

報 告

LED光脱臭空気清浄機の開発

高橋 俊雄^{*1} , 向川 隆夫^{*2} , 酒井 和宏^{*3}

Development of LED Photo-Deodorizing Air Purifier

Toshio Takahashi^{*1}, Takao Mukogawa^{*2}, Kazuhiro Sakai^{*3}

要 旨

近年、ユーザーの環境意識や健康指向の高まりから、粉塵、花粉、煙草、排出ガス等で汚れた車室内の空気を清浄化、無臭化し、より快適にしたいというニーズが増えている。こうしたニーズに対応して、新開発の短波長LEDと光触媒を組み合わせたLED光脱臭空気清浄機を開発、量産化したので報告する。

従来、車載用空気清浄機は臭いを吸着させて除去する脱臭フィルタを備えたものが一般的であった。活性炭を主体とした吸着脱臭方式は脱臭速度が速く、低価格であるが、吸着し難い臭気成分があることや、活性炭の表面の細孔が吸着物質により埋まってしまうと効果がなくなるため寿命が短いという欠点があった。

本製品は、これらの課題に対し、光触媒と短波長LEDの組合せによる分解脱臭機能を付加し、大幅な脱臭性能の向上を実現することができた。

Abstract

In recent years, environmental awareness and health consciousness have been on the rise. With this has come a growing demand for clean air which is free from dust, odors, exhaust fumes, cigarette smoke, pollen and other particles. To meet this demand, we have developed the LED Photo-Deodorizing Air Purifier, which utilizes a combination of a newly developed purple LED and a photo-catalyst.

Conventional automotive air purifiers are equipped with a deodorization filter for removing odors. The deodorizer used is an activated carbon. Its deodorizing speed is fast and cost is low. However it is not effective in absorbing certain elements. Debris fill micro-porous spaces in the activated carbon, and shorten the life of the filter.

Our LED Photo-Deodorizing Air Purifier provides a solution to these problems. Its performance is a drastic improvement from the conventional product due to improvement of the decomposition-deodorizing performance of the combined LED and photo-catalyst.

*1 Toshio Takahashi オプトE第2技術部

*2 Takao Mukogawa オプトE第2技術部

*3 Kazuhiro Sakai オプトE第2技術部

1. はじめに

近年，ユーザーの環境意識や健康指向の高まりから，粉塵，花粉，煙草，排出ガス等で汚れた車室内の空気を清浄化，無臭化し，より快適にしたいというニーズが増えている．こうしたニーズに対応し，短波長LED（Light Emitting Diode発光ダイオード）と光触媒を組合せ，脱臭性能を向上させた車載用空気清浄機を開発した．

2. 光触媒脱臭技術

従来，車載用空気清浄機はほこり，花粉，煙草の煙などの粉塵をろ過・除去する粉塵フィルタと臭いやガスを除去する脱臭フィルタを備えたものが一般的であった．その脱臭方式としてはほとんどが活性炭を主体とした吸着方式であり，脱臭速度が速く，安価に出来るが，臭気の種類により吸着し難い成分があることや，活性炭の表面の細孔が吸着物質により埋まってしまうと効果がなくなるため寿命が短いという欠点があった．こうした課題を解決する手段として有効なのが光触媒による脱臭技術である．光触媒（酸化チタン）は，図 - 1 に原理を示すように，光エネルギーを受けると励起し，表面の有機物を強い酸化力で分解する触媒である．

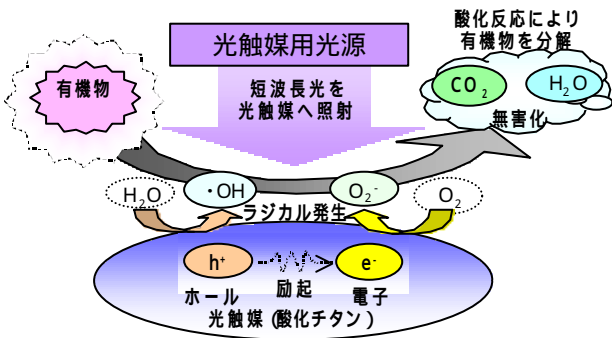


図 1 光触媒脱臭原理

そのため，例えば煙草の臭いの主成分であるアセトアルデヒド，アンモニア，酢酸や排気ガスの成分のNO₂，トルエンなど人体に有害なガスや悪臭の除去が可能である．分解脱臭であることから繰り返し耐久性に優れ寿命が長いというメリットがある．しかし，車載用空気清浄機への適用にあたっては，種々の検討が必要で，光触媒だけでなく光源の選定も重要なポイントとなる．

3. 光触媒用光源としてのLED適用検討

3 - 1. 短波長LEDの開発

LEDは低消費電力，長寿命といった電球にない特長を持っていることや，従来の赤色に加えて緑，青と光の3原色がすべてLEDで揃えられるようになったことから，大型フルカラーディスプレイ，信号，携帯電話のバックライト，車載イルミネーションなどその用途は飛躍的に拡大している．LEDの更なる応用展開を検討するなかで，発光波長を短波長化し光触媒用光源として使えないかという発想から開発されたのが短波長LEDである．

短波長LEDは窒化ガリウム（GaN）系LEDで光触媒を励起させる波長（約380nm）を有する．図 - 2 に短波長LEDの発光スペクトル例を示す．なお，短波長LEDは光触媒だけでなく蛍光体の励起光源としても応用可能である．例えば，光の3原色である赤，青，緑の蛍光体と組合せた白色LEDなどに展開されている．

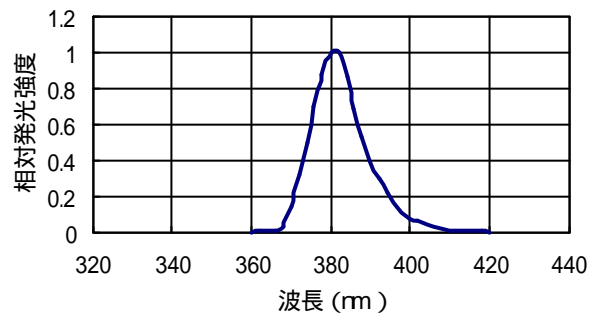


図 2 短波長LED発光スペクトル

3. 2. LEDと他の光源の比較

光触媒用光源として一般的に使われるのはブラックライト，冷陰極管といった管光源である．しかし，車載用空気清浄機に適用するには課題となる点が多い．例えば，水銀が使用されていること，点灯させるために高電圧回路を使用するためノイズ対策としてフィルタ回路やシールドを必要とすることなどである．また，管光源は線状発光のため，単純に光触媒に対向させるだけでは効率よく照射することは出来ず，光源と光触媒の距離や配置など設計的な制約が多くなり，小型化，省スペース化も困難である．このような課題に対し，LEDは水銀不使用，高電圧回路不要であり，光触媒面に均一照射出来る薄型光源が実現可能である．表 - 1 にLEDと管光源の比較を示す．

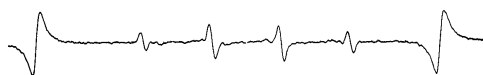
表 - 1 LEDと管光源の比較

	LED	ブラックライト 冷陰極管
メリット	<ul style="list-style-type: none"> コンパクト化可能 光触媒面への均一照射可能 水銀不使用 高電圧点灯回路不要 	<ul style="list-style-type: none"> 光出力大
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> LED複数個必要 (光出力確保) 	<ul style="list-style-type: none"> 水銀使用 高電圧点灯回路必要 (ラジオノイズ対策必要)

3.3. LED光での光触媒反応の確認

LEDを光触媒光源として適用するには、光触媒反応が確実に進行し実用可能なのを確認する必要があった。前述の光触媒反応原理のように、光触媒が励起されれば、光触媒表面でラジカルが生成され、臭気ガスを酸化分解し、二酸化炭素、水などの分解生成物が確認されるはずである。まず、最初にラジカル生成の確認を行った。方法としてはESR (Electron Spin Resonance) にてラジカル捕捉剤を利用する方法である。結果は図 - 3 に示すように、ヒドロキシラジカル(・OH)のピークが確認され、LED光により光触媒が励起されていることが確認できた。

LED光なし



LED光あり

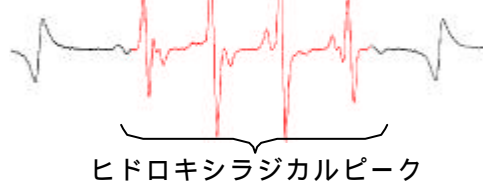


図 3 ヒドロキシラジカルピークの確認

次にアセトアルデヒド、アンモニア、酢酸、NO₂等各種臭気ガスに対する分解反応を実際確認した。容器内に臭気ガスを注入し、光触媒とLED光照射有無の組合せでガス濃度変化を測定したもので、LED光照射時の光触媒反応によりガス成分が分解されていることが確認できた。

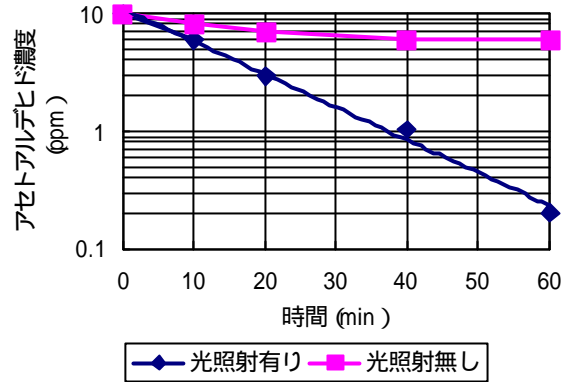


図 4 アセトアルデヒド分解反応

アセトアルデヒドの分解反応結果を図 - 4 に示す。

さらにこの分解反応の持続性を確認するために分解繰り返し試験を実施した。図 - 5 にアセトアルデヒドの試験結果を示す。この結果はアセトアルデヒドを繰り返し注入してもLED光照射により光触媒反応が持続し、アセトアルデヒドを分解している事を示している。

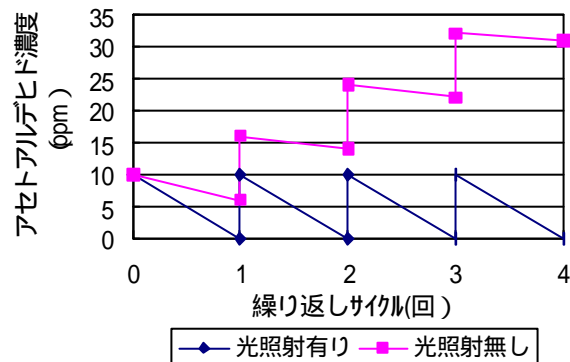
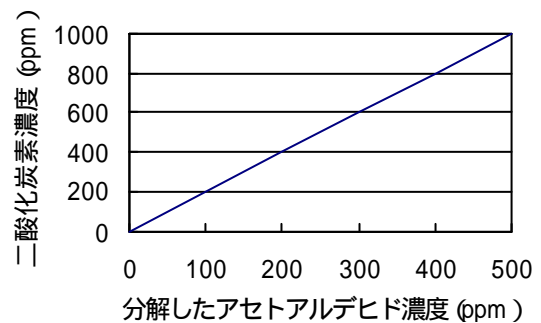


図 5 アセトアルデヒド分解反応持続性
また、図 - 6 に示すように、アセトアルデヒドの分解生成物である二酸化炭素 (CO₂) 濃度を測定し、完全酸化分解反応であることを確認している。



上記反応メカニズム

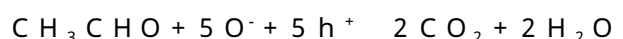


図 6 アセトアルデヒド分解生成物確認

以上の検討によりLEDの光触媒用光源としての成り立ちを確認し、空気清浄機への適用を進めた。

4．光触媒脱臭性能向上検討

光触媒は分解する力は強いが、臭気を捕らえる力は弱いため、活性炭のような吸着材に比べ脱臭速度は遅い。空気清浄機に求められる性能にはその脱臭速度も重要である。そこで、製品化にあたっては脱臭速度を向上させる手段として次の方法を採用した。まず光触媒と活性炭の併用である。吸着材にて臭気を捕集し、光触媒で徐々に効率よく分解させるため、活性炭との混合光触媒とした。その混合比率は吸着性能と分解性能を検討し、どちらかの性能が極端に損なわれない最適な比率を求めた。図-7にアセトアルデヒドに対する光触媒と吸着材(活性炭)及び活性炭混合光触媒の脱臭速度の比較を示す。

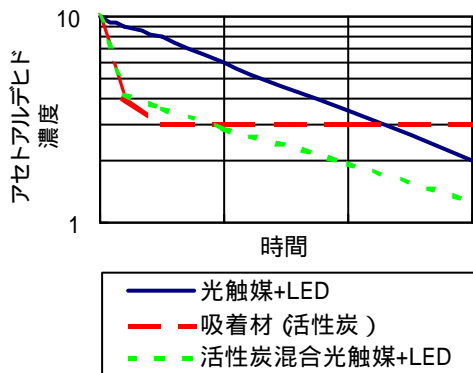


図 7 脱臭速度比較

また光触媒の形態としては各種考えられたが、最も低コストであることから、粒状とした。これをケースに収納し、光触媒フィルタとした。

図-8に光触媒造粒体の外観を示す。



図 8 活性炭混合光触媒外観

さらに、粉塵フィルタについても活性炭繊維シートを追加した。粉塵フィルタは粉塵、花粉、煙草の煙などの粒子を除去する役割であるが、捕集

した粒子に付着した臭気の再放出防止と脱臭速度向上のため、化学吸着材を添着した活性炭繊維シートを貼り合わせている。

5．製品の小型化

LED光脱臭空気清浄機は、ルーフとルーフライニング内に本体が収納される天井ビルトインタイプの空気清浄機である。図-9に製品の車両取付状態及び構造を示す。吸気グリルからファンにより空気を吸い込み、粉塵フィルタにより大気塵や煙の粒子を除去、光触媒により臭気を除去して清浄化した空気を排出する構造である。天井ビルトインタイプの最大のメリットは、取付位置が乗員に近いこと、効率よく空気清浄が可能なことである。乗員に近いことから、ファンの騒音が課題となるが、本製品では多翼ラジアルファンという低騒音ファンを採用することにより対処している。また、車室内側からはグリルしか見えず、後付け感のない車室内デザインにあった意匠となっており、乗員に圧迫感を与えないようになっている。

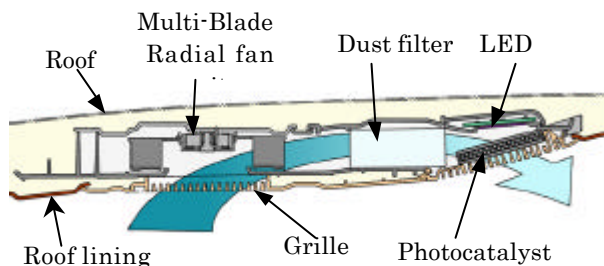


図 9 天井ビルトイン空気清浄機外観(トヨタ マーク)と構造

このような天井ビルトインタイプが実現出来た最大の理由は、製品の薄型化である。特に脱臭ユニット部分をLED適用により非常にコンパクトにしたことが大きく寄与している。図-10に示すLED光源は厚み6.8mmと薄く、少ないスペースのなかで、空気の流路を妨げることもなく、光触媒

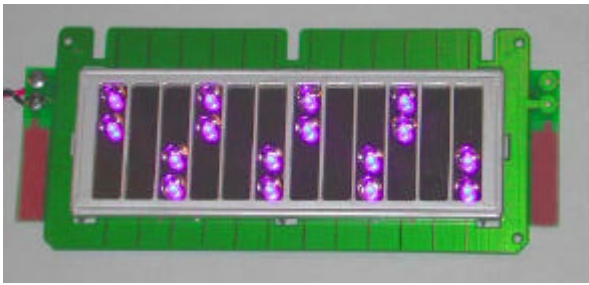


図 10 光触媒用LED光源

全面に光を照射出来る位置に設置させることが出来た。

6. 製品脱臭性能

製品の脱臭性能の評価は各種単独ガス成分の除去性能評価と、複合ガスとして煙草臭の脱臭評価を行った。

まず各種単独ガス成分の除去性能評価は、2m³容器内で10～20ppmの初期濃度のガス中で空気清浄機を運転、ガス濃度推移を測定し除去率を確認した。結果は図-11に示すように、LED光脱臭空気清浄機は、従来の活性炭吸着脱臭方式の製品に比べ大幅な性能向上を実現させている。特に、活性炭ではほとんど除去できていなかったアセトアルデヒド(煙草臭の主成分のひとつ)に対して、除去性能を画期的に向上させることができた。

次に煙草臭の脱臭評価であるが、これはJEM1467(日本電機工業規格 家庭用空気清浄機)¹⁾の脱臭性能試験に準じて行った。

1m³容器内で煙草を燃焼させ、3成分(アセトアルデヒド、アンモニア、酢酸)の除去率を求め、除去率が50%以下になるまで繰り返す耐久試験である。これで求められた煙草耐久本数で脱臭性能の寿命を示すものである。結果として、従来の活性炭吸着脱臭方式の製品に対し、LED光脱臭方式は約4倍になり、脱臭性能寿命が大幅に延長していることを確認できた。

7. まとめ

- 1) LED光脱臭空気清浄機は、従来の活性炭吸着脱臭方式の製品に比べ、大幅な脱臭性能の向上、寿命の延長が出来た。
- 2) LED光源は一般的な管光源に比べ、薄型化可能、水銀不使用、高電圧回路不要(ノイズ対策不要)など、車載用として最適な光源である。
- 3) LED光脱臭空気清浄機は薄型構造や低騒音ファンの採用により、乗員に近い位置で効率的に空気清浄が出来、後付け感や圧迫感のない天井ビルトイン化を実現した。

参考文献

- 1) 日本電機工業会規格 JEM1467 家庭用空気清浄機 1995年(平成7年)制定

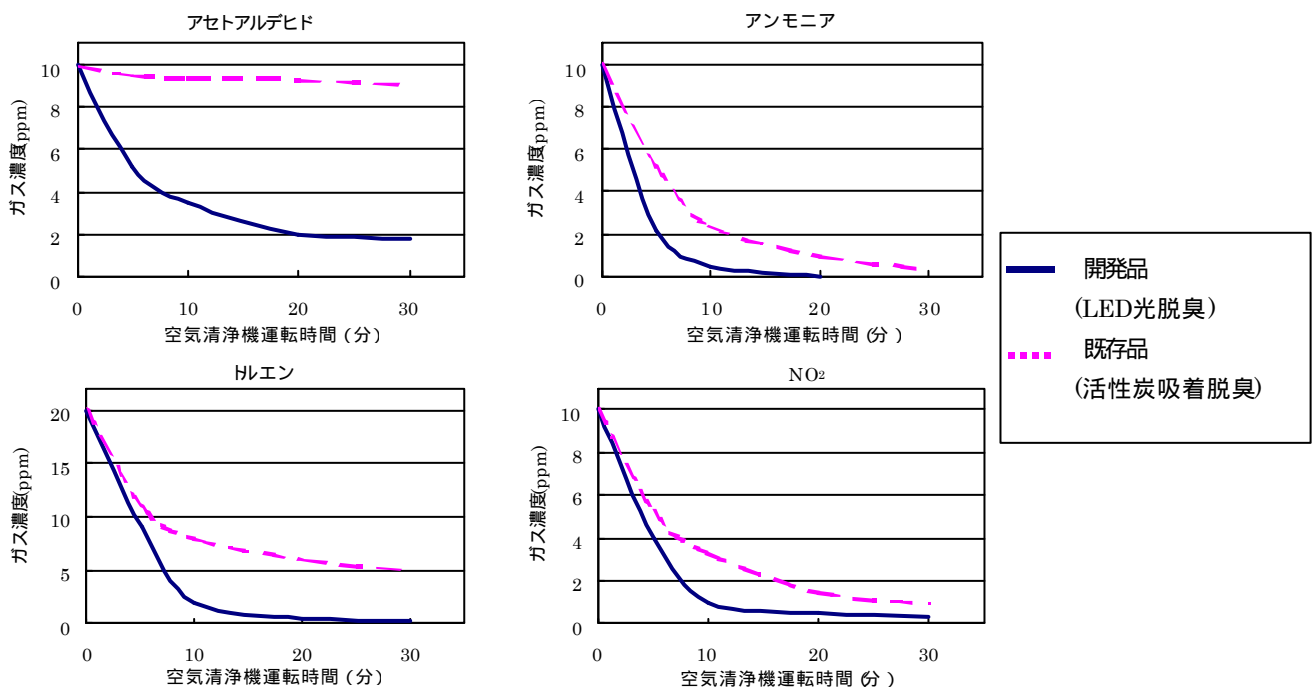


図 11 脱臭性能比較