

網羅的かつ高時間分解能観測から対流圏オゾン低減の鍵を見つける

地球システム領域
猪俣 敏

キーワード: 大気汚染、光化学オキシダント、窒素酸化物、揮発性有機化合物、化学イオン化質量分析計

1. 日本における光化学オキシダントの最近の問題

大気汚染で問題になっている光化学オキシダント (Ox) の原因物質である窒素酸化物 (NO_x = NO + NO₂) や揮発性有機化合物 (VOC) は減少傾向にあります。ここ最近のOx濃度の長期的な改善傾向の指標値やOx注意報等の発令延日数は横ばいであることが、環境白書で報告されています。

日本の大都市 (東京都、大阪府) の大気汚染物質の状況について大気汚染常時監視測定局のデータを用いて解析したところ、(1) 夏の高濃度Oxイベントの発生時刻が遅くなっていること、(2) 都市中心部におけるVOCの9-12時の3時間平均値の減少傾向が、ここ最近、緩やかであること、が見つかりました。これらの傾向に、Ox濃度の低減の鍵があるのではないかと考えています。

光化学オゾン (O₃) の生成は、図1に示すような連鎖反応で生成されるために、NO_xを含むそれぞれの反応性窒素化合物の割合やVOCの個別成分を把握することが重要になります。そこで、これらの個別成分を網羅的かつ高時間分解能 (約1分) で測定する集中観測を東京都内で行いました。

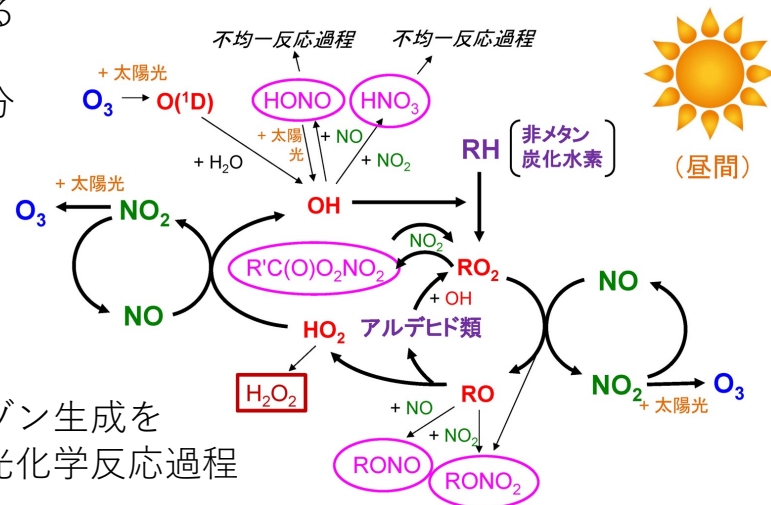


図1 光化学オゾン生成をもたらす光化学反応過程

2. 化学イオン化質量分析計による個別成分のリアルタイム測定

反応性窒素化合物には、NO, NO₂の他、パーオキシアシルナイトレート (PANs、図1のR'C(O)O₂NO₂) を含む有機硝酸類 (ONs)、亜硝酸 (HONO)、硝酸 (HNO₃) などあり、これらはNO_x貯蔵種と呼ばれています。

VOCは、アルカン、アルケン、アセチレン、芳香族炭化水素などの非メタン炭化水素に加え、アルコール、アルデヒド、ケトンなどの含酸素VOCがあり、個別に異なるオゾン生成能を持っています。

これら個別成分を、化学イオン化質量分析計で測定しました。NO_x貯蔵種は主に、ヨウ化物イオン (I⁻) と反応させて付加物イオンを生成して検出します (例: I⁻ + HONO → HONO•I⁻)。VOCは主に、ヒドロニウムイオン (H₃O⁺) と反応させて陽子移動反応を起こして検出します (例: H₃O⁺ + C₅H₈ → C₅H₈•H⁺ + H₂O)。

3. 集中観測

2022年度は、東京都立大学南大沢キャンパスで夏秋冬に集中観測を行いました。図2は夏の観測例を示しています。VOCに関しては約40成分の連続測定に成功しました。全てのデータを約1分間隔で取得し、細かな大気の変化を捉えることができました。

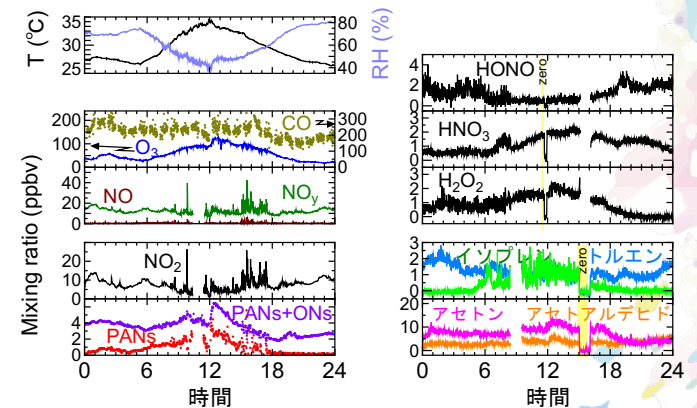


図2 2022年7月1日の観測例 (日変化の様子)