

## (12) セメント工場周辺の粉塵調査

昭和47年1月浮遊粒子状物質の環境基準がきめられ、又煙突口からのばいじんの排出基準は大巾に改正され、従来の基準値の $1/3 \sim 1/10$ になった。

当センターでは発生源から放出される粉じん量と、環境の粉じん量との相関を求めるべく、平野部にあるセメント工場を選んで6ヶ月間ダストジャーを工場周辺に配置して降下ばいじんを測定し、ハイボリウム・エア・サンブラによって浮遊粉じんを採集して、その中のCaOを分析しセメント工場からの粉じんの環境に及ぼす影響について実態調査と拡散実験を行った。

### 実態調査

#### (I) 調査方法

このセメント工場には70m煙突が直線的に3本配置されており、これらの煙突を中心とした同心円状に200m、500m、700m、1,100m、1,300mの地点29ヶ所を選び、地上1.5mの位置にダスト・ジャーを設置した。その外に煙突よりESEの方向4,000mの地点1ヶ所を対象地点とした。46年7月より12月までの6ヶ月間降下バイジン量を測定、同時にその中のCaOをドータイトNNを指示薬としてEDTAで滴定した。又ダストジャーの外に発生源よりNW、SW、SE、NEの方向の1km地点にハイボリウムを7、8、9月の各月2回計6回24時間採集を行ない浮遊ふんじん量及びCaOを測定した。気象観測は工場内の高さ約20mの所に自記風向風速計を設置し期間中風向風速の測定も行なった。

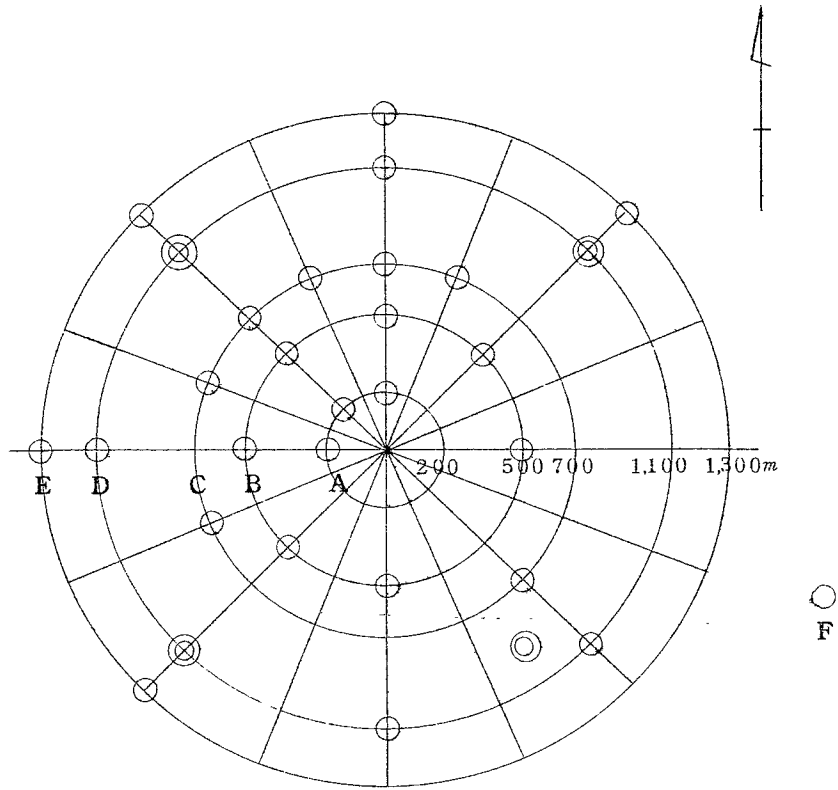
なおCaOを測定対象物質とした理由はセメント中のCaO含有量が60～66%を占める一方関東地方の地表を蓋っている関東ローム層には1.5%前後しか含有されていないのでセメント量の指標として取扱った。

#### (II) 調査結果

降下ばいじん量では期間中の最高は9月の200m地点のAアークで平均2.28 ton/Km<sup>2</sup>/月であり、最低は10月のEアーク平均4.7 ton/km<sup>2</sup>/月であった。この粉じん中のCaO量は表2にある様に降下ばいじん量が最高であった9月Aアークで平均0.05 ton/Km<sup>2</sup>/月であった。これをグラフにして見ると7、8、9月は非常にきれいな曲線をなして、発生源より最も近距離のAアークが非常に多いが距離が延びるにつれて急速に減衰する。しかしある程度まで減衰すると其後はかなりの距離まで減衰しない。10月はあまり高低がなく11・12月は発生減よりやや離れた地点がピークをなしている。

次に期間中の風配図を見てみると7、8月はSが主風向で9月になるとSの他にN成分が増加し、10・11月になるとN成分が主風向となった。これらの風向を前述のCaO量との相関で考えて見ると、7、8、9月は測定点の大部分が風下になって発生源から排出される粉じんが捕集された

図1. ダスト・ジャー設置場所略図



(◎ 印はハイポリニウム設置点)

測定点数

- Aアーク(発生源より 200m) 3地点
- B " ( " 500m) 7 "
- C " ( " 700m) 7 "
- D " ( " 1,100m) 7 "
- E " ( " 1,300m) 5 "
- F(対象地区)( " 4,000m) 1 "

---

合計 30地点

中野市心5をN采風方向

降下ばいじん量(1971年) 表1.

(単位: Ton/km<sup>2</sup>/月)

アーク \ 月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	備考
A アーク	17.7	17.2	22.8	6.3	11.4	8.6	煙突より 200m
B アーク	12.2	13.7	16.6	6.9	15.6	15.8	" 500m
C アーク	9.1	11.3	14.8	7.4	12.6	15.5	" 700m
D アーク	9.7	11.3	14.3	7.4	14.0	10.5	" 1,100m
E アーク	8.9	10.7	11.3	4.7	7.6	17.0	" 1,300m
対象地	12.1	14.9	14.6	-	6.6	10.0	" 4,000m

降下ばいじん中のCaO量 表2.

(単位: Ton/km<sup>2</sup>/月)

アーク \ 月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	備考
A アーク	1.72	2.77	3.23	0.25	0.66	1.30	煙突より 200m
B アーク	0.74	1.24	2.14	0.16	1.18	2.32	" 500m
C アーク	0.43	1.02	1.68	0.15	1.51	1.47	" 700m
D アーク	0.35	0.65	1.48	0.12	1.99	0.99	" 1,100m
E アーク	0.31	0.58	0.87	0.05	1.00	1.00	" 1,300m
対象地	0.17	0.56	0.92	-	1.00	0.44	" 1,400m

と推定する。10月は調査期間中もっとも降下ばいじん量、CaO量共に少なかった月であった。風向がN成分に変わった月であるが、風速・雨量とも平均的でありばいじん量の減少した原因は不明である。11月の風配図のパターンは10月と略々同じであるが、ばいじん量は遙かに多かった。しかし夏季の7・8・9月と異なる点は煙源より1,100m離れたDアークがピークを成して居る。12月はS成分、N成分半々であるが、11月と同じ傾向で煙源より500m離れたBアークが高かった。

11. 12月は極端に雨量が少なく、それぞれ57.2mm、33.1mmで一方風速は割と速かったので、1度落下した粉じんが再度舞上りダスト・ジャーに捕集されたものと推定する。

この煙突はコットレルで除塵をし、その効率も非常によく、平均99.6%で排ガス中のばいじん量は平均0.067g/Nm<sup>3</sup>である。3本の煙突の総排出ガス量は69万Nm<sup>3</sup>/hrであり、これを基に計算すると1ヶ月間に排出されるセメント量は約33ton/Km<sup>2</sup>/月である。

次に浮遊ふんじんは発生源を中心にしてNE、SE、SW、NWの方向1,100mの地点に計4ヶ所のHi.Vol.の設置地点を設け、7月から9月までの3ヶ月間、月2回計6回各24時間の浮遊ふんじん採集を行い、粉じん量及びCaO量を測定した。その結果浮遊粉じん量は測定期間中NWの地点が最高の0.38mg/m<sup>3</sup>(8月9日~10日)であり、最低はSE地点の0.09mg/m<sup>3</sup>であった。次に浮遊ふんじん中のCaOの量について風向との関係では4地点相互間の相関はあまりない。各地点風下になった時は常にCaOは増加していて最高はNE地点8月9日で19.4μg/m<sup>3</sup>であった。

#### 拡散実験

##### (II) 実験方法

本実験の目的は、セメント工場煙突からの粉じんの拡散を実測し、実測値と拡散式との異い及び環境汚染との相関などを明らかにすることにある。

昭和46年9月7日現地拡散実験を行った。粉じん散拡については適当な粉じんトレーサーがないので6フッ化イオウ(SF<sub>6</sub>)をトレーサーとして使用した。とくに調査対象範囲として最大濃度地点附近に重点をおき、煙源から2,500mの範囲で試料を採取し拡散稀釈率を実測した。

##### a. トレーサー

適当な粉塵のトレーサーがないので粉塵拡散の実験例が非常に少ない。

粉じんの拡散実験を行うには粉じんと同じ拡散状態を示す物質をトレーサーとしなければならないが、現在の所その様な条件を具えた適当な物質が見あたらない。従って比較的簡単に行えるガスのトレーサーで拡散実験を行ない、その結果を修正する方法によらざるを得ない。この様なことから本実験ではトレーサーとして6フッ化イオウを用いた。

圖2 月別風配圖 (1971年)

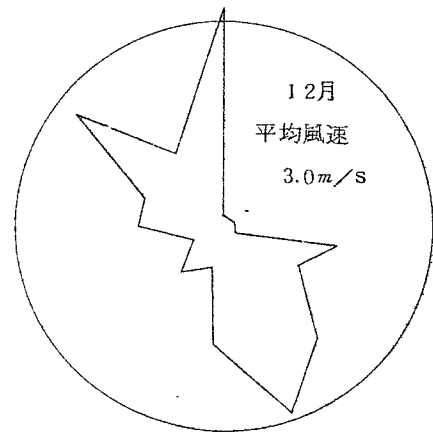
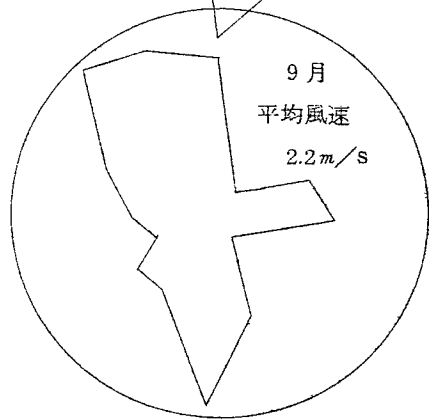
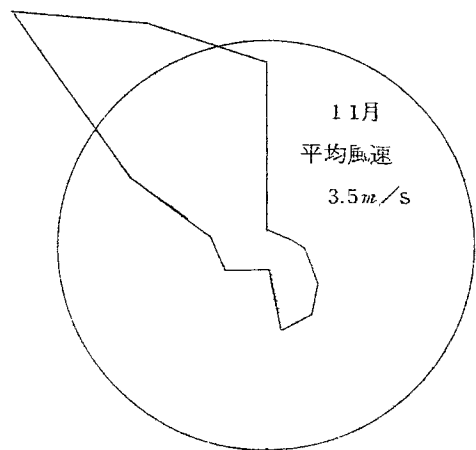
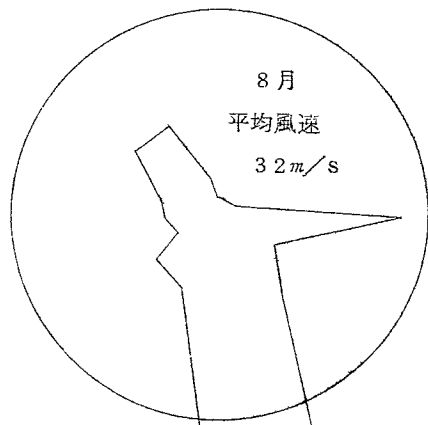
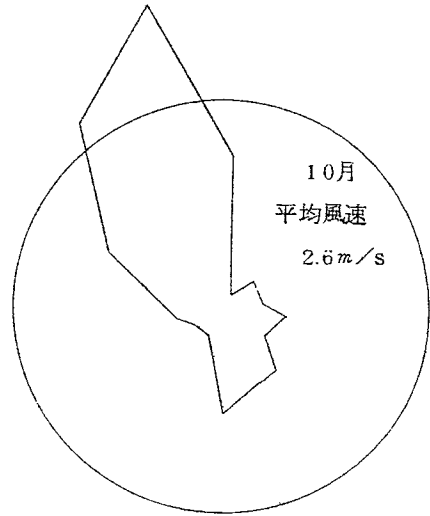
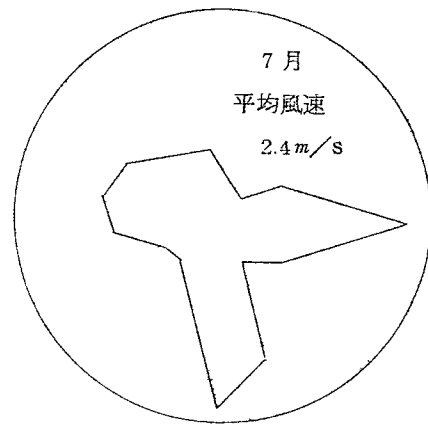
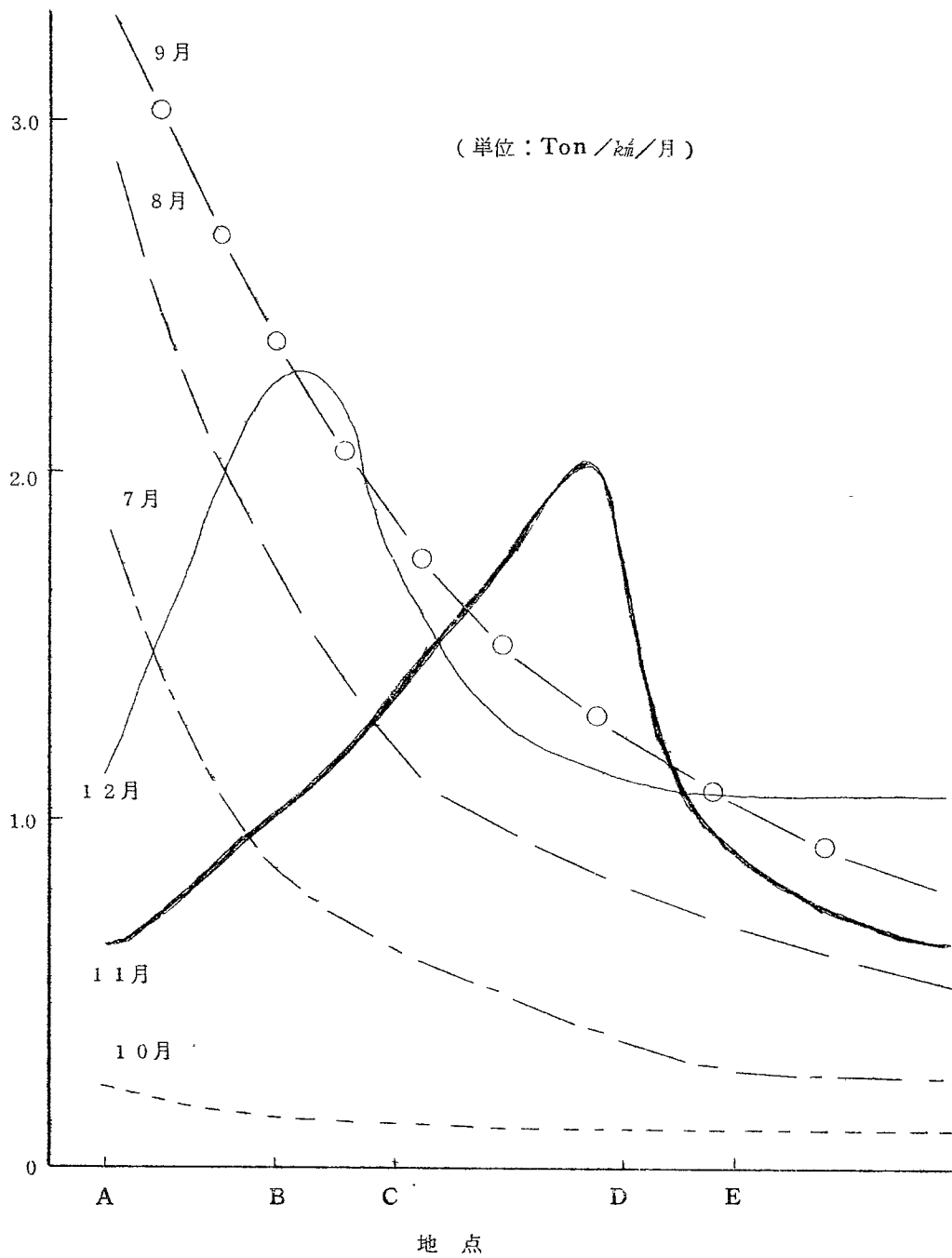


図3 降下ばいじん中の月別CaO量



b. 6フッ化イオウの放出

拡散実験は9月7日に2回実施した。SF<sub>6</sub>の放出は11時30分から14時10分まで連続160分間一定流量(17.06kg/hr・4.7gr/s)で行った。

SF<sub>6</sub>は直接煙道に注入し煙突から放出した。ポンベ2本、台秤にて減圧弁を調整して流量を設定した。なお減圧弁をとりつけるとポンベ1本では所定の流量を保つことが困難であり、又重量を算出するだけでは放出中の変動に対応出来ないで、ローターメータを指針の代りに使用し43ℓ/minで放出させた。

c. 6フッ化イオウ(SF<sub>6</sub>)の採取

主風向はあらかじめSEと想定して採取地点を設定したが、実験時の風向はS~SEでありこのため採取地点を若干Nよりに移動させた。試料のサンプリングはエア・サンプラー17台で行ない、容量20ℓのマイラーバッグに30分間ずつ採取した。採取開始の時間はSF<sub>6</sub>の放出開始から、そのガスが採取地点に到達するまでの時間を風速から算出し決定した。

d. SF<sub>6</sub>の分析

採取した試料はガスクロマトグラフ(ECD)により分析定量した。なおSF<sub>6</sub>のECDによる感度は10<sup>-9</sup>g/m<sup>3</sup>である。

分析は採取後7日以内に行った。

e. 実験の状況

(1) 気象条件

主風向を決定するため、煙源近くに自記風向風速計(高度約20m)を設置し、その記録から実験当日の風向風速を求めた。

実験当日の天候は

晴れ時々曇り、風速4~5m/s

風向はS~SEであった。

(2) 実験結果

測定地点で採取した試料の分析値から、放出したSF<sub>6</sub>の地上濃度分布を求めた。これで見ると最大濃度着地距離は1,500~2,000mである。図4の等濃度図はSF<sub>6</sub>即ちガス体の濃度分布であるので、粉じんの沈着量を加味した下記のChamberlainの補正式

地表面における沈着は

沈着量q(g/m<sup>2</sup>・S) = 沈着速度V<sub>g</sub>(m/s) × 濃度C(x, y, 0)(g/m<sup>3</sup>)

$$\text{Eq. of continuity: } \frac{\partial Q(x)}{\partial x} = - \int_0^{\infty} V_g \cdot C(x, y, 0) dy$$

$$\text{Sutton's Eq: } C(x, y, z) = \frac{2Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zV} e^{-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{H_e^2}{2\sigma_z^2}\right)}$$

完全反射

$$\begin{cases} \sigma_y = \frac{C_y x^{1-\frac{n}{2}}}{\sqrt{2}} \\ \sigma_z = \frac{C_z x^{1-\frac{n}{2}}}{\sqrt{2}} \end{cases}$$

主軸上地点の見掛上の減少率

$$Q(x) \rightarrow Q_0 \exp \left\{ -\frac{2Vg}{\sqrt{\pi}C_zV} \int_0^x \frac{e^{-\frac{H_e^2}{x^2 - \frac{n}{2}C_z^2}}}{x^{1-\frac{n}{2}}} dx \right\}$$

を使い、風下主軸上の濃度分布図をえがいた。

風速 6m/s 及び 4m/s との二種類に分けた。

6m/s のとき  $H_e$  (有効煙突高) は 113m

4m/s のとき  $H_e$  は 138m である。

(密度) は 25g/cm<sup>3</sup> とし、 $n$  は 5μ、50μ、100μ の三種類とした。図 5 は I が Sutton 式 (即ちガス体) II が  $r=5\mu$  の場合、III が  $r=50\mu$ 、IV が  $r=100\mu$  で、exp が実験値である。粒子の  $r$  が大になるにしたがって発生源の近くへ最大濃度地点が移動し濃度がやや減少する。 $r=5\mu$  の時は Sutton 式 (ガス体の拡散式) とほぼ同様に考える事が出来る。

セメント粉じんの粒径が平均 12~14μ ぐらいである事を考慮すれば、最大濃度地点を求める場合、セメント粉じんと SF<sub>6</sub> の拡散は略々同じと見る事が出来る。故にセメント粉塵は

風速が 6m/s の時  $C_{max}$  が 1,700m 附近

風速が 4m/s の時  $C_{max}$  は 1,500m 附近

と考えられる。Sutton 式と実測値の  $C_{max}$  は距離的にはほぼ一致しているが、濃度の方は実測値の方がかなり低い。その原因は

- ① S の共存のもとで SF<sub>6</sub> が分解した。
- ② 煙突基部より注入したため煙道壁面に吸着された。
- ③ 横風の可能性があった。

などが考えられる。



(Ⅲ) 結 語

以上、実態調査及び拡散調査から考察される事は、かなり効率の良い除塵装置を使用しても風速によっては煙源から半径 2,500 m～3,000 m の範囲までセメント粉じんが到達し、場合によっては粉じん公害発生の可能性がある。又原料やクリンカー粉砕時の粉じん飛散及び原料や製品の運搬時にも細心の防じん対策を行うべきであろう。

图 4. 地上等濃等図

(CONTOUR OF THE SURFACE)

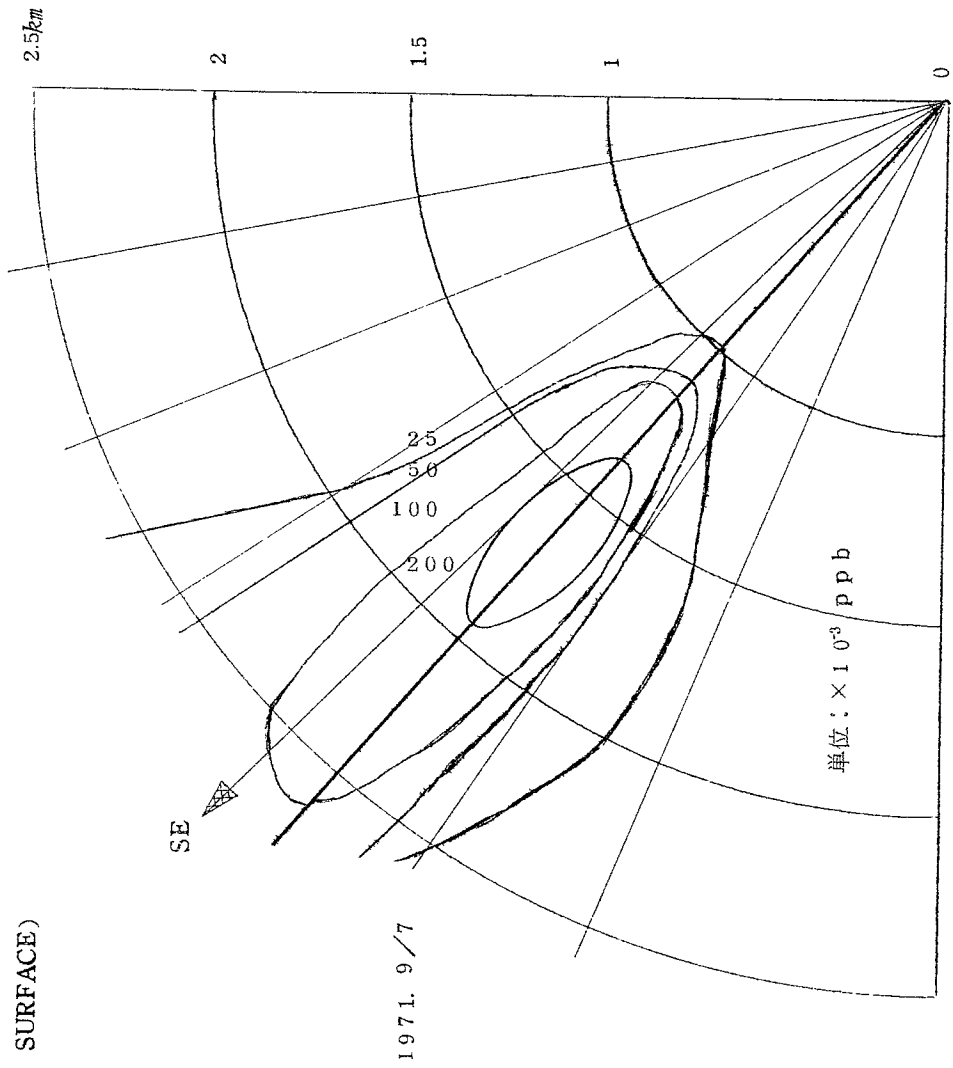


图5 CONCENTRATION ON X AXIS

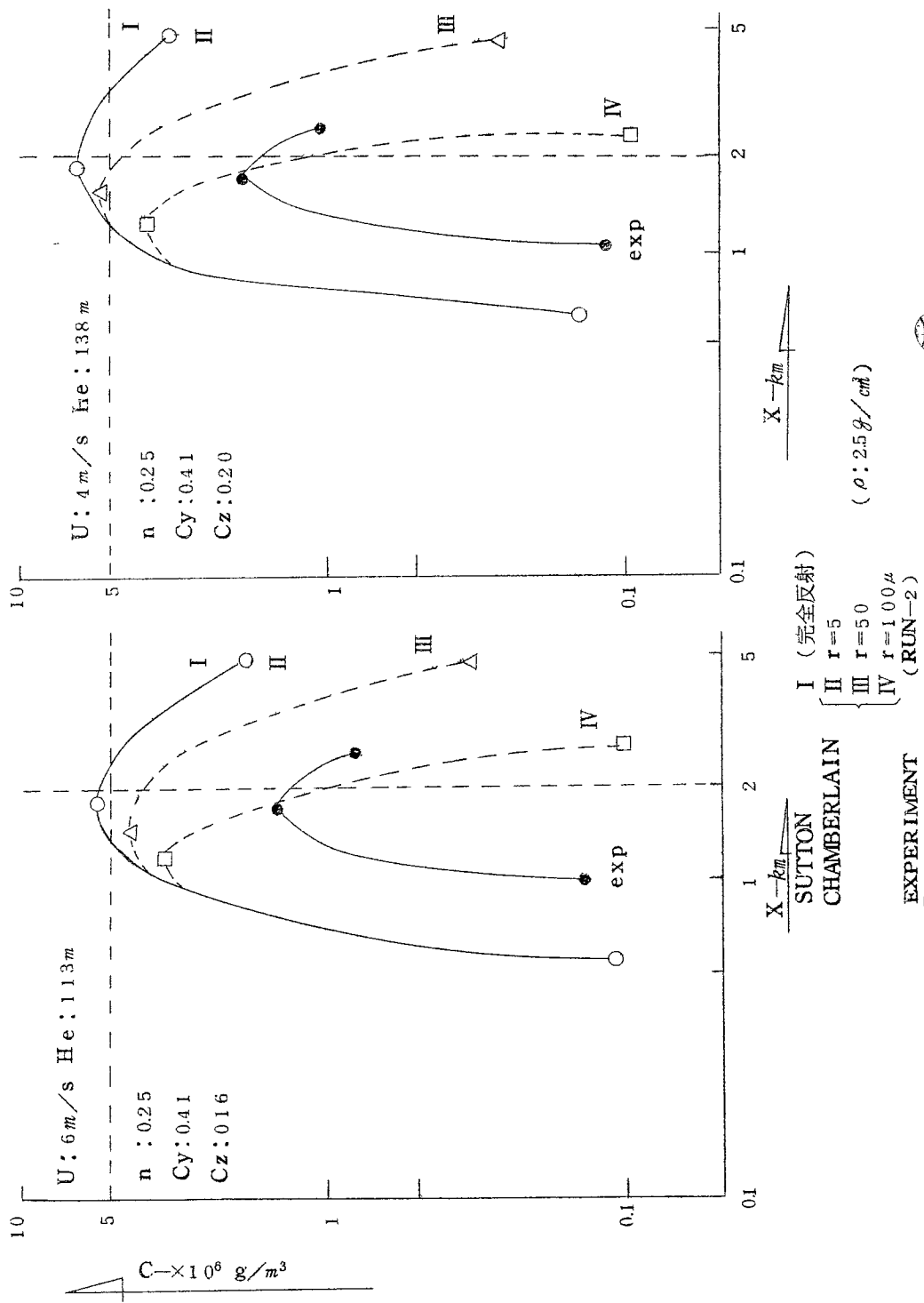


FIG. 6. CONTOUR Calculated with Sutton's Eq

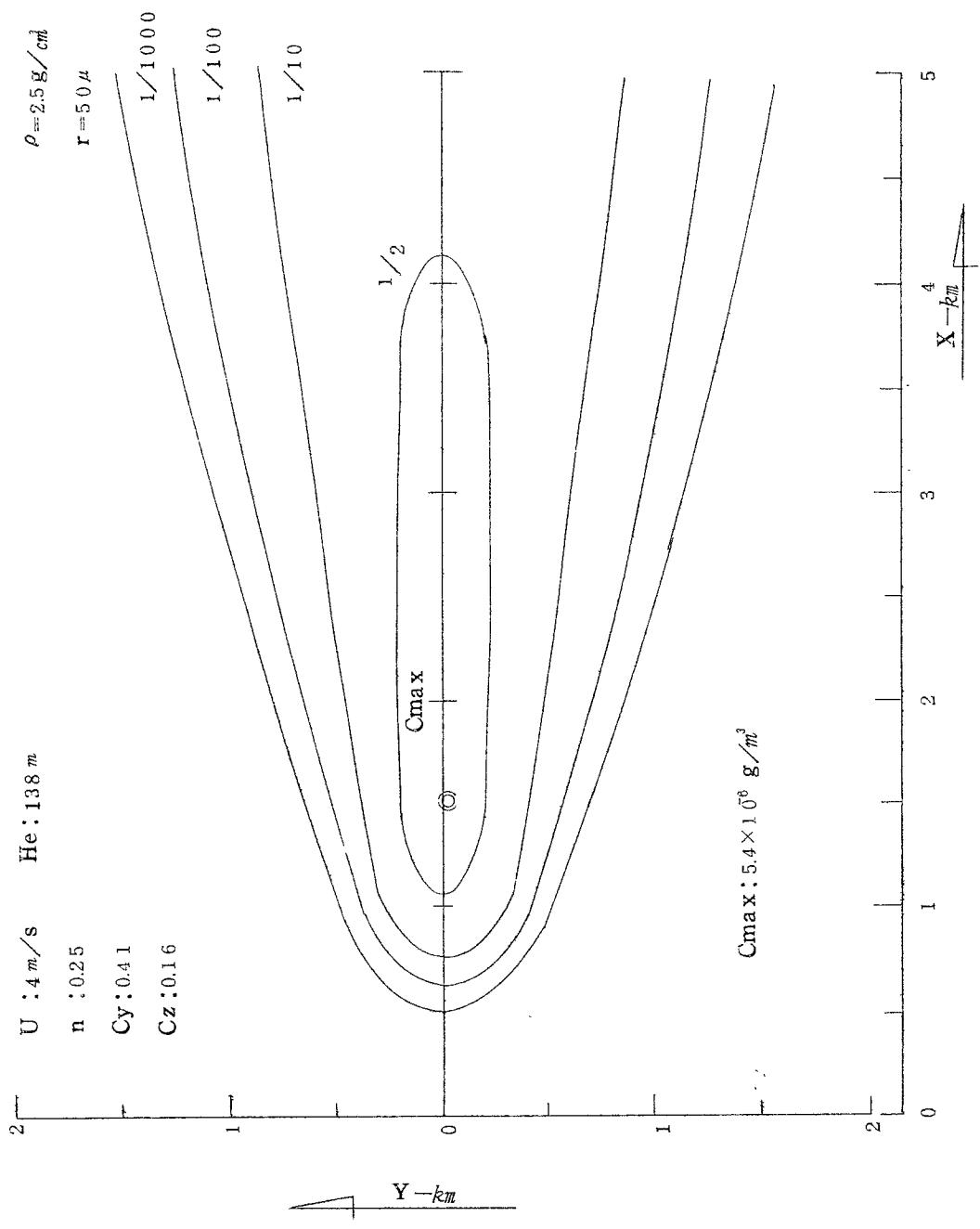
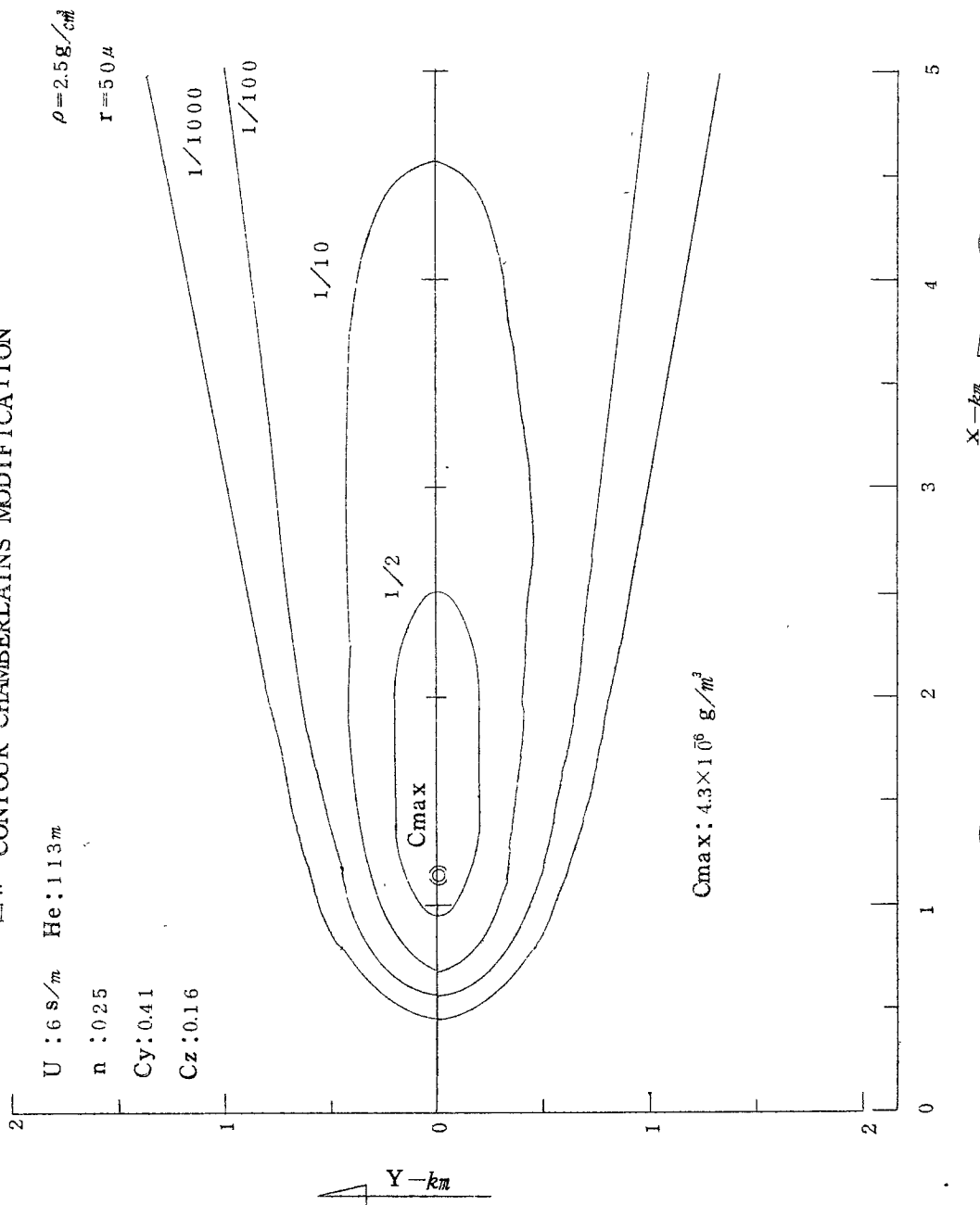


図7. CONTOUR CHAMBERLAIN'S MODIFICATION



(13)

1  
 2  
 幹  
 な  
 側  
 み  
 効  
 の  
 で  
 き  
 て  
 ず  
 に  
 て  
 中  
 華  
 道  
 路  
 の  
 1  
 1  
 1