

# 光化学オキシダント等の越境汚染に関する調査研究 (第2報) —海沿いの高地における光化学オキシダント等の実態—

谷口佳文・福島綾子・泉 宏導

## Research on the cross-border pollution of photochemical oxidants(2) — The characteristics of photochemical oxidants at highlands along the sea —

Yoshifumi TANIGUCHI ,Ayako FUKUSHIMA ,Hiromichi IZUMI,

### 1. はじめに

近年、全国的にオキシダント(Ox)濃度の増加傾向や高濃度となる地域の広域化が指摘され、その原因としてアジア大陸からの越境汚染の可能性が指摘されている。

本県においても、従来は南よりの風の時に嶺南の測定局で Ox 濃度が高くなる傾向であったが、近年は西寄りの風の日に、県内全域で Ox 濃度が高くなる傾向<sup>1)</sup>にある。

平成 21 年度の子備調査により<sup>2)</sup>、海沿いの高地での観測が、県内での越境汚染の発生メカニズムや影響度合を明らかにするために有効であることが示唆されたことから、今回は子備調査に引き続き実施した平成 22 年度から 24 年度の調査結果について報告する。

### 2. 調査方法

Ox 濃度が高濃度となる要因として、近傍地域から排出された窒素酸化物(NOx)等による生成の他に、上空の強い風に乗って遠方から運ばれた Ox が、対流により地上に供給されることが考えられる。

そこで、上空から飛来する Ox を直接測定するため、陸域の汚染物質排出源の影響を受けにくい海沿いで、大気混合層の範囲内かつ逆転層の範囲外(標高 500~1500m 程度)となる県北部(嶺北)の国見岳山頂付近および県南部(嶺南)の久須夜ヶ岳山頂付近の 2 地点で大気環境測定車「みどり号」に搭載された自動測定機で測定を行い、県内平野部に設置されている測定局(以下「比較対象測定局」と言う)との比較を行った。

#### ○調査地点

- ・国見岳  
北緯 36 度 4 分、東経 136 度 5 分、標高 656m
- ・久須夜ヶ岳  
北緯 35 度 33 分、東経 135 度 43 分、標高 619.7m

#### ○調査期間

- 平成 22 年度
  - ・久須夜ヶ岳 (4 月 8 日~5 月 11 日)

- ・国見岳 (5 月 25 日~6 月 24 日)  
平成 23 年度※
- ・国見岳 (4 月 25 日~5 月 25 日)
- ・国見岳 (9 月 12 日~10 月 12 日)  
平成 24 年度※
- ・国見岳 (4 月 25 日~6 月 1 日)

※平成 23 年度以降は崖崩れによる通行止めのため、国見岳のみで調査

#### ○測定項目

- ・二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)
- ・窒素酸化物(NOx(NO+NO<sub>2</sub>))
- ・炭化水素(NMHC、CH<sub>4</sub>)
- ・浮遊粒子状物質(SPM)
- ・オキシダント(O<sub>3</sub>)

#### ○比較対象測定局

- ・三国局 坂井市三国町山岸
- ・福井局 福井市豊島 2 丁目
- ・神明局 鯖江市水落町
- ・大野局 大野市水落町
- ・敦賀局 敦賀市松栄町
- ・小浜局 小浜市千種 1 丁目

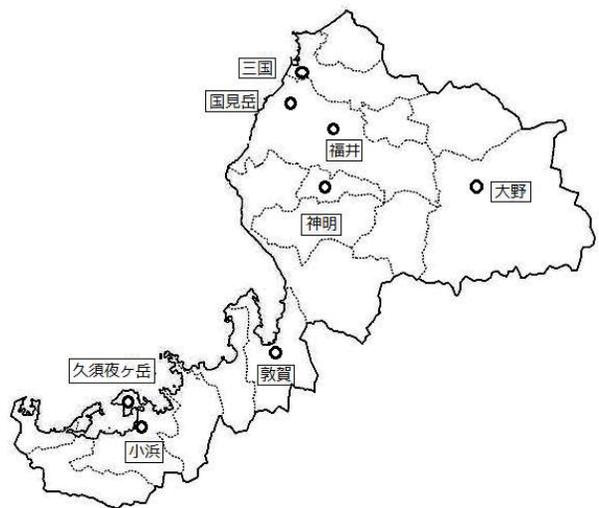


図 1 調査地点

### 3. 調査結果および考察

#### 3.1 測定項目の濃度推移

SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、NMHC、CH<sub>4</sub>、SPM は、各調査期間とも比較対象測定局にくらべ、日平均値、日最高値は低いまたは同程度で推移した。

O<sub>x</sub> は、各調査期間とも比較対象測定局に比べ、日平均値、日最高値は高めに推移し、日平均値で大きな差が出る日がみられた。

なお、図 2～13 に平成 24 年度の国見岳での調査結果を示す。

また、調査地点（国見岳、久須夜ヶ岳）の違いによる明確な差は見られず、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、NMHC、CH<sub>4</sub>、SPM は日平均値、日最高値ともに比較対象測定局にくらべ、低いまたは同程度で推移した。O<sub>x</sub> は日平均値、日最高値ともに比較対象測定局にくらべ高めに推移し、日平均値で大きな差が出る日が見られた。

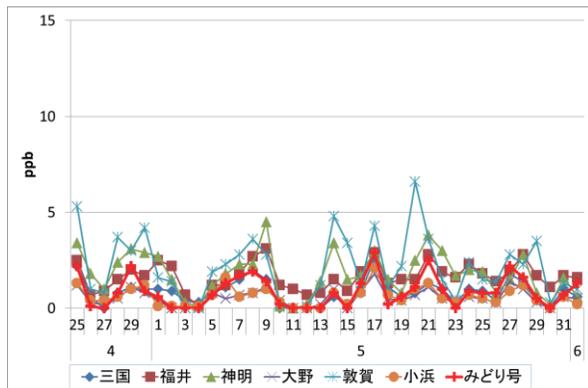


図 2 SO<sub>2</sub> 日平均値 (H24 国見岳)

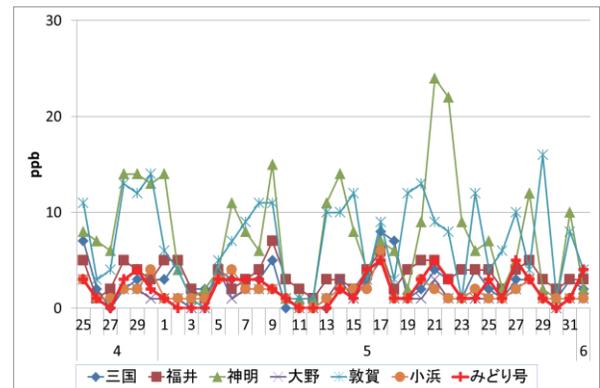


図 3 SO<sub>2</sub> 日最高値 (H24 国見岳)

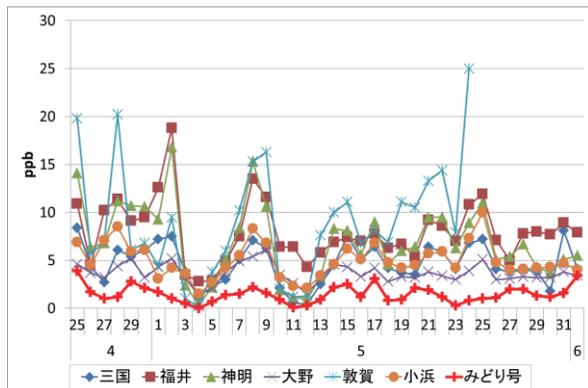


図 4 NO<sub>x</sub> 日平均値 (H24 国見岳)

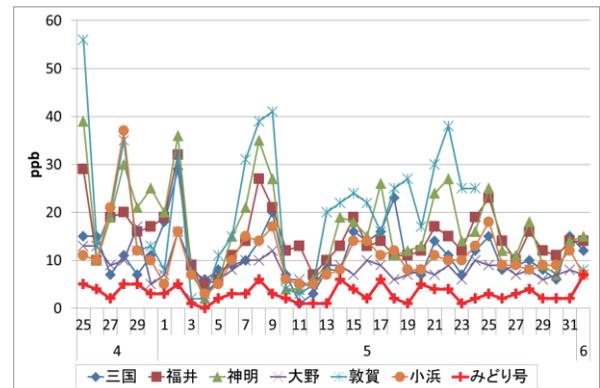


図 5 NO<sub>x</sub> 日最高値 (H24 国見岳)

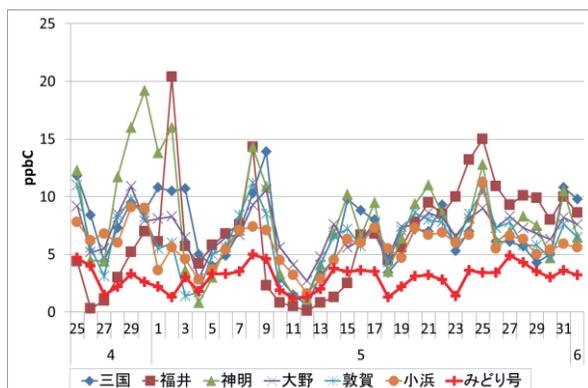


図 6 NMHC 日平均値 (H24 国見岳)

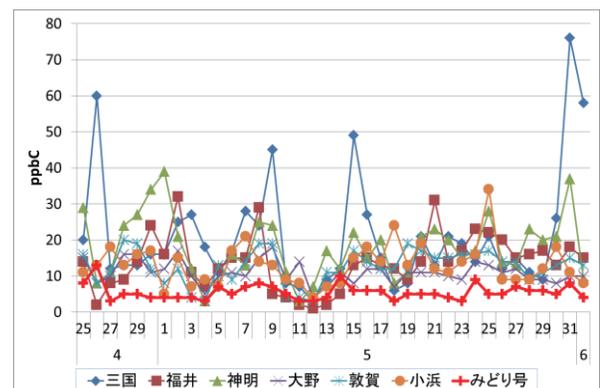


図 7 NMHC 日最高値 (H24 国見岳)

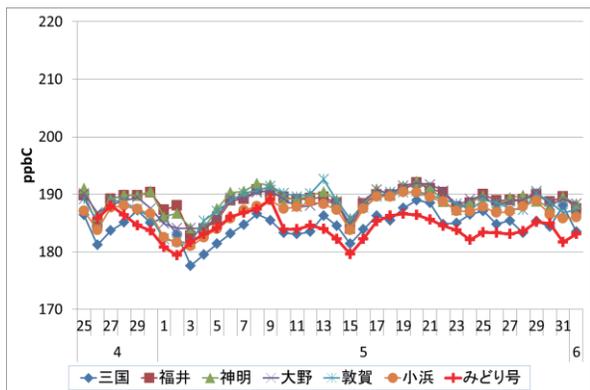


図8 CH<sub>4</sub>日平均値 (H24 国見岳)

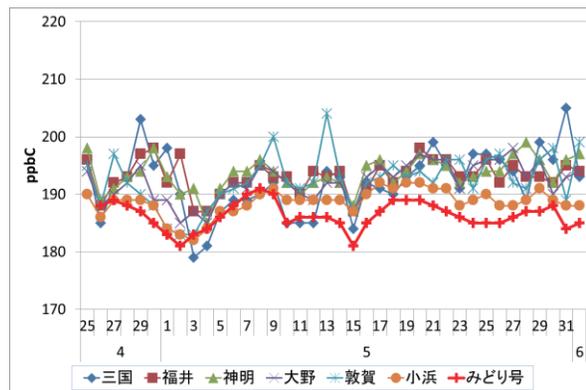


図9 CH<sub>4</sub>日最高値 (H24 国見岳)

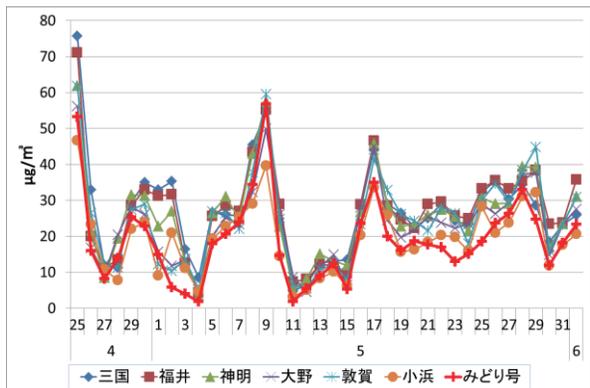


図10 SPM日平均値 (H24 国見岳)

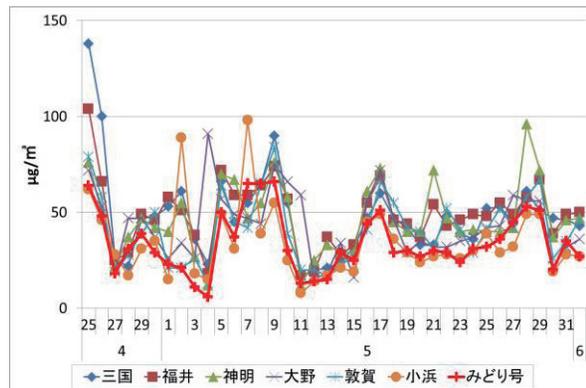


図11 SPM日最高値 (H24 国見岳)

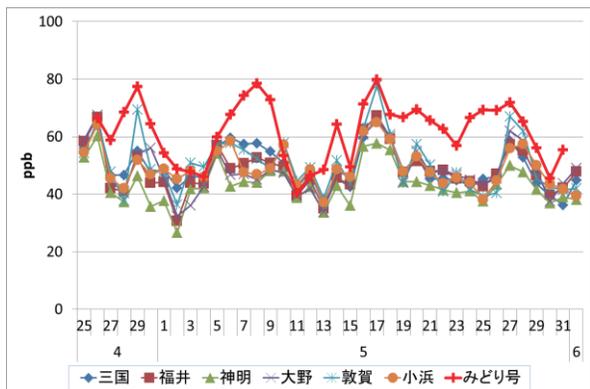


図12 Ox日平均値 (H24 国見岳)

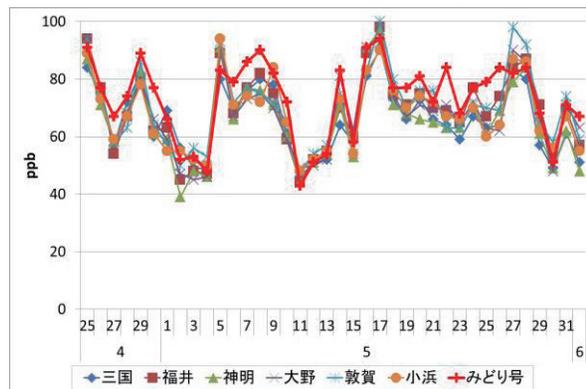


図13 Ox日最高値 (H24 国見岳)

### 3. 2 ポテンシャルオゾン濃度による考察

Ox の濃度差について、ポテンシャルオゾン  $[PO]=[O_3]+[NO_2]-0.1[NO_x]$  を用いた 1 時間値による評価を行った。

各調査期間とも、調査地点の PO 濃度変化は、比較対象測定局と比べて緩やかで、夜間の濃度上昇や、日の出前後に濃度が下がる挙動が見られた。

比較対象測定局と調査地点を比較すると、夜間に大きな濃度差が出ているが、この要因として、夜間は地表との対流が弱まり、地表から上空への汚染物質の供給が少

なくなることから、日中上空に舞上がった Ox の蓄積や、遠方からの移流が影響していると考えられる。

天候による差を見ると、調査地点付近の気象観測所(福井または小浜)で雨が観測された日は、調査地点と比較対象測定局との濃度差が小さく、晴れの日には大きな濃度差が出る傾向にあったが、晴れでも濃度差の少ない日が見られた。

なお、図 14 に平成 24 年度の国見岳での調査におけるポテンシャルオゾンによる 1 時間値濃度推移を示す。

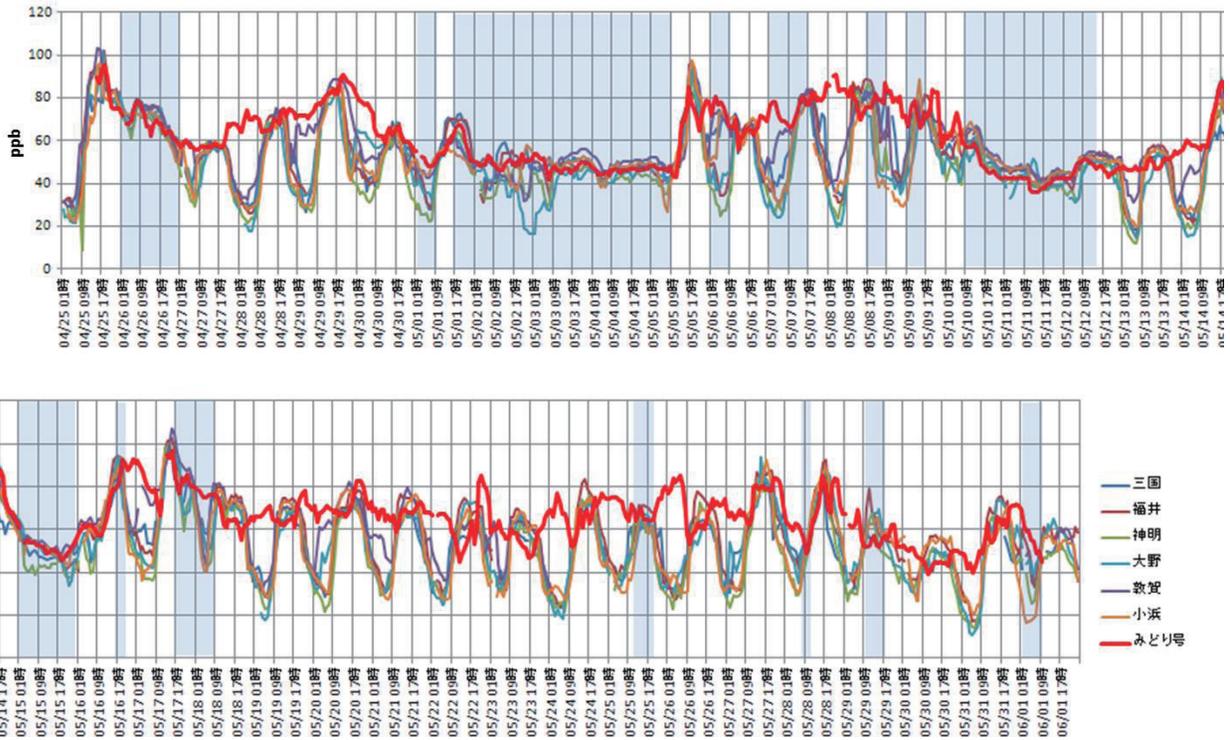


図 14 PO 濃度推移 (H24 国見岳)

図 15～21 に比較対象測定局の日最高ポテンシャルオゾン濃度と、調査地点での 24 時のポテンシャルオゾン濃度の相関図を示す。

比較対象測定局の日最高 PO 濃度と、調査地点の前日 24 時の PO 濃度に、0.7 以上の相関が得られた。このことや、PO 濃度推移で日の出前後に調査地点の濃度が下

がり、比較対象測定局の濃度が上昇する挙動から、夜間、上空に蓄積もしくは移流してきた汚染物質が、日の出前後の対流で地表に供給されることで、比較対象測定局の O<sub>x</sub> 濃度を一様に上昇させ、日中の O<sub>x</sub> 濃度を底上げしていることが示唆された。

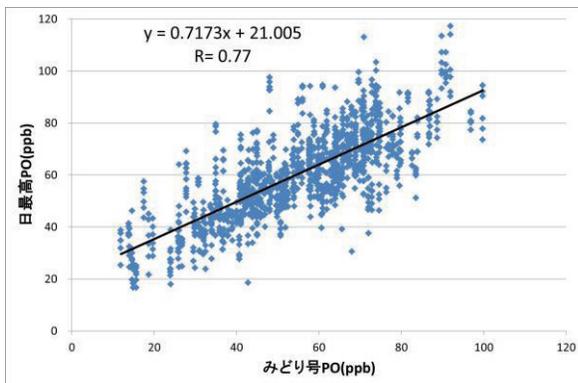


図 15 PO 濃度相関図 (全測定局)

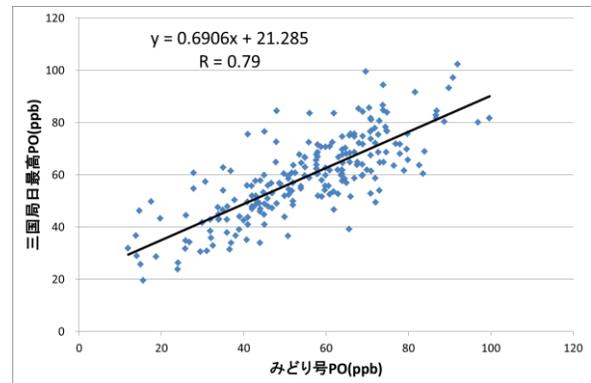


図 16 PO 濃度相関図 (三国局)

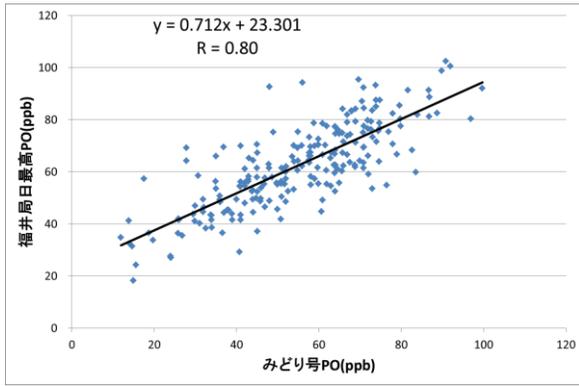


図 17 PO 濃度相関図 (福井局)

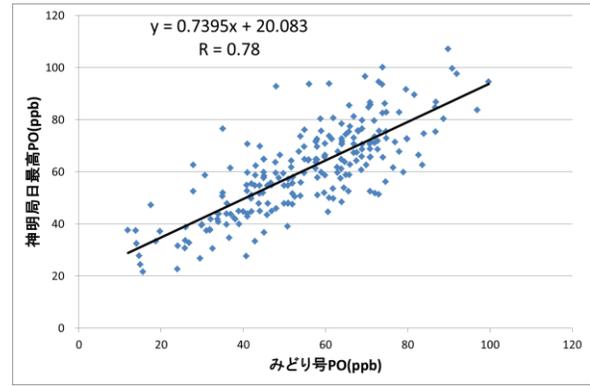


図 18 PO 濃度相関図 (神明局)

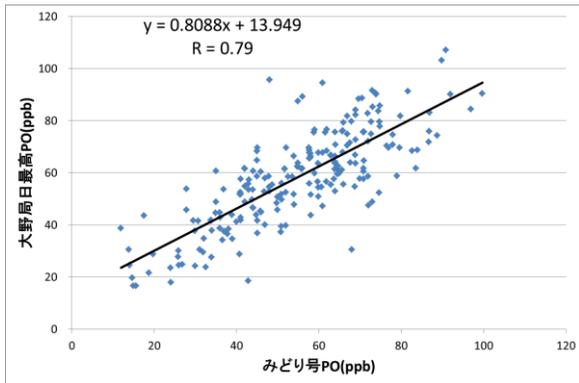


図 19 PO 濃度相関図 (大野局)

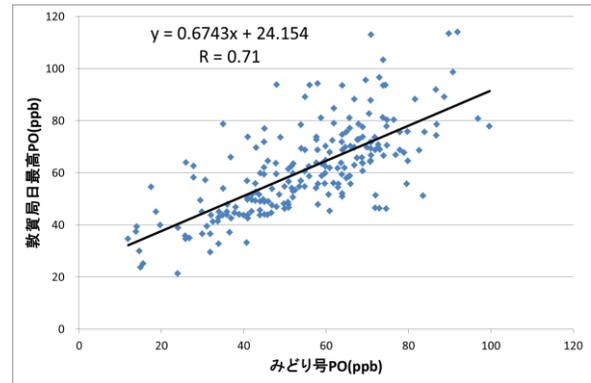


図 20 PO 濃度相関図 (敦賀局)

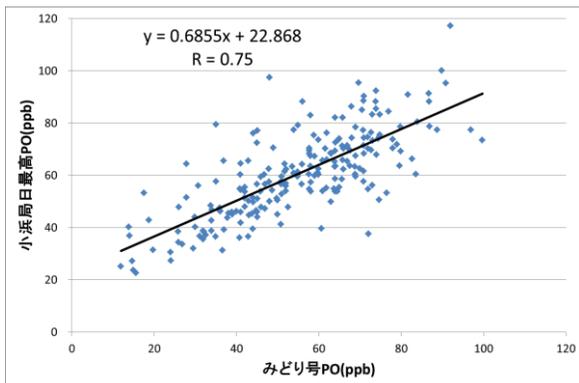


図 21 PO 濃度相関図 (小浜局)

### 3. 3 後方流跡線解析による考察

表 1 および表 2 に後方流跡線による分類結果を示す。

なお、分類は気塊の源流やその経路別に図 22 のとおりとし、地表に接地した場合や各高度で源流が大きく異なる場合は不明とした。

夜間の PO 濃度差の原因を探るため、調査地点の 24 時の PO 濃度と、比較対象測定局の 24 時の平均 PO 濃度の差が 25ppb 以上の日について、後方流跡線による分類を行った。

全体として東アジア大陸を源流とする気塊 (分類 B および D) の占める割合が多く、県内で Ox 濃度 90ppb

以上の高濃度が観測される日も多く見られた。

また、国内を源流とする気塊 (分類 A) の日は、数日間国内に滞留するような流跡線を描く傾向にあり、国内で発生した汚染物質が上空に蓄積されることが濃度差の原因と考えられる。

晴れて濃度差が 25ppb 未満の日の後方流跡線解析は、大部分が太平洋上を源流とする気塊 (分類 A) が占めており、その動きも比較的速いものであった。

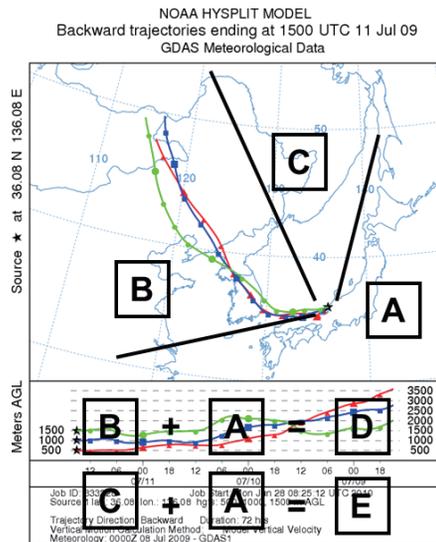


図 22 後方流跡線による分類凡例

表 1 夜間濃度差 25ppb 以上時の分類

	A	B	C	D	E	不明
久須夜 (H21)	3 (0)	3 (1)	0 (0)	4 (0)	1 (0)	1 (1)
国見 (H21)	1 (0)	2 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
久須夜 (H22)	0 (0)	5 (0)	1 (0)	4 (1)	0 (0)	2 (0)
国見 (H22)	4 (1)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (0)
国見 (H23春)	2 (0)	3 (1)	0 (0)	2 (1)	1 (0)	5 (0)
国見 (H23秋)	2 (0)	2 (0)	0 (0)	2 (0)	0 (0)	7 (0)
国見 (H24)	3 (0)	2 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	11 (2)
合計	12 (1)	15 (3)	2 (0)	12 (2)	2 (0)	21 (3)

※( )内は県内で 90ppb 以上が観測された日数

表 2 晴れかつ夜間濃度差 25ppb 未満時の分類

	A	B	C	D	E	不明
久須夜 (H21)	4	0	0	0	0	2
国見 (H21)	2	0	0	0	0	1
久須夜 (H22)	4	0	0	0	0	1
国見 (H22)	2	0	0	0	0	1
国見 (H23春)	3	0	0	0	0	1
国見 (H23秋)	1	0	0	0	0	1
国見 (H24)	0	1	2	0	0	2
合計	16	1	2	0	0	9

## 4. まとめ

調査地点における汚染物質の濃度は、比較対象測定局に比べ、概ね低いもしくは同程度の濃度推移であったが、Oxのみ高めで推移し、特に夜間に大きな濃度差が出る傾向にあった。この要因として、日中上空に舞い上がったOxの蓄積や、遠方からの移流が影響していると考えられる。

また、比較対象測定局の日中の日最高PO濃度と、調査地点の前日夜間のPO濃度に相関が見られたことから、県内のOx濃度上昇は、上空に蓄積もしくは移流してきた汚染物質の影響を受けていることが示唆された。

その原因として、後方流跡線解析によりアジア大陸からの移流の影響を受けている傾向が見られたが、国内を源流とする場合でも、気塊が数日間に渡って国内に滞留することで上空に汚染物質が蓄積され、県内のOx濃度を上昇させていることが示唆された。

## 参考文献

- 1)山田克則他：北陸地方における光化学オキシダント高濃度の特徴(2)－風向別高濃度出現時間数の経年変化－，第36回環境保全・公害防止研究発表会講演要旨集，(富山市,2009)
- 2)谷口佳文他：光化学オキシダント等の越境汚染に関する調査研究(第1報)，福井県衛生環境研究センター年報,8,69-73(2009)