

光化学スモッグは何故減らないのか

情報交流部 ○大塚 定男

大気汚染物質の中で二酸化硫黄、一酸化炭素は環境基準を達成し、二酸化窒素、浮遊粒子状物質も相当改善されてきましたが、光化学オキシダントについては依然として改善が進んでいません。県内の大気汚染物質や気象要因等のデータを分析したところ、光化学スモッグ注意報の発令日は近年は4～16日／年で推移し、原因物質である非メタン炭化水素や窒素酸化物濃度の減少が続いていますが、気象条件によっては高濃度になることが分かりました。

1 はじめに

光化学オキシダント(O_x)は、光化学スモッグの原因物質であるオゾンなどの酸化性物質の総称で、人体や農作物に有害な影響を及ぼすといわれています。工場や自動車から大気中に放出された窒素酸化物(NO_x)や揮発性有機化合物(VOC)が強い日差しに含まれる紫外線のために化学反応を起こして発生するとされています(図1)。

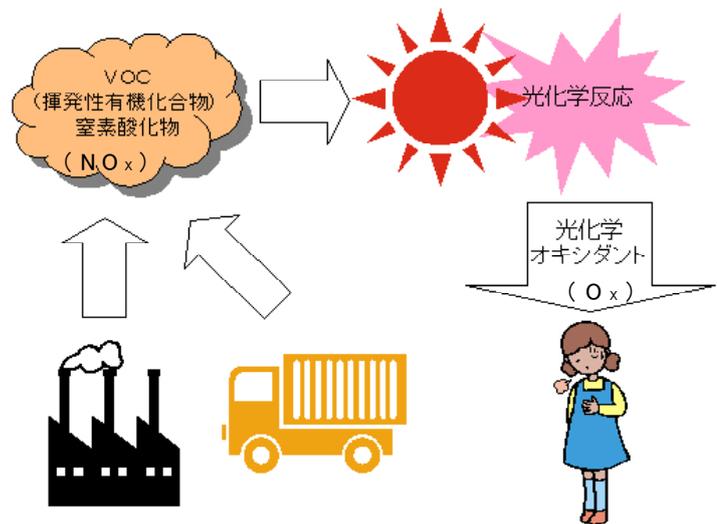


図1 光化学スモッグの発生メカニズム

ここでは、大気汚染常時監視データや気象データをもとに、光化学スモッグの発生状況や原因物質の濃度の推移、気象条件との関係などを整理しましたので報告します。

2 光化学スモッグの発生状況

2. 1 光化学スモッグ注意報等の発令状況

本県と全国の光化学スモッグ注意報等の発令日数の推移を図2、図3に示しました。本県は72年の31日をピークに減少しており、近年は4～16日／年で推移しています。全国的にも同様の傾向を示しています。

月別に見ると7月、8月が多くなっており、これも全国と同じ傾向となっています。

また、地域別の発令状況は、本県ではここ数年、東京湾沿いの横浜・川崎及び内陸の県央・北相で多くなっています。

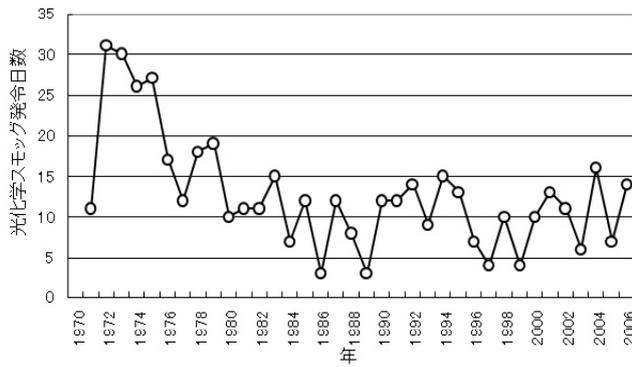


図2 神奈川県における注意報等の発令日数の推移

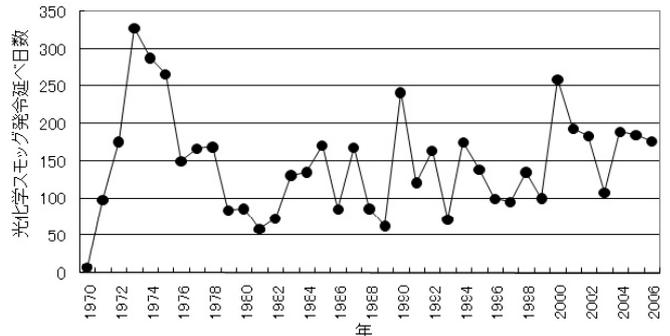


図3 全国における注意報等の発令延べ日数の推移

2. 2 O_x濃度

全国及び本県のO_xの昼間の日最高1時間値(平均値)の経年変動は、ここ数年漸増傾向にあります。特に本県の最低値は明確に増加傾向を示しています(図4)。

年平均濃度でも全日、昼間、夜間のいずれも近年漸増傾向を示しています(図5)。

県内の測定局で昼間の1時間値が注意報レベルの0.120ppmを超えた延べ日数、延べ時間数をみると、最近2、3年は顕著に増加しています(図6)。

また、注意報発令日のO_x1時間値が0.120ppmを超えた延べ出現時間、出現地域をみても、2004年以降濃度の高い地域が広がっています。

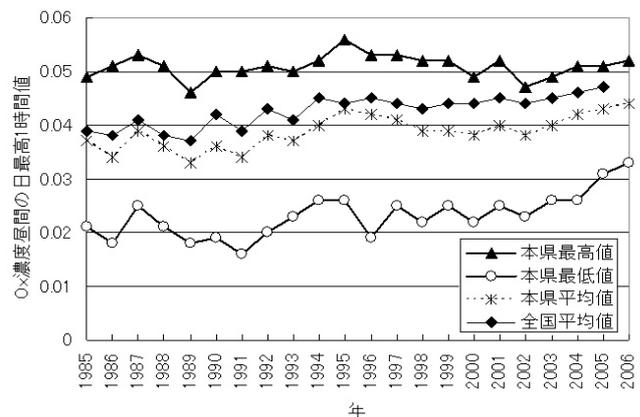


図4 O_xの昼間の日最高1時間値の推移(一般局)

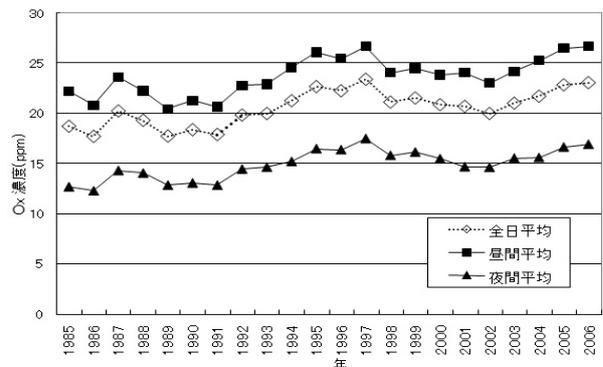


図5 O_xの年平均値の推移(一般局)

3 O_x濃度の上昇要因

O_xの濃度が高くなる要因としては、①原因物質の濃度、②気象条件の変化、が考えられます。そこで、これらの状況について見てみます。

3. 1 窒素酸化物(NO_x)

NO_x濃度(*)は2000年以降減少しています(図7はNOとNO₂の濃度)。また、工場等や自動車からのNO_xの排出量も2005年以降減少しています。

* 一酸化窒素(NO)濃度と二酸化窒素(NO₂)濃度の合計

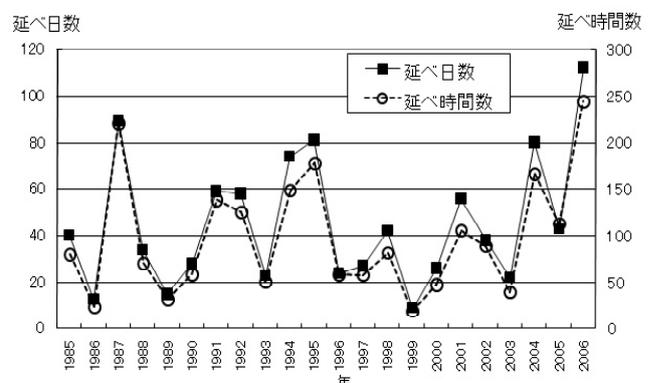


図6 O_xの昼間1時間値が0.120ppmを超えた延べ日数及び延べ時間数の推移(一般局継続局)

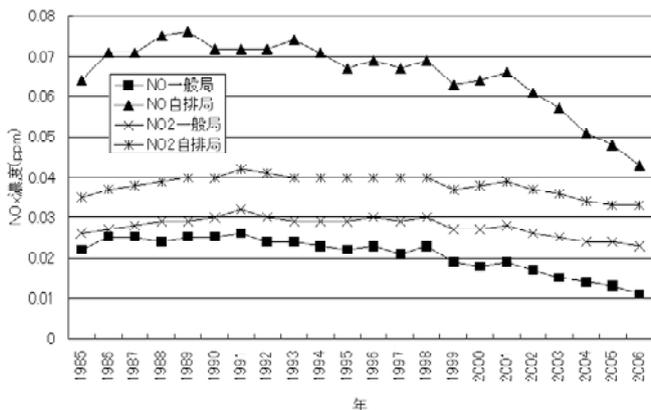


図7 NO、NO₂の年平均値の推移(一般局)

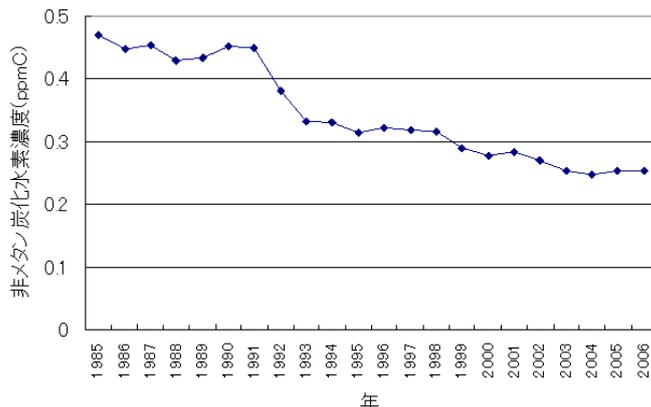


図8 非メタン炭化水素の年平均値の推移(6~9時 一般局継続局)

3. 2 非メタン炭化水素 (NMHC)

VOC の構成成分である非メタン炭化水素 (NMHC) の濃度は、1990 年以降減少しています (図 8)。

3. 3 気象条件

6 月～9 月における昼間の最高気温の経年変動を見ると、漸増傾向にあります (図 9)。他の気象測定項目については大きな変化は見られません。

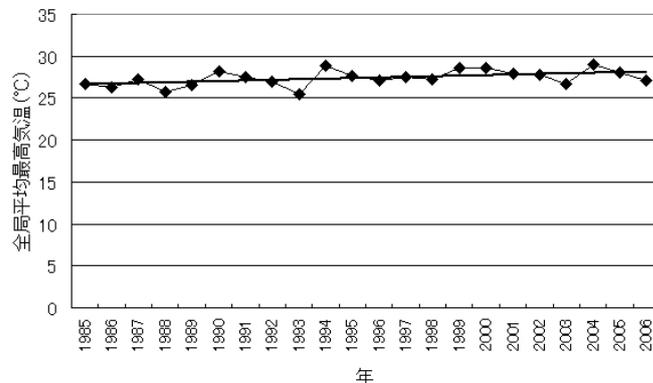


図9 昼間の最高気温の年平均値の推移(6~9月 一般局継続局)

4 Ox高濃度日の解析

1999 年から 2006 年までの 8 年間の Ox 高濃度日 (注意報発令日) について、気象条件、大気汚染物質濃度の観点から解析しました。

4. 1 高濃度日における最高気温、日照時間、風向風速等の傾向

高濃度日の最高気温 (横浜) と Ox 最高値の関係を図10に示しました。高濃度日の最高気温で最も低い気温は 26.9 °C です。

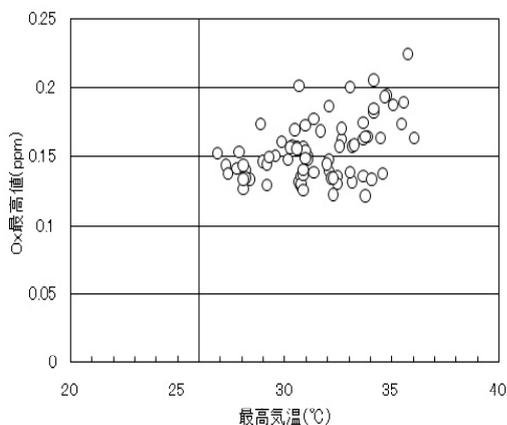


図10 最高気温とOx最高値の関係

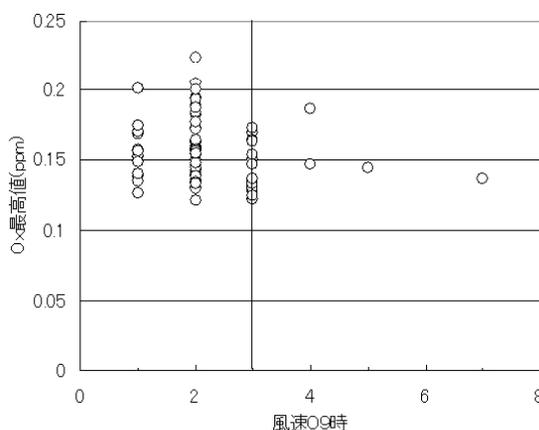
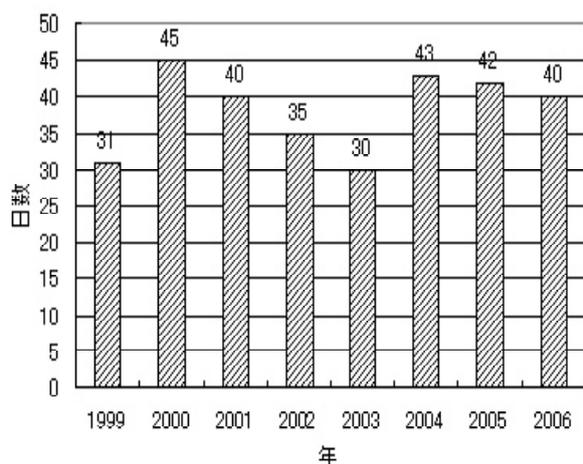


図11 午前9時の風速とOx最高値の関係



Ox が高濃度となる条件

- ・日最高気温が 26℃以上
- ・午前 9 時の風速が 3m/s 以下
- ・日照時間が 2 時間以上
- ・午前 9 時の風向が南～北北西を除く方向

図12 Oxが高濃度となる条件を満たす日数の推移

午前 9 時の風速(横浜)については、図11に示したように高濃度日のうち光化学スモッグが発生しやすい風速である 3m/s 以下の日が 90% 以上を占めています。

日照時間については 2 時間以上、午前 9 時の風向は南～北北西を除く全方向でそれぞれ Ox 濃度が高くなっています。

Ox 濃度は、日最高気温が 26℃以上、午前9時の風速が 3m/s 以下、日照時間が2時間以上、午前9時の風向が南～北北西を除く全方向で高くなりますが、こうした条件を満たす日数の経年変動は大きくありません(図12)。

NOx 濃度について、Ox 最高値との関係を図13に示します。発令日(図13●印)についてみると NOx 濃度が 0.02ppm 以上の場合に Ox が高濃度となっています。

NMHC 濃度と Ox 最高値との関係を求めた図14では、発令日(図14●印)についてみると NMHC 濃度が 0.2ppmC 以上の場合に Ox が高濃度となっています。なお、NMHC / NOx 比と高濃度の Ox の関係については、一定の傾向がありませんでした。

5 その他の要因

5.1 大陸からの影響

アジア大陸からの越境汚染により Ox 濃度が増加しているとの研究発表がありますが、2～5月、特に4月、5月に偏西風が日本列島を通過するときに神奈川もその影響を受けている可能性があります。

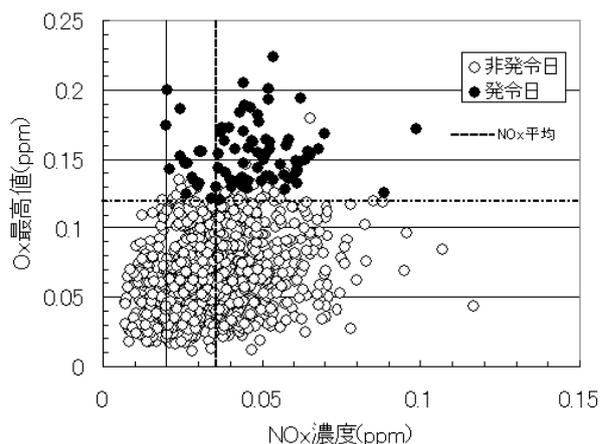


図13 NOx濃度とOx最高値の関係

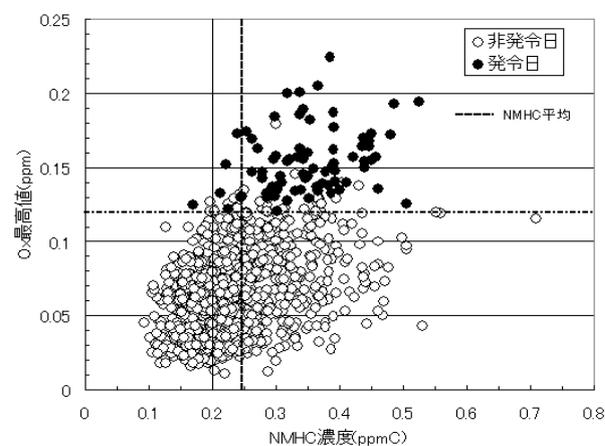


図14 NMHC濃度とOx最高値の関係

4～5月の注意報発令日数の推移(表1)を見ると、全国的には2000年をピークに5月の発令回数は減少しています。本県でも4、5月に発令したのはここ数年では2004年の1回だけで、大陸からのOx等の移流が県内のOx濃度に影響を及ぼしているかどうかについて、4～5月の昼間におけるOx濃度最低値の推移でみると、あまり変化がないことが分かりました。しかし、西日本方面ではいまでも発令している地域が毎年あります。

表1 4～5月の注意報発令日数の推移

年	全国		神奈川県		西日本	
	4月	5月	4月	5月	4月	5月
1997	1	1		1	1	
1998	6	17	1	2		7
1999		19		1		4
2000		28				5
2001	1	10				
2002	1	10				
2003	5	5				4
2004	3	13		1		6
2005		1				1
2006		3				2

また、黄砂が降った日は大陸からの汚染物質が移流した日と考えられるので、黄砂が観測された日と観測されなかった日のOx濃度とNOx濃度の比較を行いました(表2)。

表2 黄砂観測日・非観測日のOx濃度、NOx濃度の推移

黄砂観測日					黄砂非観測日		
年	月	日	Ox値	NOx値	年	Ox値	NOx値
2000	4	8	40.9	28.5	2000	36.7	31.7
2000	4	14	44.9	42.0	2001	33.0	33.7
2000	4	23	49.8	10.9	2002	32.1	35.4
2001	3	6	26.8	81.9	2003	33.5	34.0
2001	3	21	34.2	78.1	2004	34.7	31.6
2001	3	22	30.0	38.9	2005	36.1	32.2
2002	3	17	38.5	27.2	2006	35.1	29.9
2002	3	18	35.1	41.5	平均	34.4	32.7
2002	4	11	21.9	48.0			
2002	4	14	45.4	28.2			
2005	2	23	39.4	18.5			
2006	4	8	36.5	26.0			
2006	4	18	39.3	41.6			
2006	4	19	35.6	45.7			
2006	4	24	38.0	34.2			
2006	4	25	34.7	26.2			
2006	5	1	51.4	15.2			
平均			37.8	37.2			

両者を比較すると、黄砂観測日の方がOx値、NOx値ともに黄砂が観測されなかった日よりも大きい値を示していますが、大きな差はなく、注意報等の発令に影響を及ぼすことはなく、大陸からの影響は少ないと考えられます。

一方、夏には太平洋高気圧の影響で偏西風が北方に移動し、南からの高気圧に覆われるため、本県では大陸からの汚染物質の移流の影響はないと予想されています。

しかし、ヨーロッパや北米から排出された汚染物質の影響が北半球全体に及んでおり、Ox濃度のベースを押し上げているという報告もあり、現在、国等で検討が行われています。

5. 2 ヒートアイランドの影響

大都市域で周辺地域と比較して異常な気温上昇を示す現象をヒートアイランドと呼んでいます。

この現象が起きると、その上空に上昇気流が発生、そこに吹き込む風はあたかも山にぶつかる風のように手前に収束線(風がぶつかりあい大気汚染物質が拡散しにくい状態になっている地域)をつくるため、埼玉県から東京都県境の地域においてオキシダント高濃度域を生み出すことが国立環境研究所との共同研究で明らかになっています。

本県は大都市である東京に隣接していることから、ヒートアイランドの影響

について今後も注意深く監視していきたいと考えています。

5. 3 成層圏オゾンの影響

大気中のオゾンは自然由来のものも存在します。成層圏に存在するオゾンが、ハドレー循環と呼ばれる大気の上層部と下層部との循環により降下してくるものです。

このオゾンが地表付近のオゾン濃度にどの程度寄与しているかについて、現在調査が進められています。北半球中緯度地域では春季・秋季に地表付近の濃度が高くなることが知られています。

しかし、その高低濃度の差は 0.020ppm と推定されており、その降下時期が春秋であることから、注意報等に及ぼす影響は小さいものと考えられます。

6 対策の現状

現在、本県では O_x 緊急時対策として、O_x 緊急時措置の発令時に主要ばい煙排出者に対し燃料使用量等の削減措置を要請しています。

また、NO_x は大気汚染防止法及び県生活環境の保全等に関する条例による規制等を通して総量規制の形で対策を行っています。

工場等固定発生源の VOC に関しては大気汚染防止法による規制と県条例に基づく設備基準を設けることで規制を実施しています。

自動車排出ガスについても、平成 13 年に自動車 NO_x 法が改正され自動車 NO_x・PM 法となり、NO_x に加え粒子状物質 (PM) に対する取り組みも行われることになりました。本県でもこの法律に基づき、「神奈川県自動車 NO_x・PM 総量削減計画」を策定し、取り組みを強化しています。

7 まとめ

- (1) 本県の光化学スモッグ注意報の発令日数は 1972 年の 31 日をピークに減少していますが、O_x 濃度はここ数年増加傾向が見られます。
- (2) 原因物質の NO_x や NMHC の濃度は減少していますが、気象条件がそろえば高濃度の O_x が発生するレベルにあると考えられます。
- (3) 大陸からの黄砂が観測されていますが、本県の O_x 濃度に与える影響は少ないものと考えられ、ヒートアイランド、成層圏オゾン降下については、現在国等で進んでいる研究成果をふまえて調査等を進めていきたいと考えています。
- (4) 注意報の発令日数を減らすためには、NO_x 対策、NMHC を含む VOC 対策の推進が必要と考えられます。

引用文献

- 1) 光化学オキシダント等に関する共同研究グループ (2006) 日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究, 国立環境研究所研究報告, 第 193 号
- 2) 山地一代・秋元肇 (2007) 最近のモデル研究による東アジアオゾン汚染の現状と将来予測, 資源環境対策, Vol.43 No.7, p28-35