

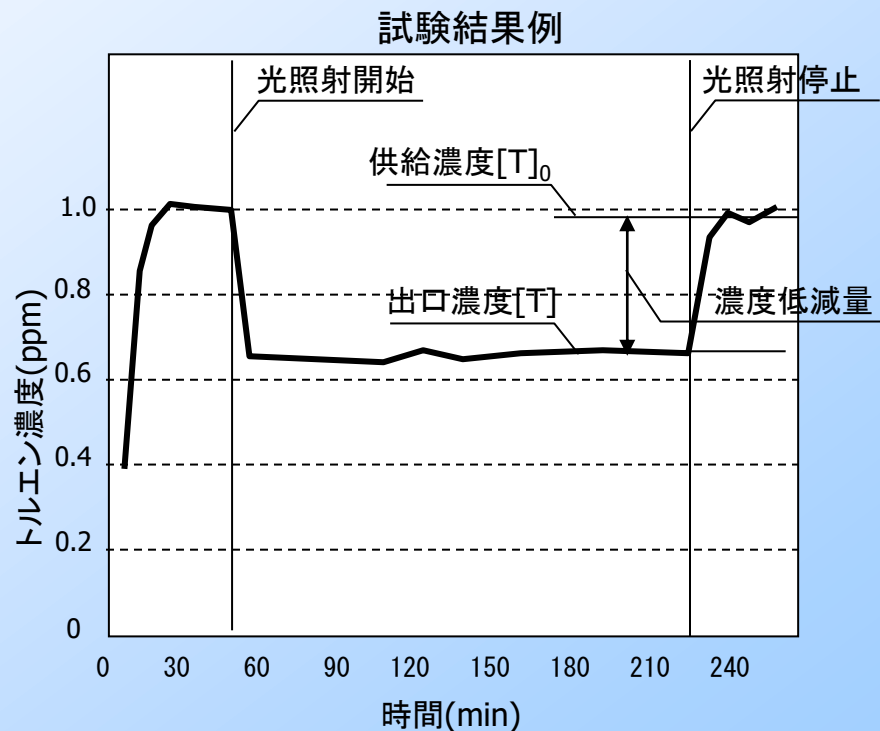
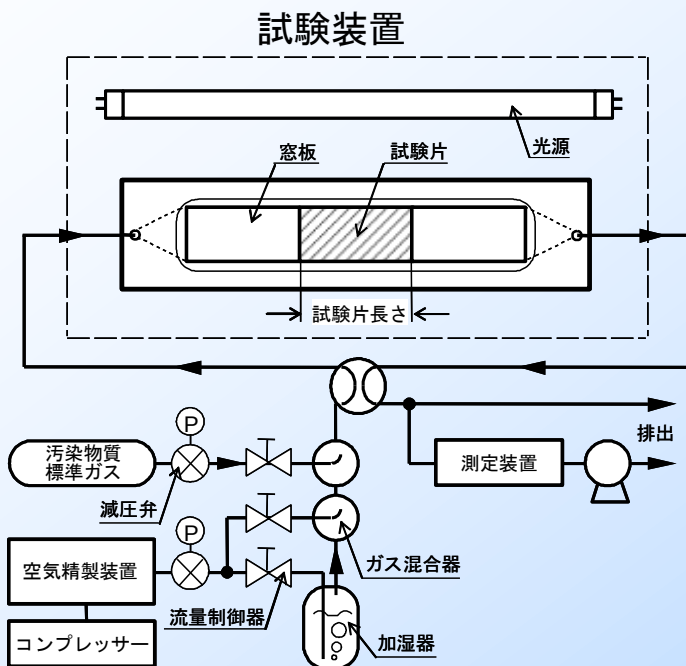
光触媒工業会 空気浄化(トルエン)性能基準

2013年10月21日
光触媒工業会 標準化委員会

- ・光触媒は、太陽光などに含まれる紫外線を吸収して有機物質を分解するため、窓からの太陽光を利用できる室内では、シックハウス症候群の原因となるような化学物質や、悪臭物質を分解・除去し、その濃度を低減する機能を有する。
- ・トルエンは、代表的なVOC(揮発性有機化合物)であり、厚生労働省が定める室内濃度基準値の対象物質となっている。さらに、建材試験センターが定める建材からのVOC放散速度基準(自主基準)の対象としてあげられている。よって、光触媒により室内空気中のトルエンを除去することには、大きな意味がある。
- ・すでに、アセトアルデヒド及びホルムアルデヒドについては性能判定基準を定めており、トルエンについても、同様の考え方に基づいて、性能判定基準案を策定する。

空気浄化(トルエン)性能の評価法 (JIS R 1701-3)

評価方法: JIS R 1701試験機(流通式試験機)に光触媒製品サンプル(50×100mm)を設置し、1ppmのトルエンを含有する空気を0.5L/minで流通させ、1mW/cm²の紫外線照射下において、トルエンの濃度低減量からトルエン除去量を算出する。ただし、除去率が5%未満で正しい測定ができないサンプルの試験では、サンプルを2枚として試験することができる。



$$\text{除去率 } R = \frac{[T]_0 - [T]}{[T]_0} \times 100 \quad \text{除去量 } Q = R \times \frac{[T]_0 \times f \times 1.016 \times 60}{100 \times 22.4} \times \frac{1}{n} \quad \begin{matrix} f: \text{試験ガス流量} \\ n: \text{試験片枚数} \end{matrix}$$

性能判定基準値であるトルエン除去量0.17μmol/hは、標準条件の試験用ガス流量を0.5L/min、試験片枚数を1枚とした条件における除去率12.5%(入口濃度に対する濃度減少率12.5%)に相当する。

■ 空気浄化(トルエン)性能判定 基準値

製品認証を受けるためには、下記の初期性能を満足しなければならない。

・ JIS R 1701-3による

トルエン除去量Q : 0.17 μ mol/h以上

設定の根拠: 上記性能を有する光触媒製品を気積率1m²/m³施工した場合、窓からの太陽光を利用できる一般的な居室においては、トルエン濃度を10%低減させる効果を期待できるため。

- ・ 気積率1m²/m³は、一般的な居室の場合、たとえば窓ガラス＋床面＋天井面程度の面積に相当する。一般的な6畳間の気積は24m³であるため表面積24m²に相当し、たとえば表面積2m²の製品のみでこの値を満たすには12個以上設置する必要がある。
- ・ 上記の性能の製品を気積率1m²/m³施工すると、0.05回/hの換気回数増大効果を有する。これは、居室の換気量(建築基準法による機械換気回数0.5回/h)が10%増大した効果に相当する。居室空気中の汚染物質濃度は、換気量に反比例するため、この効果は、トルエン濃度がほぼ10%低減することに相当する。

以上の効果は、平成15～17年度NEDOプロジェクト「光触媒利用高機能住宅用部材プロジェクト」の室内環境浄化部材の性能目標値として設定された0.05回/h(10%)の換気回数増大効果にほぼ匹敵する。空気浄化の効果としては十分と見なせる最低限のレベルであり、性能判定基準として適切であると考える。

①空気浄化機能(トルエン)性能評価試験方法

空気浄化機能(トルエン)のデータを取得するにあたり、以下の試験法にて実施すること
なお、試験実施機関は、当事者間の同意においてでも試験内容を一切変更してはならない
・JIS R 1701-3 ファインセラミックスー光触媒材料の空気浄化性能試験方法ー
第3部:トルエンの除去性能

②空気浄化機能(トルエン)性能評価試験機関

認証申請に必要なJIS評価試験を実施できる機関は、NITE技能試験を経て、JNLAに登録された機関のみとする。

但し、光触媒工業会が推奨した試験機関をJIS評価試験を実施可能な機関とすることができる。

③空気浄化機能(トルエン)性能判定基準

製品認証を受けるためには、下記の初期性能を満足しなければならない。

・JIS R 1701-3によるトルエン除去量: $0.17\mu\text{mol/h}$ 以上

④効果の持続性

効果持続性に関するデータ(促進試験、曝露試験)を取得し、消費者等へ開示できる状況を維持すること。会員が実施した促進試験後に、JIS試験を実施し、性能判定基準を満足すること。

⑤安全性

製品認証を受けるためには、製品を使用した安全性試験、または、構成原料のMSDSなどから安全性を評価し、下記の安全性基準を満足すること。

●必須試験項目

- (1)経口急性毒性: $LD50 \geq 2,000\text{mg/kg}$ または、
GHS分類 区分に該当しない(JIS分類の場合)
GHS分類 区分5 または 区分に該当しない(国連GHSの場合)
- (2)皮膚一次刺激性試験: 刺激無し、または、弱い刺激性 または、
GHS分類 区分に該当しない(JIS分類の場合)
GHS分類 区分3 または 区分に該当しない(国連GHSの場合)
- (3)変異原性試験: 突然変異誘起性が陰性であること または、
GHS分類 区分に該当しない

皮膚に長時間直接接触する使用が常態として考えられる製品あるいは食品と接触する可能性のある製品は、更に

- (4)皮膚感作性試験: 陰性であること または、
GHS分類 区分に該当しない

の追加確認が必要

会員は安全性に関するデータ取得に努め、消費者等へ開示できる状況を維持すること。

表示法-1 : 製品の気積率を $1\text{m}^2/\text{m}^3$ としてトルエンの低減効果を表示

(0) 商品名	〇〇コーティング		
(1) 光触媒等の種類	酸化チタン		
(2) 光触媒等加工部位	壁・天井等の内装材表面へ塗工		
(3) 光触媒等の効果 空気浄化 (トルエン)	1. 測定方法 : JIS R1701-3に従い、測定しました。		
	2. トルエン除去量 ^{*1}	$0.50\mu\text{mol/h}$	この製品を部屋の容積 1m^3 あたり 1m^2 の面積使用しますと、昼間に室内空気中のトルエン濃度を23%低減させる効果を期待できます。
(4) 使用できる場所	窓から太陽光が入ってくる住宅・建造物の室内		
(5) 安全性	急性経口毒性試験、皮膚一次刺激性試験、変異原性試験により、光触媒工業会の安全性基準を満足していることを確認しています。		
(6) 使用上の注意	表面に過度の汚れが付着していると、十分な効果が得られませんので、定期的な清掃をお勧めします。 また、実際の効果は、本製品が使用される面積、本製品に照射される紫外光の強さ、使用される部屋の容積、使用される部屋の換気量に依存します。紫外光が強い方が、また、室内に気流がある方が、より高い効果を期待できます。		

*1 光触媒工業会の認証基準はトルエン除去量 $0.17\mu\text{mol/h}$ 以上です。この数値は、 50cm^2 あたりのトルエン除去量であり、この数値が高いほど室内のトルエン濃度を低減させる効果が高くなります。

表示法-2 : トルエンを10%低減する効果を出す 気積率を表示

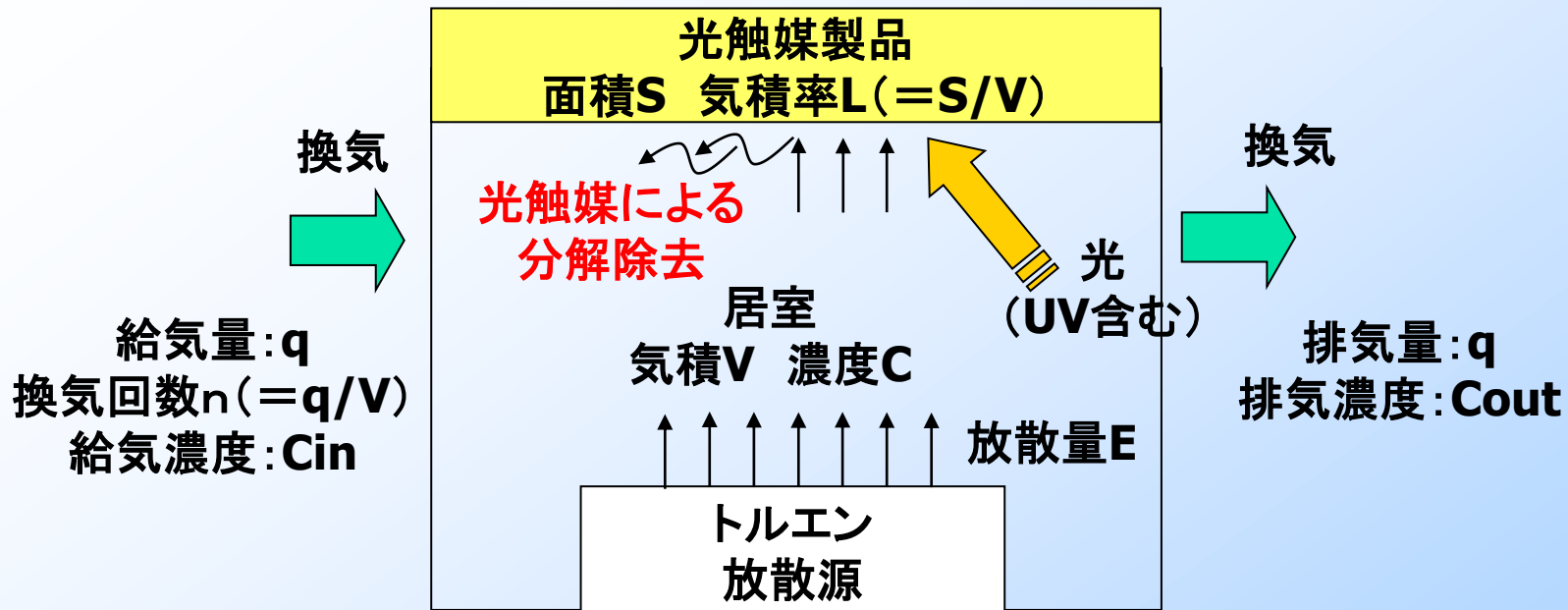
(0) 商品名	〇〇光触媒加工品		
(1) 光触媒等の種類	酸化チタン		
(2) 光触媒等加工部位	製品の外側全面に光触媒加工 : 光触媒加工面積2m ²		
(3) 光触媒等の効果 空気浄化 (トルエン)	1. 測定方法 : JIS R1701-3に従い、測定しました。		
	2. トルエン除去 量 *1	0.50 $\mu\text{mol/h}$	この製品を部屋の容積1m ³ あたり0.34m ² の面積使用しますと 昼間に室内空気中のトルエン濃度を10%低減させる効果 を期待できます。
(4) 使用できる場所	窓から太陽光が入ってくる住宅・建造物の室内		
(5) 安全性	急性経口毒性試験、皮膚一次刺激性試験、変異原性試験により、光触媒工業会の安全性基準を満足していることを確認しています。		
(6) 使用上の注意	表面に過度の汚れが付着していると、十分な効果が得られませんので、定期的な清掃をお勧めします。 また、実際の効果は、本製品が使用される面積、本製品に照射される紫外光の強さ、使用される部屋の容積、使用される部屋の換気量に依存します。		

*1 光触媒工業会の認証基準はトルエン除去量0.17 $\mu\text{mol/h}$ 以上です。この数値は、50cm²あたりのトルエン除去量であり、この数値が高いほど室内のトルエン濃度を低減させる効果が高くなります。

■空気浄化(トルエン)性能の工業会推奨評価機関リスト

機関名	電話番号	情報	E-mail
(株)環境技術研究所	03-3898-6643 FAX : 03-3890-3086	東京都足立区江北2-11-17 窓口 : 光触媒試験室 和具 なおみ	wagun@etlabo.co.jp
(財)神奈川科学技術アカデミー 高度計測センター	044-819-2105	川崎市高津区坂戸3-2-1 KSP東棟1F 窓口 : 材料解析グループ 村松 紀久	muramatsu@newkast.or.jp
一般財団法人 関西環境管理技術センター	06-6538-7122 FAX : 06-6583-3274	大阪市西区川口2-9-10 窓口 : 環境技術部 調査課 上原 祐之	kansai_chousa@ematec.or.jp
(株)住化分析センター	0438-63-1267 FAX : 0438-62-5089	千葉県袖ヶ浦市北袖9番地1 窓口 : 千葉事業所 気相解析グループ 吉田 裕信	(工業支援事業部営業窓口) chemicalsgroup@scas.co.jp

以下、補足資料



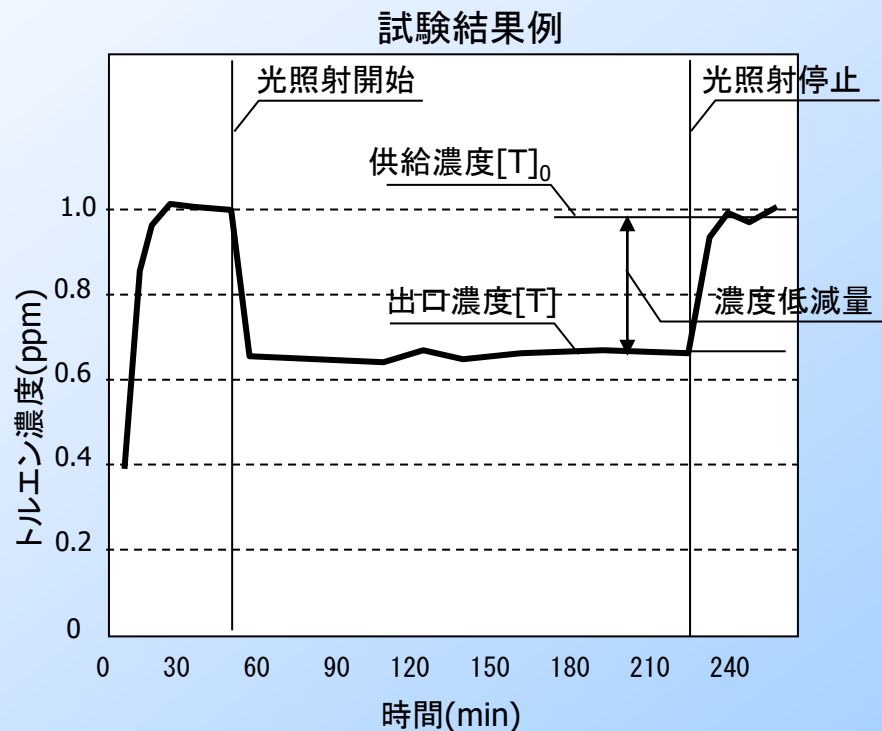
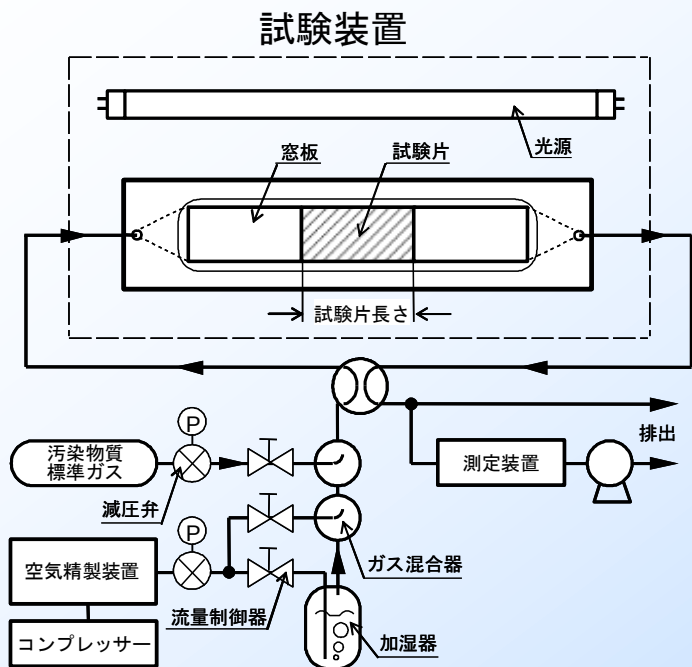
- ・室内空気質の考え方では、汚染物質は放散源より継続的に放散され、換気効果により濃度が定常に達するとする。

$$C = E / q \quad (\text{汚染物質濃度} = \text{放散量} / \text{換気量})$$

- ・光触媒による分解除去は、換気量が増大した効果に換算し、換気量換算値 Q_d (換気量増大 $=Q_d \cdot S$, 換気回数増大 $=Q_d \cdot L$)という考え方で取り扱う。(吸着等により空気を浄化する建材と同じ考え方)

$$C = E / (q + Q_d \cdot S)$$

JIS R 1701-3試験による換気量換算値の求め方



$$\text{除去率 } R = \frac{[T]_0 - [T]}{[T]_0} \times 100 \quad \text{除去量 } Q = R \times \frac{[T]_0 \times f \times 1.016 \times 60}{100 \times 22.4} \times \frac{1}{n}$$

f : 試験ガス流量
n : 試験片枚数

本試験における換気量換算値 Q_d [m³/m²h] は、以下の式で求められる。

$$Q_d [\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}] = \frac{[T]_0 - [T]}{[T]_0} \times f [\text{L}/\text{min}] \times \underbrace{60 [\text{min}/\text{h}] / 1000 [\text{L}/\text{m}^3]}_{\text{(流量の単位換算)}} / \underbrace{0.005 [\text{m}^2]}_{\text{(サンプルの表面積)}} / n$$

- ・居室の空気浄化においては、気流の拡散の問題等があり、空気清浄装置のように積極的に居室の空気を集めて処理しないかぎり、光触媒による空気浄化は大面積の確保(特に大きな気積率:居室の気積に対する表面積の確保)が不可欠である。
- ・しかし、個別の光触媒製品の気積率は、居室の大きさによっても変化するため、事実上予測は不可能である。
また、単独製品で十分な気積率の確保は、一部の商品群しか想定できない。
(壁紙や壁材等の建材、内装コーティング材など)
- ・よって、本基準は、光触媒製品の普及を前提とし、複数製品の組み合わせによって十分な気積率を確保して空気浄化効果を発現する想定のもとに作成した。

なお、個別の光触媒製品の空気浄化効果は、下記の式で推定できる。

- ・JIS R 1701-3によるトルエン除去量 $Q[\mu\text{ mol/h}]$ から、個別の光触媒製品のトルエン除去性能は、換気量増大値 $q[\text{m}^3/\text{h}]$ として下記式からおおよそ推定できる。

$$q[\text{m}^3/\text{h}] = 0.3 \times Q \times I_{\text{UV}}[\text{mW}/\text{cm}^2] / 0.034 \times S[\text{m}^2]$$

$I_{\text{UV}}[\text{mW}/\text{cm}^2]$: 使用される環境の紫外線強度 $S[\text{m}^2]$: 光触媒製品表面積

モデル計算例 : 対象 6畳間居室(床面積 10m^2 、気積 24m^3 、換気量 $12\text{m}^3/\text{h}$ =換気回数0.5回/h)

- ・トルエン除去量 Q が $1.0\mu\text{ mol/h}$ である光触媒製品を天井面全面(面積 10m^2)使用
 - ・天井面の平均紫外線強度が $0.01\text{mW}/\text{cm}^2$ であるとする、
- この光触媒製品は、換気量が $0.88\text{m}^3/\text{h}$ 増大、すなわち換気回数が 0.036 回/h増大した効果と推定できる

性能判定基準であるJIS R 1701-3によるトルエン除去量
Q: $0.17\mu\text{mol/h}$ は、換気量換算値で $0.75\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ に相当する。

しかし、JIS R 1701-3の条件と実際の居室では、光触媒の性能に影響する条件が、大きく異なる。

	JIS R 1701-3	実際の居室レベル
紫外線強度	$1\text{mW}/\text{cm}^2$	$0.01\sim0.1\text{mW}/\text{cm}^2$
トルエン濃度	1ppm ($3800\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.07ppm ($260\mu\text{g}/\text{m}^3$)

上記の条件差から、JIS R 1701-3における換気量換算値 $0.75\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ は、実際の居室においては、 **$1/15$ の $0.05\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ に相当すると予測した。**
(紫外線強度影響により $1/30$ ・濃度影響により2倍)

換気量換算値 $0.05\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ の性能は、気積率 $1\text{m}^2/\text{m}^3$ のとき換気回数が **0.05 回/h増加する効果に相当し、濃度を10%低減する効果が見込める。**

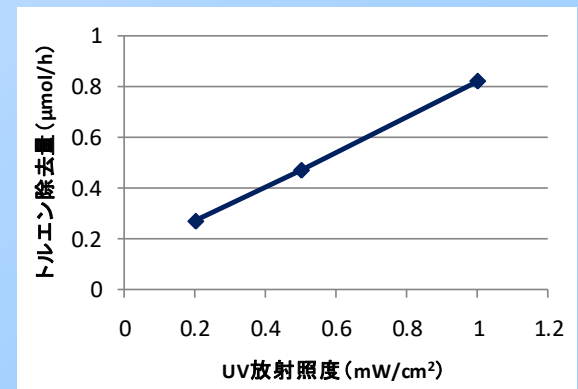
JIS R 1702「ファインセラミックスー光照射下での光触媒抗菌加工製品の抗菌性試験方法・抗菌効果」の付属書より、室内の紫外線強度分布を以下のように見積もり、算出した。

（日中で、ある程度日射が利用できる居室を想定）

室内対象面積の1/10面積 : 0.1mW/cm²
室内対象面積の3/10面積 : 0.05mW/cm²
室内対象面積の3/10面積 : 0.02mW/cm²
室内対象面積の3/10面積 : 0.01mW/cm²

これを面積あたりのUV強度に平均すると0.034mW/cm²となる。

光触媒のトルエン除去性能は右図に示すように紫外線強度に比例するため、実際の居室における光触媒製品の性能は、紫外線強度の影響については、JIS R 1701-3の評価値の約1/30と見積もられる



濃度の影響は複雑であり、光触媒によるトルエン除去が、0次反応速度領域(反応律速)か、1次反応速度領域(拡散律速)のどちらに該当するかで、大きく異なる。

■0次反応速度領域 : トルエン濃度が十分に高く、物質拡散の影響を受けない

トルエン除去量 $Q = C_0$

換気量換算値 $Q_d \propto Q / [C_7H_8] = C_0 / [C_7H_8]$

→除去量は、トルエン濃度に関係なく一定

換気量換算値(および除去率)は、トルエン濃度に反比例

■1次反応速度領域 : トルエン濃度が低く、物質拡散の影響を受ける

トルエン除去量 $Q = C_1 [C_7H_8]$

換気量換算値 $Q_d \propto Q / [C_7H_8] = C_1$

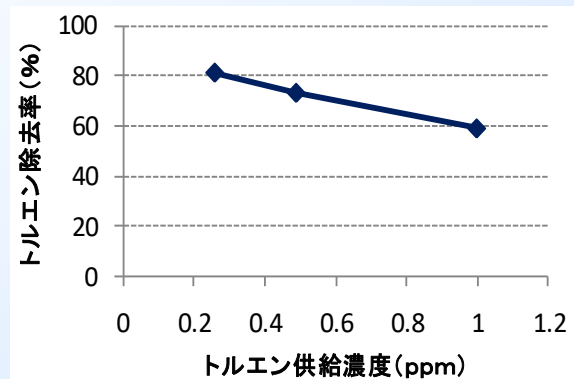
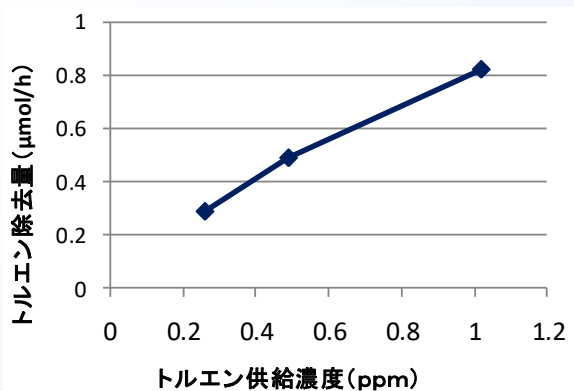
→除去量は、トルエン濃度に比例

換気量換算値(および除去率)は、トルエン濃度に関係なく一定

C_0, C_1 : 光量に比例する定数 $[C_7H_8]$: トルエン濃度

JIS R 1701-3の試験条件濃度(1ppm)から実際の居室の濃度(0.07ppm)の濃度範囲では、0次反応とも1次反応とも言えない結果が出た(次頁参照)

トルエン濃度とトルエン除去量・除去率の関係について、部会にてデータを収集



試験番号			①	④	⑤
測定年月日			'12.6.11-14	'12.8.1	'12.8.2
前処理条件	UV強度	mW/cm ²	1.5	1.5	1.5
	処理時間	h	20	18	20
試験用ガス	流量	L/min	0.5	0.5	0.5
	温度	°C	25.8	25.5	25.8
	湿度	%	51	52	51
光照射	光源	—	BLB 10W×2本		
	UV強度	mW/cm ²	1.0	1.0	1.0
供給濃度		ppm	1.02	0.49	0.26
出口濃度		ppm	0.41	0.13	0.05
除去率		%	58.9	73.0	81.0
除去量		μmol/h	0.82	0.49	0.28

除去量・除去率とも濃度に対して一定ではなく、
0次反応とも1次反応とも言えない

以上の結果から、濃度が低くなるとトルエン除去の効率(除去率や換気量換算値)は向上するものの、どの程度まで向上するかは、より詳細な検討が必要であることがわかった。

そこで、可視光型光触媒のJIS案作成時に検討されたJIS R 1701シリーズの反応器の流体解析結果をもとに、考察を行った。

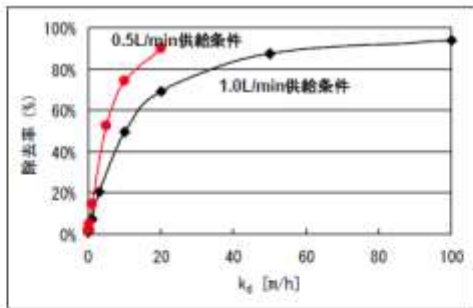


図 8.2.3.4-4 光触媒の除去反応速度定数 k_d と除去率の関係

このプロットから、光触媒の除去反応速度定数 k_d [1/h] と除去率 R [%] あるいは出口濃度 C_{out} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] の関係について近似式を得ると、以下のようになる。

○給気量 1.0L/min のとき ($k_d=0\sim100$ 1/h の範囲) 相関係数 $R^2=0.9988$

$$R[\%]=100-100/(3.0\times10^{-4}\cdot k_d^2+1.2\times10^{-1}\cdot k_d+1.0) \quad (9)$$

$$C_{out}[\mu\text{g}/\text{m}^3]=C_{in}/(3.0\times10^{-4}\cdot k_d^2+1.2\times10^{-1}\cdot k_d+1.0) \quad (10)$$

○給気量 0.5L/min のとき ($k_d=0\sim20$ 1/h の範囲) 相関係数 $R^2=0.9999$

$$R[\%]=100-100/(2.0\times10^{-2}\cdot k_d^2+1.3\times10^{-1}\cdot k_d+1.0) \quad (11)$$

$$C_{out}[\mu\text{g}/\text{m}^3]=C_{in}/(2.0\times10^{-2}\cdot k_d^2+1.3\times10^{-1}\cdot k_d+1.0) \quad (12)$$

トルエン 供給濃度 [ppm]	トルエン 出口濃度 [ppm]	除去率 [%]	算出した 反応速度 [m/h]
1.02	0.41	58.9	5.82
0.49	0.13	73.0	8.62
0.26	0.05	81.0	11.7

2倍に向上

その結果、JIS試験条件(1ppm)から0.26ppmまで濃度を下げると、光触媒によるトルエン除去効率は2倍に向上することがわかった。

より低濃度の試験は困難でありデータがないことから、光触媒によるトルエン除去効率における濃度の影響は、2倍と見積もることが妥当と結論付けた。

○本基準は、窓からの日光を利用できる居室での性能を対象とするものであり、日光を利用できない居室や夜間の性能は対象としない。室内光による性能判定については、今後JIS化が予定されている可視光応答型光触媒のJIS試験法をもとに、検討する必要がある。

○アセトアルデヒドおよびホルムアルデヒドの空気浄化性能判定基準と、今回のトルエンの性能判定基準は、いずれも除去量で $0.17 \mu\text{mol/h}$ という値で合致したが、この除去量の値ありきで設定されたものではないことに留意する必要がある。すべての空気浄化性能の判定基準値は、実環境における濃度低減効果(気積率 $1\text{m}^2/\text{m}^3$ のとき濃度を10%低減)をもとに、各JIS試験の性能値(除去量)に落とし込んだものであり、かつ、光強度と濃度による影響への考慮がなされることで設定されたものである。