

福岡市における冬季の光化学オキシダントの特徴

山崎 誠

福岡市保健環境研究所環境科学部門

Characteristics of Photochemical Oxidants in Winter in Fukuoka City

Makoto YAMASAKI

Environmental Science Division, Fukuoka City Institute for Hygiene and the Environment

要約

福岡市における冬季の光化学オキシダントの特徴を解析した。福岡市では冬型気圧配置になり季節風が吹き出すとオキシダントおよび二酸化窒素の日周変動はほとんどなくなり、オキシダントが 30～40ppb、二酸化窒素が 5ppb 以下で安定して推移し、この時の気塊は高気圧に覆われ安定した天候の大陸から 2 日以内で福岡市に達していた。このことは、冬季の大陸由来オキシダント濃度のベースラインが 30～40ppb であることを示している。また、冬季のオキシダント濃度の変化は地域的な大気汚染による光化学反応での生成消滅でなく大陸由来のオキシダントと地域由来の窒素酸化物の反応によることが示唆された。

Key Words: 光化学オキシダント photochemical oxidants, 二酸化窒素 nitrogen dioxide, 日周変動 diurnal variation, 冬季 winter

はじめに

我が国の大気汚染物質のうち光化学オキシダント（以下、 O_x ）はほぼ全国的に環境基準を達成できない状態であり、経年的に濃度が上昇傾向にある¹⁾。その原因については、地域的汚染状況の変化、気候の変化、成層圏から降下するオゾン量の変化、アジア規模の汚染状況の変化が考えられる。実際に測定される O_x 濃度は、 O_3 をベースに地域で生成、分解した O_x が加減された結果と考えることができる。今回冬型気圧配置の時に、大陸からの移流による O_x そのものではないかと思われる現象に気付き、若干の解析を行った。

解析方法

1. 大気常時監視局データ

福岡市大気常時監視局一般局のうち香椎局で測定された O_x 、二酸化窒素（以下、 NO_2 ）、風向、風速の 1 時間

値データを用い長期間の平均的パターンと短期の 1 時間毎の変化を求めた。香椎局は市中心部から北東に約 10km 離れた海岸近くの高台にあり、 O_x が市内で最も高濃度になりやすく窒素酸化物が比較的低いことから、比較的バックグラウンドに近い測定局とみなした。

2. 気象データ

過去の天気図は気象人のホームページから取得した (<http://www.weathermap.co.jp/kishojin/index.php3>)。また大気塊の過去の通過地点を求めるために国立環境研究所地球環境研究センターが開発した METEX (http://cgermetex.nies.go.jp/metex/index_jp.html) で後方流跡線解析を行った。

大陸の気象観測データは気象庁月報²⁾を参照した。

3. 解析期間

長期間の解析は 1995 年度から 2004 年度までを対象とし、短期の解析は 2004 年度の冬季を対象にした。

結果および考察

1. 長期間の解析結果

図1に10年平均のOx濃度の日周変動を示す。良く知られているように、夜間は低く朝から上昇を始め15時頃最高値になり、日没後深夜にかけて低下する。日間最低値は深夜に出現し平均21ppbであった。この日周パターンは大陸からの移流・成層圏オゾンの降下による広域的移送によるベースラインと光化学反応による生成・分解および海陸風による移送といった地域的変動の合成結果と考えられる。一方冬季の日最低値は図2に示すように10ppb以下の事が多かったが、30ppbを超える頻度も11%あった。

2. 2004年度冬季の解析結果

2005年1月14日に夜間になってもOxが40ppbを超えているのに気づき、昼間はさぞ高濃度になっていただろうと思い常時監視局データを調べてみると、昼夜ほとんど変動がなかったこと、そのような現象が時々起こっていることが判った。2005年1月29日～2月3日にかけてもそのような現象が起こったため、前後1日を含めて大気常時監視局データ、気象データを解析した。図3に09時の地上天気図、図4に流跡線解析例、図5に風向風速ベクトル、OxおよびNO₂濃度および気塊が福岡市から北京に相当する1430km離れた地点を通過して福岡市に

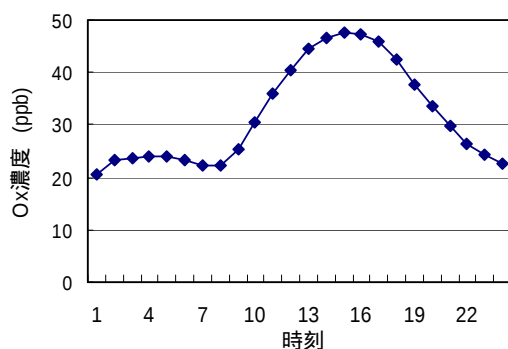


図1 Oxの日周変動
1995-2004年度の平均

到達するまでの時間を到達時間として示す。

1) 1月28日～29日

28日から29日の日中まではOxの時間変動は平均的なパターンで推移し最高濃度は40ppb程度であり、NO₂がそれと逆のパターンであった。気圧配置は28日は日本の南岸を低気圧が通過し、日本付近は高圧帯にあたって風は弱く海陸風図が卓越していた。29日に日本海に低気圧が発生し、東進とともに急速に発達し29日夜から北西季節風の流れ込みが始まった。そのためNO₂濃度は5ppb以下に低下しOx濃度は40ppb程度で推移した。気塊の通過経路は河北を通過し朝鮮半島南部を横切っていたが29日21時では中国東北部から朝鮮半島縦断コースに変化した。到達時間は冬型になる前は3日以上であったが29日21時の解析では30時間となった。

2) 1月30日～2月2日

終日冬型気圧配置で季節風が吹き、NO₂は0～5ppbの低濃度、Oxは30ppb以上そのまま推移した。通過コースはバイカル湖から朝鮮半島西岸を掠めて到達するコースから次第に沿海州から左回りに朝鮮半島西岸を掠めるコースに変わった。到達時間は24～36時間であった。大陸のOxがそのまま到達しているものと思われた。

3) 2月3日～4日

2月3日午後に冬型気圧配置が緩み北西季節風の流れ

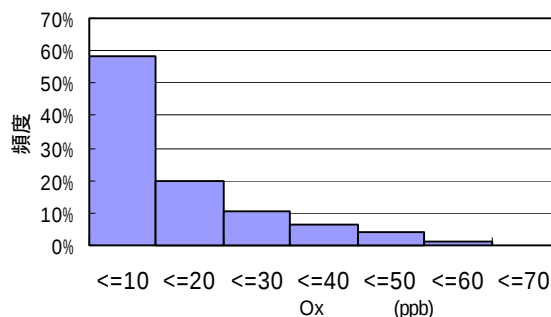


図2 冬季夜間の最低Ox濃度頻度分布
(1995-2004年度)

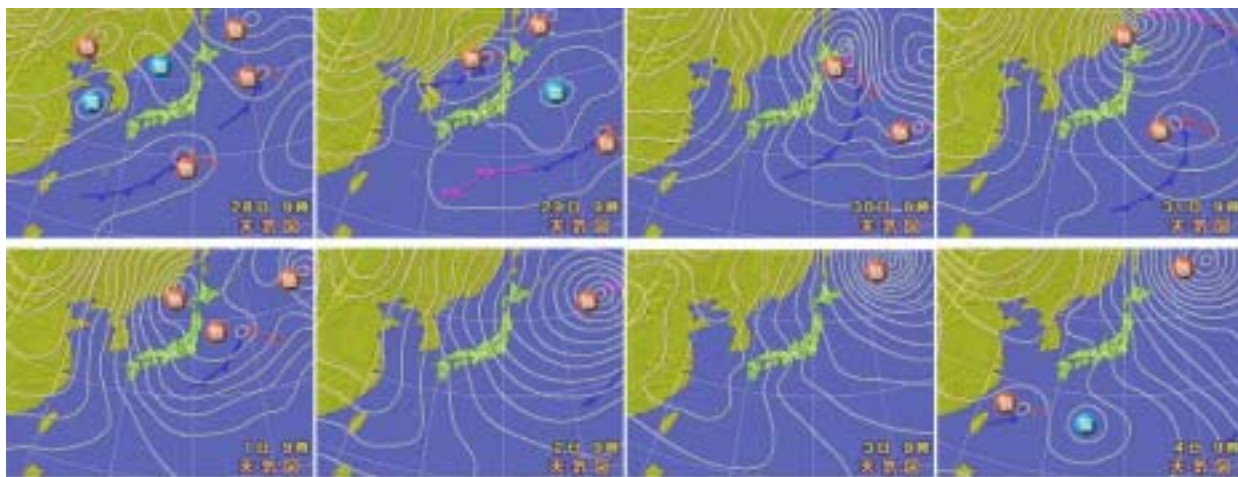


図3 地上天気図 (2005年1月28日～2月4日)

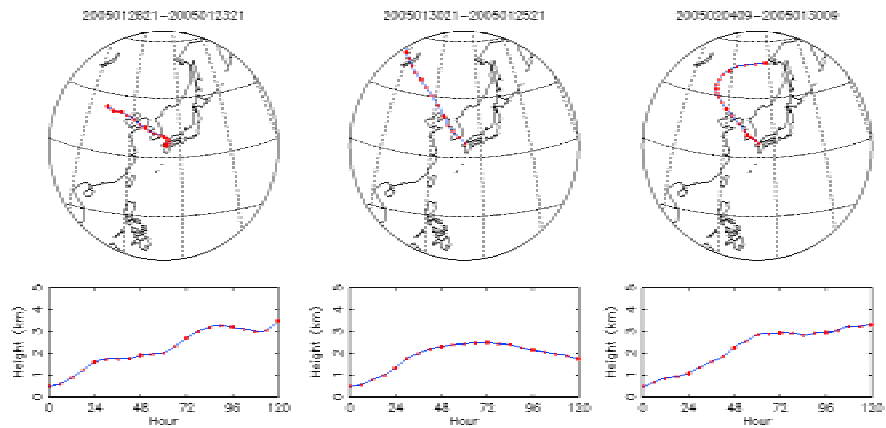


図4 福岡市上空 500m を起点とした 5 日間後方流跡線解析結果 (2005 年 1 月 28 日 ~ 2 月 4 日)

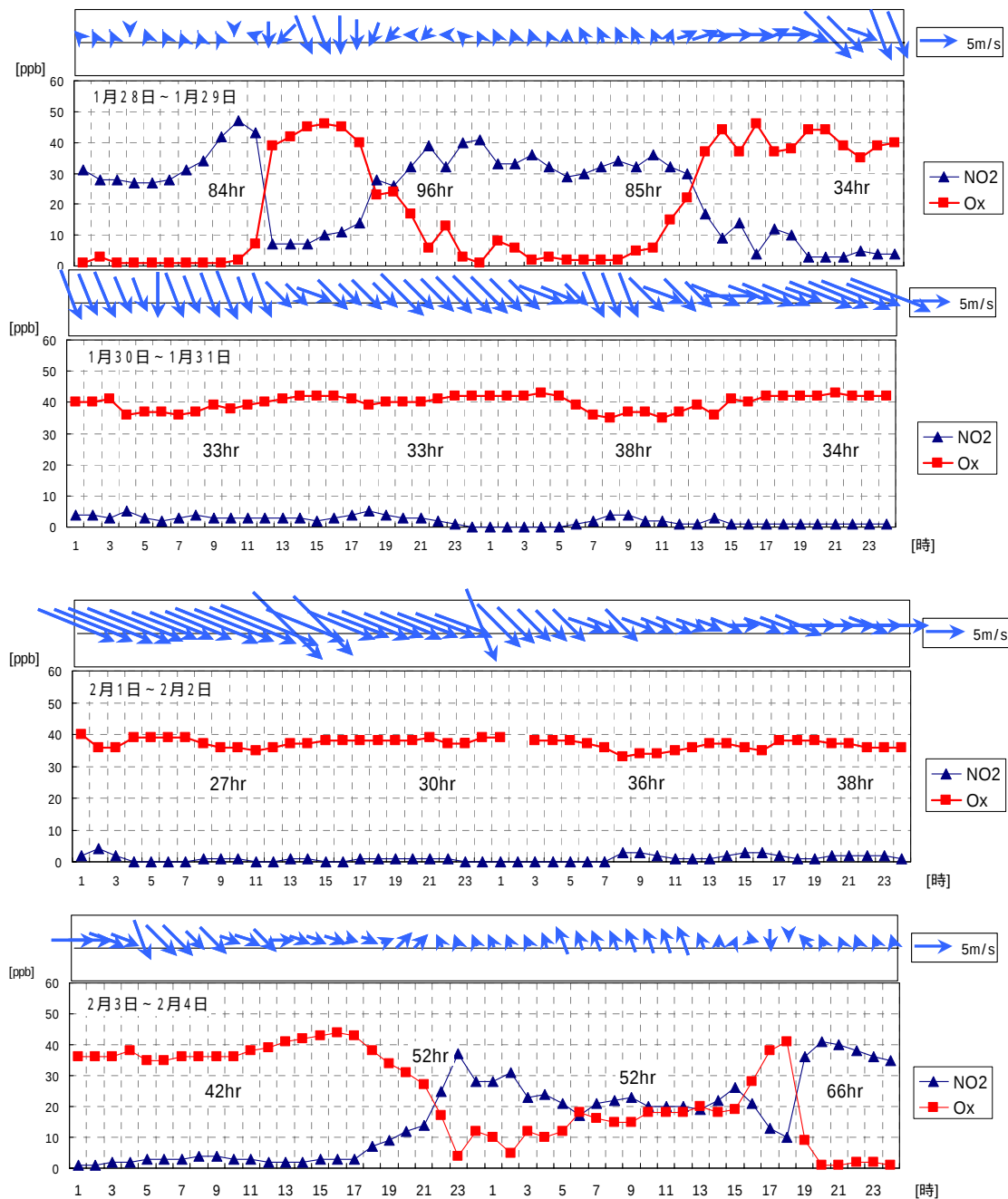


図5 香椎局風向風速ベクトル, Ox, NO₂ 濃度, 到達時間の時間変動 (2005 年 1 月 28 日 ~ 2 月 4 日)

込みが止まると共に Ox 、 NO_2 の日周パターンが再び現れた。 Ox の最高濃度は約 40ppb で NO_2 と逆相関のパターンが明瞭に認められた。通過経路は次第に河北經由に変わり到達時間は 56～66 時間と長くなった。

4) 大陸の天候

1 月 25 日から 2 月 4 日までの北京の 12 時の天気は 25、26 日が薄曇、27、28 日は曇、29 日から 2 月 2 日は晴または快晴で、平均風速は 1～6m、降雨はなく光化学反応は十分起こりうる条件であった。

5) Ox と NO_2 の関係

Ox は窒素酸化物と密接な関係にあり Ox は一酸化窒素 $\rightarrow \text{NO}_2$ の反応で消費され、 $\text{NO}_2 \rightarrow$ 一酸化窒素の反応で生成される。この反応におけるモル比は 1:1 である。両者の関係を見るため、図 6 に 2005 年 1 月 18 日から 2 月 4 日までの 18 日間の Ox と NO_2 の時間値を時系列順に線で結んだ散布図を示す。18 日のうち季節風の吹き出しが起きたのは延べ 7 日間であった。特徴的なのは X 軸 Y 軸付近にデータが集まり、濃度変化があった時は、ほぼ同じ傾きで移動している様に見えるところである。データが集まっているところは反応の相手が存在しない状態を示し、窒素酸化物が存在しないと Ox は 40ppb 付近にあり、窒素酸化物が増加すると NO_2 生成反応に Ox が消費され、グラフの左上に移動する。さらに窒素酸化物が増加し Ox が消費されてしまうと Y 軸付近に集まり、窒素酸化物が減少すると再びグラフの右下に向かって移動する。移動する時の Ox と NO_2 の相互関係を確認するため、濃度変化の大きいところだけを抽出した。すなわち 1 時間の間の Ox と NO_2 濃度変化量の距離を (1) 式で算出し各々 10ppb 変化した時の座標上の距離 (14.1) 以上変化した組み合わせを抽出した。

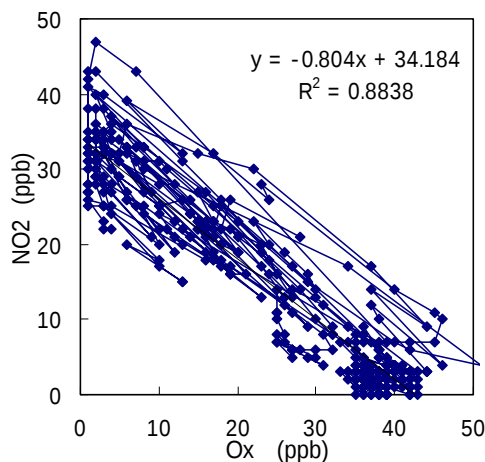


図 6 冬季における Ox と NO_2 の関係

$$\text{変化距離} = \sqrt{(\text{Ox 変化量})^2 + (\text{NO}_2 \text{ 変化量})^2} \quad \text{--- (1)}$$

図 7 に抽出した組み合わせの傾きの分布を示す。このように、1 を最大頻度とする分布を示した。このことは冬季の Ox 濃度の日周変動は窒素酸化物との反応によるものが主体で、地域的な光化学反応による新たな生成はあまり起きていないことを示している。

ま と め

福岡市における冬季の Ox の特徴を、大気常時監視局の 1 時間値データと気象データを用いて解析した。冬季に季節風が吹き出すと Ox および NO_2 の日周変動はほとんどなくなり、 Ox が 30～40ppb、 NO_2 が 5ppb 以下になった。このときの気塊は大陸から 2 日以内で福岡市に達していた。季節風の吹き出しが止むと再び Ox および NO_2 の日周変動が現れた。このことは、冬季の大陸由来 Ox 濃度のベースラインが 30～40ppb であることを示している。また、冬季の Ox 濃度の変化は地域的な大気汚染による光化学反応での生成ではなく大陸由来の Ox と地域由来の窒素酸化物の反応によることが示唆された。

文 献

- 1) 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 国立環境研究所，2004
- 2) 気象庁編：気象庁月報，気象業務支援センター，20005

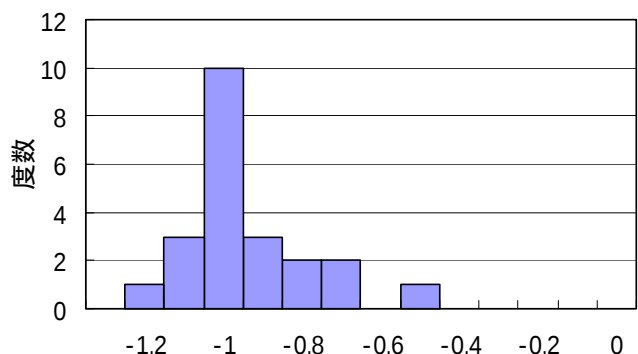


図 7 Ox と NO_2 が 10ppb/hr 相当以上変化した時の Ox/NO_2 の傾きの分布