

<研究ノート>

光触媒技術の応用媒体 「空気清浄ユニットと筐体」の開発

－VOC及びニオイ物質について－

栃木職業訓練支援センター 割石 浩幸

京都職業能力開発短期大学校 足立 和也

Development of Air Cleaner Unit and Case by Using Light Catalyst Effect
-on Volatile Organic Compounds and Stenches-

Hiroyuki WARIISHI, Kazuya ADACHI

要約 光触媒作用による空気の清浄効果、特にニオイ成分（悪臭）及びシックハウスの原因物質等を除去する性能を持つ空気清浄機の効果をデータとして公表している製品は少ない。本研究の研究対象である「空気清浄ユニットと筐体」は、光源機器と光触媒シートで構成された空気清浄ユニットとそれらの機器類を入れる箱のことであり、箱の内部に紫外線光により酸化チタンアパタイト溶液を塗布したシートが光触媒作用をおこし、自然対流によりそこを室内空気が通過する時にニオイ物質が無害なものに分解されることにより室内の空気を清浄化する機能をもつ。本研究では、試作品による各種の光触媒効果測定を行い、ユニットを構成する各 부품の選定、筐体自体の改良の開発を通して実用化することを目的としている。

I はじめに

本研究の研究対象である「空気清浄ユニットと筐体」とは、光源機器と光触媒シートで構成された空気清浄ユニットとそれらの機器類を入れる箱のことである。

光触媒効果の研究「光触媒による室内空気汚染低減効果の評価」（2004年池田耕一、柳 宇）はタイル壁などの建築材が対象であるが、本研究ノートは室内に設置される身近な空気清浄機を対象にする。

本研究の筐体の大きさは、住宅の室内に飾られる絵画の額縁に載せられる程度である。本研究筐体の中を光源の熱で自然対流を起こした室内空気が酸化チタンアパタイト溶液を塗布したシートに触れるとき紫外線光による光触媒作用によりニオイ物質等が無害なものに分解され、清浄化する。この空気清浄ユニットは動力（モーター、ファン等）を使用せず省エネルギー・無騒音のものであり実用新案の登録済みである。

本研究は、この試作品による各種の光触媒効果測定を行い、ユニットを構成する各 부품の選定、筐体自体

の改良を通して実用製品化することを目的とする。

II 空気の清浄特性と検証実験方法

1 空気清浄ユニットの機器選定と筐体の改良

効果的な光触媒作用によるニオイ物質とホルムアルデヒドの濃度変化の測定による光触媒シートの選定及び光源の選定と空気の自然対流を促進する筐体の改良を目的に試作品に使用する各機器と筐体の種類を表1に示す。

表1 各選定機器

	改良前	改良後
光源	蛍光灯	ブラックライト
触媒シート	ポリカーボネイト板	ガラス繊維布
筐体	開口部調節なし	開口部調節あり

2 筐体に入れた空気清浄ユニットの消臭効果測定

表1の各機器についてそれぞれ消臭測定を行い、効果のよりよいものを選定する。

2-1 空気清浄ユニット(機器選定)の実験

空気清浄ユニットの入る約0.8 m³の亚克力容器(図1)に各種気体(アンモニア、酢酸、ホルムアルデヒド)を揮発させ、1日ごとの濃度を検知管法により測定する。ただし、図1は某特別養護老人ホームの共同便所の36分の1の模型である。表2に使用機器類を示す。アンモニアは尿、汗、ワキの酢酸は汗、ワキ、加齢臭の主成分であり、生活臭として代表的なニオイ成分である。ホルムアルデヒドは、壁紙の接着剤として使用され、シックハウス症候群の代表的な原因物質の一つである。これらの気体の濃度は、筐体の各構成品の選定比較がしやすいよう高濃度としガス検知器を測定機器とし採用し以下の測定を行う。

(1) 光触媒シートとして、酸化チタン溶液を塗布したポリカーボネイト板と酸化チタン溶液を噴霧して吹きつけたガラス繊維布に上記3種のガスの濃度測定を行う。(ユニットとして各光触媒シートと紫外線灯とを組み合わせたものを使用)

(2) 光源として、蛍光灯とブラックライトとについて上記同様濃度測定を行う。(ユニットとして光触媒シートと蛍光灯あるいはブラックライトとを内蔵した箱状のものを使用して酢酸について測定を行う。)

表2 使用機器

機器名	仕様
北川式ガス検知器	光明理化学研究所 APS
北川式ガス検知管	光明理化学研究所 アンモニア No.1 0 5 S D
北川式ガス検知管	光明理化学研究所 酢酸 No.2 1 6 S
北川式ガス検知管	光明理化学研究所 ホルムアルデヒド No.1 7 1 S B
紫外線計	トプコン UVRADIOMETER UVR-2、UD36
測定の対象となる 溶液	アンモニア水 特級
	酢酸 特級
	ホルムアルデヒド液 特級

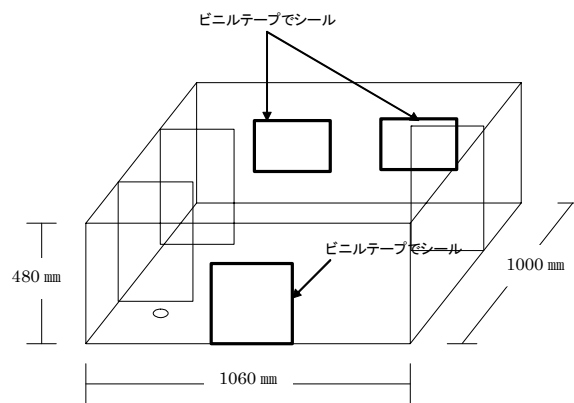


図1 実験システム

2-2 実験結果

清浄ユニット内の各光触媒シート(ポリカーボネイト板とガラス繊維布)及び各光源(蛍光灯とブラックライト)を使用した場合図2~図6の測定結果が得られた。

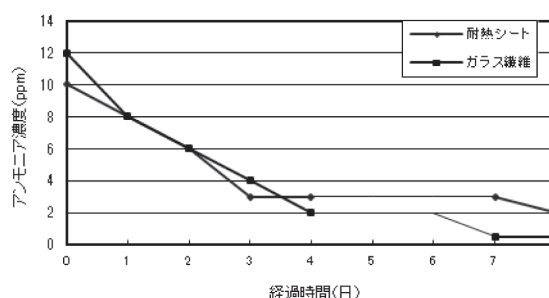


図2 アンモニアの濃度変化の比較

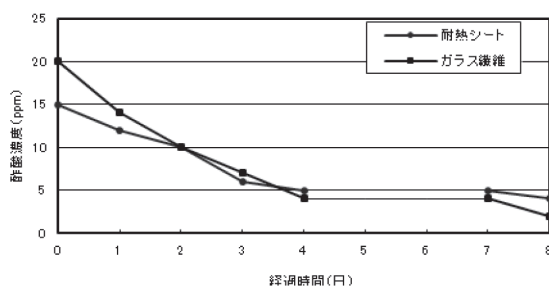


図3 酢酸の濃度変化の比較

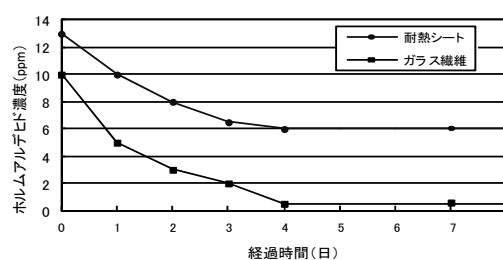


図4 ホルムアルデヒドの濃度変化の比較

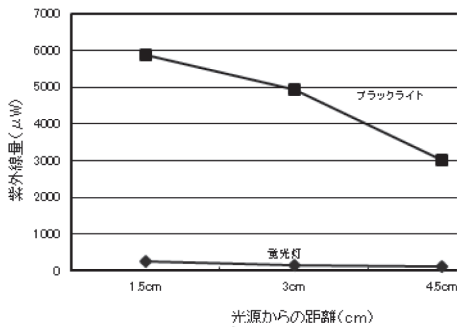


図5 紫外線量の比較(蛍光灯とブラックライト)

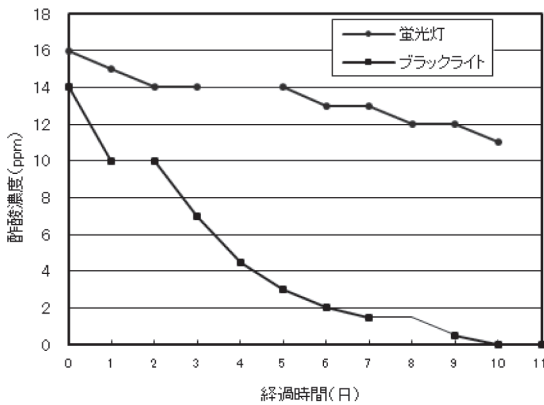


図6 光源の違いによる酢酸の濃度変化の比較

上記の図から次のことが言える。

(1) 空気清浄ユニットに設置される光触媒シートの選定

図2と図3および図4により、アンモニア、酢酸及びホルムアルデヒドの蒸発気体の経時的濃度を測定した結果、光触媒溶液を塗布した耐熱性ポリカーボネイト板は濃度減衰(8日目の濃度/初期濃度)が0.2~0.5に対し、光触媒溶液を噴霧吹きつけた網目状のガラス繊維布においては濃度減衰が0.04~0.1となった。このように濃度減衰の大きいのはガラス繊維布である。これは耐熱性ポリカーボネイト板より光触媒シートの方が空気との接触面積が多いことが原因と考えられる。よって光触媒シートはガラス繊維布を選定することになった。

(2) 空気清浄ユニットに設置される光源の選定

図5によりブラックライト紫外線量は蛍光灯の約30倍あることがわかった。そして図6により光触媒作用を起す光源として、蛍光灯とブラックライトとにおいて、上記の蒸発気体のうち酢酸について経時的濃度を測定した結果、蛍光灯の場合は濃度減衰(9日目の濃度/初

期濃度)が0.75でありブラックライトの場合は濃度減衰が0.036と大きな開きがある。このように濃度減衰はブラックライトは蛍光灯の約20倍であり、紫外線量により光触媒反応がよくなることが分かる。このことにより光源は紫外線量の多いブラックライトに決定した。

2-3 空気清浄ユニット(試作品)の実験①

2-2の実験結果により、空気清浄ユニット内の光触媒シートとしてガラス繊維、またその光源としてブラックライト3本のユニットモデルを採用することになり、その試作品についての次の消臭効果測定を行う。実験方法、使用機器及び実験システムは前節2-1の測定と同様である。

2-4 実験結果

消臭効果については、図7、図8に示す測定結果が得られた。

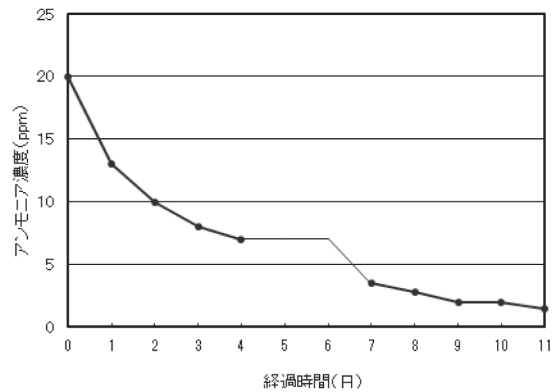


図7 アンモニアの濃度変化の比較

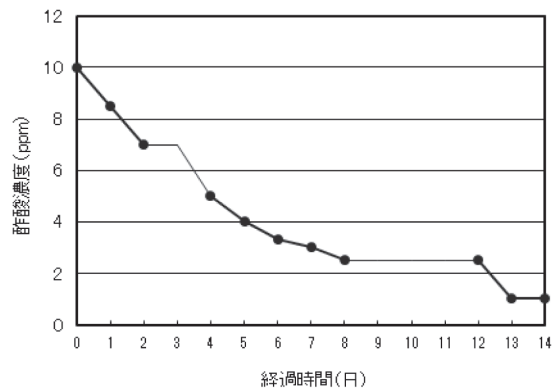


図8 酢酸の濃度変化

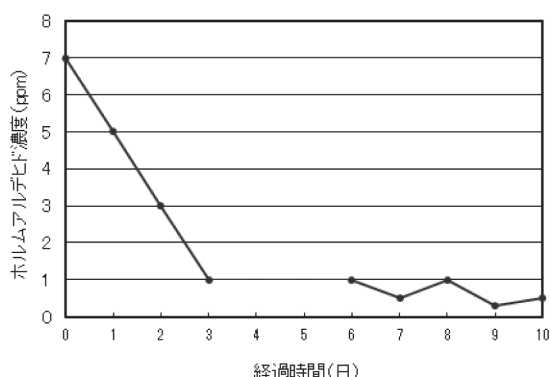


図9 ホルムアルデヒドの濃度変化

図7～図9より、初期から8日後の濃度減衰(8日目の濃度/初期濃度)はアンモニア 0.15、酢酸 0.3、ホルムアルデヒドは0.14となった。

ただし、8日後以降の各濃度は0.5～2ppm以下には下がらず、日常の濃度としては高濃度で推移していることがわかる。

2-5 空気清浄ユニット(試作品)の実験②

日常に近い濃度のガスの減衰を調べるため、アクリル容器より吸着性の少なく気密性の高い、内面をテフロンコーティングした密閉ステンレスタンクを用いてホルムアルデヒドの濃度減少を次の要領で測定する。

- (1) 容量100Lのステンレスタンク内に空気清浄ユニットを入れる。そのタンク内に10%ホルマリン液(4%ホルムアルデヒド溶液)をマイクロピペットで0.25μl採取したものを入れ揮発させる。
- (2) ブラックライトを点灯後、揮発したホルムアルデヒドの濃度が低下し1ppmとなった時点を測定開始時点として、これを初期濃度とする。
- (3) タンク内における空気清浄ユニットのブラックライトの点灯時間とホルムアルデヒドの濃度を測定する。測定機器を表3、システムを図10に示す。

表3 使用機器

機器名	仕様
ホルムアルデヒド計測器	理研計器 HCHO DETECTOR
検知タブ	No. 008(0~0.4ppm) No. 009(0~1ppm)
ホルマリン液	10%ホルマリン液 Wako
タンク	密閉タンク(テフロンコーティング テフロンパッキン)オオモリ社製

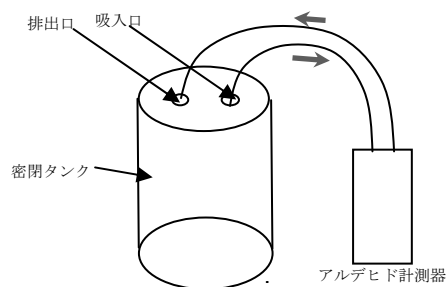


図10 測定システム

2-6 測定結果

濃度変化については、図11に示す測定結果が得られた。

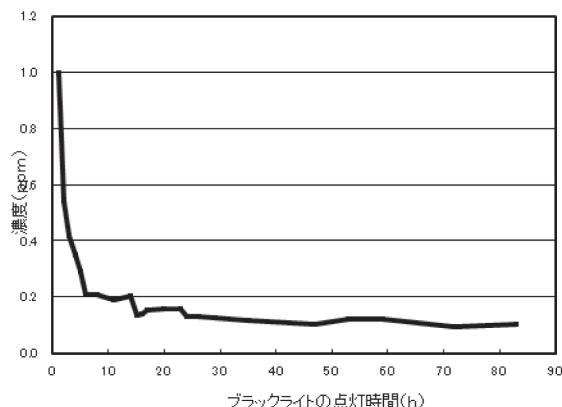


図11 ホルムアルデヒドの濃度変化

図11より、ブラックライト点灯後約20時間後にホルムアルデヒド濃度は1ppm～0.2ppm以下になって以来ほぼ同じ値を示している。この値は室内においてまだ刺激臭があり、建築基準法で定めている0.08ppmを超えている。高濃度において効果はあるが低濃度においては効果が見られなかった。

今後、実験システム及び空気清浄ユニットに改善の余地がおおいに残されている。

Ⅲ CFDによるシミュレーションを用いた筐体内部の気流の検討

筐体内の光源等の発熱による空気の流入口から流出口までの空気の流れの分布と速度をシミュレーションソフトにより検討した。このCFDシミュレーションの支配方程式は非圧縮性流体の連続の式とNavier-Stokes方程式で乱流モデルにはk-εモデルで構成されている。

筐体内部、開口部（空気の出入り口）の気温をデータロガーにより自動計測し、測定値を使用し筐体内の自然対流の様子を流体解析ソフトにより解析する。筐体内部、開口部（空気の出入り口）の気温を表4に示す。

表4 筐体の温度

	平均温度	最高温度
筐体内部	52.2℃	53.7℃
開口部(空気入口)	30.3℃	32.3℃
開口部(空気出口)	34.7℃	47.3℃

1 シミュレーション結果

筐体の縦断面の流速分布は、以下のようになった。

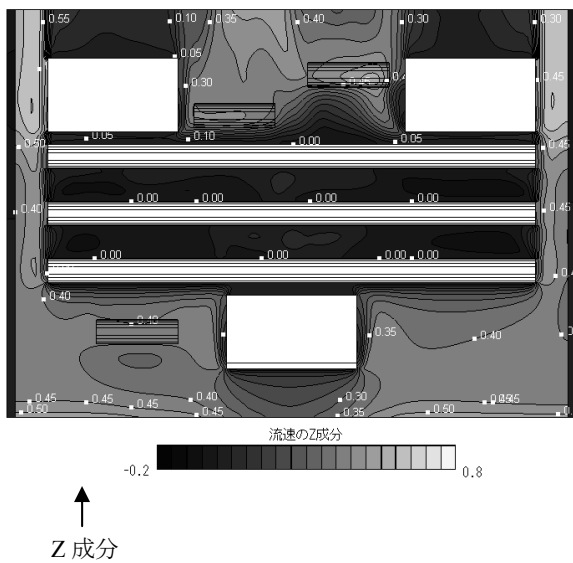


図12 開口率100%の場合の流速分布

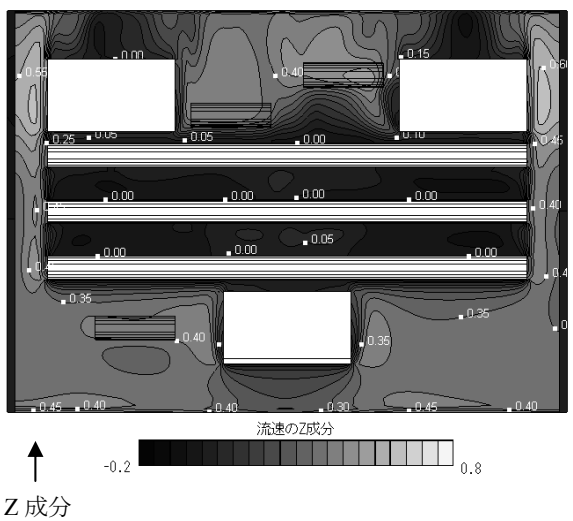


図13 開口率70%の場合の流速分布

ただし  : ブラックライト
 : コンデンサー

図12, 図13より開口率100%の方が開口率70%の場合に比べ、障害物がない両サイドで気流速は若干大きく、開口率が大きいほうがベターとなっている。ただし、光源及びコンデンサーの部分は気流速がほとんどなく自然対流の障害となっていることがわかる。

2 測定値との比較

表4の測定値から確実に空気は流れているが、シミュレーション結果からは、全体的に気流速が小さく、早い時間での効果は期待できない。さらなる筐体内部機器の小型化、配置等が望まれる。

IV おわりに

本研究の空気清浄ユニットが実用化され製品として完成するには、ユーザーにとって、価格、デザイン、維持管理等の事柄と効果がどの程度あるかのデータ化が必要となる。今後の課題としてより精密な測定、及び光触媒の抗菌性などの測定を行い、よりユーザーに魅力あるものを目指して研究を進めていきたい。

本研究は、株式会社アルファテックとの共同研究として行いました。社長の望月 喜八郎氏はじめ社員及び関係各位に御礼を申し上げます。

[参考文献]

- (1) 川崎通昭、においについて、空気調和・衛生工学、第71巻第9号、1997年9月、pp.747-753
- (2) 今井広和、光田恵、光触媒機能を有する壁材の臭気低減効果に関する研究、2004年日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学II、2004年8月、pp.1081-1082
- (3) 佐々木寛篤、光田恵、光触媒機能付蛍光灯による臭気物質の除去効果に関する研究、2005年度日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学II、2005年9月、pp.945-946
- (4) 池田耕一、柳 宇、光触媒による室内空気汚染低減効果の評価、2004年日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学II、2004年8月、pp.1083-1084

