

大月市内で実施した光化学オキシダント補足調査

大橋泰浩 奥寺優行 小鳥居哲¹

Additional investigate of photochemical oxidants at Otsuki city

Yasuhiro OHASHI, Masayuki OKUDERA and Satoshi KOTORII

キーワード：山梨県、光化学オキシダント、光化学スモッグ注意報、大気汚染、補足調査

山梨県では、**図1**に示す一般環境大気測定局10局において、光化学スモッグの原因物質である光化学オキシダント(以下「Ox」)濃度を常時監視している。本県における近年の光化学スモッグ注意報の発令状況については、**図2**に示すように、年により変動するものの、県東部の大月局及び上野原局のOx濃度で判断される「大月・上野原」地域では、ほぼ毎年5月から8月に発令されている。この県東部におけるOx濃度の高濃度化現象については、これまで多くの調査や解析が行なわれており、主な要因は、東京湾や相模湾を中心に南関東で生成したOx汚染気塊が、相模川沿いに吹く東寄りの風により移流するためと考えられている¹⁻⁸⁾。

光化学スモッグ注意報等発令地域(以下「発令地域」)の範囲の設定方法については、都道府県毎に異なり、本県では一般環境大気測定局を中心とした半径5km圏内の可住地を発令地域として設定している。また、半径5km圏外の可住地(以下「圏外可住地」)については、移動測定局(臨時測定のためのコンテナタイプ測定局)を設置してOx濃度を測定し、一般環境大気測定局の常時監視結果等と比較し、一般環境大気測定局の発令地域に含めるべきかを判断している。

大月測定局(以下「大月局」)の発令地域に隣接する笹子地域は、大月市内の西端(大月局から西側約10km、上野原局から西側約26km)に位置する山間地域であり、圏外可住地であるが、どの発令地域にも含まれていない。しかし、吉澤ら²⁾は、オゾン簡易測定器を用いた調査の結果、上野原地域の汚染質は、笹子まで達すると報告している他、清水⁸⁾も1997年に実施した移動局を用いた笹子地域の調査の結果、上野原局の汚染気塊は、約4割の頻度で笹子地域にまで及ぶと報告しており、笹子地域にも南関東からのOx汚染気塊が移流する可能性が高いと考えられている。

そこで、今回、平成28年度、平成29年度及び令和2年度の延べ3年間、移動測定局を笹子公民館(大月市笹子町黒野田1359-7)(以下「笹子局」)に設置してOx濃度を連続測定し、近傍の一般環境大気測定局である大月局(富士・東部建設事務所庁舎;大月市大月町花咲1608-3)にお

¹ 現、富士・東部福祉保健事務所

けるOx測定値と比較・解析することにより、大月局と笹子局のOx測定値に同等性が認められるかを検討した。

なお、大月局の発令地域は、平成22年度以降、「大月・上野原」地域に統合されており、笹子局周辺地域を同発令地域に含める場合、かなり広範囲となってしまふ。そこで、「大月・上野原」地域の発令地域を区分することも含め、過去10年間の大月局及び上野原測定局(以下「上野原局」)のOx高濃度状況についても検討した。

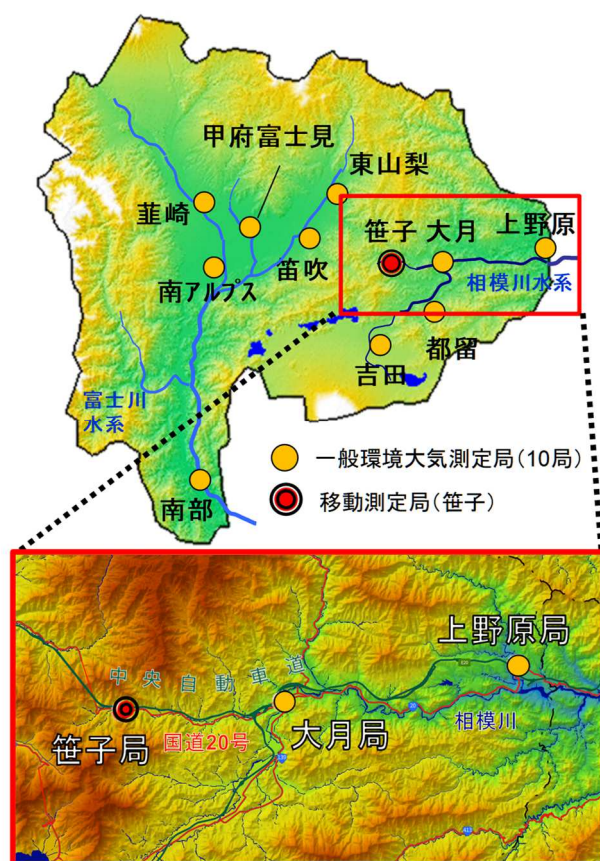


図1 光化学オキシダント濃度の測定地点
(拡大図(下)：笹子局、大月局及び上野原局の周辺環境
(出典：地理院タイル(デジタル標高地形図・技術資料D1-NO.961)⁹⁾を基に地理院地図Vectorで編集・加工して作成)

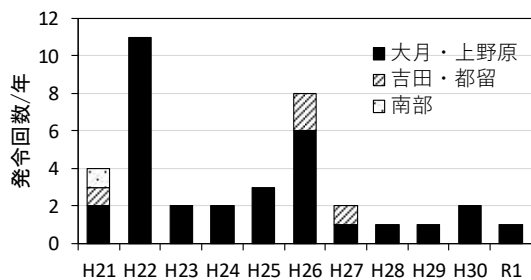


図2 各年度の光化学スモッグ注意報発令回数

方法

1 解析対象測定局と周辺状況

今回、解析対象とした測定局は、大月局及び笹子局であるが、一部の解析には、上野原局の状況も含めて解析を行った。

各測定局は、図1に示す位置関係にある。大月局及び笹子局が設置される大月市は、人口約2.4万人の市であり、東部が上野原市及び東京方面に開口し、南西部が富士五湖方面へ開口している。大月局及び笹子局の周辺地域は、南北を1000 m以上の山で挟まれた谷のような地形であり、相模川が東西方向に流れる。測定局周辺に固定発生源は少ないが、中央自動車道及び国道20号線が通っているため、特に大月局では自動車排ガスの影響を受けやすい。

2 解析対象データ

笹子局で測定を実施した平成28年度、平成29年度及び令和2年度の結果のうち、4月1日～9月30日を解析対象期間とし、その期間中のOxの1時間値（以下「Ox測定値」）を用いて解析を行った。なお、以降、昼間（6時～20時）のOxの1時間値を「Ox期間値」、解析対象期間中の昼間のOx測定値の平均値を「期間平均値」とする。

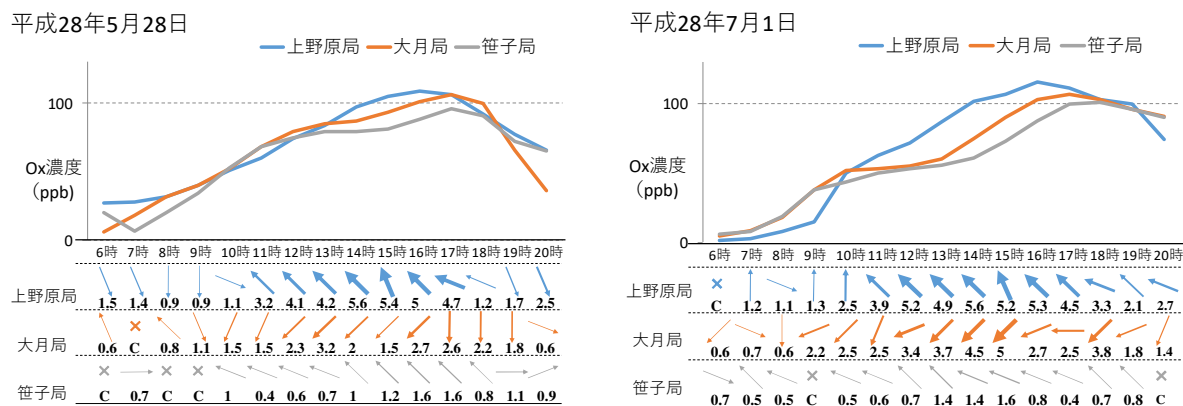


図3 大月局Ox高濃度日(100 ppb以上)におけるOx期間値(上)及び風向・風速(m/s)(下)の推移 ※次ページへ続く

結果及び考察

1 上野原局、大月局及び笹子局の比較

(1) Ox高濃度出現状況

表1に、3年間の解析対象期間中における光化学スモッグ注意報発令日と3測定局のOx日最高1時間値（以下「Ox日最高値」）を示した。解析対象とした3年間に、大月局及び笹子局の両測定局でOx期間値が120 ppb以上となる日はなかった。一方、上野原局では、毎年、Ox日最高値が120 ppbを超える日が観測され、平成28年7月4日及び平成29年7月8日には、光化学スモッグ注意報が発令された。

なお、令和2年度については、8月26日17時に上野原局で120 ppbを超えた(122 ppb)が、天候が悪化し、高濃度の状態が継続しなかったため、光化学スモッグ注意報は発令されなかった。

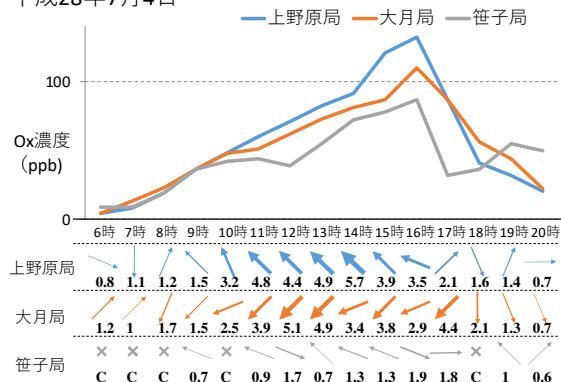
表1 光化学スモッグ注意報発令日と各測定局のOx日最高値(ppb) (H28, H29及びR2年度)

	上野原局	大月局	笹子局
平成28年7月4日	132	110	87
平成29年7月8日	122	111	97

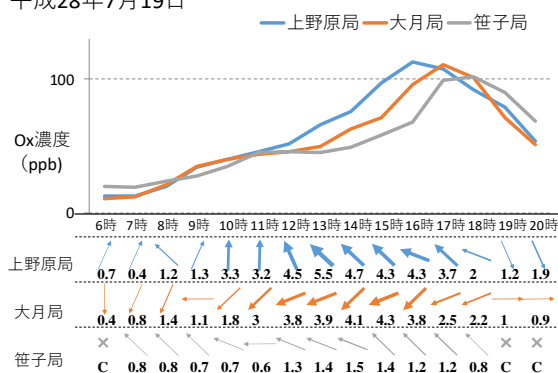
(2) Ox高濃度日の3測定局の経時変化

解析対象期間中に大月局でOx日最高値が100 ppbを超えた日について、上野原局、大月局及び笹子局のOx期間値の日内変動と風向・風速を図3に示した(矢印の向きが風向、太さが風速を表す。また、笹子局が欠測であった平成28年8月26日を除く)。該当日は、平成28年度に5日、平成29年度に4日、令和2年度に1日の合計10日間あった。いずれの日も、3測定局ともに東寄りの風が記録されており、Oxの1時間値は上野原局、大月局、笹子

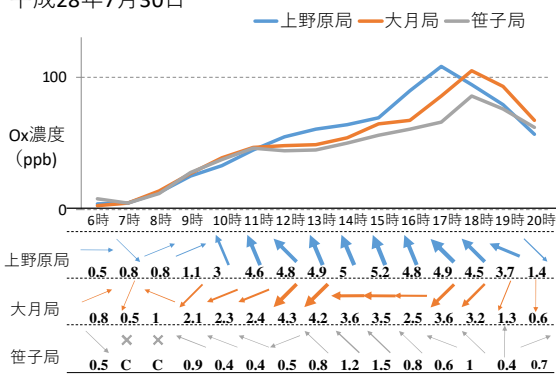
平成28年7月4日



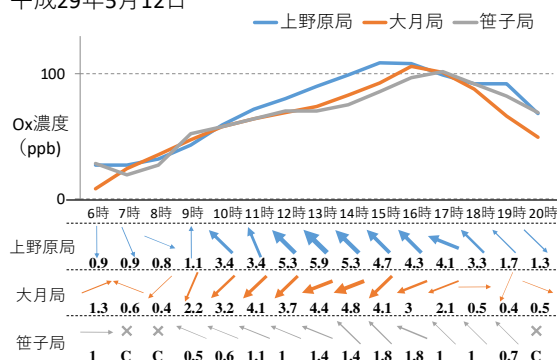
平成28年7月19日



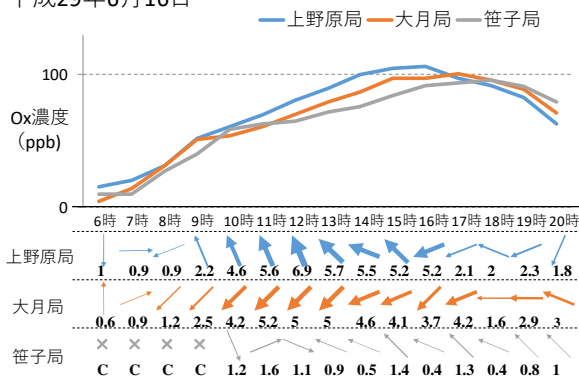
平成28年7月30日



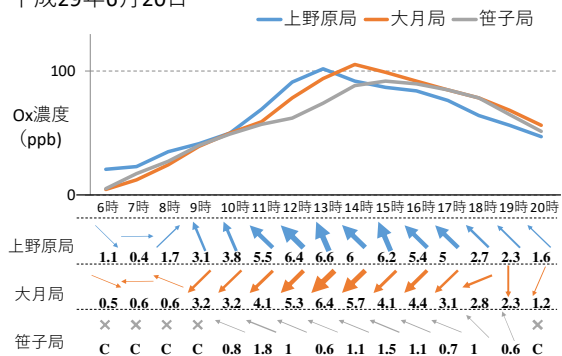
平成29年5月12日



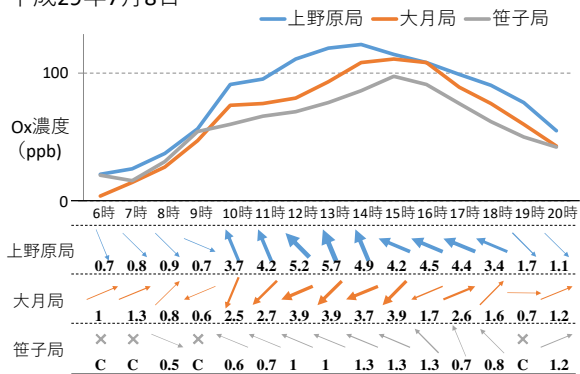
平成29年6月16日



平成29年6月20日



平成29年7月8日



令和2年6月6日

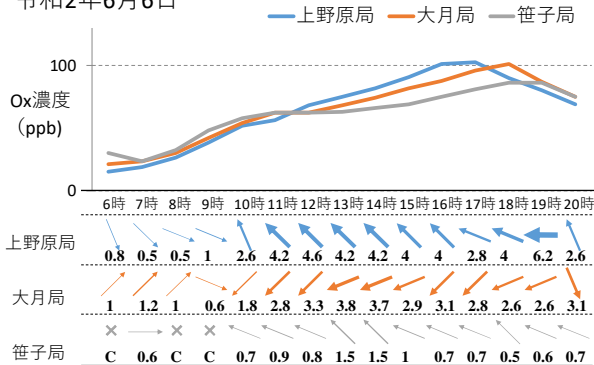


図3 大月局Ox高濃度日(100 ppb以上)におけるOx期間値(上)及び風向・風速(m/s)(下)の推移の続き

局の順に上昇する傾向が認められた。また、笹子局では、大月局のOxが最高値に達した時刻から1時間後までにOx日最高値を記録していた。このことから、これまでの報告と同様に、南関東からの汚染気塊が移流することにより、Ox濃度が上昇したと推察された。

さらに、この10日間についてOx日最高値を比較すると、上野原局や大月局の方が笹子局より高い傾向であり、笹子局のOx日最高値は、大月局の79～95%（平均89%）であった。このことから、風向・風速等の気象条件により時差（遅れ）や濃度の減衰はあるものの、大月局でOx濃度が光化学スモッグ注意報等発令基準を超過し、さらに強い東風や光化学反応が起きやすい気象条件が継続する場合には、笹子局周辺地域でもOx濃度が注意報等発令基準（120 ppb以上）に達する可能性があると考えられた。

2 大月局と笹子局の比較

(1) 大月局と笹子局のOx期間値の比較

大月局と笹子局のOx期間値に相関性等が認められるかについて、辻ら¹⁰⁾の方法を参考にし、以下の方法①～③により、年度ごとに検討した。

1) 方法① 大月局の過去の期間平均値との比較

笹子局における各年度の期間平均値が、大月局における過去31年間の期間平均値の90%信頼区間内であるかを確認した。まず、大月局の有効測定年度である平成2年度から令和2年度までの各年度について、4月から9月までの月平均値から期間平均値を算出し、その推移を図5に示した。過去31年間の期間平均値の平均値は35.5 ppbであり、標準偏差は3.6 ppbであった。また、この過去の期間平均値について、片側危険率0.05として90%信頼区間の上限値及び下限値を算出した結果、上限値は41.7 ppb、下限値は29.2 ppbであった。一方、解析対象とした各年度の笹子局の期間平均値は、図4の右側に示すように、平成28年度34.0 ppb、平成29年度38.3 ppb、令和2年度33.1 ppbであり、大月局における過去の期間平均値の90%信頼区間の範囲内であることが確認できた。

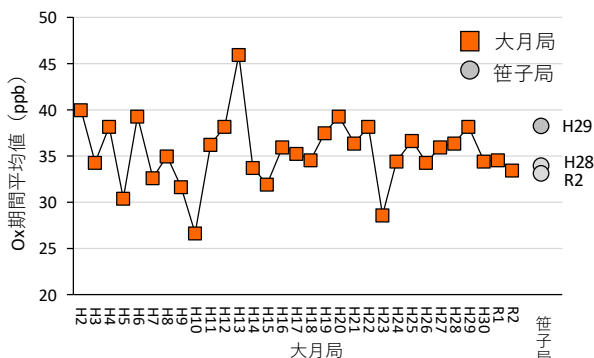


図4 大月局の過去31年間のOx期間平均値（4～9月）と笹子局の3年間のOx期間平均値（H28、H29及びR2）

2) 方法② 期間平均値の有意差検定

年度毎の期間平均値について、大月局と笹子局の測定値に有意な差が認められるか、t検定を用いて解析を行った。t検定を行うにあたり、まず、データの前処理として、一方の測定局のOx期間値が欠測の場合、もう一方の測定局の期間値も欠測処理した。次に、F検定により、分散の差について確認した。棄却域を5%として検定した結果、3年度とも有意確率Pが0.05未満となり、両測定局の期間値の分散には有意な差があると判断された。

この結果を踏まえ、分散が等しくないと仮定した場合の2標本のt検定により、両測定局の期間平均値に有意な差があるか検定を行い、その結果を表2に示した。両測定局の期間平均値に差がないと仮定して、棄却域を5%とした結果、平成28年度の期間値では、P値（両側）が0.05未満となり、両測定局の期間平均値に有意差が認められたが、平成29年度及び令和2年度の期間値では、有意な差は認められなかった。

表2 大月局及び笹子局の期間平均値の有意差検定結果

	H28年度		H29年度		R2年度	
	大月局	笹子局	大月局	笹子局	大月局	笹子局
Ox平均 (ppb)	36.5	34.0	38.5	38.2	33.4	33.1
P値 (両側)	0.00001		0.70		0.57	
有意差	あり		なし		なし	

3) 方法③ 期間値の相関性等

大月局と笹子局の期間値について、年度毎に散布図を作成し、その近似式を $y=ax+b$ で示した（図5）。傾きaが0.9～1.1の範囲内にあり、相関係数Rに有意な相関が認められるかを確認した。なお、方法②と同様に欠測処理を実施した。

各年度の散布図の近似曲線について、傾きaは0.7996～0.8616であり、いずれも0.9～1.1の範囲を外れた。相関係数Rは0.8849～0.9178であった。この相関係数について、両測定局の期間値に有意な相関がない（無相関）と仮定し、棄却域を5%として有意差の有無を検定した結果、 $p<0.05$ となり、両測定局の期間値に有意な相関が認められた。

このことから、大月局と笹子局の期間値については、笹子局の方が低い傾向ではあるものの、高い相関性が認められると評価した。

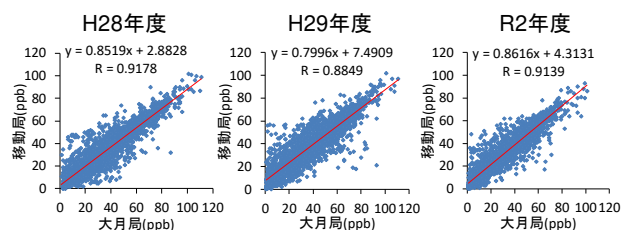


図5 大月局と笹子局の期間値の散布図

(2) 大月局と笹子局の0x日最高値の比較

大月局と笹子局は直線距離で約10 km離れており、1時間値による比較では誤差が大きいことが考えられたため、0x日最高値についても比較することとした。

両測定局の各年度の0x日最高値の散布図を図6に示した。

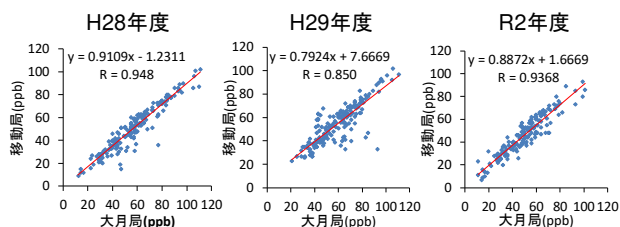


図6 大月局と笹子局の0x日最高値の散布図

各年度の散布図を近似式 $y=ax+b$ で示した場合、傾き a は 0.7924~0.9109 であったが、相関係数 R は 0.850~0.948 であり、非常に高い相関性が認められた。

このことから、大月局と笹子局の0x日最高値についても、笹子局の方が10~20%程度低い傾向ではあるものの、非常に高い相関性が認められると評価した。なお、図3の0x高濃度時の経時変化より、笹子局では、大月局の0xが最高濃度に達した時刻から1時間後までに最高濃度となると推察された。

以上のことから、風向・風速等の気象条件により時差(遅れ)や濃度の変化(主に減衰)はあるものの、大月局で0x測定値が光化学スモッグ注意報等発令基準を超過し、さらに一定の気象条件(晴れ, 高温, 強い東風)が継続する場合には、笹子局の周辺地域でも0x濃度が注意報等発令基準(120 ppb以上)に達する可能性が高いと考えられた。

2 大月局と上野原局の比較

平成22年度から令和元年度の4月1日から9月30日の期間を対象として、上野原局及び大月局の0x測定値について解析した。

(1) 基準超過の日数と割合

上野原局又は大月局で、光化学スモッグの注意報発令基準濃度(120 ppb)を超過した日と該当日の両測定局の0x日最高値を表3に示した。併せて、上野原局で0x濃度が基準濃度を超過した日のうち、大月局でも同様に0x日最高値が120 ppbを超過した日の割合(基準超過の割合)を同表右側に示した。平成23年度以降は、年間の注意報発令回数が少なくなる傾向であった。

また、10年間の基準超過日数は、上野原局で延べ30日、大月局で延べ10日であり、大月局の注意報基準値超過割合は、上野原局の3割程度であった。

(2) 0x日最高値の比較

平成22年度~令和元年度の上野原局及び大月局の解析期間中における0x日最高値について、年度毎の散布図を作成した(一部を図7に示す)。

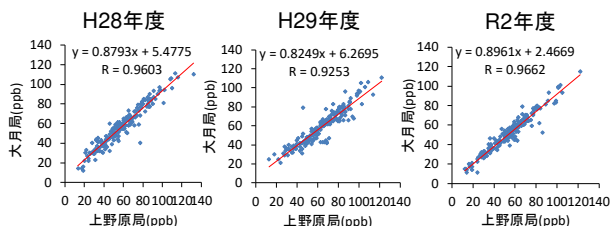


図7 大月局と上野原局の0x日最高値の散布図(一部)

表3 上野原局または大月局において0x日最高値が120ppbを超過した日の0x日最高値及び年度別の基準超過の割合

年度	月日	0x日最高値(ppb)		年度別 基準超過の割合※ (大月局/上野原局)
		上野原局	大月局	
H22年度	7月21日	138	105	45%
	7月22日	131	107	
	7月23日	133	80	
	7月24日	127	85	
	8月17日	131	104	
	8月30日	141	126	
	8月31日	150	130	
	9月11日	128	122	
	9月12日	126	133	
	9月21日	122	101	
H23年度	6月29日	157	127	50%
	8月12日	132	86	
H24年度	5月24日	126	68	0%
	5月26日	124	66	
H25年度	7月10日	128	66	0%
	7月12日	144	83	
	8月10日	126	95	
H26年度	6月2日	156	150	33%
	6月3日	126	120	
	7月15日	124	96	
	7月23日	130	108	
H27年度	7月24日	153	118	100%
	7月25日	136	102	
	5月27日	132	138	
H28年度	7月4日	132	110	0%
H29年度	7月8日	122	111	0%
H30年度	7月24日	146	121	50%
	8月3日	159	91	
R元年度	6月6日	132	100	0%

※基準超過の割合：上野原局で0x日最高値が注意報発令基準(0.120 ppm)を超過した日のうち、大月局でも同様に0.120 ppmを超過した日の割合。

作成した散布図の近似曲線を、近似式 $y=ax+b$ で示した場合、傾き a は 0.6027(平成 25 年度)~0.897(平成 27 年度)の範囲と、大月局の Ox 濃度の方が低い傾向であり、いずれの年度も 0.9~1.1 を外れていた。また、年度毎に相関係数 R を算出したところ、 $R=0.7334$ (平成 25 年度)~0.9662(令和 2 年度)の範囲であり、年度により変動は見られたが、平成 24 年度及び平成 25 年度以外は、相関係数 0.9 以上の高い相関性が認められた。

以上のことから、上野原局と大月局の Ox 日最高値の関係は、傾き a が 0.9~1.1 の範囲から外れ、大月局の Ox 日最高値の方が低い傾向であるものの、高い相関性が認められると評価した。

まとめ

1) 大月局と笹子局の比較結果

平成 28 年度、平成 29 年度及び令和 2 年度の、4 月 1 日から 9 月 30 日に、大月局及び笹子局で測定された Ox 測定値を用いて解析を行なった。期間値(昼間の 1 時間値)について、両測定局の散布図を作成したところ、近似曲線の傾きは、0.7996~0.8616 であり、大月局よりも笹子局の方が低い傾向であったが、非常に高い相関性が認められた。また、大月局で 100 ppb 以上となった日の Ox 日最高値について解析した結果についても、笹子局の Ox 日最高値は、大月局の 79~94% (平均 86%) であり、笹子局の方が若干低い傾向であったものの、相関性が非常に高く、大月局で Ox が日最高値に達した時刻から 1 時間後までに笹子局でも日最高値となると推察された。

以上のことから、測定局間の距離や風向・風速等の気象条件による時差(遅れ)や Ox 濃度の減衰はあるものの、大月局で Ox 濃度が光化学スモッグ注意報等発令基準(120 ppb)以上となり、さらに一定の気象条件が継続する場合には、笹子局の周辺地域でも Ox 濃度が注意報等発令基準に達する可能性が高いと評価した。

2) 大月局と上野原局の比較結果

平成 22 年度から令和元年度までの 4 月 1 日から 9 月 31 日に得られた上野原局と大月局の Ox 測定値について解析を行なった。両測定局の Ox 日最高値については、高い相関が認められた。しかし、光化学スモッグ注意報等発令基準値の超過状況については、両測定局間で違いが認められ、平成 21 年度以前は両測定局ではほぼ同じ傾向であったものの、平成 22 年度以降は、上野原局で基準を超過しても大月局では基準を超過しない事例が多く認められた。なお、平成 22 年度以降の 10 年間の基準超過日数は、上野原局で 30 日、大月局で 10 日であり、大月局の注意報基準値超過割合は、上野原局の 3 割程度であった。

以上のことから、現在の光化学スモッグ注意報発令地域の区分について、「大月・上野原地域」を「大月地域」及び「上野原地域」に再度区分し、その上で、どの発令地域にも属していない圏外可住地である笹子局の周辺地域を「大月地域」の発令範囲に含めて差し支えないと考えられた。

参考文献

- 1) 鷹野茂夫ら：大月市における大気汚染解析，山梨衛公研年報，**25**，73-76(1981)
- 2) 吉澤一家ら：山梨県東部におけるオキシダントの移流実態調査，山梨衛公研年報，**34**，69-71(1990)
- 3) 阿相敏明ら：神奈川県西部地域における大気汚染発生機構の解明(2)，神奈川県環境科学センター研究報告，**18**，7-16(1995)
- 4) 片谷教孝：山梨県における高濃度オキシダントの流入経路の解析，大気環境学会講演要旨集，**42**，576(2001)
- 5) 花輪健司，片谷教孝：山梨県における光化学オキシダントの流入経路の解析，大気環境学会講演要旨集 **43**，460(2002)
- 6) 花輪健司，片谷教孝：山梨県における光化学オキシダントの流入経路の解析(2)，大気環境学会講演要旨集 **44**，351(2003)
- 7) 片谷教孝，花輪健司：山梨県における光化学オキシダントの流入経路の解析，衛生工学シンポジウム論文集，**11**，151-154(2003)
- 8) 清水源治：山梨県東部の光化学大気汚染について，山梨衛公研年報，**52**，69-73(2008)
- 9) 国土地理院：「デジタル標高地形図 関東 山梨県【技術資料 D1-No.961】令和元年 7 月，[<https://www.gsi.go.jp/common/000215441.jpg>] (最終検索日：2021 年 11 月 1 日)
- 10) 辻敬太郎，波木井真理：移動測定局による光化学オキシダント補足調査について，山梨衛環研年報，**54**，76-79(2010)