

川崎市の光化学オキシダント高濃度現象解明にむけた

海陸風日の解析について

○沼田 和也、福永 顕規、山田 大介、中村 弘造（川崎市環境総合研究所）

川崎市の光化学オキシダント（ O_x ）高濃度現象は、朝方は陸風で日中に海風に変化する海陸風日に起こりやすい。海側に位置する大師の風向により海陸風日か否かを判定し、降雨の有無、気温、日射量、風速から、海陸風日の中で O_x が高濃度になりやすい気象条件の日を抽出し、 O_x と非メタン炭化水素（NMHC）、二酸化窒素（ NO_2 ）、一酸化窒素（ NO ）の経年変化を調べた。その結果、海風変化後の NMHC、 NO_2 及び朝方の NO が O_x 高濃度現象に寄与していることが推察された。

1 はじめに

本市において O_x 濃度の 1 時間値が 120 ppb 以上になる現象（ O_x 高濃度現象）は、朝方は陸風（北系の風）であり、日中に海風（南系の風）へと変化する海陸風循環が起こった日（海陸風日）に生じやすい。

O_x 高濃度現象の解明にむけて、海陸風日かつ O_x が高濃度になりやすい気象条件が揃った日の常時監視データの傾向を把握することは非常に重要であるため、海陸風日の定義を明確化し、海陸風日か否かの判定作業を自動化した。

海陸風日と判定した日について、降雨、気温、日射、風速のデータを用いて、 O_x が高濃度になりやすい気象条件が揃った日（解析対象日）を抽出し、 O_x 高濃度日（市内の一般局 9 局（図 1）のいずれかで O_x の 1 時間値について 120 ppb 以上が観測された日）における O_x と前駆物質である NMHC 及び窒素酸化物（ NO_x ）との関係を調査した。なお、 O_x 生成の原因物質とされているのは揮発性有機化合物（VOC）と NO_x であり、VOC の指標として一般局で測定している NMHC を用いた。

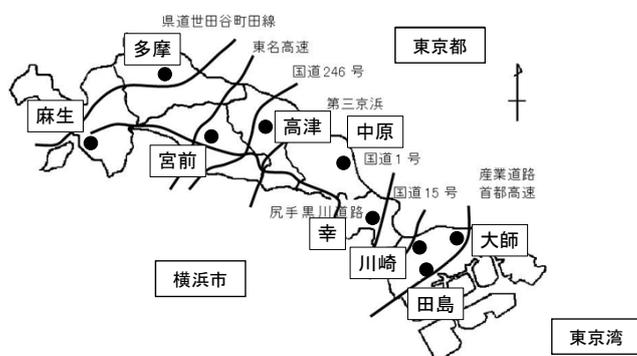


図 1 川崎市市内における一般局の位置

2 調査方法

2.1 海陸風日判定方法

海陸風日の判定に必要となる①陸風及び海風の風向等の定義、②日中の時間の定義を変更可能としつつ、海陸風日の判定及び解析ができる Excel ファイルを作成した。海陸風日か否かの判定は、表 1 の判定基準の判定 1～3 を全て満たすことを条件とした。なお、海陸風日か否かを判定するにあたっては、最も海に近い測定局である大師の風向を用いることとした。

本ファイルを用いて、2002～2019 年度において光化学スモッグ注意報発令日（発令日）が可能な限り海陸風日と判定され、かつ、海陸風日と判定される全体の日数が極力少なくなるような風向条件を調べ、海陸風日の判定方法を決定した。

表 1 海陸風日の判定基準

判定基準	
判定 1	日中の X 時～Y 時において海風が A 時間以上続くこと
判定 2	判定 1 で真と判定された日について海風が継続し始めた時刻 Z 時よりも前に陸風が B 時間以上続くこと
判定 3	海風が継続し始めた時刻 Z 時が X 時と同じ時刻であると判定された場合において、その直前の風向が海風でないこと

2.2 解析方法

海陸風日と判定した日について、降雨量を測定しており、かつ、大師の近くにある田島において日が昇り始めてから正午まで（6～12 時）に降雨があった日を除いた（解析条件 0）。その後、気温、日射量、風速によって、O_x が高濃度になりやすい気象条件の日を抽出した。具体的には、気温は 9 局の日最高気温の平均が 30 °C 以上（解析条件 1）、日射量は 2 局（幸、田島）の平均日積算日射量が 10 MJ/m²以上（解析条件 2）、風速は 9 局の日平均風速が 3 m/s 以下（解析条件 3）をすべて満たす日を解析対象日として抽出した。ただし、解析条件 2 において 2 局とも欠測の日については、解析条件 1 及び解析条件 3 を満たす日を解析対象日とした。

解析対象日の日数、解析対象日における 9 局 O_x 最高濃度の平均値及び大師の NMHC、NO₂、NO についての朝方（6 時～9 時）の平均値と海風変化後（陸風から海風へ変化した後の 3 時間）の平均値の経年変化を調査した。

3 結果と考察

3.1 海陸風日の判定条件

発令日が可能な限り海陸風日と判定され、かつ、海陸風日と判定される全体の日数が極力少なくなるような風向条件は表 2 のとおりであった。

表 2 海陸風日か否かを判定するための風向条件

項目	条件
海風の風向	南南西、南、南南東、南東、東南東
陸風の風向	東北東、北東、北北東、北、北北西、北西、西北西、西、西南西、CALM（風速 0.4 m/s 以下）
その他の風向	南西、東
海風継続時間	A：2 時間
陸風継続時間	B：1 時間
日中の時刻	X：6 時～Y：19 時

3.2 解析対象日のOx、前駆物質

3.2.1 日数

図2に解析対象日とOx高濃度日の日数の経年変化を示す。図2より、年度あたりの解析対象日の日数は、20～40日前後で推移しており、解析対象日のうちの数日～十数日がOx高濃度日であることがわかった。

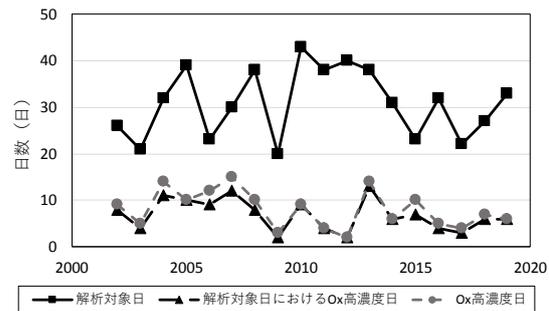


図2 解析対象日及びOx高濃度日の日数の経年変化

3.2.2 Ox、NMHC、NO₂、NO

解析対象日における9局Ox最高濃度の年平均値の経年変化は図3のとおり70～110 ppb程度で推移しており、2006～2012年度は低下傾向であるが、2013年度に大幅に上昇し2013年度以降は低下傾向であった。

解析対象日の朝方と海風変化後における大師のNMHC濃度、NO₂濃度の経年変化は図4、図5のとおりであり、朝方と海風変化後の濃度はそれぞれ低下傾向であったことから、大師の海側に位置する臨海部の工業地帯からの発生量が減少していると考えられる。海風変化後と朝方のNO₂の濃度差はほとんど一定であり、NMHCの濃度差は2002～2010年度は概ね0.15～0.20 ppmC、2011年度以降は概ね0.10～0.15 ppmCとわずかに低下傾向であった。陸風に乗った朝方の空気塊が、光化学反応をせずに海風変化後の臨海部からの空気塊とともに流れてくると仮定すると、海風変化後と朝方の濃度差は臨海部由来であると考えられることができるため、海風変化後と朝方の濃度差の経年変化からも近年のVOC排出対策効果を確認することができた。

解析対象日における大師の朝方Ox及び朝方と海風変化後のNO濃度の経年変化は図6のとおりであり、朝方と海風変化後のNO濃度はそれぞれ2013年度までは減少傾向で2013年度以降はほとんど一定であった。2013年度以降、朝方Oxが高い傾向にあることから2012年度までは、朝方滞留していたNOによってOxが消費されていた(NOタイトレーション効果)が、2013年度以降はその効果が極めて小さくなった可能性があると考えられる。なお、朝方と海風変化後のNO濃度は、2002～2009年度までは差があったが、2010年度以降はほとんど一定であった。

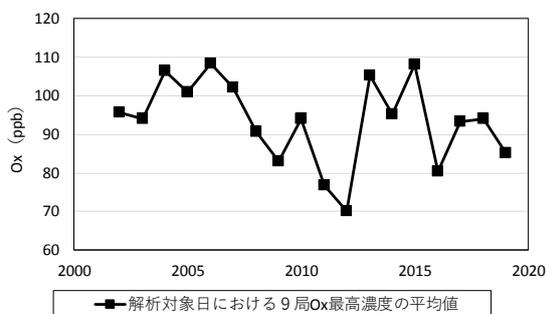


図3 解析対象日における9局Ox最高濃度の年平均値の経年変化

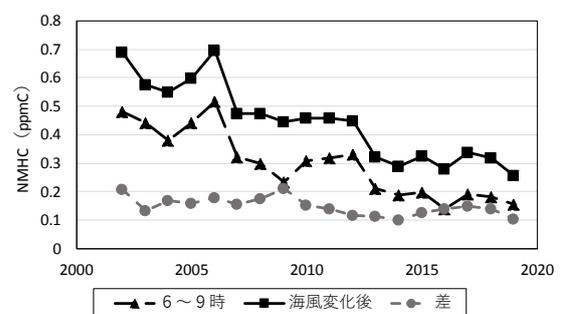


図4 解析対象日の朝方と海風変化後における大師のNMHC経年変化

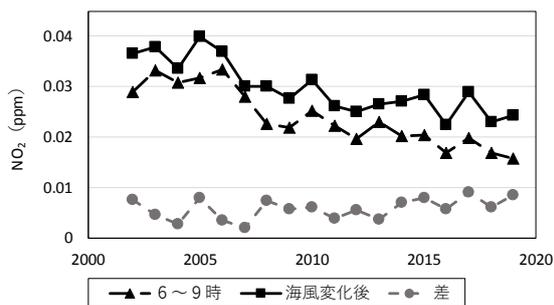


図5 解析対象日の朝方と海風変化後における大師のNO₂経年変化

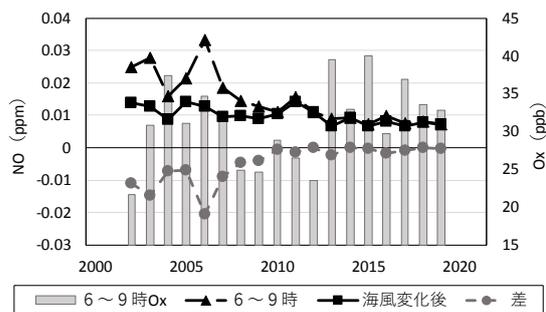


図6 解析対象日の朝方Ox及び朝方と海風変化後における大師のNO経年変化

4 おわりに

本調査により、2002～2019 年度における解析対象日の常時監視データの傾向を把握することができた。

近年、川崎市においてNO_x及びVOC排出量の削減が進んできた¹⁾が、NO濃度の低下によりNOタイトレーション効果が薄れてきている可能性がある。加えて、川崎市内の気温は上昇傾向にあり¹⁾、Ox濃度が高濃度になりやすい気象条件の日が増加傾向になる恐れがあるため、Ox高濃度現象の原因究明と対策は、より一層重要な行政課題として取り組む必要があると思われる。

2020 年度においても光化学スモッグ注意報が2回発令されていることから、解析対象日における常時監視データの傾向を今後も継続して把握することは重要である。加えて、解析対象日においてVOCの発生源付近とその風下においてVOC成分を同定・定量し、Ox生成に寄与している成分を特定することができれば、Oxの低減につなげることができると考えられる。

引用文献

- 1) Akinori Fukunaga et al., 2021, Relationship between Changes over Time in Factors, Including the Impact of Meteorology on Photochemical Oxidant Concentration and Causative Atmospheric Pollutants in Kawasaki, Atmosphere, 2021, 12, 446, 8-14