

## [ ノート ]

## 兵庫県における光化学オキシダント濃度の地域特性について

坂本 美徳\* 吉村 陽 池澤 正

## Regional Characteristics of Photochemical Oxidants in Hyogo Prefecture

Minori SAKAMOTO\*, Akira YOSHIMURA and Tadashi IKESAWA

*Atmospheric Environment Division, Hyogo Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences, 3-1-27 Yukihiro-cho, Suma-ku, Kobe, Hyogo 654-0037, Japan*

In order to clarify the regional characteristics in Hyogo prefecture, we analyzed the concentrations of photochemical oxidants (Ox) measured at 3 monitoring stations, Kakogawa, Nishiwaki and Tamba station in the Kakogawa River Basin, over the period 1990- 2006. The results in this study suggest that the following regional characteristics: there was a tendency of long-term increase in the Ox concentrations in the Seto Inland Sea coastal area and, in particular, in the inland region around coastal area, and thus photochemical air pollution is increasing in the inland region around the coastal area.

## I はじめに

近年、我が国の光化学オキシダント（以下、Ox）の濃度は増加傾向にあり、光化学大気汚染は大都市に限らず都市周辺部への広域化が指摘されている<sup>1)</sup>。Oxが高濃度になり、健康被害発生の恐れがあると認められる場合には、「光化学スモッグ予報・注意報」等が発令される。兵庫県では、瀬戸内海沿岸の都市部においてOxが高濃度になることが知られているが、内陸に位置する西脇市と柏原町（現丹波市）においても、Ox濃度が注意報レベルの0.12ppm以上になることがあるために、2003年度より発令対象地域に追加されている。しかしながら、高濃度出現の原因については明らかになっていない。そこで、本研究では県下のOx濃度の地域特性を明らかにするために、瀬戸内海沿岸部および内陸部に位置する一般環境大気測定局（以下、測定局）の1990～2006年度の大気常時監視時間値データ（以下、時間値データ）を用い

て解析した結果、いくつかの知見を得たので報告する。

## II 材料と方法

## 1. 解析に使用したデータ

1990～2006年度のOx濃度の時間値データを用いた。

## 2. 選定した測定局の概要

測定局は、瀬戸内海に流入する加古川流域に着目し、沿岸部の加古川市市役所局（以下、加古川局）、内陸部の西脇市市役所局（以下、西脇局）及び丹波市柏原局（以下、丹波局）の3局を選定した。加古川局は、播磨平野の東部を流れる加古川の下流に位置し、南部の播磨臨海工業地帯に隣接する市街地の中にある。西脇局は、中国山地の東南端が播磨平野に接する地点に位置し、周囲を山地や丘陵に囲まれ、加古川が南流し、市内には繊維工場などが多いが近傍に大きな発生源はなく、播磨臨海工業地帯から約30km離れた位置にある。丹波局は、加古川の源流に位置し、周囲を山に囲まれ、大きな発生源はなく、播磨臨海工業地帯から約50km離れた位置にある。測定局の位置をFig.1に示す。なお、Oxの測定方法は、加古川局、西脇局及び丹波局で、それぞれ2000年2

大気環境部

\* 別刷請求先: 〒654-0037 神戸市須磨区行平町 3-1-27

兵庫県立健康環境科学研究所

大気環境部 坂本 美徳

月、1998年8月及び2006年3月に吸光光度法から紫外線吸収法に変更している。

### 3. データ解析

解析は、国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究報告書<sup>2,3)</sup>に記載の方法に準じて行った。年度平均値は全時間値データの単純算術平均により算出した。年度最高値は全時間値データの最高濃度を採用した。濃度ランク別時間数は全時間値データを濃度ランク①0~29ppb, ②30~59ppb, ③60~89ppb, ④90ppb以上に分け、時間数を積算した。解析年度の前半と後半を比較するため、解析年度の前半として1990~1994年度及び後半として2002~2006年度について、月別の平均値を全時間値データの単純算術平均により算出し、時間別の平均値を全時間値データの単純算術平均により算出した。ただし、吸光光度法による測定で向流吸尿管の洗浄のために欠測となっている24時における時間別の平均値は算出しなかった。

## III 結果および考察

### 1. 経年変化

#### 1.1 年度平均値の経年変化

Fig.2 に年度平均値の経年変化を示す。年度により差があるものの、平均濃度は丹波局>西脇局>加古川局で、内陸部ほど平均濃度が高い傾向が認められた。年度平均値の変化率を年度と年度平均値との直線回帰式の傾きから求めたところ、加古川局、西脇局及び丹波局で、それぞれ 0.32ppb/年 (95%信頼区間 (以下、信頼区間) 0.13~0.50ppb/年, 年率 1.4%), 0.41 ppb/年 (信頼区間 0.15~0.66ppb/年, 年率 1.8%) 及び 0.04 ppb/年 (信頼区間-0.15~0.23ppb/年, 年率 0.1%) であり、内陸部に位置する西脇局の増加が最も大きく、さらに内陸部に位置する丹波局の増加は少なかった。大原<sup>4)</sup>は1985~2004年度の大気常時監視データを解析し、平均値の全国的な増加傾向を指摘し、その増加率は20年間で約5ppbとしている。本研究とは対象期間が異なるものの同様の結果が得られ、加古川局、西脇局は全国平均より増加率が大きく、丹波局では増加率が小さかった。

#### 1.2 年度最高値の経年変化

Fig.3 に年度最高値の経年変化を示す。年度ごとの変動は大きく、3局共に注意報レベルの0.12ppmに達する年度がある。2000年度以降は加古川局及び西脇局では毎年0.12ppmに達しているのに対し、丹

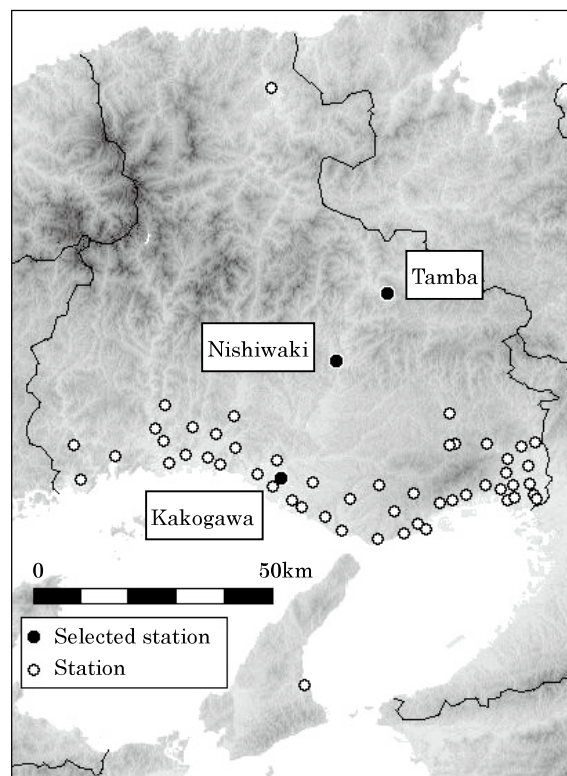


Fig.1 Location of monitoring station in Hyogo prefecture.

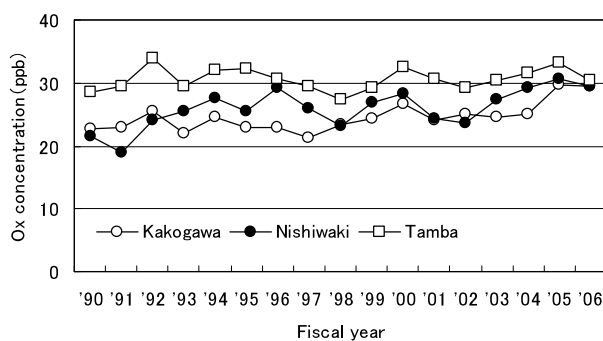


Fig.2 Annual variation of mean Ox concentrations at 3 stations

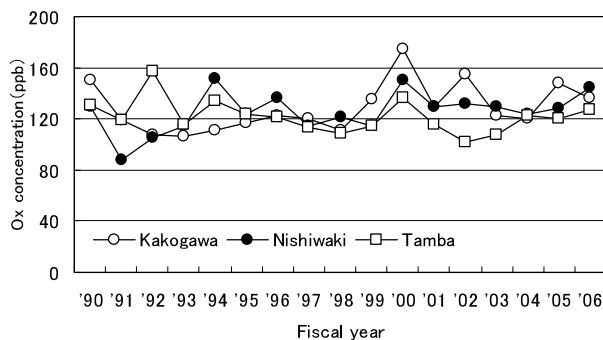


Fig.3 Annual variation of maximum hourly value of Ox at 3 stations.

波局では 0.12ppm に達しない年度もある。年度最高値の変化率を年度と年度最高値との直線回帰式の傾きから求めたところ、加古川局、西脇局及び丹波局で、それぞれ 1.4ppb/年 (信頼区間-0.5~3.3ppb/年, 年率 1.2%), 1.4ppb/年 (信頼区間-0.2~2.9ppb/年, 年率 1.2%) 及び-1.0ppb/年 (信頼区間-2.3~0.3ppb/年, 年率-0.7%) であり、瀬戸内海沿岸部及びその周辺の内陸部で増加傾向を示すものの、さらに内陸部では逆に減少していることが考えられる。

1.3 濃度ランク別時間数の経年変化

経年的な増加傾向の原因を探るため、濃度ランク別時間数を積算した。Fig.4 に濃度ランク別時間数の経年変化を示す。

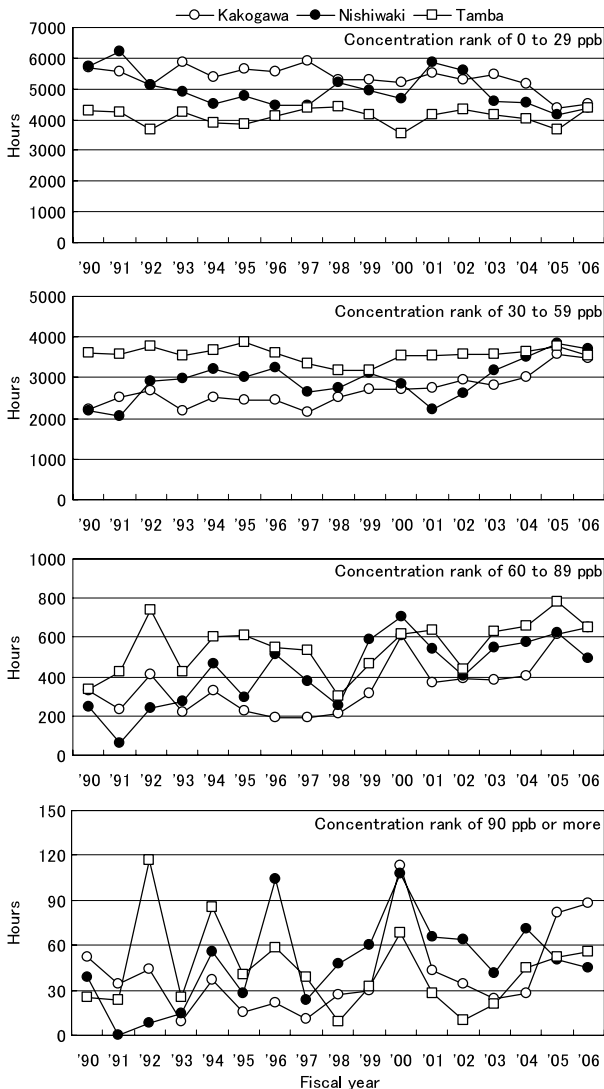


Fig.4 Annual variation of the number of hours that was classified into four concentration ranks.

1.3.1 濃度ランク 0~29ppb

濃度ランク 0~29ppb の時間数の年度変化率を年度と濃度ランク別時間数との直線回帰式の傾きから求めたところ、加古川局、西脇局及び丹波局で、それぞれ-53 時間/年 (信頼区間-87~-19 時間/年, 年率-0.9%), -54 時間/年 (信頼区間-111~3 時間/年, 年率-1.0%) 及び-1 時間/年 (信頼区間-31~29 時間/年, 年率 0.0%) であり、加古川局、西脇局では減少傾向が認められた。

1.3.2 濃度ランク 30~59ppb

濃度ランク 30~59ppb の時間数の年度変化率を年度と濃度ランク別時間数との直線回帰式の傾きから求めたところ、加古川局、西脇局及び丹波局で、それぞれ 65 時間/年 (信頼区間 40~90 時間/年, 年率 3.0%), 59 時間/年 (信頼区間 15~103 時間/年, 年率 2.4%) 及び-4 時間/年 (信頼区間-24~17 時間/年, 年率-0.1%) であり、加古川局、西脇局では増加傾向が認められた。

1.3.3 濃度ランク 60~89ppb

濃度ランク 60~89ppb の時間数の年度変化率を年度と濃度ランク別時間数との直線回帰式の傾きから求めたところ、加古川局、西脇局及び丹波局で、それぞれ 19 時間/年 (信頼区間 6~31 時間/年, 年率 9.0%), 25 時間/年 (信頼区間 13~38 時間/年, 年率 11.3%) 及び 12 時間/年 (信頼区間-1~26 時間/年, 年率 2.7%) であり、加古川局、西脇局及び丹波局で増加傾向が認められ、中でも西脇局の増加率が大きかった。

1.3.4 濃度ランク 90ppb 以上

濃度ランク 90ppb 以上の時間数の年度変化率を年度と濃度ランク別時間数との直線回帰式の傾きから求めたところ、加古川局、西脇局及び丹波局で、それぞれ 2 時間/年 (信頼区間-1~5 時間/年, 年率 9.1%), 3 時間/年 (信頼区間 0~6 時間/年, 年率 10.0%) 及び-1 時間/年 (信頼区間-4~2 時間/年, 年率-1.6%) であり、加古川局及び西脇局で増加傾向が認められ、中でも西脇局の増加率が大きかった。丹波局では減少傾向が認められた。

1.3.5 出現する濃度範囲の特徴

加古川局及び西脇局の経年的な濃度増加には、0~29ppb の低濃度ランクの時間数の減少及び 30ppb 以上の中・高濃度ランクの時間数の増加が寄与していると考えられ、この傾向は西脇局が顕著であることから西脇局の経年的な濃度増加が特に大きくなったものと考えられる。また、西脇局における 90ppb 以上の高濃度ランクの時間数は、年度により差があ

るものの、他の2局に比べ解析期間で平均的に大きく、増加率も大きいことから、瀬戸内海沿岸部周辺の内陸部において光化学大気汚染が拡大している可能性が示唆された。一方、丹波局は経年的な濃度の増加傾向はあまりみられないものの、環境基準値である0.06ppm以上の時間数は増加していた。

## 2. 解析年度の前半と後半の比較

### 2.1 月変化の比較

Fig.5に解析年度の前半と後半の月変化を示す。3局とも類似した季節変化パターンで、4~5月に最大となり、11~12月に最低となり、9~10月にも小さなピークがみられる。1990年前半と2000年前半を比較すると、濃度増加は加古川局では7月を除いた月で認められ、西脇局では一年を通して認められた。特にOx濃度が高濃度になりやすい時期(4~10月)とも一致する4~6月、8~10月に大きく増加する傾向があった。この傾向は西脇局が顕著であることから西脇局の経年的な濃度増加が特に大きくなったものと考えられる。一方、丹波局では一年を通して濃度増加はあまり認められなかった。

### 2.2 時間変化の比較

Fig.6に解析年度の前半と後半の時間変化を示す。3局とも6時を最小に、14~15時に最大となる。1990年前半と2000年前半を比較すると、3局とも最大を示す時間が14時から15時へと遅くなっている。大阪平野のOxの日最高濃度出現時刻が経年的に遅くなる傾向が指摘されている<sup>5)</sup>が、本研究においても、加古川流域で同様の結果が得られた。濃度増加は加古川局及び西脇局で一日を通して認められた。特に夕方から夜間にかけての濃度増加が大きかった。この傾向は西脇局が顕著であることから西脇局の経年的な濃度増加が特に大きくなったものと考えられる。一方、丹波局では濃度増加は一日を通してあまり認められなかった。

## IV 結論

兵庫県のOx濃度の地域特性を明らかにするために、加古川流域の加古川局、西脇局及び丹波局の3局における1990~2006年度の時間値データを用いて解析したところ、以下のことが判明した。

- ①年平均値は経年的な増加傾向を示し、内陸部に位置する西脇局の増加が最も大きく、さらに内陸に位置する丹波局は増加が少なかった。
- ②年最高値は加古川局、西脇局では増加傾向、丹波

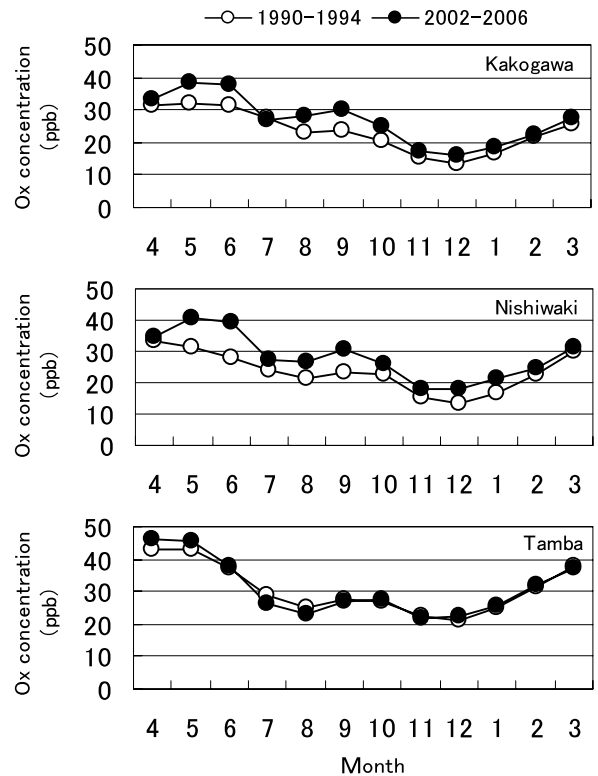


Fig.5 Monthly variation of mean Ox concentrations of the first half and the latter half of the study period.

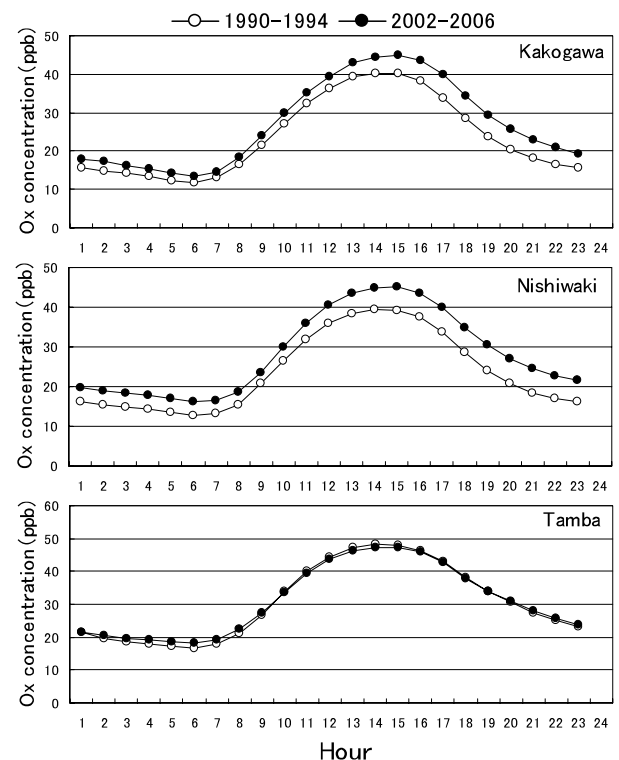


Fig.6 Diurnal variation of mean Ox concentrations of the first half and the latter half of the study period.

局では減少傾向が認められた。

- ③濃度増加には、0～29ppb の低濃度ランクの時間数の減少及び 30ppb 以上の濃度ランクの時間数の増加が寄与していると考えられ、この傾向は西脇局が顕著であった。
- ④月変化を 1990 年前半と 2000 年前半と比較すると濃度増加は加古川局及び西脇局で認められ、特に 4～6 月、8～10 月に大きくなる傾向があり、この傾向は西脇局で顕著であった。
- ⑤時間変化を 1990 年前半と 2000 年前半を比較すると、3 局共に最大を示す時間が 14 時から 15 時へと遅くなっていた。濃度増加は加古川局及び西脇局で認められ、特に夕方から夜間にかけての濃度増加が大きくなる傾向があり、この傾向は西脇局が顕著であった。

これらの結果から、瀬戸内海沿岸部及びその周辺の内陸部の  $O_3$  濃度は経年的に増加傾向にあること、特に瀬戸内海沿岸部周辺の内陸部の増加傾向が著しいこと及び瀬戸内海沿岸部周辺の内陸部において光化学大気汚染が拡大している可能性が示唆された。また、顕著な増加傾向を示さない内陸部でも環境基

準値である 0.06ppm 以上の時間数は増加している可能性が示唆された。

## 文 献

- 1) 環境省:平成 18 年度大気汚染状況について,報道発表資料 (2007)
- 2) 若松伸司編:西日本及び日本海側を中心とした地域における光化学オキシダント濃度等の経年変動に関する研究,国立環境研究所研究報告第 184 号 (R-184-2004)5-6(2004)
- 3) 大原利眞編: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 195 号(R-195-2007)11-56(2007)
- 4) 大原利眞:光化学オキシダントと浮遊粒子状物質の全国的・地域的特性,第 48 回大気環境学会年会講演要旨集, 116-119(2007)
- 5) 山本勝彦:「海陸風との関係」の解析. 大原利眞編, 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 195 号 (R-195-2007), 103-114(2007)