

JAERI-M

87-069

核融合炉のスカイシャイン計算法の評価と
核融合実験炉（FER）への適用

1987年5月

山田 光文^{*}・関 泰

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

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合せは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。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。

JAERI-M reports are issued irregularly.

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

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1987

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 いばらき印刷株

核融合炉のスカイシャイン計算法の評価と核融合実験炉
(FER)への適用

日本原子力研究所那珂研究所臨界プラズマ研究部

山田 光文^{*}・関 泰

(1987年4月8日受理)

核融合炉の建家設計においては、一般に炉室の面積がかなり広いので、その建家のコストは天井の厚さに強く依存する。この天井の厚さは、敷地境界におけるスカイシャイン線量を許容レベル以下にする要求から決まることが多い。そこでスカイシャイン線量を精度良く評価することが、建家を設計する上で重要となる。

D-T核融合炉についてのスカイシャイン評価がいくつかなされているが、その一致は必ずしも良くない。そこでここでは一回衝突線源計算と2次元 Sn 輸送計算とを組合せたDOT 3.5-GRTUNCL-DOT 3.5接続計算法を用いて 14 MeV 中性子源に対するスカイシャイン線量を計算し、測定値と比較することにより妥当性を示した。さらにこの計算法を用いて核融合実験炉(FER)のスカイシャイン計算を行い、他の方法で求められた結果と比較検討して、相違点を明らかにした。

Evaluation of Skyshine Calculation Method for Fusion Reactor
and Application to Fusion Experimental Reactor (FER)

Koubun YAMADA* and Yasushi SEKI

Department of Large Tokamak Research
Naka Fusion Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Naka-machi, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received April 8, 1987)

In the design of the reactor room for a fusion reactor, the cost of the room strongly depends on the thickness of the roof because the area of the roof is generally large. The roof thickness is mostly determined by the requirement to reduce the skyshine dose rate level at the site boundary below the assigned value. Therefore the accurate evaluation of the skyshine dose becomes important for the design of the reactor room.

Skyshine dose for a D-T fusion reactor has been evaluated by a number of researchers but the agreement is not so good. In this report, the first collision source is used with two-dimensional S_N transport method to form DOT3.5-GRTUNCL-DOT3.5 coupled calculation flow. The validity of the methodology was first shown by calculating the skyshine dose from a 14 MeV neutron source and comparing the calculated results with the measured results.

This methodology was then used to calculate the skyshine dose for the Fusion Experimental Reactor (FER). The calculated results were compared with those from several other methods to clarify the mutual difference.

KEYWORDS: Skyshine Dose, Calculation Method, First Collision Source, Discrete Ordinate Method, FER, OKTAVIAN, Fusion Reactor, DOT-3.5, GRTUNCL, 14 MeV Neutron, Gamma-Ray

* Century Research Center

目 次

1. はじめに	1
2. スカイシャイン計算法	1
2.1 概 要	1
2.2 2次元計算法による解析	1
2.3 DGD 接続計算法	2
3. DGD 計算法の検証	5
3.1 概 要	5
3.2 計算条件	5
3.3 計算結果	5
4. DGD スカイシャイン計算法の応用計算	15
4.1 核融合実験炉のスカイシャイン計算	15
4.2 計算条件	15
4.3 計算結果の検討	15
4.4 結 論	17
5. まとめ	26
謝 辞	27
参考文献	28
付録. A GRTUNCL 入力方法	29
付録. B JCL と入力データ	32

CONTENTS

1.	Introduction	1
2.	Skyshine Calculational Methods	1
2.1	Overview	1
2.2	Analysis Using Two-Dimensional Calculation	1
2.3	DGD Coupling Method	2
3.	DGD Calculation Validity Investigation	5
3.1	Overview	5
3.2	Calculational Method	5
3.3	Calculated Results and Comparison with Measurement	5
4.	Application of DGD Skyshine Calculation Method	15
4.1	Skyshine Calculation for Fusion Experimental Reactor	15
4.2	Calculation Condition	15
4.3	Calculated Results and Discussions	15
5.	Summary and Conclusions	26
	Acknowledgment	27
	References	28
	Appendix.A Input Data for GRTUNCL Code	29
	Appendix.B Job Control Cards and Input Data List	32

1. はじめに

核融合炉の建家を設計する際には、天井の厚さは運転時のスカイシャイン線量を敷地境界で一定の値以下にするという要求を満たすように決められると考えられる。核融合炉の炉室天井の面積^{*}が広い場合には、建家のコストは天井の厚さに強く依存する。また建家のコストも全資本費の10%近くと大きな割合を占めると推定されるので、スカイシャイン線量を精度良く求める必要がある。

原子力施設からの中性子スカイシャインについては中村と林による解説がなされており、その計算方法として近似式や精密計算法が紹介されている²⁾。また14 MeV 中性子源OKTAVIANを用いた場合のスカイシャイン測定実験とその解析がなされている^{3) 4)}。D-T核融合炉についてのスカイシャイン評価もいくつかなされているがその一致は必ずしも良くない⁵⁾。そこでここでは一回散乱計算と2次元Sn輸送計算とを組合せたDOT 3.5⁶⁾-GRTUNCL⁷⁾-DOT 3.5接続計算法の精度評価をOKTAVIANを用いたスカイシャイン実験の追試計算を行うことにより行った。さらに同計算方法により核融合実験炉(FER)を対象としてスカイシャインを計算し、他の方法で求めた計算結果と比較検討した。なお、計算方法については、今後の同様の計算を行う際に役立つように詳細に記述した。

2. スカイシャイン計算法

2.1 概要

スカイシャインの精密計算法としては、2次元Sn輸送計算法、モンテカルロ法、直接積分法などがある²⁾。ここでは最も一般的に用いられている2次元Sn輸送計算法に基づく方法の妥当性を調べた。

2.2 2次元計算法による解析

2次元Sn輸送計算コードDOT 3.5では、スカイシャイン計算などのように線源の大きさに比べて非常に大きな容量の大気を含む体系での計算においては許容できない位大きなレイ・エフェクト^{**}が発生する。レイ・エフェクトを除くためには、非散乱線を解析的に計算し一回衝突線源を求め、体系全体に分布した一回衝突線源を用いる方法が使われる。そのためここでは一回衝突線源計算コードGRTUNCLを用いてレイ・エフェクトを除いた。GRTUNCLコードは2次元

* 60年度の核融合実験炉(FER)設計ではほぼ60m×85mである。¹⁾

** レイ・エフェクトは、Sn計算法では粒子の飛ぶ方向の角度を離散的に区切っているので、離散的な角度方向にのみ粒子が集中することによって誤差が生じる効果である。

1. はじめに

核融合炉の建家を設計する際には、天井の厚さは運転時のスカイシャイン線量を敷地境界で一定の値以下にするという要求を満たすように決められると考えられる。核融合炉の炉室天井の面積^{*}が広い場合には、建家のコストは天井の厚さに強く依存する。また建家のコストも全資本費の10%近くと大きな割合を占めると推定されるので、スカイシャイン線量を精度良く求める必要がある。

原子力施設からの中性子スカイシャインについては中村と林による解説がなされており、その計算方法として近似式や精密計算法が紹介されている²⁾。また14 MeV 中性子源OKTAVIANを用いた場合のスカイシャイン測定実験とその解析がなされている^{3) 4)}。D-T核融合炉についてのスカイシャイン評価もいくつかなされているがその一致は必ずしも良くない⁵⁾。そこでここでは一回散乱計算と2次元Sn輸送計算とを組合せたDOT 3.5⁶⁾-GRTUNCL⁷⁾-DOT 3.5接続計算法の精度評価をOKTAVIANを用いたスカイシャイン実験の追試計算を行うことにより行った。さらに同計算方法により核融合実験炉(FER)を対象としてスカイシャインを計算し、他の方法で求めた計算結果と比較検討した。なお、計算方法については、今後の同様の計算を行う際に役立つように詳細に記述した。

2. スカイシャイン計算法

2.1 概要

スカイシャインの精密計算法としては、2次元Sn輸送計算法、モンテカルロ法、直接積分法などがある²⁾。ここでは最も一般的に用いられている2次元Sn輸送計算法に基づく方法の妥当性を調べた。

2.2 2次元計算法による解析

2次元Sn輸送計算コードDOT 3.5では、スカイシャイン計算などのように線源の大きさに比べて非常に大きな容量の大気を含む体系での計算においては許容できない位大きなレイ・エフェクト^{**}が発生する。レイ・エフェクトを除くためには、非散乱線を解析的に計算し一回衝突線源を求め、体系全体に分布した一回衝突線源を用いる方法が使われる。そのためここでは一回衝突線源計算コードGRTUNCLを用いてレイ・エフェクトを除いた。GRTUNCLコードは2次元

* 60年度の核融合実験炉(FER)設計ではほぼ60m×85mである。¹⁾

** レイ・エフェクトは、Sn計算法では粒子の飛ぶ方向の角度を離散的に区切っているので、離散的な角度方向にのみ粒子が集中することによって誤差が生じる効果である。

R-Z形状においてZ軸上 ($R = 0$) の点線源あるいは、Z軸に対称な円状の線源を設置して全空間の各メッシュ点における一回散乱線束を解析的に計算するコードである。

ここで用いたスカイシャイン計算手法 DOT 3.5 - GRTUNCL - DOT 3.5 接続計算法（以下 DGD 計算と略称する）は、まず建家天井外表面での中性子及びガンマ線の外向きの角度束を求め、次にこれらを建家天井の中心より非等方角度分布を持つほぼ等価な点線源として発生させたときの体系全体に分布する一回衝突線源を求め、スカイシャインを計算する方法である。一般的に核融合炉などでは天井に比べて側壁の遮蔽体は厚く天井漏洩線よりも側壁漏洩線の方が何桁も小さいため、側壁からの漏洩線は考慮せず天井からの漏洩線のみを対象とすれば十分である。しかしながら次章の例のように側壁からの漏洩が天井と同程度である場合には側壁外表面での角度束を求めてこれを線源とした場合のスカイシャインの寄与を加え合せることが必要となる。

2.3 DGD 接続計算法

DGD接続計算のフローを Fig. 2.1 に示し、各計算ステップの内容を次に示す。

<step 1> 2次元Sn 輸送計算コード DOT 3.5

核融合プラズマなどの中性子発生源から建家までを含むR-Z形状の計算体系において中性子源から中性子を発生させたときの建家天井外表面での粒子（中性子とガンマ線（光子）を総称する）の角度束を求めて、これをファイルに出力する。（但し、中性子源が点状の場合には、レイ・エフェクトを避けるために一回衝突線源を解析的に求めて計算を行う。）このとき同時に空間メッシュ、角度分点などの情報も出力する。これらの出力は今回のスカイシャイン計算用に修正したルーチン（DOT, S 8850）によって行われる。なお計算形状はR-Z形状のみを対象とする。

<step 2> 点線源作成コード DOTLEAK

このコードは建家天井の角度束を非等方角度分布を持つ点線源に変換し、GRTUNCL にカード入力できる形として出力するコードである。計算内容を次に示す。

角度束を非等方角度分布を持つ点線源に変換するためには、まず建家天井での粒子の総漏洩量を角度分点ごとに求めなければならない。今回の計算では角度分点の切り方は S_{16} 近似とした。

あるエネルギー群の粒子の角度分点 k の天井での総漏洩量を S_k とすると、

$$S_k = \sum \varphi_{ki} \cdot W_k \cdot \cos \theta_k \cdot A_i \quad (\text{particles/sec/cm}^2)$$

となる。ただし、

φ_{ki} : angular flux

W_k : weight

$\cos \theta_k$: direction cosine

A_i : メッシュ i の天井面積

である。しかし、 S_k は粒子の流れでありこれを GRTUNCL に入力するためには角度束に再変

換する必要がある。

$$\varphi_{pk} = S_k / (\cos \theta_k W_k) \quad (4\pi \cdot \text{particles/sec/cm}^2/\text{steradian})$$

ここで、 φ_{pk} は点線源 Pにおける角度分布点 k の角度束である。

<step 3> 一回衝突線源コード GRTUNCL⁷⁾

非等方角度分点を持つ点線源から粒子を発生させたときの全空間の各メッシュの中心の一回衝突線源を求めファイルに出力する。線源などの入力方法の詳細については付録Aを参照されたい。

<step 4> 2次元 Sn輸送計算コード DOT 3.5⁶⁾

一回衝突線源より各メッシュでのスカラー中性子束とガンマ線束を計算する。

<step 5> 線量率計算コード APPLE-2⁸⁾

スカラー中性子束およびガンマ線束に換算係数を掛けることによりスカイシャイン線量を計算し出力する。またプロッター出力も行う。

* DOT 3.5, APPLE-2 の詳細についてはそれぞれのマニュアルを参照されたい。

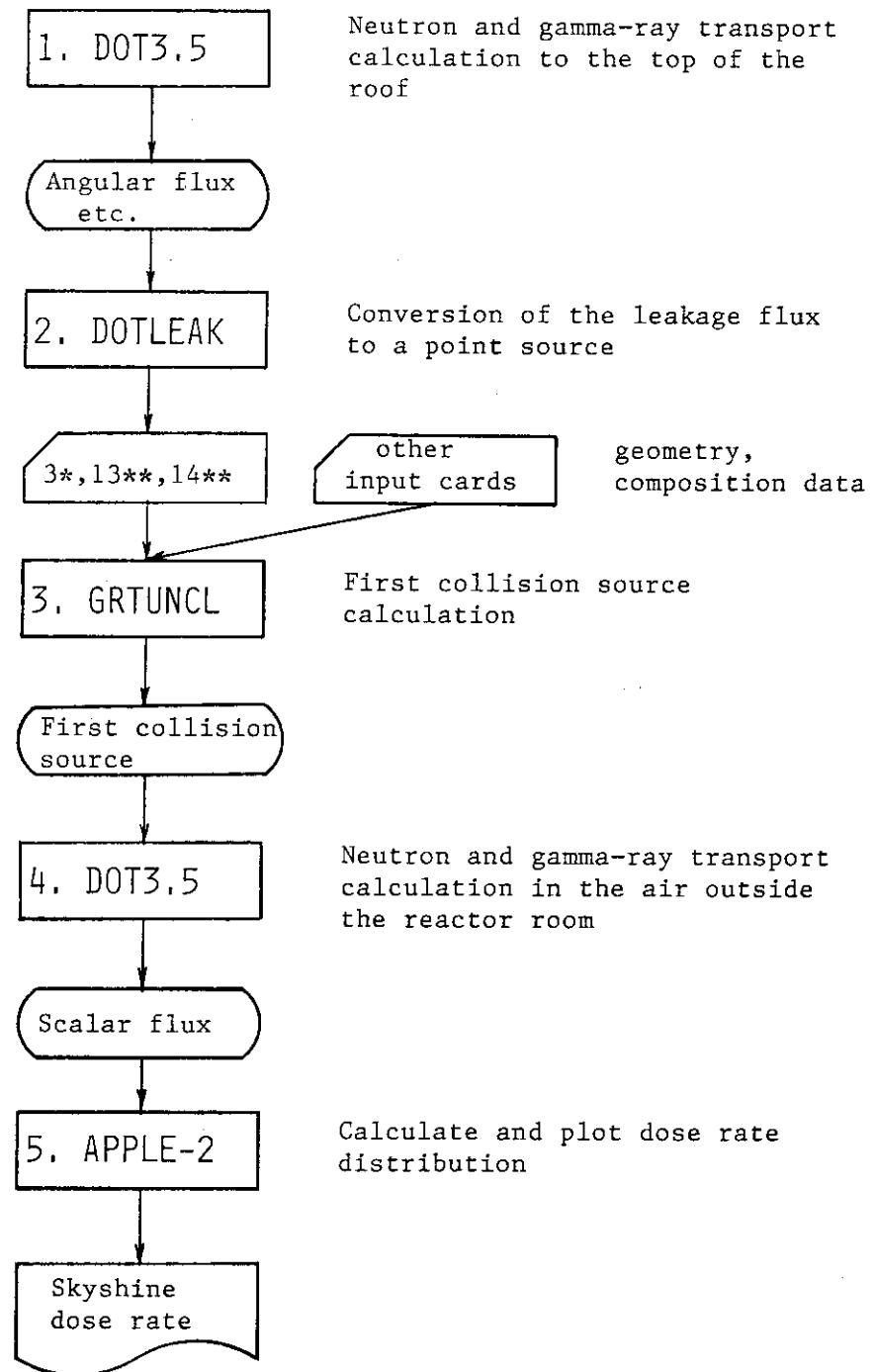


Fig.2.1 DGD Calculation Flow

3. DGD計算法の検証

3.1 概要

DGD スカイシャイン計算法の検証を行うため、大阪大学強力 14 MeV 中性子工学実験装置 (OKTAVIAN) 施設の中性子およびガンマ線のスカイシャイン線量を DGD 計算法で計算し、オクタビアンレポートなど^{3) 4)}で報告されている実験値やモンテカルロ法の計算値と比較検討した。

3.2 計算条件

今回の計算はオクタビアンレポートに記載されている条件にできるだけ忠実に従って行った。断面積のエネルギー群数など、一部条件が違う点については Table 3.1 に示す。また計算形状を Fig. 3.1 及び Fig. 3.2 に示す。ここで大きな違いはオクタビアンレポートの DOT 計算は建家の全漏洩線を天井の真上の位置の一点から発生させているのに対して DGD 計算では Fig. 3.2 に示すように天井漏洩線および側壁漏洩線をそれぞれ分けて図の A 点および B 点から発生させて、両者の和を求めている点である。またオクタビアンレポートのスカイシャイン計算では計算モデルに建家を含めていないが DGD 計算では含めている。

3.3 計算結果

オクタビアンの建家の天井および側壁からの漏洩中性子の数を Table 3.2 に示す。全漏洩中性子の数は 3 通りの計算で 16 % 以内で一致しているが、天井からの漏洩したものと側壁から漏洩したものとの割合は、今回の DOT 計算と NIMSAC とでは大きく異なっている。Fig. 3.1 の円筒モデルにおいて天井の占める立体角と側壁上部の厚さ 20 cm の部分の立体角はそれぞれ 0.296 と 0.330 であり、中性子が等方的に線源から放出されたとすると両者からの漏洩中性子数の比も立体角の比にほぼ比例するものと考えられる。天井と側壁の線源を見込む立体角の比は DOT 3.5 の漏洩中性子数の比に等しいので、DOT 3.5 の計算結果が妥当なものと考えられる。

天井および側壁からの漏洩中性子およびガンマ線を角度方向毎にエネルギーおよび表面で加え合わせた結果を Fig. 3.3 に示す。側壁からの漏洩中性子には、水平面より下の方向を向いたものがかなりあり散乱中性子の割合が高いことがわかる。Fig. 3.4 に OKTAVIAN 建家屋上のターゲット真上の点での中性子スペクトルを示す。今回の DOT 計算値は、オクタビアンレポートの計算値より低エネルギー側でやや高いが 14 MeV のピークおよび全体的な形は一致している。実験値とも全体的によく一致している。

オクタビアン建家周辺の中性子スカイシャイン線量の計算値と測定値を Fig. 3.5 に示す。今回の DGD 計算法で求めた中性子スカイシャインは、オクタビアンレポートの DOT 計算より建家

近くではやや小さく測定値との一致は良いが、建家から 400 m 以上離れた位置ではやや大きく測定値を 40 ~ 50 % 過大評価している。全体的に DOT 計算と DGD 計算は良く一致していて天井と側壁からの漏洩線を線源として区別した効果はほとんど現れていない。

次に Fig. 3.6 に建家周辺の中性子およびガンマ線のスカイシャイン線量分布を示す。ここでは DGD 計算の結果は天井から漏洩したものと側壁から漏洩したものを加え合わせた全線量を示してある。ガンマ線量については DGD 計算結果は測定値と良い一致を示しているが、中性子線量の計算値は測定値に比べ過大評価となっている。OKTAVIAN では中性子線量がガンマ線線量よりも約 1 衍大きいので全線量としては、DGD 計算は測定値を 40 ~ 50 % 過大評価している。

なお側壁からの寄与を含めない天井からの漏洩線の寄与の形は建家近くでは急激な立上がりはない。このような分布が側壁が天井に較べて十分に厚い建家からのスカイシャイン線量の分布として見慣れたものである。側壁から漏洩する中性子の寄与が天井から漏洩するものと同程度であるという意味では OKTAVIAN 建家からの漏洩放射線による線量は、いわゆるスカイシャイン線量とは言えず側壁からの漏洩分の考慮が必要である。あるいは側壁の天井と同じ厚さの部分までを天井の一部とみなした場合のスカイシャイン線量とも言うことができる。

Fig. 3.7 に DGD 計算で求めた建家周辺の線量率の 2 次元的分布を示す。

Table 3.1 Calculational Conditions and Cross Sections used in
the Computer Codes for OKTAVIAN Skyshine Calculations

Computer Code	DOT3.5*	NIMSAC*	DOT3.5**
Cross Section Library	DLC-37	ENDF/B-IV	GICX40 ⁽¹³⁾
Cross Section Anisotropy	P ₈ Legendre expansion	Double Differential Cross Section, DDX	P ₅ Legendre expansion
Angular Quadrature	S ₁₆	<u>S₁₆</u>	S ₁₆
Energy Groups	n23	n42	n42

* OKTAVIAN Report

** DGD Calculation

Table 3.2 Number of Leakage Neutrons from the Roof and Side Wall of OKTAVIAN Building

Computer Code	DOT3.5*	NIMSAC*	DOT3.5**
Roof	***	0.160	0.098
Side Wall	***	0.072	0.109
Total	0.241	0.232	0.207

* OKTAVIAN Report

(source neutron)⁻¹

** DGD Calculation

*** Not available

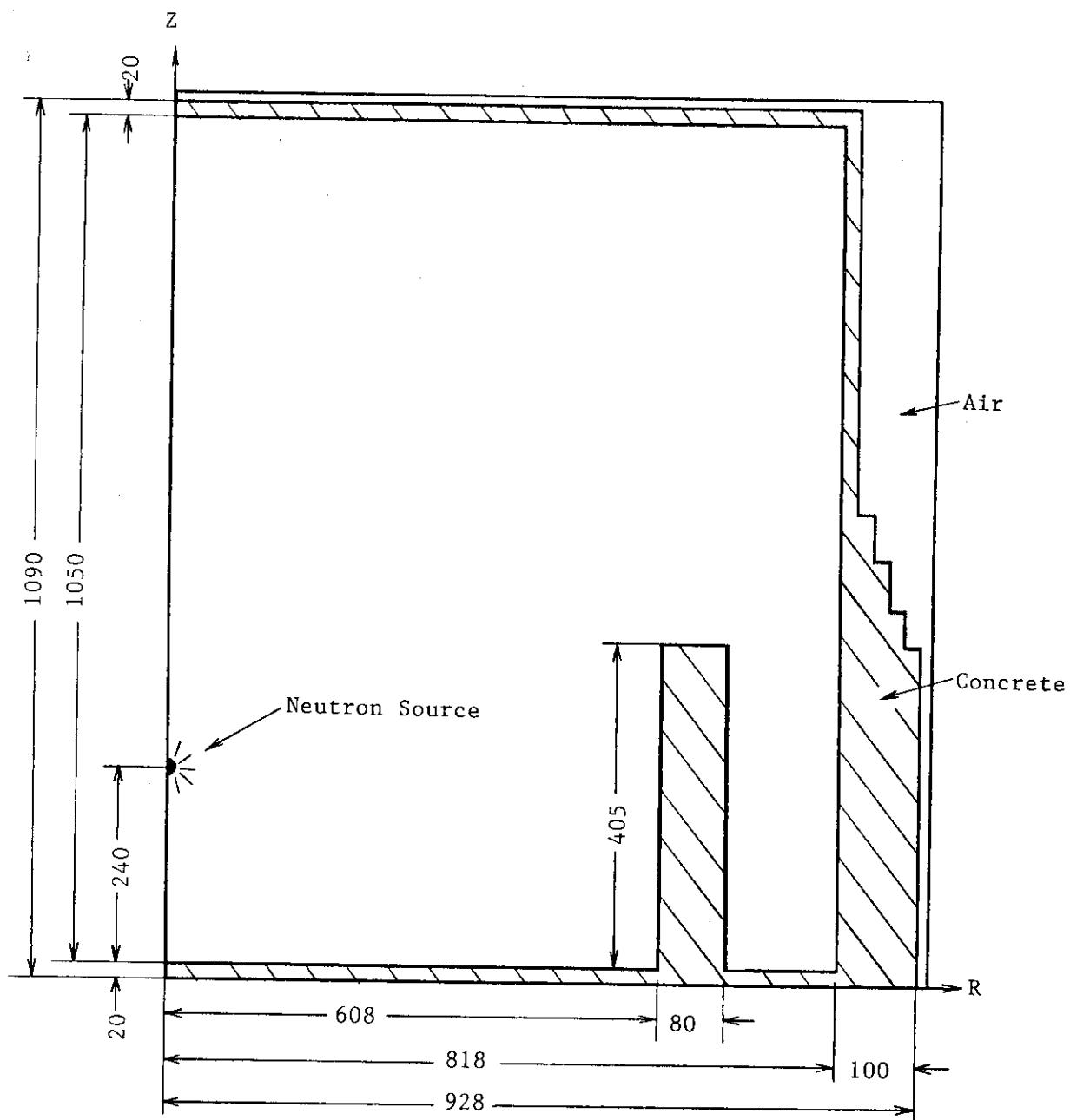


Fig.3.1 Geometry of the DOT3.5 Calculation to Estimate the Leakage Neutron Flux through the OKTAVIAN Building

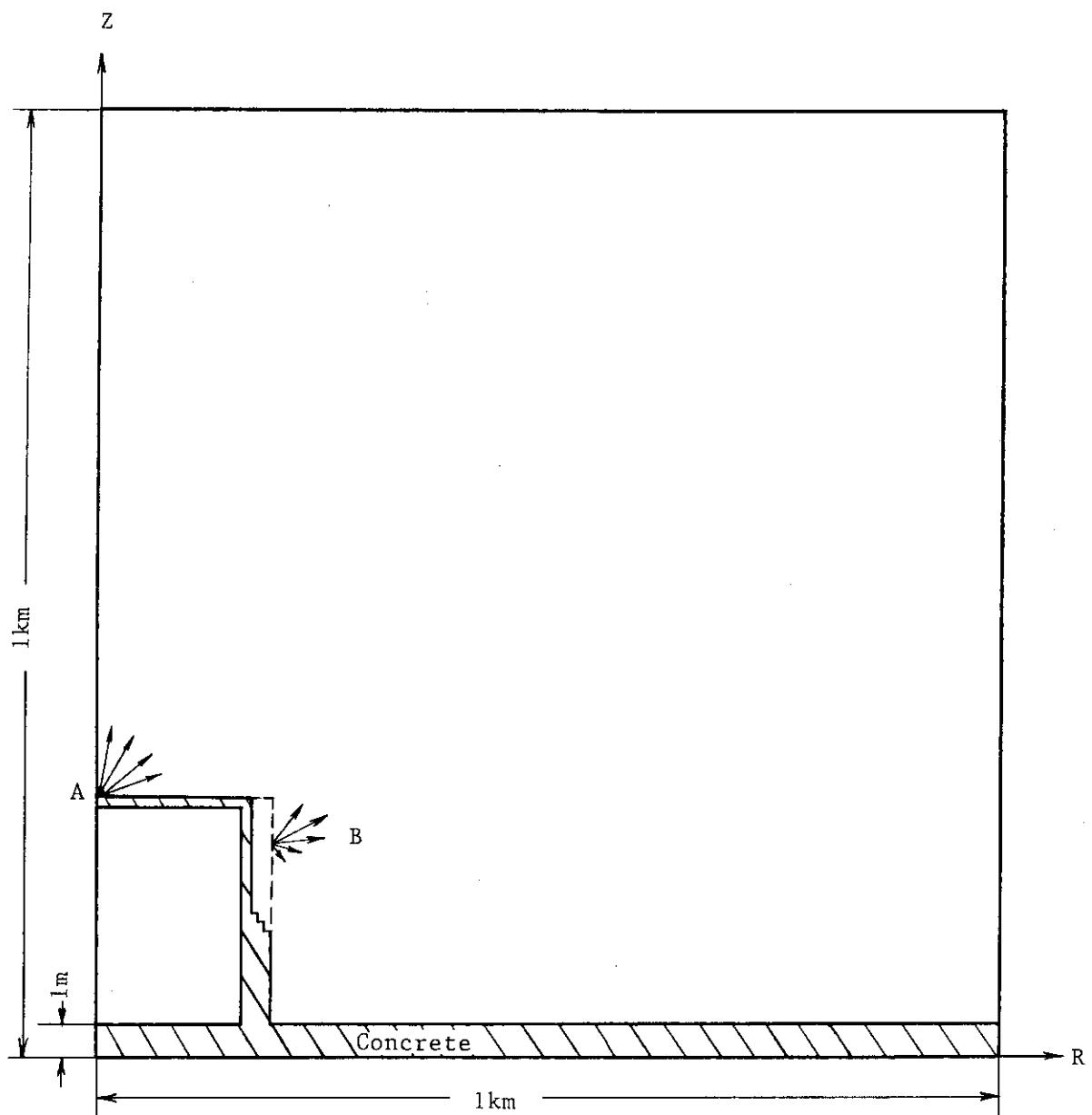


Fig.3.2 Calculational Geometry of DOT3.5 for Neutron Skyshine
Analysis in the Air-over-Ground Environment (not to scale)

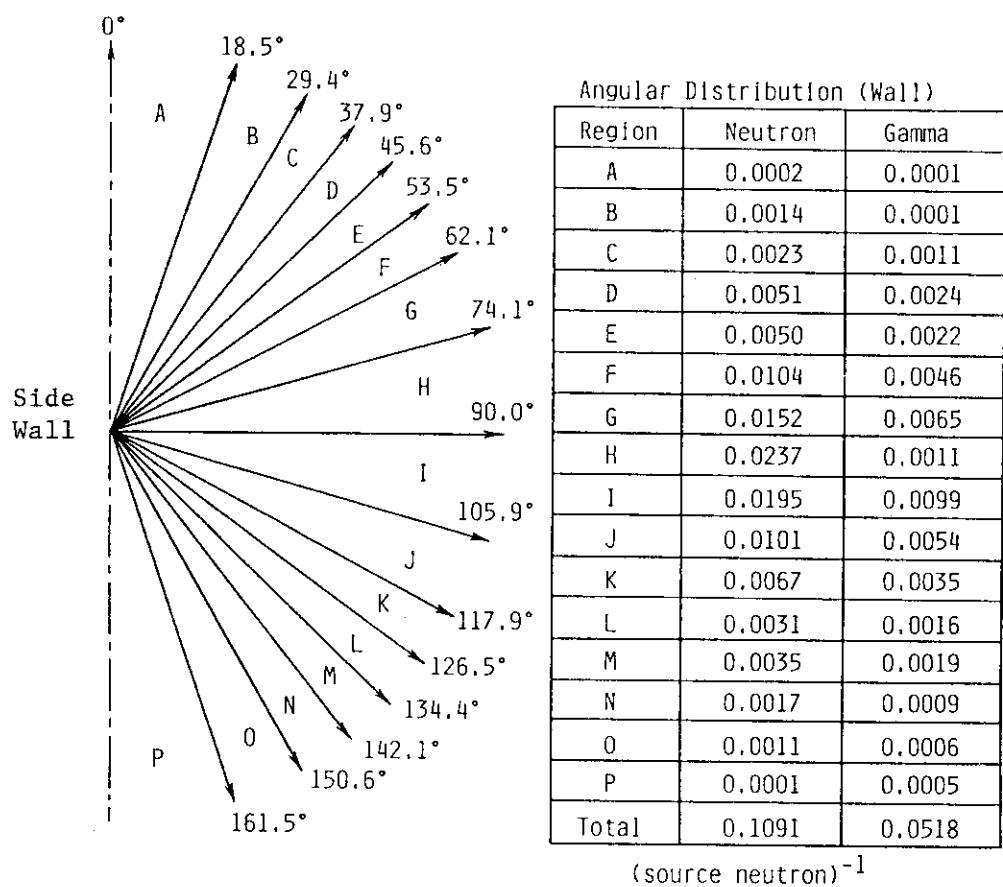
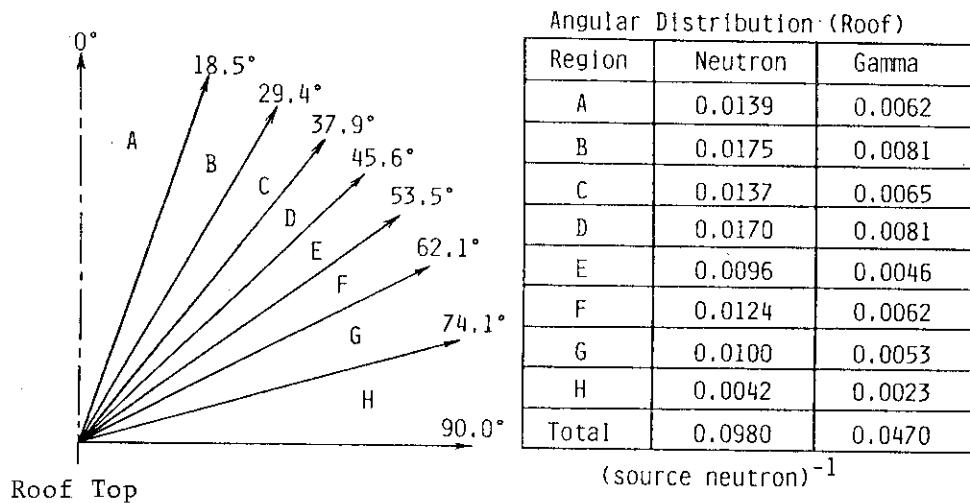


Fig.3.3 Angular Distributions of Leakage Neutrons and Gamma-Rays from the Roof and Side Wall of the OKTAVIAN Building

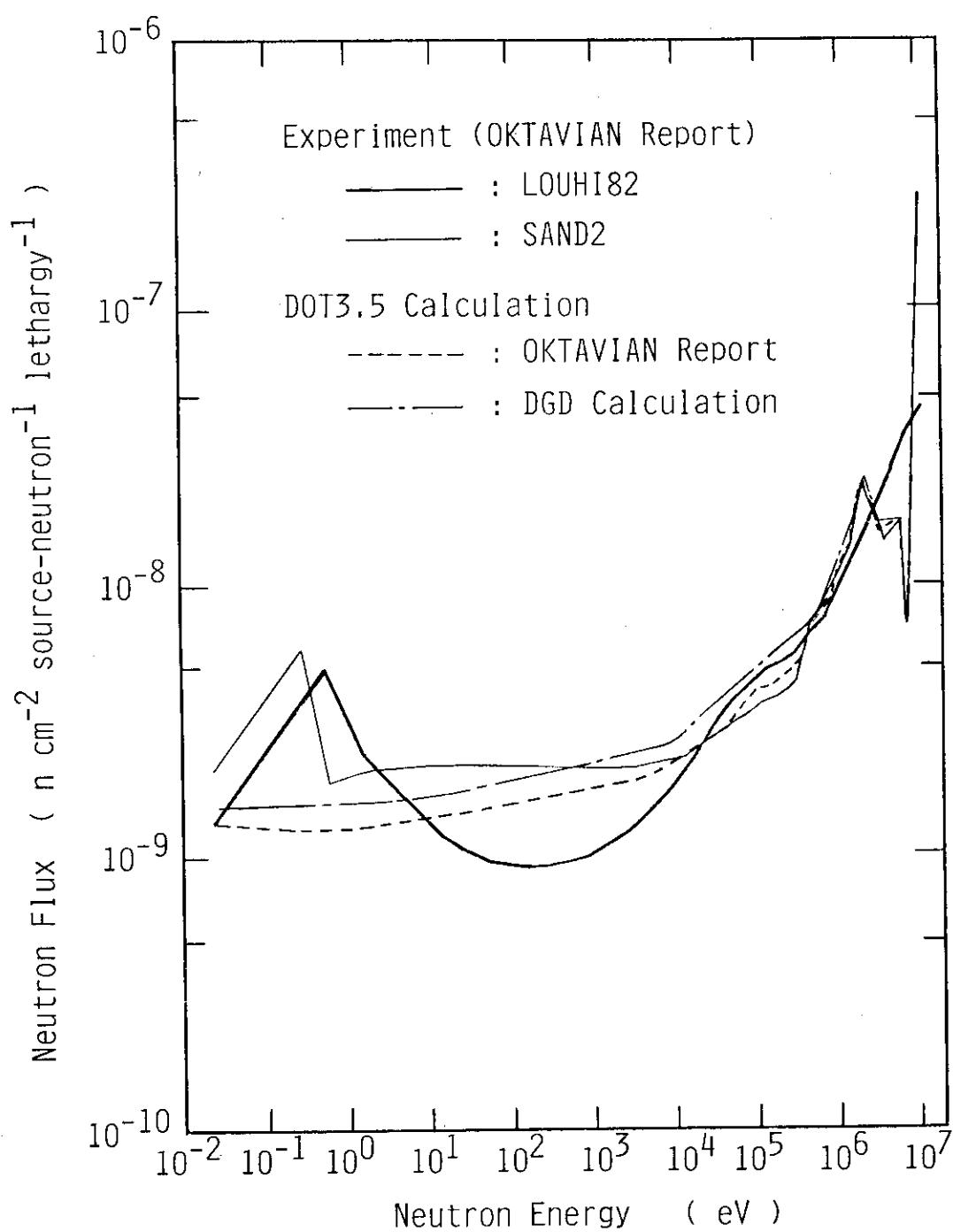


Fig.3.4 Comparison of Measured and Calculated Neutron Spectra on the Roof just above the Target of OKTAVIAN

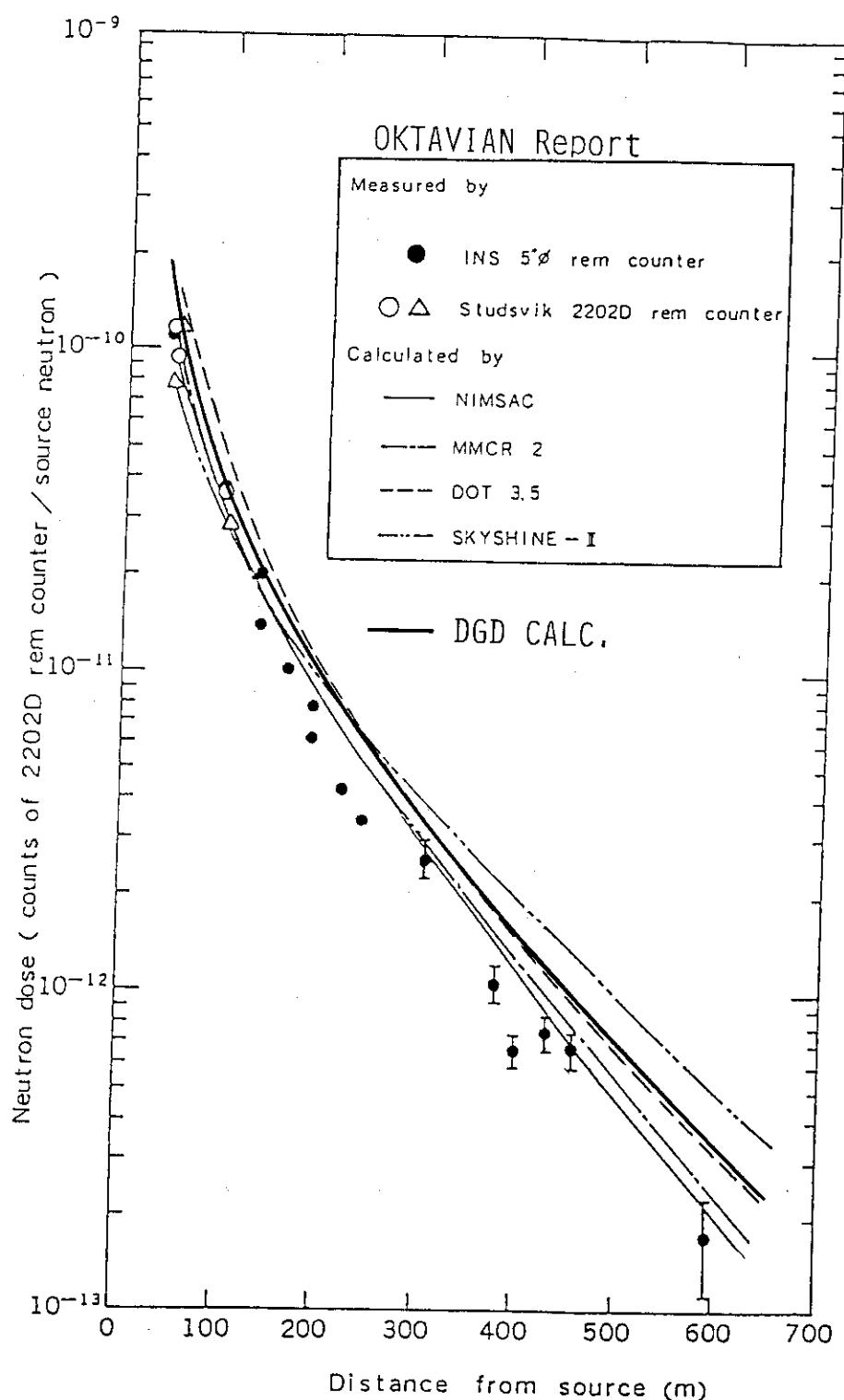


Fig.3.5 Comparison of Measured and Calculated Neutron Dose Distributions in the Field Surrounding the 14-MeV Neutron Source OKTAVIAN

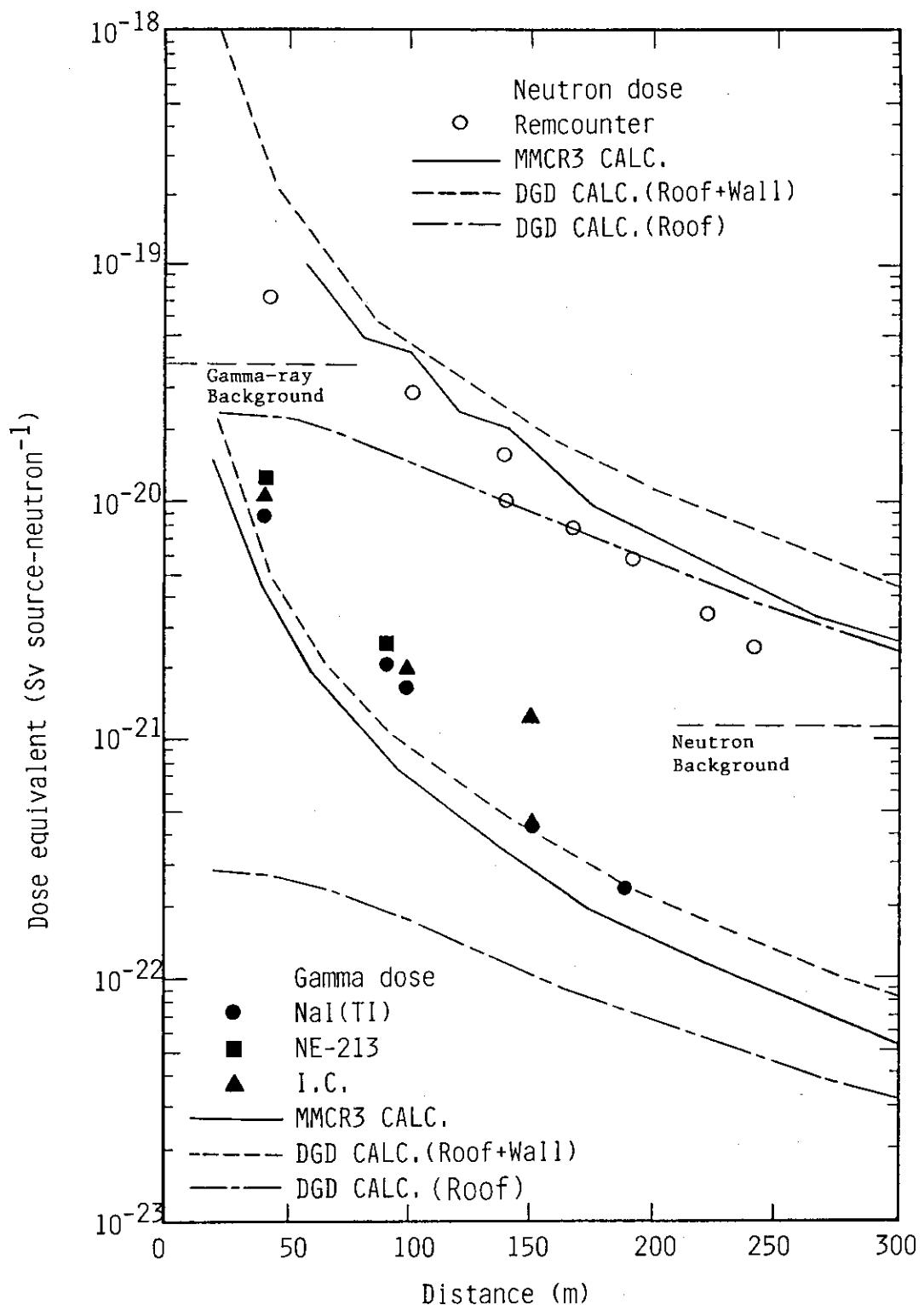


Fig. 3.6 Comparison of Measured and Calculated Neutron and Gamma-Ray Dose Distributions in the Field Surrounding the 14-MeV Neutron Source OKTAVIAN

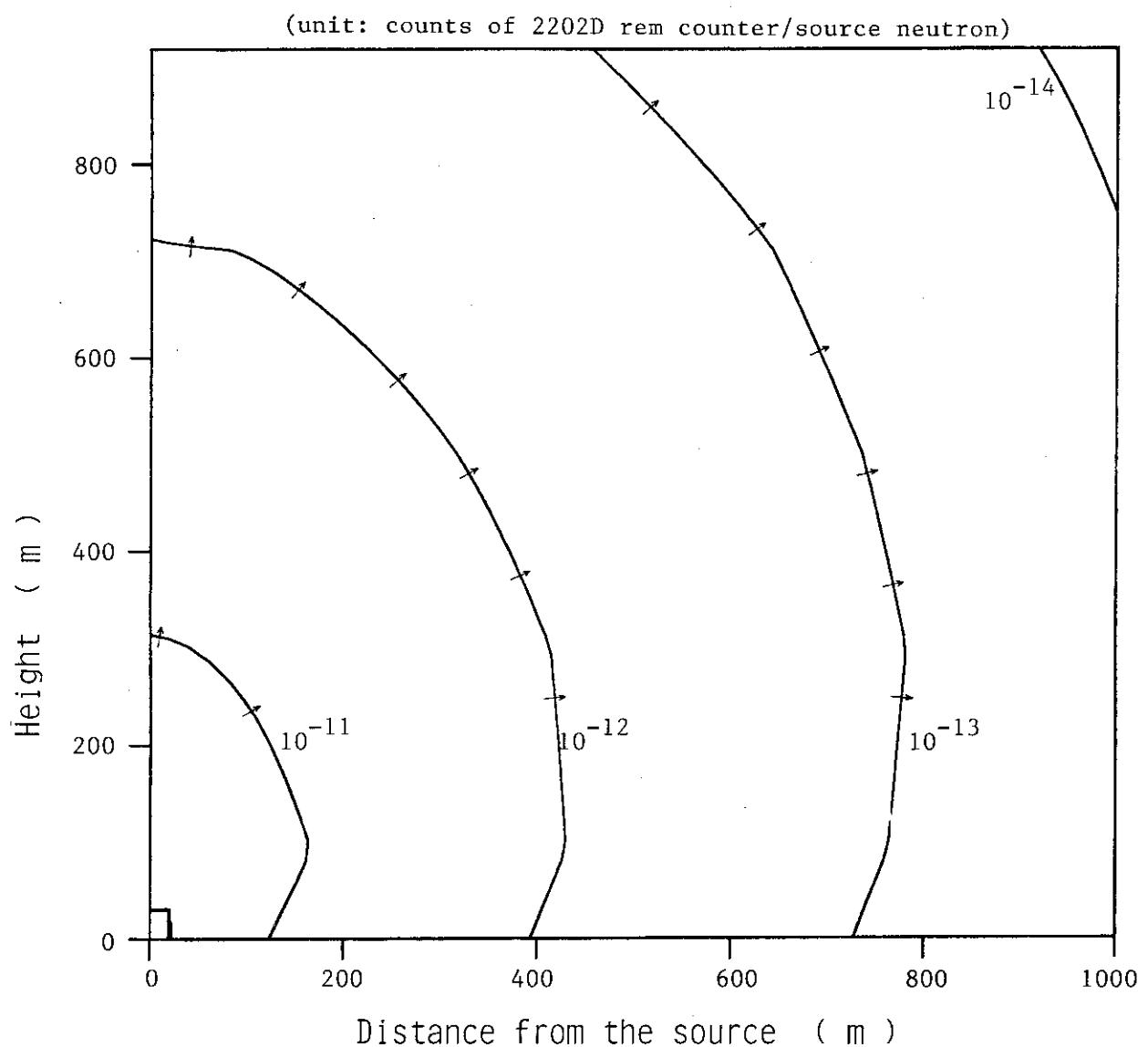


Fig.3.7 Skyshine Dose Rate Distribution around OKTAVIAN

4. DGDスカイシャイン計算法の応用計算

第3章においてDGD計算はOKTAVIAN建家周辺のスカイシャイン線量の測定値を40~50%の過大評価で計算することが示された。厚さが20 cmのコンクリートからなるOKTAVIAN建家からのスカイシャイン線量からの寄与は中性子がガンマ線よりも約1桁高く、ガンマ線のスカイシャイン線量に関してのDGD計算と測定値との一致は良かった。

これに対して天井のコンクリート厚さが1.2 mもある核融合実験炉(FER)の建家からのスカイシャイン線量の場合には、4.3に示すようにガンマ線の寄与が中性子よりも逆に1桁以上も高く、OKTAVIANの場合とはかなり様子が異なる。この章ではFERのスカイシャイン計算にDGD計算法を通用したときの検討を行う。

4.1 核融合実験炉のスカイシャイン計算

核融合実験炉(FER)における炉運転中のスカイシャイン線量を計算し、昭和59年度のFER設計報告書¹⁾で報告されているAlsmillerの簡易評価式⁹⁾を用いたときの値、およびSKYSHINE-IIコード¹¹⁾の値との差を把握する意味で計算結果を比較検討した。また参考計算としてDOT 3.5-CONCODE-DOT 3.5接続計算¹²⁾、ANISN-GRTUNCL-DOT 3.5接続計算も行った。ANISNでは円筒モデルと球形モデルの2種類の計算をした。今回のDGD計算とDOT 3.5-CONCODE-DOT 3.5接続計算はほぼ同じことをしているので結果も一致した。そこでここではDGD計算の結果のみについて述べる。

4.2 計算条件

今回の計算は59年度のFER設計報告書に基づいて行った。核融合出力は385 MWであり、毎秒 1.4×10^{20} 個のD-T中性子が発生する。核定数は多群断面積セットGICX 40¹³⁾(n 42, r 21)を用いた。計算における近似はS₁₆-P₅近似としR-Zモデルを用いた。Table 4.1及びTable 4.2に計算体系と材料構成比を示す。Table 4.3に計算で用いた材料の組成を示す。またFig. 4.1にDOT 3.5で建家天井の角度束を求めた計算形状を示す。FERの建家の側壁の厚さは3 mであり天井は1.2 mであり側壁から漏洩する放射線は天井から漏洩するものと較べて無視できる。Fig. 4.2にスカイシャイン計算の計算形状を示す。スカイシャイン計算では空気($1.2 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$)は窒素79%、酸素21%、大地は5 w/o の水分を含むSiO₂(1.8 g/cm^3)の仮定のもとで計算した。

4.3 計算結果の検討

Fig. 4.3に各種の計算によって得られた施設周辺の空間線量率(mrem/year)を核融合炉か

らの距離の関数として示す。Fig. 4.4 に DGD 計算で求めた空間線量率分布を示す。また計算結果を検討した内容を次に示す。

(1) 1 次元計算と 2 次元計算の比較

Table 4.4 に建家天井からの中性子とガンマ線の漏洩量を示す。建家天井における中性子の漏洩量は 1 次元計算の方が 2 次元計算よりほぼ 10 ~ 20 倍大きく、ガンマ線の漏洩量は 1 次元計算の方がほぼ 40 ~ 80 倍大きい。これは 2 次元計算が建家天井全体にわたり漏洩線を計算しているのに対し、1 次元計算ではプラズマ真上のいちばん高い漏洩線を代表値としてこれを天井全体から漏洩していると仮定しているからである。この差がスカイシャイン線量に影響していると考えられる。

また天井での漏洩量はガンマ線の方が中性子よりも 2 次元計算で約 20 倍、1 次元計算で約 80 倍もおおきくなっている。スカイシャイン線量への寄与も大部分がガンマ線によるものであることがわかる。これはコンクリート中ではガンマ線束の減衰率の方が中性子束の減衰率よりも低いことによりコンクリートが厚くなるに従って初めに低かったガンマ線の寄与が高くなるためである。

(2) 1 次元計算における円筒モデルと球形モデル

球形モデルは円筒モデルに比べ空間による減少が大きいので過小評価している。

(3) 空気中のスカイシャイン線量分布

Fig. 4.3 のスカイシャイン線量分布の空間分布を見ると、天井の角度束を DOT 3.5 で計算したものと較べると ANISN で計算したものがやや緩やかな減衰となっている。これは ANISN で計算した角度分布がより真上を向いたものが多いためである。これらの DOT 3.5 計算の減衰傾向と較べて Alsmiller の簡易評価式を用いた場合には勾配はより急であり、逆に SKYSHINE - II を用いた場合にはより穏やかな減衰となっている。

以上のように減衰傾向にいくらかの差はあるが天井における角度束を 1 次元計算で求めたものはこの図で示した範囲では全てファクター 3 以内で一致している。

1 次元と 2 次元計算の主な差は(1)で述べたように天井における角度束の大きさの差に依るものである。そこで FER のようにプラズマの周囲に厚さ 1 m 以上のステンレス鋼を主成分とする構造物があり、建家天井の厚さが 1.2 m のコンクリートからなる場合には、天井における角度束を精度良く求めることが特に重要であることがわかる。そこで次にこの角度束の計算値の空間メッシュ依存性を調べた。

(4) 2 次元計算における空間メッシュ効果

今回の 2 次元計算は、天井の角度束を求める計算とスカイシャイン線量計算の 2 つである。スカイシャイン線量計算は体系の大部分は大気であり、メッシュ効果の影響はほとんどないと考えられる。一方、炉本体を含む建家天井の角度束を求める計算では、中性子源であるプラズマまわりの遮蔽体などのメッシュ効果は非常に大きい。¹⁾ 今回の計算では炉本体はメッシュを細かくしてメッシュ効果の影響をできるだけ小さくした。また建家天井（コンクリート）についてはメッシュ幅を 20, 12, 5 cm と変えてメッシュ効果を調べた。その結果 3 ケースともスカイシャイン線量はほぼ一致し、メッシュ幅 20 cm 以下ではメッシュ効果の影響はほとんどないことがわかった。

4.4 結 論

5通りの方法で F E R 建家周辺のスカイシャイン線量率分布を計算して以下のことわかった。

- 1) 減衰傾向に多少のばらつきが見られるものの 1次元計算で天井の角度束を計算した 4通りのスカイシャイン線量の計算値はファクター 3 以内で一致している。
- 2) 天井における角度束の計算誤差が計算精度を支配しているので、この角度束を精度良く求めることが重要である。
- 3) 1次元計算では、天井の角度束を 40~80 倍過大評価するのでその程度の余裕が見込まれる。
- 4) コンクリート厚 20 cm の天井を有する OKTAVIAN 建家からのスカイシャイン線量では中性子の寄与が支配的であったのに対して F E R 建家の場合にはガンマ線が支配的である。この差がスカイシャインの D G D 計算誤差におよぼす影響は現時点では不明で、天井厚が 1 m の 14 MeV 中性子源 F N S を用いたスカイシャイン線量測定が待たれる。

Table 4.1 Dimension and Material Composition of the Upper
Model for the FER

Zone No.	Region	Thickness (cm)	Number of Meshes	Distance from Plasma Center (cm)	Composition (Vol. Fraction, %)
1	Plasma	183.0	1	183.0	He Gas (100)
2	Scrape-off	45.0	2	228.0	He Gas (100)
3	Removable Shield (Permanent Shield)	30.0 35.0	30	258.0	SS(85),H2O(15)
4	Void	2.0	1	260.0	He Gas (100)
5	SS	26.0	26	286.0	SS(85),H2O(15)
6	B ₄ C	5.0	5	291.0	B ₄ C(90),SS(5),H2O(5)
7	Void	2.0	1	293.0	He Gas (100)
8	Cryostat	25.0	25	318.0	SS(95),H2O(5)
9	Void	69.0	2	387.0	He Gas (100)
10	TFC Support Panel	83.0	83	470.0	SS(50)
11	Void	600.0	10	1070.0	He Gas (100)
12	Belljar	10.0	10	1080.0	SS(100)
13	Air (Reactor Room Roof)	3300.0 120.0	6	4380.0	He Gas (100)
14	Liner	0.2	1	4380.2	SS(100)
15	Concrete	119.8	100	4500.0	Concrete(100)

Table 4.2 Material Composition of the Components for
Two-Dimensional FER Skyshine Calculation

No.	Region	Composition (Vol. Fraction,%)
1	Plasma	He Gas (100)
2	Scrape-off	He Gas (100)
3	Shield	
	First Wall	SS(86.8),H2O(13.2)
	Outer Removable Shield	SS(90),H2O(10)
	Inner Removable Shield	SS(85),H2O(15)
	Semi-Permanent Shield	SS(85),H2O(15)
	Wall of Shield	SS(95),H2O(5)
4	Divertor	
	Cu Plate	Cu(90.2),H2O(9.8)
	SS Plate	SS(33)
	Support Panel	SS(20),H2O(10)
5	Cryostat	
	Cryostat	SS(95),H2O(5)
	Pedestal (Lower part)	SS(50)
6	TFC	
	Super Conductor	SS(34),Cu(33)
	He Can	SS(100)
7	Duct	
	Duct Wall	SS(95),H2O(5)
	Duct Hole	SS(78.5)
8	Void	He Gas (100)

Table 4.3 Number Densities of Various Materials used for
FER Skyshine Calculations

Material	Element	Number Density (n/cm ³)
Plasma	He	1.0 ×10 ¹⁷
316SS	Mo	1.255×10 ²¹
	Cr	1.575×10 ²²
	Ni	9.848×10 ²¹
	Fe	5.909×10 ²²
H ₂ O	H	6.686×10 ²²
	O	3.343×10 ²²
Air	N	4.22 ×10 ¹⁹
	O	1.17 ×10 ¹⁹
Li ₂ O (Natural, 85%TD)	⁶ Li	5.118×10 ²¹
	⁷ Li	6.385×10 ²²
	O	3.448×10 ²²
Be (100%TD)	⁹ Be	1.236×10 ²³
B ₄ C	¹⁰ B	2.196×10 ²²
	¹¹ B	8.784×10 ²²
	C	2.745×10 ²²
Pb	Pb	3.296×10 ²²
Cu	Cu	8.464×10 ²²
Nb	Nb	5.549×10 ²²
Epoxy (C ₁₈ H ₂₀ O ₃)	C	4.478×10 ²²
	H	4.976×10 ²²
	O	7.464×10 ²¹
W	¹⁸² W	1.720×10 ²²
	¹⁸³ W	9.254×10 ²¹
	¹⁸⁴ W	1.976×10 ²²
	¹⁸⁶ W	1.821×10 ²²
Concrete (ρ = 2.22 g/cm ³)	Na	6.935×10 ²⁰
	Fe	6.079×10 ²⁰
	O	4.123×10 ²²
	C	3.004×10 ²⁰
	H	6.364×10 ²¹
	Si	1.680×10 ²²
	K	2.734×10 ²⁰
	Ca	3.301×10 ²¹
Mn*		6.082×10 ¹⁹

* Mn is not used in calculation because no data is included in GICX40. Mn is replaced by Fe.

Table 4.4 Number of Leakage Neutrons and Gamma Rays from
the Roof of FER

Computer Code	ANISN(Cyl)	ANISN(Sph)	DOT3.5
Neutron	2.050+8*	1.058+8	9.300+6
Gamma	1.653+10	8.527+9	1.882+8
Total	1.674+10	8.633+9	1.975+8

* Read as 2.050×10^8

(particles/sec)

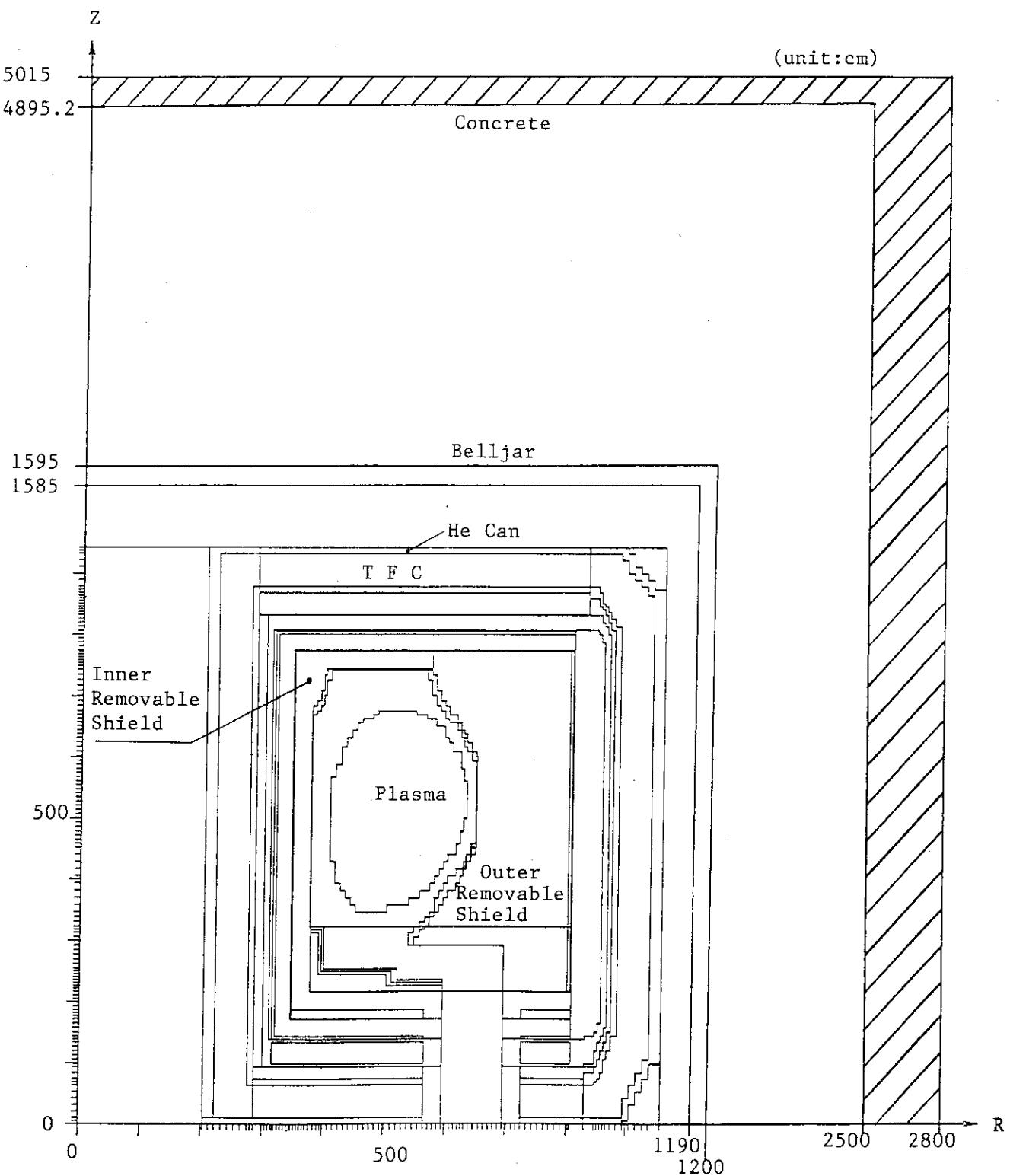


Fig.4.1 Calculational Geometry of DOT3.5 to Estimate the Leakage Neutron Flux Through the FER Building (not to scale)

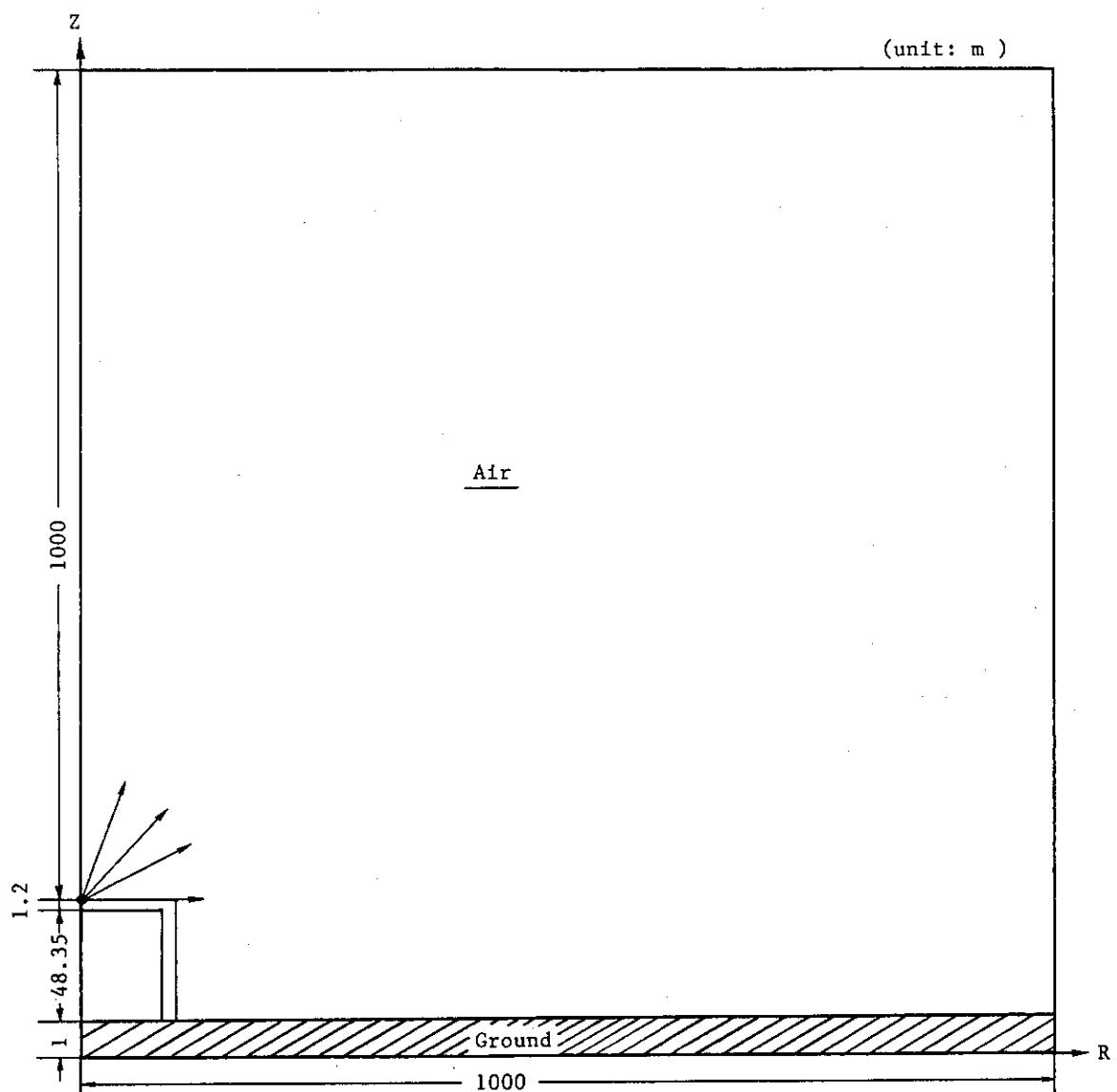


Fig.4.2 Calculational Geometry of DOT3.5 for Skyshine Analysis
in the Air-over-Ground Environment (not to scale)

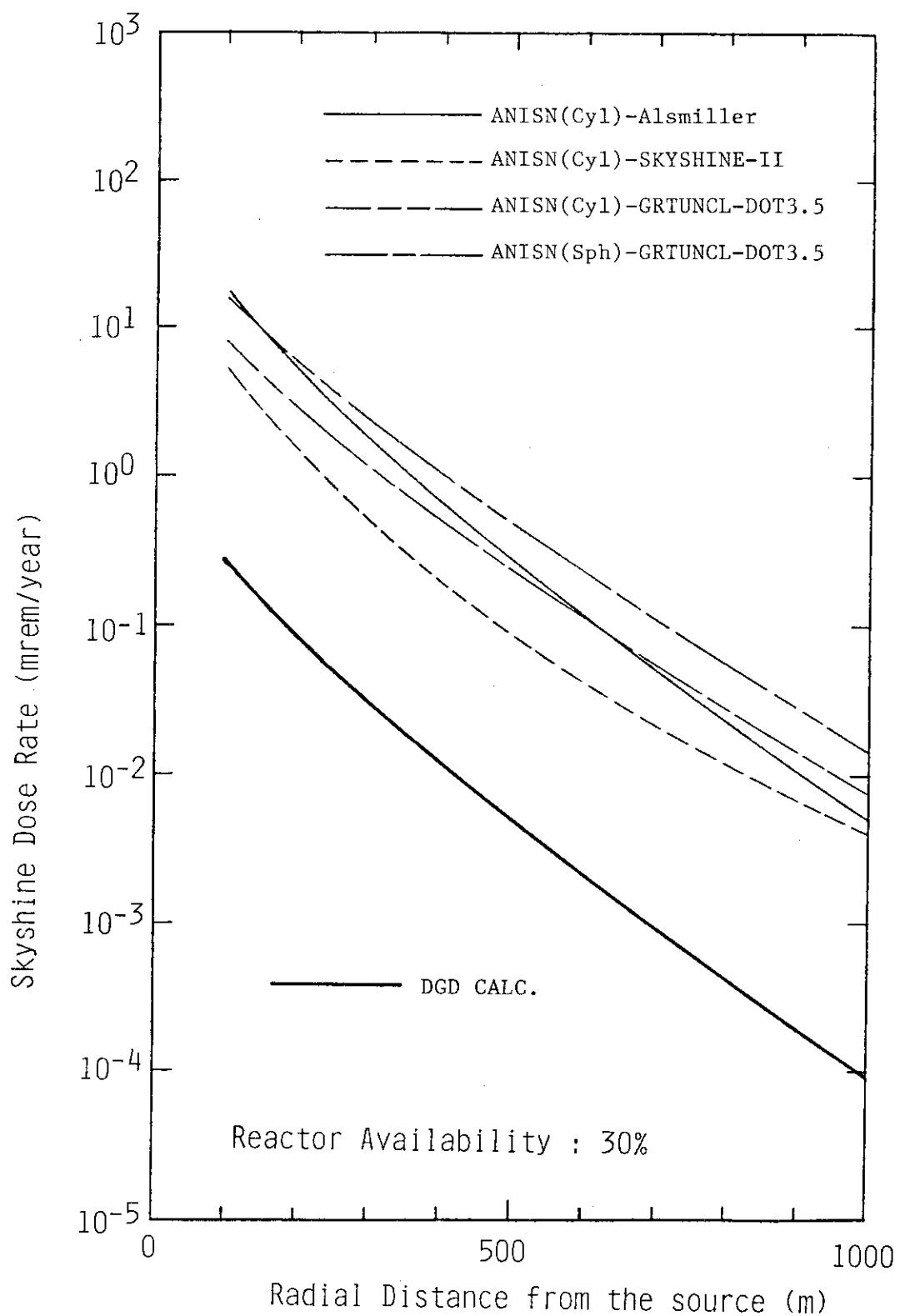


Fig.4.3 Comparison of Calculated Skyshine Dose Rate Distribution around FER

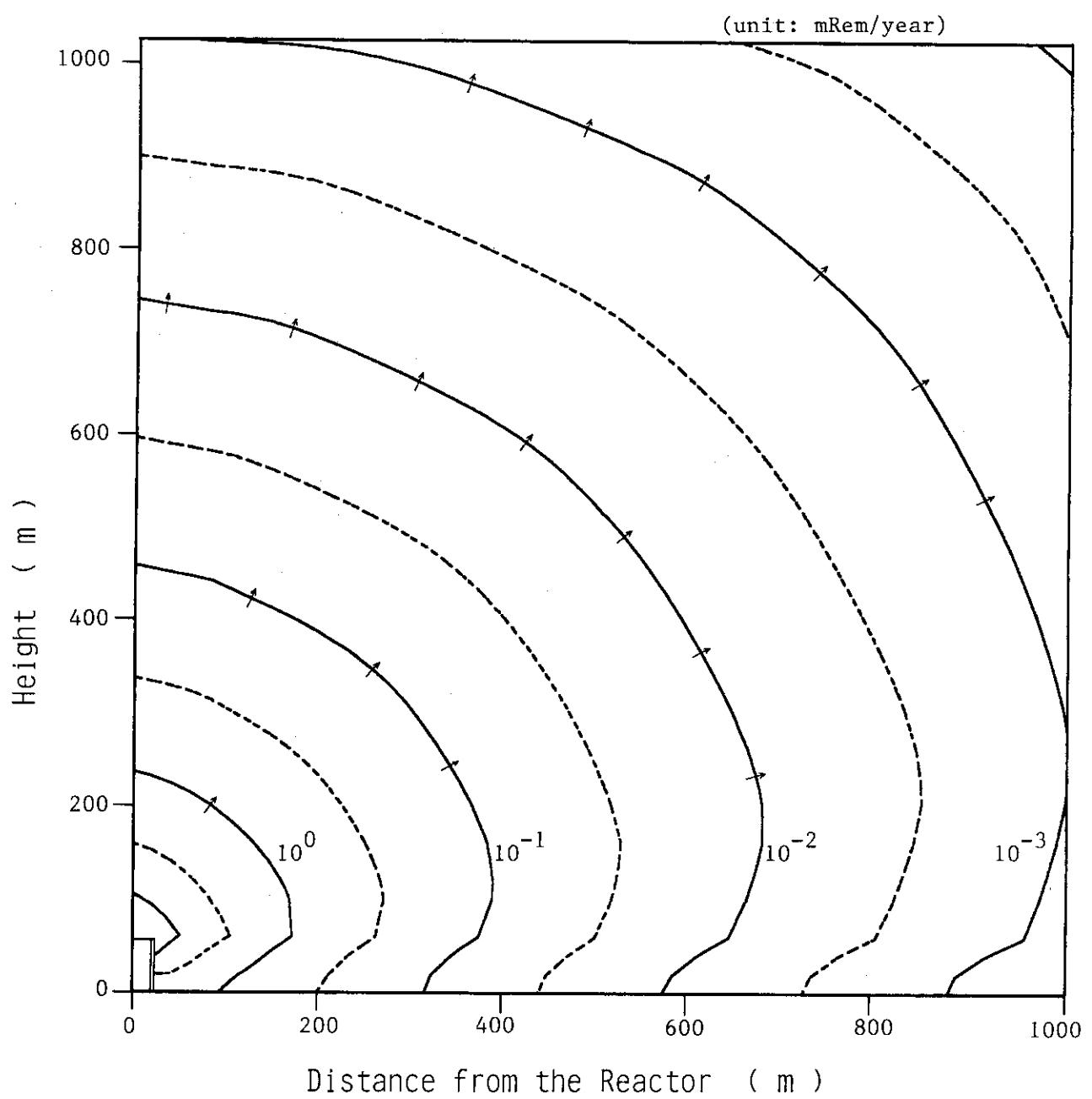


Fig.4.4 Skyshine Dose Rate Distribution around FER

5. ま と め

一回衝突線源法と2次元Sn計算とを組合せたDOT 3.5-GRTUNCL-DOT3.5接続(DGD)計算法を用いて、大阪大学の強力14 MeV中性子工学実験装置OKTAVIAN施設の中性子およびガンマ線のスカイシャイン線量を計算した。その結果以下のことがわかった。

(I) 今回のDGD計算は、スカイシャイン線量の測定値を40～50%過大評価することがわかった。

(II) スカイシャイン線量の10%以下を占めるガンマ線の線量については、DGD計算は測定値をよく再現した。

(III) 今回のDGD計算においては、天井および側壁から漏洩する放射線を分けて、それぞれのスカイシャイン効果を求めて加え合わせた。その結果側壁から漏洩するものの寄与が天井から漏れるものの寄与と同程度であることがわかった。

(IV) 天井および側壁から漏れる放射線を分けて取り扱ったことと、スカイシャイン計算においても建家を計算体系に含めたことにより建家近くの測定値との一致はオクタビアンレポートにあるDOT 3.5の計算値よりいくらか改善された。しかし建家から離れた位置の過大評価の傾向は変わっていない。

次に核融合実験炉(FER)建家周辺のスカイシャイン線量分布をDGD計算法および設計で用いられる1次元計算法などで計算して結果の相互比較を行った。その結果以下のことがわかった。

(V) 1次元計算は、建家天井の角度束を40～80倍過大評価するとともに角度分布が2次元計算よりも上方への非等方性が高くなる。そこで絶対値が40～80倍になるとともに空間による減衰が緩やかでいずれにしても大幅に安全側の評価となる。

(VI) 1次元計算で天井の角度束を計算した4通りのスカイシャイン線量の計算値はファクター3以内で一致した。

(VII) 天井における角度束の計算誤差が全体の計算精度を評価しているので、この角度束を精度良くもとめることが重要である。

(VIII) 天井と側壁上部のコンクリート厚さが20 cmのOKTAVIAN建家からのスカイシャイン線量では中性子の寄与が大部分であったのに対して、天井厚1.2 m、側壁厚3 mのFER建家の場合にはガンマ線が支配的である。この差がスカイシャインのDGD計算誤差におよぼす影響は現時点では不明である。天井厚1 m、側壁厚2 mの14 MeV中性子源FNSを用いたスカイシャイン線量測定が待たれる。

謝 辞

本計算に際して核融合実験炉の D O T 3.5 の入力データを提供していただいた川崎重工の毛利憲介氏に深く感謝いたします。スカイシャイン計算方法について御教示いただいた V I C の龍福廣氏, NAIG の山内通則氏, 川崎重工の森清治氏に深く感謝いたします。また OKTAVIAN におけるスカイシャインの測定データと計算結果の使用につきましては東北大学サイクロトロンラジオアイソトープセンターの中村尚司教授と東京大学原子核研究所の上蓑義明先生に深く感謝いたします。

本報告書をまとめるにあたっては, 苦米地顕那珂研究所所長, 吉川允二臨界プラズマ研究部部長, 飯島勉 JT-60試験部部長, 田村早苗臨界プラズマ研究部次長, 東稔達三主任研究員から御理解と御支援をいただいたことを感謝いたします。

参考文献

- 1) 炉設計研究室, 「核融合実験炉(FER)概念設計(昭和59,60年度)」
JAERI-M 86-134 (1986).
- 2) 中村尚司, 林 克巳, 日本原子力学会誌, Vol. 26, No. 11, 917 (1984).
- 3) 中村尚司他, 「14 MeV中性子発生施設(OKTAVIAN)パルス系からの中性子スカイシャイン」OKTAVIAN Report A-8401 (1984) および T. Nakamura et al., Nucl. Sci. Eng., 90, 281 (1985).
- 4) 上菱義明, 中村尚司, 他, 「14 MeV中性子源からの2次 γ 線スカイシャイン(2)」
日本原子力学会「昭和61年会」, E 63 (1986).
- 5) 炉設計研究室, 「準定常核融合実験炉(FER-Q)概念設計報告書」(昭和59年度標準設計)
JAERI-M 85-178, (1985).
- 6) W.A. Rhoades and F.R. Mynatt, "The DOT-III Two Dimensional Discrete
Ordinates Transport Code," ORNL-TM-4280 (1973)
- 7) R.L. Childs, P. 95~P. 97, ORNL-TM-4280 (1973)
- 8) H. Kawasaki and Y. Seki, "APPLE-2; An Improved Version of APPLE
Code for Plotting Neutron and Gamma-Ray Spectra and Reaction Rates,"
JAERI-M 82-091 (1982)
- 9) R.G. Alsmiller, Jr., J. Barish and R.L. Childs, ORNL/TM-7512 (1980)
- 10) T. Nakamura and T. Kosako, Nucl. Sci. Eng., 77, 168 (1981)
- 11) C.M. Lampley, "Calculation of the Effects of Structure Design on
Neutron, Primary Gamma-Ray and Secondary Gamma-Ray Dose Rates on
Air," NUREG/CR-0781, ORNL (1979)
- 12) 龍福 廣: 私信
- 13) Y. Seki and H. Iida, "Coupled 42-Group Neutron and 21-Group Gamma-Ray Cross Section Sets for Fusion Reactor Calculations," JAERI-M 8818 (1980)
- 14) 上田昌広, 「14 MeV中性子スカイシャインの測定と解析」, 大阪大学大学院工学研究科
原子力工学専攻修士論文, 昭和59年3月.

付 錄. A

<GRTUNCL線源入力方法>

GRTUNCLにおいて線源入力に関するパラメータはIZ3, XNF, 3*, 13**, 14**の5つである。次にその入力方法をしめす。

- (1) IZ3=0, 13**と14**は入力なし, 3*とXNFを次のように入力する。

3* : 粒子数をエネルギー群ごとに入力する。(particle/sec/cm²)

XNF : 規格化定数

- (2) 非等方角度分布を持つ線源の場合(スカイシャイン計算)

IZ3 : 角度分点の数

3* : F1 を入力

XNF : 規格化定数

13** : 角度分割の余弦

14** : XNF = 0, 角度分点ごとの角度束をエネルギー群ごとに入力

XNF > 0, 角度分点ごとの角度束を入力

(4 π particle/sec/cm²/steradian)

GRTUNCLの入力フォーマットを次のページに示す。

INPUT INSTRUCTION GRTUNCL CODE

(A) Title Card

(B) 1\$\$

1. IHT 0/1 forward/adjoint
(only forward mode is operative)
2. ISCAT - maximum order of scatter
3. IZM - number of zone
4. IM - number of radial interval
5. JM - number of axial interval
6. IGM - number of energy groups
7. IHT - position of total cross section
8. IHS - position of self-scatter cross section
9. IHM - cross section table length per group
10. MS - cross section mixing table length
11. MCR - number of cross section sets from card
12. MTP - number of cross section sets from tape
13. MT - total number of cross section sets (element + mixtures)
14. IDAT1 - 0/1/2 X-sec in core/X-sec stored on tape/group
independent (GIP) tape (try to make 0 if possible)
15. NOA - number of quadrature points in azimuthal spatial
integration.
(6*,7*) can be 1 for on centerline sources
16. LBL - (30000)]
17. NBL - (10)] see FBSAM manual for definitions.
18. NERC - (0)]
19. IPRTC - 0/1 print X-sec/do not print X-sec
20. NFLSV - not used
21. NPSO - output unit for first collision source
22. IPRTF - number of groups of uncollided flux to be printed
23. IPRTS - number of groups of first collision source to be
printed. (0)-recommended
24. IZ3 - first collision flux (angular flux) input:
= 0, no effect;
= N, length of source angular distribution table.

2**

1. XNF

	XNF < 0	XNF=0	XNF > 0
IZ3=0	XNF is multiplication factor	no normalization	normalization factor
IZ3>0	XNF is multiplication factor	enter different $f(\eta)$ for each group in 14**	normalization factor

2. ZPT - Z position of point source

3. RPT - R position of point source

T - Terminator

(C) 13\$\$ Library ID numbers

14** Cross section from cards

T

(D) 1* - fission spectrum

2* - axial interval boundaries (JM+1 entries)

3* - source by groups (IGM entries)

4* - radial interval boundaries (IM+1 entries)

6* - angular quadrature weights for azimuthal spatial integration

7* - discrete values of integrand - the integration limits are

assumed to be from -1 to 1 so $\int_{-1}^1 f(X)dX$ is assumed to be
 $\sum f(X_i)W_i$ where W_i 's are entered in the 6*
 and the X_i 's are entered in the 7*

8\$\$ - zone numbers by interval

9\$\$ - material numbers by zone (like DOT)

10\$\$ - mixture numbers in mixing table

11\$\$ - component numbers in mixing table

12** - number densities in mixing table

13** - direction cosines, η , for source input (IZ3 entries)14** - source shape $f(\eta)$, IZ3 or IZ3*IGM entries depending on XNF

T

logical units 4 - cross section tape

NPSO - first collision source tape

1,2 - scratch

付 錄 . B

< JCL と入力データ >

- a) ANISN JCL リスト例
- b) ANISN-Leakage JCL リスト例
- c) DOT3.5 (step 1) JCL リスト例
- d) DOTLEAK JCL リスト例
- e) GRTUNCL JCL リスト例
- f) DOT3.5 (step 2) JCL リスト例
- g) APPLE-2 JCL リスト例
- h) ANISN カード入力データリスト例
- i) DOT3.5 (step 1) カード入力データリスト例
- j) GRTUNCL カード入力データリスト例
- k) DOT3.5 (step 2) カード入力データリスト例
- l) APPLE-2 カード入力データリスト例
- m) DOTLEAK ソースリスト

```

//JCLG JOB                                     00000100
// EXEC JCLG                                     00000200
//SYSIN DD DATA,DLIM='++'                       00000300
// JUSER 16632372,YA.SEKI,0017.01               00000400
    T.5W.4C.3I.5      SRP                      00000500
    OOPTP PASSWORD= ,MSGCLASS=X,NOTIFY=J2372   00000600
//*****                                         ****00000700
//* ANISN COMPUTER SYSTEM          J2372.SKYSINE.DATA(ANIJCL) *00000800
//* LOGICAL FILE                           *00000900
//* FT09 ; WRITED OF CROSS SECTION WEIGHTING FOR MORSE *00001000
//* FT10 ; WRITED OF SCALAR FLUX FOR APPLE OR THIDA OR ETC. *00001100
//* FT11 ; WRITED OF ANGULAR FLUX FOR APPLE OR ETC.        *00001200
//*****                                         ****00001300
// EXEC FORT77,SO='J2372.ANISNTSS',Q='FORT',A='ELM(FINPR2,SUMMARY)' 00001400
// EXEC LKEDIT77,LM='J2372.ANISM85'           00001500
// EXEC GO                                     00001600
//FT06F001 DD DCB=(BLKSIZE=137)                00001700
// EXPAND DISKTO,DDN=FT04F001,DSN='J2372.GICX40' 00001800
//FT01F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT01,          00001900
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(400,50))                         00002000
//FT02F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT02,          00002100
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(200,50))                         00002200
//FT03F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT03,          00002300
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(200,50))                         00002400
//FT08F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT08,          00002500
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(200,50))                         00002600
//FT09F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT09,          00002700
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(200,50))                         00002800
//FT09F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT09,          00002900
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(200,50))                         00003000
//*****                                         FT09 CROSS-SEC 00003100
//FT09F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT09,          00003200
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(200,50))                         00003300
//**FT09F001 DD DISP=(NEW,CATLG,DELETE),DSN=J2372.SKYSF.DATA, 00003400
//* DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=TSSWK,    00003500
//* SPACE=(TRK,(100,10),RLSE)                   00003600
//*****                                         FT10F001 --- SCALAR FLUX OUT 00003700
//FT10F001 DD DISP=(NEW,CATLG,DELETE),DSN=J2372.@ASFLS11.DATA, 00003800
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=TDS,
// SPACE=(TRK,(15,5),RLSE)                      00003900
//*****                                         FT11F001 --- ANGULAR FLUX OUT 00004000
//FT11F001 DD DISP=(NEW,CATLG,DELETE),DSN=J2372.@ASFLA11.DATA, 00004100
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=TDS,
// SPACE=(TRK,(30,10),RLSE)                     00004200
//*****                                         FT14F001 --- KERMA OUT 00004300
//**FT14F001 DD DISP=(,CATLG,DELETE),DSN=J2372.KERMATM.DATA, 00004400
//* DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3200),UNIT=00010C,
//* SPACE=(TRK,(20,10),RLSE)                   00004500
//FT14F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT14,          00004600
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(200,50))                        00004700
//*****                                         ****00004800
//FT20F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT20,          00004900
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(200,50))                        00005000
// EXPAND DISKTO,DDN=SYSIN,DSN='J2372.SKYSINE',Q='DATA(ANIDASP)' 00005100
+*
//                                         00005200
//                                         00005300
//FT20F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT20,          00005400
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(200,50))                        00005500
// EXPAND DISKTO,DDN=SYSIN,DSN='J2372.SKYSINE',Q='DATA(ANIDASP)' 00005600
//                                         00005700
//                                         00005800
//                                         00005900

```

a) List of Job Control Cards for ANISN

```

//JCLG JOB          00000100
// EXEC JCLG        00000200
//SYSIN DD DATA,DLM='++'
// JUSER 16632372,YA.SEKI,0017.01      00000300
    T.1 C.3 W.0 I.5 SRP                00000400
    OPTP PASSWORD= ,MSGCLASS=X,NOTIFY=J2372 00000500
//***** 86/12/19 K.Y     J2372.SKYSHINE.DATA(ALEAKJCL) ** 00000800
//***** 00000700
// EXEC FORT77,S0='J2372.SKYSHINE',Q=' .DATA',A='ELM(ALEAKSPH),S' 00001000
// EXEC FORT77,S0='J2372.SKYSHINE',Q=' .DATA',A='ELM(ALEAKCYL),S' 00001100
// EXEC LKED77           00001200
// EXEC GO              00001300
//*----- ANIAN SCALAR FLUX INPUT ----- 00001400
//FT01F001 DD DSN=J2372.@ASFLS11.DATA,DISP=SHR 00001500
//*----- ANIAN ANGULAR FLUX INPUT ----- 00001600
//FT02F001 DD DSN=J2372.@ASFLA11.DATA,DISP=SHR 00001700
//*----- OUTPUT FOR GRTUNCL ----- 00001800
//FT03F001 DD DSN=J2372.@@2.DATA,DISP=(NEW,CATLG,DELETE),UNIT=TSSWK, 00001900
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3200),SPACE=(TRK,(10,10),RLSE) 00002000
++          00002100
//          00002200

```

b) List of Job Control Cards for ANISN-Leakage

```

//JCLG JOB                                     00000010
// EXEC JCLG                                     00000020
//SYSIN DD DATA,DLM='++'                         00000030
// JUSER 16632372,YA.SEKI,0017.01                00000040
    T.12 C.8 W.5 I.9      SRP                   00000050
    OPTP PASSWORD=      ,MSGCLASS=X,CLASS=8,NOTIFY=J2372 00000060
//*****00000070
// VP-100 DOT3.5 CALC.   J2372.SKY1.DATA(DOTRUNVP)  TOKAI *00000080
///* FT08 : READ OF GIP-EDIT MACRO CROSS SECTION. *00000090
///* FT09 : WRITE OF FLUX FOR RESTART.          *00000100
///* FT40 : WRITE OF ANGULAR FLUX ETC. FOR DOT-DOT SKYSHINE. *00000110
///* FT50 : WRITE OF KERMA FACTOR.            *00000120
//*****00000130
// EXEC FORT??,SD='J2372.DOTSKY',             00000140
//     A='ELM(ALLOCAT,DDT,S8850A,S8847),S'        00000150
// EXEC LKEDIT??,LM='J2372.DOT35VP'           00000160
// EXEC VP                           00000170
// EXEC GOA                          00000180
//FT06F001 DD DCB=(BLKSIZE=137)                 00000190
//FT01F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT01,          00000200
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000210
// SPACE=(TRK,(500,150))                      00000220
//FT02F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT02,          00000230
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000240
// SPACE=(TRK,(500,500))                      00000250
//FT03F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT03,          00000260
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000270
// SPACE=(TRK,(500,300))                      00000280
//FT04F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT04,          00000290
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000300
// SPACE=(TRK,(500,300))                      00000310
//FT08F001 DD DSN=J2372.@GIPSKYD.DATA,DISP=SHR  00000320
//FT09F001 DD DISP=(NEW,CATLG,DELETE),DSN=J2372.@@DOTSF7.DATA, 00000330
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=TSSWK2, 00000340
// SPACE=(TRK,(400,200),RLSE)                  00000350
//FT10F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT10,          00000360
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000370
// SPACE=(TRK,(500,150))                      00000380
//FT11F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT11,          00000390
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000400
// SPACE=(TRK,(500,150))                      00000410
//FT12F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT12,          00000420
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000430
// SPACE=(TRK,(500,150))                      00000440
//FT13F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT13,          00000450
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000460
// SPACE=(TRK,(500,150))                      00000470
//FT14F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT14,          00000480
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000490
// SPACE=(TRK,(500,150))                      00000500
//FT15F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT15,          00000510
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000520
// SPACE=(TRK,(500,100))                      00000530
//FT20F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT20,          00000540
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000550
// SPACE=(TRK,(500,150))                      00000560
//FT21F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT21,          00000570
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000580
// SPACE=(TRK,(500,150))                      00000590
//FT50F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT50,          00000600
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000610
// SPACE=(TRK,(500,150))                      00000620
//FT41F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&&FT41,          00000630
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000640
// SPACE=(TRK,(500,150))                      00000650
//FT40F001 DD DISP=(NEW,CATLG,DELETE),DSN=J2372.@@DOTAF7.DATA, 00000660
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=TSSWK2, 00000670
// SPACE=(TRK,(40,20),RLSE)                  00000680
// EXPAND DISKTO,DDN=SYSIN,DSN='J2372.SKY1',Q=' .DATA(DDOTDAT?)'
//++                                         00000690
//                                         00000700
//                                         00000710

```

c) List of Job Control Cards for DOT3.5 (step 1)

```

//JCLG JOB                                     00010000
// EXEC JCLG                                     00020000
//SYSIN DD DATA,DLM='++'                         00030000
// JUSER 16632372,YA.SEKI,0017.01                 00040000
    T.1 C.4 W.0 I.5 SRP                         00050011
    OPTP PASSWORD= ,MSGCLASS=X,NOTIFY=J2372      00060015
//*****                                         00070000
//**          86/12/17 K.Y   J2372.SKYSHINE.DATA(DLEAKJCL) ** 00080010
//*****                                         00090000
// EXEC FORT77,50='J2372.SKYSHINE',Q=''.DATA',A='ELM(DLEAK),S' 00100014
// EXEC LKED77                                    00110000
// EXEC GO                                       00120000
//FT01F001 DD DSN=J2372.XDOTFLX1.DATA,DISP=SHR 00130015
//FT02F001 DD DSN=J2372.XX1.DATA,DISP=(NEW,CATLG,DELETE),UNIT=TSSWK, 00140015
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3200),SPACE=(TRK,(10,10),RLSE) 00150007
++                                              00160000
//                                              00170000

```

d) List of Job Control Cards for DOT-Leakage

```

//JCLG JOB                                     00000100
// EXEC JCLG                                     00000200
//SYSIN DD DATA,DLM='++'                         00000300
// JUSER 16632372,YA.SEKI,0017.01                 00000400
    T.4 C.2 W.3 I.5 SRP                         00000500
    OPTP PASSWORD=YAS,MSGCLASS=X,NOTIFY=J2372      00000600
//*****                                         00000700
//* ----- GRTUNCL CALCULATION ----- 86/12/17 K.Y * 00000800
//*           FT04 == READ IN CROSS SECTION LIB.      * 00000900
//*           FT18 == WRITE IN FIRST COLLISION SOURCE. * 00001000
//*                           J2372.SKYSHINE.DATA (GRJCL)* 00001100
//*****                                         00001200
// EXEC LM00,LM='J2372.GRTUNCL'                  00001300
//FT06F001 DD DCB=(BLKSIZE=137)                 00001400
//FT01F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT01,          00001500
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00001600
// SPACE=(TRK,(100,50))                          00001700
//FT02F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT02,          00001800
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00001900
// SPACE=(TRK,(100,50))                          00002000
//FT04F001 DD DISP=SHR,DSN=J2372.@SKYGICX.DATA 00002100
//FT18F001 DD DISP=(NEW,CATLG,DELETE),DSN=J2372.@ACFC1.DATA, 00002200
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=TDS, 00002300
// SPACE=(TRK,(100,50),RLSE)                      00002400
//BUF1 DD UNIT=VIO,DSN=&&BUF1,DISP=NEW,          00002500
// DCB=(RECFM=U,BLKSIZE=30000),SPACE=(TRK,(200,100)) 00002600
//BUF2 DD UNIT=VIO,DSN=&&BUF2,DISP=NEW,          00002700
// DCB=(RECFM=U,BLKSIZE=30000),SPACE=(TRK,(200,100)) 00002800
// EXPAND DISKTO,DDN=SYSIN,DSN='J2372.SKYSHINE',Q=''.DATA(AGRDATA1)' 00002900
++                                              00003000
//                                              00003100

```

e) List of Job Control Cards for GRTUNCL

```

//JCLG JOB                                     00000010
// EXEC JCLG                                     00000020
//SYSIN DD DATA,DLM='++'                         00000030
// JUSER 16632372,YA.SEKI,0017.01                00000040
    T.6   C.2 W.1 I.5      SRP                  00000050
    OPTP PASSWORD=YAS,MSGCLASS=X,NOTIFY=J2372   00000060
//*****                                         ****00000070
//*          DOT3.5 CALC.           J2372.SKY1.DATA(DOTRUN) *00000080
//*          FT08 : READ OF GIP-EDIT MACRO CROSS SECTION. *00000090
//*          FT09 : WRITE OF FLUX FOR RESTART.        *00000100
//*          FT11 : WRITE OF ANGULAR FLUX FOR DOMINO. *00000110
//*          FT18 : READ OF FLUX GEUSS FOR REATAR.  *00000120
//*          FT50 : WRITE OF KERMA FACTOR.       *00000130
//*****                                         ****00000140
// EXEC FORT77,SD='J2372-DOT35',Q='._FORT',      00000150
//          A='ELM(OUTER,TPSAVE,TPXF,ACTVTY)',DISP=MOD 00000160
// EXEC LKEDIT77,LM='J2372.DOT35',A='LREP(JMF,JMP)' 00000170
// EXEC GO                                      00000180
//FT06F001 DD DCB=(BLKSIZE=137)                 00000190
//FT01F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT01,          00000200
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000210
// SPACE=(TRK,(500,150))                        00000220
//FT02F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT02,          00000230
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000240
// SPACE=(TRK,(500,500))                        00000250
//FT03F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT03,          00000260
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000270
// SPACE=(TRK,(500,300))                        00000280
//FT04F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT04,          00000290
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000300
// SPACE=(TRK,(500,300))                        00000310
//FT08F001 DD DSN=J2372.0SKYGICX.DATA,DISP=SHR 00000320
//FT18F001 DD DSN=J2372.0ACFC11.DATA,DISP=SHR 00000330
//FT09F001 DD DISP=(,CATLG,DELETE),DSN=J2372.0ACFLX1.DATA, 00000340
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=TDS, 00000350
// SPACE=(TRK,(100,50),RLSE)                    00000360
//FT10F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT10,          00000370
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000380
// SPACE=(TRK,(500,150))                        00000390
//FT11F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT11,          00000400
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000410
// SPACE=(TRK,(500,150))                        00000420
//FT12F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT12,          00000430
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000440
// SPACE=(TRK,(500,150))                        00000450
//FT13F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT13,          00000460
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000470
// SPACE=(TRK,(500,150))                        00000480
//FT14F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT14,          00000490
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000500
// SPACE=(TRK,(500,150))                        00000510
//FT15F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT15,          00000520
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000530
// SPACE=(TRK,(500,100))                        00000540
//FT20F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT20,          00000550
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000560
// SPACE=(TRK,(500,150))                        00000570
//FT21F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT21,          00000580
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000590
// SPACE=(TRK,(500,150))                        00000600
//FT50F001 DD DISP=(,DELETE),DSN=&FT50,          00000610
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10, 00000620
// SPACE=(TRK,(500,150))                        00000630
// EXPAND DISKTO,DDN=SYSIN,DSN='J2372.SKYSHINE',Q='._DATA(DOTDATA1)' 00000640
+*
//                                     00000650
//                                     00000660

```

f) List of Job Control Cards for DOT3.5 (step 2)

```

//JCLG JOB .                                     00000100
// EXEC JCLG                                     00000200
//SYSIN DD DATA,DLIM='++'                         00000300
// JUSER 16632372,YA.SEKI,0017.01                 00000400
T.4W.1C.5I.5          GRP SRP                  00000500
OPTP PASSWORD=      ,MSGCLASS=X,NOTIFY=J2372   00000600
//********************************************************************* 00000700
//** APPLE: REACTION RATE OR ENERGY SPECTRA PLOTTING.    */ 00000800
//** < SUBROUTINE> APPLE2.FORT                   */ 00000900
//**      IRATE,HRATE,ARATE,MPLOT1 ; DECAY HEAT CALC.     */ 00001000
//**      IRATE,HRATE,ARATE,MPLOT2 ; DECAY HEAT + NUCLEAR HEATING CALC.*/ 00001100
//**      FTMAIN ; LOCATION SIZE.                      */ 00001200
//**      CONTUR ; WRITE OF NUMBER FOR CONTUR. <PERSPC.FORT>  */ 00001300
//** < FILE >                                         */ 00001400
//**      FT10 ; READ OF FLUX.                        */ 00001500
//**      FT01 ; READ OF REACTION RATE CROSS SECTION. */ 00001600
//**      FT03 ; READ OF KERMA FACTOR.                */ 00001700
//**      FT04 ; READ OF DECAY HEAT FILE.             */ 00001800
//**      J2372.SKYSHINE.DATA(APPLEJCL)            */ 00001900
//********************************************************************* 00002000
//FORT EXEC FORT77,SO='J2372.APPLE2',Q=' .FORT',           00002100
//      A='ELM(IRATE,HRATE,MPLOT1,FTMAIN)'           00002200
//FORT EXEC FORT77,SO='J2372.PERSPC',Q=' .FORT',           00002300
//      A='ELM(CONTUR)',DISP=MOD                     00002400
//FORT EXEC FORT77,SO='J2372.SYMBOL',Q=' .FORT77',         00002500
//      A='ELM(SYMBOL)',DISP=MOD                     00002600
//EDIT EXEC LKEDIT77,LM='J2372.APPLEPNL',GRLIB=PNL,A='LREP(JMF,JNP)' 00002700
//RUN  EXEC GO                                         00002800
//FT06F001 DD DCB=(BLKSIZE=137)                         00002900
// EXPAND TPDISK,DDN=FT21F001,DSN=FT21,SPC='400,200',    00003000
//      RECFM=VBS,RSIZE=19064,BSIZE=19068              00003100
// EXPAND DISK,DDN=FT23F001                            00003200
// EXPAND DISK,DDN=FT24F001                            00003300
// EXPAND TPDISK,DDN=FT27F001,DSN=FT27,SPC='400,200',    00003400
//      RECFM=VBS,RSIZE=19064,BSIZE=19068              00003500
// EXPAND GRNLP,SYSDUT=E                             00003600
// EXPAND DISK0,DDN=FT10F001,DSN='J2372.ACFLX1'        00003700
// EXPAND DISK0,DDN=FT01F001,DSN='J2372.APPLE',Q=' .DATA(XS63)' 00003800
// EXPAND DISK0,DDN=SYSIN,DSN='J2372.SKYSHINE',Q=' .DATA(APLSDOSE)' 00003900
++
//                                         00004000
//                                         00004100

```

g) List of Job Control Cards for APPLE-2

```

1                               00000100
0     0     0    63    42    0                           00000200
*** FER84 ***   UPPER ~ SPHERE *****
15** 850424    0     5     8     3     1     0     15   101    0   00000300
      63     4     5    67   294     0    240   324     0     0   00000400
      1     0     0   250    -3     1     0     1     1     1   00000500
      3Z   2R1     0                           00000600
16** 2Z 1.0-4 1.42089 1.0+9 2Z 1.0 0.0 0.5 2.0-4 3Z T   00000700
17** 1     F0 T                           00000800
3** F1.0-3   T                           00000900
1** F1.0                           00001000
4** 0.0     183.   14I228.   258.   12I260.   1I286.   291.   00001100
11I293.   318. 24I387. 11I470. 31I070. 11I1080. 4380. 19I4380.2   00001200
4500.                           00001300
5** F1.0                           00001400
6*     0.0     0.0604938   0.0907407   0.1370371 2R0.211728400001600
-0.1370371 0.0907407 0.0604938                           00001700
7*   -0.975900  -0.9511897  -0.7867958  -0.5773503  -0.218217900001800
+.2182179  +.5773503  +.7867958  +.9511897                           00001900
8** 1     2    15R3    4    13R5   2R6    7                           00002000
12R8   9    25R10   2R11   4R12   2R13   14   20R15                           00002100
9** 253 253 289 253 289 295 253 301 253 283 253 313 253 313 277   00002200
10** 4I241 246 4Q6    4I247 252 2Q6    4I253 258 1Q6    4I259 264 3Q6   00002300
4I265 270 106 4I271 276 1Q6    4I277 282 8Q6    4I283 288 2Q6   00002400
4I289 294 2Q6    4I295 300 3Q6    4I301 306 2Q6    4I307 312 2Q6   00002500
4I313 318 1Q6    4I319 324 3Q6                           00002600
11**
6Z   4I37  42    4I43  48    4I49  54    4I55  60                           00002700
6Z   4I19  24    4I61  66                           00002800
6Z   4I25  30                           00002900
6Z   4I85  90    4I163 168   4I13   18                           00003000
6Z   4I109 114                           00003100
6Z   4I31  36                           00003200
6Z   4I13  18    4I19  24    4I55  60    4I61  66                           00003300
4I151 156    4I157 162   4I175 180   4I229 234                           00003400
6Z   4I241 246    4I19  24                           00003500
6Z   4I241 246    4I247 252                           00003600
6Z   4I259 264    4I241 246   4I247  252                           00003700
6Z   4I241 246    4I247 252                           00003800
6Z   4I241 246    4I247 252                           00003900
6Z   4I241 246    4I247 252                           00004000
6Z   4I241 246                           00004100
6Z   4I241 246    4I265 270   4I271  276                           00004200
12**
6Z 6R1.2550-3   6R1.5750-2   6R9.8480-3   6R5.9090-2   00004300
6Z 6R3.3430-2   6R6.6860-2                           00004400
6Z 6R1.0000-11                           00004500
6Z 6R2.1960-2   6R8.7840-2   6R2.7450-2                           00004600
6Z 6R8.4620-2                           00004700
6Z 6R5.5490-2                           00004800
6Z 6R3.0040-4   6R4.1230-2   6R6.0790-4   6R6.3640-3   00004900
6R2.7340-4   6R3.3010-3   6R6.3950-4   6R1.6800-2   00005000
6Z 6R0.5       6Z                           00005100
6Z 6R0.850     6R0.150                           00005200
6Z 6R0.900     6R0.050                           00005300
6Z 6R0.950     6R0.050                           00005400
6Z 6R0.950     6R0.050                           00005500
6Z 6R1.000     6R0.330                           00005600
6Z 6R0.340     6R0.000                           00005700
19** F5     T                           00005800
      T                           00005900
      STOP                           00006000
                           00006100

```

h) Input Data List of ANISN

FER 2-D ANALYSIS/ DISTRIBUTED SOURCE FOR SKYSHINE STEP.1 86/10/29 00000010
0 00000020
61** 0 3 48 106 230 63 4 5 67 0 00000030
0 0 84 1 48 1 1 0 0 0 00000040
1 10 15 3 0 2 0 0 0 0 00000050
0 0 0 0 2 0 0 106 230 0 00000060
3 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 00000070
2 1 1 0 0 0 0 0 0 0 8 Z 00000080
62** 2 3 4 14 15 9 10 11 12 13 00000090
8 60 0 0 00000100
63** 1.367+20 1.0-2 0. 0. 14Z T 00000110
7** -0.30861 -0.21882 1M1 -0.61721 -0.57735 -0.21822 00000120
1M2 -0.81650 -0.78680 -0.57735 -0.21822 1M3 00000130
-0.97590 -0.95119 -0.78680 -0.57735 -0.21822 1M4 00000140
1Q24 3R-0.95119 5R-0.76860 7R-0.57735 9R-0.21822 3R0.95119 00000150
5R0.78680 7R0.57735 9R0.21822 T 00000160
6** 0.0 0.030247 1N2 4R0.022685 0.0 0.022685 0.023148 00000170
0.022685 1N4 0.030247 0.022685 1N2 0.030247 00000180
0.022685 1N2 1Q24 T 00000190
17** 1.0 F0.0 T 00000200
17** 00000210
5618Z 00000220
34Z 00000230
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000240
0.58548E+14 0.30274E+15 0.71566E+15 0.11541E+16 0.12872E+16 00000250
0.84140E+15 0.0 0.0 0.0 0.0 00000260
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000270
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000280
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000290
44Z 00000300
34Z 00000310
0.0 0.0 0.0 0.0 0.51872E+14 00000320
0.73897E+15 0.28440E+16 0.62680E+16 0.10253E+17 0.13149E+17 00000330
0.12184E+17 0.85713E+16 0.42850E+16 0.98918E+15 0.18405E+14 00000340
0.0 -0.0 0.0 0.0 0.0 00000350
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000360
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000370
44Z 00000380
34Z 00000390
0.0 0.0 0.0 0.60548E+15 0.64770E+15 00000400
0.59343E+16 0.20540E+17 0.41878E+17 0.60364E+17 0.61007E+17 00000410
0.65690E+17 0.52618E+17 0.27878E+17 0.74741E+16 0.11359E+16 00000420
0.44240E+15 0.65787E+14 0.0 0.0 0.0 00000430
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000440
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000450
44Z 00000460
34Z 00000470
0.0 0.0 0.96790E+14 0.30182E+16 0.39358E+16 00000480
0.22088E+17 0.61142E+17 0.11440E+18 0.16463E+18 0.17271E+18 00000490
0.20039E+18 0.19366E+18 0.15212E+18 0.89801E+17 0.37257E+17 00000500
0.25683E+17 0.51944E+16 0.10133E+16 0.14581E+14 0.0 00000510
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000520
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000530
44Z 00000540
34Z 00000550
0.0 0.14381E+13 0.63283E+15 0.95857E+16 0.13629E+17 00000560
0.55997E+17 0.13255E+18 0.22995E+18 0.32462E+18 0.34746E+18 00000570
0.41111E+18 0.42784E+18 0.39090E+18 0.30387E+18 0.18792E+18 00000580
0.15774E+18 0.56656E+17 0.15313E+17 0.28361E+16 0.68853E+13 00000590
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000600
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 00000610
44Z 00000620

{

i) Input Data List of DOT3.5 (step 1)

{

34Z							00003510
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			00003520
0.0	0.0	0.0	0.11404E+10	0.11404E+10			00003530
0.17356E+12	0.73604E+12	0.32168E+12	0.32395E+10	0.75422E-05			00003540
0.75422E-05	0.0	0.0	0.0	0.0			00003550
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			00003560
0.0	0.0	0.0					00003570
44Z							00003580
14310Z	T						00003590
3**	F0.0	T					00003600
1**	F0.0						00003610
5**	F1.0						00003620
2**							00003630
110.0	4110.0	1164.0	1174.	94.	4199.		00003640
134.	139.	31144.	21172.	41187.	11217.		00003650
226.3	231.3	11235.5	245.1	250.1	41254.3		00003660
21292.	313.3	318.3	322.5	21323.	81346.		00003670
11452.5	61465.	111515.	41595.	61632.5	71676.		00003680
743.	121744.5	773.	151775.	31801.	11806.		00003690
151808.	151833.	71902.	191912.	71975.	11985.		00003700
311585.	511595.	914895.2	5015.				00003710
4**							00003720
0.0	11203.	41222.	11276.	286.	11300.5		00003730
310.5	11315.5	41320.5	345.5	51348.	376.5		00003740
11378.	390.8	395.8	400.	121408.	41520.		00003750
31565.	31595.	11622.	11632.	647.	51648.5		00003760
31695.	71725.	11800.	805.	807.	830.		00003770
11847.	11857.	867.	874.	41884.	938.		00003780
957.	1190.	111200.	112500.	2800.			00003790
8**							00003800
44 51R4 4R27 15R43 4R27	12R4	8R12	5R44				00003810
46 47 2R46 2R48							00003820
44 51R4 4R27 15R43 4R27	12R4	9R12	4R44				00003830
46 47 2R46 2R48							00003840
44 2R1 7R2 42R5 4R27	15R43	4R27	12R5	8R11	12	4R44	00003850
46 47 2R46 2R48							00003860
44 2R1 7R2 42R5 4R27	15R43	4R27	12R5	8R11	12	4R44	00003870
46 47 2R46 2R48							00003880
44 2R1 7R2 42R5 4R27	15R43	4R27	12R5	8R11	2R12	3R44	00003890
46 47 2R46 2R48							00003900
44 2R1 7R2 42R5 4R27	15R43	4R27	12R5	9R11	12	3R44	00003910
46 47 2R46 2R48							00003920
44 2R1 7R2 42R5 4R27	15R43	4R27	12R5	9R11	2R12	2R44	00003930
46 47 2R46 2R48							00003940
44 2R1 5R2 2R3 42R6 4R27	15R43	4R27	12R6	10	9R11	12	2R44
46 47 2R46 2R48							00003950
44 2R1 5R2 2R3 42R6 4R27	15R43	4R27	12R6	2R10	8R11	12	2R44
46 47 2R46 2R48							00003960
44 2R1 5R2 2R3 42R13 4R27	15R43	4R27	12R13	3R10	7R11	2R12	44
46 47 2R46 2R48							00003970
44 2R1 5R2 2R3 38	3R14	38R15	4R14	15R43			00003980
46 47 2R46 2R48							00003990
44 2R1 5R2 2R3 38	3R14	38R15	4R14	15R43			00004000
46 47 2R46 2R48							00004010
44 2R1 5R2 2R3 42R13 4R27	15R43	4R27	13R13	3R10	7R11	12	44
46 47 2R46 2R48							00004020
44 2R1 5R2 2R3 38	45R14	15R43	16R14	2R41	2R10	7R11	12
46 47 2R46 2R48							00004030
44 2R1 5R2 2R3 38	3R14	38R15	4R14	15R43			00004040
46 47 2R46 2R48							00004050
44 2R1 5R2 2R3 38							00004060
46 47 2R46 2R48							00004070

}

1

FER SKYSHINE CALC. DOT3.5 - GRTUNCL 86/12/17 K.Y
 0
 1** 0 5 3 34 32 63 4 5 67 102 00000100
 0 258 258 2 1 30000 10 0 1 0 00000200
 18 0 0 8 00000300
 2** 0.0 5055. 0. T 00000400
 1** F0 00000500
 2** 0. 91100. 4935. 1915055. 105955. 00000600
 3** F1 00000700
 4** 00000800
 410. 2500. 412800. 9900. 9110100. 49900. 00000900
 9150100. 99900. 100000. 00001000
 6** 1. 00001100
 7** 1. 00001200
 8** 00001300
 34R3 00001400
 5R1 2 28R1 9Q34 00001500
 6R2 28R1 00001600
 34R1 19Q34 00001700
 9** 00001800
 -241 -247 -253 00001900
 10** 00002000
 41241 246 296 41247 252 896 41253 258 496 00002100
 11** 00002200
 6Z 4119 24 4191 96 00002300
 6Z 4161 66 4113 18 4119 24 41175 180 00002400
 41229 234 41151 156 41157 162 4155 60 00002500
 6Z 4119 24 41229 234 00002600
 4119 24 4161 66 00002700
 12** 6R1.170-5 6R4.220-5 00002800
 6Z 6R6.364-3 6R3.004-4 6R4.123-2 6R6.395-4 00002900
 6R1.680-2 6R2.734-4 6R3.301-3 6R6.079-4 00003000
 6Z 6R9.338-3 6R8.162-3 00003100
 6R2.692-3 6R3.259-4 00003200
 13** -9.5119-1 -7.8680-1 -5.7735-1 -2.1882-1 00003300
 2.1882-1 5.7735-1 7.8680-1 9.5119-1 00003400
 14** 00003500
 4R0.0 3.1688E+02 1.0850E+03 5.7137E+02 0.0 00003600
 4R0.0 3.4245E+03 2.0235E+03 1.0521E+03 0.0 00003700
 4R0.0 7.0578E+03 3.3848E+03 2.0123E+03 6.2596E+02 00003800
 4R0.0 8.3989E+03 4.7718E+03 3.4139E+03 2.0259E+03 00003900
 4R0.0 1.2240E+04 7.7992E+03 6.1654E+03 4.5802E+03 00004000
 4R0.0 1.3330E+04 9.0984E+03 7.6414E+03 6.3049E+03 00004100
 4R0.0 1.2227E+04 7.9440E+03 6.5157E+03 5.3104E+03 00004200
 4R0.0 1.4682E+04 9.2095E+03 7.4769E+03 6.0531E+03 00004300
 4R0.0 1.9767E+04 1.2658E+04 1.0368E+04 8.5079E+03 00004400
 4R0.0 2.6570E+04 1.6829E+04 1.3835E+04 1.1652E+04 00004500
 4R0.0 3.0069E+04 1.9421E+04 1.6055E+04 1.3587E+04 00004600
 4R0.0 3.9420E+04 2.5990E+04 2.1598E+04 1.8432E+04 00004700
 4R0.0 7.0707E+04 5.0029E+04 4.2562E+04 3.6947E+04 00004800
 4R0.0 1.3060E+05 8.5246E+04 7.0708E+04 6.0352E+04 00004900
 4R0.0 1.8601E+05 1.2392E+05 1.0353E+05 8.8877E+04 00005000
 4R0.0 2.2448E+05 1.6401E+05 1.4217E+05 1.2570E+05 00005100
 4R0.0 1.9173E+05 1.4461E+05 1.2661E+05 1.1273E+05 00005200
 4R0.0 1.6687E+05 1.3706E+05 1.2447E+05 1.1415E+05 00005300
 4R0.0 2.7697E+05 2.1256E+05 1.8688E+05 1.6625E+05 00005400
 4R0.0 1.4588E+05 1.2044E+05 1.0892E+05 9.9089E+04 00005500
 4R0.0 2.0428E+05 1.7275E+05 1.5944E+05 1.4859E+05 00005600
 4R0.0 1.7366E+05 1.4797E+05 1.3678E+05 1.2749E+05 00005700
 4R0.0 2.1123E+05 1.7721E+05 1.6279E+05 1.5103E+05 00005800
 4R0.0 1.7101E+05 1.3702E+05 1.2323E+05 1.1222E+05 00005900
 4R0.0 3.2360E+05 2.6154E+05 2.3556E+05 2.1433E+05 00006000
 4R0.0 3.0269E+05 2.4531E+05 2.2083E+05 2.0058E+05 00006100
 4R0.0 2.9914E+05 2.4236E+05 2.1796E+05 1.9766E+05 00006200
 4R0.0 3.1003E+05 2.5276E+05 2.2816E+05 2.0780E+05 00006300
 4R0.0 3.4851E+05 2.9310E+05 2.6818E+05 2.4700E+05 00006400
 4R0.0 3.8321E+05 3.1289E+05 2.8275E+05 2.5812E+05 00006500
 00006600
 00006700
 00006800
 00006900
 00007000

{}

j) Input Data List of GRTUNCL

4R0.0	4.3528E+05	3.5361E+05	3.1820E+05	2.8860E+05	00007100
4R0.0	5.1814E+05	4.2019E+05	3.7769E+05	3.4209E+05	00007200
4R0.0	6.2594E+05	5.0633E+05	4.5488E+05	4.1208E+05	00007300
4R0.0	7.7540E+05	6.2597E+05	5.6196E+05	5.0900E+05	00007400
4R0.0	9.7450E+05	7.8553E+05	7.0484E+05	6.3833E+05	00007500
4R0.0	1.2080E+06	9.7599E+05	8.7569E+05	7.9144E+05	00007600
4R0.0	1.4751E+06	1.1944E+06	1.0721E+06	9.6792E+05	00007700
4R0.0	1.7925E+06	1.4523E+06	1.3045E+06	1.1787E+06	00007800
4R0.0	2.0616E+06	1.6703E+06	1.5012E+06	1.3583E+06	00007900
4R0.0	2.3601E+06	1.9170E+06	1.7246E+06	1.5610E+06	00008000
4R0.0	2.6825E+06	2.1887E+06	1.9693E+06	1.7767E+06	00008100
4R0.0	5.2748E+07	4.1655E+07	3.7008E+07	3.3219E+07	00008200
4R0.0	1.5345E+03	8.9151E+02	7.1827E+02	5.9095E+02	00008300
4R0.0	9.3283E+03	5.4613E+03	4.3392E+03	3.4326E+03	00008400
4R0.0	5.7167E+05	3.5832E+05	2.6109E+05	1.4988E+05	00008500
4R0.0	7.2306E+05	4.5447E+05	3.3799E+05	2.0907E+05	00008600
4R0.0	1.1838E+06	7.4240E+05	5.4899E+05	3.3278E+05	00008700
4R0.0	1.3529E+06	8.4259E+05	6.2149E+05	3.7473E+05	00008800
4R0.0	2.2460E+06	1.3845E+06	1.0522E+06	7.0918E+05	00008900
4R0.0	2.5375E+06	1.5543E+06	1.1694E+06	7.6518E+05	00009000
4R0.0	3.0439E+06	1.8557E+06	1.4057E+06	9.4454E+05	00009100
4R0.0	4.5655E+06	2.7876E+06	2.1571E+06	1.5490E+06	00009200
4R0.0	5.1083E+06	3.0935E+06	2.3820E+06	1.6951E+06	00009300
4R0.0	7.2147E+06	4.3941E+06	3.4435E+06	2.5757E+06	00009400
4R0.0	8.3840E+06	5.0689E+06	3.9765E+06	3.0043E+06	00009500
4R0.0	1.0690E+07	6.4676E+06	5.1359E+06	4.0264E+06	00009600
4R0.0	1.5438E+07	9.4579E+06	7.6412E+06	6.2478E+06	00009700
4R0.0	2.1625E+07	1.3335E+07	1.0888E+07	9.1759E+06	00009800
4R0.0	3.5409E+07	2.2360E+07	1.8488E+07	1.6010E+07	00009900
4R0.0	1.2898E+08	9.0794E+07	7.6844E+07	6.6429E+07	00010000
4R0.0	1.6647E+08	1.3776E+08	1.2583E+08	1.1600E+08	00010100
4R0.0	2.0785E+08	1.7886E+08	1.6620E+08	1.5562E+08	00010200
4R0.0	1.9219E+05	1.9474E+05	1.9578E+05	1.9673E+05	00010300
T					00010400

FER SKYSHINE DOSE RATE ANALYSIS.										86/9/16		00000100	
0												00000200	
61**	0	5	3	34	32	63	4	5	67	102		00000300	
	0	0	258	1	48	1	1	0	0	0		00000400	
	1	10	15	3	6	2	0	0	0	0		00000500	
	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0		00000600	
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		00000700	
	2	1	1	0	0	0	0	0	0	18	8	Z 00000800	
62**	2	3	4	14	15	9	10	11	12	13		00000900	
	8	60000	0	0								00001000	
63**	0.0	1.0-2		0.	0.	14Z	T					00001100	
7**	-0.30861	-0.21882		1M1	-0.61721	-0.57735	-0.21822					00001200	
	1M2	-0.81650		-0.78680	-0.57735	-0.21822	1M3					00001300	
	-0.97590	-0.95119		-0.78680	-0.57735	-0.21822	1M4					00001400	
	1Q24	3R-0.95119	5R-0.78680	7R-0.57735	9R-0.21822	3R0.95119						00001500	
	5R0.78680	7R0.57735	9R0.21822	T								00001600	
6**	0.0	0.030247	1N2	4R0.022685	0.0	0.022685	0.023148					00001700	
	0.022685	1N4	0.030247	0.022685	1N2	0.030247						00001800	
	0.022685	1N2	1Q24	T								00001900	
3**	F0	T										00002000	
1**	F0											00002100	
5**	F1											00002200	
2**												00002300	
	0.	9I100.	4935.	19I5055.		105055.						00002400	
4**												00002500	
	4I0.	2500.	4I2800.	9900.	9I10100.	49900.						00002600	
	9I50100.	99900.	100000.									00002700	
8**												00002800	
	34R3											00002900	
	5R1	2	28R1	9Q34								00003000	
	6R2		28R1									00003100	
	34R1			19Q34								00003200	
10**												00003300	
	4I241	246	206		4I247	252	8Q6		4I253	258	4Q6		00003400
11**												00003500	
	6Z	4I19	24	4I91	96							00003600	
	6Z	4I61	66	4I13	18	4I19	24	4I175	180			00003700	
		4I229	234	4I151	156	4I157	162	4I55	60			00003800	
	6Z	4I19	24	4I229	234							00003900	
		4I19	24	4I61	66							00004000	
12**												00004100	
	6Z	6R1.170-5	6R4.220-5									00004200	
	6Z	6R6.364-3	6R3.004-4	6R4.123-2	6R6.395-4							00004300	
		6R1.680-2	6R2.734-4	6R3.301-3	6R6.079-4							00004400	
	6Z	6R9.338-3	6R8.162-3									00004500	
		6R2.692-3	6R3.259-4									00004600	
9**												00004700	
		-241	-247	-253								00004800	
	T											00004900	

k) Input Data List of DOT3.5 (step 2)

FER SKYSHINE DOSE RATE ANALYSIS BY 2-D CALC. 86/12/08

FLUX	1		00000100	
	2 0		00000200	
CROS	1		00000300	
	1 17 3 1		00000400	
10**	3R18		00000500	
11**	9 10 11		00000600	
12**	F1 T		00000700	
RCAL	1		00000800	
	1 1 3 1 8760.0		00000900	
9**	F18		00001000	
22**	9 10 11		00001100	
23**	F1 T		00001200	
TOTAL	NEUTRON GAMMA		00001300	
RPLT	1		00001400	
	2 22		00001500	
15.0	20.0		00001600	
OPERATIONAL SKYSHINE DOSE RATE (Z=2:1M)				
DISTANCE FROM THE REACTOR CENTER (CM)				
DOSE RATE (MREM/YEAR)				
RPLT	1		00001700	
	2 1RADIAL		00001800	
15.0	20.0		00001900	
OPERATIONAL SKYSHINE DOSE RATE (R=1)				
DISTANCE FROM THE REACTOR CENTER (CM)				
DOSE RATE (MREM/YEAR)				
RPLT	1		00002000	
	2 13Z		00002100	
15.0	20.0		00002200	
OPERATIONAL SKYSHINE DOSE RATE (Z=13)				
DISTANCE FROM THE REACTOR CENTER (CM)				
DOSE RATE (MREM/YEAR)				
RPLT	1		00002300	
	3 1		00002400	
-1 1-10 1 1 0	0.0	90.0	10000.0	15.0 30.000003500
TOTAL DOSE RATE (MREM/YEAR)				00002500
RPLT	1		00002600	
	3 2		00002700	
-1 1-10 1 1 0	0.0	90.0	10000.0	15.0 30.000003900
NEUTRON DOSE RATE (MREM/YEAR)				00002800
RPLT	1		00002900	
	3 3		00003000	
-1 1-10 1 1 0	0.0	90.0	10000.0	15.0 30.000004300
GAMMA DOSE RATE (MREM/YEAR)				00003100
END	0		00003200	
			00003300	
			00003400	
			00003500	
			00003600	
			00003700	
			00003800	
			00003900	
			00004000	
			00004100	
			00004200	
			00004300	
			00004400	
			00004500	

1) Input Data List of APPLE-2

```

***** << 2-D CALC. ANGULAR FLUX ==> POINT SOURCE >> *** 00010016
***** << 2-D CALC. ANGULAR FLUX ==> POINT SOURCE >> *** 00020016
***** << 2-D CALC. ANGULAR FLUX ==> POINT SOURCE >> *** 00030016
***** << 2-D CALC. ANGULAR FLUX ==> POINT SOURCE >> *** 00040016
C---  INTEGER W0,R1,Z1,ANFLX,ALEAK,SOC          00050000
      DIMENSION A(200000),ID(18)                 00060014
C                                         00070000
C     LA=200000                                     00080014
      WRITE(6,10)                                    00090000
  10 FORMAT(1H1,' << DOT-LEAKAGE >> ')        00100016
C                                         00110000
      READ(1) IGM,IGE,IA04,IM,JM,IB5,IB6,MMUP,MMRT,ID 00120000
      IM1 = IM+1                                     00130000
      JM1 = JM+1                                     00140000
      M7 = 1                                         00150000
      MS = M7+IA04                                   00160000
      W0 = MS+IA04                                   00170000
      R1 = W0+IA04                                   00180000
      Z1 = R1+IM1                                    00190000
      ANFLX= Z1+JM1                                 00200000
      ALEAK= ANFLX + MMUP*IM                         00210000
      SOC = ALEAK + IGM*IM*MMUP                      00220000
      LMAX = SOC + IGM-1                            00230000
      WRITE(6,300) LMAX,LA                           00240000
  300 FORMAT(' ***LOCATION USED*** LMAX=',I7,'***** LA=',I7) 00250000
      IF(LA .GE. LMAX) GO TO 1                     00260000
      WRITE(6,200) LA,LMAX                         00270000
  200 FORMAT(' ***LOCATION ERROR*** LA=',I7,'LESS THAN LMAX=',I7) 00280000
      STOP                                           00290000
C----  1 CALL DOTL(IGM,IGE,IA04,IM,JM,IB5,IB6,MMUP,MMRT,ID,A(M7),A(M5) 00310000
      & ,A(W0),A(R1),A(Z1),A(ANFLX),IM1,JM1,A(ALEAK),A(SOC)) 00320000
      STOP                                           00330000
      END                                            00340000
CRC===== 00350016
      SUBROUTINE DOTL (IGM,IGE,IA04,IM,JM,IB5,IB6,MMUP,MMRT,ID, 00360000
      1 AM7,AM5,W0,R1,Z1,ANFLX,IM1,JM1,ALEAK,SOC) 00370000
      DIMENSION ID(18),AM7(IA04),AM5(IA04),W0(IA04),R1(IM1),Z1(JM1), 00380000
      1 ANFLX(1),ALEAK(IGM,IM,1),SOC(IGM)           00390000
C----  IB5=0                                         00400016
      WRITE(6,30)                                     00410000
  30 FORMAT(1H1,' *****DOT3.5 TOP-LEAKAGE INFORMATION*****') 00420000
      WRITE(6,190) IGM,IGE,IA04,IM,JM,IB5,IB6,MMUP,MMRT,ID 00440000
  190 FORMAT(1,' IGM =',I4/' IGE =',I4/' A04 =',I4/, 00450000
      1 ' IM =',I4/' JM =',I4/, 00460000
      1 ' IB5 =',I4/' IB6 =',I4/' MMUP =',I4/, 00470000
      1 ' MMRT =',I4/,1X,18A4)                      00480000
C----  READ(1) AM7,AM5,W0,R1,Z1                   00490016
      WRITE(6,45)                                     00500000
  45 FORMAT(1H1,7X,'NO.',7X,' MU ',7X,' EATA ',5X,'WEIGHT') 00510000
      DO 50 I=1,IA04                                00520000
      WRITE(6,51) I,AM7(I),AM5(I),W0(I)            00530000
  51 FORMAT(5X,I5,1P3E14.4)                        00540000
      50 CONTINUE                                     00550000
C----  ----- MESH CHECK ----- 00570016
      K1 = IM1                                       00580000
      IF(K1.LE.JM1) K1=JM1                          00590000
      K2 = JM1                                       00600000
      IF(K1.EQ.JM1) K2=IM1                          00610000
      WRITE(6,55)                                     00620000
  55 FORMAT(1H1,7X,'NO.',7X,' IM ',7X,' JM ')    00630000
      DO 60 I=1,K1                                  00640000
      IF(I.GT.K2) GO TO 62                          00650000
}

```

m) Source List of DOTLEAK

```

        WRITE(6,61) I,R1(I),Z1(I)          00660000
61 FORMAT(5X,I5,1P2E14.4)            00670000
        GO TO 60                         00680000
62 WRITE(6,63) I,Z1(I)              00690000
63 FORMAT(5X,I5,14X,1PE14.4)         00700000
60 CONTINUE                         00710000
C                                         00720000
C----- ANGULAR FLUX SET ----- 00730016
MMJFLX=MMUP*IM                      00740000
DO 100 M=1,IGM                      00750000
READ(1)                               00760000
READ(1) (ANFLX(I),I=1,MMJFLX)       00770000
II=1                                  00780000
DO 100 J=1,IM                        00790000
DO 100 K=1,MMUP                      00800000
ALEAK(M,J,K)=ANFLX(II)              00810000
II=II+1                             00820000
100 CONTINUE                         00830000
C-----TOP LEAKAGE INPUT AND OUTPUT 00840016
READ(1) (SOC(I),I=1,IGM)           00850011
WRITE(6,101)                         00860011
101 FORMAT(1H1,/,2X,'***** TOP LEAKAGE *****') 00870011
DO 102 I=1,IGM                      00880011
WRITE(6,103) I,SOC(I)               00890011
103 FORMAT(5X,I5,5X,1PE12.4)        00900011
102 CONTINUE                         00910011
C----- 00920016
REWIND 2                            00930000
WRITE(6,450)                         00940011
450 FORMAT(1H1,/,2X,'***** FOR GRTUNCL INPUT DATA *****') 00950011
WRITE(6,500)                         00960009
WRITE(2,500)                         00970011
500 FORMAT(1X,'3**   F1   ')
WRITE(2,700)                         00980011
WRITE(6,700)                         00990011
01000011
700 FORMAT(1X,'13**',/,,
&      5X,'-9.5119-1 -7.8680-1 -5.7735-1 -2.1882-1',/,
&      5X,' 2.1882-1  5.7735-1  7.8680-1  9.5119-1 ')
WRITE(2,750)                         01020011
WRITE(6,750)                         01030011
01040009
01050011
750 FORMAT(1X,'14**')
C----- 01060009
PAI = 3.1415926                     01070016
01080011
WW1 = W0(41) + W0(42) + W0(43) + W0(44) + W0(45) + W0(46) +
&      W0(47) + W0(48)             01090011
01100011
WW2 = W0(34) + W0(35) + W0(36) + W0(37) + W0(38) + W0(39) 01110011
WW3 = W0(29) + W0(30) + W0(31) + W0(32)             01120011
WW4 = W0(26) + W0(27)             01130011
01140011
C----- 01150000
DO 150 I=1,IGM                      01160005
S = 0.0                                01170005
AF1 = 0.0                               01180005
AA1 = 0.0                               01190005
AF2 = 0.0                               01200005
AA2 = 0.0                               01210005
AF3 = 0.0                               01220005
AA3 = 0.0                               01230005
AF4 = 0.0                               01240005
AA4 = 0.0                               01250016
C----- 01260000
DO 151 K=1,IM                      01270011
S = PAI * ( R1(K+1)**2. - (R1(K)**2. ) )
DO 155 J=1,MMUP                      01280006
IF(J.GE. 4.AND.J.LE. 8)           GO TO 201
IF(J.GE. 9.AND.J.LE.15)           GO TO 202
01290006
01300006

```

```

}
IF(J.GE.16)          GO TO 203          01310006
AF4 = AF4 + ALEAK(I,K,J) * AM5(J+24) * W0(J+24) * S 01320011
GO TO 155          01330005
201 AF3 = AF3 + ALEAK(I,K,J) * AM5(J+24) * W0(J+24) * S 01340011
GO TO 155          01350005
202 AF2 = AF2 + ALEAK(I,K,J) * AM5(J+24) * W0(J+24) * S 01360011
GO TO 155          01370005
203 AF1 = AF1 + ALEAK(I,K,J) * AM5(J+24) * W0(J+24) * S 01380011
155 CONTINUE        01390000
S = 0.0             01400005
151 CONTINUE        01410000
C-----          01420016
AA1 = AF1 / ( 0.21882 * WW1 ) 01430012
AA2 = AF2 / ( 0.57735 * WW2 ) 01440012
AA3 = AF3 / ( 0.78680 * WW3 ) 01450012
AA4 = AF4 / ( 0.95119 * WW4 ) 01460012
IF(AA1.LE.0.0) AA1=0.0          01470015
IF(AA2.LE.0.0) AA2=0.0          01480015
IF(AA3.LE.0.0) AA3=0.0          01490015
IF(AA4.LE.0.0) AA4=0.0          01500015
WRITE(6,800) 1,AA1,AA2,AA3,AA4 01510011
WRITE(2,810) AA1,AA2,AA3,AA4 01520011
800 FORMAT(2X,15,2X,1P5E12.4) 01530005
810 FORMAT(2X,'4R0.0',2X,1P4E12.4) 01540009
150 CONTINUE          01550000
REWIND 2              01560011
C-----          01570016
RETURN              01580000
END                 01590000

```