

## <論文>

# 室内植物のアンモニアとVOCの浄化能力グレード評価

谷 真拓<sup>1</sup> 黒田 浩之<sup>2</sup> 沢田 史子<sup>1</sup> 大藪 多可志<sup>1</sup>

1 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)

2 三谷産業株式会社(〒920-8685 石川県金沢市玉川1-5 E-mail. kuroda@mitani.co.jp)

### 概要

観葉植物はシックハウス症候群の原因である室内空気汚染物を浄化する能力を持っている。また、室内やオフィス空間に観葉植物を設置することにより癒し効果や二酸化炭素の吸収など様々な恩恵を人間は享受している。本研究においては、実験チャンバーを用いて観葉植物のアンモニアとホルムアルデヒド、揮発性有機化合物(VOC)であるトルエンの浄化能力を調べグレード評価を行った。さらに、観葉植物の二酸化炭素吸収能力とのグレード比較を行った。その結果、ホルムアルデヒドに非常によく似たグレード評価が得られた。更にその関係を相関係数を用いて求めた結果、非常に高い相関関係を有していることが確認された。本研究において、総合的に高い浄化能力を有していた観葉植物はポトスであった。

キーワード: 浄化能力, 空気汚染, 二酸化炭素, VOC, 観葉植物

## 1. はじめに

20世紀の高度経済成長に伴い、大気中には人工的に製造排出された様々な空気汚染物質や二酸化炭素濃度が急激に増加している。また、室内などの身近な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するとともに、室内二酸化炭素濃度も上昇してきている。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言われてきた<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配置、酸化チタンなどの光触媒の利用などが開発され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適な手法は“換気”である<sup>6)</sup>。そのため、現在では換気が義務付けられている。しかし、換気が義務付けられていない古い建築物などには適応されていない。これらの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。本研究においては、ポピュラーな10種類の観葉植物の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。その結果から浄化能力が非常に高い植物:A, 高い植物:B, 低い植物:Cの3つのグレードに分類し一般社会で利用されやすい評価を行なったので報告する。

## 2. 実験方法

アクリル製チャンバー(575mm × 510mm × 1000mm: 約300 liters)の中に観葉植物鉢を設置し、アンモニア、ホルムアルデヒド、トルエ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, Japan: 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約1000 lxに制御されている。チャンバーが設置してある実験室はエアコンデイションにより温度は21°Cに設定し実験を行った。観葉植物鉢への灌水は実験前日に行った。実験システムの写真をFig.1に示す。

被験植物としては、比較的ポピュラーな10種類で年齢が3年の観葉植物を採用した。実験に用いた観葉植物をTable 1に示す。また、各観葉植物鉢の写真をまとめてFig.2に示す。葉面積は植物種が異なり統一することは不可能なため、直径20cm × 高さ20cmの鉢を用い実験を行なった。土壌は



Fig.1 Photograph of experimental system.

エコ土を使用した。エコ土とは培養土(有機堆肥, 赤玉, バーマキュライト, 鹿沼土, 川砂を混ぜ合わせたもの)に, 活性炭を混ぜ 2000℃ の高熱処理を施し粉砕した火山岩を配合したものである。観葉植物は日の当たる室温 20~25 度の部屋で管理した。

測定開始から 1 時間後にチャンパ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る。汚染物質がチャンパー内で拡散し, その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(最高濃度)に到達した後, 観

葉植物による汚染物質浄化機能によりセンサ出力は減少し, 汚染物注入時のレベル(ベース・レベル)まで回復する。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  $h$  とし, その値が半値になるまでの時間(半値幅)を  $t_w$  とし, (1)式により観葉植物の浄化能力  $P_a$  を規定した。また, センサ出力が一次遅れを示していることから時定数  $T$  (ピーク値から 63.2% まで減少する時間) を用いて評価した。時定数という概念は自動制御を専門とする方々には馴染みのある言葉であるが, 一般的には余り浸透していないと思われる。一方  $P_a$  は

Table 1 Adopted foliage plants in the experiment.

論文中的略称	植物名	英名	科名	学名
ポトス	ゴールデンポトス	Golden pothos	サトイモ	<i>Epipremnum aureum</i> cv. <i>Virens</i>
スパティフィラム	スパティフィラム	Peace lily	サトイモ	<i>Spathiphyllum</i> sp.
カミーラ	ディフェンバキア・カミーラ	Dumb cane	サトイモ	<i>Dieffenbachia</i> cv. <i>Camille</i>
シルバークイーン	アグラオネマ・シルバークイーン	Chinese evergreen	サトイモ	<i>Aglaonema</i> cv. <i>Silver Queen</i>
アオワネッキー	ドラセナ・アオワネッキー	<i>Dracaena</i> "Janet Craig"	リュウゼツラン	<i>Dracaena deremensis</i> cv. <i>Virens</i>
幸福の木	ドラセナ・フレグランスマッサンゲアナ	Corn plant	リュウゼツラン	<i>Dracaena fragrans</i> cv. <i>Massangeana</i>
コンシンネ	ドラセナ・コンシンネ	Dragon tree	リュウゼツラン	<i>Dracaena concinna</i> cv. <i>Rainbow</i>
サンセベリア	サンセベリア・ローレンチー	Snake plant	リュウゼツラン	<i>Sansevieria trifasciata</i> cv. <i>Laurentii</i>
ベンジャミン	ベンジャミン	Weeping fig	クワ	<i>Ficus benjamina</i>
アレカヤシ	アレカヤシ	Yellow butterfly palm	ヤシ	<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>

Weeping fig Golden pothos Chinese evergreen Corn plant Snake plant



*Dracaena* "Janet Craig" Dragon tree Peace lily Dumb cane Yellow butterfly palm

Fig.2 Interior plants adopted in this experiment.

センサの高さを半値になる時間内で除するものであり、比較的一般人の方々に理解していただけるものと思われる。このことから、植物浄化能力を比較するため  $P_a$  を活用することとした。 $P_a$  の概念図を Fig.3 に示す。また、3 種類の汚染物質に対する浄化特性を Fig.4 に示す。(a)はアンモニア、(b)はホルムアルデヒド、(c)はトルエンに対するものである。いずれもポトスの浄化能力が示されており、参考のために他の観葉植物種の特長も示した。

対照実験として、植物を植えない鉢で実験を行なった。結果として、 $P_a$  はアンモニア:30、ホルムアルデヒド:6、トルエン:4 であった。また、チャンバーの漏洩実験も行なった。その結果、微量の漏洩は確認されたが実験結果に影響の無い量であった。

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

### 3. 実験結果

#### 3.1 アンモニアに対する浄化グレード

アンモニアは環境省により悪臭 22 物質に指定され約 1ppm 以下に規制することが義務づけられている。人体からも放散する。人体への影響として、5~10ppm で臭いを感じ、300~500ppm で短時間のうちに耐えうる限界を超える。これ以上になると呼吸停止や短時間で死亡する。

被験植物をチャンバーにセットし、チャンバー内の濃度が 5ppm になる量のアンモニアを注入した。その結果と葉面積を Table 2 に示す。グレードの判別は以下の判断基準により判断した。

- A :  $P_a \geq 250$
- B :  $200 \leq P_a < 250$
- C :  $P_a < 200$

Table 2 においては汚染物濃度特性を計測した結果より  $P_a$  が高い順から並べてある。本実験での  $P_a$  の最大値はアレカヤシの 338 であった。アンモニアは植物にとっては三大栄養素の一つである窒素が混入しているため吸収能力が高いと

思われる。サンセベリアや幸福の木の値が小さいのは、頻繁に肥料を与える植物ではないためアンモニアに対しても吸収率が低いと考えられる。

#### 3.2 ホルムアルデヒドとトルエンに対する浄化グレード

ホルムアルデヒドやトルエンが人体に与える影響は濃度に

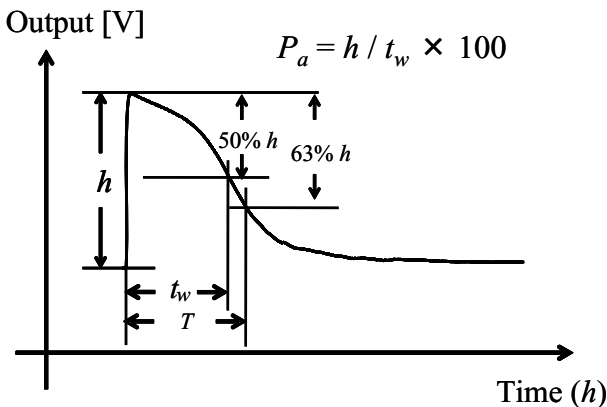
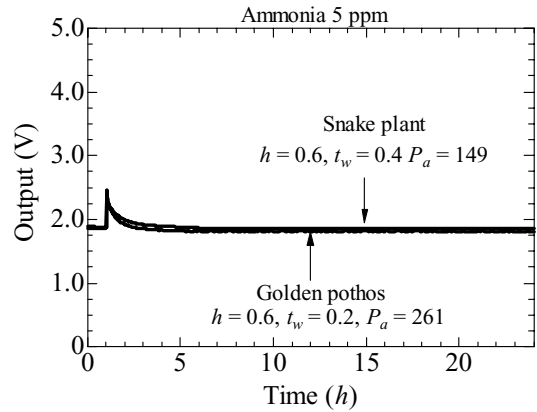
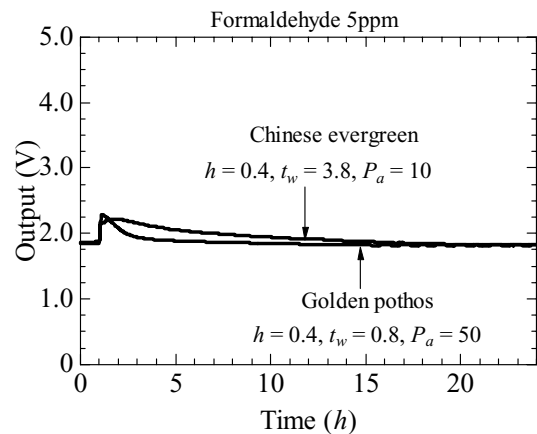


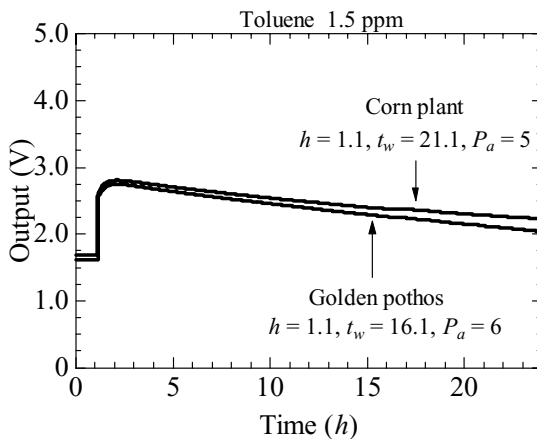
Fig.3 Meaning of the parameters T and  $P_a$



(a)



(b)



(c)

Fig.4 Purification characteristics for three kinds of pollutants.

(a) Ammonia, (b) Formaldehyde, (c) Toluene.

より異なる。ホルムアルデヒドにおいては、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し、2.5ppm では目や鼻への刺激がある。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。

被験植物鉢をチャンバーにセットした後、ホルムアルデヒドを濃度が 5ppm (人が死亡する恐れがある)になる量を注入し浄化能力を調べた。この濃度は厚生労働省の「室内空気汚染に係わるガイドライン」での指針値の約 60 倍であり、閉めきった食器棚の中などで生じる得る値である。結果として得られたグレードと葉面積を Table 3 に示す。グレードの判別は以下の条件により行った。

$$A : P_a \geq 30$$

$$B : 15 \leq P_a < 30$$

$$C : P_a < 15$$

本実験において、 $P_a$ の平均値の最大値はポトスの 45 で非常に高い能力を有していることが確認された。また、最小値だったのは 12 のサンセベリアで、ホルムアルデヒドに対する浄化能力は低い結果が得られた。サンセベリアは多肉植物で蒸散機能が低いと考えられる。

チャンバー内の濃度が 1.5ppm になる量のトルエンを注入し実験を行った。こ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。その結果と葉面積を Table 4 に示す。グレード評価は下記の条件により行った。

$$A : P_a \geq 7$$

$$B : 6 \leq P_a < 7$$

$$C : P_a < 6$$

本実験において  $P_a$ の最大値はベンジャミンとアレカヤシの 8 であった。トルエンは分子量が大きく浄化に時間がかかる。このため、トルエンの浄化能力の最大値と最小値の差は小さい。暗黒下実験において、本研究で使用した 3 種類の汚染物質に対する観葉植物の浄化能力は、アンモニアは 6 割、ホルムアルデヒドとトルエンは 3 割低下すると報告もある<sup>3)</sup>。また、ホルムアルデヒドに関しての  $P_a$ と  $T$ 値の自然対数 ( $\log_e x$ ) の相関関係を導出した。相関図を Fig.5 に示す。相関を示す近似式として(2)式が得られた。このとき、 $P_a$ と  $\log_e T$  の相関は -0.8 と非常に高い値が得られた。また、トルエンについては -0.9、アンモニアについては -0.6 の相関が得られた。このことから、 $P_a$ は VOC(Volatile Organic Compounds)およびアンモニアに対する植物の浄化特性を表す指標として有効であるといえる。

$$\log_e T = -0.04 \times P_a + 1.90 \quad (2)$$

#### 4. 汚染物浄化能力と二酸化炭素吸収能力

3 種類の汚染物に対する浄化能力と二酸化炭素吸収能力との関係を調べた。二酸化炭素吸収能力特性の半値幅  $t_w$  を用いて比較した。この特性は前報で報告したものである<sup>7)</sup>。 $t_w$  が小さいことは浄化能力や吸収能力が高いといえる。前報で

報告した二酸化炭素吸収能力と葉面積をまとめて Table 5 に示す。前報の実験においては、本実験と同じチャンバーを用い、観葉植物を設置後の二酸化炭素濃度が 500ppm になるようにし、その吸収浄化特性を調べたものである。Table 5 のグレードはホルムアルデヒドのグレード(Table 3)に非常に似ている。ポトスの浄化特性例を Fig.6 に示す。二酸化炭素吸

Table 2 Grades of plants purification capabilities for ammonia of 5ppm.

Ammonia 5ppm						
grade	subjective plants	$P_a$	$t_w$	T	葉面積 (cm <sup>2</sup> )	単位面積あたり $P_a$
A	アレカヤシ	338	0.2	0.3	3000	0.0001
	スパティフィラム	268	0.2	0.4	5346	0.0001
	ポトス	261	0.2	0.3	2640	0.0001
B	ベンジャミン	221	0.3	0.4	2000	0.0002
	コンシンネ	218	0.3	0.5	2550	0.0002
	シルバークイーン	206	0.3	0.5	5300	0.0001
	カミーラ	200	0.3	0.7	2200	0.0003
C	アオワーネッキー	167	0.3	0.6	6688	0.0001
	サンセベリア	149	0.4	0.6	950	0.0006
	幸福の木	135	0.4	0.4	3306	0.0001

Table 3 Grades of plants purification capabilities for formaldehyde of 5ppm.

Formaldehyde 5ppm						
grade	subjective plants	$P_a$	$t_w$	T	葉面積 (cm <sup>2</sup> )	単位面積あたり $P_a$
A	ポトス	50	0.8	1.1	2640	0.0004
	アオワーネッキー	33	1.2	1.6	6688	0.0002
	スパティフィラム	30	1.2	1.5	5346	0.0003
B	ベンジャミン	25	1.4	1.8	2000	0.0009
	アレカヤシ	24	1.4	3.7	3000	0.0012
	幸福の木	24	1.8	2.2	3306	0.0007
	カミーラ	15	2.7	1.9	2200	0.0009
C	コンシンネ	14	3.3	4.6	2550	0.0018
	シルバークイーン	10	3.8	6.1	5300	0.0012
	サンセベリア	9	4.5	5.7	950	0.0060

Table 4 Grades of plants purification capabilities for toluene of 1.5ppm.

Toluene 1.5ppm						
grade	subjective plants	$P_a$	$t_w$	T	葉面積 (cm <sup>2</sup> )	単位面積あたり $P_a$
A	ベンジャミン	8	12.8	18	2000	0.0090
	アレカヤシ	8	13.5	17	3000	0.0057
	サンセベリア	7	16.3	19	950	0.0200
B	ポトス	6	16.1	21	2200	0.0095
	スパティフィラム	6	16.9	22	2550	0.0086
	コンシンネ	6	17.1	23	2640	0.0087
	カミーラ	6	16.6	21	5346	0.0039
C	シルバークイーン	5	19.0	26	3306	0.0079
	アオワーネッキー	5	19.3	27	5300	0.0051
	幸福の木	5	21.1	28	6688	0.0042

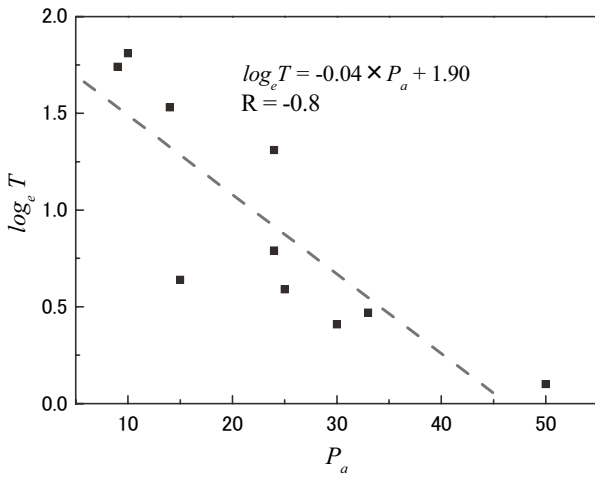


Fig.5 Relationship between  $P_a$  and  $\log_e T$  for formaldehyde.

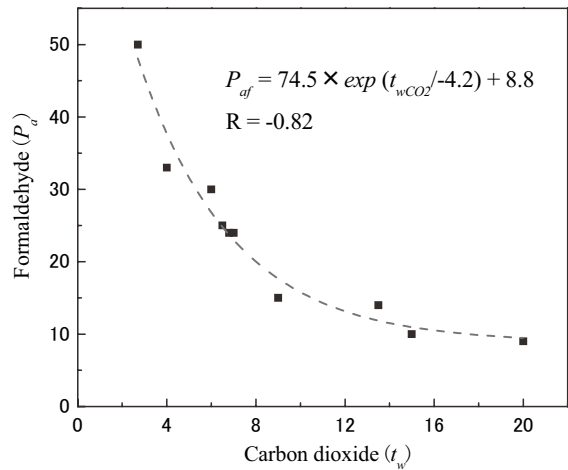


Fig.7 Relationship between  $P_a$  for formaldehyde and  $t_w$  for carbon dioxide.

Table 5 Grades of plants purification capabilities for carbon dioxide.

Carbon dioxide

grade	subjective plants	$t_w$	葉面積 (cm <sup>2</sup> )	単位面積あたり $t_w$
A	ポトス	2.7	2640	0.0010
	アオワンネッキー	4.0	6688	0.0006
	ベンジャミン	6.0	2000	0.0030
B	スパティフィラム	6.5	5346	0.0012
	カミーラ	6.8	2200	0.0031
	アレカヤシ	7.0	3000	0.0023
	幸福の木	9.0	3306	0.0027
C	コンシンネ	13.5	2550	0.0053
	サンセベリア	15.0	950	0.0158
	シルバークイーン	20.0	5300	0.0038

能力の最も大きかったのはポトスであった。この二酸化炭素吸収特性の  $t_w$  とホルムアルデヒドに対する浄化特性の  $P_a$  との相関関係をプロットした散布図を Fig.7 に示す。Fig.7 において、ホルムアルデヒド 5ppm に対する浄化能力( $P_{af}$ )と二酸化炭素吸収能力特性の半値幅( $t_{wCO2}$ )との関係は(3)式で示された。

$$P_{af} = 74.5 \times \exp(t_{wCO2} / -4.2) + 8.8 \quad (3)$$

このときの相関係数は-0.82 と非常に良い一致が得られた。以上の結果より、観葉植物のホルムアルデヒド吸収能力と二酸化炭素吸収能力は、指数関数を用いると非常に強い相関関係があることが明らかとなった。すなわち、VOC の吸収能力が高い観葉植物は二酸化炭素吸収能力も高いといえる。

5. まとめ

本研究では観葉植物のアンモニア、ホルムアルデヒド、トルエンに対する浄化能力  $P_a$  を調べた。その結果より、 $P_a$  を用いて 3 種類の汚染物質に対する浄化能力のグレード評価を行うことができた。実験を行った 10 種類の観葉植物の中で総合的に高い浄化能力を有しているのはポトスといえる。また、提案した  $P_a$  と  $T$  の相関関係を求めたところ、実験を行なった汚染物質に対し高い相関関係が確認された。このことから、 $P_a$  は浄化特性を表す指標として有効といえる。

また、3 種類の汚染物質に対する浄化能力と二酸化炭素吸収能力との関係を調べるために、二酸化炭素吸収特性の  $t_w$  を用いてグレード評価を行いその比較を行った。結果として、ホルムアルデヒド浄化能力と二酸化炭素吸収能力は非常に良く似たグレード評価が得られた。それらには強い相関があり、その関係を指数関数を用いて示すことができた。このときの相関係数は-0.82 であった。

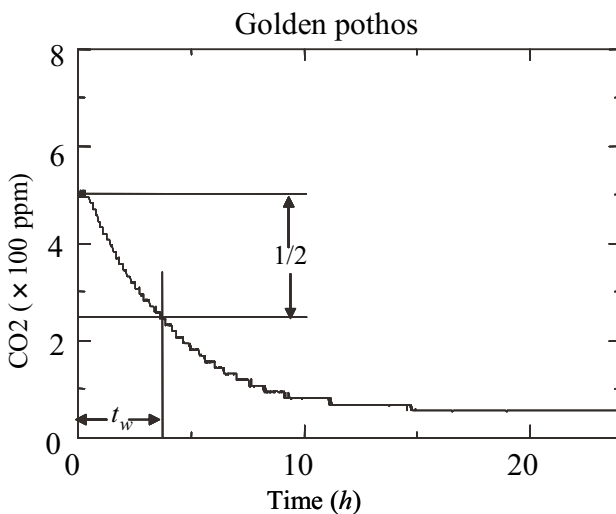


Fig.6 Absorption characteristic of pothos for carbon dioxide.

今後は、様々な植物種の浄化能力のグレードを求め、住宅や商業ビル、学校などの実環境の空気質を改善するための観葉植物鉢設置デザインへ応用していく予定である。

[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). (受付 2005. 10. 15)  
(受理 2006. 2. 15)
- 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, Koza-buro Takenaka : "Purification Capability of Potted Plants for Removing Atmospheric Formaldehyde", Electrochemistry, Vol.71, No.6, pp.280-284(2003)
- 6) 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)
- 7) 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)

## Purification grades of interior plants for ammonia and VOC

Masahiro Tani<sup>1</sup>, Hiroyuki Kuroda<sup>2</sup>, Ayako Sawada<sup>1</sup>, Takashi Oyabu<sup>1</sup>

Kanazawa Seiryu University<sup>1</sup>  
Mitani Sangyo Co.,LTD.<sup>2</sup>

### Abstract

Interior plants have a purifying function to various kinds of air pollutants, which cause a sick house syndrome or sick building syndrome. The plants also have a healing effect to humans and absorbing capability to carbon dioxide. Humans have been blessed various kinds of benefits by the plants. In this experiment, ten kinds of plants were adopted as the subjective plants. The plants purification capabilities to formaldehyde, ammonia and toluene were investigated and the grades were compared with the absorbing capabilities to the carbon dioxide. As for the results, there were strong correlations among the purification capabilities to air polluting chemicals and absorbing capabilities to carbon dioxide. The relations were indicated using an exponential function. Pothos had higher capabilities comprehensively among the adopted plants.

### KeyWords:

Purification capability, Air pollution, Carbon dioxide, VOC, Foliage plant