

生徒発表

ファイトレメディエーションへの挑戦

東京都立科学技術高等学校

科学研究部 本間洋介, 高垣達夫, 小寺拓也
増山祥紘, 下島寛史, 口丸忠彦
久留島加耶, 黒岩一寿美, 岸由香里
指導教諭 早川信一

都立科学技術高校は、平成13年4月に開校した2年目の学校である。私たち科学研究部は、開校と同時に設立され、ものづくりや化学実験、環境分析などに興味がある生徒が20人以上集まり、毎日活発に活動を行っている。

活動の方針は、個人やグループの研究テーマに合わせて、自由な発想で、自分たちで取り組むという点に特徴がある。また、文化祭や体験入学、学校説明会などへの参加や、クラブ合宿なども行っている。

この1年間は、「環境」というテーマの中から、特に「大気の浄化：窒素化合物の吸収」に絞って実験を進めてきた。そして授業でも学習した「バイオ技術」について考え、調べていくうちにたどりついたファイトレメディエーションというテーマについて、予備的研究としての一つの結果を得ることができた。

1. はじめに

現在、大気汚染・水質汚染・地球温暖化・土壌汚染など、地球環境問題は深刻である。そのような中、科学研究部（以下、科研部）では、大気汚染の原因の一つである自動車からの排出物質の窒素酸化物に注目した。そして、ファイトレメディエーション（ファイトとは植物、レメディエーションは環境浄化の意）を考えた「大気浄化実験」について、1年間研究してきた内容について報告する。

2. 課題の設定

窒素酸化物（NO_x）は、軽油・ガソリンなどの化石燃料の消費に伴って発生し、窒素酸化物の全体の約4割は、自動車の排気ガスによるとされている。

排気ガスの脱硝処理などは、難しい技術であると授業で教わり、低公害車の導入などが進められていることなどを学んできた。

そこで科研部では、科学的な理論と実験をもとに、植物を利用した環境浄化の方法として「バイオテクノロジーを利用した工業技術」について考えてきた。

3. 研究内容と目的

実験は、環境問題と植物の関わりを確かめることを基本に考え、目的を大きく二つに絞って進めた。目的の一つは、「植物が窒素化合物（ここでは、NO₂⁻、NO₃⁻、NH₄⁺を対象にした）を吸収する性質があるか」という点。吸収するのであれば、それはどのような種類の植物なのか。また、吸収する程度はどれくらいかということである。

次に土壌に溶け込んだ植物の窒素化合物の循環は、NH₄⁺→NO₂⁻→NO₃⁻となり、おもにNO₃⁻として植物に吸収され、NH₄⁺に還元される。このことから二つ目は、大気汚染に関係のある窒素化合物を、「土壌に吸収させ、



写真1 装置I

それを吸収する植物があるか」、また植物の栄養素（肥料の3大栄養素）である窒素N、リンP、カリウムKの影響を考え、大気汚染物質として邪魔者扱いされる窒素化合物を、土壤に吸収させることで、栄養素としての利用を考えられないかという点である。



写真2 装置II

4. 実験方法

I) 実験1：植物の窒素化合物吸収実験

写真1は、10種類の植物が装置内の排気ガスから、どれだけの窒素化合物を吸収するかを実験するために、廃棄になった天秤箱を利用した装置である。排気ガスは、自動車のマフラーからビニール袋に取り込み、金魚用ポンプを利用して送り込んだ。

II) 実験2：土壤への窒素化合物吸着実験

写真2は、土壤中に窒素化合物を吸着させ、

5種類の植物を使用して、その影響を実験する装置である。装置は、アクリル板を利用し、下方に穴を三つ開けてあり、それぞれの穴にホースを挿し、排気ガスを装置内の下層に送り込んでいる。

*装置の特徴（写真2参照）

①直接土壤がホースをふさがないように、また、吸水したときの水はけをよくするために、土壤の下に砂利と園芸用の網を敷いている。

②塩化ビニール管の中にホースを入れ、排気ガスは、装置内の土壤の下から、装置内上方へと流れ、装置全体へ行き渡るようになっている（土を入れる前の予備実験で、ガスの流れを確認した）。

*送り込んだガスの窒素化合物濃度と二酸化窒素濃度測定は、ガステックを使用した。

*植物の窒素化合物の含有量・吸収量の測定は、以下の操作で行った。

- ①各植物の葉を2gずつ、乳鉢ですり潰す
- ②純水で抽出し、遠心分離器にかけ吸引ろ過をする
- ③ろ液をメスフラスコで100倍希釈する
- ④0.45 μ mメンブランフィルターでろ過する
- ⑤イオンクロマトグラフ装置で分析する

5. 研究結果

◎実験用植物中の窒素化合物の含有量

図は、イオンクロマトグラフ装置でサルビアを分析したクロマトグラフである。Cl⁻とNO₃⁻に大きなピークがみられる。

これらのピークを分析結果として、各植物試料について分析を行った。

①植物中の窒素化合物含有量（表1）

窒素化合物の含有量は、サルビアのNO₃⁻が365ppb、NH₄⁺が1087ppbと今回実験した植物の中でもっとも多く、スズランの含有量は、約20ppbで、もっとも少なかった。

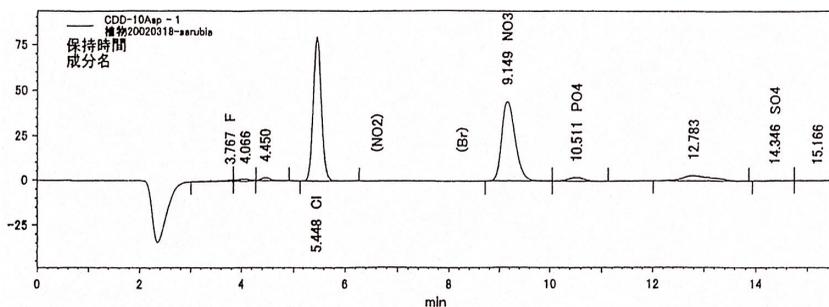


図1 陰イオンクロマト

表1 植物中の窒素化合物含有量

植物・化学物質	NO ₂ ⁻ (ppb)	NO ₃ ⁻ (ppb)	NH ₄ ⁺ (ppb)	K ⁺ (ppb)	PO ₄ ³⁻ (ppb)
キク	0.00	97.03	38.34	8382.31	1637.06
サルビア	0.00	365.41	1087.92	3853.58	1156.67
ジャノヒゲ	0.00	136.03	19.67	3330.13	427.42
スズラン	19.83	0.00	0.00	2193.52	0.00
パンジー	0.00	657.37	15.84	5277.51	1843.45
ハイビスカス	16.78	21.37	89.08	4099.50	5087.30
アジアンタム	9.80	3.24	2.47	472.35	36.05
ユーカリ	0.00	140.13	186.86	10005.23	3941.52
ポトス	4.60	122.12	54.89	3855.79	529.02
タンポポ	4.04	14.45	31.55	6496.79	529.02
ケナフ	5.78	263.58	40.06	4953.56	205.59
雑草	13.86	1317.13	40.52	6682.56	775.87
土壌	7.02	17.62	21.39	35.29	0.00

表2 装置Iでの排気ガスの封入結果(装置I・大気中から)

植物・化学物質	NO ₂ ⁻ (ppb)	NO ₃ ⁻ (ppb)	NH ₄ ⁺ (ppb)	K ⁺ (ppb)	PO ₄ ³⁻ (ppb)
サルビア	83.31	604.98	108.73	2593.27	530.88
ジャノヒゲ	0.00	8.98	70.21	2348.24	0.00
スズラン	0.00	0.00	0.00	3085.83	0.00
ユーカリ	0.00	256.85	204.14	4244.96	18.99
タンポポ	0.00	3564.62	195.45	3563.03	0.00
純水	9.22	11.22	49.79	49.79	0.00
土壌	2392.95	85.06	48.57	114.79	0.00

第3 装置IIへの排気ガスの封入結果(装置II・土壌へ)

植物・化学物質	NO ₂ ⁻ (ppb)	NO ₃ ⁻ (ppb)	NH ₄ ⁺ (ppb)	K ⁺ (ppb)	PO ₄ ³⁻ (ppb)
キク	0.00	853.11	15.38	6024.71	511.09
サルビア	0.00	1628.03	30.09	6639.92	501.89
ジャノヒゲ	0.00	559.19	43.02	4851.38	726.15
スズラン	0.00	161.90	456.70	10417.87	10891.42
パンジー	0.00	777.89	14.02	5993.61	1898.80
ハイビスカス	0.00	18.07	5.76	2840.08	2399.78
アジアンタム	0.00	88.63	25.45	7553.53	1517.93
ポトス	0.00	24.20	2.01	3783.10	285.27
土壌	2225.75	79.44	12.08	175.83	0.00

サルビアはスズランの約73倍含有している(注:植物の窒素化合物の含有量・吸収量は、NO₂⁻、NO₃⁻、NH₄⁺の含有量の合計とした)。

②実験1:装置Iへの排気ガスの封入実験

表2は、窒素化合物の吸収量である。

スズランの葉の先端が少し枯れた程度で、他の植物が枯れることはなく、植物や土壌がNO₃⁻、NH₄⁺を多く吸収することが確認できた。なかでも、タンポポは、標準含有量(ここでは、もともと各植物がもっていた含有量を指す)の約75倍も多く吸収していた。

スズランは窒素化合物をまったく吸収しなかった。

③実験2:装置IIへの排気ガスの封入実験

表3は、実験1の結果から選択した植物を植え、土壌中に排気ガスを送り込んだ結果を示している。

サルビアは、NO₃⁻の標準含有量の4.5倍を吸収し、実験1では、窒素化合物を吸収しなかったスズランは、618.6ppbも吸収した。

6. 研究結果の整理

①植物の葉が窒素化合物を蓄えている量は、13種類の葉を分析した結果、サルビアがケタ違いに多く、次にキク系の花、ユーカリ、ケナフの順に多かった。

②排気ガスをチャンバー内に数回送ったときの窒素化合物吸収量は、全体的に少なかったが、土壤中に一度吸収させた後の植物の吸収量は、ほぼどの種類も多かった。

もともと土壤に吸収されている窒素化合物の量は、46.02ppbであったが、排気ガスを通じた後の測定値は2526.58ppbとなった。

③継続して装置Ⅱの土壤に排気ガスを吸収させると、やはり、種類によって違いがある。パンジーの数値はあまり変化がないが、サルビアは、実験結果の2倍近く増加した。

7. まとめと考察

植物の窒素化合物の含有量は、種類によって大きく異なることから、種類によって大気汚染に強い弱いかの予測ができそうである。

また、実験の結果から、植物に、人工的に排気ガス中の窒素化合物を、吸収させられることが確認できた。そして、花をつける植物もあり、植物が窒素酸化物を栄養素として取り入れている可能性もあると推測している。

しかし、今回の実験期間は5か月であるので、少し短いとも考えている。

これらの結果を利用して、たとえば街路樹に大気汚染に強い植物を植えるという発想ではなく、窒素化合物を多く吸収する植物を植える。実験1のように、空気中の窒素化合物を多く吸収する植物を多く植え、交差点などに大気を吸入する空調整備を設置し、土壤へ吸収させたら理想的ではないだろうか。

ただ、問題点として、生育が遅かったり、

扱いが難しいものでは、その効果が得られにくい。そこで、授業で学んだバイオ技術を利用して、浄化能力の高さと扱いやすさ、生育のよさ等を備えた植物を作ることはできないか。しかし、そのような遺伝子を組み替えた植物は、もともと自然界にはない植物なので、野生植物の品種と交配しないような厳重な管理も必要になる。

などの問題が考えられそうであるが、バイオテクノロジーの利用（植物や微生物・菌など）は、今後ますます環境問題を解決するには必要ではないかと考えている。

8. 今後の課題

実験は第2段階として、新装置とともに継続中である。特に、土壤への吸着は、植物の3大栄養素の窒素分の補給としての利用も考えられるかということ、さらに課題とした。

今後は、この実験を利用して、土壤中の廃棄金属物質を植物に吸収させて、植物から吸収金属を採取・回収する実験にも挑戦してみたい。

9. おわりに

科学研究部の1年間の活動は、何もわからないままの手探りの活動であった。

これらの研究成果は、日本化学会関東支部発表大会で金賞、日本環境化学会で優秀賞、東京都工業科研究成果発表大会で優秀賞をそれぞれいただいた。また、科学研究部の生徒の代表は、ものづくりコンテスト化学分析部門の東京都代表に選出され、全国大会で準優勝、さらに、2名の生徒が、第51回全国決勝弁論大会において、個人、団体で奨励賞をいただいた。

今後も部員全員で、独創性・創造性を発揮し、新しい研究に取り組んでいきたい。