

空気浄化：UV（トルエン）の性能基準の設定根拠解説

1. はじめに

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。

2. 空気浄化：UV（トルエン）の評価法（JIS R1701-3）

評価方法は、以下に示す JIS R1701-3「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－第3部：トルエンの除去性能」を用いる。

評価方法：JIS R1701 シリーズ試験機（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。

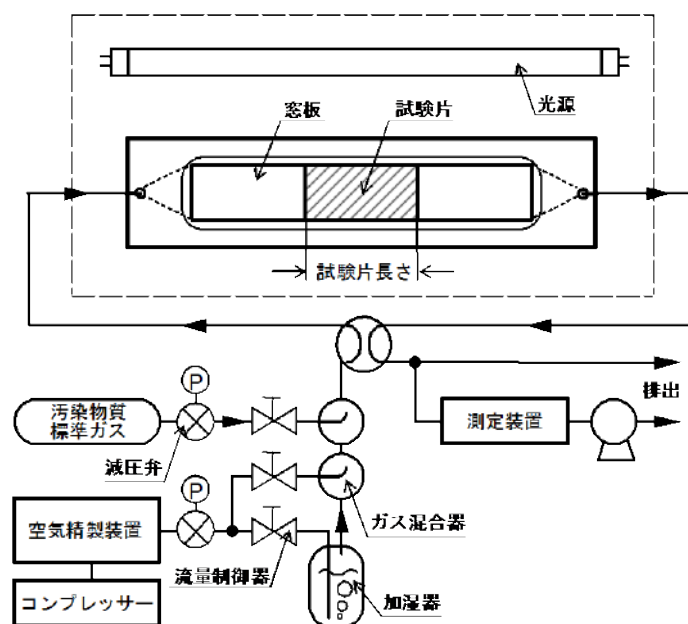


図1 JIS R1701 シリーズ試験装置図

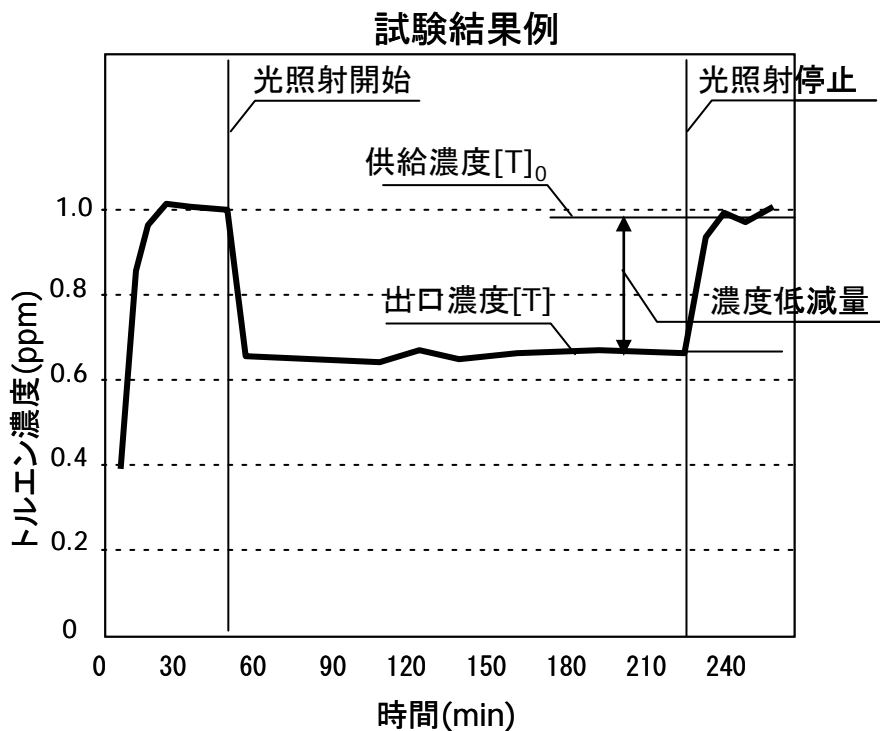


図2 JIS R1701-3 試験結果例

JIS R1701-3 試験によるトルエン除去率および除去量は、下記の計算式で得られる。

$$\text{除去率 } R = \frac{[T]_0 - [T]}{[T]_0} \times 100$$

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

3. 空気浄化：UV（トルエン）性能の判定基準値

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 R1701-3 によるトルエン除去量 Q : $0.17 \mu\text{mol/h}$ 以上

設定の根拠：上記性能を有する光触媒製品を気積率 $1\text{m}^2/\text{m}^3$ 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。（詳しくは、解説を参照のこと）

4. 空気浄化：UV（トルエン）性能の判定基準

光触媒による空気浄化（トルエン）の製品認証を受けるために必要な性能の判定基準をまとめると、以下のとおりである。

① 空気浄化：UV（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 R1701-3 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：UV（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、N I T E 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：UV（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 R1701-3 によるトルエン除去量：0.17 μ 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、J I S 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 MS-DS 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 2,000mg/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。

5. 空気浄化：UV（トルエン）性能の製品表示について

以下に、光触媒による空気浄化：UV（トルエン）の製品認証を受けた製品の表示例を示す。

なお、アセトアルデヒド及びホルムアルデヒドの場合と同様、

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する場合

② トルエンを 10%低減する効果を出す気積率を表示する場合

のいずれかを選択することができる。

① は、施工を伴う製品に適用される。（壁紙・天井材・床材・壁装材・ガラス・コーティング施工商品等）

② は、主に面積が決まっている単品の商品に適用される。（カーテン、人工観葉植物、蛍光灯、ブラインド、スプレー缶等）

表示例（①の場合の例）

商品名	〇〇コーティング		
光触媒等の種類	酸化チタン		
光触媒等加工部位又は製品の形態	コーティング剤		
光触媒等の効果			
空気浄化効果：UV （トルエン）	測定方法はJIS R 1701-3に準拠しました。		
	認証基材	ガラス・セラミックス	この製品を部屋の容積 1m^3 あたり 1m^2 の面積使用すると、屋間に室内空気中のトルエンを23%低減させる効果を期待できます。
トルエン除去量 ^{*1}	0.50 $\mu\text{mol}/\text{h}$		
性能の標準有効期間の設定	設定あり：自社にて確認済み		
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		
安全性	急性経口毒性、皮膚一次刺激性、変異原性（、皮膚感作性）について、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。		
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、定期的な洗浄をお勧めします。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 $0.17\mu\text{mol}/\text{h}$ 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を低減させる効果が高くなります。			

※光触媒工業会の表示ガイドラインを遵守して表示しています。

上記(3)にある室内空気中のトルエン低減効果は、以下の式で求められる。

$$\text{低減効果(\%)} = 100 \times Q / (1.7 + Q)$$

表示例 (②の場合の例)

商品名	〇〇光触媒加工品		
光触媒等の種類	酸化チタン		
光触媒等加工部位又は製品の形態	製品の外側全面に光触媒加工 : 光触媒加工面積2m ²		
光触媒等の効果	測定方法はJIS R 1701-3に準拠しました。		
空気浄化効果:UV (トルエン)	認証基材	ガラス・セラミックス	
	トルエン 除去量 ^{*1}	0.50 μmol/h	この製品を部屋の容積1m ³ あたり0.34m ² の面積使用すると、昼間に室内空気中のトルエンを10%低減させる効果を期待できます。
性能の標準有効期間の設定	設定あり: 自社にて確認済み		
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		
安全性	急性経口毒性、皮膚一次刺激性、変異原性(、皮膚感作性)について、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。		
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、定期的な洗浄をお勧めします。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 μmol/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を低減させる効果が高くなります。			

※光触媒工業会の表示ガイドラインを遵守して表示しています。

上記(3)にあるトルエンを10%低減させる面積(1m³あたり)は、以下の式で求められる。

$$1\text{m}^3\text{あたりの面積(m}^2\text{)} = 0.17/Q$$

【解説】

「空気浄化：UV（トルエン）」性能判定基準案の設定根拠について

光触媒工業会標準化委員会 VOC 部会は、光触媒製品の「空気浄化：トルエン」性能判定基準を、以下に示す根拠で設定した。

1. 空気浄化：UV（トルエン）の性能判定基準

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 R1701-3 によるトルエン除去量 Q : $0.17 \mu\text{mol/h}$ 以上

設定の根拠：上記性能を有する光触媒製品を気積率 $1\text{m}^2/\text{m}^3$ 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。

2. 基準案設定根拠である実効果予測の妥当性について

1 項に示すように、本性能判定基準案は、実効果予測を設定の根拠としている。ここでは、その実効果予測の妥当性と、その値に関連する気積率および光照射条件の設定について説明する。

2-1. トルエン濃度の低減効果について

本基準案では、実際に期待できる効果の基準を、居室のトルエン濃度を 10%低減させることができるものとした。

室内のトルエン濃度は、外気は清浄であり、室内のトルエン発生量が一定であると仮定すると、単位時間当たりの換気量に反比例する。すなわち、

$$C=E/Q \quad (1)$$

ただし、 C ：室内トルエン濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] E ：室内のトルエン発生量 [$\mu\text{g}/\text{h}$]

Q ：単位時間当たりの換気量 [m^3/h] である。

光触媒製品によるトルエン分解・除去効果を、清浄な空気の換気量増大に相当すると換算して、単位面積当たり・単位時間当たりの換気量換算値 Q_d [$\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$] で表すと、同光触媒製品を S [m^2] 施工したとき室内のトルエン濃度は、

$$C=E/(Q+Q_dS) \quad (2)$$

となる。よって、光触媒製品によって室内のトルエン濃度が 10%低減されるという効果は、換気量の見地からすれば、ほぼ 10%（正確には 11%）増大した効果に相当する。

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¹⁾として設定された 0.05 回/h（10%）の換気回数増大効果

に匹敵する。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える。

2-2. 気積率の設定について

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。

具体的には、4.5 畳～6 畳程度の居室における床・壁・天井面の全面は、気積率 $2.2\text{m}^2/\text{m}^3$ 程度である。この値は、ホルムアルデヒドの放散量を測定する小型チャンバー試験（JIS A1901）で一般的な測定時の気積率（JIS A1901 等では試料負荷率と表記）である²⁾。光触媒製品が普及すれば、この半分程度の $1\text{m}^2/\text{m}^3$ の気積率は確保できると想定している。

気積率 $1\text{m}^2/\text{m}^3$ 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 24m^3 であるため表面積 24m^2 に相当し、たとえば表面積 2m^2 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。

2.3 光照射の条件について

本基準案は、紫外光を照射してトルエン分解性能を測定する JIS R1701-3 を試験方法として採用しているため、対象とする光触媒製品は、室内のトルエン濃度を低減とする目的であるが、紫外光により活性を発現する、すなわち窓からの太陽光が利用されることを前提としている。

試験法（JIS R1701-3）と想定される窓からの太陽光の紫外線強度には差があるが、その考慮については、後（3-3 項）に説明する。

3. 性能判定基準値について

2 項に示す実効果予測に基づく製品としての基準（室内のトルエン濃度を 10%低減）と、JIS R1701-3 による性能値（トルエン除去量 $Q: 0.17\mu\text{mol/h}$ ）の関係について説明する。

3-1. 換気量換算値による実使用時の性能判定基準値について

式(2)を居室の気積 $V[\text{m}^3]$ 、換気回数 $n[\text{h}^{-1}]$ 、気積率 $L[\text{m}^2/\text{m}^3]$ ($L=S/V$ である) を用いて表すと、

$$C=E/\{V(n+Q_dL)\} \quad (3)$$

となる。2-1 項により、 $Q_dL > 0.1n$ （換気回数が 10%増大した効果）が実効果予測から必要とされ、2-2 項から、 $L=1\text{m}^2/\text{m}^3$ である。また、建築基準法から、 $n > 0.5[\text{h}^{-1}]$ である。

よって、実使用時に光触媒製品に求められる性能は、

$$Q_d > 0.05[\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}] \quad (4)$$

となる。

3-2. JIS R1701-3 の試験条件と実環境の違いについて

表 1 に、JIS R1701-3 の試験条件と実環境の比較を示す。

表 1 JIS 試験条件および室内環境の比較

	JIS R 1701-3	実際の居室レベル
紫外線強度	1mW/cm ²	0.01~0.1mW/cm ²
トルエン濃度	1ppm (3800 μg/m ³)	0.07ppm (260 μg/m ³)

光触媒製品のトルエン性能値に大きく影響する因子として、表 1 に示す紫外線強度とトルエン濃度がある。よって、3-1 項の式(4)で求めた実環境で求められる性能値が、JIS R1701-3 ではどのような値になるのか考察し、その上で、JIS R1701-3 における性能値を判定基準とする必要がある。

検討の結果、JIS R1701-3 試験における性能値と実環境での性能値は、以下の関係にあるものとした。

JIS R1701-3 における換気量換算値 0.75[m³/m²h]が、実際の居室においては、1/15 の 0.05[m³/m²h]に相当する。(紫外線強度影響により 1/30・濃度影響により 2 倍)

この設定根拠については、3-3 および 3-4 項で説明する。まず、この関係を用いて、JIS R1701-3 における性能値を算出する。

JIS R1701-3 では、性能値はトルエン除去量 Q[μmol/h]で表す。JIS R1701-3 より、トルエン除去率 R[%]は、

$$R = ([T]_0 - [T]) / [T]_0 \times 100 \quad (5)$$

ただし、[T]₀：供給トルエン濃度[ppm]、[T]：出口トルエン濃度[ppm]である。

そして、トルエン除去量 Q[μmol/h]は、

$$Q = R \times [T]_0 \times f \times 1.016 \times 60 / 100 / 22.4 / n \quad (6)$$

ただし、f：試験用ガス流量[L/min]、n：試験片枚数である。

また、JIS R1701-3 試験における換気量換算値は、以下の(7)式で求められる。

$$Q_d = ([T]_0 - [T]) / [T]_0 \times f [L/min] \times 60 [min/h] / 1000 [L/m^3] / 0.005 [m^2] / n \quad (7)$$

ただし、0.005[m²]はサンプル 1 枚の表面積である。

(5)、(6)、(7)式より、JIS R1701-3 におけるトルエン除去量 Q[μmol/h]と換気量換算値 Q_d[m³/m²h]の関係は、

$$Q [\mu \text{mol/h}] = 0.227 \times Q_d [\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}] \quad (8)$$

となる。想定する実効果（室内のトルエン濃度を 10%低減）を達成する性能は、実際の居室においては 0.05[m³/m²h]、JIS R1701-3 における換気量換算値では 0.75[m³/m²h]であるから、性能判定基準は、JIS R1701-3 におけるトルエン除去量 Q[μmol/h]で表すと、

$$Q [\mu \text{mol/h}] = 0.227 \times 0.75 = 0.17 [\mu \text{mol/h}] \quad (9)$$

となる。

3-3. 紫外線強度の影響について

一般に、光触媒製品の空気浄化性能は、光量律速である場合、紫外線強度に比例する。本性能判定基準案で対象としている室内および JIS R1701-3 試験におけるトルエン分解は、トルエンの拡散は十分に早い領域であり、光量律速と考えて問題ない。たとえば、室内における拡散の物質伝達率は 15[m/h]程度であり、ここで性能判定基準と考えている 0.05[m³/m²h]より十分に大きく、影響は無視できる。

参考に、換気量換算値 Q_d [m³/m²h]と気中から光触媒表面への拡散の物質伝達率 k_t [m³/m²h]と表面気中濃度で表した光触媒表面の反応速度 k_d [m³/m²h]は、 $1/Q_d=1/k_t+1/k_d$ の関係にある³⁾。 Q_d が 0.05[m³/m²h]程度のとき、15[m/h]程度の k_t は影響が非常に小さいことがわかる。

実際に UV 放射照度を変えて JIS R1701-3 試験を行ったところ、図 1 に示すようにトルエン除去量は UV 放射照度にはほぼ比例することと、さらにその考え方で低濃度側に外挿するのは安全側であることが確認できた。

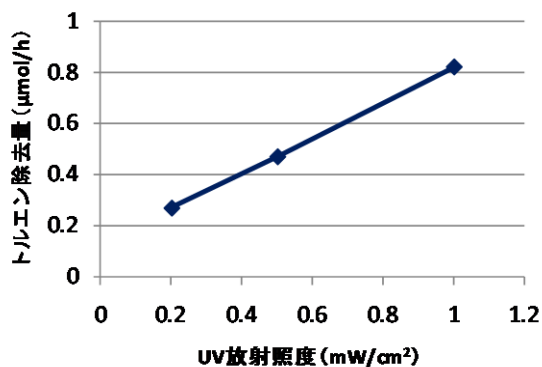


図 1 UV 放射照度とトルエン除去量の関係

太陽光が利用できる室内の紫外線強度については、JIS R 1702 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。

室内対象面積の 1/10 面積 : 0.1[mW/cm²]

室内対象面積の 3/10 面積 : 0.05[mW/cm²]

室内対象面積の 3/10 面積 : 0.02[mW/cm²]

室内対象面積の 3/10 面積 : 0.01[mW/cm²]

これを面積あたりの UV 強度に平均すると 0.034[mW/cm²]となる。

JIS R1701-3 の紫外線強度は 1[mW/cm²]であるため、実際の室内では光触媒製品の性能は、紫外線強度の影響に限定すれば 1/30 になると見積もった。

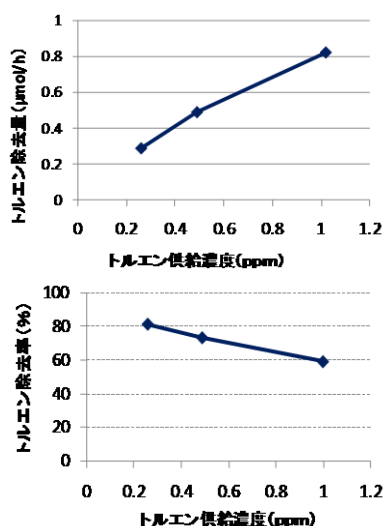
3-4. 濃度の影響について

光触媒によるトルエン分解・除去における濃度の影響は複雑であり、光触媒によるホルムアルデヒド除去が、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 : トルエン濃度が高い
 トルエン除去量 $Q=C_0$
 換気量換算値 $Q_d \propto Q/[T]=C_0/[T]$
 →除去量は、トルエン濃度に関係なく一定
 換気量換算値は、トルエン濃度に反比例

■1次反応速度領域 : トルエン濃度が低い
 トルエン除去量 $Q=C_1[T]$
 換気量換算値 $Q_d \propto Q/[T]=C_1$
 →除去量は、トルエン濃度に比例
 換気量換算値は、トルエン濃度に関係なく一定
 ただし、 C_0, C_1 : 光量に比例する定数 [T] : トルエン濃度

JIS R1701-3 の試験条件濃度域 (1ppm) から実際の居室の濃度域 (0.07ppm) の範囲で試験を行ったところ、図2に示すように0次反応とも1次反応とも言えない結果が得られた。



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

図2 トルエン濃度と光触媒性能の関係

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、可視光応答型光触媒の JIS 案作成時に検討された JIS R1701 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。

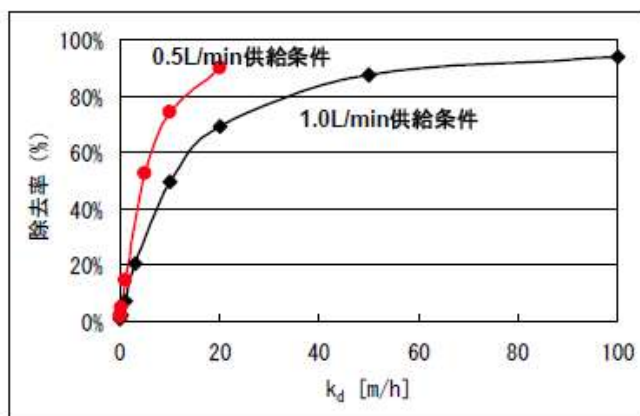


図 8.2.3.4.4 光触媒の除去反応速度定数 k_d と除去率の関係

このプロットから、光触媒の除去反応速度定数 k_d [m/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 ($k_d=0\sim 100\text{m/h}$ の範囲) 相関係数 $R^2=0.9988$

$$R[\%]=100-100/(3.0\times 10^{-4}\cdot k_d^2+1.2\times 10^{-1}\cdot k_d+1.0) \quad (9)$$

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

○給気量 0.5L/min のとき ($k_d=0\sim 20\text{m/h}$ の範囲) 相関係数 $R^2=0.9999$

$$R[\%]=100-100/(2.0\times 10^{-2}\cdot k_d^2+1.3\times 10^{-1}\cdot k_d+1.0) \quad (11)$$

$$C_{out}[\mu\text{g}/\text{m}^3]=C_m/(2.0\times 10^{-2}\cdot k_d^2+1.3\times 10^{-1}\cdot k_d+1.0) \quad (12)$$

(平成 20 年度 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構環境技術開発部 委託業務 成果報告書 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト 可視光応答型光触媒の性能評価試験方法に関する標準化調査 (NEDO 成果報告書データベース 管理番号: 100014039))

引用した資料の(11)式から、トルエン除去率とトルエン分解反応速度定数の関係がわかる。そこで、図 2 の結果を用いて計算を行うと、表 2 の結果が得られた。

表 2 気流解析を利用したトルエン供給濃度と反応速度 (計算値) の関係

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

この結果から、トルエン濃度 1ppm において得られた性能値は、より低い濃度条件では反応機構 (0 次反応と 1 次反応の間) の関係から反応効率が向上し、0.26ppm においてはちょうど 2 倍に換算できることがわかる。

ただし、0.26ppm より低い濃度でのデータがないこと、アセトアルデヒドやホルムアルデヒドでは 0.3ppm 以下では 1 次反応と見なして反応効率は上がらないとしたことから、トルエンにおいては、JIS 試験条件と実際の環境条件における濃度の差の影響は、2 倍と考えることが妥当だと考えられる。

4. 個別の光触媒製品の実効果予測について

2-2 項に示したように、本製品規格は、光触媒の普及が進み、複数の光触媒製品によって十分な気積率 ($1\text{m}^2/\text{m}^3$) が確保された状態を想定している。

ただし、下記式により、個別の光触媒製品の効果を予測することが可能である。

JIS R1701-3 によるトルエン除去量 Q [$\mu\text{mol}/\text{h}$] 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 [m^3/h] として下記式からおおよそ推定できる。

$$q \text{ [m}^3/\text{h]} = 0.3 \times Q \times I_{UV} \text{ [mW/cm}^2] / 0.034 \times S \text{ [m}^2] \quad (10)$$

ただし、 I_{UV} [mW/cm^2] : 使用される環境の紫外線強度 S [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 $1.0 \mu\text{mol}/\text{h}$ 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、
- (10) 式より、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 増大した効果を発現すると推定できる

5. 表示例①および②における効果や面積の計算方法について

空気浄化性能 (トルエン) 製品規格では、アセトアルデヒド及びホルムアルデヒドと同様、2 種類の表示方法を用いている。

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する場合

② トルエンを 10% 低減する効果を出す気積率を表示する場合

であり、①は、施工を伴う製品に適用される。(壁紙・天井材・床材・壁装材・ガラス・コーティング施工商品等) 一方、②は、主に面積が決まっている単品の商品に適用される。(カーテン、人工観葉植物、蛍光灯、ブラインド、スプレー缶等)

①の場合の低減効果及び②の場合の気積率を算出する方法を以下に示す。

5-1. 表示法①の場合の低減効果の算出方法

検討してきたとおり、JIS R1701-3 試験におけるトルエン除去量 $0.17 \mu\text{mol}/\text{h}$ は、実際の室内における換気量換算値 $0.05\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ に相当する。

式(3)より、JIS R1701-3 試験におけるトルエン除去量 Q [$\mu\text{mol}/\text{h}$] の製品を気積率 $1\text{m}^2/\text{m}^3$ 施工した場合、居室のトルエン濃度 C_1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] は、

$$C_1 = E / \{V (n + 0.05 \times Q / 0.17)\} \quad (11)$$

である。この製品を施工しなかった場合、居室のトルエン濃度 C_0 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] は、

$$C_0 = E / (V \times n) \quad (12)$$

一般の居室の場合、換気回数 n は 0.5 回/h である。以上から、本製品を気積率 $1\text{m}^2/\text{m}^3$ 施工した場合の濃度低減効果は、

$$(C_0 - C_1) / C_0 \times 100 \text{ [%]} = 100 \times Q / (1.7 + Q) \quad (13)$$

で求められる。

5-2. 表示法②の場合の気積率の算出方法

検討してきたとおり、JIS R1701-3 試験におけるトルエン除去量 $0.17 \mu\text{mol/h}$ は、実際の室内における換気量換算値 $0.05\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ に相当する。そして、居室のトルエン濃度を 10%低減させる効果は、換気量換算値 $0.05\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ の製品を気積率 $1\text{m}^2/\text{m}^3$ 施工した場合に得られる。

トルエン濃度の低減効果は、換気量換算値×気積率で得られるから、JIS R1701-3 試験におけるトルエン除去量 Q [$\mu\text{mol/h}$] の製品によって居室のトルエン濃度を 10%低減させるのに必要な気積率 L_1 [m^2/m^3] は、

$$Q/0.17 \times 0.05 \times L_1 = 0.05 \times 1 \quad (14)$$

より、

$$L_1 [\text{m}^2/\text{m}^3] = 0.17/Q \quad (15)$$

で求められる。

6. その他

2-3 項に示したとおり、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。

また、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。

引用文献など

- 1) 第1回「光触媒利用高機能住宅用部材プロジェクト」（事後評価）分科会，[2]事業原簿（公開），http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/bunkakai/18h/jigo/36/1/5-1_2.pdf，p.4-9
- 2) たとえば、建材試験センター，ホルムアルデヒド発散建築材料の性能評価業務方法書，<http://www.jtccm.or.jp/library/jtccm/seino/siryu/houhousho/horumu.pdf>
- 3) 三木慎一郎，田辺新一，建築学会大会学術講演梗概集，955-956(2005)。