

超臨界分散装置に関する研究

Study on Supercritical Dispersion Equipment and its Application to the Quantum Catalyst Synthesis

岸 政七[†], 増渕伸一[‡]
Masahichi Kishi[†], Shinichi Masubuchi[‡]

Abstract The supercritical dispersion has been discussed to put the Quantum catalyst on development stage with emphasizing both on ultrasonic dispersion technology for strong aggregation particle and on design catalysis synthesis system. It has been successfully examined that the Quantum catalyst is synthesized by newly proposing iTP supercritical dispersion equipment to achieve more than 1 billion times photocatalytic effect that of the most effective existing 7nm ϕ titanium dioxide photo catalyst in ultraviolet radiation environment.

1. はじめに

光触媒物として、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存在が知られている。光触媒物質は、光エネルギーを吸収し、電子とホールを、物質外に放出する効果を利用した光電素子に利用されるなど、古くから身近な物資として活用されてきた。特に、東京大学藤島昭教授（現東京理科大学長）が発見した酸化チタンの光触媒活性は強力で実用面への応用研究でも世界をリードしている。

強力な光触媒効果を発現する酸化チタン粒子表面に酸化シリコンなどの第2物質を担持させると、光触媒効果をさらに増強する場合がある。第2物質を担持して自由電子とホールを潤沢に供給するように工夫した量子触媒は、紫外線照射環境はじめ、可視光照射環境、さらには遮光環境のいずれの環境においても、紫外線照射する酸化チタンが発現する光触媒効果と同等以上の光触媒効果を発現することが知られている¹。

第2物質として3価（あるいは5価）原子の酸化化合物を担持する量子触媒は、第1物質の酸化チタン結晶構造に歪を与えることなく、光触媒活性を大幅に改善する。担持した3族（あるいは5族）原子酸化物の第2物質が、酸化チタンの禁止帯にアクセプタ（あるいはドナー）準位を生じ、赤外域から紫外域までのエネルギーや、さらに低エネルギーの遮光環境における量子線を吸収して、高い光触媒活性を発現する触媒として注目されている。

量子触媒は光触媒の優れた特性をすべて遺産継承するに止まらず、さらに光触媒の光触媒活性を増補するものであり、量子触媒の応用範囲は光触媒のオーバーセットと位置づけられ、その適用領域は、紫外線照射～可視光照射～量子線照射（遮光環境）と無限に広がる。

例えば、可視光も届かない遮光環境で光触媒活性を発現する量子触媒は、地中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。また、紫外線が届かない環境で光触媒活性を発現する特徴は、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に大きく寄与する。さらに、低レベル希薄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の特徴は、光電変換効率を改善して高効率なソーラーセルの実現を示唆し、夜間でも発電できる夢の第5世代ソーラーセルの出現を示唆する。

[†] 愛知工業大学 総合技術研究所（豊田市）
[‡] 株式会社ソニックテクノロジー（三郷市）

2. 量子触媒と光触媒効果

2.1 反応速度比と光触媒効果の関係

光触媒効果を発現する第 1 物質に第 2 物質を担持した構造を有し、紫外線を照射したときの光触媒効果が、第 1 物質単体の 100 倍以上の触媒を、量子触媒と定義する。

反応速度は、ガスバク法での 1 時間値、すなわち、窒素キャリアガスにアセトアルデヒドガスを重量比 100ppm 程度の標準テストガス 3L と対象触媒を封入し、1mW/cm² の紫外線 1 時間照射後のアセトアルデヒドガス残留濃度と初発ガス濃度の比の対数から求める。

初発ガス濃度 W_0 の T 時間後のガス濃度 $W(T)$ は、式 2.1 で与えられる。

$$W_i(T) = W_0 \exp(-\alpha k_i T) \quad (2.1)$$

ここに、

α はガス量、気圧、温度、触媒量、照射エネルギーなど
実験システム固有な定数

k_i は、触媒 i の反応速度定数

したがって、初発ならびに T 時間経過後のガス濃度を測定することで、触媒 i の反応速度定数 k_i は、式 2.1 の両辺の対数を求め、次のように整理できる。

$$k_i|_T = -\frac{1}{\alpha T} \ln \left\{ \frac{W_i(T)}{W_0} \right\} \quad (2.2)$$

式 2.2 が示すように、反応速度定数 k_i は、ガス濃度 W_0 、 $W_i(T)$ 、システム定数 α 、ならびに、観測時間 T の関数になる。実験システムや、観測時間を変数に含むため、反応速度定数は、実験を複数回繰り返した測定結果を統計処理しても、正確にも求められないという問題があった。これらの問題は、反応速度比を定義すれば、一挙に解決できる。

反応速度比 r_i は、対象触媒 i の反応速度定数 k_i を標準触媒 s の反応速度定数 k_s で正規化した値として定義する量であり、式 2.3 で定義する。

$$\frac{-\ln\left\{\frac{i(T)}{s(T)}\right\}}{-\ln\left\{\frac{s(T)}{s(T)}\right\}} = \frac{\ln\left\{\frac{W_i(T)}{W_0}\right\}}{\ln\left\{\frac{W_s(T)}{W_0}\right\}} = \frac{g\left\{\frac{W_i(T)}{W_0}\right\}}{g\left\{\frac{W_s(T)}{W_0}\right\}} \quad (2.3)$$

式 2.3 に示すように、触媒 i の反応速度比 r_i は、標準触媒と対象触媒に対するガスバク試験を同時に実施することで、両触媒のシステム定数を等しく設定でき、反応速度比が正確に定まる。ガスバク試験を同時に実施して、ガス量、気圧、温度(室温)、触媒量、照射エネルギー等を等しく設定すれば、同一システム定数 α の下、初発ガス濃度 W_0 と、標準触媒 s の T 時間後のガス濃度 $W_s(T)$ と、触媒 i の T 時間後のガス濃度 $W_i(T)$ の比の対数を求めることで、正確な反応速度比が、対数の底に関係なく一意に求まる。

反応速度比 r_i と光触媒効果は、次のように関係づけられる。新聞記事などの「光触媒の何倍」と言う表記は、光触媒効果として、ガスバク法 1 時間経過の残留ガス濃度比を表していることが多いので、以降、光触媒効果は 1 時間後の残留ガス

濃度の比を意味するものとする。

T 時間経過後の光触媒効果は、標準触媒 s のガス濃度 $W_s(T)$ と触媒 i のガス濃度 $W_i(T)$ との比で次に与えられる。

$$\frac{W_s(T)}{W_i(T)} = \frac{W_0 \exp(-\alpha k_s T)}{W_0 \exp(-\alpha k_i T)} \quad (2.4)$$

さらに、標準触媒 s として、1 時間後の残留濃度 $W_s(1 \text{ 時間})$ が 1% と市販光触媒では最大級の光触媒効果の ST-01 を用いることにする。1 時間 1% の残留濃度を式 2.4 に代入すれば、次のような簡単な表現式となる。

$$\frac{s(T)}{i(T)} = \frac{p(-T)}{p(-\alpha k_s r_i T)} = \frac{2(r_i - 1)}{\{ (r_i - 1) T \}} \quad (2.5)$$

2010 年、東京大学と NEDO が開発に成功したと新聞発表があった 16 倍の光触媒活性を有する酸化タングステンの反応速度比 r_w は 1.6 であることが知れる。

すなわち、式 2.5 の左辺に値 16 を代入する。

$$2(r_w - 1)$$

続いて、両辺の常用対数を求める。

$$g(16) = 2(r_w - 1)$$

整理すれば、反応速度比が、次のように 1.6 であることが知れる。

$$\frac{g(16)}{g(16)}$$

また、市販の白金担酸化チタン MPT-623 の光触媒効果は 145 倍であり、反応速度比 r_p は、2.08 であることが知れる。

$$\frac{g(145)}{g(145)}$$

量子触媒は、光触媒効果が 100 倍以上の物質と定義しているが、式 2.5 から、量子触媒の反応速度比は 2 以上の触媒を意味し、MPT-623 以外には世界に類を見ない高い光触媒効果を有する触媒であることに留意して欲しい。

2.2 量子触媒の光触媒特性概要

2.1 で述べたように、市販光触媒の最高水準の光触媒効果は、酸化チタンの 16~145 倍であるが、これらの多くは、酸化タングステンあるいは白金など貴金属を用いた光触媒であり、経済性や資源枯渇問題に難点を有している。一方、地上で 9 番目に多い元素のチタンの酸化物を第 1 物質とし、3 価や 5 価の通常物質を用いて合成する量子触媒は、資源枯渇の心配は殆ど無い。

図 2.1 に量子触媒の特性例として、ガスバク法で観測した反応速度比 r を示す。この量子触媒の合成例は、第 1 物質は粒径 7nm のアナターゼ酸化チタン、石原産業製 ST-01 であり、第 2 物質に 5 価物質を用いている。図 2.1 の横軸は、本研究の主題である新たに開発した超臨界分散装置を用いて量子触媒を合成する時間を、縦軸は反応速度比 r を表す。な

お、合成時間の単位は、モル当たりの分を表している。図中、実曲線は反応速度比 r の最大値を、1 点鎖曲線は平均値を、破曲線は最小値を表している。

図 2.1 に示すように、量子触媒の反応速度比 r は、反応時間 14 分/モルから順次増大し、20 分/モル近傍で飽和する傾向を示している。合成時間 24 分/モルの量子触媒の反応速度比 r は、最大 5.53、平均 4.05、最小 3.67 となる。また、光触媒効果は式 2.9 から一意に求まり、光触媒効果は、最大 11 億 4800 万倍、平均 125 万、最小 21 万倍となり、十分強力な光触媒効果を発現している。

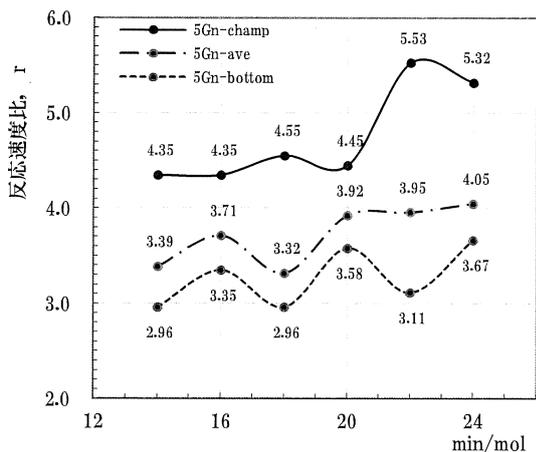


図 2.1 量子触媒反応速度比 vs. 分散処理時間
Fig.2.1 Quantum catalysis TX 5Gn reaction velocity ratio vs. dispersion processing time

3. 量子触媒の合成

量子触媒の合成プロセス概要を図 3.1 に示す。使用する第 1 物質の酸化チタン ST-01 粒径は 7nm の微粒子であり、凝集力が強く、水中で効果的に分散させることが量子触媒の高い光触媒効果を実現するキーテクノロジーとなっている。

7nm ϕ の超微粒子の水分散は、通常サイズの微粒子の水分散とは異なる性質を示す。通常の微粒子の分散は、主に

破碎・分散のカテゴリに属し、粒子そのものの破碎効果に負うところが多い。事実、ミクロンオーダーの微粒子の分散には、ビーズミルなどの機械的破碎力が有効に機能する。

サブミクロンオーダーの微粒子分散には、超音波を照射しながら機械的破碎力を活用する手段が有効となる。

しかし、ナノオーダーの微粒子の分散には、機械的破碎力は機能せず、強力な超臨界場の適用が必須となる。

3.1 iTP 超臨界分散装置の基本概念

図 3.2 に iTP 超臨界分散装置の断面模式図を示す。

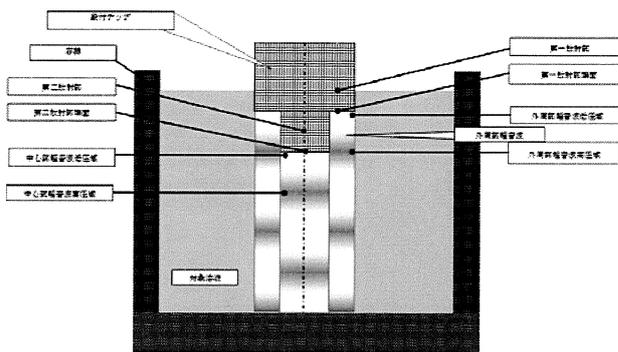


図 3.2 超臨界分散装置の断面模式図
Fig.3.2 Schematic cross-section view concept of the supercritical dispersing equipment

図は、分散動作中の超音波振動子から水溶液中へ放射される超音波を模式的に表している。超音波は放射チップ端面に垂直方向に放射され、超音波周波数で定まる疎密波が準定在波のように生じる。図 3.3 の底面模式図が示すように、チップ端面が同心 2 重円状で、内側の第 1 端面と外側の第 2 端面が超音波波の位相が異なる場合、第 1 端面から放射される疎密波の密なる部は、第 2 端面から放射される疎密波の異なる分布を成す。この結果、互いに異なる位相の 2 本の隣接する超音波の境界で超音波照射方向とは異なる方向へのパラメトリック振動波が生じ、超臨界域が水平方向にも拡大することになる。

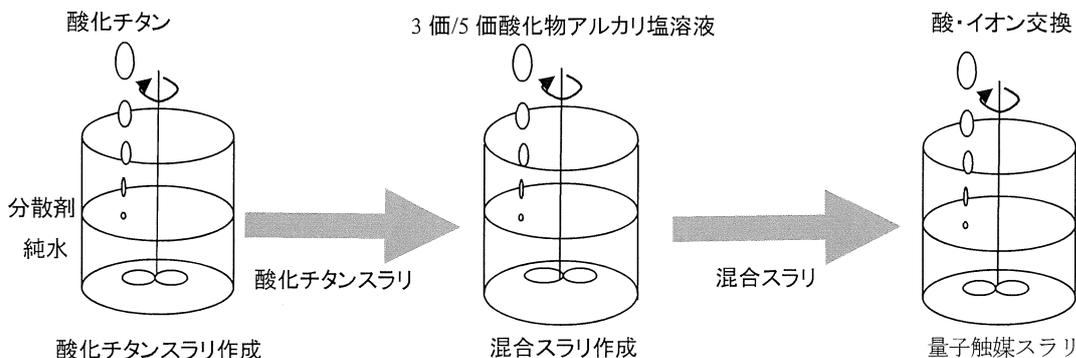


図 3.1 量子触媒の合成プロセス概要
Fig.3.1 General synthesis flow of the Quantum catalyst

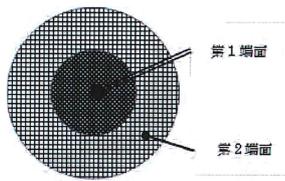


図 3.3 超臨界装置の底面模式図
Fig.3.3 Schematic bottom view of the supercritical dispersing equipment

3.2 iTP 超臨界分散装置と従来型超臨界分散装置の比較

図 3.4 は、従来型超臨界分散装置と新たに開発した iTP 超臨界分散装置で同一周波数 19.5kHz、同一超音波電力を発生させ、溶液(図では、水溶液)を分散している状態を、対比して示す。

iTP 超臨界分散装置は、図 3.4 に示すように、超音波放射面から放射される超音波エネルギーで溶液中にマイクロキャビテーション(以降、超臨界ジェットと呼ぶ)を発生させ、溶液が気体でも液体でもない超臨界状態を発生して効率よく分散機能を実現する。分散効果の高いビーズミルは、破碎作用が強く微粒子結晶の保存性を問わない場合に、サブミクロン程度の比較的大きな粒径の物質の分散に適する。

一方、超音波を活用する超臨界分散は、ナノオーダーの超微粒子の結晶構造を保存したままの分散に適する。凝集力が強い超微粒子をビーズミルで分散する場合、高次凝集粒子を低次凝集粒子にすることができ、粒度分布計などで計測する平均粒径などは、一見分散が進むように見える。

超臨界分散装置を用いて強凝集力の超微粒子を分散す

る場合、粒度計の計測値は分散が進むにつれ、逆に粒径が大きくなるように観測される。これは、超微粒子の分散が進むと、超微粒子と溶液分子、例えば水分子との接触確率が上がり、超微粒子を取り囲む水分子が増大することを意味し、いわゆる乳化現象が生じるためである。

超臨界分散装置の分散作用の効率は、溶液中に超臨界状態を発生させる効果の強弱で決まる。

図 3.4(a) の従来型の場合、超臨界ジェットは、振動子端面の狭い領域から線状に、かつ短距離だけ発生していることが観測される。

一方、図 3.4(b) に示す iTP 超臨界分散装置の場合、容器上部において超臨界ジェットは第 1 端面周辺から球を描くように 3次元に広がり、容器下部において超臨界ジェットは収束して太い柱状に分布していることが、観測できる。

アナターゼ型酸化チタン(石原産業株式会社製、品番:ST-01)4モルを含む10w%の酸化チタン懸濁液を調合し、図 3.4(a)に示す従来型チップを用いて、超音波を放射した。このときの超音波電力は200W、消費電力は0.333kWhであった。

超音波放射後の懸濁液の平均粒径を濃厚系粒径アナライザー(大塚電子製、品番FPAR-1000)で測定した結果を点口(白抜き四角)で図 3.5 に示す。

同様に、アナターゼ型酸化チタン(石原産業株式会社製、品番:ST-01)4モルを水に懸濁し、10w%の酸化チタン懸濁液を調合し、図 3.3(b)に示す iTP チップを用いて、超音波を28分間放射した。このときの超音波電力は 400W、消費電力は 0.187kWhであった。

超音波放射後の懸濁液の平均粒径を濃厚系粒径アナライザー(大塚電子製、品番FPAR-1000)で測定した結果を

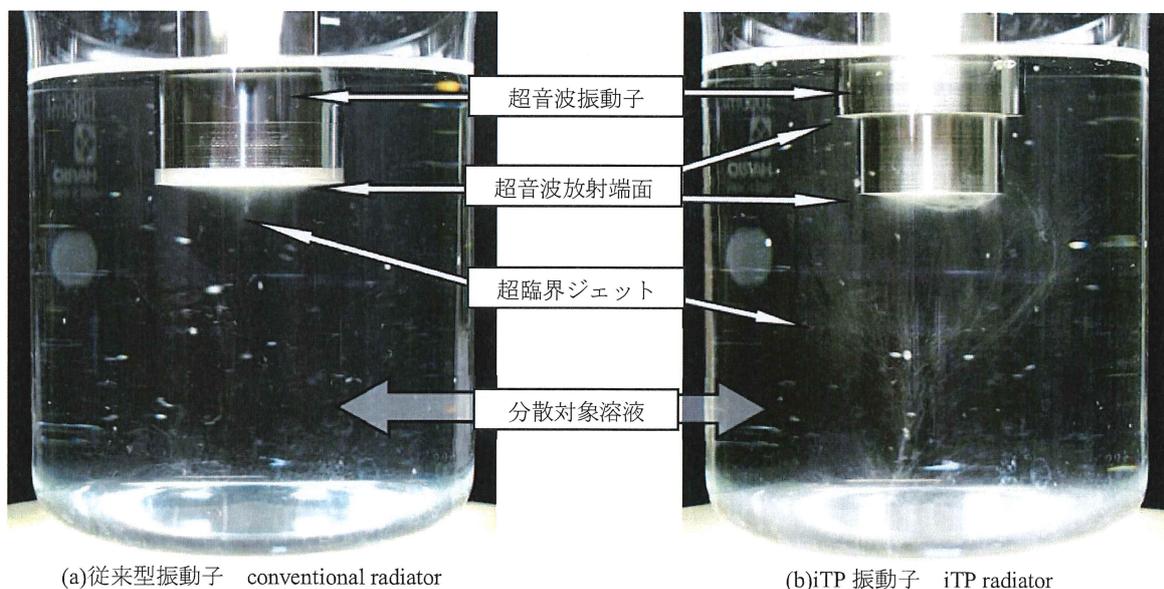


図 3.4 従来型振動子(a)と iTP 振動子(b)の超臨界分散状態の比較

Fig. 3.4 Comparison of the supercritical dispersing state of conventional radiator (a) and the iTP radiator (b)

表1 iTPの種類とチップ形状

| チップ名称 | 第1放射部 直径 mm | 第1放射部 端面 面積 mm ² | 第2放射部 (凸部) 直径 mm | 第2放射部 (凸部) 面積 mm ² | 端面面積比 第2放射部/第1放射部 | 放射電力比 dB |
|-------------|-------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------|
| 1 従来型 | 36.0 | 1017.9 | -- | -- | -- | -- |
| 2 iTP 0dB | 36.0 | 508.9 | 25.5 | 508.9 | 1.000 | 0.0 |
| 3 iTP 1.5dB | 36.0 | 421.6 | 27.6 | 596.3 | 1.414 | 1.5 |
| 4 iTP 3dB | 36.0 | 339.3 | 29.4 | 678.6 | 2.000 | 3.0 |

点○(白抜き丸)で図3.5に示す。

溶液容器の底面から従来型とiTP超音波振動子の先端面までは互いに等しくなるに超音波振動子を固定した。

この状態で、振幅が30μm、周波数19.5Hz、波長が76.92mmとした。

図3.5の横軸は超音波放射時間、モル当たり分(min/mol)を、縦軸は測定値をnm単位で示している。図中、実線で結ばれた点○はiTP(0dB)の測定値を、実線で結ばれた点□は従来型の測定値を示す。また、図中、原点(0min/mol, 7nm)と点(27min/mol, 15,420nm)を通る1点鎖線は、iTP(0dB)粒径の近似を示す。さらに、原点(0min/mol, 7nm)と点(41min/mol, 3,500nm)を通る2点鎖線は、従来型粒径近似を示す。両近似直線の近似度は良好であり、さらなる高精度な近似は可能であるが、従来型に対するiTP分散効果の傾向を観るに十分な近似となっている。

従来型近似直線に対するiTP(0dB)近似直線の傾斜の比は、分散効果を示し、図3.5の両近似直線の比、{15,420n

m/27(min/mol)} / {3,500nm/41(min/mol)}、すなわち7.23倍の分散速度を、iTP(0dB)チップは達成したことを示している。

なお、iTP(0dB)チップの電力消費は400Wであり、従来型の電力消費は200Wであったことを勘案すると、iTP(0dB)の単位電力あたりの分散効率、7.23の半分、すなわち3.62倍と優れている。

4. iTP振動子の特徴

4.1 iTP振動子の種類

表1に実験に使用した3種のiTPチップの主要形状一覧を示す。従来型は、比較のために使用した標準チップであり、第2放射部を有さない平坦なチップ端面が特徴である。

表1 No.1~4の4種全てのチップ超音波放射部材は、チ

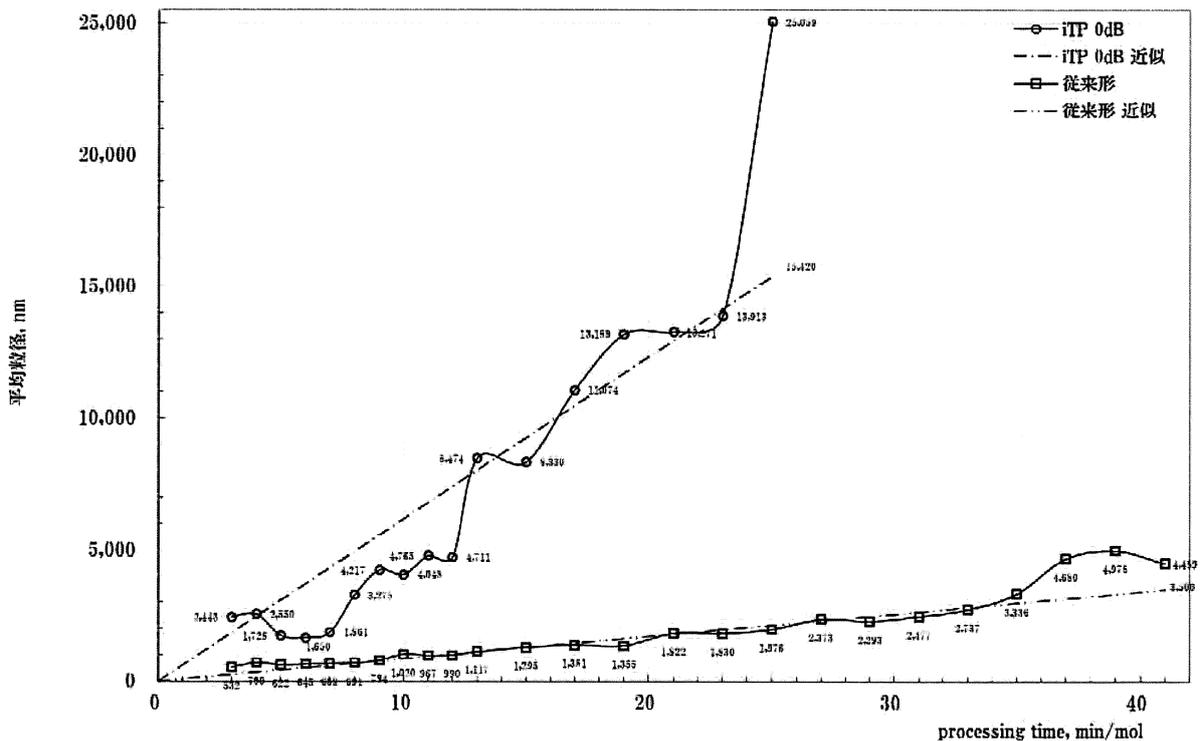


図3.5 7nmφ酸化チタン粒径 vs. 超音波分散処理時間

Fig.3.5 7nmφ titanium oxide slurry particle size vs. ultrasonic dispersion processing time



(a) iTP 0dB



(b) iTP 1.5dB



(c) iTP 3dB

図 3.6 iTP チップで発生する超臨界場

Fig.3.6 Supercritical field generated by iTP 0dB chip (a), iTP 1.5dB (b), and iTP 3dB (c)

らびに 3.3 に示したように、略円柱形状の第一放射部と第一放射部よりも半径の短い略円柱形状の第二放射部とを有し、二段の段差を有する 2 つの略円筒形状の部材が組み合わさったような形状を有している。

具体的には、略円筒形状の第一放射部の一端側の中央部が超音波の放射方向に延出されて第二放射部が形成されており、このとき、第一放射部の一端側に設けられた第一出力端面と第二放射部の一端側に設けられた第二出力端面とが略平行となるように延出されている。こうすることにより、超音波振動子から第一出力端面及び第二出力端面までの距離が異なるため、超音波が第一出力端面から放出される場合と第二出力端面から放出される場合とで位相差が生じることになる。言い換えると、一つの超音波振動子から位相差を有するコヒーレントな 2 種の超音波を放射することができる。

かかる超音波振動子を index TiP (iTP と略称する)と呼ぶ。

超音波照射チップは、無垢のチタン合金で形成されているため、チップ全体が均一に振動するため、端面から放射される超音波電力は端面面積に比例する。

第 2 放射部と第 1 放射部との端面面積が互いに等しい No.2 チップは、第 2 放射部と第 1 放射部端面からの放射電力は互いに等しくなり、かかるチップを iTP 0dB チップと呼ぶ。

同様に、第 2 放射部の電力が第 1 放射部の電力の 1.414 倍のチップを iTP 1.5dB チップ、第 2 放射部の電力が第 1 放射部の電力の 2 倍のチップを iTP 3dB チップと呼ぶ。

4.2 iTP 振動子の挙動

図 3.6 は、3 種の iTP チップを用いて発生する超臨界場の差異を示す写真である。3 種のチップの駆動条件は、すべて振幅が 15 μ m、周波数 19.5kHz、放射超電力は等しく保った。

図 3.6(a)は iTP 0dB チップ、図 3.6(b)は iTP 1.5dB チップ、図 3.6(c)は iTP 3dB チップを用いた場合を表す。

図 3.6(a)は、第 2 放射部と第 1 放射部の放射電力を等しくした場合であり、超臨界ジェットは鮮明ではないが、第 2 放射部端面から生じる超臨界ジェットは、水平方向にも広がり呈しながら発生しており、第 2 放射部端面からピーカー底面方向へ離れた位置で超臨界ジェットが収束し、球状の超臨界場が観察できる。

図 3.6(b)は、第 2 放射部電力が第 1 放射部電力の 1.414 倍の iTP 1.5dB チップを用いた場合に発生する超臨界場を示す。

iTP 0dB チップの場合と同様に、第 2 放射部端面から生じる超臨界ジェットが、水平方向にも広がりを見せながら、第 2 部放射部端面から半波長ピーカー底面へ離れた位置近傍で超臨界ジェットが収束し、超臨界ジェットが球状に形成されることが鮮明に観測できる。

図 3.6(c)は、第 2 放射部電力が第 1 放射部電力の 2 倍の

タン合金である。表 1 No.2~4 の iTP チップは、図 3.2 な

iTP 3dB チップを用いた場合に生じる超臨界場を示す。

iTP 3dB チップの第2放射部端面から放射される超臨界ジェットが、水平方向にも広がりを見せながら放射され、ピーカー底面との中央部近傍で超臨界ジェットが収束し、ピーカー上部のチップ側では超臨界ジェットが立体的に放射されることが鮮明に観測できる。

iTP 3dB チップの第2放射部端面からの放射電力は、3dBと第1放射部の2倍と、図 3.6(b) の 1.5dB の場合に比べ、第2放射部から強い超音波電力が放射されているため、第1放射部端面からの放射されている超音波を水平方向へ押す力が強く、球状からソロンパン玉のような楕円球状な超臨界場が観測できる。

4.3 iTP 振動子の特性

iTP 超臨界分散装置で酸化チタン・スラリーを分散処理すると処理時間とともに、図 3.5 に示すように粒径が増大することが観測されている。分散処理すると、スラリー中の粒子の粒径は処理とともに減少するものと認識されており、一般的概念に相反する傾向となっている。一般概念に相反する iTP 超臨界分散装置が量子触媒合成に有効していることを検証するため、合成する量子触媒の反応速度比を調べた。

アナターゼ型酸化チタン(石原産業製 ST-01)を用いて酸化チタン・スラリーを調合し、深さが 150mm、底面の内径が 105mm のガラス製ピーカーに適量入れ、周波数 19.5kHz の超音波を、表 1 に示した 3 種の iTP チップ、iTP 0dB チップ、iTP

1.5dB チップ、iTP 3dB チップを用いて放射して合成した量子触媒の反応速度比を、図 3.7 に示す。

図 3.7 の横軸は、超音波照射時間(1 モル当たりの分)、縦軸は酸化チタン ST-01 の反応速度に対する量子触媒の反応速度の比(反応速度比)を表す。

図中の□は iTP 0dB チップを用いた場合の反応速度比、○は iTP 1.5dB チップを用いた場合の反応速度比、△は iTP 3dB チップを用いた場合の反応速度比を示す。

また、反応速度比の観測値の最大値を点曲線で結び、平均値を実曲線で結び、最小値を一点鎖線で結び示す。

図 3.8 に、iTP チップの構造により合成される量子触媒の反応速度比が変化する様子を、示す。

図 3.8 の横軸は、iTP チップ構造により定まる放射電力比(dB値)を、縦軸は合成される量子触媒の反応速度比を示す。図3.8中の○点は反応速度比を表し、最大反応速度比を点曲線で、平均反応速度比を実曲線で、最小反応速度比を一点鎖線で結び区別表示している。

iTP チップの放射電力比が反応速度比に及ぼす効果は、図 3.8 に示すように、1.5dB の場合に、最大効果が得られることが明らかになる。

図 3.8 に示した電力比の効果が iTP 1.5dB チップの場合に最大の反応速度比を有する量子触媒が合成されることと、図 3.6 における超臨界ジェットを比較したとき、図 3.6(b) の iTP 1.5dB チップの場合に超臨界ジェットが最も鮮明に観測されたことに合致することは興味深い結果である。

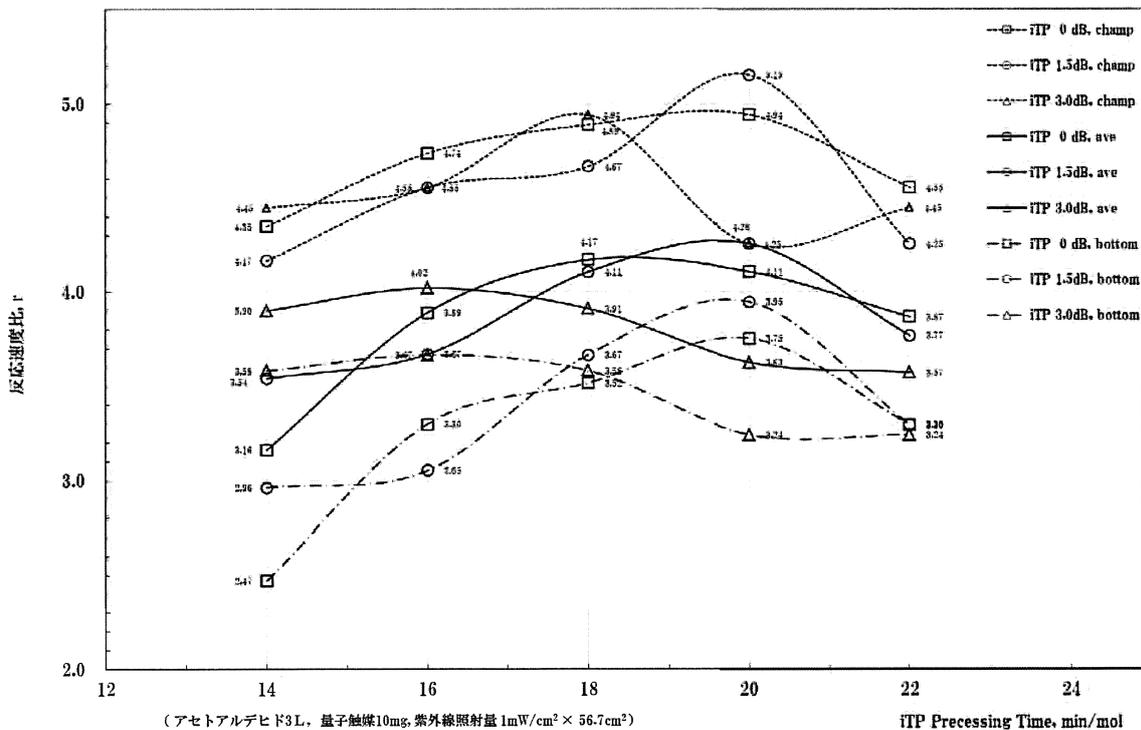


図 3.7 量子触媒反応速度比 vs. iTP 処理時間
Fig.3.7 Quantum Catalyst reaction velocity ratio vs. iTP processing time

5. むすび

市販されている光触媒物質ははじめ開発が報告されている光触媒活性物質は多種存在する。白金と酸化チタンのショットキーバリアを利用した白金担持酸化チタン、石原産業製 MPT-623 の 2.08 は、最大正規化反応速度定数を実現している。また、平成 20 年 10 月に正規化反応速度定数 1.6 の酸化タングステン光触媒が開発されたとの報告がある。しかし、白金やタングステンをを用いる光触媒は、共に資源枯渇の危険性を内在する触媒物質となっている。

一方、量子触媒は、地球に大量に存在する酸化チタンを主原料とし、貴金属や希土類を使用しないので、経済的な安心安全な触媒物質である。さらに、白金やタングステンなどの貴金属や希土類を必要としないので資源枯渇問題はなく、原料供給や高価格問題の心配も無い。

紫外線照射時は、既存の光触媒に対して正規化反応速度定数倍だけ大きな反応速度定数の光触媒機能を実現する。さらに、可視光しか届かない水中でも、可視光や紫外線照射が無い遮光環境でも到来する量子線(熱線など)を受けて、量子触媒は光触媒活性を発現することができ、その利用目的と適用領域は無限に展開する。

将来、パンデミックが心配される新型インフルエンザの防止に有効な経済的な抗菌・除菌マスクの提供や、紫外線が到来できない可視光の大部分も減衰する体内深部癌細胞を破

壊する特徴を活かした癌治療法を提供する可能性がある。

さらに、遮光環境で効果的に光触媒活性を発現する特徴は、夜間でも十分な電力を発生する夢の第 4 世代太陽電池の出現を示唆する。同時に、発電効率を正規化反応速度定数倍だけ改善でき、かつ刷毛塗で第 4 世代太陽電池を実現できる経済性は、量子触媒が再生可能エネルギーの提供と、低炭素社会構築に大きく寄与するものとなり、将来の社会構築の重要な基盤物質に成長するものと確信する。

謝辞

量子触媒に関する研究遂行中 2003 年～2013 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・故大根義男所長、架谷昌信所長、澤木信彦所長はじめ歴代所長から終始ご指導頂いたことに謝意を表します。

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共同研究体制を構築頂き、ご支援頂いた企業ならびに公的機関関係各位に謝意を表します。特に、東亜合成(株)、タイレックス工業(株)、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)ならびに井上製作所(株)の関係諸兄に御礼申し上げます。

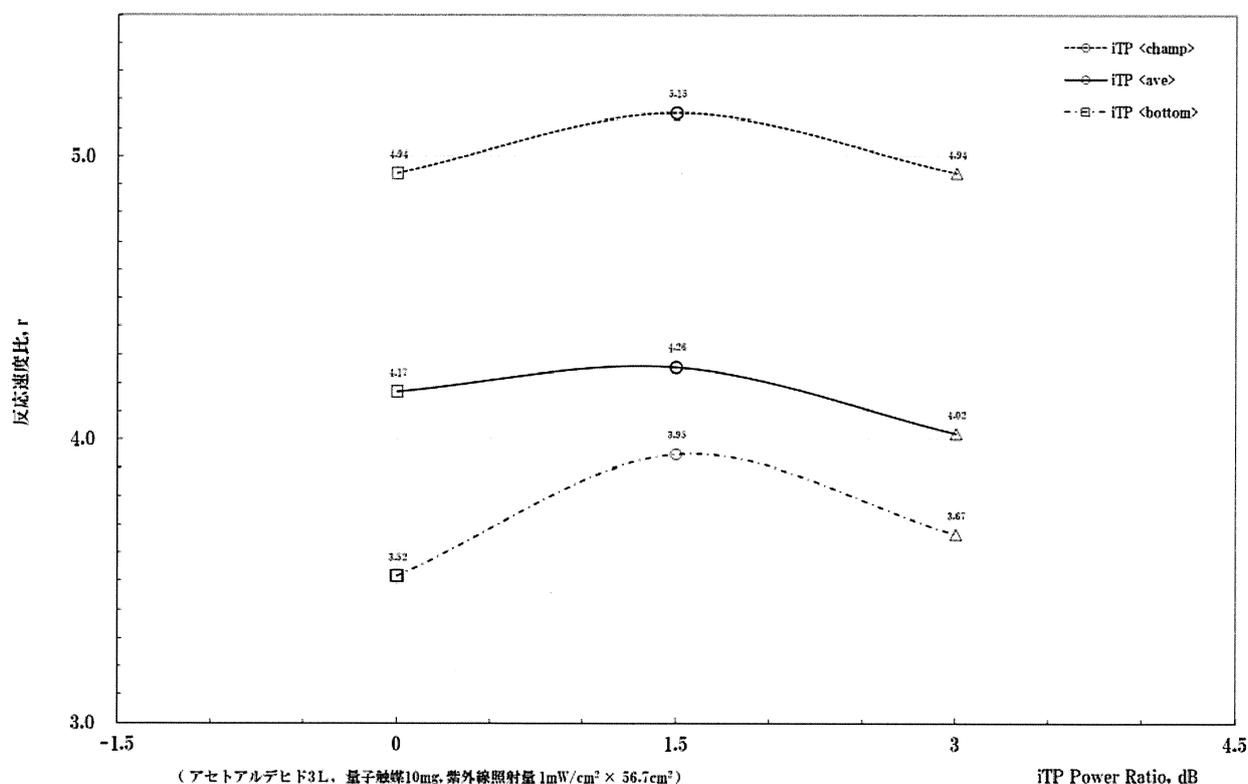


図 3.8 量子触媒反応速度比 vs. iTP 電力比

Fig.3.8 Quantum Catalyst reaction velocity ratio vs. iTP power ratio

文献

- (1) 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
- (2) 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
- (3) 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 ナノセラミックセンタープラズマプロセスグループ
- (4) 大根義男、岸政七、多穴製品、特願 2005-197242, 6 July 2005
- (5) 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
- (6) 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
- (7) 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
- (8) 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
- (9) 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
- (10) 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
- (11) 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
- (12) 岸政七、量子触媒の特性とその実用化、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, PP.667-674, 平成 25 年2月 20 日
- (13) 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
- (14) 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
- (15) 加藤勘次、経済産業省中小企業庁・新連携事業 4-19-068「特殊擦糸を用いたふっくらと柔らかく毛羽落ちの少ないタオル地製品の製造・販売事業」、法認定(コア企業) 平成 19 年 12 月 20 日
- (16) 松井秀生、インクジェット捺染方法及び捺染布帛、特許公開 2002-88665, 平成 14 年3月 27 日
- (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 2012-266631, 平成 24 年 12 月 5 日