

## iTP チップ超臨界合成システムを用いた量子触媒 TX5G の合成 Synthesizing Quantum Catalyst TX-5G by employing iTP-chip Supercritical Dispersion System

岸 政七<sup>†</sup>, 増淵伸一<sup>‡</sup>  
Masahichi Kishi<sup>†</sup>, Shinichi Masubuchi<sup>‡</sup>

**Abstract** Ultrasonic supercritical dispersion has been discussed to put the Quantum catalyst on development stage with emphasizing on the iTP ultrasonic tip. It has been successfully synthesized in the supercritical field yield by this iTP chip that both the Quantum catalyst TX5Gp and TX5Gn are carried with the third group boron and the fifth group phosphorus of the periodic table to achieve more than fifty thousand times photocatalytic effect that of the most effective existing 7nmφ anatase titanium dioxide photo catalyst within one hour ultraviolet irradiation of 1mm/cm<sup>2</sup> watt strength.

### 1. はじめに

炭化ケイ素、ガリウム燐、酸化ジルコニウム、酸化タンタル、カドニウムセレン、酸化亜鉛、酸化ニオブ、酸化タングステン、燐酸銀、酸化チタン、酸化ハフニウムなどの幾多の物質が光触媒効果を発現することは広く知られている。光エネルギーを吸収、電子とホールを物質外に放出する光電素子としても、これらの光触媒物質の一部は、古くから身近で活躍している。昨今、藤島昭東京大学特別荣誉教授（現東京理科大学学長）が発見した強い光触媒効果を発現する酸化チタンは、広い応用が期待されている<sup>1</sup>。

酸化チタン粒子表面に酸化シリコンなどの第2物質を担持して光触媒効果を改善する量子触媒は、第2物質から酸化チタンの導電帯へ自由電子を、価電子帯へホールを供給するように工夫した触媒であり、紫外線や可視光が照射されると強い光触媒効果を発現し、さらには遮光環境で熱などの量子エネルギーが照射されても強い光触媒効果を発現する<sup>2,3</sup>。

量子触媒は、酸化チタン光触媒の優れた特性を継承し、

<sup>†</sup> 愛知工業大学 総合技術研究所（豊田市）

<sup>‡</sup> 株式会社ソニックテクノロジー（東京都豊島区）

本報告は、平成25年度から3年間実施するプロジェクト共同研究第2年度の平成26年度成果の一部を纏めたものである

光触媒の光触媒効果を数百倍～数万倍改善する優れた特性を実現する物質であり、酸化チタン光触媒の光触媒効果が不足し実用化への困難に直面していた領域での実用化を補完して余りある<sup>4</sup>。

可視光も届かない暗所でも量子線は照射されており、量子触媒は暗所である地中の有害物質分解除去や人体内の癌治療への適用が可能となる。さらに、紫外線が届かない水中でも光触媒活性を発現するため、水質汚染物質・環境ホルモン、水生植物の分解除去、水質浄化など水資源確保への実用化が可能となろう<sup>5,6</sup>。

量子線のような低レベルエネルギーを吸収し自由電子とホールに変換する量子触媒は数倍の反応速度を実現し、反応速度比に応じて光電変換効率を改善できるため、高効率なソーラーセルの実現を可能にする<sup>7</sup>。さらに、夜間でも量子線は降り注ぐので、量子線に反応できる量子触媒は夜間発電を可能とする夢の第5世代ソーラーセル実現に寄与する<sup>8,9</sup>。

第2物質に3族のホウ素を用いて平均反応速度比3.34、光触媒効果4万7千倍強の量子触媒 TX5Gp、および

第2物質に5族リンを用いて平均反応速度比3.35、光触媒効果5万倍強の量子触媒 TX5Gn を試作に成功し、iTPチップ超臨界合成システムが優れた量子触媒合成システムであることを確認できたことを報告する。

2. iTP チップ超臨界場における量子触媒合成

光触媒物質の光触媒効果は、比表面積に強く関与し、比表面積が大なるほど、優れた光触媒効果を実現できる。

量子触媒は実用性を重視し、入手し易い市販の酸化チタン光触媒でほぼ最大の光触媒効果を発現する石原産業製 ST-01 を第1物質に採用し合成する。アナターゼ酸化チタン ST-01 の粒径は 7nmφ と超微粒子であり、湿式合成では凝集力に悩まされる。量子触媒の性能を高くするためには、水溶液中での強い凝集力に打ち勝ち高次凝集を分散し、1次粒径に近い酸化チタン水溶液を獲得するに足る分散力が不可欠である。

デソルバー、ミル、ピーズミルなどの機械的破碎力は

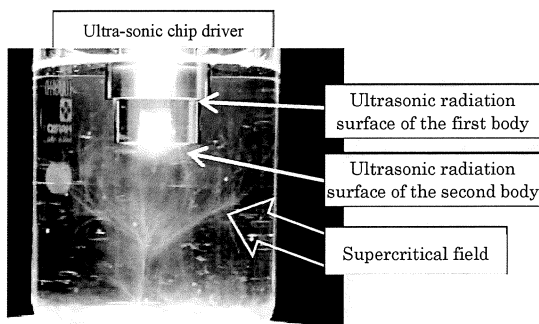


図 2.1 iTP チップが発生する超臨界場  
Fig.2.1 Supercritical field yielded with the iTP-chip

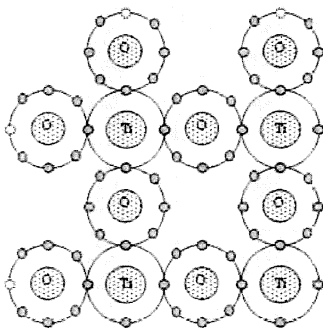


図 2.2 酸化チタン結晶構造 ラチスモデル  
Fig. 2.2 Titania crystal structure, lattice model

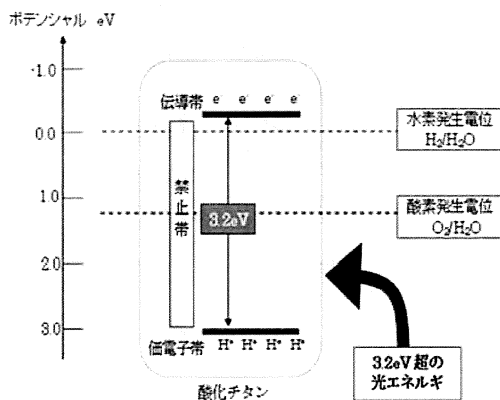


図 2.3 酸化チタンエネルギーダイヤグラム  
Fig. 2.3 Titania energy diagram

大きな粒径物質を破碎粉碎するために有効な手段となるが、超微粒子の分散には不向きである。一方、超臨界場中で細胞膜を破碎できるホモジナイザなどは、超微粒子の凝集力に打ち勝つ分散力を発揮し、超微粒子などの凝集を抑え有効に分散する手段を与える。以前、共同研究した井上製作所製ナノソニックミルなど、超臨界場中で機械的破碎力を作用させる新しい考えに基づく分散装置も開発されている。

超微粒子の 7nm φ 酸化チタン粒子表面に、第2物質を担持する量子触媒合成には、超臨界場が必須である。

図 2.1 に示すように、我が研究グループ開発のオリジナルな発想に基づく iTP チップは、立体的な大きな超臨界場を発生する。

従来型の超音波チップは、チップ端面の超音波放射面中央から端面垂直方向に細超臨界ジェットと呼ばれる超臨界場を発生するが、超臨界場はジェットと呼ばれるように紐状の狭い空間に留まっている。iTP チップは図示するように算盤玉状の大きな立体的な超臨界場を形成し、超臨界場中のソフト分散力が酸化チタン超微粒子の強い凝集力を打消し、効果的に1次粒子まで分散できることで、7nm φ 酸化チタンの超微粒子表面に効果的に第2物質を担持できることになる。

かかる超臨界 iTP チップを用いて、第3族あるいは第5族の第2物質を、7nm φ 酸化チタン表面に担持して、量子触媒 TX5Gp ならびに TX5Gn を合成した量子触媒の光触媒効果あるいは反応速度を報告する。

2.1 第1物質酸化チタンの光触媒効果

第1物質酸化チタンの結晶構造をラチスモデルで図 2.1 に示す。酸化チタンの構成原子のチタンは 4 族であり、アクティブな電子軌道に 4 個の電子が存在する。酸素は 6 族であり、アクティブな電子軌道に 6 個の電子が存在する。酸素原子は周辺のチタン原子から 2 個の電子を取り込み、チタン原子は周辺の酸素に 4 個の電子を供与し、アクティブな電子軌道上の電子が 8 個あるいは 0 個の安定状態となり、結晶が形成される。

ラチスモデルでは、結晶周辺の酸素原子の電子軌道には 1 個の電子欠乏状態が存在する。さらに、周辺チタン原子の電子軌道には、供与できずに残った 1 個の電子リッチな状態が存在する。この電子欠乏部は電子を取り込みやすい酸化センター、電子リッチ部は電子を放出しやすい還元センターを形成する。

結晶全体の電子欠乏部（ホール）と電子リッチ部（自由電子）の数は等しく、結晶は電気的に中性な真性半導体として挙動する。

結晶をマクロ的に捉えたと、ラチスモデルのホールと自由電子が有機的に再結合し、アナターゼ、ルチル、あるいはブルックカイトなどの立体的な複雑な結晶構造を形成することが理解できる。

ミクロ的考察に適する単純なラチスモデルが、光触媒などの励起状態を正確に表現する。酸化チタン結晶に、

紫外光などバンドギャップ 3.2eV 以上のエネルギーを照射するとマクロ結晶の原子間結合が緩み、ホールと自由電子が発生する。この時のエネルギーダイアグラムは、図 2.2 に示すようになる。マクロ結晶のアナターゼ酸化チタンを構成するために拘束されていた電子は価電子帯に、自由電子は伝導帯上に存在し、禁止帯には存在できない。禁止帯の幅、すなわちバンドギャップ値は、価電子帯と伝導帯の電位差の 3.2eV となる。

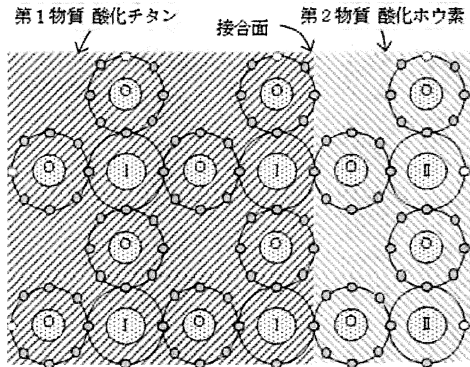


図 2.4 量子触媒 TX5Gp 結晶構造 ラチスモデル  
Fig. 2.4 Quantum catalyst TX5Gp crystal structure, lattice model

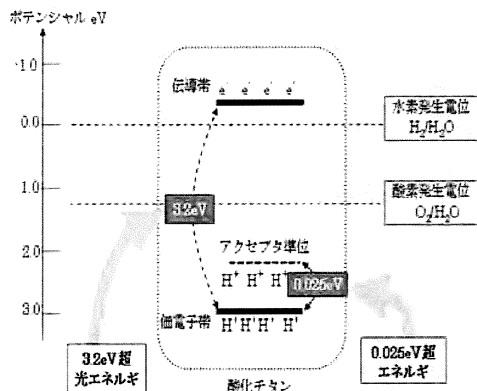


図 2.5 量子触媒 TX5Gp エネルギーダイアグラム  
Fig. 2.5 Quantum catalyst TX5Gp energy diagram

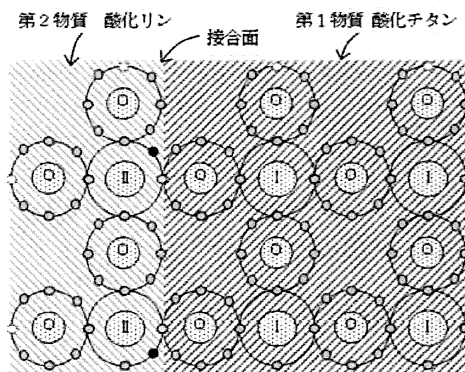


図 2.6 量子触媒 TX5Gn 結晶構造 ラチスモデル  
Fig. 2.6 Quantum catalyst TX5Gn crystal structure, lattice model

## 2.2 量子触媒 TX5Gp

第 1 物質の酸化チタン微粒子表面に、3 族の第 2 物質ホウ素分子を担持することで、図 2.4 に示す量子触媒 TX5Gp を合成する。図は、チタン原子の自由電子を、酸化ホウ素の酸化原子が取り込む形で担持するマイクロ構造を示すものであるが、同様に酸化チタンの酸素原子のホールにホウ素原子の電子が取り込まれる形で担持する量子触媒を合成できるが、同様であるので省略する。

第 2 物質がホウ素であるため、結晶全体はホールリッチな状態となり、量子触媒 TX5Gp は、正電荷を帯電する p 型半導体となる。量子触媒 TX5Gp のエネルギーダイアグラムを図 2.5 に示す。

第 3 族のホウ素が、酸化チタンの不純物として挙動し、酸化チタンの禁止帯中にアクセプタ準位を形成する。アクセプタ準位と価電子帯の電位差は 0.025eV である。

量子触媒 TX5Gp に 0.025eV 超のエネルギーが照射されると、酸化チタン価電子帯上の電子は 0.025eV 低い電位のアクセプタ準位に偏移する。アクセプタに偏移した電子は、アクセプタ電位より 3.2eV と十分低い酸化チタン伝導帯へ注入され酸化チタン結晶内を自由に移動するようになる。

アクセプタへ偏移した酸化チタン価電子帯の電子跡に生じるホールを埋めるようにホール近隣の価電子帯の電子が取り込まれ、言い換えれば、ホールが価電子帯を動き回るようになる。

酸化チタンの特徴は、自由電子とホールの再結合確率が低いことであり、自由電子とホールは再結合されずに酸化チタン結晶外へ放出されるものが現れる。結晶外へ放出される電子は結晶近傍の物質を還元し、結晶外へ放出されるホールは結晶近傍の物質を酸化し、この酸化還元作用が光触媒効果を発現する原動力となる。

## 2.3 量子触媒 TX5Gn

第 1 物質の酸化チタン微粒子表面に、5 族の第 2 物質リン分子を担持することで、図 2.6 に示す量子触媒 TX5Gn を合成する。図は、酸化チタンの酸素原子のホールに、リンの自由原子を取り込む形で担持するマイクロ構造を示すものであるが、同様に酸化チタンのチタン原子の自由電子を酸化リンの酸素原子を供給する形で担持する量子触媒を合成できるが、同様であるので省略する。

第 2 物質がリンであるため、結晶全体は電子リッチな状態となり、量子触媒 TX5Gn は、負電荷を帯電する n 型半導体となる。量子触媒 TX5Gn のエネルギーダイアグラムを図 2.7 に示す。

第 5 族のリンが、酸化チタンの不純物として挙動し、酸化チタンの禁止帯中にドナー準位を形成する。ドナー準位と伝導帯の電位差は、0.025eV である。

量子触媒 TX5Gn に 0.025eV 超のエネルギーが照射されると、ドナー上の電子は 0.025eV 低い電位の酸化チタン伝導帯に偏移する。伝導帯に偏移した電子は、酸化チタ

ン結晶内を自由に移動するようになる。

量子触媒 TX5Gn に 0.025eV 超のエネルギーが照射されると、ドナー上の電子は 0.025eV 低い電位の酸化チタン伝導帯に偏移する。伝導帯に偏移した電子は、酸化チタン結晶内を自由に移動するようになる。

伝導帯へ移動したドナーの電子跡に生じるホールは、ドナー電位より 3.2eV と十分高い酸化チタン価電子帯へ注入され、注入されたホールは価電子帯上を自由に動き回るようになる。

酸化チタンの特徴は、自由電子とホールの再結合確率が低いことであり、自由電子とホールは再結合されずに酸化チタン結晶外へ放出されるものが現れる。結晶外へ放出される電子は結晶近傍の物質を還元し、結晶外へ放出されるホールは結晶近傍の物質を酸化し、この酸化還元作用が光触媒効果を発現する原動力となる。

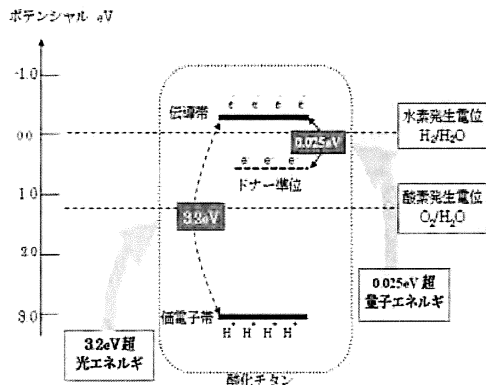


図 2.7 量子触媒 TX5Gn エネルギーダイアグラム  
Fig.2.7 Quantum catalyst TX5Gn energy diagram

### 3. 量子触媒の光触媒効果と反応速度比

#### 3.1 光触媒効果と反応速度比

光触媒の光触媒効果は、ガスパック法で測定されることが多い。ガスパック法では、初発ガス濃度に対する残留ガス濃度の比で、光触媒効果を測定する。すなわち、窒素をキャリアガスとした 100 重量 ppm (以降、ppm と略称する) のアセトアルデヒドガスの標準試験ガス 3L を、紫外線を透過する 5L 容量のバッグに対象光触媒物質と共に封入し、1mW/cm<sup>2</sup> 強度の紫外線を時間  $T$  照射したアセトアルデヒドガス残留濃度を測定する。

初発ガス濃度  $W_0$  の  $T$  時間後のガス濃度  $W_i(T)$  は、式 3.1 で与えられる。

$$W_i(T) = W_0 \exp(-\alpha k_i T) \quad (3.1)$$

ここに、

$\alpha$  はガス量、気圧、温度、触媒量、照射エネルギーなどで定まる実験システム固有な定数

$k_i$  は、光触媒物質  $i$  の反応速度定数

光触媒効果  $r_i$  は、初発ガス濃度と残留ガス濃度の比で与えられる。

$$r_i(T) = \frac{W_i(T)}{W_0} \quad (3.2)$$

触媒物質固有な値である反応速度定数  $k_i$  は、式 3.1 から次に与えられる。

$$k_i(T) = -\frac{1}{\alpha T} \ln \left\{ \frac{W_i(T)}{W_0} \right\} \quad (3.3)$$

式 3.2 と 3.3 に観られるように、光触媒効果  $r_i(T)$  も反応速度定数  $k_i(T)$  も、測定時間  $T$  の関数となる。さらに、反応速度定数  $k_i(T)$  は、システム定数  $\alpha$  を変数に含むため、実験を複数回繰り返し統計処理しても、正確な値を求めることは難しい。

反応速度比  $\hat{k}_i(T)$  を、対象の触媒物質、例えば量子触媒  $i$  と、基準光触媒物質  $s$  の反応速度定数の比で定義する。

$$\hat{k}_i(T) = \frac{k_i(T)}{k_s(T)} \quad (3.4)$$

式 3.3 を分子分母に代入すれば、反応速度比  $\hat{k}_i(T)$  は次に求まる。

$$\hat{k}_i(T) = \frac{\frac{1}{\alpha T} \ln \left\{ \frac{W_i(T)}{W_0} \right\}}{\frac{1}{\alpha T} \ln \left\{ \frac{W_s(T)}{W_0} \right\}} = \frac{\ln \left\{ \frac{W_i(T)}{W_0} \right\}}{\ln \left\{ \frac{W_s(T)}{W_0} \right\}} \quad (3.5)$$

反応速度比  $\hat{k}_i$  式 3.5 から、システム定数は消去されており、光触媒物質  $i$  と基準光触媒物質  $s$  に関するガスパック試験を同時に実施して残留ガス濃度を計測することで一意に定まる。残留ガス濃度と初発ガス濃度の比、すなわち残留ガス濃度の対数値を、対象触媒と基準触媒について算出する反応速度比は、それぞれの対数の比で与えられるため、自然対数でも常用対数でも特に規定しない。

また、試験時間  $T$  は任意な値となり削除可能で、式 3.5 の反応速度比  $\hat{k}_i$  は、最終的に次式 3.6 と与えられる。

$$\hat{k}_i = \frac{\log \left\{ \frac{W_i(T)}{W_0} \right\}}{\log \left\{ \frac{W_s(T)}{W_0} \right\}} \quad (3.6)$$

ここに、基準光触媒は、入手しやすく、かつ光触媒効果に優れる石原産業製 ST-01 とする。

#### 光触媒効果と反応速度比

「光触媒効果が 4 倍の新しい光触媒の開発に成功・・・16 倍の開発に成功・・・」などとのセンセーショナルな報道に接することが多々ある。光触媒効果は式 3.2 に示すように、紫外光照射時間  $T$  の関数となるが、ここでは  $T=1$  時間とし、1 時間照射した基準光触媒のアセトアルデヒドガス残留濃度を 1%、すなわち 99% 分解除去するものとして、光触媒効果と反応速度比の関係を、簡単に考察する。

反応速度比  $\hat{k}_i$  は、光触媒効果  $\hat{r}_i(1)$  で次に記述できる。

$$\begin{aligned} \hat{k}_i &= \frac{\log \left\{ \frac{W_s(1)}{\hat{r}_i(1)W_0} \right\}}{\log \left\{ \frac{W_s(1)}{W_0} \right\}} = \frac{\log \left\{ \frac{W_s(1)}{W_0} \right\} - \log \left\{ \hat{r}_i(1) \right\}}{\log \left\{ \frac{W_s(1)}{W_0} \right\}} \\ &= 1 + \frac{1}{2} \log \left\{ \hat{r}_i(1) \right\} \end{aligned} \quad (3.7)$$

逆に、光触媒効果  $\hat{r}_i(1)$  は、反応速度比  $\hat{k}_i$  で次式 3.8 に与

えられる。

$$\hat{k}_i(1) = \left\{ \frac{W_s(1)}{W_o} \right\}^{(1-\hat{k}_i)} = 10^{2(\hat{k}_i-1)} \quad (3.8)$$

### 3.2 量子触媒の反応速度比

#### 量子触媒 TX5Gp

第 1 物質として粒径 7nm の石原産業製 ST-01 アナターゼ酸化チタンを使用、図 2.1 に示す iTP チップを装填した超臨界合成装置で、第 2 物質の 3 価のホウ素を担持合成した。合成した量子触媒 TX5Gp の平均反応速度比  $\hat{k}_1$  特性を、図 3.1 に示す。

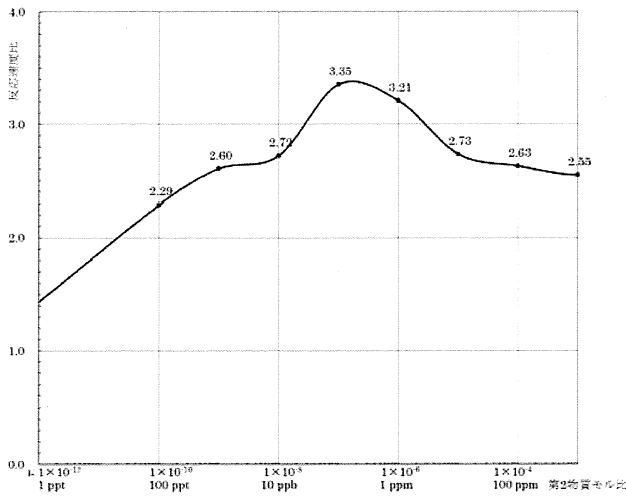


図 3.1 量子触媒 TX5Gp 反応速度比 vs 第 2 物質モル比特性 (100ppm アセトアルデヒド標準ガス 3L, 量子触媒 10mg, 紫外線照射強度 1mW/cm<sup>2</sup>)

Fig. 3.1 Quantum catalyst TX5Gp reaction speed ratio vs second material molar ratio (100ppm acetaldehyde standard gas 3L, Quantum catalyst 10mg, ultraviolet irradiation intensity 1mW/cm<sup>2</sup>)

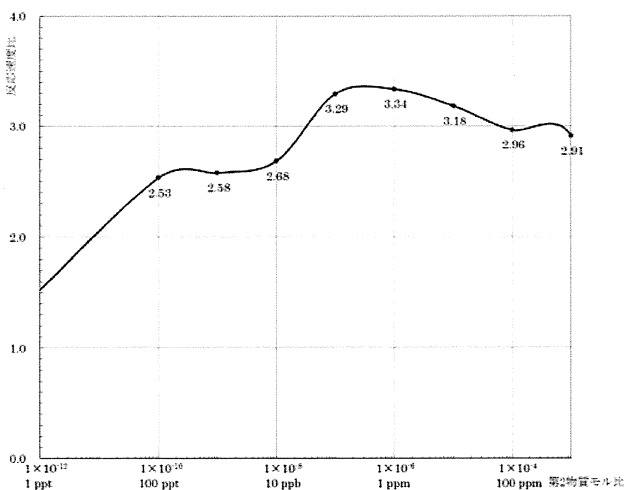


図 3.2 量子触媒 TX5Gn 反応速度比 vs 第 2 物質モル比特性 (100ppm アセトアルデヒド標準ガス 3L, 量子触媒 10mg, 紫外線照射強度 1mW/cm<sup>2</sup>)

Fig. 3.2 Quantum catalyst TX5Gn reaction speed ratio vs second material molar ratio (100ppm acetaldehyde standard gas 3L, Quantum catalyst 10mg, ultraviolet irradiation intensity 1mW/cm<sup>2</sup>)

図 3.1 の横軸は、第 2 物質の第 1 物質に対するモル比を、縦軸は反応速度比  $\hat{k}_i$  を、ラベル値は反応速度比  $\hat{k}_i$  値を示す。

モル比 3.1ppm で、平均反応速度比  $\hat{k}_i$  の最大値 3.35 を得る。また、光触媒効果は、光触媒 ST-01 の 5 万倍である。

#### 量子触媒 TX5Gn

量子触媒 TX5Gp と同様に、第 1 物質の石原産業製の粒径 7nm のアナターゼ酸化チタン ST-01 に、iTP チップで生成する超臨界場中で、第 2 物質の 5 価リンを担持して量子触媒 TX5Gn を合成した。合成した量子触媒 TX5Gn の平均反応速度比  $\hat{k}_1$  を、図 3.2 に示す。

図の横軸は、第 2 物質のモル比を、縦軸は反応速度比  $\hat{k}_i$  を示す。

モル比 1ppm のとき、反応速度比  $\hat{k}_i$  の平均値が最大 3.34 を得る。この光触媒効果は、光触媒 ST-01 の 4 万 8 千倍である。

### 4. むすび

光触媒 ST-01 に強度 1mW/cm<sup>2</sup> の紫外光を照射すると、図 4 に紫色実線で示すように、1 時間で、アセトアルデヒドガス 99% が炭酸ガスと炭酸ガスに分解され、1% がアセトアルデヒドのまま残留する。

一方、量子触媒 TX5Gn の場合、同じ強度の紫外光を照射すると、同図赤色実線で示すように、1 時間で、アセトアルデヒドガス 99.99998% が炭酸ガスと水に分解され、0.00001995% がアセトアルデヒドガスのまま残留する。

同様に、量子触媒 TX5Gp に、強度 1mW/cm<sup>2</sup> の紫外光を照射すると、同図青破線で示すように、1 時間で、アセトアルデヒドガス 99.99998% が炭酸ガスと水に分解され、0.00002089% がアセトアルデヒドガスのまま残留する。

量子触媒 TX5Gn と TX5Gp は、資源枯渇や供給危機の恐れのない地殻構成の第 8 番目に多いチタンを第 1 物質とし、さらに第 2 物質にはホウ素やリンなどの通常物質として合成される触媒物質であり、その反応速度比はほぼ互いに等しく、5 万倍の光触媒効果を発現する特徴を有する。

光触媒の真性単導体と、TX5Gn の n 型半導体および TX5Gp の p 型半導体と揃うことで、新たな適用領域が広がりを見せよう。

TX5Gn と TX5Gp で実現できる電気 2 重層に生じる強い電界は、細菌や pm2.5 などの微細物質や浮遊するウイルスを完全に分解除去する新しいエアフィルターの実現を醸すものである。

タンデム構造の太陽電池は、高い変換効率を約束する。反応速度比 3 のタンデム構造の太陽電池を想定するとき、太陽光入射側 p 型量子触媒 TX5Gp で 30% 変換し、

変換されずに到達する 70%の太陽光を n 型量子触媒 TX5Gn で 30%変換して、総合 51%の変換効率の太陽電池の実現が可能となる。

#### 謝辞

量子触媒に関する研究遂行中、2003 年～2014 年に渡り継続して愛知工業大学プロジェクト共同研究を実施していただき多大なご援助頂いた本学総合技術研究所の歴代の所長・故大根義男教授、架谷昌信教授、澤木宣彦教授に謝意を表します。

さらに、本学プロジェクト共同研究を実施するに当たり、ご指導頂いた経産省中部産業局、中小企業基盤整備機構はじめ公的研究機関、ならびに共同研究体制を構築支援頂いた おぼろタオル(株)、日本パーミル(株)、高槻電器(株)、東レ ACE (株)、大有コンクリート工業(株)、東亜合成(株)、井上製作所(株)、タイレックス工業(株)はじめ多くの企業関係各位にお礼申し上げます。

#### 文献

- (1) 例えば、神奈川技術アカデミー光触媒オープンラボ (責任者: 藤島昭)、光触媒技術情報 No.80, 平成 25 年 2 月 20 日
- (2) 大根義男、岸政七、非晶質の複合酸化物微粒子とその製造方法及び製造装置、特願 2003-334685, 26 Sep. 2003, 特許登録 4515736, 21 May 2010

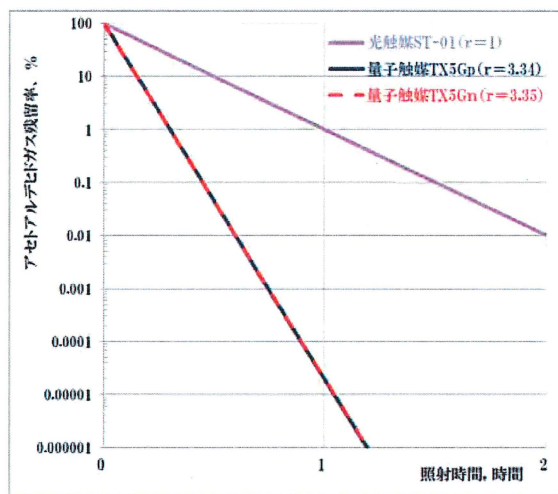


図 4.1 量子触媒 TX5Gp, TX5Gn, 光触媒 ST-01 のガス残留率  
Fig.4.1 Acetaldehyde gas residual characteristics of the Quantum catalyst TX5Gp, TX5Gn and photo catalyst ST-01

- (3) 大根義男、岸政七、光触媒物資およびその製造方法、特願 2006-310651, 16 Nov. 2006
- (4) 岸政七、量子触媒タイレックスとその特性、愛知工業大学総合技術研究所研究報告, No.11, pp.113-126, Sep. 2009
- (5) 西正昭、岸政七、遮光環境における自己浄化機能を有する構造物の開発、愛工大総研・研究報告, No.12, pp.125-128, Sep. 2010
- (6) 津田博洋、岸政七、環境触媒「タイレックス」の溶液化と環境浄化製品への適用研究、愛工大総研・研究報告, No.12, pp.111-117, 2010 年 9 月
- (7) 伊名田剛司、松村直巳、奥田孝雄、岸政七、第 3 世代太陽電池の改良に関する研究開発、愛工大総研・研究報告, No.12, pp.119-124, Sep. 2010
- (8) 岸政七、量子触媒の特性とその実用化、神奈川科学技術アカデミー 光触媒オープンラボ (責任者: 藤島昭) 光触媒技術情報 No.80, PP. 667-674, Feb. 2013
- (9) 岸政七、量子触媒の特性とその実用化、愛工大総研・研究報告 Vol.14, PP.105-112, 平成 24 年 9 月
- (10) 岸政七、量子触媒物資およびその製造方法、特許出願 特願 2011-177434, 出願 15 Aug. 2011、特許公開 公開 2013-039522, 公開平成 25 年 2 月 28 日
- (11) 三留秀人、音響キャビテーションの生成とその利用について、日本機械学会誌 Vol.111, No.1074, PP.32-35, May 2005
- (12) 佐藤仁俊、超音波照射による酸化チタンナノ粒子の液中分散・凝集挙動制御、(独) 物資・材料研究機構 ナノセラミックスセンタープラズマプロセスグループ
- (13) 長嶋順一、市来克己、岸政七、強凝集微粒子の分散技術と量子触媒合成装置の開発、愛工大総研・研究報告, No.12, pp.101-109, Sep. 2010
- (14) 岸政七、長嶋順一、市来克己、強凝集微粒子ゾルの分散技術と量子触媒合成装置の開発に関する研究、愛工大総研・研究報告, No.13, pp.63-69, Sep. 2011
- (15) 岸政七、増淵伸一、超音波振動子ユニット、超音波振動子ユニットを有する分散装置及びこの分散装置を用いた分散方法、特許出願 特願 2012-266631, 平成 24 年 12 月 5 日
- (16) 岸政七、量子触媒の特性とその実用化、愛知工業大学総合技術研究所研究報告、第 14 号、Vol.14, PP.105-112, Sep.2012
- (17) 岸政七、増淵伸一、超音波振動子ユニット、超音波振動子ユニットを有する分散装置及びこの分散装置を用いた分散方法、特許出願 特願 2013-126593、平成 25 年 6 月 17 日
- (18) 岸政七、増淵伸一、超音波振動子ユニット、超音波振動子ユニットを有する分散装置及びこの分散装置を用いた分散方法、特許出願 PCT/JP2013/082615、平成 25 年 12 月 24 日
- (19) 岸政七、増淵伸一、iTP ホーン超臨界合成システムの装置化研究 一その 1一、愛知工業大学総合技術研究所研究報告、第 16 号、Vol.16, PP.93-98, Sep.2014