

光化学スモッグ広域汚染傾向の検討

福岡 三郎

小栗 英夫
(東京都公害局企画部)

鈴木 勇
(千葉県公害対策局)

茂木 正一
(埼玉県公害センター)

宇田川 満

角谷 信昭
(神奈川県公害対策事務局)

大道 貞男
(千葉県公害研究所)

内藤 晴夫
(財)日本気象協会

大平 俊男

才木 義夫
(神奈川県公害センター)

松本 幸次郎
(埼玉県県民生活部)

1 はじめに

光化学スモッグは、いおう酸化物など一次汚染物質による大気汚染とは異なり、その汚染の様相も複雑で、従来の汚染物質の希釈・拡散理論では説明のつかない現象がしばしば出現している。光化学スモッグ現象は、一般的には広域汚染傾向が強いといわれているが、一面では局地汚染の傾向も強くもっている。例えば昭和47年度1都3県の地域における光化学スモッグ緊急時措置回数¹⁾は47日間であるが、このうちO₃濃度0.15ppm以上になった地点数が5カ所以下(1都3県総測定地点数59カ所)の日が24日もあり、局地汚染傾向も強くうかがえる。そうかと思うと1972年6月11日のように1都3県42カ所の地点でO₃濃度が0.15ppmをこえる場合もあり、高濃度汚染出現傾向一つとっても、いおう酸化物汚染には見られないような複雑性がある。また、O₃が高濃度になりやすい地域は、いおう酸化物などの汚染物質とは異なり沿岸部より内陸部の地点である。

このように一次汚染機構とは著しく異なっている光化学スモッグ汚染機構を究明するために、関東地方公害対策推進本部大気部会ならびに1都3県公害防止協議会では昭和47年度事業として、1都3県光化学スモッグ立体調査ならびに1都3県O₃広域汚染日における気象解析を行なった。

本報告はこれらの調査解析のうち、O₃広域汚染日における汚染機構を、主として気象条件(大気安定度と海陸風の動態)の側から解析したものをとりまとめたものである。

2 解析方法

1972年夏季において1都3県広域にわたって光化学スモッグが出現したのは、6月6日、6月11日、6月17日、6月21日、6月30日、7月29日、8月31日の7日間である。このようなO₃広域汚染日における各地点のO₃汚染傾向と気象条件とくに地上風の流線分布がどのような傾向にあるかを把握することは、光化学スモッグ広域汚染メカニズムを解明するために必要なことと思われる。

そこで上記7日間から6月11日、6月17日、6月30日、7月29日、8月31日の5例を選び、下記のような解析作業を行なった。解析に用いたデータは1都3県各常時測定点における測定結果である。

① 1都3県地上風流線分布とO₃汚染分布傾向の検討
5例における毎日8、10、11、12、13、14、15、17時の1都3県地上風流線分布図とO₃汚染分布図を作製し、解析検討を加えた。分布図のうち代表例として6月30日、7月29日、8月31日の場合を図1～3に示す。

② 1都3県各測定点別O₃日変化パターン²⁾の検討
1都3県各常時測定点別にO₃日変化グラフを作製、検討を加えた。O₃日変化グラフの代表例として6月30日、8月31日の場合を図4～5に示す。

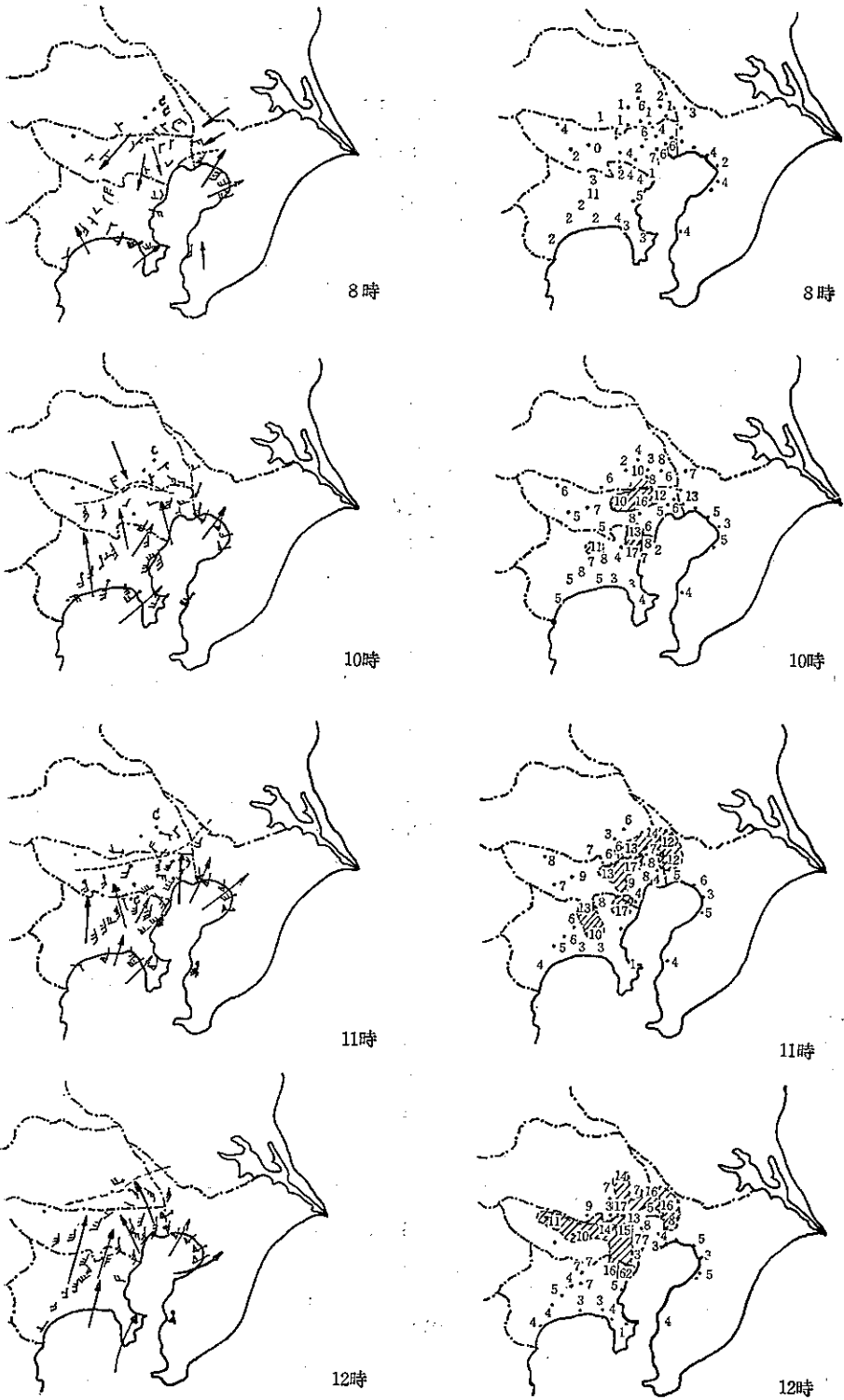
③ 1都3県地上風流線数値解析

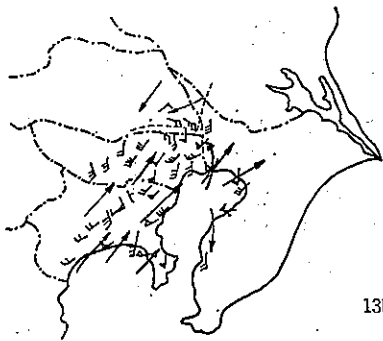
①において作製した地上風流線分布図はきめのあらいものである。地上風の流線分布傾向をさらにきめ細かく検討するために、次に示すような方法で数値計算を行なった。

—数値計算方法—

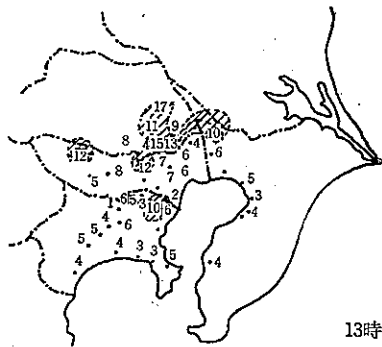
- i) 各測定点の風向、風速をU、V成分に分解する。
- ii) U成分を図上に記入し、等値線³⁾を画く。
- iii) 画かれた等値線をもとに4kmの格子点上の数値

図1 Ox濃度分布と流線図(6月30日)

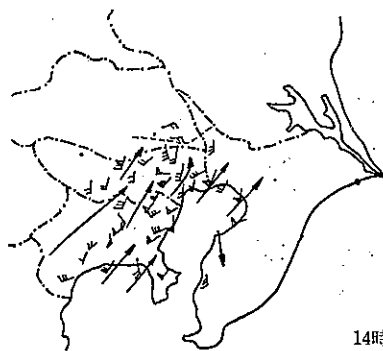




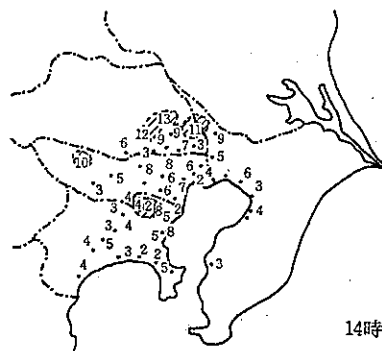
13時



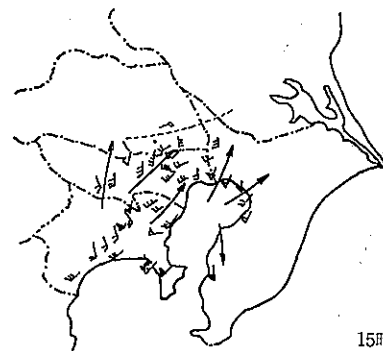
13時



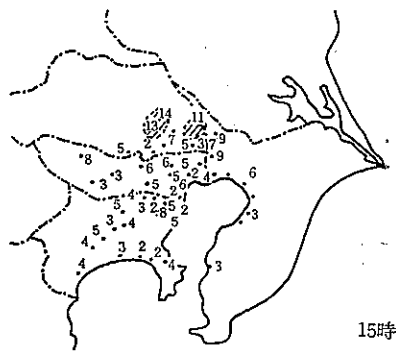
14時



14時



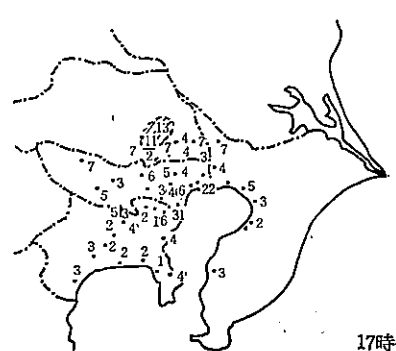
15時



15時

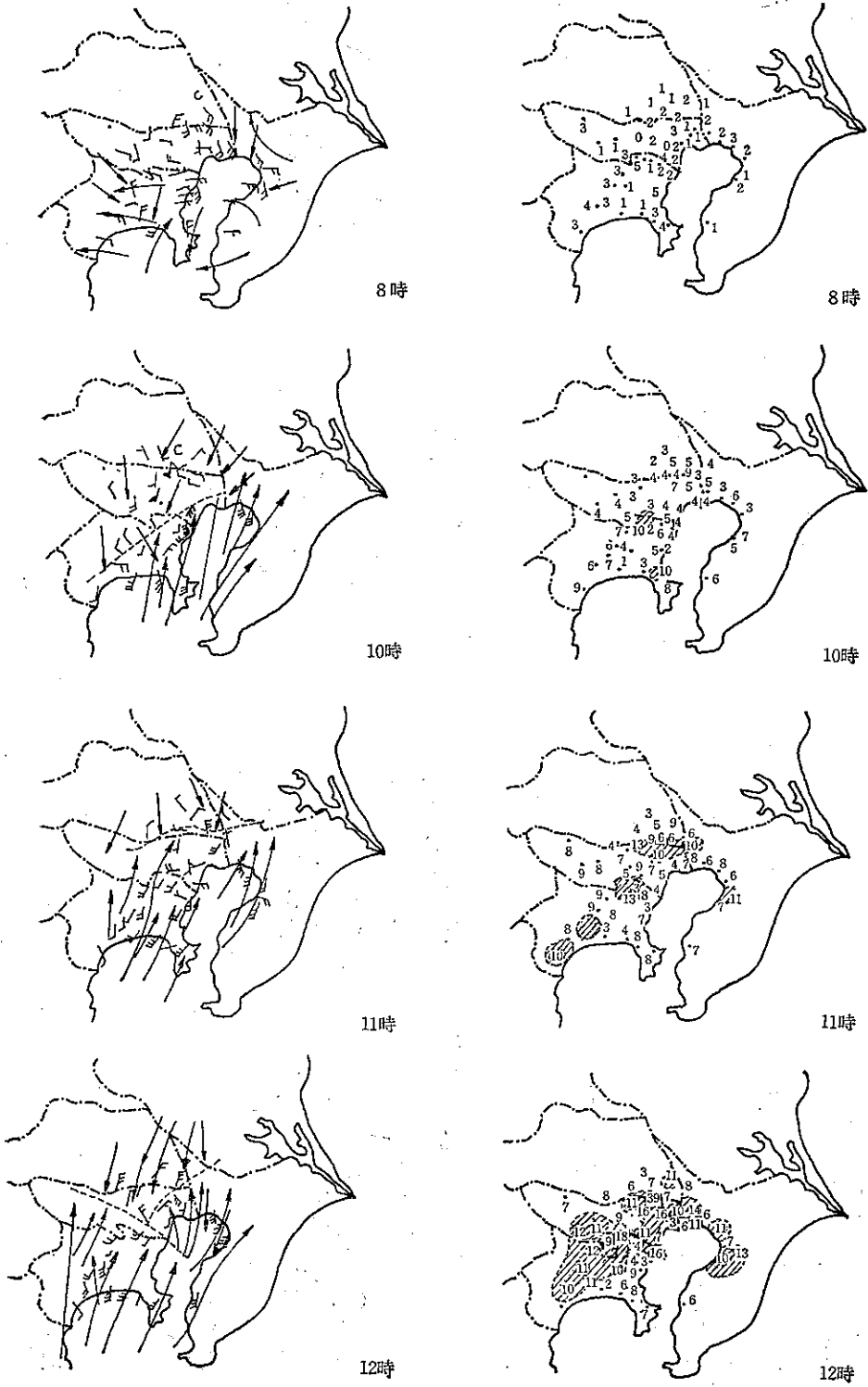


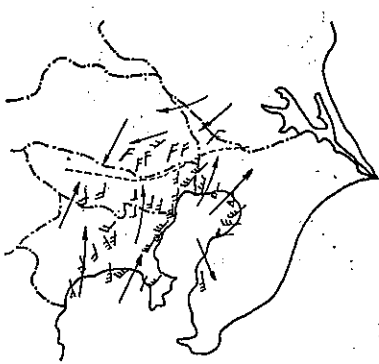
17時



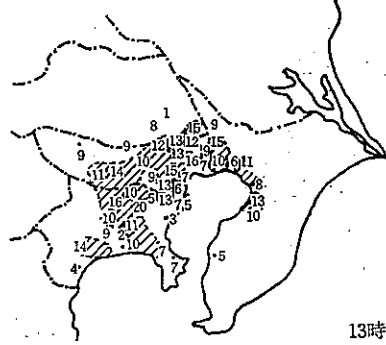
17時

图2 Ox 濃度分布と流線図 (7月29日)

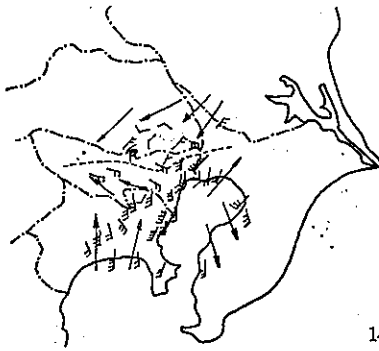




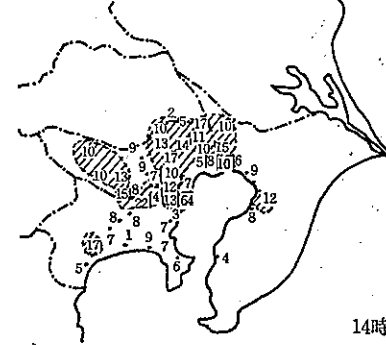
13時



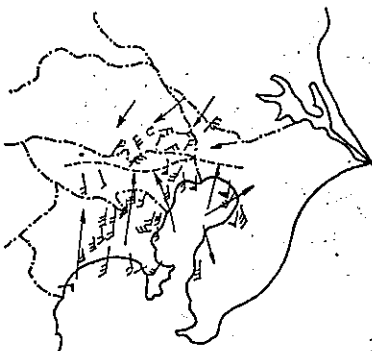
13時



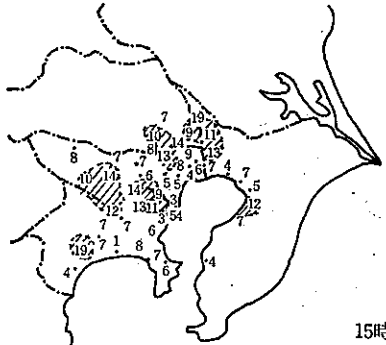
14時



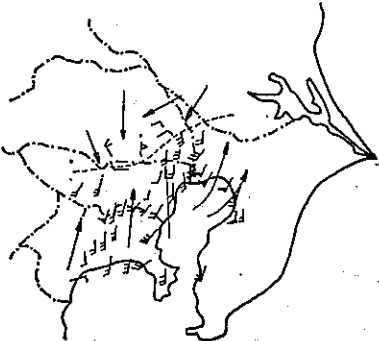
14時



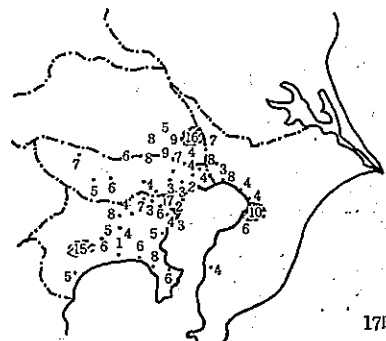
15時



15時

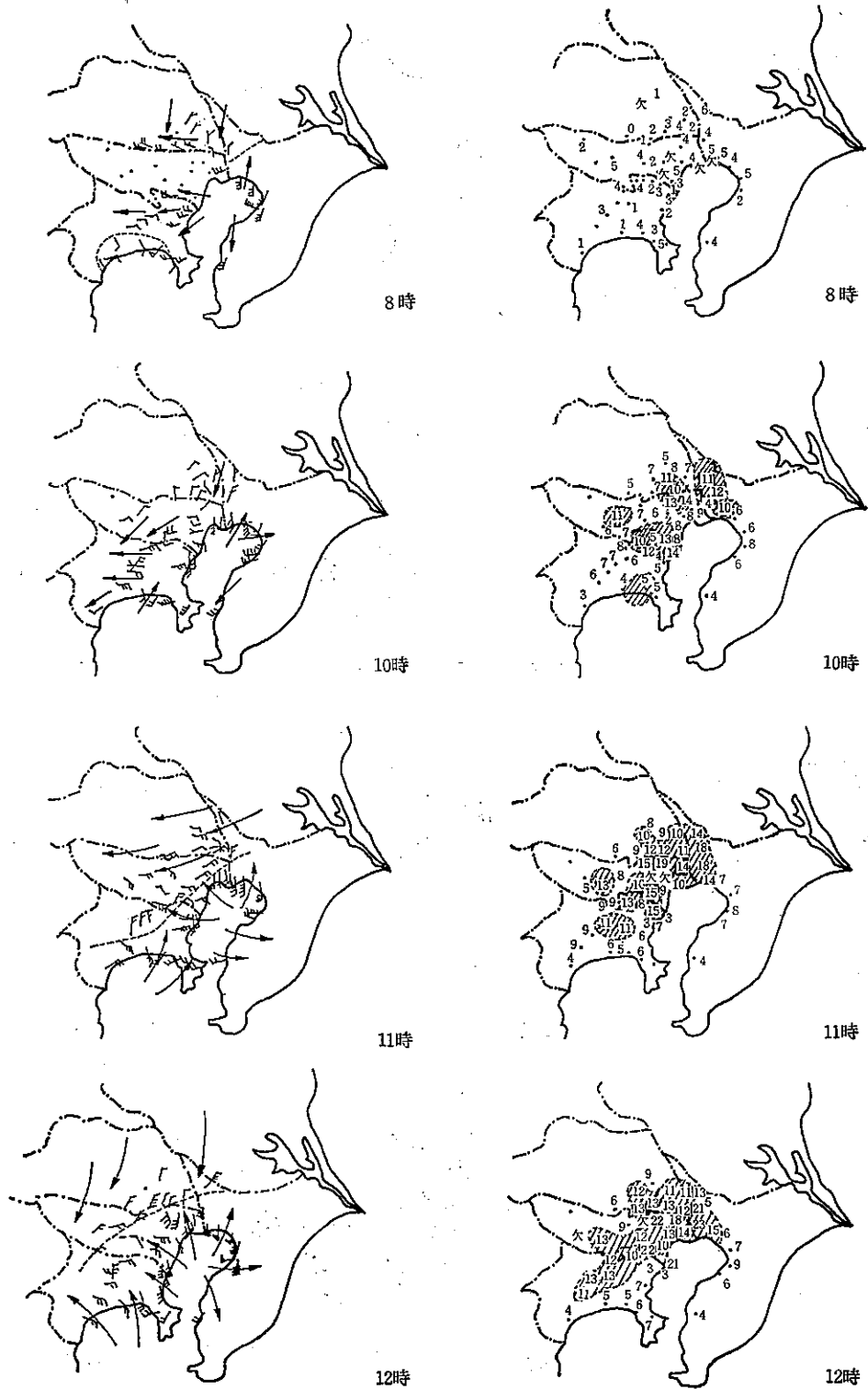


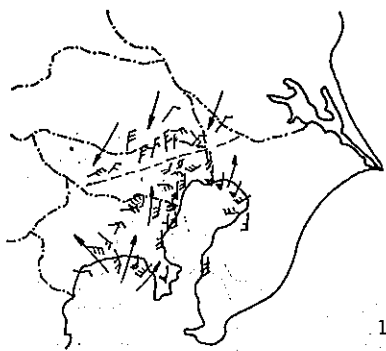
17時



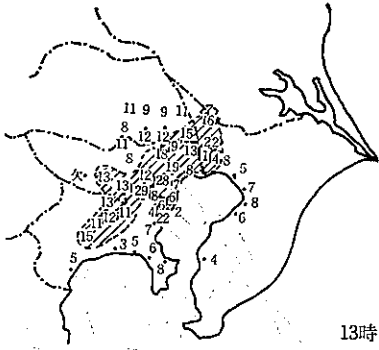
17時

図3 O_x濃度分布と流線図(8月31日)

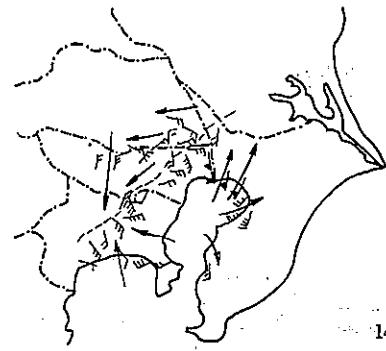




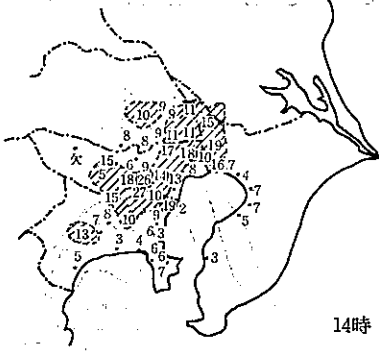
13時



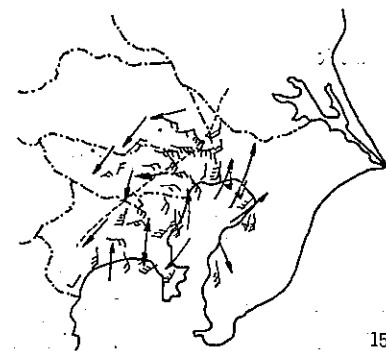
13時



14時



14時



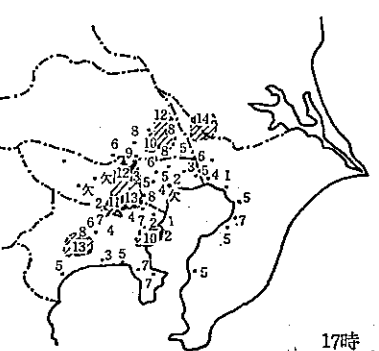
15時



15時



17時



17時

図4 オキシダント濃度日変化(6月30日)

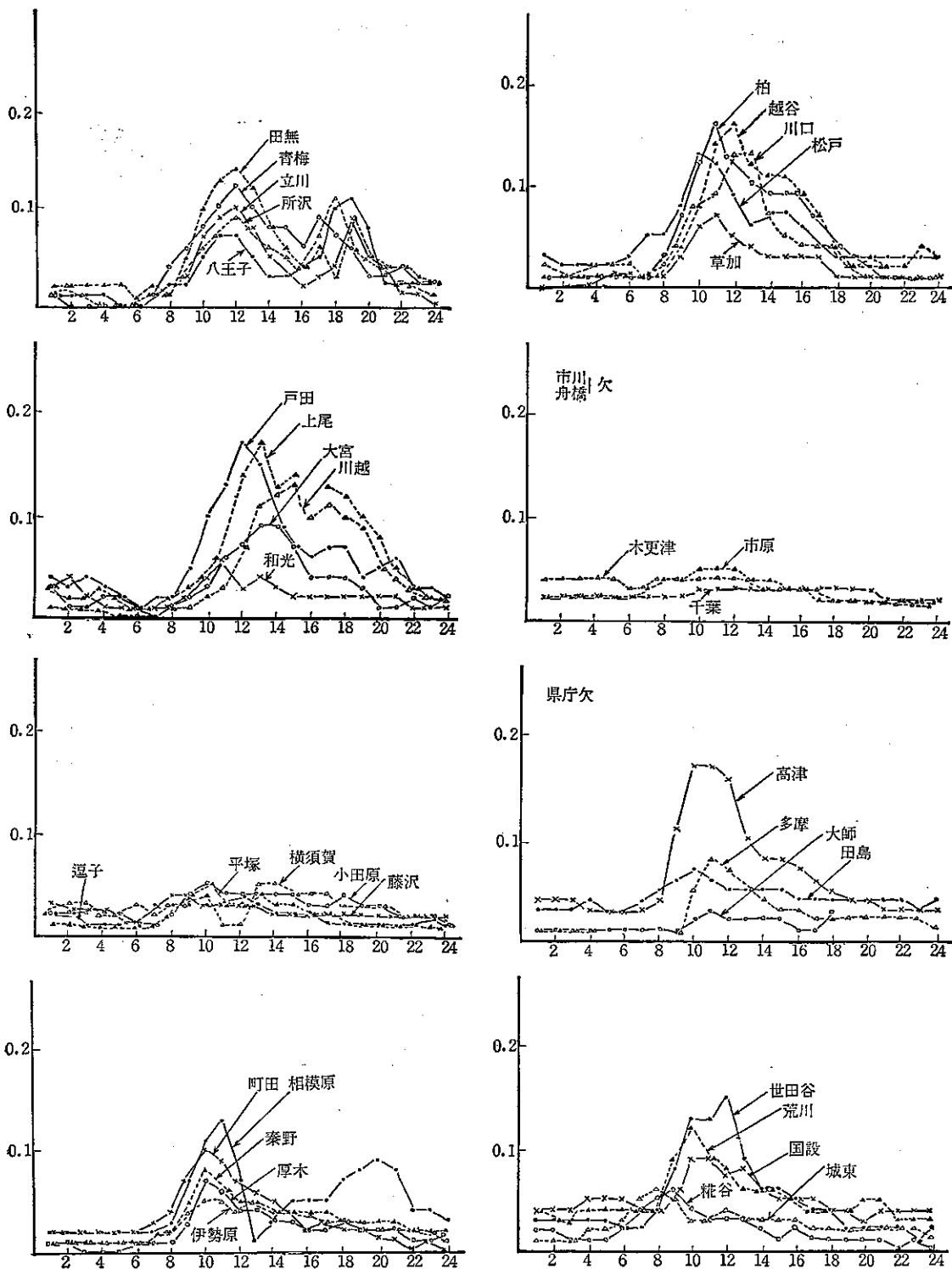
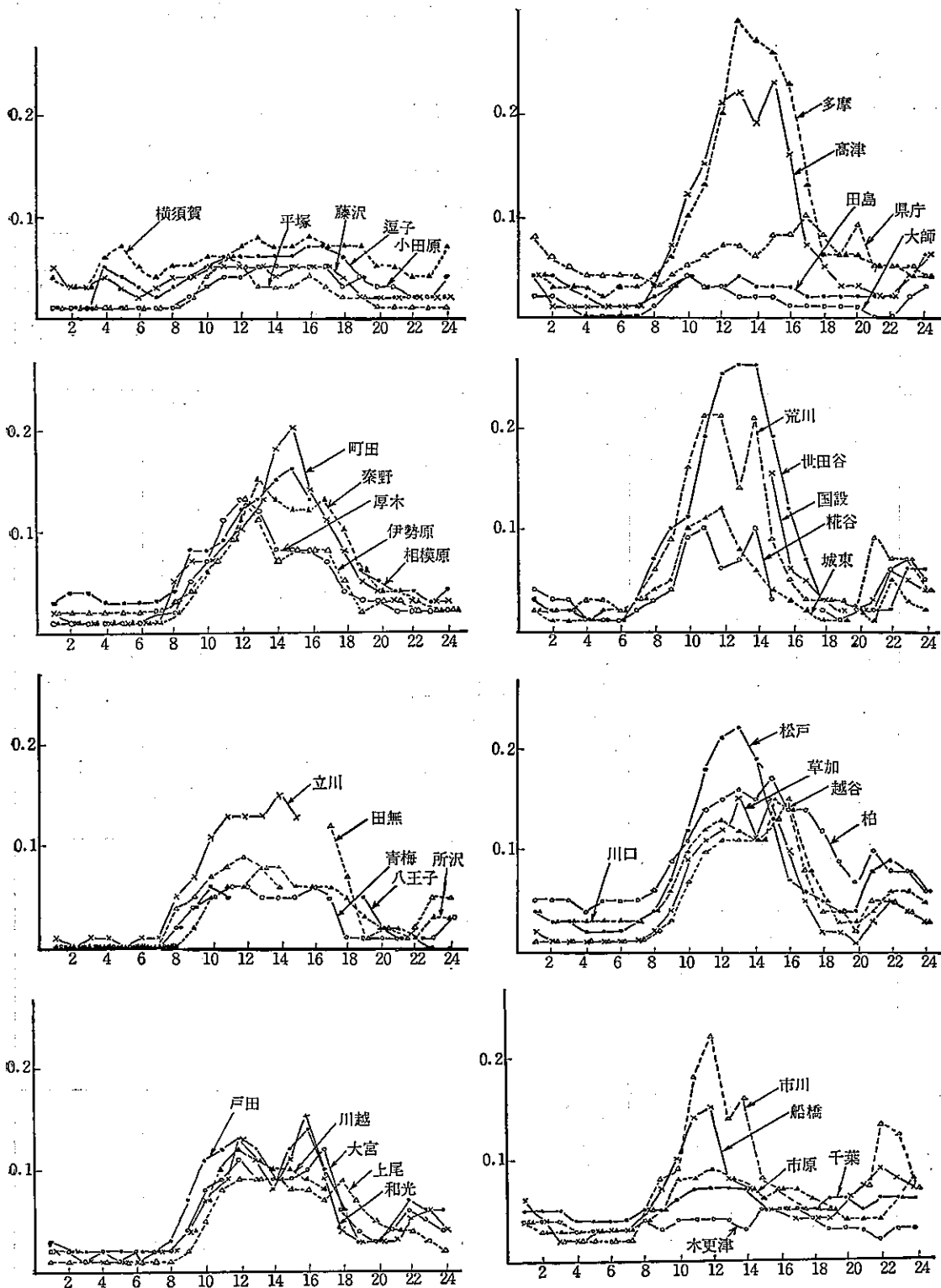


図5 オキシダント濃度日変化 (8月31日)



を読みとる。

iv) V成分についても同様の手法をとる。

v) iii), iv) によって得られた格子点上の数値を再び合成して、その点上の風向、風速を求める。

以上の計算により4 km 毎の格子点上の風向風速値が得られ、1都3県地域内地上風のよりきめの細かい流線分布傾向を検討することができる。

④ O_x 広域汚染日の大気安定度状況の検討

5例における館野高層気象台午前9時の気温状態曲線を検討。

3 解析結果と考察

以上述べた方法により、1都3県 O_x 広域汚染傾向と、気象条件の特徴について解析した結果、O_x 広域汚染日の地上風流線分布の傾向については表1のような結果

表1 O_x 広域汚染日の地上風流線解析結果

月/日	海風侵入時間	取東域(東京湾相模湾)両海風	取東域(海風, 陸風)	その他
6/11	① 相模湾海風は8hごろから東京湾海風は9hごろから ② 13hには海風は1都3県を吹きぬけている	12h 逗子付近に存在	12h 田無—練馬—川口, 松戸にかけて存在	海風域においては一般に風が著しく強い
6/17	① 10hごろから海風が入っているが弱い ② 14h海風1都3県全域をおおう	9h 町田から藤沢にかけて存在。これのみ限り相模湾海風の発達は弱い	① 11h 荒川—江戸川—市川付近 ② 12h 取東域北上, 川口—松戸付近 ③ 13h 取東域さらに北上, 大宮—越谷—柏付近 ④ 14h 両海風合体し埼玉県中部に達している	世田谷, 杉並近辺はやや風系が乱れている(14h)
6/30	① 海風の侵入早く10hには東京埼玉県境に取東域 ② 海風前線15h大宮付近に達したが大宮以北には到達せず	12h 両海風の境界線ははっきりしており, 浦和—戸田—新宿—中原—鶴見に取東域がみられ, その西側は相模湾海風, 東側は東京湾海風の影響下にある	① 海風前線は東京—埼玉県境に10hごろ到達し, 12hには大宮付近にまで達したが, その後, 停滞 ② 海風前線は14h 越谷に達し大宮も15hに海風域となる ③ 17h 取東域西側南下三多摩陸風となる	浦和付近には両海風と陸風三者の取東域が存在
7/29	① 沿岸部との海風の侵入早いが弱い ② 相模湾海風は11hには立川に達しているが, 東京湾海風は弱く海風前線は東京北部に停滞, なかなか北上せず	① 9h 横浜市から相模原にかけて存在 ② 15h 杉並から中原にかけて存在	① 相模湾海風顕著なるも東京湾海風は弱く, 12hでも侵入限界不明確 ② 13h 取東域は東京北部(田無, 板橋—松戸)を横切る, 停滞気味 ③ 15h 東京湾海風やや卓越し取東域東側北上, 戸田, 越谷, 柏まで海風	
8/31	① 三陸沖の高気圧の影響で北関東内陸風根強く11hごろ侵入が始まる ② この日は相模湾海風がとくに弱く, 1都3県が海風によりおおわれるのは16h以降	世田谷から中原にかけて存在するも, それ程顕著ならず	① 相模湾海風弱く, 15hでも西側は厚木, 伊勢原, 東側は立川近辺までしか達していない ② したがって取東域も流山—春日部—越谷—荒川—浦和—	

			新宿一立川、町田、座間と東側が奥深く西側が浅く存在し、かつ12h～14hまで停滞、15h頃から陸風弱まり始め、17hには海風は埼玉北部まで達する
--	--	--	--

表2 広域汚染日におけるO_x汚染の特徴

項目 月日	O _x 高濃度地点 (0.15ppm以上)	O _x ピークの時間的特徴	O _x 高濃度の持続性など
6/11	1都3県ほとんど全域 (42地点)	① 相模湾沿岸グループ、神奈川内陸グループ、三多摩グループにそれぞれ1時間のピークのずれあり ② 川口、戸田、越谷ではピークは14hで神奈川沿岸グループと同じ上尾、川越ではピークやや遅い	① 国設、世田谷、荒川、松戸柏では14h～16h同程度のO _x 濃度の持続がみられる。 ② 17hになっても全域O _x 濃度0.1ppm以上が続いている
6/17	東京：荒川、田無、八王子 神奈川：高津、相模原、座間、厚木、伊勢原、秦野 千葉：市原、松戸 埼玉：川口、川越 (13地点)	O _x のピークは神奈川・東京の地域では13h、埼玉・千葉の地域では14h、とくに埼玉県上尾・川越ではピークがおそく16hとなっている	17h 1都3県全域でO _x 濃度0.1ppmを下廻る
6/30	東京：板橋、世田谷 神奈川：高津 千葉：松戸、柏 埼玉：戸田、上尾、浦和、越谷 (9地点)	① O _x 濃度のピークは一般に早く高津、町田、荒川、松戸は10h、三多摩グループ、世田谷、所沢、越谷、戸田は12h、大宮、上尾では13h、川越では14hがピーク ② 三多摩グループでは17～19hにもう一度ピークあり	14h 神奈川全域 15h 東京、千葉全域 0.1ppmを下廻るが上尾、川越では18hまで0.1ppm続く
7/29	東京：荒川、国設、板橋 神奈川：多摩、相模原 千葉：松戸 埼玉：川口、越谷 (8地点)	① 荒川、国設を除いてO _x ピーク不明確 ② 神奈川・東京の地域ではO _x ピーク14h以前、埼玉(和光をのぞく)、千葉県松戸・柏などでは14h以降となっている	① O _x 高濃度の持続顕著 同程度のO _x 濃度が2～3h長い所では5～6h継続 ② 17hには一部の地域(市原、秦野)を残して0.1ppmを下廻る
8/31	東京：荒川、江戸川、世田谷、国設、立川、町田、石神井 神奈川：多摩、高津、緑区、相模原、秦野 千葉：市川、松戸、柏 埼玉：川口、越谷、草加 (18地点)	O _x 濃度日変化は2山型で最初のピークは12～13h、2つ目のピークが15～16hごろとなっている。12～16hごろまで高濃度汚染続くところが多い(とくに埼玉県、千葉県内陸部)	O _x 濃度は沿岸部から次第にその濃度が下降し、17hにおいては内陸の一部の地域をのこして0.1ppmを下廻る。

表3 O_x 広域汚染日の大気安定状態

(9時 館野高層気象台)

月日	逆転層下面	逆転層上面	温度差	逆転層の厚さ	MMD	その他
6/11	330 ^m	900 ^m	2.8°C	570 ^m	600 ^m	
6/17	300	500	3.0°C	200	1000	900~1500mに等温層
6/30	1500	1550	等温	50	2900	
7/29	1000	1500	//	500	1400	
8/31	450	600	0.2	150	1000	900~1400mにも逆転層(3.0°C)

が、また、1都3県 O_x 広域汚染傾向については表2のような結果が、さらに広域汚染日における大気安定度状況については表3に示すような結果がそれぞれ得られた。

以上の解析結果から、1都3県の地域における O_x 広域汚染傾向と気象条件との関係について若干の考察を加えてみたい。以下広域汚染日別に記述する。

— 6月11日—

この日は前述したように1都3県の地域内42点で O_x 濃度が0.15ppmを越えた著しい広域汚染日である。海風前線はいわゆる進行型のタイプであり、13時には内陸深く達しており、しかも海風域内においては著しく海風が強まっている。それにもかかわらず多くの地点で O_x 高濃度が出現しているのは、大気が著しく安定していたためと思われる。この日のM・M・D(最大混合層高度)は600mと汚染日5例の中では一番低く、また、逆転層下面の高さ、逆転層の厚さ、ならびに逆転強度(逆転層上面と下面の温度差)ともに5例のうちでは一番安定している状態を示している。

— 6月17日—

この日の海風前線も進行型であるが6月11日よりは進行速度はやや遅い。海風域になるのが遅い地域では O_x のピークも遅くなっている。この日の逆転層の状況は比較的強い方であり、また、海風前線のタイプも6月11日と同じく進行型であるのに、6月11日に比べ O_x 高濃度の出現地点数が著しく少ないのは、その他の気象要因、たとえば日射量などの影響によるものであろう(6月11日の東京管区気象台の日射量は517Cal/cm²、6月17日のそれは234Cal/cm²)。

— 6月30日—

海風の侵入時刻は早く、8時には沿岸部付近にあった前線は10時には東京—埼玉の県境に達している。しかしその後埼玉県大宮付近で停滞し、17時には前線西側が後退し、三多摩地域も陸風域となってしまっている。進行—停滞型の珍しい前線タイプといえる。神奈川、東京、埼玉南部の各地域は海風前線の通過が著しく早かったため O_x 濃度のピークも早く、早い所では10時、遅い所でも12時には O_x が最高濃度に達している。大宮、川越などの地点では陸風域下において O_x 濃度のピークが出現しており、久保が大阪府の事例として指摘している“O_x が最高濃度に達するのはすべて海風域内”ということとやや傾向を異にしている。

この日の事例として注目されるのは、17時に海風前線西側が後退し、三多摩地域周辺に収束域を形成するとともに、三多摩地域周辺の測定点の O_x 濃度が再び上昇していることである(図1.4参照)。海陸風収束域近辺が常にもっとも高濃度な汚染地域となるわけではないといわれているが、収束域が O_x 高濃度に影響している事例として、この日の傾向は注目してよいかも知れない。

また、海風前線近辺の地域の O_x 濃度が高い傾向にあるが、一方では上尾のように終日陸風域でも O_x 高濃度が出現している場合もある。

— 7月29日—

6月30日の場合は進行—停滞型の海風前線のタイプであったが、この日は完全な停滞型の海風前線である。これは東京湾海風が発達しなかったためであり、相模湾海風は11時には立川に達しているのに対し、東京湾海風は

12時でも侵入限界が不明確である。そのため海風前線は東京北部に停滞しなかなかに北上しなかった。このような海風前線の傾向は O_3 濃度傾向にも影響し、 O_3 濃度のピークが不明確な地点が多かったり、同程度の O_3 濃度が2～3時間、長い所では5～6時間継続させたりしている。一般的には、海風域になるのが遅い地域では O_3 のピークも遅くなっている。

— 8月31日 —

この日も停滞型の海風前線タイプである。7月29日のケースとは逆に相模湾海風が著しく弱く、15時でも前線西側は厚木・伊勢原付近までしか達していない。したがって海風前線は1都3県を北東から南西に蛇行しながら横切った格好となり、この状態が12～14時ごろまで続いている。 O_3 濃度傾向も7月29日の場合と同じく、高濃度持続型となり、濃度日変化パターンが、 O_3 では珍しい2山型となる地点が多かった。しかし1都3県が海風におおわれるようになった16時以降は、 O_3 濃度は急速に下降している。なお、海風前線から遠い地域（神奈川、東京、千葉の各沿岸部地域ならびに八王子、所沢、大宮、上尾など著しく内陸に入った地域）の O_3 濃度はそれほど高まっていない。

久保は海風前線の進行速度と O_3 濃度とは定量的関係はないが、被害とは関係しているかも知れないと、大阪の事例で紹介しているが、このことは東京周辺でもあてはめることができるかも知れない。例えば今回解析した5例における海風前線タイプと被害者数との関係は、

6月11日：	前線進行型	1都3県被害者数	1,126人
6月17日：	同上	〃	838人
6月30日：	進行—停滞型	〃	1,600人
7月29日：	停滞型	〃	66人
8月31日：	同上	〃	1,785人

となり、7月29日の場合は別として、停滞型の海風前線タイプの方が被害者数がやや多い傾向を示している。前線停滞型の場合は、前述のように O_3 高濃度持続傾向がみられており、 O_3 高濃度暴露時間が長くなるわけであり、人体被害もそれだけ多くなるのは当然かも知れない。

4 まとめ

以上述べた1都3県広域汚染日における高濃度 O_3 の

出現傾向と気象条件との関係について、その特徴をまとめてみると次のようになる。

- 1) 東京湾、相模湾などの沿岸部の地域の O_3 が高濃度になる場合の気象条件としては、地上風の風系より大気安定状態がより大きく影響しているようであり、その場合逆転強度(温度差)、逆転層下面高度、逆転層の厚さといった条件がより強く関与している。このような条件と十分な日射量がある場合は、多少海風が強くなっても、 O_3 高濃度は広い地域にわたって出現し、また O_3 濃度もなかなか下降しない傾向がみられる。
- 2) 高濃度 O_3 は海風域下でも陸風域下でも出現しているが、一般的には両者の収束域付近において最も出現しやすい。したがって海陸風の収束域の出来やすい千葉県松戸、埼玉県川口、東京都の荒川、板橋などの地点は O_3 高濃度の出現頻度が高い。
- 3) 東京湾、相模湾両海風の収束域付近においても、高濃度 O_3 の出現しやすい傾向がみられる。
- 4) O_3 濃度のピークは海風前線の侵入時刻に左右され、海風前線の侵入時刻の遅い内陸部は、沿岸部に比べ O_3 濃度のピーク時刻はやや遅くなる傾向にある。
- 5) 海風前線の停滞は、その周辺地域の高濃度 O_3 の持続をもたらしている。
- 6) 結局、1都3県がおしなべて広域的に O_3 により汚染される条件としては、大気安定度合と日射量が重要であり、局地的な汚染傾向を支配するものは、海陸風の収束域の状態であると考えられる。

今回解析したのはわずか5例であり、この結果をもって O_3 広域汚染傾向と気象条件との関係を結論づけることはできない。今後さらにこのようなケース・スタディを積み重ねることにより、 O_3 広域汚染機構を究明することができると思われる。

参 考 文 献

- 1) 1都3県公害防止協議会：昭和47年度1都3県光化学スモッグ共同調査報告書、昭和48年5月
- 2) 河村武：光化学反応による大気汚染と気象条件公害と対策、1972年8月号
- 3) 久保明弘：大阪府における光化学スモッグと気象条件 公害と対策、1972年8月号