

札幌におけるオゾン濃度の平日と休日による違い

山口 小雪・稲飯 洋一（札幌管区気象台予報課）

1. はじめに

対流圏オゾン (O_3) は、光化学オキシダント (O_x) の主成分であり、窒素酸化物 (NO_x = 一酸化窒素 (NO) + 二酸化窒素 (NO_2)) や非メタン炭化水素 (NMHC) を主とする揮発性有機化合物 (VOCs) などの O_3 前駆物質から光化学反応により生成される二次大気汚染物質である。また、 O_3 は温室効果ガスでもあり、その変動による有効放射強制力の不確実性の範囲は広く、温暖化した将来の気候において O_3 がどのように応答するのもよく理解されていない。

さらに、世界各国の都市域において、 O_3 前駆物質である NO_x や VOCs の排出量が少ないはずの休日の方が、平日よりも O_3 濃度が高くなる現象 (Ozone Weekend Effect, OWE) が報告されており (Sicard et al., 2020)、その要因について議論が続いている。国内においては、 O_3 濃度の高い東京 (Sadanaga et al., 2012) や大阪 (藤原ほか, 2012) など OWE が確認されているが、札幌ではこれまで報告されていない。そこで、本研究では、それらの先行研究とは地理的気候的特徴の異なる札幌における O_3 とその前駆物質の濃度の変動を解析し、OWE の有無および要因について考察する。

2. データと解析方法

O_x (O_3)、NO、 NO_2 、 NO_x 、NMHC データは、環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめくん」 (<https://soramame.env.go.jp/>) (速報値) による 1 時間値データを使用した。地点は札幌管区気象台から約 2 km 北方の国設札幌大気環境測定所を選択した。なお、

この地点における O_x の測定方法は、 O_3 濃度を測定する紫外線吸収法であるため、本研究では O_x 濃度を O_3 濃度として用いた。また、解析に用いた各気象要素の観測データについては、札幌管区気象台が観測している 1 時間値データを使用した。

解析は、OWE に注目するため、稲飯ほか (2023; 2024) と同様の手法で、平日と休日を区分し、また、光化学反応による O_3 の生成が活発化する晴れの日のみを解析対象とした。さらに、季節による変化を考察するため、4 月から 6 月までを春季、7 月から 9 月までを夏季、10 月から 12 月までを秋季、1 月から 3 月までを冬季として、解析した。

3. 解析結果

図 1 に 2023 年 10 月から 2024 年 9 月までの季節別、かつ、平日/休日別の平均値として計算された NO_x 、NMHC、 O_3 濃度の日変動を示す。

NO_x の主な排出源は、自動車や火力発電所、工場などであり、その濃度は、大きな季節変動を持つ一方で、全ての季節において、朝と夜間に高く、日中の午後は低いことが示されている。また、光化学反応に寄与する朝の時間帯において、休日より平日の方が高い傾向がある。

NMHC の排出源は、ガソリンや有機溶剤などの人為起源のものと、植生など自然起源のものがある。NMHC 濃度は、春季と夏季においては日変動や平日と休日による差は顕著ではない。一方で、秋季と冬季においては、朝と夜間に濃度が高く、日中の午後は低いという日変動が明瞭であり、休日よりも平日の方が高い傾向にあることが示されている。

O₃濃度は、全ての季節に共通する特徴として、夜間から朝にかけて低く、日中の午後に高濃度となる日変動が示されている。夏季以外の季節においては、特に日中の濃度に注目すると、平日よりも休日の方が高くなっている。上述のO₃前駆物質であるNO_xやNMHC濃度が低い休日の方が、平日よりもO₃濃度が高くなっており、札幌においてOWEが生じていたと考えられる。

4. OWE についての考察

札幌で、(夏季を除く)春季、秋季、冬季にOWEと見られる休日におけるO₃濃度の増加が確認された。その要因について、まずCARB(2001)で提唱された7つの仮説の内の一つ「NOによるO₃消失仮説」について検証を行った。この仮説は休日におけるNO排出量の減少が、NOによるO₃消失反応の減少を通して、O₃濃度が増加に寄与するというものである。

このNOによるO₃消失反応で生成されるNO₂をO₃濃度に加えたポテンシャルオゾン(PO=O₃+NO₂)を保存量とみなすことで、このメカニズムの検証を行ったところ、秋季と冬季のOWEについては、この「NOによるO₃消失仮説」による解釈が可能であるという結果が得られた。一方で、春季のOWEについては、上記仮説では解釈を得られず、別の「O_x生成速度レジーム仮説」についても検証を行った。しかし、明瞭な解釈を得るには至らなかった。

参考文献

California Air Resources Board., 2001.
藤原大ほか: 大気環境学会誌,47,2,2012.
Sadanaga, Y. et al.: *Aerosol Air Qual. Res.*,12,161–168,2012.
Sicard et al.: *Environmental Research*, 191, 110193,2020.
稲飯ほか: 細氷,69, 2023.
稲飯ほか: 第29回日本大気化学討論会,69, 2023.

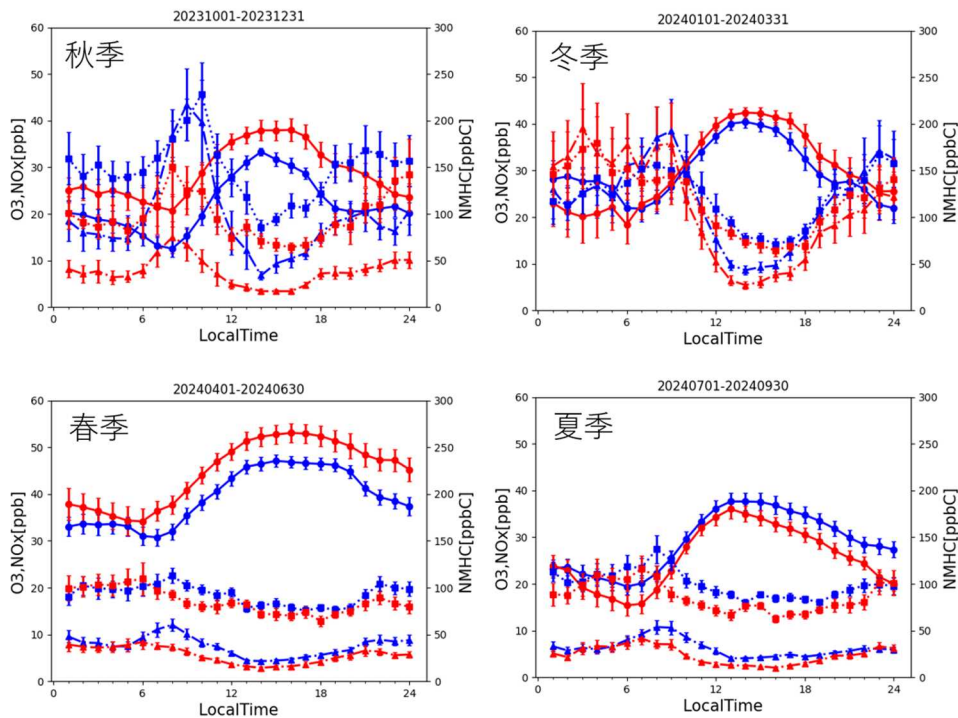


図 1: 2023年10月から2024年9月までの秋季(右上)、冬季(左上)、春季(左下)、夏季(右下)における平日(青)/休日(赤)別のNO_x(一点鎖線▲)、NMHC(点線■)、O₃(実線●)濃度の平均日変動。バーは標準誤差を示す。