

## <論文>

# ポトス生育環境によるガス状空気汚染物浄化特性

藤井正基<sup>1</sup>, 谷 真拓<sup>1</sup>, 沢田史子<sup>1</sup>, 上島浩二<sup>2</sup>, 野上耕作<sup>2</sup>, 大藪多可志<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 金沢星稜大学地域経済システム研究科(〒920-8620 石川県金沢市御所町丑10-1 E-mail: oyabu@seiryu-u.ac.jp)

<sup>2</sup> 桐花のギフト社(〒329-0215 栃木県小山市暁2-1-6 E-mail: info@087gift.co.jp)

### 概要

植物はガス状空気汚染物を浄化する能力を有している。浄化能力( $P_a$ )は、植物が生育している状態により異なる。例えば、同じ葉面積の植物でも、鉢土壤に生育している場合や切葉として水などに生けてある場合では  $P_a$  が異なる。本研究においては、被験植物として葉面積がほぼ等しいポトスを選出し  $P_a$  を調べた。生育環境としては、水道水に生けてある(ポトス水道水)、1年以上生けた水(生育水)に生けてある(ポトス生育水)、鉢土壤に生育している(ポトス鉢)この3つの場合について調べた。実験においては、室温と照射光量を変化させ  $P_a$  を調べた。結果として、ホルムアルデヒドに対する  $P_a$  は温度により幾分変化することが明らかとなった。ポトス水道水の場合、12–25°C の範囲においてはニアに減少した。ポトス生育水の場合は余り変化しない。ポトス鉢の場合は、21°C で最高の  $P_a$  を示した。この温度は、被験植物の最適な生育温度である。能力の高い順に生育環境を示すと、ポトス水道水<ポトス生育水<ポトス鉢(17°C 以上)であった。いずれの生育環境においても光量が増加すると  $P_a$  が増加した。アセトン、トルエン、スチレン、キシレンについても浄化能力を調べた。汚染物の分子量が大きいほど浄化能力が低くなることも明らかとなった。

キーワード: 空気汚染, 空気浄化, 室内植物, 生育環境

## 1. はじめに

20 世紀における高度経済成長に伴い、大気中には排出された様々な空気汚染物質が堆積している。また、室内などの身近な空気環境においても多くの問題が派生してきている。特に、エネルギー消費の節約とともにオフィスや住環境が高気密・高断熱化し換気効率が低下してきている。これにより、シックハウス症候群などが増加している。このような背景において、近年室内空気質の悪化が労働効率の低下をもたらすとの報告もなされ、その改善が急務であるといわれている<sup>1)</sup>。

室内空気質を改善するには、換気効率の向上や観葉植物の設置<sup>2)③)</sup>、活性炭などの空気汚染物質を吸着する物質の応用、酸化チタンなどの光触媒の利用などが商品化され

てきている。しかしながら、室内環境の様々な条件下で最良な手法は“換気”である<sup>7)</sup>。このため、現在、新築住宅には24時間換気が義務付けられている。しかしながら、この規制は古い建築物などには適応されておらず、新たに換気装置などを導入すると多額の費用とエネルギー消費が必要となるため、問題解決方法の一つとして、観葉植物が持つ空気汚染物浄化機能の利用が考えられる。植物の浄化能力は生育環境により異なる。

本研究においては、比較的ポピュラーなゴールデンポトス(論文中の略称:ポトス, 英名:Golden pothos, 科名:サトイモ, 学名:*Epipremnum aureum cv. Virens*)の生育環境の違いによる空気汚染物浄化能力を酸化スズ系ガスセンサを用いて計測・評価したので報告する。植物は土壤中に植えられ生育している状態が最も高い能力を有していることが明らかとなった。

## 2. 実験方法

アクリル製チャンバー(575 × 510 × 1000mm: 約 300 liters)の中に植物(ポトス)を設置し、ホルムアルデヒド、アセトン、トルエン、スチレン、キシレンの浄化能力を調べた。汚染物濃度は酸化スズ系ガスセンサ(Figaro 社製, Osaka, : TGS#826)を用いて計測した。センサからの信号はA/Dコンバータを介し、1分毎にサンプリングされる。外部からの太陽光は遮断し、チャンバー内は昼白色蛍光灯により 0, 500, 1000lx の3段階で実験を行なった。チャンバーが設置してある実験室はエアコンディショナーにより 12, 17, 21, 25°C に設定し各実験を行った。水温はほぼ室温に等しいことを確

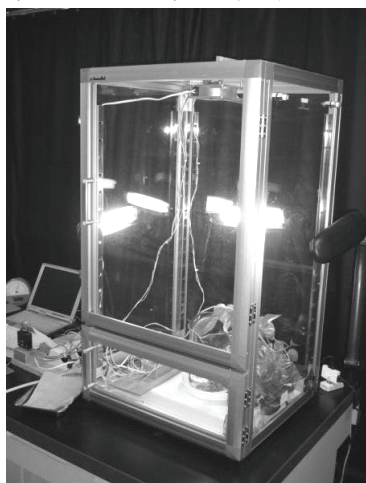
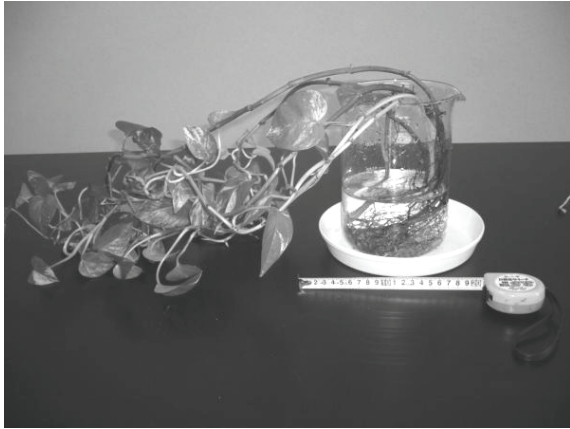


Fig.1 Photograph of experimental system.

認している。ポトス鉢への灌水は実験前日に行った。実験装置の写真を Fig.1 に示す。被験植物としては、観葉植物であるポトスを用いた。その写真を Fig.2 に示す。ポトスが鉢土壤に植えてある場合(以後、ポトス鉢)、実験毎に水道水に浸す場合(以後、ポトス水道水)、1年以上ポトスの切葉が浸された水(生育水)を用いた場合(以後、ポトス生育水)について実験を行なった。すなわち、同じ程度の葉面積のポトスの切



(a) Pothos in a bowl of 1000cc of tap water



(b) Pothos in a bowl of 1000cc of growing water



(c) Pothos in a pot-soil

**Fig.2** Photographs of pothos in three growing conditions. (a) Pothos in a bowl of 1000cc of tap water, (b) Pothos in a bowl of 1000cc of growing water, (c) Pothos in a pot-soil.

葉を水道水と生育水に浸し実験を行なった。実験においては、浸す水の量は1000ccとした。生育水とは、切葉を1年以上浸してある水のことを意味する。生育水を用いた理由は、生育水と水道水を比較するためである。実験に使用したポトス切葉は、別容器で育成させた。ただし、自然に蒸発した場合には水道水を一定量(5000cc)になるように加水している。また、鉢の大きさは  $200 \times 180 \phi \text{mm}$  であり、土壤は市販されている「観葉植物の土」を用いて実験を行なった。ポトス水道水とポトス生育水は用いた水が異なるのみである。これらの被験植物をチャンバーに設置し空気浄化実験を行なった。このときのポトス水道水、ポトス生育水の葉面積は  $2040 \text{cm}^2$ 、ポトス鉢の葉面積は  $2600 \text{cm}^2$  であった。

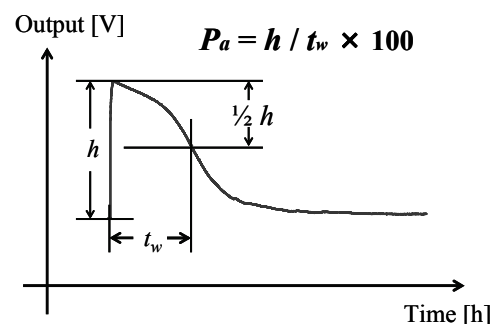
植物設置 1 時間後にチャンバー内に汚染物質をマイクロシリンジにより注入し浄化特性を調べた。汚染物質がチャンバー内で拡散し、その汚染濃度によりガスセンサ出力が上昇する。センサ出力がピーク値(最高濃度)に到達した後、観葉植物による汚染物質浄化能力により出力は減少する。その後、汚染物注入時のレベル(ベース・レベル)まで低下する。この時、汚染物注入時のレベルからピーク値までの高さを  $h(V)$  とし、その値が半値になるまでの時間(半値幅)を  $t_w(h)$  とし、(1)式により観葉植物の浄化能力  $P_a$  を規定した。 $P_a$  の概念を Fig.3 に示す。 $t_w$  が短い程、浄化能力が高いといえるので、 $t_w$  もある種の浄化能力を示している。また、3 種類の汚染物質に対するポトス浄化特性のセンサ特性を Fig.4 に示す。それぞれ、ホルムアルデヒド(Fig.4(a))、トルエン(Fig.4(b))、キシレン(Fig.4(c))に対する特性を表している。

各ポトスの汚染物質に対する比較対照実験(コントロール)の結果を Table1 に示す。すなわち、ポトスが浸していない水道水、生育水、土壤のみに対する浄化能力を調べた結果である。各汚染物を同量注入しているが拡散などの違いにより  $h$  の値が幾分異なっている。

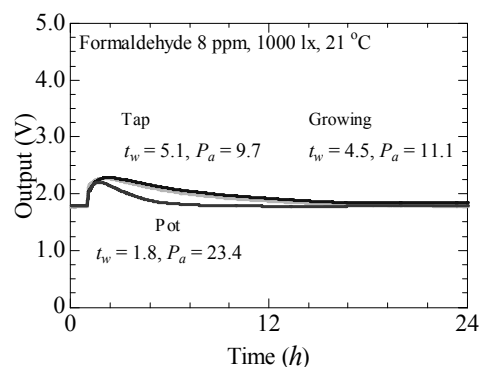
$$P_a = h / t_w \times 100 \quad (1)$$

### 3. 3 種類の汚染物質に対する浄化能力

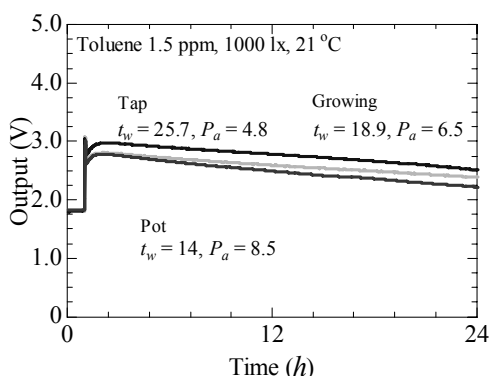
ホルムアルデヒドは様々な影響を人体に与える。0.08ppm で臭いを検知でき、0.4ppm で目への刺激を感じる。0.5ppm では喉が炎症を起こす。2.5ppm では目や鼻への



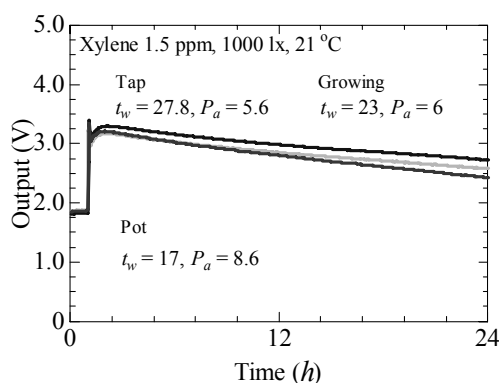
**Fig.3** Meaning of the parameters  $t_w$  and  $P_a$ .



(a) Formaldehyde



(b) Toluene



(c) Xylene

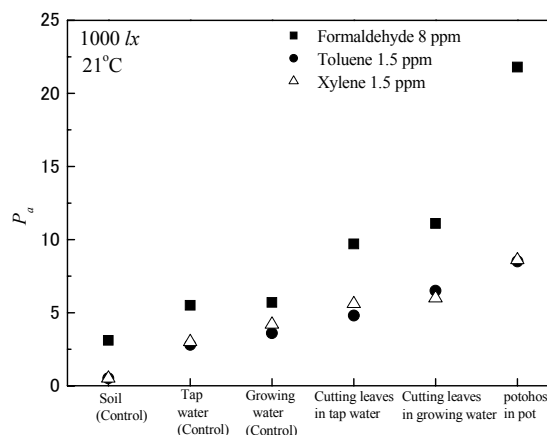
**Fig.4** Sensor outputs for typical three contaminants. (a) Formaldehyde, (b) Toluene, (c) Xylene.

刺激がある。4.6ppm になると流涙が生じ、それ以上になると死亡することもある。このため、厚生労働省では 0.08ppm 以下に保つようにと指針値(室内空気汚染に係わるガイドライン)を与えている。実験は室温 21°C, 光量を 1000lx になるように制御した。被験植物をチャンバーにセットした後、ホルムアルデヒド濃度が 8ppm (指針値の 100 倍)になる量を注入し浄化能力を調べた。閉め切った食器棚の中などで生じる恐れのある値である。

トルエンやキシレンも人体に与える影響は濃度により異なる。トルエンやキシレンは 100ppm で一過性の刺激, 200ppm で倦怠感や知覚異常や吐き気, 400ppm で目の刺激, 流涙, 興奮などの症状が出る。実験においては、センサ出力が高いため、チャンバー内の濃度が 1.5ppm になるようにトルエンとキシレンを注入し実験を行った。

トルエンの濃度は前述の厚生労働省の指針値(0.07ppm)の約 21 倍である。キシレンは指針値(0.2ppm)の約 8 倍である。

これらの実験結果を Fig.5 に示す。Fig.5 は Fig.4 の  $P_a$  の値から導出されている。全ての汚染物質に対して図中ポトス鉢の場合の浄化能力が高いことが明らかとなった。また、3 種類の汚染物質の中ではホルムアルデヒドに対する浄化能力が高いことも分かった。同様に Fig.5 中のポトス水道水とポトス生育水では 3 種類の汚染物質に対しポトス生育水の浄化能力が高いことが明らかとなった。



**Fig.5** Purification capability of pothos according to growing conditions.

**Table 1** Peak value of sensor output  $h$ , full-width at half maximum  $t_w$  and purification capability  $P_a$  in control experiments.

	Formaldehyde				Toluene				Xylene			
	Empty	Growing	Tap	Soil	Empty	Growing	Tap	Soil	Empty	Growing	Tap	Soil
$h(V)$	0.5	0.4	0.4	0.4	1.0	0.9	1.1	1.1	1.4	1.5	1.5	1.4
$t_w(h)$	24.5	7	7.2	13.7	—	24.9	38.9	40	—	34.2	50	52
$P_a$	2	5.7	5.5	3.1	<<1	3.6	2.8	2.5	<<1	4.2	3	2.7
Concentration	8ppm				1.5ppm							

## 4. 環境変化によるホルムアルデヒドの浄化能力

### 4.1 温度変化に対する浄化能力

室温が 12, 17, 21, 25°C になるようにセットし浄化実験を行なった。また、チャンパー内のホルムアルデヒド濃度が 8ppm になるように注入し実験を行なった。実験結果を Fig.6 に示す。ポトス水道水的环境では温度が低くなると浄化能力が高くなることが明らかとなった。ポトス生育水的环境ではほぼ一定で安定している。ポトス鉢的环境では 21°C で浄化能力が最も高くなることが確認された。この結果から、植物が快適に過ごせる温度(21°C)ではポトス鉢の能力が最も優れていることが明らかとなった。

### 4.2 光量変化に対する浄化能力

光量を 0, 500, 1000lx に調整し、チャンパー内のホルムアルデヒド濃度が 8ppm になるように注入し実験を行なった。500lx は多くの観葉植物の呼吸と光合成により二酸化炭素量が等しくなる補償点である。1000lx は光合成が活発になる光量である。実験結果を Fig.7 に示す。実験において光量が大きいほど浄化能力が高いことが確認された。また、実験を行なった光量に対してポトス鉢の浄化能力が高いことが明らかとなった。いずれの条件においても植物の浄化能力を高めるためには光量は重要な要因である。

## 5. 生育水に生息する生物

低温の場合を除く浄化実験においてポトス水道水とポトス生育水の生育環境を比較するとポトス生育水の場合の浄化能力が高いことが明らかとなった。このことから、生育水を顕微鏡を用いて調べた。その結果、数種類の微生物や微小動物が確認された。その一部であるカイミジンコ、ラッパ虫類、繊毛虫類が確認された。その写真を Fig.8 に示す。この他にも、モノアラガイ、ミジンコ、太陽虫などの微生物や微小動物が確認された。

この事から、水道水と比較して生育水中のポトスの根圏に共生する微生物や微小動物により浄化能力が高くなると考えられる。

## 6. 分子量に対する浄化能力変化

ポトス生育水の場合において、これまで調べた汚染物の分子量に対する浄化能力  $P_a$  の特性を調べた。このとき、新たにスチレンとアセトンに対する浄化能力も調べた。これらの汚染物に対する  $t_w$  と  $P_a$  は次のようであった。

スチレン 1.5ppm:  $t_w = 23$ ,  $P_a = 6.3$

アセトン 1.5ppm:  $t_w = 8.9$ ,  $P_a = 8.5$

ホルムアルデヒド 1.5ppm に対する浄化能力をこれまでの実験の特性から推定することとした。これは、ホルムアルデヒ

ド 1.5ppm に対するセンサ出力が雑音成分等により正確に導出するのが難しいためである。すなわち、ホルムアルデヒド 3, 5, 8, 15, 20ppm の実験結果から近似曲線を求め、ホルムアルデヒド 1.5ppm のときの  $t_w$  と  $P_a$  の予測を行った。このときの  $t_w$  の近似式を(2)式に、 $P_a$  の近似式を(3)式に示す。ここで  $C$  はホルムアルデヒド濃度を示す。

$$t_w = 1.61 \ln(C) + 0.37 \quad (2)$$

$$P_a = 0.2 C + 8.96 \quad (3)$$

(2), (3)式により、ホルムアルデヒド 1.5ppm に対する  $t_w$  と  $P_a$  は以下のようになった。

$$t_w = 0.8, P_a = 9.8$$

これらの結果をまとめて Fig.9 中に示す。Fig.9 においては、アセトン、トルエン、スチレン、キシレンの 1.5ppm のときの  $t_w$  と  $P_a$  のプロットも示されている。これらの傾向線を示すと(4), (5)式のようになる。ここで、 $m_w$  は分子量である。

$$t_w = 0.3m_w - 8.5 \quad (4)$$

$$P_a = -0.06m_w + 12.7 \quad (5)$$

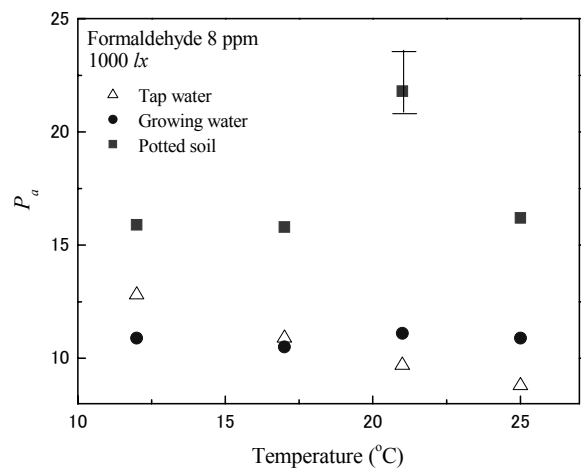


Fig.6 Temperature dependency of purification capability.

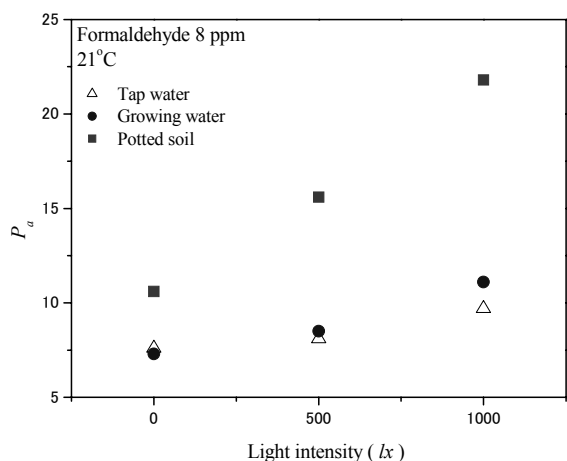


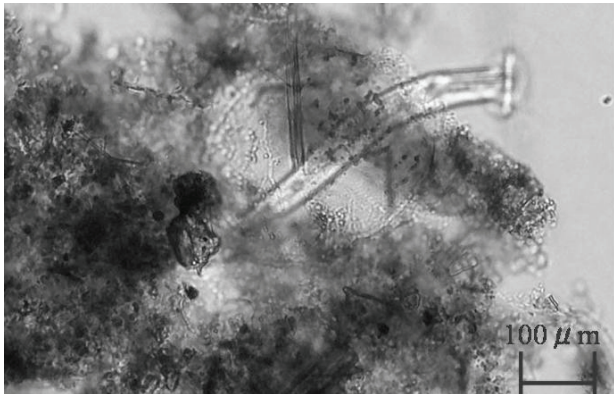
Fig.7 Light intensity dependency of purification capability.

$t_w$ と $P_a$ 共に分子量に対してリニアに変化することが確認された。すなわち、浄化能力は分子量が大きくなるにつれて低下していくことが明らかとなった。

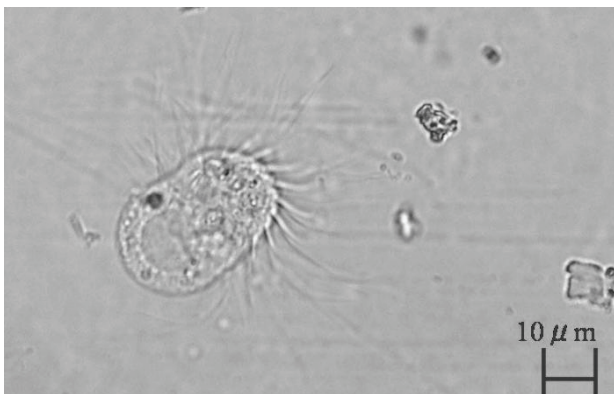
また、このときの $t_w$ と $P_a$ の相関も求めた。結果をFig.10に示す。 $t_w$ が小さい程 $P_a$ が大きくなる。また、その関係は直線的である。このことにより $P_a$ は浄化能力を示す指標として受け入れられるものであるといえる。

### 7. まとめ

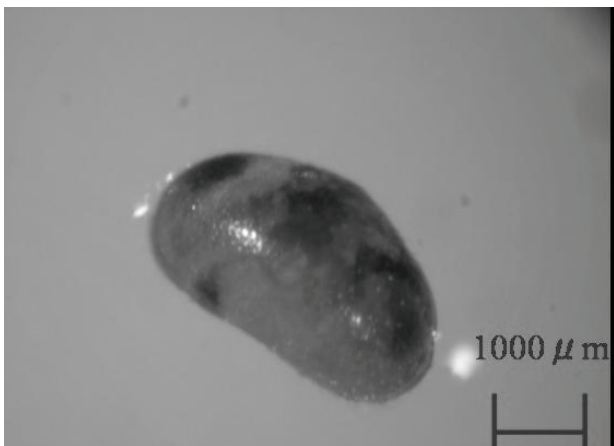
本研究ではポトスの生育環境による汚染物質軽減効果を調べた。Fig.5の実験結果より、全ての汚染物質に対してポ



(a) Heterotrichida



(b) Ciliata



(c) Cypris

Fig.8 Microbes living in growing water. (a) Heterotrichida, (b) Ciliata, (c) Cypris.

トス鉢の生育環境(鉢土壤中に生育)の浄化能力が高いことが明らかとなった。また、3種類の汚染物質の中ではホルムアルデヒドに対する浄化能力が高いことも分かった。ポトス水道水とポトス生育水の場合、3種類の汚染物質に対しポトス生育水の浄化能力が高いことが明らかとなった。また、Fig.6の実験結果より、ホルムアルデヒドの浄化能力がポトス水道水の場合では室温が低いほど浄化能力高くなり、ポトス生育水では浄化能力がほぼ一定であることが確認された。また、ポトス鉢においては21°C時に浄化能力が最も高くなることが分かった。さらに、Fig.7の実験結果から、光量が高いほど浄化能力が高くなることが確認された。いずれの場合においてもポトス鉢の場合の浄化能力が高いことが明らかとなった。ポトス水道水とポトス生育水の生育環境を比較すると、ほとんどの実験でポトス生育水の浄化能力が高いことから、生育水中の微生物を顕微鏡を用いて調べた。結果として、カイミジンコやラッパ虫類等の数種類の微生物や微小動物が確認された。

Fig.9の実験結果より、分子量が大きいトルエンやキシレンの浄化能力が低いことが明らかとなった。また、スチレンとアセトンの汚染物質の浄化能力を計測し $t_w$ 、 $P_a$ との分子量の関係を求めた結果、 $t_w$ 、 $P_a$ は分子量との関係を直線で示されることが明らかとなった。さらに、Fig.10より $t_w$ と $P_a$ の関係も求めた結果、 $t_w$ と $P_a$ も直線の式で示され、 $P_a$ は浄化能

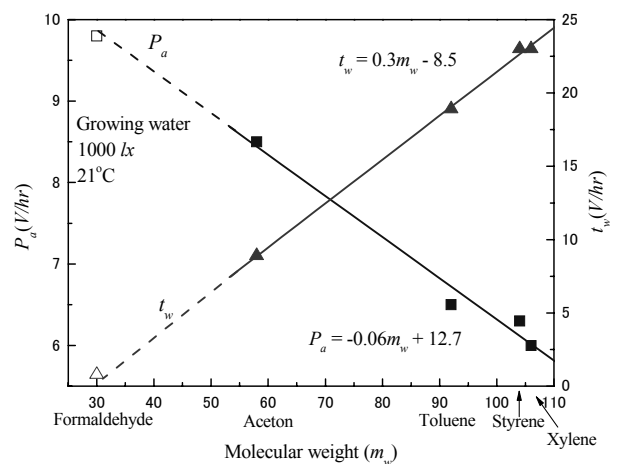


Fig.9 Correlations between  $t_w$ ,  $P_a$  and molecular weight  $m_w$ .

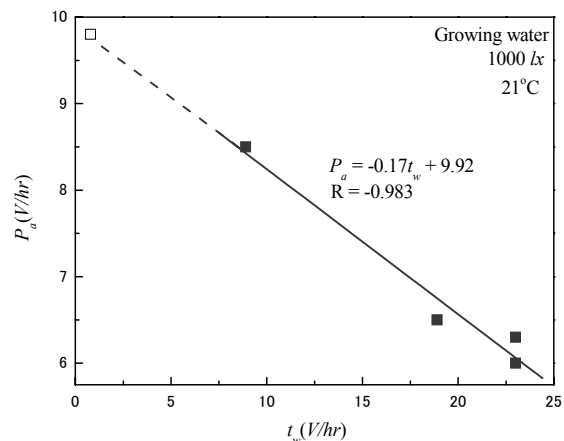


Fig.10 Correlation between  $t_w$  and  $P_a$ .

力を示す指標として一般的に受け入れられるものといえる。今後は、様々な観葉植物の生育状態による室内空気汚染物質の浄化特性を計測する予定である。

#### [謝辞]

本研究の一部は平成 18 年度科学研究補助金基盤研究 ((B)18310062) を得て行われたものである。

#### [参考文献]

- 1) C.B. Dorgan, C.E. Dorgan, M.S. Kanarek, A.J. Willman : "Health and Productivity Benefits of Improved Indoor Air Quality", ASHRAE Transactions, Vol.104, Pt.1, pp.658- 666 (1998)
- 2) B.C. Wolverton and J.D. Wolverton : "Plants And Soil Microorganisms: Removal of Formaldehyde, Xylene, and Ammonia from the Indoor Environment", J. Missi. Acad. Sci. , AUGUST/SEPTEMBER, Vol.38, No.2, pp.11-15 (1993)
- 3) T. Oyabu, T. Onodera, H. Kimura and Y. Sadaoka : "Purification Ability of Interior Plant for Removing of Indoor-Air Polluting Chemicals Using a Tin Oxide Gas Sensor", J. Jpn. Soc. Atmos. Environ., Vol.36, No.6 pp.319-325 (2001).
- 4) 沢田, 大藪, 中本, 竹中, 吉田: "医療機関における観葉植物導入によるニオイ・VOC 成分浄化効果", 日本設備管理学会誌, Vol.14, No.2, pp.101-107(2002)
- 5) Takashi Oyabu, Takeshi Onodera, Ayako Sawada, Kozaburo Takenaka : "Purification Capability of Potted Plants for Removing Atmospheric Formaldehyde", Electrochemistry, Vol.71, No.6, pp.280-284(2003)
- 6) 黒田, 沢田, 満岡, 藤岡, 大藪: "植物の二酸化炭素吸収能力評価とオフィス空間への応用", 平成 16 年度電子情報通信学会・有機エレクトロニクス研究会, CHS-04-16, pp.11-16 (於 金沢工業大学, 2004.9-16)
- 7) 木村洋: "換気システムによるシックハウス対策", 空気調和・衛生工学, Vol.77, No.1, pp.31-37 (2003)

(受付 2006. 11.7)

(受理 2007. 2.24)

## Purification characteristic of pothos for airborne contaminants according to growth conditions

Masaki Fujii<sup>1</sup>, Masahiro Tani<sup>1</sup>, Ayako Sawada<sup>1</sup>, Kouji Ueno<sup>2</sup>, Kousaku Nogami<sup>2</sup>, Takashi Oyabu<sup>1</sup>

Kanazawa Seiryō University<sup>1</sup>, HANANOGIFTSHYA co.,ltd.<sup>2</sup>

#### Abstract

Plants have a purification capability (Pa) to various kinds of airborne contaminants. The Pa largely depends on the growth conditions of the plant. Namely, the capability is different from the growing conditions even if the leaf areas of the subjective plants are about the same, for example a plant is growing in a pot-soil and the cutting leaves of the plant are placed in the water of a vase. In this study, the capabilities of the plants growing in the following three conditions were examined; (a) put the subjective plant in a bowl of tap water, (b) put the one in a pot of growing water for over one year and c in the pot-soil. The room temperature and light intensity were changed in the experiments.

As for the results, it became obvious that the Pa to formaldehyde varied in some degree according to room temperature. The Pa decreased linearly in 12 to 25 degree C in the case of (a), it did not changed largely in the case of (b) and it indicated maximum value at 22 degree C in the case of c. The temperature belonged to optimal growth range of the plant. The capability-order is as follows; (a) < (b) < (c). The Pa increased as the light intensity increased in each growth-condition. The capabilities to acetone, toluene and xylene were also examined. It became obvious that the capability became lower as the molecular weight of the contaminant became larger.

#### KeyWords:

Air pollution, Air purification, Indoor plant, Growing environment