

東京湾周辺における気流・汚染物質調査

——トレーサー実験(第2報)——

宇田川 満 早 福 正 孝 伊 藤 政 志
茅 島 正 資

1 はじめに

光化学スモッグ高濃度汚染未然防止手法の検討の一環として、東京湾周辺の気流の状況、海陸風の発達の状態等をみるために、トレーサーガスを用いた気流調査を実施してきた。

昭和58年度には、東京(13号地)と東京湾の対岸に位置する千葉(木更津)の2ヶ所で、2種類のトレーサーを用いての調査を実施している。この調査結果¹⁾によると、気象条件によって、東京から千葉へ、千葉から東京へとトレーサーガスは東京湾を横断する。云いかえると、各々の発生源から排出された一次汚染物質は、相互に影響し合っ¹⁾てオキシダント(Ox)高濃度汚染エリア形成に寄与していること。また、臨海部に停滞する海陸風前線と東京湾との間に気流の小循環が生じる等の知見が得られた。

本報告は、隣接する神奈川県¹⁾の臨海工業地域と東京の発生源との相互関係を明らかにするため、東京(13号地)と川崎の2ヶ所で2種類のトレーサーガスを同時に散布した気流調査の結果である。

2 調査方法

調査方法は前年度と同様に、モニター制を採用し、前日、当日の気象条件を十分検討したうえでトレーサーの散布を実施している。以下にその概略を示す。

(1) 散布場所

散布場所：東京都港区13号埋立地

(海底トンネル換気所)

：川崎市東扇島43

(海底トンネル換気所)

(2) トレーサーガス

東京：SF₆(六フッ化イオウ) 100 kg/1回

川崎：CBrF₃(フロン13B1) 80 kg/1回

(3) 散布日時

7月31日 東京：6時15分

川崎：6時15分

8月 3日 東京：5時05分

川崎：5時05分

8月 7日 東京：6時30分

川崎：6時30分

(4) トレーサーガス捕集場所

前年度と若干捕集場所の配置を変更し、内陸部に新たに捕集場所を設置している。図1、表1に示すように、東京8地点、神奈川8地点、千葉7地点、埼玉1地点の合計24地点である。

表1 トレーサーガス捕集場所

番号	地点名	番号	地点名
A	神奈川県 茅ヶ崎	M	東京都 足立
B	" 戸塚	N	" 板橋
C	" 鳥ヶ崎	O	" 調布
D	" 金沢八景	P	" 町田
E	" 磯子	Q	埼玉県 狭山
F	" 横浜	R	千葉県 浦安
G	" 鶴見	S	" 船橋
H	" 川崎	T	" 千葉
I	東京都 大田	U	" 市原
J	" 品川	V	" 長浦
K	" 港	W	" 木更津
L	" 江東	X	" 富津

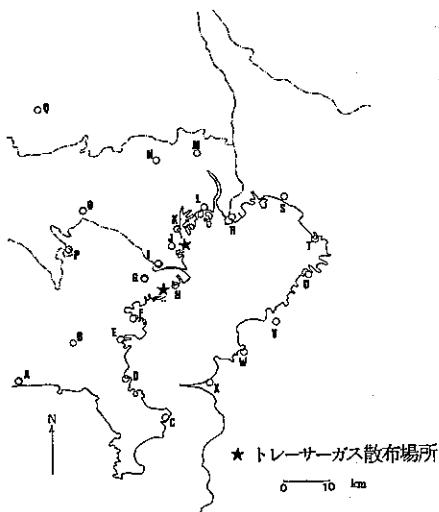


図1 トレーサーガス散布・捕集場所

(5) トレーサーガス捕集方法

前年度と同様に、ミニポンプを用いて、サラン製バック(10ℓ)に空気を約9ℓ採取する。

(捕集時刻)

- №1(7:00~ 7:58) №2(8:00~ 8:58)
- №3(9:00~ 9:58) №4(10:00~10:58)
- №5(11:00~11:58) №6(12:00~12:58)
- №7(13:00~13:58) №8(14:00~14:58)

3 結果と考察

東京、川崎の2点からの散布実験は前述の通り3回実施しているが、8月3日については海風の進入が早く、SF₆については確認されているが、CBrF₃については検出することができなかった。したがって、以下に7月31日、8月7日について解析した結果を示す。

(7月31日)

1) 地上風とトレーサーガスの移流

7月31日の気圧配置型は比較的Oxが高濃度になりやすい、移動性高気圧におおわれるH₂型²⁾である。東京における光化学スモッグ注意報の発令状況は、東部、中部、多摩南部の比較的広い範囲に及んでいる。

風の状態をみると、午前1時から午前5時頃まで全般的に弱風ではあるが、南成分の風が吹いている。6時から北成分の風が弱風ではあるが観測されている。東京、川崎の両散布場所でも北成分の風が観測されたため、6時15分にトレーサー散布を行った。

散布後の風の状態をみると、東京地域では北成分の風は続かず、静穏の状態となる。一方川崎では、海風に変る9時まで弱風ではあるが北成分の風が吹いている。

トレーサーガスの動きは図2に示されているように、地上風では静穏の状態となっているが、海に近い捕集地点である港、江東では7時~8時の検体ですでにSF₆が検出されている。その後9時まで海陸風前線で押えられているが、海風の発達とともに急速に北上している。

一方川崎から散布したCBrF₃は図2で明らかなように、7時~9時までの検体では検出されていない。SF₆が内陸部に移動した9時~10時の検体でSF₆と同じ港、江東で検出され始め、SF₆が東京の北端に到達する時点で臨海部に到達している。

このトレーサーガスの動きをみると、川崎、東京から陸風で海上に流出した各々のトレーサーガスは、海上で混合されることなく、バフ状となって停滞し、海風の発達とともにそのまま移動し内陸部に移流されている。このようにわずか10km強の距離の違いでも、その地域に吹く風の影響を受けて移流に時間差が生じることが判明した。したがって、各発生源から排出される一次汚染物質も同様の動きをするものと思われる。なお、CBrF₃はSF₆が通過した位置より西にずれた板橋付近をCBrF₃の気塊の中心が通過している。

2) 流跡線との比較

7月31日について、地上風を用いて散布時刻からの流跡線を各々散布場所から描いた結果が図3である。なお流跡線の作成方法は、オキシダント高濃度汚染日の流跡線解析³⁾に詳しく述べているので参照されたい。

東京の散布地点をスタートした流跡線は、ほとんど海上に出ることなく海岸付近に停滞し、10時に内陸部に進入を開始し、12時に東京、埼玉の県境に到達している。

SF₆の動きと比較すると、移流のコースは類似しているが、SF₆は10時にすでに県境に近い足立で検出されており、流跡線が到達する12時にはすでに通過している。したがって流跡線の動きがやや遅く算出されている。

一方CBrF₃の散布場所をスタートした流跡線は、一度海上に出てから海風によって内陸に向かって北上する。この2本の流跡線の時間ずれをみるとトレーサーの場合と同様に2時間の時間差がみられよく類似している。またコースについても、CBrF₃の動きと同様に西に寄っ

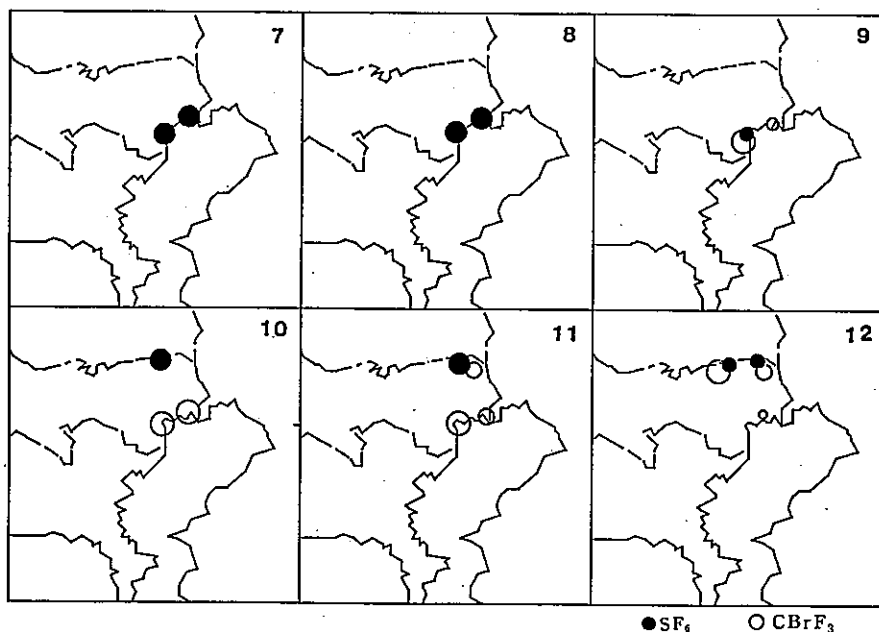


図2 トレーサーの移流(7月31日)

ている。

このことから、比較的単純な風系の場合でも流跡線については風の立体構造、地上風の観測高度等を考慮した風速についての補正方法の検討が必要と思われる。

3) Ox 汚染エリア

前述した気象条件、一次汚染物質の移流の状態の日のOxの高濃度汚染エリアをみるため、各県の常時監視データを用いて、距離の自乗を用いた補間法でOx等濃度線を描いた濃度分布図を作成した。(図4参照)

この日のOx高濃度汚染は、13時頃から埼玉県南部、千葉県北部から出現し始めている。この汚染エリアは海風の影響によって、15時、16時には図4に見られるように埼玉県全域に広がっており、千葉北部の汚染エリアも同様に北上している。このようなOx汚染エリアの動きは、風系、トレーサーの動き、流跡線等の解析から、早朝の一次汚染物質の汚染気塊が海風の発達によって、光化学反応を進めながら内陸部に移流し、埼玉県に高濃度汚染エリアを出現させたものと説明づけられる。これとは別に、14時から16時にかけて、表2、図4に示すように東京都区部全域に高濃度汚染が出現している。このエリアは区部に限られており、多摩地域に及んでいない。この時間帯の風は臨海部でかなり強い南西風が吹いている。こ

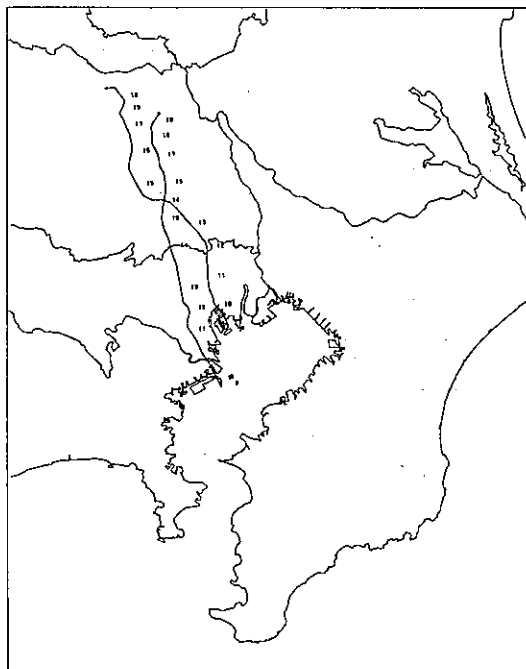


図3 流跡線図(7月31日)

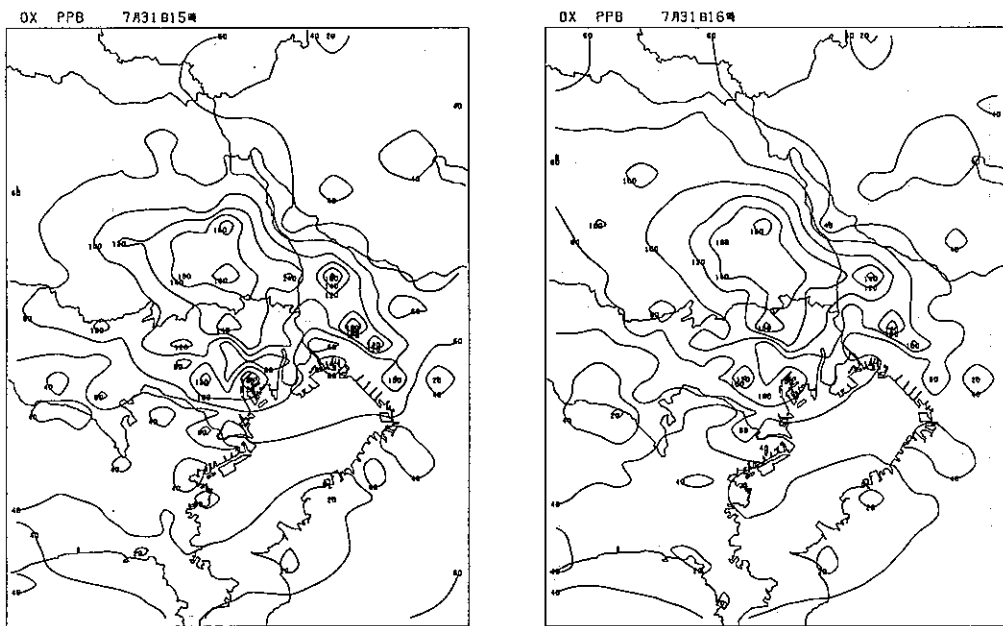


図4. Ox 濃度分布 (7月31日)

のようなケースは、特異なものと思われる。

この汚染はトレーサー実験、流跡線からは説明できない。また風系、海上のO₃濃度解析でもこれまでにない現象である。いずれにしてもこの汚染源は東京湾上空か、東京湾外の南海上に移流された汚染気塊によるものと思われる。このような現象を解明するためには、気流の小循環だけでなく、さらに大きい大気の循環系、上層風等を含め解析する必要があるものと思われる。

に11時~18時20分と非常に長時間に及ぶ注意報が発令されている。

風の状態をみると、夜半から早朝にかけて東京、神奈川では弱風域となっている。5時には神奈川でははっきりとした陸風が吹き始めているが、隣接する東京の13号地付近では静穏の状態が続いている。

6時30分に東京、川崎の散布場所で陸風が観測されたため同時散布を行った。トレーサーの散布後8時過ぎまで海風の発達はなく、神奈川では陸風が吹きつづき、時折東寄りの風が観測されている。図5にみられるように9時には神奈川及び東京南端で陸風が入り始めているが、北成分の風の盛力が強く、海風の進入を押えており、神奈川での風の流線は相模湾に向っている。その後図5②に示されるように、各臨海部で海風が進入し始めているが、東京湾を取り囲むように海陸風前線が停滞しており、かなり複雑な風の場となっている。

表2 7月31日都内Ox 濃度 pphm

時刻	14	15	16	時刻	14	15	16
海上	50	35	55	板橋	115	153	167
晴海	-	146	103	中野	127	128	102
荒川	132	129	124	練馬北	88	128	115
足立	124	119	118	世田谷	140	131	125
文京	110	142	126				

海上：東京灯標(O₃)

(8月7日)

1) 地上風とトレーサーガスの移流

この日は移動性高気圧の後面となり、光化学スモッグの出現しやすいH₂型⁵⁾の気圧配置を示している。光化学スモッグ注意報も南関東全域に広がり、東京都でも全域

トレーサーの動きをみると上記の風の状態と同様に8時から10時の検体で、SF₆は散布場所に近い捕集場所のみで検出されている。また川崎から散布したCBrF₃は北の風の影響を受けてやや南下した横浜、磯子で検出されている。その後SF₆はやや内陸部でも検出されているが、内陸部に移流するのは11時以降である。CBrF₃

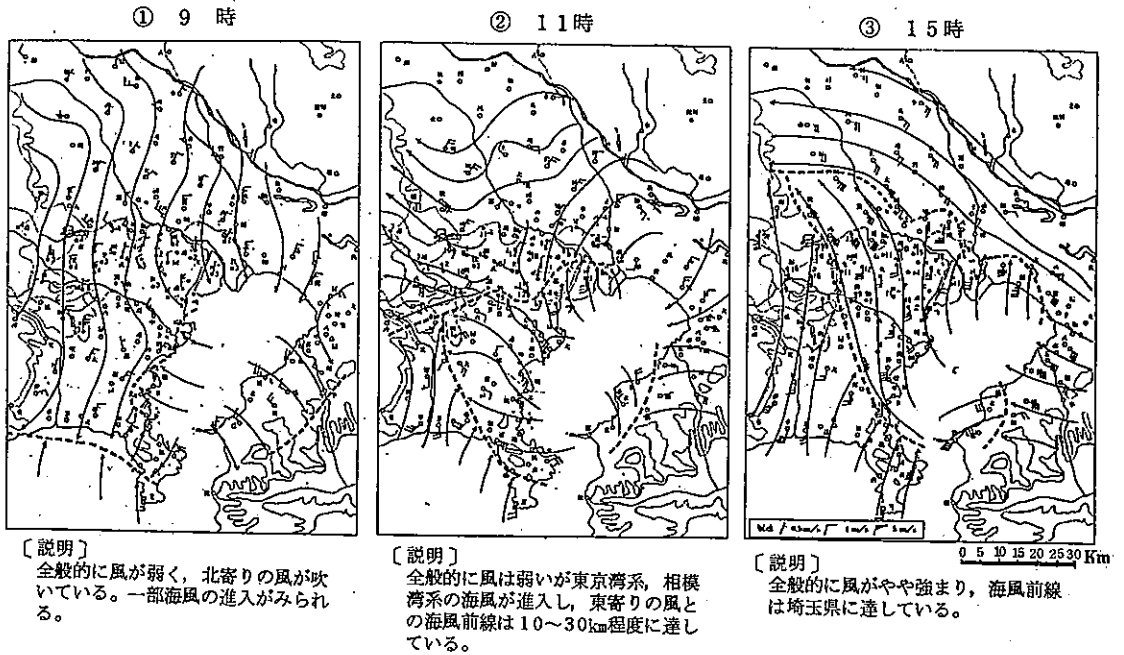


図5 風流図(8月7日)

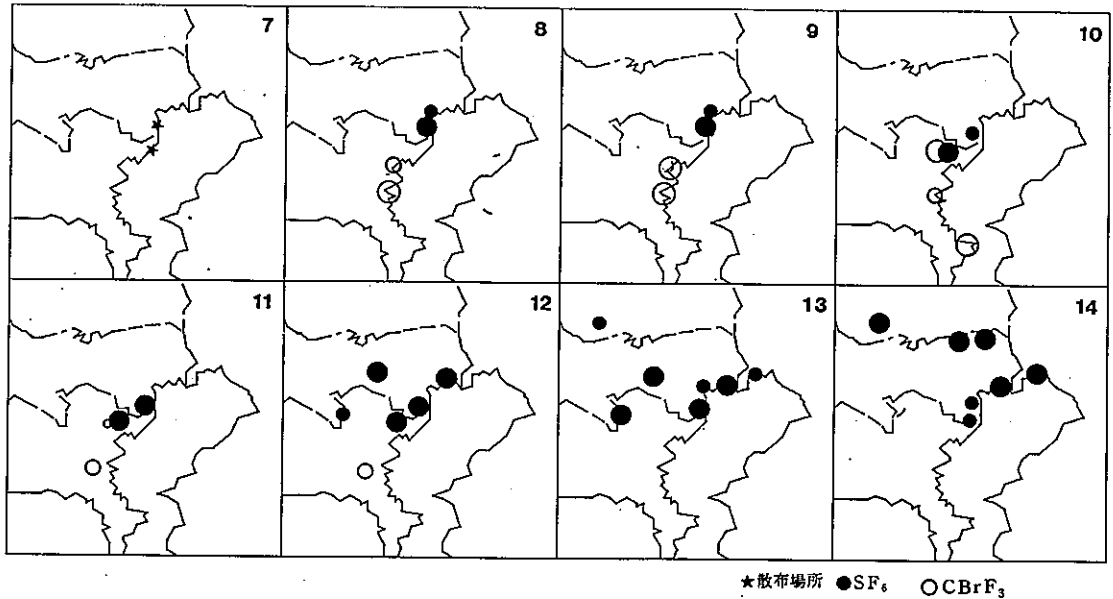


図6 トレーサーの移流(8月7日)

は9時から10時には三浦半島先端の鳥ヶ崎迄南下している。

これまでのトレーサーの動きは図5の風流図とよく対応している。

次第に内陸部に海陸風前線が押し上げられると共に、11時~12時の検体では町田、調布の内陸部でもSF₆が検出されているが、東京の臨海部及び千葉の南端でも同時刻以後にもSF₆が検出されており、14時から15時

には図6にみられるように都心部にまで広がっている。

以上の風及びトレーサーの動きから次のことが推察される。

- ① 東京、川崎のように隣接している場所でも風の流れは気象条件によってかなり異っている。
- ② トレーサーの流れは、この風系の影響を受けて、散布場所が隣接しているにもかかわらず、移流方向が全く異なる。したがって東京、川崎の各発生源から排出される一次汚染物質も同様の動きをするものと推察される。
- ③ 臨海部付近に形成される強い海陸風前線で、トレーサーガスは上方に押し上げられ上層の北成分の風で再び東京湾上にもどる。この時東京湾が発散場になっているためトレーサーガスは下降し、再び各地域に上陸する、いわゆる気流の小循環が起っている。この現象は前年度にも出現している。^{1) 6)}

以上記述した様な現象を適格に予測することは、かなり困難なものと思われる。したがって、これらの現象を十分把握したうえで、立体的空間を考慮しての予測手法の検討が必要と思われる。

2) 流跡線との比較

同日の流跡線をトレーサーの散布場所、散布時刻からスタートさせたものが図7である。

東京からスタートした流跡線は複雑な気流の場が形成されていたにもかかわらず、トレーサーガスの動きとかなりよく一致している。しかし、先に示したような気流の小循環に関しては全く関知しないことが明らかである。

一方、川崎からスタートした流跡線は図7でみられるように、東京をスタートした流跡線とはかなり異った径路を経て北上している。この点はトレーサーガスとよく一致している。しかし、流跡線は海上に出てから磯子付近に上陸した後、ゆっくりと北上しているが、CBrF₃は9時～10時の検体で三浦半島の先端に達している。これは海上における気象観測データが欠如しているために生じる誤差と思われる。この点から、海上での気象観測網の設置が望まれる。

3) Ox汚染エリア

8月7日についても7月31日の場合と同様にOx濃度分布図を作成した。(図8参照)

Oxの0.12ppmを超える高濃度エリアは海風の進入する11時頃から東京、神奈川、千葉で出現し始め、その後海風の発達による海陸風前線の北上に伴ってOx高

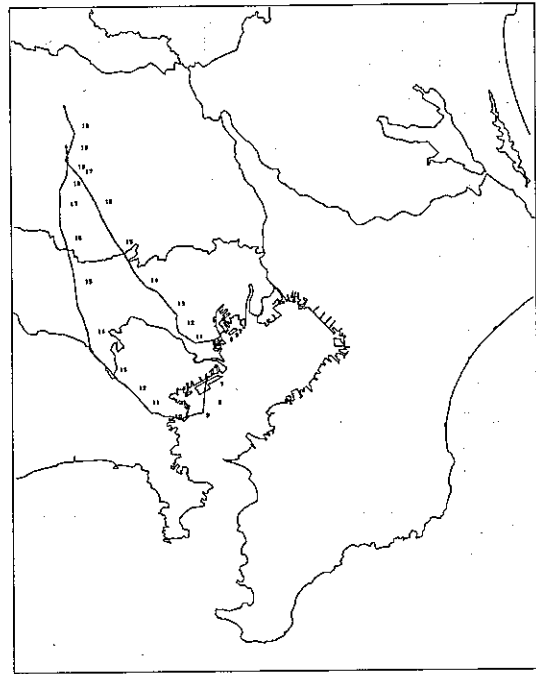


図7 流跡線図(8月7日)

濃度エリアが次第に内陸部に移行している。東京都内におけるOx高濃度汚染エリアの移流の状態を示したものが表3、図9である。図中の○内の数はOx高濃度汚染の時間帯である。

この日のもう一つの特徴は14時から16時にかけて、東京湾からの海風が入り込んでいる神奈川、東京で高濃度のOxが出現していることである。この現象は前述のOx高濃度汚染気塊とその生成メカニズムは異ったものと考えられる。この汚染メカニズムは、表3に示す海上

表3 8月7日都内Ox濃度

時刻 場所	pphm									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
海上	40	80	110	110	180	230	140	110	110	80
晴海	33	40	-	43	128	150	96	87	59	45
江東	62	89	97	47	85	109	122	118	68	59
石神井	84	118	150	174	103	110	154	130	124	101
調布	78	91	113	148	132	89	90	96	79	80
立川	74	94	103	86	119	161	133	126	96	66
清瀬	63	107	92	118	135	130	110	105	104	70

海上：東京灯標(O₃)

でのO₃濃度の急上昇 トレーサーガスの検出結果からみて、海陸風前線付近と東京湾上での気流の小循環が起った結果によるものと思われる。

一方神奈川においても、15時に湘南地域でOx高濃度の汚染エリアが出現している。この汚染機構も前述のケースと異っているもので、早朝の北成分の風で相模湾に押し流された汚染気塊によるものと思われる。ただし、この気塊の空間的な動きについては、本実験で解明することはできなかった。

以上のように複雑な風の状態を示す場合は、Ox高濃度汚染メカニズムもまた複雑なものとなる。したがってOx濃度予測を行う場合これらの現象を十分考慮する必要がある。

4 ま と め

過去2年間に渡り、東京、千葉、神奈川の東京湾岸からのトレーサーを用いた気流調査結果とOx汚染解析結果から次の事項が推察される。

(1) トレーサーの動きから判断すると、千葉、東京、神奈川の各発生源からの一次汚染物質は、気象条件によって相互に影響しあってOx高濃度汚染エリアの形成に寄与している。したがって、このような気象条件の場合、高濃度を未然に防ぐには少なくとも東京湾を囲む1都2県の協力体制が不可欠と思われる。

(2) 東京、川崎のように10 km程度の距離をもって隣接しているにもかかわらず、トレーサー実験によると、かなり異った動きがみられている。したがって各地域の発生源から排出される一次汚染物質も同様の動きをするものと思われ、それぞれ個々にOx高濃度汚染に寄与しているものと推察される。この事実から、このような気象条件については、できる限り正確な風の状況、海陸風の前線手法の検討が必要となろう。

(3) 東京湾臨海部のOx高濃度汚染現象は東京湾の果す役割は大きい。東京湾上が収束の場となるときは一次汚染物質を蓄積し、発散場になると反応が進んだOxを含む汚染気塊を発散させる。また臨海部に生じた海陸風前線との間で気流の小循環を生じ、さらに複雑なOx汚染機構を生み出している。

これらの事実から、Ox高濃度汚染未然防止手法、環境基準を達成させるために不可欠なOx濃度予測はかなりむずかしいものと思われるが、前述したことを十分考

慮して検討していきたい。なお、このような複雑かつ広域に及ぶOx汚染の防止対策に関しては、先にも記したように、1自治体のみではむずかしく、少なくとも東京湾を囲む1都2県の協力体制の推進が望まれるところである。

なお本調査に当って、千葉県公害研究所(一部共同調査)、横浜市公害研究所、木更津市役所の関係職員の方々および東京都、川崎市の港湾局の関係職員、海底トンネルの職員の方々の御協力に対し深く感謝の意を表します。また、神奈川県、埼玉県の大気汚染常時監視データの使用に当って、御協力をいただいたことに対して深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 宇田川満他:「東京湾周辺における気流・汚染物質調査 — トレーサー実験 —」, 東京都公害研究所年報,(1984)
- 2) 「今夏における光化学スモッグについて」東京都環境保全局(1981)
- 3) 宇田川満他:「オキシダント高濃度汚染日の流跡線解析」, 東京都公害研究所年報,(1982)
- 4) 宇田川満他:「東京湾上における大気汚染調査 — 第1報オゾン高濃度汚染現象について —」東京都公害研究所年報,(1983)
- 5) 「今夏における光化学スモッグについて」東京都環境保全局(1984)
- 6) 伊藤政志他:「東京湾周辺における気流・汚染物質調査 — 風の立体構造 —」, 東京都公害研究所年報,(1984)