

空気汚染物質に対する観葉植物の浄化能力と生体電位反応

中山 弘樹 原 大寛 伊藤 建一†

新潟工科大学 〒945-1195 新潟県柏崎市藤橋 1719 番地

E-mail: †itoh@iee.niit.ac.jp

あらまし 観葉植物は様々な空気汚染物質を浄化する能力を持っている。本研究ではアンモニアに対するポトスの浄化能力について調べた。その結果、各ポトスの浄化能力は比較的ばらつきが大きい、同種同程度の大きさのポトスでも浄化能力が異なる、二酸化炭素吸収量と浄化時間（速度）の関係には相関がある、ことが明らかになった。また、アンモニア注入時の葉面電位応答もさまざまな電極配置で測定した。その結果、植物はアンモニアに対して何らかの反応を示していることが明らかになった。この反応はどの電極配置でも検出された。

キーワード 空気汚染浄化能力, 植物生体電位, ガスセンサ, アンモニア

Purification characteristic and bioelectric potential response of a foliage plant to an air pollution substance

Hiroki NAKAYAMA Daikan HARA and Kenichi ITO†

Niigata Institute of Technology, 1719 Fujihashi Kashiwazaki 945-1195 Japan

E-mail: †itoh@iee.niit.ac.jp

Abstract Foliage plants have an ability to purify all kinds of air pollutants. In this paper, the purification characteristics of two golden pothoses to ammonia were investigated. Consequently, we obtained the following results: 1) each purification capacity varies relatively widely; 2) there is meaningful difference between their purification capacities; 3) an adequate correlation is estimated between the quantity of carbon dioxide (CO₂) absorption and purification speed. Also, plant bioelectric potential reaction was measured at various electrode layouts when the plants were exposed to ammonia. It became clear that golden pothoses respond to ammonia. This response was detected at any electrode layouts.

Keyword air pollution purification ability, plant bioelectric potential, gas sensor, ammonia

1. はじめに

近年の高気密・高断熱住宅は換気が十分に行われていないため、室内における空気の汚染が深刻になっている。室内空気は外気の 2~5 倍は汚れているといわれている[1]。室内で過ごす時間が長い主婦や乳幼児、高齢者は特に被害を受けやすい。室内空気汚染物質には、一酸化炭素、二酸化炭素、窒素酸化物、二酸化硫黄、アンモニア、オゾン、ホルムアルデヒド、揮発性有機化合物、臭気、浮遊粉塵などがあり、これらがシックビル症候群や化学物質過敏症を発症させる原因になっている。

室内汚染を軽減する一般的な方法には、換気や家庭用空気清浄機の使用がある。特に、換気は、建築基準法が改正され、24 時間換気システムの設置が義務づけられた。しかし、換気

能力不足などがあり完全に汚染を排除することは困難とされている。

最近、生物の浄化能力、竹炭などの汚染物質吸着物質[2]、酸化チタンなどの光触媒[3]などを利用した空気汚染物質の浄化方法に関する研究が多くなされている。生物の利用としては観葉植物の浄化能力が注目されている[4]。日本においても、植物のガス状空気汚染物質の浄化に関する研究が少しずつなされつつある。これまで浄化特性のグレード評価や実環境への応用を実施した研究などがある[5][6]。

我々は、観葉植物の浄化能力の特性評価及び能力改善を目的として研究している。本研究では、同じ種類の複数の植物に同一条件化で汚染物質を被曝させたときの浄化能力を計測し、浄化能力の各個体のばらつきと個体差について検討した。

浄化能力の個体差間のばらつきを評価できれば、各植物種間の浄化能力を比較・評価できる。

また、植物は周囲の環境変化を認識する能力があり[7]、化学物質に被曝した時に植物電位などが変化することも知られている[8]。この環境変化と生体反応の関係から環境情報を抽出できれば、植物を環境認識センサとして用いることが可能となる。本研究では、その基礎研究として、空気汚染物質に植物が反応するかどうか調べた。また、葉面電位を計測する際の電極配置が有効であるかを検討した。

本研究では、被験植物として栽培・管理が容易なポトス (golden pothos) を用いた。また、空気汚染物質はアンモニアとした。アンモニアは環境省により悪臭 22 物質に指定されている。

2. 実験方法

ポトス鉢をチャンバー内に設置し、アンモニアの浄化特性を計測した。さらに、葉面や茎に電極を張り植物電位反応を計測した。図 1 に計測システムの概略図を示す。計測システムは、温度と照度を制御可能な人口気象器、空気を攪拌するためのファンが付いたアクリル製のチャンバー (550×550×650mm)、各種センサ (酸化スズ系ガスセンサ、温度・湿度センサ、光センサ、CO₂ センサ、磁気センサ)、電極、差動増幅器からなる。ガスセンサ及び温度・湿度センサ出力は A/D コンバータを介し、4 秒毎にサンプリングされる。光センサ・CO₂ センサ・磁気センサは A/D コンバータを介し、2 秒毎にサンプリングされる。外部からの太陽光は遮断し、チャンバー内の明るさを昼白色光蛍光灯により、約 100lux に制御した。チャンバー内の温度は 21℃ に設定した。ポトス鉢への灌水は実験日の午前 6 時に行った。

測定開始から 1 時間 20 分後にチャンパー内に汚染物質のアンモニアをマイクロシリンジにより注入し浄化特性を調べる。チャンパー内の初期濃度は 6ppm とした。汚染物質がチャンパー内に拡散し、汚染濃度によりセンサ出力が上昇する。センサ出力がピーク値に到達した後、チャンパー壁面への吸着や植物の汚染物質浄化能力によりセンサ出力は減少していく。この時、電圧 0V からピーク値までの高さを h とし、その値が約 8 割になるまでのサンプリング回数 t を浄化能力 (速度) として求めた。その概念図を図 2 に示す。サンプリング回数

t が少ないほど浄化能力は高いといえる。

被験植物として、比較的取り扱いやすく状態管理が容易なポトスを採用した。ポトス鉢は 2 鉢 (ポトス A, B) 用意し、各鉢に対して 20 回の実験を繰り返した。

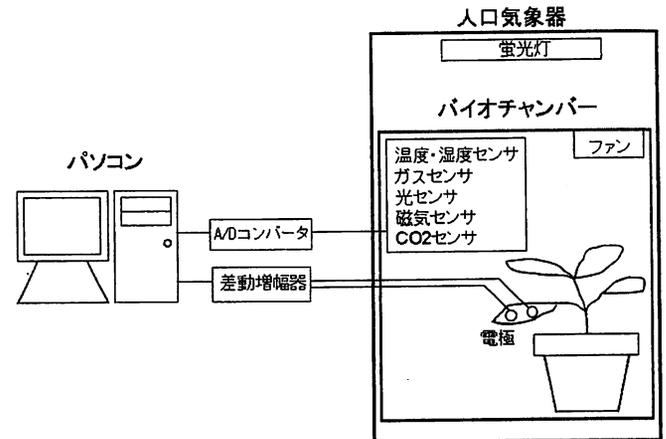


図 1. 計測システム図

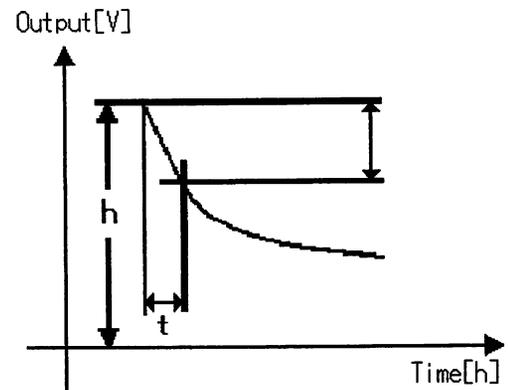


図 2. アンモニアに対するポトスの浄化特性

3. 実験結果と考察

3.1 浄化速度

図 3 にポトス A, B の浄化能力の計測結果を示す。図 3 の縦軸は浄化に要したサンプリング回数、横軸は実験回数を表す。なお、湿度は 70~80% でどの実験においても一定であった。

ポトス A では、最も浄化速度の早いものと遅いものを比較すると 2 倍近い差があった。ポトス B では、3 倍近い差があった。同じ実験条件でも、各個体の浄化能力は比較的大きく変動することが明らかになった。また、ポトス A の浄化能力

の平均値は 331.1, 標準偏差は 65.6 となり, ポトス B の平均値は 228.2, 標準偏差は 74.4 という結果が得られた. 標準偏差は平均値の 20~30%程度であり, 全体的に浄化能力の変動が大きいこともわかった. この変動の要因については, 今後詳細に検討する必要がある.

また, ポトス A, B の浄化能力には有意差が認められた ($p < 0.01$). 同じ大きさ, 同じ環境で育った同種の植物でも個体差がある可能性が高い. 人間に個人差があるように植物にも個体差がある可能性がある. 植物の浄化特性のグレードなどの評価を行う際には, 同じ種類の植物であっても, 複数の植物に対して同一な条件で十分な回数の実験を行わなければならないことが示唆された.

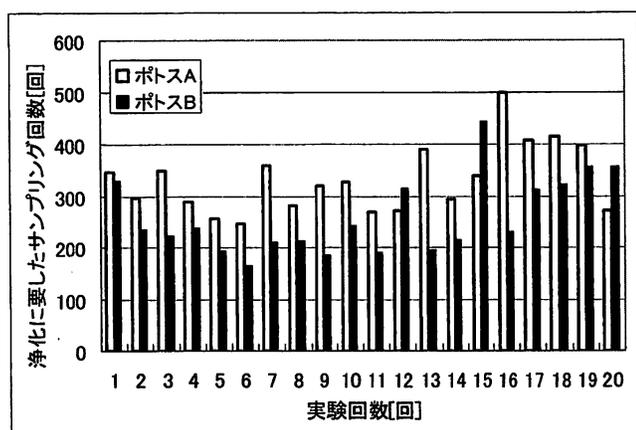


図 3. ポトス A, B の浄化能力

3.2 汚染物質浄化時間と二酸化炭素減少量の関係性

汚染物質の浄化能力が高い植物は二酸化炭素の吸収量が多いことが知られている[3]. 本研究では, 同一の実験条件で同じ植物であっても, 二酸化炭素の吸収量に変化し, それと浄化能力と関係があると考え, ポトス A のアンモニアに対する浄化能力と二酸化炭素吸収能力についての関係性を調べた. 実験結果を図 4 に示す. 両者の相関係数は-0.67 であった. 浄化能力が高い時には吸収能力も高く, 浄化能力が低い時には吸収能力も低いという高い相関性を持った結果が得られた.

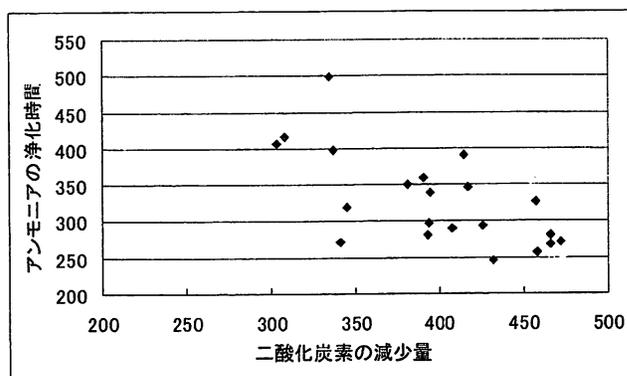


図 4. アンモニア浄化時間と二酸化炭素減少時間の関係

3.3 葉面電位応答

アンモニア注入時の植物の生体電位応答を計測する. 生体電位反応は, 葉や茎などの電極の取り付け位置により反応が異なるものと考えられる. そこで, 電極位置を, 配置 A: 葉に横に張る, 配置 B: 葉に縦に張る, 配置 C: 葉と葉の間を跨ぐように張る, 配置 D: 葉と茎に張る, の 4 種類として実験を行った. 電極配置を図 5 に示す. 電極は通電性ゲルを使用した使い捨てタイプの電極を用いた. 出力は差動増幅器で 20 倍にし, ローパスフィルタを通過させ A/D 変換ボードに入力する. 例としてポトス A の配置 B と C における生体電位反応を図 6 に示す. 図 6 の縦軸は生体電位, 横軸はサンプリング回数を表している. アンモニア注入時に生体電位が正方向に変化し, 植物が反応しているのがわかる.

ポトス A において 20 回計測を実施した. 各電極配置の結果を表 1 に示す. なお, センサ反応「あり」とは, アンモニア注入時に生体電位が変化し植物が反応したことを示す. これは以下の方法で判定した. 1)測定開始からサンプリング回数 1000 回までの標準偏差の算出, 2)アンモニア注入時のピークの値の検出, 3)ピーク値が標準偏差の 3 倍以上であればセンサ反応「あり」と判断する.

植物はアンモニアに対して何らかの生体反応を示していることがわかった. また, ほとんどの電極配置でセンサは反応しており, どの電極配置でも反応を検出できた. しかし, 配置 D では反応を検出できないことがあった. また, ポトス B ではよい反応を示した配置 B で行い, 全ての実験で反応が観察された.

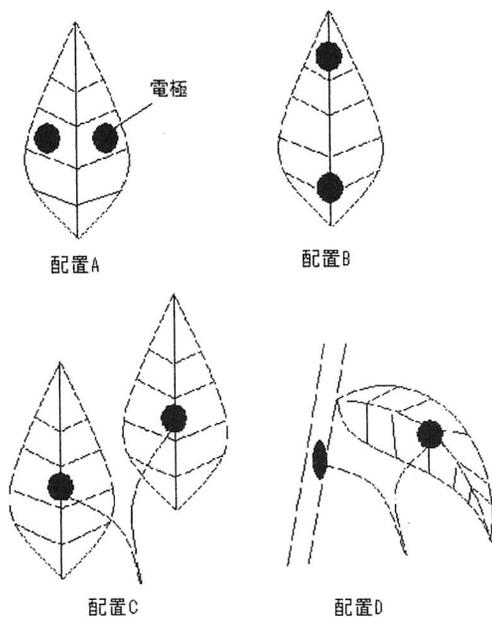


図 5. 電極の配置

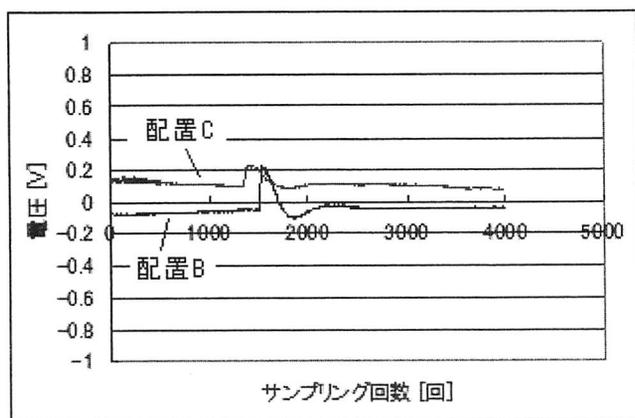


図 6. 葉面電位の測定結果のサンプル

表 1. ポトス A に対する葉面電位の反応

| 回数 | センサ反応 | 電極 | 回数 | センサ反応 | 電極 |
|------|-------|----|------|-------|----|
| 1回目 | あり | A | 11回目 | あり | C |
| 2回目 | あり | A | 12回目 | あり | C |
| 3回目 | あり | A | 13回目 | あり | C |
| 4回目 | あり | A | 14回目 | あり | C |
| 5回目 | あり | A | 15回目 | あり | C |
| 6回目 | あり | A | 16回目 | あり | D |
| 8回目 | あり | B | 17回目 | あり | D |
| 9回目 | あり | B | 18回目 | なし | D |
| 10回目 | あり | B | 19回目 | あり | D |
| 10回目 | あり | B | 20回目 | なし | D |

4.まとめ

本研究ではアンモニアに対するポトスの浄化能力を調べた。2鉢のポトスに対し20回実験を繰り返した結果、最長浄化時間と最短浄化時間で2~3倍の違いが見られ、標準偏差もポトスAの場合は65.6、ポトスBの場合は74.4と大きく、同じ実験条件でも各個体の浄化能力にばらつきが見られた。また、2鉢のポトスは、同じ大きさ・育成環境にもかかわらず浄化能力に有意差が認められた。

さらに、アンモニアに対する浄化能力と二酸化炭素吸収能力について関係性を調べた。その結果、浄化能力が高い時には吸収能力も高く、浄化能力が低い時には吸収能力も低く、浄化能力と吸収能力には相関関係があることが明らかになった。

また、アンモニアに植物が反応しているか調べるために葉面電位も測定した。その結果、植物はアンモニアに対して何らかの反応を示していることが明らかになった。さまざまな電極配置で実験した結果、どの電極配置でも反応を検出できたが、反応の感度が低い電極配置も存在した。

今後は、植物を曝磁させ浄化能力に変化が出るかの実験を行う。また、アンモニア以外の空気汚染物質でも実験を行う予定である。

文 献

- [1] 中西友子：植物による室内空気浄化能，バイオサイエンスとインダストリー，Vol. 49, No. 10, pp. 37-39, 1991.
- [2] 小幡透，西和枝，神野好孝，松永一彦，笠作欣一，前村記代：竹炭の吸着化学反応に関する研究，鹿児島県工業技術センター研究報告，No. 15, pp. 35-37, 2002.
- [3] 村上栄造，河野仁志，堀雅宏，小野大介：TiO₂/光触媒フィルタによるホルムアルデヒドの除去特性，におい・かおり環境学会誌，Vol. 37, No.1, pp.23-32, 2006.
- [4] B.C.ウォルヴァートン：エコ・プラントー室内の空気をきれいにする植物一，株式会社主婦の友社.
- [5] 谷真拓，黒田浩之，沢田史子，大藪多可志：室内植物のアンモニアとVOCの浄化グレード評価，EICA，第11巻第1号，pp.29-34, 2006.
- [6] 沢田史子，黒田浩之，竹中幸三郎，吉田武稔，大藪多可志：ポトスとスパティフィラムの室内汚染物除去効果とその実環境への応用，IEEJ.SM, vol.125, No.3, 2005.
- [7] 松岡英明，斉藤美佳子：植物生葉の環境センサー機能の開発，日本化学会誌，No. 6, pp.415-425, 1995.
- [8] 長谷川有貴，勝部昭明：植物の環境認識能力と生体電位，電子情報通信学会技術研究報告 OME2004-12, pp.23-26, 2004.