

II 関東平野の光化学汚染に関する気象構造の解析 (第1報)

Analysis of Meteorological Structure for Photochemical Smog on Kantou Plain (part 1)

特殊公害科 五井邦宏

要 旨

関東平野における光化学汚染と関連の深い気象要因として、気圧配置、地理的条件に起因する局地循環風系の重要性が指摘されている。本報では関東地方の地形の特徴ならびに気候の地域性、経年的傾向を把握した。

また光化学汚染日について、地上風系の日変化および上層風と汚染地域との関係を明らかにすることが出来た。

更に、上層風の広域立体観測データについて若干の解析を行い、その構造を検討した。

以上の結果から、関東平野南部および東部の沿岸地域と異なる、埼玉県特有の内陸的な地形ならびに気象の特徴が明らかになった。

1 はじめに

光化学汚染が発生しやすい埼玉県¹⁾において、オキシダント(以下Oxとする)濃度の高い地域に移入する汚染気塊は、風上数十Kmの地域に長く滞留し、それらの地域における汚染物質排出量の影響を強く受けているものと推定されている。²⁾しかし、これらの影響を正確に把握するためには、光化学汚染予測モデルを用いたシミュレーションによって、各要因別の寄与を推定しなければならない。この推定を行うためには、関東地域における原因物質の組成と排出量、ならびに汚染物質の移流・反応を支配する気象場などを適切に把握することが重要となる。

本報では、後者を目的とし、1970~1979年の関東平野における汚染・気象データを収集し、統計的な処理を行い、光化学汚染に係わる気象場の特徴に関する解析を行った。なお本解析は、埼玉県における光化学汚染実態調査による資料の一部を取りまとめたものである。

2 解析方法

2.1 関東地方の地形と気候

関東平野の地理的条件を把握するために、周辺山岳を

含めた東西約200Km南北約270Kmの地域を対象とし、5Kmメッシュ点の標高の透視図(Fig.1参照)を作成して地形の特徴を概観した。また、地域が山塊から受ける影響度合の指標として、各山塊により遮られる総立体角を遮蔽度として定義した。更に、一般的な気象要因の地域特性と経年的傾向を知るために、Table1.に示す関東地方の気象官署13か所の1970~1979年の観測値を用いて、年平均、標準偏差などを求めた。

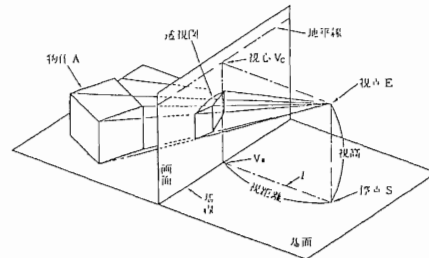


Fig. 1. 透視図

地点名	緯度(北緯)	経度(東経)	測器の地上高(m)	標高(m)
宇都宮	36° 32.8'	139° 52.3'	15	120
前橋	36° 24.1'	139° 03.9'	17	112
熊谷	36° 08.9'	139° 23.0'	17	30
水戸	36° 22.7'	140° 28.3'	14	14
秩父	35° 59.4'	139° 04.7'	13	218
銚子	35° 43.5'	140° 56.0'	12	27
東京	35° 41.2'	139° 45.9'	52	6
横浜	35° 26.2'	139° 39.4'	20	39
館山	34° 59.0'	139° 52.1'	15	6
勝浦	35° 08.7'	140° 18.9'	14	12
大島	34° 45.8'	139° 22.6'	27	190
千葉	35° 35.6'	140° 07.2'	13	16
日光	36° 44.0'	139° 30.0'	17	1,220

Table 1. 気象官署設置状況

2.2 光化学汚染日の地上風系と上層風

昭和53・54年度を対象とし、地域別（一度三県）に0x高濃度日の時刻別風向風速のベクトル平均を求め、Fig.2.に示す海陸風ライン上の測定局について、日変化シーケンス図として表した。また、関東平野北東内陸部にある館野高層気象台の1日4回の上層風観測データを、高度別（1,500m以下）に風配図として表した。

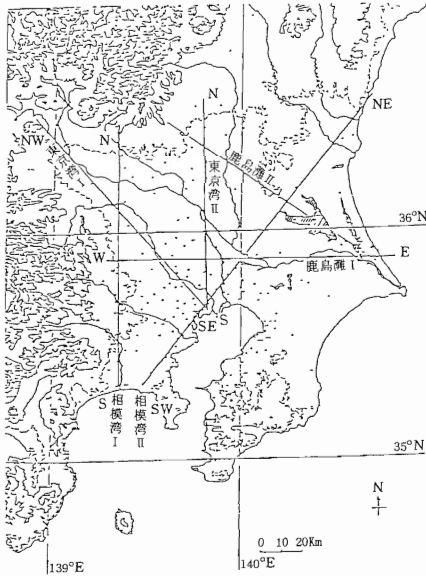
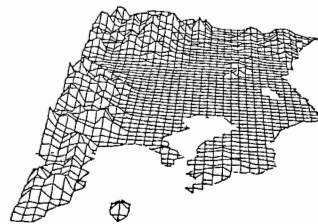


Fig. 2. 海陸風ライン図

地上風系を支配している上層風の構造について検討す



(1) 南西から



(2) 南から

Fig. 3. 地形透視図（関東地方）- 1

るために、関東平野で行われた上層風の立体観測資料（気象庁南関東大気環境調査、環境庁光化学汚染立体調査）の一部を用いて、シーケンス図、高度別風配図、三次元表示図として表わした。また、風の日周期に着目して、高度別の風の東西・南北成分をそれぞれ時系列データとし、次式(1)※を適用し最適化を行うことにより、日周期成分の振幅と位相を求めた。

※注

$$u(t) = a_0 + \sum_{i=1}^4 a_i \cos \frac{1\pi}{24} (t - \delta_i) \dots\dots(1)$$

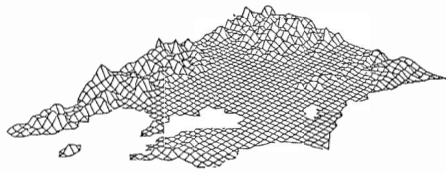
a_i : 振幅 δ_i : 位相

なお、 i の 1, 2, 3, 4, は 2, 1, 2/3, 1/2 日周期成分を表わす。

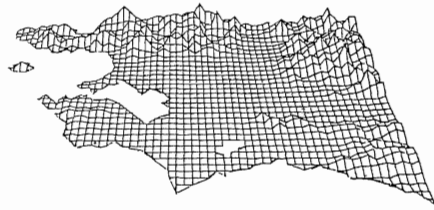
3 結果と考察

3.1 地形と気候の特徴

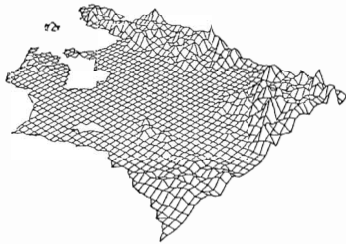
東京湾から各方向へ約500km（300km）離れた位置で、仰角35°の視点から見た関東平野（埼玉県）の透視図をFig.3.(Fig.4.)に示す。これらの図から、西側及び北側が山岳で衝立状に仕切られ、東と南が海洋に開かれている平野の内陸北西部に位置する埼玉県では、閉鎖的な気象条件が生成し易いことがわかる。なお、内陸北西部と内陸北部の中央に広い谷間があり、風の流れに影響を与えていることが推察される。また、Fig.5.に示すように、総遮蔽度から、特に山塊の影響を受け易い地域①と②、受け難い地域⑤ならびに中間の③と④の地域に大別される。これらの地域区分と大規模な海陸風の動態および強風域などの間には密接な関連性が認められることから、閉鎖性を表わす指標の一つとして有用であると言える。



(3) 南東から

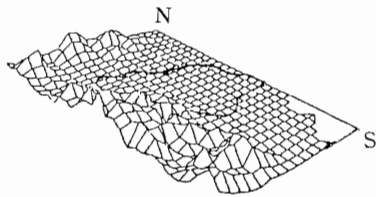


(4) 東から

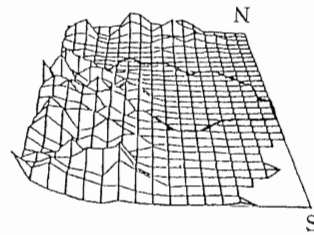


(5) 北東から

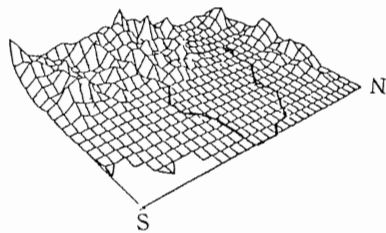
Fig. 3. 地形透視図(関東地方) - 2



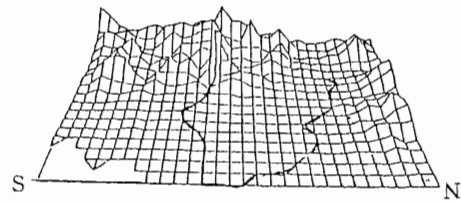
(1) 南西から



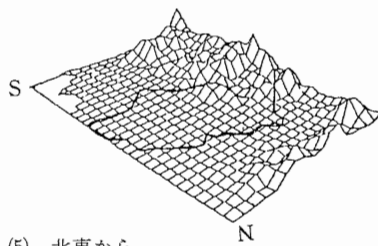
(2) 南から



(3) 南東から



(4) 東から



(5) 北東から

Fig. 4. 地形透視図(埼玉県)

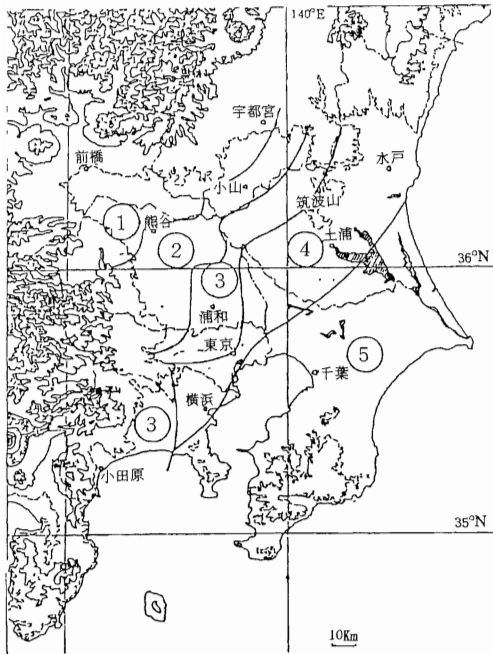


Fig. 5. 遮蔽度分類図

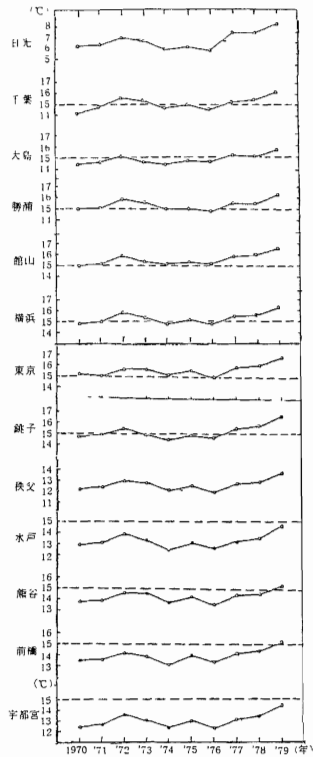


Fig. 6.1. 気温年平均

一方、関東地方における気温、湿度、風速、日射量の年平均値などに、次の様な特徴が見られる。

気温は一般に内陸北部で低いが、南部・東部沿岸部では殆ど差がない (Fig. 6.1.) 一方、標準偏差から内陸部 (特に盆地) では沿岸部に比べ気温の変化が激しいことがわかる。(Fig. 6.2)。全地域的な経年的傾向として76年に最低、79年に最高となっているが、僅かながら上昇傾向がうかがえる。

湿度には地域的、経年的な明らかな特徴は見出し難いが、総じて東京で最も低く大島で最も高い (Fig. 6.3)。

風速は全般的に沿岸部 (館山を除く) でやや強い、大島で最も強く、秩父で最も弱い (Fig. 6.4)。

日射量の経年変化は、大島で全く見られないのに対し、東京・前橋・宇都宮では74~76年頃が最小となるパターンを示している。(Fig. 6.5)。

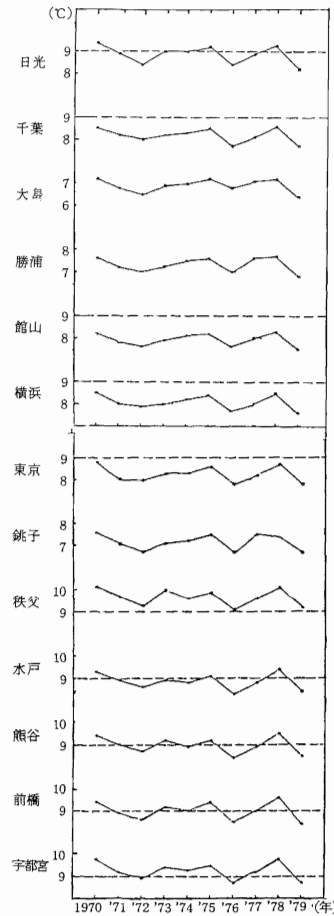


Fig. 6.2. 気温年標準偏差

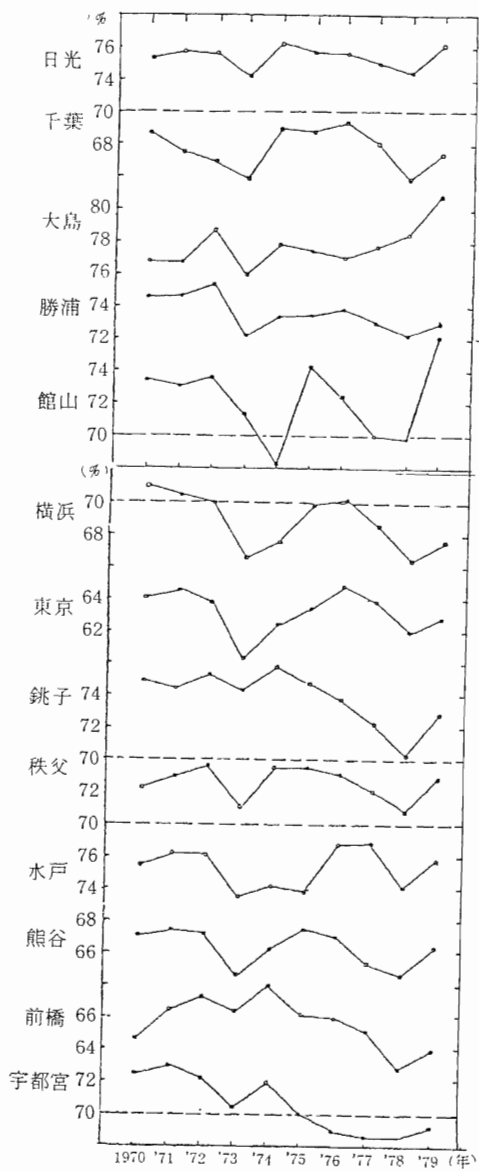


Fig. 6.3. 湿度年平均

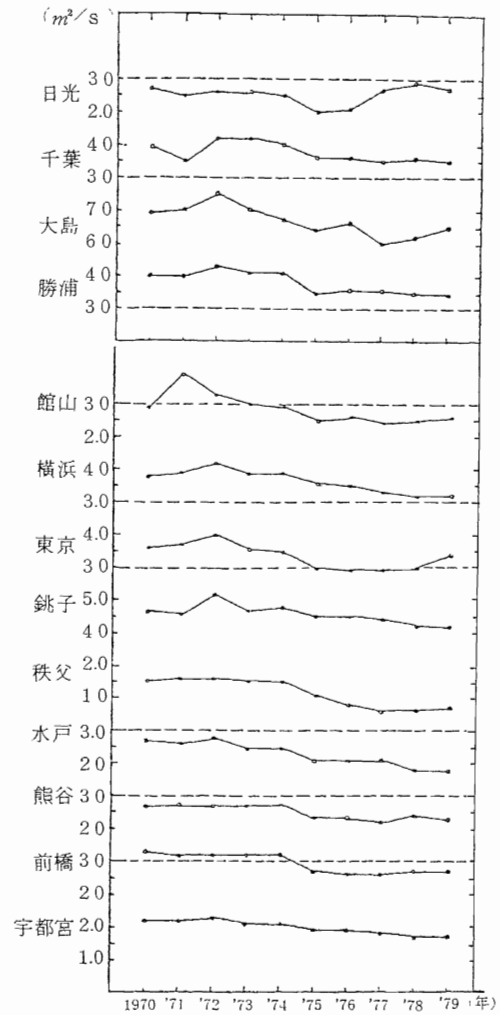


Fig. 6.4. 風速年平均

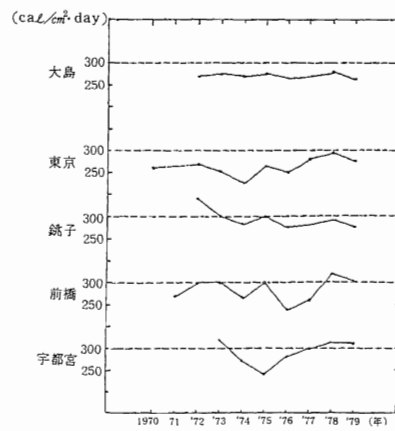


Fig. 6.5. 日射量年平均

3.2 地上風系と上層風の特徴

Ox濃度日次高値の階級別出現状況をTable 2に示す。いわゆる「北関東型」と「南関東型」の汚染日として、それぞれ埼玉県、神奈川県でのOx濃度日次高値が

0.12 ppm 以上(ランク3・4)となった日を対象とし、2章で述べたライン局の風の平均的日変化をFig. 7.1.~7.3.に示す。

(昭和53年度)

季節	埼玉県				千葉県				東京都				神奈川県			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
春	20	52	16	3	26	59	7	0	48	31	2	0	21	68	2	0
夏	26	38	16	4	43	38	12	0	37	40	13	2	33	41	13	5
秋	77	15	0	0	67	24	1	0	84	8	0	0	51	39	2	0
冬	77	13	0	0	60	30	0	0	85	5	0	0	56	34	0	0
全年年	200	118	32	7	196	151	20	0	254	84	15	2	161	182	17	5

(昭和54年度)

季節	埼玉県				千葉県				東京都				神奈川県			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
春	22	50	15	4	30	56	4	2	44	34	2	1	19	68	4	0
夏	26	38	17	3	51	36	5	1	42	42	6	2	28	41	18	5
秋	78	14	0	0	73	19	0	0	80	12	0	0	50	41	1	0
冬	78	12	0	0	70	20	0	0	80	10	0	0	54	36	0	0
全年	213	114	32	7	223	131	9	3	246	98	8	3	152	186	23	4

Table 2. Ox濃度日次高値階級別出現状況(日数) ランク1 $0.06 > Ox$ (ppm)
 2 $0.08 > Ox \geq 0.06$
 3 $0.06 > Ox \geq 0.12$
 4 $Ox \geq 0.16$

埼玉県の高濃度日には、南北ライン(相模湾I、東京湾II)に見られる様に、深夜から早朝にかけてほぼ無風状態で午前11時頃から南西部では南西系、中西部の埼玉県では南東系、北西部では東寄りの風が発達し、この南西系、東寄りの風は17時頃に最も強まり夜半近くまで続いている。また、南西-北東、南東-北西ライン(相模湾II、東京湾I)を見ると、柏附近を境として北東部では午後南東系が発達し、15時頃をピークとして夕方から弱まっている。他方、南西側の地域は昼頃から夜半まで南西系の風に覆われているが、東京湾沿岸西部

では昼頃から15時頃まで南東系の風が侵入している。ランク3・4ともほぼ同様の日変化が見られるが、濃度が高い日の方が僅かに風系の発達が弱い様である。これに対し、神奈川県の高濃度日には、夜半から早朝まで相模湾、東京湾への弱い北系、および西部山沿いで北西~西の風が顕著であり、午前10時頃から、東京湾方向からの東系が発達し15時頃まで続く、しかし南西系の風はあまり発達せず夕方から弱まっている。また、濃度の高い日の方が、早朝までの西系、午後の東系ともに発達している様である。

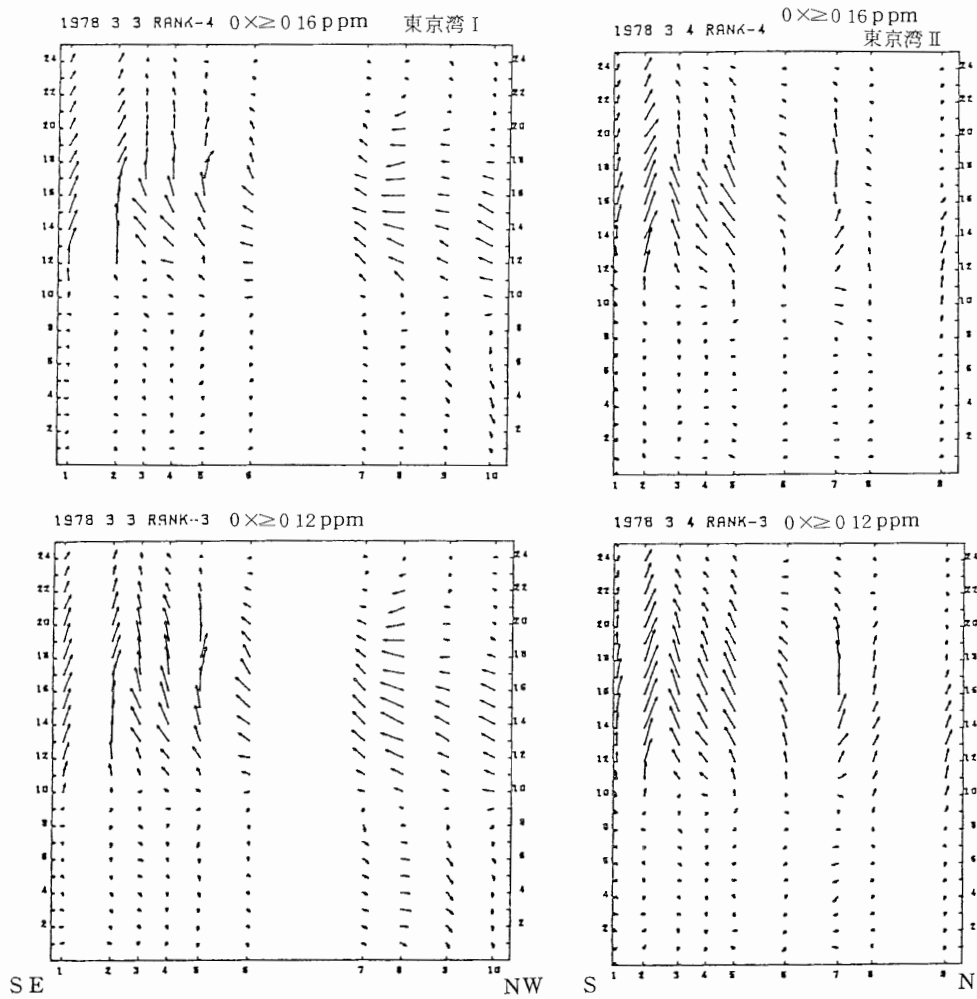


Fig. 7.1. 風系日変化図 (埼玉県汚染日)

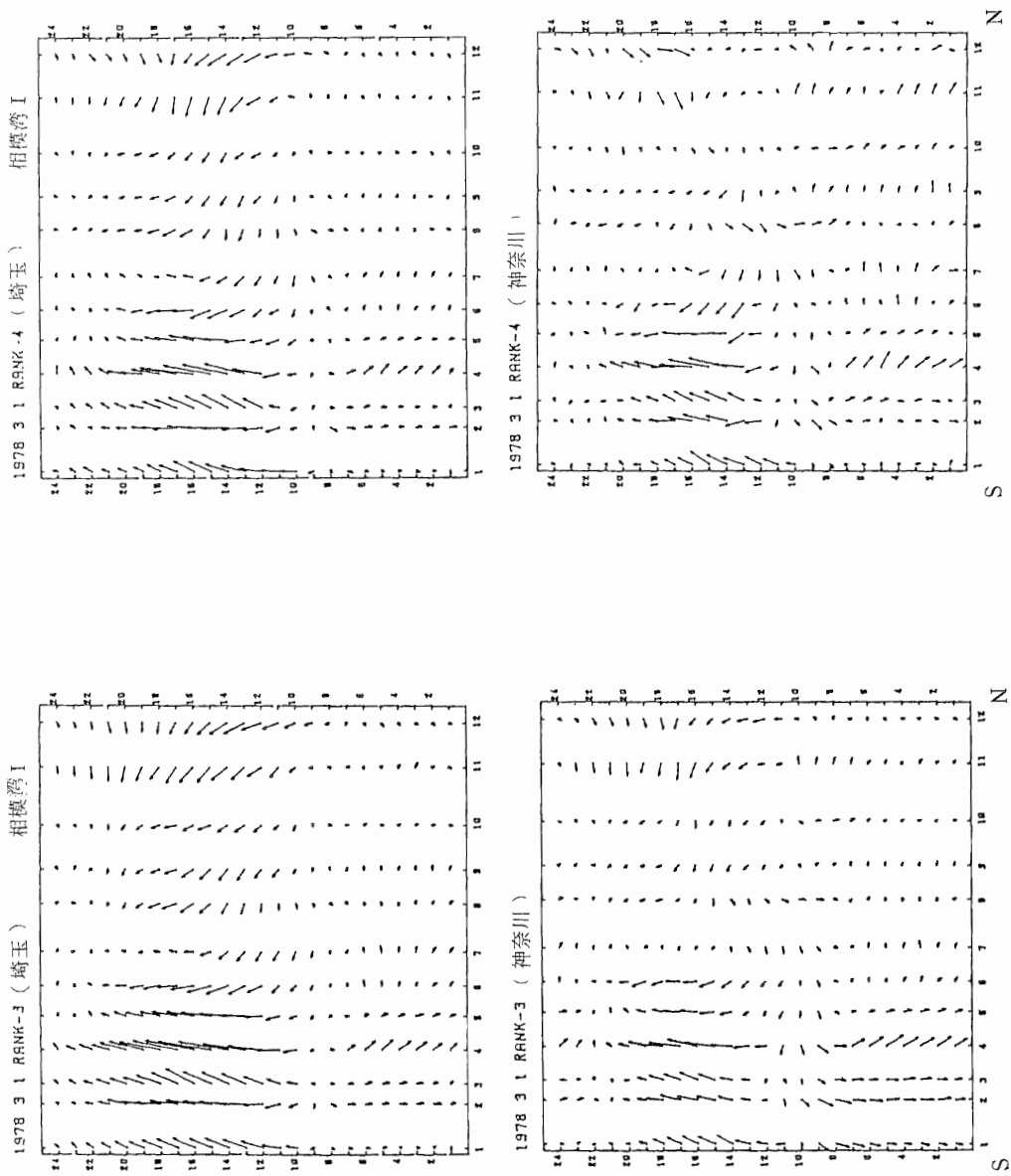


Fig. 7-2. 風系日変化図 (埼玉県・神奈川県汚染日)

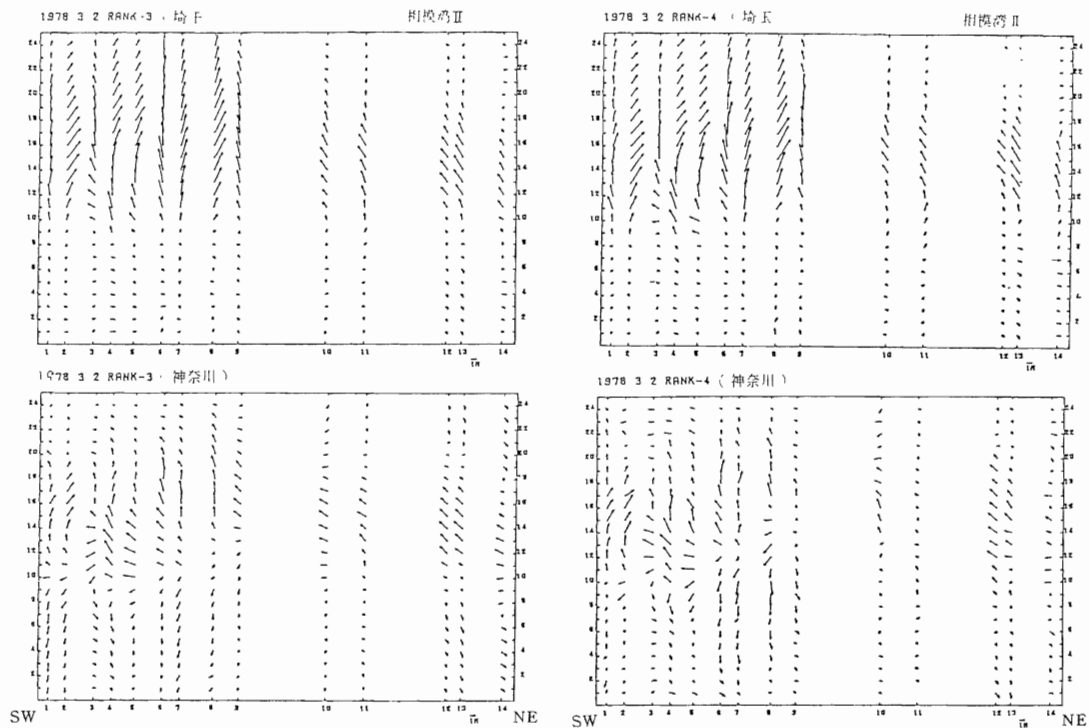


Fig. 7.3. 風系日変化図 (埼玉県・神奈川県汚染日)

Fig. 9 に館野におけるOx高濃度日(ランク4)の高度別風配図を示す。埼玉県の場合には、1,500 m以下の全高度とも南西～南の風に支配されており、平均風速は500、800 mで強く、100、1,500 mでやや弱い。これに対して、神奈川、千葉県の場合には、

1,500 mで北西～西系の風が卓越しているが、高度が下がるにつれて反時計回りに南から東へと卓越風向が変化し、300 m以下では東寄りの風に支配される。また、風速は下層程弱まる。

以上の結果から、関東平野における光化学汚染日に現れる主要な風系として、深夜から早朝にかけて内陸北西部を中心に発生する北西系の風、10時から17時頃までの日中平野中央部を中心に強まる東寄りの風、また午後から夕方にかけて発達し夜半近くまで続く南西部を中心とした南西系(北西部では南東系)の風があり、これら各風系の発達のバランスにより光化学高濃度汚染地域が決まることがわかった。すなわち、一般的に南西系の風が強く発達する場合は、いわゆる「北関東型」汚染日となり、一方北西系と東寄りの風が強く発達する場合は「南関東型」となる。

また館野における上層風から、この南西系の風は高度1,500 mにまでおよび風速も強く大規模であることがわかる。これに対して東寄りの風はやや弱く、高度500 m以下では顕著であるが、1,500 mでは北西系の風に支配されている。

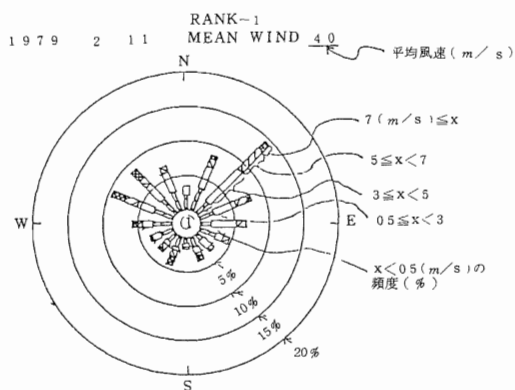


Fig. 8. 風配図凡例

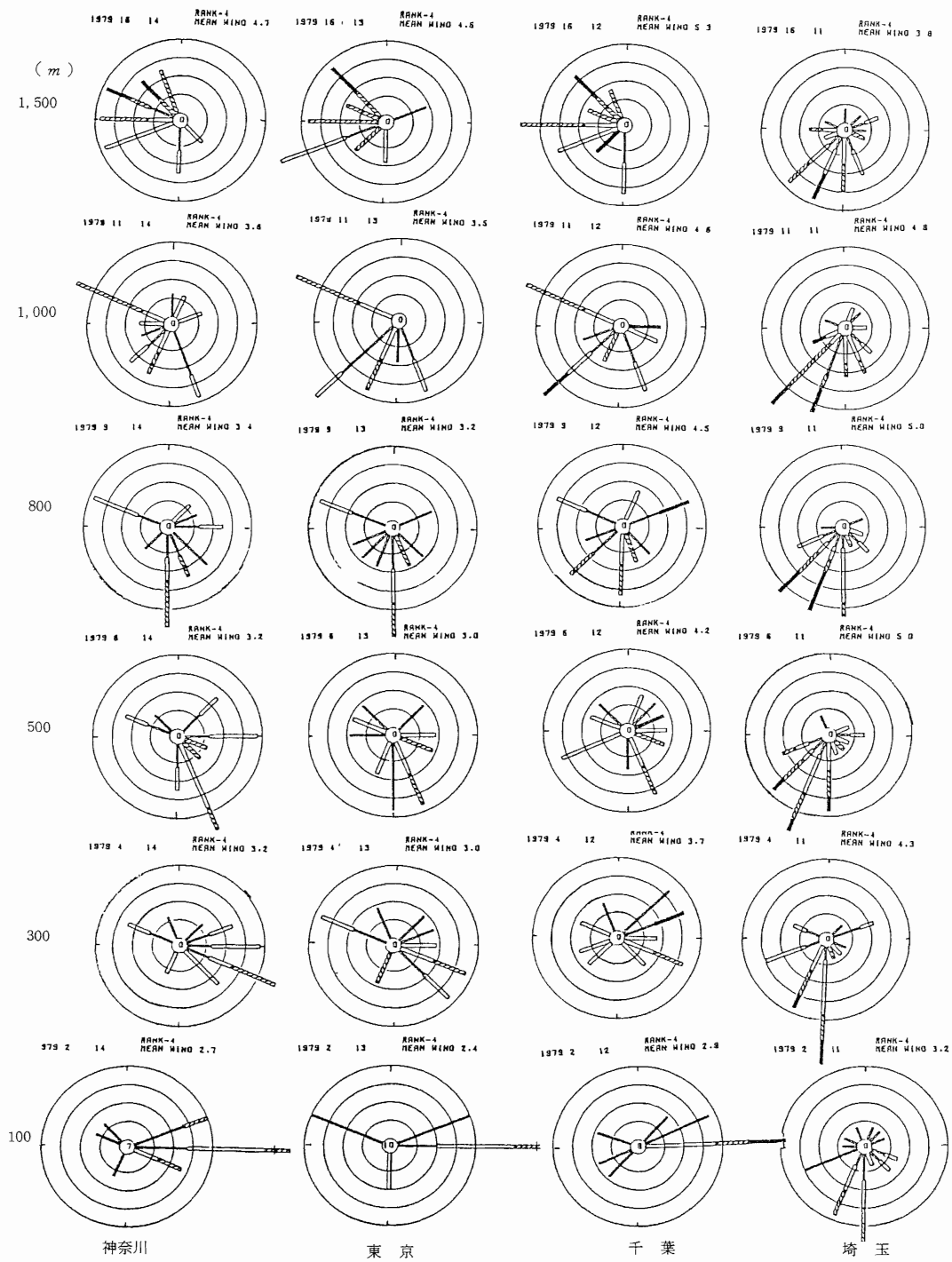


Fig. 9. 館野上層風配図 (Ox ≥ 0.16 ppm)

これらの現象は、高橋³⁾、若松ら⁴⁾による事例解析の結果からも指摘されており、汚染を予測するためには、この東寄りの風を形成する要因を定量的に把握することが特に重要である。

3.3 関東平野における上層風の特徴

昭和54年7月30～8月2日に行われた、パイロットバルーンによる広域観測データの高度別風配図をFig. 10・1・1～10・3.に示す。なお、Ox汚染型は7月31日が「南関東型」、8月1、2日が「北関東型」であった。

高度1,500mでは西寄りの風が大部分を占めており、南西部では南西系、北西部では北西系、中央部では北寄りと南寄りの風が目立っている。これに対し高度300mでは、相模湾から北東方向へかけの地域では南西系の風が支配し、他方内陸西北部では南東系が卓越している。

高度800mでは、100mと1,500mの中間的な風

向頻度が見られる。

なお、この南西系は相模湾から北東方面へかけての地域で強く、高度は500m以下の層が最も強い。

周期分析により、南北方向には200～400mを中心とした下層で、18時頃にピークを持つ日周期が、また東西方向には500～800m層を中心に、3時頃にピークを示す日周期があることがわかった。

4. ま と め

関東平野における光化学汚染と気象との関連を把握するために、地形データならびに気象官署、常時監視測定局および広域立体調査で得られた風向・風速などのデータを統計的に処理した結果から、次のことが明らかになった。

(1) 埼玉県の地理的条件として、平野内陸部に位置し

山塊による影響を受け易い特徴が挙げられる。また、その気候は沿岸地域に比べて、気温の変化が激しく風速が弱いといった内陸地域性を有している。

(2) 埼玉県でOx濃度が高くなる日の関東平野の風系には、早朝まで全域でほとんど風がなく、午後相模湾方面からの南西系、内陸北西部を中心に南東系の風が発達し、共に夜半近くまで続くといった日変化が認められる。

一方、神奈川県で高濃度となる日の風系には、早朝まで平野西部地域で西～北の風が吹き、日中東系の風が広範囲に発達するが南西系の風はあまり発達しないといった特徴がある。一般的に、この南西系の風は大規模に発達することが多い、また東系の風が発達する場合には、上層に北西系の風が存在し、東系の風は下層を中心として発生している。

(3) 夏期における関東平野では、上層が西寄りの風に覆われている場合に、下層約500m以下で地域性を有する南寄りの卓越風が見られる。また、この下層での南西系の風は、相模湾から北東方向へかけての南東側の地域で特

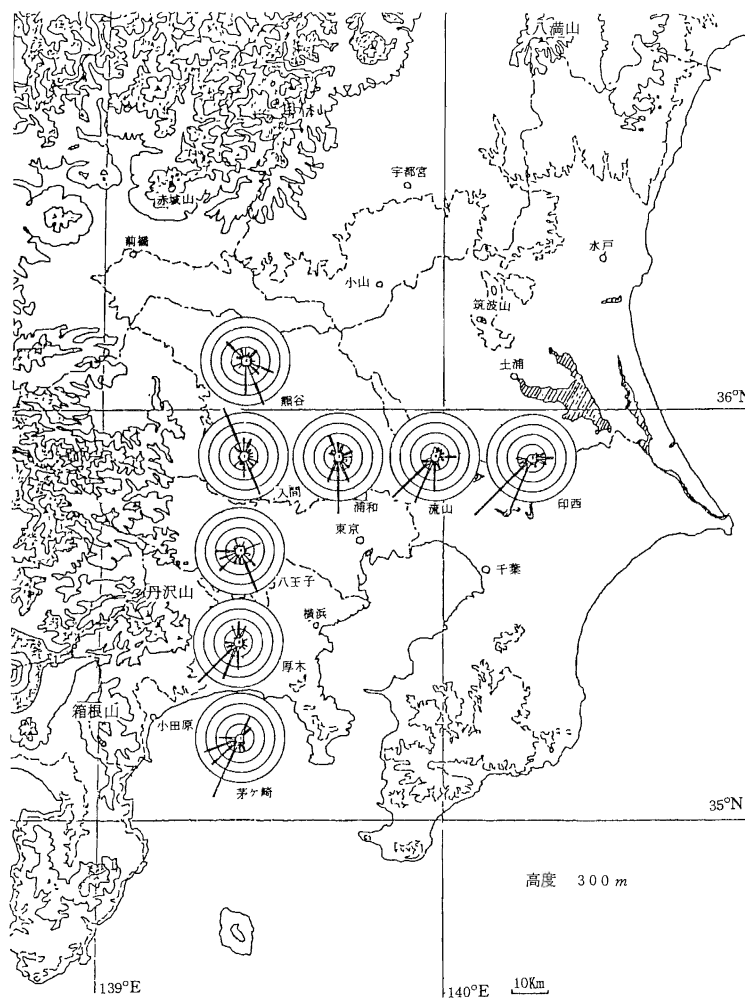


Fig. 10・1. 上層風配図(昭和54年夏期)

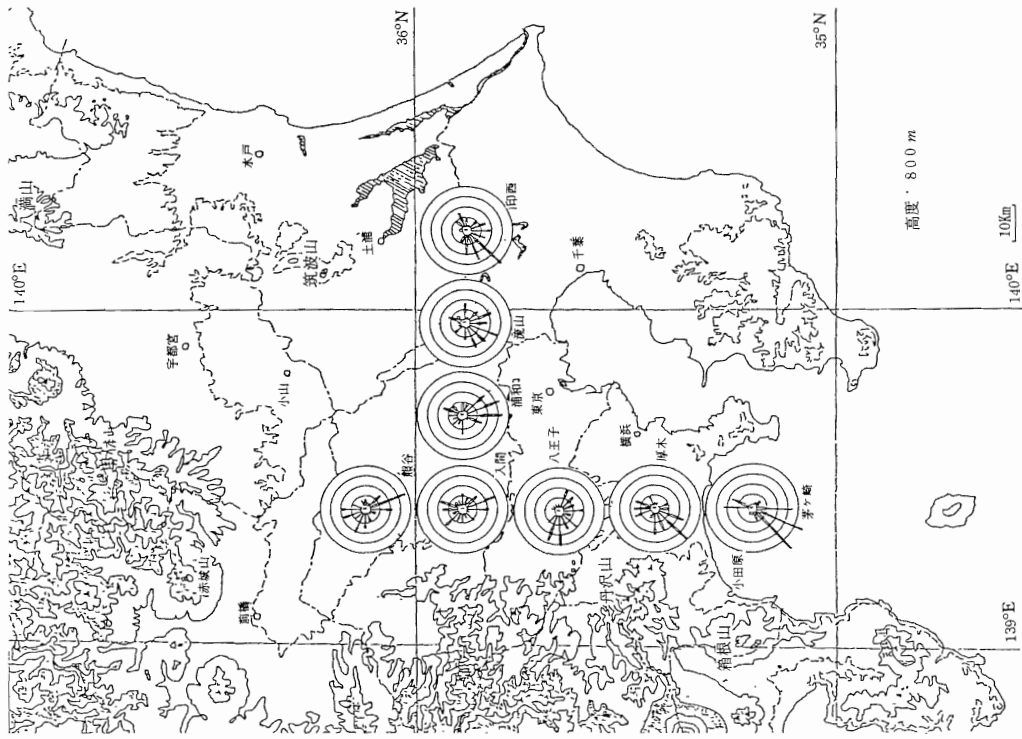


Fig. 10.2. 上層風配図(昭和54年夏頃)

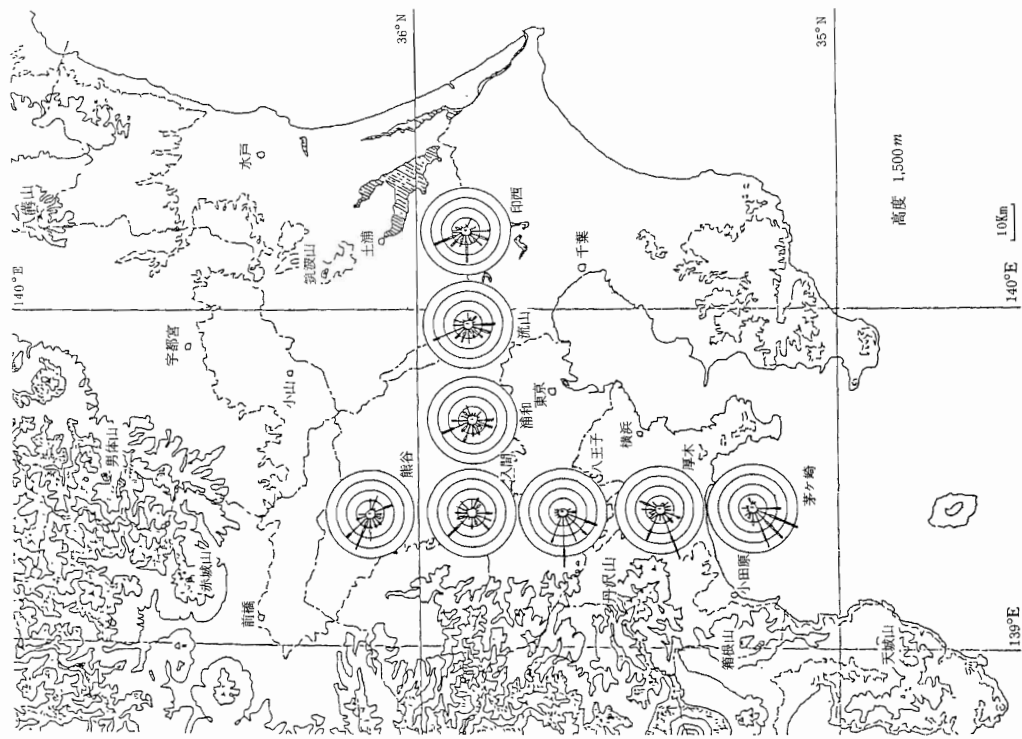


Fig. 10.3. 上層風配図(昭和54年夏期)

に強い。一方全域的な風の日変化としては、南北方向には高度200～400m、東西方向には500～800mに、特に顕著な日周期が見られることが多い。

以上、関東平野における閉鎖性気象条件を形成し易い地形要因の特徴、また、いわゆる「北関東型」および「南関東型」光化学汚染日の風系の特徴、更に上層気流場の実態の一部について明らかにすることができた。今後、汚染を予測するために、各風系とそれらを発達させる更に広域的な気象要因との間の関係を、定量的に把握することが必要となる。

謝 辞

本解析は、埼玉県における光化学汚染実態調査の一部を取りまとめたものであり、大気保全課の方々に御支援頂いたことを感謝します。また、基礎データの収集使用に際して、便宜を図って頂いた一都六県の常時監視担当

各位、気象庁山下奎佐氏、国立公害研究所若松伸司氏らに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 埼玉県環境部(1981):大気汚染常時監視測定結果報告書(昭和55年度)
- (2) 五井邦宏・水井廣二(1980):大気移流経路の統計的把握について,第21回大気汚染学会講演要旨集,201
- (3) 高橋忠司(1979):関東地方の海陸風に関する研究(I),埼玉大学教育学部紀要,Vol.28,97-105
- (4) 若松伸司・五井邦宏他(1981):関東地方における光化学汚染質の地域分布と局地気流,大気汚染学会誌,Vol.16,№3,145-157
- (5) 畠野昌治・若松伸司他(1981):関東地方の風の立体構造,第22回大気汚染学会講演要旨集,560