

JAERI - M
92-126

高エネルギー放射線の線量当量換算係数の評価 (I)
— 評価コードシステムと基礎データの整備 —

1992年9月

佐藤 理^{*1} 上原 丘^{*1} 義沢 宣明^{*1}
岩井 敏^{**} 田中 俊一

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。
入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費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, Tokai-
mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1992

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 いばらき印刷株

高エネルギー放射線の線量当量換算係数の評価 (I)

—評価コードシステムと基礎データの整備—

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部

佐藤 理*・上原 丘*・義沢 宣明*・岩井 敏**

田中 俊一

(1992年8月4日受理)

10GeV までの光子および中性子の線量当量換算係数(フルエンス-実効線量)を評価するために必要な計算コードシステムと基礎データを検討, 評価した。その結果, HERMES (High Energy Radiation Monte Carlo Elaborate System) コードシステムに荷電粒子の実効的な線質係数を組み込むことにより, 線量当量を評価可能であることを明らかにし, ICRP60のQ-L関係のデータに基づく荷電粒子の実効的線質係数を出した。

Evaluation of Fluence to Dose Equivalent Conversion Factors for
High Energy Radiations (I)

- Preparation of Code System and Basic Data -

Osamu SATO^{*}, Takashi UEHARA^{*}, Nobuaki YOSHIZAWA^{*}
Satoshi IWAI^{**} and Shun-ichi TANAKA

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

(Received August 4, 1992)

Computer code system and basic data have been investigated for evaluating fluence to dose equivalent conversion factors for photons and neutrons up to 10 GeV. The present work suggested that the conversion factors would be obtained by incorporating effective quality factors of charged particles into the HERMES (High Energy Radiation Monte Carlo Elaborate System) code system. The effective quality factors for charged particles were calculated on the basis of the Q-L relationships specified in the ICRP Publication-60.

Keywords: Fluence to Dose Equivalent Conversion Factor, High-energy Neutrons, Photons, Effective Quality Factor, HERMES ICRP-60

* Mitsubishi Research Institute, Inc.

** Mitsubishi Atomic Power Industries, Inc.

目 次

1. はじめに	1
2. ICRP60を考慮した線量評価システム	2
3. 高エネルギー放射線に対する実効線量の評価方法	9
4. 荷電粒子のエネルギーと L_{∞} 及びQとの関係	13
5. 高エネルギー荷電粒子のQ評価	15
6. 人体数学ファントム	33
7. 吸収線量及び等価線量評価用モンテカルロコード	39
7.1 HERMESコードシステム	39
7.2 HETCとEGS-4を用いた沈着エネルギーの評価	39
7.3 HETCとEGS-4を用いた吸収線量及び等価線量の評価	43
7.4 低エネルギー(15MeV以下)中性子の等価線量の評価	44
8. まとめ	47
謝 辞	47
参考文献	48
付録 人体数学ファントムを示すPICTUREコードの入出力データ	50

Contents

1. Introduction	1
2. Rearrangement of Dose Evaluation System in Full Consideration of ICRP Publication-60	2
3. Evaluation Technique of Effective Dose for High Energy Radiations	9
4. Relation Among Energy, L_{∞} and Q for Charged Particles	13
5. Evaluation of \bar{Q} for High Energy Charged Particles	15
6. Mathematical Human Body Phantom	33
7. Monte Carlo Codes for Evaluating Absorbed Dose and Equivalent Dose	39
7.1 HERMES Code System	39
7.2 Evaluation of Deposition Energy with the HETC and the EGS4 Codes	39
7.3 Evaluation of Absorbed Dose and Equivalent Dose with the HETC and the EGS4 Codes	43
7.4 Evaluation of Equivalent Dose for Low Energy Neutrons below 15 MeV	44
8. Summary	47
Acknowledgement	47
References	48
Appendix Input and Output Data from PICTURE Code for Mathematical Human Body Phantom	50

1. はじめに

大型加速器施設の増加および宇宙空間の利用に伴い、高エネルギー放射線による被ばく評価が重要となりつつある。ICRP51¹⁾ (ICRP Publication 51)によれば、光子の単位フルエンスあたりの実効線量当量の換算係数は 10^{-2} ~10MeVの範囲で与えられ、中性子に対しては 2.5×10^{-8} ~14MeVの範囲で与えられている。しかしこれらの範囲の上限エネルギーを超える換算係数は示されておらず、現状では高エネルギー放射線の精密な被ばく評価方法は十分に確立されているとは言い難い。本研究では国際放射線防護委員会の考え方およびデータに従って高エネルギー放射線の被ばく線量および換算係数(単位フルエンスと線量当量)を評価する方法を確立するための基礎的検討を行った。

第2章では新勧告であるICRP60²⁾で新たに示された線量評価に関する概念も含めて、国際放射線防護委員会が提唱してきた線量評価システムのレビューを行った。第3章ではICRP60の考え方を取り入れて、高エネルギー放射線に対する実効線量(従来の実効線量当量)の評価方法の考え方の概要について記述した。第4章では、高エネルギー荷電粒子のエネルギーと水中の L_{∞} (非限定線エネルギー付与)および Q (線質係数)との関係を明らかにして高エネルギー放射線の \bar{Q} (実効的な線質係数)の評価を示した。この方法に基づき、代表的な荷電粒子の \bar{Q} を評価した結果を第5章に示した。 \bar{Q} は各組織または器官の吸収線量とともに等価線量(組織又は器官の線量当量の平均値)を求めるのに必要な係数である。各組織(又は器官)の等価線量を求めるためには、人体の各器官の位置および形状を表現する人体数学ファントムが必要となる。本報告書では、第6章にICRP60の考え方に基づいてMIRD-5型人体数学ファントムに行った修正方法を示した。第7章には吸収線量および等価線量を評価するのに使用する計算コードシステムHERMES³⁾とそれをを用いた吸収線量および等価線量の評価法を述べた。HERMESでは特に15MeV以下の中性子の挙動はMORSE-CG⁴⁾で取扱う。しかしMORSE-CGでは中性子フラックスを求めることができるが、吸収線量およびそれに基づいて等価線量を求めるためにはカーマ係数が必要となる。ここでは15MeV以下の中性子による等価線量を評価する方法についても、詳細に述べた。

2. ICRP60を考慮した線量評価システム

ICRP⁵⁾26によれば、線量当量Hは組織の一点における値として

$$H = DQN \quad \text{..... (2.1)}$$

で定義されている。ここでDは吸収線量、Qは線質係数、Nは国際放射線防護委員会が規定したその他すべての修正係数の積（通常は1が用いられる）である。線質係数Qは、吸収エネルギーの微視的分布が損害に及ぼす効果を斟酌するための量であり、問題とする点における水中のL ∞ （非限定線エネルギー付与）の関数として定義されている。L ∞ に関してスペクトル分布を持った放射線に対して、線量当量は修正係数をN=1として

$$H = \int_0^{\infty} D(L)Q(L)dL \quad \text{..... (2.2)}$$

となる。ただし、ここでLはL ∞ を表す。式(2.2)は次のように変形できる。

$$\begin{aligned} H &= \int_0^{\infty} D(L)Q(L)dL = \int_0^{\infty} D(L)dL \cdot \frac{\int_0^{\infty} D(L)Q(L)dL}{\int_0^{\infty} D(L)dL} \\ &= D \cdot \frac{\int_0^{\infty} D(L)Q(L)dL}{\int_0^{\infty} D(L)dL} \quad \text{..... (2.3)} \end{aligned}$$

式(2.3)の第2項すなわち $\frac{\int_0^{\infty} D(L)Q(L)dL}{\int_0^{\infty} D(L)dL}$ はICRU⁶⁾19によれば、実効的な線質

係数 \bar{Q} と定義されている。

すなわち、

$$H = D \cdot \bar{Q} \quad \text{..... (2.4)}$$

と表記される。

Qおよび \bar{Q} は線量効果関係の比例性の関係から、式(2.1)～(2.4)は一点のみで成立するだけではなく、器官全体および組織全体にわたる平均値として拡張できる。(Qは放射線の被ばくにより生ずる有害な影響、とくに晩発性の確率的影響と結びつく放射線防護上に用いる量である。)

そのために、組織および器官全体にわたる平均値として組織の線量当量が定義できるし、各組織又は器官の平均線量当量に確率的リスクの割合を表すための荷重係数をかけて合計することによって式(2.5)のように実効線量当量 H_E が定義される。

$$H_E = \sum_T W_T \cdot H_T \quad \text{----- (2.5)}$$

ただし、 H_T は組織又は器官の平均線量当量、 W_T は確率的リスクの割合を表すための荷重係数である。

以上がICRP26およびストックホルム会議⁷⁾の声明で定義された放射線防護に関する量の定義であり、ICRP51¹⁾の単位フルエンスあたりの線量当量の換算係数は、すべてこの定義に基づいて算定されている。しかしICRP60が1991年に出版され、放射線防護に関する量の定義に変化があった。ここでは、ICRP60に基づき高エネルギー放射線の線量当量換算係数評価のためにはどのような量を評価する必要があるかということについて考察する。

ICRP60によれば、以下の新しい定義が行われた。

- (1) Q のかわりに生物学的情報に関する考察、及びいろいろな被ばくの状況、並びに周辺線量当量の慣例的計算の結果の検討に基づいて、放射線荷重係数 W_R が定義された。放射線荷重係数の値をTable. 2.1に示す。放射線荷重係数 W_R の明確な定義は示されていないが、式(2.6)の計算により W_R の近似値を得ることができると書かれている。

$$Q = \frac{1}{D} \int_0^{\infty} Q(L) \cdot D(L) dL \quad \text{----- (2.6)}$$

ここで $D(L) dL$ はICRU球の深さ10mmで L_{∞} が L と $L + dL$ の間の吸収線量であり、 $Q(L)$ はその位置における L_{∞} に対する線質係数である。このときの照射条件は明示されていない。 W_R が周辺線量当量 $H^*(d)$ の定義と関連があるとみなせば、照射条件としては、ICRU球の主軸に対する平行入射ビームを考慮するのが適当である。

Table 2.1 Radiation weighting factor ⁽¹⁾

放射線の種類とエネルギー範囲 ⁽²⁾	放射線荷重係数 W_R
光子, すべてのエネルギー	1
電子と μ 中間子, すべてのエネルギー ⁽³⁾	1
中性子, エネルギー < 10keV	5
10 - 100keV	10
> 100keV - 2keV	20
> 2 MeV - 20MeV	10
> 20MeV	5
反跳陽子以外の陽子, エネルギー > 2 MeV	5
α 粒子, 核分裂片, 重原子核	20

⁽¹⁾ すべての値は、身体に入射する放射線、または体内線源については、その線源から放出された放射線に関するものである。

⁽²⁾ 他の放射線に対する値の選択については、ICRP 60の付録Aに論議されている。

⁽³⁾ DNAに結合した原子核から放出されるオージェ電子を除く。
(ICRP 60の本文26項目参照)

(2) Qと L_{∞} との関係が変更された。変更の前後の値を比較のため Fig. 2.1に示し、変更後の値を関数形でTable. 2.2に示す。この変更は中速エネルギー中性子の従来より高いRBE_M⁸⁾値の反映と、100keV/ μ m以上の重イオンによる生物学的効果の減少を反映している。

Table 2.2 Q-L relationships specified in ICRP60

限定されない線エネルギー 付与, 水中のL (keV μ m ⁻¹)	Q(L) ⁽¹⁾
> 10	1
> 10-100	0.32L-2.2
> 100	300/ \sqrt{L}

⁽¹⁾ Lの単位はkeV μ m⁻¹

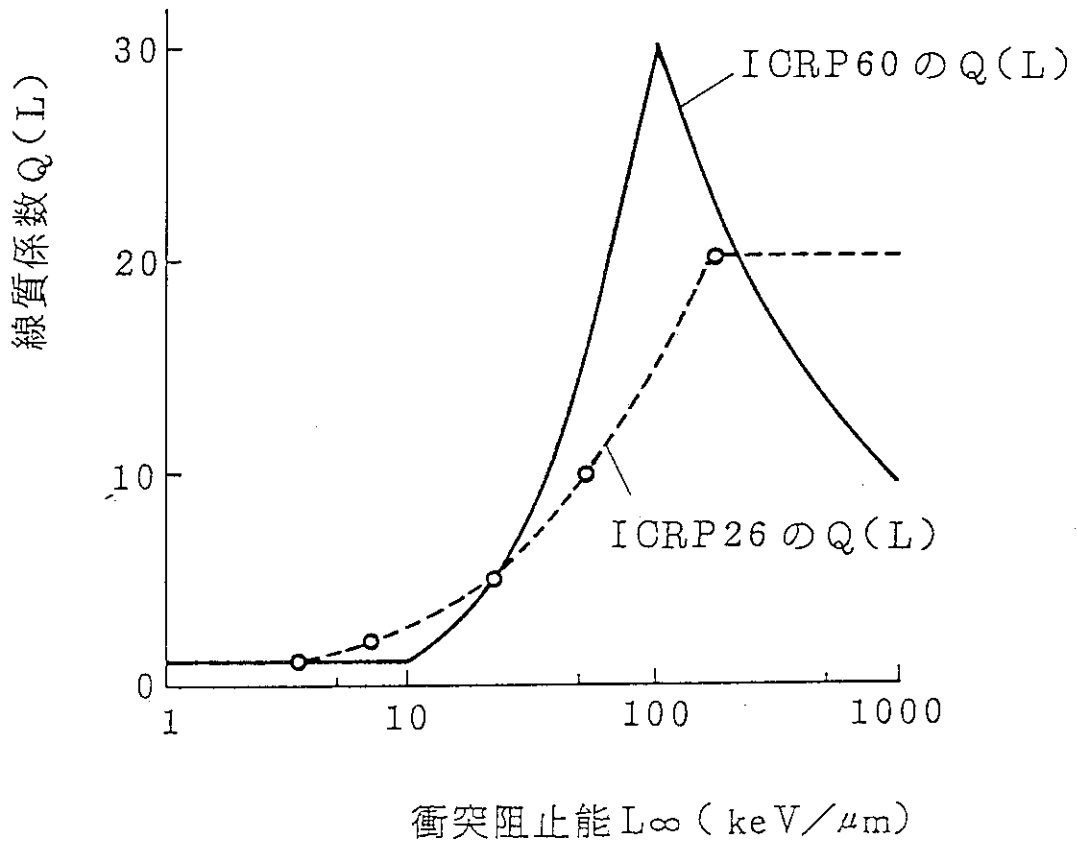


Fig. 2.1 Q-L relationships specified in ICRP60 and ICRP26

- (3) ICRP26では1点における線量当量が定義され、それが器官又は組織全体に拡張されて使用されていたが、ICRP60では組織又は器官の平均吸収線量に放射線荷重係数をかけた量を定義し、等価線量 (equivalent dose) と名付けた。すなわち、

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R} \quad \text{-----} \quad (2.7)$$

ここで $D_{T,R}$ は放射線Rによる組織Tの平均吸収線量、 W_R は放射線荷重係数である。放射線の種類とエネルギーが多種類にわたる場合は、

$$H_T = \sum_R W_R \cdot D_{T,R} \quad \text{-----} \quad (2.8)$$

となる。

- (4) ICRP26で定義された確率的リスクの割合を表わす荷重係数は、ICRP60では値が変更され、組織荷重係数と呼ばれるようになった。この組織荷重係数 W_T と等価線量 (equivalent dose) の積和が実効線量Eである。

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T \quad \text{-----} \quad (2.9)$$

これは従来の実効線量当量 H_E に相当する量である。Table. 2.3 にICRP26とICRP60の W_T 値を示す。

Table 2.3 Tissue weighting factors in ICRP26 and ICRP60

組織又は器官	ICRP26	ICRP60
生殖腺	0.25	0.20
赤色骨髄	0.12	0.12
大腸(下部)	—	0.12
肺	0.12	0.12
胃	—	0.12
膀胱	—	0.05
乳房	0.15	0.05
肝臓	—	0.05
食道	—	0.05
甲状腺	0.03	0.05
皮膚	—	0.01
骨表面	0.03	0.01
残りの組織	0.30 *	0.05 **

* 最大5個の組織(又は器官)に割り振る。1つあたり0.06

** 残りの組織としては、副腎・脳・小腸・腎臓・筋肉・脾臓・脾臓・胸腺および子宮の9つの器官の合計である。
例外として、上記1つの器官が表中の12の器官又は組織より高い線量を受けた場合には、その器官に0.025の荷重係数を割り振り、それを除く他の残りの器官の平均に0.025を適用する。

ICRP26の線量の考え方に基いてICRP51が作られ、光子、 μ 中間子、 π 中間子、中性子、陽子および電子についてのフルエンスと線量当量の換算係数が評価された。しかし、ICRP51では通常の放射線防護で対象として光子については10MeV、中性子については14MeVまでを取扱っている。そのため10GeVまでの放射線の換算係数をICRP60の考え方をを用いて評価するためには、以下の事項を検討しなければならない。

- (1) 高エネルギー放射線の等価線量を評価するのに、ICRP60で定義された W_R をそのまま用いるのが適切かどうか。
- (2) ICRU球に面平行入射する放射線の入射軸上の深さ10mmの点の線量当量を高エネルギー放射線の場合も実効線量に代わる実用量として用いるべきか。

まず(1)の問題について検討する。ICRP60で用いられている W_R 、すなわち放射線荷重係数は、明確な定義は示されていないが、ICRU球中の深さ10mmにおける Q を計算することにより、

W_R の近似値が得られるとされている。すなわち、

$$W_R \approx \bar{Q} = \frac{1}{D} \int_0^{\infty} Q(L) \cdot D(L) dL \quad (\text{ICRU球の深さ10mmの位置}) \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

W_R は照射条件は示されていないが、ICRUの深さ1cmの点で定義されている。ICRU⁹⁾39で定義された場のモニタリング量としての周辺線量当量 $H^*(d)$ は $d=10\text{mm}$ が推奨されている。なお、 $H^*(10)$ は通常の放射線防護で対象となるエネルギー範囲(～15MeVまで)のほとんどの照射条件において、実効線量当量を大体上回る¹⁾。従って W_R は $H^*(10)$ を評価するために設定された \bar{Q} に相当する値と考えられる。しかし、10GeVまでの高エネルギー放射線を対象とする場合、必ずしも $H^*(10)$ が実効線量当量を上回るという保証はない。従って10GeVまでの高エネルギー放射線を対象とする場合、ICRP60の W_R 、すなわちICRU球中の深さ10mmにおける \bar{Q} を別の位置における線量当量評価に用いるのは適切ではなく、むしろ対象とする点又は体積に対する \bar{Q} を用いる方が適切である。

次に項目(2)の問題点、すなわちICRU球の深さ10mmの点の線量当量を高エネルギー放射線の場合も実効線量当量にかわる実用量として用いるべきかということについて検討する。この量を周辺線量当量 $H^*(10)$ に相当するものとみなせば、ICRP51によれば通常の放射線防護の対象となる15MeV程度までの放射線に対しては、 $H^*(10)$ がすべての照射条件において実効線量当量をほぼ上回る。しかし、10GeV程度までの高エネルギーの放射線に対しては、最大となる線量当量はより深い点で生ずる可能性が考えられるため、 $H^*(10)$ が実効線量当量を下回るおそれもある。従ってこのような高エネルギー放射線に対しては、実効線量当量そのものを評価し、周辺線量当量 $H^*(10)$ が実用量として適当かどうかを判断する必要がある。

3. 高エネルギー放射線に対する実効線量の評価方法

以下ICRP60の用語の定義に従って、組織又は器官の平均線量当量を等価線量 (equivalent dose) H_T 、 H_T と組織荷重係数との積和を実効線量 (effective dose) E と表記する。

組織又は器官Tの等価線量 H_T は、式(2.2)に示した定義と同様、

$$H_T = \int_0^{\infty} D(L) \cdot Q(L) dL \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

となる。ただし、 $D(L)$ 、 $Q(L)$ は対象となる組織又は器官中の L (すなわち L_{∞})の水中における分布である。(実際にはこの組織又は器官中に存在する放射線が水中に存在した場合の L_{∞} の分布である。)式(3.1)は次のように変形できる。

$$H_T = \int_0^{\infty} D(L) dL \cdot \frac{\int_0^{\infty} D(L) Q(L) dL}{\int_0^{\infty} D(L) dL} = D \cdot \bar{Q} \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

但し、 $\int_0^{\infty} D(L) dL$ は対象となる組織又は器官の吸収線量、 \bar{Q} は対象となる組織又は器官中の実効線質係数であり、式(3.3)で表わされる。

$$\bar{Q} = \frac{1}{D} \int_0^{\infty} D(L) \cdot Q(L) dL \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

たとえば、組織Tに入射したエネルギー E_0 の陽子が連続エネルギー損失のみでエネルギーを失い、0になったとする。そうすると組織Tの吸収エネルギー $D = E_0$ であり、

$$\bar{Q} = \frac{1}{E_0} \int_0^{\infty} D(L) \cdot Q(L) dL \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

となる。そして $D(L) dL$ は L_{∞} が L から $L + dL$ 間の吸収エネルギーであるため、陽子のエネルギーを E で表わせば、この場合陽子の損失エネルギーが吸収エネルギーに相当するから、損失エネルギー dE は吸収エネルギー $D(L) dL$ に相等する。したがって、

$$\bar{Q} = \frac{1}{E_0} \int_0^{\infty} Q(L) \frac{dE}{dL} \cdot dL \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

となる。 $\frac{dE}{dL}$ は単位 L_{∞} 当りの吸収エネルギーであり、次元解析をすると

$$\frac{dE}{dL} = \Delta E / \left\{ \frac{\Delta E}{\Delta X} \right\} = \Delta X \dots\dots\dots (3.6)$$

したがって $\frac{dE}{dL}$ は L_∞ が L から $L + dL$ のときの陽子の飛程（実際は平均飛程）ということになる。

陽子の水中における L_∞ と平均飛程の関係を模式的に図示すると、Fig. 3.1 のようになる。式(3.4) をこの陽子の減速の問題に適用すれば、陽子エネルギーが E_0 から 0 まで減速するとき組織 T 内に分布する L_∞ について式(3.4) 又は(3.5) を積分するということである。（積分面積は Fig. 3.1 における 2 つの斜線部分の合計である。）すなわち、

$$\begin{aligned} \bar{Q} &= \frac{1}{E_0} \int_0^\infty Q(L) \cdot D(L) \cdot dL \\ &= \frac{1}{E_0} \int_0^\infty Q(L) \frac{dE}{dL} \cdot dL \\ &= \frac{1}{E_0} \int_0^\infty Q(E) dE \dots\dots\dots (3.7) \end{aligned}$$

となる。ここで Q は L の関数から陽子のエネルギー E の関数に変更される。このためには陽子の水中での L_∞ がエネルギーに関する関数として一意的に表現される必要がある。すなわち、

$$L = f(E) \dots\dots\dots (3.8)$$

の関係が成立し、 E に対して 1 個の L が必ず存在する必要がある。この関係は陽子に対しては文献10に記載されており、電子、陽電子に対しては ICRU¹¹⁾37 に示されている。なお、陽子以上に質量を持つ重荷電粒子に対しては文献12に示されている計算コード STOPPING を用いて計算できる。

なお、 π^\pm 中間子および μ^\pm 中間子に関しては、陽子データを補正して用いる。これらの詳細を第4章に示す。式(3.7) を用いれば、初期エネルギーが E_0 の荷電粒子の \bar{Q} が計算できる。その荷電粒子が組織 T 内で全エネルギー E_0 を連続エネルギー損失により失えば、組織 T の等価線量は式(3.9) すなわち

$$H_T = \bar{Q} \cdot D = \bar{Q}(E_0) \cdot E_0/m \dots\dots\dots (3.9)$$

(但し m は組織 T の質量)

で計算できる。

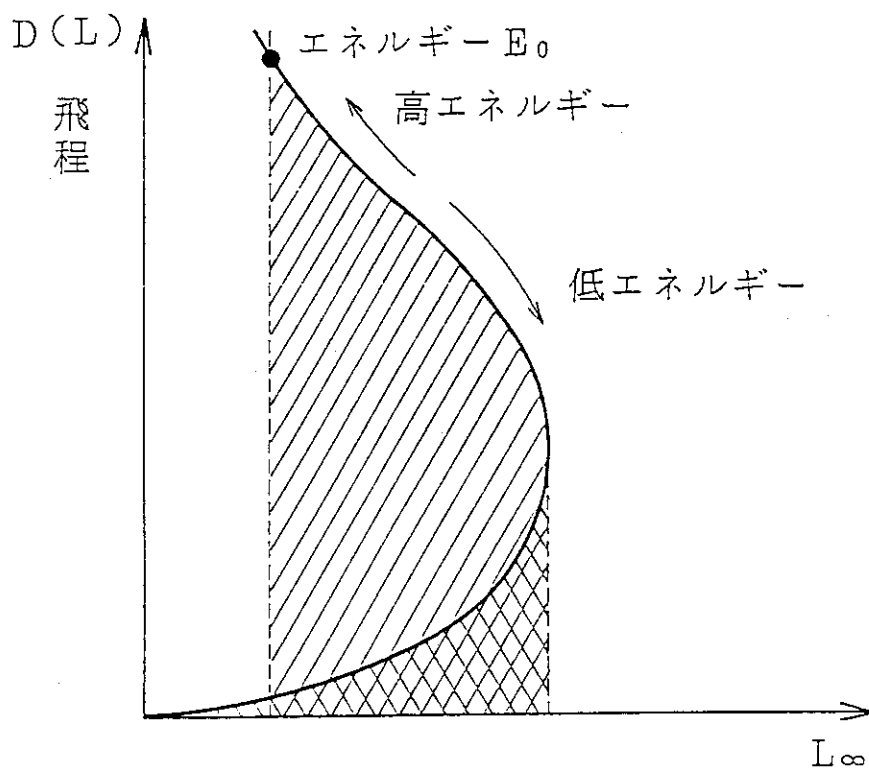


Fig. 3.1 Schematic relationships between L_{∞} and mean range of proton in water

荷電粒子が組織Tに入射して、種々の核反応又は制動放射などを生ずる場合は、次のように計算すればよい。すなわち荷電粒子がエネルギー E_0 で入射して、散乱や核反応等で不連続にエネルギーが変化したり吸収されたりする直前のエネルギーを E_1 とすれば、このときまでの組織Tの等価線量は、

$$H_T = Q(E_0) \cdot E_0/m - Q(E_1) \cdot E_1/m \quad \text{-----} \quad (3.10)$$

で表わされる。従って組織T内における全荷電粒子による組織Tへの等価線量（連続エネルギー損失により組織Tに与えられる等価線量）の合計値を求めれば、入射した荷電粒子により生ずる組織Tの等価線量が評価できる。

このようにして求めた組織又は器官の等価線量にICRP60で定義された組織荷重係数をかけて合計することにより、式(3.11)を用いて実効線量Eが求まる。

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T \quad \text{-----} \quad (3.11)$$

非荷電電離性粒子（たとえば中性子、光子）が入射した場合、組織内で散乱し又は核反応を起こして二次荷電粒子を発生させ、その荷電粒子によって組織Tに与えられるエネルギーとそのときの Q を計算し、荷電粒子入射で行ったのと同様の計算を行えばよい。

4. 荷電粒子のエネルギーと L_{∞} 及び Q との関係

荷電粒子に対する物質の全線阻止能(linear total stopping power) S は、線衝突阻止能(linear collision stopping power) S_{col} と線放射阻止能 S_{rad} , および原子核の反跳作用すなわち線核反跳阻止能(linear nuclear recoil stopping power) S_{nucl} の合計である。¹⁵⁾ 但し、この中には原子核との核反応等の不弾性散乱(non-elastic scattering)は含んでいない。

$$S = S_{col} + S_{rad} + S_{nucl} \dots\dots\dots (4.1)$$

$ICRU16,33$ ^{13) 14)} および $ICRP51$ の定義によれば、

$$S_{col} = L_{\infty} \dots\dots\dots (4.2)$$

である。

ところで、線質係数 Q は荷電粒子に対する水中の L_{∞} の関数として、 $ICRP60$ によればFig. 2.1 およびTable 2.2に示す値で表わされる。 S_{col} は荷電粒子が原子、分離を励起又はイオン化して失うエネルギーを対象とした衝突阻止能である。従って原子核との相互作用によるエネルギー損失は S_{col} とは異なるため、 L_{∞} に含まれないことが重要である。

入射粒子が電子又は陽電子のとき、水中の S_{col} の値は入射エネルギー0.01MeV~1000MeVについて $ICRU37$ ¹¹⁾に示されている。電子はMøller散乱により入射エネルギーの1/2の値を持つ電子を散乱する可能性があり、陽電子はBhabha散乱により入射エネルギーと等値の電子を散乱する可能性がある。¹⁶⁾ これらの散乱で発生した電子のエネルギーは高いことがあるため、入射粒子の飛程の近傍から離れてしまう δ 線となる可能性がある。このことはRossiの線エネルギー付与¹⁷⁾の定義、すなわち

(a) 入射粒子の飛程の近傍にエネルギーを沈着すること。

(b) 入射粒子の不連続な(discrete)エネルギー損失は含まないこと。

と矛盾する。すなわちRossiの定義に従えば、エネルギーの高い δ 線の発生は線質係数を評価するときの線エネルギー付与に含めるべきではないということになるが、このことは L_{∞} と矛盾する。 δ 線によるエネルギー損失を考慮しなければ S_{col} は $ICRU37$ の値よりも小さくなる。しかし、 $ICRU37$ の S_{col} を用いても、Fig. 2.1より電子および陽電子の線質係数 Q は1.0である。従ってエネルギーが0.01~1000MeVまでの電子および陽電子の Q は1.0として取扱ってよい。入射粒子が陽子の場合、入射エネルギーと水中の阻止能との関係は、 $Janni$ ¹⁰⁾により示されている。エネルギー範囲は1keV~10000MeVまでである。但し、阻止能 S は、1MeV以上については S_{col} のみである。しかし、低エネルギー部とくに20keV以下については S_{nucl} も含まれているが、有意の量ではない。¹¹⁾ 陽子が電子との衝突により失うエネルギーは、電子と電子の衝突によるエネルギー損失の割合に比べて小さく、陽子のエネルギーが不連続に変化することはない。従って $Janni$ に

より求められた水中の阻止能を L_{∞} とみなして Fig. 2.1 から陽子の線質係数 Q を求めることができる。

入射粒子が π^{\pm} , μ^{\pm} の中間子である場合, 式(4.3)(4.4)を用いて S_{col} すなわち L_{∞} を計算する。¹⁸⁾

$$S_{col, \pi}(E) = S_{col, p}(m_p \cdot E/m_{\pi}) \quad \text{----- (4.3)}$$

$$S_{col, \mu}(E) = S_{col, p}(m_p \cdot E/m_{\mu}) \quad \text{----- (4.4)}$$

但し, m_p , m_{π} , m_{μ} は陽子, π^{\pm} 中間子, μ^{\pm} 中間子の静止質量, $S_{col, p}$, $S_{col, \pi}$, $S_{col, \mu}$ は陽子, π^{\pm} 中間子, μ^{\pm} 中間子の衝突阻止能である。

計算に用いる m_p , m_{π} , m_{μ} の値はそれぞれ

$$m_p = 938.272 \text{ MeV}$$

$$m_{\pi} = 139.568 \text{ MeV}$$

$$m_{\mu} = 105.65839 \text{ MeV}$$

である。

入射粒子が重イオンの場合, 計算コード STOPPING¹²⁾ を用いて 200 keV/amu ~ 2 GeV/amu のエネルギー範囲について S_{col} を求めることができる。重イオンも陽子と同様に, 電子との衝突により失うエネルギーは連続的である。なお, 特に入射粒子が ^3He 核および $^3\text{He}(\alpha$ 粒子) の場合は Ziegler の文献から¹⁹⁾ 1 keV ~ 100 MeV のエネルギーに対する水中の S_{col} を算出できる。

以上の考え方に基づいて, 水中の L_{∞} (= S_{col}) を電子, 陽電子, μ^{\pm} 中間子, π^{\pm} 中間子, 陽子, イオン等について得ることができる。ここで用いる L_{∞} は荷電粒子が飛程を単位長さあたり進むときの電子との衝突によって失うエネルギーの平均値であり, ミクロに求めた個々の値ではない。^{2, 17)}

5. 高エネルギー荷電粒子の \bar{Q} 評価

第5章では、第4章の考え方に基づいて算定評価した水中における衝突阻止能、線質係数 Q および、それらから導かれた実効的な線質係数 \bar{Q} を示す。

Fig. 5.1 には電子および陽電子の水中における衝突阻止能を示す。この値はICRU37¹¹⁾から引用している。Fig. 5.2 には陽子の水中における衝突阻止能を示す。この図にはJanni¹⁰⁾のデータとSTOPPINGコード¹²⁾で求めたデータの2種類のもが示されている。200keV以下と100MeV以上では、両者の値に違いが生じている。この原因は実験値も考慮に入れて作成されたJanniのデータと理論式のみで作成したSTOPPINGコードによる値との違いであり、本研究ではJanniのデータを採用する。(Fig. 5.3には参考のため、陽子の水中における衝突阻止能と全阻止能の違いを示した。計算はSTOPPINGコードで行ったが、大きな相違が出てくるのは20keV以下である。20keV以下では核阻止能が効いていることがわかる。) Fig. 5.4 にはトリトンの水中における衝突阻止能を示す。この値はSTOPPINGコードで求めたものである。参考に陽子の衝突阻止能(Janniの値)も添付した。Fig. 5.5およびFig. 5.6には π^\pm 中間子および μ^\pm 中間子の水中の衝突阻止能を示した。これらの値は式(4.3)および式(4.4)に基づき、陽子(Janniの値)の衝突阻止能に対する補正で求めた。なお、参考のため陽子の値も添付した。Fig. 5.7には水中における ^4He 核(α 粒子)と ^3He 核の衝突阻止能を示す。点線は文献19に示された ^4He (α 粒子)の衝突阻止能であり、実線はSTOPPINGコードで求めた値である。文献19は実験値を参考にした多項近似式に基づいた値であり、1keV~100MeVまで保証している。200MeV以上では文献19とSTOPPINGの値に差が開いてくるが、どちらがより正しいかは不明である。ここでは実験値も考慮に入れてある文献19の値を採用する。そしてこの値を採用すれば、200 MeV以上でSTOPPINGの値より大きめの値をとり、より安全サイドに Q を評価できる。Fig. 5.8 はSTOPPINGコードを用いて計算した水中におけるC, N, O原子核の衝突阻止能である。

Fig. 5.9 にTable 2.2 の $Q-L$ の関係式を用いて算出した電子及び陽電子の10keV ~1 GeV の Q を示す。Fig. 5.10には陽子とトリトンの Q を1 keV から2 GeVまで示す。Fig. 5.11には π^\pm 中間子および μ^\pm 中間子の Q を1 keVから2 GeVまで示し、Fig. 5.12には ^3He 核および α 粒子の Q を示す。Fig. 5.13にはC, N, O核は2山形を形成するが、陽子、トリトン、 π^\pm 中間子、 μ^\pm 中間子は1山形である。この原因はすべてTable 2.2に示した $Q-L$ 関係式に起因する。

次に式(3.7)に基づいて求めた実効的な線質係数 \bar{Q} を示す。電子と陽電子はFig. 5.14に、陽子とトリトンはFig. 5.15に、 π^\pm 中間子および μ^\pm 中間子はFig. 5.16に、 ^3He 核と α 粒子はFig. 5.17に、そしてC, N, O核をFig. 5.17に示す。やはり ^3He 核以上は2山形を形成する。

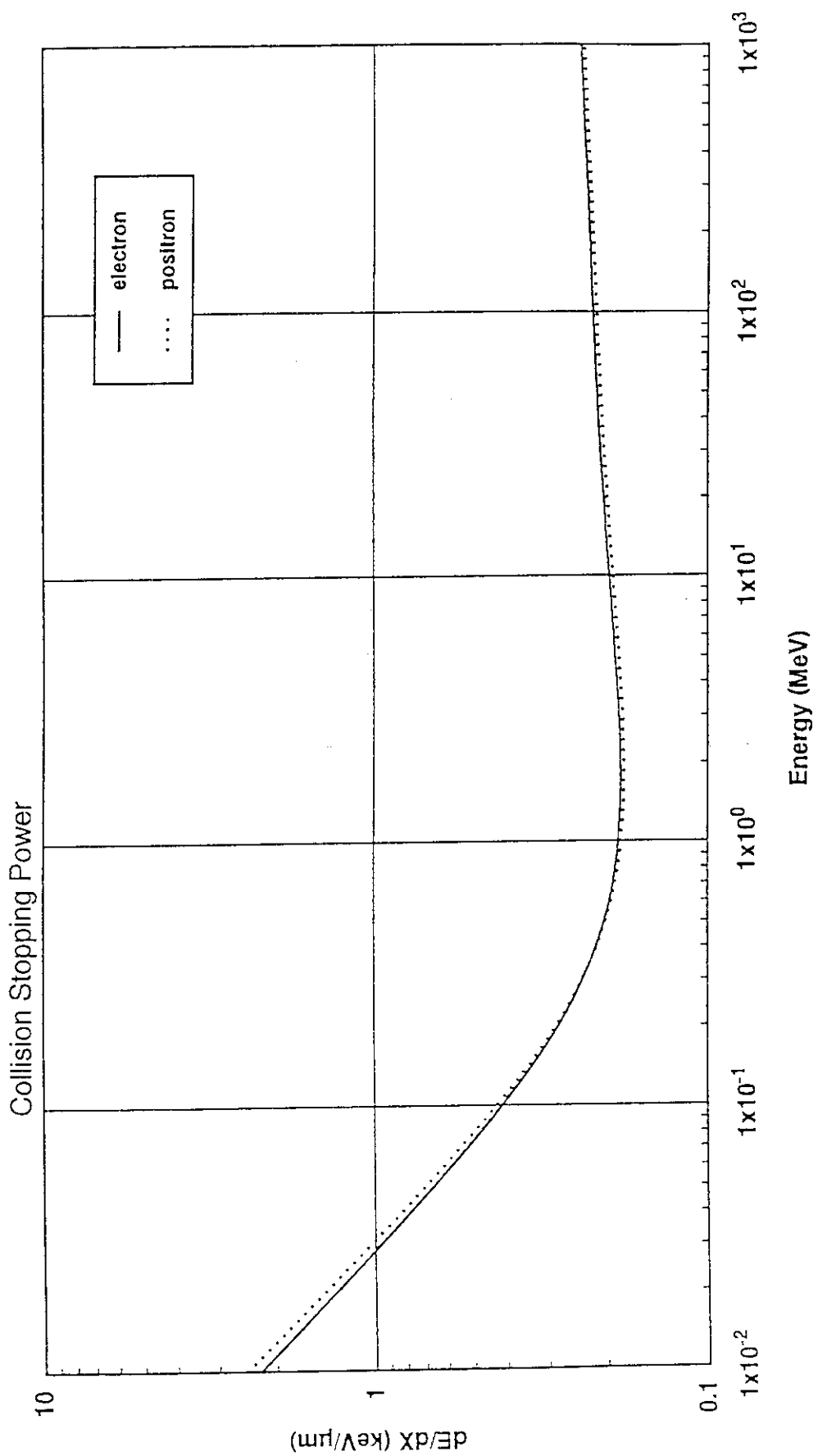


Fig. 5.1 Collision stopping powers for electron, positron in water

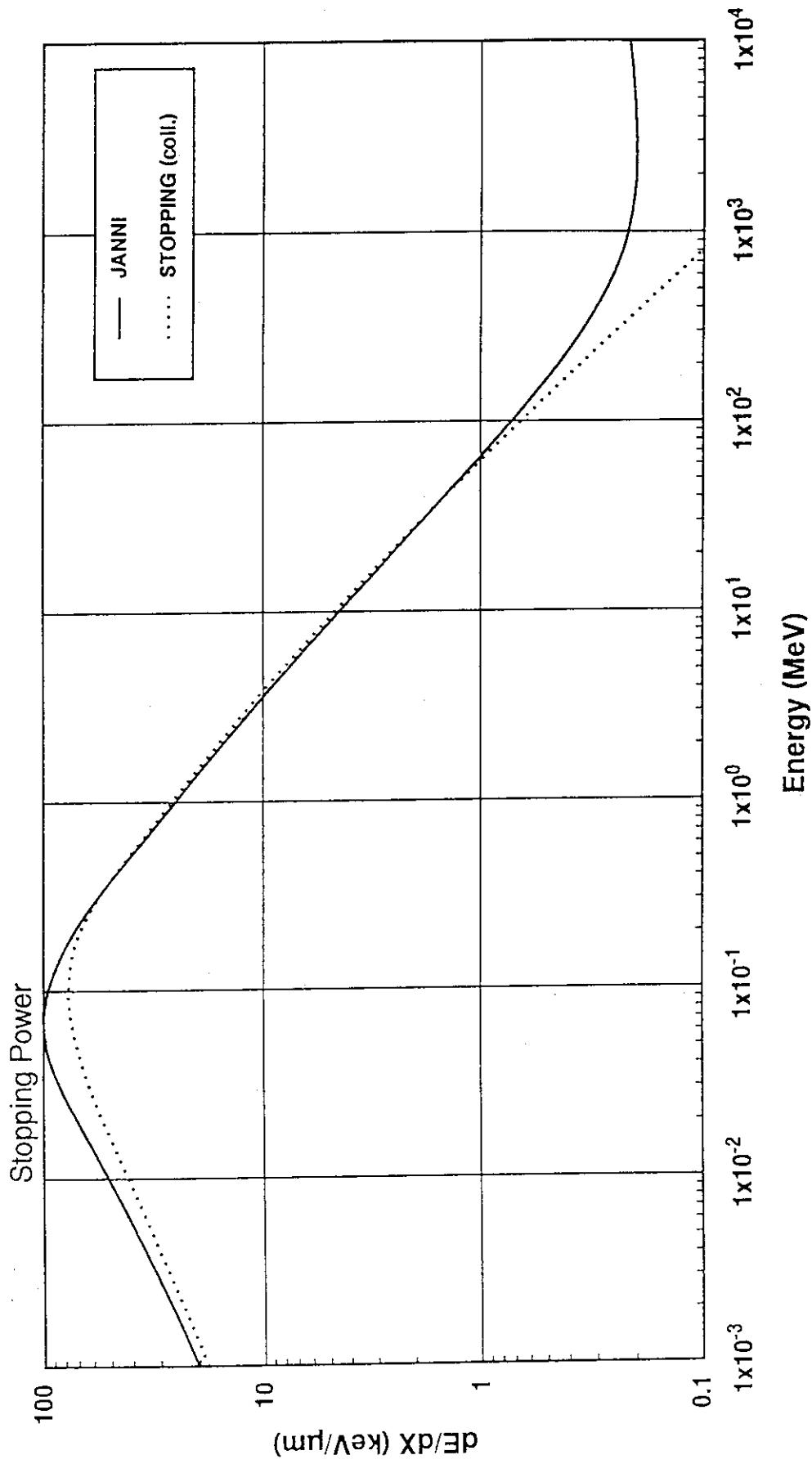


Fig. 5.2 Stopping power for proton in water

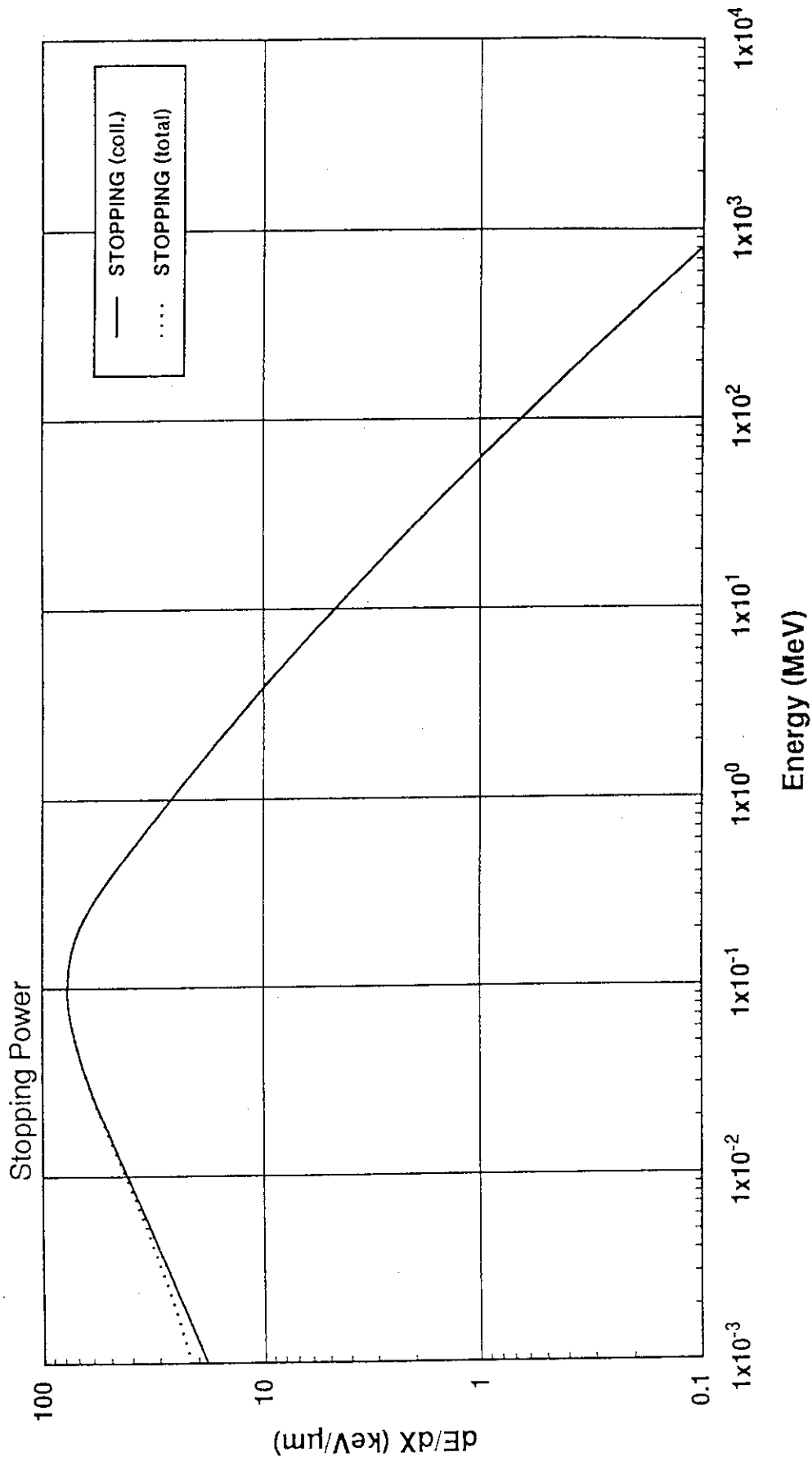


Fig. 5.3 Stopping power for proton un water

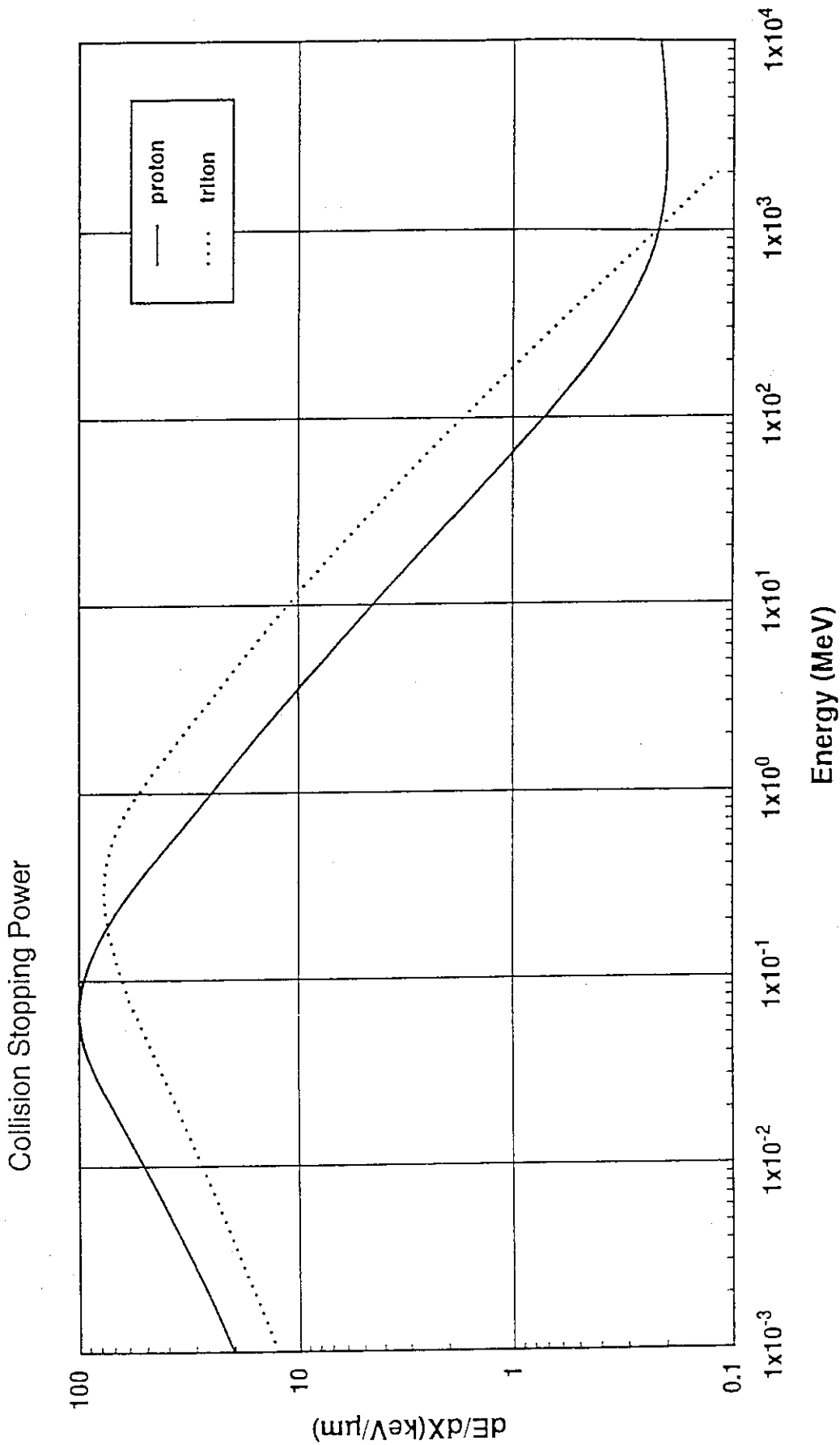


Fig. 5.4 Collision stopping powers for proton and triton in water

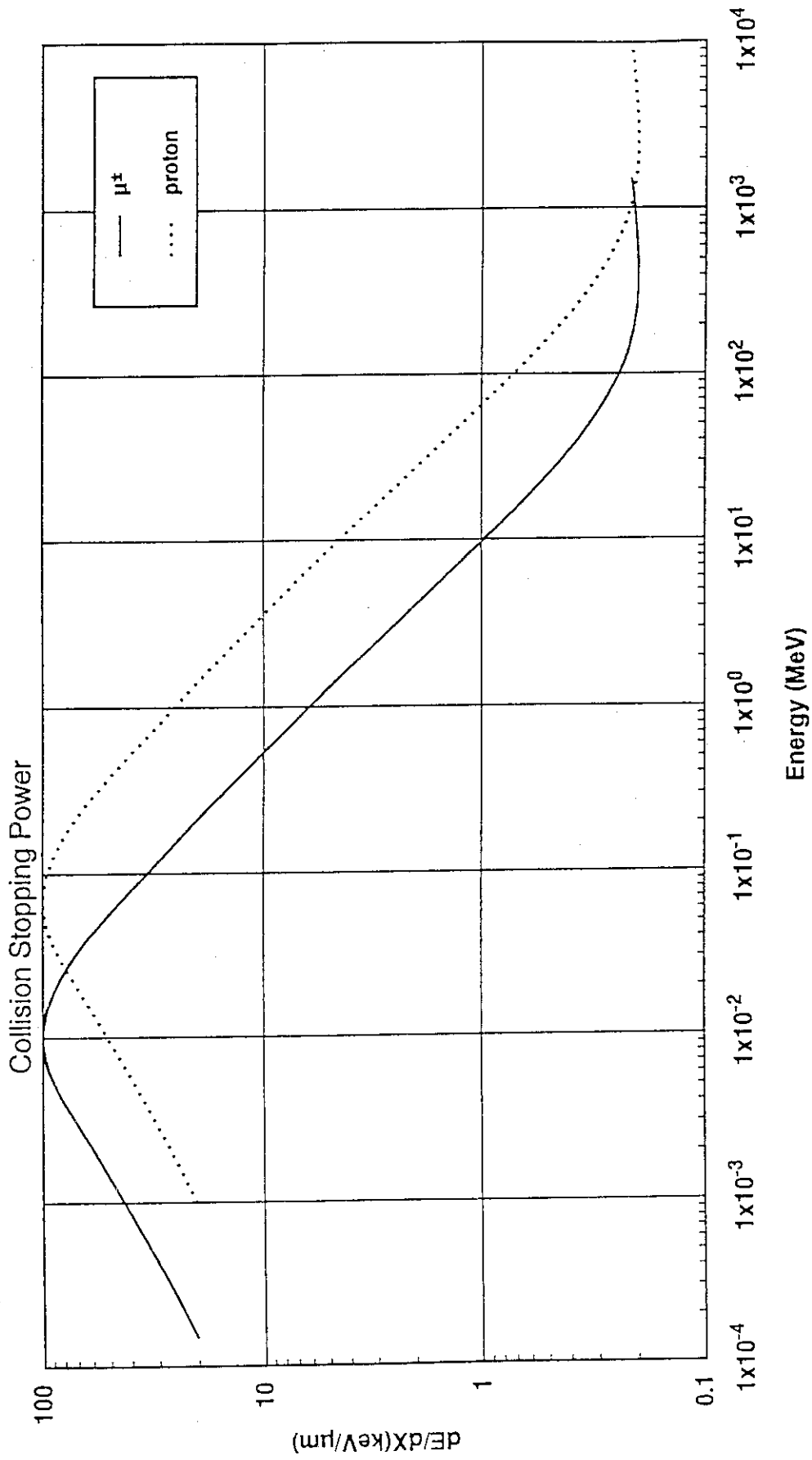


Fig. 5.5 Collision stopping powers for charged muons and proton in water

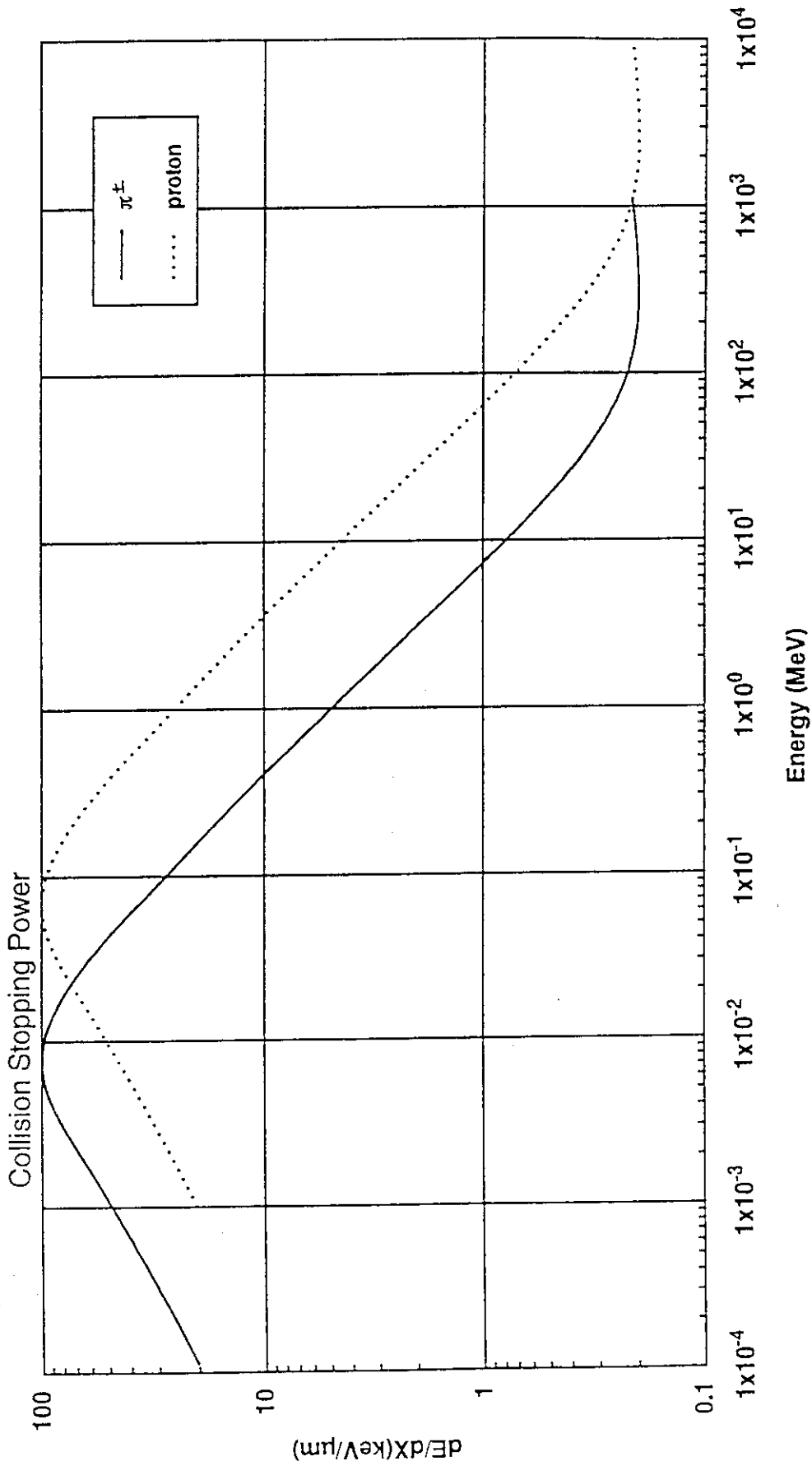


Fig. 5.6 Collision stopping powers for charged pions and proton in water

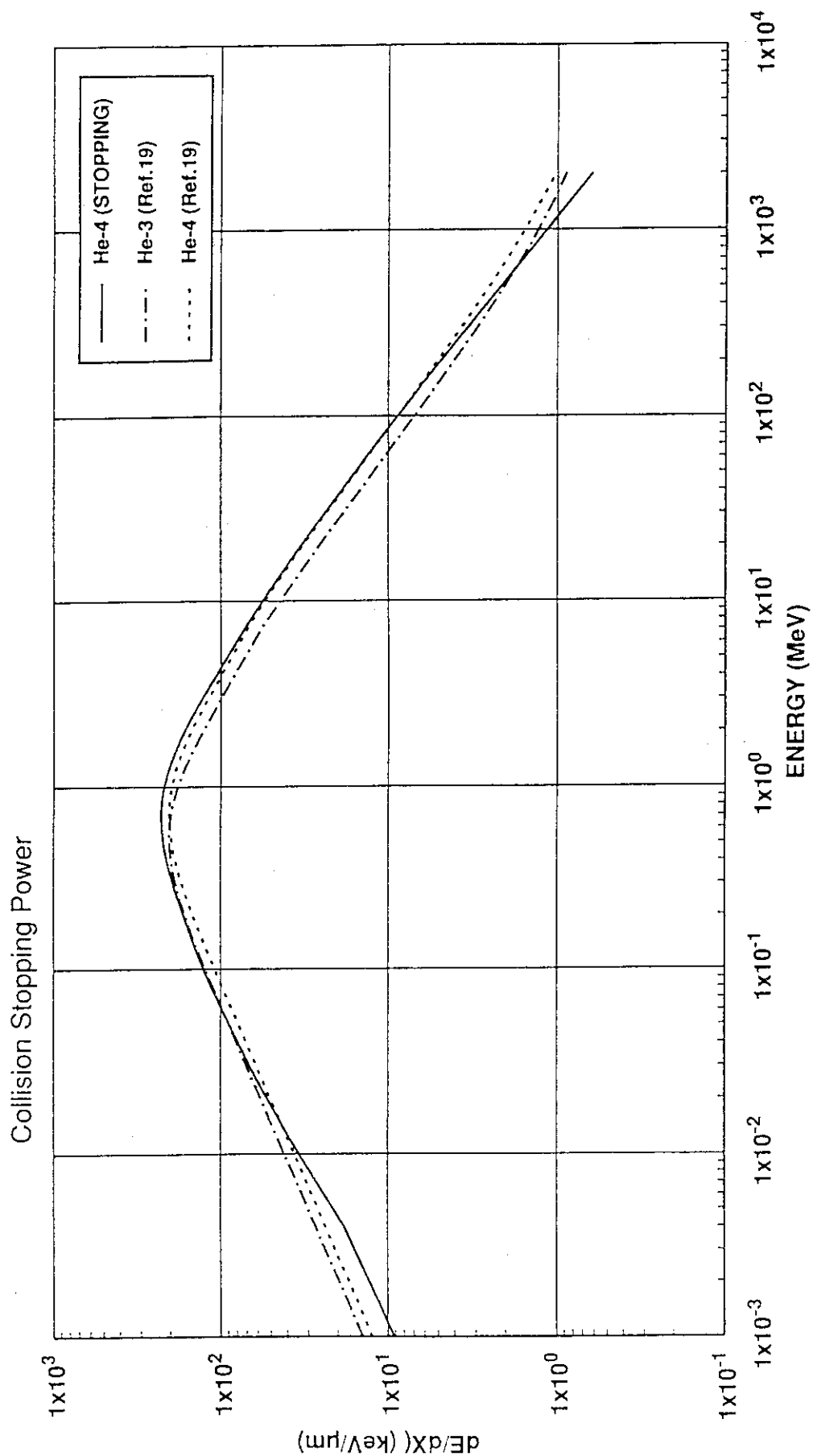


Fig. 5.7 Collision stopping powers for ^3He nucleus and α -particle(He)

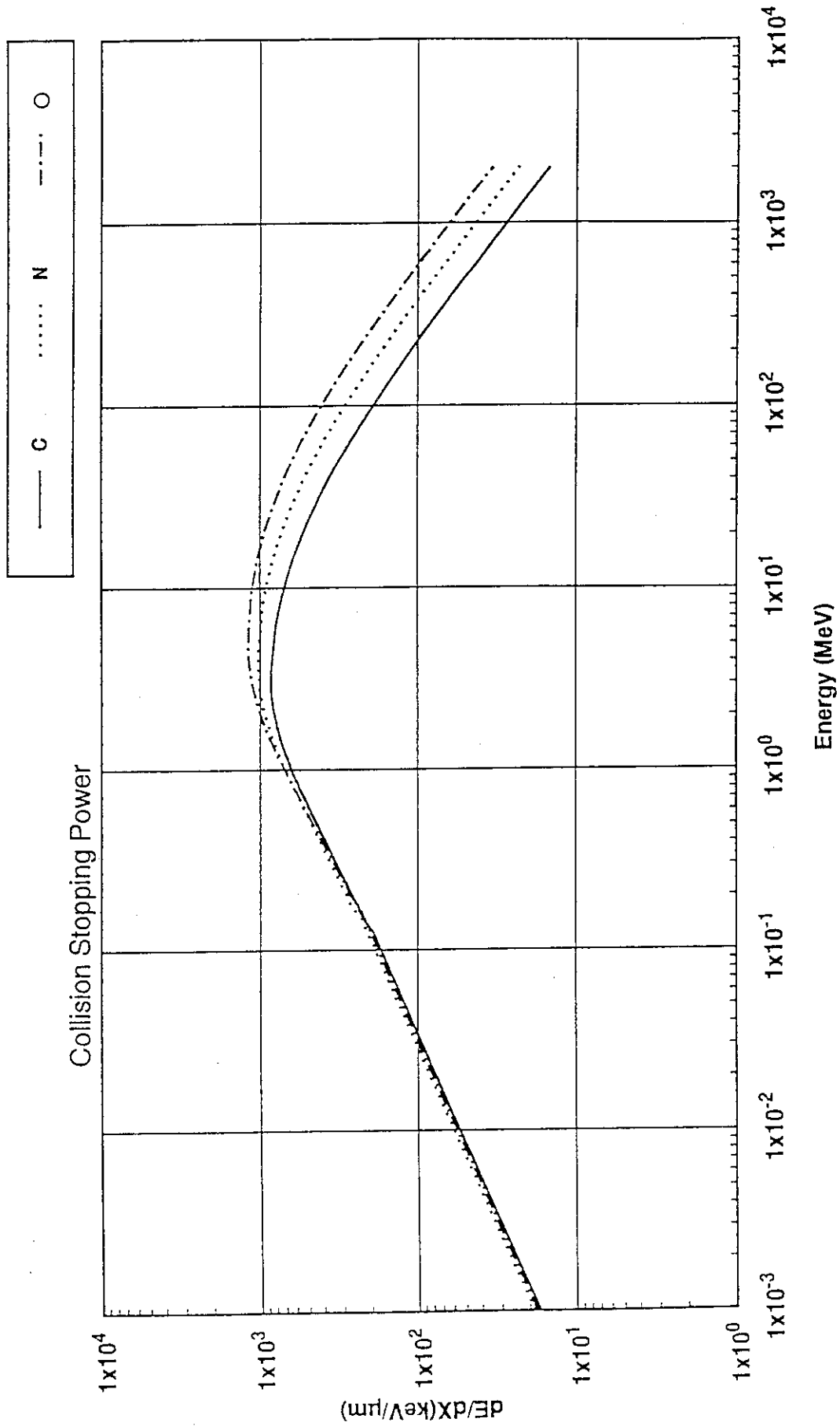


Fig. 5.8 Collision stopping powers for low-mass heavy ions in water

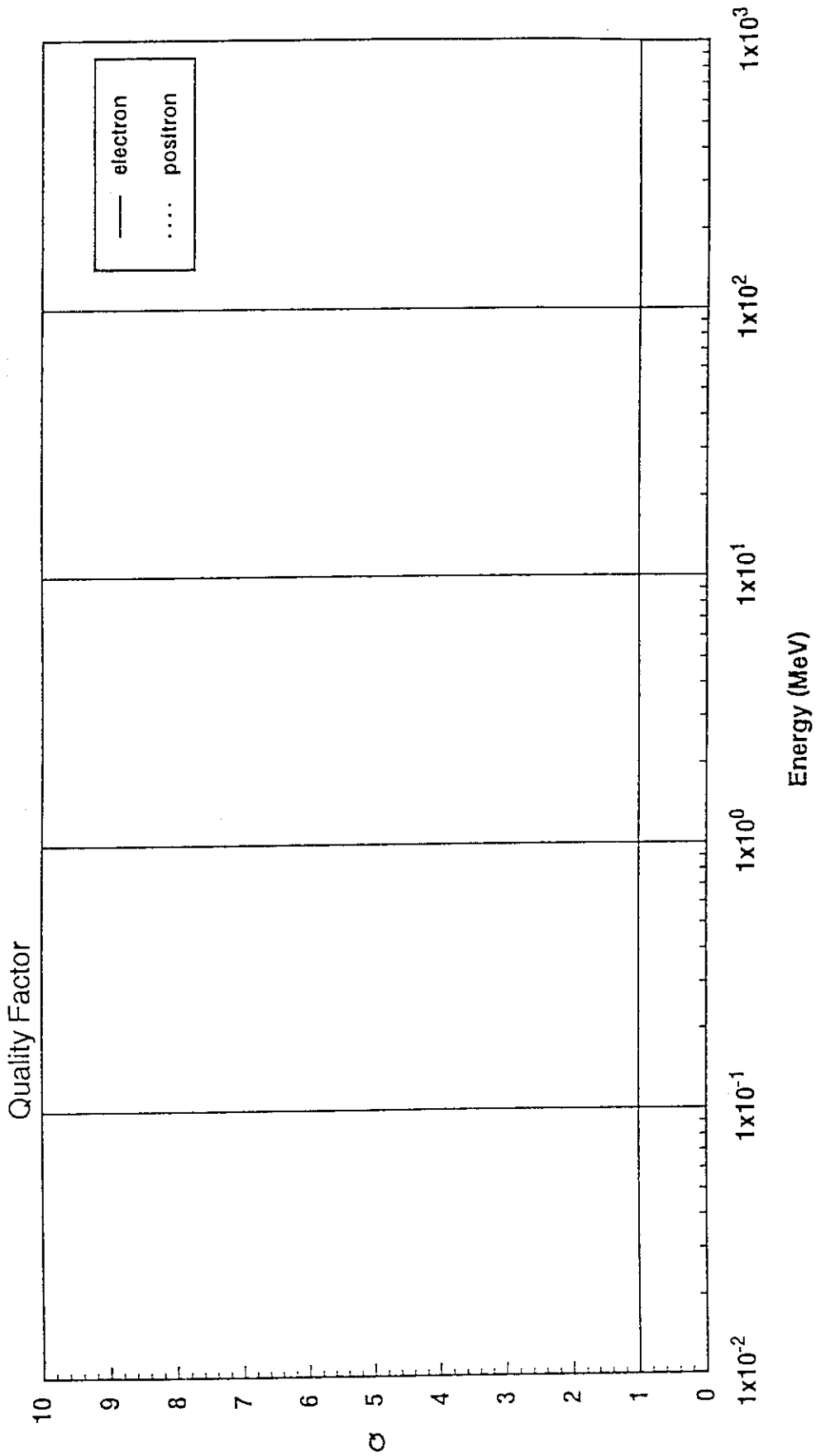


Fig. 5.9 Quality factors for electron and positron

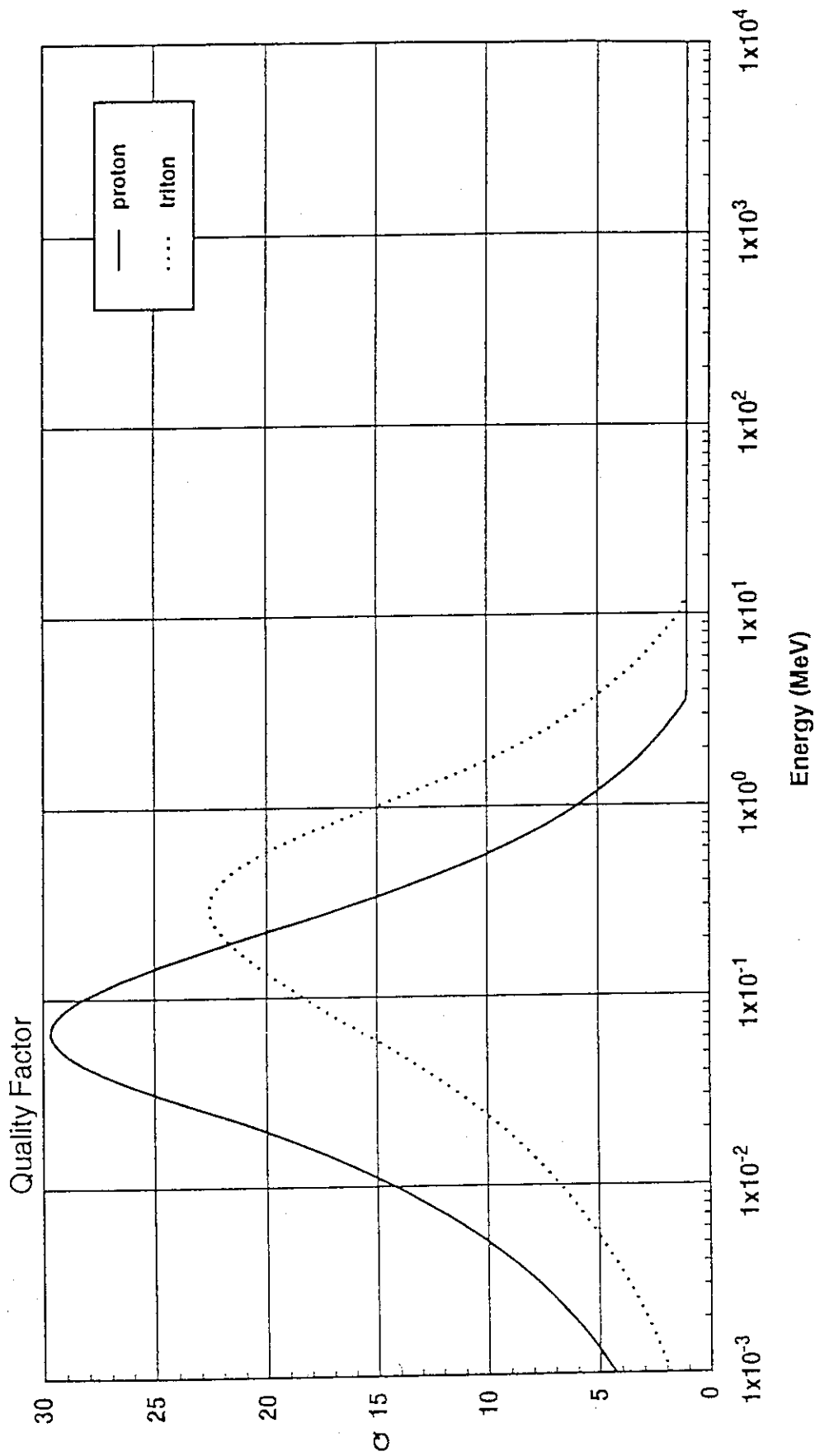


Fig. 5.10 Quality factors for proton and triton

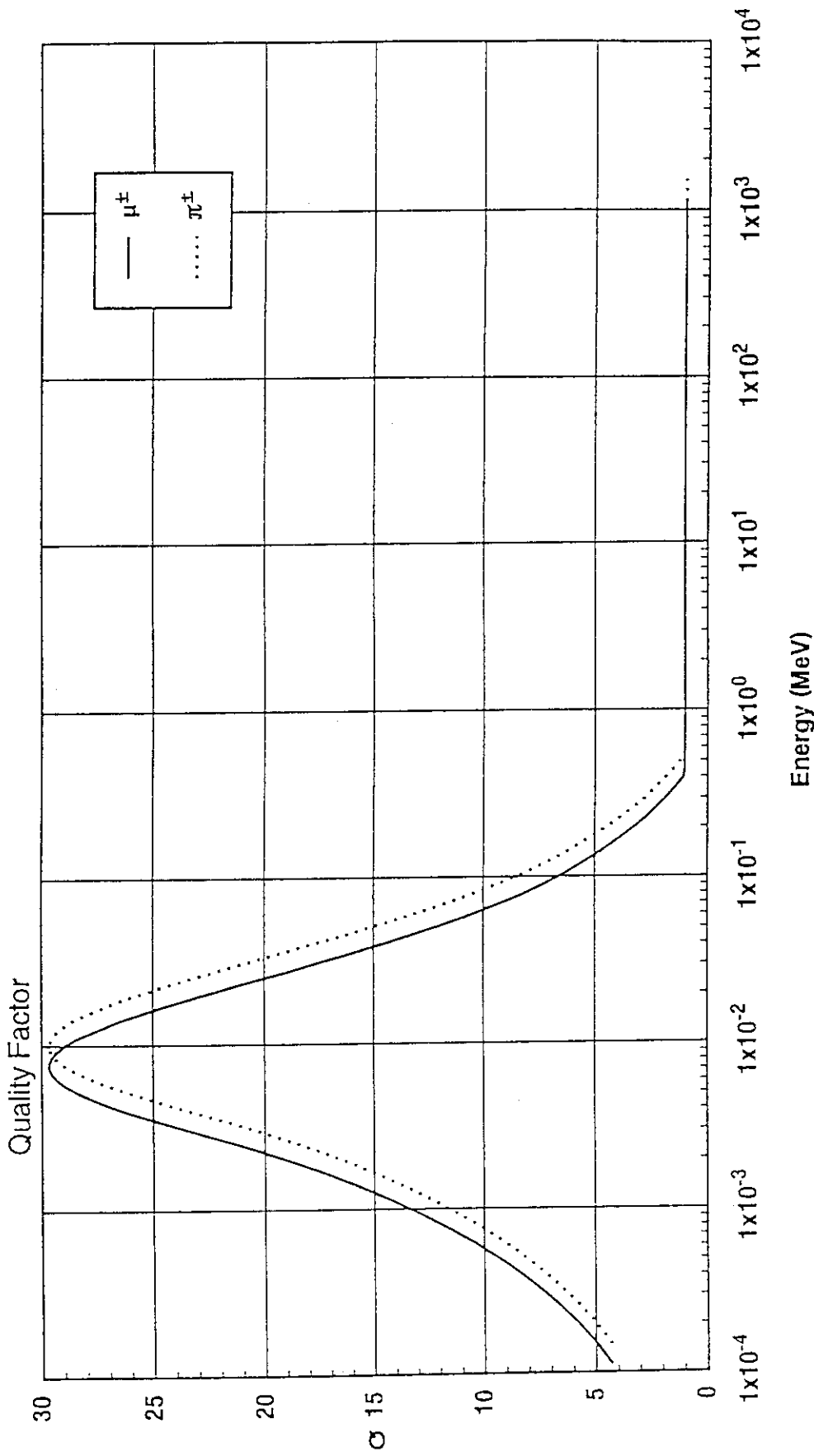


Fig. 5.11 Quality factors for charged muons and charged pions

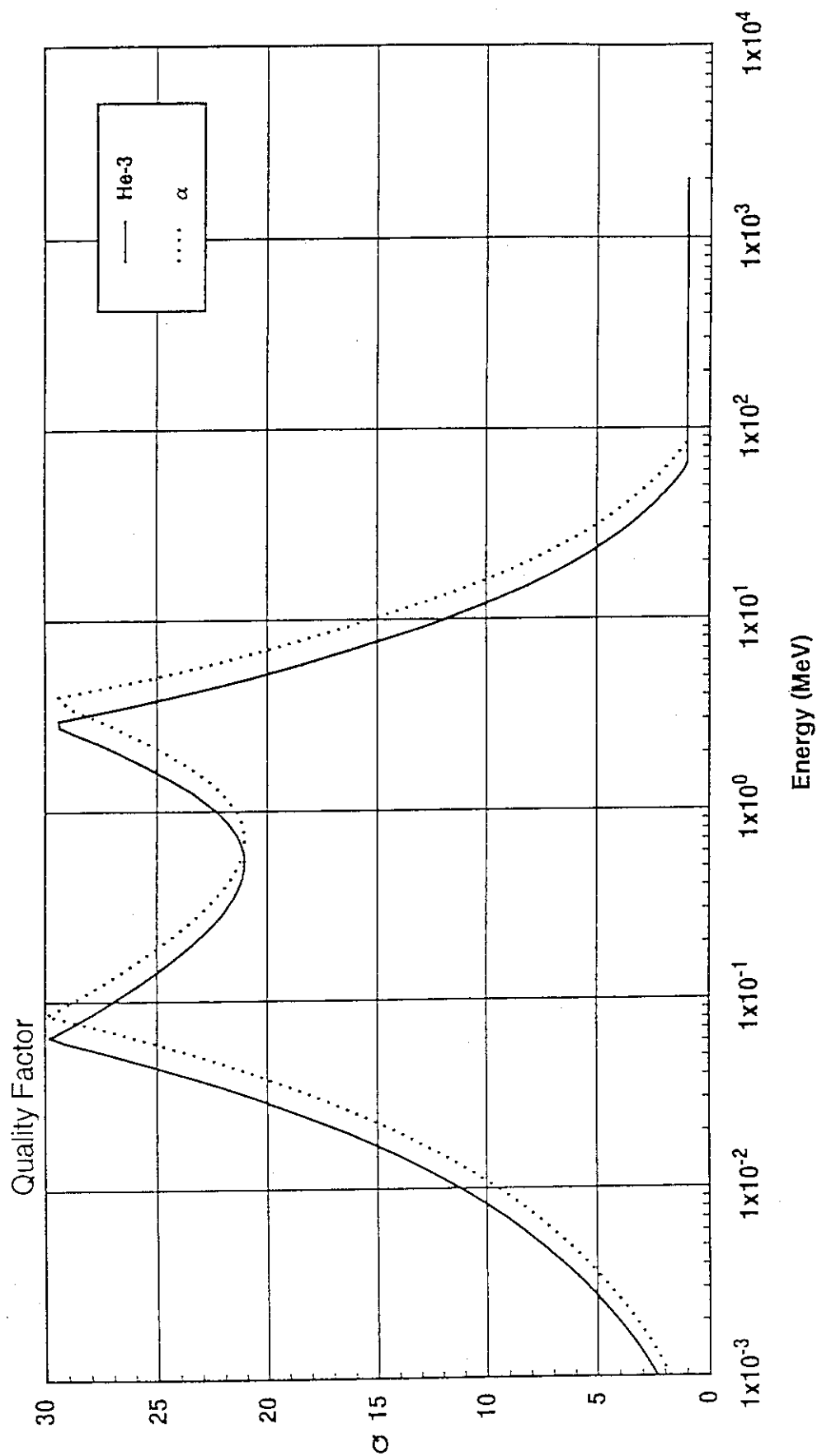


Fig. 5.12 Quality factors for ^3He nucleus and α -particle(^4He)

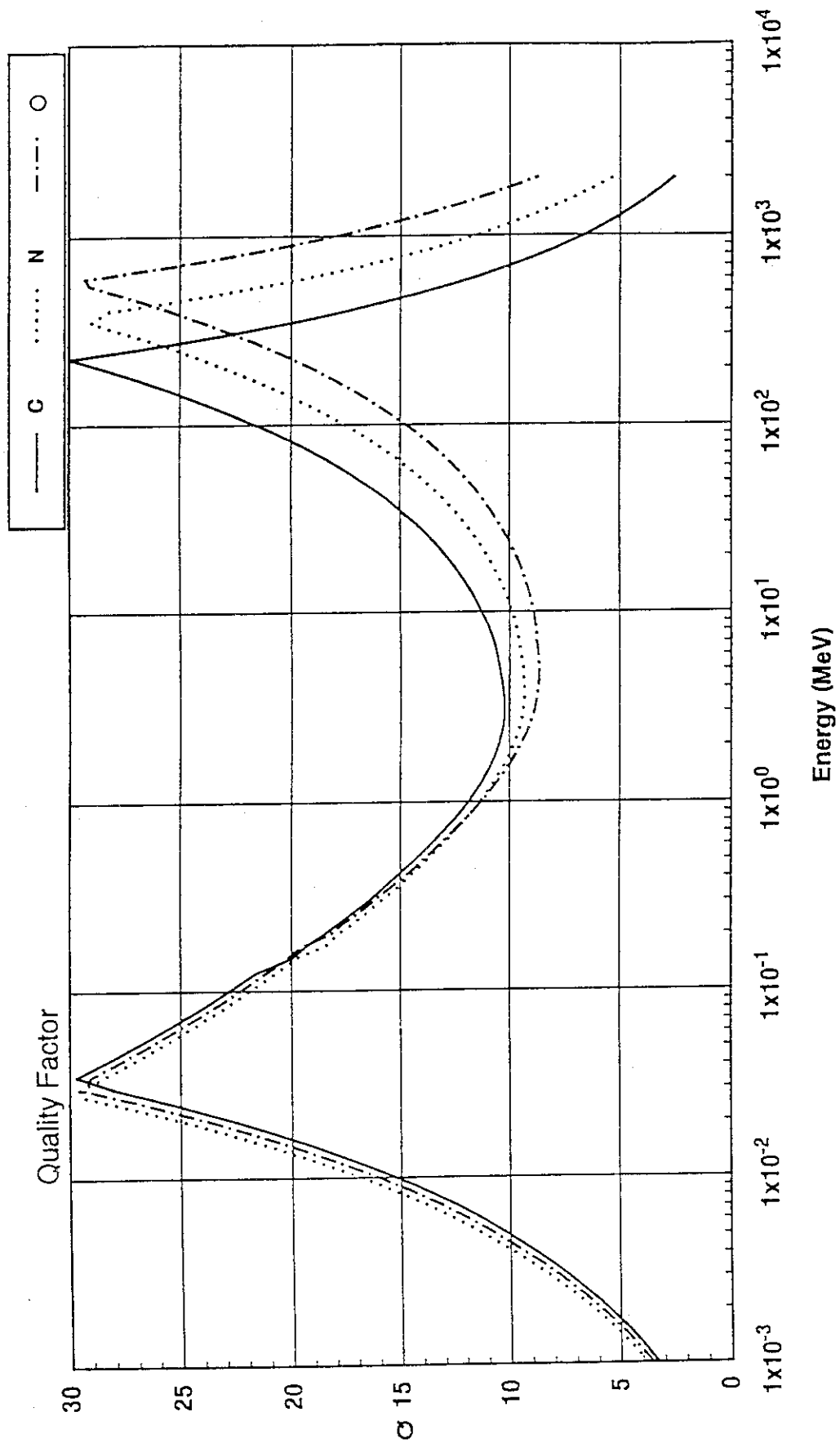


Fig. 5.13 Quality factors for low-mass heavy ions

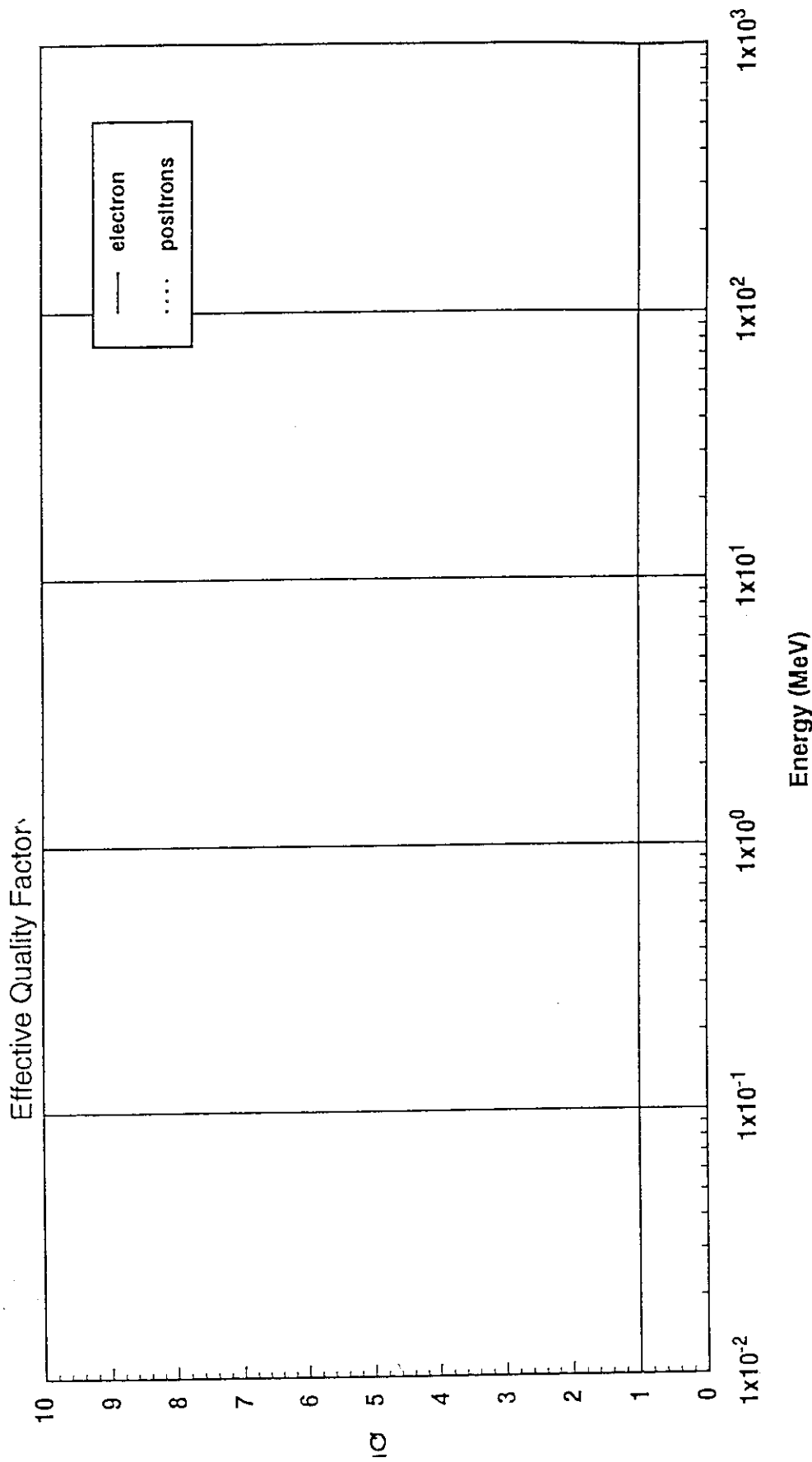


Fig. 5.14 Effective quality factors for electron and positrons

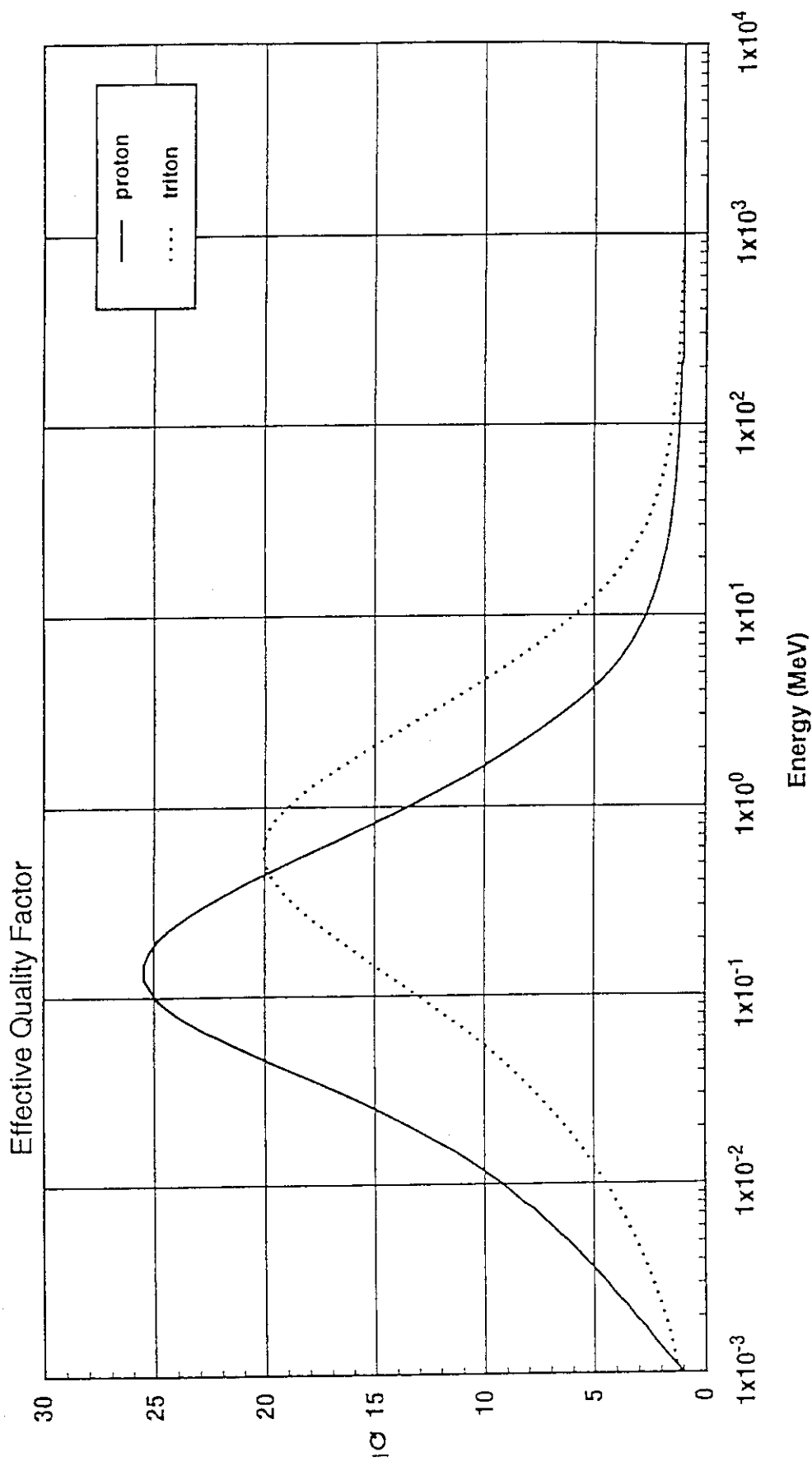


Fig. 5.15 Effective quality factors for proton and triton

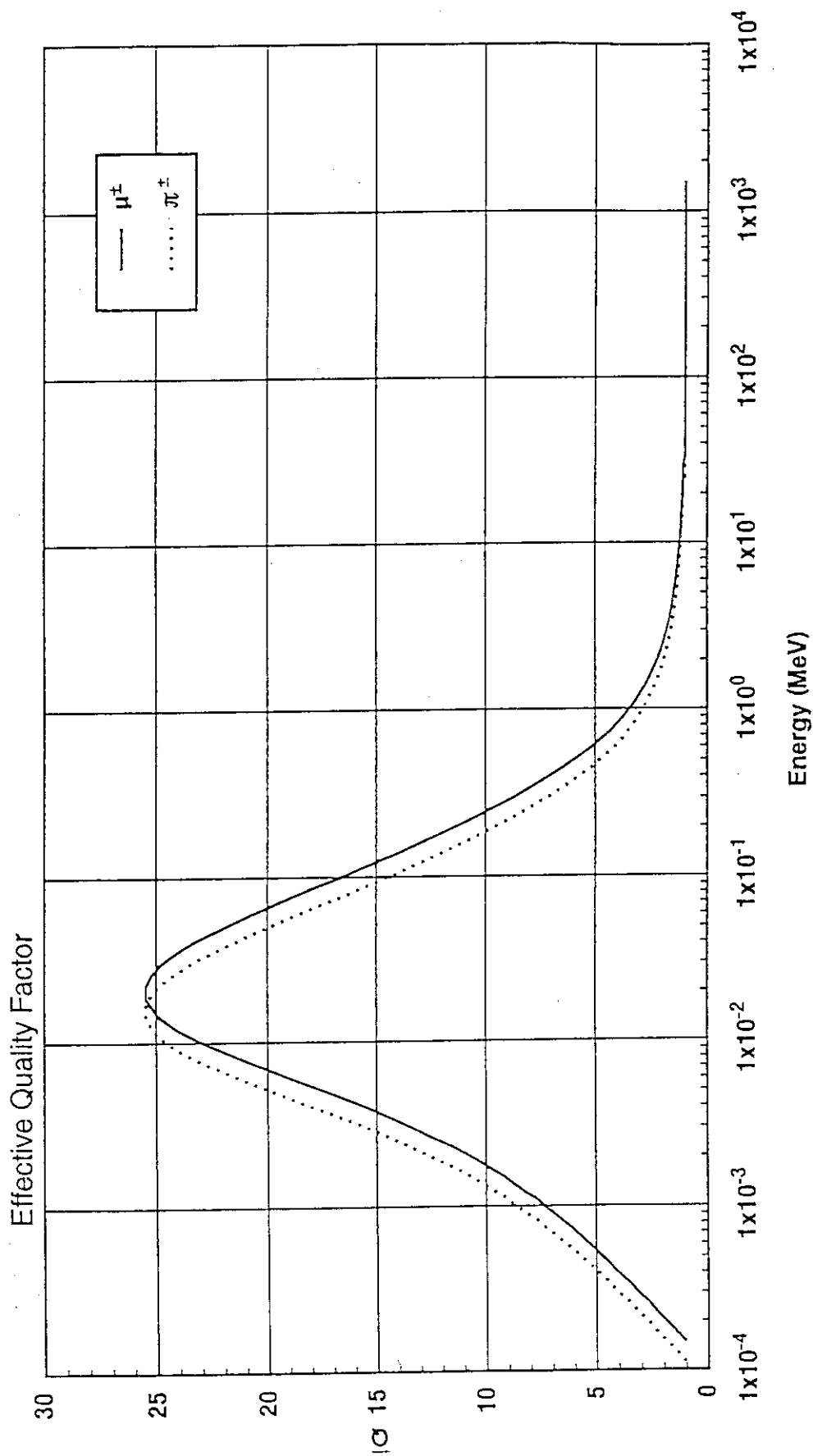


Fig. 5.16 Effective quality factors for charged muons and charged pions

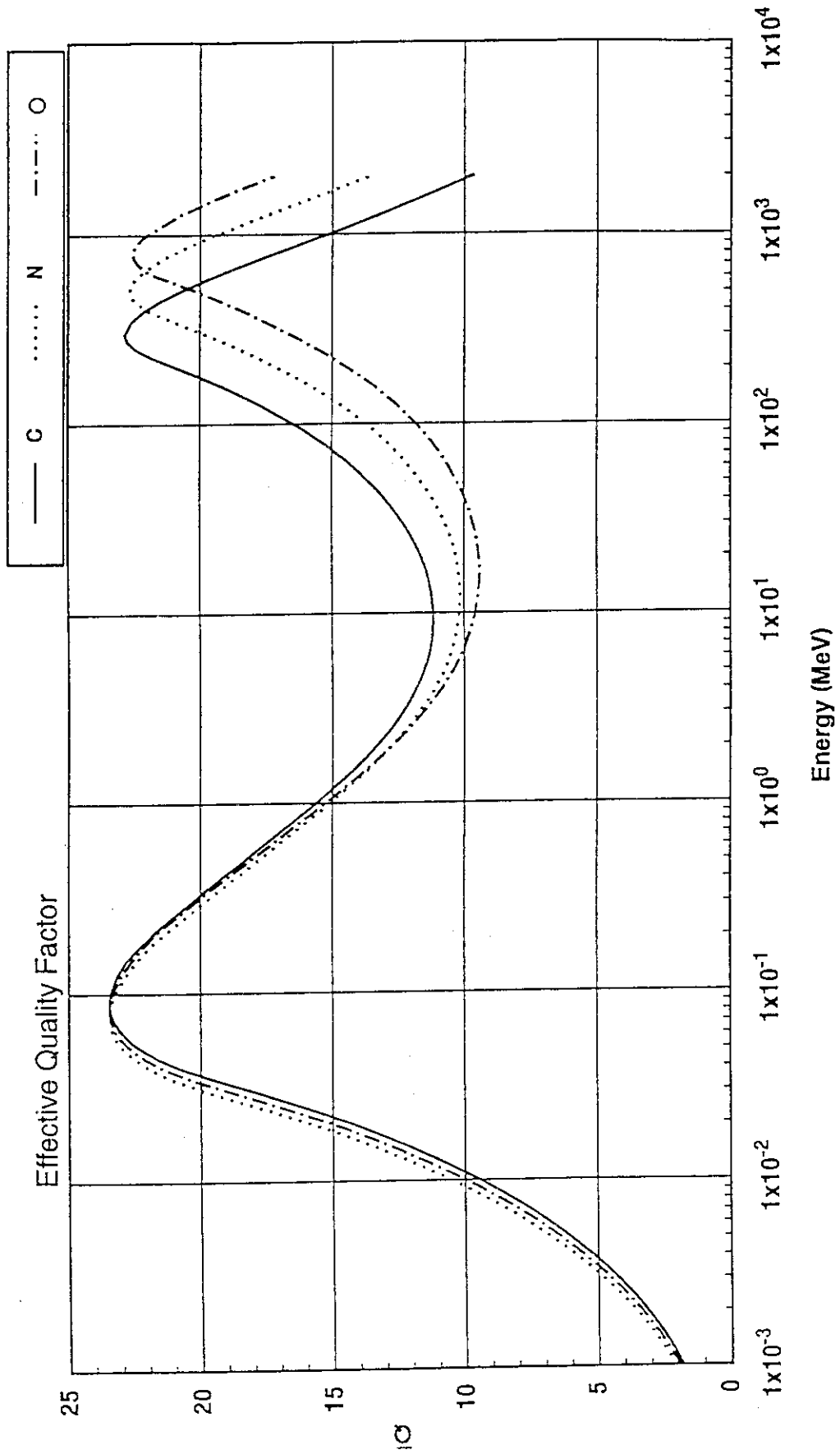


Fig. 5.17 Effective quality factors for low-mass heavy ions

6. 人体数学ファントム

等価線量（組織線量当量）を計算するためには、人体の各組織（器官）の形状を数式で表示することが必要である。本研究ではMIRD-5ファントム²⁰⁾に基づいて山口ら²¹⁾によって作成された人体数学ファントムにLewisらの論文²²⁾に基づいて、次の2点すなわち食道モデルの追加と胃モデルの修正を行った。

(1) 食道モデルの追加

食道モデルは胸部および腹部に分けられ、以下の不等式群で表わされる。

(i) 胸部

$$\left. \begin{aligned} x^2 + (y-1.7)^2 &\leq (0.7)^2 \\ \text{かつ } x^2 + (y-1.7)^2 &\geq (0.3)^2 \\ \text{但し } 44 \leq z &\leq 70 \end{aligned} \right\} \text{----- (6.1)}$$

$$x^2 + (y-1.7)^2 < (0.3)^2 \text{----- (6.2)}$$

の領域はボイドである。

(ii) 腹部

$$\left. \begin{aligned} z &= 0.7980x - 0.5686(y-1.7) - 0.1995(z-44) \\ y &= 0.5803x + 0.8144(y-1.7) \\ z &= 0.1625x - 0.1158(y-1.7) + 0.9799(z-44) \end{aligned} \right\} \text{----- (6.3)}$$

$$y^2 + z^2 \leq (0.7)^2 \text{----- (6.4)}$$

$$\text{但し } 0 \leq x \leq 10$$

(2) 胃モデルの修正

胃モデルは回転楕円体で表わされ、MIRD-5ファントムは胃モデルの主軸がz軸と平行であるが、Lewisはこれを解剖学的知見に基づき以下のように回転させた。

$$\left[\frac{x}{4} \right]^2 + \left[\frac{y+4}{3} \right]^2 + \left[\frac{z}{8} \right]^2 \leq 1 \text{----- (6.5)}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{但し, } X &= 0.866(x-4) - 0.5(z-36) \\ Z &= 0.5(x-4) + 0.866(z-36) \end{aligned} \right\} \text{----- (6.6)}$$

以上の修正を加えた数学ファントムのCG表示で表現し、山口の²¹⁾基本ボディ追加を参考にして改良したPICTUREコード²³⁾を用いて断面図を作成した。PICTUREコードの入出力を付録に示す。

人体数学ファントムの元素組成をTable 6.1に示す。ここではMIRD-5²⁰⁾ファントム、Christy²⁴⁾ファントム及び放医研で使用している²⁵⁾ファントムの3種類の人体数学ファントム元素を比較した。MIRD-5とChristyのファントムは、人体を3つの組成すなわち軟組織、肺組織、骨組織(無機質骨と骨髄、骨表面組織の混合物)から成るが、放医研で使用しているファントムは軟組織か甲状腺が分離している。そして3種類の間では各組織とも密度および元素組成比が微妙に異なっている。

Table 6.1 Elemental Compositions of tissues in the three kinds of human body phantoms (1)

Soft tissue (単位 $\times 10^{24}$ atoms/cm³)

	MIRD-5	ORNL/TM-8381 V1	放医研 (甲状腺を除く)
H	6.172-2 *	1.08-1	1.042-1
C	1.139-2	1.96-2	1.916-2
N	9.927-4	1.85-3	1.670-3
O	2.348-2	4.13-2	3.325-2
F	—	—	—
Na	3.361-5	5.07-5	5.655-5
Mg	3.668-6	5.6-6	6.170-6
Si	—	1.1-5	—
P	4.606-5	4.50-5	7.749-5
S	4.077-5	6.62-5	6.860-5
Cl	2.347-5	3.90-5	3.949-5
K	3.192-5	5.53-5	5.371-5
Ca	—	6.2-6	—
Fe	6.704-7	9.-7	1.128-6
Zn	2.908-7	5.-7	4.894-7
Rb	3.963-8	1.-7	6.669-8
Sr	2.306-9	—	3.880-9
Zr	5.212-8	1.-7	8.770-8
Pb	4.589-10	—	7.722-10

密度 : $\rho = 0.9869$ $\rho = 1.04$ $\rho = 0.9001$

* 6.172-2 = 6.172×10^{-2}

Table 6.2 Elemental Compositions of tissues in the three kinds of human body phantoms (2)

Skeletal tissue		(単位×10 ²⁴ atoms/cm ³)	
	MIRD-5	ORNL/TM-8381 V1	放医研
H	6.178-2	1.02-1	1.052-1
C	1.678-2	2.97-2	2.848-2
N	2.433-3	3.05-3	4.147-3
O	2.684-2	4.19-2	4.550-2
F	—	1.8-5	—
Na	1.231-4	1.99-4	2.088-4
Mg	4.001-5	6.45-5	6.787-5
Si	—	1.-6	—
P	1.981-3	2.30-3	3.358-3
S	4.687-5	7.55-5	7.951-5
Cl	3.491-5	5.65-5	5.924-5
K	3.392-5	5.48-5	5.754-5
Ca	2.186-3	3.56-3	3.718-3
Fe	1.267-6	2.-6	2.149-6
Zn	6.490-7	1.-6	1.101-6
Rb	—	3.-7	—
Sr	3.229-7	5.-7	5.478-7
Zr	—	—	—
Pb	4.694-8	7.-8	7.963-8

密度 : $\rho=1.4682$ $\rho=1.4$ $\rho=1.5007$

Table 6.3 Elemental Compositions of tissues in the three kinds of human body phantoms (3)

Lung tissue (単位 atoms/cm³)

	MIRD-5	ORNL/TM-8381 V1	放医研
H	1.804-2	2.98-2	1.296-1
C	1.485-3	2.52-3	2.498-2
N	3.561-4	6.06-4	5.996-4
O	8.487-3	1.40-2	1.425-2
F	—	—	—
Na	1.472-5	2.37-5	2.479-5
Mg	5.423-7	9.-7	9.132-7
Si	—	6.-7	—
P	4.658-6	8.-6	7.846-6
S	1.278-5	2.08-5	2.152-5
Cl	1.357-5	2.22-5	2.285-5
K	9.112-6	1.47-5	1.535-5
Ca	3.112-7	7.-7	5.240-7
Fe	1.180-6	2.-6	1.987-6
Zn	2.997-8	5.-8	5.047-8
Rb	7.708-9	3.-8	1.299-8
Sr	1.199-10	—	2.020-10
Zr	—	—	—
Pb	3.525-10	—	5.936-10

密度 : $\rho = 0.2958$ $\rho = 0.296$ $\rho = 0.3001$

Table 6.4 Elemental Compositions of tissues in the three kinds of human body phantoms (4)

Tyroid (単位 atoms/cm³)

	MIRD-5	ORNL/TM-8381 V1	放医研
H	—	—	1.042-1
C	—	—	1.915-2
N	—	—	1.670-3
O	—	—	3.950-2
F	—	—	—
Na	—	—	5.655-5
Mg	—	—	6.170-6
Si	—	—	—
P	—	—	7.749-5
S	—	—	6.860-5
Cl	—	—	3.949-5
K	—	—	5.371-5
Ca	—	—	—
Fe	—	—	1.128-6
Zn	—	—	4.894-7
Rb	—	—	6.669-8
Sr	—	—	3.880-9
Zr	—	—	8.770-8
Pb	—	—	7.722-10
I	—	—	1.340-11

密度 :

 $\rho = 1.0001$

7. 吸収線量及び等価線量評価用モンテカルロコード

7.1 HERMESコードシステム

7.1.1 HERMESコードシステムの概要

HERMES (High Energy Radiation Monte Carlo Elaborate System) コードシステムは、放射線の輸送および相互作用のシュミレーションを行うために様々な物理過程に対応するいくつかの3次元モンテカルロコードから構成されるコードシステムである。

HERMESコードシステムの構成をFig. 7.1 に示す。

HERMESコードシステムでは、高エネルギー(数GeV)から熱エネルギー(eV以下)にわたる広いエネルギー範囲の粒子の挙動を解析することができる。HERMESコードシステムでは以下の粒子を入射粒子として取り扱うことができる。

$$p, n, \pi^+, \pi^-, \mu^+ \mu^-, e^+ e^-, \text{photon, low-mass heavy ions}(A \leq 20)$$

7.1.2 HERMESコードシステムでの放射線の扱い

入射する放射線のHERMESコードシステム中での取扱を以下に示す。

放射線	エネルギー範囲	モンテカルロコード
陽子(p)	$\leq 20 \text{ GeV}$	HETC-KFA2 ²⁶⁾
中性子(n)	$\leq 20 \text{ GeV}$	HETC-KFA2
	$\leq 15 \text{ MeV}$	MORSE-CG
π ±中間子	$\leq 2.5 \text{ GeV}$	HETC-KFA2
μ ±中間子	$\leq 2.5 \text{ GeV}$	HETC-KFA2
重イオン ($A \leq 20$)	1.0 GeV	HETC-KFA2
光子(photon)	数10 keV～数TeV	EGS-4 ²⁷⁾
電子(e ⁻), 陽電子(e ⁺)	数keV～数TeV	EGS-4

7.2 HETCとEGS-4を用いた沈着エネルギーの評価

ここでは7.2.1でHETC-KFA2コードを用いた陽子, 中間子, 重イオン($A \leq 20$)の沈着エネルギーの評価方法を示し, 7.2.2でEGS-4を用いた光子および電子, 陽電子の沈着エネルギーの評価方法を示す。これらの計算コードは沈着エネルギー (deposition energy) を評価する機能があるため, この機能を用いることにより吸収線量を評価することが可能である。

7.2.1 HETC-KFA 2でのエネルギー沈着の評価方法

HETC-KFA 2には、ターゲットとなる体系の指定された領域ごとに、荷電粒子による沈着エネルギーを算出する機能がある。エネルギーが体系に沈着される過程として、以下の2種類が考慮されている。

- (1) 核反応が起こった時点でのエネルギー沈着
- (2) 核外輸送中のエネルギー沈着

7.2.1.1 核反応が起こった時点でのエネルギー沈着

核反応が起こった時点でのエネルギー沈着では、蒸発反応により発生する荷電粒子や反跳核の運動エネルギーの反応が起こった場所に沈着する。

- (1) 重イオン（反跳核を含む）

重イオン及び反跳核の飛程は無視しうるほど小さいと考えられる。従って、蒸発過程で生成されるd, t, He-3, α 及び反跳核のエネルギーは全て反応が起こった位置に沈着される。重イオンによる沈着エネルギーは次式で表せる。

$$E_{dprt} = E_{prt} \cdot WT_{prt} \quad \text{-----} (7.1)$$

ここで、

prt	: 粒子の種類(d, t, He-3, α , 反跳核)
$E_{dprt}(\text{MeV})$: 粒子prtの沈着エネルギー
$E_{prt}(\text{MeV})$: 粒子prtの運動エネルギー
WT_{prt}	: 粒子prtの重み

である。

- (2) カットオフエネルギー以下の粒子

核反応により粒子のエネルギーがカットオフエネルギー以下になった場合および生成される粒子のエネルギーがカットオフ以下の場合、沈着エネルギーは以下ようになる。

$$\cdot \text{陽子} : E_{dp} = E_p \cdot WT_p \quad \text{-----} (7.2)$$

$$\cdot \text{中性子} : E_{dn} = E_n \cdot WT_n \quad \text{-----} (7.3)$$

但し、中性子の沈着エネルギーは、全沈着エネルギーには加えない。

$$\cdot \pi^- \text{中間子} : E_{d\pi^-} = (E_{\pi^-} - 1.0) \cdot WT_{\pi^-} \quad \text{-----} (7.4)$$

ここで、1.0(MeV)は結合エネルギー

$$\cdot \pi^+ \text{中間子} : E_{d\pi^+} = E_{\pi^+} \cdot WT_{\pi^+} \quad \text{-----} (7.4)$$

$$\cdot \mu^+ \text{中間子} : E d \mu^+ = \frac{E \mu^+ + 106.0}{106.0} \cdot 33.328 \cdot WT \mu^+ \dots\dots\dots (7.6)$$

$$\cdot \mu^- \text{中間子} : E d \mu^- = \left[\frac{E \mu^- + 106.0}{106.0} \cdot 33.328 - 0.511 \right] \cdot WT \mu^- \dots (7.7)$$

7.2.1.2 核外輸送中のエネルギー沈着

(1) 電離エネルギー損失

荷電粒子の核外輸送中には、媒質中での電離エネルギー損失を沈着エネルギーとする。沈着エネルギーは次式で表される。

$$E d_{prt} = (E_1 - E_2) \cdot WT_{prt} \dots\dots\dots (7.8)$$

ここで、

- prt : 陽子, π^\pm 中間子, μ^\pm 中間子
- E_1 (MeV) : 飛行開始時の粒子prtのエネルギー
- E_2 (MeV) : 飛行終了時の粒子prtのエネルギー
- WT_{prt} : 粒子prtの重み

である。

(2) 弾性散乱

HETC-KFA2では、陽子と中性子の弾性散乱を考慮することができる。弾性散乱による反跳核のエネルギーは、散乱が起こった位置に沈着される。ただし、標的が水素原子の場合には、カスケード、蒸発模型は使われずアイソバーモデルが用いられている。

7.2.1.3 吸収線量評価上の問題点

HETC-KFA2で計算されるエネルギー沈着を吸収線量評価に適用する場合、以下の点が問題となる。

高エネルギーの非荷電粒子により軽い核が反跳された場合、反跳核の運動エネルギーは反応が起こった位置に沈着されてしまい、その後の過程は追跡されない。

7.2.2 EGS-4のエネルギー沈着計算方法

HERMESシステムでは、以下の粒子のエネルギー沈着は電磁カスケードコードEGS-4²⁷⁾で計算する。

- (1) 電子
- (2) 陽電子
- (3) 光子
- (4) π^0 中間子

このうち、 π^0 中間子は即座に電子および陽電子に崩壊するものとしてEGS-4では取扱う。また、光子については、コンプトン散乱、電子対生成および光電効果により生成される電子・陽電子の輸送を追うことにより、エネルギー沈着を計算する。従って、EGS-4で計算されるエネルギー沈着量は、電子または陽電子によるものである。ここでは、EGS-4の電子・陽電子のエネルギー沈着計算方法について述べる。

EGS-4で考慮する電子・陽電子と物質の相互作用は以下の通りである。

- (1) 制動放射
- (2) Møller ($e^- e^-$) 散乱
- (3) Bhabha ($e^- e^+$) 散乱
- (4) 原子核との多重散乱

(1)~(3)の反応で生じたカットオフエネルギー以上の粒子(制動放射の場合はX線、Møller散乱の場合は δ 線)は、独立の粒子としてその輸送過程がシュミレートされる。カットオフエネルギー以下の粒子については、入射粒子の連続的なエネルギー損失として、BergerとSeltzerにより提唱された²⁸⁾“restricted stopping power”の考え方により取り扱われる。電子または陽電子の輸送の途中で多数の原子核との弾性衝突による散乱(多重散乱)は、電子のエネルギー損失に与える影響は小さいが、粒子の進行方向の変化に大きな影響を与えるため、Moliereの多重散乱近似を用いて取り扱われる。

EGS-4コード中でのエネルギー沈着は、以下の2通りの方法で計算される。

- (1) カットオフエネルギー以上の電子および陽電子のエネルギー沈着

カットオフエネルギー以上のエネルギーをもつ電子および陽電子の媒質中でのエネルギー沈着は、restricted stopping powerの考え方で扱われる。この考え方はカットオフエネルギー以下の δ 線及び制動放射線については、もとの粒子による物質中の原子の励起およびイオン化によるエネルギー損失と同様に、もとの粒子のエネルギー損失に含めて媒質中にエネルギー沈着するという考え方である。エネルギー損失の式はBethe-Bloch²⁹⁻³¹⁾の式に基づいている。

(2) カットオフエネルギー以下の電子, 陽電子, 光子の取扱い

これらの粒子はカットオフエネルギー以下になった点で媒質中にエネルギーを沈着する。

7.3 HETCおよびEGS-4を用いた吸収線量および等価線量の評価

7.2 でHETCとEGS-4を用いて指定された領域に沈着したエネルギーを評価する方法を示した。組織Tへの沈着エネルギー ϵ をその組織の質量mで割れば式(7.9)に示す通り吸収線量Dが求まる。

$$D = \epsilon / m \quad \text{.....(7.9)}$$

なお, 等価線量の評価方法については以下の方法を用いる。

(1) 電子, 陽電子の場合

実効的な線質係数 \bar{Q} が常に1なので, 吸収線量をそのまま等価線量として用いる。

(2) π^\pm 中間子, μ^\pm 中間子, 陽子および重イオンの場合

(a) 核外輸送中でのエネルギー沈着によるもの

$$H_T = \{ \bar{Q}_{prt}(E_1) \cdot E_1 - \bar{Q}_{prt}(E_2) \cdot E_2 \} \cdot W_{T,prt} / m \quad \text{.....(7.10)}$$

ここで,

- prt : 陽子, π^\pm 中間子, μ^\pm 中間子
- E_1 (MeV) : 飛行開始時の粒子prtのエネルギー
- E_2 (MeV) : 飛行終了時の粒子prtのエネルギー
- $\bar{Q}_{prt}(E)$: エネルギーEの粒子prtの実効的な線質係数
- m : 組織Tの質量

対象とする組織Tに粒子prtが飛び込んだとき, 又は核反応および核との弾性散乱で組織T中で粒子prtが発生したときを飛行開始時として, その粒子が次の核反応, 核との弾性散乱または組織Tから抜けだしたときを飛行終了時として式(7.10)を用いて入射および発生する粒子prtについてすべて合計する。

(a) 核反応, 核との弾性散乱およびエネルギーカットオフによるもの

式(7.1) ~ (7.7) 等で評価される沈着エネルギーを ϵ とすると, 式(7.11)に従って計算する。

$$H_T = \bar{Q}_{prt}(E) \cdot \epsilon / m \quad \text{.....(7.11)}$$

ここで、

$\bar{Q}_{prt}(E)$: エネルギー E の荷電粒子 prt の実効的な線質係数

ϵ : 沈着エネルギー

m : 組織 T の質量

この場合はすべて粒子 prt は媒質中を飛行せず、発生したその場所でエネルギーをすべて沈着する。核との弾性散乱の場合は、散乱された核を反跳核として扱い、その場にエネルギーを沈着するとして取扱う。

従って、対象とする組織 T 中での荷電粒子に関する式 (7.9), (7.10) 及び (7.11) の合計値が等価線量となる。なお、中性子および光子のような非荷電粒子が入射した場合は、それらが媒体中の原子核または電子と作用して荷電粒子を発生してから、上記の方法でそれらを追跡して等価線量を評価する。

7.4 低エネルギー (15MeV 以下) 中性子の等価線量の評価

HERMES コードシステムでは、³⁾ 中性子と人体の組織との相互作用の評価は、エネルギーの高い領域 (ここでは15MeV以上) は HETC コードを用いて行うが、中性子核反応データライブラリーが整備されている15MeV以下は、MORSE-CGを用いて行う。⁴⁾ 通常、15MeV以下では人体組織と中性子の相互作用は荷電粒子また光子を放出する吸収反応か、又は弾性もしくは非弾性散乱であり、核破砕のような反応は生じない。このエネルギー領域では HERMES コードシステム中の MORSE-CG を用いて式 (7.12) に示す方法で組織 T の等価線量 H_T を評価できる。

$$H_T = W_R(E) \cdot \sum_i \phi_T(E_i) \cdot K_T(E_i) \quad \dots\dots\dots (7.12)$$

$W_R(E)$: 中性子の放射線荷重係数

$\phi_T(E_i)$: 組織 T の平均中性子フルエンス

$K_T(E_i)$: 組織 T のカーマ係数

E_i : 中性子エネルギー (i はエネルギー群番号を示す)

W_R は ICRP60 の値を使用し、 $\phi_T(E_i)$ は MORSE-CG の volume flux detector を用いて評価する。カーマ係数 $K_T(E_i)$ は文献 32 に従って作成する値を用いる。15MeV 以下の中性子エネルギー群構造は DLC-37³⁾ に従うものとする。その群構造を Table 7.1 に示す。

Table 7.1 Neutron group structure of DLC-37

Group	Energy Range (eV)		Group	Energy Range (eV)	
1	1.4918E 07*	1.3499E 07	51	8.6517E 04	6.7380E 04
2	1.3499E 07	1.2214E 07	52	6.7380E 04	5.2475E 04
3	1.2214E 07	1.1052E 07	53	5.2475E 04	4.0868E 04
4	1.1052E 07	1.0000E 07	54	4.0868E 04	3.1828E 04
5	1.0000E 07	9.0484E 06	55	3.1828E 04	2.4788E 04
6	9.0484E 06	8.1873E 06	56	2.4788E 04	1.9305E 04
7	8.1873E 06	7.4082E 06	57	1.9305E 04	1.5034E 04
8	7.4082E 06	6.7032E 06	58	1.5034E 04	1.1709E 04
9	6.7032E 06	6.0653E 06	59	1.1709E 04	9.1188E 03
10	6.0653E 06	5.4881E 06	60	9.1188E 03	7.1018E 03
11	5.4881E 06	4.9659E 06	61	7.1018E 03	5.5309E 03
12	4.9659E 06	4.4933E 06	62	5.5309E 03	4.3074E 03
13	4.4933E 06	4.0657E 06	63	4.3074E 03	3.3546E 03
14	4.0657E 06	3.6788E 06	64	3.3546E 03	2.6126E 03
15	3.6788E 06	3.3287E 06	65	2.6126E 03	2.0347E 03
16	3.3287E 06	3.0119E 06	66	2.0347E 03	1.5846E 03
17	3.0119E 06	2.7253E 06	67	1.5846E 03	1.2341E 03
18	2.7253E 06	2.4660E 06	68	1.2341E 03	9.6112E 02
19	2.4660E 06	2.2313E 06	69	9.6112E 02	7.4852E 02
20	2.2313E 06	2.0190E 06	70	7.4852E 02	5.8295E 02
21	2.0190E 06	1.8268E 06	71	5.8295E 02	4.5400E 02
22	1.8268E 06	1.6530E 06	72	4.5400E 02	3.5358E 02
23	1.6530E 06	1.4957E 06	73	3.5358E 02	2.7537E 02
24	1.4957E 06	1.3534E 06	74	2.7537E 02	2.1445E 02
25	1.3534E 06	1.2246E 06	75	2.1445E 02	1.6702E 02
26	1.2246E 06	1.1080E 06	76	1.6702E 02	1.3007E 02
27	1.1080E 06	1.0026E 06	77	1.3007E 02	1.0130E 02
28	1.0026E 06	9.0718E 05	78	1.0130E 02	7.8893E 01
29	9.0718E 05	8.2085E 05	79	7.8893E 01	6.1442E 01
30	8.2085E 05	7.4274E 05	80	6.1442E 01	4.7851E 01
31	7.4274E 05	6.7206E 05	81	4.7851E 01	3.7267E 01
32	6.7206E 05	6.0810E 05	82	3.7267E 01	2.0923E 01
33	6.0810E 05	5.5023E 05	83	2.9023E 01	2.2603E 01
34	5.5023E 05	4.9787E 05	84	2.2603E 01	1.7604E 01
35	4.9787E 05	4.5049E 05	85	1.7604E 01	1.3710E 01
36	4.5049E 05	4.0762E 05	86	1.3710E 01	1.0677E 01
37	4.0762E 05	3.6883E 05	87	1.0677E 01	8.3153E 00
38	3.6883E 05	3.3373E 05	88	8.3153E 00	6.4760E 00
39	3.3373E 05	3.0197E 05	89	6.4760E 00	5.0435E 00
40	3.0197E 05	2.7324E 05	90	5.0435E 00	3.9279E 00
41	2.7324E 05	2.4724E 05	91	3.9279E 00	3.0590E 00
42	2.4724E 05	2.2371E 05	92	3.0590E 00	2.3824E 00
43	2.2371E 05	2.0242E 05	93	2.3824E 00	1.8554E 00
44	2.0242E 05	1.8316E 05	94	1.8554E 00	1.4450E 00
45	1.8316E 05	1.6573E 05	95	1.4450E 00	1.1254E 00
46	1.6473E 05	1.4996E 05	96	1.1254E 00	8.7644E 00
47	1.4996E 05	1.3569E 05	97	8.7644E 01	6.8257E 01
48	1.3569E 05	1.2277E 05	98	6.8257E 01	5.3159E 01
49	1.2277E 05	1.1109E 05	99	5.3159E 01	4.1400E 01
50	1.1109E 05	8.6517E 04	100	4.1400E 01	1.0000E 04

* 1.4918E 07 = 1.4918×10^7

ここではカーマ係数と中性子との放射線荷重係数を用いて等価線量を評価する方法を示したが、HETCに適用した方法との首尾一環性を考えれば、次のような方法も考えられる。即ちカーマ係数を計算する際に荷電粒子の発生を評価するが、発生した荷電粒子のエネルギーにそれに対応する本研究で得られた \bar{Q} で重みを付け行えば、中性子束から等価線量を評価できる換算係数が算出される。これを用いれば W_R (放射性荷重係数) ではなく、本研究で求めたその組織の位置における \bar{Q} を用いて15MeV以下の中性子による等価線量が評価できる。

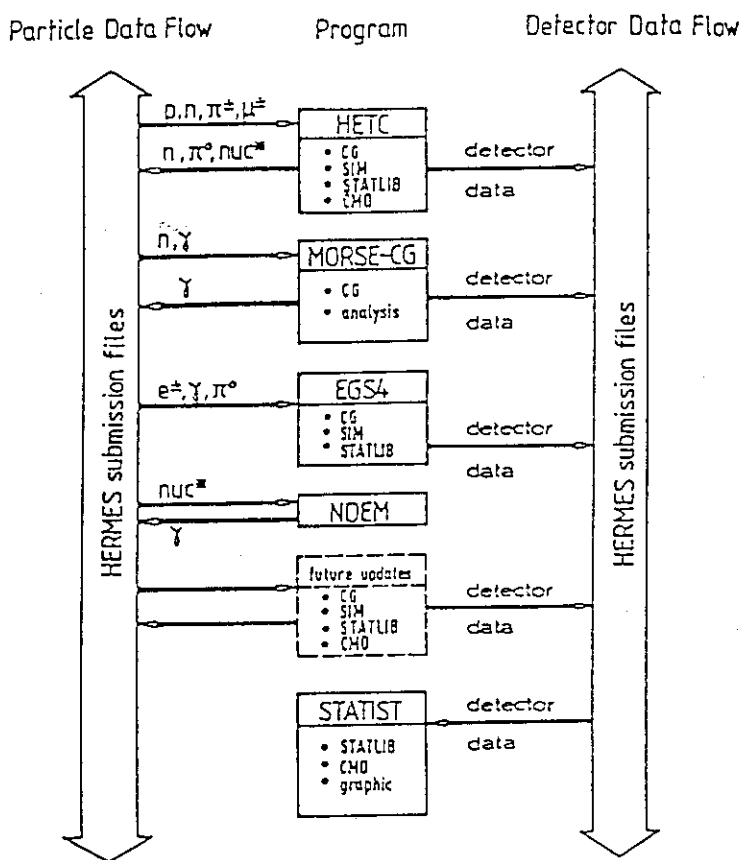


Fig. 7.1 Organization of the HERMES code system.

8. ま と め

本研究では、高エネルギー放射線が人体に入射したときの等価線量および実効線量の評価方法について検討を行い、必要な基礎データの整備を行った。具体的に行ったことは以下に示す通りである。

- (1) 高エネルギーから低エネルギーまでの放射線の挙動を取り扱うことができる計算コードシステムHERMESに実効的な線質係数 \bar{Q} を組み込むことにより、人体の各組織の等価線量と実効線量を評価する方法を検討した。この方法を用いることにより、評価が可能であることがわかった。
- (2) HERMESコードシステムに組み込むために、各荷電粒子の \bar{Q} を算出した。 \bar{Q} の算出にはICRP60の定義に従い、種々の最新のデータベースを用いた。
- (3) HERMESコードシステム中の高エネルギーの中性子、陽子、中間子、重イオン等を扱うHETCコードには、ICRP60に従って算定した \bar{Q} を組み込む方法を検討した。なお、高エネルギーから低エネルギーまでの電子、陽電子について取扱うEGS-4コードは、これらの荷電粒子の \bar{Q} が全エネルギーにわたって1であることがわかったので、吸収線量をそのまま等価線量として扱えることがわかった。
- (4) 15MeV以下の中性子の挙動を扱うMORSE-CGでは、カーマ係数と放射線荷重係数から、等価線量を評価する方法を検討した。

謝 辞

人体数学ファントムモデルの作成に際し、基本モデルを提供して頂いた山口恭弘氏に感謝致します。

8. ま と め

本研究では、高エネルギー放射線が人体に入射したときの等価線量および実効線量の評価方法について検討を行い、必要な基礎データの整備を行った。具体的に行ったことは以下に示す通りである。

- (1) 高エネルギーから低エネルギーまでの放射線の挙動を取り扱うことができる計算コードシステムHERMESに実効的な線質係数 Q を組み込むことにより、人体の各組織の等価線量と実効線量を評価する方法を検討した。この方法を用いることにより、評価が可能であることがわかった。
- (2) HERMESコードシステムに組み込むために、各荷電粒子の Q を算出した。 Q の算出にはICRP60の定義に従い、種々の最新のデータベースを用いた。
- (3) HERMESコードシステム中の高エネルギーの中性子、陽子、中間子、重イオン等を扱うHETCコードには、ICRP60に従って算定した Q を組み込む方法を検討した。なお、高エネルギーから低エネルギーまでの電子、陽電子について取扱うEGS-4コードは、これらの荷電粒子の Q が全エネルギーにわたって1であることがわかったので、吸収線量をそのまま等価線量として扱えることがわかった。
- (4) 15MeV以下の中性子の挙動を扱うMORSE-CGでは、カーマ係数と放射線荷重係数から、等価線量を評価する方法を検討した。

謝 辞

人体数学ファントムモデルの作成に際し、基本モデルを提供して頂いた山口恭弘氏に感謝致します。

参考文献

- 1) ICRP Publication 51. Data for Use in Protection Against External Radiation. Annals of the ICRP 17(2/3) (1987).
- 2) ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP 21(1-3) (1991).
- 3) P. Cloth, D. Filges, R. D. Neef, G. Sterzenbach, Ch Reul, T. W. Armstrong, B. L. Colborn, E. Anders, and H. Bruckmann. HERMES A Monte Carlo Program System for Beam-Materials Interaction Studies, Jul-2203 May (1988)
- 4) M. B. Emmett, THE MORSE MONTE CARLO RADIATION TRANSPORT CODE SYSTEM, ORNL-4972 (1975)
- 5) ICRP Publication 26. Recommendations of the ICRP Annals of the ICRP 1 (3) (1977). Reprinted (with additions) in 1987. Superseded by ICRP Publication 60.
- 6) ICRU Report 19. Radiation Quantities and Units (International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, D. C., 1971).
- 7) Statement from the 1978 Stockholm Meeting of the ICRP. Annals of ICRP 2 (1) (1978).
- 8) Report of the RBE Committee of the International Commission on Radiological Protection and on Radiological Units and Measurements. Health Phys. 9, pp357-384 (1963).
- 9) ICRU Report 39. Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Source (1985).
- 10) J. F. Janni, PROTON RANGE-ENERGY TABLES, 1keV-10GeV Part.1 For 63 Compounds, ATOMIC DATA AND NUCLEAR DATA TABLES 27 pp147-339 (1982)
- 11) ICRU Report 37. Stopping Powers for Electrons and Positrons (1984).
- 12) J. F. Ziegler, J. P. Biersack and U. Littmark. THE STOPPING AND RANGE OF IONS IN SOLIDS, Volume 1 of the Stopping and Ranges of Ions in Matter, Pergamon Press (1985)
- 13) ICRU Report 16. Linear Energy Transfer (1970).
- 14) ICRU Report 33. Radiation Quantities and Units (1980).
- 15) NCRP Report 108. Conceptual Basis for Calculations of Absorbed Dose Distributions (1991).
- 16) 田島英三, 白土鈔二: 放射線と物質との相互作用. 山崎文男 編集: 実験物理学講座 放射線 (共立山出版株式会社 1973)
- 17) H. H. Rossi: "MICROSCOPIC ENERGY DISTRIBUTION IN IRRADIATED MATTER", RADIATION DOSIMETRY Second Edition Vol.1 (edited by F. H. Attix and W. C. Roesch) (Academic Press 1968).
- 18) T. W. Armstrong and K. C. Chandler, ANALYSIS SUBROUTINES FOR NUCLEON-MESON TRANSPORT CODE NMTC, ORNL-4736 (1971)

- 19) J. F. Ziegler : HELIUM Stopping Powers and Ranges in All Elements, Volume 4 of the Stopping and Ranges of Ions in Matter, Pergamon Press (1977).
- 20) W. S. Snyder, M. R. Ford, and G. G. Warner : Estimates of specific absorbed fractions for photon sources uniformly distributed in various organs of heterogeneous phantom. NM/MIRD Pamphlet No5 (revised) J. Nucl. Med. 19. Supplement : 5-67 (1978).
- 21) Y. Ymaguchi, DEEP Code to Calculate Dose Equivalents in Human Phantom for External Photon Exposure by Monte Carlo, JAERI-M 90-235 (1990).
- 22) C. A. Lewis and R. E. Ellis, Additions to the Snyder Mathematical Phantom, Phys. Med. Biol. Vol. 24 No5 pp1019-1024 (1979)
- 23) M. B. Emmett "PICTURE : A Printer Plot Package for Making 2-D Pictures of MARS Geometries NUREG/CR-0200 Vol. 3 Section-M13 ORNL/NUREG/CSD-2/V3/R2 (1984)
- 24) M. Cristy and K. F. Eckerman : Specific Absorbed Fractions of Energy at Various Ages from Internal Photon Sources ORNL/TM-8381/V1-V7 (1987).
- 25) 本郷昭三(放射線医学総合研究所 環境衛生部)私信(1991).
- 26) P. Cloth, D. Filges, G. Sterzenbach, T. W. Armstrong, and B. L. Colbom, The KFA-Version of the High-Energy Transport Code HETC and the generalized Evaluation Code SIMPEL, Jul-Spez-196 Marz 1983 ISSN 0343-7639
- 27) W. R. Nelson, H. Hirayama, and W. O. Rogers : THE EGS-4 CODE SYSTEM, SLAC-265 (1985)
- 28) M. J. Berger and S. M. Seltzer, "Tables of Energy Losses and Ranges of Electrons and Positrons", National Aeronautics and Space Administration Report Number NASA-SP-3012 (1964); also National Academy of Sciences, National Research Council Publication 1133 (1964, Second Printing 1967).
- 29) H. A. Bethe, "Theory of Passage of Swift Corpuscular Rays Through Matter", Ann. Physik 5 (1930) 325.
- 30) H. A. Bethe, "Scattering of Electrons", Z. für Physik 76 (1932) 293.
- 31) F. Bloch, "Stopping Power of Atoms with Several Electrons", Z. für Physik 81 (1933) 363.
- 32) 真木絃一, 川崎弘光, 小迫和明, 関泰 : 核発熱定数KERMAライブラリーの作成
-核融合群定数セットFUSION- J3用核発熱ライブラリー, JAERI-M91-073 (1991)
- 33) W. E. Ford, III, R. T. Santro, R. W. Roussin, and D. M. Plaster, Modification Number One to the Coupled 100-21 γ Cross Section Library for EPR Calculations, ORNL/TM-5249 (1976)

付 録

人体数学ファントムを示すP I C T U R Eコードの入出力データ

34
 => B=...ILN=...LN=...IX=...II=...LR=...V>A
 HUMAN PHANTOM BASED ON MIRD MODEL (AUGUST 1989) (FOR MARS INPUT)

Q	0	1	140						
QUA	1	1.0	0.1	10.0	1.0	0.0	0.0		
		0.1	10.0	-80.0	0.0				
QUA	2	-1.0	0.1	10.0	1.0	0.0	0.0		
		0.1	10.0	-80.0	0.0				
REC	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.0		
		20.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0		
RPP	4	-8.0	8.0	-10.0	0.0	70.0	73.8		
REC	5	0.0	0.0	70.0	0.0	0.0	3.80		
		8.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0		
REC	6	0.0	0.0	70.0	0.0	0.0	16.85		
		8.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0		
GEL	7	0.0	0.0	86.85	8.0	0.0	0.0		
		0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	7.15		
SPH	8	0.	0.	0.	1.0E+3				
SPH	9	0.	0.	0.	2.0E+3				
TOR	10	3.0	0.0	8.72	5.72	1.57	1.57		
		2.0	90.0	180.0					
TOR	11	3.0	0.0	8.72	5.72	0.91	0.91		
		2.0	90.0	180.0					
TOR	12	3.0	0.0	0.0	3.0	1.37	1.57		
		2.0	270.0	360.0					
TOR	13	3.0	0.0	0.0	3.0	0.91	0.91		
		2.0	270.0	360.0					
QUA	14	0.5319149	-9.7471E-3	-4.55330	0.469483	7.6811E-2	-0.669813		
		0.0	1.0	8.72	24.0				
QUA	15	0.6329114	-1.1598E-2	-5.41785	0.746269	0.1220989	-1.064703		
		0.0	1.0	8.72	24.0				
RCC	16	-8.5	-2.36	14.45	0.0	0.0	9.55		
		1.7915							
RCC	17	-8.5	-2.36	14.45	0.0	0.0	9.55		
		2.5000							
REC	18	-10.5	-2.36	25.5	21.0	0.0	0.0		
		0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	1.5		
REC	19	-10.5	-2.36	25.5	21.0	0.0	0.0		
		0.0	1.973	0.0	0.0	0.0	0.973		
RPP	20	-11.3	11.3	-4.88	2.2	17.0	27.0		
GEL	21	4.0	-4.0	38.0	3.484	0.0	-2.0		
		0.0	3.0	0.0	4.0	0.0	3.464		
GEL	22	4.0	-4.0	38.0	2.933142	0.0	-1.8935		
		0.0	2.387	0.0	3.6935	0.0	4.397142		
GEL	23	0.0	0.0	86.85	8.6	0.0	0.0		
		0.0	8.6	0.0	0.0	0.0	5.75		
GEL	24	0.0	0.0	86.85	7.5	0.0	0.0		
		0.0	9.5	0.0	0.0	0.0	6.65		
GEL	25	0.0	0.0	37.0	15.0	0.0	0.0		
		0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	3.0		
RPP	26	0.0	15.0	-1.0	1.0	34.0	40.0		
RPP	27	3.0	15.0	-1.0	1.0	34.0	37.0		
TOR	28	0.0	11.1	68.25	20.0	0.7883	0.7883		
		3.0	221.91	281.91					
TOR	29	0.0	11.1	68.25	20.0	0.7883	0.7883		
		3.0	278.09	318.09					
GEL	30	3.5	5.0	38.0	0.9234	1.1820	0.0		
		-0.3940	0.3078	0.0	0.0	0.0	5.0		
BOX	31	2.9706	3.5102	38.0	1.8468	2.3640	0.0		
		-0.7880	0.6156	0.0	0.0	0.0	5.0		
GEL	32	-3.5	5.0	38.0	0.9234	-1.1820	0.0		
		0.3940	0.3078	0.0	0.0	0.0	5.0		
BOX	33	-4.8174	5.8742	38.0	1.8468	-2.3640	0.0		
		0.7880	0.6156	0.0	0.0	0.0	5.0		
TRC	34	-4.5	-3.2	30.0	2.150	1.672	7.522		
		2.12	0.3						
TRC	35	-4.5	-3.2	30.0	2.150	1.672	7.522		
		2.00	0.18						
SPH	36	-4.5	-3.2	30.0	2.12				
SPH	37	-4.5	-3.2	30.0	2.00				
BOX	38	-6.98633	-5.7162	29.0148	4.07676	0.0	-1.16515		
		-0.24337	4.1463	-0.8514	0.56964	0.44308	1.99344		
GEL	39	6.0	6.0	32.5	4.5	0.0	0.0		
		0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	5.3		
RPP	40	3.0	10.5	4.5	7.5	27.0	38.0		
GEL	41	-6.0	6.0	32.5	4.5	0.0	0.0		
		0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	5.3		
RPP	42	-10.5	-3.0	4.5	7.5	27.0	38.0		
GEL	43	11.0	3.0	37.0	3.5	0.0	0.0		
		0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	6.0		
GEL	44	0.0	-7.3	57.0	1.5	0.0	0.0		
		0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	4.0		
ELL	45	-3.553	-4.5	8.0	3.553	-4.5	8.0		
		9.916							
ELL	46	-3.445	-4.5	8.0	3.445	-4.5	8.0		
		9.412							
REC	47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.8		
		16.5	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0		
REC	48	0.0	0.0	35.1	0.0	0.0	1.4		
		17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0		
REC	49	0.0	0.0	37.9	0.0	0.0	1.4		
		17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0		
REC	50	0.0	0.0	40.7	0.0	0.0	1.4		
		17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0		
REC	51	0.0	0.0	43.5	0.0	0.0	1.4		
		17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0		
REC	52	0.0	0.0	46.3	0.0	0.0	1.4		
		17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0		
REC	53	0.0	0.0	49.1	0.0	0.0	1.4		
		17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0		
REC	54	0.0	0.0	51.9	0.0	0.0	1.4		
		17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0		
REC	55	0.0	0.0	54.7	0.0	0.0	1.4		
		17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0		
REC	56	0.0	0.0	57.5	0.0	0.0	1.4		
		17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0		
REC	57	0.0	0.0	60.3	0.0	0.0	1.4		
		17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0		

REC 54	0.0	0.0	63.1	0.0	0.0	1.4
	17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0
REC 59	0.0	0.0	65.9	0.0	0.0	1.4
	17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0
REC 60	0.0	0.0	27.0	0.0	0.0	16.0
	16.5	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0
ARB 61	-20.0	-8.0	27.0	-4.801	-8.0	27.0
	-19.245	8.0	27.0	-70.0	8.0	27.0
	-6.222	8.0	43.0	-20.0	8.0	43.0
	-20.0	-8.0	43.0	4.222	-8.0	43.0
	1234.0	4334.0	8587.0	7821.0	1447.0	2853.0
RCC 62	0.0	-3.0	0.0	0.0	0.0	27.0
	12.0					
RCC 63	0.0	-3.8	0.0	0.0	0.0	27.0
	11.3					
RPP 64	-12.0	12.0	-3.0	9.0	0.0	22.0
RPP 65	-11.5	11.5	5.0	9.0	0.0	14.0
REC 66	0.0	5.5	70.0	0.0	0.0	10.54
	0.0	2.5	0.0	2.0	0.0	0.0
REC 67	0.0	5.5	35.1	0.0	0.0	34.9
	0.0	2.5	0.0	2.0	0.0	0.0
REC 68	0.0	5.5	22.0	0.0	0.0	13.1
	0.0	2.5	0.0	2.0	0.0	0.0
REC 69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.8
	19.0	0.0	0.0	0.0	9.1	0.0
REC 70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.8
	17.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0
VED 71	13.1707	10.5366	50.9	4.8293	-4.0366	0.0
	-13.1707	-10.5366	0.0	0.0	0.0	16.4
VED 72	13.1707	10.5366	50.9	-4.8293	-4.0366	0.0
	13.1707	-10.5366	0.0	0.0	0.0	16.4
REC 73	0.0	0.0	74.0	0.0	0.0	10.721
	0.0	9.0	0.0	7.0	0.0	0.0
REC 74	0.0	0.0	74.0	0.0	0.0	10.721
	0.0	8.1	0.0	6.1	0.0	0.0
RPP 75	-8.0	8.0	-10.0	0.0	74.0	84.721
QUA 76	-1.0	-0.1002506	-10.0	1.0	0.0	0.0
	0.03132832	3.5	-79.8	0.0		
QUA 77	1.0	-0.1002506	-10.0	1.0	0.0	0.0
	0.03132832	3.5	-79.8	0.0		
QUA 78	0.7142857	0.0072464	-13.64285	0.3703703	0.0	0.0
	0.0072464	0.5	0.0	69.0		
QUA 79	-0.7142857	0.0072464	-13.64285	0.3703703	0.0	0.0
	0.0072464	0.5	0.0	69.0		
QUA 80	-1.0	-0.1002506	-10.0	1.0	0.0	0.0
	0.03132832	3.5	-11.17	0.0		
QUA 81	1.0	-0.1002506	-10.0	1.0	0.0	0.0
	0.03132832	3.5	-11.17	0.0		
QUA 82	-1.0	-0.1002506	-10.0	1.0	0.0	0.0
	0.03132832	3.5	-34.31	-11.17		
QUA 83	1.0	-0.1002506	-10.0	1.0	0.0	0.0
	0.03132832	3.5	-34.31	-11.17		
QUA 84	0.7142857	0.0072464	-13.64285	0.3703703	0.0	0.0
	0.0072464	0.5	51.73	69.0		
QUA 85	-0.7142857	0.0072464	-13.64285	0.3703703	0.0	0.0
	0.0072464	0.5	51.73	69.0		
QUA 86	0.7142857	0.0072464	-13.64285	0.3703703	0.0	0.0
	0.0072464	0.5	34.5	51.73		
QUA 87	-0.7142857	0.0072464	-13.64285	0.3703703	0.0	0.0
	0.0072464	0.5	34.5	51.73		
GEL 88	1.0	-1.8	50.0	3.80584	-4.06522	-4.87104
	-2.3200	1.6245	-4.1205	1.77816	2.53611	0.0
BOI 89	1.54184	-5.9604	54.1205	3.80584	-4.06522	-4.87104
	-4.6400	3.2490	-8.2410	3.55632	5.07222	0.0
GEL 90	1.0	-1.8	50.0	4.92823	-3.45071	-4.13472
	-1.71680	1.20213	-3.04917	1.02748	1.47258	0.0
GEL 91	1.0	-1.8	50.0	5.80584	-4.06522	-4.87104
	-2.3200	1.6245	-4.1205	4.01520	3.72670	0.0
BOI 92	-0.69520	-4.1512	54.1205	5.80584	-4.06522	-4.87104
	-4.6400	3.2490	-8.2410	4.01520	3.72670	0.0
GEL 93	1.0	-1.8	50.0	5.40080	-3.78160	-4.53120
	-2.04160	1.42956	-3.62604	3.67104	5.23584	0.0
GEL 94	1.0	-1.8	50.0	3.64354	-2.55258	-3.05856
	-2.32000	1.62450	-4.12050	1.77816	2.53611	0.0
BOI 95	-0.32554	-0.87192	57.179	3.64354	-2.55258	-3.05856
	-4.64000	3.24900	-8.24100	1.77816	2.53611	0.0
GEL 96	1.0	-1.8	50.0	3.44301	-2.41077	-2.88864
	-2.18080	1.52703	-3.87327	1.60608	2.29068	0.0
GEL 97	1.0	-1.8	50.0	3.64354	-2.55258	-3.05856
	-2.32000	1.62450	-4.12050	1.20456	1.71801	0.0
BOI 98	-4.34074	-4.59862	57.179	3.64354	-2.55258	-3.05856
	-4.64000	3.24900	-8.24100	4.01520	3.72670	0.0
GEL 99	1.0	-1.8	50.0	3.44301	-2.41077	-2.88864
	-2.18080	1.52703	-3.87327	1.03248	1.47258	0.0
GEL 100	1.0	-1.8	50.0	3.64354	-2.55258	-3.05856
	-2.32000	1.62450	-4.12050	4.01520	3.72670	0.0
GEL 101	1.0	-1.8	50.0	3.44301	-2.41077	-2.88864
	-2.18080	1.52703	-3.87327	3.84312	5.48127	0.0
GEL 102	-8.5	0.0	43.5	5.0	0.0	0.0
	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	24.0
RPP 103	-13.5	-3.5	-7.5	7.5	43.5	67.5
RPP 104	-5.4	0.0	-7.5	1.5	46.0	54.0
GEL 105	8.5	0.0	43.5	5.0	0.0	0.0
	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	24.0
RPP 106	3.5	13.5	-7.5	7.5	43.5	67.5
RPP 107	0.0	8.0	-7.5	1.0	43.5	55.0
QUA 108	1.0	0.1	10.0	1.0	0.0	0.0
	0.1	9.8	-79.8	0.0		
QUA 109	-1.0	0.1	10.0	1.0	0.0	0.0
	0.1	9.8	-79.8	0.0		
REC 110	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.0
	19.8	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0
REC 111	0.0	0.0	69.8	0.0	0.0	0.2
	19.8	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0
REC 112	0.0	0.0	69.8	0.0	0.0	0.2
	7.8	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0
RPP 113	-7.8	7.8	-9.8	0.0	70.0	74.0
REC 114	0.0	0.0	70.0	0.0	0.0	4.0

REC 113	7.8	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0
	0.0	0.0	70.0	0.0	0.0	16.85
	7.8	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0
GEL 116	0.0	0.0	86.85	7.8	0.0	0.0
	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	6.95
RPP 117	-8.0	8.0	-10.0	0.0	70.0	74.0
GEL 118	-1.0	-5.0	72.5	0.9745	0.0	0.0
	0.0	0.9745	0.0	0.0	0.0	2.5
GEL 119	1.0	-5.0	72.5	0.9745	0.0	0.0
	0.0	0.9745	0.0	0.0	0.0	2.5
GEL 120	6.0	0.0	15.0	1.0	0.0	0.0
	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	2.0
GEL 121	-6.0	0.0	15.0	1.0	0.0	0.0
	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	2.0
RPP 122	-6.416	6.416	-10.0	0.0	81.5	85.5
RPP 123	-4.208	-2.208	-10.0	0.0	82.5	84.5
RPP 124	2.208	4.208	-10.0	0.0	82.5	84.5
GEL 125	0.0	0.0	86.85	6.4	0.0	0.0
	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	5.35
GEL 126	0.0	-2.0	14.0	2.5	0.0	0.0
	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	1.5
RPP 127	-2.5	2.5	-4.5	3.0	12.5	15.5
GEL 128	1.3	-8.0	-2.3	1.3	0.0	0.0
	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	2.3
GEL 129	-1.3	-8.0	-2.3	1.3	0.0	0.0
	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	2.3
ARB 130	-9.52	-9.52	-4.8	9.52	-9.52	-4.8
	9.52	0.0	-4.8	-9.52	0.0	-4.8
	10.0	0.0	0.0	-10.0	0.0	0.0
	-10.0	-10.0	0.0	10.0	-10.0	0.0
	1234.0	4356.0	6587.0	7821.0	1467.0	2853.0
ARB 131	-9.52	-9.52	-4.8	9.52	-9.52	-4.8
	9.52	0.0	-4.8	-9.52	0.0	-4.8
	10.0	0.0	0.0	-10.0	0.0	0.0
	-10.0	-9.8	0.0	10.0	-9.80	0.0
	1234.0	4356.0	6587.0	7821.0	1467.0	2853.0
GEL 132	10.0	-8.86	52.0	4.86	0.0	0.0
	0.0	2.00	0.0	0.0	0.0	4.08
GEL 133	-10.0	-8.86	52.0	4.86	0.0	0.0
	0.0	2.00	0.0	0.0	0.0	4.08
GEL 134	10.0	-8.86	52.0	4.86	0.0	0.0
	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.86
GEL 135	-10.0	-8.86	52.0	4.86	0.0	0.0
	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.86
RCC 136	0.0	1.7	70.0	0.0	0.0	-28.0
	0.7					
RCC 137	0.0	1.7	70.0	0.0	0.0	-28.0
	0.3					
RCC 138	0.0	1.7	44.0	7.98	-5.686	-1.995
	0.7					

END

DES	OR +136	-137	OR +138	-137		
BRA	OR +125	OR -125	+23	-122		
AGR	+30	+31				
AGR	+32	+33				
GRL	OR +34	-35	OR +38	+36	-37	
GRL	OR +35	OR +38	+37			
UBL	+45	-46				
UBL	+46					
STO	+21	-22				
COL	OR +17	-16	OR +18	-19		
COL	OR +10	-11	OR +12	-13	OR +14	+15
COM	OR +16	OR +19				
	OR +13	OR +15				
	OR +22					
SPI	+67	+20	-10	-12	-14	-17
HER	OR +91	+82	-93	-88		
	-136	-138				
	OR +88	+89	-90			
	-136	-138				
	OR +95	+94	-96	-136	-138	OR +98
	-136	-138				+97
	OR +98	+100	-101	-97		
	-136	-138				
	OR +92	+92	-88	-136	-138	OR +90
	-136	-138				+89
	OR +95	+96	-136	-138	OR +98	+99
	-136	-138				-136
						-138
						OR +98
						+101
						-97
KID	+39	+40				
KID	+41	+42				
LIV	+61	+60				
LUN	+106	+105	-107			
LUN	+103	+102	-104			
SPL	+43					
PAN	+26	+25	-27			
TMS	+44					
JNY	OR +118	OR +119				
EYE	+6	-115	+124			
EYE	+6	-115	+123			
EYE	+6	-115	+122	-123	-124	
REY	+23	-125	+122			
SEL	+24	-23				
FSC	+75	+73	-74	-74		
SPI	+66	-24				
SPI	+67					
SPI	+68					
CLA	OR +29	OR +29				
SCA	OR +69	-70	+71	OR +69	-70	+72
ARM	+84					
ARM	+86					
ARM	+78	-84	-86			
ARM	+85					
ARM	+87					
ARM	+79	-85	-87			
LBO	+81					
LBO	+83					
LBO	+77	-81	-83			
LBO	+80					

```

LBO      +82
LBO      +76  -80  -82
PEL      +64  +62  +63  -65
RIB      OR +88  -47 OR +89  -47 OR +50  -47 OR +51  -47
          OR +52  -47 OR +53  -47 OR +54  -47 OR +55  -47
          OR +56  -47 OR +57  -47 OR +58  -47 OR +59  -47
HED      OR +115 -113  -24  -66  -75  -118  -119
          OR +115 -113  -24  -66  +75  -73  -118  -119
          OR +115 -113  -24  -66  +75  +74  -118  -119
          OR +115 +114 -118  -119
          OR +116  -24  -6  -6
TRK      OR +47  -10  -12  -26  -78  -79  -14
          -17  -18  -21  -28  -29  -31  -33
          -34  -38  -40  -42  -103 -104  -43  -44  -45
          -61  -62  -67  -68  -88  -92  -95  -98
          -134 -138
          OR +26  -25 OR +27
          OR +31  -30
          OR +33  -32
          OR +34  -34
          OR +40  -39  -61
          OR +42  -41  -61
          OR +70  -47  -30  -31  -28  -29  -48  -49  -50
          -51  -52  -53  -54  -55  -56  -57  -58  -59
          OR +47  +61  -60  -136 -138
          OR +47  +63  -20  -10  -12  -14  -17  -45
          -120 -121 -136 -138
          -127 OR +127 -126
          OR +47  +62  -63  -64  -65  -136 -138
          OR +47  +62  -63  +65  -136 -138
          OR +69  -70  -78  -79  -28  -29  -71  -72
          OR +110 -69  -78  -79  -28  -29 -111 OR +112 -67
          OR +47  +92  -91  -44  -61  -136 -138
          OR +47  +88  -89  -95  -98  -44  -61 +104
          -136 -138
          OR +47  +88  -89  -95  -98  -44  -61 -104 -102
          -134 -138
          OR +47  +95  -94  -44  -61
          -134 -138
          OR +98 -100 +104 -44  -61
          OR +98 -100 -102 -104 -44  -61
          OR +104 -88  -92  -95  -98
          OR +103 -102 -104 -67  -68  -88  -92  -95  -98
          +47
          -134 -138
          OR +107 -68  -92  -95  -98
          OR +106 -105 -107 -67  -68  -88  -92  -95  -98
          +47
          -134 -138
          OR +3  -110 +132 OR +3  -110 +133
          OR +131 -1  -2  -128 -129
LEG      OR +109 -77
          OR +108 -76
SKN      OR +7  -114  -6
          OR +6  +115  -4  -122 OR +4  +5  -114
          OR +6  -114  -4  +117
SKN      OR +3  -110 -111
          -132 -133
          OR +111 -112 -136
          OR +132 -134  -3 OR +133 -135  -3
          OR +130 -131  -1  -2
SKN      OR +1  -108 OR +2  -109
BRE      +134  -3
BRE      +135  -3
TES      +128
TES      +129
OVA      +120
OVA      +121
UTE      +126 +127
AIR      OR +8  -1  +2  -3  +6  -7
          -130
          -132 -133
          OR +4  -5
          OR +137
YAC
END
63=1.0
63=0
34 36 29 30 12 5 6 7 8 9 10 11 12 13 29
30 11 29 30 16 16 17 18 29 30 19 20 21 22
23 24 25 26 27 29 12 5 30 32 33 29 1 10
30 14 13 15 14 3 3 3 5 5 5 29 30 29
30 29 30 2 4 0
0
0 1 I-Z PLANE
-20.0 0.0 95.0 20.0 0.0 -80.0
0.0 0.0 -1.0 1.0 0.0 0.0
207 130
0 1 I-Y PLANE (STOMACH CENTER)
-20.0 -4.0 95.0 20.0 -4.0 -80.0
0.0 0.0 -1.0 1.0 0.0 0.0
207 130
0 1 I-Y PLANE (OES)
-20.0 1.7 95.0 20.0 1.7 -80.0
0.0 0.0 -1.0 1.0 0.0 0.0
207 130
0 1 Z =47.0
-20.0 -14.0 87.0 20.0 14.0 87.0
0.0 1.0 0.0 1.0 0.0 0.0
130
0 1 Z =83.5
-20.0 -14.0 83.5 20.0 14.0 83.5
0.0 1.0 0.0 1.0 0.0 0.0
130
0 1 Z =76.0
-20.0 -14.0 76.0 20.0 14.0 76.0
0.0 1.0 0.0 1.0 0.0 0.0
130

```

0	1	Z	-74.0					
-20.0			-14.0	74.0	20.0	14.0	74.0	
0.0			1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-72.0					
-20.0			-14.0	72.0	20.0	14.0	72.0	
0.0			1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-69.9					
20.0			-14.0	69.9	-20.0	14.0	69.9	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-68.25					
20.0			-14.0	68.25	-20.0	14.0	68.25	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-58.0					
20.0			-14.0	58.0	-20.0	14.0	58.0	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-52.0					
20.0			-14.0	52.0	-20.0	14.0	52.0	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-42.0					
20.0			-14.0	42.0	-20.0	14.0	42.0	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-40.0					
20.0			-14.0	40.0	-20.0	14.0	40.0	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-38.0					
20.0			-14.0	38.0	-20.0	14.0	38.0	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-30.0					
20.0			-14.0	30.0	-20.0	10.5	30.0	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-24.0					
20.0			-14.0	24.0	-20.0	10.5	24.0	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-20.0					
20.0			-14.0	20.0	-20.0	10.5	20.0	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-14.0					
20.0			-14.0	14.0	-20.0	14.0	14.0	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					
0	1	Z	-18.0					
20.0			-14.0	18.0	-20.0	14.0	18.0	
0.0			1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	
			130					

MUMAN PHANTOM BASED ON MIRO MODEL (AUGUST 1989) (FOR MARS I

IYOPT = 0 IDBG = 0

BODY DATA

QUA	1	0.1000000E+01	0.1000000E+00	0.1000000E+02	0.1000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA	2	0.1000000E+01	0.1000000E+00	0.1000000E+02	0.1000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
REC	3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.7000000E+02
RPP	4	0.0000000E+01	0.0000000E+01	0.1000000E+02	0.0000000E+00	0.7000000E+02	0.7380000E+02
REC	5	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.7000000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.3800000E+01
REC	6	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.7000000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.1685000E+02
GEL	7	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
SPM	8	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.7150000E+01
SPM	9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
TOR	10	0.0000000E+01	0.0000000E+00	0.8720000E+01	0.5720000E+01	0.1570000E+01	0.1570000E+01
TOR	11	0.0000000E+01	0.0000000E+00	0.8720000E+01	0.5720000E+01	0.9100000E+00	0.9100000E+00
TOR	12	0.0000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.3000000E+01	0.1570000E+01	0.1570000E+01
TOR	13	0.0000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.3000000E+01	0.9100000E+00	0.9100000E+00
QUA	14	0.5319149E+00	-0.9747100E-02	-0.4523300E-01	0.4494830E+00	0.7681300E-01	-0.6498130E+00
QUA	15	0.8329114E+00	-0.1159800E-01	-0.5417850E-01	0.7462690E+00	0.1220989E+00	-0.1064703E+01
RCC	16	0.0000000E+00	0.1000000E+01	0.8720000E+01	0.7400000E+02	0.0000000E+00	0.9550000E+01
RCC	17	0.0000000E+01	-0.2360000E+01	0.1445000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.9550000E+01
REC	18	0.0000000E+00	0.2500000E+01	0.2530000E+01	0.2100000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00
REC	19	0.0000000E+00	0.2500000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.1500000E+01
RPP	20	0.0000000E+02	0.1130000E+02	0.4880000E+01	0.2200000E+01	0.1700000E+02	0.2700000E+02
GEL	21	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.3600000E+02	0.3464000E+01	0.0000000E+00	-0.2000000E+01
GEL	22	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.4000000E+01	0.0000000E+00	0.3464000E+01
GEL	23	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.3693300E+01	0.0000000E+00	-0.1693300E+01
GEL	24	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.6600000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
GEL	25	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.7500000E+01	0.0000000E+00	0.5750000E+01
RPP	26	0.0000000E+00	0.1500000E+02	-0.1800000E+01	0.1000000E+01	0.3400000E+02	0.4000000E+02
RPP	27	0.0000000E+01	0.1500000E+02	-0.1000000E+01	0.1000000E+01	0.3400000E+02	0.3700000E+02
TOR	28	0.0000000E+00	0.1130000E+02	0.8825000E+02	0.2000000E+02	0.7883000E+00	0.7883000E+00
TOR	29	0.0000000E+00	0.1130000E+02	0.8825000E+02	0.2000000E+02	0.7883000E+00	0.7883000E+00
GEL	30	0.0000000E+01	0.5000000E+01	0.3800000E+02	0.9234000E+00	0.1182000E+01	0.0000000E+00
BOX	31	0.2970600E+01	0.3510200E+01	0.3800000E+02	0.1844800E+01	0.2344000E+01	0.0000000E+00
GEL	32	0.0000000E+01	0.5000000E+01	0.3800000E+02	0.9234000E+00	-0.1182000E+01	0.0000000E+00
BOX	33	0.4817400E+01	0.5874200E+01	0.3800000E+02	0.1844800E+01	0.2344000E+01	0.0000000E+00
TRC	34	0.4500000E+01	-0.3200000E+01	0.3000000E+02	0.2150000E+01	0.1672000E+01	0.7522000E+01
TRC	35	0.4500000E+01	-0.3200000E+01	0.3000000E+02	0.2150000E+01	0.1672000E+01	0.7522000E+01
SPM	36	0.4500000E+01	-0.3200000E+01	0.3000000E+02	0.2120000E+01	0.2000000E+01	0.0000000E+00
SPM	37	0.4500000E+01	-0.3200000E+01	0.3000000E+02	0.2000000E+01	0.0000000E+00	-0.1165150E+01
GEL	39	0.6000000E+01	0.6000000E+01	0.3250000E+02	0.4500000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
RPP	40	0.0000000E+01	0.1050000E+02	0.4500000E+01	0.7500000E+01	0.2700000E+02	0.3800000E+02
GEL	41	0.6000000E+01	0.6000000E+01	0.3250000E+02	0.4500000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
RPP	42	0.0000000E+02	-0.3000000E+01	0.4500000E+01	0.7500000E+01	0.2700000E+02	0.3800000E+02
GEL	43	0.1100000E+02	0.3000000E+01	0.1700000E+02	0.3500000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
GEL	44	0.0000000E+00	0.7300000E+01	0.5700000E+02	0.1500000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
ELL	45	0.3553000E+01	-0.4300000E+01	0.8000000E+01	0.3553000E+01	-0.4300000E+01	0.8000000E+01
ELL	46	0.3445000E+01	-0.4300000E+01	0.8000000E+01	0.3445000E+01	-0.4300000E+01	0.8000000E+01
REC	47	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.6980000E+02
REC	48	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
REC	49	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.1400000E+01
REC	50	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.1400000E+01
REC	51	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.1400000E+01
REC	52	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.1400000E+01

REC 53	0.1700000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.9800000E+01	0.0000000E+00
REC 54	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
REC 55	0.1700000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.9800000E+01	0.0000000E+00
REC 56	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
REC 57	0.1700000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.9800000E+01	0.0000000E+00
REC 58	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
REC 59	0.1700000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.9800000E+01	0.0000000E+00
REC 60	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
ARB 61	-0.1924300E+02	0.8000000E+01	0.2700000E+02	-0.4801000E+01	-0.8000000E+01	0.2700000E+02
	-0.1924300E+02	0.8000000E+01	0.2700000E+02	-0.2000000E+02	0.8000000E+01	0.2700000E+02
	-0.4222000E+01	0.8000000E+01	0.4300000E+02	-0.2000000E+02	0.8000000E+01	0.4300000E+02
	-0.2000000E+02	0.8000000E+01	0.4300000E+02	0.4222000E+01	-0.8000000E+01	0.4300000E+02
	0.1234000E+04	0.4358000E+04	0.4587000E+04	0.7821000E+04	0.1467000E+04	0.2853000E+04
		0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.1000000E+01	-0.2700000E+02	
		0.0000000E+00	-0.1000000E+01	0.0000000E+00	0.8000000E+01	
		0.0000000E+00	0.0000000E+00	-0.1000000E+01	0.4300000E+02	
		0.0000000E+00	0.1000000E+01	0.0000000E+00	0.8000000E+01	
		0.1000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.2000000E+02	
		-0.4641053E+00	-0.5165079E+00	0.5405402E+00	-0.2324323E+02	
		0.7550000E+00	0.6000000E+01			
REC 62	0.0000000E+00	-0.3000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.2700000E+02
REC 63	0.0000000E+00	-0.3800000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.2700000E+02
RPP 64	-0.1200000E+02	0.1200000E+02	-0.3000000E+01	0.9000000E+01	0.0000000E+00	0.2200000E+02
RPP 65	-0.1150000E+02	0.1150000E+02	0.5000000E+01	0.9000000E+01	0.0000000E+00	0.1400000E+02
REC 66	0.0000000E+00	0.5500000E+01	0.7000000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.1054000E+02
REC 67	0.0000000E+00	0.5500000E+01	0.0000000E+00	0.2000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
REC 68	0.0000000E+00	0.5500000E+01	0.3310000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.3490000E+02
REC 69	0.0000000E+00	0.5500000E+01	0.0000000E+00	0.2000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
REC 70	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.2200000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.1310000E+02
REC 71	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.2000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
VED 72	0.1317070E+02	0.1053640E+02	0.5090000E+02	0.4829300E+01	-0.6036600E+01	0.0000000E+00
VED 73	-0.1317070E+02	0.1053640E+02	0.5090000E+02	-0.4829300E+01	0.6036600E+01	0.0000000E+00
REC 74	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.7400000E+02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.1440000E+02
REC 75	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.7000000E+01	0.0000000E+00	0.1072100E+02
QUA 76	-0.1000000E+01	-0.1002506E+00	-0.1000000E+02	0.1000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA 77	0.1000000E+01	0.1002506E+00	-0.1000000E+02	0.1000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA 78	0.7142857E+00	0.7246400E-02	-0.1364285E+02	0.3703703E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA 79	-0.7142857E+00	0.7246400E-02	-0.1364285E+02	0.3703703E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA 80	-0.1000000E+01	-0.1002506E+00	-0.1000000E+02	0.1000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA 81	0.1000000E+01	0.1002506E+00	-0.1000000E+02	0.1000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA 82	-0.1000000E+01	-0.1002506E+00	-0.1000000E+02	0.1000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA 83	0.1000000E+01	0.1002506E+00	-0.1000000E+02	0.1000000E+01	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA 84	-0.7142857E+00	0.7246400E-02	-0.1364285E+02	0.3703703E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA 85	0.7142857E+00	0.7246400E-02	-0.1364285E+02	0.3703703E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA 86	-0.7142857E+00	0.7246400E-02	-0.1364285E+02	0.3703703E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
QUA 87	0.7142857E+00	0.7246400E-02	-0.1364285E+02	0.3703703E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
GEL 88	0.1000000E+01	-0.1800000E+01	0.5000000E+02	0.5805860E+01	-0.4065220E+01	-0.4871040E+01
BDI 89	-0.2320000E+01	0.1624500E+01	-0.4120500E+01	0.1778160E+01	0.2538110E+01	0.0000000E+00
GEL 90	0.1000000E+01	-0.1800000E+01	0.5000000E+02	0.5805860E+01	-0.4065220E+01	-0.4871040E+01
GEL 91	-0.1716800E+01	0.1202130E+01	-0.3049170E+01	0.1032480E+01	0.1472580E+01	0.0000000E+00
BDI 92	0.4640000E+01	0.3249000E+01	-0.8241000E+01	0.4015200E+01	0.5726700E+01	0.0000000E+00
GEL 93	0.1000000E+01	-0.1800000E+01	0.5000000E+02	0.5805860E+01	-0.4065220E+01	-0.4871040E+01
GEL 94	-0.2320000E+01	0.1624500E+01	-0.4120500E+01	0.1778160E+01	0.2538110E+01	0.0000000E+00
BDI 95	-0.4640000E+01	0.3249000E+01	-0.8241000E+01	0.4015200E+01	0.5726700E+01	0.0000000E+00
GEL 96	0.1000000E+01	-0.1800000E+01	0.5000000E+02	0.5805860E+01	-0.4065220E+01	-0.4871040E+01
GEL 97	-0.1716800E+01	0.1202130E+01	-0.3049170E+01	0.1032480E+01	0.1472580E+01	0.0000000E+00
BDI 98	0.4640000E+01	0.3249000E+01	-0.8241000E+01	0.4015200E+01	0.5726700E+01	0.0000000E+00
GEL 99	0.1000000E+01	-0.1800000E+01	0.5000000E+02	0.5805860E+01	-0.4065220E+01	-0.4871040E+01
GEL 100	-0.2320000E+01	0.1624500E+01	-0.4120500E+01	0.1778160E+01	0.2538110E+01	0.0000000E+00
GEL 101	0.1000000E+01	-0.1800000E+01	0.5000000E+02	0.5805860E+01	-0.4065220E+01	-0.4871040E+01

GEL	102	-0.218000E+01	0.152703E+01	-0.387327E+01	0.384312E+01	0.548127E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
RPP	103	-0.135000E+02	-0.350000E+01	-0.750000E+01	-0.750000E+01	0.435000E+02	0.750000E+01	0.435000E+02	0.675000E+02
GEL	105	0.850000E+01	0.000000E+00	0.435000E+02	0.500000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
RPP	106	0.350000E+01	0.135000E+02	-0.750000E+01	0.750000E+01	0.435000E+02	0.750000E+01	0.435000E+02	0.675000E+02
QUA	108	0.100000E+01	0.100000E+00	0.100000E+02	0.100000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
REC	110	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
REC	111	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
REC	112	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
REC	114	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
REC	115	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
GEL	116	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
RPP	117	-0.800000E+01	0.800000E+01	-0.160000E+02	0.000000E+00	0.700000E+02	0.700000E+02	0.740000E+02	0.740000E+02
GEL	118	-0.100000E+01	-0.500000E+01	0.775000E+02	0.974500E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
GEL	119	0.100000E+01	-0.500000E+01	0.775000E+02	0.974500E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
GEL	120	0.600000E+01	0.000000E+00	0.150000E+02	0.100000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
GEL	121	-0.600000E+01	0.000000E+00	0.150000E+02	0.100000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
RPP	122	-0.641600E+01	0.641600E+01	-0.100000E+02	0.000000E+00	0.815000E+02	0.815000E+02	0.855000E+02	0.855000E+02
RPP	123	-0.420800E+01	-0.220800E+01	-0.100000E+02	0.000000E+00	0.825000E+02	0.825000E+02	0.845000E+02	0.845000E+02
RPP	124	0.220800E+01	0.420800E+01	-0.100000E+02	0.000000E+00	0.825000E+02	0.825000E+02	0.845000E+02	0.845000E+02
GEL	125	0.000000E+00	0.000000E+00	0.868500E+02	0.640000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
GEL	126	0.000000E+00	-0.200000E+01	0.140000E+02	0.250000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
RPP	127	-0.250000E+01	0.250000E+01	-0.450000E+01	0.300000E+01	0.125000E+02	0.125000E+02	0.155000E+02	0.155000E+02
GEL	128	0.130000E+01	-0.130000E+01	-0.230000E+01	0.130000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
GEL	129	-0.130000E+01	-0.800000E+01	-0.230000E+01	0.130000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
ARB	130	0.952000E+01	0.952000E+01	-0.480000E+01	0.952000E+01	-0.952000E+01	-0.480000E+01	-0.480000E+01	-0.480000E+01
ARB	131	-0.952000E+01	-0.952000E+01	-0.480000E+01	0.952000E+01	-0.952000E+01	-0.480000E+01	-0.480000E+01	-0.480000E+01
GEL	132	0.100000E+02	-0.866000E+01	0.520000E+02	0.486000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
GEL	133	-0.100000E+02	-0.866000E+01	0.520000E+02	0.486000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
GEL	134	0.100000E+02	-0.366000E+01	0.520000E+02	0.486000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
GEL	135	-0.100000E+02	-0.366000E+01	0.520000E+02	0.486000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
RCC	136	0.000000E+00	0.170000E+01	0.700000E+02	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
RCC	137	0.000000E+00	0.170000E+01	0.700000E+02	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
RCC	138	0.000000E+00	0.170000E+01	0.440000E+02	0.798000E+01	-0.368000E+01	-0.199500E+01	-0.199500E+01	-0.199500E+01

NUMBER OF BODIES 138
LENGTH OF FPD-ARRAY 1811

INPUT ZONE DATA

DES	INPUT ZONE	CODE ZONE	BODY NUMBERS
	1	1	136 -137
		2	OR 138 -137
BRA	2	3	125
		4	OR -123 23 -122
AGR	3	5	30 31
AGR	4	6	32 33
GRL	5	7	34 -35

JAERI-M 92-126

		109	OR	47	95	-94	-44	-61	-134	-138		
		110	OR	98	-100	104	-44	-61				
		111	OR	98	-100	-102	-104	-44	-61			
		112	OR	104	-88	-92	-95	-98				
		113	OR	103	-102	-104	-67	-68	-88	-92	-95	-98
				47	-136	-138						
		114	OR	107	-88	-92	-95	-98				
		115	OR	106	-105	-107	-67	-68	-88	-92	-95	-98
				47	-136	-138						
		116	OR	3	-110	132						
		117	OR	3	-110	133						
		118	OR	131	-1	-2	-128	-129				
LEG	51	119		109	-77							
		120	OR	108	-76							
SEN	52	121		7	-116	-6						
		122	OR	6	-115	-4	-122					
		123	OR	4	5	-114						
		124	OR	6	-114	-4	117					
SEN	53	125		3	-110	-131	-132	-133				
		126	OR	111	-112	-136						
		127	OR	132	-134	-3						
		128	OR	133	-125	-3						
		129	OR	130	-131	-1	-2					
SEN	54	130		1	-108							
		131	OR	2	-109							
BRE	55	132		134	-3							
BRE	56	133		135	-3							
TES	57	134		128								
TES	58	135		129								
DVA	59	136		120								
DVA	60	137		121								
UTE	61	138		126	127							
AIR	62	139		8	-1	-2	-3	-4	-7	-130	-132	-133
		140	OR	4	-5							
		141	OR	137								
YAC	63	142		9	-8							

NUMBER OF INPUT ZONES 63
NUMBER OF CODE ZONES 142
LENGTH OF INTEGER ARRAY 4958

CODE ZONE	INPUT ZONE	ZONE DATA LOC.	NO. OF BODIES	REGION NO.	MEDIA NO.	BOX INPUT ZONE	BOX CODE ZONE
1	1	967	2	1	36	0	0
2	1	978	2	1	36	0	0
3	2	989	1	1	36	0	0
4	2	995	3	1	36	0	0
5	3	1011	2	1	29	0	0
6	4	1022	2	1	30	0	0
7	5	1033	2	1	12	0	0
8	5	1044	3	1	12	0	0
9	6	1060	1	1	5	0	0
10	6	1066	2	1	5	0	0
11	7	1077	2	1	6	0	0
12	8	1088	1	1	7	0	0
13	9	1094	2	1	8	0	0
14	10	1105	2	1	9	0	0
15	10	1116	2	1	9	0	0
16	11	1127	2	1	10	0	0
17	11	1138	2	1	10	0	0
18	11	1149	2	1	10	0	0
19	12	1160	1	1	11	0	0
20	12	1166	1	1	11	0	0
21	12	1172	1	1	11	0	0
22	12	1178	1	1	11	0	0
23	12	1184	1	1	11	0	0
24	12	1190	1	1	11	0	0
25	13	1196	7	1	12	0	0
26	14	1232	6	1	13	0	0
27	14	1263	5	1	13	0	0
28	14	1289	5	1	13	0	0
29	14	1315	5	1	13	0	0
30	14	1341	6	1	13	0	0
31	14	1372	5	1	13	0	0
32	14	1398	4	1	13	0	0
33	14	1419	4	1	13	0	0
34	14	1440	4	1	13	0	0
35	14	1461	5	1	13	0	0
36	15	1487	2	1	29	0	0
37	16	1498	2	1	30	0	0
38	17	1509	2	1	11	0	0
39	18	1520	3	1	29	0	0
40	19	1536	3	1	30	0	0
41	20	1552	1	1	16	0	0
42	21	1558	3	1	16	0	0
43	22	1574	1	1	17	0	0
44	23	1580	1	1	18	0	0
45	23	1586	1	1	18	0	0
46	24	1592	3	1	29	0	0
47	25	1608	3	1	30	0	0
48	26	1624	5	1	19	0	0
49	27	1650	3	1	20	0	0
50	28	1666	2	1	21	0	0
51	29	1677	4	1	22	0	0
52	30	1698	2	1	23	0	0
53	31	1709	1	1	24	0	0
54	32	1715	1	1	25	0	0
55	33	1721	1	1	26	0	0
56	33	1727	1	1	26	0	0
57	34	1733	3	1	27	0	0
58	34	1749	3	1	27	0	0
59	35	1765	1	1	29	0	0
60	36	1771	1	1	12	0	0
61	37	1777	3	1	5	0	0
62	38	1793	1	1	30	0	0
63	39	1799	1	1	32	0	0
64	40	1805	3	1	33	0	0
65	41	1821	1	1	25	0	0

66	42	1827	1	1	9	0	0
67	43	1833	3	1	10	0	0
68	44	1849	1	1	30	0	0
69	45	1855	1	1	14	0	0
70	46	1861	3	1	13	0	0
71	47	1877	4	1	15	0	0
72	48	1898	2	1	14	0	0
73	48	1909	2	1	14	0	0
74	48	1920	2	1	14	0	0
75	48	1931	2	1	14	0	0
76	48	1942	2	1	14	0	0
77	48	1953	2	1	14	0	0
78	48	1964	2	1	14	0	0
79	48	1975	2	1	14	0	0
80	48	1986	2	1	14	0	0
81	48	1997	2	1	14	0	0
82	48	2008	2	1	14	0	0
83	48	2019	2	1	14	0	0
84	49	2030	7	1	3	0	0
85	49	2046	8	1	3	0	0
86	49	2107	8	1	3	0	0
87	49	2148	4	1	3	0	0
88	49	2169	3	1	3	0	0
89	50	2185	33	1	3	0	0
90	50	2251	2	1	3	0	0
91	50	2262	1	1	3	0	0
92	50	2268	2	1	3	0	0
93	50	2279	2	1	3	0	0
94	50	2290	2	1	3	0	0
95	50	2401	3	1	3	0	0
96	50	2417	3	1	3	0	0
97	50	2433	18	1	3	0	0
98	50	2524	5	1	3	0	0
99	50	2550	13	1	3	0	0
100	50	2616	2	1	3	0	0
101	50	2627	7	1	3	0	0
102	50	2663	6	1	3	0	0
103	50	2694	4	1	3	0	0
104	50	2735	7	1	3	0	0
105	50	2771	2	1	3	0	0
106	50	2782	7	1	3	0	0
107	50	2818	10	1	3	0	0
108	50	2869	11	1	3	0	0
109	50	2925	7	1	3	0	0
110	50	2961	5	1	3	0	0
111	50	2987	6	1	3	0	0
112	50	3018	5	1	3	0	0
113	50	3044	12	1	3	0	0
114	50	3105	5	1	3	0	0
115	50	3121	12	1	3	0	0
116	50	3192	3	1	3	0	0
117	50	3208	3	1	3	0	0
118	50	3224	5	1	3	0	0
119	51	3250	2	1	3	0	0
120	51	3261	2	1	3	0	0
121	52	3272	3	1	5	0	0
122	52	3286	4	1	5	0	0
123	52	3309	3	1	5	0	0
124	52	3325	4	1	5	0	0
125	53	3344	5	1	5	0	0
126	53	3372	3	1	5	0	0
127	53	3386	3	1	5	0	0
128	53	3404	3	1	5	0	0
129	53	3420	4	1	5	0	0
130	54	3441	2	1	5	0	0
131	54	3452	2	1	5	0	0
132	55	3463	2	1	29	0	0
133	56	3474	2	1	30	0	0
134	57	3485	1	1	29	0	0
135	58	3491	1	1	30	0	0
136	59	3497	1	1	29	0	0
137	60	3503	1	1	30	0	0
138	61	3509	2	1	2	0	0
139	62	3520	9	1	4	0	0
140	62	3566	2	1	4	0	0
141	62	3577	1	1	4	0	0
142	63	3583	2	1	0	0	0

J	KR1(I)	KR2(I)
1	1	2
2	3	4
3	5	5
4	6	6
5	7	8
6	9	10
7	11	11
8	12	12
9	13	13
10	14	15
11	16	18
12	19	24
13	25	25
14	26	35
15	36	36
16	37	37
17	38	38
18	39	39
19	40	40
20	41	41
21	42	42
22	43	43
23	44	45
24	46	46
25	47	47
26	48	48
27	49	49
28	50	50

X-Z PLANE
 MATERIAL GEOMETRY
 THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

. L H L H = I I + L
 B - 0 Y > A

	UPPER LEFT COORDINATES	LOWER RIGHT COORDINATES
X	-0.2000E+02	0.2000E+02
Y	0.0000E+00	0.0000E+00
Z	0.9500E+02	-0.8000E+02

	U AXIS (DOWN)	V AXIS (ACROSS)
X	0.00000	1.00000
Y	0.00000	0.00000
Z	-1.00000	0.00000

XU= 207 XV= 130 DELU= 0.8454E+00 DELV= 0.3077E+00

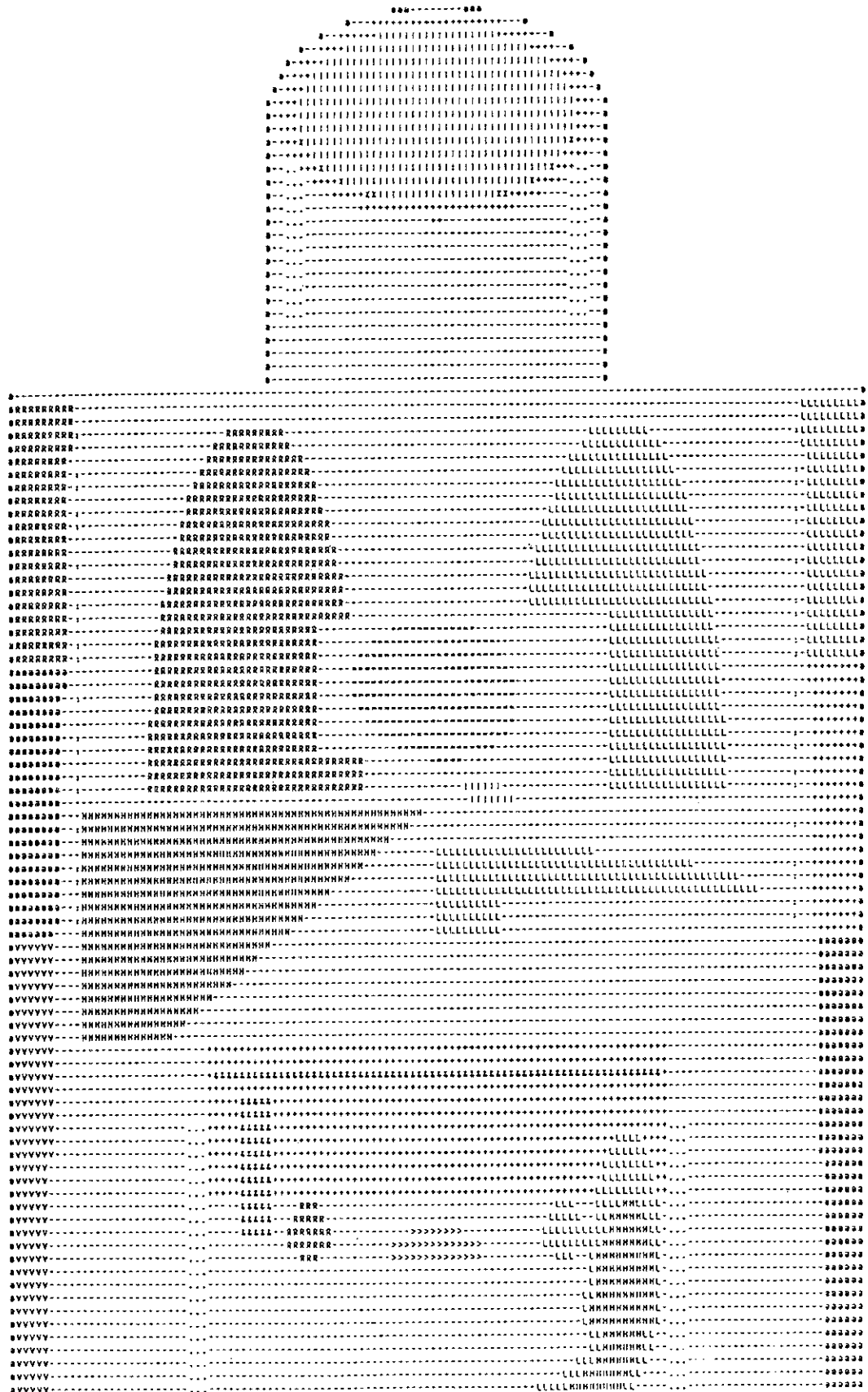
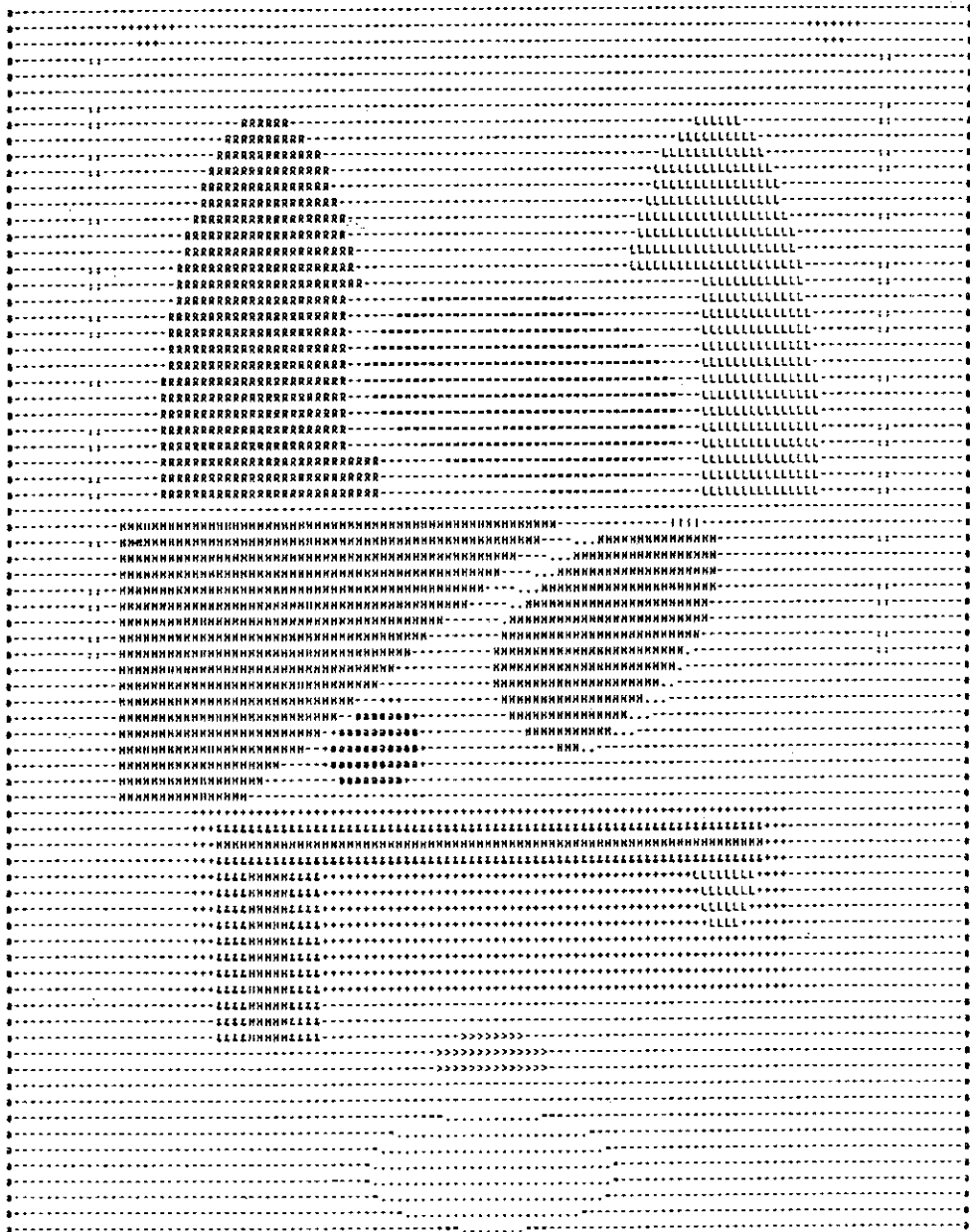
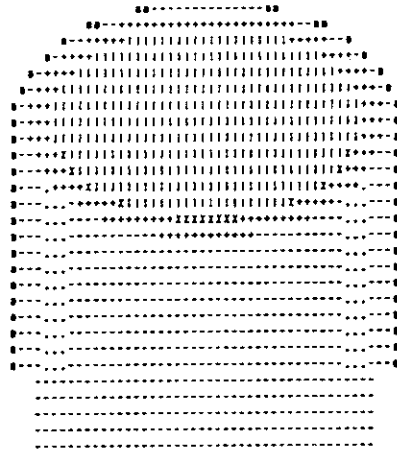
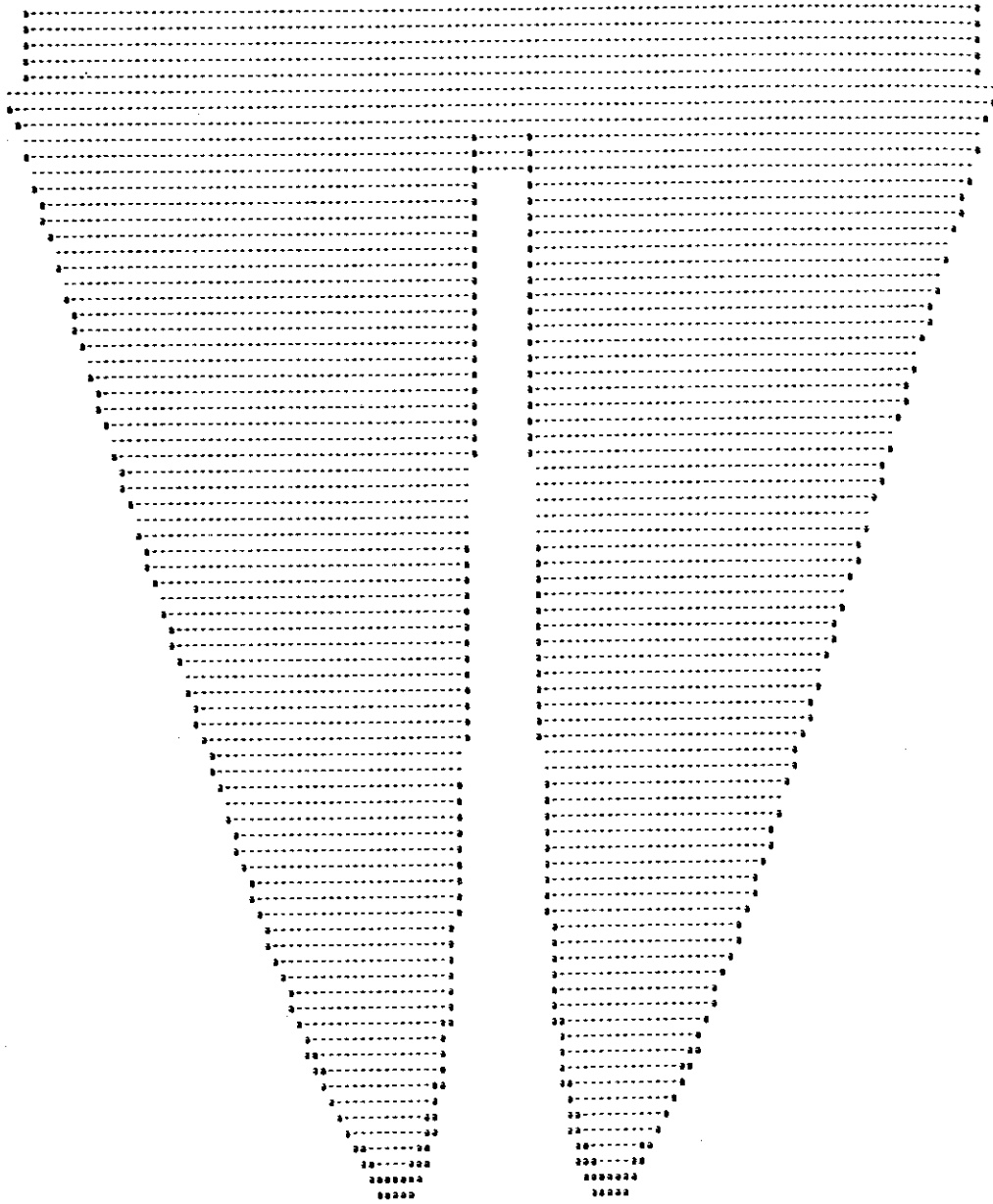
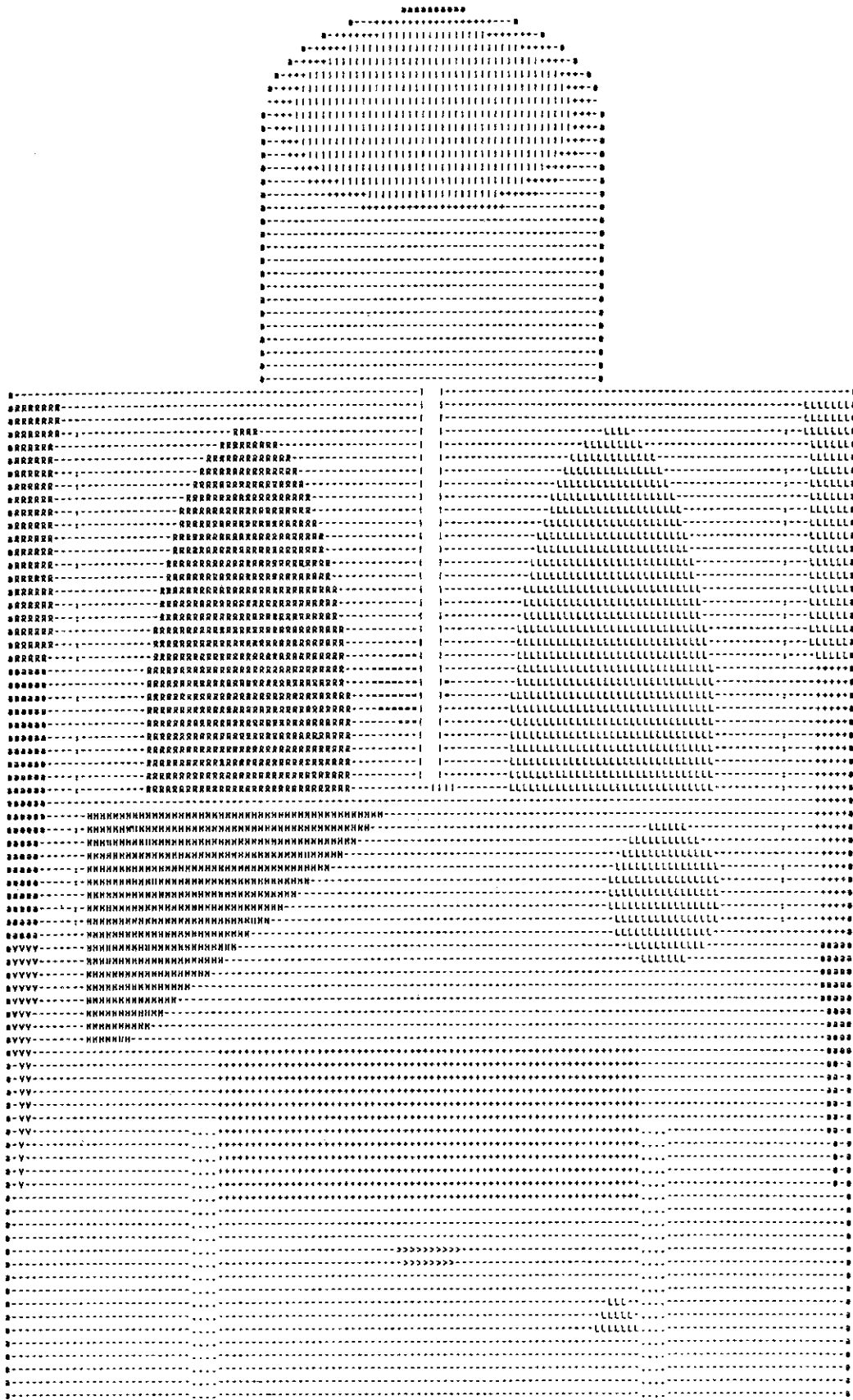
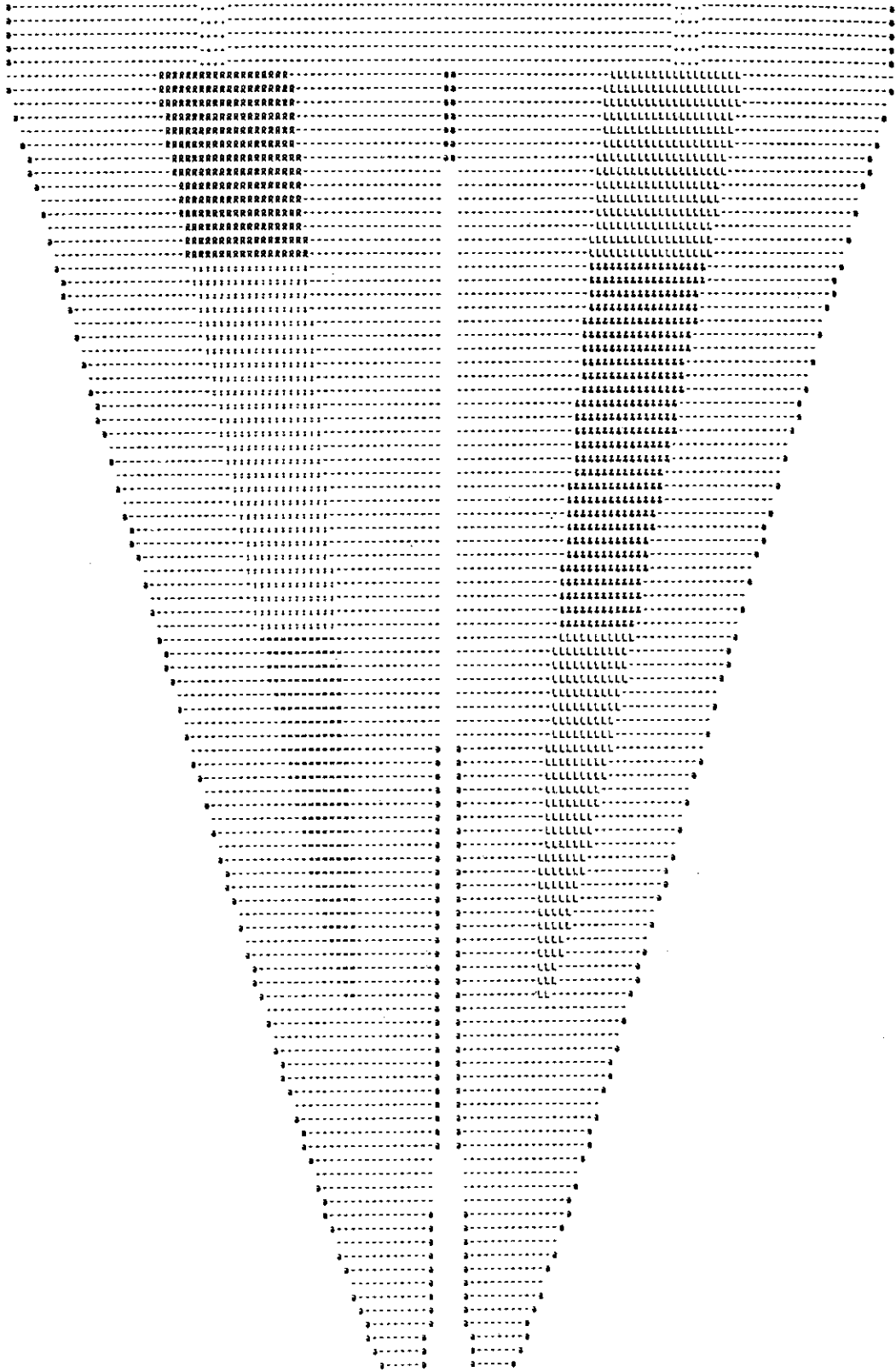


Table with multiple columns containing alphanumeric characters and dashes, arranged in a grid-like structure. The text is highly repetitive and appears to be a technical or data table.









I = 47.0

MATERIAL GEOMETRY

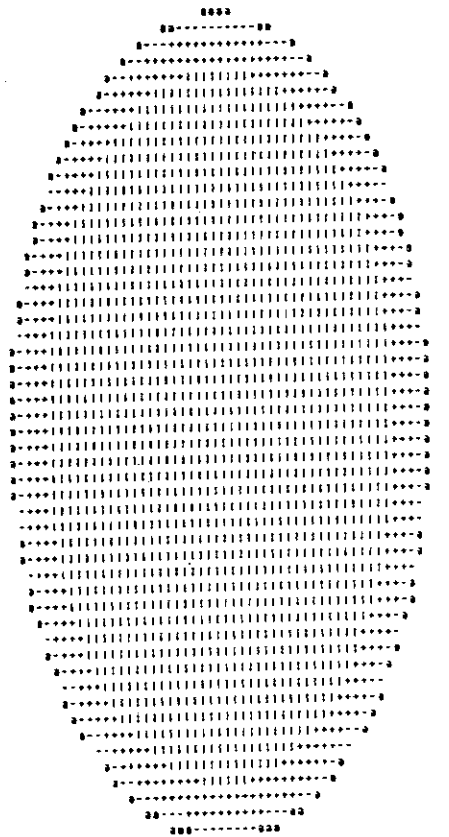
THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

```

      2 - 3 Y > A
      UPPER LEFT      LOWER RIGHT
      COORDINATES    COORDINATES
X      -0.2000E+02    0.2000E+02
Y      -0.1400E+02    0.1400E+02
Z      0.8700E+02    0.8700E+02

      U AXIS      Y AXIS
      (DOWN)      (ACROSS)
X      0.00000    1.00000
Y      1.00000    0.00000
Z      0.00000    0.00000

NU= 73  NV= 130  DELU= 0.3844E+00  DELV= 0.3077E+00
    
```

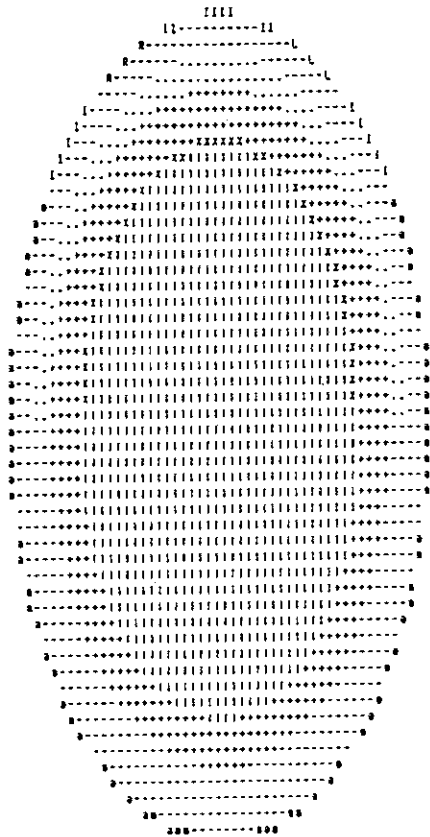


I = 43.5
MATERIAL GEOMETRY
THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

	UPPER LEFT COORDINATES	LOWER RIGHT COORDINATES
X	-0.2000E+02	0.2000E+02
Y	-0.1400E+02	0.1400E+02
Z	0.8350E+02	0.8350E+02

	U AXIS (DOWN)	V AXIS (ACROSS)
X	0.00000	1.00000
Y	1.00000	0.00000
Z	0.00000	0.00000

NU= 73 NV= 130 DELU= 0.3846E+00 DELV= 0.3077E+00



Z -76.0

MATERIAL GEOMETRY

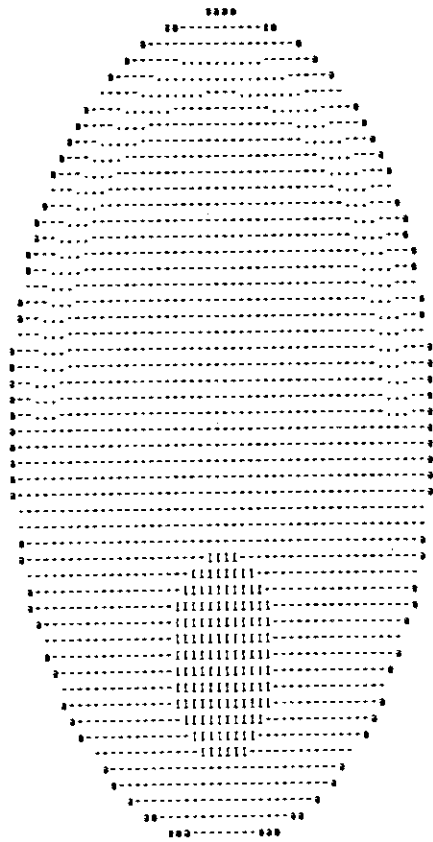
THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

R - 3 Y > A

	UPPER LEFT COORDINATES	LOWER RIGHT COORDINATES
X	-0.2000E+02	0.2000E+02
Y	-0.1400E+02	0.1400E+02
Z	0.7600E+02	0.7600E+02

	U AXIS (DOWN)	Y AXIS (ACROSS)
X	0.00000	1.00000
Y	1.00000	0.00000
Z	0.00000	0.00000

NU- 73 NV- 130 DELU= 0.3846E+00 DELV= 0.3077E+00



I -74.0

MATERIAL GEOMETRY

THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

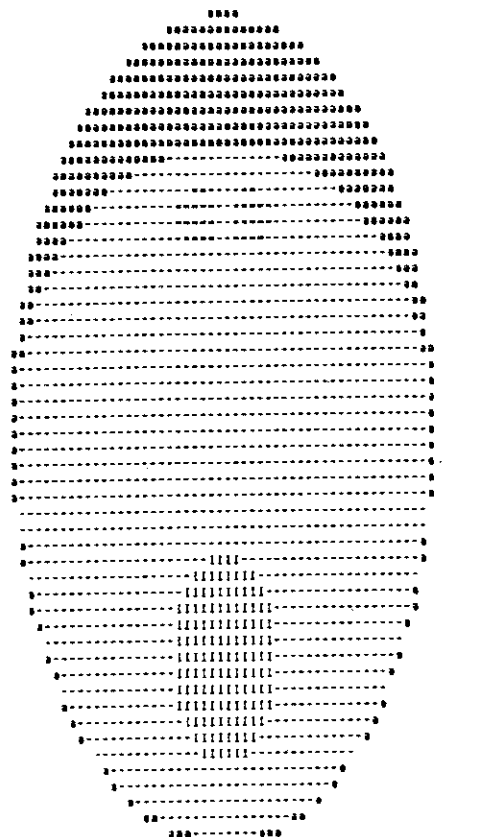
```

      * > * * * * * & L M * * * * * L M * [ X * . I I . * * * * * L
      * - * Y > A
  
```

	UPPER LEFT COORDINATES	LOWER RIGHT COORDINATES
X	-0.2000E+02	0.2000E+02
Y	-0.1400E+02	0.1400E+02
Z	0.7400E+02	0.7400E+02

	U AXIS (DOWN)	V AXIS (ACROSS)
X	0.00000	1.00000
Y	1.00000	0.00000
Z	0.00000	0.00000

KU= 73 KV= 130 DELU= 0.3846E+00 DELV= 0.3077E+00



Z = 69.9

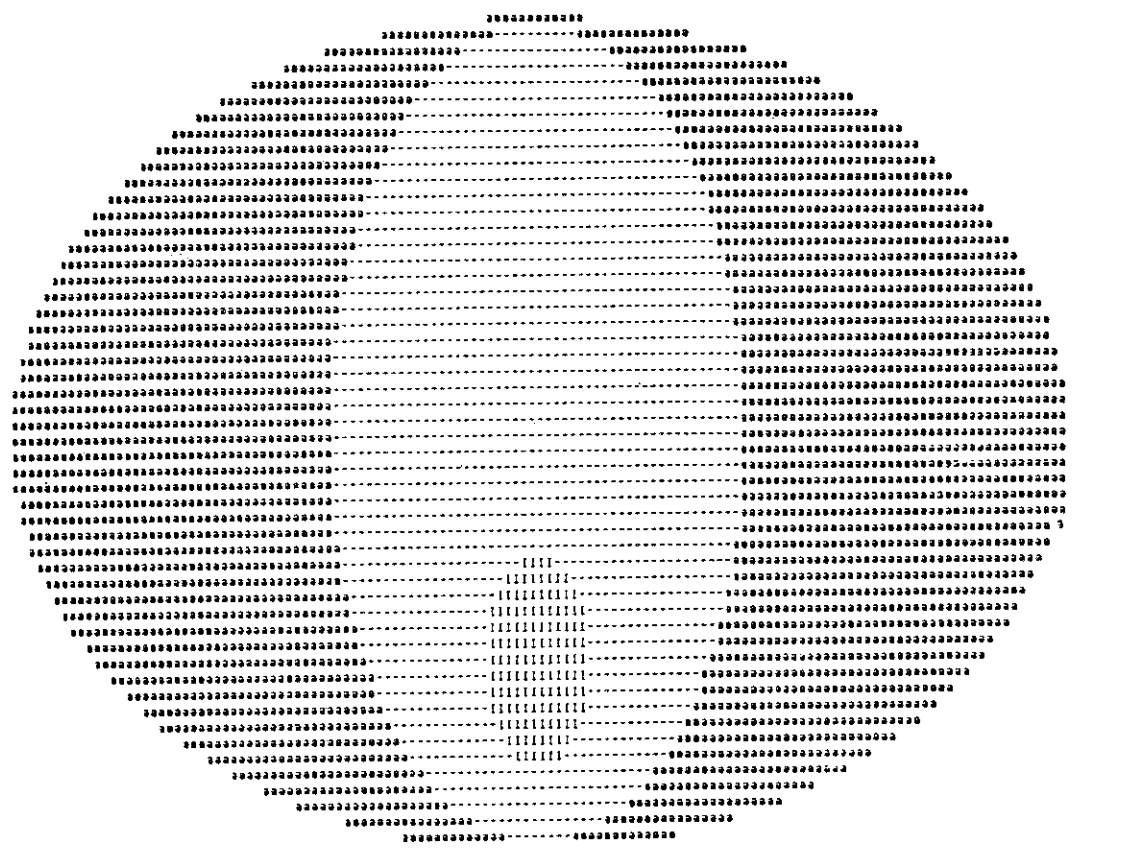
MATERIAL GEOMETRY

THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

	UPPER LEFT COORDINATES	LOWER RIGHT COORDINATES
X	0.2000E+02	-0.2000E+02
Y	-0.1400E+02	0.1400E+02
Z	0.6990E+02	0.6990E+02

	U AXIS (DOWN)	Y AXIS (ACROSS)
X	0.00000	-1.00000
Y	1.00000	0.00000
Z	0.00000	0.00000

NU= 73 XV= 130 DELU= 0.3846E+00 DELV= 0.3077E+00



Z = 66.25

MATERIAL GEOMETRY

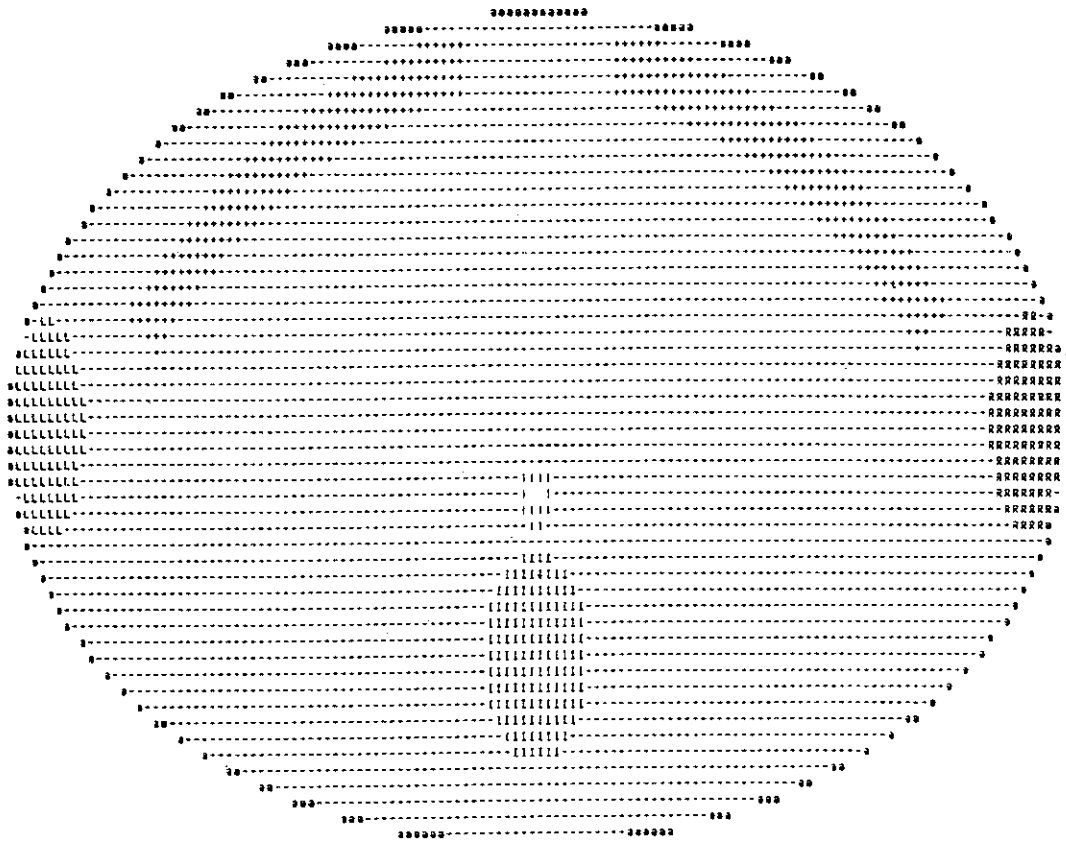
THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

R = 2 Y > A B * . . . L M * . . . L M = I Y * . . . I I . . . L

	UPPER LEFT COORDINATES	LOWER RIGHT COORDINATES
X	0.2000E+02	-0.2000E+02
Y	-0.1400E+02	0.1400E+02
Z	0.6625E+02	0.6625E+02

	U AXIS (DOWN)	Y AXIS (ACROSS)
X	0.00000	-1.00000
Y	1.00000	0.00000
Z	0.00000	0.00000

NU= 73 XV= 130 OELU= 0.3846E+00 OELV= 0.3077E+00

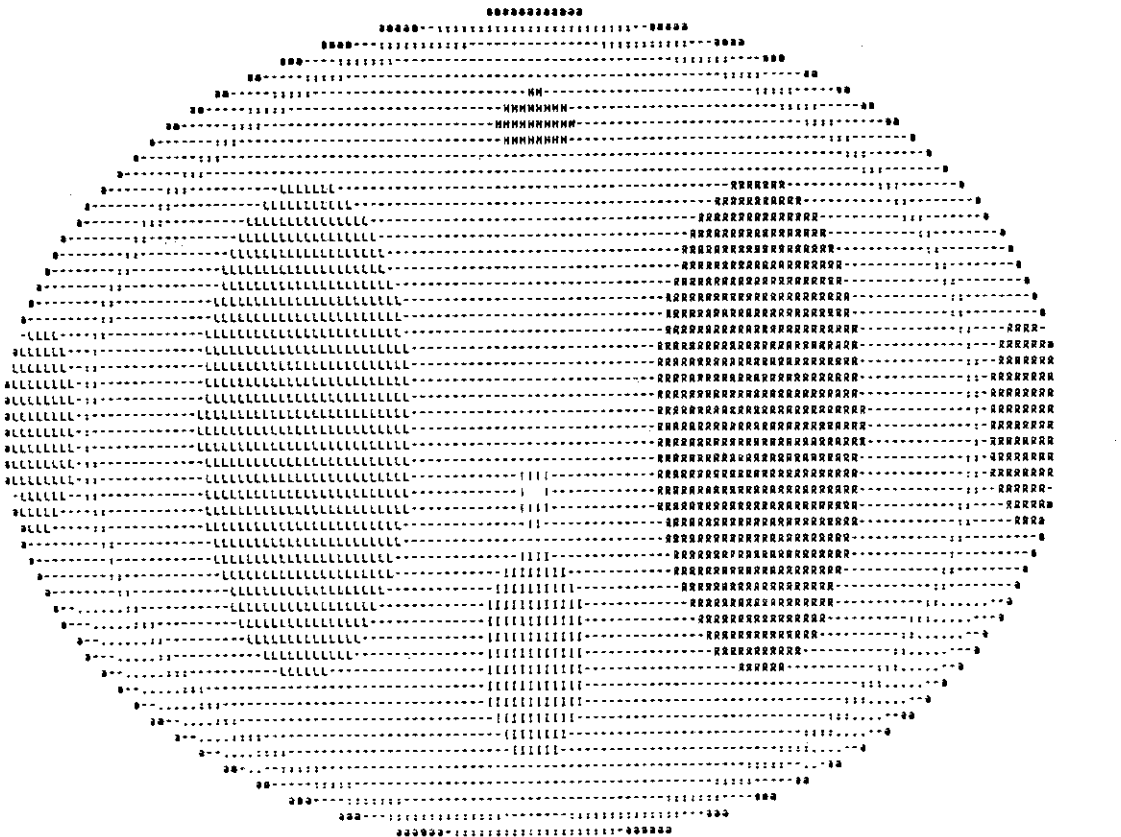


Z = 50.0

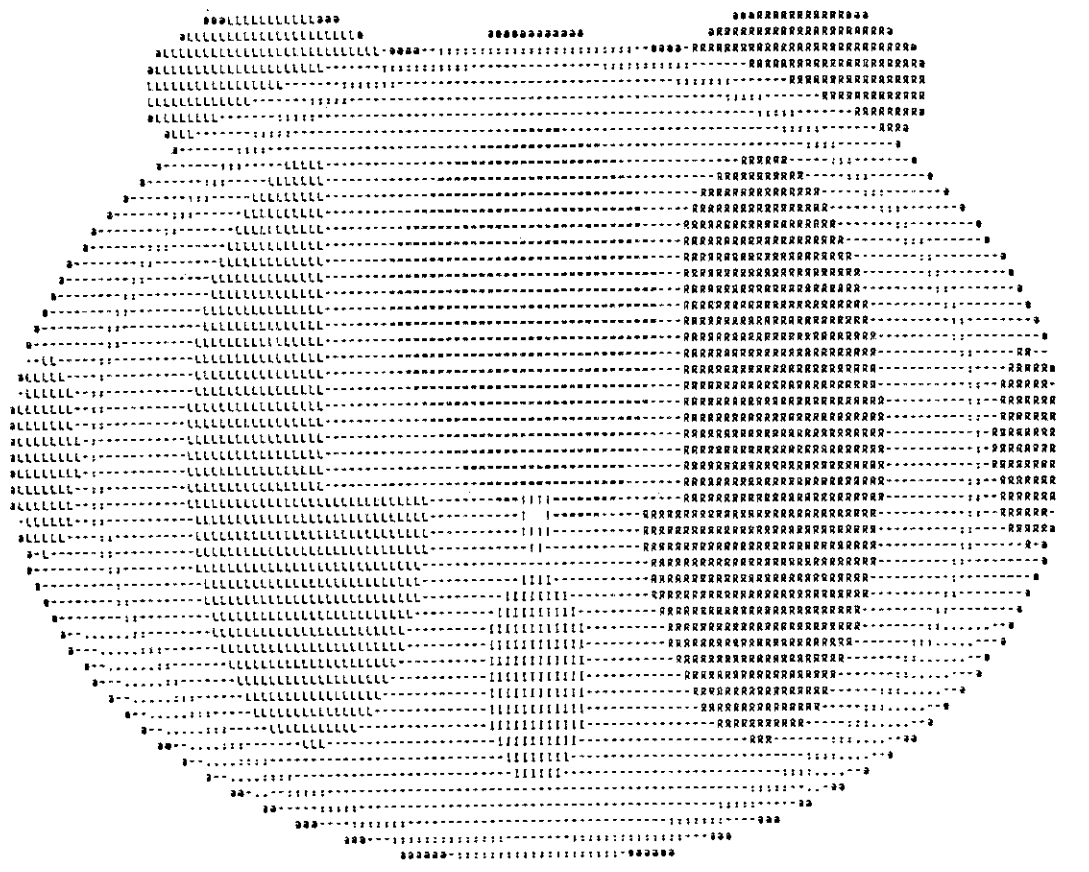
MATERIAL GEOMETRY

THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

X > A		Z L X * * * L X * I X * I I * * * L	
B	- B Y > A		
	UPPER LEFT	LOWER RIGHT	
	COORDINATES	COORDINATES	
X	0.2000E+02	-0.2000E+02	
Y	-0.1400E+02	0.1400E+02	
Z	0.5800E+02	0.5800E+02	
	U AXIS	V AXIS	
	(DOWN)	(ACROSS)	
X	0.00000	-1.00000	
Y	1.00000	0.00000	
Z	0.00000	0.00000	
XU=	73	NV=	130
		DELU=	0.3846E+00
		DELV=	0.3077E+00



Z = 52.0
MATERIAL GEOMETRY
THE SELECTED TABLE VALUES ARE
R - N Y > A
UPPER LEFT COORDINATES LOWER RIGHT COORDINATES
X 0.2000E+02 -0.2000E+02
Y -0.1400E+02 0.1400E+02
Z 0.5200E+02 0.5200E+02
U AXIS (DOWN) V AXIS (ACROSS)
X 0.00000 -1.00000
Y 1.00000 0.00000
Z 0.00000 0.00000
NU= 73 NV= 130 DELU= 0.3846E+00 DELV= 0.3077E+00



Z = 42.0

MATERIAL GEOMETRY

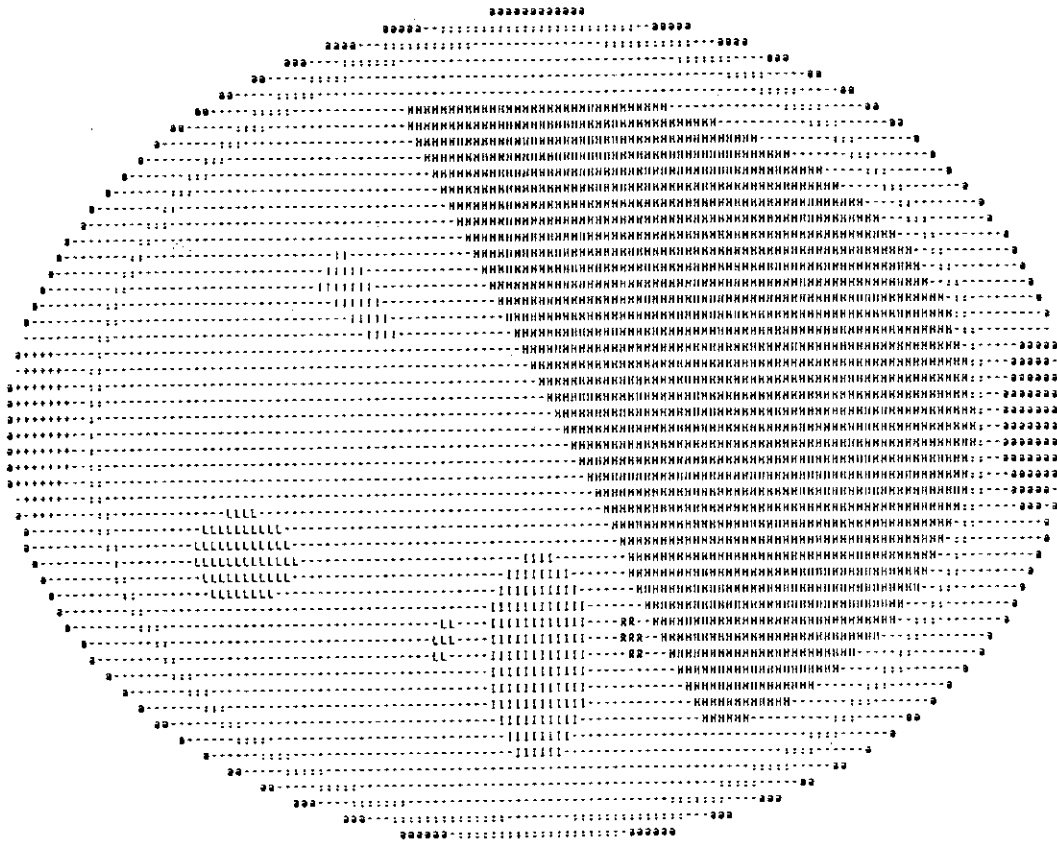
THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

R - 3 Y > A

	UPPER LEFT COORDINATES	LOWER RIGHT COORDINATES
X	0.2000E+02	-0.2000E+02
Y	-0.1400E+02	0.1400E+02
Z	0.4200E+02	0.4200E+02

	U AXIS (DOWN)	Y AXIS (ACROSS)
X	0.00000	-1.00000
Y	1.00000	0.00000
Z	0.00000	0.00000

NU= 73 NY= 130 DELU= 0.3846E+00 DELY= 0.3077E+00



Z = 40.0

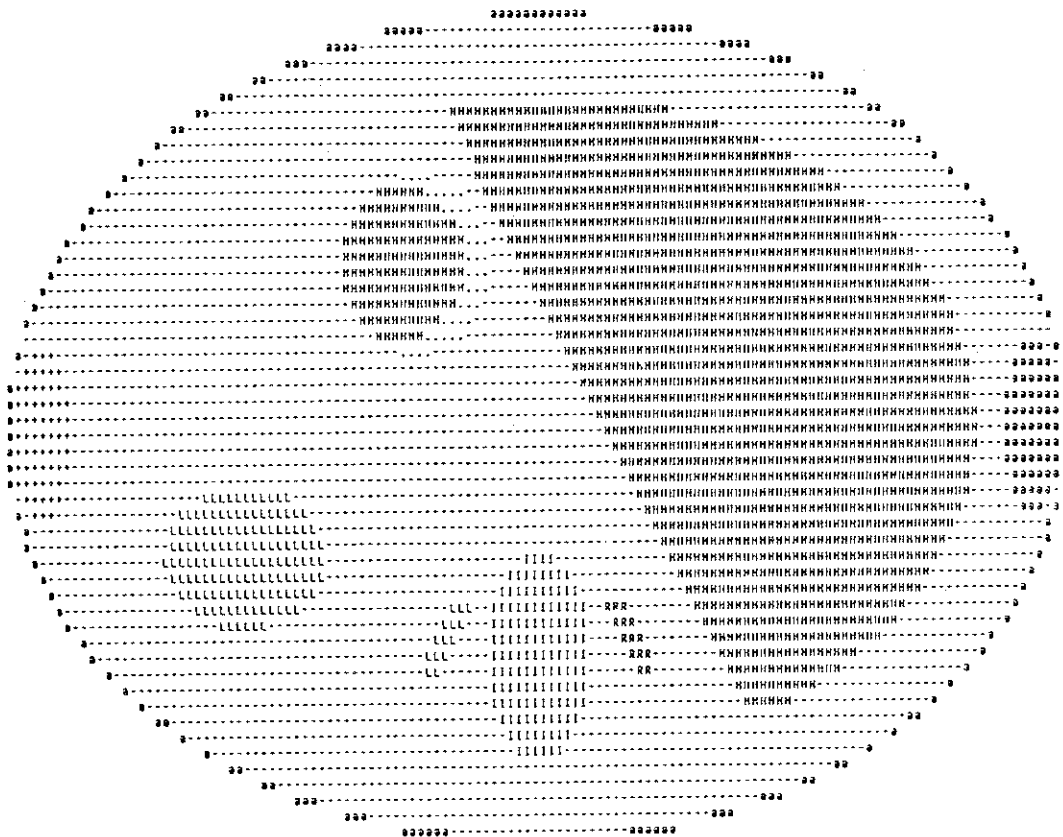
MATERIAL GEOMETRY

THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

	UPPER LEFT COORDINATES	LOVER RIGHT COORDINATES
X	0.2000E+02	-0.2000E+02
Y	-0.1400E+02	0.1400E+02
Z	0.4000E+02	0.4000E+02

	U AXIS (DOWN)	V AXIS (ACROSS)
X	0.00000	-1.00000
Y	1.00000	0.00000
Z	0.00000	0.00000

KU= 73 NV= 130 DELU= 0.3846E+00 DELV= 0.3077E+00



Z -38.0

MATERIAL GEOMETRY

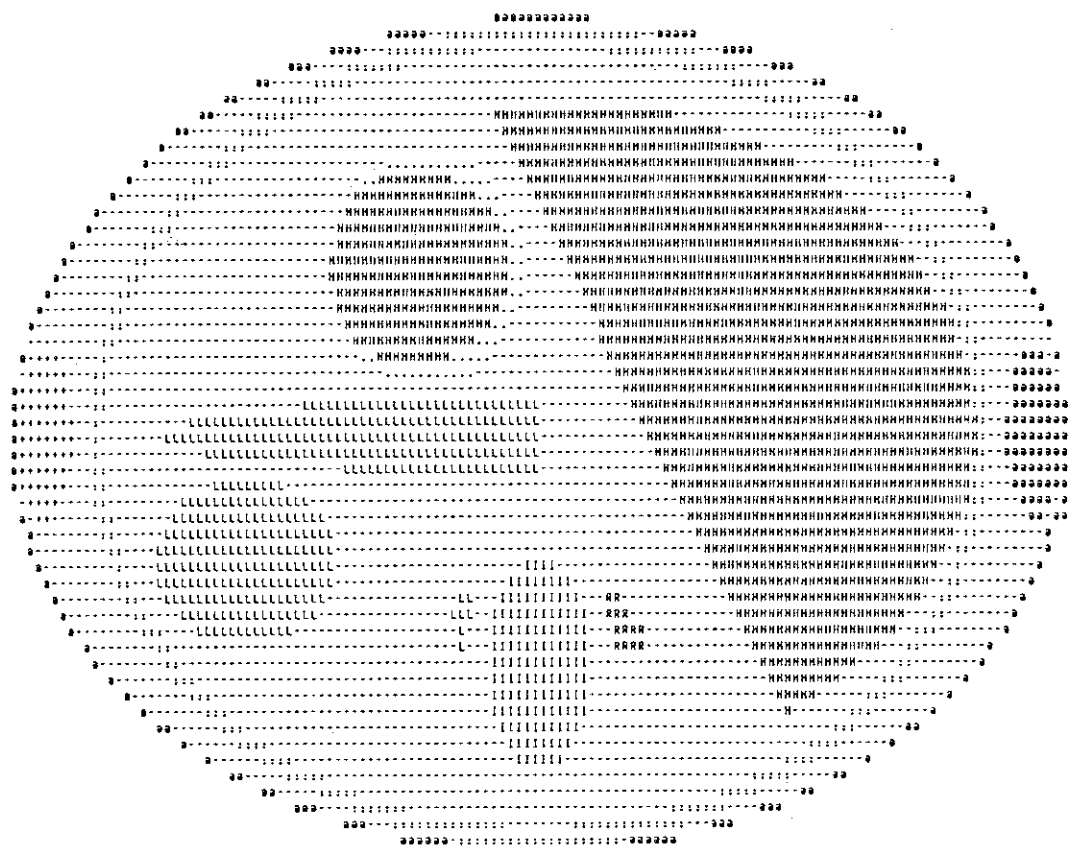
THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

R - B Y > A

	UPPER LEFT COORDINATES	LOWER RIGHT COORDINATES
X	0.2000E+02	-0.2000E+02
Y	-0.1400E+02	0.1400E+02
Z	0.3800E+02	0.3800E+02

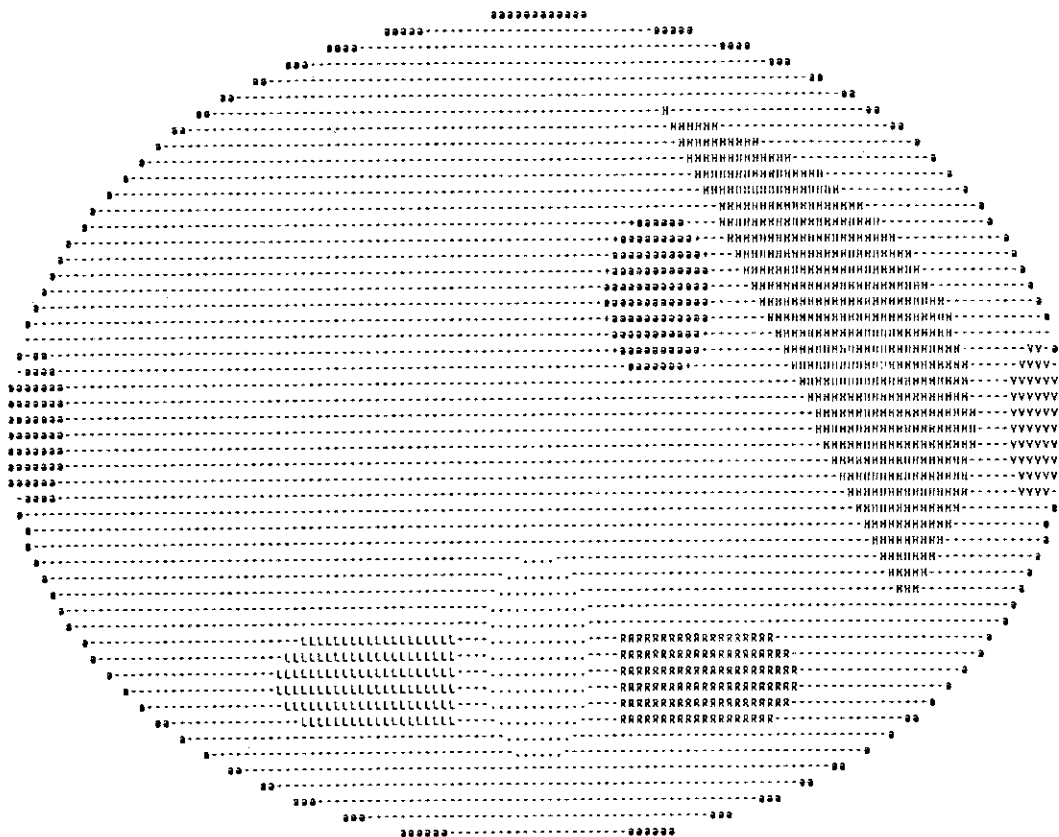
	U AXIS (DOWN)	V AXIS (ACROSS)
X	0.00000	-1.00000
Y	1.00000	0.00000
Z	0.00000	0.00000

MU= 73 NY= 130 DELU= 0.3846E+00 DELV= 0.3077E+00



```

Z =30.0
MATERIAL GEOMETRY
THE SELECTED ATABLE VALUES ARE
R - 0 Y > A
UPPER LEFT          LOWER RIGHT
COORDINATES        COORDINATES
X   0.2000E+02     -0.2000E+02
Y  -0.1400E+02     0.1050E+02
Z   0.3000E+02     0.3000E+02
U AXIS             V AXIS
(DOWN)             (ACROSS)
X   0.0000         -1.00000
Y   1.0000         0.00000
Z   0.0000         0.00000
NU= 64  NY= 130  DELU= 0.3846E+00  DELY= 0.3077E+00
    
```



Z = 24.0

MATERIAL GEOMETRY

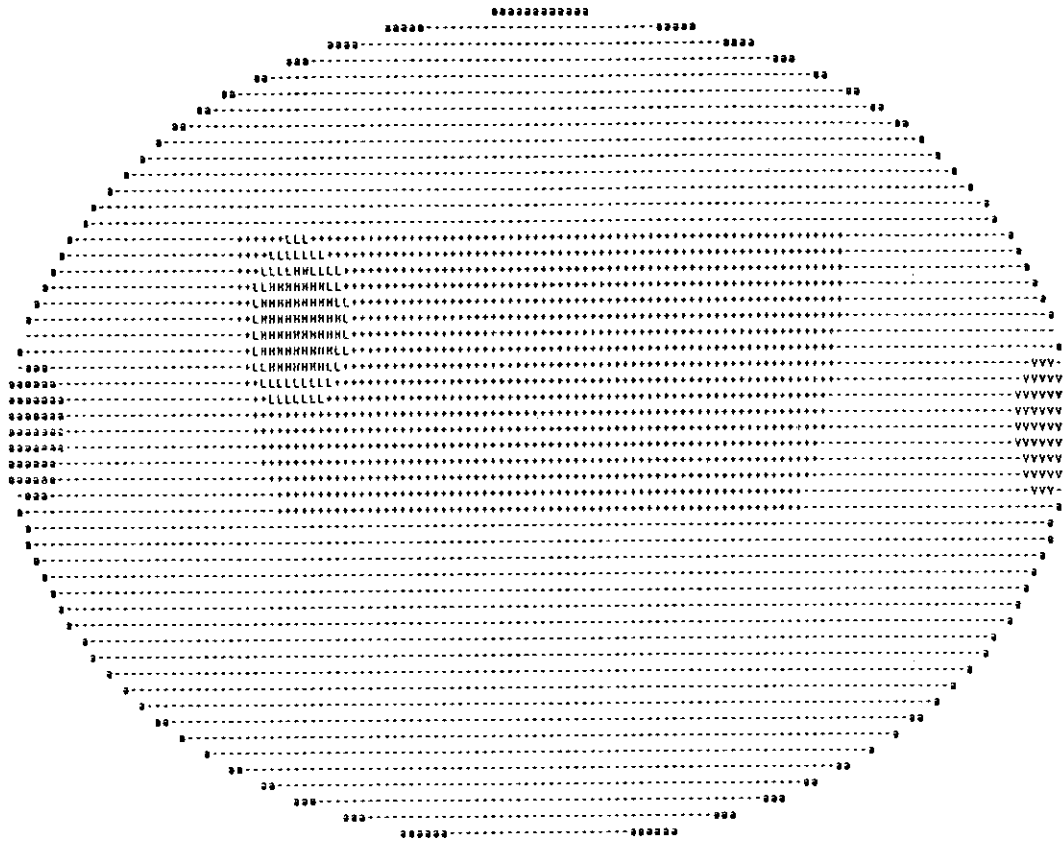
THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

R - B Y > A

	UPPER LEFT COORDINATES	LOWER RIGHT COORDINATES
X	0.2000E+02	-0.2000E+02
Y	-0.1400E+02	0.1050E+02
Z	0.2400E+02	0.2400E+02

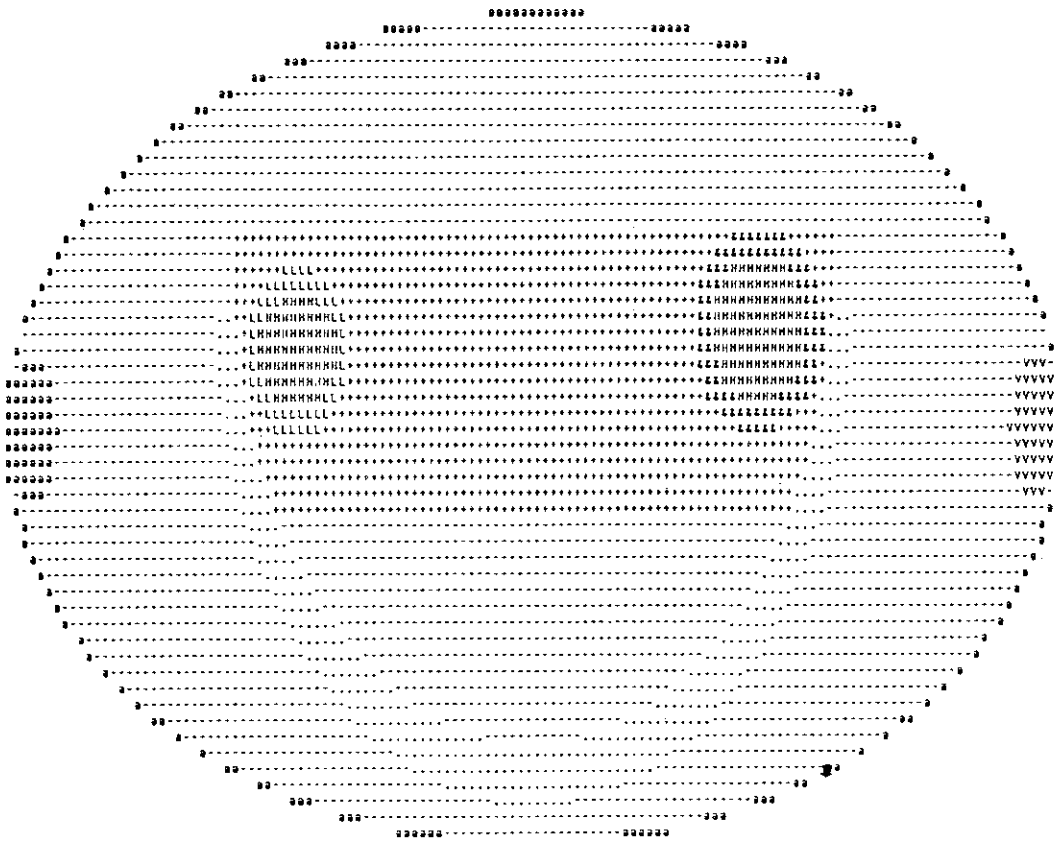
	U AXIS (DOWN)	V AXIS (ACROSS)
X	0.00000	-1.00000
Y	1.00000	0.00000
Z	0.00000	0.00000

HU= 64 XV= 130 DELU= 0.3846E+00 DELV= 0.3077E+00



```

Z = 20.0
MATERIAL GEOMETRY
THE SELECTED ATABLE VALUES ARE
R - 2 V > A
UPPER LEFT      LOWER RIGHT
COORDINATES    COORDINATES
X   0.2000E+02  -0.2000E+02
Y  -0.1400E+02   0.1050E+02
Z   0.2000E+02   0.2000E+02
U AXIS        Y AXIS
(COVM)       (ACROSS)
X   0.00000    -1.00000
Y   1.00000     0.00000
Z   0.00000     0.00000
NU= 64  NV= 130  DELU= 0.3846E+00  DELV= 0.3077E+00
    
```



Z = 14.0

MATERIAL GEOMETRY

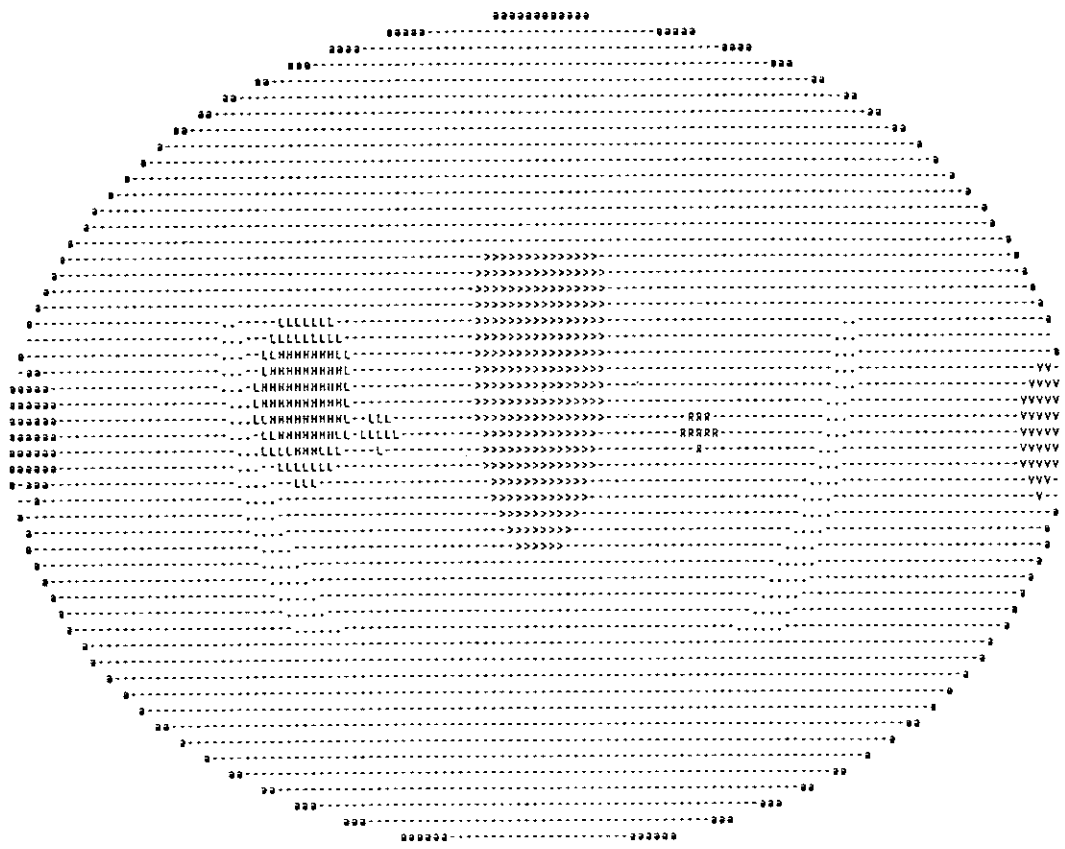
THE SELECTED ATABLE VALUES ARE

R - & V > A

	UPPER LEFT COORDINATES	LOWER RIGHT COORDINATES
X	0.2000E+02	-0.2000E+02
Y	-0.1400E+02	0.1400E+02
Z	0.1400E+02	0.1400E+02

	U AXIS (DOWN)	V AXIS (ACROSS)
X	0.00000	-1.00000
Y	1.00000	0.00000
Z	0.00000	0.00000

NU= 73 XY= 130 DELU= 0.3846E+00 DELV= 0.1077E+00



Z = 16.0
 MATERIAL GEOMETRY
 THE SELECTED ATABLE VALUES ARE
 R = 8 V > A

	UPPER LEFT COORDINATES	LOWER RIGHT COORDINATES
X	0.2000E+02	-0.2000E+02
Y	-0.1400E+02	0.1400E+02
Z	0.1800E+02	0.1800E+02

	U AXIS (DOWN)	V AXIS (ACROSS)
X	0.00000	-1.00000
Y	1.00000	0.00000
Z	0.00000	0.00000

MU= 73 MV= 130 DELU= 0.3846E+00 DELV= 0.3077E+00

