

原子力施設から大気放出される放射性雲
からのガンマ線に起因する照射線量率

Exposure Rate Due to a Radioactive Plume
Released from Nuclear Facility

September 1981

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

Tokai Works

Power Reactor & Nuclear Fuel Development Corporation

複製あるいは入手については、下記にお問い合わせください。

茨城県那珂郡東海村 〒 319-11

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所技術部技術課 東海(02928)2-1111 内線355

Enquires about copyright and reproduction should be adressed to ;

Tokai Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation.

Tokai, Ibaraki, Post No. 319-11, Japan.

原子力施設から大気放出される放射性雲
からのガンマ線に起因する照射線量率

Exposure Rate Due to a Radioactive Plume
Released from Nuclear Facility

三浦 信*

成田 脩*

篠原 邦彦*

浅野 智宏*

要 旨

原子力施設から大気中に放出される放射性雲からのガンマ線に起因する照射線量率を計算し、線図として本レポートにまとめた。計算は、計算コード PLUMEX により行った。

本レポートでは、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針について」に基づき、ガンマ線エネルギーは、平均エネルギー 0.5 MeV として計算した。また、鉛直方向の濃度分布の拡がりのパラメータ σ_z は、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針について」に基づき、 σ_z が 1000 m を越えた場合には、1000 m として取り扱うこととした。なお、放射性物質の放出率は 1 Ci/hr、風速は 1 m/sec として計算した。

計算結果は、風下軸上地表照射線量率分布図、風下軸を中心とした角度方向への地表照射線量率分布図、および地表等照射線量率分布図としてまとめた。

目 次

1. 概 要	1
2. 計算コード PLUMEX	2
2.1 基本計算式	2
2.2 数値計算方法	6
2.2.1 正規型プルーム座標系による積分法	6
2.2.2 球座標系による積分法	7
2.2.3 極座標系による積分法	9
2.2.4 浸漬近似法	10
3. 照射線量率の計算結果	11
参 考 文 献	12
付録A. 風下軸上地表照射線量率分布図	
付録B. 風下軸を中心とした角度方向への地表照射線量率分布図	
付録C. 地表等照射線量率分布図	

I 概 要

原子力施設から大気中に放出される放射性物質のガンマ線に起因する照射線量率を計算し、結果を線図としてまとめた。

放射性プルームからの照射線量率は、放射性物質の濃度、ガンマ線のビルドアップ及び減衰を考慮した関数を、広い空間にわたって数値積分を行うことにより計算することができる。

本レポートでは、計算コード PLUMEX¹⁾により照射線量率を計算した。PLUMEX は、正規型プルームからの照射線量率を点減衰核積分法により計算するコードであり、数種の座標系を選択でき、また浸漬近似も可能である。ここでは、PLUMEX のすべての座標系の設定方法により計算を行い、各々のパラメータ、積分の収束状況、数値の連続性等を考慮して、各々の評価条件に最も適当と思われる座標系による計算方法を選択した。これは、照射線量率計算のための被積分関数が、パラメータの組合せ、座標系の設定方法によって、評価地点における積分の収束状況が異なる性質をもつ関数であるため、必ずしも単一の計算方法が適当であるとは限らないからである。また、放出源から遠距離においては、浸漬近似法が有効な計算方法であるため、遠距離では浸漬近似法を選択した。

計算パラメータの設定においては、ガンマ線のエネルギーについては、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針について」²⁾に基づき、ガンマ線の平均エネルギーを 0.5 MeV とし、濃度分布の鉛直方向の拡がりのパラメータ σ_z については「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針について」³⁾に基づき、 σ_z が 1000 m を越えた場合には、1000 m として取り扱うこととした。また、放射性物質の放出率は 1 Ci/hr、風速は 1 m/sec として計算した。

計算結果は、風下軸上地表照射線量率分布図、風下軸を中心とした角度方向への地表照射線量率分布図、および地表等照射線量率分布図として、それぞれ付録 A、B、C に示した。

2 計算コード PLUMEX

2.1 基本計算式

PLUMEXにおける照射線量率の基本計算式は、放出源直下を原点とし、風下軸方向をx軸、その直角方向をy軸、鉛直方向をz軸とする、(1)式で表わされる。

$$D(x_0, y_0, z_0) = K_0 \cdot E \cdot \mu_a \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_0^\infty \frac{B(E, \mu r)}{4\pi r^2} \chi(x, y, z) dx dy dz \quad (1)$$

ここで記号の意味は次のとおりである。

$D(x_0, y_0, z_0)$: 点 (x_0, y_0, z_0) における照射線量率 ($\mu R/hr$)

K_0 : 換算係数 $1.88 \times 10^9 \left(\frac{\text{dis} \cdot \text{m}^2 \cdot \mu R}{\text{MeV} \cdot \text{Ci} \cdot \text{hr}} \right)$

E : ガンマ線の実効エネルギー (MeV/dis)

μ_a : 空気に対するガンマ線の真吸収係数 (m^{-1})

μ : 空気に対するガンマ線の全吸収係数 (m^{-1})

r : 放出源直下の原点から点 $(x, y, 0)$ までの距離 (m)

$B(E, \mu r)$: 空気に対するガンマ線のビルドアップ係数

$\chi(x, y, z)$: 放射性雲中の点 (x, y, z) における放射性物質濃度 (Ci/m^3)

放射性物質濃度は、x軸方向については風の移流のみを考え、y、z軸方向については、その濃度分布が正規分布に従うとした(2)式により計算する。なお、本レポートでは、放射性崩壊による減衰は考慮していない。

$$\chi(x, y, z) = \frac{Q'}{2\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u} \cdot \exp\left(-\lambda \frac{x}{u}\right) \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right] \quad (2)$$

ここで記号の意味は次のとおりである。

Q' : 放射性物質の放出率 (Ci/sec)

σ_y : 濃度分布のy方向の拡がりのパラメータ (m)

σ_z : 濃度分布のz方向の拡がりのパラメータ (m)

u : 放出源の高さを代表する風速 (m/sec)

λ : 崩壊定数 ($1/\text{sec}$)

H : 放出源の高さ (m)

濃度分布の拡がりのパラメータは、(3)、(4)式で表すことができる。

$$\sigma_y = 6.7775 \times 10^{-4} \cdot \theta_1 \cdot (8 - \log x) \cdot x \quad (3)$$

$$\sigma_z = \sigma_1 \cdot (10^{-3} \cdot x) \{ a_1 + a_2 \cdot \log(10^{-3} \cdot x) + a_3 (\log(10^{-3} \cdot x))^2 \} \quad (4)$$

ただし、 σ_z が1000mを越えた場合には、気象指針¹⁾に基づき1000mとして取り扱う。なお、パラメータ θ_1 、 σ_1 、 a_1 、 a_2 、 a_3 については表1及び表2に示す。

表-1 θ_1

大気安定度	A	B	C	D	E	F
θ_1	50	40	30	20	15	10

表-2 σ_1 、 a_1 、 a_2 および a_3

(i) 風下距離が200m以上の場合

大気安定度	σ_1	a_1	a_2	a_3
A	768.1	3.9077	3.898	1.7330
B	122.0	1.4132	0.49523	0.12772
C	58.1	0.8916	-0.001649	0.0
D	31.7	0.7626	-0.095108	0.0
E	22.2	0.7117	-0.12697	0.0
F	13.8	0.6582	-0.1227	0.0

(ii) 風下距離が200m未満の場合

大気安定度	σ_1	a_1	a_2	a_3
A	165	1.07	0.0	0.0
B	83.7	0.894	0.0	0.0
C	58.0	0.891	0.0	0.0
D	33.0	0.854	0.0	0.0
E	24.4	0.854	0.0	0.0
F	15.5	0.822	0.0	0.0

ガンマ線の再生係数は、(5)式から求める。

$$B(E, \mu r) = \alpha_0 + \alpha_1(E)\mu r + \alpha_2(E)(\mu r)^2 + \alpha_3(E)(\mu r)^3 \quad (5)$$

式中のパラメータの数値 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ は表 3 に示す。また、その数値を用いて再生係数を計算した結果を表 4 に示す。

表-3 空気中ビルドアップ係数を求めるための多項式の係数

Energy (MeV)	Polynomial Coefficients *			Maximum Error(%)
	α_1	α_2	α_3	
0.01	0.010390	0.001476	-0.00005806	
0.015	0.15203	-0.014892	0.00048165	+3.0
0.02	0.37474	-0.033582	0.0010654	-4.8
0.03	1.2270	-0.062247	0.0020127	-3.3
0.04	2.2543	0.0087363	0.000024697	-0.7
0.05	2.7914	0.50776	0.0020590	-1.8
0.06	2.8286	0.95464	0.021414	-1.5
0.07	2.7311	1.1531	0.065927	
0.08	2.5499	1.2031	0.11115	-2.8
0.09	2.3605	1.1929	0.13581	
0.10	2.2857	1.0838	0.16117	-3.6
0.15	1.8347	0.76133	0.16473	-4.0
0.20	1.5119	0.66560	0.11792	-2.9
0.30	1.1522	0.65758	0.037897	+0.4
0.40	1.0503	0.53489	0.016602	+0.7
0.50	0.98982	0.45070	0.0038726	-0.7
0.60	0.96881	0.37066	0.00030405	-0.7
0.70	0.95120	0.30658	-0.0018535	
0.80	0.94226	0.25805	-0.0025008	-1.4
0.90	0.91047	0.22280	-0.0030863	
1.0	0.91686	0.18630	-0.0027652	-1.6
1.5	0.85069	0.091974	-0.0019336	-1.7
2.0	0.77928	0.050457	-0.0011975	-1.5
3.0	0.66827	0.0085488	-0.00015847	
4.0	0.57420	-0.0061698	0.00021643	
5.0	0.50899	-0.014566	0.00046705	

* $\alpha_0 = 1$; for all energies.

表-4 ガンマ線のビルドアップ係数

Energy (MeV)	μr						
	1	2	4	7	10	15	20
0.01	1.17	1.25	1.36	1.46	1.54	1.58	1.61
0.02	1.41	1.62	1.94	2.25	2.51	2.75	3.51
0.03	2.24	3.19	4.87	7.09	9.21	12.5	16.5
0.04	3.33	5.86	11.5	21.1	32.2	54.3	81.5
0.05	4.25	8.72	20.8	46.1	80.7	162.0	279.0
0.06	4.75	10.8	29.4	74.6	144.0	327.0	620.0
0.08	4.81	12.0	38.2	115.0	252.0	675.0	1463.0
0.10	4.48	11.4	38.5	124.0	285.0	811.0	1835.0
0.15	3.72	9.20	31.7	106.0	252.0	745.0	1730.0
0.20	3.27	7.73	25.6	83.9	196.0	564.0	1278.0
0.30	2.85	6.22	18.6	54.4	116.0	293.0	592.0
0.40	2.60	5.37	14.9	40.3	81.5	193.0	370.0
0.50	2.44	4.82	12.5	31.3	59.5	130.0	233.0
0.60	2.33	4.45	10.9	26.0	47.7	99.6	172.0
0.80	2.18	3.94	8.86	19.3	33.4	64.2	104.0
1.0	2.08	3.60	7.59	15.6	25.7	46.8	72.5
1.5	1.92	3.09	5.85	10.8	16.6	27.6	39.7
2.0	1.81	2.78	4.92	8.55	12.5	19.8	27.4

2.2 数値計算方法

照射線量率は、(1)式により計算するが、先に述べたように、(1)式中の被積分関数は、放出源および評価地点が特異点になり、計算上は発散してしまうため、座標系の設定方法、パラメータの組合せを考慮しなくてはならない。計算コードPLUMEXは数種の座標系による数値計算方法により照射線量率を計算するコードであり、その中から最も評価条件に相当と思われる方法を選択した。PLUMEXの数値計算方法のうち、今回の計算の際に選択した数値計算方法の概要について以下に述べる。さらに詳細については、参考文献1)を参照されたい。

2.2.1 正規型ブルーム座標系による積分法

ブルームの中心軸を ξ 軸とし、計算地点の鉛直横断面と ξ 軸との交点を原点 $(x_0, 0, H)$ とする。角度方向に独立変数 θ を、動径方向に独立変数 s をとると、座標系 (x, y, z) と座標系 (s, θ, ξ) の関係は以下のように表わせる。

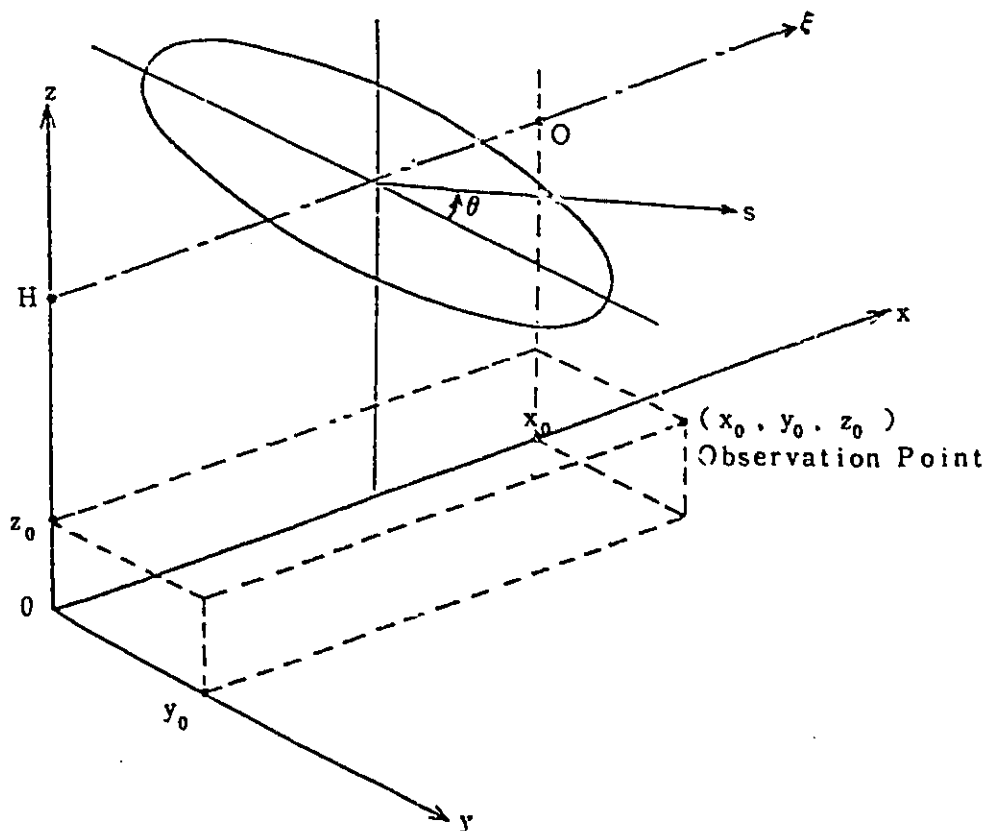


図1 S- θ - ξ 座標系

$$\left. \begin{aligned} x &= x_0 + \xi \\ y &= \sqrt{2s} \sigma_y \cos \theta \\ z &= \sqrt{2s} \sigma_z \sin \theta + H \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

逆転層を考慮しない場合について(1)式を座標変換すると、

$$D(x_0, y_0, z_0) = K \int_{-x_0}^{\infty} \left\{ \int_0^{\infty} \int_0^{\pi/2} \sum_{j=1}^2 \frac{B(E, \mu_{r_j}) e^{-\lambda r_j}}{r_j^2} \left[1 + \exp\left(-\frac{2zH}{2\sigma_z^2}\right) \right] d\theta ds \right\} \exp\left(-\lambda \frac{x_0 + \xi}{u}\right) d\xi \quad (7)$$

ここで、

$$K = \frac{K_0 \cdot \mu_a \cdot E \cdot Q'}{8\pi^2 \cdot u}$$

また、 $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ の場合

$$\begin{aligned} r_1^2 &= \{R_0^2 + 2s(\sigma_y^2 \cos^2 \theta + \sigma_z^2 \sin^2 \theta) \\ &\quad - 2\sqrt{2s} [y_0 \sigma_y \cos \theta + (z_0 - H) \sigma_z \sin \theta]\}^{1/2}, \\ r_2^2 &= \{R_0^2 + 2s(\sigma_y^2 \sin^2 \theta + \sigma_z^2 \cos^2 \theta) \\ &\quad - 2\sqrt{2s} [-y_0 \sigma_y \sin \theta + (z_0 - H) \sigma_z \cos \theta]\}^{1/2}, \\ r_3^2 &= \{R_0^2 + 2s(\sigma_y^2 \cos^2 \theta + \sigma_z^2 \sin^2 \theta) \\ &\quad - 2\sqrt{2s} [-y_0 \sigma_y \cos \theta - (z_0 - H) \sigma_z \sin \theta]\}^{1/2}, \\ r_4^2 &= \{R_0^2 + 2s(\sigma_y^2 \sin^2 \theta + \sigma_z^2 \cos^2 \theta) \\ &\quad - 2\sqrt{2s} [y_0 \sigma_y \sin \theta - (z_0 - H) \sigma_z \cos \theta]\}^{1/2}. \end{aligned}$$

ただし、

$$R_0 = [\xi^2 + y_0^2 + (z_0 - H)^2]^{1/2}.$$

PLUMEXでは、(7)式を計算する場合、 ξ に関しては Romberg 積分法、 s に関しては Gauss - Laguerre 積分法⁴⁾、 θ に関しては Gauss - Legendre 積分法⁴⁾を用いて計算する。

2.2.2 球座標系による積分法

照射線量率計算地点 (x_0, y_0, z_0) を原点とした球座標系を考える。独立変数 ρ, θ, ϕ を図2のようにとる。

ただし、動径方向 ρ は、 $1/\mu$ を単位とした値である。

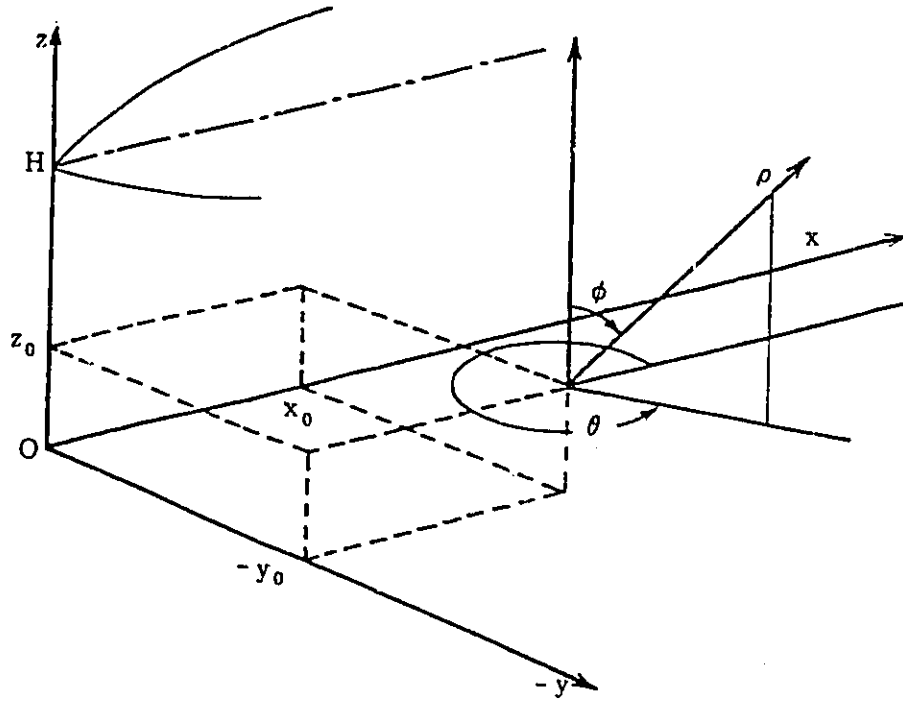


図2 $\rho - \theta - \phi$ 座標系

座標変換は、次の式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} x &= x_0 + \frac{\rho}{\mu} \sin \phi \cos \theta \\ y &= y_0 + \frac{\rho}{\mu} \sin \phi \sin \theta \\ z &= z_0 + \frac{\rho}{\mu} \cos \phi \end{aligned} \right\} (8)$$

(1)式を球座標に変換すると、

$$D(x_0, y_0, z_0) = \frac{K}{\mu} \int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} B(E, \rho) \exp\left(-\lambda \frac{x}{u}\right) x_N \sin \phi \, d\phi \, d\theta \, e^{\rho} \, d\rho \quad (9)$$

となる。ただし、

$$x_N = \frac{2\pi u}{Q'} x$$

である。

2.2.3 極座標系による積分法

PLUMENでは、WEERIE⁽¹⁾に於ける数値計算法、極座標系 (r, θ, ϕ) による方法も可能である。 $r - \theta - \phi$ による座標変換に関する式は、

$$D(x_0, y_0, z_0) = K \int_{R_0 - \Sigma}^{R_0 + \Sigma} dr \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \int_{\phi_1}^{\phi_2} d\phi$$

$$B(E, \mu r) = \Sigma_{\mu} \exp\left(-\Sigma \frac{K}{u}\right) \cos\theta \exp(-\mu r) \quad (10)$$

と表わされる。ここで、

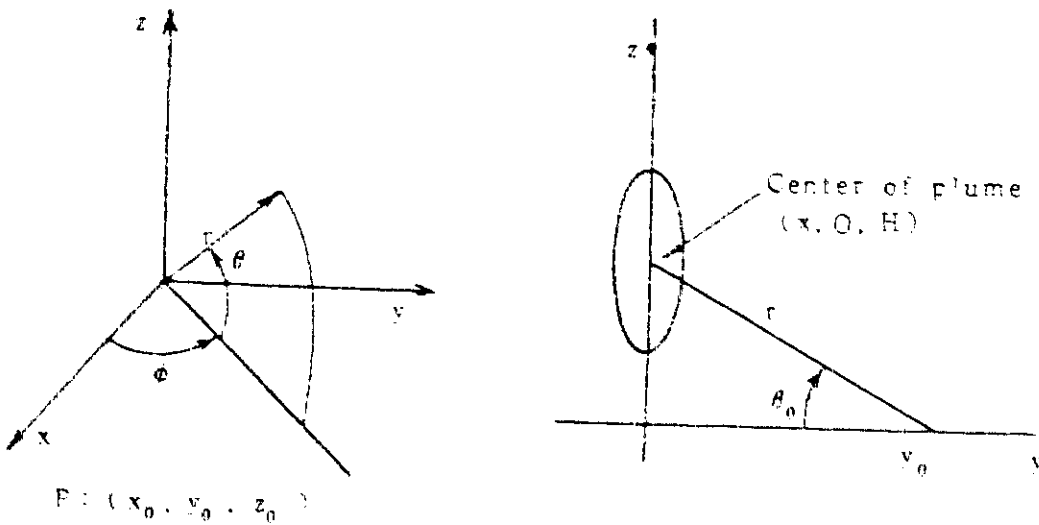


図3 (r, θ, ϕ) 座標系

$$R_0 = \frac{H - z_0}{\sin\theta} \quad \nu_0 \leq 3\sigma_y \text{ or } \nu_0 = 0 \text{ の場合}$$

$$R_0 = \frac{y}{\sin\theta \cos\theta} \quad \nu_0 \leq 3\sigma_y \text{ or } \nu_0 \neq 0 \text{ の場合}$$

$$\Sigma_1 = \frac{2\sigma_x}{\sin\theta}$$

$$\Sigma_2 = \frac{2\sigma_x}{\sin\theta \cos\theta}$$

$$\Sigma = \min(\Sigma_1, \Sigma_2)$$

ただし、 θ の範囲は、

$0 \leq \theta < 2\pi$	$x_0 \geq 0, y_0 \leq 2a_y$ の場合
$\pi \leq \theta < 2\pi$	$x_0 < 0, y_0 > 2a_y$ の場合
$\frac{\pi}{2} \leq \theta < \frac{3\pi}{2}$	$x_0 < 0, y_0 \leq 0$ の場合
$0 \leq \theta < \pi$	$x_0 \geq 0, y_0 < -2a_y$ の場合
$0 \leq \theta < \frac{\pi}{2}$	$x_0 > 0, y_0 < 0$ の場合

としている。

2.2.4 浸透近似法

放射性物質は、地表面の半無限空間に一様に分布すると考え、担持濃度は計算地点 (x_0, y_0, z_0) により代表する。

照射線量率は次式により求める。

$$D(x_0, y_0, z_0) = g(z_0) K_0 E \quad (11)$$

ただし、 $g(z_0)$ は幾何学的係数であり、 $z_0 = 0$ で $g = \frac{1}{2}$ 、 $z_0 \rightarrow \infty$ で $g \rightarrow 1$ となる値である。PLUMEXでは、 $g(z_0)$ は次式により計算する。

$$g(z_0) = 1 - \frac{1}{2} \exp(-K_H E) \quad (12)$$

3 照射線量率の計算結果

ガンマ線のエネルギー0.5 MeV、放射性物質の放出率1 Ci/hr、風速1 m/sec の条件のもとに、PLUMEXにより計算した照射線量率の計算結果を、線図として付録A、B、Cにまとめた。

実際の放出源条件および気象条件下での、ある評価地点における照射線量率値に対して、放射性物質の放出率、風速、実効エネルギーを次式のとおり考慮し、評価地点における照射線量率を求める。

$$D_{Eij}(x, y, 0) = \frac{Q}{u} \cdot E_{eff} \cdot D_{ij}(x, y, 0) \quad (13)$$

ここで記号の意味は次のとおりである。

$D_{Eij}(x, y, 0)$: 評価地点 $(x, y, 0)$ 、大気安定度 i 、放出源の高さ j における照射線量率 ($\mu\text{Ci/hr}$)

Q : 放射性物質の放出率 (Ci/hr)

u : 風速 (m/sec)

E_{eff} : 実効エネルギー (MeV/dis)

$D_{ij}(x, y, 0)$: 評価地点 $(x, y, 0)$ 、大気安定度 i 、放出源の高さ j における線図から読みとった照射線量率 ($\mu\text{R/hr}$)

実効エネルギーについては次式から求める。

$$E_{eff} = \sum_{k=1}^N E_{\gamma} \cdot f_{\gamma} \quad (14)$$

ここで記号の意味は次のとおりである。

N : 1崩壊当りのガンマ線の本数

f_{γ} : 1崩壊当りのガンマ線の放出数 (photons/dis)

E_{γ} : ガンマ線のエネルギー (MeV/photon)

^{85}Kr 放射性雲からの照射線量率の算出については、 $N = 1$ 、 $f_{\gamma} = 0.0043$ 、

$E_{\gamma} = 0.514$ として計算する。

参 考 文 献

- 1) Yoshihisa Kitahara, Yoichiro Kishimoto, Osamu Narita, Kunihiko Shinohara, Kiyoshi Tatsukuchi; PLUMEX - A Computer Program to Evaluate External Exposures to a Gaussian Plume by Point Kernel Integration; PNCT843-79-16; 1979
- 2) 原子力委員会; 発電用軽水型原子炉施設周辺の検査目標値に対する評価指針について; 昭和51年9月28日
- 3) 原子力委員会; 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針について; 昭和52年6月14日
- 4) Handbook of Mathematical Functions With Formulas, Graphs, and Mathematical Tables; National Bureau of Standards AUS 55, 1972
- 5) Clarke, R.H; The WEERIE Program for Assessing Radiological Consequences of Airborne Effluents from Nuclear Installations; Health Physics, 25, 267~280; 1973

付録 A 風下地表面照射線率分布図

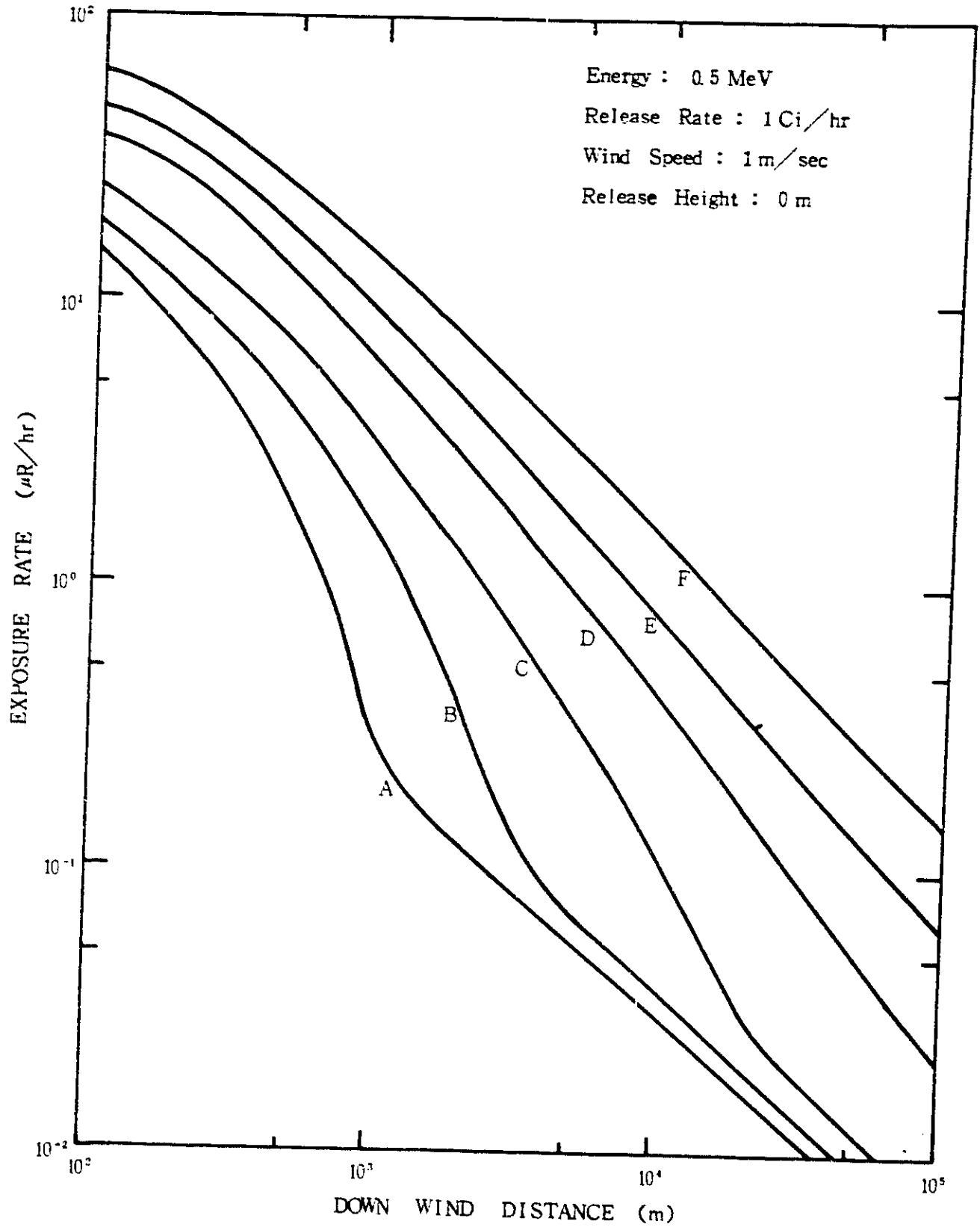


Fig A-1 Down Wind Axial Distribution of Exposure Rate

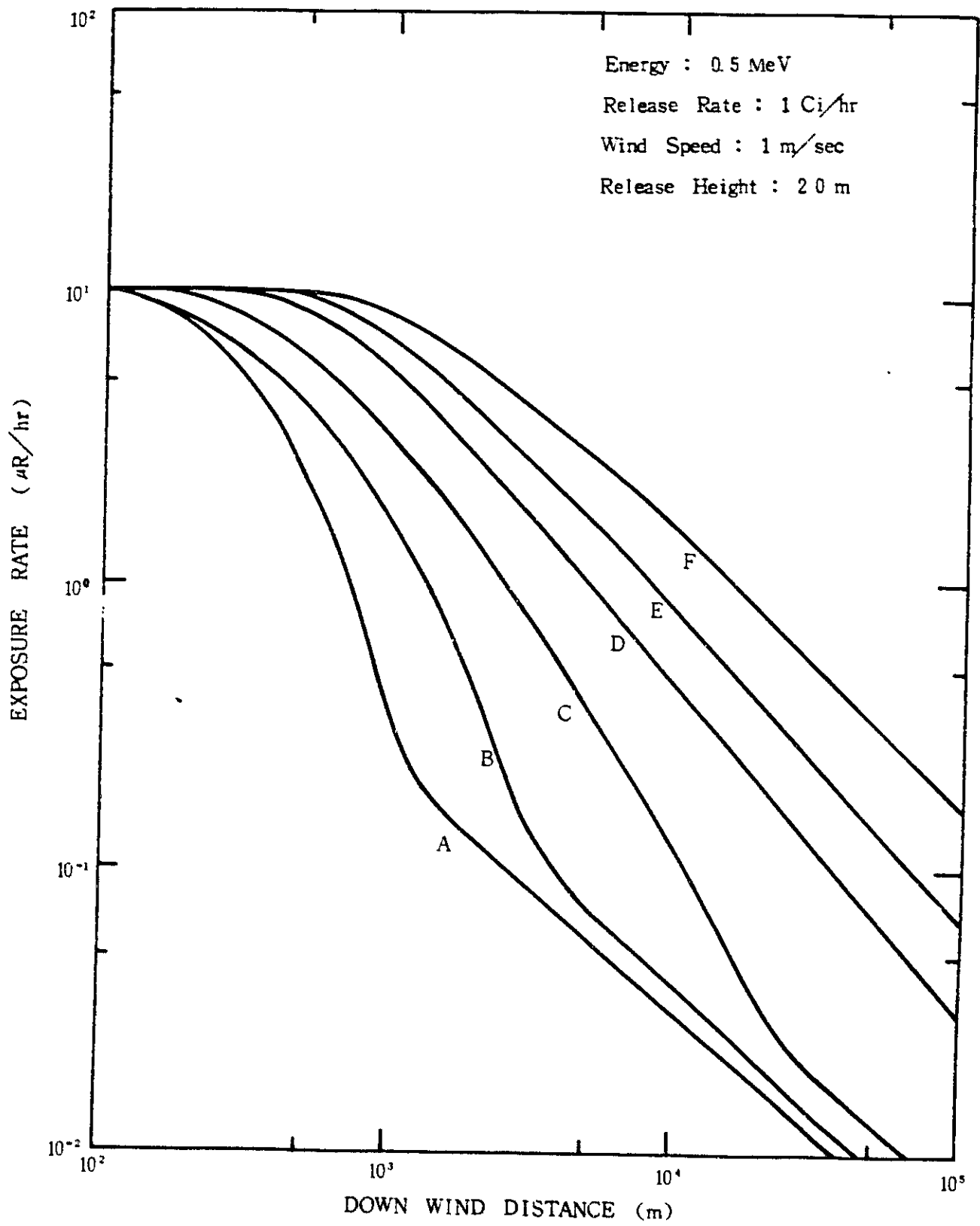


Fig A-2 Down Wind Axial Distribution of Exposure Rate

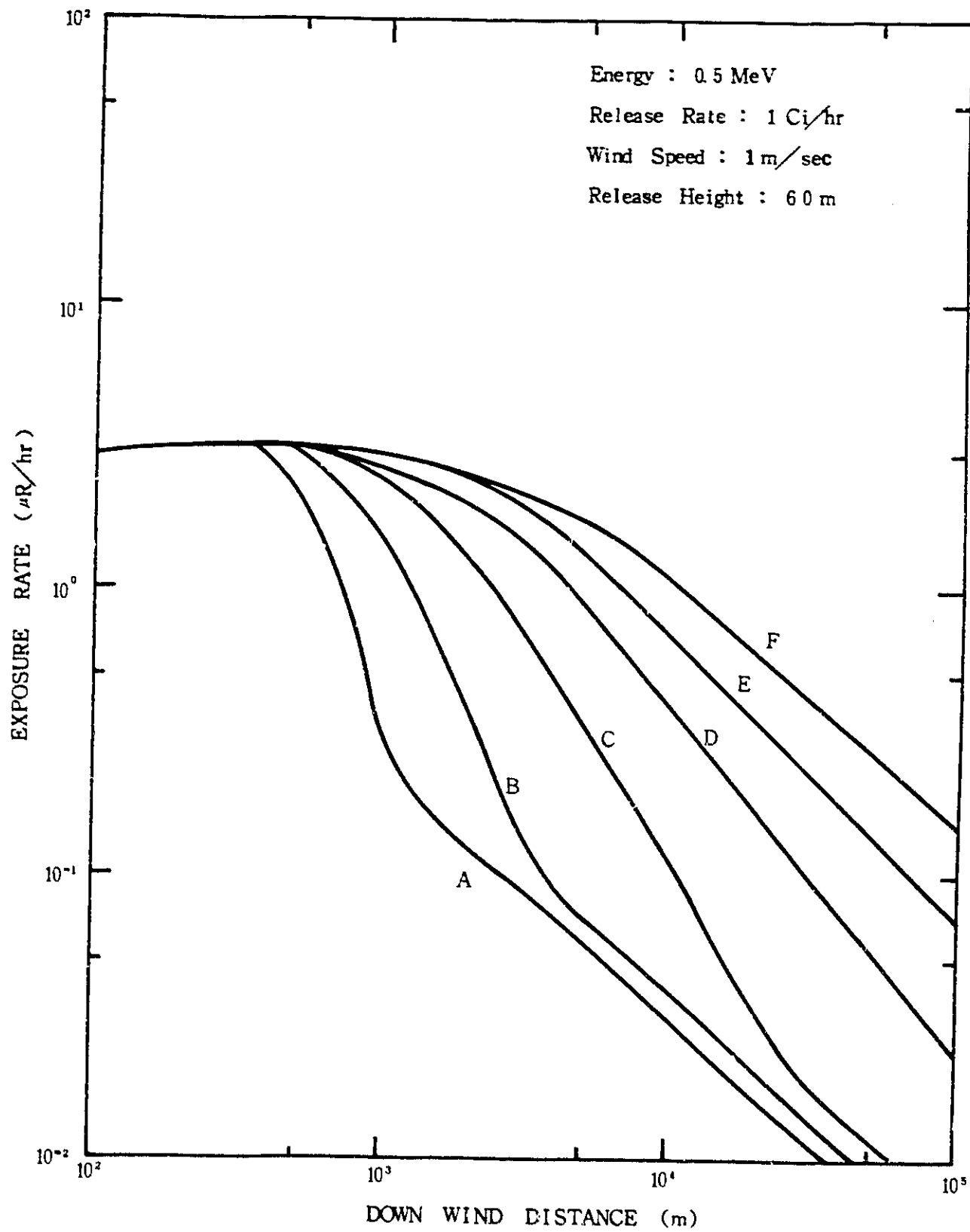


Fig A-3 Down Wind Axial Distribution of Exposure Rate

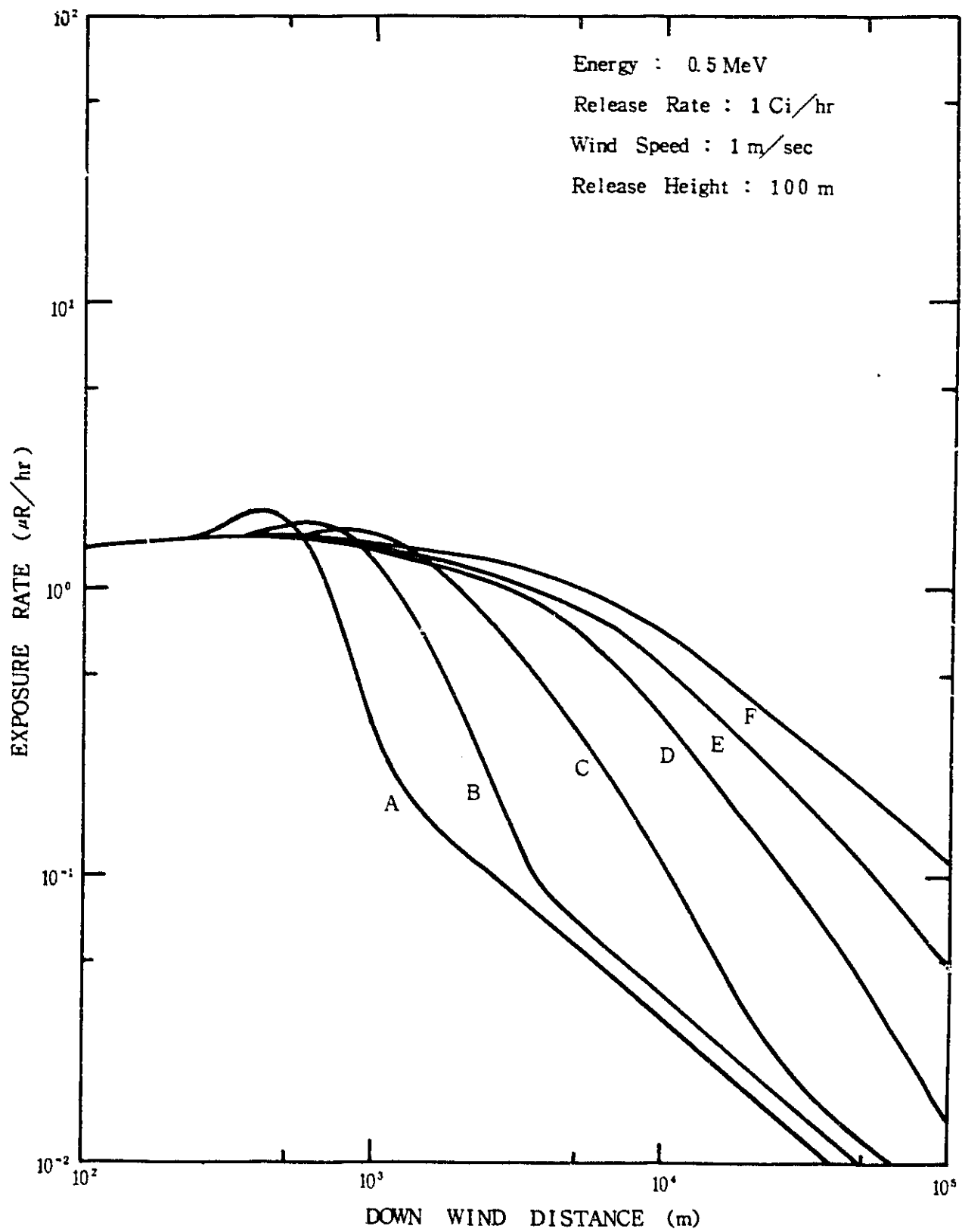


Fig A-4 Down Wind Axial Distribution of Exposure Rate

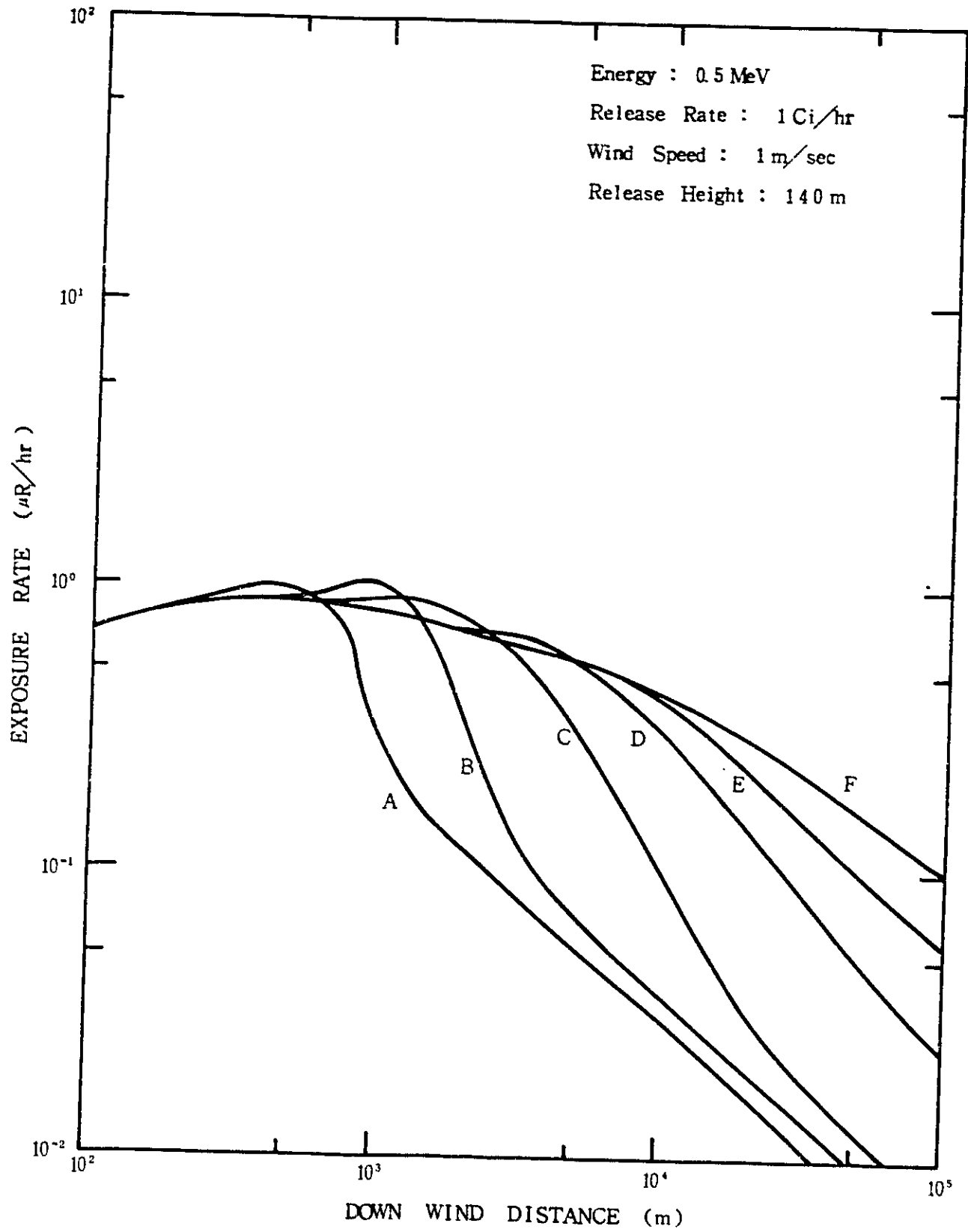


Fig A-5 Down Wind Axial Distribution of Exposure Rate

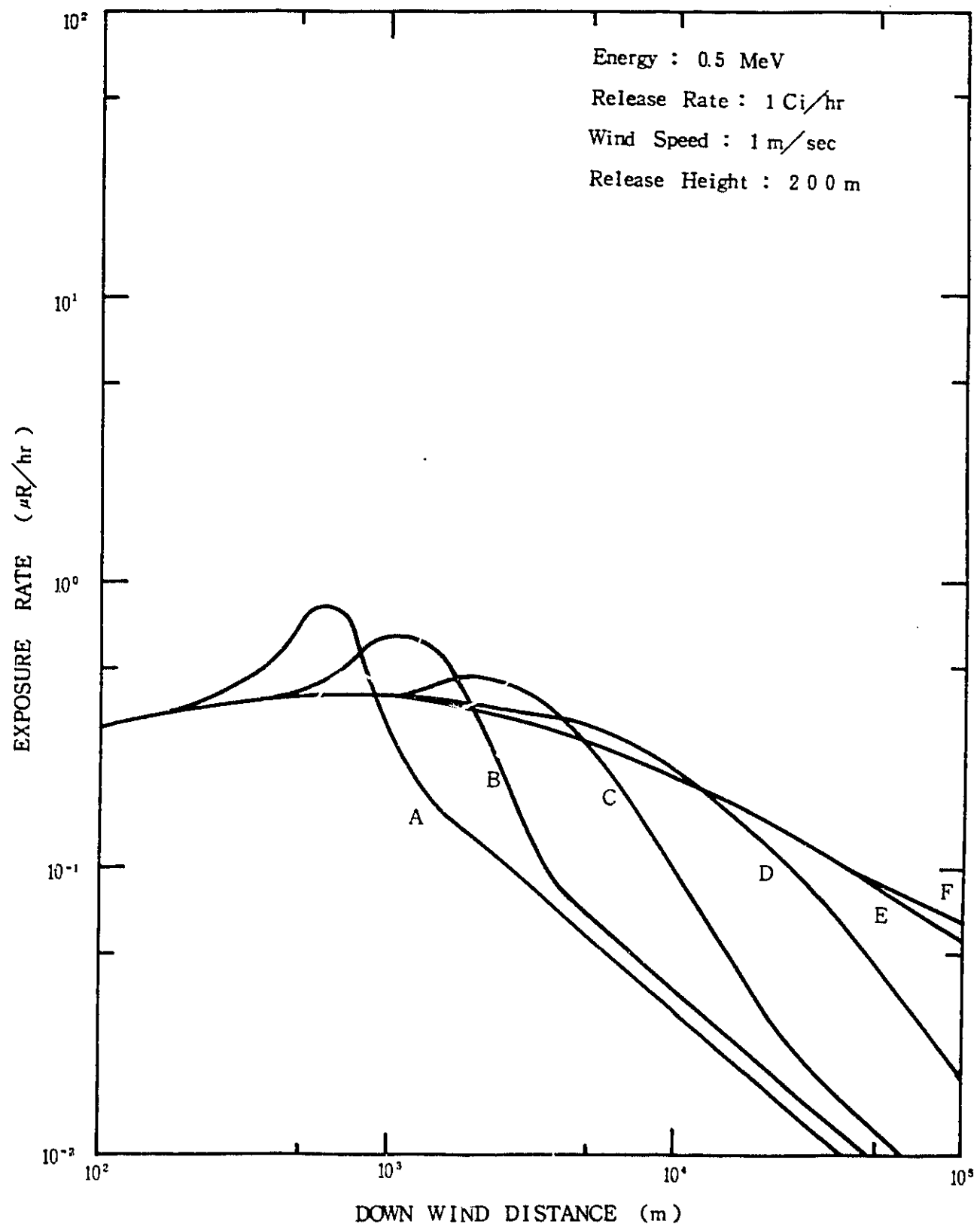


Fig A-6 Down Wind Axial Distribution of Exposure Rate

付 録 B 風下軸を中心とした角度方向への地表放射線量率図

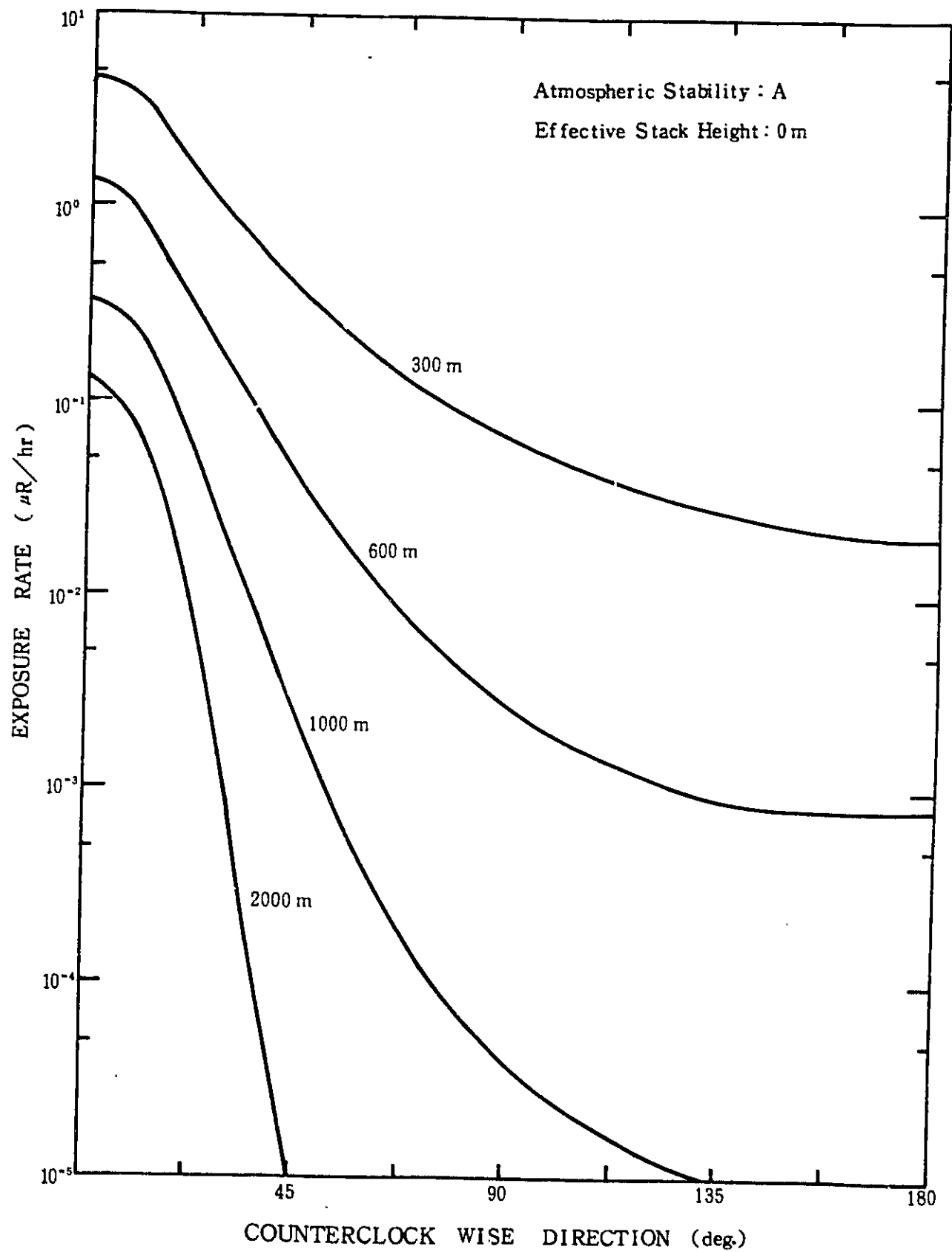


Fig B-1 Counterclock Wise Distribution of Exposure Rate

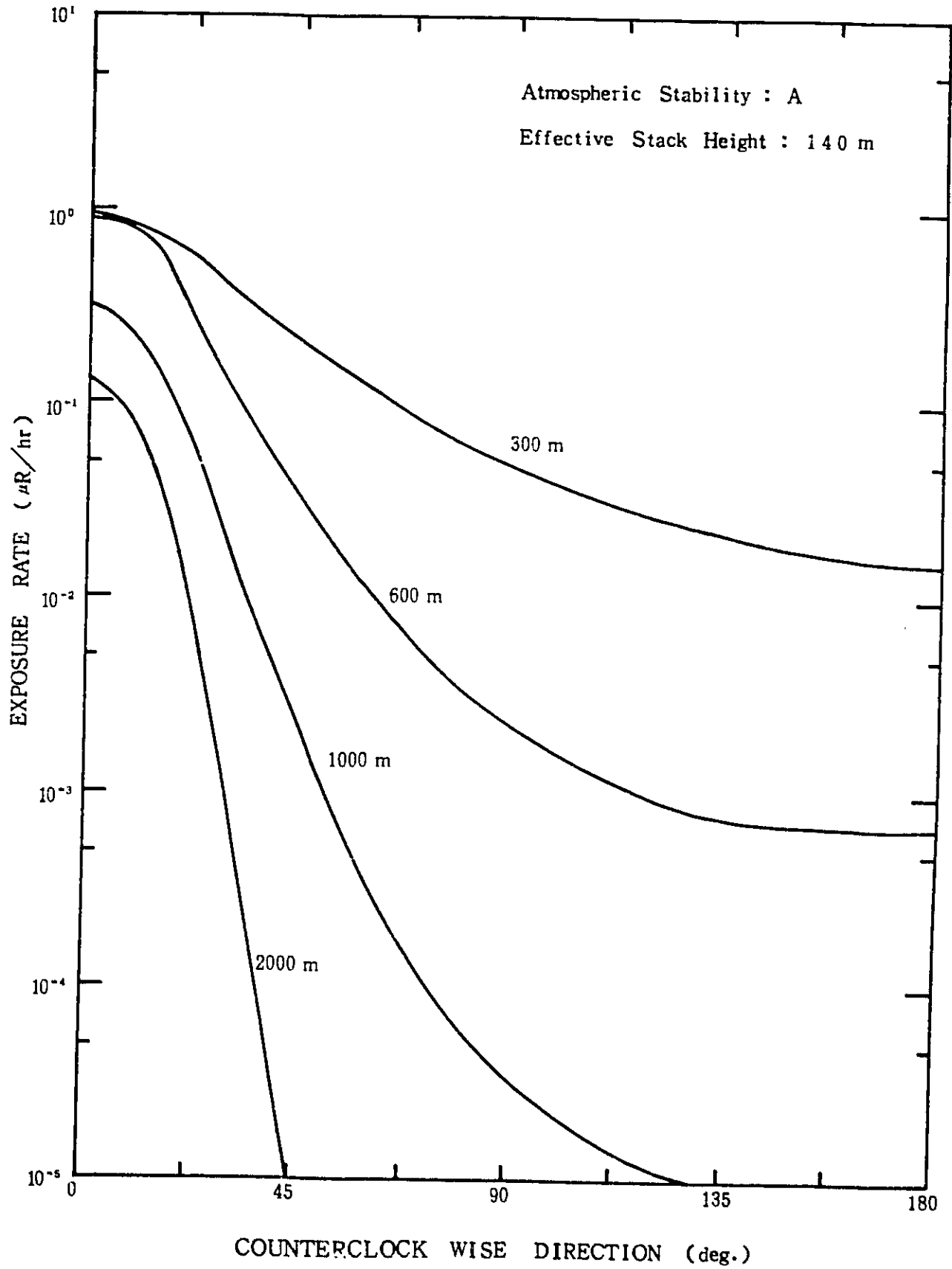


Fig B-2 Counterclock Wise Distribution of Exposure Rate

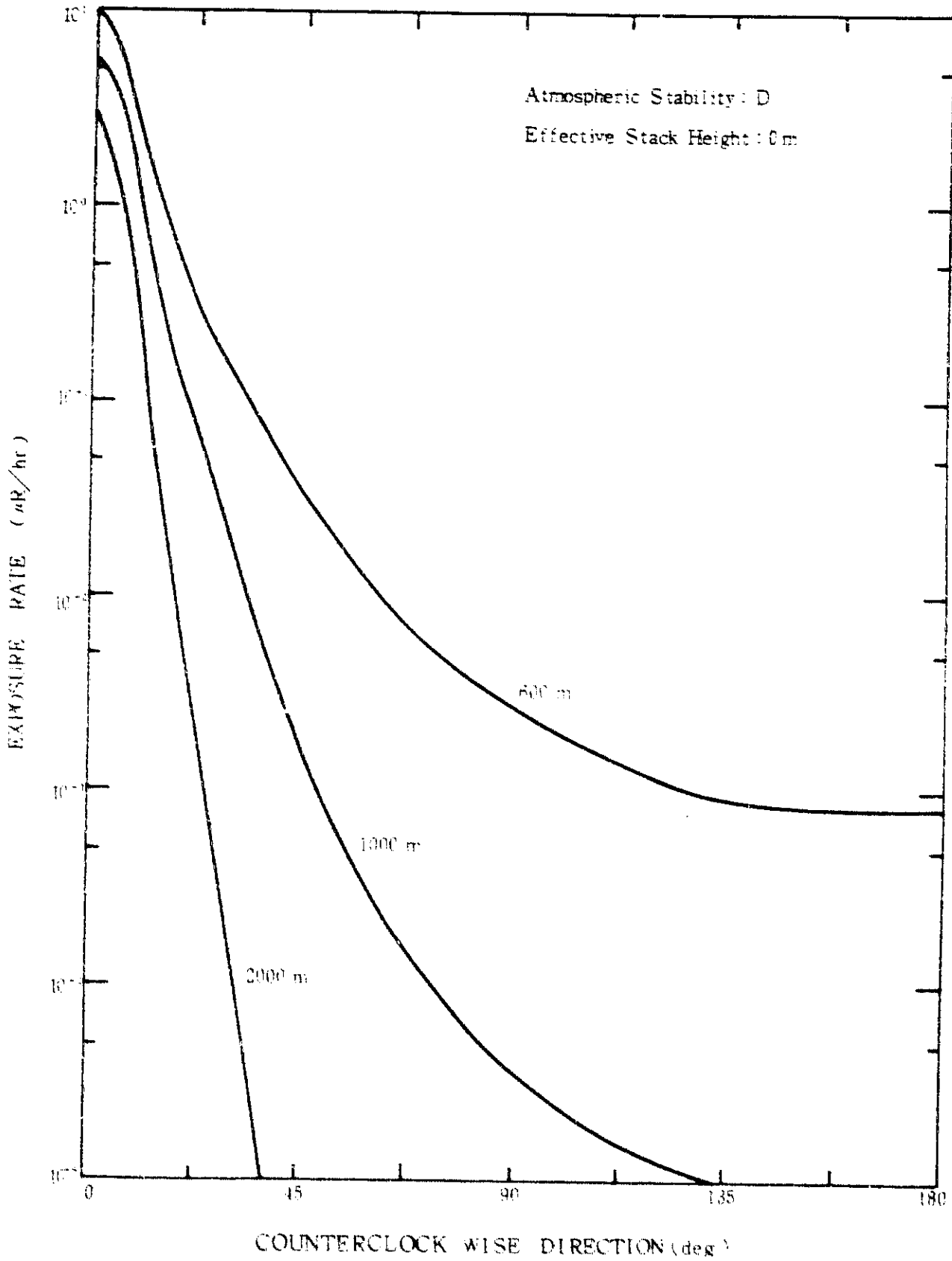


Fig B-3 Counterclock Wise Distribution of Exposure Rate

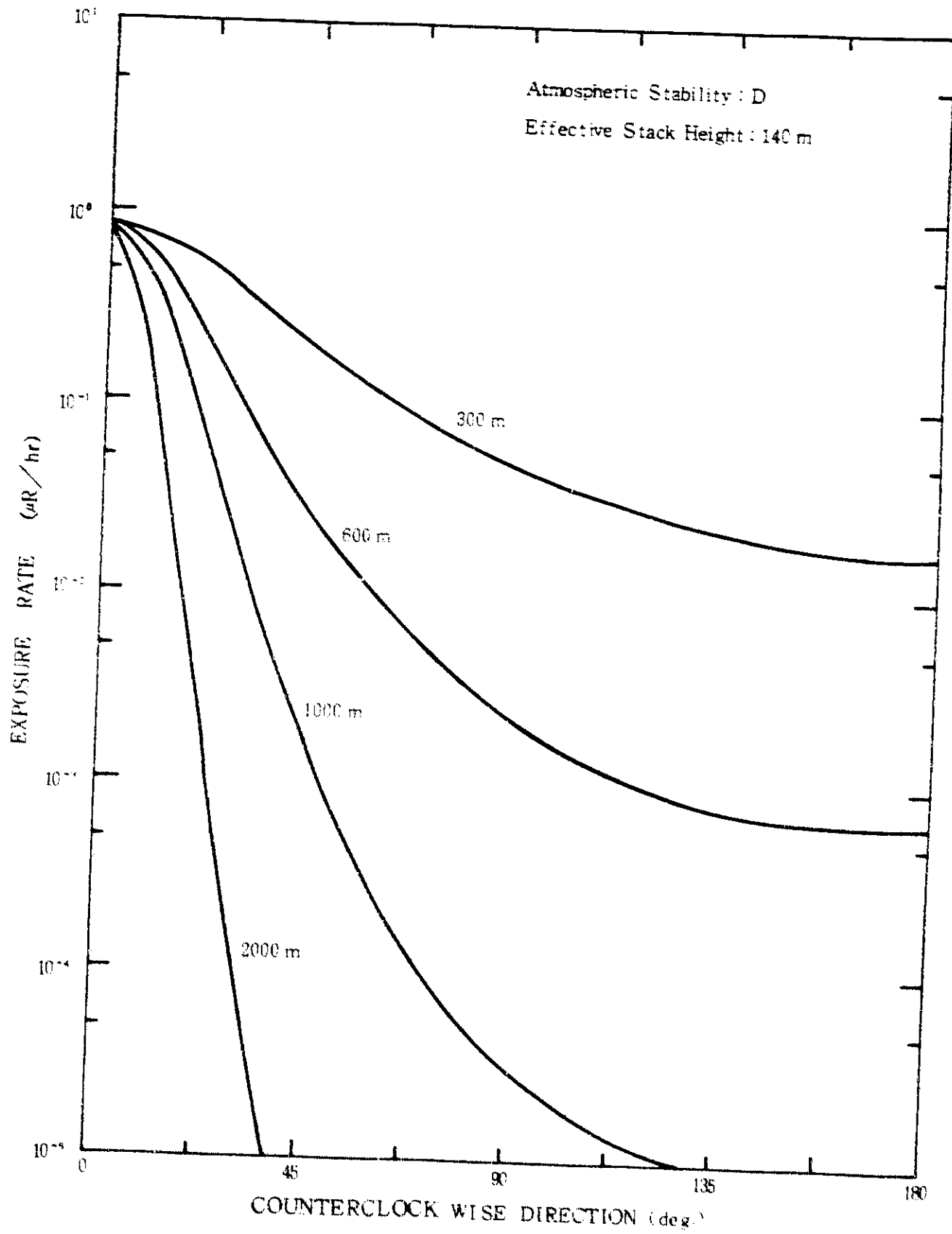


Fig B-4 Counterclock Wise Distribution of Exposure Rate

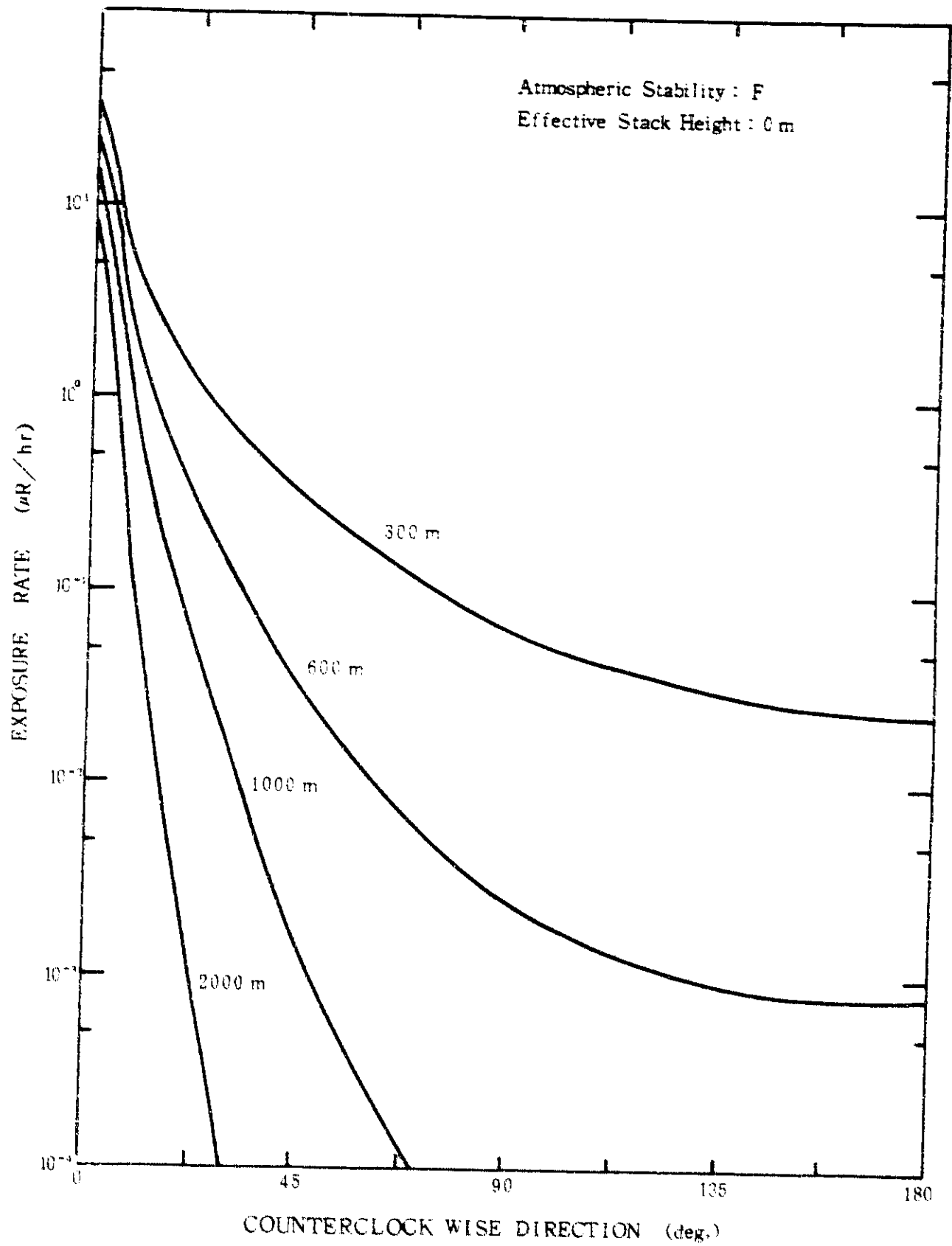


Fig B-5 Counterclockwise Distribution of Exposure Rate

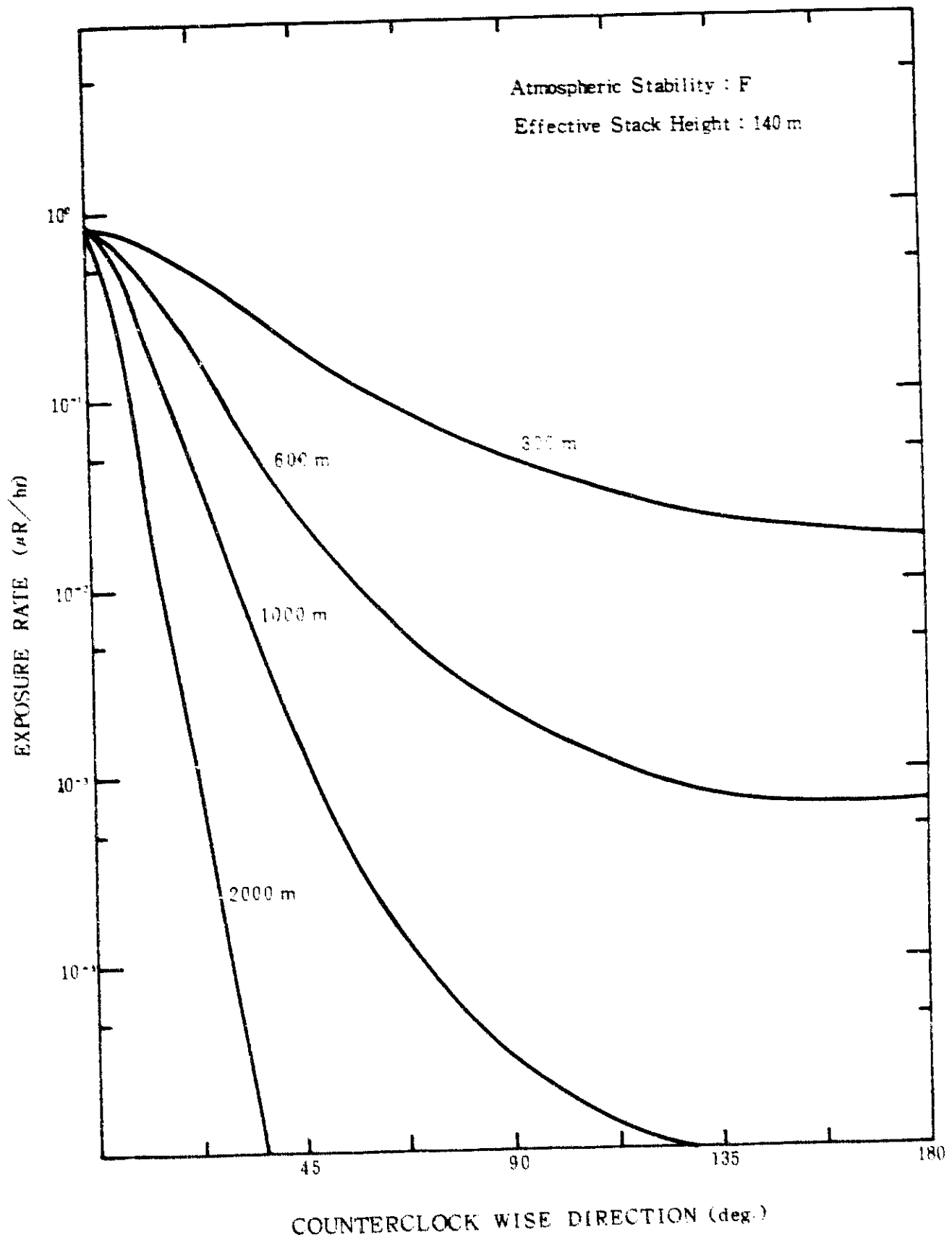


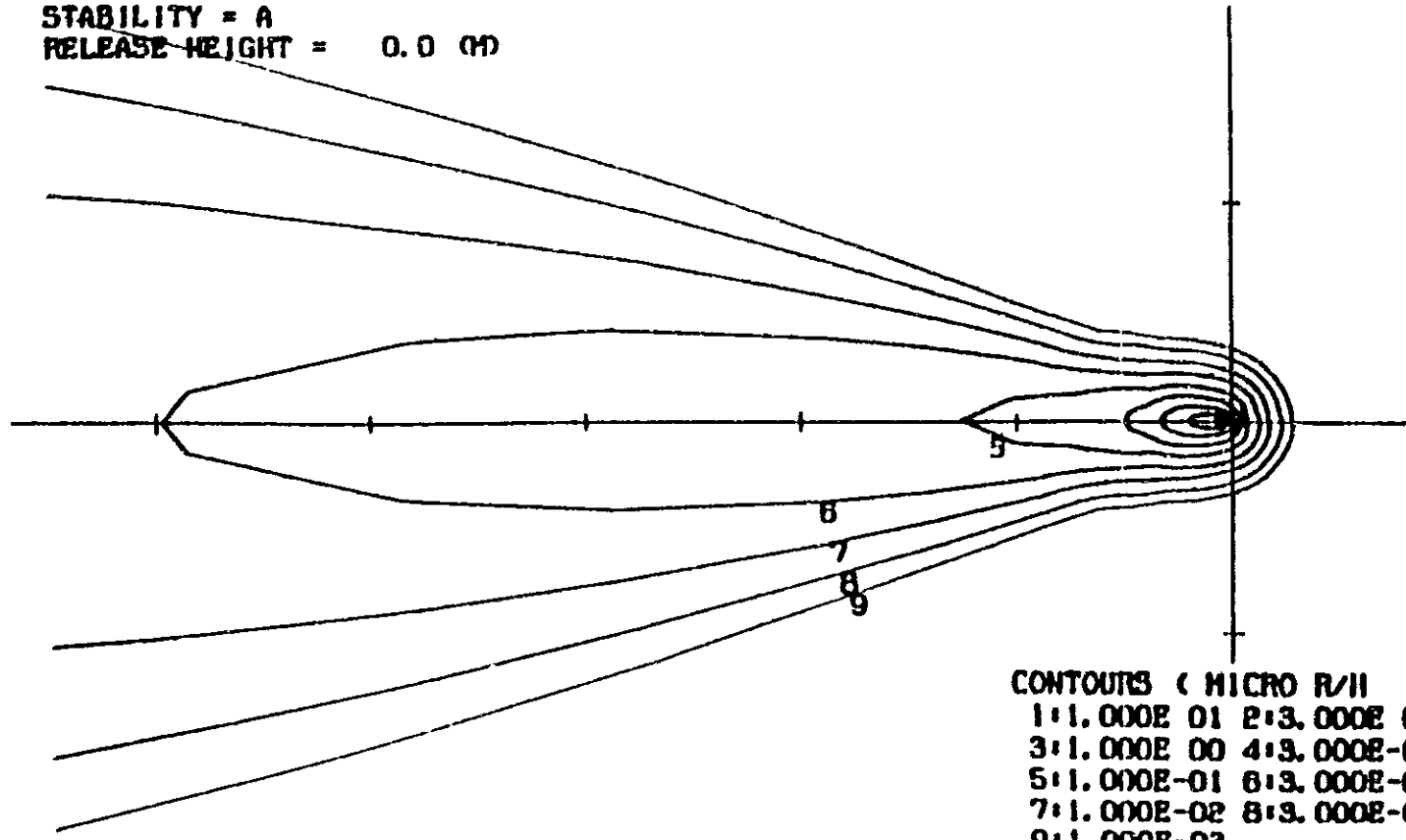
Fig B-6 Counterclock Wise Distribution of Exposure Rate

付圖 C 地 表 等 照 亮 度 圖

大気安定度 A ~ F, 有効煙源高さ 0 ㎞, 20 ㎞, 60 ㎞, 100 ㎞, 140 ㎞, 200 ㎞ のそれぞれの条件での, 地表面における等照射線量率の分布図を以下に示す。等照射線量率値は, 右下に示すものであり, 最大線量地点における照射線量率および距離は, それぞれ "MAX VALUE" および "MAX DISTANCE" として示した。

ただし, 照射線量率の計算は 100 ㎞ 以遠について行ったため, 最大線量地点が実際には, 100 ㎞ 以内であるとしても 100 ㎞ として示している。

ENERGY = 0.5 MEV
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = A
RELEASE HEIGHT = 0.0 (M)

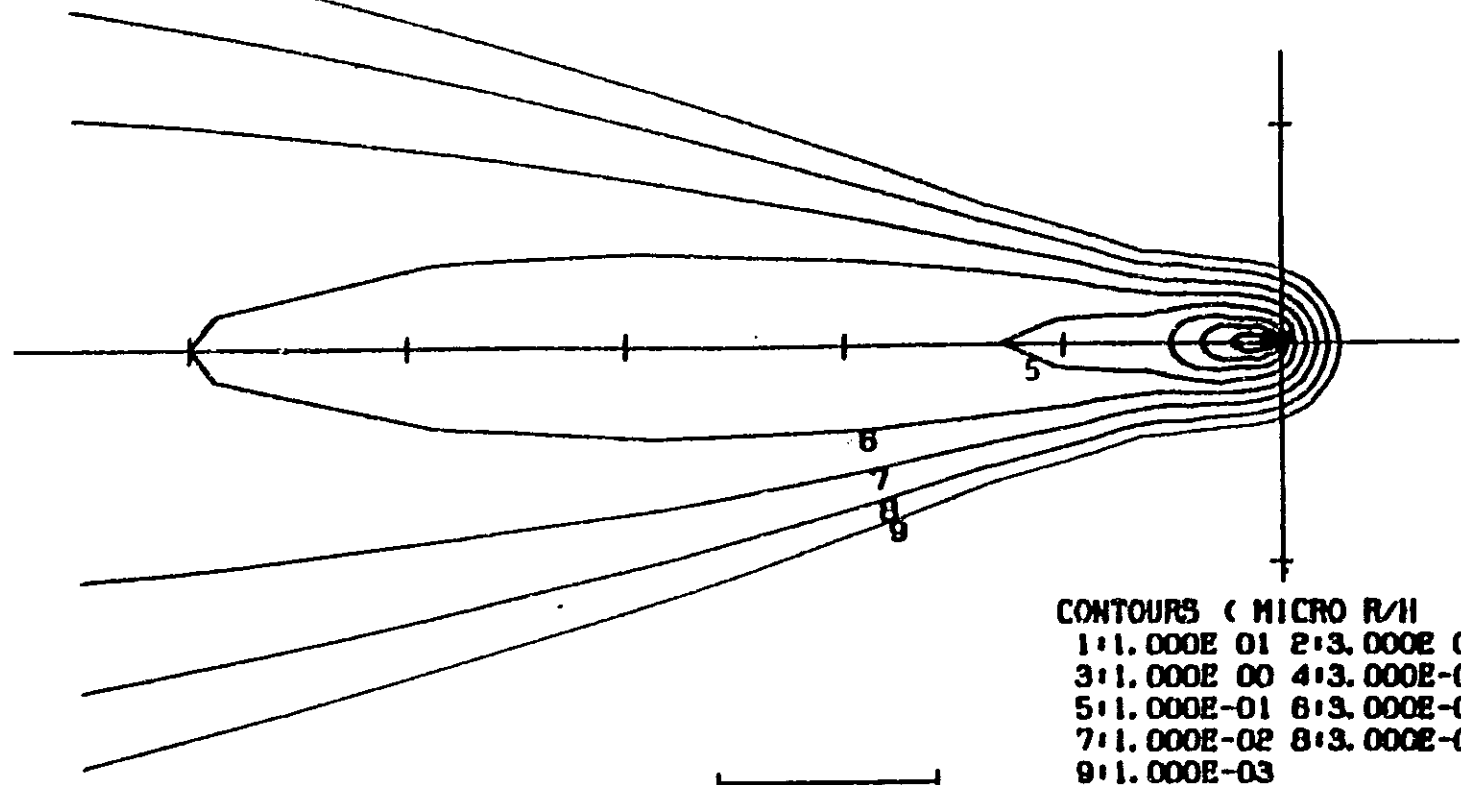


CONTOURS (MICRO R/H)
1:1.000E 01 2:3.000E 00
3:1.000E 00 4:3.000E-01
5:1.000E-01 6:3.000E-02
7:1.000E-02 8:3.000E-03
9:1.000E-03

MAX VALUE = 1.419E 01
MAX DISTANCE = 100 (M)

0 2 km

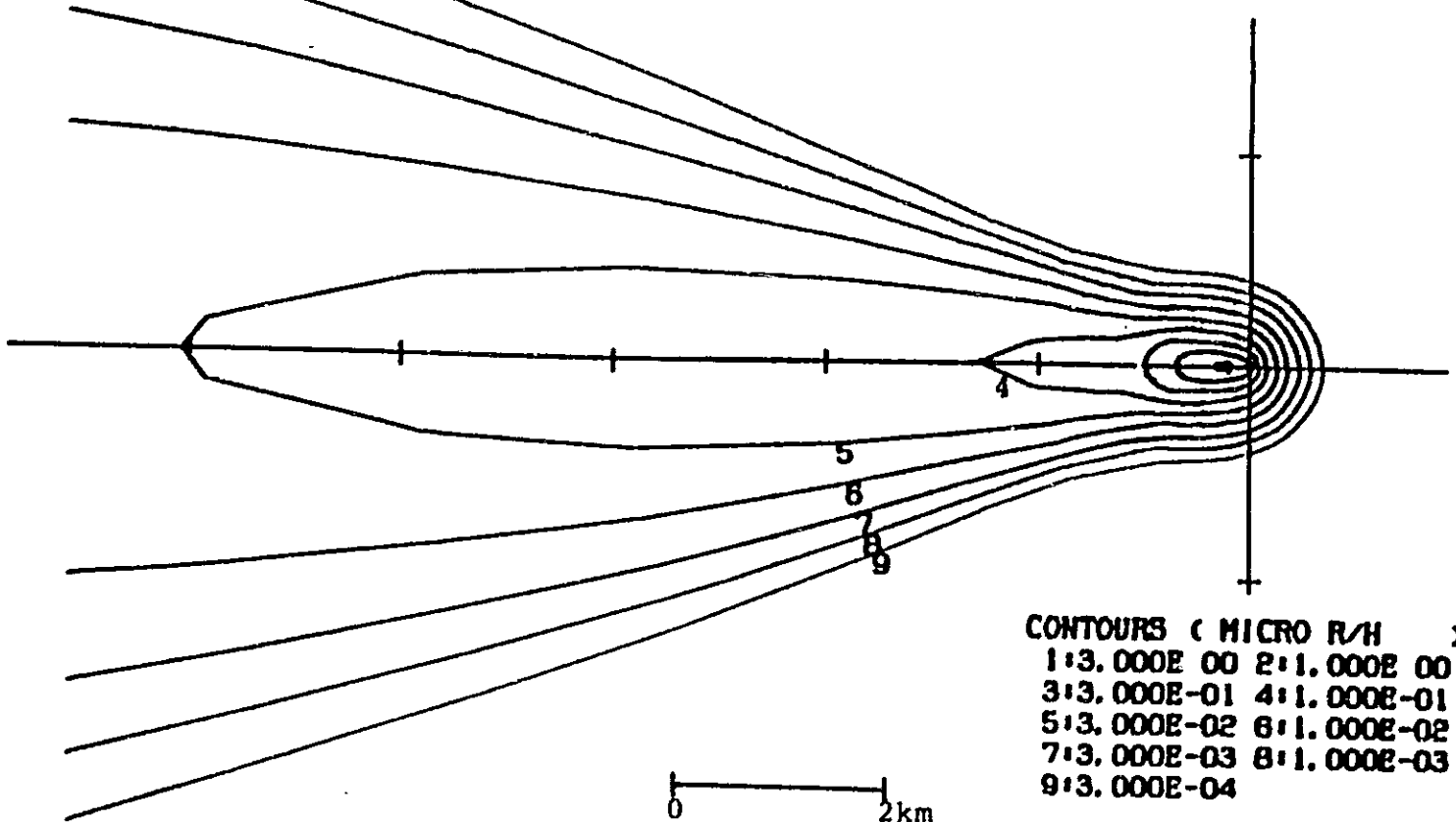
ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = A
 RELEASE HEIGHT = 20.0 (M)



CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E 01 2:3.000E 00
 3:1.000E 00 4:3.000E-01
 5:1.000E-01 6:3.000E-02
 7:1.000E-02 8:3.000E-03
 9:1.000E-03

MAX VALUE = 1.030E 01
 MAX DISTANCE = 100 (M)

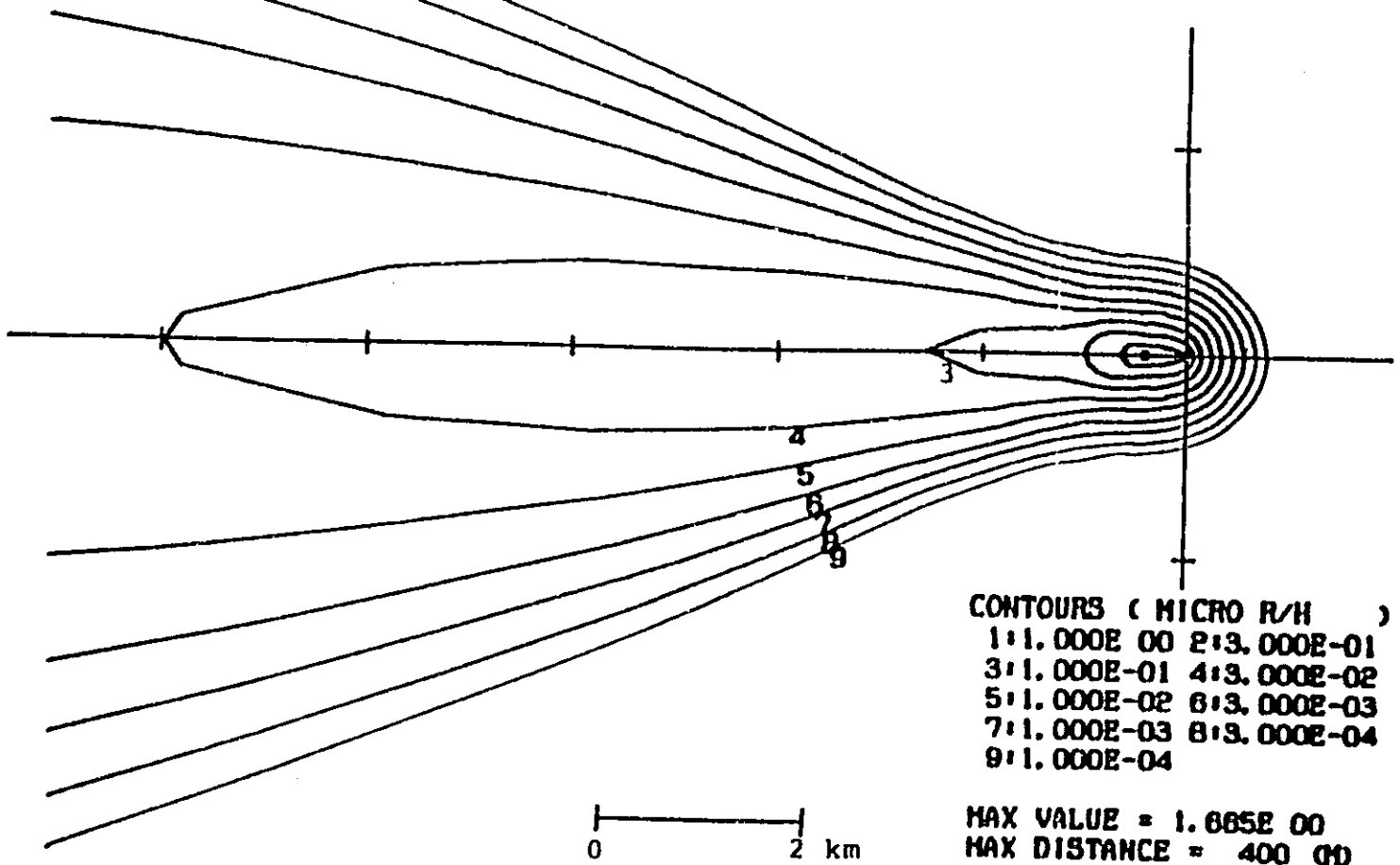
ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HRO)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = A
RELEASE HEIGHT = 60.0 (M)



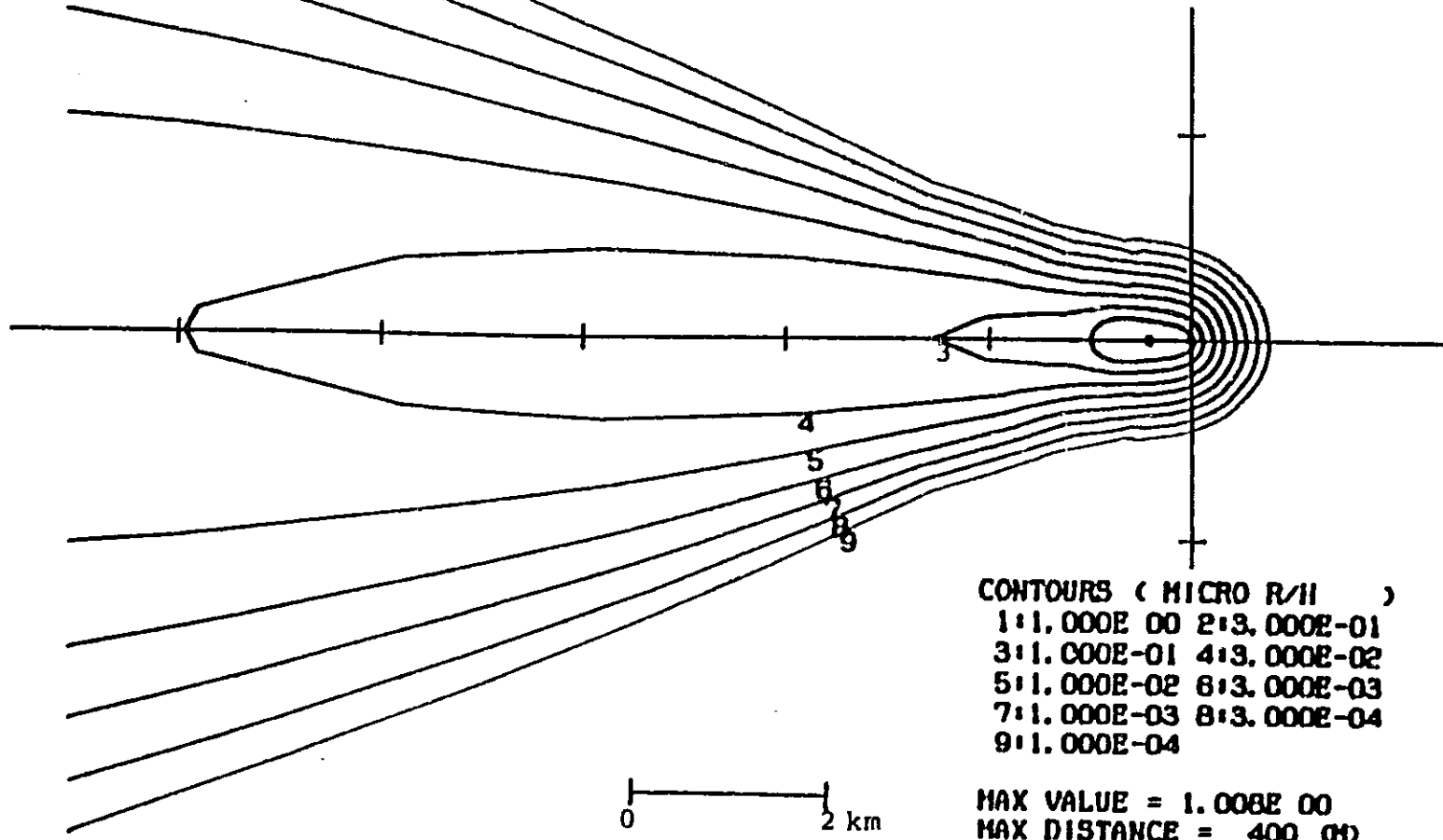
CONTOURS (MICRO R/H)
1:3.000E 00 2:1.000E 00
3:3.000E-01 4:1.000E-01
5:3.000E-02 6:1.000E-02
7:3.000E-03 8:1.000E-03
9:3.000E-04

MAX VALUE = 3.045E 00
MAX DISTANCE = 200 (M)

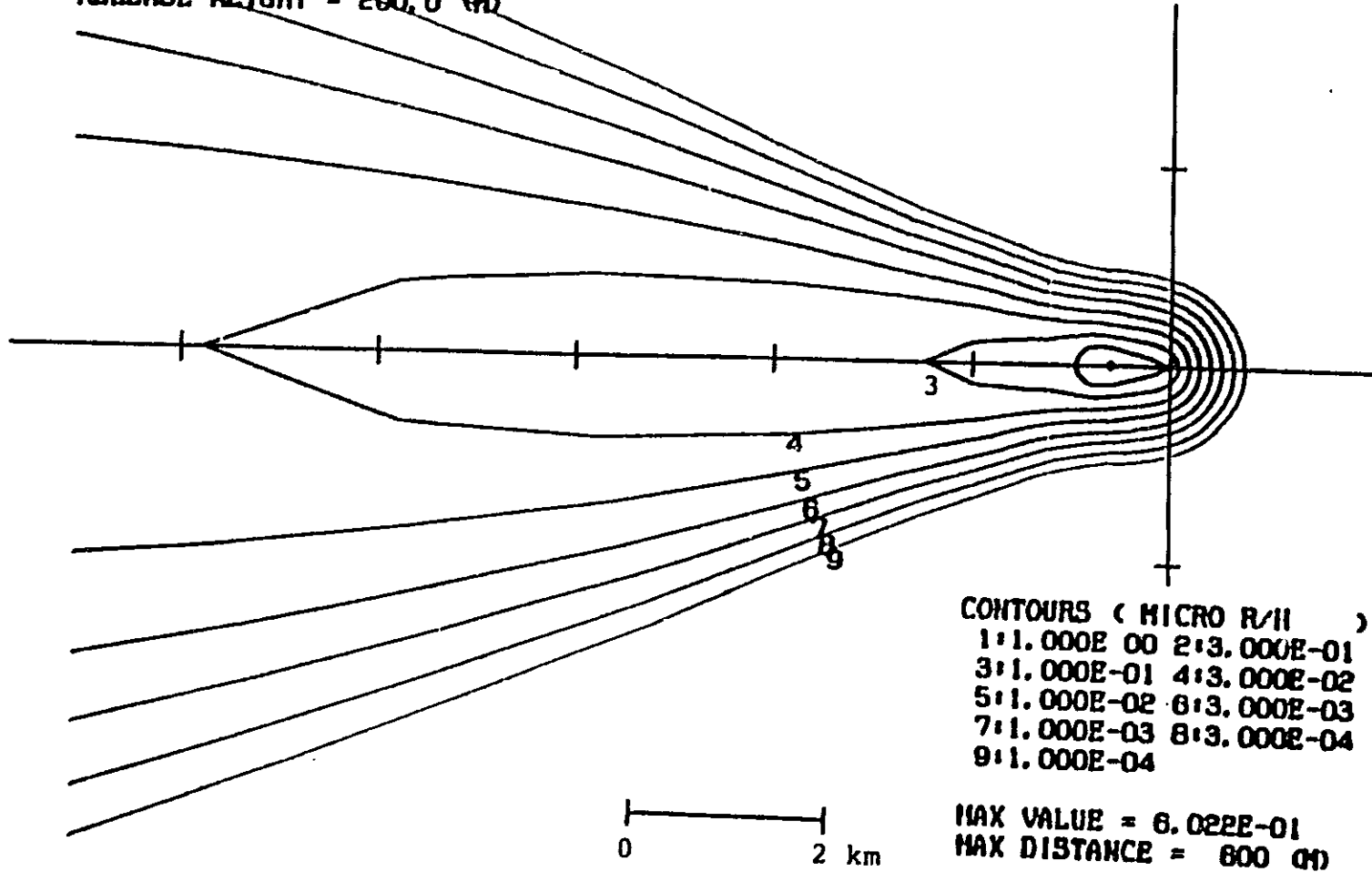
ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = A
 RELEASE HEIGHT = 100.0 (M)



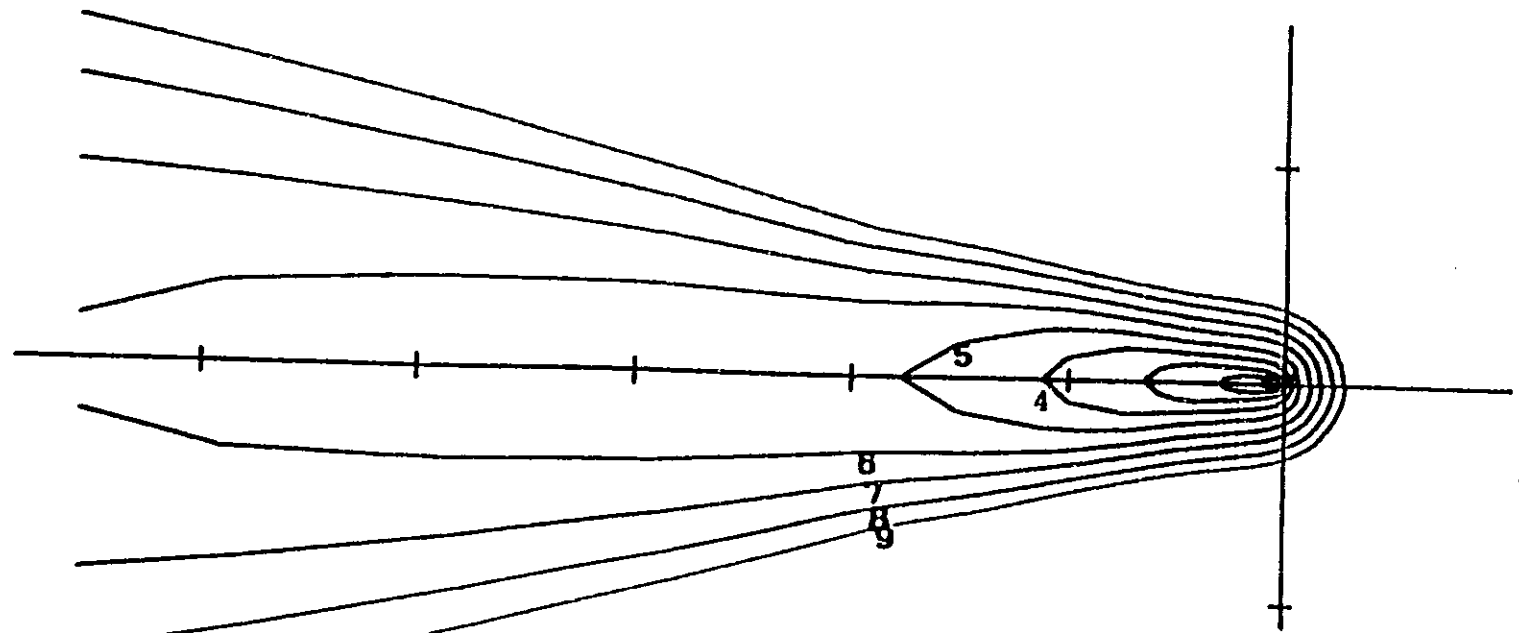
ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = A
RELEASE HEIGHT = 140.0 (M)



ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (C1/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = A
RELEASE HEIGHT = 200.0 (M)



ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = B
RELEASE HEIGHT = 0.0 (M)

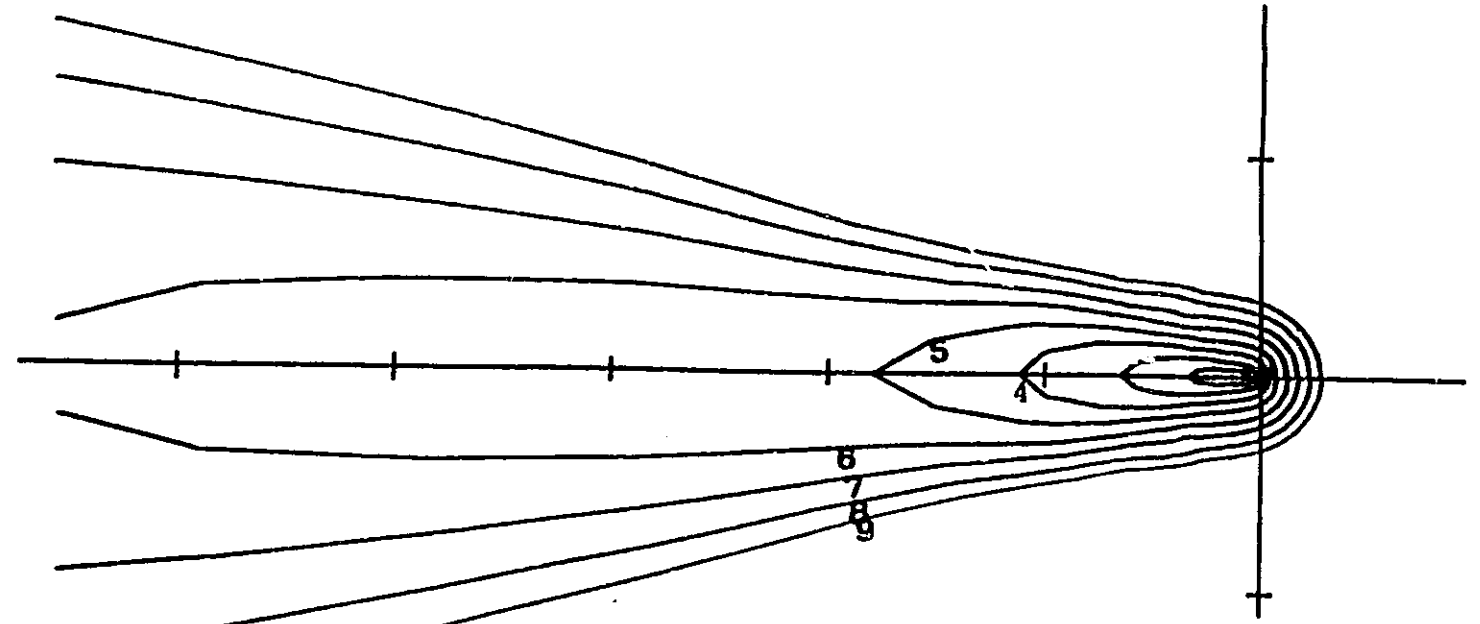


CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E 01 2:3.000E 00
 3:1.000E 00 4:3.000E-01
 5:1.000E-01 6:3.000E-02
 7:1.000E-02 8:3.000E-03
 9:1.000E-03

MAX VALUE = 1.811E 01
 MAX DISTANCE = 100 (M)

0 ————— 2 km

ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = B
RELEASE HEIGHT = 20.0 (M)

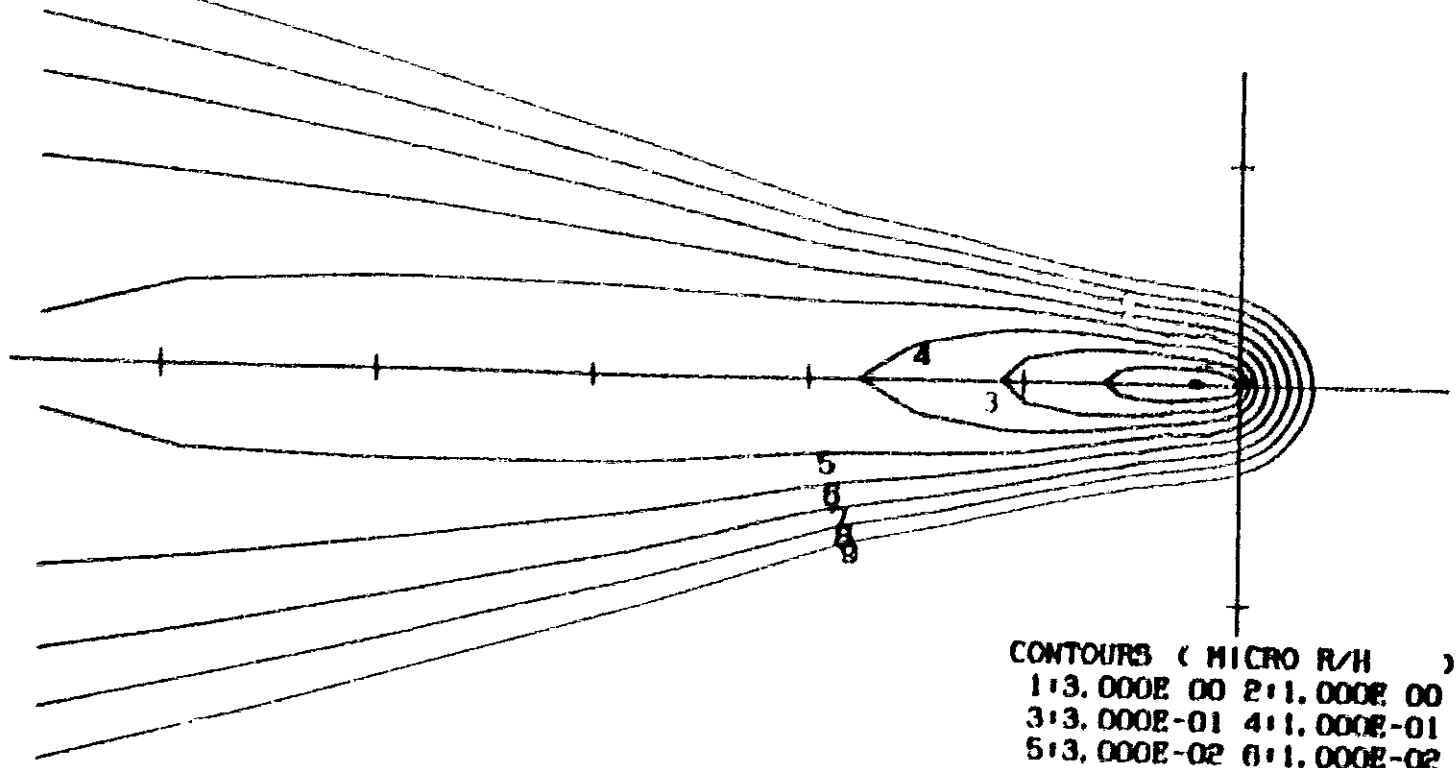


CONTOURS (MICRO R/H)
1:1.000E 01 2:3.000E 00
3:1.000E 00 4:3.000E-01
5:1.000E-01 6:3.000E-02
7:1.000E-02 8:3.000E-03
9:1.000E-03

0 ————— 2 km

MAX VALUE = 1.010E 01
MAX DISTANCE = 100 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = B
RELEASE HEIGHT = 60.0 (M)

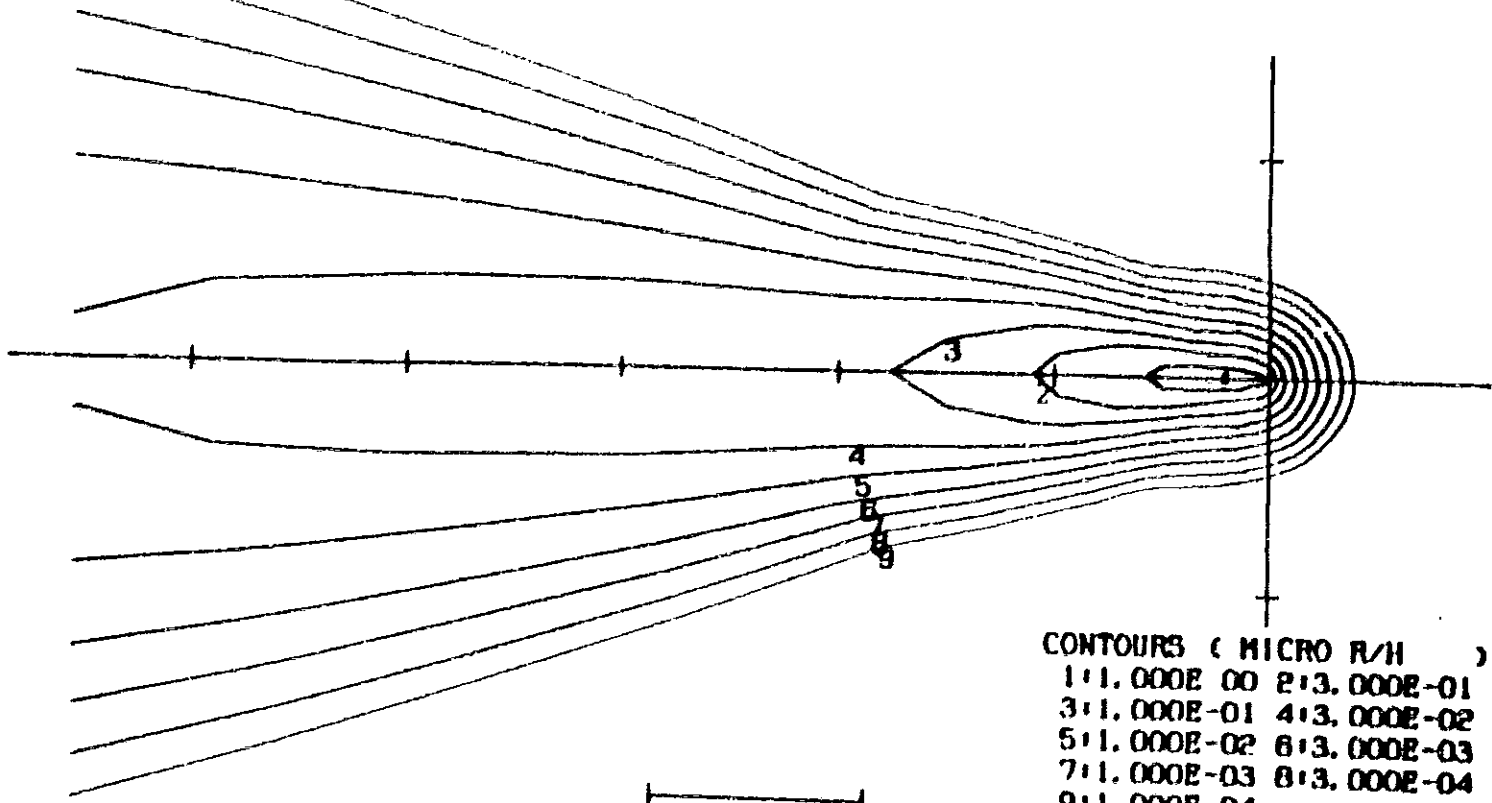


0 2 km

CONTOURS (MICRO R/H)
1:3.000E-00 2:1.000E-00
3:3.000E-01 4:1.000E-01
5:3.000E-02 6:1.000E-02
7:3.000E-03 8:1.000E-03
9:3.000E-04

MAX VALUE = 3.115E-00
MAX DISTANCE = 400 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HRO)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = B
RELEASE HEIGHT = 100.0 (M)



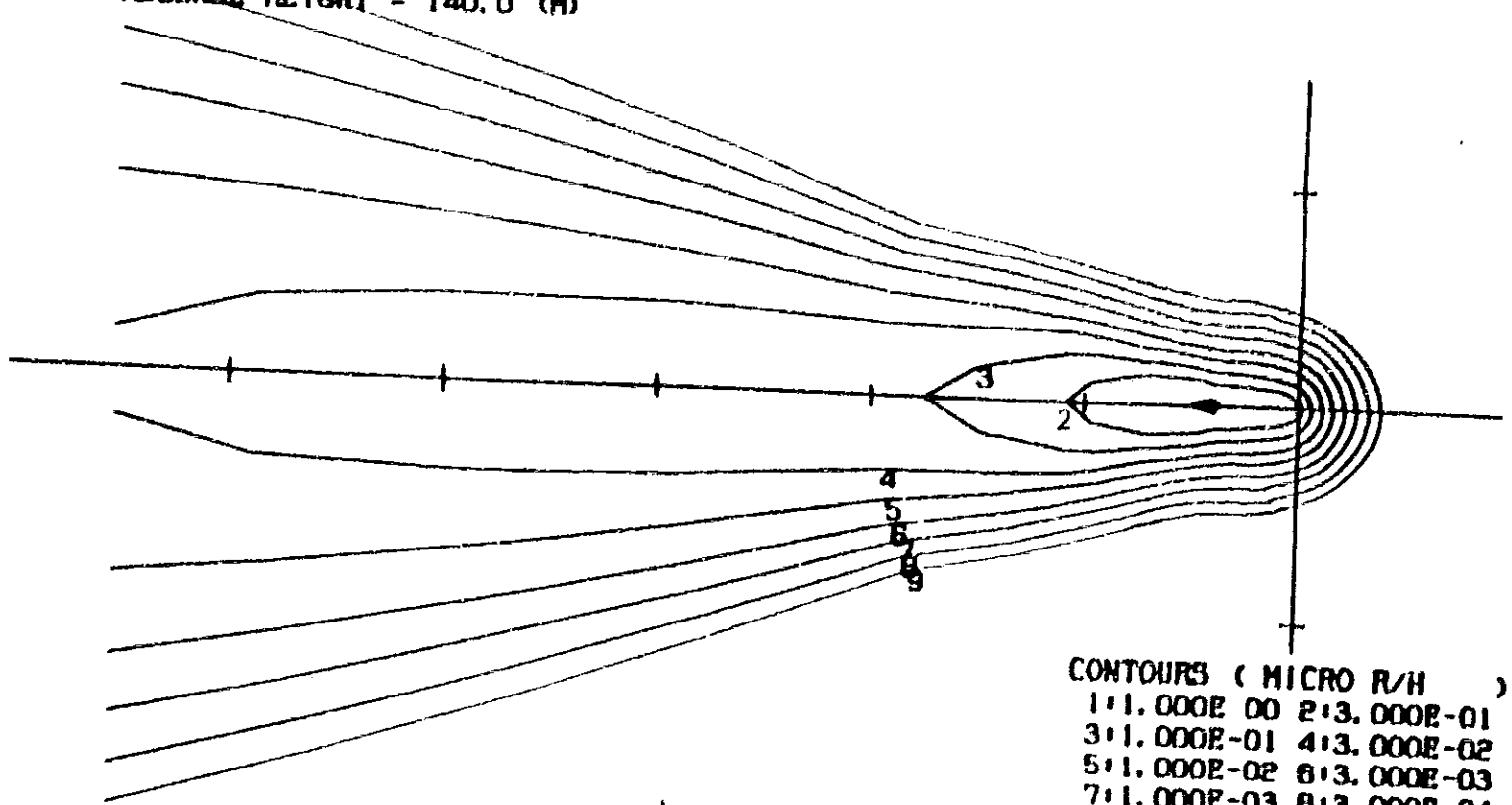
0 ————— 2 km

CONTOURS (MICRO R/H)

1:1.000E-00	2:3.000E-01
3:1.000E-01	4:3.000E-02
5:1.000E-02	6:3.000E-03
7:1.000E-03	8:3.000E-04
9:1.000E-04	

MAX VALUE = 1.831E 00
MAX DISTANCE = 400 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = B
RELEASE HEIGHT = 140.0 (M)



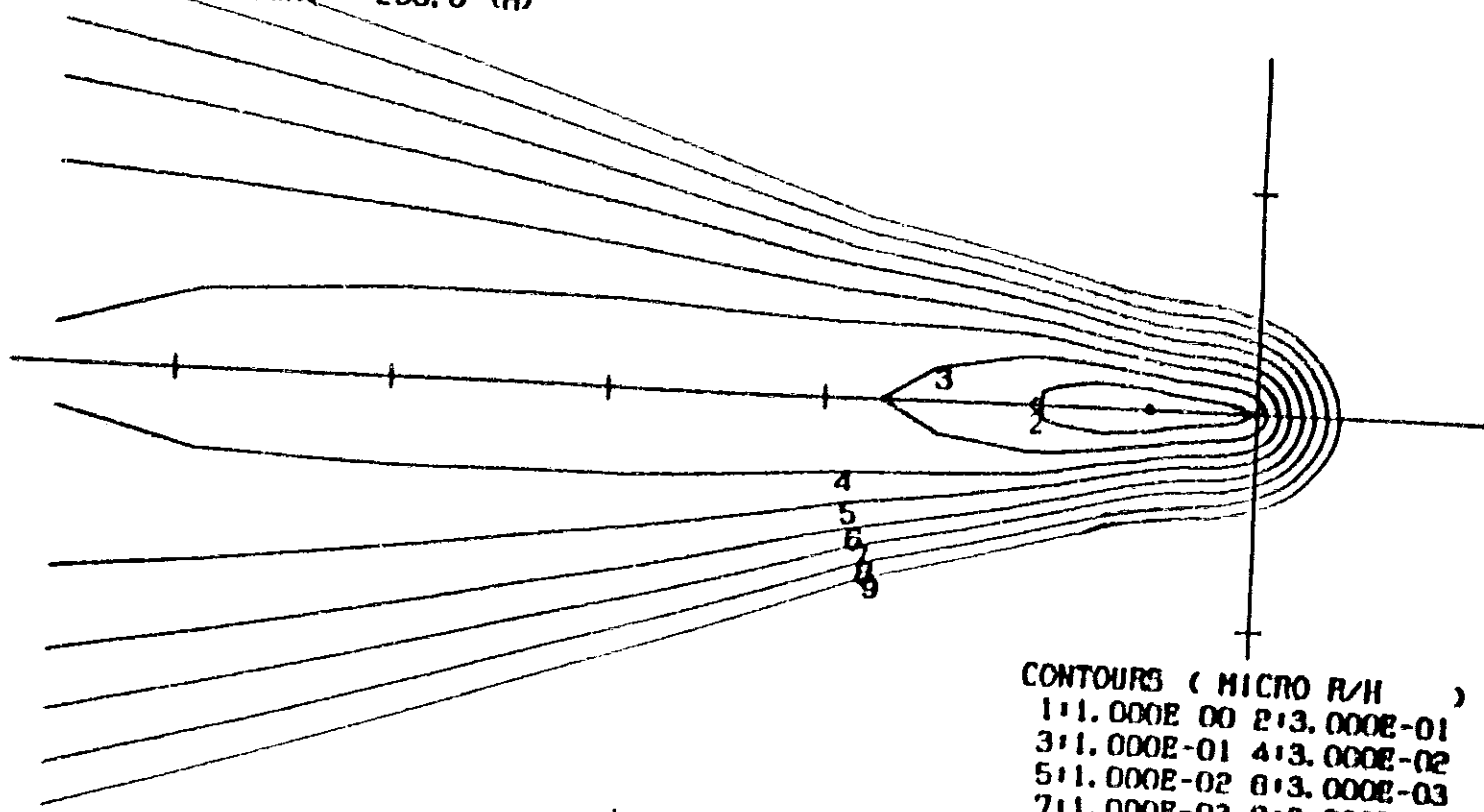
CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E-00 2:3.000E-01
 3:1.000E-01 4:3.000E-02
 5:1.000E-02 6:3.000E-03
 7:1.000E-03 8:3.000E-04
 9:1.000E-04

MAX VALUE = 1.000E-00
 MAX DISTANCE = 800 (M)

0 2 km

ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = B
 RELEASE HEIGHT = 200.0 (M)

PNCT 843-81-08

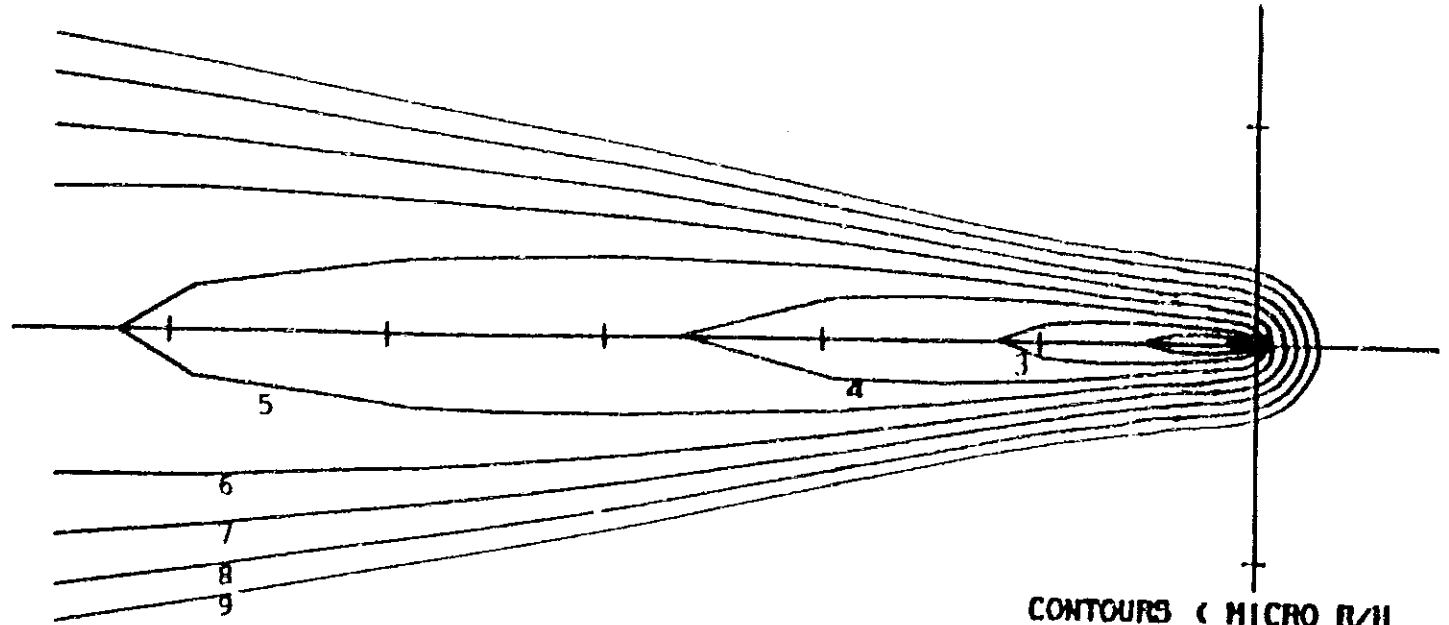


CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E-00 2:3.000E-01
 3:1.000E-01 4:3.000E-02
 5:1.000E-02 6:3.000E-03
 7:1.000E-03 8:3.000E-04
 9:1.000E-04

0 ————— 2km

MAX VALUE = 5.574E-01
 MAX DISTANCE = 1000 (M)

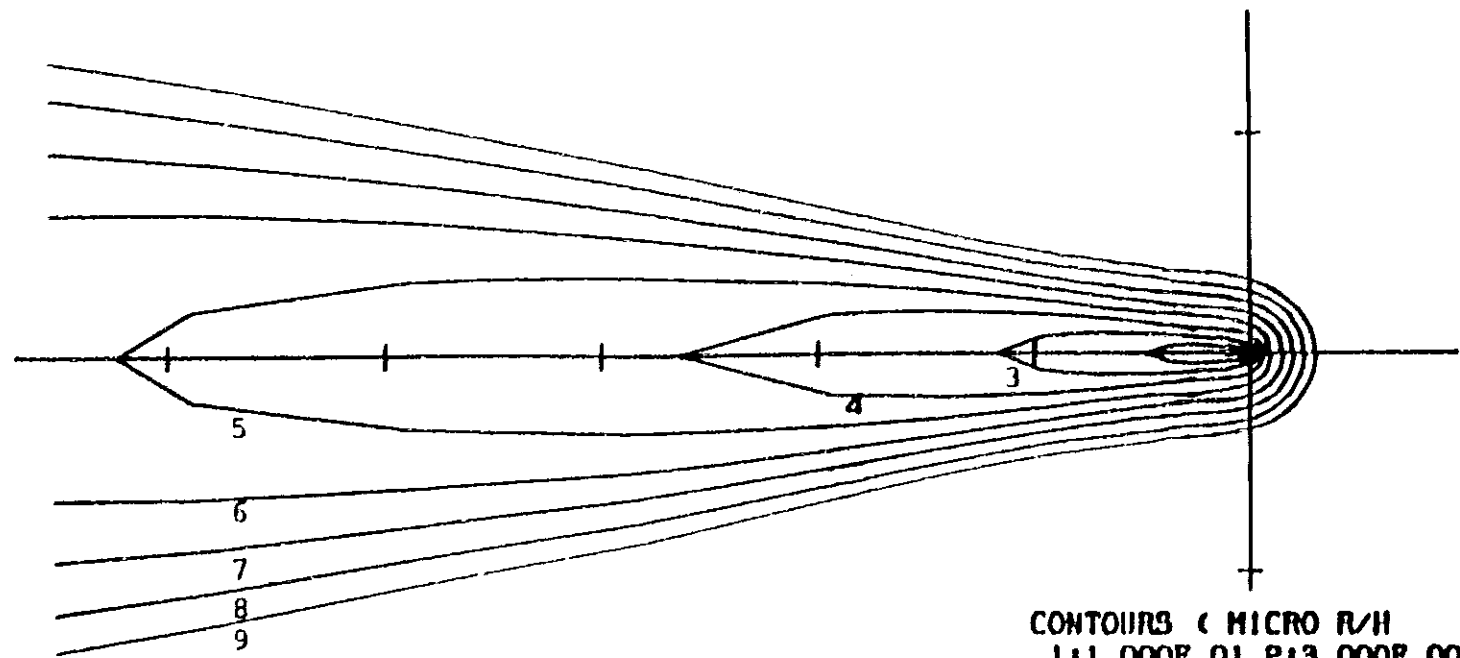
ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = C
 RELEASE HEIGHT = 0.0 (M)



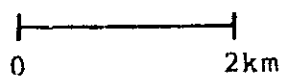
CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E 01 2:3.000E 00
 3:1.000E 00 4:3.000E-01
 5:1.000E-01 6:3.000E-02
 7:1.000E-02 8:3.000E-03
 9:1.000E-03

MAX VALUE = 2.451E 01
 MAX DISTANCE = 100 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (C1/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = C
 RELEASE HEIGHT = 20.0 (M)



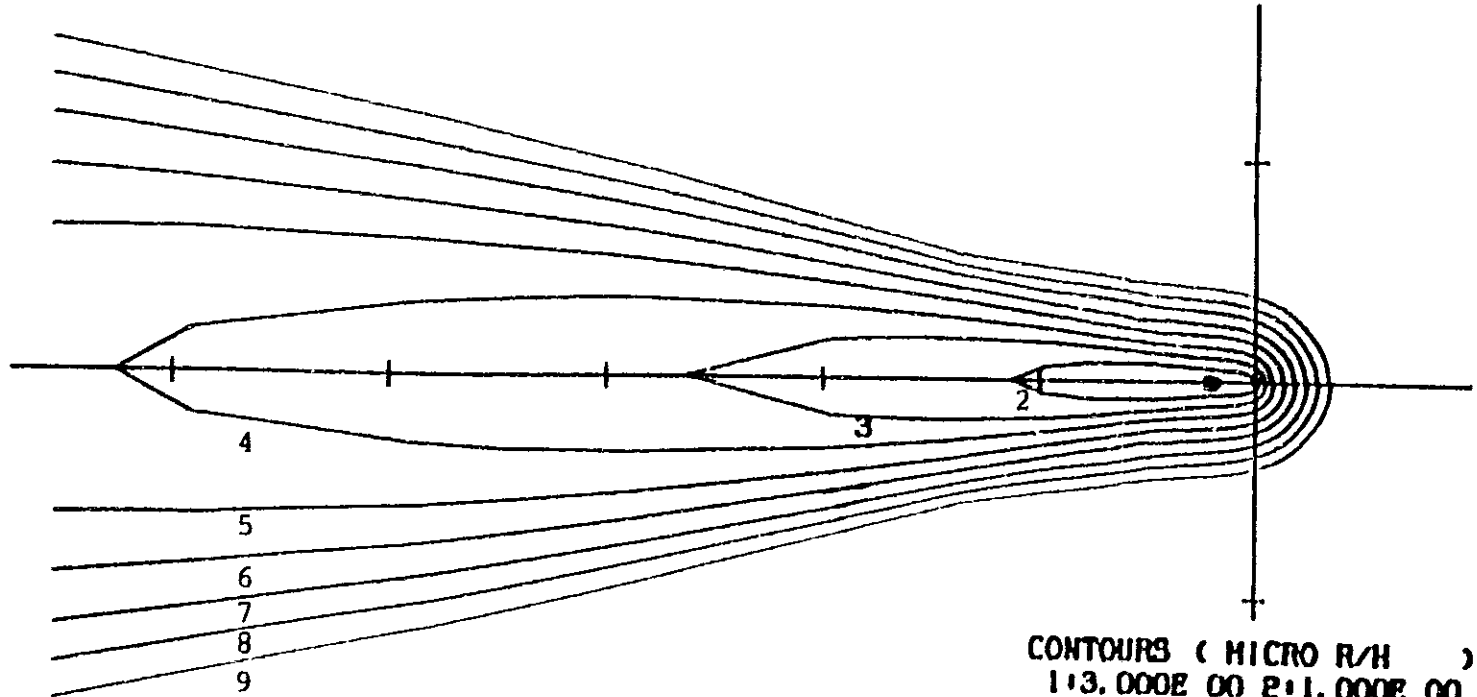
- 45 -



CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E 01 2:3.000E 00
 3:1.000E 00 4:3.000E-01
 5:1.000E-01 6:3.000E-02
 7:1.000E-02 8:3.000E-03
 9:1.000E-03

MAX VALUE = 1.038E 01
 MAX DISTANCE = 100 (M)

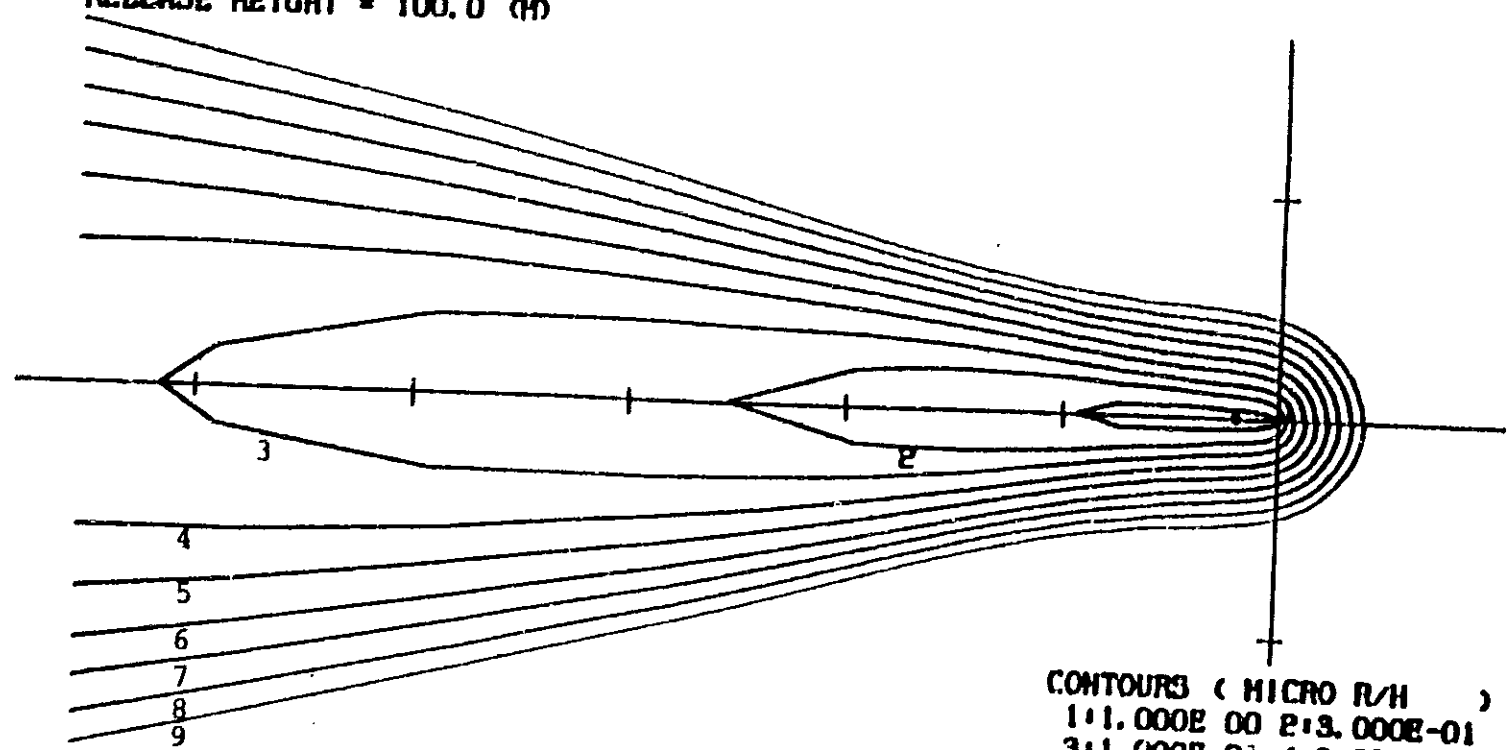
ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HO)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = C
RELEASE HEIGHT = 60.0 (M)



CONTOURS (MICRO R/H)
1:3.000E 00 2:1.000E 00
3:3.000E-01 4:1.000E-01
5:3.000E-02 6:1.000E-02
7:3.000E-03 8:1.000E-03
9:3.000E-04

MAX VALUE = 3.738E 00
MAX DISTANCE = 400 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HRO)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = C
RELEASE HEIGHT = 100.0 (M)



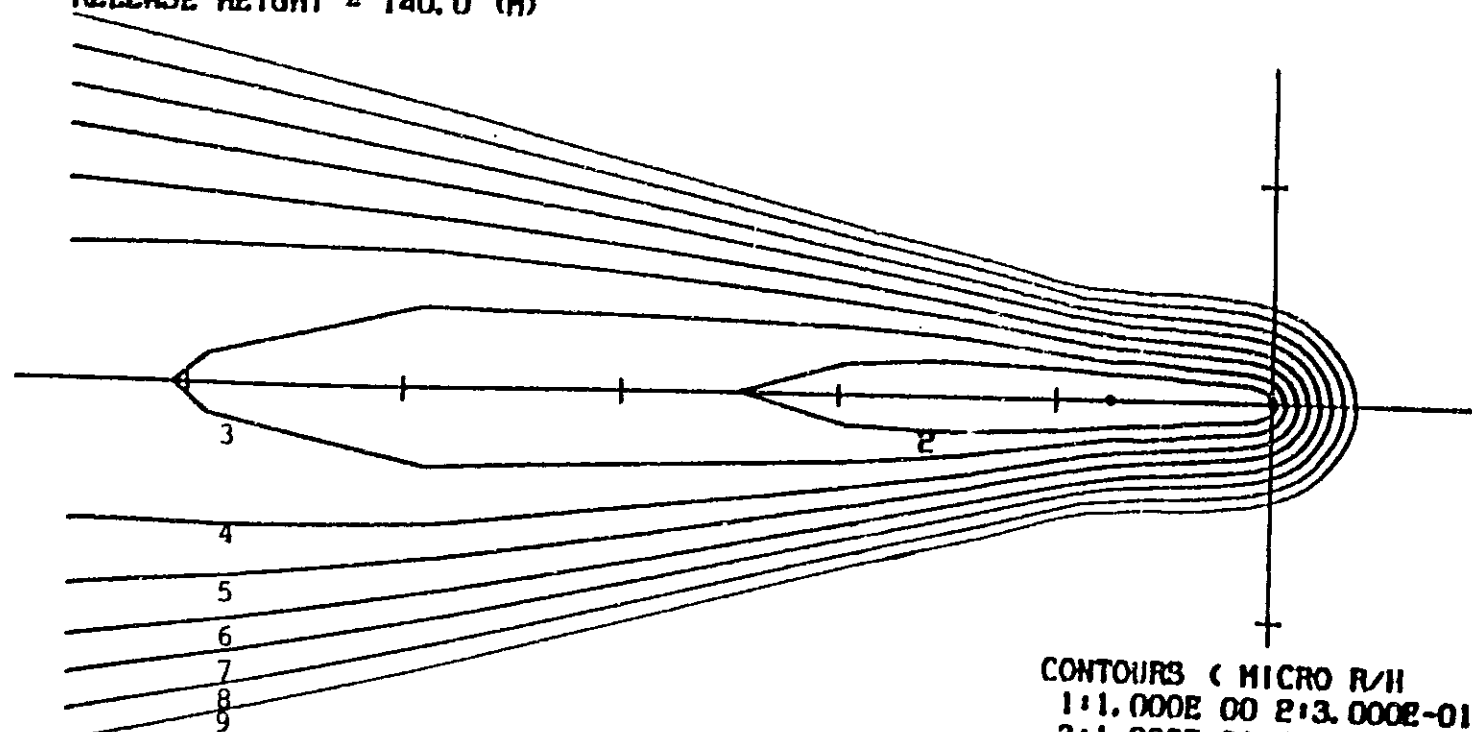
CONTOURS (MICRO R/H)

1:1.000E 00	2:3.000E-01
3:1.000E-01	4:3.000E-02
5:1.000E-02	6:3.000E-03
7:1.000E-03	8:3.000E-04
8:1.000E-04	

MAX VALUE = 1.707E 00
MAX DISTANCE = 400 (M)

0 2km

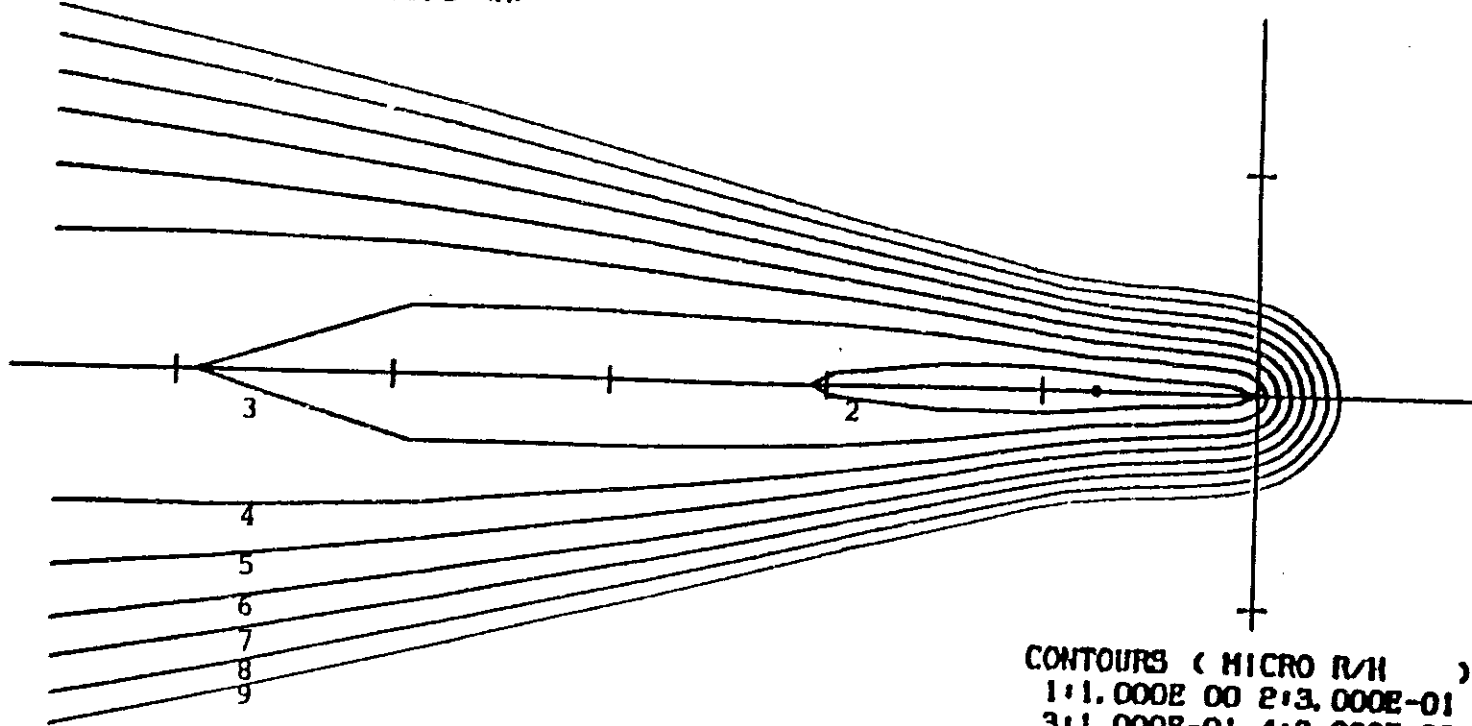
ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = C
RELEASE HEIGHT = 140.0 (M)



CONTOURS (MICRO R/H)
1:1.000E-00 2:3.000E-01
3:1.000E-01 4:3.000E-02
5:1.000E-02 6:3.000E-03
7:1.000E-03 8:3.000E-04
9:1.000E-04

MAX VALUE = 8.739E-01
MAX DISTANCE = 1500 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = C
 RELEASE HEIGHT = 200.0 (M)

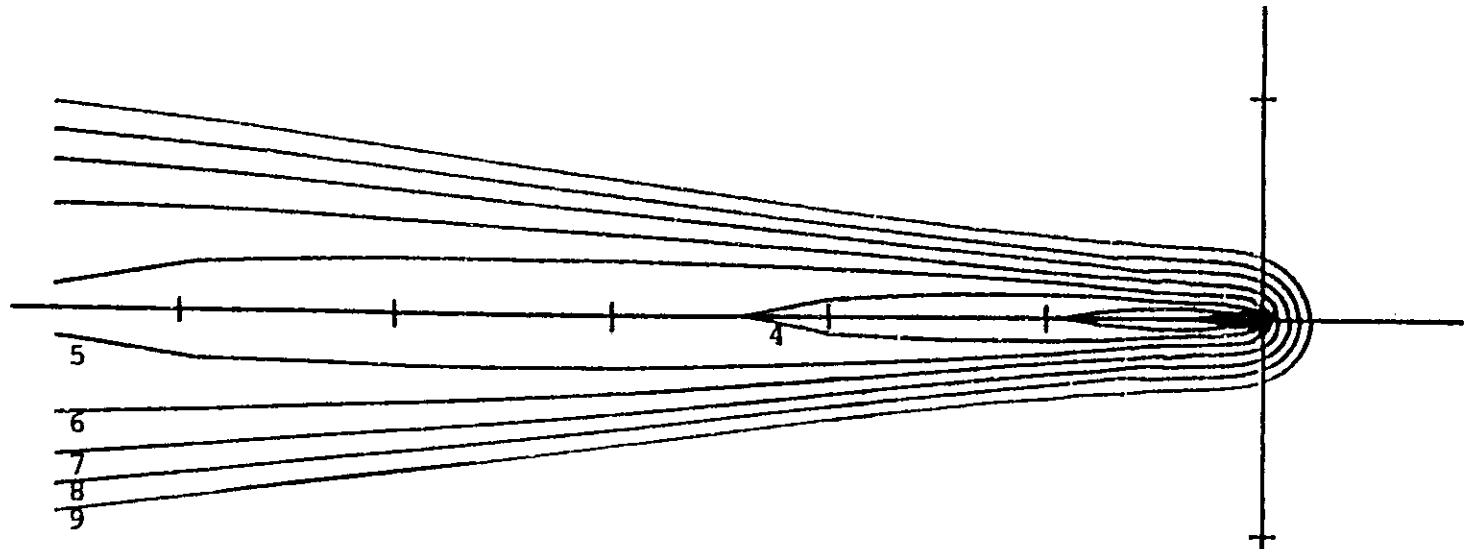


CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E-00 2:3.000E-01
 3:1.000E-01 4:3.000E-02
 5:1.000E-02 6:3.000E-03
 7:1.000E-03 8:3.000E-04
 9:1.000E-04

MAX VALUE = 4.372E-01
 MAX DISTANCE = 1500 (M)

0 2km

ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (C1/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = D
 RELEASE HEIGHT = 0.0 (M)



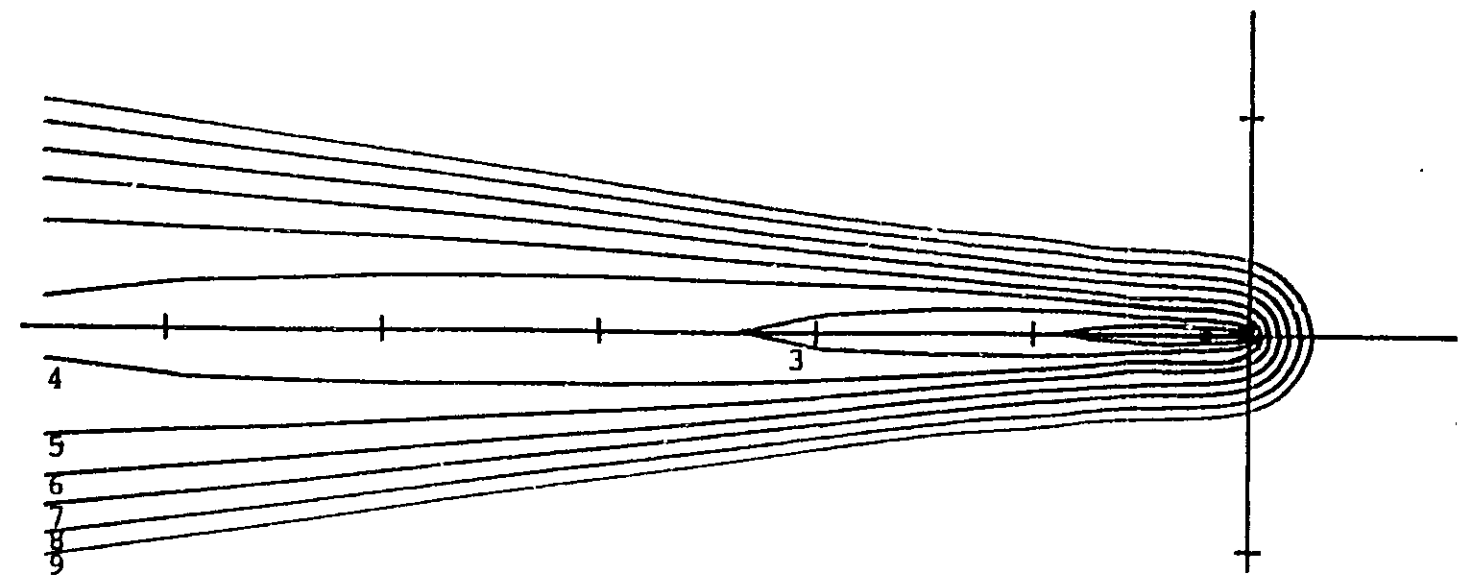
CONTOURS (MICRO R/H)
 1:3.000E 01 2:1.000E 01
 3:3.000E 00 4:1.000E 00
 5:3.000E-01 6:1.000E-01
 7:3.000E-02 8:1.000E-02
 9:3.000E-03

MAX VALUE = 3.595E 01
 MAX DISTANCE = 100 00

0 2km

ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = D
RELEASE HEIGHT = 20.0 (M)

- 51 -

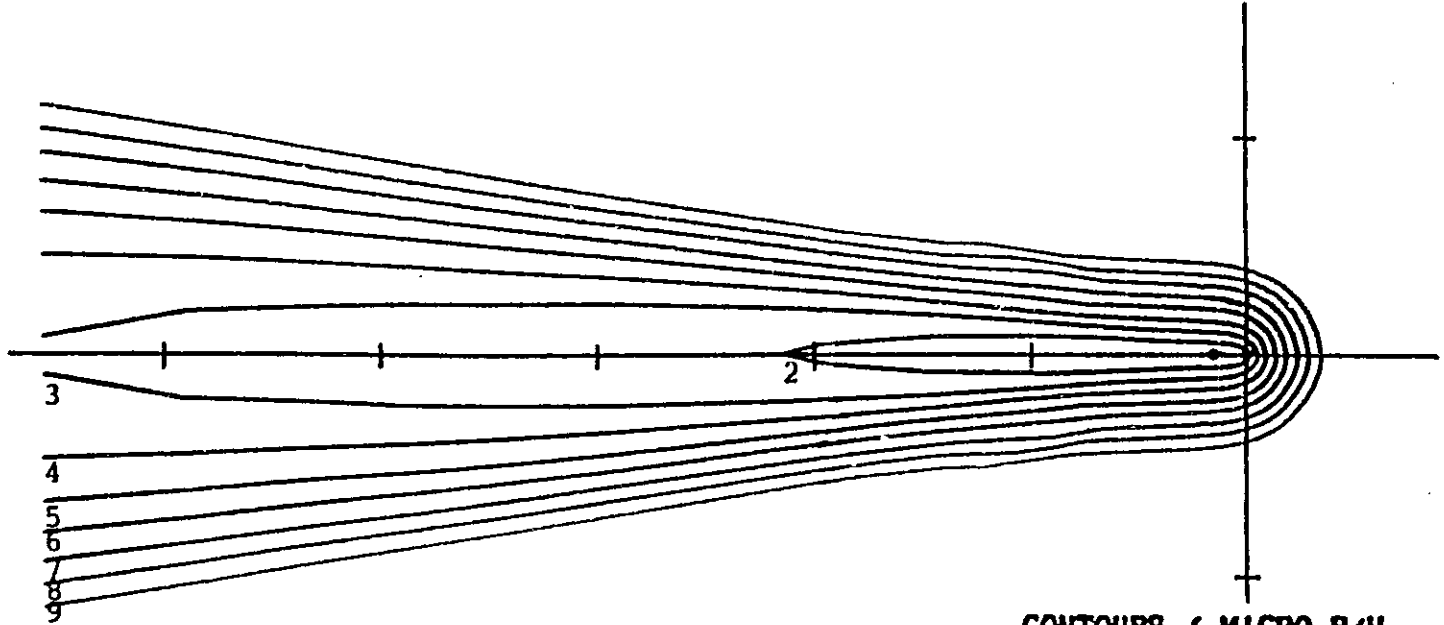


CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E 01 2:3.000E 00
 3:1.000E 00 4:3.000E-01
 5:1.000E-01 6:3.000E-02
 7:1.000E-02 8:3.000E-03
 9:1.000E-03

MAX VALUE = 1.083E 01
 MAX DISTANCE = 400 00

0 2 km

ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = D
RELEASE HEIGHT = 60.0 (M)



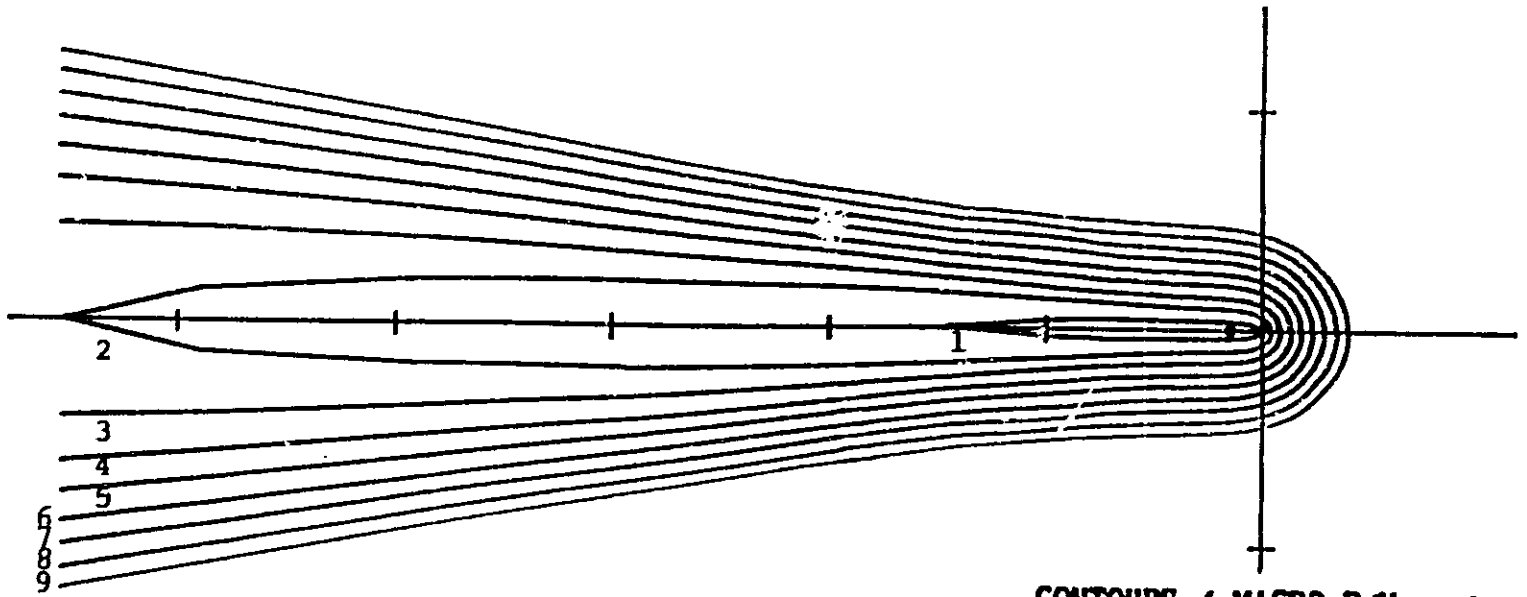
CONTOURS (MICRO R/H)
1:3.000E 00 2:1.000E 00
3:3.000E-01 4:1.000E-01
5:3.000E-02 6:1.000E-02
7:3.000E-03 8:1.000E-03
9:3.000E-04

MAX VALUE = 3.000E 00
MAX DISTANCE = 300 (M)

0 2km

ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HRO)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = D
RELEASE HEIGHT = 100.0 (M)

- 53 -

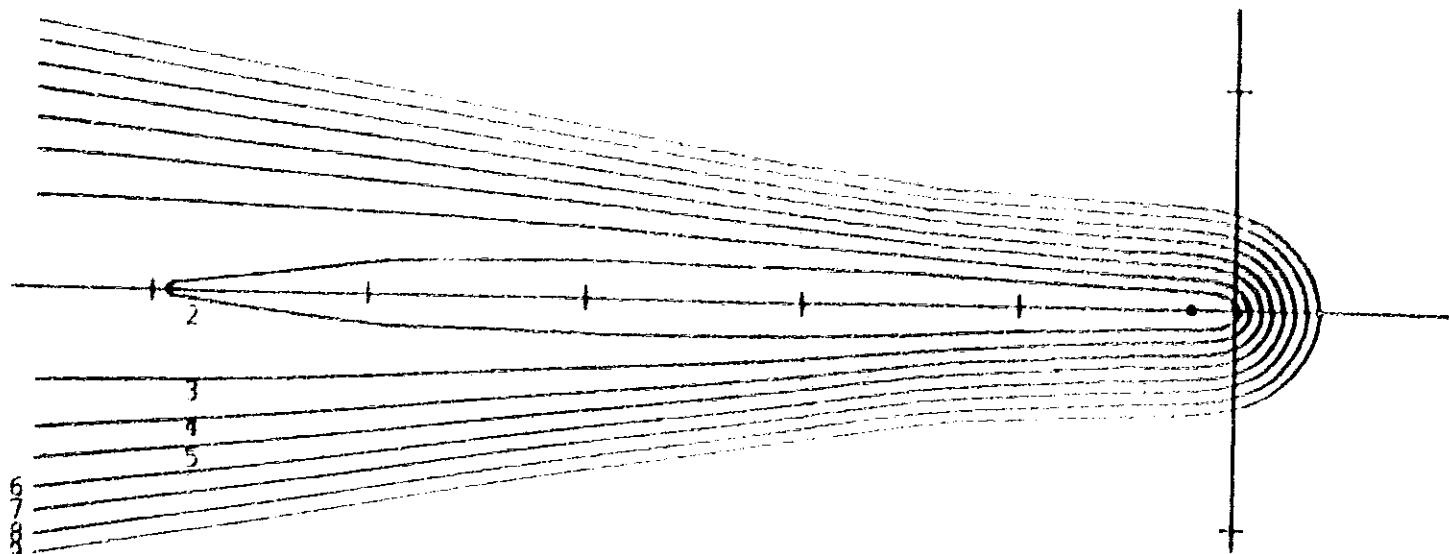


CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E 00 2:3.000E-01
 3:1.000E-01 4:3.000E-02
 5:1.000E-02 6:3.000E-03
 7:1.000E-03 8:3.000E-04
 9:1.000E-04

0 ————— 2 km

MAX VALUE = 1.571E 00
 MAX DISTANCE = 300 (M)

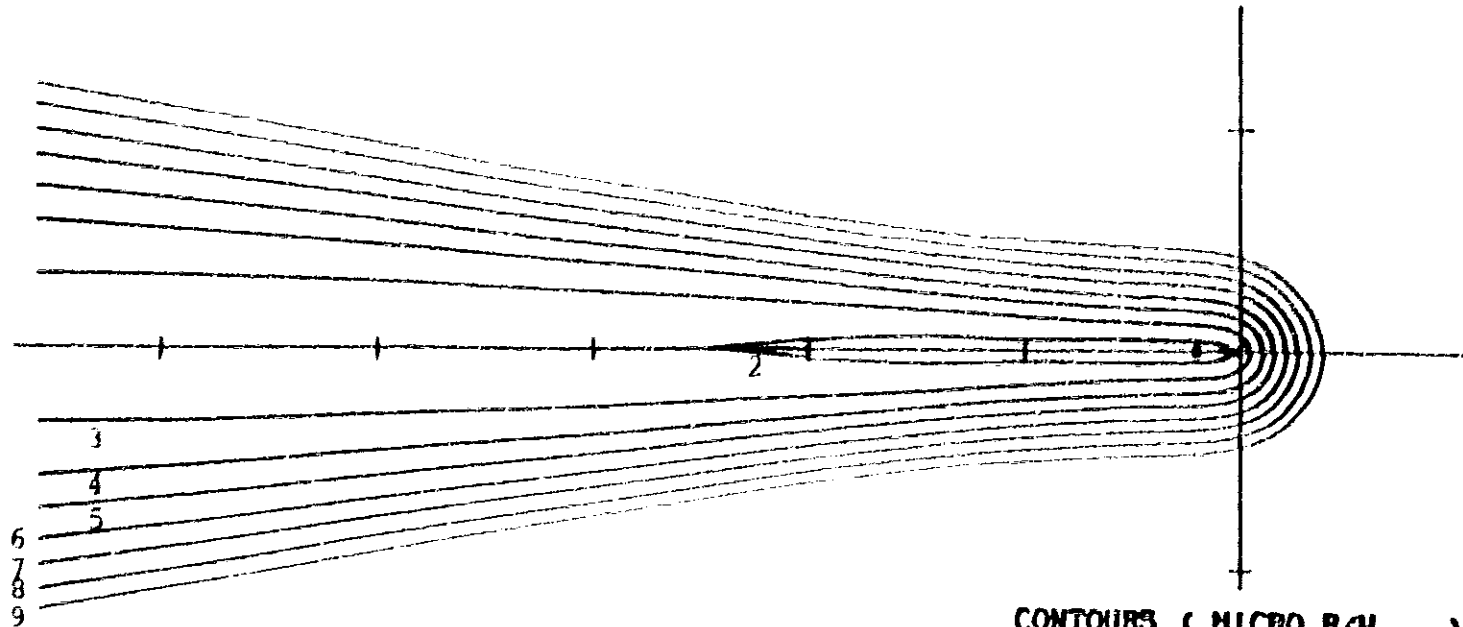
ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = D
 RELEASE HEIGHT = 140.0 (M)



CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E-00 2:3.000E-01
 3:1.000E-01 4:3.000E-02
 5:1.000E-02 6:3.000E-03
 7:1.000E-03 8:3.000E-04
 9:1.000E-04

MAX VALUE = 3.000E-01
 MAX DISTANCE = 400 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = D
 RELEASE HEIGHT = 200.0 (M)



CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E-00 2:3.000E-01
 3:1.000E-01 4:3.000E-02
 5:1.000E-02 6:3.000E-03
 7:1.000E-03 8:3.000E-04
 9:1.000E-04

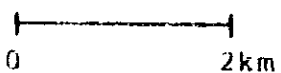
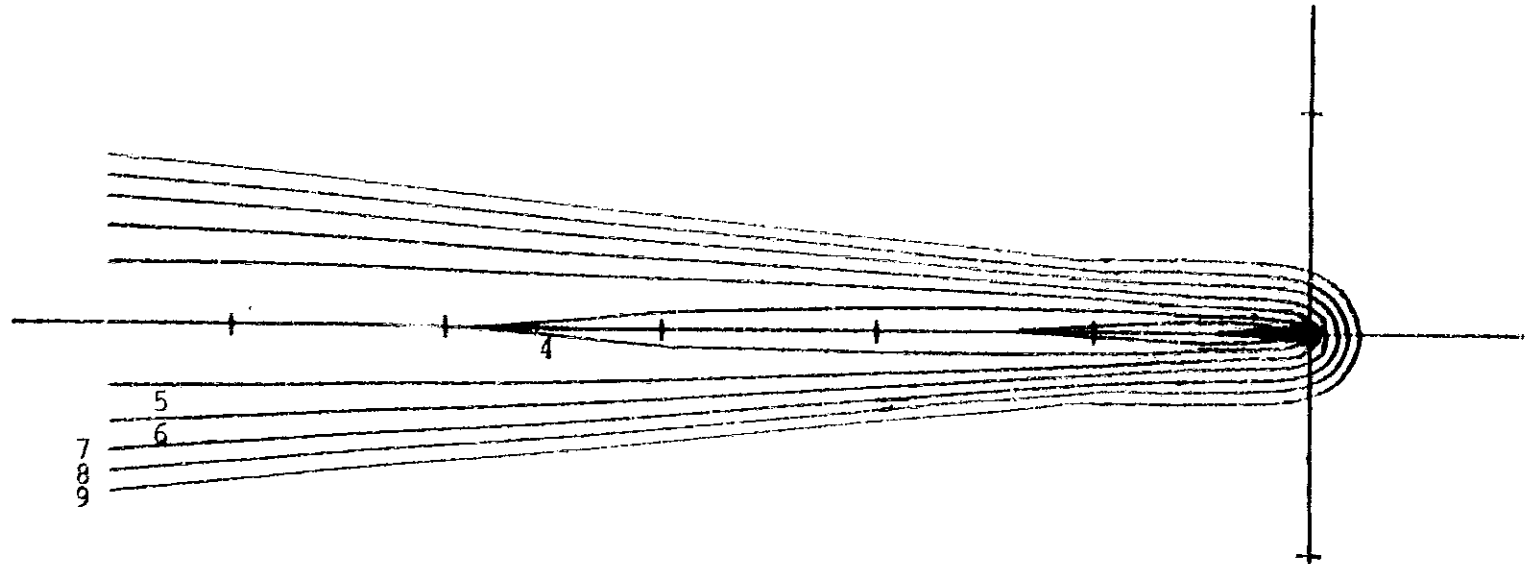
MAX VALUE = 4.039E-01
 MAX DISTANCE = 400 (M)

5
1

ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/MO)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = E
 RELEASE HEIGHT = 0.0 (M)

PNCT 848-81-08

- 56 -

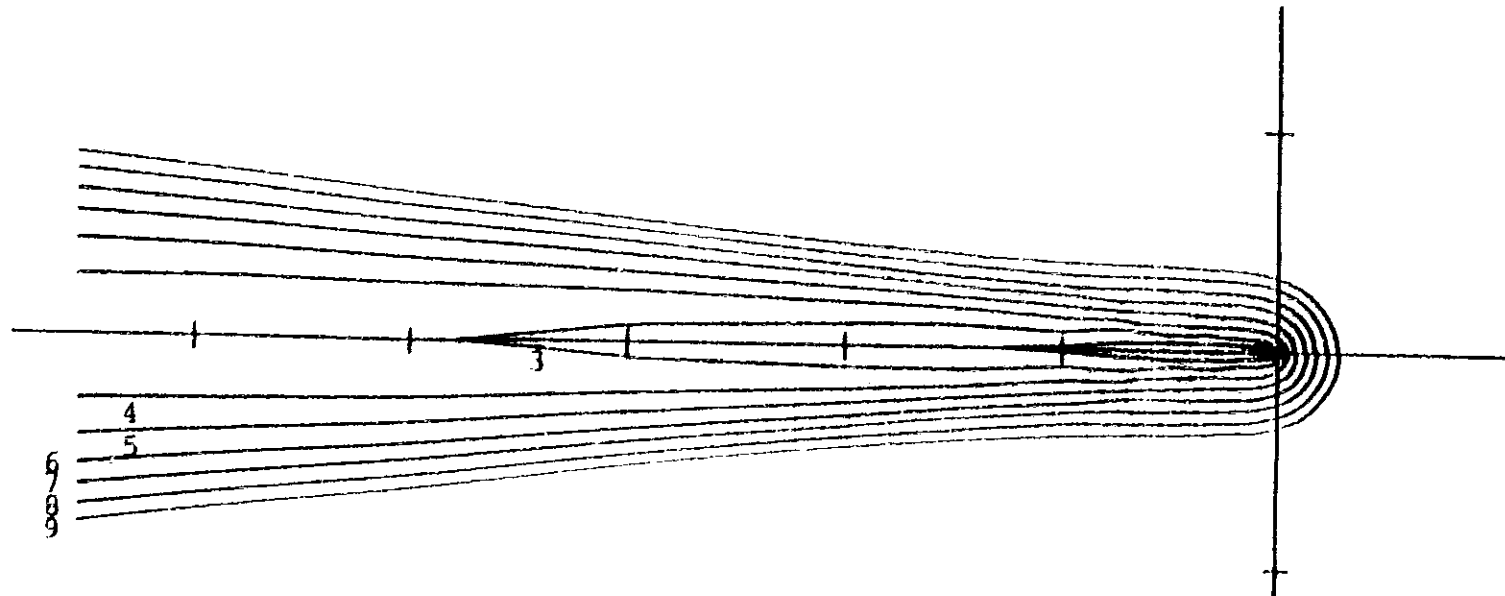


CONTOURS (MICRO R/H)
 1:3.000E 01 2:1.000E 01
 3:3.000E 00 4:1.000E 00
 5:3.000E-01 6:1.000E-01
 7:3.000E-02 8:1.000E-02
 9:3.000E-03

MAX VALUE = 4.541E 01
 MAX DISTANCE = 100 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = E
 RELEASE HEIGHT = 20.0 (M)

PNOCT 843-81-08

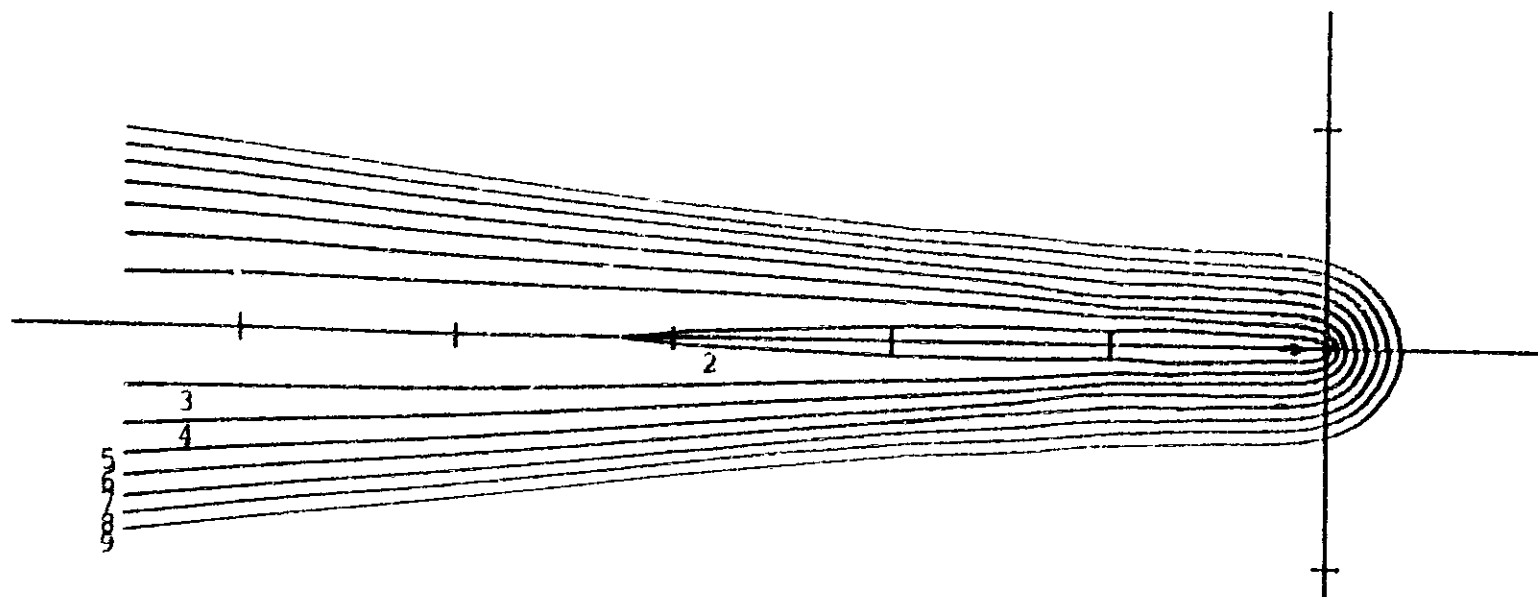


CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E 01 2:3.000E 00
 3:1.000E 00 4:3.000E-01
 5:1.000E-01 6:3.000E-02
 7:1.000E-02 8:3.000E-03
 9:1.000E-03

MAX VALUE = 1.052E 01
 MAX DISTANCE = 100 (M)

- 57 -

ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/HTD)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = E
 RELEASE HEIGHT = 60.0 (M)



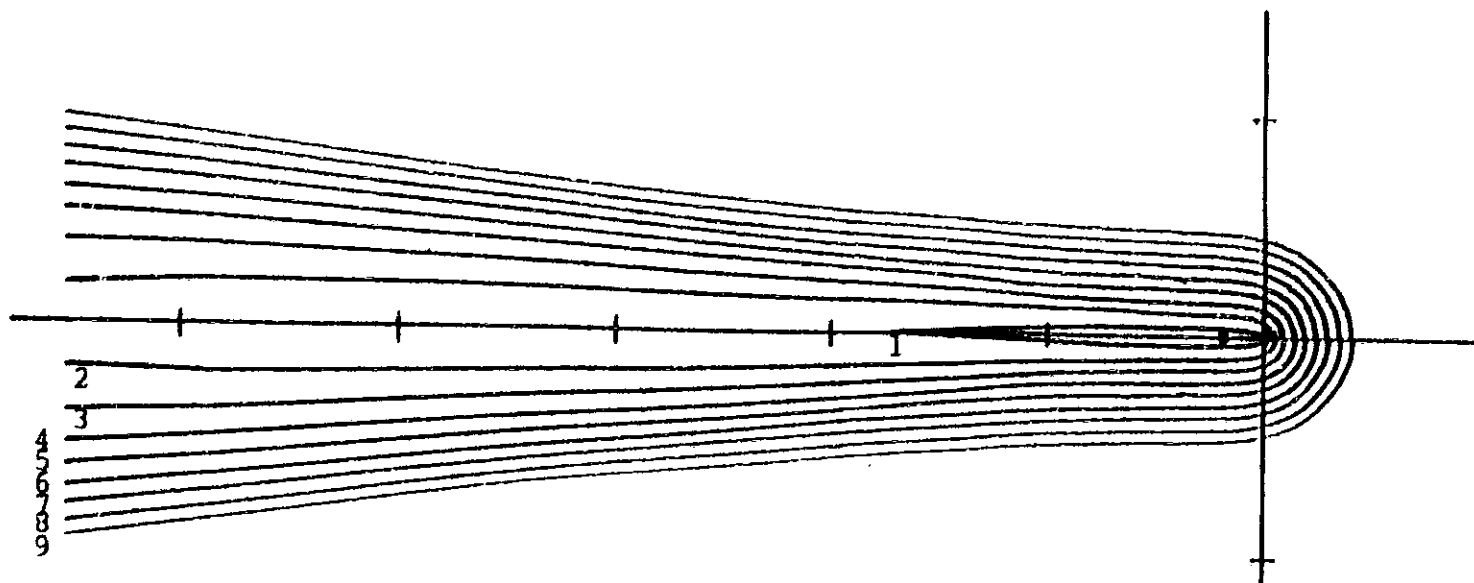
- 52 -

CONTOURS (MICRO R/H)
 1:3.000E 00 2:1.000E 00
 3:3.000E-01 4:1.000E-01
 5:3.000E-02 6:1.000E-02
 7:3.000E-03 8:1.000E-03
 9:3.000E-04

MAX VALUE = 3.039E 00
 MAX DISTANCE = 300 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = E
 RELEASE HEIGHT = 100.0 (M)

- 59 -



SECTIONS
 2
 3

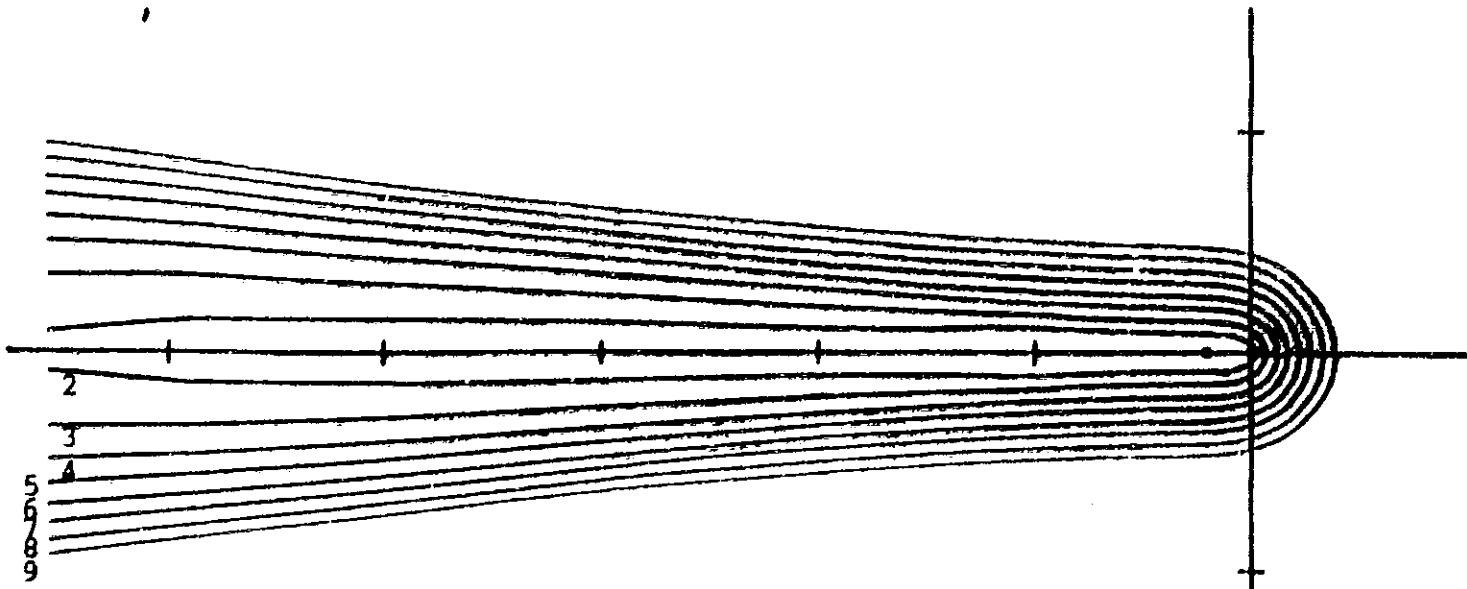
0 2km

CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E 00 2:3.000E-01
 3:1.000E-01 4:3.000E-02
 5:1.000E-02 6:3.000E-03
 7:1.000E-03 8:3.000E-04
 9:1.000E-04

MAX VALUE = 1.583E 00
 MAX DISTANCE = 400 (M)

ENERGY = 0.5 MEV
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HO)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = E
RELEASE HEIGHT = 140.0 (M)

- 60 -

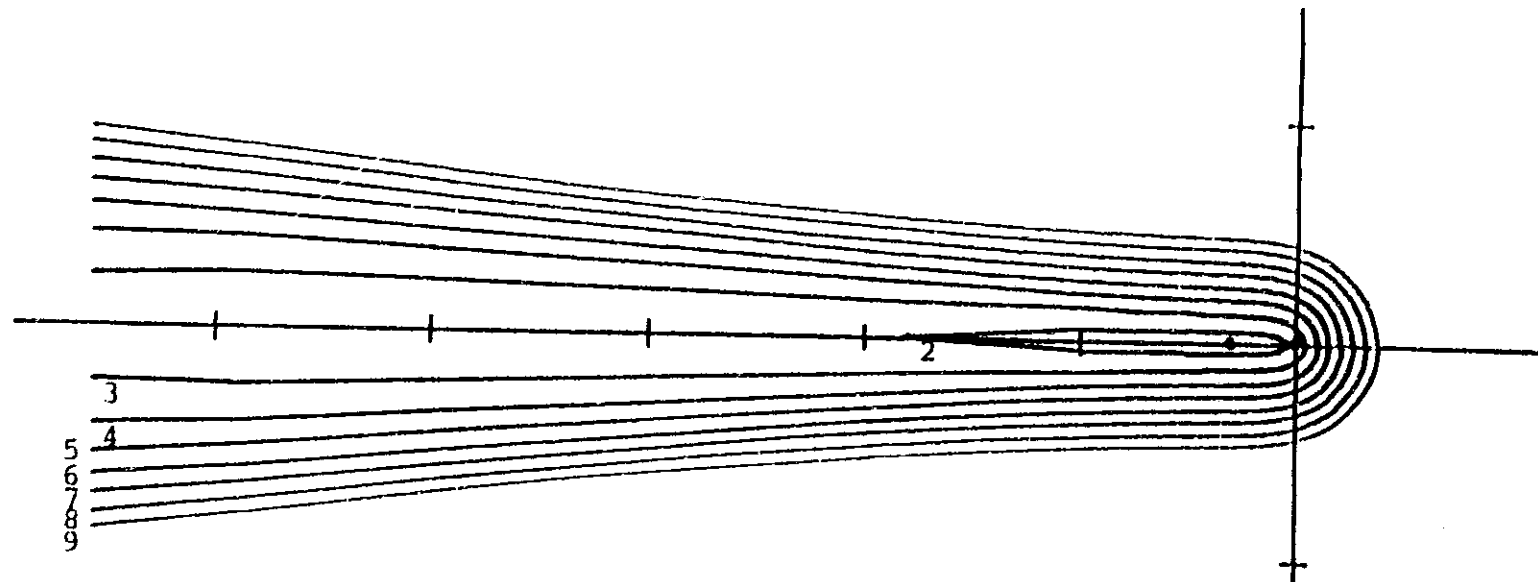


CONTOURS (MICRO R/II)
1:1.000E-00 2:3.000E-01
3:1.000E-01 4:3.000E-02
5:1.000E-02 6:3.000E-03
7:1.000E-03 8:3.000E-04
9:1.000E-04

MAX VALUE = 8.322E-01
MAX DISTANCE = 400 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = E
RELEASE HEIGHT = 200.0 (M)

- 61 -



3
4
5
6
7
8
9

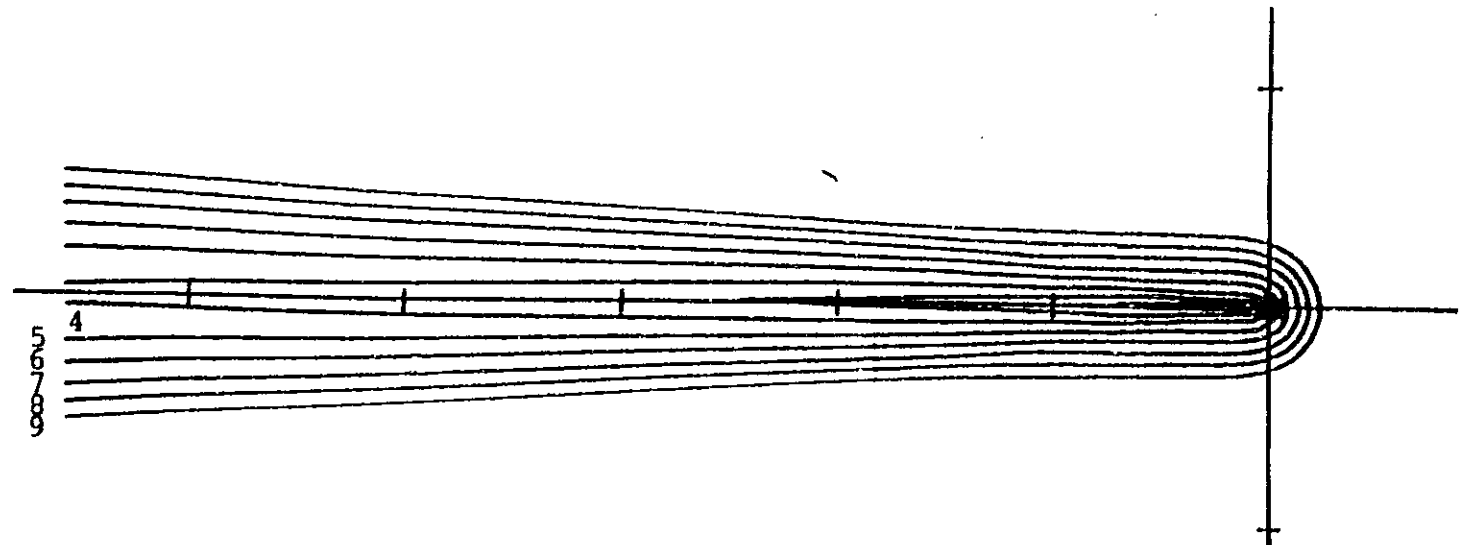


CONTOURS (MICRO R/H)

1:1.000E-00	2:3.000E-01
3:1.000E-01	4:3.000E-02
5:1.000E-02	6:3.000E-03
7:1.000E-03	8:3.000E-04
9:1.000E-04	

MAX VALUE = 4.063E-01
MAX DISTANCE = 600 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = F
RELEASE HEIGHT = 0.0 (M)



CONTOUR

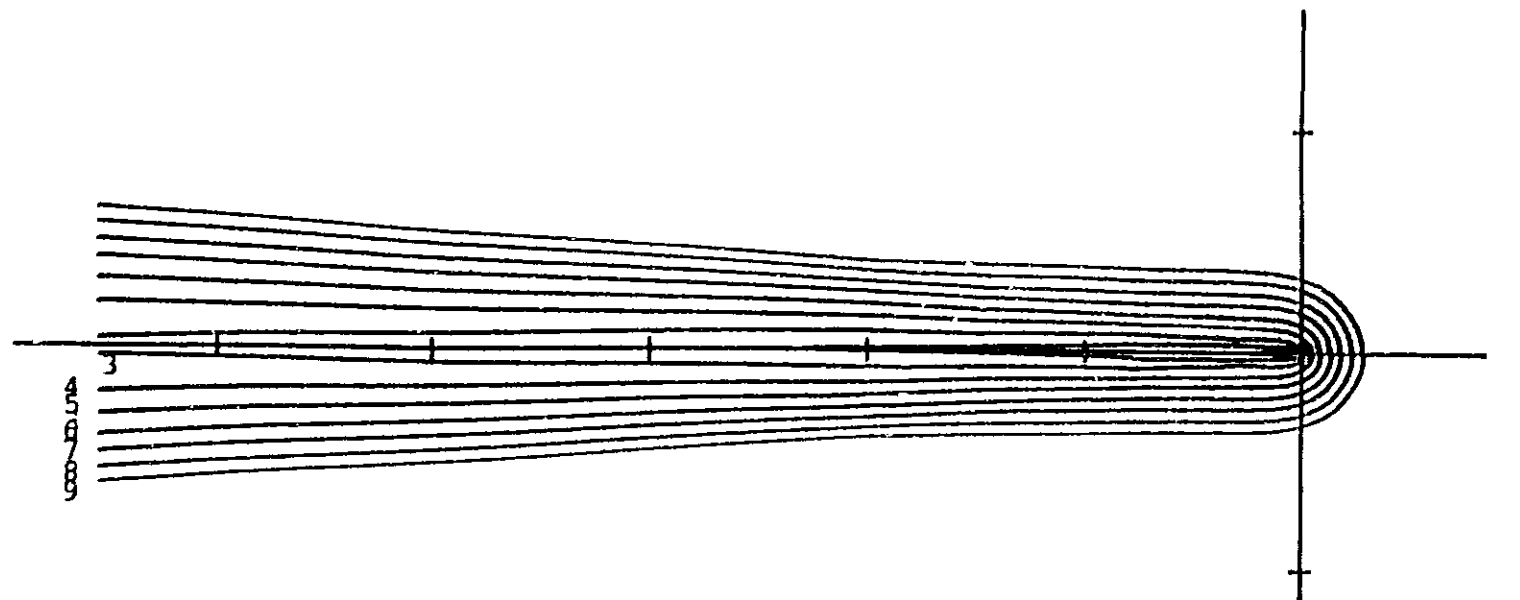
4

0 2 km

CONTOURS (MICRO R/H)
 1:3.000E 01 2:1.000E 01
 3:3.000E 00 4:1.000E 00
 5:3.000E-01 6:1.000E-01
 7:3.000E-02 8:1.000E-02
 9:3.000E-03

MAX VALUE = 8.075E 01
 MAX DISTANCE = 100 00

ENERGY = 0.5 (MEV)
 RELEASE RATE = 1.0 (C1/HRO)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = F
 RELEASE HEIGHT = 20.0 (M)



- 63 -

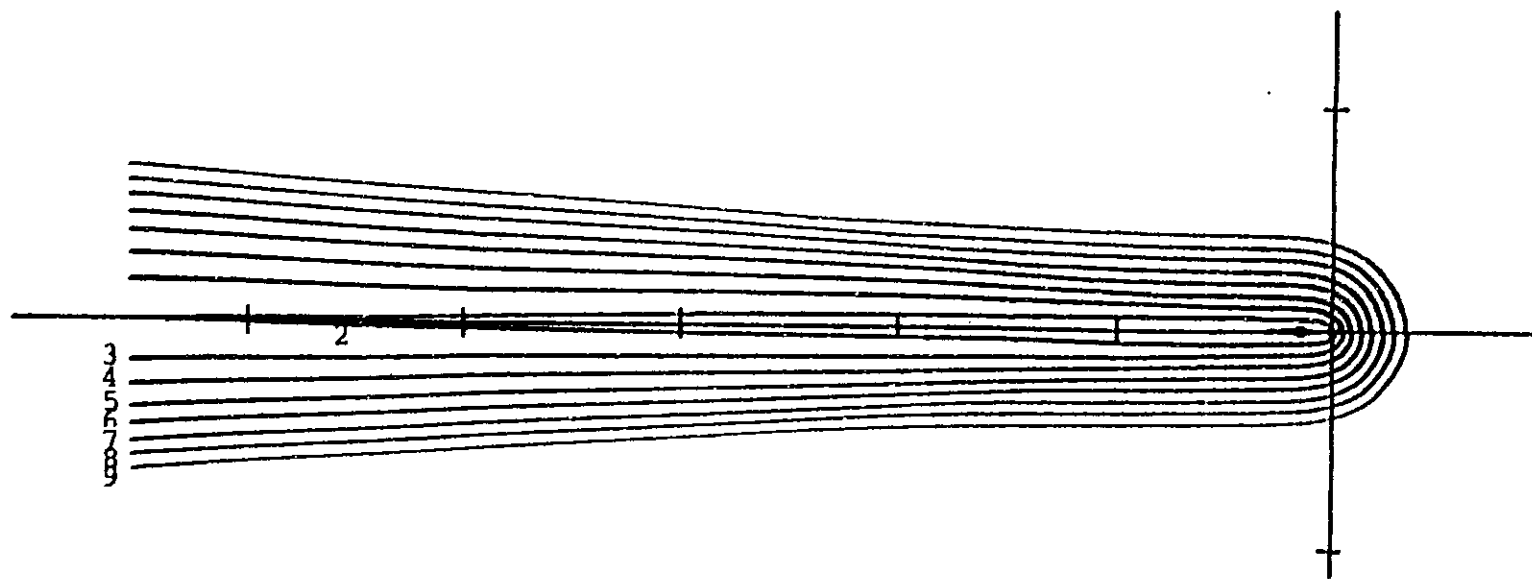
0 2km

CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E 01 2:3.000E 00
 3:1.000E 00 4:3.000E-01
 5:1.000E-01 6:3.000E-02
 7:1.000E-02 8:3.000E-03
 9:1.000E-03

MAX VALUE = 1.071E 01
 MAX DISTANCE = 200 (M)

ENERGY = 0.5 MEV
 RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = F
 RELEASE HEIGHT = 60.0 (M)

- 64 -

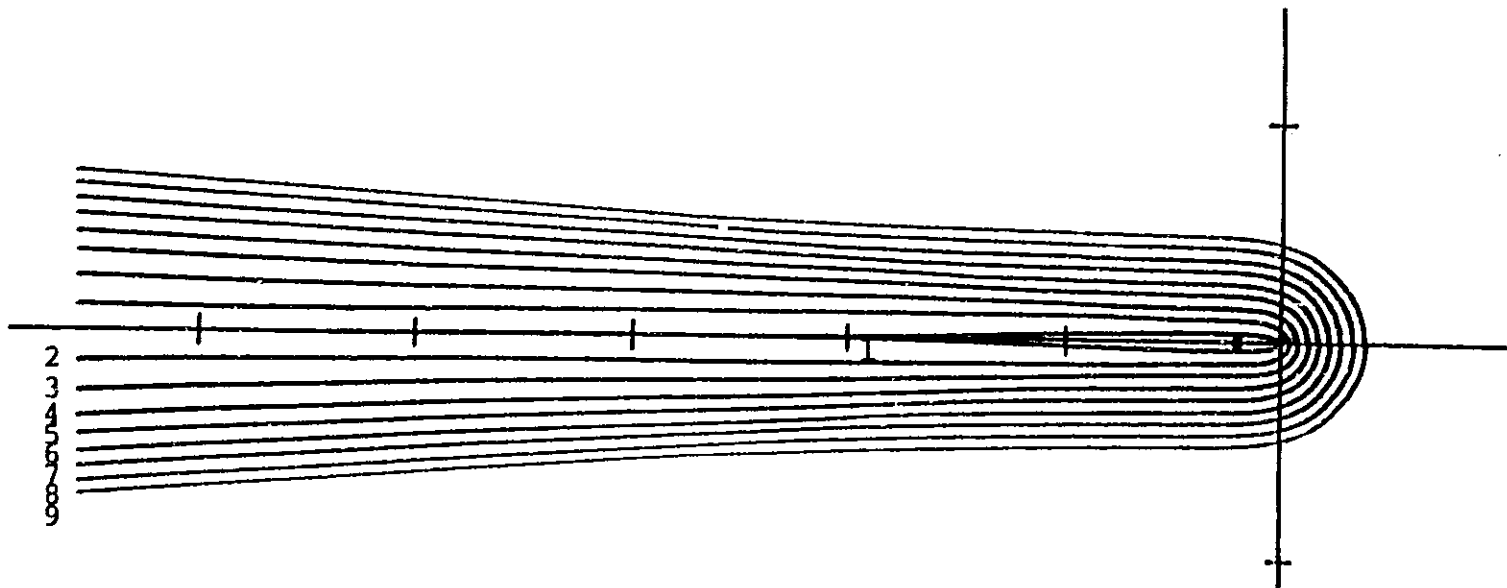


0 ————— 2km

CONTOURS (MICRO R/H)
 1:3.000E 00 2:1.000E 00
 3:3.000E-01 4:1.000E-01
 5:3.000E-02 6:1.000E-02
 7:3.000E-03 8:1.000E-03
 9:3.000E-04

MAX VALUE = 3.072E 00
 MAX DISTANCE = 300 00

ENERGY = 0.5 MEV
 RELEASE RATE = 1.0 (C1/HR)
 WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
 STABILITY = F
 RELEASE HEIGHT = 100.0 (M)

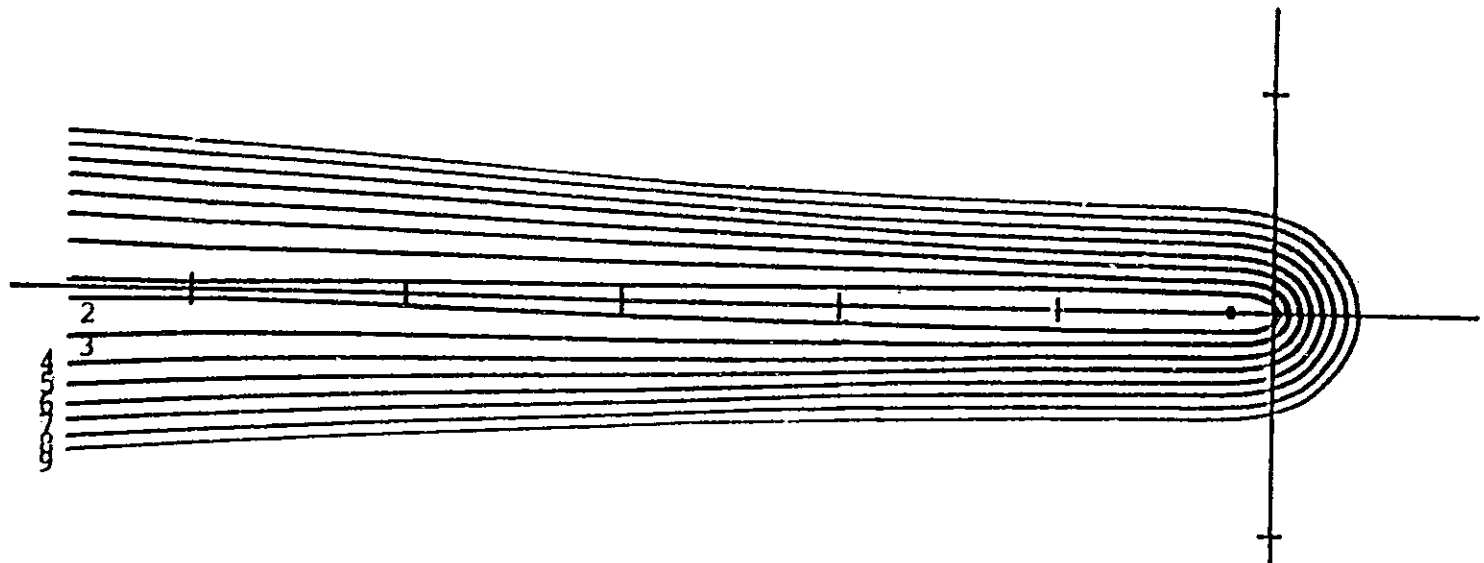


CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E 00 2:3.000E-01
 3:1.000E-01 4:3.000E-02
 5:1.000E-02 6:3.000E-03
 7:1.000E-03 8:3.000E-04
 9:1.000E-04

MAX VALUE = 1.600E 00
 MAX DISTANCE = 400 (M)

0 2 km

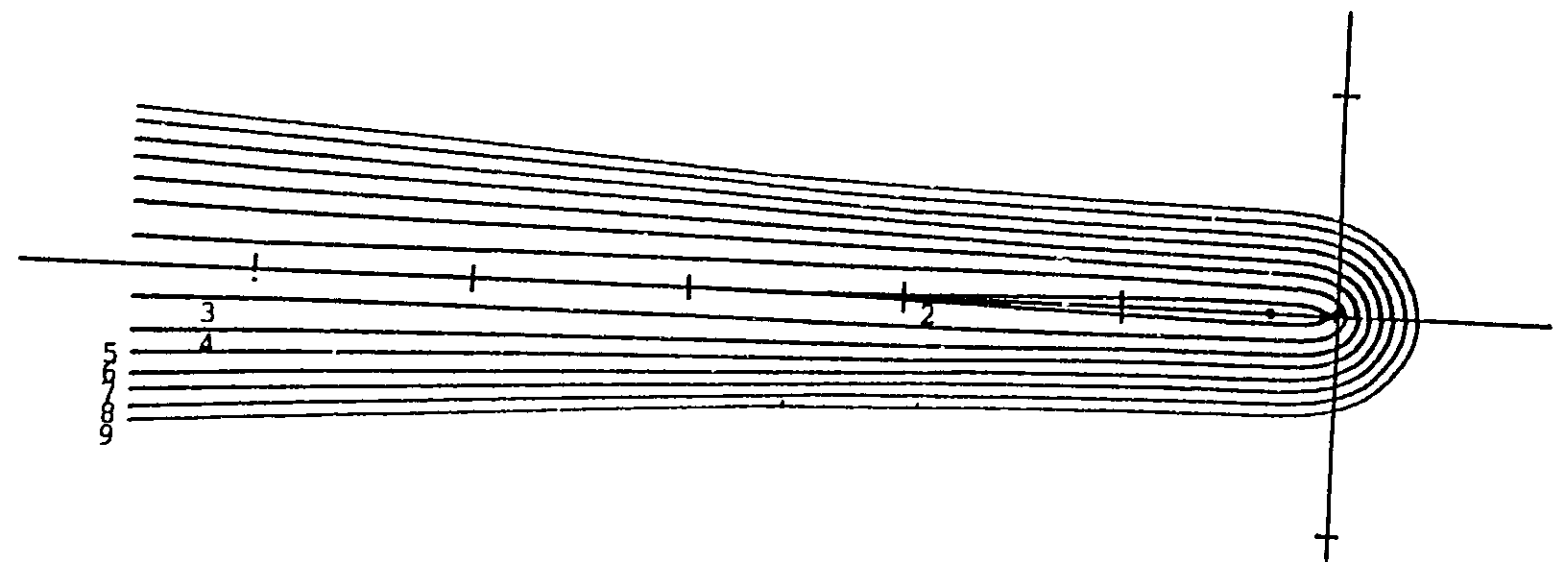
ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (CI/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = F
RELEASE HEIGHT = 140.0 (M)



CONTOURS (MICRO R/H)
 1:1.000E-00 2:3.000E-01
 3:1.000E-01 4:3.000E-02
 5:1.000E-02 6:3.000E-03
 7:1.000E-03 8:3.000E-04
 9:1.000E-04

MAX VALUE = 8.365E-01
 MAX DISTANCE = 400 (M)

ENERGY = 0.5 (MEV)
RELEASE RATE = 1.0 (C1/HR)
WIND SPEED = 1.0 (M/SEC)
STABILITY = F
RELEASE HEIGHT = 200.0 (M)



CONTOURS: (MICRO R/H)
 1:1.000E-00 2:3.000E-01
 3:1.000E-01 4:3.000E-02
 5:1.000E-02 6:3.000E-03
 7:1.000E-03 8:3.000E-04
 9:1.000E-04

MAX VALUE = 4.093E-01
 MAX DISTANCE = 600 (M)

0 2km