

滋賀県における光化学オキシダントの濃度変動要因の把握

奥居紳也・城戸宥香・池田将平・月瀬俊・五十嵐恵子¹⁾・山本春樹

1. 目的

光化学オキシダント (Ox) は、光化学スモッグの原因となる大気汚染物質であり、窒素酸化物 (NOx) および揮発性有機化合物 (VOC) を前駆物質として光化学反応により生成される。前駆物質は排出削減の取組により大気中濃度は低下傾向にあるが、Ox は低下傾向が見られず、環境基準非達成の状況が継続しており、近年でも光化学スモッグ注意報の発令レベルの高濃度となることがある。このような状況の中、光化学オキシダントの変動要因や高濃度事象の発生要因を把握するため、VOC 等の前駆物質をターゲットとした調査・解析や大気常時監視システムのデータを用いた高濃度事例の解析を実施し、成果を光化学オキシダント低減対策の基礎資料として提供することを目指す。

【現状・課題】

- Ox の継続的な大気環境基準非達成(表 1、図 1)
- Ox の濃度変動要因が複雑・未解明の点が多い

表 1 環境基準達成状況 (県管轄局)

項目	達成局数/有効測定局数					
	令和3年度 (2021年度)		令和4年度 (2022年度)		令和5年度 (2023年度)	
	一般局	自排局	一般局	自排局	一般局	自排局
二酸化いおう (SO ₂)	4/4	1/1	4/4	1/1	4/4	1/1
浮遊粒子状物質 (SPM)	6/6	1/1	6/6	1/1	6/6	1/1
光化学オキシダント (Ox)	0/8	0/1	0/8	0/1	0/8	0/1
二酸化窒素 (NO ₂)	7/7	1/1	7/7	1/1	7/7	1/1
一酸化炭素 (CO)		1/1		1/1		1/1
微小粒子状物質 (PM _{2.5})	8/8	1/1	8/8	1/1	8/8	1/1

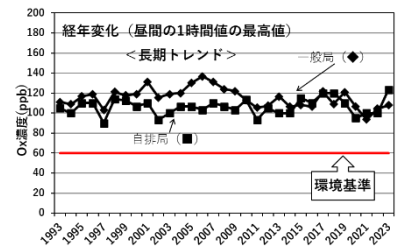


図 1 県内 Ox 濃度の経年変化

【課題解決に向けて】

1 前駆物質の Ox 生成への影響の検証

- Ox の生成に強く影響を与える VOC 等の前駆物質の調査 (昼夜別の詳細なサンプリングの実施) (図 2)
- Ox 生成に強く影響を与える前駆物質の推定と、Ox 濃度との関係について解析・検証



図 2 VOC のサンプリング

2 高 Ox 濃度が観測される条件の推定

- 高 Ox 濃度が観測された風向のパターンごとの、近年における高濃度事象の解析 (図 3)
- 気温や風等の気象条件、前駆物質の排出実態等を解析・整理し、高 Ox 濃度となる条件を推定

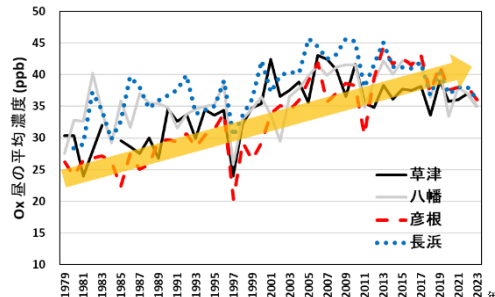


図 3 Ox 昼の平均濃度の経年変化 (5~9 月平均)

【第七期中期計画で目指す成果等】

光化学オキシダント濃度の変動に影響を及ぼす重要な前駆物質および気象の要因を提示する。

1) 南部環境事務所

2. 研究内容と結果

【サブテーマ① 滋賀県における光化学オキシダントの濃度変動要因の把握】

第七期中期計画の1年目となる令和5年度は、Ox生成に強く影響を与えるVOCの昼夜別詳細サンプリング調査、光化学スモッグ注意報発令時における気温・風等の気象条件の解析を実施した。

<VOC 昼夜別連続サンプリング調査>

Ox生成の前駆物質となるVOCについて詳細に把握するため、HAPs (Hazardous Air Pollutants) 44物質、PAMS (Photochemical Assessment Monitoring Stations) 58物質とホルムアルデヒド、アセトアルデヒドを対象とする調査を実施した。

令和5年度は、6月、7月、2月に、キャニスターおよびDNPH (2,4-Dinitrophenylhydrazine) カートリッジを用いたVOC 昼夜別連続サンプリング調査を大津市柳が崎で実施し、内84物質について分析を行った。調査期間は令和5年6月26日-6月27日、7月24日-7月26日、令和6年2月27日-2月29日とし、9時-11時、11時-13時、13時-15時、15時-17時、17時-翌9時の時間間隔でサンプリングを行った。

VOC84物質について、アルデヒド(2物質)、芳香族(16物質)、アルカン(26物質)、アルケン(8物質)、植物起源(3物質)およびその他(29物質)の6種類に分類し、解析した結果を図4に示す。過去との比較のため、第六期中期計画期間(令和2年度~令和4年度)に実施した昼夜別連続サンプリング調査の結果を併せて示す。大気中のVOCにおける最大オゾン生産量換算値は、アルデヒドと芳香族でおおむね70%であった。アルデヒドに関しては、昼間においてその比率が大きくなる傾向があり、7月および8月の昼間はアルデヒドが全体の60%を占めていた。アルデヒド濃度と紫外線量には強い正の相関があることから、アルデヒドは光化学二次生成により発生している可能性が示唆された。

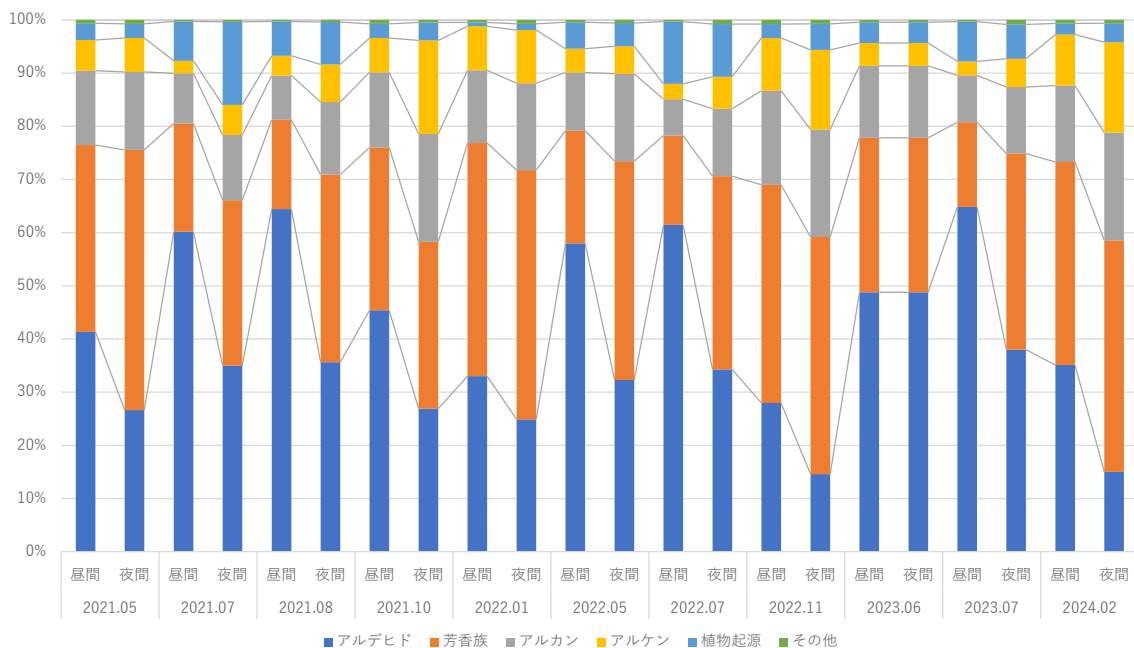


図4 昼夜別 VOC 比率 (最大オゾン生産量換算)

VOC 昼夜連続サンプリング調査の結果と調査日における下阪本局での O_x 濃度、風向および風速のモニタリングデータ結果を並べたものを図 5 に示す。令和 5 年 7 月 24 日から 26 日の測定において、オゾン濃度が上昇するとともにアルデヒド濃度が上昇し、 O_x 濃度が低下するとともにアルデヒド濃度も低下していた。アルデヒド以外の VOC について、 O_x 濃度の上昇時には低下し、 O_x 濃度の低下時には上昇する傾向が見られた。

また、令和 6 年 2 月 27 日から 29 日の測定においても同様に、28 日 9 時以降の O_x 濃度の上昇とともにアルデヒド濃度の上昇とその他の VOC は低下し、15 時以降の O_x 濃度の低下に合わせてアルデヒド濃度の低下とその他の VOC の上昇が見られた。

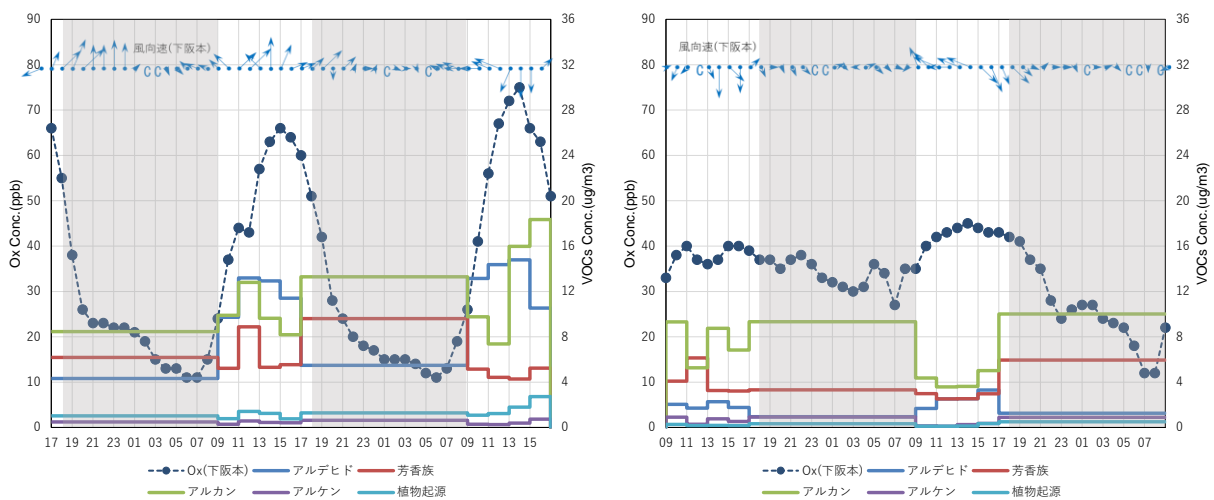


図 5 VOC 昼夜連続測定結果（左：令和 5 年 7 月、右：令和 6 年 2 月）

< O_x 高濃度事象における条件の考察 >

令和 5 年 5 月 17 日の 15 時から 17 時にかけて草津局および自排草津局において、 O_x 濃度が 120ppm 以上となり、南部地域において光化学スモッグ注意報の発令があった。発令日当日および前後 2 日間の草津局における O_x 濃度、気温、風向および風速を図 6 に示す。発令日の気象状況は、最高気温が 30℃を超える高気温であり、日中の風速は 1m/s 未満であった。また、滋賀県では通常 14 時ごろに O_x 濃度のピークが見られるが、発令時は 16 時ごろにピークがあり通常よりピークの発生が遅かった。風による拡散が起こらずに高気温の影響により O_x が生成されたことで高濃度になったと考えられる。

翌日 18 日は最高気温が 30℃に近い高気温であり、7 時から 13 時にかけての O_x 濃度上昇速度は発令日の 17 日と同程度であったが、14 時頃から 3m/s 以上の風が吹き始め、その後は O_x 濃度が低下していることから、1~3m/s の風の有無が O_x 濃度に影響を与えることが推察された。

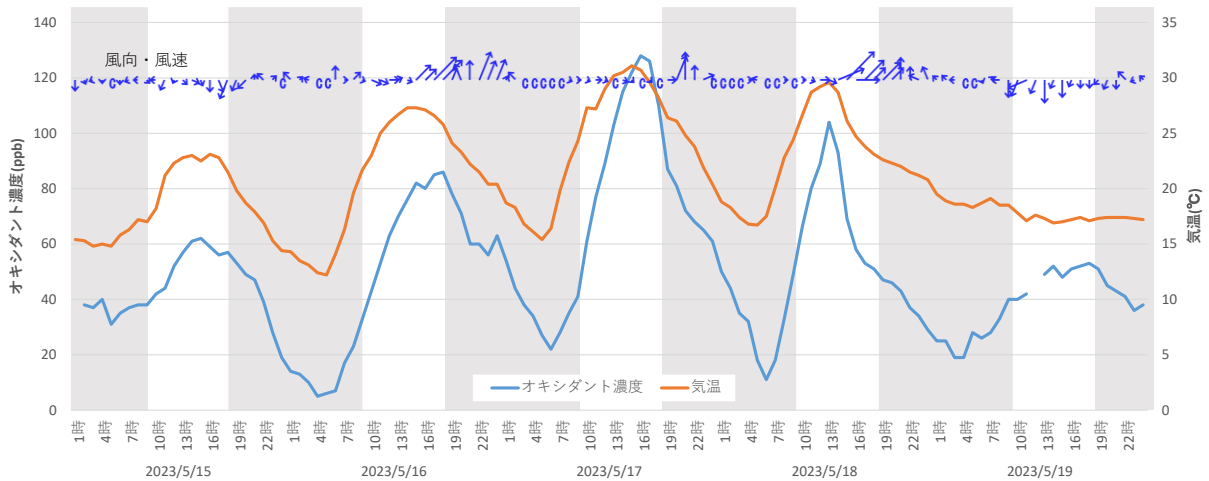


図6 草津局における光化学スモッグ注意報発令日前後のOx濃度、気温、風向および風速

3. まとめ

- ・夏季における大気中 VOC の内、アルデヒドは約 60%を占め、光化学二次生成により発生している可能性が示唆された。
- ・アルデヒド以外の VOC について、Ox 濃度の上昇時には低下し、Ox 濃度の低下時には上昇する傾向が見られた。
- ・令和 5 年 5 月 17 日は、高気温、1m/s 未満の風という条件が揃ったため Ox が高濃度になったと考えられた。