

JAERI-Data/Code  
94-004



PC用中性子遮蔽計算のための  
点減衰核積分計算コード：  
PKN-PC

1994年7月

小手川洋・坂本幸夫・中根佳弘・富田賢一\*・黒沢直弘\*

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

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

This report is issued irregularly.

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

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1994

編集兼発行 日本原子力研究所  
印 刷 いばらき印刷(株)

pc用中性子遮蔽計算のための点減衰核積分計算コード:

PKN-pc

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部

小手川 洋・坂本 幸夫・中根 佳弘

富田 賢一\*・黒沢 直弘\*

(1994年6月13日受理)

中性子線源に対する水、コンクリート、鉄中での中性子と2次 $\gamma$ 線の線量当量を評価するための点減衰核積分計算コードPKNをパーソナル・コンピュータで利用するためのパソコン版PKN-pcを作成した。

PKN-pcコードでは、14MeVから0.01MeVまでの単色中性子もしくは、 $^{252}\text{Cf}$  または、 $^{241}\text{Am}$ -Be中性子の点等方線源の集合体で表される体積線源に対し、2次曲面で表現できる3次元体系での水、コンクリート、鉄の単層もしくは、多重層中での中性子と2次 $\gamma$ 線の1cm線量当量計算が可能である。

またPKN-pcでは、簡単操作で対話形式のデータ入力、図形化された体系形状の入力が出来る他、図形化された計算結果が数値データと共に得られる機能を有している。

Neutron Shielding Point Kernel Integral Calculation Code  
for Personal Computer: PKN-pc

Hiroshi KOTEGAWA, Yukio SAKAMOTO, Yoshihiro NAKANE  
Ken-ichi TOMITA\* and Naohiro KUROSAWA\*

Department of Reactor Engineering  
Tokai Research Establishment  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received June 13, 1994)

A personal computer version of PKN code, PKN-pc, has been developed to calculate neutron and secondary gamma-ray 1cm depth dose equivalents in water, ordinary concrete and iron for neutron source. Characteristics of PKN code are, to able to calculate dose equivalents in multi-layer three-dimensional system, which are described with two-dimensional surface, for monoenergetic neutron source from 0.01 to 14.9 MeV,  $^{252}\text{Cf}$  fission and  $^{241}\text{Am}$ -Be neutron source quick and easily.

In addition to these features, the PKN-pc is possible to process interactive input and to get graphical system configuration and graphical results easily.

Keywords: Point Kernel Code, PKN-pc, Point Isotropic Neutron Source, Neutron, Secondary Gamma-ray, Dose Equivalent, Water, Ordinary Concrete, Iron

---

\* VIC Inc. Company

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 基本式及び点減衰核データ .....	1
2.1 基本式 .....	1
2.2 点減衰核データ .....	2
2.3 多重層計算法 .....	2
2.4 無限媒質効果 .....	2
3. PKN-pcの特徴と構成 .....	3
3.1 PKN-pcの特徴 .....	3
3.2 システム構成 .....	3
4. 操作法 .....	7
4.1 システム管理メニューの起動 .....	7
4.2 入力データ作成法 .....	7
4.2.1 タイトルの入力 .....	10
4.2.2 計算体系の設定 .....	10
4.2.3 線源形状の設定 .....	16
4.2.4 線源分布の設定 .....	19
4.2.5 評価点の設定 .....	23
4.2.6 終了 .....	30
4.3 計算の実行 .....	31
4.4 作図の実行 .....	33
4.4.1 一次元図出力 .....	33
4.4.2 等高線図出力 .....	35
4.5 計算結果の印刷の実行 .....	37
4.6 計算結果の保存 .....	37
5. 出力の説明と例題 .....	38
5.1 出力情報の説明 .....	38
5.2 例題集 .....	39
6. PKN-pcコード使用上の問題点 .....	66
7. むすび .....	67
参考文献 .....	67
付 録 .....	68

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Calculational Method and Point Kernel Data .....	1
2.1 Basic Formula .....	1
2.2 Point Kernel Attenuation Data .....	2
2.3 Calculational Method for Multilayer Shield .....	2
2.4 Infinite Medium Effect .....	2
3. Character and Structure of PKN-pc .....	3
3.1 Character of PKN-pc .....	3
3.2 Structure of System .....	3
4. Interactive Operation .....	7
4.1 Run of System-control-menu .....	7
4.2 Preparation of Input Data .....	7
4.2.1 Input of Title .....	10
4.2.2 Setup of Calculational System .....	10
4.2.3 Setup of Source Spacial Structure .....	16
4.2.4 Setup of Source Spectrum .....	19
4.2.5 Setup of Estimation Points .....	23
4.2.6 End of Job .....	30
4.3 Execution of Calculation .....	31
4.4 Execution of Graphics .....	33
4.4.1 Printout of One-dimensional Graph .....	33
4.4.2 Printout of Two-dimensional Contour .....	35
4.5 Printout of Graphic Results .....	37
4.6 Store of Calculational Results .....	37
5. Output and Sample Problems .....	38
5.1 Output Information .....	38
5.2 Sample Problems .....	39
6. Remarks on the Use of PKN-pc Code .....	66
7. Summary .....	67
References .....	67
Appendix .....	68

## 1. はじめに

中性子線源の遮蔽材中での中性子及び2次 $\gamma$ 線の線量当量を計算するためには、多くの場合ディスクリット・オーディネイト輸送計算コードやモンテカルロ輸送計算コードを用いなければならない。そして輸送計算コードを利用するには専門的な知識と経験、さらには大型計算機を必要とする。他方、原子力に限らず、工業、医療、生物等の多分野で、中性子線源の利用が年々増える傾向にあり、より簡便な遮蔽設計計算法に対する需要が急増している。

そこでこうした要求に応えるため、単色エネルギー中性子線源からの水、コンクリート、鉄中での中性子と2次 $\gamma$ 線の線量当量の減衰率を利用した点減衰核積分計算コードPKN<sup>1),2)</sup>をパーソナル・コンピュータ上で動かせるパソコン版PKN-pcを作成した。

PKNコードの特徴は、1.4 MeVから0.01 MeVまでの単色中性子もしくは、<sup>252</sup>Cfまたは、<sup>241</sup>Am-Be中性子の点等方線源の集合体で表される体積線源に対し、2次元曲面で表現できる3次元体系での水、コンクリート、鉄の単層もしくは、多重層中での中性子と2次 $\gamma$ 線の1 cm線量当量計算が可能であり、このコードで計算した線量当量は1次元輸送計算コードANISN<sup>3)</sup>で計算した計算精度とほぼ同程度の計算精度を有している。またPKNでは、1次元輸送計算コードでは計算できない単純な3次元体系での計算が可能である。この他PKN-pcでは、簡便化された操作で、対話形式の情報入力、図形化された体系形状や、図形化された計算結果が容易に得られるなど、pcならではの機能もついている。

次の第2章では、PKNの基本式について記述し、第3章では、PKN-pcのシステム構成を明示している。第4章では、PKN-pcの操作方法について説明し、第5章では、入力データ作成の手がかりになるいくつかの例題を掲げ、第6章では、PKN-pc使用上の問題点について述べ、最終章では、まとめを行う。

## 2. 基本式及び点減衰核データ

2.1 基本式<sup>1),2)</sup>

PKNでは単一の遮蔽体中のある任意の点(評価点)  $r_R$ での中性子及び2次 $\gamma$ 線線量当量  $H(r_R)$  は、次式で表現される。

$$H(r_R) = \sum_i S_i \times \sum_j S_j \times \exp\left(\sum_{m=1}^5 a_{mj} \times |r_1 - r_R|^{m-1}\right) \frac{1}{4\pi |r_1 - r_R|^2} \quad (1)$$

## 1. はじめに

中性子線源の遮蔽材中での中性子及び2次 $\gamma$ 線の線量当量を計算するためには、多くの場合ディスクリット・オーディネイト輸送計算コードやモンテカルロ輸送計算コードを用いなければならない。そして輸送計算コードを利用するには専門的な知識と経験、さらには大型計算機を必要とする。他方、原子力に限らず、工業、医療、生物等の多分野で、中性子線源の利用が年々増える傾向にあり、より簡便な遮蔽設計計算法に対する需要が急増している。

そこでこうした要求に応えるため、単色エネルギー中性子線源からの水、コンクリート、鉄中での中性子と2次 $\gamma$ 線の線量当量の減衰率を利用した点減衰核積分計算コードPKN<sup>1),2)</sup>をパーソナル・コンピュータ上で動かせるパソコン版PKN-pcを作成した。

PKNコードの特徴は、1.4 MeVから0.01 MeVまでの単色中性子もしくは、<sup>252</sup>Cfまたは、<sup>241</sup>Am-Be中性子の点等方線源の集合体で表される体積線源に対し、2次曲面で表現できる3次元体系での水、コンクリート、鉄の単層もしくは、多重層中での中性子と2次 $\gamma$ 線の1 cm線量当量計算が可能であり、このコードで計算した線量当量は1次元輸送計算コードANISN<sup>3)</sup>で計算した計算精度とほぼ同程度の計算精度を有している。またPKNでは、1次元輸送計算コードでは計算できない単純な3次元体系での計算が可能である。この他PKN-pcでは、簡便化された操作で、対話形式の情報入力、図形化された体系形状や、図形化された計算結果が容易に得られるなど、pcならではの機能もついている。

次の第2章では、PKNの基本式について記述し、第3章では、PKN-pcのシステム構成を明示している。第4章では、PKN-pcの操作方法について説明し、第5章では、入力データ作成の手がかりになるいくつかの例題を掲げ、第6章では、PKN-pc使用上の問題点について述べ、最終章では、まとめを行う。

## 2. 基本式及び点減衰核データ

2.1 基本式<sup>1),2)</sup>

PKNでは単一の遮蔽体中のある任意の点(評価点)  $r_R$ での中性子及び2次 $\gamma$ 線線量当量  $H(r_R)$  は、次式で表現される。

$$H(r_R) = \sum_i S_i \times \sum_j S_j \times \exp\left(\sum_{m=1}^5 a_{mj} \times |r_i - r_R|^{m-1}\right) \frac{1}{4\pi |r_i - r_R|^2} \quad (1)$$



ここで、 $S_i$ 、 $S_j$ は線源中性子の空間分布及びエネルギー分布で、2つの和は線源体積全体 ( $i$ ) と線源エネルギー全体 ( $j$ ) に亘っている。また、 $a_{mj}$ は、線源エネルギー  $j$  に対する5個のパラメータからなる系の  $m$  番目のパラメータである。

## 2.2 点減衰核データ<sup>2)</sup>

点減衰核データは、RADHEAT-V3コードシステム<sup>4)</sup>を使って、DLC-51/JSD100/120ライブラリー<sup>5)</sup>のなかの、JSD100無限希釈断面積ライブラリーとJFT100自己遮蔽因子ライブラリーから作られた中性子10群、 $\gamma$ 線44群の水、普通コンクリート、鉄の巨視的実効断面積を用い、ANISN-JRコードを使って計算し求められる水、普通コンクリート、鉄無限媒質中での、点等方単色エネルギー中性子線源からの中性子と、2次 $\gamma$ 線の1cm線量当量を、線源からの距離と線源エネルギーを変数とする4次の多項式を含む指数関数の形に近似しパラメータ化して作られている。このパラメータ化された点減衰核データは、元のANISNコードによる値を、線源近傍を除き、ほぼ10%以内の誤差で再現する。

このほか点減衰核データを導出するために必要な情報として、AppendixのTable A.1に計算条件を、Table A.2に原子個数密度を、Table A.3に中性子線源の群番号対エネルギー範囲の表を与えている。

## 2.3 多重層計算法<sup>1)</sup>

中性子線量当量は、単一層物質に対する点減衰核データを利用して、2重層の遮蔽体の線量当量を得るため、第1層遮蔽体による減衰を第2層物質での減衰等価距離と置き換えている。多重層に対しては、この操作を繰り返し用いている。

2次 $\gamma$ 線線量当量に対しては、中性子線量当量で求めた同じ減衰等価距離を利用して、各物質内の減衰を計算するが、境界で連続になるように境界の位置で、規格化している。

## 2.4 無限媒質効果<sup>2)</sup>

PKNコードで使用している点減衰核データは無限厚の遮蔽体に対して得られた物で、実際の体系にみられる有限厚の遮蔽体と比べると反射散乱線の分だけ過大評価傾向の値を示す。この過大評価に対する補正をするため、PKN-pcでは無限媒質効果データを内蔵させ、有限厚遮蔽体後方での線量当量も数値的に分かるように数値結果の有限厚の欄に有限厚透過直後の線量当量評価値を与えている。

### 3. PKN-pcの特徴と構成

#### 3.1 PKN-pcの特徴

PKN-pcの特徴を並べると次のようになる。

- (1) 体系形状入力時に於て、円柱、直方体、球の組合せで、外側の体系が内側の体系を常に包含するように自動的に判断する簡易形状入力オプションを組み入れている。このため体系入力時の単純入力エラーを最小限に抑えられる。
- (2) 入力データ作成プログラム全体の見直しを行い、より使いやすいように対話形式部分の改良整備を行ったことにより、容易に入力データの作成を行うことが出来るようになった。
- (3) 計算評価点として個々の点を設定した場合、計算結果を自動的に画面に表示すると同時にプリンターへの印刷も可能である。
- (4) 1次元図、等高線図による表示及び印刷が可能であり、表示の際のファイル選択プログラムが使い易い形式に改良されている。

#### 3.2 システム構成

##### 3.2.1 システム構成ファイル

PKN-pcコードのディレクトリ構成は、図3-1のようになっている。

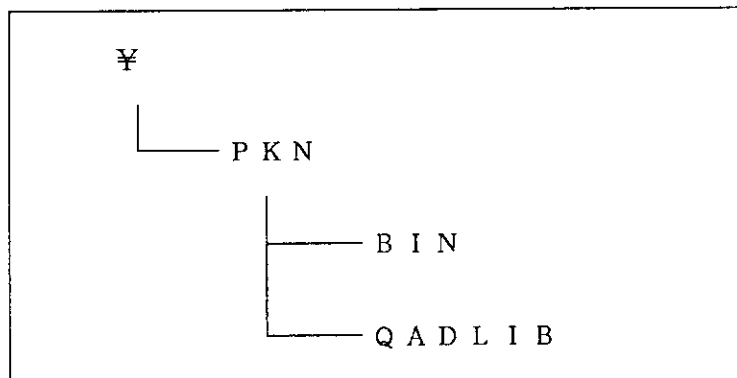


図3-1 : PKNコードシステムのディレクトリ構成図

以下に、各ディレクトリ毎のシステム構成ファイルについて説明する。

##### (1) ¥ (ルートディレクトリ)

このディレクトリには、本システムを起動するためのバッチファイル

”PKN.BAT” が格納される。¥のディレクトリ構成ファイル図は図3-1. 1のようになっている。

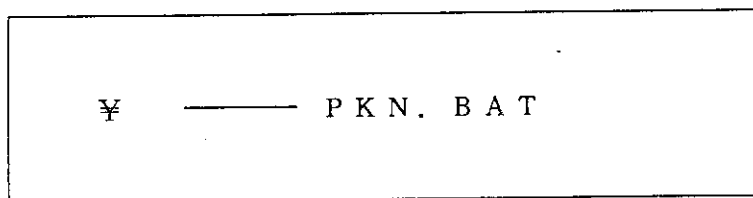


図3-1. 1 : ¥ディレクトリ構成ファイル図

(2) PKN

PKNディレクトリ構成ファイル図は図3-1. 2のようになっている。

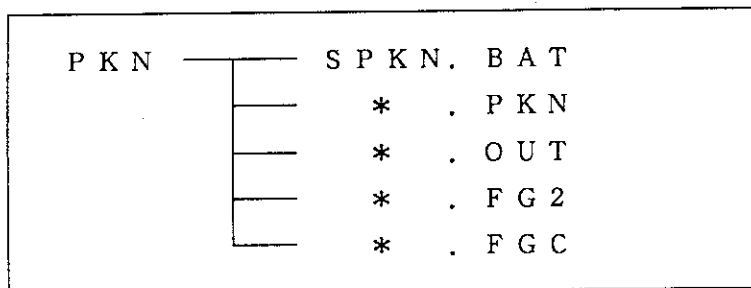


図3-1. 2 : PKNディレクトリ構成ファイル図

このディレクトリには、PKNコードの入力や計算結果ファイル等が格納される。

- SPKN.BAT ..... システム運用のためのパス設定等を行うバッチファイル
- \*.PKN ..... PKNコードの入力データファイル
- \*.OUT ..... PKNコードの計算結果ファイル
- \*.FG2 ..... 1次元図表示用の計算結果ファイル
- \*.FGC ..... 等高線図表示用の計算結果ファイル

(3) BIN

BINディレクトリ構成ファイル図は図3-1. 3のようになっている。

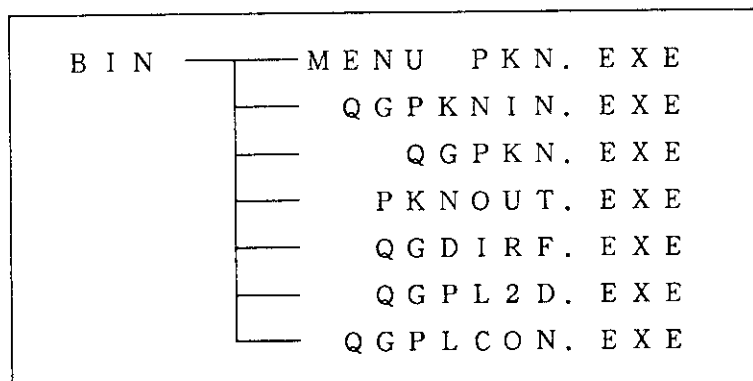


図3-1. 3 : BINディレクトリ構成ファイル図

このディレクトリには、本システムの実行ファイルが格納される。

MENU\_PKN.EXE ..... 本システムの管理メニュープログラム  
 QGPKNIN.EXE ..... PKNコードの入力データ作成プログラム  
 QGPKN.EXE ..... PKNコードの計算プログラム  
 PKNOUT.EXE ..... 個々の点の計算結果の表示・印刷を行うプログラム  
 QGDIRF.EXE ..... ファイル選択プログラム  
 QGPL2D.EXE ..... 一次元図表示プログラム  
 QGPLCON.EXE ..... 等高線図表示プログラム

#### (4) QADLIB

QADLIBディレクトリ構成ファイル図は図3-1.4のようになっている。

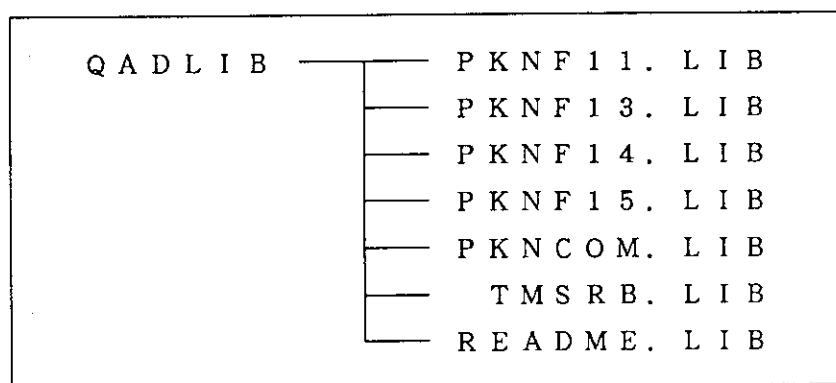


図3-1.4 : QADLIBディレクトリ構成ファイル図

このディレクトリには、PKNコードのライブラリファイルが格納される。

PKNF11.LIB ..... エネルギー群構造ファイル  
 PKNF13.LIB ..... 水の減衰核パラメタ  
 PKNF14.LIB ..... 02A-コンクリートの減衰パラメタ  
 PKNF15.LIB ..... 鉄の減衰パラメタ  
 PKNCOM.LIB ..... 入力データ作成プログラム用のメッセージファイル  
 TMSRB.LIB ..... システム管理メニュー用のフォントファイル  
 README.LIB ..... システムのインストール方法を記述したファイル

### 3.2.2 システム構成

#### (1) システム構成図

本システムの構成は、図3-2のようになっている。

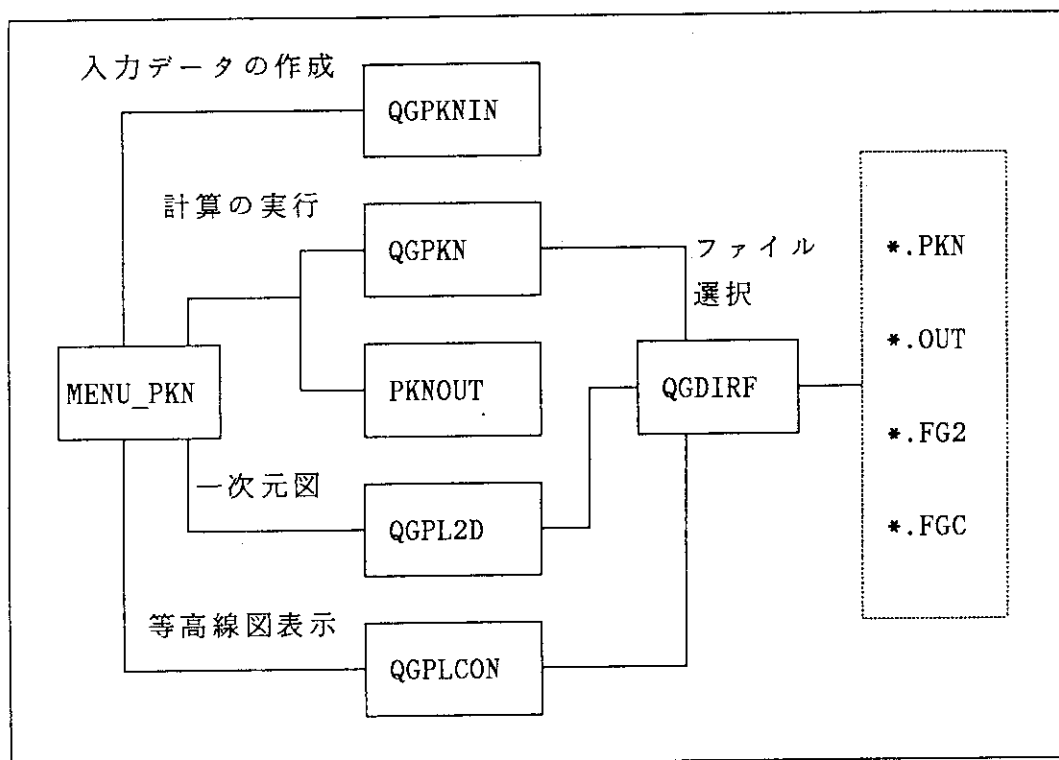


図 3 - 2 : システム構成図

(2) 入出力ファイル

各プログラムの入出力ファイルを表 3 - 1 に示す。

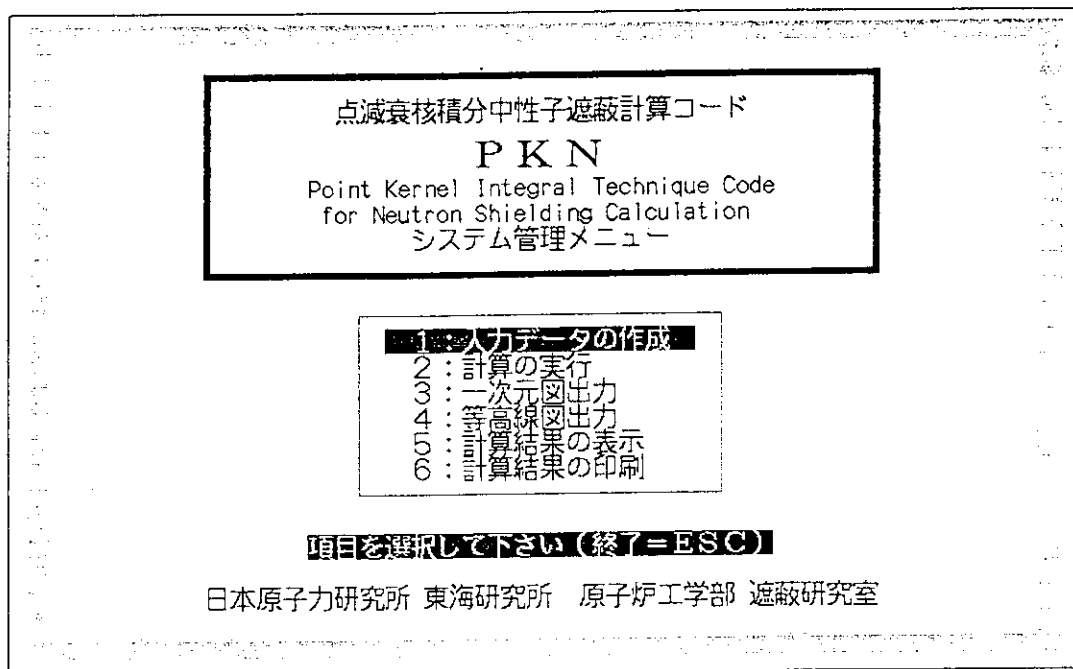
表 3 - 1 : 各プログラムの入出力ファイル

プログラム	入力ファイル	出力ファイル
QGPKNIN	*.PKN	*.PKN
QGPKN	*.PKN	*.OUT *.FG2 (一次元の場合) *.FGC (等高線図の場合)
PKNOUT	*.OUT	なし
QGPL2D	*.FG2	なし
QGPLCON	*.FGC	なし

## 4. 操作法

## 4.1 システム管理メニューの起動

システムをインストールしたドライブのルートディレクトリにおいて、“PKN” + 「リターンキー」を入力すると本システムは起動され、画面上に管理メニュー画面（画面4. 1-1）が表示される。



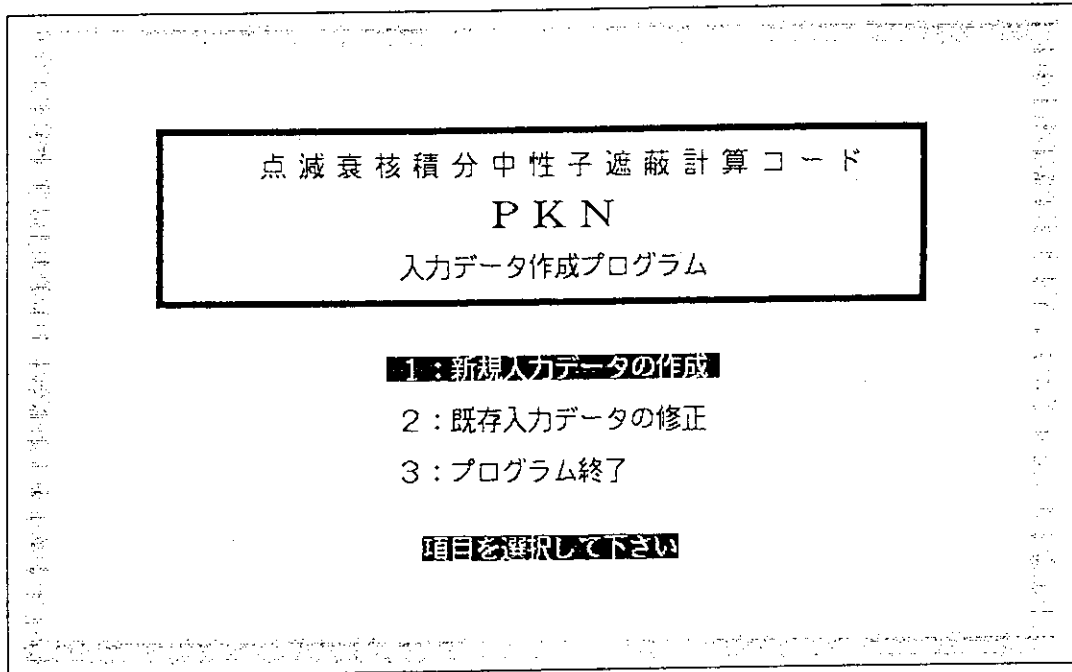
画面4. 1-1 : システム管理メニュー画面

システム管理メニューは、本システムのメインとなっており、この画面において実行したい処理を選択すれば、その処理に移ることが出来る。また、「ESCキー」を押すことにより、本システムを終了することが出来る。以下、4. 2～4. 6節に各処理について説明する。

## 4.2 入力データ作成法

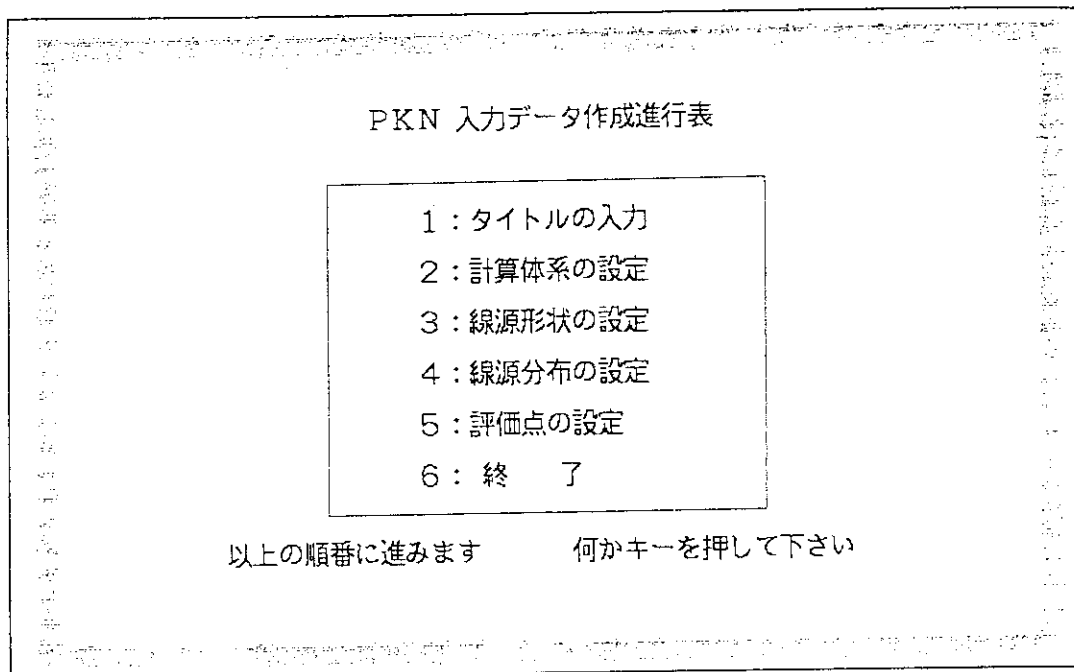
システム管理メニュー画面において、“1 : 入力データの作成”を選択すると、画面上には、入力データ作成プログラム初期画面（画面4. 2-1）が表示される。

この画面では、PKNコードの入力データを作成するに当たって、全く新しくデータを作成するのか（新規入力データの作成）、それとも既に存在するデータを修正するのか（既存データの修正）を選択する。



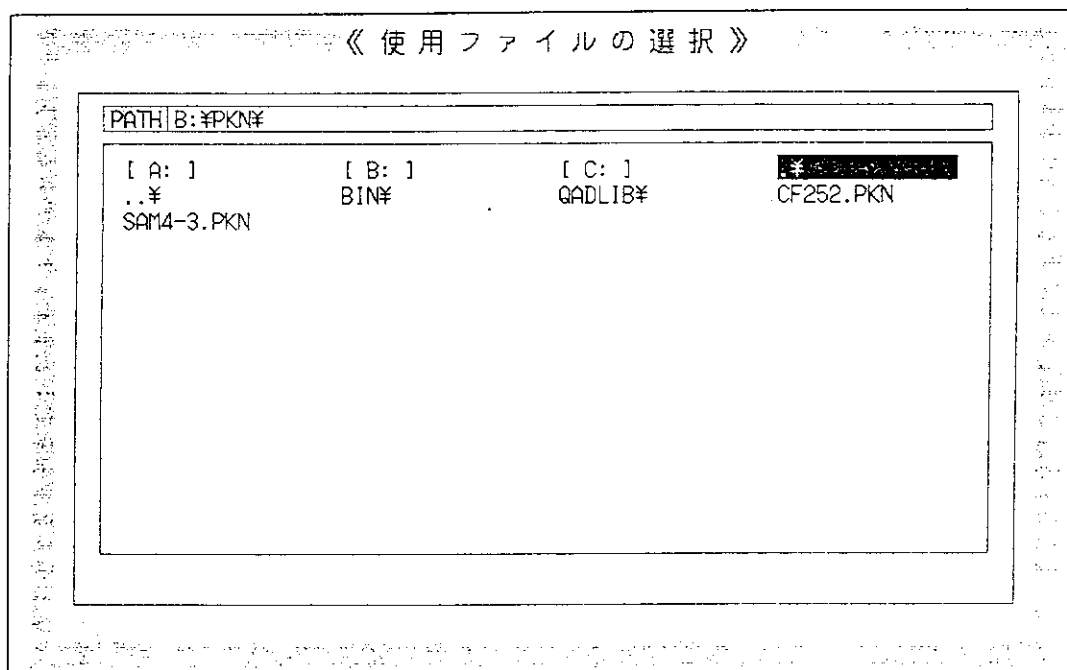
画面4. 2-1: 入力データ作成プログラム初期画面

”1: 新規入力データの作成”を選択すると、入力データ作成進行表画面（画面4. 2-2）が表示され、入力データの作成を開始する。入力データ作成処理に入ると、進行表の流れに沿って処理を行うため、途中で中断することはできない。

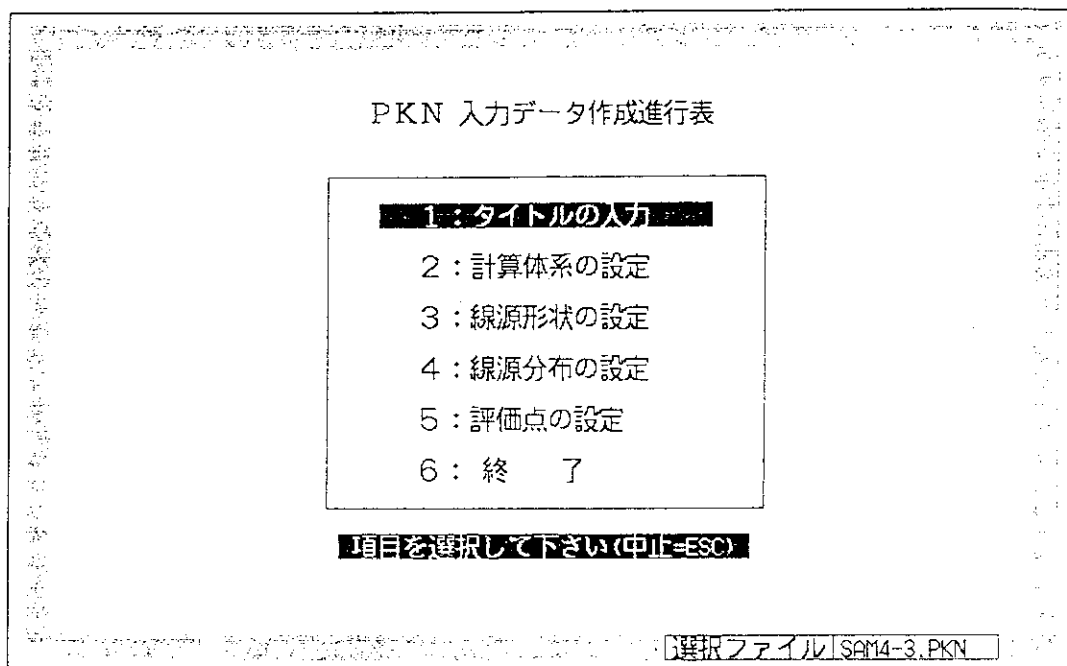


画面4. 2-2: 入力データ作成進行表画面

” 2 : 既存入力データの修正” を選択すると、入力データファイル選択画面（画面 4. 2 - 3）が表示されるので、修正したいファイルを選択する。ファイルの選択が終了すると、入力データ作成メニュー画面（画面 4. 2 - 4）が表示され、選択したファイルのデータ修正を開始することが出来る。



画面 4. 2 - 3 : 入力データファイル選択画面



画面 4. 2 - 4 : 入力データ作成メニュー画面



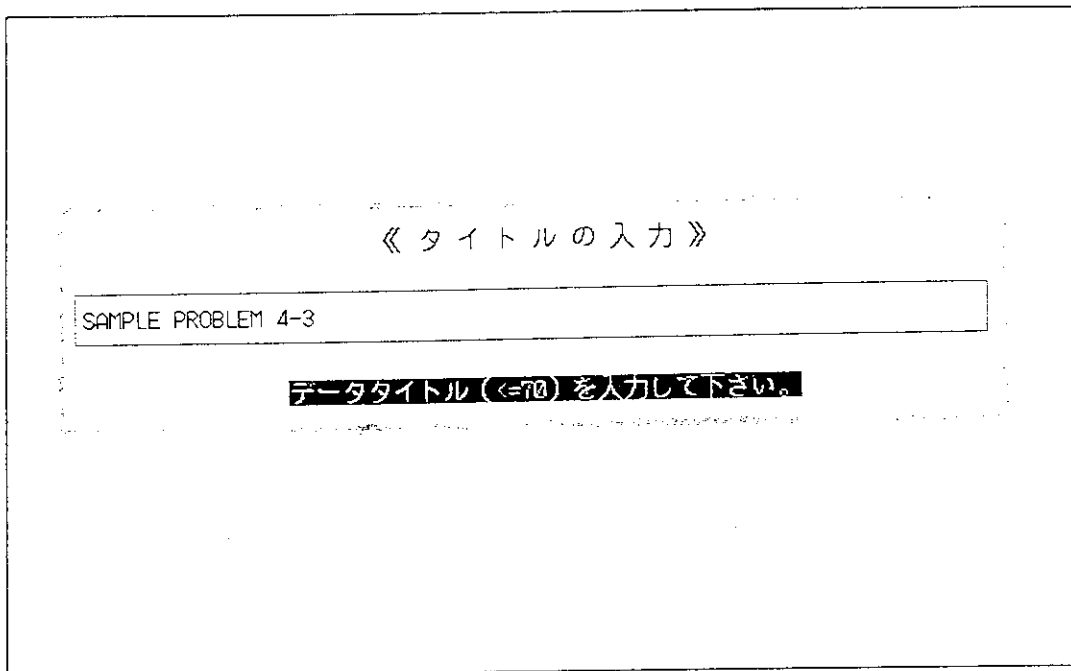
また、入力データファイル選択画面（画面4.2-3）において「ESCキー」を押すと、入力データ作成画面（画面4.2-1）に戻ることが出来る。

以下に、入力データ作成メニューのそれぞれの項目について、“2：既存入力データの修正”を選択した場合を想定して説明する。

#### 4.2.1 タイトルの入力

入力データ作成メニュー画面（画面4.2-4）において、“1：タイトルの入力”を選択すると、データタイトル入力画面（画面4.2-5）が表示される。ここでは、PKNコード入力データの計算目的等を半角文字で70文字まで入力することが出来る。「リターンキー」を押すと入力したタイトルがメモリに記憶され、タイトルの入力を終了する。また、「ESCキー」を押すとそまで入力したタイトルを無効とし、タイトルの入力を終了する。その他の特殊キーとして、下に示すキーが使用可能となっている。

「INSキー」..... “挿入”、“上書き”の切り替え  
 「DELキー」..... カーソル位置の文字を削除



画面 4.2-5 : データタイトル入力画面

#### 4.2.2 計算体系の設定

入力データ作成メニュー画面（画面4.2-4）において、“2：計算体系の設定”を選択すると、計算体系の設定メイン画面（画面4.2-6）が表示される。ここでは、計算体系の追加、修正、削除を行うことが出来る。

《 計算体系の設定 》

**1: データの追加**  
**2: データの修正**  
**3: データの削除**

何をを行いますか? (終了=ESC)

No	形状	xmin	xmax	ymin	ymax	zmin	zmax	遮蔽材
		xb xc	yb yc	zb zc	radial radial	height ---	---	
1	円柱	0.0	0.0	-32.5	25.0	57.5	---	水
2	直方体	-475.0	25.0	-25.0	475.0	-28.8	272.2	真空
3	直方体	-535.0	105.0	-125.0	595.0	-68.8	312.2	コンクリート
4	直方体	-635.0	300.0	-225.0	875.0	-200.0	500.0	真空

選択ファイル SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 6 : 計算体系の設定メイン画面

図 4. 2 - 1 に計算体系の設定の流れを示す。

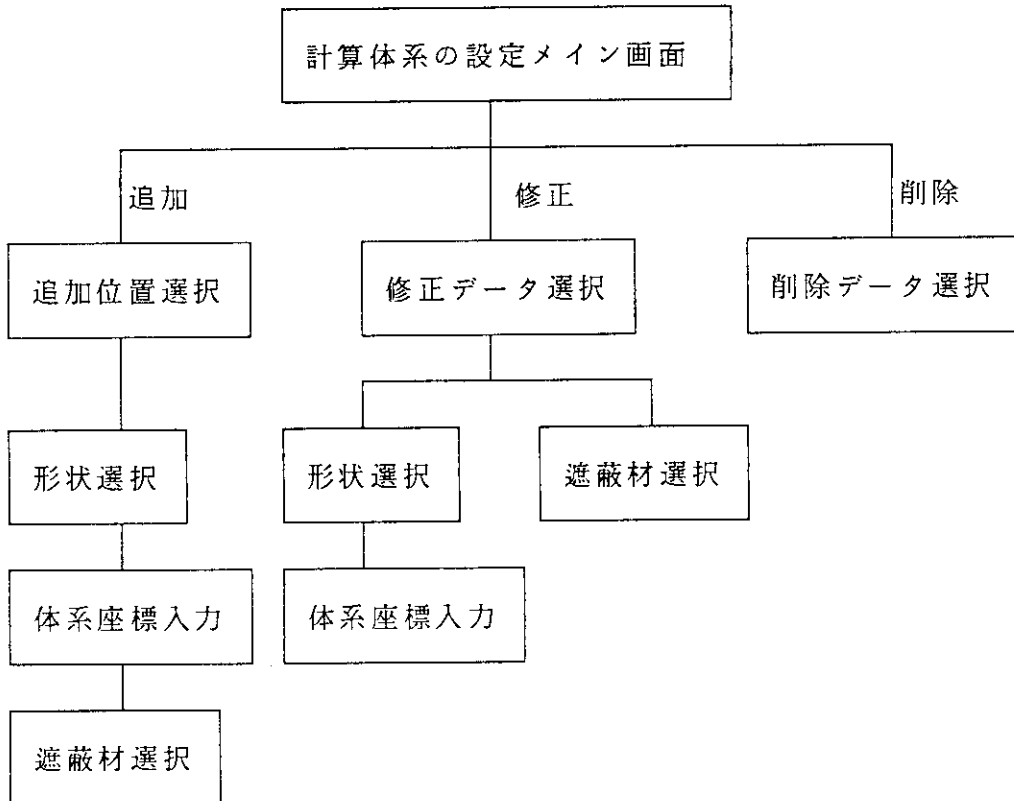


図 4. 2 - 1 : 計算体系の設定の流れ

(1) データの追加

計算体系の設定メイン画面（画面4. 2-6）において、「1：データの追加」を選択すると、追加位置選択画面（画面4. 2-7）が表示される。追加位置を選択すると、「形状の選択」、「体系座標の入力」、「遮蔽材の選択」の順に体系データを入力するようになっていく。また、「ESCキー」を押すことによって、計算体系の設定メイン画面（画面4. 2-6）に戻ることが出来る。

《 計算体系の設定 》

【データの追加】

No	形状	xmin xb xc	xmax yb yc	ymin zb zc	ymax radial radial	zmin height ---	zmax --- ---	遮蔽材
1	円柱	0.0	0.0	-32.5	25.0	57.5		水
2	直方体	-475.0	25.0	-25.0	475.0	-28.8	272.2	真空
3	直方体	-535.0	105.0	-125.0	595.0	-68.8	312.2	コンクリート
4	直方体	-635.0	300.0	-225.0	875.0	-200.0	500.0	真空

追加する位置を選択して下さい(中止=ESC)

[選択ファイル] SAM4-3.PKN

画面4. 2-7 : 追加位置選択画面

《 計算体系の設定 》

【データの追加】

No	形状	xmin xb xc	xmax yb yc	ymin zb zc	ymax radial radial	zmin height ---	zmax --- ---	遮蔽材
1	円柱	0.0	0.0	-32.5	25.0	57.5		水
2	直方体	-475.0	25.0	-25.0	475.0	-28.8	272.2	真空
3								
4	直方体	-535.0	105.0	-125.0	595.0	-68.8	312.2	コンクリート
5	直方体	-635.0	300.0	-225.0	875.0	-200.0	500.0	真空

円柱 / 直方体 / 球

形状を選択して下さい(中止=ESC)

[選択ファイル] SAM4-3.PKN

画面4. 2-8 : 形状選択画面

①：形状の選択（画面4.2-8）

ここでは、計算体系の形状として、「円柱」、「直方体」、「球」の中から1つ選択する。「ESCキー」を押すと、追加位置選択画面（画面4.2-7）に戻ることができる。

②：体系座標の入力（画面4.2-9）

形状の選択が終了すると、体系座標の入力に移る。ここでは、選択した形状に応じて必要なパラメータを入力する。

円柱 . . . . . 低面中心座標、半径、高さ  
 直方体 . . . . . x軸、y軸、z軸の最小値・最大値  
 球 . . . . . 中心座標、半径

パラメータの入力は、数字を入力後、最低1文字の空白で区切ってから「リターンキー」を押す。

「F10キー」を押すと、入力された体系が、前後の体系と包含関係を保っているかどうかのチェックが行われる。これは、体系の入力に簡易形状入力オプションを採用しているためである。このため、全ての体系が包含関係になっていないと、データとして登録できないようになっている。（画面4.2-10）。

《 計算体系の設定 》

【データの追加】

No	形状	xmin xb xc	xmax yb yc	ymin zb zc	ymax radial radial	zmin height ---	zmax ---- ----	遮蔽材
1	円柱	0.0	0.0	-32.5	25.0	57.5		水
2	直方体	-475.0	25.0	-25.0	475.0	-28.8	272.2	真空
3	直方体	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4	直方体	-535.0	105.0	-125.0	595.0	-68.8	312.2	コンクリート
5	直方体	-635.0	300.0	-225.0	875.0	-200.0	500.0	真空

体系座標を入力して下さい

終了=F10  
中止=ESC

選択ファイル SAM4-3.PKN

画面4.2-9：体系座標入力画面

《 計算体系の設定 》

【データの追加】

No	形状	xmin xb xc	xmax yb yc	ymin zb zc	ymax radial radial	zmin height ---	zmax --- ---	遮蔽材
1	円柱	0.0	0.0	-32.5	25.0	57.5		水
2	直方体	-475.0	25.0	-25.0	475.0	-28.8	272.2	真空
3	直方体	-200.0	0.0	-200.0	0.0	200.0	0.0	
4	直方体	-535.0	105.0	-125.0	595.0	-68.8	312.2	コンクリート
5	直方体	-635.0	300.0	-225.0	875.0	-200.0	500.0	真空

入力データ（直方体）と直方体が、包含関係になっていません！

選択ファイル | SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 1 0 : 包含関係のエラー画面

③ : 遮蔽材の選択 (画面 4. 2 - 1 1)

体系座標の入力が終了すると、遮蔽材の選択に移るので、入力した体系の遮蔽材を選択する。ここで「ESCキー」を押すと、これまで入力したデータを無効にし、追加位置選択画面 (画面 4. 2 - 7) に戻る。

《 計算体系の設定 》

【データの追加】

No	形状	xmin xb xc	xmax yb yc	ymin zb zc	ymax radial radial	zmin height ---	zmax --- ---	遮蔽材
1	円柱	0.0	0.0	-32.5	25.0	57.5		水
2	直方体	-475.0	25.0	-25.0	475.0	-28.8	272.2	真空
3	直方体	-500.0	50.0	-200.0	500.0	-50.0	300.0	
4	直方体	-535.0	105.0	-125.0	595.0	-68.8	312.2	コンクリート
5	直方体	-635.0	300.0	-225.0	875.0	-200.0	500.0	真空

水    コンクリート    鉄    重工  
鉛    ポリチ    真空

遮蔽材を選択して下さい (中止=ESC)

選択ファイル | SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 1 1 : 遮蔽材の選択

(2) データの修正

計算体系の設定メイン画面（画面 4. 2 - 6）において、“2：データの修正”を選択すると、修正データ選択画面（画面 4. 2 - 12）が表示される。

《 計算体系の設定 》

【データの修正】

No	形状	xmin		xmax		ymin		ymax		zmin height	zmax	遮蔽材
		xb	xc	yb	yc	zb	zc	radial	radial			
1	円柱	0.0	0.0	0.0	0.0	-32.5	25.0	57.5				水
2	直方体	-475.0		25.0		-25.0	475.0	-28.8	272.2			真空
3	直方体	-535.0		105.0		-125.0	595.0	-68.8	312.2			コンクリート
4	直方体	-635.0		300.0		-225.0	875.0	-200.0	500.0			真空

修正するデータを選択して下さい(中止=ESC)

選択ファイル SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 12 : 修正データ選択画面

修正したいデータを選択すると、修正項目選択画面（画面 4. 2 - 13）が表示されるので、修正したい項目を選択する。

《 計算体系の設定 》

【データの修正】

No	形状	xmin		xmax		ymin		ymax		zmin height	zmax	遮蔽材
		xb	xc	yb	yc	zb	zc	radial	radial			
1	円柱	0.0	0.0	0.0	0.0	-32.5	25.0	57.5				水
2	直方体	-475.0		25.0		-25.0	475.0	-28.8	272.2			真空
3	直方体	-535.0		105.0		-125.0	595.0	-68.8	312.2			コンクリート
4	直方体	-635.0		300.0		-225.0	875.0	-200.0	500.0			真空

1: 形状・円標  
2: 遮蔽材

どちらを修正しますか?(中止=ESC)

選択ファイル SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 13 : 修正項目選択画面

” 1 : 形状・座標” を選択すると、形状及び体系座標の修正が、” 2 : 遮蔽材” を選択すると、遮蔽材の修正を行うことが出来る。修正方法については、「(1) データの追加」を参照の事。

### (3) データの削除

計算体系の設定メイン画面（画面 4. 2 - 6）において、” 3 : データの削除” を選択すると、削除データ選択画面（画面 4. 2 - 14）が表示される。削除したいデータを選択すると、確認して来るので、削除するなら「Yキー」を、しないなら「Nキー」を押せばよい。

《 計算体系の設定 》

【データの削除】

No	形状	xmin	xmax	ymin	ymax	zmin	zmax	遮蔽材
		xb xc	yb yc	zb zc	radial radial	height —	— —	
1	円柱	0.0	0.0	-32.5	25.0	57.5		水
2	直方体	-475.0	25.0	-25.0	475.0	-28.8	272.2	真空
3	直方体	-535.0	105.0	-125.0	595.0	-68.8	312.2	エクリト
4	直方体	-635.0	300.0	-225.0	875.0	-200.0	500.0	真空

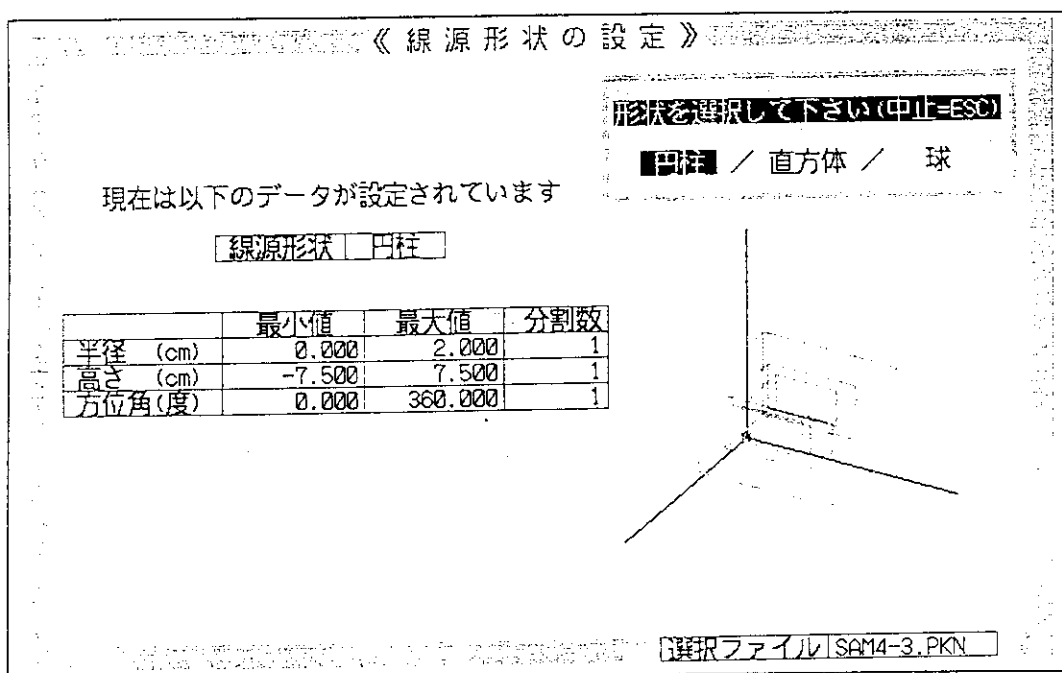
削除するデータを選択して下さい(中止=ESC)

選択ファイル SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 14 : 削除データ選択画面

### 4.2.3 線源形状の設定

入力データ作成メニュー画面（画面 4. 2 - 4）において、” 3 : 線源形状の設定” を選択すると、線源形状選択画面（画面 4. 2 - 15）が表示される。ここでは、「線源形状の選択」、「線源座標・分割数の入力」、「線源分割領域の変更」の順でデータを設定する。



画面 4. 2 - 1 5 : 線源形状選択画面

図 4. 2 - 2 に線源形状の設定の流れを示す。

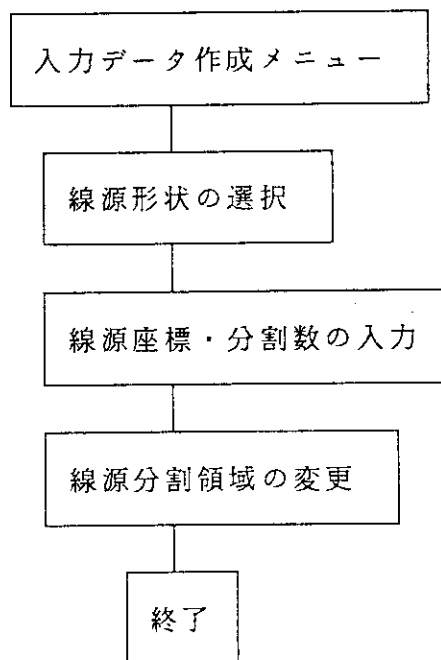


図 4. 2 - 2 : 線源形状の設定の流れ



(1) 線源形状の選択 (画面 4. 2 - 1 5)

線源形状を「円柱」、「直方体」、「球」の中から選択する。既に設定されている形状と異なる形状を選択した場合には、線源座標・分割数のデータはクリアされる。

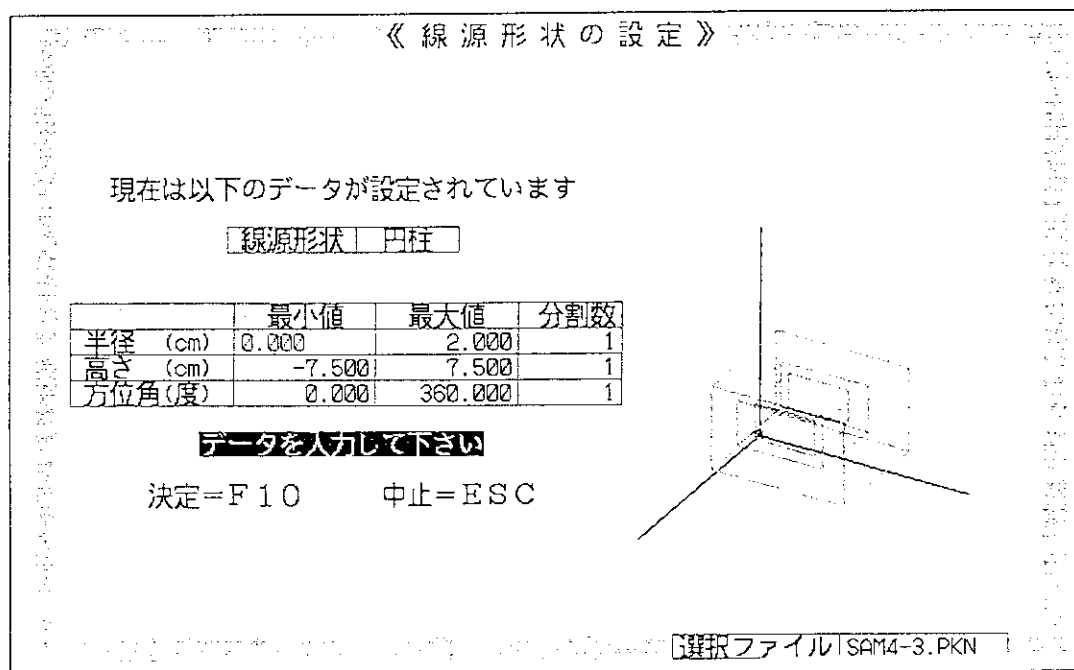
(2) 線源座標・分割数の入力 (画面 4. 2 - 1 6)

線源形状の選択が終了すると、線源座標・分割数の入力に移る。ここでは、選択した形状に応じて、各パラメータの最小値・最大値、及び分割数の入力を行う。

円柱	.....	半径、高さ、方位角
直方体	.....	x 座標、y 座標、z 座標
球	.....	半径、天頂角、方位角

なお、線源の位置は、円柱の場合は低面中心が z 軸を通る位置、球の場合は原点を中心とした位置のみしか設定できないので、線源の位置に合わせて計算体系を設定する必要がある。

「F 1 0 キー」を押すと入力を終了し、線源分割領域の変更に進む。また「E S C キー」を押すと、線源形状選択画面 (画面 4. 2 - 1 5) に戻る。



画面 4. 2 - 1 6 : 線源座標・分割数入力画面

(3) 線源分割領域の変更 (画面 4. 2 - 1 7)

線源座標・分割数の入力が終了すると、線源分割領域の変更に移る。初期状態では、分割領域の値は均等に設定されているが、線源内部の密度分布に応じて線源分

割領域を変更することが出来る。

「F10キー」を押すと変更を終了し、メッセージを表示して入力データ作成メニュー画面（画面4.2-4）に戻る。

【線源分割領域の変更】			
No	半径(cm)	高さ(cm)	方位角(度)
1	0.000	-7.500	0.000
2	0.400	-4.500	72.000
3	0.800	-1.500	144.000
4	1.200	1.500	216.000
5	1.600	4.500	288.000
6	2.000	7.500	360.000

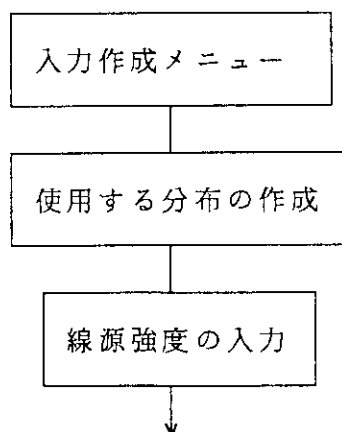
**データを入力して下さい**

決定=F10

画面4.2-17 : 線源分割領域の変更画面

#### 4.2.4 線源分布の設定

入力データ作成メニュー画面（画面4.2-4）において、“4：線源分布の設定”を選択すると、使用分布選択画面（画面4.2-18）が表示される。線源分布の設定では、「使用分布の選択」、「線源強度の入力」、「エネルギー群の選択」（単一エネルギー、複数エネルギーの場合）、「エネルギー分布の入力」（複数エネルギーの場合）の順にデータを入力する。



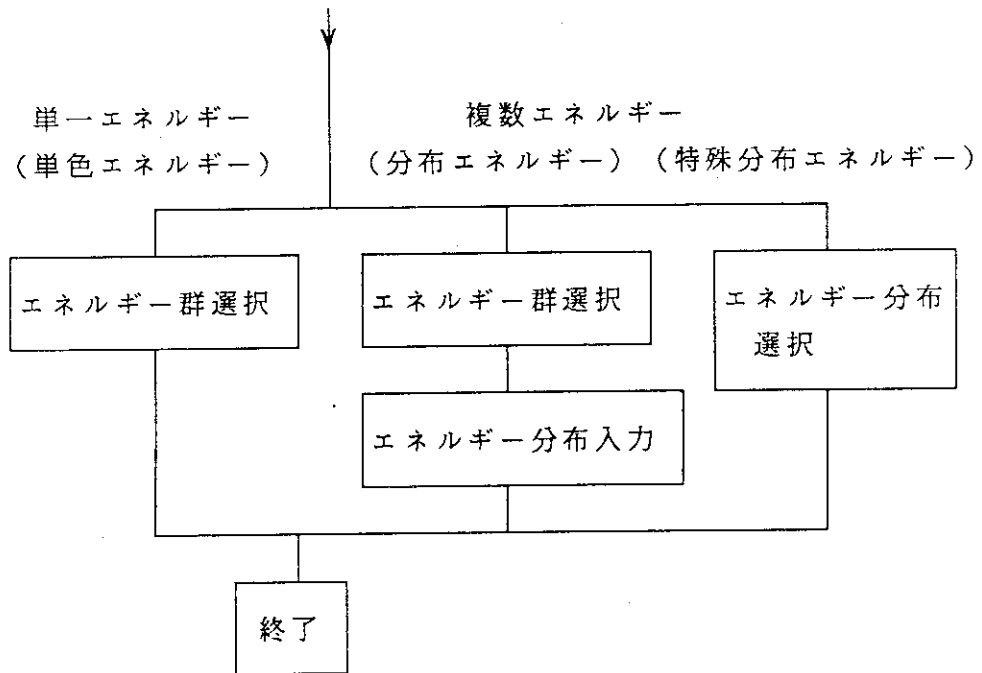
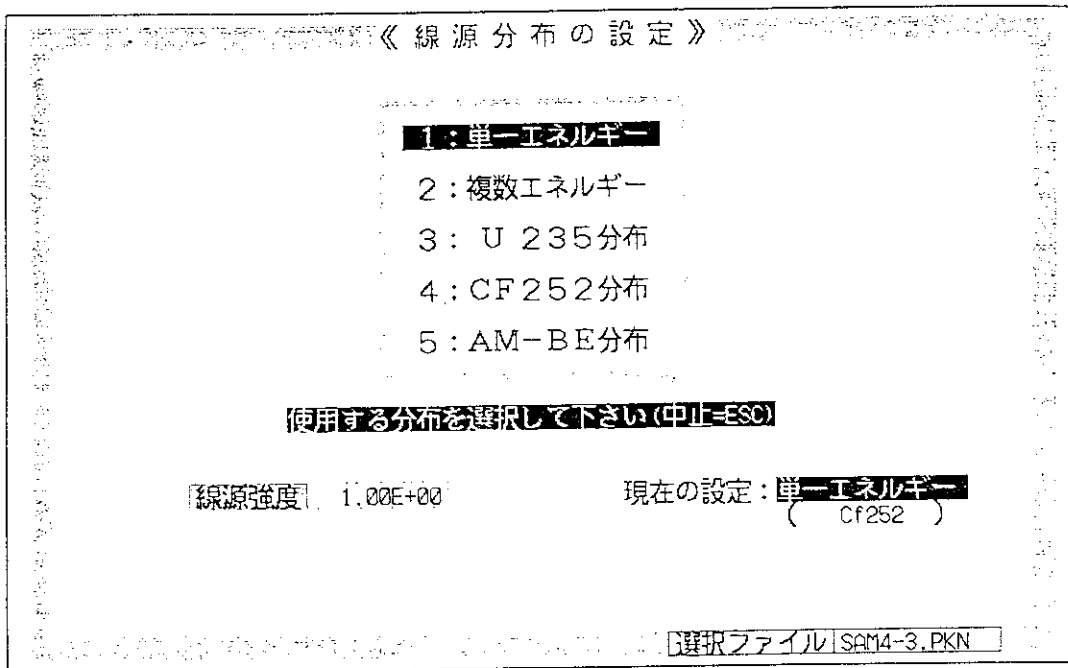


図4. 2-3 : 線源分布の設定の流れ

図4. 2-3 に線源分布の設定の流れを示す。

(1) 使用分布の選択 (画面4. 2-18)

使用する線源分布を、単一エネルギー、複数エネルギー、<sup>235</sup>U分布、<sup>252</sup>Cf分布、<sup>241</sup>Am-BE分布から選択する。「ESCキー」を押すと線源分布の設定を中止して、入力データ作成メニュー画面 (画面4. 2-4) に戻る。



画面4. 2-18 : 使用分布選択画面

## (2) 線源強度の入力 (画面 4. 2 - 1 9)

使用分布の選択が終了すると、線源強度の入力に移るので線源強度を入力する。「ESCキー」を押すと選択した使用分布は無効となり、入力データ作成メニュー画面 (画面 4. 2 - 4) に戻る。使用分布に、 $^{235}\text{U}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^{241}\text{Am}-\text{Be}$  分布いづれかの選択をした場合には、線源強度の入力が終了すると、メッセージを表示して入力データ作成メニュー画面 (画面 4. 2 - 4) に戻る。

《 線源分布の設定 》

1 : 単一エネルギー  
 2 : 複数エネルギー  
 3 : U 235分布  
 4 : CF 252分布  
 5 : AM-BE分布

線源強度 1.00E+00      現在の設定: 単一エネルギー  
 ( Cf252 )

線源強度を入力して下さい (中止=ESC)

印刷

選択ファイル SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 1 9 : 線源強度入力画面

## (3) 線源強度の入力 (画面 4. 2 - 1 9)

## ① : 使用分布に単一エネルギーを選択した場合

線源強度の入力が終了すると、使用分布に単一エネルギーを選択した場合には、エネルギー群選択画面 (画面 4. 2 - 2 0) が表示され、使用するエネルギー群の選択に移る。ウィンドウ内の数値データは、各エネルギー群の上限値となっている。

使用するエネルギー群の選択が終了すると、メッセージを表示して入力データ作成メニュー画面 (画面 4. 2 - 4) に戻る。

《線源分布の設定》

<p><b>1 : 単一エネルギー</b></p> <p>2 : 複数エネルギー</p> <p>3 : U 235分布</p> <p>4 : CF 252分布</p> <p>5 : AM-BE分布</p>	<p><b>Am241-Be</b></p> <p>Cf252</p> <p>1.4918E+01</p> <p>1.3499E+01</p> <p>1.2214E+01</p> <p>1.1052E+01</p> <p>1.0000E+01</p> <p>9.0484E+00</p> <p>8.1873E+00</p> <p>7.4082E+00</p>
--	---

**グループを選択して下さい**

線源強度       現在の設定: **単一エネルギー**  
( Cf252 )

選択ファイル SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 2 0 : エネルギー群選択画面

②使用分布に複数エネルギーを選択した場合  
 使用エネルギーに、複数エネルギーを選択した場合には、上限エネルギー群及び  
 下限エネルギー群を設定する必要がある。

(4) エネルギー分布の入力 (画面 4. 2 - 2 1)

【線源エネルギー分布の入力】

群	上限エネルギー	分布
1	1.4918E+01	0.000
2	1.3499E+01	0.000
3	1.2214E+01	0.000
4	1.1052E+01	0.000
5	1.0000E+01	0.000
6	9.0484E+00	0.000
7	8.1873E+00	0.000
8	7.4082E+00	0.000
9	6.7032E+00	0.000
10	6.0653E+00	0.000

分布合計    0.000    選択ファイル SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 2 1 : エネルギー分布の入力画面

使用分布に複数エネルギーを選択した場合には、エネルギー群の選択が終了すると、エネルギー分布の入力に移る。ここでは、選択した各エネルギーについての分布状態を、入力する。

「F10キー」を押すとエネルギー分布の入力を終了し、メッセージを表示して入力データ作成メニュー画面（画面4.2-4）に戻る。また入力された数値は、「F10キー」を押した時点で、分布の合計が1になるように規格化される。

「ESCキー」を押すと設定したデータを全て無効にし、入力データ作成メニュー画面（画面4.2-4）に戻る。

#### 4.2.5 評価点の設定

入力データ作成画面（画面4.2-4）において、「5：評価点の設定」を選択すると、評価点の設定メイン画面（画面4.2-22）が表示される。評価点の設定方法としては、個々の点、一次元図作成用、等高線図作成用の3通りがある。

《 評価点 の 設定 》

1 : 個々の評価点  
**2 : 一次元図用評価点**  
 3 : 等高線図用評価点

**評価法を選択して下さい(中止=ESC)**

現在は以下のデータが設定されています

【一次元図】

評価する座標軸 **y軸**

x軸の固定値	0.00
z軸の固定値	0.00

	最小値	最大値	分割数
y作図範囲	-125.00	680.00	250

選択ファイル SAM4-3.PKN

画面4.2-22 : 評価点の設定メイン画面

##### (1) 個々の点

評価点の設定メイン画面（画面4.2-22）において、「1：個々の評価点」を選択すると、個々の点入力画面（画面4.2-23）が表示されるので、評価点の座標を入力する。

「F1キー」を押すと、評価点の表示座標系を変更できる（画面4.2-24）。また、「TABキー」を押すと座標入力位置の移動、「DELキー」を押すと入力したデータの削減が出来る。

《 評価点の設定 》

【 個々の点 】    デフォルト座標系 円柱

No	r, x, ρ	z, y, θ	φ, z, φ	座標系
1	cm	cm	度	円柱
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**評価点の座標を入力して下さい**

ESC=中止    F10=終了

F1 = 座標系変更  
 TAB = フィールドチェンジ  
 DEL = データ削除

選択ファイル SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 2 3 : 個々の点入力画面

《 評価点の設定 》

【 個々の点 】    デフォルト座標系 円柱

No	r, x, ρ	z, y, θ	φ, z, φ	座標系
1	cm	cm	度	円柱
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8	デフォルトの座標系を変更します			
9	<b>1 : 円柱座標 (r, z, θ)</b> <b>2 : 直交座標 (x, y, z)</b> <b>3 : 極座標 (ρ, φ, θ)</b>			
10	<b>座標系を選択して下さい(中止=ESC)</b>			

F1 = 座標系変更  
 TAB = フィールドチェンジ  
 DEL = データ削除

選択ファイル SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 2 4 : 座標系変更画面

入力する座標は、座標系により以下のようにになっている。

- 円柱座標系 . . . . . 半径 r、高さ z、方位角 φ
- 直交座標系 . . . . . x 座標、y 座標、z 座標
- 極座標 . . . . . 半径 r、天頂角 θ、方位角 φ

「F10キー」を押すと個々の点の座標入力を終了し、「(4) 詳細情報出力の選択」に移る。また、「ESCキー」を押すとそれまでに入力したデータを無効とし、評価点の設定メイン画面(画面4.2-4)に戻る。

## (2) 一次元用評価点

評価点の設定メイン画面(画面4.2-22)において、「2:一次元図用評価点」を選択すると、評価座標軸の選択画面(画面4.2-25)が表示される。ここでは、一次元図を作図するための評価点の設定をすることができ、「評価座標軸の選択」、「固定軸座標値の入力」、「評価座標軸の作図範囲及び分割数の入力」という順でデータを入力する。

図4.2-4に、一次元図用評価点の設定の流れを示す。

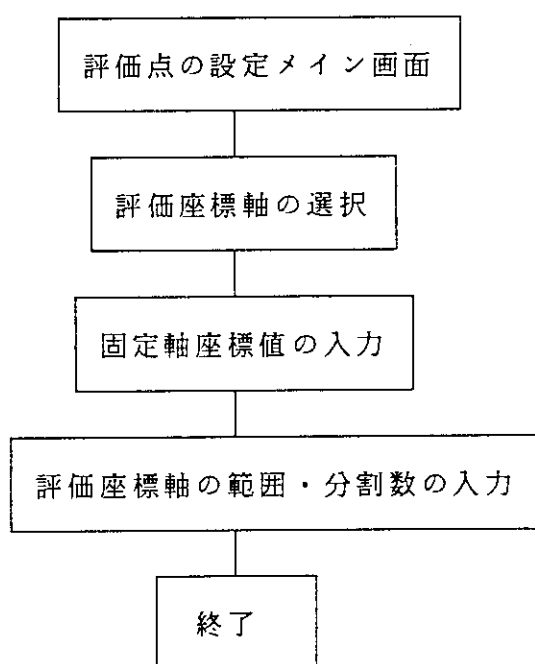


図4.2-4: 一次元図用評価点の設定の流れ

### ① 評価座標軸の選択(画面4.2-25)

評価したい座標軸をx, y, zの中から選択する。評価点は、選択した座標軸に平行に並ぶことになる。

### ② 固定軸座標値の入力(画面4.2-26)

①で選択した評価座標軸以外の座標軸である固定軸の値を入力する。

### ③ 評価座標軸の作図範囲・分割数の入力(画面4.2-27)

評価座標軸の作図範囲及び分割数を入力する。分割数として設定できるのは



1000までとなっている。

「F10キー」を押すと一次元図用評価点の設定を終了し、「(4) 詳細情報出力の選択」に移る。また「ESCキー」を押すとそれまでに入力したデータを無効とし、評価点の設定メイン画面(画面4. 2-22)に戻る。

《 評価点の設定 》

【 一次元図用評価点 】

評価する座標軸

x軸の固定値	0.00
z軸の固定値	0.00

	最小値	最大値	分割数
y作図範囲	-125.00	680.00	250

評価する座標軸を選択して下さい

1 : x軸  
**2 : y軸**  
 3 : z軸

[選択ファイル] SAM4-3.PKN

画面4. 2-25 : 評価座標軸の選択画面

《 評価点の設定 》

【 一次元図用評価点 】

評価する座標軸

x軸の固定値	0.00
z軸の固定値	0.00

	最小値	最大値	分割数
y作図範囲	-125.00	680.00	250

x軸の固定値を入力して下さい

固定値 = 0.00

[選択ファイル] SAM4-3.PKN

画面4. 2-26 : 固定軸座標値の入力画面

《 評価点の設定 》

【 一次元図用評価点 】

評価する座標軸 | y軸

x軸の固定値	0.00
z軸の固定値	0.00

	最小値	最大値	分割数
y作図範囲	-125.000	680.00	250

作図範囲を入力して下さい

決定=F10      中止=ESC

選択ファイル | SAM4-3.PKN

画面4. 2-27 : 評価座標軸の作図範囲・分点数の入力画面

(3) 等高線図用評価点

評価点の設定メイン画面（画面4. 2-22）において、“3 : 等高線図用評価点”を選択すると、等高線図描画平面の選択画面（画面4. 2-23）が表示できる。ここでは、等高線図を作図するための評価点の設定をすることが出来、「等高線図描画平面の選択」、「固定軸座標値の入力」、「等高線図作図範囲及び分割数の入力」の順でデータを入力する。図4. 2-5に、等高線図用評価点の設定の流れを示す。

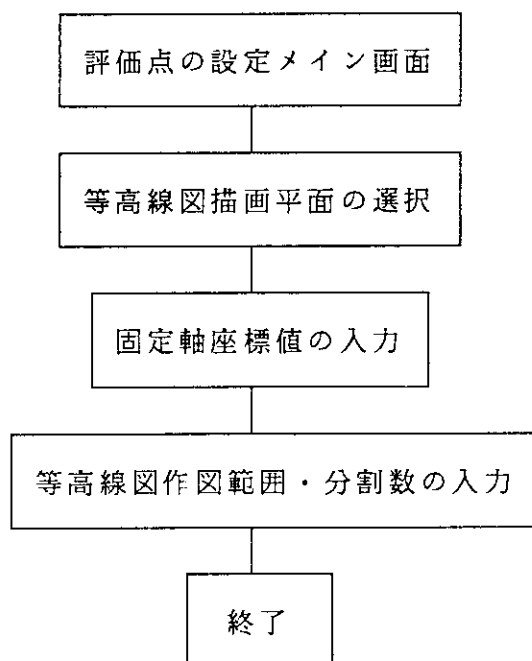
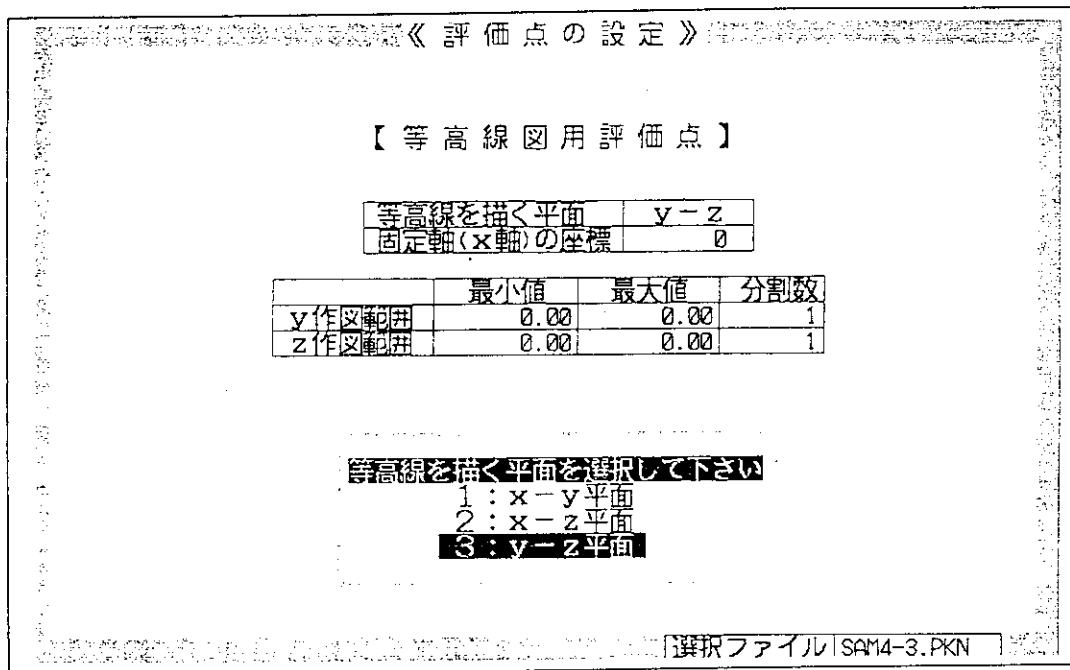


図4. 2-5 : 等高線図用評価点の設定の流れ

①等高線図描画平面の選択（画面4. 2-28）

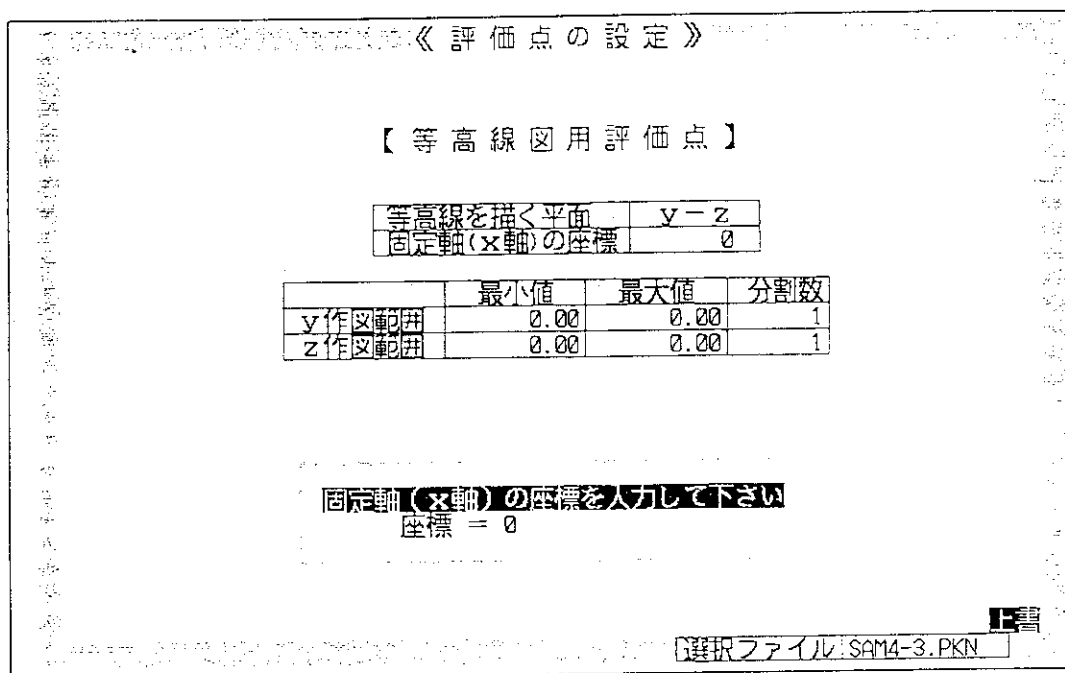
等高線図を描く平面を選択する。評価点は、③入力する座標及び分割数で等分割された格子点に並ぶことになる。



画面4. 2-28 : 等高線図描画平面の選択画面

②固定軸座標値の入力（画面4. 2-29）

等高線図描画平面以外の固定軸の座標値を入力する。



画面4. 2-29 : 固定軸座標値の入力画面

## ③等高線図作図範囲・分割数の入力（画面4. 2-30）

①で選択した平面のそれぞれの座標軸における、作図範囲及び分割数を入力する。分割数は、二つの座標軸における分割数の積（総分割数）が、10000を超えない範囲で設定しなければならない。

「F10キー」を押すと等高線図用評価点の設定を終了し、「(4)詳細情報出力の選択」に移る。また、「ESCキー」を押すとそれまでに入力したデータを無効とし、評価点のメイン画面（画面4. 2-22）に戻る。

《 評価点の設定 》			
【 等高線図用評価点 】			
等高線を描く平面	Y-Z		
固定軸(x軸)の座標	0		
	最小値	最大値	分割数
y作図範囲	0.000	0.00	1
z作図範囲	0.00	0.00	1
<b>作図範囲を入力して下さい</b>			
決定=F10      中止=ESC			
選択ファイル SAM4-3.PKN			

画面4. 2-30 : 等高線図作図範囲・分割数の入力画面

## (4) 詳細情報出力の選択（画面4. 2-31）

それぞれの評価点の設定が終了すると、詳細情報出力の選択に移る。ここで「Y」を入力すると、計算結果ファイルに評価点毎の詳細情報が出力される。

計算の妥当性をチェックするためには、詳細情報を参照して、幾何形状が正確に処理されているかどうか確認する必要がある。

「N」を入力すると評価点の設定を終了し、入力データ作成メニュー画面（画面4. 2-4）に戻る。

《 評価点の設定 》

【 一次元図用評価点 】

評価する座標軸

x軸の固定値	0.00
z軸の固定値	0.00

	最小値	最大値	分割数
y作図範囲	-125.000	680.00	250

計算過程の詳細情報を出力しますか (Y/N) (N)

選択ファイル SAM4-3.PKN

画面 4. 2 - 3 1 : 詳細情報出力の選択画面

## 4.2.6 終了

## (1) 新規入力データの作成の場合

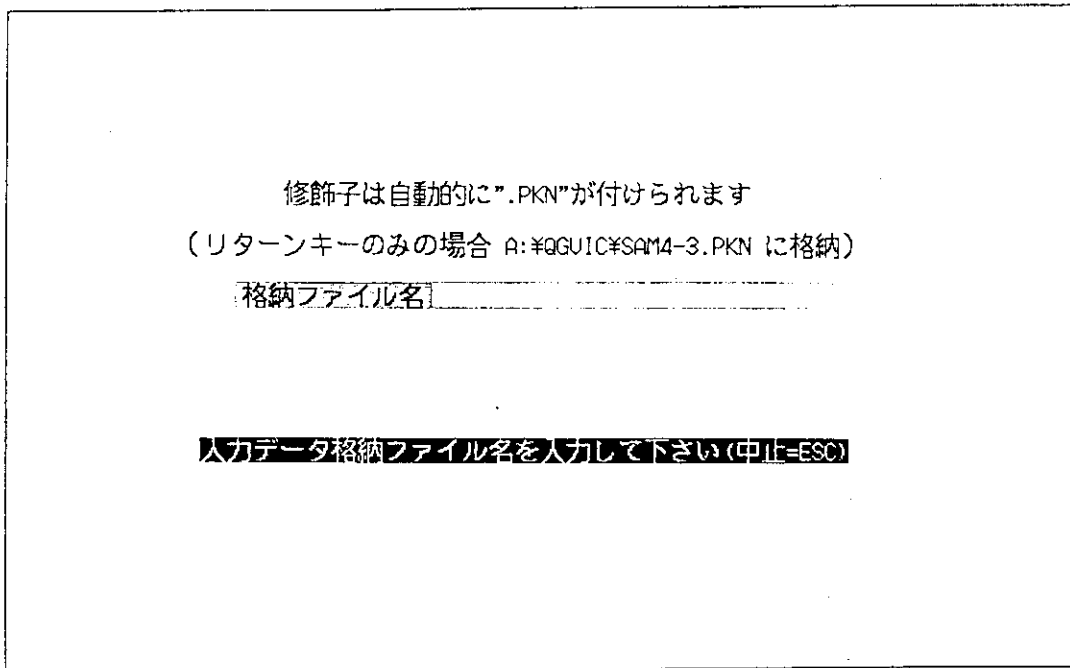
評価点の設定が終了するとファイル名の入力に移る。作成したデータを格納するファイル名を入力すると、データがファイルに格納され、入力データ作成プログラム初期画面（画面 4. 2 - 1）にもどる。

## (2) 既存入力データの修正の場合

入力データ作成画面（画面 4. 2 - 4）において、“6：終了”を選択すると、データをセーブするかどうか確認してくる。「Y」を入力するとファイル名の入力に移り（画面 4. 2 - 3 2）、「N」を入力すると入力データ作成メニュー画面（画面 4. 2 - 4）に戻る。

ファイル名入力時に、何も入力せずに「リターンキー」のみを押すと、読み込んだデータファイルと同じファイルにデータを格納する。修正したデータを他のファイルに格納したい場合は、ファイル名を入力すればよい。

ファイル名の入力が終了すると、データがファイルに格納され、入力データ作成プログラム初期画面（画面 4. 2 - 1）に戻る。また、ファイル名入力時に「ESCキー」を押すと、入力作成メニュー画面（画面 4. 2 - 4）に戻る。

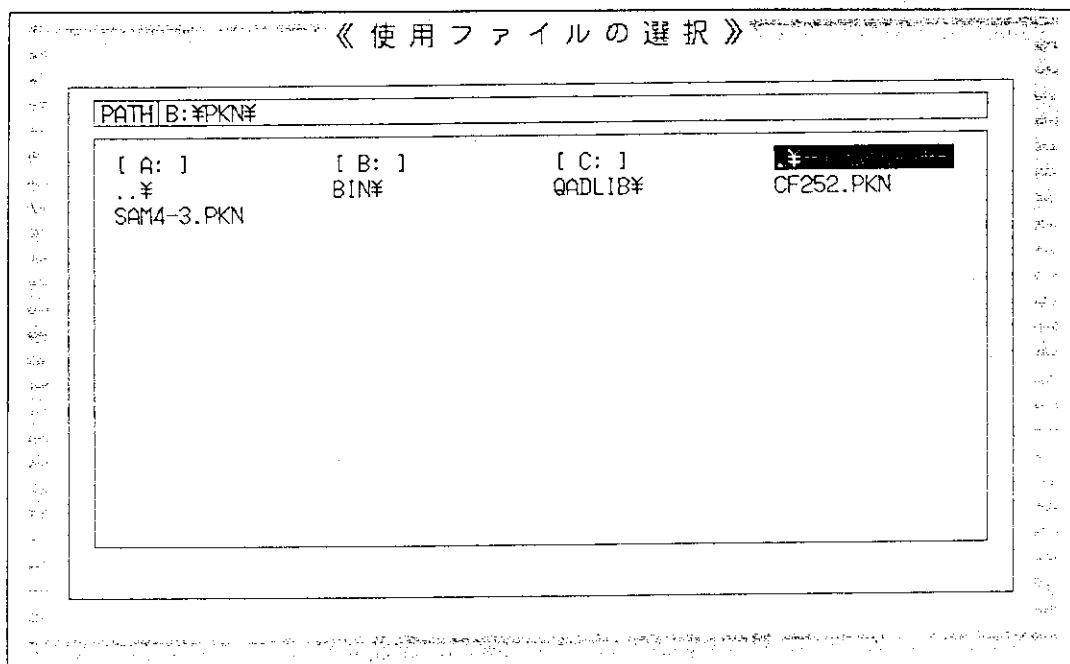


画面 4. 2 - 3 2 : データ格納ファイル名の入力画面

#### 4.3 計算の実行

##### 4.3.1 計算の実行

システム管理メニュー画面(画面 4. 1 - 1)において、“2:計算の実行”を選択すると、計算ファイル選択画面(画面 4. 3 - 1)が表示される。



画面 4. 3 - 1 : 計算ファイル選択画面

表示されている入力データファイル名の中から計算したいファイルを選択すると、計算結果出力ファイル名入力画面（画面4.3-2）が表示される。ここで、「リターンキー」のみを押した場合は、画面表示されているファイルに計算結果を格納する。ファイル名の入力が終了すると、選択した入力データファイルの計算が開始される（画面4.3-3）。

【PKN】

計算結果格納ファイル名を入力して下さい。

リターンキーのみの場合は、以下のファイルに格納します。

出力リスト : PKN.OUT

図形用データ: PKN.FGC (等高線図) または  
PKN.FG2 (1次元図)

(修飾子は必要ありません \*.OUT \*.FGC or \*.FG2)

出力データ格納ファイル名 →

画面4.3-2 : 計算結果出力ファイル名入力画面

**■ PKN 実行中 (1次元図作成中) ■**

---

SAMPLE PROBLEM 4-3

評価点番号: 32 / 251

評価点位置      x= 0.000E+00      y=-2.508E+01      z= 0.000E+00

計算実行状態: 100.0 %

画面4.3-3 : 計算実行中画面

4.3.2 計算結果の表示（評価点が個々の点の場合）

評価点が個々の点の場合、計算が終了すると、自動的に計算結果が表示される（画面4.3-4）。計算結果をプリンタに印刷したい場合は、「Yキー」をおせばよい。また「Nキー」を押すと、計算結果の表示を終了し、システム管理メニュー画面（画面4.1-1）に戻る。（なお、現在のところ計算結果を印刷する際のプリンタとしては、NEC製PC-PR201シリーズのみ対応ということになっている。）

《 P K N 計算結果 》

データタイトル					
SAMPLE PROBLEM 4-3					
線源スペクトル		単一エネルギー ( Cf252 )			
線源形状		円柱			
線源の積分範囲		r	0.00~ 2.00	z	-7.50~ 7.50   θ
0.00~360.00					

No	評価点座標			中性子線	2次γ線
	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	( $\mu\text{Sv/h}$ )	( $\mu\text{Sv/h}$ )
1	3.00E+01	3.00E+01	3.00E+01	6.97E-07	3.75E-07
2	4.60E+01	4.60E+01	4.60E+01	2.64E-08	2.84E-08
3	6.00E+01	6.00E+01	6.00E+01	1.74E-09	3.22E-09
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

以上の結果が得られました。結果を印刷しますか？ (N=終了) [Y]

計算ファイル SAM4-3.PKN

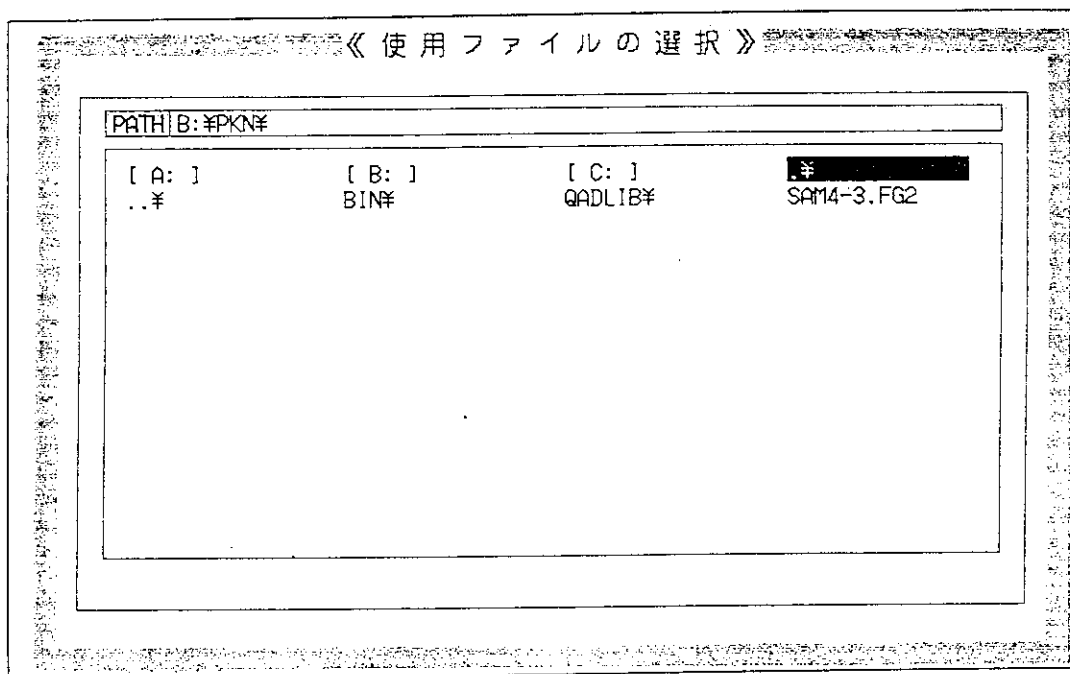
画面4.3-4 : 計算結果表示画面（個々の評価点の場合）

4.4 作図の実行

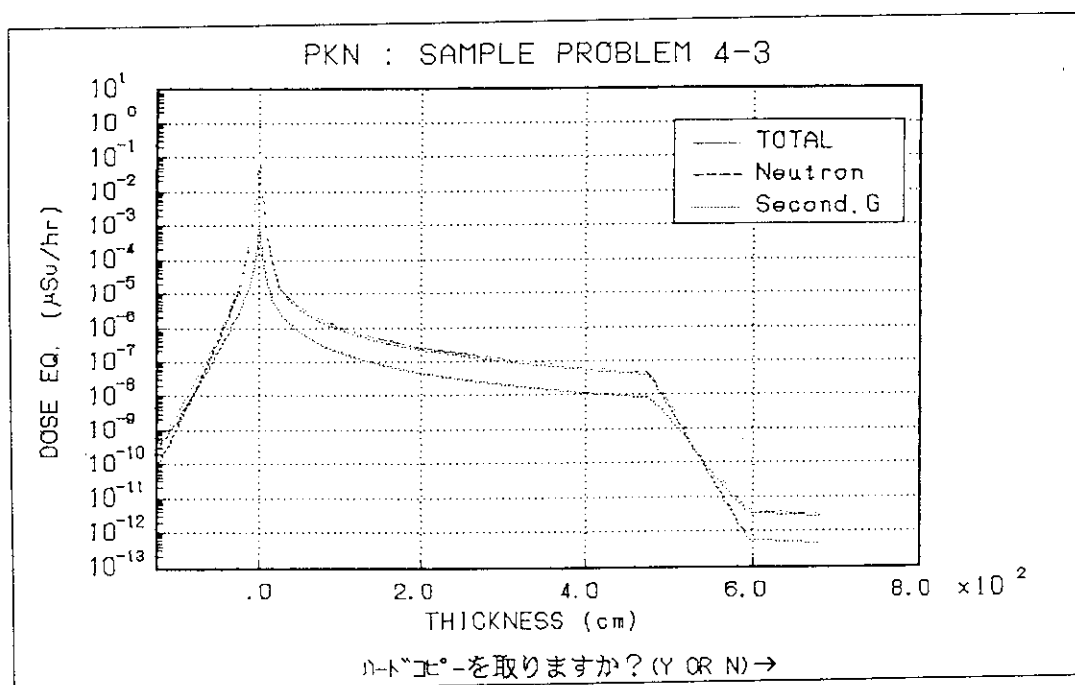
4.4.1 一次元図出力

システム管理メニュー画面（画面4.1-1）において、「3：一次元図出力」を選択すると、一次元図出力用ファイル選択画面（画面4.4-1）が表示される（画面4.4-2）。





画面4. 4-1 : 一次元図出力用ファイル選択画面



画面4. 4-2 : 一次元図出力画面

一次元図の出力が終了すると、ハードコピーを取るかどうか聞いて来るので、ハードコピーを取る場合は「Y」を、取らない場合は「N」を入力する。

ハードコピーの有無を入力すると、スケールを変更して表示するか聞いてくるの

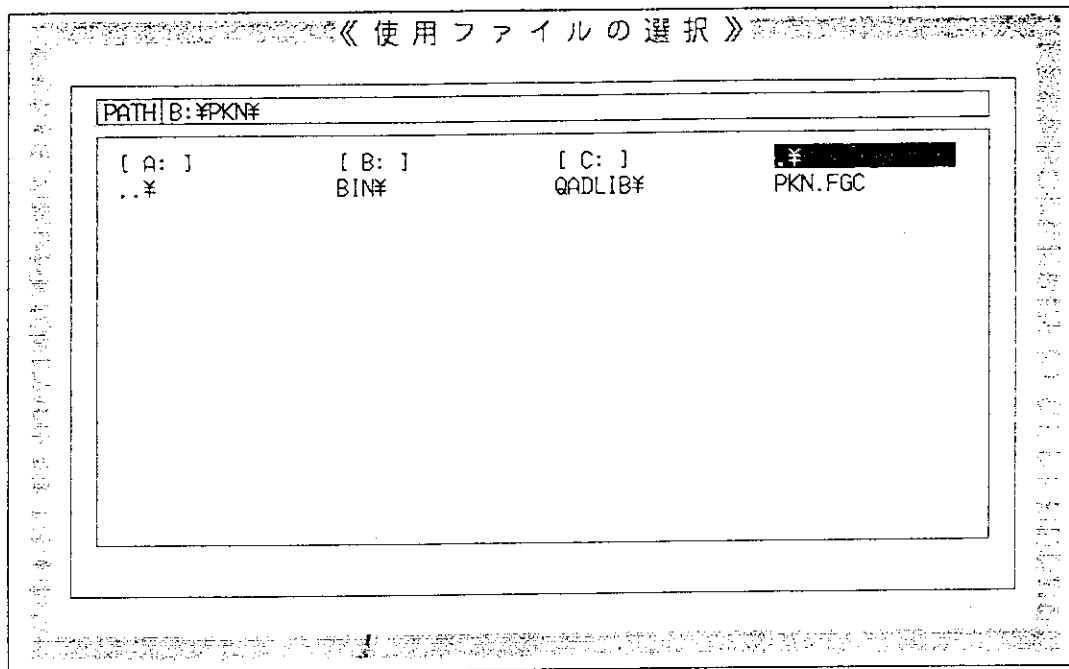
で、スケールを変更する場合は、「S」を、終了する場合は「E」を入力する。

「S」を入力すると、縦軸（線量当量）の表示最大桁及び最小桁を聞いて来るので、それぞれの指数部を整数で入力する。次に、横軸（評価座標軸）の最小値及び最大値を聞いて来るので、実数で入力する。表示範囲の入力が終了すると、スケールが変更された二次元図が出力され、ハードコピーの有無から繰り返りとなる。

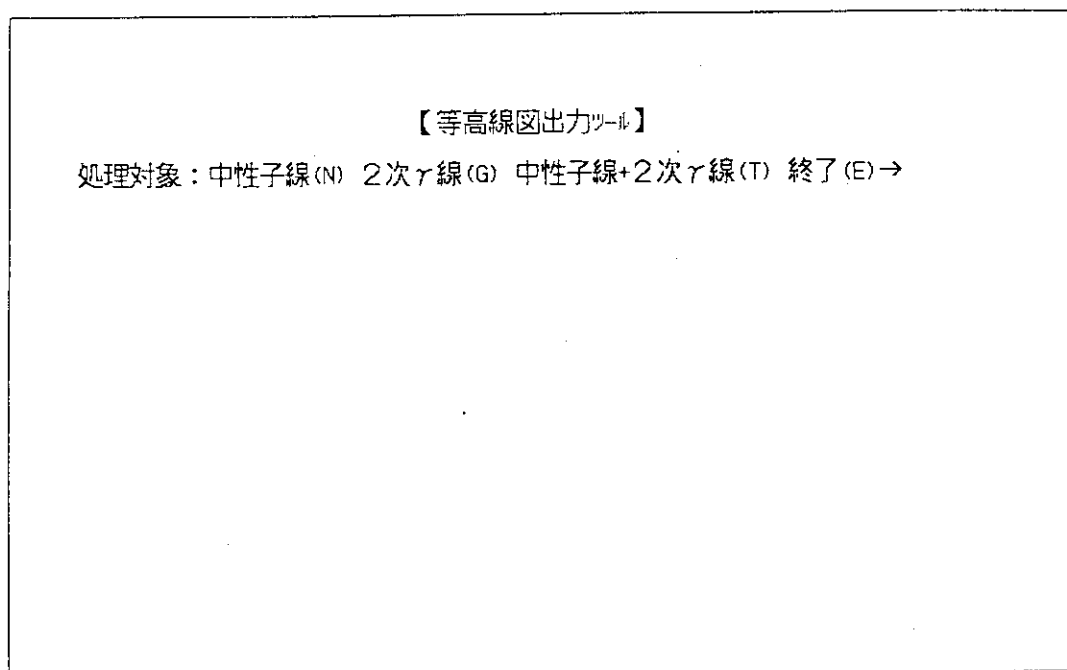
「E」を入力すると、二次元図出力を終了し、システム管理メニュー画面（画面4.1-1）に戻る。

#### 4.4.2 等高線図出力

システム管理メニュー画面（画面4.1-1）において、“4：等高線図出力”を選択すると、等高線図出力用ファイル選択画面（画面4.5-1）が表示される。等高線図を出力したいファイルを選択すると、処理対象選択画面（画面4.5-2）が表示されるので、等高線図としてどれを表示するか選択する。また、ここで「E」を入力すると、等高線図の出力を終了して、システム管理メニュー画面（画面4.1-1）に戻る。

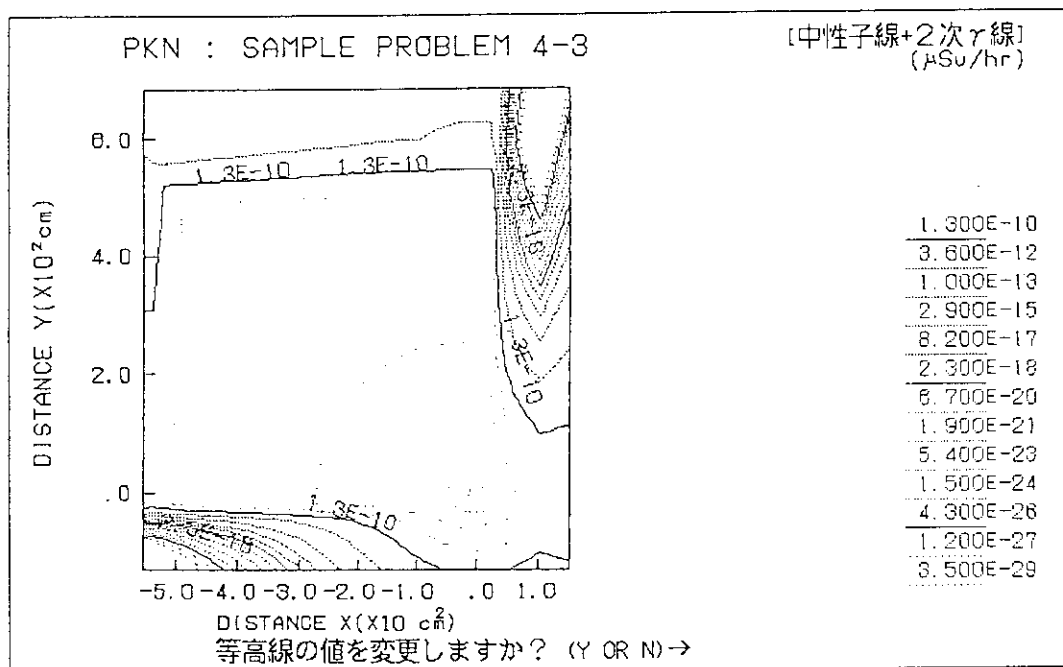


画面4.5-1 : 等高線図出力用ファイル選択画面



画面 4. 5 - 2 : 処理対象選択画面

処理対象に「E」以外を入力すると、等高線図が出力される。画面 4. 5 - 3 は、「T」つまり全線量当量を選択した場合の例である。



画面 4. 5 - 3 : 等高線図出力画面

等高線の出力が終了すると、“等高線の値を変更しますか？”と聞いて来るので、等高線として表示する線量の範囲を変更したい場合は「Y」を入力し、さらに、線量の最大値、最小値の指数部を整数で入力する。

また「N」を入力すると、ハードコピーを取るかどうか聞いて来るので、二次元図出力の時と同様に、「Y」または「N」を入力する。

ハードコピーの有無が終了すると、注目したい値があるかどうか聞いて来る。注目したい線量の値を入力すると、その値の等高線のみの色を変えて、等高線図が再表示される。また、何も入力せずに「リターンキー」のみを押すと、処理対象選択画面（画面4.5-2）に戻り、以上を繰り返す。

#### 4.5 計算結果の印刷の実行

このメニューでは、ユーザーが任意のエディタ等を使用して計算結果ファイルの参照を行うようになっている。従って、本システムには、特定のプログラムは用意されておらず、ユーザー自身で用意する必要がある。

エディタ等の組み込み方法については、ディレクトリ“QADLIB”内の“README.PKN”というファイル内に記述されているので、そちらを参照の事（Appendix A.4 参照）。

#### 4.6 計算結果の保存

現段階では、このメニューを使用することは出来ない。将来的には、「4.5 計算結果の印刷の実行」と同様に、任意の印刷プログラムをシステムに組み込めるようにする予定である。

## 5. 出力の説明と例題

### 5.1 出力情報の説明

操作の所で殆ど触れていない出力情報の読み方もしくは注意に付いてここで簡単に説明しておく。

#### 5.1.1 線量当量対厚さの一次元グラフ

線量当量のグラフは、無限厚さの媒質中での減衰パラメーターのみから計算した値であり、遮蔽体外の位置での線量当量に対し無限媒質効果による補正は行われていない事に注意する必要がある。

#### 5.1.2 線量当量等高線分布グラフ

無限媒質中での減衰パラメーターから計算した中性子と2次 $\gamma$ 線及び全線量当量の等高線グラフが得られる。その等高線の絶対値は図の外の絶対値の表から読むことが出来る。ユーザーの知りたい等高線の絶対値の最大最小は、ユーザーが範囲を指定できる。

#### 5.1.3 数値結果の表

中性子と2次 $\gamma$ 線線量当量計算結果は、X, Y, Z座標で表示される。無限厚の欄に示される値が無限厚媒質中でのパラメーターのみから計算した結果である。有限厚の欄の値は、無限厚の欄の値に対応する遮蔽材の無限媒質効果補正を行った値であり、この値は所定の厚さの遮蔽材後方に十分な厚さの空気がある場合に相当する。無限厚の欄の値をグラフにしたのが5.1.1で述べた一次元グラフもしくは5.1.2の等高線分布図になる。

## 5.2 例題集

PKN-pcの入力操作を利用者が早く習得出来る事を目的に例題を多くつけた。各問題には計算結果の図及び数値結果の表を載せているので、実際に行った計算結果と比較することにより入力時点の間違ひを見つける手助けになると考えられる。

例題1： 内径30cm、外径35cmのポリエチレン球殻の中心に点等方 $^{252}\text{Cf}$ 中性子線源があるときのポリエチレン球殻内外での中性子及び2次 $\gamma$ 線の線量当量。(図5.1(1)参照)

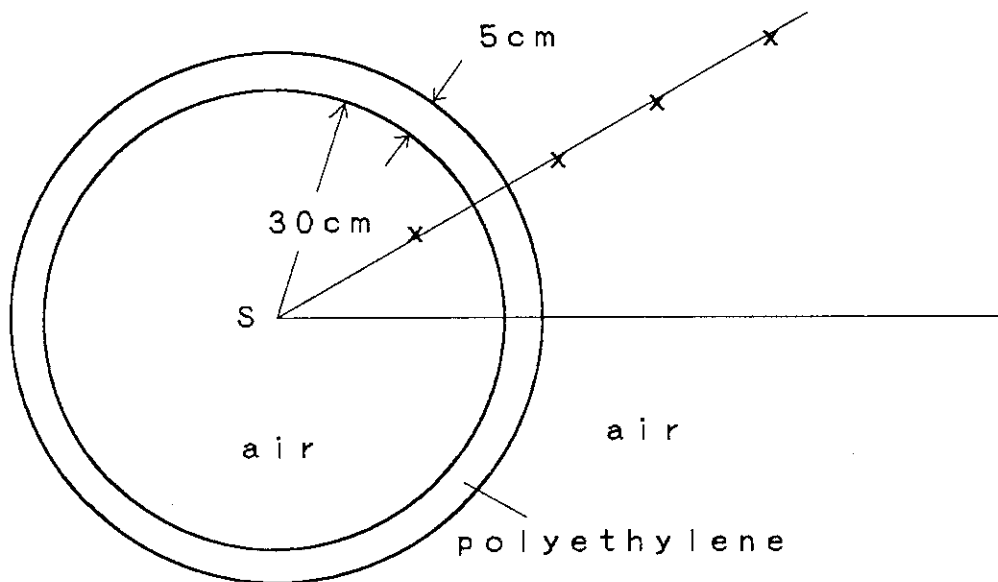


図5.1(1) 例題1の計算体系

解説：ポリエチレンは水で代用。点線源はx,y,z各1メッシュの立方体で代用する。

入力操作は、例題ファイルとして、既存データの中のSAMP5-1.PKNを選択すれば、対話形式で次々に例題1を解く上で必要な線源や計算体系の入力情報が分かる。

この入力情報を実行すると図5.1(2)に示される計算結果が得られる。この結果は、SAMP5-1.FG2に保存される。この図5.1(2)の結果は無限媒質効果を使った補正はなされていないので注意が必要である。なお数値結果はSAMP5-1.OUTに保存される。それは、次の表5.1に示されるように与えられる。表は、無限厚の欄が無限媒質中でのパラメーターで計算した生の値である。この無限厚の値は、遮蔽体後方では過大評価傾向になる。有限厚の欄が無限媒質効果を考慮した値である。外側の空気層の位置では、有限厚の欄の値を読めばより正しい評価値になる。ポリエチレンの内側の空気層では、2次 $\gamma$ 線線量当量が零になっているが、実際は、ポリエチレンで発生する2次 $\gamma$ 線がポリエチレンの内側に到達する

ので零ではないが中性子線量当量に比べ1桁以上小さい。

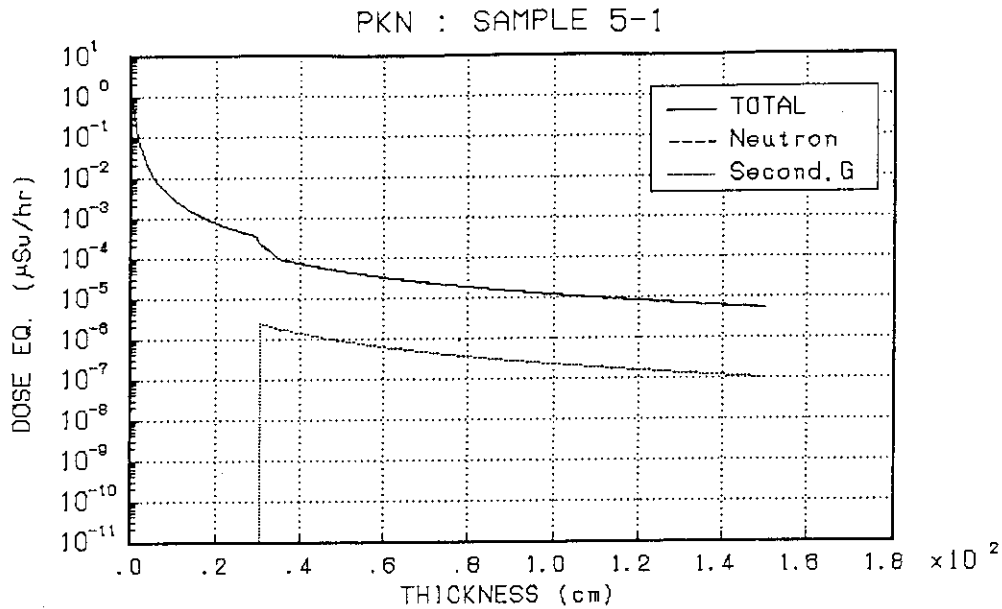


図 5. 1 ( 2 ) 例題 1 の計算結果

表 5. 1 例題 1 の計算数値結果 ( その 1 )

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
1	0.0000E+00	6.0000E-01	0.0000E+00	7.00E-01	0.00E+00	7.00E-01	0.00E+00
2	0.0000E+00	2.7357E+00	0.0000E+00	3.92E-02	0.00E+00	3.92E-02	0.00E+00
3	0.0000E+00	4.8714E+00	0.0000E+00	1.24E-02	0.00E+00	1.24E-02	0.00E+00
4	0.0000E+00	7.0071E+00	0.0000E+00	6.02E-03	0.00E+00	6.02E-03	0.00E+00
5	0.0000E+00	9.1429E+00	0.0000E+00	3.54E-03	0.00E+00	3.54E-03	0.00E+00
6	0.0000E+00	1.1279E+01	0.0000E+00	2.32E-03	0.00E+00	2.32E-03	0.00E+00
7	0.0000E+00	1.3414E+01	0.0000E+00	1.64E-03	0.00E+00	1.64E-03	0.00E+00
8	0.0000E+00	1.5550E+01	0.0000E+00	1.22E-03	0.00E+00	1.22E-03	0.00E+00
9	0.0000E+00	1.7686E+01	0.0000E+00	9.45E-04	0.00E+00	9.45E-04	0.00E+00
10	0.0000E+00	1.9821E+01	0.0000E+00	7.53E-04	0.00E+00	7.53E-04	0.00E+00
11	0.0000E+00	2.1957E+01	0.0000E+00	6.13E-04	0.00E+00	6.13E-04	0.00E+00
12	0.0000E+00	2.4093E+01	0.0000E+00	5.10E-04	0.00E+00	5.10E-04	0.00E+00
13	0.0000E+00	2.6229E+01	0.0000E+00	4.30E-04	0.00E+00	4.30E-04	0.00E+00
14	0.0000E+00	2.8364E+01	0.0000E+00	3.68E-04	0.00E+00	3.68E-04	0.00E+00
15	0.0000E+00	3.0500E+01	0.0000E+00	2.23E-04	2.33E-06	1.67E-04	2.10E-07
16	0.0000E+00	3.2636E+01	0.0000E+00	1.45E-04	2.04E-06	1.09E-04	1.84E-07
17	0.0000E+00	3.4771E+01	0.0000E+00	9.57E-05	1.80E-06	7.18E-05	1.62E-07
18	0.0000E+00	3.6907E+01	0.0000E+00	8.24E-05	1.60E-06	6.18E-05	7.19E-07
19	0.0000E+00	3.9043E+01	0.0000E+00	7.36E-05	1.43E-06	5.52E-05	6.42E-07
20	0.0000E+00	4.1179E+01	0.0000E+00	6.62E-05	1.28E-06	4.96E-05	5.77E-07
21	0.0000E+00	4.3314E+01	0.0000E+00	5.98E-05	1.16E-06	4.49E-05	5.22E-07
22	0.0000E+00	4.5450E+01	0.0000E+00	5.43E-05	1.05E-06	4.07E-05	4.74E-07
23	0.0000E+00	4.7586E+01	0.0000E+00	4.96E-05	9.61E-07	3.72E-05	4.32E-07
24	0.0000E+00	4.9721E+01	0.0000E+00	4.54E-05	8.80E-07	3.40E-05	3.96E-07
25	0.0000E+00	5.1857E+01	0.0000E+00	4.17E-05	8.09E-07	3.13E-05	3.64E-07

表5.1 例題1の計算数値結果(その2)

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
26	0.0000E+00	5.3993E+01	0.0000E+00	3.85E-05	7.46E-07	2.89E-05	3.36E-07
27	0.0000E+00	5.6129E+01	0.0000E+00	3.56E-05	6.91E-07	2.67E-05	3.11E-07
28	0.0000E+00	5.8264E+01	0.0000E+00	3.31E-05	6.41E-07	2.48E-05	2.88E-07
29	0.0000E+00	6.0400E+01	0.0000E+00	3.08E-05	5.96E-07	2.31E-05	2.68E-07
30	0.0000E+00	6.2536E+01	0.0000E+00	2.87E-05	5.56E-07	2.15E-05	2.50E-07
31	0.0000E+00	6.4671E+01	0.0000E+00	2.68E-05	5.20E-07	2.01E-05	2.34E-07
32	0.0000E+00	6.6807E+01	0.0000E+00	2.51E-05	4.88E-07	1.89E-05	2.19E-07
33	0.0000E+00	6.8943E+01	0.0000E+00	2.36E-05	4.58E-07	1.77E-05	2.06E-07
34	0.0000E+00	7.1079E+01	0.0000E+00	2.22E-05	4.31E-07	1.67E-05	1.94E-07
35	0.0000E+00	7.3214E+01	0.0000E+00	2.09E-05	4.06E-07	1.57E-05	1.83E-07
36	0.0000E+00	7.5350E+01	0.0000E+00	1.98E-05	3.83E-07	1.48E-05	1.72E-07
37	0.0000E+00	7.7486E+01	0.0000E+00	1.87E-05	3.62E-07	1.40E-05	1.63E-07
38	0.0000E+00	7.9621E+01	0.0000E+00	1.77E-05	3.43E-07	1.33E-05	1.54E-07
39	0.0000E+00	8.1757E+01	0.0000E+00	1.68E-05	3.26E-07	1.26E-05	1.47E-07
40	0.0000E+00	8.3893E+01	0.0000E+00	1.59E-05	3.09E-07	1.20E-05	1.39E-07
41	0.0000E+00	8.6029E+01	0.0000E+00	1.52E-05	2.94E-07	1.14E-05	1.32E-07
42	0.0000E+00	8.8164E+01	0.0000E+00	1.44E-05	2.80E-07	1.08E-05	1.26E-07
43	0.0000E+00	9.0300E+01	0.0000E+00	1.38E-05	2.67E-07	1.03E-05	1.20E-07
44	0.0000E+00	9.2436E+01	0.0000E+00	1.31E-05	2.55E-07	9.85E-06	1.15E-07
45	0.0000E+00	9.4571E+01	0.0000E+00	1.25E-05	2.43E-07	9.41E-06	1.09E-07
46	0.0000E+00	9.6707E+01	0.0000E+00	1.20E-05	2.33E-07	9.00E-06	1.05E-07
47	0.0000E+00	9.8843E+01	0.0000E+00	1.15E-05	2.23E-07	8.61E-06	1.00E-07
48	0.0000E+00	1.0098E+02	0.0000E+00	1.10E-05	2.13E-07	8.25E-06	9.60E-08
49	0.0000E+00	1.0311E+02	0.0000E+00	1.06E-05	2.05E-07	7.91E-06	9.21E-08
50	0.0000E+00	1.0525E+02	0.0000E+00	1.01E-05	1.96E-07	7.60E-06	8.84E-08
51	0.0000E+00	1.0739E+02	0.0000E+00	9.73E-06	1.89E-07	7.30E-06	8.49E-08
52	0.0000E+00	1.0952E+02	0.0000E+00	9.35E-06	1.81E-07	7.02E-06	8.16E-08
53	0.0000E+00	1.1166E+02	0.0000E+00	9.00E-06	1.75E-07	6.75E-06	7.85E-08
54	0.0000E+00	1.1379E+02	0.0000E+00	8.67E-06	1.68E-07	6.50E-06	7.56E-08
55	0.0000E+00	1.1593E+02	0.0000E+00	8.35E-06	1.62E-07	6.26E-06	7.29E-08
56	0.0000E+00	1.1806E+02	0.0000E+00	8.05E-06	1.56E-07	6.04E-06	7.03E-08
57	0.0000E+00	1.2020E+02	0.0000E+00	7.77E-06	1.51E-07	5.82E-06	6.78E-08
58	0.0000E+00	1.2234E+02	0.0000E+00	7.50E-06	1.45E-07	5.62E-06	6.54E-08
59	0.0000E+00	1.2447E+02	0.0000E+00	7.24E-06	1.40E-07	5.43E-06	6.32E-08
60	0.0000E+00	1.2661E+02	0.0000E+00	7.00E-06	1.36E-07	5.25E-06	6.11E-08
61	0.0000E+00	1.2874E+02	0.0000E+00	6.77E-06	1.31E-07	5.08E-06	5.91E-08
62	0.0000E+00	1.3088E+02	0.0000E+00	6.55E-06	1.27E-07	4.91E-06	5.72E-08
63	0.0000E+00	1.3301E+02	0.0000E+00	6.34E-06	1.23E-07	4.76E-06	5.53E-08
64	0.0000E+00	1.3515E+02	0.0000E+00	6.14E-06	1.19E-07	4.61E-06	5.36E-08
65	0.0000E+00	1.3729E+02	0.0000E+00	5.95E-06	1.15E-07	4.47E-06	5.20E-08
66	0.0000E+00	1.3942E+02	0.0000E+00	5.77E-06	1.12E-07	4.33E-06	5.04E-08
67	0.0000E+00	1.4156E+02	0.0000E+00	5.60E-06	1.09E-07	4.20E-06	4.89E-08
68	0.0000E+00	1.4369E+02	0.0000E+00	5.43E-06	1.05E-07	4.08E-06	4.74E-08
69	0.0000E+00	1.4583E+02	0.0000E+00	5.28E-06	1.02E-07	3.96E-06	4.60E-08
70	0.0000E+00	1.4796E+02	0.0000E+00	5.13E-06	9.94E-08	3.84E-06	4.47E-08
71	0.0000E+00	1.5010E+02	0.0000E+00	4.98E-06	9.66E-08	3.74E-06	4.35E-08



例題 2 : 水のプールの中央に半径 25 cm、高さ 50 cm の円筒形状に一様に分布した  $^{252}\text{Cf}$  崩壊中性子線源がある場合の線源中央高さでの線量当量計算。(図 5. 2 (1) 参照)

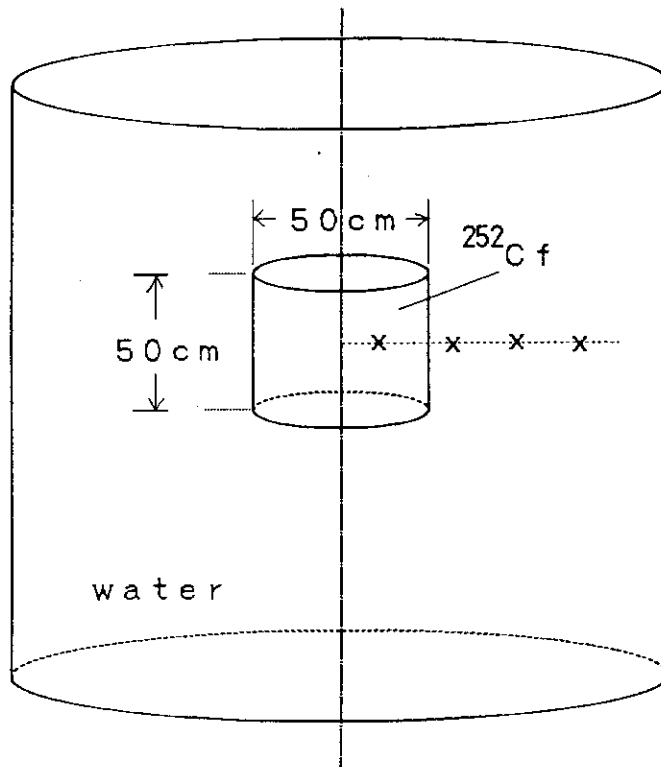


図 5. 2 (1) 例題 1 の計算体系

解説：線源の中心を原点にする。入力情報は、SAMP5-2.PKN を参照。線源である  $^{252}\text{Cf}$  中性子線源は水中に一様に分布しているとして計算している。この入力情報を実行すると次の図 5. 2 (2) のグラフに示される計算結果が得られる。グラフから分かるように 50 cm 辺りで、中性子と 2 次  $\gamma$  線線量当量の減衰曲線は交差し、50 cm 以上では 2 次  $\gamma$  線の方が大きくなっている事が分かる。ここに 2 次  $\gamma$  線の重要性が見て取れる。この結果は、SAMP5-2.FG2 に保存される。

なお数値結果は SAMP5-2.OUT に保存される。それは、表 5. 2 に示されるように与えられる。

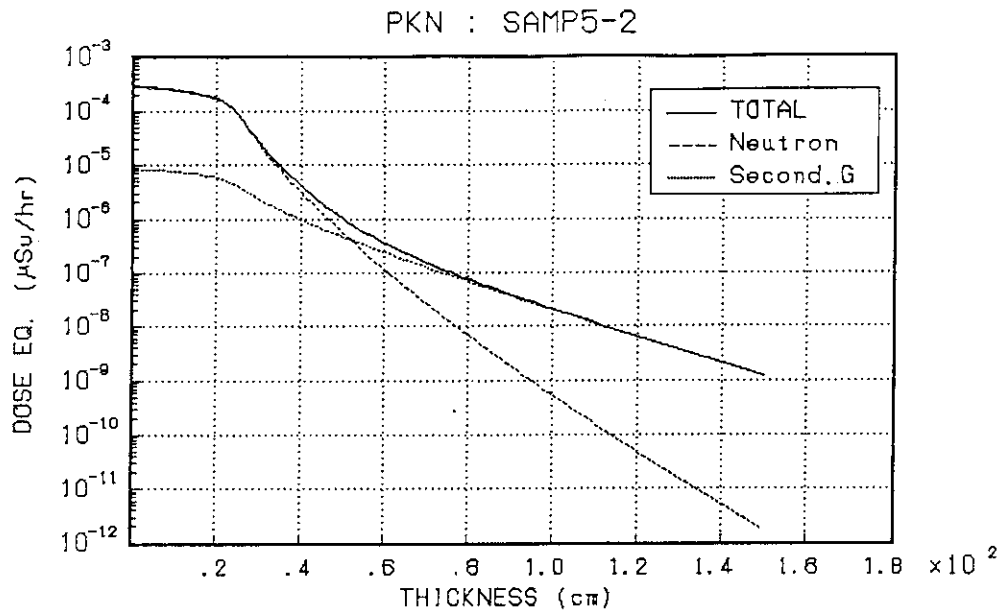


図 5. 2 ( 2 ) 例題 2 の計算結果

表 5. 2 例題 2 の数値結果 ( その 1 )

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
1	1.0000E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.18E-04	9.20E-06	2.37E-04	3.79E-06
2	2.2429E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	4.17E-04	1.02E-05	3.10E-04	3.90E-06
3	4.3857E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	2.20E-04	7.94E-06	1.63E-04	3.54E-06
4	6.5286E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.77E-04	7.30E-06	1.31E-04	3.41E-06
5	8.6714E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.46E-04	6.74E-06	1.07E-04	3.64E-06
6	1.0814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.19E-04	6.16E-06	8.67E-05	3.37E-06
7	1.2957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	9.68E-05	5.60E-06	7.05E-05	3.10E-06
8	1.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.82E-05	5.04E-06	5.67E-05	2.83E-06
9	1.7243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	6.22E-05	4.49E-06	4.49E-05	2.56E-06
10	1.9386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.85E-05	3.95E-06	3.49E-05	2.29E-06
11	2.1529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.70E-05	3.44E-06	2.65E-05	2.03E-06
12	2.3671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.76E-05	2.97E-06	1.98E-05	1.78E-06
13	2.5814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.02E-05	2.54E-06	1.45E-05	1.56E-06
14	2.7957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.45E-05	2.18E-06	1.05E-05	1.37E-06
15	3.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.04E-05	1.86E-06	7.54E-06	1.19E-06
16	3.2243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.35E-06	1.59E-06	5.37E-06	1.04E-06
17	3.4386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.19E-06	1.35E-06	3.82E-06	9.11E-07
18	3.6529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.67E-06	1.16E-06	2.71E-06	7.96E-07
19	3.8671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.59E-06	9.94E-07	1.93E-06	6.97E-07
20	4.0814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.83E-06	8.54E-07	1.37E-06	6.09E-07
21	4.2957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.30E-06	7.35E-07	9.78E-07	5.33E-07
22	4.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	9.29E-07	6.33E-07	6.99E-07	4.66E-07
23	4.7243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	6.64E-07	5.47E-07	5.00E-07	4.07E-07
24	4.9386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.77E-07	4.73E-07	3.60E-07	3.57E-07
25	5.1529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.43E-07	4.10E-07	2.59E-07	3.12E-07
26	5.3671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.48E-07	3.56E-07	1.88E-07	2.74E-07
27	5.5814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.80E-07	3.09E-07	1.37E-07	2.41E-07
28	5.7957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.31E-07	2.69E-07	9.97E-08	2.11E-07

表 5. 2 例題 2 の計算数値結果 (その 2)

評価点	x	y	z	無限厚		有限厚	
				中性子線	2次 $\gamma$ 線	中性子線	2次 $\gamma$ 線
n	(cm)	(cm)	(cm)	( $\mu\text{Sv/h}$ )	( $\mu\text{Sv/h}$ )	( $\mu\text{Sv/h}$ )	( $\mu\text{Sv/h}$ )
29	6.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	9.62E-08	2.34E-07	7.30E-08	1.86E-07
30	6.2243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.06E-08	2.04E-07	5.37E-08	1.63E-07
31	6.4386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.20E-08	1.78E-07	3.96E-08	1.44E-07
32	6.6529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.84E-08	1.55E-07	2.93E-08	1.26E-07
33	6.8671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.85E-08	1.36E-07	2.18E-08	1.11E-07
34	7.0814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.12E-08	1.18E-07	1.62E-08	9.74E-08
35	7.2957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.58E-08	1.04E-07	1.21E-08	8.57E-08
36	7.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.18E-08	9.07E-08	9.07E-09	7.54E-08
37	7.7243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	8.89E-09	7.94E-08	6.81E-09	6.63E-08
38	7.9386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	6.69E-09	6.95E-08	5.13E-09	5.84E-08
39	8.1529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.05E-09	6.09E-08	3.88E-09	5.14E-08
40	8.3671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.82E-09	5.34E-08	2.94E-09	4.53E-08
41	8.5814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.90E-09	4.69E-08	2.23E-09	3.99E-08
42	8.7957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.20E-09	4.12E-08	1.70E-09	3.52E-08
43	9.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.68E-09	3.62E-08	1.29E-09	3.10E-08
44	9.2243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.28E-09	3.18E-08	9.89E-10	2.72E-08
45	9.4386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	9.80E-10	2.79E-08	7.57E-10	2.39E-08
46	9.6529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.51E-10	2.46E-08	5.81E-10	2.10E-08
47	9.8671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.77E-10	2.16E-08	4.47E-10	1.85E-08
48	1.0081E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.44E-10	1.90E-08	3.44E-10	1.63E-08
49	1.0296E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.42E-10	1.68E-08	2.66E-10	1.44E-08
50	1.0510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.65E-10	1.48E-08	2.06E-10	1.27E-08
51	1.0724E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.05E-10	1.30E-08	1.59E-10	1.12E-08
52	1.0939E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.59E-10	1.15E-08	1.23E-10	9.88E-09
53	1.1153E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.23E-10	1.02E-08	9.59E-11	8.68E-09
54	1.1367E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	9.57E-11	8.97E-09	7.46E-11	7.57E-09
55	1.1581E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	7.45E-11	7.93E-09	5.81E-11	6.66E-09
56	1.1796E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	5.81E-11	7.01E-09	4.53E-11	5.75E-09
57	1.2010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.54E-11	6.21E-09	3.54E-11	5.09E-09
58	1.2224E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.55E-11	5.50E-09	2.77E-11	4.51E-09
59	1.2439E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.78E-11	4.87E-09	2.17E-11	3.99E-09
60	1.2653E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.18E-11	4.32E-09	1.70E-11	3.54E-09
61	1.2867E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.71E-11	3.83E-09	1.33E-11	3.14E-09
62	1.3081E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.34E-11	3.40E-09	1.05E-11	2.79E-09
63	1.3296E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.05E-11	3.02E-09	8.22E-12	2.48E-09
64	1.3510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	8.30E-12	2.69E-09	6.47E-12	2.20E-09
65	1.3724E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	6.54E-12	2.39E-09	5.10E-12	1.96E-09
66	1.3939E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	5.16E-12	2.13E-09	4.02E-12	1.74E-09
67	1.4153E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.07E-12	1.89E-09	3.17E-12	1.55E-09
68	1.4367E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.22E-12	1.69E-09	2.51E-12	1.38E-09
69	1.4581E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.54E-12	1.51E-09	1.98E-12	1.23E-09
70	1.4796E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.01E-12	1.34E-09	1.57E-12	1.10E-09
71	1.5010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.59E-12	1.20E-09	1.24E-12	9.84E-10

例題 3 : 半径 30 cm、高さ 50 cm のポリエチレン容器の中央に半径 2 cm、高さ 15 cm の棒状に一様分布した  $^{241}\text{Am}-\text{Be}$  中性子線源がある場合の容器の内外での中性子及び 2 次  $\gamma$  線の線量当量。  
 (図 5. 3 (1) 参照)

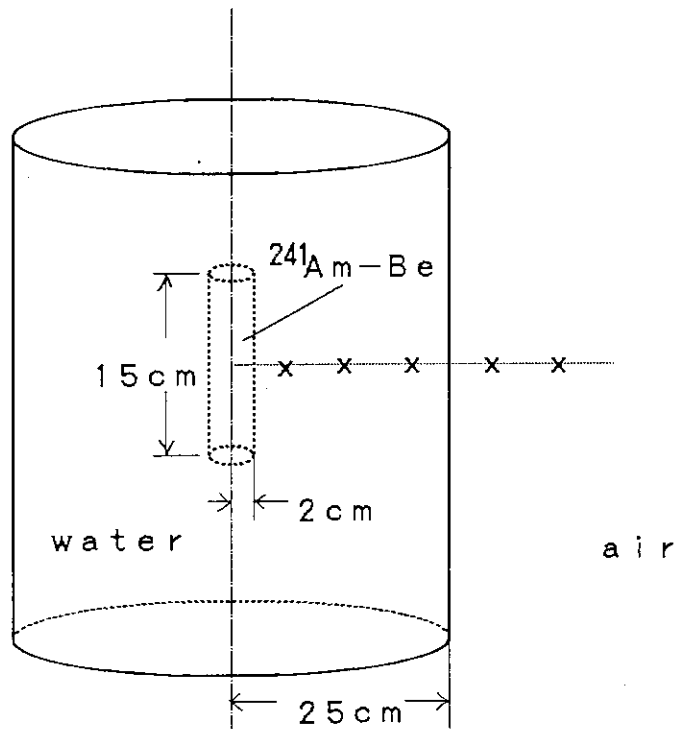


図 5. 3 (1) 例題 3 の計算体系

解説：ポリエチレンは水で代用。線源の中心を原点にする。 $^{241}\text{Am}-\text{Be}$  中性子のスペクトルは、Ref. 7 の値が使われている。入力情報は、SAMP5-3.PKN を参照。評価点は線源中央の振舞いを見るため、X 軸方向に、-5 cm から +150 cm までを 70 等分している。この入力情報を無修正で実行すると次の図 5. 3 (2) に示される計算結果が得られる。2 次  $\gamma$  線が影響して来るのは半径 20 cm 以上であることが分かる。この結果は、SAMP5-3.FG2 に保存される。なお数値結果は、SAMP5-3.OUT に保存される。それは、次の表 5. 3 に示されるように与えられる。無限厚の欄をグラフにしたのが図 5. 3 (2) である。しかし体系は半径 25 cm の有限厚であるので、25 cm 以上は有限厚の欄の値の方が実際に近い。無限媒質効果を考慮した有限厚媒質透過後の線量当量は、無限厚媒質中での線量当量より、中性子と 2 次  $\gamma$  線の線量当量共に 30% 程小さいことが分かる。

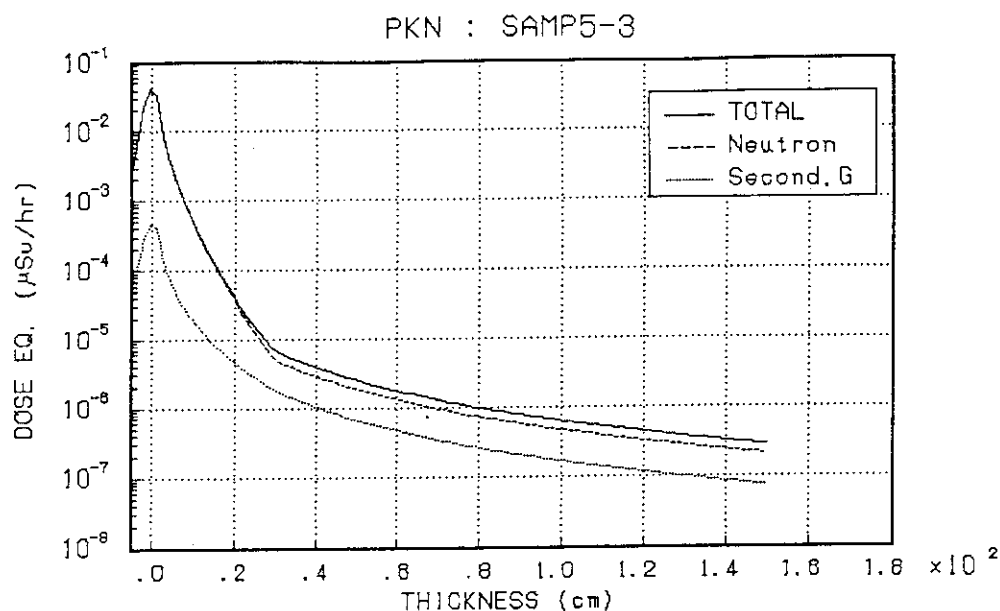


図 5. 3 ( 2 ) 例題 3 の計算体系

表 5. 3 例題 3 の数値結果 ( その 1 )

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 (μSv/h)	2次γ線 (μSv/h)	中性子線 (μSv/h)	2次γ線 (μSv/h)
1	-4.9000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	2.87E-03	6.09E-05	2.14E-03	2.14E-05
2	-2.6857E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.01E-02	1.53E-04	7.58E-03	2.29E-05
3	-4.7143E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.30E-01	1.38E-03	9.78E-02	1.33E-04
4	1.7429E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	3.22E-02	3.90E-04	2.41E-02	4.31E-05
5	3.9571E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	4.50E-03	8.38E-05	3.37E-03	2.02E-05
6	6.1714E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.70E-03	4.24E-05	1.26E-03	1.88E-05
7	8.3857E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	7.76E-04	2.54E-05	5.69E-04	1.24E-05
8	1.0600E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.90E-04	1.67E-05	2.83E-04	8.44E-06
9	1.2814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.09E-04	1.17E-05	1.50E-04	6.12E-06
10	1.5029E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.18E-04	8.50E-06	8.39E-05	4.63E-06
11	1.7243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	6.88E-05	6.41E-06	4.93E-05	3.63E-06
12	1.9457E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.15E-05	4.95E-06	3.00E-05	2.91E-06
13	2.1671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.56E-05	3.91E-06	1.87E-05	2.38E-06
14	2.3886E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.62E-05	3.13E-06	1.19E-05	1.98E-06
15	2.6100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.04E-05	2.54E-06	7.67E-06	1.66E-06
16	2.8314E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	6.76E-06	2.08E-06	5.04E-06	1.41E-06
17	3.0529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.77E-06	1.74E-06	3.57E-06	1.20E-06
18	3.2743E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.17E-06	1.52E-06	3.12E-06	1.05E-06
19	3.4957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.68E-06	1.33E-06	2.75E-06	9.19E-07
20	3.7171E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.27E-06	1.18E-06	2.45E-06	8.14E-07
21	3.9386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.92E-06	1.05E-06	2.19E-06	7.26E-07
22	4.1600E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.62E-06	9.46E-07	1.97E-06	6.52E-07
23	4.3814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.37E-06	8.54E-07	1.78E-06	5.88E-07
24	4.6029E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.15E-06	7.75E-07	1.61E-06	5.34E-07
25	4.8243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.96E-06	7.06E-07	1.47E-06	4.86E-07
26	5.0457E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.80E-06	6.46E-07	1.35E-06	4.45E-07
27	5.2671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.65E-06	5.93E-07	1.24E-06	4.08E-07
28	5.4886E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.52E-06	5.46E-07	1.14E-06	3.76E-07

表 5. 3 例題 3 の数値結果 (その 2)

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
29	5.7100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.41E-06	5.05E-07	1.06E-06	3.48E-07
30	5.9314E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.31E-06	4.68E-07	9.80E-07	3.22E-07
31	6.1529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.22E-06	4.35E-07	9.12E-07	3.00E-07
32	6.3743E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.13E-06	4.06E-07	8.50E-07	2.79E-07
33	6.5957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.06E-06	3.79E-07	7.95E-07	2.61E-07
34	6.8171E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	9.94E-07	3.55E-07	7.44E-07	2.44E-07
35	7.0386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	9.33E-07	3.33E-07	6.99E-07	2.29E-07
36	7.2600E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	8.77E-07	3.13E-07	6.57E-07	2.16E-07
37	7.4814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	8.26E-07	2.95E-07	6.19E-07	2.03E-07
38	7.7029E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.80E-07	2.78E-07	5.84E-07	1.92E-07
39	7.9243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.37E-07	2.63E-07	5.52E-07	1.81E-07
40	8.1457E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	6.98E-07	2.49E-07	5.23E-07	1.71E-07
41	8.3671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	6.62E-07	2.36E-07	4.96E-07	1.62E-07
42	8.5886E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	6.28E-07	2.24E-07	4.71E-07	1.54E-07
43	8.8100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.97E-07	2.13E-07	4.47E-07	1.47E-07
44	9.0314E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.68E-07	2.03E-07	4.26E-07	1.39E-07
45	9.2529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.42E-07	1.93E-07	4.06E-07	1.33E-07
46	9.4743E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.17E-07	1.84E-07	3.87E-07	1.27E-07
47	9.6957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.94E-07	1.76E-07	3.70E-07	1.21E-07
48	9.9171E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.72E-07	1.68E-07	3.53E-07	1.16E-07
49	1.0139E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.52E-07	1.61E-07	3.38E-07	1.11E-07
50	1.0360E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.33E-07	1.54E-07	3.24E-07	1.06E-07
51	1.0581E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.15E-07	1.48E-07	3.11E-07	1.02E-07
52	1.0803E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.98E-07	1.42E-07	2.98E-07	9.75E-08
53	1.1024E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.82E-07	1.36E-07	2.86E-07	9.37E-08
54	1.1246E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.67E-07	1.31E-07	2.75E-07	9.00E-08
55	1.1467E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.53E-07	1.26E-07	2.65E-07	8.66E-08
56	1.1689E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.40E-07	1.21E-07	2.55E-07	8.33E-08
57	1.1910E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.28E-07	1.17E-07	2.45E-07	8.03E-08
58	1.2131E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.16E-07	1.12E-07	2.37E-07	7.74E-08
59	1.2353E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.05E-07	1.08E-07	2.28E-07	7.46E-08
60	1.2574E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.94E-07	1.05E-07	2.20E-07	7.20E-08
61	1.2796E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.84E-07	1.01E-07	2.13E-07	6.96E-08
62	1.3017E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.74E-07	9.77E-08	2.06E-07	6.72E-08
63	1.3239E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.65E-07	9.45E-08	1.99E-07	6.50E-08
64	1.3460E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.57E-07	9.14E-08	1.92E-07	6.29E-08
65	1.3681E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.48E-07	8.85E-08	1.86E-07	6.09E-08
66	1.3903E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.41E-07	8.57E-08	1.80E-07	5.89E-08
67	1.4124E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.33E-07	8.30E-08	1.75E-07	5.71E-08
68	1.4346E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.26E-07	8.05E-08	1.69E-07	5.54E-08
69	1.4567E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.19E-07	7.80E-08	1.64E-07	5.37E-08
70	1.4789E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.13E-07	7.57E-08	1.59E-07	5.21E-08
71	1.5010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.06E-07	7.35E-08	1.55E-07	5.06E-08

例題4：コンクリート施設内の片隅に、半径2 cm高さ15 cmの棒状に一様に分布した2 MeV単色エネルギー中性子線源を中央に有する半径25 cm、高さ57.5 cmのポリエチレン容器がある場合の線源中央高さの直線上での中性子と2次 $\gamma$ 線の線量当量計算。  
 (図5.4(1)と図5.4(2)参照)

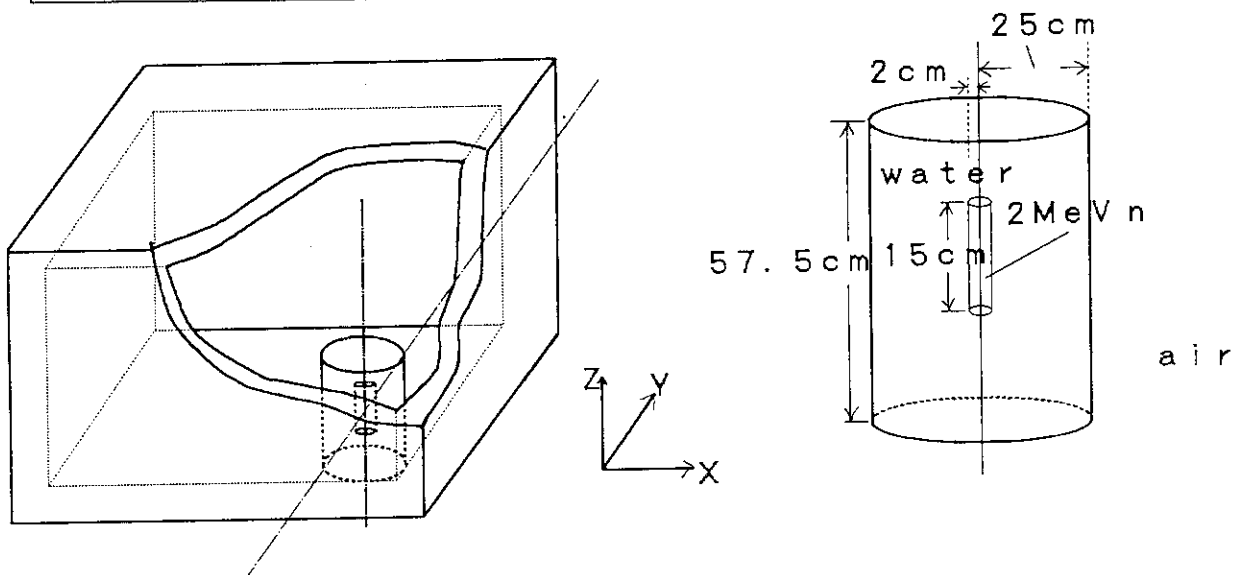


図5.4(1) 例題4の計算体系(その1)

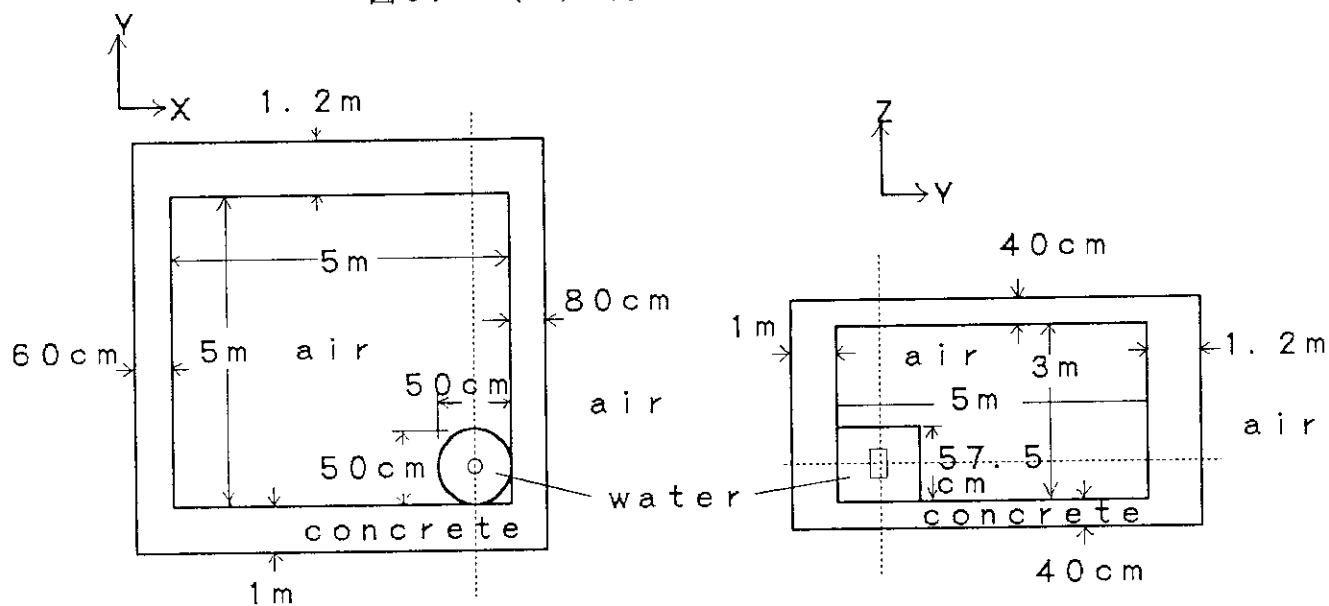


図5.4(2) 例題4の計算体系(その2)

解説：線源の中心位置を原点にする。入力情報は、SAMP5-4.PKNを参照。この入力情報を無修正で実行すると次の図5.4(3)と図5.4(4)に示される計算結果が得られる。

この結果は、SAMP5-4.FG2 に保存される。なお数値結果はSAMP5-4.OUT に保存される。それは、次の表5. 4 に示されるように与えられる。評価点は線源中央を原点として貫く Y 軸方向に -150 cm から +640 cm までを 70 等分して取られている。

PKN : SAMPLE PROBLEM 5-4

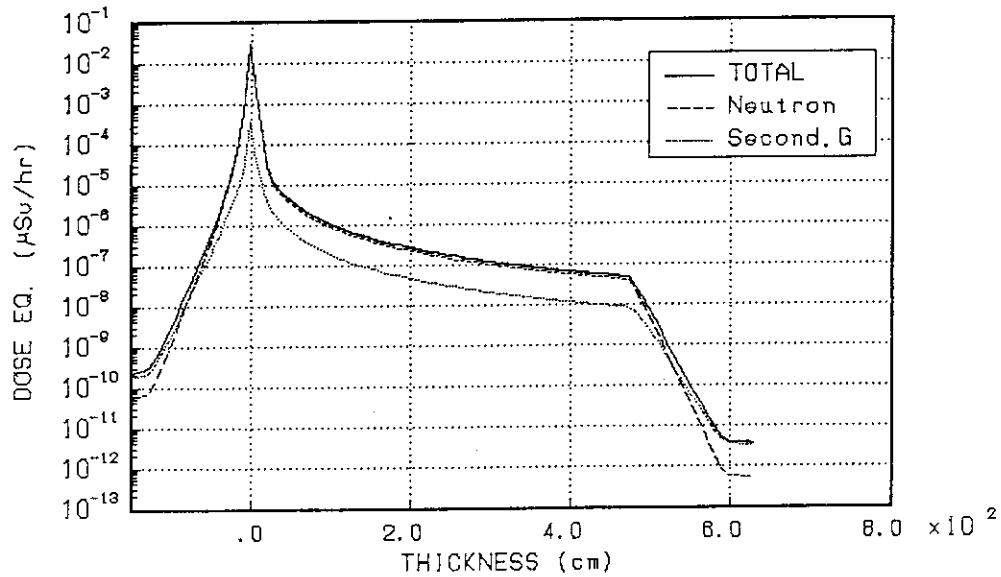


図 5. 4 (3) 例題 4 の計算結果

表 5. 4 例題 4 の数値結果 (その 1)

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
1	0.0000E+00	-1.4990E+02	0.0000E+00	5.28E-11	1.67E-10	2.69E-11	1.41E-10
2	0.0000E+00	-1.3876E+02	0.0000E+00	6.15E-11	1.95E-10	3.14E-11	1.65E-10
3	0.0000E+00	-1.2761E+02	0.0000E+00	7.27E-11	2.30E-10	3.71E-11	1.95E-10
4	0.0000E+00	-1.1647E+02	0.0000E+00	1.89E-10	4.62E-10	9.63E-11	3.52E-10
5	0.0000E+00	-1.0533E+02	0.0000E+00	6.36E-10	1.14E-09	3.24E-10	8.32E-10
6	0.0000E+00	-9.4186E+01	0.0000E+00	2.20E-09	2.99E-09	1.12E-09	2.07E-09
7	0.0000E+00	-8.3043E+01	0.0000E+00	7.79E-09	8.21E-09	3.97E-09	5.39E-09
8	0.0000E+00	-7.1900E+01	0.0000E+00	2.85E-08	2.35E-08	1.47E-08	1.45E-08
9	0.0000E+00	-6.0757E+01	0.0000E+00	1.08E-07	6.92E-08	5.81E-08	3.92E-08
10	0.0000E+00	-4.9614E+01	0.0000E+00	4.30E-07	2.09E-07	2.44E-07	1.12E-07
11	0.0000E+00	-3.8471E+01	0.0000E+00	1.85E-06	6.51E-07	1.12E-06	3.46E-07
12	0.0000E+00	-2.7329E+01	0.0000E+00	9.01E-06	2.15E-06	5.95E-06	3.45E-07
13	0.0000E+00	-1.6186E+01	0.0000E+00	8.86E-05	7.31E-06	6.32E-05	4.06E-06
14	0.0000E+00	-5.0429E+00	0.0000E+00	2.70E-03	5.82E-05	2.01E-03	1.94E-05
15	0.0000E+00	6.1000E+00	0.0000E+00	1.75E-03	4.32E-05	1.30E-03	1.87E-05
16	0.0000E+00	1.7243E+01	0.0000E+00	6.88E-05	6.41E-06	4.93E-05	3.63E-06
17	0.0000E+00	2.8386E+01	0.0000E+00	1.01E-05	2.20E-06	7.48E-06	1.41E-06
18	0.0000E+00	3.9529E+01	0.0000E+00	5.36E-06	1.15E-06	3.95E-06	7.34E-07
19	0.0000E+00	5.0671E+01	0.0000E+00	3.30E-06	7.01E-07	2.43E-06	4.49E-07
20	0.0000E+00	6.1814E+01	0.0000E+00	2.23E-06	4.72E-07	1.64E-06	3.02E-07
21	0.0000E+00	7.2957E+01	0.0000E+00	1.60E-06	3.39E-07	1.18E-06	2.17E-07
22	0.0000E+00	8.4100E+01	0.0000E+00	1.21E-06	2.56E-07	8.90E-07	1.64E-07
23	0.0000E+00	9.5243E+01	0.0000E+00	9.44E-07	1.99E-07	6.95E-07	1.28E-07



表 5. 4 例題 4 の数値結果 (その 2)

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
24	0.0000E+00	1.0639E+02	0.0000E+00	7.57E-07	1.60E-07	5.57E-07	1.02E-07
25	0.0000E+00	1.1753E+02	0.0000E+00	6.21E-07	1.31E-07	4.57E-07	8.38E-08
26	0.0000E+00	1.2867E+02	0.0000E+00	5.18E-07	1.09E-07	3.81E-07	7.00E-08
27	0.0000E+00	1.3981E+02	0.0000E+00	4.39E-07	9.26E-08	3.23E-07	5.93E-08
28	0.0000E+00	1.5096E+02	0.0000E+00	3.77E-07	7.95E-08	2.77E-07	5.08E-08
29	0.0000E+00	1.6210E+02	0.0000E+00	3.27E-07	6.89E-08	2.41E-07	4.41E-08
30	0.0000E+00	1.7324E+02	0.0000E+00	2.86E-07	6.04E-08	2.11E-07	3.86E-08
31	0.0000E+00	1.8439E+02	0.0000E+00	2.53E-07	5.33E-08	1.86E-07	3.41E-08
32	0.0000E+00	1.9553E+02	0.0000E+00	2.25E-07	4.74E-08	1.65E-07	3.03E-08
33	0.0000E+00	2.0667E+02	0.0000E+00	2.01E-07	4.24E-08	1.48E-07	2.71E-08
34	0.0000E+00	2.1781E+02	0.0000E+00	1.81E-07	3.82E-08	1.33E-07	2.44E-08
35	0.0000E+00	2.2896E+02	0.0000E+00	1.64E-07	3.46E-08	1.21E-07	2.21E-08
36	0.0000E+00	2.4010E+02	0.0000E+00	1.49E-07	3.14E-08	1.10E-07	2.01E-08
37	0.0000E+00	2.5124E+02	0.0000E+00	1.36E-07	2.87E-08	1.00E-07	1.84E-08
38	0.0000E+00	2.6239E+02	0.0000E+00	1.25E-07	2.63E-08	9.19E-08	1.68E-08
39	0.0000E+00	2.7353E+02	0.0000E+00	1.15E-07	2.42E-08	8.45E-08	1.55E-08
40	0.0000E+00	2.8467E+02	0.0000E+00	1.06E-07	2.24E-08	7.80E-08	1.43E-08
41	0.0000E+00	2.9581E+02	0.0000E+00	9.82E-08	2.07E-08	7.23E-08	1.32E-08
42	0.0000E+00	3.0696E+02	0.0000E+00	9.12E-08	1.92E-08	6.71E-08	1.23E-08
43	0.0000E+00	3.1810E+02	0.0000E+00	8.49E-08	1.79E-08	6.25E-08	1.15E-08
44	0.0000E+00	3.2924E+02	0.0000E+00	7.92E-08	1.67E-08	5.84E-08	1.07E-08
45	0.0000E+00	3.4039E+02	0.0000E+00	7.41E-08	1.56E-08	5.46E-08	1.00E-08
46	0.0000E+00	3.5153E+02	0.0000E+00	6.95E-08	1.47E-08	5.12E-08	9.38E-09
47	0.0000E+00	3.6267E+02	0.0000E+00	6.53E-08	1.38E-08	4.81E-08	8.81E-09
48	0.0000E+00	3.7381E+02	0.0000E+00	6.15E-08	1.30E-08	4.53E-08	8.30E-09
49	0.0000E+00	3.8496E+02	0.0000E+00	5.80E-08	1.22E-08	4.27E-08	7.82E-09
50	0.0000E+00	3.9610E+02	0.0000E+00	5.48E-08	1.16E-08	4.03E-08	7.39E-09
51	0.0000E+00	4.0724E+02	0.0000E+00	5.18E-08	1.09E-08	3.81E-08	6.99E-09
52	0.0000E+00	4.1839E+02	0.0000E+00	4.91E-08	1.04E-08	3.61E-08	6.62E-09
53	0.0000E+00	4.2953E+02	0.0000E+00	4.66E-08	9.82E-09	3.43E-08	6.28E-09
54	0.0000E+00	4.4067E+02	0.0000E+00	4.42E-08	9.33E-09	3.26E-08	5.97E-09
55	0.0000E+00	4.5181E+02	0.0000E+00	4.21E-08	8.88E-09	3.10E-08	5.68E-09
56	0.0000E+00	4.6296E+02	0.0000E+00	4.01E-08	8.46E-09	2.95E-08	5.41E-09
57	0.0000E+00	4.7410E+02	0.0000E+00	3.82E-08	8.06E-09	2.81E-08	5.16E-09
58	0.0000E+00	4.8524E+02	0.0000E+00	1.58E-08	4.92E-09	9.90E-09	2.63E-09
59	0.0000E+00	4.9639E+02	0.0000E+00	5.83E-09	2.57E-09	3.37E-09	1.37E-09
60	0.0000E+00	5.0753E+02	0.0000E+00	2.10E-09	1.24E-09	1.15E-09	6.83E-10
61	0.0000E+00	5.1867E+02	0.0000E+00	7.43E-10	5.68E-10	3.88E-10	3.41E-10
62	0.0000E+00	5.2981E+02	0.0000E+00	2.60E-10	2.54E-10	1.33E-10	1.64E-10
63	0.0000E+00	5.4096E+02	0.0000E+00	9.03E-11	1.14E-10	4.61E-11	7.74E-11
64	0.0000E+00	5.5210E+02	0.0000E+00	3.14E-11	5.18E-11	1.60E-11	3.71E-11
65	0.0000E+00	5.6324E+02	0.0000E+00	1.09E-11	2.43E-11	5.57E-12	1.83E-11
66	0.0000E+00	5.7439E+02	0.0000E+00	3.82E-12	1.18E-11	1.95E-12	9.31E-12
67	0.0000E+00	5.8553E+02	0.0000E+00	1.34E-12	6.00E-12	6.85E-13	5.10E-12
68	0.0000E+00	5.9667E+02	0.0000E+00	5.53E-13	3.45E-12	2.82E-13	2.94E-12
69	0.0000E+00	6.0781E+02	0.0000E+00	5.33E-13	3.33E-12	2.72E-13	2.83E-12
70	0.0000E+00	6.1896E+02	0.0000E+00	5.14E-13	3.21E-12	2.62E-13	2.73E-12
71	0.0000E+00	6.3010E+02	0.0000E+00	4.96E-13	3.10E-12	2.53E-13	2.63E-12

例題 5 : 例題 4 と同じ配置での、線源中央から 1 cm 高さ平面の線量当量等高線分布計算。(図 5. 5 (1) と図 5. 4 (2) 参照)

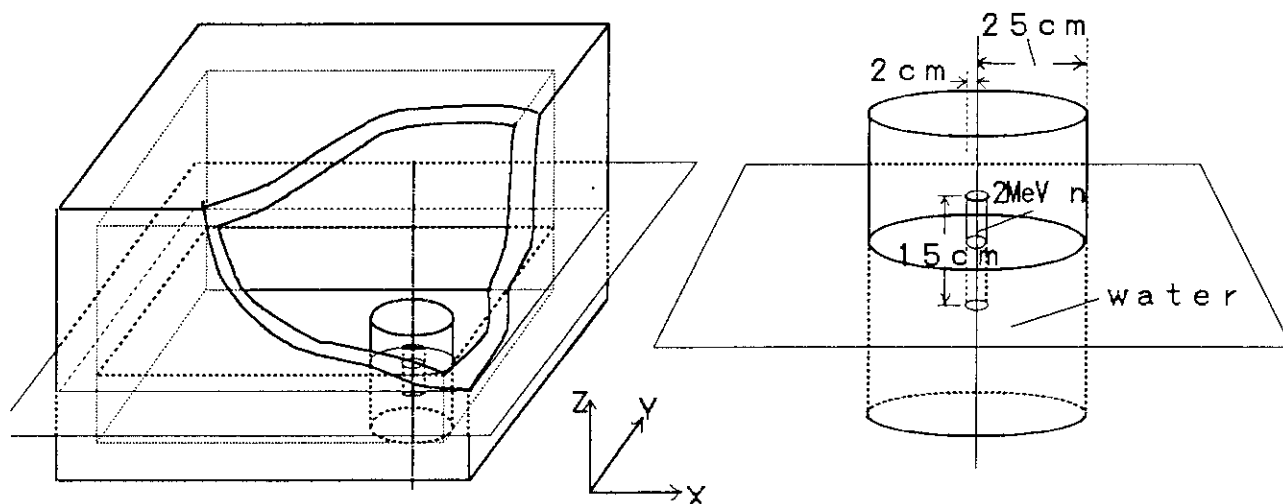


図 5. 5 (1) 例題 5 の計算体系 (その 1)

解説：線源の中心位置を原点にする。入力情報は、SAMP5-5.PKN を参照。ここでは、空間メッシュ切りは、X 軸方向に  $-600\text{ cm}$  から  $+120\text{ cm}$  までを 10 等分、Y 軸方向に  $-150\text{ cm}$  から  $620\text{ cm}$  までを 10 等分の少々荒いメッシュで計算している。計算時間は、pc の性能にも依存するが、余り細かいメッシュを取ると、計算時間が増加する。但し、余り荒いメッシュでは精度のよい等高線は得られない場合がある。この入力情報を無修正で実行すると中性子線量当量に対し図 5. 5 (3)、2 次  $\gamma$  線線量当量に対し図 5. 5 (4) に示される計算結果が得られる。pc 上では等高線はカラーで表示され図の右の絶対値の表との対応からその線量当量の絶対値が読み取れる。

この結果は、SAMP5-5.FG2 に保存される。なお数値結果は SAMP5-5.OUT に保存される。それは、次の表 5. 5 に示されるように与えられる。

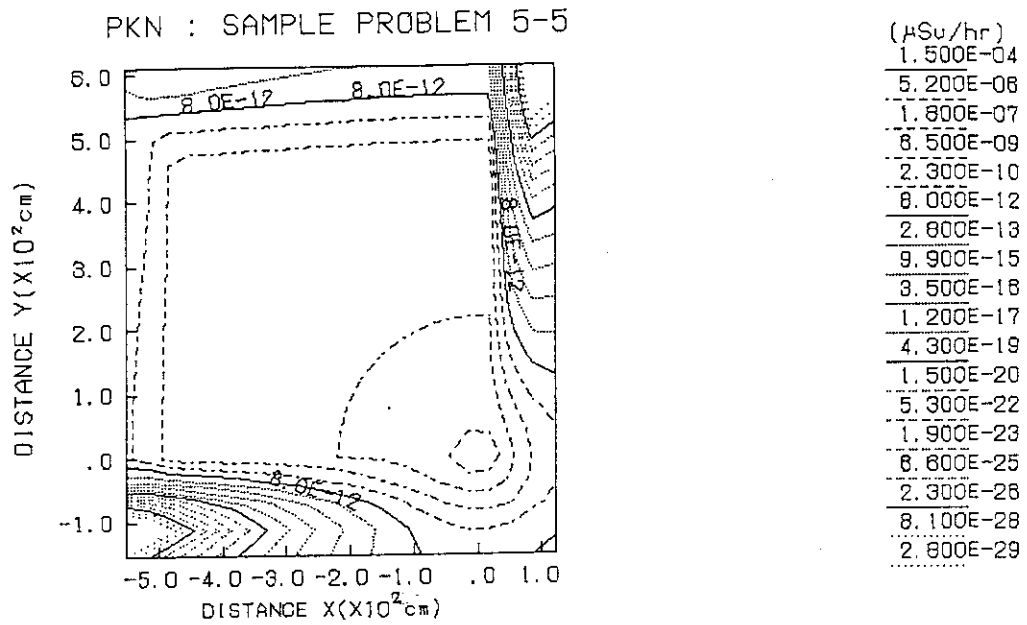


図 5. 5 ( 3 ) 例題 5 の計算結果 ( その 1 ) 、中性子線量当量等高線分布図。

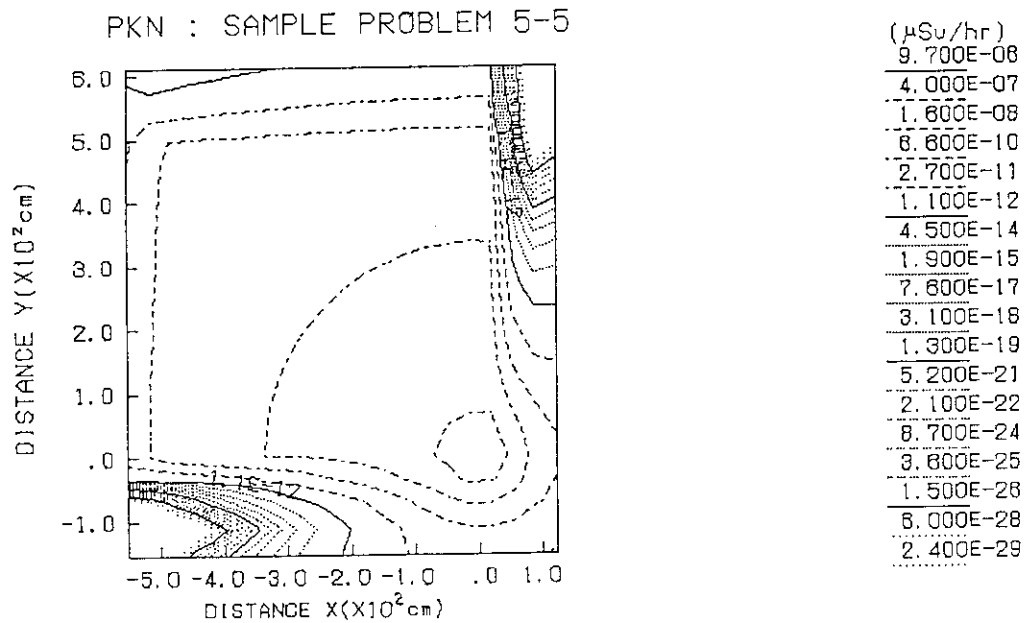


図 5. 5 ( 4 ) 例題 5 の計算結果 ( その 2 ) 、2次 $\gamma$ 線線量当量等高線分布図。

表 5. 5 例題 5 の数値結果 (その 1)

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu$ S v/h)	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu$ S v/h)	中性子線 ( $\mu$ S v/h)	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu$ S v/h)
1	-5.4990E+02	-1.4990E+02	1.0000E+00	8.02E-24	3.67E-29	4.09E-24	3.12E-29
2	-4.8290E+02	-1.4990E+02	1.0000E+00	2.19E-20	1.09E-20	1.12E-20	9.24E-21
3	-4.1590E+02	-1.4990E+02	1.0000E+00	7.45E-18	3.53E-16	3.80E-18	3.00E-16
4	-3.4890E+02	-1.4990E+02	1.0000E+00	7.68E-16	6.29E-14	3.92E-16	5.35E-14
5	-2.8190E+02	-1.4990E+02	1.0000E+00	4.45E-14	1.09E-12	2.27E-14	9.31E-13
6	-2.1490E+02	-1.4990E+02	1.0000E+00	1.99E-12	1.09E-11	1.01E-12	9.23E-12
7	-1.4790E+02	-1.4990E+02	1.0000E+00	6.78E-11	1.18E-10	3.46E-11	1.01E-10
8	-8.0900E+01	-1.4990E+02	1.0000E+00	1.20E-09	1.06E-09	6.10E-10	8.97E-10
9	-1.3900E+01	-1.4990E+02	1.0000E+00	5.08E-09	3.34E-09	2.59E-09	2.84E-09
10	5.3100E+01	-1.4990E+02	1.0000E+00	2.73E-09	2.03E-09	1.39E-09	1.73E-09
11	1.2010E+02	-1.4990E+02	1.0000E+00	2.51E-10	3.14E-10	1.28E-10	2.66E-10
12	-5.4990E+02	-7.3900E+01	1.0000E+00	2.11E-21	1.06E-22	1.07E-21	9.03E-23
13	-4.8290E+02	-7.3900E+01	1.0000E+00	1.96E-19	1.04E-18	1.00E-19	8.83E-19
14	-4.1590E+02	-7.3900E+01	1.0000E+00	4.67E-17	3.81E-15	2.38E-17	3.23E-15
15	-3.4890E+02	-7.3900E+01	1.0000E+00	4.55E-15	2.46E-13	2.32E-15	2.09E-13
16	-2.8190E+02	-7.3900E+01	1.0000E+00	3.27E-13	3.57E-12	1.67E-13	3.03E-12
17	-2.1490E+02	-7.3900E+01	1.0000E+00	2.40E-11	5.59E-11	1.22E-11	4.75E-11
18	-1.4790E+02	-7.3900E+01	1.0000E+00	1.88E-09	1.50E-09	9.56E-10	1.28E-09
19	-8.0900E+01	-7.3900E+01	1.0000E+00	1.15E-07	3.85E-08	5.86E-08	2.71E-08
20	-1.3900E+01	-7.3900E+01	1.0000E+00	1.62E-06	2.48E-07	8.29E-07	1.56E-07
21	5.3100E+01	-7.3900E+01	1.0000E+00	4.73E-07	1.08E-07	2.41E-07	7.18E-08
22	1.2010E+02	-7.3900E+01	1.0000E+00	1.04E-08	5.92E-09	5.31E-09	4.57E-09
23	-5.4990E+02	2.1000E+00	1.0000E+00	1.33E-08	3.01E-09	6.77E-09	1.99E-09
24	-4.8290E+02	2.1000E+00	1.0000E+00	7.27E-07	5.75E-09	4.67E-07	3.09E-09
25	-4.1590E+02	2.1000E+00	1.0000E+00	1.71E-06	0.00E+00	1.10E-06	0.00E+00
26	-3.4890E+02	2.1000E+00	1.0000E+00	2.43E-06	0.00E+00	1.56E-06	0.00E+00
27	-2.8190E+02	2.1000E+00	1.0000E+00	3.72E-06	0.00E+00	2.39E-06	0.00E+00
28	-2.1490E+02	2.1000E+00	1.0000E+00	6.40E-06	0.00E+00	4.11E-06	0.00E+00
29	-1.4790E+02	2.1000E+00	1.0000E+00	1.35E-05	0.00E+00	8.68E-06	0.00E+00
30	-8.0900E+01	2.1000E+00	1.0000E+00	4.50E-05	0.00E+00	2.89E-05	0.00E+00
31	-1.3900E+01	2.1000E+00	1.0000E+00	1.38E-03	0.00E+00	8.89E-04	0.00E+00
32	5.3100E+01	2.1000E+00	1.0000E+00	1.65E-05	7.61E-07	9.16E-06	4.10E-07
33	1.2010E+02	2.1000E+00	1.0000E+00	4.96E-08	2.03E-08	2.53E-08	1.47E-08
34	-5.4990E+02	7.8100E+01	1.0000E+00	1.24E-08	2.87E-09	6.31E-09	1.90E-09
35	-4.8290E+02	7.8100E+01	1.0000E+00	7.04E-07	5.64E-09	4.52E-07	3.03E-09
36	-4.1590E+02	7.8100E+01	1.0000E+00	1.65E-06	0.00E+00	1.06E-06	0.00E+00
37	-3.4890E+02	7.8100E+01	1.0000E+00	2.31E-06	0.00E+00	1.49E-06	0.00E+00
38	-2.8190E+02	7.8100E+01	1.0000E+00	3.46E-06	0.00E+00	2.22E-06	0.00E+00
39	-2.1490E+02	7.8100E+01	1.0000E+00	5.66E-06	0.00E+00	3.63E-06	0.00E+00
40	-1.4790E+02	7.8100E+01	1.0000E+00	1.06E-05	0.00E+00	6.78E-06	0.00E+00
41	-8.0900E+01	7.8100E+01	1.0000E+00	2.34E-05	0.00E+00	1.50E-05	0.00E+00
42	-1.3900E+01	7.8100E+01	1.0000E+00	4.69E-05	0.00E+00	3.01E-05	0.00E+00
43	5.3100E+01	7.8100E+01	1.0000E+00	1.02E-06	1.56E-07	5.19E-07	9.84E-08
44	1.2010E+02	7.8100E+01	1.0000E+00	8.82E-09	5.19E-09	4.50E-09	4.02E-09
45	-5.4990E+02	1.5410E+02	1.0000E+00	1.01E-08	2.49E-09	5.18E-09	1.67E-09
46	-4.8290E+02	1.5410E+02	1.0000E+00	6.45E-07	5.33E-09	4.13E-07	2.86E-09
47	-4.1590E+02	1.5410E+02	1.0000E+00	1.50E-06	0.00E+00	9.63E-07	0.00E+00
48	-3.4890E+02	1.5410E+02	1.0000E+00	2.03E-06	0.00E+00	1.30E-06	0.00E+00
49	-2.8190E+02	1.5410E+02	1.0000E+00	2.87E-06	0.00E+00	1.83E-06	0.00E+00

表 5. 5 例題 5 の数値結果 (その 2)

評価点	x	y	z	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
n	(cm)	(cm)	(cm)				
50	-2.1490E+02	1.5410E+02	1.0000E+00	4.23E-06	0.00E+00	2.71E-06	0.00E+00
51	-1.4790E+02	1.5410E+02	1.0000E+00	6.48E-06	0.00E+00	4.15E-06	0.00E+00
52	-8.0900E+01	1.5410E+02	1.0000E+00	9.76E-06	0.00E+00	6.25E-06	0.00E+00
53	-1.3900E+01	1.5410E+02	1.0000E+00	1.23E-05	0.00E+00	7.90E-06	0.00E+00
54	5.3100E+01	1.5410E+02	1.0000E+00	1.56E-08	7.42E-09	7.96E-09	5.53E-09
55	1.2010E+02	1.5410E+02	1.0000E+00	2.02E-10	2.66E-10	1.03E-10	2.26E-10
56	-5.4990E+02	2.3010E+02	1.0000E+00	7.40E-09	1.99E-09	3.77E-09	1.35E-09
57	-4.8290E+02	2.3010E+02	1.0000E+00	5.65E-07	4.89E-09	3.60E-07	2.62E-09
58	-4.1590E+02	2.3010E+02	1.0000E+00	1.31E-06	0.00E+00	8.35E-07	0.00E+00
59	-3.4890E+02	2.3010E+02	1.0000E+00	1.69E-06	0.00E+00	1.08E-06	0.00E+00
60	-2.8190E+02	2.3010E+02	1.0000E+00	2.23E-06	0.00E+00	1.42E-06	0.00E+00
61	-2.1490E+02	2.3010E+02	1.0000E+00	2.98E-06	0.00E+00	1.90E-06	0.00E+00
62	-1.4790E+02	2.3010E+02	1.0000E+00	3.95E-06	0.00E+00	2.52E-06	0.00E+00
63	-8.0900E+01	2.3010E+02	1.0000E+00	4.97E-06	0.00E+00	3.17E-06	0.00E+00
64	-1.3900E+01	2.3010E+02	1.0000E+00	5.56E-06	0.00E+00	3.55E-06	0.00E+00
65	5.3100E+01	2.3010E+02	1.0000E+00	2.25E-10	2.58E-10	1.15E-10	2.19E-10
66	1.2010E+02	2.3010E+02	1.0000E+00	2.41E-12	1.22E-11	1.23E-12	1.04E-11
67	-5.4990E+02	3.0610E+02	1.0000E+00	4.87E-09	1.46E-09	2.48E-09	1.01E-09
68	-4.8290E+02	3.0610E+02	1.0000E+00	4.78E-07	4.40E-09	3.03E-07	2.36E-09
69	-4.1590E+02	3.0610E+02	1.0000E+00	1.11E-06	0.00E+00	7.03E-07	0.00E+00
70	-3.4890E+02	3.0610E+02	1.0000E+00	1.37E-06	0.00E+00	8.70E-07	0.00E+00
71	-2.8190E+02	3.0610E+02	1.0000E+00	1.71E-06	0.00E+00	1.08E-06	0.00E+00
72	-2.1490E+02	3.0610E+02	1.0000E+00	2.11E-06	0.00E+00	1.34E-06	0.00E+00
73	-1.4790E+02	3.0610E+02	1.0000E+00	2.56E-06	0.00E+00	1.62E-06	0.00E+00
74	-8.0900E+01	3.0610E+02	1.0000E+00	2.95E-06	0.00E+00	1.87E-06	0.00E+00
75	-1.3900E+01	3.0610E+02	1.0000E+00	3.15E-06	0.00E+00	2.00E-06	0.00E+00
76	5.3100E+01	3.0610E+02	1.0000E+00	3.69E-12	1.36E-11	1.88E-12	1.15E-11
77	1.2010E+02	3.0610E+02	1.0000E+00	2.45E-14	7.56E-13	1.25E-14	6.43E-13
78	-5.4990E+02	3.8210E+02	1.0000E+00	2.95E-09	1.00E-09	1.50E-09	7.06E-10
79	-4.8290E+02	3.8210E+02	1.0000E+00	3.95E-07	3.92E-09	2.49E-07	2.10E-09
80	-4.1590E+02	3.8210E+02	1.0000E+00	9.27E-07	0.00E+00	5.84E-07	0.00E+00
81	-3.4890E+02	3.8210E+02	1.0000E+00	1.10E-06	0.00E+00	6.96E-07	0.00E+00
82	-2.8190E+02	3.8210E+02	1.0000E+00	1.31E-06	0.00E+00	8.26E-07	0.00E+00
83	-2.1490E+02	3.8210E+02	1.0000E+00	1.54E-06	0.00E+00	9.69E-07	0.00E+00
84	-1.4790E+02	3.8210E+02	1.0000E+00	1.76E-06	0.00E+00	1.11E-06	0.00E+00
85	-8.0900E+01	3.8210E+02	1.0000E+00	1.94E-06	0.00E+00	1.22E-06	0.00E+00
86	-1.3900E+01	3.8210E+02	1.0000E+00	2.02E-06	0.00E+00	1.27E-06	0.00E+00
87	5.3100E+01	3.8210E+02	1.0000E+00	7.00E-14	1.18E-12	3.57E-14	1.00E-12
88	1.2010E+02	3.8210E+02	1.0000E+00	1.85E-16	1.69E-14	9.45E-17	1.43E-14
89	-5.4990E+02	4.5810E+02	1.0000E+00	1.66E-09	6.48E-10	8.48E-10	4.66E-10
90	-4.8290E+02	4.5810E+02	1.0000E+00	3.22E-07	3.47E-09	2.01E-07	1.86E-09
91	-4.1590E+02	4.5810E+02	1.0000E+00	7.73E-07	0.00E+00	4.83E-07	0.00E+00
92	-3.4890E+02	4.5810E+02	1.0000E+00	8.92E-07	0.00E+00	5.57E-07	0.00E+00
93	-2.8190E+02	4.5810E+02	1.0000E+00	1.02E-06	0.00E+00	6.39E-07	0.00E+00
94	-2.1490E+02	4.5810E+02	1.0000E+00	1.16E-06	0.00E+00	7.22E-07	0.00E+00
95	-1.4790E+02	4.5810E+02	1.0000E+00	1.28E-06	0.00E+00	7.97E-07	0.00E+00
96	-8.0900E+01	4.5810E+02	1.0000E+00	1.37E-06	0.00E+00	8.54E-07	0.00E+00
97	-1.3900E+01	4.5810E+02	1.0000E+00	1.41E-06	0.00E+00	8.80E-07	0.00E+00
98	5.3100E+01	4.5810E+02	1.0000E+00	1.34E-15	8.79E-14	6.82E-16	7.47E-14

表 5. 5 例題 5 の数値結果 (その 3)

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
99	1.2010E+02	4.5810E+02	1.0000E+00	5.41E-19	5.64E-18	2.76E-19	4.80E-18
100	-5.4990E+02	5.3410E+02	1.0000E+00	8.88E-10	3.98E-10	4.53E-10	2.93E-10
101	-4.8290E+02	5.3410E+02	1.0000E+00	1.43E-09	5.80E-10	7.29E-10	4.20E-10
102	-4.1590E+02	5.3410E+02	1.0000E+00	2.46E-09	8.80E-10	1.25E-09	6.24E-10
103	-3.4890E+02	5.3410E+02	1.0000E+00	4.02E-09	1.28E-09	2.05E-09	8.88E-10
104	-2.8190E+02	5.3410E+02	1.0000E+00	6.19E-09	1.76E-09	3.16E-09	1.20E-09
105	-2.1490E+02	5.3410E+02	1.0000E+00	8.88E-09	2.28E-09	4.53E-09	1.54E-09
106	-1.4790E+02	5.3410E+02	1.0000E+00	1.17E-08	2.78E-09	5.97E-09	1.85E-09
107	-8.0900E+01	5.3410E+02	1.0000E+00	1.40E-08	3.16E-09	7.15E-09	2.09E-09
108	-1.3900E+01	5.3410E+02	1.0000E+00	1.51E-08	3.33E-09	7.72E-09	2.19E-09
109	5.3100E+01	5.3410E+02	1.0000E+00	1.90E-17	1.44E-15	9.69E-18	1.22E-15
110	1.2010E+02	5.3410E+02	1.0000E+00	1.99E-22	2.11E-25	1.02E-22	1.79E-25
111	-5.4990E+02	6.1010E+02	1.0000E+00	7.89E-13	2.50E-12	4.03E-13	2.13E-12
112	-4.8290E+02	6.1010E+02	1.0000E+00	1.59E-12	4.07E-12	8.12E-13	3.46E-12
113	-4.1590E+02	6.1010E+02	1.0000E+00	3.59E-12	7.19E-12	1.83E-12	6.11E-12
114	-3.4890E+02	6.1010E+02	1.0000E+00	7.47E-12	1.22E-11	3.81E-12	1.04E-11
115	-2.8190E+02	6.1010E+02	1.0000E+00	1.42E-11	1.97E-11	7.23E-12	1.67E-11
116	-2.1490E+02	6.1010E+02	1.0000E+00	2.41E-11	2.94E-11	1.23E-11	2.50E-11
117	-1.4790E+02	6.1010E+02	1.0000E+00	3.60E-11	4.01E-11	1.84E-11	3.41E-11
118	-8.0900E+01	6.1010E+02	1.0000E+00	4.67E-11	4.90E-11	2.38E-11	4.17E-11
119	-1.3900E+01	6.1010E+02	1.0000E+00	5.21E-11	5.34E-11	2.66E-11	4.54E-11
120	5.3100E+01	6.1010E+02	1.0000E+00	8.83E-19	2.19E-17	4.50E-19	1.86E-17
121	1.2010E+02	6.1010E+02	1.0000E+00	2.00E-27	0.00E+00	1.02E-27	0.00E+00

例題6：点等方単色エネルギー14 MeV中性子線源が、同軸の半径100 cmの空洞を介して厚さ900 cmの円筒状のコンクリートで遮蔽されている場合のコンクリート中での線量当量計算。  
(図5.6(1)参照)

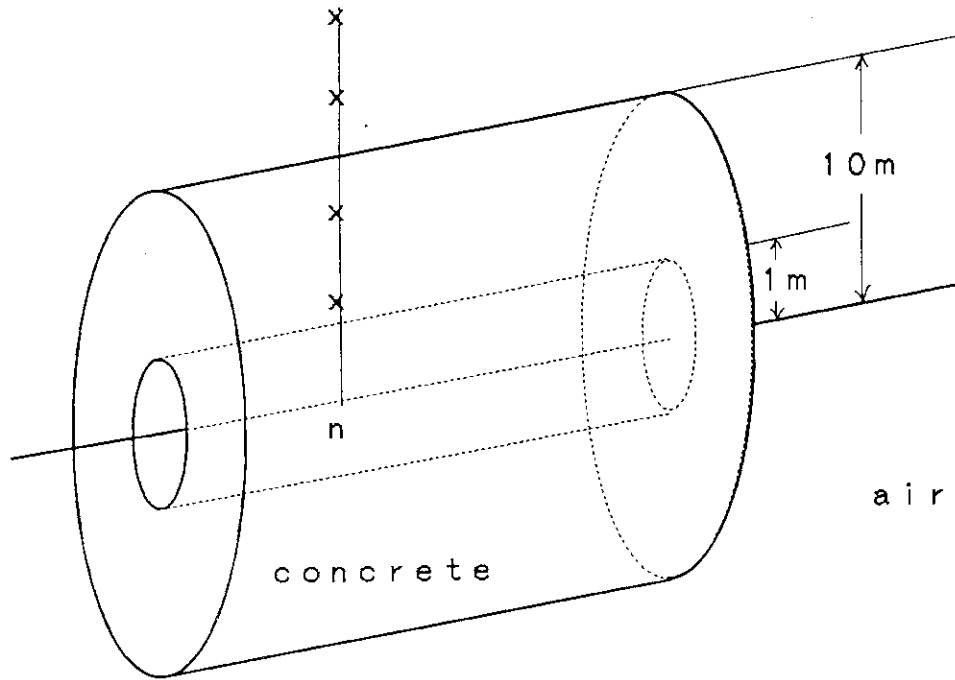


図5.6(1) 例題6の計算体系

解説：線源を座標の原点にする。入力情報は、SAMP5-6.PKNを参照。トンネルの軸をY軸に取っている。評価点はトンネルの軸に垂直にX軸をとり線源をまたいで、-60 cmから305 cmまでを70等分している。この入力情報を無修正で実行すると次の図5.6(2)に示される計算結果が得られる。PKNではコンクリートの内側空気層では2次γ線線量当量は零になる。実際にはコンクリート内で発生する2次γ線の影響で零にならない。

グラフから半径270 cm以上では、2次γ線の方が全線量当量に対し支配的になることが分かる。この結果は、SAMP5-6.FG2に保存される。

なお数値結果はSAMP5-6.OUTに保存される。それは、次の表5.6に示されるように与えられる。ここでは無限厚の欄の値のみを用いればよい。

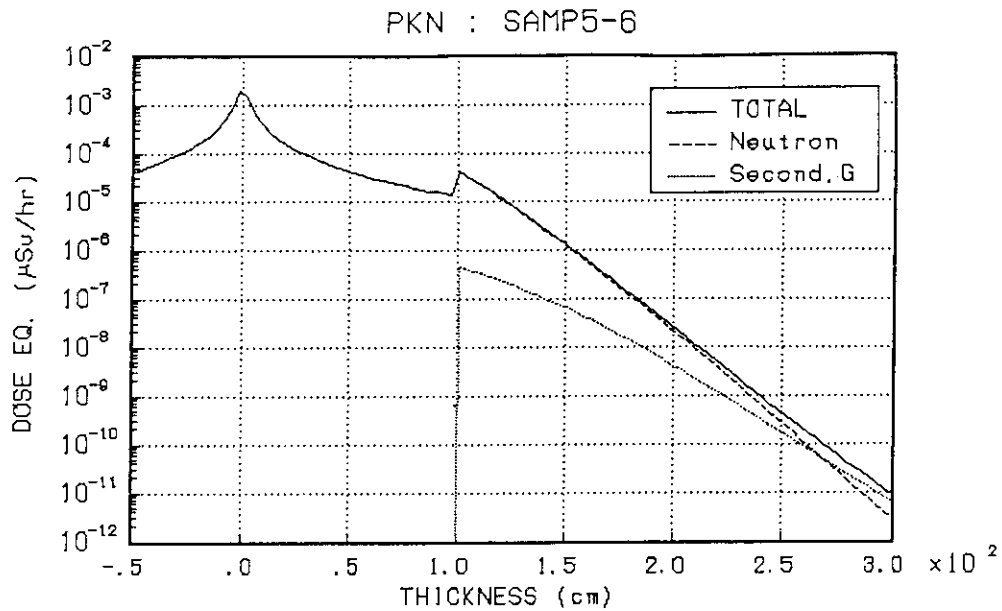


図 5. 6 ( 2 ) 例題 6 の計算結果

表 5. 6 例題 6 の数値結果 ( その 1 )

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
1	-4.9900E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.13E-05	0.00E+00	4.13E-05	0.00E+00
2	-4.4900E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.89E-05	0.00E+00	4.89E-05	0.00E+00
3	-3.9900E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.89E-05	0.00E+00	5.89E-05	0.00E+00
4	-3.4900E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.21E-05	0.00E+00	7.21E-05	0.00E+00
5	-2.9900E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	9.04E-05	0.00E+00	9.04E-05	0.00E+00
6	-2.4900E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.17E-04	0.00E+00	1.17E-04	0.00E+00
7	-1.9900E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.57E-04	0.00E+00	1.57E-04	0.00E+00
8	-1.4900E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.25E-04	0.00E+00	2.25E-04	0.00E+00
9	-9.9000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	3.63E-04	0.00E+00	3.63E-04	0.00E+00
10	-4.9000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	7.11E-04	0.00E+00	7.11E-04	0.00E+00
11	1.0000E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.17E-03	0.00E+00	1.17E-03	0.00E+00
12	5.1000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	6.90E-04	0.00E+00	6.90E-04	0.00E+00
13	1.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.55E-04	0.00E+00	3.55E-04	0.00E+00
14	1.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.22E-04	0.00E+00	2.22E-04	0.00E+00
15	2.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.55E-04	0.00E+00	1.55E-04	0.00E+00
16	2.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.15E-04	0.00E+00	1.15E-04	0.00E+00
17	3.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	8.95E-05	0.00E+00	8.95E-05	0.00E+00
18	3.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.15E-05	0.00E+00	7.15E-05	0.00E+00
19	4.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.84E-05	0.00E+00	5.84E-05	0.00E+00
20	4.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.86E-05	0.00E+00	4.86E-05	0.00E+00
21	5.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.10E-05	0.00E+00	4.10E-05	0.00E+00
22	5.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.50E-05	0.00E+00	3.50E-05	0.00E+00
23	6.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.02E-05	0.00E+00	3.02E-05	0.00E+00
24	6.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.63E-05	0.00E+00	2.63E-05	0.00E+00
25	7.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.31E-05	0.00E+00	2.31E-05	0.00E+00
26	7.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.05E-05	0.00E+00	2.05E-05	0.00E+00
27	8.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.82E-05	0.00E+00	1.82E-05	0.00E+00
28	8.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.63E-05	0.00E+00	1.63E-05	0.00E+00



表5.6 例題6の数値結果(その2)

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
29	9.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.47E-05	0.00E+00	1.47E-05	0.00E+00
30	9.5100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.33E-05	0.00E+00	1.33E-05	0.00E+00
31	1.0010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.37E-05	4.59E-07	3.15E-05	2.48E-07
32	1.0510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.11E-05	3.97E-07	2.24E-05	1.59E-07
33	1.1010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.21E-05	3.38E-07	1.53E-05	1.39E-07
34	1.1510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.56E-05	2.85E-07	1.04E-05	1.20E-07
35	1.2010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.09E-05	2.37E-07	7.06E-06	1.02E-07
36	1.2510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	7.62E-06	1.95E-07	4.78E-06	8.61E-08
37	1.3010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	5.29E-06	1.59E-07	3.22E-06	7.22E-08
38	1.3510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.66E-06	1.28E-07	2.20E-06	6.18E-08
39	1.4010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.52E-06	1.02E-07	1.49E-06	5.22E-08
40	1.4510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.72E-06	8.11E-08	1.01E-06	4.36E-08
41	1.5010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.17E-06	6.37E-08	6.80E-07	3.59E-08
42	1.5510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	7.97E-07	4.96E-08	4.59E-07	2.89E-08
43	1.6010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	5.38E-07	3.84E-08	3.09E-07	2.31E-08
44	1.6510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.62E-07	2.94E-08	2.07E-07	1.83E-08
45	1.7010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.43E-07	2.24E-08	1.38E-07	1.44E-08
46	1.7510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.62E-07	1.70E-08	9.14E-08	1.12E-08
47	1.8010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.08E-07	1.28E-08	6.04E-08	8.68E-09
48	1.8510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	7.13E-08	9.59E-09	3.98E-08	6.69E-09
49	1.9010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.70E-08	7.15E-09	2.61E-08	5.12E-09
50	1.9510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.09E-08	5.30E-09	1.71E-08	3.90E-09
51	2.0010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.03E-08	3.92E-09	1.12E-08	3.09E-09
52	2.0510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.33E-08	2.88E-09	7.29E-09	2.28E-09
53	2.1010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	8.64E-09	2.11E-09	4.75E-09	1.67E-09
54	2.1510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	5.61E-09	1.54E-09	3.09E-09	1.22E-09
55	2.2010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.64E-09	1.13E-09	2.00E-09	8.89E-10
56	2.2510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.35E-09	8.18E-10	1.29E-09	6.46E-10
57	2.3010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.52E-09	5.94E-10	8.34E-10	4.69E-10
58	2.3510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	9.76E-10	4.30E-10	5.37E-10	3.40E-10
59	2.4010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	6.27E-10	3.11E-10	3.45E-10	2.46E-10
60	2.4510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.02E-10	2.25E-10	2.21E-10	1.77E-10
61	2.5010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.57E-10	1.62E-10	1.41E-10	1.28E-10
62	2.5510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.64E-10	1.17E-10	9.03E-11	9.23E-11
63	2.6010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.05E-10	8.43E-11	5.76E-11	6.66E-11
64	2.6510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	6.67E-11	6.08E-11	3.67E-11	4.80E-11
65	2.7010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.24E-11	4.38E-11	2.33E-11	3.46E-11
66	2.7510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.69E-11	3.16E-11	1.48E-11	2.50E-11
67	2.8010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.71E-11	2.28E-11	9.40E-12	1.80E-11
68	2.8510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.08E-11	1.65E-11	5.96E-12	1.30E-11
69	2.9010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	6.86E-12	1.19E-11	3.77E-12	9.43E-12
70	2.9510E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.34E-12	8.64E-12	2.39E-12	6.83E-12
71	3.0010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.75E-12	6.27E-12	1.51E-12	4.95E-12

例題 7 : 半径 20 cm、厚さ 5 cm の円盤状に一様に分布した中性子線源で、その線源が 0.1MeV, 1MeV, 2MeV, 5MeV 中性子が 1 対 1 対 1 対 1 の線源強度スペクトルを持ち、その円盤に平行に 20 cm の空間を隔てて無限厚の鉄が存在する場合の円盤中央軸上の線量当量計算。ここで線源は空中に一様に分布していると仮定する。  
(図 5. 7 (1) 参照)

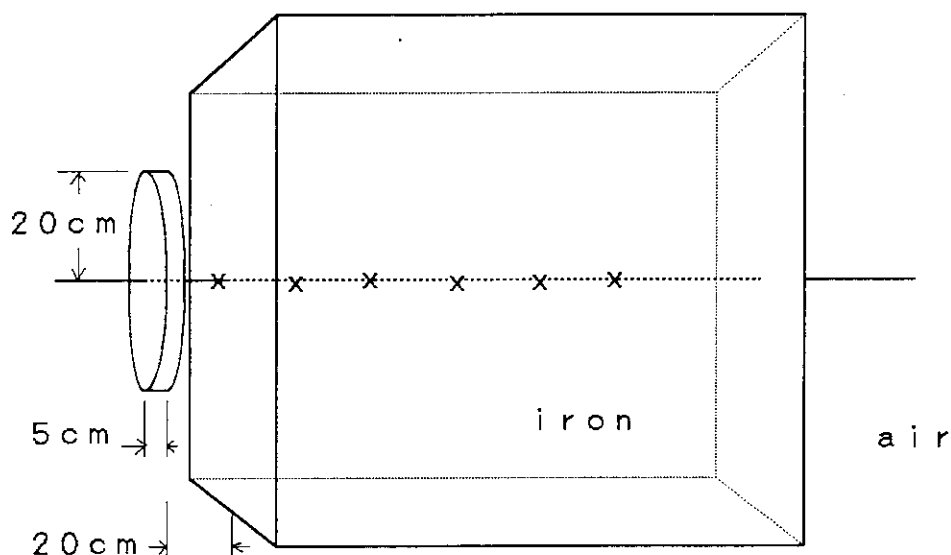


図 5. 7 (1) 例題 7 の計算体系 (その 1)

解説：線源の中心位置を原点にする。包含関係を満たす必要から、図 5. 7 (1) は、図 5. 7 (2) のように定義し直す。線源は、1 個/秒の中性子に自動的に、規格化される。

入力情報は、SAMP5-7.PKN を参照。スペクトル分布を持つ線源に対しては、Appendix の Table A.3 の群構造を参照しながら入力する必要がある。この入力情報を無修正で実行すると次の図 5. 7 (3) に示される計算結果が得られる。この結果は、SAMP5-7.FG2 に保存される。2 次  $\gamma$  線線量当量は大変小さく実質的に中性子線量当量が全線量当量に等しいことが分かる。

数値結果は SAMP5-7.OUT に保存される。それは、次の表 5. 7 に示されるように与えられる。数値結果は Z 方向を計算体系の軸として、-2.5 cm から 200 cm まで 70 等分した位置で取られている。この問題では無限厚の欄の値だけを取ればよい。

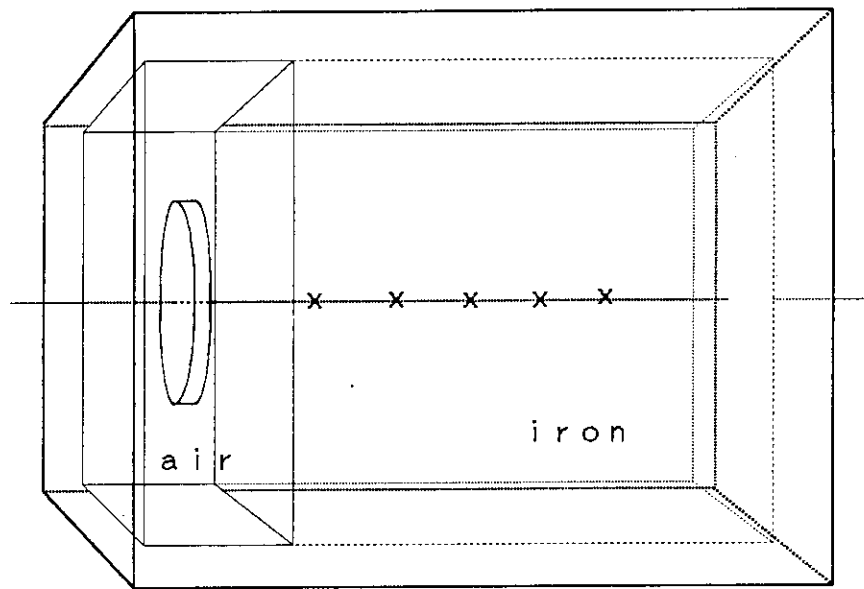


図 5. 7 ( 2 ) 例題 7 の計算体系 ( その 2 )

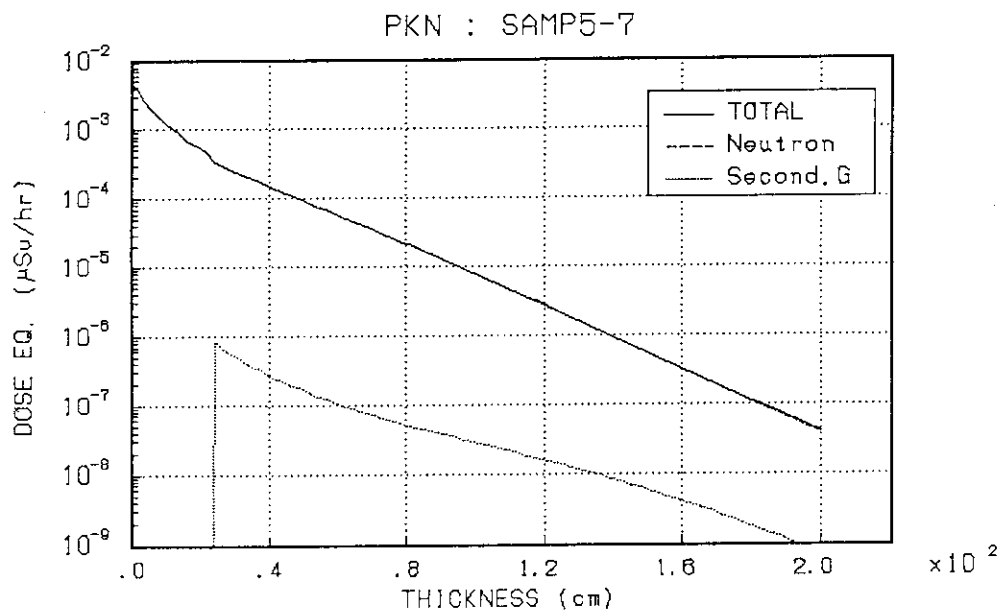


図 5. 7 ( 3 ) 例題 7 の計算結果

表 5. 7 例題 7 の数値結果 (その 1)

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu$ S v/h)	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu$ S v/h)	中性子線 ( $\mu$ S v/h)	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu$ S v/h)
1	0.0000E+00	0.0000E+00	-2.4000E+00	3.63E-03	0.00E+00	3.63E-03	0.00E+00
2	0.0000E+00	0.0000E+00	4.9286E-01	4.49E-03	0.00E+00	4.49E-03	0.00E+00
3	0.0000E+00	0.0000E+00	3.3857E+00	2.86E-03	0.00E+00	2.86E-03	0.00E+00
4	0.0000E+00	0.0000E+00	6.2786E+00	1.83E-03	0.00E+00	1.83E-03	0.00E+00
5	0.0000E+00	0.0000E+00	9.1714E+00	1.32E-03	0.00E+00	1.32E-03	0.00E+00
6	0.0000E+00	0.0000E+00	1.2064E+01	9.91E-04	0.00E+00	9.91E-04	0.00E+00
7	0.0000E+00	0.0000E+00	1.4957E+01	7.67E-04	0.00E+00	7.67E-04	0.00E+00
8	0.0000E+00	0.0000E+00	1.7850E+01	6.07E-04	0.00E+00	6.07E-04	0.00E+00
9	0.0000E+00	0.0000E+00	2.0743E+01	4.90E-04	0.00E+00	4.90E-04	0.00E+00
10	0.0000E+00	0.0000E+00	2.3636E+01	3.39E-04	8.55E-07	1.59E-04	4.62E-07
11	0.0000E+00	0.0000E+00	2.6529E+01	2.91E-04	6.70E-07	1.37E-04	3.65E-07
12	0.0000E+00	0.0000E+00	2.9421E+01	2.50E-04	5.36E-07	1.12E-04	3.13E-07
13	0.0000E+00	0.0000E+00	3.2314E+01	2.16E-04	4.36E-07	9.07E-05	2.47E-07
14	0.0000E+00	0.0000E+00	3.5207E+01	1.87E-04	3.60E-07	7.35E-05	1.97E-07
15	0.0000E+00	0.0000E+00	3.8100E+01	1.63E-04	3.00E-07	6.08E-05	1.54E-07
16	0.0000E+00	0.0000E+00	4.0993E+01	1.41E-04	2.54E-07	5.12E-05	1.18E-07
17	0.0000E+00	0.0000E+00	4.3886E+01	1.23E-04	2.17E-07	4.31E-05	9.03E-08
18	0.0000E+00	0.0000E+00	4.6779E+01	1.07E-04	1.87E-07	3.63E-05	6.88E-08
19	0.0000E+00	0.0000E+00	4.9671E+01	9.34E-05	1.63E-07	3.06E-05	5.20E-08
20	0.0000E+00	0.0000E+00	5.2564E+01	8.14E-05	1.42E-07	2.59E-05	3.99E-08
21	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5457E+01	7.09E-05	1.25E-07	2.23E-05	3.19E-08
22	0.0000E+00	0.0000E+00	5.8350E+01	6.18E-05	1.11E-07	1.91E-05	2.54E-08
23	0.0000E+00	0.0000E+00	6.1243E+01	5.38E-05	9.90E-08	1.64E-05	2.00E-08
24	0.0000E+00	0.0000E+00	6.4136E+01	4.68E-05	8.87E-08	1.41E-05	1.56E-08
25	0.0000E+00	0.0000E+00	6.7029E+01	4.07E-05	7.97E-08	1.21E-05	1.20E-08
26	0.0000E+00	0.0000E+00	6.9921E+01	3.53E-05	7.19E-08	1.03E-05	8.97E-09
27	0.0000E+00	0.0000E+00	7.2814E+01	3.07E-05	6.51E-08	8.87E-06	7.17E-09
28	0.0000E+00	0.0000E+00	7.5707E+01	2.66E-05	5.92E-08	7.64E-06	6.51E-09
29	0.0000E+00	0.0000E+00	7.8600E+01	2.30E-05	5.38E-08	6.58E-06	5.92E-09
30	0.0000E+00	0.0000E+00	8.1493E+01	1.99E-05	4.91E-08	5.66E-06	5.40E-09
31	0.0000E+00	0.0000E+00	8.4386E+01	1.72E-05	4.49E-08	4.86E-06	4.94E-09
32	0.0000E+00	0.0000E+00	8.7279E+01	1.49E-05	4.11E-08	4.17E-06	4.52E-09
33	0.0000E+00	0.0000E+00	9.0171E+01	1.28E-05	3.77E-08	3.58E-06	4.14E-09
34	0.0000E+00	0.0000E+00	9.3064E+01	1.11E-05	3.46E-08	3.07E-06	3.80E-09
35	0.0000E+00	0.0000E+00	9.5957E+01	9.53E-06	3.17E-08	2.63E-06	3.49E-09
36	0.0000E+00	0.0000E+00	9.8850E+01	8.20E-06	2.91E-08	2.25E-06	3.21E-09
37	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0174E+02	7.06E-06	2.68E-08	1.92E-06	2.94E-09
38	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0464E+02	6.07E-06	2.46E-08	1.64E-06	2.70E-09
39	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0753E+02	5.21E-06	2.26E-08	1.40E-06	2.48E-09
40	0.0000E+00	0.0000E+00	1.1042E+02	4.47E-06	2.07E-08	1.19E-06	2.28E-09
41	0.0000E+00	0.0000E+00	1.1331E+02	3.84E-06	1.90E-08	1.02E-06	2.09E-09
42	0.0000E+00	0.0000E+00	1.1621E+02	3.29E-06	1.75E-08	8.68E-07	1.92E-09
43	0.0000E+00	0.0000E+00	1.1910E+02	2.82E-06	1.60E-08	7.39E-07	1.76E-09
44	0.0000E+00	0.0000E+00	1.2199E+02	2.42E-06	1.46E-08	6.30E-07	1.70E-09
45	0.0000E+00	0.0000E+00	1.2489E+02	2.08E-06	1.34E-08	5.40E-07	1.61E-09
46	0.0000E+00	0.0000E+00	1.2778E+02	1.78E-06	1.22E-08	4.62E-07	1.47E-09
47	0.0000E+00	0.0000E+00	1.3067E+02	1.52E-06	1.11E-08	3.96E-07	1.34E-09
48	0.0000E+00	0.0000E+00	1.3356E+02	1.30E-06	1.01E-08	3.39E-07	1.22E-09
49	0.0000E+00	0.0000E+00	1.3646E+02	1.12E-06	9.22E-09	2.91E-07	1.11E-09

表 5. 7 例題 7 の数値結果 (その 2)

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
50	0.0000E+00	0.0000E+00	1.3935E+02	9.57E-07	8.37E-09	2.49E-07	1.00E-09
51	0.0000E+00	0.0000E+00	1.4224E+02	8.20E-07	7.58E-09	2.13E-07	9.10E-10
52	0.0000E+00	0.0000E+00	1.4514E+02	7.02E-07	6.86E-09	1.83E-07	8.23E-10
53	0.0000E+00	0.0000E+00	1.4803E+02	6.02E-07	6.19E-09	1.56E-07	7.43E-10
54	0.0000E+00	0.0000E+00	1.5092E+02	5.15E-07	5.58E-09	1.34E-07	6.70E-10
55	0.0000E+00	0.0000E+00	1.5381E+02	4.42E-07	5.02E-09	1.15E-07	6.02E-10
56	0.0000E+00	0.0000E+00	1.5671E+02	3.78E-07	4.51E-09	9.84E-08	5.41E-10
57	0.0000E+00	0.0000E+00	1.5960E+02	3.24E-07	4.04E-09	8.44E-08	4.85E-10
58	0.0000E+00	0.0000E+00	1.6249E+02	2.78E-07	3.61E-09	7.23E-08	4.33E-10
59	0.0000E+00	0.0000E+00	1.6539E+02	2.39E-07	3.22E-09	6.20E-08	3.87E-10
60	0.0000E+00	0.0000E+00	1.6828E+02	2.05E-07	2.87E-09	5.32E-08	3.44E-10
61	0.0000E+00	0.0000E+00	1.7117E+02	1.76E-07	2.55E-09	4.57E-08	3.06E-10
62	0.0000E+00	0.0000E+00	1.7406E+02	1.51E-07	2.26E-09	3.92E-08	2.71E-10
63	0.0000E+00	0.0000E+00	1.7696E+02	1.29E-07	2.00E-09	3.37E-08	2.40E-10
64	0.0000E+00	0.0000E+00	1.7985E+02	1.11E-07	1.77E-09	2.89E-08	2.12E-10
65	0.0000E+00	0.0000E+00	1.8274E+02	9.55E-08	1.56E-09	2.48E-08	1.87E-10
66	0.0000E+00	0.0000E+00	1.8564E+02	8.21E-08	1.37E-09	2.13E-08	1.65E-10
67	0.0000E+00	0.0000E+00	1.8853E+02	7.05E-08	1.21E-09	1.83E-08	1.45E-10
68	0.0000E+00	0.0000E+00	1.9142E+02	6.07E-08	1.06E-09	1.58E-08	1.27E-10
69	0.0000E+00	0.0000E+00	1.9431E+02	5.22E-08	9.29E-10	1.36E-08	1.11E-10
70	0.0000E+00	0.0000E+00	1.9721E+02	4.49E-08	8.12E-10	1.17E-08	9.75E-11
71	0.0000E+00	0.0000E+00	2.0010E+02	3.86E-08	7.10E-10	1.00E-08	8.51E-11

例題 8 : 半径 20 cm、長さ 100 cm の鉄の円筒領域に一様に  $^{252}\text{Cf}$  中性子線源が分布し、その周りの同軸状に内径 20 cm、外径 40 cm、長さ 100 cm の空間領域を挟んで、半径 100 cm、長さ 200 cm の鉄が存在する場合の、線源中央から半径方向への中性子と 2 次  $\gamma$  線の線量当量計算。(図 5. 8 (1) 参照)

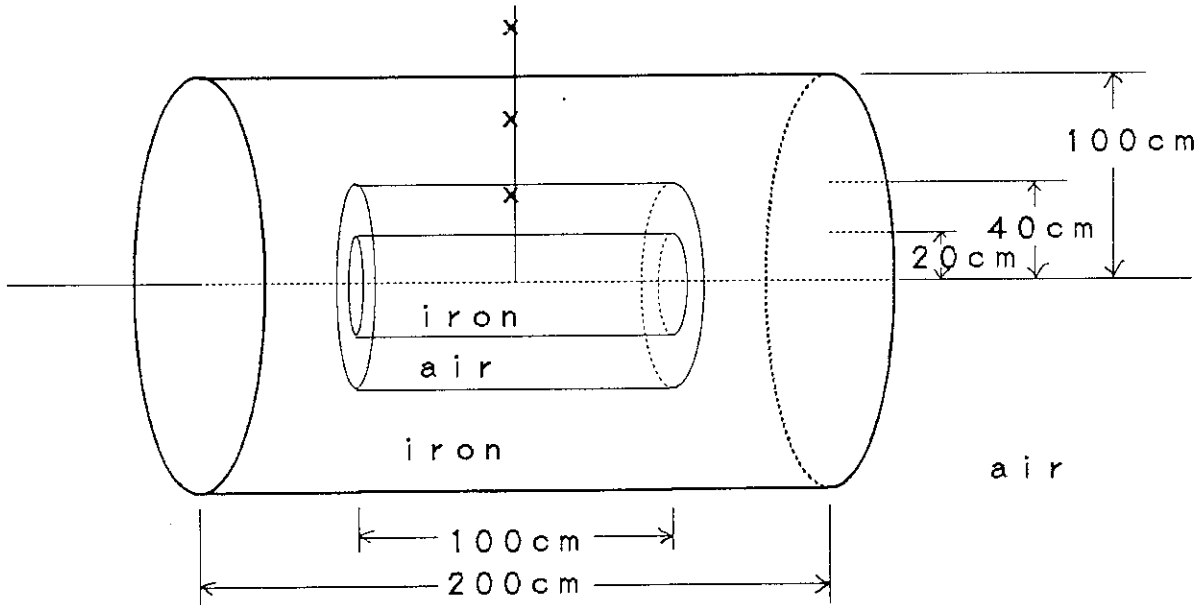


図 5. 8 (1) 例題 8 の計算体系

解説：線源の中心を原点にする。入力情報は、SAMP5-8.PKN を参照。この例題入力では、円筒体系の軸を Z 方向に取り、評価点はそれに垂直に X 軸方向に 0 cm から 160 cm つまり外の空気層 60 cm のところまでを 70 等分点で取っている。この入力情報を無修正で実行すると次の図 5. 8 (2) に示される計算結果が得られる。鉄の中の中性子の非弾性散乱で発生した 2 次  $\gamma$  線がすぐ鉄の中で吸収されるため、2 次  $\gamma$  線線量当量が中性子線量当量に比べて 2 桁以上小さくなっている事が分かる。100 cm 以上の位置では空気層で幾何学的減衰を示している。グラフでは無限媒質効果が考慮されていないため、100 cm 以上の値は実際より大きく、過大評価している。

この結果は、SAMP5-7.FG2 に保存される。なお数値結果は SAMP5-7.OUT に保存される。それは、次の表 5. 8 に示されるように与えられる。100 cm までは、無限厚の欄の値を読み、100 cm 以上の遮蔽対の外側での線量当量は、有限厚の値となる。鉄の無限媒質効果の影響は非常に大きい。

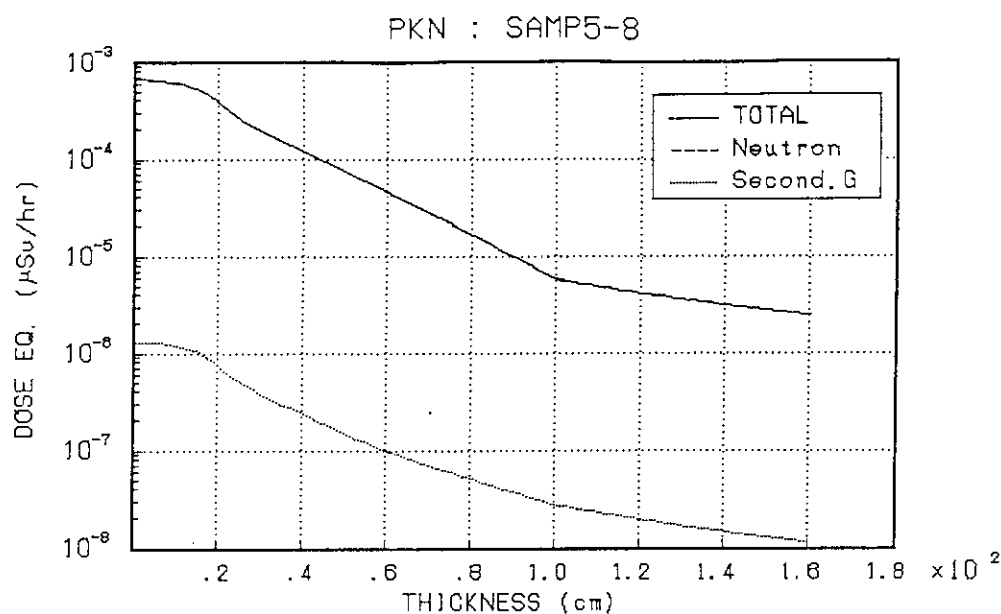


図 5. 8 ( 2 ) 例題 8 の計算結果

表 5. 8 例題 8 の数値結果 ( その 1 )

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
1	1.0000E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	6.19E-04	1.20E-06	2.41E-04	5.91E-07
2	2.3857E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	6.16E-04	1.20E-06	2.39E-04	5.88E-07
3	4.6714E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	6.07E-04	1.18E-06	2.36E-04	5.78E-07
4	6.9571E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.91E-04	1.15E-06	2.30E-04	5.62E-07
5	9.2429E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.69E-04	1.11E-06	2.21E-04	5.37E-07
6	1.1529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.38E-04	1.05E-06	2.08E-04	5.02E-07
7	1.3814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.97E-04	9.64E-07	1.91E-04	4.56E-07
8	1.6100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.47E-04	8.62E-07	1.70E-04	3.98E-07
9	1.8386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.90E-04	7.46E-07	1.45E-04	3.31E-07
10	2.0671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.35E-04	6.41E-07	1.24E-04	2.80E-07
11	2.2957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.89E-04	5.62E-07	1.09E-04	2.51E-07
12	2.5243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.51E-04	4.89E-07	9.53E-05	2.20E-07
13	2.7529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.19E-04	4.29E-07	8.36E-05	1.95E-07
14	2.9814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.94E-04	3.79E-07	7.41E-05	1.74E-07
15	3.2100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.72E-04	3.38E-07	6.62E-05	1.56E-07
16	3.4386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.54E-04	3.04E-07	5.95E-05	1.41E-07
17	3.6671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.39E-04	2.74E-07	5.38E-05	1.27E-07
18	3.8957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.26E-04	2.49E-07	4.89E-05	1.16E-07
19	4.1243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.14E-04	2.23E-07	4.36E-05	1.21E-07
20	4.3529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.02E-04	1.99E-07	4.78E-05	1.09E-07
21	4.5814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	9.10E-05	1.78E-07	4.11E-05	1.05E-07
22	4.8100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	8.12E-05	1.60E-07	3.48E-05	9.18E-08
23	5.0386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.26E-05	1.45E-07	2.95E-05	8.06E-08
24	5.2671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	6.48E-05	1.32E-07	2.50E-05	7.05E-08
25	5.4957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.78E-05	1.20E-07	2.15E-05	6.04E-08
26	5.7243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.16E-05	1.10E-07	1.87E-05	5.08E-08
27	5.9529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.61E-05	1.01E-07	1.62E-05	4.25E-08

表5. 8 例題8の数値結果(その2)

評価点 n	x (cm)	y (cm)	z (cm)	無限厚		有限厚	
				中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	中性子線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2次 $\gamma$ 線 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
28	6.1814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.11E-05	9.24E-08	1.41E-05	3.53E-08
29	6.4100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.67E-05	8.51E-08	1.22E-05	2.93E-08
30	6.6386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.27E-05	7.86E-08	1.06E-05	2.42E-08
31	6.8671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.91E-05	7.27E-08	9.27E-06	2.02E-08
32	7.0957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.59E-05	6.73E-08	8.15E-06	1.71E-08
33	7.3243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.31E-05	6.25E-08	7.17E-06	1.46E-08
34	7.5529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.05E-05	5.80E-08	6.31E-06	1.23E-08
35	7.7814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.83E-05	5.39E-08	5.55E-06	1.03E-08
36	8.0100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.62E-05	5.02E-08	4.87E-06	8.57E-09
37	8.2386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.44E-05	4.68E-08	4.28E-06	7.05E-09
38	8.4671E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.28E-05	4.36E-08	3.76E-06	5.79E-09
39	8.6957E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.14E-05	4.06E-08	3.31E-06	4.81E-09
40	8.9243E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.01E-05	3.79E-08	2.91E-06	4.19E-09
41	9.1529E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	8.94E-06	3.54E-08	2.57E-06	3.89E-09
42	9.3814E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.93E-06	3.30E-08	2.27E-06	3.63E-09
43	9.6100E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.03E-06	3.08E-08	2.00E-06	3.39E-09
44	9.8386E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	6.23E-06	2.88E-08	1.76E-06	3.16E-09
45	1.0067E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	5.65E-06	2.71E-08	1.59E-06	2.98E-09
46	1.0296E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	5.43E-06	2.60E-08	1.53E-06	2.86E-09
47	1.0524E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	5.23E-06	2.49E-08	1.48E-06	2.74E-09
48	1.0753E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	5.03E-06	2.40E-08	1.42E-06	2.64E-09
49	1.0981E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.85E-06	2.30E-08	1.37E-06	2.53E-09
50	1.1210E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.68E-06	2.22E-08	1.32E-06	2.44E-09
51	1.1439E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.51E-06	2.14E-08	1.27E-06	2.35E-09
52	1.1667E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.35E-06	2.06E-08	1.23E-06	2.26E-09
53	1.1896E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.20E-06	1.98E-08	1.19E-06	2.18E-09
54	1.2124E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	4.06E-06	1.91E-08	1.15E-06	2.11E-09
55	1.2353E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.92E-06	1.85E-08	1.11E-06	2.03E-09
56	1.2581E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.79E-06	1.79E-08	1.07E-06	1.96E-09
57	1.2810E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.67E-06	1.73E-08	1.04E-06	1.90E-09
58	1.3039E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.55E-06	1.67E-08	1.00E-06	1.84E-09
59	1.3267E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.44E-06	1.61E-08	9.73E-07	1.78E-09
60	1.3496E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.34E-06	1.56E-08	9.43E-07	1.72E-09
61	1.3724E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.23E-06	1.51E-08	9.14E-07	1.66E-09
62	1.3953E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.14E-06	1.47E-08	8.87E-07	1.61E-09
63	1.4181E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	3.04E-06	1.42E-08	8.60E-07	1.56E-09
64	1.4410E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.95E-06	1.38E-08	8.35E-07	1.52E-09
65	1.4639E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.87E-06	1.34E-08	8.11E-07	1.47E-09
66	1.4867E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.79E-06	1.30E-08	7.88E-07	1.43E-09
67	1.5096E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.71E-06	1.26E-08	7.66E-07	1.39E-09
68	1.5324E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.63E-06	1.22E-08	7.44E-07	1.35E-09
69	1.5553E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.56E-06	1.19E-08	7.24E-07	1.31E-09
70	1.5781E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.49E-06	1.16E-08	7.04E-07	1.27E-09
71	1.6010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	2.42E-06	1.13E-08	6.85E-07	1.24E-09



## 6. PKN-pcコード使用上の問題点

## (1) 無限媒質効果

PKN-pcコードによる計算結果は、一次元図及び等高線図共に無限厚の遮蔽体に対して与えられた点減衰核データに基づくものであり、有限厚遮蔽体後方での線量当量の評価に対しては、無限厚中での後方散乱線の影響の分（無限媒質効果） $C_H$ だけ過大評価になる。

有限厚遮蔽体後方での線量当量の正しい評価をするため、有限厚後方における線量当量に対する同じ位置での無限厚中での線量当量の比である無限媒質効果 $C_H$ データをPKN-pcコードに内蔵させ有限厚後方での線量当量も計算できるようになっている。それが数値計算結果の有限厚の欄の値である。現在PKN-pcコードは自動的に有限厚後方の空間を認識することが出来ないため、着目する位置が遮蔽媒質中であろうと有限厚の後方であろうと自動的に無限厚中での計算結果に対応する遮蔽体の $C_H$ を掛けたのが有限厚の欄の値である。ユーザーは着目している位置が媒質中であるか、媒質後方であるかで、いずれの計算結果を取るか判断すればよい。例題1や例題3がこれに当たる。

## (2) 多重層

PKN-pcコードで多重層の計算に用いている「等価距離」による接続は、水、コンクリート等、含水物質同士からなる多重層の場合、比較的うまく減衰率を再現でき有効である。しかし、鉄など非含水物質が加わると、この接続法では、多重層の減衰率には大きな誤差が生じる。これは、含水物質では、中性子の減速効果が大きく、熱、熱外中性子成分が大きいスペクトルとなる。他方、鉄は、熱外中性子や熱中性子の吸収断面積が大きいため数10～数100keVの中性子成分が大きくなる。このため、含水物質と非含水物質の境界では、熱中性子が大きく変化し、熱中性子の吸収によって発生する2次 $\gamma$ 線も大きく変化する。単層での計算から導きだした減衰パラメータでは、多重層の境界付近のこのような線量当量の激しい変化を再現できない。これが、「等価距離」接続法のうまく行かない理由である。例題8では線源領域とそれを囲む遮蔽体領域を共に鉄にしたが、一方をコンクリートに置き換えればこの問題がでてくる。

(3) 線源周りの空間に於ける2次 $\gamma$ 線線量当量

例題1や例題6及び例題7のように2次 $\gamma$ 線を発生しない線源と遮蔽体の間に空気（空間）がある場合にはPKN-pcではこの部分の2次 $\gamma$ 線が零となる。一般には中性子の線量をはるかに大きいので問題になることは少ないと考えられるが、一応の注意を要する。

## 7. おすび

中性子体積線源からの水、コンクリート、鉄からなる3次元体系中での中性子と2次 $\gamma$ 線の線量当量を計算する点減衰核計算コードPKNのパーソナルコンピュータ版PKN-pcを作成した。これにより、pc上で容易に対話形式でPKNコードを操作できるようになった。入力体系をpcのディスプレイ上の3次元的図形により確認できること及び、その計算結果を1次元及び2次元図の形で容易に印刷出力できるなど、扱い易さの点においては、大型計算機用のPKNコードより優れている。

水、コンクリート、鉄の各単層及び水とコンクリートからなる多重層での計算結果は、1次元輸送計算コードANISNによる計算結果を良く再現することは保証されている。しかし、鉄を含む多重層からなる体系での計算結果は、まだ課題を残したままであり、その計算結果は保証されないので注意を要する。

## 参考文献

- 1) Kotegawa H. and Tanaka S.: "A point-kernel shielding code for calculations of neutron and secondary gamma-ray 1cm dose equivalents :PKN", JAERI-M 91-148(1991), in Japanese.
- 2) Kotegawa H. and Tanaka S.: "Attenuation data of point isotropic neutron sources in the shielding materials of water, concrete and iron", JAERI-M 90-174(1990), in Japanese.
- 3) Engle W.W., Jr. "ANISN: A One Dimensional Discrete Ordinates Transport Code", CCC-82(1967).
- 4) Koyama K. et al.: "RADHEAT-V3, A Code System for generating Coupled Neutron and Gamma-ray Group Constants and Analyzing Radiation Transport", JAERI-M 7155(1977).
- 5) ORNL-RSIC Data Library Collection, DLC-51/JSD100/120.
- 6) ICRP Publication -51: "Data for Use in Protection Against External Radiation", (1987).
- 7) ICRU REPORT 13, "Neutron Fluence, Neutron Spectra and Kerma", (1969).  
Greiss, H.B., "Das Neutronspectrum einer Am-Be-Quelle", Nukleonik 10, 283(1968).

## 7. むすび

中性子体積線源からの水、コンクリート、鉄からなる3次元体系中での中性子と2次 $\gamma$ 線の線量当量を計算する点減衰核計算コードPKNのパーソナルコンピュータ版PKN-pcを作成した。これにより、pc上で容易に対話形式でPKNコードを操作できるようになった。入力体系をpcのディスプレイ上の3次元図形により確認できること及び、その計算結果を1次元及び2次元図の形で容易に印刷出力できるなど、扱い易さの点においては、大型計算機用のPKNコードより優れている。

水、コンクリート、鉄の各単層及び水とコンクリートからなる多重層での計算結果は、1次元輸送計算コードANISNによる計算結果を良く再現することは保証されている。しかし、鉄を含む多重層からなる体系での計算結果は、まだ課題を残したままであり、その計算結果は保証されないので注意を要する。

## 参考文献

- 1) Kotegawa H. and Tanaka S.: "A point-kernel shielding code for calculations of neutron and secondary gamma-ray lcm dose equivalents :PKN", JAERI-M 91-148(1991), in Japanese.
- 2) Kotegawa H. and Tanaka S.: "Attenuation data of point isotropic neutron sources in the shielding materials of water, concrete and iron", JAERI-M 90-174(1990), in Japanese.
- 3) Engle W.W., Jr. "ANISN: A One Dimensional Discrete Ordinates Transport Code", CCC-82(1967).
- 4) Koyama K. et al.: "RADHEAT-V3, A Code System for generating Coupled Neutron and Gamma-ray Group Constants and Analyzing Radiation Transport", JAERI-M 7155(1977).
- 5) ORNL-RSIC Data Library Collection, DLC-51/JSD100/120.
- 6) ICRP Publication -51: "Data for Use in Protection Against External Radiation", (1987).
- 7) ICRU REPORT 13, "Neutron Fluence, Neutron Spectra and Kerma", (1969).  
Greiss, H.B., "Das Neutronspectrum einer Am-Be-Quelle", Nukleonik 10, 283(1968).

## 付 録

A . 1 計算条件	.....	6 9
A . 2 原子個数密度	.....	7 0
A . 3 群番号対線源エネルギー	.....	7 1
A . 4 点減衰核中性子遮蔽計算コード P K N システム構成及び インストール時の注意点	.....	7 2

Table A.1 Calculational condition

Code	ANISN-JR	
Character	one-dimensional discrete ordinates transport calculational code ( S <sub>16</sub> -P <sub>5</sub> )	
Original Cross Section Data	neutron : ENDF/B-IV < RADHEAT-V3 > JSD-100, JFT-100 gamma-ray : ( POPOP4-JR ) => POPBIN2 ( GAMLEG-JR )	
Number of Energy Groups	neutron 100 groups gamma-ray 44 groups ( P <sub>5</sub> )	
Source	point isotropic 59 monoenergetic neutrons ( from 14 MeV to 0.01 MeV ), <sup>252</sup> Cf fission and <sup>241</sup> Am-Be neutrons	
Shielding Materials	water, ordinary concrete and iron	
Geometry	one-dimensional sphere ( S <sub>16</sub> )	
Flux to Dose Conversion Factors	neutron	1cm depth dose equivalent <sup>+) )</sup>
	gamma-ray	1cm depth dose equivalent <sup>++) )</sup>

+) ICRP Publication 51(1987),Table 21.

++) ibid.,Table 10.

Table A.2 Atomic number densities

unit( $10^{24}/\text{cm}^3$ )

	water	ordinary concrete**)	iron
H	6.6738-2***)	1.3851-2	
C		1.1542-4	
O	3.3369-2	4.5921-2	
Mg		1.2388-4	
Al		1.7409-3	
Si		1.6621-2	
K		4.6205-4	
Ca		1.5025-3	
Fe		3.4510-4	8.4869-2
density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1.00	2.27	7.87

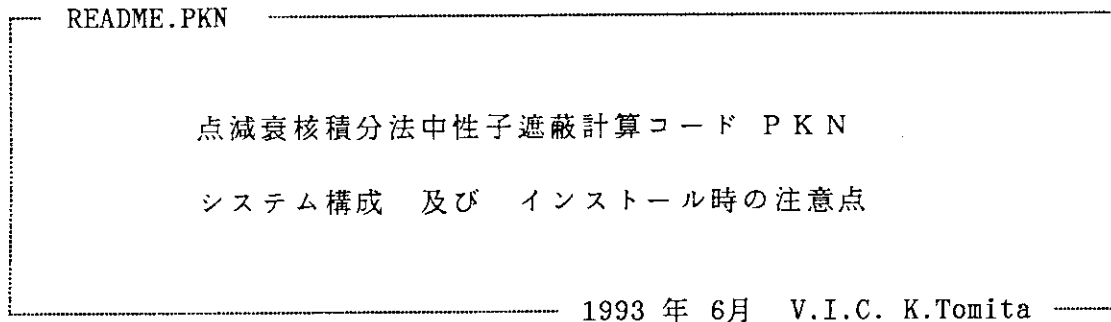
\*) Type 02-a concrete, ANL-5800(1963), p.660.

\*\*) read as  $6.6738 \times 10^{-2}$

Table A.3 Group numbers and energy group structure of source neutrons in units of MeV

Group	Energy Range	Group	Energy Range
		29	9.0718E-01 - 8.2085E-01
-1	$^{241}\text{Am-Be}$	30	8.2085E-01 - 7.4274E-01
0	$^{252}\text{Cf}$	31	7.4274E-01 - 6.7206E-01
1	1.4918E+01 - 1.3499E+01	32	6.7206E-01 - 6.0810E-01
2	1.3499E+01 - 1.2214E+01	33	6.0810E-01 - 5.5023E-01
3	1.2214E+01 - 1.1052E+01	34	5.5023E-01 - 4.9787E-01
4	1.1052E+01 - 1.0000E+01	35	4.9787E-01 - 4.5049E-01
5	1.0000E+01 - 9.0484E+00	36	4.5049E-01 - 4.0762E-01
6	9.0484E+00 - 8.1873E+00	37	4.0762E-01 - 3.6883E-01
7	8.1873E+00 - 7.4082E+00	38	3.6883E-01 - 3.3373E-01
8	7.4082E+00 - 6.7032E+00	39	3.3373E-01 - 3.0197E-01
9	6.7032E+00 - 6.0653E+00	40	3.0197E-01 - 2.7324E-01
10	6.0653E+00 - 5.4881E+00	41	2.7324E-01 - 2.4724E-01
11	5.4881E+00 - 4.9659E+00	42	2.4724E-01 - 2.2371E-01
12	4.9659E+00 - 4.4933E+00	43	2.2371E-01 - 2.0242E-01
13	4.4933E+00 - 4.0657E+00	44	2.0242E-01 - 1.8316E-01
14	4.0657E+00 - 3.6788E+00	45	1.8316E-01 - 1.6573E-01
15	3.6788E+00 - 3.3287E+00	46	1.6573E-01 - 1.4996E-01
16	3.3287E+00 - 3.0119E+00	47	1.4996E-01 - 1.3569E-01
17	3.0119E+00 - 2.7253E+00	48	1.3569E-01 - 1.2227E-01
18	2.7253E+00 - 2.4660E+00	49	1.2227E-01 - 1.1109E-01
19	2.4660E+00 - 2.2313E+00	50	1.1109E-01 - 8.6617E-02
20	2.2313E+00 - 2.0190E+00	51	8.6617E-02 - 6.7379E-02
21	2.0190E+00 - 1.8268E+00	52	6.7379E-02 - 5.2475E-02
22	1.8268E+00 - 1.6530E+00	53	5.2475E-02 - 4.0868E-02
23	1.6530E+00 - 1.4957E+00	54	4.0868E-02 - 3.1828E-02
24	1.4957E+00 - 1.3534E+00	55	3.1828E-02 - 2.4788E-02
25	1.3534E+00 - 1.2246E+00	56	2.4788E-02 - 1.9305E-02
26	1.2246E+00 - 1.1080E+00	57	1.9305E-02 - 1.5034E-02
27	1.1080E+00 - 1.0026E+00	58	1.5034E-02 - 1.1709E-02
28	1.0026E+00 - 9.0718E-01	59	1.1709E-02 - 9.1188E-03

## Appendix A. 4




---

 +-+ 1. システム構成 +-+
 

---

## (1) ディレクトリ構成

本システムのディレクトリ構成は、以下のようになっています。

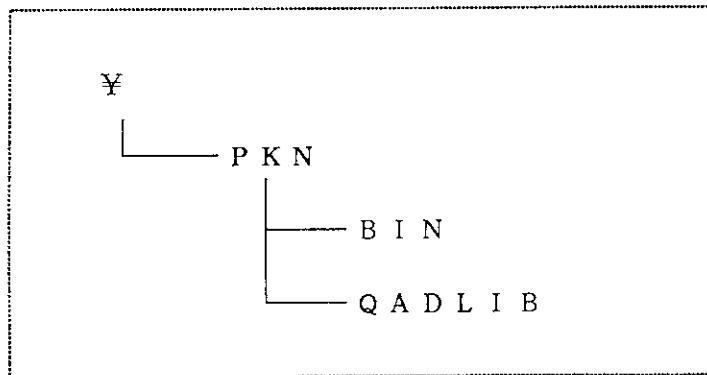


Fig. A.1.1 : ディレクトリ構成図

## ① ¥ (ルートディレクトリ)

このディレクトリには、本システムを起動するためのバッチファイル"PKN.BAT"が格納されます。

## ② PKN

このディレクトリには、PKNコードの入力データや計算結果ファイル等が格納されます。

SPKN.BAT ..... システム運用のためのパス設定等を行うバッチファイルです。

\*.PKN ..... PKNコードの入力データファイルです。

\*.OUT ..... PKNコードの計算結果ファイルです。

\*.FG2 ..... 一次元図表示用のデータファイルです。

\*.FGC ..... 等高線図表示用のデータファイルです。



③ B I N

このディレクトリには、本システムの実行ファイルが格納されています。

- MENU\_PKN.EXE ..... 本システムの管理メニューです。
- QGPKNIN.EXE ..... P K Nコードの入力データ作成プログラムです。
- PKNOUT.EXE ..... 個々の点の計算結果表示・印刷を行うプログラムです。
- QGPKN.EXE ..... P K Nコードの計算プログラム本体です。
- QGDIRF.EXE ..... ファイル選択プログラムです。
- QGPL2D.EXE ..... 一次元図表示プログラムです。
- QGPLCON.EXE ..... 等高線図表示プログラムです。

④ Q A D L I B

このディレクトリには、P K Nコードのライブラリーファイルが格納されます。

- PKNF11.LIB .....
  - PKNF13.LIB .....
  - PKNF14.LIB .....
  - PKNF15.LIB .....
- P K Nコードのライブラリーファイルです。
- PKNCOM.LIB ..... 入力データ作成プログラム用のメッセージファイルです。
  - TMSRB.FON ..... システム管理メニュー用のフォントファイルです。
  - README.PKN ..... このファイルです。

(2) システム構成

① システム構成図

本システムの構成は、以下のようになっています。

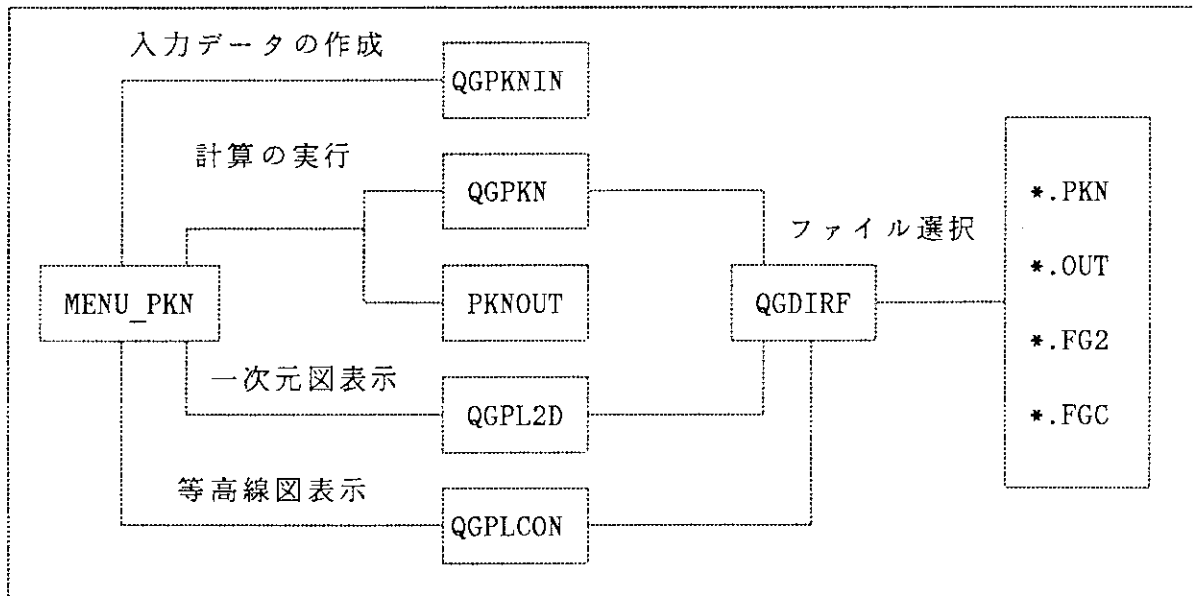


Fig. A. 1-2 : システム構成図

## ②入出力ファイル

各プログラムの入出力ファイルは以下の通りです。

Table A. 1-1 : 各プログラムの入出力ファイル

プログラム	入力ファイル	出力ファイル
QGPKNIN	*.PKN	*.PKN
QGPKN	*.PKN	*.OUT
		*.FG2 (一次元図の場合)
		*.FGC (等高線図の場合)
PKNOUT	*.OUT	なし
QGPL2D	*.FG2	なし
QGPLCON	*.FGC	なし

また、選択ファイル名の受渡しとして "TRANS.WRK" 及び "OUTPUT.WRK" を使用していますが、これらのファイルは、処理が終了すると自動的に削除されます。

---

 +-+ 2. インストールについて +-+
 

---

## (1) システムのインストール

本システムのインストール時にコピーする必要があるファイルは、「第1章(1)ディレクトリ構成」における "\*.PKN", "\*.OUT", "\*.FG2", "\*.FGC" を除く、全ファイルです。

インストールの手順を以下に示します。

① インストールしたいドライブに、「第1章(1)ディレクトリ構成」と同じように、ディレクトリを作成します。

② 必要なファイルを、対応するディレクトリにコピーします。その際、ルートディレクトリ内の "PKN.BAT"、ディレクトリ P K N 内の "SPKN.BAT" のコピーも忘れないで下さい。

③ "SPKN.BAT" の、パスの設定及び環境変数の設定を修正します。パスの設定に付いては「(2) パスの設定」を、環境変数の設定に付いては、「(3) 環境変数の設定」をそれぞれ参照して下さい。

## (2) パスの設定

本システム運用のためパス及び環境変数の設定は、ディレクトリ PKN 内の "SPKN.BAT" で行っています。"SPKN.BAT" の内容は以下の通りです。また、インストール時に変更の必要がある行を "\*n" で示します。

```

ECHO OFF
CLS
SET INCLUDE=
SET ECEDIT=
*1 SET PATH=A:¥PKN¥BIN;A:¥UTL;
*2 SET QGLIST=MIFES
SET LIB=¥QADLIB
MENU_PKN
CD ¥
SET QGLIST=
SET LIB=

```

Fig. A. 2-1: "SPKN.BAT"

パスの設定は \*1 の行で行っています。

本システムは、実行ファイル格納ディレクトリへのパス ( ¥PKN¥BIN ) 及び、システム管理メニューにおける「計算結果の表示」の為の、エディタが格納されているディレクトリへのパスを設定する必要があります。計算結果の表示を行わない場合や、エディタが無い場合は後者を省略しても構いませんが、実行ファイル格納ディレクトリへのパスは必ず必要です。

Fig. A. 2-1 の例では、"A:¥PKN¥BIN" が実行ファイル格納ディレクトリへのパス、"A:¥UTL" がエディタが格納されているディレクトリへのパスとなっています。

その他、必要に応じて「エコロジー」や「日本語変換システム」等へのパスを設定して下さい。

## (3) 環境変数の設定

システム管理メニューにおける「計算結果の表示」では、ユーザーの方々が任意のエディタを使用して計算結果ファイルの参照を行うようになっています。そのため "SPKN.BAT" の \*2 の行において、エディタを起動するためのコマンドを環境変数で設定する必要があります。

Fig. A. 2-1 の例では、エディタとして「MIFES」を使用するように設定してあります。

また、\*1の行においてエディタへのパスの設定を行わずに、以下のように記述しても同じ動作をします。

```
SET PATH=A:¥PKN¥BIN
SET QGLIST=A:¥UTL¥MIFES
```

#### (4) システムの起動

システムをインストールし、パス及び環境変数の設定が済んだら、システムの運用が可能となります。

本システムは、システムをインストールしたドライブのルートディレクトリに移動し、"PKN" + 「リターンキー」を入力することによって起動されます。以降の使用方法については、操作マニュアルを参照して下さい。