

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03923

研究課題名(和文) 金属酸化物粉末の「同定」と精密評価を可能にする電子トラップ密度解析法の開発

研究課題名(英文) Development of Analytical Method for Energy-resolved Distribution of Electron Traps for Identification and Detailed Analysis of Metal-oxide Powders

研究代表者

大谷 文章(Ohtani, Bunsho)

北海道大学・触媒科学研究所・教授

研究者番号：80176924

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,800,000円

研究成果の概要(和文)：金属酸化物や窒化炭素などの半導体固体材料のほとんどがもつ空の電子準位である電子トラップについてそのエネルギー分布を測定する逆二重励起光音響分光法(RDB-PAS)について、その基本原理の解明をおこなって適用範囲の拡大をはかるとともに、基本原理に対して高忠実な測定結果を得るための装置の改良および条件設定を行った。また、広範囲の試料についての測定結果から、従来の物性・特性測定手法を利用することなく、RDB-PASのみにより、試料間の一致、類似および相違を定量的に評価する方法を開発するとともに、従来法では得られなかったアモルファス(非晶質)および表面特性を定量的に評価できることをしめした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、分子状の有機化合物にのみ要求されてきた「同定」という概念が、逆二重励起光音響分光法による測定結果をつかって無機固体物質にも適用できることをしめした。これは、従来の分析手法では不可能な、アモルファス(非晶質)と表面構造を巨視的(マクロスコピック)かつ定量的に評価できたことにもとづく。本手法で「ほぼ同一」と判定された試料は、あらゆる物性、特性あるいは反応性がほぼおなじであることから、同定の妥当性がしめされた。また、無機固体物質にはなかった「純度」についても同様に定量できることをしめした。さらに、異種粒子間の相互作用が測定結果にあたる影響を利用して、粒子の混合の均一性の評価も可能である。

研究成果の概要(英文)：The basic principle of reversed double-beam photoacoustic spectroscopy (RDB-PAS), enabling the measurement of energy-resolved distribution of vacant electronic states, electron traps, in the most of semiconducting metal oxides and carbon nitride, was clarified to extend the application of this method. Based on the measurement principle of RDB-PAS, the instrumental setup and measurement were improved and modified to obtain the results of conditions high-fidelity. The measurements were made on the wide range of samples to establish the quantitative measurements identicalness, similarity and differentness of sample pairs without using conventional analytical techniques and to characterize amorphous (non crystalline) and structures of solid samples, which have not been analyzed by the conventional techniques.

研究分野：無機材料化学

キーワード：電子トラップ 光音響分光法 エネルギー分布 同定 純度 粒子混合均一性

1. 研究開始当初の背景

触媒や光触媒をはじめとして材料科学でとりあつかうのはほぼすべてが固体である。この固体材料科学の分野では、ある「あきらめ」がある。いわく、おなじレシピで調製してもちがった性能や特性になることや、おなじメーカーのおなじコード名（場合によってはおなじロット）のものなのににおなじ結果がえられないことなどである。「調製者の『腕』がわるい」とか「おなじ製造法でもなにか条件がちがっていた」と思うのは、おなじレシピ（製造法）でつくっても、検出できない「ちがひ」が存在すると認識しているからである。それにもかかわらず、その「ちがひ」の検出が試みられることはなく、従来法の測定をくりかえしている。

有機化合物（あるいは金属錯体や分子状の無機化合物）でこのような問題がないのは、これらがかならず同定（identification）されるからである。論文発表する場合には、すくなくとも元素分析とNMRパターンについて標品との一致をしめすことがもとめられる。同定とは、構造を一義的に規定できる「ユニーク」な名前をつけることであり、有機化合物についてはIUPACが厳密な命名法を規定している。それなら、無機固体についてはどうか。じつは、IUPACは「無機固体についてはその構造を反映する名称をあたえることは困難である」としている¹⁾。つまり、無機固体材料の同定は免除されているのである。「あきらめ」の原因はここにある。

IUPACの記述はいわば「あとづけ」である。無機固体構造を厳密に規定できない理由が、その表面構造をあらわすことがむずかしいためであることはだれでも知っている。結晶なら単位格子を特定すればよい（バルクの構造を規定するのにX線回折パターンだけがしめされることが多いが、非結晶成分の有無とその構造の特定という問題が無視されているにすぎない）が、表面の構造を「ことば」で表現する（名前をつける）のは容易ではない。また、1種類だけの表面構造であることは皆無といえるため、その分布も特定する必要がある。これまでの表面科学の研究の多くは「きれいな」表面をモデルとしておこなわれ、それぞれについてはきわめて精緻な測定結果と理論的なうらづけがしめされているが、実際の材料科学に反映されないと考えられている（これもまた「あきらめ」である）。逆にいえば、顕微鏡観察のような表面構造のマイクロ測定ではなく、全体の表面構造をマクロ測定でき、かつその手法がさまざまな試料に対してある程度の普遍性をもつのであれば、無機固体を同定できるかもしれない。

2. 研究の目的

電子トラップの計測が、固体材料の「表面構造のマクロ測定」になるかもしれないと考えたわけではなく、データを蓄積してながめてみたら「表面構造のマクロ測定」という概念をつくれるかもしれないと考えた（なので、ここまでの「はなし」もまた「あとづけ」である）。電子トラップ（electron trap）は研究代表者らの造語ではなく、「電子」の「捕捉中心」すなわち電子を捕捉する（空の）準位のことである（すでに1971年には長谷川らによって報告されている²⁾）。それ以上でもそれ以下でもなく、どのような構造であろうと電子を捕捉すればよい。

酸化チタン(IV)や酸化タングステン(VI)は、水素気流下あるいは真空下で加熱すると、それぞれ（青）灰色、青色に変色する。この着色は、それぞれ三価と五価のカチオンが生じる（これら2種については、電子とともにプロトンやリチウムイオンなどのカチオンが挿入され、結果的に水素やリチウム原子が挿入（インターカレーション）される）ためと考えられている。さらに低原子価まで還元されることはまれで、また、試料中のすべての金属イオンの価数が1つ減少するというわけではないから、試料ごとに異なる一定密度までしか還元が進行しないようである。このことから、低原子価になりうる金属イオンを含む「特殊な」構造が「電子トラップ」である。

酸化チタンの場合には、メタノールやトリエタノールアミンなどの電子供与体の水溶液中に粉末を分散させて紫外光を照射すると、懸濁液が（青）灰色に変化する。電子供与体が正孔と反応し、のこった電子が蓄積されるからである。この着色した懸濁液にメチルビオロゲン溶液をくわえると、 MV^{2+} が1電子還元されてカチオンラジカル（ $MV^{\cdot+}$ ）が生じ、懸濁液が青色に変化する。すべての電子トラップに捕捉された電子が MV^{2+} を還元すると仮定し、既報のカチオンラジカルの吸光係数³⁾をつかうと、その吸光度から、電子トラップの密度（ mol g^{-1} ）をもとめることができる⁴⁾（以下「光化学法」）。しかし、この測定結果は1997年に報告されただけでおわった。理由は簡単で、光触媒活性などの結果の説明にはまったく役にたたなかったからである。

光化学法では、電子トラップに捕捉された電子が溶液中の MV^{2+} に移動する（暗黙のうちに電子トラップは表面あるいは表面ちかくに存在していて、溶液中の MV^{2+} と反応できることが前提となっている）。 MV^{2+} の1電子還元にかかわる次式の標準電極電位は標準水素電極（SHE）基準で -0.45 V である⁵⁾。 $MV^{2+} + e^- = MV^{\cdot+}$ （式1）式からわかるように、この電位はpHにかかわらず一定であるが、酸化チタンなどの金属酸化物では、そのバンド位置がpH1単位あたり約60 mV（高pHで負側（カソード側）に）変化すると考えられている。電子トラップもバンドとともに変化すると仮定し、pHを低い方から高い方へ変化させるpH滴定をおこなうと、各pHにおいて、式1の電位より高エネルギー側にある電子トラップ中の電子が MV^{2+} に移動（ MV^{2+} を還元）する、すなわち高い（浅い）トラップから順番に電子がとりだされることになる⁵⁾。原理的にはほぼ完璧な測定（研究代表者のアイデアではなく当時の研究室の鳥本司助教授（現名古屋大学）と池田茂助手（現甲南大学）によるもの）だが、この方法で測定されたのは、未公開のものをふくめて3試料だけである。

3. 研究の方法

それは、この実験が容易でないからである。電子が捕捉された電子トラップと $MV^{\cdot+}$ がいずれも

酸素により容易に再酸化されるため、0.1単位のpH調整、遠心分離や吸光度測定をふくむ全工程（注射針のなかの気体も完全に置換する）をグローブボックス中で行う必要があり、相当な熟練を要する（いま「やれ」といわれてもたぶんできない）。

ということで、「測定できれば役に立つ」と思いつつ10年以上放置されていたが、ある企業の方とはなしをしているときに、「ふと」おもいついたのが「逆二重励起光音響分光法（RDB-PAS=reversed double-beam photoacoustic spectroscopy）」である（残念ながら、その企業はこの測定法の特許化や実用化については辞退されてしまったが）。

研究室ではすでに二重励起光音響分光法（DB-PAS）を開発していた⁶⁾。これは、試料に定常光を照射しておこる光吸収スペクトルの変化を断続光（変調光）をもちいる光音響分光法で計測するというものである。光音響分光法では、変調光による光励起とその脱励起プロセスで発生する熱による試料の膨張と収縮にもとづく音響信号を検出するため、強散乱試料でも吸収だけを計測できる（ただし吸収の絶対値をもとめられないので較正が必要）。DB-PASでは、定常光は単色光あるいは白色光であり、変調光を波長走査する。これに対し、定常光を波長走査し、変調した単色光で光音響信号を記録するのが逆二重励起光音響分光法である⁷⁾。波長走査するビームを変調光から定常光に変えているので「逆」と称している。

実際の測定結果の一例を図1に示す。上段（a）がRDB-PAS測定結果である。励起のための連続光を長波長側つまりエネルギーの低い方から波長走査すると、変調したLEDの赤色光（625 nm）により検出される光音響信号がしだいに増大した。この累積信号強度をあらゆる曲線を長波長側から微分すると信号強度の波長分布がえられる。これが電子トラップ密度のエネルギー分布（ERDT=energy-resolved distribution of electron traps）であると考え、さまざまな酸化チタン試料について測定した総密度の相対値を、光化学法で測定した絶対値に対してプロットすると良好な直線関係がえられた。このプロットのかたむきをつかって較正することによって、密度の絶対値がえられる（中段（b））（現在のところ較正済なのは酸化チタンだけであるが、原理的にはどのような試料でも較正可能）。

価電子帯から空の電子トラップに電子が励起して蓄積する（同時に生成する価電子帯の正孔はメタノールにより消費される）と考えれば、この横軸のエネルギーは価電子帯上端（VBT=valence-band top）を基準とするエネルギーとなる。おなじ装置をつかい、変調光の波長走査だけで通常の光音響分光測定をすると拡散反射スペクトルに相当するPAスペクトルがえられる（図1下段（c））。吸収端波長からもとめたバンドギャップのエネルギーは、VBTと伝導帯下端（CBB=conduction-band bottom）間のエネルギーといえるから、ERDTとおなじくVBT基準でCBBを表示できる。これが「ERDT/CBBパターン」である。

4. 研究成果

研究室にある酸化チタン粉末を測定してみた。結晶組成が異なるいくつかのパターンを図2に示す。こうやってならべてみると、結晶型によってパターンに特徴があると誤解されやすいが、おなじカテゴリー（たとえば大部分がアナターズで少量のルチルをふくむ「A+R」やアナターズのみ「A」）でそれぞれ数種の粉末のパターンを比較すると、ERDTパターンの類似性はひくい。アナターズのみやルチルのみの場合には、CBBだけはほぼ一致する。これは、バンドギャップに相当するCBBがバルクの特性だけできまることに対応する。これに対してERDTは表面構造を反映している可能性がある（表面構造のマクロ測定！）。各種酸化チタンの電子トラップの総密度を比表面積に対してプロットすると「ある程度の直線性をもつ正の相関関係」がみとめられたことから、大部分の電子トラップは粒子表面にあると思われる。

これらのERDT/CBBパターンをみせると、「電子トラップが伝導帯内にある」ことが指摘される。これのおもな原因は、電子トラップの密度がきわめてひくいことである。もし十分な密度があれば、RDB-PASをつかわなくても、単に吸収スペクトルを測定して、価電子帯から電子トラップへの励起を観測すればいい。実際には、対応する吸収帯があらわれないのは、電子トラップの密度があまりにもひくくて測定誤差内にはいつてしまうからである。一方、価電子帯のなかの電子エネルギー準位の密度であるDOS（density of states）は一樣ではなく、とくにVBTではほとんどゼロである。したがって、RDB-PAS測定においてVBTから低密度の電子トラップへの励起確率はほぼゼロで、実際にはVBTより低エネルギーのDOSからの励起がおり、結果的にエネルギーを過大評価することになる。光化学法でえられたERDTパターンと比較すると0.1~0.2 eV程度のずれが確認できる⁸⁾（と説明しても納得してもらえないことはすくない）。正直にいうと、電子トラップの大部

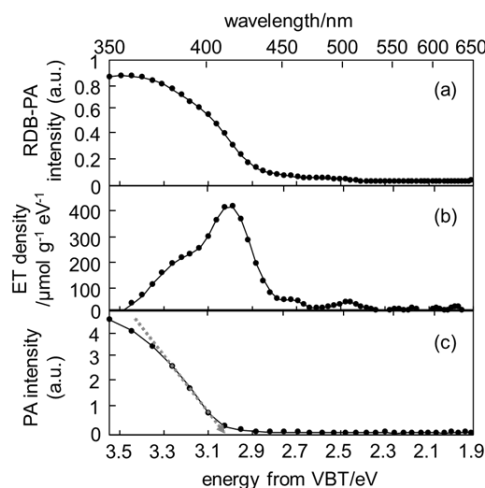


Fig. 1 Representative (a) raw RDB-PA spectrum, (b) ERDT pattern and (c) PA spectrum of a titania sample (Showa Denko Ceramics ST-F4) [Fig. 3 in A. Nitta, M. Takashima, M. Takase, B. Ohtani, *Catal. Today*. **321-322**. 2 (2019).]

分は表面にあるので、伝導帯や価電子帯というバルクのエネルギーレベルの制限をうけないかもしれないし、そもそも光化学法以外にERDT測定手法がないので、ほんとうのところはわからないのが実状である。じつは、このエネルギーレベルの問題だけでなく、そもそもなぜ電子トラップがCBB付近のエネルギーをもつのか、そして、それがどんな構造なのかさえわかっていない。

有機化合物の同定には、かつては赤外吸収スペクトル (IR) が、その後、核磁気共鳴パターン (NMR) がおもにつかわれている。現在ではいずれも推定構造からのシミュレーションが可能 (とはいっても経験値を使用している) であるが、基本的には、異なる構造であれば異なるスペクトル (パターン) をあたえると仮定し、それぞれの

化合物に特有な (unique) 「指紋」としてつかわれている (IRでは「指紋領域」とよばれる波数領域があった)。それなら、ERDT/CBBパターンも固体材料の指紋にならないか。「異なる固体材料が異なるERDT/CBBパターンをあたえる」ことを演繹的にしめすことは不可能だが、前述のように、(a) ERDTパターンが表面構造を、(b) 電子トラップの総密度が表面 (あるいはバルク) のサイズを、および、(c) CBBがバルクの構造を反映するなら、ERDT/CBBパターンによって固体の構造を総合的に評価しているといえるから、おおいに期待できる。

まず、おなじ試料ならおなじパターンをあたえることをしめす必要があると考え、1つの市販酸化チタンの容器のほぼおなじ場所から粉末試料を採取して測定した。たしかによく似たパターンがえられたので、どのくらい似ているのかを定量的に評価した。(a) パターンの形状 (絶対値は問わない)、(b) 総密度、および (c) CBB位置 (エネルギー) について、一致度 (ζ)、 ζ (a) および ζ (a) を数値化し (0~1)、それぞれの標準偏差にもとづいて重みをつけた積として一致度 (ζ) をもとめたところ、3試料のパターンの3つの組合せについて、ほぼ0.9以上の値がえられた。つまり、0.9以上の一致度をしめす2試料は「ほぼおなじ」といってよい。おなじ試料容器のべつの位置から採取して測定した場合には、やや異なるERDTパターンとなり、上述のほぼおなじ場所から採取した3試料それぞれとのパターンとの一致度は0.7~0.8に低下した。これらの結果は、試料容器内に不均一性があることと、その不均一性が判明するほどERDT/CBBパターンが構造に敏感であることをしめす (逆にいえば、どうやって標準試料を用意するのかという問題が浮上した) ^{7,9)}。

ともかく、49種類の市販酸化チタンについてその一致度をもとめた (Microsoft Excelのマクロを作成して使用) ところ、ほとんどの組合せで一致度は0.5以下であった。もともと「べつのもの」だから、ある意味「あたりまえ」である。ところが、2000をこえる組合せのうちで29の組合せだけが0.6以上の一致度をしめた。つまり、似ていた。表1はその結果の一部 (触媒学会参照酸化チタンをふくむもの) である⁹⁾。このうち、エントリー2, 3および7のTIO-4, TIO-8およびTIO-11の参照酸化チタンは、それぞれP25 (日本アエロジル)、ST-01 (石原産業) およびFP-6 (昭和電工セラミックス) である (とされている) から、一致度がたかいは当然であるが、エントリー2の組合せでも一致度は0.8以下であり、製造ロットや保管状況で「やや異なる」ものになっている。また、エントリー1と4の「Wako」(富士フイルム和光純薬) は、もともと「おなじ」はずのP25とTIO-4の両方に酷似しているから、P25を再包装して販売しているのかもしれない。しかし、重要なことは、容器のラベルや名称、コード番号あるいは製造プロセスがおなじでも「まったくおなじ」ではないことと、逆に、これらがちがっていてもERDT/CBBパターンが「おなじ/よく似ている」ものは「おなじもの」といえることである。たとえば、表1の右はしの「3種の光触媒活性の一致度 (0~1) の平均値 ($\zeta_{PC(ave)}$)」は、パターン的一致度がたかいは高くなっており、エントリー1の組合せでは0.9をこえた。つまり、ラベルや販売元、製造プロセスあるいはほかの分析データなどの情報がなくても、ERDT/CBBパターンだけを見て、それがおなじならおなじものと考えてよいということである。これは、酸化チタンという固体材料が「同定された」ということになる (詳細な解析については既報⁹⁾を参照されたい)。

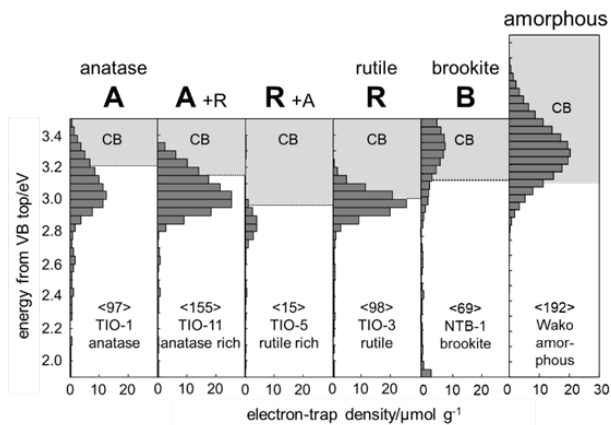


Fig. 2 Representative ERDT/CBB patterns of commercial titania samples with bulk structure of anatase, rutile and brookite as well as amorphous.

ただし、この結果をみて、電子トラップが光触媒反応機構のなかで重要なはたらきを担っていると考えるのは早計かもしれない。実際には、電子トラップが直接関与しそうな化学的特性のみならず、たとえば粒子形状のような物理的特性が「おなじ/似ている/ちがう」ことについても、ERDT/CBBパターンによって説明が可能である(粒子形状が異なるということは露出している表面が異なることであり、その表面構造がERDTに反映されることになる)。つまり、ERDT/CBBパターンによって固体材料の構造がはじめて総合的に評価されたと考えてよい。しかし、そうであれば、いままでの研究代表者もふくめて多くの研究者がとりこんできた「光触媒の構造—活性相関」の議論はなんだったのかということになる。

P25という有名な酸化チタンは一種のデファクトスタンダード (de-facto standard) であるが、その不均一性についてはすでに報告されている¹⁰⁾。これは、表1の結果をみてもあきらかで、それぞれの研究室にあるP25は、そのラベルがP25というだけで、「同一である」保証はない。したがって、P25(あるいはどのような酸化チタンでもその均一性が保証されない粉末)を基準にして活性を評価するのは、危険である。逆に、表1の5位と6位の組合せは、それぞれべつのメーカーの酸化チタンであるが、ERDT/CBBパターンの一致度が比較的高く(「よく似ている」レベル)、その光触媒活性も「ほぼおなじ」であることから、「ほぼおなじ酸化チタン」といえる。どちらかが他社に供給しているのかもしれないし、たまたま類似した製造法なのかもしれないが、そのことは問題ではない。構造が似ているから、性質や特性が似ているのである。これまでの報告では、調製条件を変化させて「異なる構造」の複数の試料を比較することが多かったが、「同一性 (identicalness) /類似性 (similarity) /相違性 (differentness)」を判断できない従来法の計測結果を構造パラメータとしてつかって、そのちがいが活性におよぼす影響を議論してきたといえる。

最近、人工知能 (AI=artificial intelligence) による材料設計がさかんである(らしい)。情報科学の手法をつかった「構造—特性相関」の解析である。原理的には、その解析に必要な構造パラメータ(デスクリプター/記述子=descriptor)は、その材料を「同定」できなければならないと研究代表者は考えるが、そんな記述子は存在しないのではないか。AIによる材料設計の鍵は「材料を同定できる記述子」であり、ERDT/CBBパターンが、現在考えられる唯一の候補であることはまちがいない。

前述のように、市販酸化チタンの電子トラップ総密度は、比表面積とともに直線的に増大する傾向をしめし(ただし比例関係ではなく、一定のy切片がみとめられる。これはおそらくバルクの電子トラップによるもの)、1平方ナノメートルあたり1個程度である。このことは、電子トラップが、ある種の点欠陥に相当するような「たまたま」生じる構造ではなく、表面の再構成構造中に自動的に形成される構造である可能性がたかい。

そこで、研究代表者の研究グループがすすめてきた{101}面だけが露出した八面体形状アナタース粒子(OAP=octahedral-shaped anatase particle)¹¹⁾に着目した。調製法に改良をくわえて、結晶純度とOAP含率がきわめてたかく、かつ粒径を制御したものを調製し、これを試料として測定をおこなった。未発表のため詳細はしめせないが、非結晶成分がほぼゼロで、OAP含率が90%以上という高純度のOAPは、SEM画像からもとめた粒子サイズをもとに計算した比表面積が実測値とほぼ一致するなど、若干の粒子径分布をのぞくとほぼ均一な純粋試料といえる(したがって、このOAP試料はRDB-PAS測定における標準試料の有力な候補である)。一連の粒子サイズの試料のERDTパターンは、市販酸化チタンにくらべていずれもそのピークの半値幅がちいさかった。電子トラップが露出格子面ごとに異なるエネルギーをもつと仮定すると、OAPでは{101}のみが露出しているためと説明できる。また、電子トラップ総密度—比表面積間のきわめて高い直線性(市販酸化チタンの場合に直線性がわるいのは露出格子面に分布があるためと説明できる)から、電子トラップの表面密度は1平方ナノメートルあたり0.5個とみとめられ、市販酸化チタンの約半分であった。おそらくこれがアナタース{101}面の電子トラップ密度であり、これに相当する表面構造の解析をすすめている。

Table 1 Representative high- ζ (> 0.6) pairs of commercial titania powders including JRC -TiO series reference titania provided by Catalysis Society of Japan.

entry	pair	ζ	$\zeta(a)$	$\zeta(b)$	$\zeta(c)$	$\zeta_{pc}(ave)^a$
1	TiO-4 Wako ^b	0.788	0.863	0.941	0.970	0.901
2	TiO-4 P25	0.760	0.810	0.939	0.999	0.884
3	TiO-8 ST-01	0.751	0.851	0.885	0.996	0.839
4	P25 Wako ^b	0.723	0.844	0.884	0.969	0.848
5	TiO-6 MT-150A	0.705	0.856	0.828	0.995	0.793
6	TiO-13 FP-6	0.684	0.847	0.827	0.976	0.748
7	TiO-11 FP-6	0.615	0.620	0.998	0.994	0.697

^aAverage of ζ_{pc} (degree of coincidence of photocatalytic activity; $0 < \zeta_{pc} < 1$) values for three photocatalytic reactions; methanol dehydrogenation, oxidative decomposition of acetic acid and oxygen evolution from silver salt solutions. ^b Code 207-11121 (208-18231), Fuji Film Wako Pure Chemical Industries Ltd.

1) Nomenclature of Inorganic Chemistry, IUPAC Recommendations 2005, The Royal Society of Chemistry (2005) p. 236. 2) 日本化学雑誌, 92, 953 (1971) 3) *J. Phys. Chem.*, **86**, 2617 (1982). 4) *J. Phys. Chem. B*, **101**, 3746 (1997). 5) *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **5**, 778 (2003). 6) *J. Phys. Chem. C*, **111**, 11927 (2007). 7) *Chem. Commun.*, **52**, 12096 (2016). 8) *Electrochim. Acta*, **264**, 83 (2018). 9) *Catal. Today*, **321-322**, 2 (2019). 10) *J. Photochem. Photobiol. A Chem.*, **216**, 179 (2010). 11) *Molecules*, **19**, 19573 (2014).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 27件 / うち国際共著 25件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Ratova, M.; Tosheva, L.; Kelly, P. J.; Ohtani, B.	4. 巻 22
2. 論文標題 Characterisation and properties of visible light-active bismuth oxide-titania composite photocatalysts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sust. Mater. Tech.	6. 最初と最後の頁 e00112
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.susmat.2019.e00112	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Unwiset, P.; Chen, G.; Ohtani, B.; Chayakul Chanapattarapol, K.	4. 巻 9
2. 論文標題 Correlation of the Photocatalytic Activities of Cu, Ce and/or Pt-Modified Titania Particles with their Bulk and Surface Structures Studied by Reversed Double Beam Photoacoustic Spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 1010-1022
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/catal9121010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Chuaicham, C.; Karthikeyan, S.; Song, J. T.; Ishihara, T.; Ohtani, B.; Sasaki, K.	4. 巻 12
2. 論文標題 Importance of ZnTiO ₃ phase in ZnTi-mixed metal oxide photocatalysts derived from layered double hydroxide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6. 最初と最後の頁 9169-9180
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsmi.9b18785	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Chuaicham, C.; Karthikeyan, S.; Ohtani, B.; Sasaki, K.	4. 巻 56
2. 論文標題 Energy-resolved distribution of electron traps for O/S-doped carbon nitrides by reversed double-beam photoacoustic spectroscopy and the photocatalytic reduction of Cr(VI)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Commun.	6. 最初と最後の頁 3793-3796
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/C9CC09988C	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Nitta Akio, Takashima Mai, Takase Mai, Ohtani Bunsho	4. 巻 321-322
2. 論文標題 Identification and characterization of titania photocatalyst powders using their energy-resolved distribution of electron traps as a fingerprint	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Catalysis Today	6. 最初と最後の頁 2~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cattod.2017.12.020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nitta Akio, Takashima Mai, Murakami Naoya, Takase Mai, Ohtani Bunsho	4. 巻 264
2. 論文標題 Reversed double-beam photoacoustic spectroscopy of metal-oxide powders for estimation of their energy-resolved distribution of electron traps and electronic-band structure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 83~90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2017.12.160	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ketwong Pradudnet, Takashima Mai, Nitta Akio, Pookmanee Pusit, Ohtani Bunsho	4. 巻 6
2. 論文標題 Hydrothermal synthesis and photocatalytic activities of stabilized bismuth vanadate/bismuth tungstate composites	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Chemical Engineering	6. 最初と最後の頁 2048~2054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jece.2018.01.062	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Maitani Masato M., Tateyama Akito, Boix Pablo P., Han Guifang, Nitta Akio, Ohtani Bunsho, Mathews Nripan, Wada Yuji	4. 巻 300
2. 論文標題 Effects of energetics with {001} facet-dominant anatase TiO ₂ scaffold on electron transport in CH ₃ NH ₃ PbI ₃ perovskite solar cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 445~454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2019.01.102	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tryba B., Jafari S., Sillanp M., Nitta A., Ohtani B., Morawski A.W.	4. 巻 470
2. 論文標題 Influence of TiO ₂ structure on its photocatalytic activity towards acetaldehyde decomposition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 376 ~ 385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2018.11.137	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Maitani Masato M., Tateyama Akito, Boix Pablo P., Han Guifang, Nitta Akio, Ohtani Bunsho, Mathews Nripan, Wada Yuji	4. 巻 300
2. 論文標題 Effects of energetics with {001} facet-dominant anatase TiO ₂ scaffold on electron transport in CH ₃ NH ₃ PbI ₃ perovskite solar cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 445 ~ 454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2019.01.102	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ratova M., Tosheva L., Kelly P.J., Ohtani B.	4. 巻 22
2. 論文標題 Characterisation and properties of visible light-active bismuth oxide-titania composite photocatalysts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sustainable Materials and Technologies	6. 最初と最後の頁 e00112 ~ e00112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.susmat.2019.e00112	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Unwiset Preeya, Chen Guangyi, Ohtani Bunsho, Chanapatttharapol Kingkaew Chayakul	4. 巻 9
2. 論文標題 Correlation of the Photocatalytic Activities of Cu, Ce and/or Pt-Modified Titania Particles with their Bulk and Surface Structures Studied by Reversed Double-Beam Photoacoustic Spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 1010 ~ 1010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal9121010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Chuaicham Chitiphon, Karthikeyan Sekar, Song Jun Tae, Ishihara Tatsumi, Ohtani Bunsho, Sasaki Keiko	4. 巻 12
2. 論文標題 Importance of ZnTiO ₃ Phase in ZnTi-Mixed Metal Oxide Photocatalysts Derived from Layered Double Hydroxide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 9169 ~ 9180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b18785	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Chuaicham Chitiphon, Karthikeyan Sekar, Pawar Radheshyam R., Xiong Yihuang, Dabo Ismaila, Ohtani Bunsho, Kim Yoonyoung, Song Jun Tae, Ishihara Tatsumi, Sasaki Keiko	4. 巻 56
2. 論文標題 Energy-resolved distribution of electron traps for O/S-doped carbon nitrides by reversed double-beam photoacoustic spectroscopy and the photocatalytic reduction of Cr(vi)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 3793 ~ 3796
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC09988C	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nagakawa Haruki, Ochiai Tsuyoshi, Ma He, Wang Changhua, Zhang Xintong, Shen Yang, Takashima Mai, Ohtani Bunsho, Nagata Morio	4. 巻 10
2. 論文標題 Elucidation of the electron energy structure of TiO ₂ (B) and anatase photocatalysts through analysis of electron trap density	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 18496 ~ 18501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ra02587a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sudrajat Hanggara, Kitta Mitsunori, Ito Ryota, Nagai Sota, Yoshida Tomoko, Katoh Ryuzi, Ohtani Bunsho, Ichikuni Nobuyuki, Onishi Hiroshi	4. 巻 124
2. 論文標題 Water-Splitting Activity of La-Doped NaTaO ₃ Photocatalysts Sensitive to Spatial Distribution of Dopants	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 15285 ~ 15294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c03822	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yu Fei, Wang Changhua, Li Yingying, Ma He, Wang Rui, Liu Yichun, Suzuki Norihiro, Terashima Chiaki, Ohtani Bunsho, Ochiai Tsuyoshi, Fujishima Akira, Zhang Xintong	4. 巻 7
2. 論文標題 Enhanced Solar Photothermal Catalysis over Solution Plasma Activated TiO ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Science	6. 最初と最後の頁 2000204 ~ 2000204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/advs.202000204	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Vibulyaseak Kasimanat (Guy), Ohtani Bunsho, Ogawa Makoto	4. 巻 10
2. 論文標題 Crystallization of well-defined anatase nanoparticles in SBA-15 for the photocatalytic decomposition of acetic acid	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 32350 ~ 32356
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ra04528d	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sano Keito, Kuttassery Fazalurahman, Shimada Tetsuya, Ishida Tamao, Takagi Shinsuke, Ohtani Bunsho, Yamakata Akira, Honma Tetsuo, Tachibana Hiroshi, Inoue Haruo	4. 巻 12
2. 論文標題 Optically Transparent Colloidal Dispersion of Titania Nanoparticles Storable for Longer than One Year Prepared by Sol/Gel Progressive Hydrolysis/Condensation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 44743 ~ 44753
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.0c12951	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Chuaicham Chitiphon, Pawar Radheshyam Rama, Karthikeyan Sekar, Ohtani Bunsho, Sasaki Keiko	4. 巻 577
2. 論文標題 Fabrication and characterization of ternary sepiolite/g-C ₃ N ₄ /Pd composites for improvement of photocatalytic degradation of ciprofloxacin under visible light irradiation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Colloid and Interface Science	6. 最初と最後の頁 397 ~ 405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcis.2020.05.064	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shen Yang, Nitta Akio, Takashima Mai, Ohtani Bunsho	4. 巻 50
2. 論文標題 Do Particles Interact Electronically - Proof of Interparticle Charge-transfer Excitation between Adjoined Anatase and Rutile Particles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 80 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200636	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Wang Kunlei, Bielan Zuzanna, Endo-Kimura Maya, Janczarek Marcin, Zhang Dong, Kowalski Damian, Zielinska-Jurek Anna, Markowska-Szczupak Agata, Ohtani Bunsho, Kowalska Ewa	4. 巻 9
2. 論文標題 On the mechanism of photocatalytic reactions on $Cu_xO@TiO_2$ core-shell photocatalysts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 10135 ~ 10145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0TA12472A	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kobieltus Marcin, Nitta Akio, Macyk Wojciech, Ohtani Bunsho	4. 巻 12
2. 論文標題 Combined Spectroscopic Methods of Determination of Density of Electronic States: Comparative Analysis of Diffuse Reflectance Spectroelectrochemistry and Reversed Double-Beam Photoacoustic Spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 3019 ~ 3025
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.1c00262	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sudrajat Hanggara, Kitta Mitsunori, Ito Ryota, Yoshida Tomoko, Katoh Ryuzi, Ohtani Bunsho, Ichikuni Nobuyuki, Onishi Hiroshi	4. 巻 23
2. 論文標題 The role of the shell in core-shell-structured La-doped $NaTaO_3$ photocatalysts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 8868 ~ 8879
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CP00375E	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Chen Guangyi、Takashima Mai、Ohtani Bunsho	4. 巻 50
2. 論文標題 Direct Amorphous-structure Analysis: How are Surface/Bulk Structure and Activity of Titania Photocatalyst Particles Changed by Milling?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 644 ~ 648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200825	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sekar Karthikeyan、Chuaicham Chitiphon、Vellaichamy Balakumar、Li Wei、Zhuang Wei、Lu Xiaohua、Ohtani Bunsho、Sasaki Keiko	4. 巻 294
2. 論文標題 Cubic Cu ₂ O nanoparticles decorated on TiO ₂ nanofiber heterostructure as an excellent synergistic photocatalyst for H ₂ production and sulfamethoxazole degradation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Catalysis B: Environmental	6. 最初と最後の頁 120221 ~ 120221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcatb.2021.120221	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Chuaicham Chitiphon、Xiong Yihuang、Sekar Karthikeyan、Chen Weinan、Zhang Li、Ohtani Bunsho、Dabo Ismaila、Sasaki Keiko	4. 巻 546
2. 論文標題 A promising Zn-Ti layered double hydroxide/Fe-bearing montmorillonite composite as an efficient photocatalyst for Cr(VI) reduction: Insight into the role of Fe impurity in montmorillonite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 148835 ~ 148835
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2020.148835	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計32件 (うち招待講演 31件 / うち国際学会 26件)

1. 発表者名 大谷文章
2. 発表標題 固体物質の「同定」について考える
3. 学会等名 近畿化学協会触媒・表面部会キャタリストクラブ例会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 True Design and Characterization of Catalyst and Photocatalyst Materials through Electron Trap-distribution Analyses
3. 学会等名 International Conference and Expo on Catalysis, Chemical Engineering and Technology (Catalysis-2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohtani, B.; Koike, S.; Li, Y.; Takashima, M.
2. 発表標題 A Pure Titania Photocatalyst: Preparation, Characterization and Photocatalytic Activity of Octahedral-Shaped Anatase Particles
3. 学会等名 4th International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (ICEAN 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Design, Preparation and Characterization of Solid Photocatalyst Materials Based on Energy-resolved Distribution of Electron Traps
3. 学会等名 Nanotechnology Research and Applications World Forum (NanoReAp-2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Identification of Solids for True Design and Precise Characterization of Functional Materials
3. 学会等名 International Conference and Workshop on Basic and Applied Sciences (ICOWOBAS 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohtani, B.; Takashima, M.
2. 発表標題 Identification of Inorganic Solids for True Design and Precise Characterization of Functional Materials
3. 学会等名 4th Edition of Applied Science and Engineering Webinar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohtani, B.; Chen, G.; Takashima, M.
2. 発表標題 Messy but Real-material Analysis through Electron-trap Distribution Patterns of Surface-amorphized Titania Particles
3. 学会等名 Global Virtual Summit on Catalysis and Chemical Engineering (Chemical Catalyst 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大谷文章・陳光奕・高島舞
2. 発表標題 電子トラップ密度分布にもとづく酸化チタン中のアモルファス構造の解析
3. 学会等名 光機能材料研究会第77回講演会「光触媒研究と開発技術の最新動向と将来展望」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohtani, B.; Li, Y.; Koike, S.; Takashima, M.
2. 発表標題 A Pure Titania Photocatalyst: Preparation, Characterization and Photocatalytic Activity of Octahedral-Shaped Anatase Particles
3. 学会等名 239th ECS Meeting with 18th International Meeting on Chemical Sensors (IMCS 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohtani, B.; Chen, G.; Takashima, M.
2. 発表標題 Messy-material Analysis through Electron-trap Distribution Patterns of Surface-amorphized Titania Particles
3. 学会等名 7th Edition of International Conference on Catalysis, Chemical Engineering and Technology (CCT 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Novel Approach of Efficient-Photocatalyst Design Based on Electron Trap-Distribution Analysis
3. 学会等名 2020 Regional Conference of Environmental Engineering (RCENVE 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Design, Preparation and Detailed Characterization of Photocatalysts Based on Energy-resolved Distribution of Electron Traps
3. 学会等名 Symposium on Photocatalyst and Photocatalysis (Symphosis 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Novel Approach of Efficient-Photocatalyst Design Based On Electron Trap-distribution Analysis
3. 学会等名 Pacific-Rim Meeting on Electrochemical and Solid State Science (PRIME2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大谷文章
2. 発表標題 純粋酸化チタン光触媒粒子の調製と真の粒径依存性解明の試み
3. 学会等名 第126回触媒討論会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大谷文章
2. 発表標題 純粋アナタース酸化チタン粉末がしめす光触媒活性の真の粒径依存性
3. 学会等名 光機能材料研究会第77回講演会「光触媒研究と開発技術の最新動向と将来展望」（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大谷文章
2. 発表標題 固体材料「同定」のこころみ - 電子トラップ密度解析による固体構造評価
3. 学会等名 日本分析化学会北海道支部2019年度公開セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Design of Heterogeneous Photocatalysis Based on Energy-resolved Distribution of Electron Traps
3. 学会等名 The 3rd International Symposium on Recent Progress of Energy and Environmental Photocatalysis (Photocatalysis 3) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.; Takeuchi, S.; Yamada, C.; Hori, H.; Takashima, M.
2. 発表標題 A Novel Concept of Effective Particle Size for Photocatalytic Multielectron Transfer Reactions
3. 学会等名 Nanotech ME 2019 Conference And Expo (Nanotech ME 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Identification of photocatalyst material using newly developed reversed double-beam photoacoustic spectroscopy
3. 学会等名 Workshop - Photocatalysis-advances in water and environmental remediation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Novel Mechanistic Concepts of Heterogeneous Photocatalysis to Go beyond Band-structure Model
3. 学会等名 The 24th International Conference on Semiconductor Photocatalysis and Solar Energy Conversion (SPASEC-24) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Effect of Particle Size on Photocatalytic Reaction Kinetics Including Multielectron-transfer Processes
3. 学会等名 International Functional Nanomaterials and Nanodevice Conference 2019 (Nanomat2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Design of Heterogeneous Photocatalysis Based on Energy-resolved Distribution of Electron Traps: Novel Approach beyond the Band-Structure Model
3. 学会等名 7th International Conference on Semiconductor Photochemistry (SP7) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Identification and Characterization of Semiconducting Materials Using Newly Developed Reversed Double-beam Photoacoustic Spectroscopy
3. 学会等名 International Symposium on Nanomaterials 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Identification and Characterization of Metal-oxide Materials Using Newly Developed Reversed Double-beam Photoacoustic Spectroscopy
3. 学会等名 The 24th Topical Meeting of International Society of Electrochemistry (ISE) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.; Shen, Y.; Nitta, A.; Takashima, M.
2. 発表標題 Interfacial charge-transfer excitation at an anatase-rutile junction: A hypothesis
3. 学会等名 235th ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Design of Heterogeneous Photocatalysis Based on Energy-resolved Distribution of Electron Traps: Novel Approach beyond the Band-Structure Model
3. 学会等名 7th International Conference on Semiconductor Photochemistry (SP7) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Identification of photocatalyst material using newly developed reversed double-beam photoacoustic spectroscopy
3. 学会等名 Workshop - Photocatalysis-advances in water and environmental remediation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Design of Heterogeneous Photocatalysis Based on Energy-resolved Distribution of Electron Traps
3. 学会等名 The 3rd International Symposium on Recent Progress of Energy and Environmental Photocatalysis (Photocatalysis 3) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtani, B.; Nitta, A.; Takase, M.; Takashima, M.
2. 発表標題 Identification and Characterization of Metal-Oxide Powders with Energy-Resolved Density of Electron Traps Measured By Reversed Double-Beam Photoacoustic Spectroscopy
3. 学会等名 233rd ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ohtani, B.
2. 発表標題 Role of Electron Traps in Photocatalysis: Identification and Characterization of Metal Oxide Particulate Photocatalysts
3. 学会等名 CIMTEC 2018: 8th Forum on New Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大谷文章・村上雄馬・長尾昌紀・佐々木未希・村山恭子・高島舞
2. 発表標題 「参照ニオピアの総合評価 - 電子トラップのエネルギー分布解析
3. 学会等名 第37回参照触媒討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ohtani, B.; Nitta, A.; Murakami, Y.; Takase, M.; Takashima, M.
2. 発表標題 Identification and Characterization of Metal-oxide Particles with Energy-resolved Distribution of Electron Traps
3. 学会等名 EMN Meeting on Titanium-Oxides (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 高島舞・大谷文章	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術評論社	5. 総ページ数 175
3. 書名 光触媒が一番わかる	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	高島 舞 (Takashima Mai) (10772345)	北海道大学・触媒科学研究所・助教 (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
英国	Manchester Metropolitan University			
ポーランド	南ボメラニア工科大学	ヤゲウォ大学	グダンスク工科大学	他1機関
イタリア	ミラノ大学	トリノ大学		
タイ	マエジョ大学	Khon Kaen University		
マレーシア	マレーシア工科大学			
イスラエル	イスラエル工科大学			
中国	東北師範大学			
チェコ	パルドゥビツェ大学			
オマーン	スルタン・カブース大学			
フランス	ストラスブール大学			