

オゾンとラジカル連鎖反応の研究

～塩化ナトリウム水溶液との反応について～

大阪府立高津高等学校(科学部)

山澤 一颯 柚木 平蔵 福井 達也 山口 空輝 平安 陸斗

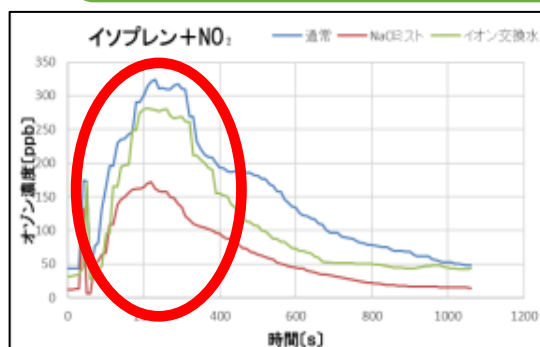
指導教員：唐谷 ゆふ 藤村 直哉

研究概要

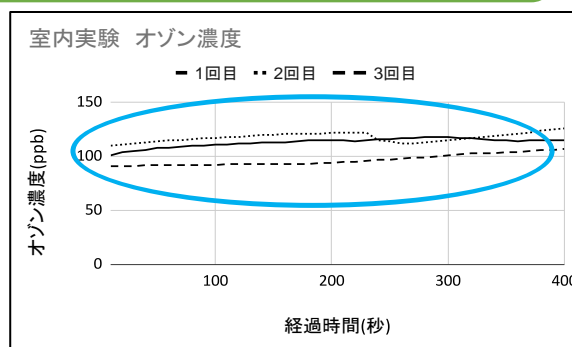
地表(対流圏)オゾンは、光化学スモッグの主成分であり、人体に悪影響を及ぼすものである。近年、大気中の揮発性炭化水素(VOC)と、OH ラジカルによって起こるラジカル連鎖反応によって、オゾン濃度が大きく増加することが分かっている。高津高校科学部は、イソプレンやトルエンなどの揮発性炭化水素と NO_2 や Cl_2 などのラジカル源を用いて、夏期の太陽光照射下に簡単なビニール製の温室でラジカル連鎖反応を再現する実験を行ない、オゾン濃度が上昇することを確認した。しかし、このオゾン濃度は、大都市に近い海上では微量の Cl_2 が発生しているにもかかわらず、海上のオゾン濃度は比較的低いことが報告されている。そこで、太陽光下でのラジカル連鎖反応に塩化ナトリウム水溶液のミストを加える実験を行うと、オゾン濃度の低下が確認できた。そのため、NaCl がオゾンと直接反応しオゾン濃度を下げていると考えた。

今回、そのことを検証するため、ラジカル連鎖反応が起こらない条件下 (VOC およびラジカル源のない条件下) で、オゾンランプで発生させたオゾンに、塩化ナトリウムミストのみを添加する実験を行なった。その結果、オゾン濃度は低下しなかった。以前の研究結果 (太陽光照射下でラジカル連鎖反応に塩化ナトリウムミストを加えた実験においてオゾン濃度が低下したこと) と比較し、今回の結果により、NaCl は、ラジカル連鎖反応に影響を与えることで、オゾンの発生を抑制していると考えられる。

**NaCl ミストはラジカル連鎖反応に影響を及ぼして
オゾン濃度を低下させている**



ラジカル連鎖反応に NaCl ミストを加えると、オゾン濃度が低下



**オゾンと NaCl ミストだけでは変化が
起こらない**

1. 背景と目的

高津高校科学部では、2年前からオゾンの上昇に関する研究を行なっている。1年目では、ビニールで製作した小型の温室(チャンバー)を十分な紫外線のある屋外に設置し、ラジカル連鎖反応を再現できるかの実験を行なった。その結果、微量のオゾンの存在下で、VOC(揮発性炭化水素)とラジカル源の2つを加えたとき、オゾン濃度が大幅に上昇することを確認した(イソプレンとNO₂(図1)、トルエンとCl₂(図2))。

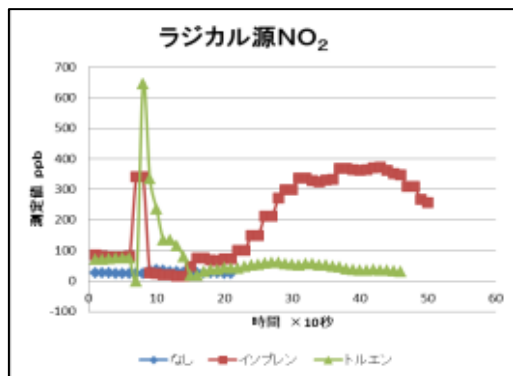


図1 イソプレンとNO₂

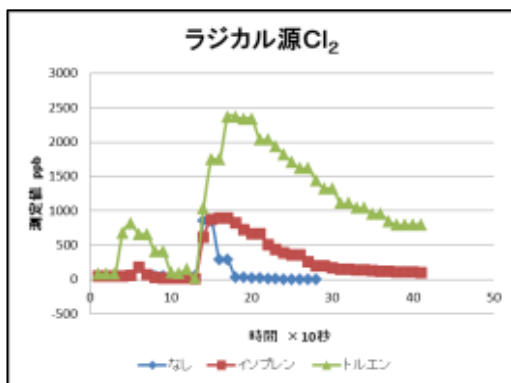


図2 トルエンとCl₂

次に、海上のオゾン濃度に疑問を持ち研究を行なった。都市近郊の海上では微量のCl₂が発生するため、私たちの1年目の研究結果に基づくと、海上のオゾン濃

度は高くなるかも知れないと予想される。しかし、海上のオゾン濃度は一般的に陸地より低いと報告されている。そこで、海上の大気中に含まれる海塩に着目し、海塩がオゾン濃度を低下させているのではないかと考えた。これを確かめるため、太陽光照射下でのイソプレンとNO₂を用いたラジカル連鎖反応系にNaClミストを加える実験を行なった。その結果、NaClミストを加えるとオゾン濃度の値が低くなることが分かった(図3)。

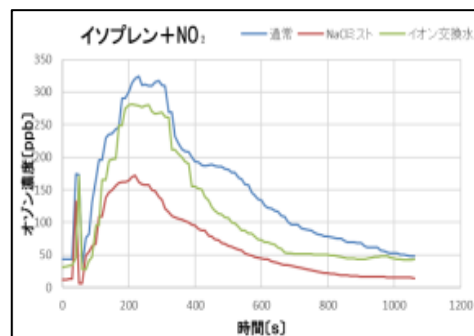
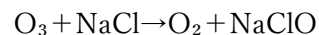


図3 塩化ナトリウム水溶液によるオゾン濃度の低下

NaClミストを加えた際にオゾン濃度が低下した理由として、



このような反応が起き、オゾンが塩化ナトリウムによって破壊されていると仮説を立てた。それを検証するためには、ラジカル連鎖反応が起こらない条件下で実験を行う必要がある。そのため、室内において、オゾンランプで発生させたオゾンと塩化ナトリウムミストのみをチャンバー内に加え、オゾン濃度を測定する実験を行なった。

2. 研究方法

実験は以下の写真のような装置（図4）を用いて行った。

2-1 実験装置



図4 チャンバーとオゾン測定器

塩化ビニールパイプで骨組みを作り、透明なビニールシートを貼った45cm×45cm×130cmのチャンバー（容積 0.263m）を使用した。内部には気体を循環させるための小型ファンを設置した。また、大気水準のオゾン環境を作るため、オゾンランプ（セン特殊光源（株）SL5DH）を用いた紫外線オゾン発生器を用い、この装置からエアポンプによって、チャンバー内に微量のオゾンを含む空気を導入した。オゾン濃度測定器は一般的に公的な測定局で用いられている紫外線吸収オゾン計（ダイレック Model115 大気環境用）を用いた。さらに、微量のミストを導入するために、写真（図5）のような超音波式加湿器に、装置を取り付け、発生したミストをチャンバー内に導入した。



図5 ミスト導入用の加湿器

2-2 ラジカル連鎖反応の起きない条件下での実験

太陽光の当たらない室内、太陽光のあたる屋外での実験は共に、チャンバーにオゾンランプを付け、オゾン濃度の値が安定したら塩化ナトリウムミストを入れる加湿器（図5）の電源を入れ、ミストをチャンバー内に導入した。その後、前述のオゾン計でオゾン濃度の推移を記録した。

太陽光のあたる屋外における実験も同様にオゾン濃度の値が安定したら塩化ナトリウムミストを入れる加湿器の電源を入れ、ミストをチャンバー内に導入した。その後、前述のオゾン計でオゾン濃度の推移を記録した。

3. 結果

室内実験について、図6のグラフより、全ての実験において、加湿器の電源を入れて塩化ナトリウムミストを導入してから時間が経過した後も、オゾン濃度はほぼ一定の値を保ち、低下していないことがわかった。屋外での実験についても図7に見られるようにオゾン濃度の低下は見られず、太陽光による影響も無いものと考えられる。

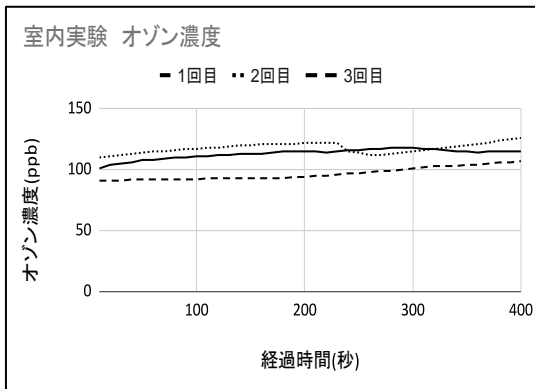


図6 室内実験のオゾン濃度の増減

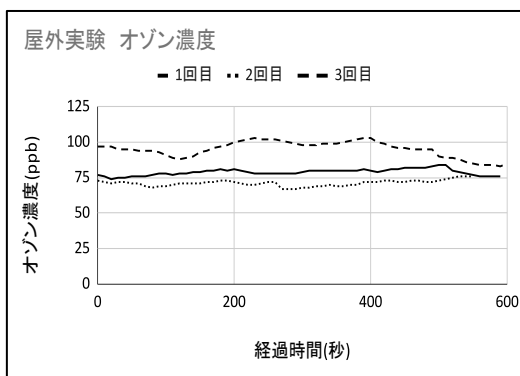
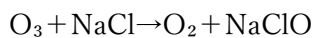


図7 屋外実験のオゾン濃度の増減

4. 考察

海洋で一般に大気中のオゾンが低くなる理由として、我々が立てた仮説は、オゾンと塩化ナトリウムが



このような反応を起こし、オゾンが塩化ナトリウムによって破壊されているので、オゾン濃度が低下したと考えた。しかし、今回のラジカル連鎖反応を生じない条件下での結果から、オゾンと塩化ナトリウム水溶液ミストのみでは、オゾン濃度が低下しないことが分かった。一方ラジカル連鎖反応を生じる条件下（紫外線とVOCおよびNO₂などラジカル源存在する条件）では、塩化ナトリウム水溶

液のミストを加えることによりオゾン濃度が大きく減少する（図3）。このことから、塩化ナトリウム水溶液のミストは、発生したオゾンと反応することでオゾンを減少させているのではなく、オゾンが生成する仕組み（ラジカル連鎖反応）に関与して、オゾンの生成を抑制していると考えられる。

5. 結論・課題

今後の課題として、塩化ナトリウムはラジカル連鎖反応（図8）のどの部分に影響を与えているのか仮説を立て、その検証を行っていきたい。

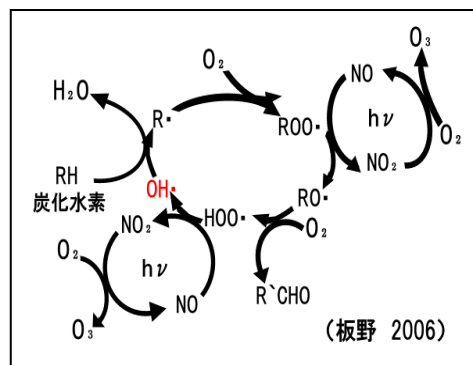


図8 オゾン生成のラジカル連鎖反応

6. 参考文献

- 1) 秋本肇ほか編 対流圏大気の化学と地球環境 学会出版センター, 2002
- 2) 秋本肇著 朝倉化学大系 8 大気反応化学 朝倉書店, 2014