

# 視覚で感じる校区の大気汚染調査

- 二酸化窒素に焦点化して -

音羽隆嗣\*・橘淳治\*\*

## 1. はじめに

八尾市立亀井小学校は国道 25 号線沿いで中央環状線からも近く大気汚染にさらされやすい場所に位置する。しかし、本校では大気汚染に関する調査や教材化については特に取り組んでこなかった。そこで大気汚染、特に二酸化窒素に着目し、自作の測定器具を使って調査を行った。調査に際しては、安全、簡易かつ安価で、特に視覚によって汚染実態が把握できる教材づくりをめざした。

大気汚染物質としては窒素酸化物以外にも二酸化硫黄、浮遊粒子状物質やベンゼン等の有機大気汚染物質がある。環境省の平成 17 年度版環境白書によると汚染原因の一つである二酸化硫黄は減少傾向であるが、二酸化窒素は自動車の排気ガスの影響のためかあまり改善が進んでいないと報告されている。

今回は酸性雨や光学オキシダントなどの主な原因と考えられる二酸化窒素を中心として調査することにした。また、学校現場での教材化の容易さも二酸化窒素を選択した理由の一つである。

## 2. 実験観察

「視覚で感じる」教材づくりの観点から、指標植物を用いての調査と二酸化窒素捕集カプセル(手製)によるものと、二種類の方法で大気汚染調査を行った。

### (1) 環境指標となる植物に関する予備調査

指標植物は教材化の観点から「安価でポピュラー」、「冬期の観察であるため耐寒性がある」、「入手が容易なもの」として、パンジー、ストロベリーキャンドル、プリムラ(サクラソウ)、デージー、アイビーゼラニウム、エンドウ、春キャベツ、サラダ菜、ローズマリー、イチゴの 10 種類の苗を使い、勤務校近くの公園と中央環状線沿道で 1 週間行った。

予備調査の結果として、耐寒性があるといわれている植物でも、寒さの影響や水分不足でダメージを受けるものが多かった。逆にパンジーやデージーなどは全く排気ガスや寒さの影響が見られなかった。

最終的に耐寒性があり排気ガスの影響を受けそうな指標植物候補として、プリムラ(サクラソウ)とエンドウを選択した。

### (2) 本調査

本校は八尾市の西の端に位置し、大阪市に隣接する地域である。西へ 500m 行くと中央環状線があり、学校の前は国道 25 号線が走っている。北側、東側にも府道・市道があり、トラック等もよく走っている。

そこで校区を 30m×30m でメッシュに区切り、それぞれのメッシュを測定場所とした(図 1)。

植物は、中央環状線や国道 25 号線などの道路沿いと公園や学校の裏庭など、比較しやすい場所 15 カ所に設置した。また、二酸化窒素捕集カプセルは、道路沿いか否かに関係なく、校区のうち設置可能な 150 カ所に置いた。

#### 指標植物を中心とした調査

指標植物 2 種類、蒸留水(50mL)、15 cm 四方の白い下敷き(浮遊粒子状物質観察用)をワンセットにし、校区の 15 カ所に 8 日間(2005 年 2 月 11 日~2 月 18 日間)設置し回収した。回収した植物は毎日、葉や茎の様子を観察するとともに、枯れている葉を各試料から 2、3 枚ずつ選び検鏡した。また、回収した蒸留水は亜硝酸のバックテスト及び pH の測定を行った。浮遊粒子状物質は肉眼で観察したほか、検鏡も行った。

二酸化窒素捕集カプセル(フィルムケース)を使った大気汚染調査

調査は、以下の a~e に示す方法で行い、図 1 に示す校区の 150 カ所に二酸化窒素捕集カプセルを設置し、142 個(95%)を回収した。

a. 8.5cm×1.5cm のろ紙に 20% のトリエタノールアミンを 0.1mL 染み込ませ、カメラのフィルムケース

\* 八尾市立亀井小学校

\*\* 大阪府教育センター



図1 植物による大気汚染測定場所

に入れ測定まで密栓して保存した。

b. このフィルムケースを校区の150カ所(地上約1.5mの高さ)に蓋を取り設置し,そこで24時間(2005年2月17日~2月18日の間)放置し,大気中の二酸化窒素を吸収させ,再び密栓して回収した。

c. 回収後上記のケースに20mLの蒸留水を入れよく振り混ぜ,吸収された二酸化窒素を亜硝酸イオンにした。

d. ケースより紙を取り除き,この溶液に約3%の塩酸を1mL加えて塩酸酸性とし,以下に示すBR試薬を0.4mLずつ加えて発色させた。

BR試薬は河川水などの亜硝酸態窒素分析の公定法に用いられる試薬で,安全性が高く,しかも少量で発色するので,学校での実習に用いるには適している。作成方法は,スルファニルアミド溶液は,5gのスルファニルアミドと50mLの塩酸を蒸留水に溶かして500mLとする。また,エチレンジアミン溶液は0.5gのN-1-ナフチルエチレンジアミン二塩酸塩を蒸留水に溶かして500mLとする。

e. 日立の101型分光光度計を用いて543nmの波長で比色定量した。事前に準備した標準溶液も同様に計測し,それぞれの試料の濃度を求めた。

また,フィルムケースの蓋の裏に発色させた試料を0.1mLずつ取り,校区の地図上にマッピングした。

その後,肉眼で濃度の色列化を行い,分光光度計のデータと比較した。

公定法はザルツマン試薬に直接大気を通して濃度を求めているが,今回の方法は試薬を染み込ませた紙に吸収された二酸化窒素の濃度を測定している。

これを大気中の二酸化窒素の濃度と関連づけるために,大阪市の自動車排出ガス測定局(我孫子中学横)に同じフィルムケースを24時間放置し,これを用いて測定した二酸化窒素の濃度と,インターネット上に公開されている排出ガス測定局の24時間データの平均値とを比較した。大気中の二酸化窒素濃度とフィルムケース内の吸収剤に吸収された亜硝酸態窒素の濃度は比例すると考え,これをもとに校区の大気中の二酸化窒素の濃度を推定した。

### 3. 結果

#### (1) 指標植物による調査

図2,図3のプリムラは設置場所が一番大気汚染が深刻と考えられる中央環状線沿いのものである。

回収後,経過観察を行ったが,植物の成長に特にダメージを与えるような様子はなかった。これは他の14カ所のプリムラやエンドウについても同様の結果であった。



図2 設置初日(2月11日)のプリムラ

また,枯れた葉を顕微鏡で見ると,公園に比べ中央環状線沿いの葉の方が浮遊粉塵の量が多かった。浮遊粉塵の量も概して道路沿いが多く,公園等では少なかった。

回収した蒸留水のpHについては場所による大きな差異は認められなかったが,パックテストを用いて測定した亜硝酸イオンは浮遊粉塵と同様に,中央

環状線沿いで高い傾向であった。

窒素化合物はガス状のものだけではなく、ディーゼル車などから排出される黒煙などの粒子状物質に吸着したものが設置した蒸留水に溶け込んだため、道路沿いで高い亜硝酸態窒素が測定されたと考えられる。



図3 回収10後日(2月28日)のプリムラ

## (2) 二酸化窒素捕集カプセルによる調査

B R試薬を入れて赤色発色させたフィルムケースを、そのまま校区地図の設置地点にならべて観察した。肉眼である程度発色した試料水の濃淡を見分けることはできたが、写真に撮ると分かりにくい状態であった(図4)。



図4 フィルムケースによるマッピング

そこで、試料の液量を減らすことにした。フィルムケースの蓋の裏側に発色した試料水を1mL取り、再度校区地図に並べた。その結果、肉眼や写真でも赤色発色の濃淡を見分けることができ、観察に適することが分かった(図5)。



図5 フィルムケースの蓋でのマッピング

結果は、中央環状線、国道25号線や八尾市道沿いに設置したフィルムケースの赤色発色は、他の場所に比べて濃くなっていることが肉眼でもはっきりと区別できた。

次に分光光度計を用いて、全試料水中の亜硝酸イオンの濃度を測定した。また、校区内の二酸化窒素濃度の分布の差異を知る手がかりを得るために、試料水中の亜硝酸イオン濃度の頻度分布を調べた。

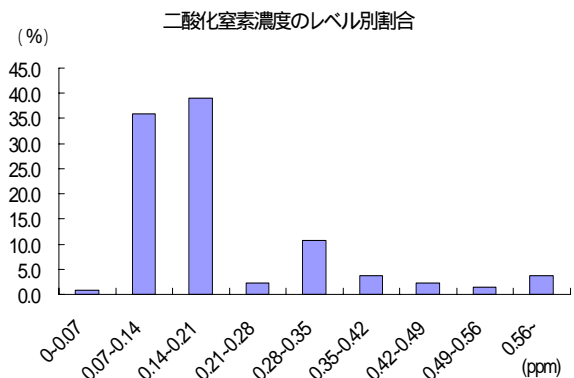


図6 試料水中の亜硝酸イオン濃度の頻度分布



いくつかの階級に分けてみたが、校区の地図上で亜硝酸イオンの濃度（これは試料水中の二酸化窒素濃度に比例すると考える）の分布が分かりやすい8階級に分け、その頻度分布を図6に示した。

また、これによる二酸化窒素の分布図を図7に示した。発色した試料水をフィルムケースの蓋に入れて地図上に置いたもの（図5）と同様に、分光光度計で測定して、その結果から作成したもの（図7）の両者ともに、幹線道路沿いで二酸化窒素の濃度が高いことが分かる結果であった。

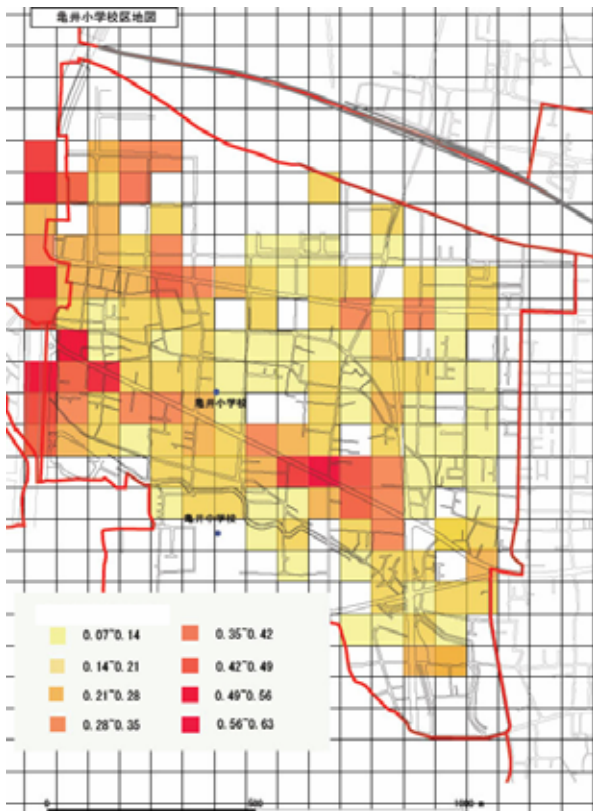


図7 分光光度計で測定した試料水中の亜硝酸イオン濃度の地図

図7は、試料水中の亜硝酸イオンの濃度から大気中の二酸化窒素濃度の相対値を表しているに過ぎない。大気中の二酸化窒素濃度の絶対値を求めたいので、二酸化窒素捕集カプセルを大阪市の自動車排出ガス測定局（我孫子中学横）に設置し、そのカプセルを回収し、前述の方法で試料水中の亜硝酸イオンの濃度を求め、その濃度と測定局ごとに公表されている大気中の二酸化窒素濃度とでキャリブレーション（較正）を行った。この結果をもとに、各地点での試料水中の亜硝酸イオンの濃度を、大気中の二酸化窒素の濃度（絶対値）に換算した。階級値の区切

りの関係上で6段階区分し、その大気中の二酸化窒素濃度の分布地図を図8に示した。

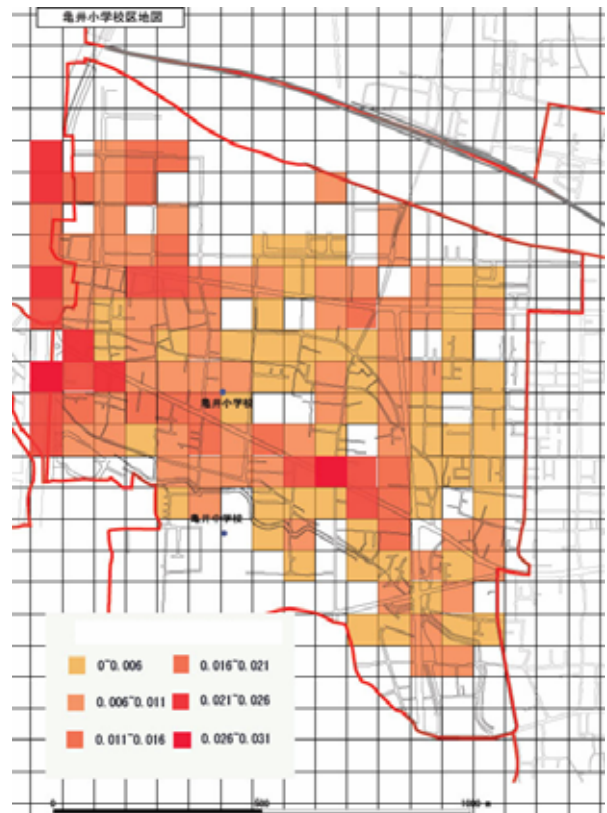


図8 大気中の二酸化窒素濃度（絶対値）の地図

校区の大気中の二酸化窒素の絶対値は、校区に二酸化窒素捕集カプセルを設置した日と、大阪市の自動車排出ガス測定局に設置した日が違うため、気温、湿度、風向、風速などの諸条件が異なる。そのため、この二酸化窒素濃度から直接的に校区の大気汚染の状況を判断することには危険性を伴うが、幹線道路沿いでは二酸化窒素濃度が高く、道路沿いにある亀井小学校の大気環境は望ましいとは言いがたい。

最後に、肉眼で色列化したものと、分光光度計の結果での色列化したものとを比較した。これは、分光光度計などの測定機のない学校において、子どもたちと実際に大気汚染調査などの環境学習に取り組む時に、肉眼での色列化や定量化の可能性を調べるためである。

結果としては、試料水中の亜硝酸イオンの濃度が高くなると色が濃くなり過ぎ、濃淡の区別が困難になる（図9）。

この識別可能な亜硝酸イオンの濃度は  $15 \mu\text{mol/L}$  程度であった（図10）。

そこで、亜硝酸イオンの濃度が  $15 \mu\text{mol/L}$  未満の

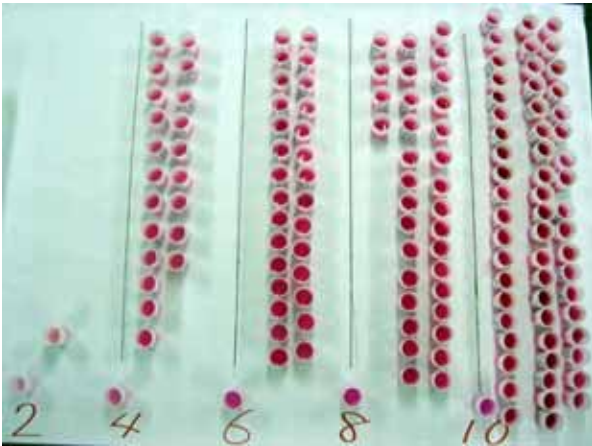


図9 肉眼による分類

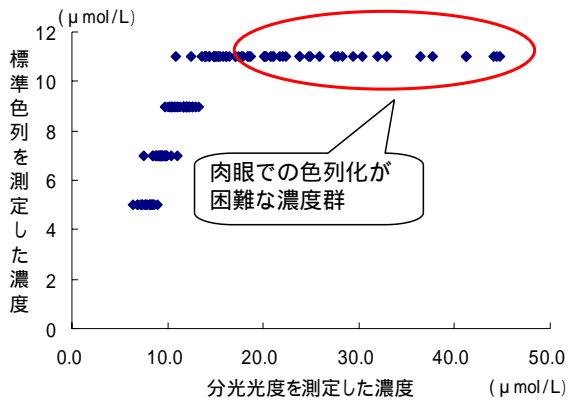


図10 肉眼による標準色列と分光光度の相関 全試料

97の試料水（これは全体の68%にあたる）について調べると、分光光度計で測定した濃度と肉眼による標準色列で測定した濃度との間には、 $r=0.91$ とかなり高い相関があった（図11）。

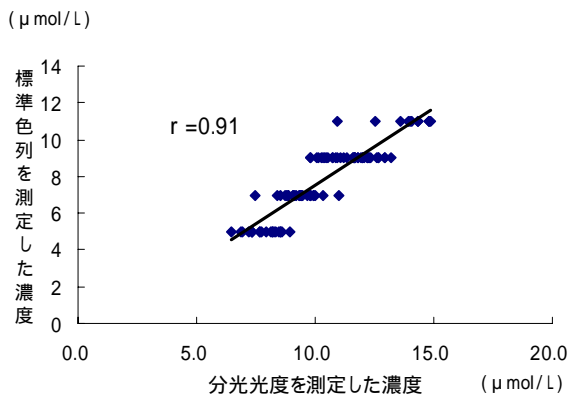


図11 標準色列と分光光度の相関 一部の試料

このことから、大気中の二酸化窒素濃度が低い場合は肉眼により色列化できるので、標準色列による定量も可能である。また、高濃度の場合は、フィルムケースの蓋に試料水を入れたように、試料水を少なくして光路を短くするほか、蒸留水などで予め試料水を希釈すれば（二酸化窒素捕集カプセル）フィルムケースの状態でも十分に定量も可能であると考えられる。

#### 4. 考察

##### (1) 指標植物を用いた大気汚染調査

植物による二酸化窒素の影響を調べた結果、大気汚染の影響によると考えられるものはほとんど得ることができなかった。この原因の一つには、予備実験の段階で、道路沿いに置いたプリムラの方が公園のそれより回収後早く枯れたので指標として使えるのではないかと判断したが、水不足には弱い面があり、観測中に水分補給ができなかったことによるものが考えられる。

インゲンマメやアサガオは大気汚染の指標性があると言われているので、これらの植物が生育する季節でこの実験を行ってみる必要がある。

もともと指標植物は物理化学的な測定法の数値で表示されるものと異なり、有害物質がある濃度以上になると変色や枯死など、可視的に反応するもの。すなわち「視覚で被害を感じる」点で、小学校などの児童には有効なものと考えられる。ゆえに「気温」、「水」、「土壌」、「日当たり」などの条件統一をして学校でも環境教育教材として活用すべきであろう。ただし、命を扱うという観点から考えると、「被害を受けさせることが目的の指標植物」ということについて、事前、事後の説明と処理等、教育的配慮を十二分に行う必要がある。

##### (2) 二酸化窒素捕集カプセルを用いた大気汚染調査

本校のような交通量の激しい場所では、試料水の発色濃度が濃くなることが十分予想される。そこで、今回のように液量を少なくして見やすくするか、場合によっては、試薬を染みこませた紙を入れずに蒸留水だけを入れて二酸化窒素の吸収効率を下げる、試料水を希釈するなどしてから発色させることも定量のためには必要である。

また、今回のように校区地図に直接、発色させた試料水をのせて観察する方法は容易で分かりやすく、学校では有効な手段と考えられる。

子どもにとっては、数値の結果だけでは全体像をつかむのは難しいが、メッシュ地図などの図にする

と校区全体の大気汚染の状況をつかむことができ、  
提示教材としても十分価値があると考えられる。

#### 5. おわりに

本研究は、平成16年度小学校「理科」指導者養成  
長期研修（後期）の課題研修において取り組んだも  
のである。本研究を実施するにあたり、理科第一室、  
理科第二室の先生方並びに八尾市立亀井小学校の先  
生方にはご指導、ご協力をいただきました。お礼を  
申し上げます。

#### 引用・参考文献

- 1) 野内勇編：大気環境変化と植物の反応，養賢堂  
(2001)
- 2) 松中昭一編：図説環境汚染と指標生物，朝倉書  
店(1979)
- 3) 埴田宏：環境汚染と指標植物，共立出版(1974)
- 4) 橘淳治：窒素酸化物を測定する「高等学校向け  
環境教育の手引き」，大阪府環境保健部(1996)
- 5) 左巻健男編：誰にでもできる環境調査マニユア  
ル，東京書籍(1999)
- 6) 環境省：環境学習(CD-ROM)(2002)
- 7) 環境省：気汚染・自動車対策  
<http://www.env.go.jp/air/> (2005.12.23)
- 8) 環境省：平成17年度版環境白書  
[http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/index.  
html](http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/index.html) (2005.12.23)
- 9) 紺野昇：子ども達の未来を守る環境教育  
[http://www2j.biglobe.ne.jp/~kankyo/index.h  
tm](http://www2j.biglobe.ne.jp/~kankyo/index.htm) (2005.12.23)
- 10) 八尾市環境総務課：八尾の環境の様子  
[http://www.city.yao.osaka.jp/cgi-bin/odb-g  
et.exe?WIT\\_template=AC010000&WIT\\_oid=icity  
v2::CommonGenre::2240&m=1&d=0](http://www.city.yao.osaka.jp/cgi-bin/odb-get.exe?WIT_template=AC010000&WIT_oid=icityv2::CommonGenre::2240&m=1&d=0) (2005.12.23)
- 11) 大阪市都市環境局：大阪市の環境監視情報  
[http://kankyo-kanshi.chikyukan.city.osaka.  
jp/](http://kankyo-kanshi.chikyukan.city.osaka.jp/) (2005.12.23)