

# 鉢物観葉植物による室内の揮発性有機化合物（トルエン）の除去技術確立のための研究

The Research to Establish the Removal Technology of the VOC (toluene) by the Use of Potted Foliage Plants

申 恵京\* 飯干 絵里\*\* 水庭千鶴子\*\* 近藤 三雄\*\*

Hyekyoung SHIN\* Eri IIBOSHI\*\* Chizuko MIZUNIWA\*\* Mitsuo KONDO\*\*

## 1. はじめに

本報では、鉢物観葉植物による室内の揮発性有機化合物（VOC）を効率良く除去するための技術の確立を目指し、検討している内容について述べる。具体的には以下に示すような項目、つまり、揮発性有機化合物による室内空気汚染の現状、酸化チタン（ $\text{TiO}_2$ ）の光触媒反応を含めた植物による室内の揮発性有機化合物除去のメカニズム、技術確立に必要な知見と研究課題、既往研究の現状、さらにはこれまで明らかにした酸化チタンの植物の葉への定着可能性や影響被害の度合い、トルエンの除去可能性などの研究成果の一端を速報的に述べる。

## 2. 室内空気汚染の現状

米国や欧州のいくつかの国では、1970年代後半から1980年代にかけて、オフィスビルで働く労働者などの間で粘膜刺激病状や不定愁訴などの非特異的病状を自覚する人が増加し、「シックビル症候群（Sick Building Syndrome、SBS）」として社会問題化した。このような健康問題が発生した原因については必ずしも解明されておらず、複合要因が関与している可能性が示唆されているが、エネルギーの利用効率化などの観点から、建築物の気密化や外気取り入れの抑制が行われたために換気量が不足したことに伴い、室内空気の汚染が進んだことが主要な原因と考えられている<sup>1)</sup>。

日本では早くから建築物の室内空気環境基準が定められていたため、オフィスビルにおいては同種の現象は問題とされていなかったが、一般の個人住宅で同種の現象が現れるようになり、ビルディングをハウスに変えた和製英語ができた。それがシックハウス症候群（Sick House Syndrome、SHS）である。厚生労働省によれば、「住宅の高気密化や化学物質を放散する建材、内装材の使用等により、新築・改築後の住宅やビルにおいて、化学物質による室内空気汚染等により、居住者に様々な体調不良が生じている状態が、数多く報告されている。病状が多様で、病状発生の仕組みを始め、未解明な部分が多く、また、様々な複合要因が考えられることから、シックハウス症候群といわれる。」と定義されている。なお、

厚生労働省の「シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会」において、これまで室内環境中で問題になっている13物質の化学物質の室内濃度指針値が策定されてきた<sup>2) 3)</sup>。本研究では、その内、高揮発性有機化合物のホルムアルデヒド、揮発性有機化合物のトルエン、キシレンを対象とした。

## 3. 植物による室内の揮発性有機化合物除去技術の確立の意義とメカニズム

揮発性有機化合物を除去する方法は様々な分野で考案されている。換気によって室内の汚れた空気を新鮮な外気で薄めることで、空気の汚れを緩和することや空気清浄機、光触媒反応を利用した人工観葉植物等も一つの方法である。しかし、換気による方法は外気がきれいであるという前提条件が必要で、従来の物理的・化学的な空気浄化の手法だけでは効率が悪く、コストもかかるため実用的ではない。このような中、室内汚染空気を浄化する方法として注目されるようになったのが植物を利用した空気浄化である。

植物は光合成、蒸散作用を行うと同時に、大気中の汚染物質を気孔から葉内に吸い込んでいる。大気中のガスは、大気と葉内におけるガスの濃度差に従って拡散によって吸収される。一般に、植物個体もしくは植物群落によって生じる大気汚染ガス濃度の減衰の要因には、ガスの葉表面での吸着と、気孔を通しての葉内への吸収が考えられる。植物が大気中のガスを吸収する部位として、空気中に張り出している葉と土壌中の根が考えられる。

実際、大気中のガス吸収のほとんどが葉の表と裏面にある多数の気孔によって行われる。気孔から吸収されたガスは気孔を構成する細胞に溶解、吸収され代謝・分解される。したがって、水によく溶解、植物体内で代謝されやすいガスは吸収されやすく、溶解にくいガスは吸収されにくい<sup>4)</sup>。

本研究では、こうした植物の能力だけに頼るのではなく、より揮発性有機化合物を効率的に除去するために、人工観葉植物に酸化チタン処理を施し、光触媒反応を生起させ、室内の揮発性有機化合物の除去用に市販されて

\*東京農業大学大学院農学研究科

\*\*東京農業大学地域環境科学部造園科学科

\*Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

\*\*Department of Landscape Architecture Science, Tokyo University of Agriculture

いる商品を参考に、また、緑の心理、生理的な効果等からしても室内はやはり人工観葉植物ではなく、生きている植物で緑化することが本義であると考え、植物の葉に酸化チタン処理し、除去効果を倍加することも目論んだ。

因みに鉢物観葉植物へ酸化チタンを塗布することによる光触媒反応のメカニズムについて簡単に述べる。光触媒反応は処理された酸化チタンの結晶内の電子が紫外線を吸収して、電子が励起し、電子 ( $e^-$ ) と正孔 ( $h^+$ ) が生じる。電子の方は、酸化チタン表面に吸着している酸素に移行し、活性酸素 (スーパーオキシドアニオン) を生成する。一方、正孔は、酸化チタン表面に存在する有機物と反応して最終的には  $H_2O$ 、 $CO_2$  まで有機物を酸化する。特に、ホルムアルデヒドは 100ppm 以下の濃度であれば完全に分解され、最終的には  $H_2O$ 、 $CO_2$  になる。

さらに、酸化チタンはホルムアルデヒドに対して光触媒反応による分解だけではなく、非常に良い吸着剤としても作用することが解っており、この面から除去可能性も期待できる<sup>56)</sup>。

本報で用いるのは鉢物観葉植物の葉に酸化チタン処理したもので、室内の修景を兼ね、揮発性有機化合物の除去が実質的に可能となれば、改めて室内緑化の意義を高めることが期待できる。さらに、室内緑化の難点として、光不足という要因以外にも室内環境においては、人間活動に伴って発生する粉塵やほこりが葉に付着し易い。

あるいは、通風もないため、病虫害が発生し易く、場所柄、農薬も使用できないなど、植物の健全生育を保持する上で、多くの問題も抱える。これらの問題の解決に当たってもつまり、光触媒反応によるクリーニング効果も期待できる。この面からも観葉植物の葉に酸化チタン処理することの意義は認められる。

このような効果の解明も含め、揮発性有機化合物で汚染された室内を浄化するための装置として、鉢物観葉植物による緑化が卓効のあるものであることが究明されれば、1990 年以降、低迷化傾向にある室内緑化事業やビジネスの興隆も改めて期待できる。

#### 4. 技術確立に必要な知見と研究課題

鉢物観葉植物によって、さらには、それに酸化チタン処理を施し、光触媒反応を生起させ、効率よく揮発性有機化合物を除去することを目論んだ手法を 1 つの技術として確立するためには、様々な知見を研究課題として明らかにする必要がある。現時点で筆者らが究明しなければならぬと考えている知見 (研究課題) を整理すると表-1 の通りとなる。これらのテーマを究明するための実験研究に既に一部取り組んでおり、これらが体系的に解明されることによって本報で示した手法が 1 つの技術として成り立つものとする。

#### 5. 既往研究の現状

植物単体では 1984 年 NASA (アメリカ宇宙局) が植

表-1 技術確立のために必要な研究課題

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 観葉植物による室内の空気浄化効果の検証                |
| (1) 観葉植物の種類や形状の違いと VOC 除去効果           |
| (2) 観葉植物の生育季節、室内の環境条件の違いと VOC 除去効果    |
| 2. 酸化チタンの光触媒処理した観葉植物による室内汚染空気の除去可能性   |
| (1) 観葉植物の葉への酸化チタン処理の仕方と定着性並びに被害影響との関係 |
| (2) 観葉植物の葉上での光触媒反応の生起の確認と VOC 除去効果    |
| (3) 照射する光源の種類と観葉植物による VOC 除去効果        |
| 3. 酸化チタン処理した鉢及びマルチング資材による VOC 除去効果    |

物には密閉された実験空間のホルムアルデヒドを除去する効果があるという研究結果を発表した。1989 年のレポートにはベンゼン、トリクロロエチレン、ホルムアルデヒドを取り上げ、24 時間で植物がどの程度汚染空気を浄化するかに関して実験した。その結果、ガーベラ、ヘデラ、スパティフィラム、ポットマム等の化学物質の浄化力を証明した<sup>7)</sup>。その他にも様々な研究がなされており、Kondo ら<sup>8)</sup>は樹木によるホルムアルデヒドの吸収を測定するための方法開発とキョウチクトウによるホルムアルデヒドの吸収速度について述べている。沢田ら<sup>9)</sup>は、ポトス鉢とスパティフィラム鉢の浄化能力、植物の大きさと浄化能力の関係を調べた。加藤ら<sup>10)</sup>はホルムアルデヒドに対する観葉植物の浄化能力を比較し、植物の種類による浄化能力の差を求めた。トルエンに関しては山口ら<sup>11)</sup>は植物の違いと植物の葉面積当たりによるトルエンの除去量について、また、松本ら<sup>12)</sup>は光源や光の波長分布が異なる場合の植物の VOC 除去量の違いを調べている。

一方、光触媒反応による室内浄化に関して、池田ら<sup>13)</sup>は光触媒による室内空気汚染低減効果の評価で光触媒  $TiO_2$  をコーティングしたタイルを用い、VOC とホルムアルデヒド濃度の低減効果について報告した。今井ら<sup>14)</sup>は光触媒機能を有する壁材を利用し、メチルメルカプタン、アンモニア、ホルムアルデヒドの臭気低減効果に関して調べた。また、ダイオキシシン、 $NO_x$ 、自動車排気ガスなどの対策としても光触媒塗料や光触媒酸化チタン脱臭フィルタ、光触媒コンクリート、トンネル換気設備脱硝装置などが研究、開発されている<sup>15)</sup>。もちろん、植物に酸化チタン処理して室内の VOC 除去を試みた研究事例はない。

#### 6. これまでに明らかになった研究課題についての成果

##### (1) 鉢物観葉植物への酸化チタンの定着の可能性

鉢物観葉植物に酸化チタン処理することによる酸化チタンの定着可能性を調べるため、次のような実験を行った。供試植物として、高さ 60cm 前後、葉数と葉面積がほぼ同じと考えられるインドゴムノキ 18 個体を用いた。塗布資材としては酸化チタンコーティング剤 (TKC304、固形分濃度 9.0wt.%, テイカ社製)、界面活性剤 (TKC 用界面活性剤、日本油脂製) を用いた。酸化チタンコーティング剤の基準値は  $0.3g/m^2$  で、スプレー

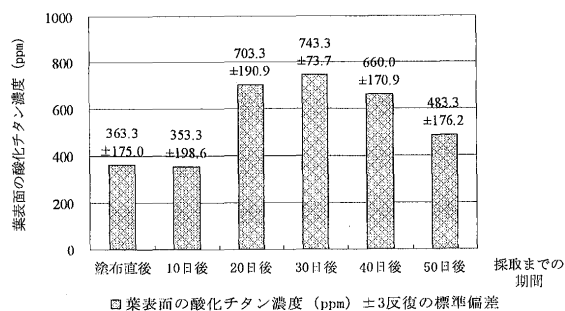


図-1 酸化チタンコーティング剤の塗布から採取までの期間と葉表面の酸化チタン濃度（3反復の平均値と標準偏差、ppm）

する場合、固形分濃度が0.1wt.%になるように希釈して利用するため、まず、インドゴムノキの葉面積を測り、その葉面積当たりの酸化チタンコーティング剤の量を求め、蒸留水で希釈し、界面活性剤を添加してから塗布した。なお、界面活性剤は基準値が0.05～0.50wt.%のため、今回の実験では0.25wt.%を添加した。

塗布方法としてはスプレーを用いて吹き付け、その距離を30 cmとし、連続塗布によって液が垂れるのを防ぐため、塗布時間を2、3秒として何回に分けて行い、自然乾燥した。分析は蛍光X線分光装置を利用し、塗布してから採取までの期間の違いと葉表面の酸化チタンの濃度を調べた。塗布した供試植物の葉を10日間毎に採取し、オーブンで葉を乾燥させ、粉砕機で粉末状にした。

蛍光X線分光装置で分析した結果を図-1に示した。

実験の結果、全般的に葉表面の酸化チタンの濃度は少なく微量だが酸化チタンは時間が経っても葉表面に定着されているのが解った。また、酸化チタンコーティング剤の塗布直後の葉表面の酸化チタン濃度より、塗布してから30日経過後に採取した実験区の葉表面の酸化チタン濃度が高く示されるなど、本実験からは酸化チタンコーティング剤の塗布から採取までの期間の違いと葉表面の酸化チタン濃度との関連性は見られなかった。

## (2) 酸化チタン処理の仕方と植物への被害影響

酸化チタンの微粒子を植物の葉に定着させるためには各種のコーティング資材を活用した吹き付けや塗布などの方法がとられる。酸化チタンそのものが植物の葉に及ぼす悪影響は考えられないが、使用するコーティング資材の種類や塗布方法によっては植物の葉に被害を及ぼすことが懸念される。

本研究においても、これまで様々な種類のコーティング資材による吹き付けや塗布を試みているが、植物体そのものを枯死させるなどの激甚被害はない。ただし、コーティング資材の種類や濃度、塗布方法、あるいは植物の種類の違い、特に、葉が革質か軟質か否か、また、古葉か新葉かの違いによっては時には葉の一部が褐色になるなどの被害が出る場合も観察している。今後、植物への被害を起こさず確実に酸化チタンを植物体に定着させる方法についても解明したい。



写真-1 実験装置

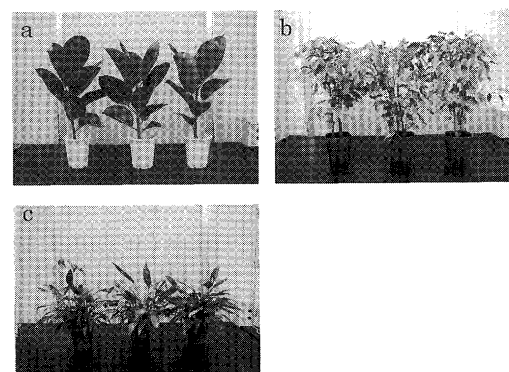


写真-2 各実験区の供試植物 (a: インドゴムノキ、b: ベンジャミン、c: スパティフィラム)

## (3) 酸化チタン処理の有無とトルエンの除去可能性の検証実験

無処理鉢物観葉植物のトルエンに対する除去可能性と酸化チタン処理した鉢物観葉植物のトルエンの除去可能性とを比較した。また、葉面積当たりの除去量を求め、植物の種類の違いによる除去量の差も調べた。

供試植物として、インドゴムノキ (*Ficus elastica* Roxb., クワ科)、ベンジャミン (*Ficus benjamina* L., クワ科)、スパティフィラム (*Spathiphyllum* sp., サトイモ科) を用いた。

トルエンは水に溶けにくく、油などを溶かす性質を持っている。様々な化学物質を作る原料として使われるほか、油性と塗料や接着剤などの溶剤として使われている。2003年度のPRTRデータでは、環境中への排出量は約190000トンで、最も排出量が多い化学物質であった<sup>16)</sup>。

### 1) 実験方法

アクリル製のチャンバー (500×500×700 mm) 内に供試植物を入れて密閉し、チャンバー内の濃度の変化を測定する。一定時間後にチャンバー内の空気を吸引して濃度を測定する。チャンバーの中に何も入れてない空チャンバーの濃度を基準にして、供試植物を入れた場合に測定した濃度と比べ、除去濃度を求める。

また、供試植物の面積当たりの除去濃度を求め、植物の種類の違いによるトルエンの除去可能性を比較した。実験装置を写真-1に示す。

### ①実験区と供試植物

実験は2005年8月から11月にかけて温度24.8±2.5℃、

湿度 52.9±11%の実験室で、透明なアクリル製の密閉型の約 175ℓ のチャンバーの中に供試植物を入れて行った。

光源として、太陽光は遮断し、チャンバー内に蛍光灯 (TOSHIBA、15W、白色 FL15W、紫外線 UV-A 強度 6.6 μW/cm<sup>2</sup>)、または紫外線ランプ (UV-A: SANKYO BLACKLIGHT、ピーク波長 368nm、強度 0.36 mW/cm<sup>2</sup>) を取り付けられるようにした。酸化チタン処理供試植物にのみ紫外線ランプ (UV-A) を光源として用いた。また、紫外線照射による植物への悪影響を避けるため、同じ供試植物を長時間、連続的に利用することではなく、紫外線照射後には 48 時間以上、明るい所で十分に太陽光や蛍光灯を浴びるようにした。光量子量はチャンバー内の上中下での平均値で、蛍光灯 11.54 μmol/m<sup>2</sup>/s、紫外線ランプ (UV-A) 1.68 μmol/m<sup>2</sup>/s である。

なお、本実験は、植物の生育実験ではなく、トルエンの除去量を検証するための実験であり、小型のチャンバーを使用し、光源となる蛍光灯や紫外線ランプを設置したため、このような低光量の条件下となった。

ほぼ同一寸法の大きさで葉の面積の異なった 3 種の鉢物観葉植物、インドゴムノキ、ベンジャミン、スパティフィラムを供試植物として、3 個体ずつ選び、それぞれに酸化チタン処理した蛍光灯照射区と紫外線 (UV-A) 照射区の計 9 実験区とした (表-2、写真-1)。

供試植物は日の当たる研究室内の窓側に置き、室温 20℃～28℃の室内環境で養生し、実験に供するようにした。実験中の土壌によるトルエンの吸収を避けるため、気体が土壌に接触しない様にポリエチレンフィルムで鉢の部分のみ包んだ。

供試植物への酸化チタン処理は以下の要領により行った。酸化チタン溶液を植物体全面に (葉の裏側も含む) 10ml/m<sup>2</sup> を基本とし、スプレーにより 30ml/min の噴射量で均一に塗布し、目視で万遍無く塗布されているかを確認してから紫外線を 6 時間程度照射させ、酸化チタンの光触媒としての活性化を促し、植物体への確実な定着を図った。

## ②実験装置と分析

本実験では除去可能性を簡易かつ迅速に明らかにするため、厚生労働省の指針値より高い濃度での実験を設定した。空のチャンバー内に植物を置き、13μℓ のトルエン溶液 (99.5%) をマイクロピペット (PIPETMAN、GILSON 社製) で採取し、キムワイプに滴下し、トルエンが充満するようにした。トルエン濃度は気体採取器 (GV-100SD、ガステック社製) を用い、当初は 5 分後、15 分後、30 分後、60 分後、その後は 1 時間間隔で、チャンバー内の空気を吸引して 5 時間連続測定した。トルエン濃度は検知管 (No.122L) を使用し、色の変化によって濃度を読み取った。吸引孔から外部の空気やチャンバー内の揮発性有機化合物流入、流出しないような措置も施した。全ての実験は 3 反復で行った。

なお、室内空気の汚染状況を把握、測定するには簡易

表-2 各実験区・供試植物の葉面積 (m<sup>2</sup>)

| 実験区      |         | 葉面積 (m <sup>2</sup> ) |
|----------|---------|-----------------------|
| インドゴムノキ  | 無処理     | 0.1842                |
|          | 酸化チタン処理 | 0.1449                |
|          | 酸化チタン処理 | 0.1295                |
| ベンジャミン   | 無処理     | 0.2816                |
|          | 酸化チタン処理 | 0.2816                |
|          | 酸化チタン処理 | 0.2175                |
| スパティフィラム | 無処理     | 0.1759                |
|          | 酸化チタン処理 | 0.1753                |
|          | 酸化チタン処理 | 0.1173                |

表-3 トルエンの除去能の算定

|                                         |
|-----------------------------------------|
| (1) $R = E - D$                         |
| R: 除去量 (mg)                             |
| E: 空チャンバー内のトルエンの量 (mg)                  |
| D: 各々の実験区のトルエンの量 (mg)                   |
| (2) $Fr = R / (2S)$                     |
| Fr: トルエンの面積当たりの除去量 (mg/m <sup>2</sup> ) |
| R: 除去量 (mg)                             |
| S: 供試植物の葉面積 (m <sup>2</sup> )           |

法と精密法に大きく分けられる。本研究で採用した検知管法は簡易法の一つで、測定効率も良く、取扱いが簡単で結果をその場で確認できる。また、現場の空気質管理ツールとしてもメリットが高い方法である。現場測定における検知管法と精密法の実測値を比較検討した報告によれば、検知管の指示値は精密法の測定値と比較し、ほぼ同じか高い値を示す傾向があるため、空気質管理において、検知管法による測定結果を安全側の判断基準とすることができると考えられている<sup>17)</sup>。

## ③葉面積の算出

植物では大気中のガス吸収のほとんどが葉にある多数の気孔によって行われることから、葉面積は植物のトルエンの除去可能性評価に与える影響が大きいと考えられる。そのため、次のような方法で各々の供試植物の葉面積を測った。まず、インドゴムノキ、スパティフィラムの場合、平均的な大きさの葉を一枚選び、その葉を基準にし、葉の長さ (L) と片面の葉面積 (s) を測定した。他の葉の長さ (d) を全部測り、面積 (S) を次式で求めた。

$$S = s \times (d/L)^2$$

一方、ベンジャミンの場合は、平均的な大きさの葉を 5 枚選んで切り取り、面積を測り、供試植物の葉数を掛け、葉面積を算出した。スキャナーで葉の画像を取り込み、デジタル画像から葉面積を導出する画像解析 (LIA32 for Win95) を用いて葉面積 (m<sup>2</sup>) を測った (表-2)。

## ④トルエンの除去能の算定

除去量 (mg) は実験終了後の空チャンバー内のトルエンの量 (平均値) を基準とし、実験区の実験終了後のトルエンの量 (平均値) を引き、算出した。また、面積当たりの除去量は、除去量を実験に用いた供試植物の葉面積で除し、算出したものである。そのとき用いた葉面積

は、葉のいずれも酸化チタン処理が施されたため、無処理区と酸化チタン処理区、両方と、2倍にして算出した。単位は $\text{mg}/\text{m}^2$ で示した（表-3）。

## 2) 実験結果

### ①無処理供試植物によるトルエンの除去可能性

蛍光灯を使用した空チャンバーの中にトルエン溶液を  $13\mu\text{l}$  用い、無処理供試植物を入れた場合とのトルエン濃度の変化を比較した（図-2）。空チャンバーでは 15 分後に  $82.3 \text{ mg}/\text{m}^3$  の値を示し、計測終了の 5 時間後まで一定の値であった。一方、無処理供試植物を入れた実験区では実験開始 30 分後からトルエン濃度が減り始め、測定終了後にはインドゴムノキ  $63.07 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、ベンジャミン  $58.96 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、スパティフィラム  $61.70 \text{ mg}/\text{m}^3$  というトルエン濃度を示し、空チャンバー内のトルエン濃度の変化と比較した場合、顕著にトルエン濃度が減っているのが解る。また、 $\text{mg}$ への換算は、ポット、植物体、光源の体積を考慮し、計算した。測定 5 時間内でのトルエンの除去量はインドゴムノキ  $3.01 \pm 2.1 \text{ mg}$ 、ベンジャミン  $3.65 \pm 1.3 \text{ mg}$ 、スパティフィラム  $3.22 \pm 0.5 \text{ mg}$  であった。

なお、供試植物の種類の違いによるトルエンの除去可能性を比較するため葉の単位面積当たりの除去量を求め、図-3 に示した。測定期間中、供試植物の種類の違いによるトルエン濃度の変化に大きな差は見られなかったが、図-3 ではスパティフィラムのトルエンの面積当たりの除去量がインドゴムノキ、ベンジャミンより多い結果になった。一方、ベンジャミンは、1 鉢当たりの葉の面積が大きかったため、インドゴムノキ、スパティフィラム

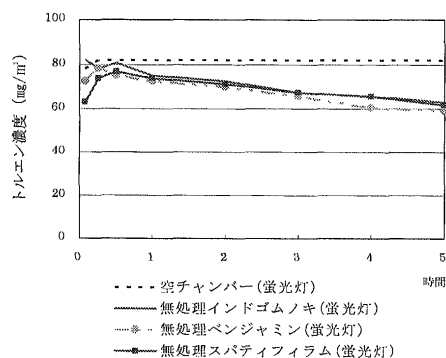


図-2 空チャンバー、無処理供試植物の実験区によるトルエン濃度の変化（3反復の平均値、 $\text{mg}/\text{m}^3$ ）

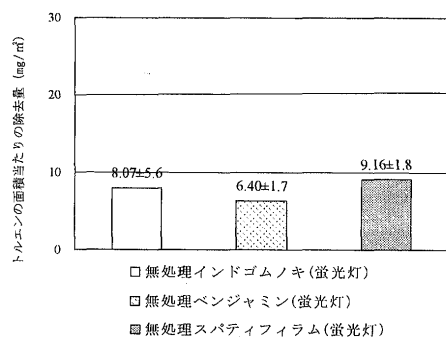


図-3 無処理供試植物によるトルエンの面積当たりの除去量（3反復の平均値と標準偏差、 $\text{mg}/\text{m}^2$ ）

より面積当たりの除去量が少なくなったと考えられる。

### ②酸化チタン処理供試植物によるトルエンの除去可能性

無処理供試植物によるトルエンの除去可能性が明らかになった上で、酸化チタン処理供試植物によるトルエン濃度の変化と供試植物の種類の違いによる面積当たりの除去量を調べた（図-4、図-5）。また、光触媒反応は紫外線が当たると反応が起こるため、紫外線（UV-A）照射によるトルエンの除去可能性についても調べた。図-4 に示したように無処理供試植物より酸化チタン処理供試植物によるトルエンの除去可能性が大きかった。インドゴムノキ、ベンジャミンは蛍光灯を照射した実験区より、酸化チタン処理紫外線（UV-A）照射の実験区の方がトルエン濃度の減少が大きくなった。

一方、スパティフィラムは酸化チタン処理（蛍光灯）の実験区によるトルエン濃度の減少が大きかった。最もトルエンの除去可能性が大きかった実験区はインドゴムノキ、ベンジャミンの酸化チタン処理紫外線（UV-A）照射の実験区で、測定終了の 5 時間後には  $47.99 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $45.25 \text{ mg}/\text{m}^3$  のトルエン濃度、 $5.8 \pm 0.0 \text{ mg}$ 、 $5.8 \pm 0.6 \text{ mg}$  のトルエン除去量を示した。因みに、紫外線が植物の生育に及ぼす作用は、その種類（UV-A、UV-B）や強度によって様々である。いずれにしても本実験で用いた UV-A は、その強度も小さく、照射時間も短かったこともあり、肉眼で見る限り、UV-A 照射による植物体の生育状態に及ぼす影響は全く認められなかった<sup>18)</sup>。

なお、図-5 に示したように酸化チタン処理供試植物の面積当たりの除去量において他の供試植物よりインドゴムノキのトルエン除去量が大きかった。

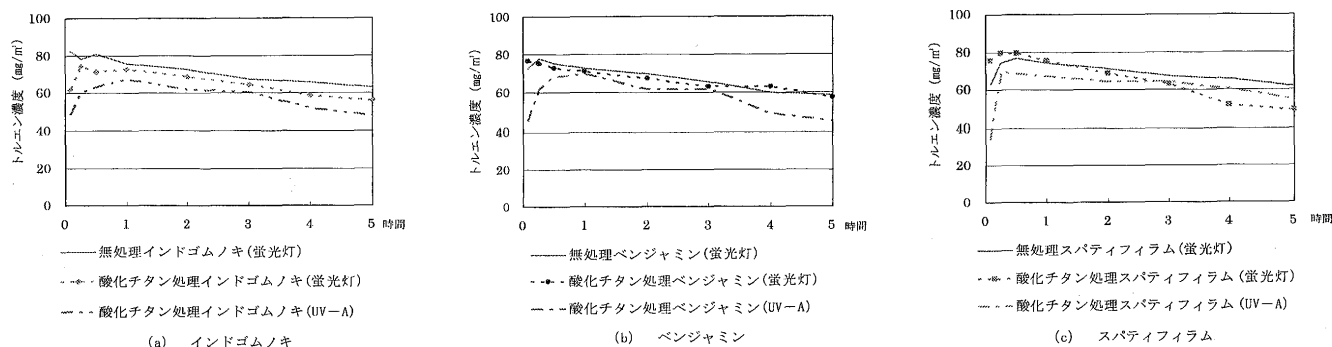
## 3) 結論

以上の結果、鉢物観葉植物によるトルエンの除去可能性が明らかになった。さらに、酸化チタン処理鉢物観葉植物によってトルエン濃度が減少、面積当たりの除去量が増加したため、酸化チタン処理することによる鉢物観葉植物へのトルエン除去可能性が期待できると考えられる。

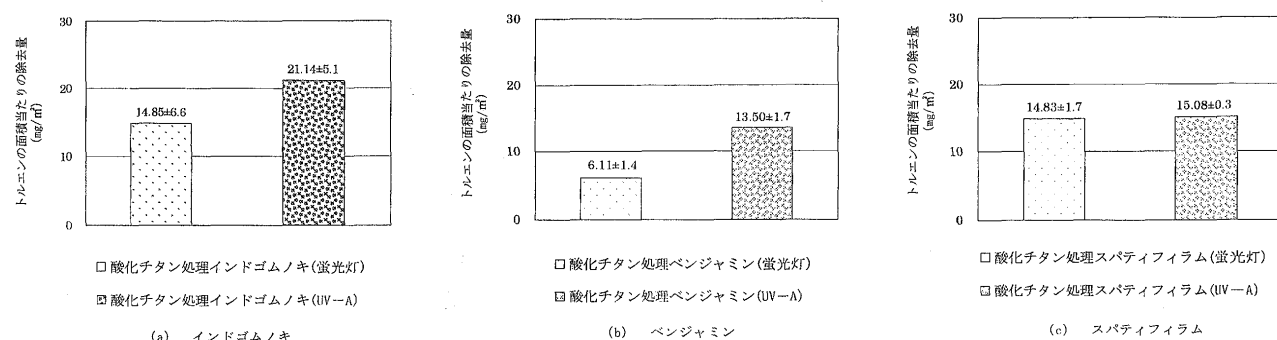
## 7. 今後の研究課題と展望

鉢物観葉植物の葉への酸化チタンの定着可能性についてある程度分かるようになったが、定着した酸化チタンの量が微量だったため、今後の研究課題として、酸化チタンの定着をもっと高めるための処理方法（展着剤や種類の違う酸化チタンコーティング剤の使用など）について調べたいと考えている。

また、揮発性有機化合物としてはトルエンだけではなく、キシレンや高揮発性有機化合物のホルムアルデヒドに対しても鉢物観葉植物の種類ごと、特に単位葉面積当たりの除去能力、さらに、酸化チタン処理した観葉植物の除去可能性に関しても、光源の種類や光量子量、紫外線強度の違いなど、様々な角度から、さらに詳しく調査する予定である。



図一 鉢物観葉植物によるトルエン濃度の変化（3反復の平均値、mg/m³）



図一 鉢物観葉植物によるトルエンの面積当たりの除去量（3反復の平均値と標準偏差、mg/m²）

最終的には、植物に酸化チタン処理することによって、本来、植物が持つ能力との相乗効果を促し、さらに、鉢物観葉植物の鉢そのものに酸化チタン処理を施したり、また、鉢の土壌表面に酸化チタン処理を施した碎石でマルチングするなどのアイディアによる除去効果も加え、室内の汚染空気をより効果的に浄化する手法を確立したいと考えている。

## 引用・参考文献

- 室内空気質健康影響研究会〔編集〕（2005）：室内空気質と健康影響解説シンクハウス症候群：ぎょうせい、4-32
- 環境科学フォーラム（編）（2003）：おはなし科学・技術シリーズ、室内空気汚染のおはなし：日本規格協会、12-30
- 厚生労働省シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会中間報告書第一回～第3回のまとめについて  
[http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1206/h0629-2\\_13.html](http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1206/h0629-2_13.html)
- 環境庁、国立公害研究所（1987）：国立公害研究所研究報告、植物の大気環境浄化機能に関する研究、特別研究総合報告：第108号、3-197
- 藤嶋昭、橋本和仁、渡部俊也（2004）：入門ビジュアルサイエンス、光触媒のしくみ：日本実業出版社、8-135
- 大谷文章（2005）：光触媒標準研究法：東京図書株式会社、36-437
- B.C. Wolverton, Anne Johnson, Keith Bounds（1989）：Interior landscape plants for indoor air pollution abatement, Final Report：NASA/ALCA、1-22
- Takayuki Kondo, Kiyoshi Hasegawa, Ryutaro Uchida, Masanori Onishi, Akihiro Mizukami, Kenji Omasa（1995）：Absorption of formaldehyde by oleander (*Nerium indicum*)：Environmental Science & Technology, Vol.29, No.11：2901-2903

- 沢田史子、吉田武裕、黒田浩之、大藪多可志（2004）：植物の空気汚染浄化能力評価法の提案と検証：計測自動制御学会論文集、Vol.40、No.10、994-999
- 加藤享、大藪多可志、中本義徳、小野寺武、上宮崇、木村春彦、南戸秀仁（2000）：ホルムアルデヒドに対する観葉植物の浄化能力の比較：電気学会ケミカルセンサ研究会 Vol. CHS-00、No.62-75、75-80
- 山口真史、松本博、大倉智子、佐藤弘康（2005）：室内における観葉植物のVOC除去に関する実験的研究、その1実験の概要と植物の違いによるVOC除去効果：日本建築学会学術講演梗概集D-2 環境工学2、Vol.2005、957-958
- 松本博、大倉智子、佐藤弘康、山口真史（2005）：室内における観葉植物のVOC除去に関する実験的研究、その2光の波長分布の違いによるVOC除去効果：日本建築学会学術講演梗概集D-2 環境工学2、Vol.2005、959-960
- 池田耕一、柳 宇（2004）：光触媒による室内汚染低減効果の評価、第1報-VOCとHCHO濃度に対する低減効果：日本建築学会大会学術講演梗概集D-2 環境工学2、Vol.2004、1083-1084
- 今井広和、光田恵（2004）：光触媒機能を有する壁材の臭気低減効果に関する研究：日本建築学会大会学術講演梗概集D-2 環境工学、21081-1082
- 橋本和仁、藤島昭（監修）（2004）：図解光触媒のすべて：工業調査会、162-259
- 環境省「化学物質ファクシット2004年版」  
<http://www.prt-net.jp/factsheet/data/1-227.html>
- 熊谷淳、通井健、武蔵隆子（2004）：実現場を対象とした室内空気測定における検知管法と精密法の比較検討：日本建築学会大会学術講演梗概集D-2 環境工学2、(北海道) Vol.2004、915-916
- 社団法人照明学会編（1998）：UVと生物産業UV（紫外線放射）の影響と利用：養賢堂、35-62