード
MACRO-J	巨視的実効断面積を作成する。	JSTD-300 ライブラリの utility コード
ANISN-JR	1 次元の離散座標 Sn 法を用いて中性子束とエネルギースペクトルを計算する。 DORT へ引き渡す領域依存巨視的実効断面積を計算する。	
convmjgit	MACRO-J で作成した巨視的実効断面積を git 形式に変換する。	本ツールのため新規に整備
convangit	ANISN-JR で作成した領域依存巨視的実効断面積を git 形式に変換する。	本ツールのため新規に整備
DORT	2 次元の離散座標 Sn 法を用いて中性子束とエネルギースペクトルを計算する。	DOORS3.2 のシステムモジュール
flxcnd	放射化計算をするために、ANISN または DORT で計算した中性子束を編集する。	本ツールのため新規に整備

表 3-2 JSSTD L-300 に収納されている中性子ライブラリの核種一覧

order	lib1a		lib2b		lib3a	
	nuclide	code	nuclide	code	nuclide	code
1	H-1	110	K-0	1900	Bi-209	8390
2	H-2	120	Ca-0	2000	Th-232	9020
3	He-3	230	Ti-0	2200	U-233	9230
4	He-4	240	V-51	2310	U-234	9240
5	Li-6	360	Cr-0	2400	U-235	9250
6	Li-7	370	Mn-55	2550	U-236	9260
7	Be-9	490	Fe-0	2600	U-238	9280
8	B-10	500	Co-59	2790	Np-237	9370
9	B-11	510	Ni-0	2800	Np-239	9390
10	C-12	620	Cu-0	2900	Pu-236	9460
11	N-14	740	Ga-0	3100	Pu-238	9480
12	O-16	860	Ge-0	3200	Pu-239	9490
13	Fe-19	990	Zr-0	4000	Pu-240	9400
14	Na-23	1130	Nb-93	4130	Pu-241	9410
15	Mg-0	1200	Mo-0	4200	Pu-242	9420
16	Al-27	1370	Cd-0	4800	Am-241	9510
17	Si-0	1400	Eu-0	6300	Am-242m	9520
18	P-31	1510	Hf-0	7200	Am-243	9530
19	S-0	1600	Ta-181	7310	Cm-242	9620
20	Cl-0	1700	W-0	7400	Cm-243	9630
21	Ar-40	1800	Pb-0	8200	Cm-244	9640
22	U-235	9250	U-235	9250	Cm-245	9650
23	U-238	9280	U-238	9280	Cm-246	9660
24	Pu-239	9490	Pu-239	9490	Cm-247	9670
25	Pu-240	9400	Pu-210	9400	Cm-248	9680



※ 太枠が中性子束計算ツールで行える。

(JAEA-Data/Code 2008-009 の図 2-1 から転載)

図 2-1 放射化放射能インベントリの計算手順の概要

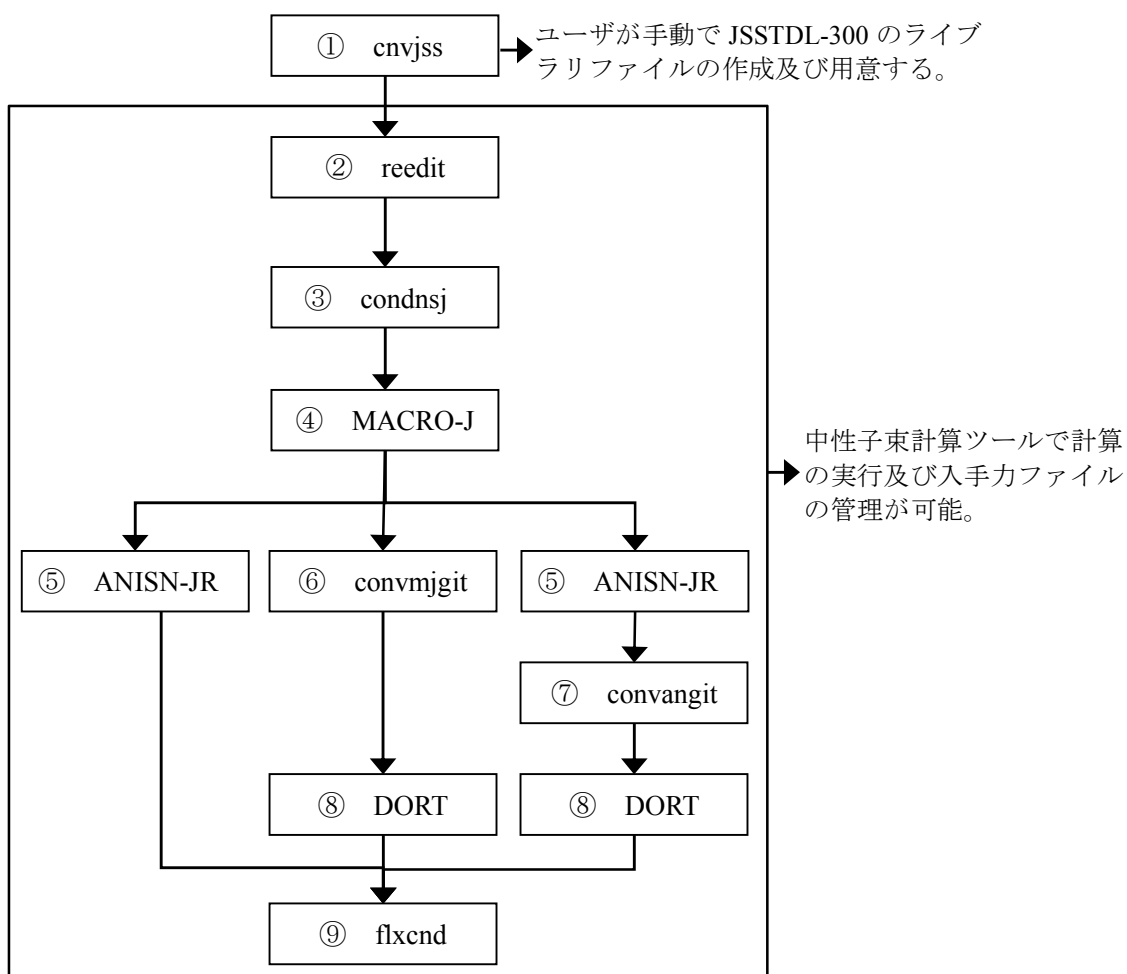


図 3-1 中性子束計算ツールの構成図

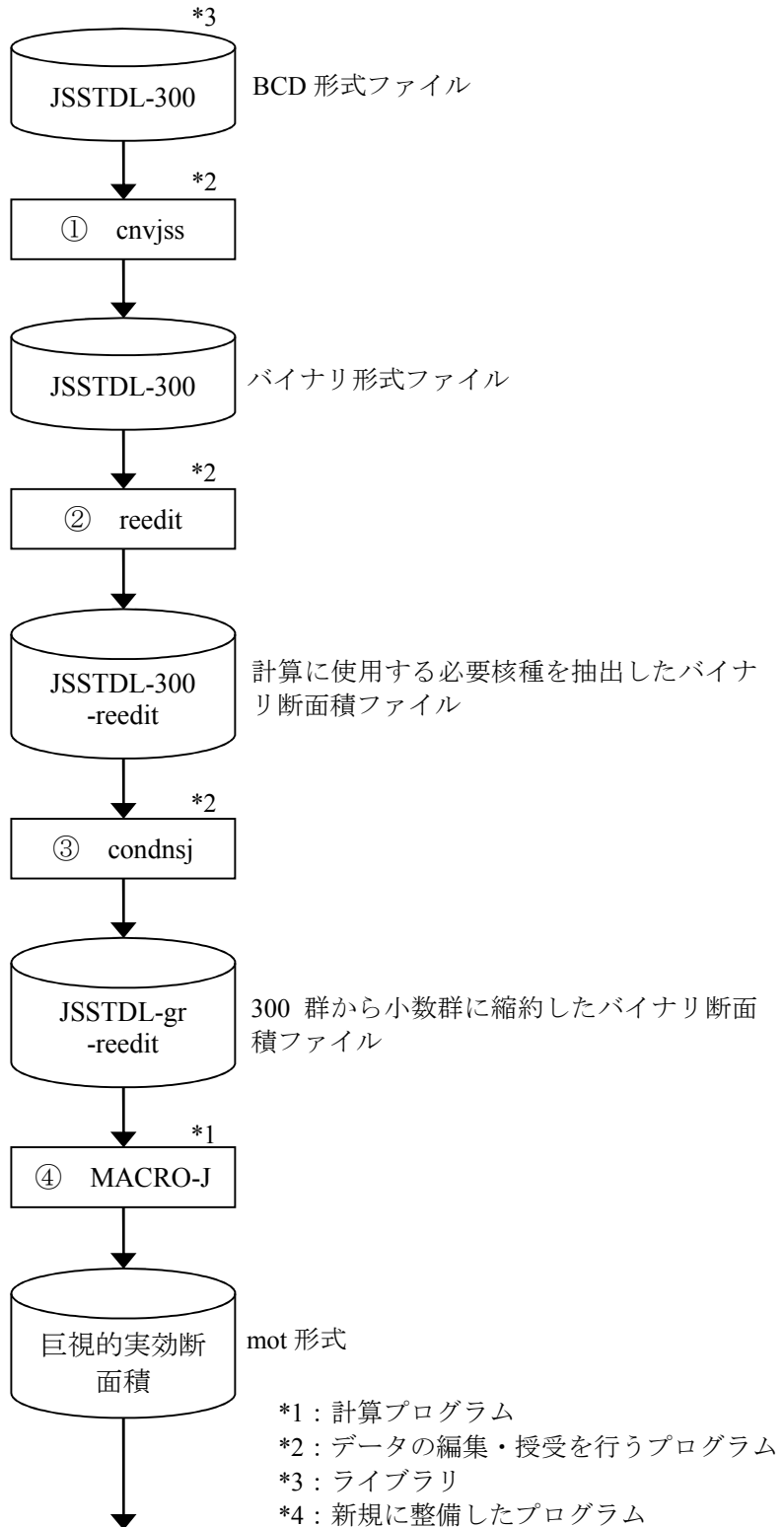


図 3-2 中性子束計算ツールの計算手順 (1/2)

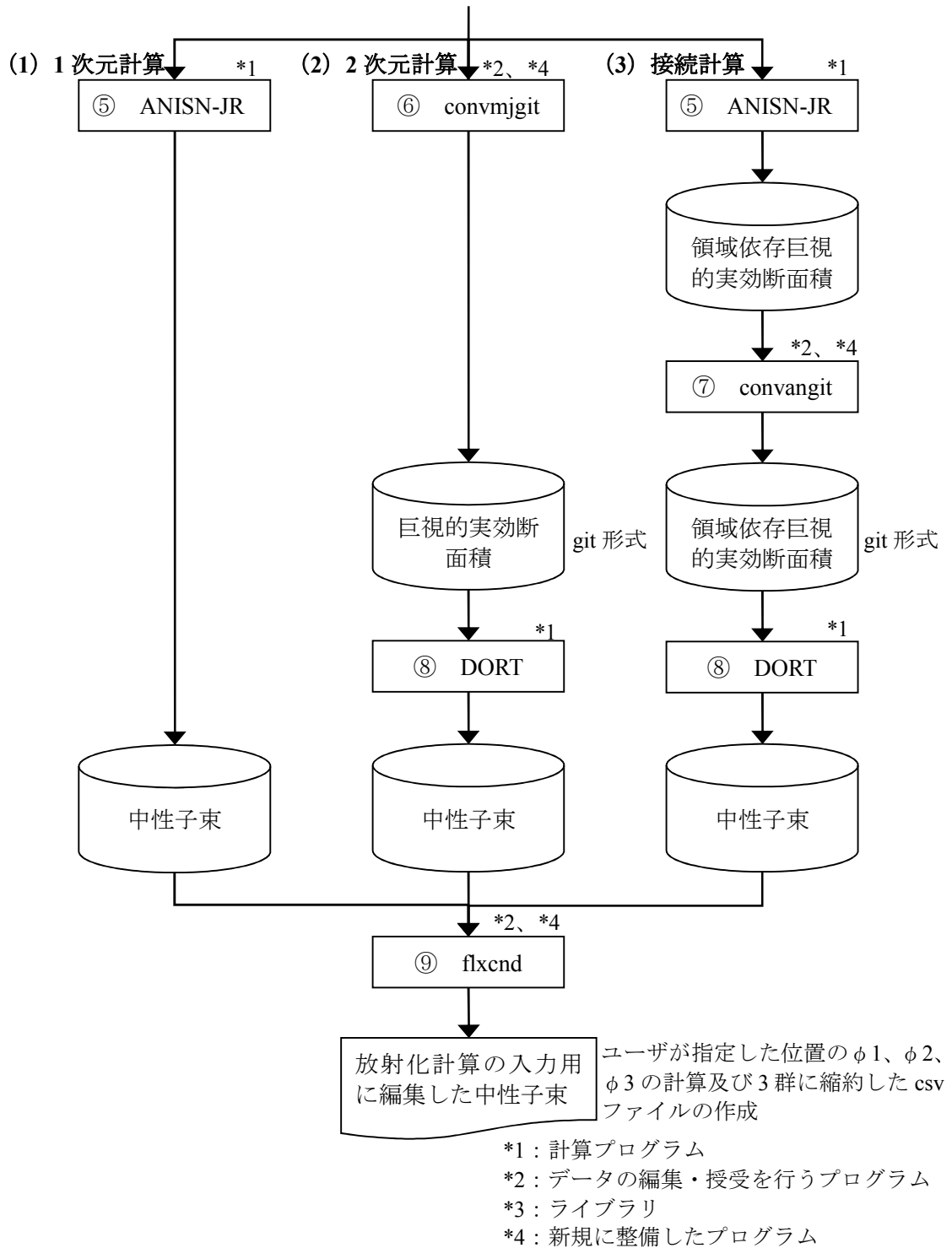


図 3-2 中性子束計算ツールの計算手順 (2/2)

付録 A 中性子束計算における入力条件設定

RADO の参考文献 10)に記載されている入力条件設定を以下に示す。

A.1 計算体系

計算体系をモデル化する場合、原子炉施設の構造・組立図に基づいて設定する。原子炉施設の構造が単純であり小型の場合または炉心部周辺の軸方向及び経方向の計算を行う場合は、形状を 1 次元に単純化することが可能である。形状としては、無限平板または無限円柱となる。

2 次元の場合は、円柱形状のモデルとなる。炉心部は炉心断面積と等価直径の円柱とし、その外側の水や構造物の層は半径方向の厚さを保存して円柱形状のモデルとする。炉心の燃料集合体、制御棒、上部及び下部燃料格子領域のような複雑形状部については、形状を単純化してモデル化する必要がある。

接続計算の場合は、軸方向（無限平板）、経方向（無限円柱）それぞれに 1 次元のモデルを作成して領域依存巨視的実効断面積を計算する。2 次元の円柱形状のモデルを作成して、計算した領域依存巨視的実効断面積を使用して中性子束を計算している。

A.2 線源強度の設定

(1) エネルギースペクトル

圧力容器内と周辺領域における中性子は、熱中性子による ^{235}U の核分裂で生じる。この中性子スペクトルとしては、Maxwell 型、Watt 型の近似式がよく知られている。このうち、Watt 型の近似式の代表例は次式のとおりである¹³⁾。

$$\chi(E) = 0.4527e^{-E/0.965} \sinh(2.29E)^{1/2} \quad (4)$$

ここで、E は中性子エネルギー (MeV) である。エネルギー群毎に上式で得られるスペクトル値を入力する。

(2) 炉心部での線源強度の分布

炉心部は、1 次元の場合は無限平板または無限円柱とし、炉心部の厚さに応じて数分割してメッシュを作成してモデル化する。2 次元の場合は円柱形状とし、半径方向及び軸方向にメッシュ状に分割してモデル化する。線源強度として、各メッシュに運転時の燃焼度の平均的な分布を入力する。

(3) 炉心部全体の発生中性子数

炉心部全体の単位体積、単位時間当たりの発生中性子数は、通常、定格運転時の熱出力に依存した次式で得られる値を入力する。

$$N = 3.12 \times 10^{10} (\text{fission} / \text{sec} / W) \times 2.5 (\text{neutrons} / \text{fission}) \times P / V \quad (5)$$

ここで、

N : 発生中性子数 (neutrons/sec/m³)
 P : 定格運転時の熱出力 (W)
 V : 有効炉心体積 (m³)

である。

A.3 Sn 法計算パラメータ

上述の他、ANISN-JR または DORT による計算で設定すべき基本的なパラメータとして、空間メッシュ幅、群定数ライブラリのエネルギー群数及び離散座標 Sn 法の固有パラメータとして散乱のルジャンドル展開次数の最大値、媒質内での中性子の移動方向に関する角度分点パラメータ及び計算の収束判定値がある。

空間メッシュ幅のとり方は、当該物質領域の中性子平均自由行程 ($\lambda = \Sigma_t^{-1}$) をもとに $1/2 \cdot \lambda$ ないし λ を基準とし、また、隣り合う物質領域間でメッシュ幅に大きな差が無いこと等に注意すべきである。大規模の計算体系ではメッシュ数が膨大となる。

群定数ライブラリのエネルギー群数は、100 群程度であれば縮約せず、大規模の計算体においても計算に適用可能である。エネルギー群数が多くなると計算時間がかかってくるようになる。JSSTD-300 のエネルギー群数は 300 群であるため、群を縮約して計算を行うことが望ましいと考えられる。

散乱のルジャンドル展開次数 P_3 または P_5 を設定する。角度分点パラメータにはデフォルトとして ANISN-JR 及び DORT において対称型の S_8 を設定している。エネルギー群毎の計算の収束判定値については、通常は 0.01 (熱群での収束度に依存する) を設定する。

付録 B 計算プログラムの使用手引

B.1 入力データ

中性子束計算ツールを構成するプログラムにおける、入力データのフォーマットを以下に示す。なお、入力データのフォーマットについては JSSTD L-300 ライブラリの utility コードである `cnvjss`、`reedit`、`cndnsj` については参考文献 10)、14)から引用し、`MACRO-J` 及び `DORT` については参考文献 13)から引用し、`ANISN-JR` は参考文献 10)、15)から引用し記載している。

(1) `cnvjss`カード 0 TITLE (20A4)

タイトル

カード 1 IOPT, IDBG (2I6)

- | | | |
|---|------|--|
| 1 | IOPT | JSSTD L-300 ライブラリファイル形式の変換オプション
1 = BCD 形式からバイナリ形式に変換
2 = バイナリ形式から BCD 形式に変換 |
| 2 | IDBG | デバッグ情報のファイル出力オプション
0 = ファイル出力しない。
1 = ファイル出力する。 |

(2) `reedit`カード 1 MAXN, NUCGAM, NUMFIL (3I5)

- | | | |
|---|--------|---|
| 1 | MAXN | JSSTD L-300 ライブラリファイルから抽出する核種数 |
| 2 | NUCGAM | 中性子またはガンマの選択オプション
1 = 中性子
2 = ガンマ |
| 3 | NUMFIL | JSSTD L-300 ライブラリファイルから抽出するファイル数
1 = 1 ファイルから抽出 (lib1a)
2 = 2 ファイルから抽出 (lib1a, lib2b) |

カード 2 NCODEL(I5)

- | | | |
|---|--------|--------------------------------------|
| 1 | NCODEL | 抽出する核種のコード ID (表 3-2 を参照)、MAXN 回繰り返す |
|---|--------|--------------------------------------|

(3) `cndnsj`カード 0 TITLE (A80)

タイトル

カード 1 IMAX, NMAX, I1LIB, IFPR1, IFPR2, IBPR1, IBPR2, IDBG (10I4)

- | | | |
|---|------|---|
| 1 | IMAX | 縮約前のエネルギー群数、JSSTD L-300 の中性子の場合には 300 群 |
|---|------|---|

- | | | |
|---|-------|--|
| 2 | NMAX | 縮約後のエネルギー群数 |
| 3 | I1LIB | 縮約する最初の上限エネルギー番号 (表 B-1 参照) |
| 4 | IFR1 | アウトファイルへの縮約前のエネルギーライブラリの出力オプション
0 = 出力しない。
1 = 出力する。 |
| 5 | IFR2 | アウトファイルへの縮約後のエネルギーライブラリの出力オプション
0 = 出力しない。
1 = 出力する。 |
| 6 | IBPR1 | アウトファイルへの縮約前のエネルギー群の出力オプション
0 = 出力しない。
1 = 出力する。 |
| 7 | IBPR2 | アウトファイルへの縮約後のエネルギー群の出力オプション
0 = 出力しない。
1 = 出力する。 |
| 8 | IDBG | デバッグ情報の出力オプション
0 = 出力しない。
1 = 出力する。 |

カード 2 NX (10I4)

- | | | |
|---|----|--|
| 1 | NX | 300 群から縮約する上限/下限エネルギー番号 (表 B-1 参照)、NMAX 回繰り返す。 |
|---|----|--|

カード 3 MPRMX, MPRLG (10I4)

- | | | |
|---|-------|--|
| 1 | MPRMX | 断面積ライブラリから外す核種の数 |
| 2 | MPRLG | ルジャンドル定数の出力オプション
-1 = 出力しない。
0 = 出力する。 |

カード 4 MPR (10I4)

- | | | |
|---|-----|---|
| 1 | MPR | 断面積ライブラリから外す核種のコード ID (表 3-2 参照)、MPRMX 回繰り返す。 |
|---|-----|---|

(4) MACRO-J

カード 0 TITLE (20A4)

タイトル

カード 1 IMAX, LPMAX, MMAT, IMAXO, I1GRP, LPMAXO, NCTLO, NPELF, IPRMAC, IDBG (12I6)

- | | | |
|---|------|-----------------------|
| 1 | IMAX | JSSTD L ライブラリのエネルギー群数 |
|---|------|-----------------------|

- | | | |
|----|--------|---|
| 2 | LPMAX | JSSTD L ライブラリの PI 次数 |
| 3 | MMAT | 作成する実効断面積全物質数、 $NMAX \leq 20$ |
| 4 | IMAXO | 作成する実効断面積のエネルギー群数、 $IMAXO \leq IMAX$ |
| 5 | IIGRP | 14 番ユニットに出力する JSSTD L ライブラリ実効断面積の最初のエネルギー群数、 $1 \leq IIGRP \leq IMAX-IMAXO+1$ |
| 6 | LPMAXO | 作成する実効断面積の PI 次数、 $LPMAXO \leq LPMAX$ |
| 7 | NCTLO | 作成する実効断面積のテーブルレングス、 $NCTLO=IMAXO+3$ |
| 8 | NPSLF | 作成する実効断面積テーブル中の自群散乱断面積の位置、4 を入力。 |
| 9 | IPRMAC | 作成した実効断面積の出力オプション
0 = 出力しない。
1 = 出力する。 |
| 10 | IDBG | デバッグ出力オプション、通常使用しないため 0 を入力。 |

カード 2 IPRMIC, IMSTA, IMSTOP, KSTA, KSTOP, IFOPT (12I6)

- | | | |
|---|--------|--|
| 1 | IPRMIC | 読み込んだ JSSTD L の出力オプション
1 = 出力する。
2 = 出力しない。 |
| 2 | IMSTA | 出力する最初のエネルギー群番号、0 の場合は $IMSTA=1$ とみなし、1 群から出力する。 |
| 3 | IMSTOP | 出力する最後のエネルギー群番号、0 の場合は $IMSTOP=IMAX$ とみなし、 $IMAX$ 群まで出力する。 |
| 4 | KSTA | 出力する最初の領域番号、0 の場合は $KSTA=1$ とみなし、1 領域から出力する。 |
| 5 | KSTOP | 出力する最後の領域番号、0 の場合は $KSTOP=MMAX$ とみなし、 $MMAX$ 領域まで出力する。 |
| 6 | IFOPT | F-table のチェックオプション
0 = チェックする (通常)。
-1 = チェックしない (デバッグ時の特殊な場合にのみ使用する)。 |

カード 3、4 は物質毎に指定する。すなわちカード 3、4 を 1 セットとして MMAT 個繰り返す。

カード 3 IREG, MMAX, NCIDN, ICOM12, TK (2I3,12A4, F12.0)

- | | | |
|---|--------|----------------------------|
| 1 | IREG | 物質番号 ID |
| 2 | MMAX | 構成している核種の数、 $MMAX \leq 30$ |
| 3 | NCIDN | ライブラリのための新しい巨視的実効断面積 ID 数 |
| 4 | ICOM12 | 物質に対するコメント |
| 5 | TK | 温度(K) |

カード 4 NUREG, AN (4(I6 E12.6))

NUREG と AN はセットで MMAX 回繰り返す。

- | | | |
|---|-------|-----------------------------|
| 1 | NUREG | 核種を識別するためのコード ID (表 3-1 参照) |
| 2 | AN | 原子個数密度(1/barn・cm) |

カード 5 NRQCD (I6)

- | | | |
|---|-------|---|
| 1 | NRQCD | 弾性及び非弾性散乱マトリックスオプション
-1=出力しない。
999 = 全核種出力する。
n = 核種コード番号 n 核種を出力する。 |
|---|-------|---|

(5) ANISN-JR

行の最初の文字が「`!`」の場合は、コメント行となる。

カード 1 IANISN, ITMAX, IENRGY, IINPT (4I5)

- | | | |
|---|--------|--|
| 1 | IANISN | 断面積のフォーマット形式オプション
0 = ANISN 形式 (通常)
1 = RADHEAT 形式 |
| 2 | ITMAX | 最大計算時間、ITMAX=0 の場合は無視される (通常 0 とする)。 |
| 3 | IENRGY | 中性子スペクトルの読み込みオプション
0 = 17*から読み込む。
1 = 18*から読み込む。 |
| 4 | IINPT | 線源強度の読み込みオプション
0 = 入力ファイルから読み込む。
1 = 別ファイルから読み込む。 |

カード 2 IIBOUD, IISPTM, IIANLL, IGMNEW, IGMNEU, NACTPR, NREACT, NASYMM, NRESAT, NXSOUT, NPLOT, NAOUT, LENGPL (13I5)

- | | | |
|---|--------|--|
| 1 | IIBOUD | 全中性子束の出力オプション
0 = 各メッシュ間の midpoint で出力
1 = 各メッシュ間の境界で出力 |
| 2 | IISPTM | 中性子スペクトルの出力オプション
0 = 出力しない。
1 = 出力する。 |
| 3 | IIANLL | 中性子角度束の出力オプション
0 = 全メッシュについて出力する (通常)。
1 = 指定したメッシュのみについて出力する。 |
| 4 | IGMNEW | 全エネルギー群数 |

- | | | |
|----|--------|---|
| 5 | IGMNEU | 中性子のエネルギー群数 |
| 6 | NACTPR | 計算情報の出力オプション
0 = 通常に出力する (通常)。
1 = 詳細に出力する。 |
| 7 | NREACT | 反応率の計算オプション
0 = 計算しない。
1 = 計算する。 |
| 8 | NASYMM | 非対称の Sn の使用オプション
0 = 使用しない。
1 = 使用する。 |
| 9 | NRESAT | RESTART オプションの使用オプション
0 = 使用しない。
1 = 使用する。 |
| 10 | NXSOUT | 2-D、X-SECTION の計算オプション
0 = 計算しない。
1 = 計算する。 |
| 11 | NPLOT | プロットデータの出力オプション
0 = 出力しない。
1 = 出力する。 |
| 12 | NAOUT | 中性子角度束の出力オプション
0 = 出力しない。
1 = 出力する。 |
| 13 | LENGPL | ルジャンドル展開次数 |

カード 3 NOYGRE (I5)

- | | | |
|---|--------|--------------------------|
| 1 | NOYGRE | 中性子のエネルギー群数、IGM+1 を入力する。 |
|---|--------|--------------------------|

カード 4 YGRENE (8E10.5)

- | | | |
|---|--------|--|
| 1 | YGRENE | 中性子のエネルギー群をエネルギーの高い順に eV で入力、NOYGRE 回
入力する。 |
|---|--------|--|

カード 5 NACT, IDOT, NPU, IGNT, IGMN, ITL2 (6I5)

- | | | |
|---|------|---|
| 1 | NACT | 応答関数を記録するための検出器の個数 |
| 2 | IDOT | 崩壊断面積の計算フォーマット
0 = TOWRAN 形式
1 = DOT 形式 |
| 3 | NPU | 断面積の出力方法
0 = 出力のみ
1 = punch |

- 2 = tape に出力
 3 = 前回 tape に断面積を出力
- | | | |
|---|------|------------------------------------|
| 4 | IGNT | ダウン散乱の個数 |
| 5 | IGMN | 中性子のエネルギー群数 |
| 6 | ITL2 | 出力断面テーブルの長さ、ITL2 = NACT + IGMN + 3 |

カード TITLE (12A6)

- | | | |
|---|-------|------|
| 1 | TITLE | タイトル |
|---|-------|------|

ブロック 1 : パラメータ

カード 15\$\$ (36 エントリー)

- | | | |
|----|------|---|
| 1 | ID | 計算の ID 番号 (任意の整数) |
| 2 | ITH | 計算オプション
0 = forward solution
1 = adjoint solution |
| 3 | ISCT | ルジャンドル展開次数 |
| 4 | ISN | Sn 分点の次数 |
| 5 | IGE | 計算体系の選択オプション
1 = 無限平板
2 = 無限円柱
3 = 無限球 |
| 6 | IBL | 左側の境界条件
0 = 真空 (反射無し)
1 = 反射
2 = 周期
3 = ホワイト/アルベド |
| 7 | IBR | 右側の境界条件、IBL を参照 |
| 8 | IZM | ゾーンの数または領域数 |
| 9 | IM | 計算で使用する空間メッシュ数 |
| 10 | IEVT | 計算の選択オプション
0 = 固定線源
1 = 固有値 (keff) 計算
2 = α 計算 (フラックスの時間分布が $e^{-\alpha t}$ となると仮定した計算)
3 = 臨界濃度サーチ計算
4 = 境界の臨海幅サーチ計算
5 = 臨界半径サーチ計算
6 = 臨界バックリングサーチ |
| 11 | IGM | エネルギー群数 |

- 12 IHT 断面積テーブル内の全断面積 σ_1 の位置、反応断面積や up-scattering 断面積が無い場合は IHT=3 となる。
- 13 IHS 断面積テーブル内の自群散乱断面積 σ_{gg} の位置、反応断面積や up-scattering 断面積が無い場合は IHS=IHT+1=4 となる。
- 14 IHM 断面積テーブルの長さ、反応断面積や up-scattering 断面積が無い場合は IHM=IGM+3
- 15 MS 断面積ミキシングテーブルの長さ
- 16 MCR カード 14** で指定する断面積数 (14**)
- 17 MTP テープ 13\$\$ で指定する断面積数 (13\$\$)
- 18 MT 入力する断面積数の合計 (元素 + 混合物)
- 19 IDFM 密度ファクター (21**) の使用オプション
0 = 使用しない。
1 = 使用する (21** でメッシュ毎に設定)。
- 20 IPVT サーチ計算の方法
0 = なし
1 = サーチ計算の目標 (PV : 16**) を固有値 (k_0) とする。
2 = α が PV のとき固有値=1 となるようにする。
- 21 IQM 固定線源の入力
0 = 入力しない。
1 = 入力する (17** から入力する)。
- 22 IPM シェル線源 (境界面線源) の入力
0 = 入力しない。
1 = 1 つの空間メッシュについてエネルギー群および角度毎に入力
IM = 全空間メッシュについてエネルギー群および角度毎に入力
- 23 IPP シェル線源が含まれている区間番号、IPM = 1 の場合に入力
- 24 IIM 内部収束計算の繰り返し数最大値
- 25 ID1 フラックスの出力オプション
0 = なし
1 = 角度フラックスの出力
2 = スカラーフラックスの出力
3 = 角度フラックス・スカラーフラックスの出力
- 26 ID2 断面積形式のオプション
0 = なし
1 = ユーザが用意した断面積群テーブルを使用
2 = 前回使用した断面積と固定の線源を使用
- 27 ID3 領域毎の反応率計算のオプション
0 = 行わない。
N = 領域毎に N 種の反応率を計算する。
- 28 ID4 メッシュ毎の反応率計算オプション

- 0 = 行わない。
 1 = メッシュ毎に N 種の反応率を計算する。
- 29 ICM 外部収束計算の繰り返し数最大値
- 30 IDAT1 メモリとワークファイルのオプション
 0 = 全データを主記憶内で使用
 1 = 断面積と固定線源はディスク上で使用
 2 = フラックスとカレントもディスク上で使用
- 31 IDAT2 計算法オプション
 0 = 全て Sn 法を用いる。
 1 = 24\$で与える特定のエネルギー群に対して拡散計算を行う。
- 32 IFG 縮約計算オプション
 0 = 縮約計算を行わない。
 1 = 縮約計算を行う。
- 33 IFLU 差分法オプション
 0 = 線形外挿によりフラックスが負となる場合ステップモデルを用いる。
 1 = 線形モデルのみ用いる。
 2 = ステップモデルのみ用いる。
- 34 IFN 初期値の入力オプション
 0 = 核分裂率を与える (2*から入力する)。
 1 = フラックスを与える (3*から入力する)。
 2 = 前のケースのフラックスを使用する。
- 35 IPRT 断面積の出力オプション
 0 = 出力する。
 1 = 出力しない。
- 36 IXTR P_L 散乱定数のオプション
 0 = P_L 散乱定数を計算する。
 1 = カードから P_L 散乱定数を読み込む (34*から入力する)。

カード 16** (14 エントリー)

- | | | |
|---|------|--|
| 1 | EV | 固有値の初期値 |
| 2 | EVM | 固有値の修正係数 |
| 3 | EPS | 収束精度 |
| 4 | BF | バックリング係数 |
| 5 | DY | バックリング補正のための平面または円筒の高さ (径方向計算では炉心高さ、軸方向計算では 0.0) |
| 6 | DZ | バックリング補正のための平面の深さ |
| 7 | DFM1 | ボイドスリーミング補正の断面寸法 |
| 8 | XNF | 線源強度の規格化値 (固有値計算では 1.0) |

- 9 PV サーチ計算の目標値
 IPVT = 0 のとき = 0.0 ($\alpha=0$ 、 $k=1$ となるようにする)。
 IPVT = 1 のとき = k_0 (固有値が k_0 となるようにする)。
 IPVT = 2 のとき = α_0 ($\alpha=\alpha_0$ 、 $k=1$ となるようにする)。
- 10 RYF λ_2 緩和係数、通常は 0.5 を入力する。
- 11 XLAL 0 以上のとき、フラックスの収束判定の基準値
- 12 XLAH 線形サーチのときの $|1.0 - \lambda_t|$ の上限
- 13 EQL サーチ計算における固有値の収束精度
- 14 XNPM サーチ計算に用いるパラメータの繰り返し毎の修正係数

T : ブロック終了

ブロック 2 : 断面積 (GIT を用いる場合は (ID2>1) は不要)

カード 13\$\$ (MTP entries)

断面積を読み込む材質の Material organized 断面積ファイル中の ID 番号

カード 14** (IHM×IGM×MCR entries)

カード入力巨視的断面積

T : ブロック終了

ブロック 3 : 線源強度 (IEVT=0 かつ ID2<2 のときのみ入力)

カード 17** (IM×IGM entries)

IQM = 1 のときのみ入力する。体積線源強度 (particle/cm³ · sec)

カード 18** (MM×IPM×IGM entries)

IPM > 0 のときのみ入力する。シェル (境界) 線源強度 (particle/cm² · sec)

T : ブロック終了

ブロック 4 : フラックスまたは核分裂密度の初期値 (IFN<2 のときのみ入力)

カード 2** (IM entries)

IFN = 0 のときのみ入力する。核分裂密度の初期値

カード 3** (IM×IGM entries)

IFN = 1 のときのみ入力する。フラックスの初期値

T : ブロック終了

ブロック 5 : 残りのデータ

カード 4** (IM+1 entries)

核分裂スペクトル固定線源問題で燃料による中性子増倍を考えない場合は全て 0 とする。

カード 5** (IGM entries)

粒子速度 (cm/sec) をエネルギー群毎に入力する。任意の値で可 (全て 1.0 で入力しておけばよい。)

カード 6** (MM entries)

角度分点の重みを入力する。

MM = ISN + 1 : IGE = 1,3 の場合

MM = ISN × (ISN + 4) : IGE = 2 の場合

カード 7** (MM entries)

角度分点の方向余弦 μ を入力する。なお、MM の数は 6** の記載内容と同じである。

カード 8\$\$ (IM entries)

空間メッシュ毎の領域番号

カード 9\$\$ (IGM entries)

領域毎の物質番号

カード 10\$\$ (MS entries)

MS < 0 ときのみ入力。混合された材質の番号

カード 11\$\$ (MS entries)

MS > 0 ときのみ入力。混合する材質の番号

カード 12** (MS entries)

MS > 0 ときのみ入力。11\$\$ で指定する物質に対応する混合割合

カード 19\$\$ (IZM entries)

ISCT > .0 のときのみ入力。領域毎の散乱角ルジャンドル展開次数

カード 20** (IZM entries)

IEVT = 4 のときのみ入力。サーチ計算での領域毎の境界座標の修正係数

カード 21** (IM entries)

IDFM = 1 のときのみ入力。空間メッシュ毎の密度係数

カード 22\$\$ (ID3 entries)

ID3 > 0 のときのみ入力。反応率計算のための物質番号

カード 23\$\$ (ID3 entries)

ID3 > 0 のときのみ入力。反応率計算のための断面積テーブル中での位置

カード 24\$\$ (IGM entries)

IDAT2 = 1 のときのみ入力。0 = Sn 計算、1 = 拡散計算

カード 25** (IGM entries)

IBR = 3 のときのみ入力。エネルギー群毎の境界右側アルベド

カード 26** (IGM entries)

IBL = 3 のときのみ入力。エネルギー群毎の境界左側アルベド

カード 27\$\$ (5 entries) IFG = 1 の場合のみ入力

- | | | |
|---|------|---|
| 1 | ICON | 縮約パラメータ
0 = 無効
1 = 微視的断面積 (ファイルから読み込んだ断面積)
2 = 巨視的断面積 (計算に使用した断面積) |
| 2 | IHTF | 縮約した断面積ファイル内の σ_1 の位置 |
| 3 | IHSF | 縮約した断面積ファイル内の σ_{gg} の位置 |
| 4 | IHMF | 縮約した断面積テーブルの長さ |
| 5 | IPUN | 0 = 無効
1 = 重み付き断面積をパンチアウト
2 = 重み付き断面積をファイルに出力 |

カード 28\$\$ (IGM entries) IFG = 1 の場合のみ入力

縮約前の群番号に対応する縮約後の群番号

カード 29\$\$ (IZM entries) IFG = 1 かつ ICON = 3 の場合のみ入力

各ゾーンのメッシュ数。

カード 34** (JT×MM entries) IXTR = 1 の場合のみ入力

P_L 散乱定数の入力

T : ブロック終了

(6) convmjgit

MACRO-J で作成した巨視的実効断面積ファイルのパスを入力する。入力するファイル順に git 形式に変化される。

(7) convangit

ANISN-JR で作成した領域字音巨視的実効断面積ファイルのパスを入力する。入力するファイル順に git 形式に変化される。

(8) DORT

パラメータの Default 値／推奨値を【】で明記する。また、行の最初の文字が「'」の場合は、コメント行となる。

カード 0 TITLE (18A4)

タイトル

ブロック 1

61\$\$ (14 entries)

- | | | |
|----|-------|---|
| 1 | NTFLX | 初期フラックス分布入力ユニット。62\$\$の INPFXM = 0 の時に必要。
NTTFLX = 0 の時初期値は 0 が入力される。リスタート計算の時は、前回の計算で作成したフラックスファイル (NTFOG) をこの機番に設定 |
| 2 | NTFOG | フラックス出力ユニット。通常 >0 を指定 |
| 3 | NTSIG | 断面積入力ユニット【8】 |
| 4 | NTBIS | 境界線源入力ユニット
62\$\$の IBL, IBR, IBB, IBT のいずれかが 4 の時に必要 |
| 5 | NTDSI | 線源分布入力ユニット。INPSRM = 0 の時に必要 |
| 6 | NTFCI | 未使用【0】 |
| 7 | NTIBI | 内部境界線源入力ユニット。62\$\$の NJNISR>0 又は NINTSR>0 のとき必要 |
| 8 | NTIBO | 内部境界線源出力ユニット。62\$\$の NJNIFX>0 又は NINTFX>0 のとき必要 |
| 9 | NTNPR | 詳細プリント出力。NTNPR=0 の時は標準出力となる。 |
| 10 | NTDIR | 角度フラックス出力ユニット。62\$\$の IDIRF>0 の時に必要【3】 |
| 11 | NTDSO | 線源分布出力ユニット |
| 12 | NTSCL | スカラーフラックス出力ユニット |
| 13 | NTZNF | 領域フラックス出力ユニット |
| 14 | E | 入力終了 |

62\$\$ 整数パラメータ (86 entries)

- | | | |
|---|-------|---|
| 1 | IADJ | 計算オプション
0 = forward
1 = adjoint |
| 2 | ISCTM | 最大 P_L 次数。負の時は群依存の P_L 次数の指定を意味し、77\$\$から入力 |
| 3 | IZM | 領域数 |

- | | | |
|----|--------|--|
| 4 | IM | 最大の径方向メッシュ数。負の時は可変メッシュを用いる。 |
| 5 | JM | 軸方向メッシュ数 |
| 6 | IGM | エネルギー群数 |
| 7 | IHT | 巨視的断面積テーブルでの全断面積の位置 |
| 8 | IHS | 巨視的断面積テーブルでの自群散乱断面積の位置 |
| 9 | IHM | 各エネルギー群についての断面積テーブルの長さ (IHM = IGM + 3) |
| 10 | MIXL | 断面積混合テーブルの長さ 【0】 |
| 11 | MMESH | 構成物質領域体系の数 (0=効果なし) |
| 12 | MTP | NTSIG からの断面積のセットの数 (0 は MTP = MTM の場合) |
| 13 | MTM | 項番号物質を含めた領域数 |
| 14 | IDFAC | 密度因子入力オプション
0 = 無効
1 = 断面積を修正するため DNIJ(I,J)を 3**のように入力 |
| 15 | MM | あらゆる M セットの最大の方向入力数 (負は可変角度セットを使用する場合) |
| 16 | INGEOM | 体系形状 (INGEOM = 3~6 拡散計算法のみで使用できる)
0 = X-Y
1 = R-Z
2 = R- θ
3 = 180-360° 三角メッシュ
4 = 60° 三角メッシュ
5 = 90° 三角メッシュ
6 = 120° 三角メッシュ |
| 17 | IBL | 左側の境界条件
0 = 真空
1 = 反射
2 = 周期
3 = 円筒
4 = 境界条件
5 = アルベド |
| 18 | IBR | 右側の境界条件 (指定方法は IBL を参照) |
| 19 | IBB | 下側の境界条件 (指定方法は IBL を参照) |
| 20 | IBT | 上側の境界条件 (指定方法は IBL を参照) |
| 21 | ISRMX | 外部反復回数 【1】 |
| 22 | IFXMI | 群あたりの初期フルエンス最大内部反復回数 (負の場合は、群毎に与えられる最大数を 28\$\$\$で設定する) 【20】 |
| 23 | IFXMF | 群あたりの最終フルエンス最大内部反復回数 (0 のときは効果なし) |
| 24 | MODE | 差分法オプション
0 = 線形差分 (負のフラックスが発生した場合には 0 に設定する) |

- 1 = 線形差分
 2 = θ 重み付き差分：スカラー重み
 3 = θ 重み付き差分：ゼロ重み (DOT3.5 と同じ)
 4 = θ 重み付き差分： θ 重み
 5 = θ 重み付き差分：ベクトル重み
- 25 KTYPE 計算タイプ
 0 = 固定線源
 1 = K (固有値) サーチ
 2 = 臨界バックリングサーチ
 3 = 臨界濃度サーチ
 4 = 臨界寸法サーチ
- 26 IACC 離散座標セクションでのリバランス法 【2】
 0 = 単一群リバランスファクター法
 1 = 拡散加速法
 2 = 部分カレント加速法
- 27 KALF リバランス安定法。IACC とセットで使用する。
 0 = 標準加速法
 1 = 代替加速法
- 28 IGTYEP 輸送計算方法
 0 = 離散座標法 (Sn 法)
 n = 第 N 回目の外部反復までは 7\$\$ で与えて、以後は Sn 法を用いる。
- 29 INPFXM フラックス入力オプション
 0 = 機番 ntlfx からフラックスの初期値を読み込む。ntflx=0 のとき初期値は全て 0 となる。
 1 = メッシュ毎のフラックスを各群について、93**から読み込む。
 2 = メッシュ毎のフラックスとスペクトルを、93**と 95**から読み込む。
 3 = 径方向分布×軸方向分布×スペクトルを、93**、94**、95**から読み込む。
- 30 INPSRM 固定線源分布
 0 = 機番 NTDSI から線源分布を読み込む。NTDSI が 0 のとき固定線源は 0 が指定される (通常は使用しない)。
 1 = メッシュ毎の線源強度 (particle/cm³) を各群について、96**から読み込む。
 2 = メッシュ毎の線源強度とスペクトルを、96**と 98**から読み込む。
 3 = 径方向分布×軸方向分布×スペクトルを、96**、97**、98**から読み込む。

- 31 NJNTR 軸方向の内部境界線源の入力オプション **【0】**
 0 = 入力しない。
 N = N 個の内部境界線源を機番 NTIBI から与える。
- 32 NINTR 径方向の内部境界線源の入力オプション **【0】**
 0 = 入力しない。
 N = N 個の内部境界線源を機番 NTIBI から与える。
- 33 NJNTRX 軸方向の内部境界角度フラックスの出力オプション **【0】**
 0 = 出力しない。
 N = N 個の境界角度フラックスを機番 NTIBO に出力する。
- 34 NINTRX 径方向の内部境界角度フラックスの出力オプション **【0】**
 0 = 出力しない。
 N = N 個の境界角度フラックスを機番 NTIBO に出力する。
- 35 IACT 反応率の計算オプション（通常使用しない） **【0】**
 0 = 計算しない。
 N = N 個の放射能を計算
- 36 IRED バランステーブル出力コントロール、下記の場合を除いて一般に IRED は 84\$\$ の最大数である。
 -1 = 全体系のバランステーブルのみ出力
 0 = バランステーブルを出力しない。
 1 = 全ての領域を 1 つの領域として出力
 IZM = 全領域についてそれぞれ出力
- 37 IPDB2 中性子反応版ランステーブル内の漏洩量(DB²)出力オプション
 0 = 出力しない。
 1 = 単一の平均 DB² 値
 2 = IGM 群毎の DB² 値
 3 = IGM×NREG 群毎及び領域毎の DB² 値
- 38 IFXPRT スカラーフラックスの出力オプション **【1】**
 0 = 全エネルギー群毎のスカラーフラックスを出力
 1 = 出力しない。
 2 = スカラーフラックスを計算する毎（内部反復計算毎）に出力
- 39 ICSPRT 断面積出力オプション **【1】**
 0 = 出力する。
 1 = 出力しない。
- 40 IDIRF 角度フラックスの保存／出力オプション **【2】**
 0 = 角度フラックスを保存する。
 1 = 角度フラックスを保存し出力する。
 2 = 角度フラックスを保存し出力しない。
- 41 JDIRF 角度フラックスを出力する最初の軸方向メッシュ (=0 は無効となる)。

- 42 JDIRL 角度フラックスを出力する最後の軸方向メッシュ (=0は無効となる)。
 43 NBUF 使用しない。【0】
 44 IEPSBZ 領域毎の収束を加速するインポートランス (通常使用しない)。【0】
 0 = 使用しない。
 1 = 領域毎の収束インポートランスを 24**で指定する。
 11 = 領域毎の最終収束状況を出力する。
 22 = 領域毎の収束状況を頒布毎に出力する。
 45 MINBLK フラックスモーメント保存のための最小Jブロック 【0】
 0 = 群毎に1つスペースブロックを、また全ての群にメモリ割当て
 1 = 群毎に1つスペースブロックを、また1つの群にメモリ割当て
 N = 最低要求されたNスペースブロックと、1群メモリ割当て
 46 MAXBLK 最大Jブロック 【0】
 0 = 与えられた群毎にJMのスペースブロック
 1 = 与えられた群毎に1つのスペースブロック
 N = 与えられた群毎に最大N個のスペースブロック
 47 ISBT 境界角度フラックスのための標準Iセット 【1】
 48 MSBT 境界角度フラックスのための標準Mセット 【1】
 49 MSDM ディメンジョニングのための標準Mセット 【1】
 50 IBFSCS リバランス加速を行う前の内部反復計算数 【1】
 51 INTSCL リバランス計算の最小反復回数 【4】
 52 ITMSCL リバランス計算の最大反復回数 【50】
 53 NOTIS 核分裂スペクトルオプション 【1】
 0 = 1**から入力する核分裂スペクトルを1に規格化して使用する。
 1 = 1**から入力する核分裂スペクトルを使用する。
 2 = メモリスペースを節約するため核分裂計算を使用しない。
 54 IFDB2Z DB²入力オプション
 0 = 使用しない。
 1 = 6**でDB²をエネルギー群、領域毎に与える。
 55 ISWP 拡散計算のスウィープオプション
 0 = メッシュ間隔の最大数の方向でのライン反転
 1 = 連続した外部の反復回数での方向転換：ライン反転
 2 = ライン反転
 3 = カラム反転
 4 = 連続した内部の反復回数での方向転換：ライン反転
 5 = 連続した内部の反復回数での方向転換：カラム反転
 6 = J間隔中央から外部方向へのライン反転
 56 KEYJN キーフラックスを出力する軸方向のメッシュ番号 【1】
 57 KEYIN キーフラックスを出力する径方向のメッシュ番号 【1】
 58 NSIGTP 無効 【0】

- 59 NORPOS 出力を規格化する断面積の断面積テーブル中での位置 **【0】**
- 60 NORMAT 出力を規格化する断面積の物質番号 **【0】**
- 61 MSTMAX 分点セットの最大数
 0 = 最大セット数を JM に設定する。
 1 = 可変角度分点を用いず、全体系で 1 つの分点セットを用いる。
- 62 NEGFIX 散乱源が計算中に負になった場合の取扱オプション
 -1 = エコノミーな設定量を使用
 0 = オプションは使用しない。
 1 = 全ソース設定量を使用
 2 = 初期の設定量を使用
- 63 LOCOBJ 初期メモリ割当て (words×1000)
- 64 LCMOBH ファイルセグメントサイズ (words×1000)
- 65 NKEYFX キーフラックスの個数
 0 < 収束毎に出力する。
 0 = 出力しない。
 0 > 最終収束回の値のみ出力する。
- 66 NCNDIN 許容される最大ユーザ条件コード **【4】**
- 67 NEUT 最終中性子群数 **【-1】**
- 68 ITALY 計算時間の出力オプション (デバッグ用)
 0 = 使用しない。
 -1 = 内部時間の分析
- 69 NEUTAC 反応率を計算する群の指定 **【0】**
 0 = 計算しない。
 N = 最初の N 群のみ反応率計算を行う。
- 70 E 入力終了

63\$\$ 実数パラメータ (収束精度等) (36 entries)

- 1 TMAX 最大 CPU 時間 (TMAX = 0.0 のときは制限なし)。
- 2 XNF 線源強度の規格化値 (KETYPE = 0 の場合は無視する)。
 0 ≠ 固定線源を XNF に規格化する。
 0 = 規格化しない。
- 以下からのパラメータは入力省略可能。省略した場合は通常 Default 値が使用される。
- 3 EPS 固有値収束基準 **【1.0E-4】**
- 4 EPP メッシュ毎のフラックスの収束精度 **【1.0E-3】**
- 5 EPV 体積積分フラックスの収束精度 **【0.0】**
- 6 EPF 核分裂線源の収束精度 **【1.0E-3】**
- 7 EKOBJ サーチ (KETYPE > 1) される k-effective、又は初期の k-effective (KETYPE = 1) をみる。 **【1.0】**
- 8 EVTH k-effective 収束値 **【0.2】**

9	EVCHM	外部反復計算での固有値の最大変化割合【1.5】
10	EVMAX	計算全体での公有地の最大変化割合【10.0】
11	EVKMX	最大許容 k-effective - EKOBJ 【1.0】
12	EVI	初期の固有値【1.0】
13	DECDKI	初期の固有値勾配【-1.0】
14	EVDELK	初期の固有値増分【0.3】
15	SORMIN	外部反復の加速因子【10.0】
16	CONACC	リバランス計算の許容精度【1.0】
17	CONSCL	リバランス計算の収束精度【1.0E-4】
18	CONEPS	リバランス計算の収束比【0.01】
19	WSOLMN	無効
20	WSOLII	リバランス計算の反復における増分量【-1.5】
21	WSOLCN	リバランス計算の定数【1.5】
22	ORF	拡散計算のときの加速因子【0.6】
23	FSNACC	無効
24	FLXMIN	収束精度のチェックに使用するフラックスの最小値【1.0E-30】
25	SMOOTH	無効
26	EPO	外部反復におけるフラックスの収束精度
27	EXTRCV	外部反復における外挿の収束精度【0.2】
28	THETA	θ 重み付き差分の θ 値【0.9】
29	EPS1	無効【0】
30	EPS2	無効【0】
31	E	入力終了又は残りの入力の省略

T : ブロック終了

ブロック 2 : 初期配列設定のための配列 (可変メッシュ、可変角度分点等)

71\$\$	ISSET(J)	62\$\$の IM < 0 のときに必要 軸レベルで使用する径方向メッシュセット番号 (JM 回入力する)
72\$\$	IMBIS(ISSET)	62\$\$の IM < 0 のときに必要 各 ISSET のメッシュ数、その後 0 で Array を満たす (JM 回入力する)
73\$\$	MMBMS(MSET)	62\$\$の MM < 0 のときに必要 各角度分点セット (MSET) の分点数、その後 0 で Array を満たす (MSTMAX 回入力する)
74\$\$	ISZNG(IG)	62\$\$の MM < 0 のときに必要 エネルギー群毎のスーパー群数 (IGM 回入力する)
75\$\$	SZNBZ(JSZ)	62\$\$の MM < 0 かつ KTYPE > 1 のときに必要 軸方向スーパーメッシュ境界、要求した境界を入力し残りは 0

- とする (JM 回入力する)。
- 76\$\$ SZNBR(ISZ) 62\$\$の $MM < 0$ かつ $KTYPE > 1$ のときに必要
径方向スーパーメッシュ境界、要求した境界を入力し残りは 0
とする (IM 回入力する)。
- 77\$\$ ISCTG(IG) 62\$\$の $ISCTRN < 0$ のときに必要
計算で使用するルジャンドル展開次数の次数 (IGM 回入力する)
- 78\$\$ NSIG(MT) 62\$\$の $MCR < 0$ のときに必要
断面積セットのルジャンドル展開次数の次数 (MTM 回入力す
る)

T : ブロック終了

これから次のように決定される。

- MGSZN = 最も大きいスーパー群数 ($MM > 0$ のとき 1)
- NJSZN = 軸方向スーパーメッシュ境界の数 ($MM > 0$ のとき 1)
- NISZN = 径方向スーパーメッシュ境界の数 ($MM > 0$ のとき 1)
- ISM = 72\$\$で入力した 0 でない入力数 ($MM > 0$ のとき 1)
- MSM = 73\$\$で入力した 0 でない入力数 ($MM > 0$ のとき 1)
- IMSISM = IMBIS の和、全ての I セット ($IM > 0$ のとき IM)
- MMSMSM = MMBMS の和、全ての M セット ($MM > 0$ のとき MM)
- IMSJM = IMBIS(ISET(J))の和、全ての J ($IM > 0$ のとき $IM \times JM$)
- IMA = |IM|
- MMA = |MM|
- MMSIMS = MMA \times IMS
- MMSIMS = MMA \times JM
- IHP = IHM + 1 ($IHS > ITH + 1$ のとき)
= IHM (その他)

ブロック 3 : 2次元配列設定のための配列 (角度分点セット等)

- 81\$\$ W(M,MSET) 角度分点の重み、MMBMS(MSET)個の分点について MSM セッ
ト入力する。
- 82\$\$ EMU(M,MSET) 方向余弦 μ (角度分点の径方向のコサイン)、MMBMS(MSET)個
の分点について MSM セット入力する。
- 83\$\$ ETA(M,MSET) 方向余弦 η (角度分点の軸方向のコサイン)、MMBMS(MSET)個
の分点について MSM セット入力する。
- 84\$\$ IZNRG(IZ) 62\$\$の $ired \neq 0$ または $iact \neq 0$ のとき必要
領域番号 (8\$\$で定義される) に対応する編集用領域番号 (IZM
回入力する)
- 85\$\$ ZCMN(JC) 軸方向粗メッシュ境界座標(cm)、限界 JM まで要求した境界を入
力する。

- 86\$\$ RCMB(IC) 径方向粗メッシュ境界座標(cm)、限界 IM まで要求した境界を入力する。
- 87\$\$ IJGSZ 62\$\$の MM<0 のとき必要
(ISZ,JSZ,JGSZ) I スーパーメッシュ毎に M セット、次に J スーパーメッシュ毎に、スーパー群毎に入力

T : ブロック終了

ブロック 4 : データ配列 (メッシュ境界等)

全般的な入力 Array (必要でない Array は省略する)

- 1** CHI(IG) 群毎の核分裂スペクトル (入力数=IGM)
- 2** ZIN(J) 軸方向メッシュ境界座標(cm) (入力数=JM+1)
- 3** DNIJ(I,J) 62\$\$の IDFAC>0 のとき必要
メッシュ(I,j)での密度ファクタ
- 4** RIN(I,ISZ) 径方向メッシュ境界座標(cm) (入力数=IMSISM+ISM)
- 5** ENEN(IG) 61\$\$の NTFOG>0 のとき必要
境界エネルギー値。群の境界エネルギーは中性子、 γ 線の順で入力、それぞれの下限エネルギーも入力するため IGM+2 個を入力
- 6** DB2Z(IG,IZ) 62\$\$の IFDB2X>0 のとき必要
エネルギー群、領域毎の DB²
- 7\$\$ ITHYG(IG) 62\$\$の IGTYP>0 のとき必要
群毎の解放
0 = Sn 法
1 = 拡散法
- 8\$\$ IJZN(I,J) メッシュ(I,J)の物質番号 (入力数=IMSJ)
- 9\$\$ IZMT(IJZN) 構成物質ゾーン毎の物質数 (入力数=IZM)
- 10\$\$ MIXT(MIX) 62\$\$の MIXL=0 の場合は入力不要
混合物質 ID (入力数=MIXL)
- 11\$\$ NUCL(MIX) 62\$\$の MIXL=0 の場合は入力不要
核種 ID (入力数=MIXL)
- 12\$\$ DENS(MIX) 62\$\$の MIXL=0 の場合は入力不要
個数密度 (入力数=MIXL)
- 13\$\$ MATL(MT) 構成物質毎の ID 番号 (入力数=MTM)
- 14** ZNSTR(JNSTR) 軸方向内部境界線源を入力する軸方向メッシュ境界座標(cm)
- 15** RNSTR(INSTR) 径方向内部境界線源を入力する径方向メッシュ境界座標(cm)
- 16** ZNTRF(JNTRF) 軸方向境界角度束を出力する軸方向メッシュ境界座標(cm)
- 17** RNTRF(INSTR) 径方向境界角度束を出力する径方向メッシュ境界座標(cm)
- 18** FJSRZ(JSZN) 62\$\$の KTYPE=4 のとき必要
軸方向スーパーゾーンサーチ割合
- 19** FISRZ(ISZN) 62\$\$の KTYPE=4 のとき必要

		径方向スーパーゾーンサーチ割合
20**	ABDOL(IG,J)	62\$\$の IBL=5 のとき必要 左境界アルベルド
21**	ABDOR(IG,J)	62\$\$の IBR=5 のとき必要 右境界アルベルド
22**	ABDOBIG,J)	62\$\$の IBB=5 のとき必要 下境界アルベルド
23**	ABDOT(IG,J)	62\$\$の IBT=5 のとき必要 上境界アルベルド
24**	EPSBZ(IZ)	62\$\$の IEPSB>0 のとき必要 領域毎の収束誤差インポートランス
25\$\$	ICMAT(IAC)	62\$\$の IACT >0 のとき必要 放射化計算で用いる構成物質
26\$\$	ICPOS(IAC)	62\$\$の IACT >0 のとき必要 放射能のための断面積テーブル位置
27\$\$	ACMUL(IAC)	62\$\$の IACT >0 のとき必要 放射化乗数
28\$\$	ITMBG(IG)	62\$\$の IFXMI<0 のとき必要 群毎の初期内部反復回数の上限值
29\$\$	KEYAJ(NKEY)	62\$\$の NKEYFX >0 のとき必要 キーフラックスの軸方向メッシュ番号 (昇順に入力する)
30\$\$	KEYAI(NEKY)	62\$\$の NKEYFX >0 のとき必要 キーフラックスの径方向メッシュ番号 (昇順に入力する)

T : ブロック終了

ブロック 5 : 外部境界線源 (INGEOM<20 かつ IBL,IBR,IBB,IBT=4 のときに必要。その他の場合は T も含めて不要)

91**	SII(M,J)	62\$\$の IBL=4 or IBR=4 のとき必要 群毎の径方向境界線源
92**	SIJ(M,I)	62\$\$の IBB=4 or IBT=4 のとき必要 群毎の軸方向境界線源

T : ブロック終了

ブロック 6 : フラックスの初期値の入力 (INPFXN>0 のときに必要。その他の場合は T も含めて不要)

93**	FIJ(I,J)	INPFXM=1,2,3 で選択した通りに入力する。
------	----------	----------------------------

T : ブロック終了

94**	FJ(j)	62\$\$の INPFXM=3 のとき必要
------	-------	------------------------

軸方向分布を入力する。

T : ブロック終了

95** FG(IG) 62\$\$の INPFXM=2 or 3 のとき必要
エネルギー分布を入力する。

T : ブロック終了

ブロック 7 : 線源の入力 (INPSRM>0 のときに必要。その他の場合は T も含めて不要)

96** SIJ(I,J) INPSRM =1,2,3 で選択した通りに入力する。

T : ブロック終了

97** FJ(j) 62\$\$の INPSRM=3 のとき必要
軸方向分布の線源分布を入力する。

T : ブロック終了

98** FG(IG) 62\$\$の INPSRM=2 or 3 のとき必要
線源のエネルギー分布を入力する。

T : ブロック終了

(9) flxcnd

- | | | |
|---|-------------------|---|
| 1 | ICODE | コード対象選択オプション
1 = ANISN-JR、 2 = DORT |
| 2 | IINP | ANISN-JR または DORT の出力ファイルパスの指定 |
| 3 | IOUT | flxcnd で編集した結果を出力するファイルパスの指定 |
| 4 | IGREG
(6i4) | 3 群に縮約するための上限/下限エネルギー番号の指定 (表 B-1 参照)
高速中性子 : 上限エネルギー番号-下限エネルギー番号
熱外中性子 : 上限エネルギー番号-下限エネルギー番号
熱中性子 : 上限エネルギー番号-下限エネルギー番号 |
| 5 | EGREG
(2e12.5) | φ2 エネルギー範囲を指定する (式(2)を参照)
(CSV を作成する場合は EGREG の入力不要となる) |
| 6 | IMESH
(i4) | 編集対象 (3 群に縮約) とする計算体系における範囲数
0 = 全領域、 1 = ユーザ指定 |
| | ICNT
(i4) | IMSEH=1 の場合は入力
ユーザが指定する範囲の個数 |
| 7 | REG
(4i4) | IMSEH=1 の場合は入力
ANISN-JR の場合は、径方向 (左→右) または軸方向 (下→上) の順で
入力
DORT の場合は、径方向 (左→右) の次に軸方向 (下→上) の順で入力
(ICNT 回繰り返し入力) |

B.2 出力リスト

中性子束計算ツールを構成する、3つの主要な計算プログラムである MACRO-J、AINISN-JR 及び DORT の出力データについて出力リスト例を示す。なお、出力リストは、付録 D のサンプルランに対応するものである。

(1) MACRO-J の出力リスト

```

1          MACROJ RUN
0          MACROJ V01/E04(98-AUG-13)
0          JOB TITLE: MACROJ
0          IMAX: ENG.GROUP NUMBER OF INPUT LIB (MAX:300) ==> 100
          LPMAX: NUMBER OF PL OF INPUT LIB ( 0 TO 5) =====> 5
          MMAT: NUMBER OF MATERIALS (LIMIT:40) =====> 6
          IMAXO: ENG.GROUP NUMBER OF MACRO OUTPUT LIB =====> 100
                IMAXO <= IMAX
          I1GRP: FIRST ENG.GROUP OF MACRO OUTPUT LIB =====> 1
                1 <= I1GRP <= IMAX-IMAXO+1
                IF THE SAME AS INPUT LIB THEN I1GRP=1
          LPMAXO: NUMBER OF PL OF OUTPUT LIB ( 0 TO 5) =====> 5
          NCTLO: MACRO OUTPUT TABLE LENGTH (IMAXO+3) =====> 103
          NPSLF: POSITION OF SELF-SCATTERING IN NCTLO =====> 4
          IPRMAC: PRINT OPTION FOR MACRO CROSS-TABLE =====> 1
                =0:NO =OTHER:ON
          IDBG: DEBUG OPTION (0: OFF. OTHERS:ON) =====> 0
          IPRMIC: SEARCHED MICRO CROSS. PRINT OUT OPTION.==> 1
                =1 ON , =OTHERS OFF.
          IMSTA : INITIAL ENERGY GROUP TO START PRINT. =====> 1
                IF 0 THEN IMSTA=1
          IMSTOP: FINAL ENERGY GROUP TO STOP PRINT. =====> 100
                IF 0 THEN IMSTOP=IMAX
          KSTA  : INITIAL REGION NUMBER TO START PRINT. =====> 1
                IF 0 THEN KSTA=1
          KSTOP : FINAL REGION NUMBER TO STOP PRINT.OUT. ==> 6
                IF 0 THEN KSTOP=MMAX
          IFOPT : F-TABLE SEARCH OPTION. =====> 0
                =0---ON. NORMAL.
                =-1---OFF. SPECIAL CASE TO TEST F-TABLE EFFECT.
                ONLY FOR DEBUGGING STAGE.
0          ***** MIXING TABLE LIST *****
0          ORDER =====> 1
          REGION ID =====> 1
          NUMBER OF NUCLIDES =====> 8
          TEMPERATURE OF MATERIALS => 300.0 KELVIN
          NEW ID. FOR THIS MACRO ==> 100
          COMMENT FOR THE LIB =====> fuel macro
0          I CODE N.DENSITY
          1 110 6.27300e-02
          2 860 3.58200e-02
          3 1370 1.69500e-07
          4 1600 8.58900e-04
          5 2600 2.94800e-06
          6 2900 4.31800e-07
          7 9250 1.26100e-04
          8 9280 5.00800e-04
    
```

コントロール
情報 (入力)

核種コードと個数密度 (入力)

～省略～

巨視的実効断面積の計算結果

エネルギー群、 Σ_t 、 $\nu\Sigma_f$ 、 Σ_f 、 Σ_a 、...

TABLE OF MACRO CROSS SECTION. ICOM12=> fuel macro

GROUP	TOTAL	NUSIGF	SIGF	SIGA	SCAT-SUM	AV-PL(1)	AV-PL(2)	AV-PL(3)	AV-PL(4)	AV-PL(5)
1	1.07101e-01	3.70596e-03	8.29180e-04	6.92116e-03	1.01108e-01	5.37216e-01	2.76531e-01	1.28591e-01	1.02066e-01	8.58822e-02
2	1.08785e-01	3.16466e-03	7.41474e-04	6.81452e-03	1.02838e-01	5.27289e-01	2.60514e-01	1.10796e-01	8.94478e-02	7.36727e-02
3	1.16304e-01	2.88711e-03	7.06908e-04	7.85170e-03	1.09245e-01	5.04051e-01	2.58856e-01	1.01965e-01	8.38804e-02	7.27359e-02
4	1.10054e-01	2.77292e-03	7.07539e-04	8.00281e-03	1.01791e-01	4.88739e-01	2.36471e-01	7.33208e-02	5.61125e-02	3.81160e-02
5	1.11271e-01	2.68835e-03	7.13190e-04	8.46428e-03	1.03482e-01	5.09836e-01	2.16200e-01	6.47263e-02	3.25914e-02	2.09051e-02
6	1.17841e-01	2.62742e-03	7.22915e-04	6.60441e-03	1.11861e-01	5.48072e-01	2.41995e-01	7.80718e-02	3.04657e-02	3.39531e-02
7	1.21151e-01	2.59552e-03	7.21891e-04	3.83632e-03	1.17781e-01	5.36269e-01	2.26532e-01	7.09885e-02	2.65264e-02	2.73951e-02
8	1.26508e-01	2.31730e-03	6.80992e-04	4.92494e-03	1.21802e-01	5.39958e-01	2.33205e-01	6.76417e-02	1.12522e-02	1.65709e-02
9	1.26685e-01	1.77488e-03	5.37167e-04	3.97979e-03	1.22740e-01	5.93288e-01	2.67830e-01	6.47090e-02	1.21674e-02	1.85580e-02
10	1.46043e-01	1.32600e-03	4.12840e-04	1.53874e-03	1.44515e-01	5.92032e-01	2.76052e-01	5.83593e-02	5.77338e-03	1.24704e-02
11	1.51589e-01	1.24389e-03	3.97730e-04	2.97844e-03	1.48611e-01	5.64900e-01	2.55194e-01	4.79480e-02	1.12642e-03	1.20084e-02
12	1.59007e-01	1.24793e-03	4.10658e-04	2.79325e-03	1.56214e-01	5.43539e-01	2.06257e-01	3.86856e-02	8.92926e-03	4.69491e-03
13	1.85085e-01	1.25898e-03	4.25644e-04	3.33538e-03	1.81751e-01	5.63138e-01	2.67679e-01	6.03518e-02	6.26328e-04	7.26143e-03
14	2.17583e-01	1.23488e-03	4.27864e-04	1.31982e-03	2.16285e-01	5.19262e-01	2.39994e-01	5.88952e-02	2.01225e-03	5.25121e-03
15	2.46212e-01	1.18262e-03	4.18822e-04	7.49582e-04	2.45463e-01	4.82383e-01	2.53200e-01	3.99906e-02	1.18338e-02	1.72825e-03
16	2.20952e-01	1.15542e-03	4.17482e-04	7.07354e-04	2.20246e-01	4.98106e-01	2.48572e-01	3.77970e-02	2.66743e-02	1.57116e-04
17	1.97423e-01	1.15080e-03	4.22814e-04	6.72871e-04	1.96751e-01	5.29452e-01	2.01943e-01	4.25535e-03	2.29180e-02	3.65314e-03
18	2.50282e-01	1.16259e-03	4.31211e-04	6.50536e-04	2.01933e-01	5.43487e-01	1.94232e-01	5.87356e-03	2.06244e-02	3.33640e-03
19	1.94089e-01	1.16953e-03	4.37310e-04	6.27344e-04	1.83483e-01	5.85527e-01	2.41875e-01	1.28714e-03	3.38199e-02	3.22187e-03
20	2.33851e-01	1.16353e-03	4.38266e-04	5.81262e-04	2.33271e-01	5.25124e-01	2.42715e-01	4.78661e-03	2.14034e-02	2.59360e-03
21	2.71563e-01	1.12975e-03	4.28383e-04	5.31259e-04	2.71033e-01	5.11692e-01	2.33188e-01	6.73460e-03	2.00831e-02	3.34968e-03
22	2.68251e-01	1.03225e-03	3.94479e-04	4.68197e-04	2.67784e-01	5.09916e-01	2.16828e-01	1.03038e-02	2.45156e-02	4.39915e-03
23	2.87872e-01	9.25962e-04	3.56069e-04	4.14243e-04	2.87459e-01	5.05104e-01	2.21965e-01	8.07716e-03	2.15234e-02	1.33106e-03
24	3.08177e-01	7.19633e-04	2.78160e-04	3.33729e-04	3.07845e-01	5.37166e-01	2.27262e-01	1.78854e-02	2.31422e-02	5.51143e-04
25	3.74946e-01	4.89241e-04	1.90227e-04	2.53970e-04	3.74694e-01	5.05388e-01	2.33962e-01	5.52083e-03	2.20033e-02	4.78919e-04
26	3.55575e-01	4.47602e-04	1.74938e-04	2.49306e-04	3.55327e-01	4.86312e-01	2.51734e-01	1.82086e-03	2.51387e-02	5.43706e-04
27	4.52096e-01	4.21301e-04	1.65428e-04	2.50564e-04	4.51847e-01	4.00066e-01	3.03982e-01	1.39374e-02	1.96951e-02	5.25809e-04
28	4.66637e-01	4.01523e-04	1.58325e-04	2.48883e-04	4.66390e-01	4.09000e-01	2.37266e-01	8.82871e-03	2.73370e-02	3.19131e-04
29	3.99014e-01	3.76184e-04	1.48908e-04	2.42305e-04	3.98773e-01	5.06860e-01	1.81747e-01	2.68425e-03	3.32322e-02	2.96249e-04
30	4.08569e-01	3.57268e-04	1.41925e-04	2.33243e-04	4.08337e-01	5.30560e-01	1.85055e-01	2.95843e-03	3.30352e-02	1.63391e-04
31	4.27785e-01	3.55458e-04	1.41655e-04	2.32398e-04	4.27553e-01	5.44193e-01	1.89922e-01	2.42438e-03	3.27488e-02	1.03783e-04
32	4.50756e-01	3.55304e-04	1.41985e-04	2.31633e-04	4.50525e-01	5.57771e-01	1.94222e-01	1.88312e-03	3.25082e-02	7.42979e-05
33	4.79156e-01	3.55712e-04	1.42521e-04	2.31967e-04	4.78925e-01	5.74695e-01	1.98735e-01	1.27239e-03	3.21030e-02	5.96575e-05
34	5.25680e-01	3.58140e-04	1.43826e-04	2.32970e-04	5.25429e-01	5.96509e-01	2.04853e-01	7.00994e-05	3.07250e-02	5.30725e-05
35	6.84417e-01	3.63749e-04	1.46387e-04	2.36039e-04	6.84182e-01	5.82665e-01	2.14485e-01	4.62349e-03	2.45831e-02	3.28319e-05

(2) DORT の出力リスト

```

1
0* * * execution began on 02/23/15 ( 54) at time 16:34:51
0*** workstation configuration compiled 09/28/03 19:11:43 user= process= case=
0**** dort 3.2 01 oct 97 ornl
0>>dort non-hole, non-bismuth side at JRR-1 by Akutsu 2003.9.22
0 01$ array 14 entries read
0 02$ array 86 entries read
0 03* array 38 entries read
0 0t
061 $ $
Ontflx = 0 flux guess input unit if.gt.0
ntfogl = 9 flux output unit if.gt.0
ntsig = 8 cross section unit (default=8)
ntbsl = 0 boundary source input unit if.gt.0
ntdsi = 2 distributed source input unit if.gt.0 (must supply scratch if inpsrm.gt.0)
Ontfci = 0 reserved (enter 0)
ntibi = 0 internal boundary source input if.gt.0
ntibo = 0 internal boundary flux output if.gt.0
ntnpr = 0 large-scale print unit if.gt.0
ntdir = 3 directional flux output unit if.gt.0
010
Ontdso = 4 distributed source output unit if.gt.0
ntscl = 0 scalar flux output unit if.gt.0
ntznf = 0 zone flux output unit if.gt.0
062 $ $
0iadj = 0 0=forward calculation; 1=adjoint
iscdm = 5 maximum order of pl scattering
izm = 9 number of material zones
jm = 185 number of radial intervals (negative implies variable mesh is used)
jma = 334 number of axial intervals
0igm = 100 number of energy groups
iht = 3 position of total cross section
ihs = 4 position of self-scatter cross section
ihm = 103 cross section table length per group
mixl = 54 mixing table length
010
Omnmesh = 0 number of material zone bodies (0=no effect)
nmp = 54 number of materials from ntsig (0 implies mtm)
mtm = 54 total number of materials
idfacs = 0 0=no density factors; 1=input dens(i,j)
nm = 48 maximum number of directions in quadrature (negative indicates variable quadrature is used)
0ingeom = 1 0=x-y geometry; 1=r-z; 2=r-theta; 3=180-360 triangle; 4=60 triangle; 5=90 triangle; 6=120 triangle
ibl = 1 (0=void 4=fxd bndry srce)
ibr = 0 (1=reflected 5=albedo )
ibb = 0 (2=periodic )
ibt = 0 (3=cylindrical )
020

```

コントロール
情報 (入力)

~省略~

Initial 0	i-mesh radius	set midpoint	l delta r	ah	av	vr	i smesh	i cmesh
1	0.00000E+00	4.06667E-01	8.13333E-01	2.07820E+00	0.00000E+00	2.07820E+00		1
2	8.13333E-01	1.22000E+00	8.13333E-01	6.23480E+00	5.11032E+00	6.23460E+00		2
3	1.62667E+00	2.03333E+00	8.13333E-01	1.03910E+01	1.02206E+01	1.03910E+01		3
4	2.44000E+00	2.84667E+00	8.13333E-01	1.45474E+01	1.53310E+01	1.45474E+01		4
5	3.25333E+00	3.66000E+00	8.13333E-01	1.87038E+01	2.04413E+01	1.87038E+01		5
6	4.06667E+00	4.47333E+00	8.13334E-01	2.28602E+01	2.55516E+01	2.28602E+01		6
7	4.88000E+00	4.97000E+00	1.80000E-01	5.62093E+00	3.06619E+01	5.62093E+00		7
8	5.06000E+00	5.38000E+00	6.40000E-01	2.16343E+01	3.17929E+01	2.16343E+01		8
9	5.70000E+00	6.11667E+00	8.33333E-01	3.20268E+01	3.58142E+01	3.20268E+01		9
10	6.53333E+00	6.95000E+00	8.33333E-01	3.63901E+01	4.10501E+01	3.63901E+01		10
11	7.36667E+00	7.78333E+00	8.33333E-01	4.07534E+01	4.62861E+01	4.07534E+01		11
12	8.20000E+00	8.61667E+00	8.33333E-01	4.51167E+01	5.15221E+01	4.51167E+01		12
13	9.03333E+00	9.45000E+00	8.33334E-01	4.94801E+01	5.67581E+01	4.94801E+01		13
14	9.86667E+00	1.02833E+01	8.33333E-01	5.38434E+01	6.19841E+01	5.38434E+01		14
15	1.07000E+01	1.11296E+01	8.57142E-01	5.99339E+01	6.72301E+01	5.99339E+01		15
16	1.15571E+01	1.19857E+01	8.57143E-01	6.45502E+01	7.26157E+01	6.45502E+01		16
17	1.24143E+01	1.28429E+01	8.57142E-01	6.91663E+01	7.80013E+01	6.91663E+01		17
18	1.32714E+01	1.37000E+01	8.57142E-01	7.37825E+01	8.33866E+01	7.37825E+01		18
19	1.41286E+01	1.45571E+01	8.57143E-01	7.83988E+01	8.87724E+01	7.83988E+01		19
20	1.49857E+01	1.54143E+01	8.57142E-01	8.30149E+01	9.41580E+01	8.30149E+01		20
21	1.58429E+01	1.62714E+01	8.57142E-01	8.76312E+01	9.95436E+01	8.76312E+01		21
22	1.67000E+01	1.67900E+01	1.80000E-01	1.89891E+01	1.04929E+02	1.89891E+01		22
23	1.68800E+01	1.90088E+01	8.51538E-01	9.25922E+01	1.06060E+02	9.25922E+01		23
24	1.77315E+01	1.81573E+01	8.51540E-01	9.71485E+01	1.11411E+02	9.71485E+01		24
25	1.85831E+01	2.24150E+01	8.51538E-01	1.01704E+02	1.16761E+02	1.01704E+02		25
26	1.94346E+01	1.96604E+01	8.51538E-01	1.06260E+02	1.22111E+02	1.06260E+02		26
27	2.02862E+01	2.07119E+01	8.51540E-01	1.10817E+02	1.27462E+02	1.10817E+02		27
28	2.11377E+01	2.15635E+01	8.51538E-01	1.15372E+02	1.32812E+02	1.15372E+02		28
29	2.19892E+01	2.24150E+01	8.51540E-01	1.19929E+02	1.38162E+02	1.19929E+02		29
30	2.28408E+01	2.32665E+01	8.51538E-01	1.24485E+02	1.43513E+02	1.24485E+02		30
31	2.36923E+01	2.41181E+01	8.51538E-01	1.29041E+02	1.48863E+02	1.29041E+02		31
32	2.45438E+01	2.49696E+01	8.51540E-01	1.33597E+02	1.54214E+02	1.33597E+02		32
33	2.53954E+01	2.58212E+01	8.51538E-01	1.38153E+02	1.59564E+02	1.38153E+02		33
34	2.62469E+01	2.66727E+01	8.51540E-01	1.42709E+02	1.64914E+02	1.42709E+02		34
35	2.70985E+01	2.75242E+01	8.51538E-01	1.47265E+02	1.70265E+02	1.47265E+02		35
36	2.79500E+01	2.82700E+01	6.40001E-01	1.3681E+02	1.75615E+02	1.3681E+02		36
37	2.85900E+01	2.90067E+01	8.33334E-01	1.51879E+02	1.79636E+02	1.51879E+02		37
38	2.84233E+01	2.98400E+01	8.33332E-01	1.56242E+02	1.84872E+02	1.56242E+02		38
39	3.02567E+01	3.06733E+01	8.33334E-01	1.60605E+02	1.90106E+02	1.60605E+02		39
40	3.10900E+01	3.15067E+01	8.33334E-01	1.64969E+02	1.95344E+02	1.64969E+02		40

径方向の
メッシュ情報

～省略～

エネルギー群毎、

メッシュ毎の中性子フラックス

0	i=	j=329	j=330	j=331	j=332	j=333	j=334
1	2.85213E-01	2.16088E-01	1.59653E-01	1.12782E-01	7.36296E-02	3.34718E-02	
2	2.85196E-01	2.14167E-01	1.59306E-01	1.11997E-01	7.29256E-02	3.34521E-02	
3	2.82618E-01	2.15050E-01	1.57987E-01	1.12254E-01	7.24530E-02	3.34388E-02	
4	2.84756E-01	2.12448E-01	1.59143E-01	1.11052E-01	7.28031E-02	3.32494E-02	
5	2.81029E-01	2.14790E-01	1.58880E-01	1.12256E-01	7.19836E-02	3.35485E-02	
6	2.84310E-01	2.12143E-01	1.59354E-01	1.10779E-01	7.33307E-02	3.32727E-02	
7	2.90932E-01	2.10070E-01	1.61698E-01	1.10848E-01	7.40254E-02	3.38543E-02	
8	2.83997E-01	2.12173E-01	1.58805E-01	1.10768E-01	7.32535E-02	3.30382E-02	
9	2.78420E-01	2.12603E-01	1.55594E-01	1.11142E-01	7.11224E-02	3.36250E-02	
10	2.80315E-01	2.06385E-01	1.56476E-01	1.08692E-01	7.17991E-02	3.21815E-02	
11	2.73648E-01	2.10702E-01	1.52949E-01	1.09912E-01	6.98406E-02	3.30701E-02	
12	2.78183E-01	2.05038E-01	1.55374E-01	1.06916E-01	7.10751E-02	3.16394E-02	
13	2.70202E-01	2.08838E-01	1.50792E-01	1.09089E-01	6.87806E-02	3.28277E-02	
14	2.74703E-01	2.02975E-01	1.53634E-01	1.05616E-01	7.05943E-02	3.11356E-02	
15	2.67697E-01	2.05955E-01	1.49311E-01	1.07720E-01	6.80221E-02	3.26246E-02	
16	2.70891E-01	2.00856E-01	1.51503E-01	1.04606E-01	6.96463E-02	3.08955E-02	
17	2.64660E-01	2.03243E-01	1.47785E-01	1.06289E-01	6.74727E-02	3.21764E-02	
18	2.67171E-01	1.98722E-01	1.49481E-01	1.03639E-01	6.87439E-02	3.07440E-02	
19	2.62030E-01	2.00471E-01	1.46458E-01	1.04867E-01	6.70219E-02	3.17761E-02	
20	2.63392E-01	1.96792E-01	1.47402E-01	1.02810E-01	6.78930E-02	3.06869E-02	
21	2.59865E-01	1.98445E-01	1.45375E-01	1.04071E-01	6.67533E-02	3.19202E-02	
22	2.45821E-01	2.11638E-01	1.37595E-01	1.11310E-01	6.33334E-02	3.49163E-02	
23	2.56674E-01	1.96440E-01	1.43523E-01	1.03099E-01	6.57959E-02	3.16154E-02	
24	2.56292E-01	1.90493E-01	1.43573E-01	9.94595E-02	6.60902E-02	2.96007E-02	
25	2.48325E-01	1.92055E-01	1.39082E-01	1.00296E-01	6.37669E-02	3.03827E-02	
26	2.50617E-01	1.85670E-01	1.40383E-01	9.69008E-02	6.45782E-02	2.87430E-02	
27	2.43366E-01	1.86921E-01	1.36058E-01	9.79503E-02	6.20838E-02	2.97014E-02	
28	2.44140E-01	1.81655E-01	1.36825E-01	9.47620E-02	6.29663E-02	2.79576E-02	
29	2.37799E-01	1.82112E-01	1.32801E-01	9.54735E-02	6.06172E-02	2.89387E-02	
30	2.37601E-01	1.77427E-01	1.33193E-01	9.24182E-02	6.13804E-02	2.72292E-02	

～省略～

170	2.27931E-05	1.82584E-05	1.40317E-05	1.03891E-05	6.89578E-06	3.33400E-06	
171	1.96354E-05	1.54984E-05	1.21221E-05	8.81090E-06	5.98305E-06	2.80947E-06	
172	1.66345E-05	1.33505E-05	1.02735E-05	7.61548E-06	5.06161E-06	2.44681E-06	
173	1.42769E-05	1.12934E-05	8.84981E-06	6.43807E-06	4.37712E-06	2.05622E-06	
174	1.20941E-05	9.69139E-06	7.46826E-06	5.54967E-06	3.88751E-06	1.78604E-06	
175	1.02992E-05	8.18980E-06	6.40825E-06	4.66466E-06	3.18121E-06	1.49045E-06	
176	8.71069E-06	6.97036E-06	5.39389E-06	4.00350E-06	2.65945E-06	1.29294E-06	
177	7.34097E-06	5.86865E-06	4.58763E-06	3.34778E-06	2.28241E-06	1.06866E-06	
178	6.17822E-06	4.92701E-06	3.84069E-06	2.84288E-06	1.89308E-06	9.19920E-07	
179	5.11896E-06	4.11928E-06	3.20030E-06	2.36098E-06	1.59896E-06	7.51714E-07	
180	4.22648E-06	3.37511E-06	2.65062E-06	1.94690E-06	1.31450E-06	6.30977E-07	
181	3.40487E-06	2.79879E-06	2.12882E-06	1.58351E-06	1.06286E-06	5.09710E-07	
182	2.68136E-06	2.14700E-06	1.68391E-06	1.29896E-06	8.49363E-07	3.99957E-07	
183	1.99380E-06	1.59698E-06	1.24697E-06	9.24723E-07	6.21805E-07	3.01551E-07	
184	1.35052E-06	1.08877E-06	8.48668E-07	6.27876E-07	4.25451E-07	2.02538E-07	
185	6.59244E-07	5.22638E-07	4.14016E-07	3.03133E-07	2.07273E-07	9.93048E-08	

(3) ANISN-JR の出力リスト

```

0 ANISN-JR ADDITIONAL OPTION
  IANISN 0/1=LIBRARY TAPE NORMAL/RADHEAT 0
  ITMAX MAXIMUM EXECUTION TIME (MIN) 0
  IENRGY 0/1=READ 17* 18* NORMAL/BY E GRP. 0
  IINPT 0/1=READ SOURCE FROM CARD/FILE(25) 0
  IIBOUD 0/1=PRINT TOTAL FLUX AT MID./BOUND. 1
  IISPTM 0/1=PRINT SPECTRUM NO/YES 1
  IIANLL 0/1=PRINT ANGULAR FLUX ALL/INPUT 0
  IGMNEU NO. OF TOTAL ENERGY GROUP 100
  IGMNEU NO. OF NEUTRON ENERGY GROUP 100
  NACTPR 0/1=PRINT ACTIVITY NORMAL/DETAIL 0
  NREACT 0/1=CALCULATE REACTION RATE NO/YES 0
  NASYMM 0/1=USE ASYMMETRIC SN SET NO/YES 0
  NRESAT 0/1=USE RESTART OPTION NO/YES 0
  NXSOUT 0/1=CALCULATE 2-D X-SEC. NO/YES 1
  NPLOT 0/1=OUTPUT PLOT DATA NO/YES 0
  NAOUT 0/N=OUTPUT ANGULAR FLUX NO/INT. N 0
  LENGPL PL ORDER OF INPUT X-SEC 5
  
```

} コントロール情報
 (入力)

```

1 ANISN_R_core
control card
0 15$ ARRAY 36 ENTRIES READ
0 18* ARRAY 14 ENTRIES READ
0 T
0268358 LOCATIONS WILL BE USED FOR THIS PROBLEM
0371076 LOCATIONS WILL BE USED TO READ CROSS SECTIONS
  
```

```

Fuel
void
sus
A1
graphite
heavy concrete
0 13$ ARRAY 36 ENTRIES READ
0 T
0 ELEMENTS FROM LIBRARY TAPE
  
```

```

1 100 fuel macro
2 101 fuel macro
3 102 fuel macro
4 103 fuel macro
5 104 fuel macro
6 105 fuel macro
7 200 void macro
8 201 void macro
9 202 void macro
10 203 void macro
11 204 void macro
12 205 void macro
  
```

} 物質情報
 } MACRO-J で作成した
 } 物質

~省略~

```

1 INPUT DATA(ANISN_R_core.inp),JSTTDL-
0 ID PROBLEM ID NO. 1
  ISCT ORDER OF SCATTERING 5
  IGE 1/2/3 = PLA/CYL/SPH 2
  IBR RT. B.C. SAME AS LEFT B.C.,IBL 0
  IM NO. OFFINTERVALS 185
  IGM NO. OF GROUPS 100
  IHS POS. OF SIGMA GG 4
  MS MIXING TABLE LENGTH 0
  MTP NO. MATLS. FROM LIB TAPE 36
  IDFM 0/1=NONE/DENSITY FACTORS(21*) 0
  IQM 0/1=NONE/DIST. SOURCE 1
  IPP INTERVAL OF SHELL SOURCE 0
  ID1 0/1/2/3=NO/PRNT ND/PNCH N/BOTH 0
  ID3 0/N=NO/N ACT. BY ZONE 0
  ICM OUTER ITER. MAX. 20
  IDAT2 0/1=NO/DIFFUSION(24$) 0
  IFLU 0/1/2=BOTH/LINEAR/STEP 0
  IPRT 0/1 = PRINT X-SEC/DO NOT 0
0 EV EIGENVALUE GUESS 0.00000E+00
  EPS PRECISION DESIRED 1.00000E-04
  DY CYL OR PLA HEIGHT 0.00000E+00
  DFM1 HT. FOR VOID CORR. 0.00000E+00
  PV IPVT=1/2 - K/ALPHA 0.00000E+00
  XLAL PT CNVRG EPS. IF .NE.0 2.00000E-04
  EGL EV CHANGE EPS.-SEARCH 0.00000E+00
1 INPUT DATA(ANISN_R_core.inp),JSTTDL-
0 INT. ZONE NUMBER RADIUS AREA VOLUME FISS DENS DENS FACTOR
  
```

```

  ITH 0/1 = REG./ADJ. 0
  ISN QUADRATURE ORDER 8
  IBL 0/1/2/3 = NO REFL/REFL/PER/WHITE 1
  IZM NO. OF ZONES 7
  IEVT 0/1/2/3/4/5/6=Q/K/ALPHA/C/Z/R/H 0
  IHT POS. OF SIGMA T 3
  IHM TABLE LENGTH 103
  MCR NO. MATLS. FROMMCARDS 0
  MT NO. OF MATLS. 36
  IPVT 0/1/2=NONE/K/ALPHA 0
  IPM 0/1/IM=NONE/S(MM,IPP)/S(MM,IM) 0
  IIM INNER ITER. MAX. 35
  ID2 0/1/2=NO/X-SEC TAPE/PREV 0
  ID4 0/1=NO/N ACT. BY INT. 0
  IDAT1 0/1/2=NO/MIN/MAX TAPE 1
  IFG 0/1=NO/FEW GRP. 1
  IFN 0/1/2=INPUT 2*/3*/PREV. CASE 1
  IXTR 0/1=CALC/READ P-L CONSTANTS 0
  EVM EIGENVALUE MODIFIER 0.00000E+00
  BF BUCKLING FACTOR 1.42090E+00
  DZ PLANE DEPTH 0.00000E+00
  XNF NORM. FACTOR 1.15000E+14
  RYF LAMBDA2 RELAXATION 0.00000E+00
  XLAH 1-LAMBDA MAX.-SEARCH 0.00000E+00
  XNPM NEW PARAM. MOD.-SEARCH 0.00000E+00
  
```

} コントロール
 } 情報 (入力)

```

1 1 1 0 0 2.07650E+00 0
2 1 8.13000E-01 5.10823E+00 6.23971E+00 0
3 1 1.82700E+00 1.02227E+01 1.03876E+01 0
4 1 2.44000E+00 1.53310E+01 1.45406E+01 0
5 1 3.25300E+00 2.04392E+01 1.87191E+01 0
  
```

} 領域番号
 } 半径、体積

~省略~

エネルギー群毎、物質毎の重み付けフラックス

断面積

0 POS.	GRP. 97	GRP. 98	GRP. 99	GRP.100
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
	POS. 2 THRU POS. 3	SAME AS ABOVE		
4	1.66433E-01	1.67193E-01	1.67717E-01	7.63195E-04
5	-2.44838E-02	-2.50066E-02	-2.51367E-02	-1.67158E-01
6	-1.59187E-01	-1.59688E-01	-1.60215E-01	-1.41507E-01
7	-1.09752E-01	-1.10040E-01	-1.10338E-01	1.93391E-02
8	-4.42434E-02	-4.42940E-02	-4.44142E-02	1.29636E-01
9	-6.49087E-04	-6.49573E-04	-6.49349E-04	1.73636E-01
10	2.08944E-02	2.09284E-02	2.09593E-02	1.73908E-01
11	2.80548E-02	2.80688E-02	2.81145E-02	1.52741E-01
12	2.75669E-02	2.75771E-02	2.75901E-02	1.24401E-01
13	2.37825E-02	2.37929E-02	2.38011E-02	9.66060E-02
14	1.91048E-02	1.91159E-02	1.91241E-02	7.27540E-02
15	1.46806E-02	1.46924E-02	1.47005E-02	5.36051E-02
16	1.09590E-02	1.09641E-02	1.09720E-02	3.88805E-02
17	8.01999E-03	8.02028E-03	8.02388E-03	2.78856E-02
18	5.78613E-03	5.78625E-03	5.78646E-03	1.98413E-02
19	4.13221E-03	4.13245E-03	4.13259E-03	1.40456E-02
20	2.93027E-03	2.93035E-03	2.93057E-03	9.91238E-03
21	2.06788E-03	2.06809E-03	2.06815E-03	6.98160E-03
22	1.45504E-03	1.45509E-03	1.45523E-03	4.91288E-03
23	1.02229E-03	1.02241E-03	1.02251E-03	3.45746E-03
24	7.18230E-04	7.18348E-04	7.18430E-04	2.43471E-03
25	5.05236E-04	5.05340E-04	5.05423E-04	1.71601E-03
26	3.56312E-04	3.56403E-04	3.56482E-04	1.21039E-03
27	2.52252E-04	2.52343E-04	2.52415E-04	8.53709E-04
28	1.79528E-04	1.79620E-04	1.79678E-04	6.01096E-04
29	1.28644E-04	1.28718E-04	1.28776E-04	4.21257E-04
30	9.29456E-05	9.30155E-05	9.30664E-05	2.92330E-04
31	6.78177E-05	6.78831E-05	6.79336E-05	1.99126E-04
32	5.00498E-05	5.01106E-05	5.01585E-05	1.31084E-04
33	3.74076E-05	3.74676E-05	3.75117E-05	8.08266E-05
34	2.83471E-05	2.84041E-05	2.84493E-05	4.32355E-05
35	1.44597E-05	1.44963E-05	1.45243E-05	1.47350E-05
36	1.86790E-07	1.86245E-07	1.87772E-07	1.88146E-07
37	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
	POS. 38 THRU POS. 52	SAME AS ABOVE		
53	-9.11990E-13	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

表 B-1 JSSTD L-300 の中性子エネルギー一覧

No.	Energy(eV)	No.	Energy(eV)	No.	Energy(eV)	No.	Energy(eV)	No.	Energy(eV)	No.	Energy(eV)
1	1.964E+07	51	9.048E+06	101	2.346E+06	151	4.979E+05	201	4.650E+04	251	2.145E+02
2	1.733E+07	52	8.825E+06	102	2.307E+06	152	4.505E+05	202	4.631E+04	252	1.670E+02
3	1.690E+07	53	8.607E+06	103	2.231E+06	153	4.394E+05	203	4.087E+04	253	1.487E+02
4	1.649E+07	54	8.290E+06	104	2.122E+06	154	4.076E+05	204	3.607E+04	254	1.301E+02
5	1.623E+07	55	8.261E+06	105	2.096E+06	155	4.000E+05	205	3.431E+04	255	1.013E+02
6	1.598E+07	56	8.187E+06	106	2.019E+06	156	3.877E+05	206	3.183E+04	256	1.000E+02
7	1.573E+07	57	7.788E+06	107	1.969E+06	157	3.688E+05	207	2.850E+04	257	7.889E+01
8	1.568E+07	58	7.408E+06	108	1.921E+06	158	3.422E+05	208	2.809E+04	258	7.550E+01
9	1.549E+07	59	7.316E+06	109	1.871E+06	159	3.337E+05	209	2.700E+04	259	6.144E+01
10	1.525E+07	60	7.047E+06	110	1.850E+06	160	3.020E+05	210	2.606E+04	260	4.805E+01
11	1.501E+07	61	6.873E+06	111	1.827E+06	161	2.985E+05	211	2.479E+04	261	4.785E+01
12	1.492E+07	62	6.703E+06	112	1.738E+06	162	2.972E+05	212	2.418E+04	262	4.650E+01
13	1.478E+07	63	6.592E+06	113	1.653E+06	163	2.945E+05	213	2.358E+04	263	3.727E+01
14	1.455E+07	64	6.500E+06	114	1.632E+06	164	2.872E+05	214	2.187E+04	264	2.902E+01
15	1.432E+07	65	6.456E+06	115	1.572E+06	165	2.830E+05	215	2.150E+04	265	2.770E+01
16	1.419E+07	66	6.376E+06	116	1.534E+06	166	2.732E+05	216	1.930E+04	266	2.260E+01
17	1.410E+07	67	6.065E+06	117	1.496E+06	167	2.665E+05	217	1.704E+04	267	2.150E+01
18	1.388E+07	68	5.770E+06	118	1.441E+06	168	2.472E+05	218	1.503E+04	268	1.760E+01
19	1.384E+07	69	5.698E+06	119	1.423E+06	169	2.352E+05	219	1.171E+04	269	1.597E+01
20	1.372E+07	70	5.488E+06	120	1.400E+06	170	2.237E+05	220	1.059E+04	270	1.371E+01
21	1.367E+07	71	5.353E+06	121	1.353E+06	171	2.128E+05	221	1.000E+04	271	1.068E+01
22	1.350E+07	72	5.220E+06	122	1.287E+06	172	2.075E+05	222	9.119E+03	272	1.000E+01
23	1.346E+07	73	5.099E+06	123	1.271E+06	173	2.024E+05	223	7.102E+03	273	9.877E+00
24	1.325E+07	74	5.028E+06	124	1.225E+06	174	2.000E+05	224	5.531E+03	274	8.315E+00
25	1.304E+07	75	4.966E+06	125	1.194E+06	175	1.925E+05	225	4.650E+03	275	6.476E+00
26	1.284E+07	76	4.724E+06	126	1.165E+06	176	1.832E+05	226	4.307E+03	276	5.043E+00
27	1.264E+07	77	4.516E+06	127	1.122E+06	177	1.742E+05	227	3.707E+03	277	4.650E+00
28	1.252E+07	78	4.493E+06	128	1.108E+06	178	1.657E+05	228	3.519E+03	278	4.000E+00
29	1.245E+07	79	4.437E+06	129	1.058E+06	179	1.616E+05	229	3.355E+03	279	3.928E+00
30	1.225E+07	80	4.169E+06	130	1.054E+06	180	1.576E+05	230	3.035E+03	280	3.059E+00
31	1.221E+07	81	4.066E+06	131	1.003E+06	181	1.500E+05	231	2.747E+03	281	2.382E+00
32	1.206E+07	82	4.000E+06	132	9.616E+05	182	1.426E+05	232	2.613E+03	282	2.150E+00
33	1.188E+07	83	3.916E+06	133	9.301E+05	183	1.410E+05	233	2.485E+03	283	1.855E+00
34	1.169E+07	84	3.679E+06	134	9.072E+05	184	1.357E+05	234	2.249E+03	284	1.445E+00
35	1.162E+07	85	3.456E+06	135	8.629E+05	185	1.291E+05	235	2.239E+03	285	1.125E+00
36	1.151E+07	86	3.329E+06	136	8.209E+05	186	1.259E+05	236	2.150E+03	286	1.000E+00
37	1.133E+07	87	3.247E+06	137	8.000E+05	187	1.228E+05	237	2.035E+03	287	8.764E-01
38	1.116E+07	88	3.166E+06	138	7.808E+05	188	1.168E+05	238	1.585E+03	288	6.826E-01
39	1.105E+07	89	3.050E+06	139	7.427E+05	189	1.111E+05	239	1.425E+03	289	5.316E-01
40	1.098E+07	90	3.012E+06	140	7.244E+05	190	1.000E+05	240	1.234E+03	290	4.650E-01
41	1.081E+07	91	2.865E+06	141	7.065E+05	191	9.804E+04	241	1.000E+03	291	4.140E-01
42	1.064E+07	92	2.725E+06	142	6.721E+05	192	8.652E+04	242	9.611E+02	292	3.224E-01
43	1.051E+07	93	2.691E+06	143	6.393E+05	193	8.250E+04	243	9.069E+02	293	2.150E-01
44	1.048E+07	94	2.592E+06	144	6.081E+05	194	7.950E+04	244	7.485E+02	294	1.521E-01
45	1.032E+07	95	2.528E+06	145	5.784E+05	195	7.635E+04	245	5.829E+02	295	1.000E-01
46	1.016E+07	96	2.500E+06	146	5.660E+05	196	7.200E+04	246	4.650E+02	296	6.724E-02
47	1.000E+07	97	2.466E+06	147	5.642E+05	197	6.738E+04	247	4.540E+02	297	4.096E-02
48	9.512E+06	98	2.385E+06	148	5.502E+05	198	5.946E+04	248	3.673E+02	298	2.116E-02
49	9.394E+06	99	2.375E+06	149	5.234E+05	199	5.656E+04	249	3.536E+02	299	7.840E-03
50	9.314E+06	100	2.365E+06	150	5.000E+05	200	5.248E+04	250	2.754E+02	300	1.000E-03

付録 C 中性子束計算ツールの使用手引

C.1 概要

原子炉廃棄物の放射能評価のための中性子束計算ツールは、原子炉廃棄物の放射能評価のために、中性子断面積の縮約、巨視的実効断面積の作成、中性子束の計算、及び出力中性子束ファイルのポスト処理（縮約中性子束テキスト、中性子束 CSV 作成）を一連で行うためのプログラム群です。

C.2 中性子束計算ツールの構成

中性子束計算ツールの構成を図 C-1 に示します。中性子束計算ツールのデフォルトとして、図に示すように **bin** フォルダと **jsstdl** フォルダ及びプロジェクトフォルダのサンプルとして **jrr1** フォルダが格納されています。

C.3 中性子束計算ツールの実行方法

中性子束計算ツールの実行は、プロジェクトフォルダ内の中性子束計算ツールのマスターバッチファイルである **RieNf.bat** をユーザが編集／起動することで計算が始まります。**RieNf.bat** は、コマンドプロンプトから起動することで始まります。

サンプルとして図 C-1 に示してある、マスターバッチファイル (**RieNf.bat**) のファイル内容を図 C-2 に示します。図に示すように **RieNf.bat** から **call** コマンドを使用して **bin** フォルダにあるバッチファイルを起動して計算を行う仕様となっています。ユーザは、最初に **RieNf.bat** の「**RieNfopath**」のファイルパスを指定する必要があります。**RieNf.bat** を編集することで中性子束計算ツールの計算を行うことが可能となっており、ユーザが **bin** フォルダのバッチファイル群を編集する必要はありません。

RieNf.bat を起動した時のコマンドプロンプト画面を図 C-3 に示します。

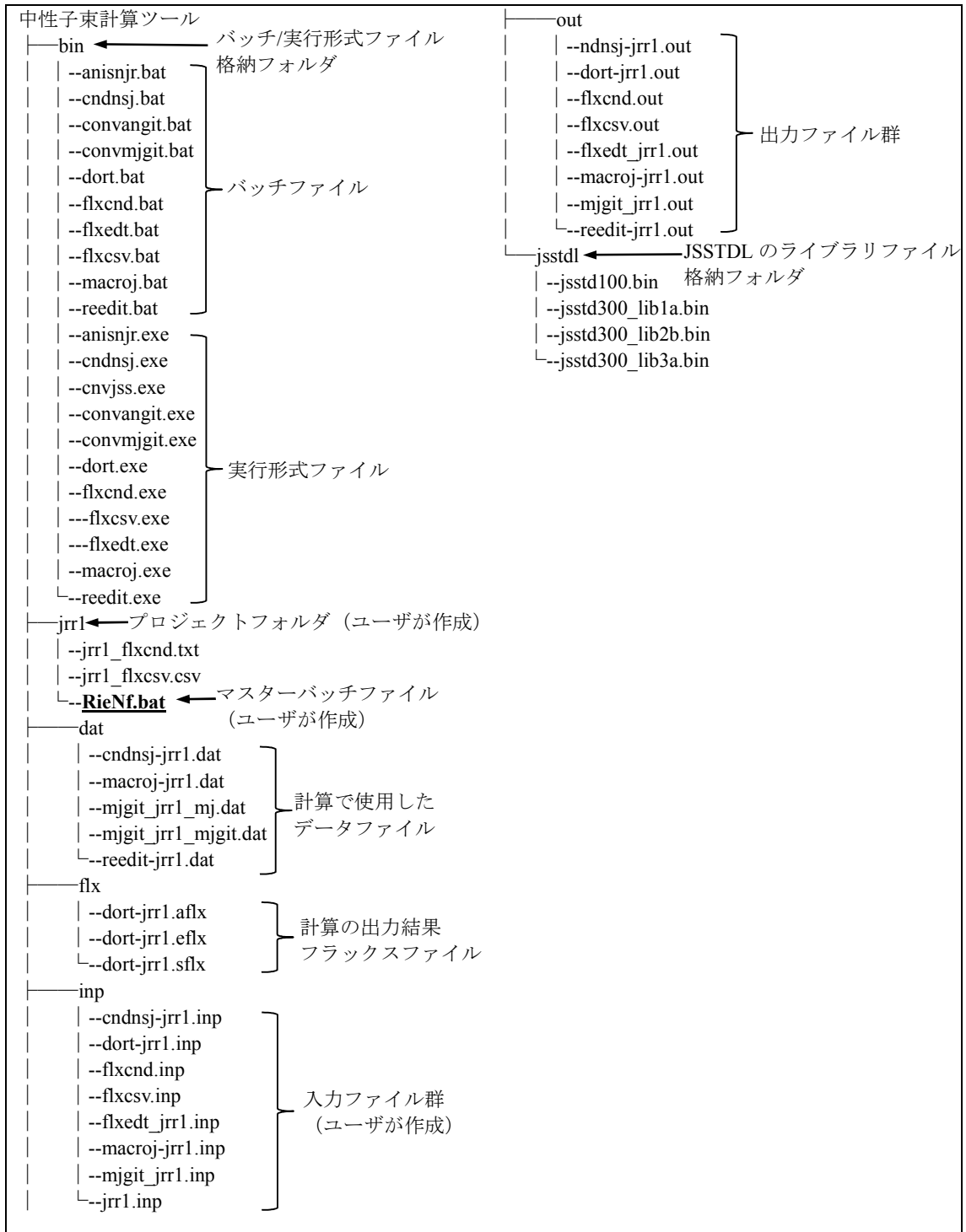


図 C-1 中性子束計算ツールのファイル構成図

```

@echo off
cls
set oldpath=%path%
set RieNfopath=D:¥中性子束計算ツール ← 中性子束計算ツールのファイルパスの指定

set path=%RieNfopath%¥bin

call reedit.bat      reedit-jrr1 jsstd300_lib1a jsstd300_lib2b
call cndnsj.bat      cndnsj-jrr1 reedit-jrr1
call macroj.bat      macroj-jrr1 cndnsj-jrr1
call convmjgit.bat   mjpgit_jrr1
call dort.bat        dort-jrr1   mjpgit_jrr1_mjpgit
call flxedt.bat      flxedt_jrr1
call flxcsv.bat      flxcsv
call flxcnd.bat      flxcnd

set path=%oldpath%
    
```

図 C-2 プロジェクトフォルダ jrr1 のマスターバッチファイル (RieNf.bat) のサンプル

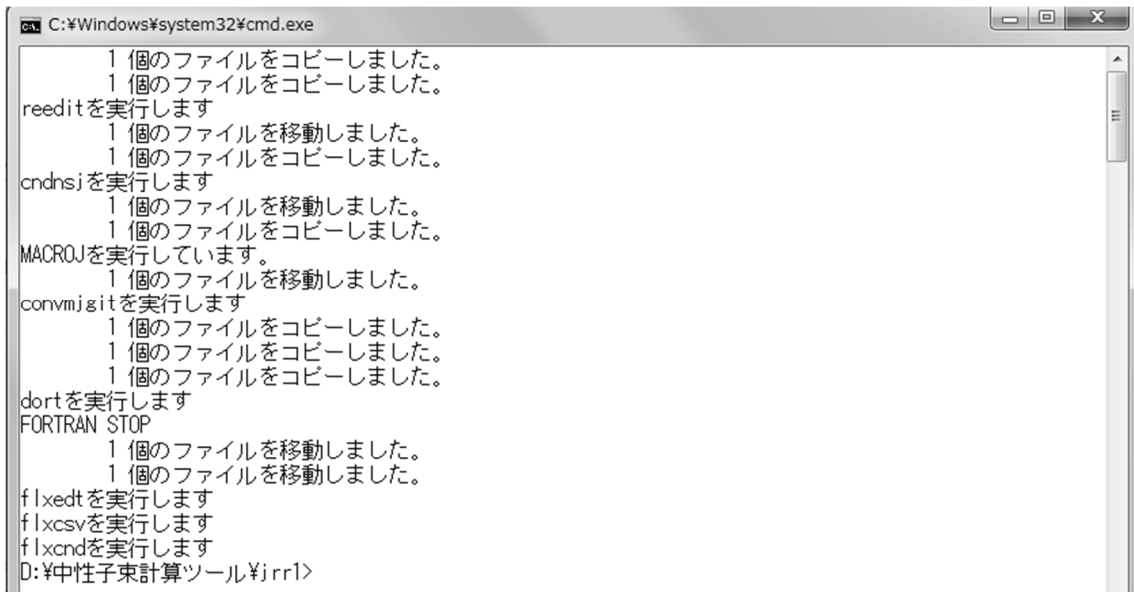


図 C-3 RieNf.bat を実行した時のコマンドプロンプト画面

付録 D サンプルラン

D.1 サンプルランの概要

JAEA-Data/Code 2008-009 に記載されている RADO コードシステムで実行したサンプルランの中性子束の計算部分について、中性子束計算ツールを適用したサンプルランの例を示す。このサンプルランは、JRR-1 を対象とした放射化した残存放射能インベントリ評価における中性子束の計算であり、RADO コードシステムと中性子束計算ツールの結果を比較することにより、中性子束計算ツールの妥当性を確認する。

JRR-1 は、定格出力（最大熱出力）が 50kW で、濃縮ウラン軽水減速冷却型（ウォーターボイラー型）である。1956 年に建設され 1970 年に臨界に達し、1968 年に停止した。1969 年から 1970 年にかけて、炉室周辺機器の解体工事が行われ、現在、炉室 1 階は非管理区域の展示室として使用され、原子炉本体、サブパイル室等は使用施設として維持管理されている。

サンプルランは、JRR-1 の将来の解体撤去に備えて実施された放射能インベントリ評価のための計算であり、その詳細情報は報告書として出版されている⁷⁾。ここでは、炉心近傍における中性子束分布と高速中性子、熱外中性子及び熱中中性子の 3 群によるフラックスを計算した。

D.2 計算概要

JSSTDL-300 群ライブラリ lib1a、lib2b、lib3a のうち、lib1a と lib2b から、reedit を使用して計算に必要な 17 核種を抽出する。次に、抽出した核種のエネルギー群について、cndnsj を使用して 300 群から 100 群に縮約する。100 群に縮約したライブラリから MACRO-J を使用して、巨視的実効断面積を作成する。2次元計算（DORT）及び接続計算（ANISN-DORT）を行った。

2次元計算は、MACRO-J で作成した巨視的実効断面積を convmjgit により DORT で読み込み可能な git 形式ファイルにして DORT の計算を行い、炉心近傍の中性子束を求めた。

接続計算の場合は、MACRO-J で作成した巨視的実効断面積を用いて ASNIN-JR の計算を行い、領域依存の巨視的実効断面積を作成し、convangit を使用して DORT で読み込み可能な git 形式ファイルに変換を行う。最後に git 形式ファイルの巨視的実効断面積を用いて DORT の計算を行い、炉心近傍の中性子束を求めた。

D.3 計算条件

(1) 核種

lib1a, lib2b, lib3a に収納されている核種一覧を表-3-2 に、各ライブラリから抽出した 17 核種を表 D-1 に示す。

(2) エネルギー群構造

300 群から 100 群に縮約するエネルギー群構造を表 D-2 に示す。また、300 群のエネルギー群は表 B-1 に示す。

(3) 物質組成

サンプルランで使用した物質組成を表 D-3 に示す。これらの物質に対して MACRO-J を使用して巨視的実効断面積を作成した。作成する温度は、全ての物質に対して 300K とした。

(4) 計算体系

原子炉本体のモデル化に当たっては、炉心タンクを中心に重コンクリート遮へい体の外側を含めて DORT では 2 次元の簡易的な円柱体モデルとした。DORT の計算体系の全体図を図 D-1 に、炉心周辺拡大図を図 D-2 に示す。

ANISN-JR では、DORT で使用する領域依存の巨視的実効断面積を作成するために JRR-1 を 1 次元径方向 1 モデル、軸方向 3 モデルの簡易的な体系とした。境界条件は、炉心中心は反射条件とし、炉室境界外側は真空（反射なし）条件とした。ANISN-JR の計算体系を図 D-3～図 D-6 に示す。

(5) 中性子スペクトル

中性子スペクトルは、U-235 の核分裂スペクトルであり式(4)の Watt 型の近似式から求めた。サンプルランで使用した U-235 の核分裂スペクトルを表 D-4 に示す。

(6) 線源強度

線源強度は式(5)より、50kW 時における以下の値とした。

$$VN = 3.12 \times 10^{10} (\text{fission/sec/W}) \times 2.5 (\text{neutrons/fission}) \times 50000 (\text{W}) = 3.9 \times 10^{15} (\text{neutrons/sec})$$

ANISN-JR の径方向の計算では、線源強度に線源の燃料有効高さ (33.4cm) で割った値を規格化因子とした。軸方向の計算では、線源強度に線源の円面積 ($8.8 \times 10^2 \text{cm}^2$) で割った値を規格化因子とした。

(7) 中性子スペクトル

中性子スペクトルは、U-235 の核分裂スペクトルであり式(4)の Watt 型の近似式から求めた。サンプルランで使用した U-235 の核分裂スペクトルを表 D-4 に示す。

(8) その他の計算条件

その他の計算条件を表 D-5 に示す。

D.4 入力データ

MACRO-J の入力データを表 D-6 に、DORT の入力データを表 D-7 に示す ANISN-JR の 1 次元径方向 1 モデル、軸方向 3 モデルの入力データを表 D-8～表 D-11 に示す。

D.5 計算結果

2 次元計算の DORT における、炉心中心部から高さ 0cm ($z=0$) 及び半径方向 50cm ($r=50$)

における半径方向及び高さ方向の中性子束の結果を図 D-7 に、3 群の中性子束分布を図 D-8 に示す。高速中性子束は、グラファイトと重コンクリートで中性子の吸収率に大きな差がないため、炉心部から離れるにつれて単調に減少している。一方、熱中性子束は、重コンクリートでの熱中中性子の吸収率が大きいいため、重コンクリートの領域に入って急激に減少している。

接続計算 (ANISN-DORT) の計算結果を図 D-9 に示す。2 次元計算及び接続計算の中性子束の比較を図 D-10 に示す。図より、2 次元計算及び接続計算の結果は 5%以内で一致していることを確認した。

次に、RADO と中性子束計算ツールで計算した中性子束の比較を図 D-11 に示す。図より、RADO と中性子束計算ツールの結果は 10%以内で一致していることを確認した。結果に 10%以内の差異があるのは、RADO では MACRO-JG で作成した単一物質の巨視的断面積から GIP (表 D-12 参照) を使用して複数の物質が混合している巨視的断面積を作成して中性子束の計算している事と散乱角のルジャンドル展開次数の設定 (RADO は P_3 、中性子束計算ツールでは P_5) が原因と考えられる。RADO において中性子束ツールと同様に、GIP (表 D-13 参照) で混合物質ではなく単一物質の巨視的断面積を作成し、散乱角のルジャンドル展開次数を P_5 に設定したときの計算結果と中性子束計算ツールの比較を図 D-12 に示す。図より、RADO と中性子束計算ツールの結果が一致していることを確認した。これより、中性子束計算ツールの妥当性を確認することができた。

なお、RADO の構成プログラムである GIP は、例えば炉内構造物内において材質が混合している場合でも混合比を入力するだけで、MACRO-JG で作成した単一物質の巨視的断面積から容易に混合物質の巨視的断面積を計算することができるプログラムとなっている。中性子束計算ツールでは GIP のような機能がないため混合物質の巨視的断面積を作成する必要がある場合は、MACRO-J で巨視的断面積を作成する際に混合物質を想定した設定を行う必要がある。

表 D-1 サンプルランで使用するのに抽出した核種とライブラリ

order	nuclide	code	ライブラリ
1	H-1	110	lib1a
2	B-10	500	lib1a
3	C-12	620	lib1a
4	N-14	740	lib1a
5	O-16	860	lib1a
6	Na-23	1130	lib1a
7	Al-27	1370	lib1a
8	Si-0	1400	lib1a
9	S-0	1600	lib1a
10	Ca-0	2000	lib2b
11	Cr-0	2400	lib2b
12	Mn-55	2550	lib2b
13	Fe-0	2600	lib2b
14	Ni-0	2800	lib2b
15	Cu-0	2900	lib2b
16	U-235	9250	lib1a
17	U-238	9280	lib1a

表 D-2 サンプルランのエネルギー群構造

Gr.	Upper Energy(eV)	Lower Energy(eV)	Mid-Energy (eV)	Gr.	Upper Energy(eV)	Lower Energy(eV)	Mid-Energy (eV)
1	1.49183E+07	1.34986E+07	1.41907E+07	51	8.65169E+04	6.73794E+04	7.63509E+04
2	1.34986E+07	1.22140E+07	1.28402E+07	52	6.73794E+04	5.24752E+04	5.94622E+04
3	1.22140E+07	1.10517E+07	1.16183E+07	53	5.24752E+04	4.08677E+04	4.63092E+04
4	1.10517E+07	1.00000E+07	1.05127E+07	54	4.08677E+04	3.18278E+04	3.60656E+04
5	1.00000E+07	9.04837E+06	9.51229E+06	55	3.18278E+04	2.47875E+04	2.80879E+04
6	9.04837E+06	8.18731E+06	8.60708E+06	56	2.47875E+04	1.93045E+04	2.18749E+04
7	8.18731E+06	7.40818E+06	7.78801E+06	57	1.93045E+04	1.50344E+04	1.70362E+04
8	7.40818E+06	6.70320E+06	7.04688E+06	58	1.50344E+04	1.17088E+04	1.32678E+04
9	6.70320E+06	6.06531E+06	6.37628E+06	59	1.17088E+04	9.11882E+03	1.03330E+04
10	6.06531E+06	5.48812E+06	5.76950E+06	60	9.11882E+03	7.10174E+03	8.04733E+03
11	5.48812E+06	4.96585E+06	5.22046E+06	61	7.10174E+03	5.53084E+03	6.26726E+03
12	4.96585E+06	4.49329E+06	4.72366E+06	62	5.53084E+03	4.30742E+03	4.88095E+03
13	4.49329E+06	4.06570E+06	4.27415E+06	63	4.30742E+03	3.35463E+03	3.80129E+03
14	4.06570E+06	3.67879E+06	3.86741E+06	64	3.35463E+03	2.61259E+03	2.96045E+03
15	3.67879E+06	3.32871E+06	3.49938E+06	65	2.61259E+03	2.03468E+03	2.30560E+03
16	3.32871E+06	3.01194E+06	3.16637E+06	66	2.03468E+03	1.58461E+03	1.79560E+03
17	3.01194E+06	2.72532E+06	2.86505E+06	67	1.58461E+03	1.23410E+03	1.39842E+03
18	2.72532E+06	2.46597E+06	2.59240E+06	68	1.23410E+03	9.61116E+02	1.08909E+03
19	2.46597E+06	2.23130E+06	2.34570E+06	69	9.61116E+02	7.48518E+02	8.48182E+02
20	2.23130E+06	2.01897E+06	2.12248E+06	70	7.48518E+02	5.82947E+02	6.60565E+02
21	2.01897E+06	1.82684E+06	1.92050E+06	71	5.82947E+02	4.53999E+02	5.14449E+02
22	1.82684E+06	1.65299E+06	1.73774E+06	72	4.53999E+02	3.53575E+02	4.00653E+02
23	1.65299E+06	1.49569E+06	1.57237E+06	73	3.53575E+02	2.75364E+02	3.12029E+02
24	1.49569E+06	1.35335E+06	1.42274E+06	74	2.75364E+02	2.14454E+02	2.43008E+02
25	1.35335E+06	1.22456E+06	1.28735E+06	75	2.14454E+02	1.67017E+02	1.89255E+02
26	1.22456E+06	1.10803E+06	1.16484E+06	76	1.67017E+02	1.30073E+02	1.47392E+02
27	1.10803E+06	1.00259E+06	1.05399E+06	77	1.30073E+02	1.01301E+02	1.14789E+02
28	1.00259E+06	9.07180E+05	9.53693E+05	78	1.01301E+02	7.88932E+01	8.93978E+01
29	9.07180E+05	8.20850E+05	8.62936E+05	79	7.88932E+01	6.14421E+01	6.96230E+01
30	8.20850E+05	7.42736E+05	7.80817E+05	80	6.14421E+01	4.78512E+01	5.42225E+01
31	7.42736E+05	6.72055E+05	7.06512E+05	81	4.78512E+01	3.72665E+01	4.22285E+01
32	6.72055E+05	6.08101E+05	6.39279E+05	82	3.72665E+01	2.90232E+01	3.28876E+01
33	6.08101E+05	5.50232E+05	5.78443E+05	83	2.90232E+01	2.26033E+01	2.56129E+01
34	5.50232E+05	4.97871E+05	5.23397E+05	84	2.26033E+01	1.76035E+01	1.99474E+01
35	4.97871E+05	4.50492E+05	4.73589E+05	85	1.76035E+01	1.37096E+01	1.55350E+01
36	4.50492E+05	4.07622E+05	4.28521E+05	86	1.37096E+01	1.06770E+01	1.20987E+01
37	4.07622E+05	3.68832E+05	3.87742E+05	87	1.06770E+01	8.31529E+00	9.42244E+00
38	3.68832E+05	3.33733E+05	3.50844E+05	88	8.31529E+00	6.47595E+00	7.33822E+00
39	3.33733E+05	3.01974E+05	3.17457E+05	89	6.47595E+00	5.04348E+00	5.71501E+00
40	3.01974E+05	2.73237E+05	2.87246E+05	90	5.04348E+00	3.92786E+00	4.45085E+00
41	2.73237E+05	2.47235E+05	2.59911E+05	91	3.92786E+00	3.05902E+00	3.46632E+00
42	2.47235E+05	2.23708E+05	2.35177E+05	92	3.05902E+00	2.38237E+00	2.69958E+00
43	2.23708E+05	2.02419E+05	2.12797E+05	93	2.38237E+00	1.85539E+00	2.10243E+00
44	2.02419E+05	1.83156E+05	1.92547E+05	94	1.85539E+00	1.44498E+00	1.63738E+00
45	1.83156E+05	1.65727E+05	1.74224E+05	95	1.44498E+00	1.12535E+00	1.27519E+00
46	1.65727E+05	1.49956E+05	1.57644E+05	96	1.12535E+00	8.76425E-01	9.93119E-01
47	1.49956E+05	1.35686E+05	1.42643E+05	97	8.76425E-01	6.82560E-01	7.73442E-01
48	1.35686E+05	1.22773E+05	1.29068E+05	98	6.82560E-01	5.31578E-01	6.02357E-01
49	1.22773E+05	1.11090E+05	1.16786E+05	99	5.31578E-01	4.13994E-01	4.69116E-01
50	1.11090E+05	8.65169E+04	9.80365E+04	100	4.13994E-01	1.00001E-05	2.03469E-03

表 D-3 サンプルランで使用した物質組成一覧

(単位 : atoms/barn*cm)

構造材番号	1	2	3	4	5	6
構造材名	均質炉心	void	ステンレス鋼	アルミニウム	グラファイト	重コククリート (水分 7%)
密度 (g/cm ³)	1.45		7.93	2.72	1.67	3.74
H	6.273E-02					1.188E-02
B						2.147E-04
C			5.964E-05		8.373E-02	
N		3.910E-05				
O	3.582E-02	1.054E-05				4.819E-02
Na						7.240E-04
Al	1.695E-07			5.894E-02		
Si			8.502E-04			2.240E-03
S	8.589E-04					
Ca						2.702E-03
Cr			1.745E-02			
Mn			8.692E-04			3.854E-04
Fe	2.948E-06		5.828E-02			2.206E-02
Ni			8.950E-03			4.106E-05
Cu	4.318E-07					1.056E-04
U-235	1.261E-04					
U-238	5.008E-04					

表 D-4 サンプルランで使用した中性子スペクトル

Gr.	Upper Energy(eV)	Lower Energy(eV)	Neutron Spectrum(-)	Gr.	Upper Energy(eV)	Lower Energy(eV)	Neutron Spectrum(-)
1	1.49183E+07	1.34986E+07	5.3309E-05	51	8.65169E+04	6.73794E+04	3.3298E-03
2	1.34986E+07	1.22140E+07	1.4326E-04	52	6.73794E+04	5.24752E+04	2.3128E-03
3	1.22140E+07	1.10517E+07	3.3912E-04	53	5.24752E+04	4.08677E+04	1.6040E-03
4	1.10517E+07	1.00000E+07	7.2712E-04	54	4.08677E+04	3.18278E+04	1.1095E-03
5	1.00000E+07	9.04837E+06	1.4243E-03	55	3.18278E+04	2.47875E+04	7.6643E-04
6	9.04837E+06	8.18731E+06	2.5608E-03	56	2.47875E+04	1.93045E+04	5.2954E-04
7	8.18731E+06	7.40818E+06	4.2705E-03	57	1.93045E+04	1.50344E+04	3.6457E-04
8	7.40818E+06	6.70320E+06	6.6572E-03	58	1.50344E+04	1.17088E+04	2.5078E-04
9	6.70320E+06	6.06531E+06	9.7641E-03	59	1.17088E+04	9.11882E+03	1.7306E-04
10	6.06531E+06	5.48812E+06	1.3548E-02	60	9.11882E+03	7.10174E+03	1.1906E-04
11	5.48812E+06	4.96585E+06	1.7899E-02	61	7.10174E+03	5.53084E+03	8.1933E-05
12	4.96585E+06	4.49329E+06	2.2666E-02	62	5.53084E+03	4.30742E+03	5.6383E-05
13	4.49329E+06	4.06570E+06	2.7481E-02	63	4.30742E+03	3.35463E+03	3.8728E-05
14	4.06570E+06	3.67879E+06	3.2281E-02	64	3.35463E+03	2.61259E+03	2.6655E-05
15	3.67879E+06	3.32871E+06	3.6655E-02	65	2.61259E+03	2.03468E+03	1.8331E-05
16	3.32871E+06	3.01194E+06	4.0510E-02	66	2.03468E+03	1.58461E+03	1.2599E-05
17	3.01194E+06	2.72532E+06	4.3626E-02	67	1.58461E+03	1.23410E+03	8.6745E-06
18	2.72532E+06	2.46597E+06	4.5760E-02	68	1.23410E+03	9.61116E+02	5.9526E-06
19	2.46597E+06	2.23130E+06	4.7276E-02	69	9.61116E+02	7.48518E+02	4.0931E-06
20	2.23130E+06	2.01897E+06	4.7675E-02	70	7.48518E+02	5.82947E+02	2.8139E-06
21	2.01897E+06	1.82684E+06	4.7470E-02	71	5.82947E+02	4.53999E+02	1.9331E-06
22	1.82684E+06	1.65299E+06	4.6609E-02	72	4.53999E+02	3.53575E+02	1.3289E-06
23	1.65299E+06	1.49569E+06	4.4963E-02	73	3.53575E+02	2.75364E+02	9.1354E-07
24	1.49569E+06	1.35335E+06	4.3273E-02	74	2.75364E+02	2.14454E+02	6.2789E-07
25	1.35335E+06	1.22456E+06	4.0492E-02	75	2.14454E+02	1.67017E+02	4.3218E-07
26	1.22456E+06	1.10803E+06	3.8324E-02	76	1.67017E+02	1.30073E+02	2.9629E-07
27	1.10803E+06	1.00259E+06	3.5311E-02	77	1.30073E+02	1.01301E+02	2.0409E-07
28	1.00259E+06	9.07180E+05	3.2824E-02	78	1.01301E+02	7.88932E+01	1.4014E-07
29	9.07180E+05	8.20850E+05	2.9921E-02	79	7.88932E+01	6.14421E+01	9.6301E-08
30	8.20850E+05	7.42736E+05	2.7266E-02	80	6.14421E+01	4.78512E+01	6.6187E-08
31	7.42736E+05	6.72055E+05	2.4619E-02	81	4.78512E+01	3.72665E+01	4.5475E-08
32	6.72055E+05	6.08101E+05	2.2209E-02	82	3.72665E+01	2.90232E+01	3.1293E-08
33	6.08101E+05	5.50232E+05	1.9906E-02	83	2.90232E+01	2.26033E+01	2.1489E-08
34	5.50232E+05	4.97871E+05	1.7742E-02	84	2.26033E+01	1.76035E+01	1.4769E-08
35	4.97871E+05	4.50492E+05	1.5810E-02	85	1.76035E+01	1.37096E+01	1.0141E-08
36	4.50492E+05	4.07622E+05	1.4023E-02	86	1.37096E+01	1.06770E+01	6.9715E-09
37	4.07622E+05	3.68832E+05	1.2393E-02	87	1.06770E+01	8.31529E+00	4.8021E-09
38	3.68832E+05	3.33733E+05	1.0926E-02	88	8.31529E+00	6.47595E+00	3.2950E-09
39	3.33733E+05	3.01974E+05	9.5944E-03	89	6.47595E+00	5.04348E+00	2.2659E-09
40	3.01974E+05	2.73237E+05	8.4570E-03	90	5.04348E+00	3.92786E+00	1.5559E-09
41	2.73237E+05	2.47235E+05	7.3930E-03	91	3.92786E+00	3.05902E+00	1.0702E-09
42	2.47235E+05	2.23708E+05	6.4596E-03	92	3.05902E+00	2.38237E+00	7.3571E-10
43	2.23708E+05	2.02419E+05	5.6510E-03	93	2.38237E+00	1.85539E+00	5.0538E-10
44	2.02419E+05	1.83156E+05	4.9098E-03	94	1.85539E+00	1.44498E+00	3.4699E-10
45	1.83156E+05	1.65727E+05	4.3076E-03	95	1.44498E+00	1.12535E+00	2.3900E-10
46	1.65727E+05	1.49956E+05	3.7158E-03	96	1.12535E+00	8.76425E-01	1.6385E-10
47	1.49956E+05	1.35686E+05	3.2510E-03	97	8.76425E-01	6.82560E-01	1.1273E-10
48	1.35686E+05	1.22773E+05	2.8142E-03	98	6.82560E-01	5.31578E-01	7.7518E-11
49	1.22773E+05	1.11090E+05	2.4472E-03	99	5.31578E-01	4.13994E-01	5.3277E-11
50	1.11090E+05	8.65169E+04	4.7780E-03	100	4.13994E-01	1.00001E-05	1.1707E-10

表 D-5 サンプルランでを使用したその他のパラメータ

パラメータ		値
散乱角のレジヤンドル展開次数		P ₅
Sn 分点	ANINSN-JR	S8
	DORT	S48

表 D-6 MACRO-J の入力データ

MACROJ									
100	5	6	100	1	5	103	4	1	0
1	1	100	1	6	0				
1	8	100 fuel macro							300.
110	6.273E-02	860	3.582E-02	1370	1.695E-07	1600	8.589E-04		
2600	2.948E-06	2900	4.318E-07	9250	1.261E-04	9280	5.008E-04		
2	2	300 void macro							300.
740	3.910E-05	860	1.054E-05						
3	6	400 sus macro							300.
620	5.964E-05	1400	8.502E-04	2400	1.745E-02	2550	8.692E-04		
2600	5.828E-02	2800	8.950E-03						
4	1	500 Al macro							300.
1370	5.894E-02								
5	1	600 Graphite macro							300.
620	8.373E-02								
6	10	900 concrete macro							300.
110	1.188E-02	500	2.147E-04	860	4.819E-02	1130	7.240E-04		
1400	2.240E-03	2000	2.702E-03	2550	3.854E-04	2600	2.206E-02		
2800	4.106E-05	2900	1.056E-04						
9250									

表 D-7 DORT 入力データ (1/4)

>>dort non-hole, non-bismuth side at JRR-1									
61\$\$									
0	9	8	0	2	0	0	0	0	3
4	0	e							
62\$\$									
0	5	6	185	334	100	3	4	103	36
0	36	36	0	48	1	1	0	0	0
1	100	0	3	0	2	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	400	0	0	0	1	1	1	1
4	50	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-1	20000	2000	0	4	0	e		
63**									
0.0	3.85e+15	1.0e-4	1.0e-2	0.0					
1.0e-3	1.0	0.2	1.5	10.0					
1.0	1.0	-1.0	0.3	10.0					
1.0e-0	1.0e-3	0.01	0.0	-1.5					
1.5	0.6	0.0	1.0e-60	0.0					
3.0e-2	0.2	0.9							
e									
t									
t									
82**	-0.30861	-0.21822	1m1	-0.61721	-0.57735	-0.21822	1m2	-0.81650	
	-0.78680	-0.57735	-0.21822	1m3	-0.97590	-0.95119	-0.78680		
	-0.57735	-0.21822	1m4	-0.30861	-0.21822	1m1	-0.61721	-0.57735	
	-0.21822	1m2	-0.81650	-0.78680	-0.57735	-0.21822	1m3	-0.97590	
	-0.95119	-0.78680	-0.57735	-0.21822	1m4				
83**	3r-0.95119	5r-0.78680	7r-0.57735	9r-0.21822	3r0.95119	5r0.78680	7r0.57735	9r0.21822	

表 D-7 DORT 入力データ (2/4)

81**	0.0	2r0.30247-1	0.	4r0.22685-1	0.	.22685-1	.23148-1
		.22685-1	1n3	0.	.30247-1	.22685-1	.22685-1
		.30247-1	1n4	0.	2r0.30247e-01	0.0	4r0.22685e-01
		.22685e-01	.23148e-01	.22685e-01	1n4	.30247e-01	.22685e-01
		.22685e-01	.30247e-01	1n4			
	t						
1**							
	f0.0						
5**	f1.0						
4**							
5i	0.00						
	4.88						
	5.06						
5i	5.70						
6i	10.70						
	16.70						
12i	16.88						
	27.95						
5i	28.59						
5i	33.59						
4i	38.59						
43i	42.59						
	90.00						
26i	91.24						
	120.00						
18i	121.24						
39i	160.90						
	242.10						
2**							
39i	-180.00						
19i	-97.00						
2i	-73.66						
49i	-72.42						
5i	-35.00						
	-30.27						
12i	-29.63						
2i	-19.50						
	-16.88						
14i	-16.70						
3i	-4.90						
1i	-1.75						
1i	0.00						
3i	1.75						
14i	4.90						
	16.70						
2i	16.88						
19i	19.50						
39i	35.00						
	70.00						
7i	70.18						
	77.50						
	78.10						
9i	78.74						
69i	88.74						
	241.30						

表 D-7 DORT 入力データ (4/4)

' neutron source here					
96**					
21r1.0 164z					
t					
97**					
137z 42r1.0 155z					
t					
98**					
5.3309e-05	1.4326e-04	3.3912e-04	7.2712e-04	1.4243e-03	2.5608e-03
4.2705e-03	6.6572e-03	9.7641e-03	1.3548e-02	1.7899e-02	2.2666e-02
2.7481e-02	3.2281e-02	3.6655e-02	4.0510e-02	4.3626e-02	4.5760e-02
4.7276e-02	4.7675e-02	4.7470e-02	4.6609e-02	4.4963e-02	4.3273e-02
4.0492e-02	3.8324e-02	3.5311e-02	3.2824e-02	2.9921e-02	2.7266e-02
2.4619e-02	2.2209e-02	1.9906e-02	1.7742e-02	1.5810e-02	1.4023e-02
1.2393e-02	1.0926e-02	9.5944e-03	8.4570e-03	7.3930e-03	6.4596e-03
5.6510e-03	4.9098e-03	4.3076e-03	3.7158e-03	3.2510e-03	2.8142e-03
2.4472e-03	4.7780e-03	3.3298e-03	2.3128e-03	1.6040e-03	1.1095e-03
7.6643e-04	5.2954e-04	3.6457e-04	2.5078e-04	1.7306e-04	1.1906e-04
8.1933e-05	5.6383e-05	3.8728e-05	2.6655e-05	1.8331e-05	1.2599e-05
8.6745e-06	5.9526e-06	4.0931e-06	2.8139e-06	1.9331e-06	1.3289e-06
9.1354e-07	6.2789e-07	4.3218e-07	2.9629e-07	2.0409e-07	1.4014e-07
9.6301e-08	6.6187e-08	4.5475e-08	3.1293e-08	2.1489e-08	1.4769e-08
1.0141e-08	6.9715e-09	4.8021e-09	3.2950e-09	2.2659e-09	1.5559e-09
1.0702e-09	7.3571e-10	5.0538e-10	3.4699e-10	2.3900e-10	1.6385e-10
1.1273e-10	7.7518e-11	5.3277e-11	1.1707e-10		
t					

表 D-8 ANISN-JR の入力データ：半径方向 1 次元 (1/2)

```

0 0 0 0
1 1 0 100 100 0 0 0 0 1 0 0 5
101
1.492E+07 1.350E+07 1.221E+07 1.105E+07 1.000E+07 9.048E+06 8.187E+06 7.408E+06
6.703E+06 6.065E+06 5.488E+06 4.966E+06 4.493E+06 4.066E+06 3.679E+06 3.329E+06
3.012E+06 2.725E+06 2.466E+06 2.231E+06 2.019E+06 1.827E+06 1.653E+06 1.496E+06
1.353E+06 1.225E+06 1.108E+06 1.003E+06 9.072E+05 8.209E+05 7.427E+05 6.721E+05
6.081E+05 5.502E+05 4.979E+05 4.505E+05 4.076E+05 3.688E+05 3.337E+05 3.020E+05
2.732E+05 2.472E+05 2.237E+05 2.024E+05 1.832E+05 1.657E+05 1.500E+05 1.357E+05
1.228E+05 1.111E+05 8.652E+04 6.738E+04 5.248E+04 4.087E+04 3.183E+04 2.479E+04
1.930E+04 1.503E+04 1.171E+04 9.119E+03 7.102E+03 5.531E+03 4.307E+03 3.355E+03
2.613E+03 2.035E+03 1.585E+03 1.234E+03 9.611E+02 7.485E+02 5.829E+02 4.540E+02
3.536E+02 2.754E+02 2.145E+02 1.670E+02 1.301E+02 1.013E+02 7.889E+01 6.144E+01
4.785E+01 3.727E+01 2.902E+01 2.260E+01 1.760E+01 1.371E+01 1.068E+01 8.315E+00
6.476E+00 5.043E+00 3.928E+00 3.059E+00 2.382E+00 1.855E+00 1.445E+00 1.125E+00
8.764E-01 6.826E-01 5.316E-01 4.140E-01 1.000E-05
0 1 2 0 100 103
ANISN-Calc
'control card
15$$$
1 0 5 8 2
1 0 7 185 0
100 3 4 103 0
0 36 36 0 0
1 0 0 35 0
0 0 0 20 1
0 1 0 1 0 0
16**
2R0.00 0.0001 1.4209 3R0.0 1.15E+14 2R0.0 0.0002 F0.0
T
13$$$
'Fuel
100 101 102 103 104 105
'void
200 201 202 203 204 205
'sus
300 301 302 303 304 305
'Al
400 401 402 403 404 405
'graphite
500 501 502 503 504 505
'heavy concrete
600 601 602 603 604 605
T
17**
21R5.3309E-05 164R0.0
21R1.4326E-04 164R0.0

~ 省略 ~

21R5.3277E-11 164R0.0
21R1.1707E-10 164R0.0
T
3*
F 1.0
T
    
```

表 D-8 ANISN-JR の入力データ：半径方向 1 次元 (2/2)

1*
F 0.0
4**
'Fuel
0.000 0.813 1.627 2.440 3.253 4.067 4.880
5.060
5I 5.70
6I 10.70
16.70
'sus-Graphite
12I 16.88
27.95
'Al-Grapite
5I 28.59
5I 33.59
4I 38.59
43I 42.59
90.00
'Al-concrete
26I 91.24
120.00
18I 121.24
38I 160.90
240.07
242.10
5** F 1.0
6**
0.0 6.04938E-2 4.53704E-2 1N2 1N4
0.0 4.53704E-2 4.62962E-2 4.53704E-2 1N3
0.0 4R4.53704E-2
0.0 2R6.04938E-2
7**
-0.9759000 -0.9511897 -0.7867958 -0.5773503 -0.2182179 1M4
-0.8164965 -0.7867957 -0.5773503 -0.2182179 1M3
-0.6172134 -0.5773503 -0.2182179 1M2
-0.3086067 -0.2182179 1M1
8\$\$
21R1 1R2 13R3 1R4 61R5 1R6 87R7
9\$\$
1 13 25 19 13 19 31
19\$\$ F5
27\$\$
2 3 4 103 0
28\$\$
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40
41 42 43 44 45 46 47 48 49 50
51 52 53 54 55 56 57 58 59 60
61 62 63 64 65 66 67 68 69 70
71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
81 82 83 84 85 86 87 88 89 90
91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
T

表 D-9 ANISN-JR の入力データ：軸径方向 1 次元-ボイドモデル (2/2)

1*
F 0.0
4**
'Fuel
14I 0.00
3I 11.80
1I 14.95
1I 16.70
3I 18.45
14I 21.60
33.40
'void
2I 33.58
19I 36.20
39I 51.70
86.70
'SUS-Graphite
7I 86.88
94.20
'Al
94.80
'concrete
9I 95.44
69I 104.44
258.00
5** F 1.0
6**
0.0 6.04938E-2 4.53704E-2 1N2 1N4
0.0 4.53704E-2 4.62962E-2 4.53704E-2 1N3
0.0 4R4.53704E-2
0.0 2R6.04938E-2
7**
-0.9759000 -0.9511897 -0.7867958 -0.5773503 -0.2182179 1M4
-0.8164965 -0.7867957 -0.5773503 -0.2182179 1M3
-0.6172134 -0.5773503 -0.2182179 1M2
-0.3086067 -0.2182179 1M1
8\$\$\$
42R1 64R2 1R3 8R4 1R5 81R6
9\$\$\$
1 7 13 25 19 31
19\$\$\$ F5
27\$\$\$
2 3 4 103 0
28\$\$\$
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40
41 42 43 44 45 46 47 48 49 50
51 52 53 54 55 56 57 58 59 60
61 62 63 64 65 66 67 68 69 70
71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
81 82 83 84 85 86 87 88 89 90
91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
T

表 D-10 ANISN-JR の入力データ：軸径方向 1 次元-グラフィトモデル (1/2)

```

0 0 0 0
1 1 0 100 100 0 0 0 0 1 0 0 5
101
1.492E+07 1.350E+07 1.221E+07 1.105E+07 1.000E+07 9.048E+06 8.187E+06 7.408E+06
6.703E+06 6.065E+06 5.488E+06 4.966E+06 4.493E+06 4.066E+06 3.679E+06 3.329E+06
3.012E+06 2.725E+06 2.466E+06 2.231E+06 2.019E+06 1.827E+06 1.653E+06 1.496E+06
1.353E+06 1.225E+06 1.108E+06 1.003E+06 9.072E+05 8.209E+05 7.427E+05 6.721E+05
6.081E+05 5.502E+05 4.979E+05 4.505E+05 4.076E+05 3.688E+05 3.337E+05 3.020E+05
2.732E+05 2.472E+05 2.237E+05 2.024E+05 1.832E+05 1.657E+05 1.500E+05 1.357E+05
1.228E+05 1.111E+05 8.652E+04 6.738E+04 5.248E+04 4.087E+04 3.183E+04 2.479E+04
1.930E+04 1.503E+04 1.171E+04 9.119E+03 7.102E+03 5.531E+03 4.307E+03 3.355E+03
2.613E+03 2.035E+03 1.585E+03 1.234E+03 9.611E+02 7.485E+02 5.829E+02 4.540E+02
3.536E+02 2.754E+02 2.145E+02 1.670E+02 1.301E+02 1.013E+02 7.889E+01 6.144E+01
4.785E+01 3.727E+01 2.902E+01 2.260E+01 1.760E+01 1.371E+01 1.068E+01 8.315E+00
6.476E+00 5.043E+00 3.928E+00 3.059E+00 2.382E+00 1.855E+00 1.445E+00 1.125E+00
8.764E-01 6.826E-01 5.316E-01 4.140E-01 1.000E-05
0 1 2 0 100 103
ANISN-Calc
'control card
15$$$
1 0 5 8 2
1 0 5 197 0
100 3 4 103 0
0 36 36 0 0
1 0 0 35 0
0 0 0 20 1
0 1 0 1 0 0
16**
2R0.00 0.0001 1.4209 3R0.0 4.39E+12 2R0.0 0.0002 F0.0
T
13$$$
'Fuel
100 101 102 103 104 105
'void
200 201 202 203 204 205
'sus
300 301 302 303 304 305
'Al
400 401 402 403 404 405
'graphite
500 501 502 503 504 505
'heavy concrete
600 601 602 603 604 605
T
17**
42R5.3309E-05 155R0.0
42R1.4326E-04 155R0.0

~ 省略 ~

21R5.3277E-11 164R0.0
21R1.1707E-10 164R0.0
T
3*
F 1.0
T

```

表 D-10 ANISN-JR の入力データ：軸径方向 1 次元-グラフィトモデル (2/2)

1*
F 0.0
4**
'Fuel
14I 0.00
3I 11.80
1I 14.95
1I 16.70
3I 18.45
14I 21.60
33.40
'SUS-Graphite
2I 33.58
19I 36.20
39I 51.70
86.70
7I 86.88
94.20
'Al
94.80
'concrete
9I 95.44
69I 104.44
258.00
5** F 1.0
6**
0.0 6.04938E-2 4.53704E-2 1N2 1N4
0.0 4.53704E-2 4.62962E-2 4.53704E-2 1N3
0.0 4R4.53704E-2
0.0 2R6.04938E-2
7**
-0.9759000 -0.9511897 -0.7867958 -0.5773503 -0.2182179 1M4
-0.8164965 -0.7867957 -0.5773503 -0.2182179 1M3
-0.6172134 -0.5773503 -0.2182179 1M2
-0.3086067 -0.2182179 1M1
8\$\$
42R1 1R2 72R3 1R4 81R5
9\$\$
1 13 25 19 31
19\$\$ F5
27\$\$
2 3 4 103 0
28\$\$
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40
41 42 43 44 45 46 47 48 49 50
51 52 53 54 55 56 57 58 59 60
61 62 63 64 65 66 67 68 69 70
71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
81 82 83 84 85 86 87 88 89 90
91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
T

表 D-11 ANISN-JR の入力データ：軸径方向 1 次元-グラフィイト-AI モデル (1/2)

```

0 0 0 0
1 1 0 100 100 0 0 0 0 1 0 0 5
101
1.492E+07 1.350E+07 1.221E+07 1.105E+07 1.000E+07 9.048E+06 8.187E+06 7.408E+06
6.703E+06 6.065E+06 5.488E+06 4.966E+06 4.493E+06 4.066E+06 3.679E+06 3.329E+06
3.012E+06 2.725E+06 2.466E+06 2.231E+06 2.019E+06 1.827E+06 1.653E+06 1.496E+06
1.353E+06 1.225E+06 1.108E+06 1.003E+06 9.072E+05 8.209E+05 7.427E+05 6.721E+05
6.081E+05 5.502E+05 4.979E+05 4.505E+05 4.076E+05 3.688E+05 3.337E+05 3.020E+05
2.732E+05 2.472E+05 2.237E+05 2.024E+05 1.832E+05 1.657E+05 1.500E+05 1.357E+05
1.228E+05 1.111E+05 8.652E+04 6.738E+04 5.248E+04 4.087E+04 3.183E+04 2.479E+04
1.930E+04 1.503E+04 1.171E+04 9.119E+03 7.102E+03 5.531E+03 4.307E+03 3.355E+03
2.613E+03 2.035E+03 1.585E+03 1.234E+03 9.611E+02 7.485E+02 5.829E+02 4.540E+02
3.536E+02 2.754E+02 2.145E+02 1.670E+02 1.301E+02 1.013E+02 7.889E+01 6.144E+01
4.785E+01 3.727E+01 2.902E+01 2.260E+01 1.760E+01 1.371E+01 1.068E+01 8.315E+00
6.476E+00 5.043E+00 3.928E+00 3.059E+00 2.382E+00 1.855E+00 1.445E+00 1.125E+00
8.764E-01 6.826E-01 5.316E-01 4.140E-01 1.000E-05
0 1 2 0 100 103
ANISN-Calc
'control card
15$$$
1 0 5 8 2
1 0 7 179 0
100 3 4 103 0
0 36 36 0 0
1 0 0 35 0
0 0 0 20 1
0 1 0 1 0 0
16**
2R0.00 0.0001 1.4209 3R0.0 4.39E+12 2R0.0 0.0002 F0.0
T
13$$$
'Fuel
100 101 102 103 104 105
'void
200 201 202 203 204 205
'sus
300 301 302 303 304 305
'Al
400 401 402 403 404 405
'graphite
500 501 502 503 504 505
'heavy concrete
600 601 602 603 604 605
T
17**
42R5.3309E-05 137R0.0
42R1.4326E-04 137R0.0

~ 省略 ~

21R5.3277E-11 164R0.0
21R1.1707E-10 164R0.0
T
3*
F 1.0
T

```

表 D-11 ANISN-JR の入力データ：軸径方向 1 次元-グラファイト-AI モデル (2/2)

1*
F 0.0
4**
'Fuel
14I 0.00
3I 11.80
1I 14.95
1I 16.70
3I 18.45
14I 21.60
33.40
'SUS-Graphite
2I 33.58
12I 36.20
46.33
'Al-Graphite
5I 46.97
49I 51.70
2I 89.12
'Al-concrete
19I 90.36
39I 113.70
196.70
5** F 1.0
6**
0.0 6.04938E-2 4.53704E-2 1N2 1N4
0.0 4.53704E-2 4.62962E-2 4.53704E-2 1N3
0.0 4R4.53704E-2
0.0 2R6.04938E-2
7**
-0.9759000 -0.9511897 -0.7867958 -0.5773503 -0.2182179 1M4
-0.8164965 -0.7867957 -0.5773503 -0.2182179 1M3
-0.6172134 -0.5773503 -0.2182179 1M2
-0.3086067 -0.2182179 1M1
8\$\$\$
42R1 1R2 16R3 1R4 56R5 3R6 60R7
9\$\$\$
1 13 25 19 25 19 31
19\$\$\$ F5
27\$\$\$
2 3 4 103 0
28\$\$\$
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40
41 42 43 44 45 46 47 48 49 50
51 52 53 54 55 56 57 58 59 60
61 62 63 64 65 66 67 68 69 70
71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
81 82 83 84 85 86 87 88 89 90
91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
T

表 D-12 GIP 入力データ：混合物質の巨視的断面積を作成

```

gip input for JRR-1
1$$
140 3 4 143 136 0 36 92 0 3
0 0 2 e
t
13$$
1 2 3 4 7 8 9 10 13 14 15 16 19 20 21 22
25 26 27 28 31 32 33 34 37 38 39 40 43 44 45 46
49 50 51 52
10$$
37 38 39 40 4q4
41 42 43 44 1q4
45 46 47 48 1q4
49 50 51 52 1q4
53 54 55 56 1q4
57 58 59 60 1q4
61 62 63 64 1q4
65 66 67 68 1q4
69 70 71 72 1q4
73 74 75 76 1q4
77 78 79 80 1q4
81 82 83 84 1q4
85 86 87 88 1q4
89 90 91 92 4q4
11$$
4r0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
4r0 13 14 15 16
4r0 21 22 23 24
4r0 13 14 15 16
4r0 9 10 11 12
4r0 17 18 19 20
4r0 29 30 31 32
4r0 25 26 27 28
4r0 29 30 31 32
4r0 21 22 23 24
4r0 9 10 11 12
4r0 17 18 19 20
4r0 33 34 35 36
4r0 1 2 3 4 5 6 7 8 17 18 19 20 21 22 23 24
12**
4z 4r0.89626 4r0.00891 4r0.06546 4r0.02936
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r1.00
4z 4r0.9695 4r0.0112 4r0.0078 4r0.0115
t
    
```

表 D-13 GIP 入力データ：単一物質の巨視的断面積を作成

gip input for JRR-1									
1\$\$									
140	3	4	143	0	0	54	54	0	5
1	0	2	e						
t									
13\$\$									
1	2	3	4	5	6				
7	8	9	10	11	12				
13	14	15	16	17	18				
19	20	21	22	23	24				
25	26	27	28	29	30				
31	32	33	34	35	36				
37	38	39	40	41	42				
43	44	45	46	47	48				
49	50	51	52	53	54				
t									

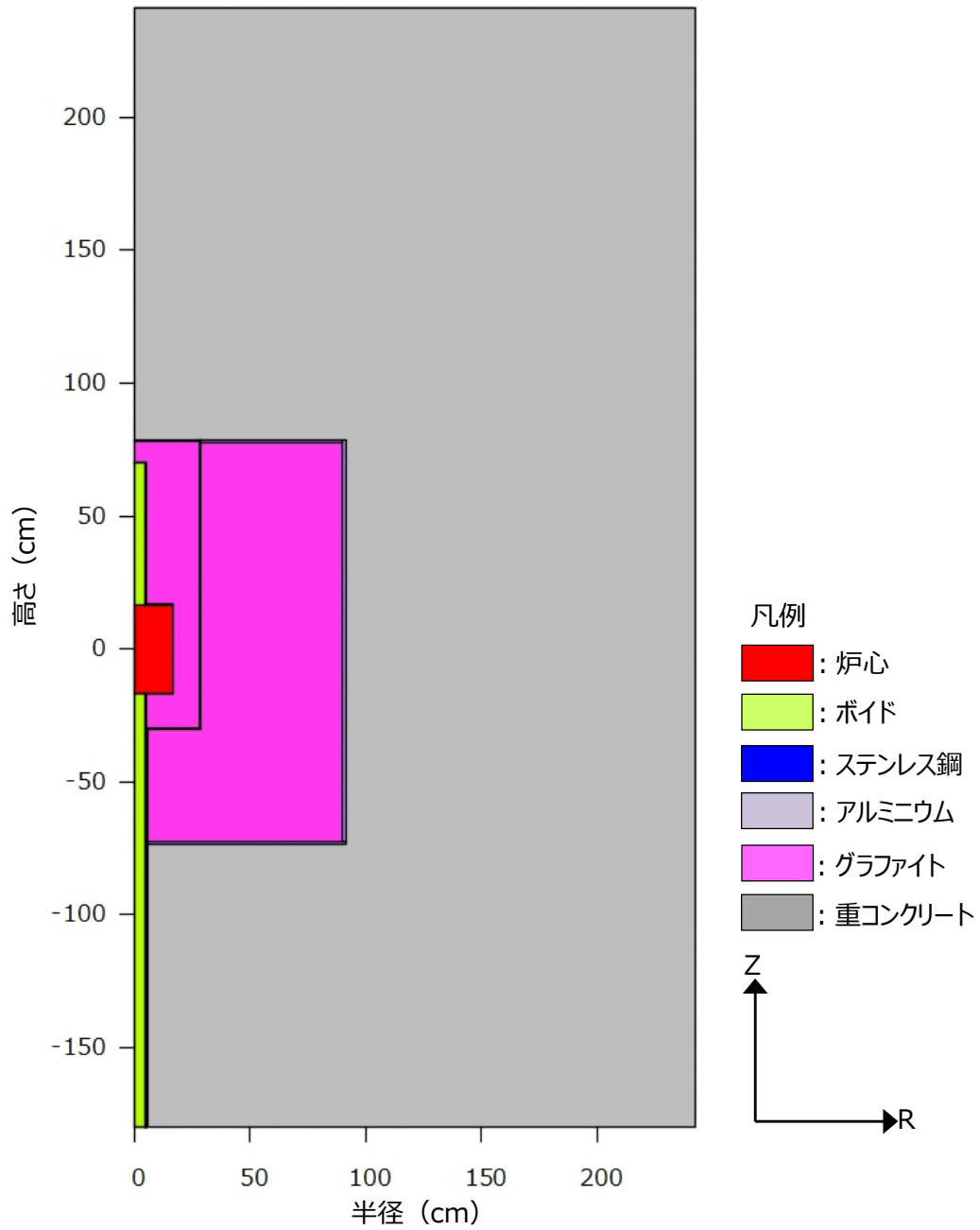


図 D-1 DORT の計算体系：全体図

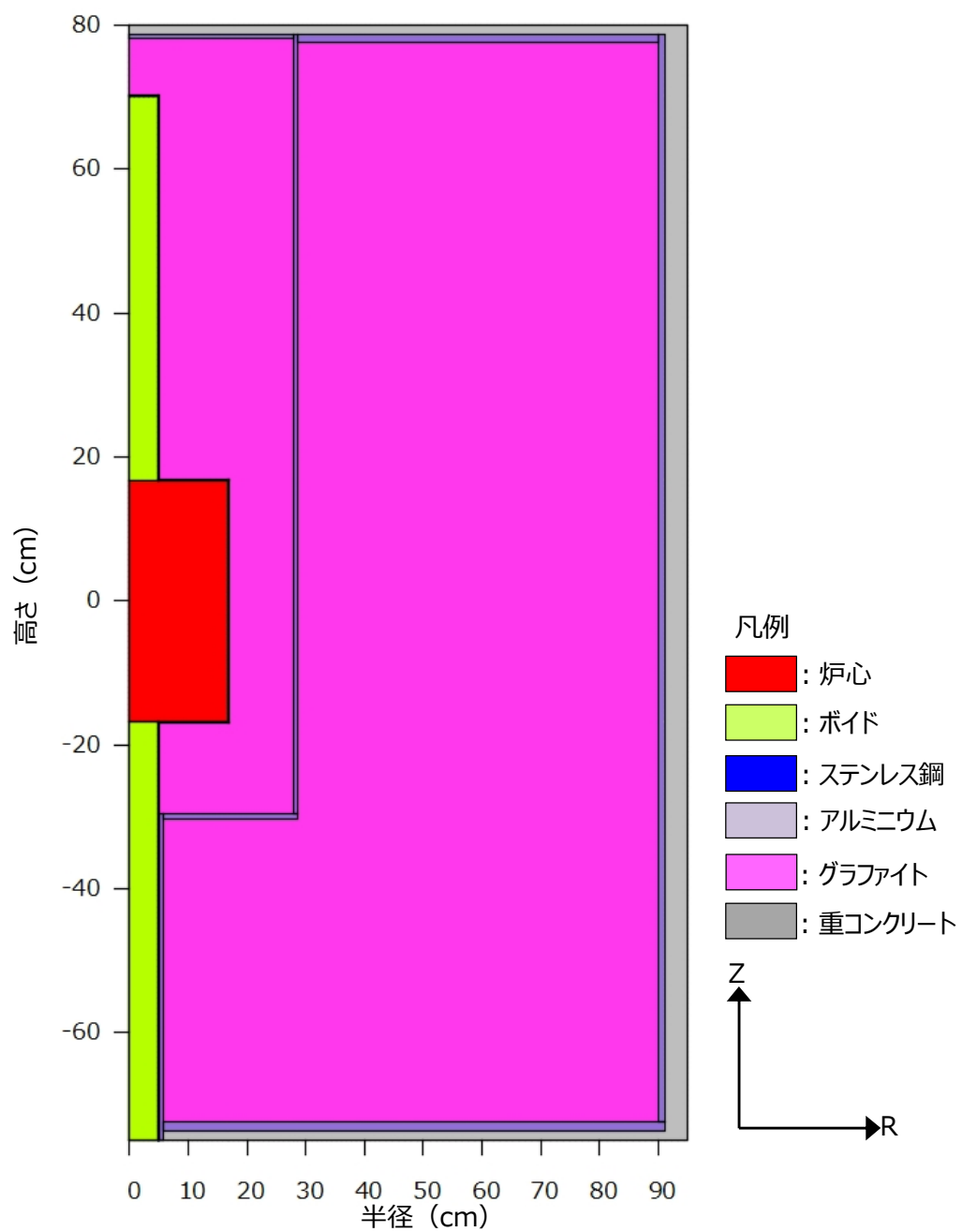


図 D-2 DORT の計算体系：炉心周辺拡大図

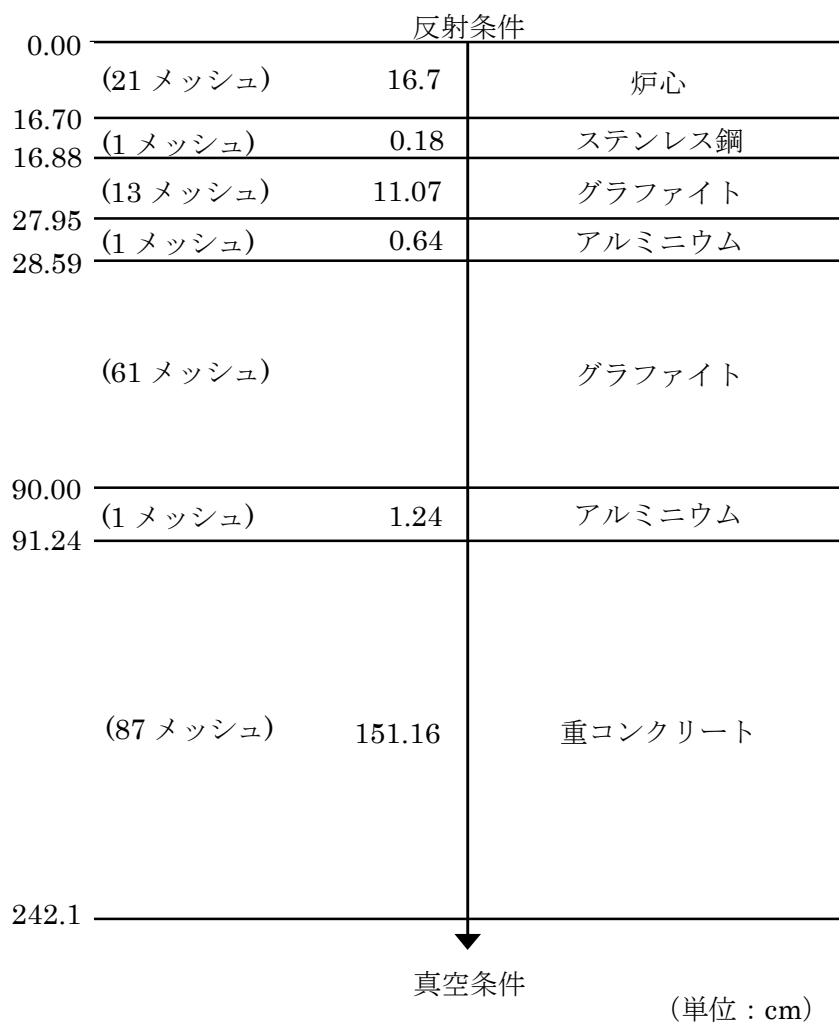


図 D-3 ANISN-JR の計算体系 : 半径方向 1 次元

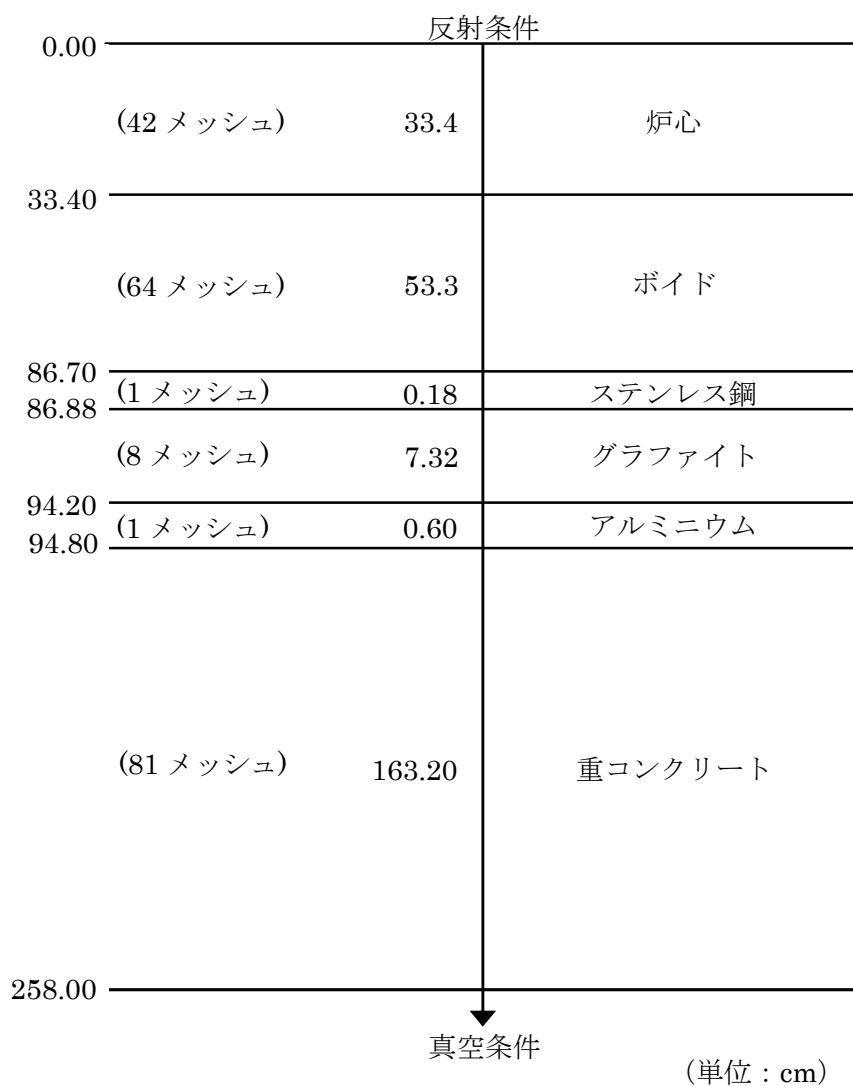


図 D-4 ANISN-JR の計算体系 : 軸方向 1 次元 - グラファイトモデル

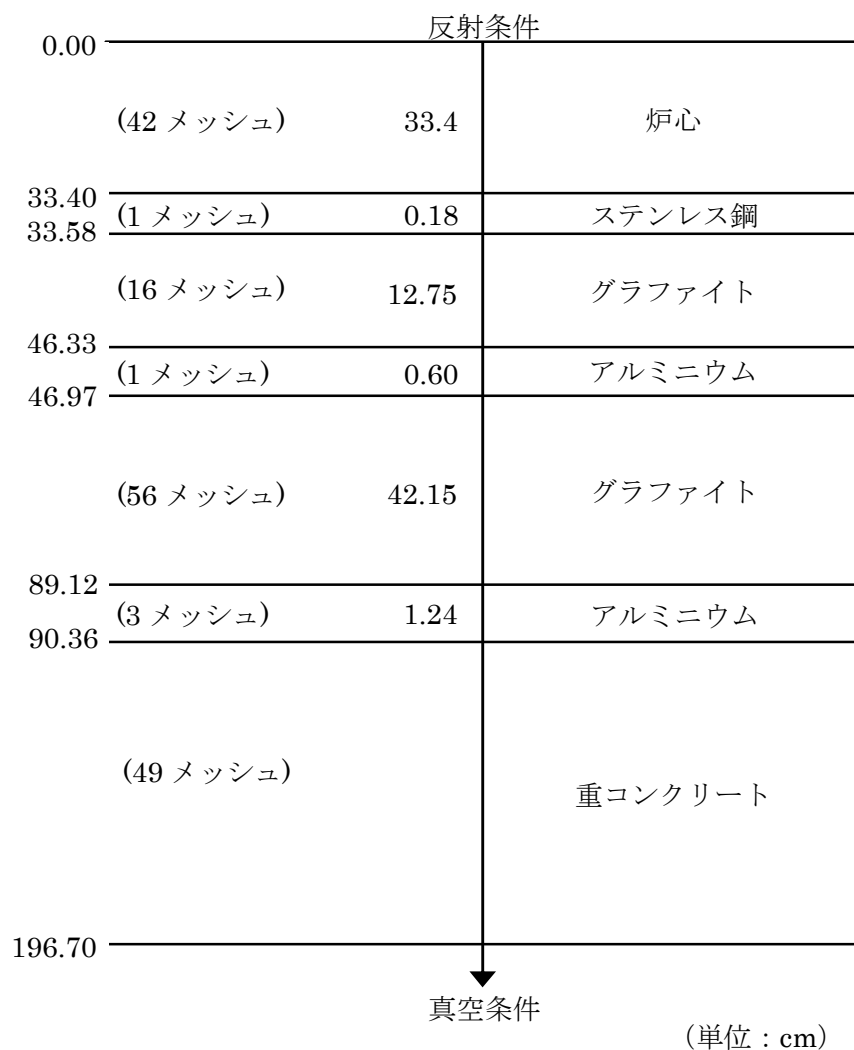


図 D-5 ANISN-JR の計算体系 : 軸方向 1 次元ーボイドモデル

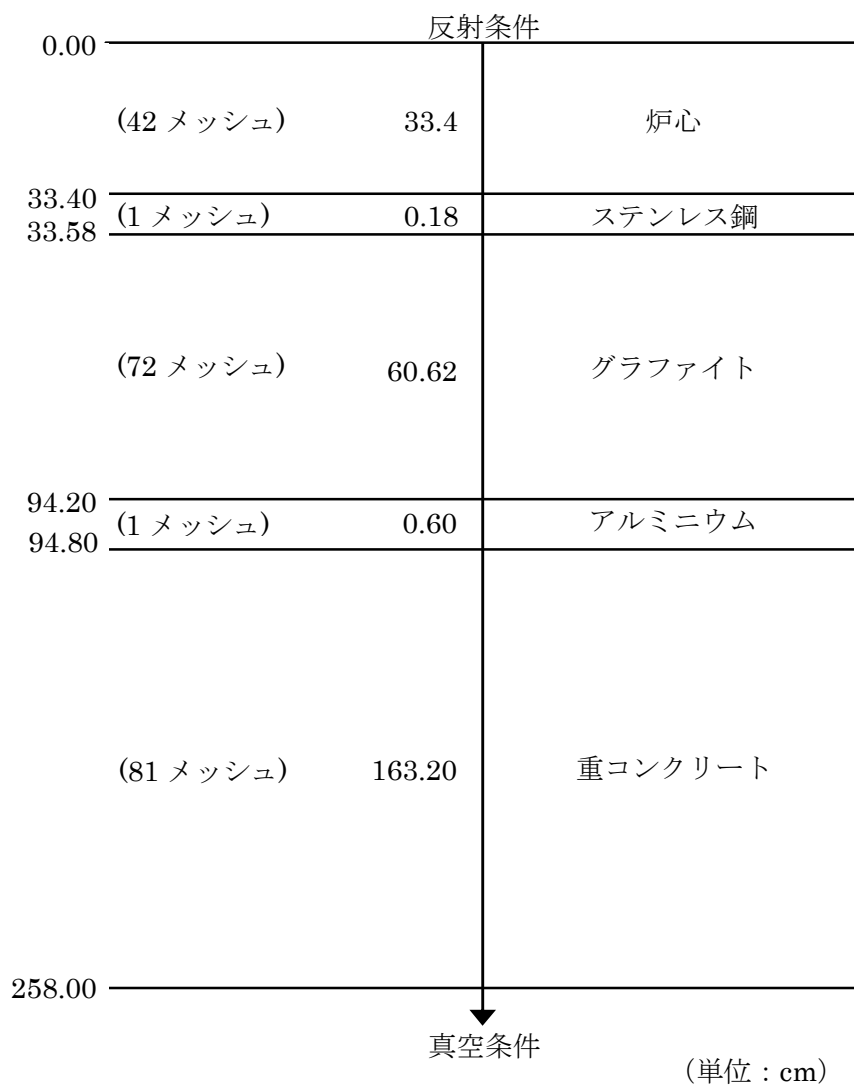
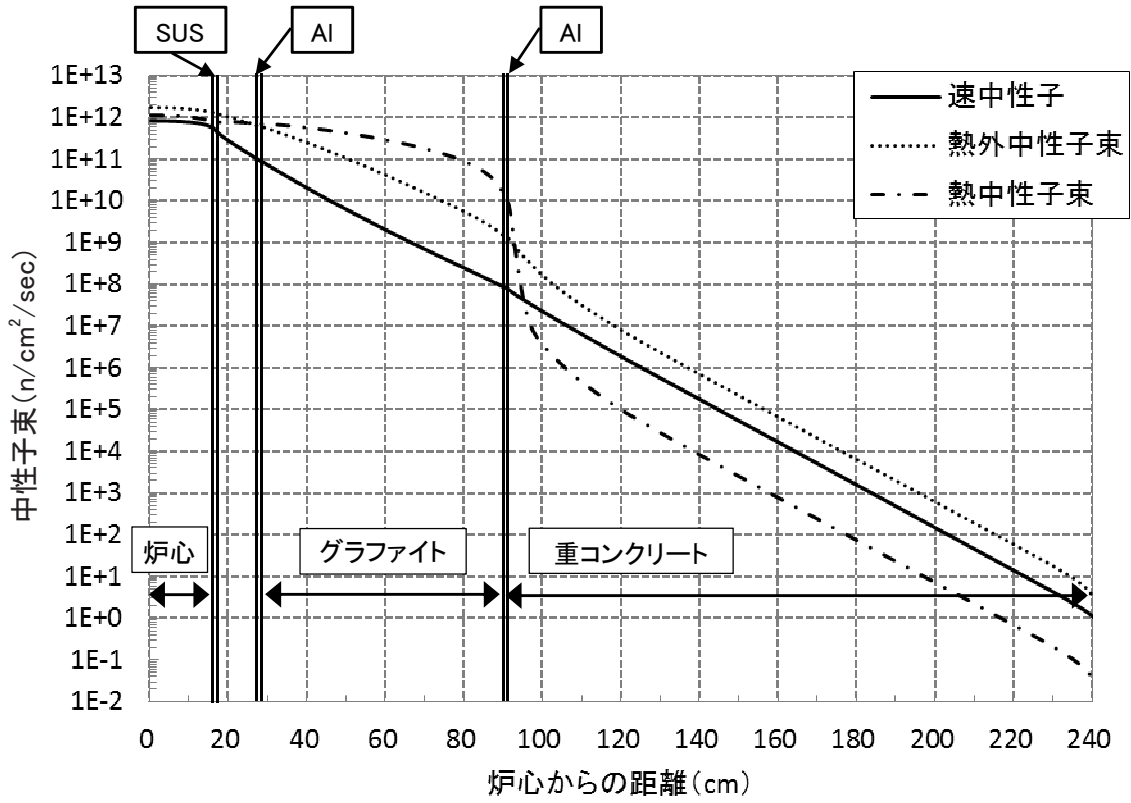
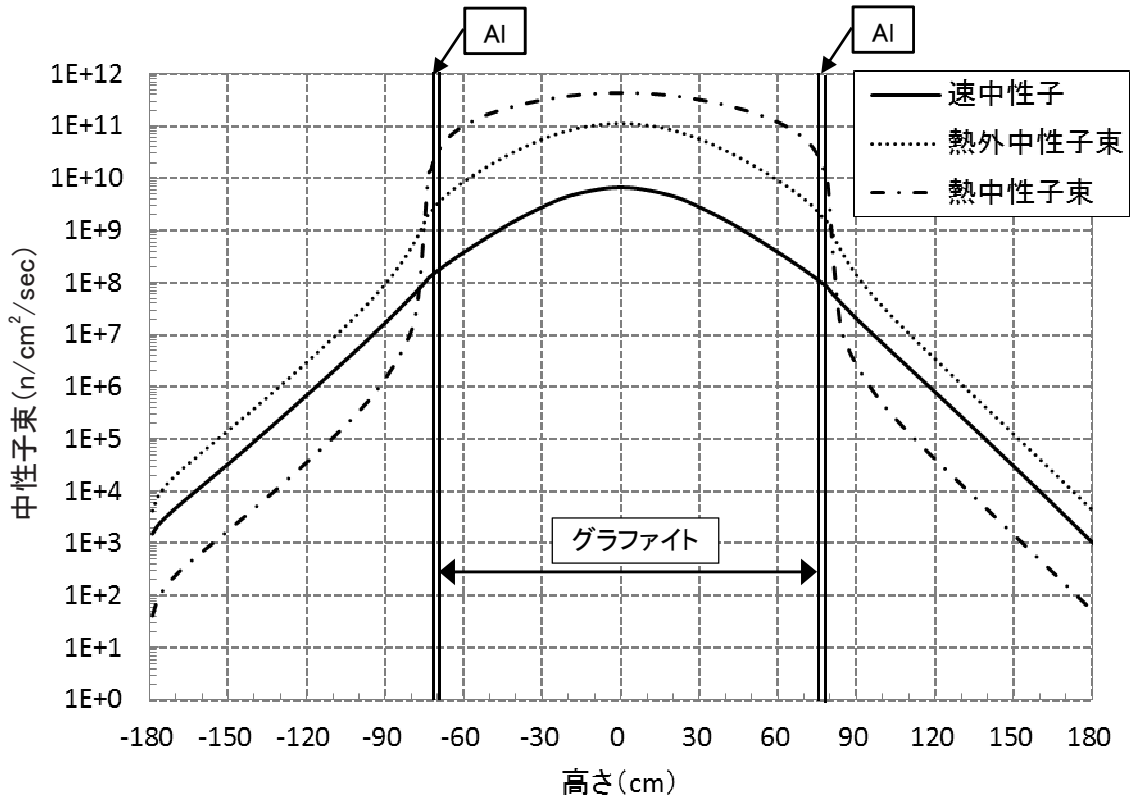


図 D-6 ANISN-JR の計算体系 : 軸方向 1 次元 - アルミニウムモデル



(1) 半径方向の中性子束 ($z = 0\text{cm}$)



(2) 高さ方向の中性子束 ($r = 50\text{cm}$)

図 D-7 中性子束計算ツール：2次元計算 (DORT) の評価結果

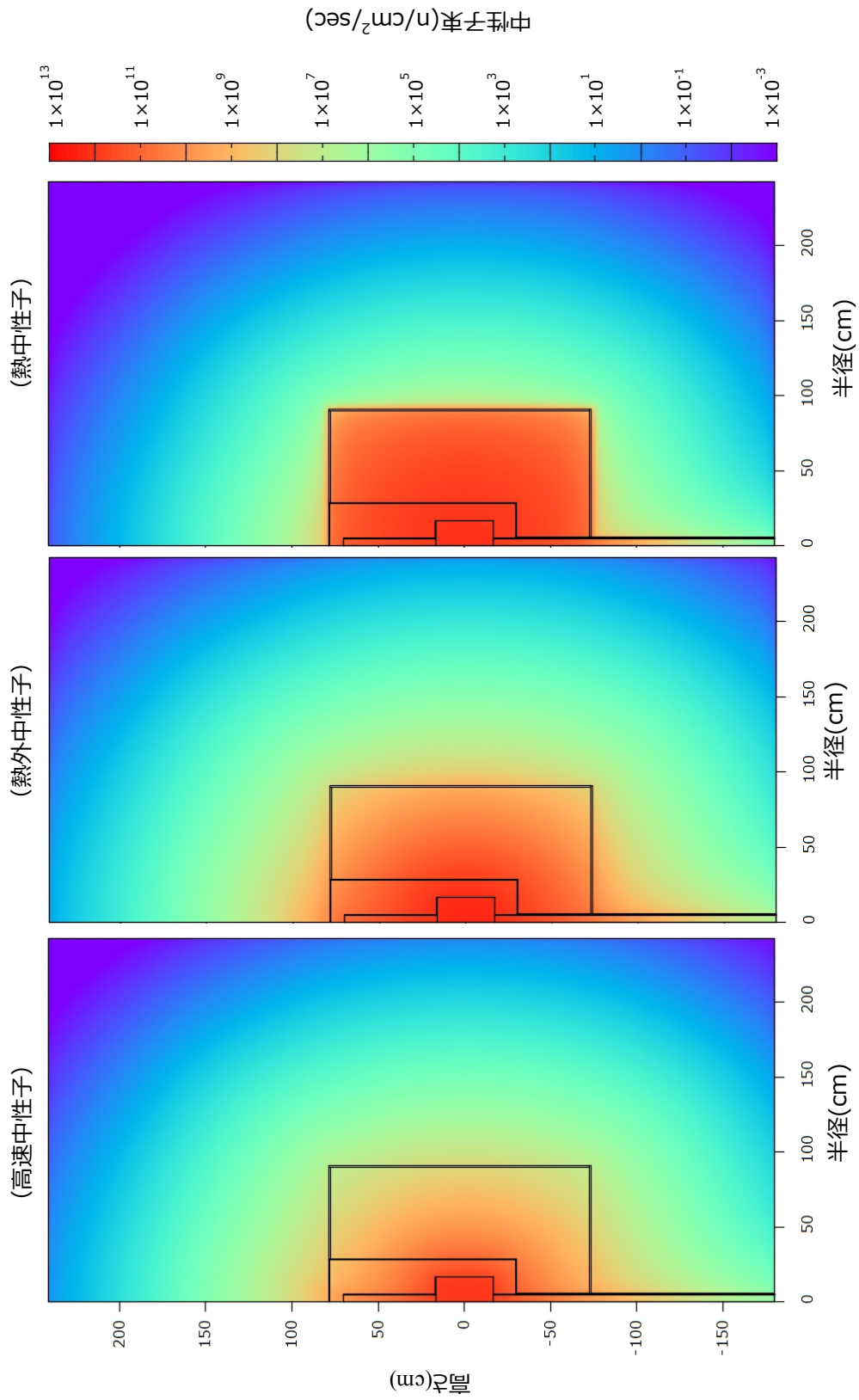
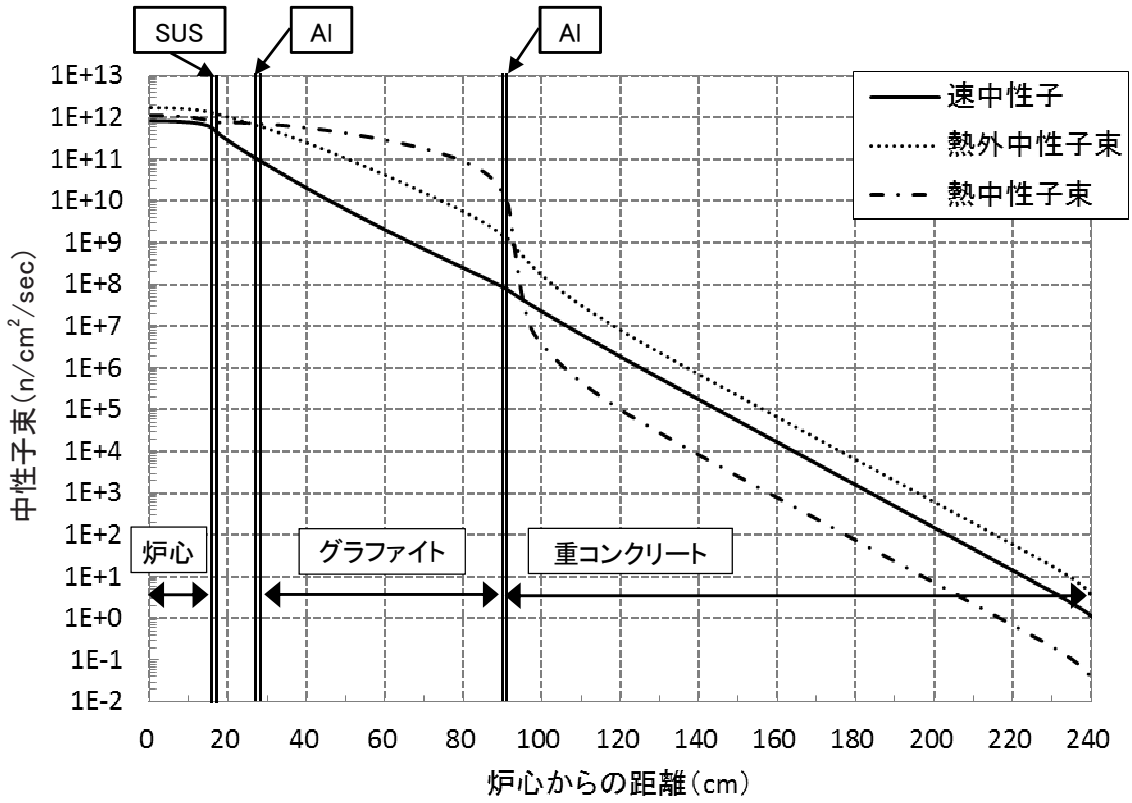
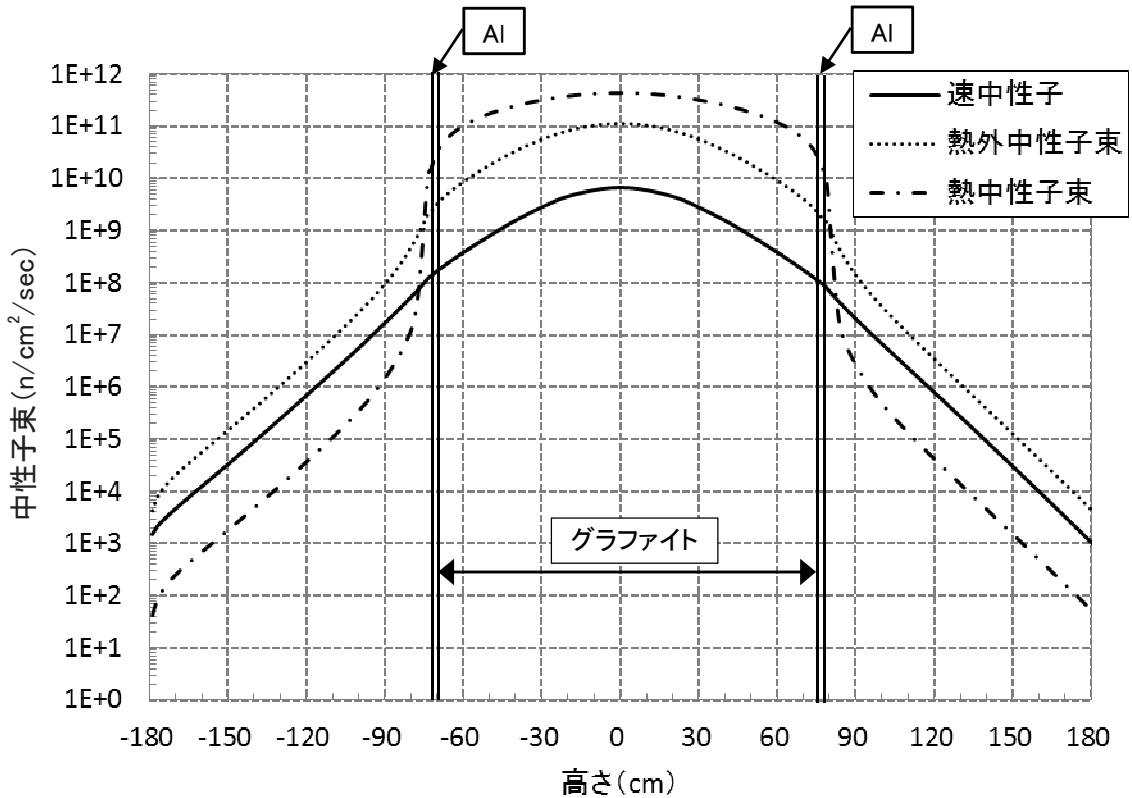


図 D-8 2次元計算 (DORT) の中性子束分布

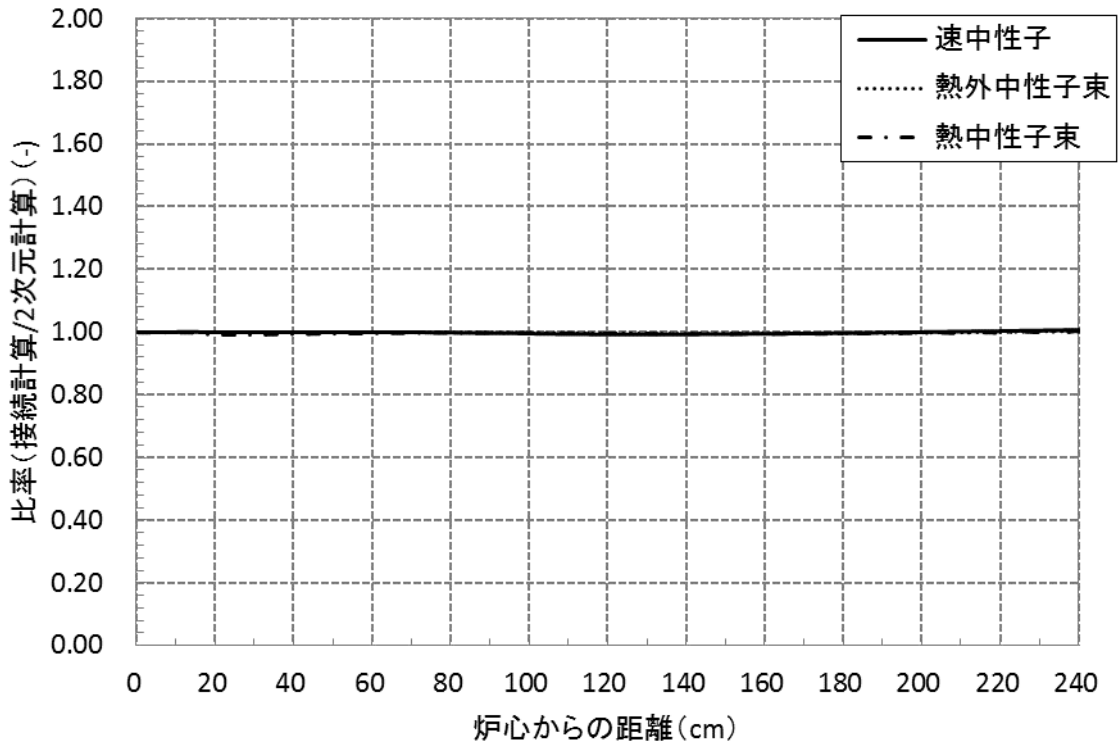


(1) 半径方向の中性子束 ($z = 0\text{cm}$)

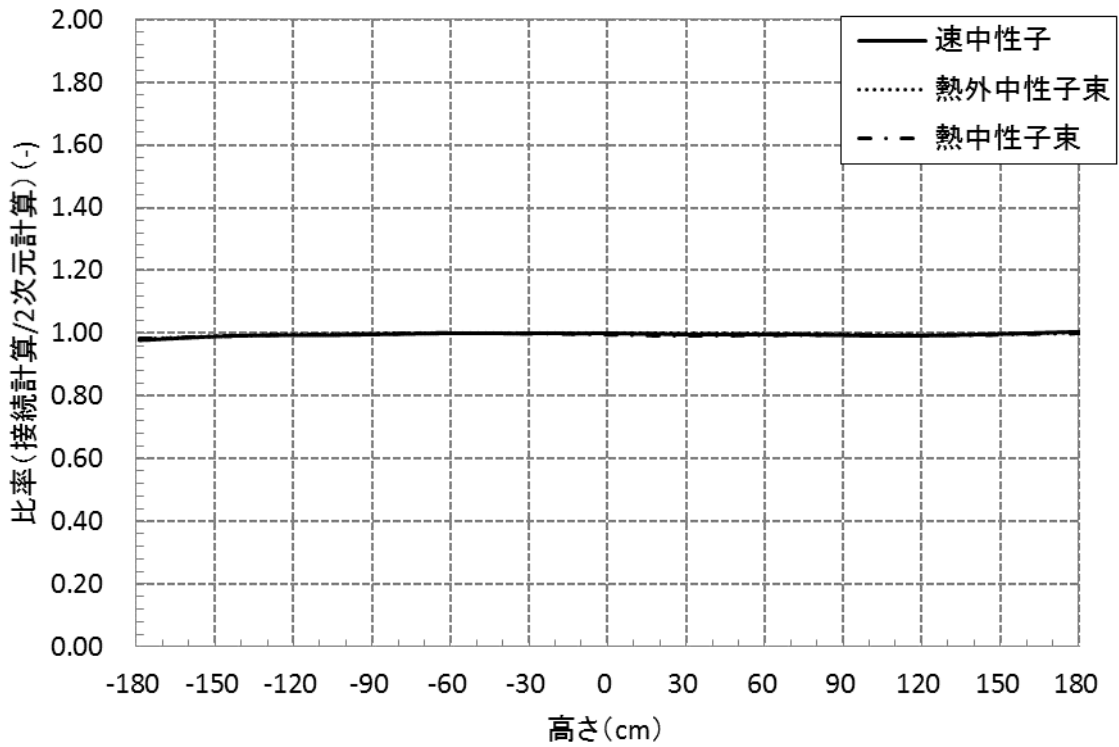


(2) 高さ方向の中性子束 ($r = 50\text{cm}$)

図 D-9 中性子束計算ツール：接続計算 (ANISN-DORT) の評価結果

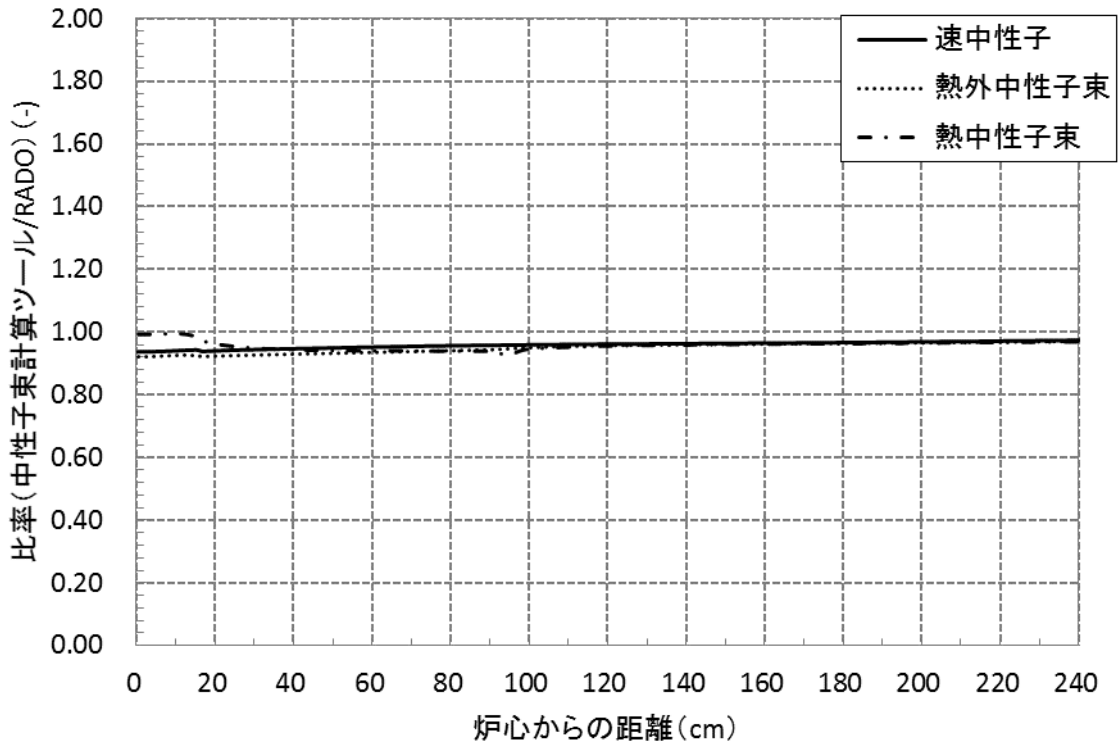


(1) 半径方向の中性子束 ($z = 0\text{cm}$)

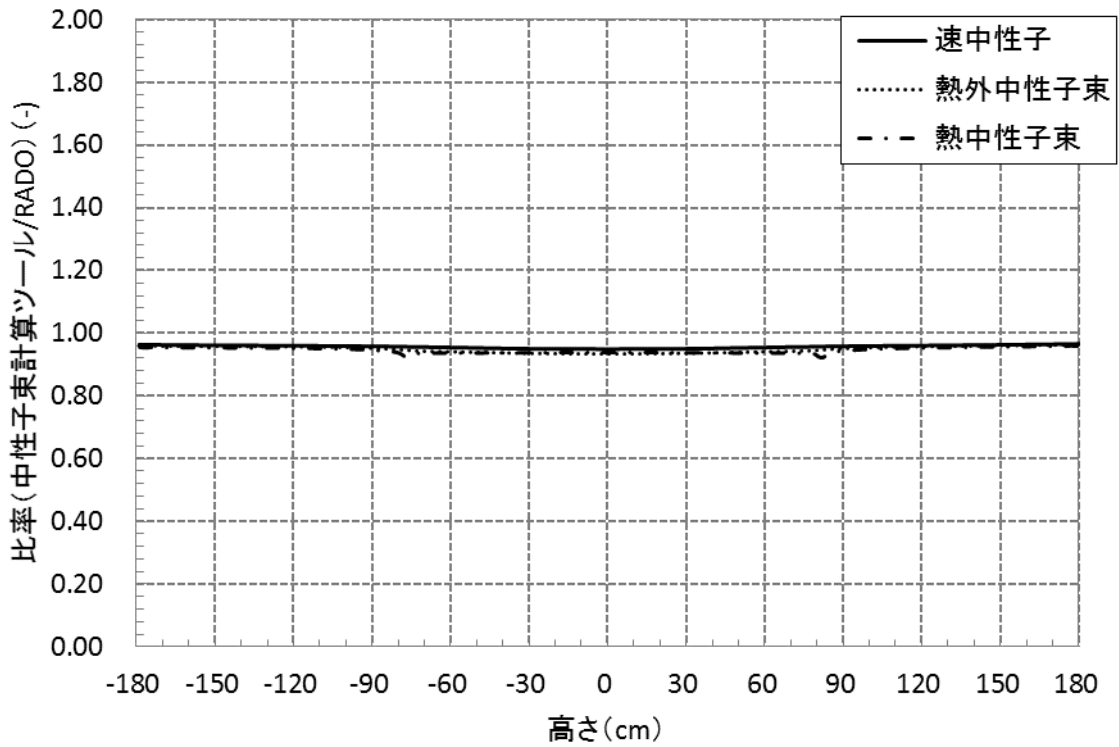


(2) 高さ方向の中性子束 ($r = 50\text{cm}$)

図 D-10 中性子束計算ツール：接続計算と2次元計算の中性子束の比率

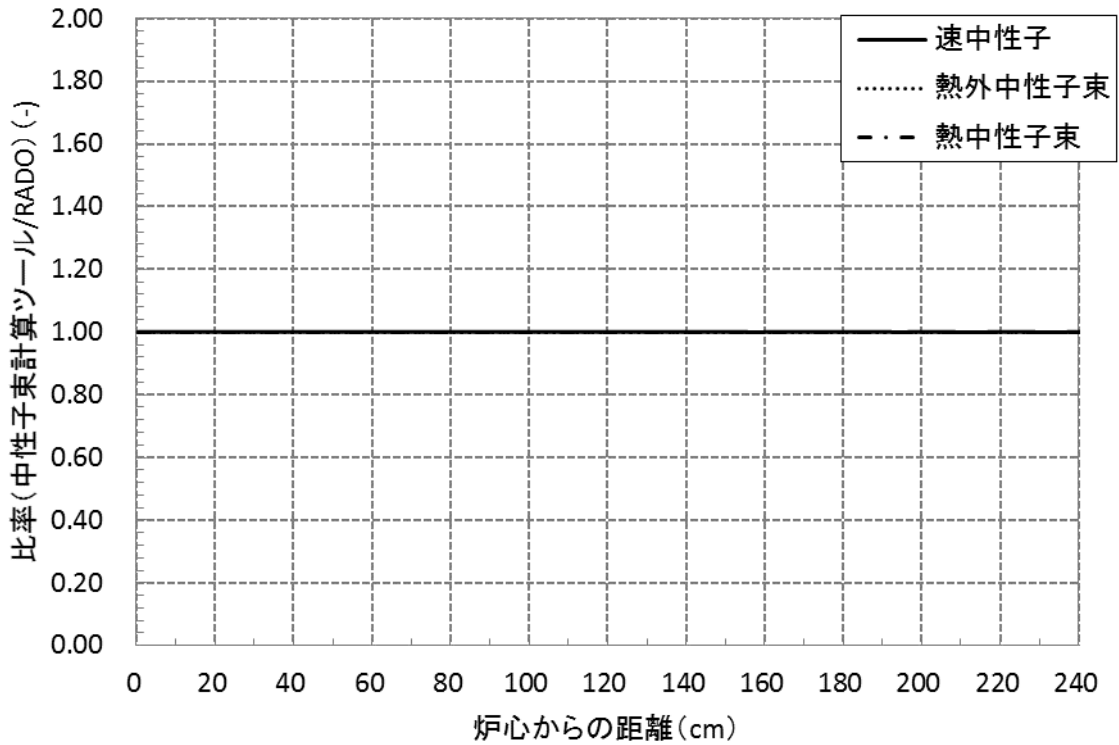


(1) 半径方向の中性子束 ($z = 0\text{cm}$)

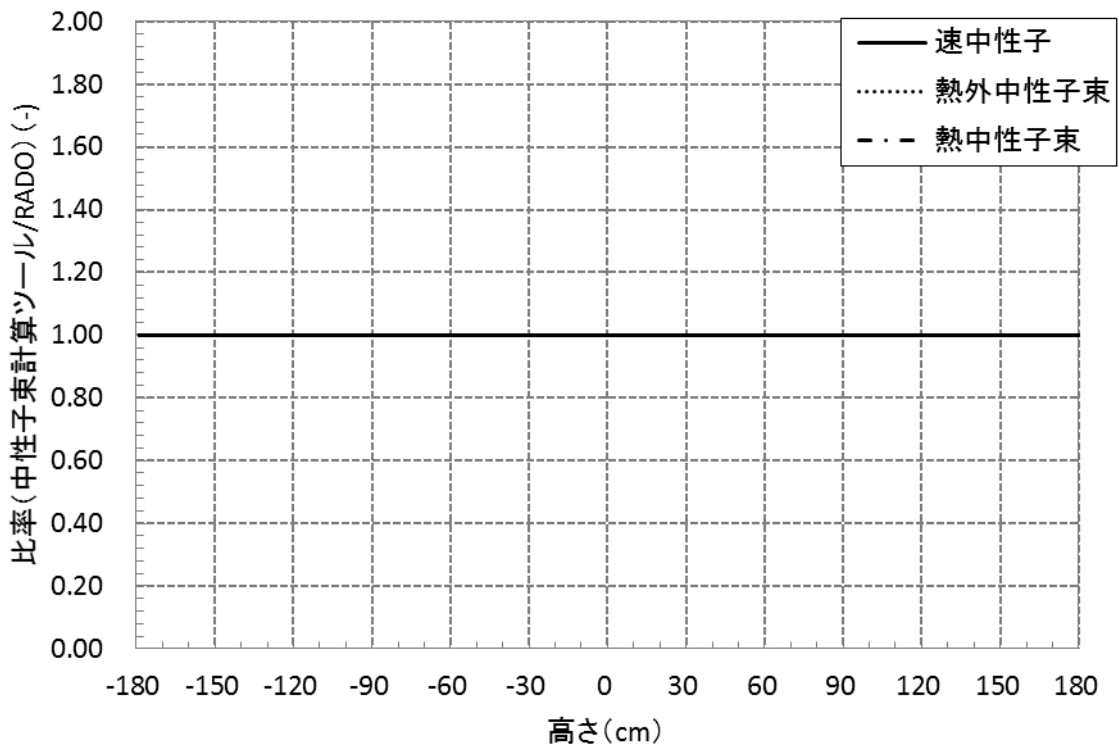


(2) 高さ方向の中性子束 ($r = 50\text{cm}$)

図 D-11 中性子束計算ツールと RADO の比率 (その 1)



(1) 半径方向の中性子束 ($z = 0\text{cm}$)



(2) 高さ方向の中性子束 ($r = 50\text{cm}$)

図 D-12 中性子束計算ツールと RADO の比率 (その 2)

国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	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량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の)	1
比透磁率 ^(b)	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(e)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	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	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m ² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光照射量	ルーメン	lm	cd sr ^(e)	cd
放射線量	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ = s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² = s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電荷密度	ジュール毎立方メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ = m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ = kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表5. SI接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクタ	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ¹² cm ²) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的關係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エル	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π)A m ⁻¹

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応關係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

