

## 光化学大気汚染の解析\*

—朝の NO<sub>x</sub>, HC 濃度と日中の O<sub>x</sub> 濃度—

新 谷 光 三\*\*

## 要旨

光化学大気汚染の大きな課題の一つである“朝の NO<sub>x</sub>, HC の環境濃度と日中の O<sub>x</sub> 濃度の関係”を調査するために、東京・埼玉地区を対象として、O<sub>x</sub> の移流の事例解析、および、風上地区の NO<sub>x</sub>, HC と風下地区の日中の O<sub>x</sub> の関係について上限値解析を行ない、O<sub>x</sub> の期待上限値 (O<sub>x</sub>)<sub>E</sub> を NO<sub>x</sub> と HC の関数として示した。

他方、O<sub>x</sub> の日最高値 (O<sub>x</sub>)<sub>m</sub> と (O<sub>x</sub>)<sub>E</sub> との比 R<sub>e</sub> と、気象条件との関係を解析した。さらに、この解析結果を利用し、

$$(O_x)_E \times R_e = (O_x)_c$$

によって、O<sub>x</sub> 日最高値を予測する方法についても検討した。

なお、最近、NO<sub>x</sub> や O<sub>x</sub> の測定係数や更正法が改正されたが、本稿では調査対象期間、すなわち、昭和50年6月～8月の測定データをそのまま用いた。

## 1. まえがき

米国環境保護庁は、Los Angeles Basin の大気汚染防止計画に基づいて、1960年代からこの地区の光化学大気汚染の調査解析を行ない、その制御に関するいくつかの重要な展望を明らかにしてきた。

この調査解析の中に“朝の NO<sub>x</sub>, HC の環境濃度から、日中に、どの程度の O<sub>x</sub> 濃度が期待できるか”という光化学大気汚染の最重要課題が含まれており、この課題を解明するために、スモッグチャンバーによる実験とともに、環境測定局のデータを用いて、NO<sub>x</sub>, HC に対する O<sub>x</sub> の上限値解析が行なわれてきた。

一般に、NO<sub>x</sub>, HC を含んだ空気に日射があたり、光化学反応が進み、O<sub>x</sub> の最高値があらわれるまでに、数時間を要することが知られている。この数時間のうちに、ある地域に存在した空気塊は、風の条件次第では、風下側に数十 km も移流されるであろう。

したがって、朝の NO<sub>x</sub>, HC と、日中の O<sub>x</sub> の上限値解析を行なう場合には、O<sub>x</sub> は、風下側のかかなり広い範囲から選ぶことが必要である。

このような点を考慮しながら、主として東京・埼玉地区を対象とし、O<sub>x</sub> の移流の事例解析と O<sub>x</sub> の上限値解析を行なった。また、その応用として、O<sub>x</sub> の上限値を用いた予測法について検討を行なったので報告する。

なお、調査対象期間は、昭和50年6月～8月の夏季3ヶ月間である。

2. O<sub>x</sub> の移流解析2.1 O<sub>x</sub> 濃度が指定値に達した時刻

O<sub>x</sub> の移流解析として、第1に、東京・埼玉地区の各測定局の O<sub>x</sub> 濃度が指定値に達した時刻を地図上にプロットし、風上側と風下側の時刻の差を調べた。このうち、典型的な事例として、8月1日、2日、11日および14日の例を第1図に示した。ここで、O<sub>x</sub> 濃度の指定値として、6 pphm (環境基準値)、10 pphm、15 pphm (注意報基準値) および日最高値を選び、図中の A～D の順に示した。また、地上流跡線を図中の E に示した。

この解析から、次のことが指摘できる。

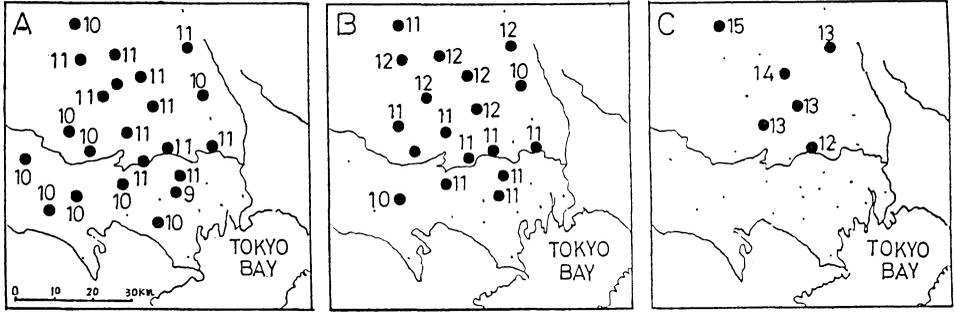
(1) O<sub>x</sub> 濃度が 6 pphm に達した時刻は、大部分の地点が同じである。すなわち、8月1日は10時～11時、2

\* Analysis of Photochemical Air Pollution —Relation between Concentration of NO<sub>x</sub>, HC in the Morning and Concentration of O<sub>x</sub> in the Day Time—.

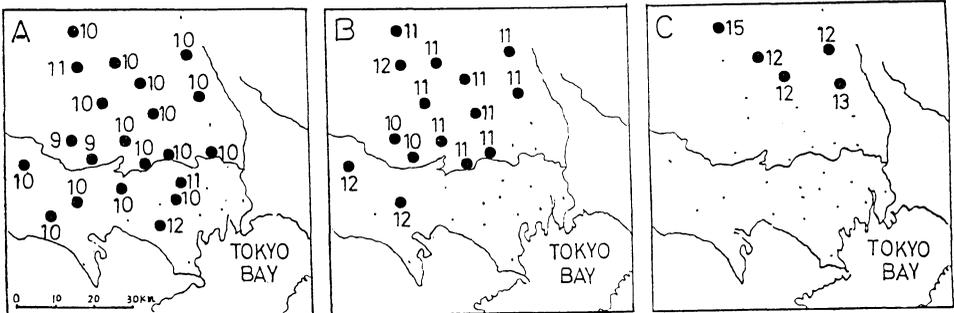
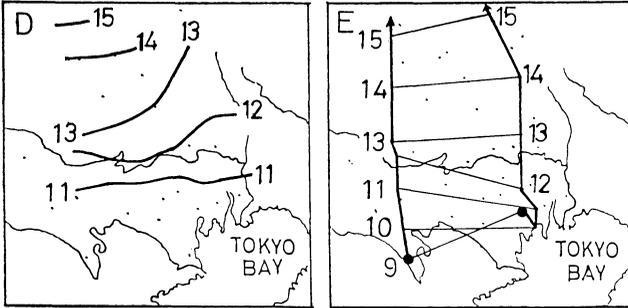
\*\* M. Shinya, 日本気象協会中央本部。

—1979年1月17日受預—

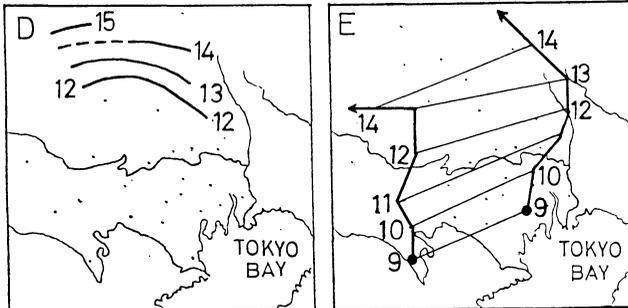
—1977年7月12日受理—



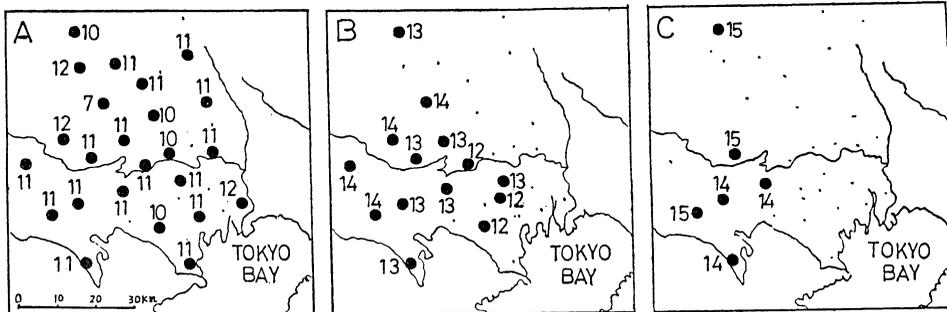
1 AUG.



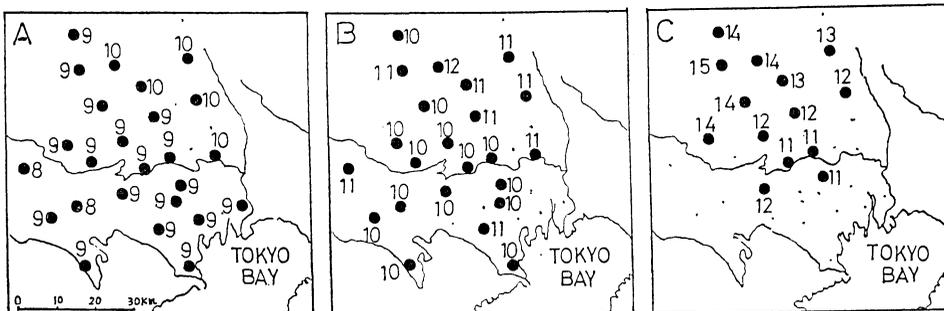
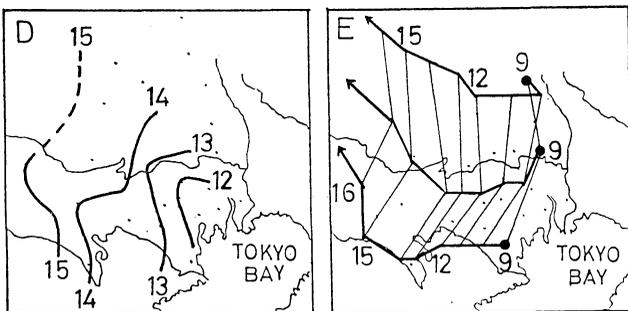
2 AUG.



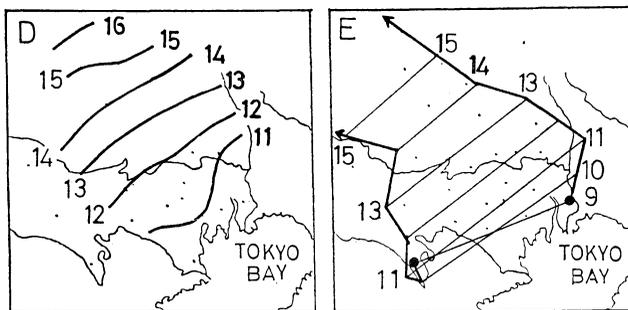
A:  $O_3 \geq 6$  ppm に達した時刻 }  
 B:  $O_3 \geq 10$  ppm に達した時刻 } それぞれの指定値に達した地点のみをプロットした。  
 C:  $O_3 \geq 15$  ppm に達した時刻 }  
 D:  $O_3$  が日最高値に達した時刻 (等時刻線)      E: 地上流跡線  
 第1図  $O_3$  濃度が指定値に達した時刻の分布 (図中の数字は時刻を示す)。



11 AUG.



14 AUG.



[事例日の天気]  
東京管区気象台

月 日	6時	9時	12時	15時	18時	日射量日積算値 517 cal/cm <sup>2</sup> /day
8. 1	⊙	⊙	⊙	⊙	○	517
8. 2	○	○	○	○	○	559
8. 11	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	491
8. 14	○	○	○	○	○	520

第1図 つづき

日は10時, 11日は11時, 14日は9時に全地域で 6 ppm に達している。

(2)  $O_x$  濃度が 10 ppm に達した時刻は, たとえば, 8月11日には風上側と風下側で2時間の差がみられるが, 他の例ではほぼ同時刻に 10 ppm に達した地点が

多い。

(3)  $O_x$  濃度が 15 ppm および日最高値に達した時刻は, 風上側から風下側に向かって時刻差がはっきり現われており, 特に日最高値に達した時刻の差は顕著である。

(4)  $O_x$  が日最高値に達した時刻の等時刻線と地上流跡線のパターンが, かなり類似していることが認められる。

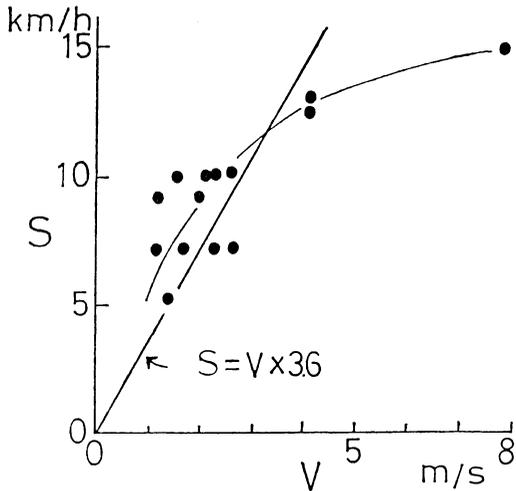
(5)  $O_x$  日最高値の等時刻線の移動速度と風速の関係(第2図)も, かなりよい相関を示している。

2.2 風上側と風下側の  $O_x$  濃度

第3図に, 風下距離(東京湾北西岸を原点として)と  $O_x$  濃度の関係を3例あげた。

8月2日:  $O_x$ 濃度は, 風上側の東京地区では 10 ppm にも達していないが, 埼玉地区の草加→春日部→幸手, 戸田わらび→大宮→上尾→鴻巣→熊谷のコースで増加している。埼玉地区高濃度日の典型的な例で, 15 ppm を越えているのは東京湾北西岸から 40 km 以上の地域である。

8月11日: 東京地区の西部で  $O_x$  濃度が高くなり, 田無, 町田, 立川, 八王子で 15 ppm を越え, 青梅でも 14 ppm に達した。湾岸からの距離は 20~30 km である。

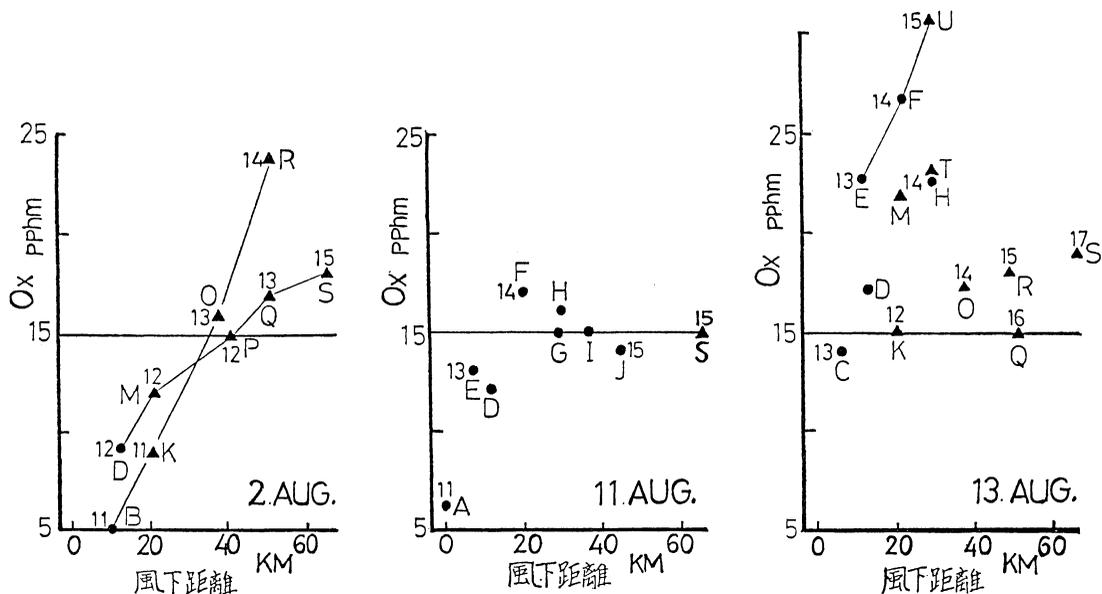


第2図  $O_x$  日最高値の等時刻線の移動速度と風速の関係(1975, 8). S: 等時刻線の移動速度: km/h, V: 風速(12時, 15時の平均, 東京管区気象台): m/s.

第1表  $O_x$  高濃度日の  $NO_x$ , HC の朝の濃度(6時~9時の1時間平均値)

1975年 汚染物質 測定局	6月6日 ( $O_x$ ) <sub>m</sub> : 東京地区 28 ppm						7月15日 ( $O_x$ ) <sub>m</sub> : 埼玉地区 30 ppm						8月28日 ( $O_x$ ) <sub>m</sub> : 東京地区 23 ppm					
	$NO_x$ ppm			HC × 10 <sup>-1</sup> pphm			$NO_x$ ppm			HC × 10 <sup>-1</sup> pphm			$NO_x$ ppm			HC × 10 <sup>-1</sup> pphm		
	当日	月平均	比	当日	月平均	比	当日	月平均	比	当日	月平均	比	当日	月平均	比	当日	月平均	比
都庁前	15.0	6.4	2.3	11.0	8.9	1.2	23.3	10.9	2.1	25.0	13.7	1.8	11.7	9.9	1.2	—	9.1	—
衛研	5.7	3.4	1.7	10.7	9.7	1.1	9.3	2.4	3.9	13.7	8.8	1.6	7.7	3.4	2.3	15.0	7.9	1.9
糞谷	6.0	5.2	1.2	12.0	8.9	1.3	10.7	6.1	1.8	13.3	8.1	1.6	5.7	5.2	1.1	27.3	8.7	3.1
板橋*	5.3	4.7	1.1	14.3	10.0	1.3	12.0	5.5	2.2	16.0	10.6	1.5	10.3	5.0	2.1	15.3	10.1	1.5
荒川	4.3	3.2	1.3	—	—	—	16.3	4.3	3.8	—	—	—	5.7	4.4	1.3	—	—	—
城東	—	4.6	—	9.7	7.5	1.3	—	3.4	—	46.7	9.3	5.0	24.7	7.3	3.4	8.7	7.1	1.2
江戸川	4.7	2.7	1.7	—	5.1	—	8.7	4.2	2.1	—	—	—	—	3.7	—	9.0	8.5	1.1
晴海	11.7	6.4	1.8	—	—	—	18.7	7.7	2.4	—	—	—	13.7	7.2	1.9	—	—	—
港	8.7	5.9	1.5	—	—	—	10.7	5.6	1.9	—	—	—	13.3	6.2	2.1	—	—	—
目黒	10.3	6.3	1.6	—	—	—	16.3	7.9	2.1	—	—	—	13.7	7.6	1.8	—	—	—
足立	4.7	5.2	0.9	—	—	—	20.3	5.7	3.6	—	—	—	7.0	5.3	1.3	—	—	—
世田谷	6.3	4.3	1.5	8.3	7.9	1.1	8.3	5.5	1.5	11.0	8.1	1.4	—	—	—	10.7	8.4	1.3

注) 最上欄の ( $O_x$ )<sub>m</sub> は  $O_x$  日最高値を示す。  
\* 板橋が欠測の場合は練馬のデータを用いた。



東京地区	記号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	(●印)	
	測定局	都庁前	荒川	新宿	板橋	世田谷	田無	町田	立川	八王子	青梅		
埼玉地区	記号	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	(▲印)
	測定局	草加	和光	戸田	大宮	春日部	上尾	鴻巣	幸手	熊谷	所沢	富士見	

第3図 風下測の  $O_x$  濃度の変化、図中のアルファベットは測定局、数字は  $O_x$  日最高値の起時を示す。

8月13日：東京・埼玉両地区で  $O_x$  濃度が高くなり、特に世田谷→田無→富士見のコースで 30 pphm 以上に達した。湾岸から 10 km 以上の広い地域で  $O_x$  濃度が上昇した例である。

これらの例にみられるように、 $O_x$  の高濃度が現われる地域は、当日の風の推移と深い関係にあることは明らかである。

第4図に、風系別に風下側と風上側の  $O_x$  濃度の比と風速の関係を示した。ここで、風系はつぎの4種類に大別した。

海風日：夜半から早朝、日中にかけて南寄りの風が連吹した日。

海陸風日：午前中に北寄りの陸風があり、その後、南寄りの海風に替わった日。

陸風日：夜半から早朝、日中にかけて北寄り、ない

し東寄りの風が連吹した日。

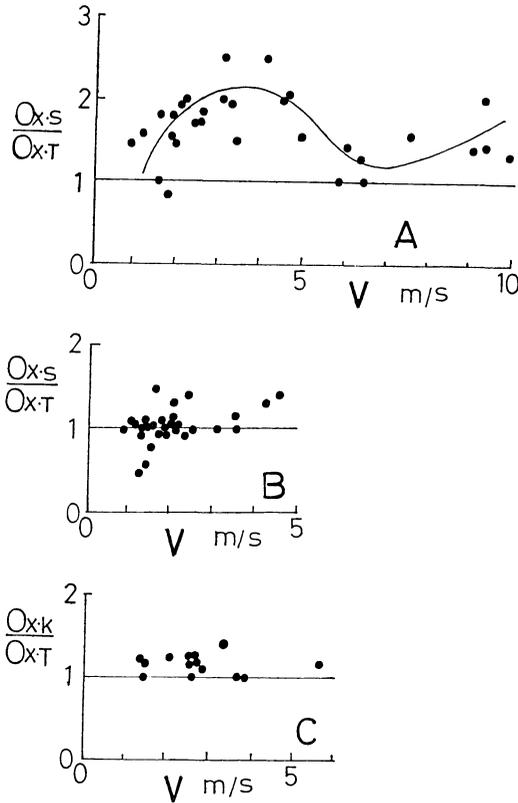
その他：上記のいずれにも該当しない日。

また、 $O_x \cdot S$ 、 $O_x \cdot T$ 、 $O_x \cdot K$  は、埼玉地区、東京地区、神奈川地区の  $O_x$  日最高値を現わしている。

図にみられるように、海風日には  $O_x \cdot S/O_x \cdot T$  は 1.5~2.0 で、風速が 3~4 m/s のときに値が大きくなっている。つまり、海風日には埼玉地区の  $O_x$  日最高値が東京地区のそれに比べて相当高いということである。

これと対照的に、海陸風日には  $O_x \cdot S/O_x \cdot T$  が 0.5~1.5 の間に分布しており、大半が 1 前後の値になっている。すなわち、海陸風日には、埼玉地区と東京地区で同程度の  $O_x$  日最高値が現われやすいことを示している。

なお、陸風日には一般に  $O_x$  濃度は低いが、 $O_x \cdot K/O_x \cdot T$  の値は 1 より少し大きい例が多い。



第4図 風系列の風上側と風下側の  $O_x$  濃度比,  $O_x \cdot S$ : 埼玉地区の  $O_x$  日最高値,  $O_x \cdot T$ : 東京地区の  $O_x$  日最高値,  $O_x \cdot K$ : 神奈川地区の  $O_x$  日最高値,  $V$ : 風速(東京管区気象台 9時, 12時, 15時の平均風速). A: 海風日, B: 海陸風日, C: 陸風日.

3.  $O_x$  の上限値解析

3.1  $O_x$  濃度の高い日の  $NO_x$ , HC 濃度

東京・埼玉地区で, 日中の  $O_x$  濃度が高い日3例について, 東京地区の朝の  $NO_x$  と HC の濃度を第1表に示す.

6月6日は, 海陸風日で東京地区の  $O_x$  濃度が 28 pphm に達したが, 朝の  $NO_x$  濃度は, 都庁前, 晴海, 江戸川などの湾岸部で月平均値の 1.5 倍以上となっている.

7月15日は, 海風日で埼玉地区の  $O_x$  濃度が 30 pphm を記録したが, 朝の  $NO_x$  濃度は, 衛研(新宿), 荒川, 足立などの都北部で月平均値の 3 倍以上の値を示し, HC も城東で 5 倍の値となっている.

8月28日は, 海陸風日で埼玉地区の  $O_x$  濃度が 23 pphm

第2表 環境濃度データ測定局

$NO_x$	HC	$O_x$
都庁前	都庁前	東京地区 36局
衛研	衛研	埼玉地区 17局
糀谷	城東	神奈川地区 38局
板橋	糀谷	
荒川	世田谷	
江戸川	板橋*	
晴海		
港		
目黒		
足立		
計 10局	6局	91局

\* 板橋が欠測の場合には練馬のデータを用いた

に達したが, 朝の  $NO_x$  濃度は, 衛研, 板橋, 城東, 港で月平均値の 2 倍以上, HC は糀谷で 3 倍以上の値を示している.

このように, 3日間とも朝の  $NO_x$ , HC 濃度が, 月平均値を上回っているが, ここにあげた事例日以外の日についても同じような傾向がみられることが多い.

すなわち, 日中の  $O_x$  濃度が高くなるためには,  $O_x$  の生成に必要な要因物質の朝の濃度が, ある程度高いことが第1の条件といえるようである.

3.2 上限値解析のデータ

朝の  $NO_x$ , HC 濃度と, 日中の  $O_x$  日最高値の上限値解析を行なうために, 前章の移流解析の結果を参考にして,  $NO_x$ , HC,  $O_x$  のデータを次のように選んだ(第2表).

$(NO_x)_9$ : 東京地区内の10局の  $NO_x$  の6時~9時の1時間平均値: pphm.

$(HC)_9$ : 東京地区内の6局の HC の6時~9時の1時間平均値(トータル HC, プロパン換算値):  $10^{-1}$ pphm.

$(O_x)_m$ : 風下地区内の各局の  $O_x$  日最高値のうち, 上位3局の平均値: pphm.

当日の風系によって, 次のように選んだ.  
海風日(30日) 埼玉地区の  $(O_x)_m$ .  
海陸風日(32日) 埼玉地区, 東京地区のうち, 大きい  $(O_x)_m$ .

陸風日(14日) 神奈川地区の  $(O_x)_m$ .

その他の日(16日) 埼玉地区, 東京地区および神奈川地区のうち, もっとも大きい

$(O_x)_m$ .

また、風系は次の資料を用い、2-2節に述べた定義に従って分類した。

地上風：東京、熊谷の地上の風向風速（気象台資料）。

上層風：東京、熊谷のパイボール観測データ。観測時刻は8時、12時（環境庁資料）。

3.3  $O_x$  の上限値回帰式

第5図に  $(NO_x)_9$ ,  $(HC)_9$  と  $(O_x)_m$  の関係を示した。図中には、流跡線の追跡等によって風上と風下の位置関係が明確に決定できやすい海風日、および、海陸風日のデータの中から  $(O_x)_m$  の値の大きいもの50個を選

んで記入した。

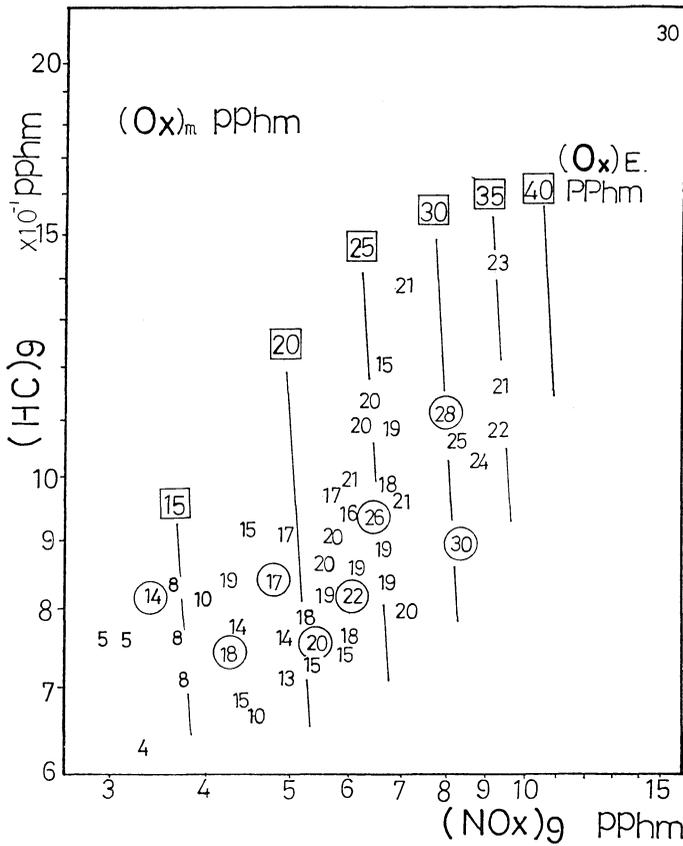
図にみられるように、 $(NO_x)_9$ ,  $(HC)_9$  に対する  $(O_x)_m$  の値は、一見バラバラであるが、 $(NO_x)_9$  や  $(HC)_9$  の大きな値に対しては、 $(O_x)_m$  の大きな値が目立っており、適当な上限値をピックアップしてみると三者間に正の相関が存在することが推定できる。

いま、 $(O_x)_m$  の上限値(以下、 $O_x$  の期待上限値  $(O_x)_E$  という)が、 $(NO_x)_9$  と  $(HC)_9$  の指数関数、すなわち、

$$(O_x)_E = a \cdot (NO_x)_9^b \cdot (HC)_9^c$$

で現わされると仮定する。

さて、上限値データの選び方によって、係数  $a$ ,  $b$ ,  $c$



第5図  $NO_x$ ,  $HC$  と  $O_x$  の関係,  $(NO_x)_9$ : 東京地区内の10局の  $NO_x$  の6時~9時の1時間平均値: pphm,  $(HC)_9$ : 東京地区内の6局の  $HC$  の6時~9時の1時間平均値 (トータル  $HC$ , プロパン換算値):  $10^{-1}$  pphm,  $(O_x)_m$ : 風下地区内の各局の  $O_x$  日最高値のうち、上位3局の平均値: pphm. 図中にプロットした数値は  $(O_x)_m$ : pphm, ○印で囲んだ数値は上限値として選ばれたデータ: pphm. □印で囲んだ数値は、式(1)で計算された指定値曲線の数値: pphm.

の値が違って来るが、その選び方は特に定められた方法がない。そこで、今回の解析では  $(NO_x)_9$  を濃度 0.5 pphm ごとに区分し、その区分ごとに  $(O_x)_m$  の最高値を選び、同じ区分内に同程度の  $(O_x)_m$  が複数個存在する場合には、 $(HC)_9$  の低い濃度のものを選ぶという方法を用いた。

このようにして選んだデータを用いて、次のような重回帰式を得た。

なお、前出の第5図には、 $(O_x)_m$  の上限値データを○印で囲んで示し、さらに、式(1)で計算された  $(O_x)_m$  の指定値を曲線で示し、その数値を□印で囲んで示した。

$$(O_x)_E = 3.82(NO_x)_9^{0.87} \cdot (HC)_9^{0.11} \quad (1)$$

$$r = 0.946$$

$$n = 8$$

式(1)では  $(NO_x)_9$ 、 $(HC)_9$  の高い値に対して、 $(O_x)_E$  の値がかなり高くなる。たとえば、 $(NO_x)_9 = 15$  pphm、 $(HC)_9 = 20 \times 10^{-1}$  pphm として  $(O_x)_E = 56$  pphm である。しかし、わが国で実測された  $O_x$  の最高値が約 40 pphm であるので、 $(O_x)_E$  の最高値を 40 pphm とするのが妥当と考えられる。

また、低濃度側をみると、 $(NO_x)_9 = 2.9$  pphm、 $(HC)_9 = 6.2 \times 10^{-1}$  pphm で、この値から計算される  $(O_x)_E$  は 11.8 pphm となる。すなわち、 $(O_x)_E$  の最低値は 10 pphm 程度であろうと推定される。

なお、式(1)では、 $(O_x)_E$  は  $(NO_x)_9$  の影響を強く受け、 $(HC)_9$  の影響はほとんどないことになるが、実際には  $(HC)_9$  の影響がもっと大きいといわれている。これについては、今後 HC (NMHC) のデータの充実をまって検討していきたい。

第3表  $R_e$  と気象因子の相関係数  
(カッコ内は指数関数の相関係数)

気象因子	海風日	海陸風日
$R$	0.629 ( 0.703)	0.685 ( 0.736)
$T_m$	0.354 (▲0.222)	0.342 ( 0.378)
$V_1$	▲0.573 (▲0.605)	▲0.490 (▲0.346)
$V_2$	▲0.579 (▲0.603)	▲0.430 (▲0.442)
$MD_{12}$	▲0.386 (▲0.325)	0.247 ( 0.438)
$R \cdot T_m / V_1$	0.703 ( 0.756)	0.490 ( 0.729)
$R / V_2^{1/3}$	0.756 ( 0.793)	0.665 ( 0.775)

▲印は逆相関

### 3.4 $O_x$ の生成率と気象因子

ここで、 $O_x$  の日最高値  $(O_x)_m$  と、前述の  $O_x$  の期待上限値  $(O_x)_E$  の比  $R_e$  を考える。すなわち、

$$R_e(\%) = (O_x)_m \times 100 / (O_x)_E$$

とする。

$R_e$  は、朝の  $NO_x$  と HC の濃度から計算される  $O_x$  の上限値に対して、日中の  $O_x$  濃度がどの程度生成したかを示すもので、これを  $O_x$  の生成率と仮称し、次にあげた気象因子との相関解析を行なった。

$R$ : 日射量日積算値: 10 cal/cm<sup>2</sup>/day

$T_m$ : 日最高気温: °C

$V_1$ : 9時, 12時, 15時の3回平均風速(昼間風速): m/s

$V_2$ : 12時, 15時の2回平均風速(午後の風速): m/s

以上は東京管区気象台のデータ

$MD_{12}$ : 正午のラジオゾンデのデータから求めた混合層高度: 100 m, 観測点: 熊谷, 東京, 海風日: 熊谷のデータ, 海陸風日: 東京のデータ(環境庁資料)。

第3表に、これらの気象因子と  $R_e$  との相関係数を風系ごとに示した。なお、カッコ内は、指数関数の場合の相関係数である。

単独の気象因子の中では、日射量日積算値  $R$  と  $R_e$  の相関がもっとも大きく、海風日、海陸風日とも、相関係数は 0.6 以上(指数関数の相関係数は 0.7 以上)を示している。これは、光化学反応が紫外線的作用によって促進されることからみて当然の結果といえる。

次に、昼間風速  $V_1$ 、午後の風速  $V_2$  と  $R_e$  の相関は逆相関で、海風日の -0.57 がもっとも大きい。

日最高気温  $T_m$  と  $R_e$  は、年間を対象とした場合には相関は大きい、今回の解析のように夏季のみを対象とした場合には相関が小さい例が多い。

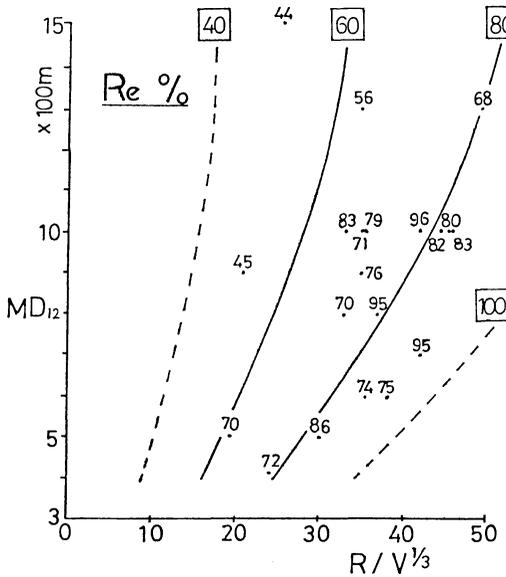
正午の混合層高度  $MD_{12}$  と  $R_e$  は、海風日には逆相関、海陸風日には正相関である。

複合の気象因子としては、 $R \cdot T_m / V_1$  と  $R / V_2^{1/3}$  を取り上げた。これは、分子は光化学反応を促進する因子、分母は汚染質を拡散する因子である。両者とも  $R_e$  との相関は単独の気象因子より大きく、特に海風日の  $R / V_2^{1/3}$  と  $R_e$  の相関が大きい。

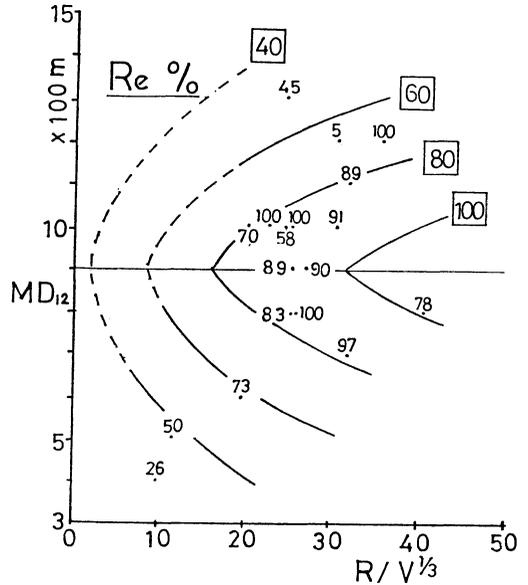
これらの解析を参考として、 $O_x$  の生成率  $R_e$  を気象因子の簡単な関数として現わすことを試みた。

[海風日]

海風日の  $R_e$  は、 $R / V_2^{1/3}$  の関数として、次のように



第6図 日射量，風速，混合層高度と  $O_x$  生成率の関係（海風日）． $R$ ：日射量日積算値， $V_2$ ：午後の風速（12時・15時の平均）， $MD_{12}$ ：正午の混合層高度， $Re$ ： $O_x$  生成率（ $O_x$  日最高値/ $O_x$  期待上限値）．図中にプロットした数値は  $Re$ ：%，□印で囲んだ数値は式（3）で計算された  $Re$  の指定値曲線の数値：%．



第7図 日射量，風速，混合層高度と  $O_x$  生成率の関係（海陸風日）．記号は第6図と同じ．□印で囲んだ数値は式（5）で計算された  $Re$  の指定値曲線の数値：%．

現わされる．

$$R_e(\%) = 7.13 (R/V_2^{1/3})^{0.65} \quad (2)$$

$r = 0.793$   
 $n = 30$

この式で計算される  $Re$  と実測  $Re$  との比と，もっとも相関の大きい  $MD_{12}$ （相関係数は0.767）を2番目の因子として入れると，式は次のようになる．

$$R_e(\%) = 16.22 (R/V_2^{1/3})^{0.68} \cdot (MD_{12})^{-0.42} \quad (3)$$

$r = 0.809$   
 $n = 20$  (注)

第6図に，海風日の  $R/V_2^{1/3}$ ， $MD_{12}$  と  $Re$  の関係を図示した．

データ数が充分ではないが，海風日の  $O_x$  生成率は，日射量が多く，風が弱く，混合層高度が低いほど大きいといえる．これは，これまでの各種の調査報告とほぼ一致する結論といえるであろう．

(注)  $MD_{12}$  は欠測日があるので，データ数は式(2)および式(4)の場合より少なくなっている．

〔海陸風日〕

海陸風日の  $Re$  は  $R/V_2^{1/3}$  の関数として，次式で現わされる．

$$R_e(\%) = 11.49 (R/V_2^{1/3})^{0.57} \quad (4)$$

$r = 0.775$   
 $n = 32$

前述したように，海陸風日の  $Re$  と  $MD_{12}$  は正相関になっている．さらに，式(4)による  $Re$  の計算値と実測値との比と  $MD_{12}$  の相関は非常に小さい（相関係数-0.05）．

この理由は，第7図にみられるように， $Re$  は  $MD_{12}$  が800m~1,000mの場合に大きくなり，これより低い場合にも高い場合にも  $Re$  は小さくなる傾向があるためと考えられる．

そこで， $MD_{12}$  は900mを中心にとり，900m以上の高度については，900m以下と対称になるように数値を変換し，これを第2の因子として，次式を得た．

$$R_e(\%) = 3.66 (R/V_2^{1/3})^{0.36} (MD_{12})^{0.94} \quad (5)$$

ただし， $MD_{12} > 9$  の場合には， $MD_{12}$  として  $(18 - MD_{12})$  を用いる．また， $MD_{12} = 0$ ， $MD_{12} \geq 18$  の場合は， $MD_{12} = 1$  とする．

$$r=0.840$$

$$n=18(\text{注})$$

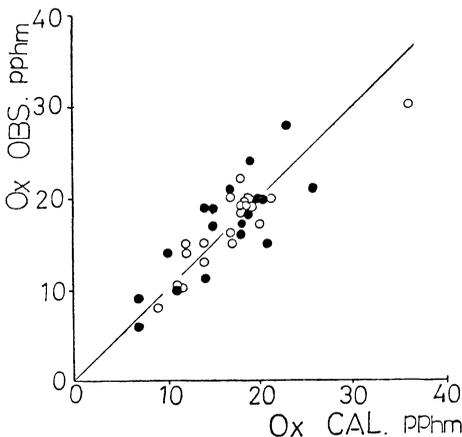
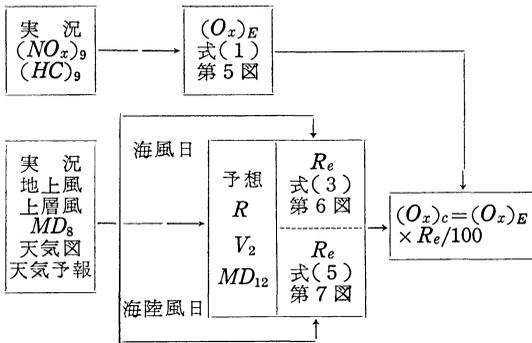
式(5)で計算された指定値の曲線を、前出の第7図の中に示した。

このように、海陸風日の  $O_x$  生成率が、混合層高度 900 m 前後の場合に大きくなるのは、この付近の比較的高濃度の  $O_x$  が大気鉛直混合によって地上に補給されるといわれる機構と何らかの関連があることも考えられる。

#### 4. $O_x$ 濃度予測への応用

これまでの解析結果の応用として、朝の  $NO_x$  と  $HC$  の実測値から計算される日中の  $O_x$  の期待上限値  $(O_x)_E$  を主要な因子として、 $O_x$  の日最高値を予測する方法、すなわち、 $O_x$  の当日予報の簡単な方法について検討した。

予測のフローは、つぎのとおりである。



第8図  $O_x$  の計算値  $(O_x)_c$  と実測値  $(O_x)_m$ 。  
 ○：海風日、 $r=0.914$ 、 $n=20$ 。  
 ●：海陸風日、 $r=0.794$ 、 $n=18$ 。

まず、 $NO_x$  と  $HC$  の6時~9時の1時間平均値  $(NO_x)_9$ 、 $(HC)_9$  から  $(O_x)_E$  を式(1)を用いて計算する。

一方、朝の地上風や上層風の実況から当日の風系型(海風日または海陸風日)を決め、さらに、日射量日積算値  $R$ 、午後の風速  $V_2$ 、正午の混合層高度  $MD_{12}$  の予想値を用いて、式(3)または式(5)によって  $O_x$  の生成率  $R_e$  を求め、

$$(O_x)_E \times R_e / 100 = (O_x)_c$$

によって  $O_x$  の日最高値  $(O_x)_m$  を予測する。

そして、この  $(O_x)_m$  が現われる地域は、海風日には埼玉地区、海陸風日には東京・埼玉両地区と推定する。

この年のデータを用いて、計算値と実測値の関係をみると、第8図に示したとおりである。相関係数は海風日には0.914、海陸風日には0.794で、海風日の予測精度が高い。

#### 5. あとがき

光化学大気汚染の大きな課題の一つである“朝の  $NO_x$ 、 $HC$  の環境濃度と日中の  $O_x$  濃度の関係”を調査するために、

- (1)  $O_x$  の移流の解析
- (2)  $O_x$  の上限値解析
- (3)  $O_x$  の上限値を用いた濃度予測法の検討

という、相互に関係のある三つのテーマについて解析し、それぞれ成果が得られた。

しかし、この解析に関連して、次にかかげる点が十分に解析されていないので、今後の課題としてさらに研究を進めたい。

- (1) 朝の  $NO_x$ 、 $HC$  の環境濃度の代表性についての解析。
- (2) NMHC のデータを用いた上限値解析、および上限値データの客観的選定方法に関する検討。
- (3) 日射量、風速、混合層高度等、 $O_x$  の生成に関連のある気象要素の量的予測法の検討。
- (4) 混合層高度が地上濃度に与える影響についての解析。
- (5) 他の地域における解析結果との比較検討。

#### 謝辞

最後に、本稿をまとめるにあたって、種々の御指導御助言をいただいた(財)日本気象協会の大田正次研究所長、吉田作松技術部長、気象研究所高層物理研究部の嘉納宗靖第2研究室長、ならびに測定データを提供下さった方々に深く感謝の意を表する。

## 文 献

- Eschenroder, A.Q., J.R. Martinez, 1970: Analysis of Los Angeles Atmospheric Reaction Data from 1968 and 1969, General Research Corporation, 1-58.
- Fankhauser, R. K., 1976: Ozone Levels in the Vicinity of 33 Cities, J. of the Air Pollu. Control Assoc., 26, 771-777.
- Hamming, W. J., 1971: Air Flow in the South Coast Air Basin, Presented to the South Coast Basin Coordinating Council.
- Pitt, J. N. Jr., 1977: Keys to Photochemical Smog control. Environ. Science & Tech., 11, 456-461.
- Rubino, R.A., L. Bruckman and J. Magyar, 1976: Ozone Transport, J. of the Air Pollu. Control Assoc., 26, 972-975.
- 池田有光, 中島暢太郎, 梅本雅幸, 1974: 流動する汚染気塊への光化学反応式の適用, 天気, 21, 517-525.
- 河村 武, 1974: わが国における大気汚染気象の最近の動向, 地学雑誌, 83, 3.
- 杉浦 茂, 1972: 東京およびその周辺の最大混合層高度と東京における相対汚染濃度と亜硫酸ガス濃度との関係, 天気, 19, 606-612.
- 日本環境衛生センター, 1976: 移動用光化学スモッグチャンバー調査総合解析, 環境庁大気保全局委託調査.
- 日本気象協会, 1976: 光化学大気汚染緊急時対策のための気象観測調査報告書, 環境庁大気保全局委託調査.
- 環境庁大気保全局大気規制課編, 1977: 日本の大気汚染状況, 昭和52年版, (株)ぎょうせい.
- 東京都公害局監視部, 1976: 大気汚染常時測定室測定結果報告.
- 日本気象協会, 1977: 光化学オキシダント広域解析調査(大阪湾地域), 環境庁委託業務結果報告書, 113-119.

## 気象学会および関連学会行事予定

行 事 名	開 催 年 月 日	主 催 団 体 等	場 所
昭和54年日本気象学会 秋季大会	昭和54年10月24日～26日	日本気象学会	電気ビル(福岡市)
第17回粉体に関する 討論会	昭和54年10月24日～26日		栃木県商工会館
科学講演会	昭和54年10月25日	理化学研究所	大阪科学技術センター
第26回風に関する シンポジウム	昭和54年10月30日		農業技術研究所講堂
第6回レーザ・レーダ (ライダー)シンポジウム	昭和54年11月8日～9日	レーザ・レーダ研究会	ホテル伊豆高原
気候変動シンポジウム	昭和54年11月19日		気象庁講堂
第5回リモートセンシング シンポジウム	昭和54年11月27日～28日	(社)計測自動制御学会	機械振興会館
国際統計気候学会議	昭和54年11月29日～ 12月1日		八王子セミナーハウス
月例会「レーダ気象」	昭和54年12月13日	日本気象学会	気象庁