

千葉県における光化学オキシダントの長期変動と特徴

根本 創紀

1 はじめに

光化学オキシダント(Ox)^(注1)は、窒素酸化物(NOx)や揮発性有機化合物(VOC)から光化学反応によって生成するオゾンやペルオキシアセチルナイトレート(PAN)、アルデヒドなどの大気汚染物質の総称である。Ox濃度が高くなると、目やのどに刺激を与え、目がチカチカする、のどが痛い等の健康被害が発生することがある。NOx、VOCの削減対策による前駆物質の濃度低減にもかかわらず、千葉県内でのOx年平均値は近年横ばいであるものの、長期的に緩やかな増加傾向にあった¹⁾。また、Oxの測定を開始した1977年度以降、環境基準は全局で未達成となっており²⁾、Ox濃度の低減は大気環境行政における大きな課題となっている。

Ox年平均値が増加傾向にあった原因としては、NO(一酸化窒素)タイトレーション効果の低減や越境汚染の増加が考えられているが³⁾、これらの影響の度合いは地域によって大きく異なると考えられる。今後環境基準達成に向けての効果的な対策を検討するには、地域ごとのOx濃度変動を把握し、その要因を明らかにすることが有効であると考えられるが、千葉県内のOx濃度変動に注目した報告はほとんどされていない。

本研究では、Ox濃度の増加要因の解明やOx濃度低減に資する知見を供することを目的に、千葉県内でのOx濃度の長期的な変動や地域別の傾向を明らかにするための解析を行った。

2 方法

2・1 解析データ、対象期間

解析データは千葉県環境生活部大気保全課が行っている大気環境常時監視測定結果を使用した。解析対象期間は、1991～2020年度の30年間とした。

解析対象局は期間中にOxを継続して測定している測定局(64局)とした(図1)。年平均値の評価ではOxの高濃度域の変動状況に注目するため、暖候期(4～9月)、昼間(5～20時)の平均を使用した。

なお、2020年度については、新型コロナウイルス感染症による緊急事態宣言が発令されるなどの影響により、前駆物質の排出状況が例年とは異なる状況であったため⁴⁾、本研究では参考値として扱い、経年変化等の評価では使用しないこととした。

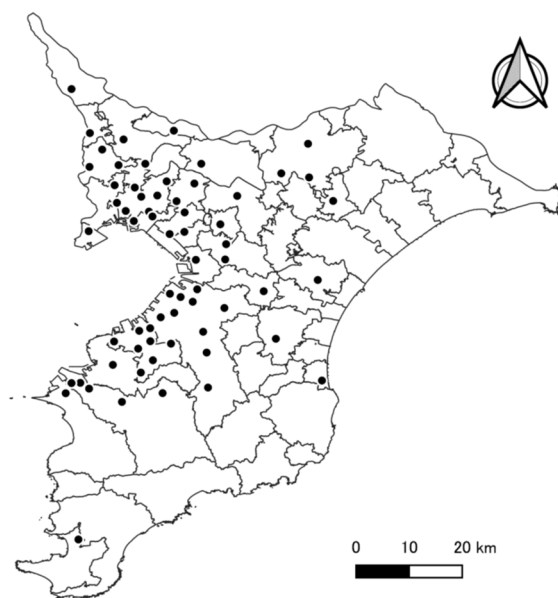


図1 解析対象測定局位置図¹⁵⁾

2・2 解析手法

2・2・1 クラスター分析

長期的なOx濃度の増加は、主に前駆物質の排出量減少によるOx生成量の変化、NOタイトレーション効果の低下、越境汚染の3つの要因によるものとされている³⁾。このうち、NOタイトレーション効果の低下、越境汚染がOx濃度の増加に寄与していることが示され、越境汚染については関西や九州などの大陸に近い地域ほど強く影響を受けている

ことが示唆された一方で、関東地域ではNOタイトレーション効果の低下がOx濃度増加に強く関与しているとされた⁵⁾。

NOタイトレーション効果とは、Oxの主要成分であるオゾン(O₃)が、NOとの反応(NO+O₃→NO₂+O₂)により消失することを指す。NOxは工場や自動車からの排出の影響が大きく、産業活動が活発で交通量の多い都市域ほどNOタイトレーション効果の影響が大きく現れることから、測定局の位置する地域性がOx濃度に反映され、千葉県内においても地域によって異なった変動傾向を示すと考えられる。

そこで、千葉県内の測定局におけるOx濃度経年変化の傾向をパターン分けし、変動が類似している地域ごとに解析を行うために、測定局の常時監視データ1時間値からOx日最高8時間値年99パーセンタイル値^(注2)を算出し、1991～2020年の変動パターンのクラスター分析^(注3)を行った。クラスター分析は、非階層的クラスタリング法の一つであるk-means++法を使用し、非類似度にはユークリッド距離を用いた。非階層的クラスタリング法では、事前にクラスター数を決定する必要があるが、ここでは探索的に4と決定した。

Oxの日最高8時間値の年99パーセンタイル値は、年間の高濃度に着目した指標で、高濃度域の抑制が重要な光化学オキシダントでは年平均値のような指標よりも適切に環境改善効果を評価することができる⁶⁾とされ、2014年に環境省がとりまとめた⁶⁾。

長期的なトレンドを確認する目的では、気象要因などによる年々変動の影響を軽減するため3年移動平均値を用いることが有効とされているが⁵⁾、クラスター分析においては、1年ごとの変動も地点の特徴を表しているものと考えられることから、Ox日最高8時間値年99パーセンタイル値をそのまま用いることにより、対象期間における測定局ごとの高濃度域の変動状況に応じた分類ができると考えた。

解析対象の測定局は、期間中に継続してOxを測定している64局とした。

8時間値は、8時間のうち6時間以上が有効である時点を有効8時間値とした。また、日最高8時間

値は、1日のうち8時間値が20時間以上有効である日を有効日として算出し、有効日最高8時間値が250日以上の年度を有効年度とした⁷⁾。また、有効年度の条件を満たさなかった測定局については、日最高8時間値年99パーセンタイル値を算出せず、前後の年度値から線形補間した値を使用した。

クラスター分析にはPython 3.9.12で、時系列データ解析用のライブラリtslearn 0.5.2⁸⁾を使用した。

2・2・2 クラスターごとのOx、POの経年変化

Oxの濃度変動がOxの生成量の増減によるものなのか、タイトレーションによるものなのかは区別することができない。そこで、タイトレーションによる消失では変化しない実質的なOx濃度としてポテンシャルオゾン(PO)濃度を式(1)により算出し、同様に解析することとした³⁾。

$$[PO] = [O_3] + [NO_2] - \alpha \times [NO_x] \quad \dots \text{式(1)}$$

$$\alpha = 0.1$$

α はNOxが排出された時点でのNO₂の比率をあらわしているが、本研究では、日本で一般的に使用されてきた $\alpha=0.1$ を採用した。なお、この α は地域や時期により異なると考えられ、PO濃度には不確実性が含まれていることに注意する必要がある。

ここではOx、NO₂、NOxの常時監視データの1時間値からOx、PO、NOxの暖候期昼間年平均値を算出し、濃度変化の解析を行った。

2・2・3 月別変動の解析

環境省による関東地域の広域における検討では、Oxの昼間年平均値は増加傾向、日最高8時間値年99パーセンタイル値は横ばいと変動傾向が異なっていることが示されている⁵⁾。Oxの濃度変動は季節によって大きく異なり、夏季は光化学反応が活発に生じ、ピーク濃度が高くなるが、春季はバックグラウンド濃度が高くなることから⁹⁾、季節ごとの変動の違いが傾向の違いに現れていると考えられる。そこで、高濃度域と平均的なOx濃度の変動の違いを検討するために、測定局別に月ごとの濃度変動の解析を行った。解析対象測定局は、クラスター分析の結果や千葉県における光化学オキシダント発令区域¹⁰⁾を参考に9か所の測定局を選定した。濃度変動の評価は、月ごとの昼間平均値を使用した³⁾が、月平

均値は有効値として取り扱うための測定時間等の規定がないため、ここでは月昼間平均値を、5～20時に欠測がない日を有効日とし、月あたりの有効日数が20日以上の月を有効月として算出した。

3 結果

3・1 クラスタ分析

3・1・1 クラスタごとの濃度変動

図2にクラスタ分析の分類結果を示す。4つのクラスタはそれぞれ地域ごとにまとまっており、大きく東京湾沿岸部と内陸部、北部と南部の4つに分類された。分類されたクラスタの中には、地理的に離れた場所に存在する測定局がある。これらは、局所的に異なるOx濃度変動を示している測定局であると考えられるが、局数が少ないことから、クラスタごとの平均で評価する際に与える影響は限定的であると考えられるため、除外は行わなかった。

それぞれのクラスタに属する測定局の、Ox日最高8時間値年99パーセンタイル値の平均値を図3(上)に示した。全体的な特徴としては、1990年代は各クラスタ間の濃度差が大きく、2004年に大きなピークを示した後は、各クラスタの濃度差は比較的小さくなり推移していた。

分類に使用したOx日最高8時間値年99パーセンタイル値のクラスタ別の変動については、次のような特徴がみられた。()内は測定局数を示す。

・ Cluster 1 (19)

交通量の多い国道や高速道路が通る東京湾沿岸に位置する測定局が多く分類された。Oxは1990年代の濃度が最も低く推移しており、2004年のピークの増加幅が大きく、近年も最も低い濃度で推移している。

・ Cluster 2 (18)

本検討で分類されたクラスタでは、最も交通量や固定発生源等の影響が小さいと考えられる郊外地域に位置する測定局が多い。Oxは1990年代は最も高い濃度で推移しており、他のクラスタと比べて2004年のピークの増加幅は小さい。

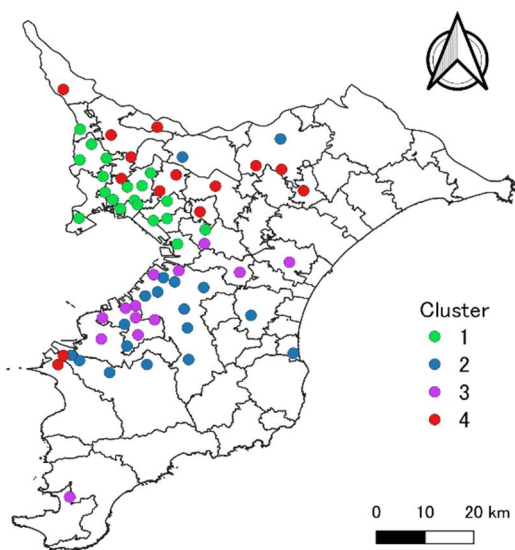


図2 クラスタ分析結果¹⁵⁾

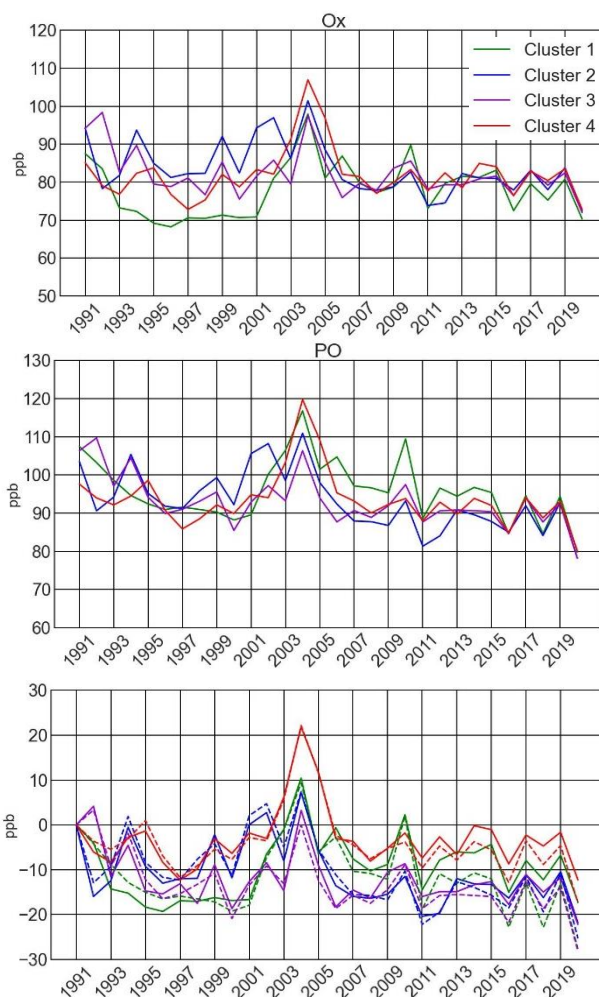


図3 クラスタごとのOx日最高8時間値年99パーセンタイル値平均値(上)、PO日最高8時間値年99パーセンタイル値平均値(中)、1991年を0としたときのOx(実線)、PO(点線)日最高8時間値年99パーセンタイル値平均値(下)

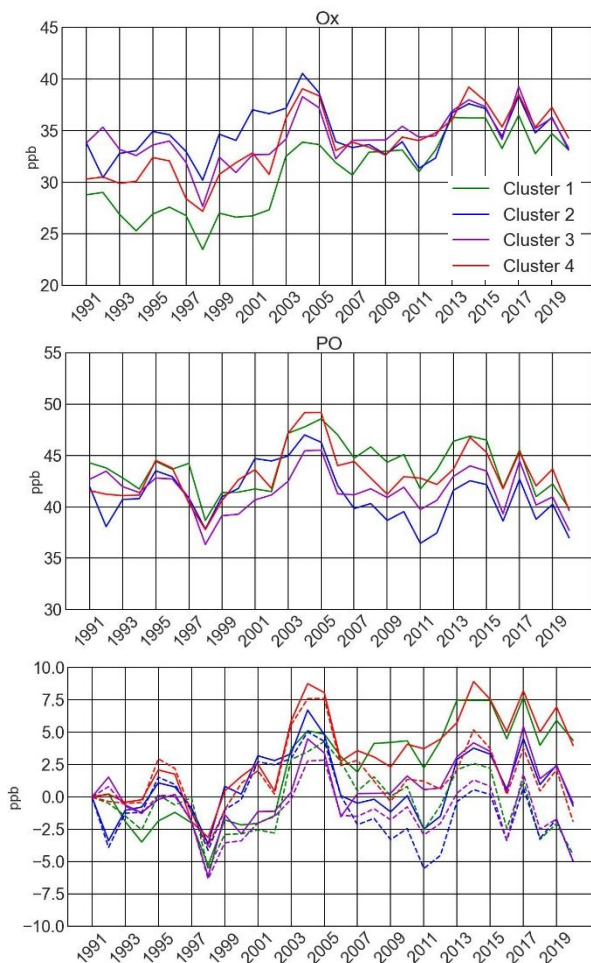


図4 クラスターごとのOx(上), PO(中)暖候期昼間年平均値の経年変化, 1991年を0としたときのOx(実線), PO(点線)暖候期昼間年平均値(下)

・ Cluster 3 (13)

主に、東京湾沿岸の国道沿いで、大規模な工場等の固定発生源近傍の測定局が多く分類された。Oxは1990年代は中程度の濃度で推移しており、2004年のピークでの増加幅は比較的小さい。

・ Cluster 4 (14)

Cluster 1に隣接する千葉県北部の内陸部の測定局が多く分類された。都市域ではあるが、自動車交通が集中する沿岸部の幹線道路や大規模固定発生源からは距離があり、影響は比較的小さいと考えられる。Ox濃度は1990年代には中程度の濃度で推移しており、2004年のピークでは最も高い濃度を示していた。

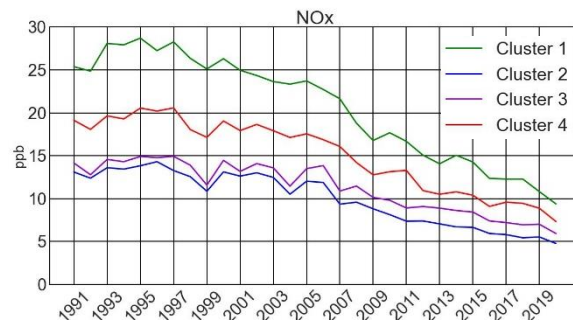


図5 クラスターごとのNOx暖候期昼間年平均値

PO日最高8時間値99パーセンタイル値(図3(中))は、1990年代はクラスター間の差は比較的小さく、Oxと同様に2004年にピークを示した後は、わずかに減少傾向を示していた。OxとPOの変動傾向を比較するため1991年を0としたときの濃度変動を図3(下)に示した。2005年頃までOx, POはほぼ一致していたが、それ以降は差が大きくなり、POが低く推移するようになっていた。

図4では、クラスターごとのOx, POの暖候期昼間年平均値、1991年のOx, PO濃度を0とした時の濃度変動を示した。Ox暖候期昼間年平均値はクラスター2はほぼ横ばいであるが、その他のクラスターはいずれも上昇傾向にあった。PO暖候期昼間年平均値は年々変動が大きいものの、いずれのクラスターもほぼ横ばいで推移していた。暖候期昼間年平均値のOxとPOの変動傾向の違い(図4(下))は、1998年頃からOxがPOを上回って推移するようになり、2007年頃から差が顕著になった。1999年から2004年頃の濃度変動は、日最高8時間値年99パーセンタイル値、暖候期年平均値のOx, POでいずれも増加していた。

3・1・2 Oxの変動要因

図3(下), 図4(下)に示したOxとPOの濃度変動の差は、主にNOタイトレーション効果によってOxが増加する一方で、POはタイトレーションの影響で変動しないことが原因であると考えられる。NOx暖候期昼間年平均値(図5)は、いずれのクラスターにおいても1998年頃から減少が始まっており、波はあるものの2020年まで継続して減少していた。

クラスター別では、Cluster 1, Cluster 4 が高い値を示しており、1990年代から2010年代にかけての減少幅も大きかった。

自動車から排出される NO_x については、道路運送車両法等に基づく自動車排ガス規制（単体規制）の段階的な強化に加え、1993年12月から自動車 NO_x 法、2002年10月からは NO_x・PM 法に基づき、自動車交通が集中する地域を対象に車種規制が実施され、排出の削減が図られている。また、2003年10月からは千葉県を含む1都3県の条例により、粒子状物質（PM）の排出削減を目的とするディーゼル車の運行規制が行われており、これらの規制が相まって基準適合車への代替が進むことにより、NO_x 排出量が漸減し¹¹⁾、1998年頃からその効果が平均濃度にあらわれているものと考えられた。NO_x 濃度が低下し始める時期と O_x と PO 濃度の年平均値の変動傾向が乖離し（図4(下)における差が広がり）始める時期は1998年頃と概ね一致しており、クラスター別では、NO_x 濃度の低下が大きい Cluster 1, Cluster 4 ほど、近年の O_x と PO の差が大きくなる傾向がみられ、NO タイトレーション効果の影響を大きく受けていたことが示唆された。

クラスター間に共通する特徴である2004年にかけての O_x の濃度増加は、時期から考えて前述の規制による NO_x 濃度変動の影響を受けているものと思われるが、O_x と PO が同様に増加しており、O_x 濃度に対する NO タイトレーション効果の影響は比較的小さかったものと思われる。この濃度増加の原因については、本研究の解析方法では詳細に考察することはできないが、O_x の生成状況は NMHC と NO_x の比によって変化することや天候にも大きく影響を受けることから³⁾、これらの要因が複雑に影響しあって生じたと考えられる。

近年、地域ごとの O_x 濃度差が1990年代と比較して小さくなっている原因については、NO_x 濃度の減少に伴い、全体的に NO タイトレーション効果が軽減したことや、前駆物質の削減効果により O_x 生成量の地域差が小さくなってきていることが影響していると考えられる。

3・1・3 NO タイトレーション効果による減少

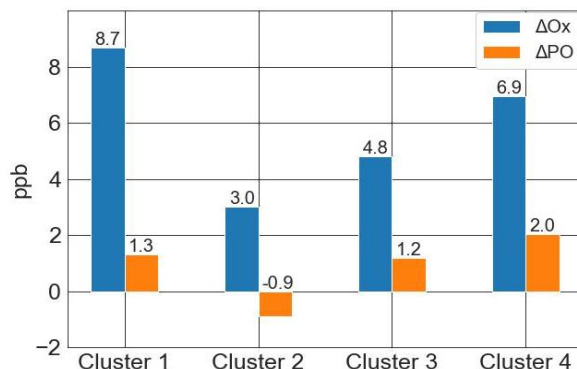


図6 クラスターごとの O_x, PO の2015~2019年暖候期昼間平均値と1995~1999年暖候期昼間平均値の差(ΔO_x, ΔPO)

幅の評価

PO は NO タイトレーション効果では変化しない実質的な O_x 濃度である。式(1)中の $[NO_2] - \alpha \times [NO_x]$ はタイトレーション ($O_x + NO \rightarrow O_2 + NO_2$) により NO₂ となった NO の濃度を表しており、これはタイトレーションにより減少した O_x 濃度に等しい。つまり、減少分の O_x を [titrO_x] とすると、式(1)は、 $[PO] = [O_x] + [titrO_x]$ とすることができ、さらに $[PO] - [O_x] = [titrO_x]$ とすることによりタイトレーションによる O_x 濃度の減少幅 [titrO_x] を求めることができる¹²⁾。このことから、ある期間の O_x 濃度の変化量 ΔO_x および PO 濃度の変化量 ΔPO の差(ΔO_x - ΔPO)をとることにより、NO タイトレーション効果による O_x 減少幅の変化を見積もることができ、ΔO_x と ΔPO の差が大きいほどタイトレーションによる O_x 濃度減少が大きくなっているということが推定できる^{3),12)}。図4(下)に示した O_x と PO の差では、1990年代に小さく、2010年代に大きくなっていることから、1990年代から2010年代にかけて NO タイトレーション効果の影響が大きく変化していることがわかる。この期間の NO タイトレーション効果による O_x 濃度の変化量を比較するため、2015~2019年と1995~1999年の O_x 平均濃度の差(ΔO_x) および PO 平均濃度の差(ΔPO)を求めた(図6)。ΔO_x は Cluster 1: 8.7, Cluster 2: 3.0, Cluster 3: 4.8, Cluster 4: 6.9 であり、いずれのクラスターも増加幅が PO より顕著に大きく、NO タ

イトレーション効果の低減による濃度上昇がみとめられた。 ΔO_x と ΔPO の差は、Cluster 1 で 7.4, Cluster 4 で 4.9 と都市域で大きく、Cluster 2 と Cluster 3 は 3.9, 3.6 とほぼ同じ値であり、 NO_x 濃度の高いクラスターほど、 NO タイトレーション効果の影響が大きく現れていた。

3・2 測定局ごとの解析

県内 9 測定局(図 7)を対象に、月別 O_x 昼間平均値、年代ごとに 1 時間値が 60 ppb 超、120 ppb 以上となった時間の出現頻度を図 8-1~8-9 に示した。ここでは、光化学スモッグ注意報発令期間である 4~10 月を解析対象とした。高濃度出現頻度は、気象状況などに影響をうけ変動が大きくなると考えられるため、5 年間の平均頻度で評価を行うこととし、直近の 2015~2019 年から 10 年ごとに 2005~2009 年、1995~1999 年の各期間を対象として、それぞれの期間の昼間(5~20 時) 1 時間値を用いて算出した。2020 年については、参考値として 1 年のみの値を示した。月別平均値は 1 測定局での 1 か月のみの平均であるため、SRP 校正^{注 4}ではない 2005 年 9 月以前については、測定方式、校正方法の違いによる誤差の影響が大きくなっている可能性があるため、測定局間の濃度差などの定量的な評価や考察は行っていない。

月ごとの平均濃度は、測定局によって程度に差はあるものの、解析期間中は 4~5 月の春季に最も高い濃度を示していた。月ごとの経年変化は、5 月において明瞭な上昇傾向がみられ、9~10 月の秋季においても比較的弱いものの上昇傾向がみられた(図 8)。高濃度が問題となる 7~8 月の夏季は、近年は横ばい、または、わずかな減少傾向がみられた。 O_x 年平均濃度は全体的に増加傾向にあるが、月によって傾向は大きく異なっており、夏季は平均濃度がほぼ横ばいで推移していることから、春季、秋季の濃度上昇が O_x 年平均濃度の増加に寄与しているものと思われた。

野田市野田、船橋印内、検見川小学校(図 8-1, 8-4, 8-5)は、2002 年から 2003 年の間に顕著な濃度増加がみられた。この時期は、前述の自動車 NO_x ・PM 法による車種規制や条例によるディーゼル車運

行規制の開始と同時期であることから、 NO タイトレーション効果により、都市域に設置された 3 測定局において濃度増加が生じたものと考えられる。館山亀ヶ原(図 8-9)は、大規模固定発生源や、交通量の多い道路も近傍にないことから、前駆物質の変動による影響を受けにくい地点であったと考えられ、他の測定局と比較して年平均濃度の変動幅が小さかった。

O_x 1 時間値における高濃度出現頻度の年平均は、120 ppb 以上の注意報レベルでは、野田市野田、船橋印内、検見川小学校のような都市域で 2000 年代に突出して高くなるような特徴があり、その他の測定局では、前後の年代と同程度、または減少がみられた。月別では、7 月、8 月の夏季に頻度が最も高くなる測定局、年代が多いが、印西高花の 2010 年代 5 月や成田加良部の 2000 年代 9 月など測定局、年代によって傾向は異なっていた。

60 ppb 超の環境基準超過レベルの高濃度出現頻度については、全体的には 120 ppb 以上と傾向は異なっていたが、2000 年代の 7~9 月の都市域においては 120 ppb 以上と同様に他の年代と比べて高くなる傾向がみられた。その他の測定局の特徴としては、7~8 月には横ばい、または、減少していた。春季においては館山亀ヶ原を除く測定局において、2010 年代の 5 月に最も頻度が高く、他の月と比べ前年代からの増加分が高かった。4~10 月通しての 60 ppb 超の頻度の年代平均では、測定局によって増加や横ば



図 7 解析対象測定局¹⁵⁾

いなど推移が異なり全体的な一貫した傾向は見られなかった。

以上のことから、1990年代から2010年代の各季節の変動には主に以下のような要因が影響していると考えられる。

・5月

Ox 濃度が増加傾向にあり、60 ppb 超の出現頻度が最も高い月である一方で、120 ppb 以上の高濃度域の出現頻度は比較的低いことから、移流等によるバックグラウンド濃度の上昇要因が存在している可能性がある。

・8月

Ox 濃度の変動は比較的小さく、近年は横ばいまたは減少傾向にあることから、前駆物質削減によって Ox 生成が抑制されていることが示唆された。

・10月

NOx 濃度が春季、夏季と比べて濃度が高くなりやすいことから、経年的な NOx 濃度低下に伴う NO タイトレーション効果の低減による影響が大きく現れやすく、Ox 濃度が増加傾向を示している可能性が考えられる。

1991	36.7	36.5	34.0	31.7	21.2	18.4	16.2	27.8
1992	17.7	32.2	26.0	36.0	18.6	24.8	17.9	24.6
1993	34.6	42.3	30.2	20.8	20.7	21.4	17.4	26.6
1994	36.8	30.6	25.8	20.5	21.7	17.2	11.9	23.7
1995	38.6	34.5	28.0	28.3	39.5	25.5	18.4	29.9
1996	35.0	32.6	27.6	26.1	21.5	21.4	15.6	25.7
1997	31.6	30.9	27.0	24.4	30.7	17.9	19.2	25.7
1998	25.9	26.6	21.8	20.1	22.0	17.7	15.8	21.8
1999	41.5	45.9	29.9	21.1	21.7	23.0	22.2	30.0
2000	33.9	33.8	28.9	26.4	23.6	16.7	15.3	25.7
2001	35.8	32.9	34.4	34.6	24.6	19.5	16.5	28.1
2002	35.3	34.4	24.5	19.8	23.6	15.9	18.8	24.7
2003	37.1	42.1	38.5	25.0	35.4	32.0	21.4	33.0
2004	47.0	41.2	39.7	42.7	37.7	32.7	20.4	37.3
2005	40.0	43.4	40.6	39.0	35.6	38.0	23.0	37.1
2006	35.0	37.8	40.3	30.1	30.9	28.3	27.1	33.0
2007	38.8	44.4	37.0	29.2	37.3	25.8	25.2	33.9
2008	47.7	44.5	37.1	36.1	30.7	29.8	24.2	36.0
2009	44.0		37.8	26.0	29.0	30.7	24.5	32.1
2010	40.0	43.8	40.2	37.8	34.7	36.2	25.8	36.9
2011	44.2	43.9	39.9	28.7	36.8	26.6	29.4	35.9
2012	42.3	47.4	35.5	34.3	26.8	28.3	27.0	34.6
2013	44.3	44.8	35.6	36.3	43.5	31.5	25.1	37.2
2014	45.9	50.4	41.2	43.8	32.7	34.2	27.3	39.3
2015	39.1	49.1	42.2	36.3	32.1	30.3	31.1	37.2
2016	41.0	47.0	42.4	31.6	25.5	26.0	25.4	34.1
2017	43.4	48.0	46.2	33.0	27.7	34.2	28.4	37.4
2018	43.7	44.2	37.1	31.5	31.5	26.8	27.2	34.6
2019	45.8	51.0	40.6	30.7	33.6	31.0	29.3	37.5
2020	43.7	43.6	42.0	22.8	37.2	26.0	26.9	34.4

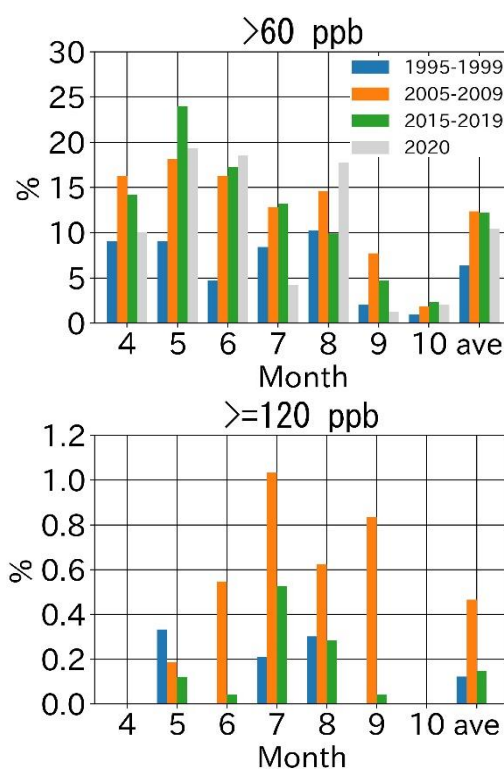


図 8-1 野田市野田 月別 Ox 昼間平均濃度(左), Ox 濃度別出現頻度(右)

1991	40.4	39.4	33.0	33.5	24.6	29.1	22.9	31.9
1992	40.1	42.1	36.1	45.0	16.6	26.2	23.9	32.5
1993	40.9	42.0	35.6	25.6	22.0	25.8	19.8	30.2
1994	40.4	35.8	33.3	22.2	27.2	23.8	20.7	29.0
1995	34.5	34.5	26.5	27.1	37.3	26.8	23.9	30.2
1996	42.3	45.8	32.7	28.7	25.8	27.7	24.3	32.5
1997	40.0	40.4	36.1	28.5	32.8	22.7	26.3	32.2
1998	37.7	37.2	37.3	31.7	32.7	27.4	28.4	33.2
1999	50.1	56.1	41.0	28.3	29.1	31.3	29.2	37.7
2000	44.5	46.2	41.7	33.3	28.8	22.5	20.8	33.9
2001	52.9	49.4	48.3	44.3	35.1	29.8	30.4	41.4
2002	46.2	51.3	41.3	29.7	33.4	28.1	32.8	37.6
2003	42.0	45.7	37.8	28.7	33.6	30.7	24.7	34.7
2004	49.9	42.0	36.3	38.5	30.9	30.2	22.4	35.8
2005	47.3	45.9	40.0	35.8	32.1	35.6	27.4	37.8
2006	39.8	42.7	41.4	31.6	28.0	30.8	30.3	35.0
2007	40.3	43.4	32.7	27.7	36.9	29.3	25.0	33.7
2008	48.0	44.4	33.6	40.1	35.1	28.8	23.2	36.1
2009	46.1	43.7	35.7	29.5	27.3	31.4	26.0	34.2
2010	43.1	45.9	35.7	32.7	29.0	35.3	26.8	35.5
2011	44.7	43.1	33.6	16.5	16.5	18.5	31.5	29.1
2012	42.2	45.1	33.8	29.1	18.0	22.5	26.1	31.0
2013	47.6	44.5	36.3	36.2	42.7	29.6	26.4	37.5
2014	47.5	50.7	39.5	39.1	28.0	33.9	27.4	37.9
2015	41.4	48.9	39.4	32.3	29.1	31.1	32.5	36.5
2016	43.9	48.3	41.4	26.8	22.2			34.1
2017	45.8	47.7	43.5	31.2	27.1	35.0	30.4	37.2
2018	46.9	46.3	36.1	27.1	29.0	28.8		35.6
2019	44.4	51.0	39.9	28.6	28.1	31.2	31.6	36.5
2020	46.0	44.1	39.9	22.3	32.2	26.5	28.4	34.1
	4	5	6	7	8	9	10	ave
	Month							

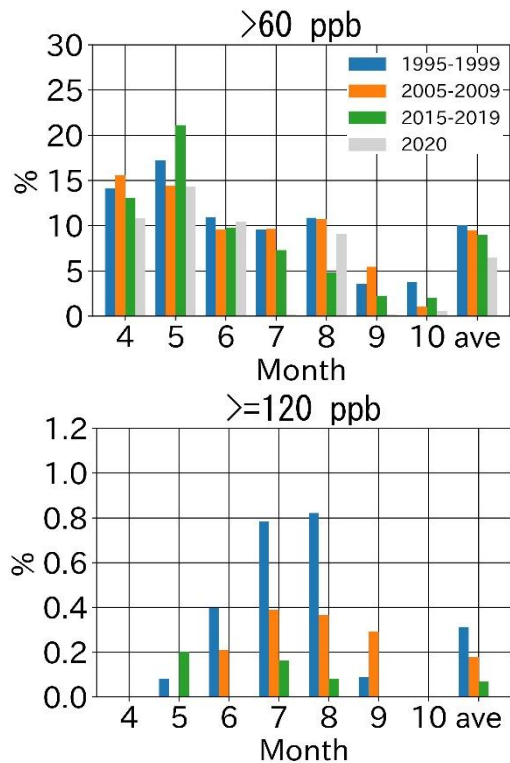


图 8-2 印西高花 月別 O₃ 屋間平均濃度(左), O₃ 濃度別出現頻度(右)

1991	44.1	41.0	37.4	39.1	19.8	23.3	32.0	33.6
1992	40.4	37.3	32.3	40.5	15.5	23.2	26.4	31.0
1993	46.8	51.2	40.0	26.0	23.8	28.9	26.7	34.6
1994	55.0	50.1	38.1	21.1	16.6	26.4	28.4	33.6
1995	47.6	42.1	33.9	30.3	39.7	30.1	26.2	35.8
1996	47.4	46.2	33.3	29.3	26.2	26.7	26.1	33.6
1997	34.0	36.0	32.6	25.1	31.8	23.4	24.3	29.5
1998	36.4	34.0	30.0	26.1	24.3	21.2	21.9	27.7
1999	48.2	51.7	36.8	21.5	18.1	25.8	26.7	32.6
2000		44.3	38.4	29.3	23.5	20.8	23.8	31.4
2001	36.2	34.4	32.6	29.4	22.2	19.8	22.1	28.0
2002	43.2	47.5	37.6	20.8	26.0	23.0	29.2	32.8
2003	45.5	46.8	39.4	28.9	33.5	31.2	26.6	35.9
2004	57.3	46.2	38.8	41.5	34.3	34.1	29.2	39.7
2005	48.8	46.7	42.5	37.4	32.5	36.3	30.8	39.2
2006	41.9	42.6	40.0	30.4	25.3	30.0	31.2	34.6
2007	46.3	49.1	35.6	28.3	34.7	22.2	26.4	34.6
2008	50.9	47.3	37.9	34.7	25.9	28.5	26.4	36.0
2009	49.9	43.3	30.7	20.3	21.5	25.4	24.9	30.8
2010	45.7	47.7	35.3	32.5	28.3	33.6	27.8	35.8
2011	50.1	49.2	38.6	27.2	31.9	25.9	34.7	37.1
2012	48.9	51.3	37.8	32.6	20.7	30.0	31.9	35.8
2013	47.0	40.5	33.8	34.2	36.9	27.3	25.8	35.1
2014	51.2	52.4	40.5	40.4	30.6	36.4	31.2	40.3
2015	45.5	52.3	41.7	34.4	32.2	33.9	36.5	39.5
2016	47.8	51.3	45.1	30.0	24.2	27.6	29.8	36.4
2017	49.3	51.0	45.7	33.3	28.6	37.5	34.1	39.8
2018	49.9	49.2	37.8	28.1	30.2	30.2	32.7	36.7
2019	48.1	52.3	41.7	30.6	28.8	32.8	34.3	38.3
2020	47.8	45.5	40.2	23.1	30.9	27.8	30.5	35.1
	4	5	6	7	8	9	10	ave
	Month							

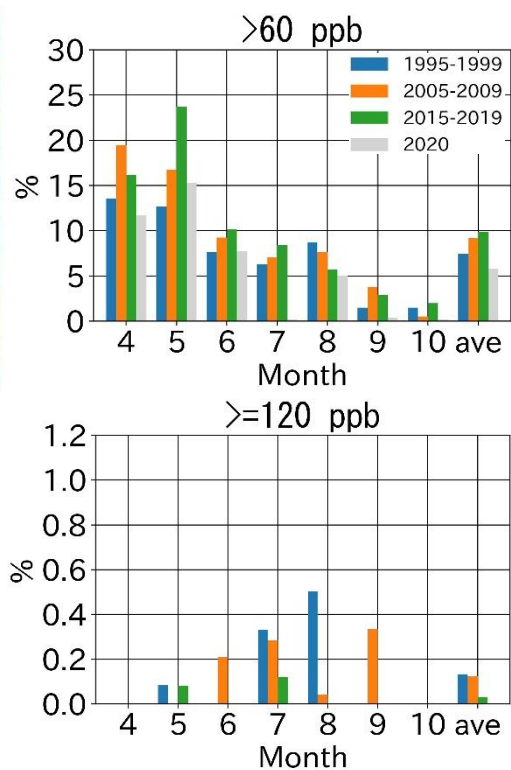


图 8-3 成田加良部 月別 O₃ 屋間平均濃度(左), O₃ 濃度別出現頻度(右)

1991	35.9	36.8	32.9	31.7	26.7	18.9	14.2	28.2			
1992	33.0	34.9	28.1	32.7	15.6	24.9	16.9	26.6			
1993	34.1	38.0	32.2	15.7	16.1	17.2	15.6	24.3			
1994	35.6	30.6	23.1	14.9	20.6	18.8	19.3	23.4			
1995	31.3	35.9	26.0	19.9	28.7	23.0	15.3	25.8			
1996	32.2	33.5	24.6	23.8	20.9	18.8	14.2	23.9			
1997	33.2	30.1	29.2	21.5	26.6	22.0	20.3	26.1			
1998	28.2	29.2	22.8	23.2	23.2	23.8	19.7	24.7			
1999	46.3	44.0	31.3	19.4	20.9	23.6	21.9	29.8			
2000	34.4	33.3	33.7	23.2	17.9	19.4	17.2	25.6			
2001	37.6	25.8	21.0	18.8	24.1	22.8	17.4	24.1			
2002	37.4	37.6	23.4	11.8	21.3	19.5	23.1	25.2			
2003	42.4	48.2	41.4	29.7	34.5	34.9	26.5	36.7			
2004	48.4	43.7	38.2	40.0	31.9	30.5	23.0	36.5			
2005	43.7	47.2	41.6	36.3	35.4	36.7	27.3	38.2			
2006	35.8	40.8	40.4	32.2	30.1	30.7	29.8	34.3			
2007	41.4	43.2	34.5	29.9	31.9	24.5	26.7	33.2			
2008	47.4	44.8	36.1	35.4	28.1	31.5	26.1	35.5			
2009	45.7	44.7	36.7	23.2	29.2	34.5	26.1	34.1			
2010	40.3	44.1	35.3	32.6	26.6	34.2	27.0	34.1			
2011	43.3	42.4	34.3	21.8	31.0	21.0	29.2	31.7			
2012	41.7	47.7	36.4	27.4	20.8	27.6	30.4	33.0			
2013	45.8	40.0	32.2	33.9	34.5	25.9	21.9	33.2			
2014	45.9	48.8	38.9	39.3	23.6	34.1	27.2	36.8			
2015	41.1	50.5	43.6	34.0	30.2	32.3	33.6	37.3			
2016	43.6	48.1	43.5	30.1	24.6	25.8	27.1	34.3			
2017	43.8	47.5	46.5	28.6	27.2	35.8	30.4	36.8			
2018	47.4	47.1	37.7	25.7	32.0	29.2	30.6	35.1			
2019	47.3	51.7	39.8	28.5	28.5	32.7	31.4	36.8			
2020	46.5	43.7	40.3	22.1	32.0	26.4	29.4	34.3			
	4	5	6	7	8	9	10	ave			
					Month						

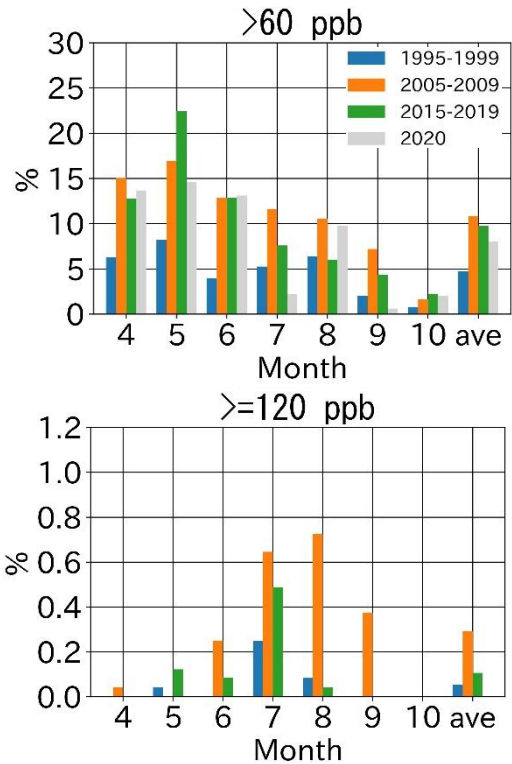


図 8-4 船橋印内 月別 Ox 昼間平均濃度(左), Ox 濃度別出現頻度(右)

1991	33.8	37.0	34.8	29.1	23.5	21.9	21.0	28.6			
1992	29.3	34.6	30.8	34.1	13.0	23.0	19.0	26.0			
1993	33.9	37.1	30.9	14.5	13.8	17.9	16.3	23.5			
1994	32.9	28.2	24.4	14.7	18.2	15.8	12.5	21.3			
1995	30.9	29.5	21.8	18.3	29.6	21.3	19.0	24.3			
1996	38.1	35.5	28.3	24.5	25.6	24.1	16.1	27.1			
1997	33.9	31.0	23.2	16.1	23.7	18.6	15.5	23.0			
1998	32.1	28.3	21.2	12.0	18.2	18.4	16.6	21.0			
1999	35.5	35.4	19.3	14.5	16.4	19.8	14.5	22.1			
2000	38.6	36.4	30.7	17.5	12.1	13.2	13.5	23.6			
2001	39.9	25.7	18.8	21.5	21.8	12.6	13.2	21.8			
2002	35.2	23.9	21.2	17.2	22.7	17.7	22.3	22.8			
2003	35.9	40.5	33.3	22.4	26.2	25.9	21.5	29.4			
2004	45.9	39.5	31.5	34.6	27.8	26.8	20.3	32.4			
2005	43.5	45.5	35.8	28.4	29.9	31.8	25.1	34.3			
2006	36.0	39.8	36.5	28.9	26.0	28.6	28.5	32.0			
2007	39.9	42.0	31.9	25.7	27.6		24.7	31.1			
2008	46.4	43.7	32.9	30.5	24.9	28.3	23.9	32.9			
2009	47.1	45.3	35.9	21.1	27.7	32.8	26.7	33.5			
2010	41.2	42.7	33.1	29.0	24.6	33.9	26.9	33.0			
2011	45.5	44.4	34.0	20.1	31.1	22.6	31.1	32.6			
2012	44.4	47.2	35.4	28.4	19.4	29.9	27.6	33.1			
2013	45.9	42.3	33.7	33.7	35.9	27.4	24.7	34.7			
2014		41.0	39.5	36.7	23.8	34.7	27.8	33.7			
2015	41.4	48.5	37.6	26.8	25.1	29.3	31.2	34.4			
2016	43.9	48.3	42.7	28.4	24.4	24.8	28.0	34.3			
2017	46.5	48.5	45.8	29.8	29.9	37.2	31.7	38.4			
2018	47.0	45.6	36.2	23.3	27.8	30.0	32.9	34.5			
2019	46.4	50.5	39.4	26.9	25.1	31.9	32.1	36.1			
2020	47.2	43.7	39.2	21.1	31.5	26.0	30.6	34.1			
	4	5	6	7	8	9	10	ave			
					Month						

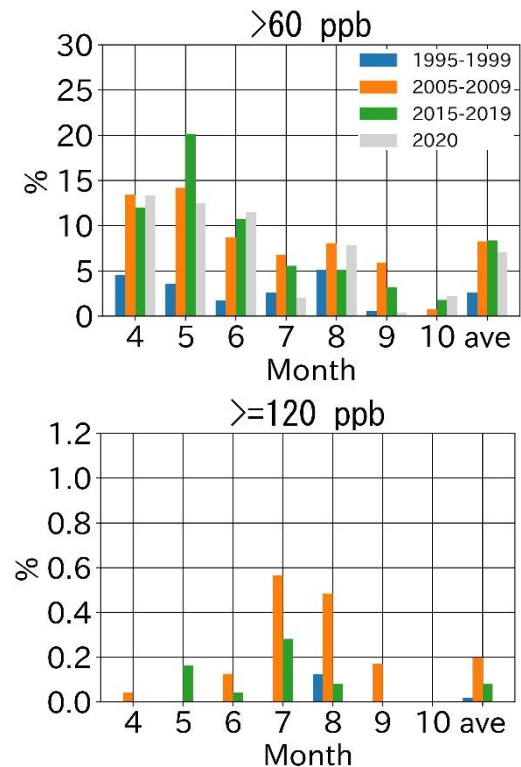


図 8-5 検見川小学校 月別 Ox 昼間平均濃度(左), Ox 濃度別出現頻度(右)

1991	36.9	40.6	30.1	30.0	23.2	21.7	19.8	28.6
1992	36.0	34.0	28.2	35.7	15.5	22.2	18.2	26.9
1993	35.3	40.5	38.0	17.1	19.2	21.0	20.0	27.7
1994	39.4	37.8	31.7	22.1	25.4	24.1	22.1	28.8
1995	31.1	33.5	24.9	20.5	30.6	25.0	22.3	26.8
1996	42.2	44.8	32.5	27.8	29.0	27.2	24.6	32.8
1997	35.9	35.6	30.2	20.4	27.7	18.9	23.2	27.5
1998	29.9	29.1	27.3	22.0	22.5	18.5	16.6	23.8
1999	39.9	45.9	35.3	19.4	18.8	23.7	26.0	29.6
2000	36.2	37.5	33.4	20.4	18.6	15.5	17.4	25.5
2001	36.1	32.6	28.1	23.6	20.7	18.3	19.4	25.6
2002	39.0	38.6	31.0	18.7	21.1	20.3	24.8	27.4
2003	34.0	37.9	34.5	22.9	26.0	27.9	25.3	29.8
2004	48.5	41.3	34.9	38.1	29.2	29.4	23.1	35.1
2005	42.9	43.1	38.4	32.3	31.8	31.4	25.9	35.0
2006	34.8	38.7	36.3	28.9	24.5	26.8	25.8	30.9
2007	39.3	43.8	32.4	26.8	28.0	22.9	25.0	31.2
2008	43.3	40.5	32.8	29.8	23.7	27.1	23.0	31.4
2009	46.1	42.9	33.1	19.1	24.3	27.3	22.9	30.7
2010	37.8	42.6	32.1	30.5	25.4	32.4	26.2	32.4
2011	44.1	43.7	32.4	21.2	29.3	21.2	28.1	31.3
2012	42.7	46.5	33.6	27.4	17.8	27.7	26.2	31.7
2013	41.3	37.0	29.6	31.0	35.7	26.2	22.7	31.6
2014	44.6	47.9	36.0	35.0	23.0	33.2	26.0	35.0
2015	39.2	48.2	38.7	29.9	27.7	31.3	30.7	35.1
2016	41.5	46.6	40.4	26.2	23.0	22.5	26.1	32.2
2017	43.5	47.0	43.0	28.3	27.2	33.3	28.5	35.8
2018	44.7	43.5	33.9	23.3	27.6	25.9	29.2	32.5
2019	43.6	47.6	37.3	25.3	23.6			35.0
2020	42.2	41.0	36.6	20.2	27.9	23.0	26.7	31.0
	4	5	6	7	8	9	10	ave
	Month							

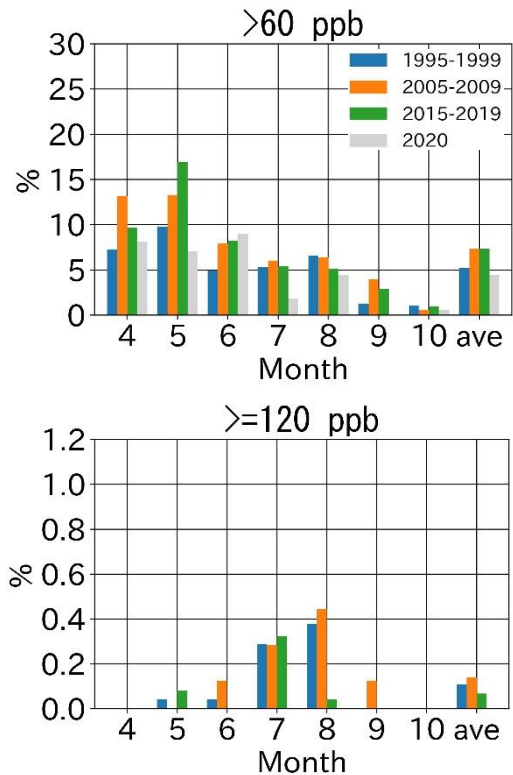


图 8-6 市原岩崎西 月別 O₃ 昼間平均濃度(左), O₃ 濃度別出現頻度(右)

1991	40.4	43.2	34.1	26.0	15.7	19.9	17.1	28.3
1992	27.9	36.4	22.0	29.5	9.6	13.4	15.7	21.5
1993	44.1	43.3		19.8	17.5	21.5	20.8	28.7
1994	49.6	44.8	33.5	18.1	22.8	23.9	23.9	31.1
1995	40.7	38.3	28.0	26.4	33.3	27.1	24.6	31.0
1996	45.8	45.3	33.8	24.1	21.7	23.5	23.8	30.8
1997		39.0	30.9	20.2	25.2	16.7	25.9	28.4
1998	29.7	23.8	28.7	21.3	18.0	19.7	22.0	23.5
1999	43.7	52.0	32.0	19.2	17.3	20.4	23.0	29.2
2000	43.0	39.5	32.4	24.1	16.3	16.4	17.1	26.9
2001	42.7	38.8	29.2	24.9	19.1	19.6	25.9	28.6
2002		40.1	32.3	21.3	23.1	18.5	25.4	28.1
2003	37.3	34.8	33.2	18.9	22.2	21.8	21.4	27.2
2004	48.4	33.6	29.6	28.5	22.1	24.8	19.7	29.4
2005	42.9	34.4	30.4	25.3	23.9	21.9	22.2	28.6
2006	38.3	38.6	33.0	26.6	19.7	24.8	26.0	29.5
2007	42.2	44.6	30.2	21.1	24.4	20.3	22.3	29.3
2008	43.6	39.8	30.1	25.8	19.6	23.7	21.3	29.2
2009	43.6	40.7	31.3	19.2	19.5	24.6	22.6	28.6
2010	40.5	42.2	29.6	26.1	20.0	27.0	22.5	29.7
2011	47.4	43.5	31.6	19.6	23.7	19.3	28.2	30.4
2012	43.6	47.2	33.0	24.9	15.3	25.7	27.7	31.0
2013	49.1	43.6	32.9	33.0	32.1	24.9	23.4	34.1
2014	47.0	49.3	37.2	33.4	23.0	32.2	27.3	35.6
2015	43.3	50.6	38.8	28.9	26.4	31.2	33.4	36.0
2016	47.1	50.0	42.3	26.6	22.1	24.5	28.9	34.4
2017	48.3	47.6	42.6	27.6	26.8	33.5	31.0	36.7
2018	48.8	46.9	33.9	22.5	25.9	27.7	30.2	33.6
2019	46.2	49.0	37.1	25.6	23.1	28.5	29.4	34.1
2020	45.5	42.3	34.4	20.4	24.3	23.5	28.1	31.1
	4	5	6	7	8	9	10	ave
	Month							

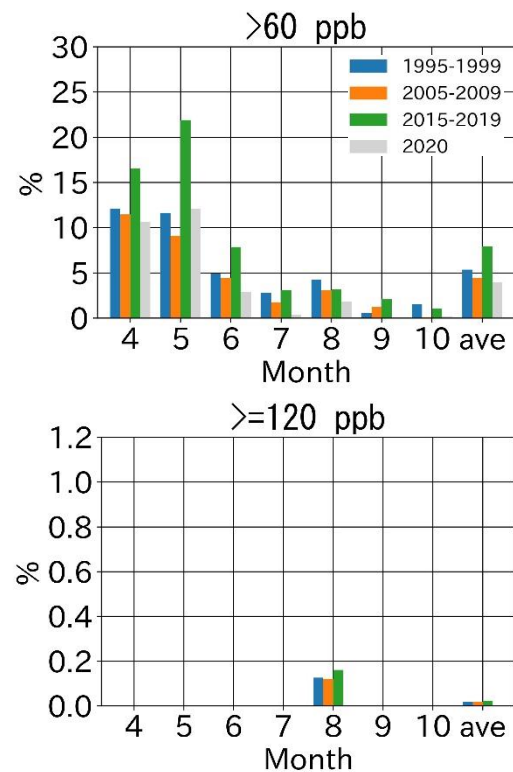


图 8-7 茂原高師 月別 O₃ 昼間平均濃度(左), O₃ 濃度別出現頻度(右)

	4	5	6	7	8	9	10	ave
1991	39.8	41.3	31.6	24.9	20.4	17.1	14.2	26.9
1992	43.6	41.0	36.6	38.5	16.9	28.5	22.2	32.3
1993	41.2	42.8	34.9	18.1	18.8	20.0	19.2	27.7
1994	42.6	36.8	33.2	18.4	22.0	22.0	21.3	27.9
1995	38.8	41.9	32.6	27.3	35.1	32.3	20.8	32.7
1996	36.9	44.5	31.8	25.6	27.8	26.7	22.3	30.6
1997	34.0	39.7	32.4	18.2	27.1	23.6	28.4	29.4
1998	32.3	31.4	25.8	24.9	24.8	20.5	19.1	25.6
1999	42.9	49.2	32.7	18.1	20.8	23.3	25.9	30.8
2000	44.1	46.3	38.5	25.8	20.0	20.4	20.2	30.5
2001	40.8	39.5	36.0	31.6	23.4	23.6	19.9	30.7
2002	45.0	40.3	31.8	15.4	21.1	20.8	26.0	28.7
2003	41.3	43.4	41.2	25.3	26.8	29.2	25.9	33.2
2004	57.9	47.0	40.5	41.1	30.1	34.0	24.6	39.1
2005	50.1	45.9	38.6	31.9	36.6	34.7	30.2	38.2
2006	39.2	42.0	36.4	27.5	22.9	26.6	24.9	31.3
2007	41.5	40.9	30.7	28.6	25.5	23.9	26.9	31.1
2008	39.8	39.2	32.1	27.7	21.7	28.4	23.3	30.1
2009	47.6	45.2	33.8	17.6	22.7	26.8	21.2	30.5
2010	40.8	46.0	32.9	27.2	20.8	28.1	24.5	31.5
2011	49.3	44.1	32.8	21.7	25.8	22.3	30.2	32.3
2012	43.0	48.0	35.3	25.5	17.9	27.5	27.3	32.1
2013	45.2	39.1	31.3	31.2	33.8	25.7	22.0	32.6
2014	46.9	48.1	38.7	36.4	18.6	34.9	26.8	35.7
2015	42.7	49.5	40.5	27.3	26.8	33.7	33.2	36.2
2016	43.6	51.2	43.1	31.4	25.8	26.8	28.8	35.7
2017	47.2	48.6	44.7	25.7	26.9	35.9	29.8	36.9
2018	47.2	44.7	33.2	19.9	24.7	25.5	31.5	32.5
2019	47.1	50.6	38.8	25.9	24.8	30.7	30.9	35.6
2020	46.7	42.7	38.3	24.3	27.9	26.9	30.1	33.8

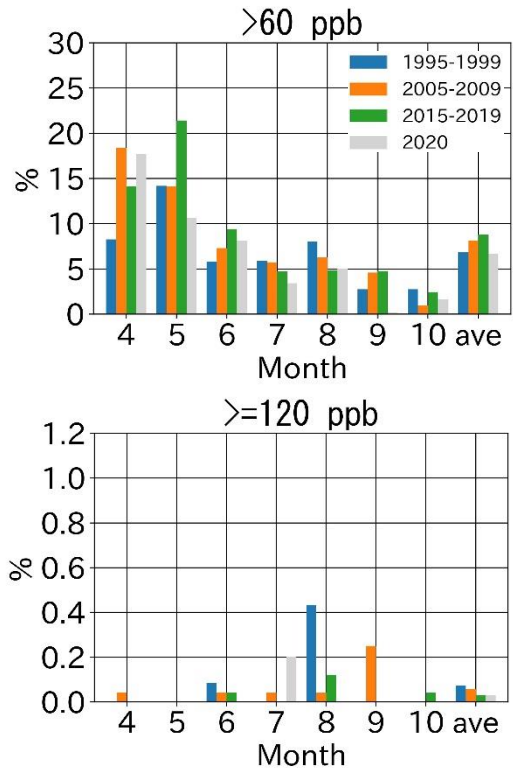


图 8-8 富津下飯野 月別 O₃ 昼間平均濃度(左), O₃ 濃度別出現頻度(右)

	4	5	6	7	8	9	10	ave
1991	48.2	43.8	32.3	29.2	23.6	22.8	25.6	31.9
1992	56.8	51.7	38.9	42.4	16.1	32.6	30.6	38.2
1993	52.9	54.0	42.5	24.8	21.2	27.8	32.9	36.5
1994	53.1	47.5	41.9	21.6	22.5	27.6	31.8	34.5
1995	48.0	45.7	37.0	27.0	33.1	32.3	31.8	36.4
1996	56.2	57.0	39.1	27.0	28.1	37.3	35.9	39.9
1997	49.9	45.1	37.6	23.8	32.2	30.7	39.2	36.6
1998	42.5	41.1	37.2	30.6	28.9	27.2	27.6	33.3
1999	51.6	53.8	38.4	22.0	21.8	25.6	36.1	35.6
2000	53.6	50.3	43.5	25.7	19.0	24.9	32.2	35.6
2001	48.0	43.3	35.1	24.8	20.6	23.6	26.5	31.8
2002	46.0	42.8	37.3	15.6	19.1	23.0	35.2	31.1
2003	42.4	46.3	39.9	25.1	25.2	28.8	32.7	34.5
2004	64.3	49.4	39.9	38.8	29.8	34.3	33.8	41.3
2005	57.7	54.0	43.4	35.2	33.5	36.1	37.4	42.4
2006	45.2	46.0	41.8	30.8	24.3	31.9	32.6	36.0
2007	47.5	52.2	36.0	29.6	25.9	25.5	33.3	35.4
2008	50.8	48.3	37.3	30.2	23.7	31.1	30.9	35.9
2009	49.2	43.7	33.1	17.8	20.7	29.2	25.7	31.3
2010	46.0	47.8	35.0	29.8	21.3	33.6	32.6	35.1
2011	53.6	48.2	34.3	21.8	25.6	24.9	37.5	35.1
2012	50.2	52.7	37.9	27.3	17.7	31.0	35.6	36.1
2013	53.7	47.0	36.9	35.6	35.5	29.2	29.4	38.2
2014	53.2	53.6	41.0	36.4	19.9	38.1	33.9	39.4
2015	46.8	49.9	40.4	25.7	26.1	34.6	37.3	37.2
2016	47.8	51.1	42.7	28.4	21.7	24.3	32.5	35.4
2017	51.6	50.6	47.2	24.7	26.8	38.4	35.0	39.4
2018	52.0	47.2	38.3	22.1	25.0	30.2	34.8	35.3
2019	49.4	51.3	39.8	26.2	24.0	31.5	34.1	36.6
2020	50.1	44.5	38.2	24.2	24.1	25.9	33.1	34.3

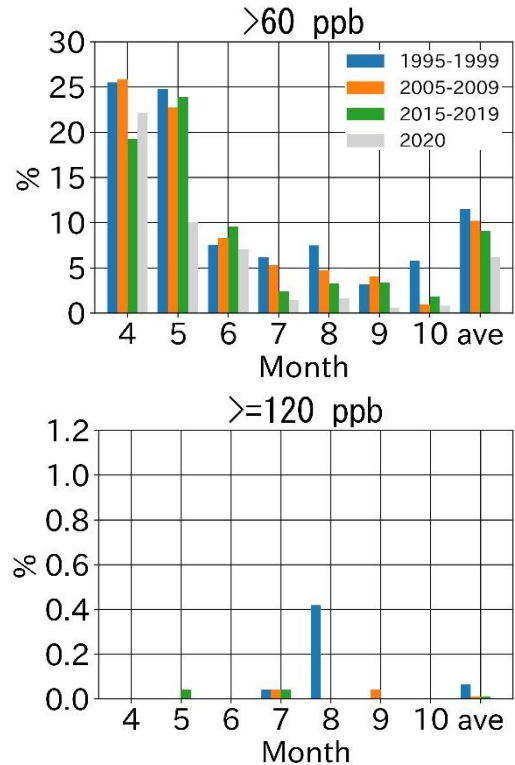


图 8-9 館山亀ヶ原 月別 O₃ 昼間平均濃度(左), O₃ 濃度別出現頻度(右)

3・3 環境中 O_x 濃度によらない変動要因

過去に行われた O_x 計の測定方式の変更, SRP 校正体制への移行は, O_x 計の感度, 測定精度に影響を与えた^{3) 5)}。千葉県においては, 1995 年度から順次, O_x 計を湿式^(注5)から乾式^(注6)へ入れ替えており, 2005 年 10 月から SRP 校正へと移行している。内藤らは, SRP 校正以前に湿式測定で用いられていた中性ヨウ化カリウム法 (KI 法) では, 校正のばらつきが大きくなり, 再現性に乏しいと報告している¹³⁾。

KI 法による校正では, 現在の SRP 校正よりも, 4.6%値が高くなっていたとされており⁵⁾, 2004 年から 2006 年にかけての濃度減少については, 時期が一致することから SRP 校正への移行も濃度変動に影響していた可能性がある。これらの影響の程度についての定量的な評価は困難であるが, KI 法による校正のばらつきの影響はクラスターごとに平均濃度で評価していることから, 軽減できると考えられる。また, 谷口らによる, 湿式と乾式の O_x 計の並行測定の結果, 長期的な測定値の評価では使用可能なレベルであると評価されたことや¹⁴⁾, 今回のクラスターごとの O_x 濃度変動は, NO タイトレーション効果による影響など, NO_x 濃度変動によるものと解釈することができ, 測定方式, 校正法による O_x 濃度変動への影響は生じていたと考えられるものの, 実際の大气環境の長期変動の定性的な評価には大きく影響しないと考え, 今回の検討では考慮していない。

4 まとめ

本研究では, 千葉県内の 1991~2020 年度の O_x, NO_x の大気常時監視データおよび PO を用いて, 地域ごとの長期的な濃度変動の特徴を解析した結果, 以下のことが明らかとなった。

4. 1 クラスタ分析

1. O_x 日最高 8 時間値年 99 パーセンタイル値を用いて, クラスタ分析により経年変動が類似した 4 つのクラスターに分類した。クラスター間の変動が異なる要因として, NO タイトレ

ション効果の影響が考えられ, 都市域ほど影響が大きく現れていた。

2. O_x の年平均値 (図 4) は増加傾向ではあるが, 日最高 8 時間値年 99 パーセンタイル値 (図 3) は横ばいで推移しており, 高濃度域の増加は抑制されていた。
4. 2 測定局ごとの解析
 1. 月別の O_x 平均値の経年変化は, 夏季は横ばいで推移していたが, 春季に増加傾向が見られた。
 2. 光化学オキシダント注意報レベルの O_x 1 時間値の 120 ppb 以上の出現頻度は, 7 月, 8 月に高くなる傾向がみられ, 2000 年代には都市域で特に高くなる特徴を示していた。
 3. 5 月の O_x 平均値が上昇傾向であったにもかかわらず, O_x 1 時間値では 60 ppb 超の頻度増加が見られたのみで, 120 ppb 以上の高濃度域の頻度は増加が見られないことから, 移流等の O_x のバックグラウンド濃度増加要因が存在している可能性が示唆された。

5 おわりに

2020 年は, 新型コロナウイルス感染症による緊急事態宣言の発令がされるなど, 経済活動が停滞し, 前駆物質の排出状況が例年と大きく異なっていた⁴⁾。O_x, PO は日最高 8 時間値年 99 パーセンタイル値, 暖候期昼間年平均値のいずれも 2019 年度から減少しており, 月別の O_x 平均値も同様の傾向が見られた。これは, NO_x や NMHC のような前駆物質の排出量が低減したことによって, O_x の生成量が抑制されたことが影響している可能性が考えられるが, 具体的な変動要因を明らかにするためには, 日内変動や気象要因を考慮する必要がある。このような状況での O_x の濃度変動要因を明らかにすることは, 今後さらなる前駆物質削減対策を推進していった場合に, O_x がどのような変動を示すのかを予測するための知見にもなりうることから, 詳細な解析が望まれる。

また, 今回の解析では, NO タイトレーション効果に注目したため, NMHC の解析は行わなかった

が、NMHC は Ox の前駆物質として濃度変動に影響していると考えられる。今後、NMHC, NOx, Ox の関連性を総合的に評価し、前駆物質が Ox に与える影響を明らかにしていく必要がある。また、月ごとの Ox 濃度変動の傾向や要因が異なるため、測定地点、測定季節ごとに解析対象を分類し、地域性、季節要因を分離して解析を行うことが、Ox 高濃度要因を解明する上で重要となる。

引用文献

- 1) 千葉県：令和 2(2020)年度大気環境調査報告書
- 2) 千葉県：光化学オキシダントとは、<https://www.pref.chiba.lg.jp/taiki/taikikanshi/koukagakutowa.html>
- 3) 光化学オキシダント調査検討会：平成 24 年 3 月光化学オキシダント調査検討会報告書
- 4) 一般財団法人日本気象協会：令和 2 年度 緊急事態宣言下における光化学オキシダントの大気濃度に関する調査 業務成果報告書
- 5) 光化学オキシダント調査検討会：平成 26 年 3 月光化学オキシダント調査検討会報告書
- 6) 環境省水・大気環境局大気環境課長：平成 28 年 2 月 17 日光化学オキシダントの環境改善効果を適切に示すための指標に係る測定値の取り扱いについて
- 7) 環境省水・大気環境局大気環境課長：平成 26 年 9 月 26 日 光化学オキシダントの環境改善効果を適切に示すための指標（中間とりまとめ）
- 8) Romain Tavenard, Johann Faouzi, Gilles Vandewiele, Felix Divo, Guillaume Androz, Chester Holtz, Marie Payne, Roman Yurchak, Marc Ruwurm, Kushal Kolar and Eli Woods : Tslearn, A Machine Learning Toolkit for Time Series Data, *Journal of Machine Learning Research*, 21(118), 1~6(2020)
- 9) 独立行政法人国立環境研究所：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, 国立環境研究所報告, 193, (2006)
- 10) 千葉県：ちばの大気環境
<https://air.taiki.pref.chiba.lg.jp/hatsureiox/>
(2022 年 11 月時点)
- 11) 九都県市あおぞらネットワーク：ディーゼル車規制の効果
<http://www.9taiki.jp/regulatory/effect.html>
(2022 年 11 月時点)
- 12) 吉門 洋：首都圏周辺のオゾン濃度変化と NO タイトレーション(首都圏を中心に), *大気環境学会誌*, 54(5), 185~193(2019)
- 13) 内藤季和, 中西基晴：環境大気用オゾン計の校正手法に関する相互比較実験, 平成 16 年度千葉県環境研究センター年報, 54~55(2005)
- 14) 谷口延子, 高倉尚枝, 平澤幸代, 日置正, 藤波直人：大気常時監視測定器更新時の並行試験における一貫性評価, *京都府保環研年報*, 55, 67~71(2010)
- 15) 「国土数値情報（行政区域データ）」(国土交通省)
https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N03-v3_1.html

The long-term variation and characteristics of photochemical oxidant in Chiba

NEMOTO Soki

千葉県における光化学オキシダントの長期変動と地域別の特徴を明らかにするため、Ox の日最高 8 時間値年 99 パーセンタイル値を用いてクラスター分析による測定局の分類を行った。Ox の経年変動には NO タイトレーション効果が関連しており、都市域に位置する測定局ほどその影響を大きく受けていた。Ox 月別濃度変動は季節によって傾向が異なっており、夏季は Ox 濃度がほぼ横ばいで推移していた一方で、春季には顕著な Ox 濃度増加が認められた。

キーワード : Photochemical oxidant, NO-titration, 99th percentile values of the daily maximum 8-hour average values, Cluster analysis

脚注一覧

1	光化学オキシダント	大気中の酸化性物質の総称をオキシダントといい、光化学反応により生成した酸化性物質を特に光化学オキシダントと呼ぶ。本研究では、光化学オキシダントの主要成分であり、環境基準の測定方法で対象物質であるオゾン解析対象とした。
2	Ox(PO)日最高8時間値年99パーセンタイル値	Ox(PO)の高濃度値に注目して、評価するための統計値。 算出方法 8時間値：前日18時から1時、19時から2時、・・・17時から24時までの24個の8時間移動平均を求め、その最高値をその日の値とする。 99パーセンタイル値：上記移動平均の日最高値について、99パーセンタイル値（365日測定の場合、下から順番に並べて、361日目）を測定局毎に算出する
3	クラスター分析	異なる様々なデータの中から、類似したものをグループごとに分類する統計的手法 分類の仕方により ward 法、群平均法、k-means 法などの種類があり、データ間の類似性の指標として、ユークリッド距離やマンハッタン距離等がある。
4	SRP	米国標準技術研究所製の標準参照吸光光度計(Standard Reference Photometer: SRP) 現在、国内のオゾン計は統一的な精度管理のため、国立環境研究所が保有する SRP を基準として校正されている
5	湿式	試料大気を中性ヨウ化カリウム溶液に通気させ、遊離したヨウ素の吸光度を測定することによりオゾン等の酸化性物質濃度を測定する測定方式
6	乾式	試料大気に紫外線をあて、吸収された紫外線量を測定することによりオゾン濃度を測定する測定方式。