

# 大気中の化学汚染物質測定法の開発

6年D組 山口 華佳

6年D組 大野 華子

指導教員 松浦 紀之

## 1. 要約

高校生が大気や水質の調査を行うときは、パックテストや気体検知管などを用いることが多い。これらは誰にでも簡単に取り扱いができるが、測定精度は高くはない。一方、イオンクロマトグラフのような高価な装置を用いると、高精度の測定が可能であるが、このような設置している高校はほとんどない。本研究では、高校で学習する「酸化・還元反応」や「有機化合物」を利用して、精度よく大気成分の検出・測定を行った。

キーワード 大気汚染物質 窒素酸化物 光化学オキシダント オゾン

## 2. はじめに

大気汚染について、日本国内では対策が進んでいたため話題になることは少ないが、世界に目を向けると、大気汚染は深刻な問題として取り上げられている。

高校生が大気や水質の調査を行うときは、パックテストや気体検知管などを用いることが多い。これらは誰にでも簡単に取り扱いができる、測定自体が短時間で終了するといったメリットがあるが、測定の精度は高くはない。一方、イオンクロマトグラフのような高価な装置を用いると、高精度の測定が可能であるが、このような設置している高校はほとんどない。

本研究では、高校で学習する「酸化・還元反応」や「有機化合物」を利用して、精度よく大気成分の検出・測定装置の製作や測定方法を開発することを目的とする。

## 3. 実験と結果

はじめに、大気中に含まれる汚染物質の一つである窒素酸化物について、生成実験

と検出実験を行った。

### (1) 二酸化窒素および一酸化窒素の生成実験

実験室で窒素酸化物 ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ) を生成させる方法を検討した。一酸化窒素  $\text{NO}$  の生成では、教科書に記載されている方法(銅と希硝酸との反応、窒素雰囲気下)では、水に溶けにくい無色の気体 ( $\text{NO}$ ) の他に、少量の赤褐色の水に溶ける気体(二酸化窒素  $\text{NO}_2$ )も発生することが分かった。

### (2) ザルツマン法による大気中の二酸化窒素の定量測定

自動車の排気ガスなどに含まれる二酸化窒素は、ザルツマン法<sup>1)</sup>と呼ばれる比較的簡単な方法により、高校生でも手軽に測定できる。この方法はザルツマン試薬とトリエタノールアミンを利用した方法である。トリエタノールアミンと大気中の二酸化窒素の反応からトリエタノールアミンの亜硝酸塩を生成させ、ザルツマン試薬のスルフアニル酸や *N*-1-ナフチルエチレンジアミンと反応させた。このときに生じる赤色のア

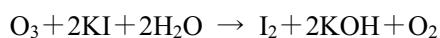
の色素より、二酸化窒素の存在を確認することができた。

次に、光化学オキシダントの主成分であるオゾンに注目した。

### (3) オゾンの生成実験

オゾン O<sub>3</sub> は酸素 O<sub>2</sub> の同位体で毒性が強い。実験室では、オゾンを無声放電によって発生させることができるが、今回は、簡易放電装置を用いて発生させた。

簡易放電装置は、文献の方法<sup>2)</sup>を参考にして製作した(図 1)。試験管内に空気(または酸素)を充填してから、安全ピン 2 本とプラスチック注射器(60 mL)の針を差したシリコンゴムで栓をした。2 本の安全ピンは、高圧電源装置(高圧電源装置: 東京コネット SWH-6028(DC 9V, 出力 DC 5kV, 50 μA))に接続した。注射器のピストンを引いて試験管内を減圧することで、2 本の安全ピンの間で放電させた。放電後の試験管の口にヨウ化カリウムデンプン紙を近づけると青色になったことから、オゾンの生成が確認できた。



生じたオゾンと様々な色素(メチルオレンジ(橙), インジゴカルミン(青), ブリリアントグリーン(緑), チモールブルー(青))の 0.5% 水溶液とを反応させると、これらの色素は脱色した。

### (4) 模擬大気実験装置の製作と中性 KI 法およびインジゴ法によるオゾンの半定量実験

大気中のオゾン濃度測定を行うために、オゾンを含む模擬大気をつくり、この大気中のオゾンの定量測定を行うことにした。まず、模擬大気実験装置を製作した(図 2)。

塩ビパイプで 45 cm × 45 cm × 135 cm の直方体にポリエチレンシートをかぶせたチャンバーを用意した。気体乾燥塔の内部に設置したオゾンランプ(セン特殊光源(株), 低圧水銀ランプ SL5DH, 3 W)を点灯して、オゾンを発生させた。このオゾンを含む空気を観賞魚用のエアーポンプで送り込み、このチャンバー内の小型扇風機で気体を攪拌して濃度を均一にしてから、気体取り出し口に付けたチューブからオゾンを含む模擬大気を吸引した。気体の吸引は、観賞魚用のエアーポンプを改造(排出ポンプを吸引ポンプにした)したものを用いた。オゾンの発生はオゾンランプをアルミホイルで覆うことで調整した。

吸引したオゾンを含む模擬大気は、緩衝液を含むヨウ化カリウム水溶液に通じた(中性 KI 法<sup>3)</sup>)。ヨウ化カリウムとオゾンとの酸化還元反応によって生じたヨウ素は、分光光度計(352 nm)により比色定量した。また、ヨウ化カリウム水溶液をインジゴの水溶液に代えて同様の実験を行った(インジゴ法)。青色のインジゴがオゾンによって分解して退色するため、退色の程度は分光光度計(600 nm)を用いて測定した。公定法である中性 KI 法と色素の退色反応を利用したインジゴ法には相関があったことから、色素を利用した方法がオゾン濃度の検出に使えることが確認できた。

## 4. 考察とまとめ

### (1) 窒素酸化物の生成と検出

一酸化窒素 NO の生成では、教科書に記載されている方法(銅と希硝酸との反応)を用いると、微量の二酸化窒素も同時に発生することが分かった。ザルツマン法によ

り、二酸化窒素が検出できることを実験により確認した。

## (2) オゾンの生成と検出

簡易放電装置を自作し、オゾンを発生させた。生じたオゾンと様々な色素とを反応させると、色素がオゾンにより酸化(分解)されて、脱色することができた。模擬大気実験装置を製作した。オゾンを含む模擬大気中のオゾンの定量を行うために、中性 KI 法(公定法)とインジゴ法(青色色素がオゾンにより酸化されて退色する反応を利用)を行った。これら 2 つの方法は相関があり、インジゴを利用したオゾン濃度測定が可能であることが分かった(図 3, 4)。

## 参考文献

- 1) 化学実験テキスト研究会、環境化学、産業図書、1993.
- 2) 西田哲也、東レ理科教育賞受賞作品集、2013, 25.
- 3) 宗宮功、オゾンハンドブック、サンユ一書房、2004.

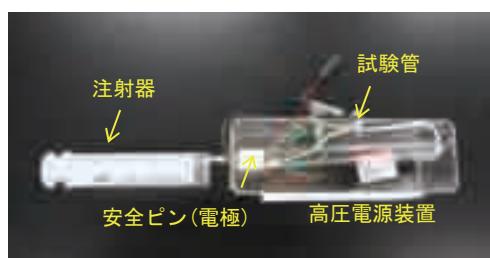


図 1. 作成した簡易放電装置

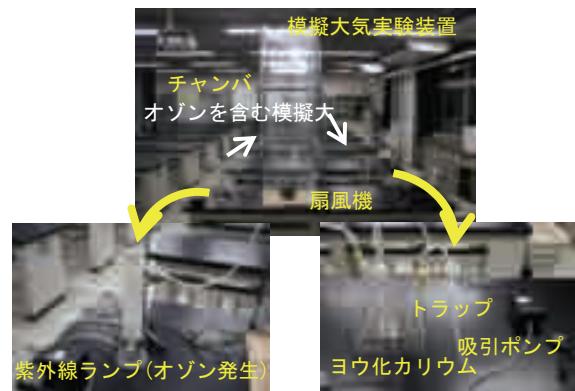


図 2. 模擬大気実験装置(紫外線ランプで発生させたオゾンをチャンバー内に導入した。チャンバー内の扇風機で攪拌した大気をポンプで吸引し、KI 水溶液に通じた。生成した I<sub>2</sub> は分光光度計で定量した。)

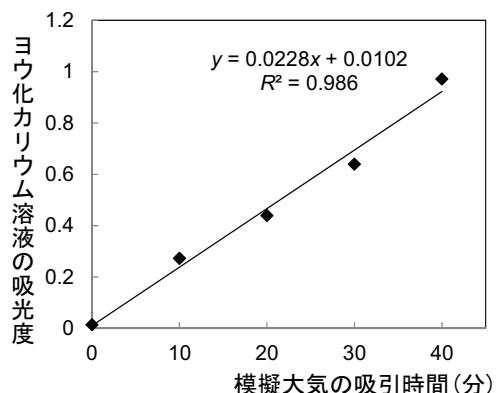


図 3. 中性 KI 法(352 nm の吸光度と模擬大気吸引時間の関係)

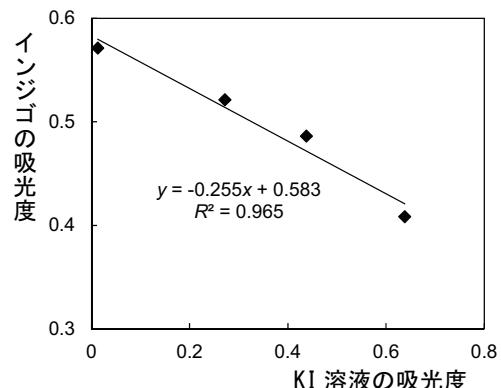


図 4. 中性 KI 法(352 nm の吸光度)とインジゴ法(600 nm の吸光度)の関係