ノート

オキシダントの濃度分布に関する解析
－二州地区における高濃度事例（令和元年 5 月 25 日）について－

安川聡浩・森　英倫

Research on the Distribution of Oxidant Concentration
－ An Incident at Nishu Area on May 25,2019

Akihiro YASUKAWA, Hidemichi MORI

1．はじめに

光化学オキシダントは、目や喉などへの刺激があるため、大気汚染防止法第 23 条の規定に基づく緊急時の措置の対象となっている。福井県では、これまでに昭和 53（1978）年に 1 回、平成 2（1990）年に 3 回および平成 14（2002）年に 1 回の計 5 回オキシダントの注意報を発令したが、今回、17 年ぶりとなるオキシダント注意報を令和元（2019）年 5 月 25 日に発令した（令和元年の事例を含むこれまでの福井県におけるオキシダント注意報の発令状況を表 1 に示す。）。これら事例については、これまでの当センター所報において、原因等の解析を報告してきた[1）～4）]。

そこで、今回のオキシダント注意報の発令に至った当日の状況等について解析した結果を報告する。

2．方法

2．1　データ

解析に用いたオキシダント（以下「Ox」という。）のデータは、注意報発令の根拠となった大気汚染防止法第 22 条第 1 項に基づき県が実施している常時監視測定局における測定結果を用いた。同様に、風向、風速、二酸化硫黄（以下「SO_2」という。）、一酸化窒素（以下「NO」という。）、二酸化窒素（以下「NO_2」という。）、浮遊粒子状物質（以下「SPM」という。）、微小粒子状物質（以下「$PM_{2.5}$」という。）、非メタン炭化水素（以下「NMHC」という。）、温度および湿度のデータは、常時監視測定局における測定結果を用いた。なお、今回の注意報発令の対象地域は二州地域であったため、常時監視測定局のうち、二州地域にある和久野局、敦賀局および三方局のデータを用い、必要に応じ、参考までに若狭地域の小浜局のデータを用いた。測定局の位置を図 1 および表 2 に示す。

図 1　測定局の位置

表 1　これまでの福井県におけるオキシダント注意報の発令状況

発令年（西暦）	昭和 53 年（1978）	平成 2 年（1990）			平成 14 年（2002）			令和元年（2019）
発令地域	敦賀地域	敦賀地域			二州地域（敦賀市・旧三方郡）			二州地域
発 令 日	6 月 5 日	4 月 11 日	5 月 10 日	6 月 19 日	6 月 10 日			5 月 25 日
発令時刻	15:10	13:00	15:50	15:50	16:40			17:50
解除時刻	16:45	19:20	18:40	17:40	18:20			19:30
120ppb 以上の濃度が観測された測定局（所在地）	中郷局（敦賀市道の口）	中郷局（敦賀市道の口）			敦賀局（敦賀市松栄町）	和久野局（敦賀市新和町）	三方局（旧三方町中央）	和久野局（敦賀市新和町）
1 時間値最高濃度（時刻）	128ppb（15 時）	140ppb（16・17 時）	157ppb（16 時）	129ppb（15・16 時）	128ppb（17 時）	125ppb（16・17 時）	121ppb（17 時）	125ppb（18 時）
被害状況	－	なし	なし	なし	子供 4 人と大人 2 人が目やのどに異常を訴えたが、洗顔やうがいで回復した。			なし

表 2　測定局の位置

地域	局名	所在地
二州	敦賀	敦賀市松栄町
	和久野	敦賀市新和町
	三方	若狭町中央
若狭	小浜	小浜市千種 1 丁目

2．2　ポテンシャルオゾン濃度の算出

ポテンシャルオゾン（以下「PO」という。）濃度[PO]の算出方法は、Ox 濃度（オゾン濃度）[O_3]、NO_2 濃度[NO_2]、NOx 濃度[NOx]を用いて「光化学オキシダント調査検討会報告書」（平成 26 年 3 月光化学オキシダント調査検討会）[5] の次式のとおりとした。

$[PO]=[O_3]+[NO_2]-\alpha\times[NOx]$

α は、同報告書のとおり、日本で推定されてきた一般的な値である「0.1」を使用した。

2．3　後方流跡線解析

後方流跡線解析は、Wang[6] らが開発した流跡線解析用ツール「TrajStat1.2.2.6」を用い、次の条件で行った。

・時間方向　　後方
・開始地点　　大気汚染常時監視測定局　和久野局
・絶対高度　　500m

3．結果および考察

3．1　当日等の状況

3．1．1　Ox

図 2 に和久野局、敦賀局および三方局の Ox 濃度の経時変化を示す。二州地域にオキシダント注意報が発令された令和元年 5 月 25 日（土）の 3 日前から Ox の日最高値が上昇傾向を続け、25 日に和久野局において日最高値が 120ppb を超えた。なお、翌 26 日には、100ppb 程度に減少した。

25 日当日は、和久野局で Ox 濃度が 10 時に 90ppb を超え、徐々に上昇傾向を続け、15 時に 100ppb を超えた。16 時には 100ppb と横ばいになったが、17 時に 122ppb に急増し、その後も上昇傾向が認められ、17 時 50 分に注意報が発令された。18 時には 125ppb となったが、その後減少し、19 時に 104ppb となり、19 時 30 分に注意報が解除された。

25 日当日は、関東（茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都）、中部（三重県）、近畿（滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県）、中国（島根県、岡山県）、四国（香川県、愛媛県）、九州（大分県、宮崎県）の広い範囲で Ox 注意報が発令されている。

3．1．2　PO

図 3 に和久野局の Ox 濃度と PO 濃度の経時変化を示す。PO 濃度についても Ox 濃度とほぼ同様に推移し、PO 濃度の日最高値が 25 日の 3 日前から上昇傾向を続け、26 日には減少した。Ox 濃度と PO 濃度の傾向が極めて一致していることから、NO によるタイトレーション効果の影響が小さいと考えられる。

3．1．3　気象

図 4 に当日 15 時の天気図[7] を示す。概況は、日本付近は引き続き広く高気圧に覆われて晴れ。暖かい空気の流入と強い日差しにより各地で気温が上昇し、全国の 140 地点で最高気温が 5 月の観測史上 1 位となった。また、大分県で今シーズン全国初の猛暑日となった。

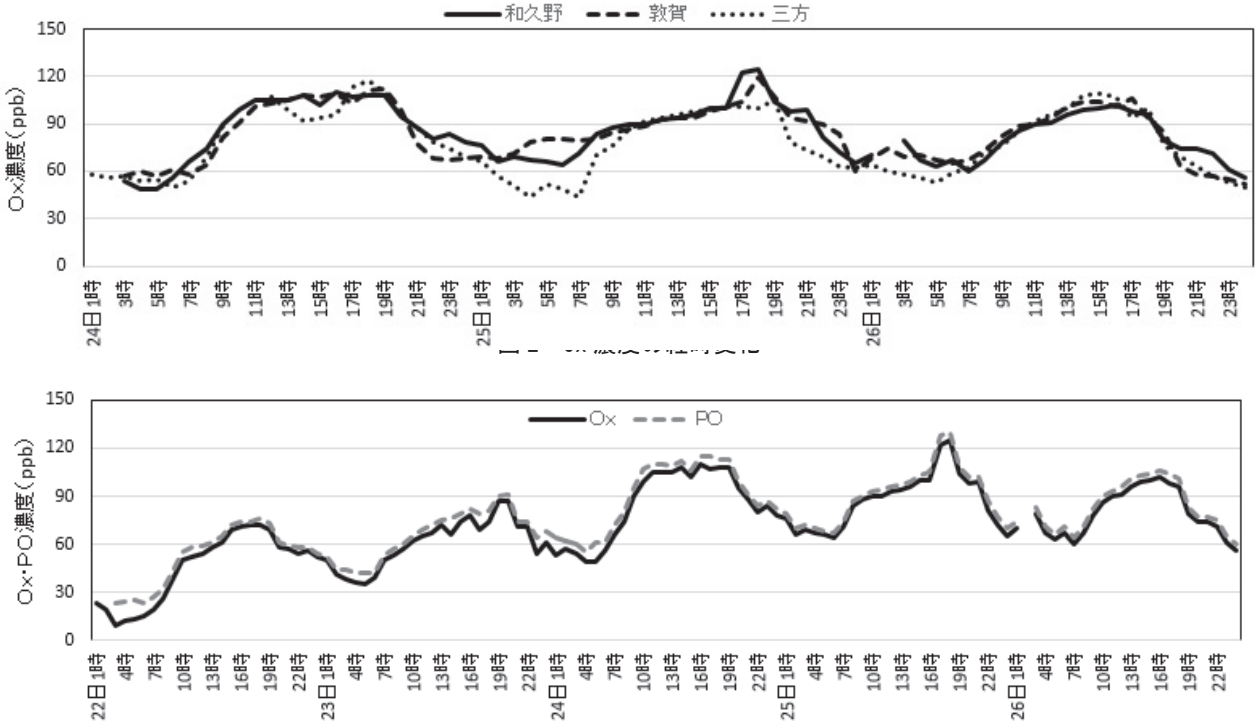


図 3　Ox 濃度と PO 濃度の経時変化

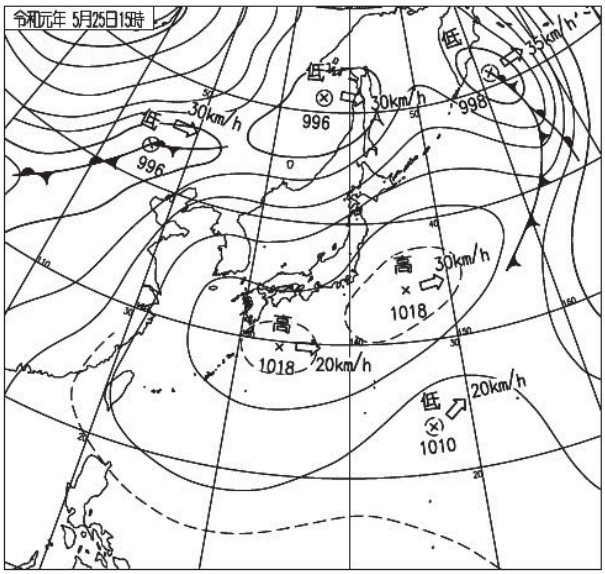


図 4　令和元年 5 月 25 日 15 時の天気図

福井県は、3 日連続の快晴となり、敦賀市の最高気温は 33.2℃、最低気温は 16.4℃、平均気温は 24.4℃、平均湿度 48%、最大風速 7.4m/s、南東の風、日照時間 12.9 時間であった。

３．１．４　風向・風速

図 5(1)(2)に Ox 濃度と風向・風速の関係を示す。Ox 濃度が上昇する 9 時から 15 時までの間は、敦賀局は南東系の風、和久野局は東系の風が卓越していた。両局ともに 16 時は北系の風、17 時は和久野局が東南東、敦賀局が北西、18 時、19 時は和久野局が南系の風、敦賀局が北系の風であり、17 時から 19 時にかけて空気塊がゆれながら停滞していたことが考えられる。

また、図 6 に Ox 濃度と風速の経時変化を示す。Ox 濃度が上昇する 9 時から 15 時までの間は、敦賀局、和久野局ともに風速は 4m/s 程度であるが、15 時から 19 時にかけて急激に風速が減少している。したがって、この間、Ox の拡散が抑えられ、気塊が停滞していたことが考えられる。

また、19 時から風速が強くなり、Ox 濃度が減少している。

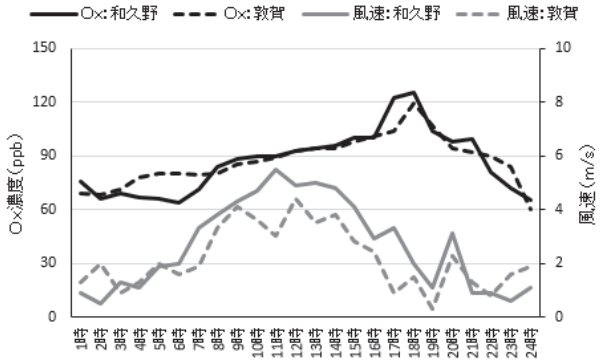


図 6　Ox 濃度と風速の経時変化

３．１．５　SO_2

図 7 に当日の敦賀市内の測定局の Ox 濃度と SO_2 濃度の経時変化を示す。特に関係は認められない。

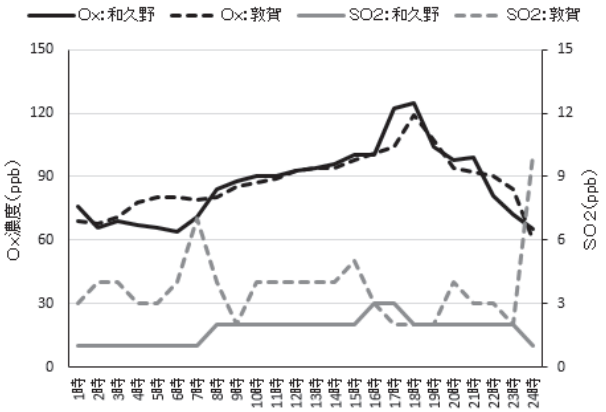


図 7　Ox 濃度と SO_2 濃度の経時変化

３．１．６　NO・NO_2

図 8 に当日の敦賀市内の測定局の Ox 濃度と NO 濃度・NO_2 濃度の経時変化を示す。NO 濃度は、1 日中 0ppb であり、タイトレーション効果を考慮すれば、Ox 濃度の上昇の原因の一つと考えられる。NO_2 濃度については、特に Ox 濃度との関係は認められない。

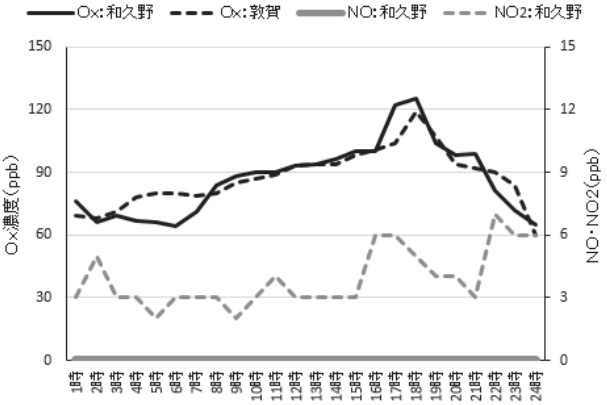


図 8　Ox 濃度と NO 濃度・NO_2 濃度の経時変化

３．１．７　SPM

図 9 に当日の敦賀市内の測定局の Ox 濃度と SPM 濃度の経時変化を示す。昼間の増加傾向は、一致している。

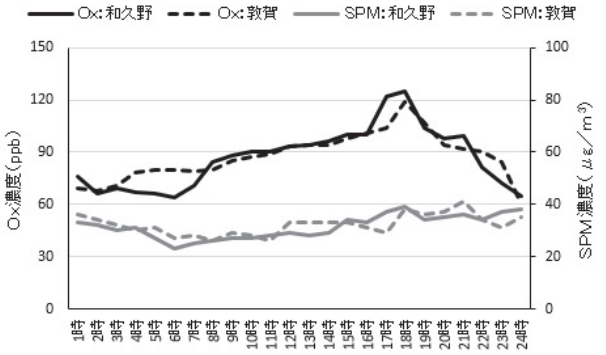
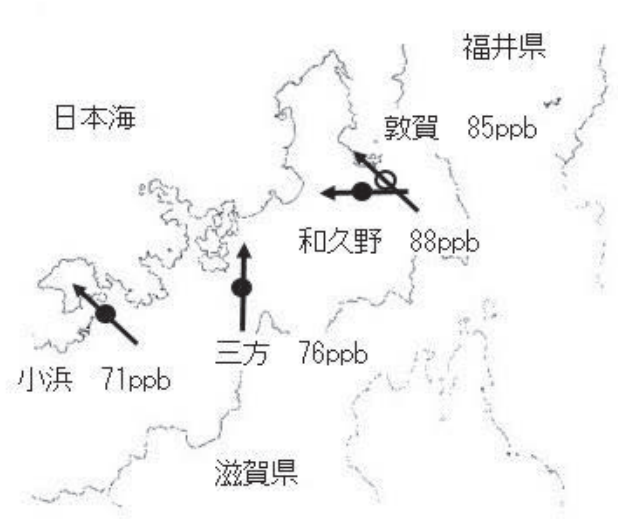


図 9　Ox 濃度と SPM 濃度の経時変化



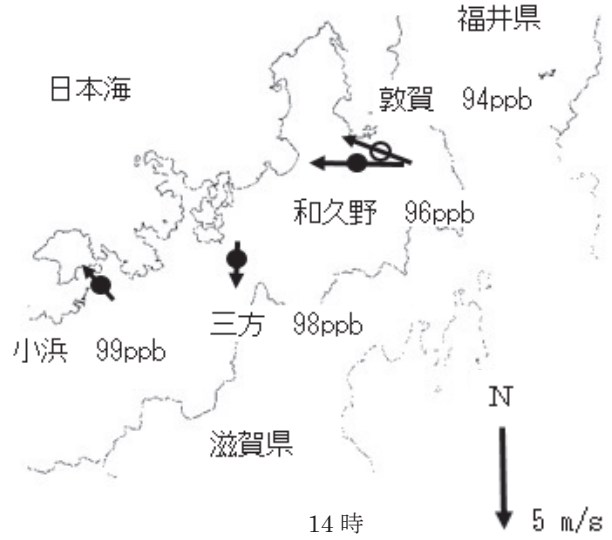
9 時

10 時

11 時

12 時

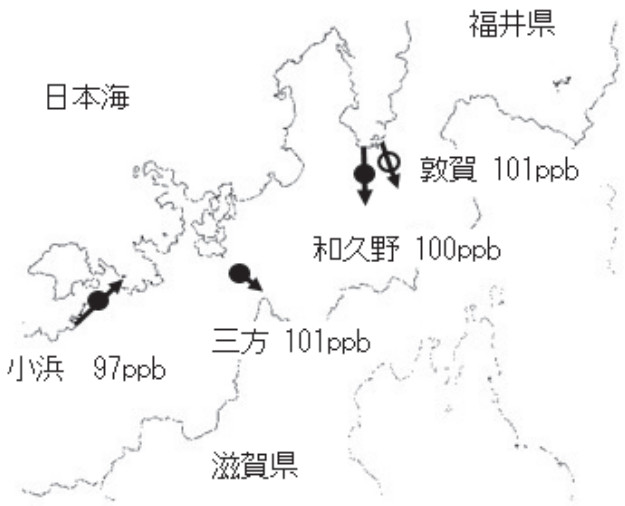
13 時



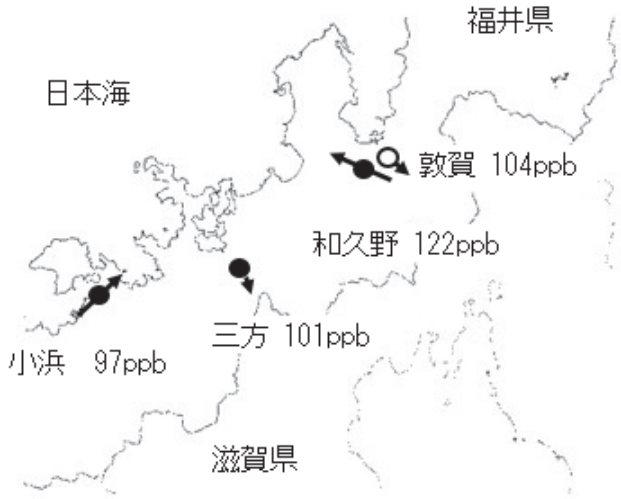
14 時

図 5(1)　Ox 濃度と風向・風速の関係

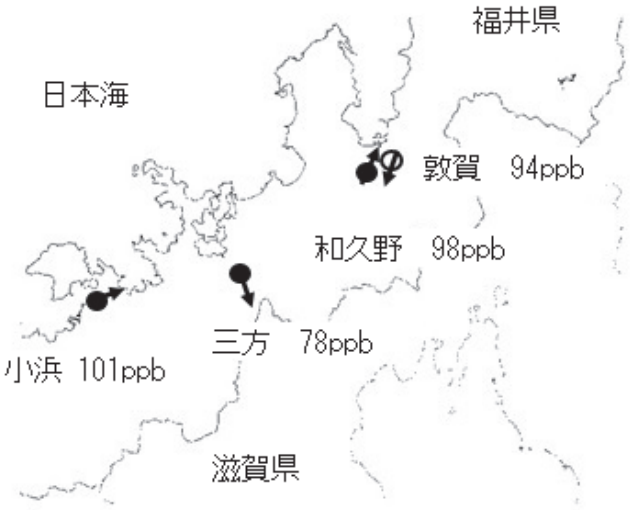
15 時



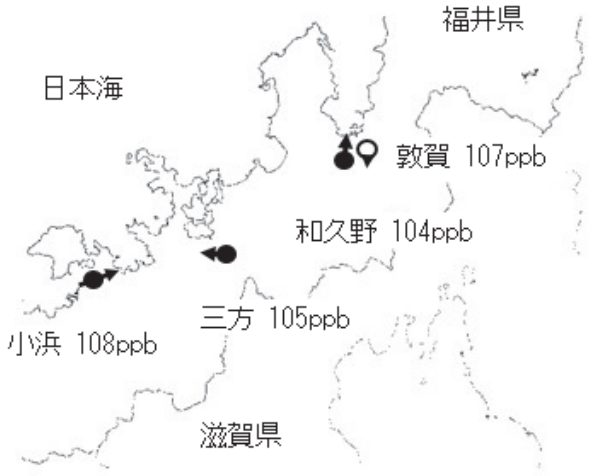
16 時



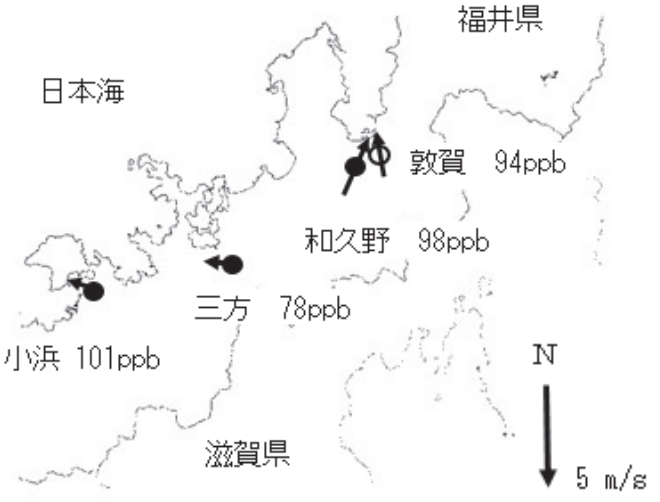
17 時



18 時



19 時



20 時

図 5(2)　Ox 濃度と風向・風速の関係

３．１．８　$PM_{2.5}$

図 10 に当日の敦賀市内の測定局の Ox 濃度と $PM_{2.5}$ 濃度の経時変化を示す。SPM と同様に、昼間の増加傾向は一致している。

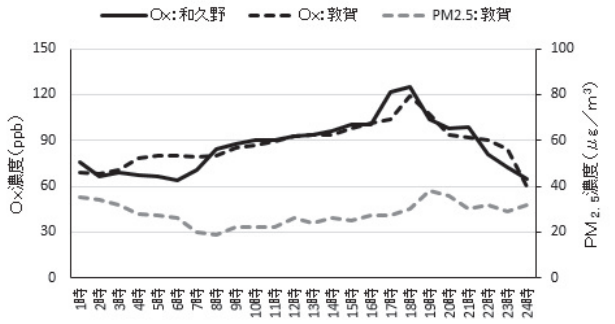


図 10　Ox 濃度と $PM_{2.5}$ 濃度の経時変化

３．１．９　NMHC

図 11 に当日の敦賀市内の測定局の Ox 濃度と NMHC 濃度の経時変化を示す。特に関係は認められない。

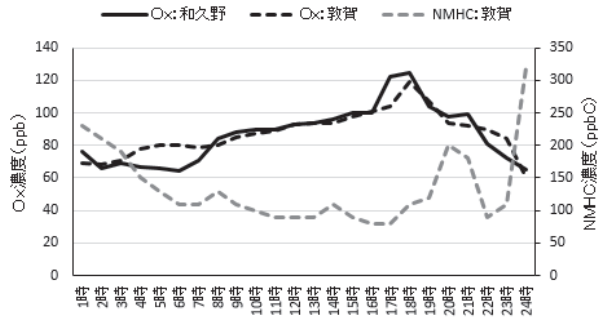


図 11　Ox 濃度と NMHC 濃度の経時変化

３．１．１０　温度

図 12 に当日の敦賀市内の測定局の Ox 濃度と温度の経時変化を示す。昼間は、温度の上昇に伴い、0x 濃度も増加している。

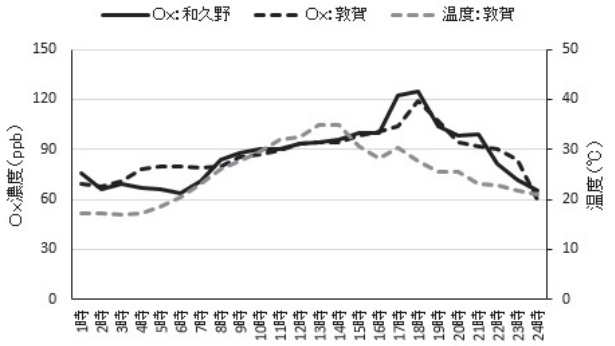


図 12　Ox 濃度と温度の経時変化

３．１．１１　湿度

図 13 に当日の敦賀市内の測定局の Ox 濃度と湿度の経時変化を示す。昼間は、湿度の減少に伴い、Ox 濃度は増加している。

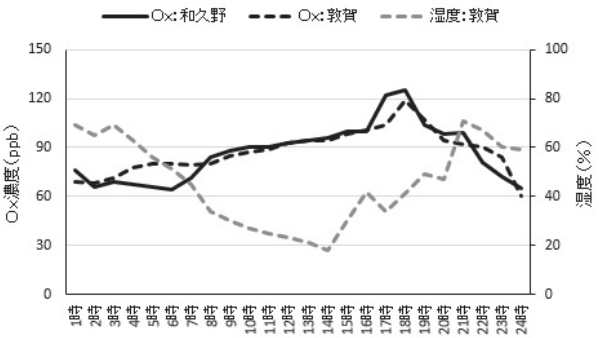


図 13　Ox 濃度と湿度の経時変化

３．１．１２　後方流跡線解析

図 14 に当日の和久野局の後方流跡線解析の結果を示す。この結果、高濃度の Ox をもたらした気流は、前日、前々日に Ox が高濃度となった中国､四国地方を通過しており、潜在的に Ox のポテンシャルが高かったと考えられる。

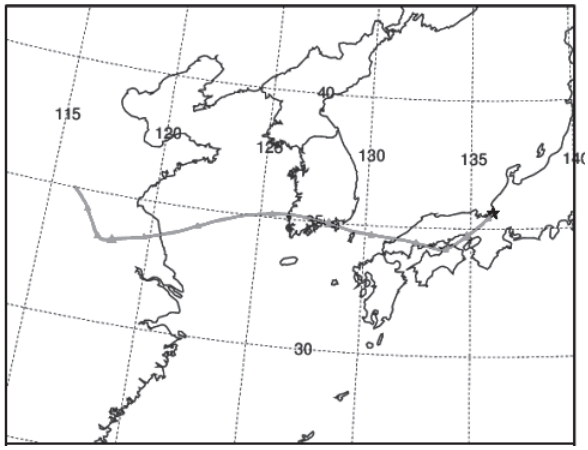


図 14　後方流跡線解析の結果

３．２　考察

当日、気象庁予報部から次の内容の全般スモッグ気象情報（光化学オキシダント）が発表された。

「関東甲信地方、北陸地方、東海地方、近畿地方、中国地方、四国地方、九州北部地方では、今日（25 日）は晴れて日射が強く、最高気温は 30 度以上まで上がるところが多い見込みです。

このため、今日（25 日）昼過ぎから夜のはじめ頃にかけて、光化学スモッグの発生しやすい気象状態となるでしょう。」

実際に、数日前から移動性高気圧の東への緩やかな移動に伴い、Ox の原因物質の大陸からの移流を招いたこと、晴天が続き、PO 濃度が上昇傾向にあったこと、当日は、移動性高気圧に覆われ、雲が少なく紫外線が入りやすい状況にあったこと、日中の気温が 5 月にしては非常に高かったこと、Ox 濃度の最大値に近い時間帯では風速が 3m/s 程度以下と弱く汚染物質が拡散しにくいことなどの気象条件が重なって、光化学オキシダント濃度が高くなったと考えられる。

また、併せて、NO 濃度が低く、タイトレーション効果による Ox 濃度の減少が抑えられたことが考えられる。

なお、福井県におけるオキシダント高濃度予測手法の構築[8]による予測手法として、次の 3 条件が設定されている。

①当日の天候：晴
②当日の最高気温と最低気温の差：8℃以上
③当日 9 時の風向：南よりの風（南東～南～南西）

当日に状況をあてはめたところ、次のとおり Ox の高濃度の条件に該当した。

①当日の天候：晴
②当日の最高気温と最低気温の差：前日夜の予想で、最高 33℃、最低 15℃であり、差は 18℃
③当日 9 時の風向：敦賀局で南西

4．まとめ

福井県では、令和元（2019）年 5 月 25 日に 17 年ぶりにオキシダント注意報を発令した

そこで、オキシダント注意報の発令に至った状況等について解析したところ、数日前から移動性高気圧型の東への緩やかな移動に伴い、Ox の原因物質の大陸からの移流を招いたこと、晴天が続き、PO 濃度が上昇傾向にあったこと、当日は、移動性高気圧型に覆われ、雲が少なく紫外線が入りやすい状況にあったこと、日中の気温が 5 月にしては非常に高かったこと、Ox 濃度の最大値に近い時間帯では風速が 3m/s 程度以下と弱く汚染物質が拡散しにくいことなどの気象条件が重なって、光化学オキシダント濃度が高くなったと考えられる。

なお、当日は、福井県におけるオキシダント高濃度予測手法における Ox の高濃度の条件に該当した。

参考文献

1) 酒井信行ほか：8.オキシダント濃度上昇時の気象条件について（第 3 報），福井県公害センター年報，8，163-170，1978.
2) 正通寛治ほか:2. 光化学スモッグ注意報発令時における高濃度出現要因の検討，福井県公害センター年報，19，70-95，1989.
3) 正通寛治ほか：1.光化学スモッグ注意報発令時の高濃度出現要因についてー平成 2 年 6 月 19 日の事例ー，福井県環境センター年報，20，77-89，1990.
4) 山田克則ほか：光化学オキシダントの濃度分布に関する解析（第 2 報）ー二州地区における高濃度事例（2002 年 6 月 10 日）についてー，福井県衛生環境研究センター年報，2，67-73，2003.
5) 「光化学オキシダント調査検討会報告書」（平成 29 年年 3 月光化学オキシダント調査検討会）
6) Ya-Qiang Wang et al：TrajStat: GIS-based software that uses various trajectory statistical analysis methods to identify potential sources from long-term air pollution measurement data(2009)
7) 過去の天気図（気象庁ホームページ）（http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/wxchart/quickmonthly.html）
8) 安川聡浩ほか：福井県におけるオキシダント高濃度予測手法の構築，福井県衛生環境研究センター年報，17，60-63，2018.