

光化学オキシダント対策検討会報告の概要 (平成 17 年 2 月 1 日)

東京都環境局

1. 検討の目的

東京都をはじめ首都圏において、原因物質である窒素酸化物や非メタン炭化水素の濃度は低下してきているにもかかわらず、1980 年代以降、光化学オキシダント濃度が上昇し（図 - 1）、光化学スモッグ注意報の発令レベルである 0.12ppm 以上の高濃度の光化学オキシダントの出現する頻度が再び高まっている（図 - 2）。

本検討会での検討は、その要因について、関東 1 都 6 県における大気常時監視データを用いて解析し、今後の施策の方向性を明らかにするものである。

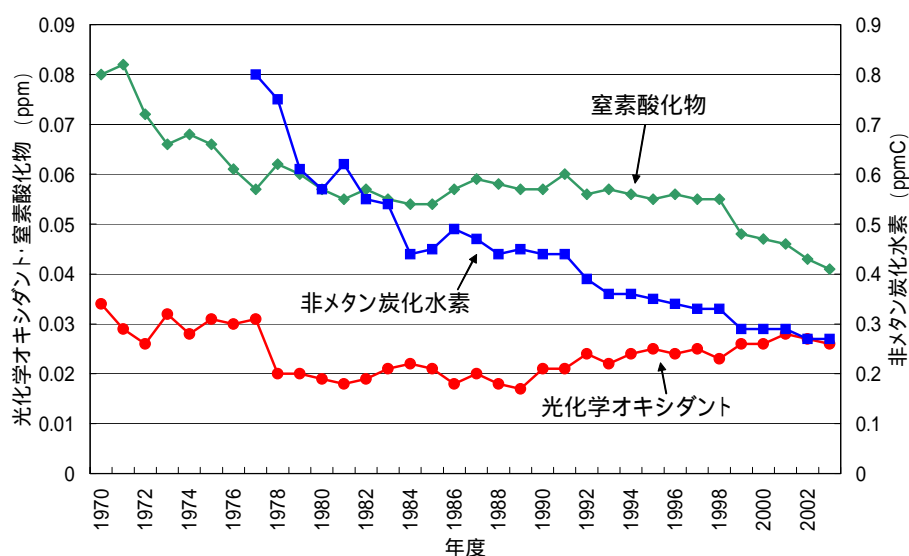


図 - 1 都内における光化学オキシダント（5～20 時）・窒素酸化物・非メタン炭化水素の年平均値の経年変化

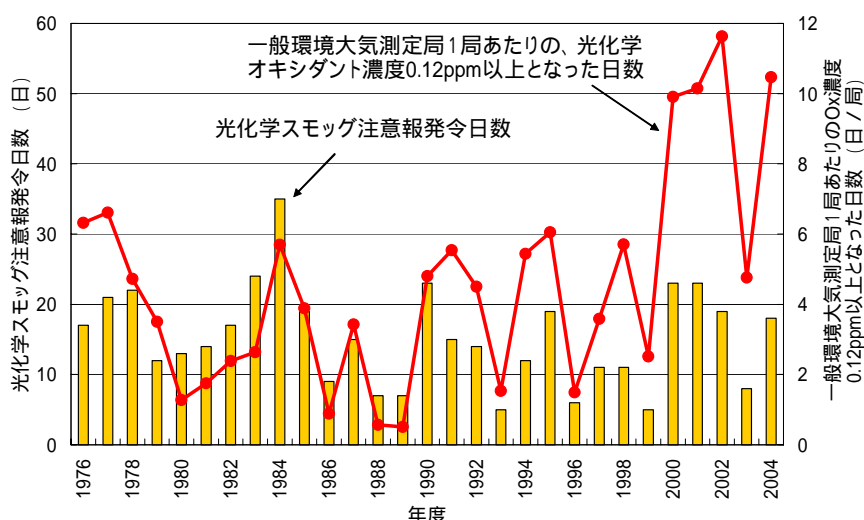


図 - 2 都内における光化学スモッグ注意報発令日数、及び一般環境大気測定局 1 局当たりの光化学オキシダント濃度 0.12ppm 以上となった日数の経年変化

- 光化学オキシダント濃度は、関東 1 都 6 県の広範囲で、高濃度化している。

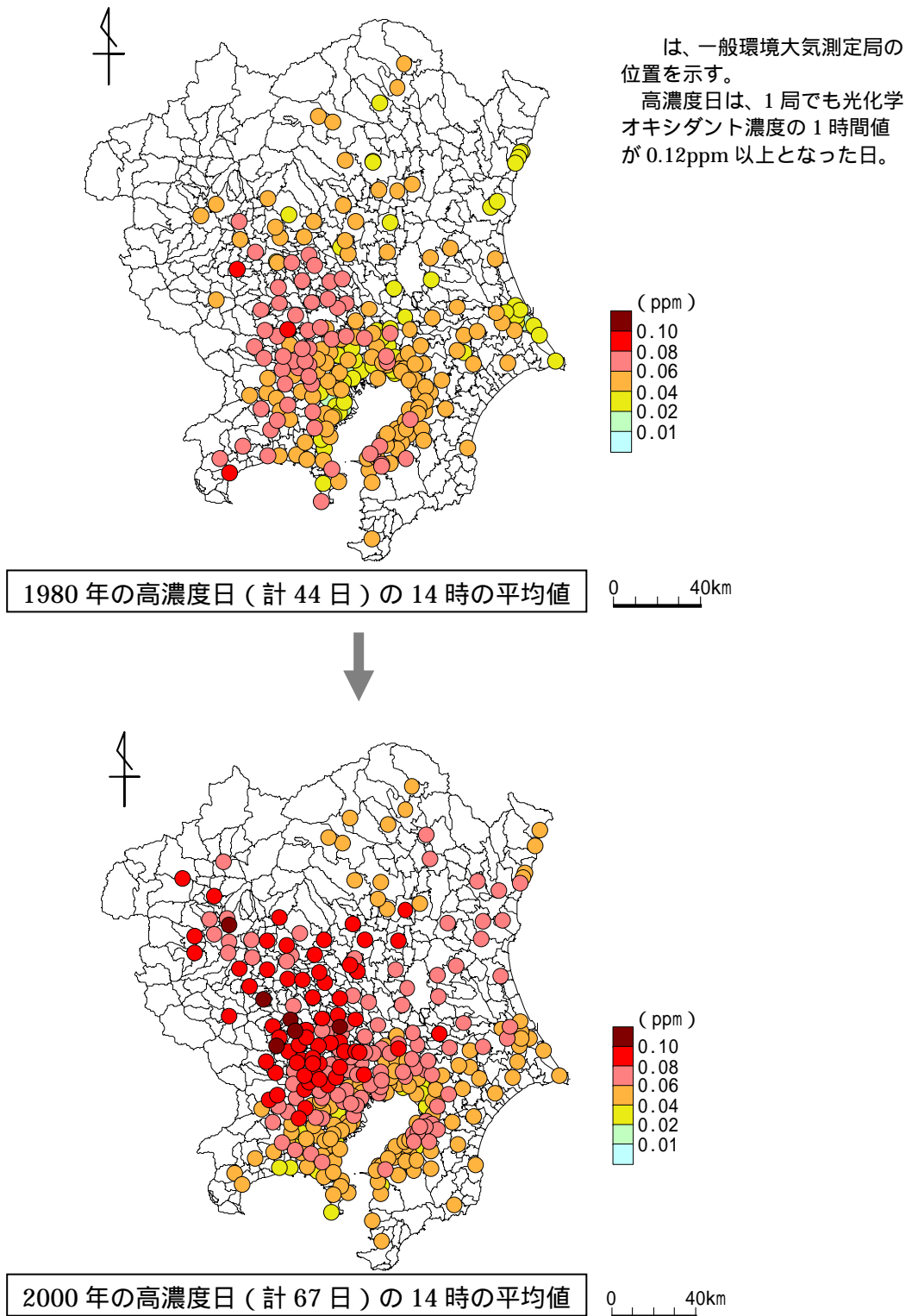


図 - 3 光化学オキシダントが高濃度となった日の14時におけるオキシダント濃度平均値

2. 光化学オキシダント濃度の上昇要因の解析

光化学オキシダントは、大気中の窒素酸化物と非メタン炭化水素が太陽光を受け、光化学反応を起こして生成される。この生成は、時間経過とともにこれらの汚染物質が広域的に移動しながらの反応であり、日射量・気温・風速などの気象要素の影響を受けるほか、原因物質である窒素酸化物や非メタン炭化水素の濃度などとも複雑に関係する。

そのため、光化学オキシダント濃度の上昇要因の解析は、次の手順で行なった。

関東 1 都 6 県において光化学オキシダント濃度の上昇要因を統計的に解析するために適した地域を設定した。

設定した地域内において、各種の気象要素（日射量、気温、風速、高層との気温差）と光化学オキシダント濃度との相関を分析した。

気象要素以外の要因として大気中の原因物質の濃度に着目し、一定範囲の気象条件のもとで、原因物質の濃度と高濃度オキシダントの出現割合との関係について解析した。

これらのほか、非メタン炭化水素の組成変化による光化学オキシダント濃度上昇への影響、東アジアなどからのオゾンの広域移流の影響について検討した。また、光化学オキシダント濃度の測定法に関し、オキシダント測定機の湿式から乾式への測定法切り替えの影響についても検討した。

(1) 解析対象の地域の設定 【上記】

まず、解析の対象とする地域を設定するために、光化学オキシダント濃度が高濃度となった日を着目し、その高濃度日において朝方（6～9 時）に原因物質が比較的高濃度となった地域を「高濃度発生源エリア」とし（図 - 4）、また、高濃度発生源エリアを包含し昼（13～16 時）に光化学オキシダントが比較的高濃度となった地域を「1 都 6 県解析エリア」として（図 - 5）、これらを統計的に導出した。

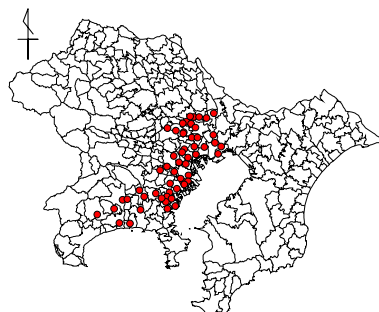


図 - 4 設定した「高濃度発生源エリア」

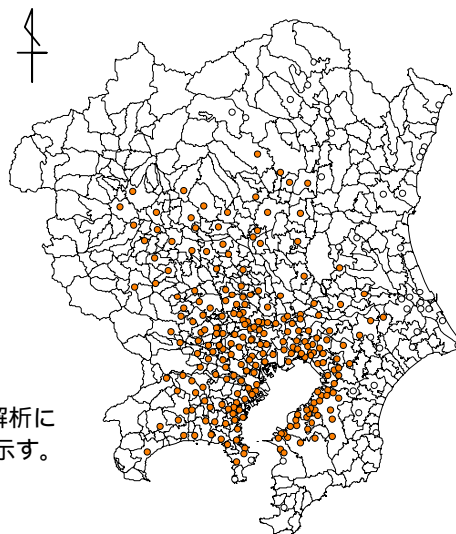


図 - 4, 5 とも、着色した丸印は、データ解析に使用した継続測定的一般環境大気測定局を示す。

図 - 5 設定した「1 都 6 県解析エリア」

(2) 気象要素と光化学オキシダント濃度との関係の解析 【p.3の】

1976年度から2002年度の4～9月について、東京管区気象台における各種気象要素と、「1都6県解析エリア」における昼間（5～20時）の光化学オキシダント濃度のエリア内平均値（A）、エリア内最高値（B）、局ごとの最高値のエリア内平均（C）とのそれぞれの相関を調べた。その結果、（A）・（C）は、気象要素の中で日積算日射量と最も高い相関があり、次いで昼午前平均風速との相関がみられた。（B）は、日積算日射量、日最高気温、昼午前平均風速の順に相関がみられた。

表 - 1 各種気象要素（東京管区気象台）と光化学オキシダント濃度との相関係数

光化学オキシダント濃度 の日統計量		A	B	C
日積算日射量		0.582	0.591	0.588
気温	日最高気温	- 0.043	0.491	0.235
	昼平均気温	- 0.118	0.431	0.160
	日平均気温	- 0.166	0.395	0.114
風速	昼平均風速	- 0.127	- 0.263	- 0.284
	昼午前平均風速	- 0.199	- 0.386	- 0.377
	日平均風速	- 0.147	- 0.299	- 0.314
高層との気温差		0.177	- 0.034	0.073

（注）日： 0時から24時までの24時間

昼： 5時から20時までの15時間

昼午前： 5時から12時までの7時間

高層との気温差： 館野高層気象台（つくば）の9時における地上から1,000mの高度と地上との気温差（1984年から2002年まで）

解析で使用した3種類の光化学オキシダント濃度の日統計量

- (A) エリア内平均値 ... 「1都6県解析エリア」内の全部の継続局の昼間（5～20時）の1時間値を日ごとにすべて平均した値
- (B) エリア内最高値 ... 「1都6県解析エリア」内の継続局の中で、昼間において最も高い値となった、ある1局の最高の1時間値
- (C) 局ごとの最高値のエリア内平均 ... 「1都6県解析エリア」内の継続局それぞれの昼間の1時間値の最高値について、エリア内で平均した値

また、日積算日射量の大きい日の割合が多い年は（A）～（C）の4～9月平均値が高くなる傾向があるなど、年ごとの気象要素の特徴と光化学オキシダント濃度の高低との間には関係があることがわかった（図 - 6～8）。

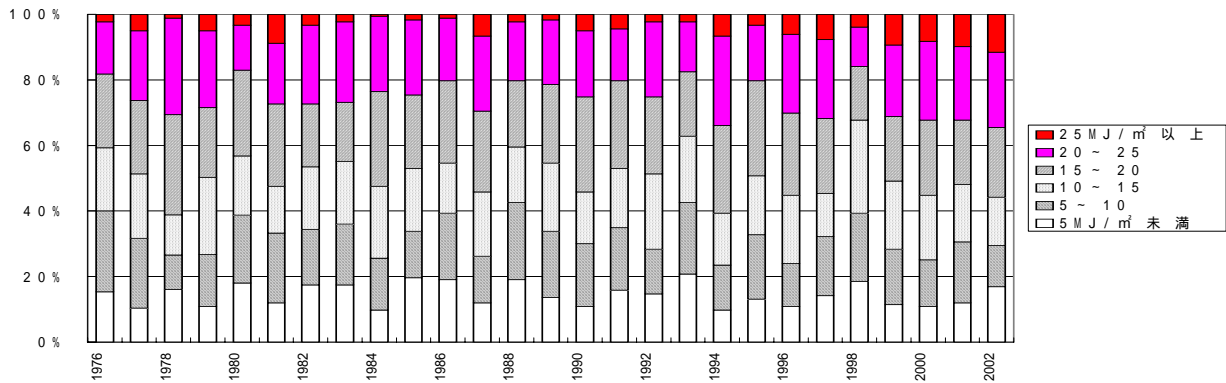


図 - 6 東京管区気象台（4～9月）の日積算日射量のランク別出現頻度の経年変化

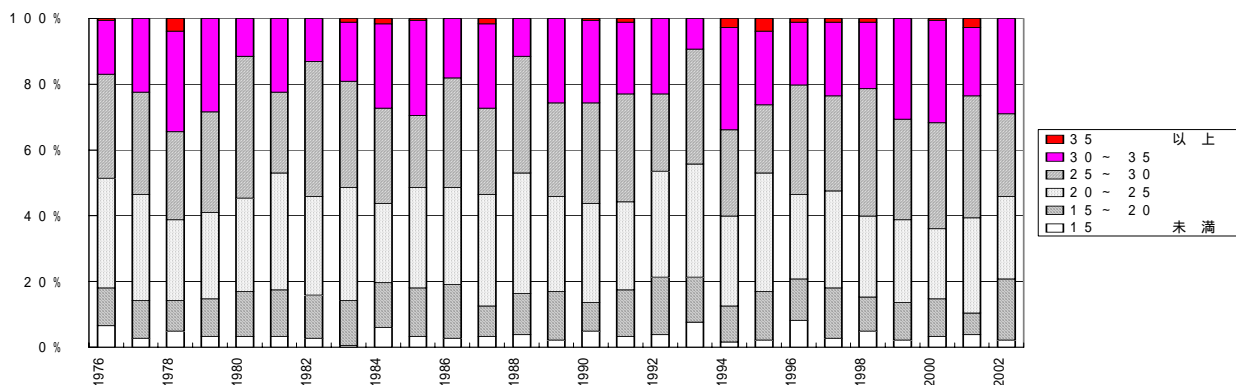


図 - 7 東京管区気象台（4～9月）の日最高気温のランク別出現頻度の経年変化

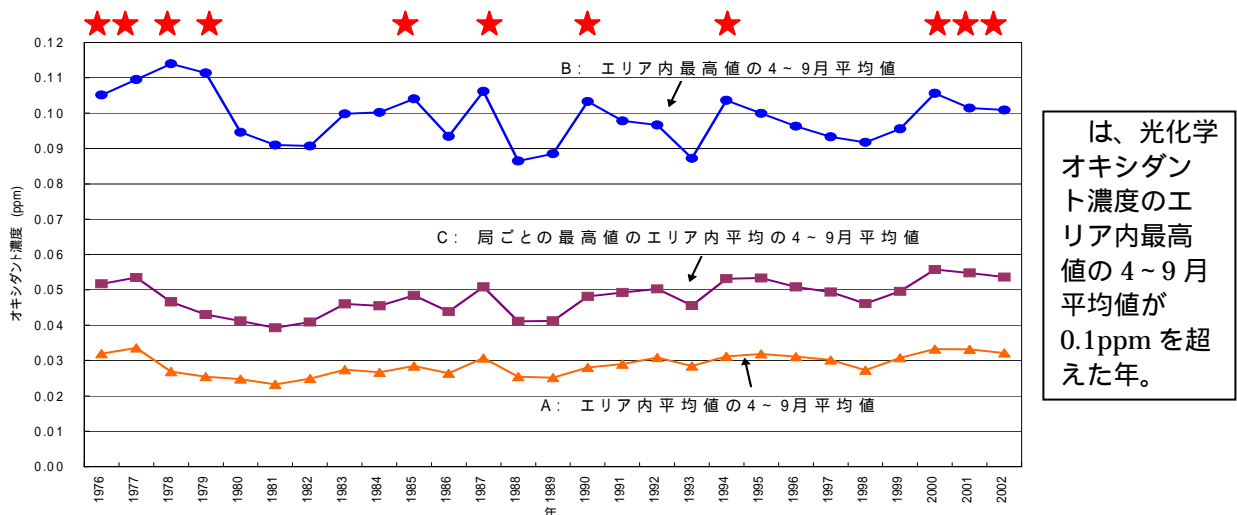


図 - 8 「1都6県解析エリア」における光化学オキシダント濃度の経年変化

- A（エリア内平均値の4～9月平均値）とC（局ごとの最高値のエリア内平均の4～9月平均値）が比較的高い値を示した年は、日積算日射量の大きい日（20MJ/m²以上）の割合が比較的多い。
- B（エリア内最高値の4～9月平均値）が比較的高い値を示した年は、日積算日射量の大きい日の割合が比較的多い。また、30以上の日の割合が比較的多い。

(3) 原因物質と高濃度オキシダントの出現割合との関係の解析 【p.3 の】

気象要素以外の要因の一つとして、朝方の原因物質（窒素酸化物と非メタン炭化水素）の濃度に着目し、「高濃度発生源エリア」における6～9時の原因物質濃度の平均値と「1都6県解析エリア」における光化学オキシダントの最高値との関係を解析した。解析にあたっては、エリア内最高値（B）と比較的相関の高かった日積算日射量、昼午前平均風速、日最高気温について、一定範囲の気象条件に限定してデータを整理した。

その結果、窒素酸化物（NO_x）濃度・非メタン炭化水素（NMHC）濃度が低く、濃度比（NMHC / NO_x）が小さい条件ならば、高濃度の光化学オキシダントの出現する割合が小さいことがわかった（図 - 9～11）。

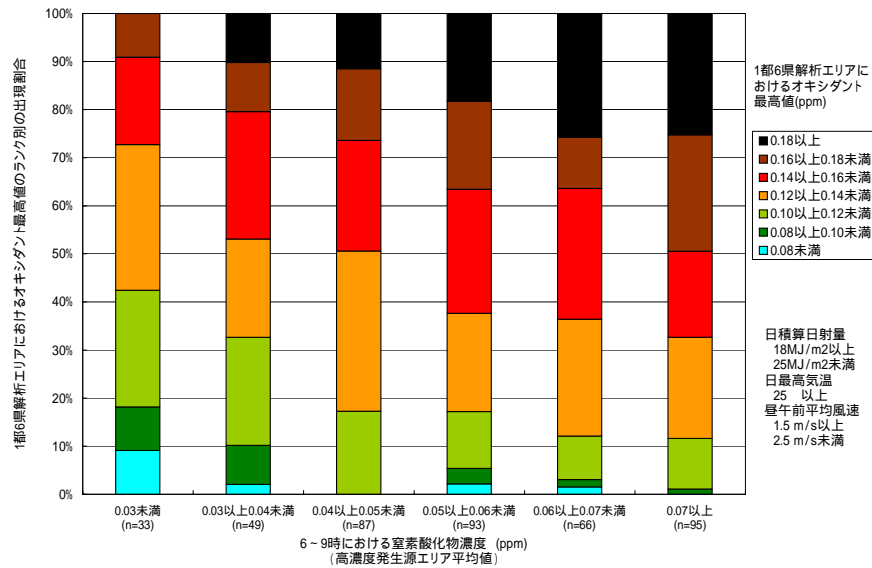


図 - 9 窒素酸化物濃度とオキシダント最高値の出現割合との関係 (1977～2002年4～9月)

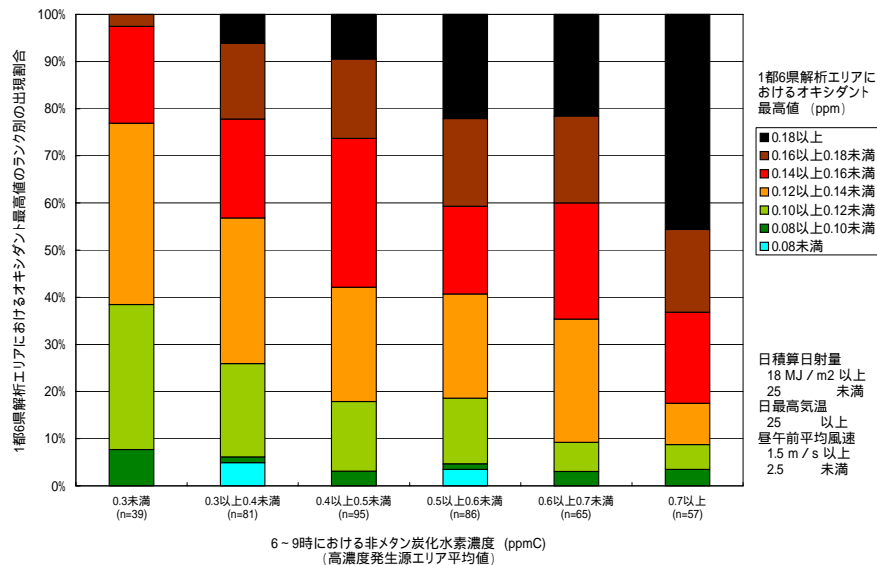


図 - 10 非メタン炭化水素濃度とオキシダント最高値の出現割合との関係 (1977～2002年4～9月)

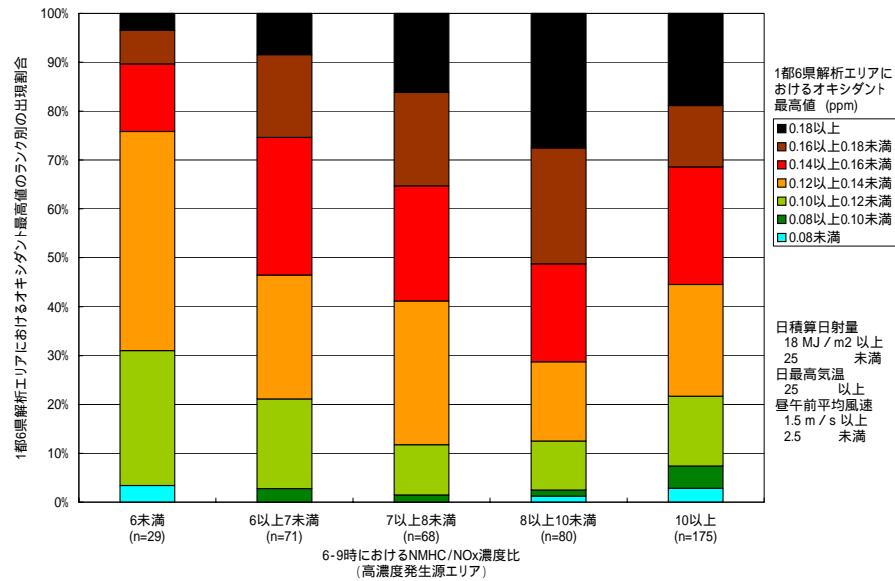


図 - 11 NMHC / NO_x 濃度比とオキシダント最高値の出現割合との関係
(1977 ~ 2002 年 4 ~ 9 月)

NMHC / NO_x 濃度比の長期的な経年変化をみた場合(図 - 12) NMHC / NO_x 濃度比は1980年当初には10を超えていたものが、1993年には6程度まで低下しているにもかかわらず、この間に光化学オキシダント濃度は増加しており、この間の増加はNMHC / NO_x 濃度比の変化では説明できない。一方、近年においては、自動車公害対策の進展などにより窒素酸化物の排出量は削減されてきたが、非メタン炭化水素の排出削減がこれに追いついていないことから、1996年以降、上記濃度比がやや上昇傾向にあり、このことが2000年以降の急速な高濃度オキシダントの出現頻度の増加をもたらしている可能性が大きい。

従って、窒素酸化物の排出削減にとどまらず、非メタン炭化水素を含めた揮発性有機化合物(VOC)の排出削減対策を進めることが必要であると考えられる。

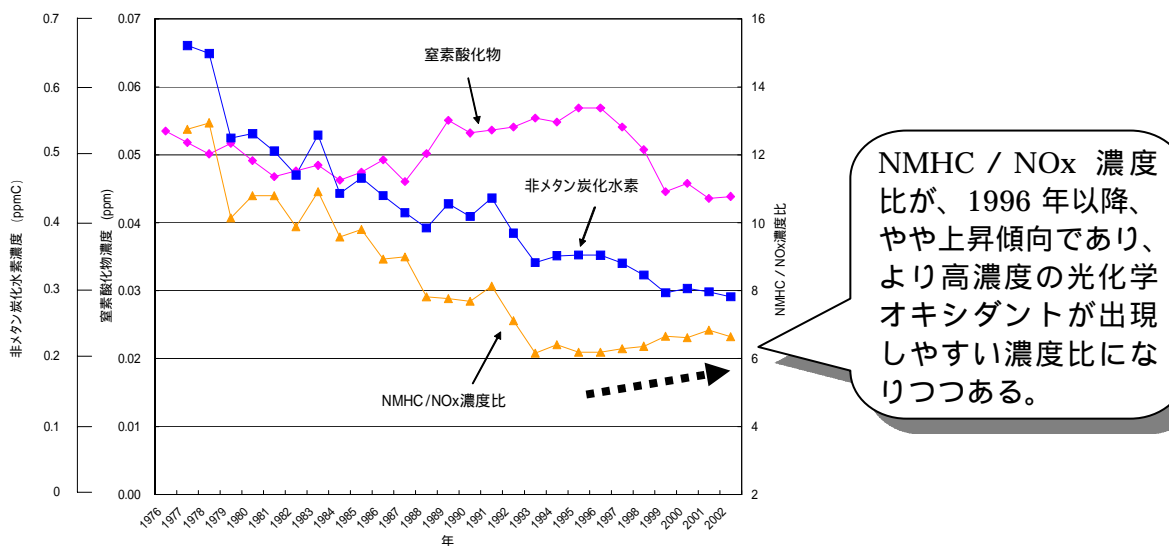


図 - 12 高濃度発生源エリアにおけるNO_x、NMHC、NMHC / NO_x 濃度比の経年変化
(4 ~ 9 月 6 ~ 9 時)

(4) その他の影響の解析 【p.3の】

ア. 非メタン炭化水素の組成変化の影響

環境大気中の炭化水素類（23物質）について、1992年度と2003年度における東京都環境科学研究所（江東区）での調査結果を比較すると、濃度が減少している物質も、また増加している物質もあった。そこで、光化学反応性を加味した炭化水素総体での反応性ポテンシャルを試算したところ、1992年度から2003年度の間に約40%減少していることから、この間の炭化水素組成の変化は、光化学オキシダント濃度の上昇に影響を及ぼしていないと考えられる。

イ. 広域移流の影響

バックグラウンド地域である長野県八方尾根のオゾン濃度は、観測期間が1992年度からと短いことから長期的な経年変化は必ずしも明確でないが、近年上昇傾向を示している。また、文献では、オゾンゾンデデータ解析から、我が国における地表0~2kmのオゾン濃度が2%/年程度上昇してきたことが報告されている。

これらのことから、東アジアにおける越境大気汚染が、気象要素以外の要因として我が国のオキシダント濃度の上昇に寄与していることが示唆され、今後さらにデータを蓄積し検討していく必要がある。

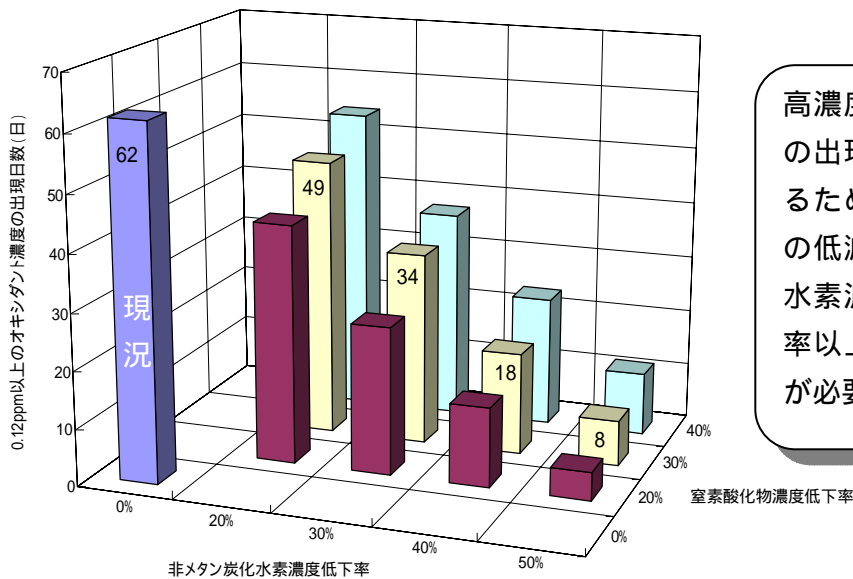
ウ. オキシダント濃度の測定法切り替えの影響

1997年度から光化学オキシダント濃度の測定法が湿式から乾式への切り替えが行なわれているが、その影響も検討したところ、測定法の湿式から乾式への切り替えは、計測されるオキシダント濃度の上昇傾向の主原因ではないと考えられる。

3. 原因物質濃度の低下と高濃度オキシダントの出現との関係の解析

朝方の原因物質濃度の平均値と光化学オキシダント濃度の最高値との関係が明らかになったことから、現況（2000~2002年度）における高濃度オキシダントの出現頻度を基準にして、現況から今後、「高濃度発生源エリア」内の原因物質の環境濃度がそれぞれ一定割合低下した場合における「1都6県解析エリア」内の高濃度オキシダントの出現日数の減少について推計した（図-13）。

この結果、気象要素について2000~2002年の条件が変動しないと仮定すると、例えば、朝方の窒素酸化物濃度が30%低下し、かつ、非メタン炭化水素濃度が40%低下すると、2000~2002年の現況よりも、「1都6県解析エリア」内の高濃度オキシダント（0.12ppm以上）の出現日数が62日から18日へと約70%減少すると推計される。



高濃度の光化学オキシダントの出現日数を効果的に縮小するためには、窒素酸化物濃度の低減に加え、非メタン炭化水素濃度を窒素酸化物の低下率以上に低減させていくことが必要である。

図 - 13 「高濃度発生源エリア」における6～9時の原因物質濃度の低下率に対する「1都6県解析エリア」における0.12ppm以上のオキシダント濃度の年間出現日数との関係
現況は、2000～2002年における0.12ppm以上のオキシダント濃度の年間平均出現日数

4. 今後の都のVOC対策のあり方

以上の解析から、今後、高濃度の光化学オキシダントの生成を抑制するために、窒素酸化物の排出削減対策のみならず、非メタン炭化水素を含む揮発性有機化合物（VOC）のさらなる排出削減対策が必要であると考えられる。

都内におけるVOCの排出（図 - 14）は、その約7割が蒸発系固定発生源からであるが、この発生源は、塗装、印刷、クリーニング、給油、金属表面処理など、さまざまな業種に関係していること、東京都の実態として、これらの業種は中小規模の事業者が多く、塗装関係では屋外での使用も多くを占めていることなどから、今後の都のVOC対策については、事業者の実態に応じた取組を促進するため、都がそれらを積極的に支援する施策の展開が望ましいと考えられる。

光化学オキシダントの影響は広範囲に及ぶこと並びに発源地域と高濃度オキシダントの出現地域が異なることなどから、近隣自治体との連携による広域的な対策が重要である。こうしたことから、都は近隣自治体に対して本報告の内容に関する情報提供を行なうなど、情報交換に努めるとともに、広域対策を推進するために近隣自治体と連携し、都がその先導的役割を果たしていくことが重要である。

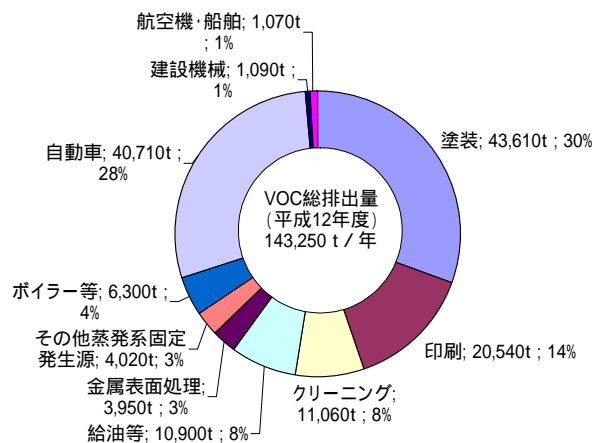


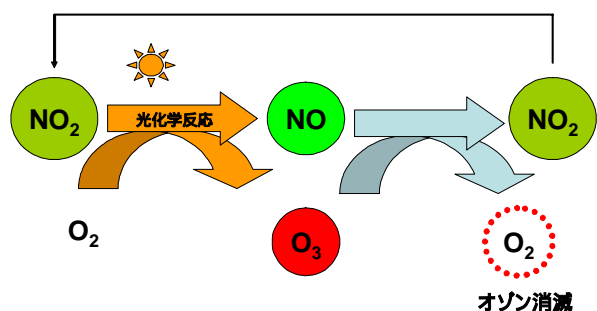
図 - 14 都内における発生源別のVOC排出量

【参考】 光化学オキシダントの生成機構

(1) 非メタン炭化水素 (NMHC) の影響がほとんどない場合

(二酸化窒素の光反応による基本的な生成機構)

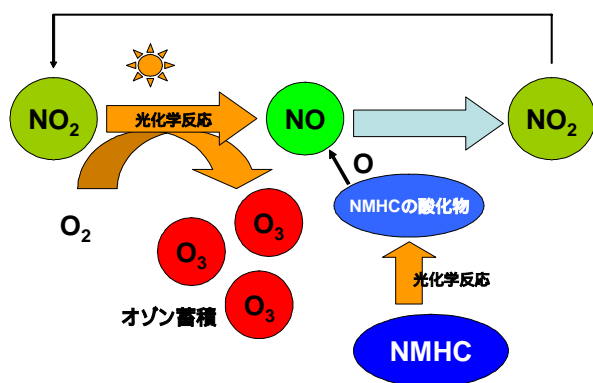
窒素酸化物には、二酸化窒素 (NO_2) と一酸化窒素 (NO) がある。



二酸化窒素 (NO_2) は、太陽光を受けて、空気中の酸素 (O_2) から、オゾン (O_3) を作り出し、一酸化窒素 (NO) となる。オゾン (O_3) は、一酸化窒素 (NO) と容易に反応して、酸素 (O_2) に戻るため、非メタン炭化水素 (NMHC) の影響がほとんどない場合には、オゾンは高い濃度になりにくい。同時に、一酸化窒素 (NO) は、二酸化窒素 (NO_2) に戻る。

(2) 非メタン炭化水素 (NMHC) の濃度が窒素酸化物 (NO_x) に比べて相対的に高く、オゾンの生成に強く影響する場合

(非メタン炭化水素の関与によるオゾンの急速な増加)



一酸化窒素 (NO) は、オゾンではなく非メタン炭化水素 (NMHC) の酸化によって生じる過酸化ラジカル (NMHC の酸化物) と反応して二酸化窒素 (NO_2) に戻るため、オゾンが消滅しにくい。また元に戻った二酸化窒素 (NO_2) がオゾンを生成する光化学反応を繰り返すため、オゾン (O_3) が急速に増加する。