

# 神奈川県における光化学オキシダント濃度の 経年変化に係わる変動要因の検討\*

阿 相 敏 明\*\*・飯 田 信 行\*\*

キーワード ①光化学オキシダント ②経年変化 ③変動要因

## 要 旨

神奈川県における光化学オキシダント(O<sub>x</sub>)濃度は、1971～1989年度までは低下、その後1995年度まで上昇、その後再度低下傾向が見られるが、前期のO<sub>x</sub>の減少は固定発生源由来の窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)排出量の減少、その後の上昇期は新たな道路の開通や都市の拡張に伴うディーゼル車由来のNO<sub>x</sub>排出量の増加および単体規制による測定局周辺のNO<sub>x</sub>濃度低下に伴うO<sub>x</sub>分解量の減少、1995年度以降のO<sub>x</sub>の低下は単体規制、車種規制に加え、ディーゼル車走行量の減少によるものと推測された。1989年度以降のO<sub>x</sub>濃度の上昇率は全国より神奈川県で小さく、条例等による工場や自動車のNO<sub>x</sub>総量削減対策等効果ならびに産業の空洞化の影響などが考えられた。

## 1. はじめに

近年、日本におけるオキシダント(O<sub>x</sub>)濃度が上昇しているとの報告があることから、神奈川県におけるO<sub>x</sub>濃度の経年変化を検討した結果、1971～1989年度は低下、1995年度まで上昇、その後再度低下したことを見出し、このO<sub>x</sub>濃度の年変動は関東エリアにおける窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)の排出量に比例しており、またO<sub>x</sub>上昇期には都市域の拡大による関東エリアにおけるNO<sub>x</sub>排出量の増加と自動車の単体規制による測定局近傍のNO<sub>x</sub>排出量の低下によりO<sub>x</sub>分解量が少なくなったことの両者の影響であることを考察し、前報で報告した<sup>1)</sup>。

O<sub>x</sub>濃度の前駆物質であるNO<sub>x</sub>や非メタン炭化水素(NMHC)の排出量は、経済産業活動の影響を受けるとともに、行政が実施する排出抑制施策の影響も強く受ける<sup>2)</sup>。

日本では戦後、経済復興優先施策および1ドル360円、1バレル2ドルの低原油価格、朝鮮戦争

勃発を背景に経済発展を遂げた。その代償として公害問題が顕在化し、国民世論の高まりにより、大気汚染防止法による工場に対する濃度規制、総量規制また工場の分散化を図った工場立地法、自動車に対しても単体規制や車種規制を実施し成果をあげてきた。一方、経済摩擦が顕在化する中、ニクソンショックがあり、変動相場制に移行し、また、中東政局の不安定による第一次、第二次オイルショックにより省エネが進んだ。その後、プラザ合意により急速な円高が進んだが、低金利施策やマネーサプライの増加、逆オイルショックなどによりバブル経済が進行した。1991年にバブルが崩壊した後、経済が停滞し現在に至っている。

本研究では、より効率的な施策を行うため、O<sub>x</sub>濃度とNO<sub>x</sub>やNMHCの排出量およびこれに係わる経済活動、行政施策等の関係を把握することを目的とする。

\*Long-term Variation of Photochemical Oxidants and its Factor Over Prefecture Kanagawa

\*\*Toshiaki ASO, Nobuyuki IIDA (神奈川県環境科学センター) Kanagawa Environmental Research Center

## 2. 解析方法

解析対象データは、神奈川県における一般環境大気測定局の1971年度から2002年度までの32年間を使用した。また、「平成13年度大気汚染状況報告書<sup>3)</sup>」, 「平成14年度版環境統計集<sup>4)</sup>」, 「日本統計年鑑<sup>5)</sup>」, 「平成14年度かながわ環境白書<sup>6)</sup>」, 「平成14年度神奈川県県政要覧<sup>7)</sup>」によるデータを用いた。

ここでは、O<sub>x</sub>濃度とNO<sub>x</sub>濃度およびNMHC濃度ならびにこれら排出量等の経年的な変化を解析することによってO<sub>x</sub>濃度と前駆物質の関係を把握した。なお、解析に当たっては神奈川県と全国を対比して検討を行った。

## 3. O<sub>x</sub>濃度の経年変化

神奈川県および全国におけるO<sub>x</sub>日最高1時間値の年平均値の経年変化を図1に示す。1971年度から1981年度までは神奈川県も全国もO<sub>x</sub>濃度は減少している。全国ではこれ以降1994年度まで上昇後、2001年度まで横ばいで推移している。一方、神奈川県では1989年度付近まで横ばいかやや減少傾向にあり、その後全国と同様1995年度まで上昇したが、それ以降減少に転じている。

## 4. O<sub>x</sub>濃度に関する大気汚染物質濃度等の経年変化

### 4.1 NO<sub>x</sub>濃度の経年変化

神奈川県の横浜・川崎地域とその他地域に分けて、さらに地域ごとに一般環境大気測定局(一般局)と自動車排出ガス測定局(自排局)のNO<sub>x</sub>濃度

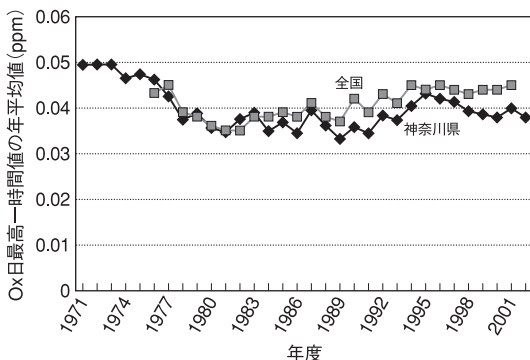


図1 神奈川県および全国におけるO<sub>3</sub>日最高1時間値の年平均値の経年変化

の経年変化を図2に示す。全国平均値についても同時に示す。

自排局では、横浜・川崎地域と全国のNO<sub>x</sub>濃度は1973年度以降減少傾向にあるが、その他地域では1971年度から1984年度までほぼ横ばいで推移した。その後1989年度まで上昇した後、それ以降横ばいで推移した。

一般局のNO<sub>x</sub>濃度は、いずれの地域も1971年度から減少したが、1985年度以降1991年度まで上昇し、その後やや減少している。

一般局のNO<sub>x</sub>濃度は、地域の面的な汚染状況を現わし、道路上の自動車からの線的な汚染状況は自排局と一般局のNO<sub>x</sub>濃度差として現わすことができるものと考えられる。そこで、自排局に影響を及ぼす道路上の自動車に起因するNO<sub>x</sub>濃度を、調査対象エリアにおいて自排局の濃度から一般局の濃度を差し引いて求め、その経年変化を図3に示す。

図3に示すとおり、横浜・川崎地域と全国の

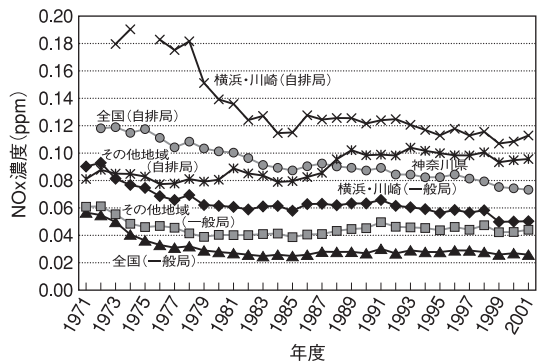


図2 神奈川県および全国におけるNO<sub>x</sub>濃度の経年変化

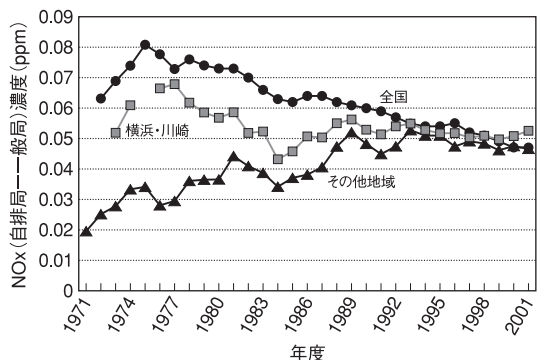


図3 神奈川県および全国におけるNO<sub>x</sub>(自排局—一般局)濃度の経年変化

NO<sub>x</sub> 濃度差(自排局—一般局)は、1975年度以降減少傾向にあった。これは他の変動因子等を考慮すると、単体制制や車種規制およびバブル崩壊後の貨物車比率の低下等の影響と考えられた。その他地域では、1971年度以降1991年度まで上昇し、その後やや減少傾向にあった。その他地域では1991までは対象とする幹線道路では交通量が増加し、その後飽和状態となったことが窺われ、横浜・川崎地域では1971年度からほぼ飽和状態にあったものと考えられた。1993年度以降は、いずれの地域もNO<sub>x</sub>は同様の濃度となっており、飽和状態となった状況では対象道路から自排局へのNO<sub>x</sub>濃度の影響は平均的には0.05ppm程度の影響があるものと考えられた。

#### 4.2 NMHC 濃度および NMHC/NO<sub>x</sub> の経年変化

神奈川県横浜・川崎地域とその他地域に分けて、さらに地域ごとに一般局と自排局のNMHC濃度の経年変化を図4に示す。全国平均値についても同時に示す。

NMHC濃度はいずれの地域も経年的には減少傾向で推移している。NO<sub>x</sub>濃度の減少率に対しNMHC濃度の減少率が大きいこと、NMHC/NO<sub>x</sub>はいずれの地域も経年的に低下しており、1970年代に全国とその他地域の一般局で15程度、NO<sub>x</sub>の高い横浜・川崎地域で11であったのが徐々に低下し、1993年度以降7～9で推移している。NMHC/NO<sub>x</sub>とO<sub>x</sub>生成速度は比例関係にあることが知られている。

このことから、1970年代にはO<sub>x</sub>濃度が東京湾岸地域で午前中に注意報発令基準値をたびたび超

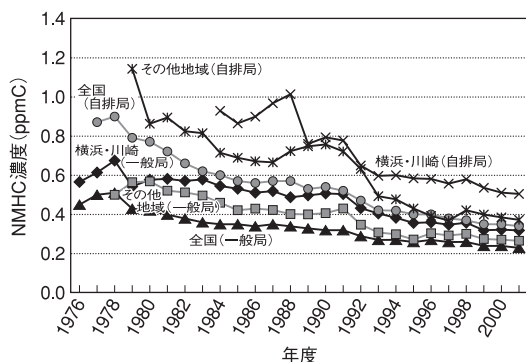


図4 神奈川県および全国におけるNMHC濃度の経年変化

えていたが、近年最高濃度出現時間が遅くなり、15時以降に高濃度となることが多い。また、当初は4月から10月までの長期間注意報が発令されたが、近年ではこの発令期間が短くなる傾向が見られる。

## 5. NO<sub>x</sub> 排出量に関する要因

### 5.1 主要固定発生源から排出されるNO<sub>x</sub>排出量の経年変化

神奈川県および全国における主要固定発生源から排出されるNO<sub>x</sub>排出量の経年変化を図5に示す。

1978年度から1985、1986年度までいずれの地域もNO<sub>x</sub>排出量は減少している。

しかしその減少割合は大きく異なり、横浜・川崎地域での減少率がかなり大きい。その後、神奈川県では横ばいかやや減少傾向にあったが、全国では1995年度まで上昇し、1978年度水準まで戻っている。その後は横ばい状況にある。1970年度からの減少率は神奈川県の方が全国に比べ大きくなっており、固定発生源における燃料転換や脱硝装置の設置等NO<sub>x</sub>対策、省エネ技術等の違いならびに工場の海外移転等によるものと考えられる。

### 5.2 燃料油販売実績の経年変化

神奈川県および全国における燃料油販売実績の経年変化のうちガソリンおよび軽油を図6、重油及びナフサを図7に示す。

ガソリンの販売実績は1967年度以降上昇している。神奈川県と全国ではやや神奈川県の方が伸びが大きい。また、軽油においては1967～1995年度まではガソリンと同様の伸びを示したが、神奈川

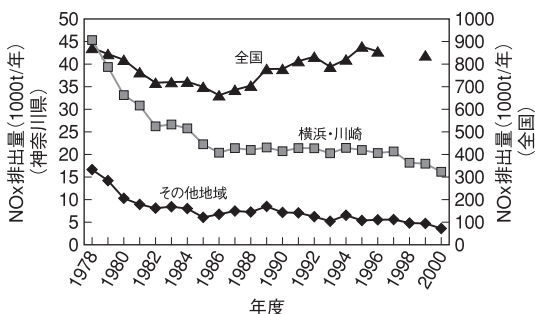


図5 神奈川県および全国における主要固定発生源から排出されるNO<sub>x</sub>排出量の経年変化

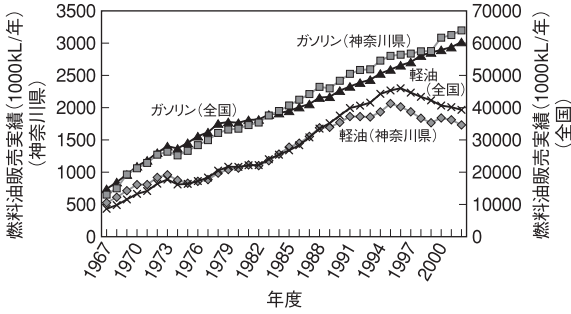


図6 神奈川県および全国におけるガソリン、軽油の販売実績の経年変化

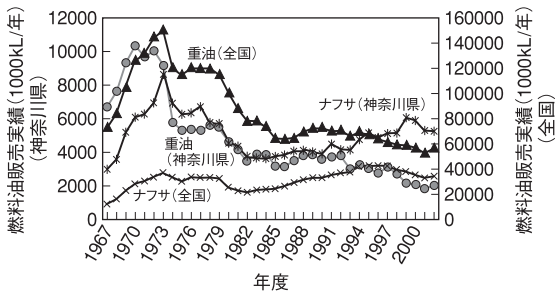


図7 神奈川県および全国における重油、ナフサの販売実績の経年変化

県は1996年度から、全国は1997年度から減少に転じた。神奈川県と全国ではガソリンと反対に神奈川県の方が伸び率が小さく1996年度以降の減少率も大きくなっている。これは後述するが、軽油引取税の引き上げ、ディーゼル車からガソリン車への転換施策や工場の海外移転に伴う産業の空洞化等により貨物車比率の低下が大きいと考えられる。

重油の販売実績は神奈川県も全国もほぼ同様な経年推移を示し、1970~1973年度をピークに1974、1980年度に急激な減少を示した。1986~1989年度でやや上昇した後、減少している。1970年度からの減少率は神奈川県の方が全国に比べ大きくなっており、NOx対策による燃料転換、省エネや工場の海外移転によるものと考えられる。ナフサは石油製品の原料であるが、1973年度をピークに減少し、1980年度前半を境に増加している。その後、全国では1995年度、神奈川県では1999年度をピークに減少している。

5.3 自動車交通量の経年変化

神奈川県における乗用車と貨物車の走行量の経

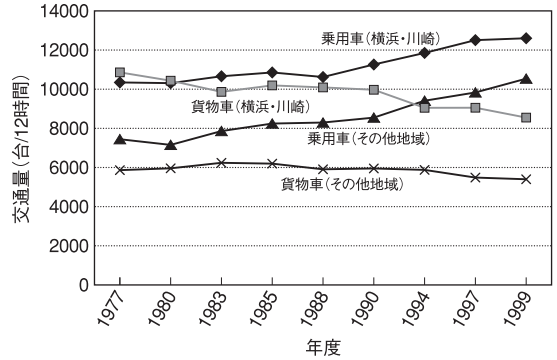


図8 神奈川県における自動車平均交通量の経年変化 横浜・川崎(65地点平均)、その他地域(35地点平均)

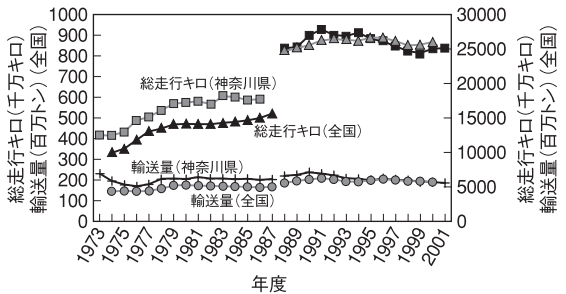


図9 神奈川県および全国における貨物車総走行キロと輸送量の経年変化(1988年度から軽貨物を含む)

年変化を横浜・川崎地域(65地点平均)とその他地域(35地点平均)に分けて図8に示す。

県内の交通量は増加傾向にあるが、乗用車が多くなり、貨物車が少なくなっている。その傾向は横浜・川崎地域で大きい。路線当たりの交通量は、横浜地域ではその他地域に比べ乗用車で2,000台/12時間、貨物車で3,000~4,000台/12時間以上多くなっているが、これは1路線当たりの車線数の違いによるものの影響が大きいものと考えられる。

神奈川県および全国における貨物車の総走行キロと輸送量の経年変化を図9に示す。

総走行キロは、神奈川県も全国も年々増加傾向にあったが、神奈川県では1991年度をピークに減少している。全国では1995、1996年度まで増加し、その後減少している。輸送量は神奈川県も全国も総走行キロ同様増加傾向から1990年度から減少傾向に移っているが、全国よりも神奈川県の方がやや減少率が大きい。

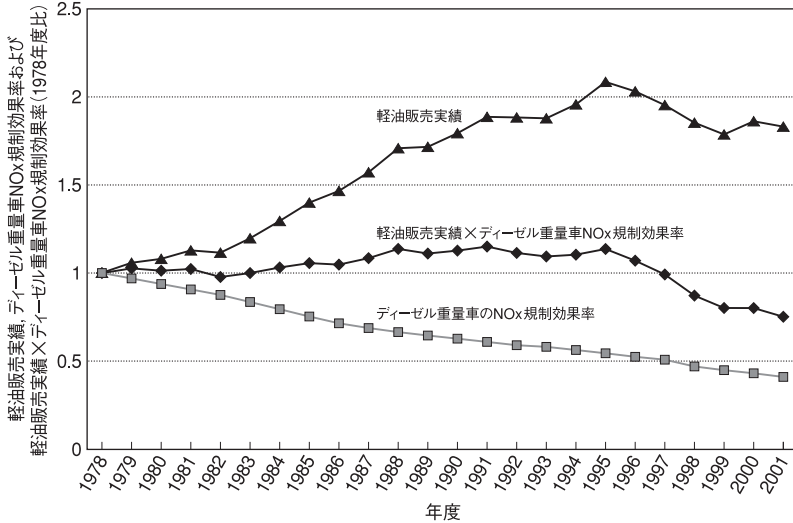


図10 神奈川県における軽油販売実績およびディーゼル重量車のNO<sub>x</sub>規制等の経年変化(1978年度比)

5.4 自動車由来のNO<sub>x</sub>排出量の経年変化

神奈川県における1978年度を基準年としたディーゼル重量車のNO<sub>x</sub>規制効果率と軽油販売実績の変化率およびその両者の積を図10に示す。

自動車から排出されるNO<sub>x</sub>のうち80%以上はディーゼル車から排出されていることから、ここではディーゼル重量車のNO<sub>x</sub>についての単体規制効果率(年次ごとの単体規制値と新車への代替を10年として算出)と軽油販売実績の変動率を乗じることにより自動車から排出されるNO<sub>x</sub>排出量のおおよその変動状況が把握できるものと考えた。

ディーゼル重量車の単体規制による1台当たりのNO<sub>x</sub>排出量は年々低下しており、1997年度には1978年度の約半分になっている。しかし、軽油販売実績の増加率は1995年度まではNO<sub>x</sub>規制効果率を上回り、両者の積はやや増加傾向を示している。すなわち、ディーゼル車1台当たりの排出量は低下したが、それ以上に走行台数が増加したことがうかがわれる。1996年度以降は両者とも低下しており、その積も大きく低下している。

なお、軽油やガソリン販売実績が大幅に増加しているにも関わらず、幹線道路における自動車走行量はあまり変化が見られない。このことから自動車走行量の面的な増加、すなわち新線の開通、細街路での増加、また車の大型化等によることが推測される。

6. 産業活動等の経年変化

6.1 工業製品出荷額と商業販売額の経年変化

神奈川県および全国における工業製品出荷額と商業販売額の経年変化を図11に示す。

工業製品出荷額は、神奈川県および全国とも1991年度をピークに減少している。神奈川県では全国に比べ1991年度以前の上昇率が大きかったが、これ以降の減少率も大きくなっている。商業販売額は、神奈川県および全国も工業製品出荷額と同様の経年変化を示している。

6.2 原油価格等の経年変化

原油価格の経年変化を図12に示す。併せてO<sub>x</sub>濃度の変動に影響を与えられとされる上記変動要因以外の要因も同時に示す。

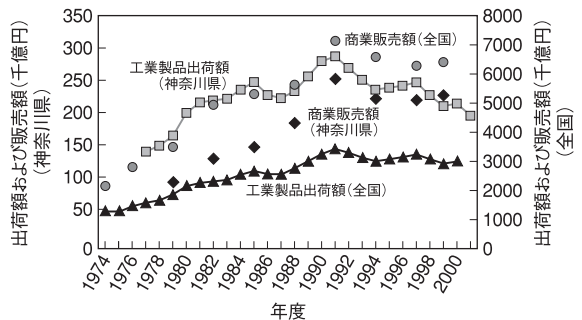


図11 神奈川県および全国における工業製品出荷額と商業販売額の経年変化



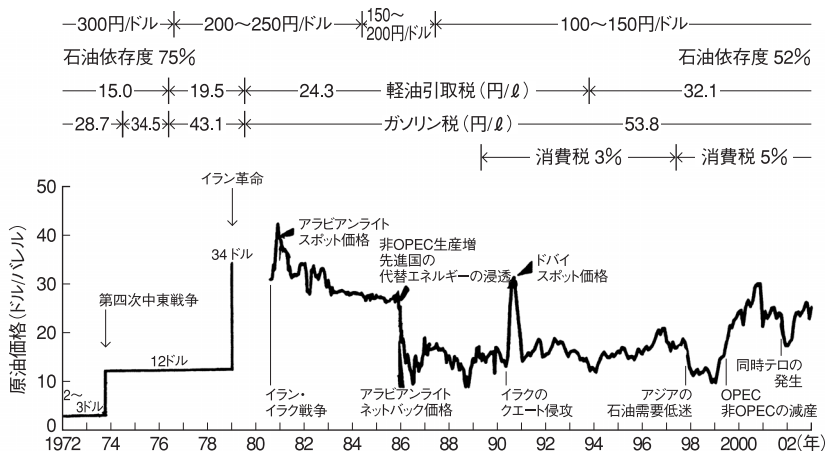


図12 原油価格等の推移

原油価格は1973年まで2～3ドル/バレルであったのが第四次中東戦争の影響で12ドル/バレルに、また1979年からイラン革命の影響で34ドル/バレルに急騰した。いわゆる第一次オイルショック、第二次オイルショックである。先進国の代替エネルギーの浸透、石油の備蓄、非OPECの増産等により1985年末に10ドル/バレルに反落した。1999年まで12～15ドル/バレルで推移した後、2000年度以降、20数ドル/バレルで推移している。

その他の要因として、1989年に消費税3%が導入され、1997年に5%となった。また軽油引取税が1994年に24.3円/lから32.1円/lに増税された。

### 7. O<sub>x</sub>濃度の経年変化と変動要因との関係

上記3.1から6.1までに検討した事項について表1にまとめて示す。横軸を年度、縦軸をO<sub>x</sub>濃度または変動因子として各年度区分ごとに求めた増減(%/年)を示したもので、カッコ内の数値はその相関係数である。

O<sub>x</sub>濃度の1971年度から現在まで変動は大きく1971～1989年度の低減期と1989～1995年度の増加期と1995年度以降の低減期の3つに分けられる。変曲点は1989年度と1995年度である。

固定発生源からのNO<sub>x</sub>排出量は、原油価格2ドル/バレルを背景に1973年度まで増加を続けたが、オイルショックにより減少した。しかし、

1986年度末に逆オイルショックがあり、原油の価格が急落し、それとともに全国のNO<sub>x</sub>排出量は1995年度まで大幅に増加した。しかし、神奈川県では1986年度以降もNO<sub>x</sub>排出量は横ばいかやや減少傾向で推移した。1995年度以降は神奈川県では減少傾向が見られるが、全国では横ばいで推移した。

移動発生源はガソリン販売量が年々大幅な上昇を示していた。一方、移動発生源のNO<sub>x</sub>排出量の80%以上を占めるディーゼル車の燃料である軽油はガソリン同様年々増加したが、1995年度以降大幅な減少に転じている。移動発生源からのNO<sub>x</sub>排出量は、これに年度ごとの単体規制分を考慮しなければならず、都市域においては1991年度以降、関東エリア全体では1995年度以降、NO<sub>x</sub>排出量は低下していることがうかがわれた。

### 8. まとめ

1971～2002年度の神奈川県における一般環境大気測定局の光化学オキシダント(O<sub>x</sub>)データを用い、その経年変化を検討した結果、1971～1989年度までは低下、その後1995年度まで上昇、その後再度低下傾向が見られた。前期のO<sub>x</sub>の減少は固定発生源由来の窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)排出量の減少、その後の上昇期は新道路の開通や都市の拡張に伴うディーゼル由来のNO<sub>x</sub>排出量の増加および単体規制による都市域におけるNO<sub>x</sub>濃度の低下に伴うO<sub>x</sub>分解量の減少、1995年度以降のO<sub>x</sub>の低

表 1 O<sub>x</sub> 濃度と変動因子の経年変化

	年度	1971～	1981～	1986～	1989～	1991～	1995～
O <sub>x</sub> 濃度	本県	-4.0(-0.95)	-0.6(-0.2)		+3.9(0.93)		-1.7(-0.87)
	全国	-5.1(-0.93)	+2.2(0.84)	-1.6(-0.45)	+2.5(0.79)		+0.1(0.10)
NO <sub>x</sub> 濃度	一般局	本県	-3.9(-0.95)	+0.2(0.22)	+1.8(0.89)		-1.7(-0.87)
	全国		-7.4(-0.94)	-0.8(-0.50)	+1.8(0.69)		-1.1(-0.65)
NO <sub>x</sub> 濃度	自排局	本県	-1.9(-0.75)		+2.1(0.83)		-1.2(-0.88)
	全国		-2.3(-0.97)				-1.5(-0.96)
NMHC 濃度	一般局	本県	-3.0(-0.96)		-0.6(-0.38)		-3.7(-8.6)
	全国		-3.6(-0.97)		-1.7(-0.88)		-2.6(-0.91)
NO <sub>x</sub> 濃度	自排局	本県	-4.1(-0.95)		1.3(0.68)		-4.5(-0.92)
	全国		-5.4(-0.98)		-1.7(-0.83)		-3.9(-0.94)
NO <sub>x</sub> 排出量	固定発生源	本県	-8.9(-0.94)		+0.5(0.30)		-3.1(-0.88)
	全国		-3.3(-0.96)		+2.8(0.93)		-0.7(-)
燃料油 販売量	重油	本県	-5.8(-0.87)		+7.0(0.96)		-5.3(-0.94)
	全国		-5.7(-0.96)		+4.6(0.98)		-2.4(-0.96)
	ガソリン	本県			+3.1(0.99)		
軽油	全国				+2.7(0.99)		
	本県			+3.8(0.97)			-2.3(-0.91)
軽油	全国			+4.4(0.97)			-2.4(-0.98)
	貨物車の総走行キロ	本県	+4.9(0.97)	+0.5(0.36)	+3.8(0.96)		-1.2(-0.91)
工業製品出荷額	全国	+5.4(0.94)	+1.2(0.95)	+2.0(0.99)			-0.3(-0.58)
	本県		+4.0(0.92)				-3.0(-0.93)
商業販売額	全国		+5.1(0.98)				-1.1(-0.71)
	本県		+6.9(0.97)				-1.3(-0.72)
商業販売額	全国		+6.7(0.99)				-1.4(-0.89)

単位：%/年，( )内はr 相関係数

下は単体規制，車種規制に加え，ディーゼル車走行量の減少によるものと推測された。一方，全国における O<sub>x</sub> 濃度は1989年度以降の上昇率は神奈川県よりも大きく，固定発生源における NO<sub>x</sub> 排出量の増加や車種規制等のディーゼル車規制の相違が考えられ，神奈川県では条例等による固定発生源や自動車に対する NO<sub>x</sub> 総量削減対策，光化学大気汚染対策の効果並びに産業の空洞化の影響などが示唆される。

## 9. 今後の課題

神奈川県における O<sub>x</sub> 濃度は近年減少傾向にあるが，いまだ光化学注意報が発令されている。O<sub>x</sub> の前駆物質である NO<sub>x</sub> の排出量はディーゼル車については各種規制によって今後大幅に減少することが期待されるが，固定発生源については現在の排出抑制技術では限界に近く，大幅な削減は期待できない。大陸における NO<sub>x</sub> の増加に伴う

BG-O<sub>3</sub>の増加が危惧されている中，固定発生源における NO<sub>x</sub> 削減のための更なる削減技術の開発が望まれるとともに中国を始めとする東アジア地域の排出削減への協力は重要である。

## —参考文献—

- 1) 阿相敏明，飯田信行：神奈川県におけるオキシダントの経年変化，全国環境研会誌，29(4)，31-36，2004
- 2) 阿相敏明：神奈川県におけるオキシダントの経年変化と変動要因について，大気環境学会特別講演会「増え続ける光化学オキシダント—その原因と対策—」，15-23，2003
- 3) 環境省環境環境管理局編：平成13年度大気汚染状況報告書(平成14年12月)
- 4) 環境省総合環境政策局編：平成14年度版環境統計集(平成14年6月)
- 5) 総務省統計局編：日本統計年鑑(31～52巻)
- 6) 神奈川県環境農政部：平成14年度かながわ環境白書(平成15年3月)
- 7) 神奈川県企画部統計課編：平成14年度神奈川県勢要覧(平成15年3月)