



東京都立科学技術高等学校

別府貴晃, 松村泰悠, 土舘英也, 及川光一, 山岸由佳, 原田一太郎,  
包原 烈, 石川 慧, 安井雄治 (顧問: 早川信一)

## ファイトレメディエーションの実用化に向けて 排気ガスの浄化と植物育成への応用

本研究は、平成 19(2007) 年度日本農芸化学会大会 (開催地 東京) において開催された第 3 回「ジュニア農芸化学会」で発表され、本誌編集委員会から高い評価を受けた。二酸化炭素、窒素酸化物、硫黄酸化物などを含む大気汚染は、地球温暖化と関連しているばかりでなく、人体に影響を及ぼすことも懸念される。本研究は、ある種の植物は大気汚染に強い耐性を有すること、および窒素酸化物を窒素源として利用する能力があることを確認し、このような植物を利用した大気環境の浄化と排気ガスを作物の栽培に応用する斬新なアイデアを提案している。

**本研究の目的、方法および結果** (講演要旨集および関連資料を部分的に改変転載した)

**【目的】** 植物に排気ガスを与えた場合、植物は排気ガスを吸収できるか、またそれは大気浄化に繋がるか、さらに排気ガス中の窒素化合物を栄養 (窒素) 源として利用できないか、を検証した。

**【方法】** ①作製した排気ガス封入箱の中にポット苗の植物を入れ、排気ガスを封入して生育状況を確認する (図 1, 装置 1)。②同じ排気ガス封入箱に入れた土壌に排気ガスを封入し、直植えた植物の生育を観察する (装置 2: 図は省略)。③直接土壌に穴を掘り、排気ガスをパイ

プを通して直接土壌に吸収させ、校内街路樹 (ツツジ、マテバシイ) の生育への影響を観察する (図 2, 装置 3)。対照街路樹としては、実験区域から 10 m ほど離れた場所のものを用いる。また、作物を植えたプランターの底部にあらかじめパイプを差し込み、そこから土壌中に排気ガスを吸収させ、作物 (イチゴ、トマト) や園芸花 (キク) の生育への影響を観察する。

### 【実験条件】

**方法:** ①, ②では、18 l 用ビニール袋 2 枚分の排気ガスを金魚用ポンプを利用して流し込んだ。③では、街路樹には 1 回 30 分、プランターには 1 回 10 分、週 3 回与え、その経過をみた。その間、葉緑素、温度、湿度、pH、および土壌中の窒素量を測定した。土壌中の窒素含有量は、NC 分析装置とイオンクロマトグラフ装置を使用して測定した。なお、排気ガスとして、HONDA 製の排気量 1.36 l の 4 サイクルガソリンエンジンから出るガスを使用した。

### 【結果】

①装置 1 の結果: 排気ガスに曝すことで植物 (サルビア、スズラン、ユーカリなど) は簡単に枯れることはない (図 1-A, B)。

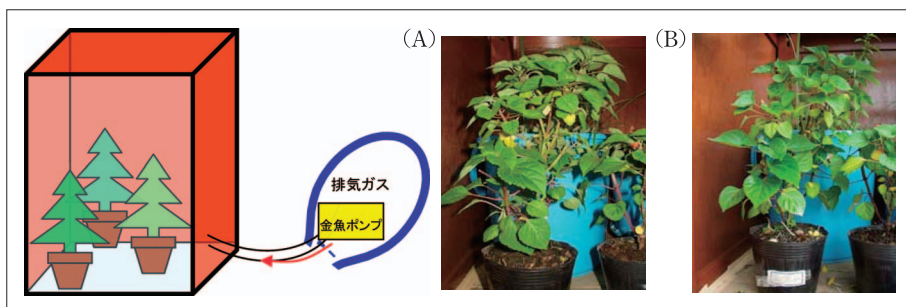


図 1 ■ 排気ガスに曝されたサルビアの生育状態

左: 排気ガス封入法 (装置 1)。右: サルビアの生育状態。排気ガス封入前 (A) と排気ガス封入 (2 日後) (B)

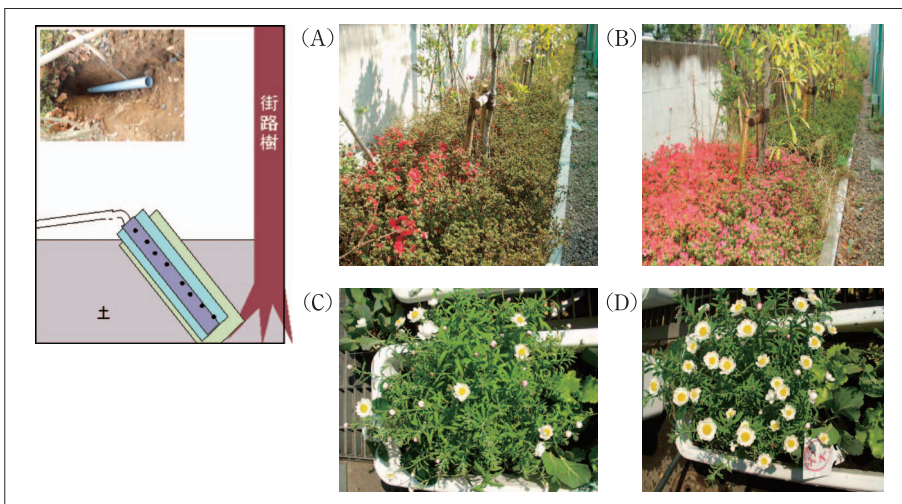


図2 ■ 土壌に排気ガスを導入した場合の植物の生育状態

左：土壌への排気ガス封入法（装置3）。右：植物の生育状態。上：対照（排気ガス非封入）ツツジ(A)と排気ガス封入ツツジ(B)，下：対照（排気ガス非封入）園芸用キク(C)と排気ガス封入園芸用キク(D)

②装置2の結果：データは省略するが、装置1の場合と同様に植物は枯れることはなく、特にサルビア、スズラン、ジャノヒゲでは、植物中の $\text{NO}_3^-$ 含量が上昇していた。

③装置3の結果：土壌にガスを導入し続けることにより、窒素含有量が顕著に増加する（データ省略）。イチゴの苗は、実をつけるのが早くなるとともに、比較用が1度実をつける間に排気ガスを吸収させているものは3度実をつけた。また、生育のために旺盛にランナーを伸ばす（データ省略）。街路樹のツツジ（図2-A, B）やマテバシイは排気ガスを吸収させているほうが葉の色が濃く、かつ冬枯れが遅くなる。ツツジの開花は1ヵ月ほど早まる。園芸用キクでは咲く花の数が顕著に増加する（図2-C, D）。

**【実用化への提案】** 窒素化合物を含む排気ガスを簡単になくすことはできない。これまで行なってきた実験を参考に、以下の実用化案を提案したい。(i) 自動車の排気ガスの溜まるトンネルの上部に排気口をあけて、上側の上部に大きな畑をつくり作物の栽培を行なう（図3, 上）。(ii) ハウス栽培において、ハウスを暖房するために使用するボイラーの排気ガスを(i)と同様に土壌に吸収させる。この土壌でイチゴなどの実をつける果物や野菜を栽培し、収穫を上げる（図3, 中）。(iii) 交差点などの交通量の多い場所や、駐車場などに溜まる排気ガスを吸収する装置を取り付け街路樹に供給し、緑化を促進する（図3, 下）。

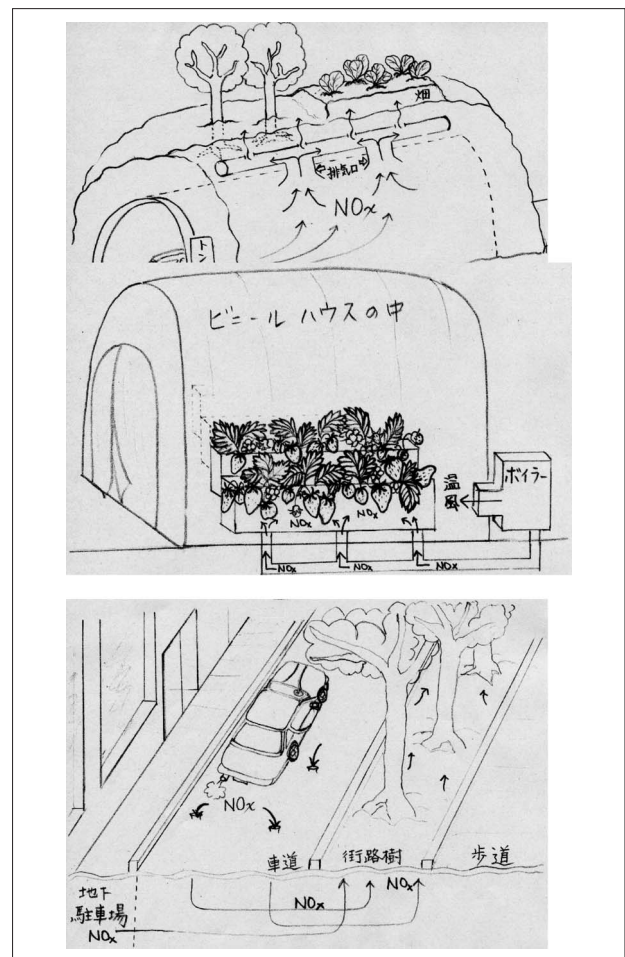


図3 ■ 実用化への提案

## 本研究の意義と展望

排気ガスには、二酸化炭素、窒素化合物（ $\text{NO}_x$ ：ノックスとも呼ばれる。都市大気汚染の指標物質）、硫黄化合物（ $\text{SO}_x$ ）、一酸化炭素、炭化水素（HC）などが含まれ、それら

の濃度によっては人体にも悪影響を及ぼしかねない。このような有害物質は植物にも影響を与え、光合成能の低下や植物体の変色、ひいては枯死をひき起こすのではないか。また、その植物を摂取する生物にも何らかの影響



写真1 ■ポスター前での表彰

が及ぶのではなからうか。直截にはそう考えられる。

しかし、交通量（つまり排気ガス）の多い道路の中央分離帯や路側帯には植物が枯れることなく生育している。植物は、排気ガスに対して強い耐性を持ち、排気ガスすらも栄養源（炭素源、窒素源、硫黄源など）として利用しているかのようなのである。もしそうであるなら、このような植物を大気汚染の浄化に応用できるであろう……。本研究の動機がここに生まれた。

そこで、さまざまな工夫を凝らして、排気ガスが植物に与える影響を、特に窒素化合物に焦点を当てて検証している。結果は予期せぬものであった。サルビア、スズラン、園芸用キク、イチゴ、トマトや街路樹であるツツジやマテバシイなど、調べたすべての植物は、排気ガスに曝しても簡単に枯死することはない。むしろ、排気ガス中での、あるいは排気ガスを導入した土壌での生育では、その影響は植物によって異なるが、葉の色は濃くなり、開花期が早まり、冬枯れが遅くなり、開花数が増えるなど、排気ガスの効果と考えられる多くの現象が観察された（図2）。意外な結果に、発表する生徒達の士気も高まったことであろう（写真1）。

植物が排気ガスの成分の一つである窒素化合物を「好む」という観察は、正しいと思われる。ある種の植物は、排気ガスに含まれている二酸化窒素〔 $\text{NO}_2$ : $\text{NO}_x$ の一つ、

光化学スモッグの原因となる光化学オキシダントを生成する主要物質。光化学オキシダントとは、大気中の窒素化合物や太陽光（紫外線）を受けて光化学反応を起こすことにより生成される二次汚染物質のことで、光化学スモッグの原因となる〕を窒素肥料として利用する能力をもつことが証明されており、ファイトレメディエーション（植物の能力を利用して、環境の維持・保全・修復を行なう技術）の基本となっている。ただ、こうした能力をすべての植物がもつわけでもなく、また種間でも異なる。

排気ガス中の二酸化窒素は、気孔から葉に取り込まれると硝酸イオン（ $\text{NO}_3^-$ ）と亜硝酸イオン（ $\text{NO}_2^-$ ）に変化した後、葉に存在する硝酸還元系酵素（硝酸還元酵素と亜硝酸還元酵素）などにより、根から吸収された  $\text{NO}_3^-$  や  $\text{NO}_2^-$  と同様に代謝され、有機態窒素化合物（アミノ酸やタンパク質など）に取り込まれるのであろう。その場合、（大きく見れば）排気ガスの吸収は大気からよりも、土壌を介した根からのほうが効率の良いことを明らかにしている（データ省略）。また、排気ガス中の窒素化合物への曝露、あるいは排気ガスの吸収が、植物の結実回数増加、冬枯死の時期、花数の増加などにまで影響することは新たな知見であり、今後の詳細な解析が待たれる。

いずれにせよ、排気ガスをもものともせず、それすら栄養源として逞しく生きる植物の存在を明らかにした本研究は、高く評価される。かかる「排気ガスを好む」植物は、排気ガスの処理や大気環境の修復、さらには草樹木の緑化に役立つだろう。遺伝子組換え技術により、さらに強長大気汚染浄化能をもつ植物を育種することも不可能ではない。ファイトレメディエーションは、低コストであり、生態系を壊さず、景観なども損なわない。また、技術的にも容易である。物理・化学的修復技術に比べて、修復に時間がかかるという欠点はあるものの、環境の修復・保全・維持のための優れた技術であることに間違いはない。本研究の『実用化への提案』（図3）に、一歩でも近づくことを期待したい。

（文責「化学と生物」編集委員会）