

「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」

議題5 プロジェクトの概要（公開）

5-2. 研究開発成果、実用化の見通しについて

東京大学 橋本和仁 PL

平成21年7月14日(火)

1 / 28

光触媒産業拡大のための課題

公開

機能要因

可視光感度**10倍**へ **室内用途**拡大が期待できる

紫外光感度**2倍**へ **産業用途**拡大が期待できる

コスト要因

作製プロセスの革新で、コーティングコスト高を解消

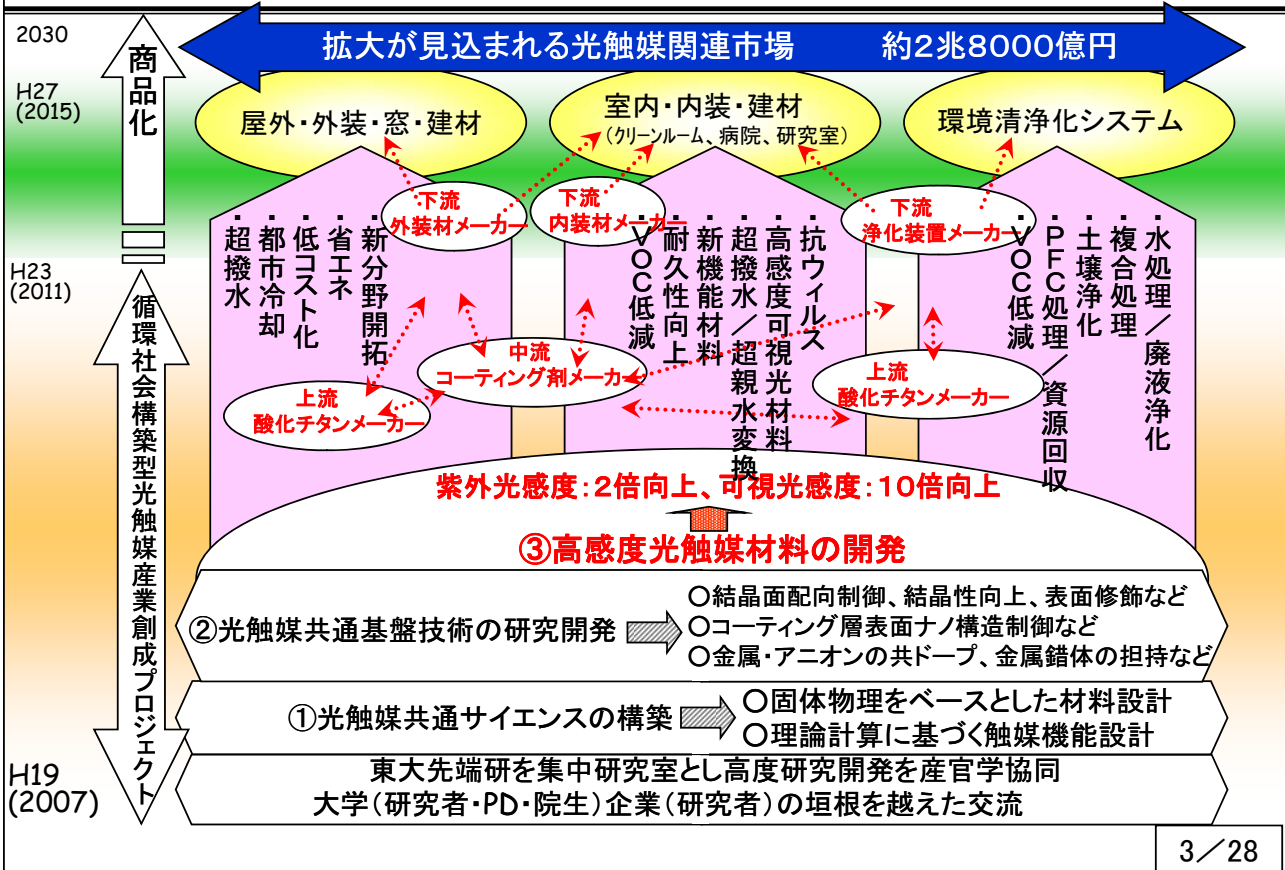
市場要因

医療・福祉分野を含む**幅広い**分野への展開

正しい評価基準をつくり良い製品のみを市場に供給

新市場・新産業の創出／安心・安全、環境調和型社会の形成

公開



科学的発見の経済・社会的価値への転換のために

公開



プロジェクトの開発目標と達成状況

公開

検討項目	中間目標ならびに最終目標	達成状況
①光触媒共通サイエンスの構築	<p>中間目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高機能光触媒材料の設計指針の確立 ・活性向上に向けた構造制御の原理の完成 ・評価方法の確立 ・知的財産の有効利用に関する指針作成 <p>最終目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ・可視光感度 10倍 ・紫外光感度 2倍 	<ul style="list-style-type: none"> ・高活性可視光応答型光触媒材料の創製を達成 (Cu²⁺/WO₃, CuO/WO₃, Pd/WO₃など)、Cu²⁺/WO₃は、集中研の標準サンプル ・表面構造制御された高活性なアナタース型酸化チタン・高純度ブルックライト型酸化チタンの創製を達成 ・可視光応答型光触媒の性能評価方法(ガス分解)を確立、紫外光下での抗ウイルス性能の評価方法の確立と抗ウイルス性能を確認 ・知的財産管理指針を作成し、実施
②光触媒基盤技術の研究開発	<p>最終目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高感度光触媒・そのコーティング液ならびにその成膜の低コスト・大量合成技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・可視光応答型光触媒Cu²⁺/WO₃を標準サンプルとして作製 ・表面構造制御された高感度光触媒をパイロットプラントで合成 ・Cu²⁺/WO₃のコーティング液・薄膜化を最適化中
③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発	<p>最終目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高感度可視光応答型光触媒の内装部材への製品化 ・VOC処理・抗ウイルスの室内環境での評価方法の確立 ・実証実験による浄化レベルの把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・従来光触媒で室内環境中でのVOC浄化の評価方法確立とその浄化レベルの確認を実証住宅にて試験中

5 / 28

プロジェクトの開発目標と達成状況

公開

検討項目	中間目標ならびに最終目標	達成状況
④酸化チタンの新機能創出	<p>最終目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ・撥水性酸化チタン膜の技術の確立 ・強磁性等の酸化チタンの新しい物性の探索 	<ul style="list-style-type: none"> ・無機超滑水性材料の創製に成功 ・電子材料向け新規酸化チタンの合成に成功
⑤光触媒新産業分野開拓	<p>最終目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ・VOC(工業用途)の除去システムの構築と効果の検証 ・VOC汚染土壌の浄化システムの構築と効果の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・光触媒空気清浄機での実証実験現場にてVOC除去効果を確認中 ・光触媒シートを用いたシステムにて、実際の土壌汚染現場で地下VOC濃度変化により除去効果を確認中

6 / 28

1. 高活性可視光応答型光触媒材料の創製

$\text{Cu}^{2+}/\text{WO}_3$, CuO/WO_3 , Pd/WO_3

$\text{Cu}^{2+}/\text{TiO}_2$, $\text{Fe}^{3+}/\text{TiO}_2$

2. 可視光応答型超親水化薄膜の創製

$\text{CaFe}_2\text{O}_4/\text{In}_2\text{O}_3/\text{WO}_3$

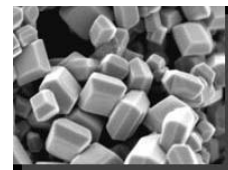
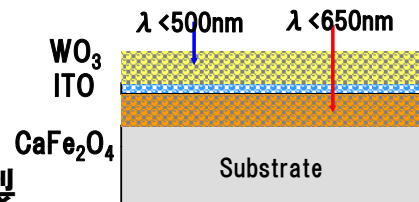
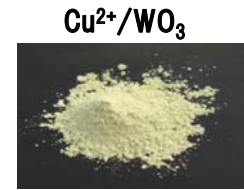
3. 高感度紫外光応答型光触媒材料の創製

十面体形状酸化チタン

4. 抗ウィルス性評価方法の確立と効果の検証

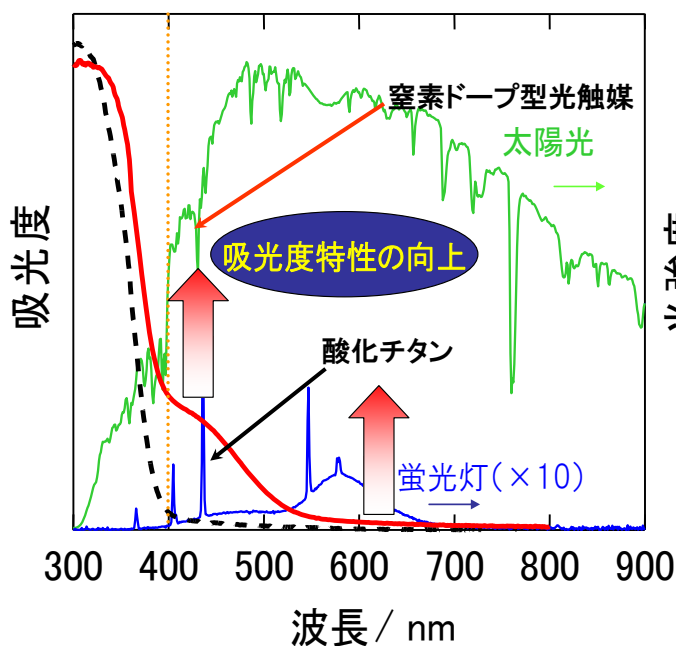
5. 新機能: 超滑水機能材料、電子材料向け酸化チタン

6. 新分野: 業務用(工業用途)VOC・脱臭、土壌浄化



可視光高感度光触媒の設計指針

酸化チタン光触媒の吸光度特性



光触媒反応のはやさ(活性):

光強度 × 吸光度 × 反応効率

一定

増大

向上



サイエンスに遡り基礎からチャレンジ

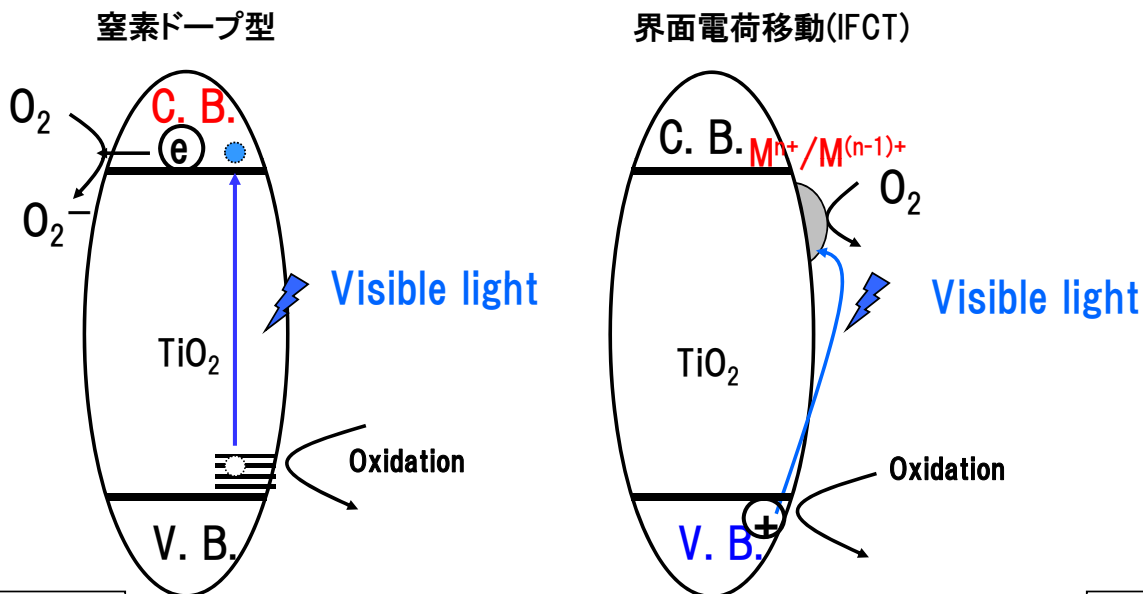
1. 可視光応答型新規光触媒材料の創製

公開

1.1 界面電荷移動吸収(IFCT)の利用

Hush et.al., *Electrochim. Acta*, 1968, 13, 1005

Sutin et. al. *JPC*, 2005, 109, 10251 *JPC*, 2006, 110, 25181



事業原簿 p.34

9/28

1. 可視光応答型新規光触媒材料の創製

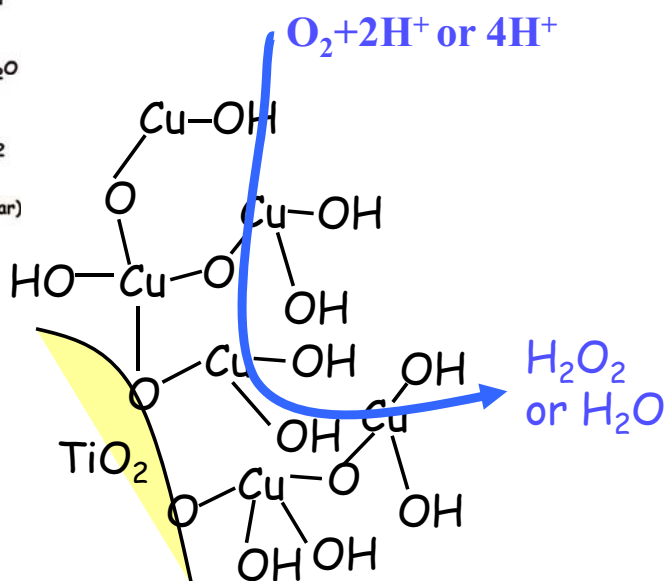
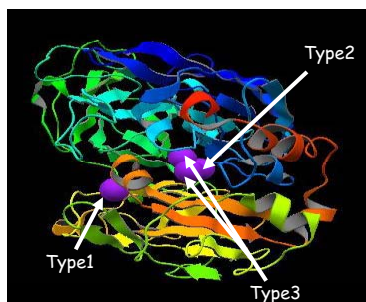
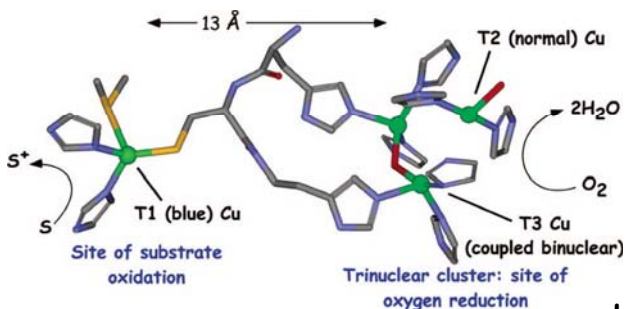
公開

1.2 酸素多電子還元触媒の利用

生体触媒 (酵素) から着想



Cu^{II}、Fe^{III} ナノクラスターの利用



Solomon et. al *Acc. Chem. Res.* 2007, 40, 445-452

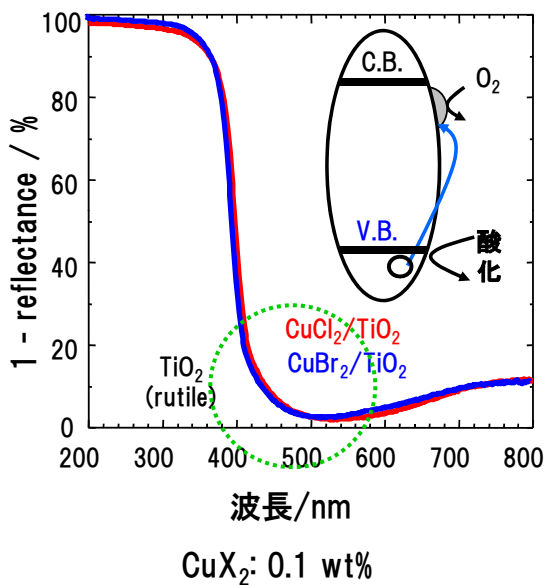
事業原簿 p.34

10/28

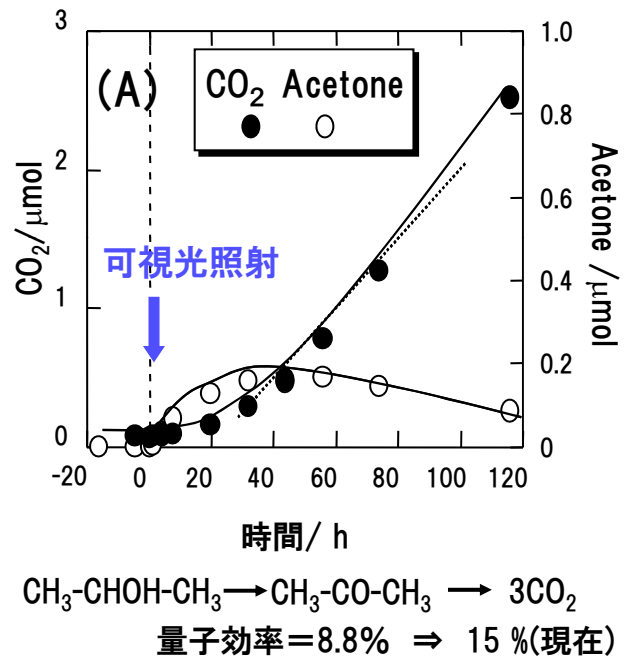
酸化チタン/Cu^{II}の可視光吸収と光触媒活性

公開

可視・紫外領域光吸収(拡散反射)



イソプロパノールの光触媒分解



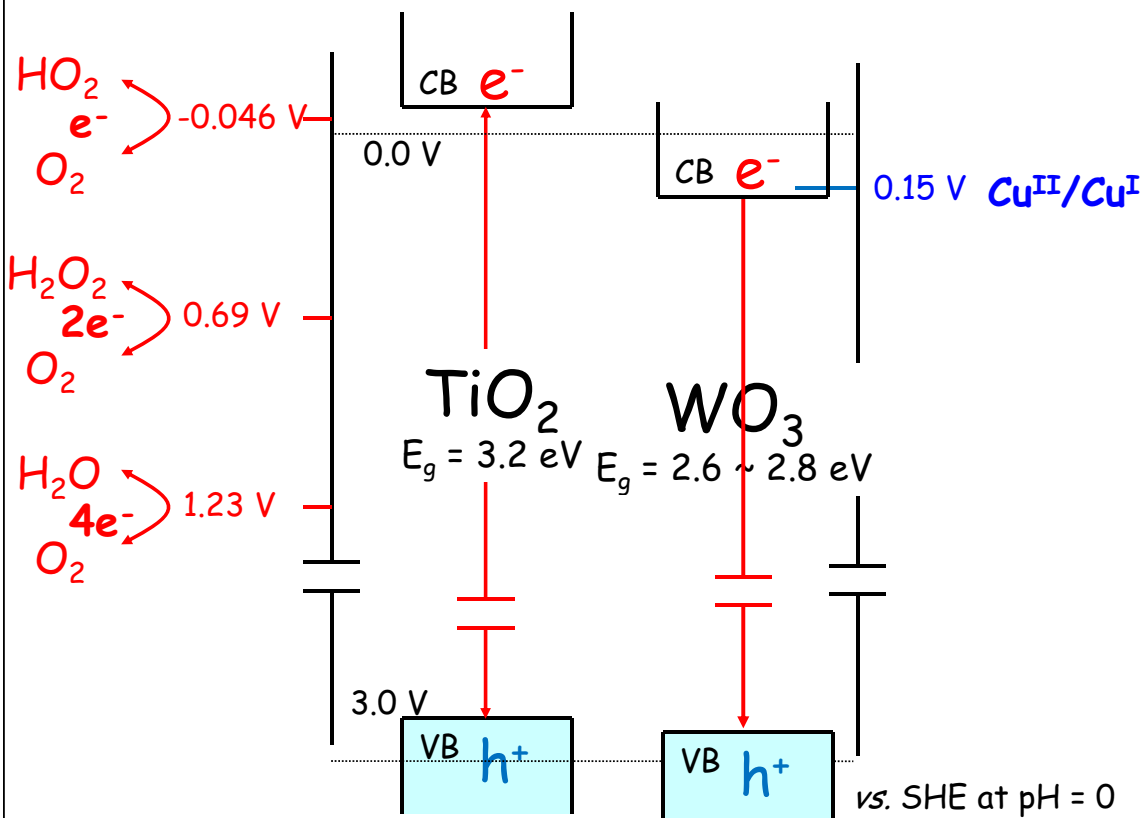
TiO₂-Fe^{III} 量子効率 = 22%

事業原簿 p.35

11/28

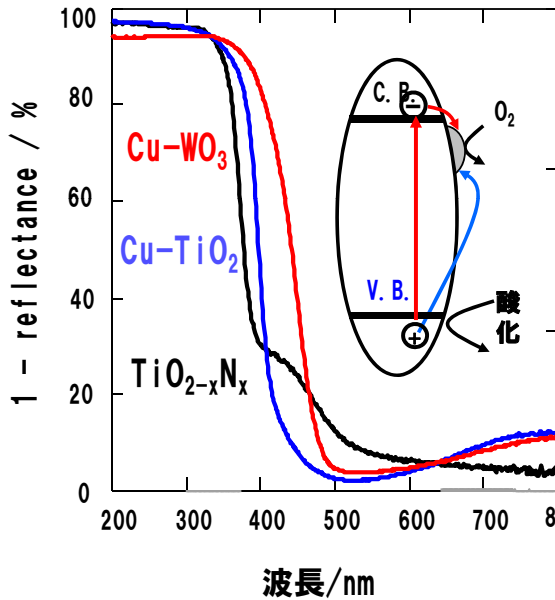
半導体のエネルギー構造と酸素の還元

公開

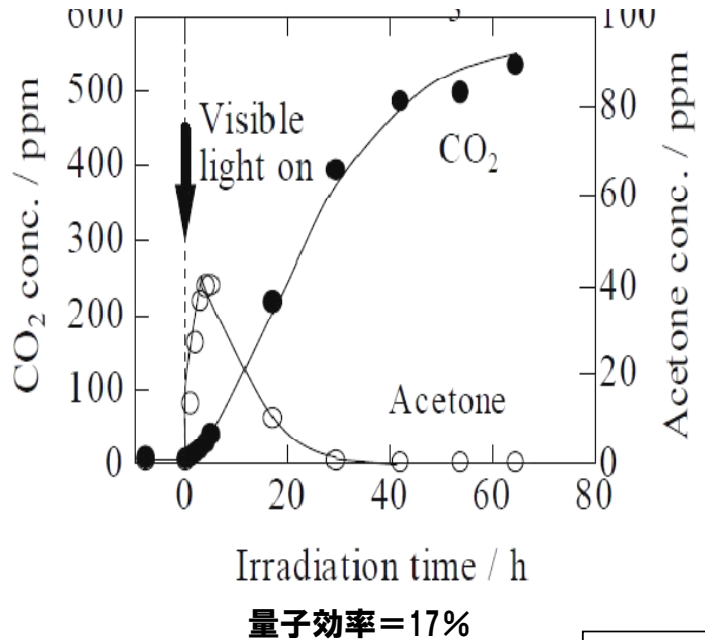


12/28

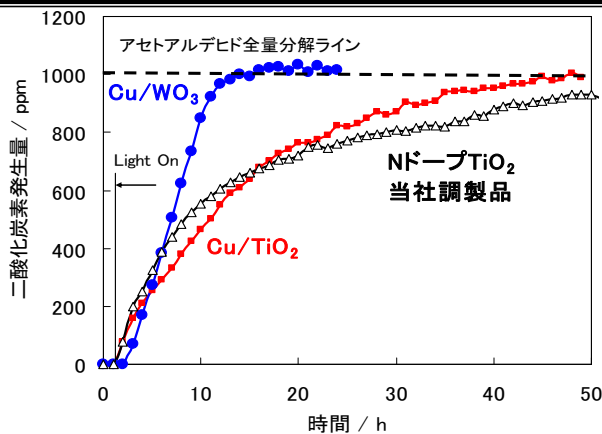
可視・紫外領域光吸収（拡散反射）



イソプロパノールの光触媒分解



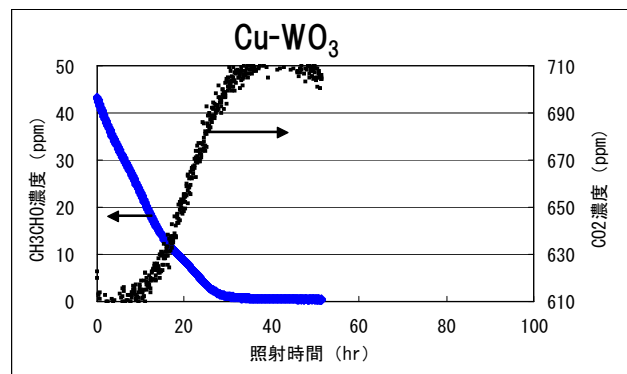
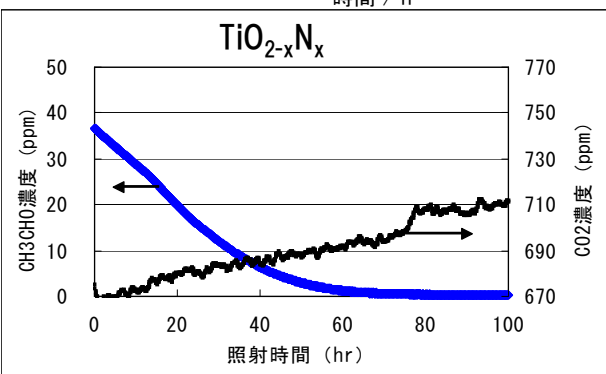
パイロット生産品Cu修飾触媒の光触媒活性(昭和钛ニウム社製)



測定条件

- ・500mL ガラス製チャンバー
- ・触媒量: 0.3g、
受光面積: 約5.7cm²
- ・光源: キセノン光+Y-44フィルター、
100,000 lux
- ・初期アセトアルデヒド濃度: 500ppm、
相対湿度: 50% at 25°C

10倍以上の可視光活性達成

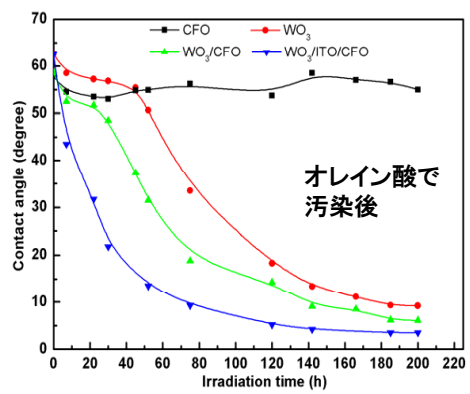
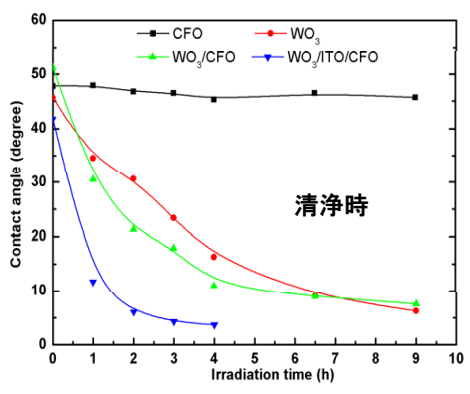
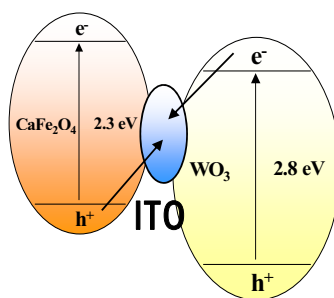
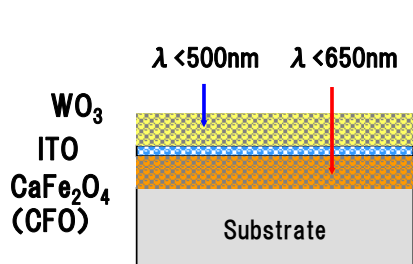


1. 薄膜化

2. 吸着剤（助触媒）との複合化

3. 酸化チタン系での高感度化

1. 可視光による超親水化薄膜(AIST、宮内G)



NDープ酸化チタンでは困難だった可視光での超親水化に成功

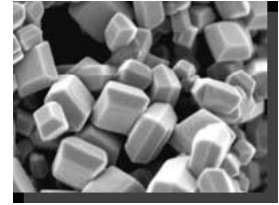
2. 紫外光高活性光触媒開発(大谷・昭和タイタニウム)

公開

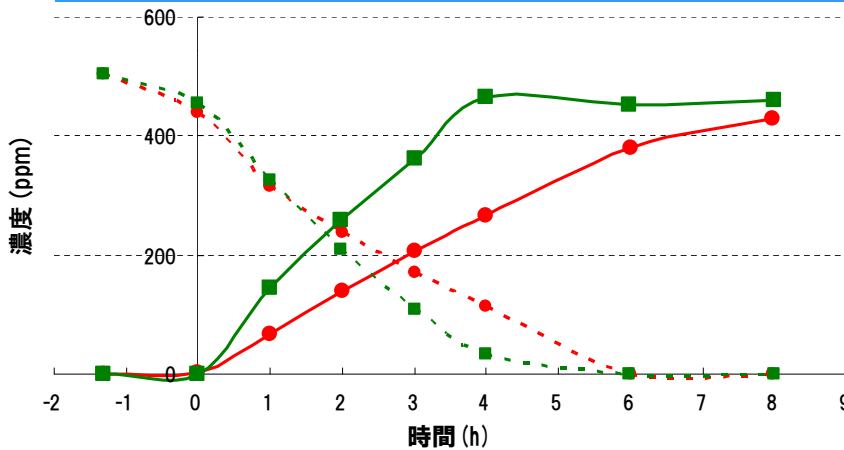
● 十面体形状酸化チタン・八面体形状酸化チタン

[バルク/バンドギャップ励起]アナターズ結晶の形態制御

〈成果〉気相合成・水熱合成により特定の格子面のみ露出した粒子を調製
 〈課題〉さらなる微粒子化=大表面積化



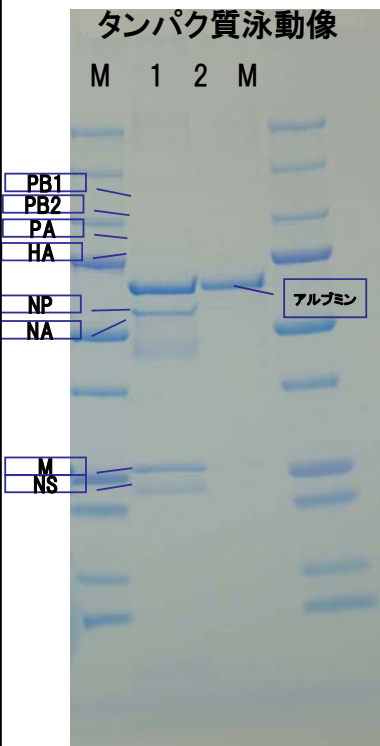
アセトアルデヒドの減少(点線)と、CO₂発生量×1/2(実線)



十面体は市販品(P25)の約2倍の活性

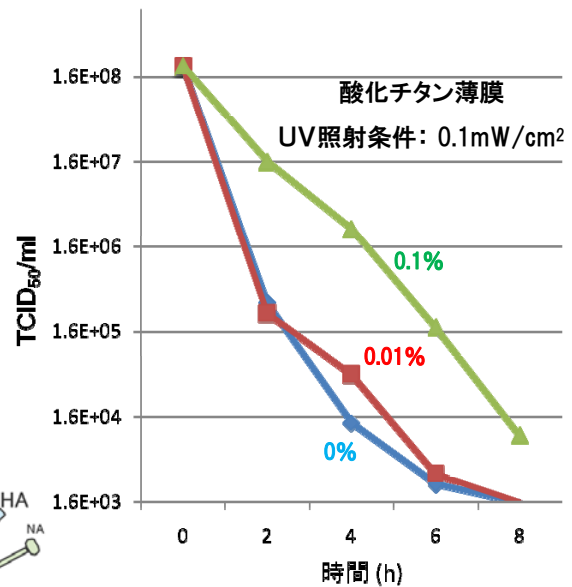
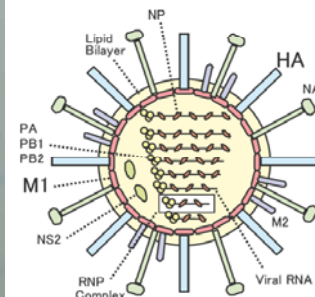
3. 抗ウイルス性評価方法の確立と効果の検証(KAST・窪田G)

公開



1: 0.1mW/cm² 0h
 → 201 μg/ml

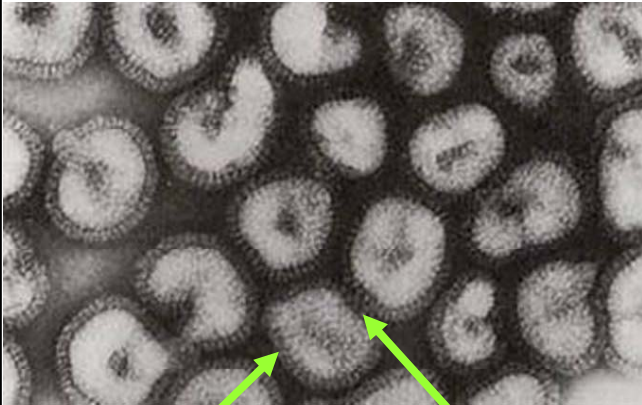
2: 0.1mW/cm² 6h
 → 98 μg/ml



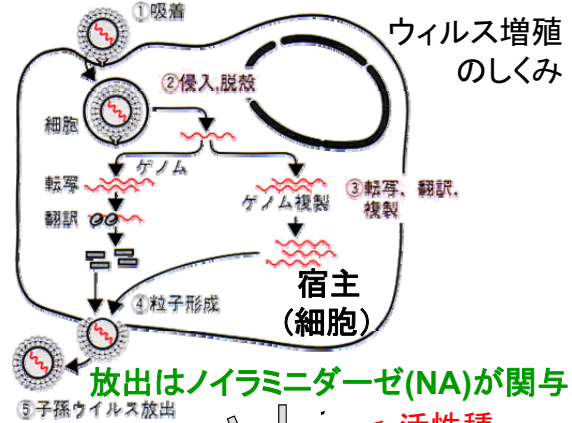
光触媒はウイルスの不活性化に極めて有効

インフルエンザウイルスの不活化

公開



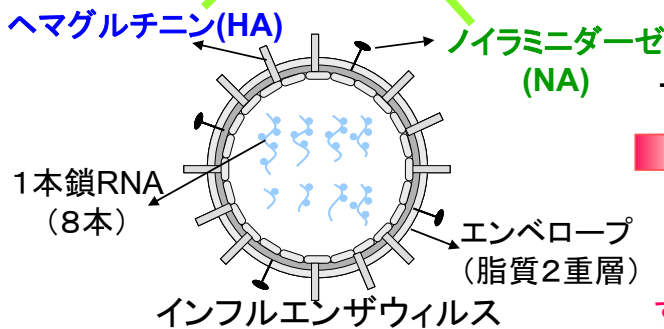
吸着はヘマグルチニン(HA)が関与



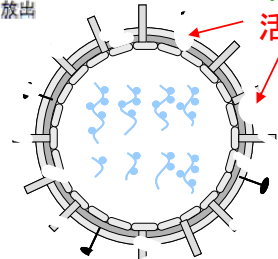
ウイルス増殖のしくみ

放出はノイラミニダーゼ(NA)が関与

⑤子孫ウイルス放出



TiO₂
UV



すぐ外側にある成分(HA,NAなど)を分解

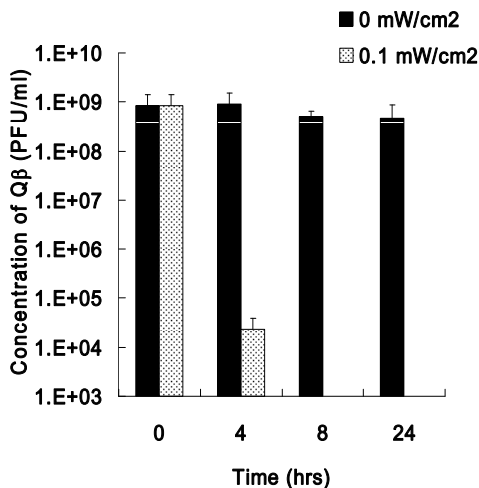
有機物分解による不活化であるため、変異が起きやすく多種多様となるウイルスに対しても、確実な不活化効果が得られる

19/28

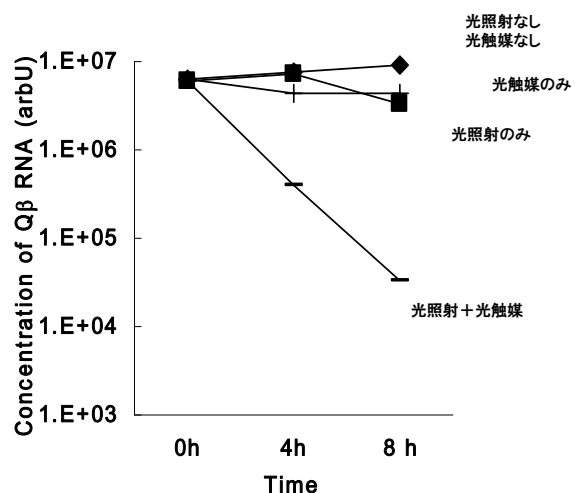
バクテリオファージを用いた抗ウイルス効果

公開

- ウイルスの取り扱いが困難(危険)
- 人体に感染しないQbバクテリオファージでも同様の効果を確認 ⇒ 評価法として有用



紫外線照射時間による抗バクテリオファージ効果



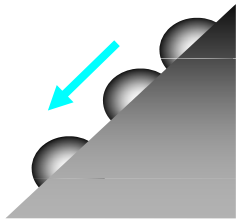
定量的PCRによる抗バクテリオファージ効果の検出

4. 新機能酸化チタン:超滑水材料、電子材料

公開

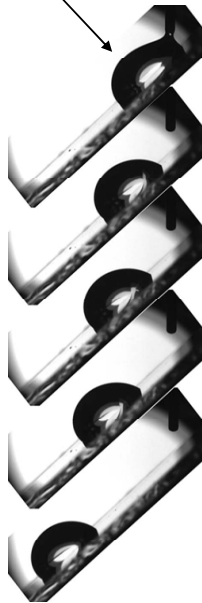
滑水材料(渡部)

水切れのよい表面

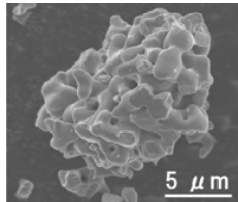


酸化チタン
コート基材

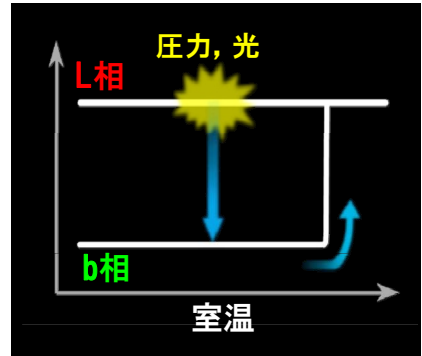
水滴



Λ - Ti_3O_5 コーンフレイク型微粒子(大越)

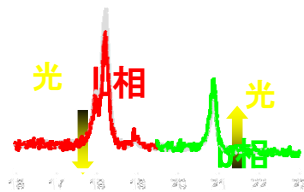


電気物性
磁気物性
光学物性



圧力誘起相転移

光誘起相転移

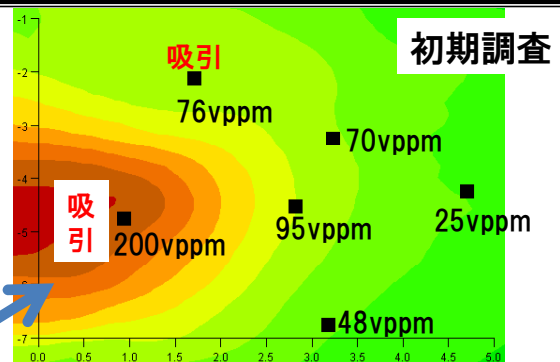


5.新分野開拓:(1) VOC汚染土壌浄化

公開

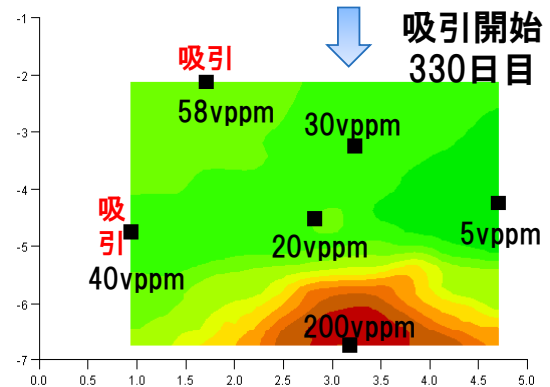
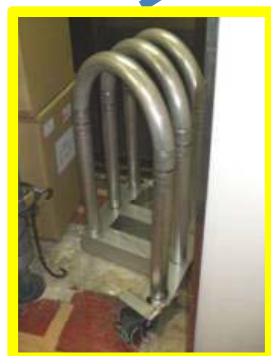


操業中のクリーニング店(港区)



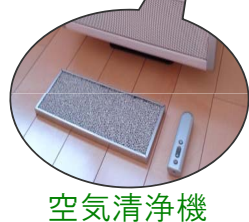
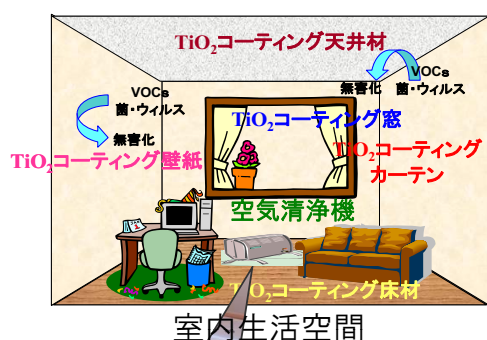
6連型吸着装置

シート: 0.5m×1m、
ファンで吸引
光触媒シート 4本
活性炭シート 2本
光触媒シートは
太陽光照射で再生、
繰り返し使用

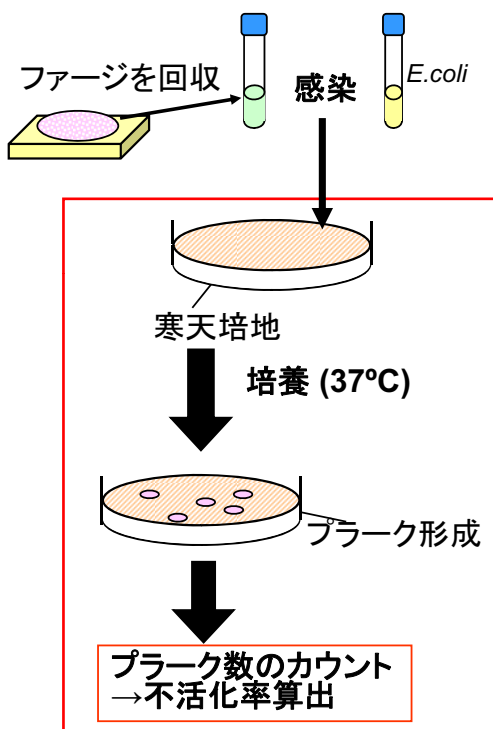


5.新分野開拓:(2)ウイルス感染のリスク低減法

公開



バクテリオファージを用いた抗ウイルス効果検証方法の確立



23/28

成果の発表(2007~2009年度)

公開

	合計	2009年度 (2009.6まで)	2008年度	2007年度
原著論文 (査読あり)	30件	3件	15件	12件
総説	27件	9件	11件	7件
口頭発表 (国際会議)	42件	1件	38件	3件
口頭発表 (国内会議)	85件	3件	51件	31件
特許等	19件	0件	13件	6件
マスコミ、展示会等	31件	4件	27件	0件

実用化までの課題と対応策

公開

検討項目	最終目標	課題	コメント(実用化に向けた今後の方策等)
①光触媒共通サイエンスの構築	・可視光感度 10倍 ・紫外光感度 2倍	・可視光応答型光触媒の薄膜化 ・吸着剤(助触媒)との複合化 ・酸化チタン系での高感度化	・可視光応答型光触媒のコーティング液の最適化と作製 ・可視光応答型光触媒の吸着性能を向上させるために種々の吸着剤(ゼオライトなど)との複合化を検討 ・酸化チタンベースで高活性な可視光応答材料($\text{Cu}^{2+}/\text{TiO}_2$, $\text{Fe}^{3+}/\text{TiO}_2$ などの)創製
②光触媒基盤技術の研究開発	・高感度光触媒・そのコーティング液・成膜の低コスト・大量合成技術の開発	・パイロットプラントから大量生産へ ・粉末での光触媒活性を維持したままのコーティング液の作製と成膜化 ・成膜プロセスの確立	・大量生産のためのプロセスの最適化 ・コーティング液、成膜条件(膜厚・焼成温度など)の最適化が進行中 ・安定で高耐久性の WO_3 膜の成膜、Cu担持方法の確立
③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発	・高感度可視光応答型光触媒の内装部材への製品化 ・VOC処理・抗ウィルスの室内環境での評価方法の確立 ・実証実験による浄化レベルの把握	・耐久性のある薄膜での製品化 ・実生活空間での効果の検証を行い、その評価方法から標準化を行う	・各社の内装材などの製品へコーティングを試作し、実証実験住宅などでその効果・耐久性を検証 ・VOC処理については、実証住宅にて評価、抗ウィルス効果については、エアロゾルとしてのウィルスに対して実験室で効果を検証、ならびに空港での実証実験と合わせて検証

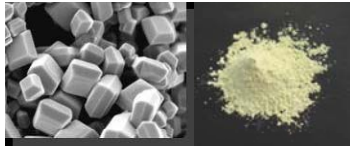
実用化までの課題と対応策

公開

検討項目	最終目標	課題	コメント(実用化に向けた今後の方策等)
④酸化チタンの新機能創出	・撥水性酸化チタン膜の技術の確立 ・強磁性等の酸化チタンの新しい物性の探索	・どちらも適用製品を検討し、実用化へのインキュベーションが必要	・無機滑水性コーティング膜の企業による試作とその効果の検証 ・実用化に向けた光記録ディスクの作製と性能評価
⑤光触媒新産業分野開拓	・VOC(工業用途)の除去システムの構築と効果の検証 ・VOC汚染土壌の浄化システムの構築と効果の確認	・どちらも実証実験の結果から、システムの適用範囲を確認し、それに向けたシステムの完成	・省電力(LED)・低コストを達成し、製品化の目途をたてる ・実証実験により効果を確認し、土壌浄化システムとして適用箇所などを検討する

事業化の見通しについて

公開



高活性・可視光光触媒
昭和タイタニウム

コーティング液・コーティングプロセスの最適化

昭和タイタニウム、日本板硝子などで進行

各社の製品(内装材・外装材など)へのコーティング

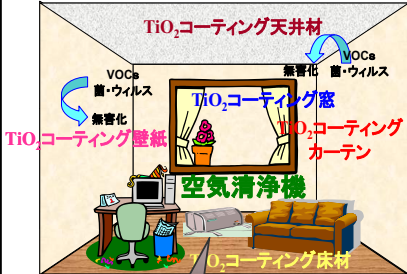
各社で試作が進行

実証住宅や現場での効果の実証実験

一部、実証住宅にて検証実験実施(計画)中

菌・ウイルス、VOCs
などによるリスクの低減

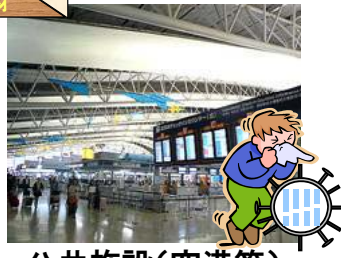
室内防汚建材
(パナソニック電工)



室内生活空間



空気清浄機



公共施設(空港等)



27/28

実証住宅 62m²(18.8坪)

公開



キッチン 2つ



VOCs低減と屋内防汚効果を実証実験



トイレ 2つ



洗面台 2つ



窓ガラス
から入る
光の利用



浴室 2つ



【例】
VOCs低減効果実証実験
・照明：あり/なし
・可視光型光触媒コーティングサンプル壁面施工：
なし/1面/全面
・空気捕集
↓
ガス濃度分析
↓
光触媒効果の検証

関連記事掲載
2009/3/20
日本経済新聞

28/28