

## 10) 阿蘇地域高濃度オキシダント観測事例の解析

古澤 尚英 村岡 俊彦 北岡 宏道

### 要 旨

平成24年5月7日に九州一円で高濃度光化学オキシダントが観測され、福岡等で光化学スモッグ注意報が発令された。翌日の5月8日は九州のほとんどの地域で光化学オキシダント濃度が低下したにも関わらず、阿蘇保健所局では前日より高濃度となり、九州内で唯一100ppbを超える値が観測され、光化学スモッグ予報が発令された。後方流跡線解析の結果からは、九州に到達した気塊の経路に地域差は見られなかった。しかし、この日の境界層高度は低く、九州の監視局の中では最も高い地点にある阿蘇保健所（標高約500m）は、上層のオゾンや越境移流による光化学オキシダントの影響を受けやすかったことが考えられ、気象条件や地形的条件から、阿蘇保健所局で高濃度光化学オキシダントが観測されたと推察された。

**キーワード：光化学オキシダント，光化学スモッグ注意報発令，後方流跡線解析**

#### はじめに

阿蘇地域は阿蘇外輪山に四方を囲まれたカルデラ内に存在しており、平成24年5月8日の光化学オキシダント（以下「Ox」とする。）の観測で、九州の他の地点では観測されなかった高濃度が観測され<sup>1)</sup>。この事例を解析するために九州7県のOx観測値を使用して解析を行い、気象や地理的条件を踏まえて考察を行ったので報告する。

#### 解析方法

各県で観測されている監視局の観測値は、環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」<sup>2)</sup>に掲載されるようになっており、ここから九州7県（沖縄を除く）のOx測定値の観測値を取得した。また、後方流跡線（国立環境研究所のCGER METEX<sup>3)</sup>）を、5月7日の21時から5月8日14時の期間で作成し、九州に到達する気塊の経路を辿った。これらの観測値と気象庁の発表する気象統計情報<sup>4)</sup>を参照し、当日の大気の状態を踏まえてOxの発生要因を推測した。

#### 結果と考察

##### 1. Ox濃度挙動の地域差の検証

図1に5/6～5/8のOx濃度の挙動を示した。5/7の深夜から5/8の早朝にかけて阿蘇保健所局においてOx濃度が他の地域と異なり高濃度となっている。この挙動は九州の中でも阿蘇地域において特に顕著に見られた現象であり、阿蘇保健所より北西約6kmの標高約900m地点（草地畜産研究所にオキシダント計を設置して測定）のOx濃度は5/8の早朝5時に既に100ppbを超える値が観測されている（図1）。

この時間帯のOx濃度の挙動を九州各県の観測値と比較する。測定地点が多いため、九州を北部（福岡県、佐賀県、長崎県）、中部（熊本県、大分県）、南部（宮崎県）に分けて図2～図4に示した。なお、鹿児島県はOx濃度上昇が顕著に現れなかったため除外した。九州北部ではOx濃度の上昇が見られない地域が多く、九州中部、南部で上昇が見られる（図2～図4）。また、5/8の14時のOx濃度の分布図（図5）と図2～図4とを比較すると、東シナ海に面している長崎県、佐賀県の有明海沿岸、熊本県の有明海、八代海沿岸でOx濃

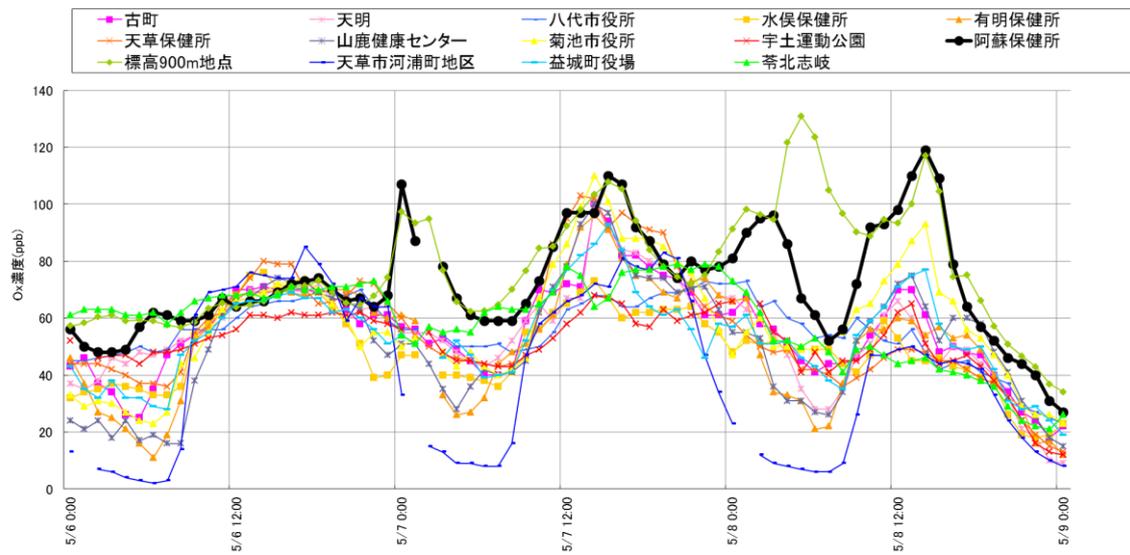


図1 5/7~5/8における熊本県内のO<sub>3</sub>濃度挙動

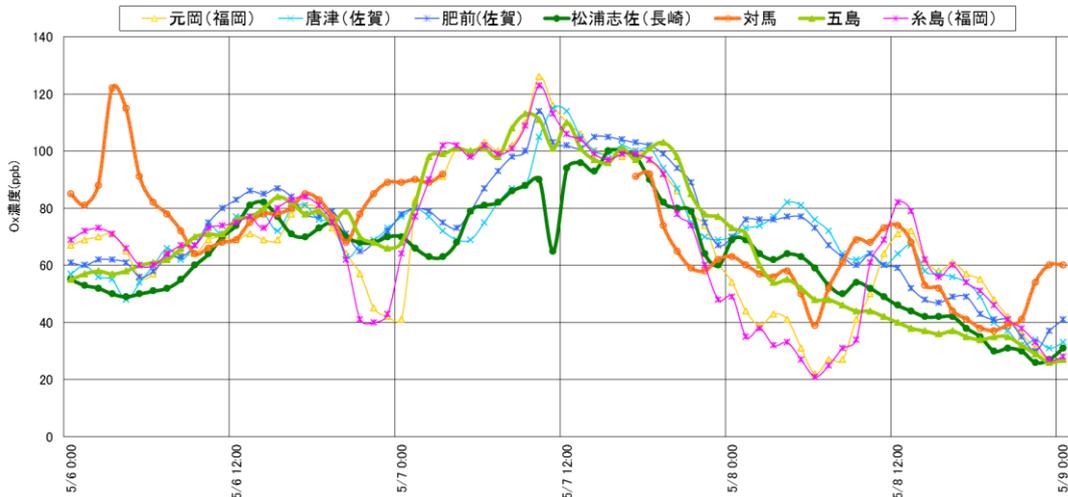


図2 九州北部(福岡, 佐賀, 長崎)の5/6~5/8における九州内O<sub>3</sub>濃度挙動

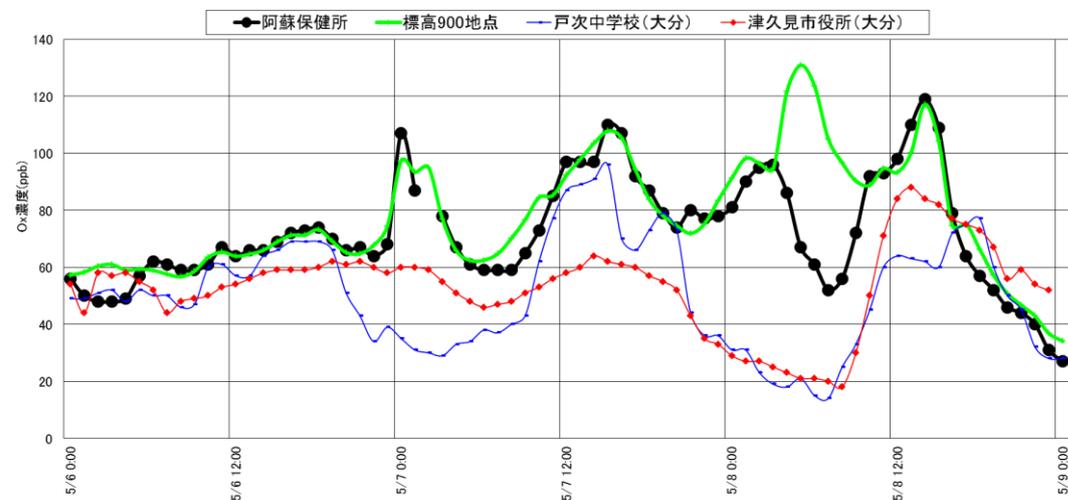


図3 九州中部(熊本, 大分)の5/6~5/8における九州内O<sub>3</sub>濃度挙動

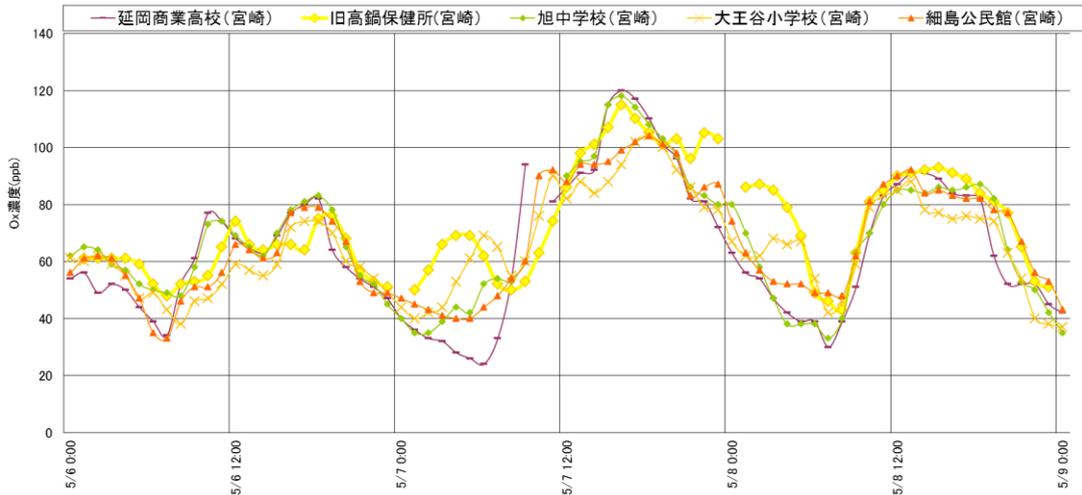


図4 九州南部（宮崎）の5/6～5/8における九州内Ox濃度挙動

度が低い値が観測され、熊本県の阿蘇地域、大分県の内陸部、宮崎県の宮崎市以北で比較的高い値が観測された。このことは図2～図4でも確認することができる。

## 2. 後方流跡線による解析

5/7の21時、5/8の3時、6時、14時について後方流跡線解析を行った。後方流跡線解析は国立環境研究所のCGER METEX<sup>3)</sup>から起点高度1500m、72時間前まで行った(図6)。図6に示した5/7～5/8の流跡線結果より、先に述べた地域的なOxの差は見られるものの、各地点の流跡線には明確な差は見られず、特に到達する気塊の経路の違いによりOx濃度差が生じている訳ではない。Oxが高濃度となった原因には、大陸からの越境移流の他に、前日の昼間に生成されたOxが滞留して高濃度になる場合も考えられたため、後方流跡線上に6時間毎にマーカーを示し、前日昼間の気塊の位置を確認した。

阿蘇地域で夜間に高濃度となった5/8の3時、6時の結果(図6-b, 6-c)から、6時間前には長崎県沖付近に存在していることがわかる。このことから、昼間に九州県内で高濃度となったOxが滞留し、夜間のOx濃度に影響を与えたとは考えづらい。また、阿蘇保健所局で日最大値となった5/8の14時の結果(図6-d)でも同様に、18時間前には長崎県五島沖に気塊があり、九州内に長時間滞留しておらず、前日に発生したOxの影響はないものと考えられる。

流跡線の起点高度の違いによる影響を確認するため、5/8の6時と5/8の14時について、糸島(福岡県)、阿蘇保健所、都城高専(宮崎県)で高度500m、1500mで同様に後方流跡線解析を行った(図7)。この結果から、起点高度の違いで気塊の流れてくる方向は違うものの、いずれの高度でも到達する気塊経路の地域的な差は明瞭ではなかった。

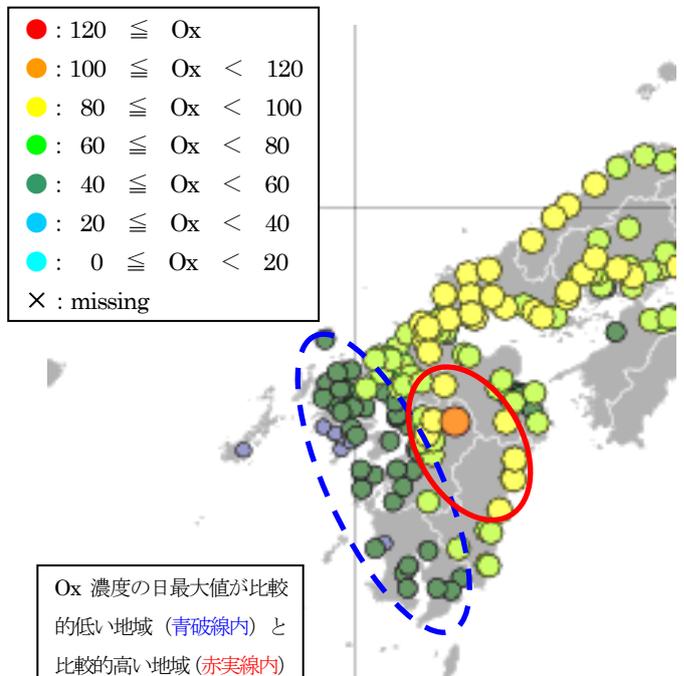


図5 5/8の14時におけるOx濃度の分布図(環境省)

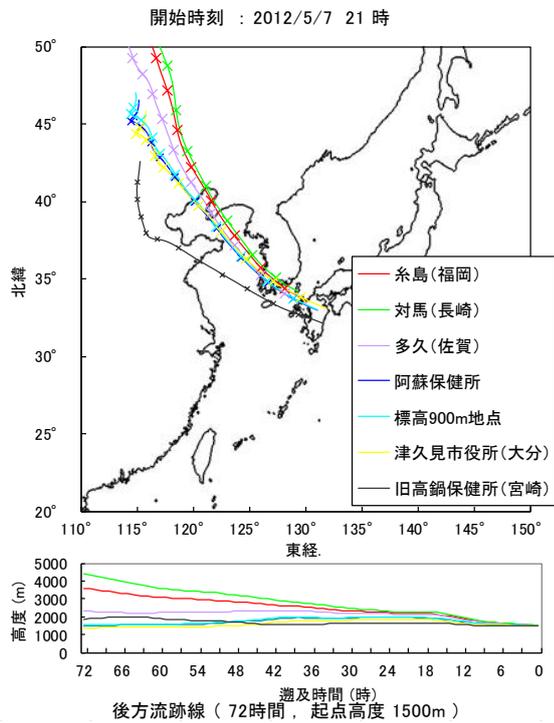
## 3. 5月8日の気象条件

表1に当日の福岡、熊本、大分、宮崎における気象情報を、表2に阿蘇保健所におけるCGER METEXの出力結果を示す。表1より、天気は概ね曇で日射量が特に高いわけではなく、高濃度のOxが生成される条件を満たしていなかった(Oxの生成には日射量、気温、風速が関係している<sup>4)</sup>)。

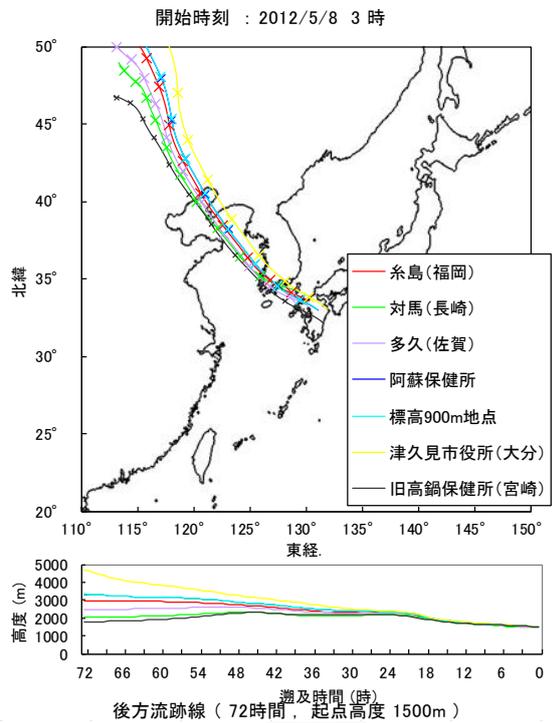
表2のCGER METEXで算出された境界層高度は500m以下の低い位置にあり、九州北部、中部の他の地点も同様の高度であった。

## 4. 考察

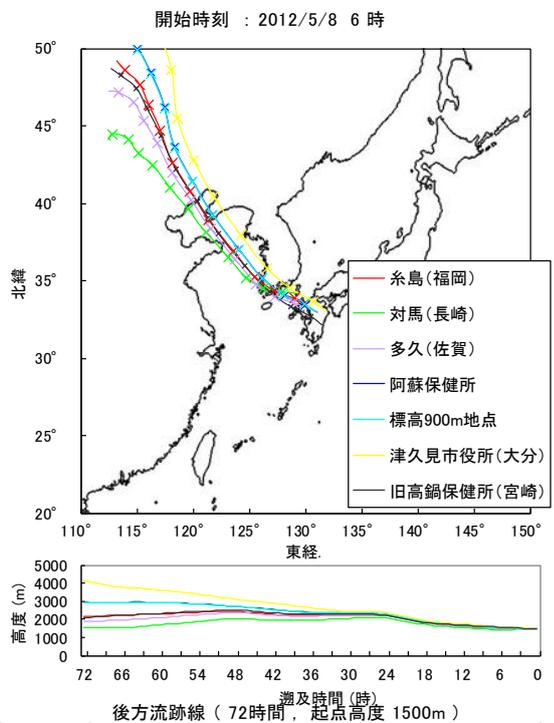
標高900m地点でのOx濃度観測値と当日の気象情報から、越境移流により上層に流入していた高濃度Oxは九州北部では境



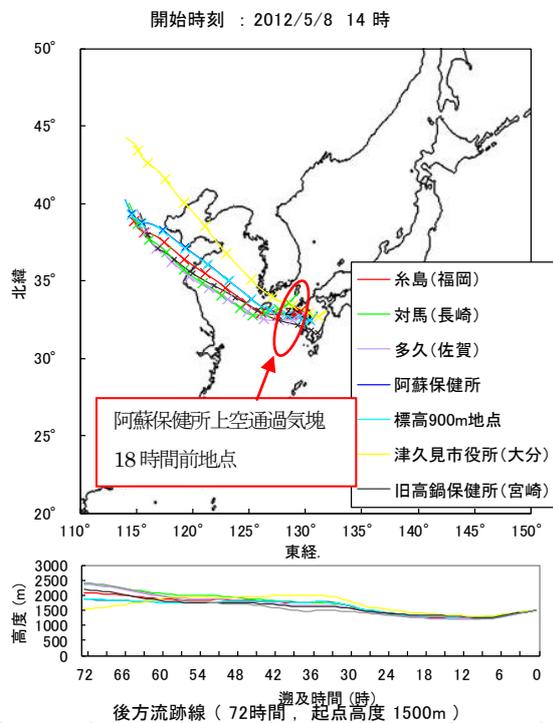
6-a



6-b



6-c



6-d

図6 (a~d) 5/7 21時~5/8 14時の後方流跡線解析 (起点高度1500m)

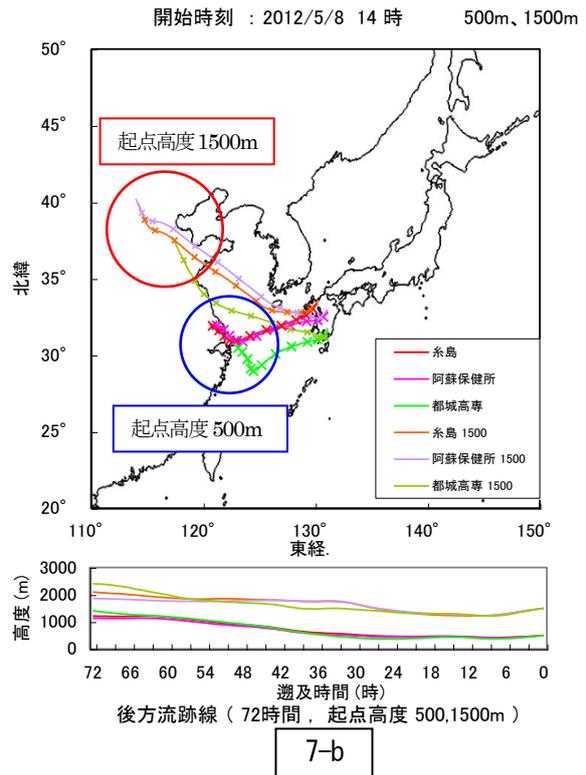
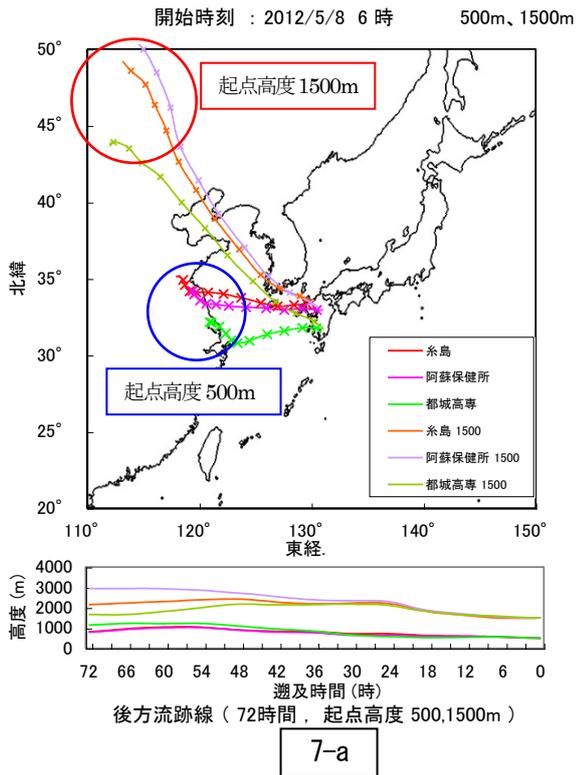


図7(a, b) 5/8 6時と5/8 14時における500m, 1500m上空での後方流跡線解析

表1 福岡、熊本、大分、宮崎における平成24年5月の気象情報<sup>4)</sup>

| 日          | 風向・風速(m/s) |      |     |        |      |     |       |      | 日照時間(h) | 全天日射量(MJ/m <sup>2</sup> )<br>合計 | 雪(cm) |                    | 雲量<br>平均 | 天気概況                 |        |
|------------|------------|------|-----|--------|------|-----|-------|------|---------|---------------------------------|-------|--------------------|----------|----------------------|--------|
|            | 平均風速       | 最大風速 |     | 最大瞬間風速 |      |     | 最多風向  | 降雪合計 |         |                                 | 最深積雪値 | 昼<br>(06:00-18:00) |          | 夜<br>(18:00-翌日06:00) |        |
|            |            | 風速   | 風向  | 時分     | 風速   | 風向  |       |      |         |                                 |       |                    |          |                      | 時分     |
| 福岡 2012年5月 |            |      |     |        |      |     |       |      |         |                                 |       |                    |          |                      |        |
| 6          | 3          | 6.4  | 西南西 | 6:24   | 13.9 | 西   | 6:03  | 北    | 9.2     | 24.06                           | --    | --                 | 3.8      | 晴一時曇                 | 曇後晴    |
| 7          | 2.8        | 6.6  | 北西  | 13:36  | 12   | 北西  | 13:06 | 南    | 6.4     | 17.5                            | --    | --                 | 6.3      | 曇後晴                  | 晴後曇    |
| 8          | 3          | 5.8  | 西南西 | 18:42  | 9.3  | 南西  | 17:15 | 南東   | 4.3     | 15.96                           | --    | --                 | 10       | 曇後一時晴                | 晴時々曇   |
| 9          | 3.6        | 7.7  | 北   | 15:21  | 10.5 | 北   | 15:17 | 北    | 11.6    | 25.26                           | --    | --                 | 2        | 晴                    | 晴時々曇   |
| 10         | 5.4        | 8.4  | 北   | 13:34  | 12.2 | 北   | 13:32 | 北    | 6.4     | 18.29                           | --    | --                 | 6.3      | 曇後晴                  | 晴後一時曇  |
| 熊本 2012年5月 |            |      |     |        |      |     |       |      |         |                                 |       |                    |          |                      |        |
| 6          | 2.7        | 4.7  | 西南西 | 17:22  | 7.8  | 南西  | 7:46  | 南西   | 10      | 24.87                           | --    | --                 | 2        | 晴一時薄曇                | 晴後一時曇  |
| 7          | 3.9        | 8.2  | 西南西 | 14:25  | 12.9 | 西南西 | 14:12 | 南西   | 8.8     | 22.05                           | --    | --                 | 6        | 晴後一時曇                | 曇      |
| 8          | 1.8        | 5.1  | 西南西 | 13:39  | 9    | 南西  | 14:25 | 西南西  | 4.4     | 18.39                           | --    | --                 | 9.5      | 薄曇時々晴                | 曇後晴    |
| 9          | 2.1        | 5.1  | 北西  | 17:01  | 7.7  | 北西  | 16:55 | 北    | 11.4    | 27.41                           | --    | --                 | 3.8      | 晴                    | 晴      |
| 10         | 2.6        | 7.2  | 北北西 | 17:42  | 11.3 | 北北西 | 17:36 | 北北西  | 11.5    | 24.31                           | --    | --                 | 2.3      | 晴                    | 快晴     |
| 大分 2012年5月 |            |      |     |        |      |     |       |      |         |                                 |       |                    |          |                      |        |
| 6          | 3.1        | 5.6  | 西南西 | 9:11   | 11.9 | 西南西 | 9:03  | 南南西  | 9.6     | 23.3                            | --    | --                 | 3.3      | 晴一時薄曇                | 晴      |
| 7          | 2.9        | 8.6  | 西   | 13:23  | 14.3 | 西   | 13:15 | 南南西  | 8       | 20.91                           | --    | --                 | 4.8      | 晴一時薄曇                | 薄曇     |
| 8          | 1.6        | 3.7  | 北北西 | 13:39  | 6.1  | 北北西 | 23:14 | 北    | 1.3     | 13.78                           | --    | --                 | 10       | 薄曇                   | 曇後一時晴  |
| 9          | 2.4        | 6    | 北東  | 12:32  | 9.2  | 北北東 | 13:00 | 北西   | 11.4    | 25.24                           | --    | --                 | 2.8      | 晴                    | 晴      |
| 10         | 3.7        | 7.2  | 北北西 | 23:22  | 12.8 | 北北西 | 23:14 | 北北西  | 10.5    | 21.36                           | --    | --                 | 4.8      | 晴時々薄曇                | 晴一時曇   |
| 宮崎 2012年5月 |            |      |     |        |      |     |       |      |         |                                 |       |                    |          |                      |        |
| 6          | 4.7        | 8.8  | 西南西 | 9:52   | 14.7 | 西南西 | 8:09  | 西    | 12.4    | 27.08                           | --    | --                 | 0.5      | 晴一時薄曇                | 快晴     |
| 7          | 6          | 9.6  | 西   | 15:44  | 14.1 | 西南西 | 13:43 | 西南西  | 9.6     | 22.7                            | --    | --                 | 2.8      | 晴                    | 曇時々晴   |
| 8          | 2.7        | 5    | 西南西 | 0:55   | 7.4  | 西南西 | 0:38  | 西北西  | 2.5     | 15.89                           | --    | --                 | 10       | 曇                    | 曇      |
| 9          | 2.5        | 5.8  | 東   | 15:29  | 7.8  | 東北東 | 17:31 | 西北西  | 7.7     | 22.75                           | --    | --                 | 6.5      | 曇後晴                  | 晴後一時薄曇 |
| 10         | 2.6        | 5.1  | 東南東 | 13:31  | 7.7  | 東   | 13:47 | 東    | 10.4    | 23.66                           | --    | --                 | 5        | 薄曇後時々晴               | 晴      |

表2 阿蘇保健所（熊本県）の高度 1500mにおける CGER METEX の出力結果

※ 日時：協定世界時（UTC）表示, longitude：東経, latitude：北緯

※ height：気塊の高度, boundary layer height：境界層高度

| year | month | day | hour | longitude<br>[deg] | latitude<br>[deg] | height<br>[m] above<br>sea-level | boundary<br>layer height<br>[m] |
|------|-------|-----|------|--------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 2012 | 5     | 8   | 5    | 131.05             | 32.97             | 1500                             | 375                             |
| 2012 | 5     | 8   | 4    | 130.95             | 32.86             | 1471                             | 337                             |
| 2012 | 5     | 8   | 3    | 130.86             | 32.75             | 1438                             | 308                             |
| 2012 | 5     | 8   | 2    | 130.76             | 32.66             | 1404                             | 287                             |
| 2012 | 5     | 8   | 1    | 130.66             | 32.58             | 1366                             | 273                             |
| 2012 | 5     | 8   | 0    | 130.56             | 32.51             | 1325                             | 264                             |
| 2012 | 5     | 7   | 23   | 130.46             | 32.46             | 1289                             | 266                             |
| 2012 | 5     | 7   | 22   | 130.36             | 32.42             | 1261                             | 268                             |
| 2012 | 5     | 7   | 21   | 130.25             | 32.41             | 1242                             | 267                             |
| 2012 | 5     | 7   | 20   | 130.13             | 32.42             | 1233                             | 264                             |
| 2012 | 5     | 7   | 19   | 130.02             | 32.44             | 1233                             | 259                             |
| 2012 | 5     | 7   | 18   | 129.89             | 32.48             | 1240                             | 253                             |
| 2012 | 5     | 7   | 17   | 129.75             | 32.53             | 1252                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 7   | 16   | 129.57             | 32.58             | 1261                             | 251                             |
| 2012 | 5     | 7   | 15   | 129.38             | 32.62             | 1269                             | 253                             |
| 2012 | 5     | 7   | 14   | 129.16             | 32.66             | 1277                             | 255                             |
| 2012 | 5     | 7   | 13   | 128.92             | 32.7              | 1286                             | 256                             |
| 2012 | 5     | 7   | 12   | 128.66             | 32.74             | 1296                             | 257                             |
| 2012 | 5     | 7   | 11   | 128.4              | 32.77             | 1307                             | 278                             |
| 2012 | 5     | 7   | 10   | 128.14             | 32.81             | 1320                             | 294                             |
| 2012 | 5     | 7   | 9    | 127.87             | 32.85             | 1334                             | 304                             |
| 2012 | 5     | 7   | 8    | 127.61             | 32.89             | 1352                             | 309                             |
| 2012 | 5     | 7   | 7    | 127.35             | 32.95             | 1374                             | 319                             |
| 2012 | 5     | 7   | 6    | 127.1              | 33.01             | 1399                             | 334                             |
| 2012 | 5     | 7   | 5    | 126.84             | 33.08             | 1425                             | 324                             |
| 2012 | 5     | 7   | 4    | 126.58             | 33.16             | 1453                             | 311                             |
| 2012 | 5     | 7   | 3    | 126.31             | 33.25             | 1483                             | 297                             |
| 2012 | 5     | 7   | 2    | 126.03             | 33.36             | 1518                             | 281                             |
| 2012 | 5     | 7   | 1    | 125.75             | 33.49             | 1560                             | 266                             |
| 2012 | 5     | 7   | 0    | 125.47             | 33.65             | 1610                             | 254                             |
| 2012 | 5     | 6   | 23   | 125.18             | 33.83             | 1664                             | 251                             |
| 2012 | 5     | 6   | 22   | 124.88             | 34.02             | 1710                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 6   | 21   | 124.56             | 34.2              | 1746                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 6   | 20   | 124.24             | 34.39             | 1768                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 6   | 19   | 123.89             | 34.58             | 1777                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 6   | 18   | 123.54             | 34.78             | 1773                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 6   | 17   | 123.19             | 34.99             | 1764                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 6   | 16   | 122.85             | 35.18             | 1760                             | 251                             |
| 2012 | 5     | 6   | 15   | 122.52             | 35.38             | 1762                             | 255                             |
| 2012 | 5     | 6   | 14   | 122.2              | 35.57             | 1768                             | 273                             |
| 2012 | 5     | 6   | 13   | 121.89             | 35.75             | 1776                             | 306                             |
| 2012 | 5     | 6   | 12   | 121.59             | 35.92             | 1785                             | 358                             |
| 2012 | 5     | 6   | 11   | 121.29             | 36.08             | 1791                             | 543                             |
| 2012 | 5     | 6   | 10   | 120.98             | 36.25             | 1791                             | 794                             |
| 2012 | 5     | 6   | 9    | 120.66             | 36.42             | 1787                             | 1111                            |
| 2012 | 5     | 6   | 8    | 120.34             | 36.59             | 1782                             | 1490                            |
| 2012 | 5     | 6   | 7    | 120                | 36.77             | 1778                             | 1929                            |
| 2012 | 5     | 6   | 6    | 119.64             | 36.95             | 1777                             | 2475                            |
| 2012 | 5     | 6   | 5    | 119.29             | 37.14             | 1778                             | 2371                            |
| 2012 | 5     | 6   | 4    | 118.95             | 37.33             | 1777                             | 2164                            |
| 2012 | 5     | 6   | 3    | 118.62             | 37.51             | 1772                             | 1850                            |
| 2012 | 5     | 6   | 2    | 118.29             | 37.7              | 1765                             | 1392                            |
| 2012 | 5     | 6   | 1    | 117.97             | 37.88             | 1758                             | 854                             |
| 2012 | 5     | 6   | 0    | 117.66             | 38.07             | 1751                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 5   | 23   | 117.34             | 38.25             | 1748                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 5   | 22   | 117.02             | 38.4              | 1748                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 5   | 21   | 116.7              | 38.53             | 1751                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 5   | 20   | 116.39             | 38.63             | 1755                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 5   | 19   | 116.09             | 38.7              | 1758                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 5   | 18   | 115.78             | 38.73             | 1759                             | 250                             |
| 2012 | 5     | 5   | 17   | 115.5              | 38.75             | 1762                             | 291                             |
| 2012 | 5     | 5   | 16   | 115.26             | 38.79             | 1769                             | 325                             |
| 2012 | 5     | 5   | 15   | 115.05             | 38.85             | 1778                             | 351                             |
| 2012 | 5     | 5   | 14   | 114.87             | 38.93             | 1789                             | 373                             |
| 2012 | 5     | 5   | 13   | 114.74             | 39.03             | 1800                             | 390                             |
| 2012 | 5     | 5   | 12   | 114.63             | 39.16             | 1812                             | 402                             |
| 2012 | 5     | 5   | 11   | 114.54             | 39.31             | 1822                             | 656                             |
| 2012 | 5     | 5   | 10   | 114.44             | 39.46             | 1831                             | 918                             |
| 2012 | 5     | 5   | 9    | 114.35             | 39.61             | 1838                             | 1188                            |
| 2012 | 5     | 5   | 8    | 114.26             | 39.76             | 1844                             | 1467                            |
| 2012 | 5     | 5   | 7    | 114.16             | 39.92             | 1849                             | 1755                            |
| 2012 | 5     | 5   | 6    | 114.07             | 40.07             | 1854                             | 2105                            |
| 2012 | 5     | 5   | 5    | 113.98             | 40.23             | 1861                             | 1891                            |

界層上を通過したため、地上での濃度上昇が見られず、標高約500mの阿蘇保健所局では上層Oxの影響を受けやすかったと考えられる。そのため、Ox濃度の上昇が見られたのだと推察した。また、九州南部の宮崎県の一部地域では九州山脈を気塊が通過する際に高度が上下することによる影響から、Ox濃度が上昇したと推測された。

#### まとめ

平成24年5月8日の阿蘇保健所局におけるOx濃度は、他の観測地点と比較して高濃度の値が検出されたため、解析を行った。解析には九州各県で観測されたOxの値を比較し、後方流跡線を用いた。

Ox濃度を地域ごとに比較すると、九州の東シナ海沿岸地域でOx濃度はかなり低く、中部、南部の東側地域ではOxが高濃度となる地域的な差が見られた。後方流跡線解析結果から、九州には概ね同一の気塊が到達しており、阿蘇地域を通過した気塊だけ経路が異なっていることは確認できなかった。このことについて、起点高度を1500mと500mに変えて後方流跡線解析を行ったが、高度によって気塊の経路は異なっているものの、地域的な差は見られなかった。

阿蘇保健所局で高濃度のOxが観測された時刻から18時間前(5月7日20時)の気塊は長崎県五島沖にあった。そのため、5月7日に九州内で発生したOxが、5月8日の観測に影響を与えたとは考えられなかった。また、標高約900m地点の観測値及び流跡線を見ると、当日は大陸からの越境移流による高濃度Oxが流入していたことが分かった。

当日の気象情報によれば、Oxが発生しやすい天候ではなく、また、CGER METEXで算出された境界層高度は、5月8日の九州北部、中部で500m以下であった。

これらのことから、越境移流により上層に流入していた高濃度Oxは九州北部では境界層上を通過したため、地上での濃度上昇が見られず、標高約500mの阿蘇保健所局では、この上層Oxの影響を受けやすかったと考えられる。また、九州南部の宮崎県の一部地域では、九州山脈を気塊が通過することによる影響から、Ox濃度が上昇したと推測された。

#### 文献

- 1) 古澤尚英, 村岡俊彦, 北岡宏道: 熊本県保健環境科学研究所報, 42, 71 (2013)
- 2) 環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」  
(<http://soramame.taiki.go.jp/>)
- 3) CGER METEX (Meteorological Data Explorer): 国立環境研究所地球環境研究センター
- 4) 気象庁: 気象統計情報  
(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)