

## 光化学オキシダントの濃度分布に関する解析（第3報）

— 上中地域におけるオキシダント濃度について —

山田克則・嶋崎明宏・石田幸洋

Research on the Distribution of Photochemical Oxidant Concentration (3)

- Oxidant in Kaminaka area -

Katsunori YAMADA, Akihiro SHIMASAKI, Yukihiro ISHIDA

大気汚染測定局が設置されていない上中地域におけるオキシダント濃度の地域特性を把握するため、移動測定車「みどり号」による大気汚染調査を行った。その結果、同地域のオキシダント濃度は小浜地域とよりも三方地域と、また高濃度域では敦賀地域と、より類似していることが認められた。

## 1 はじめに

光化学オキシダントの濃度分布についてその地域特性を明らかにし、光化学スモッグ注意報発令対象地域の見直しなど光化学大気汚染対策の改善に資することを目的として、これまで、三方郡地域・今立郡地域と他地域との類似性に関する解析（第1報）<sup>1)</sup>、二州地域における高濃度事例に関する解析（第2報）<sup>2)</sup>を行ってきた。

福井県嶺南地方の上中地域（遠敷郡上中町の区域：2005年3月31日に三方郡三方町と合併し、三方上中郡若狭町の一部となる。）は小浜市と三方町に挟まれた地域であるが、同地域には大気汚染測定局が設置されておらず、光化学スモッグ注意報発令対象地域としては未指定である（小浜市は2001年度に「若狭地域」として対象地域に指定。三方町は2002年度に「二州地域」の一部として対象地域に指定。）。この上中地域におけるオキシダント濃度の地域特性を把握することを目的として、2002年から2004年にかけて大気汚染移動測定車「みどり号」による大気汚染調査を実施した。本報ではその測定データおよび嶺南地方の他の測定局における同時期のデータをもとに上中地域のオキシダント濃度の地域特性について解析した結果について報告する。

## 2 調査方法

## 2.1 調査地点

図1に調査地点（上中町測定点および比較対象とした小浜局、三方局、和久野局、敦賀局）を丸印で示した。

各調査地点の詳細は次のとおりである（上中町測定点をく上中町」と略記。以下同じ。）。

く上中町」：上中町兼田 1・39・1 野木公民館駐車場  
 小浜局：小浜市千種 1・6・13 県立若狭高校敷地内  
 三方局：三方町中央 1・2 町民プール横  
 和久野局：敦賀市新和町 2・33・1 敦賀市上水道ポンプ場  
 敦賀局：敦賀市松栄町 7・28 敦賀地方合同庁舎敷地内

調査地点間の距離は次のとおりである。

小浜局～く上中町」：8.5km

く上中町」～三方局：10.3km

小浜局～三方局：15.5km

く上中町」～和久野局：25.7km

く上中町」～敦賀局：28.4km



図1 調査地点

## 2.2 調査期間

上中町における調査期間は次のとおりであった。

期間1：2002年8月8日から9月5日まで

期間2：2003年5月22日から6月19日まで

期間3：2004年6月17日から7月16日まで

また、比較対象とした他の測定局では大気汚染常時測定を行っている。

なお、上記各期間の初日と最終日は非有効測定日（測定時間数が20時間未満）であるため、集計対象外とした。したがって集計対象とした測定日数はそれぞれ、27日間、27日間、28日間、計82日間である。

## 2.3 測定方法

オキシダント濃度は各地点とも紫外線吸収法によるオゾン自動測定機により測定した。

### 3 結果

#### 3.1 平均値

オキシダント濃度の平均値は下表および図2のとおりであった。平均値は全期間では29~33ppb (0.029~0.033ppm)であり、高いほうから「<上中町>—和久野局—三方局—敦賀局—小浜局」の順であった。

| 平均値 | 小浜局 | <上中町> | 三方局 | 和久野局 | 敦賀局 |
|-----|-----|-------|-----|------|-----|
| 全期間 | 29  | 33    | 31  | 32   | 30  |
| 期間1 | 21  | 23    | 23  | 24   | 22  |
| 期間2 | 39  | 45    | 41  | 43   | 38  |
| 期間3 | 28  | 31    | 30  | 31   | 30  |

単位：ppb

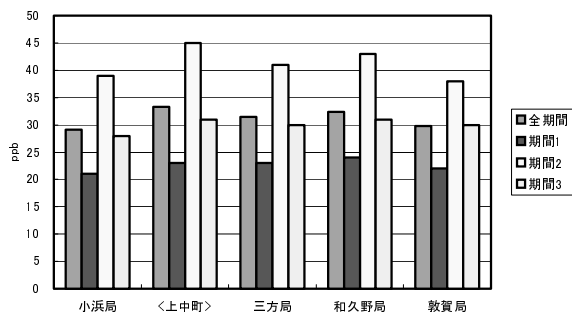


図2 オキシダント濃度平均値

#### 3.2 最高値

オキシダント濃度の最高値は下表および図3のとおりであった。最高値は全期間では81~104ppb (0.081~0.104ppm)であり、高いほうから「敦賀局—<上中町>—和久野局—三方局—小浜局」の順であった。

| 最高値 | 小浜局 | <上中町> | 三方局 | 和久野局 | 敦賀局 |
|-----|-----|-------|-----|------|-----|
| 全期間 | 81  | 102   | 83  | 90   | 104 |
| 期間1 | 61  | 77    | 75  | 84   | 78  |
| 期間2 | 81  | 85    | 83  | 83   | 80  |
| 期間3 | 70  | 102   | 78  | 90   | 104 |

単位：ppb

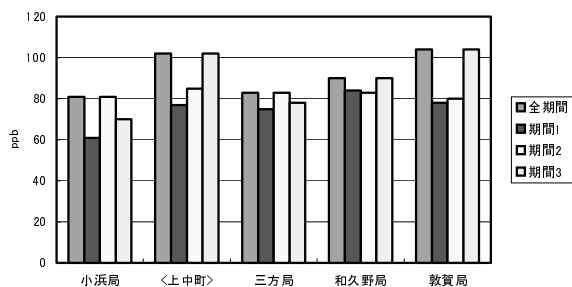


図3 オキシダント濃度最高値

#### 3.3 最低値

オキシダント濃度の最低値は下表および図4のとおりであ

った。最低値は全期間では0~1ppb (0.000~0.001ppm)であり、各地点ともゼロ値に近く、大差がなかった。

| 最低値 | 小浜局 | <上中町> | 三方局 | 和久野局 | 敦賀局 |
|-----|-----|-------|-----|------|-----|
| 全期間 | 1   | 1     | 0   | 1    | 1   |
| 期間1 | 1   | 1     | 0   | 2    | 1   |
| 期間2 | 2   | 6     | 2   | 6    | 2   |
| 期間3 | 2   | 2     | 2   | 1    | 2   |

単位：ppb

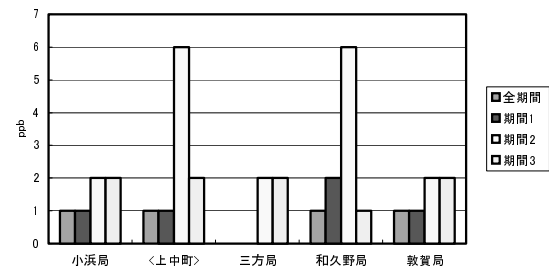


図4 オキシダント濃度最低値

#### 3.4 相関係数

地点間の濃度変動の類似性を確認するために、5地点間のオキシダント濃度1時間値について全期間を対象に相関係数を集計した。その結果は下表および図5のとおりであり、<上中町>と最も相関の良かったのは三方局で、次いで和久野局、小浜局、敦賀局の順であった。

| 相関係数1 | 小浜局   | <上中町> | 三方局   | 和久野局  | 敦賀局   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 小浜局   | 1.000 | 0.920 | 0.925 | 0.879 | 0.866 |
| <上中町> | 0.920 | 1.000 | 0.935 | 0.926 | 0.904 |
| 三方局   | 0.925 | 0.935 | 1.000 | 0.910 | 0.902 |
| 和久野局  | 0.879 | 0.926 | 0.910 | 1.000 | 0.941 |
| 敦賀局   | 0.866 | 0.904 | 0.902 | 0.941 | 1.000 |

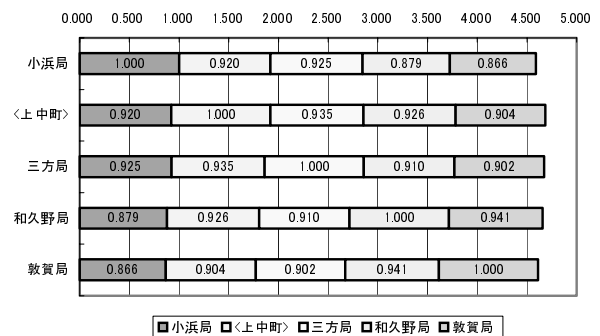


図5 地点間の相関係数（全期間 n=1968時間）

上記の全期間を対象とした相関係数においては地域差があまり明瞭でなかったため、<上中町>においてオキシダント濃度が環境基準値の0.060ppmを超える高濃度を観測した場合のみ抽出してあらためて相関係数の集計を行った。その結果は下表および図6のとおりであり、<上中町>と最も相関の良かったのは和久野局で、次いで敦賀局、三方局、小浜局の順であった。また、図6に見られるように、小浜局は同局と各

地点間の相関係数の総和が最も低く、独自性が高いことが認められた。

| 相関係数 2 | 小浜局   | ＜上中町＞ | 三方局   | 和久野局  | 敦賀局   |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 小浜局    | 1.000 | 0.374 | 0.510 | 0.347 | 0.272 |
| ＜上中町＞  | 0.374 | 1.000 | 0.406 | 0.725 | 0.607 |
| 三方局    | 0.510 | 0.406 | 1.000 | 0.453 | 0.360 |
| 和久野局   | 0.347 | 0.725 | 0.453 | 1.000 | 0.740 |
| 敦賀局    | 0.272 | 0.607 | 0.360 | 0.740 | 1.000 |

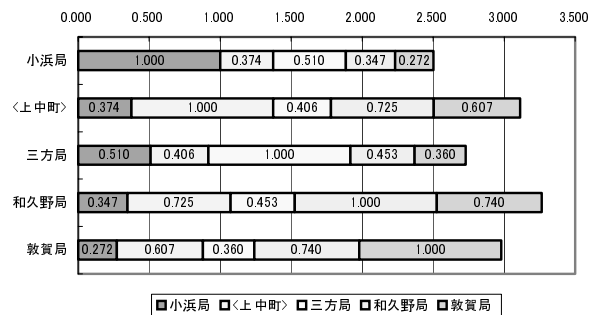


図 6 地点間の相関係数（高濃度時 n=206 時間）

### 3.5 高濃度事例

＜上中町＞において全期間における最高値 0.102ppm が観測されたのは 2004 年 7 月 7 日であった。

当日の 5 地点におけるオキシダント濃度の経時変化は図 7 のとおりで、当日 11 時までは 5 地点ともほぼ同じ濃度であったが 12 時以降、各地点間の濃度差が大きくなり、19 時に＜上中町＞において最高値 0.102ppm を観測した。同時刻に三方局でも最高値 0.078ppm を観測した。小浜局では次の 20 時に最高値 0.070ppm を観測した。また、敦賀、和久野局では 18 時に最高値 0.084ppm を観測した。

濃度差が大きくなりはじめた当日 12 時以降の風向の経時変化は表 1 のとおりであった。表 1 には上中町測定点の東南東 18.5km 地点に位置する滋賀県の今津アメダス観測所（図 1 の口印）における風向測定値についても併せて示した。

表 1 から、当日午後の風向は、＜上中町＞では東風（ENE）が継続していたこと、小浜局、三方局では 19 時に SSW から SE に変化したこと、和久野、敦賀局では SSE が主風向であったこと、今津では NE-E-SE の東風が卓越していたことが認められた。

表 1 風向の経時変化（2004 年 7 月 7 日）

|      | 小浜局 | ＜上中町＞ | 三方局 | 和久野局 | 敦賀局 | 今津(*) |
|------|-----|-------|-----|------|-----|-------|
| 12 時 | SE  | ENE   | S   | SSE  | SE  | NE    |
| 13 時 | E   | ENE   | S   | SE   | SE  | E     |
| 14 時 | SSW | ENE   | S   | SSE  | SSE | E     |
| 15 時 | ESE | ENE   | SSW | ESE  | SSE | Calm  |
| 16 時 | S   | ENE   | SSW | SE   | SSE | E     |
| 17 時 | SSW | ENE   | SSW | SE   | SSE | NE    |
| 18 時 | SSW | ENE   | SSW | SSE  | S   | SE    |
| 19 時 | SE  | ENE   | SE  | SSE  | SSE | SE    |
| 20 時 | ESE | ENE   | S   | S    | SSE | Calm  |
| 21 時 | ESE | ENE   | S   | SE   | S   | Calm  |
| 22 時 | SE  | NE    | SSE | SE   | ESE | N     |
| 23 時 | ESE | ENE   | NNE | ESE  | SE  | N     |
| 24 時 | SSE | NE    | ESE | E    | S   | SSE   |

(\*)アメダス観測所（データは気象庁ホームページより）

## 4 考察

上中地域のオキシダント濃度の地域特性については 3 の結果から以下のように考察される。

まず、同地域の平均的な濃度レベルは隣接する小浜地域や三方地域よりも高めで、敦賀地域をも上回る。しかし、その差は小さい（＜上中町＞と他調査地点との全期間を通じた平均値の差は最も差が大きかった小浜局との間でも 4ppb であり、環境基準値 0.06ppm=60ppb に比べて 10 分の 1 以下であった。）。

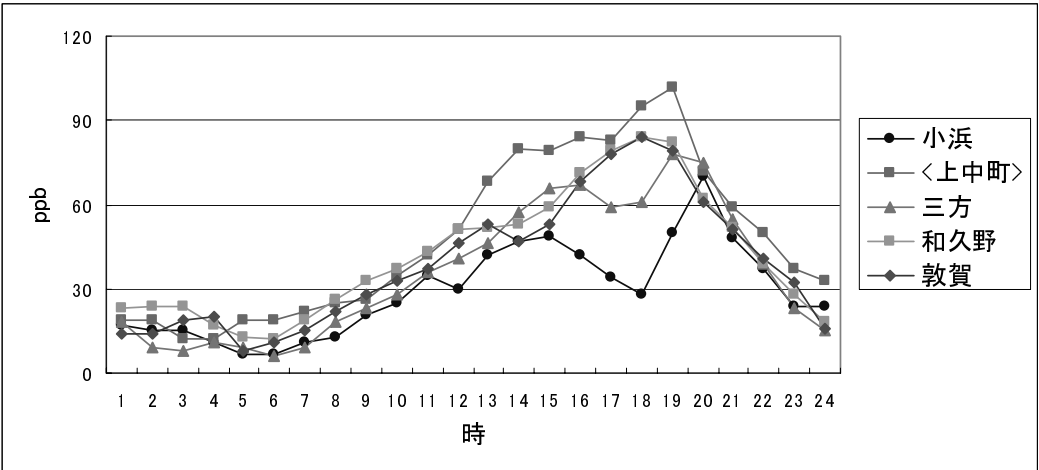


図 7 2004 年 7 月 7 日のオキシダント濃度の経時変化

最高濃度も隣接する小浜地域、三方地域に比べて高レベルであり、敦賀地域とほぼ等しいレベルである。

相関係数の集計結果から、濃度変動の全体的な類似性は隣接する三方地域との間で最も高い。しかし、環境基準値を超える高濃度に限ると三方地域よりもむしろ敦賀地域との類似性のほうが高い。

上中地域におけるオキシダント高濃度の出現機構に関しては、〈上中町〉において最高値 0.102ppm を観測した 2004 年 7 月 7 日の事例においては以下のように考察される。

当日の〈上中町〉における風向は 12 時以降 21 時まで、ずっと東風 (ENE) であった。したがって高濃度オキシダントは東方向から移流してきたと考えられる。東方向には図 1 に示されるように狭い平野部があり、その先は滋賀県との県境 (標高約 800m の山岳地帯) である。平野部にはこの地域の幹線道路である国道 27 号線が通っていることから、高濃度オキシダントは自動車の排気ガスをもとに生成されたことが推定される。しかし同時に、前報<sup>2)</sup>において解析した三州地域における高濃度事例と同じように、この地域に県境を越えて移流してきた大気にバックグラウンド濃度として、ある程度の高濃度オキシダントがすでに含まれていたことも推定される。この根拠としては、三方局において風向が滋賀県との県境方面からの SE になった 19 時に最高濃度が観測されたこと、県境の先の滋賀県における風向が今津において 12 時から 19 時にかけて東風であり、福井県方面への風向であったこと、また、滋賀県の長浜大気汚染測定局 (今津の東南東約 21km 地点) において当日 16 時にオキシダント濃度 0.097ppm (風向 ESE) を観測していることが挙げられる。

また、上中地域の地理的な特徴として、同地域は滋賀県と国道 303 号線で結ばれており、国道が通る県境付近は標高が周囲に比べて低いため、大気が県境を越えて流れ込みやすいことが考えられる。このことは国道 161 号線および国道 8 号線によって滋賀県と結ばれている敦賀地域と似たような状況である。このため、環境基準値を超える高濃度においては上中地域は三方地域よりもむしろ敦賀地域との類似性のほうが高いものと考えられる。

一方、上中地域と小浜地域との類似性に関しては、〈上中町〉は距離的に小浜局と最も近いにもかかわらず全調査期間を通じた平均値や最高値、相関係数および高濃度事例においても小浜局との類似性は低く、むしろ三方局と、より類似していた。この理由については、図 1 にみられるように、滋賀県との県境からみて、上中町、三方町が、ほぼ同じような地理的位置関係にあることから、広域的なオキシダント移流の影響を同じように受ける結果として、上中地域は小浜地域よりも三方地域と、より類似しているものと考えられる。

他方、小浜地域からみた場合には、距離的には上中地域のほうが三方地域よりも近いにもかかわらず、小浜局のオキシダント濃度は、平均値、最高値、相関係数のいずれにおいても、〈上中町〉よりも三方局と、より類似していた。このこと

は、上中地域が内陸部にあり、滋賀県と道路で結ばれているという独自性が反映された結果と考えられる。

各地点間のオキシダント濃度の類似性を仮想的な距離の関係に置き換えてあらわすと図 8 のようになる (敦賀局は和久野局と近接しているため省略)。ここでは、地点間の仮想距離として [1 - 相関係数 (全期間)] を用いた。地点間の仮想距離が小さいほど類似性が高いことを示している。

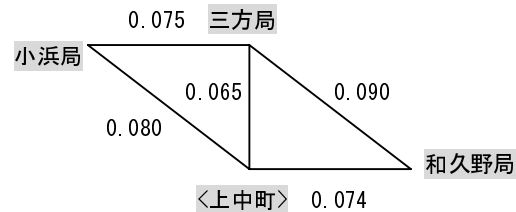


図 8 オキシダント濃度の類似性 [1 - 相関係数]

## 5 まとめ

上中地域におけるオキシダント濃度の地域特性を把握するため、大気汚染移動測定車「みどり号」による大気汚染調査を実施し、その測定データを同地域の西に隣接する小浜地域の小浜局、東に隣接する三方地域の三方局、および敦賀地域の和久野局、敦賀局における測定データと比較した。

その結果、上中地域で観測したオキシダント濃度は、平均値は 5 地点の中で最も高く、最高値は敦賀局に次ぐ 2 番目の高さであった。また、地点間の距離から予想される類似性に反して、平均値、最高値、相関係数のいずれにおいても小浜局よりも三方局との類似性が高く、環境基準値を超える高濃度に限ると敦賀地域の測定局との類似性が高かった。

この原因としては、高濃度の事例から、オキシダント濃度が広域的な移流の影響を受けるため、上中地域は、滋賀県との県境からみた地理的位置関係が似ている三方地域および敦賀地域と、より高い類似性があるものと考えられる。

## 参考文献

- 1) 酒井忠彰他：光化学オキシダントの濃度分布に関する解析，福井県環境科学センター年報，31，pp. 29-39，2001.
- 2) 山田克則他：光化学オキシダントの濃度分布に関する解析 (第2報)，福井県衛生環境研究センター年報，2，pp. 67-73，2003.